

# 消研輯報 51

平成9年度

## 【グラビア】

- 一般公開、第45回全国消防技術者会議
- インドネシア国の森林火災災害
- 市街地火災に対する空中消火実験
- 防災研究講演会
- 苫小牧の原油火災実験
- OECD-IGUS-EOS委員会、長官表彰授与式

## 【研究紹介】

- 高機能型携帯無線機の研究開発
- 無線電波により誤作動した石油ストーブ火災について
- コンセントのトラッキング火災防止対策
- 芯上下式石油ストーブの焼損後の使用立証
- 北海道苫小牧市での大規模原油火災実験

## 【国際会議及び国際的共同実験】

- 第5回国際火災安全科学シンポジウムに出席して
- 米国サンディア研究所での火災実験に参加して
- 韓国で開催された火災科学技術に関する国際シンポジウムに参加して

## 【外国の特異火災】

- インドネシア国における森林火災

## 【消防防災機器の開発等及び消防防災科学論文に係わる入選作品の概要】

- I 消防吏員による消防防災機器の開発の部（5編）
- II 一般による消防防災機器の開発の部（1編）
- III 消防吏員による消防防災科学論文の部（5編）
- IV 一般による消防防災科学論文の部（3編）

## 【消防研究所の活動】

- 第45回全国消防技術者会議報告
- 平成9年度一般公開の概要
- 消防研究所報告掲載論文概要
- 消防研究所「研究懇話会」要旨

# 消研輯報

51号

## 目 次

### 〔グラビア〕

- 一般公開、第45回全国消防技術者会議 ..... 1
- インドネシア国の森林火災災害 ..... 1
- 市街地火災に対する空中消火実験 ..... 1
- 防災研究講演会 ..... 1
- 苫小牧の原油火災実験 ..... 3
- OECD-IGUS-EOS委員会、長官表彰授与式 ..... 3

### 〔研究紹介〕

- 高機能型携帯無線機の研究開発.....田村裕之、松原美之、細川直史 ..... 5
- 無線電波により誤作動した石油ストーブ火災について.....佐藤昌幸 .....12
- コンセントのトラッキング火災防止対策.....溝口達夫、山本忠之 .....16
- 芯上下式石油ストーブの焼損後の使用立証.....杉崎倫男、本田弘夫、立川 克 .....22
- 北海道苫小牧市での大規模原油火災実験.....古積 博、岩田雄策 .....26

### 〔国際会議及び国際的共同実験〕

- 第5回国際火災安全科学シンポジウムに出席して.....田村裕之 .....30
- 米国サンディア研究所での火災実験に参加して.....古積 博 .....33
- 韓国で開催された火災科学技術に関する国際シンポジウムに参加して.....岩田雄策 .....36

### 〔外国の特異火災〕

- インドネシア国における森林火災.....山下邦博 .....40

### 〔消防防災機器の開発等及び消防防災科学論文に係わる入選作品の概要〕

- I 消防吏員による消防防災機器の開発の部（5編） .....45
- II 一般による消防防災機器の開発の部（1編） .....58
- III 消防吏員による消防防災科学論文の部（5編） .....60
- IV 一般による消防防災科学論文の部（3編） .....73

### 〔消防研究所の活動〕

- 第45回全国消防技術者会議報告 .....81
- 平成9年度一般公開の概要 .....84
- 「消防研究所報告」掲載論文の概要 .....86
- 消防研究所「研究懇話会」要旨 .....89



写真1 一般公開（平成9年4月18日）  
高機能型携帯無線機を試用中の佐野消防庁長官  
（本文84ページ参照）



写真2 第45回全国消防技術者会議（平成9年10月12日）  
上原東京理科大学教授の特別講演  
（本文81ページ参照）



写真3 インドネシア国の森林火災災害に対する緊急  
援助活動（平成9年9月～10月）  
ジャンピ市内の煙の様子（本文40ページ参照）



写真4 市街地火災に対する空中消火実験  
（平成9年11月20日）



写真5 市街地火災に対する空中消火実験  
（平成9年11月20日）



写真6 防災研究講演会（平成10年1月21日）



写真7 苫小牧の原油火災実験  
(平成10年1月26日)  
20mタンク火災  
(本文26ページ参照)



写真8 OECD-IGUS-EOS委員会(平成10年3月9日～11日)  
OECD-IGUS-EOS委員会が三鷹の消防研究所において開催された。  
OECD-IGUS-EOSは経済協力開発機構-不安定物質の爆発危険性に関  
する専門家の国際機構-エネルギー・酸化物質分科会である。



写真9 消防防災機器の開発等及び消防防災科学論文に係わる表彰授与式(平成10年3月23日)  
(本文44ページ参照)

# 高機能型携帯無線機の研究開発

田村裕之、松原美之、細川直史

## 1 はじめに

複数の人間が共同して作業するとき、相互の情報交換が不可欠であり、消防活動ももちろんこの例外ではない。むしろ、時間的・空間的に非常に制約された環境で、かつ、危険性の高い状況下での活動であることを考慮すると、隊員相互間の円滑な情報交換の必要性はきわめて高いと言える。近距離であれば音声による情報の交換も可能であるが、騒音の大きな消防活動現場の環境を考えると、10メートル以上離れた隊員間の音声による情報交換は不可能に近いと考えられ、伝令隊員や無線による情報伝達などに依存する必要が生じてくる。

消防用携帯無線機は、そうした場での情報交換手段として導入されているが、隊員が実際の作戦環境の下で使用するという観点で現在の携帯無線機の機能を調べて見ると、操作性をはじめとして、必ずしもその要求を満たしているとは言えない点がある。もちろん、従前より指摘されている通信の輻輳の原因である電波資源の不足も、改善を要する課題の一つである。阪神淡路大震災時の消防活動においては、応援に駆け付けた消防本部間の無線通信に非常な苦勞があった。混信を防止する目的で隣接する地域の消防本部には異なる周波数が割り振られており、その結果、隣接消防本部よりの応援を受けた際には相互に交信可能な周波数が共通波に限られてしまうことが、その一因であった。

こうした現状分析のもとに、我々は、平成7年度から「携帯無線機の機能の高度化に関する研究」を行ってきた。この研究では、近年急速に進歩したデジタル通信と移動体通信の技術を活用し、より使いやすく、より混信に強い、高機能型携帯無線機を開発することを目指し、国際技術開発(株)と日本ビクター(株)との共同研究を実施した。さらに、平成9年度から高機能型携帯無線機をベースとした「統合化した消防防災通信システムの開発」に着手している。

本稿では今までの研究経緯の概要と、開発した高機能型携帯無線機及び現在開発中の統合化した消防防災通信システムの概要を紹介する。

## 2 目指した機能の概要

高機能型携帯無線の開発に当たって、まず開発目標とする機能について、いくつかの消防本部の無線運用の担当者から携帯無線機運用の実態と、開発の方向性についての意見を中心として、ヒアリング調査を行なった。ヒアリング結果の概要を表1に掲げる。この調査を通じて、「携帯無線機の要改善点」と「開発の方向性」を以下のように調整した。

### 携帯無線機の要改善点

- 1) 重い、ぶ厚い、高価
- 2) 手袋などを装着した状態では操作が困難
- 3) 電波割り当てが少なく輻輳する
- 4) 呼吸器を着けた状態では使いにくい
- 5) 電波出力の割に到達距離が短い

