

防火帽の改良について（第3報）

野村 敏幸^{*}，吉村 延雄^{*}，菱山 正樹^{*}

概要

防火帽の機能性及び安全性の向上を図るため、防火帽の改良に関する研究開発を行った。防火帽の改良に関する研究開発については、これまで二次にわたる試作を行っている。二次試作の防火帽について各種試験、着用調査等を実施し、次のような結果を得た。

- 1 空気呼吸器を着装した状態で、後部つばと空気ポンベとが接触せずに上方を真直ぐに向くことができるので、上方確認が容易になるとともに、正面を向いたときの上方視野も拡大された。
- 2 斜めからの落下物をさえぎり、頸部及び顔面を保護する範囲が拡大した。
- 3 熱防護性能及び外部音の伝播性能については、現用防火帽と同等の性能を有することが確認された。
- 4 消防隊員を対象とした着用調査では、良い評価を得た。

1 はじめに

現用の防火帽について、後部つばと空気ポンベの接触防止、上方視野の拡大を図るとともに、現用防火帽と同等以上の安全性や機能性を確保することを目標として、防火帽の改良に関する研究開発を行った。

第1報¹⁾では、現用防火帽との着用比較調査の結果及び一次試作品の性能試験（耐貫通性及び衝撃吸収性）の結果等について報告した。また、第2報²⁾では、一次試作品を使用した着用比較調査の結果及びこの調査結果等に基づき、さらに改良を加えた二次試作品の概要について報告した。本報は二次試作防火帽の各種試験・測定結果及び着用調査結果について報告する。

2 研究開発経過

(1) 基礎調査

代表的な外国製の防火帽を使って消防隊員を対象に訓練時に現用防火帽との着用比較調査を行った。

(2) 一次試作

現用防火帽を基本として、前(1)の調査結果をもとにつばの幅や視野角度について改良した防火帽を試作した。

(3) 一次試作品の着用調査

一次試作した防火帽を使用して、消防隊員を対象に機能性、活動性、使用感に関する着用調査を実施した。

(4) 二次試作

一次試作の着用調査結果を基にして、二種類の防火帽を試作した。

(5) 二次試作品の着用調査

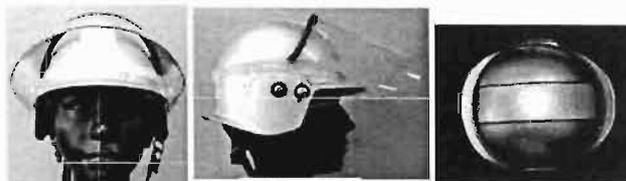
二次試作防火帽の機能性、安全性に関する各種試験・測定及び消防隊員を対象とした着用調査を実施した。

3 二次試作防火帽

二次試作（A型、B型）の開発のコンセプトは既報のとおりであるが、その外観及び諸元を次に示す。



試作A型



試作B型



現用防火帽

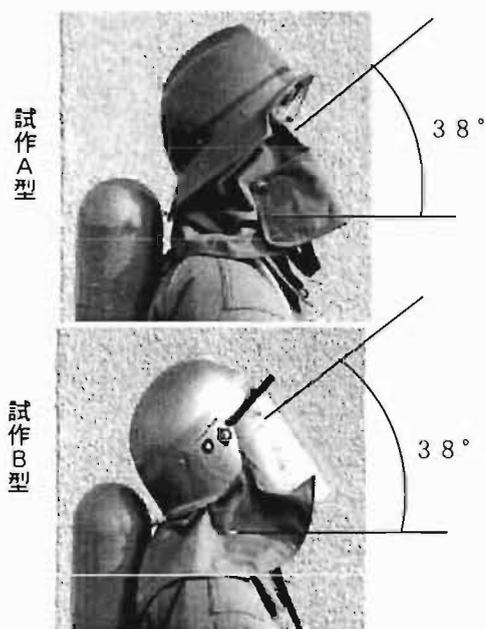
^{*} 第一研究室

防火帽	高さ	最大径	質量 (しころ含む)	色
試作A型	190mm	330mm	約0.98 kg	ゴールド
試作B型	215mm	300mm	約1.05 kg	シルバー
現用防火帽	170mm	330mm	約1.0 kg	シルバー

