

消防活動に適した手袋に関する検証

山本 将*, 小川 浩由**, 田沼 宏志***

概要

本検証では災害現場用の手袋(以下「手袋」という)について、より消防活動に適した姿の提案を目的とした。内容は当庁で採用している現行の手袋(以下「現行品」という)に求められている諸性能及び消防隊員の要望を踏まえた上で手袋を試作し、この試作品と海外規格である北米規格(以下「NFPA規格」という)及び欧州規格(以下「EN規格」という)に適合した製品を、操作性の面から現行品と比較したものである。

その結果、得ることができた結論は以下のとおりである。

- 1 現行品の意匠を簡素化することで、より消防活動に適した手袋になる。
- 2 現行品のすべり止め(牛本革)の代替素材として提案した「CSM+アラミド」については、手袋全体としての柔軟性やCSM部分の耐久性等、改善が必要である。
- 3 国際規格の要件である「透湿防水層を設けること」は、当庁においては操作性の面から問題がある。

1 はじめに

現在まで当庁における手袋は、現場における隊長、隊員、機関員(以下「隊員等」という)の受傷事故防止を目的として製作されており、機会あるごとに諸性能向上のため多種多様な仕様の変更が行われてきた。その結果として現行品があるが、ある一つの性能の向上のために他の性能を犠牲にせざるを得ないという状況は頻繁に生じることであり、手袋についても全ての性能が均等に向上してきたとは言い難い。

そこで現行品について求められている諸性能及び隊員等の要望を改めて調査し、その結果を踏まえた上でより消防活動に適した姿の提案を目的として検証を行った。

2 現行品に求められている諸性能

(1) 隊員等が求めている諸性能

当庁の隊員等が現行品に求めている諸性能を明確にするため、表1に示す様式によってアンケート調査を実施した。その結果は図1に示すとおりであり、隊員等の多くが現行品に対して「操作性」の向上を求めていることがわかった。

表1 アンケート調査様式

(対象：隊員等 実施年度：平成21年度)

| | |
|----|---|
| 問 | 災害現場用手袋の更なる性能として、最も望む性能を以下語群から選べ |
| 語群 | 耐熱性、断熱性、防水性、耐薬品性、耐突刺性、耐切創性、耐摩耗性、操作性、その他 |

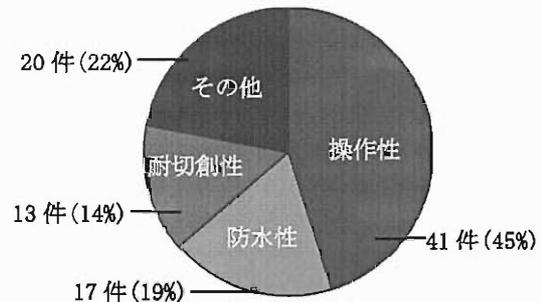


図1 アンケート調査結果(有効回答数91)

(2) 総務省消防庁の意向

総務省消防庁は平成21年2月に公表した報告書¹⁾の中で、手袋について次の見解を示している。

「手は熱にさらされやすいことから、耐輻射熱性、熱防護性が重要となる。それと同時に耐切創性を持たせる必要がある。指の動かしやすさの改善が指摘されたことから、現状レベルで使用している手袋の防護機能を維持しつつ、ごわつきの解消や耐滑性の付与が求められる。柔らかい繊維を使用したり、熱遮断性や耐熱性の高い材料を用いて軽量化したりすることで、指の動かしやすさを素手の状態に近づけることができる。」

つまり総務省消防庁は、現在の手袋について「防護機能」の維持と「操作性」の向上を考えていると思われる。

3 手袋の試作

(1) 試作の方針

隊員等の要望及び総務省消防庁の意向を踏まえ、試作の方針を「防護機能」すなわち「安全性」の維持を前提とした「操作性」の向上とした。

一般的に「操作性」が高い手袋とは、「手袋厚(薄さ)」が薄手で、「柔軟性(柔らかさ)」に優れ、「耐滑性(滑りにくさ)」に優れているものである。試作にあたっては、これら3点に着目し、具体的な策を講じた。