### 開発の方向性

- 1) デジタル通信技術等による通信条件の改善
  - ・周波数帯域の節約と効率的な使用
  - ・ノイズ対策
  - ・秘話性の獲得
  - ・耐混信性の向上
  - ・到達距離の改善
- 2) 通信されるデータの追加・改善
  - ・画像データ、位置情報、健康情報などのデジタルデータ送信機能の付加
- 3) 携帯性・操作性の改善
  - ・ハンズフリー化（面体をかぶったままで、手を使わず通信できる。）
  - ・双方向通話（電話のように話が出る。）
  - ・マイクロフォンの改良（周辺の騒音を拾わない。）

開発の方向性を要約すると、「デジタル通信」、「咽喉マイク」等の技術を用いて、「ハンズフリー」で、「騒音のある環境」の下でも「双方向」な通話が可能で、さらに、画像・手書き絵・位置情報・健康状況などのデジタル情報を送ることが可能な機器開発を目標とするというものである。我々が行った各種無線システムに対する調査結果より、高機能型携帯無線機の開発には、効率的な電波資源の活用、デジタル通信技術、双方向通話などを実現し、既に民生用として広

表1 携帯無線機の使用実態などに関するヒヤリング調査結果

<p>Y市での調査結果</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 150MHz帯（消防系）と400MHz帯（署系）の2種類の携線機を保有。通常1台の車両に消防系2台、署系2台の計4台の携帯無線機を装備。</li> <li>2) 指揮隊長は消防系と署系の2台を携行し、消防系で現場指揮本部と、署系で各隊員との交信を行う。</li> <li>3) 付属のストラップで肩に掛けて携行し、運用。ストラップやアンテナなどが引っ掛かり障害となっている。脱着と携帯が容易で、突起物のない無線機が望まれる。</li> <li>4) 操作が簡単でシンプルな構造が現場活動上有効。</li> <li>5) 隊長は2台の無線機を携行しているが、確実な操作という点で2つの周波数を1台にまとめたものより2台の方が使いやすい。</li> <li>6) 隊員からの映像は指示の的確化につながると期待。</li> </ol>
<p>T市での調査結果</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) 電波は、全国波1、県波1、市波1、救急波2（基地、移動各1波）。</li> <li>2) 車両1台につき2台の携帯無線機を配備し、車と隊長間で通信を行う。</li> <li>3) 現在の無線機はかさばるため、軽量化を希望。</li> <li>4) 救急隊員や救命士は無線を使うとき手がふさがっている。</li> <li>5) 指令センターや指揮所で得た地図や図面を現場隊員に伝えられれば良い。</li> <li>6) 競合する場合は、優先順位の下のものが通信中断（出場命令、災害通報、応援要請、指揮命令、現場報告の優先順位）。</li> </ol>

く普及しているパーソナルハンディフォンシステム（PHS）の技術を基盤技術として全面的に採用している。

### 3 開発した高機能型携帯無線機の概要

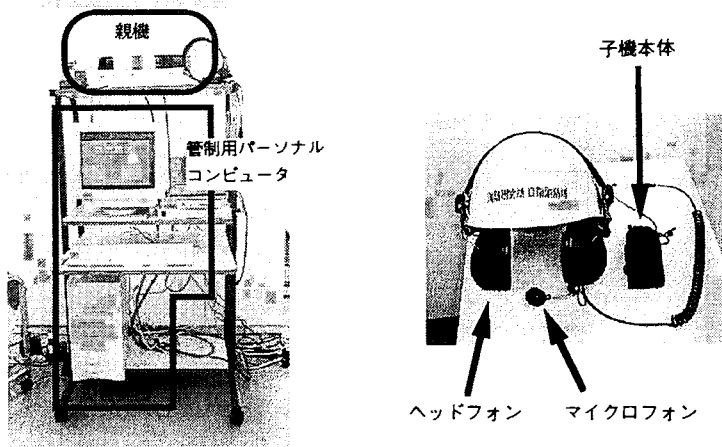
開発した高機能型携帯無線機の概観を図1に示す。また、システム全体の概要図を図2に示す。高機能型携帯無線機のシステムとしては、子機と親機、さらに、親機を制御する管制用パーソナルコンピュータから構成されている。最小の構成では、複数の子機のみでの双方向のハンズフリー通話が可能である。親機が加わることで、3台までの子機間でのグループ通話が可能となる。さらに、管制用パーソナルコンピュータが加わることで、隊員情報の表示、マウス操作による接続や切断が可能となる。また、今回開発したシステムでは送信された映像は、管制用パーソナルコンピュータの画面に表示されるため、画像を受信し表示できるのは管制用パーソナルコンピュータが接続されている場合に限られる。

開発した高機能型携帯無線機は、PHSで使用が認め

られている1.9GHz帯のうちの、子機間通信（トランシーバーモード）用の10周波数（4通話／1周波数。40通話分）を用いている（図3）。電波出力は電波法の制約内の10mWと微弱であるが、デジタル方式を採用しているため、電波条件の良い屋外では最大限1km程度までの通話が可能であった。それぞれの子機ごとに0～999番までの識別番号が割り振られ、この識別番号により送信相手の指定、受信番号の識別が行われるため、自分のもっている子機以外を呼び出す信号にわずらわされることがない。また、通信に使用する周波数は、その時点で使用されていない周波数を自動的に探し出して選択するMCA（Multi Channel Access）方式となっているので、輻輳の確率は大幅に低減されている（図4）。

子機に対する基本操作では、実際の活動条件を考慮し、2つのボタンによる操作を実現している。子機そのものはPHSと外観的には同一のため、テンキーによる番号入力が可能であるが、消防活動現場では手袋をはめた状態や作業で手が塞がっている状態などが考えられ、小さな押しボタンと数字を判別しながらでは操





