

電気設備等における総合的な防火安全対策 に関する調査研究報告書

令和8（2026）年3月

電気設備等における総合的な防火安全対策
に関する検討部会

目次

目次	1
第1章 検討の目的等	6
第1節 目的	6
第2節 検討事項	6
第3節 検討体制	7
第4節 検討スケジュール・流れ	8
第2章 太陽光発電設備の概要	9
第1節 太陽光発電設備の種類及び構造	9
1-1 太陽光発電設備のシステム構成	9
1-2 太陽光発電設備の構成機器	10
1-3 太陽光発電モジュールの種類	12
1-4 太陽光発電モジュールの構造	15
1-5 接地方式による分類	17
1-6 設置方式による分類	19
第2節 太陽光発電設備の普及状況	26
2-1 国内における太陽光発電設備の導入量の推移	26
2-2 東京都における太陽光発電設備の導入量・設置状況	28
2-3 海外における太陽光発電設備の導入量・設置状況	29
2-3-1 米国における太陽光発電設備の導入量・設置状況	31
2-3-2 欧州	32
2-3-3 中国	33
2-3-4 韓国	33
第3章 電気自動車等の概要	34
第1節 電気自動車等の種類及び構造	34
1-1 車種別の特徴	34
1-2 電気自動車等の種類・構造	35
1-3 リチウムイオンバッテリーの構造・種類	39
1-3-1 リチウムイオンバッテリーの構造	39
1-3-2 リチウムイオンバッテリーの種類	40
1-3-3 リチウムイオンバッテリーの構造	41
1-3-4 リチウムイオンバッテリーの容量と電気自動車への搭載	42
第2節 電気自動車等の普及状況	44
2-1 国内における次世代自動車の販売台数の推移	44
2-2 東京都内における電気自動車等の台数	45

2-3	海外における電気自動車等の普及状況.....	46
2-3-1	米国	46
2-3-2	欧州	47
2-3-3	アジア	48
2-3-4	今後の見込み.....	48
第4章	委託調査結果.....	49
第1節	電気火災の概要.....	49
1-1	火災の概要	49
1-2	出火予防対策.....	51
1-2-1	出火防止.....	51
1-2-2	拡大防止.....	56
第2節	太陽光発電設備に係る調査.....	58
2-1	国内の太陽光発電設備に係る事故事例.....	58
2-1-1	PV システムの概要	58
2-1-2	火災の概要.....	59
2-1-3	出火予防対策.....	64
2-1-4	出火予防・消防活動対策.....	68
2-2	海外の太陽光発電設備に係る事故事例.....	75
2-2-1	太陽光発電設備の火災事故統計.....	75
2-2-2	欧州	75
2-2-3	アジア	82
2-2-4	海外での火災事例.....	84
2-2-5	太陽光発電設備の火災原因の整理.....	100
2-2-6	太陽光発電設備の故障解析.....	101
2-2-7	消火活動に係わる要因.....	103
2-3	海外の太陽光発電設備に係る法令基準.....	105
2-3-1	米国	105
2-3-2	欧州	118
2-3-3	ドイツ	124
2-3-4	オランダ.....	129
2-3-5	中国	133
2-3-6	韓国	134
2-3-7	その他各国.....	134
2-4	太陽光発電設備の火災リスク.....	135
2-4-1	火災発生メカニズム.....	135
2-4-2	火災発生に至る要因分析.....	136

2-4-3	直流（DC）回路特有のリスク.....	136
2-4-4	機器別の火災リスク分析.....	136
2-4-5	設置方式別のリスク分析.....	139
2-4-6	時期別のリスク分析.....	145
2-5	火災対策	146
2-5-1	火災予防技術.....	146
2-5-2	被害軽減技術.....	154
2-5-3	消防活動対策（ハード面）	155
2-5-4	消防活動対策（ソフト）	159
2-5-5	特殊なリスクへの対応.....	169
2-6	現状の課題と提言.....	173
第3節	電気自動車に係る調査.....	174
3-1	事故事例の整理.....	174
3-1-1	日本の最新情報.....	174
3-2	海外の電気自動車に係る事故事例.....	181
3-2-1	海外の電気自動車の火災事故統計.....	181
3-2-2	海外での火災事故事例.....	187
3-2-3	電気自動車の火災事故分析.....	208
3-2-4	電動自転車等の火災事故分析.....	210
3-2-5	その他	216
3-3	各国火災安全に係わる技術的情報.....	217
3-3-1	米国	217
3-3-2	欧州	227
3-3-3	ドイツ	232
3-3-4	ノルウェー.....	234
3-3-5	中国	236
3-3-6	韓国	238
3-4	各国火災安全に係わる技術、法規の内容.....	240
3-4-1	充電場の技術基準.....	240
3-4-2	車体の技術基準.....	254
3-4-3	電池の技術基準.....	262
3-4-4	その他の技術基準.....	265
3-5	メーカー・団体による消防活動対策.....	270
3-5-1	各国のメーカーについて.....	270
3-5-2	各メーカーによる対策の比較.....	271
3-5-3	各国の団体による消防活動対策例.....	275

3-5-4	各国消防による消防活動対策.....	280
3-5-5	韓国消防による実証実験について.....	282
3-6	各国消防の電気自動車火災対策概要.....	286
3-6-1	事故情報の把握.....	287
3-6-2	現場到着時の対応.....	291
3-6-3	レスキュー（交通事故対応）.....	294
3-6-4	消火方法.....	295
3-6-5	消火後の対応.....	303
3-7	提言.....	308
3-7-1	緊急時レスキューガイド取得環境の整備.....	308
3-7-2	対応フロー.....	309
3-7-3	通報受領時.....	312
3-7-4	車種識別.....	312
3-7-5	保護具の着用.....	312
3-7-6	使用資機材.....	313
3-7-7	現場到着時の対応.....	313
3-7-8	停車とゾーニング.....	315
3-7-9	消火方法.....	315
3-7-10	消火後の対応.....	318
3-7-11	特殊車両の消火方法の確認.....	319
3-7-12	都民への周知事項.....	320
3-7-13	その他の対応.....	321
3-8	調査時に得られたその他情報.....	322
3-8-1	NFPA による消火実験.....	322
第4節	電気設備等の燃焼実験.....	323
4-1	PV モジュールに関する実証実験.....	323
4-1-1	壁面設置型フレキシブル PV モジュールの延焼性に関する実証実験.....	323
4-2	電気自動車に関する実証実験.....	332
4-2-1	LiB 燃焼時の発生ガス評価に関する実験.....	332
4-2-2	バッテリーパック消火後の冷却挙動の評価に関する実験.....	343
第5節	安全情報の発信方策に係る検討.....	351
5-1	媒体.....	351
5-1-1	Web の活用での発信.....	351
5-1-2	紙媒体での配布.....	351
5-1-3	キャンペーンでの取り上げ.....	352
5-1-4	教室・実体験型の情報提供.....	352

5-2	コンテンツ	352
5-2-1	事故の発生状況やリスク分析、安全上の留意事項の資料.....	352
5-2-2	「チェックリスト」や「アドバイス集」	352
5-2-3	キャンペーンでの取り組み.....	353
5-2-4	教育や実体験等.....	353
第5章	まとめ及び今後の課題.....	354
第1節	太陽光発電設備（PV）	356
1-1	火災予防対策の検討.....	356
1-2	消防活動対策に係る検討.....	359
第2節	電気自動車（EV）	363
2-1	火災危険の検討.....	363
2-2	消防活動対策に係る検討.....	365
第3節	共通	367
3-1	都民への安全情報の発信方策に係る検討.....	367
3-2	関係行政機関や業界団体への安全対策の提案方策に係る検討.....	369
第4節	業界団体等への提言.....	372
4-1	太陽光発電設備.....	372
4-2	電気自動車	374
4-3	共通	377

付録 電気自動車に関する実証実験結果報告書

第1章 検討の目的等

第1節 目的

東京消防庁管内における電気設備等から出火した火災は年々増加傾向にあり、平成 30 年以降は火災件数全体の出火原因の 3 割以上を電気火災が占めている。

また、東京都は 2035 年までに温室効果ガス排出量を 2000 年比で 60%以上削減する目標を設定しており、今後、太陽光発電設備及びリチウムイオンバッテリーを搭載した電気自動車（以下「電気自動車等」）の普及が予想される。

太陽光発電設備について、2013 年に太陽光発電設備の調査及び防火安全対策の検討を行い、2015 年と 2016 年に電気火災の抑制方策の検討を行っているが、Air ソーラー（ペロブスカイト型太陽電池）をはじめとする技術の進展に応じたさらなる検討が必要である。また、電気自動車等の火災において、有効な消火戦術及び資機材が確立されておらず、火災性状に応じた安全、かつ、有効な消防活動対策を検討する必要がある。

このことから、電気火災の現状分析を行い、太陽光発電設備及び電気自動車等に係る火災事例や最新技術の動向の調査を踏まえ火災予防対策や消防活動対策を提言することを目的に、専門的な意見を取り入れて調査研究を行う。

第2節 検討事項

本検討部会における検討項目は次のとおりである。

1. 太陽光発電設備に係る火災予防対策の検討
 - (1) 太陽光発電設備に係る危険性の分析及び検討
 - (2) 太陽光発電設備を壁面に設置した際の火災時の延焼拡大に係る可能性の検討
 - (3) 出火原因に応じた火災予防対策の検討
 - (4) 国内外における最新の安全対策の検討
2. 電気自動車等に係る火災危険の検討
 - (1) 電気自動車等に係る危険性の分析及び検討
 - (2) 国内外における最新の安全対策の検討
3. 消防活動対策の検討
 - (1) 太陽光発電設備及び電気自動車等の火災に係る消防活動時の危険要因の検討
 - (2) 太陽光発電設備及び電気自動車等の火災に係る消防活動戦術や活動資機材の検討
 - (3) 太陽光発電設備を壁面に設置した際の火災時の消防活動対策の検討
 - (4) 電気自動車等の火災に係る消火方策の検討
4. 都民への安全情報の発信方策に係る検討
5. 関係行政機関や業界団体への安全対策の提案方策に係る検討

第3節 検討体制

学識経験者、消防行政関係者、太陽光発電設備に関係する団体及び電気自動車等に関係する団体で構成される「電気設備等における総合的な防火安全対策に関する検討部会」を設置し、専門的見識から検討を実施した。

表 3-1 電気設備等における総合的な防火安全対策に関する検討部会の構成員（順不同、敬称略）

部 会 長	植田 譲（東京理科大学 工学部 電気工学科教授）
副 部 会 長	鶴田 俊（秋田県立大学 システム科学技術学部 機械工学科教授） 予防部予防課参事兼予防課長
部 会 委 員	松山 賢（東京理科大学 創域理工学研究科 国際火災科学専攻教授）
	川合 弥生（総務省消防庁 予防課）
	高木 淳（総務省消防庁 消防・救急課）
	尾川 義雄（総務省消防庁 消防大学校 消防研究センター）
	柴 彩夏（経済産業省 大臣官房 産業保安・安全グループ 電力安全課）
	大関 崇（国立研究開発法人 産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所）
	田中 栄一（独立行政法人 製品評価技術基盤機構）
	五十嵐 優一（一般社団法人 日本電気協会）
	杉本 完蔵（一般社団法人 太陽光発電協会）
	石澤 格（一般社団法人 日本電機工業会）
	田中 誠（太陽光発電技術研究組合）
	木下 直樹（一般社団法人 日本自動車工業会）※第3回以降はオブザーバーに変更 安全推進部安全技術課長
	企画調整部企画課副参事（政策調整担当）
	警防部警防課副参事（警防担当）
	予防部予防課副参事（予防技術担当）
オブザーバー	伊敷 万太郎（独立行政法人 製品評価技術基盤機構）
	寺川 朗（太陽光発電技術研究組合）
	小久保 毅之（一般社団法人 日本自動車工業会）※第3回以降は部会委員に変更
	松山 鮎華（一般社団法人 日本自動車工業会）
	丸野 直樹（一般社団法人 日本自動車工業会）
	貝島 雄太（一般社団法人 不動産協会）
	東京都 環境局 気候変動対策部 計画課
	東京都 環境局 気候変動対策部 環境都市づくり課
	東京都 産業労働局 産業・エネルギー政策部 事業者エネルギー推進課
	企画調整部企画課計画係長
	警防部警防課消防係長
	予防部予防課予防対策担当係長
事 務 局	東京海上ディーアール株式会社 主席研究員 富田 学 主席研究員 菅沼 裕明 上級主任研究員 高橋 弦也 主任研究員 奥田 莞司 研究員 豊田 漠 主任 北川 晶子 主任 東 美穂

第4節 検討スケジュール・流れ

表 4-1、図 4-1 に示すとおり検討を行った。

表 4-1 検討スケジュール

部会	開催日	議題
第1回検討部会	令和7年8月1日（金）	・調査・検討スケジュールの協議 ・文献調査・海外現地調査の協議 ・燃焼実験（案）の協議
第2回検討部会	令和7年10月17日（金）	・文献調査・海外現地調査の報告 ・燃焼実験の内容の審議 ・防火安全対策の方向性の協議
第3回検討部会	令和7年12月19日（金）	・燃焼実験の報告 ・防火安全対策（案）の協議 ・報告書（案）の方向性の協議
第4回検討部会	令和8年2月20日（金）	・報告書（案）の審議

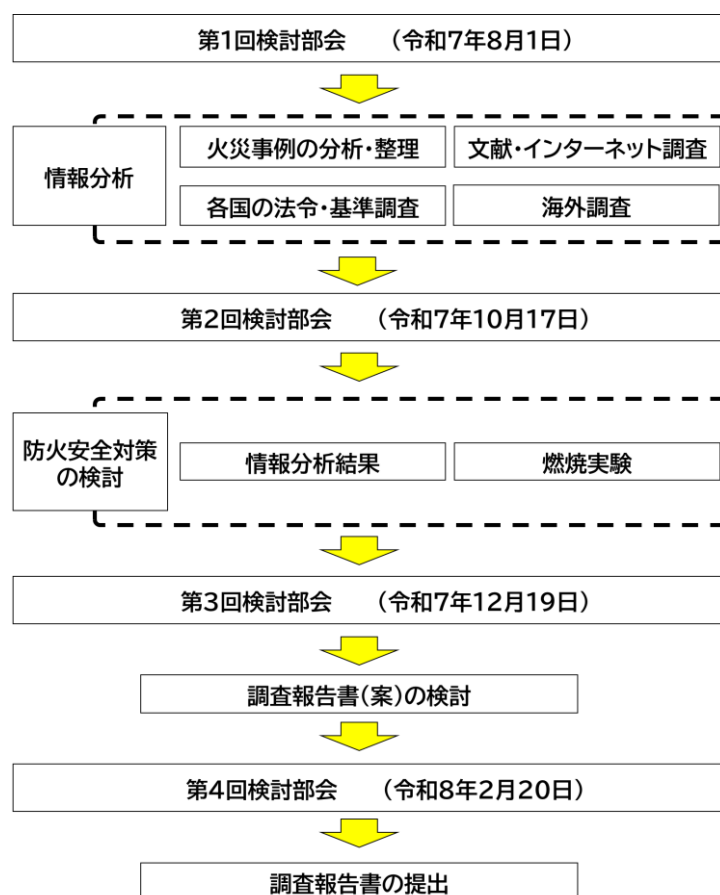


図 4-1 検討の流れ

第2章 太陽光発電設備の概要

第1節 太陽光発電設備の種類及び構造

1-1 太陽光発電設備のシステム構成

太陽光発電設備（以下「PV」又は「PV システム」）は、その用途に応じ、下図のとおり産業用や住宅用に分類される。

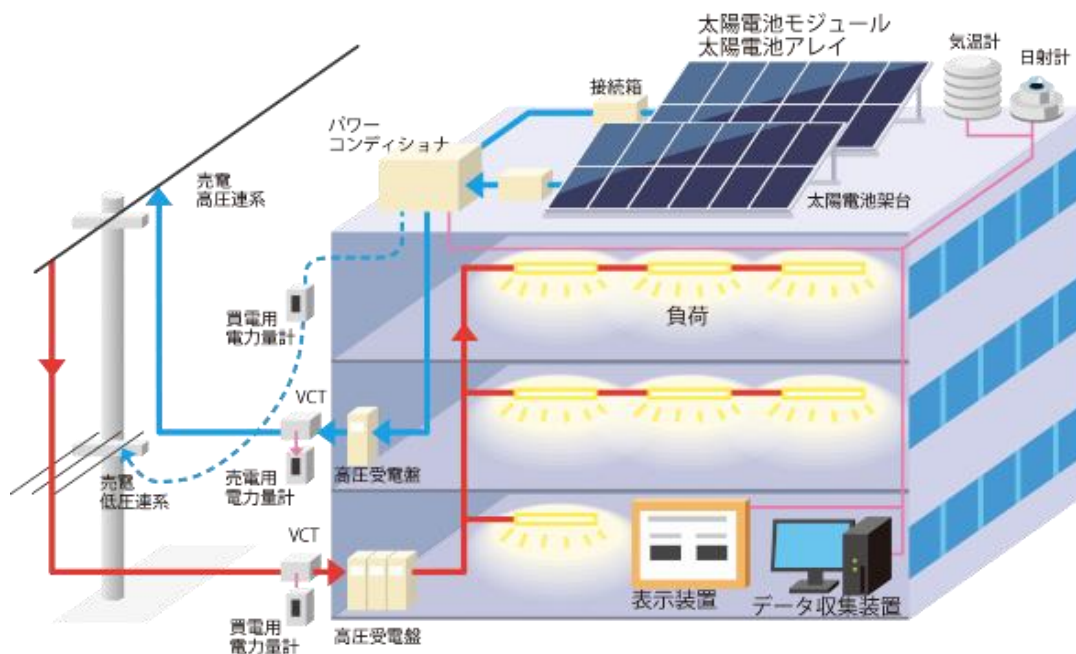


図 1-1 システム構成例（産業用）¹

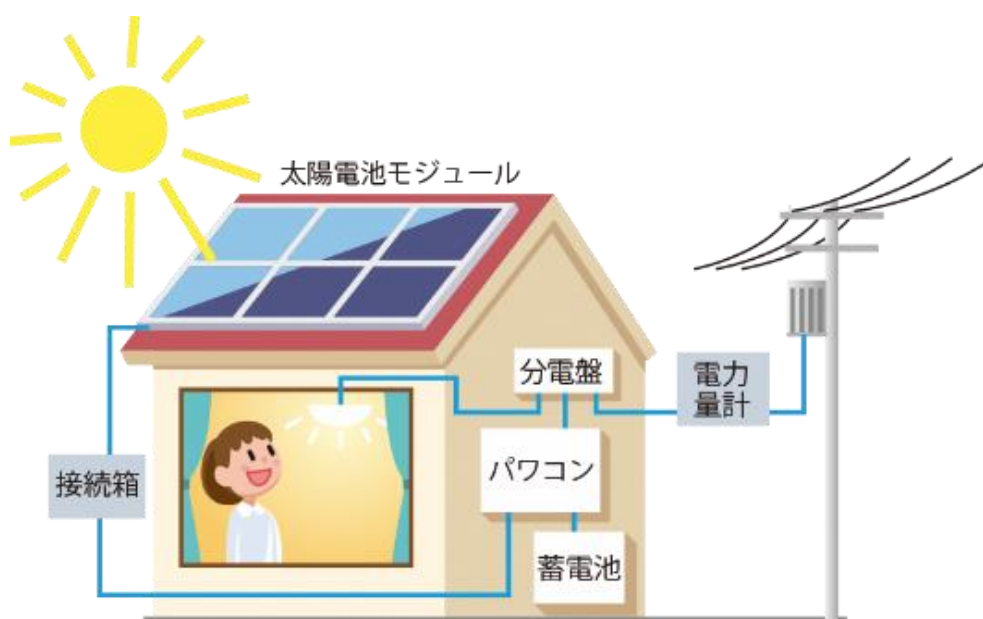


図 1-2 システム構成例（住宅用）¹

¹ 一般社団法人 太陽光発電協会 (JPEA), Web サイト, <https://www.jpea.gr.jp/>

1-2 太陽光発電設備の構成機器

(1) パワーコンディショナ（以下「パワコン」又は「インバータ」）

PV モジュールが発生させる直流電力を最大限引き出すように制御するとともに、交流電力に変換する。また、電力系統やパワコンに異常があったときには、商用電力系統との連系を速やかに遮断する機能を内蔵している。

※ 海外の文献等では「インバータ」という呼称が一般的であるため、海外の情報に係る項ではそのように呼称する。

(2) 接続箱

ブロックごとに接続された PV モジュールから配線の一つにまとめるためのボックスで、点検・保守時等に使用する開閉器や避雷素子のほか、PV モジュールの電気が逆流しないようにするための逆流防止ダイオード又はヒューズも内蔵している。PV モジュールの周辺に設置されることが多いが、パワコンと一体になっているタイプもある。

(3) 分電盤

商用（買電）電力を建物内の電気負荷に分配する装置。

(4) 積算電力量計

電力会社の電力を使う買電量、電力会社へ電力を売る（逆潮流）売電量を測定するための電力量計で、俗称として「電気メーター」や「電力メーター」と呼ばれる。

(5) 蓄電池

昼間に PV モジュールで発電した電力を蓄え、夜間に電力を使用したい場合や、災害で電力系統が停電した場合等に使用する。

(6) 太陽電池

① セル

10 cm～15 cm 程度の角型の大きさのもので、電気的な性質の異なる 2 種類（p 型、n 型）の半導体をつなぎ合わせた構造である。

② モジュール

複数のセルを組み合わせ外囲器に封入したもので、太陽光エネルギーを直接電気エネルギーに変換するパネルである。PV システムを構成する発電ユニットにおいて最も小さい単位で、使用される材料により、製造コスト、発電効率、波長特性、PV モジュールの厚さ等の違いがある。

③ スtring

モジュールを直列につないだ回路のことをいい、この回路のことをブロックやグループと言い換えることもある。

④ アレイ

複数のStringを並列接続し、組み合わせたもの（直並列接続された複数の PV モジュールを機械的、電氣的に架台に取り付けたもの）で、PV システムを構成する発電ユニットにおいて最も大きな構成単位として位置づけられる。

(7) 安全装置類

漏電、過電流、逆流、過熱等から保護するための各種保護装置が装備される。

1-3 太陽光発電モジュールの種類

PV モジュールの種類は、その中に使用されている材料で大まかに分類すると、シリコン系、化合物系、有機系の3つに分類される（図 1-3）。

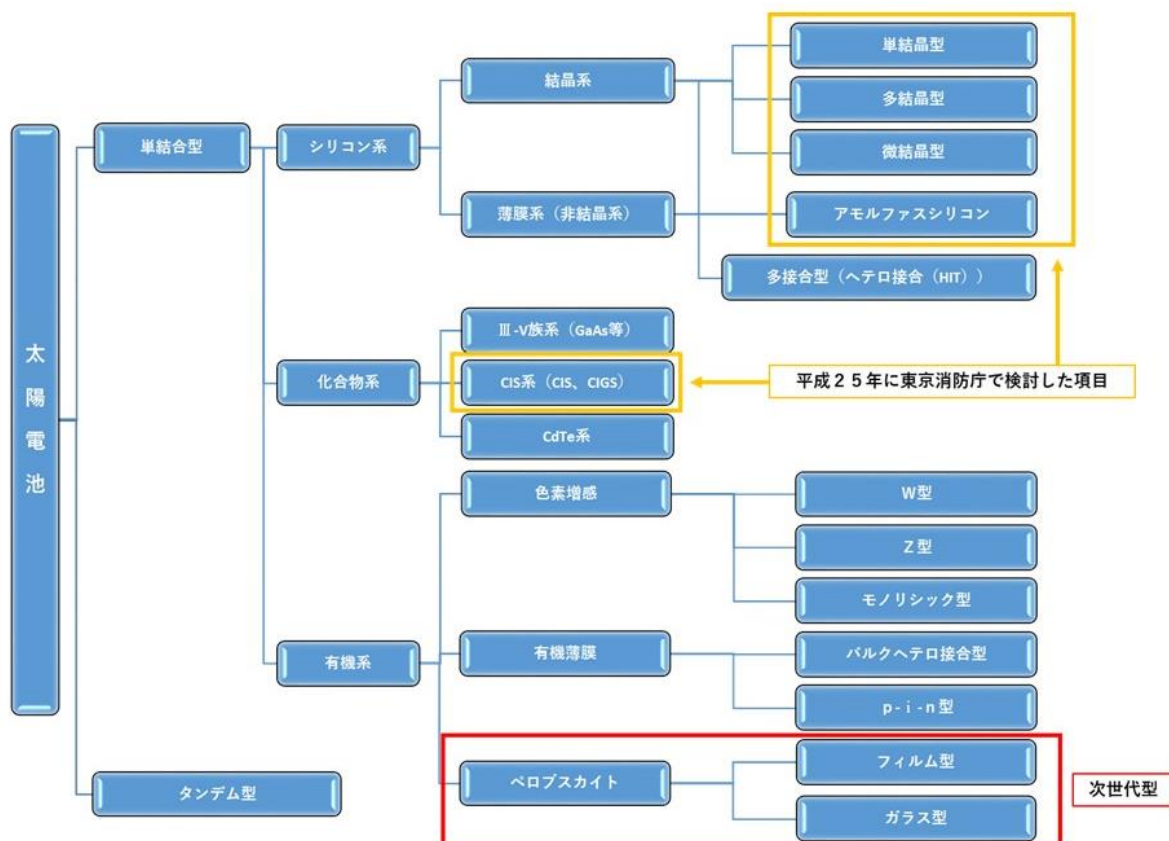


図 1-3 主な PV モジュールの材料による分類²

(1) シリコン系

① 結晶系 PV モジュール

(ア) 単結晶型

シリコンの原子が規則正しく配列した構造をしており、単位面積当たりの発電量が多い。しかし、高純度シリコンを多く使用することから、生産に必要なエネルギー量が多く、費用が高くなる。

(イ) 多結晶型

単結晶シリコンが多数集まってできており、単結晶に比べ変換効率は低い。安価に製造することができる。

(ウ) 微結晶型

多結晶型よりもさらに細かいシリコンの欠片から作られ、薄膜化することも可能である。アモルファスシリコンと似た性質を持つ。

² 東京消防庁作成

② 薄膜系 PV モジュール（アモルファスシリコン）

シリコンの原子が不規則に集まった構造をしており、厚みを薄くすることで、使用原料、生産に要するエネルギー、費用等の削減を図っている。大面積で量産ができる特徴がある反面、結晶系に比べ発電効率が低い。

③ 多接合型（ヘテロ接合型）PV モジュール

結晶系シリコンとアモルファスシリコンを組み合わせで作られる。結晶系シリコンだけの場合よりも省資源で、性能を高めている。

(2) 化合物系

① III-V 族系 PV モジュール

III 族（ガリウム（Ga）、インジウム（In）等）と V 族（ヒ素（As）、リン（P）等）を中心とした原料から作られ、変換効率が最も高いことや過酷な環境にも強く耐久性に優れているが、高価である。

② CIS 系 PV モジュール

銅（Cu）、インジウム（In）、セレン（Se）の 3 つの元素を主成分としている。製造法や材料のバリエーションが豊富で、安価品から高性能品まで対応できる。CIS の光吸収層の特性改善を目的にインジウム（In）の一部をガリウム（Ga）に置き換えた CIGS もある。

③ CdTe 系 PV モジュール

毒物のカドミウムを使用した太陽電池で、製造に使うエネルギーが少ない。価格が安く、欧米等で大規模発電所に利用され始めている。

(3) 有機系

① 色素増感

酸化チタンのナノ多孔膜を光電極として用いており、構造が容易でカラフルなものが作れる。耐久性と変換効率が低いことが課題である。

② 有機薄膜

p 型と n 型の有機半導体を組み合わせた薄膜で構成される。軽量、フレキシブル、低コストでの製造が可能であるが、耐久性と変換効率が低いことが課題である。本報告書では、下記のペロブスカイトと併せて「フレキシブルタイプ等」と呼称する。

③ ペロブスカイト

ペロブスカイトと呼ばれる結晶構造を持つ材料を用いた日本発の太陽電池である。低温で製造できることから製造コストの低減が期待され、薄型で柔軟なことから従来シリコン型では設置が厳しかった場所への設置が可能である。耐

久性や生産技術の確立等の課題がある。

④ タンデム型

異なる単結合型同士を重ねた構造で、単独の時よりも発電効率が高めやすい。

1-4 太陽光発電モジュールの構造

PV モジュールの構造の一例を図 1-4 に示す。

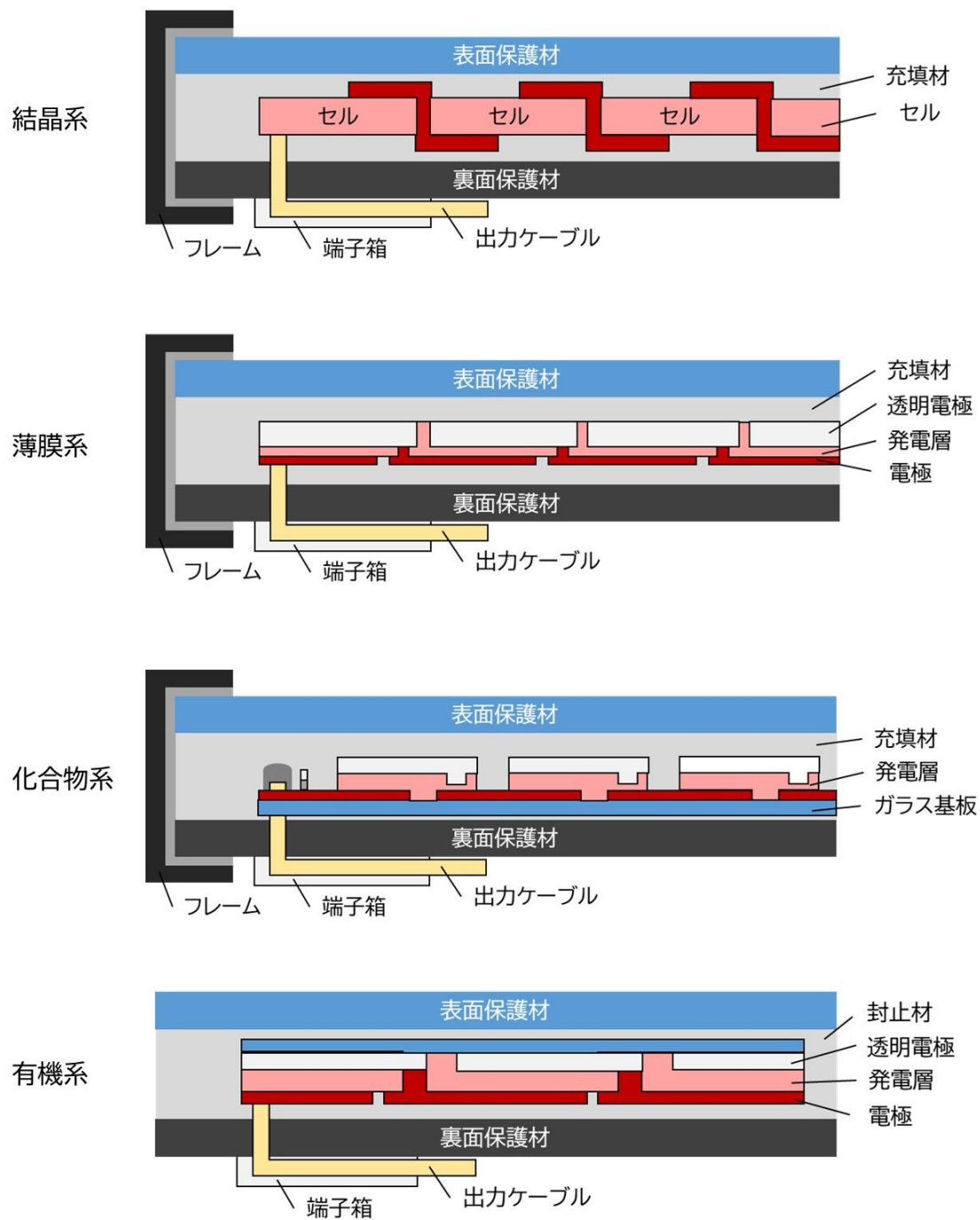


図 1-4 PV モジュールの構造例²

表面にガラス材を使用する PV モジュールは表面ガラスモジュールと呼称される。特に流通量の多い結晶系の表面ガラスモジュールは大型化、高電圧化が進んでおり、一枚当たり 500～800 W の発電量、DC 45～55 V 程度の電圧となってきた。また、従来品ではバックシートに可燃性の樹脂を使用している製品があったが、現在では製品の両面ガラス化が進んでおり、現在の国内出荷品の約 70%を占めている。その結果、モジュールに含まれる可燃物量は減少傾向にある。

1-5 接地方式による分類

PV システムの電氣的な接地方式は、安全性と火災リスクに大きな影響を与える重要な要素である。主要な接地方式として以下が存在する。

(1) 機能接地型システム

PV アレイの1本の導体が電気安全以外の目的で意図的にアースに接続されているシステムである。主に米国で採用されており、地絡発生時に接地経路に電流が流れるため、地絡保護装置による監視が重要となる。³

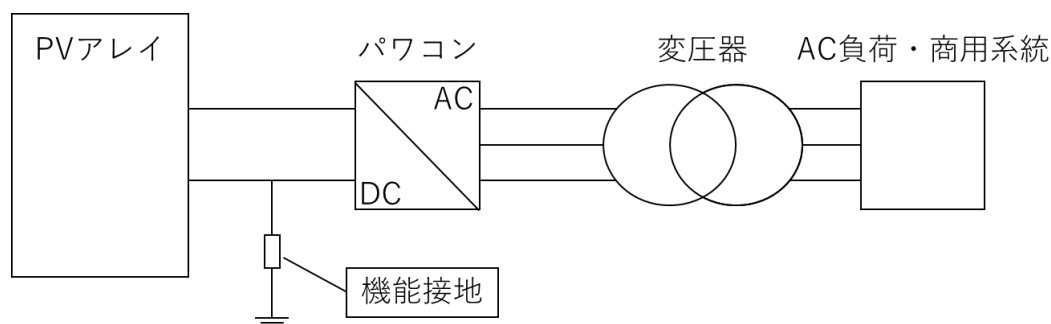


図 1-5 機能接地型システムの概要図
(東京海上ディーアール株式会社にて作成)

(2) 非接地型システム

PV アレイの導体が直接又は電力変換装置を介して意図的に対地基準に接続されていないシステムである。米国を除く日本、欧州、中国やその他の地域で一般的に使用されている。直流側が接地されていないため、2ヶ所同時に地絡が発生しないと大きな地絡電流は流れない。

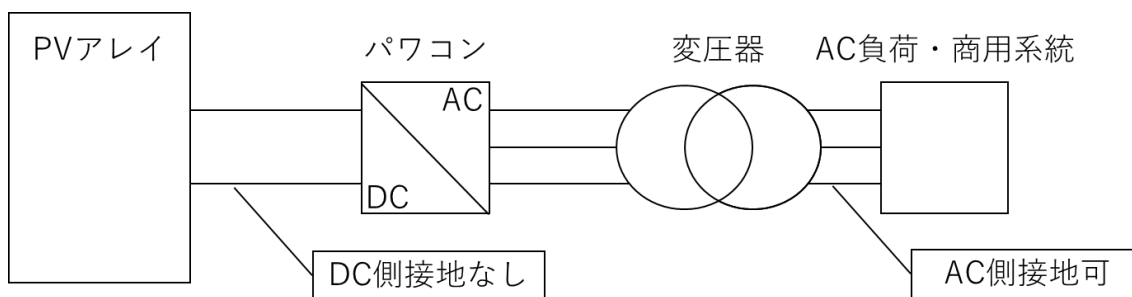


図 1-6 非接地型システムの概要図
(東京海上ディーアール株式会社にて作成)

³ IEA-PVPS, T12-09:2017 Photovoltaics and Firefighters' Operations: Best Practices in Selected Countries, https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/01/Task_12_Report_Photovoltaics_and_Firefighters_Operations_July_2017.pdf

下図は非接地型の直流回路における地絡故障を模した概念図であるが、第1地絡、第2地絡と示されるとおり、2ヶ所の漏電が生じないと地絡回路が形成されない点の特徴である。一方、機能接地式等では、1ヶ所の漏電で大きな地絡電流が生じる。

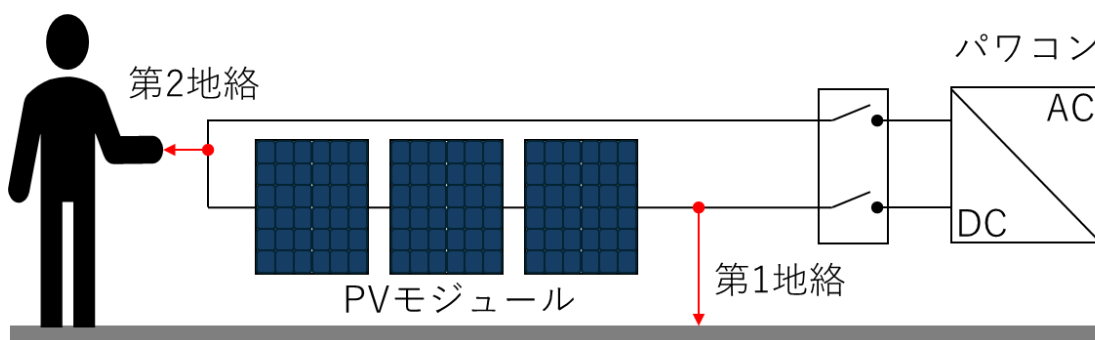


図 1-7 非接地回路における地絡故障回路の概要図
(東京海上ディール株式会社にて作成)

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）のガイドライン⁴では、国内での接地方式について以下のとおり言及している。

「国内では太陽電池アレイの正負極が接地されていないシステムが多いため、直流側に1か所の地絡事故の発生時にはパワーコンディショナの停止や接続箱等における遮断器の開放を行うことで、地絡電流はほとんど流れなくなるが、同一パワーコンディショナに接続されている同一のアレイ内で2か所目の地絡が発生した場合、パワーコンディショナの停止や接続箱等における遮断器の開放をしても、停止が困難になる電路の閉回路が発生する可能性がある。そのため、1か所目の直流側地絡事故発生時に確実に検知を行い、速やかに対処する。」

また、国立研究開発法人 産業技術総合研究所（AIST）の技術情報⁵では、接地方式ごとの地絡検出の優位性の評価として、日本の非接地システムと米国の接地システムを比較し、「国内絶縁型パワーコンディショナに地絡検出機能を具備していない機種があり、その場合は、地絡検出を別途行わない限り第一地絡が看過され第二地絡により発災する危険性が、米国接地システムよりも高い」と指摘している。

(3) 非絶縁型システム

DC側とAC側が互いに絶縁されていないシステムであり、特定の条件下で地絡監視装置の選択が可能となる。

⁴ 国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）ほか、建物設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン ～構造、電気安全に関する事項～ 2025年版

⁵ 国立研究開発法人 産業技術総合研究所（AIST），太陽光発電の直流電気安全のための 手引きと技術情報（第2版）

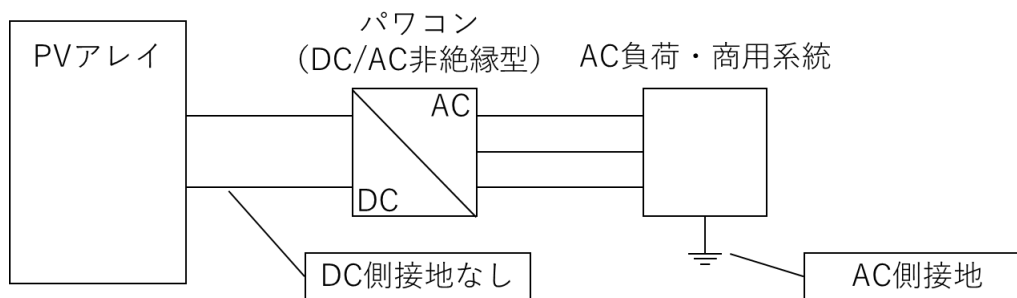


図 1-8 非絶縁型システムの概要図
(東京海上ディーアール株式会社にて作成)

1-6 設置方式による分類

建築物に設置する PV モジュールは、設置方式、付加機能等の違いによって分類することができる。設置方式とそれぞれの設置イメージ、施工写真、特徴は以下のとおりである（図 1-9、表 1-1）。なお、設置方式別の火災リスクに関する考察は、後述する「2-4-5 設置方式別のリスク評価」の項に記載する。

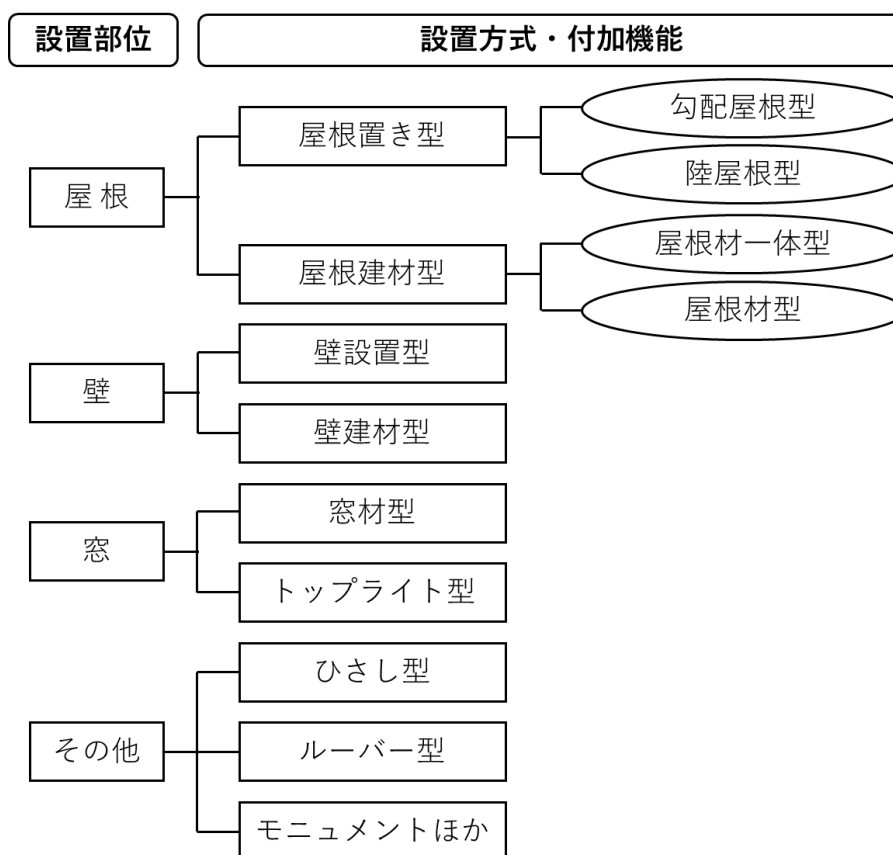
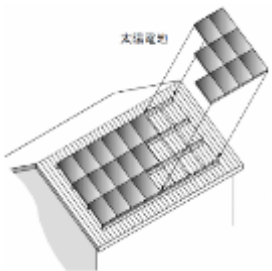
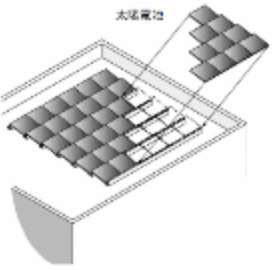
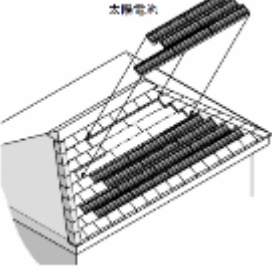
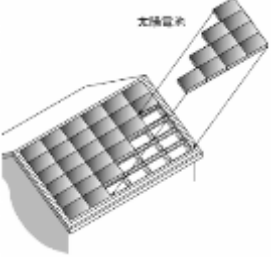
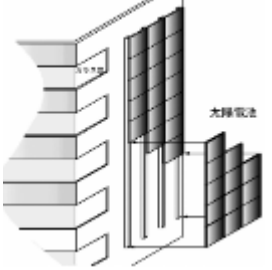
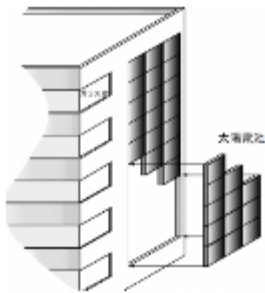
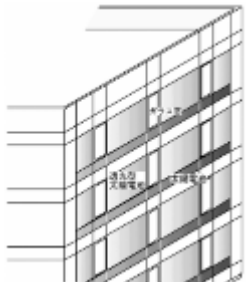
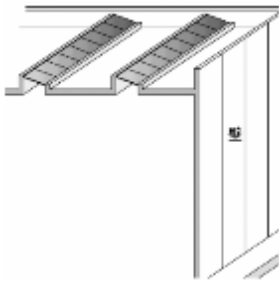
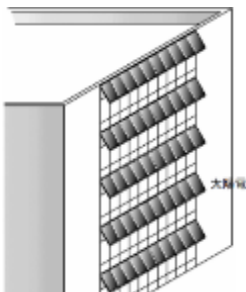
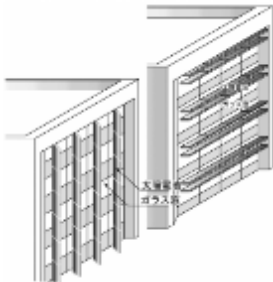


図 1-9 設置方式の分類²

表 1-1 設置方式ごとの設置イメージ等⁶

設置方式	設置イメージ	施工写真	特徴
勾配屋根型			屋根材の上に架台を取付け、その上に太陽電池を設置するもの。
陸屋根型			
屋根材一体型			太陽電池が屋根材として機能するもので、防火性能ほか屋根材機能を保有している。
屋根材型			
壁設置型			壁に架台（支持金物）を取付け、それに太陽電池を設置するもの。

⁶ 一般社団法人 太陽光発電協会（JPEA），公共・産業用太陽光発電システム手引書，
<https://www.jpea.gr.jp/document/books/point/>

壁建材型			太陽電池が建材として機能するもの。代表的なものとして、カーテンウォールが挙げられる。
窓材型			窓ガラスの機能を有するもの。ある程度の採光性、透視性を保有している。
トップライト型			建築物上部の明り取り部に取り付けられるもの。採光性を有する。
ひさし型			窓の上部等建築物の外部に取付金具（架台）を設けて太陽電池を設置し、ひさし機能を有するもの。
ルーバー型			開口部のブラインド機能を有するもの。

それぞれの設置方式の特徴について以下に記載する。

(1) 屋根設置型（Building Applied Photovoltaics、以下「BAPV」）

既存建物の屋根上に架台を設置してモジュールを配置する最も一般的な設置方式

である。屋根材が不燃性である場合は火災延焼に対する防火層として機能する利点がある。住宅用と商業用に分類され、その定義は各国規格で定められている。

IEC では、大規模システムにおいては一般的に直流 300-1,500V としている。また、家庭用を含む低圧システムを、DC 1,000V 程度としている。

米国では、米国電気工事規格 (National Electrical Code、以下「NEC」)⁷において一戸建て又は二戸建て住宅用の PV システムの最大電圧を DC 600V までとする制限が設けられている。産業用システムについては、米国 NEC 規格では 5,000 kW 以上のインバータ発電容量を有するものを大規模 PV 電力供給ステーションと定義している。

中国では、北京市の推奨性地方標準⁸において大規模システムを 1,500V 以下、建物設置型の最大電圧を DC 1,000V としている。

日本では、「電気設備に関する技術基準を定める省令」に関する解説「電気設備の技術基準の解釈」などとの関係性により、住宅用 PV の定格出力は 20 kW 未満、電圧は DC 450V 未満を想定している。またその細則は JIS C 8981「住宅用太陽光発電システム 電気系安全設計標準」により規定されている。IEC に基づき発行された JIS C 61730-1 では、事業用を含む最大電圧 DC 1,500V までの PV モジュールを対象としている。

(2) 建材一体型 (Building Integrated Photovoltaics、以下 BIPV)

建物の屋根材や外壁材として機能するシステムである。屋根一体型では PV モジュールが屋根材として機能し、外壁型では建物の外壁として機能する。

BIPV については、ドイツの建築技術規則 (MMV TB)⁹では建物分類別に難燃性要求が設定されており、建物クラス 1-3 (高さ 7m 以下の建物) では正常燃焼性 (B2/E-d2)、建物クラス 4-5 (高さ 22m 以下) では難燃性 (B1/C-s2, d)、高層建築物 (高さ 22m 超) では不燃性 (A2/A2-s1, d0) が要求されている。

一方、日本の JIS C 61730-1 の引用元である IEC 61730-1 においては、BIPV は各国の建築基準法における火災関連安全要件の対象となるため、火災安全に関する国際的な整合はまだ存在していないことを記載している。したがって、日本では建築基準法の要件と、PV システムとしての要件をそれぞれ満たすことが求められている。

⁷ National Fire Protection Association, National Electrical Code (NEC) 2023 - NFPA 70, <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-70-standard-development/70>

⁸ 推奨性地方標準 (北京市) DB11/T 2036-2022 分散型太陽光発電システムの電気安全技術規範

⁹ DIBt - Deutsches Institut für Bautechnik, Building Technical Regulations Model Administrative Regulation (MMV TB 2024/1), Attachment 4, Tables 1.1, 1.2, 3.1, and 3.2, <https://www.dibt.de/de/aktuelles/meldungen/nachricht-detail/meldung/mvv-tb-20241-veroeffentlicht>

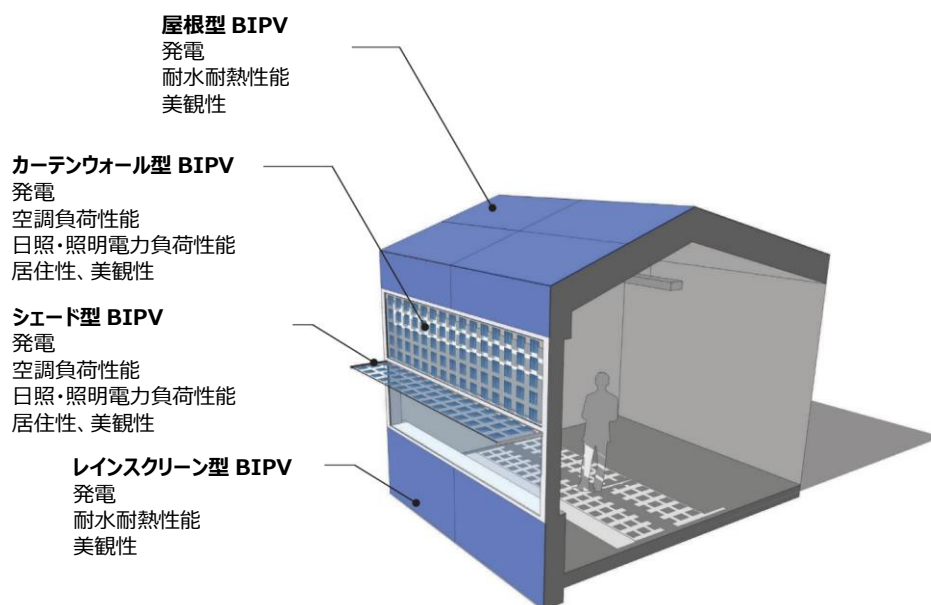


図 1-10 BIPV の種類¹⁰ (東京海上ディール株式会社翻訳)

表 1-2-1 EN 50583 および IEC 63092-1 をベースに広義の BIPV を再定義¹⁻³⁾

カテゴリー		カテゴリーの要件解説
A		傾斜角 0～75° の外壁屋根に設置され、建物内から直接アクセスできない。PV モジュールは、大きなガラス片が屋内に落下するのを防ぐため、PV モジュール下部にバリア（性能ライン）層を設け、0～75°の角度範囲で建築物および施設の外皮に取付けられる。これを BAPV と呼ぶ。
B		傾斜角 0～75° の外壁屋根に設置され、建物内から直接アクセスできる。PV モジュールは、0～75°の角度範囲で建築物および施設の外壁屋根に外皮の性能ラインとして取付けられる。これを BIPV と呼ぶ。
C		垂直面 75～90° の外壁に設置され、建物内から直接アクセスできない。PV モジュールは、大きなガラス片が屋内に落下するのを防ぐため、PV モジュールの屋内側にバリア（性能ライン）層を設け、75～90°の角度範囲で建築物および施設の外皮に取付けられる。これを BAPV と呼ぶ。
D		垂直面 75～90° の外壁に設置され、建物内から直接アクセスできる。PV モジュールは、75～90° の角度範囲で建築物および施設の外壁に外皮の性能ラインとして取付けられる。これを BIPV と呼ぶ。
E		建物内から外部側に統合され、直接アクセスできる、できないもの双方を含む。PV モジュールは建築外皮（性能ライン）に付随するバルコニー、手摺、シャッター、日よけ、ルーバーなどに取付けられる。
F		上記 B、D において、直接アクセスできないが、BIPV モジュールが性能ラインと同一のものを指す。例えば、垂直面であれば、カーテンウォール構法のスパンドレル部であり、屋根であれば、屋根裏側に設置されているような場合である。

図 1-11 NEDO による BIPV の定義¹¹

¹⁰ IEA-PVPS, Building-Integrated Photovoltaics - A Technical Guidebook (2025)

¹¹ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）ほか、壁面設置太陽光発電システム 設計・施工ガイドライン 2024 年度版

日本では、NEDO のガイドライン¹¹により、PV モジュールが建材として機能する方式を「狭義の BIPV」とし、建物に設置される他の方式を含めて「広義の BIPV」と定義している。すなわち、建物の建築材としての機能を持ち、屋根や垂直/傾斜外壁として使用される屋根材一体型や外壁材一体型 PV モジュールは、狭義の BIPV に含まれる。さらに、建物の屋根や外壁に固定される形式で追加設置されるシステム (BAPV) を含めて、広義の BIPV としている。

※ 本調査における「太陽光発電設備を壁面に設置」する方式は、特別な記載の無い限り「建材として機能する狭義の BIPV」及び「ファサードなど外壁に設置される広義の BIPV」を意味し、総じて BIPV と呼称している。なお、「屋根に設置される広義の BIPV」を含まない。

結晶系表面フレキシブルモジュールなどのフレキシブルタイプ等は、広義の BIPV として扱われる。ガラス系に比べ、単位重量が軽量であるため、荷重負荷の少ない屋根や、壁などへの設置が急速に進んでいる。設置施工には、接着施工なども多用されることから、施工方法などは、次世代型太陽電池（ペロブスカイト）への応用技術として活用できる。なお、フレキシブルタイプ等に関する文献は確認できなかったため、特記の無い限り、本報告書の記載内容はフレキシブルタイプ等を除くものとする。

(3) 地上設置型

専用敷地に架台を設置するシステムで、主に産業用途で採用される。海外では一般的に 1,000V クラスの直流電圧を持つシステムが使用されており、近年では発電効率向上のため 1,500V クラスも普及し始めている。

建物以外への設置例として、水上、傾斜地、営農等の方式がある。また、近年両面受光 PV モジュールが普及してきており、両面受光垂直設置方式が注目されている。

(4) プラグイン型

バルコニー等に設置される小規模システムで、近年ドイツを中心に「バルコニー発電」として急速に普及している。

フラウンホーファー太陽エネルギーシステム研究所 (Fraunhofer ISE) へのインタビュー¹²によると「2024 年設置数は 2023 年より 62% 増加し、43 万基のバルコニー発電が稼働中。PV 設備の総数は 480 万本、100.1 GW とされており、発電容量ベースでは約 0.7% をバルコニー発電が占めている。」とされ、その設置数は年々増加していることが注目されている。ドイツでは、従来、バルコニー設置型の小規模太陽

¹² 東京海上ディーアール株式会社による Fraunhofer ISE へのインタビュー及び提供資料，2025 年 11 月 28 日

光発電設備（Steckersolargerät）は、技術基準上、インバータ出力 600 W 以下とされていたが、2024 年 5 月に施行された Solarpaket I 及び関連する VDE 規格の整備により、上限が 800 W へ引き上げられ¹³、今後さらにその発電容量は増えていくことが予想される。

¹³ DIN VDE V 0126-95（Balkonkraftwerke／Steckersolar 用製品規格）

第2節 太陽光発電設備の普及状況

2-1 国内における太陽光発電設備の導入量の推移

2023 年 12 月までの発電設備別の導入量は表 2-1 のとおりである。再生可能エネルギーの固定価格買取制度（FIT 制度）の開始後に新たに運転を開始した発電設備（太陽光発電設備、風力発電設備、地熱発電設備、中小水力発電設備、バイオマス発電設備の合計）は、約 7,700 万 kW であり、そのうち太陽光発電設備は全体の約 88%を占める。

表 2-1 発電設備別の導入量¹⁴

再生可能エネルギー設備の種類	制度導入前	固定価格買取制度導入後											
	2012年6月までの累計	2012年度7月～2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度(12月まで)	制度開始後合計
太陽光(住宅)	約470万kW	207.5万kW (476,471件)	103.6万kW (228,665件)	85.8万kW (179,384件)	79.2万kW (161,335件)	66.0万kW (133,271件)	73.3万kW (146,673件)	76.9万kW (152,225件)	75.9万kW (141,534件)	85.7万kW (153,169件)	105.9万kW (190,306件)	66.5万kW (125,692件)	1,026.3万kW (2,088,725件)
太陽光(非住宅)	約90万kW	676.9万kW (123,659件)	836.8万kW (152,758件)	814.8万kW (115,928件)	544.4万kW (72,561件)	474.5万kW (53,347件)	490.6万kW (54,817件)	487.8万kW (49,167件)	499.6万kW (33,301件)	372.8万kW (20,574件)	354.1万kW (13,674件)	175.3万kW (6,330件)	5,727.7万kW (696,116件)
風力	約260万kW	17.4万kW (25件)	22.5万kW (24件)	14.8万kW (56件)	30.8万kW (149件)	16.9万kW (316件)	16.6万kW (453件)	44.9万kW (302件)	36.3万kW (267件)	29.5万kW (241件)	23.1万kW (306件)	49.0万kW (181件)	301.7万kW (2,323件)
地熱	約50万kW	0.0万kW (1件)	0.4万kW (8件)	0.6万kW (10件)	0.5万kW (8件)	0.7万kW (23件)	0.9万kW (10件)	4.8万kW (6件)	1.4万kW (8件)	0.0万kW (4件)	0.2万kW (2件)	2.1万kW (8件)	11.6万kW (88件)
中小水力	約960万kW	0.6万kW (38件)	8.5万kW (56件)	9.3万kW (87件)	7.9万kW (101件)	7.5万kW (86件)	6.1万kW (86件)	12.6万kW (87件)	15.5万kW (78件)	12.8万kW (96件)	24.1万kW (69件)	20.2万kW (70件)	125.0万kW (854件)
バイオマス	約230万kW	18.4万kW (59件)	17.9万kW (48件)	30.2万kW (57件)	35.3万kW (67件)	50.0万kW (73件)	31.2万kW (60件)	48.6万kW (62件)	44.5万kW (56件)	67.8万kW (69件)	131.5万kW (60件)	29.5万kW (45件)	504.9万kW (656件)
合計 (太陽光、風力、地熱、 中小水力、バイオマス)	約2,060万kW	920.8万kW (600,253件)	989.7万kW (381,559件)	955.5万kW (295,522件)	698.0万kW (234,221件)	615.5万kW (187,116件)	618.6万kW (202,099件)	675.5万kW (201,849件)	673.3万kW (175,245件)	568.8万kW (174,155件)	639.0万kW (204,417件)	342.6万kW (132,326件)	7,697.3万kW (1,788,762件)

■ バイオマスとは、認定時のバイオマス比率を乗じて得た推計値を集計

■ 内訳ごとに四捨五入しているため、合計において一致しない場合がある。

国際エネルギー機関（International Energy Agency、以下「IEA」）の「World Energy Balances」をもとに経済産業省資源エネルギー庁が作成した経済協力開発機構（Organization for Economic Co-operation and Development、以下「OECD」）38ヶ国の一次エネルギー自給率を比較したものを図 2-1 に示す。

2022 年度の国内の自給率は 12. 6%（37 位）と低い水準となっている。

¹⁴ 経済産業省資源エネルギー庁、再生可能エネルギーの導入状況、
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/063_s01_00.pdf

主要国の一次エネルギー自給率比較(2022年)

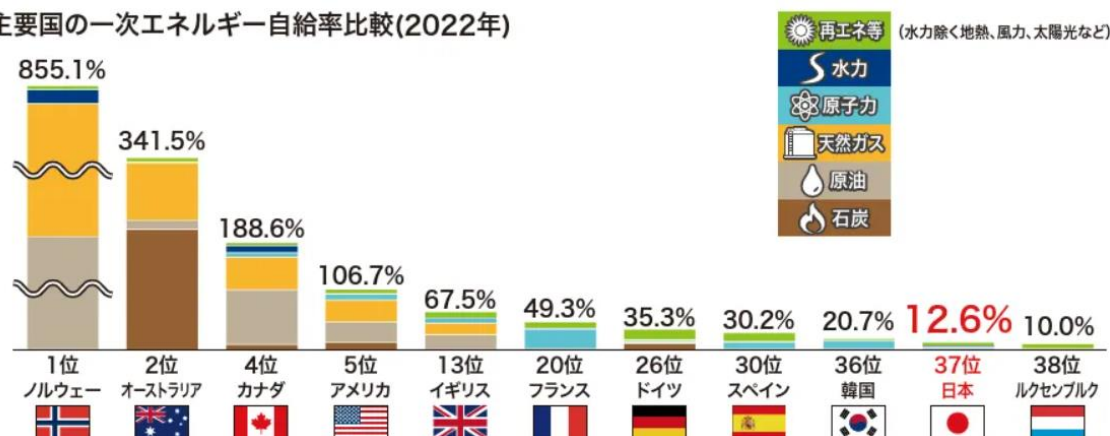


図 2-1 OECD38 ヶ国の一次エネルギー自給率の比較¹⁵

同じ情報をもとに、主要国の発電電力量を比較したものを図 2-2 に示す。

国内における再生エネルギーの割合は 21.9%であり、再生可能エネルギー発電設備容量は世界第 6 位、太陽光発電設備は世界第 3 位となっている。国土面積あたりの太陽光発電設備の導入量は主要国の中で最大級であり、国内における地域と共生した再生可能エネルギーの導入政策として、太陽光発電設備が進められていることがわかる。

主要国の発電電力量に占める再エネ比率の比較

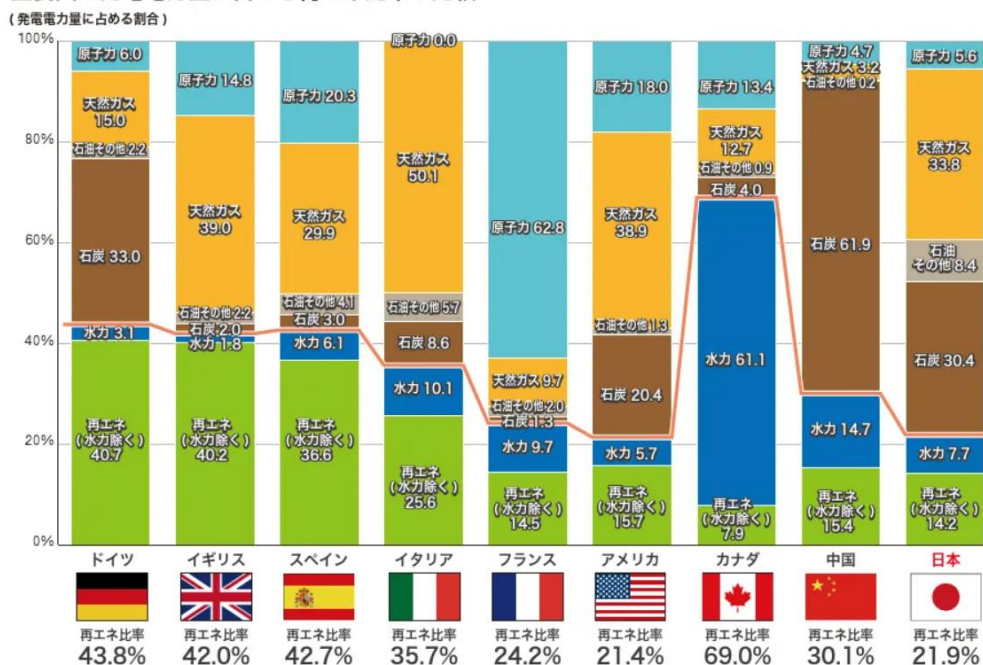


図 2-2 主要国の発電電力量の比較¹⁵

¹⁵ 経済産業省資源エネルギー庁、日本のエネルギー2025 年度版「エネルギーの今を知る 10 の質問」,
https://www.enecho.meti.go.jp/about/pamphlet/pdf/energy_in_japan2024.pdf

2-2 東京都における太陽光発電設備の導入量・設置状況

2022 年度までの東京都における太陽光発電設備の導入量は図 2-3 のとおりである。

東京都内の太陽光発電設備の導入量は、年々増加傾向にあり、2022 年度の導入量は 72.0 万 kW、2010 年度から約 5.5 倍に増加している。



図 2-3 東京都における太陽光発電設備の導入量¹⁶

東京都環境局の「東京都太陽光現況調査 調査結果(2022 年度実績)」による太陽光発電設備の設置状況(抜粋)を表 2-2 太陽光発電設備の設置状況(抜粋)に示す。東京都内全体の太陽光発電設備の設置率は 4.95%であり、用途別の設置状況は、住宅(戸建て住宅 104,911 棟、集合住宅 19,080 棟)が一番多く、居住産業併用建築物(4,054 棟)、事務所建築物(1,333 棟)、商業施設(1,242 棟)の順に多く設置されている。

表 2-2 太陽光発電設備の設置状況(抜粋)¹⁷

	総建物数(棟)	設置あり(棟)	設置率(%)
23 区内	1,630,128	66,216	4.06
多摩地区	1,140,926	71,968	6.31
島しょ地区	24,670	149	0.60
都内全体	2,795,724	138,333	4.95

¹⁶ 東京都環境局，東京都環境白書 2024，https://www.kankyo1.metro.tokyo.lg.jp/dbook/202503/2025-03_tokyo_hakusho/

¹⁷ 東京都環境局，東京都太陽光現況調査 調査結果(2022 年度実績)，
https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/climate/renewable_energy/solar_energy/200300a20210608150837623

2-3 海外における太陽光発電設備の導入量・設置状況

IEA の太陽光発電システム研究協力実施協定 (Photovoltaic Power System Programme、以下「IEA-PVPS」) の「Trends in PV Applications 2024¹⁸」では、2023 年末の状況を以下のとおり整理している。

過去 10 年間、PV システムの設置は毎年増加しており、2023 年の年間導入量は 456 GW (過去最高)、2023 年末の累積導入量は 1,642 GW となった。中でも中国を含むアジア太平洋地域での伸びが大きくなっている。なお、同じく IEA-PVPS が発行した「Snapshot of Global PV Markets 2025¹⁹」によれば、2025 年は最大 601.9 GW 増加し (2023 年を上回る)、累積導入量は 2,156.6 GW (2023 年末から 31%増) になると推定されている。

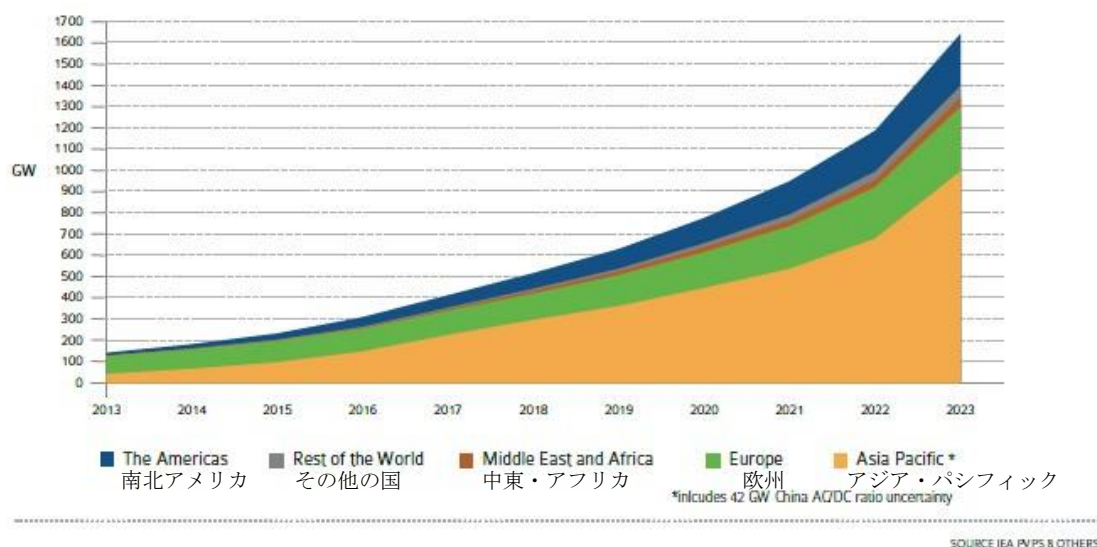


図 2-4 地域ごとの太陽光発電設備の設置状況¹⁸

国別では、設置容量では①中国 (60.8%)、②米国 (7.4%)、③ドイツ (3.3%)、累積設置容量では①中国 (42.1%)、②米国 (10.8%)、③インド (5.6%) の順となっており、中国が圧倒的に大きな太陽光発電設備のマーケットになっている。日本は、設置容量で 7 位 (1.4%)、累積設置容量で 4 位 (5.6%) となっている。

¹⁸ IEA-PVPS, Trends in PV Applications 2024, REPORT IEA PVPS T1-43:2024, https://iea-pvps.org/trends_reports/trends-in-pv-applications-2024/

¹⁹ IEA-PVPS, Fact Sheet: Snapshot 2025, <https://iea-pvps.org/fact-sheets/fact-sheet-snapshot-2025/>

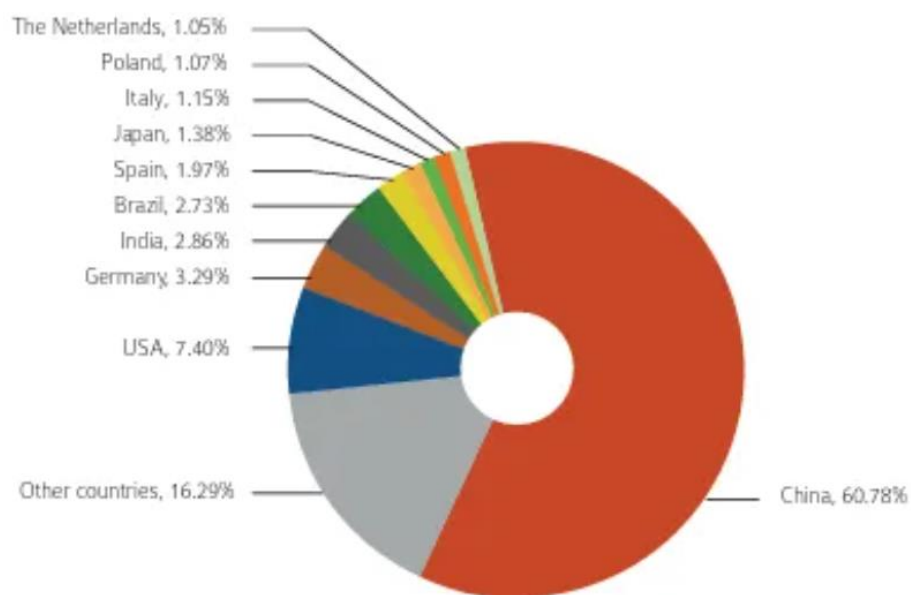


図 2-5 2023 年の太陽光発電設備の設置状況¹⁸

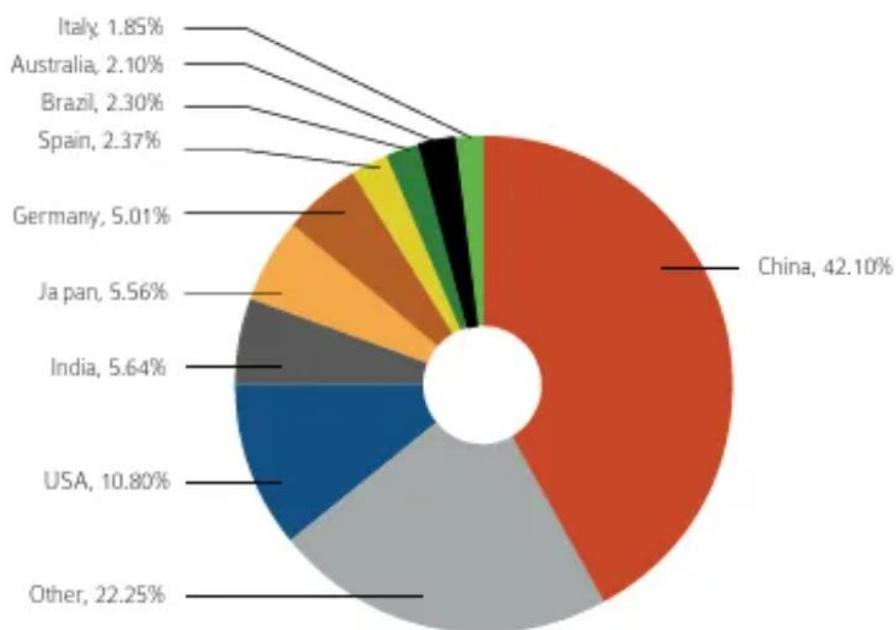


図 2-6 2023 年までの太陽光発電設備の設置状況（累積）¹⁸

2023 年の設置容量を見ると、メガソーラーのような集中型 PV システムは 59%、住宅や商業施設に設置される分散型 PV システムは 41%となっている。

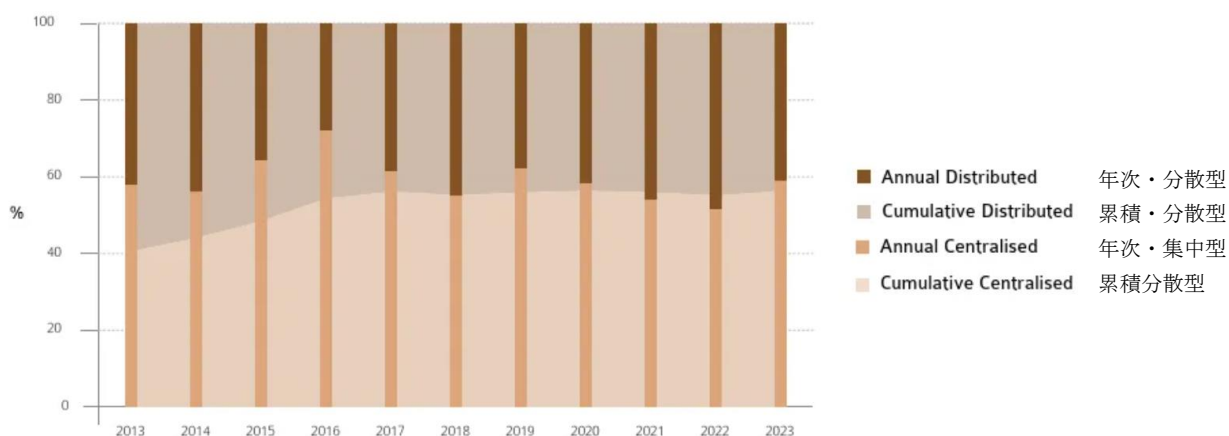


図 2-7 年別の集中型・分散型システムの設置状況¹⁸

2-3-1 米国における太陽光発電設備の導入量・設置状況

米国市場は、2021 年（24.8 GW）及び 2022 年（23.1 GW）の伸び率鈍化を経て、2023 年は年間市場規模が約 50%増加し 33.9 GW に達した。2022 年の市場を阻害した要因の一部、特にサプライチェーン問題による設置遅延は部分的に解消された模様である。依然としてメガソーラーのような集中型 PV システムの設置が中心で、新規容量の 70%強にあたる 24.3 GW を占めている。2023 年末時点で、米国の累積設置容量は 177.3 GW に達した。²⁰

表 2-3 米国における 2023 年の太陽光発電設備の新規設置状況²¹

			設置 PV の容量[MW]	
系統接続	BAPV	住宅	7, 876	6, 556
		商業施設		1, 073
		産業施設		247
	BIPV	住宅	－	－
		商業施設		－
		産業施設		－
	大規模	地上設置	18, 443	－
		水上設置		－
		営農型		－
系統非接続		住宅	－	－
		その他		－
		ハイブリッド		－
合計			26, 319	

²⁰ IEA, National Survey Report of PV Power Applications in the USA 2023, https://iea-pvps.org/national_survey/national-survey-report-of-pv-power-applications-in-the-usa-2023/

²¹ IEA-PVPS “National Survey Report of PV Power Applications in the United States of America 2023”, Table 2 をもとに東京海上ディール株式会社により作成

2-3-2 欧州

IEA-PVPS の「Trends in PV Applications 2024」によれば、2023 年は、欧州連合（EU）全体では、年間新規導入容量で中国に次ぐ第2位となり、5年連続で高い成長率を維持した。年間新規導入容量の合計は 58.2GW で、市場規模を2倍に拡大したドイツ（15.0 GW）が主導し、スペイン（8.9 GW）が安定した導入を維持、イタリア（5.3 GW）、ポーランド（4.9 GW）、オランダ（4.8 GW）も大きく貢献している。

2-3-2-1 ドイツ

IEA-PVPS の「Trends in PV Applications 2024」によれば、2023 年の新規設置容量は2022 年から倍増し、15.0 GW となり、中国、アメリカに次ぎ世界3位の新規設置容量となっている。累積容量は、世界6位の位置付けである。2023 年における集中型 PV システムの新規設置容量は 4.65 GW、分散型 PV システムは 10.36 GW となっており、分散型 PV システムがより多くを占めた。

なお、ドイツでは固定価格買取制度と電力市場優先接続の導入について定めた再生可能エネルギー法（Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG）が2000年に制定されており、これにより太陽光や風力等の普及が促進されている。

また、2020 年代以降は幾つかの州において、建物新築時や改修時に PV システム設置を義務化する州法（Solar Obligation）を定めている。州によるが、これは住宅だけでなく、非住宅建築物や駐車場等の各種施設に対し PV システムの設置が要求されている。

2-3-2-2 オランダ

IEA-PVPS の「National Survey Report of PV Power Applications in the Netherlands 2023²²」によれば、2022 年に比べると2023 年の新規設置容量は伸び悩んだ（4.78 GW→4.34 GW）が、累積容量は 23.9 GW となっている。新規設置容量のうち、集中型 PV システムは 2.07 GW、分散型 PV システムが 2.18 GW と、ほぼ同じ割合となっている。分散型 PV システムはほとんどが BAPV であることが報告されている。

²² IEA-PVPS, National Survey Report of PV Power Applications in the Netherlands 2023, https://iea-pvps.org/national_survey/national-survey-report-of-pv-power-applications-in-the-netherlands-2023/

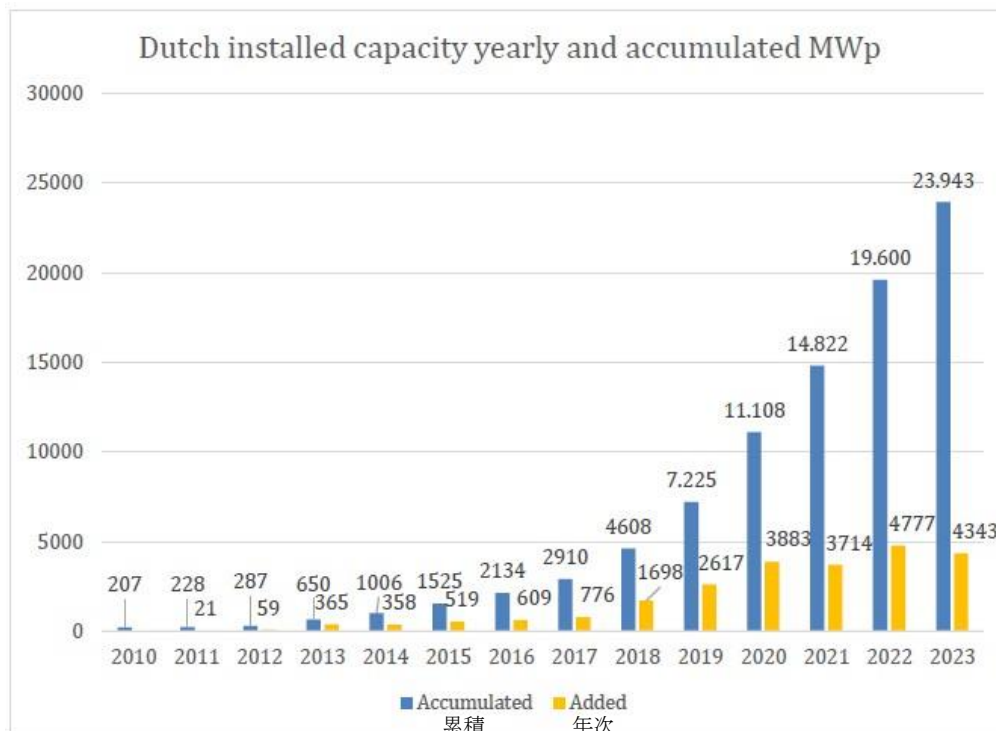


図 2-8 オランダにおける年別の設置容量と累積設置容量 (MWp) ²³

2-3-3 中国

IEA-PVPS の「Trends in PV Applications 2024」によれば、2023 年は、世界の新規設置の 60% 以上を中国が占めており、2022 年の割合 45% から大幅に増加した。新規設置容量は、集中型 PV システムが 120 GW（前年比 230% 増）、分散型 PV システムは 96 GW（前年比 88% 増）であり、集中型の設置が大きく進んだ。分散型の内訳は、商業・工業用新規設備が 52.8 GW、住宅用が 43.5 GW となっている。累積設置容量は 609 GW に達している。

2-3-4 韓国

IEA-PVPS の「National Survey Report of PV Power Applications in Korea 2022 ²⁴」によれば、2022 年末時点での太陽光発電総設備容量は約 24,370 MW に達し、このうち系統連系型集中 PV システムが累積設備容量の約 86% を占めた。系統連系分散型 PV システムは累積設置容量の約 14% を占めた。オフグリッドの非住宅・住宅 PV システムはシェアが減少を続け、累積設置容量の 1% 未満となっている。2022 年の太陽光発電量は韓国総発電量（626,448 GWh）の約 4.9% に相当する。

²³ IEA-PVPS, National Survey Report of PV Power Applications in the Netherlands 2023, https://iea-pvps.org/national_survey/national-survey-report-of-pv-power-applications-in-the-netherlands-2023/掲載の表を東京海上ディエール株式会社により翻訳追記

²⁴ IEA-PVPS, National Survey Report of PV Power Applications in Korea, <https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2024/01/IEA-PVPS-National-Survey-Report-KOREA-2022.pdf>

第3章 電気自動車等の概要

第1節 電気自動車等の種類及び構造

1-1 車種別の特徴

各車種別の仕様は、表 1-1 各車種別の仕様のとおりである。

表 1-1 各車種別の仕様²⁵

次世代自動車

	ガソリン車	ハイブリッド自動車	電気自動車	燃料電池自動車	天然ガス自動車
燃料	ガソリン	ガソリン＋電気	電気	水素	天然ガス
燃料供給場所	ガソリンスタンド		充電スタンド	水素ステーション	天然ガススタンド
動力源	エンジン	エンジン＋モーター	モーター		エンジン
バッテリー	12Vバッテリー	高電圧バッテリー＋12Vバッテリー			12Vバッテリー
危険性	ガソリンの流出による火災				
			高電圧による感電		
				高圧燃料の流出による火災	

■ハイブリッド自動車・電気自動車・燃料電池自動車の共通事項

高電圧バッテリー（ニッケル水素バッテリー・リチウムイオンバッテリー）が搭載され、高電圧に対する感電への対応及びバッテリー液等に対する危険性が存在する。

■燃料電池自動車・天然ガス自動車の共通事項

それぞれに水素ガス、天然ガスの高圧ガスタンクが搭載され、ガスの漏洩による出火・爆発、また外部からの加熱でタンク内圧が上昇し、タンクが破裂する危険性が存在する。

²⁵ 総務省消防庁，次世代自動車事故等における消防機関の活動要領，
https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/post-68/05/kyuujo_youryou.pdf

1-2 電気自動車等の種類・構造

電気自動車等の種類は、表 1-2 のとおりである。なお、本書では下記自動車の総称を EV と呼称する。

表 1-2 ハイブリッド自動車・電気自動車の種類

種類・方式			バッテリーの充電方法
ハイブリッド自動車	ストロングハイブリッド	パラレル方式	走行による充電
		シリーズ方式	
	マイルドハイブリッド	スプリット方式	
	プラグインハイブリッド		走行による充電 + 外部充電
		レンジエックステンダー	
電気自動車	バッテリー式		外部充電

- (1) ハイブリッド自動車（HV：Hybrid Vehicle、HEV：Hybrid Electric Vehicle。本書では以降 HEV と表記）

基本的にガソリン等の燃料を動力源としているが、エンジンとモーターの使い方によって、いくつかのタイプに分かれている。以下に総務省消防庁が一般社団法人日本自動車工業会（JAMA）の情報²⁵に基づき作成した分類と図を掲載する。

① パラレル方式

主にエンジンの動力で走行し、発進や加速時等ではモーターがサポートするシステムで、構造が比較的単純で重量増加も抑えられ、既存のエンジンやトランスミッションと組み合わせることができることから、小型車から比較的大きなサイズの車両まで幅広く採用されている。

（例）日産自動車「フーガ HV」、スズキ「ソリオ HYBRID」

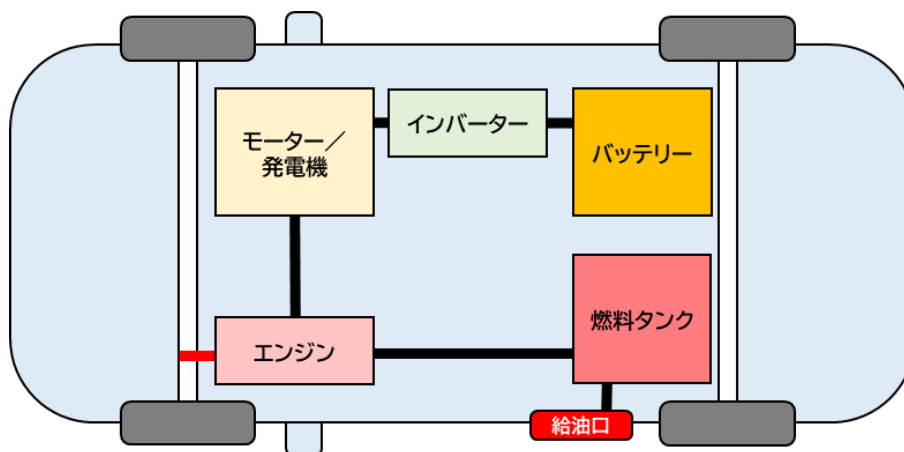


図 1-1 パラレル方式の例

② シリーズ方式

モーターは動力のみ、エンジンは発電のみ使用するシステムで、構造がシンプルであるためコストを抑えやすいほか、駆動をモーターに任せるためエンジンを効率の良い回転数に絞って使用できることが利点である。

(例) 日産自動車「ノート e-POWER」、ホンダ「アコード HV (2 代目)」、「オデッセイ HV」

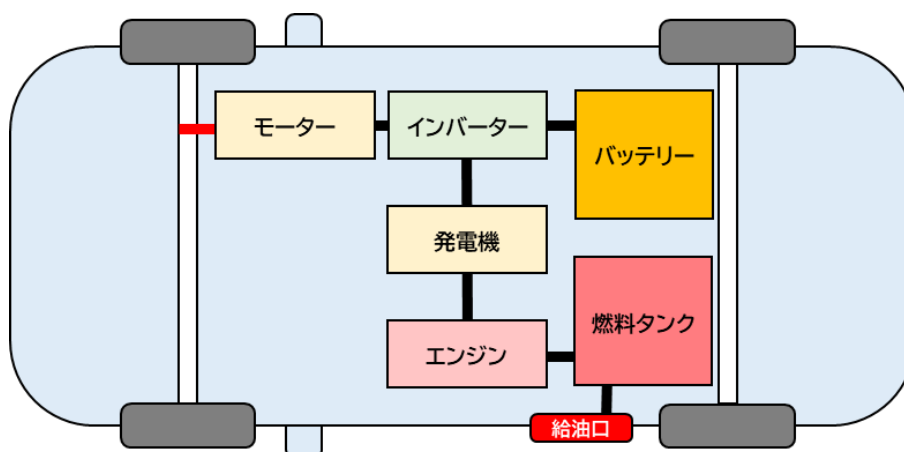


図 1-2 シリーズ方式の例

③ スプリット (シリーズパラレル) 方式

エンジンとモーターの両方を駆動に使用するパラレル方式とリース方式を合わせたシステムで、エンジンの苦手な低速域はモーターのみ、モーターの苦手な高速域はエンジンのみで走行し、中間域は最適な比率で 2 つの駆動力を使用する。

(例) トヨタ「プリウス」、「アクア」

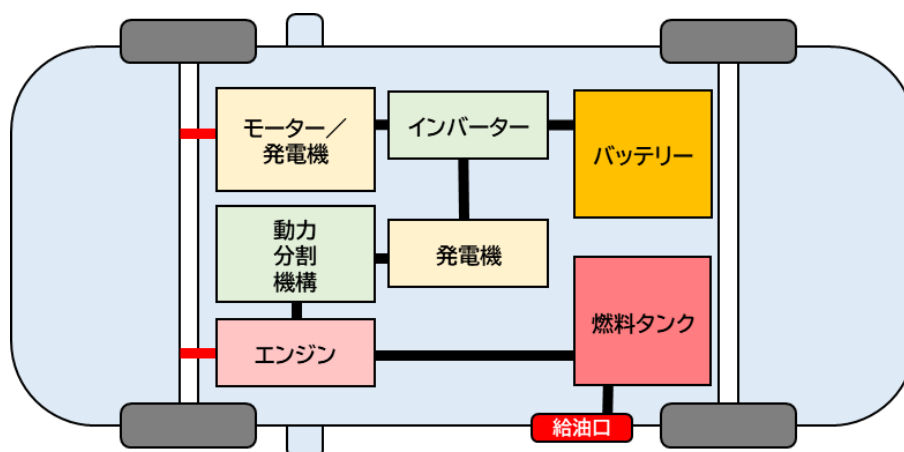


図 1-3 スプリット (シリーズパラレル) 方式の例

④ マイルドハイブリッド

小型のバッテリーとモーター機能付き発電機を搭載し、主に発進・加速時にエンジンの動力を補助するシステムで、低コストで燃費性能を向上できること

が最大の利点である。低電圧のマイルドハイブリッドに対し、シリーズ方式やスプリット方式等の通常のハイブリッドシステムのことを「ストロングハイブリッド」や「フルハイブリッド」等と呼ぶことがある。

(例) スズキ「スペーシア」、「スイフト（4代目）」、日産自動車「デイズ」

⑤ プラグインハイブリッド (Plug-in Hybrid Electrical Vehicle、以下「PHEV」)

ガソリン等の燃料に加え、外部から充電した電力を動力源に使用できるシステムで、パラレルハイブリッドやシリーズハイブリッドよりも大容量のバッテリーを搭載することで、普段は電気だけで走行し、充電した電気がなくなったらエンジンで走行する。

(例) トヨタ「プリウス PHV」、三菱自動車「アウトランダーPHEV」

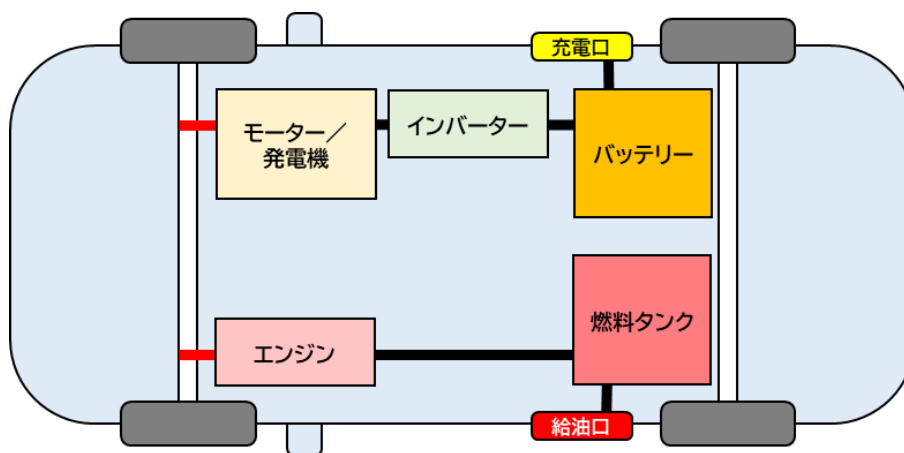


図 1-4 プラグインハイブリッドの例

⑥ レンジエクステンダー (Extended Range Electric Vehicle、以下「EREV」)

電気での航続距離を延ばすため小さな発電用エンジンを備えたシステムで、動力源は燃料と外部から充電する電気で、モーターのみで駆動する

(例) アウディ「e-tron」、BMW「i4」

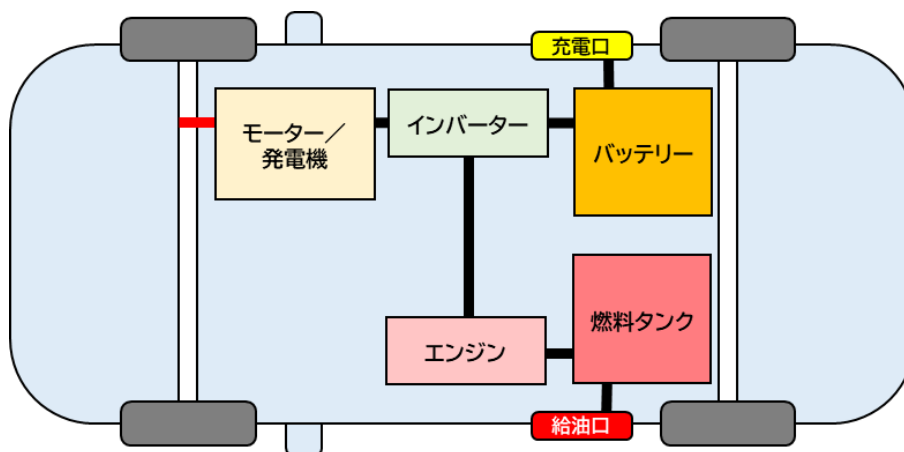


図 1-5 レンジエクステンダーの例

⑦ 電気自動車（EV : Electric Vehicle、BEV : Battery Electric Vehicle）

内燃機関を搭載せず、バッテリーに蓄えた電気でモーターを回転させて走行する車両で、家庭用電源（100V・200V）等外部電源からの電力のみをバッテリーに蓄え、モーターの動力源としている。

（例）日産自動車「リーフ」、「サクラ」、「アリア」、トヨタ「bZ4X」

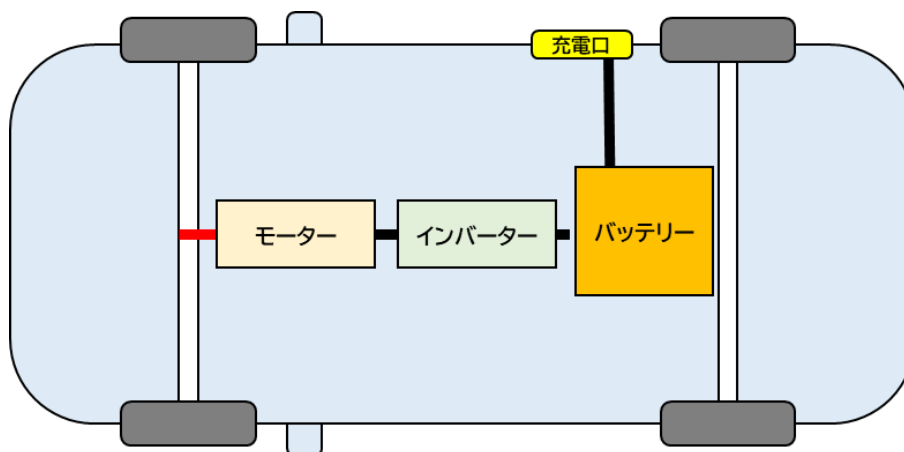


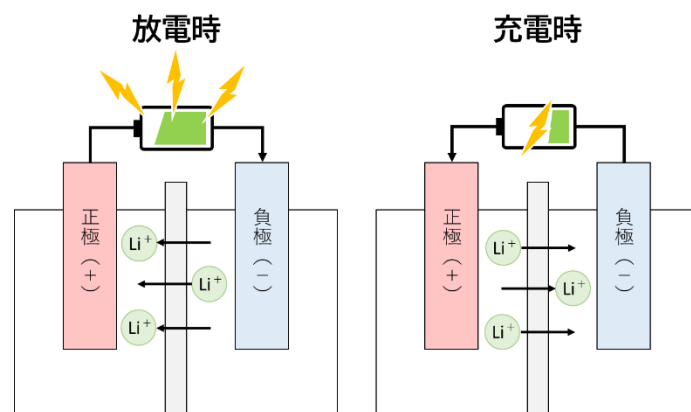
図 1-6 電気自動車の例²⁶

²⁶ 総務省消防庁 “次世代自動車事故等における消防機関の活動要領”
一般社団法人 日本自動車工業会 “【今さら聞けない】シリーズ 「電動車」の種類編”

1-3 リチウムイオンバッテリーの構造・種類

1-3-1 リチウムイオンバッテリーの構造

リチウムイオンバッテリーは、図 1-7 のように正極（リチウムを含んだ金属化合物）と負極（リチウムイオンを貯蔵できる黒鉛等）との間をリチウムイオンが移動することにより、充電及び放電を行う二次電池（充電すれば繰り返し使用可能な電池）であり、主に正極材、負極材、セパレータ（絶縁膜）及び電解液で構成されている。



■放電時：負極側にあるプラスの電荷をもつリチウムイオンが正極側に移動し、外部回路を通じてマイナスの電荷をもつ電子が放出されることで電力を得る。

■充電時：外部からマイナスの電荷をもつ電子が負極側に流れることで、正極側にあるプラスの電荷をもつリチウムイオンが負極側に移動し、負極側にプラスの電荷をもつリチウムイオンが溜められる。

図 1-7 リチウムイオンバッテリーの仕組み

リチウムイオンバッテリーは、スマートフォン、モバイルバッテリー、ノートパソコン、タブレット、電動工具、電動自転車、産業用ロボット、電気自動車、蓄電池設備等の小型なものから大型なものまで幅広い用途で使用されている（図 1-8）。

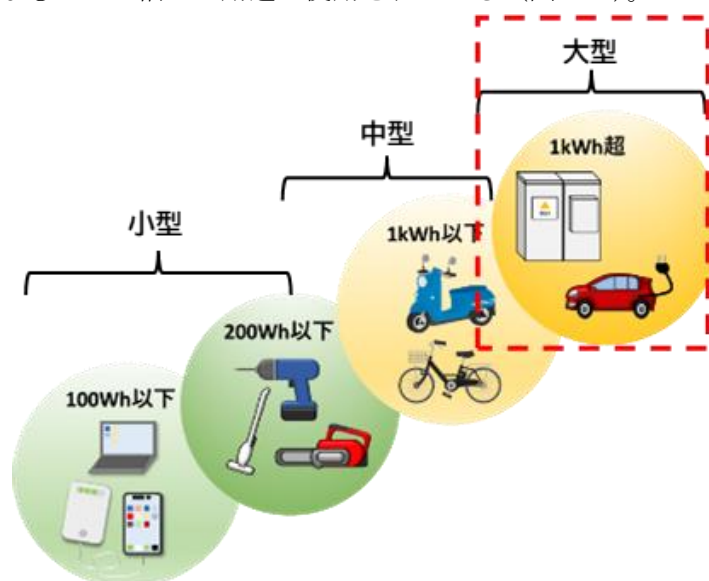


図 1-8 リチウムイオンバッテリーの分類（使用用途別）

1-3-2 リチウムイオンバッテリーの種類

リチウムイオンバッテリーは、形状及び使用されている材料により、様々な種類がある。形状による種類の一例を表 1-3 に示す。

表 1-3 リチウムイオンバッテリーの種類の例（形状）²⁷

種類	大きさの例	外装	電解液等	エネルギー密度	主な用途
円筒型	・ 18650 型 直径 18mm、長さ 65mm	金属缶	液体で封入されている。 電解液量は、約 2mL 程度	最大で 600Wh/L 程度	電気自動車 ノートパソコン等
	・ 21700 型 直径 21mm、長さ 70mm				
角型	厚み 5mm、幅 40mm、 高さ 50mm 程度	金属缶 樹脂製	液体で封入されている。 電解液量は、約 100mL 程度	400 Wh/L 程度	スマートフォン
	厚み 17mm、幅 4mm、 高さ 11mm 程度	金属缶		200 Wh/L 程度	電気自動車 産業用工作機器等
ラミネート型	角型とほとんど同じ	ラミネート フィルム	ゲル状の電解液が封入され ている。	400 Wh/L 程度	スマートフォン等
	長さ 250mm、幅 140mm、 高さ 9mm 程度		個体の材質に電解液を含浸 させた状態で、電極都石そ うされている。	170 Wh/L 程度	電気自動車

表 1-4 にリチウムイオンバッテリーの使用されている材料（正極材、負極材）による種類の一例を示す。

表 1-4 リチウムイオンバッテリーの種類の例（使用されている材料）

種類	特徴
正極材	コバルト系 (Co) エネルギー密度が高く、比較的寿命が長く、自己放電が低い、原材料のコバルトが高価で発熱・熱暴走の危険がある欠点がある。 モバイルバッテリーを中心に幅広く使用されている。
	マンガン系 (Mn) 熱安定性に優れ、安全性が高く、原材料がコバルトの 10 分の 1 程度で安価である。 主に電気自動車の車載用電池に使用されている。
	ニッケル系 (Ni) エネルギー密度が高く、他のリチウムイオンバッテリーに比べて容量が大きい、過充電時の発熱・発火のリスクが高い欠点がある。 電気機器、医療機器、モバイルバッテリー、ポータブル電源、電動工具等に使用されている。

²⁷ 総務省消防庁、リチウムイオン電池に係る危険物施設の安全対策のあり方に関する検討報告書、
https://www.fdma.go.jp/singi_kento/kento/items/kento080_51_03_houkoku.pdf をもとに東京海上ディーアール株式
会社により作成

	三元系 (Ni・Mn・Co)	コバルト系よりも安全性が高く、エネルギー密度が高いが、リン酸鉄系より寿命が短い欠点がある。 主にハイブリッド自動車等の車載用電池に使用されている。
	NCA系 (Ni・Co・Al)	エネルギー密度が高く、一度の充電で長持ちする。安定性に課題があったが、負極材にセラミック層コーティングを施すことで耐熱性が改善している。 主に電気自動車や医療機器に使用されている。
	チタン酸系 (LTO)	寿命が長く、熱安定性が高く、急速充電することができるが、電圧が低く、エネルギー密度が低い欠点がある。 産業機器、電気自動車、大規模蓄電システム等に使用されている。
	リン酸鉄系 (LiFePO ₄)	熱暴走のリスクが低くため安全性が高く、寿命が比較的長い。原材料がマンガンよりも安価であるが、製造コストがやや高いため、コスト面のメリットはない。 モバイルバッテリー、ポータブル電源、電動工具、電気自動車等に使用されている。
負極材	炭素系材	6つの炭素原子に対して1つのリチウム原子が入ることができ、充放電に伴う体積変化がなく、導電性、リチウム拡散性が高いが、電解液中のプロピレンカーボネートとの組み合わせが悪く、容量が低下しやすい欠点がある。
	チタン酸リチウム (LTO)	熱安定性が高く、サイクル特性が良いが、炭素系材に比べて、電圧も低く、コストも高く、理論容量も低い欠点がある。
	リチウムとの合金材料	理論容量が非常に大きくなり得るが、充電時の体積膨張が数倍にもなることやサイクル特性が悪い欠点がある。

1-3-3 リチウムイオンバッテリーの構造

図 1-9、図 1-10 にリチウムイオンバッテリーの形状ごとの構造の一例を示す。
円筒型、角型、ラミネート型すべて、薄い層を何層にも重ねた構造である。

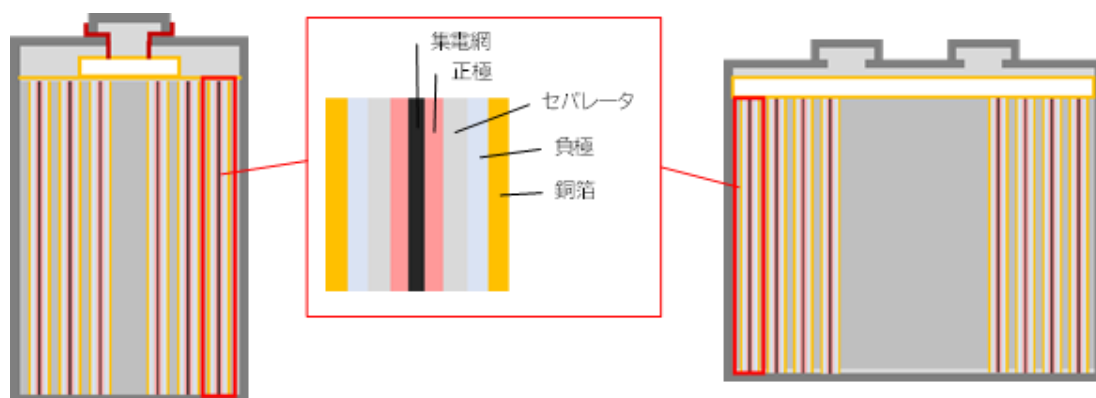


図 1-9 円筒型及び角型のリチウムイオンバッテリーの構造

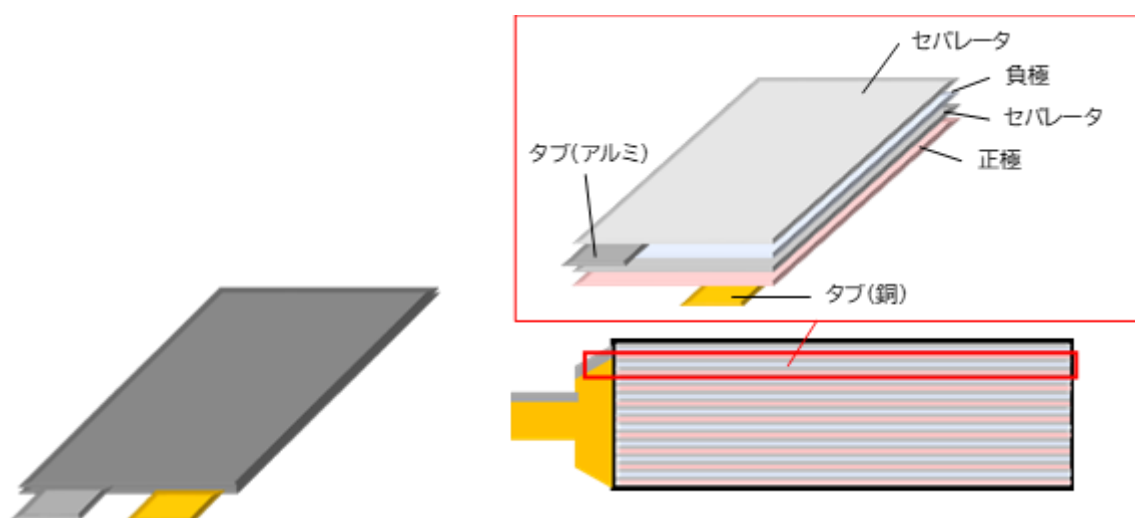


図 1-10 ラミネート型のリチウムイオンバッテリーの構造

1-3-4 リチウムイオンバッテリーの容量と電気自動車への搭載

日本で販売している電気自動車のリチウムイオンバッテリー容量を表 1-5 に示す。日本で販売している電気自動車のリチウムイオンバッテリー容量は、20 kWh 程度から 100 kWh を超えるものまで幅広く存在する。

表 1-5 電気自動車のリチウムイオンバッテリー容量

車種	バッテリー容量
アウディ「Q4 e-tron」	82 kWh
アウディ「A6 Sportback e-tron」	100 kWh
アバルト「500 e」	42 kWh
シトロエン「E-C4」	50 kWh
ジャガー「I-PACE」	90 kWh
スバル「ソルテラ」	71.4 kWh
日産自動車「リーフ」	40 kWh
日産自動車「リーフ e+」	60 kWh
日産自動車「サクラ」	20 kWh
日産自動車「アリア B6」	66 kWh
日産自動車「アリア B9」	91 kWh
テスラ「Model 3」	54 kWh／75 kWh
トヨタ「bZ4X」	71.4 kWh
トヨタ「クラウン スポーツ」	18.1 kWh
BMW「i4」	83.9 kWh
BMW「iX1」	66.5 kWh

BYD「ATTO 3」	58. 56 k W h
BYD「DOLPHIN」	44. 9 k W h／58. 56 k W h
ヒョンダイ「IONIQ 5」	84 k W h
プジョー「e-208」	50 k W h
フォルクスワーゲン「ID. 4」	52 k W h／77 k W h
ホンダ「N-VAN e:」「N-ONE e:」	29. 6 k W h
ボルボ「C40 Recharge」	73 k W h
ボルボ「EX30」	69 k W h
マツダ「MX-30 EV MODEL」	35. 5 k W h
マツダ「MX-30 Rotaey-EV」	17. 8 k W h
三菱自動車「アウトランダーPHEV」	22. 7 k W h
三菱自動車「eK クロス EV」	20 k W h
メルセデス・ベンツ「EQA」「EQB」	70. 5 k W h
メルセデス・ベンツ「EQE」	90. 6 k W h
メルセデス・ベンツ「EQS」	118 k W h
レクサス「RZ」	71. 4 k W h

■ バッテリー容量にあつては、2025 年 9 月時点で各メーカーの Web サイトに掲載されている情報を出典

■ 車種のグレードによって、リチウムイオンバッテリー容量が異なる場合がある

日本で販売している電気自動車のリチウムイオンバッテリーの搭載状況の一例（ラミネート型²⁸）を以下に示す。



図 1-11 電気自動車のリチウムイオンバッテリーの搭載状況の一例（ラミネート型）

²⁸ web モーターマガジン、BEV（電気自動車）のメカニズムと基礎知識、
https://web.motormagazine.co.jp/_ct/17506757（2026 年 3 月 9 日参照）

第2節 電気自動車等の普及状況

2-1 国内における次世代自動車の販売台数の推移

2023 年までの国内における次世代自動車の販売台数は表 2-1 のとおりである。

新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、2020 年の販売台数は減少しているが、毎年増加傾向にある。また、2023 年の新車販売台数（乗用車）に占める次世代自動車の割合は、約 54%と 2013 年の新車販売台数（約 22.5%）から 2 倍以上となっている。

表 2-1 次世代自動車（乗用車）の国内販売台数の推移²⁹

単位：台

年	ハイブリッド自動車		電気自動車 (EV、BEV)	燃料電池自動車 (FCV)	クリーンディーゼル車	合計
	HV、HEV	PHV、PHEV				
2013	921,045	14,122	14,756	0	75,430	1,025,353
2014	1,058,402	16,178	16,110	7	78,822	1,169,519
2015	1,074,926	14,188	10,467	411	153,768	1,253,760
2016	1,275,560	9,390	15,299	1,054	143,468	1,444,771
2017	1,385,343	36,004	18,092	849	156,162	1,596,450
2018	1,431,856	23,230	26,533	612	176,725	1,658,956
2019	1,472,281	17,609	21,281	685	175,145	1,687,001
2020	1,346,842	14,680	14,574	761	147,139	1,523,996
2021	1,434,719	22,677	21,658	2,464	149,298	1,630,816
2022	1,450,582	37,719	58,786	848	140,340	1,688,275
2023	1,843,662	52,126	88,512	420	169,683	2,154,403

国内における次世代自動車の 2020 年の普及率と 2030 年の政府の目標を比較したものを表 2-2 に示す。HV、HEV 以外は、政府目標に届いていないのが、現状である。

表 2-2 次世代自動車（乗用車）の普及目標と現状³⁰

			2020 年（普及率）	2030 年（政府目標）
従来車			60.58%	30～50%
次世代自動車	ハイブリッド自動車	HV、HEV	34.77%	30～40%
		PHV、PHEV	0.39%	20～30%
	電気自動車（EV、BEV）		0.38%	
	燃料電池自動車（FCV）		0.02%	～3%
	クリーンディーゼル車		3.86%	5～10%

²⁹ 一般財団法人日本自動車工業会（JAMA），次世代自動車・工場 CO2 排出，https://www.jama.or.jp/operation/ecology/next_gen_vehicle/index.html をもとに東京海上ディーアール株式会社により作成

³⁰ 一般財団法人日本自動車工業会，カーボンニュートラル，https://www.jama.or.jp/operation/ecology/carbon_neutral/index.html をもとに東京海上ディーアール株式会社により作成

2-2 東京都内における電気自動車等の台数

2023 年度までに申請のあった EV（超小型モビリティを含む）、PHEV、FCV（燃料電池自動車）及び原付 EV（ミニカーを含む。）の補助金交付台数を表 2-3 に示す。

補助金交付台数の合計を比較すると東京都、愛知県、神奈川県、大阪府の順で多くなっており、東京都は全体（540,124 台）の約 11.8%を占めている。また、2021 年から 2023 年かけて補助金交付台数が急激に増加しており、電気自動車等の普及が進んでいることがわかる。

表 2-3 都道府県別 補助金交付台数（抜粋版）³¹

単位：台

年度	都道府県								
	北海道	宮城県	埼玉県	千葉県	東京都	神奈川県	愛知県	大阪府	福岡県
2009～2013	1,714	1,133	3,339	2,510	5,888	5,841	5,475	2,837	3,251
2014	560	376	1,385	892	2,065	1,309	2,048	958	1,003
2015	502	296	1,181	779	1,796	1,474	1,758	750	1,134
2016	282	253	955	759	1,539	1,536	2,109	1,017	913
2017	752	669	2,384	1,923	3,597	2,964	5,262	2,495	1,945
2018	627	492	1,714	1,412	2,667	2,602	3,963	1,672	1,575
2019	602	403	1,353	1,145	3,823	1,974	2,987	1,488	1,220
2020	529	364	1,064	1,120	2,996	1,882	2,706	1,518	940
2021	865	496	2,059	2,133	7,384	3,471	4,616	2,975	1,724
2022	2,055	1,490	5,195	4,946	13,125	6,982	8,973	6,094	5,043
2023	1,851	1,261	6,673	5,162	18,804	7,391	10,282	6,886	5,159
合計	10,339	7,233	27,302	22,781	63,684	37,426	50,179	28,690	23,907

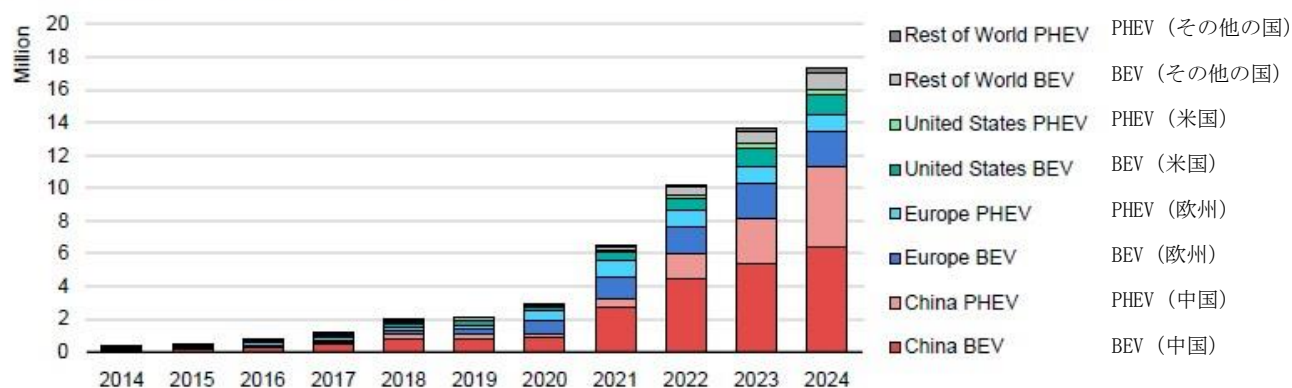
補足：・経済産業省（次世代自動車振興センター）が実施している補助金交付の集計
 ・補助金交付車両の使用先住所を基準に集計
 ・補助金交付車両の車両登録日を基準に、年度単位（4 月～翌年 3 月）で集計

³¹ 一般財団法人次世代自動車振興センター，都道府県別補助金交付状況 電気自動車等，<https://www.cev-pc.or.jp/tokei/koufu.html> をもとに東京海上ディーアール株式会社により作成

2-3 海外における電気自動車等の普及状況

IEA の「Global EV Outlook 2025³²」によれば、EV の販売台数は、世界中で記録を更新し続けている。2024 年には、EV の世界販売台数は 1,700 万台を超え、販売シェアは 20%を超えた。

Global electric car sales, 2014-2024



IEA. CC BY 4.0.