4 各種試験・測定結果

(1) 空気ポンベとの接触防止及び頭部の仰角

試作A型、試作B型いずれの防火帽も上方を向いた時、空気ポンベと接触することがないので、頭部の仰角も現用防火帽(23°)と比べ大幅に向上している。



(2) 上方視野角度

試作防火帽は、前部つばと帽体の形状や角度等を変えることなどによって、上方の視野の拡大を図っている。

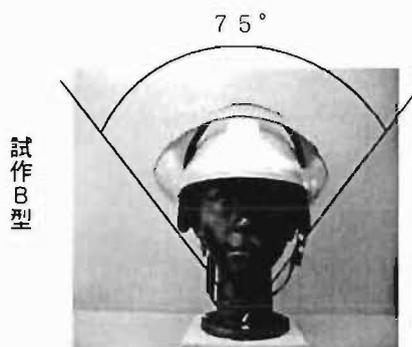
上方視野角度は、試作A型、試作B型いずれの防火帽も現用防火帽(16°)と比べ向上している。

(3) 落下物に対する保護範囲

ア 斜め上方からの落下物をさえぎり頭部及び頸部を保護する範囲は、次のとおりである。

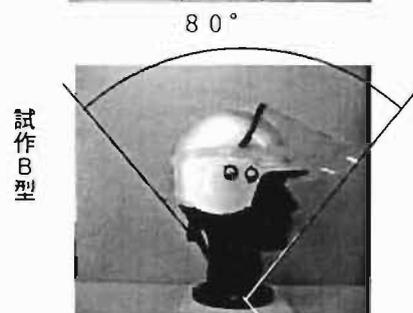
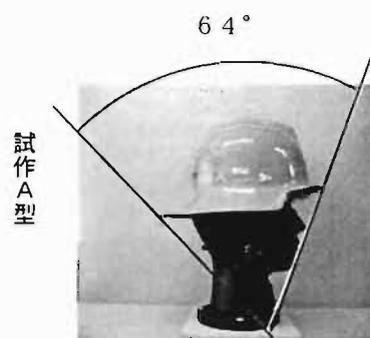
(7) 正面

試作A型は66°、試作B型は75°といずれも現用防火帽(47°)より広がっている。



(イ) 側面

試作A型の64°は現用防火帽と同じであり、試作B型の80°は持ち上げた顔面保護板によって現用防火帽より保護範囲が広がっている。



防火帽	頭部の仰角	上方視野角度	落下物に対する保護範囲	
			正面	側面
試作A型	38度	29度	66度	64度
試作B型	38度	26度	75度	80度
現用防火帽	23度	16度	47度	80度

イ 垂直落下物に対する保護範囲として、真上から見た防火帽の投影面積を計測した結果、防火帽全体の投影面積については、現用防火帽と比較すると試作A型はやや広く、試作B型はやや狭くなっている。

	防火帽全体の投影面積	つばの投影面積 (全体に占める割合)
試作A型	660 cm ²	230 cm ² (34.8%)
試作B型	595 cm ²	115 cm ² (19.3%)
現用防火帽	630 cm ²	230 cm ² (36.5%)

(4) 熱防護性試験

現用防火帽と二次試作防火帽のつば部分及びしころを透過する熱量を測定し、帽体やしころの形状の違いによる熱防護性能について比較した。

ア 試験方法

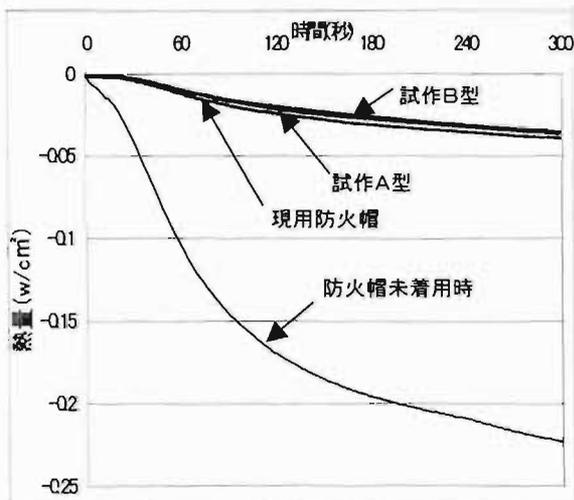
試験は、防火帽を着用（顔面保護板は下ろした状態）した人頭模型を熱源〔赤外線ヒーター（村岡社製 HR-330 S）〕からの受熱量が1分以内に苦痛を感じると言われる約 $0.2\text{W}/\text{cm}^2$ となる位置に設置し、人頭模型の頬、口、耳、側頭部及び後頭部の個所にそれぞれ熱流計を取付け熱源に対する向きを変えて測定した。（写真1）



