

林野火災時におけるヒートストレス －聞き取り調査に基づく消火作業量の解析－

中橋美智子*¹、村山雅己*²、物部博文*³、生野晴美*⁴

Heat Stress in Forest Fires -Analyzed of Firefighting Activities on Hearing Survey-

Michiko NAKAHASHI*¹, Masaki MURAYAMA*²,
Hirofumi MONOBE*³, Harumi IKUNO*⁴

abstract

A survey on forest fires has been carried out following a previous survey on wooden house fires.

The purpose of this survey is to grasp the using condition of fire protective clothing in firefighting activities from the viewpoint of the heat-incurred stress of wearers, in the same way as the previous survey.

The feature of a forest fire is difficulty in firefighting activities, which requires a large amount of exercises due to movement in large areas including slopes.

Since a firefighter wears protective clothing in fire fighting activities, he/she receives a large amount of heat-incurred stress especially in a hot season.

For grasping actual situations in forest fires, this research conducted a hearing survey on firefighters who had engaged in firefighting activities in actual forest fires. Using the survey results, the authors drew up an action scenario for a firefighter and analyzed required working hours and working volume based on it.

The results show that in forest fires, which require longer working time than that in wooden house fires, difficulty in constantly wearing protective clothing has been found from the viewpoint of the body temperature adjusting function of a human. Actually, the fact that few firefighters were wearing protective clothing has been revealed.

key words ; *heat stress, fireman's turnouts, scenario of fire, moving quantity*

ヒートストレス, 消防員装具, 火災シナリオ, 運動量

1. はじめに

一般の木造家屋火災などにおける消防員装具、消防用衣服に関する調査¹⁾に引き続き、今回は林野火災における消防活動において、ヒートストレスの観点からどのような装備をどのような状況で使用しているかを調査し検討を行った。

日本国土は、3分の2が森林で占められている。林野火災は消防白書²⁾によると平成12年度全国年間火災発生件数は2805件である。都道府県における多いところでは200件以上のところもみられ、

その消防活動には大変な労力がかけられている。

林野火災とは、森林や原野または牧野が焼けた場合の火災を言い、その特徴は、消火活動の困難さにあり、活動が広範囲でしかも急勾配下の移動のため、大きな運動量が必要となる。

消防活動に着用される消防員装具は、密閉型衣服であるため、暑熱下での着用は大きなヒートストレスを与える。このことは、すでに実験を試み報告したところである。³⁾⁴⁾⁵⁾

本研究では、林野火災における消防活動の実情を把握するために、実際に発生した林野火災を対象として、その消火活動にあたった消防士に聞き取り調査を行なった。そして、聞き取り調査結果から、消防士の活動シナリオを作成し、それをもとに作業時間とその作業量を解析し、林野火災における消防用衣服とヒートストレスの状況を、把握することを目的とした。

2. 林野火災の定義と林野火災の特徴

一般に林野火災は、その焼失面積の規模により3分類される。その規模は市町村で決められており、今回調査した津久井消防署の場合では、小規模林野火災は焼失面積が1ha未満、中規模林野火災は1ha～10ha、大規模林野火災は10ha以上としている。

林野火災の特徴を表1に示す。林野火災は地形、林相、気象条件などにより、延焼速度が極めて速い場合が多い。そのため活動は危険を伴い、広範囲にわたることことが多く、消火にも数時間あるいは数日にわたる消火活動になることがある。

表1 林野火災の特徴

-
- ・ 林野火災は 地形が斜面であることから、上昇気流が発生しやすく、短時間で火勢が拡大する場合がある。
 - ・ 地形、林相、気象の変化で、火災状況が急変することから、火事現場への進入路の決定、消火のための状況判断が難しい。そのため出場準備に時間を要する。
 - ・ 林道を使用してのポンプ車などの消火機器材の移動が困難で、最後は人力に頼る場合が多く発生する。
 - ・ 河川があっても上にいくほど水流は小さく、水利確保が困難である。
そのため土をかけるなど注水以外の消火手段が主となる場合などがある。
-

