

防火帽の改良について (第2報)

野村 敏幸*, 小林 幹男*, 藤田 栄一郎*

概 要

消防活動時防火帽の後部つばが空気ボンベの上部に接触し、上方を注視するときの障害となること、あるいは視界が悪いことが指摘されている。このことから、本研究は防火帽の安全性を損なうことなく、上方の視野の拡大、後部つばの空気ボンベへの接触防止を図った防火帽の改良を目的として着手した。

第一報¹⁾においては、平成9年度の一次試作に関する研究開発の経過及び成果について紹介した。平成10年度は、一次試作について着装使用調査を実施し、防火帽の機能性等に関して検証した。そして、この結果等を踏まえ、さらに二次試作を実施したので、その概要について報告する。

1 はじめに

現用の防火帽は、いわゆる消防型の形状のものであり、安全性については長期にわたる実績を示している。服制として昭和37年に定められて以来、素材の改良等が行われてきたが、形状はほぼ同様のまま現在に至っている。一方、空気呼吸器の面体装着時や上方を向いた時に後部のつばがボンベに当たり邪魔になるなどの意見が現場の職員から多く寄せられ、改良要望が出されていた。このことから、現用防火帽と同等の安全性や機能性を確保し、かつ、後部つばが空気ボンベに接触しないことや上方の視野が拡大されることなどを改良の目標として研究開発に着手した。

昨年度は、改良の一次試作において、上方確認時における後部つばのボンベとの接触防止や上方視野の拡大等を図り、消防隊員を対象として使用調査を実施した。今年度は、この結果等に基づきさらに改良を加え、二次試作として二種類の試作を行った。

2 平成9年度試作(一次試作)

(1) 主たる改良点

平成9年度試作の改良点については、第一報に詳述しているが、主な内容は次のとおりである。なお、現用防火帽との比較を表1及び図1に示す。

ア 防火帽前部

前部つばを短くするとともに上方にせりあげ、上方視野の拡大を図った。

イ 防火帽後部

後部つばを下方に傾けた形状とすることにより、空気呼吸器装着時のボンベとの接触防止を図った。

表1 現用防火帽及び平成9年度試作の比較

	現用防火帽	平成9年度試作
長さ	330mm	295mm
幅	250mm	240mm
高さ	200mm	200mm
重量	850g	750g

(しころを含まない)



写真1 現用防火帽と平成9年度試作防火帽

* 第一研究室

ウ 着装性

低重心の構造とすることにより、フィット性の向上を図った。

(2) 着裝使用調査

一次試作の改良点について検証するため、次のような着裝使用調査を実施した。調査は、消防隊員に一次試作の防火帽を着裝して訓練を行ってもらい、訓練終了後に調査項目についてアンケート用紙に回答するものである。

ア 実施日 平成10年8月6日～8月20日

(延べ7回実施)

イ 実施場所 第三消防方面訓練場

ウ 対象者 目黒、玉川、世田谷、成城の各消防署のポンプ隊員合計59名

エ 調査結果

次の調査項目について、現用防火帽と比較して「非常によい」「良い」「普通」「悪い」「非常に悪い」等の五者択一の形式とし、主な項目に関する集計結果及び考察を以下に述べる。

- ・ 重量感
- ・ 蒸れ感
- ・ フィット感
- ・ 着裝性
- ・ 襟との合い
- ・ 面体との合い
- ・ 上方視野の状況(面体着裝時及び未着裝時)
- ・ 上方確認時ボンベの当たり
- ・ 駆け足時の衝撃
(防火帽が駆け足時に振動し頭部にぶつかること)
- ・ 活動中のずれ
- ・ バイザーの使用感
- ・ 内装材(ハンモック)の頭の締め付け
- ・ しころの使用感
- ・ あご紐の使用感
- ・ デザイン

(ア) フィット感

激しい体の動きを強いられる火災現場においては、頭部の動きに対してずれないフィット感の高い防火帽が必要とされる。このため、平成9年度の試作において、頭部をより広く包み込む低重心の構造とし、ヘッドバンドの素材についてはポリエチレンからナイロン製不織布の柔軟性のあるものとするとともに、裏側に発泡ウレタン製の緩衝材を設ける等、着裝時のフィット感の向上を図った。

