

消研輯報

54

平成12年度

[グラビア]

- 消防研究所 新本館完成
- 群馬県の化学工場におけるヒドロキシルアミン爆発火災事故現場
- リモートセンシング技術の防災対策への応用例
- サーマルマネキンによる防火衣の耐熱試験装置

[特集：災害調査報告—災害から学ぶ]

- 平成12年（2000年）鳥取県西部地震被害調査報告
- 伊豆諸島における地震・火山災害調査報告
- 広島県下の林野火災調査報告
- 群馬県尾島町での爆発火災とヒドロキシルアミンの火災・爆発性状

[研究・調査紹介]

- サーマルマネキン実験装置による防火衣試験の紹介
- リモートセンシングの現状と防災分野への応用
- いくつかの降雨指数と林野火災発生件数の関係—広島県を例として—

[国際会議]

- 第4回アジアオセアニア火災科学技術シンポジウムに参加して
- 第28回国際燃焼シンポジウムに参加して
- 危険物の判定試験法に関する国際委員会を主催して
- インターシュッツ2000に参加して

[消防防災機器の開発等及び消防防災科学論文に関わる入選作品の概要]

1. 優秀賞（12編）
 - (A) 消防吏員等による消防防災機器の開発・改良（5編）
 - (B) 消防吏員等による消防防災科学論文（3編）
 - (C) 一般による消防防災機器の開発・改良（4編）
2. 奨励賞（2編）

[消防研究所の活動]

- 平成12年度消防研究所一般公開の概要
 - 第48回全国消防技術者会議報告
 - 第4回消防防災研究講演会
 - 「消防研究所報告」通巻89号（2000年3月）通巻90号（2000年9月）要旨
 - 消防研究所「研究懇話会」要旨
-

消研輯報

54号

目 次

〔グラビア〕

- 消防研究所 新本館完成 1
- 群馬県の化学工場におけるヒドロキシルアミン爆発火災事故現場 2
- リモートセンシング技術の防災対策への応用例 2
- サーマルマネキンによる防火衣の耐熱試験装置 2

〔特集：災害調査報告－災害から学ぶ〕

- 平成12年（2000年）鳥取県西部地震被害調査報告
座間信作、山田 實、細川直史、畑山 健、新井場公德 3
- 伊豆諸島における地震・火山災害調査報告
座間信作、山田 實、畑山 健、新井場公德、遠藤 真、田中純一 20
- 広島県下の林野火災調査報告 新井場公德、寒河江幸平、佐藤晃由、佐野俊和 34
- 群馬県尾島町での爆発火災とヒドロキシルアミンの火災・爆発性状
古積 博、山田 實、岩田雄策、長谷川和俊 39

〔研究・調査紹介〕

- サーマルマネキン実験装置による防火衣試験の紹介 箭内英治 42
- リモートセンシングの現状と防災分野への応用 細川直史 46
- いくつかの降雨指数と林野火災発生件数の関係
－広島県を例として－ 寒河江幸平 50

〔国際会議〕

- 第4回アジアオセアニア火災技術科学シンポジウムに参加して 鈴木 健 58
- 第28回国際燃焼シンポジウムに参加して 鶴田 俊 62
- 危険物の判定試験法に関する国際委員会を主催して 古積 博、長谷川和俊 67
- インターシュッツ2000に参加して 天野久徳 70

〔消防防災機器の開発及び消防防災科学論文に関わる入選作品の概要〕

- 1. 優秀賞（12編） 74
 - (A) 消防吏員等による消防防災機器の開発・改良（5編） 75
 - (B) 消防吏員等による消防防災科学論文（3編） 92
 - (C) 一般による消防防災機器の開発・改良（4編） 110
- 2. 奨励賞（2編） 126

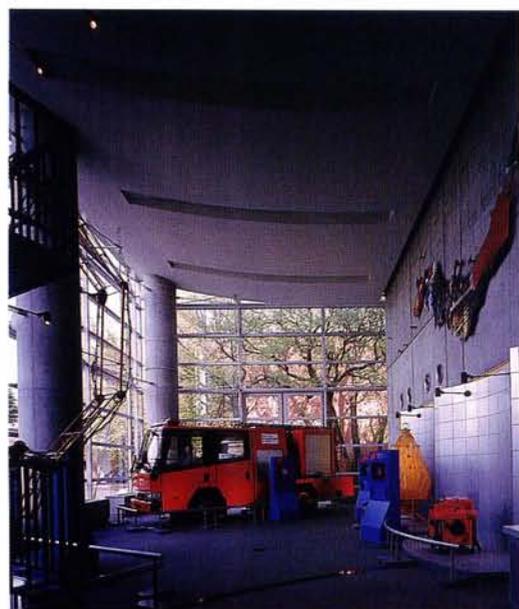
〔消防研究所の活動〕

- 平成12年度消防研究所一般公開の概要 132
- 第48回全国消防技術者会議報告 134
- 第4回消防防災研究講演会 137
- 「消防研究所報告」通巻89号（2000年3月）通巻90号（2000年9月）要旨 139
- 消防研究所「研究懇話会」要旨 142

グラビア写真1 消防研究所新本館完成
(平成13年3月竣工)



(a) 正門からみた新本館



(b) 1階玄関ホールの研究紹介コーナー



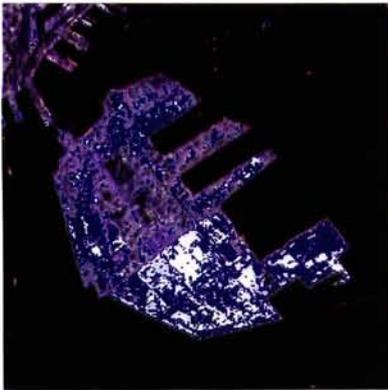
(c) 消防研究所俯瞰図
手前の右の建物が消防研究所新本館。



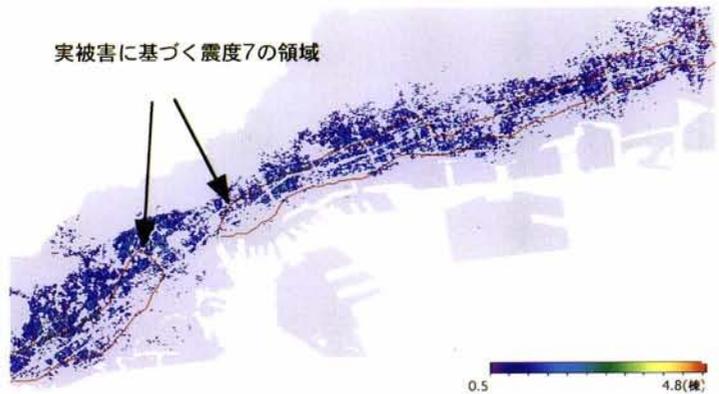
グラビア写真2 (左)
群馬県の化学工場におけるヒドロキシルアミン爆発火災事故現場

(関連記事 本文p.39)

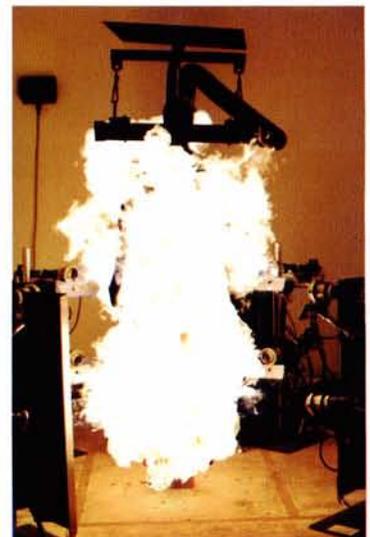
グラビア写真3 (下)
リモートセンシング技術の防災対策への応用例 (関連記事 本文p.46)



(a) SPOTデータによる神戸ポートアイランドの液状化領域



(b) リモートデータ等から推定した地盤の揺れ易さに基づきシミュレートした建物被害分布



グラビア写真4 (上) サーマルマネキンによる防火衣の耐熱試験装置

(関連記事 本文p.42)

平成12年（2000年）鳥取県西部地震被害調査報告

座間信作、山田 實、細川直史、畑山 健、新井場公徳

1. はじめに

2000年10月6日13時30分、鳥取県西部を震源とするMj7.3の地震があり、鳥取県境港市、日野町で震度6強を記録したほか、中国・四国地方の広い範囲で震度5や4を記録した。この地震の諸元は気象庁¹⁾によれば、以下のとおりである。

発震時 2000年10月6日13時30分18.0秒
震源位置 北緯35° 16.5' 東経133° 20.9'
深さ 11km
規模 Mj7.3 (暫定)

地震の規模に関し、物理的に意味のあるモーメントマグニチュード (Mw) は6.6とされており^{2, 3)}、Mjより0.7も小さい(8章参照)。なお、気象庁は地震当日、この地震を「平成12年(2000年)鳥取県西部地震」と命名した。英語名称は“The Western Tottori prefecture earthquake in 2000”である。

余震は、北北西-南南東方向に長さ約25kmに分布し、またP波の初動分布、あるいは波形fittingから求められた発震機構は、東西方向に圧力軸を持つ横ずれ型であり、余震の分布と考え合わせ、北北西-南南東走向の震源断層が左横ずれをしたと考えられている¹⁾。また、本震が余震分布のほぼ中央に位置することから、破壊が両方向に伝播した地震であると考えられる。

この地震の規模および震度は大被害をもたらした1995年兵庫県南部地震と同程度であることから、消防研究所では直ちに被害調査派遣に関する検討を行った。当日午後10時現在の鳥取県警察本部のまとめで、県内で死者はなく、負傷者23人、300戸あまりの建物に被害が生じていること(11月27日での消防庁のまとめによると、負傷者138人、住家全壊395棟、半壊2583棟などである)、消防庁危険物規制課(当時)から、境港にある油槽所等の危険物施設に被害は認められない等々の情報を得つつも、実際にこの目で確かめ、被害が殆どないことが事実ならば何故そうなのかを明らかにすることは、今後の震災対策に大いに役立つはずであるとの判断から、境港から震源域までの被害状況を調査するとともに、油槽所内での本震時の地震動推定のための余震観測を行うこととした。

本報は地震発生翌日の2000年10月7日から9日の間

に行なった被害調査等を速報的にまとめたものである。

2. 被害の概要

米子空港が地盤変状のために閉鎖されていたことから、出雲空港に降り立ち、震度6強を観測した境港、米子市内、震源域での被害調査を実施した。以下に主な被害に関して簡単に説明する。被害写真撮影地点は図1に示されている。

2.1 出雲～境港

中海の大根島から鳥取県に入る橋では、その両端の地盤が大きく海側へ流動しており、橋の両端で段差が生じていた。その他の殆どの橋でも小さいながら段差が生じていた。

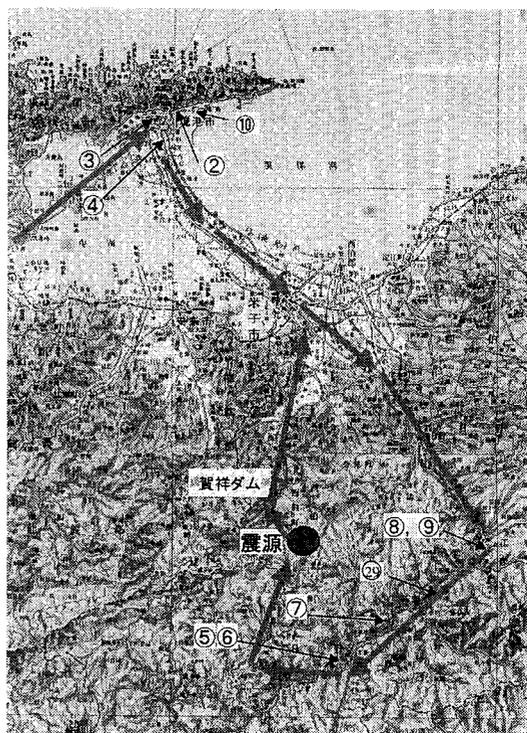


図1 被害調査地域及びルート

番号は被害写真撮影地点等で、本文と対応する。

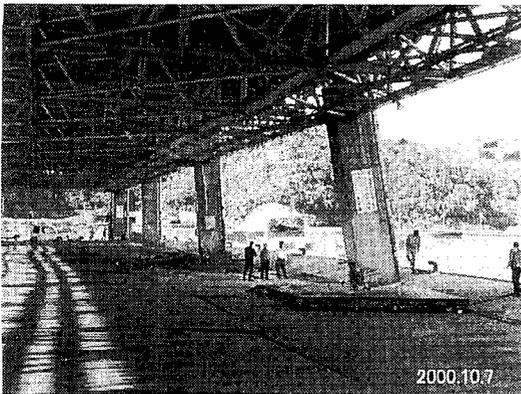


図2 境港における港湾施設の被害
（岸壁の張り出しにより支柱が傾いている）



図3 境測候所の隣にある民家の被害状況
（全・半壊などの大きな被害の家屋は認められなかったが、屋根瓦の被害が認められた）



図4 出雲大社上道教会

2.2 境港

境港日石三菱事業所周辺一帯は埋立地であり、いたるところ液状化に伴う填砂が認められ、それゆえ道路等が大きく沈下していた。またあるところでは、地震からまる1日たった時点でもアスファルトに生じた亀裂から水が溢れている現象が見られた。

事業所ではタンクヤード内のタンク本体、基礎、地盤については被害は認められなかった（3章参照のこと）。ただし、地盤対策のなされていない構内部分については、地割れ、液状化が認められた。特にシーバース付近で海側への沈下が観察された。事務所には、最大加速度に基づいて震度に変換する旧型の震度計があり、震度6、最大加速度200gal台であったらしい。この値は、市役所での計測震度5.6（震度6弱）、観測値213galと調和的であるが、境測候所の748galとは大きく異なる。

港湾では液状化によってアスファルト面が大きく沈下、それに伴い港湾施設も傾斜するという被害が生じた（図2）。

境港震度6強という境測候所では、棚等収納物が倒れたりする被害はあったものの、建物自体に大きな被害は見当らなかった。ここでの計測震度は6.0で6強の下限にあたる。測候所のごく周辺では若干の被害が認められ（図3）、他よりは相対的に多いが、兵庫県南部地震で見られた震度6強の地域の被害状況と比較するとはるかに被害は小さい。

市役所に近い出雲大社上道教会の一部は倒壊した（図4）が、連なる母屋には外見上被害は見当たらなかった。上述の市役所での計測震度5.6（震度6弱）、最大加速度213gal（EW）と被害の状況とは、おおよそ符合する。

応急対応を考える際には、震度6の強と弱では抱く被害イメージが大きく異なる。気象庁震度階級関連解説表では、例えば木造建物に対して、震度6弱では耐震性の低い住宅では、倒壊するものがあるとし、一方6強では耐震性の低い住宅では、倒壊するものが多いとなる。よって、地震計設置地点という点の情報がその地域の代表値としてみなせるかどうか予め検討しておく必要がある。そのためには設置地点の地盤、設置方法の調査、普段の地震での設置地点と地域の震度との差異に関する調査を進めておくことが必要であろう。

2.3 震源域付近

2.3.1 日野地区

震源域付近では、大加速度が観測され、日野役場で

はEW1482gal、UD1407gal、計測震度6.3であったが、庁舎自体に外観上被害は見当たらない。この地区全体でも被害は屋根瓦が崩れる程度であるが、部落によってその率は異なる。最も被害の度合いの大きな地区は黒坂地区で、図5、6で見られるように応急判定によって危険であると判断された家屋が何棟もあった。但し黒坂地区全体の数%以内と思われる。

下榎地区は調査地域の中では最も屋根瓦の被害率が多くほぼ100%であった（図7）。しかしそれ以上の被害は殆ど見当たらず、石垣が崩れる程度であった。

2.3.2 江府地区

江府役場では計測震度5.8 最大加速度 NS726galを観測した。しかし、この地震計設置地点付近（図8）では被害が殆どない。ここから数mしか離れていない



図6 黒坂地区における建物被害



図5 黒坂地区における建物被害

（隣家にもたれかかるように傾いている。応急危険度判定により使用禁止の紙（赤色）が貼られている）

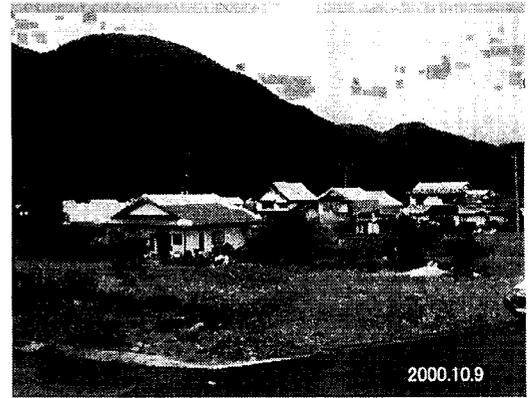


図7 下榎での被害

（天候に悪化に備えて、ビニールシートによる屋根の応急修理が行われている）



図8 k-net観測地点

（震度6強を観測した江府町役場付近のk-net観測点）



図9 江府町役場付近の状況

（ビニールシートから屋根瓦の被害が認められるが、図7の下榎地区と比較してその被害率は低いと思われる）

家のプロパンガスも転倒せず、またこの地域全体でマイコンメータも2、3件作動したのみとのことであった。図9はその町並みを示したものであるが、瓦屋根の被害が目についた今回の地震で、それを表すビニールシートもここでは少ない。地震動あるいは震度と被害との関係について再検討すべきであることが再確認される。

10/8早朝伯備線レール上に土砂があり、除去作業中の12時過ぎ、土砂が再び崩れだし線路を超え、道路を約半分埋めるといふ事態となり、一時通行止めとなった。幸いにも人的被害はなかったが、2次災害防止の

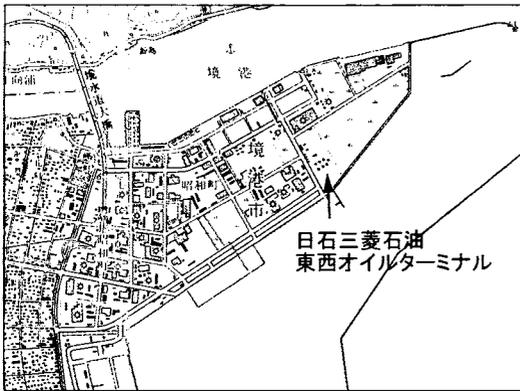


図10 調査した事業所の位置

重要性が強く指摘される。なお、これについては5章にて詳述する。

3. 石油タンクの現状調査

3.1 調査の目的

境港市では震度6強が観測され、またマグニチュードが7.3と兵庫県南部地震を上回る地震であったにも拘わらず、消防庁危険物規制課（当時）によれば、境港市内にある数十基の特定屋外タンク等の危険物施設にほとんど被害が発生しなかった。この要因等を明らかにすることは、タンクの耐震性をより一層向上するための知見を与えるものと考えられる。

このような観点から、境港市にある日石三菱石油境港油槽所及び東西オイルターミナル境港油槽所の特定屋外貯蔵タンクを中心に調査を行った。

3.2 油槽所内の状況

日石三菱石油境港油槽所及び東西オイルターミナル境港油槽所は、図10に示すように境港に突き出た埋め立て地内にある。

3.2.1 日石三菱石油境港油槽所

表1に特定屋外タンクの一部の諸元を示す。容量は1,500kl程度のものから最大5,620klである。

表1 タンクの諸元

油槽所	日赤三菱境港油槽所			東西オイルターミナル境港油槽所			
	No.2	No.4	No.11	T-101	T-201	T-701	T-802
諸元							
容量V(kl)	1832	3680	5620	990	3600	4500	500
直径D(mm)	15520	19400	23900	11620	17440	19380	9670
高さH(mm)	10734	13833	13710	10960	16800	16500	7500
段数	7	8	8	4	6	6	4
側板板厚ts(mm)	8	12	14	6	12	13	6
2段目以上の板厚	6,-	10,9,8,6,-	10,9,7,-	6,-	10,8,7,-	10,8,7,-	6,-
底板板厚tb(mm)	9	9	12	9	9	9	6
管理液面高さHc(m)	9720	12530	12532	9362	15095	15282	6755
地震時液面高さHL(m)*	3915	3266	7544	6187	8495	5861	6335
H/D	0.692	0.713	0.574	0.943	0.963	0.851	0.776
HL/D	0.252	0.168	0.316	0.532	0.487	0.302	0.655
Hc/D	0.626	0.646	0.524	0.806	0.866	0.789	0.699
内容物	C重油	灯油	軽油	ガソリン	ガソリン	C重油	ジェット燃料
比重量	0.977	0.791	0.829	0.7512	0.7316	0.9747	0.787
屋根の構造	CRT	CRT	CRT	CFRT	CFRT	CRT	CRT
備考	旧法	旧法	新法	新法	新法	新法	新法

*地震時(13:30)の液面ではなく当日の21:30の液面高さである。

タンク直径と高さの比（H/D）は、0.77程度以下であるが、地震時のタンク直径と地震時液面高さの比（HL/D）は、約0.5以下であることがわかる。また、これらのタンクは、No.11（図11）を除いて、他は旧法タンクであるが、側板及び底板（アニュラ板）の板厚は、新法タンク並に施工されている（東西オイルターミナル境港油槽所のタンク諸元表と比較）。

すべての屋外タンクの本体及び基礎について調査した結果、外観上ならん異常は発生していないことを確認した。

タンクサイト以外の場所、たとえば配管近傍や架台基礎では、図12～図14に示すような液状化に伴う噴砂や配管取り付け金具のずれが見られたが、設備等に対する影響はほとんどないものと考えられる。

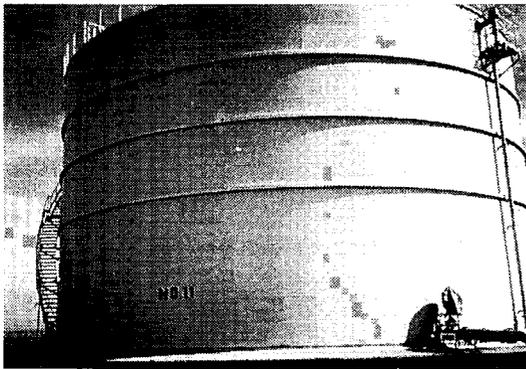


図11 日石三菱石油の新法タンク

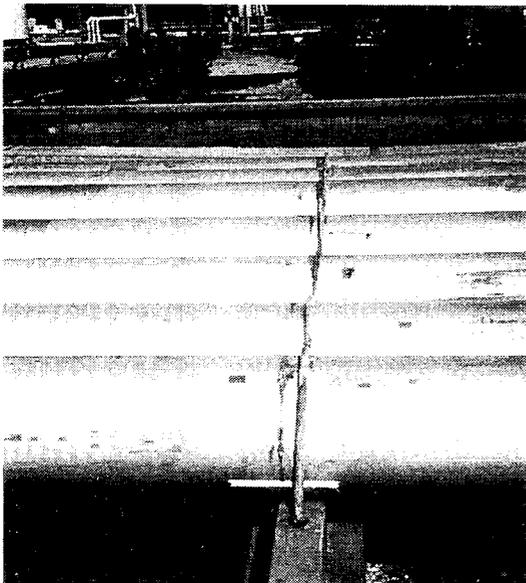


図13 配管のずれ

3.2.2 東西オイルターミナル境港油槽所

日石三菱石油境港油槽所に隣接した東西オイルターミナル境港油槽所では、屋外タンクはすべて新法タンクである。表1にそれらの一部の諸元を示す。容量は、500klから4500klで、H/Dは0.9程度である。

すべての屋外タンク本体及び基礎について調査した結果、日石三菱石油境港油槽所と同様外観上ならん異常は発生していないことを確認した。

3.3 少量危険物タンク配管の被害状況

油槽所では、液状化以外漏洩といった大きな被害は全くなかったが、埋め立て地である竹内団地（油槽所から直線距離で南に約2km離れた工業団地）内の工場で、少量危険物タンク配管からの少量漏洩が2カ所で発生していた。

3.3.1 エルボ部の破損

配管破損事例の一つは、図15に示す少量危険物施設の付属配管（エルボー）の破損である。破損した箇所は、ポンプから屋内へ設置されている配管のエルボー（図16）である。漏油は、側溝を通して近くの海上に

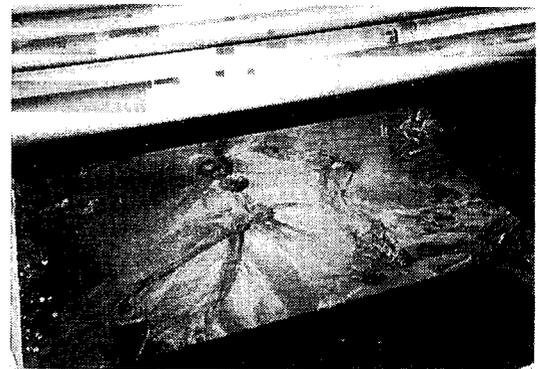


図12 配管下の噴砂



図14 配管架台基礎近傍の沈下状況

流出し、その量は、20リットル程度であったという話を聞いた。このエルボーが破損した原因は、図17及び図18に示すように配管取り付け部の基礎が液状化により沈下し、配管が約15cmずれた結果、エルボーを広げる力が作用したものと考えられる。

3.3.2 配管接続部の破損

2つ目の事例は、呼び径20A配管接続部のねじ部の

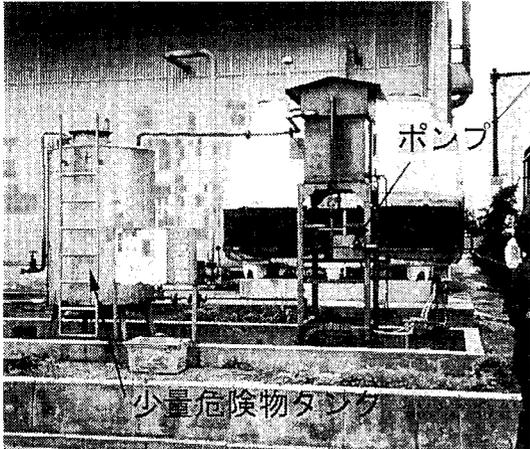


図15 パイプの破損が生じた危険物施設

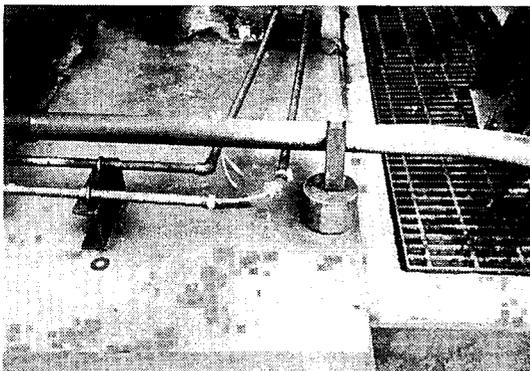


図16 破断したエルボー部の応急補修状況

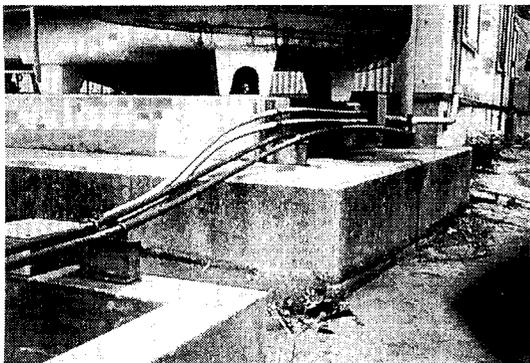


図17 配管取り付け部の段差状況

破損である。調査時には、図19に示すように新しいフレキシブルホース継ぎ手に交換されていた。原因は、液状化に伴う地盤沈下を配管が吸収できなかったため、強度的に最も弱いねじ部が曲げられたためであると考えられる。

破損した部位を詳しく調査するため、図20に示す試料を採取した。折損部位は、25A配管用ねじ継ぎ手と20A配管のねじ部（図21）である。地盤沈下による曲げ変形が生じたとき、剛性の大きいフランジ部と25A配管継ぎ手部に挟まれた最も剛性の小さい20A配管のねじ部に力が集中したものと推測される。このような部位が破損しやすいことはよく知られていることであ

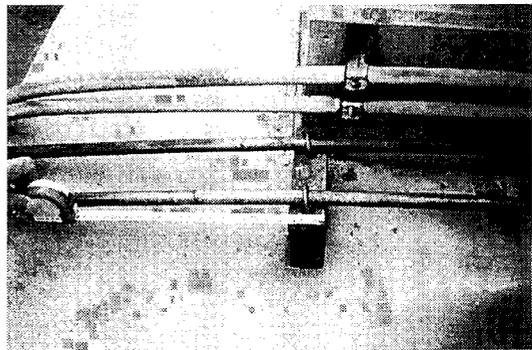


図18 漏洩した配管のずれ（約15cm）

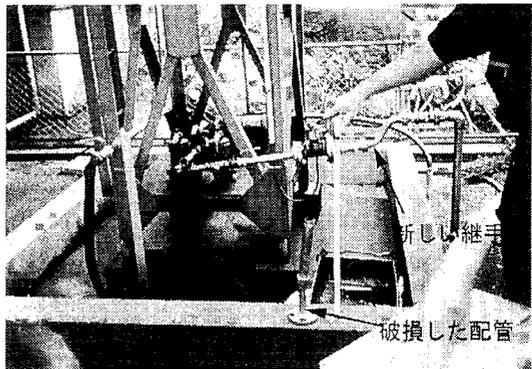


図19 配管の破損部位とフレキシブルホースによる補修状況

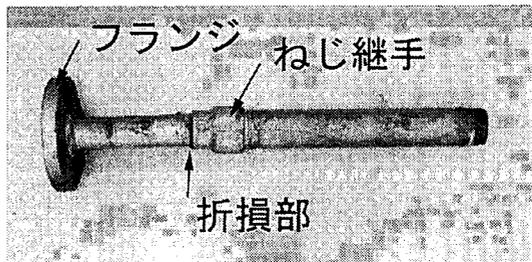


図20 折損したパイプ

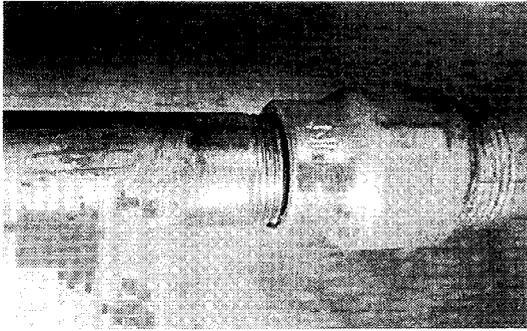


図21 破口部の拡大写真

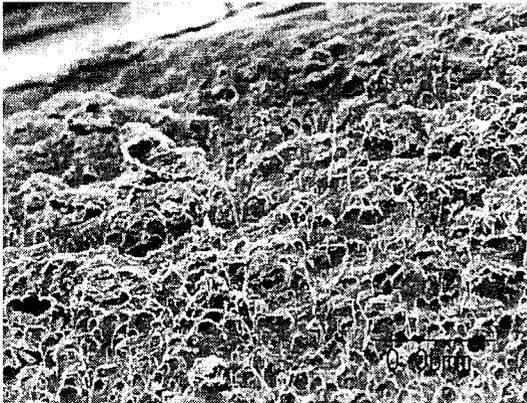


図23 延性破断を示すディンプル模様

る¹⁾。

さらに、破損部が過去に何らかの原因によりすでにある程度の損傷を受けていなかったかあるいは地震等による繰返し荷重を受けていなかったかを調査するため、破損部の破面を電子顕微鏡で観察した。

破面の様子を図22に示す。破断は、最も断面積の小さいねじの谷で発生していることがわかる。その他の破面には、腐食等による損傷は全く見られなかった。

図22での破面をさらに拡大したものが図23である。破面には、ディンプルと呼ばれる多数の小さいくぼみが見られる。これは、延性破壊の特徴である。

これらのことから、この配管は、過去に受けた腐食等の損傷はなく、今回の地震により大きな曲げ荷重が作用し破損したものであることがわかった。

3.4 まとめ

鳥取県西部地震では、マグニチュード7.3という大きな地震が発生したため、境港市にある日石三菱石油境港油槽所及び東西オイルターミナル境港油槽所の特定屋外貯蔵タンクを中心に調査を行ったが、少量危険物施設の配管を除いて、危険物施設にほとんど被害が発生しなかったことが明らかになった。これは、タン

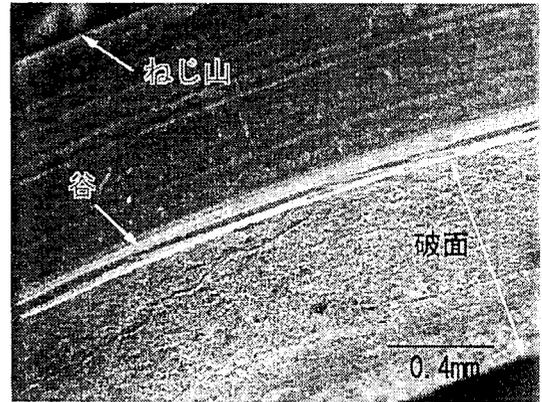


図22 破面の電子顕微鏡写真

クの強度面から考察すると、調査したタンクのほとんどが新法タンクあるいは新法タンクに等しいものであったためであるといえる。

4 日石三菱境港油槽所における余震観測

4.1 観測の目的

2000年鳥取県西部地震（ $M_j=7.3$ ）の際、鳥取県境港市東本町にある気象庁境港候所では、計測震度6.0（6強）を観測した。そこからほぼ東に約2 km離れた境港市昭和町には、日石三菱石油株式会社の境港油槽所があり、容量5,620klをはじめとして、8基の特定屋外タンクが立地している。前章に述べたように、タンクヤードの一部の地盤に液状化による噴砂被害が見られたものの、石油タンクの本体そのものには被害は生じていない。言うまでもなく、いったん被害が生じた場合には、その原因である強震動がいかなるものであったかを明らかにすることは、石油タンク等の危険物の耐震安全性を確保するための基準作成の他、被害予測に必要な地震動と被害を関係づける被害関数の確立にとって極めて重要である。一方、被害が生じなかった場合であっても、石油タンクがどの程度の強震動に耐えたのかということを知ることが、同じくらい重要である。同油槽所には、強震波形記録を観測することを目的とした地震計が設置されていなかったため、本震時に、石油タンクがどのような強震動に見舞われたかは観測事実として知ることができない。そこで、本震時の強震動を事後推定することを目的として、本震発生の翌日10月7日から11月29日までの期間、余震による地震動波形の収録のための強震観測を油槽所敷地内で行った。この余震観測は、本震時の強震動推定に、経験的グリーン関数法²⁾を用いることを予定したものである。本震の震源断層付近で発生した余震からの地震波は、本震からの地震波とほぼ同じ伝播経路

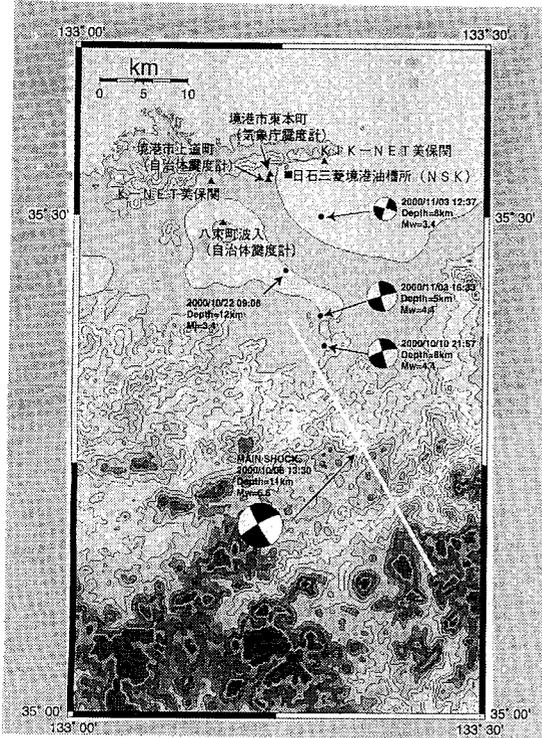


図24 消防研究所臨時余震観測点(■)と周辺の地震計設置地点(▲)。■は、実際は、埋め立て地上にある。●は、NSKで波形記録を得た余震の震央を示す。本震の震央(白星)は、京都大学防災研究所地震予知研究センターにより決定されたもの。白線は断層面と地表の交線。発震機構、モーメントマグニチュード、深さは、防災科学技術研究所広帯域地震観測網によって決定されたもの。

を辿り、表層地質から受ける影響もほぼ同じと考えられる。即ち、余震の波形記録は、本震の波形記録を推定するために必要な、伝播経路に関する情報と表層地質に関する情報を含んでいると言ってよい。よって、余震(小地震)と本震(大地震)の間の震源における地震波の発生のかたの相違を考慮すれば、余震の波形記録から本震の波形記録を合成することが可能なわけで、経験的グリーン関数法という方法は、まさにこの発想によるものである。ただし、この方法は、線形

システムの応答の枠組み内で打ち立てられた方法で、強震動の際の地盤の非線形挙動は考慮できない。

ここでは、余震観測のための地震計設置状況について報告し、観測期間中に収録された余震記録と周辺に設置されている地震計の記録の比較から、本震時の油槽所での計測震度がどの程度であったかを述べる。また、地盤の地震動増幅特性を評価するための一助として、余震観測点で常時微動を測定したので、その結果についても述べる。経験的グリーン関数法による本震時の強震動の推定は、今後の課題である。

4.2 観測点設置状況

表2に臨時余震観測点諸元を、図24の地図には、設置した強震観測点(NSK)を■印で示す。図24の地図では、観測点は海上にあるように示されているが、実際には、油槽所は埋め立て地盤上に立地している。地震計は、油槽所敷地内の事務所建屋内の1階床面上に置いた。センサーには3成分の加速度計を用い、その出力を24ビットのデジタルレコーダーにより記録した。

4.3 観測記録と本震時の油槽所での震度の推定

観測期間中、表3に示す4つの余震の波形記録が得られた。これらの震央は、図24に黒丸で示されている。図24には、科学技術庁防災科学技術研究所の広帯域地震観測網により決定された発震機構も描かれている。また、図24の白線は、強震波形記録を用いた断層面上のすべりの時空間分布の解析の際に仮定された断層モデルと地表面との交線⁽¹⁾で、長さは33kmである。波形記録が得られた余震はいずれも、ほぼ北西-南東方向にのびる震源断層の北西端付近で発生したもので、そのうち、10月10日21時57分頃と、11月3日16時33分頃に発生したMw4.4の2つの地震の発震機構は、本震のそれに近いものである。そのため、本震の記録を合成する際の小地震記録としては、この2つの余震記録が有力候補であると考えられる。観測記録の一例として、図25に、10月10日21時57分頃に発生した余震の加速度波形記録が示されている。この余震については、油槽所に近い防災科学技術研究所のK-net美保関観測

表2 消防研究所臨時余震観測点設置諸元

観測点名	観測点コード	地震計番号	緯度	経度	標高	センサーの方位			地震計設置日	地震計微収日	地名
						Ch1	Ch2	Ch3			
日石三菱境港油槽所	NSK	4	35°32.379'	133°15.457'	20m未満	U	N000E	N090E	10.07.00	11.29.00	境港市昭和町

表3 波形記録を観測した余震の諸元と計測震度

月日年	時刻	震源地名	緯度(N)		経度(E)		深さ(Km)	Mj	計測震度					
			(deg.)	(min)	(deg.)	(min)			日石三菱油槽所	境港市東本町	境港市上道町	八東町波入	K-net美保関	KiK-net美保関
10.10.00	21:57	島根県東部	35	22.2	133	18.3	11	4.4	2.8	3.5	2.7	1.8	2.9	2.2
10.22.00	9:06	島根県東部	35	26.7	133	15.4	12	3.4	1.7	2	1			
11.03.00	12:37	島根県沖	35	27.0	133	15.0	14	3.7	1.8	2	1			
11.03.00	16:33	島根県東部	35	21.4	133	17.6	10	4.5	3.3	4.0	2.8	2.0	3.3	2.1

注1)時刻、震央の緯度、経度、進言の深さ、Mjは気象庁による。

注2)2番目の余震の境港市東本町と境港市上道町での計測震度の小数点第1位は不明。

点とKiK-net美保関地表観測点（いずれも図24参照）でも波形記録が得られているので、それらも並べてある。これらの波形を比較して言えることは、油槽所（NSK）では、他の2地点に比べて長周期成分が卓越しており、後続波により震動継続時間が長いということである。11月3日16時33分頃に発生した余震の加速度波形記録の比較からも、同様の特徴が見出された。表3には、油槽所での観測波形記録から計算した計測震度の他、油槽所の近辺にある気象庁震度計（境港市

東本町）、自治体震度計（境港市上道町、八東町波入）等での計測震度が示されている（観測点の位置は図24参照）。油槽所から約2km離れた境港市東本町と境港市上道町の計測震度を見ると、油槽所での計測震度は、境港市上道町より大きく、境港市東本町より小さいということが、弱震動に対しては言えそうである。本震時の計測震度は、境港市上道町で5.6、境港市東本町で6.0であった。油槽所は埋め立て地盤上にあるため、本震の際の強震動時には、地盤が非線形挙動を示すことが十分考えられるが、弱震動時の関係をあえて適用すれば、本震時の油槽所での計測震度は、5.6と6.0の間、即ち震度6弱であったという結論になる。

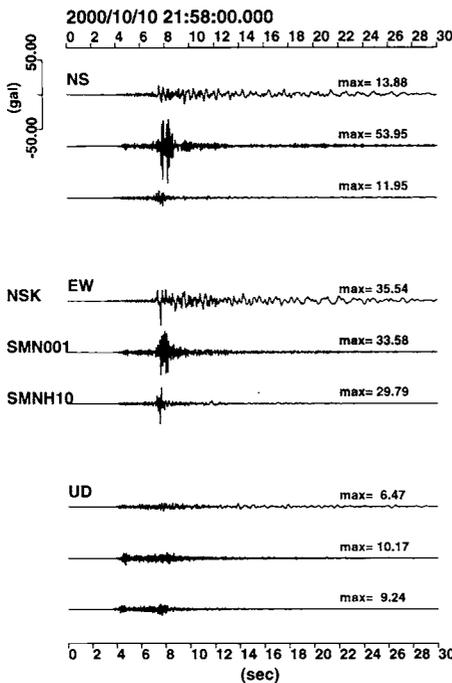


図25 2000年10月10日21時57分頃、島根県東部で発生した余震（Mj=4.4）の加速度波形。NSKは、日石三菱境港油槽所に設置した消防研究所臨時余震観測点。SMN001は、K-NETの美保関観測点、SMNH01は、KIK-NETの美保関観測点。

4.4 常時微動の検計

観測点では、地震待機状態に入る前に、観測点でのノイズレベルを計測するために、常時微動の測定を6分間程度行った。その際、アンプ倍率は1000倍、ハイカットフィルターのカットオフ周波数は30Hzにした。常時微動を用いて地盤の地震動増幅特性を評価する方法の一つに中村の方法というのがある。この方法は、常時微動の上下動に対する水平動の振幅スペクトル比(H/V)は、その地盤の増幅スペクトル(振幅)とみなすことができるという仮説に依拠している。もし、この手法が有効であるならば、1地点での常時微動観測のみで、地盤の増幅特性を知ることができるため、工学的な魅力が十分ある。測定した常時微動から、長さ20秒のタイムウィンドウを4つ切り出し、それぞれのタイムウィンドウについて、上下動の振幅スペクトルに対する水平2成分の振幅スペクトルのRMSの比(H/V)を計算し、それらの相乗平均をとった。これらの結果を図26に示す。地震計を置いた場所では、0.8Hz付近にH/Vのピークがあることがわかる。図27には、水平2成分の振幅スペクトルのRMSについて、10月10日21時57分頃と11月3日16時33分頃に発生した2つの余震の記録から計算したK-net美保関観測点

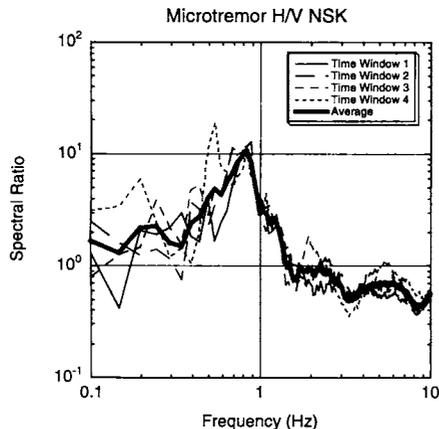


図26 日石三菱境港油槽所の消防研究所臨時余震観測点で観測した常時微動から計算した、上下動成分に対する水平動成分のスペクトル比。

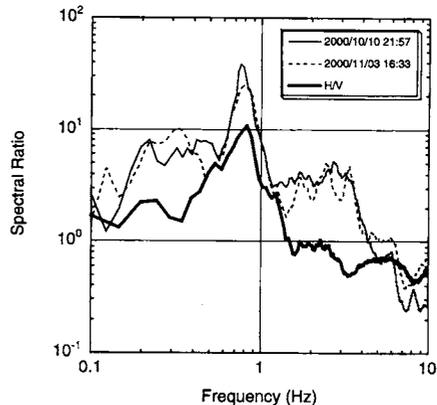


図27 余震波形記録の水平動成分についてのK-net美保関観測点（TTR001）に対する日石三菱境港油槽所観測点スペクトル比（細線、点線）と図6に示されているH/Vスペクトル比（太線）。

(TTR001) に対する油槽所 (NSK) のスペクトル比が示されている。解析区間長は主要動全体を含む30 s間とした。K-netのWWWサイトで公開されている観測点ボーリングデータによれば、TTR001では、地表から4 m以深が岩盤となっているので、余震記録のスペクトル比は、油槽所の表層地盤による増幅特性を表しているものと考えた。余震記録のスペクトル比は、いずれの余震についても、0.75Hz付近に鋭いピークを持っている。図27には、図26のH/Vスペクトル比も示した。余震のスペクトル比のピーク位置は、H/Vスペクトル比のピーク位置と一致していることがわかる。

5. 鳥取県西部地震時の斜面災害について

5.1 災害の概要

鳥取県西部地震の震源域とされる地域の斜面災害について調査した。この地域は花崗岩が広く分布し、その風化した表層部の比較的小規模な崩壊が多く見られた。特に日野町内の日野川沿いの斜面で崩壊が集中して発生していた。崩土は崩壊面の直下に堆積したものが多く、急崖下部を利用した道路や鉄道が被災した。特筆すべきものとしては、地震時に林内の沢筋に堆積した崩土がその後流出した例が見られた。これらの崩壊のうち本章では、3つの事例について報告する

5.2 道路法面の崩壊

図28は日野町井ノ原地区の国道180号線道路法面の崩壊である。斜面は風化花崗岩から形成されているが、周囲の林野とは異なる草本類からなる斜面の一部が崩

落している。植生の違いが道路建設時の人工的な整形によるのか、過去の崩壊によるのかは不明であるが、いずれにしても周囲に比べて表土は薄い状況であったことは想像できる。崩壊はその植生の異なる部分に規制されているようにも見える。薄く残っていた表土がもともと地震時に剥離しやすかった可能性もあるが、樹林根系による崩壊抑止機構が働かなかったためとも考えられる。崩土は既に取り除かれていたが、周囲の状況から見て、土量・堆積域ともに小さいものであったようである。

5.3 日野町貝原地区の土砂流出

図29は崩壊土砂が伯備線の線路を埋没させた事例である。写真は本震から2日経過した10月8日13時頃に撮影したものである。現場にいた方の話では、当日朝の段階では、土砂は線路のごく一部にかかっている程度であったそうである。朝から、倒木の切り出し等その土砂を取り除く作業の準備を行っていた。ちょうど作業が昼休みに入った後、土砂がさらに押し出されて、線路盤を完全に埋没し、国道181号線まで押し出してきたということである。

林内の様子は暗くて分からなかったが、流出口は沢地形となっている。地震時に発生した崩壊土砂が林内で沢をせき止める形となって水がダムアップされ、水位の上昇に耐えられなくなって決壊し、林外まで流出したという可能性が考えられる。崩土は写真の通り水を大量に含み、スラリー状態であった。また、付近の排水路には大量の水が流れていた。付近の林内には小

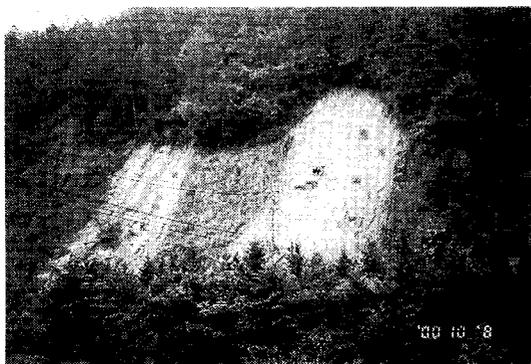


図28 日野町井ノ原地区の道路法面の崩壊

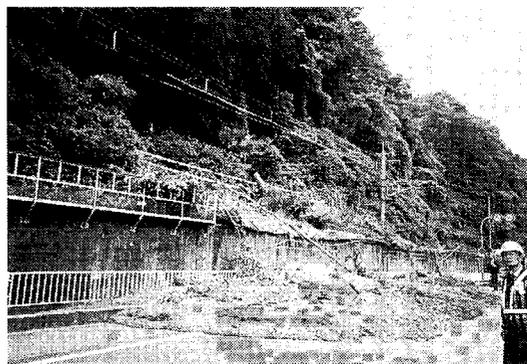


図29 日野町貝原地区の土砂流出

さな崩壊がいくつか見られた。これらのうち沢筋に落ちていたものが、地震から遅れて林外まで流出してきたものと考えられる。なお、米子の気象庁データによれば、本震のあった10月6日から土砂が流出した8日の間には降雨はなかった。

現場にいた方によれば、朝からの作業にやや不安を感じていたようである。土砂の流出がたまたま昼休みに入ったところであったため人的被害は免れたが、一步間違えば事故につながるところであった。国道181号線は災害直後から通行されており、この流出時にも交通があった。我々も現場を通行する直前で突然の渋滞に巻き込まれ、災害直後の現場に遭遇したものである。なお、翌日には土砂は殆ど取り除かれていた。

5.4 日野町本郷地区の斜面崩壊

図30は日野町本郷地区の人工造林された斜面である。中央の崩壊地は撮影の10月9日午後(本震から3日経過)の時点で岩石の崩落が続いており、時折落石の音が聞こえた。対岸から観察したため詳しくは分からないが、崩壊面は上部は急峻な岩盤斜面、下部はそれよりも緩斜面に見えた。

左右の沢筋の頭部には写真ではわかりにくい、小規模な崩壊が発生していた。崩土は沢内に堆積してお

り、後の降雨によって、泥流や土石流の形態で流出する可能性があるものと考えられる。

6. 消防活動等について

6.1 119番の着信状況について

鳥取県西部広域行政管理組合消防局(以下、西部消防局)によれば、救急と救助に関する119番着信状況は、地震発生した10月6日の13時の時間帯で24件、14時台では15件、15時台に5件、以後1時間に数件の割合で入電しており、震後の最初の1時間半にほとんどの着信が集中した。特に、地震発生後の20分間は多くの着信が集中したため、受報だけで精一杯の状態であった。また、問い合わせの着信が、各時間帯とも、救急・救助を求める着信とほぼ同件数の割合であった。これらは地震により不安を感じた住民からによるもので、119番通報を効率的に受信し救急・救助活動を円滑に行うためにも、地域住民への地震に関する情報や防災行動に関する指示を、同報スピーカー、戸別受信機などを通じて早急に伝えることが必要であると考えられる。

6.2 職員の参集と活動について

西部消防局では、地震発生後すぐに出された非常召



図30 日野町本郷地区の崩壊地

集により、1時間後にはほぼ全職員が参集した。地震時の参集、庁舎の安全確認、車両の確認と出勤準備、管内巡回による情報収集 など初動の手順がスムーズに行われている。順調な参集が行われた理由としては、主要な道路や橋の損傷がほとんどなかったこと、大きな交通渋滞が起らなかったことが挙げられている。

一方、境港市役所では13:40に緊急部課長会議を開き、全市を5ブロックに分け、職員100名で被害調査を行ない、全体の迅速な被害情報収集を行なった。このようなことが可能であったのも、平日の勤務時間に地震が発生したこと、市役所の機能に損傷を受けなかったこと、市内の被害が小さかったこと等のためとのことであった。

火災通報は5件あったが、これらは他の原因による煙を間違えて通報したもので、いずれも誤報であった。救助に関しては家屋の倒壊による負傷者はなく、家具などの転倒によるけが人が出たが、これらは地震発生後30分以内に集中した。救急に関しては、日野地区などの病院の一部機能停止により、入院者（高齢者が多い）を米子市内などの病院へ転院させるために、10月6日の夕方から、翌7日にかけて救急搬送の出動が多くあった。転院による搬送人数は136人で、全搬送人数の81%を占めている。

6.3 消火栓

西部消防局管内では、送水管が多数破損したことから、修理が完了するまでの2日間、加圧送水が不能となり使用できなかった。このことにより防火水槽の整備の重要性が指摘されている。

6.4 情報伝達について

NTT加入電話、携帯電話とも地震後しばらくして輻輳状態となり、6日中はかかりにくい状態が続いた。江府消防署では災害優先電話によって町役場などとの連絡がとれたことから、活動には支障がなかったというヒアリング結果が得られている。また、過疎地帯である山間部からは、確実な情報がなかなか入ってこなかったなどの問題点が指摘されている。

携帯電話は、1995年兵庫県南部地震では有効に利用できたが、その頃と比較して、加入者が急激に増えたことにより輻輳が起りやすくなったと考えられる。むしろ、携帯電話は移動しながらのリダイヤルが容易にできることから、一般加入電話より輻輳が起りやすいとも考えられる。携帯電話の普及状態と利便性を考慮すると、防災要員が非常時でも輻輳に巻き込まれることなく通話が可能な災害時優先携帯電話のより一

層の普及が望まれる。

7. 震度について

7.1 本震時に観測された震度

従来、震度は気象庁担当者により、主に体感によって決定されていた。しかし、震度情報を応急対策に役立たせることを考えると、気象官署の数は不十分であり、また測定者によって同じ震動に対して震度が異なったものとなり得るといふこと等から、気象庁では機械計測への移行を進めていた。1995年の兵庫県南部地震はそれを更に加速させ、1996年からはすべて機械計測とし、気象官署のみならず、気象庁の検定を受けた震度計さえあれば、震度をどこでも容易に得ることができるようになった。これを受けて、消防庁では約3300の市町村に最低1台の震度計を配備する補助事業を行い（以降、「自治体震度計」と呼ぶ）、地震発生後速やかに震度が得られるようになった。その結果、今回の地震では、大変多くの地点で震度情報が得られた。表4に計測震度5.0以上を観測した地点とその計測震度をまとめた。気象庁震度計、自治体震度計、科学技術庁防災科学技術研究所の強震波形観測ネットワークK-net並びにKiK-netの観測点を合わせると、29地点で計測震度5.0以上、即ち、震度5強以上が観測されている。このうち、震源近傍の鳥取県日野町にあるKiK-net日野（TTRH02）地表点では、震度計として気象庁の検定を受けていない地震計の記録から計算した値（以後、参考値と呼ぶ）ではあるものの、計測震度6.6、もし発表されるとすれば「震度7」という今回の地震における最大値を記録している。また、この地点から東北東に約5km離れた日野町役場では、自治体震度計により、計測震度6.3（震度6強）が観測された。これらの計測震度は、境港市の境瀬候所における6.0という値を上回っており、今回の地震で最大の強震動に見舞われたのは、日野町付近であった。日野町では、2章で述べたように黒坂地区、下榎地区で多くの住家が全壊をはじめとする被害を受けた。

7.2 計測震度コンター

7.2.1 応急対応のための震度コンターの有用性

図31～図33に、各地の震度計で観測された計測震度を用いて描いた計測震度コンターを示す。図31は、気象庁震度計による計測震度だけから描いたコンター、図32は、気象庁震度計による計測震度と、自治体震度計による計測震度のうち、気象庁に集められ気象庁から発表されるものから描いたコンターである。図33は、図32に、K-netとKiK-net地表観測点の強震波形データ

表4 計測震度5.0以上を観測した地点

観測地点	観測機関	観測点コード	緯度(°N)	経度(°E)	計測震度	観測点住所	備考
KiK-net日野(地表)	防災科学技術研究所	TTRH02	35.2281	133.3936	6.6	鳥取県日野町下黒坂	5.4
鳥取県日野町役場	鳥取県(自治体震度計)		35.2375	133.4453	6.3	鳥取県日野町根雨	
鳥取県境港市	気象庁		35.5417	133.2367	6.0	鳥取県境港市東本町	
鳥取県西伯町役場	鳥取県(自治体震度計)		35.3372	133.3294	5.9	鳥取県西伯町法勝寺	
鳥取県会見町役場	鳥取県(自治体震度計)		35.3678	133.3650	5.9	鳥取県会見町天万	
KiK-net伯太(地表)	防災科学技術研究所	SMNH01	35.2931	133.2628	5.8	島根県伯太町赤屋	4.8
K-net米子	防災科学技術研究所	TTR008	35.423	133.333	5.8	鳥取県米子市東町	自
K-net江府	防災科学技術研究所	TTR007	35.279	133.490	5.8	鳥取県江府町江尾	自
鳥取県溝口町役場	鳥取県(自治体震度計)		35.3431	133.4386	5.7	鳥取県溝口町溝口	
鳥取県境港市役所	鳥取県(自治体震度計)		35.5364	133.2344	5.6	鳥取県境港市上道町	
K-net新見	防災科学技術研究所	OKY004	34.955	133.504	5.6	岡山県新見市唐松	
鳥取県岸本町役場	鳥取県(自治体震度計)		35.3822	133.4103	5.6	鳥取県岸本町吉長	
鳥取県淀江町役場	鳥取県(自治体震度計)		35.4500	133.4219	5.6	鳥取県淀江町西原	
K-net日南	防災科学技術研究所	TTR009	35.160	133.309	5.5	鳥取県日南町霞	自
鳥取県日吉津村役場	鳥取県(自治体震度計)		35.4369	133.3839	5.5	鳥取県日吉津村日吉津	
島根県仁多町役場	島根県(自治体震度計)		35.1936	133.0044	5.4	島根県仁多町三成	
島根県安来市役所	島根県(自治体震度計)		35.4275	133.2533	5.3	島根県安来市安来町	
岡山県落合町	気象庁		35.0200	133.7367	5.2	岡山県落合町西河内	
岡山県哲多町役場	岡山県(自治体震度計)		34.9322	133.4547	5.2	岡山県哲多町本郷	
鳥取県米子市	気象庁		35.4317	133.3417	5.1	鳥取県米子市博労町	
KiK-net仁多(地表)	防災科学技術研究所	SMN002	35.2203	133.0883	5.1	島根県仁多町亀嵩	4.0
K-net松江	防災科学技術研究所	SMN002	35.468	133.071	5.1	島根県松江西市西川津町	自
岡山県新見市	気象庁		34.9733	133.4733	5.0	岡山県新見市新見	自
島根県宍道町	島根県(自治体震度計)		35.4064	132.9097	5.0	島根県宍道町昭和	
香川県土庄町	気象庁		34.4833	134.1883	5.0	香川県土庄町甲	自
岡山県大佐町役場	岡山県(自治体震度計)		35.0786	133.5683	5.0	岡山県大佐町小阪部	
岡山県美甘村役場	岡山県(自治体震度計)		35.1539	133.6250	5.0	岡山県美甘村美甘	
K-net油木	防災科学技術研究所	HRSO05	34.774	133.283	5.0	広島県油木町油木乙	自
K-net高野	防災科学技術研究所	HRSO01	35.031	132.904	5.0	広島県高野町新市	

注1)計測震度には、震度計として気象庁の検定を受けていない地震計の記録を使って計算した値を含む。

注2)備考欄の「自」は自治体震度計として利用されていることを表す。

注3)KiK-net観測点の備考欄の数字は、地中記録の計測震度を示す。

から計算した計測震度(参考値)を加えて描いた震度コンターである。コンターを引くための、不規則に分布しているデータからの等間隔グリッドデータ生成は、地盤条件等は考慮せずに、ただ幾何学的な補間アルゴリズムにより行った。従って、これらの図の地震学的な意味は必ずしも明確ではない。けれども、例えば、ヘリコプターによる上空からの被害状況把握の際、どこを重点的に飛行すべきかを判断するのに、このような図は極めて有益な情報を提供するものとする。

気象庁震度計のみから引いた計測震度コンター(図31)からは、日野町付近の地震動が最大であったという状況をうかがい知ることはできない。気象庁震度計の中で、最も計測震度が大きかったのは、境港市東本町の境測候所(図31参照)での6.0(これにより境港市で震度6強と発表された)で、次に大きいのは、岡山県真庭郡落合町西河内(図31参照)にある観測点での5.2である。図31の震度コンターに現れている2つのピークはこれらの計測値によるものである。気象庁震

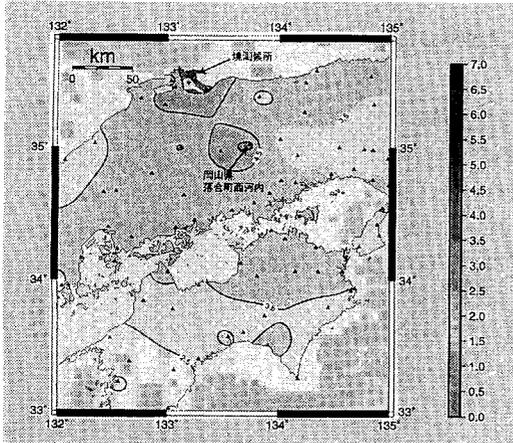


図31 気象庁震度計(▲)により観測された計測震度から描いた震度コンターマップ。

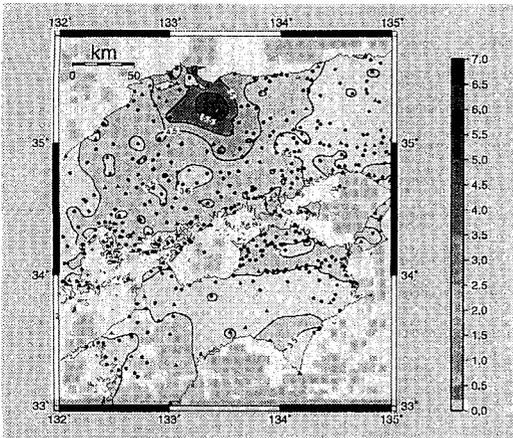


図32 気象庁震度計(▲)、自治体震度計(●)で観測された計測震度から描いた震度コンターマップ。

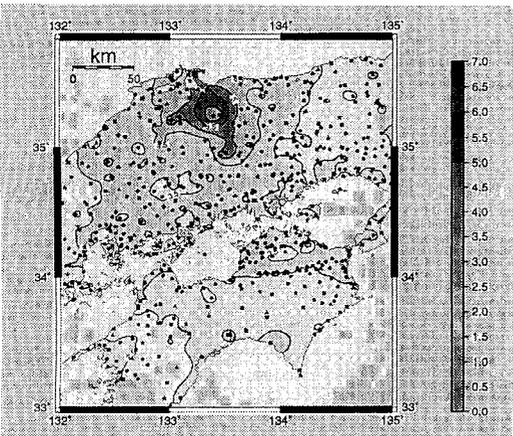


図33 気象庁震度計(▲)、自治体震度計(●)、K-net(■)、KiK-net(★)で観測された計測震度から描いた震度コンターマップ。

度計と自治体震度計による計測震度から描いた計測震度コンター(図32)からは、震源近傍の日野町付近が、この地震の際の最大の強震動に見舞われていることが見て取れる。どのあたりをヘリコプターで飛ばかということを図から判断すると、それは、日野町から米子市にかけてのほぼ南北方向にのびる帯と、境港市上空ということになる。この判断は、実被害状況からしてほぼ妥当なものと言える。図33は、現在、公的機関により測定される計測震度データあるいは計測震度が計算可能なデータのほぼ全てを集めて作った図であると言ってよい。「ヘリコプターをどこに飛ばせばよいか」という、とても限定的ではあるけれども重要な設問に対する答えは、図32でも図33でも同じであろう。現状では、K-netとKiK-net観測点での計測震度の計算には、強震波形データが防災科学技術研究所によって集められるまで待つ必要がある(K-net観測点のうち自治体震度計として利用されている地点を除く)ので、地震後即時に図33に相当する震度コンターを出すことは不可能である。現時点においては、気象庁震度計と自治体震度計による計測震度を迅速かつ正確に収集し、図32に相当する震度コンターを可及的速やかに応急対応を行う現場に示すことが重要であると考え

7.2.2 震度コンターは地震後、どの時点で描けるか?

