

可燃物の燃え広がり現象に関するデータベース構築

湯浅 弘章*、山村 重行**、渡邊 茂男*

概要

当庁において物の燃え方を示す映像及び測定データを体系的に残した資料は非常に不足している。このことから、統一的な手法で各種可燃物の燃焼データの記録を行った。延焼拡大局面において大きな影響を与える固体垂直面を想定した同面積、同形状の平板を試験体とし、木材、プラスチック等の各材質、さらには、これらの素材を使用した製品について燃焼させた場合の可視・赤外映像及び燃焼室内の温度、受熱量等の燃焼データを取得した。

1 目的

社会的に影響を及ぼす火災発生後に、報道、都民指導、燃焼現象を見たことの無い若手職員の教育などに利用するため、様々な物について燃え方を示す資料を提供してほしいとの要望が各方面から度々あり、今後も特異な火災事案が発生する都度このような要請は続くと思われる。しかし、現在までのところ様々な種類の燃焼データを体系的に残したものが当庁には無い。よって、統一的な手法の下で各種可燃物の燃焼データを測定、記録、整理し、これらのデータをすぐに取り出せるようにライブラリ化しておくことで、各方面からの高い需要に対し正確な情報をもって応えることを目的とした。

2 燃焼試験の条件

(1) 試験体の選定

可燃物の燃焼性状は、燃焼環境、形状、表面積、材質、配置等、様々な要素が影響することが知られている。今回は過去に受けた燃焼性状に関する情報提供の要望を鑑み、延焼拡大局面において大きな影響を与える上方向火炎伝播性状に着目し、材質の違いにおける垂直平板の区画内における燃焼、燃え広がり性状に注目した。

過去の火災の着火物別出火件数を見ると、枯草、動植物油類に次いで合成樹脂・成形品が毎年全体の6%ほどを占めている¹⁾。また過去に受けた燃焼性状に関する情報提供の要望も鑑み、試験に用いる試験体の材質の選定は、大別してプラスチック系、発泡プラスチック系を主体とし、比較のために木質系を含めることとした。

(2) 火源の選定

近年の火災の主な出火原因別の出火件数を見ると、放火による出火件数が出火原因の1位となっている。放火火災について発火源を調べると、ライターによるものが最も多い²⁾。また、子供の火遊びによる住宅火災の事例調査でもライターが火源に占める割合が大きいため³⁾、試験に使用する火源については市販のライターとした。

3 小規模試験

各種データの測定に先立ち、材質ごとの着火、燃焼継続の有無と火源の種類が試験体の着火に与える影響を確認するため、各材質に対する簡易な着火確認試験を実施した。以後、この試験を小規模試験、次節に示す各種データを測定した試験を大規模試験とする。なお、小規模試験において着火し、燃焼の継続を確認した材質について、大規模試験を実施した。

(1) 試験体

表1に示す各種平板を概ね縦20cm、横10cmに切断し、小規模試験に用いる試験体とした。

表1 小規模試験に用いた試験体

試験体名_厚さ	大別による材質の分類
フェノール板_2ミリ	熱硬化性プラスチック
エポキシ板_2ミリ	熱硬化性プラスチック
ウレタン(ゴム)シート_2ミリ	熱硬化性プラスチック
ポリエチレン板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(汎用)
ポリプロピレン板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(汎用)
ABS板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(汎用)
塩化ビニル板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(汎用)
アクリル板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(汎用)
ナイロン(ポリアミド)板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(エンジニアリング)
ポリカーボネード板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(エンジニアリング)
ペット板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(エンジニアリング)
ペットG板_2ミリ	熱可塑性プラスチック(エンジニアリング)
天然ゴムシート_2ミリ	天然材
発泡フェノール_30ミリ	発泡プラスチック(建築用断熱材)
発泡ウレタン_30ミリ	発泡プラスチック(建築用断熱材)
発泡ウレタン(ワイルドフォーム)_30ミリ	発泡プラスチック(建築用断熱材)
発泡ウレタン(不燃材料)_30ミリ	発泡プラスチック(建築用断熱材)
発泡エチレン_30ミリ	発泡プラスチック(建築用断熱材)
発泡スチレン(押出法)_30ミリ	発泡プラスチック(建築用断熱材)
発泡スチレン(ピース法)_33ミリ	発泡プラスチック(建築用断熱材)
シナ合板_4ミリ	木材積層合板
ラワン合板_4ミリ	木材積層合板
MDF集積材_4ミリ	木質集積材
紙製ダンボール_5ミリ	紙製品
ポリプロピレン製ダンボール_5ミリ	ポリプロピレン製品

(2) 試験方法

小規模試験に使用する火源については表2に示す市販のライター3種類を選定した。これらの各火源について、垂直方向に保持した試験体下部約1cmの距離に設定後、試験体に点火し、各試験体の着火、燃焼継続の有無と火源ごとの着火、燃焼性状の違いを確認すると共に、可視画像、赤外画像を記録した(写真1)。なお、点火方法は主観的に燃焼が継続可能になったと思われる時刻まで火源を接炎させ続けることとし、接炎開始から終了に至る時間を以って着火完了時間と呼ぶことにした。

表2 使用した火源

	オイルライター	ガスライター	トーチバーナー
製造元	Zippo MFG., Co.	NAGASHIMA CO LTD	PRINCE
製品名	Genuine Zippo Lighter	RAINBOW	PIEZO GAS BURNER Micro Torch QB-2001



写真1 小規模試験状況 (ポリプロピレン板_2ミリ)