(2) 「手袋厚」と「柔軟性」の向上方策

ア 「手袋厚」と「安全性」

当庁では平成16年度において手袋の仕様に大幅な変更があった。その結果、諸性能の目安となる仕様書面上の各種試験値は向上したが、手袋としてはかなり厚手のものとなった。

ここでは「手袋厚」による「安全性」への影響を確認するため、表2に示すとおり、平成16年度を境とした前後5年間に発生した事故の状況について調査した。

なお調査対象は活動中(訓練中も含む)の隊員等である。

表2 「手袋厚」と受傷事故

| 調査期間(5年間) | 平成11~15年度 | 平成16~20年度 |
|-----------|--|--|
| 手袋厚 | 薄手 | 厚手 |
| 受傷種別 | <p>7件 (19%) 13件 (35%) 6件 (16%) 11件 (30%) 計 37件</p> <p>その他 骨折等 熱傷 切創等</p> | <p>10件 (25%) 16件 (40%) 6件 (15%) 8件 (20%) 計 40件</p> <p>その他 骨折等 熱傷 切創等</p> |
| | <p>骨折等：骨折、打撲 切創等：切創、裂創、切断</p> | |

調査期間別では受傷事故状況の大勢に変化はなかった。つまり調査期間内では「手袋厚」にかかわらず、「安全性」は同等であったと考えられる。

イ 現行意匠の簡素化

前アで示したとおり「安全性」が現行品と同等であったと考えられる、平成11~15年度の仕様品を参考にし、現行品の意匠を簡素化する。この方策によって「手袋厚」の向上と、それに付随して「柔軟性」の向上が見込まれる。

この考えに基づいて試作したものが、次項の表4に示す「試作品A」である。

(3) 「耐滑性」の向上方策

ア CSMについて

現行品のすべり止めに採用されている牛本革より、「耐滑性」が優れていると考えられるクロロスルホン化ポリエチレン(CSM)は、高分子量のポリエチレンに塩

素と硫黄を反応させて作られる。その特徴として耐候性、耐熱性、耐炎性、電気的性質、耐アルコール性、耐アルカリ性に優れていることが挙げられる²⁾。

イ CSMと牛本革の「耐滑性」比較

対象試料をCSMと牛本革とし、以下に示す方法で鉄板との間の見かけ上の静止摩擦係数(以下「摩擦係数」という)を測定、比較した。

平滑な鉄板上に「対象試料の試験片を底面に接着したおもり」を設置する。次に鉄板の一端を徐々に上昇させ、おもりが滑り始めた時の鉄板と水平面がなす角度 θ から、摩擦係数を算出する(図2参照)。

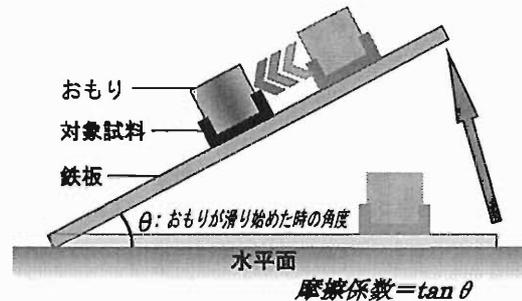


図2 摩擦係数測定方法イメージ

なお対象試料を温度 $20 \pm 2^\circ\text{C}$ 相対湿度 $65 \pm 5\%$ の環境下に24時間置いたものを標準状態、水が滴り落ちるまで湿らせたものを湿潤状態として状態別に測定した。

その結果、表3に示すとおり、各状態によらずCSMの摩擦係数は牛本革の約2倍であることがわかった。

表3 摩擦係数測定結果

| 種別 | 標準 | 湿潤 |
|-----|------|------|
| 牛本革 | 0.59 | 0.37 |
| CSM | 1.30 | 0.65 |

ウ 現行すべり止め素材の代替

厚さ0.15mmのCSMを表層部分とし、「耐熱性」、「耐切創性」が高い汎用アラミドのニット織物を基布としたもの(以下「CSM+アラミド」という)を、現行すべり止め素材である牛本革の代替品とした。この方策によって「耐滑性」の向上が見込まれる。