この地震の場合、図32に相当するコンターは、地震発生後何分後に作成しえたであろうか。それに答えるため、震度情報が発表されるまでにどの程度の時間がかかったのかを、気象庁が気象衛星「ひまわり」により配信している地震・津波情報を緊急情報衛星同報受信装置(消防研究所地震防災研究室設置)で受信した結果を用いて整理する。第一報は、13時32分(13時43分受信)気象庁地震火山部からの発表で、その要旨は、「13時30分頃、福井県嶺南地域で震度3の揺れを感じた。」というものであった。続いて、同じく13時32分(13時43分受信)付けの大阪管区気象台の発表は、「震度6強 鳥取県西部。震度5強 岡山県北部、香川県東部。震度5弱 …。」という実質的第一報に位置づけられる内容であった。この後、13時35分(13時46分受信)付け大阪管区気象台発表までに、気象庁地震火山部、大阪管区気象台、福岡管区気象台から合計12本の地域別震度情報が、更新されつつ発表された。そして、13時41分(13時52分受信)、気象庁地震火山部から、地域別震度情報に加えて、「震源地は鳥取県西部(北緯35.3度、東経133.4度)で、震源の深さは約10km、地震の規模(マグニチュード)は7.1と推定されます

（その後マグニチュードは7.3に修正。）という震源情報と、震度5弱以上が観測された市町村として、「震度6強 境港市。震度6弱 西伯町。震度5強 米子市、新見市、哲多町、落合町、美甘村、土庄町。震度5弱 …。」という市町村別震度情報が発表された。しかし、これには、震源域で震度の大きかった鳥取日野町（震度6強）と溝口町（震度6弱）の情報は含まれていない。これら2地点を含めた震度情報が発表されたのは、続く13時49分（14時1分受信）の気象庁地震火山部からのものであり、この時点で震源近傍の最も震度が大きかった地域の震度分布が把握されたと言ってよい。図32のコンターを描くには、震源近傍の地点だけでなく、そこから離れた震度の小さな地点のデータも必要であり、これらのデータ全てが何時の時点で集まっているのかは確認していない。けれども、例えば震度が3以下であるような場所は、市町村別震度からではなく、地域別震度を利用することにより（例えば、震度3と発表された地域内の全ての観測点の震度はその値であると仮定するなど）、図32に相当するコンターを描くことは可能であろう。結局、図32に相当するコンターは気象庁発表ベースでは、13時49分に、受信側の受信時刻ベースでは14時1分に作成することが理論上は可能であったと思われる。

7.3 震度に関する問題点

7.3.1 震度の割に被害が少ないのではないかと議論

今回の鳥取県西部地震では、震源近傍の日野町で最大震度7（参考値）、市街地の境港市で最大震度6強が記録されているわりには、被害が少ないのではないかとということがよく言われる。これについての論点は、以下のように整理できるだろう。

(1)震度計設置地点の地盤の問題

(2)震度算出方法の問題

(3)震度と被害との関連の問題

(1)は、震度は地盤条件に大きく影響されるため、震度計設置地点の地盤条件によっては、震度情報はその地域の状況を表しえない場合があることを指摘するものである。(2)は、震度を算出するためのアルゴリズムが適切に地震動の強さを表現しているかどうかが明確ではないという疑問からくるもので、(3)とともに被害の状況を推測することの難しさを強く示唆するものである。

7.3.2 消防庁震度情報ネットワーク

消防庁震度情報ネットワークについては、以下の3

点が問題点として浮かび上がった。

(1)公表の問題

境港市では、気象庁の境測候所（東本町）と境港市役所（上道町）の2カ所に震度計が設置されており、本震の計測震度は、それぞれ、6.0と5.6であった。これら2つの計測震度のうち、境測候所の計測震度だけが「境港市 震度6強」と発表された。境港市役所での震度6弱という観測結果は、第一報ではなくとも、発表されてもよかったのではないと思われる。

自治体震度計を整備する際、すでにK-netの地震計が設置されている市町村では、重複を避けるため、可能であればその地震計を自治体震度計として利用することとなった。今回の地震で計測震度5.0以上を観測した地点に限って言えば、表4の備考欄に「自」と記されている自治体がそれである。ところが、K-netの地震計は強震波形を収録することが主たる目的で、震度を計測することは必ずしも予定されていなかったため、気象庁による震度計としての検定を受けていない。そのため、K-netの地震計で観測された自治体の震度は、気象庁から震度として発表されることにはなっていない。かくして住民は、「隣の震度は報じられているのに、自分の町の震度はどうして報じられないのだろう。」という素朴な疑問を持つことになる。現に、K-netを利用している江府町役場を訪れた際の話では、住民からそのような問い合わせが寄せられているとのことであった。これを受け、鳥取県では、K-netを利用している自治体には、独自の震度計を設置することとしたようである。K-netを震度計として利用している自治体は、この地域に限らず全国的に存在している。今後、大きな地震が起こった場合には、同種の問題が発生するものと思われる。

(2)通信の問題

震度情報ネットワークは一部を除き公衆回線を用いている。そのため、通信の輻輳により情報が集まらないという事態が発生した。

(3)本震の記録が保持されない問題

地震後は、数多くの余震が起り、震源域では規模の小さな地震であっても有感となる。大部分の計測震度計は波形データを保存する機能を持ってはいるが、その保存容量には限度があり、一杯になると上書きをするものが多い。その場合には肝心の本震記録が消されてしまうという事態が生じる。震源域のデータが不足している現在、大変貴重なデータが消失してしまうことはできるだけ避けたい。あるタイプの震度計では得られた中で大きな震度の順に波形記録を保持するという機能を持ったものもあるので、このような機器へ

の更新も視野に入れておくことが望まれる。

8. マグニチュードについて

はじめに述べたように、今回の地震は内陸の浅いところで発生し気象庁マグニチュードMj7.3であったにも拘わらず被害が少ない。また物理的に意味のあるモーメントマグニチュードMw⁹⁾6.6に比べ、0.7大きな値となっている。このようなことから、今回得られているMjは地震の規模を的確に表していないのではとの疑問が投げかけられている。ここではこの問題に焦点を当てて議論する。わが国の地震の規模Mjは気象庁によって、日本付近の60km以浅の地震に対しては以下のように決定されている。

固有周期5～6秒の変位型地震計の特性で得られる最大振幅を用いて、以下の式から求めている。Mjは表面波マグニチュードに準拠して定義されたもので、M4.5～7.5程度の地震の規模をよく表すことができるとされている。

$$Mj = \log A + 1.73 \log \Delta - 0.83 \quad (1)$$

A：最大地動片振幅 (μm)

Δ：震央距離 (km)

Mjは観測点ごとに上式から求められるが、それらの値は観測点によって1程度異なる(図34)。そこで、

鳥取県西部地震

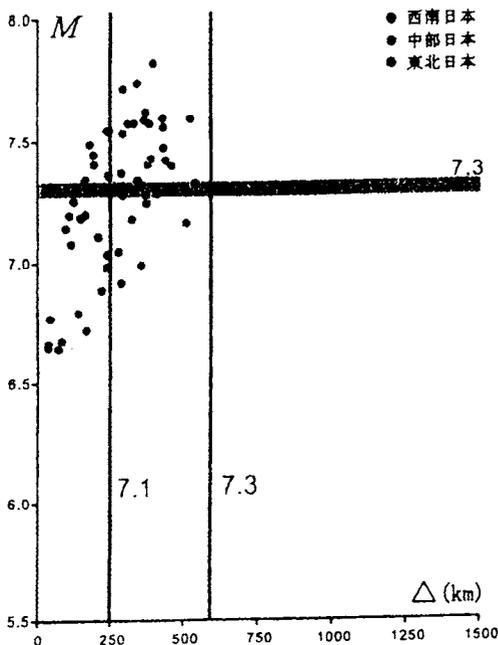


図34 観測点ごとに得られるマグニチュード⁷⁾

最終的には観測されたすべての地点の平均値をもって決定している。例えば、図34は今回の地震の各観測点ごとに上式を用いて決定されたMjで⁷⁾、平均値として7.3が得られたわけである。

武村⁸⁾は内陸の地震の震源が15kmより浅く、表面波が強く励起されやすいことが原因の一つと考えられることを指摘している。すなわち、周期数秒程度の最大変位は、震央距離が大きくなると主に表面波によってもたらされる。震源近傍に数多くの観測点がないのが一般的であるから、多くの観測点で表面波による最大変位に基づきMjが決定されることになる。よって、より強く表面波が励起される内陸の地震ではMjが大きめに求まることになる。定量的には、例えば深さ20kmと5kmの場合ではMjに換算して0.5程度の相違となり、十分説明のつく話となる。実際、図34で横軸に示した震央距離250kmまでのデータを用いると今回の地震はMj7.1となり、表面波より実体波のほうが卓越すると考えられるより近距離のデータだけを用いると更にMjは小さくなる。

さて、内陸の地震はコンラッド面(地殻内の不連続面)より浅いところで起こる(図35下段)。また断層長さL：幅W≒2：1であるから、ある長さ以上になると断層は地表に現れる。この目安としてMj>=6.8が得られている(図35上段)。松田⁹⁾によれば、地表断層長さをL (km) とすると、

$$Mj = (\log L + 2.9) / 0.6 \quad (2)$$

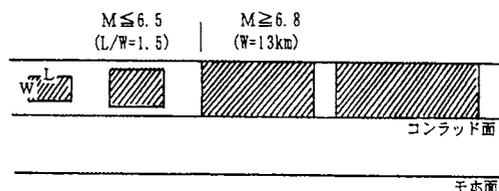
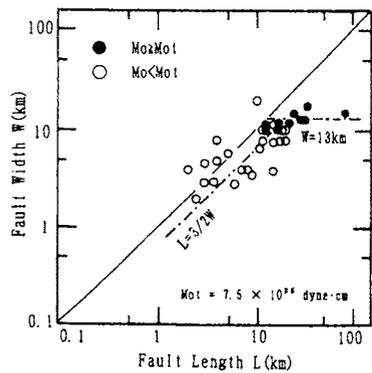


図35 内陸の地震の断層長さ(L)と幅(W)の関係¹⁰⁾

Mj=7.3のとき、L~30kmである。

コンラッド面の深さがおよそ13kmであるため、Wは13km程度以上にはならないから¹⁰⁾、Mj7.3の内陸の地震では断層が地表に大きく出てもよさそうである。現に兵庫県南部地震Mj7.2では、野島断層が地表で動いたことが明瞭に確認された。先の議論とからすれば、周期数秒での表面波の励起が極めて大きかったのかもしれない。今後の検討が望まれる。

9. おわりに

本調査を実施するに際しては、現地との調整を行う必要があり、本来はあまり薦められない災害地の消防本部との連絡を試みたが、予想通り電話の輻輳のため困難を極めた。単に市街地等の被害状況を巡検するだけではなく、油槽所内の個々のタンク等の状況調査、迅速さが要求される余震観測が目的の一部であることから、何らかの手段で連絡をする必要があったのである。

結局、被災地から離れてはいるものの、当該地にある程度詳しいと思われた鳥取県東部広域行政管理組合消防局に連絡がつき、漸く当日夜半に西部広域行政管理組合消防局、そしてそこから各油槽所へ連絡がつき、調査、観測の許諾を得ることができた。

このような無理が通ったのも東部消防局・漆原和弘氏の御尽力とまたそれを受けての西部消防局並びに境港消防署、江府消防署の御協力によるものと深く感謝いたします。また、地震直後であったにも拘わらず、調査と地震観測を許可していただきました境港日石三菱事業所長・西田実男氏、東西オイルターミナル境港

油槽所長・松浦均氏のほか、調査に御協力いただきました境港測候所、境港市役所、日野町役場、江府町役場、賀祥ダム管理事務所の方々に深甚の謝意を表します。このような災害調査には人的な繋がりが大きくその成否に関与することを改めて痛感した次第である。

最後に、被害が予想より少なかったとはいえ、約100棟の全壊家屋、約130人の負傷者等々被災された方々に対し、心からお見舞い申し上げるとともに、一刻も早い復興がなされますことをお祈り申し上げます。

参考文献

- 1) 気象庁：平成12年10月地震・火山月報（防災編）、2000
- 2) 防災科学技術研究所：
<http://argent.geo.bosai.go.jp/freesia/event/tdmt/20001006042900/update2/index-j.html>
- 3) 国土地理院：
<http://www.gsi-mc.go.jp/WNEW/PRESS-RELEASE/2000/1007-2.htm>
- 4) 亀井浅道：消防研究所報告、55、47-53（1983）
- 5) Irikura, K. :Proc.7th Japan Erthq. Eng. Symp., pp. 151-156（1986）
- 6) 関口春子、岩田知孝：
<http://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/iwata/ttr.source.html>
- 7) 東大地震研：第140回地震予知連絡会資料（2000）
- 8) 武村雅之：地震,2,43,257-265（1990）
- 9) 松田時彦：地震,2,28,269-284（1975）
- 10) 武村雅之：地震,2,51,211-228（1998）

*1) モーメントマグニチュードMw

放出される全エネルギーをできるだけ正確に表現するために、長周期地震波の解析から求められる地震の震源域の面積と地震断層の変位に比例する物理量である地震モーメントに基づいて提案された地震の規模をあらわす1つの指標。Mjなどに見られる頭打ちはなくなる。

$$Mw = (\log Mo - 9.1) / 1.5$$

Mo : 地震モーメント (N・m)

地震モーメントは、震源断層の面積、平均変位量及び地震の起こった場所の剛性率から、次式で表される。

$$Mo = \mu \times D \times S$$

S : 震源断層面積

D : 平均変位量

μ : 剛性率

伊豆諸島における地震・火山災害調査報告

座間信作、山田 實、畑山 健、新井場公德、遠藤 真、東京電力(株) 田中 純一

1. はじめに

平成12年6月26日18時過ぎから三宅島雄山直下約3km付近で始まった地震活動は、翌日には三宅島西方海域に移動し、活発な状態のまま徐々に北西に移動し、7月1日にはマグニチュード(M)6.4の地震が発生した。

その後、一時静穏化していた三宅島の地震活動は再び活発となり、7月8日には雄山山頂火口で噴火。三宅島付近から新島・神津島付近にかけての地震活動はより活発となり、8月には、18日のM6.0の地震(最大震度6弱)をはじめとしてM5.0以上の地震が合計5回発生した。また、この18日には噴煙が1万mの上空まで達するほどの最大の噴火が起こった。この時大量の降灰や噴石があり、三宅島では泥石流などの被害も出始めた。

新島・神津島・三宅島では地震動としても震度6弱を含む震度5弱以上を26回も観測していた。このような状況の中で、それぞれの島内に電力を供給する発電所((株)東京電力)および燃料補給のための油槽所((株)テプスター)において、地震動が石油タンクに及ぼす影響を調査するとともに、今後の地震活動による強震動特性を評価するために、石油タンク直近での地震動観測を行った。加えて、地震に伴う斜面災害が多発していることから、その特徴を把握するための調査及び三宅島・雄山の噴火による影響についての調査を、平成12年8月20日~24日にかけて実施したのでその概要を報告する。

2. 石油タンクの現状調査

2.1 調査の目的

国内における屋外タンク貯蔵所、いわゆる石油タンクと呼ばれるものは、約83,000基¹⁾設置されている。そのうち、容量が1,000kl以上の特定屋外タンクは、約9,400基であり、石油タンクのほとんどが1,000kl未満の比較的容量の少ないもの(特定屋外タンク)である。

これまでの地震による石油タンクの被害の多くは、特定屋外タンクに発生していた。被害が発生する度に、その調査や対策が講じられてきた結果、国内の特定屋

外タンクの安全対策はかなりの水準にあるものといえる。このことは、阪神・淡路大震災においても新基準に従って建造された特定屋外タンクに関しては、被害はほとんど発生しなかった²⁾ことから理解される。

しかし、阪神・淡路大震災において、容量が1,000kl未満の特定屋外タンクでは、基礎・地盤の液状化による損傷とこれに伴うタンク本体の沈下及び側板の座屈変形が、過去の地震被害には見られないほど、数多く発生した²⁾。

このように、特定屋外タンクの地震動による挙動を観察しておくことは、国内に数多く設置されているこれらのタンクの安全性評価に大いなる知見を与えるものと思われる。

以上のような観点から、神津島、新島、三宅島における東京電力内火力発電所及びその関連会社の管理する屋外タンクについて、地震動の影響調査を行うこととした。

2.2 調査した石油タンクの状況

調査当日までに、震度5及び6の地震動を数回受けていると聞いていたので、石油タンク底部の一部に浮き上がりや配管のずれが発生していると予想された。しかし、図1に示すようにアンカーボルトがないにもかかわらず石油タンク底部あるいは配管などに強震動を受けた痕跡がまったく見られなかった。そこで、これらの石油タンクの諸元から次に示すような固有周期の計算を行ってみた。

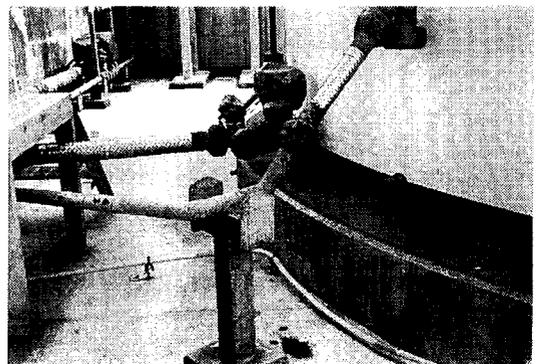


図1 石油タンクの底部と配管の状況

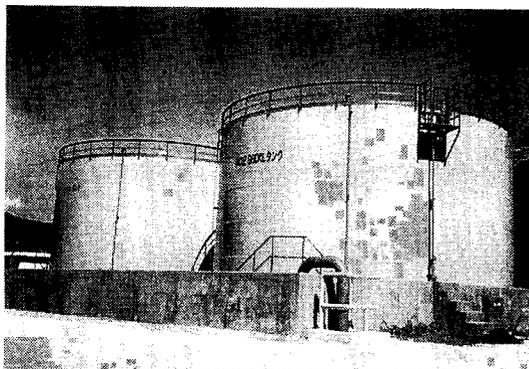


図2 (a) (株)テプスター新島油槽所内の石油タンク
容量：960kl (2基)、直径：13.5m、高さ：7.3m

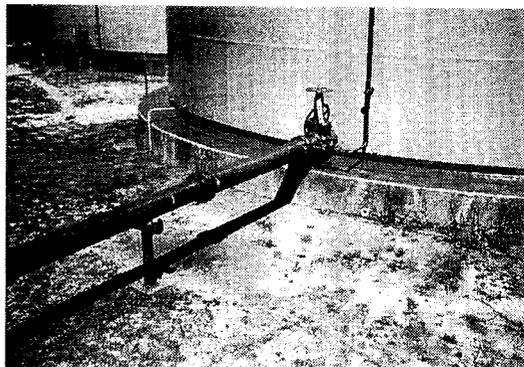


図2 (b) 石油タンクの底部と配管の状況

2.3 石油タンクの諸元と固有周期

調査した石油タンクの諸元と固有周期を表1に示す。調査した中で最大容量のタンクは、図2に示す(株)テプスター三宅油槽所の960klであった。全体として、HL/Dが1以下であり、表2に示すタンクに比べて背の低いタンクがほとんどである。また、側板の板厚も比較的厚めに設定されていた。その結果、加速度型地震動に対するタンクの固有周期 T_b は、ほとんどが10Hz以上と高い値になる。このことが、タンクの動的挙動に大きく関与しているものと考えられる。

2.4 座屈強度

阪神・淡路大震災では、特定外屋外タンクに座屈変形が生じている。幸いにも内容物の大量漏洩にはいたらなかったが、過去の事例を見ると、座屈変形が生じたタンクでは、側板と底板の溶接部に破口が発生している³⁾。

そこで、今回調査したタンクの座屈強度を検討した。側板に発生する圧縮応力の計算結果例を表3に示す。この計算は、特定屋外タンクに適用する耐震設計法を用いたものである。阪神・淡路大震災で座屈したタンク(TK103)⁴⁾と比較すると、ほぼ容量が同じであっても、HL/Dが小さいため、地震時の転倒モーメントが小さくなり、板厚が同じ場合、側板に発生する圧縮応力も小さくなる。また、2段目の板厚に急激な変化がないこともあげられる(TK103では、第1段目が9mmから6mmへと板厚が2/3と減少している)。すなわち、今回調査したタンクは、阪神・淡路大震災で数多く見られた座屈損傷に対しては安全性が高いといえる。

2.5 配管

図1の消火配管などのように、防油堤内の配管に支持部が堅固に固定されているものがある。配管支持が地割れ等により変位した場合、支持部が堅固に

表1 神津島、新島、三宅島における石油タンクの諸元と固有周期

項目	神津島		新島			三宅島		
	東電	東電	東電	東電	テプスター	東電	東電	テプスター
容量 V (kl)	200	80(3基)	100(2基)	300	960(2基)	300	192	860(2基)
直径 D (mm)	7100	4800	5810	7740	13560	7500	6550	13560
高さ H (mm)	5450	4800	4100	7100	7300	7500	6550	7300
側板板厚 t_s (mm)	6	6	6	6	6	6	8	8
底板板厚 t_b (mm)	9	6	6	9	9	8	8	9
液面高さ HL (m)	5076	4421	3772	6376	6572	6791	5703	5977
H/D	0.768	1.000	0.706	0.917	0.538	1.000	1.000	0.538
HL/D	0.715	0.921	0.649	0.824	0.485	0.905	0.871	0.441
加速度型								
T_b (s)	0.060	0.040	0.044	0.079	0.111	0.084	0.055	0.102
1/ T_b (Hz)	16.761	22.784	24.864	12.637	9.033	11.901	18.057	9.845

表 2 阪神・淡路大震災における石油タンクの諸元と固有周期

	TM73	TK404	TM59	TK302	TK103	TM5
容量 V (kl)	100	300	500	600	990	995
直径 D (mm)	4842	5800	7750	8710	9670	10656
高さ H (mm)	6105	12180	11400	12180	15225	12145
側板板厚 ts (mm)	4.5	9	6	6	9	6
底板板厚 tb (mm)	6	9	6	9	9	6
液面高さ HL (m)	5380	10980	10590	9930	13350	9330
H/D	1.261	2.100	1.471	1.398	1.574	1.140
HL/D	1.111	1.893	1.366	1.140	1.381	0.876
加速度型						
Tb (s)	0.067	0.185	0.185	0.169	0.214	0.150
1/Tb (Hz)	14.842	5.410	5.410	5.934	4.673	6.680

表 3 側板に生じる圧縮応力の比較（単位：kgf/mm²）

	新島		TK103(表2 参照)	
	960kl	許容値	990kl	許容値
第1段目	0.808	2.06	2.59	5.21
第2段目	0.511	2.06	3.00	3.47
第3段目	0.413	1.45	2.27	3.47
第4段目	0.196	1.45	2.18	2.61
第5段目	0.083	1.45	1.47	2.61

固定されていると、配管のフレキシビリティが損なわれてしまい、配管が局部的に変形する恐れがある。特に、タンク容量が小さい場合、防油堤内の配管長さが短いため、その影響がより顕著となることがあり、注意を必要とする。

また、図3に示すように配管がコンクリートリングに接していると、タンク本体が沈下した場合、配管に大きな曲げ応力が発生し、継ぎ手部あるいはバルブ等

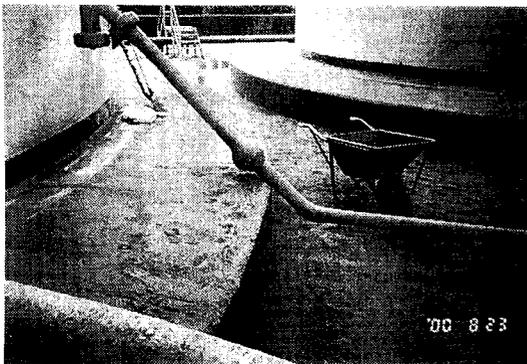


図 3 タンクヤード内に積もった火山灰の状況

が破壊される可能性がある。この点にも、注意する必要がある。

2.6 腐食防食対策

塩害防止対策として、タンク本体及びバルブを含む配管全体にFRP塗装が施されている。また、底板張り出し部と基礎との間の雨水進入防止剤が、法面全体に施工されており、十分な腐食対策が行われていた。内部開放検査も自主的に実施されており、底板板厚も特定タンク並に管理されているとのことである。

3. 石油タンクサイトにおける強震観測

3.1 観測の目的

新島・神津島では、2000年6月から9月までの間、震度5弱以上の揺れが28回観測され、そのうち5回は震度6弱の揺れであった。一方、三宅島では、震度6弱の揺れが1回、震度5弱の揺れが2回、いずれも7月30日に観測されている他、震度4の揺れも6回発生している。このように強震動が頻発した場合に、石油タンクがどのような影響を被るかを明らかにすることは、石油タンクの健全性評価にとって極めて有用である。以上の見地から、新島、神津島、三宅島において屋外重油タンクを設置している東京電力発電所とその関連会社の油槽所に強震観測点を臨時に設置し、地震動が石油タンクに及ぼす影響の評価に資するためのデータを収集することとした。

3.2 観測点設置状況

表4に臨時強震観測点諸元を、図4の地図には、設置した強震観測点を▲印で示す。神津島の設置点は、

表4 消防研究所臨時強震観測点設置諸元

観測点名	観測点コード	地震計番号	緯度	経度	標高	センサーの方位			地震計設置日	地震計撤収日	微動観測倍率	地名	備考
						Ch1	Ch2	Ch3					
神津島民宿幸楽	KRK	1	34°12.295′	139°8.268′	20~40m	U	N080E	N170E	8.20.00	8.21.00	5000	神津島村中心部	
東京電力高津島内燃力発電所	KPP	1	34°12.496′	139°8.193′	20m	U	N335E	N065E	8.21.00		5000	神津島村中心部	
東京電力新島内燃力発電所	NPP	3	34°22.190′	139°15.304′	20m未満	U	N000E	N090E	8.21.00		2000	新島村中心部	微動観
テプスター新島油槽所	NTP	5	34°21.981′	139°15.157′	13m	U	N000E	N090E	8.23.00		100	新島村中心部	測失敗
東京電力三宅島内燃力発電所	MPP	7	34°6.900′	139°30.984′	20m未満	U	N000E	N090E	8.23.00		2000	三宅村久保地区	
テプスター三宅島油槽所	MTP	9	34°3.859′	139°29.108′	20m未満	U	N000E	N090E	8.23.00		2000	三宅村阿古地区	

東京電力神津島内燃力発電所（KPP）、新島の設置点は、東京電力新島内燃力発電所（NPP）と（株）テプスター新島油槽所（NTP）の2カ所、三宅島の設置点は、東京電力三宅島内燃力発電所（MPP）と（株）テプスター三宅島油槽所（MTP）の2カ所である。KPPには4基の屋外地上タンク（最大のタンクの容量200kl）、NPPには3基の屋外地上タンク（最大のタンクの容量300kl）、NTPには容量960klの準特定屋外タンクが2基設置されている。また、MPPには、容量300klと200klの屋外地上タンクが1基ずつ、MTPには容量860klの準特定屋外タンクが2基設置されている。地震計は、これらのタンクになるべく近い建屋の1階床面に設置した。センサーには3成分の加速度計を用い、その出力は24ビットのデジタルレコーダーにより記録される。

各観測点では、地震待機状態に入る前に、観測点でのノイズレベルを計測するために、常時微動の観測を6分間程度行った。常時微動は、上下動の振幅スペクトルに対する水平動の振幅スペクトルの比をとることにより、増幅率の卓越周波数の評価に使える場合があ

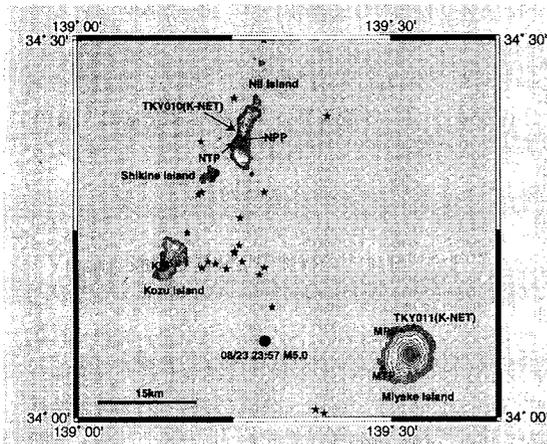


図4 観測点の位置（▲印）と三宅島の観測点で記録を得た地震の震央（●印）。★印は最大震度5弱以上を記録した地震の震央。

ることが知られている。常時微動の観測はそのためのものでもある。

3.3 観測記録例（三宅島滞在中に発生した地震）

三宅島に滞在中、8月23日23:57頃、新島・神津島近海でM5.0の地震が発生し、震度4の揺れを経験した。この時点ですでに、予定箇所2カ所に地震計を設置してあったため、三宅島でのこの地震の記録が得られた。図4に震央を●印で示す。図5に三宅島のK-NET観測点TKY011（図4参照）、MPP、MTPでの加

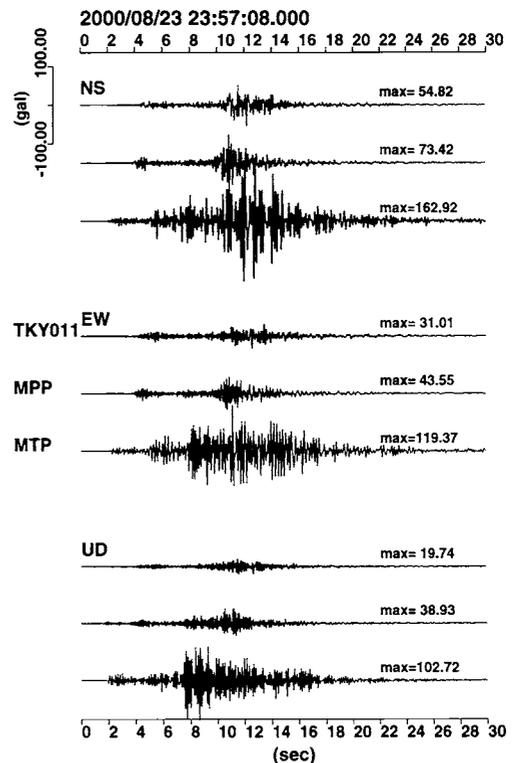


図5 8月23日23時57分頃、新島・神津島近海で発生した地震（M5.0）の三宅島における加速度記録。

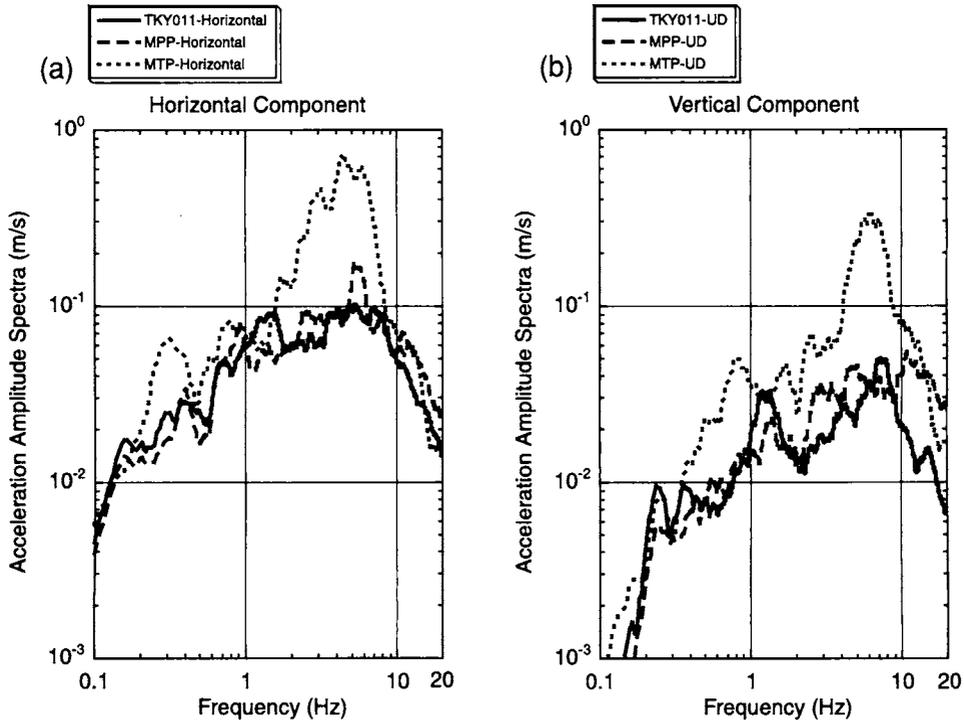


図6 8月23日23時57分頃、新島・神津島近海で発生した地震（M5.0）の三宅島における加速度記録のフーリエ振幅スペクトル。(a) 水平成分。(b) 上下成分。

速度波形を示す。最大加速度値は、TKY011の南北成分で55 (cm/s/s)、MPPの南北成分で73 (cm/s/s)、MTPの南北成分で162 (cm/s/s)である。波形全体としてみると、TKY011とMPPは同程度の振幅であるのに対し、MTPでの振幅は、これら2地点に比べて大きい。計測震度を計算してみると、TKY011で3.18、MPPで3.34、MTPで4.42となり、MTPでの計測震度は、TKY011とMPPでのそれよりも1程度大きくなる。

これらの記録を周波数領域で比較することにする。図6は、3つの観測点での加速度波形のフーリエ振幅スペクトルである。TKY011とMPPのスペクトルを比較すると、水平成分、上下成分ともに、1 Hzより低周波数側では、振幅レベルにさほど大きな違いはない。2 Hzより高周波数側では、MPPのほうがTKY011より大きい傾向にある。MTPのスペクトルは、水平成分については0.5～1.6 Hzを除く周波数で、上下成分については1.2～1.4 Hzを除く周波数で、他の2点を大きく上回っている。スペクトルの形状については、MTPのスペクトルは、2～8 Hzの周波数帯域で山なりになっており、そのピークは4～6 Hz付近に位置する。一方、他の2点のスペクトル形状は、MTPに比べ

ば平坦である。図4が示すように、TKY011、MPP、MTPの震源距離には大差はないことから、この振幅の差は距離減衰の違いによるものではない。地震計の設置場所は、MTPは厚さ1 m程度ないしそれ未満の盛り土上であるのに対し、MPPはそうではないことから、2つの観測点での地震動の違いの原因の第一候補として、地盤による増幅特性の違いが挙げられる。

2章の結果によれば、MPPとMTPに設置されている石油タンクの固有周波数は10～20 Hzの周波数帯域に存在する。この帯域でのスペクトル振幅は、MPPの上下成分を除いて、それぞれのスペクトルのピーク値よりもかなり小さいことを指摘しておく。

3.4 石油タンクはどの程度の地震動を経験したか？

石油タンクの現状調査結果は、各島の石油タンクは全く損傷していないし、ずれ動いた形跡も認められないというものであった。タンク被害と地震動の関係を明らかにする上で、タンクが被害を被った場合の地震動を知ることの重要性は言うまでもない。一方、今回のように被害がない場合であっても、「タンクはどのように地震動を耐え抜いてきたか？」を明らかにすることは同じくらい重要である。ここでは、定常的に観

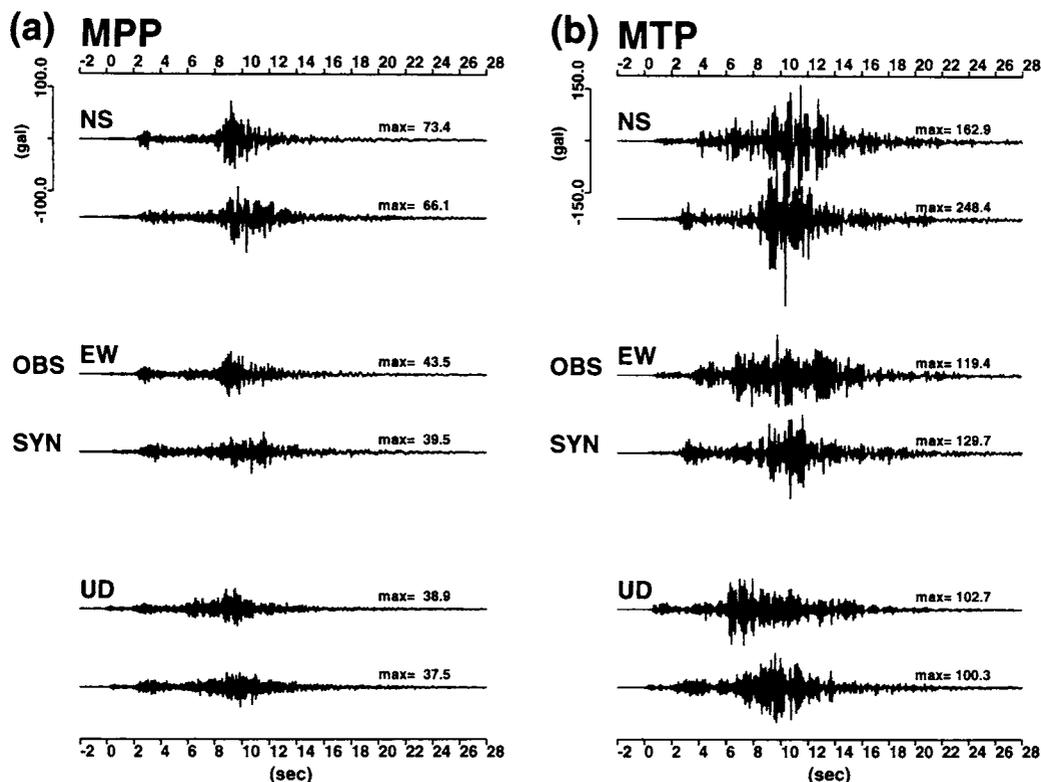


図7 タンクサイトにおける実記録と計測震度推定の際に作った疑似合成記録の加速度波形による比較。OBSは実記録で、SYNが疑似合成記録。(a) MPP。(b) MTP。

測を行っているK-NET観測点の記録を用いて、臨時観測点設置前に石油タンクが経験した地震動の震度の推定を試みる。

3.4.1 方法と妥当性

① 8月23日23:57頃の地震により三宅島で得られた記録全体を用いて、K-NET観測点に対するタンクサイト観測点のスペクトル比を、水平成分（水平2成分のスペクトルのRMS振幅）と上下成分について別々に計算し、K-NET観測点が基準となるような距離減衰の影響補正を行うために、

$$R_T/R_K \quad (1)$$

を乗じる。ここに、 R_T と R_K はそれぞれタンクサイト観測点とK-NET観測点の震源距離である。

② 計測震度を推定する地震の三宅島K-NET観測点の記録に、①で求めたスペクトル比の振幅部分のみをコンボリューションすることにより、タンクサイトでの疑似合成記録を作る。コンボリューションの際、距離減衰の影響を補正するために、

$$r_K/r_T \quad (2)$$

を乗じる。ここに、 r_T と r_K はそれぞれ、計測震度を推

定する地震のタンクサイト観測点とK-NET観測点の震源距離である。

③ 疑似合成記録の計測震度を計算する。

②の操作を、8月23日の地震の三宅島K-NET観測点の記録に対して行い、実記録との比較を行った。図7は、②により作ったタンクサイトでの疑似合成記録と実記録を加速度波形で比較したものである。位相を無視したせいで、エンベロープの形が変わってしまっているが、振幅レベルは大きく変わらない。この疑似合成波形から、計測震度を計算してみると、MPPでは3.27（実記録3.34）、MTPでは4.43（実記録4.42）となって、実記録から計算した計測震度と非常によく一致する。

3.4.2 適用

3.4.1の②の操作を、地震計を設置する以前に三宅島で震度5以上を記録した3つの地震に対して適用し、その時のタンクサイトでの計測震度を推定した。表5に結果を示す。MPPの計測震度は、三宅島のK-NET観測点と同程度であるが、MTPのそれは、三宅島のK-NET観測点とMPPよりも1程度大きいという結果になった。

表5 タンクサイトの計測震度の推定結果

月日年	時間	K-NET観測点 (TKY00)の計測震度	MPPの 推定計測震度	MTPの 推定計測震度
07.30.00	9:18	4.33	4.52	5.87
07.30.00	21:25	4.49	4.54	5.91
07.30.00	21:48	3.73	3.91	5.20

3.5 常時微動の検討

常時微動を用いて地盤の地震動増幅特性を評価する方法の一つに中村の方法というのがある。この方法は、常時微動の上下動に対する水平動の振幅スペクトル比(H/V)は、その地盤の増幅スペクトル(振幅)と見なすことができるという仮説に依拠している。もし、この手法が有効であるならば、1地点での常時微動観測のみで、地盤の増幅特性を知ることができるため、工学的魅力が十分ある。ここでは、中村の方法が、三宅島のタンクサイト地盤で利用可能かどうかを調べるため、H/Vと地震動のスペクトル比の比較を行った。比較したのは、以下の(1)と(2)である。

(1)8月23日23:57頃の地震波形記録全体から水平成分と上下成分それぞれについて計算した、MPPに対するMTPの振幅スペクトル比

(2)MPPでのH/Vに対するMTPでのH/Vの比。

もし、中村の方法が依拠している仮説が正しければ、(1)と(2)は一致するはずである。

図8に比較結果を示す。(2)(実線)は、地震記録の水平成分のスペクトル比(破線)の0.3Hzと4.5Hz付近に見られる2つのピークの位置をほぼ言い当てているが、振幅までは当たっていない。地震記録の上下成分のスペクトル比(点線)は、(1)と全く異なることがわかる。

4. 神津島・新島における斜面災害について

4.1 調査の目的

地震時の斜面崩壊は日本における地震災害の中で大きな比重をしめ、特に伊豆諸島のような火山体は地震による崩壊が発生しやすい。本章では、神津島・新島における崩壊現場の調査、簡易測量、航空写真判読によって、地震時及びその後の降雨によって発生した崩壊の特徴について検討した。なお、簡易測量にあたってはノンプリズム式の測量機(Laser Technology社製 Criterion300)を一脚上に取り付けたものを手で支持して用いた。

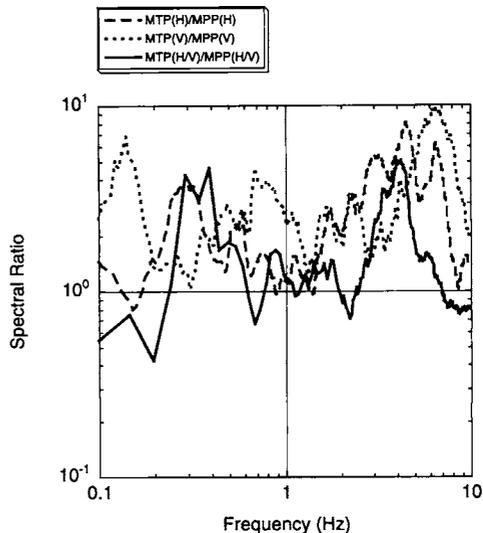


図8 MPPに対するMTPの地震動のスペクトル比とMPPでのH/Vに対するMTPでのH/Vの比の比較。波線は地震動の水平成分、点線は地震動の上下成分。実線はH/Vどうしの比。

4.2 災害の概要

神津島・新島の主要部分は溶岩、火砕堆積物からなる。溶岩は大きな所では比高300mを越す急崖を形成している。火砕堆積物は溶岩の急崖上に緩傾斜面を形成する地形が多い。急崖直下には崖錐と見られる緩斜面が形成されている地域もある。植生はマツ林及び広葉樹林が火砕堆積物の緩斜面と崖錐に成立している。

地震に関しては、詳細は地震の項に詳しいが、7月1日に神津島で震度6弱、7月15日に新島で震度6弱の地震を観測した。降雨状況については、7月1日以前では、6月11~14日に207mm、17~18日に69mmの降雨(いずれも新島;神津島は7月7日より観測開始)が主なものである。7月1日以降では、神津島では7月7~8日に連続雨量285mmという多量の降雨があった(このときの新島の降雨量はデータが得られず不明)。その後、調査時点(8月20~22日)までの主な降雨としては、7月26日の65mm(新島)がある程度である。

今回一連の災害で発生した斜面崩壊は、調査した範囲では、地震時に発生した岩盤崩落、凸~平型の火砕堆積物斜面における表層崩壊、地震後の降雨による凹型斜面における崩壊が主なものであった。火山体の崩壊に分類されるような大規模なものは見られなかった。

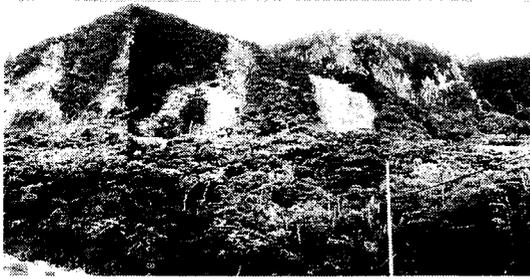


図9 新島東北部の岩盤崩落

4.3 調査結果

4.3.1 岩盤崩落

神津島・新島は溶岩で構成される急崖が多く存在し、これらで岩盤崩落が多発した。図9は、新島北東部の比高300m近い急斜面の様子である（但し写真中の崩壊の全てが今回発生した訳ではない）。崩落した岩石は斜面下部を通る都道に堆積し、都道を遮断した。他にルートは無いため仕方がない面があるが、道路が建設されている崖錐の緩斜面は過去の崩壊の結果存在しているものであり、被害が生じやすい条件であったことは確かである。なおこの斜面では崖錐中にも海側への移動があったようである。都道と地盤の間に隙間が出来ていて、崖錐の海側への移動を示唆していた。

4.3.2 表層崩壊

図10は新島の集落北縁に発生した2つの崩壊の斜め航空写真である。向かって右のものは岩盤崩壊の形態を示し、左のものは表層崩壊の形態を示している。これは尾根線の先端で発生している。図11に簡易測量による表層崩壊の縦断形状を示す。比高120m近い急崖で、崩壊源から流走部までの平均傾斜は約55°、堆積域の平均傾斜は約30°である。

表層崩壊はその他、新島島内で数多く発生していた。これらは火砕堆積物の凸～平型斜面で発生したものが多かった。崩壊面の断面形状は直線的で、崩土はほとんどが斜面直下に止まっていた。新島における震度6弱の地震（7月15日）は、多量の降雨から約1週間後に発生しているが、斜面内の地下水は崩土を流動化させるほどには残っていなかった様である。航空写真によれば神津島においても表層崩壊が多数発生したが、先行する降雨量が少なかったためか新島に比較して少なく、後述の地震後の降雨によるものが目立った。

4.3.3 道路法面の崩壊

神津島では今回の地震によって1名の方が亡くなったが、その方は道路法面の崩壊によって被災した。幅

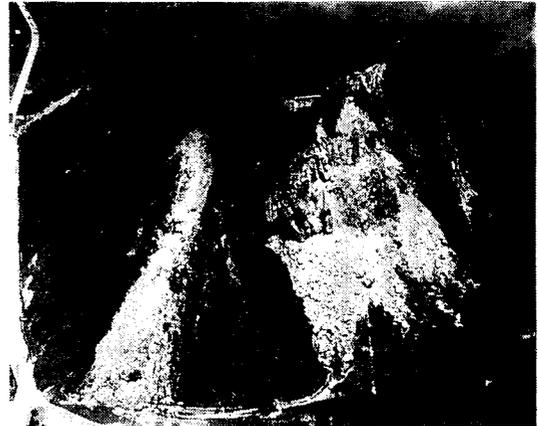


図10 新島集落北縁の崩壊（アジア航測撮影）

員の狭い道路のカーブ部分の法面が小規模に崩壊し、たまたま通行中の車が巻き込まれた。構造物は詳しく見ていないが、海沿いの小屋で一部に円礫が見られたことから、海成堆積物であった可能性がある。道路法面の崩壊は小規模なものが多いが地震によって数多く発生し、その後の交通の障害となる。

4.3.4 地震後の降雨により拡大した崩壊

図12は神津島の集落北縁にある物忌奈命（ものいみなのみこと）神社裏山の崩壊である。調査時点（8月21日）では、平面的な斜面が傾斜変換点から幅広く崩落していた。基岩は火砕堆積物で、崩落したのはその風化層と表土と見られる。震度6弱の地震の3日後の

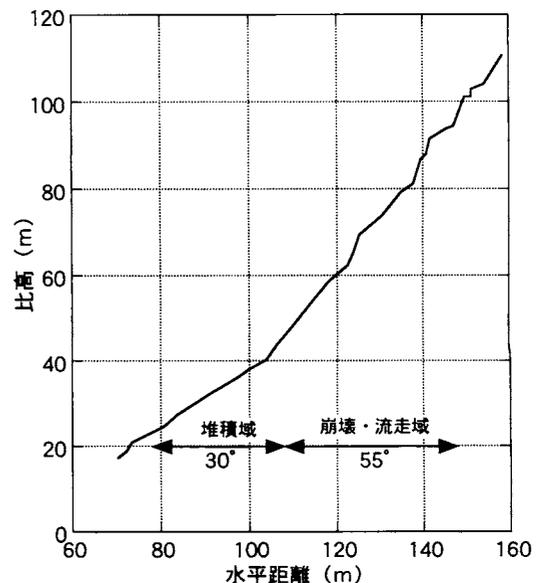


図11 新島集落北縁の表層崩壊の断面図



図12 神津島物忌奈命神社裏山の崩壊

7月4日に撮影した神社周辺の航空写真と、降雨後の7月9日に撮影されたものを図13に示す。4日段階では地震によって発生した崩壊は中央部が主で、その両脇には小さなものが発生してはいるが、斜面上にとどまっている。9日の写真ではその後の降雨によって崩壊が拡大している。中央部分の崩土は直下にあった社殿を破壊した。左側部分の崩土は崩壊面直下から流出し社務所を破壊した。

簡易測量による崩壊断面を図14に示す。地震時に発生した中央部分は直線的な崩壊面形状をしているのに対して、左側部分は、上部は直線的、下部はややえぐ

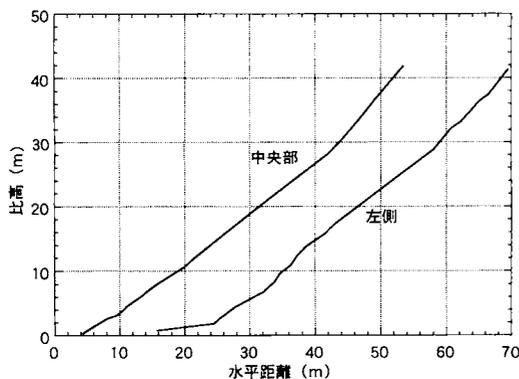


図14 物忌奈命神社裏山の崩壊の断面図



図15 神津島集落東縁の崩壊

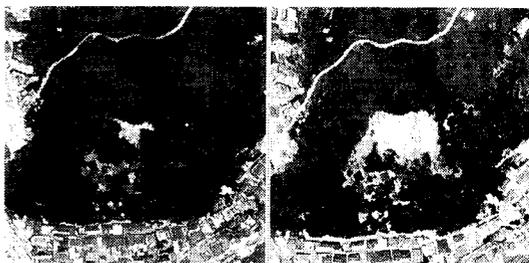


図13 物忌奈命神社付近の航空写真（左：7月4日、右：7月9日；アジア航測撮影）

れた形をしている。上部は地震時に崩壊した部分、下部は降雨によって円弧すべりの崩壊した部分と考えられる。地震時の上部の崩壊によって荷重を受けていた斜面下部が降雨により円弧すべりを生じ、斜面内に残っていた崩土も含めて流出したものと考えられる、この他神津島では、7月4日と9日の航空写真を比較すると、この間に多くの崩壊（主に凹型斜面における表層崩壊）が発生している。

4.3.5 地震後の降雨により発生した崩壊

図15は神津島の集落東縁で発生した崩壊である。火砕堆積物からなる凹型斜面が崩壊し、崩落土砂が民家に流入した。図16に縦断面を示す。崩壊頭部から脚部までの平均傾斜は約35°である。崩壊面の形状は円弧的な形態を示し、地震時の崩壊の直線的な形状とは異なる特徴を示す。図17に7月4日と9日の崩壊地付近の航空写真を示す。4日には航空写真に現れるような規模の変状は見られていない。地元の方は、斜面が緩んでいた、と話しており、地上では何らかの変状が見られていた可能性はある。崩土は崩壊面から流出し、斜面下部の民家を破壊した。

4.4 まとめと今後の研究課題

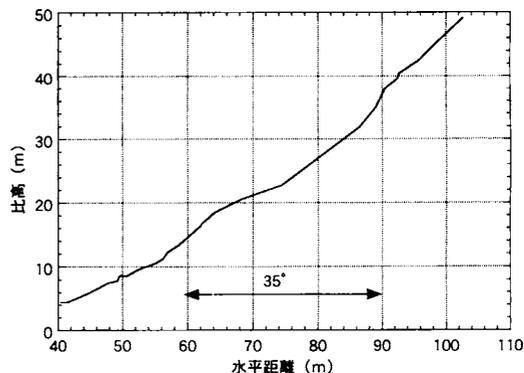


図16 神津島集落東縁の崩壊の断面図

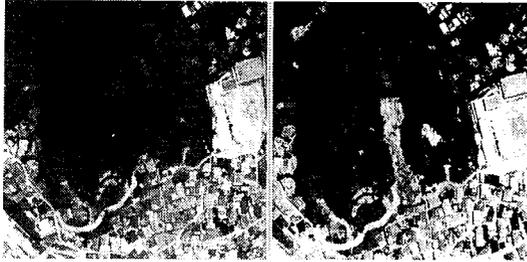


図17 神津島集落東縁の航空写真（左：7月4日、右：7月9日；アジア航測撮影）

火山体は一般に地震によって崩壊を起こしやすいとされ、今回の地震による斜面崩壊の頻発は典型的な例と言える。発生した崩壊は、平～凸型斜面における表層の剥離や岩盤の崩落など、地震による崩壊の特徴と言われるものを良く示していた。一方、先駆雨量が小さかったためか、これらの崩壊の崩土の流走距離は大きなものではなかった。

地震後の降雨による崩壊が神津島で数多く発生していた。これらは円弧的な断面形状であるものが多く、地震時の崩壊の多くが直線的な形状であることと対照的であった。これは、後者では地震力が土塊に比較的均質に作用するために構造的弱面（節理系や表土／風化岩境界など）がすべり面の形状を強く規定するのに対して、前者では不均質な斜面内の応力場（土の自重と地下水圧）からすべり面の形状が決定される要因が大きいためと言える。これらの崩壊の崩土は流走距離が比較的大きかった。

地震時の崩壊を予測するためには、弱面の方位・傾斜と作用する地震動の評価が必要である。露出した岩盤斜面であれば節理系によって、表層崩壊であれば表土の平均的な厚さによって第一次近似としての記述が可能であろう。これらを基に斜面傾斜及び地震力を加味して地震時崩壊の発生量の統計的予測を行うことが今後の研究課題であると考えられる。なお、発生した場合に災害規模への寄与度の高い山体崩壊については、現在のところ予測するだけの知見が乏しく、基礎的な研究の進展が望まれる。

定性的表現として「地震で地盤が緩んでおり降雨によって崩壊が起こりやすい」というものがある。神津島で見られたものはその典型といえる。一方で崩落を免れた亀裂も多い。「どれだけの降雨」に対して、「どのような亀裂」を、「いつまで」警戒すればよいのか、防災上重要な点であり、今後の研究課題である。

5. 三宅島雄山の噴火による被害状況

5.1 これまでの火山活動と被害

三宅島では2000年6月26日18時30分頃から、同島雄山の火山活動に関連した地震活動が活発になり、7月8日18時43分に最初の山頂噴火が確認された。活発な火山活動は、現在もお継続中である。表5は、三宅島雄山の火山活動についてのこれまでの経過を大まかにまとめたものである。また、表6の8月24日22時05分付けの火山噴火予知連絡会会見資料には、噴煙高度や降灰・噴石の状況がまとめられている。これまでの最大規模の噴火は、8月18日17時02分頃からのもので、島の東側と西側の海岸に近い一部の地域では、5 cm程度の噴石が確認されている。それに次ぐ規模の噴火は、8月29日4時35分頃からのものである。この時、島北東部では、温度30度程度と低温ではあるが、弱い火砕流が海岸まで達した。この観測事実により、火山噴火予知連絡会は、8月31日21:45の会見で、「火砕流に警戒必要」とのコメントを発表した。これを受けて、9月1日、三宅村は全島島外避難を決定し、住民は今なお避難生活を余儀なくされている。これは、火山活動に伴って噴出し続けている有毒ガスの影響が懸念されているためである。

5.2 巡検結果

8月23日午後、三宅島を海岸沿いに一周する都道に沿って巡検した。以下ではその結果を報告する。三宅島北東部では、7月26日朝に大雨による泥流が発生した。図18は、島北東部の海岸に位置する三七山（昭和37年の噴火によりできた山）の北側の赤場暁（あかばつきょう）地区における写真をまとめたものである。(a)から(c)は泥流に埋まってしまった作業所である。その近くの神社では、鳥居が半分以上埋まっており[(d)]、泥流の量が多かったことをうかがわせる。作業所の人の話では、泥流は、神社の背後にある谷地形づたいと都道づたい（点線矢印）の2方向から流れてきたそうである[(e), (f), (g)]。また、泥流が流れ込むことを避けるために積んでおいた土嚢は、泥流の中では浮いてしまったそうである。

表6にあるように、8月18日17時02分頃、雄山山頂でこれまで最大規模の噴火が発生した。この時、三宅島では殆ど無風状態であったため、上空に上がった火山灰がそのまま島全域にわたって降ったそうである。図19は、都道沿いの各所で撮影した写真をまとめたものである。島一面灰色一色と言っても過言でない様子がよくわかる。(a)と(b)は東京電力三宅島内燃力

表5 三宅島雄山の噴火活動と被害の概況

日付	時間	出来事	備考
6月26日	18:30頃	地震が増加し始める。	
	19:33	臨時火山情報第1号。	
6月27日	朝	三宅島西海岸の西方約1km沖で海面に変色水確認。	
6月28日	17:20	「島の東部及び山頂付近での噴火の可能性はない」予知連コメント。	
7月8日	18:41～	雄山山頂噴火。 島の東部に降灰。	噴煙は10分程度で見えなくなった。
7月14日	04:14～	雄山山頂、断続的に噴火。 島の北東部に降灰。	
	15:50～ 16:50 18時頃～	雄山山頂噴火。 北東部に降灰、火口周辺に噴石放出。	
7月26日	08:00	とんび沢泥流発生。	
	08:15	三七山泥流発生。	
8月10日	06:30～	雄山山頂噴火。 北東部から東部に降灰。	活発な噴火は7時頃から10時頃まで続く。13時過ぎに低下。
8月18日	17:02～	雄山山頂噴火。 ほぼ全島に降灰、西側山麓で厚さ10cm、その他の山麓では数cmから数mm、島の東側と西側の一部では5cm程度の噴石。西側中腹では、直径50cm～1m程度の噴石が広く落下。	これまでで最大規模、噴火に伴う微動、空振は18:30頃には振幅小さくなる。
8月29日	04:35～	雄山山頂噴火。 三宅島測候所で2～3cmの降灰。 北東側と南西側に向かって弱い火砕流発生、それぞれ5km、3km流れ、北東側のものは海まで達する。その麓での温度は30度程度、速度は時速10km程度。	空振05:30頃まで大きな状態。 8月18日に次ぐ規模。
8月31日	21:45	「火砕流に警戒必要」予知連コメント。	
9月1日		三宅村全島島外避難を決定	
9月9日		泥流発生 ・島の東部三七山公園南側都道 ・島の南部大路池から新澤池に至る都道の3箇所	

発電所付近が、一面火山灰に覆われている様子である。(c)は昭和15年の噴火によりできた「ひょうたん山」である。この山は、元々赤みがかった色をしており、観光名所であったそうであるが、降灰により灰色一色となった。当然のことながら、道路上にも灰が降り積もっている状態で、車が通ると火山灰がもうもうと巻き上がっていた [(d), (e)]。巡検した8月23日は、最大規模の噴火から1週間も経っておらず、島内各所では、住民、自衛隊員等による火山灰除去作業が行われていた [(f)]。(g)と(h)は、前回昭和58年の雄山山腹噴火で流れ出した溶岩流によって一部が埋まった阿古

地区である。溶岩が固まったあとの元々の色は黒色であったそうであるが、今では一面灰色である。島内では、若干ではあるが硫黄のような臭いが漂っていた。また、民家では火山灰が入ってくるため、窓が開けられないということである。滞在した8月23日は、午後から夜半にかけて特に地震活動が活発だったらしく、S-P時間が極めて短い震度1～2の地震動をひっきりなしに感じた。

6. その後の状況など一おわりにかえて一

8月24日早朝も若干の噴煙を上げていた三宅島で

表6 三宅島2000年・主な山頂噴火（気象庁による）

	7月8日	7月14日		8月10日	8月18日	
噴火時刻 状況	18:41～ 噴煙は10分程度で見えなくなった	04:14～ 断続的に噴火		15:50～16:50にかけ噴火。18時頃から再び噴火。	06:30～ 活発な噴火は07時頃から10時頃まで続く。13時過ぎに低下。	17:02～ 噴火に伴う微動、空振は18時30分頃には振幅小さくなる。
噴煙最高高度(※1)	800m	1500m		1500m	3000m(以上?)	8000m以上
降灰・噴石の状況	東部に降灰	北東部に降灰		北東部に降灰 火口周辺に噴石放出	北東部から東部に降灰	ほぼ全島で降灰。西側山麓で厚さ約10cm。噴石も山麓まで落下。
噴出物量(概算)(※2)	約10万m ³	約210万m ³		(14～15日の噴火)	約10万m ³	約500万m ³
傾斜ステップ(※3)	18:41 (噴火とほぼ同時?)	02:11 (噴火の2時間前)		前後のステップなし 噴火中山頂が沈降する向きの傾斜変化あり。	前後にステップなし 噴火中山頂が沈降する向きの傾斜変化あり。	18:09 (噴火中)
その他の地殻変動(※3)	噴火前の山頂が沈降する向きの傾斜変化が加速。	噴火中山頂が沈降する向きの傾斜変化あり。				16時頃から山頂部が上がる傾向の変動があり、噴火中山下がりとする。
微動最大振幅(A点UD)	140mkine以上	17mkine		16mkine	25mkine	73mkine
空振最大振幅(伊ヶ谷)	空振計なし	1Pa程度		8Pa	16Pa	20Pa以上
微気圧計振幅(hPa)(※4)	0.1以下	未計測		未計測	0.1	0.4～0.5
備考	陥没を伴う					これまでで最大規模

※1 測候所の遠望観測による(8月10日の噴火はパイロットレポート等では10000m以上)

※2 大学総合観測班、地質調査所による

※3 防災科学技術研究所傾斜計による

※4 防災科学技術研究所阿古観測点のデータ

は、8月29日の噴火で低温の火砕流が発生し、火山噴火予知連絡会がより強い火砕流の可能性があったことを踏まえ、全島避難指示が9月2日になされた。その後、防災関係者、ライフライン関係者等限られた要員で島の最小機能維持につとめていたが、有毒な二酸化硫黄を含んだ火山性ガスが濃厚となり完全避難となった。従って、地震観測に必要な電力も供給停止となり、現段階では三宅島の地震観測は行われていない。

8月22日以降9月13日現在までは、それ以前と同様、三宅島西方沖から新島・神津島東方沖の海域、利島西方沖から神津島付近の海域及び三宅島南西沖から御蔵島南西沖の海域で地震活動が続いているが、地震活動はかなり低調となってきており、調査後では8月29日、9月11日の2回震度5弱を観測しただけである。しかし、火山性ガスの放出は2001年2月現在でも続いており、火山予知連絡会は今後1年以上ガス放出が続くこともありうるとしている。また、地下のマグマの流動を示す低周波地震が観測されるなど、火山活動は活発化の傾向を見せており予断を許さぬ状況といえる。

今回の調査は、その期間は極めて短いものの、結果的にこのような事態となる直前に実施されたものとな

った。調査に際し、東京消防庁・吉村 修氏には、各島内に於ける石油タンクに関する情報等を教示していただいた。また、東京電力(株)には石油タンク調査、地震観測に関しご理解を頂き、また新島、神津島、三宅島の各内燃発電所の関係者の方々にも大変お世話になった。(株)テプスター平山隆夫氏には東京本社からわざわざ随行いただき、地震計設置に大変な便宜を図っていただいた。以上の方々には深甚の謝意を表するとともに、全島避難となった三宅島、斜面災害等の被害を受けた新島、神津島に平穏な生活が一刻も早く戻りますことをお祈りいたします。

参考文献

- 1) 消防庁、「危険物規制事務統計表」、平成10年度
- 2) 消防研究所、「兵庫県南部地震による危険物施設の被害調査報告書」、平成7年5月
- 3) 山田實他、「石油タンクの座屈変形」、消研輯報、第49号(1995)、pp.45-50.
- 4) 亀井浅道他、「阪神・淡路大震災における石油タンクの座屈強度に関する調査研究報告書」、消防研究所技術資料、第31号、p232(平成8年3月)