(3) 試験結果

表3に小規模試験の結果得た各材質の着火、燃焼継続の有無と燃焼状況について示す。フェノール板_2ミリのみ、トーチバーナーでは途中で何か弾ける音とともに火源が吹き消えてしまい、常に着火不能であったが、その他の試験体については、火源の種類により着火、燃焼継続の有無が変化することは無かった。しかし、着火の容易さについては試験体、火源ごとに異なり、総合的には発泡エチレンが最も着火し易く、またトーチバーナーが最も短時間で試験体に着火させることが確認できた。表4に火源ごとの着火完了時間を各試験体の平均着火完了時間の短い試験体順に示す。なお、この結果より、大規模試験の火源はトーチバーナーを採用することとした。

表3 小規模試験結果 (燃焼継続する:○ 燃焼継続しない:×)

試験体名_厚さ	燃焼継続有無	燃焼状況(主観的)
フェノール板_2ミリ	○	パチパチと音を立てて燃える。
エポキシ板_2ミリ	×	火源を当て続けている間は燃えるが、離すとすぐに消える。
ウレタン(ゴム)シート_2ミリ	×	溶けるが燃えない。
ポリエチレン板_2ミリ	○	溶けてだらだらと垂れながら燃える。
ポリプロピレン板_2ミリ	○	溶けてだらだらと垂れながら燃える。
ABS板_2ミリ	○	すぐに着火し、大きくねっとりと垂れながら燃える。
塩化ビニル板_2ミリ	×	火源離すとすぐ消える。ほとんど溶けない。
アクリル板_2ミリ	○	着きは強いが一旦着くとよく燃える。
ナイロン(ポリアミド)板_2ミリ	×	溶けるだけほとんど炎を出さない。
ポリカーボネード板_2ミリ	×	火源を離しても消えないが、着火部が溶融落下して下で燃え尽きる。
ペット板_2ミリ	×	火源を離しても消えないが、着火部が溶融落下して下で燃え尽きる。
ペットG板_2ミリ	×	火源を離すとすぐ消える。すぐに溶融落下して下で燃え尽きる。
天然ゴムシート_2ミリ	○	垂れることなくよく燃える。
発泡フェノール_30ミリ	○	面材のみ燃える。
発泡ウレタン_30ミリ	○	シューという音とともに燃え方が加速する。
発泡ウレタン(イソシアネート) _30ミリ	○	初めは良く燃えるが途中から勢いが無くなる。
発泡ウレタン(不燃材料) _30ミリ	×	火源を離すとしばらくして消える。
発泡エチレン_30ミリ	○	着火しやすくよく燃える。すぐ溶融して下に落ちる。
発泡スチレン(押出法) _30ミリ	×	熱が当たるところのみ炎を出して燃える。火源を離すと消える。
発泡スチレン(ヒーズ法) _33ミリ	×	熱が当たった形に溶けてへこむ。炎があれば燃えるが火源を離すと消える。
シナ合板_4ミリ	○	横に少し広がりながらパチパチと燃える。
ラワン合板_4ミリ	○	縦に直線的に燃え上がる。
MDF集積材_4ミリ	○	長い時間大きく縦に燃える。横に広がらない。
紙製ダンボール_5ミリ	○	上への炎の立ち上がり大きい。
ポリプロピレン製ダンボール_5ミリ	○	ポリプロピレン板の試験体と燃え方同じ。

表4 主観的な火源ごとの着火完了時間

順位	試験体名_厚さ	オイル [s]	ガス [s]	トーチ [s]	平均 [s]
1	発泡エチレン_30ミリ	9	5	3	5.7
2	発泡フェノール_30ミリ	11	10	5	8.7
3	ポリプロピレン製ダンボール_5ミリ	13	12	7	10.7
4	発泡ウレタン(イソシアネート) _30ミリ	15	15	8	12.7
5	発泡ウレタン_30ミリ	15	15	10	13.3
6	ポリプロピレン板_2ミリ	12	22	9	14.3
7	紙製ダンボール_5ミリ	20	18	11	16.3
8	ABS板_2ミリ	19	20	13	17.3
9	天然ゴムシート_2ミリ	32	22	10	21.3
10	アクリル板_2ミリ	23	24	17	21.3
11	ポリエチレン板_2ミリ	36	31	16	27.7
12	フェノール板_2ミリ	49	42	—	(45.5)
13	ラワン合板_4ミリ	61	49	35	48.3
14	MDF集積材_4ミリ	70	46	31	49.0
15	シナ合板_4ミリ	90	42	27	53.0
	平均[s]	31.7	24.9	14.4	

4 大規模試験

小規模試験において着火、燃焼の継続を確認できた材質について、大規模試験を実施した。燃焼に伴う各種測定データを材質ごとに測定、比較するためには、試験体の材質以外の全ての要素を統一する必要があるため、常に同じ条件にて燃焼させ、各種燃焼性状を確認、測定した。

(1) 試験体

試験体については縦1820mm、横910mmの同面積、同形状の垂直平板を、厚さ12mmの石膏ボードに15本の木ネジで均等に固定した。試験体は材質ごとに厚さの異なる2種類を用意した。表5に大規模試験に用いた試験体名を示す。なお、発泡ウレタン（イソシアヌレートフォーム）については、以前の検証にて⁹⁾ 基材に固定した場合は燃焼継続しないことを既に確認しているため、試験体から除いた。