3. 方法

3.1 林野火災調査方法

今回の調査対象は、林野火災例として小規模林野火災、中規模林野火災の2例を対象とした。

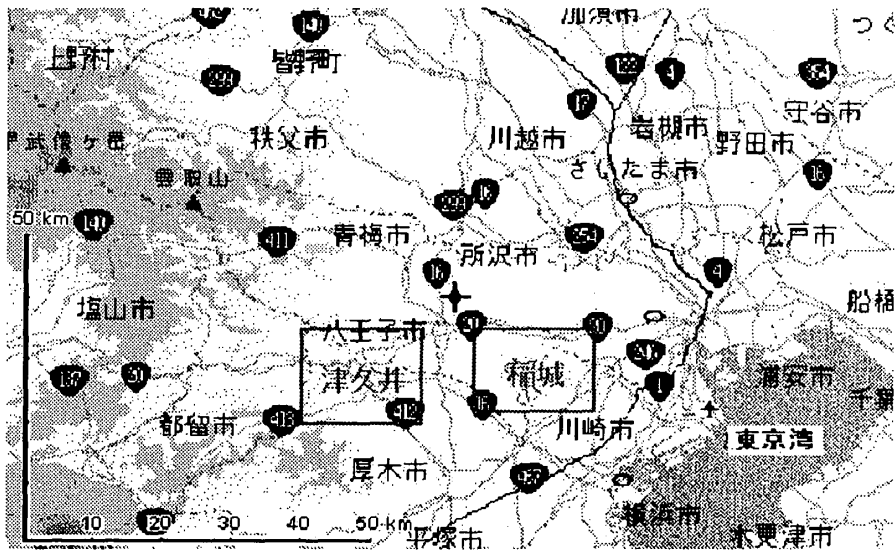
小規模林野火災として調査した地域は、東京都稲城市で東京西部多摩丘陵の一角に位置し、5割近くが丘陵地帯のところで、丘陵の林（立木・枯れ草）が燃えた程度の火災である。

中規模林野火災として調査した地域は、神奈川県津久井郡で、県北部に位置し南西部は丹沢山地で、8割が山林原野で、山林一帯が燃えた火災である。

調査対象の地域は表2・図1に示す通りである。なお、すでに報告した一般木造家屋火災¹⁾に関する概要も、比較検討の必要から表2に併せて明記した。

表 2 調査対象とその概要

種別事項	一般家屋火災	林野火災	
		小規模 (稲城市)	中規模 (津久井郡)
焼失面積 (ha)	一戸建	0. 294	4. 0
火災発生～ 鎮火時間 (分)	1時間5分	1時間30分	24時間30分
消火作業 時間 (分)	1時間5分	1時間30分	15時間30分



中規模： 神奈川県津久井郡 神奈川北部
 南面は丹沢山 8割が山林原野
 小規模： 東京都稲城市 東京西部
 多摩丘陵 5割が丘陵

図 1 林野火災の調査地域

3. 2 林野火災のシナリオ作成方法

小規模林野火災および中規模林野火災の各消防署における消防活動の全体像を把握するため、消防士から直接聞き取り調査を行い、消防活動の詳細を確認した。消防士が実際にどのような状況下で、如何なる作業を行うかの解析を試みるため、主な消防士を中心に消火作業の内容を時間軸に沿って作成した。これは、実際に消火活動にあたった消防士の検証をもとに作成したものである。以下、我々はこれを消火活動のシナリオという。

3. 3 シナリオによる運動量・代謝量解析の方法

消防士のヒートストレスの程度を検討するために、各林野火災におけるシナリオから、消防士の平均運動量・代謝量を推定することを試みた。シナリオにおける区切り時間毎に休息を含む作業内容を作業時間の率により分割し、各作業の代謝量についてはRMRを参考とした。

4. 結果および考察

4. 1 林野火災の現状

4. 1. 1 小規模林野火災

稲城消防署では、林野火災の場合でも一般家屋火災と同様、消防員装具の着用が義務づけられている。稲城消防署で着用されている消防員装具を写真1に示す。

平成12年度稲城市では、4件の林野火災が発生し、この中から平成13年3月18日の火災を取りあげて調査を行なった。

火災発生現場は図2に示す地点で、稲城市南部の平尾地域丘陵地帯の一角である。消防署からはポンプ車で7分くらいの場所である。ポンプ車は乗り入れ可能な場所まで運転される。そこから火災現場まで、畑のあぜ道を通り雑木林に入る。写真2の矢印一帯が今回の火災現場である。比較的なだらかな山道（勾配10～20度）を上りきった雑木林の奥が火災現場で、写真3のように一面くぬぎ、ならの立木や枯れ草に覆われた里山地帯である。ポンプ車下車地点から火災現場である300m奥まで、放水用ロープ13本（1本20m）が使用された。小規模林野火災の概要を表3に示す。気象条件は、気温17℃、湿度31%Rh、風速10m/secである。火災現場状況は、前述の通り平尾地区の民家に近い里山で、丘陵地帯の一角標高80～100mの雑木林である。焼失面積0.294ha、消火活動4時間（1回目1時間半、2回目2時間半）。鎮火後、夜に再出火し、民家が隣接しているため夜間時も消火活動が実施された。消防体制は、ポンプ車3台と一分団の応援、神奈川県からの協力もあった。

