

VIII 船舶用防火服に関する研究

目 次

A 船舶用防火服	87
B 検討の目標	87
C 船舶用防火服 A, B の仕様	89
D 防火服 A, B の着脱の容易さ	93
E 防火服 A, B で火災に直面して 作業をさせた場合生体への影響	94
F 呼吸器具の空気ポンプによる 活動時間	97
G む す び	99

A 船舶用防火服

船舶用防火服を船に積込まなければならないことは、先ず油槽船の火災の初期消火活動の適否が想像もできないような大災害の発生を左右すること、旅客船では多数の人命の救助と消火活動の必要なこと、また船は海上に孤立しており陸上からの援助も簡単に得られず、船員の手で防火にあたるより仕方のないことなどから当然のこととして理解できる。すなわち、火災検知システム、自動消火システム等の装置の充実も大切なことであるが、船員の直接の手による防火服を着ての活動も忘れてはならない。

しかし、現実には余り関心が持たれていないようである。タンカー船では積込まれているが船内倉庫の中にしまいこまれていて、緊急の時にすぐ役立つ体制になっていないようである。

ところが、IMCO（政府間海事協議機関）で、国際海上人命安全条約改正条文（1965年）^{注1)}による消防員装具の内容および数量の変更が決定した。わが国でも数年後のうちに防

火服が法定備品となることが予想される。米国では国内法（クルースビル法という）で1968年11月に発効となり、米国内において旅客を扱う旅客船にこの種の装備が強制されることになった。したがって米国内を航行する日本船もこの適用を受けることになった。また日本の造船所で建造される外国船からの防火服の注文が段々と多くなっているとメーカーから聞いている。日本のタンカー船でも防火服への関心が高まりつつあるようである。

このような状況を考えると、船内における消火活動、人命救助作業等の特殊性も考慮して、今まで全く手のつけられなかった船舶用としての防火服を検討する必要がある、船舶技術研究所、労働科学研究所、東京都消防科学研究所、K産業株式会社の協力により、昭和43～44年にわたって、この研究がすすめられた。

注1) 呼吸具安全灯に防火服、長ぐつ、手袋、固型ヘルメットが追加された。

客 船；2組 + α （甲板上客室および使用場所の長さの合計80mの端数ごとに2組）
貨物船； $L < 200$ m 2組
200 m 4組

B 検討の目標

IMCOできめられた消防員装具の条件に適合していることを目標とした。すなわち要約するとつぎの条件となる。

a 肌を火焰からの輻射熱および蒸気によるやけどから防護する材料の防火服であり、外面は耐水性のもの。

b ゴムまたは他の非電導材料の長ぐつおよび手袋。

c 頭部は衝撃を有効に防ぐ固型ヘルメットでおおう。

d 呼吸具は空気を送り込める防煙ヘルメットまたは防煙マスクとし、適当な空気ポンプによって空気が送れる空気ホース式とする。ただし、長さ36mをこえる空気ホースを必要とするときは、自蔵式呼吸具を代わりにまたは追加する。

または、主管庁が定める時間中機能を果しうる自蔵式呼吸具（ボンベ式呼吸具のこと）としてもよい。

e 呼吸具のベルトまたは装着具に十分な長さ、強さの耐火性の命綱をスナッチ・フックにより取付けなければならない。

2. 船火災で実際に防火服を必要とする現場はどのような状態であるかを知ることが必要である。しかし過去の火災現場の詳細な記録もなく、また陸上でよく行なわれる実物建築物をつかっての火災実験に相当する船での実験も全くなく、推察するよりほかはなかった。

しかしつぎのことが少なくとも必要条件ではないかと考え検討した。

a 船の火災発生の初期における活動が最も大切で、着脱が容易でかつ作業しやすいものであること。

b 船の火災においては、船の構造からみて

も初期には煙火災で、かつ最近使用されだした内装材、ペイント等より有害ガスが発生し高熱よりもおそろしい。したがって、呼吸具は簡単に取りつけられ行動の自由も束縛されることなく、安全性の高いものでなければならない。

(c) 高熱環境特に輻射熱に耐えられる仕様のものであること。

3. 陸上では、米軍、消防庁、自衛隊、飛行場、石油化学工場向けに各種消防用耐熱服が開発されている。これらを参考にして防火服A・Bを試作した。防火服Aは陸上で普通使われている重装備の防火服よりいくぶん軽装として簡略化した。さらに防火服Bは思いさって軽装とした。そして船研の火災実験炉で火災現場を再現し、種々の高熱条件で実際に被検者に作業させ、生体負担を測定することにより防熱性を比較検討した。

防火服は極力軽装で、かつ作業しやすい仕様のものがよいが、反面耐熱性の点で心配になる。実際には安全上、耐熱性の点を重視しすぎて重装備の活動しにくい防火服が選ばれることが多いようである。