写真1 熱防護試験装置

イ 結果

各部位の測定結果は、熱源の向きに係らず現用防火帽と試作A型につば部分の形状の違いによる顕著な差異は見られなかった。また、試作B型は、現用防火帽と帽体及びしころの形状が大きく異なっているものの、現用防火帽と顕著な差異は見られなかった。このことから、各試作防火帽は、現用防火帽と同等の熱防護性能を有していると考えられる。（図①）



図① 熱防護試験結果（熱源—正面、熱流計—頬）

(5) 外部音の伝播性能試験

現用防火帽と二次試作防火帽を用いて、透過する音圧レベルを測定し、形状の違いによる音の伝播性能（着用時の外部音の聞き取りやすさ）について比較した。

ア 試験方法（写真2）

(7) 試験は、防火帽を着用した人頭模型を音源から1mの位置に設置し、防火帽の顔面保護板の開閉状態、音のレベル、人頭模型の音源に対する向き等の条件を変えて測定した。

(イ) 音源は、ファンクション・ジェネレーター（HEWLET PACKARD HP 33120A）及び携帯警報器（消防隊員が活動時に携帯し、異常発生時に警報音を発する。）を使用した。

(ウ) ファンクション・ジェネレーターについては、普通の会話音と大声発声時のレベルに相当する60dB及び70dBで周波数（200～1,000Hz）を変えて行った。

(イ) 携帯警報器については、二社のもの（①104dB、2.1～2.5KHz、②96dB、2～3.5KHz）を使用した。

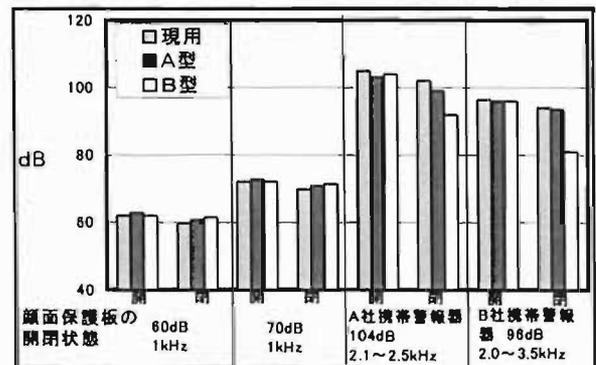
イ 結果（図②）

(7) 携帯警報器の鳴動音では、顔面保護板を用いていない（開けている）場合には現用防火帽と試作防火帽との差は見られないが、顔面保護板を使用した（下ろした）場合、試作B型については、現用防火帽に比べ10dB以上の低下が見られた。そのほかの条件では顕著な差異は見られない。

(イ) ファンクション・ジェネレーターの音については、現用防火帽と有意な差異は認められなかった。



写真2 音の伝播性能試験装置



図② 音の伝播性能試験結果（音源—正面）

(6) 強度試験

ア 帽体部分

二種類の試作防火帽は、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、次のとおりそれぞれ基準に適合したものであることが確認されている。

(7) 耐貫通性試験適合基準及び試験結果

適合基準	耐貫通性試験Ⅰ	耐貫通性試験Ⅱ
	ストライカ先端が人頭模型に接触しないこと	前頭部、後頭部、両側頭部を試験しストライカ先端までの垂直距離が15mm以下であること
試作A型	接触なし	15mm以下
試作B型	接触なし	15mm以下

(イ) 衝撃吸収性試験適合基準及び試験結果

適合基準	衝撃吸収性試験Ⅰ	衝撃吸収性試験Ⅱ
	頂部に衝撃(50J)を加えた時の衝撃荷重が5.0kN以下であること	前頭部、後頭部に衝撃(50J)を加えた時の衝撃荷重が次の全てに適合すること ①10.0kN以下であること ②7.5kN以上の衝撃が3ms以上継続しないこと ③5.0kN以上の衝撃が4.5ms以上継続しないこと
試作A型	3.8kN	前頭部 5.3kN 0.4ms 後頭部 5.3kN 0.2ms
試作B型	4.0kN	前頭部 7.1kN 0.9ms 後頭部 6.4kN 0.6ms

イ つば部分

試作A型について、つば部分の形状を変更したことによる上方からの落下物に対するつばの強度を確認するため、衝撃吸収性試験Ⅱの試験方法に準じた方法で前部及び後部つば部分に衝撃(50J)を加え、現用防火帽との強度比較を行った。(写真3)その結果、つば部分の変形、亀裂は見られず、現用防火帽と同等の強度を有していることが認められた。