(a) 親機と管制用パーソナルコンピュータ

(b) 子機

図1 高機能型携帯無線機の子機と親機および管制用パソコン

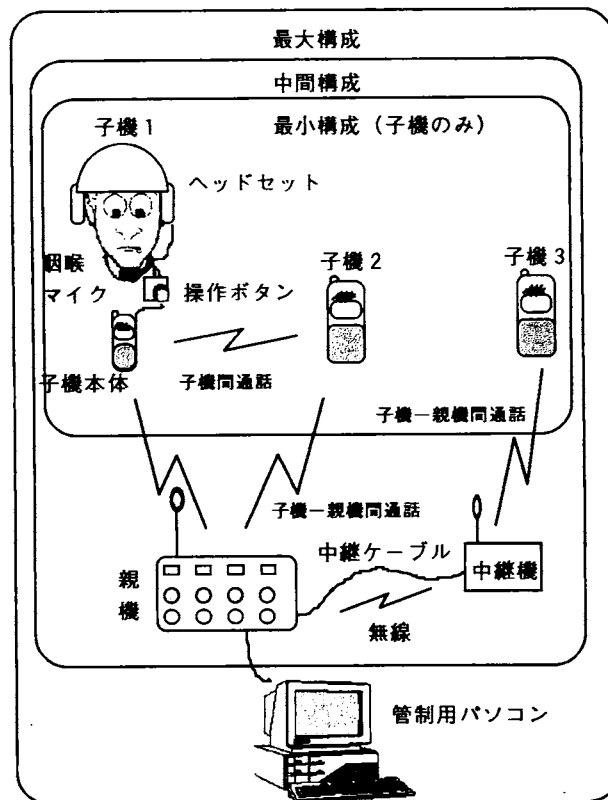


図2 高機能型携帯無線機の構成概要図

作しにくい。そこで、通信相手の選択、呼び出し、着信応答、交信切断、緊急時の呼び出し等の基本操作を、2つの大きめのボタンで行えるようにした。これによ

り、手袋をはめたままの片手を使い、少ない操作で通信が開始・終了できる。

周囲騒音は送信音声を不明瞭とするだけでなく、受

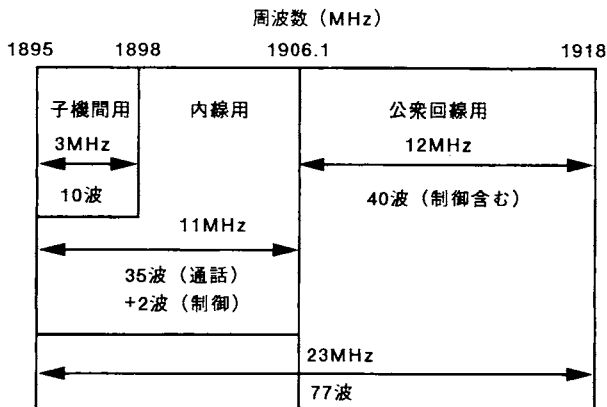


図3 1.9GHz帯の周波数利用状況

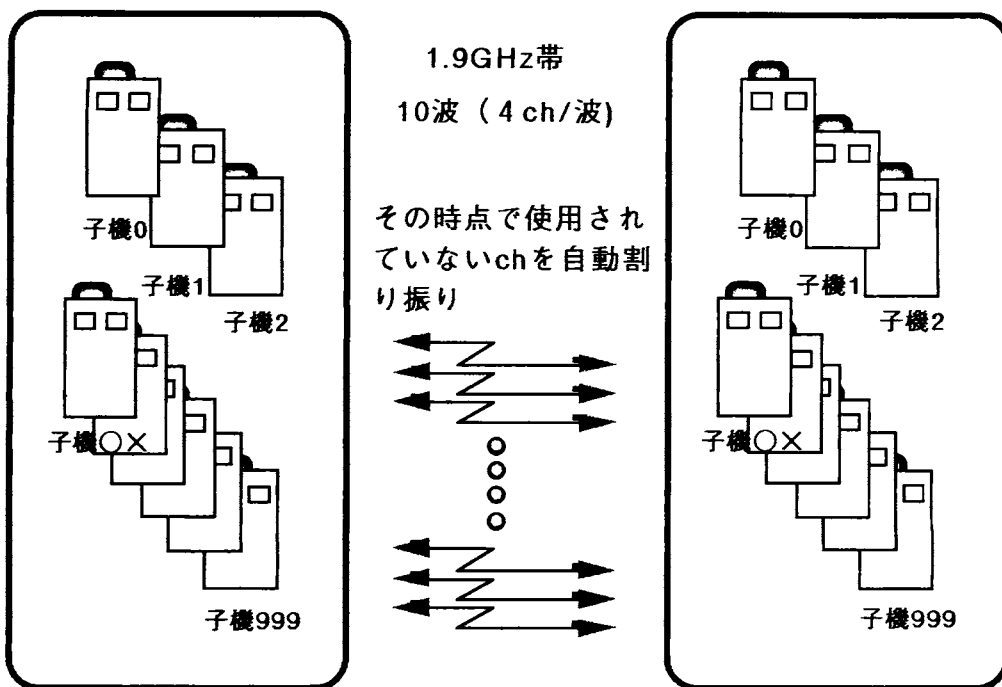


図4 周波数の割り振りと子機の識別

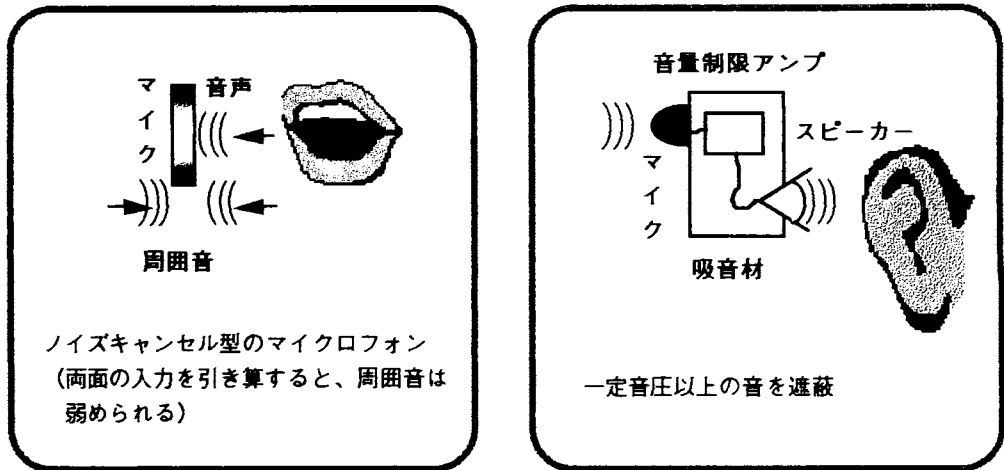
(子機番号0~999番の(親機ごとの設定可能)により制御され、相手指定・受信ともこの個別の識別番号によって管理される。)

信音声の判別を困難にする。一方、消防活動の場では周囲騒音は隊員にとって、周辺環境の情報を知り自己の安全を確保する上でも重要なものであり、遮音すれば対策として十分だというものではない。

そこで、幾種類かのタイプの騒音対策を組み合わせた子機を試作し、その比較検討を実施した。図1及び図6に試作した子機を示す。図1(b)の子機は、周囲騒音をキャンセルできる特殊なマイクロフォン(図

5)を防音ヘッドフォンと組み合わせたものである。図6(a)に示す子機は、消防隊用ヘルメット内部に子機本体を収納したもので、ヘルメット全体をスピーカーボックスとして使用する。マイクロフォンとしては咽喉部分の振動を直接取り込む、咽喉マイクロフォンを使用している。図6(b)の子機は、周辺の音声を内部に伝えるが一定音量以上の騒音は電気的に遮断する特殊なヘッドフォン(図5)を咽喉マイクロフォ

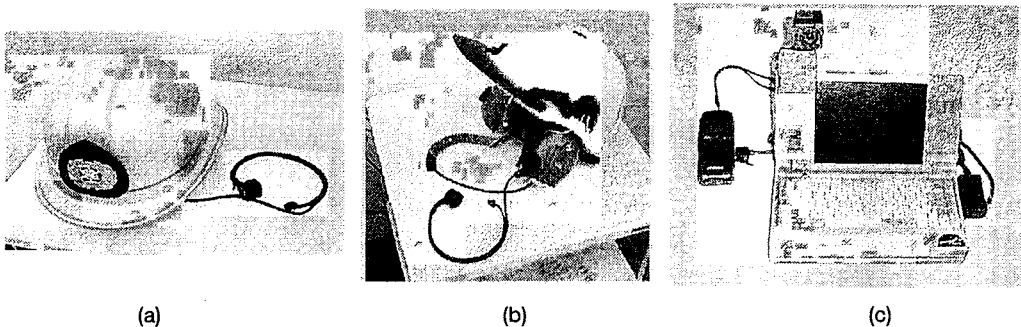




(a) マイクロフォンへの対策

(b) ヘッドフォンへの対策

図5 マイクロフォンおよびヘッドフォンへの騒音対策



(a)

(b)

(c)

図6 試作した各種子機

- (a) ヘルメット内部に子機本体を収納したタイプの高機能型携帯無線機子機
- (b) 一定音量以上の騒音を遮断するヘッドフォンを付けた高機能型携帯無線機子機
- (c) 画像送信用子機