この点については、実験的に重装A軽装Bの比較で検討してみる以外に方法がなく、今回の最大の検討目標であった。

C 船舶用防火服 A・B の仕様

1. 防火服の主要材料

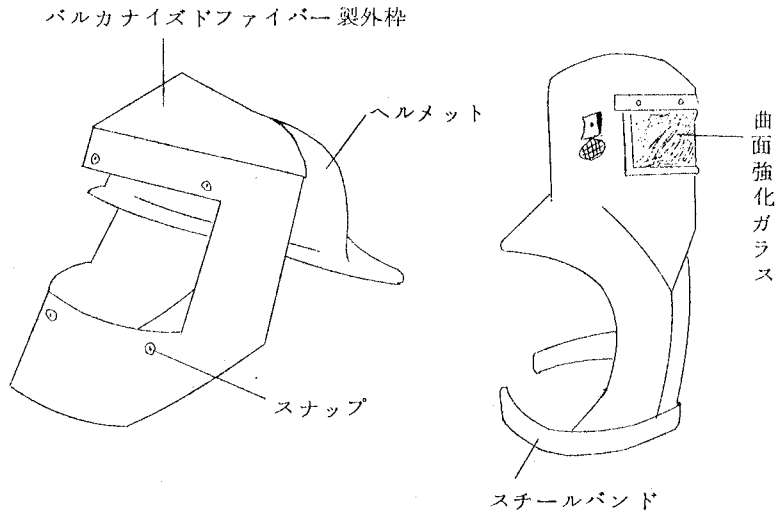
品名	摘要	用途
アルミナイズド布	石綿53%以上 } の生地構成にアルミナイズド 綿 16%以下 } して、防熱（特に輻射熱反射） ガラス31%以上 } 効果の高いもの	表地
ガラスネオシート	ガラスクロスの片面にネオプレンゴムを薄くコーティングしたもの	中地
綿布またはモケット	防災処理したもの	裏地
ヘルメット	JIS-M-7608-PEによる合成樹脂製耐電圧性	フード
バルカナイズド ファイバー板	JIS-C-2315による	"
曲面強化ガラス	①JIS-R-3206による 外力の作用ならびに温度変化に対する強さを増加させ、破砕したときに細片になるもの ②JISの規格にない耐熱試験を実施し合格したもの すなわち、試験体を電気炉内において温度180℃で1時間加熱した後、取り出して温度20℃の水を試験体の表面に注ぎ破壊しないもの ③裏面にアルミニウムの真空蒸着したもの	"
アクリル樹脂板	MIL-P-5425Bによる 厚さ2mm, タテ18cm, ヨコ35cm 180℃で発泡せず、熱変形温度85~115℃ (MIL-PはアメリカのMilitary Specification)	"

2. 防火服の構成と構造

a) 構成

A 服	B 服
フード, 服本体(上下続き服) 手袋, 半長靴, 空気呼吸器具 ただし, 呼吸器具は上下続き服 の内側に背負う	フード, 服本体(上衣, スボン別) 手袋, 半長靴, 空気呼吸器具 ただし, 呼吸器具は服本体の外 側から背負う

b) フード



図Ⅷ-1 フード略図

i) 図に示すバルカイズドファイバー製外枠の内部にヘルメットを装備し、A服ではアルミナイズド布、ガラスネオシート、モケット、B服ではアルミナイズド布、綿布で外枠をおおいスナップで固定する。

ii) フードの前面にはアルミナイズド布で頰縁状の縁枠を取りつけ、厚さ約1.5mm、巾30mmのバルカイズドファイバの芯を入れ、上部に蓋を設け、曲面強化ガラスとアクリル樹脂板を自由に出し入れできる構造とす。

iii) 視窓の曲面強化ガラスは裏側にアルミニウムを適当に真空蒸着して輻射線を防ぐ。蒸着面の保護および曲面強化ガラスが破損しても直接顔に飛散するのを防止するため、内側にアクリル樹脂板を合わせ挿入する。