Notes: BEV = battery electric vehicle; PHEV = plug-in hybrid vehicle. Includes new passenger cars only.
Sources: IEA analysis based on country submissions and data from the European Automobile Manufacturers Association (ACEA), European Alternative Fuels Observatory (EAFO), EV Volumes and Marklines.

※ BEV：電気自動車、PHEV：プラグインハイブリッド自動車、新車販売された乗用車のみ
各国や ACEA、EAFO などから提供されたデータに基づき IEA が分析

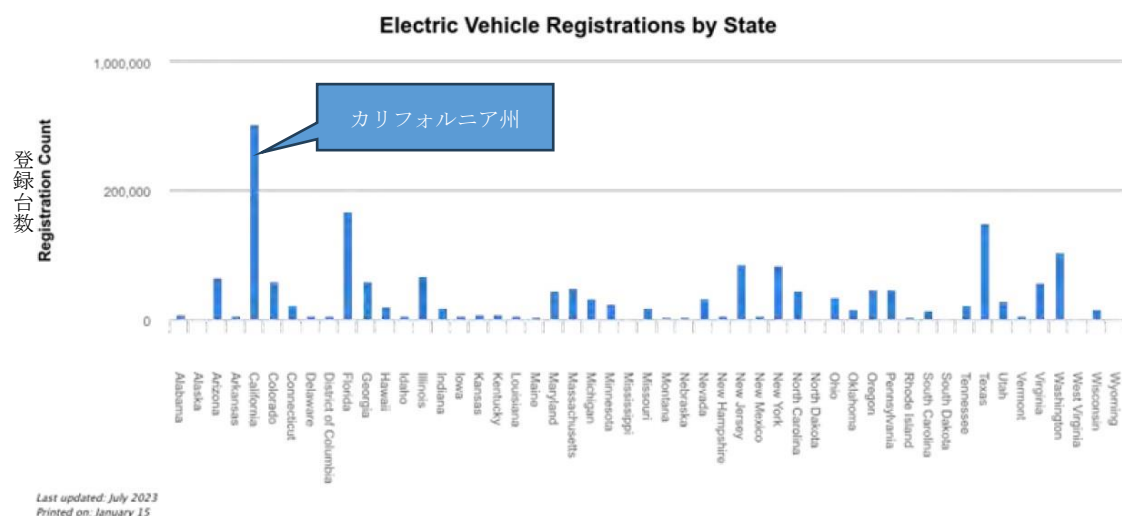
図 2-1 2014～2024 年の EV の販売台数推移³²

2-3-1 米国

米国では、電気自動車の販売台数が 2024 年には 160 万台（前年比約 10%増加）に達し、販売台数の 10 台に 1 台以上を占めている。ただし、販売台数の増加率は 2022 年（100 万台）から 2023 年（140 万台）にかけての状況と比べると大幅に鈍化している。なお、2023 年 7 月時点で全米の登録 EV 台数は約 250 万台に達しているが、2022 年までに登録された HEV は 600 万台以上と報告され、カリフォルニア州が最大の EV 登録数となっている。³³

³² IEA, Global EV Outlook 2025, <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2025>

³³ 連邦緊急事態管理庁 (Federal Emergency Management Agency, FEMA), Electric Vehicle Fire/Rescue Response Operations, 2025 年 7 月, <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/electric-vehicle-fire-rescue-response-operations.pdf>



Source: DOE Alternative Fuels Data Center (AFDC) (2023). <https://afdc.energy.gov/data/10962>

図 2-2 2022 年の米国各州の EV 登録台数³⁴

また、2025 年 6 月 12 日にロサンゼルス市市議会に提出された「RE: City Council File No. 24-1526 Electric Vehicle (EVs) Fires Mitigation / Response Protocols³⁵」に、以下のデータが掲載されている。

車両保有統計と予測現在（2025 年）

- ・ カリフォルニア州の登録ゼロエミッション車（Zero Emission Vehicle、以下「ZEV」）台数は 113 万台（全米の 43%を占める）。内訳は BEV が 100 万台、10 万台の PHEV、1 万台の FCV が含まれる
- ・ 登録車両総数：1,500 万台の軽自動車。ZEV 比率は 7.5%
- ・ CNG 車：5 万台（主に商用車フリート）
- ・ 電動モビリティ機器：50 万台の電動自転車/スクーター（都市部）
- ・ カリフォルニア大気資源局（CARB）により 2022 年に承認された ACC II は、2035 年までにカリフォルニア州で販売される新乗用車、トラック、及び SUV の販売台数の 100%を ZEV とすることを義務付けている

2-3-2 欧州

2024 年に欧州市場で販売された新車の 5 台に 1 台は EV であった。補助金制度等の支援政策の縮小により、2024 年には販売が停滞したが、一部の国での販売好調が他の国での販売低迷を補い、電気自動車の販売シェアは約 20%を維持した。EU 及び加盟国政府の Web サイトに掲

³⁴ 連邦緊急事態管理庁（Federal Emergency Management Agency, FEMA）, Electric Vehicle Fire/Rescue Response Operations, <https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/publications/electric-vehicle-fire-rescue-response-operations.pdf> 記載のグラフ

³⁵ City of Los Angeles, RE: City Council File No. 24-1526 Electric Vehicle (EVs) Fires Mitigation / Response Protocols, https://cityclerk.lacity.org/onlinedocs/2024/24-1526_rpt_lafd_6-12-25.pdf

載されている公開情報によると、各国の状況は以下のとおりである。

- ・ ドイツ：補助金が 2023 年末で終了
- ・ フランス：補助金を段階的に削減中
- ・ デンマーク：電気自動車の販売割合が 10%増加し、56%に達した
- ・ ノルウェー：自動車販売の 88%が BEV、3%が PHEV

なお、欧州では 2035 年に乗用車と小型商用車の新車販売を実質的に EV と FCV のみとする目標を掲げているが、2024 年以降の販売減速等の状況を受けて、2025 年の規制緩和では CO2 排出基準達成を 3 年間の平均値で評価する時限的緩和を実施した。

2-3-3 アジア

中国では、2024 年には 1,100 万台以上の電気自動車が販売され、自動車販売台数のほぼ半分を占めている。現在走行している自動車の 10 台に 1 台が電気自動車になっている。

2-3-4 今後の見込み

2025 年には世界の電気自動車販売が 2,000 万台超に達し、新車販売の 25%超を占める見込みであり、2030 年には、電気自動車の自動車販売全体に占める割合が世界全体で 40%超に達すると予測されている。また、以下のエリアでの電気自動車の自動車販売全体に占める割合は、以下のように予測されている。³²

- ・ 米国：20%
- ・ 欧州：60%
- ・ 中国：80%
- ・ 東南アジア：25%

第4章 委託調査結果

第1節 電気火災の概要

1-1 火災の概要

「令和6年版火災の実態³⁶」及び、「令和6年中の火災の概要について³⁷」をもとに、東京消防庁管内で発生した電気火災の特徴を整理する。

電気設備機器、ガス設備機器、石油設備機器の3種類の火災件数について、最近10年の傾向は、ガス設備機器は減少傾向、石油設備機器は横ばいなのに対し、電気設備機器は増加傾向にあることがわかる。具体的には、2015年の電気設備機器火災件数は1,047件であったが、2024年には1,781件まで増加しており、この10年間で約70%の増加率を示している。一方、ガス設備機器火災は同期間で約15%減少し、石油設備機器火災は年間30~40件前後で推移している（図1-1）。

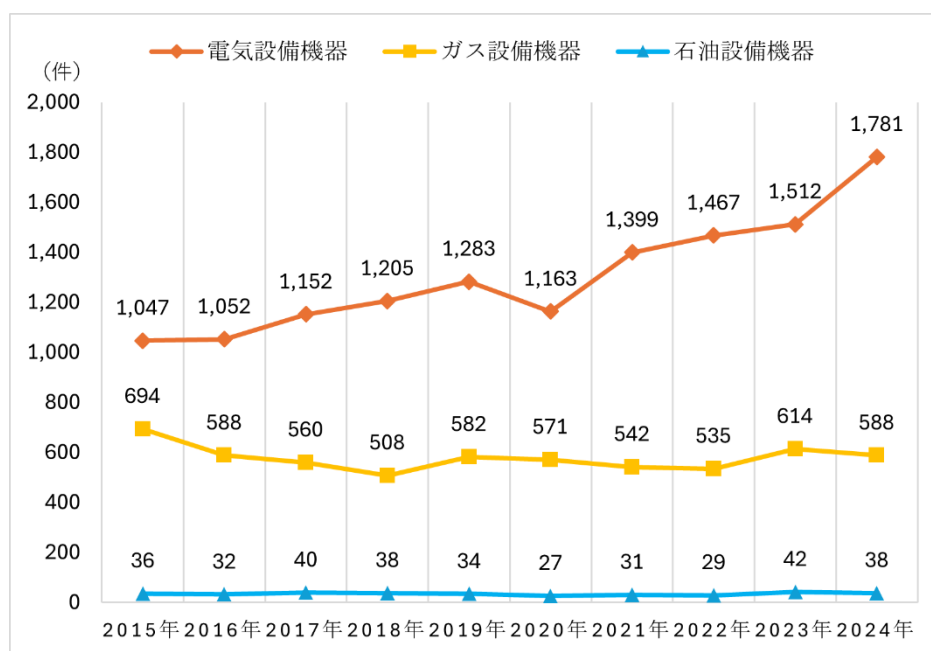


図 1-1 各設備機器の火災件数の推移^{36, 37}

※ 電気設備機器の火災について、東京消防庁が所有するデータベースから以下の条件で抽出している。

- ① 発火源分類コード 大分類コード「1 電気を使用する道具・装置」
- ② 経過分類コード 「911 放火」、「912 無意識放火」、「921 放火の疑い」、「931 火遊び」を除く
- ③ 車両から出火した火災の区分コード 「0 非該当」

³⁶ 東京消防庁予防部調査課資料係，令和6年版火災の実態（確定版），
<https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/content/000063953.pdf>

³⁷ 東京消防庁予防部調査課，令和6年中の火災の概要，<https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/content/000087412.pdf>

2023 年の電気火災 1,512 件における経過をみると、「電線が短絡する」が 462 件、「金属の接触部が過熱する」が 232 件となり、これらで全体の約半数を占めている（図 1-2）。

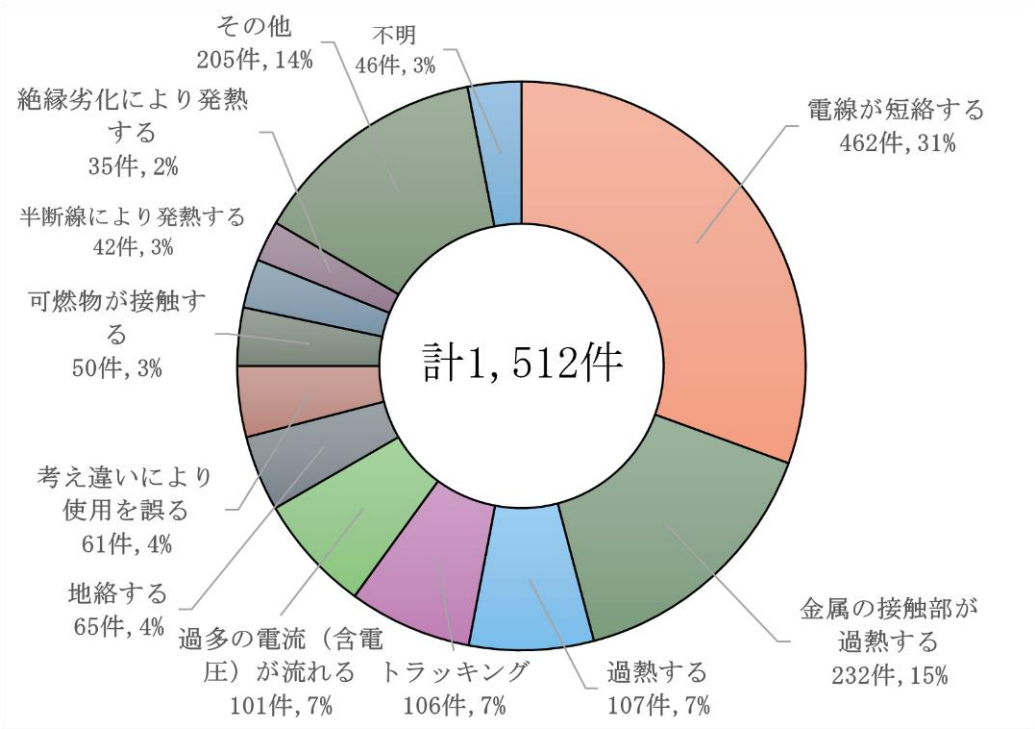


図 1-2 2023 年の電気火災の経過³⁶

1-2 出火予防対策

1-2-1 出火防止

「令和 6 年版火災の実態」をもとに、出火要因に着目して東京消防庁管内で発生した電気火災について整理する。

2023 年の電気火災 1,512 件における出火要因をみると、「維持管理不適」が 544 件、「取扱方法不良」が 457 件と、全体の約 7 割を占めている（図 1-3）。出火要因のほとんどが人的要因であるため、出火の防止には、運用面では定期点検や清掃、部品交換等の日常管理、設備面ではフェールセーフ設計や安全装置の高度化が求められる。

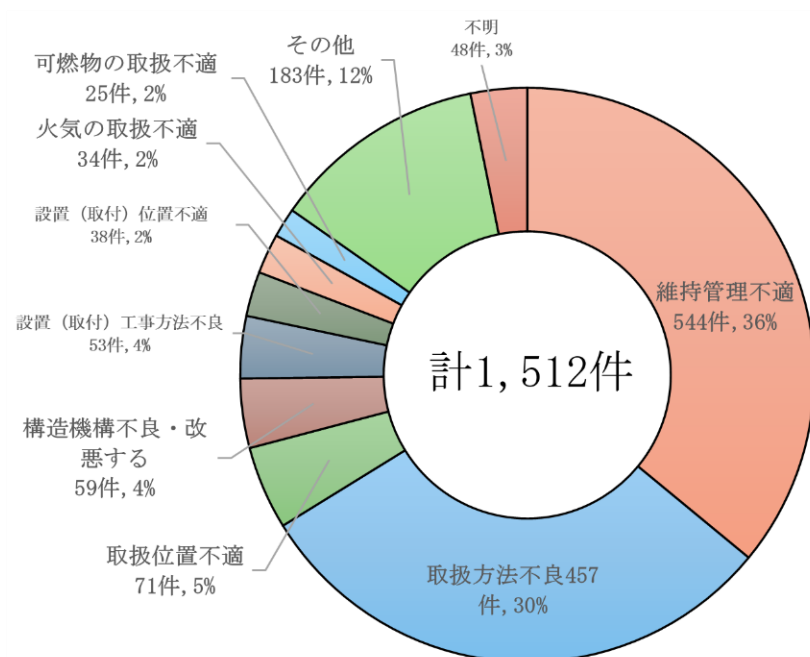


図 1-3 2023 年の電気火災の出火要因³⁶

2023 年の電気火災 1,512 件における発火源をみると、電気機器関係の火災件数は 685 件で、前年より 62 件増加しており、中でも充電式電池（109 件）、電子レンジ（87 件）からの火災が目立つ。配線等・配線器具等の火災は合わせて 471 件で、前年より 29 件減少している。なかでも、コンセントや差込みプラグからの火災が多い（図 1-4）。

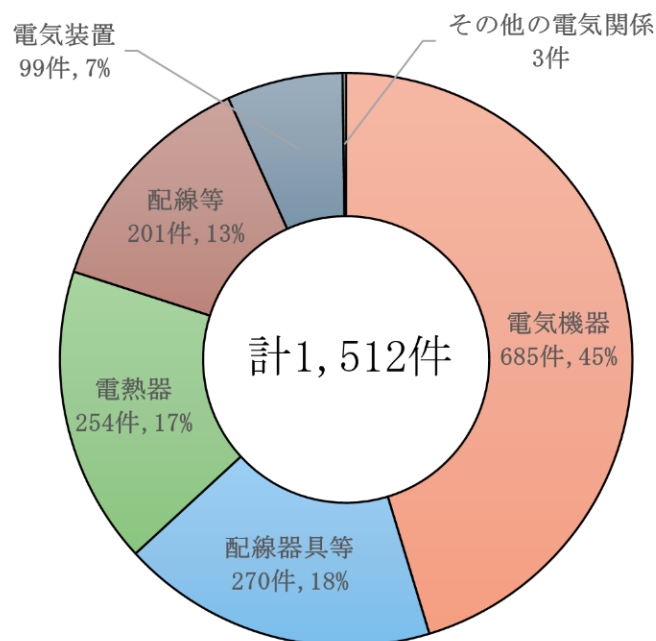


図 1-4 2023 年の電気火災の発火源 ³⁶

電気機器の部位別の火災状況をみると、充電部から出火した火災が最も多い（166 件）（図 1-5）。

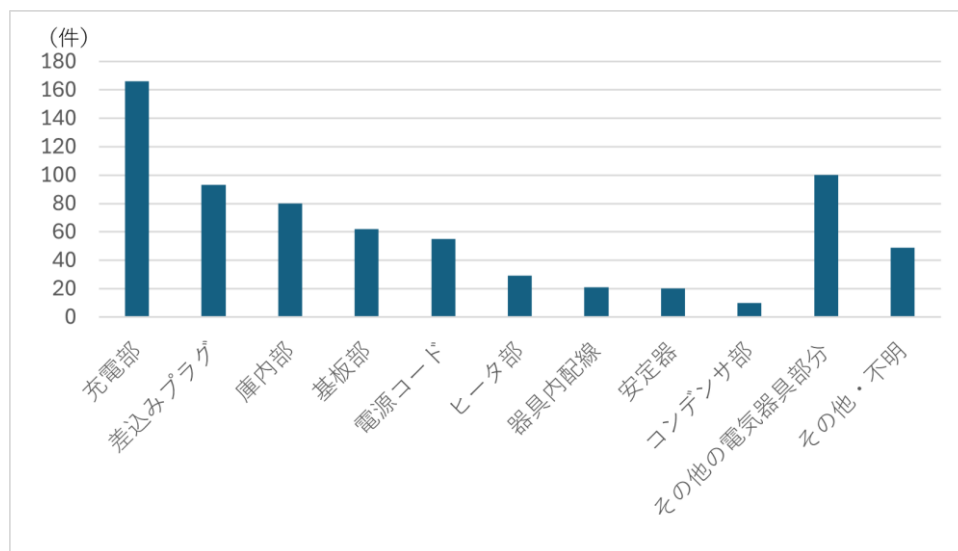


図 1-5 2023 年の電気機器の出火部位（上位 9 位） ³⁶

差込みプラグは火災が 2 番目に多い部位で、93 件発生している。また、トラッキング（差込み導体間の短絡）による火災件数 106 件のうち、34 件が差込みプラグの差し刃間で発生

している。トラッキング火災を防ぐためには、コンセント周りのホコリを定期的に掃除し、プラグに変色や焦げ跡がないか確認することや、使わない電気製品はコンセントから抜き、湿気の多い場所での使用を避けることが重要である。また、タコ足配線は最小限に留め、プラグはしっかりと差し込むことや、住宅用火災警報器の設置と電気火災対応の消火器を準備しておくことも重要である。

電熱器関係の火災は 254 件で前年より 1 件増加している。布団類等の可燃物が接触する火災（経過：「可燃物が接触する」、「可燃物が落下する」）は 60 件あり、そのうち 40 件が電熱器関係（残りの 20 件は電気機器関係）で発生していて、中でも電気ストーブが際立って多い（図 1-6）。電気ストーブの経過は、布団類等の可燃物が接触する火災が 23 件（47.9%）発生していることから、電熱器の周辺には可燃物を置かないことが重要である。

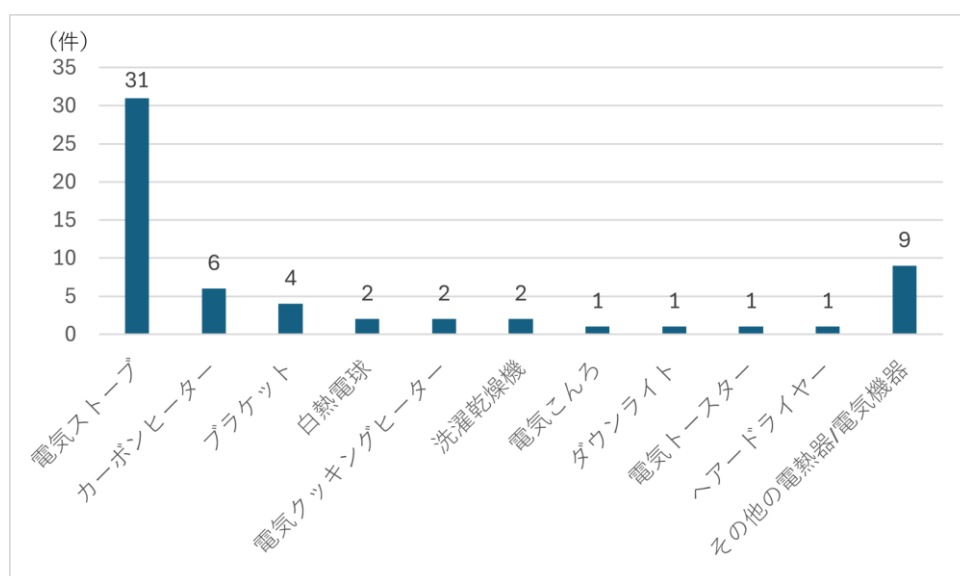


図 1-6 2023 年の可燃物が接触する火災の要因³⁶

電気装置関係の火災件数は 99 件（6.6%）で、前年と比べて 13 件増加している。電気装置関係の発火源の中で最も多いのは、制御盤（34 件）で、経過をみると「電線が短絡する」が最も多く、9 件発生している（図 1-7）。

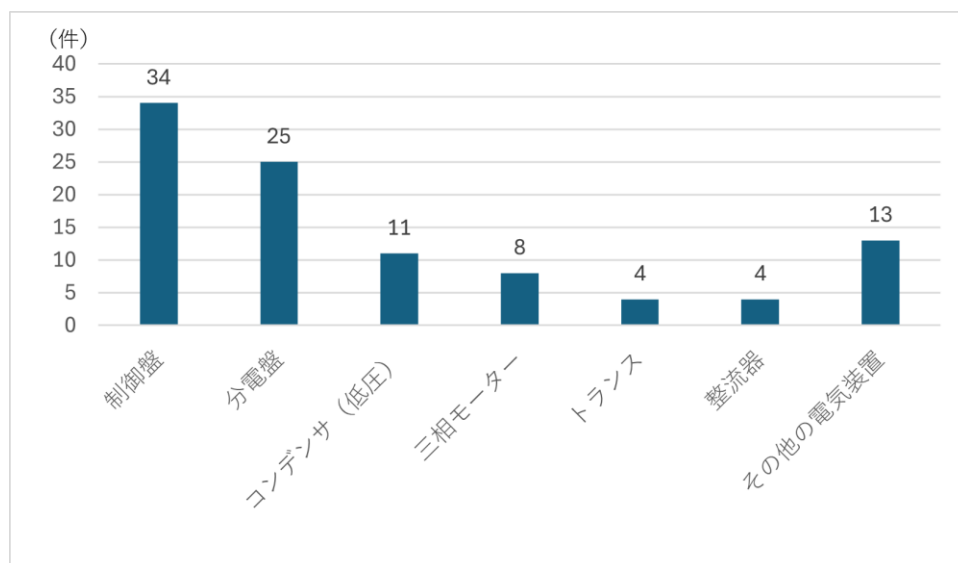


図 1-7 2023 年の電気装置関係の火災の発火源³⁶

電気火災のうち、リチウムイオンバッテリー関連火災について、最近 10 年の傾向は、増加傾向である。2023 年の発生件数（167 件）は 2015 年の件数（26 件）に比べ、6 倍以上増加している（図 1-8）。

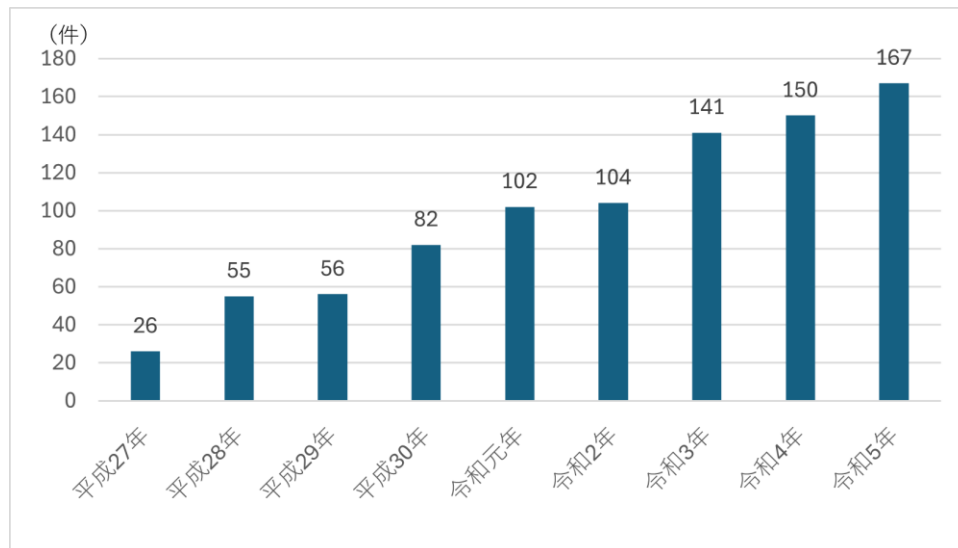


図 1-8 リチウムイオンバッテリー関連火災の発生状況³⁶

また、出火要因をみると、使用者の明らかな誤使用（外部衝撃、分解、充電方法誤り等）により出火する火災の他に、製品の欠陥により製品から突然出火する火災も発生している（図 1-9）。

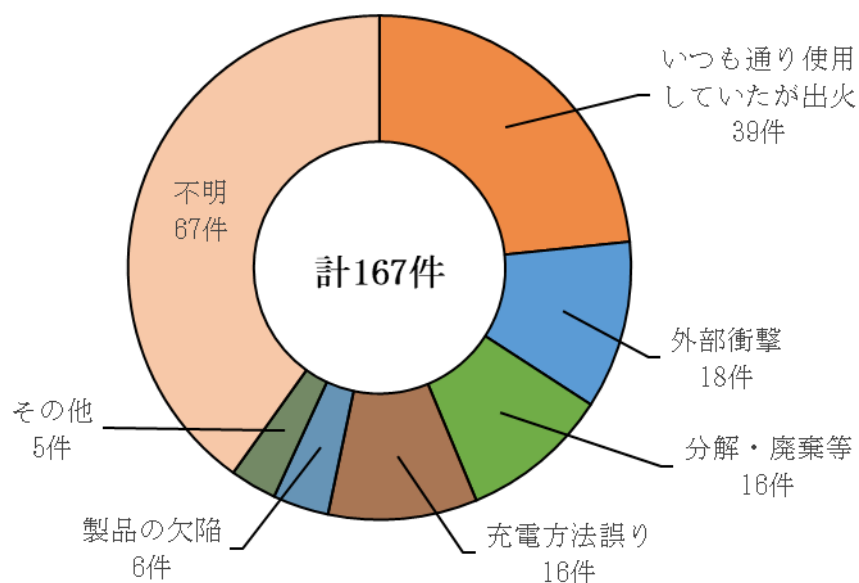


図 1-9 2023 年のリチウムイオンバッテリー関連の出火要因³⁶

リチウムイオンバッテリー関連火災について、月別の発生状況をみると、5月～9月の件数が多く、気温の上昇によって火災の危険性が高まると考えられる（図 1-10）。

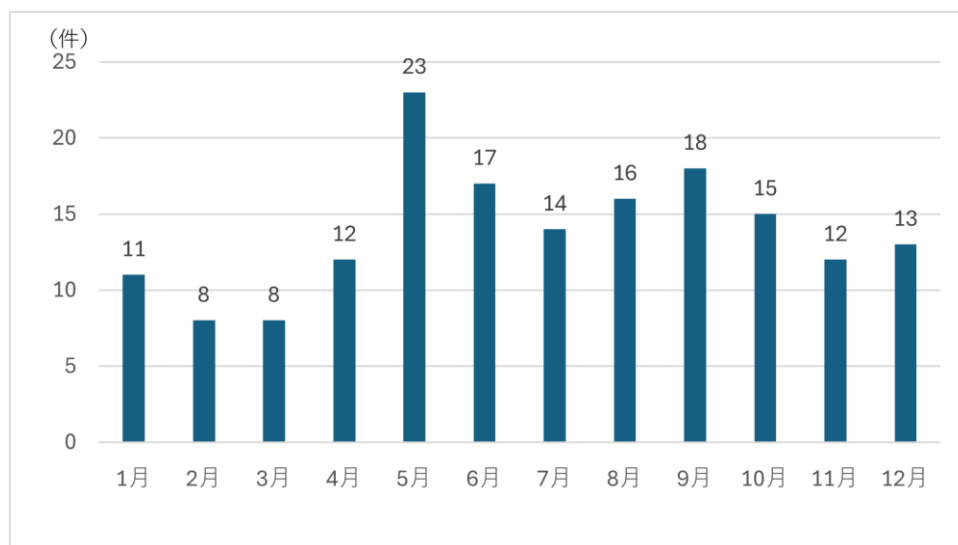


図 1-10 リチウムイオンバッテリー関連火災の月別発生状況³⁶

リチウムイオンバッテリー関連火災の発生を防ぐためには、製造事業者が指定する充電器やバッテリーを使用し、膨張、充電できない、バッテリーの減りが早くなった、充電中に熱くなる等の異常がある場合は使用をやめ、製造事業者や販売店に相談することが重要である。また、衝撃を与えないよう適切に取り扱い、むやみに分解しないことや、熱のこもりやすい鞆の中等での使用を控え、万が一の被害に備えて不燃性のケース等に収納することも重要であり、処分する際は、製品の取扱説明書をよく確認したうえで、地域のごみ回収方

法に従って処分する必要がある。

1-2-2 拡大防止

「令和6年版火災の実態」をもとに、被害拡大要因に着目して東京消防庁管内で発生した電気火災について整理する。

電気火災のうち建物火災における焼損程度別の構成比は、ぼやが全体の85-90%、部分焼が全体の10%、全焼及び半焼が残りの数%を占めている。最近10年の傾向をみると、令和元年にぼやの割合が増加し、部分焼の割合が減少したが、以降は横ばいである(図1-11)。また、出火の発生箇所は90%程度が建物、10%程度がその他(航空機、車両、船舶等)である。

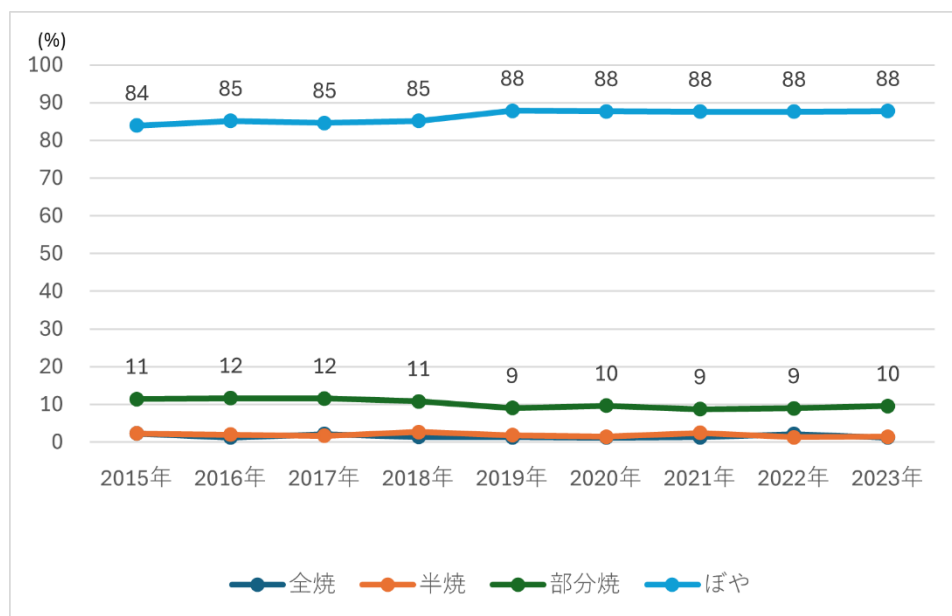


図 1-11 建物火災の焼損程度別の構成比の推移³⁶

(備考)

全 焼: 建物の焼損部分の損害額が火災前の建物の評価額の70%以上のもの、又はこれ未満であっても残存部分に補修を加えて再使用できないものをいう。

半 焼: 建物の焼損部分の損害額が火災前の建物の評価額の20%以上のもので全焼に該当しないものをいう。

部分焼: 建物の焼損部分の損害額が火災前の建物の評価額の20%未満のものでぼやに該当しないものをいう。

ぼ や: 建物の焼損部分の損害額が火災前の建物の評価額の10%未満であり焼損床面積が1㎡未満のもの、建物の焼損部分の損害額が火災前の建物の10%未満であり焼損表面積が1㎡未満のもの、又は収容物のみ焼損したものをいう。

電気火災の火元の用途について、最近 10 年の傾向は、その他（建物以外）の件数は横ばいなのに対して、政令用途対象物、住宅・共同住宅等は増加傾向にある。また、全体のうち政令用途対象物が占める割合は 2015 年が 43.4%であるのに対して、令和 5 年は 48.0%となり、5%程度増加している（図 1-12）。

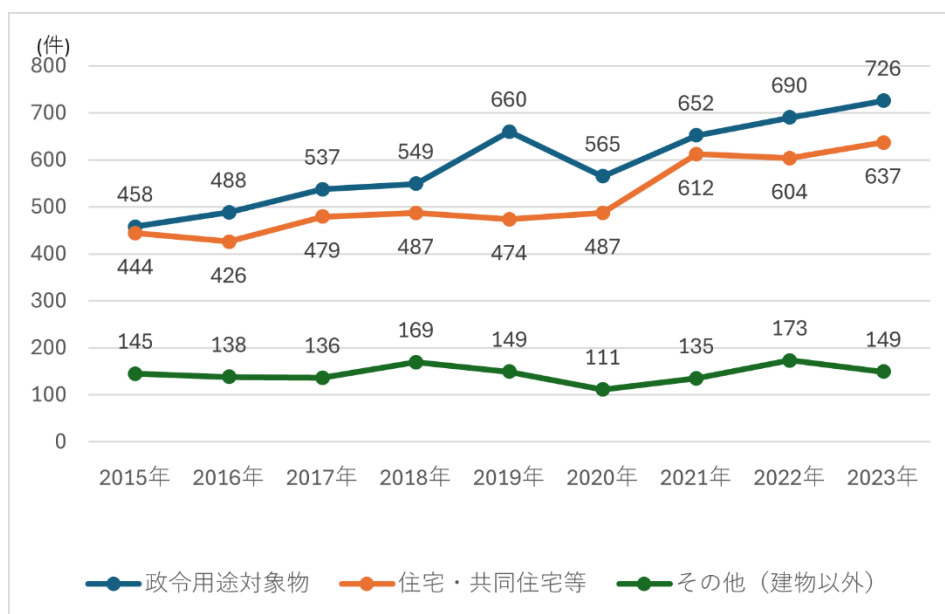


図 1-12 火元の用途別火災発生状況³⁶

電気火災の発生件数が増加しているにもかかわらず、焼損程度が低い火災（ぼや）の割合が増加していることは、消防技術の向上等により、火災の拡大抑制活動が一定の効果を上げていることを示している。また、政令用途対象物での火災発生件数が増加しているにもかかわらず、焼損程度が低い火災（ぼや）の割合が増加していることは、法令に基づく防火設備の整備や管理体制が一定の効果を上げていることを示している。一方で、政令用途対象物での火災は経済活動への影響や多数の人命に関わるリスクが高いため、発生件数の抑制に向けた予防対策の強化が重要である。

第2節 太陽光発電設備に係る調査

2-1 国内の太陽光発電設備に係る事故事例

2-1-1 PV システムの概要

国内における PV システムは、2012 年の FIT/FIP 制度³⁸の導入を契機として普及が進んでいる。

経済産業省資源エネルギー庁の「再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 情報公表用ウェブサイト³⁹」によると、PV システムの FIT/FIP 導入件数(新規認定分)の推移は図 2-1 のとおりである。FIT/FIP 制度の導入により、住宅用の PV システムの導入件数(新規認定分)は毎年 10 万～20 万件増加しているが、一方で、非住宅用の PV システムの導入件数(新規認定分)の増加量は年々減少している。なお、非住宅用のうち大半は 50 kW 未満の低圧のものである。

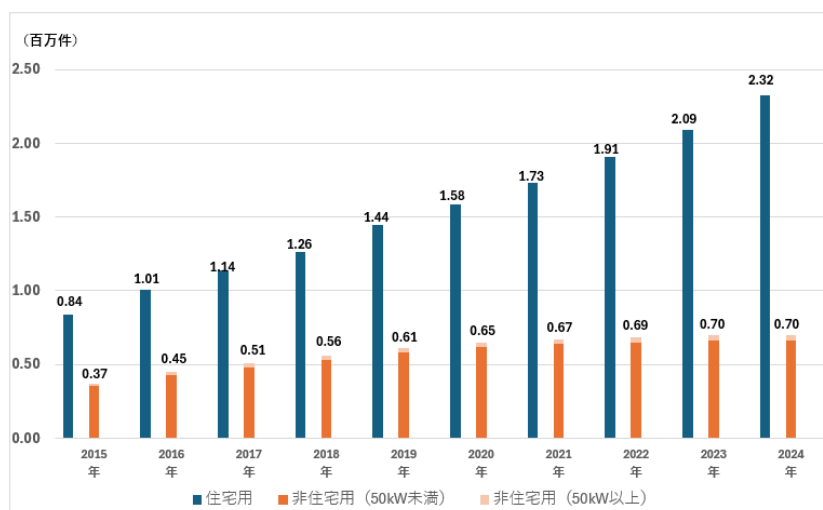


図 2-1 PV システムの FIT/FIP 導入件数（新規認定分）の推移³⁹

また、住宅用 PV システムは FIT/FIP 制度導入の前年である 2011 年時点で約 98 万台設置されている⁴⁰（2024 年末時点での移行認定分の導入件数は、住宅用、非住宅用合わせて約 120 万件）。

³⁸ FIT/FIP 制度：再生可能エネルギーの買取制度のことで、再生可能エネルギーで発電した電気を、電力会社が買い取ることを国が約束する制度。この制度により、発電設備の高い建設コストも回収の見通しが立ちやすくなり、再生可能エネルギーの普及が進むことが期待される。

³⁹ 経済産業省資源エネルギー庁、再生可能エネルギー電気の利用の促進に関する特別措置法 情報公表用ウェブサイト、<https://www.fit-portal.go.jp/PublicInfoSummary>

⁴⁰ 経済産業省、第 62 回 調達価格等算定委員会 資料 1 太陽光発電の状況-主力電源化に必要な新規案件開発継続（一般社団法人太陽光発電協会）、https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/pdf/062_01_00.pdf

2-1-2 火災の概要

PV 設備に係る火災事例の分析にあたって、①東京消防庁が所有するデータベース（2015 年から 2024 年までの火災件数 41,097 件）から、発火源分類コード「太陽光発電装置」「太陽光発電装置/その他の電気設備」に該当するデータ（23 件）を抽出した。この条件で抽出したデータは全て PV 設備から出火した火災のデータである。

また、②東京消防庁管内以外の消防本部が所有するデータベース（集計期間不明、全 74 件）をもとに、国内の PV 設備に係る火災事例を整理した。さらに、③消費者庁事故情報データベース⁴¹から住宅用 PV 設備の火災事例（2015 年から 2024 年までの火災件数 234 件）を抽出した。なお、これらのデータには PV 設備以外から出火した火災のデータを含む。

東京消防庁が所有するデータベース及び消費者庁事故情報データベース⁴¹から抽出した住宅用 PV 設備の火災事例（①、③の計 257 件）について、年毎の火災発生件数の推移（PV 設備以外からの出火事例を含む）をみると、2015 年から 2021 年までは横ばいで、2022 年以降は増加傾向にあることがわかる（図 2-2）。

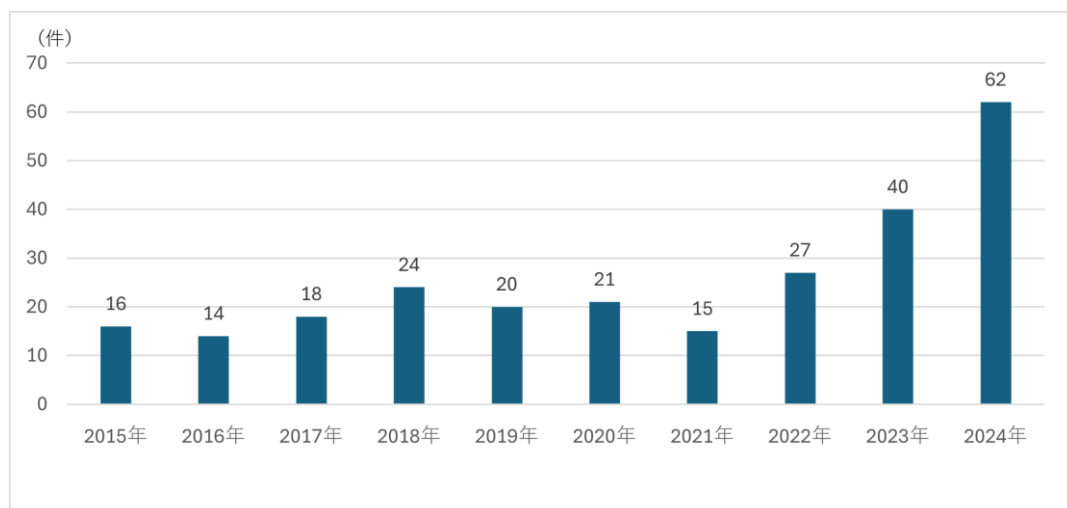


図 2-2 PV 設備に係る火災件数の推移
（①及び③より、東京海上ディーアール株式会社にて作成）

※ PV 設備以外からの出火したデータを含む

PV 設備の FIT/FIP 導入件数（新規認定分）の推移と火災発生件数の推移を重ねてみると、導入件数の増加に伴い火災発生件数は増加しているが、導入件数に対する火災発生件数は 0.002%程度であり、発生確率は極めて低い（図 2-3）。

⁴¹ 消費者庁, 事故情報データベースシステム, <https://www.jikojocho.caa.go.jp/ai-national/>

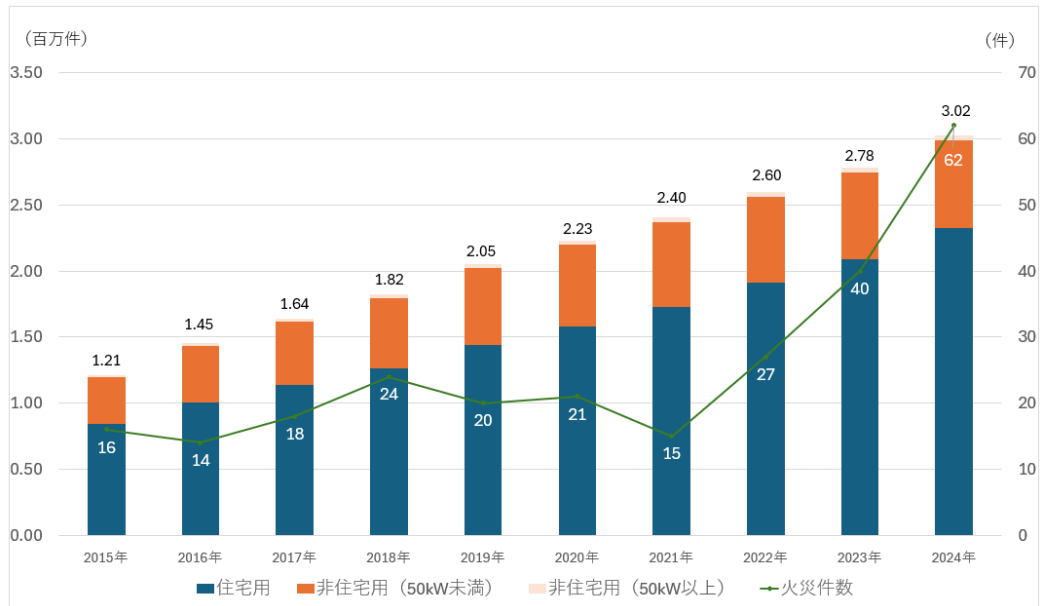


図 2-3 導入件数と火災件数の推移³⁹

※PV 設備以外からの出火したデータを含む

東京消防庁が所有するデータベースで調査した火災統計より、東京消防庁管内で発生した火災の全数、電気設備の火災件数、及び PV システムに係る火災件数を比較すると、火災全体における PV システムに係る火災の発生率は極めて低い（図 2-4）。

なお、PV システムに係る火災件数は電気設備の火災件数の中に含まれている。

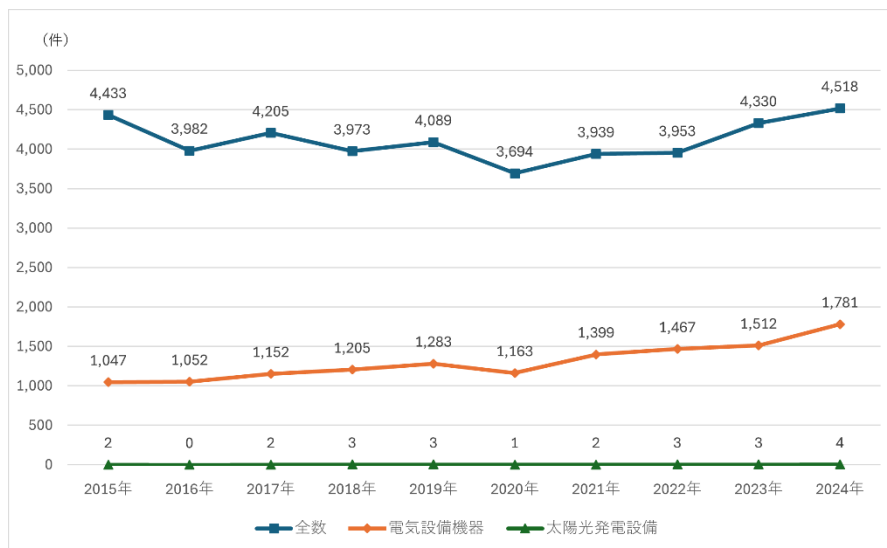


図 2-4 火災発生件数の推移（全数、電気設備機器、PV 設備）³⁶

※PV 設備から出火した火災のデータのみ抽出

東京消防庁が所有するデータベースのうち、月別の火災発生件数をみると、9月が6件で最も多く、1・2月は1件も発生していない。このことから、冬季よりも夏季の方が気温が高くなる点に加え、発電電力の増大や寒暖差などが季節性の事故原因になっている可能性があると考えられる。今後のPV火災の情報蓄積を通じた継続的な評価が望まれる。

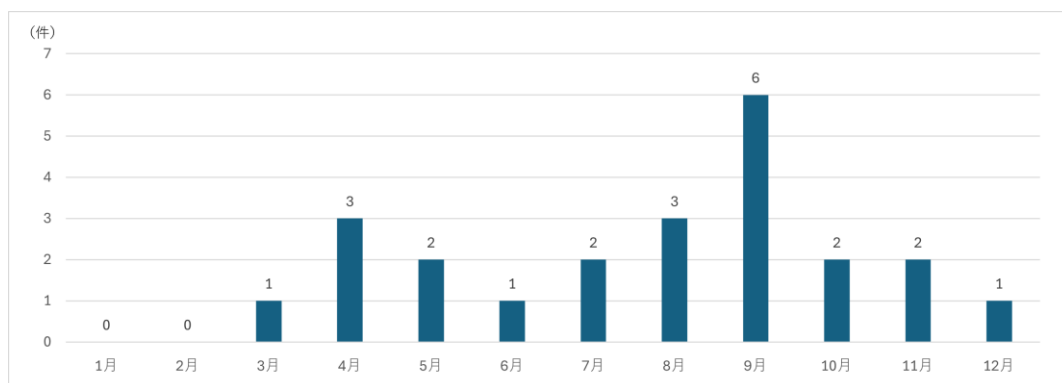


図 2-5 月別の火災件数

※PV 設備から出火した火災のデータのみ抽出

東京消防庁が所有するデータベース、東京消防庁管内以外の消防本部が所有するデータベース及びインターネットで調査した火災事例のうち、火災の発生都道府県がわかる事例について、都道府県別の火災発生件数（上位 10 都道府県）をみると、東京都が 23 件で最も多い（図 2-6）。

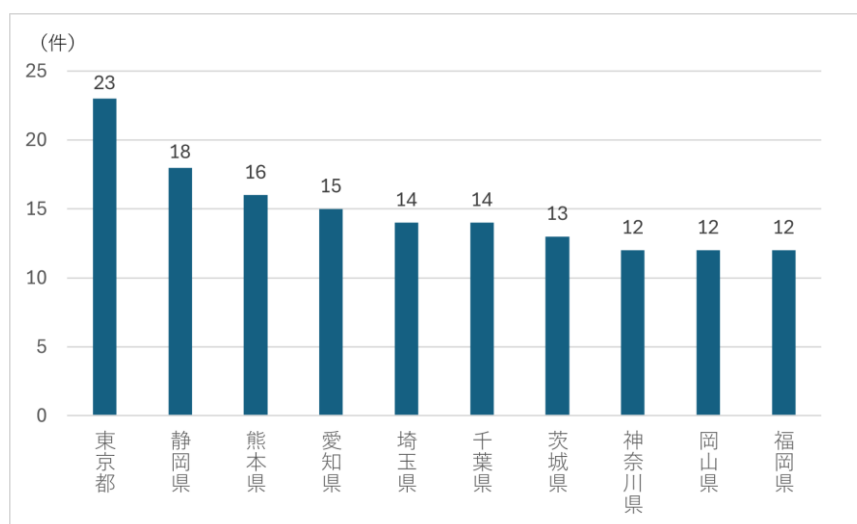


図 2-6 都道府県別の火災件数

※PV 設備以外からの出火したデータを含む

また、都道府県別の PV 設備の FIT/FIP 導入件数（上位 10 都道府県）³⁹をみると、火災発生件数が多い、上位 10 都道府県のうち 8 都道府県が重複している（図 2-7）。

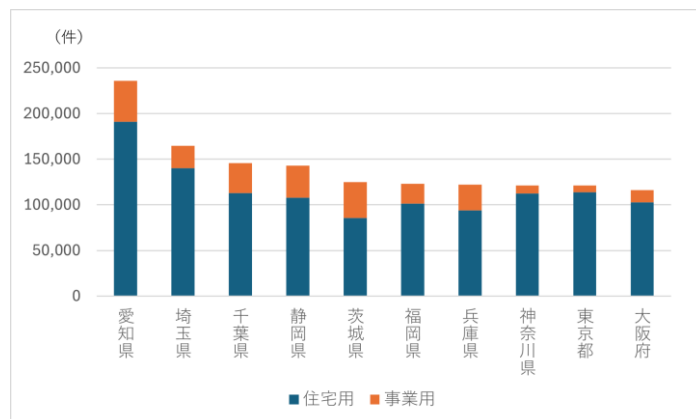


図 2-7 都道府県別の PV 設備の FIT/FIP 導入件数³⁹

東京消防庁が所有するデータベースのうち、出火場所（火元用途）をみると、住宅が 10 件で最も多い（図 2-8）。

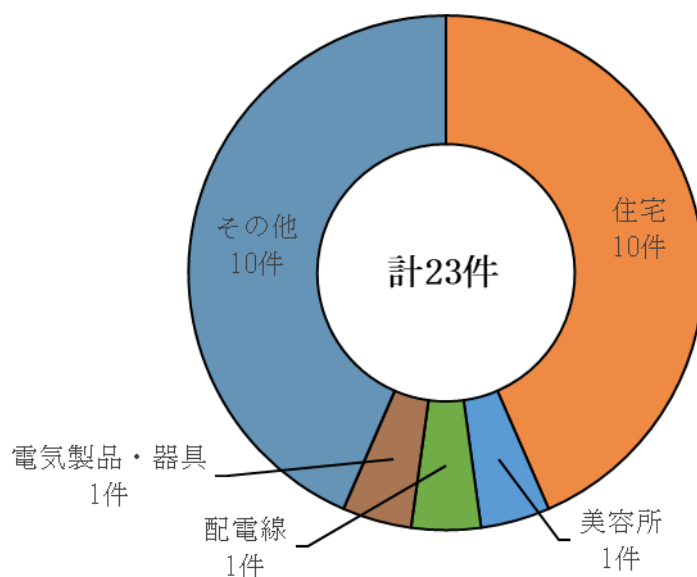


図 2-8 出火場所（火元用途）の割合

※PV 設備から出火した火災のデータのみ抽出

その他に分類されるものは屋外で出火した火災であるため、事業用の PV 設備等が起因する火災と考えられる。

東京消防庁が所有するデータベース及び東京消防庁管内以外の消防本部が所有するデータベースのうち、PV 設備の用途がわかる事例（100 件）をみると、住宅用が 54 件で最も多

い。住宅用と事業用の間に大きな差はなく、両用途において同程度の火災リスクが存在することがわかる（図 2-9）。

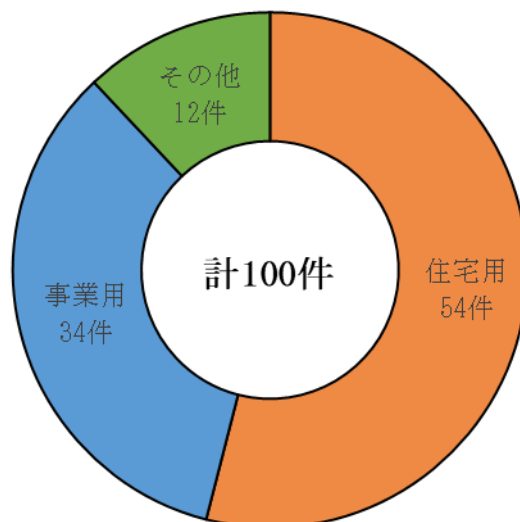


図 2-9 用途の割合

※PV 設備から出火した火災のデータのみを抽出

東京消防庁が所有するデータベースから抽出した PV 設備に係る火災データのうち、火災の出火階をみると、建物の 1 階で発生した火災が 8 件で最も多い（図 2-10）。建物の 1 階で発生した火災は、基板部やコンデンサ部からの出火であり、パソコンからの出火と考えられる。

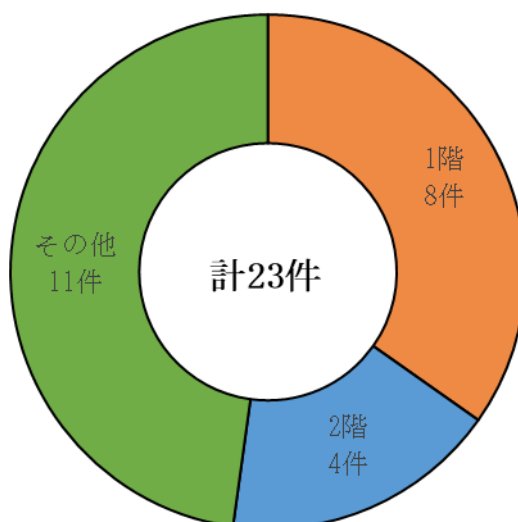


図 2-10 出火階の割合

※PV 設備から出火した火災のデータのみを抽出

2-1-3 出火予防対策

2-1-3-1 出火防止

東京消防庁が所有するデータベースから抽出した PV 設備に係る火災データのうち、出火した用途と部位をみると、基板部、コンデンサ部、及び器具内配線からの出火が約半数を占めている（表 2-1）。PV 設備では電気・電子部品が最も火災リスクの高い箇所であり、これらの部位を重点的に点検・保全する必要があることがわかる。

表 2-1 出火した用途と部位

※PV 設備から出火した火災のデータのみを抽出

出火した用途		合計	建物(自宅)	建物(事業用の部分)	建物(その他の部分)	屋外で出火
合計		23	10	1	1	11
部 位	基板部	5	4	—	—	1
	コンデンサ部	4	3	1	—	—
	器具内配線	3	—	—	—	3
	電源コード（器具付きコード）	1	—	—	—	1
	その他の電気器具部分	9	2	—	1	6
	不明	1	1	—	—	—

火災の経過と経過補助をまとめると表 2-2 のとおりである。

じん埃や湿気（水気）の付着によるトラッキングでの火災が 6 件発生していることから、定期的な清掃や防水対策等の環境要因に対する予防保全が重要であることがわかる。また、過負荷による火災が 3 件発生していることから、定期的な電流値の監視・測定、及び過負荷検知システムの導入により出火リスクを軽減できると考えられる。さらに、工事不良による火災が 2 件発生していることから、規格や各種メーカーの施工要領及び業界団体のガイドライン等を遵守することが重要である。

表 2-2 火災の経過と経過補助表

※PV 設備から出火した火災のデータのみを抽出

経過補助		合計	じん埃付着	過負荷	工事不良	湿気（水分）の付着	その他/不明
合計		23	4	3	2	2	12
経 過	トラッキング	6	4	—	—	2	—
	過多の電流（含電圧）が流れる	6	—	3	1	—	2
	金属の接触部が過熱する	3	—	—	—	—	3
	絶縁劣化により発熱する	2	—	—	—	—	2
	電線が短絡する	3	—	—	1	—	2
	半断線により発熱する	1	—	—	—	—	1
	不明	2	—	—	—	—	2

出火箇所とその詳細をみると、パソコンからの出火が 14 件で最も多く、全体の約 60%を占めている（表 2-3）。

表 2-3 出火箇所とその詳細

※PV 設備から出火した火災のデータのみを抽出

出火箇所の詳細		合計	パワコン	PVモジュール（電源配線含む）	接続箱	不明
合計		23	14	5	2	2
出 火 箇 所	洗面所	6	6	—	—	—
	台所	1	1	—	—	—
	脱衣場	1	1	—	—	—
	居室	1	—	—	—	1
	屋根面	1	—	—	—	1
	便所	1	1	—	—	—
	建物の外周部	5	5	—	—	—
	屋上	2	—	—	2	—
	屋上工作物	3	—	3	—	—
	ベランダ（外壁・付属工作物含む）	1	—	1	—	—
	敷地内	1	—	1	—	—

消費者庁事故情報データベースシステム⁴¹から抽出した住宅用 PV 設備の火災事例について、火災に関連した部位をみると、東京消防庁のデータと同様にパワコンが最も多く、全体の約 64%を占めている（150 件）（図 2-11）。

2022 年以降はモジュール起因の火災件数が増加傾向にあり、その背景として、複数の火災事例が報告されているメーカーについて、2010 年代前半に PV 搭載住宅事業を急拡大したが、事業初期の製品に安全上の不具合があった可能性が疑われている。⁴²

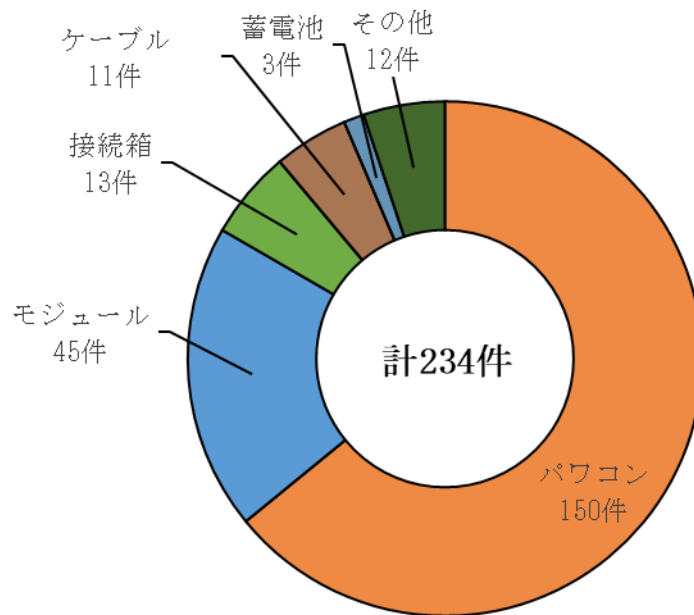


図 2-11 火災に関連した部位⁴¹

※PV 設備以外からの出火したデータを含む

⁴² 太陽光発電技術研究組合壁面設置太陽光発電システムの安全性に関する調査報告書

2-1-3-2 拡大防止

東京消防庁が所有するデータベースから抽出した PV 設備に係る火災データのうち、火災の程度と建物構造をみると、耐火構造の建物で発生した火災の焼損程度はぼや（1 件）、準耐火構造の建物で発生した火災の焼損程度はぼや（1 件）と部分焼（2 件）、防火構造の建物で発生した火災の焼損程度はぼや（8 件）であり、火災の程度が半焼、全焼になった事例はない（表 2-4）。なお、ここで示した 12 件の火災は全て建物からの火災である。また、屋外で発生した火災は全て器具・配線のみが焼損したものであり、焼損程度は小さい。この結果は、PV 設備に係る火災の焼損程度は建物の耐火・防火性能によってある程度抑えられており、耐火・防火性能の高さは、PV 設備火災のリスク軽減において一定の役割を果たしていることを示している。

また、建物内火災による太陽光発電設備への延焼リスクについて、鋼板屋根の住宅で火災が発生した事例は屋根延焼には至らず被害は限定的であったことから、鋼板による延焼防止効果も一定認められる。⁴²

表 2-4 火災の程度と建物構造

※PV 設備から出火した火災のデータのみ抽出

火災の程度		合計	ぼや	部分焼	半焼	全焼
合計		12	10	2	0	0
建物構造	耐火構造	1	1	—	—	—
	準耐火構造	3	1	2	—	—
	防火構造	8	8	—	—	—

建物火災の焼損程度がぼやのものとその他火災（器具・配線のみが焼損）で全体の約 9 割を占めており、これは電気火災の焼損程度の割合（ぼやが全体の 85-90%を占める）と同程度である。

東京消防庁が所有するデータベースから抽出した PV 設備に係る火災データのうち、消防法施行令別表第一に掲げる防火対象物（以降、政令対象物という）等の使用状況等の区分をみると、その他（建物以外）が 11 件、住居が 10 件で、これらが全体の大半を占める（図 2-12）。

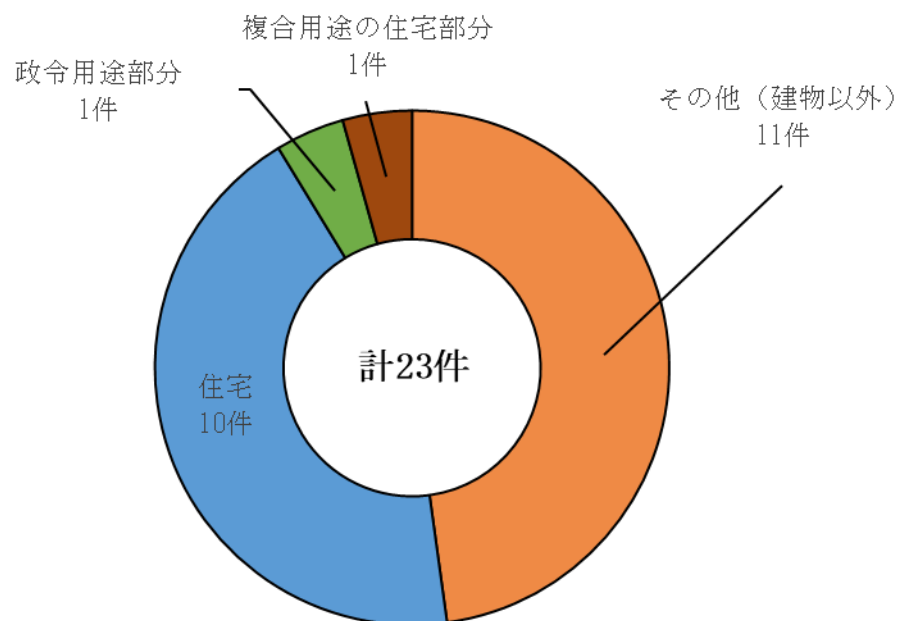


図 2-12 政令対象物等の使用状況等の区分の割合

※PV 設備から出火した火災のデータのみ抽出

複合用途の区分をみると、政令対象物以外 21 件で最も多く、その他（単独用途）で 1 件、複合用途のイ（商業施設等）で 1 件発生している（図 2-13）。

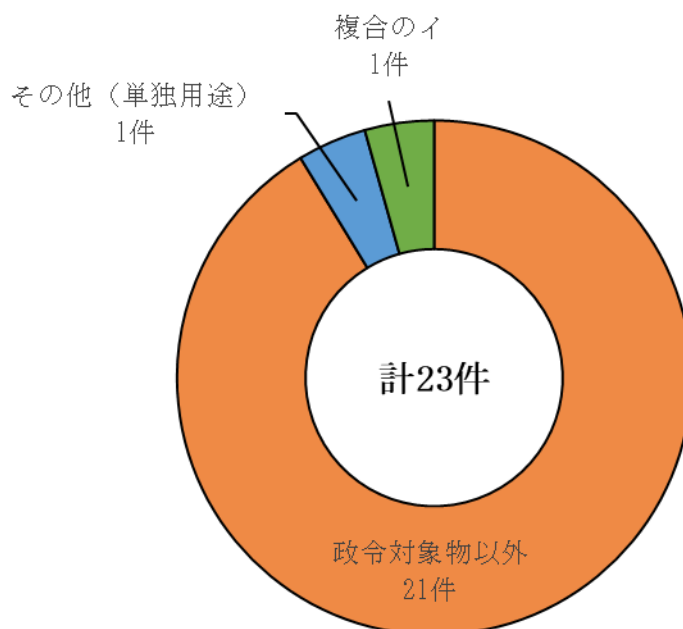


図 2-13 複合用途の区分の割合

※PV 設備から出火した火災のデータのみ抽出

2-1-4 出火予防・消防活動対策

PV 設備の消火予防・消防活動対策について、国内における火災事例をもとに考える。以下に 2015 年以降に発生した PV 設備に係る文献（論文、学会誌、火災ニュース等）から調査した火災事例のうち、概要や消火活動の詳細がわかる事例をまとめた。

表 2-5 事件事例 1（国内での火災事例）⁴³

発生都道府県	埼玉県
発生月	2017 年 2 月
発生場所	物流倉庫
事故概要	午前 9 時 15 分頃、埼玉県三芳町上富の事務用品通販会社アスクルの物流倉庫で段ボールから火災が発生。男性従業員 2 人が煙を吸う等して病院に搬送されたが、命に別条はなかった。
原因	段ボール等がフォークリフトのエンジン部分に入り、高温の排気管に触れて着火した。
消火活動	発災した倉庫は 2 階と 3 階に窓がほとんどないことから、重機で壁面に穴を開けて内部への放水を行い、18 日の夜には、一旦 2 階部分の火を消し止めることができた。しかし、2 月 19 日の午前 0 時過ぎ、3 階で保管されていたスプレー缶に引火したと見られる 2 回の爆発があり、再び火が強まった。消火活動が長期化している理由について、外からの放水が難しいこと、屋上には PV モジュールがあるため感電のおそれがあり、直接放水することができないことや、建物の中の温度が一時 500℃に達し、熱で壁がゆがむ等倒壊のおそれもあり、慎重に活動する必要があったとしている。最終的な鎮火は 2 月 28 日午後 5 時となり、発生から 12 日にわたり火災が続いた。

表 2-6 事件事例 2（国内での火災事例）⁴⁴

発生都道府県	千葉県
発生月	2019 年 9 月
発生場所	ダムの水上メガソーラー
事故概要	千葉県の工業用水用ダムの水面を利用した大規模太陽光発電施設で火災が発生。台風 15 号の猛烈な風の影響で PV モジュールが吹き寄せられ、倒れたり折り重なったりした状態で発電を続けたため短絡が起きたことにより火災が発生したと考えられる。水面に浮かぶ台の上に設置された PV モジュール約 5 万枚の一部が焼損した。けが人はなかった。

⁴³ 日本火災学会, 火災ニュース 2017-347

⁴⁴ <https://jrescue.net/special/ichihara-solar-plant-fire/>

原因	短絡
消火活動	出火場所は、最も近い箇所でも岸から約 80m 以上離れた場所だったため、通常の消防車では消火は不可能であった。また、PV モジュールからの送電は遮断したものの、PV モジュールに陽が当たると自動発電し、常時通電状態になることから、船舶等で接近し消火するのは感電の危険性があった。そこで放水距離が 70～100m ある大容量送水ポンプ車と大型放水砲搭載ホース延長車（2 台を総称して DHCU と呼ぶ）での岸からの長距離放水が必要と判断した。 山倉ダム施設管理者及び PV モジュール管理者との協議のうえ、車両進入禁止である山倉ダムの遊歩道を開放し、取水のために金属フェンスの一部撤去を行ったうえで、DHCU を用いて消火活動を行い、約 4 時間半後に消火した。

表 2-7 事故事例 3（国内での火災事例）⁴²

発生都道府県	大阪府
発生月	2022 年 5 月
発生場所	住宅
事故概要	住宅の屋根付近から何らかの原因により出火し火災が発生。住宅屋根に設置された PV モジュールと 2 階小屋裏が焼損した。  焼損したパネル
原因	太陽光モジュール本体もしくはケーブル異常によるものとみられる。
消火活動	詳細は不明。住宅下部より消防車のポンプからの放水によって消火したとみられる。けが人はなかった。

表 2-8 事故事例 4（国内での火災事例）⁴²

発生都道府県	茨城県
発生月	2022 年 5 月
発生場所	住宅
事故概要	居住者が PV システムの発電量が少ないことに気づき、屋根に設置された PV モジュールを確認したところ、1 枚が変形し焦げているのを発見

	した。けが人はなかった。
原因	不明
消火活動	不明

表 2-9 事件事例 5（国内での火災事例）⁴²

発生都道府県	静岡県
発生月	2022 年 5 月
発生場所	住宅
事故概要	木造住宅の屋根から出火し、PV モジュールの配線及び屋根の一部が焼損した。
原因	PV モジュールのジョイントボックス内の集電ケーブル、F ケーブル又はアース線が短絡又は漏電し電線被覆等の可燃物に着火し出火したものとみられる。けが人はなかった。
消火活動	罹災建物の外壁に三連梯子を架梯し、梯上から放水。放水後は一旦黒煙と火花は消えたが、太陽光が強い時間帯は断断续的に火花が発生したため、その都度放水して、再出火しなくなるまで放水を行った。

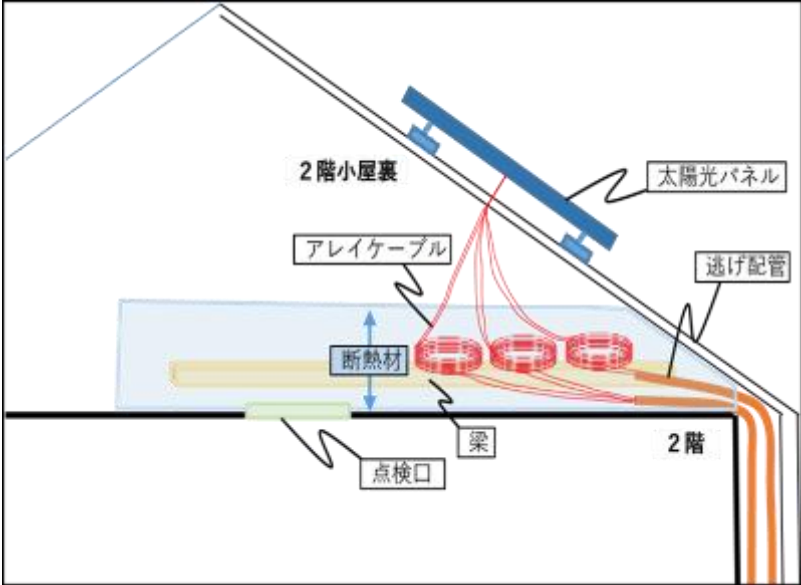
表 2-10 事件事例 6（国内での火災事例）⁴⁵

発生都道府県	宮城県
発生月	2024 年 4 月
発生場所	メガソーラー発電所
事故概要	13 時 43 分にメガソーラー発電所にて火災が発生。下草や PV モジュール、ケーブル等約 38,000 m ² が焼損した。事故発生時、発電所の下草は枯れており、数日間晴天が続いたことから乾燥し、容易に燃えやすい状態であった。また当日は風が吹いており（最大瞬間風速 10.1 m/s）延焼しやすい環境要因が重なっていた。けが人、発電所敷地外における被害はなし。
原因	パワコン内部のコンデンサ故障
消火活動	施設関係者からの通報を受けた消防は、短絡や感電の危険があり太陽光モジュールへの直接放水ができない状況で、ポンプ車やヘリコプター等 36 台を投入して消火活動を行い、約 22 時間後に鎮火した。

表 2-11 事件事例 7（国内での火災事例）²

発生都道府県	東京都
発生月	2025 年 3 月
発生場所	住宅の小屋裏

⁴⁵ <https://riss.aist.go.jp/sanpo/riscadnews/2024/05/p11754/>

事故概要	引き渡しから3カ月以内の新築住宅の小屋裏に布設されていたPVシステムのケーブルから出火し、小屋裏を延焼する火災が発生した。当該ケーブルは、PVアレイとパワコンを接続するケーブルであり、ケーブルの余長を円形に束ねて梁上に置き、さらに断熱材で覆われた状態で施工されていた。
原因	PVアレイの発電により電流が流れた際、ケーブルが円状に束ねられていたこと及び断熱材で覆われていたことにより放熱が妨げられたため出火したものと思われる。  小屋裏に布設されていたPVシステムのケーブルの状況

火災事例をみると、感電を防止するために消火活動に時間を要していることがわかる。

また、蓄電池が原因で発生した鹿児島県のメガソーラー発電所での火災においては、消防活動中の消防職員4名が負傷している（表2-12）。

表2-12 事故事例8（国内での火災事例 ※蓄電池が出火の原因）⁴⁶

発生都道府県	鹿児島県
発生月	2024年3月
発生場所	メガソーラー発電所
事故概要	午後6時過ぎ、メガソーラー発電所において、蓄電池及びパワコンが設置された建屋から白煙があがっていると消防に通報された。午後6時50分頃、建屋が炎上し爆発。消防隊員4人が怪我をして病院に搬送され、うち2人が中等症のやけどで入院した。建屋1棟130m ² が全焼したが、PVモジュールへの延焼はなかった。

⁴⁶ 日本火災学会, 火災ニュース 2024-389

原因	蓄電池からの出火とみられる。
消火活動	電気系統のショートによる感電のおそれがあるため放水できず、鎮圧までに約 3 時間半、完全鎮火までに 20 時間以上を要した。

これらを受けて、総務省消防庁は 2024 年 4 月 26 日付で、電気施設火災において留意すべき事項を下記のとおりに通知している。⁴⁷

- (1) 指揮者は早期に関係者から施設構造、設備位置、供給電圧、感電危険の有無を確認し、活動の安全を確保する感電危険区域を設定する必要がある。
- (2) 感電防止のため早期に施設関係者に電路遮断を依頼し、電路遮断前はむやみに進入せず、やむを得ない場合は電気事業者等に漏えい電流を検知させ安全確認後に進入すること。
- (3) 放水は原則として電路遮断後とし、対象物から十分な安全距離をとり、噴霧注水とする必要があり、建物に放水した水が漏電経路となる危険性にも注意が必要である。
- (4) 保護具（絶縁ゴム手袋等）を活用する際は、保護具の性能及び劣化状況を十分把握し過信せず、電気施設内に進入する際は必ず複数の隊員で行い、呼吸保護具（空気呼吸器等）を着装し、命綱により身体を確保し、十分な照明を確保すること。
- (5) リチウムイオン蓄電池等を用いた設備では、火災時に引火性液体である電解液や可燃性ガスが噴出し爆発する危険性があることに留意し、爆発等の危険を想定して急な燃焼拡大等に対応可能な離隔距離をとって活動する必要がある。
- (6) 当該蓄電池は筐体に覆われている場合があるため、発火している場合は筐体に対して放水による冷却を行い、必要に応じて有毒ガス検知器による検知や送排風機等を活用して有毒ガスの拡散を行うことが重要である。

また、総務省消防庁消防大学校消防研究センターは「太陽光発電システム火災と消防活動における安全対策⁴⁸」のなかで、PV システム火災に関する消防活動上の注意事項・留意事項を以下のとおりまとめている（表 2-13）。

⁴⁷ 消防消第 122 号・消防予第 234 号・消防危第 119 号、電気施設等における警防活動時等の留意事項について（令和 6 年 4 月 26 日），<https://www.fdma.go.jp/laws/tutatsu/items/23bab9ff197a3806c371fb28f9130c43360543dd.pdf>

⁴⁸ 総務省消防庁消防大学校消防研究センター，消防研究技術資料第 83 号「太陽光発電システム火災と消防活動における安全対策」，https://nrifd.fdma.go.jp/publication/gijutsushiryo/gijutsushiryo_81_120/files/shiryo_no83.pdf

表 2-13 太陽光発電システム火災に関する消防活動上の注意事項・留意事項⁴⁷

消火活動 開始前	太陽光発電システムの 設置状況の確認	・指揮者は火点一巡する際に太陽光発電システムの設置有無についても必ず確認する。 ・消防隊員は太陽光発電システムの設置に気づいた場合、指揮本部に報告する。
	個人装備の選択	・絶縁性の高い装備（乾燥しているもの、ぬれても絶縁性が低下しないもの）を選択する。
消火活動中	太陽光発電システムの 状況把握	・夜間の消防活動であっても、火炎の光によって見た目から想定される以上の発電がおこなわれている恐れがある。 ・損傷した配線が近くのものに触れていると、消防隊員が太陽光発電システムに触れた際に回路が形成され感電する可能性がある。
	放水方法	・水にぬれても高い絶縁性能のある手袋及び靴を着用する。太陽光発電システムへの放水は基本的に噴霧注水とし棒状注水を行う場合は少なくとも1.5m、6m以内の距離を取る等、電気火災の場合と同様の対策を講じる。 ・太陽電池モジュールの背面の消火が困難となる場合があることを考慮の上、放水方法を決定する。
	煙の排出口確保や 安全確保のための破壊作業	・屋根材一体型の太陽電池モジュールと普通の屋根を見分けてづらい場合があるので注意する。 ・結晶シリコン系太陽電池モジュールでは数か所を破壊しても発電が継続する場合がある。 ・破壊器具を通して消防隊員が感電する可能性がある。 ・破壊時には、消防隊員の顔面保護のためゴーグル等を使用する。
	太陽光発電システムの 発電停止措置	・現状では、太陽電池モジュール自体を止める決定的な方法はない。 ・ブルーシートで太陽電池モジュールを覆う場合、出力電圧の低減効果は得られるが、熱によりブルーシートが軟化、熔融、収縮する可能性もある。 ・太陽電池モジュールが屋根や屋上に設置されている場合には、感電の衝撃等により転落の恐れがある。
	太陽電池モジュール 落下の警戒	・建物の屋上や屋根に太陽光発電システムが設置されている場合、火災により建物の構造部材の強度が低下すると落下の危険性がある。 ・火災の熱で太陽電池モジュールのガラスが割れると、大きな破片や鋭利な破片が落下してくる可能性がある。
	燃焼生成ガスに関する注意	・ポリフッ化ビニルが用いられている太陽電池モジュールの燃焼生成ガスに、有害なハロゲン化合物が含まれている場合があった。 ・煙の流れ、空気呼吸器の装備、警戒区域の設定に注意して活動する。
	太陽光発電システム の状況確認	・太陽電池モジュールが火災により損傷しているように見えても、十分な発電能力を有している可能性がある。 ・建物の屋上や屋根に太陽光発電システムが設置されている場合、火災により建物の構造部材の強度が低下すると落下の危険性がある。 ・火災の熱で太陽電池モジュールのガラスが割れると、大きな破片や鋭利な破片が落下してくる可能性がある。
火災鎮圧後	残火確認のための破壊作業	・屋根材一体型の太陽電池モジュールと普通の屋根を見分けてづらい場合があるので注意する。 ・絶縁性を確保するために、高い絶縁性能のある手袋及び靴を着用する等、感電に対して備える。 ・損傷した配線が近くのものに触れていると、消防隊員が太陽光発電システムに触れた際に湿った建材を通して回路が形成され感電する可能性がある。
	太陽電池モジュール の取り外し	・太陽電池モジュールの発電能力は、火災時にOVになったとしても、時間の経過とともに回復することがある。 ・太陽電池モジュールの内部配線が上に設置されている場合には、感電の衝撃等により転落する恐れがある。
	取り外した 太陽電池モジュール の取り扱い	・太陽電池モジュールの端子部分を絶縁テープ等で覆うとともに、太陽電池モジュール表面に光が当たらないよう、受光面を遮光したり、受光面を下にして設置したり、適切な箱があれば格納したりすることが必要である。 ・可燃物の近くに太陽電池モジュールを置かないようにし、標示テープ等で囲んで注意喚起することが必要である。

出火要因と見られる蓄電池については、現行の電気事業法の技術基準で「火災その他人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えるおそれがないように施設しなければならない」旨等が規定されているものの、蓄電池に関する電気事業法上の技術基準の解釈等は明確化されていない。⁴⁹

このため、蓄電池の発熱につながる電氣的な危険源を除去のための措置（短絡を防止する措置等）、蓄電池の熱暴走・類焼を防止する措置（蓄電池システム内部の耐火性の仕切りの設置等）、蓄電池から発生する可燃性ガスを検知・通報する措置（可燃性ガスの検知・通報装置の設置等）等の事故防止に有効と考えられる措置を検討すべきである。なお、電気関係報告規則の改正により、蓄電所の破損事故の事故報告の対象範囲は「出力一万キロワット以上又は容量八万キロワットアワー以上の電力貯蔵装置」から「容量が二十キロワットアワーを超える電力貯蔵装置」に広げられた。⁵⁰

⁴⁹ 第21回 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会，電気設備自然災害等対策ワーキンググループ 資料3 蓄電池設備における爆発・火災事故及びその対応について，
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/denki_setsubi/021.html

⁵⁰ 経済産業省，電気関係報告規則，<https://laws.e-gov.go.jp/law/340M50000400054/>

宮城県のメガソーラー発電所での火災においては、機械器具周辺の可燃物（枯草）が火災の拡大要因の1つになったと考えられる。経済産業省は、このような機械器具周辺の可燃物による延焼防止対策として、「太陽電池発電所の機械器具が故障等で発火した際、周辺に炎を当てると容易に燃え広がる可燃物（枯れた草木等）が存在すると、それに飛び火し広範囲に延焼するおそれがあることから、そうした事態の発生を防止するために、あらかじめ発火の可能性のある機械器具（パソコン等）の周囲の枯れた草木を除去する、難燃性の防草シートを敷く、碎石を敷き詰めるなどの、炎を当てると容易に燃え広がる可燃物への延焼防止措置を講じ、それを適切に維持する（例えば、防草シートを敷く場合には、定期的にシートの点検・交換を行い、劣化によりその機能が損なわれないようにするなど）こと⁵¹」を例示している。

結論として、太陽光発電設備に係る火災防止に向けて、官民の関係者が緊密に連携し、知見の蓄積・共有に体系的に取り組み、改善につなげていくことが重要である。また、事故発生時においては、関係省庁が連携し、現地調査や設置者による原因究明・再発防止策への対応を進めるとともに、原因究明等の結果や関係者の意見を踏まえ、必要に応じた制度の見直し等に適切に取り組むことが求められている。

⁵¹ 経済産業省, 発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令及びその解釈に関する逐条解説,
https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/251001_tagitikuzyokaisetu.pdf

2-2 海外の太陽光発電設備に係る事故事例

2-2-1 太陽光発電設備の火災事故統計

東京海上ディール株式会社（以下「東京海上」）の調査によると、太陽光発電設備の火災事故発生状況に関して、体系的・継続的に整理したデータは存在せず、太陽光発電設備の火災発生率に関するデータも極めて限られたものとなる。以下に、今回の調査により得られた主な情報を示す。

2-2-1-1 米国

米国のエネルギー省（Department of Energy、以下「DOE」）は、アメリカにおいて屋根上置き型 PV システムの火災件数に関する明確なデータがないと発表している。これは、FEMA が屋根上置き型 PV システムの火災件数を調査していないことに起因する。⁵²

なお、InterTek CEA⁵³（以下「CEA」）が米国を含む世界 14 か国で、総計 600 件の屋根置き型の PV システム（BAPV）の調査を行った結果を公表している。⁵⁴

調査結果では、接地の異常、PV モジュールの破損、型式やメーカーが異なるコネクタを接続する問題、端子接続部の異常、コネクタそのものの異常が、4 割以上の太陽光発電設備で確認されたとしている。こういった問題点が後述する火災事故の潜在的な要因の一面と考えられる。

2-2-2 欧州

2-2-2-1 ドイツ

ドイツのフラウンホーファー太陽エネルギーシステム研究所（以下、「Fraunhofer ISE」）における Hermann らによる調査⁵⁵では、1995 年～2012 年の調査期間中における PV システム関連の事故約 399 件、うち太陽光発電システムが火災原因となった事例は 179 件と報告されている。同調査における被害レベル別の内訳は、建物全焼 10 件、建物損傷 65 件、設備損傷 49 件、部品損傷 55 件である。

⁵² DOE, A Guide to Fire Safety with Solar Systems, https://www.energy.gov/eere/solar/guide-fire-safety-solar-systems?nrg_redirect=471811

⁵³ InterTek CEA (<https://www.intertekcea.com/>) は、北米に本社を置き、グローバルに太陽光発電やエネルギー貯蔵業界向けに技術サービスなどを提供するサービスプロバイダー。

⁵⁴ Intertek CEA, PV Rooftop Safety - Top 10 Safety Concerns, <https://www.intertekcea.com/cea-blog/top-10-pv-rooftop-safety-risks>

⁵⁵ Fraunhofer ISE, PV fire hazard - analysis and assessment of fire incidents, https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/conference-paper/28-eupvsec-2013/Laukamp_5BV771.pdf

表 2-14 PV が損傷を受けたケース⁵⁵

出火場所	影響範囲	件数
PV システム以外から出火	PV システムが影響を受けた	220
PV システムから出火	建物全損	10
	建物破損	65
	PV システム破損	49
	PV システムの構成部品破損	55
	合計	179

(出典元掲載の表を東京海上ディーアール株式会社和訳)

火災の発生場所は、直流（以下、「DC」）区間（モジュール側のコネクタからインバータ入力端子まで。ストリング及びPV アレイ配線、PV アレイ接続箱）が最も多いとされた（図 2-14）。また、PV システムの構成部品別で考えるとインバータでの発生が最も多いことがわかる（図 2-15）。

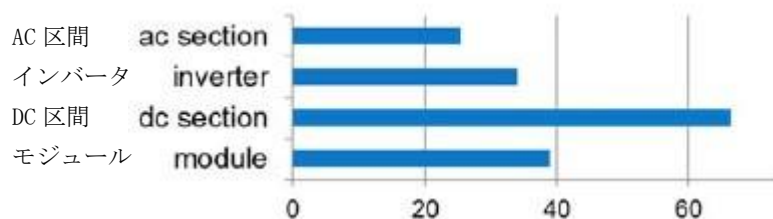


図 2-14 火災の発生場所⁵⁵

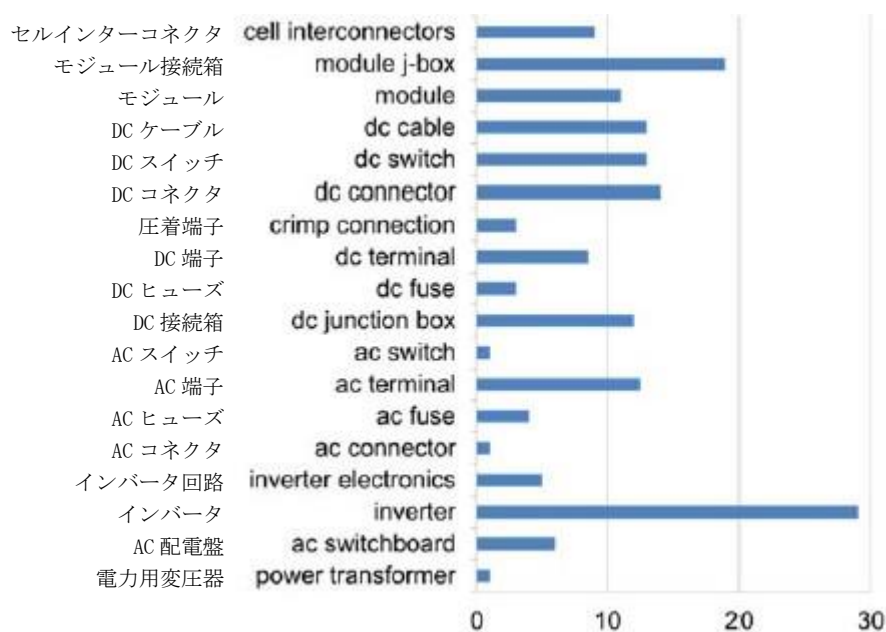


図 2-15 出火した構成部品⁵⁵

同調査における PV システム火災 179 件のうち、約 110 件の事象について原因の特定がされており、以下の 4 つの類型に整理されている。

(1) 製品欠陥

複数のメーカーにおいてモジュール製造上の問題が確認されており、一部のメーカーでは設計不良又は量産工程上の欠陥が疑われている。工場における品質保証の不備がこれらの故障の根本原因として指摘されている。

(2) 設計上の誤り

機械的な設計上の誤り（雨等に直接さらされた接続箱内で湿度が上昇しケーブル接点での抵抗増に伴うアーク発生等）や電気設備の設計上の誤り（定格容量不足のケーブル使用による過熱等）が指摘されている。

(3) 施工不良

DC コネクタが正しく接続されていない、異なるメーカーの DC コネクタ部品の使用といった施工不良が指摘されている。

(4) 外部要因

げっ歯類等によるケーブル被覆の破損、落雷等の要因がある。

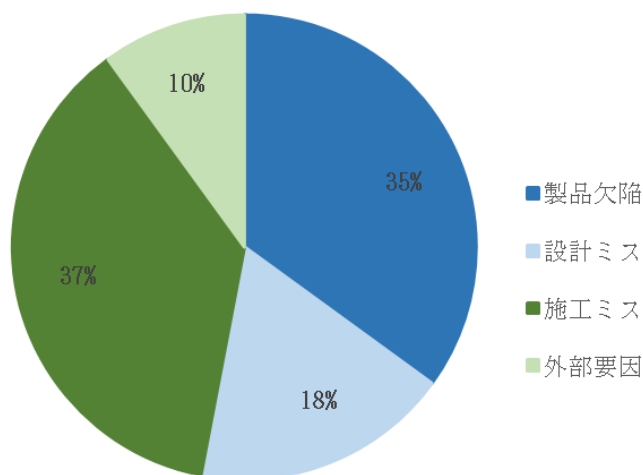


図 2-16 火災原因⁵⁵

なお、上記に加え、PV システム設置初年に火災事故が多く発生しているという分析結果がある。

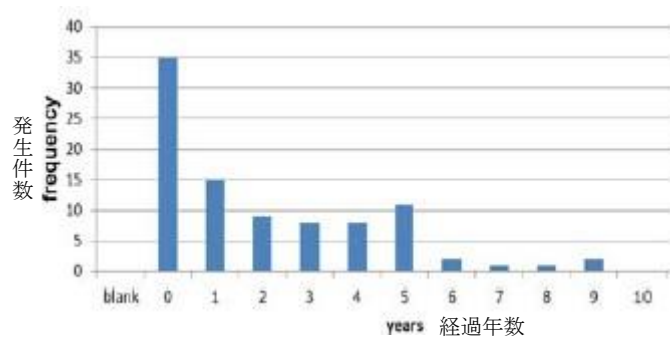


図 2-17 稼働年数と事故件数⁵⁵

Fraunhofer ISE による別の統計では、「1993 年から 2013 年の間に PV システムの 0.006% が大きな被害を伴う火災を引き起こした。」と報告されている。⁵⁶

同社は、この分析をもとに発生率について以下をコメントしている。「重大な損害を伴う火災を引き起こした PV システムは 0.006% に過ぎない。過去 20 年間で太陽光システムが関与した火災は 350 件発生し、うち 120 件がシステム起因であった。75 件ではより大きな損害が発生し、そのうち 10 件では建物が全焼した。」

2-2-2-2 オランダ

オランダ公共安全研究所 (Netherlands Institute for Public Safety、以下「NIPV」) がオランダ応用科学研究機構 (Netherlands Organization for Applied Scientific Research、以下「TNO」) やオランダ王立標準化機構 (Royal Netherlands Standardization Institute、以下「NEN」) と連携し、2022 年～2023 年の 1 年間に収集した PV システムが関連する火災事故の詳細な分析を行った。その結果を、「PV の火災安全のための監視と規制の改善に関する最終報告書 (Endrapport Verbeteren Monitoring en voorschriften brandveiligheid (BI)PV)⁵⁷」としてまとめている。以下にその概要を示す。

<参考情報>

上述の各組織の設立背景は以下のとおり。

- ・ NIPV は、オランダ政府の内務・王国関係省 (Ministry of the Interior and Kingdom Relations) の監督下にあり、元々存在した安全研究所 (Institute for Safety) を再編して 2020 年に設立された。危機管理、消防・公共安全の知識基盤を強化する目的で設立された組織である。
- ・ TNO は、1932 年オランダ議会により設立された欧州では最大級の総合研究技術機関である。

⁵⁶ 東京海上ディーアール株式会社による Fraunhofer ISE へのインタビュー、2025 年 11 月 28 日

⁵⁷ TNO, Endrapport Verbeteren Monitoring en voorschriften brandveiligheid (BI)PV, 2024 年 11 月 14 日, <https://publications.tno.nl/publication/34643368/Dnep02bh/TNO-2024-R11326.pdf>

- ・ NEN は、規格やガイドラインを管理する組織。国際規格（ISO、IEC）、欧州規格（EN）、オランダ国内規格（NEN）を管理している。
- ・ 元々NIPV はオランダ国内の火災に係わる様々な要素のデータを収集し、分析してきた。オランダ国内でも PV システムの設置数が増えていることから、経済・気候省（Ministry of Economic Affairs and Climate Policy, EZK）が行うプロジェクト「PV の火災安全のための監視と規制の改善」の一環として、NIPV、TNO、NEN による連携プロジェクトとして実施された。プロジェクトにおいては、NIPV が PV システムに関係した建物火災に関するオランダ全土のデータベースを構築し、TNO が PV システムが関与した建物火災を調査した。NEN は建物に設置された PV システムの試験及び評価方法を策定した。

(1) 対象データの範囲

2022 年 11 月 1 日～2023 年 10 月 30 日までの 1 年間に発生した PV システムが関係した建物火災としている。ただし、その条件として以下が定義されている。

- ① PV モジュールが建物に設置されていること
- ② 火災発生時に PV システムが設置され、稼働していること
- ③ PV モジュール及び又は PV システムのその他部品が焼損したこと
- ※火災の発生原因は問わない。

(2) 情報の収集

情報ソースは複数あり、消防への通報をデータベース化したものや地域の消防署が火災調査をした際に作成する調査票、メディア報道等が挙げられる。地域の消防署が作成する調査票にプロジェクトに係わる特定の項目を加えた。

(3) 結果

152 件の火災事故が、PV モジュール付き建物の火災事故データベースとして登録された。このデータベース内の情報は、以下の情報を包含している（詳細の項目情報は、報告書の添付資料として記載されている。）

- ① 一般情報：発生日、時間、場所
- ② 建物情報：用途
- ③ 火災情報：原因、出火源
- ④ 対応状況：PV システムがあることに対する安全確保の状況
- ⑤ PV システム：破損した PV システムの部品や PV モジュールの設置場所

なお、152 件のうち調査票が取得できたのは 70 件のみであり、分析はこの 70 件を対象としている。

(4) 主な分析結果

- ① オランダ国内の事故の統計によると調査期間中に 10,000 件以上の建物火災が報告されており、PV システムが関係した火災の割合は 1% (PV システムが火災の原因でないケースも含む割合。)。なお、2023 年にはオランダ国内に約 280 万件の PV システムが存在したと報告されている。火災発生率は 0.01% 以下。
- ② 70 件の火災事故の分析結果は以下のとおり。
 - ・ 住宅の火災が 40 件 (57%)、産業施設が 25 件 (36%)
 - ・ 30 件は PV システムから火災発生、29 件は PV システム以外から出火、11 件は不明
 - ・ PV システムから出火した火災で、PV システムで損傷した部品を整理するとインバータ：10 件、DC ケーブル：9 件、PV モジュール間の DC ケーブル：7 件、PV モジュール：6 件、コネクタ：6 件、オプティマイザ及び配電盤：各 2 件、DC スイッチ及び樹脂製モジュール架台：各 1 件となっている (1 つの火災で複数の部品が損傷を受けることがあるため、合計件数が PV システムに起因する火災件数を示すものではない)
 - ・ 31 件の PV モジュールが火災で影響を受けたケースについて PV モジュールの設置場所で整理すると下表のとおり

表 2-15 火災の影響を受けた PV モジュールの位置
(TNO のレポート⁵⁷をもとに東京海上ディール株式会社にて作成)

PV モジュール設置場所	屋根設置	屋根組込	外壁設置	外壁組込	合計
PV システムが出火	3	3	0	0	6
PV システム以外から出火	18	0	0	0	18
不明	7	0	0	0	7
合計	28	3	0	0	31

- ・ PV モジュールが関係する火災では、PV モジュールの焼けた残骸等が周囲に飛散することがある。31 件の火災のうち 17 件で PV モジュールの残骸が周囲に飛散した。100m 以上離れた場所にまで飛散したケースもあった。
- ・ 70 件の火災のうち、6 件の火災では PV システムが消火活動に悪影響を与えたと報告されている (PV システムの発電状況が不明、発電していたために接近できず等)。
- ・ 消火活動に伴い、PV モジュールの撤去 (5 件)、電気技師や設置業者への支援要請 (8 件)、ケーブルの切断 (10 件) や、インバータの電源切断等 PV システムの電圧遮断を行った。

- ・ ただし、この分析は1年間の活動に基づくものなので、結論を出すためには数年のデータ収集の継続が必要とされている。

2-2-2-3 イギリス

BRE National Solar Centre の「Fire and Solar PV Systems - Investigations and Evidences⁵⁸」によると、2017年1月までに調査した58件のデータの分析結果は以下のとおり。

表 2-16 PV 火災ケースの分類⁵⁸

火災の重大度	PV システムの関与			合計
	PV システムが原因	PV システムが原因でないが焼損	原因不明	
重大火災	17	10	1	28
部分焼	16	0	5	21
焦損害	9	0	0	9
合計	42	10	6	58

(出典資料に掲載された表を東京海上ディール株式会社にて和訳)

発生部位別の分析結果は以下のとおりである。DC 側の遮断装置やケーブルの接続部で発生している件数が多いことがわかる。

表 2-17 火災発生部位⁵⁸

PV の構成部品	特定	可能性あり	合計
DC 遮断装置	16	2	18
DC コネクタ	4	6	10
DC ケーブル	1	3	4
インバータ	6	1	7
PV モジュール	1	2	2
特定不可能	4	-	4
合計	32	14	46

(出典資料に掲載された表を東京海上ディール株式会社にて和訳)

原因分析結果は以下のとおりである。設置方法の問題が多く見られる。

⁵⁸ BRE National Solar Centre, Fire and Solar PV Systems - Investigations and Evidences, <https://assets.publishing.service.gov.uk/media/5a81d3c340f0b62302699602/fire-solar-pv-systems-investigations-evidence.pdf>

表 2-18 火災原因⁵⁸

原因	特定	可能性あり	合計
設計上の問題	1	1	2
製品の問題	4	1	5
施工上の問題	13	2	15
不明	27	–	27
PV が原因でないケース	9	–	9

(出典資料に掲載された表を東京海上ディーアール株式会社にて和訳)

なお、2023 年 8 月現在、英国政府のデータによると、イギリス国内には約 130 万台の太陽光発電ユニットが設置されている。130 万ユニットのうち 66 件の火災は、全ユニットの約 0.005%に相当する。⁵⁹

2019 年の報告書⁶⁰では、英国政府は、国内の設置ベース（約 80 万ユニット）において、太陽光発電ユニットに関連する可能性のある火災事故が 80 件報告されており、これは設置ベースの 0.01%に相当する。

2-2-3 アジア

2-2-3-1 中国

中国では、国家消防救援局が「火災統計管理規則⁶¹」を定めており、統計情報として火災事故の時間、場所、原因、死傷者数、経済損失等を蓄積、分析することを規定している。ただ、今回の調査範囲では、中国において PV システムの火災事故に関して体系的な事故分析情報は確認できなかった。一部の報道等においては、「統計によると 2024 年に中国では火災、爆発、落下、自然災害等の原因による PV システムの事故が 20 件以上公表された⁶²」といった限定的な情報が確認された。

⁵⁹ INDEPENDENT, Fears over solar panel safety as number of fires rises six-fold, 2023 年 9 月 16 日 (2025 年 10 月 7 日参照), <https://www.independent.co.uk/news/uk/home-news/solar-panel-fires-safety-fears-energy-bills-b2407950.html>

⁶⁰ Verisk, Are Solar Panels an Emerging Fire Risk?, 2023 年 10 月 19 日 (2025 年 10 月 7 日参照), <https://core.verisk.com/Insights/Emerging-Issues/Articles/2023/October/Week-4/Are-Solar-Panels-an-Emerging-Fire-Risk>

⁶¹ 中国 国家消防救援局, 火災統計管理規則に関する通知, 2025 年 4 月 2 日, <https://www.119.gov.cn/zfxxgk/fdzdgknr/zcfg/2025/49017.shtml>

⁶² 新浪财经, 分布式光伏安全事故频发、千亿市场遭遇安全大考, 2025 年 8 月 6 日 (2025 年 12 月 19 日参照), <https://finance.sina.com.cn/roll/2025-08-06/doc-infiztfv0006570.shtml>

2-2-3-2 韓国

韓国の国会議員が消防庁から提供を受けた PV システムの火災事故発生状況のデータ⁶³は、2019 年～2023 年 7 月までの事故を対象としており、下表の状況となっている。

表 2-19 PV システム火災の発生状況

原因	年	2019	2020	2021	2022	2023. 7
	計					
計	375	62	69	81	99	64
電氣的要因	292	49	56	64	72	51
機械的要因	37	9	4	7	13	4
自然災害	11	0	3	4	1	3
不明	14	2	1	4	5	2
その他	21	2	5	2	7	5

上記のデータによると、PV システム火災のうち電氣的な要因によるものが 77%となっているほか、火災件数が年々増加傾向にあることがわかる。PV システムの設置件数が年々増加していることが影響していると推察される。

なお、韓国の消防庁は、公共データポータルで火災統計データをダウンロードすることが可能であるが、PV システムに係る火災は整理されていない。

⁶³ NEWSIS, 최근 5 년 태양광 화재 44 억 피해…10 건 중 7 건 전기 때문, 2023 年 10 月 7 日 (2025 年 12 月 19 日参照), https://www.newsis.com/view/NISX20231006_0002474575