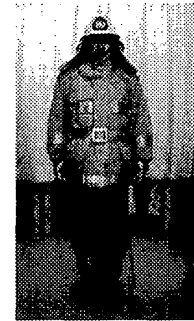


写真1 稲城消防署着用の消防員装具

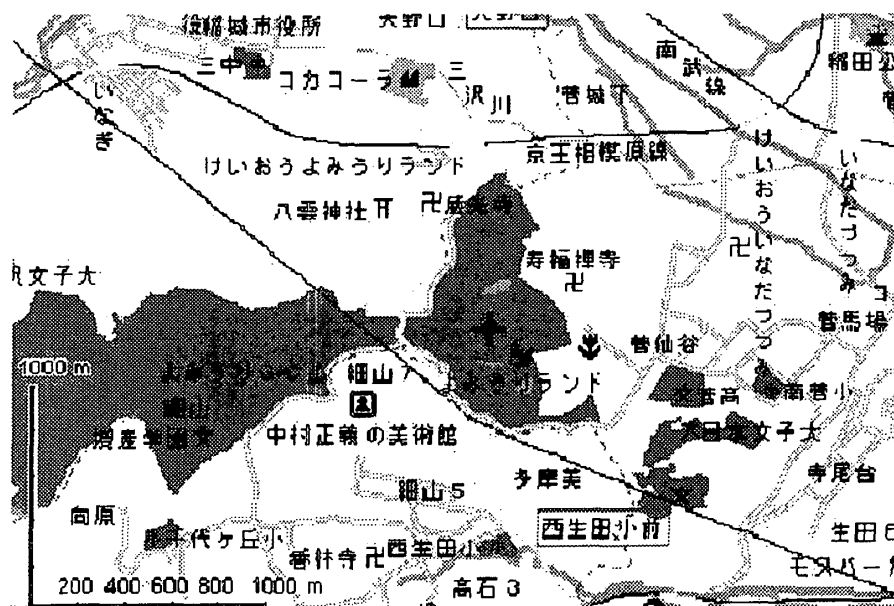


図2 林野火災（小規模）の発生場所



写真2 稲城市火災現場の全容



(ポンプ車下車後、火災現場へ向かう道)

写真3 稲城市火災現場

表3 小規模林野火災の例

火災発生日	平成13年3月18日
火災規模	小規模林野火災
地域の特性	東京都稲城市平尾町 東京都西部 面積18km ² 多摩丘陵の一角、北側に多摩川、市の5割丘陵地帯
天候条件	気温17℃、湿度31%RH、風速10m
火災現場状況	位置；北緯139°28'49"、東経35°36'37" 丘陵地帯 標高80~100m (消防署の標高45m) 樹相 雑木林 (高さ2~3m)
焼失面積	1回目 0.124ha、2回目 0.17ha 合計0.294ha
消火活動時間	1回目1時間半、2回目2時間半 合計4時間 2回目；夜間消火活動
消防体制	ポンプ車3台、1分団応援、出場人員30名 神奈川県麻生消防署協力

4. 1. 2 中規模林野火災

津久井消防署では、通常着用される消防員装具は、防火衣上下、ヘルメット（しころ付防火帽）、ブーツ、手袋などで構成されている。写真4に消防員装具の装着状態を示す。しかし中規模林野火災の場合には、消防員装具は装着されず、写真5に示すような一般作業用の難燃素材であるレンジャー服で活動している。その第1の理由として作業性をあげている。重量物の運搬、急斜面の上り下りなどの長時間作業では、消防員装具の装着は作業に支障をきたすためとしている。

津久井郡では平成13年度林野火災は5件発生し、その中より平成13年4月15日に発生した例を取りあげ調査した。

中規模林野火災の概要を表4に示す。気象条件は気温20.4℃、湿度20~30%RH、強風乾燥注意報が出されていた。火災現場は、図3に示す丹沢大山国定公園内の東部に位置する、写真6に見られる宮ヶ瀬ダムを眼下に見下ろせる南山（写真6矢印地点）山頂一帯が燃えた火災である。山頂近くに電波塔があり、山麓から作業用道路が山頂まで続いている。ポンプ車は消防署から20分を要する入り口地点（標高290m）まで入車、この地点から消火作業が開始された。火災現場までは、山麓から続く作業用道路が使用された。写真7にみられるような急峻な階段（橋上部中央にみられる白い階

段、勾配50～60度) から山頂まで、空身の徒歩でも30分を要する場所である。火災現場の山頂一帯は、写真8のような高さ20～30mのひのき、杉などが繁茂しているところである。消火のためには山頂への重量物である消火用機器材の運搬を必要とする。消火作業開始まで、この運搬作業のために多大な準備時間を要することになる。