表5 大規模試験に用いた試験体

試験体名_厚さ	大別による材質の分類
フェノール板_2ミリ	熱硬化性プラスチック
フェノール板_6ミリ	熱硬化性プラスチック
ポリエチレン板_2ミリ	熱可塑性プラスチック (汎用)
ポリエチレン板_5ミリ	熱可塑性プラスチック (汎用)
ポリプロピレン板_2ミリ	熱可塑性プラスチック (汎用)
ポリプロピレン板_6ミリ	熱可塑性プラスチック (汎用)
ABS板_2ミリ	熱可塑性プラスチック (汎用)
ABS板_6ミリ	熱可塑性プラスチック (汎用)
アクリル板_2ミリ	熱可塑性プラスチック (汎用)
アクリル板_6ミリ	熱可塑性プラスチック (汎用)
天然ゴムシート_2ミリ	天然材
天然ゴムシート_6ミリ	天然材
発泡フェノール_30ミリ	建築用断熱材
発泡フェノール_50ミリ	建築用断熱材
発泡ウレタン_30ミリ	建築用断熱材
発泡ウレタン_50ミリ	建築用断熱材
発泡エチレン_30ミリ	建築用断熱材
発泡エチレン_50ミリ	建築用断熱材
シナ合板_4ミリ	木材積層合板
シナ合板_12ミリ	木材積層合板
ラワン合板_4ミリ	木材積層合板
ラワン合板_12ミリ	木材積層合板
MD F集積材_4ミリ	木質集積材
MD F集積材_12ミリ	木質集積材
紙製ダンボール_5ミリ	紙製品
紙製ダンボール_8ミリ	紙製品
ポリプロピレン製ダンボール_5ミリ	PP製品

(2) 試験方法

小規模試験の結果、トーチバーナーが最も短時間で着火しやすいことを確認したため、大規模試験の火源はトーチバーナーを採用した。点火方法は小規模試験同様、垂直方向に保持した試験体下部約1cmの距離から点火し、主観的に燃焼が継続可能になったと思われる時刻まで火源を接炎させ続けた。特別な理由のない限り点火から燃焼終了までを一連の測定時間とし、各試験体の着火、燃焼継続の有無と燃焼に伴う各種データを測定すると共に、可視画像、赤外面像を記録した（写真2）。なお、

小規模試験の結果を踏まえ、フェノール板_2ミリのみはオイルライターで点火した。表6に大規模試験で行った映像記録、測定の種類と測定位置を、表7に測定で使用した測定機器を示す。また、図1に試験を行った区画と試験体の設定位置、各種測定における測定位置、測定位置名称を示す。

表6 大規模試験の映像記録、測定の種類と測定位置

記録、測定した内容	記録、測定位置
可視画像	正面1点、正面全景1点、側面1点
赤外面像	正面1点
温度	天井6点、開口部測定柱4点、区画内測定柱7点、床1点
受熱量	開口部1点、床1点
CO、CO ₂ 、O ₂ 濃度	区画内測定柱2点
煙濃度	区画内1点
試験体重量変動	(懸垂にて測定)

表7 大規模試験で使用した測定機器

データロガー	測定速度：同時サンプル(FLASH)方式、100ms/全点
温度	名称：K熱電対 外形寸法：素線0.10mm
熱流束	名称：全熱流束計 測定レンジ：0-5(正面)、0-10(床面) kW/m ² 出力：10mV±1.5mVフルレンジ 最大非直線性：フルレンジの±2% 測定精度：±3% 冷却方式：水冷
ガス濃度	名称：CO、CO ₂ 、O ₂ ガス分析装置 測定方式：非分散型赤外線吸収法、及び磁気式(酸素) 使用測定範囲：0-10%(CO)、0-20%(CO ₂)、0-25%(O ₂) 繰り返し性：フルスケールの±0.5% ドリフト：ゼロ(フルスケールの±2%/週)、スパン(フルスケールの±2%/週) 応答速度：装置入口より90%応答60s以内 試料採取量：約2L/分 出力：DC0-1V
煙濃度	名称：煙濃度計(JIS A1306に準拠) 光源：タングステンランプ 受光素子：Se光電池
試験体重量	名称：荷重変換器 測定レンジ：0-490.3N 入力抵抗：350.35Ω 出力抵抗：350.02Ω 絶縁抵抗：2000MΩ 定格出力：-2.9975 mV/V 非直線性：-0.003%R.O. ヒステリシス：-0.014%R.O.



写真2 大規模試験状況 (ポリプロピレン板_6ミリ)