この考えと前(2)イで示した「現行意匠の簡素化」に基づいて、試作したものが次項の表4に示す「試作品B」である。

なお牛本革の厚さは実測で0.9mm程度で、代替素材全体としての「CSM+アラミド」の厚さは0.8mmである。

4 消防活動上の操作性に関する検証

(1) 検証方法

ア 検証対象品

表4に示すとおり、現行品、試作品A、試作品B及び2種類の海外規格適合品を検証対象とした。

表4 検証対象品

現 行 品



写真上の
番号は、
文中の番
号に対応

- ・ 掌側生地は表側(パラ系アラミド)+裏側(綿50% PBO50%)の混編で、すべり止めは牛本革である。
- ・ 手指関節部のすべり止めにはスリット^①がある。
- ・ 指先部のすべり止めはロールアップ^②されている。
- ・ 甲側はアラミド織物、綿等の多層構造である。
- ・ 甲側^③外部には甲飾り^{注1}が、内部にはクッション^{注2}及び手指保護材^{注3}がある。

試 作 品 A



写真上の
番号は、
文中の番
号に対応

- ・ スリット^①とロールアップ^②を廃止した。
- ・ 甲飾り、クッション、手指保護材^③を廃止した。

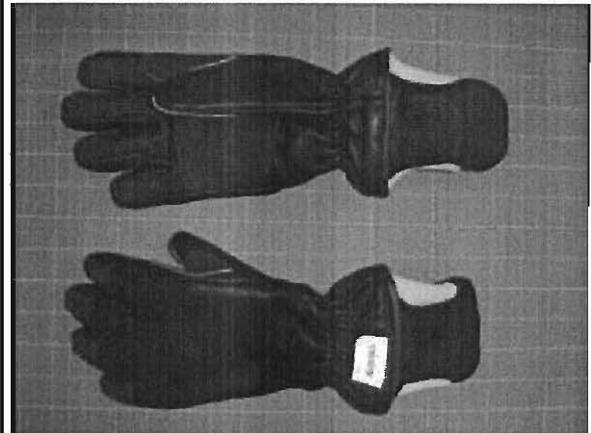
試 作 品 B



写真上の
番号は、
文中の番
号に対応

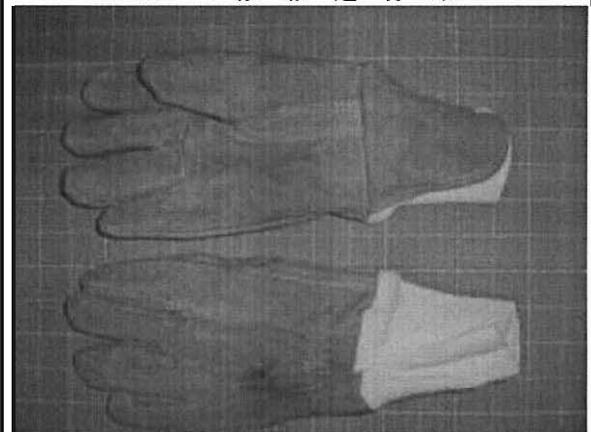
- ・ 試作品Aと同一意匠である。
- ・ 掌側全域を「CSM+アラミド」^①に代替した。