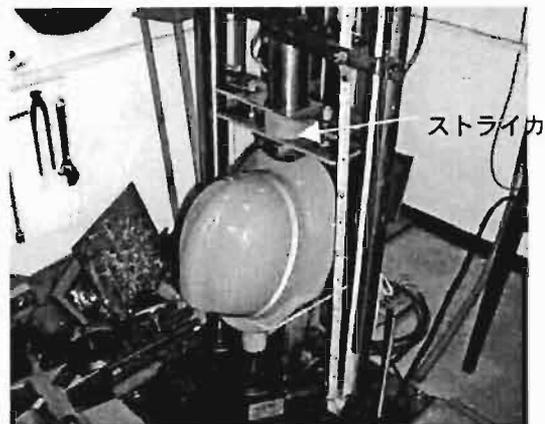


写真3 つば部分の強度試験

5 着用調査

消防隊員を対象とした着用調査を実施し、改良項目の検証を行った。

(1) 実施場所及び実施期間等

調査は次のように三期に分けて実施した。

実施対象者	実施場所	実施期間	種別
新宿はしご小隊 武蔵野 特別救助隊	新宿消防署 武蔵野消防署	平成11年 8月5日 から 8月16日	A型
第三方面内各消防署の中・小隊	第三消防方面 訓練場	平成11年 8月17日 から 8月27日	A型 B型
足立特別救助隊 町田はしご小隊	足立消防署 町田消防署	平成11年 10月8日 から 11月3日	A型

(2) 調査対象者

ア 調査対象者数

(7) ポンプ隊(化学含む)	50隊	155名
(イ) はしご小隊(空作含む)	5隊	11名
(ウ) 特別救助隊	6隊	31名
(イ) 総数	61隊	197名

(中隊長24名、小隊長59名、隊員114名)

イ 調査対象者の年齢・職務別構成

(7) A型

	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	計
中隊長		1	1	10	12
小隊長	2	5	17	8	32
隊員	17	34	9	5	65
計	19	40	27	23	109

(イ) B型

	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	計
中隊長			2	10	12
小隊長	1	7	12	7	27
隊員	17	13	14	5	49
計	18	20	28	22	88

(ウ) 合計

	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	計
中隊長		1	3	20	24
小隊長	3	12	29	15	59
隊員	34	47	23	10	114
計	37	60	55	45	197
構成割合(%)	18.8	30.5	27.9	22.8	100.0

(3) 調査項目

- ア 上方の視野
- イ 後部つばと空気ポンベとの接触
- ウ フィット性
- エ 被ったときのバランス
- オ 重量感
- カ 形状
- キ 音の聞こえやすさ
- ク 顔面保護板を上げたときの使用感(B型のみ)
- ケ 顔面保護板を下ろしたときの使用感(")
- コ 顔面保護板の形状(")
- サ 色
- シ 被りやすさ
- ス 面体の着装
- セ 蒸れ感
- ソ しころの形状(B型のみ)
- タ しころの使用感(")
- チ 試作防火帽を保安帽として兼用することについて
- ツ 防火帽の改良に関する意見・感想(自由記述)

(4) 調査方法

消防隊員が訓練時に着用し、着用後、各項目についてアンケートを行い、五者択一式(現用の防火帽と比較して大変良い、良い、普通、悪い、非常に悪い等)により回答を得た。

(5) 実施結果

ア 上方の視野

上方の視野については、A型 89名(81.7%)、B型 69名(78.4%)が現用防火帽(以下「現用」という。)と比較して「大変良い」又は「良い」と回答している。(図1)

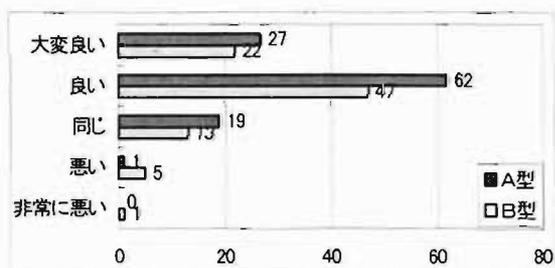


図1 上方の視野

イ 後部つばと空気ポンベとの接触

後部つばと空気ポンベとの接触について、A型 81名(74.3%)、B型 68名(77.3%)が現用と比較して「全く当たらない」又は「当たらなくなった」と回答している。(図2)