iv) 作業中フードの脱落を防止するための保

持、下部からの熱風の侵入をさけるために前面の垂れの部分で胸当部を構成し、その下端にスチールバンドを挿入して胴を締める。

v) 耳部に直径約4cmの穴をあけ、内側に金網を当てるとともに、外側に開閉できる蓋を取りつける。

c) 手袋

i) 主構成はアルミナイズド布、ガラスネオシート、モケット

ii) 指数は3本

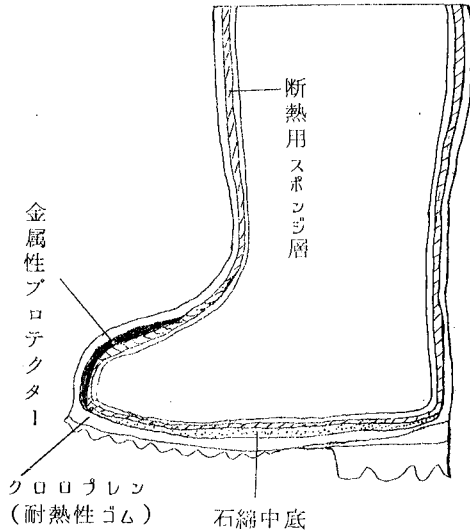
iii) 袖を十分被覆できるようにする。

d) 半長靴

i) 外側は耐熱性のゴムを使用し、ゴムの表面は熱反射率をよくするため耐熱性銀色塗料を塗布する。

ii) 内側には断熱用スポンジ層を設ける。

d) 半長靴



iii) 落下物による足の損傷を防ぐため、爪先部を金属性プロテクターで補強する。

iv) 底には石綿中底層をもうける。

e 服本体

〔A服の場合〕

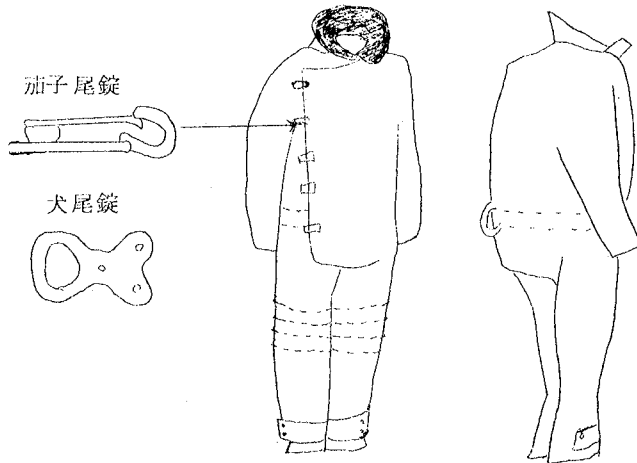
i) 主材料 — アルミナイズド布, ガラスネオシート, モケット

ii) 前面尾錠5ヶ取りつける。

iii) 左前身頃には持出部をつける。持出部はガラスネオシートおよび綿布を芯とし、それをアルミナイズド布で包んだ構造とする。持出部には犬尾錠5ヶをつけ右前身頃の茄子尾錠にかみ合わせる。

iv) 衿は折衿型とし、表地はモケット（パイル面を表面）、裏地はアルミナイズド布

v) 裾部の内股側に約10cm×13cmのアル



図VIII-3 防火服Aの外形

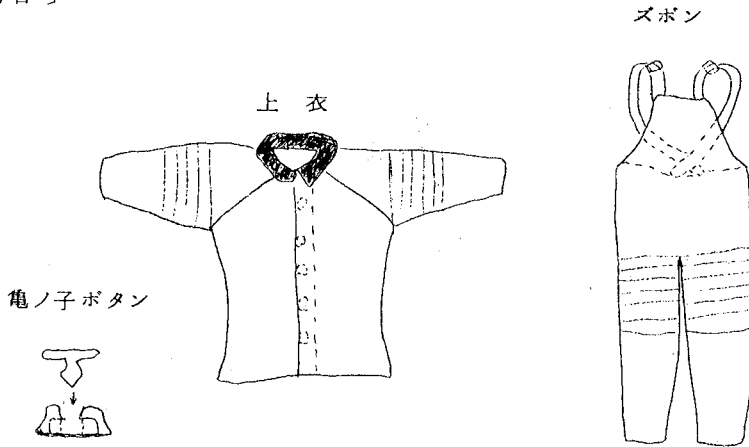
ミナイズド布を縫いつけ、スナックで裾部を締めつける。

vi) 両膝の部分にはアルミナイズド布をヨロイ縫って防熱性を高める。

vii) 背部は呼吸器を内側に背負うことができるよう十分スペースをとる。

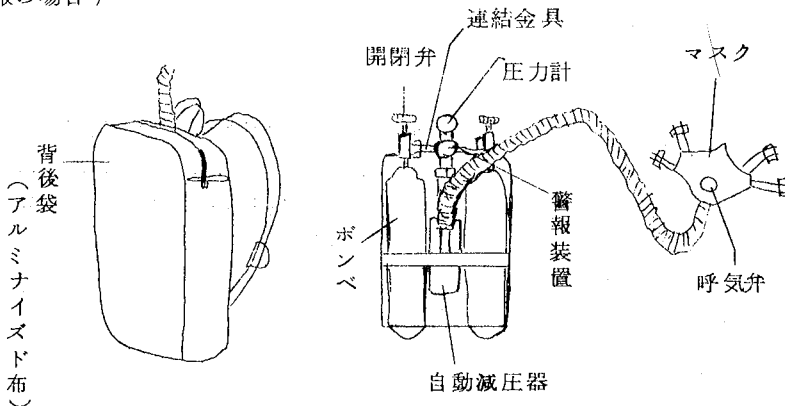
viii) 腰部の内側に安全帯を縫いつけ背部に命綱取付金具をとりつける。

[B服の場合]