2-2-4 海外での火災事例

海外での太陽光発電設備の個別事例を以下に挙げる。ある程度、状況情報や消火対応等の情報が得られる個別事例を取り上げている。

表 2-20 事故事例 1（海外での火災事例）^{64, 65}

発生地	アメリカ・ニュージャージー州
発生月	2023 年 7 月
発生場所	MxKesson 社（医薬品卸売会社）の倉庫（床面積 32,500 m ² ）の屋根上に設置された PV モジュール
事故概要	屋根上の PV モジュールと空調設備のみの焼損事故。
原因	PV モジュールもしくは空調設備の火災と言われているが詳細は不明。
消火活動	・ 17:05 に消防隊が火災の通報を受ける。 ・ 消防隊が駆け付けたとき、屋根上の PV モジュールと空調設備が燃えていた。 ・ 大型の放水銃、はしご車を利用して消火活動を実施。 ・ 約 1 時間で鎮火した。 ・ 建物は大きな被害を受けず、建物内の在庫品の被害は生じなかった。
その他	PV アレイ間で延焼したことが特記事項。（PV アレイ間には若干のギャップがあったが、延焼した。）。

表 2-21 事故事例 2（海外での火災事例）^{66, 67, 68}

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2020 年 4 月
発生場所	Amazon（倉庫の屋根上置き型 PV モジュール、BAPV）
事故概要	・ 屋根上に設置された PV モジュールの火災。 ・ 屋根の広さは、約 8.4 万 m²。 ・ 約 20 枚の PV モジュールとその他の機器が火災で被害を受けた。
原因	火災は「2 台のインバータ又はその付近で発生した」と結論付けられた。

⁶⁴ NJ com, Solar panels burn in rooftop fire at massive N.J. warehouse, 2023 年 7 月 24 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.nj.com/mercer/2023/07/solar-panels-burn-in-rooftop-fire-at-massive-nj-warehouse.html>

⁶⁵ Midjersey News, Firefighters Battle 2-Alarm Warehouse Fire In Robbinsville, NJ, 2023 年 7 月 22 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://midjersey.news/2023/07/22/firefighters-battle-2-alarm-warehouse-fire-in-robbinsville-nj/>

⁶⁶ CNBC, Amazon took all U.S. solar rooftops offline last year after flurry of fires, electrical explosions, 2022 年 9 月 1 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.cnbc.com/2022/09/01/amazon-took-solar-rooftops-offline-last-year-after-fires-explosions.html>

⁶⁷ Visalia Times Delta, Three-alarm fire hits Amazon Fulfillment Center in Fresno, 2020 年 4 月 14 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.visaliatimesdelta.com/story/news/2020/04/14/three-alarm-fire-hits-amazon-fulfillment-center-fresno/2993902001/>

⁶⁸ The Fresno Bee, Amazon Fresno warehouse three-alarm fire burns solar panels, stops work, 2020 年 4 月 15 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.fresnobee.com/news/local/article242015301.html>

消火活動	・ 15 時頃、火災警報がスタート。勤務中の従業員は避難。 ・ 最終的に 50 人の消防士と複数の救急隊員が現場に駆けつけた。鎮火までに約 1 時間を要した。

表 2-22 事故事例 3（海外での火災事例）^{69, 70, 71}

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2018 年 5 月
発生場所	Walmart のモール（屋根上置き型 PV モジュール、BAPV）
事故概要	・ 屋根上に設置された PV モジュールの火災。来店客と従業員は避難。 ・ 負傷者は、消防士 2 名を含む 3 名。 ・ 損害額は 100 万ドルと推定されている。 ・ 当日の午後、店舗は休業した。
原因	電気系統と PV モジュールの不具合が出火原因。
消火活動	・ 10:26 に消防に通報。42 人の消防士と 8 台の消防車が現場に急行し、消火活動にあたった。 ・ 建物内のスプリンクラーも一部作動。 ・ 11:02 に鎮火。消防隊は鎮火後 3 時間現場待機。
その他	Walmart は 2012 年以降 2018 年までに 8 件の PV モジュール火災を経験。PV モジュールの設置会社・ソーラーシティは、2016 年に Tesla に買収されており、「過失」があるとして、Walmart は Tesla を 2018 年に提訴。2019 年に取り下げられた。和解と推測されているが詳細内容は不明。

表 2-23 事故事例 4（海外での火災事例）^{72, 73}

発生地	アメリカ・ニュージャージー州
発生月	2013 年 9 月
発生場所	Dietz & Watson 社の食肉冷蔵倉庫（屋根設置型 BAPV あり） 24,000 m ² の食肉冷蔵倉庫で約 150 人が勤務。屋根上に 7,000 枚以上の PV モジュールを設置。
事故概要	冷蔵倉庫内で火災が発生し、数時間で屋根が崩落し、全焼した。

⁶⁹ News Channel 3, Update: 2-alarm Indio Walmart fire caused by solar panels, caused \$ 1 mil in damage, 2018 年 5 月 29 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://kesq.com/news/2018/05/29/update-2-alarm-indio-walmart-fire-caused-by-solar-panels-caused-1-mil-in-damage/>

⁷⁰ News Channel 3, Fire at Indio Walmart store blamed on solar panels, 2018 年 5 月 30 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://kesq.com/news/2018/05/30/fire-at-indio-walmart-store-blamed-on-solar-panels/>

⁷¹ NBC, Second-Alarm Fire at Indio Walmart Injures Three, Store Evacuated, 2018 年 5 月 19 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.nbcpalmsprings.com/2018/05/29/firefighters-battle-two-alarm-fire-at-indio-walmart>

⁷² CBS News, Fire Rips Through Dietz & Watson Warehouse In South Jersey, 2013 年 9 月 2 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.cbsnews.com/philadelphia/news/fire-rips-through-dietz-watson-warehouse-in-south-jersey/>

⁷³ NBC Philadelphia, Fire-Ravaged Dietz & Watson Warehouse Still Smoldering, 2013 年 9 月 8 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.nbcphiladelphia.com/news/local/dietz-watson-warehouse-fire-smoking-again/2109629/>

原因	情報なし
消火活動	・ 9月1日（日）13:45 頃消防隊が現場に到着。300人以上の消防士が現場に駆け付け。 ・ 火災は建物の中央部から発生し、火災が拡大。火災により屋根の一部が崩落。消防士を屋根上にするのは危険と判断し、地上からの消火活動を継続。 ・ 9月2日（月）18:00 に鎮火した。 ・ その後、2週間以上現場では火災がくすぶっていた。 ・ 負傷者は2名の消防士のみ。火災発生時は、建物内は無人数であった。 今回の火災で着目された点は以下のとおり。 ・ 建物の断熱材が燃焼媒体となり大きな火災となった。 ・ 水不足。1.6 km離れた川から採水する必要があった（この火災事故のあと、送水管の増設が行われた）。 ・ 感電危険が考えられたため、屋根上での消火活動ができなかった。また、PV モジュールの荷重もあり屋根が崩落したといわれている。なお、この事故を契機に、ニュージャージー州では消防士向けの PV 設置建物への警告表示義務が法制化された。
その他	食肉の倉庫であったため、その腐敗臭が近隣住民に影響を与えた。

表 2-24 事故事例 5（海外での火災事例）⁷⁴

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2013 年 7 月
発生場所	住宅の屋根埋め込み型 PV モジュール（BIPV）
事故概要	・ 住宅の屋根に組み込まれた PV モジュールの火災。 ・ 火災発生時に、住人の一人が在宅で焦げた臭いを感じたが、火災に気付かず。隣人からの電話により、屋根で火災が発生していることを認識。死傷者なし。
原因	・ PV モジュールは、メーカーのソーラーアプライド社と住宅メーカーのセンテックスホームズ社により 2011 年にリコールされていたもの。 ・ PV モジュールは、火災発生前の 1 カ月前に修理されていた。 ・ 修理後、PV モジュールは問題なく使用できると説明を受けていた。 ・ PV モジュールには、空気が循環してモジュールを冷却するスペースがないため、火災の危険性は依然として残っていると指摘されている。

⁷⁴ Mountain Democrat, Recalled solar panels still being replaced in EDH, 2014 年 1 月 12 日（2025 年 9 月 25 日参照），https://www.mtdemocrat.com/news/recalled-solar-panels-still-being-replaced-in-edh/article_10022ca7-5aab-5da8-8a23-2f542bc7e0c1.html

消火活動	・ 消防隊が駆け付けた時に、屋根で煙がくすぶっていた。 ・ 火は消し止められ、煙と水による被害がわずかに生じた。

表 2-25 事故事例 6（海外での火災事例）^{75, 76}

発生地	ドイツ・ニーダーザクセン州
発生月	2025 年 3 月
発生場所	屋根置き型 PV システムのある倉庫。屋根の長さは 100m 程度。
事故概要	倉庫屋根に設置されていた PV モジュールから発生した火災。消防士等を含む約 100 名の緊急時対応のメンバーが現場に駆け付け対応した。
原因	原因は調査中で、この調査時点では調査報告書等は公表されていない。
消火活動	・ 13:15 頃、屋根上に設置された PV モジュールで火災が発生しているのを付近の住民が発見し、通報。約 100m ある倉庫屋根の中央部で火災が発生（複数の PV モジュールが燃えていた）。 ・ 電力グリッドから太陽光発電設備は切り離されたが、太陽光発電設備自体の発電は継続した。 ・ 火災の規模は大きくなかったため、PV モジュールの火災を一旦消火できても、何度も再発火した。また、PV システム内で短絡があり、それが新たな火災に繋がった。 ・ 更に消防隊が確認したところ、屋根組が木造であったため、屋根組にまで延焼した。屋根は PV モジュールの下に隠れていたため、サーモグラフィカメラを搭載したドローンを飛ばし、火災エリアを特定して消火活動を行った。 ・ 消防隊は、2 台のはしご車や 2 基の放水銃等を使って消火活動を実施した。水源は、消火栓と消火用の井戸からの採水で賄った。 ・ 現場に来た電気技師のアドバイスにより、火災で破損した PV モジュールは屋根から撤去した。破損部分を解体し、建設業者のクレーンとパレットグリッパーを使って、PV モジュールを地上に降ろした。 ・ この一連の対応に約 7 時間を要した。
その他	・ PV システムの発電を停止することができなかった事例。一旦鎮火しても再発火を繰り返した。また PV システム内で短絡事故が発生したことも火災発生の一因となった。 ・ PV モジュールが載っている屋根が木造であったため、屋根にも延焼した。

⁷⁵ PV Magazine, Germany hit by two PV system fires, 2025 年 3 月 5 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.pv-magazine.com/2025/03/05/germany-hit-by-two-pv-system-fires/>

⁷⁶ Freiwillige Feuerwehr, Photovoltaik-Anlage brennt auf Hallendach, 2025 年 3 月 3 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.feuerwehr-norden.de/2025/03/03/photovoltaik-anlage-brennt-auf-hallendach>

	・ PV モジュールに隠れた部分の火災エリアを特定するために、サーモグラフィカメラを搭載したドローンを活用。 ・ 鎮火後に、速やかに焼損した PV モジュールを屋根から取り外した。

表 2-26 事故事例 7（海外での火災事例）^{77, 78, 79, 80, 81}

発生地	ドイツ・シュレースヴィヒ＝ホルシュタイン州
発生月	2025 年 2 月
発生場所	住宅内の PV システム用の蓄電池
事故概要	PV モジュールを屋根に設置していた住宅で、PV 用の蓄電池システムが爆発し、火災となった。爆発により外壁が吹き飛んだ。火災時に住民は不在であった。
原因	蓄電池の爆発が原因と推察されているが、警察が引き続き原因の調査を行っている。
消火活動	爆発後、消防により火災はすぐに鎮火した。ただし、燃えさしが何度も燃え上がったとの報告有り。
その他	・ 2020 年に建設された住宅（モデルハウス）で、当初から PV モジュールと蓄電池システムが設置されていた。建設会社は、定期的に PV システムをメンテナンスしていたことが確認されている。 ・ この事故を契機に、LG はバッテリーのリコールを開始。バッテリーの無償交換・撤去を行うこと、蓄電池の充電を容量の 75%に制限するソフトウェアへの更新といった対応を実施。原因は引き続き調査中としている。 ・ この事故に先立ち、2022 年 3 月 3 日にボドネックの住宅の地下室で Senec 社製の PV システム用の蓄電池が爆発した。この爆発により外壁の複数の窓やドアが押し出され、屋根トラスも“持ち上がった”と報告された（この火災事故の際、消火活動で発生した廃水の処理のため専門家による廃棄物処理も実施された。）。この事故以外にも他の Senec

⁷⁷ Heise online, After PV battery fire: Investigations into the cause of the explosion continue, 2025 年 2 月 25 日（2026 年 1 月 9 日参照），<https://www.heise.de/en/news/After-PV-battery-fire-Investigations-into-the-cause-of-the-explosion-continue-10295479.html>

⁷⁸ Heise online, The Senec case and the discussion about the safety of PV storage systems, 2025 年 1 月 30 日（2026 年 1 月 9 日参照），<https://www.heise.de/en/background/The-Senec-case-and-the-discussion-about-the-safety-of-PV-storage-systems-10261290.html>

⁷⁹ PV Magazine, Wohnhaus durch Explosion zerstört - Ursache vermutlich Batteriespeicher, 2025 年 2 月 20 日（2026 年 1 月 9 日参照），<https://www.pv-magazine.de/2025/02/20/wohnhaus-durch-explosion-zerstoert-ursache-vermutlich-batteriespeicher/>

⁸⁰ Blackout News, Explosion in Schönberg - Heftige Detonation zerstört Wohnhaus - Batteriespeicher in Verdacht, 2025 年 2 月 27 日（2026 年 1 月 9 日参照），<https://blackout-news.de/aktuelles/explosion-in-schoenberg-heftige-detonation-zerstoert-wohnhaus-batteriespeicher-in-verdacht/>

⁸¹ Pvsafety, Die „Explosion“ von Bodnegg, 2022 年 4 月 22 日（2026 年 1 月 9 日参照），<https://www.pvsafety.de/nachrichten/die-explosion-von-bodnegg/>

	社製の蓄電池の爆発事故が発生し、Senec 社は数千台の蓄電池を遠隔で停止し、充電を容量の 70%に制限する措置を実施。ただし、その後も事故が発生したため、2024 年 7 月から蓄電池セルの交換を開始した。 2026 年 1 月に Senec 社のホームページを確認すると、2025 年 10 月時点で 90%以上の交換が完了した模様。

表 2-27 事故事例 8（海外での火災事例）⁸²

発生地	ドイツ・オーバーバイエルン州
発生月	2023 年 11 月
発生場所	住宅内の地下室（PV 蓄電池が設置されていた）
事故概要	住宅地下のボイラ室内に設置されていた PV 蓄電池の火災。事故の 4 年前に設置された PV システム。
原因	リチウムイオンバッテリーの熱暴走による過熱が原因と推察されている。
消火活動	・ 火災発生後、速やかに消防隊は現場に駆け付けたが消火活動は難航した。 ・ 消防士は呼吸補助装置を使って消火活動を行ったが、地下室が焼失するとともに、火災の煙、煤が建物全体に広がった。 ・ PV モジュールとの接続を切断した後、火災は鎮火（PV モジュールとの系統接続が続いていた間は、火災はくすぶり続けた。）。

表 2-28 事故事例 9（海外での火災事例）⁸³

発生地	ドイツ・ノルトライン＝ヴェストファーレン州
発生月	2012 年 4 月
発生場所	屋根置き型太陽光発電設備のある倉庫。広さは約 4,000 m ² 。
事故概要	PV モジュールから火災が発生した。屋根はアスファルトルーフィングであったため、屋根面を火災が広がった。アスファルトが火災により建物内に滴り落ち火災が拡大した。
原因	PV システムの欠陥（欠陥に伴うアーク放電）
消火活動	不明

⁸² BR24, PV-Speicher in Flammen: Wenn der Solar-Traum zum Albtraum wird, 2024 年 3 月 4 日（2026 年 1 月 9 日参照）, <https://www.br.de/nachrichten/bayern/pv-speicher-in-flammen-wenn-solaranlagen-traum-zum-albtraum-wird,U5anXeY>

⁸³ PV-Brandschutz - Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung, Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization, 2018 年 6 月, https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/10/f56/PV%20Fire%20Safety%20Fire%20Guideline_Translation_V04%2020180614_FINAL.pdf

表 2-29 事故事例 10（海外での火災事例）⁸⁴

発生地	ドイツ・ヘッセン州
発生月	2009 年 6 月
発生場所	太陽光発電所（倉庫の屋根置き型 PV モジュール、BAPV）
事故概要	火災により約 80 m ² が被害を受けた。
原因	PV モジュール内の電気接続不良がホットスポットを引き起こし、それが火災の引き金になったと考えられている。
消火活動	不明

表 2-30 事故事例 11（海外での火災事例）^{85, 86, 87}

発生地	オランダ・北ブラバント州
発生月	2025 年 5 月
発生場所	皮革加工工場の屋根に設置されていた PV システムから出火。工場は全焼となった。
事故概要	深夜に PV モジュールから出火。炎は数 m の高さまで上がった。
原因	不明
消火活動	・ 出火時間は分からないものの、5 月 5 日 5:30 までには鎮火。 ・ 消防は、積極的に消火活動を行わず自然鎮火を待つ方法を採用。消火水は、付近の運河の水を利用。 ・ 工場内にはケミカルも存在したが、発生した有害ガスは問題ないレベル。高温のため、速やかに燃焼したものと考えられている。
その他	火災により PV モジュールの破片が飛散。18 km離れた場所まで飛散したものもあった。

⁸⁴ EDN, BP Solar under fire after PV installation blaze, 2009 年 8 月 21 日（2025 年 9 月 25 日参照）, <https://www.edn.com/bp-solar-under-fire-after-pv-installation-blaze/>

⁸⁵ NL Times, Big fire engulfs Dongen industrial facility, solar panel debris spreads 18 kilometers, 2025 年 5 月 5 日（2026 年 1 月 9 日参照）, <https://nltimes.nl/2025/05/05/big-fire-engulfs-dongen-industrial-facility-solar-panel-debris-spreads-18-kilometers>

⁸⁶ NOS, Grote brand in bedrijfspand Dongen, scherpe deeltjes zonnepanelen losgekomen, 2025 年 5 月 5 日（2026 年 1 月 9 日参照）, <https://nos.nl/artikel/2566095-grote-brand-in-bedrijfspand-dongen-scherpe-deeltjes-zonnepanelen-losgekomen>

⁸⁷ RTL News, Scherpe stukjes zonnepanelen op straat en in weilanden na grote brand Dongen, 2025 年 5 月 5 日（2026 年 1 月 9 日参照）, Scherpe stukjes zonnepanelen op straat en in weilanden na grote brand Dongen

表 2-31 事故事例 12（海外での火災事例）^{88, 89, 90, 91}

発生地	オランダ・ヘルダーラント州
発生月	2023 年 6 月
発生場所	住宅
事故概要	8 棟が連続した長屋形式の住宅の火災。屋根に PV モジュールが設置されており、消火活動が阻害されたケース。8 棟が全焼となった。
原因	・ 1 件の住宅のキッチンで発生した火災。屋根裏に燃え広がり隣家にも延焼した。 ・ 屋根全体が PV モジュールで覆われていた。雨水を効果的に排水できるようになっていたため、消火水の放水は効果的でなかった。 ・ PV モジュールは屋根瓦の上でなく、屋根（木製の屋根）に直接設置され、すべてのモジュールが連結されていた。PV モジュールと屋根の隙間が煙突効果を生み出した可能性が指摘されている。（PV モジュールと屋根面との隙間は約 60 mm） ・ 使用されていた断熱材はポリスチレンで、急速に火災が広がるとともに大量の煙を発生。建物内部での消火活動が困難であった。なお、建設時にはミネラルウールの断熱材使用で許可申請が出されていた。ポリスチレンの耐火等級は問題なかったが、ミネラルウールを使用していれば大量の煙は発生しなかった。 ・ 住戸の間の防火壁が不適切であった可能性も指摘されている。
消火活動	・ 火災は、6 月 18 日の正午頃発生。 ・ 鎮火まで約 11 時間を要した。消防士約 200 名が対応。 ・ 高所作業車を導入し、穴あけによる放水活動や PV モジュールの取り外しを行った。

⁸⁸ NOC, Vuur en zonnepanelen: vier vragen over de woningbrand in Arnhem, 2023 年 6 月 19 日（2026 年 1 月 9 日参照）, <https://blackout-news.de/aktuelles/explosion-in-schoenberg-heftige-detonation-zerstoert-wohnhaus-batteriespeicher-in-verdacht/>

⁸⁹ RTL News, Noodklok na verwoestende brand Arnhem: 'Leg dak niet vol zonnepanelen', 2023 年 6 月 19 日（2026 年 1 月 9 日参照）, <https://www.rtl.nl/nieuws/nederland/artikel/5391449/zonnepanelen-arnhem-brand-indaksysteem-brandveiligheid>

⁹⁰ GLD, Verwoestende brand Arnhem: dit was de oorzaak, 2023 年 10 月 6 日（2026 年 1 月 9 日参照）, <https://www.gld.nl/nieuws/8020663/verwoestende-brand-arnhem-dit-was-de-oorzaak>

⁹¹ Solar Storage Magazine, Zonnepanelen maakten blussen brand Arnhem moeilijk, maar waren niet de oorzaak, 2023 年 10 月 10 日（2026 年 1 月 9 日参照）, <https://solarmagazine.nl/nieuws-zonne-energie/i35511/zonnepanelen-maakten-blussen-brand-arnhem-moeilijk-maar-waren-niet-de-oorzaak>

表 2-32 事故事例 13（海外での火災事例）^{92, 93, 94}

発生地	オランダ・フリースラント州
発生月	2021 年 5 月
発生場所	Van der Wal Hout 社の木材倉庫（約 4,000 m ² ）。屋根に約 1,600 枚の PV モジュールが載っていた。火元は木材倉庫屋根の PV モジュール付近と報道されている。
事故概要	午前中に木材倉庫から火災が発生。倉庫と延焼した隣接住宅が全焼となった。人的な被害は報告されていない。
原因	火災原因に関する公式発表はない
消火活動	- 消防隊が現場に到着したが、水不足で消火活動が遅れた。約 30 分後に水の確保ができた。 - 火災には、複数の消防隊が出動し、午後遅くまで続いた。  図 2-18 火災の状況 © CAMJO media
その他	PV モジュールの破片が、風により周囲 10 km の範囲に飛散し、環境への影響が懸念された。

⁹² PV Magazine, Major fire at solar-powered warehouse in the Netherlands raises concerns among nearby residents, 2021 年 5 月 26 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.pv-magazine.com/2021/05/26/major-fire-at-solar-powered-warehouse-in-the-netherlands-raises-concerns-among-nearby-residents/>

⁹³ Omrop Fryslan, Niets meer over van houthandel na grote brand in Noardburgum, 2021 年 5 月 21 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.omropfryslan.nl/nl/nieuws/1059723/niets-meer-over-van-houthandel-na-grote-brand-in-noardburgum>

⁹⁴ FUMO, Update brand Noardburgum, （2025 年 9 月 25 日参照），<https://www.fumo.nl/nieuws/nieuwsbericht/update-brand-noardburgum>

表 2-33 事故事例 14（海外での火災事例）^{95, 96, 97, 98}

発生地	ノルウェー・アーケシュフース県
発生月	2017 年 4 月
発生場所	ASKO Ost AS 社の冷凍倉庫
事故概要	・ 冷凍倉庫内（-22℃のエリア）のフォークリフトから出火し、初期消火に失敗。火災初期は発生した区画内にとどまっていたが、屋根に穴が開き、屋根に沿って延焼し別の区画にも広がった。 ・ 150 人の従業員が避難したが、死傷者は報告されていない。 ・ 総床面積 10,000 m²のうち 9,000 m²が焼失し、約 2 億クローネの損害が発生した。
原因	倉庫内の大型フォークリフトから出火。
消火活動	・ 17:02 頃、冷凍倉庫内（-22℃のエリア）の大型フォークリフトから出火。フォークリフトの運転手が消火器で消火を試みたが失敗。自動火災報知設備も起動。 ・ 消防隊が到着し、消火活動を開始したが、煙で視界が悪いこと、放水により床に氷がはって滑りやすくなったこと、アクセスロが限られていたこと、棚からパレットや食品が落ちるリスクがあることから消火活動が困難であった。排煙を目的に壁の一部に穴を開けた。 ・ 4 月 8 日朝、移動式ファンを用いて排煙（換気）を行ったが、ラック等の崩落危険が高まったため、建物内での消火活動を中止し、建物外部からの放水に切り替えた。 ・ 午後には、建物壁の一部を解体し、消火活動を継続。深夜までに火災は制御できている状況になった。 ・ 4 月 9 日、10 日と、ラック内の保管食料品があちこちで発火したため、その消火活動を継続。 ・ 4 月 11 日の午後、消火活動を継続していたが、火災が屋根を伝って広がり始めた。消火活動は建物壁を解体しつつ進めた。屋根の消火活動のため、ヘリコプターによる散水も行われた。 ・ 4 月 14 日朝には、倉庫内の棚や食料品がほぼ撤去され、火災は鎮火したと判断された。

⁹⁵ FRISBE , Fire Safety Guideline for Building Applied Photovoltaic Systems on Flat Roofs, 2024 年 5 月, <https://www.frissbe.eu/upload/files/FRISBE-ZAG%20BAPV%20Fire%20Safety%20Guideline%20May%202024%20v3.pdf>

⁹⁶ Brain & Redning, Brannen i Asko-bygget, 2017 年 8 月 19 日（2025 年 9 月 25 日参照）, <https://brannredning.no/brannen-asko-bygget/>

⁹⁷ Norway Today, The fire in the Asko storehouse flared up, 2017 年 4 月 11 日（2025 年 9 月 25 日参照）, <https://norwaytoday.info/news/fire-asko-storehouse-flared/>

⁹⁸ Teknisk Ukeblad Media AS, Solcellene gjorde Asko-brannen mer komplisert, 2017 年 4 月 12 日（2025 年 9 月 25 日参照）, <https://www.tu.no/artikler/solcellene-gjorde-asko-brannen-mer-komplisert/379877>

	この火災での課題やリスク要因は以下のとおり。 ・ 屋根上に PV モジュールがあり、これが通電状態であると判断されたため、感電危険等を考慮し、消防隊が屋根上に上ることができなかった。 ・ また、建物内での火災により屋根構造物の強度に問題が生じている可能性も考えられたことも屋根上の消火作業を妨げた要因。 ・ 冷蔵倉庫でアンモニアを使用。火災時にアンモニアプラントの一部が火災にさらされるおそれがあったため、消防隊の安全を考える必要があった。 ・ 屋根の構造は、波型金属板の上に PVC 断熱材、ルーフィングフェルトで構成され、PV モジュールがその上に設置されていた。断熱材の存在が延焼要因となり、PV モジュールが散水の阻害要因となった。
その他	本火災に関して、ノルウェーの DSB (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap) に提出された公式レポートがあるが、公開されているかは不明。

表 2-34 事事故事例 15 (海外での火災事例) ^{99, 100, 101}

発生地	イギリス・ブリストル市
発生日	2022 年 4 月
発生場所	We The Curious (子供向けの博物館施設)。屋根置き型の PV モジュール設置。
事故概要	鳥の衝突が原因で屋根置き型の PV モジュールから出火。
原因	・ 屋上に設置された PV モジュールの一部に鳥が衝突し、損傷を受ける。それが原因で電気系統に故障が生じ火災が発生した。 ・ 火災による被害は、屋根面と PV モジュール (約 200 枚の PV モジュールのうち、60 枚以上が焼損) に限定されたが、消火水及び屋根面のアスファルトルーフィングのアスファルトが建物内に滴下し、それによる建物内の損傷が生じた。
消火活動	・ 18 時頃火災が発生。約 35 人の消防士が消火活動を実施。特殊車両と 5 台の消防車が派遣された。 ・ 火災時に建物内にいた全職員と来訪者は数分以内に安全避難した。 ・ 付近の道路は封鎖され、近隣の店舗にも避難指示を出した。

⁹⁹ Independent, First glimpse inside fire-damaged children's science museum, 2023 年 2 月 23 日 (2025 年 9 月 25 日参照), <https://www.independent.co.uk/news/uk/bristol-b2288039.html>

¹⁰⁰ We The Curious, Reopening update Feb23, 2023 年 2 月 23 日 (2025 年 9 月 25 日参照), <https://www.wethecurious.org/news-blog/reopening-update-feb23>

¹⁰¹ BBC, We The Curious in Bristol evacuated due to fire, 2022 年 4 月 10 日 (2025 年 9 月 25 日参), <https://www.bbc.com/news/uk-england-bristol-61051868>

	・ 消火には大量の水（数トンの水）が必要となった。
その他	博物館再開までに約 2 年間に要した。

表 2-35 事故事例 16（海外での火災事例）^{102, 103, 104, 105}

発生地	ベルギー・ブリュッセル首都地域
発生日	2024 年 10 月
発生場所	Treurenberg（Wetstraat 近く）の 7 階建てオフィスビル（Treurenberg 22 ビル）。
事故概要	ビルの 7 階のファザード（BIPV モジュール・外壁部）での火災。建物内の人は避難し、負傷者なし。
原因	BIPV モジュールからの出火であるが、出火原因は公表されていない。
消火活動	・ 14:00 前に出火。 ・ 消防隊は、消火作業に入る前にインバータの電源を切った。また、BIPV モジュール下の断熱材にアクセスするため、モジュールを部分的に解体。消火作業のため、はしご車も利用。
その他	・ 火災事故のあった建物は、ブリュッセル初の Net-zero energy building（ZEB）。ファサード全面に BIPV モジュールを採用。 ・ 2024 年 12 月に EU は、この事故の詳細分析（ポストロス分析）のため、専門家を募集する公告を出した（その結果は公表されていない）。

表 2-36 事故事例 17（海外での火災事例）¹⁰⁶

発生地	中国・上海市
発生日	2025 年 5 月
発生場所	上海虹梅南路高架高速道路
事故概要	高速道路に設置された「PV モジュール及び防音壁」一体型の PV モジュール（BIPV）から出火。
原因	現時点で原因は特定されていないが、上海市交通委員会や消防部門は「初期原因は PV モジュールの電氣的故障」と発表している。

¹⁰² BRUZZ, Zonnepanelen veroorzaken gevelbrand in kantoorgebouw bij de Wetstraat, 2024 年 10 月 22 日（2026 年 2 月 3 日参照）, <https://www.bruzz.be/actua/samenleving/kantoorgebouw-bij-wetstraat-getroffen-door-gevelbrand-2024-10-22>

¹⁰³ pv magazine, BIPV likely linked to recent fire at Brussels' first net-zero building, 2024 年 11 月 19 日（2026 年 2 月 3 日参照）, <https://www.pv-magazine.com/2024/11/19/bipv-likely-linked-to-recent-fire-at-brussels-first-net-zero-building/>

¹⁰⁴ FPA, Façade solar panels cause fire at Brussels high rise, 2024 年 11 月 17 日（2026 年 2 月 3 日参照）, <https://www.thefpa.co.uk/news/fa-ade-solar-panels-cause-fire-at-brussels-high-rise->

¹⁰⁵ EU, Assessment of post-fire T22 building integrity (Expert in Building safety and Expert in Fire protection), 2024 年 12 月 16 日（2026 年 2 月 3 日参照）, <https://www.srb.europa.eu/en/content/assessment-post-fire-t22-building-integrity-expert-building-safety-and-expert-fire>

¹⁰⁶ 知乎, 5.21 上海虹梅南路高架光伏项目火灾原因初步分析, 2025 年 5 月 26 日（2026 年 1 月 9 日参照）, <https://zhuanlan.zhihu.com/p/1910409421995090908>

	初期の原因分析では、以下のいずれか、あるいは複数の要因によって引き起こされた可能性があると報道されている。 ・ 配線接続部（コネクタ）の問題や配線の問題（不適切な仕様のケーブル選定や不適切な敷設方法） ・ PV モジュール自体の問題（製品の欠陥など） ・ 設置・施工品質の問題 ・ 道路設置に伴う振動など設置環境を考慮した設計となっていなかった可能性
消火活動	・ 14 時頃、PV モジュールから出火。 ・ 上海消防が出動し、複数の消防車が現場に駆け付けたが、交通規制で現場到着には時間を要した。 ・ 火災は短時間で制御され、延焼は限定的。一部の PV モジュールが破損し、大量の黒煙が発生したが、人的被害なし。
その他	中国で初めての施設で実証プロジェクトとして施工されたもの。4 月 30 日に系統接続されたばかりで、稼働開始から 1 カ月もたたないタイミングで火災が発生。

表 2-37 事故事例 18（海外での火災事例）¹⁰⁷

発生地	中国・山東省
発生月	2025 年 1 月
発生場所	鵬遠金属製品有限公司の工場屋根
事故概要	鵬遠金属製品有限公司の西側工場屋根に設置された PV モジュールより出火。その火が建物内に落下し、保管されていた発表スチロール製の梱包箱に引火し拡大。拡大した火災は南側工場にも延焼した。西側工場は、東営市輝陽包装材料有限公司（発泡スチロールの梱包材製造）に賃借されていた。なお、PV モジュールは、東営興祥電力工程有限公司の発電事業のために、屋根上に 2020 年 9 月に設置した 2.5MW のシステム。
原因	・ 直接的な原因は、PV モジュールとその接続配線のトラブルで加熱し、それが周囲の可燃物に引火したこと。 ・ 間接的な原因としては、以下が挙げられる。 - PV システムの設置は県の許可を得ていたが、設置工事の際に敷設された配線がルールどおりに敷設されなかった。 - 設置後、定期メンテナンスを実施していなかった。
消火活動	・ 10:18 PV システムのインバータのモニタ記録が中断

¹⁰⁷ 知乎，2025 年 5 月 19 日掲載記事「电热故障造成火灾，东营兴祥电力工程有限公司 1·2 事故报告公布」（<https://zhuanlan.zhihu.com/p/1907926756255593067>）（2026 年 1 月 9 日参照）に掲載されていた利津県政府の調査報告（2025 年 5 月 19 日公開）

	・ 10:20 屋根上部に光（火災）を確認。建物内に火が落下し、発泡スチロールの梱包材に引火 ・ 10:23 鵬遠金属製品有限公司の社員から消防に通報。敷地内での避難活動開始。 ・ 10:26 当日は強い北風（6.2m/s）が吹いており、火災は南側工場にも延焼 ・ 10:27 消防が現場に到着し、消火活動を開始。消防車 4 台と消防士 20 人が駆け付け ・ 11:44 火災はほぼ制御 ・ 13:15 火災は完全に消火
その他	上記原因で触れているが、本ケースでは建築申請は適切に行われていたが、実際の施工では申請とは異なる配線（規格に適合しない配線）となっていたことが指摘されている。 また、6MW 以上の規模の PV システムは、県政府がより厳格な管理をしていたが、今回の PV システムは、それに満たない規模であった。

表 2-38 事故事例 19（海外での火災事例）^{108, 109}

発生地	中国・海南省
発生月	2023 年 11 月
発生場所	6 階建ての住宅の屋上
事故概要	屋上に設置された PV モジュールの火災
原因	認証されていない PV コンポーネントの使用が火災原因と推定
消火活動	・ 11:40 頃火災発生。 ・ 11:47 に消防へ通報。 ・ 消防隊は、隣接するホテルの 8 階からホテルの消火栓を利用して消火活動を実施。
その他	・ 住人が、PV システムの設置業者に見積もりを取り、高価すぎると考えたため、自らネットで安価な PV コンポーネントを購入し、工事業者も自ら手配し設置。 ・ モジュールの四方をガラスで囲った。PV モジュール下に密閉空間ができた。 ・ 設置から、あまり期間を置かず火災が発生した模様。

¹⁰⁸ 国际旅游岛商报，浓烟滚滚！海南一临街住宅楼顶太阳能电板突发大火，2023 年 11 月 8 日（2026 年 2 月 3 日参照），<https://news.qq.com/rain/a/20231108A03GLN00>

¹⁰⁹ 新海南客户端，琼海博鳌一临街住宅楼顶太阳能电板发生火灾，2023 年 11 月 7 日（2026 年 2 月 3 日参照），<https://www.hinews.cn/news/system/2023/11/07/033070026.shtml>

事故事例 20（海外での火災事例）^{110, 111}

発生地	中国・北京市
発生月	2021 年 4 月
発生場所	北京集美大紅門発電所（ショッピングモールの屋根置きパネル、BAPV）の蓄電池（BESS）
事故概要	・ バッテリーモジュールにおける火災。 ・ 第 1 フェーズは、1.4MWh の屋根置き太陽光発電エネルギーシステム、150 kW の単一高出力 DC 急速充電パイルを備えた 94 の駐車スペースから構成。2019 年商業運転開始。蓄電池は、高軒高科（Gotion Hi-Tech）。3.2V 10.5Ah リン酸鉄リチウム角型セル、単一セルはまず並列に接続され、次に 225S18P モード（225 個の単一セルが直列に接続されてストリングを形成し、次に 18 のストリングが並列に接続された）で直列に接続され、720V の電圧と 189Ah の電流を持つバッテリーモジュールを構築していた。
原因	原因は特定されなかったが、原因分析の中で、「突然の爆発の正確な理由については不確かだが、環境による摩耗がほこりや砂の蓄積によってバッテリーの絶縁を破壊した可能性が高い」と言われている。 ・ 現場には防火壁がなく、隔離距離とエネルギー吸収設備が十分でなかった。 ・ 北エリアの蓄電池（BESS）のバッテリー圧力逃がし弁が開き、電解質の分解によって生成された可燃性ガスを放出し、爆発を引き起こした。可燃性ガス検知装置の欠如又は検知装置の故障があり、可燃性ガスを効果的に検出できず、タイムリーな警告ができなかった。 ・ 火災の拡大は、現場の消火システムが火災を制御できなかったこと、及び現場に設置された局所消火装置が機能しなかったことが要因。 ・ 4 月 15 日、北京は強風、砂塵、森林火災の警報を発表していた。強風と砂塵の気象環境は、エネルギー貯蔵システムに塵の蓄積を引き起こす可能性に繋がる。 ・ 事故当時、現場ではシステムのバグを取り除く作業をしていたことから、それが問題発生 of の要因になった可能性もある。
消火活動	・ 2021 年 4 月 16 日 12:17、北京消防指令センターは北京集美大紅門発電所（南エリアに位置）で発生した火災事故の報告を受けた。15 の地元

¹¹⁰ CTIF, Accident analysis of the Beijing lithium battery explosion which killed two firefighters, 2021 年 5 月 25 日（2025 年 9 月 25 日参照），<https://ctif.org/news/accident-analysis-beijing-lithium-battery-explosion-which-killed-two-firefighters>

¹¹¹ 上記のサイトにリンクのあるレポート「Accident analysis of Beijing Jimei Dahongmen 25 MWh DC solar-storage-charging integrated station project, Institute of energy storage and novel electric technology, China Electric Power Technology Co., Ltd., 2021 年 4 月」の英訳レポート

	消防隊から 47 台の消防車と 235 名の消防士が火災現場に派遣された。 (13:30 に現場で放水開始) ・ 14:15 頃、消防士が南エリアの発電所の火災に対応していた時、北エリアの発電所で警告なしに突然爆発が発生し、2 名の消防士が死亡、1 名の消防士が負傷、1 名の発電所従業員（北京ゴーション・フルサービスの従業員）が行方不明となった。 ・ 23:40 に火は消火されたが、その後冷却処理が行われた。

表 2-39 事故事例 21（海外での火災事例）^{112, 113}

発生地	韓国・忠清南道
発生月	2025 年 5 月
発生場所	自動車部品工場
事故概要	屋根一面に PV モジュールが設置されている自動車部品工場での火災。
原因	原因は調査中。
消火活動	・ 4:16 頃火災が発生。工場の従業員が消防に通報。建物が 30m ほどの高さがあり、初期消火が困難であった。消防は、建物屋根と PV モジュールの間でスタートしたという見解を発表。 ・ 消防車 24 台、消防士 55 名が現場に駆け付け。消火活動を行う。報道写真から、数名の消防士が建物屋根に登り消火活動を行ったことがわかる。 ・ 大量の煙が発生したため、牙山市は付近の住民に避難を呼びかけ。 ・ 5:31 頃、消防が鎮火を確認。

表 2-40 事故事例 22（海外での火災事例）^{114, 115}

発生地	韓国・京畿道
発生月	2025 年 5 月
発生場所	3 階建ての商店兼住宅の屋上に設置された PV モジュール
事故概要	住民が食事中に「ボンッ」という爆発音を聞き、屋上を確認すると PV モジュールから炎が出ていた。
原因	警察と消防は、PV モジュールから出火したとみて原因調査中。

¹¹² 聯合ニュース, 아산 자동차 부품공장 옥상 태양광 시설서 불…인명피해 없어, 2025 年 5 月 29 日 (2026 年 2 月 3 日参照), <https://www.yna.co.kr/view/AKR20250529010200063>

¹¹³ AXZ Corp, 아산 자동차부품 공장서 화재…1 시간 15 분 만에 완진, 2025 年 5 月 29 日 (2026 年 2 月 3 日参照), <https://v.daum.net/v/20250529064502578>

¹¹⁴ Safe Asia News, 부천시 상동 상가주택 옥상 태양광 패널 화재 - 인명피해 없이 신속 진압, 2025 年 5 月 19 日 (2026 年 2 月 3 日参照), <https://www.safeasianews.com/1051>

¹¹⁵ 東亜日報, ‘핑’ 소리와 함께 불길…부천 주상복합서 태양광 패널 화재, 2025 年 5 月 19 日 (2026 年 2 月 3 日参照), <https://v.daum.net/v/20250519103043612>

消火活動	・ 20:36 頃、火災発生。消防に通報。 ・ 20:38 に消防が出動し、20:48 に現場到着。消防士 36 人と警察 6 人が現場に駆け付けた。ポンプ車・タンク車 5 台など 13 台の車両が投入された。 ・ 消火ホースを使い消火活動を行い、20:50 に火災は鎮火。迅速な消火活動により、火災の被害は PV モジュール周辺に限定された。

表 2-41 事件事例 23（海外での火災事例）^{116, 117}

発生地	韓国・慶尚南道
発生日	2023 年 6 月
発生場所	小学校の多目的講堂屋上の BIPV モジュール
事故概要	小学校の講堂屋上の BIPV モジュールが 6 枚焼損した。死傷者は発生していない。
原因	モジュール背面に設置された配線接続用コネクタの接触不良による短絡で火災が発生したと推定されている。
消火活動	15:07 頃火災発生。消防による消火活動で鎮火。
その他	消防は、2024 年に韓国ポリテック大学などと火災の再現実験を実施した。この火災事故が、慶尚南道での BIPV 火災の初ケースだったため。

2-2-5 太陽光発電設備の火災原因の整理

各国の事故分析結果などを踏まえ、一般的な PV システムの火災原因と具体的事例を以下のとおり整理した。

(1) 施工・保全の不備

太陽光発電システムの火災の主な要因は以下のとおりである。

- ① 接続不良：ケーブルやコネクタの締め付け不足や、異なるメーカーのコネクタ混用による微小なギャップによる DC アーク発生
- ② 絶縁劣化：長期使用や施工時の損傷による絶縁性能低下、漏電や短絡の発生、アーク放電による発火

(2) ジャンクションボックスの脆弱性

PV モジュールのジャンクションボックスについては、以下のリスクが指摘されている。

¹¹⁶ Asia Business Daily, Memorial Day, Fire at Jinju Elementary School ... Partial Loss of Solar Modules, 2023 年 6 月 7 日（2026 年 2 月 3 日参照），<https://www.asiae.co.kr/en/article/2023060715100272612>

¹¹⁷ CWTR, 경남소방본부, 건물일체형태양광 설비(BIPV) 화재 재현실험 시행, 2024 年 4 月 18 日（2026 年 2 月 3 日），<https://www.cwtr.co.kr/news/articleView.html?idxno=8469>

- ① 水分侵入：密閉構造に隙間が生じ、水分や湿気が侵入、腐食や短絡を誘発
- ② バイパスダイオードの過熱：影や汚れの影響による不均一な発電によりバイパスダイオードが連続動作し過熱
- ③ 製造不良や低品質素材：低品質な絶縁被覆や不適切なはんだ付けにより過熱

(3) 製品不良・施工不良

製品不良及び施工不良については、それぞれ以下のリスクが指摘されている。

- ① 製品不良：モジュールのバックシートが可燃性樹脂で構成されている場合、延焼を助長
- ② 施工不良：ケーブルの挟み込みや過度な曲げによる被覆損傷。防水処理の不備で雨水が侵入し、短絡を誘発

(4) 経年劣化・環境要因

経年劣化及び環境要因による不良については、それぞれ以下のリスクが指摘されている。

- ① 長期使用による紫外線劣化や温度変化でバックシートや接続部が脆化
- ② 沿岸部における塩害で金属腐食が促進、接触抵抗増加による過熱発生
- ③ 強風や積雪による負荷で構造が変形、ケーブル等が損傷

上記を踏まえ、PV システムの火災事故防止のポイントを以下のとおり整理した。

- (1) 認定品の使用
- (2) 適切な施工（設置業者のライセンス制度や認証制度）
- (3) 適切な保全管理

2-2-6 太陽光発電設備の故障解析

IEA-PVPS の Task 13 では、Reliability and Performance of PV Systems（太陽光発電システムの信頼性と性能）をテーマに活動しており、2024 年に「Photovoltaic Failure Fact Sheets (PVFS) 2025」¹¹⁸を公表している。同資料では、PV モジュール、ケーブル及びインターコネクタ、架台、インバータの 4 つの構成機器に関し、30 の故障モードを定義し、直接あるいは間接的に火災に結び付く故障モードを安全分類（Safety Category）で

¹¹⁸ IEA-PVPS, Photovoltaic Failure Fact Sheets 2025, <https://iea-pvps.org/key-topics/photovoltaic-failure-fact-sheets-2025/>

一覧している。掲載された故障モードのうち、直接的、間接的に火災につながる項目を同報告書に掲載されている事故事例に基づき以下のとおり翻訳し分類した。

表 2-42 30 の故障モードの一覧

No.	構成機器	故障モード	直接的に火災に 結び付く故障	間接的に火災に 結び付く故障
1-1	PV モジュール	セルのひび割れ		○
1-2	PV モジュール	封止材又は裏面の変色		○
1-3	PV モジュール	表面剥離		○
1-4	PV モジュール	裏面シート剥離		○
1-5	PV モジュール	バックシートのひび割れ		○
1-6	PV モジュール	バックシートの白化		
1-7	PV モジュール	焼け跡	○	
1-8	PV モジュール	ガラス破損	○	
1-9	PV モジュール	セル間接続不良	○	
1-10	PV モジュール	電位誘起劣化		
1-11	PV モジュール	メタライゼーション変色/腐食		
1-12	PV モジュール	ガラスの風化又は摩耗		
1-13	PV モジュール	結線ボックス欠陥・剥離		
1-14	PV モジュール	結線ボックス接続不良	○	
1-15	PV モジュール	バイパスダイオード保護不足	○	
1-16	PV モジュール	定格電圧超過		
1-17	PV モジュール	C-Si モジュールの光誘起劣化		
1-18	PV モジュール	絶縁不良	○	
1-19	PV モジュール	ホットスポット（熱パターン）		
1-20	PV モジュール	汚れ		
2-1	ケーブル/コネクタ	DC コネクタの不整合	○	
2-2	ケーブル/コネクタ	DC ケーブル/コネクタの欠陥	○	
2-3	ケーブル/コネクタ	絶縁不良	○	
2-4	ケーブル/コネクタ	接続箱内の熱損傷	○	
3-1	取り付け	モジュール固定不良		○
3-2	取り付け	不適切な構造による固定		○
3-3	取り付け	モジュールの日陰		○
4-1	インバータ	過熱（温度ディレイティング）		
4-2	インバータ	不適切な設置		○
4-3	インバータ	完全故障（不動作）	○	

なお、この資料では、各故障モードについて、その具体的な内容を整理するとともに、故障している状態の例示写真も掲載している。

2-2-7 消火活動に係わる要因

前述の火災事例を参考に消火活動に係わる要因を整理する。なお、各項に対する詳細及び対策は第2節 2-4 以降で解説する。

(1) 消火活動時

太陽光発電設備を含む火災の消火活動における感電リスクへの配慮が必要である。消火活動を担当する消防士が太陽光発電設備について学ぶとともに、安全な消火活動の要領を整理することが大切である。火災時にどのように太陽光発電設備を遮断・停止するのも考えておく必要がある。

(2) 屋根崩壊のリスク

屋根上での消火作業は、屋根が崩落するリスクを常に想定する必要がある。火災の熱で建物の強度が低下する。

(3) PV モジュールへのアクセスの確保

消火活動を行うためには、PV モジュール等へのアクセスが可能でないと適切な消火活動が行えない。火災が発生した建物によっては、はしご車等の出動も必要になる。

(4) PV モジュールの存在による影響

屋根上に PV モジュールが設置されている場合、その PV モジュールが建物への消火散水を妨げる要因となる。状況によっては、消火水不足を生じる可能性もある。なお、アメリカでは垂直排煙のため屋根に穴を開ける消火戦術が採用されるケースがあるが、PV モジュールは、この阻害要因となる（欧州や日本では、このような戦術は一般的ではない）。

(5) 延焼の助長

上記（4）とも関係するが、PV モジュールが散水障害になると同時に延焼を助長する要因となる場合がある。屋根面に用いられている防水シートや断熱材が可燃物の場合、それら可燃物の燃焼が延焼に寄与することがあるが、上述のとおりモジュールが消火作業の阻害要因となる。

(6) その他

火災時に PV モジュールの破片が飛散するケースがある。今回の調査において、PV モジュールの火災時のどのタイミングで飛散するかまでは明らかになっていないが、このリスクがあることを消防活動に係わる者は認識しておく必要がある。なお、PV モジュールの飛散については、火災事故後の環境への影響の一つとして取り上げられている。

2-3 海外の太陽光発電設備に係る法令基準

2-3-1 米国

米国における法規や基準は連邦レベルのものと州レベルのものがある。PV システムに関する法規や基準を確認した。概要は以下のとおり。

- ・ 連邦法やカリフォルニア州法では、PV システムに係わる火災安全に係わるものはあるものの、一般的なことを要求しているにとどまり、具体的な詳細要件は、規格を参照する形式を採っている。PV システム自体については、米国保険業者安全試験所（UL, Underwriters Laboratories）の認証が求められており、設置業者もライセンスを取得することが義務付けられている。
- ・ PV システムの設置に関しては許認可が必要。その際、火災安全の観点からもチェックされる。
- ・ PV システムの更新に関する法や基準は存在しない。
- ・ PV システムの廃棄に関する法や法規も存在しない。ただし、蓄電池（BESS）の廃棄に関しては火災安全に関することが規定されている。
- ・ 消防士に対する PV システム火災を想定した教育訓練プログラムは用意されている。

2-3-1-1 連邦法

(1) 労働安全衛生法（OSHA Act of 1970 ¹¹⁹）

PV システムに特化した条文はないが、電気安全や火災防止に関する一般規定があり、それが PV システムの設置や保全等の作業に適用される。

- ① 29 CFR 1910.269（電力の発電・送電・配電に関する規定）は、グリッド接続型 PV システムに適用されるが、安全作業手順と作業員訓練を義務付けている。
- ② 一般産業基準（29 CFR 1910）及び建設基準（29 CFR 1926）では、電気安全、墜落防止、ロックアウト／タグアウト（LOTO）、個人用保護具（PPE）等、各種リスクに関する具体的対策を以下のとおり定めている。

【電氣的リスク】

- ・ 電氣的危険（感電・アークフラッシュ）
 - ロックアウト／タグアウト（LOTO）手順の徹底
 - 作業前にシステムを完全に遮断・除電し、ロックとタグを設置
 - 各作業員が個別のロックを使用し、解除は本人のみ可能
 - 除電確認は電圧計で実施

¹¹⁹ Occupational Safety and Health Administration, OSH Act of 1970, <https://www.osha.gov/laws-regs/oshact/toc>

- ・ アークフラッシュ対策
 - アーク耐性のある衣服（難燃性素材）、絶縁手袋、フェイスシールドを着用
 - 作業距離の確保と遮蔽バリアの設置
- ・ 感電防止
 - 直流（DC）回路の特性を理解し、適切な絶縁工具を使用
 - 作業は資格を持つ者（Qualified Person）のみが実施

【火災リスク】

- ・ 個人用保護具（PPE）
 - 難燃性衣服、絶縁手袋、安全靴、保護メガネ、ヘルメット
 - 合成繊維は熔融リスクがあるため避ける
- ・ 適切な配線・接地・ケーブル管理
 - OSHA は国内電気規格（NEC, National Electrical Code）準拠を推奨
- ・ 火災時対応
 - 水は使用せず、クラス C 消火器を使用
 - 緊急時の遮断手順と避難経路を明示

【訓練】

- ・ 電氣的、火災リスクに関する教育・訓練
 - OSHA は電気安全、LOTO、PPE 使用、火災対応、墜落防止等を包含する包括的な安全教育を義務付けている。また、定期的な安全監査と記録保持（点検ログ、訓練証明）についても要求している。

(2) エネルギー政策法（Energy Policy Act）

この法律は再生可能エネルギーの普及促進と安全基準策定の支援を目的としており、PV システムの火災安全に関する直接的な条文はない。しかし、その枠組みの中で、PV システムは米国の電気工事規定（National Electrical Code、以下「NEC」）や全米防火協会（National Fire Protection Association、以下「NFPA」）の基準に準拠することを推奨している。また、火災リスク低減のため、適切な設計・施工・検査を義務付ける州や自治体の取り組みを後押ししている。

(3) 国家火災予防管理法（National Fire Prevention and Control Act）¹²⁰

この法律は以下の目的で制定されているため、PV システムの火災安全に関する直接的な条文はないが、PV システムの火災安全に影響を与えている。具体的には下記項目について言及している。

¹²⁰ U.S. Government Publishing Office, FEDERAL FIRE PREVENTION AND CONTROL ACT OF 1974, <https://www.govinfo.gov/content/pkg/COMPS-1847/pdf/COMPS-1847.pdf>

- ① 火災による人命や財物の損失防止に向けた火災予防強化
- ② 研究、教育・訓練の推進
- ③ 米国消防庁（USFA, United States Fire Administration）¹²¹の設立、火災データの収集、研究
- ④ 消防士の安全強化

2-3-1-2 カリフォルニア州法

カリフォルニア州建築基準法（California Building Standards Code, Title 24）¹²²の中の以下の部分が PV システムに関連する。

(1) Part2：カリフォルニア建築規程（California Building Code、以下「CBC」）

Part 2 が CBC で、その中で PV システムに関連する部分は、903.3.1.1.3 の規定で、「屋外にスプリンクラー設備を設置する代わりに、煙感知器の設置を義務付ける規定を削除する改正案」について触れているのみである。

(2) Part 2.5：カリフォルニア住宅規程（California Residential Code、以下「CRC」）

戸建てもしくは二戸建て住宅に適用されるが、Section 324 で PV システム（屋根置き型、組み込み型、地上接地型）のことを例えば、以下のとおり規定している。

・ R324.3.1

PV パネル及びモジュールは UL1703 の認証を、インバータは UL1741 の認証を得たものを使用する。

・ R324.4.2

屋根置き型の場合、PV モジュールや架台は、屋根材と同等又はそれ以上の表面燃焼特性（Flame Spread Classification）を持つこと。なお、CBC の定める表面燃焼特性は、ASTM E84 に従った評価方法で評価される。

・ R324.6

地上から屋根へのアクセス方法の確保、屋根上での通路の確保、屋根が複数層ある場合最上部の棟までのアクセス路の確保を規定。屋根面積に対する PV モジュールの大きさに応じて、棟、屋根縁、軒からクリアランスとして確保すべき幅、排煙や避難を考慮した配置を規定。また、消防士が屋根に上った際の強度安全確保が可能なアクセス路であることを求めている。

¹²¹ U.S. Fire Administration, Official Website, <https://www.usfa.fema.gov/index.html>

¹²² Department of General Services (DGS), Codes, <https://www.dgs.ca.gov/BSC/Codes/#2025-Triennial-Edition>

[例]

- すべての建物において、最低 2 本の通路を、別々の屋根面に、最下部の屋根縁から棟まで、幅 36 インチ (914 mm) 以上で設ける。
- 平面視での屋根全体面積の 33%以下の PV アレイについては、水平な棟の両側に 18 インチ (457 mm) 以上のクリアセットバック、33%を超える場合は、水平な棟の両側に 36 インチ (914 mm) 以上のクリアセットバックが必要。
- 住宅に設置されたパネル及びモジュールは、緊急脱出及び救助開口部の下方部分に配置しない。

なお、CRC では電気安全ではカリフォルニア電気工事規程 (California Electrical Code、以下「CEC」)、火災安全ではカリフォルニア火災規程 (California Fire Code、以下「CFC」)、構造安全では CBC を参照することを求めている。

(3) カリフォルニア電気工事規程 (CEC)

NEC を参照する形式を採っている。必要な場合、NEC に州独自の修正条項を付して運用している。

なお、CEC では、UL 等に認定された構成部品の使用を義務付けていない。

一方で、米国の安全基準に合致した構成部品を「Solar Equipment Lists¹²³」に登録し公開している (このシステムへの登録申請は義務付けられていない)。このリストは PV システム設置の際に参照にするための情報だが、登録されている機器分類は以下のとおり。

- ・ PV モジュール (PV modules)
- ・ パワーコンディショナ (Invertors) :
- ・ 蓄電池システム (Energy storage system) :
- ・ 電池 (Battery)
- ・ メーター (Meters)
- ・ 電力制御システム (Power Control Systems)

(4) Part 4: カリフォルニア機械規程 (California Mechanical Code、以下「CMC」)

機械設備の設計・施工・保守に関する包括的な規定を定めているが、PV システムに直接的に関連する火災安全に関する条文はない。関係する可能性のある主なものは以下のとおり。

¹²³ California Energy Commission, Solar Equipment Lists Program, <https://www.energy.ca.gov/programs-and-topics/programs/solar-equipment-lists>

- ・ Chapter 5 排煙システム (Exhaust Systems)
火災安全を確保するため、排煙システムの設置要件を規定。特に商業用厨房や燃焼機器に重点があるが、PV システムのバッテリーや発電設備が設置される機械室にも適用される場合がある。
 - ・ Chapter 6 ダクトシステム (Duct Systems)
空気分配用ダクトの材料・施工要件に耐火性能を求めている。PV システムのインバータやバッテリーを収容する室での換気・防火対策に関連する場合がある。
 - ・ Chapter 15 太陽光エネルギーシステム (Solar Energy Systems)
PV システムの設置に関する規定。火災安全に関しては、NFPA 70 (NEC) や CFC への準拠を要求している。
- (5) Part 5: カリフォルニア配管規程 (California Plumbing Code、以下「CPC」)
公衆衛生、安全、福祉を保護するために、給排水設備や関連システムの設計・施工・維持に関する基準を定めている。PV システムに直接的に関連する火災安全に関する規定はない。関係する可能性のある主な規定は以下のとおり。
- ・ Chapter 14 防火保護 (Firestop Protection)
貫通部や配管周りの防火措置を規定。PV システムの配線や配管が貫通する場合に適用されるが、延焼防止を目的としたものである。
- (6) Part 6: カリフォルニアエネルギー規程 (California Energy Cod)
エネルギー効率に関するもので新築建物や大規模改修の際に適用される。
- ・ 2020 年以降、新築の低層住宅 (3 階以下) に PV システム設置を義務化
 - ・ 2023 年以降、高層集合住宅や多くの商業建築にも義務化、さらに蓄電池 (BESS) 設置要件も追加
 - ・ PV を設置しない場合でも、将来の PV 設置に備えた配管・スペース確保が義務付けられるケースあり (Solar Ready 要件)。これは、非住宅や高層住宅で特に適用
- (7) Part 9: カリフォルニア火災規程 (CFC) ¹²⁴
建築物に設置される PV システム及び関連設備 (蓄電池 (BESS) 含む) に適用される。Chapter 12 がエネルギーシステムに関するもので、その中の「1205」が PV

¹²⁴ International Code Council (ICC), 2025 California Fire Code Title 24 Part 9, <https://codes.iccsafe.org/content/CAFC2025P1>

システムに関する規定である。火災安全に関係する主な規定としては以下が挙げられる。

- ・ 1205.1 一般規定

太陽光発電システムは、CBC 又は CRC に準拠して設置されなければならない。また、電気設備は CEC に適合している必要がある。

- ・ 1205.2 アクセスと通路

太陽光発電設備が屋根上に設置される場合、消防活動のためのアクセスに関して規定。1205.2.4 では、消防活動を安全に行うための最小限のクリアランス及び通路幅を規定している。

- ・ 1205.3 排煙

排煙に関して、1205.3.4 で、PV モジュールは排煙を容易に行えるように配置することや、緊急時には消防士が排煙口を開けることができるような配置とすることが規定されている。

2-3-1-3 カリフォルニア規則集 (Title 19) , Public Safety (公共安全) ¹²⁵

カリフォルニア州消防長官事務所 (Office of the State Fire Marshal、以下「OSFM」) の権限のもとで、PV システムに関しては、直接的な規定は限られるが、PV システムに限らず、火災及び生命安全に関する包括的な規定を定めている。

PV システムに関しては、OSFM は、Title 19 及び Title 24 (CBC) に基づき、PV システムを含む建築計画を審査・承認する。

- ・ 計画審査 (Plan Review) : 州所有・州占有建物に PV システムを設置する場合、OSFM による Fire and Life Safety Plan Review が必須。また、NEC、CFC、NFPA の基準に準拠しているか確認。
- ・ 火災安全設計の考慮 : PV システムの設置は、火災時の避難経路や消防活動の妨げにならないこと。また、遮断装置の配置、マーキング、アクセス通路等は Title 24 と連携して定めている。
- ・ 検査・認証 : OSFM は、火災安全検査を定期的に実施し、PV システムを含む設備の適合性を確認 (実務上は、Solar Photovoltaic Installation Guideline ¹²⁶を参照)。

¹²⁵ Tomson Reuters, California Code of Regulations, [https://govt.westlaw.com/calregs/Browse/Home/California/CaliforniaCodeofRegulations?guid=I077F14905BE511EC98C8000D3A7C4BC3&originationContext=documenttoc&transitionType=Default&contextData=\(sc.Default\)](https://govt.westlaw.com/calregs/Browse/Home/California/CaliforniaCodeofRegulations?guid=I077F14905BE511EC98C8000D3A7C4BC3&originationContext=documenttoc&transitionType=Default&contextData=(sc.Default))

¹²⁶ CAL FIRE, SOLAR PHOTOVOLTAIC INSTALLATION GUIDELINE, 2008 年 4 月 22 日, <https://cdi.santacruzcountycal.gov/Portals/35/CDI/UnifiedPermitCenter/Building/Forms%20%26%20Publications/Fire/CalFiresolarphotovoltaicguideline.pdf>

2-3-1-4 連邦レベルの規格やコード

連邦レベルでの規格やコードとして主なものは以下のとおり。前述の法でも準拠することが求められている。詳細は、第4章第2節の2-4以降で解説するため、本項には概要のみ記載する。

(1) NEC/NFPA 70¹²⁷

PV システムの設計・設置に関する必須安全基準であり、法的な拘束力を持つ場合もある。特に Article 690 (Solar Photovoltaic Systems) で火災リスク低減策を規定している。

(2) NFPA 1¹²⁷

NFPA 1 の 11.12 では、屋根置き型の PV システムを中心にアクセス路等を含む消火活動時の安全確保を目的とした規定が定められている。

(3) NFPA 855¹²⁸

エネルギー貯蔵システムの火災・爆発・電氣的危険を最小化するための最低要件を定めており、設計、施工、設置、試運転、運用、保守、廃止までのライフサイクル全体を対象としている。リチウムイオンバッテリーも対象となる。

(4) International Fire Code (以下「IFC」)¹²⁹

PV システムの配置、アクセス通路、遮断装置等、火災時の安全確保を規定している。

(5) Underwriters Laboratories 認証規格 (UL 規格)¹³⁰

UL 1703、UL 1741、UL 61730 等の規格において、モジュールやインバータの耐火性能・安全性を評価する。カリフォルニア州が定めた Electric Rule 21 では、すべての新規接続インバータは UL 1741 SA (Supplement A) 又は最新の UL 1741 SB (Supplement B) に準拠し、Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) の発行する規格 IEEE 1547¹³¹ (分散型電源の系統連系要件としてインバータ機能、電圧・周波数応答等を規定) に基づく試験をクリアする必要がある。アーク故障検出 (Arc-Fault Detection) やラピッドシャットダウン (Rapid Shutdown) を規定している。

¹²⁷ NFPA, Fire Code, <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-1-standard-development/1>

¹²⁸ NFPA, Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems, <https://www.nfpa.org/codes-and-standards/nfpa-855-standard-development/855>

¹²⁹ ICC, 2024 International Fire Code (IFC), <https://codes.iccsafe.org/content/IFC2024V2.0>

¹³⁰ UL, UL Standards, <https://shopulstandards.com/Catalog.aspx?UniqueKey=1>

¹³¹ IEEE SA, IEEE 1547-2018, <https://standards.ieee.org/ieee/1547/5915/>

2-3-1-5 ガイドライン

カリフォルニア州で使用されているガイドラインについて紹介する。

(1) 太陽光発電設置ガイドライン (Solar Photovoltaic Installation Guideline) ¹²⁶

カリフォルニア州森林保護・消防局 (The California Department of Forestry and Fire Protection、以下「CAL FIRE」) が 2008 年 4 月 22 日に発行したガイドラインである。法的な拘束力はなく、推奨事項が記載されているが、一方で多くの自治体がこのガイドラインを参考に条例を策定している。

PV システムを設置した全ての構造物の公共安全を高めるため、このガイドラインが策定されたが、カリフォルニア州建築基準法で規制される建物への PV システムの設計、建設、設置に適用されることを意図している。

火災安全に係わる主な項目は以下のとおり。消火作業を安全に行うための視点でもガイドラインが整理されている (以下の番号は、ガイドラインの項目番号と一致)。

1.0 表示 (Marking)

「主電源遮断器 (建物全体の電源遮断: Main Service Disconnect)」及び「DC 側配線や接続箱 (Direct Current Conduit、Raceways、Enclosures、Cable Assemblies、Junction Boxes)」に、それぞれ危険を認知できるように表示を設置することを求めている。表示の記載内容や大きさ、色、設置場所等の詳細も指定されている。UL 969「表示とラベルシステム (Marking and Labeling System)」に準拠することを推奨している。

2.0 アクセスと排煙 (ACCESS, PATHWAYS AND SMOKE VENTILATION)

消火作業時の消防隊のアクセス確保、安全な垂直排煙の実施及び屋根からの安全避難のために必要な通路やスペースを定めている。

例えば、アクセスに関しては以下のように規定している。

- ・ 切妻屋根の住宅建築物：PV モジュールは、各屋根傾斜面において PV モジュールが設置されている軒先から棟まで、幅 3 フィートのクリアなアクセス通路を 1 本確保できる位置に配置とする。アクセス通路は建物の構造的に強固な位置 (耐力壁等) に設置する。
- ・ 単一棟頂を持つ住宅建築物：PV モジュールは、PV モジュールが設置される各屋根勾配において、軒先から棟頂まで幅 3 フィートの通路を 2 本確保できる配置とする。
- ・ 切妻と谷部：PV モジュールを切妻又は谷部の両側に設置する場合、切妻又は谷部から 1.5 フィート (約 457 mm) 以上離して設置する。切妻又は谷部の片側のみに設置する場合で、その長さが等しい場合は、切妻又は谷

部に直接隣接して設置してもよい。

3.0 直流側の配線の位置 (LOCATION OF DIRECT CURRENT (DC) CONDUCTORS)

配線類の設置位置について定めている。

- ・ PV システム発電回路用の電線管等は、(消防隊員の) 転倒危険を低減し換気を最大化するため、棟・軒・谷に可能な限り近い位置に設置する。軒・谷からは外壁へ可能な限り直線的に配置する。
- ・ PV モジュール間及び接続箱への電線管配線は、最短経路を採用し、屋根上の導管総量を最小化する。接続箱は、PV モジュール間の経路における電線管配線を最小化する位置に設置する。
- ・ 通電状態の電線管切断による危険を制限するため、建物内の密閉空間に設置される DC 配線は金属製導管又は電線管で配線し、可能な限り荷重支持部材の下部に沿って配線する。

4.0 非居住用建物 (NON-HABITABLE BUILDINGS)

本ガイドラインが、非居住構造物に適用されないことを定めている。

(2) カリフォルニア太陽光許認可ガイドブック第4版¹³²

カリフォルニア州の標準化された PV 許認可プロセスを示すとともに、許認可を得るうえで従うべき法や基準の要件等を整理している。別途本報告内で触れている CBC、CDC、CMC、CPC、CEC、エネルギーコード、CFC に従うことを明記している。

2-3-1-6 消防士の教育

太陽光訓練教育プログラム (STEP, Solar Training and Education for Professionals) ¹³³は、米国エネルギー省 (DOE) の太陽光エネルギー技術オフィス (SETO, Solar Energy Technologies Office) がエネルギー政策法の枠組みで実施する取り組みで、太陽光発電 (PV) 導入に関わる専門職の教育・訓練を強化し、ソフトコスト削減 (設置や許認可に係わる間接コスト低減) と安全性向上 (火災安全やコード準拠に関する知識を普及) を目的としている。

太陽光インストラクター訓練ネットワーク (SITN, Solar Instructor Training Network) ¹³⁴との連携により最新の教材を使って教育が行われる。消防士向けには、火災時の安全対応、遮断手順、感電リスク回避を教育し、設置業者向けには最新コード (NEC、IFC) 準拠トレーニングを提供している。

¹³² Institute for Local Government, California Solar Permitting Guidebook, <https://www.ca-ilg.org/resource/california-solar-permitting-guidebook>

¹³³ U.S. Department of Energy, PROJECT PROFILE: The Solar Foundation - Solar Training Network, <https://www.energy.gov/eere/solar/project-profile-solar-foundation-solar-training-network>

¹³⁴ U.S. Department of Energy, Solar Training Network, <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-training-network>

2-3-1-7 設置業者の認定制度

設置業者の能力や施工品質は、火災安全に関係するため、認定制度について整理した。

- (1) 北米認定エネルギー実務者委員会 (NABCEP, North American Board of Certified Energy Practitioners) ¹³⁵

NABCEP による認定は、米国で最も広く認知されている PV 業界の資格制度である。ただし、これは連邦レベルでの義務的認定制度ではない。(カリフォルニア州については、後述のライセンス制度が別に存在する)。

NABCEP 認定は、太陽光発電システムの設計・施工・保守における専門知識と安全性を保証することを目的としており、PV 設置業者、設計者、技術者、販売・運用担当者等を対象とした制度である。その制度の中では、以下の認定プログラムが用意されている。

- ① PV Installer Professional (PVIP) :
NABCEP の最上位資格。設計・施工・安全管理を包括的に認定するプログラム
- ② Energy Storage Installation Professional (ESIP) :
バッテリーエネルギー貯蔵システム (BESS) の設計・設置・運用に関する高度な知識とスキルが要求される認定プログラム
- ③ PV Technical Sales Professional (PVTs) :
PV システムの販売・提案に関する高度な専門知識が要求される認定プログラム
- ④ PV Commissioning and Maintenance Specialist (PVCMS) :
運用・保守に特化した認定プログラム
- ⑤ PV Design Specialist (PVDS) :
設計業務に特化した認定プログラム
- ⑥ PV Installer Specialist (PVIS) :
設置作業に特化した認定プログラム
- ⑦ PV System Inspector (PVSI) :
PV システムの検査に特化した認定プログラム
- ⑧ Solar Heating System Inspector (SHSI) :
太陽熱システム (Solar Thermal Systems) の検査に特化した認定プログラム
- ⑨ Solar Heating Installer Professional (SHI) :
太陽熱システム (Solar Thermal Systems) の設置に関する高度な専門知識

¹³⁵ North American Board of Certified Energy Practitioners (NABCEP), <https://www.nabcep.org/>

とスキルが必要とされる認定プログラム

併せて、上記の認定に繋がる 8 つの準会員認定プログラムも用意している。

- (2) カリフォルニア州請負業者免許委員会 (California Contractors State License Board、以下「CSLB」)¹³⁶

カリフォルニアでは、PV システムの設置を行うものは、CSLB 発行の C-46 ライセンスもしくは C-10 ライセンスが必要である。

- ① C-46 太陽光請負業者ライセンス (Solar Contractor License)¹³⁷

対象業務は、太陽光発電及び太陽熱システムの設置・改修・保守・修理である。建築や他の専門工事は、太陽光システム設置に必要な場合のみ実施可能となっている。太陽光発電システムに特化したライセンスであるが、バッテリー蓄電システムの設置も許可されるケースもある模様。

- ② C-10 電気請負業者ライセンス (Electrical Contractor License)¹³⁸

対象業務は、電気工事全般（配線、照明、電力システム、太陽光発電システムの電気接続等）である。電気工事を含む PV 設置や、500 ドル以上の電気工事を請け負う場合は必須となる。電気工事を伴う PV 設置では C-10 が必須であり、C-46 と併せて取得する業者も多い。

これらのライセンス取得には実務経験も必要であるが、CSLB では、ワークショップ等の研修機会も用意している。

- (3) 太陽光エネルギー国際機構 (Solar Energy International、以下「SEI」)¹³⁹

上述の NABCEP 認定を受けるための研修コースを用意している機関の例として、SEI がある。また、SEI では、独自に以下の 6 つの認定制度を用意している。

- ① 住宅用/商業用太陽光発電システム認定資格
- ② 住宅用/商業用太陽光発電システムに関するオンライン資格取得プログラム
- ③ 蓄電池型太陽光発電システムに関する資格取得講座
- ④ 太陽光発電ビジネス・技術販売に関する資格取得プログラム
- ⑤ 国際的・発展途上国向け太陽光発電技術資格取得プログラム

¹³⁶ Department of Consumer Affair, Website, <https://www.cslb.ca.gov/>

¹³⁷ Department of Consumer Affair, C-46 - Solar Contractor, https://www.cslb.ca.gov/about_us/library/licensing_classifications/Licensing_Classifications_Detail.aspx?Class=C46

¹³⁸ Department of Consumer Affair, C-10 - Electrical Contractor, https://www.cslb.ca.gov/about_us/library/licensing_classifications/Licensing_Classifications_Detail.aspx?Class=C10

¹³⁹ Solar Energy International, REAL PEOPLE. REAL TRAINING. IMMEDIATE IMPACT, <https://www.solarenergy.org/>

⑥ 太陽光発電専門家トレーナー認定資格

上記の⑥を除く各プログラムは、NABCEP の PV アソシエイト試験のトレーニング要件を満たしている。また、NABCEP のその他の PV 認定試験の一部についても、トレーニング要件を満たすことができる。

2-3-1-8 設備更新・廃棄

(1) 設備更新に関する法規や基準

PV システムの各コンポーネントに関する更新基準（設備寿命）に関する連邦法等の拘束力のある法や規定は存在しない。カリフォルニア州においても、設備の更新時期を法的に義務付けていないが、Electric Rule 21：発電設備接続¹⁴⁰でパワコンがアーク故障の検出機能（Arc-Fault Detection）やラピッドシャットダウン機能を備えることを求めており、これがパワコンの更新に影響を与える可能性がある。

PV システムの主要構成部品に関して、その平均寿命について、一般的には以下のように言われている。

- ・ モジュール：25～30 年
- ・ パワコン（ストリング用インバータ）：10～15 年
- ・ パワコン（マイクロインバータ）：20～25 年
- ・ 架台及びラック：25 年以上
- ・ ケーブル・コネクタ：20～30 年
- ・ リチウムイオン式蓄電池システム（BESS）：10～15 年
- ・ 鉛蓄電池式蓄電池システム（BESS）：3～5 年

なお、設備の更新（リパワリング※）については、ガイドラインが存在する。これは、火災安全に寄与する重要な要素である。

※ リパワリング

既存の PV システムの主要部品（モジュール、インバータ、トランス等）を交換・アップグレードして寿命を延ばすこと。

大規模発電設備については、Fluke 社が「Guide to Repowering/Utility-Scale Solar」¹⁴¹の中で、例えば発電量が初期値から 10%以上低下した場合や、モジュール劣化率 20%以上の場合にリパワリングを推奨している。

¹⁴⁰ California Public Utilities Commission, Electric Rule 21: Generating Facility Interconnections, <https://www.cpuc.ca.gov/rule21/>

¹⁴¹ Fluke, Guide to Repowering Utility-Scale Solar, https://media.fluke.com/c796bf5d-30b7-47ec-a6ed-b30d01102e6b_original_file.pdf

上記のほか、住宅用の PV システムを含め、PV システムの更新効果を定量化するプロジェクト¹⁴²が進行しており、その中で更新判断の基準が示される予定となっている。このプロジェクトは DOE の助成で国立再生可能エネルギー研究所 (National Renewable Energy Laboratory、以下「NREL」) が実施しているものだが、本調査時点では最終報告書は公開されていない。

(2) 設備の廃棄に関する法規や基準

PV 設備の廃棄については、火災安全に係わるものは限られている。

① 連邦法レベル

資源保全回復法 (RCRA, Resource Conservation and Recovery Act) が定められている。廃棄される PV モジュールが有害廃棄物に該当する場合、RCRA に基づく管理が必要となる (鉛・カドミウム等の溶出試験で判定される)。

一旦、RCRA の定める有害廃棄物となった場合は、RCRA の 40 CFR Part 264/265 Subpart D (緊急時対応計画及び緊急手順: Contingency Plan and Emergency Procedures) において、処理施設は火災・爆発、又は有害廃棄物の突発的な放出による人の健康や環境への危険を最小化するように設計・運営することを求めている。

一方で、有害廃棄物に該当せず、一般廃棄物に相当する PV モジュールも存在する。環境保護庁 (EPA, Environmental Protection Agency) では、PV モジュールや電気自動車等のリチウムイオンバッテリーを一般廃棄物として管理するとともに、リサイクル促進を図る目的で、新たなルールを設ける取り組みをしている。現時点では、2026 年 12 月に発効予定となっている。

② 州法レベル

カリフォルニア有害物質管理局 (DTSC, California Department of Toxic Substances Control) では、PV モジュールのユニバーサル廃棄物管理を求めている。

- ・ 2021 年 1 月 1 日以降、使用済み PV モジュールは有害廃棄物ではなくユニバーサル廃棄物として管理可能 (22 CCR § 66273)
- ・ 年間 100 k g 以上を扱う事業者は DTSC への通知と年次報告が必要
- ・ 州外輸送時は RCRA に基づく有害判定が必要
- ・ 特に蓄電池システム (BESS) 廃棄の場合は火災安全に関する規定もあり

CFC Chapter 12 (エネルギーシステム) では、蓄電池システム (BESS) の設置・運用・廃止に関する包括的な安全基準を定めており、そのうち CFC

¹⁴² U.S. Department of Energy, SETO's Photovoltaic End-of-Life Action Plan Update Webinar Oct. 2024, <https://docs.nrel.gov/docs/fy25osti/91745.pdf>

1207.2.1（2022 版）及び 1207.2.3（2025 版）において、廃棄管理方法を以下のとおり定めている。

- ・ 蓄電池システム（BESS）を廃止するにはデコミッショニング計画を提出・実施すること
- ・ 安全なシャットダウン手順を含むこと
- ・ 火災や損傷を受けた蓄電池システム（BESS）の撤去に関する対応策を明記すること
- ・ 消防当局への事前通知をすること
- ・ 火災・熱暴走リスクを考慮した撤去手順を含めること

NFPA 855（エネルギー貯蔵システムの火災安全基準）においても、蓄電池システム（BESS）の設置・廃止は記載の火災安全基準に基づくことが要求されている。なお、カリフォルニア州以外の州においても、「廃棄を管理する」方向に進んでいる。

2-3-2 欧州

EU における法体系のルールとして、「EU 法は原則として国内法に優先し、国家間又は個人間で直接適用されうる」としている。ただし、施行直後から国内適用される規則（Regulation）と加盟国ごとに転換法が必要な指令（Directive）がある。

ドイツやオランダは、EU 加盟国であり、EU のルールに従う部分がある。

また製品規格についても、EU が定める規格（EU 整合規格（Harmonised Standards）、欧州規格（European Norm、以下「EN」）と欧州技術評価（European Technical Assessment、以下「ETA」）と各国の規格が存在するが、柔軟性を確保し、加盟国ごとの事情にも対応可能な制度設計（以下の原則と制度）となっている。

- ・ 相互承認（Mutual Recognition）：Regulation（EU）2019/515 では、EU 規格で完全に網羅されない分野に対し、「他国で合法的に販売されている製品は、自国でも販売可能」とする原則を定めている
- ・ 標準化制度（Regulation 1025/2012 & CEN¹⁴³/CENELEC¹⁴⁴ Process）：CEN/CENELEC による EN 規格は、各国で「同一内容」として採用／相反する国規格は廃止される
- ・ Blue Guide と Construction Products Regulation（以下「CPR」）の ETA 採用：規格未整備時や補完仕様に対応、ETA 活用や暫定措置で柔軟かつ透明な制度運用

なお、EU では 2024 年に EPBD（European Performance of Buildings Directive）という

¹⁴³ CEN（European Committee for Standardization）：機械、建築、サービス等の非電気分野の EN を策定し、加盟国の国家規格を統一。

¹⁴⁴ CENELEC（European Committee for Electrotechnical Standardization）：電気・電子機器、電力システム、再生可能エネルギー等の分野において、IEC（国際電気標準会議）との協定に基づき、電気分野の欧州規格を策定。

建物性能指令の中で、太陽光発電設備の設置の義務化をする計画を以下のとおり定めている。

- ・ 新築の商業施設や公共建物：2026 年まで
- ・ 改修工事を行う商業施設及び公共施設：2027 年まで
- ・ 新築住宅：2029 年まで
- ・ 既存の公共建物：2030 年まで

2-3-2-1 EU 規則・指令

(1) CPR (Regulation 305/2011)

建築製品の性能表現及び CE マーキング¹⁴⁵に関する統一ルールを定めている。加盟国は、建築物の火災安全の規制を維持する権限を有し、CPR は製品評価の統一ルールを定めている。

CPR Annex I では、製品が満たすべき性能特性として、火災時の安全性、機械的強度、耐久性、衛生・健康環境等の分野について規定している。

PV システムの構成部品（ケーブル等を含む）の燃焼性について、EN 13501-1 に基づく分類で表示することを求めている。PV システムの構成部品は、Classification - Annex I・Art 3において、建物の屋根材あるいは外装材として難燃性であることを求めている。

(2) Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)

PV システム導入に関連した電気火災リスクを想定し、そのリスクを建物の性能評価に組み込むことを明確にしている。新築、改修時の建物耐火性能を定めるとともに、加盟国に電気火災安全に関する研修やガイドラインを提供することを求めている。

(3) Network Codes (Generator Requirements: RfG/ DCC)

EU の電力系統に接続される設備の技術要件を定めた EU 規則の一部。異常時の安全遮断等が定められている。

2-3-2-2 EU/EFTA 整合規格 (EN/ CLC (欧州電気標準化委員会、European Committee for Electrotechnical Standardization、CENELEC) / CEN)

PV システムの火災安全に係わる主な規格として以下が挙げられる。

¹⁴⁵ CE マーキング (Conformité Européenne) とは、製品が EU の安全・健康・環境保護に関する法令や指令の必須要件を満たしていることを示す表示。CE マークのある製品は、追加の国内認証なしに加盟国で販売が可能であり、対象となる EU 規則・指令に適合していることを示す。

- (1) EN 13501-1: 建築材料の火災反応分類
燃焼性能や燃焼反応(煙等)について、A1-Fクラスで分類することを示している。
PV モジュールや架台の CE マーキングに用いられる基準。
- (2) EN 50583-1: BIPV モジュールの性能・安全試験
BIPV モジュールを建築部材の一部とみなし、性能要件やその性能を示すための試験方法を定めている。性能要件としては以下が挙げられる。
- ・ 機械的強度：風荷重、雪荷重、衝撃に耐える構造
 - ・ 耐候性・耐久性：紫外線、温度変化、湿度に対する耐性
 - ・ 火災安全性：EN 13501-1 による反応性分類 (A1～F) 等
 - ・ 電気安全性：絶縁、過電流保護、接地要件
- (3) EN 50583-2: BIPV システム (モジュール及び架台総体)
上記のモジュール単体の規格 (EN 50583-1) を補完し、モジュール・架台・固定部材・電気接続部を含む BIPV システム全体としての安全・性能要件を定めている。性能要件は、上記 EN 50583-1 と同じ。
- ※ 上記 EN 50583-1、EN 50583-2 は BIPV に関する規格。一方、BAPV に関しては、同様な EU 規格は定められていない。
- (4) EN 61730-2: PV モジュールの安全試験 (火災含む)
試験方法について定めている。MST23 による B-roof 試験 (ANSI UL 790 同等)、MST15 等による火災耐性評価、IEC 61730-1 で構造要件準拠 (MST23 や MST15 は、IEC 61730-2 (EN 61730-2) に含まれる試験項目の一つで、PV モジュールの火災安全性を評価する試験)。
- (5) EN 62446-3: システム検査・火災安全評価
PV システムの検査・試験・文書化に関する規格で、特に既設システムの定期点検と安全評価を対象としている。検査項目としては、例として以下が挙げられる。
- ・ 視覚検査：モジュール、ケーブル、接続部の損傷や劣化。
 - ・ 電気試験：絶縁抵抗測定、接地抵抗測定等
 - ・ 火災安全評価：アーク故障の兆候、過熱部位 (ホットスポット) 確認、ケーブルの損傷や劣化等
- これらの目視点検・電気点検は年次での実施を求めているが、それに加えてサーモグラフィカメラによる検査 (ホットスポットの確認) を最低でも 4 年に 1 回実施することを推奨している。

(6) EN 50575: ケーブルの火災性能 (CPR 反応性/煙・毒性)

電力・通信ケーブルの火災性能に関する欧州規格で、CPR に基づき、建築物に恒久的に設置されるケーブルの安全性を評価するもの。PV システムに使用されるケーブルも対象となる。火災に対する反応性等の性能要件やその試験方法を定めている。

(7) EN 1991-1-2 (Eurocode): 構造火災設計

火災時に構造物にかかる熱的・機械的荷重を設計指針化するための規格で BIPV 架台等にも適用される。

2-3-2-3 Confederation of Fire Protection Associations Europe (以下「CFPA-E」)

CFPA-E は、欧州各国の防火協会 (Fire Protection Association) の連合体で 26 の会員で構成されている。主に、防火や火災予防、安全やセキュリティに取り組んでいる。様々なガイドラインを発行しており、法的拘束力はないものの、保険業界、建築業界や規制当局に広く参照されている推奨基準の位置付け。

CFPA-E が発行する PV システムに関するガイドラインとして CFPA-E Guideline No 37:2025 F¹⁴⁶が挙げられる。これは、設計・施工・点検・消火活動をカバーする推奨基準である。BAPV や BIPV を主に想定しており、火災リスクだけでなく自然災害等、PV システムに係わる他のハザードも網羅している。

設計や設置について、火災安全の観点からは以下のガイドラインを示している。

- ・ 5.2.2 Electrical Safety: 接地、アース保護、避雷器類、過電圧・雷サージ対策。EN を参照することを示している。
- ・ 5.2.3 Fire Protection: CPR に基づく火災分類を示すことや火災リスク低減に向けて、以下を定めている。
 - DC 設備を屋外に設置すること
 - DC ケーブルを極力短くすること (DC アークの防止)
 - インバータは屋外又は防火区画内に置くこと
 - ケーブルの敷設方法やモジュールの設置方法
- ・ 5.3 Before Start of Operation: 設置完了後の初期検査や試験、急速遮断の確認等を求めている。
- ・ 5.4 Operation: 定期的なメンテナンスの要領等を定めている。
- ・ 5.5 Special information on fire fighting: 消防活動を想定したガイドラインも用意している。
 - 建物火災が発生した際、消防隊が PV モジュールの電源を遮断できるように「消

¹⁴⁶ CFPA-E, Photovoltaic systems: Recommendations on loss prevention, 2025 年 6 月, https://cfpa-e.eu/app/uploads/2022/05/CFPA_E_Guideline_No_37_2025-F_1.pdf

「防隊用スイッチ」を用意すること

- 屋根にモジュールが設置されている場合、消防隊がアクセスできるようにしておくこと
- 消防隊用に必要な標識・表示を設置すること

なお、参考情報として設計・設置時のチェックリストも用意している。

2-3-2-4 その他欧州レベルの規定等

(1) Eurocodes

欧州で統一された建築・土木構造物の設計基準体系で、EN1990～EN1999 のシリーズ（設計の基本原則や荷重、鉄筋コンクリート構造等）で構成されており、強度、安定性、耐火性等を欧州で統一している。

この中で、EN1991-1-2: 2024（火災荷重の規定）の付属書では、外部構造（屋根やファザード）について触れており、BIPV モジュール等の設置が関連する。

また、PV 支持構造（架台等）の耐火安全性も関係する。

(2) FRISSBE

FRISSBE は EU の助成を受けて 2020 年にスタートしたプロジェクト（2026 年まで）で、火災安全で持続可能な建築環境に関する研究を進めている。

この中で、屋根置き型の BAPV 向けのガイドライン「Fire Safety Guideline for Building Applied Photovoltaic Systems on Flat Roofs¹⁴⁷」を公表（2024 年 5 月）。火災事例の分析を通じて、PV システムに関連する火災のリスクや火災原因を整理するとともに、火災安全に関する要求事項や消火活動に関連する要求事項を整理している。

- ・ 火災安全に関する主な要求事項
 - モジュールや使用断熱材の難燃性確保
 - 火災・煙の拡散抑制や消防のアクセスライン
 - アース・過電圧保護のため、避雷器や rapid shutdown 装置の設置
 - Eurocode に基づき、耐火時の支持・荷重設計をすること
 - ユーザーへの初期検査の要求（試運転時に急速遮断テスト等）
 - 維持管理の面では、定期点検実施（絶縁抵抗、接合部、アークやホットスポットの確認等）
- ・ 消火活動に関する主な要求事項
 - 消防のアクセス確保や制御方法（遮断策等）確保、消防のための表示設置

¹⁴⁷ FRISSBE, Fire Safety Guideline for Building Applied Photovoltaic Systems on Flat Roofs, 2024 年 5 月, <https://www.frissbe.eu/upload/files/FRISSBE-ZAG%20BAPV%20Fire%20Safety%20Guideline%20May%202024%20v3.pdf>

(遮断スイッチの位置等を示すもの)

- 消防訓練とマニュアル（停電・落雷・アーク火災等対応手順）
- 消防提出資料の要件（分電盤の位置等）

2-3-2-5 PV 設置業者の資格

EU としては、PV 設置業者の資格を定めた規定等は存在せず、各加盟国の規定に従うことになる。

なお、RES-EU (RES EU certification) ¹⁴⁸という制度があり、EU 加盟国間で小規模再生可能エネルギー設備の設置業者（インストーラー）が資格を相互承認しつつ、他国でも事業展開できるようにしている。その資格要件のポイントは以下のとおり。

- ・ 太陽光発電設備を含む小規模再エネ設備を対象に、設置・メンテナンスができる技能を認定する相互承認制度。
- ・ データベース上で以下を確認することができる。
 - 国／地域の認証機関の連絡先
 - 各制度の対象となる技術に関する詳細情報、各技術に対する制度が義務か任意か、必要な教育レベル（学歴や専門分野）
 - 研修でカバーされる能力
 - 研修の費用、期間、内容
 - 他の加盟国で発行された資格を承認するために確立されたプロセスの詳細（「相互承認」）
 - 認証／資格に関連する法令の詳細
 - 不遵守に対する罰則と保険加入のルール

2-3-2-6 PV システムの廃棄に関する規定

火災安全に関する視点ではなく、リサイクルの視点での WEEE 指令 (Waste Electrical and Electronic Equipment Directive) ¹⁴⁹がある。2002 年に最初に定められたものが 2012 年に再編されて発効し、その後 2018 年、2024 年に改正されている。この対象に PV モジュールも含まれる。製造者・輸入者は、報告義務を負い、回収・処理費用を負担することが義務付けられている。

¹⁴⁸ RES-EU, <https://www.reseu.eu/>

¹⁴⁹ EU, DIRECTIVE 2012/19/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 4 July 2012, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:32012L0019>

2-3-3 ドイツ

2-3-3-1 PV システムの電力ネットワーク接続に関する規制

以下の NELEV や ZEREZ が関連する規制だが、PV システムの火災安全に直接関連するものではない。火災安全については、後述する他の規格で規制される。

- (1) NELEV (Elektrotechnische-Eigenschaften-Nachweis-Verordnung、電気設備技術的特性証明規則)¹⁵⁰

Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) § 49d にもとづき、EU 基準 (EU 2016/631) との調和を図りつつ、多様な電力系統接続時の電气的安全要件を定めた法律規則。主に新設・既設・蓄電設備を含むすべての再エネ発電設備が対象。

これは、火災安全について触れているものではなく、電气的安全要件を定めたものだが、後述の登録システムとの関係もあるため、簡単に触れておく。

なお、EnWG § 49d は、ドイツ連邦経済機構保護省 (BMWK) が所管しており、設備と部品の登録・監視のための中央レジストリ設置に関する権限を定めている。この登録システムにより電力供給システムの安全・信頼性維持等を図っている。

- (2) ZEREZ (Zentrales Register für Einheiten- und Komponentenzertifikate、中央証明書登録システム)¹⁵¹

上記の規則 EnWG § 49d に基づき導入された PV システムを含む再生可能エネルギー設備の部品 (インバータ、モジュール、蓄電池等) やユニットの証明書を一元的に管理するシステムで 2024 年 4 月に稼働。2025 年 2 月から登録が義務化され、登録されていないものは電力ネットワークへの接続ができない。

電力システムへの PV システムの接続申請時に、この登録システムの ID (ZEREZ-ID) を提示することで、即時に証明の有効性を確認することが可能となった。

2-3-3-2 建物建築時の規制

ドイツでの建築基準法 (建設法典、Baugesetzbuch; BauGB) は都市計画を規定する法律であるため、個々の建築物の安全規制は、各州が制定する州建築令 (Landesbauordnung: LBO) が基本となる。LBO の他に、LBO の原型である Musterbauordnung (MBO/モデル建築規則: 法ではなく、各州で法的に導入されるための指針) や LBO に基づき各州が発する通達 (BVTV: Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen、技術的建築規定に関する行政通達) によって規制されている。

¹⁵⁰ NELEV, Elektrotechnische Eigenschaften Nachweis Verordnung, 2017 年 6 月 12 日, <https://www.gesetze-im-internet.de/nelev/BJNR165100017.html>

¹⁵¹ ZEREZ, <https://www.zerez.net/>

(1) LBO、MBO

各州の LBO では、建築許可時には安全確保が必須要件としている。各州の LBO は同一ではないが、MBO では以下の点等を要求しており、PV システムにも関係する。

- ・ 火災発生予防や延焼抑制・防火区画の基本措置
- ・ ケーブル等の仕様（耐火性の確保）
- ・ 避難や消火活動を考慮した構造や配置等

この MBO の内容が、各州の LBO に（修正）導入されている。

(2) BVTv

LBO に基づき発行される通達で、技術的建築基準の詳細を定めている。州によって異なるが、例えばドイツの最大州であるノルトライン＝ヴェストファーレン州（NRW、州都はデュッセルドルフ）の BVTv では、PV システムに係わる火災安全について、以下のような点を規定している。

- ・ 屋根裏や外壁等の防火区画設定を要求しており、屋根上に設置される PV モジュールに関連する延焼防止の構造要件
- ・ ケーブルや配線接続に関しては、DIN-VDE 準拠の施工方法に従うこと。ケーブルは、DIN EN 50200 相当の評価試験に準じること。
 - 耐火性のあるケーブル（EN1366-3）使用を要求
 - 支持具は不燃性
 - 架台は鉄骨架台
 - アース設置措置
- ・ 消火活動に配慮した（アクセス可能とするための）レイアウト（通路やモジュール間のスペース等）を規定。
 - 屋根上の避難ルートの幅は最小 1.2m
 - 梯子のアクセス可能なスペース（1.0m 四方）の確保
- ・ 大規模な屋根では、屋根端部とモジュール間の最小距離を規定。
 - モジュールを屋根端部から 50 cm 以上空けることを推奨
 - モジュール間のスペースは 0.6m 以上
- ・ DIN-VDE 0100-712/VDE-AR-E 2100-712 と連動（安全設計・設備の信頼性確保のため）
- ・ PV システムの緊急遮断についても規定

2-3-3-3 PV システムの仕様に関する規格等

(1) DIN VDE 規格

DIN とは、Deutsches Institut für Normung（ドイツ規格協会）による国家規格であり、VDE は Verband der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik

(ドイツ電気電子情報技術協会) による技術規格。

DIN VDE 規格は、DIN と VDE が共同で策定した電気設備・安全に関する標準で、国際規格 (IEC) とも整合性がある。法令で参照されることも多く、法的拘束力を持つ規格もある。

DIN VDE 規格で PV システムの火災安全にも関連するものを幾つか簡潔に以下に記載する。

- ・ DIN VDE 0100-712 : DIN VDE 0100 シリーズは低圧電気設備の設計・施工基準を定めており、DIN VDE 0100-712 では PV システムの特別要件 (DC 配線、アーク防止や遮断装置等) を定めている。
- ・ VDE-AR-E 2100-712 : PV システムの火災安全確保を目的とした応用規則で、特に消防活動時のリスク低減に焦点を当てている。消防隊が安全に消火活動を行えるよう、PV 回路を迅速に無電圧化する仕組みを義務化している (火災安全にも関連するが、火災時の感電リスクの低減が主目的)。
 - 消防用遮断スイッチ設置の義務化 : PV システムの DC 側に遠隔操作 (手動) もしくは自動 (火災感知器連動) で遮断できる装置の設置を義務化
 - 遮断装置の位置や操作方法を示す表示の設置を求めるとともに、消防計画内にも PV システムの系統図や遮断装置の位置情報を含めることを規定
 - ケーブルは、耐火性のある (DIN EN 1366-3 準拠) ダクトや導管を使用することや不燃性の支持具や耐熱ケーブル (DIN EN 50618 準拠) 使用を規定
 - 遮断装置は DIN EN 60947-3 (開閉器) に準拠
 - 設計・施工方法は、DIN VDE 0100-712 に従う
 - 遮断装置は、屋根上モジュールから 1.0m 以内に設置することを推奨。
 - 消防隊のアクセス路幅は 1.0~1.2m を確保
(VDE-AR は、VDE が発行する応用規則 (Anwendungsregel) のこと)
- ・ DIN EN 62446-1 (VDE 0126-23-1) : これは、PV システムの試験・文書化・保守要件を定めた国際規格 (IEC 62446-1) をドイツ国内で適用したものの。設置後のテスト方法を標準化し、保守点検時の基準を提供している。

設置後のテストとしては、DC 側の絶縁抵抗試験 (火災リスクや感電防止のため、モジュール間・ストリング間の絶縁性能を確認)、極性確認 (誤配線による過熱・火災防止)、開放電圧・短絡電流測定 (設計値との一致確認) 及び接地・保護導体の連続性試験 (感電・アーク防止) が含まれる。

保守点検については、定期的な目視点検（ケーブル損傷の有無や接続部の過熱兆候の有無、緩みや腐食の有無）、絶縁抵抗の測定を求めている。

(2) VdS (VdS Schadenverhütung GmbH)

VdS は、ドイツ保険協会 (GDV) が 100%出資する企業で、防災・保険関連に特化した認証・検査機関。

・ VdS 3145: 2025-26¹⁵²

VdS がドイツ保険協会と共同で作成したガイドライン。PV システムの選定・設計・施工・運用における火災・電気・機械的安全性を規定している。火災リスクや設置器具の仕様 (DIN VDE 等をリファー)、保守指針等がカバーされている。

この規定で特記されることは以下のとおり。

- 選定（どのように設置するかを検討）、設計、施工、運用のライフサイクルすべてを網羅している
- 特に保全に関して、具体的な要求をしている
- 専門家による年次点検（目視での点検）
- 4 年に 1 回は、DIN EN 62446-1 に従った点検
- 建物に PV システムを設置する場合、建物の耐火性能や防火区画に影響がないような設置方法を具体的に規定。例えば、建物内の防火壁に繋がっている屋根上のパラペット上に PV システムのケーブルを渡す場合は、ケーブルが防火区画を超える延焼媒体とならないように、そのケーブルは耐火性のある（例えば金属製）導管・ダクト内に設置することを規定
- 設置から 20 年以上経過したシステムの扱い。劣化リスクを考慮した点検が必要と明記
- 消防用遮断スイッチが必要としているが、ドイツ消防協会 (Deutscher Feuerwehrverband, DFV) と AGBF (Arbeitsgemeinschaft der Leiterinnen und Leiter der Berufsfeuerwehren in der Bundesrepublik Deutschland、全国の消防本部の長が参加する団体) は、消防用遮断スイッチが不要としている点を付記している

(3) TÜV Rheinland AG

TÜV は、ドイツの技術検査協会 (Technischer Überwachungsverein) の総称で、複数の独立法人の総称。

TÜV Rheinland は 1872 年に設立された蒸気ボイラ検査協会がスタートで、現在は

¹⁵² VdS, VdS 3145 Photovoltaikanlagen, <https://shop.vds.de/download/vds-3145>

世界 50 か国以上に拠点を持つ独立法人。

製品や技術の試験、検査、認証、コンサルティングや研修を実施しており、自動車、エネルギー、インフラ等幅広い範囲に対応している（この対象範囲が VdS と異なる）。

(4) Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization¹⁵³

※ ドイツ語版オリジナルは 2015 年 7 月に第 2 版が作成され、それが 2018 年に翻訳されたもの

TÜV Rheinland AG が Fraunhofer ISE と作成したガイドライン。PV システムの火災リスクや感電リスクを体系的に評価し、リスク低減のためのガイドラインを示している。ポイントは以下のとおり。

- ・ システムの設計や設置、保守に関することに関しては、前述の DIN や VDE 等の規定があることを整理して説明するにとどめている
- ・ インバータやケーブル等のコンポーネントについて、各メーカーの説明書を確認し評価。また、モジュール等の主要コンポーネントの保証についても整理
- ・ 故障や火災事故の分析を実施（リスク分析も実施）
- ・ 電氣的事故を含む消防活動に伴うリスクを、シナリオを挙げながら整理
- ・ 消火活動に伴う流出物質による汚染に関する情報を整理

2-3-3-4 設置業者の資格

ドイツでは、前述の RES-EU のドイツで整理されている資格を満たす必要がある。そのため、VDE や TÜV 等の認定機関の実施する講習（実技を含む）を受講し試験に合格する必要がある。以下の VdS の資格はその一例。

- ・ VdS Photovoltaic-Systems Experts¹⁵⁴

VDS 3174:2013 Procedural guidelines for the recognition of experts for photovoltaic systems (PV experts)で規定されている PV システムの専門家認定制度。VDE 1000-10 準拠の電気技術者資格で、資格取得のためには、PV システムの設計・施工・試験業務に従事しており、3 年以上の実務経験（主な業務として PV 関連）

¹⁵³ PV-Brandschutz - Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung, Assessing Fire Risks in Photovoltaic Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization, 2018 年 6 月,
https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/10/f56/PV%20Fire%20Safety%20Fire%20Guideline_Translation_V04%2020180614_FINAL.pdf

¹⁵⁴ VdS, Experts for Photovoltaic Systems, <https://vds.de/en/expertise/fire-safety/certification/qualified-electricians/experts-for-photovoltaic-systems>

が必要であり、それに加えて VdS 3174 準拠の研修（講習）受講と修了試験の合格が必要。合格者は、VdS の名簿に掲載される。認定者のみが、VdS 認定の PV システムの設置、点検を担うことができる。なお、資格は 4 年間有効で、資格を延長したい場合は、再申請するとともに、必要な書類を提出し審査を受ける必要がある。

2-3-3-5 PV システムの廃棄に関する規制

ElektroG (Elektro- und Elektronikgerätegesetz、電気・電子機器法)¹⁵⁵が該当するが、これは EU の WEEE 指令のドイツ国内実装法として定められた法律。

- ・ 家庭用の PV システムは、この法の対象
- ・ 消費者は無料で PV システムを引き渡すことが可能
- ・ メーカーや輸入業者、販売者、レンタル業者は、PV システムの回収責任を負っており、登録なしに PV システムを販売することはできない。ElektroG により、業者は、Stiftung Elektro-Altgeräte-Register (EAR) に登録し、製品回収・リサイクル責任を負う
- ・ 地方自治体 (Kommunen) や認定処理施設が全国回収システムを運営している。ElektroG の中で、回収したシステムの分解や有害物質管理についても定めている。なお、この法では PV システムの火災安全について触れていない

2-3-4 オランダ

2-3-4-1 建物建築時の規制

Dutch Building Decree (Besluit bouwwerken leefomgeving (Bbl)、オランダの建築法令) 2012¹⁵⁶において、ケーブルの燃焼性 (NEN 8012 による評価) や防火区画の構成等について規定している。

防火区画に関連して WBDBO (Weerstand tegen Brand Doorslag en Brand Overslag) 時間が定められており、これが耐火時間を示している。WBDBO では、耐炎性・構造耐力・熱遮断について評価している。また、建築申請の根拠となっている。

住宅の場合、外壁や区画境界で 30 分の耐火性能が必要とされているが、仮に PV モジュールが設置される場合でも、この要件を守る必要がある (N6068 は、WBDBO を評価する方法を定めた規格だが、PV システムを設置する場合の評価方法についても記載している)。

2-3-4-2 PV システムの仕様に関する規格等

NEN はオランダの国家規格で、ISO や IEC 規格をベースにオランダ国内向けに整備されたもの。PV システムに関する主な規格としては、以下が挙げられる。

¹⁵⁵ Elektro- und Elektronikgerätegesetz, https://www.gesetze-im-internet.de/elektrog_2015/

¹⁵⁶ Besluit bouwwerken leefomgeving, <https://wetten.overheid.nl/BWBR0041297/2026-01-01>

- ・ NEN 1010：低圧電気設備の安全要件（配線・接続・保護）
- ・ NEN 7250：建築物への太陽光発電システム設置に関するガイドライン
- ・ NEN 8012：ケーブルの火災反応性能（CPR 分類）
- ・ NEN-EN-IEC 62446：PV システムの試験・検査・文書化

なお、オランダでは、ドイツほど太陽光発電設備の設置等に関して火災安全の観点から定められた法や基準は存在しないため、EU のルールや NEN をベースに管理していると考えられる。

2-3-4-3 ガイドライン

Brandweer Nederland（オランダ消防庁）が NIPV とともに作成した「Handreiking risicobeheersing advies veilige PV-systemen（リスク管理ガイドライン 安全な太陽光発電システムに関するアドバイス）」¹⁵⁷がある。

- ・ 設置に関しての基本は、前述の建築基準法で示している防火区画の要件を満たすことを求めているが、危険物倉庫やスプリンクラー設置の建物といった要件を満たす建物については、追加で消火設備等の要件も定めている。
- ・ 例えば連棟住宅の場合、その屋根に PV モジュールを設置する場合、両側の防火区画との間にそれぞれ 0.5m 以上の空間を確保することを推奨している。
- ・ PV システムの配線は防火区画を貫通させないことを推奨している。配線が防火区画を貫通する場合は、その部分に消火設備を設置することや、配線が構造物の鋭利な部分を通るのを避けることも求めている。
- ・ その他コンポーネントの設置に関する留意事項や規格のポイント等も整理されている。

なお、Brandweer Nederland（オランダ消防庁）が一般向けに提供しているものとして、以下の 2 つがある。

- ・ 「Vinklijst Plug-and-play Zonnepanelen」¹⁵⁸
A4 で 2 枚の簡易なチェックリスト。設置前に電気技師による確認を受けたか、設置中は延長コードやマルチタップを使わずストレートプラグで接続しているか、定期的に接続状況を確認しているか等 13 項目のチェック。火災安全に特化しているわけではないが、火災安全に結びつく項目も含まれている。
- ・ 「Zonnepanelen: Tips」¹⁵⁹

¹⁵⁷ Brandweer Nederland, Handreiking risicobeheersing advies veilige PV-systemen, <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2022/03/20201201-BRWNL-Handreiking-risicobeheersing-Advies-veilige-PV-systemen.pdf>

¹⁵⁸ Brandweer Nederland, Vinklijst Plug-and-play Zonnepanelen, <https://www.brandweer.nl/zonnepanelen-vinklijst-plugin-and-play/>

¹⁵⁹ Brandweer Nederland, Tips voor veilige zonnepanelen, <https://www.brandweer.nl/onderwerpen/zonnepanelen-tips/>

PV モジュール設置に関する安全アドバイス集。火災や感電等の事故を防ぐために、設置前・設置中・設置後に注意すべきポイントを簡潔に記している。

- 設置前の確認：屋根の強度や防水性をチェック。電気設備が適切か、専門家に確認。説明書を必ず読む。
- 設置時の注意：ケーブルやコネクタを正しく接続（接触不良防止）。延長コードやマルチタップを使わない。インバータのプラグはしっかり差し込む。
- 設置後の安全管理：定期的にケーブルや固定具を点検。ネットワーク事業者への登録。保険会社への通知。
- 火災リスク低減：ケーブルの損傷や過熱を防ぐ。PV モジュール下の換気を確保。DIY 設置の場合は特に注意。

2-3-4-4 設置業者の資格要件

ドイツと同様に RES-EU における資格要件はあるが、それに対応できる主要な資格制度は以下のとおり。

- ・ InstallQ 認定 (Erkenning InstallQ Zonnestroomsystemen ¹⁶⁰)
InstallQ による「PV システム設置認定制度」。設計・設置・保守業務の能力を評価する。必要要素は以下のとおり。
 - 計画・設計・設置・点検・報告に関する知識
 - 技術者の教育、適切な工具と設備
 - 作業記録やプロジェクトドキュメントの整備
- ・ NEN 1010 /NEN 3140 ワーク責任者資格 (Werkverantwoordelijke Zonnestroominstallaties)
 - NEN 3140 対応資格として「PV システム施工責任者」がある。
 - 電気設備の作業責任者であることを示し、InstallQ の試験項目にも含まれる。
- ・ Techniek Nederland 認定研修
 - 「一級屋根上 PV 設置技術者 (Eerste monteur zonnestroominstallaties op het dak)」等の研修コースある。
 - InstallQ との連動で、実務経験と安全施工技術を学習できる。
- ・ SCIOS Scope 12¹⁶¹ インспекター資格
 - 後述のとおり SCIOS Scope 12 で定めるインспекション (EBI/ PI) を実施するために必要な資格。資格＝認定ではなく、上述のような認定機関の資格保有が必要。