図2 後部つばと空気ポンベとの接触

ウ フィット性

フィット性について、A型 87名(79.8%)、B型 62名(70.5%)が現用と比較して「大変良い」又は「良い」と回答している。(図3)

フィット性については、被ったときのバランスなどによってもその評価は左右されることが考えられるが、被ったときのバランスについても良いとの回答を多く得ており、その結果が反映されたものと思われる。

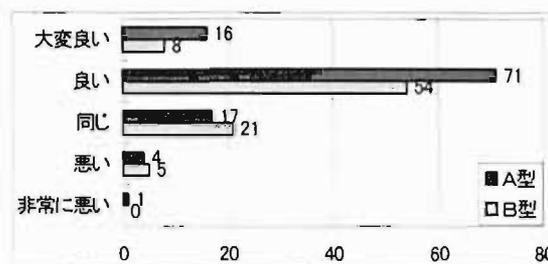


図3 フィット性

エ 被ったときのバランス

被ったときのバランスについて、A型 73名(67.0%)、B型 57名(64.8%)が現用と比較して「大変良い」又は「良い」と回答している。(図4)

A型では、側部と後部つばの部分で斜め下方に下げたため、現用と比べ重心の位置が下方となり全体的にバランスが良くなったものと考えられる。

B型については、バランスが悪いと17名が回答しているが、顔面保護板を上げることによって重心の位置が上がり活動時のバランスが悪くなるためではないかと考えられる。

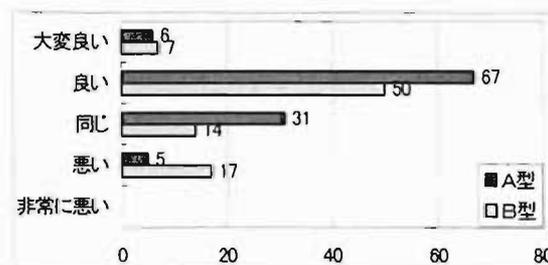


図4 被ったときのバランス

オ 重量感

重量感について、A型 66名(60.6%)、B型 54名(61.4%)が現用と比較して「大変軽い」又は「軽い」と回答している。(図5)

重量については、現用よりA型で約20グラム減、B型で約50グラム増とそれぞれ若干異なるが、「大変軽い」又は「軽い」という回答はフィット性や被ったときのバランス等も影響していると考えられる。

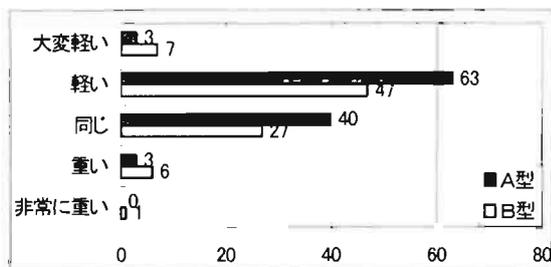


図5 重量感

カ 形状

形状について、現用と比較して「大変良い」又は「良い」と回答したのは、A型 48名(44.0%)、B型 32名(36.4%)であるが、「非常に悪い」又は「悪い」と回答したのは、A型 15名(13.8%)、B型 11名(12.5%)となっている。A型の悪い理由として「軍隊のヘルメットのようである」、「見た目が悪い」などが挙げられている。また、B型の悪い理由として「顔面保護板が邪魔になる」、「デザインが防火衣と合っていない」などが挙げられている。(図6)

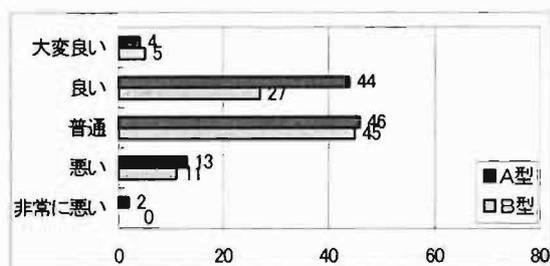


図6 形状

キ 音の聞こえやすさ

音の聞こえやすさについて、A型 43名(39.4%)、B型 40名(45.5%)が現用と比較して「大変良い」又は「良い」と回答している。(図7)

しかし、B型では、13名(14.8%)が「非常に悪い」又は「悪い」と回答しているが、聞こえにくい理由としては、帽体の形状がセグメントタイプとしたことによるものと考えられる。