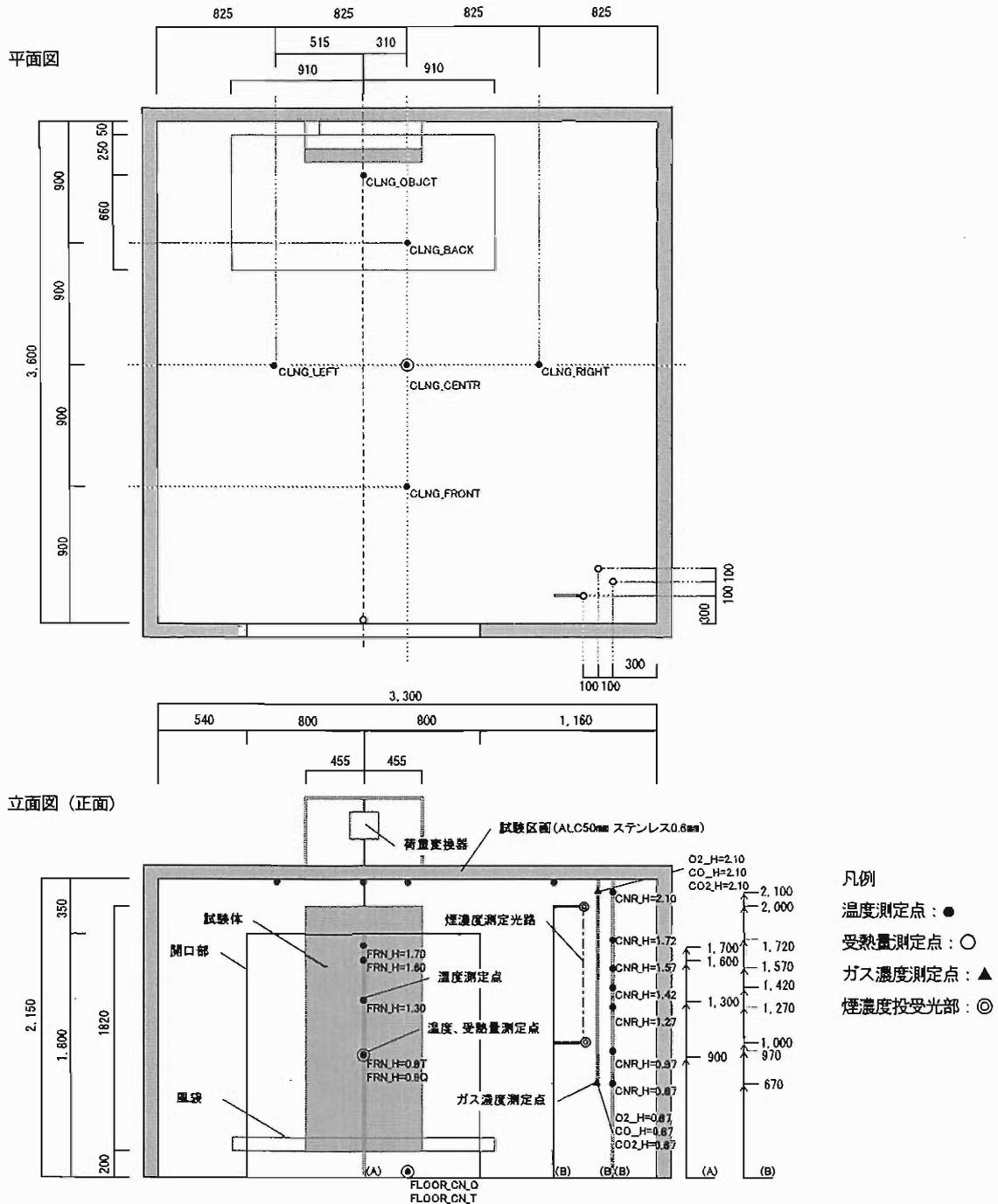


図1 大規模試験を行った区画と試験体の設定位置、各データの測定位置 (mm)

(3) 試験結果

表8に大規模試験の結果得た各材質の着火、燃焼継続の有無と燃焼状況について示す。燃焼性状を主観的に大別すると、最後まで鈍くゆっくり燃焼するタイプ、燃え上がるにつれて溶融し、試験体下部に形成されたプールが支配的に激しく燃焼するタイプ、大きく溶融する前に、もしくは溶融せずに激しく燃焼するタイプに分けられた。なお、基材に固定したことにより、フェノール板_2ミリ、シナ合板_4ミリ、ラワン合板_4ミリ、MDF集製材_4ミリは着火させることができなくなった。

同様に、ポリプロピレン製ダンボール_5ミリについても着火後すぐに消炎した。また、天然ゴムシート_6ミリについては、だらだらと縦に細く燃え上がり、途中で消炎した。これらが小規模試験の結果と異なる燃焼性状を示したことについては、基材への固定に伴い片面のみの燃焼となることで、初期の燃焼に伴う火炎からの熱伝達量が燃焼の継続に必要な量に達しなくなったことが原因と考えられる。

アクリル板_2ミリについては試験体上半分が燃え残った。アクリルは燃え上がるにつれて溶融し、試験体下部にプールを

形成すると共に、プールの燃焼に伴う燃焼熱が試験体上部に供給され、試験体上部の燃焼を促している様子が確認できたが、試験中に風袋受皿から溶融物がこぼれ、プールとの距離が開き、プールからの燃焼熱が届かなくなることで燃焼が継続できなくなったように見受けられた。また、ポリエチレン板_2ミリについては、燃焼初期において試験体上部の燃焼をプールの燃焼が促進していたが、燃え進むにつれ試験体上部の燃焼帯とプールとの距離が開き、プールからの燃焼熱が届かなくなることで試験体上部の燃焼、溶融が緩慢になった。しかし、試験体上部の燃焼帯が区画上部の熱気層にまで燃え進むと、再び燃焼、溶融が促進する様子が確認された。

表8 大規模試験結果(燃焼継続する:○ 燃焼継続しない:×)

試験体名_厚さ	燃焼継続有無	燃焼状況
フェノール板_2ミリ	×	着火できなかった。
フェノール板_6ミリ	—	(未実施)
ポリエチレン板_2ミリ	○	プールが支配的に激しく燃焼。
ポリエチレン板_5ミリ	○	プールが支配的に激しく燃焼。
ポリプロピレン板_2ミリ	○	プールが支配的に激しく燃焼。
ポリプロピレン板_6ミリ	○	プールが支配的に激しく燃焼。
ABS板_2ミリ	○	溶融する前に激しく燃焼。(燃焼小片を周囲に飛散)
ABS板_6ミリ	○	溶融する前に激しく燃焼。(試験途中で溶融により基材から脱落)
アクリル板_2ミリ	○	プールが支配的に激しく燃焼。(溶融物が受皿からこぼれ、上半分が燃え残り)
アクリル板_6ミリ	○	プールが支配的に激しく燃焼。(溶融物が受皿からこぼれ、試験途中で溶融により基材から脱落)
天然ゴムシート_2ミリ	○	溶融せずに激しく燃焼。(燃焼小片を周囲に飛散)
天然ゴムシート_6ミリ	○	鈍くゆっくり燃焼。(途中で消滅した)
発泡フェノール_30ミリ	○	鈍くゆっくり燃焼。(表面材のみ燃焼)
発泡フェノール_50ミリ	○	鈍くゆっくり燃焼。(表面材のみ燃焼)
発泡ウレタン_30ミリ	○	溶融せずに激しく燃焼。
発泡ウレタン_50ミリ	○	溶融せずに激しく燃焼。
発泡エチレン_30ミリ	○	溶融する前に激しく燃焼。
発泡エチレン_50ミリ	○	溶融する前に激しく燃焼。
シナ合板_4ミリ	×	着火できなかった。
シナ合板_12ミリ	—	(未実施)
ラワン合板_4ミリ	×	着火できなかった。
ラワン合板_12ミリ	—	(未実施)
MD F集製材_4ミリ	×	着火できなかった。
MD F集製材_12ミリ	—	(未実施)
紙製ダンボール_5ミリ	○	鈍くゆっくり燃焼。(全面燃焼はしない)
紙製ダンボール_8ミリ	○	鈍くゆっくり燃焼。(全面燃焼はしない)
ポリプロピレン製ダンボール_5ミリ	×	着火するがしばらくして消える。