¹⁶⁰ InstallQ, Erkenning voor zonnestroomsystemen (PV), <https://installq.nl/zonnestroominstallaties-pv>

¹⁶¹ SCIOS, Scope 12, <https://www.scios.nl/welcome/scope-12>

2-3-4-5 点検制度

SCIOS Scope 12 という PV システムの安全性や品質を評価する検査制度が導入されている。この検査制度は、オランダの保険協会 (Verbond van Verzekeraars)、Holland Solar (オランダにおける太陽光・太陽熱エネルギー分野の業界団体)、そして検査会社 (業界団体の iKeur 及び Techniek Nederland に所属) の主導により開発された。火災リスクが特に重視されている。保険加入の条件として求められる場合も多く、商業物件では実質的に必須になるケースもある。

Scope 12 の検査は、初回検査と定期フォローアップ検査に分けられる。検査内容は、2020 年 4 月に確定し、検査会社に公表されている。

- ・ 初回検査 (EBI: Eerste Bijzondere Inspectie)
 - 新設又は大規模改修時に実施
 - 設計・施工の適正性を重点評価し、NEN 1010 等の基準遵守を確認
- ・ 定期検査 (PI: Periodical Inspection)
 - 通常、5 年ごとに実施
 - 機器の劣化や経年リスク、構造・火災リスクを中心に検査。

検査は、NEN 1010 (電気工事の安全基準)、NEN 3140 (運用・保守)、NEN-EN-IEC 62446-1 (PV システム試験・検証)、NEN-EN-IEC 61439 (配電装置) 等を基準とし、技術文書 SCIOS Technical Document 18 により検査手順を定義。

主な検査項目の例としては以下が挙げられる。

- ・ 構造・固定
 - 架台の強度・耐風雪性
- ・ 電気安全
 - 適切な配線、DC/AC 接続、アース処理
 - コネクタの状態 (緩み・損傷・非純正混合)
 - 遮断装置や過電圧防護の実装
- ・ 火災リスク
 - ケーブルやダクトの配置・被覆
 - コネクタの過熱チェック
- ・ ドキュメント
 - 電気回路図、構造計算書、施工記録
 - 試験結果、保守計画等の整備
- ・ サーモグラフィカメラによる検査 (ホットスポットの検出)

初回検査では、適合すれば合格証明書が発行され、不適合項目は是正後に再検査となる。定期検査では、現状評価の報告が行われ、修理必要箇所がある場合は対応指示が提示される。

なお、この検査制度は、認証制度とは異なり、認証を受けていることを示すものではない

(認証制度とは独立した制度)。

検査会社に必要な知識と能力の要件も定義されており、そのためのトレーニングコースや試験が用意されている。試験に合格し認証機関と認証契約を締結すると認証プロセスの一環として最初の検査を開始できる。

2-3-4-6 廃棄に関する基準

EU の WEEE 指令に従う必要があるのはもちろんだが、オランダ国内法でも、PV システムの製造者、輸入者は回収・処理・リサイクルの責任を負い、自治体や認可業者を通じて適正に処理を行うことが求められている（拡大生産者責任制度、EPR (Extended Producer Responsibility) /UPV (Uitgebreide Producentenverantwoordelijkheid)）。なお、Stiching OPEN という公共団体が PV モジュールの廃棄チャネルを構築している。

2-3-5 中国

中国における PV システム関連基準には国家標準 (GB 基準)、地方標準 (DB 基準) があり、原則強制力をもつ。一方、GB/T と呼称される推奨性国家標準や、DB/T と呼称される推奨性地方標準、NB 基準と呼称される業界標準などの非強制的な基準が存在し、ガイドラインとして扱われている。

国家標準としては、推奨性国家標準 GB/T 36568-2018「光伏电站运行规程」が産業用・事業用 PV システムの運用規則を定めている。同標準では、PV アレイの点検頻度や内容に関しても規定している。また、GB/T 37408 及び GB/T 34936 により、インバータや接続箱の温度管理基準が設定されている。

地方標準について、北京市と安徽省の推奨性地方標準 DB11/T 2036-2022¹⁶²と DB34/T 3188-2018¹⁶³など確認した。いずれも国家標準に追加する形で、独自の安全対策を指定しており、ラピッドシャットダウン装置、アーク検出及び遮断の要求、消防隊への警告表示方法などが地方ごとに異なる点が特徴的である（第 4 章 2-5-3 参照）。

業界標準としては、NB/T 11081-2023「太陽光発電システムサーモグラフィ検査技術規範」が特筆される。この推奨性業界標準は、サーモグラフィカメラを用いた点検について、確認すべき点、記録内容、使用機器の仕様、気象条件等を詳細に規定している。モジュール、インバータや接続箱についてもそれぞれの国家標準に基づく温度判定を要求している点が特徴的である。中国電力企業連合会のガイドラインである「建築用太陽光発電システム適用技術基準」では、以下に例示する構造を要求している。

- ・ 太陽光発電部材の燃焼性能及び耐火限界は建築物の耐火等級に基づいて決定する
- ・ 建材型太陽光発電部材は不燃性を使用する
- ・ 室内に設置される制御装置、インバータは 2 時間以上の耐火性をもつ防火壁及び

¹⁶² 北京市，推奨性地方標準 DB11/T 2036-2022 分散型太陽光発電システムの電気安全技術規範

¹⁶³ 安徽省，推奨性地方標準 DB34/T 3188-2018 建築物における太陽光発電システムの防火技術規範

1.5 時間以上の耐火性をもつ床板で防火区画とする

- ・ 防火区画の開口部は防火等級 B の防火扉・窓の設置、内装材を防火等級 A とする
- ・ BIPV モジュールは全て難燃性又は不燃性とする
- ・ 自動閉鎖する防火扉がある場合を除き、BIPV と防火壁の水平距離は 2m 以上とする

2-3-6 韓国

韓国における PV システムの規制体系は産業標準 (KS)、認証制度 (KS 認証・KC 認証)、ガイドライン (点検指針・チェックリスト) 等が存在している。

韓国における産業標準 (KS) は IEC 規格との整合化が図られており、KS C IEC 61730 シリーズをはじめとする PV 関連規格が利用されている。

KS 認証及び KC 認証という二つの認証制度による市場流通前の品質担保である。KS 認証は韓国標準協会 (KSA) が所管し、太陽光モジュールやマイクロインバータを対象として、KS 規格への適合性を保証している。KC 認証は国家技術標準院 (KATS) 配下の認証機関が所管し、監視装置、電力量計、インバータ、接続箱等の構成機器について、電気安全基準適合性、EMC 試験、製品試験等を要求している。

業界ガイドラインでは、韓国電気安全公社 (KESCO) が 2018 年に発行した「太陽光発電設備点検指針」¹⁶⁴は、全ての PV システムを対象として、電気的安全性、機械的安全性、火災安全性、性能確認の各観点から点検項目を提供している。韓国雇用労働省は、自家用太陽光設備安全点検チェックリスト¹⁶⁵と事業用太陽光設備安全点検チェックリスト¹⁶⁶の 2 種類を配布している。また、韓国エネルギー公団が 2019 年にバルコニー型 PV のメンテナンスガイド¹⁶⁷を発行している。

2-3-7 その他各国

EU 諸国、日本をはじめ、多くの国が IEC 等の国際規格との整合を図っている。なお、各国での採用においては規格を一部ローカライズしており、完全に同一ではない。また、国際規格をベースとする規格に加え、各国様々な独自基準やガイドラインを用意している。

日本、米国を含む各国における PV システムの火災安全に関する要件の詳細については本報告書の第 2 節 2-4 以降に掲載する。

¹⁶⁴ 韓国電気安全公社 (한국전기안전공사), 太陽光発電設備点検指針 (태양광 발전설비 점검 지침) SPS-C-KESG-III-M-11-7283:2018(Sep. 2018)

¹⁶⁵ 雇用労働省, 自家用太陽光設備安全点検チェックリスト (자가용 태양광 설비 안전점검 체크리스트))

¹⁶⁶ 雇用労働省, 事業用太陽光設備安全点検チェックリスト (사업용 태양광 설비 자체 안전점검 체크리스트)

¹⁶⁷ 韓国エネルギー公団 (한국에너지공단신재생에너지산업), バルコニーPV システムの保全ガイド (案) (발코니(베란다) 태양광 설비 설치 및 유지관리 기본가이드(안) May 2019)

2-4 太陽光発電設備の火災リスク

2-4-1 火災発生メカニズム

PV システムにおける火災の主要原因として、直流（DC）アーク故障、短絡等の電氣的異常、端子の緩みによる抵抗増大、経年劣化等に起因する過熱が挙げられる。

直流アーク故障について、欧州の Solar Power Europe のレポート¹⁶⁸によると、「アーク故障とは、イオン化したガス分子を介して電気エネルギーが空気中を流れること。空気は通常、非伝導媒体とみなされるが、近接した 2 つの導体間に高い電位差（電圧）が生じると、空気分子がイオン化した成分（「プラズマ」と呼ばれる）に分解され、一方の電極からもう一方の電極へ電荷が移動する。つまり、アークが発生する。」とされている。

オランダ公共安全研究所（NIPV, Netherlands Institute for Public Safety）の 2025 年報告¹⁶⁹では、「アーク放電は 2 つの電極間で電気負荷が伝導されるときに起こる現象。プラズマが形成されることで、電極間のガスが光る。アーク放電は電極間の直流（DC）電圧で最もよく維持される。アーク放電では温度が 7,000 K (6,727.85℃) に達する可能性があるが、高さは電圧、電流強度、材料と電極間の距離に依存する。」とより詳細に説明されている。

IEC 62548-1 による定義では、PV システムには主に以下 3 種類のアーク放電が存在するとされている。

- (1) 直列アーク：配線の接続不良又は断線によって発生するもの
- (2) 並列アーク：電位の異なる隣接する配線間の短絡によって発生するもの
- (3) 地絡アーク：絶縁不良によって発生するもの

PV システムで発生する可能性が最も高いのは直列アークであるとされている。直列アークが速やかに消弧されない場合、他の導体を損傷し、並列アークが発生するおそれがある。

端子の緩みによる抵抗増大も、火災原因のひとつである。経年変化等により接触抵抗が増大し、ジュール熱による過熱から火災に発展する場合がある。ドイツの Hermann らの研究¹⁷⁰では、特にネジ端子を使用した接続部分でのリスクが高いことが報告されている。Qian らの研究¹⁷¹によると、「経年劣化等に起因する過熱について、モジュール内部のセル劣化や封止材の劣化により局所的な抵抗増加が発生し、ホットスポットと呼ばれる異常過熱現象が生じる場合がある。これにより、モジュールの発火や周辺部材への延焼リスクが生じる」としている。

¹⁶⁸ Solar Power Europe, Rooftop PV Fire Safety Factsheet,

<https://www.solarpowereurope.org/advocacy/position-papers/rooftop-pv-fire-safety-factsheet>

¹⁶⁹ Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), Kennisdocument Zonnepanelen May 1, 2025, <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2025/06/20250501-VRU-NIPV-Kennisdocument-zonnepanelen.pdf>

¹⁷⁰ Fraunhofer ISE – Hermann, M 他, PV Fire Hazard - Analysis And Assessment Of Fire Incident, https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/conference-paper/28-eupvsec-2013/Laukamp_5BV771.pdf

¹⁷¹ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) J. Qian 他, Analysis of Hotspots in Half Cell Modules Undetected by Current Test Standards, IEEE Journal of Photovoltaics 9 - 842-848 (2019), <https://ieeexplore.ieee.org/document/8658186/>

このような異常過熱への対策として、日常的な目視点検に加え、サーモグラフィカメラを用いた定期点検の実施が日本や中国の業界ガイドライン等で推奨されている。

2-4-2 火災発生に至る要因分析

アークなどの危険な電氣的異常は、施工不良、配線の損傷や絶縁劣化による断線や線間短絡に起因する場合がある。特に、設置時の配線管理不良や鋭利なエッジによる配線損傷、圧着不良などの施工品質の問題は太陽光発電システムの火災原因として最も多く報告されている。最も多くの文献で指摘されているのは、コネクタ接続に関する施工不良や誤った取り扱いである。異なるメーカーや仕様のコネクタを接続することで、過熱や直列アークによる事故が発生している。また、コネクタを取り付けるための圧着接続の品質が悪く、火災に至った例がある。また、モジュールやコネクタの耐候性不足による水の侵入による事故が報告されている。

欧州の Solar Power Europe の分析¹⁶⁸では、「すべての電子機器と同様に、インバータは故障する可能性があり、モジュールには製造上の欠陥があり、電子部品には品質上の問題がある可能性がある。その他の潜在的な原因としては、直流（DC）コネクタやケーブル、スイッチの配線端子、接続箱等、システムコンポーネント間又はシステムコンポーネント内部の相互接続が挙げられる。これらは、経年劣化により欠陥や摩耗が生じる可能性がある。」とされている。

2-4-3 直流（DC）回路特有のリスク

DC 回路特有のリスクとして、高いアーク発生のリスクがある。高電圧の DC 回路は、同じ電圧の交流（AC）回路よりも低い電圧でアークが発生するためである。IEA-PVPS のレポート¹⁷²を参照すると、DC 回路のアーク発生のリスクについて「交流回路のアークは振動性があるため自己消火するが、直流回路は持続的なアークを発生させるため、より高い火災リスクを有している。」と解説している。

また、PV システムの PV モジュールからインバータまでの DC 側は、インバータを遮断しても、PV モジュールで発電された電気が流れ続けている点が消火活動中の感電や再着火のリスクになっている。

2-4-4 機器別の火災リスク分析

各種文献を調査する中で機器別火災リスクの情報を以下に記載する。

(1) インバータ（パワーコンディショナ）

インバータは PV アレイからの DC 電力を AC 電力に変換し送電する機器であり、多くの火災事故が報告されているため、各国の文献で火災安全について言及されてい

¹⁷² IEA-PVPS, T12-09:2017, Review of Failures of Photovoltaic Modules, <https://iea-pvps.org/research-tasks/>

る。

ドイツにおける Hermann らによる調査¹⁷⁰の火災発生箇所分析では、「インバータの使用数はPV モジュールの数よりもはるかに少ないにも関わらず、それらの火災件数はほぼ同数」としており、インバータの火災リスクが高い点を強調している。

インバータからの出火件数が多いことを受けて、規格や文献等では設置場所の要件を定めている事例がある。

欧州防火協会 CFPA ガイドライン¹⁷³では「インバータは建物の屋外又は不燃性の表面で構成された独立した防火区画に設置する必要がある。」とされている。ドイツ保険協会（GDV）及びその関連会社である VdS Schadenverhütung GmbH（VdS）のガイドライン¹⁵²では「故障時に火災の危険があるため、インバータは不燃物の上に設置する必要がある。インバータから可燃物への距離は 1m 以上とする必要がある。」と規定されている。機器の不良や故障による潜在的な出火リスクを無くすことは極めて困難であるため、可燃物除去による延焼防止は合理的な解決策と言える。

(2) ケーブル、コネクタ及び接続箱

ケーブルの被覆異常、コネクタの施工不良や嵌合不良は PV システムの典型的な事故原因である。前述のインバータの事故が多いというデータも、インバータ近辺に DC コネクタが集中していることが一因とも推定することができる。

ドイツにおける Hermann らによる調査¹⁷⁰の火災発生箇所分析では、直流（DC）部分ではケーブルや接続箱での火災が最も多く、特にネジ端子を使用した接続部分が危険個所と報告されている。

DC ケーブルの接続箇所、特にコネクタの問題について、オランダ公共安全研究所（NIPV）の調査¹⁶⁹によると、「PV モジュールの火災の最大の原因はコネクタ。市場には多くの種類のコネクタが存在する。そのため、あるブランドのプラグが別のブランドのソケットに接続されることがある（クロスメイト）。しかし、これによりコネクタに緩みが生じ、アークフラッシュや火災が発生する可能性がある。」と指摘されている。

Fraunhofer ISE のインタビュー⁵⁶では「異なるメーカーの 2 つのコネクタのペアリングにより接触抵抗が高くなり、アーク放電や発火の危険性が高まる。それにもかかわらず、この事態は非常に一般的である。」と問題の深刻さが指摘されている。

ケーブルの被覆異常に起因する地絡や短絡のリスクを最小化するためには、適切なケーブル施工が重要である。

ケーブルの種類及び施工方法については、IEC 62548-1 をはじめとする各種規格によって要件が定められている。米国や欧州で採用されている各規格では、ケーブ

¹⁷³ 欧州防火協会 CFPA, CFPA ガイドライン No 37:2025 F

ルの物理的保護と絶縁保護について規定しており、金属製ケーブルトレイや電線管の使用、補強ケーブル又は二重絶縁ケーブルの使用などが規定されている。ケーブルは挟み込みを避け、鋭利部への干渉、風による動揺、必要に応じ齧歯動物からの保護が必要という点も多く規格で規定されている。

欧州の EN 50618 基準¹⁷⁴では、PV システムに使用する電気ケーブルは EN 60332-1-2 による垂直火炎伝播試験の実施が義務付けられ、燃焼時に発生する煙の量は最小光透過率値 60%を超えてはならないとする制限が設けられている。

接続箱周辺における火災リスクについて、ドイツの VdS ガイドライン¹⁵²では「DC 側及び AC 側のケーブル・配線の選定と敷設は、認められた技術規則に従って行う必要がある」とし、「配線保護の無い自由敷設は禁止」「結束バンドは垂直固定部等自重を支持する箇所では点荷重による損傷の危険があるため使用禁止」「DC 配線は可燃物質（例：藁等）を貯蔵する室内を通してはならない」といった具体的な制限が設けられている。

日本の NEDO のガイドライン¹⁷⁵では、接続箱の火災について以下のとおり述べており、接続箱の材質によっては火災リスクを低減できる可能性を示唆している。

「接続箱の火災事故に関し、これまでに判明している延焼事故事例は、すべて樹脂製であり、金属製での延焼事故事例はない。また、金属製接続箱内での出火時に延焼を防止した事例の報告がある。これまでの事例から、接続箱の筐体については基本的には金属製を用いることが安全の確保に役立つ。しかし、樹脂製の接続箱は樹脂の種類や対策方法により燃焼性が異なる。そのため、必ずしも金属製接続箱以外を排除するものではない。」

また、同ガイドラインではバイパスダイオードの発熱のリスクに以下のとおり言及している。

「電圧ドロップを回避するために常にバイパス回路に電気が流れる状態となり、端子箱内部の回路（ダイオード）に長期的な発熱が生じるおそれがある。」

このような発熱が仮に高温となった場合、PV モジュール裏面への可燃物堆積状況や、設置面の可燃性によっては火災リスクが生じるおそれがあるため、点検清掃の実施や頻度の設定が重要である。また、モジュールの裏面が清掃できない構造の設備も多いため、可燃物の堆積を防止する構造や、清掃を容易にする構造等、構造的な対策にも取り組む必要がある。

(3) 太陽電池モジュール

PV モジュールそれ自体は難燃性構造とされ火災が着火延焼するリスクはある程

¹⁷⁴ Europe Nations (UN), EN 50618 - Electric cables for photovoltaic systems (March 2015)

¹⁷⁵ 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）ほか、壁面設置太陽光発電システム 設計・施工ガイドライン 2024 年度版

度低く抑えられている。モジュールにおける火災リスクは異常過熱による周囲の可燃物への着火が典型的な問題である。モジュールの異常過熱はケーブルやコネクタの短絡、漏電、アーク放電等に加え、損傷や劣化、水の侵入による内部短絡に起因するものがある。また、表面の汚れや影による発電異常によっても発熱することが知られている。

Qian¹⁷¹らの研究によると「太陽電池の直列接続は、ストリング電圧を最大化するために一般的であるが、部分的な遮光条件下では遮光されたセルは逆モードで動作する。セルは消費者として働き、エネルギーを熱として放散する。温度が上昇しすぎた場合、モジュール/セルや封止材に損傷を与える。これを防止するためにバイパスダイオードを並列に実装し、IEC 61215 に準拠した試験を行うことで安全性を確保している」とされている。一方、継続的にバイパスダイオードが作動し続けることにより、ダイオードの温度上昇につながるリスクも指摘されている。

オランダ公共安全研究所（NIPV）の報告¹⁶⁹では「従来の PV モジュールは、木々によって部分的に日陰になったり、鳥の糞等の汚れが付着したりすると、太陽電池を流れる電流が抵抗を受ける。これにより、局所的な抵抗差が生じる。その結果、これらの局所的な領域は周囲よりも高温になる。また、局所的に非常に高い電流が流れる箇所が発生することもある。従来の太陽電池では、これがホットスポットとなり、2 分以内にセルの温度が 150℃を超えることがある。」と警告している。この日陰によるホットスポット発生リスクは、壁面に設置された PV モジュールではより顕在化し易いことが考えられる。この点については事項で解説する。

なお、第 2 章 1-4 で紹介したとおり、流通量の多い結晶系表面ガラスモジュールのバックシートにガラス材を採用する製品が増えてきており、モジュールの可燃物量が減少傾向にある点は、火災リスクの面から良好といえる。

2-4-5 設置方式別のリスク分析

2-4-5-1 屋根置き型

住宅用システムについて、Fraunhofer ISE へのインタビュー⁵⁶によると、「PV モジュールの防火クラスはガラス／ガラスモジュールの「B-s1, d0」が最適とされ、近年シェアが伸びている。ガラス／バックシートモジュールでは防火クラスは低くなる。PV モジュールはハードルーフ（瓦等硬い屋根）の上に設置されるが、その構造は EN 13501-5 に準拠し、飛火及び輻射熱に対する耐性「B roof (t1)」に該当し、構造上の火災リスクは比較的低い。」としており、設置場所の耐火性が重要としている。

※ B-s1, d0 クラスは「限定的な燃焼、煙発生小、滴下無し」を意味する。

オランダ公共安全研究所（NIPV）は屋根置きタイプの利点として「屋根瓦は不燃性で、PV モジュール、コネクタ、配線、又はジャンクションボックスが着火した場合の火災貫通に対

する防火層を形成することができる。通常、屋根材と PV モジュールの間には十分な換気スペースを設け、PV モジュールからの熱を排出する構造となっている。」と説明している。¹⁶⁹

商業用の屋根置き型設備について、Fraunhofer ISE のインタビュー⁵⁶では「必ずしもハードルーフに分類されない大きな陸屋根に設置されることが多く、損害が大きくなる可能性がある。小石層、防火布等を用いて、ハードルーフに相当する屋根の耐火性を確立する必要がある。」と指摘されている。

日本においても、可燃性屋根材の上に敷設された延焼保護のない PV モジュールからの出火事例があり、消費者庁等から注意喚起がなされている。事故報告書¹⁷⁶によると、屋根の野地板に延焼し被害が拡大した事故が 7 件発生。いずれも「鋼板等無し型」と呼称される、屋根面及び PV モジュール裏面に鋼板又は同等の耐火性のある不燃物で覆われていない構造のものを使用していた。事故発生後、メーカー側の対策として施工マニュアルや仕様書を変更し「鋼板等敷設型設置」とする旨報告されており、リスクは改善されている。一方、既存設備については鋼板等無し型のモジュールは未だ存在していると推定され、潜在的な火災のリスクとなっている。

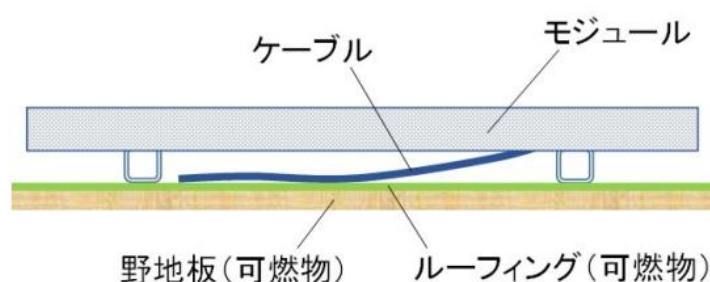


図 2-19 鋼板等無し型¹⁷⁶

総務省消防庁消防大学校消防研究センターの模擬家屋における火災実験⁴⁸では、モジュール自体が散水障害になってモジュール裏面の消火が困難であったことが報告されている。

¹⁷⁶ 消費者庁，消費者安全法第 23 条第 1 項の規定に基づく 事故等原因調査報告書 住宅用太陽光発電システムから発生した火災事故等，https://www.caa.go.jp/policies/council/csic/report/report_012/

2-4-5-2 建材一体型（BIPV）

ドイツにおける Hermann らによる調査¹⁷⁰では、1995 年から 2012 年にかけてドイツ国内で発生した 180 件の太陽光発電設備火災を評価した。設置方法別の火災報告割合は以下のとおりであった。

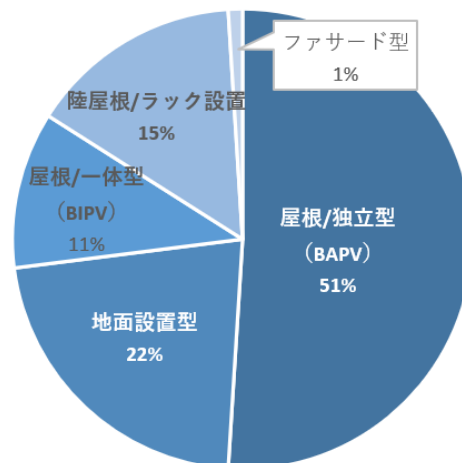


図 2-20 設置方法別の火災報告割合
(Hermann らの調査をもとに東京海上ディーアール株式会社にて作成)

これらの事故のうち、建物を焼損した事例に絞り分析すると以下グラフの結果が得られた。

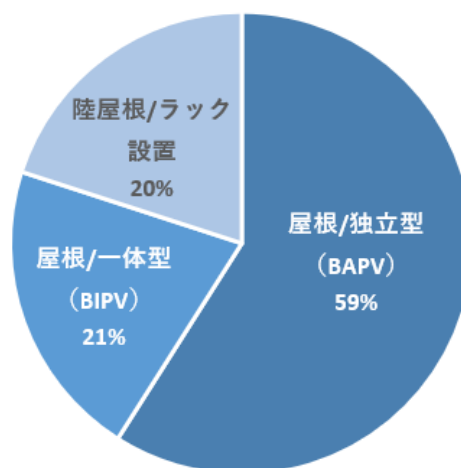


図 2-21 設置方法別の火災報告割合
(Hermann らの調査をもとに東京海上ディーアール株式会社にて作成)

同調査報告では「ドイツ太陽光発電産業協会（BSW）による調査では、BIPV の設置割合は

市場の1%である」としており、設置割合に対する事故事例の割合より、BIPV から出火した場合の建物への延焼リスクが比較的高い点を指摘している。

IEA-PVPS の研究¹⁷²では、PV モジュールの部分的な日陰は、システムが適切に設計されていない場合、局所的な過熱（ホットスポットの発生）により PV モジュールに損傷を与える可能性がある」と指摘し、複雑な形状の外壁や屋根に設置される BIPV の日陰対策には戦略的な設計が必要とアドバイスしている。

オランダ公共安全研究所（NIPV）はその研究報告¹⁶⁹において「屋根一体システムでは、PV モジュールの下に不燃性の屋根瓦がない。屋根一体システムのタイプによっては、PV モジュールの下に可燃性又は不燃性の材料を使用するケースが想定される。多くの場合、屋根パッケージを厚くしすぎないために、PV モジュールと他の屋根材の間の換気スペースは非常に限られている。」としており、放熱性の低さや離隔の少なさにより延焼につながるリスクを指摘している。また、建材一体型やファサード型などの BIPV に対する消防活動の困難性について「建物の外壁全体が PV モジュールで構成されている場合、火災を発見し、特定し、火災がどこに拡大しているかを見ることは非常に困難。また、モジュールが防水のため、消防隊はモジュールの後ろ側にアクセスする必要があるため、消防隊の消火活動が困難。」と現状の課題を述べている。

日本では、NEDO のガイドライン¹⁷⁵において BIPV の火災リスクについて言及されている。同ガイドラインでは、カーテンウォール式を例として、BIPV モジュールに内蔵される接続箱やバイパスダイオード等が火災安全性に影響するとし、さらに「地震時における層間変位追従性能に関してはケーブルとフレーム間での擦過による地絡等が考えられ、コネクタ部の箇所へ予期せぬ導体が介在することによるリーク電流等に留意する必要がある。」として地絡のリスクに関して指摘している。また、「火災時の遮炎性維持や防火区画を貫通するケーブルに対応する上での設計的配慮も必要となる。」として注意喚起している。

同ガイドラインでは BIPV のケーブル敷設経路が例示されている。PV モジュールの DC 出力ケーブルが天井裏に敷設されることが想定されているが、天井裏は消防法においてスプリンクラーヘッドや火災感知器の設置が免除される場合があるため、火災リスクの観点から敷設方法には注意が必要である。また、発電停止のための遮光布や遮光剤の適用が困難であることが想定されるため、火災時の対応方法にはより一層の注意が必要である。

ドイツの VDE 規格¹⁷⁷では、遮断装置を備えていない PV システムが建物内に DC ケーブルを敷設する場合、防火区画内に配線し、難燃性材料で保護し、耐火配線としてラベル管理することが要求されている。防火区画に替わる手段として、壁内配線や耐火性のシャフト又はダクト内への敷設も認められている。また、同規格は、PV システム全般について DC ケーブルとしての表示をすること、配線レイアウトや遮断器位置を含む PV システム図を消防用に掲示すること等が要求されており、屋内に DC ケーブルを配線する BIPV の安全な運用につ

¹⁷⁷ VDE VERLAG GmbH, VDE-AR-E2100-712 Anwendungsregel:2018-12

いての参考とすることができる。

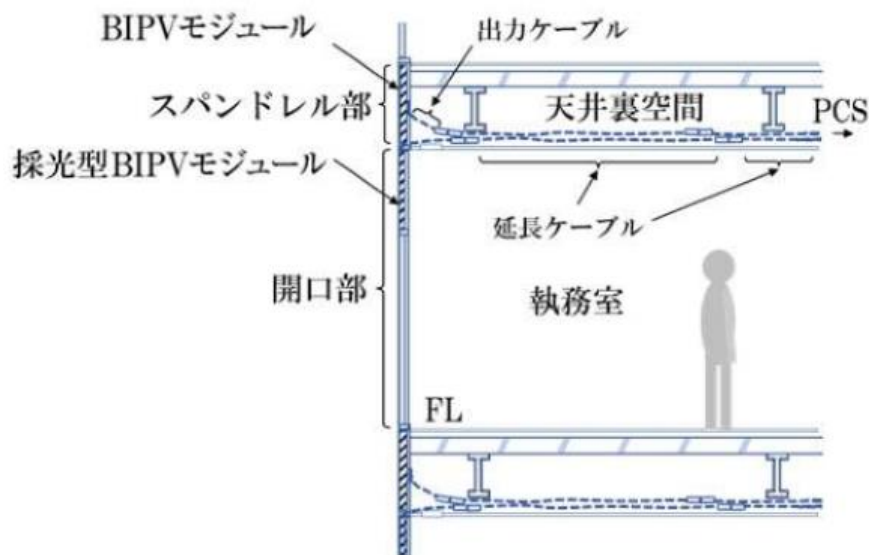


図 2-22 BIPV のケーブル敷設経路の例¹⁷⁵

BIPV の一種であり主に建物の外壁として設置されるファサード型について解説する。この設置形式における垂直延焼のリスクについて、Fraunhofer ISE へのインタビュー⁵⁶では「ファサードは屋根ではないため、EN13501-5 に準拠した PV システムの耐火性テストは必ずしも実施されていない。比較的大規模なファサード構造の耐火試験の要件は ISO 13785-2 や NFPA 285、JIS A 1310 において定められているが、統一されていない。ファサード型には背面換気による垂直延焼のリスクが想定されている。火災が 2 階以上の高さまで延焼しないことが重要。垂直方向の緊急避難経路の安全確保が課題」と指摘しており、ファサード型モジュールの耐火性及び、設置方式によっては垂直延焼のリスクが高まる点には引き続き注意が必要である。

日本においても、建材一体型の BIPV に加え、ファサード型、フレキシブル型など今後様々な方式の製品、施工方式の普及が予想されるが、形態によって耐火性、防火対策が異なることに留意が必要である。

各国の文献の内容より、BIPV 特有の火災リスクを以下のとおり総括した。

- ・ 換気条件が限られ、モジュール動作温度が高くなる可能性がある
- ・ 複雑な屋根レイアウトでは日陰の影響を受けやすい
- ・ 建物機能と一体化するため、火災時に建物の防火性能に直接影響を与える
- ・ 外面が防水性のため、外部からの消火放水が裏面に到達しにくい

これまで各種文献により解説された BIPV の特有のリスクを紹介したが、BIPV は比較的新しい技術であり、火災調査件数も多くないため、今後のさらなる研究と発展が待たれる分野である。

2-4-5-3 地上設置型（産業用・発電用）

Fraunhofer ISE へのインタビュー⁵⁶では、産業用 PV について「通常 1,500V 直流システムで、一般的に事故発生時の損害は少ない。火災が地上に延焼するリスクは、地面の状況による。砂地、湿地、乾燥地等ではリスクはないと言える。一方、乾燥した植生ではリスクが高い。火災発生時の延焼範囲は、構造又は空地距離による延焼対策により封じ込めることができる。」とされている。

オランダ公共安全研究所（NIPV）の調査¹⁷⁸では、乾燥した植生がある場合は山火事リスクが高まるため、適切な植生管理が重要としている。第 2 節 2-4-5-3 において詳細を解説する。同調査では、植生管理の重要性についても言及している。「2022 年末時点で、オランダには 562 か所の PV 発電所があり、総面積は 3,640 ヘクタール。60%は元農地に建設。PV 発電所の植生は刈り取りと放牧（羊）の両方で維持されている。刈り取りは一般的に年に約 2 回行われ、主に影の影響を防ぐため。火災燃料管理の観点から、刈り草を直ちに除去し、放置して乾燥させないことが重要。」とされている。

米国の保険会社である Factory Mutual Insurance Company（以下「FM」）によると、植生が 6 インチ（150mm）を超えると持続的な火災の危険とし、6 インチ以下に伐採することを要求している。また、草刈り後は、その地域から刈り取った草を除去することも必要としている。

2-4-5-4 プラグイン型（バルコニー型）

2026 年 1 月時点で、ドイツ市場基礎データ登録簿（MaStR）には 835 万件の PV システムが登録されており、そのうち 94 万件がバルコニー型である。

Fraunhofer ISE へのインタビュー⁵⁶では、バルコニー用 PV について火災リスクに関しては「構成部品に可燃物が少なく、また地面への延焼リスクが少ないため、火災の危険性は比較的低いと予想される。コンクリート、石材、鋼鉄の場合リスクは無いが、合成繊維や藁等がある場合は高い。ベランダにおける可燃物の存在が未知の要素であり、懸念している。一方、落下物による消防士へのリスクは考慮すべき」と評価されている。

ドイツのモデル建築規則（MBO）¹⁷⁹では「バルコニーの被覆材のうち、手すりの高さを超えて延長されているもの、及び外壁の 2 階以上の高さに設置される PV 設備は、難燃性でなければならない。構成部材に難燃性を有する建築材料は、燃焼中に落下又は滴下してはなら

¹⁷⁸ Nederlands Instituut Publieke Veiligheid (NIPV), Factsheet-Zonnepark-natuurbrand (December 19, 2024), <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2025/02/20241219-NIPV-Factsheet-Zonnepark-natuurbrand.pdf>

¹⁷⁹ German Building Ministers, Model Building Code (MBO) (Nov. 2023)

ない。」と規制があるものの、この規制は建築クラス 1 から 3 の建物には適用されない。

【参考：ドイツ MB0 における建築物分類と建材の燃焼性】

- ・ 建物クラス 1～3
高さ 7m 以下の住宅、最大 2 階建ての小規模建築物の外壁
正常燃焼性 (B2/E-d2) を使用可
- ・ 建物クラス 4～5
高さ 22m 以下の建築物、2 階を超える建築物
及びその外壁や、手すりを超えるバルコニークラッド等
難燃性 (B1/C-s2, d0) が必要
- ・ 高層建築物高さ 22m 超の高層建築物
不燃性 (As/As-s1, d0) が必要
模範高層建築指針 (Muster Hochhaus Richtlinie) への準拠が必要

中国においては、中国電力企業連合会が「建築用太陽光発電システム適用技術基準」というガイドラインのなかでバルコニー型に関する基準を設けているが、主に固定方法に関する情報のみで、火災安全性に関する情報は明記されていない。

韓国でも同様にバルコニー発電の設置数が増加しており、2019 年に韓国エネルギー公団によりバルコニー発電向けメンテナンスガイド¹⁶⁷が公表されている。

ガイドの中では以下の記載する内容が推奨されている。

- ・ KS 認証を取得した太陽光モジュール、マイクロインバータの使用
- ・ KC 認証を取得した監視装置、電力量計の使用
- ・ 設置対象建物の竣工年度により、バルコニー発電を設置する手すりの検査を実施
 - － 10 年未満：現場目視検査
 - － 20 年未満：現場目視検査及び荷重試験（離脱なきこと）
 - － 20 年以上：現場目視検査及び荷重試験（変位 5cm 以内であること）

また、自主点検用のチェックリストも同ガイドに添付されている。

2-4-6 時期別のリスク分析

Solar Power Europe のレポート¹⁶⁸では「火災の 35%は設置後 1 年間に発生し、90%は設置後 6 年間に発生する。」とされている。

ドイツにおける Hermann¹⁷⁰ らによる調査では、「事故の多くは設置後 1 年以内に発生、電力買取価格急激下落前の駆け込み設置時期に事故が集中、これは作業の急ピッチ化による施工品質低下が原因と推測」されている。

これら統計が示すとおり、火災リスク増加には施工品質が影響しており、需要集中による繁忙が施工品質に影響を与えることが判明している。

2-5 火災対策

2-5-1 火災予防技術

本項では、PV システムの火災原因として電氣的異常や過熱に焦点を当て、それらによる被害を予防するための技術について解説する。

(1) 施工品質確保による火災予防

建物に設置される PV システムの施工に関しては、圧着結線や耐火パテの塗布等耐火性能が施工者の技能に左右されるため、施工品質の確保により一層の注意が必要となる。

Fraunhofer ISE へのインタビュー⁵⁶では、施工品質の確保について「モジュールの接続箱が取り付けレールに近い、防火壁/防火隔壁の欠落、インバータや接続箱の天候保護の欠落」といった設計ミスや、「モジュールコネクタの接続不良又は圧着不良、ケーブルへの機械的ストレス（ストレインリリーフがない、鋭利なエッジとの接触）、ネジ端子の緩み、アルミケーブルの誤った取り扱い」等の設置ミスを挙げ、施工不良を防ぐため、適切な訓練と品質管理が必要であることを強調している。

欧州防火協会（CFPA）のガイドラインでは、施工に関する要求事項として以下を挙げている。

- ・ 防火壁や避雷設備との距離を保つ（最低 0.5 m）
- ・ 鋭利なエッジからケーブルを保護する
- ・ コネクタの近くでストレインリリーフを使用する
- ・ 可能であれば、ネジコネクタを避ける
- ・ 建屋内では壁内埋設ケーブル配線又は防火電線管（EN 1366）を使用する
- ・ すべての構成機器は PV 用途に適格でなければならない
- ・ PV コネクタには保護キャップを使用し、正しく圧着する。交差嵌合は禁止。
- ・ インバータは不燃材料の上に設置する

日本では、電気事業法に基づき経済産業省令で定める技術基準¹⁸⁰に適合させ維持する義務（技術基準適合維持義務）があり、それを達成するための具体的手順として、各種規格や業界団体らのガイドラインが発行されている。技術基準適合維持義務は 10 kW を超える PV システムが対象となり、50 kW を超えるシステムはさらに保安規定届出、主任技術者選任の対象となる。

関連規格、ガイドラインのうち施工に係る火災防止のポイントを以下に記載する。

JIS C 62548 では、接続部温度サイクル等の影響でアーク故障は発生することを防止するために、接続部の適切な締め付け管理等を要求している。また、同規格内

¹⁸⁰ 経済産業省，令和三年経済産業省令第二十九号 発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令

において、プラグ、ソケット及びコネクタは IEC 62852 への適合を要求しており、設置にあたっては異なる仕様の PV モジュール同士の接続を禁止している。

また、JIS C 0364-7-712 においても、コネクタの接続について注意喚起している。同規格では 712.527 に火災防止のための配線施工に関する項、712.529 に清掃や保守性に関する配線施工に関する項を設けているが、2025 年版ではいずれも検討中として内容は定まっていない。

その他、NEDO を中心に発行されている「建物設置型太陽光発電システムの設計・施工ガイドライン（2025 年版）⁴⁾」や「壁面設置太陽光発電システム 設計・施工ガイドライン（2024 年版）¹⁷⁵⁾」等をはじめ、広く利用されている。

上記のとおり、各種文献においては、施工段階における火災リスク管理には、コネクタ接続や配線の固定、圧着の方法等が重要とされている。

施工品質を担保するため、各国では施工者認定制度の整備が進んでいる。各国の取り組み状況は 2-3 に記載のとおりである。日本では、太陽光発電協会（JPEA）が座学と実技講習、試験を含む施工者認定制度として、「PV 施工技術者」の制度を運営している。

(2) 危険物施設への PV システム設置

特殊な用途として、総務省消防庁により危険物施設に PV システムを設置する場合のガイドライン¹⁸¹⁾が発行されており、以下のような要件を定めている。

・ 太陽電池モジュールは、カバーガラスに電極、太陽電池セルを充填剤で封止し、裏面フィルム又は合わせガラスで挟み込んだ構造で、結晶系、薄膜系、CIS 系のものとする。

- ・ 太陽電池モジュールの可燃物使用量が 1 m²あたり概ね 2,000g 以下のものとする。
- ・ 太陽電池モジュールは、JIS C 8992 - 2 に基づく火災試験又は同等の性能試験に適合するものとする。

なお、日本を含む各国の基準やガイドラインの多くは、フレキシブルタイプ等可撓性のあるタイプを除外しており、将来のペロブスカイト太陽電池等新技術の普及に伴う施工技術の発展が期待される。

(3) 保全による火災予防

① 保全全般

保守・点検面について、Prume らによる研究¹⁸²⁾では、「年 1 回の点検実施、直

¹⁸¹⁾ 総務省消防庁 危険物施設に太陽光発電設備を設置する場合の安全対策等に関するガイドライン

¹⁸²⁾ K. Prume (Translated by U.S. Department of Energy), Guideline: Assessing Fire Risks in Photovoltaic

流（DC）スイッチの定期操作、サーモグラフィカメラによる過熱箇所の検出、出力監視による劣化の早期発見」が推奨されている。

保全活動による可燃物堆積管理は火災リスクに影響する重要な要素である。乾燥した葉、植物、汚れの堆積は、可燃性物質の増加によって火災の危険性を高め、空気の流れを遮断することで換気を低下させる可能性がある。

このリスクについて IEC 62446-2 では敷地固有の評価によって決定された頻度に従い清掃を実施する必要性を指摘している。特に、電力変換装置や接続箱等、熱が発生する場所の確認が重要としている。

中国の推奨性国家標準 GB/T 36568-2018 では、遮断器やジャンクションボックス等の点検確認内容を解説しており、PV アレイの点検は 1 年目、及び 3 年毎に実施することとしている。また、追加の点検内容については各自治体も基準を作成しており、上海市では推奨性地方標準 DB31/T 1238-2020 のなかで、「分散型太陽光発電システム」の点検は以下頻度で実施することとしている。

- ・ 外観確認 1 回/週
- ・ 接地状態 1 回/月
- ・ 絶縁試験 1 回/月
- ・ 温度異常 1 回/月
- ・ 直流遮断器 1 回/月 等

韓国においては、韓国電気安全公社が太陽光発電設備点検指針¹⁶⁴を 2018 年に公開している。また、雇用労働省より「自家用太陽光設備安全点検チェックリスト」¹⁶⁵及び「事業用太陽光設備安全点検チェックリスト」¹⁶⁶が配布されている。

前項の施工品質確保においてコネクタ接続におけるリスクを解説したが、今後の経年劣化による機器交換により、異なる仕様の PV モジュール同士の誤接続のリスクが高まる可能性があるため、施工・保全業者は各種ガイドラインを参照し適切に実施することが重要である。

日本における代表的な保守点検のガイドラインとして、日本電機工業会（JEMA）及び太陽光発電協会（JPEA）の発行している「太陽光発電システム保守点検ガイドライン」¹⁸³がある。このガイドラインは 1,500V 以下の PV システムの直流側（PV モジュールからパワコンまで）を対象に、点検手順及び点検頻度を解説している。火災予防のために重要なポイントとして、焦げ跡等の目視点検絶縁測定、配線の固定状況、腐食、水や小動物の侵入、植生管理、抵抗増大等によ

Systems and Developing Safety Concepts for Risk Minimization (July 2015),
<https://safe.menlosecurity.com/doc/docview/viewer/docN607BBB62F91Eadf6a7de81126f61d292c931f253448a21a096431464ad923755108643f8b930>

¹⁸³ 日本電機工業会・太陽光発電協会、太陽光発電システム保守点検ガイドライン（2019 年 12 月 27 日改定）

る過熱確認のためのサーモグラフィカメラ試験、バイパスダイオードの試験等の手順が記載されている。

同ガイドラインでは、一般電気工作物（50kW 未満の小規模な PV システム）に対し、専門技術者による 1 年目の初期不良点検、5 年目の劣化状況点検、9 年目以降 4 年毎の点検や部品交換等を推奨している。また、所有者による日常点検は月 1 回又は自然災害等の発生時の目視点検を推奨している。事業用（自家用）電気工作物（50kW を超える PV システム）に関しては、保安規程の届出内容に従った定期点検を実施する必要がある。同ガイドラインでは、定期点検の例として半年又は 1 年毎の目視及び性能試験等を紹介している。また、PV システムのコネクタの保全に関しても、以下のとおり詳細に記述されている。

11.2.4 太陽電池コネクタ

適切に使用され、設置された太陽電池コネクタは、通常、接続の健全性を失うことはないが、この接続に不良がある場合、PV システム中の直列アークに係わる不具合及び火災の主な原因の一つとなる。コネクタの不具合は次の様々な原因で発生する。

- a) 製造業者が異なるコネクタ又は部品の不完全なマッチング
- b) 不適切な設置（例 現場での終端部の不適切なクランプ）
- c) かん合コネクタとの接続が不適切（例 完全にはまっていない）
- d) 電線とコネクタの接続部分に過度の引張り又は曲げ応力がかかっていることによる接続の緩み、又は 保護カバーへの水の浸入（垂れている電線、張り詰めた電線、推奨曲げ半径を越えている電線等）
- e) 接続の密閉性を損なうほこり、油、その他のごみの付着
- f) 温度の周期変化
- g) 霜
- h) こけ類又は菌類の発生
- i) 製造上の不良及び日影による過度の電流サイクル
- j) 接続した時、コネクタ自身が濡れていたことによる腐食

コネクタ定期検査には、接続の締まり具合、熱損傷、腐食及び侵入の兆候がないかの目視検査を含めることを推奨する。赤外線サーモグラフィカメラを使って、太陽電池アレイ中の接続部を撮影して、過度に温度（抵抗）の高い接続部を探すこともできる。

保全の確認項目に関しては、太陽光発電技術研究組合（PVTEC）が「太陽光発電設備の安全性維持を目的とした中小太陽光発電所の保守点検項目に関する調

査報告書」¹⁸⁴を発行しており、50kW 未満の PV システムについての提言が掲載されている。同書では、絶縁性の確保、接地の確保、火災リスクの軽減を目的に最低限オーナーが実施すべき 56 項目の点検内容が解説されている。

消費者庁の配布資料「住宅用太陽光発電システムをお使いの皆さまへ」¹⁸⁵では、住宅用 PV システムの所有者に対し、メーカー保証期間の確認、1 年目点検を含む定期点検の実施、発電性能の低下状況確認を推奨している。

各メーカーの技術開発により、保全に係る管理に良好な影響を与えている例として、製品の長寿命化が挙げられる。一般社団法人 太陽光発電協会（JPEA）の情報提供によると、従来のフレキシブルタイプ等は結晶系表面ガラスモジュールと比較し発電保障期間が比較的短いと考えられてきたが、近年の技術開発により結晶系表面ガラスモジュールの表面・裏面をフィルム型の材料に置き換えることで、大型結晶系と同様なモジュール性能の製品が登場しており、発電保障についても、結晶系と同等の 25 年保証が可能となっている。

② サーモグラフィカメラの利用

サーモグラフィカメラの利用について、IEC TS 62446-3 により PV モジュールの発熱状況（ホットスポット）の確認方法と各種異常及びその深刻度について定量評価するための基準が発行されている。日本では、「太陽光発電システム保守点検ガイドライン」においても同規格を参照することが推奨されているほか、コネクタやバイパスダイオード等の過熱点検への活用も推奨されている。米国では保険会社の FM により、事業用 PV システムの通電直後、通電 14 日後及び 3 年毎のサーモグラフィカメラ検査が要求されている。¹⁸⁶

中国北京市の基準では、PV システムの性能試験におけるサーモグラフィカメラの使用をオプションとして掲載しており、モジュール表面温度より 10℃以上高温の部分を異常なホットスポットとしている。また、インバータや接続箱の温度も GB/T 37408 や GB/T 34936 等の国家標準で定めている。中国の推奨性業界標準である NB/T 11081-2023 では、サーモグラフィカメラ検査時において確認すべき点や記録内容、用具、気象条件等を定めている。

サーモグラフィカメラをドローンに搭載しモジュールの表面温度を測定するサービスも普及してきており、今後のますますの活用が期待される。

③ BIPV の保全

BIPV に関しては、NEDO が「壁面設置太陽光発電システム 設計・施工ガイド

¹⁸⁴ 太陽光発電技術研究組合，太陽光発電設備の安全性維持を目的とした中小太陽光発電所の保守点検項目に関する調査報告書（2018 年 12 月 25 日）

¹⁸⁵ 消費者庁，住宅用太陽光発電システムをお使いの皆さまへ，
https://www.caa.go.jp/policies/council/csic/report/report_012/

¹⁸⁶ FM, FM Data Sheet 07-106: Large-Scale Solar Installations, October 2024

ライン¹⁷⁵⁾」を発行しており、その第8章に維持管理に関する確認項目を設けている。推奨される点検頻度と内容の概略は以下のとおり。

- ・ 日常点検（常時、毎週、毎月）：
外観確認
- ・ 定期点検（1年に1回以上）：
外観確認、コネクタ状態確認、ネジの緩み、電気的性能
- ・ 臨時点検（悪天候、災害後）：
外観確認、コネクタ状態確認、ネジの緩み、電気的性能

また、BIPV の点検へのサーモグラフィカメラ活用について以下のとおり解説している。

8.3.3 赤外線カメラによる確認

BIPV モジュールを外観目視だけでは確認できない場合は、部分的に BIPV モジュール内に著しい発熱部位があるか否か等を赤外線カメラ等で確認する方法もある（図 8-5）。これにより、ホットスポットとなっている箇所やダイオードでの発熱状態の発見に繋がり、効果的に状況を把握することができる。最近では、ドローンを用いた熱画像による確認方法（図 8-6）もあため、ゴンドラや架設足場よりも素早く確認することができる。

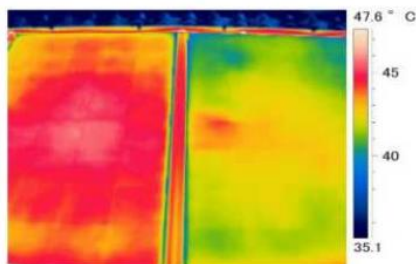


図 8-5 赤外線カメラによる点検⁸⁻²⁾



図 8-6 ドローン＋赤外線カメラによる熱画像例⁸⁻³⁾

図 2-23 ドローンを用いたサーモグラフィ試験¹⁷⁵⁾

(4) アーク故障検出・遮断装置

アーク故障検出・遮断装置は IEC や JIS では AFPE (Arc Fault Protection Equipment)、米国では NEC 等で AFCI (Arc Fault Circuit Interrupter) と呼称される。

アーク故障保護機能は、電流経路内で発生する可能性のある直流 (DC) 導体のアーク故障を検知し、その影響を軽減する目的で使用される。AFPE のアーク故障の検

知と遮断機能を備えた機器の要件は IEC 63027 や、JIS C 63027 等で定められている。アーク故障検出・遮断装置に関し実績のある製品規格は、UL 1699B（2018/8 改定）や IEC 63027：2023 である。

国際規格では、IEC 60364-7-712 において、アーク対策が必要な場所として、不特定多数の人が出入りする施設や避難困難者を収容している施設などを具体的に指定している。

米国では NEC の 690.11 により、2011 年以降は建物に設置する PV システムに対し AFCI（又は同等の保護）による直流アーク対策が義務化されている。Fraunhofer ISE へのインタビュー⁵⁶によると「米国のアーク検知・遮断装置は現場で実証済みの技術。他国では義務化されていないが、保険会社からの要求が高まっている。また、ほとんどのストリング及びインバータ製造者がインバータ一体型を提供している。」としており、今後も各国での導入が進むと予想される。

2025 年現在、米国を除く欧州や中国等の各国ではアーク故障検知・遮断装置は推奨と位置付けられながら、義務化はされていない。

日本においては、2025 年 11 月 20 日に JIS C 63027 で JIS 化された。JIS C 63027 においては AFPE の構造や性能要件を定めているが、パワコンへの実装を義務付けるものではない。採用方針については、JIS C 62548：2023 において、信頼性のあるアーク故障回路保護機器が市販され次第、PV システムについてその使用を規定として入れることを予定している。

また、NEDO のガイドライン¹⁷⁵において、異常発熱・火災防止対策に関する注意点として、アーク故障発生を検知・遮断する機能を備えることとしており、IEC 63027 又は UL 1699b12-8 に適合した装置を利用することを求めている。

一方、AIST の技術情報¹⁸⁷では、AFCI の導入に関し以下のとおり見解を述べている。

「全ての直流電気事故がアーク発生をともなうとは限らないため、AFCI のみに頼ることは危険であることから、第一義的には各種電気事故の未然防止のための対策を行い、AFCI は最後の砦としての役割を担わせることが適切である。また、AFCI の動作によって回路が遮断された場合に、被害が却って拡大する懸念が存在する。」

なお、AFPE は直流アークを対象とした保護であり、並列アークや地絡アークは対象外である。したがって、アーク発生の防止で最も重要なポイントは、普段の運転管理と保守点検が重要とされている。

(5) 地絡監視システム

IEC や米国 NEC、欧州の EN などの代表的な規格において、地絡保護が義務化されている。この保護機能は主にインバータに内蔵されており、DC 回路を監視し、アー

¹⁸⁷ 国立研究開発法人 産業技術総合研究所（AIST），太陽光発電の直流電気安全のための 手引きと技術情報（第 2 版）

ク放電のリスクとなる地絡故障を検出し回避するための絶縁監視機能が備わっている。

(6) 異常電流保護

DC 側の異常電流には、過電流や逆電流があり、それに伴う故障や過熱の発生がリスクとなっている。過電流保護装置に関し、IEC 62548-1 では PV 用ヒューズ、又は IEC 60947、IEC 60898-2、もしくは IEC 60898-3 に準拠した他の保護装置が要求されている。

上記のほか、PV システムには過電流、逆流、過熱等から保護するために以下に例示する安全装置が基本的に備わっている。

- ・ 過電流遮断機

DC 又は AC 回路において過電流が生じる可能性がある場合に設置される

- ・ 逆流防止ダイオード

ストリング間の電圧レベルが異なる場合に逆電流が発生する場合への対策として設置される

- ・ バイパスダイオード

日陰等によりモジュール間に電圧差が生じ、ホットスポットと呼称される異常過熱や発電効率低下を防ぐため設置される

(7) 可燃物との接触防止

PV モジュールの背面に可燃性物質（例：枯葉、鳥類、その他の動物の巣）が堆積しないよう対策を講じる必要がある。堆積を防ぐ一つの方法としては、鳥の侵入を防ぎ、モジュールの下に枯葉が堆積しないように防鳥網を設置することが挙げられる。

屋根の表面や内部に木造やアスファルトコーティング、断熱材などの可燃物を使用している場合、延焼する事例がある。可燃性の材料に PV モジュールやインバータを設置することは避ける必要がある。また、IEC TR 63226 では、屋根に可燃性断熱材が使用されている場合、屋根材に不燃性のカバーボードを設置することで、屋根材の耐火性を高めることなどが推奨されている。

ドイツの保険協会のガイドライン¹⁵²では、可燃物の保管場所内への直流ケーブルを禁止している。また、インバータから可燃物まで 1m 以上の距離を要求している。

日本においても、第 4 章 2-4-5-1 に記載のとおり、可燃性屋根材の上に敷設された延焼保護のない PV モジュールからの出火事例があり、消費者庁等から注意喚起がなされている。経済産業省の「発電用太陽電池設備に関する技術基準を定める省令及びその解釈に関する逐条解説⁵¹」では、太陽光発電設備を安全に施設するための具体例として、周囲の可燃物（枯れ草等）の除去、碎石や除草シートの設置などを

推奨している。

(8) 絶縁保護・感電防止技術

IEC 61730-1 や JIS C 0365 などの規格では、PV モジュールを定格電圧及び絶縁性能をクラス分類し、設置場所や電圧などに応じた保護を要求している。

感電防止措置には接地接続が重要な役割を果たすが、第2章 1-5 に記載のとおり、日本の PV システムの DC 側には接地が施されていない場合がほとんどのため、注意が必要である。

2-5-2 被害軽減技術

本項では、PV システムから出火した場合の被害軽減技術に焦点を当て、主に早期発見や延焼防止の技術について解説する。

(1) モジュールの耐火性

モジュールの耐火性は各種規格で定められているが、日本を含む多くの国では IEC 61730 シリーズを引用しており、その規定である火災試験 (MST23) を実施し火災安全等級 C (3.9m 未満の火炎伝播) 以上の耐火性を有する様に制度を整備している。日本では JIS C 8993 : 2020 により、火災安全等級 A (最高の防火性)、火災安全等級 B 及び火災安全等級 C (基本的な耐火性) の火災安全等級評価方法が規定されている。

米国では IEC 61730 と互換性のある UL 790 に従った試験が実施されている。また、中国では PV モジュールを製造するすべての企業及び試験機関において、UL 790 に従った耐火試験を実施していることが報告されている。¹⁸⁸

(2) ケーブルの耐火性

米国では米国電気工事規程 (NEC) により、UL 4703 によって認証された耐熱・耐火性のある PV システム専用ケーブルの使用が義務付けられている。

欧州では EN 50618 により、PV システムに使用する電気ケーブルは EN 60332-1-2 による垂直火炎伝播試験の実施が必要とされている。

日本では、JIS C 3665-1-2 に定義する難燃性ケーブルの使用が要求されている。

(3) 火災検知

火災検知システムの設置要件は、各国規格文献において解説されていない。

電気火災においては室温の上昇よりも発煙が先行する事例が多いため、屋内に設

¹⁸⁸ IEA-PVPS, Task 15 Enabling Framework for the Development of BIPV - Fire Safety of BIPV: International Mapping of Accredited and R&D Facilities in the Context of Codes and Standards 2023

置されるインバータ等 PV 設備の火災早期発見には、煙感知器が有効と考えられる。また、DC 側のケーブル火災対策には、ケーブルトレイ用の感熱線や光ファイバ式火災検知システム等が有効と考えられる。

2-5-3 消防活動対策（ハード面）

本項では、PV システムから出火した場合の消防活動に焦点を当て、円滑に消火活動を実施するための技術及びその運用について解説する。

(1) 直流電流の停止措置

PV システムはその特性上、光源がある限り PV モジュールが発電を継続していることから、消防活動中の感電のリスクがあることが指摘されており、円滑な活動のために直流電流が存在する部分を最小化する技術が開発されてきている。特に建物内に DC ケーブル等の PV システムが設置されている場合、これらの対策が重要視されている。

安全性を向上させる方法の一つは、PV アレイにつながる導体を電氣的に遮断する手段の設置である。遮断の方法には、あらかじめ設置された遮断器やヒューズの手動又は遠隔操作が挙げられるほか、絶縁工具による物理的切断や、接続箱の端子やコネクタの離線等の方法がある。

特に火災等緊急時の利用を目的に設置されるものをラピッドシャットダウン装置（Rapid Shutdown Device、以下「RSD」）と呼称し、その遮断の方法に応じて、ストリングレベル RSD、モジュールレベル RSD に分類されている。

① スtringレベル RSD

Stringレベルの RSD は消防士用スイッチとも呼称される、直流回路の自動/手動開閉装置であり、PV アレイ境界外に設置されるものを意味する。

国際規格では、IEC TR 63226 において DC 導体の遮断手段の設置を推奨している。さらに、作成中の IEC 63257 において米国 NEC におけるラピッドシャットダウンの使用を好事例として掲載予定と報告されている。

2025 年に発行された国際エネルギー機関・太陽光発電システム研究協力実施協定（IEA-PVPS）のガイドブック¹⁰では、屋根材型 BIPV については RSD が必要だと推奨している。

米国電気工事規程（NEC）⁷の規則では、「建物内又は建物上に設置される太陽光発電システムの回路には、消防士の感電の危険性を軽減するためのラピッドシャットダウン機能を備えなければならない。境界外（アレイから 305 mm 超）、又は建物内の入口から 1 m 以上離れた場所にある導体は、ラピッドシャットダウン開始後 30 秒以内に 30 V 以下に制限されなければならない。」という規定があり、これが Stringレベルシャットダウンに該当する。

欧州においては、欧州防火協会 CFPA ガイドライン¹⁷³により、消防士が PV モジュールからの電流を遮断できるように消防士用スイッチの設置を要求している。ドイツでは、DIN VDE 0100-712¹⁸⁹の要求により直流 (DC) 遮断装置の設置が要求されている。

中国では、DB/T (推奨性地方標準) によりラピッドシャットダウンの設置を推奨している自治体がある。北京市においては 6MW を超えて系統連接されている「分散型太陽光発電システム」に対し、「高速遮断装置が作動してから 30 秒以内に、太陽光発電アレイの端から半径 305mm 以内の電圧は 120V 未満に低下し、境界外の電圧は 30V 未満に低下する必要があります。」としており、米国 NEC のストリングレベルシャットダウンの要件と一致している。¹⁶²

また、安徽省においては建築物に設置される PV システムについて、「迅速遮断装置が作動を開始してから 10 秒以内に、制御対象導線の電圧は 60V 以下、又は回路電流は 1mA 以下に制限されること」としている。¹⁶³

② モジュールレベル RSD

米国においては、前述のストリングレベルの遮断装置のほか、モジュールレベルの遮断を一部要求している。米国電気工事規程 (NEC)⁷の規則では 2017 年以降、「建物境界内又は建物表面の貫通点から 1m (3 フィート) 以内に位置する制御導体は、ラピッドシャットダウン開始後 30 秒以内に、機器内部、回路の 2 つの導体間、又はアレイ境界内 (アレイから 305mm 以下) の導体と接地間の最高電圧を 80V 以下に制限することにより、消防士への感電の危険を抑制しなければならない。」と追記されており、これがモジュールレベルシャットダウンに該当する。

この変更はラピッドシャットダウン装置の数が膨大となるため、技術的、費用的な問題から米国各州におけるこの要求の厳格な採用は未だ議論中である。マイクロインバータやオブティマイザといったモジュールレベル発電制御 (Module Level Power Electronics、以下「MLPE」) 機器には、モジュールレベルの RSD と概ね同様の機能をもつものがある。

例えばマイクロインバータは、PV モジュール直近に設置され、多くはコネクタ接続部に内蔵される装置で、モジュールレベルの DC/AC 変換 (DC/DC のみのタイプも存在) と電圧制御の機能があり、発電電流の遠隔遮断や、発電電圧を降圧することができる。オブティマイザは、各モジュールの発電量を最適化する装置で、本来は影や汚れによる発電性能低下を抑制する目的で設置されるが、多く製品には緊急時等に各モジュールの電圧を安全レベルまで降圧する機能がある。

¹⁸⁹ VDE, DIN VDE 0100-712, Low-voltage electrical installations - Part 7-712: Requirements for special installations or locations - Solar photovoltaic (PV) power supply systems

Fraunhofer ISE へのインタビュー⁵⁶では、これらの RSD 代替技術の採用に際しては、「NEC 及び VDE-AR-E 2100-712 への準拠を個別に確認する必要がある。」としている。

Crowell らの研究¹⁹⁰によると、「NEC 690.12 に記載のモジュールレベルシャットダウンのアプローチは推奨されない。ストリングレベルのスイッチングを強く推奨している。他のシステムは、複雑でコストのかかる手順で UL 3741 準拠を証明しなければならない」としている。Bucher らの研究¹⁹¹によると、「VDE-AR-E 0100-712 や IEC 60364-7-712、IEC 62548 の推奨する消防士用スイッチによるアプローチは、どのような技術や構造ソリューションに対しても中立的である。モジュールレベルのスイッチングには欠点があるため、この方法が推奨される」としており、モジュールレベルの RSD に関しては否定的な意見も存在している。

2026 年現在、アジアではフィリピン及びタイにおいて「ラピッドシャットダウン装置」の導入が義務付けられており、新たにマレーシアにおいても義務化が始まるとされている。これらの国においては、シャットダウンをモジュールレベルとするか、ストリングレベルとするかは指定されていない。

中国においては、モジュールレベルの RSD については「選択可能」とされているが、実際の採用例には以下があることがメーカーへのインタビューで確認されている。¹⁹²

- ・ 外資系工場は自社基準で採用するケース
- ・ ユーティリティ（政府、病院）が安全のために採用するケース
- ・ プラントや物流等リスクが高いケース
- ・ 過去に事故のあったケース

(2) 遮光技術

遮光技術については、スプレータイプの遮光コーティング（液体ブランケット）が流通している。薬剤の量が少ないため、小規模な住宅設備における用途に限定されるが、PV の電流と電圧の抑制には有効と言える。Fraunhofer ISE へのインタビュー⁵⁶によると「PV モジュールを傷つけることなくコーティングを剥がすことが可能で、世界各地の消防隊で使用されている。」と紹介している。

¹⁹⁰ C. Crowell, Is UL 3741 an alternative to Module-Level Shutdown? (2021) <https://solarbuildermag.com/news/is-ul-3741-an-alternative-to-module-level-shutdown> 及び C. Eder, 2023 code changes to rapid shutdown requirements solar installers should know (2024), <https://www.solarpowerworldonline.com/2024/01/2023-code-changes-rapid-shutdown-requirements>

¹⁹¹ C. Bucher, J. Wandel, D. Joss, WCPEC-8: EU PVSEC Proceedings - Life Expectancy of PV Inverters and Optimizers in Residential PV Systems (September 2022), <https://www.wcpec-8.com/index.php?view=article&id=22&catid=17>

¹⁹² 東京海上ディーアール株式会社による Fonrich 社（丰邦(上海)新能源科技有限公司）へのインタビュー及び提供資料, 2025 年 12 月 17 日

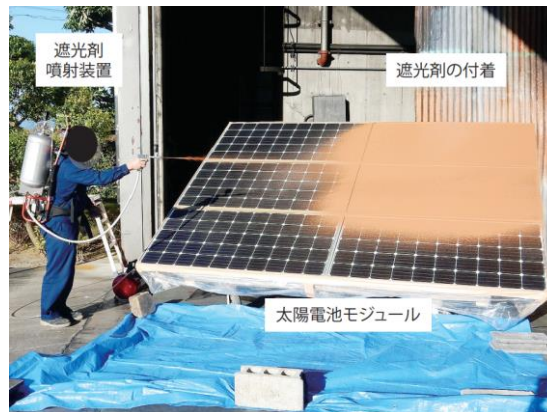


図 2-24 “遮光スプレーの例”¹⁹³

他の遮光技術として、遮光用防火布の利用が挙げられる。火災や直流アークにも長時間耐えるガラスベースの生地（耐火性）で、欧州では EN 13501-1 に準拠した難燃性 A2-s1, d0 クラスの難燃性が要求されている。

米国カリフォルニア州消防長官事務所の資料¹⁹⁴では「サルベージカバー」と呼称している。同団体では、使用時の注意点として、風によって飛ばされてしまった場合にただちに発電が開始されるため、固定方法が重要としている。

安価で軽量かつ設置が容易という利点から今後の利用拡大が期待される。



図 2-25 サルベージカバーの設置¹⁹⁴

¹⁹³ 総務省消防庁，平成 28 年版 消防白書，<https://www.fdma.go.jp/publication/hakusho/h28/46818.html>

¹⁹⁴ カリフォルニア州消防長官事務所（CAL FIRE），Fire Operations for Photovoltaic Emergencies（Nov. 2010）

2-5-4 消防活動対策（ソフト）

(1) リスクアセスメント

消防隊の活動における危険を軽減するためのリスクアセスメント手順として UL 3741 や IEA-PVPS のガイドラインに具体的手順が掲載されている。以下に IEA-PVPS の技術文書「IEA-PVPS, T12-09:2017 Summary¹⁹⁵」に掲載されているリスクアセスメント手順を紹介する。

- 1) PV システムが設置されている建物を特定する
- 2) 消防士の活動における潜在的な危険を最小限に抑える
(例：十分な作業スペースを確保する、感電の危険を軽減する)
- 3) PV システムに起因する火災を防止/封じ込める

上記アプローチを実施するために、以下の方法が開発されている：

- 1) PV システムの設置：消防士の活動を考慮した設置要件の決定
- 2) 消防士の活動：PV システムが存在する場合の消防士の活動戦略の決定
- 3) 技術導入：PV システムによる潜在的な危険を最小限に抑える技術の導入

(2) 消防隊への警告・情報提供

各指針やガイドラインでは関連機器や危険個所への標識・ラベル設置を要求している。

IEC では、IEC 60364-7-712 や IEC TR 63226 において交流電源を遮断した後も通電状態が維持される活電部や、遮断装置の操作方法等の表示を推奨している。

米国 NEC では、PV システムの配線及び管体には、「PHOTOVOLTAIC POWER SOURCE (太陽光発電電源)」又は「Solar PV DC CIRCUIT (太陽光発電直流回路)」という文字を恒久的に貼付されたラベル等で表示することが求められている。また、米国の保険会社である FM 社では、事業用の建物設置型 PV システムについて、消防隊ともに火災対策計画を策定することを要求している。¹⁹⁶

中国では、北京市の DB/T (推奨性地方標準)¹⁶² により、IEC 60364-7-712 に相当する表示を要求している。

日本においては IEC 60364-7-712 を参照した JIS C 0364-7-712 : 2025 においてにおいて安全表示、充電部の表示、断路の表示、機器の表示を推奨している。

¹⁹⁵ IEA-PVPS, T12-09:2017 Summary, <https://iea-pvps.org/research-tasks/>

¹⁹⁶ FM, FM Data Sheet 07-106: Large-Scale Solar Installations, October 2024

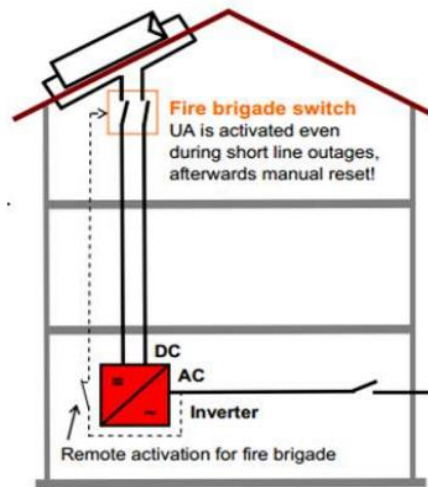


図 2-26 消防士用スイッチ系統図表示の例³

東京消防庁により平成 26 年 10 月以降運用されている「太陽光発電設備に係る防火安全対策の指導基準」¹⁹⁷では、消防法施行令別表第一に掲載されている防火対象物に関し、「消防活動における、消防隊員の感電危険を低減するために、表示等を行うこと。」としており、PV システム構成機器や建物入口に PV システムが存在することを示す表示を要求している。

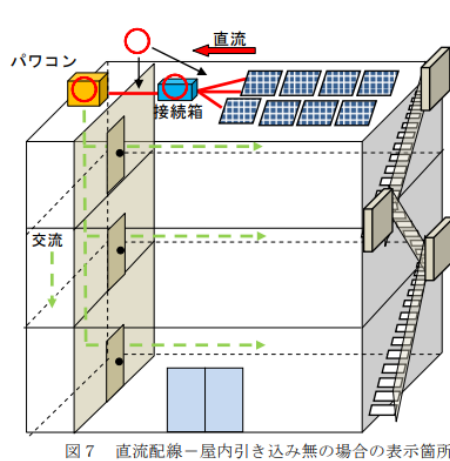


図 7 直流配線—屋内引き込み無の場合の表示箇所

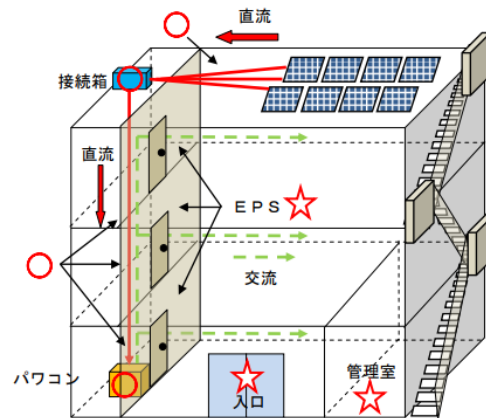


図 8 直流配線—屋内引き込み有の場合の表示箇所

図 2-27 表示箇所の例

また、IEA-PVPS の技術文書¹⁹⁵では、容量 30 kWp を超えるシステムについては消防隊による事前検査が推奨されている。また、緊急時に消防隊に提供する技術文書について、以下を用意することが求められる。

¹⁹⁷ 東京消防庁，太陽光発電設備に係る防火安全対策の指導基準（2014 年 10 月 1 日）

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none">1) 交流（AC）開閉器・断路器の位置2) 230V／400V 電気パネル（交流）の位置3) 直流（DC）負荷遮断器及びインバータの位置4) P V 消防士用スイッチの位置（ある場合）5) 太陽電池モジュールの位置6) 太陽電池モジュールに乗らずに屋根へのアクセス／経路に関する情報 |
|--|

(3) アクセス性の確保

消火活動やメンテナンス時等に PV 設備の各所へのアクセスを可能とするため、各国基準では以下に例示するような PV モジュールの敷設間隔や空地距離が規定されている。

米国の米国防火協会（NFPA）の基準¹²⁷では、Section 11.12.3において、一戸建て及び二戸建て住宅を対象に、屋根面のアクセス通路の設置要件を定めている。

IEC では、IEC TR 63226 において、商業用途の施設の屋根への外周アクセスは、屋上における火災の消火に際し重要であるとし、必要な要件を定めている。

米国保険会社である FM 社による保険引き受け基準¹⁸⁶では、地上設置型 PV システムについて、発電所内の火災に消防車両が接近できるよう、敷地内及び周囲に最低 6.1 m 幅のアクセス道路を設置することが求められている。

(4) 安全接近距離・放水距離

感電防止のための安全接近距離について、米国労働安全衛生庁（OSHA）の規定¹⁹⁸では以下のとおり定められている。

「保護も絶縁もされていない、50V 以上で動作する通電中の電線又は機器の部品のある区域では有資格者のみ作業することができる。作業中は交流（AC）750V 以下で約 31cm、5kV 以下で約 61cm の最小距離を確保する必要がある」。

また、UL 3741 では、保護されていない活電回路に対する安全距離を定めている。ドイツ消防連盟の基準では、通電箇所から 1 m 以上離れることを要求しており、さらにドイツ工業規格¹⁹⁹においては 1kV 以上の通電部からは 3 m 以上離れること、としている。

放水安全距離について、過去より様々な研究がされているが、未だ統一的な指針は存在しない。

全米防火協会（NFPA）の資料²⁰⁰によると、「1958 年オンタリオ州水力発電委員会の

¹⁹⁸ Occupational Safety and Health Administration, Occupational Safety and Health Standards (OSHA) 1910.269(1)

¹⁹⁹ ドイツ工業規格, DIN VDE 0132:2025-08

²⁰⁰ National Fire Protection Association (NFPA), Fire Protection Handbook

実験結果では、通電中の電気機器への安全な放水接近距離の限界は対地電圧が 2,400V の場合、5/8 インチの棒状注水ノズルで 15 フィートの最小安全距離が推奨された。」としており、「1934 年にフランスのパリ消防隊の試験では、最小 0.5m (115V、ノズル径 6mm) から 10m (3000V、ノズル径 32mm) までの安全距離が推奨された。」としている。

米国電気電子学会 (IEEE, Institute of Electrical and Electronics Engineers) の基準²⁰¹では、「複数の電力会社による試験では、散水ノズルは相間電圧 138kV まで使用可能。通電機器からの最小距離は 3.0m 以上とし、消防士は水たまりの中に立たないこと。」と規定している。また、「感電の防止には 100 psi (約 0.69 MPa) の圧力で 30° の霧状の水を噴射する必要がある。消防士は、通電中の電源から少なくとも 10 m 離れる必要がある。」としている。

また、UL においても放水時の感電危険性に関する研究²⁰²が公開されている。当社による UL へのインタビューでは、圧力 100 psi、10° 角で放射される噴霧ノズルの使用時は 6m の安全距離を確保する。棒状放水ノズルの使用時には 30m の安全距離を確保することを要求している。²⁰³

カリフォルニア消防の消火戦術の基準¹⁹⁴では、感電の防止には 100psi (約 0.69MPa) の圧力で 30 度の霧状の水を噴射する必要があるとし、消防士は、通電中の電源から少なくとも 33 フィート (約 10m) 離れることを規定している。

欧州では、EN 15182-1²⁰⁴において「電気設備内又はその付近で消火活動を行う場合は、取扱説明書を通じてエンドユーザーに周知する必要がある。また、可能な限り安全距離 (1,000 V 以下では少なくとも 1 m) を確保し、最小噴射角度 30° のスプレージェットを使用すること。」と規定している。

さらにドイツの DIN VDE 0132 規格²⁰⁵では、「消防隊が適切な保護具を使用している場合、DC 1.5 kV 以下の条件では棒状放水で 5 m、噴霧放水で 1 m の条件で感電電流は 25 mA を超えなかった。」との実証試験結果が報告されている。

オランダ消防協会では「AC 1,000 V 及び DC 1,500 V 以下の設備について、水噴霧放水時は 0.5 m 以上の離隔距離を確保する。棒状放水の場合、放水が水滴に分散する距離を確保する。」との運用指針²⁰⁶が示されている。

日本においては、総務省消防庁・消防研究センターの資料²⁰⁷において、活線向け

²⁰¹ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), IEEE 979-1994 - Guide for Substation Fire Protection

²⁰² Underwriters Laboratory (UL), Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project (2011), https://technicalpanels.fsri.org/docs/PV-PF_SafetyFinalReport.pdf

²⁰³ 東京海上ディーアール株式会社による UL へのインタビュー及び提供資料, 2026 年 1 月 23 日

²⁰⁴ CEN-CENELEC, EN 15182-1:2019 - Portable equipment for projecting extinguishing agents supplied by firefighting pumps

²⁰⁵ VDE, DIN VDE 0132:2025-08 - Safety rules for work on high-voltage installations, VDE

²⁰⁶ Brandweer Nederland, Handreiking Incidentbestrijding Zonnepanelen (May 2025), <https://nipv.nl/wp-content/uploads/2025/06/20250501-BWNL-Handreiking-Incidentbestrijding-zonnepanelen.pdf>

²⁰⁷ 総務省消防庁 消防研究センター, 太陽光発電システム火災と消防活動における安全対策, 平成 26 年 3 月

棒状放水時の電撃危険距離を下図のとおり 6 m から 12 m としている。下図に記載の安全距離は、「中内俊作：『高圧線への注水実験について』，火災，第 2 巻第 1 号，(1952)，pp. 15-19」に基づき設定されたと報告されている。

筒先圧力 60 lb/in ² (0.41 MPa) 以下				
口径	電撃危険距離 [m]			
	直流600V	直流1000V	交流3300V	交流11000V
5/8 inch (15.9mm)	6	6	6	8
6/8 inch (19.1mm)	6	6	6	8
7/8 inch (22.2mm)	10	10	10	12
1 inch (25.4mm)	10	10	10	12

図 2-28 活線向け棒状放水時の電撃危険距離

(5) 事故対応手順

PV システムの火災に備え、各国の消防機関では事故対応手順を整備している。今回調査で入手できたドイツ、オランダ及び米国の例を紹介する。

ドイツでは、ドイツ消防連盟 (Deutscher Feuerwehrverband) のガイドライン「太陽光発電システムの任務 (Einsatz an Photovoltaik-Anlagen) 2010 年」²⁰⁸では、以下の対応プロセスが示されている。

1) 任務の準備

- ・ PV プラントと建物内の位置を登録する
- ・ 消防隊員を対象とした PV プラントの立入検査の実施
- ・ 以下の人材・資材の有無を確認する：チーム内の有資格電気技術者、1kV までの絶縁工具と電気メーター
- ・ 電気設備に適したノズルの使用
- ・ PV 設置を安全な状態にするための緊急連絡先のリスト（地域の PV 設置業者／電気工事業者等）

2) ミッションの実行

- ・ PV システムのどの部分が火災にさらされているかの確認
- ・ ケーブル、AC/DC 断路器、接続箱、インバータ、蓄電池システムを特定する

²⁰⁸ Deutscher Feuerwehrverband, Einsatz an Photovoltaik-Anlagen (2010), <https://www.svkommunal.de/dam/jcr:5630fe9b-af9b-411d-9f8b-a982078078ea/kommunen-risikoberatung-photovoltaik-feuerwehreinsatze.pdf?view>

- ・ システム部品が損傷している場合、リスクを評価し、チームに共有し、封鎖する
アクセス可能で無傷の場合は、AC 及び DC 断路器のスイッチを切り、スイッチが
再投入されないようにする
- ・ 電圧が引火された配線が残存していることを考慮する

3) 呼吸器系への毒性

- ・ 危険な濃度の CO 及び CO₂ が発生する可能性がある
- ・ 重金属は燃焼モジュールの直近でのみ発生する
- ・ 消防士には呼吸保護具の着用が義務付けられている
- ・ 建物の換気システムを停止する
- ・ 一般市民への危険はない

4) 有毒な火災残渣

- ・ 有毒残留物の濃度はモジュール技術によって大きく異なる
- ・ 火災残渣は専門家による処分を推奨
- ・ 土壌サンプリングと分析が推奨

5) 倒壊・落下物

- ・ 通常は屋根の内側に落下する
- ・ 消防士は建物の「瓦礫ゾーン」を避けなければならない
- ・ 屋内消火の場合、倒壊の可能性があるため屋根構造への追加荷重を考慮する

6) 浸水

- ・ 浸水した PV システムは感電死の危険性が高く、その区域は避ける必要がある
- ・ 直流遮断器及び電圧低下部品が浸水する可能性がある
- ・ 有資格の電気技術者でなければ電圧の状態や判断はできない
- ・ 換気が悪い場合、電気分解により水素が発生するリスクが小さいながらも潜在

7) 棒状放水による感電

- ・ 電圧レベルとノズルに応じた標準的な距離を保つことで、消防士の安全を確保
- ・ 水以外の消火剤を使用することは、噴射距離が長くなるため推奨されない

8) 人工光源による感電

- ・ 人工光源から PV モジュールまで以下の距離を保てば、危険な電圧や電流は発生
しない（計算式： $10 \text{ m} + P_{\text{light}} [\text{kW}] \times 1.5 \text{ m/kW}$ ）
- ・ 月光は危険な電圧と電流を発生させない

9) 建物内進入時の感電

- ・ 火災が発生した場合、PV モジュールに触れたり、踏みつけたり、手で破壊して
はならない

- ・ ドーマー又は PV のない屋根側の窓から建物に進入する
- ・ 屋根上の PV のない場所（モジュールから屋根の端まで最低 1m の PV 設備の無い“PV フリーエリア”）をとおり建物に入る

また、以下に示す関連研究も参考として紹介されている。

- ・ ドイツ消防連盟（Deutscher Feuerwehrverband）,「太陽光発電システムの任務（Einsatz an Photovoltaik-Anlagen）2010」

- ・ ドイツ法定傷害保険協会, BGI/GUV-I 8677「事故現場における電氣的危険（Elektrische Gefahren an der Einsatz stelle）2011」
- ・ BSW-Solar, BFSB, ミュンヘン消防署（Berufsfeuerwehr München）, DGS Berlin, ZVEH,「太陽光発電システムの防火対策計画、構造と保全（Brandschutzgerechte Planung, Errichtung und Instandhaltung von PV-Anlagen）2011」

オランダでは、2025 年 5 月にオランダ消防隊（Brandweer Nederland）により「PV モジュールの事故対応に関するガイダンス（Handreiking Incidentbestrijding Zonnepanelen）²⁰⁶」が公開されており、以下の 5 段階のプロセスが推奨されている。

事故対応手順（5 段階プロセス）

1) 認識（Herkennen）

- ・ 大規模 PV システムは複数の小規模システムから構成している
- ・ 建物組込型 PV モジュールの識別困難性に注意すること
- ・ 複数区画にわたる設置による火災が延焼するリスクがある

2) 調査（Verkennen）

- ・ 乾燥した PPE を着用する（ブーツ、消火服、手袋）
- ・ 損傷したシステムはリスクが高くなる
- ・ 変電設備が火災に関与している際は防御的対応を

3) 安定化（Stabiliseren）

小規模設備（住宅用）

- a) 配電盤で該当回路を遮断
- b) インバータ位置特定・遮断
- c) AC/DC 両側の作業用スイッチを遮断

大規模設備（産業用）

- a) 専門家に相談してから遮断作業実施
- b) スtring 用インバータ以降は作業禁止（高電力のため）
- c) ケーブル切断時は専門家と協議

4) 対応 (Bestrijden)

火災対応時

- a) 停止線の位置決定
- b) 0.5m以上離れて噴霧放水（設備未遮断でも可）
- c) PV モジュールへの圧力負荷禁止

パネル撤去時

- a) PV システムを遮断済みであること確認
- b) 専用工具でコネクタ分離又はケーブル切断
- c) 1本ずつ異なる長さで切断
- d) 切断ケーブルの接触防止措置（注）接続箱以降は切断禁止

5) 事後対応 (Nazorg)

- ・ 再発火・感電リスクへの注意（すすは導電性）
- ・ 専門設置業者による最終安全確認必須
- ・ サルベージ又は所有者への安全引継ぎ
- ・ 堆積物による健康リスクは軽微（鋭利な破片に注意）
- ・ 重要な安全原則として、以下の理解・遵守を求めている
 - a) 太陽光照射中は常に発電（人工照明でも発電）
 - b) 噴霧放水は導電しない
 - c) 乾燥PPE着用必須
 - d) 専門家との連携重視
 - e) 適切な事後引継ぎ実施

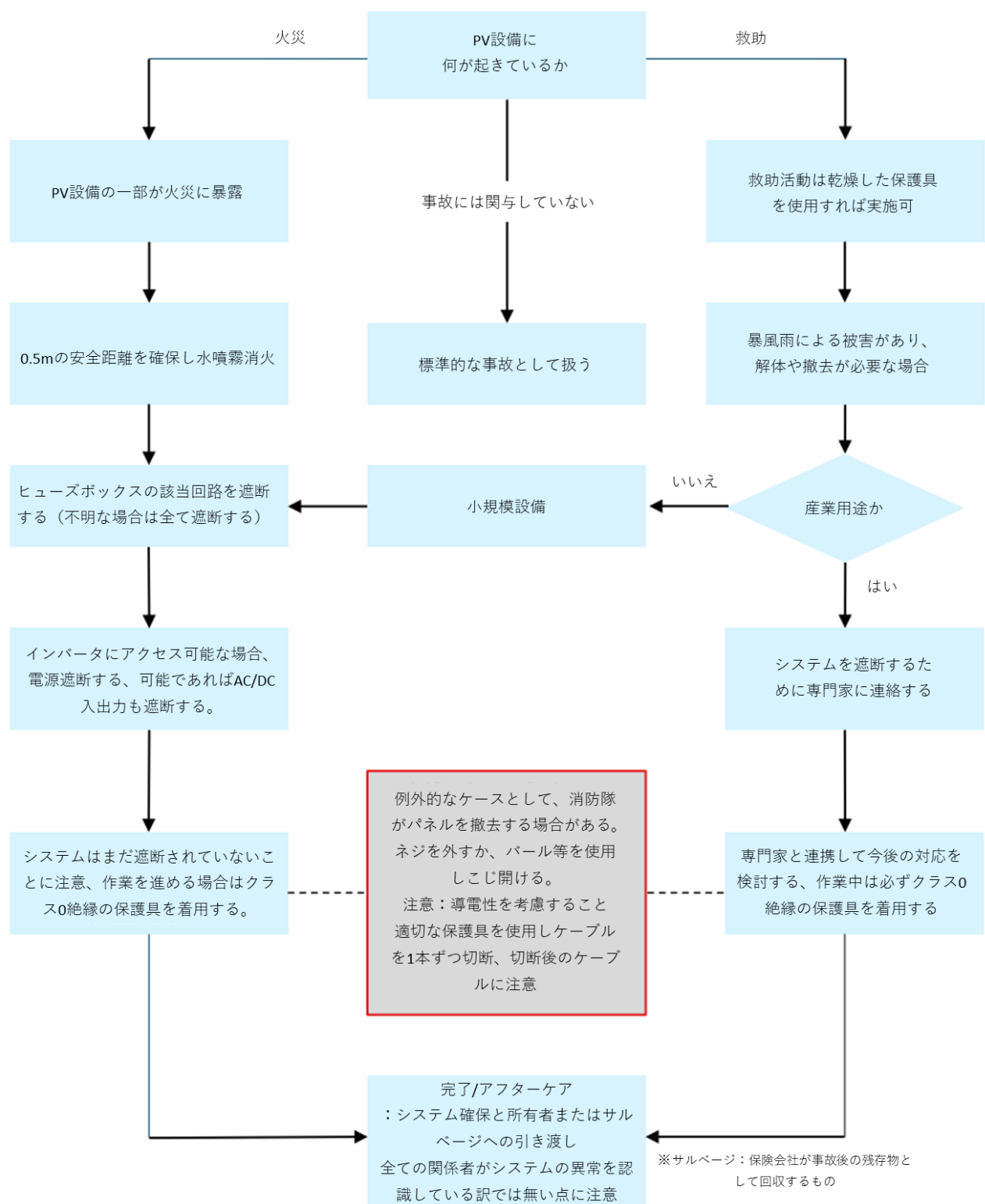


図 2-29 オランダ消防隊 PV モジュール事故対応ガイドラインにおける対応フロー
(東京海上ディーアール株式会社にて作成)

また、米国カリフォルニア消防長官事務所のガイドライン¹⁹⁴では、通報から残火処理までの詳しい手順を解説している。手順フローの概略は以下のとおり。

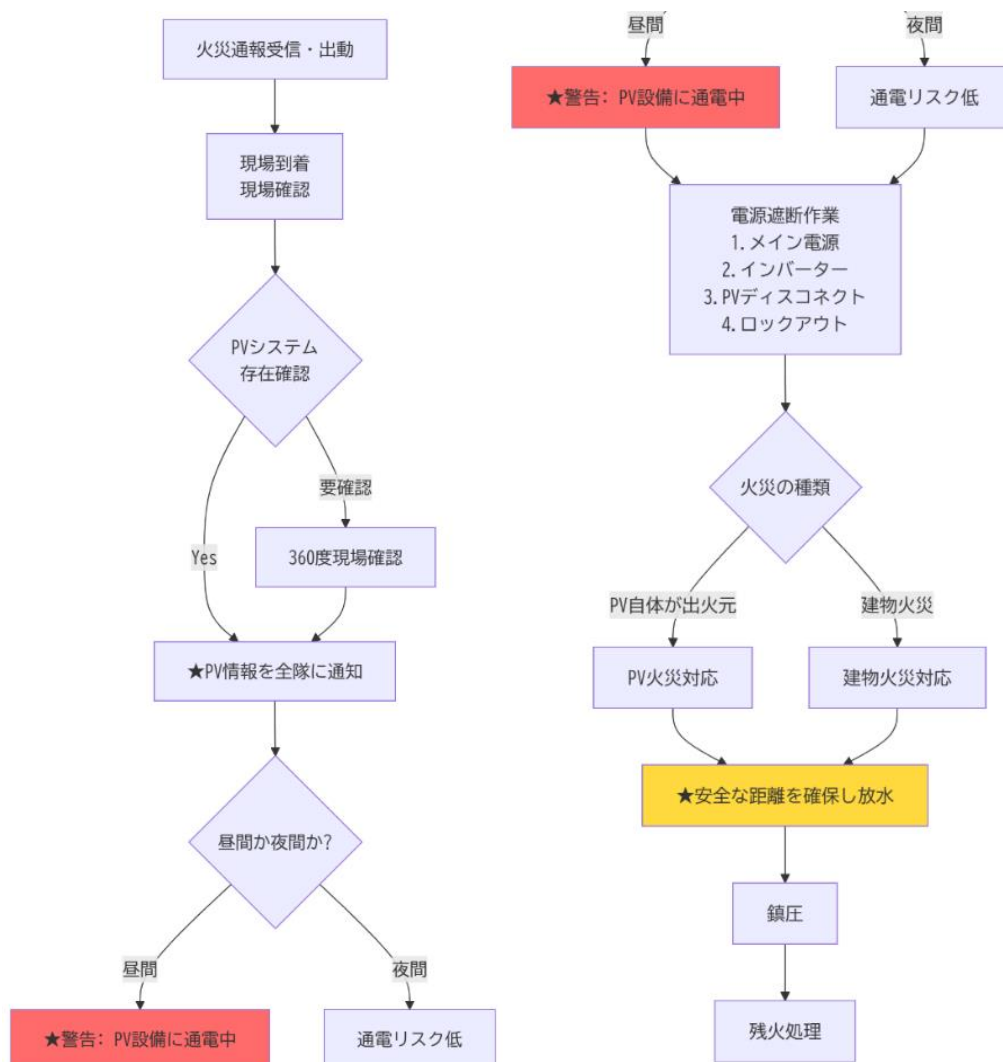


図 2-30 カリフォルニア消防のガイドラインにおける手順フロー
(東京海上ディーアール株式会社にて作成)

日本における PV システム火災に対するは現状公開されていないが、以下の手順が見込まれる。

- ・ ケース 1：PV システム近傍の火災（類焼危険）
以下手順で消火活動を実施する。
 - ① 感電防止措置が可能な場合、足場の確認の後、遮光シートを設置して消火にあたる。
 - ② 感電防止措置が不可能、又はアクセス制限によりシート設置等が不可能

な場合、方向と距離に留意して放水する。必要に応じ屈折放水投射を実施する。

- ③ はしごを使用するか開口部から PV 設備にアクセスする。住宅の場合、はしご車等は接近できない状況が見込まれる。

- ・ ケース 2：本体の火災

以下手順で消火活動を実施する。

- ① 周辺の延焼媒体を確認する。
- ② 方向と距離に留意して放水する。必要に応じ屈折放水投射を実施する。

留意点として以下が見込まれる。

事業用の PV システムは耐火構造に設置されている場合が多いが、家庭用は非耐火の構造、または可燃物の上に設置されている可能性がある。裏面の設置下地や屋根材量によっては延焼媒体になる可能性がある。また、現状普及しているタイプは設備重量があるため、構造のしっかりした屋根に設置されているが、フレキシブルタイプ等の普及により設備がより軽量になると、屋根の強度の低い場所に設置するケースが増加し、踏み抜き等による転落のリスクが増すおそれがあり、壁面設置時のアクセス制限が想定される。

- (6) 消防士に向けた火災対応訓練

各国では PV システム火災への対応技術向上のために、トレーニングを提供している。米国においては、カリフォルニア州消防長官事務所（OFMS）の消防訓練教育プログラムとして 8 時間のトレーニングコースを提供している。¹⁹⁴

また、UL では消防士向けオンライントレーニングを提供している。

2-5-5 特殊なリスクへの対応

- (1) 再着火のリスク

今回の文献調査では、再着火のリスクに関する言及が確認されたものの、その具体的な対策については確認できなかった。必要な手順として、発電停止に既に使用されている防火シート等による養生や梱包、配線の末端保護等が考えられる。

- (2) 夜間における発電のリスク

夜間における発電状況とリスクについて、UL による研究²⁰²では、夜間であっても車両や火災等の光源により「ロックオン：手が離せなくなる」程度の感電のリスクがあることが示されている。消防車からの人工光や火災からの光により、アレイが「ロックオン」閾値である 40 mA を超える電流を発生するのに十分な光を発することが確認されている。

(3) 浸水時のリスク

浸水した PV システムについて、ドイツ消防連盟の報告²⁰⁸では「浸水した PV システムは感電死の危険性が高く、その区域は避ける必要がある。直流（DC）遮断器及び電圧低下部品が浸水する可能性がある。有資格の電気技術者でなければ電圧の状態や判断はできない。換気が悪い場合、電気分解により水素が発生するリスクが小さいながらも潜在している」とされている。

日本では、太陽光発電協会（JPEA）による評価が実施されており、「太陽光発電システムの水没実験報告書」²⁰⁹が発行されている。同書では、水没した PV モジュールの周囲に自力での脱出が困難となる 20mA 以上の可随電流が生じることが確認され、水災時の感電危険性が明らかとなった、と結論づけている。

(4) PV 火災時の有毒ガス発生

2-5-4 の項において、ドイツ消防連盟の消防活動手順のなかで毒性ガス発生について触れたが、消防研究所の報告²¹⁰では、ポリフッ化ビニルを使用した製品の燃焼時に有害なフッ化水素や四フッ化ケイ素の発生が確認されており、バックシートにハロゲン化合物を使用している場合に、有害なハロゲン化水素が生じる可能性が指摘されている。

このようなリスクに対し、米国や欧州をはじめ各国消防団体では空気呼吸器の使用を義務付けている。

米国カリフォルニア消防長官事務所のガイドライン¹⁹⁴では、PV モジュールに含まれるシリコン、ホウ素、リン、カドミウム、テルル、ヒ素、ガリウム等による呼吸器被害の可能性に触れ、空気呼吸器着用の必要性を解説している。また、同ガイドラインでは蓄電池を含む設備の火災について、発生ガスの毒性及び腐食性に関する注意喚起をしている。

(5) 火災残渣の処理

オランダ公共安全研究所（NIPV）の調査¹⁶⁹では、PV モジュールの破片発生のリスクを以下のとおり分類している。

物理的リスク：鋭利な縁による怪我のリスク（放牧動物や子供が特に危険）
化学的リスク：鉛等の重金属を少量含有
（重要：重金属の含有量は極めて少なく、健康や環境への実質的リスクなし）

ドイツ消防連盟は「有害残留物の濃度はモジュール技術によって大きく異なる、火災残渣は専門家による処分を推奨、土壌サンプリングと分析が推奨」と指導して

²⁰⁹ 一般社団法人 太陽光発電協会，太陽光発電システムの水没実験報告書（2019 年 4 月 26 日）

²¹⁰ 塚目 孝裕ほか，太陽電池モジュール燃焼時の生成ガスについて（消防研究所報告 通巻 116 号 （2014 年 3 月）

いる。²⁰⁸

日本では、環境省の「太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン（第三版）」²¹¹において、鉛などの重金属を僅かながら含有している可能性があるとして、リサイクルにおける土壌汚染などに関し注意喚起している。

(6) 山火事のリスク

オランダ公共安全研究所（NIPV）の調査¹⁶⁹によると「PV システムでの火災が PV 発電所の植生火災を引き起こした事例が 1 件知られている（Sas van Gent、2022 年）。モデル化結果に基づくと、PV 発電所の植生火災が PV モジュールを発火させるほどの出力を発生させる状況は想定することができる。」とされている。

米国の FM 社によると、植生管理の重要性について、「火災燃料管理の観点から、刈り草を直ちに除去し、放置して乾燥させないことが重要。植生が 6 インチ（150 mm）を超えないように成長を制御。6 インチは、植生が持続的な火災の危険となるのを防ぐための一般的なルールである。」とされている。¹⁹⁶

日本においては、経済産業省の解説書⁵¹において「枯れた草木を除去する、難燃性の防草シートを敷く、碎石を敷き詰めるなどの、炎を当てると容易に燃え広がる可燃物への延焼防止措置」を講ずるべきことを規定している。

(7) 経年劣化による将来リスク

ドイツの Kulenkampff らの調査²¹²では、「経年劣化の影響は、インバータでは約 10 ～15 年後、PV モジュールでは約 20 年後に予想される。故障率は増加するが、火災事例は必ずしも増加しない」とされている。

Solar Power Europe の報告¹⁶⁸に掲載されているイタリアの研究では「部品の経年劣化（特に絶縁材）により、今後 5～10 年で火災の第二のピークが予想される。」と警告している。

(8) 蓄電池システム（BESS）のリスク

① BESS 火災の特殊性

太陽光発電システムと組み合わせて使用される蓄電池システム（BESS）については、独特の火災リスクが存在する。BESS の火災における主な原因のひとつに熱暴走のリスクが挙げられる。米国電気電子技術者協会（IEEE）の調査²¹³によると、「熱暴走は、回路基板や不安定なバッテリー構造等の内部欠陥、バック

²¹¹ 環境省，太陽光発電設備のリサイクル等の推進に向けたガイドライン（第三版），
https://www.env.go.jp/page_00817.html

²¹² F. Kulenkampff - VDE, Reliability of Inverters in Photovoltaic Power Systems - A Detailed Field Data Analysis, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9862069>

²¹³ Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), IEEE Transactions on Industry Applications - Vol. 61 No. 4 (July/August 2025), <https://ieeexplore.ieee.org/document/11069362>

内のバッテリーセル間の性能差によるエネルギーの不一致と効率の低下、温度管理の不備、メンテナンスの複雑さといった一連の要因によって発生する可能性がある。」とされている。

同調査では、特に密閉型 BESS 設備を対象に「換気が不十分だと、熱暴走時に放出される可燃性ガスが蓄積し、爆燃や爆発のリスクが高まる。このリスクは、密閉空間によってガス濃度の上昇が悪化するコンテナ型システムで特に顕著である。」との警告がなされている。

② BESS の設置基準

ドイツの VdS ガイドライン¹⁵²では、「リチウムイオンバッテリーの BESS は VDE-AR-E 2510-50 及びリチウムイオン住宅用蓄電池安全指針に準拠することにより、火災が構造的措置により隣接又は周囲のセルや部品に延焼することが制限される（プロパゲーションテスト）。」との要件が設けられている。さらに設置場所の要件として、筐体又は区画化による延焼防止や、居住空間以外への設置、煙感知器による監視等を推奨している。

③ 事業用 BESS の規制動向

米国の NFPA 855²¹⁴では、事業用 BESS について詳細な規制が定められている。商業用及び産業用の蓄電システム設置場所について、屋内、屋外、特殊なケース（屋上及び屋外駐車場）の 3 つの主要カテゴリーに分類しており、それぞれ要件を定めている。

容量制限について、BESS の総容量は、専用スペースにおいて最大 600 kWh に制限されている。また、個々の BESS ユニットの容量は 50 kWh に制限されている。

設置場所について、非専用スペースに設置する場合はキャビネットによるアクセス制限が必要であり、居住エリア内に設置することは認められていない。離隔距離について、屋外設置の場合、BESS は他の建造物の近くにも設置可としており、システムは公道、建物、及び保管されている可燃性物質から少なくとも 30.5 m の離れた場所に設置することを要求している。

また、同規格ではコンテナ型の BESS について爆発対策の実施に言及しており、NFPA 68 又は NFPA 69 に基づき設計された爆発放散口等の要件を定めている。

④ 家庭用 BESS の制限

NFPA 855 において、家庭用 BESS の個々の BESS ユニットの最大容量を 20 kWh に制限している。設置場所については、住戸の居住エリア及び寝室から分離さ

²¹⁴ National Fire Protection Association, NFPA 855 - Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems (023)

れた付属ガレージや独立した建屋を指定しており、寝室、クローゼット、寝室に直接通じる空間への設置を禁止している。また、屋外や外壁に設置する場合は、住戸の出入口及び窓から少なくとも3フィート（914mm）離すことを要求している。なお、所轄当局の承認を得た場合は、密閉されたユーティリティ用クローゼット、収納スペース等への設置を認めている。

⑤ 日本における規制動向

日本においては、蓄電池容量に応じた届出が必要である。

一般社団法人 日本電機工業会（JEMA）による規制状況の表を以下に掲載する。

表 2-43 安全基準の適用区分と消防機関への届出の要否

蓄電池容量	消防法令への適合	消防機関への届出
10 kWh 以下	対象外	不要
10 kWh 超 ～20 kWh 以下	消防法令への適合 又は一定の安全要求事項が定められた標準規格（JIS C 4412 や JIS C 4411-1 等）への適合	不要
20 kWh 超	消防法令への適合 （標準規格による外部延焼防止措置が講じられたものは一部緩和）	必要

※JEMA の情報をもとに東京海上ディール株式会社にてレイアウトを変更

2-6 現状の課題と提言

これまで解説した各国の PV 火災に関するリスク管理状況より、わが国における状況に関する現状、課題、提言、及び今後検討すべき事項を第 5 章第 1 節に掲載した。

第3節 電気自動車に係る調査

3-1 事故事例の整理

3-1-1 日本の最新情報

3-1-1-1 日本の事故事例の整理

日本においてEV（特にBEV）は普及段階にあるため、火災事例が少なく、東京消防庁が所有するデータベース内に、EVに係る火災事例は存在しない。そのため、東京消防庁管内以外の消防本部から集計した過去に発生した火災発生件数及びインターネット文献から入手した火災事例をもとに、国内のEVに係る火災事例を整理する。火災の発生地域でみると、岡山市が11件で最も多く、次いで静岡市、横浜市で9件発生している（図3-1）。

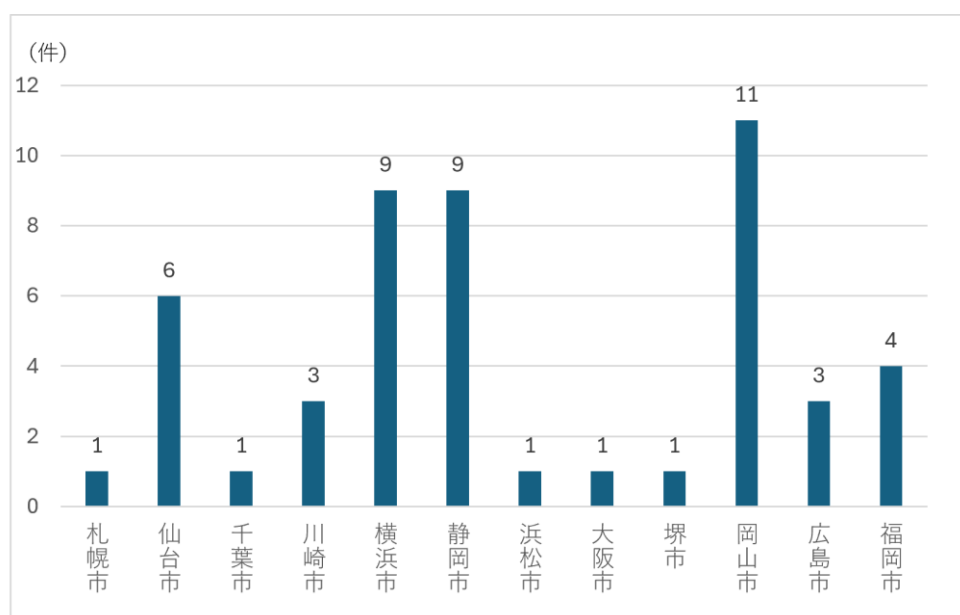


図 3-1 EVに係る火災の発生地域

3-1-1-2 日本における消火救助活動

EVの普及に伴い、従来のガソリン車とは大きく異なる火災特性への対応が消防活動において重要な課題となっている。

総務省消防庁では、「次世代自動車事故等における消防機関の活動要領」²⁵において、EVで火災が発生した際の活動要領を以下のように周知している。

EVはハイブリッド自動車や燃料電池自動車と同様に高電圧駆動回路を有しており、オレンジ色の高電圧ケーブルや高電圧部品への接触による感電事故を防ぐため、これらには絶対に触れないよう注意が必要である。また、高電圧システム停止後も数分間は電圧が維持されるため、緊急時には必ず絶縁保護具を着装してから活動を開始しなければならない。

耐電ヘルメット	耐電手袋	耐電シート
		
耐電衣	耐電ズボン	耐電長靴
		
絶縁工具	絶縁テープ	
		

図 3-2 主な絶縁保護具²⁵

※ 絶縁保護具は、使用前確認や日常点検を行い、ひび割れやピンホール等が無いことを確認しておくこと。

※ 絶縁保護具が水を吸収した場合、水分が導体となり感電事故の発生につながるため注意すること。

※ 活動時は、シャープペンシルやスケール等、落下して短絡のおそれがある金属製品を身に付けないこと。

安全対策として、各自動車メーカーは緊急時の高電圧回路自動遮断機能や、12V 系配線切断による高電圧回路遮断等、感電や火災を防ぐための対策を講じている。さらに、事故現場での安全な作業に必要な情報をレスキューマニュアルとしてまとめ、ホームページ等で公開している。