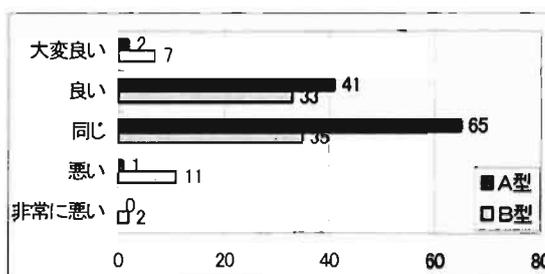


図7 音の聞こえやすさ

ク 顔面保護板の使用感及び形状 (B型のみ)

B型の顔面保護板については、保護板を上げたときの使用感が「大変良い」又は「良い」の26名(29.5%)、「非常に悪い」又は「悪い」の28名(31.8%)とほぼ等しく意見が分かれている。(図8)悪いと回答した理由として、「頭を上下させると顔面保護板が下りてしまう」、「顔面保護板を上げているとき、前に出すぎていてぶつかりやすい」との意見が挙げられている。また、顔面保護板を下ろしたときの使用感については、「非常に悪い」又は「悪い」と回答したのは、僅かに7名(8.0%)だけであり、顔面保護板を上げているときと比べると悪いと回答する数が少なくなっている。(図9)

さらに、顔面保護板の形状について、「悪い」又は「非常に悪い」と13名(14.8%)が回答している。

(図10)

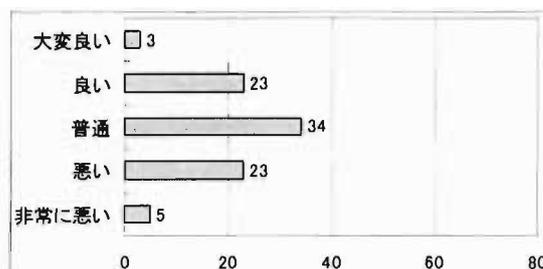


図8 顔面保護板を上げたときの使用感 (B型のみ)

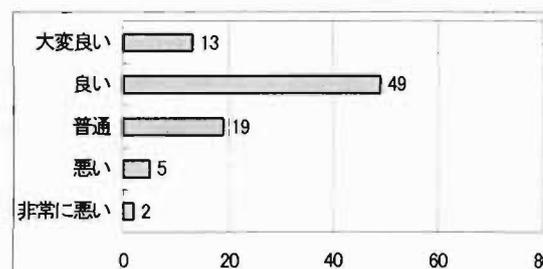


図9 顔面保護板を下げたときの使用感 (B型のみ)

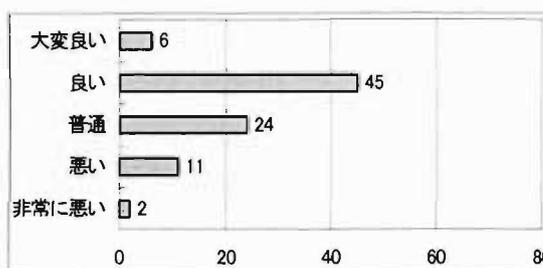


図10 顔面保護板の形状(B型のみ)

ケ 色

色については、防火衣と同色のゴールドは、現用と比較して「大変良い」又は「良い」と23名(21.1%)が回答しており、「非常に悪い」又は「悪い」の48名(44.0%)に比べ少なくなっている。(図11)

また、シルバーについては、「大変良い」又は「良い」と28名(31.8%)が回答しており、「非常に悪い」又は「悪い」は12名(13.6%)と少なくなっている。

ゴールドとシルバーを比較するとゴールドの方が悪いと回答する数が多い。

ゴールドについて、「非常に悪い」「悪い」と回答した理由として、「目立たない」「暗い感じがする」との意見が挙がっている。

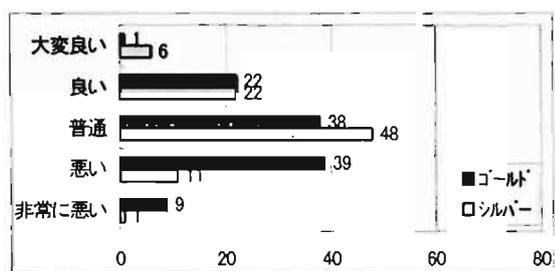


図11 色

コ 試作防火帽を保安帽として兼用することについて

防火帽と保安帽は、使用目的に応じて使い分けしているところであるが、試作防火帽のしころを取り外し、保安帽と兼用することについて、A型は「非常に悪い」又は「悪い」52名(58.4%)、B型は同じく28名(35.9%)と回答しており、いずれも「大変良い」又は「良い」より多くなっている。(図12) 悪い理由としては、A型では、「保安帽として使用するには形が悪い」「つばがなければ良い」「保安帽より重い」等の意見が挙がっている。また、B型では、「顔面保護板が活動時邪魔になる」との意見が挙げられている。