図Ⅶ-4 防火服Bの外形

- i) 主材料 — アルミナイズド布, 防炎処理の綿布
- ii) 上衣の前面の合わせは図に示すように中心とし, 亀の子ボタン5ヶを取り付ける。またこのボタンは表面に出ないようにする。
- iii) 衿は簡単な折衿型とし, 表地は防炎処理の綿布, 裏地はアルミナイズド布
- iv) 袖部の前面, 両膝の部分はアルミナイズド布をヨロイ縫にして防熱性を高める。
- v) ズボンの前面の図のように胸当部を構成 (軽装B服の場合)
- vi) ズボン吊はゴム紐とし, コキ尾錠で調節できるようにする。
- f) 空気呼吸器具
 - i) 図に示すとおり, 圧縮空気の充てんされた2ℓ軽合金ボンベ2本, 開閉弁2ヶ, 自動減圧弁, 連結金具, 背負板, 圧力計, マスク, 背負袋から構成されている。
 - ii) 150気圧(35℃にて)に圧縮された空気が開閉弁を開くことにより連結金具を通り



図Ⅶ-5 空気呼吸品具

自動減圧器に導入されたマスクに通じる。同時に空気の充てん圧は圧力計に指示されるが、消火作業中防火服装着状態で圧力計が見にくいので、空気の使用限度を音で知らせる警報装置が取り付けられている。

iii) 警報装置は空気圧が $3.5 \text{ Kg/cm}^2 (\pm 5 \text{ Kg}$

$\text{/cm}^2)$ になるとピーという連結音を出して脱出時期を知らせる。この音は圧力がほとんど0になるまで鳴り、この間約2~3分、80~90ホン、2500~3300C/Sの警報音である。

iv) 要 目

型 式	J I S 型式 (M-7601-1969)	J I S 記号	マスク	圧縮ガス容量	全重量	持続時間	備 考
UA-2-2	圧 縮 空 気 肺 力 呼 吸 式	D-600	半面	2ℓ軽合金容器 150気圧 (35℃)空 気2本	約11Kg	約30分	型式 承認

v) 使用された器具は、運輸省の船用品の型式承認を得ているUA-2-2型(伊藤精機製)である、船舶消防設備規則(昭和40年5月19日運輸省令第37号)により決定備品として使用されている。ただし、警報装置は型式承認に含まれていない。

vi) J I S M 7 6 0 1 - 1 9 6 9 により規定されているが、重さでは全重量 $\leq 3 \text{ Kg}$ 以上と規

制されており、できるだけ軽く空気容量を大きくすることが好ましい。このため本器はポンペを軽合金として極力軽量化をはかっている。

vii) B服については呼吸器具を服本体の外側から背負うため、背負袋を使用することを考慮した。防熱を考慮してアルミナイズド布を使用している。

g) 防火服の重さ

	A 服	B 服
フ ー ド	3.15Kg	2.80Kg
服 本 体	上下続き服 5.02	上 衣 1.30 ズボン 1.25 } 2.55
手 袋	0.50	0.50
半 長 靴	2.45	2.45
空気呼吸器具	11.00	11.00
計	22.12Kg	19.30Kg

D 防火服A・Bの着脱の容易さ

防火服A・Bについて着服脱服をビデオテープレコーダーで録画し観察した。

A服は上下一体型の服であり、呼吸器具のポンペを背負ってから一体服を着用するので、1人では着服が困難である。脱服も同様で、した

がって補助者1名をつけた。

B服についてはツープース型であり、ボンベを着服後の服のうえから背負う。またA服に比して軽くて着服がかなり容易であるため、ボンベを背負ってマスクをつける作業のみ補助者1

名に手伝わせた。脱服も同様である。

A服の場合、全作業に1名が補助者として手伝うにもかかわらず、B服より時間がかかり、B服の方が極めて有利であることがわかる。

また着脱動作を分析してみると、A服ではホ

	A服（全作業に1名補助）	B服（呼吸器具装着のみ1名補助）
着服所要時間 （5回平均）	1' - 38"	1' - 04"
脱服所要時間 （5回平均）	0' - 35"	0' - 21"

ンベをつけてから上下一体服を着るのに補助者がどうしても必要で、しかも服そのものが重くて厚く、動作が活ばつにできないので時間がかかっている。また、A服はボタン掛けが困難であり、これはボタンの金具の構造にもよるようである。脱服動作でも同様である。やはり着脱の容易さの点ではB服は極めてすぐれていることがわかる。