ンと組み合わせた子機である。消防活動現場の騒音環境を模擬した実験室で実際に通信し、騒音対策の効果と装着感を試験した結果では、図6 (b) のタイプのヘッドセットが最も操作性が良好であった。

今回のシステムでは、画像の送信のためには、デジタルカメラをパーソナルコンピュータ経由で子機に接続した専用の子機を用いる (図6 (c))。

さらに、本高機能型携帯無線機のヘッドフォンは、在来型の消防用携帯無線イヤホン端子からの出力を混合させることが出来、在来型の携帯無線機との併用を可能としてある。これは、高機能型携帯無線機の本体重量が約100グラムと軽量でかつきわめて小型でかさばらないことから、在来型の携帯無線機を携行するこ

とが可能な条件では、これを併用することにより受令機能的な機能として利用でき、通信経路確保の信頼性向上が期待できると考えたからである。

高機能型携帯無線機の機能を以下にまとめる。

- 1) 使用周波数 1.9GHz帯
- 2) 出力 10mW
- 3) 子機本体重量 約100グラム
- 4) 連続使用時間 6時間以上
- 5) 通信周波数の自動割り機能 (MCA)
- 6) ハンズフリー通話可能
- 7) 双方向通話可能
- 8) 2つのボタンによる基本操作が可能

- 9) 騒音環境の下での使用可能
- 10) 通話相手の識別と特定が可能
- 11) 3台までの間でのグループ通話が可能
- 12) 画像などのデジタル情報の送信が可能
- 13) 一般の消防携帯無線機との併用が可能
- 14) 親機による隊員情報管理
- 15) 中継装置設置に対する拡張性

#### 4 統合化した消防防災通信システムの開発とその方向性について

高機能型携帯無線機は10mWときわめて電波出力が小さい。この小出力が長時間の連続使用を可能としている一方で、消防活動現場で要求される到達距離が確保できるかとの疑問を持たれるものと予想する。この点に関しては、開発の当初から検討した結果、現在の出力と周波数での高機能型携帯無線機の開発を決めた。

この決定の背景には、次の2つの大きな理由がある。

第1には、現在の消防用携帯無線機の数Wの出力をもつても、電波の到達できない空間が残ることは従前より指摘されているとおりであり、出力を上げることによって建物内空間のすべてに電波を到達させる方式には限界があるということである。特に、電波を遮断する性能を盛り込んだ、いわゆるシールド建物が登場していることも考えあわせると、隊員の活動する現場を、確実に通信可能範囲とするためには、すべての通信経路を無線に依存することは現実的ではない。むしろ、命綱などの索状物の活用、梯子車先端など見通しの良い場所への中継器の配置などにより中継アンテナを多く設置することの方策を講ずるのが実際的である。

第2には、限られた周波数を有効に活用する方法として移動電話(携帯電話、PHS、自動車電話など)で採用されているセル方式では、個々の送信機の出力を小さくすることが基本になっていることである。このセル方式と先にも述べたMCA方式をとっているお陰で、PHSは全体で77波という限られた波の数で混信することなく一般の電話需要に応えられている。

先の第1の理由にも書いたように、消防活動現場では無線のみの手段で発信できない範囲をなくすことは、たとえ無線機の送信出力を大きくしたとしても非常に困難である。この対策として、消防活動現場に発信可能な小セルを数多く実現することが必要である。発信可能範囲を安定で広範囲にするための方策として、現在開発中の「統合化した消防防災通信システム」では、高機能型携帯無線機をベースにして、一部ケー

ブルによる有線の経路を確保し、親機や中継器のネットワークを構築する方法を採用している。これは、先の「3 開発した高機能型携帯無線機の概要」中の「高機能型携帯無線機の機能15)」に示したものを応用したもので、Ethernet LAN等のコンピュータの回線通信技術を活用するものである。我々の試作機は、図7に例示するように、親機と中継器を有線または無線で接続して、Ethernet LANをTCP/IP接続で構築している。消防隊員が携帯する各子機は、最寄りの中継器を介して親機を含むLANに接続し、発信を行う。活動現場での実際のネットワーク構築の方法としては、命綱などの索状物にケーブルを埋め込む方法や耐火性を持たせたケーブルを用意するなどの方法での有線接続や、親機-中継器同士の間で途中がケーブルの敷設ができない場所やはしご車のはしご先端部分へは、光や電波による無線LAN接続を用いて、広範囲の通信基盤を確立する。また、可搬型のLANシステムを実現し、多様な現場活動、応援出動などに対応することを考えている。

また、「統合化した消防防災通信システム」では、使用する電波として、図3の内線用37波を使用している。制御チャンネルを有することや波の数が多ことからより安定した通信を実現している。制御チャンネルがあることから子機が交信中に異動した際に生じる交信中継器の変更(ハンドオーバー)が可能となる。また、開発中の本システムでは、内線経由、すなわちネットワーク経由で相手が見つからない場合には、子機間の直接通信(トランシーバモード)に切り替わり相手を探す機能を持たせる予定である。

これにより、自由度の高い柔軟な通信媒体の構築ができ、火災現場の多くの範囲を通信可能範囲に取り入れることができると考える。開発中の統合化した消防防災通信システムには、基礎技術にコンピュータネットワークの回線通信技術を取り入れて標準的なLANのプロトコルを採用していることから、一般的なLAN機器が容易に活用できることや他のネットワーク(例えば、NTT公衆回線やインターネットなど)との接続が可能であることが大きな特徴である。この特徴を利用して、消防活動現場内や現場と本部の通信に加え、応援に駆け付けたきた他の部隊との発信や防災無線などへのアクセスも可能な通信システムを開発中である。

#### 参考文献

- 1) 細川、田村、松原：移動体通信技術の現状と消防用携帯無線機について、消防研報、No.49、57-61 (1995)