5 大規模試験結果の解釈について

本節では、大規模試験結果のデータベース活用時の参考として、代表的な測定結果に基づく材質ごとの各試験結果の関係と、各測定点の位置付けについて示す。

(1) 各試験の測定温度の最大値による比較

大規模試験の結果、各試験体について一つの温度測定点に注

目したとき、観測された最大温度が大きい試験体ほど最大燃焼時の燃焼が激しいことが推察できる。しかし、4節に示した大規模試験は合計18点で温度を測定しており、測定点の選び方により試験体ごとの最大温度の順位が逆転することがある。よって、試験体ごとの比較のため、各測定点を総合的に用いて、最大燃焼時の燃焼の激しさを示す指標を得ることを目的とし、表8に示す燃焼継続したそれぞれの試験体について、各温度測定点において測定された最大温度をもとに主成分分析を行った。図2に第一主成分を基に得た主成分スコア順に試験体名を示す。データは標準化して使用した。第一主成分の寄与率は約0.90となり、主成分スコアの順位は最大燃焼時の燃焼の激しさを意味すると考えて差し支えないと考えられる。

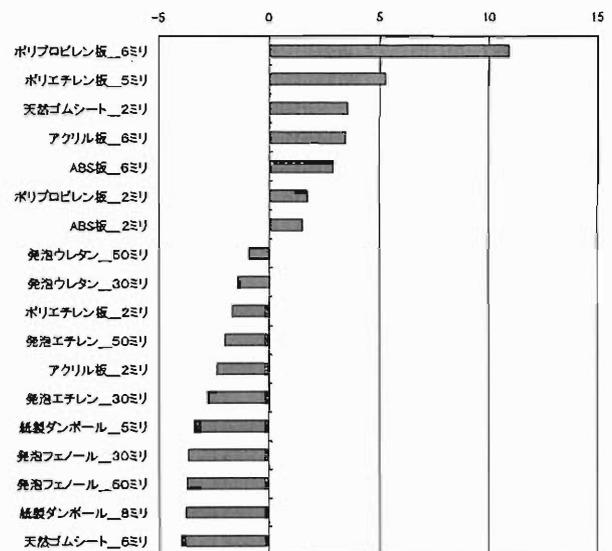


図2 各試験体の主成分スコア

図2より、本試験体中ではポリプロピレン板_6ミリが最大燃焼時に最も燃焼が激しいと考えることができる。天然ゴムシート_2ミリについては、少ない量でも最大燃焼時に激しく燃焼することを示しており、天然ゴムシート_6ミリについても火災盛期にて高い外部放射を受けながら燃焼する場合はかなり激しく燃焼するであろうことが推察される。また、ABS板_6ミリとアクリル板_6ミリについては、試験途中で溶融により基材から脱落したことで最盛期を迎える前に測定を中止しているにもかかわらず、高い主成分スコアを示しており、最大燃焼時を迎えた場合はかなり激しく燃焼することが容易に想像できる。

次に、主成分と測定点の関係について解釈するために、主成分と各測定点で観測された試験体ごとの最大温度との相関係数(因子負荷量)を求めた。図3にその結果を示す。

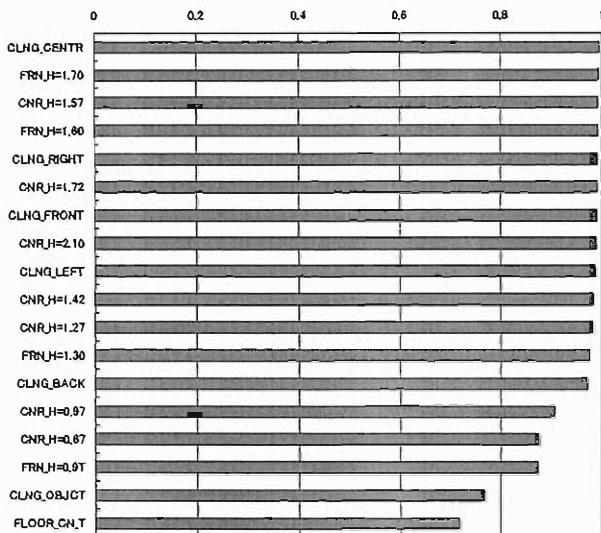


図3 各測定点の因子負荷量

図3より、天井、開口上部付近が上位であり、この付近での測定結果が燃焼の激しさを評価できる値と考えられるが、試験体直上の測定点 CLNG_OBJCT は他と比較すると燃焼の激しさをあまり説明していないことが特徴的である。参考として、測定点 CLNG_CENTR における各試験体の最大温度を図4に示す。