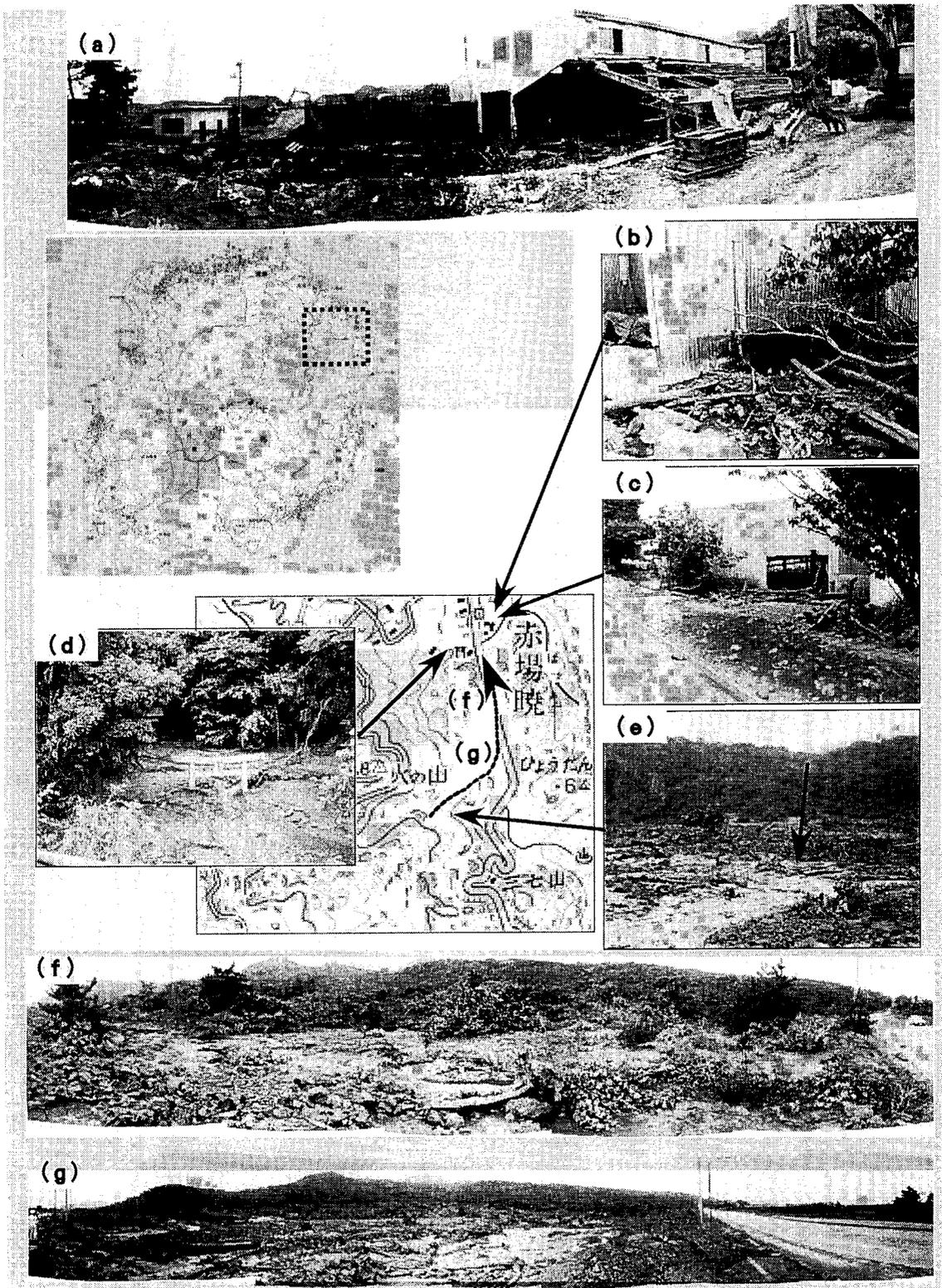


図18 三宅島雄山噴火後の2000年7月26日の大雨による泥流被害（2000年8月23日撮影）。

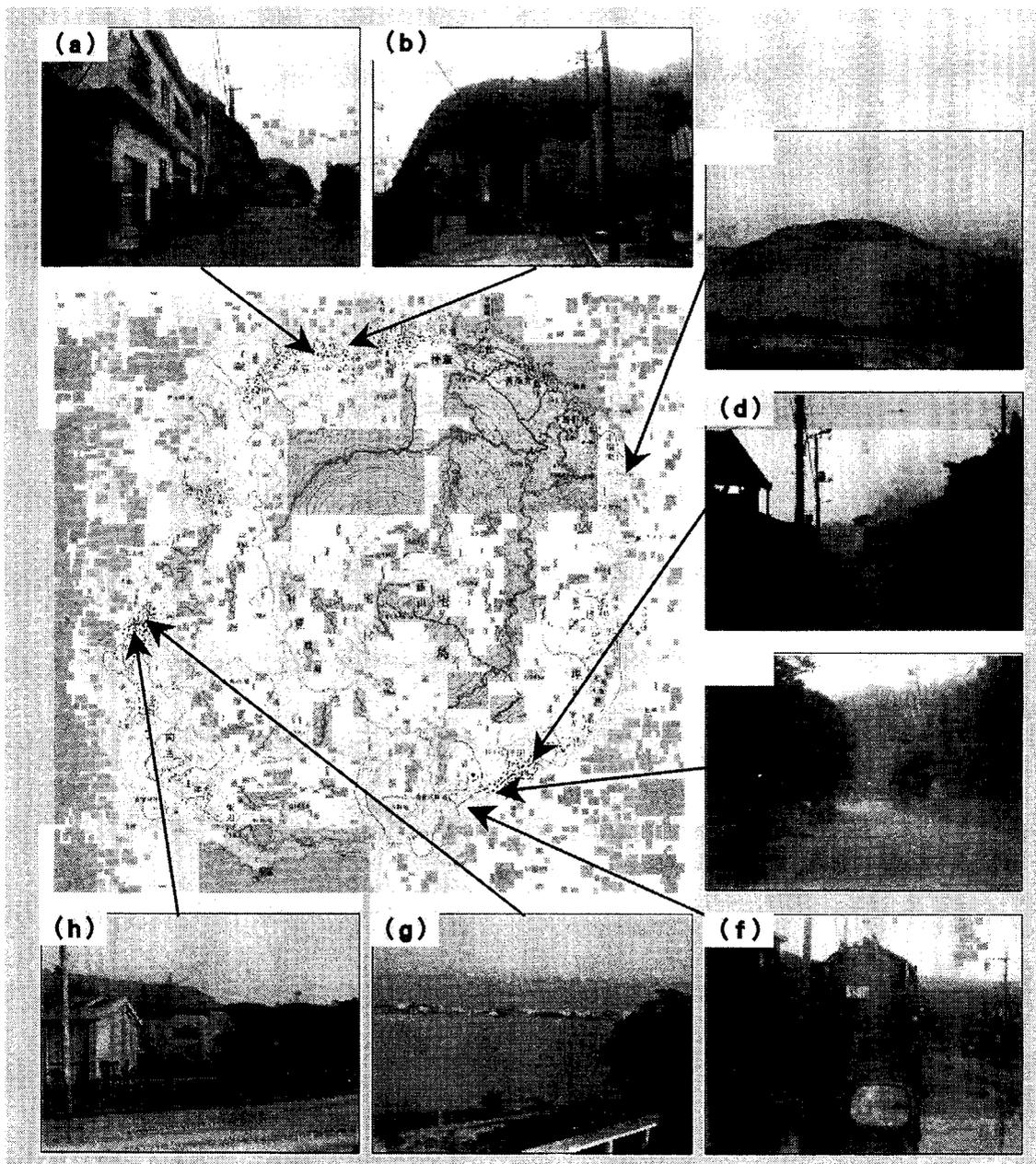


図19 三宅島雄山噴火による同島における降灰状況（2000年8月24日撮影）。

広島県下の林野火災調査報告

新井場公德、寒河江幸平、佐藤晃由、広島県林業技術センター 佐野俊和

はじめに

広島県瀬戸田町(2000年8月発生)及び竹原市(1994年8月発生)における林野火災跡地を調査した。松枯れ病等による立ち枯れたマツとその跡地に繁茂するシダ類によって、林野の火災に対する抵抗性が失われていたことが火災の発生、延焼の素因として大きな比重を占めていたものと考えられた。また、沢筋と尾根筋の燃焼度合いの違いや飛び火の発生など、延焼に当たっては地形と局地的な風の作用が影響を与えることが分かった。

1. 瀬戸田町林野火災跡地調査

1.1 火災の概要

広島県瀬戸田町傍原において2000年8月30日昼前、林野火災が発生し、9月10日の鎮火までに約63haを焼損した。因島市瀬戸田町消防組合瀬戸田分署における出火時の気象状況は、気温31度、湿度57%、東の風6mであった。消防活動に当たっては近隣自治体や自衛隊からの応援を含め、累計で人員3093名、車両518台、ヘリコプター36機が動員された。図1に地形図(国土地理院25000分の1地形図「瀬戸田」に加筆)、写真1に10月4日の状況を示す。写真の右に三角形の法面が見えるが、しまなみ海道の高速道路未共用部分を工事中の法面で、この近くで出火した。焼損した林野は、松枯れ被害の大きかったマツ林が主である。斜面上方への延焼は尾根線まで続き、一部では尾根を超えた部分もある。斜面下部への焼け止まりは果樹園である。東風を受けて西へ延焼し、一部飛び火による延焼も発生した。消火には海水の空中散布が行われた。地質図によれば当該斜面の殆どは花崗岩で、尾根部分

に古成層泥質岩が分布する。

1.2 火災跡地の状況

写真1の斜面上で緑の葉が見える焼け残り部分は、沢筋の広葉樹林が成立していた部分に相当する。古成層分布域及び沢筋には広葉樹林が一部成立していたようで、焼け残った部分は沢筋であること(風が弱く湿度が高い)と広葉樹林であることが好条件となったようである。一方焼損域の尾根筋は風が強い上にやせたマサ土斜面で広葉樹が進入しにくく、マツを主体とする林野で松枯れによって荒廃していたものと考えられる。なお、調査時点で火災後約1月が経過しているが、熱によって茶変していた広葉樹の一部で緑の回復があり、現在見られている緑色の部分のうち、かなりの部

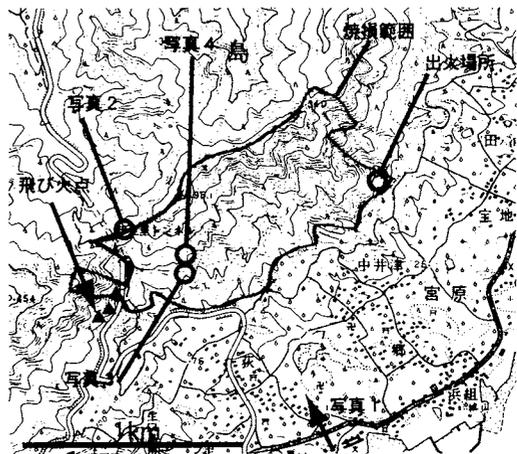


図1 瀬戸田町林野火災現場周辺の地形図(国土地理院25000分の1地形図「瀬戸田」より抜粋、加筆)

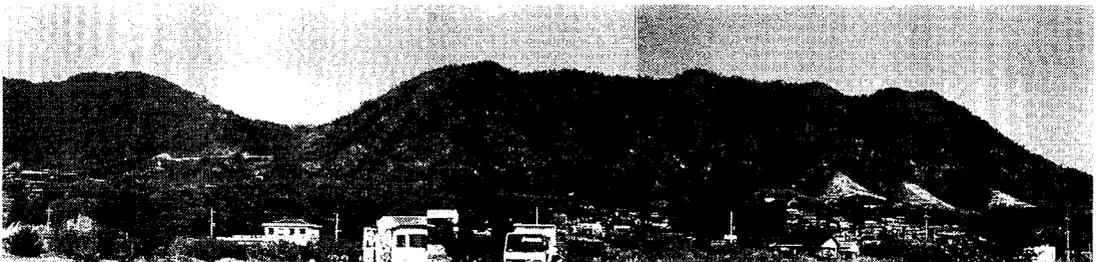


写真1 瀬戸田町林野火災跡地の様子



写真2 瀬戸田町林野火災の尾根上の焼け止まり

分は火災直後には褐色だったとのことである。

写真1左寄りには、飛び火によって延焼した部分が3箇所見られている。延焼にあたって飛び火の効果に注意が必要であることが分かる。飛び火した部分の植生が周囲の部分と顕著に異なっていたとは考えにくく、地形と風速場によって決定されていると考えられる。

写真2は尾根線の焼け止まり線である。左側斜面は荒廃マツ林で激しく焼損している。右側は果樹園（キウイ）で、尾根側は火にあおられた枝が傷んでしまい切られているが、ほぼ健全である。尾根線が焼け止まりになったことについては地形の影響と植生の違いの二つの理由が考えられる。

写真3は焼損域のうち比較的燃焼度合いの弱い部分の様子である。沢筋に残った広葉樹は褐色に変色しているものの、樹冠までは燃焼していない。一部で緑色の葉の萌芽も見られる。写真4は比較的燃焼度合いの強い部分の様子である。燃焼は尾根筋と沢筋でも斜面下部のマツ林であった部分で激しい。尾根筋では広葉樹も燃焼していた。マツ林部分では激しく炭化しているマツもあり、火災以前に立ち枯れていたものと考え



写真3 瀬戸田町林野火災跡地のうち比較的燃焼度合いの低い部分の様子



写真4 瀬戸田町林野火災跡地のうち燃焼度合いの高い部分の様子

られる。これらの地域では裸地化してしまった部分もあり、今後の浸食が懸念される。

2. 竹原市林野火災跡地調査

2.1 火災の概要

竹原市の大規模林野火災は1996年8月11日に発生し、約378haを焼損して20日に鎮火した。出火時の竹原市の気象状況は、気温34.1度、湿度39.6%、東南東の風8.7mであった。本火災においては、12日17時段階（焼損面積107ha時点）で一旦鎮圧宣言が出た後、台風接近に伴う強風下で飛び火が発生し、火災が拡大するという事態が発生した。消防活動は近隣自治体や自衛隊からの応援も含め累計で、人員9521名、車両1066台、ヘリコプター49機が動員された。

2.2 火災跡地の現状

林野火災被災地周辺の地形図を図2に示す（国土地

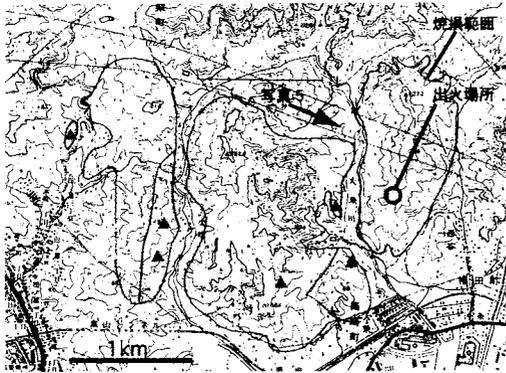


図2 竹原市林野火災現場周辺の地形図（国土地理院25000分の1地形図「竹原」より抜粋、加筆）

理院25000分の1地形図「竹原」に加筆。写真5は2000年10月3日調査時点での、一番初めに焼けた尾根の状況である。写真は二番目に焼けた尾根からとっている（撮影場所・方向は図2に示した）。林野火災は概略的に見て3つの尾根を焼いており、それぞれの間の谷間（約200m）は飛び火によって越えており、谷間には焼け残り部分が存在する。

焼損は尾根の中部から上部が激しかった。元々はマツ林だったが松枯れによって荒廃しており、植栽工が一部入っていたという。火災前に植栽されていた先駆樹種（ヤマモモやヤシャブシなど）は焼けこげたもののその後萌芽しており、調査時には斜面中腹にそれらの緑が見受けられた。また、火災後に航空実播をしたが、その後も乾燥が続いたため十分な効果が得られおらず、斜面上部には裸地がかなり見られる。一部で植栽工が現在も進行している。なお、この地区は殆ど全て花崗岩からなっており、まさ土化した表土は浸食に対して極端に脆弱である。火災後約4年が経過しているが植生の回復は未だ途上であり、浸食の進行が止まらない状況となっている。

3. 植生と林野火災

3.1 松枯れと林野火災

林野火災の発生頻度の高い瀬戸内地方では、マサ土の斜面が広く分布する。マサ土斜面は水分保持力が低くかつ土砂流出が激しく、土壌が発達しにくいいため植生が成立しにくい。このような条件の悪い斜面では、日本においてはマツ林が成立することが多かった。これはマツがかつて有用樹だったということと、マツは垂直根が発達するために治山・砂防用に植栽されたという経緯もある。これらのマツ林が松枯れ病によって打撃を受け、林野火災に対して脆弱な林野になってしまっている。

松枯れ病はマツノザイセンチュウがマツに寄生してマツを枯死させる病気である。マツノザイセンチュウは北米大陸からの外来種で、マツノマダラカミキリが媒介する。元々国内にいたニセマツノザイセンチュウは寄生主のマツを枯死させない共生関係を築いていたが、外来種のマツノザイセンチュウは、国内のマツとはそのような関係が未成立である（米マツとは共生関係が成立している）。

松枯れによって枯死したマツは葉を落として立ち枯れ状態になる。マツ林の樹冠に開口部ができるため、他の植生が進入するが、もっとも早く繁茂するのはシダ類であることが多い。マツ枯れの進行によってシダ類が広範囲に繁茂した荒廃山林も多い。これらの山林では、後述のように激しく燃焼するシダの性質や立ち枯れマツなどの可燃物の存在によって、林野火災に対する延焼危険度が高い。

写真6は瀬戸田町の林野火災跡地の焼損が激しい部分で、立ち枯れたマツが激しく炭化している様子である。もともとの幹の太さから収縮し、地表面に穴がいた形状となっている。竹原市の林野火災においては、「鎮火したように見えても夜になると点々と赤い炭火



写真5 竹原市林野火災の出火地点付近の現況



写真6 瀬戸田町林野火災跡地において見られた燃焼して収縮したマツの根本



写真7 竹原市林野火災現場付近の林野に見られる繁茂したシダ類

が見られた」ということである。一旦鎮火宣言が出たものの再度強風によって風下に飛び火した源とも考えられている。これは写真6のような枯死マツの根が炭として燃えていたものと見られる。

3.2 シダ類と林野火災

松枯れ跡地にはシダ類が繁茂することが多く、広島県下では、北向き斜面ではウラジロ、南向き斜面ではコシダが見られることが多い。写真7は竹原市の林野火災跡地近傍斜面のウラジロ繁茂地である。シダ類は年々新しい葉をつけて成長するが、生きている葉は表面のみで、内部の葉は枯れている。この枯死した葉の層は年々厚くなり、写真のように厚いものでは2～3mに達する。これらの可燃物層は通風性のよいこともあり、着火した場合には激しく燃焼すると考えられる。そのため、地表火が立ち枯れマツの幹に着火したり、樹冠火へ移行する契機となると考えられる。また、枯死層の下には根が絡み合ったスポンジ状の層が10～20cmほど存在する。さらに、渇水時には表面の葉も枯れてしまい、シダ繁茂地は燃焼性状の激しい可燃物が集積した状態になってしまう。

写真8は、瀬戸田町林野火災跡地においてシダ類の根がからまってスポンジ様になった層の燃え残りであ



写真8 瀬戸田町林野火災跡地において見られた燃焼したシダの根

る。斜面内は激しく燃焼して地表の可燃物はほとんど残っていないが、やや窪地になった部分にわずかに残されていた。繁茂の度合いは不明だが、この斜面にもシダ類が存在していたことを示すものである。広島県林業技術センターでは、その林野火災危険度に注目して、リモートセンシングによってシダ繁茂地を抽出する研究を始めている。

3.3 火災による森林破壊の影響

日本の湿潤な気候下における森林の国土保全機能

は、

1. 樹冠部での降雨遮断（日本では平均として降雨量の約20%が樹冠で遮断されて蒸発し、地表へ到達しない）
2. 樹冠や下層植生、土壌によって降雨打撃や地表水による表土・土壌の浸食を緩和する。
3. 土壌の地下水保持機構によって流出量や速度を緩和する（→谷筋の浸食の緩和）
4. 横方向の根系によって表土を緊縛し、浸食や崩壊を抑制する。
5. 鉛直方向の根系は表土を基盤に固定する杭としての効果を有する。

等に分類できるが、林野火災によって地表部が失われると、1, 2の効果が激減し、表土が浸食を受けやすくなる。また、根系は、林野火災時に燃焼しなかった場合でも、地表部が失われたあと約10年で腐るとされており、3～5の効果を発揮できなくなる。竹原市林野火災跡地においては5年以上経過した現在も土砂流出が激しく、谷筋には大型の砂防ダム、山腹斜面には治山ダムが設置されているが、既に満砂になったものもあり、更に新規建設を計画中とのことである。写真6の尾根と撮影場所の間を流れる大乘川は流出土砂によって河道がかなり高くなっており、下流の竹原市街地は土石流や洪水氾濫の危険性が高くなってしまっている。

4. まとめと今後の課題

林野火災の動態を支配するのは、地形、風、燃料（植生）とされる。そのうち植生について重点的に調査を行った。その結果、林野の火災に対する抵抗性が、松枯れによる枯死マツとその跡地に繁茂するシダ類によって失われていたものと考えられた。

林野火災の延焼に当たっては、単一斜面内での地表火及び樹冠火の延焼に加え、飛び火の効果が大きいことが分かった。谷を越える飛び火がいずれの林野火災においても発生しているが、谷筋は消防活動経路が設定されやすく、飛び火は消防活動に与える影響が大きく、注意が必要である。

延焼速度や飛び火発生を予測するためには、発熱量をどう評価するかが問題となってくると考えられる。そのためには自然状態の林野の可燃物量や分布状態、酸素の供給量などを推定する必要がある。自然斜面では直接推定・測定することが困難な変数が多く存在するために、林野火災をどのようにモデル化するかが当面の研究課題となると考えられる。

また、延焼にあたっては植生のみならず地形の効果も大きな要素である。地形の影響と局地風及び発熱による気流擾乱の三者は密接に関連するために、複雑な現象となると想像され、現位置観測、モデル実験、数値実験などによって多面的に研究する必要がある。

最後に、林野火災後の植生回復には長い時間がかかり、当該林野のみならず下流にまで長期間にわたって災害ポテンシャルを高めるため、発生規模の抑制が重要である。

参考文献

- 「林野火災の延焼拡大予測に関する基礎的・応用的研究」、井上章二、愛媛大学農学部演習林報告、第36号
「森林の百科辞典」、太田猛彦他、丸善株式会社
「瀬戸田町林野火災の概要」、因島市瀬戸田町消防組合
「竹原市福田町・三原市小泉町林野火災」、竹原広域消防本部
「ひろしまの林業NO.573」、広島県立林業技術センター

群馬県尾島町での爆発火災と ヒドロキシルアミンの火災・爆発性状

古積 博、山田 實、岩田雄策、長谷川和俊

1. はじめに

平成12年6月群馬県尾島町において、爆発火災が発生し、死者4名、負傷者58名を出した。この爆発火災では、ヒドロキシルアミンが爆発の原因物質にあげられる。消防研究所は、現地調査を行うと共に、爆発火災原因の調査を含めた、ヒドロキシルアミンの性状について、実験を行っているので報告する。

2. 火災の概要

(1)発生日時等

発生日時：平成12年6月10日18時8分
 発知日時：平成12年6月10日18時9分
 鎮圧日時：平成12年6月10日21時24分
 鎮火日時：平成12年6月10日23時10分

(2)発生場所及び事業所概要

群馬県新田郡尾島町 N化工(株)群馬工場
 敷地面積16,630m²、従業員数29人
 医薬、農薬等の原材料の製造を行っている。

(3)火災概要

化学薬品の製造工場であるN化工(株)群馬工場において、ヒドロキシルアミンをタンク内で再蒸留*していた際に、何らかの原因により爆発が発生して火災になり、多数の死傷者を出すと共に周辺建物の窓ガラス等が損傷したものである(グラビア写真2)。

そのために、太田地区消防組合消防本部等から消防車両合計65台、人員約550人が出動して、防衛活動に当たり、約5時間で鎮火したものである。

*：ヒドロキシルアミン製造の過程において、一度、50%水溶液を製造した後、不純物として水溶液中に存在する鉄分を除くために、ヒドロキシルアミン85%水溶液を蒸留母液として減圧下で再度蒸留を行い、鉄イオン濃度が20ppb以下という極めて高純度の商品を製造しているもの。

(4)出火原因

調査中ではあるが、被害状況等から考えて、ヒドロキシルアミン85%水溶液が存在する再蒸留装置内で爆発が起こったことは明らかである。そのために、85%

及び50%のヒドロキシルアミン水溶液の危険性を明らかにする必要がある。

(5)被害状況

1) 人的被害 死者4名、負傷者58名

2) 物的被害

①工場1棟全壊

②周辺家屋の被害

工場を中心に半径約1,500mで被害があり、工場周辺の住宅の壁が破壊され、役場及び中学校の窓ガラスが割れた。内訳は、半壊7棟、一部損壊270棟(ガラス破損を含む)、その他(車、工作物)62件である。

3) 停電被害

火災による断線により工場周辺の249世帯が一時停電した。

4) 電話被害

電話回線は周辺47回線が一時不通となった。

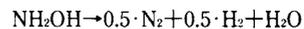
3. ヒドロキシルアミンの性状、用途、過去の事故例等

(1)化学的性質

1) 化学式：NH₂OH

2) ヒドロキシルアミンの基本的な性状は、表1 [1,2,3] のとおりである。

3) ヒドロキシルアミンの分解反応とその反応熱量
 ヒドロキシルアミンの分解反応は以下のとおりである。標準生成熱量Qは、1240cal/gと極めて大きい。(参考：TNT(トリニトロトルエン)の標準生成熱量Qは、文献[3]によれば、1210cal/gである。)



$$Q = 1240 \text{ cal/g} \quad (5180 \text{ J/g})$$

特に、鉄、銅等の金属によって触媒的に分解反応が起こる。そのために、ヒドロキシルアミン水溶液等の製品には、適当な安定剤(キレート剤)が加えられている。

(2)用途

半導体の製造過程における表面洗浄用に、フロンの代替品として近年大量に使われるようになった。国内では、N化工(株)が、唯一、製造を行っている。また、国外でもドイツでのみ製造が行われている。

表1 ヒドロキシルアミンおよび50%水溶液の性状

	ヒドロキシルアミン	ヒドロキシルアミン 50%水溶液
外観	無色透明針状結晶	無色液体
比重	1.20	1.12
融点(°C)	33	-
沸点(°C)	56 (2.9kPa) 110 (101.3kPa)	58 (2.9kPa) 107 (101.3kPa)
引火点(°C)	129	-
発火点(°C)	129 (130°Cで爆発する)	-

(3)ヒドロキシルアミン類の事故例

ヒドロキシルアミン及びその誘導体による事故は、過去20年間で判っているものだけで国内外で合計11件起きている。N化工でも平成10年11月に小規模な爆発事故を起こしているが、原因は再蒸留中にヒドロキシルアミンが析出したことによると見られている。1999年2月米国ペンシルベニア州で起きた事故では、ヒドロキシルアミン50%水溶液が爆発して死者5人、負傷者14名が発生した。

このほか、米国では核燃料再処理工場で硫酸ヒドロキシルアミン及び硝酸ヒドロキシルアミンによる爆発事故が数回起きている。

4. 消防研究所の対応と現在までの原因調査状況

消防研究所は、危険物保安技術協会に設置された群馬県の化学工場において発生したヒドロキシルアミン爆発火災事故調査委員会（委員長：田村昌三東京大学教授）へ委員を派遣して原因の調査、究明に参画している。

ヒドロキシルアミン水溶液は、その濃度が高くなるに従って、比較的温度の低い条件下においても爆発的な分解反応を起こすことが実験的に明らかにされた。また、キレート剤が存在しても20ppm程度のごく微量の鉄イオンが触媒的に分解反応を促進させることが判った。このことから、蒸留装置及び配管等から溶出する鉄イオンとヒドロキシルアミンの反応性との関係およびその激しさについて、消防研究所において熱分析(DTA)、消防法圧力容器試験[5]等によって試験を実施してきた。その結果、鉄イオンが存在すると常温付近から反応が起こり、60°C付近で発熱のピークが生じることが判った。他方、鉄イオンが存在しないと130°C付近まで発熱反応は無く、140°C付近から激しい

発熱反応が確認されている。また、事故時の爆発現象は、爆ごうであった可能性が強いので、ヒドロキシルアミンが爆ごうを起こすかどうか、通産鉄管試験及びMCPVT試験（改良型密閉式圧力容器試験、[6]）を行っている。その結果、高濃度のヒドロキシルアミンは、容易に爆ごう（爆発の伝播速度が音速以上となる爆発現象）を起こす物質であることが判った。これらの実験は、現在も行っているところであるが、ヒドロキシルアミンが爆薬であるTNTと同程度の危険性を有することが、これまでの実験から明らかにされた[7]。

5. まとめ

爆発火災の原因調査は現在途中である。今後、新しい知見が得られ、本稿の内容が変更する可能性があることを付記しておく。

ヒドロキシルアミンは、IT革命の進行による半導体の需要の増加と地球環境保護のためのフロン代替品として、急激にその需要が伸びてきたものである。今後、このような危険性が必ずしも十分に知られていない物質による火災、爆発が起こることが危惧される。そのために事前の危険性評価が強く望まれる。一方、消防研究所は、火災、爆発等の原因調査について現地消防機関の調査活動に協力できる体制をより一層強化、整備していく所存である。

文献

- 1) L. Bretherick, Handbook of reactive chemical hazards, 4th Edition, Butterworth, 1995;日本語訳、危険物ハンドブック（吉田忠雄、田村昌三）、丸善、1998
- 2) N化工㈱、製品安全データシート、1998
- 3) Home page of Ames Laboratory, DOE USA,2000
- 4) 日本産業火薬会、産業火薬（新版）、1989
- 5) 危険物技術研究会、危険物確認試験実施マニュアル、新日本法規、1990
- 6) L. Yuhai, L. Xiongmin and K. Hasegawa, On the Measurement of Violence in the Thermal Decomposition of Self reactive Substances by the Miniclosed Pressure Vessel Test, Proceedings of Progress in Safety Science and Technology, p.894 Beijing China, August 2000
- 7) 危険物保安技術協会、群馬県の化学工場において発生したヒドロキシルアミン爆発火災事故調査委員会中間報告、平成12年11月

謝辞

本稿は、危険物保安技術協会に設置された「群馬県の化学工場において発生したヒドロキシルアミン爆発火災事故調査委員会」（委員長：田村昌三東京大学教

授）の中間報告書および討論をもとに著したものである。また、現地調査等に関して太田地区消防組合消防本部にお世話になった。ここに、田村委員長を始め各委員、危険物保安技術協会及び太田地区消防組合消防本部に感謝します。

サーマルマネキン実験装置による防火衣試験の紹介

箭内英治

1. はじめに

日本における消防隊員が着用する防火衣の耐熱性能については、全国共通の規格がなく各地方自治体の消防本部にその仕様が委ねられているのが現状である。また、ISOでは防火衣全体の耐熱性能はサーマルマネキン (ISO/DIS 13506) によって評価することが検討されている。しかし、このサーマルマネキンはこれまで日本にはなく、防火衣や生地メーカー、防火衣を購入する消防側が防火衣の耐熱性能評価を行おうとしても、日本では試験できない状況にあった。

消防研究所では、昨年度の予算でサーマルマネキンを導入することができたので、このサーマルマネキンの概要、最近のISO会議でのサーマルマネキンに対する検討内容、この装置を用いたラウンドロビントストの計画、消防研究所の研究概要、これと関連した防護服性能基準検討委員会及びISO防護服研究会について簡単に紹介する。

2. サーマルマネキンの概要

本装置はISO/DIS 13506に定められており、まだ正

規のISO規格とはなっていないが、米国を中心として積極的に規格化を進めているところである。

サーマルマネキンを用いた試験法は、実際にマネキンに防火衣を着衣させた状態で、バーナで作り出した火災時の熱環境下に曝露し、防火衣の耐熱性能を評価するようになっている。

本装置は主に次の装置より構成されており、全体の配置図を図1に示す。

- 1) マネキン本体
- 2) バーナシステム
- 3) データ解析装置

2.1 マネキン本体

マネキン本体は欧米人タイプの成人男性立位 (身長180cm) で、ファイバーグラスなどで作製されている。その表面は黒色耐熱塗料が塗布されており、熱流束センサが頭部8個、胴体部49個、腕部20個、大腿部27個、脚部18個の合計122個取り付けられている。熱流束センサは測定レンジ0~251kW/m²、応答性0.1秒以下の性能のものが使用されている。マネキン本体の写真をグラビア写真に示す。

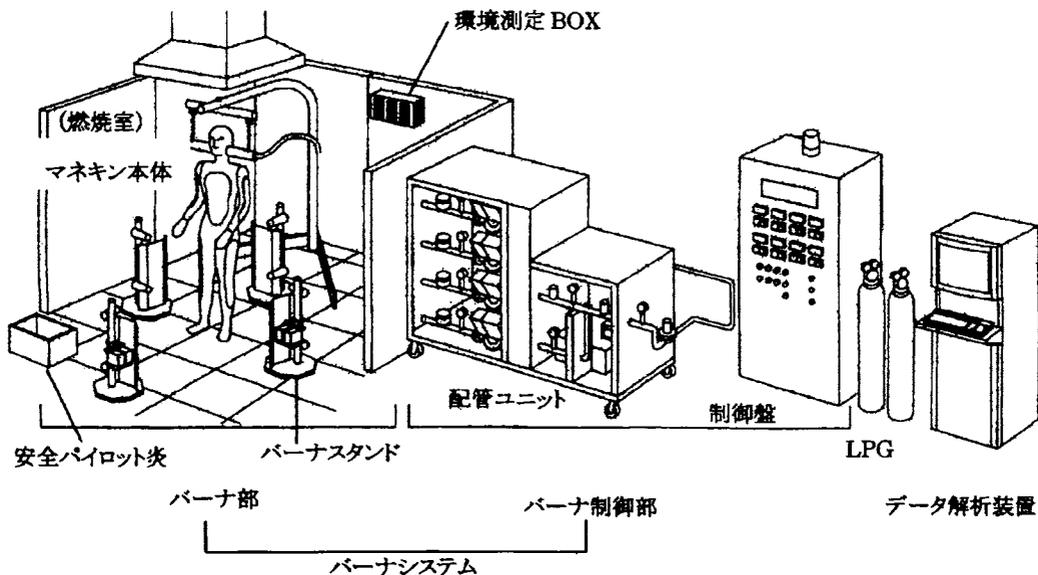


図1 サーマルマネキンの構成図

2.2 バーナシステム

火災時の熱環境を作り出す装置で、8本の接炎バーナとそれらを制御する装置から主に構成されている。接炎バーナにはそれぞれ着火するためのパイロットバーナがそれぞれ取り付けられている。接炎バーナ及びパイロットバーナ各2本が1組になってバーナスタンドに取り付けられている。これらバーナスタンドは、接炎バーナによる火炎にマネキン全体を均一に曝露するように配置することになっている。燃料ガスはプロパンガスであり、接炎バーナでマネキンに曝露した際の平均熱流束が 80kW/m^2 で5秒以上供給できるように燃料リザーブタンクが設けられている。（図1参照）また、部屋内に未燃ガスが充満して爆発などを起こすことを防ぐために安全パイロットバーナが設置してある。

安全パイロットバーナの点火、各接炎バーナの着火のためのパイロットバーナの点火、接炎バーナの点火などはバーナ制御装置からの手動制御と、データ解析装置からのプログラム制御のどちらの方法でも行えるようになっている。マネキンにバーナ火炎を曝露した

状況写真をグラビア写真に示す。

2.3 データ解析装置

データ解析装置はマネキンに取り付けた熱流束センサ、温度、燃料流量、部屋の温度、湿度、気圧などの出力を0.5秒間隔で取り込むためのデータロガー、取り込んだデータを基に第1度～第3度火傷領域を表示したり、測定系全体を制御するための計測ソフト、それらを動作させるためのパソコンから構成されている。裸マネキンと防火衣を着衣したマネキンに同条件（約 80kW/m^2 の火炎環境で6秒間接炎）で火炎曝露した際の着火後15秒の火傷範囲の結果を図2に示す。これを見ると、着衣したマネキンは頭部のみ第3度火傷になっているが（防火帽を被っていないため）、その他は火傷を起こしていない。防火衣の優れた耐熱性能を示している。

3. サーマルマネキンに関するISO会議

ISO/TC98/SC13防火衣及び関連WGのオーランド会議が2000年11月8～10日に開催され、サーマルマネキン

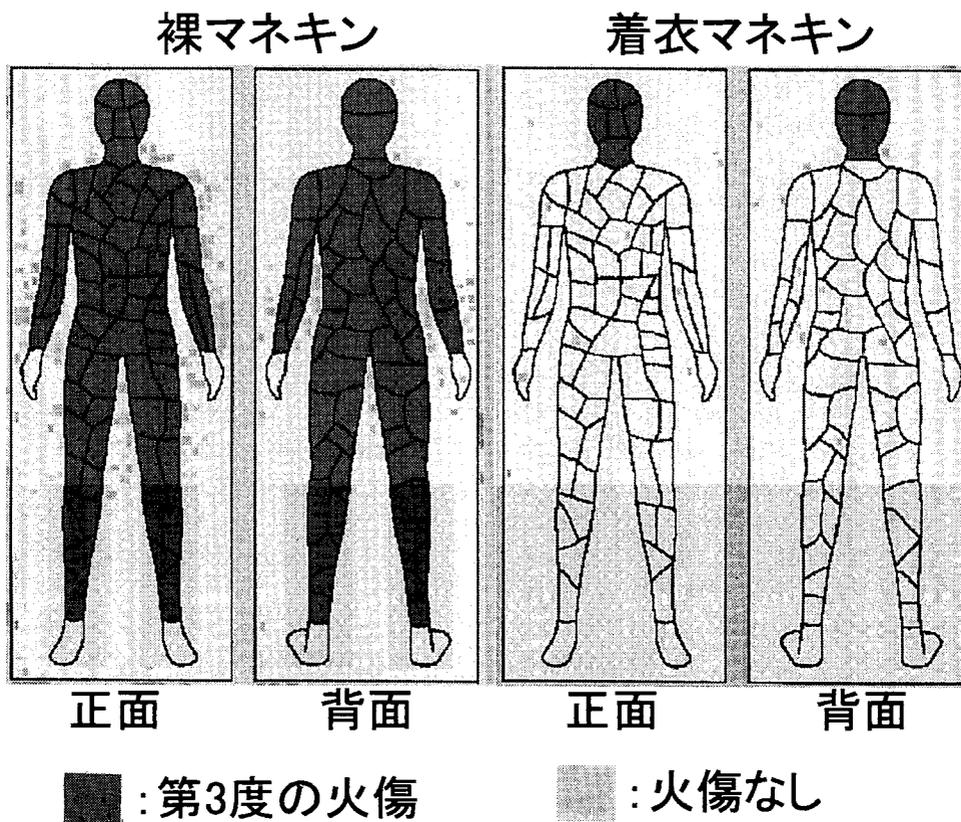


図2 マネキンに火炎曝露（ 80kW/m^2 で6秒間曝露）した際の着火後15秒の火傷範囲

ンに関係した会議TC94/SC13/WG2は9日に8カ国17人が出席して行われた。

ISO/DIS 13506.2に対する広範囲な議論がなされ、FDIS (Final Draft International Standard) として持つていくためには、ヨーロッパ側の反対意見が強く出され、DIS (Draft International Standard) 投票は否決された。多くの国からコメントが提出され、これらのコメントについて詳細に議論され、幾つかのことが次の3回目のDISドラフトを変更する際に取り入れられるように提案された。

それらのコメントは次のようものである。

- ・素材と防火衣デザインの両方に適用する時のマネキン試験の利点と制限を明確に文書化すること
- ・測定結果はその製品に対する評価であり、試験した防火衣に対するある特定の性能レベルを内包しないことを規格内に示すこと
- ・マネキンやパーナシステムの構造、評価する材料で用いた標準の防火衣についてさらに詳しく示すこと。

米国側からマネキン試験に対する広範囲な研究所間の試験プログラム（ラウンドロビントテスト、後述）を行うことが発表された。

D1S 13506.2の投票で出された個々のコメントに対して詳細な説明をつけ、提出されたコメントに基づき広範囲な変更を次の3回目のDISドラフトで行い、このドラフト (DIS 13506.3) にはラウンドロビントテストの結果も参照し、2001年後期まで頃には提出することが決まった。

4. サーマルマネキンのラウンドロビントテスト

現在、サーマルマネキンはカナダが1体、米国が2体、イギリスが1体、スイスが2体、フランスが1体、中国が1体、日本が2体（帝人株式会社、消防庁消防研究所）それぞれ所有している。これらマネキンはメーカーが異なり、ISO及びASTM（米国の規格）においてマネキンサイズはおおよそのサイズは規定されているが、それだけでは確定できない部分もあるためにわずかな違いが生じることが予想される。そのため、マネキンごとに試験結果が異なってくる可能性がある。ラウンドロビントテストとは、各マネキンや試験条件の等価性を調べること及び規定されている事項の不具合な点を洗い出すことを目的として、同一の防火衣材料を用い、同一の火炎曝露条件下で試験し、試験結果の再現性、研究所間の再現性を調べ、後の規格の参考とするための試験である。

この計画は米国のThomas E Neal博士が事務局とな

表1 サーマルマネキンのラウンドロビントテスト条件

曝露する熱流束 (kW/m ²)	曝露時間 (s)	防護服の種類	下着着用の有無
84	3又は4	防護服なし	無
84	3	A、B、C	無
84	4	A、B、C	有
84	4	A、B、C	無
84	5	A、B、C	有
84	3又は4	防護服なし	無

って進めており、現時点でのスケジュールは2001年1月までに防火衣生地を用意し縫製した後、2月/3月中に洗濯し、4月にはラウンドロビントテストを行う研究所に送られ、2001年5月終わり頃までには各研究所で試験を終了し、2ヵ月後にはその結果のまとめの最終報告が出される予定になっている。試験対象生地及び試験条件（表1参照）は次のとおりである。

A：防災綿繊維で作製した防火衣

B：5%パラアラミド繊維を含むメタアラミド繊維で作製した防火衣

C：60%パラアラミド繊維と40%PBI（ポリベンズイミド）繊維の混紡で作製した防火衣

なお、下着着用の場合は、下着の素材は目付け146g/m²の綿100%で縫製されたT-シャツとブリーフを着用することになっている。

5. 消防研究所における消防用防護服の耐熱性能に関する研究計画

消防研究所では、2000年4月～2003年3月の3年間で防火衣の耐熱性能の評価に関する研究を計画し、実施中である。本年はその研究計画の1年度目で次の研究項目を掲げている。

- 1) 現在使用されている耐熱服の生地材料やそれら材料の耐熱試験方法などに関する調査。
- 2) 耐熱服生地自体の消防法45度燃焼試験法による燃焼性の測定。
- 3) ISO 11613による防火衣生地自体の耐熱性の測定及び評価。

また、次年度以降の研究計画は次のとおりである。
2001年度の研究計画

- 1) サーマルマネキンを用いた防火衣全体の耐熱性の測定及び評価。
- 2) ISO 11613による防火衣生地自体の耐熱性の測定結果とサーマルマネキンを用いた防火衣全体の耐熱性の測定結果との関連性の調査。
- 3) 耐熱服生地単体の耐熱性の評価

2002年度の研究計画

- 1) ISO 11613による作業着十耐熱服の重ねた生地自体の耐熱性の測定及び評価。
- 2) サーマルマネキンを用いた作業着十耐熱服全体の耐熱性の測定及び評価。
- 3) 日本における統一的な防火衣に対する評価手法の検討。

なお、この研究は（財）日本防災協会と共同研究する計画を進めているところである。

6. 防護服性能基準検討委員会

消防隊員の着用する防火衣の日本における国家規格は存在しないため、各地方自治体の消防本部にその仕様が委ねられている。そこで、ISO 11613に定める防火衣の基準に対応した日本国内の消防隊用防火衣の性能に関する基準を検討するために、財団法人日本防災協会内に防護服性能基準検討委員会が2000年6月に設置された。

委員は学術経験者、消防庁及び消防機関の職員、全国消防服装協会の会員、全国消防服装協会が推薦する消防服メーカー及び素材メーカー、防災協会の役職者から構成されている。第1回目の会議の中で北海道などの寒い地方から沖縄などの暖かい地方で実際に消防機関が使用している防火衣の仕様書を集め、比較表を作成して次回の委員会の検討内容とすることが決定された。また、この委員会の下部組織として「ISO防護服研究会」を設置することが了承された。

第2回目の会議では、日本の代表的な地域で用いられている防火衣及び作業着それぞれ18種類の性能比較から防火衣ではほとんどが芳香族ポリアミド繊維を、作業着では芳香族ポリアミド繊維とポリエステルやレーヨンとの混紡をそれぞれ使用しており、性能面では地域的な違いに大差ないことが分かった。これを踏まえて、代表的な防護服と作業着を選び、これらの現状の性能を試験して調べることにした。なお、試験については後述するISO防護服研究会で行うこととされた。

試験はISO 11613に定められている項目について行い、試験基準のレベルはそれら試験結果を基にして決めていくこととした。

7. ISO防護服研究会

この研究会は、先に述べた「防護服性能基準検討委

員会」の下部組織として設置されたもので、防火衣完成品に対する耐熱性能の評価、素材自体の耐熱性能と完成品に対する耐熱性能の相関関係の調査、ISOなどのラウンドロビントストの実施などを通して、データを蓄積すると共に、将来は防火衣の着心地のよさ、快適性、機能性などについても検討することになっている。委員は学術経験者、消防庁及び消防機関の職員、全国消防服装協会の会員、ISO/TC94/SC13/WG4作業部会の委員、その他防護服研究会委員の推薦する者から構成し、当初のこの研究会の仕事は、先に述べたサーマルマネキンのラウンドロビントストの実施及び日本で使用されている代表的な防火衣及び作業着に対するISO11613で定められた試験の実施である。

8. おわりに

現在の消防用防火衣は、主に耐熱性能の観点から評価がなされている。しかし、最近、ISOの火災防火衣関係の会議では、耐熱性能だけではなく防火衣を消防隊員が着用した際の快適性、機能性の観点からの論議がなされてきている。これは、現在の防火衣は耐熱性能を強く求めるあまり、生地自体がごわごわとしたものとなり、防火衣を着た際の消防隊員の快適性や機能が損なわれているからと考えられる。また、米国やオーストラリアでは火災用の防火衣に対する性能評価に快適性や機能性を含めた評価をしようとする動きがある。

一方、日本においては近年になって耐熱性能評価基準検討委員会が設置され検討されてきているが、快適性や機能性についての評価基準は定められていないのが現状である。消防用防火衣の快適性や機能性は防火衣自体の性能以外に消防隊員の生理学的な問題を含むため、消防隊員が活動する地域の気候風土、年齢、男女の別など種々な観点から検討を行う必要がある。なお、消防研究所でも2002年から3年計画で「消防用防護服の性能評価に関する研究」の中において快適性及び機能性を含めた消防用防火衣のトータルな性能評価の研究を行う予定であることを付け加えておきたい。

リモートセンシングの現状と防災分野への応用

地震防災研究室 細川直史

1. はじめに

リモートセンシングとは、離れたところにある物体からの反射または放射される電磁波を検知して、その物体の性質を把握することである。人が目で物体を見て、そのものを把握することも一種のリモートセンシングにあたるが、ここで述べるリモートセンシングは、航空機や人工衛星を用いて地表の状況を画像化して調査することである。リモートセンシングは、人がめったに立ち入れない砂漠や熱帯雨林などの地表の状況を、周期的かつ瞬時に観測できることから、環境調査、資源探査、気象観測などに利用されている。本稿では、リモートセンシングの原理と現状を解説し、防災分野への応用例とその将来期待できる技術について述べる。

2. リモートセンシングの現状について

調査の目的によって様々なりモートセンシングのシ

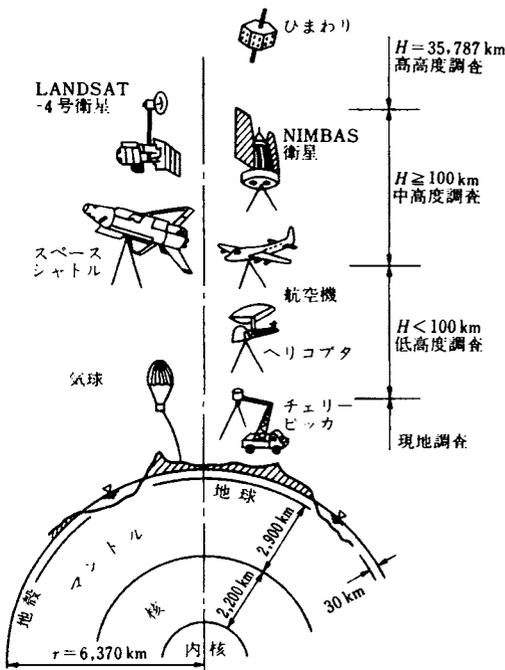


図1 プラットフォームの分類¹⁾

ステムが開発されている。これらは電磁波をとらえるセンサと、プラットフォームと呼ばれるそのセンサが搭載されるものによって大まかに分類することができる。

図1はプラットフォームの高度別による分類を示したもので、一般的に、ヘリコプター、航空機、人工衛星と高度が地表から近いほど高解像度の画像が観測可能である¹⁾。ヘリコプターは、低高度を飛行し機体の姿勢が安定しないことから撮影された画像はコンピュータ処理に適しているとは言えないが、機動性に優れ、消防活動における情報収集には欠かせない存在である。航空機は写真測量として地形図などの地図作製に古くから利用されている。近年、コンピュータと地理情報システム (GIS) の発達と普及から、デジタル化された住宅地図が普及しつつあるが、これらの作成のための基本データとして高解像度の航空写真が活用されている。最も高い高度にある人工衛星は、地球周回軌道上で地球全体の観測が周期的に可能であることから、広範囲の気象観測や環境調査に用いられることが多い。図2はリモートセンシングによって観測された画像の例で、航空写真ではコンテナが判別できるほど高解像度であることがわかる。

これらプラットフォームに搭載させるセンサは、図3に示すように太陽光の反射をとらえる受動式センサと、マイクロ波やレーザを地表へ向かって照射してその反射をとらえる能動式センサに大別できる。人は波長が0.4~0.7 μ mの範囲の可視光を網膜でとらえることにより、周りの世界を画像化して把握している。これに対して蝶などの昆虫は紫外線域もとらえられることから、同じ花を見ても人とは異なった模様を見ていると言われている。リモートセンシングにおいても、地表から反射される電磁波には様々な波長が含まれており、どの波長帯をとらえるかによって観測される画像も異なってくる。例えば、植物が光合成の行うためのクロロフィルはおよそ0.7~1.3 μ mで反射が顕著であることから、森林などの植物の観測にはこの帯域をとらえるセンサが用いられている。一般的に、リモートセンシングでは、複数の波長帯を同時に検知するセンサ (マルチスペクトルスキャナ) を用いて観測し、その結果得られた複数枚の画像を同時に利用して解析

が行われる。能動型センサの代表例である合成開口レーダ（Synthetic Aperture Radar：SAR）は波長が30～700mmのマイクロ波を地表に向かって照射して、その反射・散乱を計測して画像化する。マイクロ波が雲や煙を透過することから、雲に覆われていることが多い熱帯雨林観測などに利用されている。近年、合成開口レーダでは干渉SARと呼ばれる技術が注目されており、精密な地形データの測定や地震などによる地盤変位の検出を行う研究が行われている。日本人としては初めてスペースシャトルに搭乗した毛利衛宇宙飛行士は、STS-99と呼ばれる2000年の飛行で、地球におけるおよそ80%の陸地の精密な標高データを干渉SAR技術に基づき測定した。

3. 防災への応用例

1997年に福井県沖でナホトカ号からの重油の流出事故が発生し、環境に事大な被害を与えた。人工衛星などにより海面上の油の分布範囲が観測されおり、その結果、被害は油が漂着した沿岸付近にとどまらず、海流によって日本海に広がっていることが視覚的に明らかにされている。

地震防災の分野での応用については、1995年兵庫県南部地震による被害の状況の把握をリモートセンシングデータから試みた研究が行われている²⁹⁾。人工衛星や航空機に搭載された光学センサやレーダをもとに、地盤の液状化、焼失地域や建造物の倒壊、地盤変位の把握の試みが行われた。

インドネシアでは焼き畑で使用した火が原因で発生した大規模な森林火災が、大気汚染や環境破壊をひきおこし深刻な問題となっている。この対策のため、延

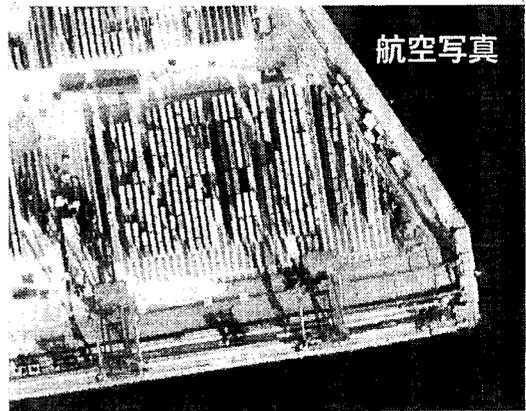


図2 リモートセンシングによる画像の例

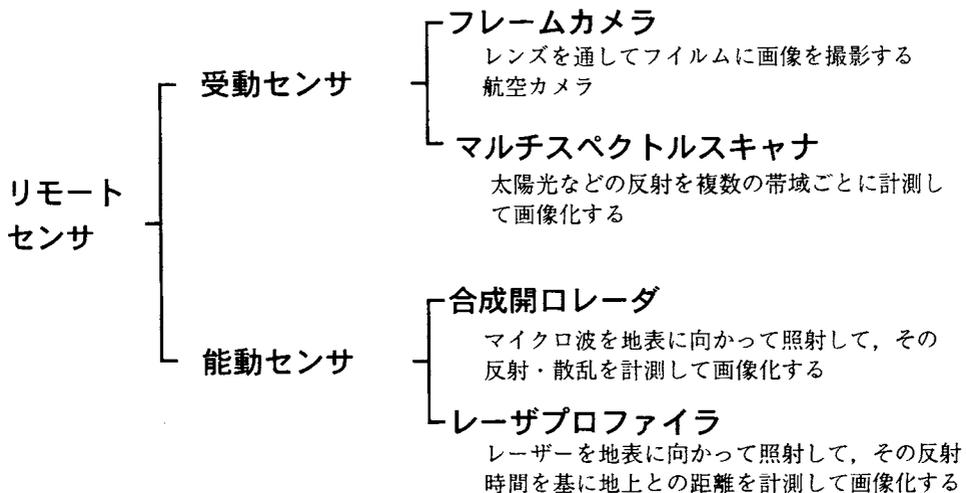


図3 センサの分類

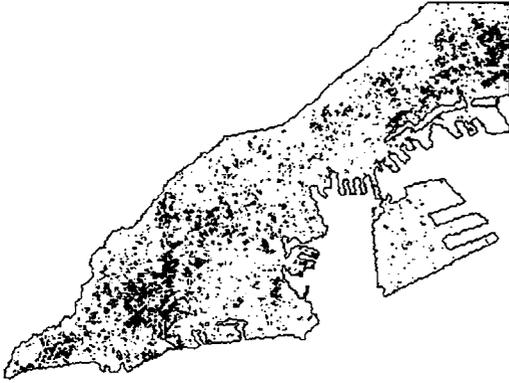


図4 干渉SAR技術により抽出された神戸地区の建物被災状況 (JERS-1 SARデータによる)³⁾

焼中の森林火災の位置を、人工衛星による観測で把握して通報するシステムが、JICAなどの主導でインドネシア森林火災予防プロジェクトとして稼働している^{URL1)}。アメリカでは毎年大規模な林野火災が発生し、その規模は大きいものでは数百万エーカー (1エーカーは約4000平方メートル) に及ぶ面積が焼失し、長期間燃え続けることがある。米国のNOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) は延焼中の森林火災の発生地域を人工衛星により観測し、熱赤外線画像をホームページ上で公開している。これらの画像は、台風や竜巻などの他の自然災害の画像とともに随時更新されている^{URL2)}。

図4及びグラビア写真2はリモートセンシングを使った筆者の研究に関する解析結果である。図4は干渉SAR技術を利用して、神戸地区の地震による建物被災状況を画像化したものである³⁾。グラビア写真3(a)は図2で紹介したSPOT衛星画像をもとにポートアイランドの液化化領域を推定した結果である¹⁾。神戸地区のLANDSAT衛星のデータと標高データから地震に対する地盤の揺れ易さを推定し、兵庫県南部地震のときの建物被害をシミュレートした結果がグラビア写真3(b)である⁵⁾。ここにあげた例は、地上調査であれば莫大な時間と労力がかかるデータが、リモートセンシングを利用することで非常に容易に取得できるという特徴をもっている。

4. 今後期待される技術

IKONOSと呼ばれる高解像度衛星によって、地上解像度が約1mという衛星画像の商業サービスが2000年から始まっている。光学センサによるデータであるが、航空写真にせまる高解像度の画像が、オルソ画像と呼ばれる地図データとの整合性がとれた高精度の画像デ

ータとして提供されている。今後、欧州宇宙開発機構のENVISAT、フランスのSPOT-5、カナダのRADARSAT-2など、地上解像度が2.5m~10mの人工衛星が次々と打ち上げられる予定で、将来、もっと高解像度化された衛星が数多く稼働すると考えられる。その結果、地震波の解析結果による震源情報と連動して、これら衛星からの震災域の上空画像がいち早く全世界に配信されるという全地球規模の震災モニタリングシステムが可能になる日が訪れるかもしれない。日本においても、2003年に陸域観測衛星 (ALOS) が打ち上げられる予定で、高精度で標高抽出を行うための立体視センサ (PRISM)、土地被覆の観測を高精度に行うための高性能可視近赤外放射計 (AVNIR-2)、並びに昼夜の別なくまた天候によらず陸域の観測が可能な合成開口レーダ (PALSAR) の3つの地球観測センサを搭載し、高分解能の陸域観測に威力を発揮することが期待されている^{URL3)}。一方、地上約20kmの成層圏下層に無人の飛行船をうかべようとする成層圏プラットフォームの構想が、研究段階ではあるが進んでいる^{4), URL4)}。この研究は複数の成層圏プラットフォームを常に上空に待機させ、これらに無線の中継地や災害監視の機能を持たせ、地震などの自然災害に強い情報通信ネットワークを構築するというものである。

リモートセンシングの防災における役割として、地形図作成のための基礎データ収集の役割と、発災直後からの被災地の状況を画像として伝える役割が考えられる。今後、後者としての役割をこなすためには、以下の2点がポイントになると考えられる。

- 1) 画像のリアルタイム観測とリアルタイム配信
- 2) 画像処理技術の研究開発

時々刻々と状況が変化している災害対応のためには最新の情報が必要であり、現場の画像が観測後すぐに関係機関へ伝えられることが理想である。しかしながら、高解像度の画像ほどそのデータ量は多くなり、伝送に時間がかかり、受信設備も大がかりなものが必要になっているのが現状である。どのようにして災害現場上空に観測用のプラットフォームを常駐させるか、さらに、多量の画像データを短時間で伝送可能な通信回線をどのように整備するかが今後の課題である。また、画像情報だけでは、地上で何が起きているかを理解することができない場合があり、画像処理技術を用いて被災状況を自動抽出する必要がある。地理情報システム (GIS) を利用することで地上の対象物との関連づけを行い、利用者がより理解しやすいように画像の加工を行う必要もあると考えられる。図5はリモートセンシングを用いた災害モニタリングシステムの一例

である。上空からのデータをもとに建物の被災状況や火災の延焼状況をリアルタイムで把握し、気象データや地上の建物の分布データをもとに火災の延焼方向や危険領域を予測し、被災現場へ常に最新の情報を伝えるというものである。現在のところ技術的課題が多いが、前述の2つのポイントが解決することにより実現する可能性があると考えられる。

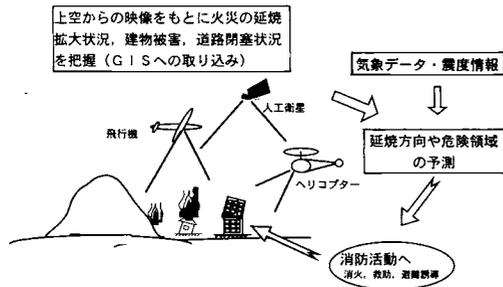


図5 リモートセンシングを用いた災害モニタリングシステムの例

5. おわりに

3章の防災への応用例は、人工衛星などを利用して広い範囲の画像を防災活動に役立てようとするものであるが、消防や県が保有する防災ヘリコプターに装備されている画像伝送システム（ヘリテレ）は、ヘリの機動性を生かして災害現場の接近した画像をリアルタイムに災害対策本部へ提供することが可能である。すなわち、このヘリテレは前述のリアルタイム性を満たしていると考えられる。広範囲の災害監視には人工衛星や飛行機を利用し、局所的な災害現場ではヘリテレを利用するという使い分けが今後行われると考えられ

る。今後、リモートセンシングが消防防災の分野での役割の一端を担い、人々の安全に貢献するために、これら技術のさらなる発展を期待したい。

参考文献

- 1) 星仰、リモートセンシング工学の基礎、森北出版、1984
- 2) 地球環境観測委員会、宇宙開発事業団、リモートセンシング技術センター、兵庫県南部地震災害調査報告、1995
- 3) Y. Ito, M. Hosokawa, H. Lee and J. G. Liu: "Extraction of damaged regions using SAR data and neural networks", ISPRS 2000, Vol.XXXIII, Part B1, pp. 156-163, The Netherlands (Amsterdam). July 2000.
- 4) 細川直史、伊藤陽介、星仰、“自己組織化マップ（SOM）による液状化領域の抽出”、写真測量とリモートセンシング、Vol.38 No.6、pp.14-23、1999
- 5) 細川直史、伊藤陽介、星仰、“自己組織化マップによる地形分類とその地震動推定への適用”、情報処理学会第61回全国大会講演論文集(4)、pp.433-434、2001
- 6) 長谷良裕、“成層圏プラットフォーム-21世紀の革新的通信インフラ-”、電子情報通信学会誌、Vo1.83、No.9、pp.609-706、Sep. 2000

参考ホームページ

- URL 1) <http://members.nbc.com/ffmpmp/indes.html>
 URL 2) <http://www.osei.noaa.gov/>
 URL 3) <http://alos.nasda.go.jp/indes.html>
 URL 4) <http://www.yrp.tao.go.jp/>

いくつかの降雨指数と林野火災発生件数の関係

—広島県を例として—

寒河江幸平

1. はじめに

林野火災の発生には、行楽等による山野への出入り等の人的要素も関連するが、気象が強く関連するといわれ、これまで林野火災の発生を気象要素との関連で考察することがなされてきている¹⁾。特に降雨量が強い影響を与えるといわれている²⁾。事実平成6年の夏、西日本一帯の大干ばつ時には、林野火災が多く発生し、規模の大きな火災もいくつか発生した。将来このような大渇水が発生したら、林野火災が多数発生し、大規模火災も発生すると考えられる。

そこで、影響が強いといわれる降雨量を指標化したいくつかの指数と、林野火災発生との関連を調べてみた。特に、次の三つの降雨指数を用いて火災発生との関連を調べた。一つは、無降水継続日数、二つ目は実効降雨量と呼ばれる、降雨量に重みをつけたもの、三つ目にはカナダで使われている干ばつ指数のもととなる累積水分指数³⁾である。

ここでは、広島県の気象データと火災データをもとに分析したので紹介する。広島県を対象としたのは1年間の林野火災の発生件数が、他の都道府県と比較して多い方であり、統計分析に十分必要なデータ数を有していることによる。

利用した火災データ⁴⁾及び気象データ⁵⁾は昭和54年から平成6年までのもので、分析手法によって利用年次は異なる。

2. 分析手法の概要

2.1 無降水継続日数

無降水継続日数とは、ある日に降雨があり、それを最後に、その後無降水が続いた日数をいう。ここで降雨とは、厳しい条件かもしれないが、全く降雨がなかったか、有っても降水量と見なされなかったことをいう。

2.2 実効降雨量

実効降雨量とは、その日だけの降雨だけではなく、その日以前の降雨も当日の火災発生に影響を与えるも

のと考えて、その以前の降雨量の影響を累積的に考えるものである。

理論的には、ある日降雨量があり、その量を H_0 とし、その日より t (≥ 1) 日前の降雨量を H_t をするとき、その日の実効降雨量 H を目下(1)式のように定義する。

$$H = H_0 + rH_1 + \dots + r^t H_t + \dots \quad (1)$$

ここで r は重みで、実際には0.7を用いた。

2.3 累積水分指数

累積水分指数 (SMI, Soil Moisture Index) とはカナダで用いられている干ばつ指数の基となる指数で、燃え草等の発火性を評価する地表面の土壌水分量を表すものである。地表面付近の水分量を0.01インチを単位とする深さで表し、最大800、最小0の範囲を動くものである。これは地表面付近の落ち葉、枯れ草等の層に蓄積される水分量は最大8インチと考えられることによる。

SMIの計算は次のようになる。前日の累積水分指数を SMI_0 とし、 SMI_r を媒介項とすると、

$$SMI_r = SMI_0 + Rd \quad (2)$$

$$SMI = SMI_r - AE \quad (3)$$

ここで Rd は木の葉等の障害を考慮することによって差し引かれた雨量 (インチ) で、次の式(4)で定式化されている。

$$Rd = 83 \times (R_0 - 0.06) \quad (4)$$

ここで R_0 はopen areaでの雨量である。

式(2)において、 AE は当日の水分蒸散量である。

AE は潜在蒸散量 (PE) により次の(5)式で定式化されている。

$$AE = SMI_r / 800 \times PE \quad (5)$$

PEは様々な方法で、算出されるが、一般的な決定方法はない。そこで、アメリカのデータ解析結果から得られている蒸散量に関する次の(6)式⁶⁾を用いた。

$$E = (T - 10) / 9 \quad (6)$$

ここで E は一ヶ月の蒸散量 (単位はインチ)、 T は一ヶ月の平均気温 (単位は華氏) である。

カナダやアメリカではデータの単位として、長さは

インチが用いられているので、日本に適応するように長さはミリメートルと単位を変えると式(2)は次の式(7)に変わる。

$$Rd = 8.3 \times (R0 - 1.5) \quad (7)$$

ここで、open areaでの雨量が1.5mm以下ならRdは0とする。

蒸散量Eの式(6)を、単位として長さを0.1ミリメートル、温度を華氏から摂氏に変え、一ヶ月を30日として、一日あたりの蒸散量AEを求めると以下の(8)式になる。

$$AE = 1.7 \times (T0 + 12) \quad (8)$$

ここにT0は一日の平壇気温である。

累積水分指数SMIは単位を変換したので、最大で2032、最小0の値をとるものとした。値が負になる場合は0、値が2032を越える場合は2032とした。

3. 分析結果及び考察

3.1 広島県の林野火災

図1に広島県の昭和60年から平成6年までの林野火災発生件数の平均値と特異な発生状況であった平成5年、平成6年の月別林野火災発生件数の分布を示した。

図より、例年は春先に火災が多く、梅雨時の6月、7月に少なく、8月に若干多くなる傾向がみられる。さらに9月、10月に少なく、冬季から次の年の春にかけて多くなっていく傾向がみられる。平成5年は、3月、4月に火災が多く発生し、夏場はほとんど発生しなかった。逆に平成6年は春先に火災があまり発生せず、7月、8月、9月に火災が多く発生したことがわ

かる。

図2及び図3に平成5年の一年間の降雨量の変化及び一年間の火災発生件数の変化を示した。平成5年は年初から4ヶ月ほど降雨が少なく、梅雨期では雨の日が続き、そのときの一日ごとの降雨量が大きいたことが分かる。火災は2月から4月にかけて多く発生し、夏場はほとんど火災が発生していない。

図4及び図5に平成6年の一年間の降雨量及び火災発生件数の変化を示した。図より、降雨量は夏場にほとんどなく、火災が多く発生したことが素因であった。

3.2 無降水継続日数と林野火災発生の関係

図6に季節別の無降水継続日数と火災発生割合の関係を示した。火災発生割合Fは次の(9)式によった。

$$FD = F0 / FA \div D0 / DA \quad (9)$$

ここにF0はある無降水継続日数日に発生した火災件数、FAは総火災件数、D0はある無降水継続日数であった日数、DAは統計対象とした全日数である。分析の対象としたデータは昭和54年から平成6年の16年間のものである。