N F P A 規 格 適 合 品



- ・ 北米規格(NFPA規格)に適合した製品である。
- ・ 現行品と比べてかなり厚手である。

E N 規 格 適 合 品



- ・ 欧州規格(EN規格)に適合した製品である。
- ・ 現行品と比べて厚手である。

注) 1 パラ系及びメタ系アラミドによる交編織物の裏面にウレタンをラミネートしたもの

注) 2 厚さ3mm以上のパラ系アラミドのフェルト

注) 3 硬質材料の層をアラミド織物に接着したもの

ここで海外規格適合品を検証対象とした根拠を示す。

現在まで手袋の国際規格はISO15383によって規定されているが、その要件は海外規格であるEN規格及びNFPA規格のものを参考にしている³⁾。

またWTO協定の一部を構成するTBT協定では、日本を含むWTO加盟国へ「正当な理由がない限り国際規格に従うこと」としているが、現行品は国際規格に適合していない。

そこで本検証では国際規格の要件を満たす海外規格適合品を検証対象に加え、国際規格について見解を示すこととした。

イ 被験者

毎日勤務員、ポンプ隊員及び特別救助隊員とした。

ウ 試験項目

表5に示すとおり、消防活動における基本動作から試験項目を選定した。

表5 試験項目

| サイドボックス操作 | |
|---|--------------------------|
|  | ポンプ車のサイドボックスにあるシャッターの開閉 |
| 媒介金具操作 | |
|  | ポンプ車の放水口への媒介金具（ねじ式）結合と離脱 |
| ガンタイプノズル操作 | |
|  | 開閉ハンドル及び流量切替操作等 |
| 確保ロープ設定 | |
|  | 検索のための確保ロープの設定 |
| 面体着装 | |
|  | 面体着装（防火マスク、しころ、フードは除く） |
| 吊り上げ操作 | |
|  | 10kgの重量物を3m程度吊り上げる操作 |

エ 評価方法

被験者は検証対象品を着装し試験項目を行う。被験者はこの時の体感によって、現行品とその他検証対象品（以下「各種手袋」という）を操作性の面から比較し、各種手袋を評価する。

なお評価には表6に示すとおりの数値を用い、この時の理由も併せて記録する。

表6 評価時における点数の基準

| 点数 | 内容 |
|----|---------------|
| 0 | 活動不能 |
| 1 | 現行品より劣る |
| 2 | 現行品と同等程度 |
| 3 | 現行品より優れている |
| 4 | 現行品より非常に優れている |

また表5で示した試験項目のうち網掛けのもの（以下「特定試験項目」という）は所要時間の測定も行う。それらの測定要領を表7-1から表7-3までに示す。

表7-1 「確保ロープ設定」時における測定要領

| | |
|------|------------------|
| 測定開始 | 解絡済確保ロープ端末の保持 |
| 実操作 | ロープ端末に、もやい結びを作成 |
| | もやい結びに安全帯カラビナを設定 |
| | 安全帯ロープの伸長 |
| 測定終了 | 挙手による合図 |

表7-2 「面体着装」時における測定要領

| | |
|------|----------|
| 測定開始 | 両手で面体を保持 |
| 実操作 | 面体の着装 |
| 測定終了 | 挙手による合図 |

表7-3 「吊り上げ操作」時における測定要領

| | |
|------|-----------------|
| 測定開始 | 結着済吊り上げロープ端末の確保 |
| 実操作 | 吊り上げ操作 |
| 測定終了 | 発声「よし」による合図 |

(2) 検証結果

ア 評価の平均値

ここでは被験者種別ごとに各種手袋に対する評価の平均値を図3-1から図3-6までに示す。この時の有効回答数は毎日勤務員が18、ポンプ隊員が11、特別救助隊員が8である。

また評価「0点」は活動不能の意味である。また「0点以外」は操作性の優劣はあるが、その前提は活動可能である。そこで前提が異なる点数を混在させて平均化することはできないため、「0点」評価者（以下「活動不能者」という）を発生させた各種手袋については、該当の試験項目から除外してグラフを作成した。