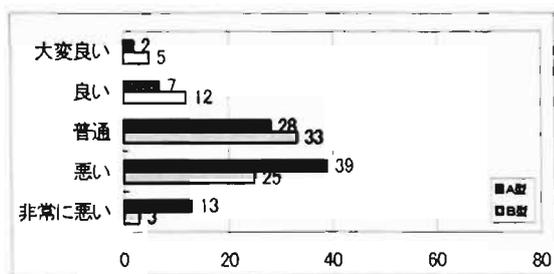


図12 しころを取り外し保安帽として兼用

サ その他

前記以外の調査結果については、次に示す。(図13~図17)

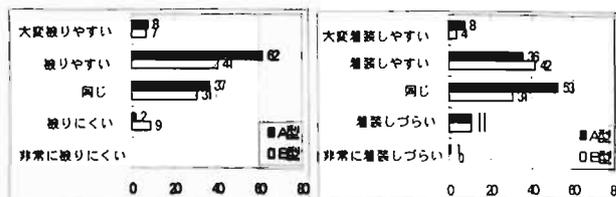


図13 被りやすさ

図14 面体の着装

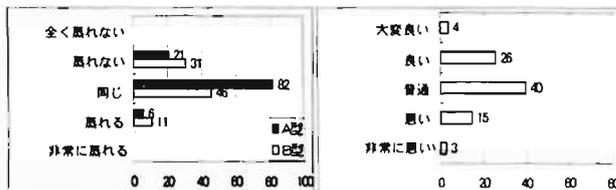


図15 蒸れ感

図16 しころの形状 (B型のみ)



図17 しころの使用感 (B型のみ)

シ 主な防火帽の改良に関する意見・感想 (自由記述)

(7) A型

- ・ 上方の視界が良くなった。(7件)
- ・ 軽くなって良い。(6件)
- ・ 後部つばと空気ポンベが接触しなくなった。(4件)
- ・ フィット感がある。(4件)
- ・ しころの取り付けをファスナーにしてもらいたい。(2件)

(1) B型

- ・ 視界が広がった。(5件)
- ・ 軽くなって良い。(2件)
- ・ 後部つばと空気ポンベが接触しなくなった。(2件)
- ・ 顔面保護板を上げているときの活動性が悪い。(2件)

(6) 試作防火帽の着用者による評価

ア 評価方法

(7) 各調査項目の回答について、現用防火帽と比較して「大変良い」等を+2ポイント、「良い」等を+1ポイント、「普通(同じ)」を0ポイント、「悪い」等を-1ポイント、「非常に悪い」等を-2ポイントとして点数化し、各調査項目について平均値(以下「評価平均値」という。)を算出した。(図18、図19)

(1) 回答のばらつきの度合いをみるため、標準偏差を調

査項目ごとに求めた。なお、標準偏差の値は大きいほど意見が分かれていることを示す。

イ 評価結果

(7) A型 (図18)

- ・ 評価平均値が+1をこえている項目又は概ね+1の項目は、上方視野(+1.06)及び後部つばと空気ボンベとの接触(+0.91)であった。
- ・ 評価平均値が+0.5から+1の間にある項目は、フィット性(+0.89)、被ったときのバランス(+0.68)、重量感(+0.61)、被りやすさ(+0.7)であった。
- ・ 色(ゴールド色)については、評価平均値がマイナスであった。(-0.3)
- ・ 形状については、+0.32であった。
- ・ 標準偏差は、0.48~0.91であるが、調査項目のうち色については0.91と最も高く、他の調査項目より回答にばらつきがあることを示している。

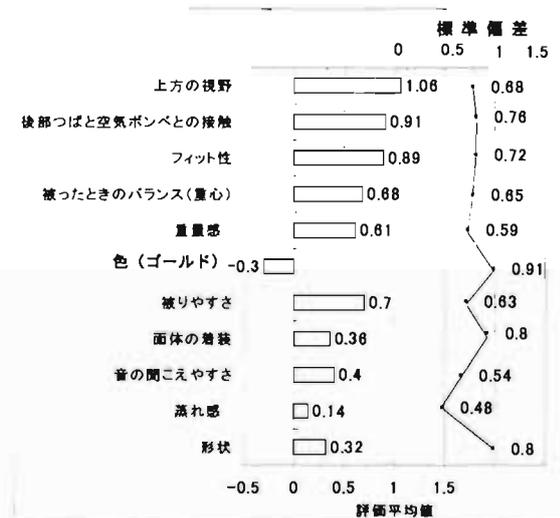


図18 A型の評価平均値及び標準偏差

(イ) B型 (図19)