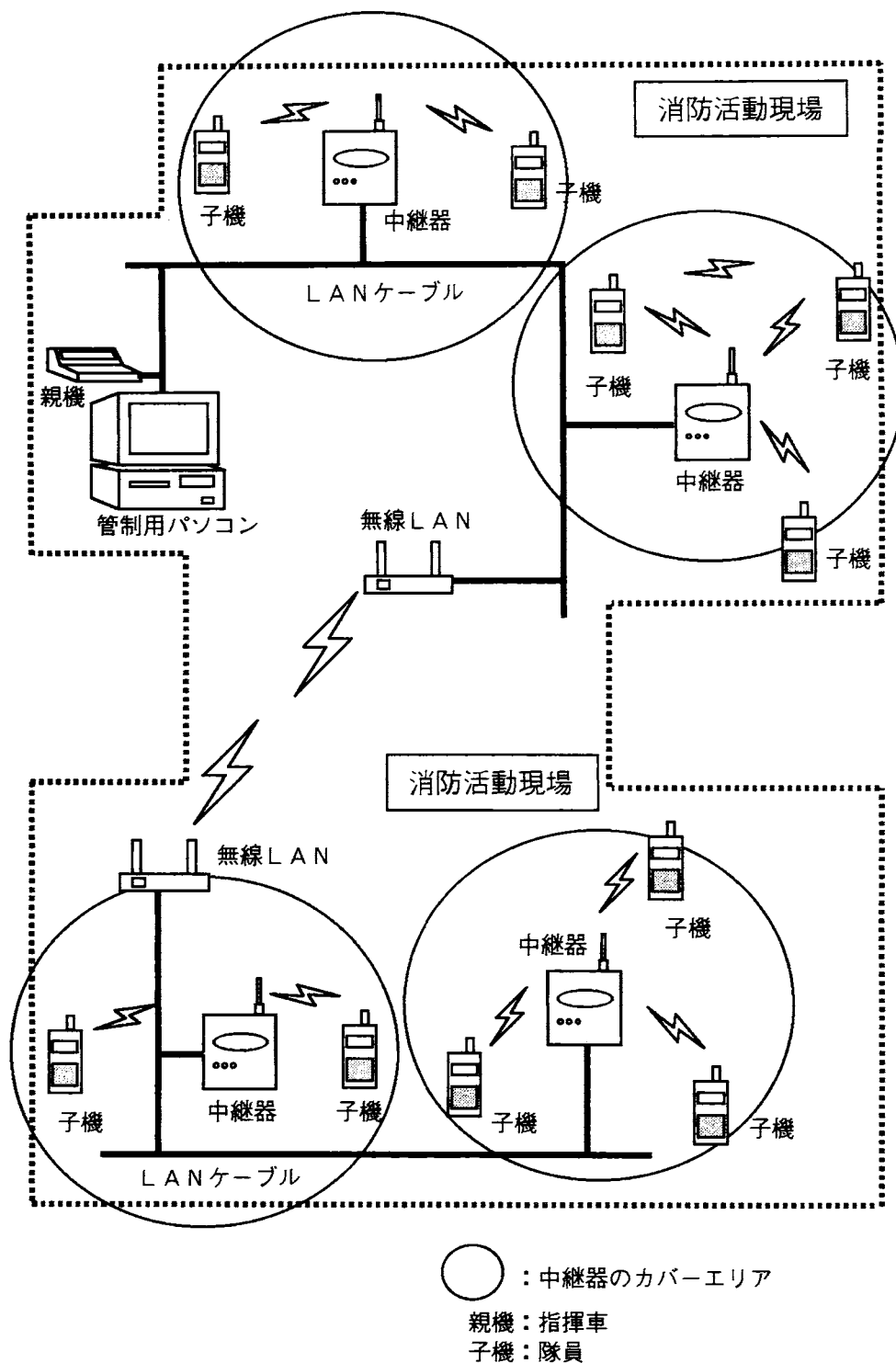


図7 活動現場でのLANを用いたシステムのイメージ図

# 無線電波により誤作動した石油ストーブ火災について

佐藤昌幸 (東京消防庁 調布消防署)

## 1 はじめに

東京消防庁の火災統計書「火災の実態」によると、石油暖房機器関係の火災は、この10年間でほぼ半減した。なかでも減少率の大きな器具が、石油ストーブである。安全装置の設置を法令で義務化したことやメーカーの出火防止対応策により機器の安全性が高められたこと、石油ファンヒーターの登場により、石油ストーブの保有率が年々減少していることなどが理由として考えられる。

一方、最近はカートリッジ燃料タンクのキャップの緩みに起因して燃料の漏洩による火災が増加しており、出火件数がやや下げ止まりの傾向にある。

このような中、トラック等に積載された高出力に改造された無線電波により、制御回路が誤作動し、石油ストーブから出火するという火災が発生したので紹介したい。

## 2 火災概要

- (1) 出火月日：平成8年7月
- (2) 出火場所：東京都調布市 (図1参照)
- (3) 焼損程度：建物、ぼや
- (4) 焼損物件：石油ストーブ、戸棚、書類、内壁、天井等各若干焼損
- (5) 出火時の状況

出火したのは、マンションの一階に設けられた事務室内で、当日は日曜で休日のため施錠されていた。無人の事務室には、使用していない石油ストーブが事務



写真1 焼損状況

室東側の戸棚の前に置かれ、ストーブ上にはちらしの入ったダンボール箱が、周囲にはダンボールや工具箱が無造作に置かれていた。石油ストーブのカートリッジタンクには、灯油が1/3程度残っており、点火スイッチ用電池はセットされたままの状態であった。(写真1参照)

この火災は、同マンション三階に居住する主婦が旅行から帰宅した際、出火室のドアから煙が出ているのを発見し、119番通報した。

## 3 火災調査

### (1) 現場調査

焼損していたのは、事務所の片隅に置かれた石油ストーブ周辺であり、焼損状況、関係者の供述、施錠状況等から、放火、たばこ、屋内配線や器具等の電気関係による出火の可能性は否定された。

他の火災原因についても検討したが、原因となるべきものがみつからなかった。

### (2) 石油ストーブについて

ア 石油ストーブは、一般的にはレバーまたはダイヤル式で芯を上げて点火するが、この石油ストーブはモータードライブによる自動点火装置をもち、ワンタッチスイッチ (誤ってスイッチに触れ点火するのを防止するため4秒以内に2回押す方式) を押すと作動信号が「制御基盤」に伝えられ、「芯作動モーター」が駆動して自動的に芯がセットされ、約7秒間点火ヒーターに通電後着火する、オートマチック式点火機構を備えたものであった。(図2、3参照)

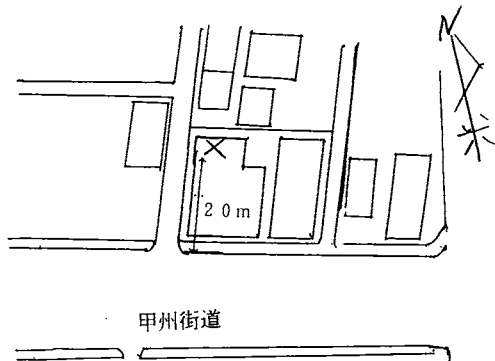


図1 案内図

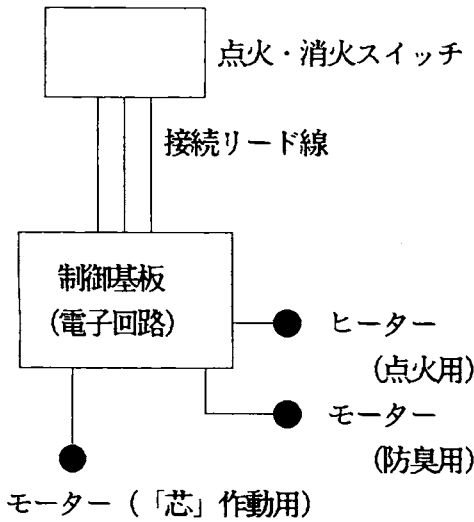


図2 制御系統図

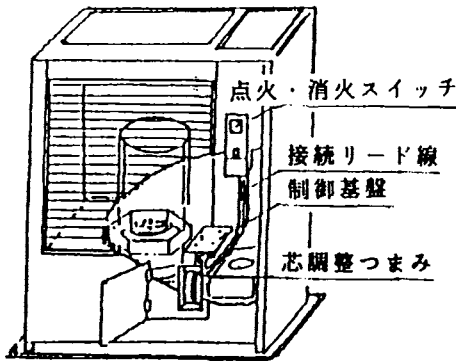


図3 石油ストーブ

## イ 製造販売状況

この方式を採用しているA社製石油ストーブは、昭和61年から昭和63年にかけて92万6000台が製造され、現在でもなお20万台から30万台が全国で使用されてい

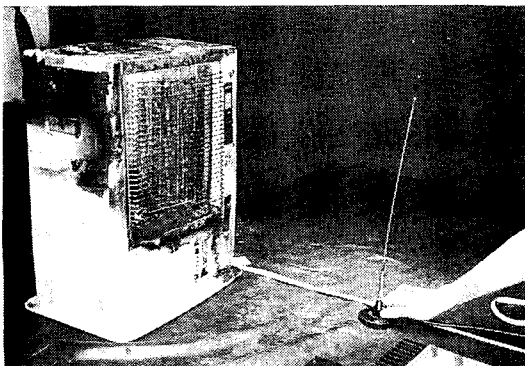


写真2 焼損状況

ると推定される。

## (3) 現場付近の状況

出火建物の位置は、1日の交通量が約5万台にも及ぶという甲州街道に面しており、現場調査の時点でもシチズンバンド無線（以下「CB無線」という。）等を備えたトラックが頻繁に走行しており、制御基板が無線電波で作動する可能性が考えられた。