なおグラフ中ではNFPA規格適合品を「NFPA」、EN規格適合品を「EN」と略称した。

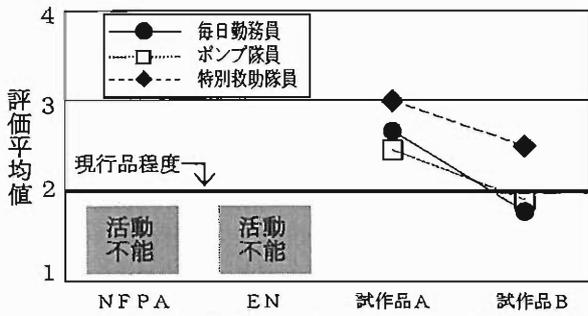


図3-1 サイドボックス操作時における評価平均値

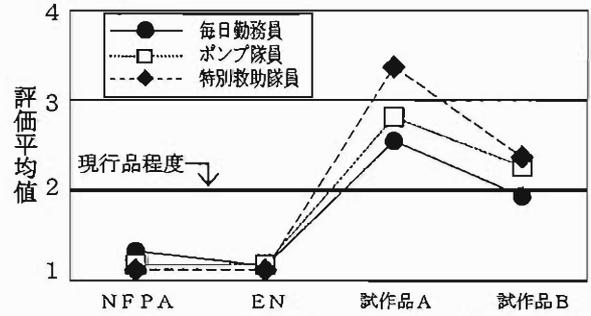


図3-6 吊り上げ操作時における評価平均値

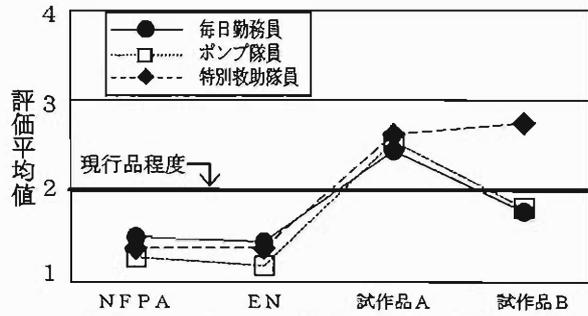


図3-2 媒介金具操作時における評価平均値

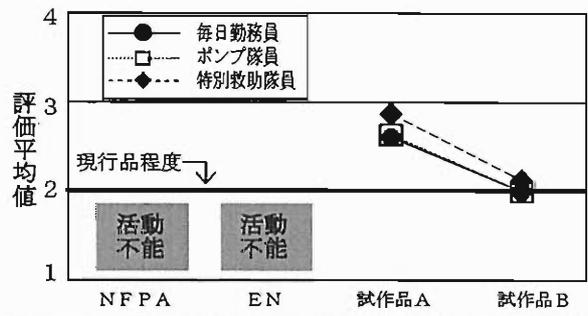


図3-3 ガンタイプノズル操作時における評価平均値

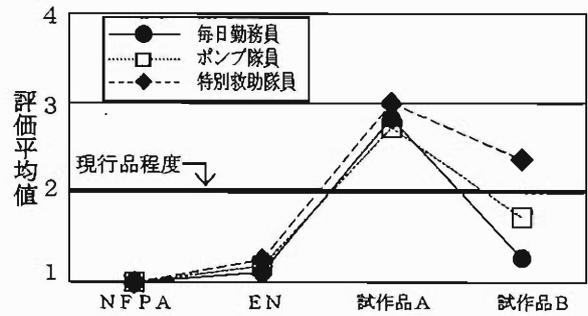


図3-4 確保ロープ設定時における評価平均値

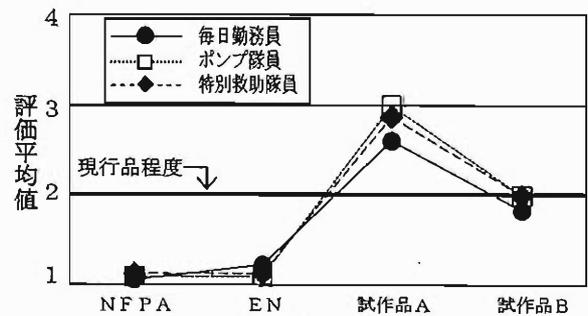


図3-5 面体着装時における評価平均値

イ 評価に対する所要時間の比率

次に特定試験項目について、評価平均値に対する所要時間比率を図4-1から図4-3までに示す。この時の有効回答数は各種被験者の合計で37である。

なお、ここで言う所要時間比率は次に示す式(1)から算出した。

$$\text{所要時間比率} = \frac{\text{「各種手袋」着装時}}{\text{「現行品」着装時}} \quad \dots \text{式(1)}$$