図より降雨があった日や次の日の火災発生はほとんどなく、降雨が観測されてから2日から一週間以内は火災が若干発化するが、そのうち特に春先は降雨後一週間あたりから火災発生割合が若干高くなる。その他の季節では特に夏が降雨10日後あたりから発生割合が相当高くなる。特に降雨15日後頃から急に高くなる。秋季についてはこれも降雨15日後頃から若干高くなる。冬季はほぼ一定での発生割合で、割合1～2の範

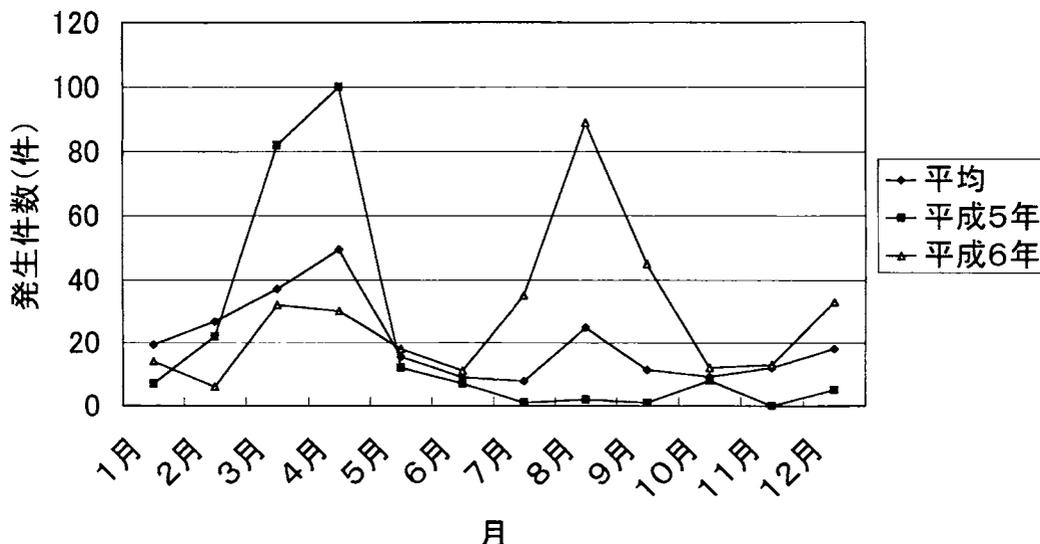


図1 広島県の月別林野火災発生件数

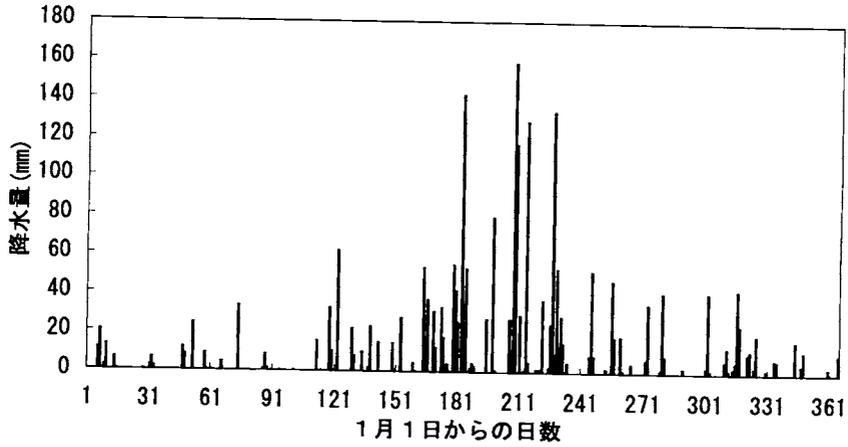


図2 広島県の降雨量の年変化 (平成5年)

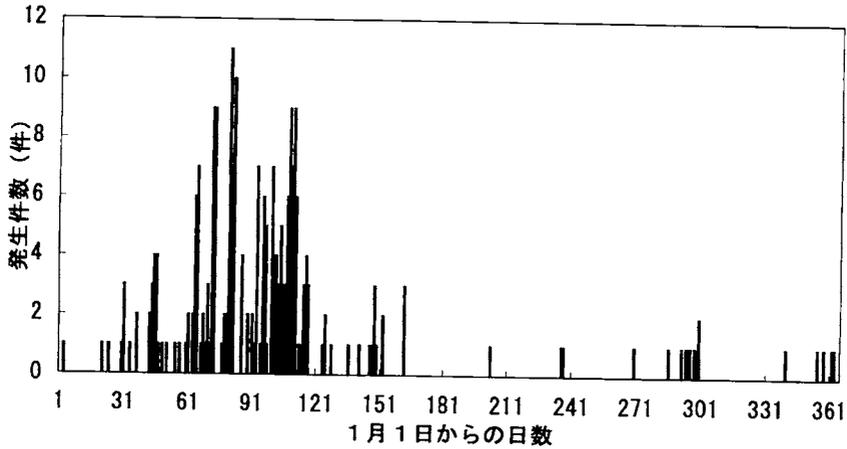


図3 広島県の林野火災件数の年変化 (平成5年)

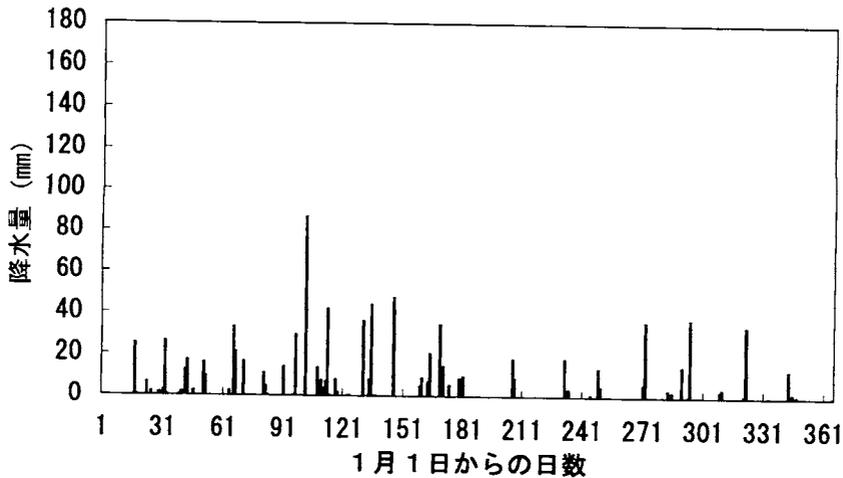


図4 広島県の降雨量の年変化 (平成6年)

困におさまっている。このような傾向は、現在整理中の他の道県についてもあてはまる。

ここで、冬季とは1月～3月、春季とは4月～6月、夏季とは7月～9月、秋季とは10月～12月とした。

火災はすべて気象だけで説明が付くとは考えられず、夏場火災割合が高いのは、行楽等の山野への出入りが多くなるという人間の行動の影響によるものとも考えられる。しかし、夏場無降水継続日数が多くなると火災の発生割合が高くなるということは注目すべきことであろう。冬季の発生割合が低いのは温度が低いことと、人間の活動があまりないことによると考えら

れる。

3.3 実効降雨量と林野火災発生との関係

図7に季節別の実効降雨量と火災発生割合の関係を示した。分析対象としたデータは昭和60年から平成6年の10年間のものである。

火災発生割合は次の(10)式により求めた。

$$W = G0/GA / H0/HA \quad (10)$$

ここにG0はある実効降雨量の時発生した火災件数、GAは総火災件数、H0はある実効降雨量が発生した日数、HAは全日数である。実効降雨量の単位は0.1mm

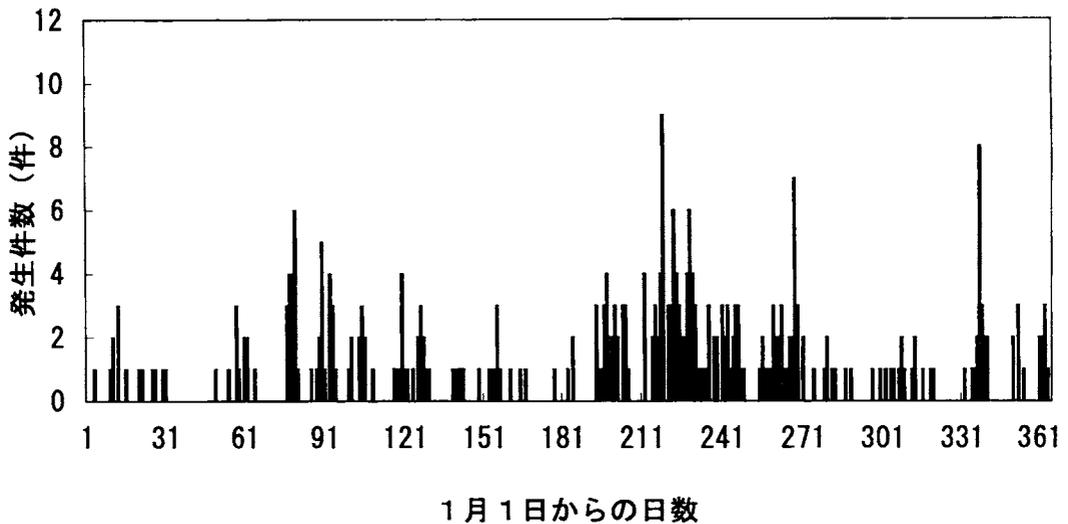


図5 広島県の林野火災件数の年変化 (平成6年)

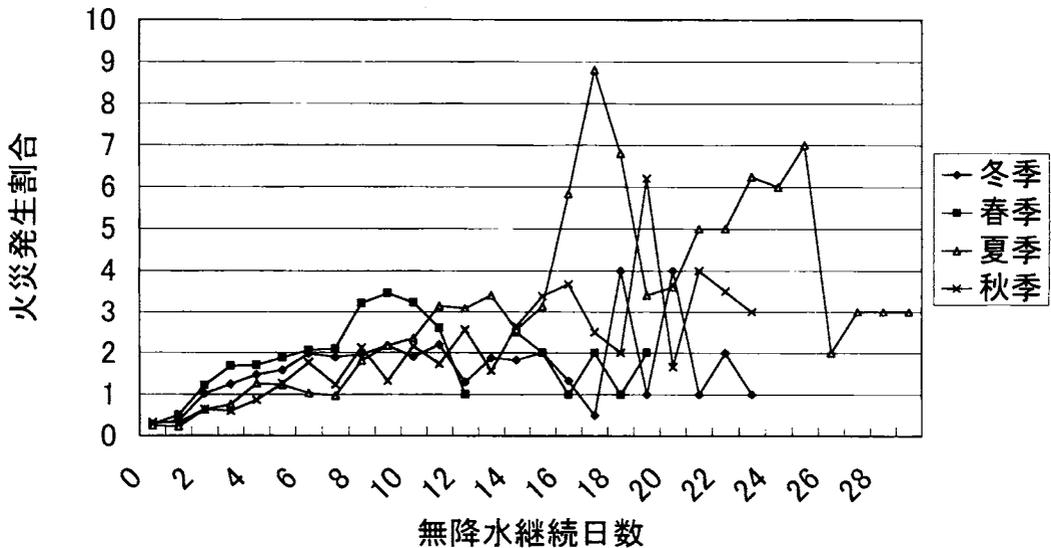


図6 広島県の季節別無降水継続日数と火災発生割合 (昭和54年～平成6年)

である。季節の設定は前節と同様である。

図より各季節とも実効降雨量の少なくなるほど火災がよく発生することが分かる。特に、春の実効降雨量0~1の時には火災が多く発生することが見て取れる。

3.4 累積水分指数と林野火災発生との関係

1.3節で述べた方法により、累積水分指数の変化を平成5年及び平成6年についてそれぞれ一年間の変化を求めたのが図8、図9である。

図より、平成5年は春先累積水分指数は小さく、夏場は毎日高い値を示している。言葉を換えれば、春先土壌は乾ききっていて、夏場は土壌が十分水分を含んでいたといえる。平成6年については、春先は土壌は適度に水分を含んでおり、夏場は土壌が乾ききっていたことが分かる。

火災発生についての一つの目安は実効湿度である。実効湿度が65%を切る（火災注意報の発令基準の一つ）と火災が発生しやすくなるといわれている。

実効湿度は実効降雨量と同じく、その日以前の湿度

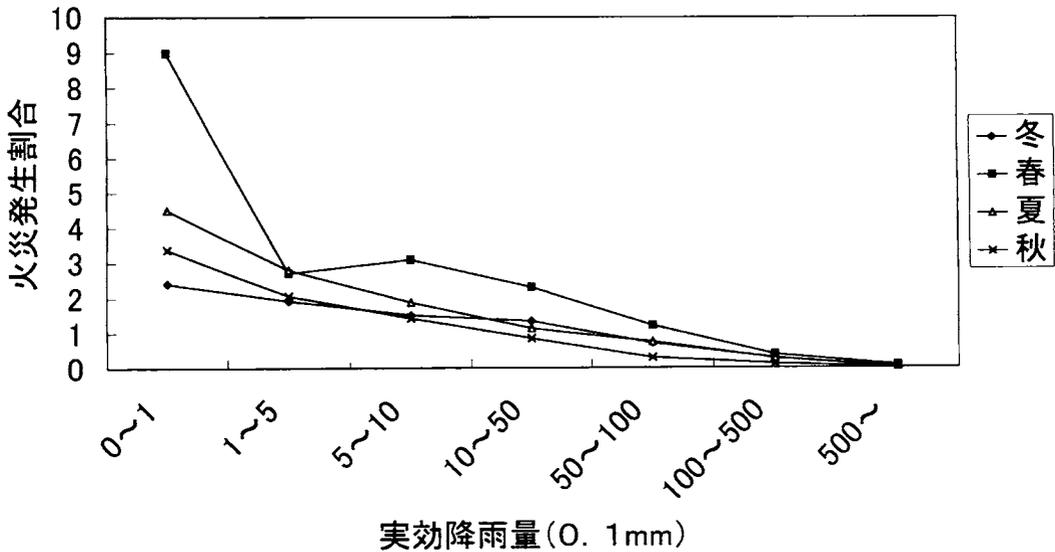


図7 広島県の季節別実効降雨量と火災発生割合 (昭和60年~平成6年)

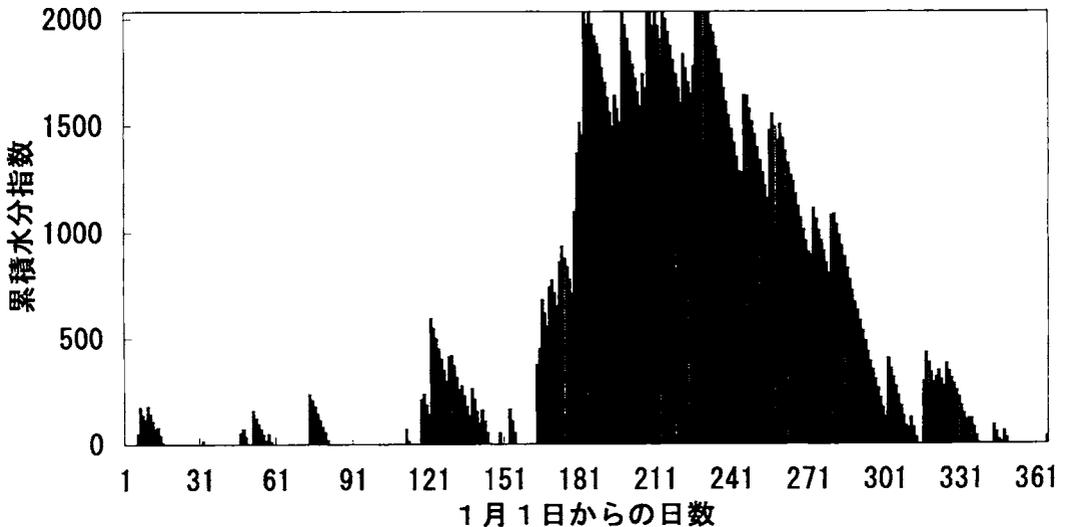


図8 広島県の累積水分指数の年変化 (平成5年)

が累積的に影響するものと考え、その累積和をいう。具体的には以下の(1)式により求める。

$$S = (1-r)(S_0 + rS_1 + \dots + r^t S_t + \dots) \quad (1)$$

ここでSは実効湿度、 S_0 は当日の湿度、 S_t はt日前の湿度、rは重みで0.7とした。

平成5年について実効湿度及び累積水分指数と火災件数の関係を示したのが図10、図11である。平成6年については図12、図13である。図10～図13まで、火災件数は累積発生割合である。

平成5年では実効湿度65%以下で全火災の90%が発生している。累積水分指数については、指数200以下で全火災の95%が、指数0では全火災の80%が発生している。平成6年では実効湿度65%以下で全火災の75%が発生し、累積水分指数200以下で全火災の95%が、指数0では全火災の80%が発生している。

このように累積水分指数は、これまでの火災発生危険の目安である実効湿度と同等或いはそれ以上によく火災の発生をよく説明するものと考えられる。

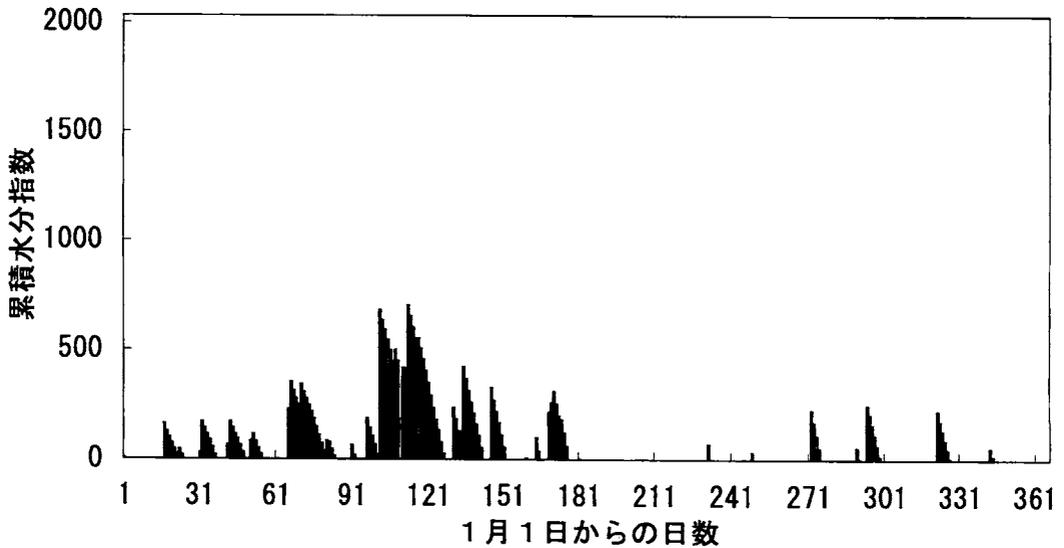


図9 広島県の累積水分指数の年変化 (平成6年)

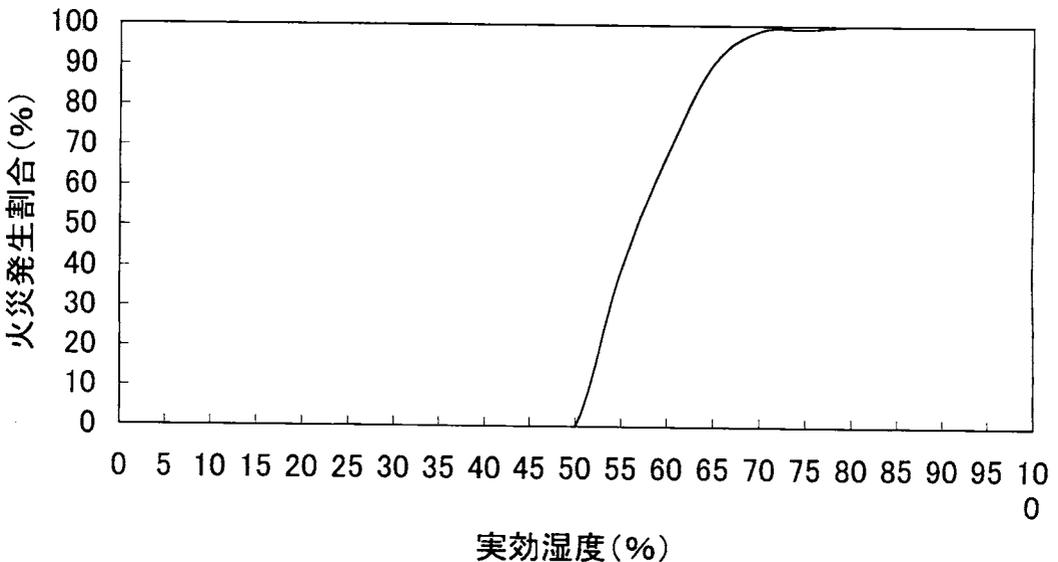


図10 広島県の実効湿度と累積火災発生割合 (平成5年)

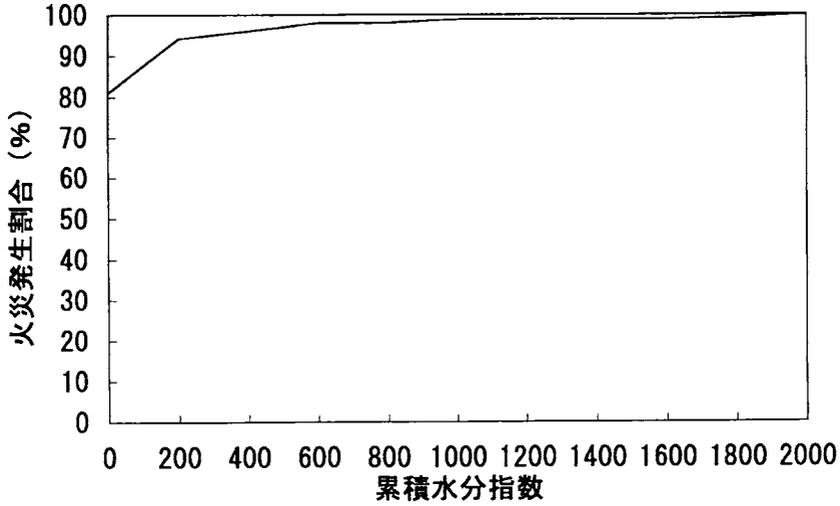


図11 広島県の累積水分指数と累積火災発生割合 (平成5年)

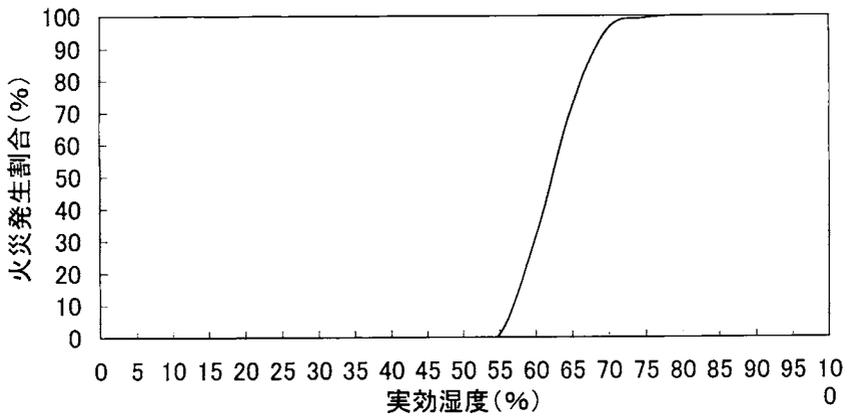


図12 広島県の実効湿度と累積火災発生割合 (平成6年)

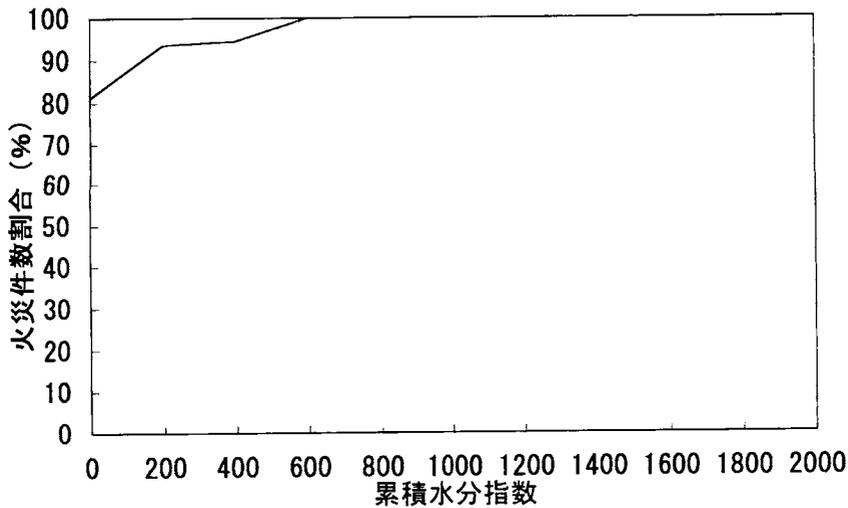


図13 広島県の累積水分指数と累積火災発生割合 (平成6年)

4. まとめ

降雨が林野火災発生に強い影響を与えるといわれていることから、いくつかの降雨指標と林野火災件数との関係を調べた。特に、ここでは比較的火災件数の多い広島県の場合について述べてきたが、まとめとして次のことがいえる。

- 1) 無降水継続日数との関係では、降雨後2日から1週間までは火災の発生は少ないが、それを過ぎると火災発生危険は高くなり、特に夏場は降雨後10日後から顕著に高くなることがわかった。このことは、現在、整理中のデータから他道県についてもいえることである。
- 2) 実効降雨量と火災発生との関係では、実効降雨量の低いほど火災の発生が多くなり、特に春先に多いことがわかった。
- 3) 累積水分指数が0で林野火災件数の80%が発生し、200以下では95%が発生するという結果を得、累積水分指数は、火災発生予測という点ではこれまで用いられている実効湿度と同等或いはそれ以上により指標が

あることが分かった。累積水分指数も火災発生指標として考慮してよいものの一つといえる。

今後は土壌水分量を指数化したデータあるいは土壌水分量の実測を通して、林野火災発生との関連を調べていく予定である。

参考文献

- 1) 寒河江、佐々木：「林野火災出火件数の重回帰分析」、消防研究所報告、第57号、pp.67～72 (1984)
- 2) 山下、那波：「近年の大規模火災について」、消防研輯報、第47号、pp.17～22 (1933)
- 3) Tune, J. A: The Drought Code Component of the Canadian Forest Fire Behavior Systems, (1973)
- 4) 全国火災報告マスターテープ (消防科学総合センター所有)
- 5) 気象庁：気象庁月報昭和59年12月号～平成6年12月号
- 6) Crowe, P. R: Concepts in Climatology, Longman (1971)

第4回アジアオセアニア火災科学技術シンポジウムに参加して

鈴木 健

1. まえがき

2000年5月24日から26日までの3日間、第4回アジアオセアニア火災科学技術シンポジウム(4th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology)が東京の早稲田大学国際会議場で開催された。会議の概要についてここに報告する。

アジアオセアニア火災科学技術シンポジウムはアジアオセアニア諸国における火災研究を促進するために開催される国際会議である。過去3回の会議については表1に簡単に示した。詳細については火災誌に参加報告が掲載されているので参照されたい¹⁻³⁾。

2. 会議について

早稲田大学国際会議場を会場として使用した。1階には大ホールがあり、3階に100人程度収容できる部屋が3室ある。会議の参加者は日本人約100人、外国人約25人(ただし、事前登録者)であったので、今回の会議にはちょうど良い規模の会場であった。表2に会議の概要を示した。24日の午前中には大ホールでワークショップ1(写真1)が行われた。25日と26日の講演を聴講するには参加費が必要になるが、ワークショップ1だけは無料で聴講できた。表3に、ワークショップの発表者を示す。Fan教授は英語で発表を行ったが後の人は日本語で行った。陳教授は日本でも話題になった集集大地震の被害報告を行った。マスコミの報道とは異なった視点からの報告は興味深かった。Fan教授、駒宮氏、李氏は、それぞれの国の統計をもとに、火災・災害の発生を、社会背景と共に分析した。

統計の取り方が国によってどのように異なっているのが気になった。25日と26日には、研究発表が行われた。研究発表における時間配分は、講演15分、質疑応答5分であった。筆者の聴講した範囲内では、講演者は講演時間を守っており、時間を大幅に超過して座長に止められるような事態は起こらなかった。講演者には、記念品として線香が贈られた。香を吸って気持ちを落ち着かせて研究に集中して下さいという意味だろうか。

25日の招待講演の前にポスター発表が行われた。最近、高性能のカラーレーザープリンター、A1やA2くらいの大きな紙に印刷できるカラープリンターが、価格の低下により普及してきたので、美しいポスターが多かった。ポスターの前で活発な討論が日本語と英語の両方を用いて行われた。

懇親会が会場近くのRihga Royal Waseda Hotelにおいて25日の晩に行われた。菅原教授の挨拶、上原教授の挨拶と乾杯の後、立食形式で歓談した。懇親会中に優秀な論文の表彰が行われた。受賞した論文は表4に示した通りである。受賞理由の細かい説明、受賞者の挨拶などはなく、ただ、賞状と記念品を渡したただけであった。Best paper賞1位は、集合住宅の模型を使って外壁上の開口からの噴出火災が、模型の形状・火災規模にどのように影響されるかを実験的に調べた鈴木ら(写真2)に贈られた。計算機流体力学が幅を利かせる時代に、大きな模型を作成し、苦勞して実験を行い、多量の測定結果を整理した努力が評価されたものと思う。Best paper賞2位は、アトリウム中における煙の滞留についての実験と数値計算を行ったHuo Ran

表1 アジアオセアニア火災科学技術学会の歴史

1992年	中国の合肥で第1回アジア火災技術会議が開催される。アジア火災科学技術学会が結成される。 東京大学平野敏右教授(当時)が初代会長となる。
1995年	ロシアのハバロフスク市で第2回アジアオセアニア火災科学技術学会開催される。 名称にオセアニアが加えられた。中国科学技術大学Fan教授が第2代会長となる。
1998年	シンガポールで第3回アジアオセアニア火災科学技術シンポジウムが開催される。
2000年	第4回アジアオセアニア火災科学技術シンポジウムが東京で開催される。 Khabarovsk工科大学Bulgakov学長が第3代会長となる。

表2 シンポジウムの概要

	午前	午後	夕方
23日			参加登録 歓迎パーティー
24日	開会式 ワークショップ1:アジアの都市・建築防災の将来		
25日	招待講演1:火災科学の将来 (平野敏右) 研究発表:森林火災[2] 計算機流体力学[3] ポスターセッション[16]	ワークショップ2:火災科学における数学モデル役割と将来展望 研究発表:実火災と建物の火災安全管理[4] 人間の行動[4] 物質[3] 構造と火災安全[4]	懇親会
26日	招待講演2:森林火災の拡大機構 (A. Karpov) 研究発表:火災化学[2] 消火[4] 大規模火災[2] 計算機流体力学[4] ビデオ放映	招待講演3:性能規定型火災安全設計 (辻本誠, 原田和典) 招待講演4:ハロン代替を巡る諸問題 (B. Z. Dlugogorski and E. Kennedy) 研究発表:火災の挙動とモデリング[4] 煙の感知と制御[4] 閉会式	お別れパーティー

()内の名前は講演者

[]内の数字は発表件数、ただし、プログラムによる

表3 ワークショップの内容

ワークショップ1:アジアの都市・建築防災の将来

Fan Weicheng教授(中国科学技術大学)	「中国における最近の国土・都市の災害と防災政策の課題」
駒宮功額(災害情報センター)	「戦後日本の産業構造の変転と災害の発生構造」
陳亮全教授(台湾大学)	「1999年集集大地震が台湾の社会と産業に及ぼした影響」
李義平(韓国光州市消防本部)	「韓国の産業発展と火災損害の変化」

ワークショップ2:火災科学における数学モデル役割と将来展望

Yoshimura, H.(大阪大学)	「人間の行動」
Thomas, I.(ビクトリア技術大学)	「リスクアセスメント」
Delichatsios(CSIRO)	「火災物理」
原田和典(京都大学)	「構造」

らに贈られた。Best paper賞3位は、6から15歳の子供28人に被験者として参加してもらい、就寝中に火災報知器が鳴った場合に目を覚ますか、という実験を行ったBruckらに贈られた。Best poster賞は、表面が起毛した繊維上では火災が広がる速度が起毛していない場合に比べて1桁以上大きくなる現象（surface flash

とよばれる）についての実験的研究を行ったSireerat Charuchindaらに対して贈られた。現象自体は以前から知られていたが、詳細な実験的研究が行われたことはほとんどなかった。手間のかかる実験を地道に行い注意深く観察し考察を加えるという種類の研究が国際的な場で評価されたのは誠によるこぼしいことであ

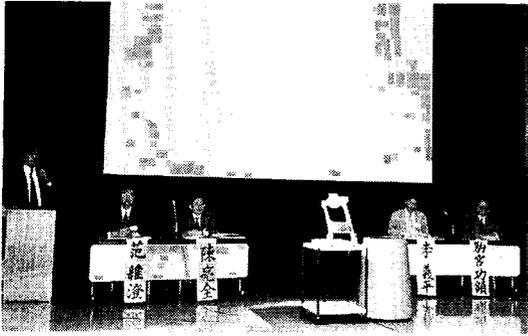


写真1 ワークショップ1の様子

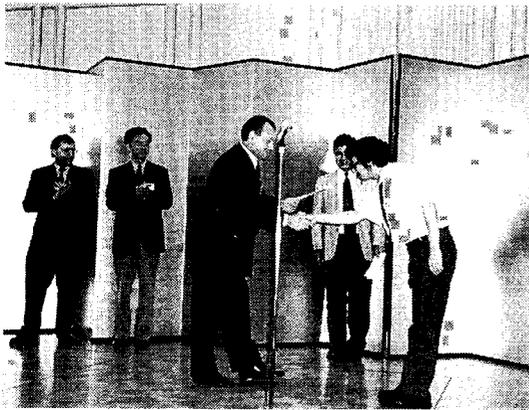


写真2 Best Paper賞1位受賞の風景

る。

筆者は25日午後の「物質」のセッションで座長を務めた。岩田・古積らによる14種の原油の燃焼性状のコーンカロリメーターによる測定、山田らによるカーテンの燃焼性状のルームカロリメーターによる測定および現行の防災試験法の結果との比較（写真3）、Fangratらによる建築材料の試験法と判断基準、の3

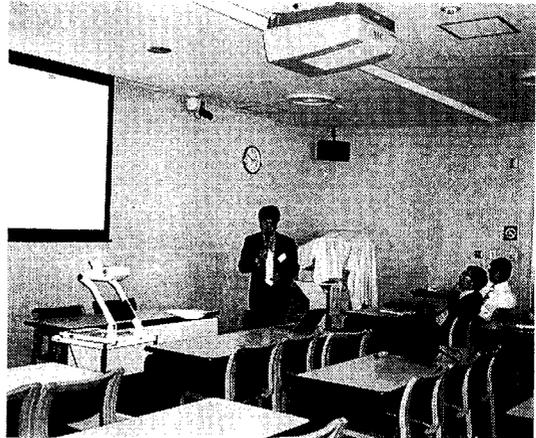


写真3 山田室長（消防研究所）による口頭発表

件の報告があった。いずれも発表時間を守ったのは、座長として嬉しかったが、会場からの質問が少なかったのは困った。

26日の研究発表終了後に閉会式が行われKhabarovsk工科大学Bulgakov学長（写真4）が第3代会長となったことが、第2代会長である中国科学技術大学Fan教授から報告された。Bulgakov学長が今後の抱負について語った。さらに、シンポジウムで座長を務めた者の中から2名がDistinguished Chair賞を受賞した（表4）。両名には副賞として、折り畳みいす（chair）と鐘が贈られた。

3. おわりに

日本火災学会研究発表会に引き続いて行われたので、この週は日本火災学会での発表がある月曜日から、アジアオセアニア火災科学技術シンポジウムにおいて筆者の発表がある金曜日まで気が抜けなかった。次回

表4 表彰者

Best poster賞	Sireerat Charuchinda、鈴木正太郎、土橋律、平野敏右 Surface flash behaviour over napped fabrics
Best paper賞 第1位	鈴木健、関沢愛、佐藤博臣、山田常圭、箭内英治、栗岡均、木村安良 An experimental study of ejected flames of a high-rise buildings - effects of depth of balcony -
第2位	Huo Ran, Li Yuanzhou, Jin Xuhui, Fan Weicheng, Chow W. K., Cui E. Experimental Study on Smoke Filling Processing in Large Space
第3位	Bruck, D., Bliss, R. A. Sleeping Children and Smoke Alarms
Distinguished chair賞	中国科学技術大学 Huo Ran 消防研究所 鈴木健

のシンポジウムは2001年12月3日から6日にオーストラリアのニューキャッスル大学で開催される予定である。受付にニューキャッスルの観光案内が置いてあった。それをみて、次回のシンポジウムに参加する決意を固めた人もいたようであった。会議の日程がインターネット上のホームページに掲載されたので、事前に入手出来た。これは非常によかった。作成する人には負担がかかるが、今後も続けてほしいと思う。

参考文献

- 1) 成瀬友宏：火災，42（6），7（1992）。
- 2) 佐藤研二：火災，46（1），36（1996）。
- 3) 土橋律：火災，48（5），46（1998）。



写真4 お別れパーティーにて 左から Karpov教授（Khabarovsk工科大学）、Bulgakov学長（同左）、平野教授（東大名誉教授 現消防研究所理事長）、上原教授（横浜国立大学名誉教授）、鶴田室長（消防研究所）

第28回国際燃焼シンポジウムに参加して

鶴田 俊

1. まえがき

2000年7月30日～8月4日の6日間、英国スコットランドのエジンバラ大学において開催された第28回国際燃焼シンポジウムに参加した。今回の国際燃焼シンポジウムは、20世紀最後を締めくくるものとなった。

エジンバラ大学は、英連合王国の一部を成すスコットランドのエジンバラ市の市街地の中に位置している。エジンバラ市の市街地の中心の高台にはエジンバラ城があり、その南側にエジンバラ大学の建物が広大な公園に沿うように建っている。

スコットランド地方は、古い火成岩の岩盤が長い期間の地殻変動、堆積、侵食を経て形成された変化に富む地形である。スコットランド地方の北部は、氷河による侵食を受けた地形もあり、美しい湖沼地帯となっている。スコットランドの東方の北海では、海底油田の採掘が行われている。エジンバラ市は、歴史的な建物も多く、夏にはエジンバラ音楽祭が開催され、多くの観光客が訪れる。

スコットランドは、歴史的には、南方に位置するイングランドと戦争を繰り返し、現在でも独自の通貨や議会を持っており、地方自治の代表例となっている。言葉もイングランドとは異なっており、地名や人名等には、独特なものがある。

スコットランドは、英連合王国の兵士供給地としても歴史が長く、エジンバラ城の内部の軍事博物館には、英国の参戦した戦争における活動が展示されていた。その中には、第二次世界大戦中の日本との戦争で



写真1 ロンドンヒースロー空港に駐機中のコンコルド

の戦利品や戦争風景画があった。

今年は、米国や欧州の経済状況がよかったために、シンポジウムには1150名の事前登録者と350名の同伴者が参加した。日本からは、事前登録105名、同伴者30名となり、史上最高の参加人数となった。

シンポジウムの宿舎は、エジンバラ大学の学生寮と市内のホテルが確保されていたが、観光シーズンのために予約が困難な事態が生じていた。

エジンバラ市までは、成田から国際線でロンドンヒースロー空港を経て空路到着した。途中のロンドンヒースロー空港では、7月25日に仏国パリ市郊外で墜落事故を起こしたコンコルドの同型機(写真1)を見ることができた。墜落事故の直後、仏国はコンコルドの運航を停止したが、英国は継続した。英国のリスクに対する考え方の一端を見るようであった。

2. シンポジウムの概要

シンポジウム第1日目は、7月30日曜日であった。エジンバラ大学で参加登録が午後行われた。ここで、シンポジウムの会場や日程についての資料が配布された。午後からは、レセプションが王立スコットランド博物館のロビーで開催された。ロビーは、階段状になっており、細長く、参加者の数に比べると著しく狭かった。午後8時にはレセプションが終了し、外に出ると緯度が高いために明るかったが肌寒かった。ガイドブックに1日のうちに四季を感じるところと書かれていたことを思いだした。

シンポジウム第2日目は、エジンバラ大学の大講堂(写真2)で開会式の後、ホテル記念講演が行われた。講演者は、Glassman先生で、燃焼研究の今後についてお話された。千人規模の聴衆に明瞭に聞き取れるようにスコットランドの誇る音響システムが使用されていたようであったが、広大な空間の残響や反響で極めて聞きにくかった。Glassman先生の話は、身につまされる批判を含みながらも研究者を激励するものであったが、音響システムの欠陥のために残念な結果となった。

全体講演の後は、自分の担当のワークインプログレスポスター展示を終日行った。ポスター展示は、ナトリウムの燃焼現象について行った。多くの方々から貴

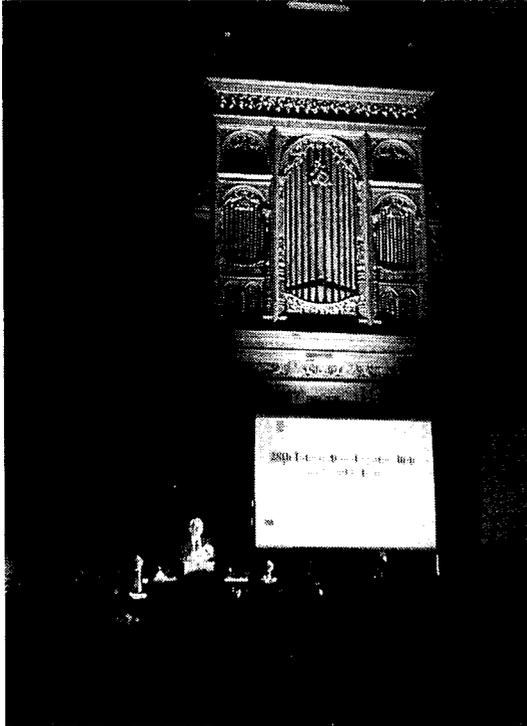


写真2 エジンバラ大学の大講堂における開會式

重なコメントや質問を頂いた。プログラム編成担当のCandel先生と論文の採択について意見を交換したところ、査読者やシンポジウムの性格によって採択が決まるので、価値ある論文ならば学会誌に投稿することを勧めると話されていた。

第3日目の全体講演は、Williams先生の石炭や固体

燃料の燃焼に関するものであった。欧州においては石炭が利用され、大気汚染の問題も引き起こしている。

全体講演の後は、ワークインプログレスポスター展示を一部手伝った。

第4日目の全体講演は、Clavin先生の予混合火炎面に関するものであった。予混合火炎面の流体力学的な特性についての解析結果が紹介された。

全体講演の後は、ポスターセッションとなっており、様々な分野の研究を見ることが出来た。国際燃焼シンポジウムは、巨大化したため6会場で平行して発表は行われるため、異なる分野の研究について聞くことは困難である。

午後には、エジンバラ市郊外の庭園でバーベキューが開催された。小雨模様であったために、スコットランドの名物のハイランドゲームも震えながら見るようになった。

第5日目の全体講演は、Hentschel博士のガソリンエンジンの燃焼過程の光学的診断であった。ドイツの自動車会社におけるガソリンエンジンの開発に関するものであった。

全体講演の後は、燃え拡がりに関する火災のセッションが午前と午後行われた。

液体、固体表面の燃え拡がり現象、火災性状、爆発現象の研究について発表が行われた。米国の火災研究は、微小重力つまり宇宙ステーション内を想定したものがほとんどだった。宇宙開発では、米国だけでもアポロ1号の3宇宙飛行士焼死事故、アポロ13号酸素タンク内テフロン電線を着火源とする機械船爆発事故、

表1 第28回国際燃焼シンポジウム特別講演

7月30日	ホテル記念講演 超音速飛行と薪ストーブでの調理:燃焼研究分野における挑戦課題	Glassman, I.
8月1日	全体講演 石炭およびいくつかの固体燃料の燃焼	Williams, A.
8月2日	全体講演 予混合気中の燃焼面の動力学	Clavin, P.
8月3日	全体講演 直接燃料噴射型ガソリンエンジンの燃焼過程の光学的診断	Hentschel, W.
8月4日	全体講演 燃焼と大気の相互作用	Golden, D. M.

表2-1 第28回国際燃焼シンポジウムの火災関連の発表

PMMA表面に沿った火炎の下方伝ば

Bhattacharjee, S., King, M.D., Takahashi, S., Magumo, T., Wakai, K.

ETFE電線被覆表面に沿った燃え拡がり速度を支配する因子

-温度計測を基にした希釈気体の影響についての考察-

Fujita, O., Kikuchi, M., Ito, K., Nishizawa, K.

酸素濃度の異なる雰囲気下における鉛直円柱表面に沿った上方燃え拡がり速度と火炎からの放射熱流束の関係

Delichatsios, M.

微小重力下における燃え拡がり速度と遷移現象におよぼす試料幅の効果

Mell, W.E., Kashiwagi, T.

水と水酸化ナトリウム水溶液の液滴による拡散火炎の消火条件

Lazzarini, A. K., Krauss, R. H., Chelliah, H. K., Linteris, G. T.

固体ロケットジョイント部の不具合によるチャレンジャー爆発事故など大きな火災・爆発が起きている。国際宇宙ステーション内の火災・爆発リスクについて米政府が深刻に考えていることが伺えた。

夕方からは、地球環境をテーマとして作られた市内のガラスドームのホールで公式夕食会が開催された。この公式夕食会では、燃焼研究の分野で優れた功績のあった研究者の表彰が行われた。日本燃焼学会前会長の東北大学流体科学研究所の新岡嵩先生にThe Alfreed C. Egerton Gold Medalが贈られた。

第6日目の全体講演は、Golden先生の対流圏と成層圏における人由来の化学物質の挙動についてであった。局所的な大気汚染と全地球的な自然環境の変化について解説された。

全体講演の後は、午前中に燃え拡がり現象のセッション

(写真3)、午後に消火のセッションが行われた。午後の消火のセッションでは、粉末、液滴を用いた消火に関するものが中心となっていた。

すべてのセッション終了後、閉会式にあたるフェアウェルパーティーが会場近くの館の中庭で行われた。会場の館は、石作りの古いもので改修工事中であった。この館の裏庭からは、エジンバラ城とエジンバラフェスティバルの行われる仮設スタジアム(写真4)を見ることができた。

フェアウェルパーティーの後、エジンバラフェスティバルの観覧がシンポジウム事務局によって手配されていた。エジンバラフェスティバルは、スコットランドの英国軍楽隊を中心にプログラムが編成されていた。観覧した時には、スコットランド総督が臨席していた。スコットランド舞踊、英国連邦内のマーチング



写真3 火災のセッションにおける発表風景



写真4 エジンバラ城(左側)と

仮設スタジアム(右側)

表2-2 第28回国際燃焼シンポジウムの火災関連の発表

微小重力下における低速風洞内における薄い固体表面の燃え拡がりのモデル化

Shih, H. Y., T'ien, J. S.

固体燃料ベッドの気流に沿っての燃え拡がり機構

Honda, L. K., Ronney, P. D.

プロパノール表面の間欠的な火炎伝ばにおよぼす低温度領域の影響

Konisi, T., Tashtoush, G., Ito, A., Narumi, A., Saito, K.

微小重力下、自然対流下、強制対流下における燃料円柱表面に沿ったクリーピング燃え拡がり

Delichatsios, M. A., Altenkirch, R. A., Bundy, M. F., Bhattacharjee, S., Tang, L., Sacksteder, K.

1-ブタノール表面の間欠的な燃え拡がりの研究

Miller, F. J., Ross, H. D., Kim, I., Sirignano, W. A.

微小重力下における熱的に薄い試料の自由端の燃え拡がり

Mell, W.E., Olson, S.L., Kashiwagi, T.

酸化剤雰囲気中対向流れにおける回転燃料円板の拡散火炎の消炎

Nayagam, V., Williams, F. A.

MiniTexus6 ロケットを用いた微小重力下における層流拡散火炎

Victoris, T., Ellzey, J. L., Joulain, P., Metha, S.N., Torero, J.L.

開放空間における炭化水素蒸気・液滴雲の燃焼

Makhviladze, G.M., Yakush, S.E.

燃焼反応を伴う熱気流の動的挙動

Zhou, X., Luo, K.H., Williams, J.J.R.

液体燃料の残留した円筒形容器内の可燃性混合気の形成過程のモデル化

Bunama, R.M., Karim, G.A.

バンドの演奏も見ることができた。基本的には、英国連邦の繁栄を願うものであり、当然英国側から見た歴史を思い起こすものであった。エンジンバラフェスティバルの最後は、auld langsyne（日本の蛍の光の原曲のスコットランド民謡）であった。スコットランド人のイングランドによる征服後の思いを感じるものであった。

3. あとがき

翌日は、エンジンバラ空港からロンドンヒースロー空

港を経て成田へ戻った。夏のバカンスで込み合うエンジンバラ空港でようやく飛行機に乗り込むと、隣の斎藤部長から航空機の翼のカバーが無いといわれて見ると確かになかった。しかし、重要部品とは見なされていないためか淡々と離陸準備が進み離陸した（写真5）。このとき、今は死語となった「英国国鉄は、遅れることはあっても、目的地に到着しないことはない。」を思い出した。英国国鉄も英国航空も民営化されている。民営化し効率化しても、事故が多発することはよくないと思いながらカバーのない翼を見つめた。

表2-3 第28回国際燃焼シンポジウムの火災関連の発表

火災時の放射モデル

De Ris, J. L., Wu, P. K., Heskestad, G.

微小重力下における紙の放射伝熱による着火に関する実験的研究

Fujita, O., Takahashi, J., Ito, K.

局所的な温度変動によって誘起される放射熱と速度場

Baum, H. R., Me11, W. E.

外部熱放射にさらされた複合材料の着火遅れと吸熱分解の数値モデル

Zhou, Y., Fernandez-Pello, A.C.

多相系を考慮した森林の体積可燃物層内の燃え拡がりモデリング

Morvan, D., Dupuy, J. L., Porterie, B., Larini, M.

非断熱粒子を含む予混合火炎の消火とその動力学

Ju, Y., Law, C. K.

対向流拡散火炎の水粒子群による消火効果とその動力学

Zeger, E. J. P., Williams, B. A., Sheinson, R. S., Fleming, J. W.

消火剤添加によるメタノール液面上に安定化された対向流拡散火炎の応答

Saso, Y., Saito, N., Joboji, H., Koda, S., Nishioka, M.

切り欠き部に保持された拡散火炎の消火

Grosshandler, W., Hamins, A., McGrattan, K., Charagundla, S.R., Presser, C.

フェロセンおよび不活性薬剤と触媒薬剤の混合薬剤による火災抑制

Linteris, G. T., Rumminger, M. D., Babushok, V., Tsang, W.

国際標準を受け入れるように様々な検討が国内で行われている。国際標準で開催される国際学会に参加し、発表論文の選考基準やセッションの構成は、国、地域、地方ごとに多くの希望がある中で、限りある日程、会場、予算、人的資源で事務局が苦勞する姿がよくわかった。

次回の21世紀第一回目の国際燃焼シンポジウムは、ユリウス暦を用いる国、地域にとっては新世紀を切り開くシンポジウム、それ以外の暦を用いる国地域にとっては、日本の火災・爆発安全の技術に新しい国際安全基準の確立されるシンポジウムになるように努力しなければならないと思った。

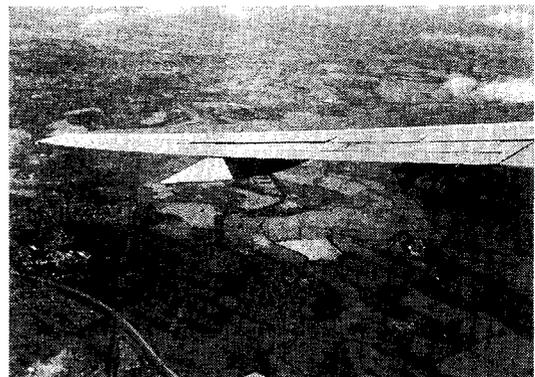


写真5 イングランドの風景とカバーの無い翼

危険物の判定試験法に関する国際委員会を主催して

古積 博、長谷川和俊

平成12年11月12日～11月17日の6日間、消防研究所の主催で、「経済協力開発機構—不安定物質に関する国際専門家会議—エネルギー物質および酸化性物質分科会・特別委員会（OECD-IGUS-EOS Adhoc Meetings）」を開催した。委員会は、共催の経済産業省工業技術院物質工学工業研究所の工業技術院会議室（つくば市）で行った。その後、住友化学工業株式会社新居浜工場で、危険性評価法に関するセミナーを開催し、併せて、試験実施の実態に関連して危険物の判定試験設備等の見学を行った。最終日に、消防研究所の施設見学を実施した。

1. OECD-IGUSの概要

OECD-IGUS-EOSとは、Organization for Economic Co-operation and Development, International Group of Experts on the Explosion Risks of Unstable Substances, Energetic and Oxidizing Substances Working Group（経済協力開発機構—不安定物質に関する国際専門家会議—エネルギー物質および酸化性物質分科会）の頭字語で、危険物の爆発、発火、反応性等の物理危険性に関する評価試験方法、関係する事故例等に関して技術的に討議する場である。

一方、国際連合の経済開発理事会の下に危険物輸送専門家委員会がある。ここでは国際間の危険物輸送の

法令規制に関する危険物輸送報告書（表紙の色がオレンジであることから「オレンジブック」と略称される）を刊行している。OECD-IGUSは、危険物輸送報告書への追加および改訂に係わる実質的な討議の場として位置付けられている。

危険物輸送報告書は、報告書という形をとっているが、各国の国内法に採用される方向にある。そのため、その役割は、近年大きくなっており、危険物輸送報告書の試験法の実質的な討議機関であるOECD-IGUSも重要なものになってきている。

OECD-IGUSにはEOS、EPP及びHMIの3つの分科会があり、EOSはその中の一つである。EOSが対象とする物質は有機過酸化物、自己反応性物質、その他のエネルギー物質および酸化性物質である。EOS分科会は、毎年開催されており、1998年3月には東京で消防研究所の主催で開催された。

2. OECD-IGUS-EOS特別委員会

今回のOECD-IGUS-EOS特別委員会は、主として下記に示したテーマに絞って行われたものである。参加者は総数28名（国ごとの内訳は表1参照）であった。今回の特徴は、日本以外のアジア諸国から比較的大勢の専門家が参加したことである。

今回の委員会においては、「The Closed Pressure Vessel Test. The Miniautoclave（密閉式圧力容器試験、ミニオートクレーブ）」、「Liquid Oxidizer Test（酸化性液体の試験）」、「Organic Peroxides（有機過酸化物）」および「Small Scale Burning Test（小規模燃焼試験）」の4つのテーマに関連して主に討議された。発表題目の一覧は、表2に示した。

「The Closed Pressure Vessel Test. The Miniautoclave」のセッションでは同試験法を国際連合の試験法として採用するに当たっての問題点を討議した。日本が中心になって提案しているMCPVTに対する評価は概ね高く、今後、国際共同実験（ラウンドロビンテスト）を経て、オレンジブックに採用される方向にある。「Liquid Oxidizer Test」では、国際連合の試験法として採用された試験方法（Time-Pressure法）についての検討がなされた。消防研究所が提出したデータを含めて、同方法には、大きな問題点が無いことが確認さ

表1 参加者

中国	5
英国	2
ドイツ	2
オランダ	2
スウェーデン	2
フランス	2
米国	1
韓国	1
タイ	1
オーストラリア	1
日本	9
計	28

表 2 講演題目

セッション	題名	講演者・国名
MCPVT	MCPVT実験 MCPVTによる自己反応性物質の熱分解の激しさの測定 CPVTを用いた凝集相爆薬の性質を予測する研究の進捗 有機過酸化物及び自己反応性物質のMCPVT実験	P. Schuurman、オランダ 長谷川 和俊、日本 M. W. Whitmore、イギリス K. Wehrstedt、ドイツ
酸化性液体	酸化性液体の実験法に関する総説 酸化性液体の実験によって得られたもの Time-Pressure法による酸化性液体の危険性評価	B. Lindeberg、スウェーデン W. Wildner、ドイツ 古積 博、日本
有機過酸化物	有機過酸化物及び自己反応性物質に関する総説 クラス5.2危険物の評価フローチャート カロリメーターを用いた物質の自己加速分解温度に関する研究 微弱発熱反応に起因する反応暴走の最低開始温度の決定	P. Schuurman、オランダ K. Wehrstedt、ドイツ 孫 金華、中国 李 新蕊、中国
小規模燃焼実験	液体及び固体の有機過酸化物の燃焼実験 大規模燃焼実験—スプリンクラーの散水密度及び包装の効果 について	K. Wehrstedt、ドイツ C. McCloskey、米国
その他	国連の硝酸アンモニウム混合物の分類方法に対するコメント 危険物運送における国連勧告による新しい反応性物質 3-Morpholino-sydnönimine hydrochlorideの実験及び分類 法について マイクロカロリメーターを用いた物質の熱危険性評価	P. Drygala、オーストラリア K. Wehrstedt、ドイツ K. Wehrstedt、ドイツ N. Gellerstedt、スウェーデン

(題名の日本語訳に当たっては、著者の判断で適宜、意訳している。)

れた。「Organic Peroxides」では、有機過酸化物および自己反応性物質の危険性評価について、SADT（自己加速分解温度）の測定法の問題点等を含めて議論がなされた。SADTは、C80Dによる測定が比較的良い結果を与えていることが明らかになった。「Small Scale Burning Test」では、有機過酸化物等の試験法についての実験結果の報告があった。

これらの中で、多くの発表が行われ活発な議論がなされた。OECD-IGUSは通常の学会発表とは異なり、なごやかな雰囲気の中で行われている。

3. 危険性評価法に関するセミナー等

5日目に住友化学工業株式会社（愛媛県新居浜市）を訪問して、危険物評価を実施している安全工学研究室の試験装置および施設を見学し、評価試験実施の実態を調査した。次いで、危険性評価に関するセミナーを開催した。

3.1 実験装置の見学

同研究室内の主な試験装置および施設は、ガス爆発および粉塵爆発に関する実験装置、熱分析に関する実験施設、規模の大きい化学物質の危険性評価のための実験施設で、概要は以下のとおりである。

ガス爆発および粉塵爆発に関する実験室では、ガス爆発に関する危険性を評価するために、球形爆発試験装置（容積：20L）を用いて、可燃範囲、限界酸素濃度および爆発圧力、圧力上昇速度を測定し、危険性評価を行っていた。また粉塵爆発の危険性評価のための吹上式および落下式の試験器が設置されていた。

熱分析に関する実験室では、化学物質の熱的な危険性を試験するために、DSC等の消防法に規定されている装置を含めて多くの機器が設置されていた。見学時には消防法に基づく圧力容器試験を実施中であった。ARC（暴走反応熱量計）の他に、C80D（反応熱量計）

が設置されており、混合時の反応性を測定する反転式混合装置が装着されていた。また、最高感度で $1\mu\text{W}$ の単位で熱流束を検知できるMS80（高感度反応熱量計）も設置されていた。また、試薬の添加および混合等の工業化のプロセスにおける危険性を試験する装置（ファイテック2）によって、プラントにおける安全装置、放散口の設計および温度制御に関する必要なデータの収集等を行っていた。

規模の大きい危険性評価試験は、試験室のある建物とは離れた実験場内で行われていた。主な試験装置としてはMkⅢ弾道臼砲試験装置および水中爆発実験装置であった。MkⅢ弾道臼砲試験は、点火後の臼砲の揺れで衝撃感度に関する危険性を評価するものである。また、水中爆発実験は対象とする化学物質を水中で爆発させ、発生した圧力および泡による振動を測定して危険性を評価する方法である。これらの使用頻度、問題点等について同社の担当者を交えて討論を行った。

一民間企業において、このように多岐にわたる安全防災関連の設備を有して、研究が行われていることは高く評価してよいものとする。

3.2 危険性評価法に関するセミナー

実験装置および施設の見学後、EOS委員による危険性評価法に関するセミナー「安全講演会」が開催された。講演はBrown博士（イギリス、HSL）、田村昌三教授（東京大学）およびWhitmore博士（イギリス）によって行われた。それぞれ演題は、「A Review of Some Incidents in the UK - Some Lessons-（英国の化学プラントの事故に学ぶ）」、「Recent Ignition and Explosion Accidents（最近の発火・爆発事故について）」、「Step to Process Safety（プロセス安全への道）」であった。

Brown博士はイギリスで最近発生した4つの事故例について詳細に説明し、事故を防止するための教訓として、反応系の化学的性質を十分に理解すること、温度センサーの位置に配慮すること、異常が発生した場合には小さなものであってもプロセスを止めてその原因を究明すること等を挙げている。

田村教授は最近日本で発生したヒドロキシルアミンによる火災・爆発事故および愛知県で発生した火薬の爆発事故について事故の概要とその原因について概説した。講演中、ヒドロキシルアミン火災・爆発事故の原因を推察するためのデータとして、消防研究所が実施した実験結果を引用し、配管等から溶出した鉄イオンとヒドロキシルアミンの反応によって爆発が引き起



こされた可能性があることを示した。

次いで、Whitmore博士は化学工場の生産プロセスの事故を防止するためには、危険性（ハザード）の特定、操作に関する標準の制定およびマニュアルの作成等を挙げている。

同社内の化学工場の運転管理者も含めて参加者は100名を越え、多くの討論がなされた。

4. 消防研究所見学

最終日に消防研究所の施設見学を実施し、主に危険物研究室が行っている研究の概要及び実験設備を紹介した。

MCPVT試験装置、酸化性固体の燃焼試験設備、酸化性液体の試験設備（Time-Pressure法）、C80DおよびARC等を使った各種自己反応性物質のSADTの測定、旧動燃での爆発火災に関連した火災原因調査およびアスファルト固化体の危険性評価試験等を中心に紹介した。

各設備の使用頻度に関すること、少ない陣容で多くの研究テーマが並行して行われていること、研究費の取得方法に関すること、また、将来の消防研究所との共同研究の可能性に関して質疑があった。

5. まとめ

消防研究所が中心となって、OECD-IGUS-EOS特別委員会を開催することができた。あらゆる分野で日本の国際貢献が望まれている今日、今後とも、このような国際会議を開催するよう努力する所存である。

なお、当該特別委員会の開催は、科学技術振興調整費（多国間型国際共同研究「エネルギー物質の危険度評価に関する国際的総合研究」）の実施の一環としてその研究成果の報告および今後の計画について討議したものである。

文献

- 1 吉田千秋、危険物輸送と国際的調査システム、安全工学 39（1）pp.3-11,2000

インターシュッツ2000に参加して

第三研究部 主任研究官 天野 久徳

1. はじめに

救助資機材を調査することを目的として、インターシュッツ2000を見学することができた。インターシュッツはドイツで開かれる国際防火・防災・救助見本市である。通常ハノーバー国際見本市会場で行われていたが、今回はハノーバー国際見本市会場で万博が行われるため、アウグスブルグ市エキシビジョンセンターでの開催となった。前回は6年前、1994年に開催された。次回からは5年間隔で開催される予定であり、今回は2005年の開催予定となっている。

各社のブースに立ち寄ったが、特に著者が興味深く感じた展示内容、あるいはあらかじめ予約し討議をした展示について報告する。

2. インターシュッツの概要

インターシュッツ2000はミュンヘン近郊都市アウグスブルグ市で開催された。会期は、2000年6月20日～25日の六日間であった。ドイツの地図およびアウグスブルグ市の位置を記入したもの図1を示す。ドイツの新幹線ICEでミュンヘン中央駅から2駅30分ほどの距離にある。会期中の参加者は総計14万人であった。著



図1 アウグスブルグ市の位置

者を含むほとんどの参加者は、会期中、毎日会場へ足を運んだので、延べ人数とするとその数倍となる。主催者発表では31カ国からの参加があり、参加者のうち約2割がドイツ国外からの参加であった。また、出展社は38カ国、1,080社であった。約40%の出展社がドイツ国外の企業であった。日本からも、トーハツ(株)、櫻護謨(株)など数社が参加していた。

3. ヘンシェル社

原子力施設等の災害発生時、化学物質および放射性物質の検出および拡散予想を行うシステムを中心とした展示であった。2種類の放射線検知器および2種類の化学物質分析器をポータブル型のコンピュータに接続し、また、GPSアンテナおよびジャイロを使用した地図情報システムを使用している。全システムの寸法は高さ1.0m、幅1.5m、奥行き0.5m程度の大きさで、十分車載に耐えられる構造となっている。このシステムの概観を図2に示す。このシステムは車両に積載され、時速60kmの速度で移動しながら連続的に検出および拡散予測を行うことができる。計測に必要なセンサは車外に取り付けられており、車外に出て作業する必要はない。

ヘンシェル社では上記システムを3種類の車両に積載したタイプを提案している。一つは、軍用として使用されているヘンシェル社製6輪水陸両用車である。他にも一般道での走行を前提としたメルセデスベンツ社製バン、ルノー社製バンがある。6輪車およびメルセデスベンツ社製バンでは車両の機密性を考慮し、車

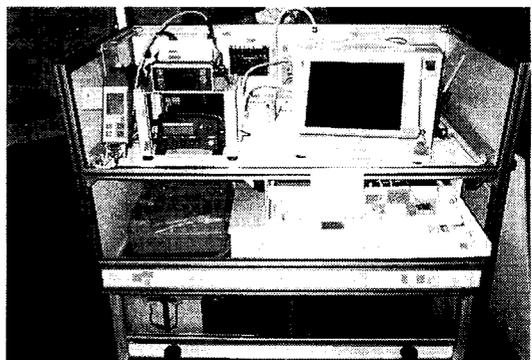


図2 ヘンシェル社製化学・放射性物質分析システム

両自身がガスに対する密閉性を持っている。換気部にフィルターを装備し化学および放射性ガス対応が可能になっている。ルノー製のバンにはこの機密機能がない。ヘンシェル社の話では日本製の車両でも問題ないとのことであった。