焼失面積は4 ha、消火活動は2日間にわたり行われ24時間半を要した。消防体制はポンプ車37台、ヘリコプター3機、出場人員297名である。

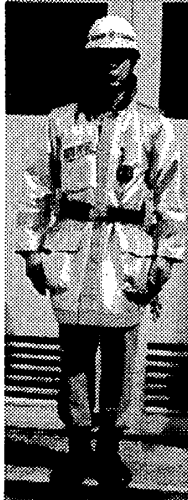


写真4

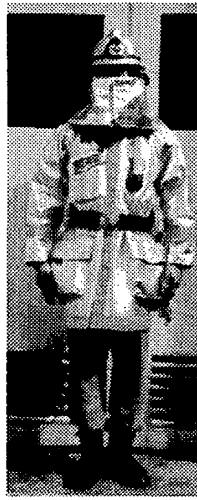


写真5

写真4, 5 津久井消防署の消防員装具とレンジャー服

表4 中規模林野火災の例

火災発生日	平成13年4月15～16日
火災規模	中規模林野火災
地域の特性	神奈川県津久井郡津久井町 神奈川県北部 西面 丹沢山地、 宮が瀬ダム北面に接した山 郡の8割 山林原野
天候条件	気温 20.4℃、湿度 20～30%RH、 最大風速 14.5m 強風乾燥注意報
火災現場状況	位置 ; 北緯 139° 14' 55", 東経 35° 32' 44" 南山山頂一帯(標高 544m) (消防署の標高 185m) 樹相 ひのき、杉(高さ 20～30m)
焼失面積	4 ha
消火活動時間	24 時間半
消防体制	出場人員 297人、 ポンプ車 37台 ヘリコプター 3機

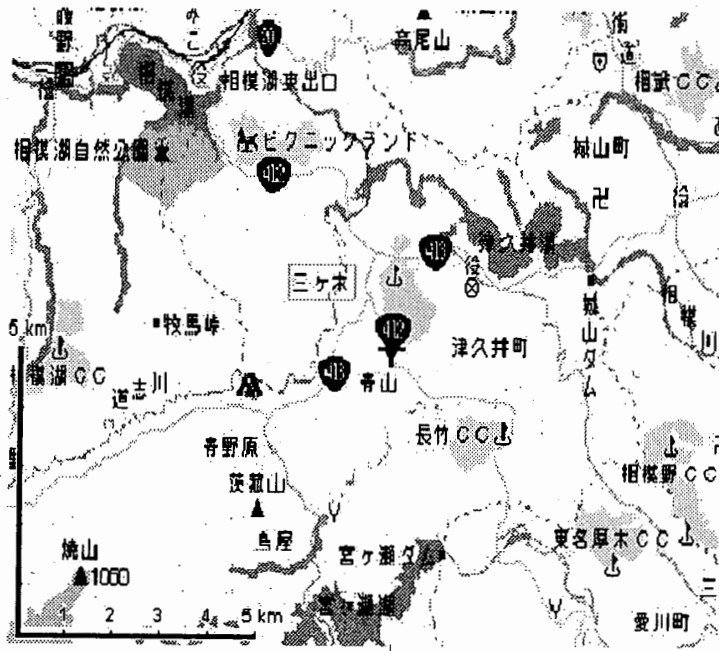


図3 林野火災（中規模）の発生場所

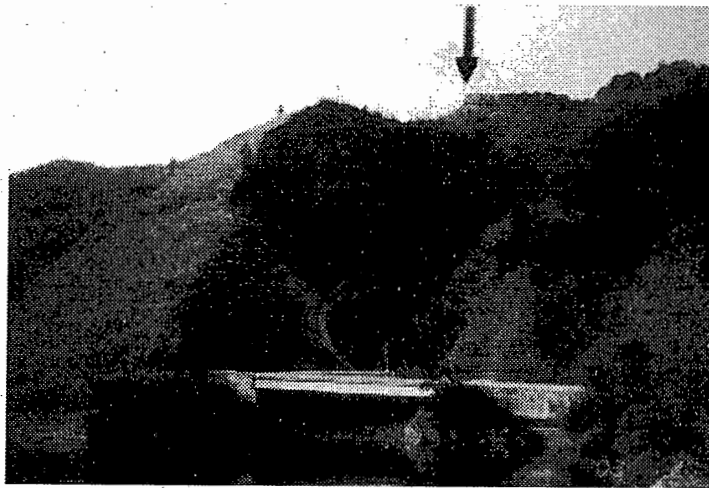


写真6 津久井郡火災現場

4. 2 林野火災のシナリオ

4. 2. 1 小規模林野火災シナリオ

小規模林野火災である稲城消防署における消防活動の全体像を把握するため、表5に示すように主な消防士を中心に消火作業の内容を時間軸に沿って作成した。

機関員は、地図で場所と水利など確認後、ポンプ車を入山可能な場所まで運転し、現場到着後、直ちに水利関係作業、ジェットシューターなどの準備を開始する。

中隊長は、現場到着後直ちに状況を把握し、活動の指揮をとり、他の消防団へ応援要請をする。

1番員、2番員は現場到着後、ホースの延長（13本）、水利中継など、火災防御態勢をとる。放水までの準備時間6分、放水作業30分、鎮圧後ジェットシューターによる草下の残火処理30分、鎮火後、