15 防火服A・Bで火災に直面して作業させた場合生体への影響

1. 実験計画の内容

- a 被検者：4名（30才前後男子、強健なもの）
- b 装備：防火服A（服、手袋、半長靴 11.12 Kg、空気呼吸器具 1 1.0 0 Kg）。防火服B（服、手袋、半長靴 8.3 0 Kg、空気呼吸器具 1 1.0 0 Kg）（いずれも普通作業衣を着てから防火服を装着する。）

c 負荷：椅座で静止の状態の安静と防火服を装着して15 cmの段を毎分25回上下のステップテストとしRMR5前後の負荷とした。

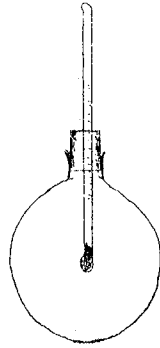
RMRはエネルギー代謝率で肉体労働のために純粹についやされるエネルギー消費量をあらわす割合と考えてよい。RMR5は労働強度では重く、重筋的作業に入る。職種では製鉄工、保線工、荷造工、鍛工に相当する労度。

d 暴露温熱条件：船研の火災実験炉を点火し、作業位置で室温20℃前後、実効輻射温度（ERT）0℃、72℃、110℃、160℃の環境を設定した。

実効輻射温度とは輻射熱の生体への影響を研究する産業医学会でよく使用する輻射熱の強さをあらわす指標である。この測定には黒球寒暖計をつかう。銅の薄板で中空の球体をつくり、これを黒塗りし、その中に寒暖計の球部がくるように挿入したものである。黒球寒暖計の示度を黒球温度といい、別に輻射熱を遮断した寒暖計で同じ位置の気温を測り、この気温との差を実効輻射温度といっている。

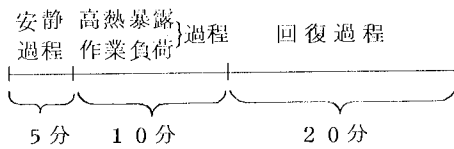
このERT110℃と160℃は相当な輻射熱の強さであり、実際10分間暴露のこの実験で、フードの前面にある曲面ガラスがERT110℃で125℃、ERT160℃で140

℃まで加熱された。



図VIII-6 黒球寒暖計

c 暴露作業負荷時間：10分間



f 測定項目：衣服内温度（フード内含む），皮膚温，直腸温，心拍数，酸素消費量，発汗量，自覚症状訴え数

g 期間：昭和44年10月16日～11月4日

h 場所：三鷹，船舶技術研究所防火実験室

2. 実験結果の要約

防火服重装A，軽装Bについて，気温20℃，ERT0℃，70℃，110℃，160℃暴露，作業負荷として10分間連続のステップテスト（15cm段を毎分25回上下，RMR5前後）の労働生理学的実験を比較すると図VIII-7のようになる。

また，日本産業衛生協会疲労研究会による自覚疲労調査表による訴え数は，ERT110℃，160℃の高熱においてもA服がB服より多く，図VIII-7の労働生理学的実験結果と反対となった。