【電気自動車 救助活動手順（例）】

■出動

■現場到着

事故状況を踏まえ、要救助者に危険が切迫している場合は、絶縁保護具等を装着した上でただちに救助活動を開始すること。

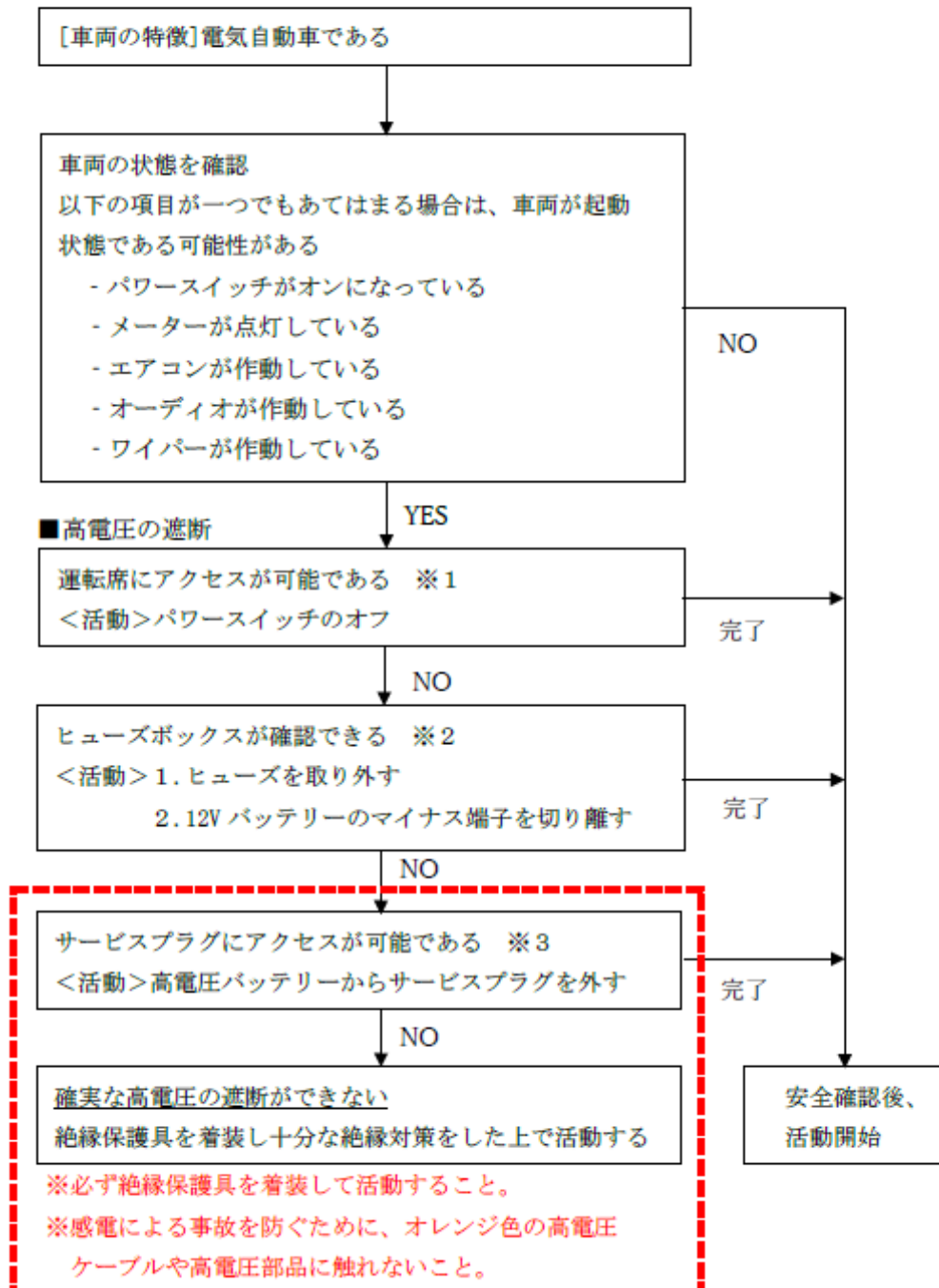


図 3-3 電気自動車 救助活動手順（例）²⁵

表 3-1 救助活動手順における解説²⁵

活動	留意事項
※1	● 高電圧システムを再起動するスマートキーを装備する車両の場合には、誤操作防止のためスマートキーと車両との距離を 5m 程度とること。 ● 高電圧が遮断されていてもエアバッグが展開することがあるため、注意すること（エアバッグ展開後、高電圧リレーはシャットダウンされる）。
※2	● ヒューズボックスのカバーを外し、高電圧回路のヒューズ（判断できない場合は全てのヒューズ）を外してシステムを停止させる。 ● 電動ドアロック、パワーウィンドウ、電動シート等は、12V バッテリーによって駆動している。12V バッテリーが切り離されるとこれらの操作ができなくなるため、必要に応じて事前に処理する（パーキングブレーキが必要な場合も 12V バッテリー切断前に実施すること。ただし、再度ヒューズを取り付ければ復元する）。
※3	● サービスプラグによる高電圧の遮断後、蓄電されている電気が完全に放電されるまでには数分程度かかる。 ● 以下が当てはまる場合は、高電圧システムは稼働している可能性があるため再確認が必要である（徐々に電圧は下がってくるが、二次災害を避けるために絶縁保護具は引き続き着用する）。 - エンジンが作動している - パワースイッチがオンになっている - メーターが点灯している - エアコンが作動している - オーディオが作動している - ワイパーが作動している - ナビやディスプレイ等が表示されている

3-1-1-3 日本における火災事故と対応

次に、国内で発生した火災事例をもとに、EV における消火活動について考察する。

2024 年 7 月に大阪市内で発生した火災では、交差点で赤信号を無視した普通乗用車が EV の左側面に衝突し、その直後から EV の下部より出火、約 32 時間にわたる長時間の消火活動を要した。²¹⁵

²¹⁵ 日本火災学会 74 巻 6 号, [火災発生事例] 電気自動車 (BEV) の火災事例について

表 3-2 事故事例 1（国内での火災事例）

発生場所	大阪府
発生月	2024 年 7 月
事故概要	EV が交差点に進入した際に、赤信号を無視して進入してきた普通乗用車が EV の左側面に衝突する事故が発生。その直後に EV の下部から出火した。
消火活動	・ 2 時 03 分に覚知し、その 5 分後には消防隊が到着。 ・ 2 時 09 分に放水を開始し、2 時 55 分に一度鎮圧したが、2 時 58 分に再発火。その際に車両の底から熱暴走のような燃焼を確認した。 ・ 2 時 59 分に放水を再開したが鎮火せず、水密コンテナによる再発火防止措置実施を判断した。 ・ 5 時 34 分に水密コンテナが現場に到着し、7 時 45 分に罹災車両の水没作業が完了した。 ・ その後協力事業者の処理センターへ水密コンテナを搬送し、翌 10 時 30 分に鎮火と判断された。出火時刻から鎮火まで約 32 時間要した。

この事例が示すように、EV に搭載されているリチウムイオンバッテリーは熱暴走により大量の熱エネルギーを放出し、セル内の電解質が分解して可燃性ガスを発生させながら隣接するセルへ連鎖的に延焼する特性がある。通常の泡消火では、構造的に消火薬剤が浸透しにくいいため完全な鎮火が困難で、見かけ上は消火ができていても内部で燃焼が継続し、再発火するリスクが極めて高い（図 3-4、図 3-5 参照）。



図 3-4 再発火の状況 ²¹⁵



図 3-5 泡放水実施後の状況 ²¹⁵

EV のリチウムイオンバッテリーシステムは、階層的な構造設計により構成されている。最小構成単位であるセルが複数組み合わせられてモジュールを形成し、さらに複数のモジュールが統合されることで車両全体のバッテリーパックが構築される。

本事例における車両のバッテリー構成を分析すると、車両下部に 4 つのモジュールが配

置されており、各モジュール内には多数のリチウムイオンバッテリーセルが格納されている（図 3-6 参照）。

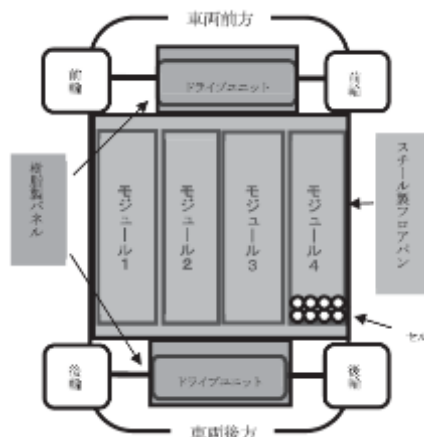


図 3-6 車両上面から見たモジュールの状況 ²¹⁵

交差点での側面衝突により車両に加わった衝撃力がモジュールに伝達され、罹災車両の構造内部において車両左側面下部のモジュールを基点に損傷が発生した。この損傷により車両底部に搭載された材料が多数破砕されており、火災発生場所上に散乱したセルのほとんどは正極キャップが脱落しており、外装の側面が開裂している状態である（図 3-7, 図 3-8 参照）。



図 3-7 車両底面から見たモジュールの状況 ²¹⁵



図 3-8 飛散したセルを並べた状況 ²¹⁵

また、リチウムイオンバッテリーのセルに含まれている電解液には反応性が高い有機溶媒が使用されており、80℃を超えるとグラファイト系負極と電解液が反応し、さらに 140℃を超えるとセパレータが溶融して正極と負極が全面的に短絡する。200℃を超えると正極材が熱分解して酸素を放出し、気化した電解液と激しく燃焼し熱暴走に至る。

これらのことから、「交通事故による衝突→セルの損傷→電解液の漏出→短絡→発熱→熱

暴走の連鎖反応」という一連のプロセスが出火原因となっていると考えられる。この熱暴走は隣接するセルへと連鎖的に伝播し、最終的には複数のモジュールに火災が拡大したものと想定される。

このような EV の火災に対して、大阪市消防局は LIB 搭載車両火災活動マニュアルを定めている。一般的な車両火災の対応と異なる点として、リチウムイオンバッテリー火災の「再発火防止策」を重点的な課題として位置付けており、EV 特有の火災リスクに対する体系的な対応手順を定めている。対応手順については、「再発火防止措置フローチャート」としてまとめられており、具体的には、市内の事業所が現場指揮者からの要請を受け災害現場へ水密コンテナを搬送し、同時に消防隊が小型タンク車で海水を搬送する体制としている。また、災害現場では、罹災車両を工作車のクレーンで吊り上げ、水密コンテナへ収容し、水没を完了させる手順が定められている。本事例では、マニュアルに基づいた手順で対応が実施され、鎮火に至っている。

3-2 海外の電気自動車に係る事故事例

3-2-1 海外の電気自動車の火災事故統計

グローバルな電気自動車の火災事故発生率に関する公的機関の統計は、現時点では存在しない。なお、オーストラリアの EV Fire Safe²¹⁶が収集した 2010 年～2024 年 6 月 30 日までに発生した EV（乗用車）のリチウムイオンバッテリーに起因する火災事故は 511 件である。²¹⁷

この分析レポート等からポイントとなる点を以下に紹介する。

- ・ バッテリー火災の事故原因は、その多くが特定されていないが、原因が判明しているものの中では、「衝突」、「製造上の欠陥」、「水没」が 3 大原因となっている。
- ・ 発生場所は、地下や屋内が 117 件、屋外駐車中が 173 件、屋外走行中が 155 件、不明が 67 件。
- ・ 511 件のうち、489 件が火災事例。残り 22 件は蒸気雲爆発のような急激な爆発現象を伴っている。
- ・ EV Fire Safe の調査結果に基づくと、2010 年～2020 年の EV（乗用車）の発生確率は 0.0012%である一方、内燃機関（Internal Combustion Engine、以下「ICE」）の自動車（乗用車）の火災発生率は 0.1%であることから、EV の火災発生率は従来の ICE に比べ低いと言える。

なお、EV Fire Safe の Web サイト²¹⁸では、EV の火災発生確率が ICE に比べて低いことを示す追加情報として、Tesla の Impact Report 2020²¹⁹の 40 ページに「2012 年から 2020 年にかけて、テスラ車の火災発生率は走行距離 2 億 500 万マイルにつき約 1 件でした。比較対象として、全米防火協会（NFPA）と米国運輸省のデータによると、米国では走行距離 1900 万マイルにつき 1 件の車両火災が発生しています。」という記載があることも紹介している。

3-2-1-1 米国

全米を対象とした統計情報は存在しない。

3-2-1-2 欧州

EU Sustainable Transport Forum が 2025 年 2 月に発行した「Guidance of fire safety

²¹⁶ EV Fire Safe はオーストラリアに拠点を置く電気自動車及び高電圧バッテリー火災に関する研究教育機関。オーストラリアの国防省（Department of Defence, Australian Government）の支援を受けて設立された。EV 火災のグローバルデータベースを構築している。今回調査した限りでは、唯一の詳細なグローバルベースの分析データと推察される

²¹⁷ EV Firesafe.com, PASSENGER EV LIB FIRE INCIDENTS, Global, as of 30th JUNE 2024, https://www.evfiresafe.com/_files/ugd/8b9ad1_1e058681d2e447fdbe00f9c46d4ec8.pdf

²¹⁸ EV Fire Safety, Frequently asked questions, <https://www.evfiresafe.com/ev-fire-faqs>

²¹⁹ Tesla, Impact Report 2020, https://www.tesla.com/ns_videos/2020-tesla-impact-report.pdf

for electric vehicles parked and charging infrastructure in covered parking spaces²²⁰」では、EUにおけるEVの火災事故分析の情報を引用しているが、そこに例示されているのは、後述のスウェーデンとフィンランドのみである。

(1) ドイツ

本調査においては、EVの火災事故に関する体系的な統計情報は確認されなかった。保険業界がEVの火災状況について、若干の分析をしている。

① アリアンツ・テクニーク（以下、「AZT」）による分析（2025年11月）²²¹のポイントは以下のとおり。

- ・ 2020年にアリアンツに報告されたBEV車両火災の事例20件の分析。
- ・ 多くのケースは、建物や近くの車両からの延焼。BEV車両の欠陥による火災のケースは比較的稀であった。
- ・ AZTによる調査では、高電圧バッテリーの構造的保護は衝突に対して一般的に有効であり、事故の結果として火災が発生することは稀であることが示されている。
- ・ ドイツで記録された淡水関連の事例では、火災事故は1件も報告されていない。
- ・ AZTの見解として、電気自動車の火災リスクは、従来の駆動システムを搭載した車両よりも高くないとしている。

② GDV（ドイツ保険協会）による分析（2024年11月）²²²のポイントは以下のとおり。

- ・ 2023年、ドイツでは14,200台の車両火災が発生した。ただし、EVの車両火災の件数の記述はない。ドイツでは、車両火災の際に、EVとICEを区別するデータのとり方をしていないものと推察される。
- ・ EVがICEに比べて火災リスクが高いことを示す根拠はないとしている。

(2) ノルウェー

ノルウェーでは、DSB（社会安全・機器管理庁）が、ノルウェー全域の車両火災データを含む火災等の記録をデータベース化し公開している

²²⁰ EU Sustainable Transport Forum, Fire Safety for Electric Vehicles and Charging Infrastructure, 2025年2月, <https://www.alternative-fuels-observatory.ec.europa.eu/sites/default/files/document-files/2025-02/guidance%20of%20fire%20safety%20for%20electric%20vehicles%20parked-MI0125004ENN.pdf>

²²¹ Allianz Zentrum für Technik, Topics at the Allianz Center for Technology, Fires in electric vehicles, <https://www.azt-automotive.com/en/topics/Fires-in-electric-vehicles>

²²² Gesamtverband der Versicherer Brennen E-Autos wirklich öfter? Zahlen und Fakten, <https://www.gdv.de/gdv/themen/mobilitaet/dossier-elektromobilitaet/e-autos-elektroauto-braende-statistik-182792>

(Brannstatistikk.no²²³)。

そのデータに基づく「Electric Vehicle Fire Safety in Enclosed Spaces, RISE Report 2023:42²²⁴」によると、2016年1月から2022年3月までのノルウェーにおける車両火災の統計データでは、ICEの火災が82.5%を占め、EVが2.3%、PHEVが0.8%となっている。一方、2022年3月時点でのノルウェーでの車両台数の比で見るとEVは全体の17.3%で、ICEに比べると発生頻度は約1/8となっている。

また、The New Mobility Association (PSNM)が2025年8月13日に公開したニュース²²⁵では、最新の状況として以下をレポートしている。

- ・ ノルウェー国内の登録車両3,093,293台中、BEVは874,307台(28.3%)。
- ・ 2025年上半期の車両火災403件中、EVは30件(7.4%)で、1,000台あたりの火災発生率を比較するとEVは0.034件/千台、ICEは0.195件/千台。すなわち、EVはICEに比較して約1/6の火災発生率。
- ・ EVの普及が火災の増加には繋がっていない。

(3) その他

参考として、上記以外の欧州の国で公開されている情報を以下に挙げる。

① スウェーデン

2018年から2024年までのEV・HEV及び電動輸送機器の火災に関する統計が存在する²²⁶。

- ・ 2024年末時点でスウェーデン国内の登録車両4,977,791台中、EV・HEVは880,958台
- ・ 2024年には40件のEV・HEV火災が発生(2022年は23件、2023年は38件)
- ・ 2024年の車両火災約3,100件(全燃料タイプ、放火含む)中、EVやHEVが巻き込まれた火災は42件(そのうち、明らかにバッテリーが関与していない火災は11件)。火災発生率は、EV・HEVの火災発生率0.004%に対して、車両全体の火災発生率0.06%。すなわち、EV・HEVの火災発生率は車両全体に比較して約1/15
- ・ 2018年から2024年の間に合計664件のEV・HEV及び電動輸送機器の火災

²²³ DSB, Brannstatistikk.no, <https://www.dsb.no/brannsikkerhet/brannstatistikk/brannstatistikk.no>

²²⁴ Electric Vehicle Fire Safety in Enclosed Spaces, RISE Report 2023:42, <https://ri.diva-portal.org/smash/get/diva2:1744882/FULLTEXT01.pdf>

²²⁵ The New Mobility Association (PSNM), Norway debunks the myth of EV fires - combustion cars catch fire up to six times more often, <https://psnm.org/2025/information/norwegia-obala-mit-o-pozarach-elektrykow-auta-spalinowe-plona-nawet-6-razy-czesciej/?lang=en>

²²⁶ Sammanställning av bränder i elfordon och eltransportmedel år 2018-2024, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB: スウェーデン市民保護緊急事態庁), <https://rib.msb.se/filer/pdf/29438.pdf>

又は事故が発生

- 火災の発生状況：走行中 60 件 充電中 291 件 その他/不明 313 件
- 電動キックボードの火災が最も多く（206 件）、次いで電動自転車（137 件）、乗用車（160 件）

② フィンランド

2015 年から 2023 年までのフィンランドに BEV、PHEV、HEV の火災事例が分析されている²²⁷。

- ・ EV の火災は従来の ICE と比較して絶対数も相対的な発生率も低い
- ・ 2020 年代のプラグイン車（BEV・PHEV）の火災発生率は年間 10,000 台あたり 0.2～0.9 件で、全乗用車の平均（4.6 件）より大幅に低い
- ・ EV は充電中、駐車中、走行中のいずれの状態でも火災が発生する可能性があるが、状態による発生頻度の有意な差はない
- ・ 交通事故後に火災が発生したのは 1 件のみ
- ・ リチウムイオンバッテリーが関与する火災でも、従来の消防装備と放水で消火可能であった
- ・ BEV の消火には平均 4.1 m³の水が必要で、PHEV と HEV（平均 1.8 及び 1.7 立方メートル）の約 2 倍
- ・ EV の火災リスクが低い理由の一つとして、電気自動車運転者の平均年齢が若いことが挙げられる
- ・ EV 火災には再発火のリスクがあり、特に地下駐車場での火災時に課題となる

3-2-1-3 中国

中国では、国家消防救援局（National Fire and Rescue Administration）が火災事故件数の情報を把握しているが、一般には詳細を開示していない。従って、報道で確認できる情報を以下に記載する。

(1) Zhihu²²⁸によれば、2022 年第 1 四半期における車両の火災事故件数は以下のとおり。なお、この情報は国家消防救援局のニュースリリース²²⁹に基づくもの。

- ・ 車両火災事故は、19,000 件で前年比 8.8%増加。そのうち新エネルギー車

²²⁷ Perceived and Actual Fire Safety - Case of Hybrid and Electric Vehicle Fires in Finland 2015-2023, VESA LINJA-AHO, Independent Electrical Safety Professional, Espoo, FINLAND, E-ISSN: 2224-3496 Volume 19, 2023, [https://wseas.com/journals/ead/2023/c425115-043\(2023\).pdf](https://wseas.com/journals/ead/2023/c425115-043(2023).pdf)

²²⁸ Zhihu, 国家消防救援局 2022 年有记录、数据表明：新能源汽车火灾发生率高于燃油车。2024 年 10 月 10 日（2026 年 1 月 27 日参照），<https://zhuanlan.zhihu.com/p/719722443>

²²⁹ National Fire and Rescue Administration, 全国一季度火灾 21.9 万起，死亡 625 人！，2022 年 4 月 4 日（2026 年 1 月 27 日参照），<https://www.119.gov.cn/gk/sjtj/2022/28761.shtml>

(BEV、PHEV、FCV 等) の火災事故は 640 件で前年比 32%増加。

- ・ 電動自転車の火災は、3,777 件で前年比 10%増加。
- ・ 2022 年第一四半期時点での自動車保有台数は 307 百万台、うち 8,915 千台が新エネルギー車。これを踏まえると、新エネルギー車の火災発生率は 1 万台あたり 0.07179 台、内燃機関車両は 1 万台あたり 0.04892 台。新エネルギー車の火災発生率は、ICE の約 1.5 倍になっている。

- (2) Toutiao²³⁰によれば、国家消防救援局の発表に基づく、2024 年 1 月～4 月の EV を含む新エネルギー車の火災事故件数は 102 件。

3-2-1-4 韓国

韓国では、消防庁が収集した EV 火災事例を国のデータポータル²³¹で公開している。2019 年以降のデータが収集されており、登録されている主な情報は以下のとおり。

- ・ 発生日時：EV 火災の発生年月日
- ・ 市・道別発生地域：EV 火災の発生場所
- ・ 火災原因（大分類）：火災原因を電氣的要因、不注意、交通事故、不明等に区分
- ・ 火災原因（小分類）：より詳細に分類
- ・ 車両場所：火災発生時の高速道路、一般道路、駐車場、空き地等場所の大分類
- ・ 場所小分類：火災発生場所をより詳細に分類
- ・ 車両状態：火災発生時に車両が走行中か駐車中かを分類
- ・ 車両発火地点：火災時の EV 車両の発火位置を分類

なお、今回調査で確認した限り、韓国のように情報を公開しているケースは他になかった。

このデータベースに基づき、2019 年～2023 年の火災事故の発生状況を韓国消防庁が公開している²³²。その情報に基づく韓国消防庁の考察を、以下のとおり東京海上ディーアール株式会社で翻訳、整理した。

- ・ ICE と EV の火災発生率は、EV の方が若干低い、目立った差はない。
- ・ 火災の発生率は、ICE はほぼ横ばいであるが、EV は販売台数の増加に伴い上昇傾向にある。
- ・ EV 火災では電氣的要因によるケースが最も多い。
- ・ 火災の発生場所は、一般道路での発生が、ICE、EV とともに多い。なお、一般道路で

²³⁰ Toutiao, 2025 年 1 月 8 日 (2026 年 1 月 27 日参照), <https://www.toutiao.com/w/1820657011001344/?wid=1766982159133>

²³¹ DATA. GO. KR, 데이터 상세, <https://www.data.go.kr/data/15138615/fileData.do>

²³² 소방청, 본격 나들이철 차량화재 주의 당부,

<https://nfa.go.kr/nfa/news/pressrelease/press/?mode=view&cntId=2177>

の発生を除くと、EV は駐車場での火災発生件数が最も多く、これは充電とも関係しているものと推察される。

- ・ EV の火災は走行中に最も多く発生している。
- ・ EV 火災の発生は、春・夏が多い。

表 3-3 韓国における車両火災の発生状況（ICE と EV の比較）²³²

区分		累積登録車両数 (A)	火災件数 (B)	1 万台当たりの火災件数 (B/A)
総計	ICE	117, 261, 218	18, 058	1. 54
	EV	1, 390, 078	157	1. 34
2019 年	ICE	22, 923, 052	3, 667	1. 60
	EV	89, 918	7	0. 78
2020 年	ICE	23, 382, 015	3, 601	1. 54
	EV	134, 962	11	0. 82
2021 年	ICE	23, 577, 190	3, 494	1. 48
	EV	231, 443	24	1. 04
2022 年	ICE	23, 732, 076	3, 639	1. 53
	EV	389, 855	43	1. 10
2023 年	ICE	23, 646, 885	3, 657	1. 55
	EV	543, 900	72	1. 32

表 3-4 韓国における車両火災の原因分析²³²

	交通 事故	機械的 要因	電氣的 要因	化学的 要因	製品 欠陥	不注意	その他
ICE	1, 867 10. 3%	5, 920 32. 8%	3, 783 20. 9%	113 0. 6%	113 0. 6%	3, 163 17. 5%	2, 143 11. 8%
EV	24 15. 2%	10 6. 3%	37 23. 5%	2 1. 2%	4 2. 5%	26 16. 5%	47 29. 9%

表 3-5 韓国における車両火災の発生場所²³²

	一般 道路	高速 道路	その他 道路	駐車場		オーフン スペース	トンネル
				地上	地下		
ICE	8, 698 48. 1%	3, 612 20. 0%	900 4. 9%	3, 236 17. 9%		1, 515 8. 3%	97 0. 53%
EV	64 40. 7%	14 8. 9%	7 4. 4%	37 23. 5%	19 12. 1%	16 10. 2%	0

表 3-6 韓国における火災発生時の EV の状況 ²³²

充電中	駐車時	停車時	運行中	牽引中	計
31 19.7%	46 29.3%	5 3.1%	74 47.1%	1 0.6%	157

表 3-7 韓国における EV 火災の発生季節（2019 年～2023 年累計） ²³²

春（3 月～5 月）	44（28.0%）
夏（6 月～8 月）	45（28.6%）
秋（9 月～11 月）	37（23.5%）
冬（12 月～2 月）	31（19.7%）
計	157

（表 3-3～表 3-7 韓国消防庁公開資料を東京海上ディーアール株式会社にて和訳）

3-2-2 海外での火災事故事例

海外における EV の火災事例について、米国（カリフォルニア州）、欧州（ドイツ、ノルウェー）及び東アジア（中国、韓国）を中心に調査した。事例調査の際に留意した点は以下のとおり。

- ・ バッテリーから出火する場合及び外部で出火しバッテリーに引火する場合の双方のケースを対象とした。
- ・ EV の火災事故の「きっかけとなる事象」を極力明確に記載した。なお、事例の中にはバッテリー自体の問題で出火したケースもあるが、本項目では、バッテリーの出火原因自体を追求することに主眼を置かない。

表 3-8 事故事例 1（海外での火災事例）^{233, 234}

発生地	アメリカ・ペンシルベニア州
発生月	2025 年 6 月
発生場所	交通局の廃車予定のバスの保管ヤード
車種	プロテラ（Proterra）社製の EV バス
事故概要	廃車予定のバスを保管しておくヤードでの火災。事故当時、約 100 台のバス（エンジン車及び EV）が保管されていた。1 台の EV バスから出火し、40 台のバスが損傷を受けた（損傷を受けたバスのうち、15 台が EV）。バッテリーは電源切断済み、エンジン車は燃料を抜かれた状態であった。
原因	交通局は、廃車予定の EV バスに搭載されていたリチウムイオンバッテリーが出火点と発表。消防局もバッテリーが火元と発表。
消火活動	・ 6:15 頃出火。6:17 頃、警察は火災の通報を受ける。 ・ 6:20 頃消防隊が現場到着。150 人以上の消防士が対応。 ・ 8:00 過ぎに火災を鎮圧。
その他	・ 売却あるいはスクラップされる車両が保管されるヤード。通常は 1 年以内の保管期間であるが、EV バスについては 2022 年に発生した EV バス火災（後述、表 3-15 事故事例 8（海外での火災事例））の関係でプロテラ社と係争中であったため、数年間このヤードで保管していた。 ・ バスが密集して駐車されていたことも火災が拡大した一つの要因。 ・ 連邦運輸局（FTA）が正式な調査を開始している。

表 3-9 事故事例 2（海外での火災事例）^{235, 236, 237}

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2025 年 5 月
発生場所	商業施設の EV 充電場
車種	Jeep Wrangler EV
事故概要	EV から出火し、周辺の 3 台の車両と充電器を焼損した。4 台の車両と充電設備が焼損し、27.5 万ドルの損害が見込まれている。

²³³ CBS News, Electric fire caused 40 SEPTA buses to catch fire at bus yard in Philadelphia's Nicetown section, SEPTA says, 2025 年 6 月 6 日（2026 年 2 月 3 日参照）, <https://www.cbsnews.com/philadelphia/news/philadelphia-fire-septa-bus-nicetown-today/>

²³⁴ Chest Nuthill Local, SEPTA Midvale lot fire caused by decommissioned bus, 2025 年 6 月 12 日（2026 年 2 月 3 日参照）, <https://www.chestnuthilllocal.com/stories/septa-midvale-lot-fire-caused-by-decommissioned-bus,37089>

²³⁵ City of Mountain View, City News, 2025 年 5 月 1 日（2025 年 9 月 17 日参照）, <https://www.mountainview.gov/Home/Components/News/News/1060/>

²³⁶ NFPA, NFPA Journal, Electric vehicle research - Strategic Flexibility, 2025 年 8 月 7 日（2025 年 9 月 17 日参照）, <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/nfpa-journal/2025/08/06/fire-departments-test-ev-firefighting-tactics>

²³⁷ NBC, EV catches fire in Mountain View parking lot, blaze spreads to 3 other cars, 2025 年 5 月 2 日（2025 年 9 月 17 日参照）, <https://www.nbcbayarea.com/news/local/electric-vehicle-fire-mountain-view-parking-lot/3859458/>



図 3-9 被災車両

© Courtesy of the City of Mountain View Fire Department

原因	車両のリチウムイオンバッテリー充電システムに関連していると発表。
消火活動	・ 16:52：充電中の EV から煙が出ているのが発見され、消防隊に通報。 ・ 16:53：消防隊が出動、現場に 16:59 に到着。泡消火剤を使用して速やかに消火。

表 3-10 事故事例 3（海外での火災事例）²³⁸

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2024 年 8 月
発生場所	高速道路
車種	Tesla Semi（EV トラック）
事故概要	3:11 頃、高速道路の緩やかな右カーブの上り坂を走行中、道路から右側に逸脱。交通誘導灯に衝突した後、木に衝突し土の斜面を滑り落ちたが数本の木に寄りかかって止まった。車両のリチウムイオンバッテリーシステムは路外逸脱後に発火した。運転手は、車両から降り無事であった。

²³⁸ NTSB, CAROL Query, NTSB#: HWY24FH015, (2025 年 9 月 2 日参照), <https://data.nts.gov/carol-main-public/basic-search>

	 図 3-10 左) 衝突事故後の火災 右) 消火後の車両 © California Highway Patrol
原因	衝突事故
消火活動	・ 現場には、CAL FIRE（カリフォルニア州森林保護防火局）と警察が駆け付け。約 50,000 ガロン（約 189 m³）の水を使用して炎を消火し、車両のバッテリーを冷却。 ・ 周辺が森林であったため、CAL FIRE は予防措置として、航空機を用いて現場周辺に難燃剤を散布。 ・ 4:30 頃、事故が発生した高速道路は封鎖された。隣接する森林地帯への延焼を防ぐため、17 時間閉鎖。 ・ 消防隊は車両回収作業で安全と判断できるバッテリー温度であることを確認した後、トラックトラクターは移送された。24 時間監視下に置いたが、この間、トラックトラクターのバッテリーシステムは再発火せず。

表 3-11 事故事例 4（海外での火災事例）^{239, 240}

発生地	アメリカ・アラバマ州
発生月	2023 年 12 月
発生場所	高速道路
車種	Tesla Y
事故概要	23:15 頃、車両が衝突事故を起こし、炎上。運転手は無傷だった。
原因	衝突事故
消火活動	・ 消防車 3 台、救助車 2 台、救急車 1 台、給水車 4 台、消防隊 1 隊、散水車 1 台、指揮車 3 台が出動。 ・ 消火活動では、2 本のホースが展開され、鎮圧まで 1 時間以上。 ・ 消火作業には、36,000 ガロン（136 m³）の水を使用。

²³⁹ WSFA 12 News, Over 36,000 gallons of water used for electric vehicle fire on I-65, 2023 年 12 月 27 日（2025 年 9 月 1 日参照），<https://www.wsfa.com/2023/12/26/driver-custody-after-tesla-crashes-burns-interstate-65/>

²⁴⁰ AL COM, 36,000 gallons of water used to douse burning Tesla on I-65 in Alabama, 2023 年 12 月 26 日（2025 年 9 月 1 日参照），<https://www.al.com/news/2023/12/36000-gallons-of-water-used-to-douse-burning-tesla-on-i-65-in-alabama.html>

表 3-12 事故事例 5（海外での火災事例）²⁴¹

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2023 年 8 月
発生場所	工業団地内の一般道
車種	Volvo（EV トラック）
事故概要	18:45 頃、走行中の EV トラックが、低速で走行していた列車に接触。この接触で、バッテリーパックのセルが発火し、爆発。
原因	列車との接触
消火活動	- 消防は、通常の消火作業は有効でないと判断し、トラックのバッテリーが燃え尽きるのを待つと判断（水による冷却も可能だが、再発火する可能性が高いとの判断）。 - 事故後 2 日経過しても現場でくすぶり続けた。

表 3-13 事故事例 6（海外での火災事例）^{242, 243}

発生地	アメリカ・ノースカロライナ州
発生月	2023 年 7 月
発生場所	高速道路
車種	Tesla
事故概要	高速道路を走行中、道路に落ちていた金属片に接触。接触により、その金属片が車体に当たり、バッテリーパックに穴が開いた。それにより、火災が発生。運転手は、路肩に車両を停車させていたため無事。
原因	道路上の金属片との接触によるバッテリーパックの破損
消火活動	16:25 に火災通報。消防隊は速やかに現場に到着。ただし、火災が車両の下側で発生していたため、消防隊は車両を横倒しにして消火活動을続け、18:30 に鎮火を確認。

表 3-14 事故事例 7（海外での火災事例）²⁴⁴

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2023 年 1 月
発生場所	高速道路

²⁴¹ abc 7 News, 2 days after crash, electric truck still smoldering on Carson street, 2023 年 8 月 31 日（2025 年 9 月 1 日参照），<https://abc7.com/post/electric-truck-crash-carson-los-angeles-county-volvo/13720236/>

²⁴² WECT NEWS 6, 911 calls indicate metal objects caused multiple flat tires before electric car fire on I-140 E near US-421, 2023 年 7 月 22 日（2023 年 9 月 1 日参照），<https://www.wect.com/2023/07/21/electric-vehicle-catches-fire-after-hitting-debris-i-140/>

²⁴³ WECT NEWS 6, Electric vehicle catches fire after hitting debris on I-140, 2023 年 7 月 22 日（2023 年 9 月 1 日参照），<https://www.wect.com/2023/07/20/crews-responding-vehicle-fire-i-140-e-near-us-421/>

²⁴⁴ Los Angeles Times, Tesla ‘spontaneously’ bursts into flames on Sacramento County highway, 2023 年 1 月 30 日（2025 年 8 月 28 日参照），<https://www.latimes.com/california/story/2023-01-30/la-me-tesla-fire-spontaneous-california>

車種	Tesla S
事故概要	高速道路を走行中、車両前部から煙が出たため、道路脇に停車。
原因	バッテリーエリアの発火(火災前に車両に問題なし。電池パック筐体(Battery Compartment)の加熱による自然発火との報道あり)
消火活動	- 消防隊はジャッキを使って車両を持ち上げ、車両の下部とバッテリーに放水。 - バッテリーセルの燃焼が続いたため、火は約 6,000 ガロン (約 23 m³) の水で消火。  図 3-11 火災後の車両 © Sacramento Metropolitan Fire District

表 3-15 事故事例 8 (海外での火災事例) ²⁴⁵

発生地	アメリカ・ペンシルベニア州
発生月	2022 年 11 月
発生場所	ペンシルベニア交通局 (SEPTA) 南部バス車
車種	2018 年式プロテラ E2 カタリスト BEB40 型バス
事故概要	充電中の EV バスの火災。
原因	事故後、損傷したバスのデータロガーを解析したところ、熱的異常発生前に、「高湿度」「内部絶縁低下」「冷却液漏出」の故障コードが記録されていた。
消火活動	・ 8:10 頃、バスを駐車 (4 番ベイ内 14 番充電場)、充電開始。

²⁴⁵ NTSB, FACTUAL REPORT OF INVESTIGATION HWY23IH002, 2023 年 7 月 17 日,
<https://data.nts.gov/Docket/TOCPrintable?data=106310>

	・ 前軸後方のバッテリーパックで熱暴走が発生し火災。8:45、交通局の作業員によって発見される。その3分後にスプリンクラー作動。 ・ 8:46 にバス車庫の警報を消防局で受信、8:51 に消防が現場到着。消防車3台、はしご車2台が駆け付け（その後、消防車2台、はしご車2台が追加）。 ・ 消防が到着した際、バスは電源が投入された充電器に接続した状態。消防士は、自給式呼吸装置（SCBA）を装着し、消火ホースを展開し、放水を行った。消防は、炎が発生したバッテリーパックに継続的に放水し、熱暴走を制御。10:13 まで継続。 ・ 消防の現場指揮官は、バスを建物から引き出し24時間監視可能な場所に隔離する計画を策定。交通局で屋外駐車場のスペースを確保。 ・ 13:12 に、バスは建物から牽引され、再発火を防止するため、「サンドボックス」内に隔離（サンドボックスは、ジャージーバリアで囲ったエリアにプラスチックシートを敷き、その中にバスを収容。中に砂や水を入れたもの。バスの床高さ程度までが砂で覆われる）。20:18 まで監視。
その他	プロテラ社は、この事故後の11月30日にこの車両のリコールを発表。

表 3-16 事故事例 9（海外での火災事例）^{246, 247}

発生国	アメリカ・フロリダ州
発生月	2022 年 9 月
発生場所	—
車種	—
事故概要	ハリケーン・イアンの上陸による高潮が原因で6台のEV火災が報告された。そのうちの1台の火災により住宅2棟が全焼となった。
原因	高潮による冠水 ・ バッテリーが塩水に浸かると、「短絡や自己発熱の原因となる可能性がある」と、NTSB はコメント。 ・ 「高潮が引いた後も電気自動車のバッテリーに付着している塩分が急速な腐食を引き起こし、熱暴走のリスクを高める可能性が指摘されている。さらに、この潜在的な熱反応がいつ発生するかはわからず、数時間後、数日後、あるいは数週間後になる可能性もある」との報道あり。
消火活動	—

²⁴⁶ NFPA, Know the Dangers of Submerged Electric Vehicles During Hurricane Season, 2025 年 9 月 24 日（2026 年 1 月 28 日参照）, <https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/blogs/2022/10/19/experts-warn-of-electric-vehicle-fires-after-hurricane-ian-damages-lithium-ion-batteries>

²⁴⁷ E&E News, , Why 6 flooded EVs burst into flames after Hurricane Ian, 2022 年 10 月 21 日（2026 年 1 月 28 日参照）, <https://www.eenews.net/articles/why-6-flooded-evs-burst-into-flames-after-hurricane-ian/>

表 3-17 事故事例 10（海外での火災事例）²⁴⁸

発生国	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2022 年 6 月
発生場所	車の解体処理場
車種	Tesla S
事故概要	3 週間前に衝突事故により破損した車両が解体処理場に置かれていたが、突然火災が発生。
原因	—
消火活動	・ 消防隊が到着した時には、車両全体が燃焼。 ・ 放水では完全に消火できなかったため、トラクターで穴を掘り、そこに水を満たし、バッテリーパックを水没させ完全に消火。 ・ 12 人の消防士が消火に 1 時間以上、4,500 ガロン（約 17 m³）の水を使用。  図 3-12 水没させた車両 © Sacramento Metropolitan Fire District

²⁴⁸ Washington Post, A Tesla was in a junkyard for three weeks. Then it burst into flames., 2022 年 6 月 22 日（2025 年 8 月 29 日参照），<https://www.washingtonpost.com/nation/2022/06/22/tesla-fire-sacramento/>

表 3-18 事故事例 11（海外での火災事例）^{249, 250}

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2020 年 12 月
発生場所	住宅のガレージ
車種	Tesla S
事故概要	夜間充電中、5:30 頃にガレージに駐車していた充電中の Tesla から出火。その隣に駐車されていたもう 1 台の Tesla にも延焼し、住宅が全焼となった。住人は避難し無事であったが、損害額が 100 万ドルと言われている。後に確認したところ、5:25 に「充電中断」の通知が携帯に届き、その直後に「アラーム」の通知が届いていた。
原因	火災の原因はバッテリーの問題もしくは車両の電気系統の問題という点まで絞り込み。
消火活動	消防車 6 台が出動した。

表 3-19 事故事例 12（海外での火災事例）²⁵¹

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2018 年 6 月
発生場所	一般道
車種	Tesla S
事故概要	17:30 頃、一般道を走行中、車両より発煙。（運転手は直ちに路肩に駐車し、車外へ避難）
原因	事故車両は Tesla 社も調査したが、異常、問題は特定されず。
消火活動	・ 消防への通報は 17:38、1 台の消防車が出動し、17:40 に現場到着。 ・ 車両からは煙と炎が出ており、泡消火剤にて消火。約 300 ガロン（約 1 m³）の消火水を使用。 ・ 鎮火後、バッテリーの高圧電源線を切断。その後も煙が発生し続けたため、確認したところメインのバッテリーとは別に 12V のバッテリーもあることがわかり、こちらのケーブルも切断。 ・ その後車両はレッカーされた。再燃する危険はあるものの、再発火した場合には水による冷却・消火を行うことを前提として、レッカー移動は問題ないと消防は判断。

²⁴⁹ McMillan Law Group, Tesla Burns Down in the Garage, Auto Manufacturers Are Taking it Seriously, 2021 年 8 月 11 日（2025 年 8 月 29 日参照），<https://mcmillanlawgroup.com/lemon-law/tesla-burns-down-in-the-garage-auto-manufacturers-are-taking-it-seriously/>

²⁵⁰ abc 7 News, Tesla car battery likely caused devastating house fire in San Ramon, investigators say, 2022 年 8 月 19 日（2025 年 8 月 29 日参照），<https://abc7news.com/post/tesla-elon-musk-7-on-your-side-fire/10957497/>

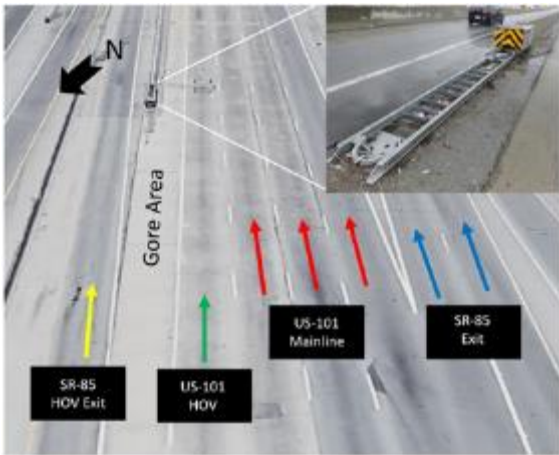
²⁵¹ NSTB, CAROL Query, NTSB#: HWY18FH014, (2025 年 9 月 2 日参照），<https://data.nts.gov/carol-main-public/basic-search>

表 3-20 事故事例 13（海外での火災事例）²⁵²

発生地	アメリカ・フロリダ州
発生月	2018 年 5 月
発生場所	一般道
車種	Tesla S
事故概要	一般道走行中、スピード超過で車両の制御を失い、民家の壁に衝突。車両は、2 度壁に衝突した後、最後は街路灯に衝突し、回転した後、道路上に停止。2 度目の衝突の後、車両から火が上がった。運転手と助手席の同乗者は死亡、後部座席の同乗者はシートベルトをしていなかったため、衝突時に社外に投げ出され重傷。
原因	衝突事故。事故車はリコールを受けていたモデルではなく、車両自体に問題はないことを確認。
消火活動	・ 18:46 に最初の 911 通報。警察は 18:47 に出動。18:49 に現場到着。消防隊は、18:46 に出動し、18:50 に現場到着。救急隊は 18:47 に出動し、18:50 に現場到着。 ・ 消防隊は、水と泡消火剤（200～300 ガロン）を使用し、1 分以内に車内の火災を鎮火。 ・ 車両のリチウムイオンバッテリーの一部が車両から分離しており、消防士は予防措置として残骸に水と泡消火剤を散布。 ・ 車両と関連する残骸は 2 台のレッカー車で移動。車両から分離した電池のモジュールをレッカー車に載せた際、その電池が発火。この火災は自然鎮火。 ・ 車両をレッカー車に積み込む際、バッテリーが再燃し、バッテリーケースが車両から分離。消防隊は消火のため、さらに水と泡消火剤を散布 ・ レッカーヤードでレッカー車から降ろされている最中に、バッテリーケースとモジュールが再燃。その火は自然鎮火。  図 3-13 事故車両（左：助手席側、右：運転席側） 出典）NTSB, FIRE INVESTIGATION FACTUAL REPORT

²⁵² NTSB, FIRE INVESTIGATION FACTUAL REPORT, 2018 年 6 月 1 日, data.nts.gov/Docket/Document/docBLOB?ID=40479222&FileExtension=.PDF&FileName=Fire%20Damage%20Factual%20Report-Master.PDF

表 3-21 事故事例 14（海外での火災事例）^{253, 254}

発生地	アメリカ・カリフォルニア州
発生月	2018 年 3 月
発生場所	高速道路
車種	Tesla X、巻き込まれた車両はマツダ 3、Audi4
事故概要	Tesla X が高速の左出口ランプに向かうため、車線を変更し Gore Area を走行中、（作動していない）衝突緩衝装置に衝突。衝突により車両が回転し、それに後続のマツダ 3 と Audi4 が衝突。 この衝突事故により、Tesla のバッテリーが破損し、火災が発生。 
	図 3-14 事故現場の状況 出典）NTSB, Highway Investigation - HWY18FH011
原因	衝突事故。
消火活動	- 最初の 911 番緊急通報を 9:28 に受信。マウンテンビュー消防局は、9:31 に出動し、9:36 に事故現場に到着。 - 事故の衝撃で、テスラの車体前部のフレームから、1,200 ポンド（約 500kg）、400V のリチウムイオンバッテリーが剥がれ落ち、破裂、充電されたセルが道路上に散乱。マウンテンビュー消防局の隊員が到着した時には、ひどく損傷したバッテリーは 5 フィート（約 1.5 メートル）の高さまで炎を噴き出していた。 - 消防士は燃えているバッテリーに大量の放水を行い、数分で鎮火させた。その後 8 分間、再燃が見られなかったため、放水を止めた。しかしバッテリーからシューという音等が出続けていたため、その状態のまま監視。

²⁵³ NTSB, Highway Investigation - 59 Docket Items - HWY18FH011, <https://data.nts.gov/Docket?ProjectID=96932>

²⁵⁴ NFPA, NFPA Journal, Stranded Energy, 2020 年 1 月 1 日（2025 年 9 月 1 日），<https://www.nfpa.org/news-blogs-and-articles/nfpa-journal/2020/01/01/ev-stranded-energy>

	・ 事故発生から約 2 時間後、テスラのエンジニアチームが事故現場に到着。エンジニアチームは、損傷したバッテリーセルを一つ一つ分解し、バケツの水に沈めるという作業に着手。高速道路は 6 時間閉鎖。 ・ テスラのエンジニアチームはバッテリーの高電圧配線を絶縁する作業を実施。その間、消防士は火災の再燃を防ぐために必要に応じて水を供給。バッテリーの約 4 分の 1 が取り外された時点で、事故車両はサンマテオ近郊の車両保管場まで安全に搬送できると判断された。搬送中、車両のバッテリーは爆竹のように破裂し続けた。 ・ 事故車の保管場では、最初の 24 時間以内に車両のバッテリーが 2 回発火。解体場の運営者はサンマテオの消防局に通報。 ・ 衝突事故から 6 日後、バッテリーは再び発火した。テスラのエンジニアチームは最終的に残りのバッテリーを車両から取り外し、塩水の入った容器に浸すことで電力を遮断。

表 3-22 事故事例 15（海外での火災事例） 255, 256, 257, 258, 259, 260, 261

発生地	ドイツ・ニーダーザクセン州
発生日	2025 年 9 月
発生場所	一般道
車種	Tesla S
事故概要	道路を走行中の車両が追い越し中に道路を逸脱し、木に衝突。火災が発生し、乗車していた 2 名が死亡。1 名は車外に脱出した。
原因	衝突事故
消火活動	・ 14:07 に通報。 ・ バッテリーの熱暴走が原因で火災が発生（衝突に伴うものと推察された）。消火作業を行ったが、何度も再発火し、結局車両は全焼。

²⁵⁵ CARSCOOPS, Trapped Children Die In Tesla Fire After Door Handles Allegedly Wouldn't Open, 2025 年 9 月 24 日 (2025 年 10 月 16 日参照), <https://www.carscoops.com/2025/09/tesla-door-handles-blamed-for-death-of-three-people-in-fiery-german-crash/>

²⁵⁶ UNILAND, Police say Tesla driver and two kids were burned alive after rescuers were unable to open electronic doors, 2025 年 9 月 20 日 (2025 年 10 月 16 日参照), <https://www.unilad.com/technology/news/tesla-fire-germany-family-dead-819161-20250920>

²⁵⁷ METRO, Man and two children 'burnt alive' inside Tesla after car crash left them trapped, 2025 年 9 月 19 日 (2025 年 10 月 16 日参照), <https://metro.co.uk/2025/09/19/man-child-9-burnt-alive-inside-tesla-car-crash-left-trapped-24205409/>

²⁵⁸ Futurism, Man and Two Kids Burned Alive in Tesla Crash, 2025 年 9 月 19 日 (2025 年 10 月 16 日参照), <https://futurism.com/the-byte/man-two-kids-fire-tesla-crash>

²⁵⁹ blue News, Man and two children burn to death in Tesla - helpers cannot open doors, 2025 年 9 月 17 日 (2025 年 10 月 16 日参照), <https://www.bluewin.ch/en/news/international/man-and-two-children-burn-to-death-in-tesla-helpers-cannot-open-doors-2875864.html>

²⁶⁰ WDR, Tesla verbrannt: Petition fordert Pflicht von mechanischen Türgriffen, 2025 年 9 月 16 日 (2025 年 10 月 16 日参照), <https://www1.wdr.de/nachrichten/ruhrgebiet/tesla-verbrannt-schwerte-petition-100.amp>

²⁶¹ Minuten, Mann und Kinder verbrennen im Tesla - Tür liess sich nicht öffnen, 2025 年 9 月 17 日 (2025 年 10 月 16 日参照), <https://www.20min.ch/story/deutschland-mann-und-kinder-verbrennen-im-tesla-tuer-liess-sich-nicht-oeffnen-103416869>

その他	・ 2名が死亡した原因は火災。事故後、救助者が車両のドアを開けようとしたが、開けることができなかった。（バッテリーが切れるとドアが開かないが、車内には手動のリリースレバーがあった。）なお、脱出した1名がどのように脱出したかは不明。 ・ ドアの安全性について議論を呼び起こしている。ドイツ連邦議会に対して、機械式ドアハンドルの義務化を求める嘆願書が提出された（米国では、運輸局が調査を開始）。

表 3-23 事故事例 16（海外での火災事例）^{262, 263, 264}

発生地	ドイツ・ノルトライン＝ヴェストファーレン州
発生月	2025 年 4 月
発生場所	住宅のガレージ
車種	不明
事故概要	ガレージ内の電気自動車から出火
原因	－
消火活動	・ 04:33 にガレージで火災が発生し、大量の煙が発生しているとの通報。 ・ ハイジンゲン消防署の消防士はガレージ内で燃えている EV を確認。ガレージの入り口は閉じられたままであったが、呼吸器具を装着した消防隊員がガレージ内に入る。 ・ 炎は、ホースによる散水で速やかに消火されたが、バッテリーは再発火を繰り返した。 ・ 車両を機械式けん引装置でガレージから引き出し、「Recover-E-Bag」の中に入れ、そこに注水して消火。 ・ その後、車両は「Recover-E-Bag」に入れた状態でレッカー会社により撤去。 ・ 消火活動は 4.5 時間。

²⁶² Blaulicht Report & News, Brennendes Elektrofahrzeug in einer Garage - aufwendiger Löscheinsatz, 2025 年 4 月 16 日（2025 年 10 月 16 日参照），<https://blaulichtmyk.de/brennendes-elektrofahrzeug-in-einer-garage-aufwendiger-loescheinsatz/>

²⁶³ AD HOC NEWS, FW-E: Brennendes Elektrofahrzeug in einer Garage - aufwendiger Löscheinsatz, 2025 年 4 月 16 日（2025 年 10 月 16 日参照），<https://www.ad-hoc-news.de/polizeimeldungen/fw-e-brennendes-elektrofahrzeug-in-einer-garage-aufwendiger/67081903>

²⁶⁴ Feuerwehr, „Löschwindel“ für ein brennendes E-Auto, 2025 年 4 月 16 日（2025 年 10 月 16 日参照），<https://www.feuerwehr-ub.de/einsatzberichte/loeschwindel-fuer-ein-brennendes-e-auto/><https://www.feuerwehr-ub.de/einsatzberichte/loeschwindel-fuer-ein-brennendes-e-auto/>

	 消火活動の状況 © Feuerwehr Essen, Germany	 使用された「Recover-E-Bag」 © Feuerwehr Essen, Germany
その他	使用された Recover-E-Bag は、簡易式の車両水没用のバッグ。 ²⁶⁵	

表 3-24 事故事例 17（海外での火災事例）^{266, 267, 268}

発生地	ドイツ・バイエルン州
発生月	2021 年 11 月
発生場所	マリエンプラッツの地下駐車場
車種	VW ID. 4
事故概要	充電中の EV から出火。
原因	技術的な欠陥が推測されるとの報道はあるが、未特定。
消火活動	・ 3:19 頃、火災警報が発報。消防隊が出動。 ・ スプリンクラーが作動し、また呼吸器を装着した消防士が地下駐車場に入り、付近の消火栓を使って消火活動を実施。 ・ 排煙をするとともに照明を設置。サーモグラフィカメラを利用し、火災車両の状態を監視。 ・ 出火した車両だけでなく、近くに駐車されていた 3 台の他の車両も火災の熱で損傷。 ・ 鎮火後、車両はレッカーサービスにより屋外に移動。

²⁶⁵ Weber Rescue, <https://www.weber-rescue.com/en/feuerwehr/zusatzausruestung/glasmanagement-und-sicherungssysteme/recover-e-bag.php>

²⁶⁶ rv-news.de, Marienplatz-Tiefgarage: E-Fahrzeug gerät beim Laden in Vollbrand, 2021 年 11 月 21 日（2025 年 10 月 22 日参照），<https://www.rv-news.de/erneuter-fahrzeugbrand-in-der-marienplatz-tiefgarage2/>

²⁶⁷ 24 AUTO, E-Auto-Brand: VW ID.4 fängt in Tiefgarage Feuer - und verursacht riesigen Sachschaden, 2021 年 11 月 27 日（2025 年 10 月 22 日参照），<https://www.24auto.de/news/elektroauto-vw-id-4-feuer-brand-tiefgarage-ladestation-feuerwehr-sachschaden-ravensburg-91138977.html>

²⁶⁸ Seechat.de, ELEKTRO-Fahrzeug verursachte Brand in Ravensburger Tiefgarage Marienplatz, 2021 年 11 月 28 日（2025 年 10 月 22 日参照），<https://www.seechat.de/seeforum/ravensburg/7552-elektro-fahrzeug-verursachte-brand-ravensburger-tiefgarage-marienplatz.html>

表 3-25 事故事例 18 (海外での火災事例) ^{269, 270, 271}

発生地	ドイツ・ノルトライン＝ヴェストファーレン州
発生月	2021 年 4 月
発生場所	市役所の駐車場
車種	BMW i3
事故概要	駐車中の車両から火災が発生
原因	－
消火活動	・ 7:20 に警察署へ市役所駐車場での車両火災の通報。 ・ 現場に到着した消防隊は、バッテリーパックが設置されている車両の床面付近から煙が発生しているのを確認。 ・ 呼吸装置を装備した消防隊員が S 字管（S 形状のノズル）を用いて注水しバッテリー冷却を図った。またサーモグラフィカメラを使用し、発熱状況を監視。同時に、車両のブレーカーを使って高電圧システムを遮断。 ・ 消火作業時にバッテリーが繰り返し爆発したため、近隣住民等の避難を実施。 ・ 車両は、クレーンを使って特殊なロールオフコンテナに積み込まれ、安全な場所に移動。その後、少なくとも 72 時間冷却できるようにコンテナは水で満たされた。 ・ 6 時間で、現場での消火活動を終了。

表 3-26 事故事例 19 (海外での火災事例) ^{272, 273, 274, 275}

発生地	ノルウェー・ヴェストフォル県
発生月	2023 年 1 月
発生場所	木造で列状に駐車できる平屋のガレージ（7 台分）
車種	－

²⁶⁹ 24 AUTO, Mutter rettet Sohn aus brennendem VW ID.3: „Nur noch Feuer und Explosionen“, 2021 年 8 月 22 日 (2025 年 10 月 22 日参照), <https://www.24auto.de/news/frau-vw-id-3-elektroauto-sohn-rauch-brand-explosion-knall-feuer-rettung-groningen-niederlande-90930543.html>

²⁷⁰ 24 AUTO, Brennender BMW i3 sorgt für Feuerwehr-Großeinsatz: E-Auto muss ins Wasser, 2021 年 4 月 22 日 (2025 年 10 月 22 日参照), <https://www.24auto.de/news/elektroauto-feuerwehr-einsatz-bmw-i3-batterie-explosion-brand-wasserbad-alpen-duisburg-nrw-90465659.html>

²⁷¹ FireWorld, D: Explosionsartige Reaktionen und Schwerkran-Einsatz bei E-Autobrand in Alpen, 2021 年 4 月 16 日 (2025 年 10 月 22 日参照), <https://www.fireworld.at/2021/04/16/d-explosionsartige-reaktionen-und-schwerkran-einsatz-bei-e-autobrand-in-alpen/>

²⁷² Cold Cut Systems Svenska AB, Cold Cut Cobra Cutting Extinguisher / Ultra-high-pressure lance (UHPL), (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.coldcutsystems.com/products/>

²⁷³ Cold Cut Systems Svenska AB, Elbilbrann i garasje, 2023 年 1 月 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.coldcutsystems.com/no/operational-incidents/electric-car-fire-in-a-garage/>

²⁷⁴ CITF, Lessons Learned from the world's first known case of using a cutting extinguisher on an EV-fire, 2023 年 6 月 4 日, <https://ctif.org/news/lessons-learned-worlds-first-known-case-using-cutting-extinguisher-ev-fire>

²⁷⁵ NRK, Brann i garasjeanlegg i Vestfold, 2023 年 1 月 17 日 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.nrk.no/nyheter/brann-i-garasjeanlegg-i-vestfold-1.16260959>

事故概要	ガレージに駐車していた EV からの出火。
原因	電気系統のトラブルが出火の原因で、そのあとにリチウムイオンバッテリーに延焼が及んだ。
消火活動	- 深夜に消防が出動。通報から 20 分で現場に到着。消防隊が到着した際、中央 3 区画は完全に炎上していた。 - 炎上しているエリアに隣接している区画への延焼防止のため、隣接区画のガス冷却を実施。コブラ放水装置を用いて添加剤入りの水霧を壁面から噴射（約 10 分間）。 - 建物全体の火勢が衰えたところで、サーモグラフィカメラでバッテリーの温度を確認。 - この後、炎上している EV のバッテリー内にコブラ放水装置を用いて添加剤入りの水霧を注入（約 13 分）。
その他	本ケースは、上述のコブラ消火システムを適用した初ケース。通常の水による消火に比べ、少量の水で、かつ短時間で効果を上げたと総括されている。

表 3-27 事故事例 20（海外での火災事例）²⁷⁶

発生地	ノルウェー・ローガラン県
発生月	2021 年 8 月
発生場所	テラスハウスの外
車種	Tesla Model X
事故概要	駐車していた EV の突然の火災
原因	—
消火活動	4:44 に消防に通報あり。5 台の消防車が駆け付け。 - 消火までに 3 時間近く要した。 図 3-15 消火活動の状況 © Oslo municipal agency for fire and rescue service

²⁷⁶ Opphavsrett Motor, Flere branner bekymrer: Er det blitt en epidemi av branner i elbiler?, 2021 年 8 月 4 日（2026 年 2 月 4 日参照），
<https://www.motor.no/aktuelt/uvanlig-mange-branner-i-elbiler-i-norge-i-sommer/203743>

その他	発生した煙にはフッ化水素酸などの有毒物質が含まれていたため、住民 15 人と消防士 5～6 人が病院に搬送された。

表 3-28 事故事例 21（海外での火災事例）²⁷⁷

発生地	ノルウェー・オスロ市
発生月	2021 年 6 月
発生場所	住宅地（屋外）
車種	Hyundai Kona Electric
事故概要	停車中の EV の火災（充電中ではなかった）。
原因	バッテリーパックが原因と推定されている。
消火活動	・ 消防車 7 台出動。 ・ 消火活動時に、防火ブランケットで火災車両を覆った。実質的な消火活動は 1.5 時間程度。 ・ その後、再発火の危険性があったため、水を張ったコンテナ内に火災車両を水没させた（72 時間）。 図 3-16 消火活動の状況 © Oslo municipal agency for fire and rescue service

表 3-29 事故事例 22（海外での火災事例）^{278, 279}

発生地	中国・山東省
発生月	2025 年 12 月
発生場所	住宅、商業施設などの複合用途施設の地下駐車場
車種	广汽アイオン（GAC Aion）
事故概要	地下駐車場の EV から出火。6 台の車両が焼け、数十台が煤被害などを受けた。

²⁷⁷ TV2, Elbilen som begynte å brenne i Oslo sto ikke til lading, 2021 年 6 月 28 日（2026 年 2 月 4 日参照），<https://www.tv2.no/broom/elbilen-som-begynte-a-brenne-i-oslo-sto-ikke-til-lading/14088451/>

²⁷⁸ 搜狐汽車，消防部門認定濟南恒大城地庫起火原因：广汽埃安車輛電路系統故障所致，2026 年 1 月 14 日（2026 年 2 月 4 日参照），https://www.sohu.com/a/976126047_100043056

²⁷⁹ 中國經濟新聞，中國國內初、地下停車場で電気自動車が火災 複数台が全焼，2025 年 12 月 9 日（2026 年 2 月 4 日参照），<https://chinanews.jp/archives/29494>

原因	消防は、車両トランク部の電気系統の故障と断定。
消火活動	・ 消防による活動状況は不明。 ・ 火災警報システムが作動し、初期消火が早期に実施されたとの報道あり。

表 3-30 事故事例 23（海外での火災事例）^{280, 281}

発生地	中国・四川省
発生月	2025 年 10 月
発生場所	高速道路
車種	Xiaomi SU7
事故概要	高速道路を走行中の車両が中央分離帯に衝突し、反対車線に落ちたところ出火。
原因	衝突事故
消火活動	・ 3:10 頃事故発生。 ・ 現場に到着した消防隊員は水と泡消火薬剤で消火。
その他	通行人などが乗車者の救助を試みたが、ドアの開放及びガラスの破壊はできなかった。駆け付けた消防が切断機を使用して乗車者を救助した。

表 3-31 事故事例 24（海外での火災事例）^{282, 283}

発生地	韓国・京畿道
発生月	2024 年 12 月
発生場所	高速道路走行中
車種	2023 年式の KIA EV9
事故概要	高速道路を走行中、運転者が焦げた臭いを感じ、サービスエリア内に退避。車両を停車したあと、運転者は車両前方から炎が出ていることを確認。近くに停車していた他の車両 1 台にも延焼。
原因	消防当局は、電気的要因で出火したとみて調査。
消火活動	・ 6:50 頃出火。 ・ 消防車両 20 台が出動し、11:12 頃鎮火した。 ・ 火災車両の近くに「消火水槽（soaking tank）」を作成し、その中に火災車両をクレーンで入れた。消火水槽は、樹脂製のバリケードで囲いを作り、そこにシートをかけて水を満たしたもの。

²⁸⁰ 澎湃新聞，一辆小米 SU7 高速行驶碰撞后起火，2025 年 10 月 13 日（2026 年 2 月 4 日），https://m.thepaper.cn/newsDetail_forward_31768901?utm_source=chatgpt.com

²⁸¹ 経済参考報，成都一新能源汽车碰撞后起火 车门无法打开致救援受阻，2025 年 10 月 13 日（2026 年 2 月 4 日参照），<http://jjckb.xinhuanet.com/20251013/5bf8193d76364c3d9eb23d8d22776376/c.html>

²⁸² New Auto Post，EV9，결국 ‘화재’ 터졌다.. 국산 전기차 배터리, 비상 걸린 현 상황，2024 年 12 月 31 日（2026 年 2 月 4 日参照），<https://newautopost.co.kr/issue-plus/article/145632/>

²⁸³ People's Daily，한국 내 전기차 화재, 90%가 한국산 배터리... ‘중국산 배터리’ 탓 말아야，2025 年 1 月 3 日（2026 年 2 月 4 日参照），<http://kr.people.com.cn/n3/2025/0103/c208059-20261950.html>

表 3-32 事故事例 25 (海外での火災事例) ^{284, 285, 286}

発生地	韓国・京畿道
発生月	2024 年 10 月
発生場所	道路を走行中
車種	Hyundai IONIQ 5
事故概要	道路を走行中、前を走る高所作業車から鉄製部品が落下、それが走行中の車両の下部に当たり、その後火災が発生
原因	運転者は「車両下部バッテリーから煙が出ている」と通報しており、警察が経緯を調査中。
消火活動	・ 16:58 頃出火。消防車など 16 台の車両と消防士など 45 人が現場に駆け付け消火対応。 ・ 19:32 頃鎮火。 ・ 道路に消火水槽を設置し、火災車両を冷却・消火した。

表 3-33 事故事例 26 (海外での火災事例) ^{287, 288}

発生地	韓国・ソウル特別市
発生月	2024 年 8 月
発生場所	アパート地下駐車場
車種	2023 年式のメルセデス・ベンツの EV
事故概要	地下駐車場の EV から出火。負傷者は 23 人、車両 880 台が被災（全焼 42 台、部分焼 45 台、煤被害 793 台）。
原因	EV のバッテリーから出火と推定されている。 駐車場には、プレアクションスプリンクラーが設置されていたが、給水配管のバルブが閉鎖されていたため、スプリンクラーは起動しなかった。
消火活動	・ 6:08 にアパートの火災警報が発報。6:15 に住民が消防に通報。 ・ 6:21 以降、消防は駐車場に進入を試みるも失敗。 ・ 6:46 以降、スプリンクラーの作動を試みる（送水口からの強制送水含む）もバルブが閉鎖されていて失敗。 ・ 7:26 から駐車場内の排煙（排煙車 3 台）をスタートし、7:49 に排煙完了

²⁸⁴ 聯合ニュース, 수원 노상서 전기차 화재...1 시간 30 여분 만에 초진, 2024 年 10 月 2 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.yna.co.kr/view/AKR20241002164500061>

²⁸⁵ 朝鮮日報, 수원서 달리던 전기차에 불... 낙하물 충격 추정, 2024 年 10 月 2 日 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.chosun.com/national/regional/gyeonggi-incheon/2024/10/02/QQ3M5M365NEFRH5MUF2MPB3MJJI/>

²⁸⁶ 中央日報, 낙하물 부딪힌 전기차 화재...2 시간 30 여분 만에 완진, 2024 年 10 月 2 日 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.joongang.co.kr/article/25281725>

²⁸⁷ 仁川消防本部, 지하주차장 전기차 화재안전대책, 2024 年 11 月, https://www.ekffa.or.kr/common/file/NR_download.do?id=cd1f6d2d-dd53-458e-83ca-d3b30c4d2f33

²⁸⁸ Kyeonggi, 인천소방본부, ‘지하주차장 전기차 화재안전 TF’ 결과 발표 2024 年 10 月 11 日 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.kyeonggi.com/article/20241011580097>

	し、消防士が駐車場内に進入。 ・ 8:35 に火点を発見し、消火活動を開始。 ・ 11:35 に火災は沈静化し、14:35 に完全鎮圧。 ・ 上記消火活動に 323 名と車両 80 台（指揮車 1 台、ポンプ車 22 台、救助車 8 台、救急車 13 台他）が動員された。
その他	・ 火災の拡大要因として、仁川消防本部は、「駐車場の天井が低く消防車の進入が困難であった」「配管などの天井内装の可燃物の存在」及び「プレアクションスプリンクラーが停止状態であった」ことを挙げている。 ・ この火災を契機に安全対策強化に向けた動きが出ている。低床型消防車の導入や駐車場に設置すべきスプリンクラーの基準強化などが挙げられている。

表 3-34 事故事例 27（海外での火災事例） 289, 290, 291, 292

発生地	韓国・済州特別自治道
発生月	2022 年 8 月
発生場所	住宅前
車種	Hyundai Ioniq EV（2019 年式）
事故概要	住宅前で充電中の車両から出火。当該車両は全焼となった。
原因	済州消防本部は、バッテリーパックの接続部に焼け跡があったことから、車両のバッテリーから出火した可能性が高いとコメント。
消火活動	・ 前日 22 時～23 時頃から自宅前で EV 車両を充電。 ・ 5:00 頃、異音が発生するとともに発煙、発火。住民は消防に通報。 ・ 9:08 頃鎮火。 ・ 鎮火後、バッテリーの残熱が冷めないうえ、車両はレッカーで Hyundai の正規サービスセンターへ移動。再発火に備え、消防車も伴走（再発火はしなかった）。

²⁸⁹ 中央日報, Ioniq EV catches fire on Jeju Island while charging, 2022 年 8 月 8 日 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://koreajoongangdaily.joins.com/2022/08/08/business/industry/Korea-Jeju-Island/20220808153447722.html>

²⁹⁰ 聯合ニュース, 충전 중이던 아이오닉 전기차 배터리 전소(종합), 2022 年 8 月 8 日 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.yna.co.kr/view/AKR20220808010051056>

²⁹¹ 毎日新聞, “진화에만 4 시간” 아이오닉 충전 중 화재…배터리에서 시작된 듯, 2024 年 8 月 8 日 (2026 年 2 月 4 日参照) <https://www.imaail.com/page/view/2022080820550198982>

²⁹² News1, 제주서 충전 중이던 아이오닉 화재…“배터리 발화 추정”(종합), 2022 年 8 月 8 日 (2026 年 2 月 4 日参照), <https://www.news1.kr/local/jeju/4766396>

なお、参考として、充電器の火災事故事例も以下に挙げる。

表 3-35 事故事例 28（海外での火災事例）^{293, 294}

発生地	アメリカ・コネチカット州
発生月	2023 年 10 月
発生場所	モールの駐車場（駐車車両なし）
事故概要	駐車場の充電器の全焼。
原因	—
消火活動	・ 7:38 に通報があり、消防が現場に到着。その時、駐車場内は停電。 ・ 消防隊は、現場で充電器が燃えているのを確認。消防隊員が複数の粉末消火器を使用し、10 分程度で鎮火。

表 3-36 事故事例 29（海外での火災事例）²⁹⁵

発生地	中国・浙江省
発生月	2024 年 7 月
発生場所	マンションの地下駐車場
事故概要	充電中、充電器から出火したが、マンションの保安員が消火器で消火。充電器及び周辺の車両に損傷が生じた。
原因	駐車スペース東側構造柱上の壁掛け式充電スタンドの引込ケーブルが発火点で、原因は引き込みケーブルの不具合とされた（規格に合わないケーブルが使用されていたという報道あり）。
消火活動	・ 前日の 23:36 に充電開始 ・ 0:09 に充電器から黒煙が発生。その後、炎も噴き出した。 ・ 0:12 に充電器で爆発が発生。 ・ 0:15、保安員が現場に駆け付け、消火活動を開始。0:20 には完全に鎮火。

²⁹³ Fire Rescue, Conn. firefighters battle EV charging station fire in parking garage, 2023 年 10 月 9 日（2025 年 9 月 8 日参照），<https://www.firerescuel.com/electric-fire/articles/conn-firefighters-battle-ev-charging-station-fire-in-parking-garage-j7HckqXLg7Do2f3x/>

²⁹⁴ SF Gate, Norwalk firefighters find EV charging station on fire in parking garage, officials say, 2023 年 10 月 7 日（2025 年 9 月 8 日参照），<https://www.sfgate.com/news/article/norwalk-parking-garage-fire-ev-charging-station-18412586.php>

²⁹⁵ 澎湃新闻, 火光四溅！车库这场“烟花秀”，惊险！, 2024 年 7 月 29 日（2026 年 2 月 4 日参照），https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_28232617

3-2-3 電気自動車の火災事故分析

前述の EV の個別火災事例を通じて見えてきたポイントを以下に整理する。

3-2-3-1 火災の発生形態

EV の火災発生の「きっかけとなる事象」は以下のとおり。

- ・ 衝突事故：車両が激しく衝突したケースで、衝撃によるバッテリーの破損等により火災事故に繋がる場合がある。
- ・ 走行中の火災：走行中に突然車両から発煙し、車両火災となるケースがある。バッテリーから出火することもあるれば、それ以外のところから出火し、それがバッテリーに及ぶこともある。
- ・ 停車中の火災：（充電中でなくても）停車中に突然車両から火災が発生する場合がある。EV から出火することもあるれば、（ICE を含む）隣の車両の火災が延焼することもある。また、建物火災や山林火災等、他の火災から延焼することもある。
- ・ 充電中の火災：EV の充電中に火災が発生するケースがある。バッテリーではなく充電器から火災が発生することもある。
- ・ 洪水・高潮（塩水）による冠水：EV が冠水して火災が発生する場合がある。一部が冠水して出火したケース、冠水被害を受けた後に出火したケースもある。
- ・ 再発火：一旦消火された車両が、時間をおいてから再発火することもある。なお、それがいつ起こるのか（起こらないのか）わからない点も一つのリスク要因である。

3-2-3-2 火災の発生場所

EV 火災の発生場所も、火災対応を考える上での一つの重要な要素となる。

(1) 屋外

道路での火災では、消火活動の観点から交通規制を含む対応を検討する必要がある。消火に時間を要する可能性がある点にも留意する必要がある。さらに、場所によっては周囲の人の安全確保や、周囲への延焼危険（街中であるか、近くに延焼し得る物があるか等）にも十分配慮する必要がある。

(2) 屋内

屋内の場合、建物への延焼リスクに加え、建物から EV へ延焼が及ぶ危険性についても考慮する必要がある。また、建物構造により消火活動が阻害される可能性があり、火災が人命に影響を及ぼす事態も想定される。さらに、地下室や機械式駐車場のようアクセスが困難な場所では、消防活動が一層複雑化することが懸念される。

3-2-3-3 消火活動の着眼点

火災事例を踏まえ、以下に消火活動の着眼点を整理した。

(1) 消火には大量の水が必要

消火の際には水や泡消火薬剤が使用される。そのため、水源の確保が大切になる。消火栓等の水源が存在しない場所、少ない場所では水の確保が適切な火災制御のポイントになる。

(2) 消火作業時の安全

火災現場にはバッテリーが存在するため、消火作業を行う消防隊員の感電事故防止は重要な視点である。また、バッテリー火災時に有毒ガスが発生するため、消防隊員だけではなく、周囲にいる人の安全確保にも考慮が必要である。

なお、リチウムイオンバッテリーの火災では、炎がジェット状に噴き出すことも多く、時として爆発するような火災も起こり得る。この点を踏まえた消火戦術の検討が重要である。

(3) 事故発生場所の周辺状況に応じた対応

山林の中であれば、山林への延焼危険の考慮が必要となる。後述の事例には、火災事故発生場所の山林に難燃剤を散布したケースもある。

街中であれば、周囲の人の安全確保、建物への延焼リスクといったことへの配慮も求められる。

長時間くすぶり続ける可能性もあり、立ち入り禁止エリアの制御や交通規制を検討する必要がある。消火作業に伴い、活動が長時間に渡る場合もある。

また、地下や機械式駐車場等、アクセスに障害があり得る場所での対応も考える必要がある。

(4) 効果的な消火作業

バッテリーは通常車体下部に設置されており、バッテリーに直接散水することが難しい場合がある。事例の中では、車体を横向きに立て、車体下部に直接散水したケースもある。

(5) 事故後車両の扱い

バッテリーは再発火する可能性がある。どのタイミングで事故車両を移送するか判断が求められる。事故現場から解体処理場等への移送中や保管時に火災が発生した場合の対応も検討が必要となる。

(6) 環境汚染

EV 火災の消火作業を行う際に大量の水を使用するが、その消火水にはバッテリーに含まれる重金属も含まれる。発生した消火水による環境汚染のリスクについても考慮が必要である。

(7) その他

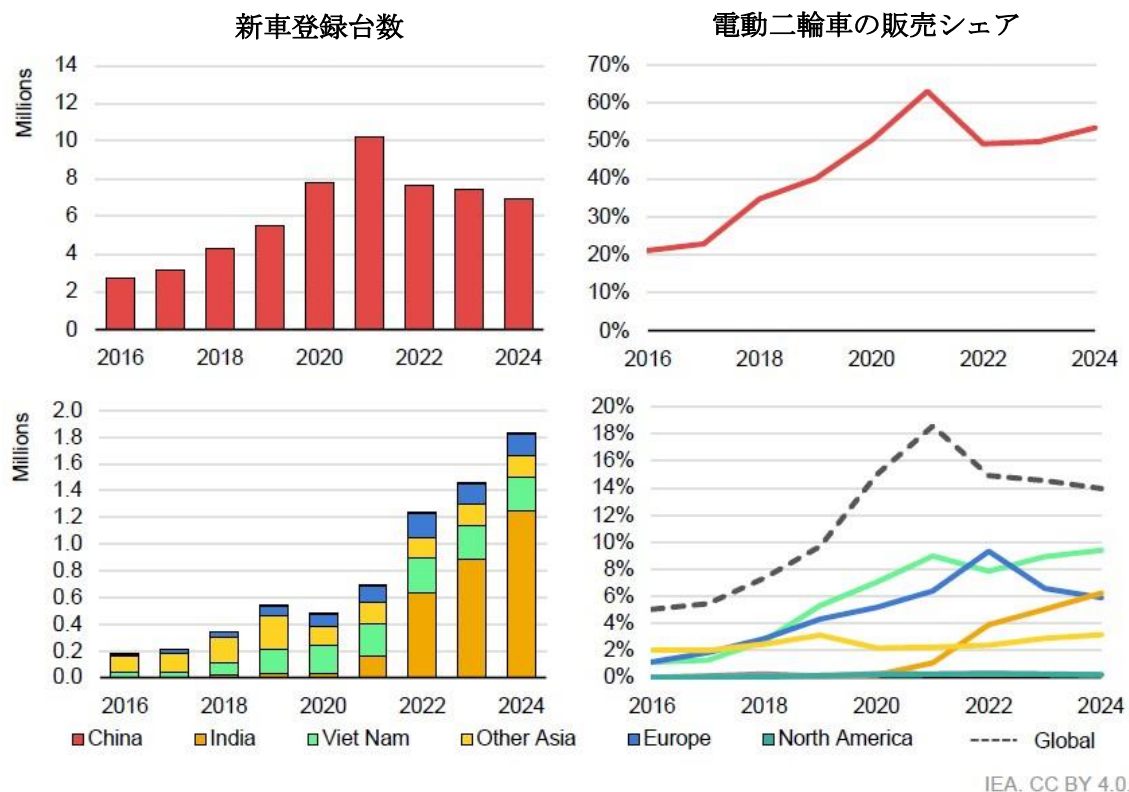
消火対応ではないが、出火した車両に搭乗者が取り残されている場合、その救出についても検討が必要となる。EV の場合、外からドアを開けるのが難しい場合がある。EV 自体には緊急時のドア開閉に対する安全策（マニュアル操作を含む）が考慮されているが、事故時に搭乗者が慌ててドアを開けられない、意識を失っているとといった場合もあり得る。救出のため EV 車両を不用意に切断すると、感電事故を招くおそれもある。

3-2-4 電動自転車等の火災事故分析

EV と同様に電動自転車等もリチウムイオンバッテリーを利用している。

なお、IEA の「Global EV Outlook 2025³²」によれば、電動の二輪車と三輪車は、2024 年の世界販売シェアは約 15%であり、電動モデルの総販売台数は 1,000 万台に達している。電動モデルの販売シェアは 2024 年に停滞したが、これは主に中国の電動モデル市場の縮小によるものであり、他の地域では着実な成長が見られた。中国、インド、東南アジアは依然として世界最大の電動モデル市場であり、2024 年の世界販売台数の約 80%を占めている。自宅でバッテリー充電が容易にできる点も普及が進む一要因となっている。

Electric two-wheeler sales and sales share by region, 2016-2024



※ 「その他のアジア」には、アフガニスタン、バングラデシュ、ブルネイ、カンボジア、ラオス、ミャンマー、モンゴル、ネパール、パキスタン、シンガポール、スリランカ、台湾が含まれる。「二輪車」とは、最高速度が時速 25km 以上で、UNECE（国連欧州経済委員会）が定義する L1 及び L3 クラスに該当する車両を指す。

図 3-17 電動二輪車の国際的な傾向（2016～2024 年）³²

3-2-4-1 米国

米国全体の電動モビリティ機器の火災に関する統計情報は、今回調査した限りでは存在しないことを確認している。

UL Standards & Engagement (ULSE)がニューヨーク市を対象に整理した「The Impact of E-Mobility Battery Fires in NYC²⁹⁶」によれば、電動モビリティ機器のバッテリー火災に関する要点として以下を挙げることができる。

- ・ 2019 年に 21 件であった電動モビリティ機器のバッテリー火災が 2023 年には 187 件と 8 倍になっている。死傷者数も 9 人から 154 人に急増している。
- ・ 火災事故の増加要因として、「認証されていないバッテリーが流通していること」や「ユーザーがリチウムイオンバッテリーに関するリスクを正しく理解していない

²⁹⁶ UL Standards & Engagement, The Impact of E-Mobility Battery Fires in NYC, 2025 年 3 月 19 日、<https://ulse.org/insight/data-insights-impact-e-mobility-battery-fires-nyc/>

こと」等が指摘されている。

- ・ 電動モビリティ機器のバッテリーの充電は室内で行うことが通常だが、「玄関・玄関ドア付近や廊下」で充電する人が最も多いという調査結果も記載されている。このような場所でバッテリー火災が発生すれば、住人の安全避難にも支障をきたすおそれがある。

3-2-4-2 欧州

(1) ドイツ

ドイツでは、電動自転車の火災に特化した全国火災統計は存在しない模様。

保険会社等が電動自転車のリスク等を整理して公表している。例えば、ドイツの保険会社の1つである Grundeigentümer-Versicherung VVaG（通称 GEV）は、その Web サイト²⁹⁷で以下のことを指摘している。

- ・ ドイツでは、2023 年末で電動自転車の数は約 1,100 万台となる見込み
- ・ 電動自転車は、地下室やガレージ、物置に置かれるケースが多い（盗難対策等のため）
- ・ バッテリーを充電する際の留意点として以下を列挙
 - 純正品の使用
 - 深放電を避け、バッテリー残量は 40～70%を維持
 - 充電中は状況を監視

(2) オランダ

オランダでは、電動自転車の火災に特化した全国火災統計は存在しない模様。

オランダの保険業界団体（Verbond van Verzekeraars）によると 2023 年の住宅火災は約 52,000 件（住宅火災の請求件数は 2018 年から下降傾向にある）で、バッテリー類が原因と考えられる火災は約 5%。これは、2022 年の割合 3%から増加している。²⁹⁸

住宅火災の 2%は電動自転車・スクーター・モペットのバッテリーが原因である可能性が高いとしている。

オランダでは、毎年消防局が火災予防週間を設定しているが、2025 年は「Ik Laad Accuraat（正しく充電しよう）」という一般啓発全国キャンペーンを実施した。²⁹⁹キ

²⁹⁷ GEV-versicherung.de, Brandgefahr durch E-Bike-Akku - wie kann ich mich davor schützen?,

<https://www.gev-versicherung.de/ratgeber/brandgefahr-durch-e-bike-akku-wie-kann-ich-mich-davor-schuetzen/>

²⁹⁸ Nederlandse brandwonden stichting, Daling aantal woningbranden zet door: meer branden met accu's en batterijen, <https://brandwondenstichting.nl/nieuws/daling-aantal-woningbranden-zet-door-meer-branden-met-accus-en-batterijen/>

²⁹⁹ Brandweer Nederland, Landelijke campagne 'Ik Laad Accuraat' van start, <https://www.brandweernederland.nl/nieuws/landelijke-campagne-ik-laad-accuraat-van-start/>

キャンペーンの Web サイト³⁰⁰では、以下 10 点のポイントを紹介している。

1. 充電する場所への火災感知器の設置
2. 異常にすぐ対処できるよう人のいる場所近くで充電
3. バッテリーは厳しい寒さや直射日光、湿気に晒さない
4. 充電時は安定した場所で周囲に可燃物がない場所にバッテリーを置く
5. バッテリーをあまり使用しない場合でも、3 カ月に 1 回は充電
6. 決められた付属品や充電器のみを使用
7. 100%充電されたら充電器から外す
8. バッテリーは毎年専門家のチェックを受ける
9. バッテリーのマニュアル内容を確認
10. バッテリーの損傷や変形がないか確認

またキャンペーンの一環として消防士のアドバイスページ³⁰¹も設定した。

なお、オランダの学校では、電動自転車用の耐火キャビネット又は充電ステーションを設置し、通常のエリアとは分けているケースもある。³⁰²

また、アムステルダム市議会では、2023 年に電動自転車、スクーター、モペット等のバッテリーの火災危険に関する安全キャンペーンを実施。この中で一般啓発に加え、電動自転車販売店向けの啓発キャンペーンも実施した。³⁰³

(3) イギリス

QBE Europe がイギリスにおけるリチウムイオンバッテリーの火災発生状況のデータを公開している³⁰⁴。

- ・ 電動自転車の火災は 2022 年の 181 件から 2024 年は倍増。
- ・ 発生場所は住宅地が最も多い。
- ・ QBE 社は、リチウムイオンバッテリーの家庭での管理に関して、以下の 10 項目を推奨している。

1. 信頼できる販売店から認証を受けたものを購入
2. 衝撃や事故の後はバッテリーに損傷がないか確認

³⁰⁰ Brandweer Netherland, 2025 Ik Laad Accuraat, Tips voor het veilig opladen van je accu., <https://iklaadaccuraat.nl/>

³⁰¹ Brandweer Netherland, Voorkom brand: zo laad je zelf veilig je e-bike op, <https://www.brandweer.nl/nieuws/voorkom-brand-zo-laad-je-zelf-veilig-je-e-bike-op/>

³⁰² Pinfa, E-bike fire risks in schools, 2025 年 1 月 17 日 (2025 年 12 月 29 日参照), <https://www.pinfa.eu/news/e-bike-fire-risks-in-schools/>

³⁰³ Dutch News, Amsterdam to campaign on fire safety and electric batteries, Amsterdam to campaign on fire safety and electric batteries, 2025 年 9 月 27 日 (2025 年 12 月 29 日参照), <https://www.dutchnews.nl/2023/09/amsterdam-to-campaign-on-fire-safety-and-electric-batteries/>

³⁰⁴ QBE, Fires caused by lithium-ion batteries double in two years, 2025 年 5 月 27 日 (2025 年 12 月 29 日参照), <https://qbeurope.com/news-and-events/press-releases/fires-caused-by-lithium-ion-batteries-double-in-two-years/>

3. デバイスに付属の純正充電器のみを使用
4. ブレーカー付きのコンセントを利用
5. 充電は換気の良い屋外で可燃物から離れた場所で行う
6. マンションの廊下等の避難経路では充電しない
7. 屋内では可燃物から離れた低リスクの場所で充電
8. デバイスを充電する場所に火災感知器を設置
9. 無人又は就寝中に充電しない
10. 充電が完了したらデバイスのプラグを抜く

表 3-37 リチウムイオンバッテリーが関係する火災事例件数³⁰⁴

	2022 年	2023 年	2024 年	2022 年比 2024 年件数
計	690	1,038	1,330	+93%増
電動自転車関連火災	181	315	362	+100%増
EV 関連火災	131	168	232	+77%増
電動キックボード関連火災	118	147	156	+32%増
その他電動モビリティ関連火災	25	32	30	+20%増

QBE “Fires caused by lithium-ion batteries double in two years” 掲載の表を
東京海上ディーアール株式会社で和訳

3-2-4-3 中国

中国では、2024 年 12 月 31 日に電動自転車の新しい国家標準 GB 17761-2024 が制定され、2025 年 9 月 1 日から施行されている。³⁰⁵

この改正では「火災事故のリスクと被害を軽減すること」を目指し、以下を新たに規定した。

- ・ 使用プラスチックの重量は、車体全体の 5.5%以下に制限。シートや電気配線等「非金属材料」に対する部位別の防火・難燃指標も規定。
- ・ バッテリーパック等の改ざん防止要求を強化。
- ・ リチウムイオンバッテリーについては、熱暴走に対する安全試験を義務化。国際的な「電気・電子製品の火災危険試験（GB/T 5169.16）」等を引用し、水平・垂直火炎試験等も含む詳細な防火試験方法を追加。

Hangyan による分析報告³⁰⁶によると、2023 年における電動自転車による火災は 21,000 件

³⁰⁵ 中華人民共和國中央人民政府，電動自行車強制性國家標準修訂後正式發佈 將為老百姓提供更安全、更實用的出行工具，2025 年 1 月 13 日（2025 年 12 月 29 日参照），
http://big5.www.gov.cn/gate/big5/www.gov.cn/lianbo/bumen/202501/content_6998230.htm

³⁰⁶ 小牛行研，2021 年-2023 年全国电动自行车火灾数量，2025 年 2 月 24 日（2025 年 12 月 29 日参照），

で前年から 17%増加した（電動自転車の火災事故に関し、国家消防救援局のデータでは、2021 年 14,000 件、2022 年 18,000 件、2023 年 21,000 件）。

また、新浪科技の報告³⁰⁷では、住宅での事故が多いこと、80%は充電中に発生し半数以上は夜間充電中に発生しているとしている。

なお、高層住宅やその共用部分で出火し、大きな火災となったケースもある。

3-2-4-4 韓国

2025 年 7 月 15 日に韓国政府電子政府公式ウェブサイトで公表された情報³⁰⁸では、電動自転車の火災リスクについて以下のとおり触れている。

- (1) リチウムイオンバッテリーの火災事故統計によると、電動キックボードの出火件数が 70%を占める。

表 3-38 リチウムイオンバッテリーの火災発生状況³⁰⁸

区分	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年	2024 年	総計
計	98	106	178	179	117	678
電動キックボード	80	85	142	114	64	485
電動自転車	6	11	23	42	29	111
電動バイク	4	3	6	9	9	31
携帯電話	4	7	6	12	12	41
電子タバコ	4	0	1	2	3	10

韓国火災災害管理局公開データを東京海上ディーアール株式会社にて和訳・一部表体裁を編集

- (2) 上記を踏まえ、韓国消防庁は、バッテリーの取り扱いに関して以下の注意点を強調している。³⁰⁸

- ・ バッテリーや充電器は National Unified Certification（KC マーク）の認証を受けたものを使用。
- ・ バッテリーの状態に注意を払う。焦げ臭い臭いを感じたり、バッテリーが膨らんだり、異常な熱を発している場合は、直ちに使用を停止。
- ・ 充電終了後は、すぐに電源を抜き、電源を切る。寝ている間の充電等は避ける。

<https://www.hangyan.co/charts/3378997778536466415>

³⁰⁷ 新浪科技、国家消防救援局：2023 年全国共接报电动自行车火灾 2.1 万起 相比 2022 年上升 17.4%，2024 年 2 月 25 日（2025 年 12 月 29 日参照），<https://finance.sina.com.cn/tech/roll/2024-02-25/doc-inakhmra5397340.shtml>

³⁰⁸ 韓国政府の公式電子ウェブサイト，대한민국 정책브리핑, 전동킥보드·전기자전거 '화재 예방'…완충 즉시 플러그 뽑아야, 2025 年 7 月 15 日，<https://www.korea.kr/news/policyNewsView.do?newsId=148946042>

- ・ 玄関や非常口周辺での充電は絶対に避ける。充電は換気の良い場所で行い、可燃物が周囲にない状態とする。
- ・ 寿命切れのバッテリーは安全に処分する。

3-2-5 その他

2025 年 1 月に発生した南カリフォルニアの山林火災では、EV に関連して以下の指摘がされている。^{309, 310, 311}

- ・ 広域に及ぶ山林火災の際、避難の際に BEV や HEV を利用するメリットが指摘されている。避難者の車両による渋滞が発生し、移動に時間がかかる（ガソリンの消費が大きくなる）ことや、広域の火災の際、停電が発生し、ガソリンスタンドで給油ができない可能性があることが理由である（EV は充電されていれば、給油がなくても安全な場所まで長距離の走行が可能であることを指しているものと推察される）。
- ・ バッテリーの消火には大量の水を使用する。一方で、その消火水がバッテリーを濡らすことで、さらなるバッテリーの損傷を引き起こす可能性がある。
- ・ 森林火災の際に消火栓の水が枯渇する問題が生じたが、これは水不足というより、消火栓システムへの過度な負担と指摘されている。森林火災の消火作業では大量の水が使用されたが、リチウムイオンバッテリーの火災の消火作業で大量の水が使用されたことも一因と考えられている。カリフォルニアは EV の普及台数が多いことから数多くの EV が火災に巻き込まれたと推察されている。
- ・ 火災後の撤去・除去作業において、火災で損傷した EV や住宅用あるいは業務用のリチウムイオンのバッテリーパックは、再燃する可能性あるいは有毒ガスを発生する可能性があるため、「危険物 (hazardous structures)」と位置付けられた。
- ・ EV のバッテリーに比べ、住宅用のバッテリーは再燃リスクが低いといわれている。

2023 年のマウイ島の火災後、米国環境保護庁 (United States Environmental Protection Agency、以下「EPA」) は、リチウムイオンバッテリーの適切な取り扱いとリサイクルを確保するための措置を講じた (除去・リサイクル作業のためのガイドラインと住民向けのリーフレットを作成)。

³⁰⁹ The Washington Post, EV batteries can be risky in wildfires. Here's what to know., 2025 年 1 月 19 日 (2025 年 9 月 2 日参照), <https://www.washingtonpost.com/weather/2025/01/18/battery-ev-los-angeles-fires-cleanup/>

³¹⁰ CANADIAN Occupational safety, LA wildfires highlight EV battery hazards, 2025 年 1 月 22 日 (2025 年 9 月 2 日参照), <https://www.thesafetymag.com/ca/topics/technology/la-wildfires-highlight-ev-battery-hazards/521700>

³¹¹ LAist, The LA fires burned a lot of lithium-ion batteries. What does that say about a clean energy future?, 2025 年 2 月 9 日 (2025 年 9 月 2 日参照), <https://laist.com/news/climate-environment/la-fires-lithium-ion-batteries-clean-energy-future>

3-3 各国火災安全に係わる技術的情報

本項目では、各国における EV 等の製造（販売）時、整備・保全時及び廃棄時というライフサイクルに係わる安全基準の中で、特に火災安全に係わる部分を整理した。

なお、本項目では各国の基準の概要を述べるにとどめ、この第 4 章 3-4 以降において各技術基準の内容を具体的に記述する。

3-3-1 米国

3-3-1-1 連邦レベルの自動車の安全基準

米国では、米国運輸省（Department of Transportation、以下「DOT」）と国家道路交通安全局（National Highway Traffic Safety Administration、以下「NHTSA」）が定める連邦自動車安全基準（Federal Motor Vehicle Safety Standards、以下「FMVSS」）が EV や HEV を含む自動車の安全に関する軸となっている。なお、FMVSS は連邦法 Code of Federal Regulations（以下、「CFR」）の Title 49; Transportation の Subtitle b, Chapter V の Part 571 として定められている。

この FMVSS は、1966 年の「国家交通及び自動車安全法（National Traffic and Motor Vehicle Safety Act³¹²）」に基づき制定されたもので、自動車の設計・製造における最低限の安全性能を確保し、交通事故による死傷者を減らすことを目的としている。米国内で販売されるすべての新車（乗用車、トラック、バス、二輪車等）及び関連部品に適用され、輸入車も FMVSS 適合が必須となっている。

EV に特有の安全基準は、FMVSS No. 305a - Electric-Powered Vehicles: Electric Powertrain Integrity に定められている。

なお、国連が定める世界技術規則（Global Technical Regulations³¹³、以下「GTR」）の中で、GTR No. 20 - Electric Vehicle Safety (EVS) や GTR No. 22 - In-Vehicle Battery Durability を参照し、バッテリー安全や電気安全を国際基準と整合がとれるように図っている部分もある。

3-3-1-2 充電場の安全基準

EV の充電場の火災安全に係わる連邦レベルの法規・基準としては、連邦資金を用いた EV 充電インフラに適用される 23 CFR Part 680 - NEVI Standards (National Electric Vehicle Infrastructure Standards and Requirements³¹⁴) が挙げられる。NEC に準拠する

³¹² National Traffic and Motor Vehicle Safety Act, <https://www.ecfr.gov/current/title-49/subtitle-B/chapter-V/part-571>

³¹³ UNECE, Global Technical Regulations (GTRs), <https://unece.org/transport/standards/transport/vehicle-regulations-wp29/global-technical-regulations-gtrs>

³¹⁴ National Electric Vehicle Infrastructure Standards and Requirements, <https://www.ecfr.gov/current/title-23/chapter-I/subchapter-G/part-680>

ことやUL 認証機器の使用を求める等火災や感電リスクの低減にも繋がる基準である。

また、電気設備という観点からは、一例として OSHA の以下の規定も関係する。OSHA でも NEC 準拠を含む安全や、EV の充電場の設置・保守時の火災対応計画、PPE 義務、緊急時対応訓練等を求めている。

- ・ 29 CFR 1910（一般産業）：電気設備の安全、火災防護
- ・ 29 CFR 1926.441（建設）：バッテリー充電エリアの火災防護（換気、酸耐性床、洗眼設備、消火設備）

3-3-1-3 カリフォルニア州の州法や基準

カリフォルニア州の州法や州レベルの基準で、EV 等の火災安全に係わるものとして、カリフォルニア州建築基準法（California Building Standards Code, Title 24）を挙げることができる。Title 24 の概要は以下のとおり。

- (1) カリフォルニア火災規定（CFC, Title 24 Part 9）
 - ・ Chapter 12 - Energy Systems：エネルギーシステム（EV、HEV のバッテリー含む）の設置・運用・保守・火災安全要件を規定。NFPA 855 をベースに、リチウムイオンバッテリーの熱暴走リスクや火災防護策を反映。
 - ・ Section 1207.11.9：EV を住宅電源として使用する場合の安全要件（CEC 準拠）。
- (2) カリフォルニア電気工事規定（CEC, Title 24 Part 3）
 - ・ NEC Article 625 を採用し、充電場や車載充電システムの過電流保護、接地、緊急遮断装置を義務化。
- (3) CALGreen（Green Building Standards Code, Title 24 Part 11）
 - ・ EV 充電設備義務化と安全設計要件を規定（学校・公共施設等）。

充電場の火災安全に関するものとしては、上記と同じカリフォルニア州建築基準法で以下のとおり規定されている。

- (1) カリフォルニア建築規定（CBC, Title 24 Part 2）
 - ・ 充電場設置に関する構造・耐火要件を規定。
- (2) カリフォルニア電気規定（CEC, Title 24 Part 3）
 - ・ NEC（NFPA 70）をベースに採用。Article 625 で充電場の電気安全・過電流保護・接地を規定。

- (3) カリフォルニア火災規定 (CFC, Title 24 Part 9)
 - ・ 火災防護、消火設備、避難経路、危険物管理を規定。充電場はエネルギーシステム (Chapter 12) や特殊占有 (Chapter 23) に関連。
- (4) CALGreen (Green Building Standards Code, Title 24 Part 11)
 - ・ 新築・改修時の EV 充電設備義務化と安全設計要件を規定 (Section 4.106.4.2.2.1)。

その他のカリフォルニア州の基準では、California Senate Bill (SB) 1271: Electric bicycles, powered mobility devices, and storage batteries がある。

同法は 2024 年 9 月 27 日に電動自転車 (e-bike)、パワードモビリティデバイス、及びリチウムイオンバッテリーの安全基準を強化することが目的で制定された。これにより、2026 年 1 月 1 日より、州内で販売・リース・流通する全ての電動自転車、パワードモビリティデバイスやリチウムイオンバッテリーシステムは、UL 2271、UL 2272、UL 2849、EN 15194 等の安全基準を満たすため、認定試験機関による試験・認証を受けることが義務付けられた。

また、カリフォルニア州消防長官事務所である Office of the State Fire Marshal (以下、「OSFM」)³¹⁵に対して、火災・電気安全に関する規制策定を求めている。³⁵

なお、OSFM は、カリフォルニア州の消防当局である CAL FIRE (カリフォルニア州森林防火局) の一部門で、主に火災予防、技術的な規制、教育、訓練、法令の執行を担当している。

上記のほか、州内の自治体レベルで設置計画や許可に関するルールを定めている場合がある。

- ・ Menifee 市の例：EV の充電場の設置計画書要件
2022 CBC・CFC・CEC 準拠。火災安全対策（機器保護、耐火構造、消火設備）を図面に明記。

3-3-1-4 カリフォルニア州の消防局による安全指針

OSFM が 2024 年 1 月 23 日に発行した Information Bulletin³¹⁶では「リチウム電池の安全性」をテーマにしており、そこでは電動自転車やパワードモビリティデバイスの使用・保管に関し、安全上の注意事項、充電時の注意事項、廃棄方法等住民向けの啓発情報を盛り込んでいる。

³¹⁵ CAL FIRE, Office of the State Fire Marshal, <https://osfm.fire.ca.gov/>

³¹⁶ CAL FIRE, Information Bulletins, 2024 年 1 月 24 日, <https://osfm.fire.ca.gov/resources/information-bulletins>

3-3-1-5 消火活動に関するガイドライン等

EV の火災の消火活動に関する法は存在しないが、ガイドラインや教育トレーニングプログラム等は存在する。

- (1) NFPA - Electric and hybrid vehicle quick reference - Fire service edition³¹⁷
EV 火災における初期対応のポイント及び留意すべき点を A4 1枚 表裏にコンパクトに整理している。

- (2) IAFC Bulletin
国際消防長会 (International Association of Fire Chiefs、以下「IAFC」)³¹⁸が行っている情報発信の中で、2021 年 10 月 15 日に「Fire Department Response to Electrical Vehicle Fires³¹⁹」を発行。

- (3) Electric Vehicle Fire/Rescue Response Operations³³
U.S. Fire Administration (USFA) & FEMA が、NHTSA や国際消防士協会 (International Association of Fire Fighters、以下「IAFF」)³²⁰とも連携したガイドラインで、この中に消火活動に関する Tips を盛り込んでいる。本文の詳細は、後述 3-6 にて記述する。

なお、NHTSA のサイト「Emergency Response Guides (ERG) ³²¹」では、EV や HEV のモデルごとの対応ガイドや救助ガイドを掲載・公表している。なお、ERG は 2025 年 12 月 25 日以降義務化となった。49 CFR 561.6) ISO17840 に従ったフォーマットで車両情報等が整理され、それらは NHTSA のデータベースで公開されている (現時点で 600 以上のモデル情報を搭載)。

- (4) SAE Standard 「J2990 : Hybrid and EV First and Second Responder Recommended Practice³²²」

この規格は、事故に巻き込まれた EV に対応する一次対応者 (First Responders、

³¹⁷ NFPA, Electric and hybrid vehicle quick reference - Fire service edition, <https://www.nfpa.org/downloadable-resources/guides/electric-and-hybrid-vehicle-quick-reference-fire-service-edition>

³¹⁸ IAFC, <https://www.iafc.org/>

³¹⁹ IAFC, IAFC BULLETIN, Fire Department Response to Electrical Vehicle Fires, 2021 年 10 月 15 日, <https://www.iafc.org/docs/default-source/lhaz/respondingtoelectricalvehiclefires.pdf>

³²⁰ IAFF, <https://www.iaff.org/>

³²¹ NHTSA, Emergency Response Guides, <https://www.nhtsa.gov/emergency-response-guides>

³²² SAE International は、自動車、航空、商用車などのモビリティ (移動体) 分野の技術者・専門家で構成される米国の非営利団体で、Society of Automotive Engineers (米国自動車技術者協会) の略称。国際的に広く用いられる規格 (SAE 規格) を策定している。SAE 規格は、委員会活動によって作成されるが、製造メーカーの技術者だけでなく、政府関係者など幅広い関係業界の専門家が参加している。例えば、EV のバッテリーに関するステリングコミッティには、28 のサブコミッティがあり、これまで EV バッテリーに関する 41 の規格を発行している。SAE 規格は法律ではないため、強制力はないものの、参照規格として幅広く適用されている。J2990 は現在改定作業中で、現在有効な規格は 2019 年 7 月に作成されたもの。

消防士や救急隊員など）と二次対応者（Second Responders、レッカー業者や解体業者、整備業者など）の安全確保を目的とした規格。一次対応者向けに規定されている主な点は以下のとおり。

- ・ 識別に関する推奨事項：車両のデザインに関することだが、約 15m の距離で EV と識別できるように車両に表示（EV や HYBRID などの文字など。代替背景色での表示でも可としている）を設置することを求めている。
- ・ 高電圧システムの無効化に関する推奨事項：EV の設計として、最低 2 つの無効化方法が用意されるべきとしている。自動遮断システムや電源ボタンをオフに切り替えるスイッチなどを指している。

3-3-1-6 整備・保全作業に関する法令等

EV の整備・保全作業においては、以下の法令や基準が関係する。

- (1) カリフォルニア火災規定（CFC）、Title 24, Part 9 - 第 12 章：エネルギーシステム
 - ・ 適用範囲：EV バッテリーを含むエネルギーシステムの設置、運用、保守、修理、改修、廃止。
 - ・ 火災安全要件：
 - メンテナンス作業は NFPA 855（エネルギー貯蔵システムの安全基準）に準拠。
 - リチウムイオンバッテリーを含むシステムに対してハザード緩和分析を実施。
 - サービスエリアに換気、火災検知、消火設備を設置。
- (2) Cal/OSHA - Title 8 CCR § 5185：蓄電池の交換及び充電
 - ・ 適用範囲：バッテリー（EV バッテリーを含む）の交換や充電を行う職場。
 - ・ 火災安全対策：
 - 換気設備を備えた専用エリアで作業。
 - 火気厳禁（喫煙、火花、裸火の禁止）。
 - 火災防護設備：緊急用洗眼設備、中和剤、消火器を設置。
 - ・ PPE：耐酸手袋、フェイスシールド、防護服。
 - ・ 緊急対応訓練：従業員に火災・漏洩対応を教育。
- (3) Cal/OSHA 電気安全規定
 - ・ 適用範囲：EV メンテナンス時の電気危険防止。

- ・ 火災安全要素：
 - 高電圧システムのロックアウト/タグアウト。
 - アークフラッシュ・熱危険に対応する PPE。
 - NFPA 70E 準拠の作業安全。

(4) OSHA リチウムイオンバッテリー安全ガイド (OSHA Lithium-Ion Battery Safety Bulletin)

- ・ 適用範囲：リチウムイオンバッテリーの取り扱い・メンテナンス。
- ・ 火災安全推奨事項：
 - 涼しく乾燥した換気エリアで保管・作業。
 - 熱暴走や火災に備えた緊急対応計画。
 - 大規模保管・メンテナンスエリアでは可燃性ガスの連続監視。

(5) カリフォルニア州自動車修理局（以下「BAR」） - 車両安全システム検査プログラム (California BAR Safety Program) ³²³

- ・ 適用範囲：EV の安全システム点検を義務付け。
- ・ 火災安全関連：
 - バッテリーの健全性や電気系統の安全確認。
 - BAR 検査マニュアル及び州安全基準に準拠。

3-3-1-7 整備業者の資格制度

アメリカでは、EV の整備工場や修理工場に関する連邦レベルのライセンス制度は存在しない。州によるライセンス制度と連邦レベルの安全基準や業界認証等によって規制されている。

州レベルのライセンスに関して、多くの州では、自動車修理工場に州の消費者保護法や自動車修理法に基づく登録又はライセンスを義務付けている。

カリフォルニア州は、自動車修理事業に関して包括的な規制を設けている³²⁴。BAR が管轄しており、修理業者は BAR に登録し Automotive Repair Dealer (ARD) ライセンスを取得する必要がある。このライセンス取得の要件の中で、EV バッテリー等の危険物を適切に取り扱うことを求めている。

全米優良自動車サービス協会 (National Institute for Automotive Service Excellence、以下「ASE」) が EV 関連の基準「xEV 高電圧電気安全基準 (xEV High-Voltage Electrical

³²³ BAR, Vehicle safety systems inspections, <https://www.bar.ca.gov/safety>

³²⁴ BAR, Laws and regulations, <https://www.bar.ca.gov/laws-and-regulations>

Safety Standards)³²⁵」を定めており、それに基づく認証プログラム³²⁶を用意している。なお、xEV とは EV、HEV、PHEV 等を指す。これは、EV 等に関する作業の安全性を確保するためのガイドラインであり、感電、アークフラッシュ、火災等のリスクを最小化するために以下のこと等を規定している。

- ・ 電氣的に安全な作業状態の確立（ロックアウト/タグアウト、電圧確認）
- ・ 高電圧バッテリーやコンポーネントの取り扱い手順
- ・ PPE 要件（絶縁手袋、フェイスシールド、絶縁工具等）
- ・ 緊急時対応（感電時の救助や訓練）

作業レベルとしては、以下の 2 つを規定しており、それぞれの認証を行うためのテストを実施している。

- ・ Level 1 : xEV Electrical Safety Awareness（高電圧感電認識）
 - EV に接する可能性のある全ての職種向け（営業、整備補助等）
 - 高電圧部品に触れないが、リスク認識が必要
- ・ Level 2 : xEV Technician Electrical Safety（高電圧技術者認証）
 - 実際に高電圧システムを扱う整備士向け
 - 高電圧システムの構造・操作・修理に関する知識と技能を要求。

3-3-1-8 消防士向けの教育プログラム

EV の消火に関する全米レベルでの教育プログラムの一例として以下が挙げられる。その中では、NFPA が用意しているプログラムが、消防士向け教育プログラムとして米国では最も一般的と言われている。なお、米国では消防署に勤務する職員としての消防士だけでなく、ボランティアの消防士も多いため、教育プログラムのニーズは高い。