このため、当庁調査課に鑑識を要請することとした。

## 4 鑑識及び実験結果 (表1参照)

## (1) 第1回鑑識実験

ア 年月：平成8年8月

イ 内容：メーカー関係者立ち合いの下で

① 同機種の機械装置部を使用して

② 同機種の機械装置部を出火した石油ストーブ枠に装着して無線の電波を放射状態にしてアンテナを近づけ、石油ストーブの作動実験を行った。

ウ 使用無線電話機：FR-150-S-Y型

150MHz・出力25W

エ 実験結果

## ① 使用立証

焼損した石油ストーブは火力調整レバーが下がっており、この位置から出火時点火状態であったことが確認された。

② 石油ストーブを机の上に置いた状態で、アンテナを水平にして近づけるとストーブ前方から35cmの位置で作動した。

③ 石油ストーブのスイッチに垂直に伸ばした状態でアンテナを近づけると、75cmの位置で作動した。

④ 外枠をつけた状態で石油ストーブを机の上に置きアンテナを近づけると、方向で若干異なるが、スイッチの前方35cmで作動した。

以上により、消防無線により石油ストーブが作動することが確認された。(写真2参照)

## (2) 第2回鑑識実験

郵政省電波管理局の協力を受け、高出力の無線機等による影響について実験した。

ア 年月：平成8年8月

イ 実験結果

① CB無線機 (27MHz・出力110W) では作動しなかった。

② アマチュア無線機 (145MHz・25W) では作動しなかった。(写真3参照)

## (3) 第3回鑑識実験

郵政省電波管理局の協力を受け、火災現場における電界強度等の測定を実施した。

表1 作動実験結果等

	実施場所	周波数 (MHz)	出力 (W)	距離 (m)	電界強度 (dB $\mu$ V/m)	備考
第1回	鑑識室	150	25	0.35 ↓ 0.75	140	●作動した
第2回	鑑識室	27	距離と出力を変えて実施			●郵政省関東電気通信監理局の協力を得て実施 ●CB無線及びアマチュア無線では作動しなかった
		140				
第3回	火災現場	144.85	不明		55	●走行する車両から発射された電波を測定 ●郵政省関東電気通信監理局の協力を得て実施 ●受信は1回だけで、作動しなかった
第4回	無線設備検査検定協会	27	50	約1.3	127	●電波無反射室で実施
		150	50	約1.3	127	●作動した
第5回	消防署通信室	不			明	●12日間置き、2日間に2回作動した

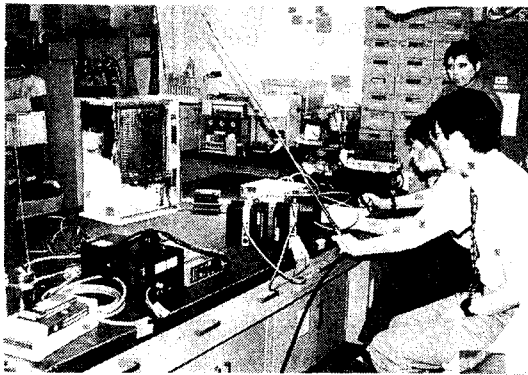


写真3

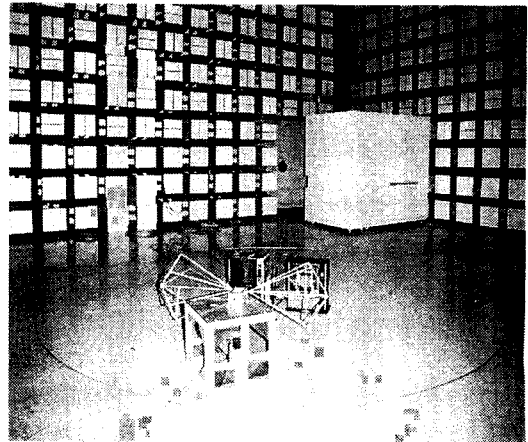


写真5



写真4

ア 年月：平成8年9月

イ 実験結果

無線機を積載した車両は多く通行しているが、現場通過時にタイミングよく電波を発射している車は少なく期待した結果は得られなかった。(写真4参照)

(4) 第4回鑑識実験(無線設備検査検定協会)

ア 年月：平成8年9月

イ 実験結果

150MHz帯の周波数・電界値102dB $\mu$ V/mで作動したのを確認した。(写真5参照)

表2 メーカーの作動実験検査（いずれも作動データ）

石油ストーブの型式	周波数 (MHz)	出力 (W)	距離 (m)	電界強度 (dB $\mu$ V/m)	備 考
A	131.6	70.7	0.8	102	航空無線帯域
	144-145	不明	不明	160	アマチュア無線帯域
B	43.6	72.5	1.0	155	軍用無線帯域
	80.0	101.1	1.1	156	FM東京
C	92.0	19.9	0.5	156	該当なし

（注）型式は違うが、制御基板や「芯」の作動機構等、基本的な構造が類似しているのので3機種で実験した。

## (5) 調布消防署通信室内での調査

ア 年月：平成8年9月

### イ 実験結果

トラック等に積載された高出力に改造された無線機の電波により作動するかを実験するため、12日間石油ストーブを消防署通信室に置いたところ、2日目に2回作動した。

### (6) メーカーの実験結果

石油ストーブが無線電波により誤作動することが確認された。（表2参照）

## 5 実験結果からの考察

### (1) 誤作動する電波のレベル

石油ストーブが無線電波により誤作動するのは、電波の周波数帯にかかわらず、電界強度がおおよそ100dB $\mu$ V/mを超える高いレベルの無線電波を受けた場合であることが判明した。

### (2) 誤作動の原因

誤作動するの「高いレベルの無線電波が、アンテナ代わりとなる接続リード線に乗り、電子回路を作動させてしまう」ためである。

## 6 出火原因の判定

(1) 出火場所は甲州街道沿いで、CB無線等を設置している大型トラックやダンプカーが頻繁に走行していること。

(2) 実験結果から、当該石油ストーブは周波数帯の如何にかかわらず、高いレベルの電波を受けると誤作動することが確認されたこと。

以上の事実から、本火災は、「前述のトラック等に積載された高出力に改造された無線機から発射された電波により、石油ストーブが誤作動して出火に至ったもの」と判定した。

## 7 おわりに

以上が無線電波により誤作動した石油ストーブの火災原因調査結果の概要である。違法に高出力に改造された無線機により、石油ストーブが誤作動するという、従前には考えられないような出火機構であり、科学の発達による利便性と快適性の向上の裏に潜む火災発生危険性について改めて思い知らされた事例であった。

本件については、幸いなことに死傷者もなく、少ない損害で終わったものの、A社の同機種の石油ストーブが現在も全国で20万から30万台使用されていると推定されることから、メーカーに対し類似火災の防止対策を求めたところ、「保管時には必ず電池を抜いておく」等のチラシを300万枚作成して全国的に広報がなされた。