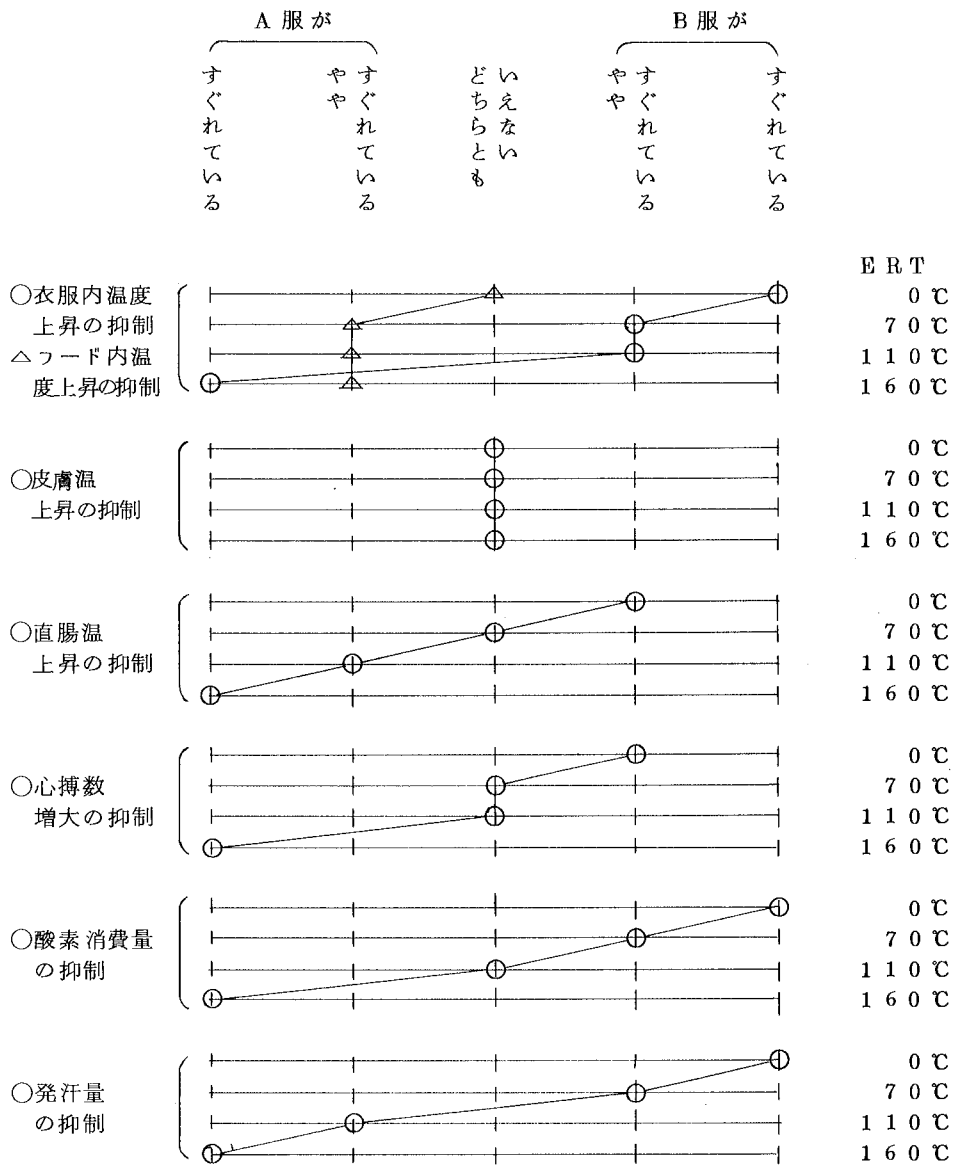
また，自覚症の訴えでは，「皮膚の熱痛」を感じる部位として，腕でERT110℃の場合，A服4例中O,B服3となってA服の熱遮断効果がすぐれていることをあらわしている。その他「顔面の熱痛」，「頭が重く感じられた」の訴えについてもA服がやや有利のようである。しかし「へばり出した」の訴えではERT110℃でA服が4例中3B服1で服装の重量が負担を大きくしており，B服がすぐれている。

これらのことをまとめてみると，ERT70～110℃ではA服とB服でどちらがすぐれているともいえないが，これ以下の温度では活動的なB服がよく，これ以上の温度では熱遮断効果のあるA服がよいということがいえる。しかし，ERT160℃の実験におけるB服の場合の生理負担はそれ程過酷な状態とは考えられない。すなわち衣服内温度（胸部）40℃，フード内温度55℃，皮膚温度上昇5～6℃，直腸温38℃，心拍数毎分150，酸素消費量毎分1200CO，発汗量（賢外水分喪失量）220g/hr/m²であった。

また，前章で述べたA，B服の着脱の容易さなどから考えれば，この温熱と作業条件のもとではB服が総合的にみればすぐれており，なおB服で十分であると考えてよい。

3. 実験の温熱条件と火災現場の温熱条件との比較

ここで問題となることは，実験のERT160℃の条件は火災現場における消火活動で受ける温熱条件と比較して，過酷な条件であるかどうかという問題である。火災に近づけば当然高熱となり，火災の中に入ればどのような重装の防火服といえども耐えられない。陸上の消防員は



図VIII-7 A服, B服の生理学的実験結果の比較(ステップテストの場合)

火災に近づくる限度をフードをつけた状態で顔面の熱痛で察知し、一つの安全の目途としていと聞いている。たしかに防火服全体からみてフードの曲面ガラスが熱的に最も弱い場所である。

今回試作した防火服のフードの曲面ガラスの温度は、ERT 160℃の実験で140℃(内側のアクリル樹脂板125℃)に熱せられ、顔面に熱痛を感じている。この点より考えて、本実験の温熱条件は相当過酷なものであると考え