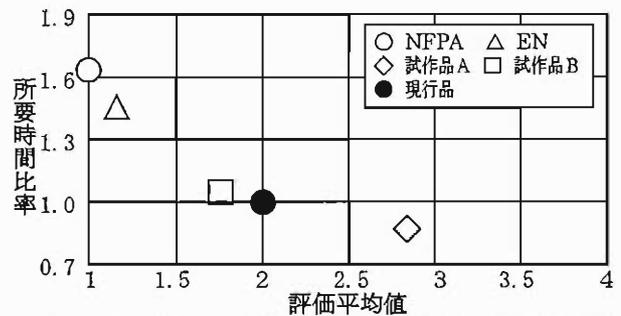


図4-1 確保ロープ設定時の評価に対する所要時間比率

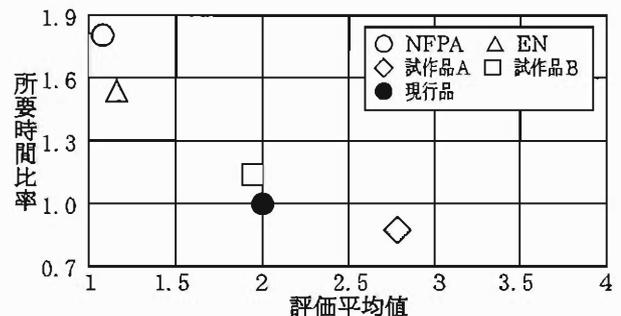


図4-2 面体着装時の評価に対する所要時間比率

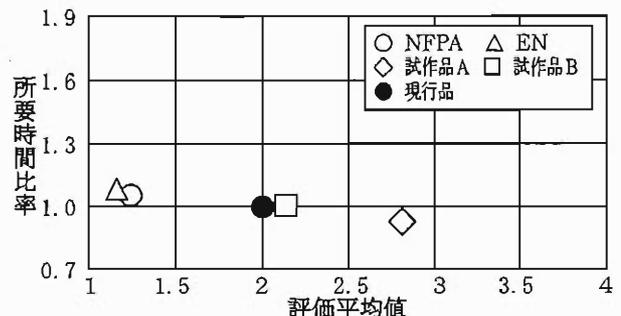


図4-3 吊り上げ操作時の評価に対する所要時間比率

5 考察

(1) 現行意匠の簡素化について

4(2)アで示した全ての結果では、試作品Aは被験者種別によらず、2.5点以上の高評価であった。つまり「現行意匠の簡素化」は、3(1)で示した試作の方針に従った方策として有効であったと言える。

また4(2)イで示した全ての結果では、「試作品A着装時」の所要時間が「現行品着装時」よりも10%程度短縮していた。つまり「現行意匠の簡素化」による操作性の向上率を所要時間の短縮率で表すと、約10%であると言える。

(2) 現行すべり止め素材の代替について

4(2)アで示した全ての結果では、「毎日勤務員による試作品Bへの評価は現行品以下である一方、特別救助隊員による評価は現行品以上」であった。

ここでこの傾向が顕著であった媒介金具操作において、試作品Bを「1点(現行品より劣る)」とした毎日勤務員による評価理由を表8に示す。

なお「1点」評価者は18名中、5名である。

表8 媒介金具操作において試作品Bを「1点」とした毎日勤務員による評価理由

| | 評価理由 | 件数 |
|------------|------------------|----|
| 手袋について | 現行品より厚手である | 1 |
| | 現行品より柔軟性が低い | 3 |
| | 現行品より耐滑性が低い | 1 |
| 媒介金具操作に際して | 現行品着装時より感触、感覚が悪い | 1 |
| | 現行品着装時より力が伝わり難い | 4 |

この理由の内訳から、次に示す傾向が言える。

「媒介金具操作において毎日勤務員の体感では、現行品より試作品Bは柔軟性が低いため、現行品着装時より力の伝わり易さ(以下「力伝」という)が悪くなる。」

この傾向は、毎日勤務員が「握力を要する媒介金具操作」において、「現行品より試作品Bが柔軟性に欠けること」を問題にしているとも言える。その一方、図3-2で示したとおり、特別救助隊員による試作品Bへの評価平均値は約2.8と、かなりの高水準である。

一見すると矛盾するこれら二つの結果について、各種数値を仮定し次のとおり考察する。

はじめに、毎日勤務員の体感では現行品より試作品Bの方が柔軟性に欠けることから次に示すとおり仮定する。

$$\begin{aligned} & \text{現行品の柔軟性による被験者の握力損失} = 0.5 \\ & \text{試作品Bの柔軟性による被験者の握力損失} = 2 \\ & \dots \text{仮定(1)} \end{aligned}$$