その結果、59名中14名が「非常に良い」35名が「良い」としており8割以上が「良い」と回答している。(図1参照)

また、フィット感が向上したことにより、「駆け足時の衝撃」「活動中のずれ」「内装材の頭の締め付け」についてもプラスの評価となっており、いずれの項目とも7割以上が「良い」との回答である。

なお、フィット性に関して「悪い」とした理由として「ヘッドバンドが柔らかくなったため、面体の着脱時に湾曲して頭にひっかかる場合がある」という意見が寄せられていた。(図1～4参照)

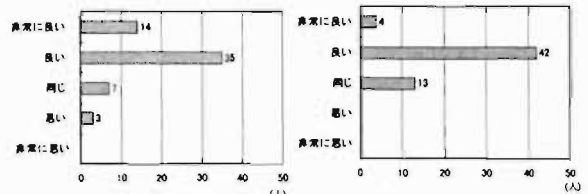


図1 フィット感

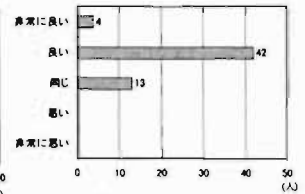


図2 駆け足時の衝撃

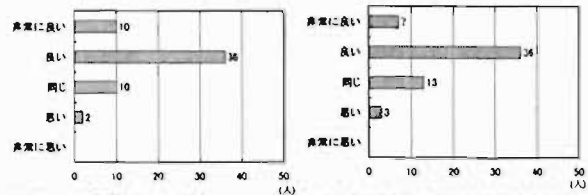


図3 活動中のずれ

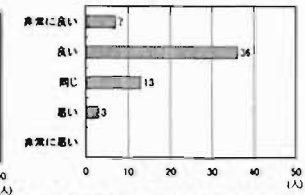


図4 内装材の頭の締め付け

(イ) 視野の状況

防火帽を着裝しての活動時に、前部つばによって視界がさえぎられて支障が生じることから、前部上方の視野を拡大するため前部つばを短くするとともに上方にせり上げた。今回は、面体着裝時と未着裝時における視野について調査を実施した。この結果、上方視野に関しては、いずれの場合も8割以上回答者が現用より優れているとの評価をしており、視野の拡大が確認された。(図5・6参照)

しかし、前部つばを短くしたことでの不安感も指摘されており、保護範囲については検討事項となった。

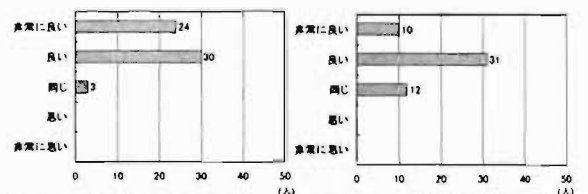


図5 上方視野(面体無し)

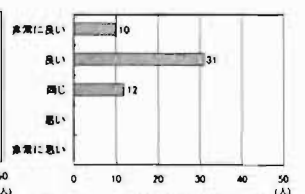


図6 上方視野(面体あり)

(ウ) ボンベとの当たり

後部つばが上方確認時や面体着裝時にボンベに当たることに関しては、単純につばを削ったり、あるいは短くしただけでは、落下物等に対する防護が損なわれることとなる。このため、平成9年度試作では、ボンベに対する当たりを避けるために、後部つばの形状を滑らかな曲線で斜め下に下げたものとした。

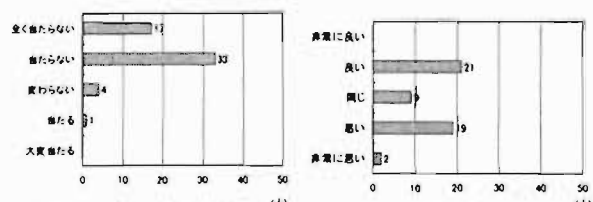


図7 ボンベ当たり

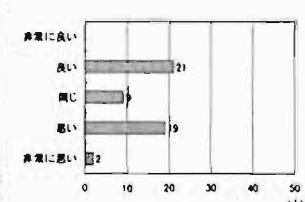


図8 デザイン

調査結果は、「全然当たらない」が 17 名、「当たらない」が 33 名で、約 9 割の隊員が後部つばにボンベが当たらないとしている。(図 7 参照)