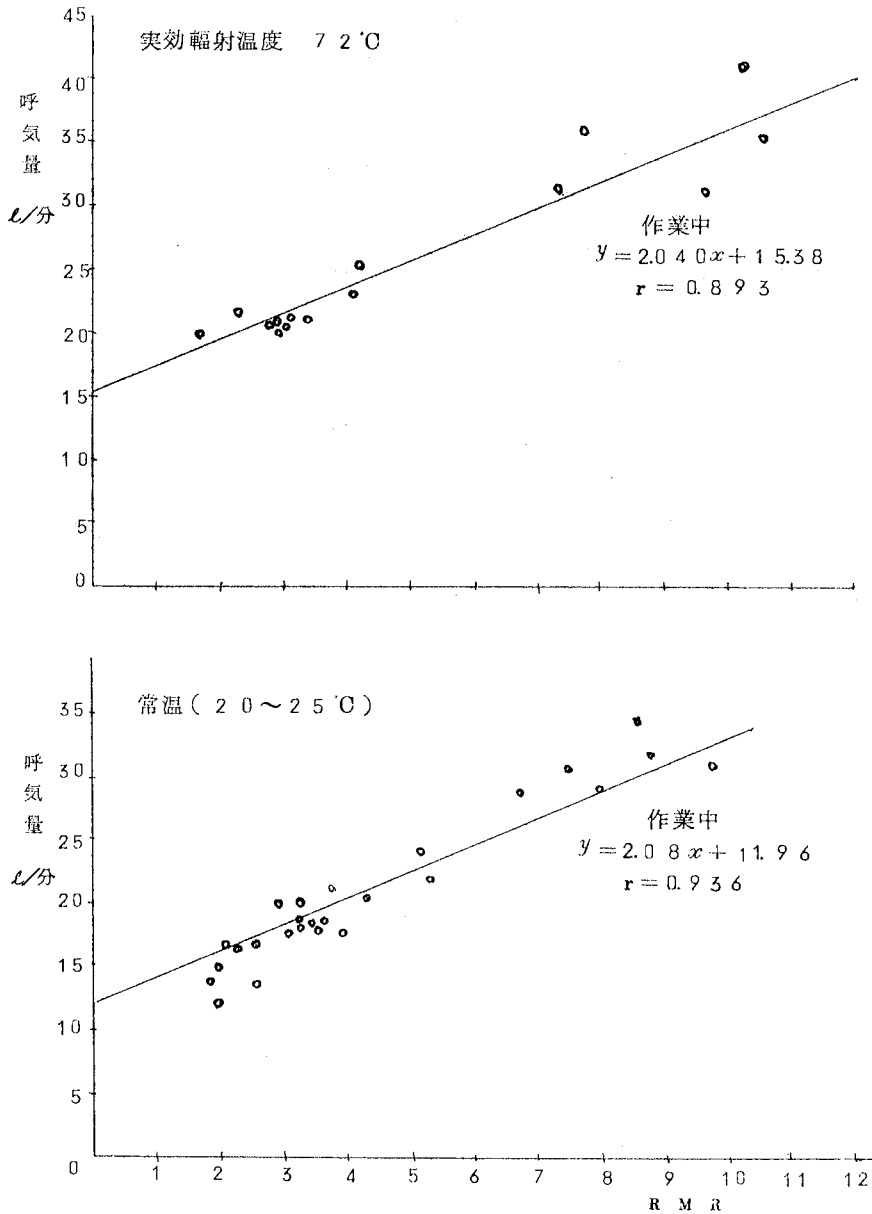
られる。

ただ、実際の船火災時、輻射熱、気温、消火活動時の労働強度および高熱暴露時間など実態が不明で、このような実験結果をそのまま実際に応用するにはまだ多くの問題が残っているとと思われる。この点については今後の検討がま