撤収作業に入り、退場する。

今回の小規模林野火災においては、一般木造家屋火災などとあまりかわらない1時間35分ほどで消火活動が終了している。しかし、各作業はきれめなく活動され、かなりの作業量だとのことである。

表5 消防士の消火活動（小規模林野火災）

時間	流れ	稲城1小隊			稲城化学小隊			消防員装具なし	
		中隊長	1番員	2番員	小隊長	1番員	2番員	機関員A	機関員B
0:00	出場命令								
0:01		車庫到着	車庫到着	車庫到着	車庫到着	車庫到着	車庫到着	地図で水利の確認	
		消防員装具装着	消防員装具装着	消防員装具装着	消防員装具装着	消防員装具装着	消防員装具装着		
0:03	出場	稲城1小隊搭乗	稲城1小隊搭乗	稲城1小隊搭乗	稲城化学小隊搭乗	稲城化学小隊搭乗	稲城化学小隊搭乗	第一小隊搭乗	化学小隊搭乗
0:09	現着	延焼状況を把握し活動方針の指示及び消防団の第2応援要請をする。ともに境（県境）のために南西側の防御を川崎消防局麻生消防署と確認。	現着後ポンプ車からホースレイヤーをおろしホース6本を延長、稲城化学小隊からホース13本延長し、火点付近で二股分岐を用いてホース8本を延長する。		現着後ホースレイヤー準備の指示、ホース延長指示及び補助、放水開始の指示	現着後ポンプ車からホースレイヤーをおろし、ホース10本を延長、ホース増強のため二重巻きホース8本を手びろめで延長、二股分岐金具を使用して1, 2番員でホースをさらに延長し、それぞれ火災防御態勢をとる。		水利部署、稲城化学へ送水、水圧調整、増加ホース準備、ジェットシューター準備	火点直近部、送水隊から中継を受ける、水圧調整、車両周囲の照明
0:15	消火活動	活動指揮・安全管理	放水作業	放水作業				水圧調整、材点検、器材収納、	
0:44	鎮圧	活動指揮	鎮圧後ジェットシューターで残火処理作業		活動指揮・安全管理、ホース等片づけ	放水作業ホース等片づけ	放水作業ホース等片づけ		
1:16	鎮火	指揮本部への状況報告・安全管理	ホース等かたづけ	ホース等かたづけ					
1:34	退場	退場	退場	退場	退場	退場	退場	退場	

表6 主な消防士の消火活動のシナリオ(中規模林野火災)

時間	シナリオの流れ	鳥屋小隊			本署第1小隊			本署第2小隊		
		小隊長	隊員	機関員	小隊長	隊員	機関員	小隊長	隊員	機関員
0:00	出場命令	指令書確認 装具装着			指令書確認 装具装着			指令書確認 装具装着		
0:01	出場	安全運転の励行・各隊との進入路の確認・林野火災防御資材の確認	林野火災防御資材の確認	安全運転の励行・各隊との進入路の確認	安全運転の励行・各隊との進入路の確認	林野火災防御資材の確認	安全運転の励行・各隊との進入路の確認	安全運転の励行・各隊との進入路の確認	林野火災防御資材の確認	安全運転の励行・各隊との進入路の確認
0:21	現地到着	現地到着			現地到着			現地到着		
0:31	活動開始	第2小隊長及び第2小隊員と共に状況把握のため入山する	第1小隊、第2小隊に協力し、ホースカーによるホース延長	中継隊形の指示、補助	第2小隊への送水のため、ホースカーによるホース延長	防火水槽に部署し、第2小隊に送水準備	鳥屋小隊長と共に状況把握のため入山する	第1小隊よりの送水を受け山頂への送水準備		
		第2小隊長と共に山頂にて状況報告	山頂に組み立て水槽、背負い式ポンプを設置するため、後着隊と協力し資機材を搬送(ホース・照明器具等)消防団と協力し道路より山頂に向け、ホース延長及び小型ポンプ4台を搬送		未放水のため資機材搬送に協力	鳥屋小隊長と共に山頂にて状況報告	下山し指揮本部に状況報告・資機材搬送に協力	未放水のため資機材搬送に協力		
3:06	放水開始	活動指揮	背負い式ポンプより2線放水及び背負い式消火器具にて消火		第2小隊に送水開始	活動指揮	他隊に協力	山頂への送水開始		
4:06	夜間のため一時放水停止 隊員下山	指揮本部への状況報告・安全管理	ホースラインを維持し下山		放水停止・器具収納	指揮本部への状況報告・安全管理	下山	放水停止・器具収納		
5:06	夜間警戒	夜間警戒			現場引揚			現場引揚		
13:06	指揮本部集合指示	指揮本部集合	器具点検	指揮本部集合	器具点検	指揮本部集合	器具点検	指揮本部集合	器具点検	
14:06	活動開始	活動指揮 安全管理	山頂付近での消火活動	活動指揮 安全管理	山頂付近での消火活動	第2小隊への送水活動	活動指揮 安全管理	山頂付近での消火活動	山頂への送水	
21:51	火勢鎮圧		残火処理		残火処理			残火処理		
22:51	鎮火	撤収作業 安全確認	撤収作業 器具点検	撤収作業 安全確認	撤収作業 器具点検	撤収作業 安全確認	撤収作業 器具点検	撤収作業 安全確認	撤収作業 器具点検	
24:36	現場引揚	安全管理	器具点検 安全運転の励行・各隊との進入路の確認	安全管理	器具点検 安全運転の励行・各隊との進入路の確認	安全管理	器具点検 安全運転の励行・各隊との進入路の確認	安全管理	器具点検 安全運転の励行・各隊との進入路の確認	