(1) Electric Vehicle Safety Training for Emergency Responders³²⁷

NFPA が 16 社の自動車メーカーと提携し実施しているプログラムで、オンライン及び対面のコースが用意されている。

NFPA での消防士向け教育プログラムの運営に携わった経験者からのヒアリングでは、ポイントとして受講消防士に伝えていたこととして、以下のことなどを挙げていた。

- ・ EV 火災で発生する煙（ガス）が有害であるため、火災車両の風上に必ず位置をとる。実際、ガスを吸い込んだ消防士が重い障害を負ったケースあり。

³²⁵ ASE, ASE Electrified Propulsion Vehicles (xEV) High-Voltage Electrical Safety Standards, Version 2.1, 2025 年 1 月 14 日, <https://www.ase.com/dist/docs/ASExEVElectricalSafetyStandardsVersion1Industry.pdf>

³²⁶ ASE, xEV Safety Certifications, <https://www.ase.com/ev>

³²⁷ NFPA, ELECTRICVEHICLE SAFETY TRAININGFOR EMERGENCYRESPONDERS, <https://www.nhtsa.gov/document/presentation-nfpa-electric-vehicle-safety-training-emergency-responders>

- ・ 運転手が事故で気を失っているケースが多いため、事故車両へのアクセスは、必ず横方向から。気を失った運転手の足がペダルに載っていることもあり、運転手を引き出した際に、車が動き出すこともある。CPP0 (Chock Wheels : 車輪止め、Park Break : サイドブレーキをかける、Parking Shifter : シフトを P に入れる、Off : エンジンやパワーをオフする) と教えている。
- ・ EV の火災の際は、車の底部に散水するのが基本 (ただし、車両のモデルによるため、NHTSA の ERG を参照する)。装備がない場合、梯子を車両の下に差し込み、車両を少し浮かせて放水することもある。

なお、NFPA が教材を用意する際、NFPA 自身で収集した情報も参照するが、IAFC や IAFF の情報も参照している。

- (2) Electric Vehicle/Alternative Fuel Vehicle (AFV) Train-the-Trainer Course³²⁸
NVFC (National Volunteer Fire Council) が実施するインストラクターの養成プログラム。General Motors がスポンサーであり、10 時間の対面研修で実習も含み、受講終了によりインストラクター認定を行う。

- (3) AFV Training³²⁹

AFV Educate が実施するプログラムで、対面とオンライン研修を組み合わせたコースが用意されている。消防士等の緊急対応を行う者向けと整備士向けの 2 つのプログラムを用意している。

- (4) Electric Vehicle Safety Training Resources for First and Second Responders³³⁰

DOE は、ガイドラインや研修プログラムを紹介している。消防士向けの研修としては、前述の NFPA 及び AFV Educate のプログラムに加え、West Virginia University の NAFTC (National Alternative Fuels Training Consortium) が実施する Firefighter Alternative Fuel Vehicle Safety Training³³¹が挙げられている。

[参考]

DOE が Web サイトで紹介している情報

- ・ 代替燃料車の緊急対応ガイドと EV の安全・火災に関する情報
- ・ 一次対応者向けのトレーニングコース

³²⁸ NVFC, NVFC Electric Vehicle/Alternative Fuel Vehicle Train-the-Trainer Course, <https://www.nvfc.org/afvtrainer/>

³²⁹ AFV, AFV Educate Training Programs, <https://www.afveducate.org/training>

³³⁰ U.S. Department of ENERGY, Alternative Fuels Data Center: Electric Vehicle Safety Training Resources for First and Second Responders, <https://afdc.energy.gov/vehicles/electric-responders>

³³¹ NAFTC, Firefighter Alternative Fuel Vehicle Safety Training, <https://naftc.wvu.edu/courses-and-workshops/firefighter-safety-training/>

- ・ 一次対応者（特に消防士向け）のトレーニングコース
- ・ 一次対応者（特に法執行機関及び救急医療サービス向け）のトレーニングコース
- ・ 二次対応者向けのトレーニングコース

(5) CAL FIRE の OSFM による研修プログラム

カリフォルニア州での取り組みとしては、OSFM が消防サービスの標準化のため、様々な研修プログラム³³²を用意している。研修の中には、EV 火災対応に関する要素も含まれている。State Fire Training (SFT) 認証制度³³³を運用しており、消防士資格 I 及び II (Fire Fighter 1 及び Fire Fighter 2) を取得するためには、EV 火災対応が選択科目として含まれる。

3-3-1-9 整備工場スタッフに向けた教育プログラム

アメリカでは、様々な研修プログラムや認定制度が用意されている。以下に幾つかの例を挙げる。

(1) 電気自動車技術者認定プログラム (Electric Vehicle Technician Certificate Program) ³³⁴

George Brown College がオンラインで提供している高電圧 EV の診断・整備・修理や充電場の設置・保守に係るプログラムで、約 32 週間のカリキュラムが提供されている。

(2) 電気自動車研修 (Electric Vehicle Training) ³³⁵

Universal Technical Institute (UTI) が実施する EV に関する研修プログラムで、3 週間のバッテリー電気自動車技術コースが含まれる。このコースは大手自動車部品メーカーの Bosch と連携した内容。また、15 週間にわたって実施されるフォードの Ford Accelerated Credential Training (FACT) program³³⁶の一部として組み込まれている。

(3) Electric Vehicle Technician Certificate³³⁷

University of Houston Downtown が実施するオンラインの研修コース。電気の基

³³² CAL Fire, California State Fire Training, <https://osfm.fire.ca.gov/what-we-do/state-fire-training>

³³³ CAL Fire, Professional Certifications (CFSTES), <https://osfm.fire.ca.gov/what-we-do/state-fire-training/professional-certifications>

³³⁴ George Brown College, EV Technician Training/ Online Education Program, <https://www.evtechnician.com/>

³³⁵ UNIVERSAL TECHNICAL INSTITUTE, ELECTRIC VEHICLE TRAINING AT UNIVERSAL TECHNICAL INSTITUTE, <https://www.uti.edu/programs/automotive/electric-vehicle-training>

³³⁶ New Ford Tech, THE FACT PROGRAM, <https://www.newfordtech.com/Programs/Fact/Overview>

³³⁷ University of Houston-Downtown, Electric Vehicle Technician Certification, <https://www.uhd.edu/academics/continuing-education/engineering/electricvehicletech.aspx>

本からパワートレイン、バッテリー等 14 のモジュールから構成され、それを 32 週間で受講するプログラム。

(4) Electric Vehicle (EV) Technician Training³³⁸

Immers Learn が実施するトレーニングプログラム。15 週間のオンラインと VR ヘッドセットでの実習が提供されている。

(5) Electric & Hybrid Automotive Technician Training³³⁹

Eastern Maine Community College が実施する 45 時間の研修コース。オンラインでの学習 20 時間、ASE L3 の EV シミュレータを用いた実習が 20 時間、電気自動車の実車切断を含む実技 5 時間が含まれる。

上記のほか、カリフォルニア州で行われている主な研修プログラムは以下のとおり。

(6) Electric Vehicle Technician Training Programs³⁴⁰

サンフランシスコの Earthling Automotive が実施している整備士向け研修。5 つのコース (Tesla 1, Hybrid/EV1 & 2, Electrical 1&2) を用意している。Tesla 1 はテスラの入門コース (2 日間) で、Hybrid/EV (2 日間もしくは 3 日間) はトヨタのプリウスで実習を行う。最大 4 名の少人数制で、実習を行うことが特徴。

(7) Advancing BC's Automotive Technology Programs³⁴¹

Bakersfield College (以下「BC」) が実施する研修プログラム。カリフォルニア州が推進する ZEV の利用を容易にする取り組みの一環として、BC は、バレー・クリーン・エア・ナウ (ValleyCAN/ ValleyCleanAirNow)、ゼネラルモーターズ・モーターシティ (General Motors Motor City)、グレーター・ベーカーズフィールド新車販売協会 (Greater Bakersfield New Car Dealership Association /GBNCDA) 等のパートナーと提携し、ZEV 関連の雇用創出への直接的な道筋を創出するため、電気自動車関連の研修プログラムを用意している。

³³⁸ Immers Learn, Electric Vehicle (EV) Technician Training, <https://immerselearn.com/electric-vehicle-technician/>

³³⁹ Eastern Maine Community College, Electric & Hybrid Automotive Technician Training, <https://www.emcc.edu/workforce-development/non-credit-and-continuing-education-classes/electric-hybrid-automotive-technician-training/>

³⁴⁰ Earthling Automotive, Earthling Automotive Forges Ahead with Electric Vehicle Technician Training Programs to Build the Next Generation of EV Technicians, <https://earthlingauto.com/earthling-automotive-forges-ahead-with-electric-vehicle-technician-training-programs-to-build-the-next-generation-of-ev-technicians/>

³⁴¹ Bakersfield College, Advancing BC's Automotive Technology Programs, <https://www.bakersfieldcollege.edu/community/kern-high-road-coalition/advancing-bcs-automotive-technology-programs.html>

(8) Certified Electric Vehicle Technician (CEVT) Training Program³⁴²

Clean Tech Institute が実施する EV や HEV に関する 16 週間の実地研修 (実習)。

3-3-1-10 廃棄に関する法令等

連邦レベルでは、EPA の Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) ³⁴³の中で、リチウムイオンバッテリーは「危険廃棄物」に分類されるため、規制に従って廃棄処理する。なお、この規定の中で火災安全に直接係ることはない。

また、カリフォルニア州では、現在下院で SB615 が審議中であるが、これは自動車メーカーに EV 電池の再利用、修理、リサイクル等を優先し、廃棄を最終手段とすることを義務付ける規制。(この規制は、EV 電池の廃棄でなく、リサイクルを推奨することが目的。)

3-3-2 欧州

3-3-2-1 欧州での自動車の安全基準

EU における自動車の安全に関しては、General Safety Regulation II (GSR II) ³⁴⁴ (2019 年導入) で定められている。GSR II は、EU 規則 (Regulation EU 2019/2144) であり、そのまま加盟国に適用される。

この GSR II は車両の安全性能を義務化するもので、EV の火災安全に特化した規定は含まれていない (EV もこの GSR II に適合していなければならない)。自動車には型式承認が必要であり、その承認制度をこの GSR II で定めるとともに、自動車製造後の市場監視についても定めている。

GSR II を補完する形で、EV に対しては、UNECE R100 (電気安全) や UNECE R136 (リチウムイオン REESS (Rechargeable Energy Storage System、再充電可能エネルギー貯蔵システム) 安全。四輪未満に適用)、さらに EU バッテリー規則 (Regulation (EU) 2023/1542) が適用される。(EU 内での義務) UN ECE R100 については 3-4-2-1 章で詳細に記述する。

- ・ EU バッテリー規則 (Regulation (EU) 2023/1542) ³⁴⁵

すべてのバッテリーが対象となるため、EV に搭載される電池も対象となる。2023 年 8 月に施行され、EU 加盟国で直接効力を持ち、電池のライフサイクルにわたる安全性、持続可能性、リサイクル促進や資源効率が目的としている。CE マーキングを義務化している。

³⁴² Clean Tech Institute, Certified Electric Vehicle Technician (CEVT) Training Program, <https://cleantechinstitute.org/Training/CEVT.html>

³⁴³ EPA, Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Laws and Regulations, <https://www.epa.gov/rcra>

³⁴⁴ EU, eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2144/oj/eng, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2144/oj/eng>

³⁴⁵ EU, REGULATION (EU) 2023/1542 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL, <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1542/oj/eng>

3-3-2-2 充電場の安全基準

- (1) Guidance of fire safety for electric vehicles parked and charging infrastructure in covered parking spaces²²⁴

2025年2月に発行されたガイドライン。加盟国向けのガイダンスであり法的な拘束力はない。欧州ではBEVと充電インフラが急速に普及しており、屋根付き駐車場における堅牢な火災安全対策の必要性が増したため、EU傘下の持続可能な交通フォーラム（STF、EU Sustainable Transport Forum）が作成した、BEVと充電インフラに関連する火災リスクを軽減するためのガイドライン。このガイドラインは、火災の予防、検知、避難、拡散抑制、消火活動に焦点を当て、EUの脱炭素化目標を支援しながら安全を確保するための推奨事項を、行政機関、駐車場運営者、その他の関係者向けに用意された。

[参考]

このガイドラインでは、各国の関連法令やガイドラインを端的に整理。国によって対応は異なり、ノルウェーやフランス、イタリア等多くの国ではEVの充電場を想定した規定を用意しているが、ドイツは、駐車場全般に関する規定のみとなっている（ドイツとノルウェーについては後述）。

なお、オランダでは一例として、充電場に関して以下を推奨している。

- ・ 可能な限り駐車場の出入り口付近に設置すること。
- ・ できれば地上階に設置すること。
- ・ 駐車場内の特定の場所にまとめて設置すること。

これは、EVの火災リスクを想定し、EVの駐車場所にアクセスしやすいようにすることや、火災時・火災後の搬出が容易にできるようにすることを意図したものと推察される。

以下は、ガイドラインのポイント。

- ・ 火災リスクを考慮したとしても、EVの屋内駐車場へのアクセスを制限することは現実的でないとしている。ただし、実態の例として、ルクセンブルクでは、欧州適合証明書（ECC）を取得したBEVのみが屋内駐車場での充電を許可されている。
- ・ 規格に準拠することがリスク低減にも繋がるとして、いくつかのENを例示している。

[ENの例]

- ・ EN IEC 61851-1:201946 に準拠したEV供給ステーション
- ・ 直流充電ステーション（モード4）向けEV供給ステーション：EN IEC 61851-23:2014 に準拠。

- 直流充電ステーションの規格（EN IEC 61851-23:2014）。
- EN IEC 62196 シリーズに準拠したプラグ及びコンセント。
- ・ 自動車メーカーには ISO 17840 テンプレートを用いて緊急対応情報を開示すべきとしている（米国での ERG の対応と同じ）。また、火災発生時の消防隊による効果的な対応のため、メーカーのクイックガイドには以下の情報を含めるべきとしている。
 - 高電圧リチウムイオンバッテリー火災の消火方法
 - 熱暴走及び高電圧リチウムイオンバッテリーの再発火リスクの軽減
 - 初期応急処置時及び損傷した電気自動車を現場から移動させる前に、高電圧リチウムイオンバッテリー内の滞留エネルギーに関連するリスクの軽減
 - 損傷した高電圧リチウムイオンバッテリーを搭載した電気自動車の安全な保管方法
- ・ 屋内駐車場に求める耐火性能を記載。
- ・ 火災を早期に検知できるようにすることを求めている。火災報知設備やカメラによるモニタ等が該当。
- ・ 安全避難の観点から、換気・排煙について規定。
- ・ 延焼リスクを考慮し、駐車車両間の距離をより大きくすることや天井を高くすること（天井が低いほど天井から車両への輻射熱が増大する）も推奨。また、スプリンクラー等の自動消火設備の設置が有効であることを記載。

(2) Fire Safety Recommendations for Electric Vehicles³⁴⁶

CFPA が 2025 年 6 月に公表。CFPA（Confederation of Fire Protection Associations Europe、欧州消防・防火協会連盟）は防火、消火、安全、自然災害対応分野で各国の消防関連機関等が参加する NPO。

このガイドラインは、BEV や PHEV の充電場の火災安全に焦点を当てたものである。①EV の充電作業中の火災及び爆発のリスク低減、②隣接車両及び施設への火災延焼リスクの低減、③火災発生時、充電ステーション及び周辺区域からの安全な避難を確保すること、④緊急サービスによる安全な対応を可能にすることを目的としている。これは推奨ガイドラインで、法的な拘束力はない。

具体的な内容は以下のとおり。

- ・ 充電場の設計や施工は、各国の規制に従い有資格者が行うこと。
- ・ 非常停止スイッチを充電区画に設置し、異常時には即座に給電遮断できる設計を要求。
- ・ 設置場所での考慮事項（例：危険物貯蔵から十分距離を確保すること）を列

³⁴⁶ CFPA Europe, Fire safety recommendations for electric vehicles: CFPA-E Guideline No 44:2025F, 2025 年 6 月, https://cfpa-e.eu/app/uploads/2025/06/CFPA_E_Guideline_No_44_2025_F.pdf

挙。

- ・ 充電方式制限：モード1は禁止、モード2は私的利用のみ許可。公共／閉鎖環境ではモード3又は4を推奨(モードについては、表 3-39 充電方式を参照)。
- ・ 屋外ステーションでは、周囲 2.5m以上をクリア空間とする。
- ・ 屋内駐車場では防火区画を設定し、耐火構造とする。
- ・ 各充電場に最低1台の電気火災対応消火器を設置。
- ・ 事故後の車両（火災後の車両）の扱いについても規定。

表 3-39 充電方式³⁴⁷

モード1	AC コンセント直接接続。家庭用や一般の AC コンセント（100V/200V）から直接充電。
モード2	AC コンセント及び制御機能付きケーブル。家庭用コンセントを使うが、ケーブルに制御・保護機能（IC-CPD）を搭載。
モード3	専用充電設備による AC 充電。専用の充電場を使用し、制御機能と保護機能あり。
モード4	DC 急速充電。外部の充電器で交流を直流に変換し、車両に直接 DC を供給。

3-3-2-3 整備業者の資格制度

EU 全体として、EV 整備業者向けの統一された法的資格制度は現時点では制定されていない。一方で、EU プロジェクトとして「EVTECH³⁴⁸」がスタートしており、これは EV 整備技術者向けの共通資格枠組みを設計するための取り組みである。このプロジェクトでは、EV 整備技術者を 4 つのレベルで定義し、以下の 5 つのモジュールでカリキュラムを構成する方針で検討が進んでいる。

- ・ EV 基礎知識
- ・ 電気原理と高電圧安全
- ・ バッテリー管理（REESS）
- ・ 制御・ソフトウェア理解
- ・ 実務安全（リスク評価・緊急対応）

このカリキュラムには火災安全に係わる事が含まれると予想される。さらに、研修機関による試験と評価の導入も予定されている。なお、このプロジェクトで定められる内容はガイドラインとして扱われ、法的拘束力を持たないものと位置付けられる見込みである。

³⁴⁷ IEC 61851-1（電気自動車の充電システム）を参考に東京海上ディーアール株式会社によりにて整理

³⁴⁸ EVTECH, Electric Vehicles' maintenance and safety skills for car technicians, <https://evtech-project.eu/>

3-3-2-4 消火活動に関する規定

EU で EV 火災対応について消防士を含む関係者への義務的な研修・教育や資格制度は存在しない。なお、前述の「Guidance of fire safety for electric vehicles parked and charging infrastructure in covered parking spaces」では、消防士等の関係者への専門装備の用意や訓練の実施等の必要性について触れている。また、「Fire Safety Recommendations for Electric Vehicles」では、EV 火災発生時の対応要領等を解説している。

3-3-2-5 廃棄に関する規定

EV についても、2000 年に制定された End-of-Life Vehicles Directive (ELV 指令) が適用される。自動車を廃棄する際の環境負荷低減と資源循環を目的とする指令である。現在、乗用車・小型バンが対象であるが、現在改定作業中の案ではバスやトラック等も対象範囲に組み込まれる見込み。

バッテリーの廃棄については、EU バッテリー規則が適用される。製造者は、バッテリー廃棄・回収・リサイクルを統括する責任を負っており、以下基準が定められている。

廃棄バッテリーの回収・リサイクル基準：

- ・ リチウム系：2027 年までに 65%、2030 年までに 70%の回収率義務
- ・ 鉛・ニッケルカドミウム等は 80%以上の回収目標

なお、廃電池と再利用可能な中古バッテリーを区別し、生産者の登録・国ごとの登録は必須とされている。いずれにしても、EV や EV 搭載の電池の火災安全に直接的に触れた廃棄に係わる EU 指令はない。

[参考情報]

現在、EV のバッテリーのトレーサビリティに関する規格作りの動きがある。欧州では、2027 年 2 月 18 日以降、Digital Product Passport (DPP) 制度³⁴⁹がスタートする。これは、製品ごとのライフサイクル情報をデジタルで一元管理し、QR コードなどを通じてアクセスできる仕組み。製品の「(原材料→) 製造→使用→修理・リサイクル・廃棄」のライフサイクルに関する情報が透明化でき、循環型経済を推進するための施策である。

その第一弾として「バッテリー」が対象となっており、EV のバッテリーも含まれる。ただし、この DPP 制度の中で、どのような情報を記録すべきかのフォーマット

³⁴⁹ EU, EU's Digital Product Passport: Advancing transparency and sustainability, 2024 年 9 月 27 日, <https://data.europa.eu/en/news-events/news/eus-digital-product-passport-advancing-transparency-and-sustainability>

は、現時点で決定していない。バッテリーのトラブル履歴や修理履歴などが保管・共有されることになれば、バッテリー火災リスクの低減にも繋がることが期待できる。EU の DPP 制度は、バッテリー安全にも繋がるトレーサビリティに関する先行的な取り組みと言える。

3-3-3 ドイツ

3-3-3-1 自動車の安全基準

ドイツは、UNECE による車両安全基準のすべてを採用しており、これによって KBA（ドイツ連邦自動車庁）が型式認定を行っている。また、Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung（StVZO）や Fahrzeugteileverordnung（FzTV）により、車両・部品の構造安全や環境基準を詳細に定義している。この中に EV も含まれるが、EV に固有の規制はなく、バッテリーは EU バッテリー規制が適用される。現在、EU バッテリー規制を踏まえたドイツ国内法の整備が進行中の模様。

3-3-3-2 充電場の安全基準

ガレージ及び駐車スペースの建設及び運営に関するモデル規制（モデルガレージ・駐車スペース規制 M-GarVO（Muster-Garagen- und Stellplatzverordnung））³⁵⁰がある。ドイツ連邦の統一規則モデルで、各州がこのモデルをもとに条例を独自に制定。2022 年 7 月に改訂され 2024 年以降各州の条例への反映が進んでいる。

構成は以下のとおり。

- ・ Part I：一般規定（適用範囲、用語定義）
- ・ Part II：建築仕様（出入口、換気、構造耐火性、分割壁等）
- ・ Part III：運用ルール（利用・駐車管理）
- ・ Part IV：設計・検査用図面提出
- ・ Part V：最終規定（罰則・施行日）

なお、駐車場に関する構造やアクセス、避難路、（規模に応じた）設置すべき消火器等を規定しているが、EV や充電設備に関連したことを明記しているものではない。

3-3-3-3 整備業者の資格制度

ドイツでは、自動車整備において、Kfz-Meister（自動車整備マイスター）の資格が必須とされている。さらに、EV 整備の場合、DGUV I 209-093 による高電圧（HV）資格も必要と

³⁵⁰ Fachkommission Bauaufsicht, Muster einer Verordnung über den Bau und Betrieb von Garagen(Muster-Garagenverordnung M-GarVO), <https://www.is-argebau.de/Dokumente/42311444.pdf>

なる。この資格制度では、以下の資格区分を設けている。

- ・ 理解者 (Sensibilisierte Person) : 高電圧のリスクを認識し、基本的な注意を守って作業に関わる立場。
- ・ 指導を受けた専門技術者 (Fachkundig unterwiesene Person, 1E / 1S) : 高電圧のシステムを非電源状態で扱う権限を持つ。
- ・ HV 専門技術者 (Fachkundige Person Hochvolt, 2E / 2S) : 電源を切って、一定レベルの技術作業 (部品交換や測定等) が可能。
- ・ HV ライブ作業技術者 (Fachkundige Person für Arbeiten an unter Spannung stehenden HV-Komponenten) 3E / 3S) : 充電状態でのライブ作業 (高リスク作業) を実施できる最上位資格。

これらの資格制度に基づき、以下のような教育プログラムが用意されている。

- ・ 「Kfz-Mechatroniker Schwerpunkt System- und Hochvolttechnik³⁵¹」は、自動車整備士用の高電圧技術に特化した国家資格プログラム。この受講修了により高電圧のシステム対応が可能になる。
- ・ Fraunhofer IFAM³⁵²等が、実践的講習として「Fachkundige Person Elektromobilität」等のコースを提供している。高電圧のシステムの安全な取扱いに必要な知識・技能が得られる。

さらに、上記以外の研修プログラムが民間機関により提供されている。

3-3-3-4 消火活動に関する規定

州立の消防学校における教育カリキュラムの中で EV の火災対応や救助技術に関することが含まれている。その教育では、DGUV/vfdb 等が作成した教材が使用されている。

- ・ Unfallhilfe und Bergen bei Fahrzeugen mit Hochvolt-Systemen (高電圧システム搭載車両の事故対応) ³⁵³
- ・ Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Akkus (リチウムイオンバッテリー火災時の消火ガイドライン) ³⁵⁴

なお、E-Mobilität Einsatzempfehlungen 州では、EV 火災対応にあたる消防士や救急隊員

³⁵¹ Kfz-Mechatroniker Schwerpunkt System- und Hochvolttechnik,
<https://www.dqr.de/dqr/shareddocs/qualifikationen-neu/de/Kfz-Mechatroniker-Schwerpunkt-System-und-Hochvolttechnik-Kfz-Mechatronikerin-Schwerpunkt-System-und-Hochvolttechnik.html>

³⁵² Fraunhofer Academy, Elektromobilität | Schulungen,
<https://www.academy.fraunhofer.de/de/weiterbildung/energiewende/elektromobilitaet.html>

³⁵³ vfdb, Unfallhilfe und Bergen Merkblatt bei Fahrzeugen 06/04 mit Hochvolt-Systemen, 2017 年 11 月 1 日,
https://www.vfdb.de/media/doc/merkblaetter/MB_06_04_2017.pdf

³⁵⁴ DGUV, Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Batterien bei Fahrzeugbränden, 2023 年 11 月 29 日, <https://publikationen.dguv.de/widgets/pdf/download/article/3907>

に対して行動指針「E-Mobilität Einsatzempfehlungen³⁵⁵」を示している。緊急時の消火や電気安全、火災後の車両の取り扱いについての指針を示している。また、Tesla³⁵⁶や ASM Schulungen といった民間機関が研修を支援している。

3-3-3-5 廃棄に関する規定

EU の規制が適用されるが、自動車の廃棄（廃車）に関しては、Altfahrzeug-Verordnung という ELV 指令の遵守を目的としたドイツ国内法が適用される。また、バッテリーに関しても EU バッテリー規制が国内法化（Batteriegesetz）されている。なお、EV の火災安全に直接的に係わることは規定されていない。

3-3-4 ノルウェー

3-3-4-1 自動車の安全基準

ノルウェーでは、自動車の車両安全基準として「Bilforskriften（車両承認規則）FOR-2022-06-28-1233」が制定されている。なお、EU の UNECE とも緊密に連携しており、EU の規定がノルウェー国内法に取り入れられている。

この「Bilforskriften」の中で、EV も型式承認を得ることになるが、この規則の中で「電気安全」に関する規定もあり、高電圧システムの絶縁安全やバッテリーの安全等が規定されている。

3-3-4-2 充電場の安全基準

低電圧電気設備に関する規則（Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg、以下「FEL」）³⁵⁷が該当する。ノルウェーの Justis- og beredskapsdepartementet（法務・公安省）が所管している法で、電気設備の設計・施工・試験・定期点検についての法的枠組みを規定している。これに基づき、設計施工会社は適切な資格を持ち、適合宣言（Declaration of Conformity）を発行する義務がある。DSB（Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap）が、FEL に基づく規制の制定と監督を担当し、DLE（Local Electricity Inspectorate）が、DSB の委託を受け、地域単位で設備の適合性や施工品質の監査と立入検査を実施。この FEL の中で、駐車場における電気自動車（EV）充電場の設置及び安全性に関する具体的なガイドラインも示している。なお、DLE の検査官は、定期的に現場をチェックし、充電場が FEL 及び NEK400（ノルウェーの国家規格）への準拠を確認している。

³⁵⁵ TLFKS, Handlungsempfehlungen für den Umgang mit Elektrofahrzeugen, <https://tlfks.de/infothek/gefahrenabwehrkonzepte/e-mobilitaet>

³⁵⁶ Elonbuzz, Tesla provides vehicles for German firefighters' EV training program, 2025 年 11 月 11 日（2026 年 1 月 28 日参照）, <https://elonbuzz.com/tesla-provides-vehicles-for-german-firefighters-ev-training-program/>

³⁵⁷ LOVDATA, Forskrift om elektriske lavspenningsanlegg, <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1998-11-06-1060>

なお、FEL で規定されている主な事項は以下のとおり。

- ・ 充電設備に、異常（過熱や過電流等）を検知し、回路を自動的に遮断する機能の搭載を義務付け。
- ・ NEK400 に従って設計・施工することを要求（NEK400 は、IEC 60364 及び CENELEC HD 60364 に基づいて作成）。例えば、NEK400-7-722 に従い、ケーブル・接続部の高温、過負荷、短絡に対する保護設計。
- ・ 設置場所に応じた耐熱、火炎対応の部材選定や定期的な点検と性能維持のためのメンテナンス要件を規定。
- ・ 通気性・可視性に優れた設置、高負荷時の熱管理を考慮した周囲設備とのクリアランス等が要件として規定。
- ・ DEL による検査で不備があれば、改善提案等の行政処分も可能。
- ・ 充電場の定期点検を推奨し、特に住宅では 10 年ごと、産業施設等ではより頻繁に実施することを推奨。

3-3-4-3 整備業者の資格制度

ノルウェーでは、自動車の整備に関して、Statens Vegvesen（道路交通局）の認可を受けた整備の認定工場であることが必要となっている。さらに、EV の整備においては高電圧バッテリー等を扱うために FSE (forskrift om sikkerhet ved arbeid i og drift av elektriske anlegg) の資格が必要となっている。この FSE 資格は、低電圧・高電圧設備で作業する者等に必要な資格で、1 日の講習とテスト合格によって取得可能。有効期限は 12 カ月以内で、更新のために年 1 回の講習受講が必要。

- ・ FSE は、国際標準 NEK EN 50110-1 に準拠。
- ・ FSE の講習は、「法の枠組み理解」、「リスク評価・作業手順策定」、「高電圧・低電圧特有の作業手順」や「保護具や遮断手順」等を含む。
- ・ 講習は、以下に例示される民間企業が提供している。
 - Trainer³⁵⁸
 - GTM Kompetanse³⁵⁹
 - Kurs og Sikkerhet³⁶⁰

なお、FSE 資格は、電気設備作業のための必須資格であるが、FSE ではカバーしきれない「EV 車両のリスク」や「バッテリー火災対応」等の分野を補完するものとして、NBF (Norges

³⁵⁸ Trainer, FSE low-voltage and high-voltage (operation of electrical installations), <https://en.trainor.no/app/product/classroom/pKvnBP/fse-low-voltage-and-high-voltage-operation-of-electrical-installations>

³⁵⁹ GTM Kompetanse, FSE- kurs, <https://www.gtmkompetanse.no/products/fse-kurs-1>

³⁶⁰ Kurs og Sikkerhet, FSE - høyspent - nettkurs, <https://kursogsikkerhet.no/kurs/arlig-gjennomgang-av-fse-2025-hoyspent-nettkurs/>

Bilbransjeforbund、ノルウェーの自動車販売業と自動車整備業の業界団体）³⁶¹と Blostrupmoen³⁶²（ノルウェーを拠点とする安全教育の専門企業で、企業・公共機関・業界団体向けに講習を実施）が共同で提供する「Electric & Hybrid Vehicle Safety (El- og hybridkjøretøy)」コース³⁶³がある。このコースは車両の整備士向けで、高電圧システムのリスク理解と作業安全に関するものである。火災リスクに特化したものではなく、プログラム内に火災リスク要素も含まれる。

FSE 資格保有者であることが前提で、一般的コースで5時間を要し、理論（e-learning 版あり）と実技を含むプログラム全体に参加することが修了要件とされている。FSE 資格を補完するものであり、EV の整備等に係わる場合は、このコースに参加することが推奨されている。

3-3-4-4 消火活動に関する規定

ノルウェーの消防士は、Brann- og redningsskolen（消防・救助学校）³⁶⁴で基礎～応用に行たる教育や訓練を受けているが、そのカリキュラムの中に新技術や車両火災対応訓練が含まれる。また、Haugesund（ホーグスン）消防（ノルウェー西部の都市の消防）が中心となって2004年に設立した Utrykningsskolen（緊急出動訓練学校）³⁶⁵は、消防士や救急隊員向けの訓練機関であり、ノルウェー全国でプログラムを提供。この中に車両火災の現場対応も含まれているため、EV 火災についても含まれていると推察される。

なお、プログラムは理論と実技を組み合わせたもので、その両方で合否判定が行われる。

3-3-4-5 廃棄に関する規定

ノルウェーでは、元々2002年にELV指令に相当する自動車の廃棄処理制度を導入したが、現在はELV指令を国内法に落とし込み運用している。ELV指令に基づき、EVを含む自動車の廃車回収やリサイクルを義務化し、バッテリーに関してもEUバッテリー規制が国内法化されている。従って、火災安全に直接係わる規定は存在しない。

3-3-5 中国

欧州や日本がISOやIEC等の国際基準を用いていたのと対照的に、中国はGBによる独自規格を多数発行している。なおGB規格にはGBとGB/Tがあり、GBが国家標準、GB/Tが推奨性国家標準である。2025年時点で世界のEVの6割程度が中国で販売されているため、中国

³⁶¹ Norges Bilbransjeforbund, <https://www.nbf.no/>

³⁶² Blostrupmoen, <https://blostrupmoen.no/>

³⁶³ NBF, Kurs for NBF-medlemmer: sikkert arbeid på el- og hybridkjøretøy, <https://www.nbf.no/medlemskap-i-nbf/innkjopsavtaler/hms-og-kvalitet/blostrupmoen/om-avtalen-blostrupmoen/kurs-for-nbf-medlemmer-sikkert-arbeid-pa-el-og-hybridkjoretoy/>

³⁶⁴ dsb, Brann- og redningsskolen, <https://www.brsk.no/>

³⁶⁵ Utrykningsskolen, <https://www.utrykningsskolen.no/>

規格は重要であると考えられる。一方で中国の電池は近年火災リスクが比較的低い LFP 系が多くなってきており、三元系の多い日本より火災リスクの低い EV の基準であることも事実である。

3-3-5-1 自動車の安全基準

中国では GB18384（電動車（EV/PHV/FCV 等の電気駆動車）のための強制国家基準）がベースとなる。詳細については 3-4-2-1 にて言及するが、内容は感電防護や防水等の電氣的安全事項が大部分を占める。

3-3-5-2 充電場の安全基準

充電器の基準は同じく GB 規格により規定される。なお、日本の高速充電規格である CHAdeMO3.0 は中国との共同開発であり、GB 規格にも適合するものである。（中国では 2023 年 9 月に承認）

この他、充電器や車体側の充電回りの電氣的事項は ISO、IEC の読み替えである部分が多く、他国と大きく変わらない。

レイアウト要件は他国より大幅に厳しい要件が課されている。技術標準 GB T 50966 により充電場の等級、レイアウト要件が細かく定められており、これは 3-4-1-3 章にて後述する。

3-3-5-3 整備業者の資格に関する規定

中国では、運輸省が全国の自動車の整備及び管理を担当し、地方政府の管轄交通部門が各地方を管理する。EV 整備技術者の教育は、国家自動車整備標準化技術委員会が報告し、運輸省が権限を持つ「純電気自動車の整備・試験・診断技術仕様-JT/T 1344」に則って行われる。

3-3-5-4 消防に関する規定

消防火設備に関する要件は消防法により規定されるが、充電場の消火設備は技術標準 GB T 50966 により数多く定められる。例えば下記のような事項が見受けられる。詳細は 3-4-1-3 で記載する。

- ・ 屋外充電場は室外消火栓系統を設置する。設計流量：1・2 級 $\geq 20\text{L/s}$ 、3 級 $\geq 15\text{L/s}$ 、4 級 $\geq 10\text{L/s}$ 。
- ・ 消火栓系統の消防用水量算定では、火災継続時間は 2.00h 以上とする。
- ・ 屋外無人充電場には火災報知設備を設置する（映像監視システムでも可）。
- ・ 映像監視システムは、消防警報システムとの連動インタフェースを備えることが望

ましい。

3-3-5-5 廃棄に関する規定

中国のEV廃棄は「新能源汽车废旧动力电池回收和综合利用管理暂行办法」で規定されており、他国と異なり電池と車体を切り離した場合廃棄できない規定となっている。また、バッテリー各個体にコードが割り当てられており（GB/T 34014による規定）、解体業者への引き渡しや金属リサイクルが義務化されている。これは電池の不正売買や他装置への転用を防止するものと考えられる。

3-3-6 韓国

韓国は大規模なEV火災を多数経験している国であり、2025年においてもEV火災に関する新法令や条例が追加されている。特にソウル市は過密都市であり地上の余剰スペースが少ない。このため、多くの駐車場、充電場が地下に設置されることとなり火災が発生すると延焼が起こりやすい。これが韓国で大規模なEV火災が起こりやすい一つの要因である。

3-3-6-1 自動車の安全基準

韓国の車両制度は「自動車管理法（Moter Vehicle Management Act）」を中心に、車両の登録・検査・整備体系を定めている。数ある基準の中でも韓国においては、KMVSS（韓国自動車安全基準）が重要。この安全基準は米国のFMVSSと類似しており、2011年の米韓FTA自動車分野合意では、米国から韓国に輸入された自動車が、米国の安全基準（FMVSS）を遵守している場合、KMVSSを遵守したものと認定するとの記述がある。

3-3-6-2 充電場の安全基準

充電設備は、電気設備の技術基準や韓国電気設備規程（KEC）等に基づく設置・安全確保が求められ、電気安全の観点からの要件が整理されている。韓国電気安全公社（KESCO）や関連機関は、充電施設の設置・運営に関する安全上の注意点や点検・管理をガイド化しており、法令（環境親和自動車法／電気事業法等）との関係も説明されている。

また、建築的側面では、公共施設や共用住宅では一定の割合（5/100 又は 10/100。既存物件でも 2/100）でEV充電場を設けることが義務化されている。レイアウト上で火災を防止する記述は確認されなかったが、度重なる火災を受け、ソウル市条例により各種火災対策設備（消防火設備）の設置や、可能な限り駐車場は地上に設置し、地下に設置する場合は外気に近い部分に設置する等要求が出された。この他、ソウル市の共同住宅管理規約準則では、バッテリー残量が90%以上のEVの出入り制限を勧告することを決定している。

3-3-6-3 整備業者の資格制度

韓国における車両整備は、車両管理の制度枠（自動車管理法体系）を設けている。高電圧については特別教育の実施義務、改造時には TS 韓国交通安全団（KOSTA）による教育義務、充電場の管理には電気安全管理者（日本の電気主任技術者に近い）の専任義務がある。なお、KOSTA による安全教育は感電・火災事故予防を目的とした 21 時間の新規教育や、一定年数経過後 7 時間の保守教育の受講等がある。

3-3-6-4 消火活動に関する規定

日本同様消防法等で規定されるが、特筆すべきはスプリンクラー機器の防火安全性能基準（NFPC 103）の 2025 年 6 月の改訂発議³⁶⁶である。この改訂発議では、以下が議題として挙げられている。

- ・ 消火水配管を難燃化すること
- ・ 地下駐車場火災時に迅速に検知・稼働する湿式スプリンクラーを設置すること。凍結が懸念される場所に凍結対策（インターロックなし、負圧タイプ）スプリンクラーを設置すること。
- ・ 火災発生時の迅速な消火のため、EV 充電エリア内の 2.1m 以下の高さに迅速に火災を検知・作動する湿式ヘッドを設置すること。

3-3-6-5 廃棄に関する規定

韓国における電池廃棄・廃車に関してはリサイクル等を指定するのみであり、廃棄時の火災安全について触れられたものは確認できなかった。

³⁶⁶ 법제처 국민참여입법센터, 스프링클러설비의 화재안전성능기준(NFPC 103) 일부개정안 행정예고, <https://opinion.lawmaking.go.kr/gcom/admpp/45256?announceType=TYPE6&mappingAdmRulSeq=2000000318504>

3-4 各国火災安全に係わる技術、法規の内容

本章では各国の火災安全に係わる技術や法規の具体的な内容を記述する。国際的に採用される UN ECE や ISO、IEC について重点的に記述し、各国特筆すべき点がある場合についても記載している。

なお、基準については充電場、車体、電池、その他の 4 つの観点で整理した。

3-4-1 充電場の技術基準

充電場の基準を充電器の基準、充電ステーションの基準（ケーブルの基準）、車体側の基準、建築としての基準に分けて考える。特に米国の UL、中国の GB では独自規格が多く存在するが、規格内では ISO や IEC といった全世界的標準を考慮しているものが多く、実質的に統一されている事項も多い。

3-4-1-1 充電器の基準

EV 技術の発展に伴い、充電規格は常に変化している。2000 年代前半は 100～120 V 家庭用コンセントでの AC 低速充電が主流であったのに対し、2009 年の CHAdeMO の登場以降 500 V 以上での急速充電の開発が進み、テスラが使用する NACS（SAE J3400）、CCS1,2 等様々な充電規格において高速充電可能なものが登場した。今回調査した各国の充電規格を以下に示す。各国公共充電場の 2 割程度が DC 充電であり、中国とノルウェーは 4 割程度と急速充電インフラが整っている。

充電器自体の基準には安全に関する要件は乏しく、後述の充電場の電気的要件に従うとされているケースが多い。

表 3-40 各国の充電規格

規格	日本	米国	ドイツ	ノルウェー	韓国	中国
AC 充電場比率※1	75% ³⁶⁷	75% ³⁶⁸	79% ³⁶⁹	60% ³⁷⁰	90% ³⁷¹	56% ³⁷²
AC						
Type1 (SAE J1772)	○	○			○	

³⁶⁷ Roland Berger, EV Charging Index Expert insight from Japan (2024/8) , <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/EV-Charging-Index-Expert-insight-from-Japan-2024.html>

³⁶⁸ International council on Clean Transportation, U.S. light-duty vehicle charging infrastructure deployment through 2024, https://theicct.org/wp-content/uploads/2025/04/ID-347-%E2%80%93Chargers-deployed_spotlight_final.pdf

³⁶⁹ ドイツ連邦ネットワーク庁集計と各社報道より

³⁷⁰ Roland Berger, EV Charging Index Expert insight from Norway, <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/EV-Charging-Index-Expert-insight-from-Norway-2024.html>

³⁷¹ 韓国環境省による集計と各社報道より

³⁷² China Industrial Association of Power Sources による集計（2024 年時点）と各社報道

Type2			○	○		
NACS (SAE J3400)		○			△	
GB/T 20234. 2						○
DC						
CHAdeMO	○					
NACS (AC/DC 共用)		○				
CCS1※2		○			○	
CCS2※3			○	○		
GB/T 20234. 3						○

※1 非自宅充電場の集計、厳密な集計方法は各国異なるので参考情報として掲載

※2 CCS1 は AC/DC 共用であり、低速側は Type1 を使用

※3 CCS2 は AC/DC 共用であり、低速側は Type2 を使用

3-4-1-2 充電場の基準（電氣的項目）

充電場の基準に関する国際的な動向は以下のとおり。

(1) 充電ステーションとケーブルの要件

今回調査した全ての国で国際基準の IEC61851 を採用、又は一部読み替えて採用している。米国（UL、NFPA）、中国（GB）は独自規格だが、両規格とも IEC61851 を独自に落とし込んだものであり、実質的な要件は大きく変わらない。

特に米国では電気工事要件である NFPA70（NEC）が重要標準となり、他にも州法や独自のガイドライン等、EV 充電場についての規定が多数存在する。広く採用されるものは、NEVI（National Electric Vehicle Infrastructure）のプログラム並びに連邦資金により設置される EV の充電インフラについて制定された最低基準の要件であり、この最低要件として採用されたのが、米国運輸省（DOT）の連邦道路局（FHWA）により制定された 23 CFR Part 680 である。CFR（連邦規則集）の Title23 “Highways”の一部であり、設置後のメンテナンス等についても言及されている。本書では「設置・運用・保守について」の章について述べる。

(2) 車体側の要件

各国、国際基準の ISO 17409 を採用している。ドイツ、ノルウェー、韓国ではほぼ全文採用している。中国では GB 規格への読み替えを実施しており、米国は車体側の基準である FMVSS 305（電気自動車は 305a に移行予定）で言及している。

日本での JIS 化は確認されなかったが、ISO 17409 全訳文が JIS より公開されている。

主要規格条文

規格名	内容
IEC 61851-1 充電ステーション側の要件	13 章 過負荷及び短絡保護 EV 充電設備は、ハーネスに対する過負荷を防ぐ措置を講じる必要がある。過負荷防護は、回路遮断器、ヒューズ又はそれらの組み合わせによって行うことができる。過負荷防護を遮断器やヒューズ以外の方法で実施する場合、ケーブル定格電流の 1.3 倍を超える電流が流れた場合、1 分以内に遮断できるようにする。電力供給側で短絡保護が講じられない場合、EV 充電設備がハーネスに対して短絡電流保護を提供すること。
	8 章 感電保護 EV 充電設備は、IEC 60364-4-41 に従い、感電防止のための保護措置（自動遮断、二重又は強化絶縁、車両ごとの電気分離、SELV/PELV）を備えること。信号回路（制御パイロット回路等）は、SELV 又は PELV で設計すること。保護導体は IEC TS 61439-7 に準拠し、モード 2・3・4 では保護接地導体の連続性を常時監視し、断線時には 100ms 以内に電源を遮断すること。
	625.101 接地 一次パッドのベースプレートは非鉄金属で構成され、二重絶縁システムを採用した認定 WPTE を除き、接地しなければならない。ベースプレートは一次パッドエンクロージャのサイズに合わせること。
	14 章 保護装置の自動再投入 保護装置の自動再投入は、プラグがソケットに接続されていない場合のみ許可される。ケーブルが充電ステーション側に固定されている場合では、自動又は遠隔再投入は禁止。
	15 章 緊急遮断装置 緊急遮断装置は、電力供給側又は EV 充電設備に設置し、各国の国家規格に従うこと。定格電流 60A 超又は対地電圧 150V 超の場合、容易にアクセスできる位置に設置すること。
	12 章 EV 充電設備の構造要件及び試験、13 章 過負荷及び短絡保護 ケーブルや機器の過熱防止のため、温度上昇試験（IEC TS 61439-7 準拠）に適合すること。機械的強度は IK08 以上を確保し、衝撃後も IP 保護等級を維持すること。過電流・短絡保護により、異常発熱による火災リスクを低減すること。

ISO 17409 充電中の車体側の要件	7.2 過電流保護 車両電源回路は、過負荷、短絡による熱的事故を防止する手段を備えること。7.2.2 過負荷保護車両は、車両電源回路の定格電流を超過する電流又は車両電源回路の温度限界を超過する電流を防止するための過負荷保護を提供しなければならない。過負荷保護対策には、過負荷検出及び接触器開放機能等が含まれる。 7.2.3 交流接続の短絡保護定格電流が 80A までの外部電源への接続の場合、車両電源回路は、少なくとも 80000A2s の短絡電流耐量(I2t)を有しなければならない。車両電源回路の各導通導体には過電流保護装置（ヒューズ、遮断器）を設けること。 7.2.4 直流接続に対する短絡保護車両電源回路は、短絡状態の発生後 1 秒以内に外部電気回路への供給を遮断し、車両インレットの接点における最大 I2t 値は規定値を超えてはならない。 6.2 外部電気回路に接続された場合の基本保護プラグが対応するソケットアウトレットに嵌合された状態で、電圧クラス B の通電部分への接触に対する保護等級は、ISO 20653 に準拠した IPXXD 以上でなければならない。車両コネクタが車両用インレットに嵌合されている場合、電圧クラス B の帯電部分への接触に対する保護等級は ISO 20653 に基づき少なくとも IPXXD でなければならない。保護導体接続の抵抗は、0.1Ω 未満でなければならない。 6.4 絶縁抵抗車両が外部電気回路に接続されていない場合、絶縁抵抗を車両電源回路の最大使用電圧で除した値は、少なくとも 500Ω/V でなければならない。車両が直流充電ステーションに接続されている場合、車両電源回路全体の絶縁抵抗は 100Ω/V 未満であってもよい。 6.5 未接続車両接点に対する要求事項接点は ISO 20653 に基づく保護等級 IPXXD で保護されるか、接点と電気シャーシとの間の電圧は、直流 60V 及び交流 30V 未満でなければならない。定常状態接触電流は、正常動作時 0.5mAAC 及び 2mADC 未満、単一故障状態では 3.5mAAC 及び 10mADC 未満でなければならない。 6.7 接触電流車両が外部電気回路に接続されている場合、故障時における車両の交流接触電流の実効値は 3.5mA を超えず、直流接触電流は 10mA を超えてはならない。通常状態では、接触電流は交流 0.5mA 又は直流 2mA を超えてはならない。

	6.5.1 一般 EV プラグ、車両インレット、ACD 対応部品又は ACD が嵌合していない場合の接点に関する安全要件は、ISO 6469-3 に従って基本保護及び故障保護を実施することにより達成されなければならない。IEC 61032 に準拠した試験プローブ 18 による接触が不可能な場合は非嵌合後 10 秒以内、接点が ISO 20653 に基づく IPXXB で保護されている場合は脱着後 5 秒以内、保護されていない場合は脱着後 1 秒以内に安全状態にすること。ラッチング又はロック装置がある場合、車両は関連する閾値が維持された後にのみ、ラッチ解除又はロック解除を許可しなければならない。 7.2.4.2 EV が供給する短絡エネルギー車両は、短絡状態の発生後 1 秒以内に外部電気回路への供給を遮断し、車両インレットの接点における最大 I^2t 値は $2500000A^2s$ を超えてはならない（構成 AA、EE、FF の場合は $5000000A^2s$）。単一故障状態での動作単一故障状態において、接点と電気シャーシとの間の電圧は、直流 60V 及び交流 30V 未満でなければならない。定常状態接触電流は、3.5mAAC 及び 10mADC 未満でなければならない。
	7.1 正常動作時の要求事項 車両電源回路の通電導体の断面積及びプラグ、車両インレットの定格電流は、正常な動作条件下で車両電源回路に流れる可能性のある電流の最高値に基づくものとする。直流電力伝送において、9.7 に規定する温度限界を超えない限り、通電導体の断面積を縮小することができる。この場合、車両電源回路が温度限界を超過しないよう、過熱防止保護を講じなければならない。車両の最高周囲温度を考慮すること。 9.7 接触温度車両用インレット又は自動連結器の直流電源接点の温度は、車両用インレット又は自動連結器の製造元が指定する温度限界を超えてはならない。周囲温度が 40℃までの場合、電力伝送中の車両用インレットの直流電源接点の温度は 90℃を超えてはならない。 6.6 絶縁調整車両電源回路の車載部は、直流プラス極と保護導体間及び直流マイナス極と保護導体間の定格インパルス電圧が少なくとも 2500V となるように設計しなければならない。正常動作時、車両電源回路の車載部は、直流プラス極と保護導体間及び直流マイナス極と保護導体間の最大電圧が、少なくとも最大直流動作電圧以上となるよう設計されなければならない。
	9.7 接触温度 車両用インレット又は自動連結器の直流電源接点の温度は、車両用イン

	レット又は自動連結器の製造元が指定する温度限界を超えてはならない。周囲温度が 40℃までの場合、電力伝送中の車両用インレットの直流電源接点の温度は 90℃を超えてはならない

以上が国際基準であるが、これに加え日本の DC 充電に関する規定 JIS-D-61851、米国の基準である NFPA70 と 23 CFR Part680 では以下のように述べられている。

規格名・章	内容
JIS-D-61851	感電保護：JIS C 0365、JIS C 60364-4-41 等に準拠し、感電防止措置が求められる。 保護導体（PE）：感電保護等の安全目的で設ける導体。 過電流保護装置：速断形ヒューズ（定格電流 250A 以下）を使用し、短絡時の危険を防止。 過電圧保護：電池の過電圧を防ぐための制御機能が必要。 絶縁試験：充電前に絶縁状態を確認する試験が義務付けられている。
NFPA 70	625. 41 過電流保護 EV 供給機器に電力を供給するフィーダー及び分岐回路の過電流保護装置は、連続使用に対応した容量で、機器の最大負荷の 125%以上の定格でなければならない。非連続負荷が同じフィーダーから供給される場合、過電流保護装置の定格は、非連続負荷の合計+連続負荷の 125%以上でなければならない。 625. 42 定格 機器は、供給される負荷に対して十分な定格容量を持っていなければならない。EV 充電負荷は、連続負荷として扱われる。自動負荷管理システムが使用される場合、サービス及びフィーダーにかかる最大機器負荷は、そのシステムで許容される最大負荷とする。 625. 40 電気自動車専用分岐回路 EV 充電のために設置される各コンセントは、個別の分岐回路から供給されなければならない。各回路には他のコンセントを含めてはならない。 625. 22 人員保護システム機器 感電防止のための認証された保護システムが備えられていなければならない。コード・プラグ接続型機器の場合、遮断装置はプラグの一部として組み込まれているか、プラグから 300mm（12 インチ）以内の電源コード内に設置されていなければならない。ただし、DC 電源が 60V 未満の場合は人員保護システムは不要。

	625. 54 人員保護のための漏電遮断器 (GFCI) 150V 以下 (対地) かつ 50A 以下で定格された単相レセプタクルは、電気自動車充電用に設置する場合、GFCI 保護を備えなければならない。 625. 10 カプラーの要件 (A) 構造及び設置：EV カプラーは、EV 供給機器又は EV バッテリーから通電される部分に人が誤って接触することを防ぐように構造・設置されなければならない。 (B) 意図しない切断の防止：EV カプラーには、意図しない切断を防止するための確実な手段が備えられていなければならない。 (C) 接地極：EV カプラーには接地極が備えられていなければならない。ただし、認証された絶縁型 EV 供給機器システムの一部として提供される場合は除く。 (D) 接地極の要件：接地極が備えられている場合、EV カプラーは接地極が最初に接続され、最後に切断されるように設計されていなければならない。 625. 101 接地一次パッドのベースプレートは非鉄金属で構成され、二重絶縁システムを採用した認定 WPTE を除き、接地しなければならない。ベースプレートは一次パッドエンクロージャのサイズに合わせる。その他の追加機能を搭載してもよい。 625. 18 インターロック EV 供給機器には、EV コネクタが EV から外れたときに通電を停止するインターロック機能が備えられていなければならない。ただし、125V、単相、15 又は 20A のコンセントに接続される携帯型コード・プラグ接続型 EV 供給機器、DC 電源が 60V 未満の場合はインターロックは不要。 625. 19 ケーブルの自動遮断機能 EV 供給機器又はケーブル・コネクタの組み合わせには、ケーブルの破断やコネクタからの分離によって通電部が露出する可能性がある場合に、自動的に通電を停止する機能が備えられていなければならない。ただし、625. 44 (A) に準拠して構成された携帯型 EV 供給機器にはこの機能は不要。 625. 43 開閉装置 (Disconnecting Means) 定格が 60A を超える又は接地に対して 150V を超える機器には、開閉装置を設け、容易にアクセス可能な場所に設置しなければならない。この開閉装置は、NFPA 110. 25 に準拠してロック可能な開放状態でなければならない。

23 CFR Part680	設置・運用・保守についての要件 技術者と資格についての要件 ・EV 充電設備の設置、運用、保守は、適切なライセンス・認証・訓練を受けた技術者が行うこと。 ・電気工事士は、以下のいずれかを満たす必要がある。 EVITP (Electric Vehicle Infrastructure Training Program) 認証登録済みの電気工事士向け徒弟制度を修了（充電器特化の継続教育を含む） 複数の電気工事士が必要な場合、少なくとも 1 名は上記資格を保持し、もう 1 名は徒弟制度に在籍していること。 ・長期維持管理 設置後、最低 5 年間は本規則に準拠した状態で維持すること。 ・物理的・サイバーセキュリティ対策 物理的対策：照明、防犯カメラ、緊急通報装置、視認性の高い配置等。 サイバー対策：暗号化、PKI（公開鍵基盤）、ソフトウェア更新、第三者によるセキュリティテスト、通信途絶時の継続稼働。 § 680.106 設置・運用・保守 ポート数：AFC 沿いは DCFC4 ポート必須、その他は合計 4 ポート。 出力：DCFC は 150kW 以上、AC Level 2 は 6kW 以上。 可用性：AFC（大型道路）沿いは 24 時間 365 日、その他はホスト施設の営業時間。 決済：非接触型必須＋フリーダイヤル又は SMS 決済。 技術者資格：EVITP 認証又は登録徒弟制度修了。 稼働率：年間平均 97%以上。 セキュリティ：物理・サイバー対策必須。

3-4-1-3 充電場の基準（建築的項目）

充電場の電氣的項目として明確な基準が決められている国が多いが、レイアウト等については明確な標準はなく、各国の建築基準法や電気事業法、消防法等により定められる。なお、日本において総務省から発行されている「対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令」では、屋外の充電場の場合、周囲の建築物から 3 m 以上の距離を保つよう規定されており、これは欧米と比較し充電場のリスクを低減していると考えられる。

特記すべき国として、韓国では、日本同様、電気事業法による規定の他、ソウル市条例により各種火災対策設備の設置や、可能な限り駐車場は地上に設置し、地下に設置する場合は

外気に近い部分に設置するよう要求されている。この他、ソウル市の共同住宅管理規約準則では、バッテリー残量が 90%以上の EV の出入り制限を勧告すること、EV の専用駐車場は 3 台ごとに防火区画で区切ること、新 EV 充電設備は原則地上設置とすることを決定している。一方でこの勧告は努力義務であるうえ、ソウル市には地上余剰スペースが少なく地下駐車場が主流となるため、現実的でないとの指摘もされている。

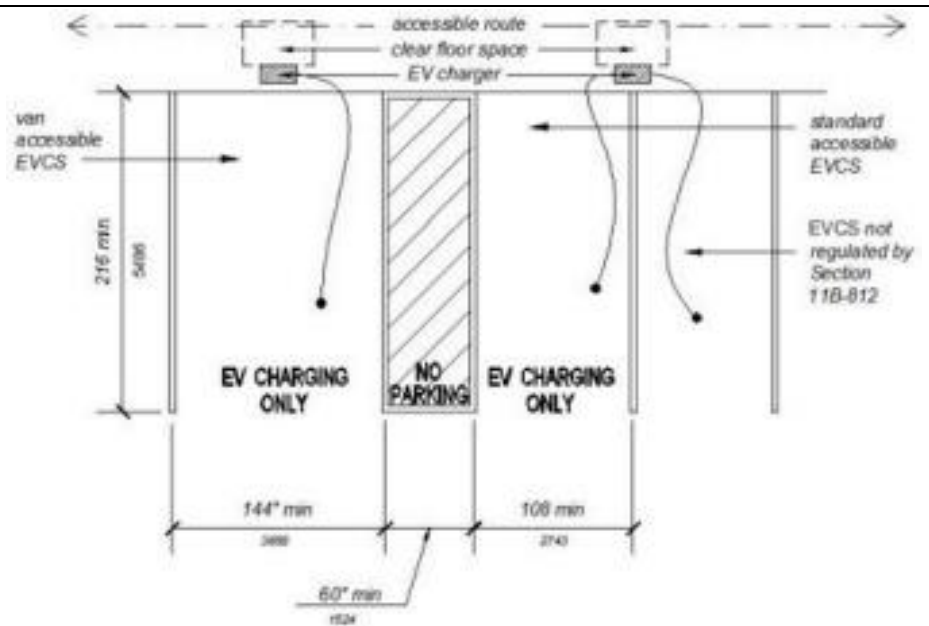
また、中国は技術標準 GB T 50966 により充電場の等級、レイアウト要件が細かく定められており、他国と比較して厳しい要件となっている。

主要規格条文

日本 対象火気設備等の位置、構造及び管理並びに対象火気器具等の取扱いに関する条例の制定に関する基準を定める省令	第十六条 令第五条第二項の規定により、第四条から前条までに規定するもののほか、対象火気設備等の位置、構造及び管理に関し火災の予防のために必要な事項に係る条例は、次の各号に定めるところにより制定されなければならない。 四 燃料電池発電設備、変電設備、内燃機関を原動力とする発電設備、蓄電池設備及び急速充電設備（全出力五十キロワット以下のものを除く。以下この号において同じ。）のうち、屋外に設けるものにあつては、建築物から三メートル以上の距離を保つこと。ただし、次に掲げるものにあつては、この限りでない。 ニ 急速充電設備のうち、消防長又は消防署長が認める延焼を防止するための措置が講じられているもの ホ 急速充電設備のうち分離型のものにあつては、充電ポスト 五 燃料電池発電設備、変電設備、内燃機関を原動力とする発電設備及び蓄電池設備（建築設備を除く。）にあつては、水が浸入し、又は浸透するおそれのない位置に設けること。 六 火花を生ずる設備にあつては、静電気による火花を生ずるおそれのある部分に、静電気を有効に除去する措置を講ずること。 九 急速充電設備にあつては、次に掲げる措置を講ずること。 イ 充電を開始する前に、急速充電設備と電気自動車等との間で自動的に絶縁状況の確認を行い、絶縁されていない場合には、充電を開始しないこと。 ロ コネクターと電気自動車等が確実に接続されていない場合には、充電を開始しないこと。 ハ コネクターが電気自動車等に接続され、電圧が印加されている場合には、当該コネクターが当該電気自動車等から外れないようにすること。 ニ 漏電、地絡及び制御機能の異常を自動的に検知する構造とし、漏

	電、地絡又は制御機能の異常を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させること。 ホ 電圧及び電流を自動的に監視する構造とし、電圧又は電流の異常を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させること。 ヘ 異常な高温とならないこと。 ト 急速充電設備を手動で緊急に停止することができる装置を、当該急速充電設備の利用者が異常を認めたときに、速やかに操作することができる箇所に設けること。 チ 急速充電設備と電気自動車等の衝突を防止すること。 リ コネクターについて、操作に伴う不時の落下を防止すること。 ヌ 充電用ケーブルを冷却するため液体を用いるものにあつては、当該液体が漏れた場合に、漏れた液体が内部基板等の機器に影響を与えない構造とすること。 ル 複数の充電用ケーブルを有し、複数の電気自動車等に同時に充電する機能を有するものにあつては、出力の切替えに係る開閉器の異常を自動的に検知する構造とし、当該開閉器の異常を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させること。 十 急速充電設備のうち蓄電池を内蔵しているものにあつては、前号に掲げる規定のほか、当該蓄電池（主として保安のために設けるものを除く。）について次に掲げる措置を講ずること。 イ 電圧及び電流を自動的に監視する構造とし、電圧又は電流の異常を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させること。 ロ 異常な高温とならないこと。 ハ 温度の異常を自動的に検知する構造とし、異常な高温又は低温を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させること。 ニ 制御機能の異常を自動的に検知する構造とし、制御機能の異常を検知した場合には、急速充電設備を自動的に停止させること。 十一 急速充電設備のうち分離型のものにあつては、充電ポストに蓄電池（主として保安のために設けるものを除く。）を内蔵しないこと。

米国
カリフォル
ニア建築基
準法 (CBC)
Chapter 11B



障害者対応要件として、1台スロープ等対応済みの充電場を用意すること。

【レイアウト】

車両スペース及びアクセス通路は、それらを使用する人が、車両が充電された車両スペース以外の車両スペース又は駐車スペースの後ろを移動する必要がないように設計されなければならない。EVCS は、アクセス可能なルートがケーブルやその他の要素によって妨げられないように設計する必要がある。

基本長さ：216 インチ（5486mm）以上。車両スペースの長い寸法が隣接する車両の通行道路の交通の流れと平行である場合は 240 インチ（6096mm）。ドライブアップ EVCS（ガソリンスタンドのように、前進で駐車し充電、充電後も前進して出発できる方式）は 240 インチ（6096mm）。

バンアクセシブル（障害者用駐車スペース）

：幅 144 インチ（3658mm）以上、隣接するアクセス通路必要。

標準アクセシブル：幅 108 インチ（2743mm）以上、隣接するアクセス通路必要。

歩行可能：幅 120 インチ（3048mm）以上、隣接するアクセス通路不要。

ドライブアップ：幅 204 インチ（5182mm）以上、隣接するアクセス通路不要。

すべての車両スペースは、その幅を定義するためにマークを付ける必要がある（ドライブアップ EVCS を除く）。

	EVCS 車両スペースには、高さ 12 インチ (305mm) 以上の文字で「EV CHARGING ONLY」と記載された表面マーキングを提供する必要がある。テキストの中心線は、車両スペースの中心線と、車両スペースの長さの端にある下隅、又は下側から最大 6 インチ (152mm) の距離でなければならない。
ドイツ VDI Blatt 2 充電場ガイドライン	対象建物：住宅（戸建・連続住宅・集合住宅・自転車置き場）、販売店舗、従業員駐車場、立体・地下駐車場 対象車両：乗用車、二輪車（バッテリー取り外し可能なものと不可能なもの） レイアウト要件や機械的の要件が主だが、防火に関する特別レイアウトはなし。IEC61851 を基本的に参照。－
韓国 ソウル市電気自動車駐車エリアにおける火災予防及び安全施設支援条例	第 5 条（安全施設の設置基準） 市長は、電気自動車専用駐車区画における効果的な火災予防及び対応のため、次の各号に掲げる安全施設について、消防機関の保有すべき装備などの基準と専用駐車区画の設置基準を策定しなければならない。 1. 止水板 2. 窒息消火用カバー 3. 専用駐車区画及び充電施設監視用のサーモグラフィカメラ 4. 注水用給水設備 5. 上方向直射装置（バッテリーパックへの注水を想定した特殊ノズル）等、火災鎮圧に適用可能な装置 その他、電気自動車専用駐車区画の火災予防及び対応に必要と認められる施設 第 7 条（関係者への勧告） 市長は、電気自動車専用駐車区域の効果的な火災予防及び対応のため、次の各号の事項を関係者に勧告することができる。 1. 充電施設に、火災対応・防止機能を搭載すること 2. バッテリー状態情報の提供及び過充電を防止する情報通信機能を備えた充電施設を設置すること 3. 屋外又は外気に開放された地上駐車場に、充電施設及び専用駐車区域を設置すること 4. 充電施設及び専用駐車区域を地下駐車場に設置する場合は、駐車場の出入口ランプ付近等外気に近い区域に設置すること 5. その他、市長が必要と認める事項

中国標準である GB T 50966 について、以下に整理する。

表 3-41 充電ステーション等級分け

充電ステーション等級	充電位数量 N (充電台数)	
	室内充電ステーション	室外充電ステーション
一級	$N > 300$	$N > 400$
二級	$150 < N \leq 300$	$250 < N \leq 400$
三級	$50 < N \leq 150$	$100 < N \leq 250$
四級	$3 \leq N \leq 50$	$3 \leq N \leq 100$

【詳細要件】

区分	要件 (要約)	条文
① レイアウト要件	敷地内道路は消防・サービス車両の通行要件を満たす。入口・出口は分離が望ましく、案内標識を明確にする。 車道幅：単車線 $\geq 3.5\text{m}$ 、複車線 $\geq 6\text{m}$ 。消防車道は関連防火規範に適合。 充電設備は充電位置近傍に配置し、設備外郭～充電位置縁のクリアランスは 0.4m 以上が望ましい。通行・充電を妨げない保護措置を講じる。 車両出入口は単独に設けることが望ましい。 屋外充電場所の上屋（屋根）を設ける場合、不燃材料で建造する。 充電区の消火栓は周辺沿いに設け、最寄りの充電列から 7m 以上離すのが望ましい。	4.3.1 4.3.2 4.2.1 4.1.5 10.1.3 11.2.1
② 感電防止要件	低圧接地方式は TN-S を採用する。既設 TN-C の場合は TN-C-S へ改修する。 低圧引込断路器は短絡瞬時・短延時・長延時及び A 型漏電保護機能を備えるのが望ましい。分路トリップ装置（外部信号を受け強制的に遮断器をトリップさせる装置）を設け、欠（低）圧トリップ装置（電源電圧が規定値より低下したときに自動的に遮断器をトリップさせる装置）は設けないのが望ましい。 非車載充電機の金属筐体は接地端子を設け、保護接地を確実にする。	6.0.3(1) 6.0.3(2) 6.0.3(3) 5.1.6(3) 5.2.4(5) 5.1.4 10.4.1 ～10.4.2

	交流充電機の金属筐体は接地端子を設け、保護接地を確実にする。 充電接続口は裸露帯電導体への接触を防ぐ構造とする。屋外設置の場合、防雨・防塵措置を講じる。 充電ステーション接地は GB/T 50065 に適合。建物・構築物は直撃雷防護装置を設ける。	
③安全装置	屋外充電ステーションは屋外消火栓システムを設置する。設計流量：1・2 級$\geq 20\text{L/s}$、3 級$\geq 15\text{L/s}$、4 級$\geq 10\text{L/s}$。 消火栓システムの消防用水量算定では、火災継続時間は 2.00h 以上とする。 屋外無人管理充電ステーションは火災報知装置を設置する（画像火災報知機能付きも可）。 映像防犯監視システムは消防報知システムとの連動接続口を持つのが望ましい。	11.1.6(1) 11.1.6(3) 11.2.2 9.4.2(2)
④その他 (火災)	充電ステーションと敷地外建物・構築物等との防火間隔距離は表 3-42 防火間隔距離規定の表に従う。 消火器は火災種別・危険等級に応じて配置する。充電区：E 類・重度危険級。 電線・ケーブルの防火・延焼阻止は GB 50217 に適合。場所に応じ難燃 C 類以上、必要により無ハロゲン低煙低毒性。 重要回路・密集部は耐火ケーブルラック又は耐火 2.00h 以上の防火区画。 充電ステーションが自動車車庫・駐車場内に設置される場合、消防設備は GB 50067 に適合。	11.1.1 11.1.4 11.1.5 11.1.8

表 3-42 防火間隔距離規定の表

敷地外建物（構築物）	一級充電 ステーション	二級充電 ステーション	三級充電 ステーション	四級充電 ステーション
重要公共建築物	35 ^{※1}	35	35	N : 20 W : 15 ^{※2}
民用建築物	N : 17.5 W : 11	N : 14 W : 8.5	N : 11 W : 7	N : 10 W : 6
明火又は散発火花地点	21	17.5	12.5	12.5
甲類物品生産工場、倉庫及び類 液体貯蔵庫（区）	17.5	15.5	12.5	12

敷地外建物（構築物）		一級充電 ステーション	二級充電 ステーション	三級充電 ステーション	四級充電 ステーション
乙類物品生産工場、倉庫及び類液体貯蔵庫（区）		17.5	15.5	12.5	N：10 W：6
丙・丁・戊類物品生産工場、倉庫及び類液体貯蔵庫（区）並びに単独容積が50m ³ を超えない地埋式乙類液体貯蔵庫（区）		12.5	11	10.5	N：10 W：6
室外変配電所		17.5	15.5	12.5	N：10 W：6
鉄道、地上城市軌道線路		15.5	15.5	15.5	－
城市鉄道路、主幹路及び高速公路、一級公路、二級公路		7	5.5	5.5	－
城市次幹路、支路及び三級公路、四級公路		5.5	5	5	－
架空通信線路		1.6H ^{※3}	5	5	－
架空電力 線路	1kV 線級	1.5H	1.0H	5.5	－
	有絶縁層	1.0H	0.75H	5	－

※1 単位は m ※2 N は耐火構造、W は木造を示す ※3 H は高さを示す

3-4-2 車体の技術基準

3-4-2-1 EV 車体の認証について

車体の認証で最重要視されるのが国際認証基準 UN ECE R100 である。本書で調査した範囲では日本、ドイツ、ノルウェーがこれを採用しており、欧州を中心に大部分がこれを批准する。この他に電気自動車の安全性に関するグローバル技術規則（GTR No. 20）が国際的な技術ガイドラインとして存在し、UN ECE R100 と相互に参照している。なお、GTR No. 20 の方が広範囲を規定している（ヘッドライトやシート等、電気関係を規定する R100 条以外の項目を含んでいる。）

UN ECE R100 を批准していない米国・韓国・中国は独自基準の認証を使用している。アメリカは FMVSS 305（電気自動車は 305a に移行予定）、韓国は KMVSS による自己認証基準を採用しており、若干他国と認証内容が異なるが、近年は GTR No. 20 ベースに基準を改訂する流れであり、今後は国際標準に近くなっていくものと予想される。中国では GB18384（電動車（EV/PHV/FCV 等の電気駆動車）のための強制国家基準）が存在する。

主要規格条文

規格名・章	内容
UN ECE R100	5.1. 感電に対する保護 5.1.1. 直接接触に対する保護 (d) 活電部の電圧は、コネクタを分離してから 1 秒以内に 60 V DC 以下又は 30 V AC (rms) 以下になる。 5.1.1.1. 客室又は荷物室内の活電部を保護するため、保護等級 IPXXD を条件とする。 5.1.1.2. 客室又は荷物室以外の区域内の活電部を保護するため、保護等級 IPXXB を満たすものとする。 5.1.3.1. AC 高電圧バスと DC 高電圧バスが互いに電氣的に絶縁されている場合、高電圧バスと電気シャーシ間の絶縁抵抗は、動作電圧の DC バスについては 100 Ω/ボルト以上、AC バスについては 500 Ω/ボルト以上の最小値を持たなければならない。 5.1.3.4. REESS 充電用連結システムに関する絶縁抵抗要件 接地された外部 AC 電源に導電接続で接続することを目的とする車両インレット並びに REESS 充電中、車両インレットに直流電氣的に接続されている電気回路については、高電圧回路と電氣的シャーシの間の絶縁抵抗は、充電器カプラーの接続が外れている時には 5.1.3.1 の要件に適合しなければならないとする。測定中は駆動用バッテリーの接続を外しても構わないものとする 6. 第 II 部：安全に係る充電式エネルギー貯蔵システム (REESS) の要件 6.2. 振動 6.2.2. 合格基準 6.2.2.1. 試験中に、以下の徴候を示さないものとする。 (a) 電解液漏れ (b) 破裂 (高電圧 REESS に限り適用する) (c) 火炎 (d) 爆発 電解液漏れの徴候は、試験対象装置のいかなる部品も分解せず、目視検査によって検証するものとする。 6.2.2.2. 高電圧 REESS については、本規則の附則 4B に従って試験後に測定した絶縁抵抗が 100 Ω/V 以上であるものとする。

	6.3. 熱衝撃及びサイクル試験 6.3.2. 合格基準 6.3.2.1. 試験中に、以下の徴候を示さないものとする。 (a) 電解液漏れ (b) 破裂（高電圧 REESS に限り適用する） (c) 火炎 (d) 爆発 6.3.2.2. 高電圧 REESS については、本規則の附則 4B に従って試験後に測定した絶縁抵抗が $100\ \Omega/V$ 以上であるものとする。 6.4. 機械的衝撃 6.4.1. メカニカルショック メーカーの選択により、試験を以下のいずれかとして実施してもよい。 (a) 本規則の 6.4.1.1 項に従った車両に基づく試験、又は (b) 本規則の 6.4.1.2 項に従った構成部品に基づく試験、又は (c) 車両の異なる走行方向については、上記(a)と(b)の組み合わせ 6.4.1.1. 車両に基づく試験 下記 6.4.1.3 項の合格基準要件への適合は、正面衝突については協定規則第 12 号の附則 3 又は協定規則第 94 号の附則 3、側面衝突については協定規則第 95 号の附則 4 に従って、車両衝突試験を実施した車両に取り付けた REESS によって証明してもよい。周囲温度及び SOC は、当該規則に従うものとする。 本項に基づいて試験した REESS の認可は、当該する特定の車両型式に限定されるものとする。 6.4.1.3. 合格基準 試験中に、以下の徴候を示さないものとする。 (a) 火炎 (b) 爆発 (c1) 6.4.1.1 項に従って試験した場合、電解液漏れ (i) 衝撃から衝撃後 30 分までの間については、REESS から客室に電解液の漏出がないものとする。 (ii) REESS の電解液容積の 7 体積%を超えて、REESS から客室の外に電解液が漏出しないものとする（開放式駆動用バッテリーについては、最大 5 リットルの制限も適用する）。 6.5. 耐火性 この試験は、可燃性電解液が入った REESS に対して要求される。

	車両に取り付けられた REESS が、REESS のケーシングの下面が地上 1.5 m を超えるように取り付けられている場合には、この試験は要求されない。メーカーのオプションにより、本試験を REESS の下面が地上 1.5 m を超える場合に実施してもよい。当該試験は、1 つの供試品で実施するものとする。メーカーの選択により、試験を以下のいずれかとして実施してもよい。 (a) 本規則の 6.5.1 項に従った車両に基づく試験、又は (b) 本規則の 6.5.2 項に従った構成部品に基づく試験。 6.5.1. 車両に基づく試験 この試験は、本規則の附則 8E、3.2.1 項に従って実施されるものとする。 本項に基づいて試験した REESS の認可は、特定の車両型式に関する認可に限定されるものとする。 6.5.2. 構成部品に基づく試験 この試験は、本規則の附則 8E、3.2.2 項に従って実施されるものとする。 ※ 3.2.2 項における耐火実験では、火炎への 70 秒間の直接曝露、60 秒間の間接曝露を含む。 6.5.3. 合格基準 6.5.3.1. 試験中に、試験対象装置は爆発の徴候を示さないものとする。 ※ このほか、水素ガス発生試験、外部短絡試験、過充電保護試験、過昇温保護試験が含まれます。 部品の耐火試験の様子（直接過熱 70 秒間＋間接過熱 or 直接過熱 60 秒間）
米国 FMVSS 305a	S6.1 高電圧部への直接接触防止 電気エネルギー貯蔵装置の近く又は高電圧部を覆う電気保護バリアには、黄色地に黒枠と矢印のシンボルを表示しなければならない。 このシンボルは、工具を使用せずにアクセスできるバリアに対して必要であり、電気コネクタや車両充電インレットには不要である。

	S6.2 間接接触防止 露出導電部と電気シャーシ間の抵抗は 0.1Ω 以下でなければならない。 また、2.5m 以内で同時に触れる可能性のある導電部間の抵抗は 0.2Ω 以下でなければならない。 S6.3 電氣的絶縁 AC 高電圧源は 500Ω/ボルト以上の絶縁抵抗を維持しなければならない。 DC 高電圧源は 100Ω/ボルト以上の絶縁抵抗を維持しなければならない。 S6.5 充電時の接地保護 外部電源との接続時、車両は電圧印加前に接地を確立しなければならない。 また、外部電圧が除去された後に接地を解除すること。 S8. 衝突後の安全性（ライトビークル＋重量スクールバス） S8.1 火災・爆発防止 衝突後から 1 時間の間、車両に火災や爆発があつてはならない。 この確認は、REESS や車両部品を分解せずに目視で行う。 S8.3 REESS 保持 衝突後、REESS は少なくとも 1 つの固定部材で車両に取り付けられていなければならない。 また、REESS は乗員室に侵入してはならない。 S8.4 電解液漏れ防止 衝突後 30 分間で、電解液の漏れは 5L 以下でなければならない。 さらに、客室内への電解液の侵入は認められない。 S11. REESS 安全制御 REESS は過充電、過放電、過電流、過温度、外部短絡を防止する制御を備えなければならない。 試験後、電解液漏れ、火災、爆発がなく、絶縁を維持することが求められる。 S13. REESS 熱暴走関連 S13.1 熱暴走リスク低減策 単セル内部短絡による熱暴走と伝播を防ぐため、リスク評価、対策、検証結果を文書で提示できること。 この文書は、NHTSA の要求に応じて提出する。 S13.2 熱イベント警告 REESS 内部で異常高温が発生した場合、3 分以内に音声と視覚による警告

	を発すること。 この警告は少なくとも 5 分間継続する必要がある。 S14. 水曝露安全性 車両は、IEC 60529 の IPX5 条件に基づく水噴流試験後に絶縁性能を維持しなければならない。 さらに、10～15cm の水深で 500m 走行後及び 24 時間後も絶縁性能を維持すること。 S15. 緊急対応情報 レスキューガイドは ISO 17840-1（乗用車）又は ISO 17840-2（バス・大型車）に準拠して作成し、車両認証前に提出すること。 緊急時レスキューガイド（ERG）は ISO 17840-3 に準拠して作成し、同様に提出すること。
GB18384	5. 安全要求（強制） 5.1 感電防護要求（構成と一般） 感電防護は次の 4 部分：高電圧表示、直接接触防護、間接接触防護、防水。 A 級と B 級が導通接続され特定条件を満たす場合、5.1.4.1、5.1.4.2、5.1.4.3、5.1.5 は当該回路（直流・交流含む）に適用されない。 5.1.2 高電圧表示 5.1.2.1 高電圧警告表示 REESS や燃料電池スタック等の B 級電圧の蓄エネ/発生装置は所定記号を表示（背景：黄色、枠と矢印：黒）。 遮へい・外装を外すと B 級帯電部が露出する場合、遮へい・外装にも同記号を明瞭に表示し、アクセス性・取り外し性を考慮する。 5.1.2.2 B 級配線表示 B 級回路のケーブル/ハーネス外皮はオレンジ色で識別（ただし 5.1.3.2 要件を満たす遮へいの背後/筐体内部は除く）。 5.1.3 直接接触防護 5.1.3.1 総則 絶縁材・筐体・遮へいにより B 級帯電部と人体を物理的に隔離（筐体/遮へいは導体・絶縁体いずれも可）。 M2/M3：車頂の充電装置があり、入口最下段から外露 B 級帯電部への最短経路が 3m 以上なら、その外露部は直接接触防護要求を満たさなくてもよい。

	5.1.3.2 遮へい/筐体 B 級帯電部は筐体内又は遮へいの背後に配置し、あらゆる方向からの接近を防止。 防護等級：乗員室/荷室内は IPXXD、外側は IPXXB (GB/T 4208-2017)。 通常は工具でのみ開放/取り外し可能。工具なしで開く場合、開放後 1 秒以内に少なくとも：交流$\leq 30\text{V (ac, rms)}$、直流$\leq 60\text{V (dc)}$又は蓄積エネルギー$< 0.2\text{J}$。 5.1.3.3 高電圧コネクタ 工具なしで開けられないこと（ただし、分離後 IPXXB、二動作+工具要ロック機構又は分離後 1 秒以内に $30\text{Vac}/60\text{Vdc}$ 以下のいずれかで例外）。 5.1.3.4 サービスディスコネクト 工具なしで開放/抜去不可（ただし、抜去後 IPXXB 又は分離後 1 秒以内に $30\text{Vac}/60\text{Vdc}$ 以下で例外）。 5.1.3.5 充電インレット プラグと切離し時、少なくとも： 1 秒以内に $30\text{Vac}/60\text{Vdc}$ 以下又はエネルギー$< 0.2\text{J}$、 又は IPXXB を満たし、1 分以内に $30\text{Vac}/60\text{Vdc}$ 以下又はエネルギー$< 0.2\text{J}$。 5.1.4 間接触防護 5.1.4.1 絶縁抵抗 最大作動電圧で：直流$\geq 100\ \Omega/\text{V}$、交流$\geq 500\ \Omega/\text{V}$。 直流と交流が導通接続なら$\geq 500\ \Omega/\text{V}$。 燃料電池車で交流回路に追加保護がある場合、組合せ回路は少なくとも $100\ \Omega/\text{V}$（追加保護：二重絶縁等、又は筐体/遮へいが 10kPa 以上に耐え塑性変形が顕著でない）。 5.1.4.2 絶縁監視 絶縁抵抗監視機能を備え、6.2.3 で検証可能であること。 B 級回路が通電し外部電源と導通接続していない状態で、絶縁抵抗を継続/間欠監視し、製造者設定閾値を下回ると明確な信号（音/光等）で運転者へ警告。閾値は 5.1.4.1 以上。 5.1.4.3 電位均衡 外露導電部（導電筐体/遮へい等）は車台へ導通接続し、 車台との接続インピーダンス$\leq 0.1\ \Omega$、 2.5m 以内で同時接触可能な導電部間$\leq 0.2\ \Omega$、

	溶接接続は適合とみなす。 5.1.4.4 容量結合（Y コンデンサ） 次のいずれか： 帯電部と車台間の総容量が最大作動電圧時に蓄えるエネルギー$\leq 0.2\text{J}$ （隔離回路は各回路で満足）、 又は二重絶縁等／筐体・遮へいが 10kPa 以上に耐え顕著な塑性変形がない。 5.1.4.5 充電インレット（接地・絶縁） 交流：車台と電力グリッドの接地部を接続する端子を持つ。インタフェース切離し時、（充電中に電網へ導通接続される回路を含む）絶縁抵抗$\geq 1\text{M}\Omega$。 直流：車台と外部電源の保護接地を接続する端子を持つ。切離し時は 5.1.4.1 を満足。 5.1.5 防水 M2/M3 は免除可。その他は模擬洗浄・模擬涉水※後も 5.1.4.1 絶縁抵抗を満足。 製造者/車両は、附録 A の証明提出（不十分なら A.2 試験）又は 6.3 で車両試験し、湿潤時と 24h 放置後に 6.2.1 で測定して 5.1.4.1 を満足。 5.2 機能安全防護 “可行驶模式”への移行：意図的な異なる 2 動作以上（うち 1 つはブレーキ踏下）／解除は 1 動作。 “可行驶模式”であることを運転者に連続/間欠表示。運転者離席時に同モードなら音/光等で警告。 走行：出力制限で走行に影響がある場合の提示、REESS 低電量提示、REESS 熱失控（熱暴走）に関する提示、制動優先。 シフト：停止状態で非走行→走行への切替はブレーキ踏下。前後進切替（モーター回転方向変更による場合）は 2 動作又は静止/低速のみ切替となる安全措置。 駐車：電源遮断後、自車電駆動に起因する意図しない走行を起こさない。 外部導通接続ロック：固定外部電源/負荷に充電ケーブル接続中は自車駆動で移動できない。 5.3～5.9（参照規格・装備要求）

	動力蓄電池：GB 38031 に適合 衝突防護：GB 11551/20071/17354/26134、衝突後安全 GB/T 31498 に適合 難燃：内装材は GB 8410 に適合。 充電インタフェース：GB/T 20234.1 に適合。 警報・表示：GB/T 19836 及び GB/T 4094.2 に適合。 事件データ記録：M1 類 EV は EDR 又は車載ビデオ走行記録装置を装備。 EMC：GB 34660 及び GB/T 18387 に適合。

※車両洗淨、あるいは冠水路や水たまりを走り、防水性能を確認するテスト

3-4-3 電池の技術基準

REESS (Rechargeable energy storage system。基準によっては RESS と表記されることもあるが、現在は REESS の表記が推奨されている。) の基準は UN ECE R100 や FMVSS 305a 等車体本体基準で言及される場合もあるが、電池系統 (電池パックとシステム要件) 単体の基準として ISO 6469 シリーズが存在する。この他、電気自動車及びハイブリッド車の電池を対象にした性能・信頼性・安全要件である IEC 62660 シリーズも存在する。電池の基準は日本の団体が国際基準を主導した経緯もあり、日本国内と国際基準は大きく変わらない。また、米国が UL 2580、中国は GB 38031 にて独自に安全性基準を制定しており、共通項目は水曝露試験、外部火炎曝露試験、短絡試験、過充電/過放電試験、過熱試験、振動耐久試験、衝突試験等である。本項では特に消火活動に関係が深いと考えられる水曝露試験、外部火炎曝露試験要件、熱伝播試験 (ISO) を後述する。

バッテリーのタイプとしては、従来の NMC (ニッケル・コバルト・マンガン酸化物。高出力だが熱暴走リスクが高い) に対して中国で主流の LFP (リン酸鉄リチウム。熱安定性が高く、熱暴走リスクが低い) の採用が広がっている。EV 全体の中国シェアが高いため、世界的に見ても現在約 50% の新車が LFP 系のバッテリーである。

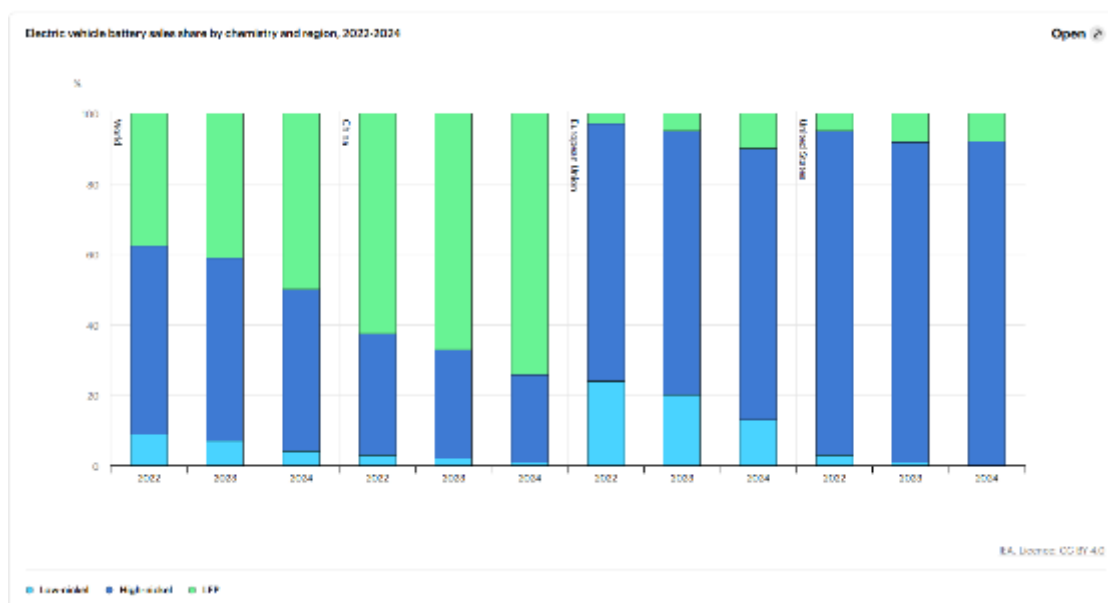


図 3-18 リチウムイオンバッテリーの種類とシェア 32

主要規格条文

規格名・章	内容
ISO 6469-1 (原文ではなく著者による要約)	水への浸漬 RESS は、以下の条件で水に曝露された場合に、下記の安全性能を提供しなければならない。 RESS 又は RESS サブシステムが以下のいずれかの条件を満たす場合、本要求事項は充足される： - RESS 又は RESS サブシステムは 6.4.2 に従い試験される。試験中及び試験後 2 時間の観察期間中、RESS 又は RESS サブシステムは炎の継続的放出を示してはならない。 - RESS 又は RESS サブシステムは防水構造である。ISO 20653 に基づく試験を実施し、内部への水の侵入を許容してはならない。 火災への曝露 本項は可燃性電解液を使用する RESS にのみ適用される。 RESS は、車両外部からの火災に曝された場合、定められた安全性能を発揮しなければならない。車両下部の燃料火災により熱負荷が発生する可能性がある。この火災は、車両自体又は近隣車両からの漏洩燃料の引火による火災によって引き起こされる。その目的は、運転者、乗員及び傍観者が避難する時間を提供することにある。 試験中及び火災曝露後の特定の観察期間中、RESS は爆発の兆候を一切示してはならない。適合性は 6.4.3 に従って試験されるものとする。

	本要求事項は、RESS が車両に設置され、かつ地上から 1.5m 以上（RESS サブシステム底面と地上の距離）の位置に取付けられる場合については満たされたものとみなす。 模擬車両事故試験の条件 RESS 単体もしくは車両搭載状態で下記の試験を実施する。 ・ RESS レベル試験 RESS を取り付けた状態で試験を実施 ・ 慣性荷重試験（Inertial load） 6 方向で実施し、衝突時の加速度を再現する。 ・ 押し潰し試験（Contact force / Crush） 車体侵入・変形により RESS が 局部的に圧壊される状況を模擬 ・ 車両レベル試験 慣性荷重試験と同様。メーカーが条件を定める。 水没試験 食塩水（NaCl 3.5～5 %）に 2 時間浸漬。浸水深は実車で想定される最大浸水、又は 1m、又はハウジング最上部から 0.15m 上まで 火炎暴露試験 RESS は 実際の搭載状態を模擬して固定 70 秒+スクリーンありで 60 秒又はスクリーンなしで 60 秒。（UN ECE R100 と同様） 熱伝播試験 本項は、単一セルの故障による内部短絡又は熱暴走が発生した場合の RESS 又は RESS サブシステムの挙動を実証するための試験方法を規定する。また、RESS 又は RESS サブシステムの安全性能を評価するために使用できる測定データを生成するための試験方法も規定する。
IEC 62660-3	IEC 62660-1~3(電気道路車両用リチウムイオンバッテリーの性能・信頼性・安全要件)や、特に電気関係の規定を定める。特に、3 部では安全要件を定めており、その内容は機械的試験（衝撃、クラッシュ）、熱試験（高温耐久性、温度サイクル試験）、電気試験（外部短絡、過負荷、強制放電、内部短絡試験）である。なお、充電率は BEV で 100%、HEV で 80%の条件で実施される。
単独試験項目	GB のみ：高海拔環境試験（4000m 相当）、湿熱循環試験、模擬衝突試験、熱伝播試験 UL のみ：不均衡充電試験、回転試験、火災危険性判定（電解液蒸気中でスパーク源に曝す試験、可燃性ガス濃度が下限可燃性限界の可燃限界の 25%に達するか確認する試験。）

3-4-4 その他の技術基準

3-4-4-1 輸送の基準

UN（国連規定）におけるリチウムイオンバッテリーは、UN 3480（リチウムイオンバッテリー：電池単体）と UN 3481（リチウムイオンバッテリー：機器同梱・内蔵）の二種類の識別番号が存在し、各規制はそれぞれの識別番号に対しての輸送要件を定義している。また、2025 年の調査時点で BEV は UN3171 (Battery Powered Vehicle)、HEV は UN3166（通常自動車と同様）で識別される。また、テスト目的の車載電池は UN38.3 では電池輸送前の安全試験が必要となり、内容には高度シミュレーション・温度試験・振動試験・衝撃試験・外部短絡試験・衝突&圧壊試験・過充電試験・強制放電試験が含まれる。

※ 調査時点（2025 年）で EV は UN3171 に識別されるが、UN3556：車両、リチウムイオンバッテリー駆動 UN3557：車両、リチウム金属電池駆動、UN3558：車両、ナトリウムイオンバッテリー駆動の三つの新たな識別コードが採用される移行期間中であり、IMDG（海路輸送）では 2025 年 12 月、ADR（陸上輸送）の場合は 2025 年 6 月をもって完全移行となる。

本項では、消防活動において考慮される陸上輸送要件について記載する。

主要規格条文

SP388（陸上輸送：ADR、海上輸送：IMDG）	UN3556 は現時点では一部特別規定（SP）にて輸送条件が指定されている。例えば SP388-11 項では下記のようにリチウムイオンバッテリーの輸送要件が決まっている。 11 車両に搭載されたリチウム電池に損傷又は欠陥がある場合は、当該電池を車両から取り外し、SP376 の規定に従って運送すること。ただし、船積地を管轄する地方運輸局長が承認した場合は、この限りではない。
SP376	1 危険物輸送に関する国連勧告別冊「試験方法及び判定基準」の要件を満たさない損傷又は欠陥のあるリチウム金属単電池又は組電池、リチウムイオン単電池又は組電池及びナトリウムイオン単電池又は組電池とは、次に掲げるものをいう。 欠陥品として識別されたもの 電解液の漏洩があるもの 運送前に不具合の程度が診断されていないもの 物理的又は機械的損傷を被ったもの 2 単電池及び組電池は、UN3090、UN3091、UN3480、UN3481、UN3551 及び UN3552 に規定された要件（SP230 の要件を除く。）に従って運送されなければならない。

	3 容器には、「DAMAGED/DEFECTIVE」（文字が 12 ミリメートル以上の大きさのものに限る。）が表示されていること。 4 単電池及び組電池は、IMDG コード 4.1.4.1 の P908 及び 4.1.4.3 の LP904 の規定に適合した容器に収納しなければならない。 5 通常の運送状態において、発熱、発火、分解、毒性若しくは腐食性又は引火性ガスの発生その他のおそれのある単電池及び組電池を運送する場合は、IMDG コード 4.1.4.1 の P911 又は 4.1.4.3 の LP906 の規定に適合した容器に収納すること。ただし、船積地を管轄する地方運輸局長が差し支えないと認める場合はこの限りではない。 6 危険物明細書には「Transport in accordance with special provision 376」及び「DAMAGED/DEFECTIVE」を記載すること。 上記 5 項より、事故車両バッテリーの輸送容器は、LP906（損傷のおそれのあるバッテリーの包装要件）を満たす必要がある。LP906 は下行のとおり。
LP906	組電池及び組電池が組み込まれた機器の場合： 強固な大型容器は包装等級 I の性能基準に適合する以下の材質 ・ スチール (50A) ・ アルミニウム (50B) ・ スチール・アルミニウム以外の金属 (50N) ・ 硬質プラスチック (50H) ・ 合板 (50D) ・ 硬質ファイバーボード (50G) 組電池の急激な破裂、危険な反応、発火又は危険な発熱あるいは毒性・腐食性又は引火性のガスや蒸気を発生する可能性がある場合には、大型容器の性能は以下の追加要件を満たさなければならない。 (a) 包装物の表面温度は 100℃を超えてはならないが、200℃までの瞬間的な上昇は許容される。 (b) 包装物の外側に炎が発生してはいけない。 (c) 包装物を突き破って物体が飛びだしてはならない。 (d) 包装物の構造は完全に維持されなければならない。 (e) 大型容器は、必要に応じてガス管理システム（フィルタシステム、空気循環、ガスの封じ込め、機密容器等）を備えなければならない。 (2) 大型容器の性能への追加要件は、所轄官庁の指定する水圏によって確認されなければならない。要求に応じて、試験報告書を利用できるよ

	うにしなければならない。報告書には最低限、組電池の名称、UN Manual of Tests and Criteria Section 38.3.2.3 で定義されたタイプ、組電池の最大個数、組電池の総エネルギー量、容器の識別情報及び所轄官庁の指定する確認方法に従った試験データが記載されていなければならない。包装物の使用方法を説明する一連の具体的な指示も報告書に含まなければならない。 (3) ドライアイス又は液体窒素を冷却剤として使用する場合は、国連勧告 5.5.3 項の要求に適合しなければならない。冷却剤も使用時の温度と同様に冷却剤を使い切った後の温度及び圧力においても、内装容器及び外装容器は完全に維持されなければならない。 (4) 包装物の仕様に関する具体的な指示は、容器製造業者及びそれ以降の流通業者が荷送人に利用できるよう明確にしなければならない。具体的な指示には、少なくとも容器に収納される可能性のある組電池と機器の型番、包装物に収納される組電池の最大個数、組電池の最大総エネルギー量ならびに性能検証試験に使用された分離及び保護部品を含む包装物内部の構成が含まなければならない。 追加要件：組電池は、短絡から保護されなければならない。 ※ 関連事項として以下の事項は容器の性能評価にて考慮される可能性がある。 品質管理システム下での評価、ハザードのリスト、容器による軽減効果の技術説明、熱暴走による結果、最も厳しい SoC 条件、ガス管理システム、熱暴走による類焼の最悪シナリオ、十分長い観察期間、複数の組電池、及び組電池が組み込まれた複数の機器の場合の追加要件等がこのほか考慮される。

3-4-4-2 電動二輪車（三輪車）の技術基準

電動バイクや電動自転車を含む電動二輪車（三輪車）について、日本では原動機付自転車の規定と同様であり、法的には運転免許や補助金要件に使用される程度である。（原付一種が定格 0.6kW 以下、原付二種が定格 0.6kW 以上 1.0kW 以下。普通二輪が定格 20kW 以下、大型二輪が 20kW 超）

また、国際的な基準としてカテゴリーL（四輪未満の乗用車）の規定を定める UN ECE R136 が存在し日本は採用しているが、これは日本国内で強制力がないため全ての電動二輪車（三輪車）がこの認証を通過しているとは限らない。

この他、日本が批准していない規定として ISO 13063 が存在する。なお、この基準は REESS の人命安全に重きを置いたものであり、感電防止や設計要件がメインとなっている。

また、ニューヨーク消防によるとマンハッタン（米国）では多くの集合住宅で電動バイク

やスクーター、電動自転車の室内持ち込みが禁止されており、国際的に電動二輪車（三輪車）に関する火災リスク低減は重要視されている。

UNECE R136 の概要を以下に示すが、基本は R100 と似た内容である。車両の電池に係わる電气的リスク、熱的リスク、機械的リスクを評価し、安全性を確保するための統一技術要求を設定している。規制の構成は以下のとおり。製造者は、Part I と Part II の要件に沿った試験報告等に基づき型式承認を取得する。

(1) Part I：車両の電気安全要件

- ・ 高電圧部品への直接接触防止、絶縁保護基準の設定
- ・ 車両ベースでの絶縁抵抗の監視・試験要求

(2) Part II：REESS（バッテリーパック）安全要件

REESS には以下の安全試験・保護機構を必須化：

- ・ 振動耐性 (Vibration)
- ・ 温度衝撃・サイクル (Thermal shock and cycling)
- ・ 落下試験 (Drop test)
- ・ 機械的衝撃 (Mechanical impact)
- ・ 耐火試験 (Fire resistance)
- ・ 外部短絡保護 (External short-circuit protection)
- ・ 過充電保護 (Over-charge protection)
- ・ 過放電保護 (Over-discharge protection)
- ・ 過温度保護 (Over-temperature protection)
- ・ 過電流保護 (Over-current protection)

3-4-4-3 防火ブランケットの基準

2024 年 11 月、ドイツにおいて EV 消火用防火ブランケットの規格 (DIN SPEC 91489) が DIN より発表された。以下に概要を示す。

(1) 適用範囲

- ・ 電気自動車用の火災制限ブランケットの要求事項を規定
- ・ 能動的な消火剤ではなく、主に訓練された人員による使用を想定
- ・ 車両上での使用を想定し、取り出されたトラクションバッテリーへの直接使用は対象外

(2) 一般要件

- ・ 矩形形状であること

- ・ 四隅に取っ手ループを装備
- ・ 色分けされたループ（引っ張り側は赤色）
- ・ 位置決めのためのマーキング
- ・ 重量とサイズの仕様
- ・ 複数回使用可能性
- ・ IP65 保護等級の保管容器

(3) 技術的要件

- ・ 熱的耐性
- ・ 建築材料クラス B (d0) 以上 (DIN EN 13501-1 準拠)
- ・ 付録 A で詳細な熱耐性試験方法を規定
- ・ 機械的安定性
- ・ 切断耐性試験 (DIN EN ISO 13997 準拠)
- ・ 取っ手ループの安定性試験
- ・ 対角線上の重量負荷試験 (125kg)

(4) その他の要件

- ・ 静電気帯電に関する注意事項
- ・ 電気ショック保護機能なしの明記
- ・ 化学的耐性
- ・ 適切なマーキングと製造者情報

(5) 試験・認証

- ・ 熱耐性試験の詳細手順
 - プロパンバーナーを使用した温度試験
 - 23 分間の耐久試験
 - ビデオ記録による実用性証明

3-5 メーカー・団体による消防活動対策

3-5-1 各国のメーカーについて

現在様々なメーカーによりEVが生産されているが、メーカーが消火活動を規定し、消防活動の際にはメーカー指定の方法で消火戦術を考える場合も多い。すなわち、その国において台数が多いメーカーがある場合はそのメーカーの消火防活動対策が支配的であるとも考えられる。

以下にデータが確認できた国における2025年の販売台数順位を示す。なお、日本については軽自動車と一般自動車の集計が異なるため、記載していない。HEVではトヨタ、ホンダ。BEVでは一般自動車ではテスラ、軽自動車含めホンダ、日産、三菱等が代表的であると考えられる。

表 3-43 米国のメーカー販売台数順位

順位	メーカー（ブランド）	2025 BEV 販売台数
1	Tesla	589,160
2	Chevrolet	96,951
3	Hyundai	65,717
4	Cadillac	49,152
5	BMW	42,483

表 3-44 ノルウェーのメーカー販売台数順位

順位	メーカー（ブランド）	2025 BEV 販売台数
1	Tesla	34,285
2	Volkswagen	23,938
3	Volvo	14,032
4	Toyota	10,374
5	BMW	10,109

表 3-45 中国のメーカー販売台数順位

順位	メーカー（ブランド）	2025 BEV 販売台数
1	BYD	3,484,525
2	Geely	1,564,562
3	Changan	789,141
4	SAIC-GM-Wuling	772,147
5	Tesla China	625,698

表 3-46 ドイツのメーカー販売台数順位（BEV のみ）

順位	メーカー（ブランド）	2025 BEV 販売台数
1	Volkswagen	62, 108
2	BMW	42, 066
3	Tesla	37, 574
4	Mercedes	33, 991
5	Skoda	25, 308

3-5-2 各メーカーによる対策の比較

各国のメーカーは、ISO-17840（緊急時対応レスキューガイド）の書式に沿って、Emergency response guide（ERG、以下、「緊急時レスキューガイド」）を発行している。

この緊急時レスキューガイドには識別方法、内部構造、固定方法、安全規則、乗車者へのアクセス、貯蔵エネルギー、火災時対応、水没時対応、輸送、重要な追加情報が必ず含まれる。この緊急時レスキューガイドの火災時対応・水没時対応を本章で比較したところ、メーカーによって対応が異なることが分かった。表 3-47、表 3-48 はメーカーによる消火戦法を一覧にしたものである。内容については下記のようにまとめられる。

【基本方針は「消火＝冷却」：大量の水が中心】

BEV/HEV 問わず、最終的には「大量の水による消火（≡バッテリーの冷却）」が主流。

特に“バッテリーが発火している／熱暴走が疑われる”場合は、炎を止めるよりも温度を下げ続ける（冷却を継続）という考え方が共通。

【再発火】

鎮火しても再発火のリスクがあるため、離隔・監視・温度監視（サーモグラフィカメラ等）を示唆する注意が多い。

牽引・保管も「他車両から距離を取る」「屋外で隔離」等、鎮火後のリスク管理を推奨するメーカーも見受けられる。

【PPE（個人保護具）】

有毒ガスや煙、熱、感電リスクに備え、PPE 着用（米国では SCBA も追加着用）。

【通報時の情報共有】

消防への通報、周囲の安全確保、可能なら初期消火。

日産自動車では、「この車両が HV/BEV であることを伝える」等、情報共有を重視する記述あり

【消火器の取り扱い】

水が十分使えない場面で、粉末・二酸化炭素消火器等を代替／補助として言及する例がある一方、シボレーは粉末消火器を禁止とし、テスラは泡消火器を非推奨としている。



図 3-19 表紙の例（ISO-17840-1 より抜粋。片面表示の場合）

表 3-47 メーカーごとの火災時対応

国	メーカー・車両種類	対応内容
日本	トヨタ（HEV）	消火器（油火災、電気火災対応）を推奨。 少量の水は危険な場合があり、大量の水による消火又は消防到着までの待機を推奨。
日本	トヨタ（BEV）	大量の水による消火を推奨。 難しい場合は燃え尽きるまで待機。 ※再点火の注意書きあり
日本	ホンダ HEV/BEV	大量の水による消火、放水が難しい場合は ABC 消火器を推奨。 火災時にはパワー系統のヒューズが溶断し高電圧が遮断される。
日本	日産自動車 HEV/BEV	消防への通報、可能であれば消火器による初期消火を推奨。 水による消火の場合は大量の放水が可能な場合のみ。 消防にこの車両が（HEV/BEV）であることを伝えること。
米国	テスラ BEV	大量の水で消火を推奨。水が利用できない場合は粉末・二酸化炭素消火器等を使用。 泡消火薬剤は非推奨。 大型容器への水没は非推奨。

米国	シボレー BEV	自給式呼吸装置（SCBA）を常に着用すること。大量の水を使用してバッテリーを冷却し、火災を消火。ABC 粉末消火器の使用を禁止（理由は不明）。
米国	フォード BEV	PPE（個人用保護具）と SCBA の着用を義務付け。ABC 消火器を推奨し、水消火の場合は大量の水を使うよう記述あり。 PPE は高電圧用ゴム手袋、フェイスシールド、絶縁ブーツ、防護レインコート、エプロン等。
ドイツ	フォルクスワーゲン HEV/BEV	原則は各消防や公的機関のマニュアルに従うこと。 バッテリーが燃えていない場合は各種消火剤が使用可能。 バッテリーが燃えている場合は可能な限り水で消火し、その後消火用水をバッテリーにできるだけ侵入させ冷却する。 ※注意：再発火のおそれあり、保護具を着用すること。有毒ガスが発生。
ドイツ	BMW HEV/BEV	電圧バッテリー内部でのさらなる反応を防ぐため、十分な水で冷却すること。
韓国	Hyundai HEV	特記事項なし。 ガストラットによりテールゲートが飛散するリスクあり（ミサイルエフェクトと表記）→ガソリン車と共通表記。
韓国	Hyundai BEV	多量の水を使用すること。再発火のリスクあり。ガストラットによるボンネットやテールゲートが飛散するリスクあり（ミサイルエフェクトと表記）。
韓国	KIA HEV	ガストラットリスクあり。 多量の水を使用すること。 高電圧バッテリーに大量の水をかけることが困難と判断された場合は、高電圧バッテリーを自然に燃え尽きさせることを推奨。この場合、煙による環境への影響を管理する必要がある。
韓国	KIA BEV	多量の水を使用すること。再発火のリスクあり。ガストラットや車体ばねによるボンネットやテールゲートが飛散するリスクあり（ミサイルエフェクトと表記）。
中国	BYD BEV	多量の水で消火すること。バッテリー再発火リスクあり。 ※BYD はほぼ全車種で LFP 系電池を採用。
中国	吉利（ZEEKER） BEV	高電圧バッテリーは多量の水（Pure water）で消火すること。 再発火や時間差での発火リスクあり。適切な個人保護具を着用のこと。 ※ZEEKER（輸出仕様ブランド）は三元系電池を採用。