たれる。

F 呼吸器具の空気ポンペによる活動時間

防火服A、Bの呼吸器具としてポンペ式空気呼吸器具を採用した。空気ポンプをもったホース式呼吸具は、ホースの長さ制限(36m以



図VIII-8 呼吸量とRMR

下)があり、ホースの耐熱性も考慮しなければならず、それに狭い船内での活動のしやすさの面でもポンベ式に比べていちじるしく制約される欠点がある。

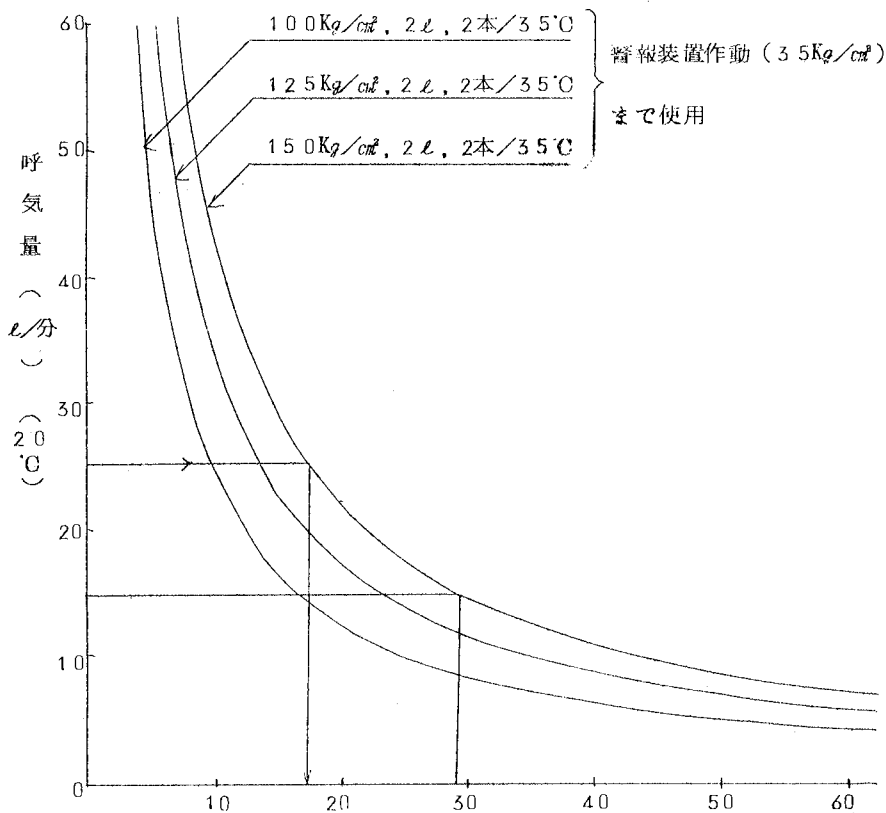
ただし、ポンベ式空気呼吸具は使用持続時間に制約があって問題があるが、やはり船舶用としてはポンベ式がすぐれていると考えた。

そこでこのポンベの使用持続時間を考えてみることにする。まず、ある労働強度の作業でどの位の吸気量(呼気量と同じ量と考える)になるのか知る必要がある。すなわち労働強度の指標としてエネルギー代謝率RMRが使用されているので、RMRがいくらのとき呼気量が何ℓかを知り、何ℓ入の圧搾空気ポンベなら何分その作業が続けられるかを計算することができる。

RMRと呼気量の関係を求めると図VIII-8のとおりとなった。

上段はERT 72℃の場合、下段は20~25℃の常温の場合である。RMRは肉体労働のために純粹についやされるエネルギー消費量をあらわす割合であり、高温の影響は余りないものと考えられているが、高い輻射熱下ではやや呼気量の増加の傾向がでている。これは体温の上昇があり組織の酸化を直接促進するためと考えられる。

今回の防火服A、Bのポンベは、2ℓ軽合金ポンベで、150気圧(35℃)の空気が充てんされたものである。またこの呼吸具には警報装置があり、ポンベの空気圧が35Kg/cm²になると警報が鳴り出して脱出時期を知らせる(こ



図VIII-9 呼気量とポンベ使用持続期間の関係

の間約2～3分) ようになっている。

図VIII-9は呼気量とポンプ使用持続時間の関係を示した。呼気量は図によりRMRいくらのとき呼気量はいくらになるかをみて、警報装着作動 $35\text{Kg}/\text{cm}^2$ になるまでの使用持続時間を知ることができる。例えばERT72℃でRMR4.8の場合、呼気量は $25\text{l}/\text{分}$ となる。したがって17分持続できることになる。また安静では呼気量 $15\text{l}/\text{分}$ で29分持続できる。

空気ポンプの容量、重さはJISにより制限されているので(13気圧以下)、できるだけ軽く強じんな軽合金を使用して空気量をできるだけ多くするよう考慮されているわけであるが、このようにポンプ式の呼吸量では持続して使用できる時間が短いことに十分注意することが必要である。

また、空気ポンプは簡単に取替えられるので予備を持っていることが望ましい。

G む す び

船舶用防火服を法定備品として積込むことの必要性がIMCOの勧告をきっかけにして再認識されてきた。

しかし船舶用として必要な性能も検討されたことがなく、試作にあたってはいろいろと心配

なところが多く困った。実際陸上用の防火服についてもいえることであるが、防火服または防熱服の各部材料の耐熱性、強度などの物理的性能の検討はされているが、人間が装着しての生理的負担の面からの検討、作業性からの検討が少ない。したがってこれを装着する人間側からの人間工学的検討に重点をおいたわけである。

防火服A、Bを試作し、高熱暴露で作業負荷を与えて生理学的実験で比較し、また着脱の簡単さ等から考えてみると、まず軽装の防火服Bで十分であろうことがわかった。

しかし、高熱条件が特にきびしい場合には、防火服Aとなるが、この場合はフード前面の曲面強化ガラスに特種な輻射熱防御効果の高いコーティングなどして熱的な弱点をカバーすることを考えなければならないであろう。

最後にこの研究は、船舶技術研究所、労働科学研究所、東京都消防科学研究所、K産業株式会社の協力により実施した成果である。なお、生理負担の実験では、毎日連続20日間におよぶ過酷な被検者として耐えられたK産業社員の方々には特に感謝の意を表したい。(神田寛、小原武文)(本研究は1970年K産業株式会社委託研究費によるものである)