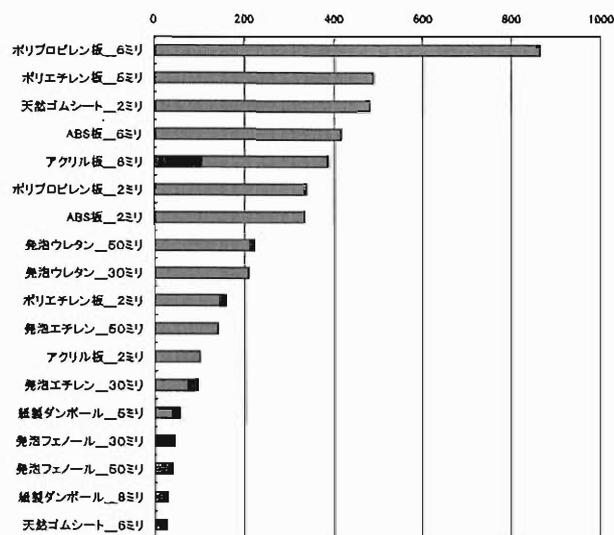


図4 測定点 CLNG_CENTR における各試験体の最大温度 [°C]

(2) 各試験の測定温度、受熱量、ガス濃度の最大値による比較

(1) では、各温度測定点において測定された最大温度のみに注目したが、燃焼の激しさは最大受熱量、各ガス濃度の最大測定値（最大変化量）についても同様に考えることができる。よって、ここでは、(1)の考え方に基づき、最大温度に加えて各測定点における受熱量、各ガス濃度の最大測定値（酸素濃度については最大変化量）も含めて主成分分析を行った。これにより分析対象測定点は26点となる。図5に第一主成分を基に得た主成分スコア順に試験体名を示す。単位の異なる変数を取り扱うため、標準化したデータを使用した。第一主成分の寄与率は約0.82となり、主成分スコアの順は(1)同様、最大燃焼時の燃焼

の激しさを意味すると考えて差し支えないと考えられる。

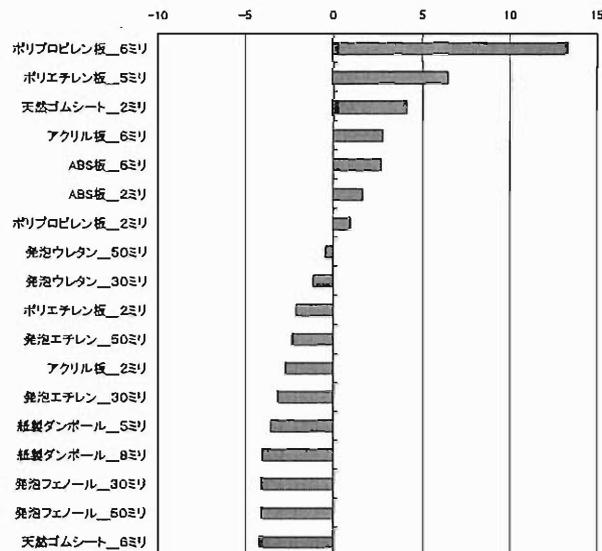


図5 各試験体の主成分スコア

図5は図2と比較してほぼ同様の傾向であり、各順位にも変化は無かった。

次に、主成分と測定点の関係について解釈するために、主成分と各測定点で観測された試験体ごとの最大測定値（最大変化量）との相関係数（因子負荷量）を求めた。図6にその結果を示す。

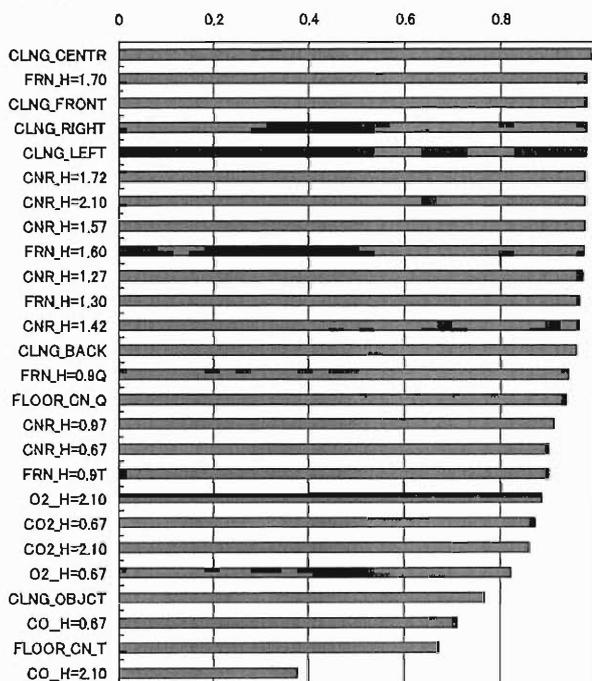


図6 各測定点の因子負荷量

図6より、各ガス濃度は温度ほど燃焼の激しさを説明していない。各受熱量も天井付近の温度ほど燃焼の激しさを説明していない。同様に、試験体直上の測定点 CLNG_OBJCT も他の天井付近の温度ほど比較的燃焼の激しさを説明していないことが特徴的である。

(3) 最大値に至る時間を考慮した比較 (温度、受熱量、ガス濃度)

大規模試験の結果に基づき、試験体に端を発生させた火災を考えた場合、最大温度が観測されるまでに膨大な時間がかかる試験体は、短時間で同じ最大温度に達する試験体と比較して、火災進展速度が遅いことが推察される。ここでは、(2)で分析対象とした各測定点について、最大測定値 (最大変化量) に達するまでの経過時間を考慮した値について、同様に主成分分析を行った。分析対象とした値は、「最大測定値 (最大変化量) / 経過時間」とし、これを燃焼の成長速度の指標と考えることとした。図7に第一主成分を基に得た主成分スコア順に試験体名を示す。(2)同様、単位の異なる変数を取り扱うため、標準化したデータを使用した。第一主成分の寄与率は約0.77となり、主成分スコアの順位は燃焼の成長速度の指標と考えて差し支えないと考えられる。