また、本件の石油ストーブの出火機構と取扱上の注意を喚起する報道が民間テレビ局のニュース番組を通じて全国に流された。

更に、郵政省が警察庁に対し不法・違法無線の取締りを要望する契機ともなった。

しかしながら、その後も他消防本部の管内において、類似火災と思われる火災が発生したとの連絡を受けている。更なる広報等の徹底により、本件に類似した火災が二度と発生しないことを切に願うものである。



# コンセントのトラッキング火災防止対策

溝口達夫、山本忠之 (大阪市消防学校)

## 1 はじめに

電気を発火源とする火災は、大阪市内で1年間に発生する全火災の約一割程度占めており、その発生経過も生活様式の変化や、新機構の開発等に伴い多様化してきている。

なかでもコンセントのトラッキング火災 (写真1) が表1に示すように増えてきており、この火災が電源の入っていないテレビの裏や冷蔵庫の裏など、全く思いもよらないところから発生するため最近大きな問題となっている。

トラッキングが特に危険であり問題とされているのは、電気機器の電源スイッチを切って注意しているにもかかわらず、火災になるまで全く配線遮断器 (ブレーカー) が作動しない点にあり、また、人がいない状態で出火することがあり発見が遅れ被害が大きくなる危険性を含んでいるためである。

本研究では、その出火に至るまでの経過に着目し、防止対策を検討した。



写真1 トラッキングによる発火例

表1 火災発生件数

	平成3年	平成4年	平成5年	平成6年	平成7年
電気による発熱体 (件)	187	175	186	175	197
接続器 (コンセント等) (件)	22	22	28	24	23
トラッキング (件)	3	6	10	8	11
トラッキング/接続器 (%)	14	27	36	33	48

※ 件数は大阪市消防年報のものであるが、トラッキングは原因別分類項目に無いため、火災概況から本研究で調査して件数を出したものである。

## 2 出火原理

コンセント等の接続器での発熱現象は、一般に接触不良による発熱が知られているが、これは電気機器等が使用されていることが条件として必要とされる。ところが、この接触不良による発熱とは別にトラッキングによる発熱現象があり、これが電気機器等の使用の有無に関わらず発熱し出火するという厄介な特性を持っているのである。

トラッキング現象を簡単に説明すると、プラグとコンセントの接続箇所のわずかな隙間に埃等がたまり、これに空気中の水分が吸着されるとプラグの栓刃と埃の間で小規模な放電が発生するようになる。そして、この際に発生する熱のため、これが長期間繰り返されると、プラグ及びコンセントの絶縁物の表面に次第に導電性の通路（トラック）が形成されていく。この現象をトラッキング現象と呼び、そして導電性の通路を構成する物質をグラファイトと言う（図1）。

グラファイトがプラグの栓刃間に発生すると、これが電熱器のニクロム線のような働きをし、絶縁材の表面で発熱するようになる。

このとき配線遮断器（ブレーカー）は、プラグ部分が異状発熱しても、それにより配線に流れる電流値は配線遮断器の定格以下であり、電熱器を使っている時と同じように正常であると判断するため、グラファイトが進み大電流が流れて発火し、配線が短絡するような状態になるまで作動しないのである（図2）。

通常トラッキング現象により発火するまでには長期間を要するが、コンセントを外さないかぎりは発生する危険性があり、現在のようなタイマーやリモコン操作する電気機器が増え、電源プラグを常時コンセントに接続して使用するのが定常化し、建物の機密性が高くなり、結露等が発生しやすくなってきている環境下では、短期間でもトラッキングにより出火する危険性が高くなってきている。

## 3 対策

トラッキング発生防止対策としては、現在僅かにプラグやコンセントの絶縁材を変えたり、埃が入り込まないようにカバーを付けたりしているが、いずれもトラッキングが発生しにくくなる程度であることから、より確実な方法が望まれるところである。

そこで、トラッキングは、その発生初期には絶縁抵抗値が高いため微弱な電流しか流れず、ジュール熱（電流  $I^2$ ）×抵抗値（R）×時間）の発生も少ないが、これを繰り返すうちにグラファイト化が進み大きな電流が流れるようになり、この電流の2乗に比例して大きく増加したジュール熱によって発火するという経過をたどるため、発火する前のトラッキング初期に流れる微弱な電流を検出して自動的に電気の供給を遮断すれば、未然に火災の発生を防止することができると考え、装置を試作し検討を行った。

## 4 試作

トラッキングによってできたグラファイトの絶縁抵抗値は、文献では概ね  $100\Omega/\text{mm}$  以下とされているが、実際にあった火災での試料を測定すると  $0.2\Omega/\text{mm}$  のものもあり、その時にプラグの栓刃間に流れる電流を計算するとそれぞれ  $83\text{mA}$  と、 $41\text{A}$  となり大きな差がある。

試作に際してはグラファイト化の進みが少ない  $100\Omega/\text{mm}$  ( $83\text{mA}$ ) のほうを装置の作動値の基準とすることにしたが、この値の電流が流れる時点では既に出火していることになるため、安全装置としては、この値よりもずっと低い電流しか流れていない早期のうちに検知して作動する性能が必要となる。

そこでこれを確認するために、まず

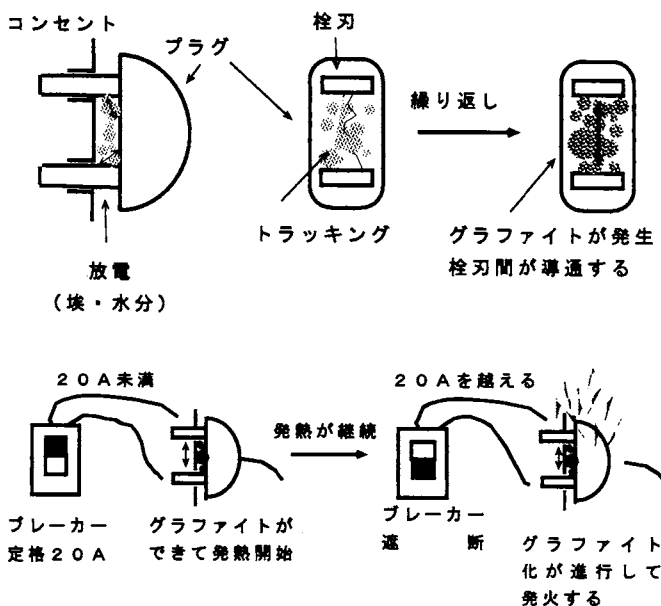


図2

試作品に用いるセンサーの作動特性の測定を行い（写真2）その結果を表2-1及び2-2に示す。

同表から約5mAの電流をセンサーに流した時点で装置が作動し始めており、この時を絶縁抵抗値に換算すると4000Ω/mmとなった。これは発火する時の値を100Ω/mmとした前記の場合の40倍になり、初期

のグラファイトの状態であると考えられた。

本装置はこのセンサー、発熱体及び温度ヒューズにより電源を自動的に遮断する構造になっており（写真3・4）、センサーには逆流防止用ダイオードを組み込み、さらに表面に出ている端子は屋内配線のアース側と同電位としてるので人が触れても電流が流れないようにになっている（これは電車の線路に電流が流れているのに触れても人には電流が流れないのと同じ理屈である）。