また、細菌等の生物災害に対する同様なシステムも開発しており、6輪車には“化学・放射線”システムと同時に装備し、NBC全てに対応できる車両となっているほか、大容量のコンピュータ、多種の計測器を接続することにより上記システムに比して約2倍の化学物質に対応できる。また、車外の空気や、路上堆積物を車外に出ることなく採取することができる。

上記車両内で分析できない物質の分析、あるいはさらに詳細な分析を行うためにコンテナ内に機器を設置した移動式の分析サイトも開発されている。この移動式サイトは災害が起きた場合において、災害地近郊に移動して設置されることになるが、基本的に安全な地域に設置することを想定し、サイト自身に密閉性能は付加されていない。おおむね、大型コンテナ2ないし4個で構成される。

4. ドイツ内務省人民保護庁

ドイツ内務省人民保護庁もインターシュッツ会場内にブースを設けていた。ドイツでは基本的には州が消防防災部局を運営している。国としては“人民保護法”に従い、国内共通の装備基準を作成し、必要な機器を各州に追加配備している。上記ヘンシェル社製システムを搭載した車両が、人民保護庁の主導で既に数十台配備されている。2005年までに計1320台配備する予定である。現在人民保護庁では人口を基準として、国内を440地区に分割して考え、地区毎に3台の“化学、放射線検出車両”を配備する計画である。消防車両および救助車両をそれぞれ2台、既に各消防本部が配備している車両に追加する形で配備することとなっている。

人民保護庁の現在の総員は300名。他にアカデミーを持っている。本計画発足当時は1800名の職員が在籍していたが、劇的な人員削減によって現在300名程度になっているとのこと。

なお、参考までに、ドイツでは総人口約6000万人に対し、消防職員約30万人、消防団員300万人いるそうである。国民性の違いもあるが、消防・防災に関して関心が高いことがうかがわれた。

5. ドレーゲル社

ドレーゲル社は日本ドレーゲル社を設立し、呼吸器

等各種製品が日本国内でも販売されている。今回のインターシュッツのブースでは新製品であるカード型の化学物質識別機器について説明を受けた。電源を必要とせず、カードサイズのプレートの中に検出チューブを10本入れることができ、チューブに応じ各種の化学物質の検知を行うことができる。濃度の検出についてはチューブへの吸入時間と検出状況を見て判断すること。厳密な濃度測定はできないと思われる。使用済みのチューブの確認表示などの付加的な機能もある。簡易的なガスの存在測定のために、各隊員用の個人装備品として便利であると感じた。

6. MSAアウエル

MSAアウエル社も呼吸器、化学防護服等を製造している会社である。空気呼吸器の空気残量表示部に隊員情報監視システムを組み込んだシステムの開発を行っていた。空気ポンペの残量、隊員の活動時間、活動状況等の情報を、無線を介し現場指揮本部でモニターできるものである。実用に当たっては、使用周波数帯域の確保、屋内における電波遮蔽物の問題等はまだ解決されていないとの説明であった。現段階では商品化研究段階であった。

7. マギルス社

日本でははしご車が輸入され使用されているメーカーである。試作車を含み多数の車両が展示されていた。また、車両ばかりでなく遠隔操作型のロボットも展示されていた。

7.1 最新型はしご車

最新型のはしご車について説明を受けた。車両のボディには至る所に複合材料、プラスチック材料が使用されていた。また、はしご自身は新設計ではないが、はしごにカバーを取り付け斬新な外観となっていた。ヨーロッパ基準に従い、DLK23-12（半径12m、高さ23mへ架ていできること）となっていた。EU圏内の消防自動車製造会社は、EUによる経済圏の統合をにらみ、EuroFireという持ち株会社連合を形成し、規格の共通化に取り組んでいる模様であった。マギルス社もEuroFire傘下に加盟しており、他にはメッツ、カミーヴァ社も参加している。また、取り付けられるバスケットには、バスケット自身に水平方向への旋回機能が取り付けられていた。

7.2 先端屈折型はしご車

主な使用目的は、ヨーロッパ特有の、屋根に傾斜が

ついた高層建築物の、特に屋根裏部屋への使用を考慮して作成したもの。最近、同様な型のはしご車が日本のメーカーから製作、販売されている。マガルス社では日本規格にあわせた先端屈折型はしごを作成する用意があると説明していた。

7.3 アルミ製ブーム型はしご車

アルミ製ブーム型はしご車試作にアウトリガを使用し車全体を傾斜矯正する構造となっていた。はしごはブーム型であり、全アルミ製である。ブームの上面に等間隔に四角の穴をあけた構造となっており、穴を開けて残った部分をはしごの横さんとしている。したがって、従来のはしごの手すり部は無い。現在は試作の段階であり、販売については今後検討するとのことであった。

7.4 救助・危険物処理用ロボット

TeleRobo社では、汎用型1アームクローラロボットを製作販売している。マガルス社ではこのTeleRobo社製の遠隔操縦型ロボットをベースとして消防防災用ロボットの機装を施し販売している。ロボットの概観を図3に示す。このロボットを購入したBASF社のブースでも同じロボットが展示されていた。

ロボットは基本的には無線遠隔操作により操縦される。補助的にはケーブルを接続して操縦することもできる。ロボット本体には4台のカメラが取り付けられており、カメラの映像を見ながら遠隔操作することになる。

アームに取り付けられている手先効果器をカッター

一、グリップ、精密ハンド、スプレッダー等に付け替えることにより複数のタスクをこなすことができる、各種手先効果器は本体部に装着されており、ロボット自身が付け替えることができるが、実演はされなかった。パイプ上の小型バルブの開閉、2 Kg程度の物の把持・運搬、さらに無線操縦による展示街区内の移動等の実演を見学した。救助にも使用できるとの話であったが、人間のハンドリングに関してどのように考えているのか、また、ロボットが人間を負傷させないようにソフトに制御する機能があるかどうかについては質問したが、明確な回答は得られなかった。人間が操縦しているため、人間の操縦により、救助者の安全を考慮すると考えられる。

7.5 消火ロボット

TeleRobo社製の移動機構(クローラ)部を利用して作成された消火ロボットも展示されていた。その概観を図4に示す。マガルス社の関係会社であるイベコ社が開発したレーダを装備している。イベコ社は高速道路における自動運転を行うために、レーダを開発してきた。これを流用しているため、安価な価格でレーダを使用することができたとの説明であった。耐熱性を考慮して、ステンレス製のボディでほとんどの部分が覆われている。消火用のノズルが一台装備されている。

8. メッツ社

マガルス社とともに消防車両製造メーカーであるメッツ社も多く車両を展示していた。ヨーロッパの狭

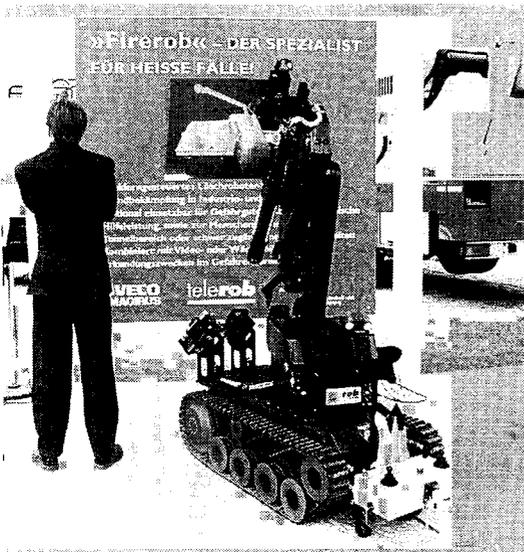


図3 消防防災ロボット

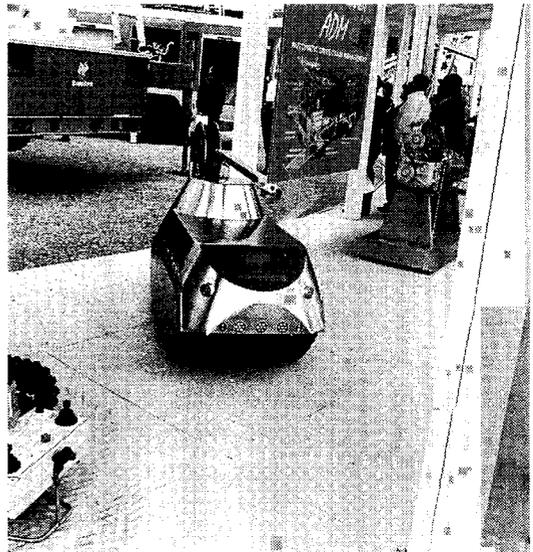


図4 消火ロボット



図5 狭隘路用はしご車

隘路専用に開発されたはしご車両の展示があった。一般の車両とは異なり、専用の車両に20m級のはしごが積装されている。その概観を図5に示す。この車両は1人乗りで、車両前方のパネルがドアとなっており、ここを開閉することにより乗り降りができる。ただし、はしごのターンテーブルは装備されていない。車両自体の向きを変えることによりはしごの向きを変える。走行時の方向舵は無く、左右の車輪を駆動・停止させることによって方向転換をおこなう。ジャッキはついているものの、狭隘路への進入を前提としているためか、アウトリガとしての張り出し量は小さかった。

9. その他

ロシアからの出展もあり、ロシア製の60m級はしご車と高所放水車が展示されていた。また、インターシュツ会場各所では、二人乗りのスウォッチ社製スマートをベースとした小型消防自動車が表示されていた。その一例を図6に示す。小型の車両であるので、特に資機材を積載していなく、指揮車、広報車等として配備されているようであった。

10. おわりに

インターシュツ2000は、日本では見ることでできない車両も数多く展示されており、非常に勉強になった。屋外展示部分もいくつかに分けて設けられていた。



図6 小型消防指揮車

展示車両の数は会期全て車両の見学に当てても見ることはできないほどであった。入り口から、会場内の最も遠い場所へは徒歩で約40~50分かかるほど広大な会場に多くの展示がなされていた。

このような規模の展示会に参加でき、消防関係機器の開発研究を行うに当たって、必要不可欠な情報を得ることができた。また、業界における機器開発の動向を知ることができ、参考になった。消防関係の開発に携わるものとして、是非参加すべき展示会であると感じた。5年後、ハノーバーで開催される次回のインターシュツ2005にも機会があれば是非参加したいと感じた。また、より多くの日本の消防職員、消防関係者が参加されることを期待したい。

謝辞

今回の調査は“特定非営利活動法人 ロボット技術を活かす会”の依頼出張であった。ロボット技術を活かす会事務局の稲本千尋氏に、種々のご苦勞を頂き調査を遂行することができた。また、ロボット技術を活かす会を支援している企業である山田洋行および現地支社に会合のアレンジをお願いし、効率的に視察調査を行うことができた。特に山田洋行の浦崎友貴緒氏、山田インターナショナルの岡豊氏には格別のご配慮を頂いた。ここに記して謝辞とする。

平成12年度 消防防災機器の開発等及び消防防災科学論文 表彰作品

自治体消防制度50周年を記念して、消防庁は平成9年度から消防科学・技術の高度化と消防防災活動の活性化に寄与することを目的に消防防災機器の開発・改良及び消防防災科学に関する論文を募集し、優秀な作品を消防庁長官が表彰する制度を創設しました。本年度は、第4回目となります。

文書による募集案内、消防紙誌、各種消防関係団体の機関誌への募集広告及びインターネットへの掲載等により広く作品を募って参りました。その結果、全国の消防本部、消防団、消防関係機関、消防防災機器メーカー、一般企業、個人等から102件〔機器の開発・改良：86件、科学論文：16件〕の応募がありました。

応募作品は、学識経験者及び関係行政機関並びに関係団体を代表する者からなる表彰選考委員会において審査され、次の14編（優秀賞12作品、奨励賞2作品）

が表彰作品となりました。なお、表彰式は、平成13年3月13日に行われました。

平成13年度（第5回）の募集は、平成13年6月1日から開始します。締め切りは、9月28日です。詳しくは、消防研究所のホームページ（<http://www.fri.go.jp>）等をご覧ください。

問い合わせ先

独立行政法人 消防研究所 総務課

電話 0422-44-8331（代表）

FAX 0422-42-7719

e-mail hyosho@fri.go.jp

応募要領

消防研究所ホームページ <http://www.fri.go.jp>

***** 表彰作品 *****

1. 優秀賞（12編）

(A) 消防吏員等による消防防災機器の開発・改良（5編）

- 酸素マスク固定バンドの開発・改良 浅川 精（峡北広域行政事務組合）…………… 75
- 空気のごきり携帯器具 奥野 治男、溝江 秀晴（東京消防庁）…………… 77
- SEE装置（セーフティー・アイ・イヤーステム）の開発
野城 省一、熱田 任夫、横山 敏夫（東京消防庁）…………… 80
- クイックキャッチャーの開発 林田 高明（西宮市消防団）…………… 85
- 有蓋式防火水槽凍結防止シート
松本 英俊、名和 秀雅、岩崎 豊（東十勝消防事務組合）…………… 88

(B) 消防吏員等による消防防災科学論文（3編）

- 初期消火効力の向上策に関する研究 木村 義雄（京都市消防局）…………… 92
- 斜面災害における救助活動可能時間を予測する研究 長瀬 聡（東京消防庁）…………… 99
- 仏像等の文化財搬出・防災対策に関する研究
山本 正弘、藤田 裕喜、川上 敏宏（京都市消防局）…………… 104

(C) 一般による消防防災機器の開発・改良（4編）

- 電動ジェットシューターの開発
太田 卓、水野 孝則、本間 毅（芦森工業株式会社）…………… 110
- 避難器具・緩降機の着用具の改良 緩降機技術開発部（松本機工株式会社）…………… 114
- 幼稚園の浄化槽を防火貯水槽に改良 楠瀬 幸陽（一宮幼稚園）…………… 118
- 二輪牽引式の多目的消防活動二輪車の開発 浜畑 徳久（株式会社MSK）…………… 121

(D) 一般による消防防災科学論文（該当作品なし）

2. 奨励賞（2編）

- 警告サイレン付操作箱保護カバー（びっくり箱）の開発
防災グループ（株式会社トキメック）…………… 126
- 軽微火災用簡易消火器具の開発 田代 努（玉野市消防本部）…………… 129

（以上、50音順、敬称略）

1. 優秀賞 (12編)

(A) 消防吏員等による消防防災機器の開発・改良 (5編)

「酸素マスク固定バンドの開発・改良」

峡北広域行政事務組合 浅川 精

はじめに

最近の救急現場において、酸素投与の重要性は十分に理解され、救急車にはなくてはならない最も大切な器材となっている。救急現場は傷病者やその関係者が突然の事故に、パニック状態から隊員の活動が始まる事が多い、事故現場に最初に到着するのは救急隊が多い、当然車内に負傷者がいれば、救助活動もしなければならない、出血していれば止血しなければならない、この時の三角布の用途は広く、フリーサイズの働きをしてくれる。一つの救急活動のなかには多くのことが含まれている。今後も、益々高度の高い技術が取り入れられ、医療現場の資器材も救急車に積載されると思う。しかしながら多すぎる資器材に困惑する事も考えられる。そこで考えられるのが、三角布のフリーサイズ思考である、今回の酸素固定バンドの改良も、フリーサイズ思考(似通ったものの利点を一つの器具等に多く取り入れた技法。)を取り入れ、酸素投与のスムーズ化をめざしたものである。

酸素マスク固定バンド部の構造

本改良は、図面で示すように酸素マスクを、固定す

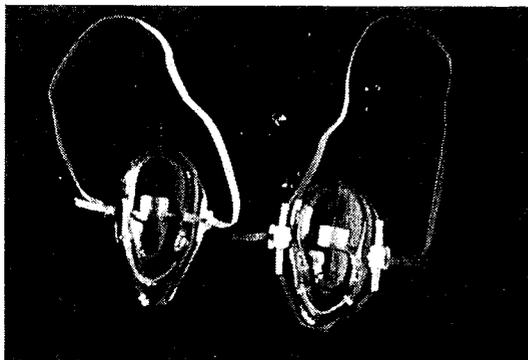


写真1 右 従来型 左 改良型

るゴムバンド部にスライド具を設ける。このスライド具によりゴムバンドを上下に移動させ、大きな顔から小顔まで無理なく密着させるフリーサイズ化ができる。

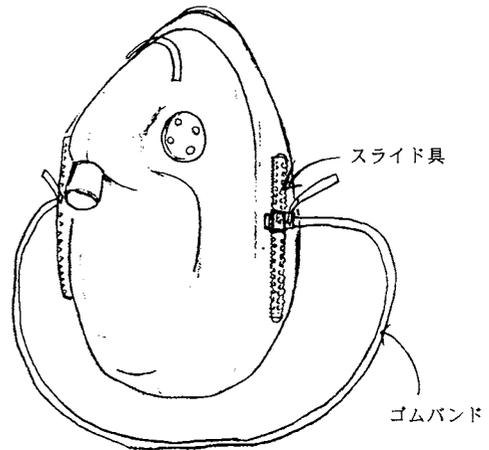


図1 改良型酸素マスク



写真2 従来型 頭に回して酸素マスクを固定するが、耳に回して固定すると、マスクの鼻側が大きく開いてしまう。

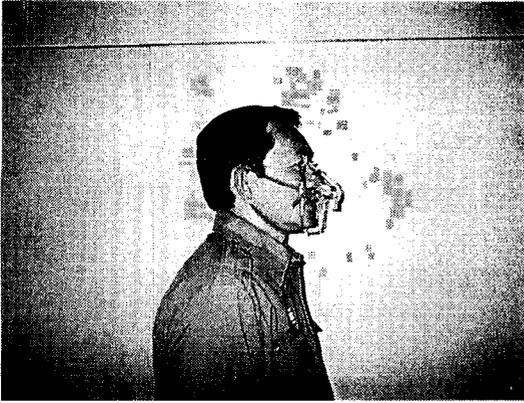


写真3 改良型 耳に回して酸素マスクを固定したものの。ゴムバンドをマスク上部に移動させる事で、マスクは、顔面に密着する。

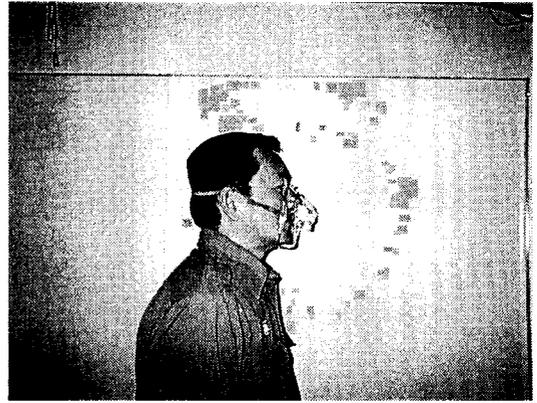


写真4 改良型 頭に回して酸素マスクを固定したものの。頭に回したゴムバンドの深さにより、マスク上下部にゴムバンドを移動して密着させる。

使用方法と効果

従来、酸素マスクにはゴムバンドが固定されたままなので、医療現場と違い救急現場では、素早く酸素投与できない小さな不都合がたびたび生じるが、今回改

良したスライド式ゴムバンドだと、傷病者の状態により頭にゴムバンドを回したり、耳に回しての酸素マスク顔面固定方法と、ゴムバンドをスライドさせ、酸素マスクが顔面の中心に容易に移動出来るのも特徴である。

「空気のこぎり携帯器具」

東京消防庁 奥野 治男、溝江 秀晴

1 はしがき

救助活動訓練で空気のこぎりを使用した際に、切断距離が長い場合や円形の切断を行う時は、空気のこぎりの切断実施者の外に、補助者がポンペを移動しないと、スムーズな活動ができないことが確認されるとともに空気ポンペの残圧についても、切断実施者が確認しにくい状況であった。

また、高所及び傾斜地等で使用する場合に一人で操作できないと、効率的でないことが検証された。(写真1参照)

2 開発・改良の概要

空気のこぎりを有効かつ効率的に使用するために、一人で操作することができるようにと考案したも



写真1 空気のこぎり携帯器具を使用しない円形の切断

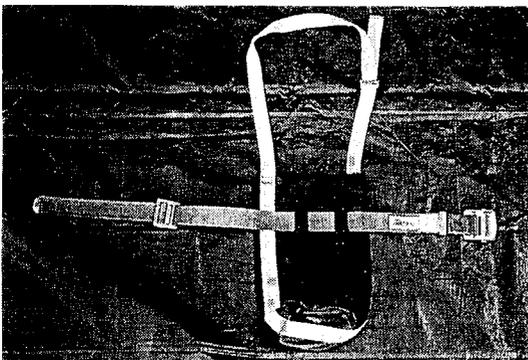


写真2 空気のこぎり携帯器具 (身体固定側)

のが空気のこぎり携帯器具であり、考案の概要については次のとおりである。

- (1) 空気のこぎり携帯器具は布製バック方式とし、シート素材を工業用ミシンで縫い合わせた。(写真2・3参照)
- (2) バックの大きさは、空気のこぎりが作動源として8ℓ空気ポンペを使用することから、8ℓ空気ポンペが収納できる大きさとするために、ポンペ直径が17cm及びポンペ本体の長さが51cmであることから、バックの大きさを直径20cm×深さを45cmとした。(図1・2参照)
- (3) 空気のこぎり携帯器具を身体に固定する方法は、腰バンドを用いて固定することとし、バックには腰バンドを通すための、バンド吊り(3cm×6cm)を2箇所取付けた。(写真2参照)
- (4) 空気ポンペ及び圧力調整器の重量を肩で補助的に支えるために、バックの上部2箇所に幅38cmの肩バンドを取付けた。

このバンドは、ポンペをバックに入れる際に、肩バンドでバックを保持し支えながらポンペを入られる。

肩バンドにはバンドを連結及び長さを調整するための金具を取付けた。(写真2・3参照)

- (5) バックサイドに切断刃及び切断刃交換用工具を収納用のポケット(20cm×5cm)を取付けた。

なお、ポケットについては、収納している切断刃が活動時に物に当たって折損する事のないように、

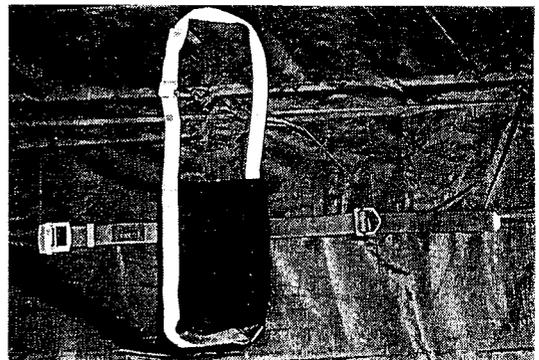


写真3 空気のこぎり携帯器具 (切断刃ポケット取付け側)

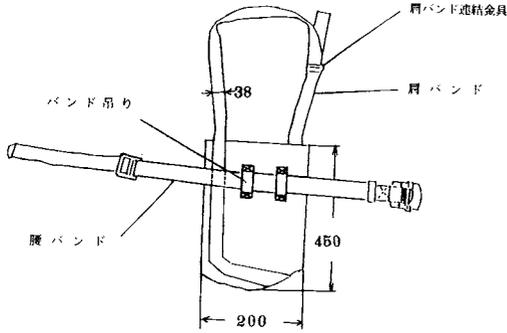


図1 空気のごぎり携帯器具 (身体固定側)

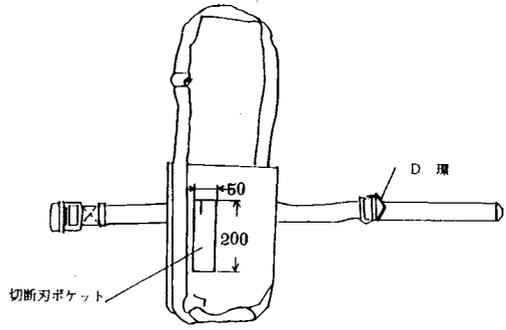


図2 空気のごぎり携帯器具 (切断刃ポケット取付側)

後側につけたが切断刃や交換工具の取出しには支障はない。(写真3参照)

- (6) 空気のごぎり本体は、腰バンドのD環を用いて携帯できる。(写真4参照)
- (7) 空気のごぎり携帯器具の重量は0.7kgと軽く消防活動を実施する際に支障はない。

3 使用結果

「空気のごぎり携帯器具」を活用し、空気のごぎりを様々な状態で使用し活動した結果は次のとおりである。



写真4 三連はしご登梯の状態

(1) 平坦地での活動

長い距離の切断実験では、スチール製ドアを使用し、円形の切断実験ではドラム缶を使用して切断を行ったが、空気のごぎりを携帯しているので自由自在に方向や位置が変更されるので、切断に伴う移動に際しても、スムーズに活動ができた。(写真5参照)

(2) 高所での活動

三連梯子を登梯する場合も、腰バンドのD環に空気のごぎり本体をカラビナで取付けた状態で登梯し、作業姿勢を取った後にカラビナをから外し容易に切断操作ができた。(写真4・6参照)

(3) 切断刃が折損した場合

空気のごぎりを使用中に切断刃が折損しても、空気のごぎり携帯器具のポケットに常に替え刃と、六角レンチを携帯しているので、折れた切断刃の固定ボルトを緩めて、切断刃を取外し新たな切断刃を迅速に取付けて活動可能である。(写真7参照)

4 開発・改良の効果

空気のごぎり携帯器具を活用し空気のごぎりを使用し、判明した効果については次のとおりである。



写真5 空気のごぎりを使用した円形の切断



写真6 高所での切断操作状態

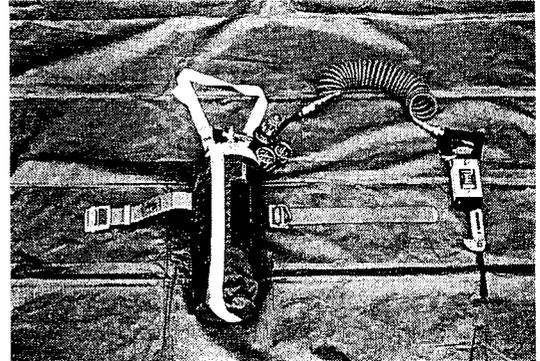


写真7 切断刃収納用ポケット

- (1) 円形の切断及び切断距離が長くても、空気のごぎり携帯器具でのごぎり本体と空気ポンペを携帯しているため、空気のごぎり1人で容易に操作できる。
- (2) 三連梯子を使用し高所で使用する場合には、空気のごぎり携帯器具の腰バンドのD環にカラビナで取付けし登梯、作業姿勢を取った後にカラビナから外し、切断作業が一人で安全確実にできる。
また、三連はしご登梯時にも両手が自由に使えるので安全管理の面でも優れている。
- (3) 切断作業を実施中に空気ポンペに取付けた圧力調節器で空気ポンペの残圧が一目で確認できる。(写真5参照)
- (4) 空気のごぎり使用時に、空気ポンペ及びホース

(送気用)を操作員の身体に携帯しているため、損傷等から保護できる。

- (5) 空気のごぎり携帯器具の腰バンドで操作者の腰に、空気ポンペをしっかり取付けるとともに、肩バンドでポンペの重量を支えることができるのでスムーズに操作できる。
- (6) 空気のごぎり携帯器具の空気ポンペを入れるバックに、20cm×5cmのポケットを付けて、切断刃の予備と切断刃交換用の六角レンチを常に収納しておき、切断刃が折損した時は即座に交換できる。

5 まとめ

救助活動訓練で空気のごぎり取扱い訓練を行った際に、長い距離を切断する時や円形の切断を行う場合に、空気のごぎりの操作者と空気ポンペの移動者の2名がいないと操作できないことに不便を感じた事を端緒とし、切断操作を実施する隊員1名で空気のごぎりを簡単・迅速・安全・確実・容易に操作可能な器具はないかと思考錯誤を繰り返し、考案したのが「空気のごぎり携帯器具」であり、実際の消防活動を想定しての使用結果は、考案の最初に望んだ条件を全て満たしており、有効な器具であることが実証されたので、各種救助活動や震災現場で有効的に活用していきたい。

「SEE装置 (セーフティ・アイ・イヤースystem) の開発」

東京消防庁 野城 省一、熱田 任夫、横山 敏夫

1 背景と目的

先般発生した「はしご車による救助訓練中において、バスケット内でてい体操作をしていた隊員が頭部を挟まれ死亡した事例」は、我々現場の消防職員に対し恐怖と不安をもたらすとともに今後の活動・訓練時における安全管理のあり方や各装置の安全に対する機能について多くの教訓を与えるものであった。また過去の事故事例を見ると、てい体操作による誤操作はそのほとんどが重大事故に結びついており、依然としてはしご車による事故は絶えないのが現状である。

我々のグループでは、数々の安全装置を有したはしご車による事故がどのようにして引き起こされているのか、何故事故が絶えないのか等過去の事例による発生原因の検証とてい体操作における安全装置の再確認を行うとともに人間の五感を生かしたSEE装置 (セーフティ・アイ・イヤースystem) を考案し、より安全な消防活動を実現するための研究を行った。

2 はしご車等における事故の発生原因について (過去10年間)

はしご装置に関する機器損傷事故の発生は、安全装置の性能向上に比例した減少の傾向にない現状にあり、過去の事故事例について再度検討してみることにした。

(1) 車体安定不十分

アウトリガー・ジャッキの張出し不十分及び軟弱地盤部署による車体の横転事故は、いずれも死亡事故、車両大破という悲惨な事故に結びついているのは、はしご操作における2大原則を無視した行動によるものである。

(2) 各装置作動状況未確認

操作レバー、ジャッキ、バスケット装置等未確認のまま次の操作に移したため機器損傷事故に至ったものであり、いずれも「確認の未実施」、また人命救助という「活動上の焦り」からなるものである。

(3) 周囲の安全確認及び状況確認不十分

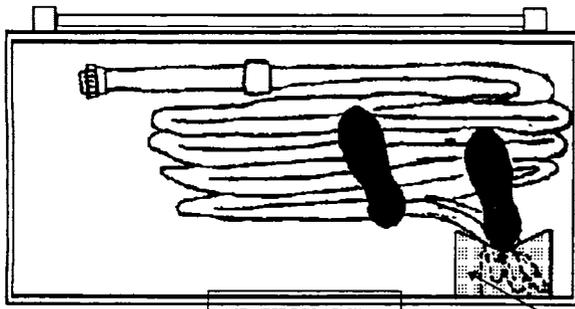
最も多い事故原因である。周囲の安全確認を怠った理由から死亡事故に発展した事例、器具 (ホース結合部・かぎ付はしご等) の未整理により、てい体・ジャッキ操作を実施し機器損傷事故に至ったものなど数々の事例があった。(図1参照)

(4) 隊員間の情報交換及び連携不十分

特に訓練場や消防庁舎等普段訓練に活用する場所において、慣れからくる勘にたよるもの、安全確認の怠り、さらに必要な情報の交換が十分行われず連携不十分による事故事例が散見された。

(5) 点検整備・維持管理不適切

機器損傷事故を防ぐ上で最も基本となるものであり、日常点検整備、定期点検整備及び特殊装置については作業開始前点検、定期・特定自主検査により確実な点検整備を実施し、万全の体制を確保しなければな



デッドマンペダル・カバー内にホースが進入している状態で、ホースに足を乗せたことにより、デッドマンペダルのスイッチが入ってしまった。

デッドマンペダル保護カバー

配線図

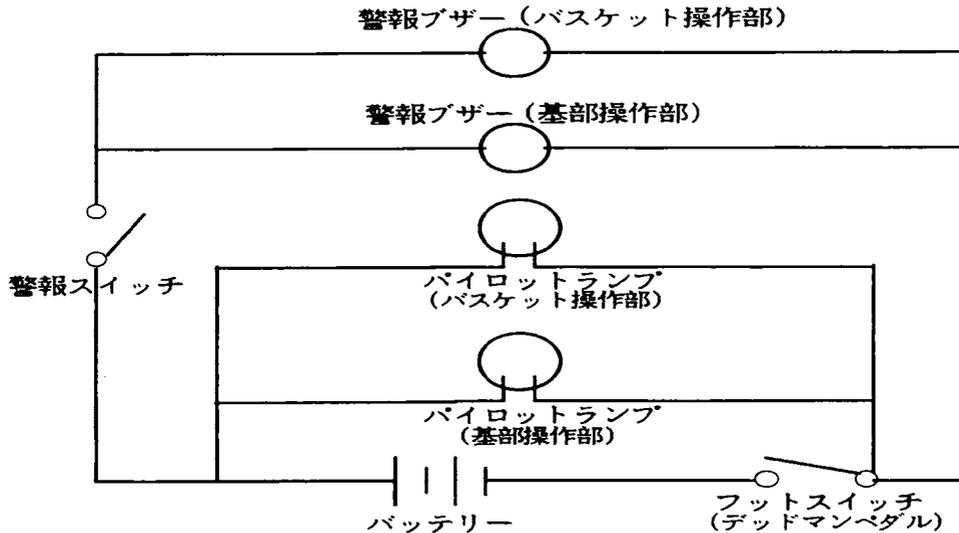


図2 配線図

らない。

<考察>

今回の結果により、機器損傷事故の原因の中で、各装置における確認の未実施、周囲の安全確認及び状況確認の不十分と考えられるものが、そのほとんどを占めていた。このことより各安全装置が適正に機能し、複数の隊員によって安全確認が実施できる状況が今後必要になると考察する。

3 てい体誤操作に関連する安全装置について

(1) デッドマンペダル装置

操作レバーの誤操作を防止する装置。

基部操作部の足元及びバスケット内に設けてあり、ペダルを踏まなければ操作レバーを操作してもはしご操作ができないようになっている。

(2) 緊急停止装置

はしご操作時、緊急的にすべての操作を停止する装置で通常は、バスケット内操作部に設けてある押しボタンスイッチで操作する。

(3) 起てい障害自動停止装置

てい体起てい時障害物にあたると、てい体が故障したり破損するおそれがある、これを防止するための装置。

(4) 伏てい障害自動停止装置

伏てい動作により、てい体先端を障害物に押し付けたときなどは、はしごに無理な力がかかるため、これ

を防止する装置である。

(5) 旋回障害自動停止装置

旋回動作中、てい体を障害物に当て、無理な力を加えることにより、損傷させるのを防止する装置。

(6) 自動周速度制御装置

はしご操作中において、はしご伸てい長さ、起てい角度が変化してもはしご先端の最大起伏周速度及び最大旋回周速度をほぼ一定にするため、起伏又は旋回の周速度を制御する装置。

(7) 伸長障害自動停止装置

伸てい操作により、てい体先端を障害物に当て、無理な力を加えることによる損傷を防止する装置。

<考察>

以上のようなてい体誤操作に関連する安全装置が、各はしご車には装備されているが依然として、てい体操作に伴う事故が後を断たない。

特に起伏、旋回、伸長障害自動停止装置については、障害物に当たって停止する機構となっているので、事故発生前に停止する安全装置ではなく、これらを補う安全装置がデッドマンペダル及び緊急停止装置となっている。

しかしデッドマンペダルは、意図的に踏まなければ作動しないはずであるが、先端操作員の無意識による誤踏及び積載資器材に接触、圧迫により、てい体操作可能な環境が形成されてしまう。さらには、このような条件下において誤ってレバーに触れてしまうと、意

表1 警報ブザー測定表

測定別 \ 距離	1 m	3 m	5 m	10m	15m	20m	30m	50m	70m	80m	90m
測定器 (dB)	79.1	68.6	67.5	63.5	60.2	57.5					
聴 覚	◎							◎	○	△	×

凡例：◎ 非常によく聞こえる △ 何とか聞こえる
 ○ 良く聞こえる × 全然識別できない

図に反するてい体動作が生じ、事故に至ってしまうことが考察される。

4 SEE装置の効果実験

(1) パイロットランプの視認について

現在のはしご車等においては、デッドマンペダルを踏むとエンジン回転が上がるか、油圧発生ランプが点灯するのみであり、先端操作員が容易に認知できない。また地上30m近くでの地上車両のエンジン音を確認することは困難である。

さらに油圧発生ランプは操作機構のパイロットランプと同型、同色のため、瞬時に視認することが困難で

ある。しかし単独に手元に設けた別色（赤）のパイロットランプで他の作動ランプと異なり点滅式のため、容易に確認することができた。

(2) 警報ブザーの認知について

はしご操作時には、架てい進行方向及び障害物を確認しつつ操作するのが通常であり、いかに目立つパイロットランプであっても視認することが困難である。しかしこれを補うために警報ブザーが設けられた2方式の認知方法がとられている。そこで警報ブザーの音量測定を実施することとし、その結果表1のとおりであった。

測定は、SEE装置模型の警報ブザー（6V規格）を使用し、音圧レベル測定器及び人間の耳で聞こえる感覚により、それぞれの距離において実施した。

日常騒音55dBという環境下において、半径20m地

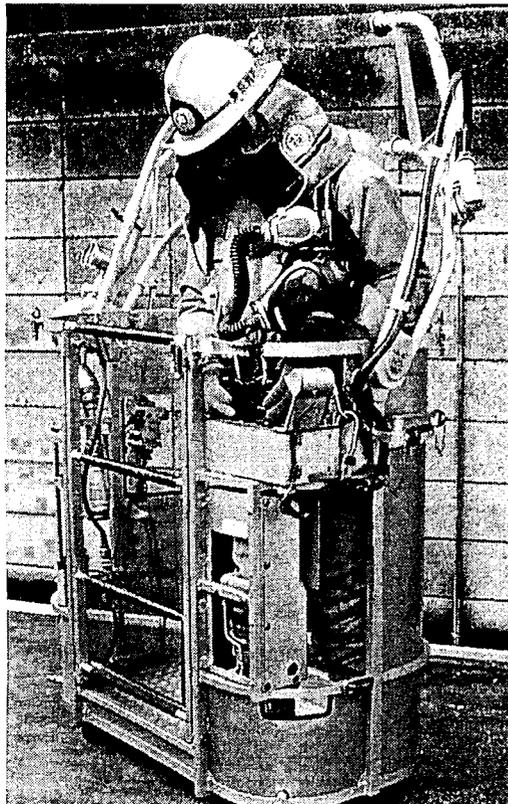


写真1 先端操作状況（その1）

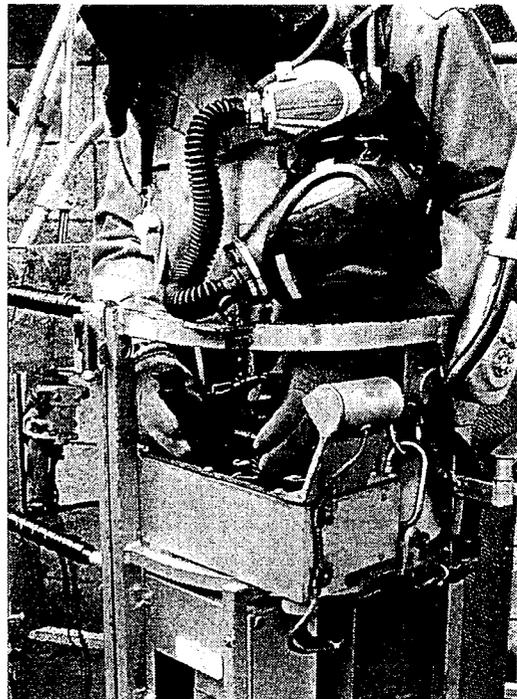


写真2 先端操作状況（その2）

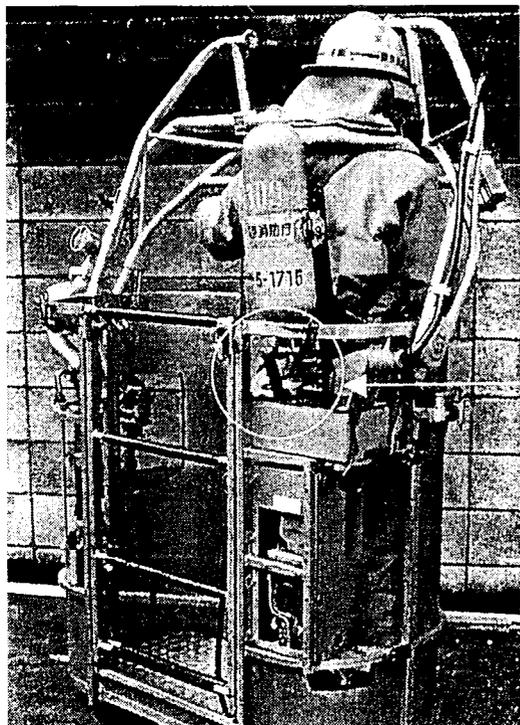


写真3 レバー誤操作状況（その1）

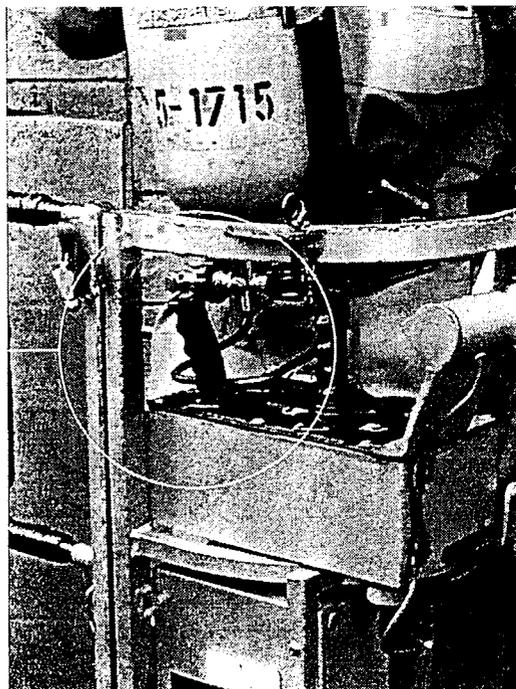


写真4 レバー誤操作状況（その2）

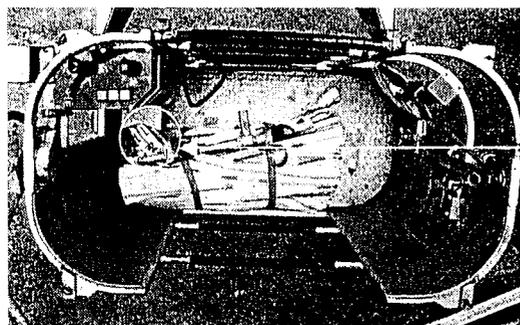


写真5 ホース積載状況

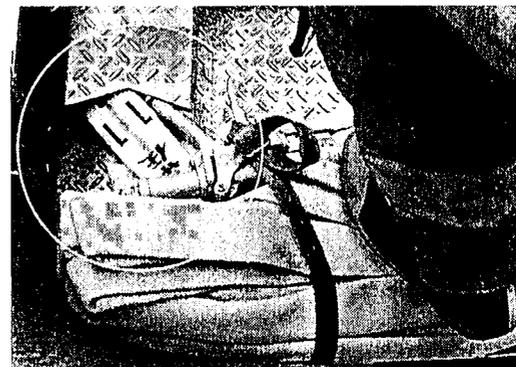


写真6 誤踏状態

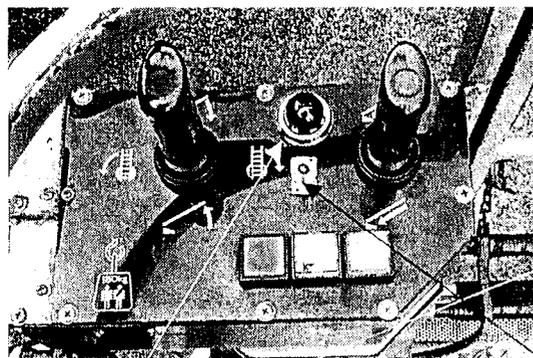


写真7 バスケット操作盤

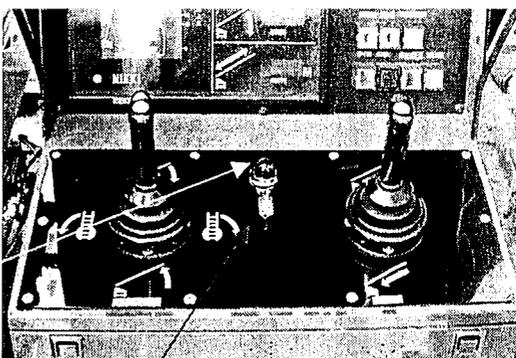


写真8 基部操作部

パイロットランプ

切換スイッチ

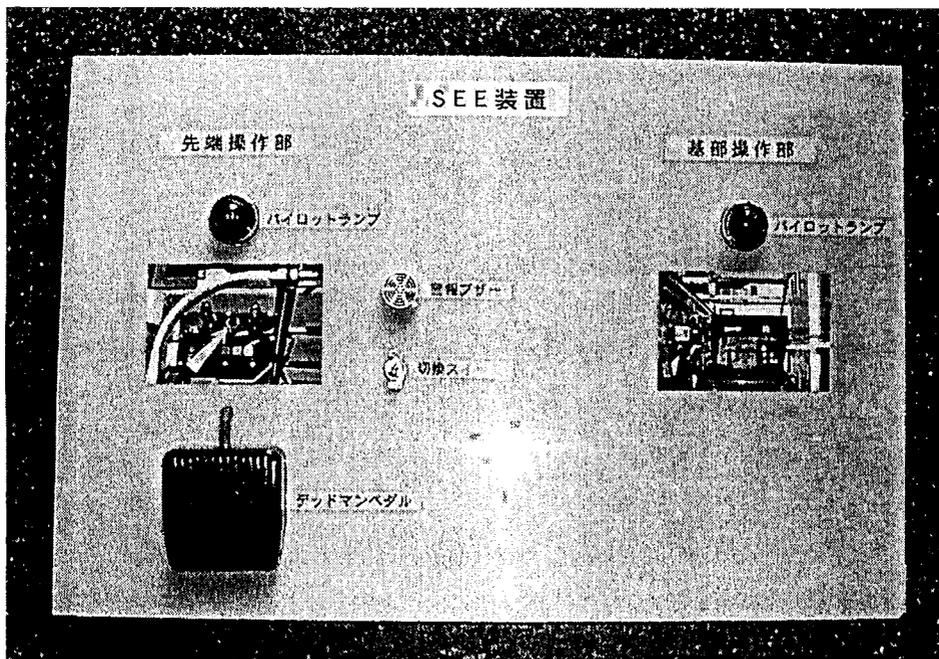


写真9 SEE装置模型

点では57.5dB (+2.5dB) の測定器結果であった。この結果から、半径20m地点においては、高音及び断続音という日常騒音とは異質な音のため、警報ブザー音は容易に確認し得る音であると推測される。

さらに聴覚（46才・男性）で識別できる距離を測定したが、50m付近までは十分聞きとることが可能であり、今回の実験より音圧レベルと聴覚による識別は比例せず、人の耳による識別は機器測定値以上に可能であることが確認できた。

5 まとめ

本研究のSEE装置は点滅式のパイロットランプ及び警報ブザーから構成される構造上シンプルな装置であるといえるが、視覚及び聴覚に訴える「事故を未然に防止する装置」という点では、新しいアイデアに着目したといえる。また現有するはしご車にも容易に取付けられる点からも、今後の実用を期待するものである。

おわりに、現有する消防機械・器具・各種装置において、常に基本に則りこれら消防資器材をいかに安全かつ有効に活用するかについて日頃からさらに研究心をもって取り組み、今後の安全かつ迅速な消防活動に反映させていく所存である。

「クイックキャッチャーの開発」

西宮市消防団 林田 高明

1995年1月17日 5時45分

あの阪神淡路大震災ではほとんどの消火栓が使えなくなりました。しかし、わたしたちの街を流れるちいさな川はほとんど途切れることなく流れていました。防火水槽やプールの水だけでは到底間に合わない規模の同時多発火災、電話も通じず、消防署応援もない状況下で私たち消防団の命をつないでくれたのは、浅く広く流れる小さな川でした。必死になって川底を掘下げた消防団、運よく地割れに吸管を突っ込むことができた消防団、がれきとトラックの幌で川をせき止めた消防団、とっさの機転と行動力で水利を確保した団員のみなさんには頭の下がる思いです。しかしそれで充分だったでしょうか？ もっと早くしかも小人数で出来ないか？コンクリートの張られた川底を掘らず、土のうも積まず、臨機応変に移動して、火災現切に一番近い所で水利を確保する。阪神淡路大震災を経験した

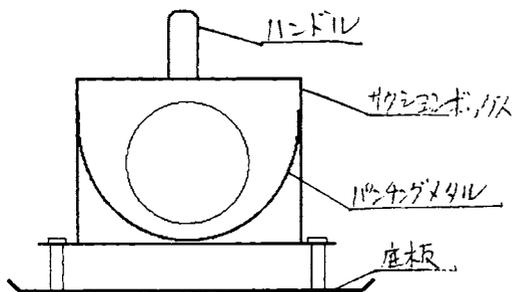


図1

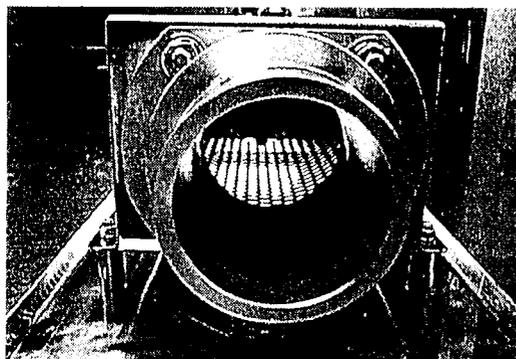


写真1

消防団員のくやしさと情熱がひとつの答えをだしました。

クイックキャッチャーのしくみ

・クイックキャッチャーは3個の部品から成り立っています。

・まず本体サクシヨンプォクス部分ですが、底の無いステンレス製の箱の内部に異物の侵入を防ぐステンレス製のパンチングメタルが取り付けられています。これは表面積を稼ぐためロール状に成形しています。(図1 写真1・2)

・そして上部に頑丈なハンドルがついています。(図1 写真3)

・つぎはステンレス製の底板ですが、本体サクシヨンプォクスの底部分から数十ミリの隙間をあけて固定されています。そしてサクシヨンプォクスより一回り大きい底板の縁は斜めに持ち上げて、本体が動いたときに川底にめり込むのを防いでいます。(図1・3 写真3)

・そしてジョイント部分です。

クイックキャッチャーと吸管とのカップリングは町野式です。普通吸管を接続する場合消防ネジ式を使うのですが、接続が素早くできる。ジョイントが自由に回転して吸管の振れを吸収する。という特長を生かすため町野式を採用しました。(図2・3 写真3・4) 基本的には吸管が全部水に浸かるぐらいの水深で使用して頂きたいのですが、実際の火災現場では取水できるぎりぎりの水深(4~6cm)で使う場合もあります。今までの使用状況では大気中で吸管内が負圧にな

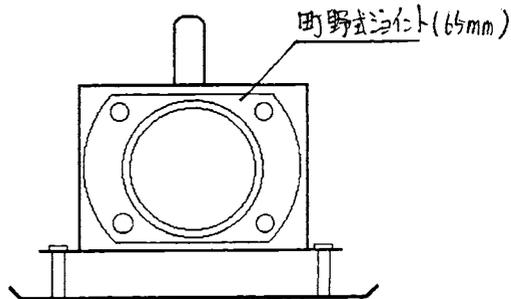


図2

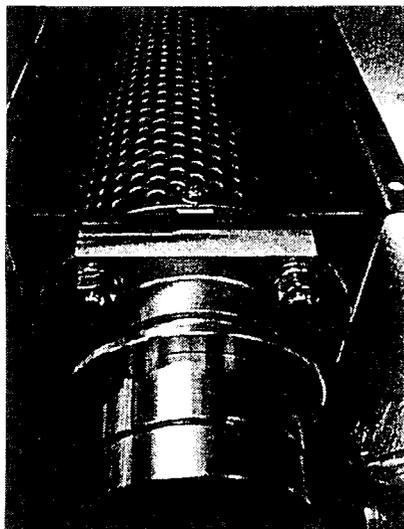


写真 2

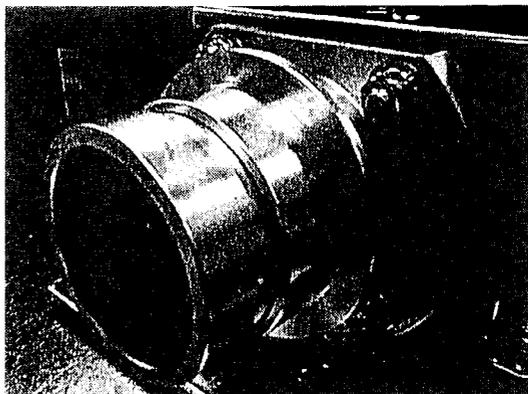


写真 4

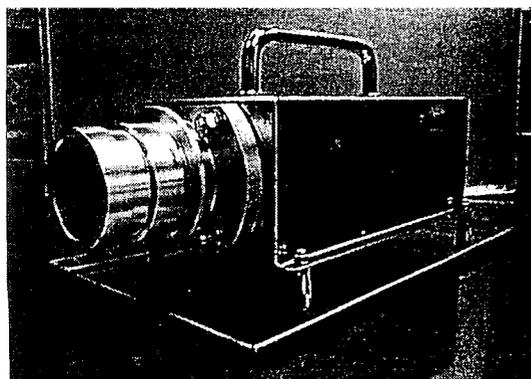
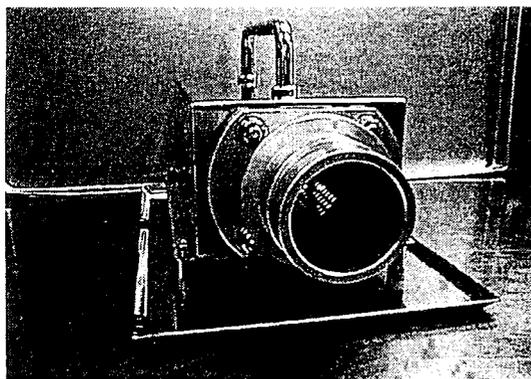


写真 3

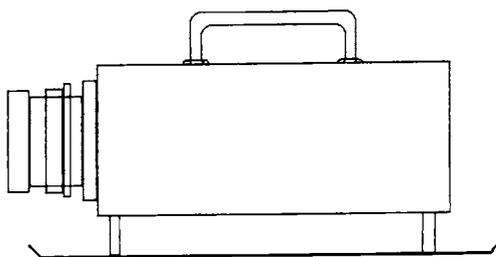


図 3

ングタイプのジョイントをお勧めしています。Oリングタイプのジョイントですと正圧負圧両方ともシール性能が保たれます。シリコングリースによって定期的にメンテナンスされたOリングであればネジ式ジョイントと同等の性能があります。

電解腐蝕について

クイックキャッチャーをより永く使うために、電解腐蝕の対策をしました。異種金属 例えばとアルミニウム製部品をステンレスのネジを使って組み立てますと金属間の電位差により接触面が腐蝕します。さらにマイナスアース車に濡れた状態で搭載するとなおさらです。

クイックキャッチャーの本体構成部品はすべてステンレス製です。そしてアルミ製の町野式ジョイントとの接続部は樹脂フィルムとゴムパッキンで絶縁されていますので電解腐蝕の心配はありません。

写真 5、写真 6 について、

写真 5 は市内夙川でのテストの様様です。

水深約12cm、水面からポンプ車までの落差は約5メートルです。

写真の状況で毎分600~700リットルの放水量です。

る事がほとんどないので〔大抵の場合カゴ式ストレーナを付けて水の中に浸かっている。〕見落としがちですが、クイックキャッチャーを使用する場合、吸管が大気中で負圧になる可能性が高く、パッキンのメンテナンスが重要になります。私どもは(株)YONEのOリ



写真5

水しぶきがひどいのでこれ以上放水できませんでした。

写真6は普段の訓練場所の新堀川です。この状況でサクシオン側の圧力計は、ほんの少しりから下がる程度、吐出側は5キロですが、水しぶきがひどいのでこれ以上放水できませんでした。

以上のように、従来籐カゴストレナーでは考えられないような浅い水源でも消火活動が行えるようになりました。

大震災で消火栓が使えなくなった場合、海岸線に近い地域では岸壁からフロートポンプやタービンポンプを使って水利を確保できますが、大震災での同時多発火災、道路の寸断、消防無線の交錯等を考えてシュミレーションしてみますと次のような問題点が浮かび上がります。

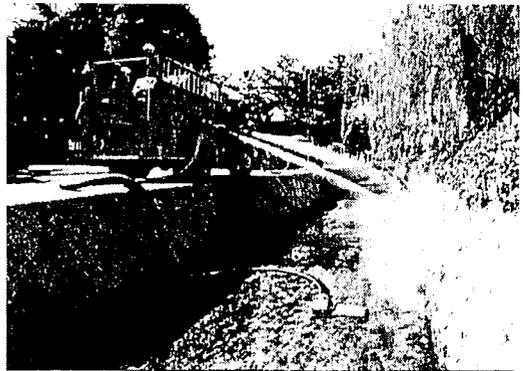


写真6

- 1、津波の恐れがある場合海岸には近寄れない。
- 2、港湾地域以外では水際まで車両が近寄れる場所がほとんどない。
- 3、地震によって岸壁が破壊されると、水際まで車両が近寄れず、重いタービンポンプや、ホースを運ばなければならない。
- 4、海岸線に砂浜が広がっていると、ポンプ車では砂の上は走れないので、水際まで車両が近寄れず、重いタービンポンプや、ホースを運ばなければならない、時間がかかる。
- 5、海岸部から、大口径ホースで長距離大量送水する場合、幹線道路は小口径ホースに分散してホースブリッジを使って横断するが、鉄道線路、路面軌道は越えられない。いずれにしても送水距離あたりのコストが高くなる。

従来の送水システムで、手の届かないところを補う意味でクイックキャッチャーは消防活動に貢献できると思います。

クイックキャッチャーを活用することによって、震災後に結成された自治会の自主防災組織の訓練でも防火水槽や消火栓だけでなく、いろいろな自然水利を使って訓練できます。そして、地域の防災意識の向上、河川の美化、消防団活動のPRなど街の活性化にも貢献できると思います。

「有蓋式防火水槽凍結防止シート」

東十勝消防事務組合 松本 英俊、名和 秀雅、岩崎 豊

1 気象条件

北海道の道東十勝地方は、氷点下30度以下の日が数日観測される。最低気温が氷点下の日は、12月から翌年3月までの4ヶ月に渡って続くのである。

当地域は太平洋沿岸に面しており、年間積雪量は比較的少ない地域となっている。したがって、底冷え(シバレ)の厳しい氷点下20度を下回る日が1週間あまりと、氷点下15度以下は1ヶ月以上観測されるのである。年間でもつとも気温が下がる1月と2月の気温をグラフ化した。(図1「月別最高最低気温グラフ」参照)

設置場所によって防火水槽内の水が凍ったり、土管の縁に霜が付着する(写真1参照)ため、点検をかかさず実施する事が冬の大事な仕事となっている。

2 冬期間の管理方法

(1) 当署の管理方法

降雪や吹雪の除雪あるいは氷点下15℃以下の気温に達した時、マンホール蓋や水槽内の水の凍結確認と水割り等各種作業を実施している。又、緊急時の対策としてLPGボンベとガスバーナーを常時消防車両に積載して、凍結マンホールに対処している。近年は、防火水槽の蓋を開けずに直接吸水出来るように採水口を設けているが、この地域は『現場打ち防火水槽』の数が圧倒的であるため、これら凍結をクリアーできるニュー二次製品の普及までは、数年の時間がかかると思慮される。

(2) 他署の管理方法

当署以外に道内の友人が勤務する署から、管理方法を聞いてみたのでまとめて紹介する。

ダクタイルの蓋は縁にゴムがついていて、密閉型のものなら手の打ちようが無い。ロックとゴム無しであれば、この蓋の周囲断面はU字を組み合わせた形になっているので、その溝に水がたまり凍結することになり、これは処置無である。水が溜まらないように、蓋枠の受けの部分を取除く方法があるが、既設のものはなかなか大変であり、グラインダーで取除くことも可能であるが刃がいくらあっても足りないことになる。したがって、プラズマ切断機で切断して水が溜まらな

いように改造する必要がある。(現実にはL字の物が出回っている。)

肥料袋あるいは、テント生地のを挟めて蓋が氷付かないようにしている。簡単であるが、密閉が完全にとれないので凍結の心配があり、こまめに点検をする必要がある。ただし、開き易いと言う事は、消防に関係のない人や子供が転倒落下の危険性ある。気温が下がると氷や、雪などで肥料袋は滑りやすくなるのである。

道路用地に設置している防火水槽の蓋が凍るものは、商品名で「メンデル(HK-45)」(弱アルカリ性液状凍結防止剤)と言う物を散布している。以前は、グリスを本体枠と蓋の間に塗りこみ、不凍液を散布していた。

不凍液は長い間散布していると、後から問題が出てきた。建設した年によるが、防火水槽の周りや内側のコンクリートが劣化して蓋の枠が本体からはずれそうになり、数年前から特殊樹脂を塗布するなど、修理をしている。

マンホール専用の機械(価格は5万円ぐらい)で開けている。

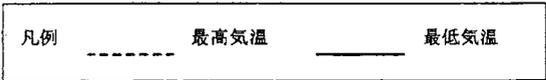
防火水槽の蓋を開けるにはハンマーで叩いて、金槌で開ける。管理はほとんどおこなっていない。

各署の現状を羅列照会したが、頻繁な点検作業と労力を要することの管理方法には大きな違いはない。

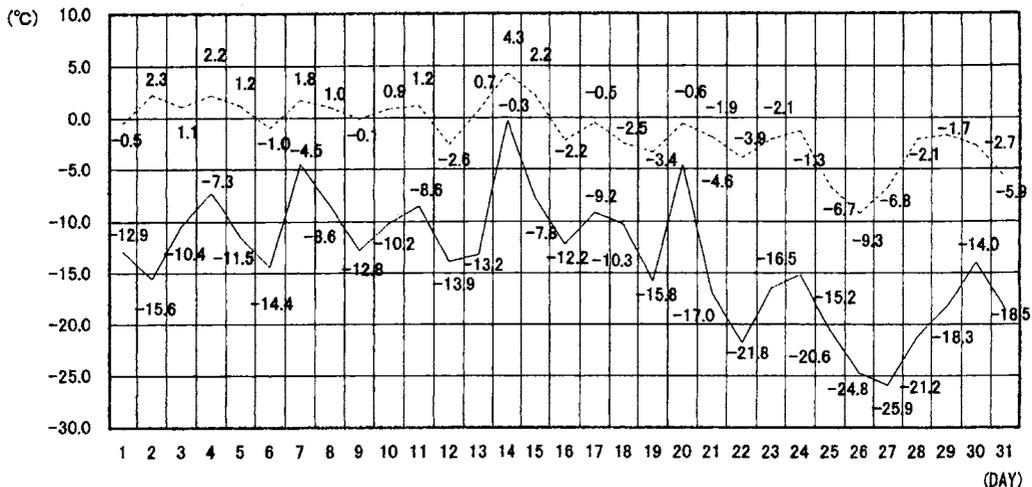
3 開発に当たってのコンセプト

いつ使用しても必ず蓋が簡単に開くことが最大条件で、これらの他に下記に示す要件を挙げてみた。

①マンホールの蓋が凍結する条件として防火水槽の枠と蓋が密着し、しかも水分が加わり気温が下がると凍結し完全に接着してしまうのである。したがって、凍結防止方法は密着した枠と蓋に水が入らないようにするか、枠と蓋が接着しないための物を挟めて水分が直接金属同士触れないようにする。ビニールシート類と水と金属は凍結しても接着しないことから、これらを踏まえて材料の選定をする。②形態はシンプルで取扱が容易であること。③レンチ工具は当署自作の軽量の物を使用することが可能であること。④凍結防止に効果があること。⑤消耗品的な物で低コストであるこ



平成12年1月最高最低気温



平成12年2月最高最低気温

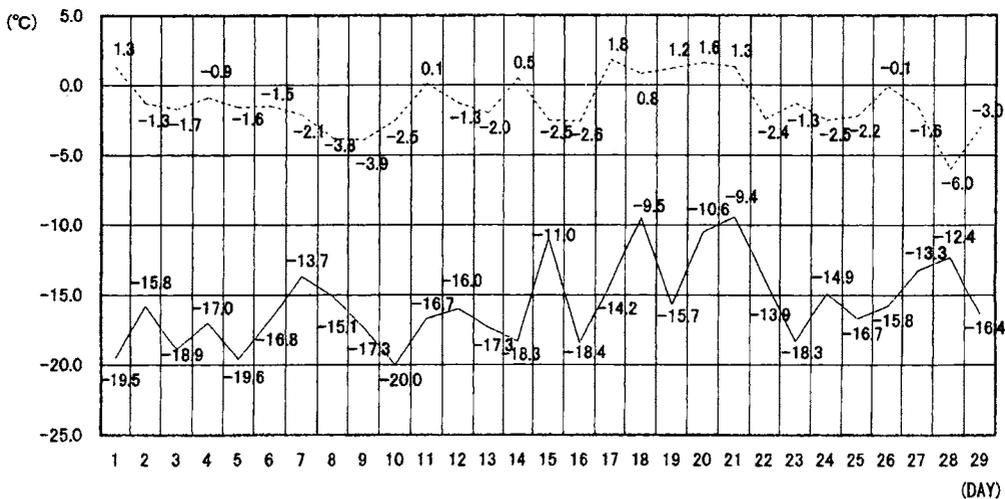


図1 月別最高最低気温グラフ



写真1 水槽内部に低温のため霜が付いている状況

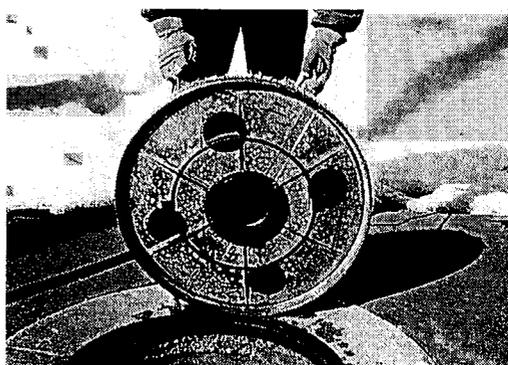


写真2 完成品の試用であるが、水抜き用の穴と、レンチ位置の穴の配置関係と結露している状況

と。さらに、⑥環境に違和感が無く、やさしいことを念頭に検討した。

4 完成までの経緯

今までは、肥料袋を先に敷いてマンホールの蓋を持って蓋をする事ばかり考えていた。この方法だと風の影響を受けやすく二人で持ち上げなければならない等非常に手間が掛かった。