表 3-48 メーカーごとの水没時対応（洪水による浸水など）

国	メーカー・車両種類	対応内容
日本	トヨタ（HEV）	感電リスクなし。
日本	トヨタ（BEV）	水没時は高電圧部品やケーブルに触れないこと。水から引き揚げた後に作業を実施。
日本	ホンダ HEV/BEV	水没時、高電圧は遮断されるが、状況によっては遮断されない可能性あり。
日本	日産自動車 HEV・BEV	車体損傷を確認し、高電圧部品の变形や破損、内部露出がある場合は絶縁保護具使用。水中で高電圧部品やケーブルに触れないこと。
米国	テスラ BEV	一般車両と同様の扱い。 水から引き揚げたあと、高電圧の無効化を実施。
米国	シボレー BEV	感電のリスクなし。 水から引き揚げたあと、乾燥し、高電圧の無効化を実施。
米国	フォード BEV	水難救助及び車両引き揚げ用の適切な個人用保護具（PPE）-高電圧安全手袋・安全靴の着用。 水没した車両は高電圧バッテリー火災の潜在的リスクがあるため、特に注意して取り扱うこと。 車両を水から引き上げた後は、本高電圧の無効化手順を実施。
ドイツ	フォルクスワーゲン HEV/BEV	感電リスク増加はなし。通常車両と安全停止手順は同様。
ドイツ	BMW HEV/BEV	短絡や感電の原因となる可能性あり。 高温のバッテリーに水が接触すると、急激な温度上昇（高電圧バッテリーの短絡）を引き起こす可能性があり、過熱や熱暴走のリスクが高まる。
韓国	Hyundai HEV/BEV	高電圧カットオフスイッチを含む高電圧部品やケーブルには絶対に触れないこと。感電の危険があり。車両は必ず水から引き上げた後に作業すること。
韓国	KIA HEV/BEV	高電圧カットオフスイッチを含む高電圧部品やケーブルには絶対に触れないこと。感電の危険があり。車両は必ず水から引き上げた後に作業すること。
中国	BYD BEV	水から引き揚げた後に高圧系を遮断し、水抜きをすること。適切な保護具を着用のこと。
中国	吉利（ZEEKR） BEV	高電圧システムによって水中で感電のリスクが高まることはない。可能であれば、車両を水から引き上げてから、この車両の無効化手順を続行すること。

3-5-3 各国の団体による消防活動対策例

メーカー、消防以外にも各国団体において EV の消火方法を定めている場合がある。本項では、米国の SAE より発行されているハイブリッド車・電気自動車の第一応答者及び第二応答者向け推奨事項を掲載する。(SAE 2990)。これはメーカー向けに、EV はどのような安全対策を施すべきかを規定したものである。

また、特に多くの情報を検討している文献として、日本海事協会より発行されているガイドライン³⁷³があり、要約を以下に整理する。なお、本ガイドラインは船内という密閉空間かつ自動車が密集した空間を対象としており、特徴的な項目が見られる。また、検討内容や他の検討結果については日本海事協会の特設ページより確認可能である³⁷⁴。

表 3-49 SAE 2990 ハイブリッド車・電気自動車の一次対応者及び二次対応者向け推奨事項

項目	内容
ERG（緊急対応ガイド）の説明	4.1-4.2 ERG の背景と現状 緊急対応者への危険情報の伝達方法には、OEM マニュアル、レスキューカード、緊急現場ガイド、モバイルアプリケーション、データベースシステム等多くの既存手法が存在するが、対応者コミュニティにとって形式と内容のグローバルな一貫性に欠けていた。 近年、ISO は緊急対応情報の形式と内容の一貫性を支援するため複数の規格を発行している。ISO 17840 のパート 1、3、4 は、一次及び二次対応者向けに必要な情報を文書化する標準化された手法を提供する。
xEV 識別に関する推奨事項	xEV（HEV、BEV 等のこと）事故発生時に一次・二次対応者を保護するため、標準化された識別手法が不可欠である。識別表示は 50 フィート（約 15 メートル）の距離から明確に認識できるものでなければならない。NFPA 704 に基づき、1 インチ（25mm）の外装バッジ高さが推奨される。 メーカーは、以下のいずれかの方法で xEV の存在を識別すべきである。 方法 1：車両を xEV と識別するバッジを最低 3 個、車両の外装上の標準化され一貫した位置に設置する。 方法 2：xEV の規定された外装後部位置に最低 1 つの外装バッジを設置し、さらに xEV の乗員室内の規定位置に最低 1 つの追加マーカを設置する。

³⁷³ ClassNK、電気自動車安全輸送ガイドライン（第 2.0 版）

https://www.classnk.or.jp/hp/pdf/activities/statutory/ev_carriage_safety/gl_ev_carriage_safety_j202412.pdf

³⁷⁴ ClassNK、電動自動車海上輸送時の安全対策、

https://www.classnk.or.jp/hp/ja/activities/statutory/ev_carriage_safety/index.html

xEV 高電圧 (HV) システム無効化に関する推奨事項	6.1-6.2 HV システム無効化の背景と概要 xEV 事故時に高電圧を保持する部品数を制限することで、対応者の高電圧曝露確率を低減できる。設計者は xEV に 2 つ以上の無効化手法を組み込むことが推奨される。これらの方法は車両周辺への HV の拡散を制限することを目的とする。 6.3 HV システム無効化に関する推奨事項 車両 OEM は推進システムを高電圧源から切り離すための最低 2 つの方法を用意すべきである。推奨順序は以下のとおり。 第一に、車両の衝撃が所定レベルに達した場合の自動遮断。第二に、イグニッションスイッチ又は電源ボタンを OFF (10 分以内に 60V 以下に放電)。第三に、12V バッテリー端子及び DC/DC コンバータ出力ケーブルの切断。第四に、手動切断装置 (MD) の除去 (主要方法であってはならない)。 MD 設計要件：MD は応急要員が容易にアクセスでき、電気用 PPE を必要とせず、アークフラッシュの危険がなく、OEM 間で統一するためオレンジ色とする。 6.4 特別注意事項 EVSE：充電中の事故では、緊急停止ボタン押下、メインスイッチ遮断、電力会社への連絡を行う。ケーブル切断やプラグの無理な引き抜きは禁止。 PV モジュール：PV モジュールを遮光性タープで覆う。60VDC 超の場合、接続ケーブルはオレンジ色とする。 スーパーキャパシタ：損傷時にアセトニトリル暴露の可能性がある。呼吸器系の問題やシアン化物中毒のリスクがある。位置と無効化手順を ERG に記載すべきである。
事故後の高電圧車両点検プロセスに関する推奨事項	事故後の高電圧車両の点検は、HV システムが適切に停止し、バッテリーが損傷していないことを確認するために必要である。初期点検は高電圧訓練や特殊工具を必要とせず、視覚、聴覚、嗅覚に依存する。 潜在的危険性：損傷した xEV は電氣的絶縁の喪失、有害物質への曝露、車両/バッテリー火災のリスクがある。HV バッテリー関連火災は再燃する可能性がある。 保管隔離：HV システムに損傷がある xEV は詳細検査まで建物内保管禁止。車両の窓/ドアを開けてガス蓄積を防止する。隔離

	方法は開放境界隔離（全方向 50 フィート以上）又は遮断隔離（遮断壁による分離）とする。
事故現場における初期判定	以下の項目を点検する。 燃焼中の火災：炎、煙、アーク放電、高温箇所がないか確認。兆候があれば消防隊通報、区域避難、ドアを開けてガス蓄積防止。 不安定なバッテリー：ゴボゴボ、パチパチ、シューッ等の音は過熱セルの通気又はアーク放電を示す。 セル分離：セル群が筐体から分離している場合、高電圧曝露と再発火リスクがある。専門訓練を受けた要員による回収が必要。 水没車両：xEV は完全水没時も安全に設計されている。HV はシャーシから絶縁され感電危険はない。ただし水没後の二次火災リスクが高まる（特に海水浸水）。 その他：HV システムの無効化確認、バッテリー筐体の機械的完全性、火災/熱損傷の痕跡、HV システム損傷の痕跡、外部バッテリー漏洩の有無を確認する。
レッカー対応	7.4 詳細点検とレッカー対応 詳細点検にはバッテリー温度測定、HV 絶縁故障確認、電流遮断装置作動確認、DTC 確認が含まれる。OEM は事故後の車両評価手順を規定し、バッテリーを安全なエネルギーレベルまで減衰させる方法を推奨すべきである。 レッカー対応：牽引中に電動モーターが回転していないことを確認する。損傷車両は平床トレーラーで輸送を推奨。車輪回転が必要な場合は時速 5 マイル未満に維持。バッテリーシステムで車両を持ち上げたり支えたりしてはならない。
情報伝達について	大半の OEM24 時間対応の連絡先は保有していない。現時点で 24 時間電話ホットラインは適切ではないが、スマートフォンやタブレット端末を利用した情報アクセスは理想的である。自動車用リチウムイオンバッテリー技術は発展途上段階にあり、重大事故時の挙動について未知の部分が多い。 24 時間電話ホットラインに代わり、OEM は 24 時間 365 日利用可能で、広く認知されているウェブサイトからのリンク経由でアクセス可能なデジタル形式の ERG を提供することが推奨される。

	※この推奨を受け、NHTSA よりデジタル型式の ERG 検索システムが実装済み。 https://www.nhtsa.gov/emergency-response-guides

表 3-50 日本海事協会 電気自動車安全輸送ガイドライン

項目	内容
電気自動車の安全性	電気自動車には感電対策として高電圧部品を安全な位置に配置し強固な筐体で保護、衝突時には高電圧回路を自動遮断する仕組みがある。また熱暴走対策としてバッテリーマネジメントシステムにより電流、電圧、温度を監視し、異常時には回路を遮断する。 電気自動車火災で特に注意すべきは、大容量二次電池による間欠的異常発熱が発生する可能性があり、バッテリーマネジメントシステムでも防げないことである。輸送中はシステムが停止している可能性もある。 二次電池内のセパレータが溶融すると熱暴走に至り、酸素を必要としない発熱反応を引き起こす。これにより可燃性ガスや毒性ガスが発生し、車体に引火する可能性がある。 バッテリーの熱暴走は外部衝撃や内部短絡により 1000℃超の高温となり、化学反応が収まるまで発熱を続ける。鎮火は困難で再発火のリスクもあり、完全鎮火には長時間を要する。熱暴走により水素やメタン等の可燃性ガス及びフッ化水素酸等の毒性ガス（脱出限界濃度 30ppm）が発生する。 駆動用バッテリーは直流 300V～400V の高電圧のため、電気火災として認識すべきである。内部短絡済みバッテリーへの射水による感電リスクは低い、健全なセルへの射水による感電リスクも考慮が必要である。
火災に対する措置	早期発見 ガス検知器でメタン、水素、一酸化炭素等を検知、煙探知器で上昇煙を検知（船体構造による遅延に注意）、熱・炎探知器で火災車両位置を特定、CCTV で白色可燃性ガスや黒煙を視覚的に確認することで早期発見が可能である。 二次災害の防止 爆発性雰囲気形成防止のため、車両積載区域内で空気が滞留しないよう換気し爆発下限界未満を維持することが極めて重要である。爆発性雰囲気が形成された場合は、防爆型電気機器を採用し発火源を排除する。水素ガスやメタンガスは空気より軽いため、ガス特性を考慮した機器配置が必要である。

	延焼防止 水噴霧装置は冷却効果と輻射熱遮断に優れ延焼防止に有効である。ウォーターカーテンは水膜により火災車両を隔離し輻射熱を遮蔽する。ファイヤーブランケットは異常車両以外にかけることで延焼防止効果がある。異常車両自体には可燃性ガス蓄積リスクがあるため使用しない。 消火手順 電気自動車火災対応の基本は、バッテリーの発熱反応自体を終わらせる「バーニングアウト（燃え尽くすまで火勢を制御）」の考え方である。消火ホース等による消炎後、バッテリーを冷却し可燃性ガスや可燃物に着火しない安全なレベルまで温度を下げながら緩やかに化学反応を終わらせる。冷却完了は赤外線カメラでの温度確認や射水した水が蒸発しないことで確認する。 消火活動 消火活動は安全確保のため2人1組が基本である。通風制御により排煙を効果的に行い、危険ガスを希釈・排出し視界を確保することで消防員の安全と火元特定が可能になる。ただし大規模火災で酸素濃度が低い場合は換気が逆効果となるため注意が必要である。 バッテリー冷却には長時間を要するため、換気により呼吸具なしでも活動できる環境を作ることが重要である。予備空気シリンダや再充填装置の準備も有効である。消火水は船舶の復原性を損なう可能性があるため、噴霧で水量を節約し、射水と同時に排水作業を開始する。 通風制御 自動車運搬船のような大容積空間では通風遮断により煙を充満させ危険な状態を作る。排煙作業は消防員の視界改善・火元確認、有毒ガス排出、フラッシュオーバー等の防止のため極めて重要である。実船で通風状態を検証し空気循環を把握のうえ、陽圧換気や持運び式ファンによる強制換気等の追加対策プランを事前構築する。 固定式消火装置 火災規模により固定式消火装置を迅速に起動することが有効である。警報発報から起動までの目標時間を事前に決めておく。消炎後も熱暴走により再着火する可能性があるため、遠隔での状態把握が必要である。

	高膨張泡消火装置は冷却・窒息効果があるが、泡が熱で潰れるため再投入が必要である。炭酸ガス消火装置は窒息効果で消火できるが、バッテリーの熱暴走は酸素不要のため発熱反応は継続する。酸素濃度計設置と気密確保が重要である。水系消火装置は冷却効果に優れ延焼防止に有効であるが、バッテリー直接冷却は困難な場合がある。 異なる消火装置を組み合わせる際は、相互の効果を阻害しないよう注意が必要である（例：泡消火中の水系作動は泡を消失させる）。個々の消火装置の特性、効果、弱点を理解し効果的運用のため事前検討が必要である。

3-5-4 各国消防による消防活動対策

今回確認した全地域において、消防による EV 消火ガイドラインが確認された。本報告書で記述する各国の EV 消火ガイドラインは下記のとおりである。

(1) 日本

- ・ 次世代自動車事項等における消防機関の活動要領
総務省消防庁より発行された HEV、BEV、燃料電池自動車等の消火マニュアル。
2021 年発行。

(2) 米国

- ・ Electric Vehicle Fire/Rescue Response Operations³³（電気自動車火災・救助対応活動）
US Fire Administration（アメリカ合衆国消防局）発行の EV 消火マニュアル。2025 年発行。

(3) ドイツ

- ・ Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Batterien bei Fahrzeugbränden³⁷⁵（車両火災時におけるリチウムイオンバッテリーの消火に関する留意事項）
DUGV（ドイツの損害保険機関）による作成された EV 消火マニュアル。なお、作成協力にベルリン消防、ヴィースバーデン消防隊、バーデン＝ヴュルテンベルク州消防学校、オーストリア連邦消防連盟等の名前があり、消防公認のマニュアルであると考えられる。2023 年発行。

³⁷⁵ DUGV, Hinweise für die Brandbekämpfung von Lithium-Ionen-Batterien bei Fahrzeugbränden

(4) ノルウェー

- ・ Risikovurdering og håndtering avbrann i Litium-ion batterier³⁷⁶ (リチウムイオンバッテリー火災のリスク評価及び対応)
ノルウェーの社会安全・防災局により発行された、EV を含めたリチウムイオンバッテリー火災のリスク評価及び対応方法を記載したマニュアル。2021 年発行。

(5) 韓国

- ・ 전기자동차 화재대응 가이드 2nd Edition³⁷⁷ (電気自動車火災対応ガイド第 2 版)
National Fire Research Institute により発行された電気自動車火災対応ガイド。第 2 版は 2025 年に発行、EV の燃焼実験結果が掲載されている。

(6) 中国

- ・ GBT 38283-2019 电动汽车灾害事故应急救援指南³⁷⁸ (電気自動車における消火・救急ガイド)
中国国家基準 GB における電気自動車消火ガイド。2019 年公布、2020 年より運用開始。

なお上記マニュアルにおいて各国の対応は一樣でなく、国ごとに対応が異なるのが実情である。米国消防によるガイドラインでは、「現時点では、あらゆる種類の EV 火災を効果的に消火するための、一般に受け入れられ、科学的に検証された方法は存在しない。他の火災関連事案と同様に、対応者は、出動から回復（復旧）まで、事象が進行して状況が変化途中で、直面している具体的状況を継続的に分析し、計画し、実行し、評価しなければならない。」という文面が冒頭に書かれており、今後 EV 火災の対応手法は技術発展に伴い変化していくものと考えられる。

また、ドイツ消防ではマニュアルの冒頭で下記のように記載されており、EV 火災の消火に関する考え方を記述している。

「LiB は通常、堅牢で概ね防水の筐体に組み込まれ、車両構造に保護されて統合されている（例：車両床下）。そのため、機械的損傷がわずかな LiB 内部の火災では、かけた消火水が燃焼部位に到達できない。また外部冷却もほとんど効果がない。というのも、セルは外装筐体に対して熱的にますます絶縁されているためである。試験及びこれまでの出動経験に

³⁷⁶ Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, Risikovurdering og håndtering avbrann i Litium-ion batterier

³⁷⁷ National Fire Research Institute, 전기자동차 화재대응 가이드 2nd Edition

³⁷⁸ 中国国家基準, GBT 38283-2019 电动汽车灾害事故应急救援指南

より、これによって消火時間と消火剤（消火水）必要量が増える可能性があることが示されている。経験はまた、LiB では、十分量の水が LiB 内部に到達したときに初めて消火効果が現れることも示している。

試験では、水が消火剤として適しており推奨できることが示された。消火剤添加剤は不要である。

LiB の火災では、他の火災と同様に、呼吸毒、健康有害な燃焼生成物及び残渣が相当量放出される。」

3-5-5 韓国消防による実証実験について

各国消防書類で特筆すべき事項が韓国消防による実験である。韓国は過去大きな EV 火災を多数経験している国であり、消防としても多種多様な実験の元、対策を重ねている。

以下、東京海上ディーアール株式会社にて翻訳、要約した実験結果を掲載する。

第 3 章 電気自動車の火災特性

(1) 電気自動車火災の遷移特性

・ バッテリー熱暴走による火災遷移特性

直列及び並列に接続された円筒型リチウムイオンバッテリーを用いて、熱暴走の発生及び隣接セルへの熱暴走遷移特性を確認する実験が行われた。実験の結果、最外郭のセルで熱暴走が発生した場合、距離に応じて順次熱暴走が遷移する傾向が確認された。また、バッテリーの充電率（SOC）によって、熱暴走が遷移するまでの時間に明確な差が生じることが分かった。

SOC が 100% の場合、最終的な熱暴走の遷移完了までの時間は 約 7 分 50 秒 と短く、SOC が 50% の場合には 約 31 分 59 秒 と、大幅に長くなることが確認された。

・ 充電率及び熱暴走発生位置による特性

パウチ型バッテリーモジュールを用いた実験では、モジュールの中心部で熱暴走が発生した場合、外周部で発生した場合よりも、熱暴走の遷移時間が短くなる傾向が確認された。また、充電率が高いほど、熱暴走の遷移時間は短くなる傾向が明確に示された。

バッテリーの熱暴走が発生すると、セルの負極及び正極タブ部、又は設計されたベントホール付近から、オフガス及び火炎が噴出する傾向が見られた。充電率が高くなるにつれ、可燃性ガスであるメタン、プロパン、水素の発生量は増加し、一方で、不燃性ガスである二酸化炭素の比率は減少する傾向が確認された。

- ・ 充電率別 熱暴走特性の比較

外部加熱によって熱暴走を誘発した実験の結果、すべての充電率条件においてオフガスや白煙の発生は確認された。しかし、充電率が 50%以上の条件でのみ、火炎を伴う着火現象が確認された。そのため、リチウムイオンバッテリーの火災安全性の観点からは、充電率を 30%以下に維持することで、着火可能性が低下すると解釈することができる。ただし、充電率が低い場合であっても大量のオフガスは発生するため、一定の爆発リスクが完全に排除されるわけではない。

- ・ 充電中及び衝突による火災特性

充電中の電気自動車を想定した実験では、一つのモジュールで熱暴走が発生すると、一定時間後に周辺モジュールへと熱暴走が遷移することが確認された。また、衝突を想定した実験においても、複数セルに同時に熱暴走を誘発することで、短時間のうちにバッテリーパック全体へ火災が拡大することが示された。

(2) 電気自動車火災に関する報告書

- ・ 衝突による火災特性（結論）

電気自動車の衝突により発生する火災を再現した実験の結果、最初に熱暴走が発生したモジュールから、最後のモジュールにまで約 7 分程度で熱暴走が遷移することが確認された。

ただし、本実験はバッテリーパック単体を用いたものであり、実際の電気自動車火災では車体構造等により燃焼速度に差が生じる可能性がある。

また、衝突時の充電率（SOC）が低いほど熱暴走の遷移は遅延し、特に SOC が約 20%以下の場合には、自然鎮火する可能性も示唆された。

(3) 火災及び爆発危険性

- ・ 熱暴走とガス発生

リチウムイオンバッテリーの熱暴走は、大きく三段階に区分される。この過程において、酸素及び可燃性ガスが発生する。熱暴走が進行すると、電解液に含まれる可燃性有機溶媒が分解・噴出し、炭化水素系の可燃性ガスや有害ガスが発生する。

- ・ 可燃性ガスの滞留特性

熱暴走時に発生する炭化水素系ガスの多くは、空気よりも重いいため、床面付近に滞留する傾向がある。特に、無炎燃焼の状態では、可燃性ガスの排出量が増加するため、時間差爆発の危険性が高まる。

- ・ 電気自動車火災における爆発事例

複数の電気自動車火災事例の分析から、車両が駐車中あるいは充電終了後の状態であっても、バッテリー内部で発生したオフガスが滞留し、短時間で着火・爆発に至るケースが確認されている。ある事例では、煙の発生から約12秒後に着火・爆発が発生し、火炎と衝撃が周囲へ拡散した。

爆発規模が拡大した要因として、低温環境により点火が遅れ、多量のガスが蓄積したこと、構造物によりガスが滞留しやすい環境であったことが挙げられる。

- ・ 指向性火炎の特性

内燃機関自動車では、主な可燃物がエンジンルーム及び燃料系であるため、炎は上方へ立ち上がる傾向がある。一方、電気自動車では、主な可燃物が車体下部に配置された高電圧バッテリーパックであり、内部で発生した圧力と可燃性ガスの影響により、火炎は水平方向へ噴出する特性を示す。このため、周辺車両、消防隊員、構造物への被害拡大リスクが高い。

- ・ 火災の連鎖的拡大

電気自動車では、1台で発生した熱暴走が、約1分～2分という短時間で隣接車両へ伝播する事例が確認されている。これは、電気自動車の高エネルギー密度バッテリー構造によるものであり、一般的な内燃機関自動車と比較して、火災遷移速度が速い傾向にある。

(4) リチウムイオンバッテリーの消火方法

- ・ 粉末消火器による消火の限界

粉末消火器は、外部に見える炎を抑制する効果は高いが、バッテリー内部への浸透性及び冷却効果はほとんどない。

- ・ 防火ブランケットの効果と限界

電気自動車火災では、バッテリー自体が分解反応により酸素を発生させるため、外部から完全に密閉しても理論上、火災を完全に抑制することは困難である。

防火ブランケットは、火炎や熱、煙の拡散を抑制する効果はあるが、バッテリー内部の熱暴走を止めることはできない。

- ・ 冷却消火の必要性

電気自動車火災を根本的に抑制するためには、熱暴走が周囲バッテリーへ伝播する前に、十分な冷却を行う必要がある。熱暴走反応温度未満まで冷却されると、熱暴走の連鎖は停止し、火災は自然に終息する。実験により、適

切なタイミングでの大量放水による冷却は、熱暴走の拡大防止及び再発火防止に極めて有効であることが確認された。

- ・ 消火方法の総合評価
 1. 粉末消火：再発火の危険性があるため、放水との併用が望ましい
 2. 窒息消火：単独使用では効果乏しい
 3. 大量放水による冷却消火：適切
- ・ フッ酸（フッ化水素）の危険性
リチウムイオンバッテリーの材質により、熱暴走時にフッ酸（フッ化水素）が発生する可能性はある。しかし、実証実験の結果、電気自動車 1 台規模のバッテリーパックから発生するフッ酸量は、人命に直ちに致命的なレベルではないことが確認されている。また、フッ酸は空気中に長時間滞留せず、水に溶解しやすく、大気中で速やかに希釈される性質を持つ。空気呼吸器や防護マスクを着用すれば、消防活動中のフッ酸リスクは大幅に低減可能である。

第 4 章 電気自動車火災への対応

(1) 装備

- ・ 上向き散水装置
車両下部に設置された高電圧バッテリーパックを下方から直接冷却するための専用散水装置。
- ・ 防火ブランケット
火炎や煙の拡散を抑制し、延焼防止や視界確保に有効。ただし単独では効果は限定的。
- ・ 止水板
消火時に水を漏出させないよう周囲を囲むもの。バッテリー沈没による早期冷却に効果がある一方、急激な温度変化に起因するバッテリー損傷による安全管理の必要性和有害物質の発生量の増加から、慎重に設置すべきである。
- ・ 移動式消火水槽
車両全体を水中に浸し、長時間冷却可能。再発火防止に有効。
- ・ 移動式コンテナ
初期消火後の車両を安全に移送・保管するもの。
- ・ 貫通型装置
バッテリーパックに穴を開け、内部に消火水を注入するもの。冷却性能は高いが設置に時間が必要。

- ・ 保護装備
感電防止性能のある防火手袋や防火靴。救助用の工具類は絶縁性のあるものが必要。

(2) 電気自動車火災の対応方法

- ・ 基本方針
 1. 初動での冷却が極めて重要
 2. 火炎よりもバッテリー温度の制御を重視
 3. 再発火リスクを前提とした長時間管理が必要
- ・ 実証実験による結論
冷却消火は火災進展を遅延させ、持続的な放水により最終的な鎮圧が可能。ただし再発火防止措置は不可欠。
- ・ 特殊な事例への対応
電気トラック：熱暴走遷移に約 1 時間 44 分。冷却で鎮圧可能。
電気バス：バッテリーは屋根配置。屋根上での消火は禁止。高所放水を実施。
電動フォークリフト：内部構造が複雑。延焼防止を優先。

3-6 各国消防の電気自動車火災対策概要

以降では、日本の総務省消防庁による「次世代自動車事故等における消防機関の活動要領²⁵⁾」をベースに、各国の消火対応の違いを述べる。表 3-51 に消火手順の比較表を示す。大きく手順は変わらないが、日本のマニュアルには消火後の対応記載がない。

- ① 通報からの事故情報把握
- ② 停車
- ③ 救護
- ④ 保護具の着装
- ⑤ 情報収集
- ⑥ ゴーニング
- ⑦ 車両の識別
- ⑧ 車両の固定
- ⑨ 消火戦術の決定
- ⑩ 消火
- ⑪ 消火後の監視や継続冷却

ノルウェーと韓国については消火手順という形式になっている資料が確認できなかったため、表からは省略している。

表 3-51 消火手順の比較

	日本	米国	ドイツ	中国
1	事故情報の把握	事故情報の把握	事故情報の把握	事故評価
2	停車	停車/救急対応	車両の識別	漏液処置
3	下車	保護具の着装	消火戦術選択	救急対応
4	保護具の着装	車両の識別	消火	ゾーニング
5	情報収集	車両の固定	消火後対応	車両識別
6	ゾーニング	消火戦術選択		車両固定
7	車両の識別	消火		電源遮断、人員救助
8	消火	消火後対応		消火戦術選択
9				消火
10				水没対応

3-6-1 事故情報の把握

EV 火災時に最初のステップとなるのが事故情報の把握である。確認すべき情報には各国記載事項に差がある。本章では現場到着前に対応すべき事項として、通報受領時の対応、保護具、使用資機材を比較する。

表 3-52 通報受領時の対応比較

国	内容
日本	1 事故の状況（単独又は複数事故等） 2 挟まれや閉じ込め等の有無（救助活動の必要性） 3 発生場所の住所等（一般道路又は高速道路等） 4 負傷者数（年齢、性別等）及び負傷程度（症候、出血等） 5 車両の種類（乗用車、トラック、次世代自動車等）
米国	あらゆる緊急事態と同様に、規模評価プロセスは対応前から始まる。公共安全通信員（911 通報受付員及び指令員）は、自動車事故、車両火災、建物火災、及び道路沿いの EMS 事案に関する市民からの通報を受けた際に、EV の有無について質問することができる。
ドイツ	管轄する指令センターを通じた車両ナンバーの照会により、使用されている駆動方式について明確な回答が得られ、適切な救助データシートの割り当てが可能になる。そのため、車両ナンバーは可能な限り緊急通報の過程で既に照会されなければならない。また、通報者に対して駆動方式についてさらなる情報を提供できるかどうか質問すべきである。

ノルウェー	屋外（レベル 1）と屋内（レベル 2）、船舶又は大規模建物（レベル 3）の場合に EV 火災は分けて書かれているが、通報時の対応は書かれていない。
韓国	通報項目に関する記述はないが、下記のような関連項目がある。 ・ 消防隊の到着が 7～10 分を超える場合、既に「ゴールデンタイム」を過ぎている可能性が高い。この場合は完全な鎮圧を目指すのではなく、「火災を安全に制御し、拡大を防ぐ対応（遅延戦術）」が重要となる。
中国	通報に関する記載なし。

表 3-53 保護具の比較

国	内容
日本	交通救助では要救助者が外傷を受けている場合が多いため、感染防止衣等を着用することを原則とし、感電の危険がある場面では絶縁保護具を、火災危険等がある場合は防火衣等の着装を考慮する。 ・ 保安帽 ・ ゴーグル（防塵・防護用） ・ マスク（感染防止用） ・ 感染防止衣（上衣・ズボン） ・ パッド（膝／肘） ・ 手袋（ケブラー、救助用皮手袋、ディスポーザブルグローブ） ・ 安全ベスト（反射板付きが望ましい） ・ 絶縁保護具（耐電ヘルメット、耐電手袋、帯電シート、耐電衣、耐電ズボン、耐電長靴、絶縁工具、絶縁テープ） ・ 防火衣、防火ズボン（災害状況に応じて空気呼吸器等を含む） ・ その他（NBC が関連する場合は、その危険物質に応じた防護対応とする）
米国	A. 現場の安全確保を徹底すること（既存の交通管理標準作業手順書（SOG）を参照）。 1. 車両の配置 2. 既知及び潜在的な危険に対応した適切な個人用保護具（PPE）を装備する
ドイツ	建物内の消火活動のための完全な防護装備（DGUV 情報 205-014 に準拠した PSA 12）を着用する。呼吸保護具を含む。 ※ PSA12 は下記の物である。 建物内の消火活動用 PSA 12（BBK2） DGUV 情報 205-014 による、以下から構成： ・ 空気ボンベと呼吸マスク付きの使用可能な呼吸保護具

	・ EN 469 に準拠した内部消火活動用消防防護服 性能レベル Xf2/Xr2/Y2/Z2 ・ 内部消火活動用消防ヘルメット ・ EN 13911 に準拠した防火フード ・ 建物内用の消防保護手袋 ・ 消防ブーツ ・ (消防安全帯又は同等の拘束システム) ・ 教育計画による追加装備 ・ 消防ロープ (捕捉ロープ) ・ 無線機、サーモグラフィカメラ (チームあたり各 1 台) ・ 筆記用具 ・ 十分な汗吸収下着、シャツ、靴下、シャワー用品、替え衣類 【消火終了後】 LiB (リチウムイオンバッテリー) の分解生成物/残渣で汚染された区域で追加作業が必要な場合、有害物質 (例: 重金属含有粉じん) ばく露を防ぐための適切な保護措置が必要。
ノルウェー	屋外の場合 ・ 完全な呼吸保護を伴う通常の消防服 ・ 充電中の場合は絶縁保護具 (1000V 保護手袋等) 屋内の場合、船舶・大規模建物の場合 ・ 完全な呼吸保護を伴う通常の消防服 ・ 電池室進入時はスプラッシュ/化学防護服の使用を検討
韓国	消火活動のみを行う隊員は、通常の防火手袋及び防火靴で感電防止が可能である。救助活動等で車両に直接接触する場合や、車両が損傷している場合には、絶縁手袋及び絶縁靴の着用が必須である。
中国	・ 絶縁保護具 ・ 呼吸器 (SCBA 未装着者は風上へ移動すること)

表 3-54 使用資機材の比較

国	内容
日本	5 使用資機材の準備 ・ 油圧ジャッキ ・ 油圧スプレッダー (大型油圧スプレッダー)

	・ 油圧切断機（大型油圧切断機） ・ 可搬ウインチ ・ 携帯救助工具 ・ 送排風機 ・ その他（マット型空気ジャッキ、保護布等） ・ 水素ガス検知器（水素自動車の場合） ・ サーモグラフィカメラ ・ スポットライト（バルカン 180 ファイヤー）
米国	記載なし
ドイツ	記載なしだが、サーマルカメラ、ウインチを使用する記載が一部にあり。
ノルウェー	屋外の場合 ・ 大型 LiB 火災の消火・冷却には大量の水へのアクセスが必要。給水进行评估し、必要に応じて給水車を持参する ・ 一般市民は消火を開始することは推奨されない ・ 防火ブランケットの記載あり ・ ファンの記載あり 屋内の場合 ・ カットオフスプレー/フォグスパイク（電池に直接使用せず、ガレージや住宅火災で記載あり） ・ 爆発性ガスの適切な検知装置（Ex 測定器）の記載あり
韓国	・ 上向き放水によるバッテリー冷却を推奨（上向きノズルが必要） ・ 防火ブランケット ・ サーモグラフィカメラ ・ 移動式消火水槽 ・ 移動式コンテナ（発火車両の移動と延焼防止を兼ねる） ・ 貫通型消火装置（バッテリーパックに下部から孔を開け消火する装置）
中国	・ サーモグラフィカメラ（又は温度測定器） ・ 送風ファン、排煙機 ・ フォームでの漏洩防止 ・ 防火ブランケット ・ 救助工具（無齒鋸、切断工具、牽引機、メガホン等）

3-6-2 現場到着時の対応

現場到着時の対応を下表に示す。EV の識別方法は国によって異なるため割愛するが、特に中国ではガソリン車と EV でナンバープレートの色が異なるため視覚的に識別しやすい。なお、日本の現行マニュアルでは日本メーカーの情報のみが記載されているため、海外メーカー製の自動車に関する記載を 3-7 項で提言している。

表 3-55 現場到着時の対応比較

国	内容
日本	4 情報収集 ・ 事故状況（発生場所、車両の安定状況、危険物質等の流出状況等） ・ 負傷者の把握（要救助者の人数、状況等を含む） ※ 要救助者が車外に放出されている可能性もあるため、事故車両内だけでなく周囲の確認も合わせて行うこと。 ・ 消防活動に対する消防力の優劣状況等 ・ 関係機関の対応状況（警察機関等） ・ 車両の特徴（次世代自動車等に該当か否かを確認） 【HEV の場合】 車両の状態を確認 以下の項目が一つでもあてはまる場合は、車両が起動状態である可能性がある。高電圧を遮断すること。遮断できない場合は必ず絶縁保護具を着用。 - エンジンが作動している - パワースイッチがオンになっている - メーターが点灯している - エアコンが作動している - オーディオが作動している - ワイパーが作動している 【BEV の場合】 車両の状態を確認 以下の項目が一つでもあてはまる場合は、車両が起動状態である可能性がある。高電圧を遮断すること。遮断できない場合は必ず絶縁保護具を着用。 - パワースイッチがオンになっている - メーターが点灯している - エアコンが作動している

	- オーディオが作動している - ワイパーが作動している バッテリー搭載位置（車底部等）から白煙の吹き出しがあれば、高電圧バッテリーの損傷や今後火災に移行する可能性がある
米国	ほとんどのEVが従来の点火装置やキーシステムを持たず、パワートレインが固定されているかどうかを判断する際にエンジン音もないことを考慮した、車両を最も適切に固定する方法の検討を含める。車輪止めについても検討する。 ・ 車両のキーの入手を確認。 ・ 火災がバッテリーに関係しているかを確認。 ・ 車種とメーカーを確認し、ERG（緊急時対応シート）を入手する。 ・ メインバッテリーパックの損傷を確認すること。 ・ 長期給水が確立できるか確認すること。 ・ 車両の固定を試みる（車両に斜めもしくは側面から接近すること。パーキングブレーキをかけること、車止めを使用すること）。
ドイツ	ERG（緊急時レスキューガイド）から、バッテリーの搭載位置や種類（可能なら）を示し、LiBが影響を受けている可能性とバッテリー型式を推定する。LiBの関与を示す指標例： ・ LiBからの煙／蒸気の発生 ・ 音の発生（シュー、ピー、ポンという音：モジュール内過圧弁が開く兆候） ・ LiB付近からの火花・噴炎 ・ 異常な芳香性の臭気 ・ バッテリー筐体温度の長時間上昇（サーモグラフィカメラで確認可能）。 LiB 筐体外面温度が 80℃超なら危険状態とみなす。 ・ 車両情報システム（メーターディスプレイ等）のテキスト警告
ノルウェー	【屋内充電場】 TRINN 1 事故の状況を確認し、リスク評価を行う。 リスク評価： 高い延焼（火災拡大）リスク。 危険な火災煙の吸入。 火災の高温。 バッテリーセル内で小規模な爆発が起こり得る。 事象の進展： バッテリーは予告なく大量のガスを自発的に放出（ベント）することがある。

	バッテリーは予告なく自発的に発火することがある。 一般的な材料よりも長時間燃え続けることがある。 【屋外充電場】 TRINN 1 事故の状況を確認し、リスク評価を行う。 リスク評価： ガス爆発の危険。 高い延焼（火災拡大）リスク。 有毒な火災煙を吸入する危険。 腐食（化学熱傷）リスク。 バッテリー内短絡、高い短絡エネルギー、及びアーク（光弧）発生の危険。 感電（通電）リスク。 ガスは LEL（爆発下限界）を超えているか。火炎が見えている場合、爆発リスクは小さい。 現場要因： 火災： 閉鎖空間でのバッテリー火災では、不完全燃焼の火災ガスが滞留し、爆発性雰囲気形成し得る。小型バッテリーでも大量のガスをベントし、リスクとなり得る。 密閉の程度を可燃範囲（可燃性範囲）と照らして評価する。 周囲／建物： 延焼リスクを評価する。 人： 避難させる。
韓国	車両情報を確認すること。 消防隊の到着が 7～10 分を超える場合、すでにゴールデンタイムを逸している可能性が高い。
中国	4.1 電動車に災害事故が発生した場合、まず現場を評価する必要がある。外部観察と機器監視により、事故車の動力電池及び高圧電気システムの損傷状況並びに動力電池が引き起こし得る爆発・燃焼の危険要因と結果を判断し、事故救援の準備を行う。 4.2.1 事故現場について、まず現場状況の偵察を通じて警戒範囲を確定し、警戒標識を設置することを考慮する。 4.2.2 通常、事故車両周辺 10 m の範囲に作業区を設定し、できる限り無関係な車両・人員・船舶の進入を禁止する。5 m の範囲に作業域を設定し、直接に治療又は要救助者の救出を担当する救援人員のみが進入を許可される。 4.2.3 可燃性・有毒ガスを継続的に監視し、事故車両の動力電池部位の温度を監視し、適時に警戒範囲を調整する必要がある。

	4.3.2 電解液が漏えいした場合、大量の有毒ガスが溢出するため、全套の呼吸防護装備を着用し、外部火源を制御して、電解液が引火するのを避ける必要がある。 電動車の衝突事故救援の処置手順は以下のとおり： a) 警戒標識を設置する。 b) 車両を識別し、評価後に救援方案を確定する。 c) 救援人員の安全防護を行う。 d) 作業の前に車両を固定し、電源を遮断する。 e) 高圧電池及び部品の位置を確定する。 f) 人員搜索救助及び車両処置。 g) 現場清理。

3-6-3 レスキュー（交通事故対応）

高電圧を遮断する部分以外は一般車両と変わらないため、日本の状況のみ記載する。

表 3-56 日本におけるレスキュー対応

国	内容
日本 救急	破壊及び車内進入 ・ 車体を切断する場合には、エアバッグのインフレーターを傷つけないよう注意する（SRS 表示の刻印やタグ付近の切断は避けること）。 ※ エアバッグには、シートのサイドエアバッグ、ルーフレールのカーテンエアバッグ、ニーエアバッグ等がある。 ・ 乗員検知装置がついているエアバッグもあるが、コンデンサに電気が残っている場合、椅子等のセンサーによりエアバッグが展開する可能性があるため、エアバッグ等の作動状況及び位置に注意する（特に助手席から進入する場合は留意すること）。 ※ レスキューマニュアルによっては、コンデンサの放電が終了するまで待つことを推奨しているものもある。 ・ ガラスを破壊して進入する場合は破片が広範囲に飛散するため、要救助者等への保護を実施する。
日本 高電圧 の遮断	高電圧の遮断について ハイブリッド自動車、電気自動車及び燃料電池自動車は高電圧バッテリーを搭載し、モーターの駆動時には最大で交流 650V 程度の高電圧を発生させ、動力用モーターやエアコン等の装備品を動かしている。これらのバッテリーはボディと絶縁されており、リレーを介して出力されていることから、パワースイッチのオフ又は関連ヒューズを離脱することで高電圧回路は遮断される。 緊急時には、感電による危険性を排除するため強制的に高電圧を遮断しなければ

	ならないが、誤った手順で行うと短絡や漏電等による感電事故の原因となることから注意が必要である。

3-6-4 消火方法

本章では各国消防による消火方法を比較する。日本の現行マニュアルにおける消火方法の記述は他国と比較し乏しいため、本項目の拡充が必要と考える。拡充に関する提言は以降に記載する。

表 3-57 各国の消火方法

国	内容
日本 HEV	タンクの破損に気をつけて放水する (燃料やオイル類といった内容物が流出し火勢が強くなることもある) バッテリーを冷却するために大量の水で消火を行う ※ バッテリーの搭載位置については各車種の緊急時レスキューガイド等を参照 ※ リチウムイオンバッテリーを搭載している場合、燃えているバッテリーから生じた煙や蒸気が目・鼻・のどに刺激を与えることがあるため注意する ※ 鎮火後でも高温バッテリーが再燃する可能性があるため、鎮火後最低 30 分程度は高電圧バッテリー部に多量の水をかけ続ける
日本 BEV	<活動>バッテリーを冷却するために大量の水で消火を行う ※ バッテリーの搭載位置については各車種の緊急時レスキューガイド等を参照 ※ リチウムイオンバッテリーを搭載している場合、燃えているバッテリーから生じた煙や蒸気が目・鼻・のどに刺激を与えることがあるため注意する ※ 鎮火後でも高温バッテリーが再燃する可能性があるため、鎮火後最低 30 分程度は高電圧バッテリー部に多量の水をかけ続ける
米国	入手可能な文献のレビューからは、真水（普通の水）が EV 火災に対して現時点で利用可能な最良の消火剤であるように思われる。ICE（内燃機関）車両火災と比べて、EV 火災では、より長い時間にわたり、より高い流量で、はるかに大量の水が必要になる可能性が高い。 一部の OEM の ERG は、火災中の EV を完全に水没させることを推奨しており、この方法は国際的にも採用されている。しかし、他の OEM は、EV 又はバッテリーパックの火災時に、水没させることを推奨していない。同様に、EV のバッテリーパックへ直接放水することを推奨する OEM もあれば、バッテリーパックや個々のセルを（さらに）損傷させ得る戦術を強くは推奨しない OEM もある。バッテリーパックを貫通／穿孔してパック内部へ放水できるようにする市場製品は、極め

	て慎重に使用すべきであり、特定車両メーカーからの直接の指針がある場合にのみ使用する。 火災が乗員区画又は車両の他部位に限定され、バッテリー区画を含まない場合、標準的な車両火災戦術で消火し、その後、バッテリー故障の兆候を観察することができる。 EV 火災の消火には大量の水が必要であるため、延焼（曝露）上の問題がない限り、燃え尽きるまで燃焼させることが推奨される。 【消火戦術について】 EV 火災に関する戦術的考慮 シナリオ 1：曝露なし - 燃え尽きるまで燃焼させる。 シナリオ 2：他車両への曝露 - 大量の水で消火を試みる。 シナリオ 3：ガレージ又は建物内 - 大量の水で消火を試みる。 なお、消火方法は具体的に定めておらず、メーカーの緊急時対応ガイド（ERG）に従うように定めている。
ドイツ	【4 車両火災の鎮圧（消火）】 駆動方式に関わらず、車両火災の鎮圧には隊員にとって潜在的危険がある。特に火が車室内に拡大すると短時間で全損に至るため、可能な限り低リスクの戦術を選択すべきである。 一般的な戦術的安全注意： ・ 炎・熱・発生する呼吸毒：屋内進入による消火を行う場合、呼吸器を含む完全な防火装備を着用する。 ・ 転がり・走行：燃焼中の車両が自走することがある。できるだけ早期に転がり・走行防止措置をとる（救助データシートの指示を考慮）。 ・ 輻射熱：消火は、直線放水（フルジェット）の到達距離を活用して開始する。最初の消火効果が現れてから、車両の角を対角線方向に利用して接近する。 ・ 飛散物：熱影響で飛散物（例：エアバッグ、ガススプリング、タイヤ、燃える軽金属、ベンチングガスによる噴炎）が発生し得る。車両角からの対角接近は、危険領域からの距離を最大化する。 ハイブリッド車／電気自動車の場合（LiB の種類に関係なく） 車両の高電圧設備による電氣的危険は構造上起こりにくいものの、高電圧システムは電気設備に該当する。したがって消火活動では規格で示される安全距離（低電圧：霧状放水＝1m、直線放水＝5m）を守るべきである。

燃焼中のハイブリッド／電気自動車が AC 充電設備に充電ケーブルで接続されたままの場合、消火措置の一環として接続を切断すべきである。その際、車両が施錠されていると充電コネクタも機械的にロックされており、場合によっては強制的に外す必要がある。一部メーカーは非常時の解錠機構を用意しており、車種別の救助データシートに記載されている。

【5 リチウムイオンバッテリーが火災に関与していることを示す指標】

車両火災のすべてで、必ず LiB が燃えるわけではない。試験では、LiB が内部反応を開始するには、外部から長時間加熱されるか、強い機械的損傷が必要になることが示されている。

救助データシートは、バッテリーの搭載位置や種類（可能なら）を示し、LiB が影響を受けている可能性やバッテリー型式の推定に役立つ。

LiB の関与を示す指標例：

- ・ LiB からの煙／蒸気の発生
- ・ 音の発生（シュー、ピー、ポンという音：モジュール内過圧弁が開く兆候）
- ・ LiB 付近からの火花・噴炎
- ・ 異常な芳香性の臭気
- ・ バッテリー筐体温度の長時間上昇（サーモグラフィカメラで確認可能）。LiB 筐体外面温度が 80℃ 超なら危険状態とみなす。
- ・ 車両情報システム（メーターディスプレイ等）のテキスト警告

注意：LiB へ消火水を意図的に注入するのは、上記指標から「LiB 内部火災」と判断される場合に限るべきである。

注意：LiB 反応で放出される蒸気・ガスは、空気より重く、毒性・可燃性をもつものがある。車内や地下駐車場等閉鎖空間では、危険な爆発性雰囲気を形成し得る。さらに粉じん／粒子として放出される電池構成物には、ニッケル、コバルト及びその化合物等、発がん性の危険物質を含むことがある。

【6 車両に搭載されたリチウムイオンバッテリーの消火】

車両火災自体は通常手段で消火できても、LiB はアクセス困難なため、当初は燃焼を継続する場合がある。消火方法の一例として、次が考えられる。

- ・ 消火は水で行う。車両本体の消火用とは別に、早期に LiB 消火／冷却用として第 2 放水を準備するのが有効。経験上、少ない流量（約 60 L/分）で足りることが多い。バッテリーモジュールは多重にカプセル化されているため、外部冷却だけでは一般に非効率で、不要に水を消費しやすい。そこで、

	車両片側を持ち上げたり、ウインチで制御しつつ横倒しにして、放水とサーモグラフィカメラで LiB を狙いやすくすることが役立つ場合がある。優先目標は、(火災により生じた) 開口を通じて水が LiB 内部へ入ることである。 ・ 消火後の車両の中で、LiB を制御して燃やし切らせることも選択肢となる。セルが反応し尽くす／燃え尽きれば、再燃リスクは低減する。この方法と前項の組み合わせもあり得る。 ・ 車両メーカーが設けた開口から、必要に応じて LiB 内部へ消火水を注入することも可能である。該当開口の情報は救助データシートで確認できる場合がある。 ・ 侵襲的（インベイスブ）消火技術の適用：通常の放水（ノズル）に加え、LiB 筐体へ狙って水を導入する方法は、現在一般的なバッテリーシステムで有効とされる。隊員は各システムのメーカー指示に基づく教育を受け、LiB 車両の構造・機能原理に関する知識を有する必要がある。侵襲的システムの使用前に、リスクアセスメント（危険性評価）を実施する。この評価は調達開始時点から行い、実運用に合わせて更新し、教育に反映し、現場で継続・必要に応じて補足する。評価には、消火装置メーカーの情報と車両メーカー情報（例：車種別救助データシート）を反映させる。 ・ 対象車両を水密容器（例：コンテナ、バケット）に入れ、LiB 上端までを上限として注水し、発生した開口から水が筐体内部へ侵入できるようにする。この湿潤隔離の終了は、権限を有し訓練を受けた専門要員が行う必要がある。消火水の適正処理が必要。この方法は物流負担が大きいため最終手段としてのみ用いるべき。反応中の LiB の兆候がない場合の予防的な湿潤隔離は禁止。その場合は監視下での乾燥隔離を行い、資格のあるレッカー事業者が担うべき。消防が特殊コンテナやシートシステムを常備する必要は通常ない。 防火ブランケットは、本来の用途上、能動的な消火手段ではない。LiB の完全消火は通常それだけでは不可能で、例えば可燃性ガスがシート縁や表面から漏れ出て着火することがある。 注意：LiB への消火水の意図的導入は、5 章の指標から LiB 内部火災が想定される場合に限るべきである。火災影響のない LiB 領域を侵襲的手段で貫通すると、高確率で短絡し、その領域で火災を誘発する。さらに侵襲的手段は、LiB を強制開口することで高電圧系の電位持ち込み（ポテンシャルの伝播）リスクを伴う場合がある。

ノルウェー	レベル 2：屋外火災 【ステップ 2：可能な対策を見つける（資源）】 ・ 大きい LiB の火災の消火／冷却には大量の水へのアクセスが必要。給水进行评估し、必要なら水タンクを持参する。 ・ 一般市民には消火開始を推奨しない。 【ステップ 3：MMI と戦術計画（防護と戦術）】 （防護レベル） ・ 通常の消防服装に完全な呼吸保護具。 （戦術計画） ・ 車両が自己走行しないように輪止めをする。 ・ 車両が充電中なら外部電源を遮断する。例として、該当車両の情報は Crash Recovery/Euro Rescue を参照。 ・ 充電器に停止ボタンがあれば作動させる。外部電源が遮断されていない場合、火災は通電設備の火災として扱う。適切な保護具（1000V 手袋）を使用する。 ・ バッテリー火災の消火／冷却には十分な量の水を使用する。電気自動車火災では、車両下側への放水（アンダースプレー）が最も効果的である。 ・ 防火ブランケットは、煙の発生を抑え、延焼を防ぎ、車内火災を消火するために使用できる。車両下面の冷却と組み合わせて使用すべきである。 ・ 必要に応じて車両を引き離し、延焼を防ぐ。 ・ 消火水を届かせるためにバッテリーを切る／切断する／切り裂くことは決してしない。 ・ 換気扇を使用して煙を制御する。 ・ 火災／衝突にさらされた車両は自己着火する可能性がある。 ・ バッテリーは密閉されカバーで保護されているため、バッテリーの過熱は測りにくい。 ・ 車両を適切な場所へ搬送し、他の可燃物から少なくとも 10m 離す。 ・ トンネルを避ける。必要ならレッカー車に追従することを検討する。 ・ バッテリーの新たな内部短絡及び再着火の危険について、レッカー車へ知らせる。 レベル 3：屋内火災 基本はレベル 2 と同様だが、下記の内容が異なる。 バッテリー火災を制御するために必要なのは 2 つの要素、冷却と換気である。バッテリーのセル温度を制御し、同時にバッテリーからのガス放出を制御できれば、バッテリー火災を制御できる。 バッテリー温度が測定できない場合は、過剰に冷却する。

	IR カメラでの温度測定は一定の情報を与え得るが、IR カメラでセル温度は測れず、外部温度（バッテリー周囲、モジュール温度、筐体温度）しか測れないことを知っておく必要がある。 LiB は TR（熱暴走）で多量のガスを放出する。このガスを制御しなければならない。屋外でガスが溜まらない場合は、ガス生成は自動的に制御される。課題は、バッテリー火災が閉鎖されガスが溜まる可能性がある場合である。この場合、換気を制御することが不可欠である。 換気開始前に、その空間のガス濃度を知ることが絶対に重要である。ガスの濃度が LEL（爆発下限濃度）以上かつ UEL（爆発上限濃度）以下かについて、校正済み測定器でガス測定を行うことが必要である。 バッテリーを燃え尽きるまで燃やすことが正しい戦略となることもある。これにより燃焼がより完全になり、有毒ガスや物質が減る。燃え尽きたバッテリーは再着火もしない。 【消火剤】 (水) 水は LiB 火災でも最もよく知られた消火剤である。水は冷却に最適である。多量の水はさらに効果が高い。 水は霧として、又は液相で適用できる。狙いは冷却効果である。水は、炎を叩き落とし、冷却し、他のセルやモジュールへの延焼を防ぐように用いなければならない。 (泡) 泡は低発泡倍率であるべきである。主に冷却が TR の拡大を防ぐためである。消火水に最大 1%の泡液を混ぜると、水の表面張力を破り、冷却効果の増大に寄与し得る。 (塩水) 海水／塩水は導電性があり、バッテリー設備で短絡を引き起こし得る。これにより、バッテリーの接続端子周辺で火災が発生する可能性がある。 また塩水が、バッテリー設備の通電部に接触すると分解される可能性がある。塩水はその場合、水素（H₂）と塩素（Cl₂）に分解される。 (防火ブランケット) 防火ブランケットは酸素欠乏により対象を覆って消火する。 車両火災の煙を抑える能力が高く、車室や荷室の火災を効果的に消火できる。一方で、バッテリー火災には効果がなく、バッテリー周囲の温度を上げ、近接モジュールへの拡大と伝播を速める。 したがって電気自動車火災では、防火ブランケットは能動冷却と併用しなければならない（例：車両下方ノズルによる冷却等）。

韓国	① 保護具の装着 ② 散水 爆発危険の除去：電気自動車火災現場では、未燃焼の可燃性ガスが滞留する可能性があるため、いつでも爆発が発生するおそれがある。周囲に散水して消火し、爆発の危険を除去する。 ③ 車両下部 - スプリンクラー噴射の設置・散水 電気自動車のバッテリーパックを損傷せずに内部を冷却するためには、熱源温度が高いバッテリーパックの底部に集中して散水し、全体を冷却することで熱暴走の伝播を遅延又は消火する。 ④ 車両内部の消火及び浸水 消火水槽と類似した効果が発生 電気自動車の下部バッテリーパックに散水すると同時に、車両の室内に水を散水することで、消火水槽に車両が浸水した状態と類似した冷却効果が発生する。 ⑤ 一次確認：電気自動車で追加の火炎噴出及びオフガスが発生していないことを確認する。 ⑥ 安全な場所への移送：電気自動車を安全な場所へ移送するため、牽引車で移動する際には消防ポンプ車が同行し、再発火に対応する必要がある。やむを得ず移動が困難な場合には、移動式消火水槽等を活用して再発火を防止しなければならない。 【屋内の場合】 爆発危険の除去 ① 保護具の装着 適切な保護具を装着する。 ② 爆発危険の除去 電気自動車火災現場では、未燃焼の可燃性ガスが滞留する可能性があるため、いつでも爆発が発生するおそれがある。周囲に散水して消火し、爆発の危険を除去する。 ③ 車両下部へのスプリンクラー噴射の設置・散水 電気自動車のバッテリーパックを損傷せずに内部を冷却するためには、熱伝導率が高いバッテリーパックの底部に集中して散水し、全体を冷却することで熱暴走の伝播を遅延又は消火する。 ④ 車両下部スプリンクラー噴射と同時使用による煙の抑制 煙の発生を抑制し視界を確保する。地下で電気自動車火災が発生した場合、大量の煙により消防隊員の視界確保が困難になるため、防火ブランケットを使用

	して煙の発生を抑制し、視界を確保する。 ⑤ 安全な場所への移送と移動式消火水槽の設置 A. 安全な場所への移送 B. 移動式消火水槽の設置 電気自動車を安全な場所へ移送するため、牽引車で移動する際には消防ポンプ車が同行し、再発火に対応する必要がある。やむを得ず移動が困難な場合には、移動式消火水槽等を活用して再発火を防止しなければならない。
中国	10.2.1 高压電池に明火が出ていない場合、従来車両の火災処置方法に従って消火してよい。 10.2.2 高压電池が着火した場合、大量の消防水の使用は電池及びその内部温度を低下させ、燃焼を効果的に阻止し、かつ再燃を防止できる。したがって大量で持続的な消防水を使用する必要がある。例えば、電池が着火した乗用車を消火する際は10 t以上の消防水を確保すべきである。 10.3.1 能動的消火 10.3.1.1 人員が閉じ込められている、又は高压電池が着火していない場合、能動式消火を選択して実施する必要がある。 10.3.1.2 消火剤を電池内部へ順調に噴射するために、車両構造に対して刺穿、切断、こじ開け、取り外し等の操作を行ってはならない。 10.3.1.3 工具でボンネットを刺穿してはならない。エンジン区域の高压部品を貫通して重大な感電を招くおそれがあるためである。 10.3.1.4 高压電池区域が着火している場合、サーモグラフィで電池区域温度を監視して再燃を防止するのが望ましい。 10.3.2 防護式消火 10.3.2.1 高压電池が燃焼しており、人員の閉じ込めがなく、かつ十分な水源がない状況では、防護式消火を採用してよい。 10.3.2.2 消火剤が電池の燃焼単元に到達しにくい場合、現場を制御し、燃焼を安定させてよい。

	10.3.2.3 自給式空気呼吸器を装着していない者は、可能な限り火災の風上側に置き、煙中の有毒物質の吸入を避ける。 10.3.3 明火がない場合の作業 電池事故が発生して明火は見えないが大量の白煙が出ている場合、他の健全な電池が車両から取り外されたことを確保した後、大量で持続的な水を用いて発煙部位へ連続噴射し、周囲環境に対する有毒・有害ガスの影響を低減する必要がある。 11 充電中の事故救援 11.1 二次災害の発生を避けるため、まず充電ステーションの電源位置を確定して遮断する必要がある。 11.2 人身安全を確保した状況下で、まず充電設備と車両の接続を解除する必要がある。電動車の充電ガンを抜く、又は充電ケーブルを切断する等の手段を採用し、その後、以上の手順に従って消火及び応急救援を行う。

3-6-5 消火後の対応

消火後の対応について記載する。日本の現行マニュアルでは記述が乏しいため、本項目については拡充を提言する。

表 3-58 各国の消火後の対応

国	内容
日本	当該マニュアルには記載なし。高電圧の遮断まで。
米国	・ 損傷した EV が保管ヤードや解体（サルベージ）ヤードに置かれている間に、最初は消し止められたように見えた消火の数日後に火災が発生した事例がある。搬送中に再燃する可能性もある。 ・ EV 火災後は、他の火災と同様の手法で現場除染を必ず行うべきである。PPE は損傷がないか注意深く点検する。消防隊員は EV 火災後に衛生シャワーを浴び、制服／衣類を交換すべきである。理想的には、PPE はメーカー推奨の手法又は汚染された消防用防護服（SFPC）の取扱経験を持つ有資格の外部サービス事業者の手法で洗濯されるべきである。 ・ 高電圧部品は、システムが無通電（de-energized）である保証がないため、決してオーバーホール（残火処理）してはならない。 搬送前に、バッテリーパックが十分に冷却されていることをサーモグラフィカメラで確認する。

	撤去前に、レッカー（牽引）業者が電気自動車の危険性を認識していることを確認する。 ・牽引・回収・撤去作業中の車両に継続的な影響が疑われる場合、車両及び部品を隔離し、直ちに 911 へ通報する。EV は一般にロールバックで搬送することが望ましく、事故車・焼損車は他の車両や構造物から少なくとも 50 フィート離す。スペース制約で不可能な場合、損傷車両は、着火が起きた場合の延焼を防ぐ耐火性「バンカー」に置かれる場合がある。 車両は、他の車両や構造物から少なくとも 50 フィート離して保管するか、スペースが限られる場合は封じ込め区域に保管する。 EV で火災又は部品故障が疑われる場合、車両及び部品を安全に隔離し、直ちに 911 へ通報する。
ドイツ	消火活動の完了後、可能であれば、ERG（救助データシート）の記載に従って車両を無効化（停止）すること。 機械的又は熱的な影響により損傷した車両内のリチウムイオンバッテリー（LiB）で、LiB 内部に継続する火災の兆候が見られないものは、安全上の注意事項及び必要に応じて引渡しプロトコル、並びに必要に応じて温度測定プロトコル（例：vfdb e. V. のメルクブラット 06-12 及び 06-13 に準拠）とともに、車両回収（引き揚げ）事業者へ引き渡すこと。 ハイブリッド車及び電気自動車を、水で満たしたコンテナに予防的に沈めることは推奨されない。乾式の隔離（乾式クオランティーン）又は、例えば VDA の推奨に従った適切な保管場所での保管を、これに適格な回収事業者が実施すれば十分である。 消火活動の完了後も、LiB の熱分解生成物又は残渣により汚染された区域で追加の措置が必要な場合、重金属を含む粉じん等による有害物質曝露を防ぐため、適切な防護措置が必要である。火災となった車両の駆動方式にかかわらず、次が適用される： 現場衛生に留意すること。 火災煙、その他の燃焼生成物又は残渣により汚染された防護服及び装備品は、DGUV 情報 205-035「消防における衛生と汚染回避」に従って取り扱うこと。 水没コンテナによる隔離について 目的：LiB の上面まで浸水させる。開口部から水を浸透させ、熱暴走の進行を止める。 注意： ・ 隔離処理の終了は、資格を持つ専門会社が行うこと ・ 汚染された消火水は、必ず専門的に処理する必要がある。通常の排水

	は不可となる。 制約事項： ・ 大規模な後処理（特に消火水処理）が必要 ・ 例外的なケースのみで使用するべき ※再発火リスクが非常に高いときなどだと想像される。 ・ 予防的（火災兆候が見られない）場合は水没コンテナの使用を禁止し、この場合は乾式隔離で十分である。 なお、消防においてはこうした水没コンテナや隔離シートを常備する必要はない。
ノルウェー	（リスクレベル 2：車両が火災／衝突にさらされた後の対応） ・ 火災／衝突にさらされた車両は自然発火することがある。 ・ 車両を、他の可燃物から少なくとも 10m 離れた適切な場所へ搬送する。 ・ トンネルを避け、必要に応じてレッカー車に追従することを検討する。 ・ 電池内で新たな内部短絡が起こり再着火する危険について、レッカー車に周知する。 （リスクレベル 3：電池火災の消火後（後消火）） ・ 消火水は高い pH 値（アルカリ性、pH8～14）となり得る。 ・ 電池を大量の水で冷却する。 ・ 室内のガス濃度を監視して電池室を監視する。校正済みのガス濃度測定器を使用する。 ・ 電池室の継続的な換気を開始する。 ・ 煙に曝された装備及び被服は、使用後に除染する。 （リスクレベル 4：電池室の消火後（後消火）） ・ 消火水は高い pH 値（アルカリ性、pH8～14）となり得る。 ・ 電池を大量の水で冷却する。 ・ 室内のガス濃度を監視して電池室を監視する。校正済みの Ex 測定器を使用する。 ・ 電池室の継続的な換気を開始する。 ・ 煙に曝された装備及び被服は、使用後に除染する。 （4.5 現場の確保） 電池火災で、すべての電池が燃え尽きていない場合、燃え尽きていない電池が自然発火したりガスを放出したりする現実的な危険がある。これは一回目の発火の後かなり時間が経ってから起こり得るが、どのくらい後かに確かな答えはない。特に、片付けの際に電池を動かしたときの電池内短絡の結果として起こ

	り得る。 したがって、火災で損傷した電池室へ立ち入る際には、常に呼吸用空気を伴う完全な防護装備を使用することが重要である。 火災で損傷した電池室を監視するために、温度監視とガス濃度監視という2つの測定パラメータを用いることができる。温度監視（IR カメラ）では、BMS が停止している場合、電池の表面温度（セル温度ではない）のみを測定できる。温度測定は、安定した値又は低下する値のみを示すべきである。 温度が上昇する場合、それは電池システム内で熱を発生させる進行中のプロセスがあることを示しており、時間の経過とともに自然発火又はガス放出に至り得る。 室内のガス濃度を測定することで、電池内で進行中の化学プロセスがあるかどうか、また電池室の大気が安全かどうかのイメージを得ることができる。 ガス濃度監視は、火災で損傷した電池室で安全に作業するための最も重要な測定パラメータである。 酸素濃度、可燃性ガス及び CO を測定する測定器を使用できる。測定器が校正されていること、また測定器を使用する人員が使用について訓練を受けていることが重要である。 現場の状況が把握され安定したとき、通常は消防が、犯罪捜査上の痕跡保全のための警察、保険会社又は所有者等に責任を引き渡す。電池火災、とりわけ移動できない大規模固定設備（BESS）の場合、上記の者は現場評価に必要な能力を有していない可能性が高い。警察管区に対して KRIP0S 又は国家事故調査委員会から支援が行われることになれば、消防からの追加支援が求められる場合がある。 再着火の危険は数日から数週間にわたって存在し得る。電池モジュールは解体が必要となる可能性があり、損傷していない電池は放電すべきである。電池が損傷していないと判断することは、モジュールを解体しない限り不可能かもしれない。ここでは他の専門家の助けが必要である。候補としては、電池供給者、ノルウェーバッテリーリサイクル又はその他の電池に関する特定の専門性を有する者が考えられる。警察が消防と協議のうえ、現場が引き渡される前に、専門家がリスク評価の支援を行うことを確実にすることを推奨する。欠陥及び損傷した電池は専門会社が撤去しなければならない。損傷した電池の輸送は ADR 規則に従って行わなければならない。各消防は自地区に何があるかを把握し、責任関係について地域の取り決めを行うべきである。

	(4.5.1 期間) ノルウェーでは、現時点で経験として参照できる事案は少数である。しかし、存在する事案は国際的規模と関心を有している。大規模電池の事案後の経験としては、時間がかかるということである。短時間の小さな出動指令が多数あることもあり、目に見える又は感じられる進展がない場合もある。これはしばしば、あまり効率的でないという感覚を生む。しかし、経験、新たな知識、新たな方法により、より良く、より安全で、より効率的に対処できるようになる。 電池火災が疑われる大規模事案では、長期化し得ることを計画に織り込むべきである。事案が迅速に解決されるという期待を下げることは、事案の早期に忍耐と持久力を生み出すのに役立つ可能性がある。船舶 BRIM を例に取れば、この事案は 5～6 日間運用され、船舶と環境の双方に対して複数のセクターが設けられた。そして多くの時間は、遭難船に対する大きな能動的介入なしに、測定と準備に費やされた。 (4.5.2 除染) 煙に曝された人員は、活動が終了したら直ちにすべての衣類を交換しなければならない。シャワーは可能な限り早く実施する。 個人用防護具及び使用した装備の洗浄は、汚染装備の手順に従って実施する。 LiB 火災の臭いは強烈である。Ytterøyningen（地名。船の蓄電池室から発火後、電池が熱暴走した事故）の火災後、消防衣及び化学防護服の臭いは洗浄で除去できず、廃棄しなければならなかった。 衣類及び装備のクリーニングのため、例えば損害軽減会社と契約を結ぶことを検討する。 (付録 4：再着火・搬送・保管) 電池は、燃え尽きたように見えた後でも、再び出火することが知られている。これは電池火災の後、数時間、数日又は数週間後に起こり得る。したがって、消防は、現場を確保し、事後に電池パックを取り扱う者がこの点を認識しているようにすることが重要である。例えば、電池を搭載した損傷車両は、再着火が周囲に危険をもたらさないように配置しなければならない。すなわち屋外で、建物から十分な距離を取る。
韓国	火災後の措置 移動が可能な場合：牽引車と消防ポンプ車が同行し、再発火に備える。 移動が難しい場合：移動式水槽で水を満たし、車両を浸水させ再発火を防止する。 その後、国立消防研究院等の関係機関へ火災原因調査を正式に依頼する。

中国	8. 4 現場清理 8. 4. 1 災害事故の処置終了後、現場を全面的かつ細致に点検・清理し、車主及び関係部門へ現場を引き渡すのが望ましい。現場撤収時は人員を点呼し、器材・装備を整理する。 8. 4. 2 車主及び関係部門に対し、損傷電池を適切に処理し、合理的な転送方法を採用して、事故車両が転送及び後期の静置過程で出火することを防止するよう注意喚起する。 8. 4. 3 高圧電池の電量がすべて放出される前は、可能な限り車両を建物又は他車両から 15m 以上離れた場所に置く。条件を満たせない場合は、車両を相対的に閉鎖された安全区域に置き、周辺の建物及び車両への破壊を回避するのが望ましい。 8. 4. 4 車両を移動する際、直接の牽引（拖挂）は行ってはならない。電動車の転送要求に従って移動するのが望ましく、さもなくば駆動輪を強制的に引きずることで高圧電池システムの火災を引き起こす。

3-7 提言

ここまで各国メーカー・消防・団体における対応を記述してきた。日本の現行マニュアルでも十分に機能すると考えられるが、ここまでの調査をもとに、期待すべきベストプラクティスを本章で示す。

3-7-1 緊急時レスキューガイド取得環境の整備

消火活動に当たり、緊急時レスキューガイドの取得環境を整備することを提言する。緊急時レスキューガイドにはバッテリーの位置や高電圧解除方法等消火に重要な情報が記載されているが、消火時の緊急時レスキューガイド取得環境は整備されておらず、インターネット等を用いて、緊急時レスキューガイドへのアクセス環境を整えることが重要である。例として、アメリカでは NHTSA により緊急時レスキューガイドのインターネット取得環境 (<https://www.nhtsa.gov/emergency-response-guides>) が整備され、車種を検索すると緊急時レスキューガイドが取得できるようになっている。取得環境を整える際には、この米国の事例を参考にすることが案として考えられる。

また、上記が難しい場合や立ち上げ期間等は、消防車や消防署に主要メーカーの緊急時レスキューガイドを準備しておくことを推奨する。2025 年の販売台数ランキングを鑑みて、具体的な車種候補は下記のとおりである。特に海外メーカーは日本語の緊急時レスキューガイドが見つけにくい可能性があるため、事前の準備が重要である。

【HEV】

トヨタ（ヤリス、カローラ、シエンタ、アルファード、ノア、ヴォクシー）、ホンダ（フリード）、スズキ（スペーシア）、日産（セレナ）、他日本メーカー（マツダ、スバル等）、欧州メーカー（VW、ベンツ、BMW、アウディ等。欧州メーカー車の消火方法は共通のレスキューガイドで用意され、車種ごとのレスキューガイドには構造のみ記載されている。）

【BEV】

日産（サクラ、ノート）、三菱（ek クロス EV）、ホンダ（N-VAN e:）、トヨタ（bZ4X）、テスラ（Model Y）、BYD（Sealion）、現代（INSTER）

※日産 e-POWER シリーズは仕組みが BEV に近いので BEV として扱う。

3-7-2 対応フロー

消火時の対応フロー案を下記に示す。このフローに至った経緯や、フロー外で考慮すべき事項は、3-7-33-7-3 項以降に記載する。

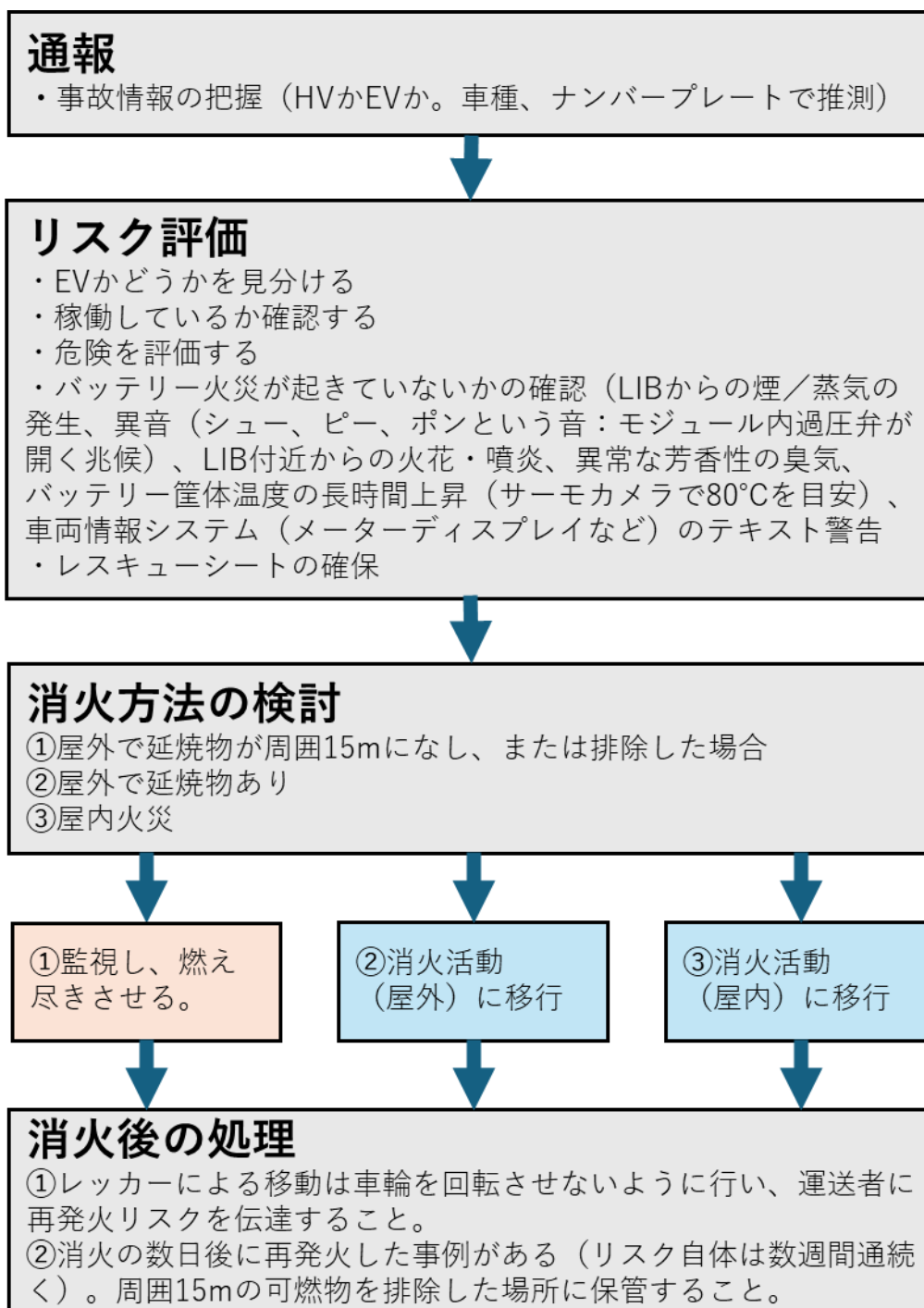


図 3-20 対応フロー案（消火活動以外）

消火活動（屋外）

- ①大量の水にアクセスできる環境であることを確認する
- ②車両を固定し、可能であれば窓をあけ可燃蒸気の滞留を防ぐ
- ③車両が充電中の場合、電源を遮断する。遮断できない場合は電気設備の消火と同様に扱う。
- ④ゾーニングを実施する。
- ⑤棒状注水の距離を利用し、できるだけ離れた個所から放水を実施する。
- ⑥必要に応じて、防火ブランケットを掛け延焼を防止する
- ⑦アンダーノズルによる電池冷却を実施する。

【鎮火後】

- ⑧ブランケットを取り外す。可燃性蒸気による爆発リスクがあるため十分離れた位置から取り外すことが望ましい。
- ⑨鎮火後も再燃リスク対応で30分は水をかけ続ける。この際放射温度計による温度確認により状況を判断する。

消火活動（屋内）

- ①周囲の可燃蒸気濃度を測定する。
- ②換気設備がある場合は換気を実施する。
- ③大量の水にアクセスできる環境であることを確認する。
- ④車両を固定する。状況に応じ窓をあけ可燃蒸気の滞留を防ぐ
- ⑤車両が充電中の場合、電源を遮断する。
- ⑥ゾーニングを実施する。
- ⑦下記の対応を並行して消火する。消火を目指すのではなく、燃え尽きるまで火勢を制御する前提で消火を実施すること。
 - ・スプリンクラがある場合は利用する。
 - ・スポット送風機を用いて煙と可燃物蒸気の滞留を防ぐ。
 - ・放水時は可燃性ガス飛散を防ぐため、噴霧放水が望ましい。電気設備の消火と同様に安全距離に注意のこと
 - ・アンダーノズルによる電池冷却を実施する。
 - ・防火ブランケットを掛け、視界確保ならびに延焼を防止する。
（この時、車体が密集している環境下では周囲の車両に防火ブランケットを掛けることも有効である。）
- ⑧ブランケットを取り外す。可燃性蒸気による爆発リスクがあるため十分離れた位置から取り外すことが望ましい。
- ⑨鎮火後も再燃リスク対応で30分は水をかけ続ける。この際放射温度計による温度確認により状況を判断する。

図 3-21 消火活動フローの案

3-7-3 通報受領時

本項から 3-7-10 項までは、現行マニュアルの日本の対応、追加すべき事項、検討の余地がある事項の 3 つの観点で整理する。

日本の対応	1 事故の状況（単独又は複数事故等） 2 挟まれや閉じ込め等の有無（救助活動の必要性） 3 発生場所の住所等（一般道路又は高速道路等） 4 負傷者数（年齢、性別等）及び負傷程度（症候、出血等） 5 車両の種類（乗用車、トラック、次世代自動車等）
追加すべき事項	・ EV の場合、メーカーと車種を確認すること。 ・ 充電率を確認すること（充電中かどうか等）
検討の余地がある事項	・ ナンバープレートの確認（車種の絞り込みに使用）

3-7-4 車種識別

現行マニュアルには日本車における EV 識別方法のみ記載している。（マーク、メーカー等）海外メーカーの自動車についても同様の物を用意することを提言する。

3-7-5 保護具の着用

日本の対応ならびに追加すべき要素を下記に示す。

日本の対応	交通救助では要救助者が外傷を受けている場合が多いため、感染防止衣等を着用することを原則とし、感電の危険がある場面では絶縁保護具を、火災危険等がある場合は防火衣等の着装を考慮する。 ・ 保安帽 ・ ゴーグル（防塵・防護用） ・ マスク（感染防止用） ・ 感染防止衣（上衣・ズボン） ・ パッド（膝／肘） ・ 手袋（ケブラー、救助用皮手袋、ディスポーザブルグローブ） ・ 安全ベスト（反射板付きが望ましい） ・ 絶縁保護具（耐電ヘルメット、耐電手袋、帯電シート、耐電衣、耐電ズボン、耐電長靴、絶縁工具、絶縁テープ） ・ 防火衣、防火ズボン（災害状況に応じて空気呼吸器等を含む） ・ その他（NBC が関連する場合は、その危険物質に応じた防護対応とする）
追加すべき事項	・ 呼吸保護具（SCBA）
検討の余地がある事項	特記なし

3-7-6 使用資機材

日本の対応ならびに追加すべき要素を下記に示す。消火用資機材の詳細は 3-7-9 項で記載する。

日本の対応	5 使用資機材の準備 ・ 油圧ジャッキ ・ 油圧スプレッダー（大型油圧スプレッダー） ・ 油圧切断機（大型油圧切断機） ・ 可搬ウインチ ・ 携帯救助工具 ・ 送排風機 ・ その他（マット型空気ジャッキ、保護布等） ・ 水素ガス検知器（水素自動車の場合） ・ サーモグラフィカメラ ・ スポットライト（バルカン 180 ファイヤー）
追加すべき事項	・ 爆発ガスの検知装置：ノルウェー消防等で推奨。現在は水素ガス検知器のみであるが、電解液の蒸気を測定可能となるとより爆発リスクに気づきやすくなる。 【消火用資機材：後述】 ・ 下部放水ノズル ・ 防火ブランケット
検討の余地がある事項	下記事項は検討の余地あり。詳細は消火方法の項で述べる。 ・ 高圧貫通ノズル ・ 移動式コンテナ ・ 移動式水槽

3-7-7 現場到着時の対応

日本の対応ならびに追加すべき事項を下記に示す。

日本の対応	4 情報収集 ・ 事故状況（発生場所、車両の安定状況、危険物質等の流出状況等） ・ 負傷者の把握（要救助者の人数、状況等を含む） ※ 要救助者が車外に放出されている可能性もあるため、事故車両内だけでなく周囲の確認も合わせて行うこと。 ・ 消防活動に対する消防力の優劣状況等 ・ 関係機関の対応状況（警察機関等） ・ 車両の特徴（次世代自動車等に該当か否かを確認）

	【HEV の場合】 車両の状態を確認 以下の項目が一つでもあてはまる場合は、車両が起動状態である可能性がある。高電圧を遮断すること。遮断できない場合は必ず絶縁保護具を着用。 - エンジンが作動している - パワースイッチがオンになっている - メーターが点灯している - エアコンが作動している - オーディオが作動している - ワイパーが作動している 【BEV の場合】 車両の状態を確認 以下の項目が一つでもあてはまる場合は、車両が起動状態である可能性がある。高電圧を遮断すること。遮断できない場合は必ず絶縁保護具を着用。 - パワースイッチがオンになっている - メーターが点灯している - エアコンが作動している - オーディオが作動している - ワイパーが作動している バッテリー搭載位置（車底部等）から白煙の吹き出しがあれば、高電圧バッテリーの損傷や今後火災に移行する可能性がある。
追加すべき事項	・ ERG（緊急時レスキューガイド）の取得。 ・ 火災がバッテリーに関係しているかを確認。 下記がバッテリー関係火災を見分ける要素である（白煙の吹き出し以外に下記項目を追加）。 ・ LiB からの煙／蒸気の発生 ・ 音の発生（シュー、ピー、ポンという音：モジュール内過圧弁が開く兆候） ・ LiB 付近からの火花・噴炎 ・ 異常な芳香性の臭気 ・ バッテリー筐体温度の長時間上昇（サーモグラフィカメラで確認可能）。LiB 筐体外面温度が 80℃ 超なら危険状態とみなす。 ・ 車両情報システム（メーターディスプレイ等）のテキスト警告 ・ 長期給水が確立できるか確認すること。

検討の余地がある事項	特記なし

3-7-8 停車とゾーニング

日本の対応ならびに追加すべき事項を下記に示す。

日本の対応	2 車両の安定化 ・ エンジン等が作動している場合は、エンジンを停止させキーを抜き取る（スマートキーの場合は、誤作動防止のためスマートキーと車両の距離を 5m 程度確保する）。 ・ シフトレバーのパーキング位置を確認する。 ・ サイドブレーキの作動状況を確認する。 ・ 突然車両が動き出すことも考えられるため、車輪止めを適宜設置する。
追加すべき事項	特記なし
検討の余地がある事項	中国ではゾーニングについて詳細な定義がされている。現時点で大きな問題はないと考えるが、必要に応じて検討の余地がある。 通常、事故車両周辺 10m の範囲に作業区を設定し、できる限り無関係な車両・人員・船舶の進入を禁止する。5m の範囲に作業域を設定し、直接に治療又は閉じ込められた人の救出を担当する救援人員のみが進入を許可される。可燃性・有毒ガスを継続的に監視し、事故車両の動力電池部位の温度を監視し、適時に警戒範囲を調整する必要がある。

3-7-9 消火方法

消火方法の提言を以下に示す。特に、ドリルや浸漬プールを用いてバッテリーを直接水に浸漬するかどうかについてはメーカー・国によって対応が分かれるところであり、慎重に検討すべきである。

日本の対応 HEV	タンクの破損に気をつけて放水する (燃料やオイル類といった内容物が流出し火勢が強くなることもある) バッテリーを冷却するために大量の水で消火を行う ※ バッテリーの搭載位置については各車種の緊急時レスキューガイド等を参照 ※ リチウムイオンバッテリーを搭載している場合、燃えているバッテリーから生じた煙や蒸気が目・鼻・のどに刺激を与えることがあるため注意する ※ 鎮火後でも高温バッテリーが再燃する可能性があるため、鎮火後最低 30 分程度は高電圧バッテリー部に多量の水をかけ続ける

日本の対応 BEV	<活動>バッテリーを冷却するために大量の水で消火を行う ※ バッテリーの搭載位置については各車種の緊急時レスキューガイド等を参照 ※ リチウムイオンバッテリーを搭載している場合、燃えているバッテリーから生じた煙や蒸気が目・鼻・のどに刺激を与えることがあるため注意する ※ 鎮火後でも高温バッテリーが再燃する可能性があるため、鎮火後最低 30 分程度は高電圧バッテリー部に多量の水をかけ続ける
追加すべき事項	・ EV 火災に関する戦術的考慮を分割することを提言する：米国 シナリオ 1：曝露なし - 燃やすに任せる。 シナリオ 2：他車両への曝露 - 大量の水で消火を試みる。 シナリオ 3：ガレージ又は建物内 - 大量の水で消火を試みる。 各シナリオ共通の提言 ・ 安全距離について：韓国、ドイツ 韓国にて初動は棒状放水の直線距離を活かして消火し、効果が出次第対角から近づくという記述が確認される。ドイツでは、車両の高電圧設備による電氣的危険は構造上起こりにくいものの、高電圧システムは電気設備に該当する。したがって消火活動では規格で示される安全距離（低電圧：霧状放水＝1m、直線放水＝5m）を守るべきである。車体に近づく場合はこの距離を念頭に置いて消火すべきである。 ・ 電源について：ノルウェー 車両が充電中なら外部電源を遮断するという表記が必要である。 ・ 窓の開放について：米国 車内に爆発性の蒸気が充満することを防ぐため、可能な場合は窓を開けることも有効である。 各シナリオの提言 シナリオ 1：屋外で周囲 15m に延焼の危険性が無い場合、又は排除した場合。現場を長時間封鎖しても良い場合 この燃やすに任せる戦術を採用することを推奨する。なお、米国の UL の実験³⁷⁹では、約 1 時間で鎮火したと記載されている。一方で本書で紹介した EV トラックの火災事例では 2 日間燻ぶったとの記載もあるため、バスやトラック等電池が大容量の車体の火災の場合は、長期間にわたる封鎖が必要となる可能性がある。

³⁷⁹ UL Research Solutions, <https://fsri.org/research-update/experiments-enabling-analysis-electric-vehicle-fire-behavior-are-completed>

	シナリオ 2：他車両への延焼のおそれがある場合 ・ 必要に応じて車両を引き離し、延焼を防げる場合はシナリオ 1 に移行することを提言する。：ノルウェー シナリオ 3：屋内火災の場合 ・ 換気開始前に、その空間のガス濃度を知ることが絶対に重要である（ガスが爆発リスクのある濃度範囲内か）。 ・ バッテリー火災が閉鎖されガスが溜まる可能性がある場合である。この場合、換気を制御することが不可欠である。：ノルウェー ・ 二次災害の発生を避けるため、まず充電ステーションの電源位置を確定して遮断する必要がある。：中国 ・ 車両下側への放水（アンダースプレー）の採用：韓国・ノルウェーで使用し、電池を効率的に冷却できると実験の結果確認された。日本メーカーでも販売されている。 地下で充電中に発生した電気自動車火災では、視界不良及び換気不良により消防活動が著しく困難となる。 このため、分霧放水によるガス除去、下部集中的冷却、窒息消火覆いによる視界確保を組みあわせた消火が必要である：韓国 【防火ブランケットの使用】 防火ブランケットを使用に際して場合は以下の点に注意すること。 ・ 防火ブランケットは消火の目的ではなく延焼防止や視界確保の目的で使用するものである。また、使用時にはアンダーノズル等の能動冷却と併用すること。バッテリー火災時に防火ブランケットを使用する場合、バッテリー周囲の温度を上げ、近接モジュールへ火災を伝播させるおそれがある。 ・ 防火ブランケット内は可燃性ガスが爆発雰囲気下となる可能性がある。3-8-1 項で紹介する実験では鎮火 60 分後にブランケットを取り外したところ爆発した。十分離れた位置から取り外す必要がある（紐を取り付けておく、遠くから治具で外す等が考えられる）。 ・ ブランケットの数が十分である場合、火災を起こした車両にブランケットを掛けず、周囲の車両にブランケットを掛け延焼を防止する手法も有効である。
検討の余地がある事項	・ 高圧貫通ノズル：放水量を大幅に抑えられ、消火効率も良いが、バッテリー外壁を貫通させてバッテリーを直接冷却することを許可しているのは韓国消防のみであり、ドイツでは有識者のリスクアセスメントのうえ実

	施、米国では現行マニュアルで禁止のうえ実証実験段階、ノルウェーでは禁止している。今後の実験による確認と継続的な情報収集が望まれる。 ・ 浸水コンテナ：バッテリーを水没させ消火を行う。日本での販売台数が多いテスラが水没を非推奨としており、慎重に検討が必要。

3-7-10 消火後の対応

現行マニュアルにおける消火後の対応は記載がないため、大幅な拡張が必要と考える。

日本の対応	当該マニュアルには記載なし。高電圧の遮断まで。
追加すべき事項	・ EV は下記の状態で搬送すること：各メーカー緊急時レスキューガイド、米国  移動方法：米国消火マニュアルより引用 ・ 事故車・焼損車は他の車両や構造物から少なくとも 50 フィート（15.2m）離すべきである。スペース制約で不可能な場合、損傷車両は、着火が起きた場合の延焼を防ぐ耐火性「バンカー」に置かれる場合がある。車両は、他の車両や構造物から少なくとも 50 フィート離して保管するか、スペースが限られる場合は封じ込め区域に保管すべきである。 ・ 電池の電量がすべて放出される前は、可能な限り車両を建物又は他車両から 15m 以上離れた場所に置く。条件を満たせない場合は、車両を相対的に閉鎖された安全区域に置き、周辺の建物及び車両への破壊を回避するのが望ましい。：中国 ・ 消火の数日後に火災が発生した事例がある（リスク自体は数週間持続する）。搬送中に再燃する可能性もある。：米国、ノルウェー ・ レッカー業者に EV 火災のリスクについて伝達すること。 ・ 煙に曝された人員は、活動が終了したら直ちにすべての衣類を交換しなければならない。可能な限り早くシャワーを浴びる。：ノルウェー
検討の余地がある事項	・ 移動式消火水槽の使用について 消火後の移動に水没コンテナを使用する事例は各国あるが、ドイツでは必須でなく、韓国ではレッカー車の後ろを消防車が走行する手法も採られ、

	必ずしも水没コンテナで輸送する必要はないと考える。この他、水没した水は汚染度が高く処理が難しい問題点もある。 ・ 止水板の使用について 消火設備メーカーからは、アンダーノズルと併せて止水板を使用する方法も推奨されている。ただし、韓国消防によるマニュアルでは、止水板について、早期冷却に効果がある一方、急激な温度変化に起因するバッテリー損傷による安全管理の必要性和有害物質の発生量の増加から、慎重に設置すべきと記載がある。

3-7-11 特殊車両の消火方法の確認

EV バス、EVトラック、EV フォークリフト等特殊車両の消火方法の確立を提言する。特殊車両は通常車両とバッテリー位置や構造が異なるため、専用の消火方法を確認する必要がある。参考までに、韓国消防火災実験による特殊車両記述を紹介する。

電気トラック（ポーターEV・ボンゴEV）の注意点。電気トラックは、バッテリーパックの位置が高いため、通常の浸水式冷却では十分な水没ができない場合がある。そのため、タイヤを損傷させて車高を下げる等の措置により、冷却・放電を確実に行う必要がある。

電動フォークリフトは、内燃式フォークリフトと外観で区別可能である。フォークリフト内部のバッテリーは狭い空間に密集して配置されており、冷却消火を行っても鎮圧が困難な場合がある。また、内部の油圧タンクが長時間加熱されると、ボイルオーバー様の火災が発生する可能性がある。このため、無理に内部へ接近するよりも、周囲への延焼防止を優先する対応が求められる。

多くの電気バスでは、バッテリーパックが車両上部（屋根）に配置されている。

また、電気バスは金属製の屋根構造により絶縁抵抗が極めて低く、屋根上での消火活動は非常に危険である。また、高電圧ケーブルが露出している場合があり、被覆破損時には感電や短絡が発生するおそれがある。

電気バス火災対応の原則として、

- ・ 屋根上での消火活動は禁止
- ・ 消防高所作業車を活用し、高所からの冷却放水を実施
- ・ 常に感電リスクを考慮した安全距離を確保

が求められる。

3-7-12 都民への周知事項

本書ではEV火災の基準の分析や消火方法の比較等を行ってきたが、火災自体を防ぐには、都民の皆様が正しくEVを使用できるよう、情報発信をしていくことが不可欠である。

今回の調査範囲において、広く発信すべきと考える電気自動車の火災予防のための日常管理、火災時の初期対応方法等の具体的な内容案は以下のようなものが考えられる。

(1) 充電について

- ・ コードを地面に置かないこと
- ・ 充電器は延長コードを使わないこと
- ・ 充電器に漏電遮断器があることを確認すること
- ・ 充電設備の周りに可燃物を置かないこと
- ・ 使用前に充電器やコードに損傷がないか確認し、損傷がある場合は絶対に使用しないこと
- ・ 認定試験機関によって認証された機器を使用すること
- ・ メーカーの指示をよく読み、必ず従うこと
- ・ 充電ステーションのコンセントには水が入らないようカバーをすること
- ・ 火災時に避難の妨げとならない箇所に電気自動車/E バイクを保管すること。爆発的に燃焼するため、玄関等に置くと火災時に避難できないおそれがある
- ・ 100%充電されたら速やかに充電器から外すこと

(2) 感電について

- ・ 電気自動車には高電圧バッテリーがある
- ・ バッテリーのメンテナンスはメーカーで実施すること
- ・ オレンジ色の高電圧ケーブルには絶対に触れないこと

火災時の初期対応方法として、以下の周知が必要と考える。

- (1) 安全が確保されている場合、電気火災に対応した消火器（クラスC消火器）を使用し初期消火を実施すること。また、水による消火は感電の危険があるため極力避けること
- (2) 消防への通報時に、その車がハイブリッド車か電気自動車であることを伝えること
- (3) 火が出てしまった場合は、周囲に延焼しないよう可能なものは排除し、消防の到着を待つこと

3-7-13 その他の対応

各行政機関から提示されている火災対策の他、下記項目の新規検討・強化を提言する。

- (1) 特に充電場は火災リスクが大きいため、周囲に可燃物が無い箇所に設置するよう指導すること
- (2) 屋内に充電場を設置するときは排煙できるような箇所（開放部付近）に設置する事例もあったことから、火災発生時のリスクについて周知すること
- (3) 火災リスクのある電池のリコールについては最大限周知すること
- (4) E バイクの業界標準が定まっていない。UN ECE R136 が実質的な基準と考えられるが義務ではないため、この認証を受けることを義務化、又は強く推奨すること

3-8 調査時に得られたその他情報

3-8-1 NFPA による消火実験

NFPA では、実際の EV を用いて消火方法の大規模実験を行っている。概要は以下のとおり。

(1) 目的

- ・ 消防士の安全確保と効果的な EV 火災対応戦術の開発
- ・ 従来の推奨（大量の水を長時間使用）の課題の解決：水源の制限、長時間の対応

(2) 実験仕様

メーカー4社のバッテリーパックと実物の4台の車両を使用し、過充電による熱暴走を誘発した場合の消火方法について実験

(3) 結果

① 水量

3本のホースラインで24分、3,200ガロン（約12.1トン）の水で完全消火（従来の想定より大幅に少ない）。車両の再配置、対向流による水流、水圧換気の活用が重要事項

② 消火剤

小～中型バッテリーには効果的な一方、大型EVでは実用課題あり

③ 防火ブランケット

蒸気封じ込めに効果的（CO濃度を大幅に低減）

安全上の注意：設置後は動かさない、取り外す際は安全距離の確保が必要
水冷却との併用が効果的

※ EVfiresafe.com に本実験における防火ブランケットの注意事項が記載されている。60分後に防火ブランケットを取り外そうとしたところ、空気が入り込み、再度引火、爆発的に燃焼し、7人の消防士が地面に倒れるほどの威力となった。防火ブランケット使用時には十分この現象に注意して取り外す必要がある。

結論

各戦術に長所と短所があり、状況に応じた適用が必要

従来想定より少ないリソースで効果的な消火が可能

残留エネルギー管理が重要な課題

第4節 電気設備等の燃焼実験

4-1 PV モジュールに関する実証実験

以下の背景に基づき、次年度以降に実施計画中の本格実証実験の予備実験として、2025 年 11 月、能美防災妻沼東事業所実験場にて、「壁面設置型フレキシブル PV モジュールの延焼性に関する実証実験」を実施した。

- ・ 平成 25 年度「太陽光発電設備に係る防火安全対策」の検討のなかで、屋根面への設置を想定したガラス封入型 PV モジュール（結晶系、薄膜系及び CIS 系）の燃焼実験を実施したが、その後、新たな知見を得るための実験が未実施であること
- ・ 官公庁及び業界団体の動向より、現在広く普及しているガラス封入型 PV モジュール対比で、薄くて軽く様々な場所に設置可能なフィルム型 PV モジュール（例：ペロブスカイト型）の普及のための施策が推進されていること
- ・ 東京消防庁において、屋根面以外への設置に対する消火活動等の検討がなされていないこと

4-1-1 壁面設置型フレキシブル PV モジュールの延焼性に関する実証実験

4-1-1-1 実験の目的

本実験では、フィルム型 PV モジュールの燃焼性・延焼性に関する火災実験を行い、太陽光発電設備に係る防火安全対策（消火活動等及び指導基準の策定）として、燃焼性状に関する知見を得ることを目的とする。

4-1-1-2 実験方法等

(1) 実験対象

以下 2 種類のフィルム型 PV モジュールを対象とした。

① 試験体 1

製品概要は以下のとおり。

- ・ サイズ：1,170mm（幅）×1,750mm（高さ）×3mm（奥行）
- ・ 重量：3kg/m²
- ・ 層構造：フッ素系樹脂フィルム/封止材（EVA）/ガラスファイバー/封止材（EVA）/電池機構部/封止材（EVA）/バックシート
- ・ 柔軟性：一定程度曲げることができ、設置の自由度高い
- ・ 設置場所：屋根や曲面等多様な場所に設置可能
- ・ 表面樹脂：フッ素系樹脂（PVDF）
- ・ 燃焼性：IEC 61730 Class C（難燃性プラスチック/UL94 V-0）
- ・ 接着方式：接着剤/機械固定（アンカーボルト等）

② 試験体 2

製品概要は以下のとおり。

- ・ サイズ：672mm（幅）×1,800mm（高さ）×2mm（奥行）
- ・ 重量：2kg/m²
- ・ 層構造：フッ素系樹脂フィルム/封止材（ポリエチレン系樹脂）/フィルム型薄膜シリコン系電池セル/封止材（ポリエチレン系樹脂）/金属層入り複層バックシート（樹脂層及びステンレス層）/接着施工用フィルム
- ・ 柔軟性：曲げることができ、設置の自由度高い
- ・ 設置場所：屋根や曲面等多様な場所に設置可
- ・ 表面樹脂：フッ素系樹脂フィルム（ETFE）
- ・ 燃焼性：IEC 61730 Class C（難燃性プラスチック/UL94 V-0）
- ・ 接着方式：接着剤/機械固定（アンカーボルト等）

(2) 建物

以下の背景を踏まえ、オフィスビル・商業施設（準耐火・耐火構造）を想定する。

- ・ 屋根設置（陸屋根含む）できる面積に限りがあり、壁面設置の検討が進められていること
- ・ 東京消防庁に対して、壁面等（屋根以外）への設置に関する相談が増加
- ・ 屋根設置に関しては検証済みであり、現状、消防隊は遮光シートを被せて発電を防ぎつつ、消火活動を実施
- ・ 壁面設置に関して実験データがない。遮光シートを被せることも難しく、今後、消防隊の消火活動に支障をきたすおそれがあること

(3) 設置方法

PV モジュールの据付架台壁面にアンカーボルト及び接着剤により固定。据付架台の概要及び設計図は以下のとおり。

- ・ 壁面素材：コンクリート
- ・ 壁面サイズ：1,500mm（幅）×2,500mm（高さ）×100mm（奥行）
- ・ 支持材：鉄骨
- ・ 熱電対：PV モジュールと壁面との間にモジュール下端から等間隔（PV モジュール 1：437.5mm 毎、PV モジュール 2：450mm 毎）に設置（下から計測点「TC1」～「TC5」とする）

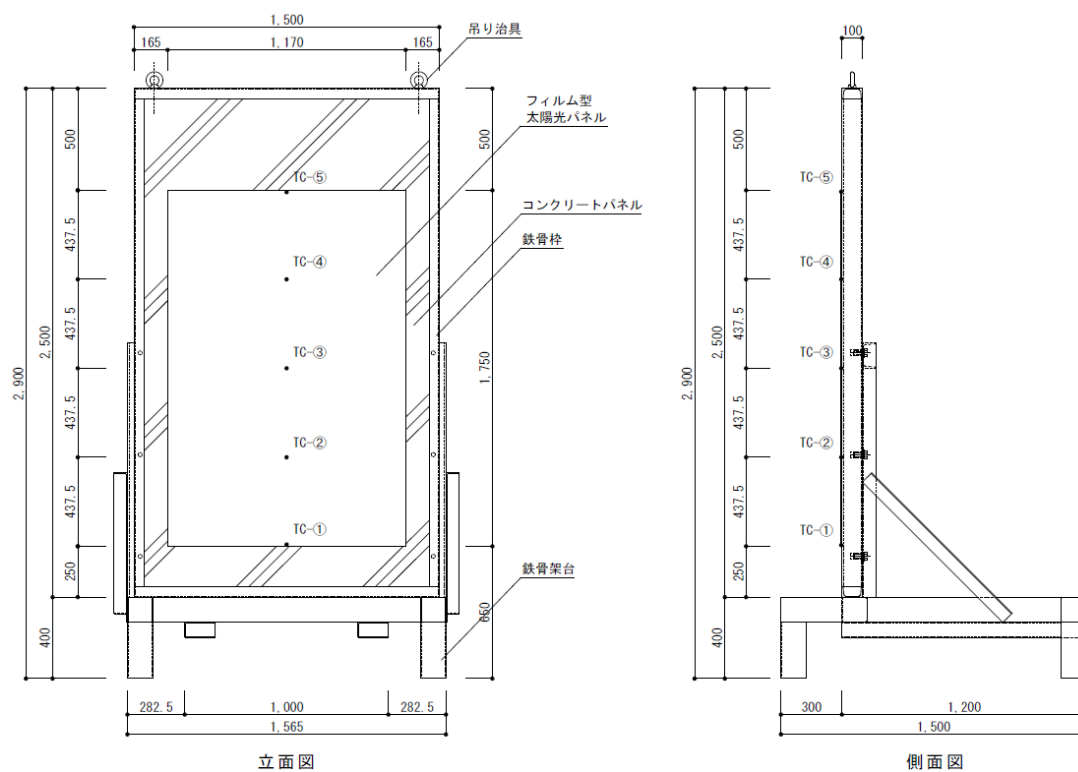


図 4-1 据付架台 1 (試験体 1 設置)

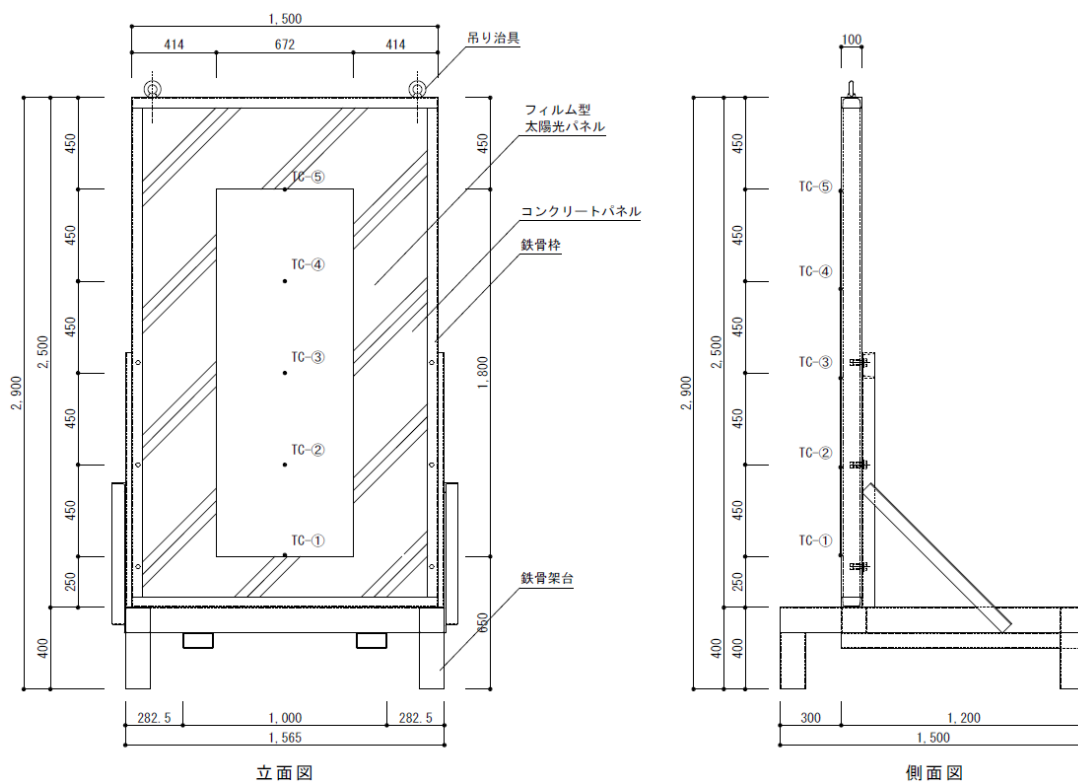


図 4-2 据付架台 2 (試験体 2 設置)

(4) 火源

今回の実験ではガスバーナを火源とする。概要は以下のとおり。

- ・ 火口：1 個
- ・ 燃料：LPG
- ・ 熱流量：15 kW
- ・ 設置位置：PV モジュール下端に接する位置

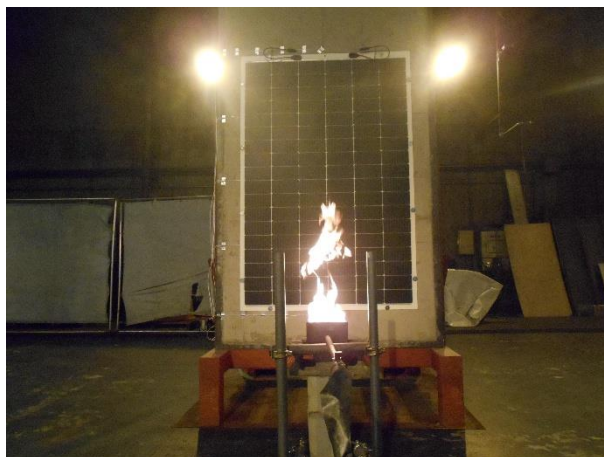


図 4-3 バーナの燃焼状況

(5) 実施手順

実験は以下の手順で実施した。

時間	手順・記録
-1' 00(min)	VTR 録画、温度測定開始
0' 00(min)	ガスバーナ着火
2' 00(min)	試験体への引火確認後、ガスバーナによる加熱中止（録画、温度測定は継続）
X' 00(min)	消火確認
Y' 00(min)	熱電対の温度低下確認後、録画、温度測定終了

(6) 測定項目

PV モジュールの自己燃焼性（消火性）を確認するため、PV モジュールの燃焼性状の観測及び PV モジュールと壁面との間に設置した熱電対による温度測定を実施。概要は以下のとおり。

① PV モジュールの燃焼性状の観測

- ・ 実験前後の PV モジュールの状態をデジタルカメラで撮影
- ・ 実験中の燃焼状況の動画を VTR で記録

② 温度測定

- ・ K タイプ熱電対を用いて、温度測定を実施

4-1-1-3 実験結果

(1) 試験体 1

① 燃焼性状

- ・ 基材と表面がやや燃焼。発煙はわずか
- ・ バーナに炙られた部分のみ燃焼（幅 800mm、高さ 900mm 程度）
- ・ バーナ除去後、約 23 分間燃焼が継続したが（幅 300mm、高さ 300mm 程度）、広範囲への延焼なし



図 4-4 試験体 1（実験前）



図 4-5 試験体 1（バーナ除去後の試験体の燃焼状況）



図 4-6 試験体 1（実験後）

② 温度

各熱電対の温度変化は下表のとおり。

- ・ 最高温度として、バーナ除去直後の TC1 で 403.9℃を計測
- ・ TC4 及び TC5 ではほぼ温度変化なく、TC2 及び TC3 でも大きな温度変化なし
- ・ 炎は PV モジュールを貫通せず、また、PV モジュール裏面への回り込みもなく、熱は、燃焼した PV モジュール表面から素材を通じて、PV モジュール裏面に伝わったものと推定

表 4-1 各計測点における温度変化（試験体 1）

初回バーナー着炎から[sec]	TC1[°C]	TC2[°C]	TC3[°C]	TC4[°C]	TC5[°C]
0	14.7	12.5	12.1	11.8	11.8
30	18.8	16.3	12.9	12.3	13.5
60	23.8	30.8	17.2	14.5	16.7
90	380.7	42.1	25.6	17	21.6
120	402.2	48.6	30.9	17.9	25.2
124（バーナ除去）	403.9	50.1	31.7	17.9	26
150	388	56.3	33.8	18.5	21.5
180	359.4	67.8	33.2	18.9	18.4
240	358.4	81.1	29.3	18.8	16.6
300	367.6	64.2	28	18.5	16.5
389	202.3	49.3	29.7	18.3	16.2
471	100.3	44.9	27.8	18	15.5
814	50	30	20.3	16.2	14.2
1500	33.2	21.6	15.8	13.9	13
1593（消炎）	32.2	20.8	15.4	13.6	13

(2) 試験体 2

① 燃焼性状

- ・ PV モジュール 1 と同様、基材と表面がやや燃焼。発煙はわずか
- ・ バーナに炙られた部分のみ燃焼（幅 300mm、高さ 300mm 程度）
- ・ バーナ除去後、約 3 分間で消炎。広範囲への延焼なし