「握力損失」とは手袋の柔軟性によって被験者の握力が

損なわれる度合いを言う。

次に、3(3)イで示したとおりCSMの摩擦係数は牛本革の約2倍であることから、次に示すとおり仮定する。

$$\begin{aligned} & \text{現行品掌側の摩擦係数} = 1 \\ & \text{試作品B掌側の摩擦係数} = 2 \quad \dots \text{仮定(2)} \end{aligned}$$

また特別救助隊員は毎日勤務員より体力面で優れていることから、次に示すとおり仮定する。

$$\begin{aligned} & \text{特別救助隊員の握力} = 5 \\ & \text{毎日勤務員の握力} = 3 \quad \dots \text{仮定(3)} \end{aligned}$$

最後に式(2)に示すとおり、被験者が体感する「力伝」を、手袋と保持物体との摩擦抵抗力とする。

$$\begin{aligned} & \text{「力伝」} = \text{摩擦抵抗力} \\ & = (\text{握力} - \text{握力損失}) \times \text{摩擦係数} \quad \dots \text{式(2)} \end{aligned}$$

ここで仮定(1)から仮定(3)までに示した数値を式(2)に代入すると、表9に示すとおり被験者が体感する「力伝(摩擦抵抗力)」を数値化できる。

表9 被験者が体感する「力伝(摩擦抵抗力)」

| 種別 | 現行品 | 試作品B |
|--------|----------------------------|------------------------|
| 特別救助隊員 | $(5 - 0.5) \times 1 = 4.5$ | $(5 - 2) \times 2 = 6$ |
| 毎日勤務員 | $(3 - 0.5) \times 1 = 2.5$ | $(3 - 2) \times 2 = 2$ |

上表で示した各数値から、検証結果の傾向どおり毎日勤務員による試作品Bへの「力伝」は現行品以下である一方、特別救助隊員による「力伝」は現行品以上であることがわかる。つまり握力を要する動作において試作品Bは被験者の握力差によって、その評価値を変えていると考えられる。

また現行品の「牛本革」を「CSM+アラミド」に代替して、万人受けする手袋を製作するためには、手袋全体としての柔軟性の改善が必要であると言える。

さらに写真1に示すとおり検証過程において、試作品Bの表層部分が破損した。つまりCSMの実用耐久性に問題があると言え、この点の解決についても考慮する必要がある。



写真1 試作品Bの表層部分であるCSMの破損状況

(3) 国際規格について

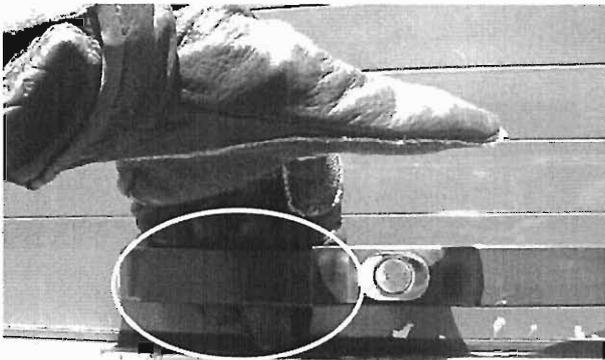
図3-1及び図3-3で示したとおり、海外規格適

合品着装時にサイドボックス操作及びガンタイプノズル操作で、活動不能者が発生した。ここで活動不能者を頻出させた、サイドボックス操作時における状況を表 10 及び写真 2 に示す。

なお有効回答数は各種被験者の合計で 37 である。

表 10 サイドボックス操作時における活動不能の状況

| 手袋種別 | 活動不能の状況 | | |
|-----------|---------|------|------------|
| | 件数 | 発生率 | 被験者が体感した理由 |
| NFPA規格適合品 | 37 | 100% | 過剰な手袋厚のため確 |
| EN規格適合品 | 23 | 62% | 実な確保が出来ない |