(エ) デザイン

大きなイメージとなるデザインについては、「良い」が 21 名に対して「悪い」が 19 名、「非常に悪い」が 2 名でほぼ相半ばする結果となった。

この理由としては、白一色の塗装でアクセントがなかったこと、また現用のイメージと大きくはずれたものであったことが考えられる。(図 8 参照)

(オ) 評価

調査項目の回答について、「非常に良い」等を+2、「良い」等を+1、「普通」等を0、「悪い」等を-1、「非常に悪い」等を-2のように点数化し、調査対象者全員の点数を合計して平均値を算出した。そして、平均値が0を上回ったものをプラスの評価、0を下回ったものをマイナスの評価とした。評価結果は、図 9 のとおりである。

「デザイン」以外全項目がプラスの評価を得た。特に目途とした「フィット感」、「上方視野の状況(面体無し)」及び「ボンベへの当たり」の評価は平均してプラス1を上回り、「上方視野の状況(面体有り)」もおおむねプラス1であった。しかし、上方視野に関しては、前部つばを短くしたことによる不安感も意見欄にあり、上方視野の向上を図りながら、落下物に対する保護範囲を現用防火帽と同程度に確保できるよう検討する必要がある。

3 平成 10 年度試作(二次試作)

平成 10 年度は、上記のような着装使用調査の結果等を踏まえ、落下物に対するつばの保護機能等について検討を行った結果、さらに改良を図り、平成 9 年度試作の型を基本としたタイプ(以下「試作 A 型」という。)と、機能を重視し新規に設計を行ったタイプ(以下「試作 B 型」という。)の二種類を試作した。

試作 A 型及び試作 B 型は、JIS T 8131「産業用安全帽」に準拠して耐貫通性試験及び衝撃吸収性試験を実施した結果、基準値に適合しており、それぞれの形状及び諸元は写真 2 及び表 2 のとおりである。

以下に改良点について述べる。

(1) 試作 A 型

ア 帽体部分

帽体部分は、現用防火帽とほぼ同様の形状としている。

イ 前部つば

上方傾斜をつけてやや短くし、つば全体の幅を大きくとり、つばの保護範囲を現用防火帽と同等にするとともに(写真 2 及び表 2 参照)、上方視野の角度を 29° と広くし、改善を図った。(写真 3 参照)