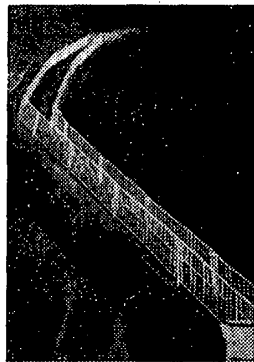


写真7 津久井郡火災現場
-南山山頂へ向かう急激な階段-

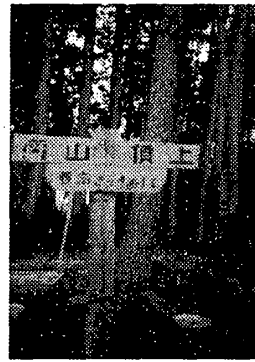


写真8 津久井郡火災現場
-南山山頂火災現場-

4. 2. 2 中規模林野火災のシナリオ

中規模林野火災である津久井消防署の調査で初めて。把握できたことだが、このような中規模林野火災の場合、通常着用される消防員装具は殆ど使用されていないことが分かった。今回の中規模林野火災のような傾斜面での厳しい消火活動作業では、一般作業用として用いられている難燃素材のレンジャー服で活動している。

中規模以上の林野火災では消火活動が著しく困難となる。即ち、活動範囲が広範囲にわたり、急坂で足場の悪い道での、消火資機材の運搬、ホースの延長、水利の中継作業などの長時間にわたる厳しい作業となる。

このため、冬季でも多量の発汗が促される状況となることから、作業時に消防員装具着用による耐火、耐熱性重視よりも、ヒートストレスの対処と作業性を優先し、レンジャー服での活動がなされているものと思われる。

主な消防士の消火活動の状況シナリオを示したものが、表6である。

機関員は、火災通報後地図で場所と水利、各隊との進入路の確認後、消火用資機材・装備など積まれたポンプ車を出動する。今回の出火場所は宮ヶ瀬ダムに北側にそびえる南山山頂一帯であり、その直下まで乗り入れが可能で、ポンプ車下車後、隊員と共に水利関係作業、夜間照明準備作業を行う。

小隊長は、状況把握のため直ちに入山し、状況報告、活動指揮にあたる。隊員は、小隊長に引き続き空身で山頂へ向かい、火点の状況を把握し小隊長とともに下山し、直ちに資機材、背負い式小型動力ポンプ(30~40kg)、照明、ホースなどの重量物を山頂に向かって搬送する。夕闇迫る中、急斜面の階段、荒廃している山道を山頂までの機材搬送に時間を要し、放水作業の開始まで3時間近くが経過している。その結果、放水作業を開始したのが夜8時であり、夜間消火活動は危険を伴うため、放水作業1時間で中止し下山、警戒体制に入る。翌早朝より入山、放水作業が開始される。火勢は更に拡大し、地上起動力だけの消火は無理で、横浜、川崎よりヘリコプターを要請、空中消火が実施された。その間も隊員による放水活動は継続され、併せてヘリコプターへの充水活動も行われる。午後3時頃鎮圧、その後ジェットシュータによる下草の残火処理を、下山しながら行う。午後4時頃鎮火確認後、撤収作業に入り器材収納・点検後夕方6時に現地を引き上げる。火災発生から消火まで24時間半を要している。