- ・ 評価平均値が概ね+1の項目は、A型と同様に上方視野(+0.95)及び後部つばと空気ボンベとの接触(+0.98)であった。
- ・ 評価平均値が+0.5から+1の間にある項目は、フィット性(+0.74)、被ったときのバランス(+0.53)、重量感(+0.6)、顔面保護板を下ろしたときの使用感(+0.75)及び被りやすさ(+0.52)であった。
- ・ 顔面保護板を上げたときの使用感はマイナス評価であった。(-0.05)
- ・ 形状については、+0.3であった。
- ・ 標準偏差はA型と比較すると相対的に高く、A型より意見が分かれていることを示している。

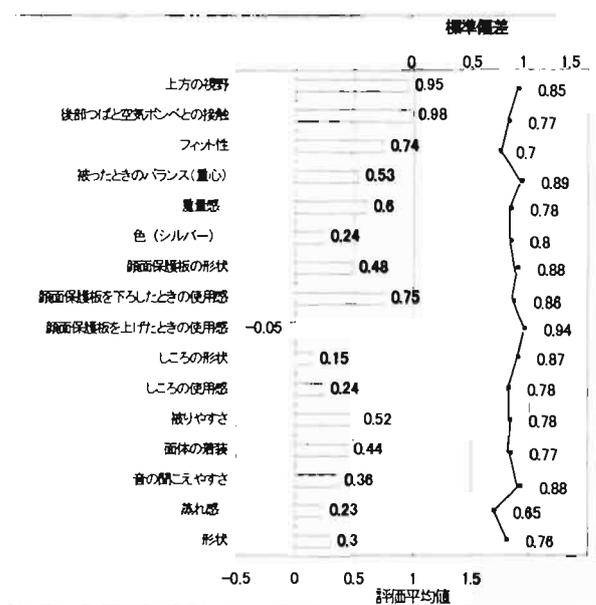


図19 B型の評価平均値及び標準偏差

(注) 「顔面保護板の形状」、「顔面保護板を下ろしたときの使用感」、「顔面保護板を上げたときの使用感」、「しころの形状」、「しころの使用感」は、B型のみ調査を行った。

(7) 着用調査のまとめ

ア 本着装調査の結果をみると、目標とした後部つば部分と空気ボンベとの接触防止及び上方視野の拡大については良い評価を得ることができた。また、更にフィット性や被ったときのバランス等についても向上しているという結果が出た。

イ A型に関しては、機能上及び着用感とも高い支持を得ている。

6 おわりに

今回試作した二種類の防火帽については、改良目的とした空気呼吸器のボンベとの接触防止や視野の拡大が図られた。また、安全性、使用感に関する各種試験及び着用調査を行った結果、現用防火帽と同等以上の性能を有することが明らかとなり、防火帽改良の目的は達成された。

最後に、防火帽の着用調査にご協力をいただいた署員の方々に厚くお礼を申し上げます。

[参考文献]

- 1) 三好和人、小林幹男、川崎修治、藤田栄一郎：防火帽の改良について(第1報)、消防科学研究所報 第35号、pp.1~6、平成10年
- 2) 野村敏幸、小林幹男、藤田栄一郎：防火帽の改良について(第2報)、消防科学研究所報 第36号、pp.61~69、平成11年

IMPROVEMENT OF THE FIRE HELMET (SERIES 3)

Toshiyuki NOMURA*, Nobuo YOSHIMURA*, Masaki HISHIYAMA*

Abstract

We studied on the improvement of fire helmets to upgrade their functions and safety features.

Up till now, we made two improved versions by experiments.

We examined the second version from various standpoints of firefighters, including wearing tests, and obtained the following results.

- 1 With the self-contained breathing apparatus (SCBA) on, a firefighter can look up straight without the rear brim of the helmet bumping the top of the SCBA air cylinder. So, a firefighter can easily identify an object overhead and gain wider eyesight when looking ahead.
- 2 The helmet protects a firefighter from an object falling from sideways. It protects wider area of neck and face.
- 3 The helmet showed the same level of performance in terms of heat protection and sound transmission from outside.
- 4 Good response was obtained from firefighters who put on the helmets on trial.

*First Laboratory