ビニールシートを丸形にカットしてマンホールの蓋に紐で縛り付ける方法とし、縛った紐は取り付け後、足などが引っかからないように切断する。又、簡単に切れるような構造にすることと、取って使うものとして考えた。最初紐部分は糸で縫っていたが作成工程の手間等考慮し溶着することとした。ビニールシートの材質は0.2mmPVCシート(透明)を使用することとした。

試作品段階のもので、シート中央に霜付着防止の穴(φ100mm)を開けていたが、蓋と凍結防止シートの間に依然霜が付く。またレンチを差し込むと凍結防止シートに当たり、低温のため簡単に破損するためレンチの当る部分に、4箇所(直径100mm)の穴を開けた。中央の穴は、蓋の裏側に霜がかなり付着するので倍の直径200mmとし合計5個の穴を開ける事とした。蓋の外径が600mm厚さ38mm、枠の溝の高さ42mmで凍結防止シート装着の際、ギリギリになり、若干のズレが生じるので、当初直径800mmであったが820mmとした。

完成品の試用であるが、外気温は氷点下4.6度この水槽はマンホール蓋と凍結防止シートの間は結露になっている。穴を開けているので水滴は溜まらない状況になっている。(写真2参照)

「凍結防止シートの概要図」については(図2)を参照

5 凍結防止シート試用記録

実試用は1999年12月から2000年の3月中旬頃までの約4ヶ月間実施した。よって、この実試用の結果は下記のとおりである。

1 試用に当たっての防火水槽の選定

- (1)常時観察するため消防署前とした
- (2)建物の北側で陰になり昼間温度が上がらないところ
- (3)路上設置で車両が頻繁に通過し、雪が踏み固められるところ
- (4)水槽内の水が凍るところ

最も凍結する条件の防火水槽を選定したが、今回の試用期間中(4)の凍結はなかった。

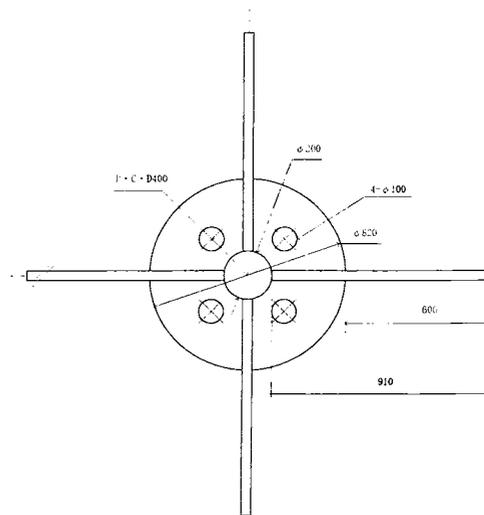


図2

名称 有蓋式防火水槽凍結防止用シート
材質 PVCシート 厚さ 0.2mm

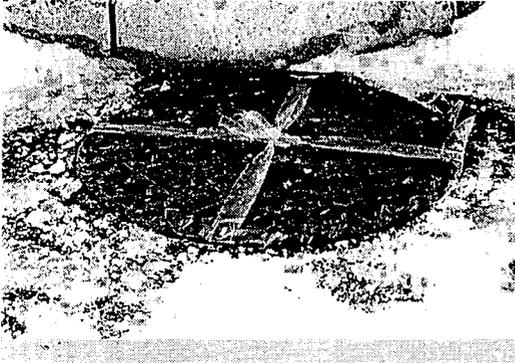


写真3 凍結防止シート装着状況

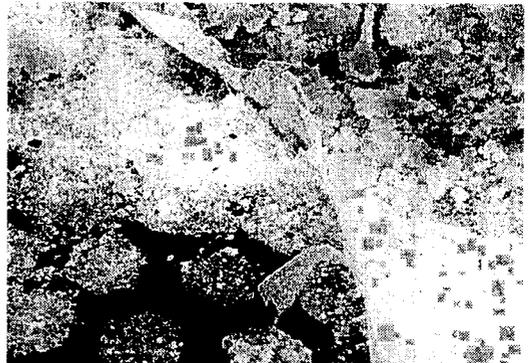


写真4 マンホール蓋凍結状況



写真5 氷点下状況下でも簡単に開く(1)



写真6 氷点下状況下でも簡単に開く(2)

2 試用状況

- (1)マンホールの蓋に完成品のシートを装着した状況 (写真3参照)
- (2)前日、町の施設課で排雪作業を行っており、排雪後の残された雪が踏み固められマンホールと蓋と凍結防止シートが、凍結している状況 (写真4参照)
- (3)持ち上げたが凍結していて開かなかったので、ハンマーで軽く叩き、その後、氷点下15度以下の気温の低い時であったが簡単に蓋をあけることができた。(写真5参照)

3 試用の感想

降雪15~20cm以上あれば職員総出で水利の除雪作業を実施する。冬期間は担当以外の職員も水利の点検を実施している。

吹雪で防火水槽周辺は雪が覆って凍結し、除雪後マンホールの蓋は簡単に開く(写真6参照)事を、作業に当たった職員に使用状況を体験してもらい、次のよう

な感想を聞くことが出来た。『総体的に見て非常に良い。氷点下15度以下でも簡単に開ける事が出来て実用的であり、使える。』と、好評であった。

開発に当たってのコンセプトとして、すべての条件が満足できる物となった。

6 製品の共同開発

開発構想は署担当者が独自に数年前から行ってきたが、具体的に製品化して広く同じ状況下の各消防署に活用していただきたいことから、今後の改良及び普及をしていくために『知的所有権』については、日本機械工業株式会社に一任し共同開発したものである。

なお、製品名称は『マンホール凍結防止シート』とし、品番は『NMS-820』としている。なお、特許の出願を済ませており、平成12年5月9日付で特許庁長官に受領されている。

(出願番号通知 特願2000-135735)

(B) 消防吏員等による消防防災科学論文 (3編)

「初期消火効力の向上策に関する研究」

京都市消防局 木村 義雄

1 はじめに

「阪神淡路大震災」で発生した同時多発火災は、我々消防行政に携わる者にとって、大きな脅威であるとともに、早急になんらかの対応策を考えなければならぬ大きな課題であるのは周知のとおりです。

この地震発生時の火災被害は、いずれの場合も、住民の火気始末や初期消火の有無が大きく関係しており、地域防災力の活動としても、炎上拡大前の初期消火活動ほど効率は高く重要であることが認められました。

このことから、地域住民からなる自主防災組織等に対する消火訓練用器材及び、消火対応力向上の実践的な行動について研究したものです。

2 震災による出火と延焼

K市の地震被害想定によれば、マグニチュード7.6の地震が発生した場合、24時間以内に最大320件の火災が発生すると予測しています。そして、その火災に対して、消防機関等による消火活動がなされない場合は、延焼による被害が相当なものになるとも予測しています。それはK市には古い伝統的な木造家屋が密集している地域が多く、一旦、同時多発火災が発生すると、その延焼区域が大きく拡大していく可能性が高いからです。といて、建築物の単なる不燃化を推進するだけではなく、今日までに築き上げてきた、伝統ある防災文化を継承し、発展させるためには、防災の基本である「自主防災の理念」に立脚した、住民の初期消火効力の向上が重要であると考えます。

3 初期消火の重要性

震災時の被害想定320件は、炎上火災の件数であり、住民の初期消火によって“ぼや”で収まったものを含まないと考えますと、実際の出火件数は、その数倍にも至ると推定できます。仮に、初期消火が失敗し、その結果、炎上して、消防機関が対応しなければならぬ

い出火件数が320件としますと、現在のK市の消防力を考えれば大変な数字であることは言うまでもありません。しかし、住民の初期消火効力を高めれば、当然この数字を減小させることが可能ですし、延焼による被害の軽減にもつながります。「では、どのようにすれば初期消火効力を向上させることができるのか」これらが本研究に始めるに至った要因の核となる部分です。

4 初期消火の実態とその分析

K市N消防署管内において平成6年から10年までの5年間に建物内で発生した建物火災78件を対象に、住民による初期消火の有無等について分析を行いました。その分析内容については、表1のとおりです。

この78件のうち、初期消火を試みたのは40件(51.3%)で、そのうち、成功したのは16件(25.1%)でした。使用した消火用具は消火器が11件で、残り4件が水バケツ、1件が水道ホースとなっています。

消火した焼損物件としては壁体や天井といった部分が大半で、床面というのはありません。また炎の立ち上がりは、最高が天井まで2.3m、平均は約1.5mの高さのものを消火しています。

消火した焼損面積の最大は3.0m²で、平均は1.9m²、消火器によるものに限れば約2.2m²でした。

これらの分析結果をまとめますと、①消火器の使用が有効②壁面や天井が焼損することが多い③炎の立ち上がりは約1.5m④消火可能面積は約2.2m²ということになります。

5 初期消火の失敗とその理由

78件のうち、初期消火がなかったのは38件(48.7%)で、初期消火はしたが失敗したものは24件です。合わせると62件(79.4%)もの数字となります。次に、その理由を分析してみました。

(1) 状況的に無理であったもの

①発見が遅れた②濃煙充満③施錠されていた④無人状

態であった

(2) 心理的な要因によるもの

①怖かった②驚いて避難に集中した③あわてて消火を思い浮かばなかった④消火の方法が思い浮かばなかった⑤誰かがするだろうと思った

(3) 技術的に初期消火を失敗したもの

①消火器の使用方法が分からなかった②火点に消火剤がかからなかった③消火器が壊れていた④消火器の本数が足らなかった(置場が不明)

(4) 初期消火以外のことを拡大したもの

①通報した②避難した③他の人へ知らせた

これらの分析結果から分かりますのは、「(2)心理的な要因によるもの及び(3)技術的に初期消火を失敗したもの」については、訓練により改善することが可能だということです。つまり、炎に慣れていなかったからこそ、怖いのであり、あわてたのです。そして、消火器に慣れていなかったからこそ、火点にうまく消火剤がかからなかったのであって、使用方法や、消火器が壊れているかどうか、消火器がどこに置いてあるか等も、消火器に普段から慣れていれば、あるいは分かったのではないのでしょうか。

6 初期消火成功の確率を高める方法

分析結果等から判断して、「初期消火成功の確率」は、次のような要因確率が相乗的に掛合わされた場合に高まるものと思われます。

(1) 消火器による初期消火に従事する確率

「炎を見て、木が動転して消火方法が思い浮かばない、消火器の置き場所を忘れる、炎への恐怖心に耐えられず、消さずに逃げる」といったことは、普段から実火災に近い炎で訓練しておけば、心理的にも安定し、初期消火に従事する確率は上がります。そして、訓練により、自分が消すんだ、消せるんだという責任感と自信をもたせることも重要です。

(2) 消火器による初期消火が間に合う確率

「発見が遅れた、通報等をしているうちに拡大した」などは時間と共に燃焼面積が増え、間に合わなくなるのですから、逆に消火可能面積を訓練によって増やせば、間に合う時間が長くなり、確率が高くなります。

(3) 消火器が作動する確率

「使用方法が分からなかった、壊れていた」これは、安全ピンを抜いてレバーを握るといった基本的な操作方法の反復訓練と、普段からの点検整備により、確率は高まります。

(4) 消火器による初期消火が奏効する確率

1人よりも2人3人と協力すれば奏効する確率が高

くなります。それは消火可能面積を増やすことにもつながります。また1人であっても、消火器を2本3本と使えば奏効する確率は高くなります。

これらをまとめますと、①炎への恐怖心をなくす。②消火能力を高める。③操作方法を習熟する。④複数人、複数本で消火する。という4つの要素を満たすような訓練を行えば「初期消火成功の確率」を高めることが出来るものと思われます。

7 初期消火訓練の現状と特徴

従来の消火訓練では、オイルパンや灯油やガソリンといった石油系油剤を燃やし、実際に泡や粉末消火器を使って訓練を行っていましたが、その場合、次のような問題点がありました。

(1) 灯油、ガソリンの問題点

ア 燃焼時に煤等が出て、環境及び健康に悪い。

イ 消火薬剤と混ざると後始末が大変である。

ウ 下水等に流した場合、環境問題となる上に、火災危険もある。

(2) 実際に消火器を使う場合の問題点

ア 粉末の場合は、粉が飛び散り洗濯物等が汚れる、子供等が吸い込んだ場合に健康上の問題がある。衣服が汚れる、狭い場所で出来ない等。

イ 泡の場合は、衣服や靴が汚れる。下水に流した場合、環境問題となる、道路や壁といった薬剤のかかった場所の清掃が大変である。

ウ 共通した問題点は、町内の消火器の詰替え時に訓練をする場合は一度に多くの本数を使えない。(その間消火器が町内にないことになるから)複数的人数で一度に訓練をすると、粉だらけ、泡だらけになってしまう収拾が付かなくなってしまう。

これらの問題点を解決する方法として、石油系油剤ではない水溶性のイソプロピル・アルコール(以下「IPA」という。)を燃焼させ、訓練用水消火器(強化液消火器を想定したもので、強化液に代わり水を放射するもの)で消火する場合はどうでしょうか。

(1) IPA

ア 燃焼時に煤等が出ないので、環境及び健康上問題がない。水溶性であるので、多量の水で希釈すれば火災危険がなくなり、環境にも優しく後始末が容易である。

イ 炎が青白く、やや視認しにくい面があり、オイルパンで平面的に燃焼させた場合、臨場感が若干乏しい。また、比較的容易に消火出来てしまう。

(2) 訓練用水消火器

水を使用しているので環境及び健康上の問題が少な

い、衣服等が汚れにくい、後始末が容易、一度に複数本使っても問題ない、町内の消火器を使用しないので詰め替え時でなくとも訓練が出来る、破裂等の危険がない、水と圧縮空気だけなので安価等々。

このようにIPAと訓練用水消火器による訓練は、若干の問題点はあるものの、環境等に配慮した理想的な訓練でありますし、「6 初期消火成功の確率を高める方法」の際に述べた「③操作方法を習熟する④複数人、複数本で消火する」の二つの要素について満たしていると思われませんが、一方で、オイルパンをIPAを燃やすだけの消火標的では、臨場感に欠ける、容易に消え過ぎるという2つの大きな問題点があり、これは「①炎への恐怖心をなくす②消火能力を高める」の二つの重要な要素について反するものとなり、この問題点を解決しなければ「初期消火が成功する確率」を向上させる訓練には、到底なり得ないということが判明しました。

8 現状の訓練と「初期消火成功の確率」の向上について

「臨場感に欠ける、容易に消え過ぎる」という2つの問題点は、オイルパンという平面的な消火標的に原因があるのは先に述べたとおりですのでどのように消火標的を改善すれば良いのかを考察してみました。

(1) 消火可能面積と標的

「4 初期消火の実態とその分析」で述べた、N消防署管内での火災分析結果から、消火可能面積は2.2m²であることが判明していますので、それ以上の燃焼面積を持った標的が必要と思われます。これにより、実際の火災に近い火災を見て訓練ができるわけですから、炎への恐怖心の克服にも役立ちますし、消火可能か否か、先に避難すべきかどうか等といった判断基準を養うことも可能となります。また、燃焼面積が増加していますので、消火要領が悪いと消火できませんので、反復訓練の必要が出てきますし、逆に、これが消せるようになると消火対応力が確実に向上したということになります。

(2) 垂直火面と標的

次に、同分析結果から、「壁面や天井が焼損することが多い。炎の立上がりは約1.5m」ということが判明していますので、実際の火災は立体的であることが分かります。しかし、現状のオイルパン式では平面的な炎しか作り出すことが出来ません。ですから立体的な垂直火面をもった消火標的での訓練が必要と思われます。これら二つのことから、今後の訓練の改善には、燃焼面積を拡大し、立体的な炎(垂直火面)を作り出

せる、新しいコンセプトを持った消火訓練器が必要不可欠であると考え、次に述べます「立体消火訓練器」の試作を行うことにしました。

9 試作「立体消火訓練器」の概要

(1) 概要

オイルパンの中に、高さ1.6m幅0.7mの骨組みを立て、その骨組みに燃焼板2枚を立て掛けて燃焼させ、燃焼面積の拡大及び立体的な炎を発生させ消火訓練を行うものです。(写真及び図1 参照)

(2) 部品構成

搬送を容易とするための4つの部品にわけ、分解組立式としました。①遮炎用の天板 ②燃焼板 ③骨組み ④オイルパン

(3) 各部品の詳細説明

ア 遮炎用の天板

公園等で使用する際に、炎が上昇し過ぎて、上方の樹木等を焦がすことがないように遮炎のために設置します。取り外しての使用も可能です。その場合、より大きな炎を体験させることが出来ます。

イ 燃焼板

(ア) 搬送を考慮して2分割としました。1枚当たりの面積は70cm×70cmで約0.5m²、上下2枚で約1.0m²となり、従来のオイルパン式が約0.5m²であるので2倍の燃焼面積が得られます。また、上下どちらか1枚のみでの使用も可能であり、初心者には、小さい燃焼面積で訓練させることが可能です。

(イ) 燃焼板の特徴として、その素材として炭素繊維を使用したことが挙げられます。この炭素繊維は、元は、建築物の耐震改修用で、具体的には柱に巻き付けて使用するもので、不燃性です。この炭素繊維をステンレス製の金網に縫い付ける形で固定したものが、本燃焼板です。そして、その縫い付けた糸も、炭素繊維をほぐしたものを使用し不燃化を図っています。この炭素繊維に、前述のIPAを吸収させ着火するのですが、炭素繊維自体は燃焼しませんので、繰り返しの使用が可能です。また、水や消火液を吸収しても、取り外して一振りすれば、水等が落ち、短時間内でほぼ、脱水できるため、すぐに次の訓練に使用することができます。

(ウ) 燃焼板には更に燃焼補助として、IAPを溜める溝(幅70cm深さ1.5cm)を1枚当たり2本、計4本を取り付けることが出来、その溝部分にIPAを溜めて着火すれば、炎も大きくなり、燃焼時間も飛躍的に増加し、上級者や、複数人、複数本での消火訓練が可能となります。もちろん初心者用に、取り外しての使用も

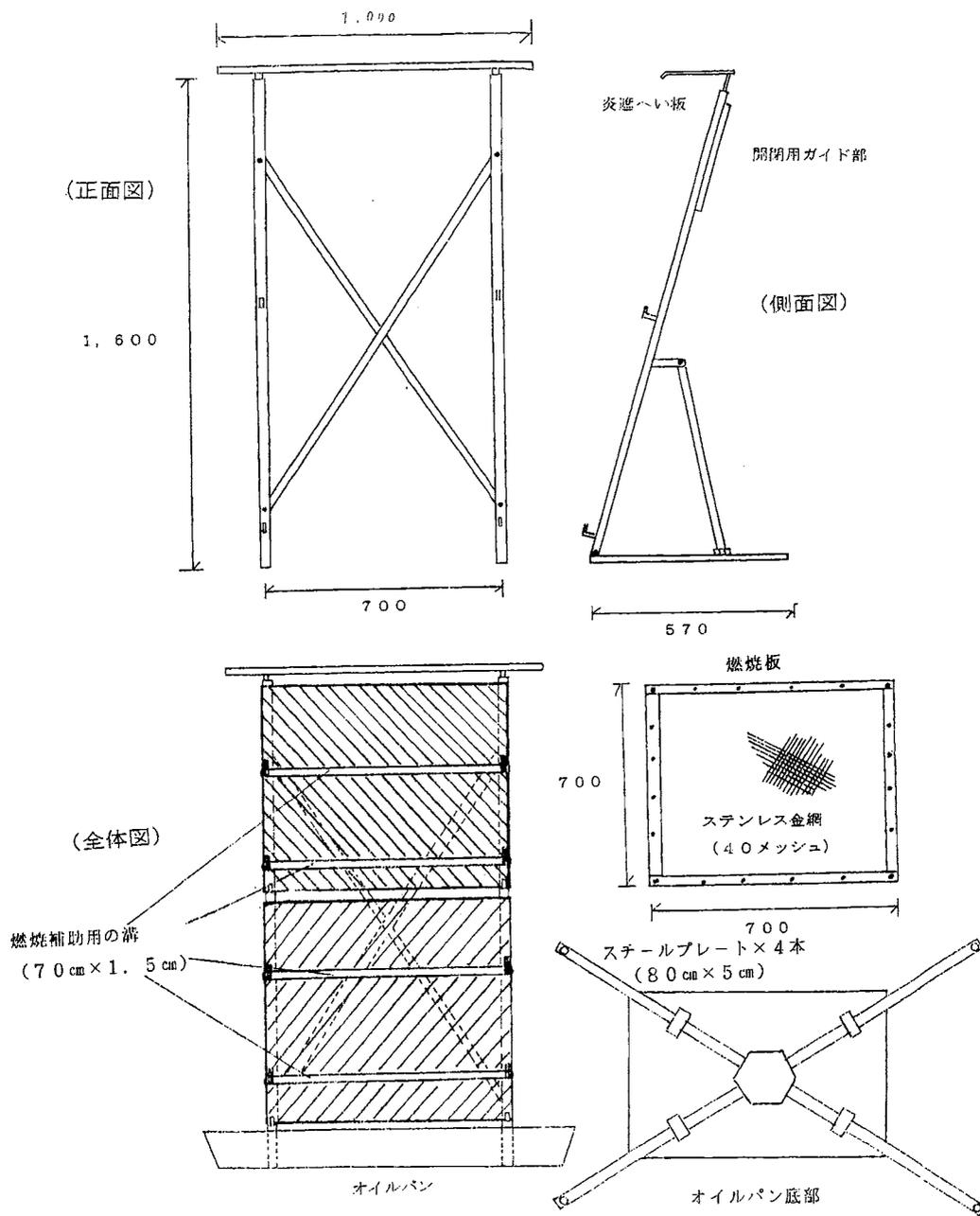


図1 立体消火訓練器

可能です。

ウ 燃焼板を立てるための骨組み

燃焼板を固定し立体的な高さを得るため、骨組みはスチール製の角パイプで制作し、高さ1.6mとしました。この高さは、冒頭で分析した炎の立上がり高さの平均である1.5mを参考とし、若干の上乗せをしました。幅についてはオイルパンの内幅0.7mに合わせて

います。また、消防車等での積載を考慮し、折りたたみ式としました。

エ オイルパン

(ア) オイルパンはIPAが直接地面に落ちないように、骨組みの下に敷きます。また、燃焼板、骨組みが、風にあおられて転倒ないように固定するという役割も持っています。このままの状態でも転倒しませんが、

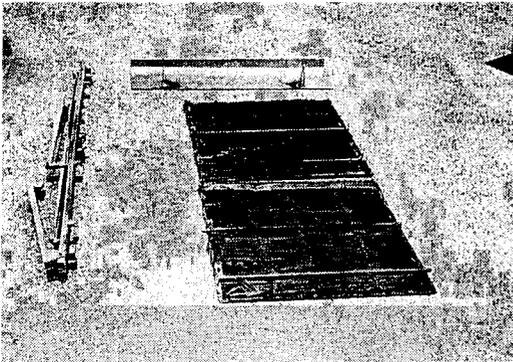


写真1 立体消火訓練器の組み立て前、搬送時の状態



写真2 立体消火訓練器を組み立てた状態



写真3 垂直火面の燃焼状況



写真4 住民による消火訓練(1本目で上部を消火し、2本目で下部を消火中)

更に安全のため、底面にスチールプレート of 安定板を取り付けられるようになっています。このスチールプレートの先端にはペグ(杭)用の穴があり、公園等で使用する際には、ペグで固定することも可能です。ペグが打てない場合はスチールプレート上に土のう等を乗せれば安全です。

(イ) オイルパンにもIPAを入れて燃焼させることが可能です。この場合は燃焼板だけより、更に大きな炎と燃焼時間を得ることが可能ですので、上級者や、複数人、複数本での消火訓練に適しています。

10 立体消火訓練器による訓練

試作した本器と従来のオイルパン式を使って、実際に住民50名の方に消火訓練を行ってもらい、訓練後の感想等をアンケート調査のうえ分析し、その違いと効果について検証を行いました。(表2 参照)

(1) オイルパン式

50名中、ものたりないと答えた住民は44名であり、その理由として、「火が小さい、炎が見えにくい、簡単に消える」等がありました。

(2) 立体消火訓練器

一方こちらは逆に、臨場感があると答えた住民が36名で過半数を占めていました。その理由も「火が大き

表1 初期消火に成功した建物火災分析

年	建物火災	初期消火なし	初期消火の状況					
			初期消火に失敗	初期消火に成功	焼損物件	焼損面積	炎の高さ(推定含む)	使用消火用具
6	13	7	4	2	壁体及び天井 壁体	2.5m ² 1.0m ²	2.0m 1.5m	粉末消火器 泡消火器
7	20	11	9	0				
8	14	5	4	5	壁体 ふすま、天井 壁体 壁体 壁体及び天井	2.0m ² 3.2m ² 1.0m ² 1.0m ² 3.0m ²	1.5m 2.0m 1.2m 1.2m 2.0m	粉末消火器 泡消火器 粉末消火器 水バケツ 水バケツ
9	12	6	2	4	壁体 塩ビ波板 収納庫 壁体及び天井	1.3m ² 1.2m ² 1.0m ² 2.0m ²	1.0m 1.2m 1.0m 1.5m	水バケツ 水道ホース 粉末消火器 粉末消火器
10	19	9	5	5	壁体 壁体 壁体及び天井 壁体及び天井 壁体及び天井	1.0m ² 1.0m ² 5.0m ² 3.0m ² 2.0m ²	1.2m 0.9m 2.3m 2.0m 1.8m	粉末消火器 水バケツ 泡消火器 粉末消火器 粉末・泡
計	78	38	24	16		(平均) 1.9m ²	(平均) 1.5m	

表2 消火訓練アンケート分析(消火実験会に参加した50名にアンケートを実施)

消火器使用経験の有無			訓練での消火結果	成功	30	訓練の感想	床面消火(オイルパン)	臨場感がある	6(6)
								ものたりない	31(1)
有り	37	訓練での消火結果	成功	30	訓練の感想	床面消火(オイルパン)	怖かった	0	
							その他	0	
							立体消火(試作器機)	臨場感がある	30(6)
								ものたりない	5
			失敗	7	訓練の感想	立体消火(試作器機)	怖かった	1(1)	
							その他	1「緊張した」	
							床面消火(オイルパン)	臨場感がある	0
								ものたりない	13
無し	13	訓練での消火結果	成功	5	訓練の感想	床面消火(オイルパン)	怖かった	0	
							その他	0	
			失敗	8		立体消火(試作器機)	臨場感がある	6(6)	
							ものたりない	4	
怖かった	2(2)								
その他	1「熱かった」								

注) 消火器1本で消えたものを成功とする。() ない数字は消火を失敗した人数を示す

い、目線より上に火があるので迫力があつた、一人で消すことが出来ずあわてた、火の怖さがわかつた」等で、オイルパン式と比べると、かなりの臨場感があることが分かりました。また訓練中、消火器1本では消えず、2本3本と使って、やっと消えるといった例が多数あり、「消火器は一人1本で訓練する」という今までの概念を破る新しい面も垣間見ることができました。

消火器1本で消えない理由は、燃焼面積が拡大したこともあります。それよりも、垂直火面であることが大きいようです。その理由はオイルパン式のように水をかけ下ろすのと違って、火面へ水を直接かけなければならないからです。これは、実火災の天井や壁への消火を考えた場合、非常に効果的な訓練であるといえます。

11 まとめ

本研究の結論は、震災における炎上火災を減少させるためには、今後、住民の初期消火効力を向上させることが重要で、その訓練方法として、次の4点の要素に留意して、消火技術指導を実施することが必要であるということです。それは、①天井や壁を想定した「垂直火面への消火」②現在の消火可能面積を上回った「燃焼面積を拡大させての消火」③「複数人、複数本での消火」④「炎への恐怖心の克服」の4つです。また、そのためには本試作品のような新しい消火訓練器が必要であり、より多くの事業所、町内で、日常的に反復訓練を実施し、住民、しいては国民すべての初期消火効力の向上を図り、新たな震災、火災に備えるべきではないでしょうか。

「斜面災害における救助活動可能時間を予測する研究」

東京消防庁 長瀬 聡

1 はじめに

斜面災害は、傾斜地にも住まざるを得ない日本国土特有の災害で、地すべりや崩壊など斜面において、土塊が集团的に移動するものを斜面移動と定義し、論を進める。斜面移動に関しては、傾斜角、土質、含水量(降雨量)などにより、さまざまな状況が考えられる。この為、発生場所の予測については、すべてのタイプの斜面移動については、困難とされている。

しかし、斜面移動により、一次災害が発生し、土砂に埋もれた半壊家屋内に要救助者があれば、消防部隊は、二次災害を懸念する中で、救助活動を展開せざるを得ないこととなる。

本論では、①大地震を引き金として突発的に発生する斜面移動でなく、「その動きがある程度の時間計測できるものであれば、その後の動きが急速に加速する時期を予測することが可能」とした齊藤クリープ曲線崩壊予測法を応用することにより、崩壊時刻を予測し、救助活動可能時間を確定することが、最終目的である。②最終目的に達するため、齊藤クリープ曲線法の応用と実地での測量及び簡易計算により、消防活動エリアの上部土塊が崩壊する時刻を算出するための基礎を研究したものである。

2 斜面移動の予測

(1) クリープ現象

クリープは、短期間で降伏応力以下の一定応力下で、

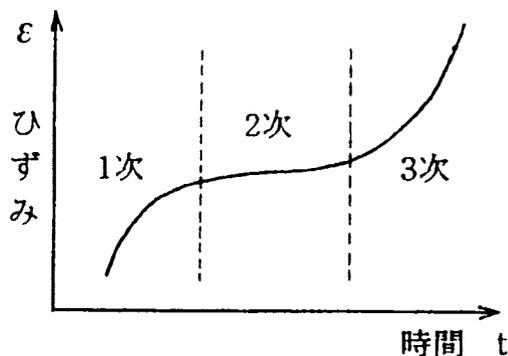


図1 クリープ曲線 (時間・ひずみ曲線)

斜面構成物質が時間に依存して変形する現象である。このクリープによる、ひずみ-時間曲線は、図1のようにS字カーブを示し、3つの領域から構成される。1次クリープ領域では、曲線の傾きは、時間とともに低下する。2次クリープ領域では、ひずみ速度は一定で曲線の傾きも一定である。3次クリープ領域では、ひずみ速度は増加し、崩壊に至る。

(2) 齊藤クリープ曲線崩壊予測法

この手法は、ひずみ速度が大きい方が崩壊までの時間が短いという、クリープ理論に基づいている。経験則から、ひずみ速度と破壊時間の関係は、次式で表されている。

$$\log_{10} t_b = 2.33 - 0.916 \times \log_{10} \dot{\epsilon} + 0.59 \dots\dots\dots \text{①}$$

ここに、 t_b は、クリープ崩壊時間(分)、

$\dot{\epsilon}$ は、ひずみ速度(10⁻¹/分を単位として)

を表す。

この経験式が、3次クリープ領域にも成立することを仮定し、現地での移動量測定結果とそれに要した時間から崩壊時間を予測するのが、齊藤クリープ曲線法である。具体的手法については、次のとおりである。

図2において、横軸に時間、縦軸に変位をとり、クリープ曲線が得られたとする(図中の太線)。計算を簡略にするため、測定開始(t_1)以降、2回の測定(t_2 , t_3)における変位の差 Δl が等しいものとする。

いま、図2において t_1 , t_2 , t_3 のクリープ曲線上の点

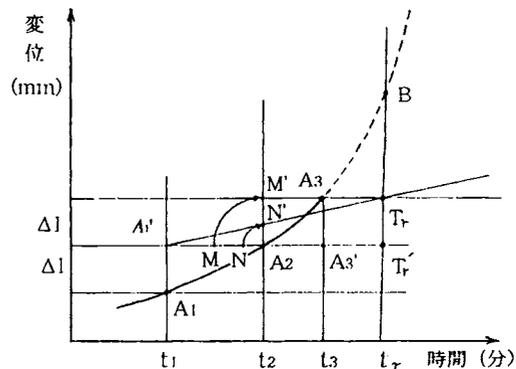


図2 齊藤クリープ曲線を用いた崩壊予測(図解法)

をA₁、A₂、A₃とする。

三角形の相似側より (△A₁'A₂'N' ∽ △A₁'T₁'T₁)、次の関係式が成り立つ。

$$\frac{t_2 - t_1}{t_1 - t_0} = \frac{\frac{1}{2}(t_2 - t_1)}{(t_2 - t_1) - \frac{1}{2}(t_2 - t_1)}$$

これより、崩壊時間t₁-t₀は、

$$t_1 - t_0 = \frac{\frac{1}{2}(t_2 - t_1)^2}{(t_2 - t_1) - \frac{1}{2}(t_2 - t_1)} \dots\dots\dots ②$$

となる。

なお、B点が予想崩壊点、t₁が予想崩壊時刻である。この手法を時間きざみごとに繰り返し求めると、予想崩壊時間自体が急速に収束していき、崩壊時間を比較的精度良く求めることができる。

(3) 実事例について

図3が実際に土讃本線で予測された崩壊と実測の事例である。○ポイントは、それぞれの時刻において予測された崩壊発生時刻であり、時間の経過とともに次第に収束している状況が分かる。

17時05分～18時25分の1時間20分の観測測定で、19時45分の崩壊時刻を予測し、概ね5～10分(前)の誤

差で崩壊が起きていることに注意。また、この時、土質、斜面傾斜角、気象は不明であるが、測定開始から2時間10分を過ぎ、斜面移動量が200mmを越した後は、一気に移動崩壊を起こしていることが読み取れる。

3 実際の現地測量

斜面災害が発生した現場の模式断面図を書くと、図4のようなになる。測定ポイントは、不動点として移動土塊の上部地山に基準杭Aとして1点、移動土塊中央で救助活動エリアの上部に移動量測定杭Bとして1点を設置する。測定杭Bは、土塊移動のため十分な根入れが必要である。

なお、測定(測量)手法には、各種のものが有り、以下その得失を検討し、救助活動の安全支援に有効な手法について詳述する。

(1) 巻き尺測定による測量

巻き尺測定は、巻き尺の長さにより、30～40m程度のL₁とする。この方法は、降雨時でも測定誤差が出ないが、測定時2人以上の測定者が必要なこと、表層が泥流状であれば常流測定が困難なこと、危険な移動土塊上に測定者が必要なことから、推奨できない。

(2) 超音波距離測定器による測量

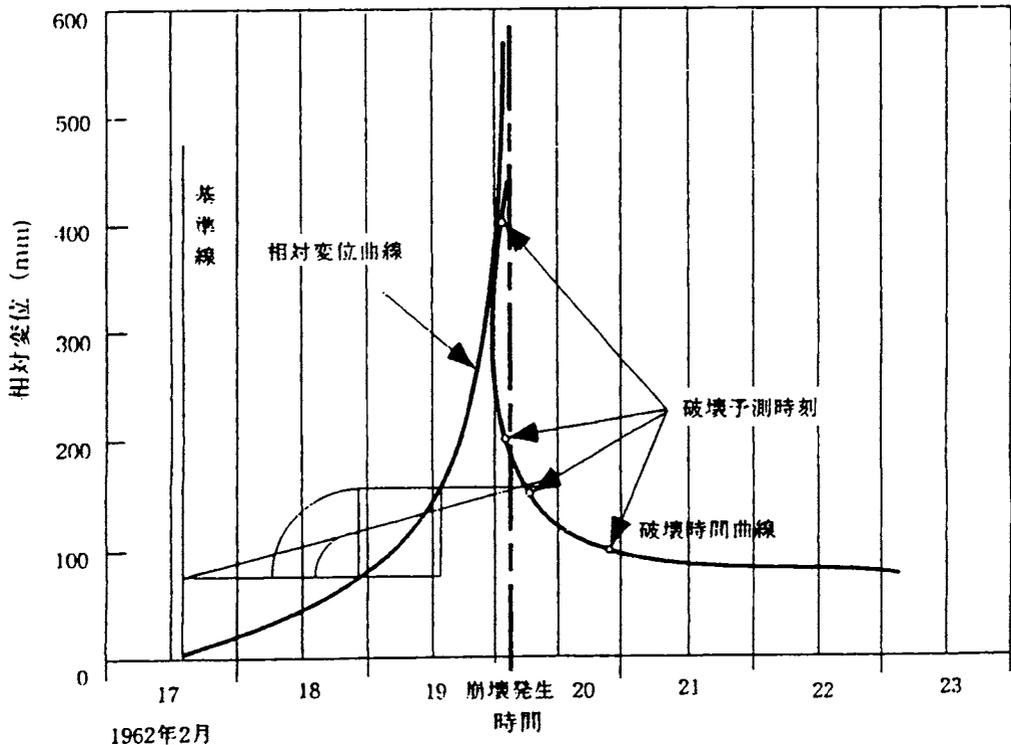


図3 クリープ曲線を用いた崩壊予測例

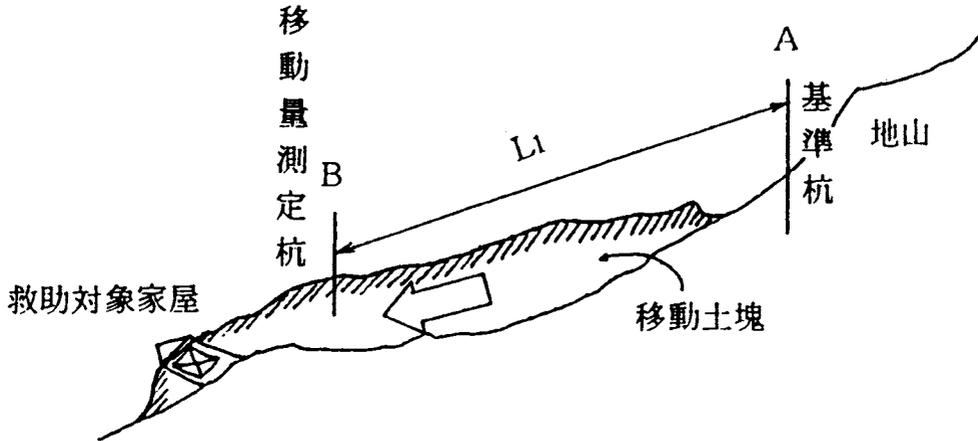


図4 斜面災害と測定ポイントの設定

同測定器により L_i を測量するものである。この方法は、基準杭に測定器を設置し、移動量測定杭に反射板を設け、 L_i を測定する。最初に測定器を設置すれば、以降は移動量測定杭に人員を必要としないメリットがあるものの、測定範囲が46cmから18mで短いこと、反射板設置が難しいこと、最小読み取り単位がcmであり十分な精度が確保できないこと、降雨時及び風速の影響を受けることから、推奨できない。

(3) レーザー距離測定器による測定

(2)と同様の測定手法であり、移動量測定杭に人員を必要としないメリットがある他、精度が高いメリットがあるが、器材が高価なこと、移動量測定杭に設置する反射器に全方位指向型のものを用いる必要がある。測定者の安全を考えれば、背部地山の安全確保が図られれば、有効な手法と考えられる。また、降雨時の対応について、防水等の措置を図っておく必要がある。

(4) 基線トランシット測角法による測量

基準杭を中心として半径50m程度の既知の半径上に常時観測点を設置し、基準杭と移動量測定杭を見込む角を角測量することにより L_i を計算により求める測定手法である。

なお、測方変位誤差を少なくする為、基準杭と移動量測定杭をむすぶ線分は、斜面の最大傾斜線になるよう、移動量測定杭を設置する。この方法を図示すると、図5のようなになる。

A点より既知長さ50m(程度)を半径とした足場の良い安全地帯に常時観測点Cを設置する。地山不動点AからB、Cを見込む角を α_A (初回1回のみ測定する。)とする。

C点にトランシットを移動し、C点で常時観測を実施する。点Cでの点A、Bを見込む角を α_C とする。

また、点Bより線分ABへの垂線の足をHとする。

なお、トランシット器械高 h は100cm程度であり、基線は器械高に比較し十分長いことから、 $AC' = AC$ とする。

図5において、

$$\overline{AB} \cos \alpha_A + \overline{BC} \cos \alpha_C = \overline{AC} \quad \text{③}$$

$$\overline{AB} \sin \alpha_A = \overline{BC} \sin \alpha_C \quad \text{④}$$

④より、

$$\overline{BC} = \overline{AB} \frac{\sin \alpha_A}{\sin \alpha_C} \quad (\text{条件} \sin \alpha_C \neq 0)$$

これを③に代入し、線分 $AB = L_i$ をもとめる、

$$\overline{AB} \cos \alpha_A + \left(\overline{AB} \frac{\sin \alpha_A}{\sin \alpha_C} \right) \cos \alpha_C = \overline{AC}$$

$$\overline{AB} \left\{ \cos \alpha_A + \frac{\sin \alpha_A}{\sin \alpha_C} \cos \alpha_C \right\} = \overline{AC}$$

$$\overline{AB} = \overline{AC} \left(\cos \alpha_A + \frac{\sin \alpha_A}{\tan C} \right)^{-1} \quad \text{⑤}$$

$$= \overline{AC} \cos^2 A \left(1 + \frac{\tan A}{\tan C} \right)^{-1}$$

$$= \frac{\overline{AC} \cos^2 A}{1 + \frac{\tan A}{\tan C}}$$

$$\therefore \overline{AB} = \frac{\overline{AC} \cos^2 \alpha_A \cdot \tan \alpha_C}{\tan \alpha_C + \tan \alpha_A} \quad \text{⑤} (L_i \text{ 計算式})$$

求める線分 $AB = L_i$ は、1回のみ測角 α_A と既知基線長 AC (50m程度)と、常時観測角 α_C により、⑤式で計算することができる。

5 結論

(1) 測量手法の決定

現地測量に関する得失を表にまとめると表1のようなになる。

これより、基線トランシット測角法を採用することが

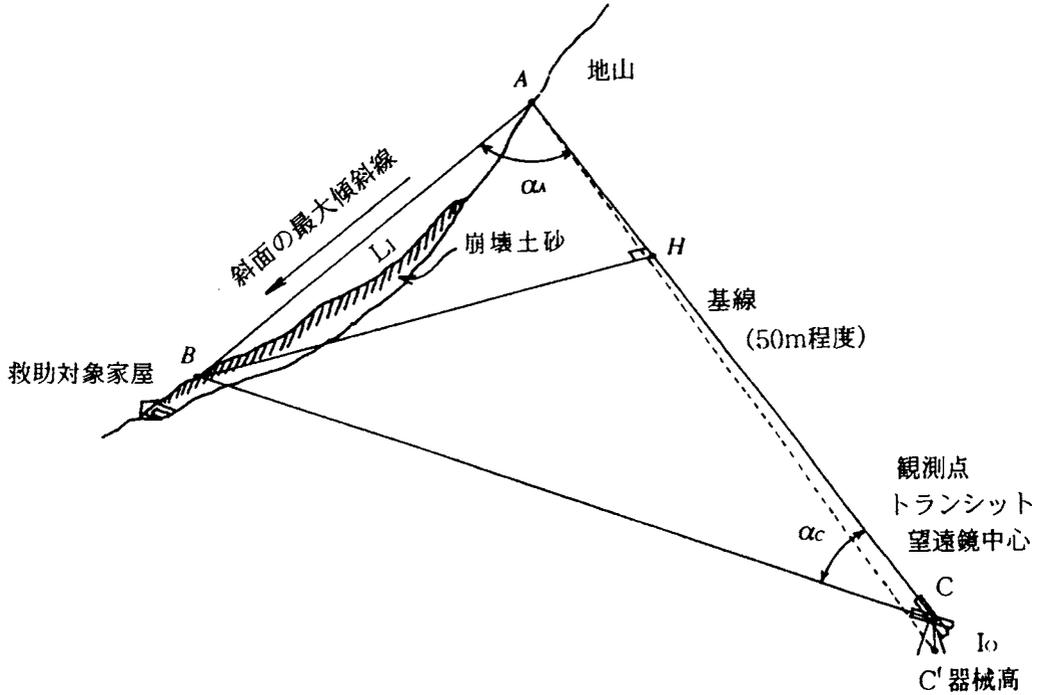


図5 基線トランシット測角法による観測

望ましいと本論では結論する。

(2) 今後の課題等

ア 背景の再確認

斜面災害は、地盤災害の一つである。科学技術が発展した現在でも、地盤災害に関する科学は、まだまだ立ち遅れているのが現状といえる。これは、本来担当すべき地質学などの分野が、地盤災害対応の研究に向かわず、土木工学でも土質力学で液状化や地盤沈下で

のみ研究が進んだが、他の関連する学問である岩石学、構造地質学、地球科学、岩盤力学などの典型的な狭間となったためと考えられる。

本論は、消防部隊活動の安全確保のために判断材料を数値データとして提供できる数少ない手法の一つと考えられる。

イ 課題

斉藤のクリープ曲線法を活用して崩壊時刻を予測する方法は、斜面の傾斜角、土質及び含水率等の要素を含んだ上での土塊の移動量を入力データとするところに特徴がある。測線長 L_1 に対する伸びの最大許容量など、今後のデータ蓄積が一番重要な課題となってくる。第3次クリープ域に達すると、土塊は急激に動く。埋没家屋の変形量は、土塊移動量に伴う土圧の増加に従い、増大することは定性的に理解できるが、本法で判明するのは、概ねの崩壊時刻だけであることに注意が必要である。また、観測者もトランシットの据え付け、角読み取り等に慣れておく必要がある(測量に関して自署調達できない場合は、測量会社と事前協定締結等を考慮しておく。)

(3) まとめ

埋没家屋の救助中、家屋の変形が進行すれば、活動継続か、活動停止し引き上げかの判断は、現場指揮者にゆだねるの当然である。今後、本法が現場指揮者の

表1 現地測量に関する得失表

	巻き尺測定	超音波距離測定器	レーザー距離測定器	基線トランシット測角法
精 度	○	×	○	○
安 全 性	×	○	△	○
天候の影響	△	×	○	○
測定人員	2人以上	1~2人	1~2人	初期2人 常時1人
資器材単価	安○	安○~中△	高×	中△
測定技術	易○	易○	中△	中△

凡例 安：安価である。
中：中程度である。
高：高価である。
易：容易である。

良き判断材料となれるよう、全国的にデータ蓄積がなされ、より精度向上が図られることを期待するものである。

参考文献

千木良 雅弘(京都大学防災研究所教授)：1998.3

「災害地質学入門」近未来社

齊藤 迪孝(元応用地質株式会社技師長)：1966「斜面崩壊時の予知、地すべり」

齊藤 迪孝(元応用地質株式会社技師長)：1968「第3次クリーブによる斜面崩壊時の予知、地すべり」

「仏像等の文化財搬出・防災対策に関する研究」

京都市消防局 山本 正弘、藤田 裕喜、川上 敏宏

§ はじめに

京都市東山区の国宝三十三間堂は、記録によると鎌倉時代の大火で本堂は焼失したが、堂内の千手観音像156軀をはじめとする190軀ほどの仏像が人々の手により運び出された。その焼損の痕(あと)は今も仏像保存修理時に確認でき、昔も火事の際は、懸命な搬出活動が行われていたことが推測できる。

そして、現代においても仏像等の美術工芸品の緊急搬出は、たとえ防災施設が完備されているところであっても人の手によるところが大きい。

東大寺戒壇院千手堂火災においても早期消火と寺職員と消防隊との連携により迅速な仏像搬出活動が完遂されたことは、文化財防火上意義のあることであった。この仏像搬出活動は、午後1時頃に発生した火災で、人の集まりが早く、適切な活動が行われたことが効を奏した。本年5月9日未明に発生した寂光院の火災では、自動火災報知設備、放水銃設備及び屋外消火栓設備を活用し、初動の活動を行っているが、重要文化財の本尊地藏菩薩立像は大きな損傷を受け、本堂は焼失した。この時には、夜間の少ない人員であったこと。また、火の回りが急速であったことから、仏像を搬出することができなかった。

一般に、信仰の対象として寺院建造物内に安置されている仏像は、日常的に移動させたり、持ち運んだりするものでなく、保存のための修理や場所を変えて展示する時等以外は、寺の関係者さえも手を触れる機会が少ない。そのことが、発災時には仇となり、無傷で運び出すことが至難の技となるのである。また、仁王像等の大像はかなりの重量があり、搬出が困難なものもある。

これら美術工芸品は、予め搬出計画の作成や搬出要領の確認等が必要なことは当然のことであるが、災害発生時には、関係者がパニック状態に陥りやすいことなどを考えると、十分な事前対策が是非とも必要と言える。

そこで、文化財を管理している社寺等の抱える問題点を把握したうえで、火災の時、消火活動に追われ仏像等の搬出が遅れた時、あるいは火勢が強く堂内に進入できない時でも、中の仏像は焼失を免れるような特殊

な防災器具を使った文化財防災対策を研究したものである。

1 文化財搬出等の現状とその問題点

ここで文化財保有社寺における仏像等の火災時の搬出に係る問題点を下記のとおり列挙してみた。

- (1) 社寺等の建造物がいったん火災になると、建物の構造上の特性から火の回りが早く、消火活動が優先される傾向にあり、仏像の搬出が遅れる場合がある。特に家人の少ない社寺等では、初動活動が多岐にわたるため、搬出活動は、消防隊が到着してから行われるのが、やっとならと考えられる。
- (2) 搬出の際に仏像の腕や細かい造作物が欠けるなどの破損や欠損を招きやすい。また、消火活動と併行して搬出が行われるため、消火器の薬剤や放水された水が、仏像に掛かり汚損変色することもあり、文化財の価値を損なうことがある。
- (3) 仏像の形態から考察すると、造作物の少ない地藏菩薩像や阿弥陀如来像などは、搬出時には比較的破損が少なく済むが、造作物が多く複雑な千手観音像などでは、持物の紛失や指先等がたいへん壊れやすい特徴がある。
また、立像(りゅうぞう)と坐像とでは、当然のことであるが、持つ部位や運び方も違い、安易な搬出方法が大きな損傷を及ぼすおそれもある。
- (4) 東大寺戒壇院千手堂の火災では、消防隊の到着時には、既に仏像が安置してあった堂宇の燃えが強く堂内から煙が強く吹き出していたため、搬出活動はかなり困難性が高かったことが伺える。このことから考えると、濃煙状況の視界の極めて悪い時の搬出活動は、柱や壁などの障害物に搬送している仏像が衝突しやすく、破損や欠損が起こりやすいということが考えられる。

また、火のまわりの早い火災では、屋根部分が燃え抜け、搬出途上に瓦などの落下も起こり得るため、搬出者や仏像等が、その落下物により負傷あるいは損傷を受けることもある。

- (5) 仁王像などの重くて大きい仏像は、緊急に搬出することが不可能なものもあるので、このようなものに対しては、火災が発生しても、仏像を燃えないよ

うにするための設備や消火設備の設置が必要である。

文化財搬出の問題点には、社寺関係者の日頃の自衛消防体制の習熟度に負うところが大きいのが、仏像の搬出という点において、必要な搬出・防災対策としては、取り扱いが容易で、火災に強く、搬出時に仏像が破損及び欠損しない構造であり、仏像の形態の特性に適した多様性（立像用と坐像用などの種類）が求められると言える。

2 問題点に基づく搬出・防災対策の検討

これらの要件について様々な方面から検討を行った。

(1) 伝統技術からの搬出用担架の考案

京都市東山区は世界文化遺産である清水寺を始めとする知恩院や東福寺、泉涌寺その他の国宝・重要文化財の大伽藍を包含する大寺が存立し、京都市の約5分の1の文化財対象物が所在する文化財の街である。この東山区には仏像の製作や修理を生業とする京仏師と呼ばれる仏像彫刻の名工が多く住んでおられ、貴重な文化財の保存修理の担い手となっている。

こうした京仏師が仏像を移動する際に仏像を載せる木製の器具（以下「仏師の木製器具」という。）がある。この器具は、木製の角材と板材を組み合わせ釘打ちした簡便なつくりのものであり、立像用と坐像用の2種類がある。（図1参照）

立像用のものについては、仏像を寝かせた状態で背の部分が2枚乃至3枚の板により支持されている。必要最小限の支持点としているため、仏像の背が接する面が板の連続したものと含めて、仏像表面の細部の破

損や塗られた漆などの剝離を防げるものとして良好な器具である。

また、坐像を素手により運ぶ時は、仏像の背、肩及び膝頭など持つ部位に限られるが、坐像用の器具に乗せるときは座布団などのクッションを背中部分に入れることで、搬送中でも安定し、長い距離でも容易に破損もなく運ぶ事ができるものである。

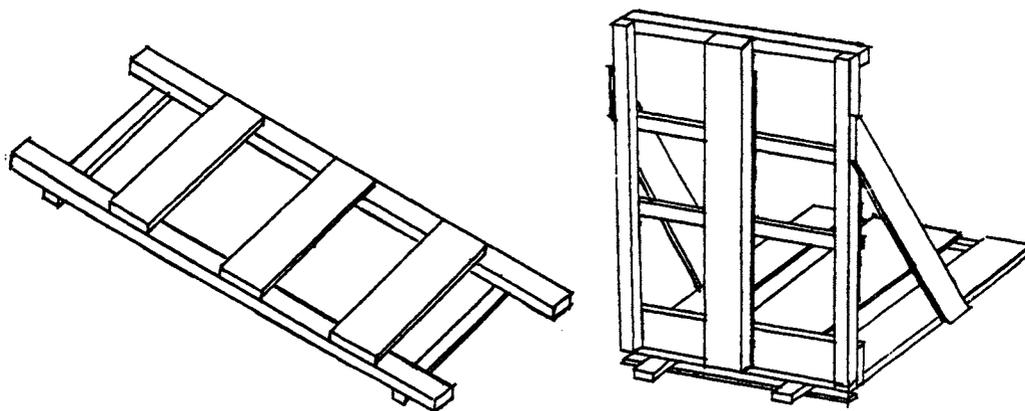
この仏師の木製器具の合理的かつ実用的な仕組に着目し、仏像用の緊急搬出用担架を試作することとした。(2) 耐炎布（耐炎シート）を活用した搬出用担架の試作（図2参照）

仏師の木製器具を基にして、更にその木製器具に火災に強い耐炎布（燃焼せず炭化もしない耐炎化繊維でできた布）を装着し、仏像をその布で包み込んで保護し搬出でき、破損や欠損を防止する仏像搬出用担架を作製した。（写真1参照）

ア 耐炎布（耐炎シート）の材質と機能性の概要

この耐炎布は特殊アクリル繊維を焼成炭化した耐炎化繊維を更に不活性雰囲気中で高温で焼成した黒鉛繊維で、高度の耐炎性とソフトな性能を持ち合わせた高機能型繊維であり、火災程度では決して燃えない程の耐火性能を有する布である。（以下「耐炎化繊維」という。）

耐炎化繊維の瞬間耐熱温度については、この布に拱氏1565度の溶融鉄を100グラム落としても穴があかず耐えることができるものであるが仏像搬出用担架に使用した耐炎布（耐炎シート）は、この耐炎化繊維の生地4枚を重ね、耐熱繊維性の糸で縫製したものである。このシートの1枚目（表面側）は特殊シリコン樹脂で加工し、防水性があり、2枚目には、アルミフィルム



立像用器具（仏師作）

座像用器具（同左）

図1 仏師の木製器具

立像用担架

座像用担架

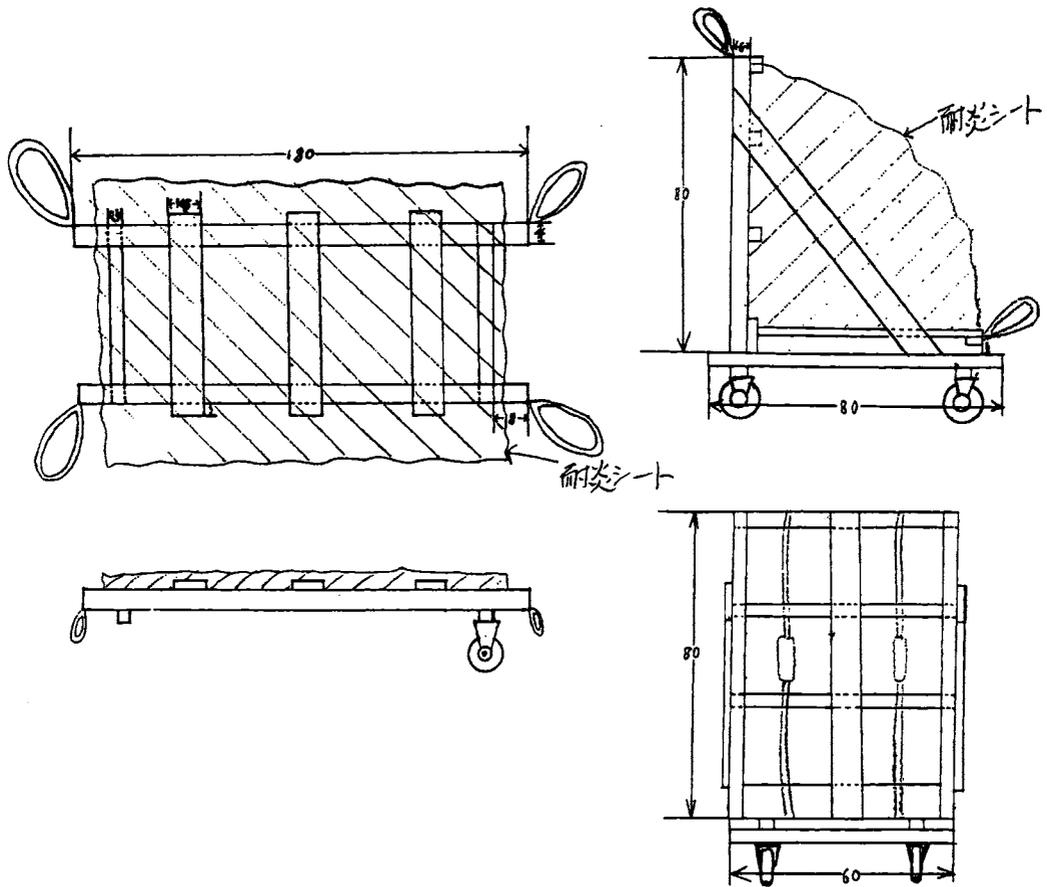


図2 試作担架

をラミネートしたものを使用することで、空気が漏れないものとした。このことにより、シートの中に空気層を造り耐ショック性能及び断熱性を高めるものとした。(写真2参照)

シートの耐久性及び断熱性を試験するために、ガス

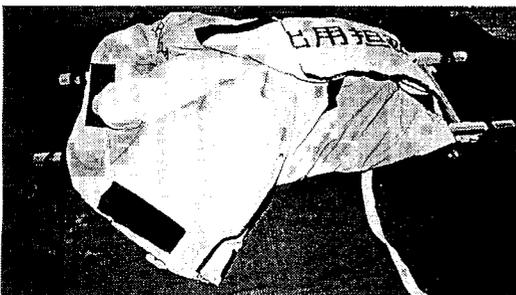


写真1 立像用の担架に仏像を包む

バーナーによりシートの表面を接界面とし、摂氏1100度で90分間加熱し続けた結果、耐久性については、シートの裏面は破れず原形を止めた。また、断熱性についてはシートの裏面から2センチメートル離れたところで、5分で60度に達し、30分で84度、70分で80度、90分で84度まで上昇したが、以降はこの温度を持続した。(表1参照)

イ 耐炎布(耐炎シート)活用についての利点(メリット)

この火災に強い耐炎シートを装着した担架で仏像等を搬出することにより、火災時の火の粉や煤等から仏像を守ることができ、また、柔らかい生地の布で包んでいるため、搬送中の破損もなく、万一、仏像の細かい造作物が外れたり欠けたりした時でも、シートの中に全て包まれているため、紛失することはなく、後に



写真2 耐熱シートの生地

修復も可能となる。

更に、シートの表面が防水性であるため、放水された水で仏像が汚損することを防げるものである。

ウ 圧縮不活性ガスの衝撃緩衝装置の考察

この耐炎シートを装着した担架に、圧縮不活性ガスのボンベを取り付けてシートの中間層に不活性ガス(炭酸ガスや窒素ガスなど)を送り込み、自動車に装備されているエアバッグのようにシート自体を膨らませて、担架搬送中の衝突や落下物からのショックを

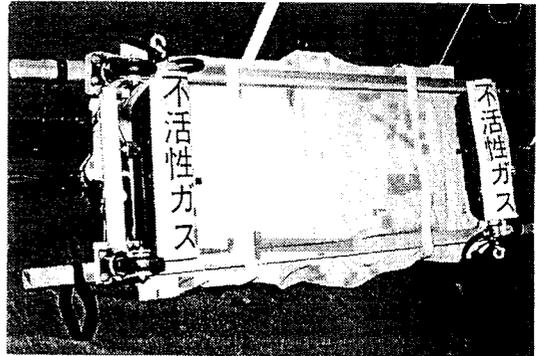


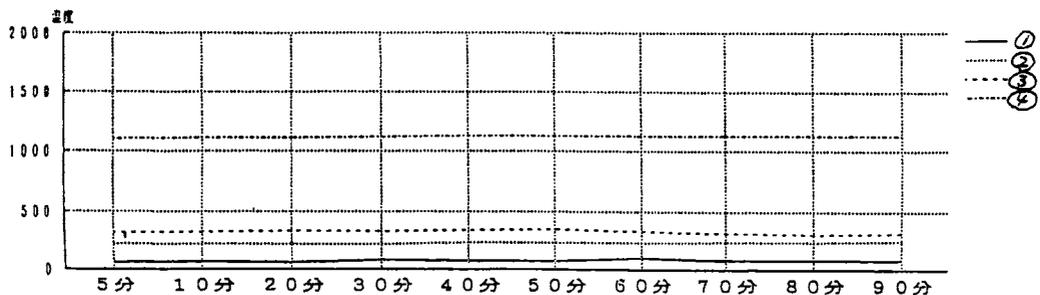
写真3 消火器ポンペを担架の裏面に装着した。

緩衝するもの考えた。この装置は、手動により圧縮ポンペから不活性ガスを送り込み、シートを膨らませるものであるが、シートの中の仏像等を必要以上に圧迫しないようにバルを閉じてガスの送り込みを止めることもできるものとした。これにより耐炎シートの中間層に不活性ガスの層を造り、更に断熱性を高める効果がある。(以下「不活性ガス衝撃緩衝装置」という。)なお、今回の試作では、軽量ポンペの代用として訓練用消火器(テスター、充填圧力8kg/cm²)を使用した。(写真3参照)

この耐炎シートの耐火性能の試験結果及び、圧縮不活性ガスによる衝撃緩衝性によっては、仏像をこのシートでしっかりと包んでおくだけで、搬出ができずに火災の中に置かれたままになったとしても、消防隊が火災を鎮火させ運び出すぐらいまでの時間であれば、仏像が焼損することはなくなるものと考えられる。

表1 シートの耐久性及び断熱性試験結果

燃焼経過時間	5分	10分	20分	30分	40分	50分	60分	70分	80分	90分
① 耐炎シート裏面上(2cm)温度	60	63	60	84	72	70	96	80	80	84
② 耐炎シート裏面温度	320	218	216	220	235	235	236	242	240	250
③ 耐炎シート中間層温度	316	320	330	330	336	345	332	315	308	312
④ 耐炎シート接炎温度	1105	1115	1115	1120	1128	1130	1130	1130	1130	1130



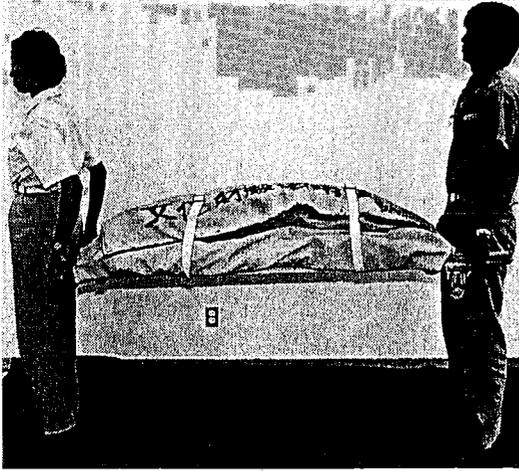


写真 4

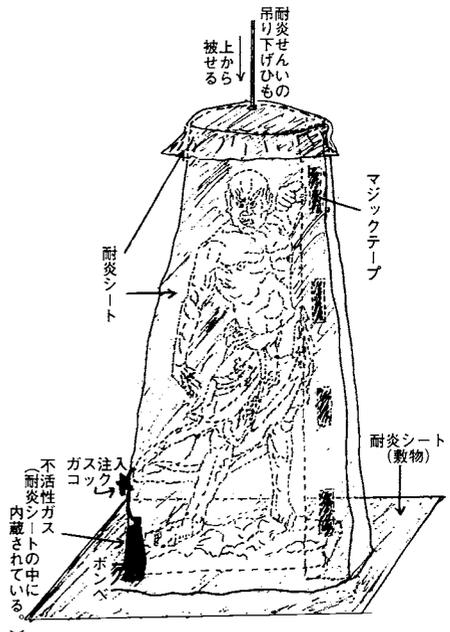


図 3



写真 6



写真 5

(3) 試作担架の仕組みと取扱方法

ア 立像用担架

立像用の木製担架に耐炎シートと不活性ガス衝撃緩衝装置を装着したもので、担架の片方にキャスターを取り付けたものである。(写真3参照) 仏像を担架の上に寝かせ、耐炎シートに包み固定した後、不活性ガス衝撃緩衝装置のバルブを開きシートを膨らませ、2名で搬送する。(写真4参照)

また、水平な床や廊下であれば1名でもキャスターを転がして運ぶことができる。(写真5参照)