隙間部分に指が入り切らないため
取手の確実な確保が出来ない

写真 2 NFPA 着装時のサイドボックス操作状況

上表及び写真で示したとおり、「確実な確保が出来ない」ことは、当庁が海外規格適合品を採用した場合に、安全管理上の問題があると見なさざるを得ない。

ここではこの結果について、国際規格及び当庁仕様上の要件を比較して考察する。

国際規格は要件として「透湿防水性付与のための層（以下「透湿防水層」という）を設けること⁴⁾」としているが、当庁仕様には同要件はない。



写真 3 素手と透湿防水層の比較

現在のところ、手袋の透湿防水層には写真 3 に示すとおり、手袋のサイズにかかわらず「かなり大きな手形の不織布」が用いられるのが一般的である。そのため透湿防水層がある手袋はかなり膨大してしまう。

したがって同性能を要件とする海外規格適合品は表 10 で言う「過剰な手袋厚」になってしまい、操作性の著しい低下を避けられず、国際規格を満たす手袋を当庁

が採用するには問題があると言える。

6 結論

- (1) 現行品の意匠を簡素化することで、より消防活動に適した手袋になる。
- (2) 現行品のすべり止め(牛本革)の代替素材として提案した「CSM+アラミド」については、手袋全体としての柔軟性やCSM部分の耐久性等、改善が必要である。
- (3) 国際規格の要件である「透湿防水層を設けること」は、当庁においては操作性の面から問題がある。

7 おわりに

検証を終えて実感したことは、「消防活動に適した手袋を選定するためには、仕様書上の試験値だけで判断すべきではない。」ということである。確かに当庁の手袋には機会あるごとに諸性能向上のため多種多様な仕様の変更が行われてきたが、隊員等による実証は曖昧のままであった。

本論では国際規格の特徴とも言える「透湿防水層を設けること」のデメリットを示したがもちろんメリットもある。それは「傷病者からの出血」や「現場における化学薬品」が、隊員等に付着することの予防である。ただし、ここで実際の現場を想像して欲しい。現在まで明文規定されていないが、その様な現場において隊員等は、事前に救急活動用のディスプレイ手袋を、内側に重ねて着装することで問題を解決している。この実情を踏まえると、手袋の「操作性」を犠牲にしてまで、「透湿防水層を設けること」は得策とは言えない。

近年ではメーカー各社は「製品に防水性の一種を付与する技術」を手袋の製作に応用し、試作等も行っている。これらは手袋に必要な諸性能、特に「操作性」を満たしているとは言えない。もちろん将来的には必要な諸性能を満たした手袋が、消防業界に進出することもあるだろう。その時こそ手袋のユーザーである隊員等の声に耳を傾けることが肝要である。

謝辞

本検証にあたりご協力いただいたメーカー各社の方々と、玉川消防署、目黒消防署の皆さんに深く感謝いたします。

【参考文献】

- 1) 防火服に必要な性能を担保するための有望な技術の調査報告書、総務省消防庁消防大学校消防研究センター、8-9、2009
- 2) 小松公英：ゴムのおはなし、財団法人日本規格協会、1993
- 3) ISO15383 Protective gloves for firefighters、ISO、IV-V、2001
- 4) ISO15383 Protective gloves for firefighters、ISO、3、2001

Study on the gloves suitable for firefighting

Shou YAMAMOTO*, Hiroyuki OGAWA**, Hiloshi TANUMA***

Abstract

The purpose of this study was to propose the gloves used at disaster scenes (hereinafter "gloves") that are more suitable for firefighting. Prototype gloves were made based on the performance required of the gloves currently used by the TFD (hereinafter "current gloves") and requests by firefighters. Then a comparison was done on the usability of the current gloves against the prototype and gloves that met North American standards (hereinafter "NFPA standards") and European standards (hereinafter "EN standards").

The following conclusions were drawn.

1. Gloves more suitable for firefighting can be made by simplifying the design of the current gloves.
2. The "CSM+aramid" proposed as a substitute material for the nonslip feature (cowhide) on the current gloves needs further improvement in areas such as flexibility of the entire glove and durability of the CSM part.
3. The requirement for international standards "to have a breathable, waterproof layer" is a problem for the TFD from the aspect of usability.