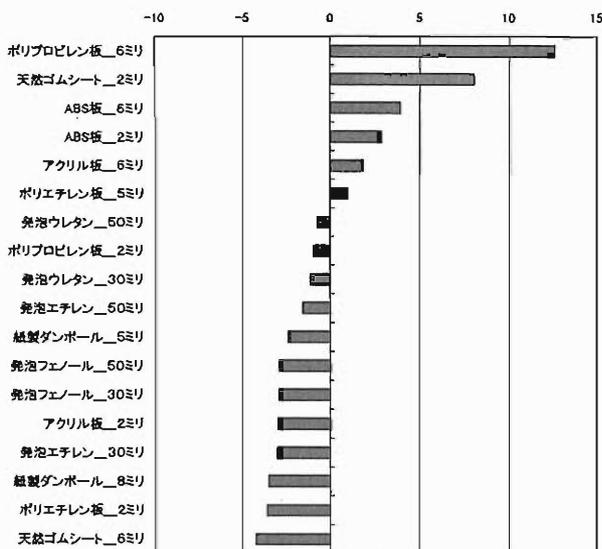


図7 各試験体の主成分スコア

図7は図2、図5と比較してポリエチレン板の順位が大きく落ちている。またABS板の順位は若干上がっていることが確認できる。ポリエチレン板は最盛期までに非常に時間がかかること、ABSは早期に最盛期を迎えることが影響していると考えられる。なお、図2と比較してポリプロピレン板_6ミリ、天然ゴムシート_2ミリの上位に変化は無い。これらの材質は燃焼の成長速度が速い上、最大燃焼時の燃焼も激しいことが今回の検証では確認された。

次に、主成分と測定点の関係について解釈するために、主成分と各測定点で観測された試験体ごとの「最大測定値 (最大変化量) / 経過時間」との相関係数 (因子負荷量) を求めた。図8にその結果を示す。

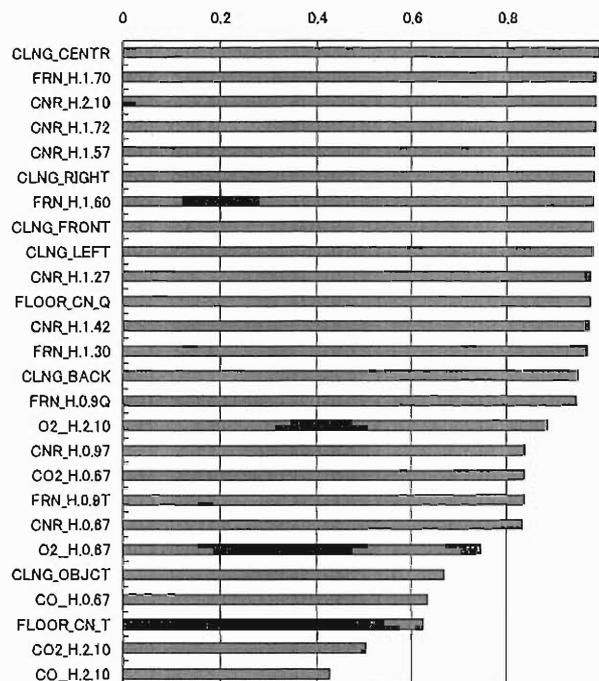


図8 各測定点の因子負荷量

図8より、天井、開口上部付近にて測定した値がおおよその燃焼の成長速度の指標を評価できる値と考えられる。また、ガス濃度は温度ほど燃焼の成長速度を説明していない。参考として、測定点 CLNG_CENTR における各試験体の最大温度と経過時間を最大温度 / 経過時間の順に表9に示す。

表9 測定点 CLNG_CENTR における各試験体の最大温度と経過時間

順位	試験体名_厚さ	最大温度 [°C]	経過時間 [s]	最大温度 / 経過時間
1	天然ゴムシート_2ミリ	480.7	349	1.377
2	ABS板_2ミリ	333.6	272	1.226
3	ポリプロピレン板_6ミリ	864.7	953	0.907
4	発泡エチレン_50ミリ	139.9	205	0.682
5	発泡ウレタン_30ミリ	209.2	321	0.652
6	発泡エチレン_30ミリ	96.6	149	0.648
7	発泡ウレタン_50ミリ	221.5	479	0.462
8	ABS板_6ミリ	416.7	943	0.442
9	ポリプロピレン板_2ミリ	338.4	810	0.418
10	アクリル板_6ミリ	387.3	1539	0.252
11	ポリエチレン板_5ミリ	488.3	2413	0.202
12	アクリル板_2ミリ	101.2	581	0.174
13	紙製ダンボール_5ミリ	56.5	326	0.173
14	発泡フェノール_30ミリ	45.2	291	0.155
15	発泡フェノール_50ミリ	41.6	285	0.145
16	ポリエチレン板_2ミリ	156.4	2345	0.067
17	紙製ダンボール_8ミリ	29.8	456	0.065
18	天然ゴムシート_6ミリ	27.4	1810	0.015