イ 坐像用担架

立像用担架と同様の装備で、座椅子様式の担架である。キャスターも座椅子の下部に4輪取り付けたもの



写真 7

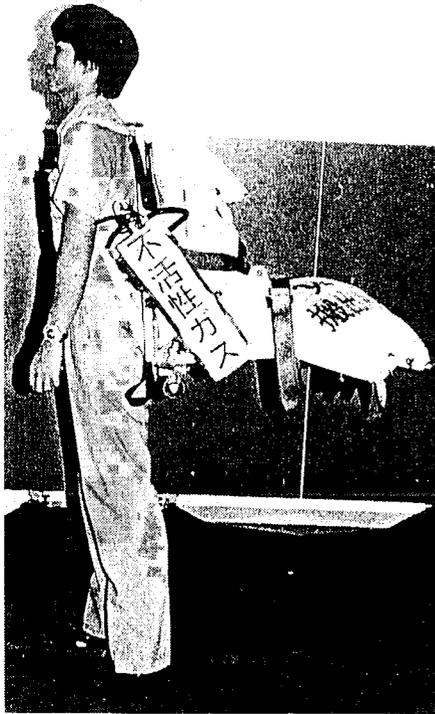


写真8

で、2名で搬送する。(写真6参照)

また、キャスターや背負いバンドを使って1名でも搬送できる。(写真7、8参照) これらの試作担架は、木製部分をチタンやアルミニウムなどの軽量金属類に改良することで、より耐炎性及び耐熱性が高くなり有効なものになると考えられる。なお、本研究では、試作ということで、縮小サイズのものを作製したが、実際には本来担架で搬送する仏像は、等身大以上のものを想定している。

3 試作担架からの文化財美術工芸品全般への活用の考察

これらの担架の型や大きさを文化財美術工芸品全般に適合したものとし、必要な数を備えておくことで、仏像だけでなく、仏像の光背や台座などの貴重な物品も搬送することができる。また、その他にも襖絵や板絵などの障壁画等も運ぶことができる。

また、先に述べた問題点の中で、搬出不可能な仏像等は、仏像自体に耐炎布で覆う或いは被せる等の防火処置を施すことができる。(写真9参照)

更に、試作担架の機能を応用すれば、耐熱布で仏像を包み込んだ後、圧縮不活性ガス衝撃緩衝装置を作動させ(この装置は遠隔操作で作動させることも可能である。)耐炎布を膨らませることにより、火災時の落

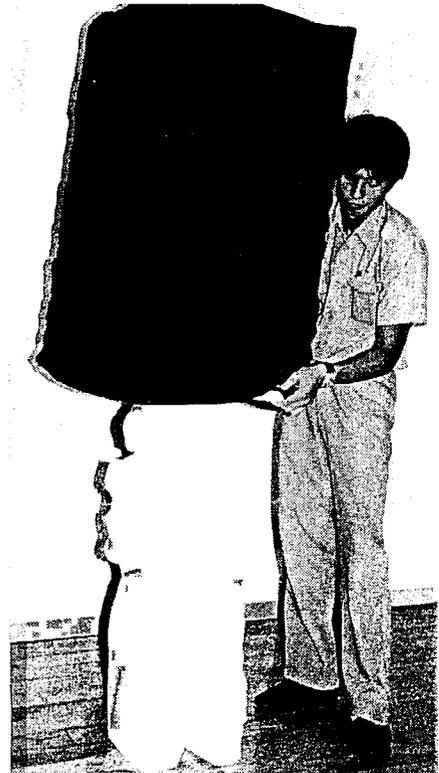


写真9 耐炎化せんの布箱で仏像を被せて守る

下物による損傷や火災の輻射熱から仏像を守ることとできると考えられる。(図3参照)

§ まとめ

本研究では、文化財を守る第一の責任者である社寺の職員や家人が、火災などの緊急時に仏像等の美術工芸品を速やかに搬出あるいは火災から守る処置ができる一助にすべく、京仏師の持つ伝統技術から防災機器の活用を考案したものである。

そして、この搬出器具等が生かされるためには、常に災害に対して危機感を持つとともに日頃の防火の備えを充実させ、また、器具の取扱いに習熟すること。そして、実態に即した防火管理と訓練の実施が望まれる。

現代も人々の心の支えとなり、未来を切り開く礎となっている古からの贈物である文化財、これを守り後世へ伝えていくことは、京都市消防局の最も重要な施策であり、我々の使命でもある。

文化財を守るため懸命に戦った東大寺や寂光院の関係者の方々に敬意を表するとともに、これからも文化財防災の多方面からの情報・技術の収集に努め、不断の努力と情熱を惜しまず傾けていくことを誓い、まとめとする。

(C) 一般による消防防災機器の開発・改良 (4編)

「電動ジェットシューターの開発」

芦森工業株式会社 太田 卓、水野 孝則、本間 毅

【はじめに】

林野火災の消火活動、特に残火処理作業は、ヘリコプターや各種消火資機材などの新鋭機器が開発された現在でも、最終的には人海戦術に頼らざるを得ないと言うのが現状です。そしてこの残火処理作業は、充水された重い「背負い式水のう」を担ぎながらの手動放水に長距離山林歩行が伴う非常に過酷な作業となっています。

また以上の困難さに加えて、近年の消防隊員および団員の高齢化などもあり、山林火災現場において少しでも作業者の負担を軽減すること、および貴重な水の有効利用を図ることが望まれておりました。

このような背景のもと、様々な自動放水装置が開発

されてきましたが、その特殊な使用環境から寸法重量面や保守管理面などで問題があり、広く受け入れられませんでした。

以上のような状況を改善すべく、水のうと電動式ポンプを組み合わせた、総重量3.7kgと軽量・コンパクトな電動式の背負い式消火水のう「電動ジェットシューター」を開発したので、ここに報告致します。

【構成と仕様】

「電動ジェットシューター」は、ワンタッチで放水・停止操作の出来るノズル部および電源、駆動部からなる「電動ポンプ」部と、コンパクトな「背負い式水のう」から構成されています。(表1参照)

「電動ポンプ」部の上に「水のう」が乗る構造にす

表1 電動ジェットシューターの仕様

構成	品名	電動ジェットシューター		
構成	寸法 (タテ×ヨコ)	580×480mm		
	重量	1.0kg		
	容量	18リットル		
	材質	特殊合成樹脂基布		
	内部構造	横ゆれ防止 (内部3層仕切)		
電動ポンプ	ノズル部分	寸法	長さ220mm	
		重量	300g	
		材質	合成樹脂ハウジング	
		射程	棒状:有効7m、最大10m 噴霧:有効2m、最大3m	
		放水量	1.8リットル/分 (最大)	
	収納ケース	寸法	タテ85×ヨコ80×長さ330mm	
		材質	合成樹脂基布	
	ポンプ部分	材質	スチール製ボックス	
		ポンプ圧	0.3MPa	
		バッテリー	アルカリ乾電池 単2×12ケ	
接続コード		600mm (ポンプーノズル)		
	重量	2.7kg (電池・ノズル込み)		
総重量		3.7kg		



写真1 「電動ジェットシューター」(水のう+電動ポンプ)



写真2 「ジェットシューターS」(水のう+手動ポンプ)



写真3 正面図

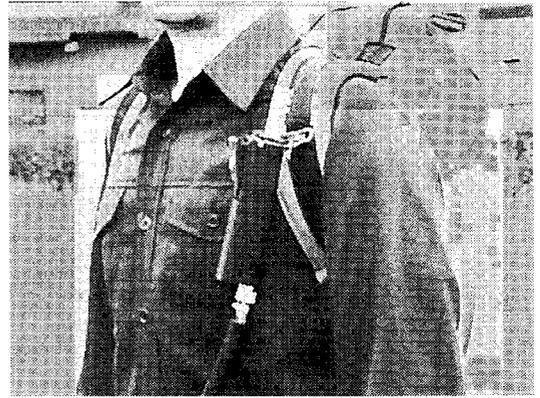


写真4 ノズル収納時

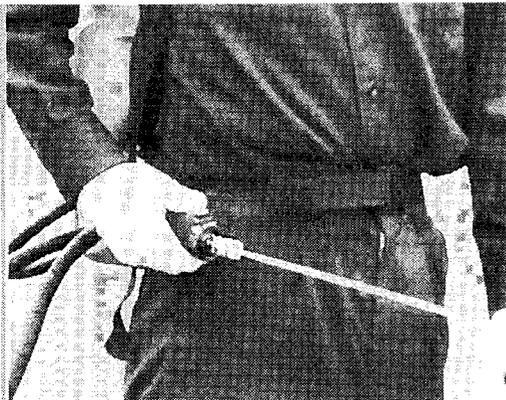


写真5 棒状放水

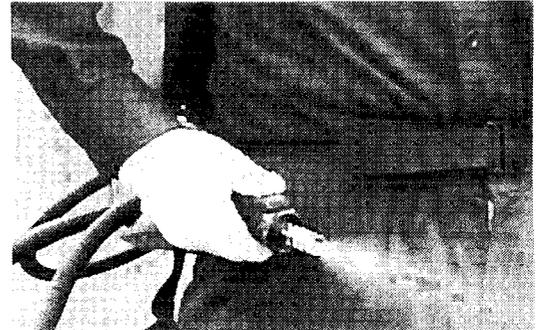


写真6 円錐状噴霧

表2 消火能力の比較-1

機 種	電動ジェットシューター		ジェットシューター-S		
放水量	1.8ℓ/min		4.2ℓ/min (70cc×60ショット/min)		
項 目	消火時間	要水量	消火時間	ショット数	要水量
テスト1	36秒	1.1ℓ	39秒	40	2.8ℓ
テスト2	37秒	1.1ℓ	41秒	40	2.8ℓ

*試験条件：0.5消火単位（35×35×700mmの杉乾材45本）
予備燃焼3分。

表3 消火能力の比較-2

機 種	電動ジェットシューター	ジェットシューター-S
テスト1	結 果	2個とも消火
	残水量	700ml
テスト2	結 果	2個とも消火
	残水量	400ml

*試験条件：0.5単位を2個並べる。予備燃焼3分。
水のう内の水2.6ℓで消火。

ることで、充水された水のうの重量の分散化を図り、作業者の肩にかかる負担を軽減させる設計となっています。

また「電動ポンプ部」は従来の「背負い式消火水のう」にも取り付けが可能な構造としています。(写真1～6参照)

消火能力は、各種消火実験から最適な水量と飛距離を選定し、現行手動式の2～3倍の消火能力を有する仕様となっています。(表2及び表3参照)

【電動ジェットシューターの特長】

①従来の手動操作によるハンドポンプ放水から、電動放水になったこと。そして放水は小型ノズルの指先によるワンタッチ操作で放水・停止が制御出来る構造となったため、消火に要する労力が大幅に軽減さ

れました。

②従来のハンドポンプ方式では、手押しによるストローク毎の単発放水であるため手ブレも多く、火点を的確に狙うことは難しく、そのためダム水も多かったが、電動による的確な連続放水で火点が狙えるため、従来の約1/2～1/3程度の水量で同等の消火効果が得られ、貴重な消火水の有効利用が図れました。

言い換えれば、作業効率は約2～3倍になり、そのため例えば取水回数も1/2～1/3となり、疲労の大きな取水のための山林往復は大幅に減少します。(疲労軽減)

③小型で軽量の放水ノズルは、放水・停止が片手操作で出来、かつ普段は「水のう」に収納できるようにしているため、手動ポンプ方式のように両手が塞がることはなく、険しい山林での作業安全性が増しま

表4 各種電池特性の比較

項目	容量	電圧降下傾向	電源管理と寿命	サイズ	総合評価
要求性能	連続放水で 4袋分(約70ℓ)	急激に降下 しないこと	簡単かつ安全に 管理できること	重過ぎない こと	
一次電池	マンガン 乾電池 18V 1～2袋 (20～30ℓ)	○	◎ 不要 新品で約3年間有効	○ 600g	△
	アルカリ 乾電池 18V 4～5袋 (70～90ℓ)	○	◎ 不要 新品で約3年間有効	○ 800g	◎
二次電池	ニッカド 電池 14.4V 2～3袋 (30～50ℓ)	×	△ 使いきり後の充電が必要。 急速充電で2時間。 新品で約3年、500回充電。	○ 700g	△
	鉛電池 12V 2～3袋 (30～50ℓ)	×	△ 常に満充電が必要。 充電に20時間。 新品で約3年間有効	× 1500g	×

した。

- ④電源は、使用頻度、放水量、電圧特性、維持管理及び安全面、トータルコストの面を考慮し、アルカリ乾電池を採用しました。これで予期せぬ出動にもすばやく対応できることになりました。(表4参照)
- ⑤「電動ポンプ」部の上に「水のう」が乗る形となり、負荷を従来の肩で受ける方式から、肩と腰とに分散する設計としたことにより消火作業者の労力軽減を実現しました。

【おわりに】

激しい山林火災の現場の声を反映させ、少しでもこれに携わる作業者の労力軽減と安全性の確保ができればとの思いから、背負い式水のう電動放水化に着手し「電動ジェットシューター」を開発しました。

この「電動ジェットシューター」をご使用いただくことにより、林野火災の被害が抑えられるとともに、これに従事される方々作業安全性と負担軽減を実現する事が当社の大きな願いです。「電動ジェットシューター」の開発に満足することなく、今後も防災分野に貢献しうる資機材を提案して行きたいと考えています。

「避難器具・緩降機の着用具の改良」

松本機工株式会社 緩降機技術開発部

1. はじめに

着用具の改良につきまして、平成4年に消防庁予防課より、全国避難設備工業会へ緩降機の使用ミス防止対策の指導があった。

その主旨は、間違っても使われても、事故防止できるものを考案の事、としている。過去の事故は、使用ミスによるものが、ほとんどである。この事より、平成4年5月から平成6年1月までで、第一回目の改良品を完成し「着用具」と名称され、形状は一本吊りタイ

プである省令改正となり、平成6年8月以降が施行対象となった。しかし、これは装着し降下する体制までは良いが、降下中は自重で締められっぱなしの状態により、痛い、苦しいとのクレームが多発しPL法との兼合いも含め、平成8年6月に消防庁から再度、改良の要望として指示により、第二回目の対策改良を行うこととなった。

この改良は、無造作に装着した場合でも反り身した時、常時カラダの中心部に位置する構造となる。このことは、両サイドの調整環から外側の両サイドベルト

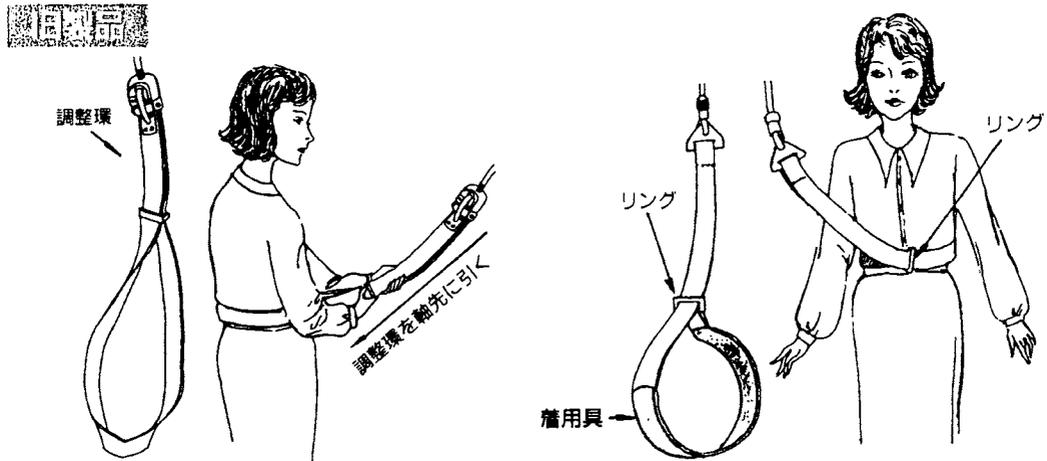


図1 第一の開発、改良



写真1

- ・一本吊り機構（締めつけられる状態となる）
- ・不安定な保持（降下姿勢が不安定になる）



写真2

- ・引き上げ保持力の分裂機構（締め付け緩和＝痛み防止）

緩降機の機能を高め、 より安全になりました。

「緩降機の技術上の規格を定める省令」による規格改正で平成6年2月までの型式承認が失効となりました。
(特例期間平成14年2月28日)までに新規格と交換して下さい。

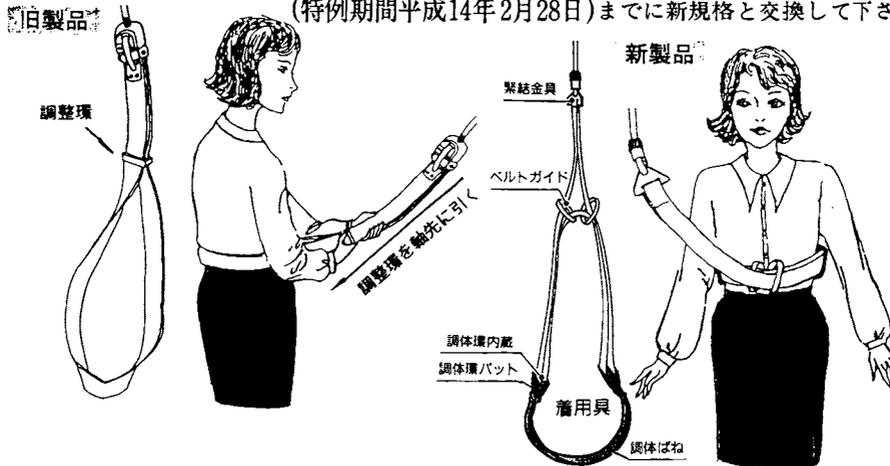


図2 最終の開発。改良品

が上方に引き上げ(胸元)られた際均等に引き上げられることで、カラダの中心にいつも位置することとなる。又、体の大小にかかわらず前項も含め、ベルトガイド部により(斜め2点で引き上げる構造の為)締め付け感を緩和することで痛み、苦しさを、最小限にとどめることができる。

2. これまでの問題点

(1)当初は、ベルト部と称し、調整環(締め金具)を自力で避難者の身体の胸元に引き寄せる動作をすることによって、身体に保持しなければならなかったこ

と。又、この調整環(締め金具)を避難者が胸元の右端又は、左端のどちらかに引き寄せた場合に、降下姿勢を維持した時身体の左右のバランスが不安定になり避難者に不安を与えること。(図1、図2の左図参照)

- (2)調整環(締め金具)は、振動や揺さぶられる事によって下方端に移動している場合に、上方端に移動させベルト部を広げて、上記(1項目)の動作をしなければならないこと。
- (3)調整環(締め金具)が、下方端に移動している際に、2項目の動作をしないで使用してしまい、降下中抜け落ちてしまう可能性があり、事故につながる事。

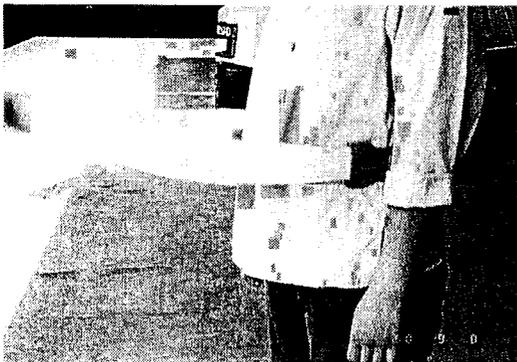


写真3

・装着時の保持機構
(安定保持=ズレ落ち防止)



写真4

・ベルトガイドの分散部

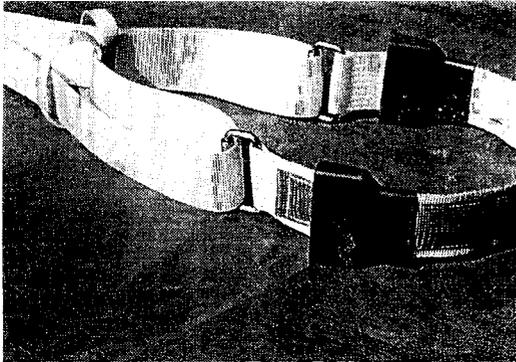


写真5

- ・調体環とベルトガイドの機構
- ・調体環の保護とフィット感の向上

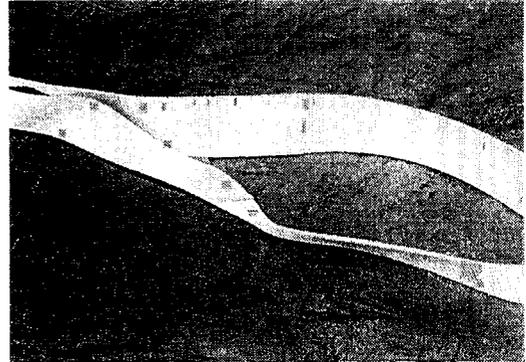


写真6

- ・布ファスナー部
(誤着用の防止)

新規格の構造でわかる確かな安全性。

ORIRO300
緩降機 1360N(136...)
国家検定合格品
降第10~1号

フック
調整器
繫結金具
ベルトガイド
ベルト
調体環内蔵
調体環バンド
着用具
ロープ

調整器は、滑車と歯車と遠心ブレーキで構成されていて、安全に降りることができるように、降下速度を調整します。ロープが動くとき滑車軸に連動した歯車が回転し、その回転が遅まることで遠心ブレーキが働いて、加速速度をゼロに保ちます。このため、体重の軽重、降下距離にかかわらず、一定の速度で降下することができ、着地時のショックもありません。

ロープ外径9.0mmのロープは、直径3.5mmワイヤーロープを芯にして、強力な特殊繊維で外表しています。規格強度引張荷重5304N(541kg)を十分にクリアした強度性能もさることながら、素材を厳選し、丁寧な加工により耐久性のある安全を持っています。

着用具には、パネ入りで、調体環などの特殊緩衝材加工を施したため、ベストなフィット感で簡単に着用でき、降下中でも、作動に全く支障を与えず、安定した姿勢を保持することができます。

リール操作時の安全性を高めるため、リールの軽量化をるとともにリール部に爪を設け手を加えない限り、着用具がリール部から外れにくくしました。また、従来のような操作表示プレート従来の操作方法をさらに簡単にした。など、さまざまな工夫も盛り込んで安全に使用いただけるように着用具に分かりやすい操作表示プレートを設けました。

ORIRO 緩降機
自家検定合格品
降第10~1号
降第12~1号

■ロープの長さ

ロープ長さ	ORIRO 300型	MU型	MK型
9m~10m	○	○	○
11m~15m	○	○	○
16m~20m	○	○	○
21m~25m	○	○	○
26m~30m	○	○	○
31m~35m	○	○	○
36m~40m	○	○	○

型式番号 降第 12~1号は、ロープ長 41m~50mです。

図3 全体構造

- (4)調整環（締め金具）が、上方端にあるにもかかわらず、胸元に引き寄せ忘れにより3項目の可能性があること。
- (5)調整環（締め金具）を避難者が、使用法通りに引き寄せた状態でも、引き寄せ具合でベルト位置がずれて、緩んでしまったり、引き寄せ忘れによって抜け落ちてしまうという事故があること。
- (6)避難者が、ベルトを広げて、その中に入り、ベルトを摺動可能に通した調整環（締め金具）を胸元に引き寄せる際、ベルトを一方の手で脇まで持ち上げたまま他方の手で、調整環を胸元に引き寄せ、緩みの無いように引き締めなければならないこと。(写真3参照)
- (7)避難者が、厚手の服（例えば防寒衣のような）を着用していた時や、滑りやすい生地を着用している場合等、ベルトが、滑り離脱する可能性があること。
- (8)避難者が、調整環（締め金具）をいっぱい締めて降下すると、自重で締めすぎられたり、又、体にベルトの端部が接触して擦れたりして、苦しい、痛いを我慢しなければならないこと。

3. 開発の効果

着用具の改良について最大の効果は、非常時にも避難者が、確実に行える簡単な動作で、避難者の体を着用具に確実に固定させ、ノータッチで装着できることとした。

- (1)着用具を装着した時、体を少し反り身にする事で、自動的に（調整環を操作することなく）に保持し、降下姿勢に移ることができる。調体ばね（ズレ止め金具）を合成樹脂製としたために、錆びたりせず、又、外に突出するようなこともないこと。
- (2)避難者が、無造作に着装した場合でも、調体環（調整環）のベルトかかり部に可動管を設けることにより、ベルトをスムーズに移動し、ベルトの吊り部が常に体の中の中心部に位置することで、降下姿勢を安定に保つことができ、安全かつ楽に、降下し避難できること。
- (3)着用具を着用して降下姿勢になったとき、ベルトガイド（環状部材）と一對の調体環の間に位置するベルトとの間に、隙間をあけた状態となります。これは、ベルトガイドにより上方に引き上げられることで、胸の痛みや、苦しさを緩和し違和感なく使用できること。
- (4)調体環（調整環）とベルトガイドにより、体形的大小にかかわらず、又、どのような服装（キルティング等の厚手のものや滑りやすい生地）でも避難者の

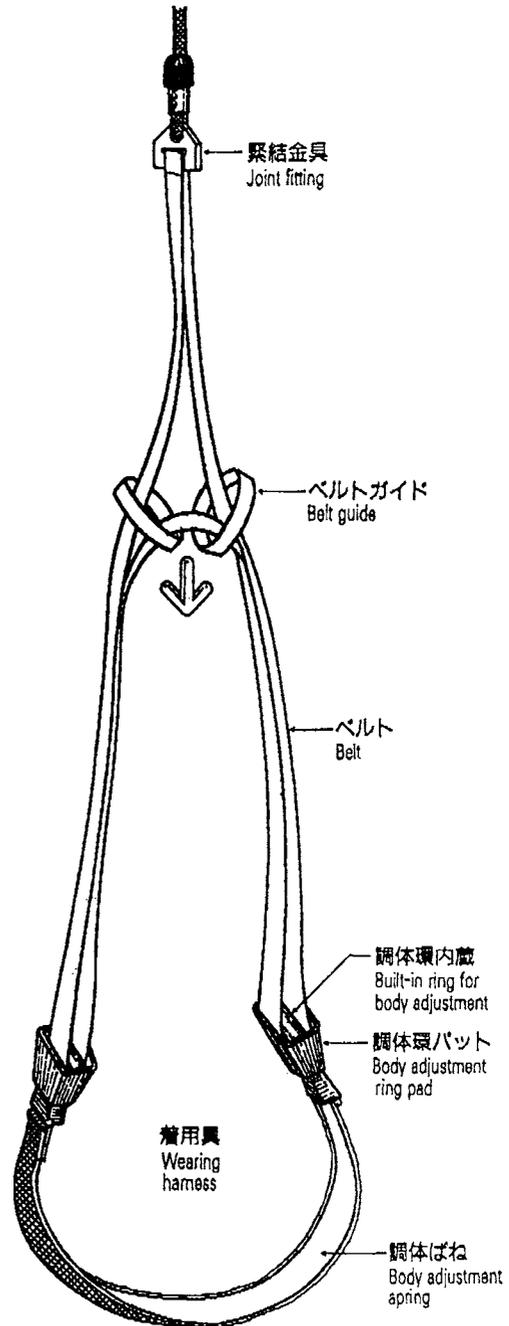


図4 全体構造

- 身体にフィットし、抜け落ちる事故を防止すること。
- (5)ベルトの内側に布ファスナーを設け、間違っただループ部が広がらないようにしているため、避難者が子供のようには身体の小さい人の場合でも、間違っただループ部に身体を入れることがないこと。

「幼稚園の浄化槽を防火貯水槽に改良」

一宮幼稚園 楠瀬 幸陽

私は現在一宮幼稚園の理事長を務めておりますが、同時に高知市消防団の一宮分団の分団長にも就任しております。昨今、危機管理や防災についての取り組み方が重要視されている中、本幼稚園でも「防火、防災は幼児期から」ということで、毎年避難訓練や防火についての取組みは機会がある度に行っております。

特に3月の防火週間には、東消防署や分団に指導や訓練の協力を願ひして、消火方法や避難方法について指導を受けております。

消火の実際には、ポンプ車や小型のエンジンポンプで放水をしますが、中でも分団で保管している終戦前後に使用していた「手押しポンプ」での放水が園児たちにとってはとてもうれしいようで、自分たちで押したポンプから勢い良く出る水に、ワーワーと喚声を上げ拍手をしながら見入っています。

この「手押しポンプ」は、15年位前徳谷公民館の改

築の際、倉庫に埋もれていたものが発見され、少しの手入れで十分に使用可能ということが分かり、分団で保管・利用することにしたものです。その「手押しポンプ」を分団のご好意で、本幼稚園ではだいぶ以前から消火訓練の時利用させていただいています。この「手押しポンプ」での放水が子どもたちには一番の人気のようです。

さて、その放水に使用する水はかなり大量に必要なのですが、今までは水道から200ℓのタンクに溜めて使用してはいたけれど、年によっては特に冬場は渇水の時が多く、放水を断念しなければならない時もありました。

しかし昨年、幼稚園付近一帯に下水道が完備され、園の使用する水（汚水も含む）もすべて流すことが出来るようになり、今まで使っていた浄化槽が不要となり、防火槽への改良をはかり完成したので、そうした

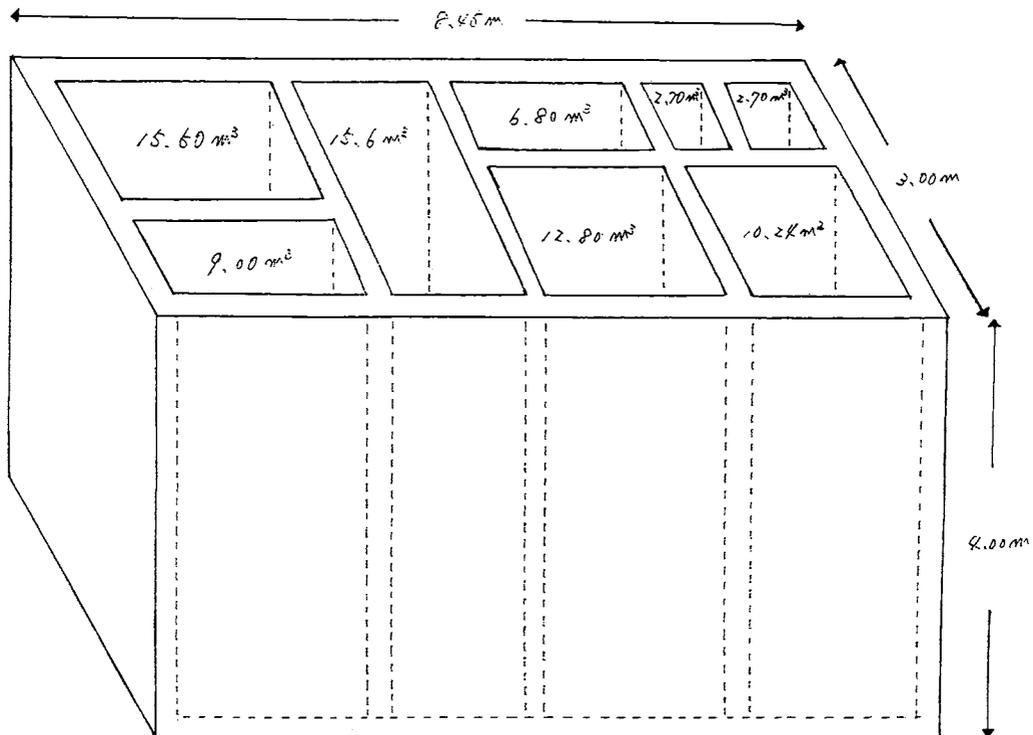
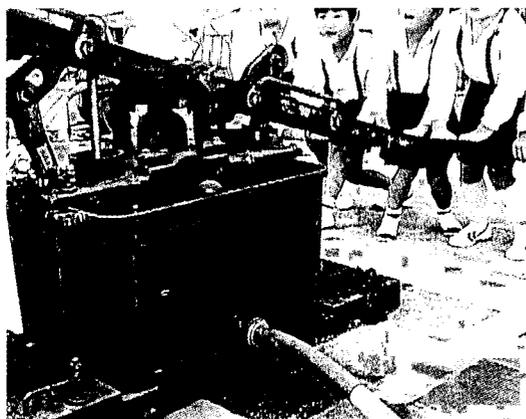


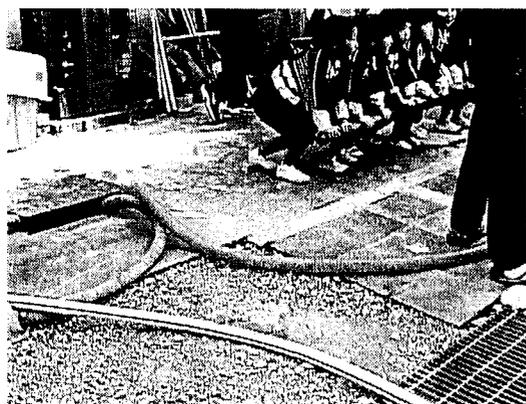
図1 貯水槽容量 合計75.34m³



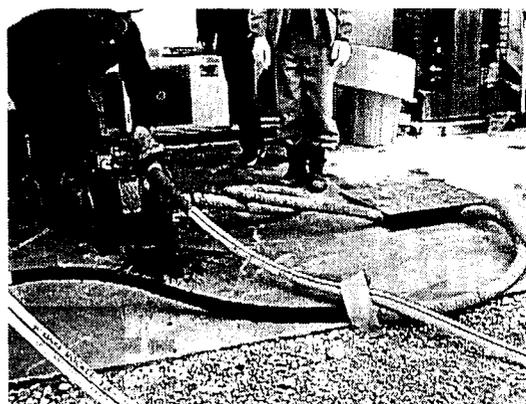
手押しポンプへの給水



手押しポンプでの消火訓練



貯水槽の取水口



小型ポンプでの取水

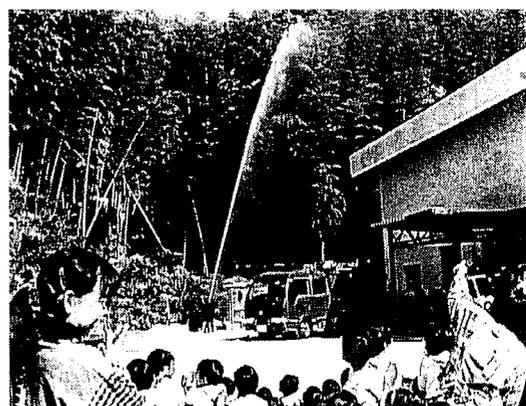
際の利用にも不便はなくなりました。

転用への考えは、取り壊しの見積もりを頼んだら、かなり多額の費用が必要とのことだったので、少ない費用で済む再利用はないかと考えた末に思いついたものです。その際、この改良が地域の方々のために少しでも役立つならば申し分のないものになると考えました。

防火槽への改良の際、内容積を計算したところ、50トン以上の貯水量が見込まれることが分かり、これなら近在の火急の際にもお役に立てるものと、改良への決意をしたものでした。

改良の工事は、まず地下タンクのポンプを撤去し、浄化槽の中がいくつもの槽に分かれているので、その槽の壁の下の方に30センチ四方の穴を開け、すべての槽の連繋をはかり、最後の地上のポンプ室を業者の方に撤去して貰い、使用しないフタは全部固定し事故等のないようにしました。もちろんホースが入る取水口は一つとってあります。

最近言われるエコノなんかでもクリヤできるようにと、雨が降ると地下水が高くなり自然にタンクに貯水



新型消防ポンプ車で放水訓練

でき、あふれると出ていくようにも工夫しました。

良い状態での転用・改良ができたので、最近あった県の「エコノスクール」の調査にも「エコノタンク」として報告をしたところです。

今年3月に行われた平成11年度の最後の避難訓練では、この防火槽が大活躍しました。いつも3月には東消防署にも協力をしていただいているのですが、こ

としては丁度防火週間の初日でたくさんの行事があり、東消防署は来られなくなり、一宮分団のみの指導協力でしたが、分団の新型ポンプ車の披露めも兼ねて、このタンクから思う存分水を汲み上げ、園の屋根よりも数倍高く放水しました。新型ポンプ車の最大馬力による放水の威力は素晴らしいもので、裏山の高い大きな木のでっぺんまで虹を描いて飛ぶさまには、子どもたちはもちろん大人の教員までが感嘆の声をあげていました。後で貯水槽の水位を見てみると、ほとんど下がっていませんでしたので、十分な貯水量があると自信を持ちました。

一昨年の集中豪雨での教訓や、神戸市の地震の際に学んだことの中で、最も大切な事の一つに、片付けやその渦中にある時も「生活水」の必要度が実に高いということがありました。

普段は気付かない飲み水以外の水の大切さを、この時にはいやというほど体験させられたものです。この転用防火槽はそうした火急の際にずんぶんと役立って

くれるように思います。

地域があるからこそ本園の存在もあるとすれば、地域のために本園ができる協力の方法のひとつとして、この防火槽の役立たせ方は当を得たものと確信します。できることならそんな災害はない方が良いのですが、緊急時に備える設備としてこの防火槽の重要性のことを考えると、改良して良かったと今更ながらに思いましたし、満足もしています。

また、一宮分団では昨年小型動力ポンプの配属を受けたので、それまで使用していた古い小型動力ポンプ(まだ充分使用できるもの)を正式に払い下げしていただき、園に保管し、近在で火災等あればすぐに対応できるようにもしてあります。

しかしながら、私は幼稚園の理事長としても一宮消防分団長としても、こうした整備・機器等は出来得るならば使用しなくても済む方が良くと願わずにはいられません。

「二輪牽引式の多目的消防活動二輪車の開発」

株式会社MSK 浜畑 徳久

この二輪牽引式の多目的消防活動二輪車の開発目的は、従来の四輪自動車の弱点であった狭所侵入等の物理的課題の払拭と、従来の消防活動二輪車の積載力を拡充する目的で研究開発された、牽引式緊急運搬システムである。

四輪自動車の緊急出動については、社会環境の変貌に伴い道路環境の衰退等様々な課題が多く、この課題を払拭する効果的手段として消防活動二輪車が開発され、狭所侵入や荒地走行等、機動性に優れた緊急出動が実施され、一定の成果を獲得している。

しかし、この種の消防活動二輪車は多種多様の消防用資機材の搭載力に限界があり、消火能力において抜本的な消火活動への貢献には至っていないのが実状であった。

今回、開発された緊急出動用の二輪牽引式の多目的消防活動二輪車は、前述した従来の消防車等の課題を抜本的に払拭した考案であり、抜群の機動力と積載力を誇り、今後の火災対応体勢や広域応援活動におおいに貢献する資機材となる。

この二輪牽引式の多目的消防活動二輪車の走行安定性は抜群で、(財)全日本交通安全協会・二輪車安全運転推進委員会で実施される、コンビネーションスラローム及び法規履行コース等の競技でも、円滑に過不足無く運行できる牽引システムであることが実証され

ている。

この走行安定性の最大の要因は、特許等登録を行った【請求項-1】・非牽引車が一輪式であること、【請求項-2】・特殊連結装置の構造によるものであり、この二項目の成果が重量物積載時の走行安定性や凸凹地形での走破性を円滑に作用させる最大の要因となっている。

特に【請求項-2】・特殊連結装置の構造は、牽引側のバイクの様々な作用と非牽引車のネジレ圧や衝撃圧等の力学的作用を互いに融合しあい、さらに堅牢に均衡を維持し相互の走行安定性を調和させる構造であるため牽引側のバイクの走行安定性や操縦性能に何ら影響を与えない設計となっているのが特徴である。

図3(A)に示すように、大きく隆起した道路においては非牽引車が円滑に上下しながら追従する機構を有し、車底高を300mm以上確保しているため頂上付近の移行時での地表との接触を回避する設計を施している。

また、積載する質量の変化に対しても緩衝装置の取付位置を自在に変更できるため、常に車底高を300mm以上確保した状態を維持できる構造となっている。

図3(B)に示すように、右左折する場合も非牽引車が円滑に追従する構造を有しており、鋭角に屈折す

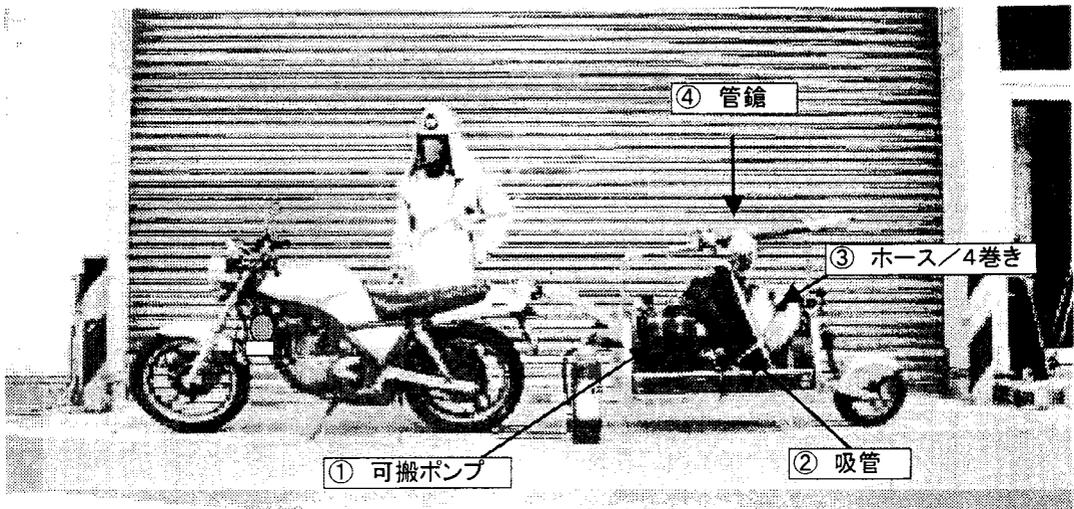


図 1

ようなクランク走行でも操縦性能を損なわずに安定した走行を実施できるように設計された二輪牽引式の多目的消防活動二輪車である。

牽引車とトレーラ部の左右移行の最大許容量(角度)は180度で、バイクが最小半径で継続的に旋回しても円滑に追従することができるトレーラシステムである。

つまり、牽引するバイクが凸凹の原野や山林の狭い道路等、過酷な道路状況、交通渋滞時の路側帯や中央線付近、災害時の亀裂の発生した劣悪な道路環境でも円滑に過不足無く追従させることを想定し研究開発を行ったため抜群の機動力と積載力を獲得した。

この成果により消防活動等全般での運用や、広域的災害発生時の初動体勢に有効な出動手段となる二輪牽

引式の多目的消防活動二輪車となる。

■二輪牽引式の多目的消防活動二輪車の「主要諸元」

は、次のとおりである。

製造元/株式会社 MSK

車名/BIKE TRAILER

型式/TRA-03及び04

自動車の種別/軽貨物自動車

車体の形状/一輪式のトレーラ

長さ/2.058mm

幅/0.500mm

高さ/0.891mm

車輦重量/34kg

最大積載量/100kg未滿

最大速度/100km/h 未滿

能力強度等検討/>1.6

運輸省の改造自動車等審査申請で強度検討を行った項目については、車枠強度・車軸強度・操縦装置強

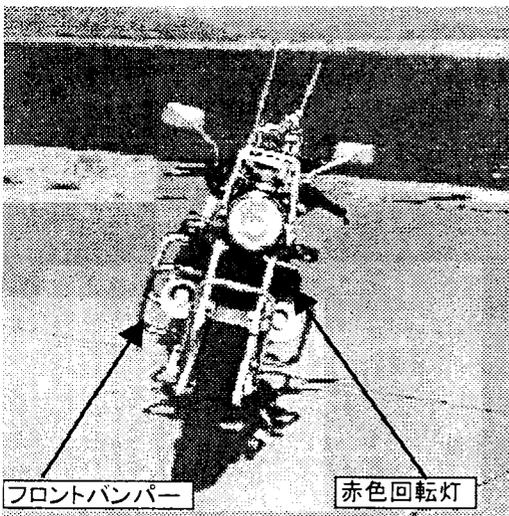


図 2 (a)

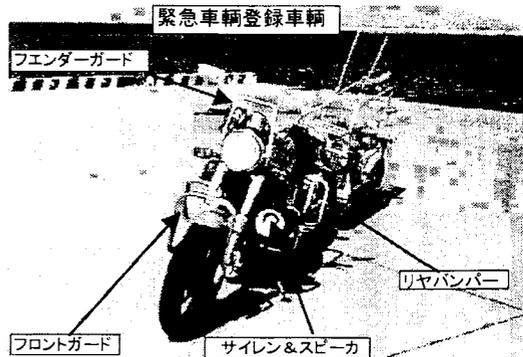


図 2 (b)

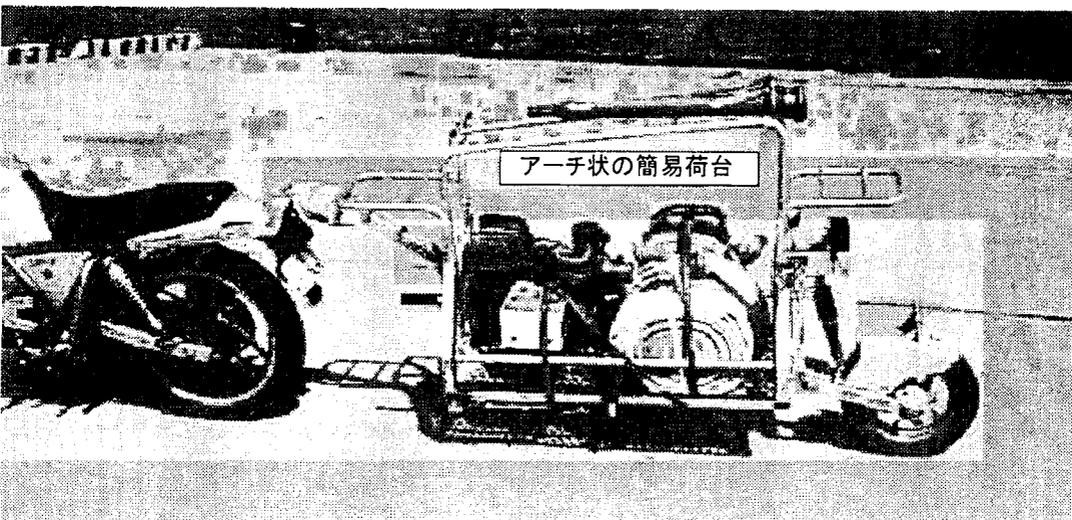


図 2 (c)

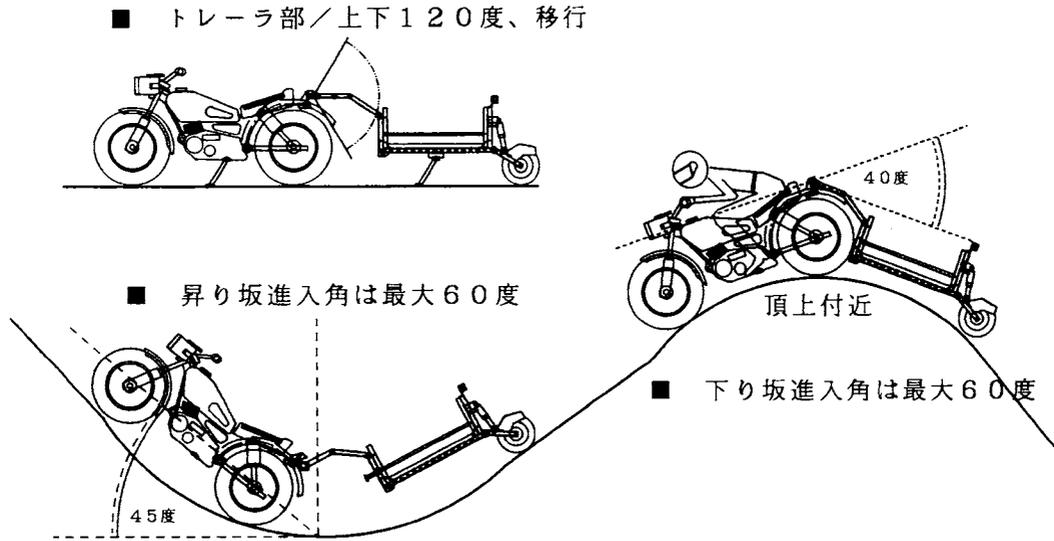


図3 (A) 起伏のある道路状態での走行と、トレーラの状況図

度・緩衝装置強度・制動装置強度・連結機強度の6項目で検討し、当該部署より結果通知書により認証を取得した。

二輪牽引式の多目的消防活動二輪車の全体概要としては、図2 (a)・(b)に示すように、全幅は500mmとバイクのハンドル幅より小さく設計されており、円滑な狭所進行を可能にしている。

図2 (c)に示すように、トレーラ上部にはアーチ状の簡易荷台があり防災無線のアンテナ設置や、ストレッチャー等のようなかさばる資機材等を積載できるように考慮している。

図2 (a)・(b)にあるように牽引するバイクには緊急車輛登録を行うためにフロントバンパー、リアバンパーを設置しており、フロントバンパ上部に赤色回転灯及びサイレン・スピーカーがそれぞれ一対装備されている。また、バイクのフロントフォーク部には障害物との接触を考慮して保護用バンパーがあり、バイク及びドライバーの安全運行に配慮している。

図1に示すように、牽引する125cc以上の二輪車は夫々の車種に適合させた「専用フレーム」があり、牽引する二輪車全種に対応する設計が施されているため、この牽引システムは全メーカーのバイクに適合する。

図5に示すように、二輪牽引式の多目的消防活動二輪車の取扱については、下記要項にて運用する。

①トレーラ部の連結や分離は、特殊連結器にあるコ鉄

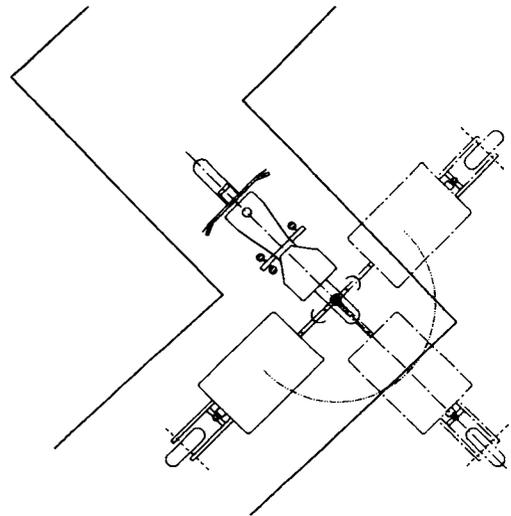


図3 (B) 最大旋回角は180度

部にボルト2本を挿入して固定し、このボルト2本を解除することで容易に分離する事ができる。

②トレーラ部の制動灯等の燈火類への電力は6端子コプラナーにより配電供給されており、牽引側の制動灯や方向指示器と同一に作用し、トレーラ部の接続・分離時はワンタッチで行える。

③特殊連結器に慣性ブレーキを作用させる機構を有し、二輪車の急制動時の制動力と相互に同期させ、トレーラ部の制動装置を作用させる構造の慣性ブレ

二輪式のトレーラは高速でのカーブ移行時にトレーラ部が転倒する。スラローム時に転倒する。
つまり、慣性力や惰性に左右されやすい牽引手段である

一輪式の牽引車は、遠心力や慣性力の影響を受けにくい。スラローム時でも転倒しない。
つまり、遠心力や慣性力に左右されない牽引手段である

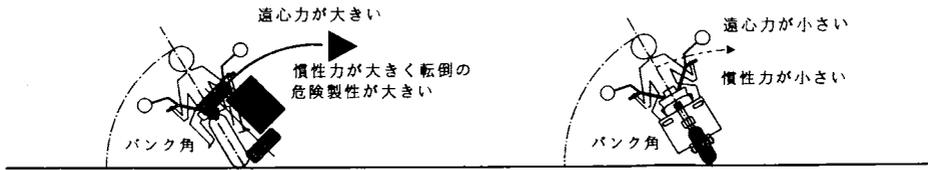


図4

一キを装備している。

- ④ トレーラ部の左車枠中央部に予備スタンドを設置しており、バイクと連結された状態での駐車時の転倒

防止に配慮している。

- ⑤ トレーラ前部には、バイクとトレーラを切離した後に使用する折畳式メインスタンドとトレーラ切り離

(非牽引車)

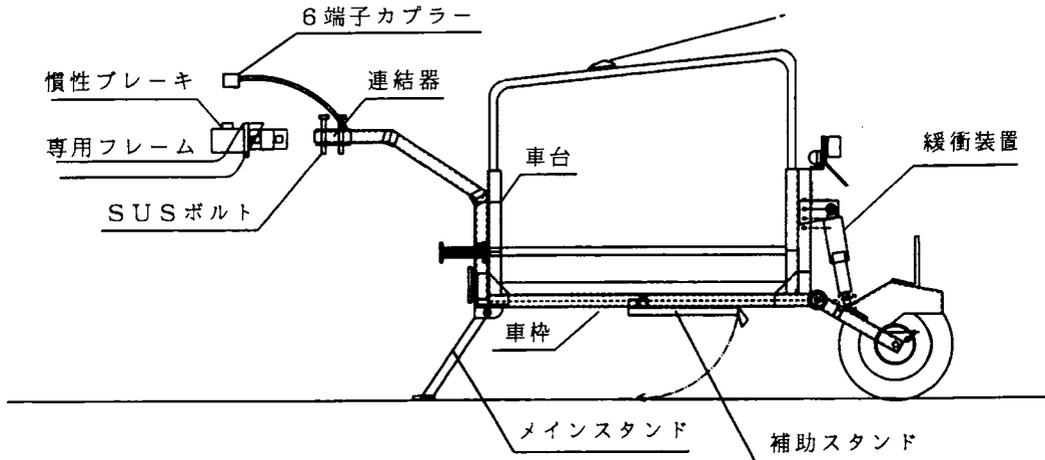


図5

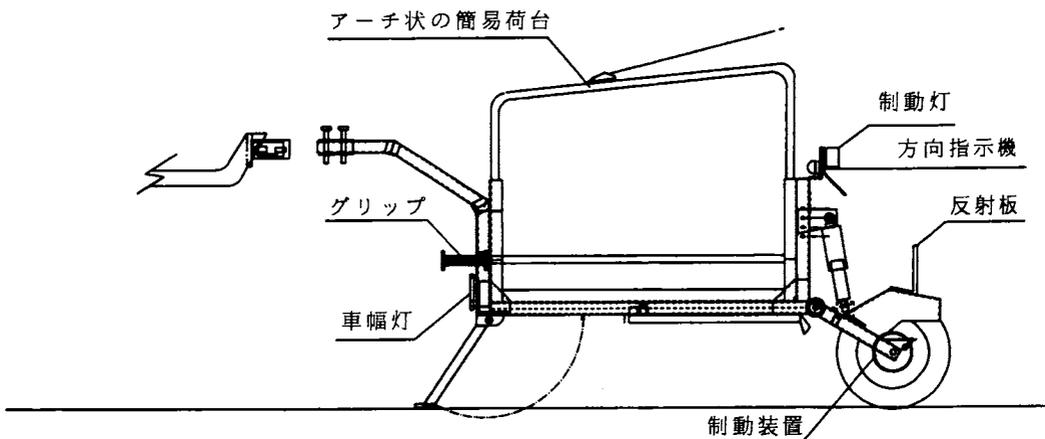


図6

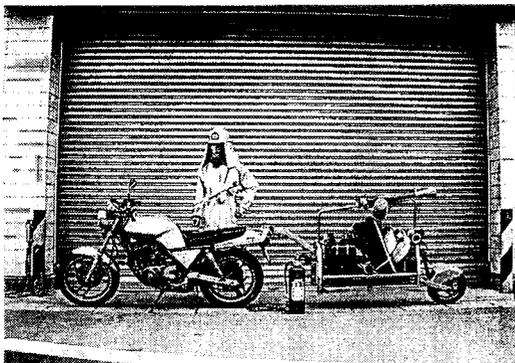


写真1

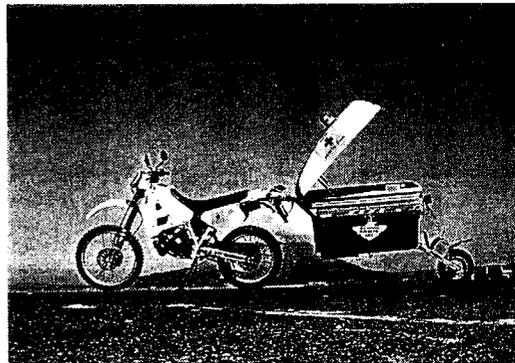


写真2

し後の移動を行うためのハンドグリップが装備されている。

図6に示すように、道路運送車輛法の保安基準に準じて下記、付帯設備を設置している。

- ①トレーラ前面下部両端には、白色の車幅灯を設けている。
- ②トレーラ最後部の走行装置部には、三角型の反射板1個を設置している。
- ③トレーラ最後部上端には、標識取付板や制動灯及び方向指示器を設置している。

写真1の二輪車はヤマハ/SRX400で、トレーラはTRA-03で「消防資機材等」を搭載した写真である。

写真2の二輪車はヤマハ/DF200で、トレーラは

TRA-04の防水カーゴ式で「簡易医療機器やバッテリー、大型消火器」を搭載した写真である。

「補足」

「運用体勢」は、二人/1チーム編成で運用するのが効果的であると類推される。

「車検」については、道路交通法及び車輛運搬法の規定により、250cc以下の二輪車で牽引する場合は、トレーラ部を「軽二輪登録」し、250cc以上の二輪車で牽引する場合は、トレーラ部を「軽貨物自動車登録」を行う。

尚、この牽引システムは、「特許等の登録証」と「運輸省の軽貨物自動車認証」を取得した、二輪牽引式の多目的消防活動二輪車である。

2. 奨励賞 (2編)

「警告サイレン付操作箱保護カバー (びっくり箱) の開発」

株式会社トキメック 防災グループ

近年、二酸化炭素消火設備やハロゲン化物消火設備等の操作箱(手動起動装置)が、「いたずら」により操作され、音響警報の発報、ひいては、消火剤の誤放出に繋がる事故が増加の傾向にあります。

立体駐車場等に設置されている消火整備の操作箱は、建物外壁部分や屋外に開放された場所など、人が自由に入出入り出来る場所に設置されていることが多く、夜間、休日等の無人となる時間帯にいたずらされる事例が報告されています。

警告サイレン付操作保護カバー(びっくり箱)は、

保護カバーの内部に電池付電子サイレンを組み込み、不用意に扉を開けると警告音を発し、次の「いたずら」への移行を抑止しようとするものです。閉めても(開閉操作で)鳴り止まないため、大きな抑制効果があります。

また、点検時など扉「開」の必要時には、隠しスイッチの操作により、警告音をOFFすることも出来ます。
〈びっくり箱の特長〉

- ① 「びっくり箱」は商標及び特許出願中である。
- ② 取付が簡単で、既設物件にも適用できる。

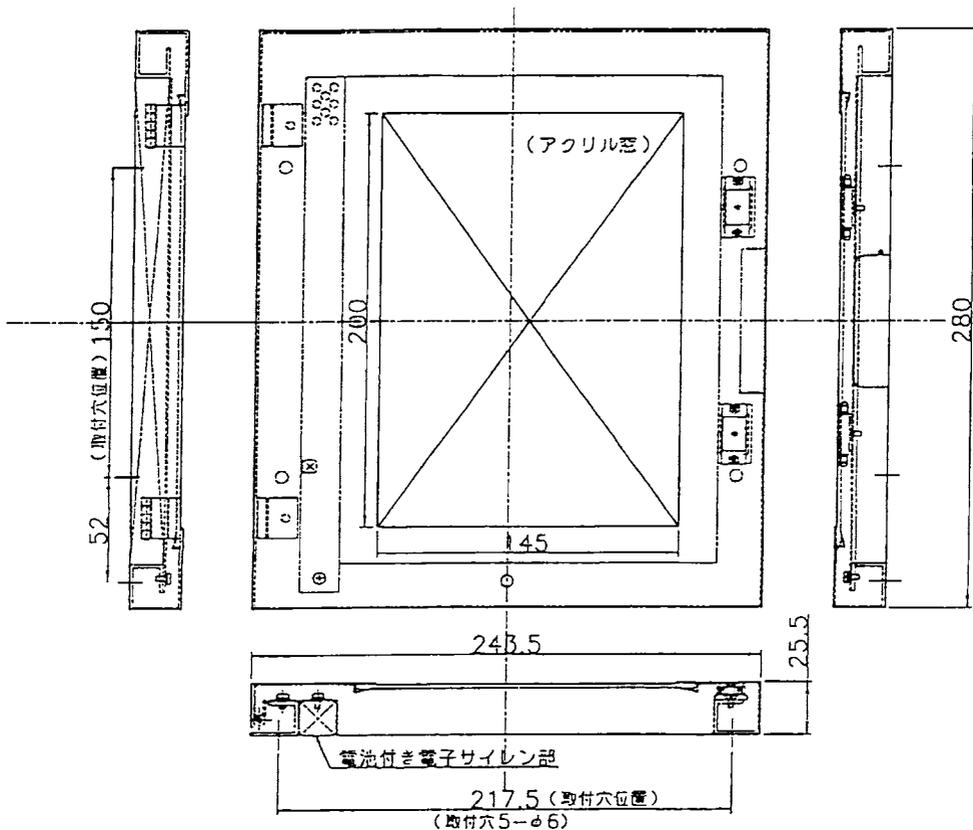


図1 標準寸法図

表1 標準仕様

外形寸法	280H×243.5W×25.5D
適用操作箱前面寸法	230H×175W×15D
材質・塗装色	SPCE-SD/t:1.6&1.2 7.5R-4/14（赤色）
警告音量	85dB/1m
電源	単三アルカリ電池×2本 ※連続6時間以上鳴動可
使用温・湿度範囲	-20～50℃/95%RH以下 ※結露が無いこと
保護等級	JIS CO920 保護等級3・防雨形
注) 1. 単三アルカリ電池は、年一度の総合点検時に必ず新品と交換してください。 2. 保護カバーの取付には防雨性能保持の為、壁面取付時にコーキング施工が必要です。	

警告サイレン付き操作箱保護カバー 『びっくり箱』説明書

1 取付方法

- 1) 防雨性能維持の為、壁面取付時には、「びっくり箱」の枠取付面にシリコン・コーキング剤などを塗布し施工してください。

2 セット方法

- 2) 「びっくり箱」の扉を開け、図の9（セットピン）を上方向に押し5（アクチュエータ）を8（上ストッパー）に押し付けた状態とし、次に扉を閉めます。

（注：5は12（中ストッパー）に載った状態で、14（マイクロスイッチ）をOFFとします。）

- 3) 17（隠しスイッチ）を割り箸など、細い棒状の物で押し上げONとします。

（注：17は押す毎にON/OFFを繰り返します。）

3 警告音確認方法

- 4) 9を指先で押さえながら扉を開けると、警告音が発生します。確認後、扉を閉め最終セットとしてください。

4 扉封印

- 5) 扉の引き手部上方にある小穴に銅線を通し、鉛封印をしてください。

5 点検時

- 6) 点検時など警告音を切りたい時は、17でOFFしてください。

6 電池交換

- 7) 18（電子サイレン収納部）の取付用ネジ19を外しますと枠から分離できます。

- 8) 電池は単三アルカリ電池（2本）をご使用ください。警告音は連続6時間以上発報可能です。

- 9) 警報音の有無に係わらず、年一度の総合点検時に必ず新品と交換してください。

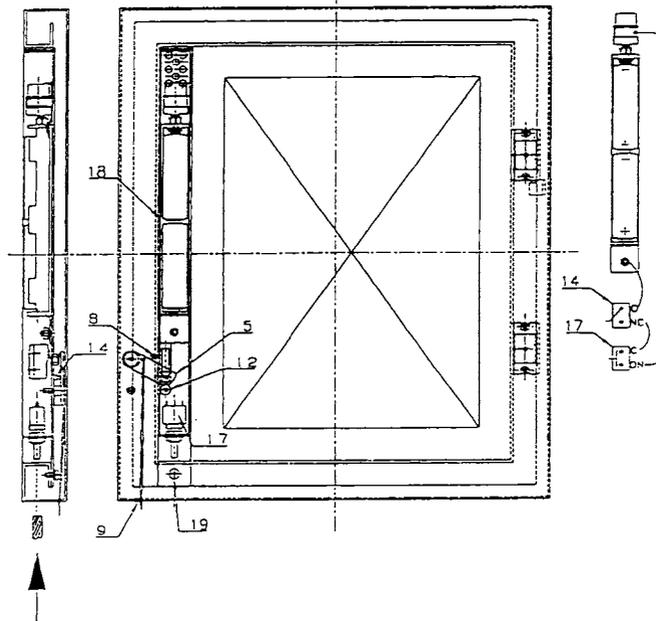


図2 「びっくり箱」説明書

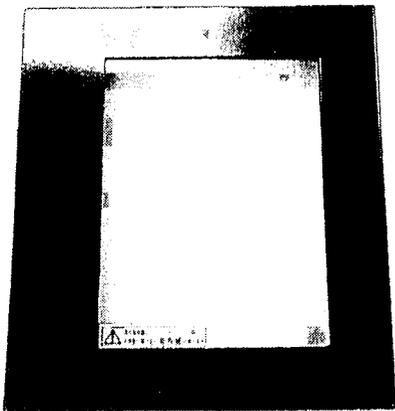


写真1 「びっくり箱」外面

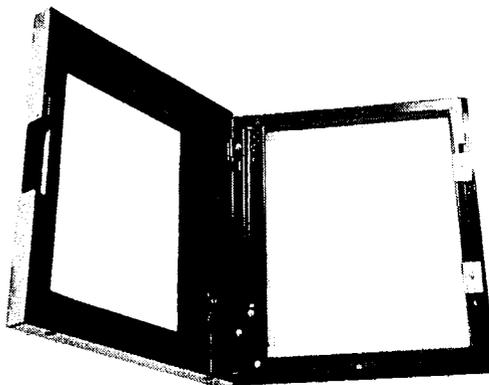


写真2 「びっくり箱」扉開状態

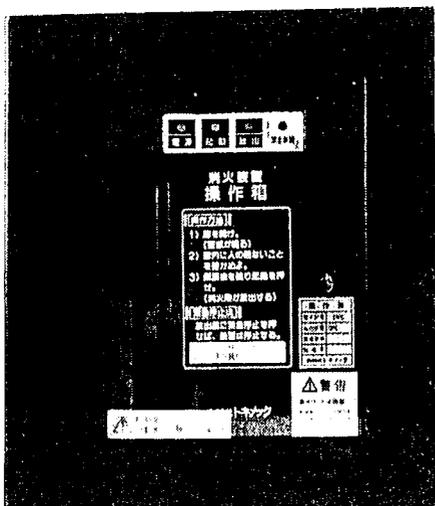


写真3 「操作箱」+「びっくり箱」外面

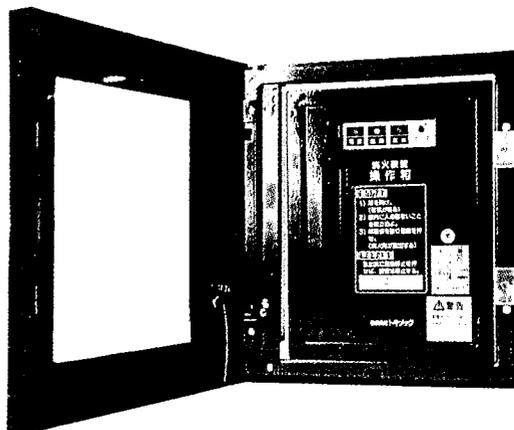


写真4 「操作箱」+「びっくり箱」扉開状態

- ③防雨機能も有している。
- ④電源は専用電源（単三アルカリ乾電池×2個）を内蔵している。
- ⑤扉「開」で警報発報、その後、扉「閉」でも警報は持続する。（機械的な保持機構を有している）