空気呼吸器の面体装着時に、上端の部分を顔面に密着させるために前部つばを上凸の曲線とし、前部つばの下辺が面体の上部に密着するようにして安全性の向上を図った。

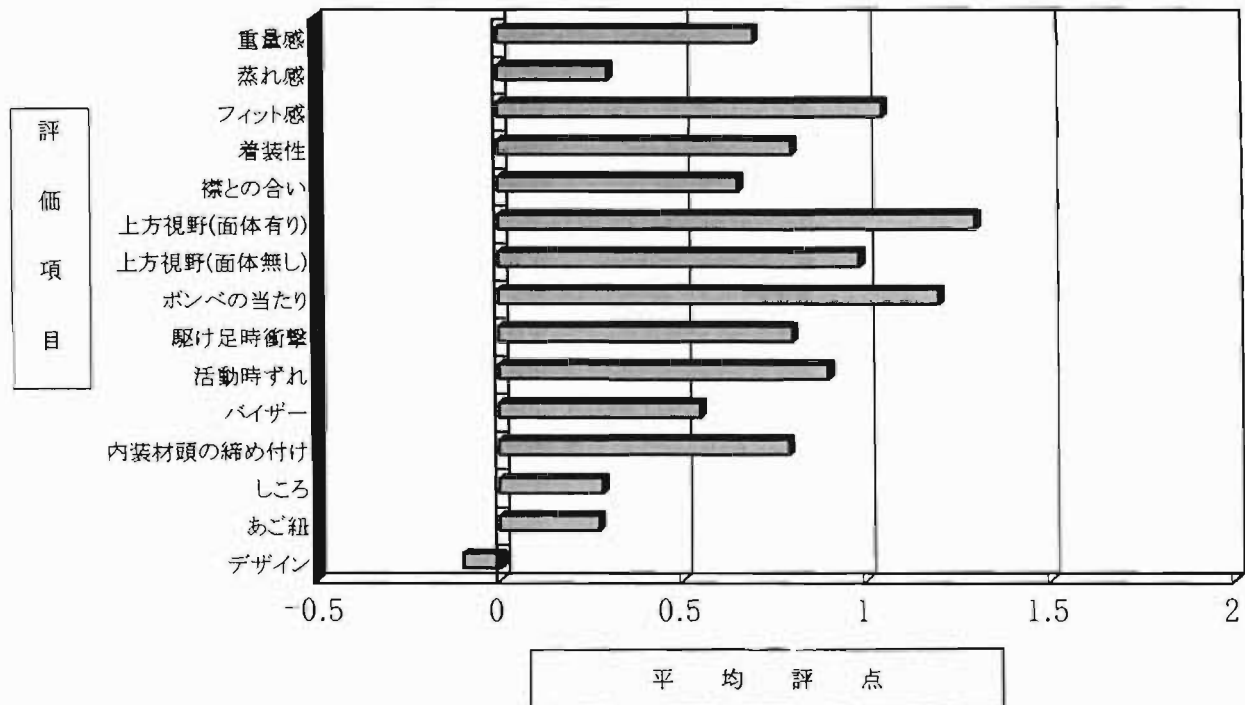


図 9 着装使用調査結果



上部(右側が正面)

正 面

側面(右側が正面)

写真 2 各防火帽の形状

表 2 各防火帽の諸元 (角度は水平を 0° とし顔から遠ざかる方向をプラスとする)

		現用防火帽	平成9年度試作	試作A型	試作B型
重量	(しころ無)	850g	750g	800g	970g
	全長	330mm	295mm	330mm	300mm
	幅	250mm	240mm	260mm	240mm
	高さ	170mm	200mm	190mm	215mm
前部つば	幅(mm)	25	10	20	35
	角度	-5°	0°	10°	0°
側部つば	幅(mm)	10	5	45	なし
	角度	0°	-40°	-50°	なし
後部つば	幅(mm)	35	30	60	15
	角度	-5°	-30°	-40°	0°



現 用



試作A型

写真3 上方視野の状況

ウ 後部つば

下方に大きく傾斜を付けてボンベに当たらない角度とするとともに、つばの幅を長くした。



現 用



試作A型

写真4 ボンベとの接触状況

このため、ヘルメットを装着し上方を見たときのボンベへの当りは解消している。また、水平投影面積が変わらないため、頸部などの保護の役割は同程度に確保されている。

エ 側部つば

後部と同様に、下方に大きく傾斜を付け、かつつばの幅を長くして、落下物に対する保護面積が大きくなるようにした。また、しころと帽体との隙間が小さくなった。

オ その他

塗色は、新型防火衣に合わせた同様のゴールド(修正マンセル色相 2.1Y6.5/3.5)とし、周章については再帰性反射能力(光を、等角度でなく光が出てきた方向に向けて反射する能力)の高い安全反射テープを用いている。

(2) 試作B型

B型防火帽に関しては欧米タイプの装着使用調査の結果を踏まえ、欧州型の被覆の広さ及び米国型のバランスの良さを取り入れるとともに、顔面保護板の煙熱に対する遮蔽性能の向上を考慮した設計を行った。

ア 帽体

帽体の重心をさらに低くして、乗車用安全帽の「セミジェット型」に似た形状にしたものである。人頭の形状にフィットした形で、前後につばを設けている。帽体は、内部に顔面保護板を格納しなくなったために小型化され、顔面に対する保護割合の大きさに比して軽量に仕上がっている。また、耳の周辺に約10mmのバルジ(ふくらみ)を設けることで頭部へのフィット感をより高め、側部つばとしての効果を持たせている。