(4) 重量変動量、煙濃度について

測定した各試験体の重量変動量データはノイズが多いため、重量減少速度として使用する場合はデータの加工が必要であり、留意する必要がある。例としてポリプロピレン板_2

ミリについて、重量変動量を示すグラフを図9に、1秒ごとのデータを特別な加工を行わないまま使用し求めた重量減少速度を示すグラフを図10に示す。

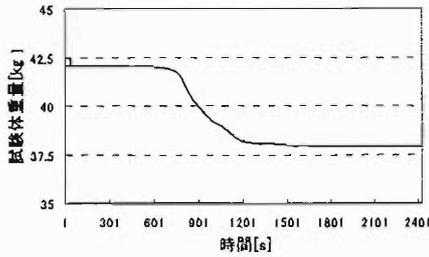


図9 重量変動量

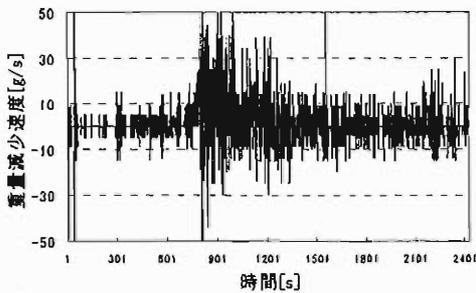


図10 重量減少速度

煙濃度については、今回の測定方法においては濃度の上昇を観測してから減光係数 ∞ となるまでの時間が短いこと、炎を受光部で感知している可能性もあることから、測定結果を用いて評価できる事象は非常に限定的であった。

6 製品について

参考として、表10に示す製品についても大規模試験と同様の手法で燃焼データの測定を行った。燃焼性状は試験体の材質に準じた性状が確認され、各材質に対応した小規模試験、大規模試験結果からある程度想像できる範囲であったと考えられる。

表10 データを測定、記録した製品

試験体名	大別による材質の分類
バイクカバー (ポリエステル)	ポリエステル製品
フロアシート (塩化ビニル)	塩化ビニル製品
置き畳 (い草)	表面：天然材
防炎カーテン	不明
包装シート	不明
デッキ薪板 (木質樹脂)	木質樹脂
置き畳 (表面、ポリプロピレン)	表面：ポリプロピレン製品
カップ (ポリプロピレン)	ポリプロピレン製品
買い物かご (ポリプロピレン)	ポリプロピレン製品
すだれ	天然材
衣装ケース (ポリプロピレン)	ポリプロピレン製品
防水シート (ポリエチレン)	ポリエチレン製品
ハンガー (ポリプロピレン)	ポリプロピレン製品
ポリタンク (ポリエチレン)	ポリエチレン製品
掃除機 (ABS)	ABS製品
ディスプレイ	不明
パレット (ポリプロピレン)	ポリプロピレン製品

7 まとめ

本検証では、統一的な手法の下で各種可燃物の燃焼データを測定、記録、整理し、データベースを作成すると共に、データベース活用時の参考として、代表的な測定結果に基づく材質ごとの各試験結果の関係と、各測定点の位置付けについて確認した。またこれらのデータベースについて、材質やキーワードから映像やグラフ等の情報をすぐに取り出せるような検索システムを作成し、各方面からの高い需要に対し正確な情報をもって素早く対応できるようにした(図11、図12)。今後、これらの結果を都民指導、報道対応のための資料や所属での若い世代への教育資料等として活用していく予定である。

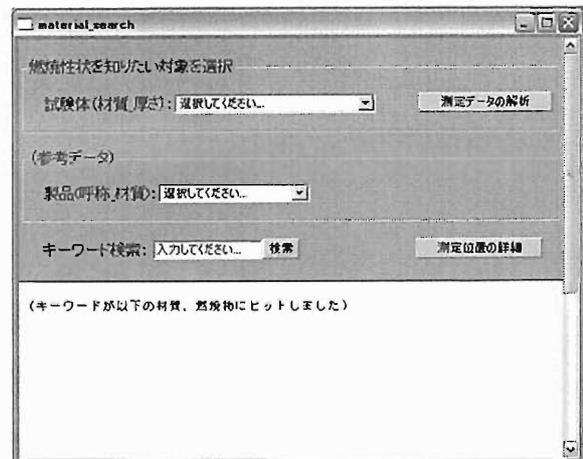


図11 検索画面

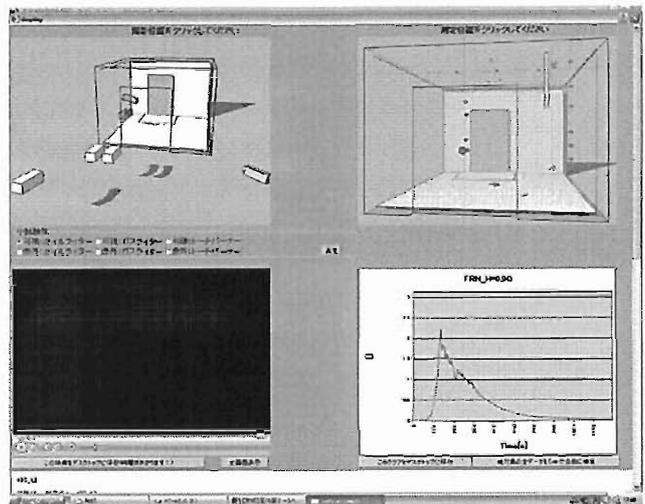


図12 データ確認画面

[参考文献]

- 1) 消防庁 平成21年版 消防白書 p. 35
- 2) 消防庁 平成21年版 消防白書 p. 33
- 3) 鈴木恵子：子供の火遊びによる住宅火災に関する実態と対策の動向，月間フェスク，8月号，pp. 26-30，2010.
- 4) 湯浅弘章他 定温倉庫に用いる断熱材の燃焼実験 東京消防庁 消防技術安全所報 平成22年 47号 pp. 84-90

Building a database on the fire spread phenomena of combustible materials

Hiroaki YUASA*, Shigeyuki YAMAMURA**, Shigeo WATANABE*

Abstract

The TFD has a serious shortage of systematically arranged information of video and measured data showing how things burn. For this reason, combustion data of various combustible materials were recorded using a unified method. Flat boards with the same area and shape were used as test objects, assuming them as the solid vertical surface that would have a significant impact on the fire spread phase. Materials such as wood and plastic were tested, and combustion data were obtained on visibility and infrared video, temperature inside the combustion chamber, and combustion data such as heat quantity received when products made of these materials were burned.