- ⑥警報の復旧は、左下のセットピンを押しながら扉を開める。

「軽微火災用簡易消火器具の開発」

玉野市消防本部 田代 努

多くの消防署の出張所等の消防車両の配備は、CD-1型消防ポンプ自動車（水槽無し）が一般的であり、その出張所等は自ずから都市部中心地から離れた所に位置し、その周辺の人家がないところでは通常、上水道が未整備のため消火栓はなく、ただ、田畑・林野の中を幹線道路が通っているのが一般的である。このような場所で発生した火災が軽微（例：道路法面等の雑草火災）であっても、その消火活動は①積載スコップ等で叩き消す②遠方の水利に部署後ホース延長（場合

によっては中継ポンプを要す）③水槽付ポンプ車の到着を待つ、以上3方法が通常考えられる。それが、2～3㎡の雑草火災であっても基本的消火方法は上記の①～③が採られているのが現状のようである。

上記の消防車両であっても、少量の水を積載しておれば、延焼する前に早期に鎮圧及び鎮火させることのできる火災が少なからずある。

現在上記火災等の消火器具として販売配備されているものは背負い式水のうが一般的であるが、水のうの

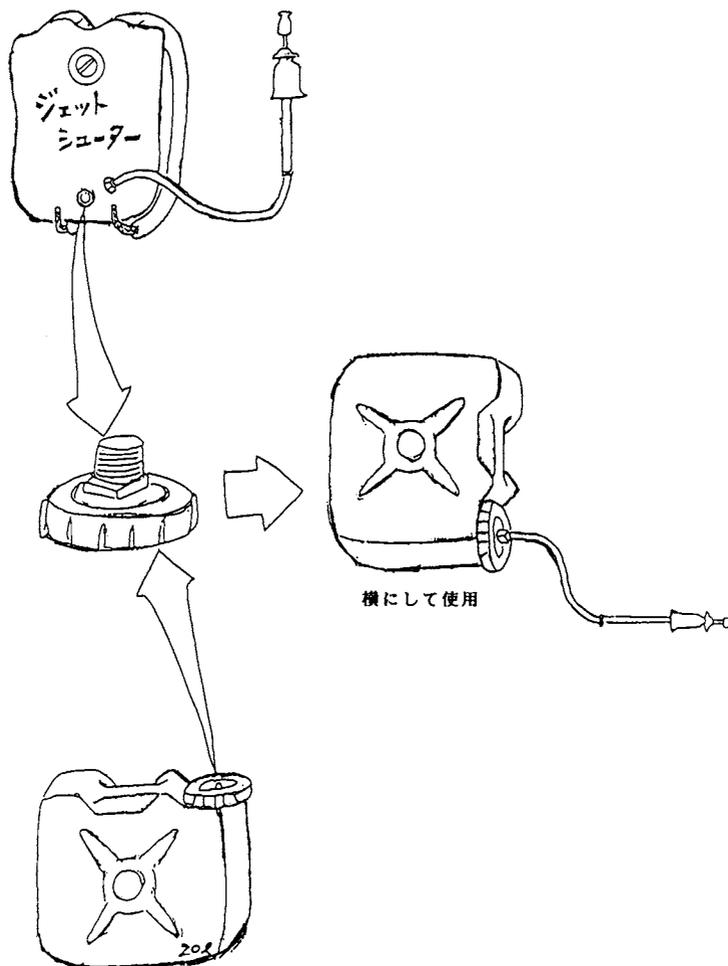


図1 背負い式水囊ノズルポリタンク

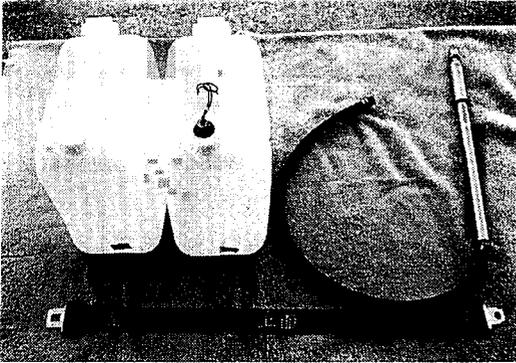


写真1 開発装備一式

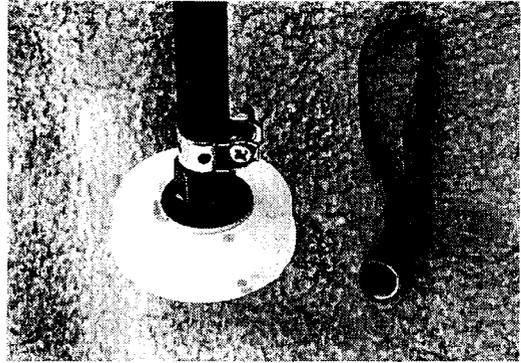


写真2 加工を施したポリタンクキャップ・メクラキャップ

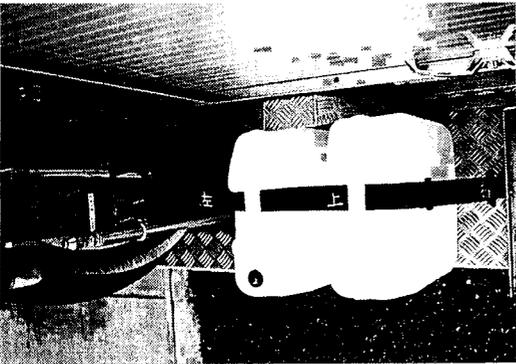


写真3 積載のようす(鳥かん位置より撮影)

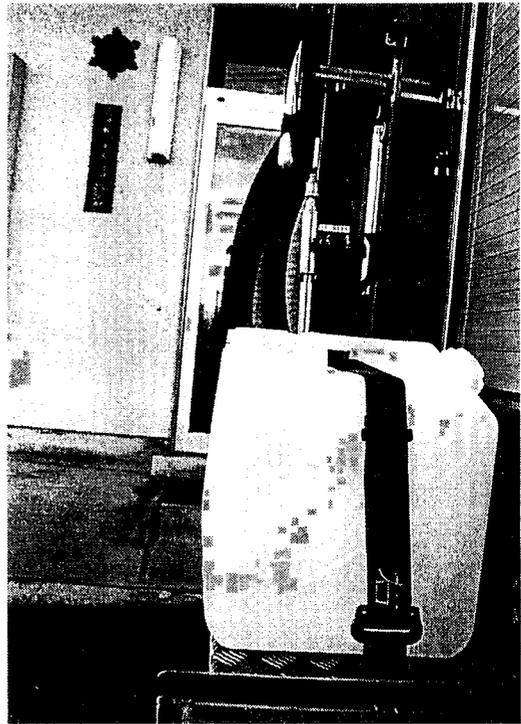


写真4 積載のようす 奥にポンプノズル、手前にシートベルト結合部が見える

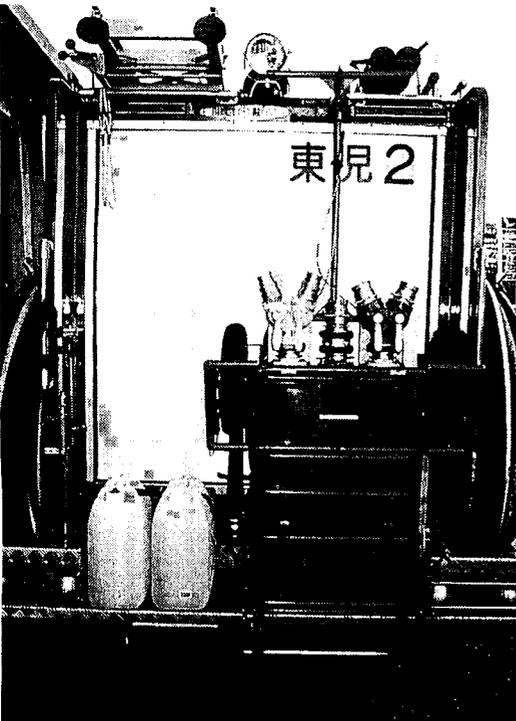


写真5 積載のようす(他装備品との位置関係)

形状から貯水積載固定は無理があり、そもそもこれは車両進入不可能な林野火災の残火処理現場等への徒歩登山用に用途を限定して開発されており、上記のような火災には不向きである。

この現状を鑑み、問題解決策として当初、水入り20ℓポリタンクを必要に応じて、積載出動し、火災現場でその蓋を外し散水するか、背負い式水のように移し換えて使用することを考えたが、前者は限られた水を有効に使えず、後者は移し替えに時間を要する欠点を持っているため廃案になり、より良い方式を模索して

いたところ、経年劣化で修理不能のゴム製水のうのジェットシューターが見つかった。ジェットシューターのポンプノズルは優れた有効注水能力を有しており、ゴムホース部は劣化を来していなかった。これとポリタンクを組み合わせられるよう改造を施せば、限られた水量で効果的な運用が望めるのではというところまで考えが進展した。ポリタンクの積載固定脱着は、シートベルトを改造応用することで解決した。

現在、煙草の投げ捨て等で発生する道路法面等火災に実際に積載出動し、その消火活動に大いに活躍している。

この器具の注目点は、ポリ缶の蓋に背負い式水のうのノズル結合部を取り付けたことであり、消防機器メーカーの発売を待つまでもなく、誰でも簡単に作製できるものであり、ポンプ車発注時にポリタンク等の積載スペース（固定措置を講じる必要がある）を設けておれば、後はノズル結合部の金具の部品を購入すれば、このポリタンクキャップへの改造取り付けは容易であった。

現在実戦使用をしているが、水量対消火効果が高く、短時間で消火活動を終わらせることができるようになった。このことは、常時臨戦体制を課せられている消防隊にとって大きな意味を持っている。

こういったことから、この器具のことを多くの消防関係者に認知いただければ幸いであり、65歳定年延長が予想される中で、高齢化による体力低下を如何にして補うか、今後対策を考慮する必要がある、その参考になればと思い、この募集の機会のお借りして発表させていただくことにした。

作製・使用の要点(図1及び写真1～5参照)

- (1) 作製は簡単に行うことができる。ただし、車載するには車両を改造する必要がある。
- (2) 材料は経年劣化したゴム製水のう(廃棄処分見込み)のジェットシューター式と余剰の20ℓポリタンク2缶(同一ネジ山のキャップのもの)を利用
- (3) 車載のためポリタンク固定金具は廃車のシートベルトを加工して活用、ジェットシューターノズル部の固定金具は、ステンレス薄板を加工したものを車体に取り付けることで、迅速安全な積載・取り外しを可能にした。
- (4) 現在の使用状況は、ノズル部は常時車載、ポリタンクは2つ並べシートベルトを通した状態で車庫内に保管して置き、水利困難場所の軽微火災覚知時ただちに積載(上記(3)の工夫により簡単に積載固定可能)出動、威力を発揮している。

平成12年度消防研究所一般公開の概要

平成12年度消防研究所一般公開は、4月21日(金)に行われました。当日はあいにくの雨模様でしたが、多数の方々にご来場いただきました。一部の屋外での展示では、降雨のため見学にご不便をおかけしましたが、その中でも、担当者が驚くほど活発に質疑応答・議論がなされました。

消防研究所では数多くの実験的研究が行われています。そのような実験の実演は例年関心・要望の高い項目ですが、当日に実施することが困難なものも多く、なかなか希望に応えられないのが現状です。本年は、一般向けの啓蒙的なもの(公開番号10)、火災や消火現象を理解するための教育的なもの(公開番号12)、研究で現在実際に行われているもの(公開番号7、8)、という4件の実演実験がありました。実験の性質上、大きな空間では行えないものもあり、見学しにくかつ

た、という指摘もありましたが、おおむね好評でした。

公開の困難な大規模な実験については、ビデオ等で紹介されました。また、実験に用いる縮尺模型を前にして、活発な議論も行われました。論文等の文章化された成果だけでなく、実際の素材にふれていただくことによって、より具体的な議論ができたようです。

アンケートには、来場者の方の約4分の1にあたる109名の方から回答を頂きました。寄せられた感想の中には、説明の上手な人とそうでない人の差が大きい、というものがありません。また、もっと消防本部にデータ等を紹介して欲しいという意見や、インターネット等で研究の情報検索を可能にしては、という提案もありました。来年からの独立行政法人化にあわせ、情報発信の方法にも工夫・改善が必要と考えられます。

その他、研究や開発が望まれる分野について数多くの提言がありました。雨の中来場された方々というこ

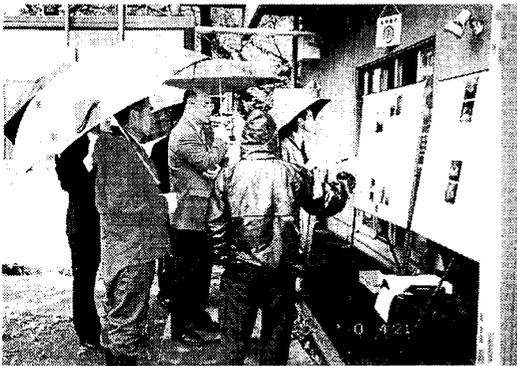


写真1 雨の中の展示風景(公開番号7)



写真2 実演実験の観測室(公開番号10)

表1 一般公開来場者数

区 分	今年度	昨年度	増 減
自治省・消防庁	14	12	2
消防大学校学生等	172	116	56
地方公共団体(消防本部)等	47	86	-39
国立研究機関	2	0	2
関係協会等	44	21	23
企業	152	201	-49
報道関係	3	3	0
一般	16	53	-37
計	450	492	-42



写真3 実演実験の説明の様子(公開番号8)

表2 一般公開プログラム

番号	公開項目	内容
①	ベランダ昇降ロボット	高層マンションのベランダを利用してはしご車の到達限界以上の階層まで登っていく消防活動支援用ロボットの実演及びビデオ紹介を行う
②	消防研究所刊行物の展示	消防研究所刊行物の展示を行う
③	消防研究所紹介ビデオの放映	消防研究所紹介ビデオの上映を行う
④	地震被害の予測と情報収集	パソコン上で動く「簡易型地震被害想定システム」と、モバイル情報端末を用いて効率的に地震被害情報を収集するシステムを紹介する
⑤	市街地火災時の空中消火による火災抑止効果	市街地火災時の空中消火の可能性について行った消防防災ヘリコプターと大型ヘリコプターによる火災抑止効果実験の結果を展示する
⑥	現地活動支援車と消防本部間の映像受信	衛星通信による各地の消防本部からの映像を現地活動支援車の画像伝送システムにより受信したものを放映する
⑦	ウォーターミストの粒子測定装置	ウォーターミストによる消火実験結果の展示と、位相ドップラー式粒子測定装置によるウォーターミストの粒径測定法の実演を行う
⑧	プラスチックパレットの燃焼性	倉庫の火災予防に役立つ難燃化プラスチックパレットの燃えにくさを、未処理パレットとの燃焼比較実験を通して紹介する
⑨	高機能な携帯無線システム	簡単な操作での呼出しや双方向通話、グループ通話が行え、また、中継システムを持った消防隊用携帯無線システムの展示を行う
⑩	天ぷら油の安全な取り扱い方	天ぷら油の安全な取扱い方とその危険性に関連して、火災実験および各種危険性評価試験等の結果を紹介する
⑪	延焼阻止に関する基礎実験	大規模火災の延焼阻止に必要な放水条件や延焼阻止用薬剤に関して調べるためのモデルを使った基礎実験を紹介する
⑫	火災現象とガス系消火剤	ガス系消火剤の消火作用に関する研究成果の展示と、窒素と炭酸ガスを用いてろうそくを消火するモデル実験の実演を行う
⑬	火の粉の飛散性状に関する研究	火の粉の飛散性状に関する実験結果を、ビデオとパネルで紹介する
⑭	中高層建物における延焼性状に関する研究	中高層建物の延焼性状に関する研究のため行っている縮小模型を用いた火災実験について模型の展示及び実験結果の紹介を行う
⑮	深層地下駐車場の加圧排煙技術	深層地下駐車場の火災実験用模型を展示し、加圧排煙による煙制御についてパネルで紹介する

ともあり、熱心な見学者が多かったようです。活発な議論が繰り広げられたものもあり、消防研究所研究員にとっても大変有意義なものでした。今後の研究の参考にさせていただきます。

アンケート調査によれば、来場者の多くが、初めて一般公開に来られた方ということです。今回ご来場頂いた方には、来年以降もご来場いただければ幸いです。



写真4 実験模型を前にした展示（公開番号14、15）

写真5 モデル実験の様子（公開番号12）
（見学は鈴木消防庁長官）

第48回全国消防技術者会議報告

1. はじめに

消防研究所が国立研究機関として主催する最後の全国消防技術者会議が、平成12年10月19日、20日の両日、都内ニッショーホールにて全国から延べ825人の消防職員や消防防災機器関係者の参加を得て開催された。

今年は、特別講演、研究発表、フォーラム、展示発表を企画した。

第2日目には、消防庁長官(写真1)が会場を訪れた。

プログラムの概要は表1に示す。研究発表の件数が増加し、時間的な余裕が少なくなったが、講演者や司会者にご協力頂き、大きな遅延も無く開催できた。

今回は、二十世紀を象徴する科学技術の成果である原子力施設における災害に関する情報提供を目的とする特別講演(写真2)を企画した。この企画は、平成11年9月30日に発生した核燃料加工施設における臨界事故で消防職員が中性子にさらされながら救急活動を行う結果となったことを鑑み決定した。

2. 特別講演

特別講演の講師として桜井 淳氏(物理学者・技術評論家)をお迎えし「原子力災害への対応策—米ブラウンスフェリー原発火災事故の恐怖—」と題してご講演いただいた。

講演の中で先生は、原子力施設の特徴を解説され、スリーマイル原発2号機事故、チェルノブイリ原発4号機事故などの原子力施設火災事例を教訓に原子力施設の危機管理の重要性について話された。

従来の日本の原子力発電所で大事故は起こらないと

考えることは工学の常識からかけ離れていることを事例を示しながら解説いただいた。

参加者にとって原子力災害について知ることができ、大変意義深い内容であった。

3. 研究発表(写真3)

19件の研究発表が行われた。発表題目は、表1に示すように消火、予防、鑑定などに関するものであった。

今回の発表をみると従来主流であったスライドを用いることが著しく減少し、OHPを用いることが主流となっていた。これに加えビデオプロジェクターを用いた録画画像やコンピューター画像を駆使することが増加した。

現在のビデオプロジェクターとコンピューターの接続については事前の確認が必要であり、このような新しい形態の発表に対応した運営方法への移行が必要となっていることがわかった。



写真1 消防庁長官挨拶



写真2 桜井先生による特別講演



写真3 研究発表の様子

表1 第48回全国消防技術者会議概要

第1日	
◎特別講演「原子力災害への対応策」 —米ブラウンスフェリー原発火災事故の恐怖—	桜井 淳 (物理学者・技術評論家)
◎研究発表	
・バックドラフトに関する研究	札幌市消防局
・可搬式消火器具の消火能力の検証並びに効果的な活用方策に関する研究	東京消防庁
・文化財建物の植物性屋根の燃焼特性と消火	消防研究所
・ハロン代替消火剤による消火時の燃焼生成物に関する実験的研究	日本消防検定協会
・空中消火による市街地火災の延焼阻止効果に関する研究	消防研究所
・消防活動における熱中症予防対策の研究	東京消防庁
・残火処理時における防塵マスクの有効性について	名古屋市消防局
・社会福祉施設における火災について	東京消防庁
・東京消防庁の火災鑑定の現状	東京消防庁
・群馬県尾島町での爆発火災とヒドロキシルアミンの火災性状	消防研究所
第2日	
◎フォーラム「消防用機器開発」	
・趣旨説明 消防研究所	消防研究所
・消防隊支援用データ伝送システムについて	名古屋市消防局
・パソコンによる消防力最適配置システムの開発	消防科学総合センター
・防火帽の改良について	東京消防庁
・噴霧ノズルの研究開発	東京消防庁
◎展示発表	
・ホース搬送用ベルトの開発・改良・試作について	横浜市消防局
・研修用電気火災実験器 —電気火災鑑識技術の研修用実験教材について—	京都市消防局
・多目的救出台車の研究開発	東京消防庁
・消防活動支援情報システム（プロトタイプ）の開発	東京消防庁
◎研究発表	
・油絵具の画用液を拭き取った布から出火した火災	東京消防庁
・火災鑑識へのアプローチ —電気火災鑑識技術の研修カリキュラムと研修システムについて—	京都市消防局
・走行中の車両火災	東京消防庁
・職場から始めよう自主防災（クイズ・フラッシュオーバー）	北九州市消防局
・深層地下駐車場内の吸引機械排煙による煙制御 —吸気口の配置による煙流動への影響—	消防研究所
・差込プラグの熱劣化による出火危険	名古屋市消防局
・走行中における四輪駆動車（4WD車）の火災原因調査について （リア・ディファレンシャルから出火した火災）	東京消防庁
・塵芥車の火災について	東京消防庁
・プラスチックパレットの難燃化に関する研究	消防研究所

従来の静止画像を中心とする講演から音声を含む動画による講演を効果的に行うためには、プロジェクター、音響設備の調整が不可欠であることがわかった。

大画面が激しく動くこと、画像が著しく不鮮明になること、録音レベルが適切でないことは、聴講者の負担となるので注意が必要であると感じた。

コンピューターを用いた講演では、コンピューターがビデオプロジェクターへの信号の供給を自動的に遮断したり、新たに接続された機器に自動的に対応するための作業を開始したりすることがある。このような問題は、新しい装置にしばしば見られる。経験の蓄積とともに問題が解決すると思われるが、現在のところ注意が必要であると感じた。



写真4 フォーラムの様子

4. フォーラム (写真4)

消防用機器は、消防職員が日常的に操作しているため、多くのアイデアが出されている。今回の4件の発表では、毒性物質と放射線の検出、消防力の最適配置、防火帽の改良、噴霧ノズルの開発について報告された。これに対して会場からの質疑・討論が行われた。討論では、全国の消防のニーズ調査を行ってほしいとの要望が出された。これに引き続き活発な討論が行われた。

5. 展示発表 (写真5)

展示発表は、開発品を展示しながら説明を行えることや発表者と直接話せることから熱心な質疑応答が行われた。

今回の展示発表では、都市部における中・高層建物火災に対応するホース搬送ベルト、研修用電気火災実験器、地下鉄構内等における多数傷病者発生時対応の救出用台車、大規模災害時の効率的な被害情報収集支援システムがニッショーホール2階のロビーに展示された。

展示機器の搬入、設置、運転などが必要であるが、



写真5 展示発表の様子

開発品を展示しながらの発表を行うことにより、参加者の理解をおおいに助けることができた。会場のロビーの広さに限りがあるために1回につき4件が限界となっていた。

6. おわりに

会場で実施したアンケート調査に149人の方々から貴重なご意見をいただいた。

参加回数を見ると66%の方が初めての参加で、23%の方が2回目の参加であった。

研究発表に対する評価が最も高く、特別講演、展示発表、フォーラムに対する評価がやや低くなっていた。

アンケートの自由記入欄を見ると全国の消防のニーズ調査を希望する意見が多かった。発表・討論の時間を増やすことを希望する意見も多く寄せられた。一方、開始時刻や終了時刻を遠方からの参加者を考慮したものに變更することを希望する意見も寄せられた。全国の消防技術者にとって有用な情報交換が可能のように運営方法の工夫・改善を行い、アンケートに寄せられた意見をなるべく反映できるようにすることの重要性を感じた。

第4回消防防災研究講演会

「市街地火災における空中消火技術」

第4回消防防災研究講演会が、平成13年1月26日(金)10時から16時30分まで、消防研究所情報管理棟大会議室において、消防機関、消防防災関連企業、航空機・ヘリコプター関連団体などから約55名の参加者を迎えて開催された。

この消防防災研究講演会は、消防研究所における消防防災に関する研究成果を公開の場で発表すると同時に、講演会に参加された消防防災の技術者及び研究者と専門的な討論をすることにより、将来に向けた研究計画の糧を得ることを目的としており、平成10年度以降毎年開催され、今回が第4回目の講演会である。

今回の講演会は「市街地火災における空中消火技術」のテーマのもとで行われた。平成7年1月17日に発生した阪神淡路大震災を契機に、大震災時には消防水利や道路の損壊などのため消防活動が阻害されることから、空中消火による市街地火災の消火や延焼阻止への期待がクローズアップされてきた。このため、消防研究所では消防関係機関・関係団体の協力のもとに実大規模の実験を繰り返し、空中消火における限られた水量による火災抑止に関する問題点や有効性を実験的に明らかにしてきた。本講演会では、平成8年度から平成11年度まで、消防研究所と消防機関等が共同で行った空中消火実験の結果の紹介と問題点の討論を行った。

午前10時から消防研究所長の開会の辞(写真1)に引き続き、「市街地火災における空中消火技術」について、午前及び午後それぞれ4講演づつ、合計8講演が行われた。講演会の概要を以下に示す。



写真1

午前の部、座長：消防研究所 佐藤晃由、寒河江幸平
1. 市街地火災時の空中消火による火災抑止効果に関する研究の概要 佐藤晃由(消防研究所)

平成9年度から平成11年度まで、消防研究所と消防機関等が共同で行った空中消火実験の目的と実験の概要について紹介した。平成9年度の八王子市における実験では、風下側上空の飛行危険性から風上側倒壊家屋への延焼阻止を目的としたが、倒壊家屋下層の木材に火が回ると火災抑止は困難であった。平成10年度の苫小牧市における強風状態の風上側への延焼阻止を目的とする実験では、風上側建物への延焼はなかったが、飛び火による延焼阻止を目的とした実験では、倒壊家屋下層の木材まで火が回ると火災抑止は困難であった。平成11年度の大分市での実験では、消防防災ヘリコプターと防衛庁の大型ヘリコプターにより、火災家屋の風上、風下、風横方向への延焼阻止を目的とする実験が行われた。併せて画像解析とシミュレーションによる空中からの散布水の拡散性状について紹介した。

2. 市街地火災を想定した空中消火実験と活動基準について 中島義男(東京消防庁) 東京消防庁が実施した「市街地火災を想定した空中消火実験」の結果と、実験結果に基づき東京消防庁が運用する活動基準について空中消火のあり方の一方策を概説した。特に、ヘリコプターから釣り下げる方式のバケツでは火災への投下水命中精度が悪いこと、水タンク内蔵式の方が望ましいこと、また飛行中のパイロットに対し地上から水投下を指示することの重要性を説明した。

3. 投下水の散布範囲及び火災建物の温度変化
小西忠司(大分工業高等専門学校)

ヘリコプターの種類、飛行高度、飛行速度および風速等の違いによる投下水の散布範囲、散布状況と燃焼家屋内、燃焼家屋周辺で測定した温度の変化や赤外線画像の解析結果を基に、投下水の火災抑止効果について概要を紹介した。さらに、シミュレーションにより、水の投下回数と火災抑止の関係を説明した。

4. ヘリコプターの飛行による後流の発生
金田節夫(消防研究所)

上空を飛行するヘリコプターが発生する後流を地表面における風向風速の変化として捉え、野外実験で得

た高度や速度の各飛行条件との関係について概要を紹介した。特に、地表面における後流は飛行速度よりも上空を通過する飛行高度に依存し、ヘリコプターの機種が異なっても近似式から推定できることを示した。

午後5部、座長：消防研究所 竹元昭夫、古積博

5. 火災抑止と延長阻止効果

竹元昭夫（消防研究所）

消防・防災ヘリコプターによる火災家屋風上の建物への延焼阻止、飛び火火災による火災延焼拡大抑止及び陸上自衛隊大型ヘリコプターによる火災家屋風横への延焼阻止について、散布飛行高度・速度の飛行条件及び投下水量によって変わる投下水の散布状況と関連づけた研究成果を紹介した。

6. 水投下による放射照度の変化

岩田雄策（消防研究所）

ヘリコプターによる空中消火実験において、一定の時間間隔で散水した場合の火災抑止効果等を評価するために、火災による放射照度の変化及び延焼家屋表面温度の測定結果を紹介した。ヘリコプターから散水した後の火災放射照度が散水前の値に戻る時間を示し、連続散水時間間隔と火災抑止効果について述べた。

7. 市街地火災におけるCH-47による空中消火

友池達也（防衛庁）

防衛庁第1ヘリコプター団が保有する空中消火器材の野火消火器材1型・2型の概要等を説明し、既に実施している山林火災時の空中消火の一例について紹介した。次いで、平成11年11月26日大分市で実施したCH-47による空中消火実験を参考にし、市街地火災発生を想定した空中消火のイメージ化を図り、燃料補給作業を含む空中消火活動の流れを図示し、運用場面からの問題点等について紹介した。

8. 市街地火災における空中消火の有効性と限界



写真 2

山下邦博（（財）日本気象協会）

市街地火災に対する空中消火の火災抑止効果は、投下水量、投下時間間隔のほか火災規模、気象条件等に影響されることから、効果は投下時の諸条件に左右されることが予測される。そこで火災実験の結果を基にして、火災抑止効果と風速、投下水量、投下時間間隔、火災規模、燃焼状態などの関係を示し、火災抑止効果が期待できる条件を提示した。特に、市街地火災と林野火災を比較すると、地形、可燃物量、火災規模、燃焼速度などが異なるため、それぞれの火災の特性の把握と比較検討から、市街地火災に適した空中消火法を確立しておく必要を指摘した。

これらの講演に対して、ヘリコプターからの投下水の命中精度向上、海水使用上の問題点、ホバリング飛行での水投下、消防防災ヘリコプターと防衛庁ヘリコプターの活動時における指揮系統、情報収集と情報交換、1分間隔の連続投下に必要な機数、市街地火災と林野火災の空中消火の関連など多くの質問があり、活発な討論（写真2）が行われた。

消防研究所の研究活動

「消防研究所報告」通巻89号(2000年3月)通巻90号(2000年9月)要旨

消防研究所で行った研究成果の一部は、『消防研究所報告』として刊行され、国内・国外の学界、研究機関、都道府県、消防学校、大きな都市の消防本部等に頒布しております。研究の詳細についての御希望や御意見等がございましたら、消防研究所まで御連絡下さい。

ニューラルネットワークを用いたAE源位置標定
—石油タンク底板への適用について— (平成12年
1月25日受理)

真家敦子、山田 實、本間恭二

石油タンク底板から発生するAEの発生源の位置標定に関し、実際の石油タンクへの適用の可能性についてシミュレーションで調べた。位置標定はニューラルネットワークのパターン認識機能を利用して行った。

センサの数およびAE波の減衰、環境ノイズなどに起因するAE波到達時刻の読み取り誤差の影響について検討した結果、石油タンク底板全面の位置標定は可能であることが分かった。

磁気式酸素濃度計に及ぼす消火剤の影響 (平成12
年1月27日受理)

斎藤 直、中田健一

磁気式酸素濃度計による酸素濃度の測定に及ぼすガス系消火剤の影響について、酸素、窒素、および消火剤の各濃度を正確に調製した混合気を用いて実験的に調べた。本研究では窒素、二酸化炭素、およびHFC227ea (CF₃CHF₂CF₃)の三種類の気体試料を消火剤として使用した。

酸素/窒素混合気の場合、実験に用いた磁気式酸素濃度計による酸素濃度の計測値は、0%から25%までの測定範囲の全域で実際の酸素濃度と良く一致し、窒素は磁気式酸素濃度計による酸素濃度測定を妨害することはなかった。

二酸化炭素の影響について、酸素濃度が20%、21%および25%の酸素/窒素混合気のそれぞれに、二酸化炭素を濃度50%までの範囲で加えて三成分混合気とし、混合気中の酸素濃度を測定して調べた。その結果、50%までの二酸化炭素を含む混合気に対する磁気式酸素濃度計の計測精度は、装置仕様の範囲内にあることが確かめられた。

HFC227eaについて二酸化炭素の場合と同じ方法で

調べた結果、酸素濃度の計測値と実際の濃度との差は大きく、HFC227eaの放出された区画の酸素濃度を磁気式酸素濃度計を用いて測定しても、正確な濃度が得られないことが明らかとなった。

磁気式酸素濃度計が消火剤から受ける影響は計器それぞれに異なるため、HFC227eaなどの計測精度に無視できない影響を及ぼす消火剤を含む空気の酸素濃度をこの濃度計で測定する場合には、計器それぞれに校正される必要がある。

やや長周期帯域における加速度スペクトルの半経験的
表現 (平成12年1月24日受理)

座間信作

やや長周期地震動評価に用いてきた標準スペクトルについて、地震規模Mと断層パラメータとの関係に関する最近の知見に基づき見直しを行い、海溝型、内陸地震それぞれに対応する新しいスペクトルモデルを構築した。その結果、従来の標準スペクトルは、M6.8以上で内陸地震に対するスペクトルモデルと同じになり、海溝型地震に対しては過小評価することが判明した。新しいスペクトルモデルを用いて得られた増幅度特性の標準偏差は、従来の場合と比較して小さくなり、大地震に対する予測精度も向上する事が確認された。

統合化した消防防災通信システム (FiReCos) の開発
(平成12年1月25日受理)

田村裕之、松原美之、細川直史、高梨健一、

志賀 崇、白井達郎、吉澤信一

消火や救助の現場活動の中で使い勝手の良い情報伝達手段となる統合化した消防防災通信システムを開発した。

研究開始時に研究の方向性を決めるため、いくつかの消防本部に対し、アンケート調査等を行った。ここで抽出された携帯無線機に対する改善の要望も取り込み新しい無線システム (FiReCos) を開発した。この

新しい無線システムは、高機能な携帯無線機とそれらの中継システムから構成されており、PHS (Personal Handy-phone System) の通信技術を基盤として、TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) のネットワーク技術を用いた通信システムである。FiReCosは、MCA (Multi-Channel Access) 方式やデジタル通信技術の採用によって、混信が起りにくく画像等のデジタルデータの伝送が行える。また、FiReCosは、ハンズフリーでの通信や、周囲に騒音がある中での双方向通話などの操作性や機能を実現し、TCP/IPを採用したことにより中継システムの拡張が容易である。さらに、FiReCosは、移動系と固定系の無線システムを統合化した消防防災通信システムとなっている。

FiReCosは、実際に消防本部で試用してもらった結果、性能、使い勝手とも良好であるとの評価を受けた。

簡易型地震被害想定システムの改良 (平成12年7月7日受理)

座間信作、遠藤 真、細川直史、畑山 健

兵庫南部地震を契機に開発した簡易型地震被害想定システム機能、運用、操作、活用方法等に関する全都道府県・政令指定都市の防災担当者及び一部の消防本部へのアンケート調査結果を踏まえ、以下の機能を新たに追加し改良を図った。

- (1) 活断層を線震源とする被害想定
- (2) 震度情報ネットワークの震度情報を利用した地震動評価
- (3) 地方自治体毎の想定被害の集計
- (4) 過去の地震リスト及び活断層リストを用いた入力ガイド機能
- (5) 特に応急対応に必要な負傷者、避難者数に関する想定項目の追加

(1)、(2)を用いた地震動評価の精度は旧システムの場合と比較して向上した。

また、(5)に関しては、兵庫県南部地震でのデータに基づいた予測式を提案し、その有効性を検証した。

プラスチックパレットの難燃化とその燃焼性 (平成12年6月8日受理)

箭内英治、山田常圭、那波英文

1995年11月に埼玉県で発生したトラック式倉庫火災は、プラスチックパレットの火災危険性を改めて認識させた火災であった。そこで、プラスチックパレットの難燃化とその燃焼性に関する研究を行った。プラスチックパレットに適用可能な難燃剤を添加したプラス

チック樹脂を作製し、その燃焼性、物性を調べた。また、燃焼性及び物性に対して性能の優れた難燃化ポリプロピレン樹脂を選び、実大のプラスチックパレットを作製し、半実大燃焼試験を実施した。

最終的に、赤燐と水酸化マグネシウム及び水酸化マグネシウムを添加した難燃化プラスチックパレットが難燃化の達成目標にかなったものとして作製できた。

実物茅葺屋根への放水浸透試験 (平成12年7月21日受理)

高橋 哲、田村裕之、竹元昭夫、大西 宏、稲垣勝彦、高田修作

植物性屋根を持つ文化財建造物の火災では、屋根材からの出火率が高い。従来、屋根設置式のドレンチャーや放水銃が使用されてきたが、屋根材内部に食い込んだ火災に対しては、十分な効果が無いと言われており、効果的な消火方法が探索されている現状である。そこで改めて、放水方法や消火剤の効果に関して、定量、定性両面から、実物茅葺屋根を使って検討し、植物性屋根の消火対策の参考とする事とした。実験の結果、(1)棒状放水では茅の重ね合わせ角度に水を打込むと、短時間にかなり深部まで浸透すること、(2)漏れ水噴霧では、水噴霧に比べて浸透率の高いこと、(3)穴空きパイプの敷設による放水では、茅屋根深部から、茅の重ね合わせ面に沿って、表面にかけて流れ出すこと、等の知見が得られた。

市街地火災時における空中消火の延焼阻止効果に関する研究 -その2 水投下による放射照度の変化- (平成12年7月28日受理)

岩田雄策、古積 博、佐藤晃由、竹元昭夫、寒河江幸平、金田節夫

1棟の火災に対して2機のヘリコプターにより一定の時間間隔で散水する空中消火実験において、その効果を評価するために、放射照度の変化及び延焼家屋表面の温度変化の測定を行った。その結果を以下に要約する。

- (1) 単数の建物火災において散水によって放射照度は減少した。しかし、崩れ落ちた木材の中で残った火災が散水から約1~3分後には火勢を取り戻したため、放射照度は再び増加した。木材クリブ火災においては、散水が掛かった木材クリブ表面の火災はほぼ消え、放射照度も大きく減少した。しかし、散水が掛からずに残った火災が大きくなり、放射照度は再び増加した。従って、散水による火災抑止は散水後に火炎が残る部分があるため、困難なことが

判った。

- (1) 延焼家屋の火災らの放射照度が散水によって減少するために、風上に位置する延焼家屋壁面の温度は散水前の温度より低下した。従って、散水には延焼家屋から風上に位置する延焼家屋への延焼を阻止する効果が認められることが判った。

統計分析に基づく室内温度異常の識別 (平成12年
8月8日受理)

河関大祐、高梨健一、松原美之
多変量分析を用いて建物の室内温度異常の判定を行う手法の検討を行った。本手法では室内の状況が正常な状況からどの程度異なるかをマハラノビス距離によって評価する。室温変化の測定およびその分散、平均、標準偏差等の統計的特性を求めて本手法の火災感知への適用可能性を検討した。

消防研究所「研究懇話会」要旨

[平成12年1月17日]

火災と消火の数値モデリング (NUMERICAL MODELLING OF FIRE AND FIRE SUPPRESSION) : デイミトリ・マカロフ、鶴田 俊

成層圏オゾン層を保護する目的でハロン消火剤の新規製造が禁止されている。消火性能の高いハロン消火剤の代替の目的で、新ガス系消火剤が開発された。新ガス系消火剤は、ハロン消火剤の代表ハロン1301に比べ消火性能が劣っており、必要な薬剤量が大きくなっている。また、誤放出時の人命安全を考慮し、新ガス系消火剤には区画内の上限濃度が設けられている。現在利用できる新ガス系消火剤では、消火に必要な消火剤濃度とこの上限濃度の差は、小さくなっている。このような背景のために、区画内の消火剤濃度を従来に比べ均一にすることが必要となっている。従来は、区画内の消火剤濃度を一定とした評価のみが行われてきたために、区画内の消火剤濃度を評価する方法を開発する必要がある。立体式駐車場を模擬した消火実験結果を用い、数値モデリングにより複雑な形状の区画内における火災を消火した場合の消火剤濃度を計算した。このようにして得られた消火剤濃度分布の均一性を計る指数を導入し、評価する手法について検討した。

市街地火災時における空中消火の火災抑止効果に関する研究—その1 実験概要：山下邦博

平成9年度（八王子市）及び平成10年度（苫小牧市）に行った市街地火災時空中消火実験に引き続き、平成11年11月24日～26日、大分市内において市街地火災空中消火実験を行った。今回の実験において、消防防災ヘリコプター3機を用いた第1実験では約3分間隔で計20回連続的に水を投下し、7m×7mの火災家屋から風下・風上・風横方向の倒壊家屋散乱物への延焼方向別火災抑止効果を調べた。さらに、強風の気象状況下における第2実験では防衛庁の大型ヘリコプターによるダウンウォッシュの強さ及び投下水の落下衝撃度を調べた。同じく強風状態における第3実験では、防衛庁の大型ヘリコプター3機を用いて約5分間隔で計5回水を投下した時の7棟の火災家屋群に対する火災抑止効果を調べた。

—その2 水の落下拡散特性：佐藤晃由

市街地火災に対する空中消火では、森林火災の場合と異なり、建物火災に対して水量が極めて限られているため、火災家屋に対する投下水の命中精度の向上と地上散布密度の的確な把握が求められている。しかしながら、ヘリコプターからの投下水の落下拡散性状は飛行高度、飛行速度、外気風速などの条件に大きく影響される。このため、平成10年度の苫小牧で行われた実験に引き続き、大分市で行われた消防・防災ヘリコプターと防衛庁の大型ヘリコプターから投下された落下水を高速度ビデオカメラ、赤外線ビデオカメラ、デジタルビデオカメラにより撮影し、投下水の落下拡散性状のコンピューターシミュレーション結果と比較するため、パターントラック法に基づく画像処理ソフトを用いて解析した。その結果、高速または高空を飛行しているヘリコプターからの投下水は噴霧状に分裂してしまう状況を把握した。

—その3 水の拡散範囲と対象家屋への命中度：寒河江幸平

空中消火の火災抑止効果には、水の散布範囲と対象家屋への命中度が影響する。今回の実験は三つに分けて行われたが、散布範囲は第1実験で50m²～400m²、散水密度は4.4L/m²以下であった。第2、第3実験では散布面積が600m²～900m²、散水密度は6L/m²以上であった。散水は実験全体を通して、ほぼ目標に命中したが、高速度、高高度での散布は命中度が落ちた。十分な散水密度を得るためには低速度、低高度が望ましいが、ホバリング等はダウンウォッシュの影響を受ける上、強風下では投下水が風に流されて命中度が落ちることがあることがわかった。風下からの飛行であったことより、風の弱かった第1実験では、煙で視程が悪くなったという指摘もあった。

一その4 水の投下と火災抑止効果：竹元昭夫

昨年までに実施してきた消防防災ヘリコプターによる空中消火実験では、基本的には投下水量が少ないことから、今回は5300リットルと投下水量が大きな陸上自衛隊の大型ヘリコプターを用いて実験を実施し、火災抑止効果について調べ、以下の結果を得た。

- 1) 9 m/s前後の強風下でも、飛行高度150ft、飛行速度20ktで精度良く散布すれば、幅約3 mで長さ30 m程度の無炎燃焼帯を2.5分以上、構築できることが判った。
- 2) 飛行速度が遅くなるほど散水密度が増すので、無炎燃焼帯の幅及び火災抑止時間が大きくなる傾向にある。
- 3) 飛行速度が速かった第1回、第2回を除くと、散布目標家屋の各家屋の全域が再燃焼するまでに3～5分であることから、散布飛行間隔は3分以内が望ましい。
- 4) 今回の実験では風下から風上へ向かっての散布飛行であったが、(1)に述べたような火災抑制効果があった。従って、このような飛行コースであっても燃焼区域の境界付近に散布すれば、延焼阻止帯を形成することは可能であろう。

一その5 火災温度の時間変化から見た火災抑止効果：佐藤晃由

市街地火災を想定した空中消火実験に於ける火災抑止効果を把握するため、消防・防災ヘリコプターを用いた5棟の模擬火災家屋実験（第1実験）及び防衛庁大型ヘリコプターによる7棟の模擬火災家屋実験（第3実験）において模擬建物の内部に熱電対をそれぞれ各家屋2～3本づつ合計11本設置し、火災の温度を測定した。第1実験における風上、風横方向の模擬家屋では、温度上昇は大きくなったが、20回の投下水によってかなりの温度低下が見られた。風下方向の倒壊家屋は激しく燃焼し、水投下による温度低下の時間は短く、1～2分後に温度は水投下前の状態に戻った。第3実験では、5回の水投下によって、温度低下は約3分続いたが、5分以内に温度は水投下前の状態に戻った。さらに、第1実験から第3実験までの実験場の風向風速を測定した。第2実験におけるダウンウォッシュの測定の結果、飛行地点から100 m離れた地点でもダウンウォッシュの影響が認められた。

一その6 放射照度の時間変化からみた火災抑止効果：岩田雄策

散水による放射照度の降下量等に測定結果に基づいて、空中消火の火災抑制効果について検討したところ、以下の結果を得た。

- 1) 連続的な散水で表面の火炎は容易に消炎したが、倒壊した木材等の内部に存在する火炎は残り、家屋火炎を完全に消炎することは難しかった。しかし、短時間であったが、火炎の抑制は可能であった。
- 2) 大量の散水が命中した位置に近い放射照度は、表面の火炎が完全に消炎するため非常に低減されたが、その効果は短時間で倒壊した木材等の内部に存在する火炎および周囲に存在する火炎により火勢が速やかに戻り、放射照度は徐々に上昇した。また、火災区域が広い場合、散水による火災抑制効果は部分的であった。

一その7 ヘリコプターの後流特性：金田節夫

ヘリコプターが偵察や放水のために火災場上空を飛行する際に発生する後流（ダウンウォッシュ）が火災に与える影響を把握するため、地表面で風向風速を測定した。飛行経路直下では概ね通過後10秒前後で、さらに経路から100 m離れた位置でも30秒前後で気流の変化が発生した。通過から気流変化の発生するまでの時間と高度とを元に後流の下方への拡がる速度を、同様に100 mの距離を元に側方への拡がる速度を求めた。

この結果、下方への拡がる速度は高度よりも速度に高い相関のあることが分かった。また、飛行速度を遅くした放水時には、直下点において落水水流前方の伴走流が、斜め後方に向かう後流よりも先に地表に到達することもあることが分かった。

一その8 水の落下衝撃度と散布密度：古積 博

大分市での空中消火実験（第2実験、大型ヘリコプターによる消火水の落下実験）において、消火水の落下衝撃度及び散布密度を測定した。消火水の落下衝撃度は、最大で約250kg/m²に達したが、各種安全基準と比較すると、必ずしも人体に大きな打撃を与えるような値では無い。しかし、落下水の中心部分を測定出来たかどうか、また、一度の実験だけのために再現性が確認出来ず、今後とも実験を行って再現性について確認する必要がある。また、散布密度は、全散水量が大きいために、最大で8.3L/m²と過去の実験に比べて大きな値を得た。

[平成12年3月13日]

高引火点危険物の火災危険性評価に関する研究：古積 博、岩田雄策、夏目泰忠

各種動植物油、潤滑油等の引火点が300℃を超えるような液体危険物について、その燃焼速度、放射熱、火炎高さ等の各種燃焼性状を測定した。これらの物質は、引火点が高いために発災危険性は相対的に小さく、将来、消防法上の危険物から除外される可能性がある。しかし、火災になった場合には引火点がより低いC重油等と比べて燃焼速度、周囲への放射熱が大きく、また、平均火炎高さも高い。これらの結果、今回実験に供した物質が必ずしも危険性が大きく低いというわけではないことを明らかにした。

延焼阻止に必要な水量と塩類水溶液の効果：高橋 哲

これまでの研究から延焼火災の阻止には、①第一段階として、放置可燃物の燃焼継続時間内に想定阻止帯に入射するエネルギーを水の気化によって遮断すればよいこと、その後②第二段階として、乾燥し又は湿潤状態の阻止帯が、再燃した自己の一部を熱源とする加熱によっても燃焼を継続できなくなれば自発的に延焼は停止する（自己燃焼限界）ことが分かった。再燃領域の規模は予熱継続時間によってほぼ決まり小さく、発熱量も小さいので、以後の燃焼を継続させる力は弱い。この火力を弱める効果の大きい阻止剤ほど延焼阻止効果が大きいと言うことになる。塩類水溶液の延焼阻止効果を①火炎高、②延焼速度、③燃焼面積で測定した。

ペランダを把持して昇降する消防用ロボットの開発—数値シミュレーションでの検証：天野久徳、山田 寛、西晴樹

多くの高層建築物が各地でみられるようになってきた。高層階へははしご付き消防自動車のはしごでは到達できないので、各種消防用設備および避難設備が設けられている。しかし、建物外部から高層階へ到達できる方法を検討しておくことも重要である。そこで、各種高層建築物のうち、共同住宅に着目し、共同住宅に設置されているバルコニーの手すりを把持して建築物外壁面を昇降するロボットの開発を行っている。実物大のロボットを試作し、ロボットの制御系を設計した。制御系には、非線形フィードバック法を用いた目標値追従制御とシークエンシャル制御を組み合わせたハイブリッド制御系を用いた。数値シミュレーションで動作の検証を行った結果、消防活動に十分な速度で昇降できることが確認された。

[平成12年4月10日]

中高層建物の噴出火炎性状に関する実験的研究—縮尺の異なった模型を使用した実験結果の比較：鈴木 健、関沢 愛、箭内英治、山田常圭、高梨健一

多層連続バルコニーを有する建物の外壁開口部を経由した上階延焼の機構を解明する目的で縮尺1/7と1/3の模型を使用した実験を実施した。以下のような結論を得た。

- 1) 縮尺1/7では、バルコニー深さ $d > 0$ の場合の火災室温度は、 $d = 0$ の場合の火災室温度よりも高かった。縮尺1/3では、縮尺1/7に比べてバルコニーの効果は顕著ではなかった。
- 2) 無次元化したバルコニー深さが等しいとき、等温度線はほぼ同様な形状をしていた。
- 3) どちらの模型でもバルコニーのない場合の方が、設置された場合よりもトラジェクトリー上の温度の減衰が小さかった。

画像処理によるくん焼火災検知：河関大祐

くん焼火災は、特に火災初期においては発熱量が少ないため、熱感知器ではなく煙感知器による感知が期待さ

れる。しかし発熱量が少ないために煙の上昇速度は遅く、空調の気流や室内上部に高温層が形成されると煙の到達が遅くなり、感知が遅れる可能性が考えられる。このような煙検知器によるくん焼火災感知の弱点を補う感知方式として、熱画像データを演算処理してくん焼火災検知を行うくん焼火災検知システムの研究を行った。火災感知システムにおいては非火災報防止が重要な問題であり、本システムにおいても調理や暖房の熱源を非火災現象として識別する必要がある。今回作成した画像処理ソフトウェアでは高温域の時間変化に着目してくん焼火災検知ならびに非火災現象の識別を行うために、(1)画像の前処理、(2)高温塊の抽出処理、(3)高温塊の消長追跡処理、(4)高温塊の分離・融合の判別処理および(5)くん焼火災検知のソフトウェアを開発した。パンヤ綿クッションのくん焼および電気ストーブを熱源とする状況においてくん焼火災探知および非火災現象の識別を正しく行えることがわかった。

石油燃料の導電率測定の問題点：松原美之

石油タンク内部への静電荷蓄積量と減衰速度が導電率に依存することを示したうえで、石油燃料の導電率測定方法の現状及び静電気危険の指標として用いるうえでの問題点の整理を行った。

[平成12年5月8日]

リモートセンシングデータに基づく災害評価のための市街地特性の抽出に関する研究：細川直史、座間信作、星仰

リモートセンシングデータの解析を都市防災に应用することを目的とした以下の3つの研究が紹介された。

- 1) ニューラルネットワークの一種である自己組織化マップ (SOM) による、1995年兵庫県南部地震の際に発生した液状化領域の抽出に関する研究
- 2) 航空機に搭載された高解像度の多偏波合成開口レーダ (PI-SAR) のデータをもとに、SOMによる土地被覆分類手法により市街地の構成を抽出する研究
- 3) LandsatTMデータの標準植生指数 (NDVI) と都市化指数 (UI) から推定した建物の分布データに基づいて、地震火災の発生危険度予測を行う手法の研究。

感知器に及ぼす準マイクロ波の影響：田村裕之

光電式煙感知器、イオン化式煙感知器、赤外線式炎感知器、住宅用の定温式熱感知器の4つのスポット型感知器に、スイープ率約1%で周波数1~4GHzの電磁波を曝露させ、感知器のイミュニティ性能を調べた。その結果次のことが分かった。

- 1) 光電式煙感知器と赤外線式炎感知器は、携帯型の無線機が感知器の1m以内で使用されないような場所への設置が必要である。
- 2) イオン化式煙感知器は、日常的な電磁波ノイズには強かった。
- 3) 住宅用の定温式熱感知器は今回の実験の中では誤動作をせず、イミュニティ性能は高かった。

[平成12年6月12日]

一面せん断試験中の供試体内部の応力場について：新井場公徳

一面せん断試験によって再現されるすべり面の形成過程を研究し、応力変動に基づいた斜面崩壊の定量的予測の基礎的知見を得ることを目的として、乾燥豊浦砂のせん断試験に於いて底部5箇所での応力を測定した。その結果、薄い試料では、水平面内の応力比は内部摩擦角が発揮されたこと、せん断応力は初期には測点による差異が小さいが、せん断に伴い供試体一端から順に低下していくことなど、連続するすべり面の形成過程と考えられる現象を観察した。一方、せん断力のピークに相当する変位置を底面の応力によって説明することが出来なかったこと、最大主応力軸の傾きが理論値よりも小さい値となったことなど、検討課題が残った。

燃焼の抑制機構に関する統一理論の検証一次世代複合消火剤の可能性：佐宗祐子

高性能消火剤の探索には、ハロン1301の臭素原子に見られるのと同様の火炎ラジカル除去サイクル（負触媒効果）と、抑制剤の諸物性の関係を定量的に調べる必要がある。消火剤の物理的効果と化学的効果の分離を試みた

例はあるが、化学的效果を非触媒的ラジカル捕捉効果と負触媒効果に分離する方法はこれまで存在しなかった。最近、気相燃焼の総括反応速度パラメータが消火剤の作用機構により規則的に変化することが示され、この変化量を非触媒的ラジカル捕捉効果と負触媒効果の指標として用いることが提案された。本研究では、この理論の妥当性を検証するため、金属化合物等を含む様々な燃焼抑制剤を添加したメタン火炎について計算機実験を行い、総括燃焼速度パラメータの変化により、抑制剤の物理的效果と非触媒型ラジカル捕捉効果、負触媒効果を分離定量できることを示した。また、負触媒効果が大きい抑制剤を物理消火剤と複合利用することにより顕著な相乗効果が期待できることを示した。

[平成12年7月10日]

中高層建物の噴出火炎性状に関する実験的研究

一その1 画像に基づく火炎相当領域の抽出：高梨健一、鈴木 健、山田常圭、箭内英治、関沢愛、栗岡 均、佐藤博臣

中高層建物火炎における上階延焼の危険性について検討を行う上で、火災室開口部から噴出する火炎によって上階の壁面が受ける放射を定量的に予測することは重要であり、そのためには火炎高さなどの火炎性状を正確に把握しなければならない。本発表では、縮尺1/3の中高層集合住宅模型を用いた火災実験においてデジタルビデオカメラにより撮影したビデオ画像から単純な条件設定により火炎相当領域を抽出し、領域の垂直方向噴出長さと同方向噴出長さについて、従来用いられる目視による方法と比較検討した結果について報告した。煙の少ない条件下で適正な抽出条件を設定した場合に、画像処理によって得られた対象領域先端の平均位置は目視によって得られた対象領域先端の平均位置と良く一致した。

中高層建物の噴出火炎性状に関する実験的研究

一その2 火災室上階壁面への熱流束測定：山田常圭、箭内英治、高梨健一、鈴木 健、関沢 愛、佐藤博臣、栗岡 均

実物の約1/3縮尺模型実験で得られた火災階壁面への熱流束データ及びビデオ映像をもとに、壁面への流入熱流束に及ぼすバルコニーの影響、火炎からの放射熱について検討した。その結果、火災階の上階壁面への熱流束はバルコニーが深くなると共に指数関数的に減ずることが明らかとなった。また映像情報から得られた火炎形状より、火炎放射のモデル化を行い、火災階直上階での壁面への熱流束測定結果から火炎面の放射強度を推定し約30~50kw/m²であるとの結果を得た。その他、噴出火炎から上階への放射熱を予測する既往の予測算法を本実験結果に適用して妥当性の検証を行い、改良の必要性があることを確認した。

[平成12年9月11日]

ナトリウム火災対策としての窒素消火の課題：斎藤 直、蓼 赤虹、鶴田 俊

窒素希釈空気中におけるナトリウムの着火・消火現象について、消火酸素濃度、冷却した消火残渣の空気中における再着火現象と消火酸素濃度との関係、及び消火酸素濃度以下の低酸素雰囲気での着火現象それぞれに及ぼすナトリウム温度の影響を調べた。ナトリウム同軸流バーナーによる測定結果から、それぞれの燃焼範囲を温度-酸素濃度グラフ上に図示した。その結果、150℃以上のナトリウムは、4%以下の酸素濃度においても何らかの燃焼が生じる可能性があり、特に300℃から500℃までの温度範囲では1%以下の低酸素濃度で消火しても着火や再着火する場合のあることを明らかにした。これらの事実は、窒素消火だけではナトリウム火災対策として不十分であることを意味する。冷却消火残渣の再着火現象と低酸素雰囲気における着火には、燃焼により生成する過酸化ナトリウムが一因となっている可能性を示し、過酸化ナトリウムの生成を妨げる消火方法開発の重要性を指摘した。

群馬県尾島町での爆発火災（速報）一現場調査の概要と今後の原因究明の方針等：古積 博、山田 實、岩田雄策、長谷川和俊

平成12年6月に群馬県尾島町で起こった化学工場での爆発火災について、現地調査を行って火災、爆発の状況を調査すると共に発災物質と考えられているヒドロキシルアミン水溶液についてその火災・爆発性状について実

験的に調べ、火災原因を調べている。その結果、同物質がTNT並の爆発性状を有していること及び微量の鉄イオンの存在でその分解反応が急激に促進することが判った。今後共、消防庁が中心となって行っている爆発原因調査及びヒドロキシルアミンの危険性評価の見直しに協力する予定である。

神津島、新島、三宅島における石油タンク近傍での地震動観測と地震・火山被害状況（速報）：座間信作、畑山健、遠藤 真、新井場公德、山田 實、田中 純一

平成12年6月26日から三宅島雄山直下で始まった地震活動により、新島等では最大震度6弱を観測し、斜面崩壊等の被害が生じた。また8月18日には雄山が噴火し、大量の降灰や噴石、泥流による被害を受けた。このような状況の中で、島内の石油タンクに対し地震動が及ぼす影響、石油タンク直近での地震動観測、地震に伴う斜面災害の特徴及び三宅島・雄山の噴火による影響に関し、8月20日～24日にかけて行った調査、観測結果についてその概要を報告した。

[平成12年10月16日]

1次・2次溶融痕の判別に関する研究：李 義平

火災現場の溶融痕を研磨して金属顕微鏡で観察すると、しばしば酸化組織が認められる。酸化組織が出現することは知られているが、酸化組織が出た場合、この溶融痕が火災の原因になったもの（1次溶融痕）か、火災による火炎等にさらされて電線の被覆が焼失し、線間の短絡によりできたもの（2次溶融痕）かについては、定量的な判別方法が確立されていないのが現状である。溶融痕から酸化組織が認められた場合、この酸化組織により、1次溶融痕か2次溶融痕かを判別する方法を研究した結果、以下のことが得られた。

- 1) 溶融痕の酸化組織中のDASは酸素濃度と冷却速度の関数である。
- 2) 溶融痕の酸素組織中の酸素濃度とDASを測定するとレファレンスDASテーブルから溶融痕生成時の雰囲気温度が推定できる。
- 3) 溶融痕の酸化組織は火炎に曝露されても再溶融しない限りは変化しない。
- 4) 溶融痕に酸化組織が出現し、かつ溶融痕が火災によって再溶融しなければ、レファレンスDASテーブルを用いることにより、溶融痕が生成した時の雰囲気温度が推定でき、それによって1次・2次溶融痕の判定が可能である。

カロリーメーターによる自己反応性物質のSADTにの算定に関する研究：孫 金華、長谷川和俊

自己加速分解温度（SADT）を求める方法に関しては、国連の勧告書に4種類の方法が示されているが、他に、ABC、C80D等の反応熱量計の実験データを用いて計算する方法が広く使われている。ARCを用いてSADTを求めるためには、ゼロ次反応の仮定が不可欠で、なおかつ反応を低温側に外挿しなければならない。そのためSADT周辺で物理的变化（融解、結晶転移等）及び化学反応機構の変化がある場合、算定されたSADTは実測値との間差異が生じる。一方、C80Dは高感度であるだけでなく、測定条件をいろいろに変化させる機能を持つため、SADT周辺でのデータが簡単に取れ、反応機構の解明に有効である。このため、ARC法に比べて、C80D法はより実測値に近い正確なSADT値を求めることができる。特に、反応速度が遅く、かつ反応速度がほとんど温度に依存しない硝酸塩とアスファルトのような物質のSADTを求めるためには、C80Dが不可欠である。

[平成12年11月13日]

平行平板電極で測定した灯油の直流導電率に及ぼす印加電圧と電極間隔の影響：松原美之

平行平板型電極を用いて灯油の導電率を直流法で測定した場合には、電界強度6kV/m以下の零時間値が電極間隔などの幾何学的条件に依存しない値であることを示した。さらに、飽和導電率と電極形状の関係を、印加電圧を電極間隔の自乗で除した形状因子の関数として与えた。

地震被害の直後推定にはどんな電源モデルが必要か？—1995年兵庫県南部地震の被害分布を用いた検討：畑山健、座間信作

大地震発生直後の被害情報の空白を埋めるための被害の直後推定には、どのような震源モデルが必要であるか

を検討するため、1995年兵庫県南部地震の場合について、様々な震源モデルに対して家屋被害分布を推定し、実被害分布との比較を行った。比較には、単純ではあるが速報性に優れた気象庁発表のものから、緻密な解析により得られた神戸市域の強震動を再現する断層すべりモデルまでの数種類を試した。その結果、被害推定に、阪神地域のどの市（区）の被害が甚大であるかを言い当てる精度を要求するならば、試した中でも最も詳細に検討された断層すべりモデルが必要であるという結論に達した。

[平成12年12月11日]

浸水時の地下室の危険性について：鈴木恵子

平成10年7月から2年間、建設省住宅局へ外向し行政職として勤務した。この間の仕事の概要を紹介するとともに、建築基準法施行令の改正作業等に関する建築指導課と建築研究所の共同作業をみてきた中で消防研究所が学ぶべきと考えた幾つかの点を、所感として紹介した。

また、平成11年の九州梅雨前線豪雨と東京都内の集中豪雨で建物の地下室が浸水しそれぞれ1名が亡くなる事故が発生した。これを受けて建設省で検討した結果、扉の内外に30cm程度の水位差が生じると外開扉も内開扉も開放できないなど、新たな知見を得たので紹介した。浸水時には迅速な救援が困難であり、消防にとっても都市部での水害対策は新たな課題である。

森林火災における延焼防止に関する研究：佐藤晃由

毎年多数の大小規模森林火災が発生し、樹木の焼失のみならず環境的にも大きな被害が生じている。特に、強風乾燥下においては火災の急速な拡大による広範な領域の消失とともに住宅にまで接近する場合も多いが、その場合、山の尾根から尾根に谷を飛び出して急速に延焼拡大する例が見られる。本研究は、このような場合における火災延焼拡大性状と急速な延焼を早期に防止することを目的とし、模型実験及び数値シミュレーションによる基礎的研究を行った。ここでは以下の内容について報告した。

- 1) 無風時における斜面角度と燃焼速度の判定と従来結果の比較
- 2) 有風時斜面角度と燃焼速度の測定と従来結果の比較
- 3) 強風時における屋根から屋根への延焼に関する実験とシミュレーションによる比較。

樹脂管の管路損失について：金田節夫

合成樹脂製の配管材は鋼管に比べ、軽量、施工の容易性、耐食性等の長所がある。水系消火設備用配管材料として樹脂管を用いる場合の問題点を把握するため、その特性の中で管路損失の測定を行った。架橋ポリエチレン管、耐熱性硬質塩化ビニール管及びポリブデン管を対象として直線状管路における流量と損失水頭を測定し、管摩擦損失係数を求めた。この結果、レイノルズ数が 2×10^4 以上の範囲で三種類の樹脂管とも鋼管の管摩擦損失係数を下回り、工業的に利用されるムーディ線図の滑らかな管とされているものの値に近く、さらにこの値を下回る樹脂管もあった。さらに同線図の等価相対粗さの値で比べると、鋼管の管内粗さは樹脂管の4倍の値であった。

消 研 輯 報 第 54 号

平成 13 年 3 月 印刷

編集者兼
発行者

総務省 消防庁 消防研究所

東京都三鷹市中原 3 丁目 14-1
電話 武蔵野三鷹 (0422) 44局 8331