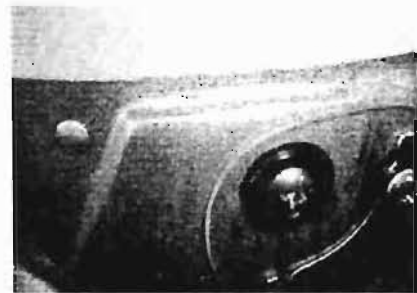


写真5 バルジ

また、この形状は、断面が逆U字型に近い帽体を採用している。これはバルジを設けたことにより耳介部分を曲面にする必要がなくなったため、乗車用のジェットやセミジェットの帽体のように開口部へむけてすばまった形状になっているよりも成型が容易であり、耐久性が高く安価な作成が可能になっている。

イ 前部つば

外装型の顔面保護板に接する形で設けている。上方視野は26°で、現用と比較して広く、改善が図られている。(写真6参照)

また、つばと顔面保護板の間隙部分を被覆するために、

保護板の上端から内向きに、耐熱ゴム製の縁を設けてあり、落下水等が浸入した際に保護板に沿って落ちるように設計されている。

また、このひさし部分には、落下水のほかに、密着性を高めて煙や炎の侵入を防ぐ働きを見込んでいる。

(写真7参照)

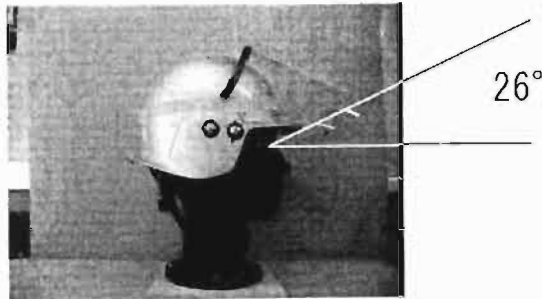


写真6 試作B型の上方視野



写真7 前部つばと顔面保護板
(黒い部分は耐熱ゴム製の縁)

ウ 後部つば

帽体が後頭部の被覆を深くとっている(中心部分で約



写真8 ポンベとの接触状況

30mm) ために、後部つばは短いものにしてている。これによって頸部の保護や、首筋への落下水の浸入などを防止する働きをもたせるとともに、上方確認時のポンベへ

の当りをなくして首の運動性を高めている。

(写真9参照)

(4) 顔面保護板

外装とし、現用のものよりも厚く、大型のものを採用している。

また、形状の改良により、平成10年度から当庁で採用されているCS300型面体をつけたままで顔面保護板を下ろすことができるようになっている。

表3 顔面保護板の比較

	現用	B型
高さ(最大)	130	200
周長(最大)	250	500
厚み	1.5	2

(単位 mm)

参考：日本人男性の平均的な顔面の
長さは眉間からあご先までで140mm

エ その他

(7) しころについても改良を行い、現用と異なる形状のものを内装で、面ファスナーを用いて取付けるようになっている。また、側面に二箇所のプリーツ(折りひだ)を設け、肩の動きに追随してすきまを作らずに保護するように設計した。

(4) あごひもは現用と同様の取付け方法であるが、現用よりも50mm長くし、形状変更による使用性に配慮した。
(9) 周章は再帰性反射の黄色で現用の2倍、20ミリ幅として安全性を考慮し、塗色は現用よりもやや暗い修正マンセル色相表示N-7.5(銀色)としている。

6 つばへの鋼球落下試験

帽体に対する上方からの落下物が与える衝撃等に関しては、前述のとおりJIS規格に定める試験方法により緩和されることが確認されている。一方、つばについては、落下物をはじく働きを持っており、落下物から頸部等を保護する機能を有している。

今回、現用と二次試作の防火帽に落下物を衝突させる実験を行い、つばに運動量変化に際して加わるエネルギー及び衝撃力に関して性状を確認した。

(1) 実験方法

ア 次のような条件を設定して防火帽のつばに、前部つば・後部つば・側部つばにわけて上方から鋼球を落下させる。

(ア) 鋼球の種別 一級クロムメッキベアリング球
直径 25.4mm (1インチ)
重量 70g

(イ) 落下距離 5.83m
(うち鉄管内落下5.5m)

(ウ) 落下エネルギー 4 J (ジュール)
(破壊が起こらない程度のエネルギーとしたもの)

(エ) 終端速度 10m/s

イ 人頭模型に防火帽を取り付ける。その上で、人頭模型をカシ材製、20cm正方形で厚み2センチの木材に固定し、この下に衝撃吸収材として紙粘土を厚さ3cmでしきつめ、人頭模型を水準器によって水平にする。(実験によって人頭模型に衝撃が加わった際には、その都度粘土の入れ替えと水準の再調整を行う)