4. 3. シナリオによる運動量・代謝量解析

シナリオによる運動量・代謝量の解析を試みるため、表7に示すような、各作業のRMRの値⁶⁾を参考として用いた。表中の代謝量(w/m^2)の値は成人男子平均体表面積 $1.72m^2$ の場合の各RMR作業に該当する値を示したものである。

林野火災の主な作業運動は、重量物の運搬、駆け足、階段(坂道)の上り下りである。一般の木造家屋火災においても、階段の上り下りはあるが、林野火災ほど長時間ではない。勾配のある階段や傾斜の上りの作業は、平地の徒歩と比較すると代謝量は3倍近くなる。その結果、林野火災における活動は大きな負担となる。

表7のRMRの値を参考にして、林野火災における作業の代謝量を推定し、計算を行ってみた例が表8である。

表7 各作業のRMR・代謝量

運動	RMR	W / m ²
事務一般	0.5	69
徒歩	1.5 - 2.2	110 - 138
クレーン運転	1.5 - 2.1	110 - 134
3kg運搬	2	130
40kg運搬	1.8 - 3	162 - 170
柱上作業	3	170
積込積下	4 - 8	211 - 373
駆け足	5	252
階段登	7	333

表8-1・8-2は小規模林野火災と中規模林野火災について、消防員の作業活動を縦軸に出場から退場までの時間経過をとり、ポンプ車で現地到着、放水準備、放水作業、残火処理、撤収作業などの各作業項目に分け、作業内容を確認し、作業量とそれに対応する代謝量の計算をしたものである。参考までに表8-3に一般木造家屋火災についても示した。

表8-1 作業量の熱的解析-小規模林野火災-

【小規模】		RMR	代謝 (W/m ²)	率 (%)	分 (min)	熱量 (MJ/m ²)
車で移動	静止座位	0.5	69.0	77.8	7	0.029
	徒歩	2.2	137.9	22.2	2	0.017
放水準備	上り下り	4	211.0	33.3	2	0.025
	運搬徒歩	5	251.5	66.7	4	0.060
放水	ホース保持	3	170.4	57.1	20	0.204
	運搬徒歩	3	170.4	28.6	10	0.102
	徒歩	2.2	137.9	14.3	5	0.041
残火処理	残火処理	4	211.0	100.0	30	0.380
撤収作業	運搬徒歩	3	170.4	70.0	7	0.072
	徒歩	2.2	137.9	30.0	3	0.025
					90 min	0.955
					1.5 h	

中規模林野火災の場合を例にみると、現地に到着し、放水までの準備時間が2時間半を要している。この準備作業の内容は、待機、上り下り、報告、運搬徒歩に振り分けられ、各内容ごとにその時間を割り当てる。これらも実際の聞き取り調査により確認をとったものである。例えば、山道の上り下り80分、報告7分、器材などの運搬徒歩43分、そして作業の間の休憩時間(待機としている)20分程度とした。この時間と運動量から各作業における推定総代謝量を算出した。小規模林野火災、木造家屋火災の場合も同様に計算を行った。

表 8 - 2 作業量の熱的解析—中規模林野火災—

【中規模】			RMR	代謝 (W/m ²)	率 (%)	分 (min)	熱量 (MJ/m ²)	
第 1 日目	車で移動	静止椅座	0.5	69.0	66.7	20	0.083	
		徒歩	2.2	137.9	33.3	10	0.083	
	放水準備	待機	0.5	69.0	13.3	20	0.083	
		上り下り	7	332.7	53.3	80	1.597	
		報告	1	89.3	4.7	7	0.038	
		運搬徒歩	5	251.5	28.7	43	0.649	
	放水	放水	5	251.5	66.7	40	0.604	
		徒歩	3	170.4	33.3	20	0.204	
	第 2 日目	放水準備	待機	0.5	69.0	66.7	40	0.166
			運搬徒歩	5	251.5	33.3	20	0.302
放水		運搬徒歩	5	251.5	20.8	100	1.509	
		待機	0.5	69.0	14.6	70	0.290	
		ホース保持	3	170.4	50.0	240	2.454	
		上り下り	7	332.7	4.2	20	0.399	
		徒歩	3	170.4	10.4	50	0.511	
残火処理		残火処理	6	292.1	100.0	60	1.052	
撤収作業		運搬徒歩	5	251.5	50.0	60	0.905	
		徒歩	3	170.4	41.7	50	0.511	
		待機	0.5	69.0	8.3	10	0.041	
						960 min	11.481	
						16 h		

表 9 は、作業量の総合計としての総代謝量、総作業時間、そして総代謝量を総作業量で割った平均代謝量を示したものである。中規模林野火災では、夜間における消火活動を休止した部分は含まれていない。総作業時間および総代謝量は、中規模林野火災が最も大きな値を示したが、作業時間が長くなれば代謝量の積算が大きくなるのは当然の結果である。表 9 に基礎代謝の値も参考として記入した。