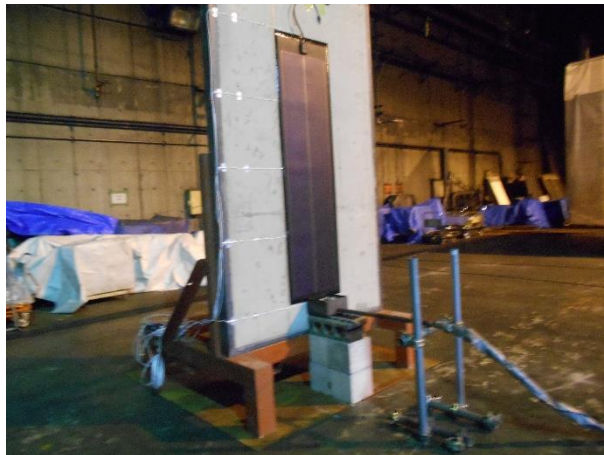


図 4-7 試験体 2（実験前）



図 4-8 試験体 2（バーナ除去後の試験体の燃焼状況）



図 4-9 試験体 2（実験後）

② 温度

各熱電対の温度変化は下表のとおり。

- ・ 最高温度として、バーナ除去の約 90 秒後、TC1 で 195.8℃を計測
- ・ TC3、TC4 及び TC5 ではほぼ温度変化なし
- ・ 試験体 1 と同様、炎は PV モジュールを貫通せず、また、PV モジュール裏面への回り込みもなく、熱は、燃焼した PV モジュール表面から素材を通じて、PV モジュール裏面に伝わったものと推定

表 4-2 各計測点における温度変化（試験体 2）

初回バーナー着炎から[sec]	TC1[°C]	TC2[°C]	TC3[°C]	TC4[°C]	TC5[°C]
0	14	11.7	11.7	11.6	11.6
30	23.5	21.5	13.2	12.5	17.1
60	37.6	37.5	17.2	14.6	20.4
90	45	49.8	20.5	16.4	22.6
120	59.9	59.8	23.1	17.8	23.6
123（バーナ除去）	62.3	61	23.3	18	23.7
150	127.8	64.6	24.4	18.5	20.4
180	167.6	58.9	23.1	17.8	17.9
214	195.8	51.2	21.4	16.8	16.4
240	160.3	46.6	20.2	16.2	15.7
270	111.7	42.2	19	15.6	15.1
300	77.3	38.4	18.2	15	14.7
303（消炎）	75.1	38.1	18.1	15	14.7
365	50.1	32.6	16.8	14.2	14.1
432	40	28.5	15.9	13.7	13.7
540	35	24.6	15	13.3	13.3

4-1-1-4 総括

前述のとおり、試験体 1、2 ともに、モジュール表面が自己消火性を有する難燃性プラスチックで覆われており、また、モジュールを壁面に密着固定させたため炎がモジュール裏面へ回り込むこともなく、バーナ加熱後、燃焼範囲が広がることもなく、概ね速やかに鎮火することが確認された。

ただし、試験体自体の燃焼性（自己消火性）もさることながら、設置方法（今回は壁面に密着固定）、下地素材（今回はコンクリートを使用）及び加熱速度（今回は 15kW で加熱）等の条件により、燃焼の様相が変わることが想定される。適切な消火活動基準策定に向けて、次年度以降の本格実証実験において、より幅広く様々な条件設定による検証を行うことが望まれる。

4-2 電気自動車に関する実証実験

リチウムイオンバッテリー（以下「LiB」）は可燃性の有機電解液を使用していることから従来の水溶液系蓄電池と比べて発火しやすい点が課題である。電気自動車（EV）が不幸にも火災事故を起こした場合、大容量の LiB を多数使用していることから大規模な火災に至る可能性が高く、迅速な消火が求められる。LiB の消火活動に関する指導基準の策定に向けて、次年度以降に実施計画中の本格実証実験の予備実験として、2025 年 10 月 28 日から 11 月 5 日にかけて、国立研究開発法人産業技術総合研究所つくば中央事業所にて、「LiB 燃焼時の発生ガス評価に関する実験」及び「バッテリーパック消火後の冷却挙動の評価に関する実験」を実施した。なお、以下は実験結果サマリであり、詳細は付録を参照されたい。

4-2-1 LiB 燃焼時の発生ガス評価に関する実験

4-2-1-1 実験の目的

LiB を使用した EV が火災事故を起こした時の迅速な消火技術を検討するにあたり、二次被害の防止や、消火活動に当たる者の健康を守るためには、LiB から放出されるガスや粉塵の種類や濃度を把握し、可燃性や毒性について認識する必要がある。そこで、NMC 系正極を用いたラミネート型 LiB（以下、「NMC 系セル」）と LFP 系正極を用いた角型 LiB（以下「LFP 系セル」）の 2 種類の LiB について加熱試験を行い、熱暴走した時に放出されるガスと粉塵の分析を実施した。

4-2-1-2 実験方法等

(1) 実験対象

正極活物質として NMC 系材料を用いたもの、LFP 系材料を用いたものの 2 種類の LiB について実験を実施した。

① NMC 系セル

NMC 系セルとして、日産より販売されている代表的な EV である LEAF の第二世代、型式 ZAA-ZE1 に使用されているセルを選択した。主な仕様を表 4-3 に示す。

表 4-3 NMC 系セルの使用

製造メーカー	AESC（オートモーティブエナジーサプライ）
セル形状	ラミネート型（パウチ型）
セルサイズ	W 261 mm×H 216 mm×D 7.91mm
セル重量	914 g
正極活物質	$\text{LiNi}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2$ （NMC111）
負極活物質	グラファイト（黒鉛）
公称容量	56.3 Ah
公称電圧（平均電圧）	3.65 V

② LFP 系セル

LFP 系セルとして、BMW の M3 及び M4（いずれも EV ではない）にスターター用バッテリー 69AH F80 F82 M3 M4 に使用されているセル、LEV60F を選択した。主な仕様を表 4-4 に示す。

表 4-4 LFP 系セルの仕様

製造メーカー	LEJ（リチウムエナジージャパン）※現在は GS ユアサ
セル形状	角型（金属缶）
セルサイズ	W 171 mm×H 115 mm×D 55 mm
セル重量	2170 g
正極活物質	LiFePO ₄ （LFP）
負極活物質	グラファイト（黒鉛）
公称容量	69 Ah
公称電圧（平均電圧）	3.20 V

(2) 実験場所

国立研究開発法人産業技術総合研究所つくば中央事業所 5 群の敷地内にある、安全科学研究部門爆発安全研究グループが所有する爆発試験用小ピットにて実施した。



図 4-10 爆発試験用小ピット

(3) 試験系

小ピット内の中央付近に試験セルを設置し、セル表面に貼付したヒータをデジタルプログラム調節計により一定の速度で昇温する形で加熱した。試験中のセルの表面温度、ピット内の室温、セルの開回路電圧（OCV）及び一部の試験（昇温速度 5℃ min⁻¹ での試験）ではセルの表面から外部への熱流束をデータロガーで記録し、セ

ルの熱暴走挙動を評価した。また、セルの状況はビデオカメラで撮影し、小ピットに隣接する側室内に設置したモニタによりリアルタイムで映像を観察するとともに、動画として記録した。セルから発生するガスは、テフロンチューブを介して、セルの上側約 60 cm の位置から側室に設置したガス分析装置 (FT-IR 及び拡散式) まで吸引して分析するとともに、ピット内に粉塵モニタを設置して粉塵濃度を計測した。更に除塵フィルターユニットを取り付けたヒュームフードにより分析用に供する粉塵を採取した。試験系の状況を図 4-11 に示す。

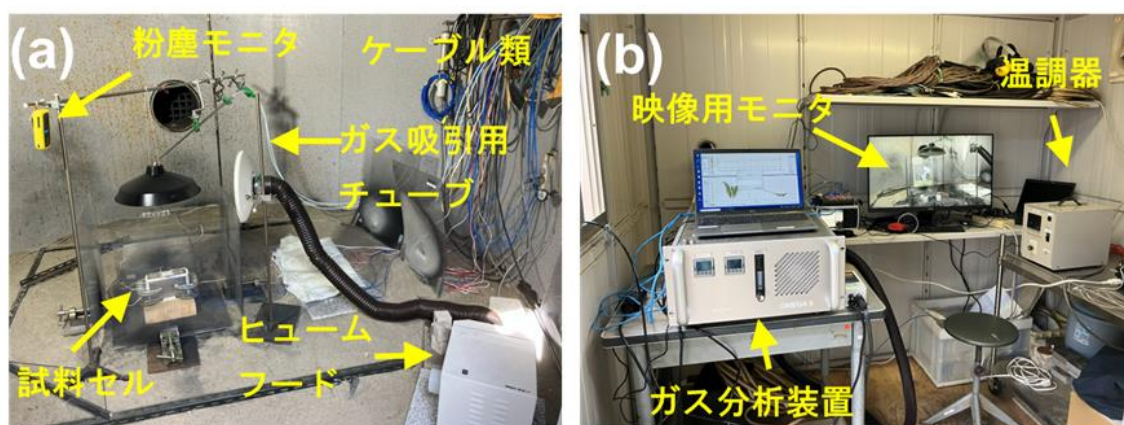


図 4-11 加熱試験の試験系の状況

(a) 爆発試験用小ピット-1 内, (b) 側室内

FT-IR 測定において指定したガスの種類を表 4-5 に示す。なお、FT-IR 分析は双極子モーメントが変化する分子振動を検出する測定法であり、多数の分子を同時に評価できるが、 H_2 や O_2 等の同一原子から成る 2 原子分子では双極子モーメントが変化しないため赤外吸収が起こらず、検出できない。そこで本試験では、補足的に拡散式ガス検知器を用いて H_2 と O_2 の分析を行った。

表 4-5 FT-IR 測定においてリアルタイム評価の対象に指定したガスの種類

ガスの分類	具体的なガスの種類
高誘電率系溶媒	炭酸エチレン (EC), 炭酸プロピレン (PC)
低粘度系溶媒	炭酸ジメチル (DMC), 炭酸ジエチル (DEC), 炭酸エチルメチル (MEC)
酸化物系ガス	水蒸気 (H_2O), 二酸化炭素 (CO_2), 一酸化炭素 (CO)
炭化水素系ガス	メタン (CH_4), エタン (C_2H_6), エチレン (C_2H_4)
フッ化物系ガス	フッ化水素 (HF), フッ化ホスホリル (POF_3)
アルコール, その他	メタノール (MeOH), エタノール (EtOH)

(4) 試験条件

加熱試験に供した試験セルは、NMC 系は NMC-01、-02、-06、LFP 系は LFP-02、-03、-08 の各 3 セルであり、ヒータの昇温速度を 5、15、30℃ min⁻¹ の 3 水準として試験を実施した。小ピット内の温度は制御せず、室温で実施した。

ヒータは、セルの発火が確認されるか、ヒータの温度が 400℃に到達するまで加熱を継続した。ただし LFP-03 の試験では、セルの加熱だけでは発火しない場合でも放出されるガスに着火できるように、試験セルの直上約 7cm の位置に直径 0.5mm のニクロム線を設置し、側室のスライダックと接続して手元スイッチにより通電加熱が可能な状態とした。ニクロム線の直流抵抗は約 3.6Ωであり、5A の電流印加時に 90W の発熱となるように設計した。試験セルへの熱電対の貼付位置（温度計測箇所）、ヒータと接触させて加熱した位置、小ピット内に配置した時の状況、試験セルの周囲に配置された各部材の位置関係等について、概略を図 4.12～4.16 に示す。

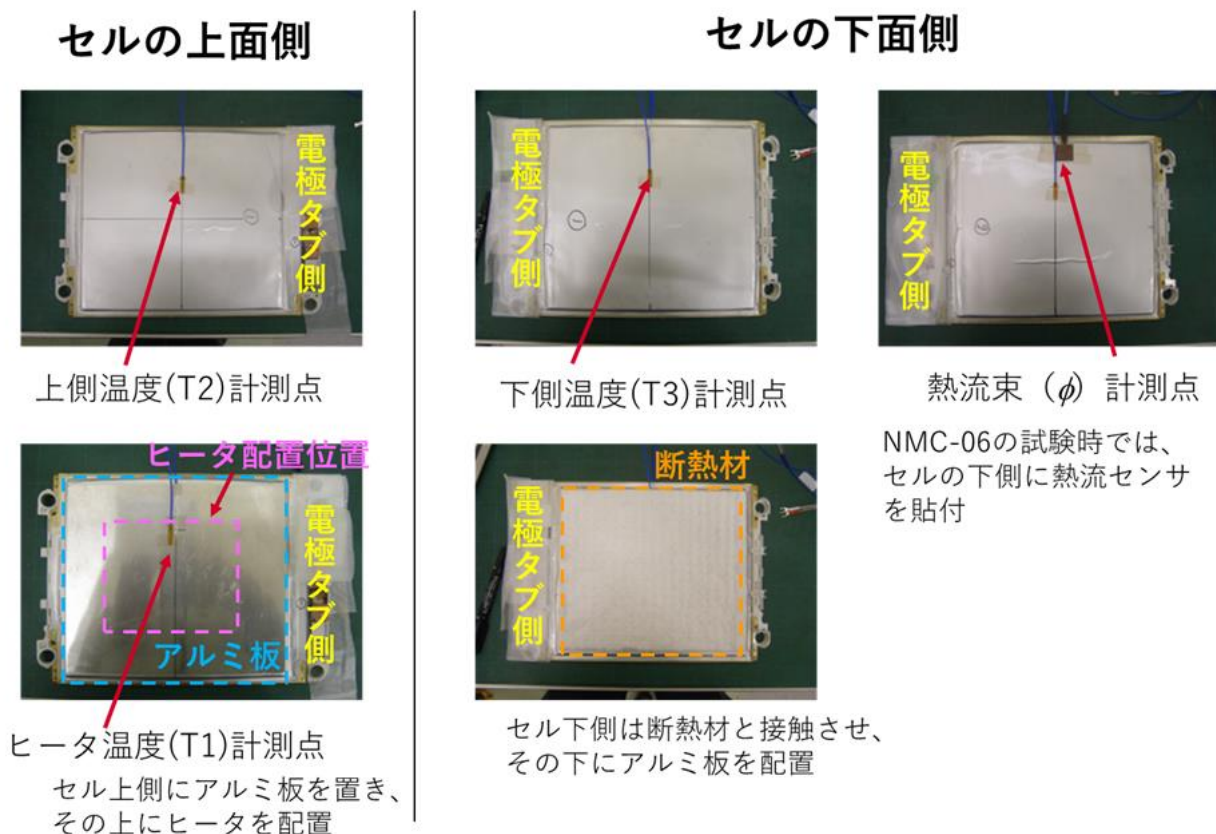


図 4-12 NMC 系セル加熱試験時の温度計測箇所及びヒータ配置位置

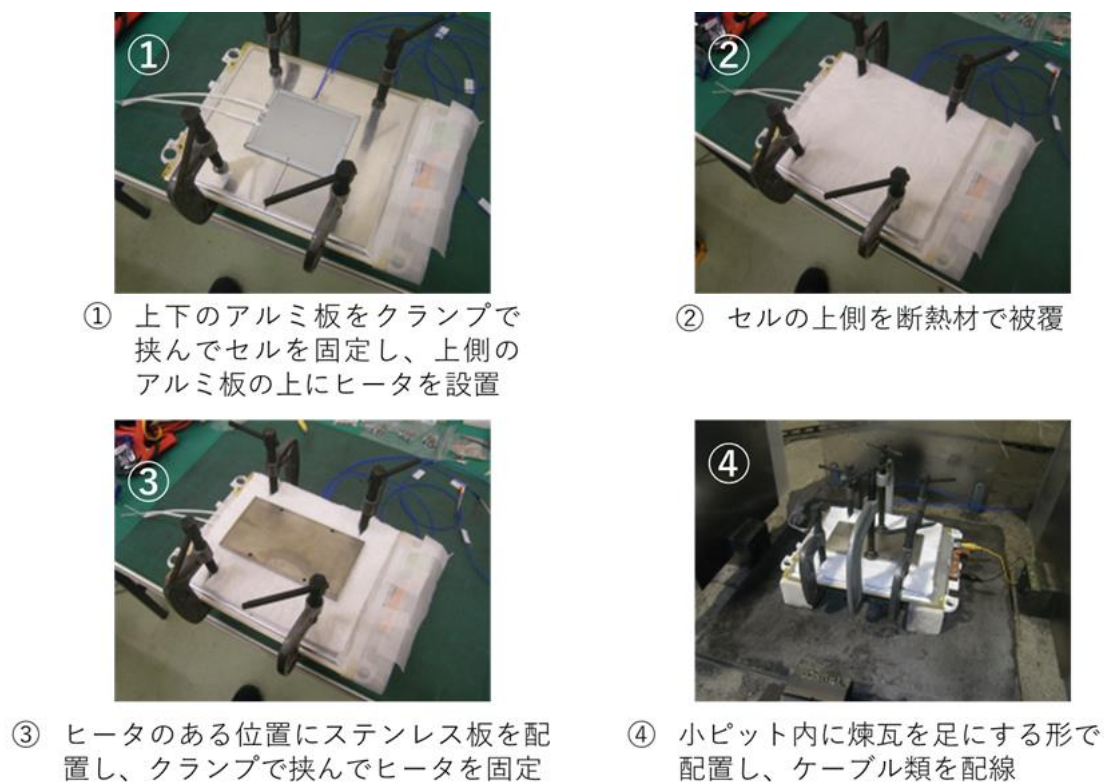
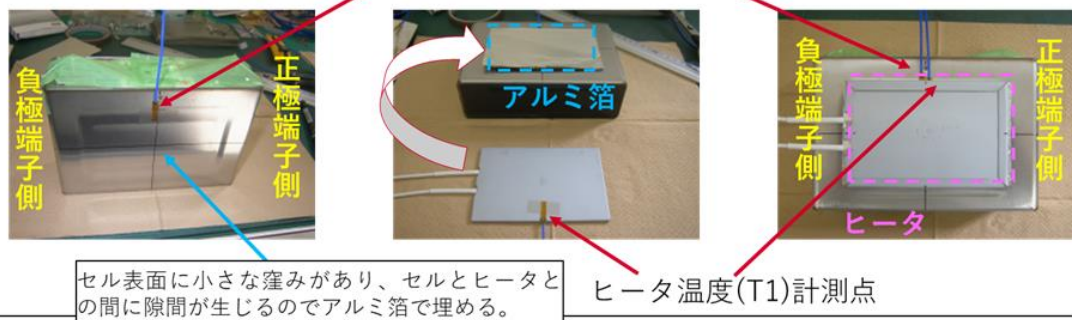


図 4-14 NMC 系セルの拘束と小ピット内への設置の概要

セルの正面側



セルの背面側

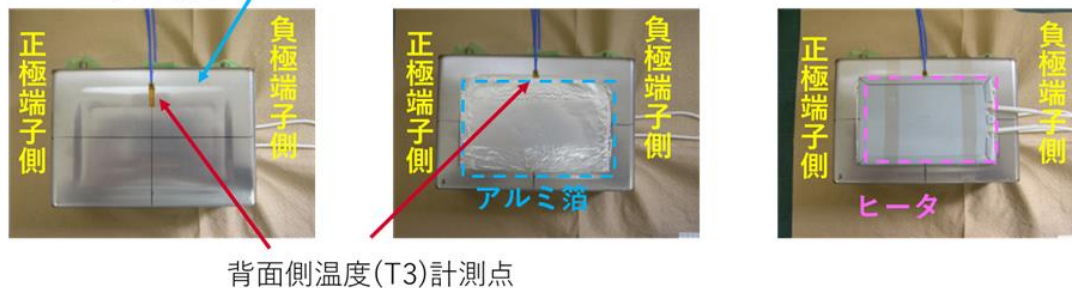


図 4-13 LFP 系セル加熱試験時の温度計測箇所及びヒータ配置位置



図 4-15 LFP 系セルの拘束と小ピット内への設置の概要

(a) 正面側, (b) 背面側

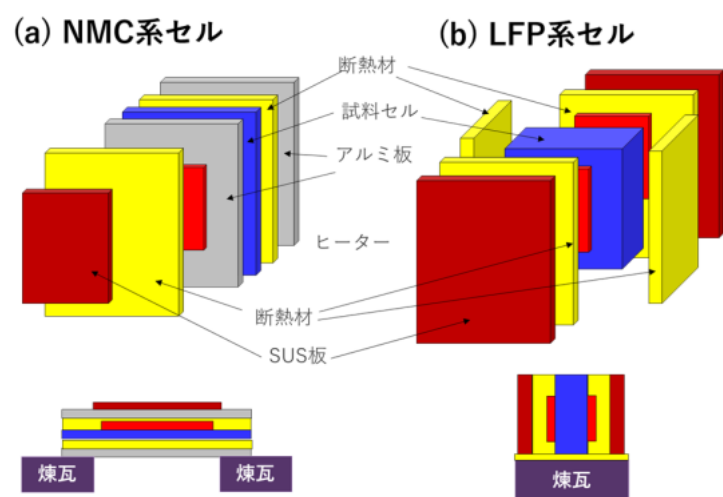


図 4-16 試験セルの周囲に配置された各部材の位置関係の概略図

(5) 実施手順

実験は以下の手順で実施した。

- ① セットアップが完了したら、粉塵計測を開始する。
- ② ガス分析装置（拡散式ガス検知器）の測定を開始する。
- ③ ビデオカメラでの撮影を開始する。
- ④ ポータブルヒュームフードを作動させる。
- ⑤ 小ピットから退避し、扉を閉める。
- ⑥ ガス分析装置（FT-IR）の測定を開始する。
- ⑦ ⑥と同時に、データロガーでの温度と OCV（及び熱流束）の記録を開始する。
- ⑧ ⑦の 5 分経過後にヒータの加熱を開始する。
- ⑨ 試験セルが熱暴走し、発火することを確認する。

発火に至らない際にあえて着火させる場合は、予めセルの付近に配線しておいたニクロム線を通電加熱し、雰囲気ガスへの着火を試みる。

- ⑩ 熱暴走が確認されたら、ヒータへの通電を停止し、小ピットの排気ファンを稼働させる。
- ⑪ ガス分析装置（FT-IR 及び拡散式ガス検知器）の測定を終了する。
- ⑫ 試料電池の表面温度が十分に低下するまで放置する。
- ⑬ マスクと作業用手袋を装着し、扉を開けて小ピットに立ち入り、ビデオカメラとポータブルヒュームフード及び粉塵計を停止し、試験セルと除塵フィルターを回収する。
- ⑭ ピット内に散乱した破片を回収し、機器類の清掃を行う。
- ⑮ 次の試験の準備に移行する。

(6) 測定項目

以下の項目を計測・評価した。

表 4-6 NMC 系セルの加熱試験における計測データ

計測項目	計測対象／位置	略号	計測チャンネル
ヒータ温度	ヒータ	T1	Ch. 1
セル温度	試験セルの上側表面	T2	Ch. 2
	試験セルの下側表面	T3	Ch. 3
環境温度	小ピット内	T9	Ch. 9
電圧	試験セルの OCV	V1	Ch. 10
熱流束	試験セルからの熱流束 (NMC-06 のみ)	H1	Ch. 14

表 4-7 LFP 系セルの加熱試験における計測データ

計測項目	計測対象／位置	略号	計測チャンネル
ヒータ温度	ヒータ	T1	Ch. 1
セル温度	試験セルの扉側（正面側）表面	T2	Ch. 2
	試験セルの奥側（背面側）表面	T3	Ch. 3
環境温度	小ピット内	T9	Ch. 9
電圧	試験セルの OCV	V1	Ch. 10
熱流束	試験セルからの熱流束 (LFP-03 のみ)	H1	Ch. 14

4-2-1-3 実験結果

(1) NMC 系セル

① 熱暴走挙動

全ての昇温速度で発火が確認された。熱暴走はガス噴出、シャットダウン（セパレータ融解による電池機能喪失）、発火の順に進行し、シャットダウンと発火はほぼ同時に発生した。ガス噴出は電解溶媒の蒸発や SEI 分解によるガス生成による内圧上昇とラミネート融解によって生じたと考えられる。

昇温速度が遅いほどガス噴出・発火時の温度は低くなった（ヒータから電池内部への熱伝導の遅さと関連している）。一方、昇温速度が速いほど燃焼継続時間が長く、最高温度も高くなり、より激しく燃焼した。これは発火時点でセル内に燃料（溶媒）がより多く残留していたと推察される。

熱流センサーの測定により、発火の約 200 秒前からセル内で何らかの発熱反応が開始したことが示唆され、熱流センサーには熱暴走の予兆を早期検出できる可能性が期待できると思われる。

② 発生ガスの経時変化

ガス噴出時及び発火後の変化を以下に示す。

【ガス噴出時】

主成分は炭酸ジエチル（以下「DEC」）で、炭酸エチルメチル（以下「MEC」）、エタン（ C_2H_6 ）も含まれた。DEC と MEC は電解液溶媒成分であり、加熱により蒸発し内圧が上昇してラミネート開封に至ったと考えられる。エタンは SEI 熱分解によって発生したものと思われる。

【発火後】

- ・ DEC、エタンが減少し、炭酸エチレン（以下「EC」）、二酸化炭素（以下「 CO_2 」）、一酸化炭素（以下「CO」）が急増（DEC やエタンが燃料となって燃焼したことがうかがわれる）
- ・ EC は沸点が高い（約 $240^{\circ}C$ ）ため、DEC や MEC より遅れて、より高温まで加熱されてから蒸発したと推察される
- ・ 水蒸気（ H_2O ）、フッ化水素（以下「HF」）が発生（セパレータや結着剤の燃焼生成物ではないかと推察される。電解支持塩（ $LiPF_6$ ）も HF の発生源となった可能性がある）
- ・ 水素（以下「 H_2 」）の発生と酸素（以下「 O_2 」）の消費も確認

CO_2 と HF は鎮火後も長時間検出され続けており、鎮火後の NMC 系セルに近づく際には特に HF を意識した対応が必要と思われる。昇温速度によるガス発生挙動への影響は少ないと言える。

③ 粉塵の発生挙動

粉塵モニタによる測定で、検出された粉塵のサイズは概ね $2.5\mu\text{m}$ 以下であり、大半は $1.0\mu\text{m}$ 以下であることがわかった。 CO_2 や CO 発生ピークとほぼ同様の時間帯に粉塵濃度ピークが確認され、これらは主に溶媒が燃焼した際に燃え残った煤に対応するものと推察される。

鎮火後も長時間にわたり複数の粉塵濃度ピークが発生したが、原因は不明である。小ピット内に粉塵を含んだ特殊な気流が発生した可能性や、セルの熱暴走によってピット内に拡散して浮遊しているイオンや分子が徐々に反応や凝集して微粒子として検出されるように変化している可能性が考えられる。

④ 粉塵の成分

回収粉塵は黒色であった。SEM 観察により多数の粒子が凝集した状態となっているが、一次粒子のサイズは概ね $2.5\mu\text{m}$ 以下であることが確認され、粉塵モニタでの計測結果と一致した。

【EDS 元素分析結果】※ 水素・リチウムなど軽元素は測定対象外だが、実際には両者とも存在していると思われる。

- ・ 炭素が多い領域：局所的に炭素が多い領域が見られた。煤が多く存在している可能性があり、基材に使用したカーボンテープの炭素を検出していることも考えられる
- ・ 大型凝集粒子：炭素や酸素の割合が多いことから溶媒成分（EC 等）が凝固したもの、フッ素が多く含まれていることから電解液成分の分解生成物が主成分と推察される
- ・ 遷移金属を含む粒子：ニッケル（Ni）、コバルト（Co）、マンガン（Mn）といった遷移金属が比較的多く、正極活物質の熱分解で生じた金属酸化物が存在していることが示唆される。

これらの金属化合物は特定化学物質に指定されており、許容濃度以上に人体や環境が暴露されることは避けなければならない。NMC 系セルが熱暴走した際には粉塵が拡散することのないよう、極力速やかな鎮静化が望まれる。

(2) LFP 系セル

① 熱暴走挙動

昇温速度 $30^\circ\text{C min}^{-1}$ 及び $15^\circ\text{C min}^{-1}$ の試験では、猛烈な白煙（以下「ガス」）放出が見られたものの、 400°C まで加熱しても自発的な発火は生じなかった。昇温速度 5°C min^{-1} の試験では、ガス噴出開始から 80 秒後にニクロム線加熱により強制着火した。

NMC 系セルと異なり、LFP 系セルではシャットダウンがガス噴出より先行して

生じた。LFP 系セルは金属缶外装のため、ガスや電解液の噴出はセル内圧力が圧力開放弁の作動圧を超過したことで発生する。シャットダウン開始から圧力開放弁作動までの時間には昇温速度との関連性は見られなかった。

セルの最高温度は強制着火したセルも含め 400℃前後に収まり、ヒータの最高温度との差も小さく、セル内部では顕著な発熱反応は生じていなかったと推察される。ただし、OCV の低下とともに熱流束が増加していることから、セパレータがシャットダウンする際に微短絡が生じ、それによって発熱した可能性がある。この微短絡の発生位置によって正面側と背面側への熱流に差が生じたものと考えられる。

強制着火したセルでも NMC 系セルに比べて温度上昇は緩やかであったが、燃焼したのは圧力開放弁から噴出したガス成分のみであり、電極材料等の熱分解には至らなかったためと考えられる。

いずれの試験でも、ガス噴出から終了・鎮火までの時間は 20 分以上に渡り、大量の電解溶媒が一気に噴出や燃焼することなく、ゆっくりと時間をかけてセルから放出されていた。

本試験に用いた LFP 系セルは、400℃以下の温度範囲であれば加熱しても自発的に発火する可能性は低いと結論づけられた。ただし、圧力開放弁作動により大量の電解溶媒成分が放出すると白煙により視界が遮られるおそれがあり、溶媒成分は引火性が高いため、危険な状態が長時間継続する点に注意が必要である。

② 発生ガスの経時変化

LFP 系セルでは放出ガス量が非常に多く、FT-IR や拡散式ガス検知器の主要な赤外吸収ピークが飽和してしまい、精度の高い解析には支障が生じた（今後、不活性ガスで希釈しながら測定する等の検討が必要）。

【圧力開放弁作動時】

溶媒成分として DEC、MEC、EC に加えて炭酸ジメチル（以下「DMC」）と炭酸プロピレン（以下「PC」）が検出された。低沸点溶媒の DMC、DEC、MEC がほぼ同程度噴出し、同時に CO₂、エタン、エチレン、HF 等も検出された。溶媒の蒸発だけでなく、SEI の分解によるガス発生も起きていたことがうかがえる。また微短絡の発生とともにガス発生量が増加する傾向も見受けられた。シャットダウン完了・加熱停止後も長時間ガス放出が継続した。

【着火したセル】

着火とともに低沸点溶媒やエタン・エチレンはほとんど検出されなくなり、CO₂ 濃度が急増したことから、低沸点溶媒と低級炭化水素に引火して燃焼が開始したことが読み取れる。発火後に EC の放出が顕著になる挙動は NMC 系セル

と類似している。

燃焼中は酸素濃度が著しく低く、CO 濃度が 1000ppm を超過した状態が長時間継続する様子も示されており、密閉空間で LFP 系セルが熱暴走し、更にガスに引火した場合は非常に危険な環境になることが理解される。

③ 粉塵の発生挙動

粉塵発生はガス噴出と同時に始まり、着火の有無に依らず、セルがシャットダウンしたところで一旦停止した。その後再び粉塵濃度の増減が生じる点は NMC 系セルと類似している。ほとんどが PM2.5 であることも NMC 系セルと同様であった。

④ 粉塵の成分

回収粉塵は NMC 系セルとは異なり、白みを帯びた灰色であった。

【EDS 元素分析結果】

電解支持塩の LiPF₆ に由来すると思われるリン (P) やフッ素 (F) が僅かに検出されるものの、ほとんどは炭素 (以下「C」) であり、10%ほどが酸素 (以下「O」) であった。高温下で溶媒の重合や分解、炭化が進行して生成した無定形炭素が主成分と推察される。

4-2-1-4 総括

加熱試験では昇温速度をパラメータに 3 水準の試験を行ったが、NMC 系セルはいずれの条件でも発火した。一方、LFP 系セルでは圧力開放弁の作動によりガスの噴出は認められたものの、自発的な発火は認められなかった。ただし噴出ガスを加熱すると引火することが確認された。

NMC 系セルの熱暴走では、まず電解液成分の低沸点溶媒の蒸気と、SEI の熱分解によって生成したと推察される炭化水素ガス及びメタノールの噴出が起これ、発火とともに主要な発生ガス成分は CO₂ と CO、H₂ そして高沸点溶媒の蒸気に変化した。また、少し遅れて水蒸気や HF の発生が生じた。

発火とともに直径 2.5mm 以下の粉塵が放出され、電解液や電解支持塩由来の成分に加え、正極活物質に由来する遷移金属の酸化物が含まれていることが確認された。

LFP 系セルの熱暴走では、ガス噴出の時点で既に溶媒蒸気と炭化水素の他、CO₂ や HF の発生が認められた。粉塵は、着火の有無に関わらず発生が確認された。成分元素はほとんどが C、そして O であった。

4-2-2 バッテリーパック消火後の冷却挙動の評価に関する実験

4-2-2-1 実験の目的

迅速な消火手法として期待されている防火ブランケットでの消火について、効果を確認するとともに、消火後のブランケットを撤去するタイミングを判断する基準を検討するために、消火試験を実施し、LiB とブランケットの温度及びブランケット内のガス濃度の変化を評価した。

4-2-2-2 実験方法等

(1) 実験対象

セルは加熱試験と同様のものを用いた。防火ブランケットは Bridgehill 社製のリチウムイオンバッテリー用の製品 (YFB-LIT) を使用した。サイズは 1.8 m × 1.8 m で、小ピット内で広げることが可能である。構造は難燃性のパイロキシン繊維、シリコンフィルター、シリコンポリマーで構成される 7 層シートとなっており、耐熱温度は最大 1,600°C (1 分程度) で、長時間の場合は 1,200°C とされている。

(2) 実験場所

加熱試験と同様、本試験も小ピットで実施した。

(3) 試験系

消火試験の試験系も加熱試験と同様のものを用いた。ただし、粉塵の計測と回収・分析は実施していない。燃焼している試験セルに防火ブランケットを被せて消火するという内容のため、リアルタイムガス分析用のガスを吸引するチューブをセルの上方に配置することが困難だったため、チューブの先端はセルの水平位置に配置した。ビデオカメラ保護用のポリカーボネート製衝立はセルの周囲には配置することができないため、カメラの手前の位置だけに設置した。

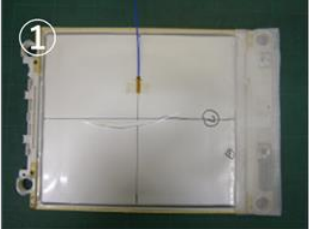
(4) 試験条件

試験セルを発火させるためのヒータの昇温速度は 15°C min⁻¹ とした。加熱試験の結果から、LFP 系セルでは熱暴走しても発火には至らない可能性が懸念されたため、着火用のニクロム線を準備した。

NMC 系セルの消火試験は、熱暴走の連鎖を防火ブランケットによって停止できるかどうか確認することを企図して、NMC-03, -07, -09 の 3 個のセルを重ねてバッテリーの状態を模擬した形で実施した。以下、便宜上、この試料を試験バッテリーと呼ぶ。セルの積層は下から NMC-03, -09, -07 とし、上側はアルミ板、下側は断熱材とアルミ板で挟み、クランプで拘束した。またヒータは上側のアルミ板の上に配置した。温度計測用の熱電対は、上側のアルミ板の上 (ヒータの温度: T1)、NMC-07 の上 (T2)、NMC-09 の上 (NMC-07 と -09 との間: T3)、NMC-03 の上 (NMC-09 と -03 との

間：T11)、NMC-03 の下 (T12) の 5 ヶ所に貼付して固定した。セルの積層、熱電対の貼付、ヒータの固定、及び小ピットへの設置の概要を図 4.3 と図 4.4 に示す。

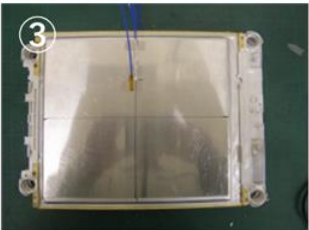
各セルの OCV は個別に計測した。データロガーのチャンネルと、計測した OCV 及び温度の対応を表 4.2 にまとめて示す。

- 

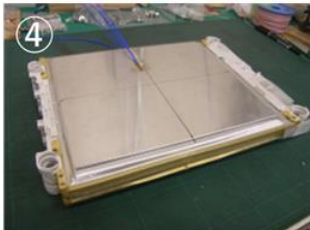
① 各セルの上面側に熱電対を貼付。最下段のNMC-03については下面側にも熱電対を貼付。



② セル間にセンサの厚み分の隙間が生じるため、アルミ箔で埋めてセル間の熱伝導性を改善。

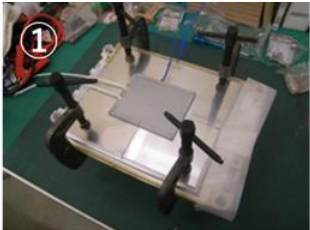


③ NMC-07の上にアルミ板、NMC-03の下に断熱材とアルミ板を配置し、上側のアルミ板にはヒータの温度計測用の熱電対を貼付。



④ 三枚のセルを積層した状態。上から順にNMC-07、-09、-03。

図 4-17 消火試験用に用いた NMC 系セルの積層と温度計測箇所

- 

① 積層をクランプで固定し、上側のアルミ板の上にヒータを配置



② ヒータとアルミ板を覆う形で断熱材を配置



③ ヒータの位置の上にステンレス板を配置し、クランプで固定



④ 小ピットの中の煉瓦の上に設置し、ケーブル類を配線

図 4-18 積層セルへのヒータの固定と小ピットへの設置の概要

(5) 実施手順

試験は以下の手順で実施した。大量のガスや粉塵の発生により、試験中のセルの状況がビデオカメラで十分に確認できず、着火やブランケットを作動させるタイミングの判断が出来ないことが懸念されたため、加熱試験とは異なり、最初から小ピットの換気装置を作動させて試験を実施した。また、そのため小ピットの扉も完全には締め切らない状態とした。

- ① セットアップ完了後、小ピット内の換気を開始する。
- ② ビデオカメラでの撮影を開始する。
- ③ 小ピットから退避する。ただし扉は締め切らず、若干の隙間を残しておく。
- ④ ガス分析装置（拡散式ガス検知器）の測定を開始する。
- ⑤ ガス分析装置（FT-IR）の測定を開始する。
- ⑥ ⑤と同時に、データロガーでの温度と OCV（及び熱流束）の記録を開始する。
- ⑦ ⑥の 5 分経過後にヒータの加熱を開始する。
- ⑧ 加熱している試験セルが熱暴走するのを確認する。発火しない場合は、試験セルの上方に配置したニクロム線を通電して加熱することで着火を試みる。
- ⑨ 発火を確認したらヒータの加熱を終了する。
- ⑩ 頃合いを見計らってブランケットを作動させ、消火する。
- ⑪ 小ピット内の煙が減少したら、扉を全開し、ビデオカメラを停止する。
- ⑫ 赤外線カメラによるブランケットの表面温度の計測を開始する。
- ⑬ ブランケットの表面温度が十分に低下したところで計測を終了する。
- ⑭ 翌朝まで放置し、小ピット内のガスを十分に空気に置換させる。
- ⑮ マスクと作業用手袋を装着し、小ピットに入り、試験セルを回収する。
- ⑯ ピット内に散乱した破片の回収及び機器類の清掃を行う。
- ⑰ 次の試験の準備に移行する。

(6) 測定項目

以下の項目を計測・評価した。

表 4-8 NMC 系セルの消火試験における計測データ

計測項目	計測対象／位置	略号	計測チャンネル
ヒータ温度	ヒータ	T1	Ch. 1
セル温度	NMC-07 の上側面	T2	Ch. 2
	NMC-07 と-09 のセル間	T3	Ch. 3

	NMC-09 と-03 のセル間	T11	Ch. 11
	NMC-03 の下側面	T12	Ch. 12
ブランケット 表面温度	中央付近	T4	Ch. 4
	扉から見て左側	T5	Ch. 5
	扉から見て奥側	T6	Ch. 6
	扉から見て右側	T7	Ch. 7
	扉から見て手前側	T8	Ch. 8
環境温度	小ピット内	T9	Ch. 9
OCV	NMC-07	V1	Ch. 10
	NMC-09	V2	Ch. 13
	NMC-03	V3	Ch. 15

表 4-9 LFP 系セルの消火試験における計測データ

計測項目	計測対象／位置	略号	計測チャンネル
ヒータ温度	ヒータ	T1	Ch. 1
セル温度	LFP-04 の扉側（正面側）表面	T2	Ch. 2
	LFP-04 の奥側（背面側）表面	T3	Ch. 3
ブランケット 表面温度	中央付近	T4	Ch. 4
	扉から見て左側	T5	Ch. 5
	扉から見て奥側	T6	Ch. 6
	扉から見て右側	T7	Ch. 7
	扉から見て手前側	T8	Ch. 8
環境温度	小ピット内	T9	Ch. 9
OCV	LFP-04	V1	Ch. 10

4-2-2-3 実験結果

(1) NMC 系セル

① 熱暴走挙動

試験バッテリーはヒータに最も近い最上段のセルから順次熱暴走した。防火ブランケットでの消火は 2 番目のセルの発火後に実施する予定であったが、2 番目のセルの発火をビデオ映像から判断することは困難であった。そこで 2 番目のセルの OCV が 0 に急落したことを確認してからブランケットを作動させたが、ほぼ同時に 3 番目のセルの上面側温度の急上昇と OCV の急落が発生しており、ブランケットによる消火が熱暴走伝播を抑止できるかどうかの判断は難しい結果となった。

最上段のセルの上面側最高到達温度は 677.5℃であり、同じ昇温速度で実施

した単セルでの加熱試験での結果（651.7℃）と同程度であったが、中段と最下段のセルについては上下両面とも 800℃以上に上昇しており、バッテリーの状態では単セルよりも高温まで温度が上昇してしまうことが示唆された。

最下段のセルの下側の最高温度はブランケットによる消火実施から 40 秒近く経過してから記録されており、仮に中段のセルが熱暴走した直後に消火を行っていたとしても、最下段のセルの上面温度は 600℃以上に上昇してしまったと考えられ、最下段のセルの熱暴走は抑止できなかったと推察される。

複数のセルが積層した車載用バッテリーにおいて、一つのセルが発火した場合、防火ブランケットで迅速に消火を行ったとしても、燃焼の継続を停止できる効果は期待できるものの、同じバッテリーの中の他のセルが連鎖して熱暴走することを防ぐのは難しいと思われる。おそらく NMC 系セルで構成された車載用バッテリーの熱暴走の連鎖を停めるためには、温度の上昇が起これないように何らかの手法によってセルを直接冷却する以外にないものと考えられる。

② 鎮火後の挙動

ブランケットの表面温度は消火直後、上昇するものの、一旦低下し、再び上昇する挙動を示した。ブランケット中心付近の温度は消火後 860 秒経過してから最高値に達したが、他の測定点は消火後 3 分以内に最高値を示した。熱暴走時にセルからのガスが水平方向に噴出したため、ブランケットは中心よりも周辺部が先に加熱されたものと考えられる。しかし、高温のガスは上方向に流れるため、徐々に中心の高い位置が温められて最高温度に達したと推察される。

メーカーがブランケット取り外しの判断基準としている 65℃まで温度が低下するまでには鎮火から 2166 秒を要しており、更に 1 時間以上の経過を待つとすると、鎮火から約 1.6 時間はそのまま静観が必要ということになる。

試験バッテリー全体で見た時、中心部に近い測定点は表面に近い測定点よりも放熱しにくい位置と考えられる。しかし実際には中心部の方が速く温度が低下しており、興味深い結果となっている。ただし、熱暴走の際に熱電対がセル表面から剥離して正確な温度が計測できなくなった可能性も考えられるため、検証や再現性の確認が必要と思われる。

③ 検出ガスの経時変化

この試験ではブランケットを被せる操作の支障となるため、ガス採取用配管の先端部を試料とほぼ水平の高さの横の位置に配置した。試料から放出されたガスは高温のため上方向に流れる傾向が強いため、ブランケット作動前はガスの濃度が低めに検出されることが予想された。実際、ガス噴出直後はほとんどガスは検出されていない。しかし発火時には試料から水平方向に勢いよく炎とともにガスが噴出したため検出されるようになった。

ほとんどのガス種について、検出濃度の最大値は単セルでの加熱試験での値の3倍を大きく上回った。これは、セルの温度が単セルでの試験の時よりも高温に達したことと関連していると推察される。CH₄、C₂H₄、EtOH等、単セルでの試験では検出されなかったガス種が放出されたことも興味深い。ただし水蒸気濃度については顕著な変化は見られなかった。H₂やCOの濃度の最大値は計測可能な上限値を超過した。

ガスの濃度はブランケットによる消火後しばらく低下し続けたが、溶媒成分やアルコール類、HF及びH₂は再び濃度が上昇する傾向を示した。特に、溶媒成分とC₂H₆及びHFはいずれも2,200秒付近から増加していた。ほぼ同じタイミングで酸素濃度の急激な低下が見られており、何らかの酸化反応が生じた可能性がうかがえるが、CO₂の増加は見られておらず、ガス発生量の増加との関連性は不明であり、そのメカニズムの解明には更なる検討が必要である。

ブランケットによる消火後、試験バッテリーから発生したガスはブランケット内で四方に拡散し、ブランケットの縁と地面との隙間からゆっくりと排出されると考えられるため、COやHFのような毒性のガスの濃度が高いうちは、ブランケット周辺に近づくことは危険である。

メーカーの推奨に従ってブランケットの表面温度から判断される時間（鎮火後約1.6時間）では、ブランケット内のガス濃度は、HF：0 ppm、C₂H₆：66 ppm、DEC：0 ppm、MEC：41 ppm、H₂：0 ppm程度となっており、ブランケットの撤去に問題ない値と言える。ただしCOは27 ppm残留しており注意を要するレベルであった。撤去を急ぐ必要がある場合は、試験バッテリーを冷却するとともに、ブランケット内の可燃性ガスや有毒ガスを速やかに無害化处理する技術を開発することが不可欠である。

(2) LFP系セル

① 熱暴走挙動

強制着火を行うまでは、概ねLFP-08（単セル加熱試験）の結果と同様であるが、シャットダウンとガス噴出の開始時間は若干早くなった。これは試験開始時の気温の差に起因していると思われる。このまま加熱を続けても発火には至らないことが想定されたため、本試験では加熱開始から1,000秒経過した時点でニクロム線加熱による強制着火を実施し、ヒータによるセルの加熱は停止した。着火後の温度低下の様子や温度分布の挙動はLFP-03（単セル加熱試験）の

結果と同様である。

② 鎮火後の挙動

LFP-03 の加熱試験では着火から 161 秒後にシャットダウンが完了したが、本試験では消火によってシャットダウンの進行を停止できるか確認するため、着火後 148 秒で防火ブランケットでの消火を行った。その結果、消火を行ってもそれだけでは温度の上昇や OCV の低下は抑えることが出来ず、熱暴走が継続することが確認された。

セルの最高到達温度は、消火を行っていない加熱試験の結果と比較すると若干低くなっており、温度上昇抑制に関して多少の効果があった可能性がある。

ブランケット表面の温度について、NMC 系試験バッテリーでは 5 ヶ所とも消火の 5 分後くらいから再上昇していたが、LFP 系試験セルでは、中心付近の温度は同様の変化を示したものの、1 ヶ所は単調に低下した。また、他の 3 ヶ所は温度の再上昇が見られるものの 5℃以内の緩やかなものであった。この差の原因は NMC 系試験バッテリーでは四方に炎を噴き出す形で燃焼したのに対し、LFP 系試験セルでは中心部の圧力開放弁から真上に噴出したガスに引火させたため、ブランケットの中心付近が集中的に加熱されたためと推察される。また、測定点の長時間に渡る緩やかな温度上昇は、セルの中心から噴出した高温のガスがブランケットに覆われた中で徐々に周囲に拡散することで起きた変化と考えられる。赤外カメラによる温度分布画像では、NMC 系試験バッテリーでの結果と比較すると、高温の箇所が中心付近に集中していることがうかがえる。

消火を行ってからブランケット中心付近の温度が 65℃以下に低下するまでの時間は 1,368 秒であり、ブランケット撤去の目安は消火後 1 時間半程度と見込まれる。

③ 検出ガスの経時変化

ガスの採取口が試料の水平方向に位置していたため、圧力開放弁作動によるガス噴出後、ブランケットによる消火を行うまでの間は、CO₂ 以外は殆ど検出されなかった。また、ブランケットによる消火を行った後は、ブランケットと地面の間の限られた空間にガスが集中した結果、加熱試験実施時以上の高濃度のガスが装置に吸引され、赤外吸収スペクトルは飽和してしまった。定性的には、検出されたガスの成分は消火を行っていない加熱試験の時とほぼ同様であった。

ブランケット撤去の目安と判断された消火後 1 時間半経過時点のガス濃度は、CO: 45 ppm、HF: 55 ppm、C₂H₆: 551 ppm、C₂H₄: 146 ppm、DEC: 0 ppm、MEC: 438 ppm、MeOH: 1,052 ppm、及び H₂ が 145 ppm 程度であり、ほとんどのガスが NMC 系バッテリーでの結果より多く残留していた。CO だけでなく、HF と MeOH も許容濃度を越えており、残留ガスの観点からはブランケットを外すことは憚ら

れる状態と言える。ブランケット撤去の判断には、燃焼の停止の確認及び表面温度の計測の他に、ブランケットで囲われたエリアの中のガスの濃度の確認を必須とした方が賢明かと思われる。

4-2-2-4 総括

防火ブランケットでの消火は、いずれのセルでも速やかに鎮火できることを確認した。ただし熱暴走の継続を停止することは難しく、セルの冷却も併用して進める必要があることが認識された。また、ブランケットでカバーされたエリア内のガスには CO や HF 等の毒性の高いガスが多く含まれているため、それらの残留ガスの分析を実施し、ブランケット表面の温度と残留ガスの濃度を元にランケットを取り外すタイミングの判断をすべきであることが示唆された。迅速にブランケットを取り外すためには消火現場に有毒ガスを処理する装置を持ち込むことも必要になると考えられる。

第5節 安全情報の発信方策に係る検討

都民へ向けた EV や PV システムの安全情報の発信方策を「媒体」と「コンテンツ」の2つの観点から整理する。

5-1 媒体

東京消防庁では、下記に示すとおり既に様々な情報発信の基盤を持っているため、都民への理解をより深めることでさらに質の高い安全情報の発信が期待できる。

5-1-1 Web の活用での発信

東京消防庁では、消防情報の効果的な発信手段として、X（旧 Twitter）や Facebook 等の SNS 及び YouTube を積極的に活用している³⁸⁰。これらのプラットフォームを通じて、東京消防庁の組織紹介、政策広報、災害現場における緊急消防援助隊の活動状況の報告、さらには検証や注意喚起を目的とした各種実験映像等を幅広く発信している。加えて、東京消防庁こどもページ³⁸¹では、ページ上の資料や映像、アプリ内のコンテンツを通じて、子供たちに対しても消防に関する重要な情報を親しみやすい形で提供している。

このような多様な Web 上のコンテンツを効果的に活用し、EV や PV システムの安全情報を発信することで、都民の安全情報へのアクセス機会を拡大し、日常生活の中で安全意識を定着させることが重要である。特に、複数のメディアを組み合わせることにより、幅広い年齢層に情報を届けることが可能となる。

5-1-2 紙媒体での配布

東京消防庁では数ヶ月に一度、広報とうきょう消防³⁸²を発行し、安全情報を発信している。このような広報活動において、Web 上での情報発信に加えて、手に取って読むことができる紙媒体での配布を併用することは、情報の浸透と理解の向上の観点から有効である。

配布方法としては、多角的なアプローチが考えられる。具体的には、消防署や区役所の窓口での直接配布、地域コミュニティにおける町内会・自治会の回覧への組み込み、太陽光発電設備や電気自動車の販売業者・設置業者を通じた配布、さらには防災展、防火防災フェア、防災救急フェア等の防災関連イベントにおける来場者への配布等が挙げられる。

これらの多様な配布チャネルを活用することで、日常生活のさまざまな場面で都民が安全情報に接する機会を創出し、EV や PV システムに関する安全意識の向上と知識の定着を図ることができる。特に、関連業者を通じた配布は、実際に該当設備を導入する予定の都民に直接情報を届けることができる点で、実用的なアプローチと言える。

³⁸⁰ 東京消防庁, 消防情報の発信, https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/ts/shobo_info.html

³⁸¹ 東京消防庁こどもページ, <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/learning/kids/index.html>

³⁸² 東京消防庁, 広報とうきょう消防（一覧）, <https://www.tfd.metro.tokyo.lg.jp/kouhyou/kts/index.html>

5-1-3 キャンペーンでの取り上げ

東京消防庁では、防火防災意識や防災行動力の向上を目的として、毎年、防災週間や火災予防運動等のキャンペーンを実施している。これらの期間は都民の防災意識が高まるタイミングであるため、キャンペーンのテーマの一つとして EV や PV システムの安全情報を発信することで、情報を効果的に浸透させる機会となる。

さらに、東京消防庁管内での活動に留まることなく、業界団体等の他機関が展開するキャンペーンとの戦略的連携を図ることで、包括的な安全対策の発信が期待できる。

5-1-4 教室・実体験型の情報提供

東京都内には消防関連の見学・体験施設として消防博物館や防災館が設立されており、都民の防災教育拠点としての重要な役割を担っている。このような教育施設において、EV や PV システムに関する安全情報を展示として組み込むことや、初期消火や応急救護、火災の煙からの避難等を実体験できる機会を提供することで、都民の安全情報に対する理解と実践力を深めることができる。

さらに、施設内での教育に留まることなく、より積極的なアウトリーチ活動として、EV や PV システムの利用者を対象とした安全講座や、将来の設備利用者となる小学生から高校生までの幅広い年齢層を対象とした学校への出張講座を開講することで、より多様で広範囲な層に対して直接的かつ効果的に安全情報を届けることが可能となる。

5-2 コンテンツ

都民の安全啓発のために発信する情報について、海外事例等を参考に整理する。

5-2-1 事故の発生状況やリスク分析、安全上の留意事項の資料

EV や PV システムに関連する事故の発生状況やリスク分析、安全上の留意事項の資料を作成し、発信することで、リスクを正しく伝えることが重要である。さらに、リスク分析結果や安全上の留意事項等の安全情報は、技術の進歩に関わらず普遍的に適用できる内容も多く含まれているため、繰り返し発信することや、対象者層や状況に応じて表現方法や具体例を変更した発信を継続的に行うことが、情報の定着と安全意識の向上において重要である。

海外の事例として、アメリカの CAL FIRE の OSFM（カリフォルニア州の消防局）では、Information Bulletin³¹⁶を発行し、トピックスとして「リチウムイオンバッテリーの安全性」や「電動モビリティの安全上の注意事項」等を取り上げることで、啓発活動を行っている。また、アメリカのエネルギー省は、一般向けの EV の火災安全に関する情報や消防士向けの情報を Web 上で公表している。

5-2-2 「チェックリスト」や「アドバイス集」

発信する資料にはいわゆる読み物だけでなく、都民が負担なく内容を確認、利用できるよ

うに、箇条書きレベルで安全情報をまとめた「チェックリスト」や「アドバイス集」を作成することが重要である。

海外の事例として、アメリカの環境保護庁は山火事後、燃損したリチウムイオンバッテリーに対する適切な対応方法や安全な取り扱い手順について、視覚的に分かりやすいリーフレット形式で体系的に整理し、一般向けに公表している³⁸³。また、オランダの消防局は、PVシステムの安全管理に関して「13 項目のチェックリスト¹⁵⁸」と「設置に関する安全アドバイス集¹⁵⁹」を発信している。

5-2-3 キャンペーンでの取り組み

都民の防災意識が高まるタイミングである防災週間等のキャンペーンのテーマの一つとして EV や PV システムの安全情報を取り上げ、集中的に情報発信することで、情報を通常時より効果的に浸透させることができる。

海外の事例として、オランダでは毎年、消防局が火災予防週間を設定しており、2025 年は「Ik Laad Accuraat（正しく充電しよう）」というキャッチフレーズの下で、e-モビリティをテーマに啓発キャンペーンを実施している²⁹⁹。また、キャンペーンのウェブページでは、バッテリー充電時の安全に関する 10 の留意点³⁰⁰等を紹介している。

5-2-4 教育や実体験等

単なる情報発信に留まらず、都民が実際に体感し、深く理解できる教育機会や実体験の場を設けることも重要である。特に、火災実験動画の活用は、文字や図表では伝わりにくい火災の様子を視覚的に認識させる効果的な手段として位置付けられる。

学校教育カリキュラムの中に安全教育を体系的に組み込む工夫も、長期的な安全意識の醸成において重要な取り組みである。現代の子供たちは、携帯電話や電動自転車といった電動機器を日常的に利用しているため、幼少期からリスクや安全ポイントの習得を促進することは、社会全体の安全レベル向上において意義深い取り組みと言える。さらに、一方向的な情報提供だけでなく、クイズ形式での双方向的な情報発信や、ゲーム要素を取り入れた学習コンテンツの開発等も、特に若年層の関心を引きつけ、記憶に残る教育手法として有効なアイデアである。

海外の事例として、オランダの学校では、充電中に自然発火の危険性があることから、バッテリーを校内に持ち込むことを禁止したり、電気自転車用バッテリー専用の耐火キャビネットを設置したりすることにより、物理的な安全環境の整備と教育的配慮を両立させる取り組みが実施されているケースも見られる³⁰²。

³⁸³ EPA, Los Angeles Wildfires Lithium-ion batteries burned by wildfire, https://www.epa.gov/system/files/documents/2025-01/epa-factsheet-la-wildfires-li-ion-batteries_0.pdf

第5章 まとめ及び今後の課題

東京都では2035年までに温室効果ガス排出量の2000年対比60%以上の削減目標と設定しており、太陽光発電設備（以下「PV」）及び電気自動車（HEV, BEVを含む。以下「EV」）の更なる普及が予想される。そのような環境下、本取組においては、都民への安全情報の発信、製品・施工メーカーへの安全対策に関する提案、新たな指導基準策定等を見据え、総合的な防火安全対策の方向性を示すべく、事故データや法令・規格等について、国内外の最新動向の調査を実施した。

火災原因は、製品不良、施工不良、維持管理面上の問題及びその結果としての劣化等、多岐に及ぶ。事故の頻度及び被害規模の低減に向けたPV及びEVの共通課題として、事故統計の精度向上、消防活動における感電リスク評価、再発火性評価、AI・IoTを用いた故障予兆検知等、PVにおいては、新しい形状の製品（例：フレキシブルタイプ等、BIPV）や新たな設置形態（例：壁面設置型）に関する火災性状、パワーコンディショナや蓄電池の経年劣化の把握等、EVにおいては電池セル自体の安全性向上や新たな消火戦術の開発等が挙げられる。

ただし、東京（日本）と海外では前提となる環境が異なるため、今後の検討は東京（日本）の環境を踏まえて行う必要があり、さらに製品技術や関連法令を取り巻く状況もめまぐるしく変化しており、引き続き、最新の知見に関する情報収集を継続することが肝要である。

本章では、第4章までの調査結果を踏まえて、第1章第2節に掲げた以下の各検討事項について、「現状・課題」「提言」「今後検討すべき事項」を、第1節から3節は東京消防庁向けに、第4節は業界団体等向けに整理した。

第1節 太陽光発電設備（PV）

1-1 火災予防対策の検討

- (1) 太陽光発電設備に係る危険性の分析及び検討
- (2) 太陽光発電設備を壁面に設置した際の火災時の延焼拡大に係る可能性の検討
- (3) 出火原因に応じた火災予防対策の検討
- (4) 国内外における最新の安全対策の検討

1-2 消防活動対策に係る検討

- (1) 太陽光発電設備の火災に係る消防活動時の危険要因の検討
- (2) 太陽光発電設備の火災に係る消防活動戦術や活動資機材の検討
- (3) 太陽光発電設備を壁面に設置した際の火災時の消防活動対策の検討

第2節 電気自動車（EV）

2-1 火災危険の検討

- (1) 電気自動車に係る危険性の分析及び検討
- (2) 国内外における最新の安全対策の検討

2-2 消防活動対策に係る検討

- (1) 電気自動車の火災に係る消防活動時の危険要因の検討
- (2) 電気自動車の火災に係る消防活動戦術や活動資機材の検討
- (3) 電気自動車の火災に係る消火方策の検討

第3節 共通

3-1 都民への安全情報の発信方策に係る検討

- (1) 都民（個人・事業者）：火災予防のための日常管理、火災時の初期対応方法等の情報提供

3-2 関係行政機関や業界団体への安全対策の提案方策に係る検討

- (1) 行政：火災予防や効果的かつ安全な消火活動のための安全対策
- (2) 施工・点検会社や業界団体：火災予防・拡大防止の観点から施工・点検要領等に関する情報提供

第4節 業界団体等への提言

4-1 太陽光発電設備

- (1) 火災予防対策の検討
- (2) 消防活動対策に係る検討

4-2 電気自動車

- (1) 火災危険の検討
- (2) 消防活動対策に係る検討

4-3 共通

- (1) 都民への安全情報の発信方策に係る検討
- (2) 関係行政機関や業界団体への安全対策の提案方策に係る検討

第1節 太陽光発電設備（PV）

1-1 火災予防対策の検討

(1) 太陽光発電設備に係る危険性の分析及び検討

現状・課題

- ・ 現在まで太陽光発電設備（以下「PV システム」）に係る火災件数は極めて低い。一方、新技術の普及による新たな危険性が生じる可能性があることに加え、普及に伴う設置件数の増加に対する消防活動上の対策が必要である。
- ・ 東京消防庁の火災事故情報では「太陽光発電設備」がコード化され、火災統計として記録されているが、PV の設置方式やモジュールの種類といった詳細に関する体系的な記録は未実施。
- ・ 設置後年数が長い設備の経年劣化による火災リスクが指摘されている（第4章 2-5-1 参照）。
- ・ 点検や届出義務のある中規模以上の PV システムに関しては、既に PV システムに関する機器の設計基準、施工基準、保守点検基準が十分に用意されている。
- ・ 家庭用等小規模 PV システムの保全に関しては、団体や省庁より自主的な保全用の資料の配布や注意喚起がなされている（第4章 2-5-1(8)参照）。
- ・ 蓄電池システム（以下「BESS」）が PV 設備と併設されている場合がある。リチウムイオンバッテリー（以下「LiB」）が使用されている場合、特有の火災危険性がある。屋外のキュービクル型が主流であったが、近年では屋内設置型も流通している。

提言

- ・ PV の火災事故をより詳細に分析するために、設置方式やモジュール種類を区分した火災事故コード等の開発と火災事故統計への反映を強く推奨する。
- ・ 新たな技術の普及に備え、消防活動対策が必要であり、資器材の継続的な充実が望まれる。
- ・ BESS に関しては、既に設置に係る規制などが定められているため現状の対策で十分であるが、設備の識別表示などは PV システムの火災対策と併せて検討する余地がある。

(2) 太陽光発電設備を壁面に設置した際の火災時の延焼拡大に係る可能性の検討

現状・課題

- ・ 日本における「太陽光発電設備を壁面に設置する方式」を分類し、本調査における扱いを以下のとおり定めた。

日本では NEDO のガイドラインにより、PV モジュールが建材として機能する方式を「狭義の BIPV」とし、建物に設置される他の方式を含めて「広義の BIPV」と

定義している。すなわち、建物の建築材としての機能をもち屋根や垂直/傾斜外壁として使用される屋根材一体型や外壁材一体型 PV モジュールは、狭義の BIPV に含まれる。さらに、建物の屋根や外壁に固定される形式で追加設置されるシステム（BAPV）を含めて、広義の BIPV としている。

本調査における「太陽光発電設備を壁面に設置」する方式は、特別な記載の無い限り「建材として機能する狭義の BIPV」及び「ファサードなど外壁に設置される広義の BIPV」を意味し、総じて BIPV と呼称している。なお、「屋根に設置される広義の BIPV」を含まない。なお、フレキシブルタイプ等に関する文献は確認できなかったため、特記の無い限り、本報告書の記載内容はフレキシブルタイプ等を除くものとする。（第 2 章 1-6 参照）

- 日本及び各国において、建材一体型、ファサード型など PV モジュールを壁面に設置する場合の設計、施工、保全等の規格・ガイドラインの作成が進んでいるが、消防活動要領は整備されていない。また、フレキシブル型 PV モジュールに関しては規格・ガイドラインで言及されていない。
- PV モジュールは国際規格や各国規格で一般的に難燃性が要求されている。
- BIPV モジュール設置形態や構造によっては、裏面に空洞があり、炎と高温ガスの浮力によって上方への延焼を、また、燃焼する溶融物質によって下方への延焼を促進する可能性がある。
- オランダの研究報告では以下の内容が指摘されている（第 4 章 2-4-6-2 参照）。
 - ① 屋根一体型 BIPV と可燃性断熱材の接触により、延焼に繋がるリスク
 - ② 施工方式によってはモジュール裏面が見えにくいため、火災時の火元の確認が困難
 - ③ 建材一体型 BIPV には建材としての機能がある場合があり、防水性などの建材特性を考慮した放水が必要である（消火の困難性）
- フレキシブル型等を接着剤や架台で壁面に設置する場合も、上記の BIPV の火災危険性と同様の可能性があると考えられる。
- 第 4 章第 4 節の実験結果より、PV モジュールの設置方法や下地素材及び加熱速度等の条件により燃焼性状が変わることが推測されている。

提言

- 各タイプの BIPV を対象に、材質、設置方式別の燃焼実験を実施し、着火性や延焼可能性を検証することが望まれる。
- BIPV モジュールの裏側に空洞がある場合における火災範囲の確認方法、放水方法、感電防止を含む、BIPV の具体的な消防活動要領を整備することが重要である。

(3) 出火原因に応じた火災予防対策の検討

現状・課題

- ・ PV システムにおける直接の出火原因は異常過熱や直流側のアーク放電（以下「アーク」）が多くを占める。
- ・ 過熱やアークの原因は、圧着不良、鋭利部との接触、部品の不十分な耐候性保護、コネクタの嵌合異常といった設計、施工の問題によるものが多くなっている。
- ・ コネクタや端子の不良による過熱が火災の一因となっていることから、保全における温度管理が重要である。
- ・ 今回の東京消防庁の情報に基づく国内の事故調査においては、出火箇所はパワコンが多くを占めており、PV モジュール自体からの出火はわずかであった。

提言

- ・ 第 5 章第 4 節 業界団体等への提言 に記載

(4) 国内外における最新の安全対策の検討

現状・課題

- ・ 国外で導入が議論されている技術に前述のアーク検知・遮断装置（以下「AFPE」）とラピッドシャットダウン装置（以下「RSD」）がある。
- ・ アークは多くの火災の原因となっており、対策が望まれる。アーク対策としては、AFPE をはじめとする安全装置に加え、設備の耐火性向上や可燃物の削減による着火防止が挙げられる。
- ・ AFPE に関しては、日本を含む各国において、「推奨」となっているが、必須としているケースは少ない。参考として、国際電気標準会議（IEC）では不特定多数の人が出入りする施設や避難困難者を収容している施設及び BIPV においてはアーク対策（AFPE の設置又は耐火性の向上）を推奨している。なお米国電気工事規格では 2011 年からアーク故障検出装置（米国では AFCI と呼称）の設置が義務化されているが、地上設置型 PV 及び埋設配線や電線管等で保護された設備は対象外となっている。
- ・ AFPE に関しては、2025 年 11 月 20 日に JIS C 63027 で JIS 化されたが、パワコンへの実装を義務付けるものではない。なお、AFPE は直流アークを対象とした保護であり、並列アークや地絡アークは対象外である。したがって、アーク発生の防止で最も重要なポイントは、普段の運転管理と保守点検が重要とされている。
- ・ RSD に関しては、日本を含む各国において、「推奨」となっているが、米国、ドイツ、フィリピン、タイ等では義務化されている。米国の NEC ではストリングレベ

ル RSD が 2014 年、モジュールレベル RSD が 2017 年より要求されている。

(注) RSD の設置目的

- ・ PV システムの直流側にはパワコンの遮断後も電気が流れている部分があり、消火活動の妨げとなるおそれがある。緊急時に遠隔操作で発電を停止/抑制するための技術として RSD が用意されており、その遮断の方法に応じて、ストリングレベル RSD とモジュールレベル RSD に分類されている。
- ・ ストリングレベル RSD は PV アレイに繋がる直流導体を遮断する。アレイ境界内部は高電圧の通電が継続されるため感電リスクが残存する特徴がある。一方、モジュールレベルはアレイを構成するモジュール間に遮断装置を設けるもので、アレイ内部を含む全体の発電を抑制するものである。モジュールレベル発電制御 (MLPE : Module-Level Power Electronics) 機器は、モジュールレベルの RSD と概ね同様の機能をもつ。

提言

- ・ RSD は消防隊の活動における被災危険の低減に資する技術であるが、その目的の達成には消防活動対策が必要であり、まずは消防活動対策のための資器材の充足が先決である。

1-2 消防活動対策に係る検討

(1) 太陽光発電設備の火災に係る消防活動時の危険要因の検討

現状・課題

- ・ PV モジュールの燃焼性は決して高くなく、難燃性として認証を受けている場合が多い。
- ・ 消防士の熱傷のリスクは一般的な火災と比較して高いとはいえないが、PV モジュールで発電された電気が導体内を流れ続けるため、消火活動中の感電の危険性があることが知られている。
- ・ 火災時において、PV モジュールの破片や塊が飛散、落下するリスクが報告されており、消防士への物理的危険に注意が必要である。
- ・ 建材一体型やフレキシブルタイプ等の普及により新たな危険性が生じる可能性がある。欧州でのヒアリング時、垂直設置した PV モジュールが倒れる (落ちる) 危険性があることを確認した。
- ・ 太陽光発電設備の燃焼により発生する有毒ガスや火災残渣による環境汚染のリスクがある。
- ・ 再着火のリスクについて、具体的な対策手順を示した文献は確認できなかった。
- ・ 消防活動時の感電危険箇所や遮断装置を示す表示は各国で義務化しており、日本

においても JIS C 62548 などでの表示方法を規定しているが、メーカーや施工業者の自主的な表示に留まっている。

提言

- PV モジュールの燃焼性は決して高くないが、様々な設置条件下での延焼性について更なる検証が必要である。
- PV モジュールで発電された電気が導体内を流れ続けるため、消火活動中の感電に注意が必要である。
- 屋根設置型について、今後フレキシブルタイプ等の軽量の PV モジュールの普及により、従来設置できなかった耐荷重の低い屋根等への設置が想定されることから、消防活動時の踏み抜き等による受傷の注意が必要である。
- 壁面設置した PV モジュール並びにその支持金具の落下危険及びフィルム型等の PV モジュールの破片の飛散に注意が必要である。国内においては、「壁面設置太陽光発電システム 設計・施工ガイドライン」があるが、今後普及が期待される Air ソーラー（ペロブスカイト太陽電池）等に対する具体的な対応方針については、メーカーや施工会社との引き続きの議論が望まれる。
- 消防士の被災及び環境汚染を防止するための有毒ガス対策や火災残渣処理方法の検討が必要である。PV モジュールの燃焼時には各種ガスが発生するため、接近し活動する場合は空気呼吸器の着用が推奨される。
- 環境省の調査などで、PV モジュールには鉛などの重金属を僅かながら含有している可能性があることがわかっており、重量としてはごく僅かだが、火災残渣にも環境汚染につながる物質が含まれている可能性がある。そのため、火災残渣の処理においては、産業廃棄物処理業者や土壌調査会社などの専門業者への相談が望まれる。
- JIS C 61730 や太陽光発電協会（JPEA）のガイドライン³⁸⁴に従った、消防活動時の感電危険箇所や遮断装置を示す表示の啓発が必要である。また、電力会社が独自に太陽光発電システムの逆流のおそれのあるセクションを記録、識別している場合もあり、PV 設備の識別と表示に関しする連携の余地があると考えられる。

今後検討すべき事項

- 壁面設置した PV モジュールの落下危険及び破片の飛散対策
- フレキシブルタイプ等敷設場所の踏み抜き対策

³⁸⁴ 太陽光発電協会（JPEA）、公共用太陽光発電設備のレイアウトと表示について

(2) 太陽光発電設備の火災に係る消防活動戦術や活動資機材の検討

現状・課題

- ・ 日本では、PV システム火災における具体的な消防活動要領は公開されておらず、今回の文献調査では確認していない。
- ・ 総務省消防庁や東京消防庁の公開資料により、必要な個人保護具や、棒状放水における安全距離等が公開されるため、既に一定の対策は実施済みと考えられる。

提言

- ・ 今回の調査において確認した各国における消防活動対策の動向と、日本の消防活動要領とを比較し、反映の要否について議論すること提言する。具体的には、以下に例示する内容についての検討が望まれる。
 - ① リスクアセスメント
対策案：UL3741 や IEA-PVPf の例を参考とした、リスクアセスメント手法の開発
 - ② 感電対策
対策案：絶縁性能を有する個人保護具、切断工具や電気計測器等用意と使用方法の習得
対策案：通電確認方法の指定（離線によるアーク発生や感電の危険については専門家と協議する）
対策案：絶縁工具によるケーブル切断要領作成（接続箱よりモジュール側のセクションに限定する等）
対策案：各国の事例に基づく、接近安全距離及び放水安全距離の指定
 - ③ 有毒ガス対策
対策案：ハロゲン化水素等有毒ガス発生に備えた、空気呼吸器の適切な使用
 - ④ 再着火対策
対策案：再着火防止のための離線、梱包及びケーブル末端処理方法の策定
- ・ JIS C 0364-7-712 等を参考とした、感電危険を知らせる標識類の設置に関する議論を推奨する。
- ・ PV モジュールの設置方法に応じ、RSD 等の遮断装置の要否に関して議論することが望まれる。

(3) 太陽光発電設備を壁面に設置した際の火災時の消防活動対策の検討

現状・課題

- ・ 主に建材一体型やファサード型 PV システムの火災事例が報告されている（第 4 章 2-4-5-2 参照）。一方、フレキシブルタイプ等の火災事例は報告されていない。

- ・ 消防活動対策に対する包括的なガイドラインは確認されていない。日本では、施工や保守に関するガイドラインのみ作成済み。
- ・ 前述のとおり、火災の発見、延焼範囲の確認、消火放水の困難さが指摘されている。
- ・ 東京消防庁では、屋根設置型への対応として、遮光シートを用いて感電防止を図っているが、壁面設置型について同様の対応は難しいことが推察される。

提言

- ・ 壁面設置型について、事例が少ないことから、背面の空間からの垂直延焼のリスクと消防活動の困難性について引き続き検討が必要である。BIPV に関する研究より想定される以下の消防活動における障害に対する検討を提言する。
 - ① 延焼範囲の確認が困難
対策案：サーモグラフィカメラ利用等熱分布推定による延焼範囲確認の検討
 - ② 直流電流の停止が困難
対策案：BIPV への遮光シート設置方法に関する検討（但し、設置形態や部位によって異なることも配慮する必要がある）
- ・ 必要に応じ、AFPE による火災予防の強化や、RSD 等の遮断装置の要否に関して議論することが望まれる。

第2節 電気自動車（EV）

2-1 火災危険の検討

(1) 電気自動車に係る危険性の分析及び検討

現状・課題

- ・ 電気自動車（HEV, BEV 含む。以下「EV」）が内燃機関により駆動する自動車（以下「内燃機関車」）と比べ火災を起こしやすいというデータはなく、ノルウェー消防によると EV の火災発生確率は内燃機関車よりも低いとされている。
- ・ 火災が発生しバッテリーに引火した時の EV は非常に危険であり、米国消防庁では、EV 特有の火災リスクとして、熱暴走、感電、残留エネルギー、爆燃、再発火のリスクを挙げている。
- ・ EV Fire Safe の分析によれば、バッテリーの火災事故の主な出火原因は、衝突・バッテリーの製造上の欠陥・水没であるとされている。なお、半分以上が原因不明であり、水没の事例にあつてはほとんどない。また、衝突については EV 本体の強度の問題でもあるため、個別対策は難しい。
- ・ 冠水後の車両から出火する事例も確認されているが、事例としては限定的である。水没した車両からの出火や水没している状況下での延焼リスクは限定的であると推察される。
- ・ 韓国消防による実験では、バッテリーの充電率（SOC）により熱暴走リスクが大きく異なることが確認されている。また、充電設備及び専用駐車場に設置する場合は、駐車場の出入口ランプ付近等外気に近い区域に設置するよう規制されている。
- ・ 日本を含め、大部分の国では UN ECE R100 により販売用 EV の基準が規定されており、振動・電解液漏れ・熱衝撃・機械的衝撃・耐火試験等をクリアしているものが流通している。
- ・ 山間部の火災において、延焼拡大防止対策として周囲に難燃剤を散布した事例もある。

提言

- ・ 第5章第4節 業界団体等への提言 に記載

(2) 国内外における最新の安全対策の検討

現状・課題

【規格の観点】

- ・ 建築基準法等に準ずる充電場の設置要件は各国まちまちである。中国では充電場の規定を詳細に定める等、EV の火災リスク低減が図られている。

【設備の観点】

- ・ 消防機器メーカーからは、アンダーノズルと併せて止水板を使用する方法も推奨されている。ただし、韓国消防によるマニュアルでは止水板について、早期冷却に効果がある一方、急激な温度変化に起因するバッテリー損傷による安全管理の必要性和有害物質の発生量の増加から、慎重に設置すべきと記載がある。
- ・ 日本海事協会の「電気自動車安全輸送ガイドライン」における消火戦術では、空調制御や持ち込み式ファンによる強制換気、固定消火設備（スプリンクラー設備や泡消火設備等）により周囲の車両を消火してから火災車両に対して水幕で隔離すること、火災車両の周囲の車両に対してブランケットを掛けること等が推奨されている。
- ・ 韓国ではバッテリーパックを直接冷やすためのドリル付きノズルが開発され、消防で採用されている（ドリル付きノズル非推奨の国もあるため留意が必要）。
- ・ バッテリー冷却のため、EV 下部に集中的に放水するアンダーノズルも各国で開発されており、日本でも販売されている。
- ・ 延焼防止用の防火ブランケットが各国で採用が広まってきている。特にドイツでは防火ブランケットが DIN SPEC 91489 により規格化された。

【環境整備の観点】

- ・ アメリカでは、NHTSA において、緊急時レスキューガイドを検索できるシステムが実装³⁸⁵されており、各車種の構造やバッテリーの位置、火災時対応、水没対応等を確認することができる。

【留意事項】

- ・ NFPA による EV の消火実験では、完全に消火したものの、防火ブランケット内で可燃性蒸気が蓄積した結果、取り外した際に 7 名の消防士が地面に倒れるほどの衝撃で爆発したケースもあり、取り扱いには十分注意する必要がある。

提言

- ・ 防火ブランケットを燃焼中の車両に使用する場合は、可燃性ガスがブランケット内に堆積することから、ブランケットのみでの使用はせず、必ず放水しながら冷却する必要がある。
- ・ 延焼防止策として、周囲の車両を移動させることが必要である。移動できない場合においては、燃焼中の車両の輻射熱をウォーターカーテン等の水膜により遮蔽し、周囲にある車両に対してブランケットを掛けることを推奨されており、消防活動要領の参考とすべきである。

³⁸⁵ <https://www.nhtsa.gov/emergency-response-guides>

2-2 消防活動対策に係る検討

(1) 電気自動車の火災に係る消防活動時の危険要因の検討

現状・課題

- ・ 高電圧駆動回路を有することから、感電による重大な二次災害が発生するおそれがある。
- ・ 防火ブランケットは延焼防止と視界確保には有効だが、ブランケット内で可燃性ガスが充満し、爆発下限界に達するおそれがある。
- ・ ノルウェーと韓国ではバッテリー下部への放水と防火ブランケットの併用が推奨されている。
- ・ フッ酸による人体への影響について、車両一台程度の燃焼では、人体に直ちに影響を及ぼす量は生じず、呼吸器や防護マスクで十分対応可能とされている（韓国消防実験より）。
- ・ 高電圧駆動回路を有することから、感電による重大な二次災害の発生を避けるため、オレンジ色の高電圧ケーブルや高電圧部品には触らないように注意が必要である。

提言

- ・ ブランケット内で可燃性ガスが充満し、爆発下限界に達するおそれがあるため、十分離れた位置から外すことが望ましい。紐を付ける、ブランケットの取手に治具を掛ける等の工夫が考えられる。NFPA の実験では、ブランケットを取り外した際に爆発が発生しており、ブランケットを使用した場合、消火が確認される（表面温度が一定温度まで下がっている、ブランケット内から燃焼していると思われる音がしない等）までは取り外さないよう注意が必要である。

(2) 電気自動車の火災に係る消防活動戦術や活動資機材の検討

現状・課題

- ・ EV の消火戦術は各国消防やメーカーによって異なる。緊急時レスキューガイドによると、基本方針としてはバッテリーの冷却を最優先し、大量の水により消火することが推奨されている。なお、一部メーカーは大量の水が使用できない場合、燃え尽きるのを待つことを推奨している。
- ・ 消火器の取り扱いでは、多くのメーカーが粉末消火器を推奨するなか、シボレーは粉末消火器を禁止している。また、テスラは泡消火器を非推奨とする等、一部で違いがみられた。
- ・ 各国消防の消火戦術は、日本の総務省消防庁発行のガイドラインと類似しているが、韓国は独自に多数の実験を行い、消火方法を検討している。基本的な流れは、通報時の EV の認識→バッテリー火災の確認→車の固定→放水→消火後の再

発火防止処置（隔離・放水継続等）とされている。

- ・ 使用資機材として、日本では、一般的な消火活動用の装備に加えて、絶縁保護具、サーモグラフィカメラ、送排風機が挙げられるが、一部の国ではさらに、防火ブランケット、爆発性ガス検知装置、アンダーノズル（バッテリー消火用）、貫通型消火装置（バッテリー下部に穴をあけ注水する装置）、移動式消火水槽・消火コンテナ等も使用されている。
- ・ 水没による消火は日本での販売台数が多いテスラが水没を非推奨としている。消火後の移動に水没コンテナを使用する事例は各国あるが、ドイツでは必須でなく、韓国ではレッカー車の後ろを消防車が走行する手法も採られている。この他、水没した水は汚染度が高く処理が難しい問題点もある。

提言

- ・ 基本方針としてはバッテリーの冷却を最優先し、大量の水により消火することが推奨される。
- ・ 放水距離については、各国明記がないが、有効放水が取れる最大の距離から放水すること。ドイツでは霧状放水の距離を 1m、棒状放水の距離を 5m としている。屋内の火災や車体に近づく必要がある場合、少なくともこの距離を遵守することが推奨される。
- ・ 有効にバッテリーを冷却する方法として、アンダーノズルによるバッテリーへの直接消火、バッテリー下部に穴をあけ注水する貫通型消火装置による消火、移動式消火水槽・消火コンテナによる水没が挙げられる。

(3) 電気自動車の火災に係る消火方策の検討

- ・ 第 5 章第 4 節 業界団体等への提言 に記載

第3節 共通

3-1 都民への安全情報の発信方策に係る検討

- (1) 都民（個人・事業者）：火災予防のための日常管理、火災時の初期対応方法等の情報提供

現状・課題

- ・ PV、EV に共通の内容として、安全情報の発信方策を「媒体」と「コンテンツ」の2つの観点から整理する。東京消防庁では、下記に示すとおり既に様々な情報発信の基盤を持っているため、都民への理解をより深めることでさらに質の高い安全情報の発信が期待できる。

※ 注：以下（ ）内に記載したものは、東京消防庁での取り組み例

① 媒体

- (ア) Web の活用（ホームページやアプリ、X や Facebook、YouTube）での発信
 - 資料集的なもの（電子学習室・電子図書館・ビデオライブラリー）
 - 子供向け（こどもページ）
- (イ) 紙媒体（広報とうきょう消防）での配布
 - 消防署や区役所での配布、都民への回覧への組み込み
 - 販売業者や設置業者経由での配布、イベント（防災展、防火防災フェアや防災救急フェア）での配布
- (ウ) キャンペーン（防災週間、火災予防運動）での取り上げ
 - トピックスの一つとして取り上げ
 - 他機関との連携
- (エ) 教室・実体験型の情報提供
 - 展示（消防博物館・防災館）
 - 都民向け講座
 - 小学生～高校生向けの出張講座

② コンテンツ

都民の安全啓発のために発信する情報として、例えば以下が挙げられる。

- (ア) 事故の発生状況やリスク分析、安全上の留意事項の資料
 - リスク分析や安全上の留意事項等は、普遍的に通じることも多いため、繰り返し発信、あるいは少し内容を変えて発信する。
 - アメリカの CAL FIRE の OSFM（カリフォルニア州の消防局）では、Information Bulletin を発行し、啓発活動を行っている。トピックスとして「リチウムイオンバッテリーの安全性」や「電動モビリティの安全上の注意事項」等を取り上げている。
 - アメリカの DOE（エネルギー省）は、一般向けの EV の火災安全に関する

る情報や消防士向けの情報を Web 上で公表している。

- 各国で電動自転車等のバッテリーの火災が発生している。「認証されたバッテリーや充電器の使用」、「バッテリーに異常や変形等がないかの確認」、「寝ている間の充電は避ける」といった共通する安全のポイントが各国で公表されている。

(イ) 発信する資料は、「読み物」だけでなく「チェックリスト」や「アドバイス集」といったものも用意

- 都民が負担なく内容を確認、利用できるものも用意する。例えば、A4 で 1 枚（片面もしくは両面）に箇条書きレベルでポイントを記したもの。
- アメリカの EPA（環境保護庁）は、山火事後、燃えたリチウムイオンバッテリーに対してどのように対応するか、扱うかについてリーフレットに整理し公表した。
- オランダの消防局は、PV システムに関して「13 項目のチェックリスト」と「設置に関する安全アドバイス集」を発信している。

(ウ) キャンペーンでの取り組み

- キャンペーンのテーマとして取り上げ、集中的に情報発信する。
- オランダでは、消防局が毎年防火安全をテーマとする全国キャンペーンを実施しているが、2025 年は e-モビリティをテーマにキャンペーンを展開。充電時の安全に関する 10 の留意点等を挙げている。

(エ) 教育や実体験等

- 火災実験動画は、リスクを正しく認識しやすい一つの手段である。
- 学校教育の中に組み込む工夫もあり得る。子供も当たり前携帯や電動自転車を利用しているため、リスクや安全ポイントを伝えるのは意義のある取り組み。クイズ形式の情報発信やゲーム化もアイデアとして挙げられる。
- オランダの学校では、電動自転車用の専用エリアを設ける、電動自転車用の充電エリアを他とは分けて設置しているケースもある。

提言

- ・ 火災事例等の情報を業界団体等へ発信し、類似火災の予防対策を講じる必要がある。
- ・ 必要に応じ、出火リスクに関する注意啓発のコンテンツの作成を行う必要がある。

今後検討すべき事項

- ・ 既に様々な情報発信の基盤を持っているため、都民への理解をより深めることで

さらに質の高い安全情報の発信が期待できる。

- ・ 情報発信を行うなかで、その効果測定が実施できるような方策を考えることは、上記の課題解決にも繋がる。

3-2 関係行政機関や業界団体への安全対策の提案方策に係る検討

行政、及び施工、点検会社ならびに業界団体向け方策案を以下に整理する。

(1) 行政：火災予防や効果的かつ安全な消火活動のための安全対策

① 体系的な事故情報の収集（PV、EV 共通）

現状・課題

- ・ PV、EV とも火災事故に関する体系的に整理された事故統計が十分整備されていない。
- ・ 事故情報をメーカーにフィードバックできれば（そのようなデータが取得できれば）、製品の安全性・信頼性向上にも繋がることが期待できる。
- ・ EV については、損害保険業界との連携も一つのアイデアとして考えることができ、ドイツでは安全規格の作成等でも損害保険業界が大きな役割を果たしている。
- ・ 一方、PV は建物の一部に位置付けられ、PV に焦点を当てた損害保険業界との連携は困難な可能性がある。

提言

- ・ 火災事故情報から必要な取得をすることが火災予防を行ううえで最も重要であり、PV や EV の火災事故情報の詳細を統計的に把握できるように努める必要がある。

② 火災予防や消火活動のための安全対策作成（PV、EV 共通）

現状・課題

- ・ PV に関して、平成 25 年度に東京消防庁が策定した「太陽光発電設備に係る防火安全対策の指導基準」の発出以降、太陽光発電設備を起因とする火災件数が少なく、大きな問題がないことから、内容に関して一定の効果があると言える。
- ・ 欧州では、法や規格とは別に、設置等に関するガイドラインが公表されている。例として、以下が挙げられる。
 - PV システム向けの CFP-A-E Guideline No 37:2025 F、FRISSBE、VdS 3145:2025-26
 - EV 向けの Fire Safety Recommendations for Electric Vehicles

提言

- ・ 今回の調査結果も踏まえ、「消防」や「救援」の観点から指導基準等の更な

る充実を図ることが望まれる。

- ・ PV に関しては、欧米を中心に各国の消防機関が導入している各種手法の有効性を日本国内に当てはめて検証する必要がある、以下に示す内容を必要に応じ導入することが望まれる。
 - リスクアセスメント手法の提供
 - 消火活動出動から廃棄までの消火活動全体に関する手順の策定
 - 感電危険性表示方法（第2節 2-4-7-4 参照）
 - 利用可能な安全装置の識別と操作方法の理解、現場掲示方法
 - 絶縁保護具及び空気呼吸器の使用基準
 - 接近及び放水安全距離の指定
 - 専門業者への連絡体制整備

③ 消防向け教育プログラム・ガイドの作成（PV、EV 共通）

現状・課題

- ・ 米国では、消防士向けに PV システムの火災時の安全対応、遮断手順、感電リスク回避等の教育プログラムが各種用意されている。” Electric Vehicle Fire/Rescue Response Operations” の中で EV のモデルごとの対応ガイドや救援ガイドを掲載している。
- ・ ドイツでは、EV の火災リスクに対応したカリキュラムを消防学校の中で取り上げており、民間機関が消防士教育を支援している。

提言

- ・ 消防士が PV や EV の火災リスクを正しく理解し、対処方法を学ぶ教育プログラムを用意することが望まれる。

今後検討すべき事項

- ・ 教育プログラムの開発や実施について、外部専門家の活用を検討する。
- ・ 教育プログラムの内容については、消防が備える資機材等の環境要素も考慮することが必要となる。

④ 廃棄やリサイクル（PV システム、EV 共通）

- ・ 第5章第4節 業界団体等への提言 に記載

(2) 施工・点検会社や業界団体：火災予防・拡大防止の観点から施工・点検要領等に関する情報提供

① 火災予防のための施工管理（PV）

現状・課題

- ・ 圧着不良、鋭利部との接触、部品の不十分な耐候性保護、コネクタの嵌合異常といった施工品質や劣化の問題による過熱やアークが火災原因となる事例

が多い。

- ・ 点検や届出義務のある中規模以上の PV システムに関しては、既に PV システムに関する機器の設計基準、施工基準、保守点検基準が十分に用意されている。

提言

- ・ 最新の火災情報を業界団体等へ提供し、火災予防に努める必要がある。
- ② 火災予防のための保全管理（PV）
- ・ 第 5 章第 4 節 業界団体等への提言 に記載
- ③ 危険情報の周知（EV）
- ・ 第 5 章第 4 節 業界団体等への提言 に記載

第4節 業界団体等への提言

4-1 太陽光発電設備

以下に太陽光発電設備に係る業界団体等への提言を記載する。

(1) 火災予防対策の検討

① 太陽光発電設備に係る危険性の分析及び検討

現状・課題

- ・ 第5章第1節 太陽光発電設備（PV）に記載のとおり。

提言

- ・ 家庭用等の小規模 PV システムに関し、保有者の自主的な保守点検の、より確実な普及が望まれる。

② 太陽光発電設備を壁面に設置した際の火災時の延焼拡大に係る可能性の検討

現状・課題

- ・ 第5章第1節 太陽光発電設備（PV）に記載のとおり。

提言

- ・ BIPV に対する保守方法のガイドラインを拡充する。特に、高所にあり接近困難な機器の遠隔点検技術、ドローンやサーモグラフィカメラを活用した保守について検証することが必要である（過剰な設備投資ではなく、状態監視で異常発見が重要）。
- ・ BIPV 構成機器（モジュール、直流ケーブル及びパワーコンディショナ（以下、パワコン））と、建物の断熱材などの可燃物との接触を防止する方法を、PV 業界のガイドライン等に反映していくことが望まれる。

③ 出火原因に応じた火災予防対策の検討

現状・課題

- ・ 第5章第1節 太陽光発電設備（PV）に記載のとおり。

提言

- ・ 火災原因の多くを占める設計、施工の問題の防止には、各種メーカーの施工要領及び業界団体のガイドラインに従い設計、施工、検査を実施することが重要であるため、施工業者への技術指導や啓発活動を通じ、施工要領等の普及を引き続き継続していくことが望まれる。
- ・ 太陽光発電協会による PV 施工技術者制度等の活用強化を議論することが望まれる。なお、米国では、設計/施工/保守の専門資格制度が導入されており、参考とすることができる。
- ・ 諸外国の例により、サーモグラフィカメラの利用による効率的な温度測定が推奨される。米国では、システム通電直後、14 日後及び 3 年毎のサーモグラ

フィ点検を要求している保険会社もある。

④ 国内外における最新の安全対策の検討

現状・課題

- ・ 第5章第1節 太陽光発電設備（PV）に記載のとおり。

提言

- ・ アーク対策に関しては、現状では「推奨」であるが、IECを参考に「不特定多数の人が出入りする施設や避難困難者を収容している施設及びBIPV」に関する具体的な対策の議論が望まれる。
- ・ スtringレベル RSD に関しては、比較的導入が容易であることから、要否に関する議論の余地があると考ええる。一方、モジュールレベル RSD に関しては設置を一部義務化している国もあるが、日本とは導入環境及び基準が異なることから、導入については慎重な検討が必要である。モジュールレベル RSD は機器の数が膨大となるため、技術的、費用的な問題に加え、火災のリスクが高まる可能性も指摘されている（第4章 2-5-3 参照）。

(2) 消防活動対策に係る検討

① 太陽光発電設備の火災に係る消防活動時の危険要因の検討

- ・ 本項に関する業界団体等への提言は無かった。

② 太陽光発電設備の火災に係る消防活動戦術や活動資機材の検討

現状・課題

- ・ 第5章第1節 太陽光発電設備（PV）に記載のとおり。

提言

- ・ 本項に関する業界団体等への提言は無かった。

③ 太陽光発電設備を壁面に設置した際の火災時の消防活動対策の検討

現状・課題

- ・ 第5章第1節 太陽光発電設備（PV）に記載のとおり。

提言

- ・ 壁面設置型について、事例が少ないことから、背面の空間からの垂直延焼のリスクと消防活動の困難性について引き続き検討が必要である。BIPV に関する研究より想定される以下の消防活動における障害に対する検討を提言する。

(ア) 火災の発見が困難

対応策：BIPV 発電状態監視と併せて、設置想定場所における火災感知

器の設置状況を確認

対策案：建物設置形態によって効果を調査のうえ、火災感知器等を導入するか判断

導入する場合、煙感知器等の電気火災への応答性が高い感知器の指定と、屋根裏等の追加設置といった要件を検討

(イ) 設置形態によっては、外部からの放水が裏側に到達しない

対応策：外側の防水性による放水障害の確認と、取り外し等具体的対応の検討

対応策：内側への進入した際の安全距離確保、感電経路の複雑化等の危険性の検討

(ウ) BIPV であることの識別が困難

対応策：BIPV 部分の識別方法に関する対応

4-2 電気自動車

以下に電気自動車に係る業界団体等への提言を記載する。

(1) 火災危険の検討

① 電気自動車に係る危険性の分析及び検討

現状・課題

- ・ 第5章第2節 電気自動車（EV）に記載のとおり。

提言

- ・ 製造上の欠陥について、正規認証品の使用（JIS C 8714、JIS C 8993、JIS D 5305 等。特に海外製の E バイク等は販売許可時に確認することが望ましい）、リコールされた電池の周知徹底が望まれる。
- ・ 充電中の火災については、統一的な見解を示すことはできないうえ、国により詳細な基準は異なるが、自動車本体（ISO 17409 等）、充電ステーション（ISO 18487 等）、充電器（ISO 27930 等）に安全装置（過電流防止装置、過充電防止装置）が付けられるため、設備的な安全は一定程度確保されていると考えられる。

② 国内外における最新の安全対策の検討

現状・課題

- ・ 第5章第2節 電気自動車（EV）に記載のとおり。

提言

- ・ アメリカで導入されている緊急時レスキューガイドを検索できるシステムの日本語版の導入が必要である。

(2) 消防活動対策に係る検討

① 電気自動車の火災に係る消防活動時の危険要因の検討

現状・課題

- ・ 第5章第2節 電気自動車（EV）に記載のとおり。

提言

- ・ 本項に関する業界団体等への提言は無かった。

② 電気自動車の火災に係る消防活動戦術や活動資機材の検討

現状・課題

- ・ 第5章第2節 電気自動車（EV）に記載のとおり。

提言

- ・ 本項に関する業界団体等への提言は無かった。

③ 電気自動車の火災に係る消火方策の検討

現状・課題

- ・ 現在、総務省消防庁より発行されている「次世代自動車事故等における消防機関の活動要領」がある。
- ・ 感電防止については対策を講じることができるが、消火方策については記載されていない。

提言

【使用資機材】

- ・ 防火ブランケット（延焼防止と視界確保の用途、解放時の爆発リスクに十分留意する必要あり）

ブランケットの取り外しタイミングについては、原則、各メーカーの防火ブランケットの取扱い説明書を準用する。統一的なものがないことから、今後検討が必要である。（例：サーモグラフィカメラによるブランケットの表面温度が65℃以下、かつ、ブランケット内部で燃焼が続いていると思われる煙や音が発生していない状態が1時間以上継続するまで取り外しは不可。（Bridge Hill社製、代理販売店 YONE(株)提供のブランケットの場合））

- ・ 有効にバッテリーを冷却する資機材（アンダーノズル、貫通型消火装置、移動式消火水槽・消火コンテナ）

一部の国では、有効にバッテリーを冷却する方法として、アンダーノズル、貫通型消火装置、移動式消火水槽・消火コンテナが利用されている。それぞれ同一条件下での比較検証が必要である。

- ・ その他火災の進展に応じた必要な資器材（第4章3-7-6 使用資機材参照）
火災の進展に応じた必要な資器材の充足が重要である。

【消火戦術】

- ・ バッテリー火災の兆候事項（発煙や”シュー”・”ピー”、”ポン”といった音等）の拡充
- ・ バッテリー火災がすでに始まっている場合、下記の対応が必要である。
 - （ア） 電解液蒸気を滞留させないため、可能であれば窓を開放すること
 - （イ） 呼吸器を着用すること
 - （ウ） 専用消火設備（アンダーノズル、貫通型消火装置、移動式コンテナ等）を準備すること
- ・ 屋外で延焼リスクのない場合、燃え尽きるのを待つこと
メーカーによっては、燃え尽きるのを待つよう緊急時レスキューガイドに記載があることから、大量放水又は水没で消火した際との比較検証が必要である。
- ・ 放水距離の最大化
前述のとおり、放水距離については、有効放水が取れる最大の距離から放水すること。ドイツでは霧状放水の距離を1m、棒状放水の距離を5mとしている。屋内の火災や車体に近づく必要がある場合、少なくともこの距離を遵守することが推奨される。
- ・ 消火後の延焼対策（消火後車両の保管場所を規定）
調査結果より、消火後の車両からの再出火が確認されたことから、保管場所としては周囲に延焼媒体のない空地等が望ましい。どの程度の空地の確保が必要かについては検証が必要である。
- ・ 水没時の消火水は汚染レベルが高い。韓国では産業廃棄物と同様に処理している。ドイツでは消火終了後作業に有害物質（重金属含有粉じん）ばく露を防ぐための適切な保護措置を推奨している。
- ・ ブランケットの使用方法的規定
原則、各メーカーの防火ブランケットの取扱い説明書を準用する。延焼防止策としての使用を考慮する必要があり、検証が必要である。

【緊急時レスキューガイドへのアクセス】

- ・ 緊急時レスキューガイドにはバッテリーの位置や高電圧解除方法等消火に重要な情報が記載されているが、消火時の緊急時レスキューガイド取得環境は整備されておらず、緊急時レスキューガイドへのアクセス環境を整えるのが重要である。

- ・ 主要メーカーの緊急時レスキューガイドを指揮車、救助車、ポンプ車その他必要がある車両に準備しておくことを推奨する。

【消火後の対応】

- ・ EV 火災後は、消防隊員は衛生シャワーを浴び、制服／衣類を交換すべきである。アメリカの事例では、汚染された消防用防護服（SFPC）の取扱経験を持つ、有資格の外部サービス事業者が洗濯している場合がある。

今後検討すべき事項

- ・ 大量の放水と燃え尽きるのを待つ手法はどちらが良いかの検証。
- ・ 延焼を防ぐためにはどの程度の空地が必要か。
- ・ 防火ブランケットの最適な使用方法。

4-3 共通

以下に太陽光発電設備、電気自動車に共通する業界団体等への提言を記載する。

(1) 都民への安全情報の発信方策に係る検討

- ① 都民（個人・事業者）：火災予防のための日常管理、火災時の初期対応方法等の情報提供

現状・課題

- ・ 第5章第3節 共通 に記載のとおり。

提言

- ・ 前述のとおり、東京消防庁及び業界団体では既に種々の情報発信を行っているが、海外の事例も参考に媒体に応じて、引き続き PV や EV の火災安全に係わるコンテンツを開発・発信していくことが大切である。なお、都民に火災安全を伝えるべき基本情報例を以下に列挙する。

【基本情報例】

- (ア) PV システムの火災予防のための日常管理、火災時の初期対応方法等の具体的な内容は以下のとおりである。
 - i. 定期的な点検

じん埃や湿気、可燃物の付着による火災防止のため、定期的に清掃し、プラグやパネルに、変色や焦げ跡がないか確認する。
 - ii. 発電状況の確認

出力監視による異常の早期発見として、発電量の著しい低下や異常な温度上昇等の兆候を確認し、異常を発見した場合は速やかに専門業者に相談する。

- (イ) 火災時の初期対応方法として、以下の周知が必要である。
- i. 太陽光発電設備は発電が継続されており、感電のリスクがあるため、速やかに消防隊に通報する。消防隊到着時には PV モジュールと関連機器の設置状況を伝達する。
 - ii. 安全が確保されている場合、可能な限り交流（AC）側及び直流（DC）側の遮断器を操作し、システムの電源を遮断する。
 - iii. 安全が確保されている場合、電気火災に対応した消火器（クラス C 消火器）を使用し初期消火を実施する。水による消火は感電の危険があるため極力避ける。
- (ウ) EV の火災予防のための日常管理、火災時の初期対応方法等の具体的な内容は以下のとおりである。
- i. 充電について
 - コードを地面に置かないこと
 - 充電器は延長コードを使わないこと
 - 充電器に漏電遮断器があることを確認すること
 - 充電設備の周りに可燃物を置かないこと
 - 使用前に充電器やコードに損傷がないか確認し、損傷がある場合は絶対に使用しないこと
 - 認定試験機関によって認証された機器を使用すること
 - メーカーの指示をよく読み、必ず従うこと
 - 充電ステーションのコンセントには水が入らないようカバーをすること
 - 火災時に避難の妨げとならない箇所に EV/E バイクを保管すること。爆発的に燃焼するため、玄関等に置くと火災時に避難できないおそれがある
 - 100%充電されたら速やかに充電器から外すこと
 - ii. 感電について
 - EV には高電圧バッテリーがある
 - バッテリーのメンテナンスはメーカーで実施すること
 - オレンジ色の高電圧ケーブルには絶対に触れないこと
- (エ) 火災時の初期対応方法として、以下の周知が必要と考える。
- i. 電気火災に対応した消火器（クラス C 消火器）を使用し初期消火を実施する。また、水による消火は感電の危険があるため極力避ける。
 - ii. 消防への通報時に、その車がハイブリッド車（HEV）か EV である

ことを伝えること。

- iii. 火が出てしまった場合は、周囲に延焼しないよう可能なものは排除し、消防の到着を待つこと。

(2) 関係行政機関や業界団体への安全対策の提案方策に係る検討

行政、及び施工、点検会社ならびに業界団体向け方策案を以下に整理する。

① 行政：火災予防や効果的かつ安全な消火活動のための安全対策

(ア) 体系的な事故情報の収集（PV、EV 共通）

現状・課題

- ・ 第5章第3節 共通 に記載のとおり。

提言

- ・ PV や EV の火災事故情報が体系的に把握できる仕組み作りを行うことが望まれる。特に、火災発生時の情報記録における識別分類に PV や EV を追加することを強く推奨する。その際には、後の分析に必要な情報を取得することが重要である。
- ・ PV、EV とも火災事故に関する体系的に整理された事故統計データ分析ができれば、正確な実態確認やリスク把握に繋がる。それは、安全方策検討のベースとなり、今後の安全方策に繋がる。

(イ) 火災予防や消火活動のための安全対策作成（PV、EV 共通）

現状・課題

- ・ 第5章第3節 共通 に記載のとおり。

提言

- ・ 一般住宅向けの PV システム設置や点検、EV の火災リスクを想定し、法規制ではなく、消火・救援活動を念頭に、メーカー団体や設置業者団体とガイドラインを作成する。この活動は、メーカーや設置業者の火災リスクの理解がより深まり、製造時や設置時の配慮に繋がることが期待できる。また、これは消防士・救急隊員向けのガイドラインとしても利用可能。
- ・ EV に関しては、各行政機関から提示されている火災対策の他、下記項目の新規検討・強化が望まれる。
 - i. 特に充電場は火災リスクが大きいとため、周囲に可燃物が無い箇所に設置するよう指導すること。
 - ii. 屋内に充電場を設置するときは排煙できるような箇所（開放部付近）に設置する事例もあったことから、火災発生時のリスクについて周知すること。

- iii. 火災リスクのある電池のリコールについては最大限周知すること
- iv. E バイクの業界標準が定まっていない。ISO 13063 等を参考に E バイクの安全基準を整備すること。
- v. 緊急時レスキューガイドへのアクセス環境を整えること（メーカーとの連携が重要。火災対応や水没対応、高電圧無効化手順等が全車種共通なのであれば、共通シートを消防としてメーカーに準備してもらい、各消防署や消防社内に保管しておくことも考えられる）。

(ウ) 消防向け教育プログラム・ガイドの作成 (PV、EV 共通)

現状・課題

- ・ 第 5 章第 3 節 共通 に記載のとおり。

提言

- ・ 本項に関する業界団体等への提言は無かった。

(エ) 廃棄やリサイクル (PV システム、EV 共通)

現状・課題

- ・ 欧米では、PV パネルやリチウムイオンバッテリーの回収を製造者等に義務付けている。処理やリサイクルの責任を負わせる仕組みとなっている。
- ・ オランダでは、PV システムの更新効果を定量化するプロジェクトが進行しており、これにより PV システム更新の判断基準が示される予定である。

提言

- ・ 劣化に係る火災リスク低減のため、劣化に係るリスク研究を進め、それに回収・リサイクルの仕組みを上手く組み合わせる仕組み作りが望まれる。そのための働きかけを行う。
- ・ 日本においても、PV パネルやリチウムイオンバッテリー等の更新の判断基準を整備していくための取り組みを開始することがアイデアの一つとしてある。

② 施工・点検会社や業界団体：火災予防・拡大防止の観点から施工・点検要領等に関する情報提供

(ア) 火災予防のための施工管理 (PV)

現状・課題

- ・ 第 5 章第 3 節 共通 に記載のとおり。

提言

- ・ 施工不良防止には、各種メーカーの要領及び業界団体のガイドラインに従

い設計、施工、検査を実施することが重要であるため、業界団体から施工業者への技術指導や普及啓発、施工業者による施工要領等の遵守が望まれる。

- ・ 太陽光発電協会による PV 施工技術者制度等の活用強化を議論することが望まれる。なお、米国では、設計/施工/保守の専門資格制度が導入されており、参考とすることができる。
- ・ コネクタや端子の不良による過熱が火災の一因となっていることから、完成検査における温度管理が重要である。機器点数の多い設備であることから、効率的な温度測定が可能なサーモグラフィカメラの活用が有効と考えられる。今後の温度管理や検査頻度等の基準化が望まれる。米国では、システム通電直後、14 日後及び 3 年毎のサーモグラフィカメラ点検を要求している保険会社もある。

(イ) 火災予防のための保全管理 (PV)

現状・課題

- ・ 圧着不良、鋭利部との接触、部品の不十分な耐候性保護、コネクタの嵌合異常といった施工品質や劣化の問題による過熱やアークが火災原因となる事例が多い。
- ・ 点検や届出義務のある中規模以上の PV システムに関しては、既に PV システムに関する機器の設計基準、施工基準、保守点検基準が十分に用意されている。

提言

- ・ 保全による事故予防には、各種メーカーの要領及び業界団体のガイドラインに従い自主保全、定期保全を実施することが重要であるため、設備所有者や保全業者への連携や支援の強化が望まれる。
- ・ 定期点検項目として、ガイドラインで挙げられているとおり、接続部の緩み確認、絶縁抵抗測定、サーモグラフィカメラによる過熱箇所の検出、出力特性の測定等が挙げられる。
- ・ コネクタや端子の不良による過熱が火災の一因となっていることから、保全における温度管理が重要である。機器点数の多い設備であることから、効率的な温度測定が可能なサーモグラフィカメラの活用が有効と考えられる。今後の温度管理や検査頻度等の基準化が望まれる。米国では、システム通電直後、14 日後及び 3 年毎のサーモグラフィ点検を要求している保険会社もある。また、サーモグラフィカメラを積載したドローンでパネル温度を測定する手法は、IEC TS 62446-3 等で規格化されている。

(ウ) 危険情報の周知 (EV)

現状・課題

- ・ 車体や充電場については基準に沿って施工することにより現時点から新たな取り組みの緊急性は高く無いと考える。現状日本での EV 充電場における火災は確認されず、メンテナンスも現時点では機能していると考えられる。

提言

- ・ EV は PV と異なり一般市民が使用するものであり、特に自宅の低速充電ではメンテナンス不足も懸念される。メンテナンス不足や誤った使用法による火災リスクを低減するよう、業界からの働きかけが重要である。
- ・ 本書で提言した緊急時レスキューガイドの取得システムは業界の協力が必要不可欠である。

以上