ウ 落下地点の精度を高めるため、鋼管(内径29.6mm、長さ5.5m)を垂直に固定し、鋼球を鋼管の中で落下させて試験を行う。

エ 最初に現用の防火帽を鋼管の下にセットして、前部・後部・側部のつばの中心部分に鋼球が落下するように調整する。試作A型・B型のそれぞれのつば(試作B型の場合は、回避性能を持たせている帽体のバルジを含む)については、帽体を現用防火帽の固定位置と同一の位置にセットして対比をとる。

オ 高速度撮影(デジタルカメラによる)と高速多重露光(ストロボライトと銀塩カメラによる)で鋼球の軌道を追跡し、落下地点と軌道から運動量変化を割り出し、防火帽に伝わるエネルギーを算出する。同時に、この運動量変化にかかった時間から力積を割りだし、衝撃力を算定する。

カ いずれの値についても、3回の測定を行い、平均値によって結果を算出する。

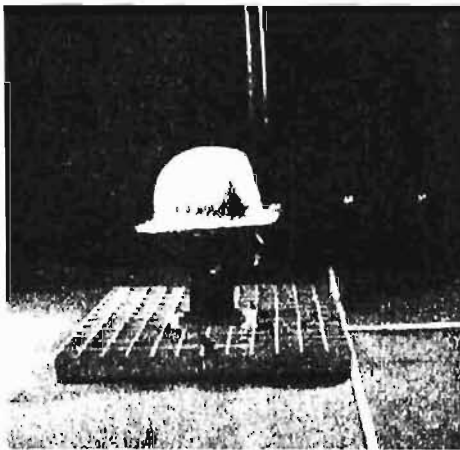


写真9 つば衝突後の鋼球の軌跡(現用防火帽)
(高速度撮影による)

(3) 実験結果

ア 衝突エネルギー

(ア) 測定した鋼球の飛距離、及び衝突前の軌跡と衝突後の軌跡がなす角度である反跳角、及び衝突後の速度を求め、衝突前の速度を v 、衝突後の速度を v' とすると、運動量の変化は

$$m\vec{v} - m\vec{v}' = \vec{D} \quad \text{①式}$$

というベクトルで表される。

(ここで $|v| = 10\text{m/s}$ 、ベクトルの角度は垂直

$|\vec{v}'|$ は落下地点と最高到達高度から求め、角度については撮影した写真とビデオ、および落下地点から求めることとした。)

衝突エネルギーの値はこのベクトルの絶対値になる。従って、衝撃が吸収されて衝突後の速度が小さいほど衝撃は小さくなり、また、もし速度が同じであれば、反跳角が小さいほど(下方に向かうほど)衝撃は小さくなる。

測定結果から算出した数値を図10に示す。

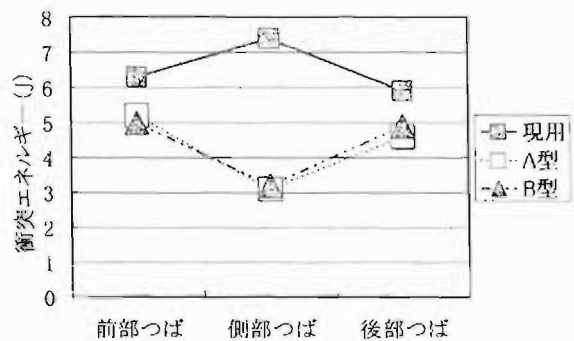


図10 衝突エネルギーの比較

- (イ) 試作A型・B型は、2種類とも反跳角が小さい反跳を起こしているために、特に側部つばについて、衝突によるエネルギーを受ける割合が小さくなっている。
- (ウ) 衝突エネルギーは、前部・側部・後部ともに現用防火帽よりも試作A型及び試作B型の方が小さかった。