平均代謝量で比較した場合は、中規模林野火災が最も大きく、次に小規模林野火災、そして木造家屋火災の順となった。

表 8－3 作業量の熱的解析－木造家屋火災－

【木造家屋火災】		RMR	代謝 (W/m ²)	率 (%)	分 (min)	熱量 (MJ/m ²)
車で移動	静止座位	0.5	69.0	83.3	10	0.041
	徒歩	2.2	137.9	83.3	2	0.017
放水準備	運搬徒歩	3	170.4	100.0	3	0.031
人命救助	上り下り	3	170.4	3.4	4	0.041
	運搬徒歩	3	170.4	50.0	6	0.061
	徒歩	2.2	137.9	16.7	2	0.017
放水作業	ホース保持	3	170.4	43.5	10	0.102
	上り下り	5	251.5	17.4	4	0.060
	待機	0.5	69.0	39.1	9	0.037
撤収作業	運搬徒歩	3	170.4	66.7	10	0.102
	徒歩	2.2	137.9	33.3	5	0.041
					65 min	0.550
					1.083333 h	

表 9 総代謝量・総作業時間・平均代謝量の比較

	総代謝量 (MJ/m ²)	総作業時間 (h)	平均代謝量 (W/m ²)
木 造	0.550	1.08	141
小 規 模	0.96	1.50	177
中 規 模	11.48	16.00	199
基礎代謝			58.2

このような結果からも、特に今回のような長時間作業となる中規模林野火災において、消防員装具を常時着用することは、人体熱調節機能の観点から無理があることが明らかとなった。事実着用されていないことが確認された。小規模林野火災は、勾配のゆるやかな斜面での活動ではあるが、時間が比較的短いことから、ここでの比較における作業量としては中規模林野火災に近い平均代謝量の値を示し、消防員装具を着用しての作業でもあり、聞き取りによる調査でも、消火作業が少しでも長くなれば、交代が必要とのことで、ヒートストレスを大きく感じていることがわかっている。木造家屋火災の場合、平均代謝量は一番低いとはいえ、瞬発的に大きな作業があるが、その時間が分単位で短いこともあり0.5MJ/m²の大きな作業量となることがあげられる。

5. まとめ

消防員装具の求められる機能は、①火災の熱と炎に対する耐熱と耐炎性、②落下物、障害物に対

する耐障害性、③作業性、④人体熱調整機能（保温性、放熱性能、通気性など）の4点に要約される。しかし、平地と比較すると林野などの勾配のある地域での行動では、2ないし3倍の代謝量となる。

林野火災における平均代謝量は $170\text{w}/\text{m}^2\sim 200\text{w}/\text{m}^2$ 程度であり、木造家屋火災時より大きく時間も長いことから、長時間作業となる林野火災において、消防員装具を常時着用することは人体熱調節機能の観点から無理がある。事実、着用されていないことが確認された。林野火災の場合、求められる衣服の機能は、使用する装備、設備（消火装備、移動手段）との連携によって検討・設定すべきである。

今後は、種々の設備・装備との連携における山林消火用衣服について検討を行う予定である。

《謝辞》

今回の調査にあたり、東京都稲城消防署および神奈川県津久井郡津久井消防署の皆様にご多大のお世話になり、心より厚く御礼申し上げます。

〔引用文献〕

- 1) 中橋美智子、物部博文、村山雅己、生野晴美；火災シナリオによる消防員装具の着用時間と運動量、日本生理人類学会誌、8(2)、83-89, 2003.
- 2) 消防庁編；平成13年度版消防白書、ぎょうせい、東京、2001
- 3) 物部博文、村山雅己、生野晴美、塚田恭子、中橋美智子；消防員装具のヒートストレス改善に関する研究、日本生理人類学会誌、7(1)、43-47, 2000
- 4) 生野晴美、塚田恭子、中橋美智子、物部博文、村山雅己；着用実験による消防員装具のヒートストレスの評価、日本衣服学会誌、46.1、11-17, 2002
- 5) 物部博文、村山雅己、生野晴美、中橋美智子；頭部冷却による消防員装具のヒートストレス改善、日本生理人類学会誌、7(3)、123-128, 2002
- 6) 空気調和衛生工学会編；第11版空気調和衛生工学便覧、オーム社、東京、71, 1983

* 1 東京学芸大学 名誉教授

Tokyo Gakugei University.

* 2 船舶艦装品研究所 主任研究員

Res.Inst.Marine Engineering, chief researcher.

* 3 横浜国立大学 助教授

Yokohama National University.

* 4 東京学芸大学 教授

Tokyo Gakugei University, Professor.