イ 衝撃力

- (ア) 衝撃力、つまり衝突による力積 S は、時間でならした平均値で求めた場合、運動量の変化のベクトル \vec{D} (①式)と衝突に要した時間 t を用いて次のように求められる。

$$S = \frac{|\vec{D}|}{t}$$

このため、衝突エネルギーが同じと考えると、衝突にかかる時間が長いほど衝撃が吸収され衝撃力は弱くなる。

この結果を表したのが図11である。

- (イ) 試作A型の側部つば、及びB型の前部つばは、衝突にかかる時間が長いことエネルギーの対比にくらべて衝撃力の平均値が小さくなっている。
- (ウ) A型の後部つば、B型の前部つばの衝撃力が小さかった。これは、A型は角度による反射性能が優れているため防火帽自体に加わる力が小さく、B型は構造的につばの弾性が強い(顔面保護板の内装部分がないため、接合角度が浅い)ので、ベアリング球の反跳にかかる時間が長く、エネルギーの時間あたりの吸収割合が小さいためと考えられる。

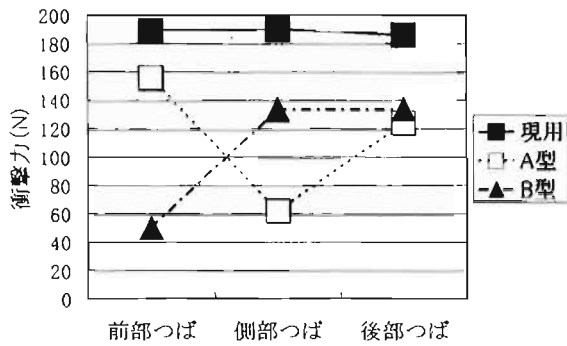


図 11 衝突による衝撃力の平均値

(エ) 単位時間当りでの衝撃力の平均値を求めたところ、現用防火帽よりも試作 A 型及び試作 B 型の方が衝撃力が弱かった。

(オ) 頭部に伝わる衝撃力については今回測定していないため、衝撃力そのものの方向や時間的变化については未確認である。

7 おわりに

試作 A 型及び試作 B 型については、以上のようにボンベとの接触防止や上方視野の拡大等の改善が図られた。今後は、つばの保護機能についてさらに検証する必要がある。また、防火帽内部への可聴音域の音波の伝搬性能及び着装使用調査を実施し、実用化に向けて

鋭意努力を重ねる予定である。

なお、当該開発品については、平成 11 年 4 月 9 日付で特許庁に対して「防火帽およびしころからなる消防装備」として特許出願済みであり、同日「特願平 11-137576」として受理されている。

最後に、防火帽の着装使用調査に関してご協力をいただいた第三消防方面の方々に厚くお礼を申し上げます。

[参考文献]

- 1) 野村敏幸、小林幹男、藤田栄一郎：防火帽の改良について(第一報)、消防科学研究所報 第 35 号、pp. 1～6、平成 10 年
- 2) ヘルメット成型技術読本編集委員会編：ヘルメット成型技術読本、シグマ出版刊、1991 年
- 3) 伊保内 賢、倉持 智宏：プラスチック入門 全面改訂版、工業調査会刊、1995 年
- 4) 労働省安全衛生部編：労働安全衛生法便覧(平成 10 年度版)、労働基準調査会刊
- 5) 日本規格協会編・刊：JIS ハンドブック 安全、1998 年
- 6) 日本規格協会編・刊：JIS ハンドブック 製品安全、1998 年
- 7) 日本規格協会編・刊：JIS ハンドブック 繊維、1998 年
- 8) 日本規格協会編・刊：JIS ハンドブック 塗料、1998 年

IMPROVEMENT OF THE FIRE HELMET (SERIES 2)

Toshiyuki NOMURA*, Mikio KOBAYASHI*, Eiichirou FUJITA*

Abstract

There had been suggestions of firefighters to claim the fire helmet, about the brim in back bumps the top of air cylinder for SCBA, and its narrow sight. Under these claims, we started this improvement to evade the brim in back and to widen sight, without missing its safety.

In the first series, we reported about progress and result of improvement of the first prototype fire helmet. In 1998, we gave questionnaires to our men about the first prototype helmet on the drill, and inspected about the functions and safety of it from analysis. And we developed two test types of new helmets taking the result of questionnaires and analysis. We report the result of questionnaires and the developments.

*First Laboratory