また、センサー部分には最大でも10mAの電流しか流れないため、故意に入力端子と受け刃電極に触れて

表2-1

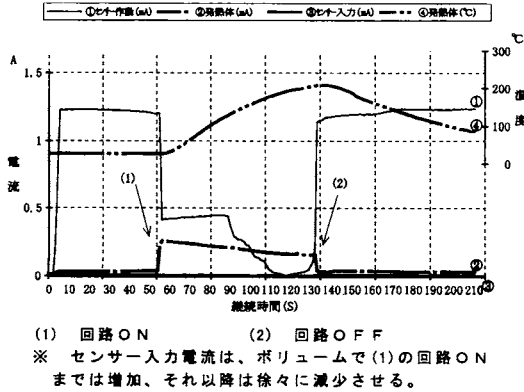


表2-2（表2-1のセンサー入力を拡大表示）

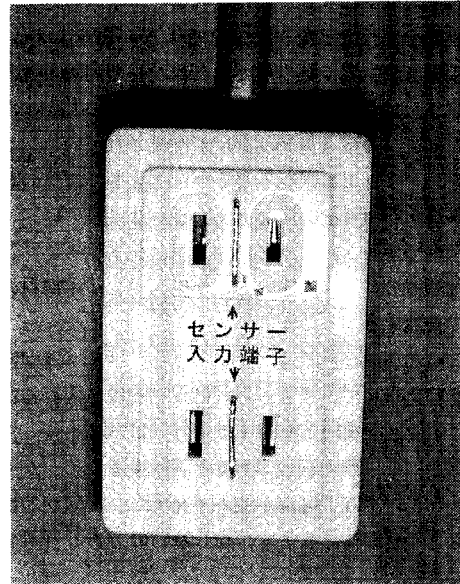
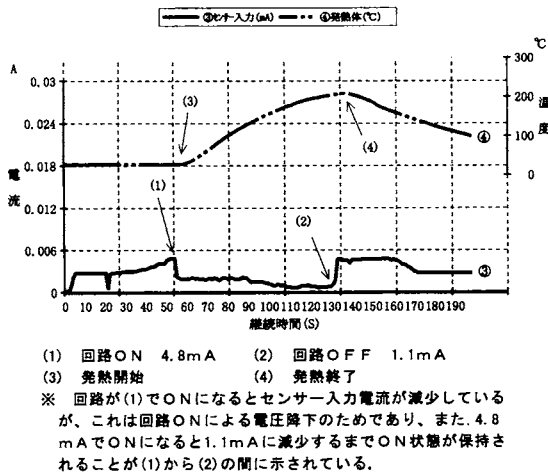


写真3 試作品のコンセントとプラグとの接続面。受け刃の穴間に写真に示す端子を設けることにより、トラッキングが発生した時に流れる微弱電流を検知することができる。

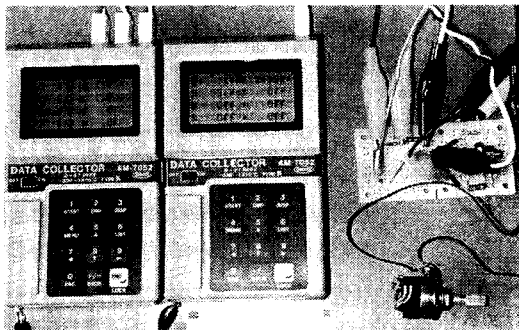


写真2 試作品の作動特性の測定

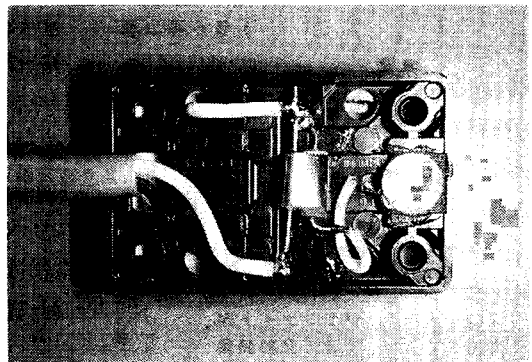


写真4 発熱体と温度ヒューズによる電源遮断機構（写真中央）

も感電しないように配慮している。なお、感電防止のため用いられる漏電ブレーカーでも、一般に30mA以上流れないと遮断しない(図3)。

5 実験

実験は絶縁材にトラッキングが発生しやすいベークライトを使用し、プラグの栓刃に当たる銅箔の電極間に埃と水分を付着させ(写真5)トラッキング状態を作り、センサーに流れる電流値、発熱体の温度、グラファイトの発生状況等を観察した。

電流及び温度の測定点は図3に示すとおりで、センサーがONになるとA①の値が急激に減少し、OFFになると逆に激増することで状態を示し、ONになると発熱体へ電流A②が流れ込み、その温度④が増加する。各実験の結果は表3~7に示すとおりであるが、センサー入力電流A③は1/1000A(1mA)程度の微弱電流であるので表上では0付近で変化のないものになっている。

実験 1

最初に水道水を電極間に滴下して実験を行った。こ

の場合、絶縁不良により絶縁材表面温度⑤が室温より約4℃程上昇して水分が蒸発したが、水道水ではすぐにトラッキングが発生する様子はなく、センサーも作動しなかった(表3)。

実験 2

次に水道水に1%の塩を混ぜたものを滴下させると、表4に示すように絶縁材の表面で瞬時に発熱して沸騰し、トラッキングの放電火花が発生した後、急速に温度が下がった。一方、トラッキング発生と同時に装置が作動し、発熱体が発熱し始め、130℃近くに達し、その後も7分間100℃以上の状態が続いていたが、このときのセンサーには僅か1~5mAの電流が流れているだけであった。

これはトラッキングが起ると、プラグの絶縁材の表面が全く発熱しないような場合でも僅かな電流が漏洩することを示しており、初期のグラファイトが発生したものと考えられ、表2-1、2-2の性能試験結果と併せて本装置が有効に作動することが再確認された。

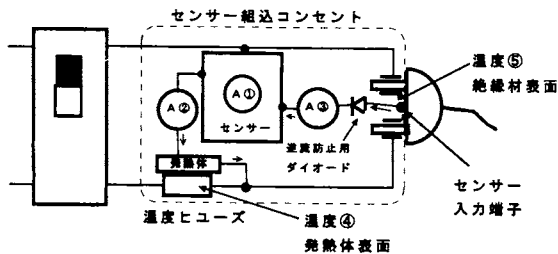


図3

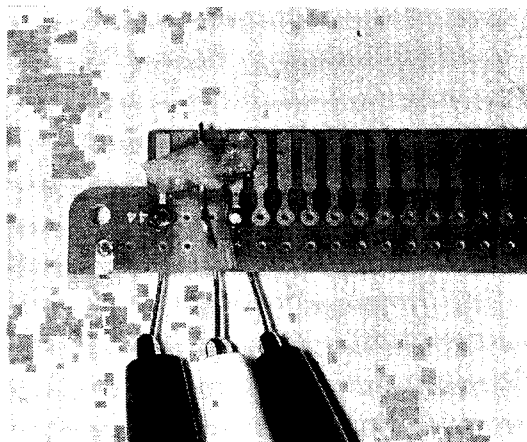
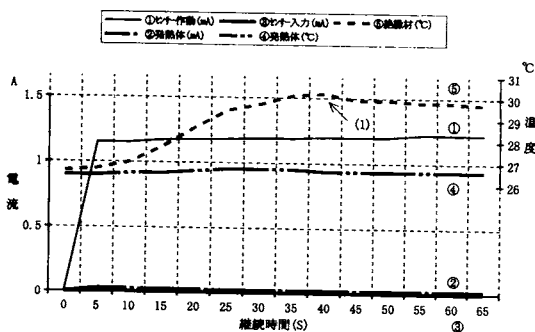


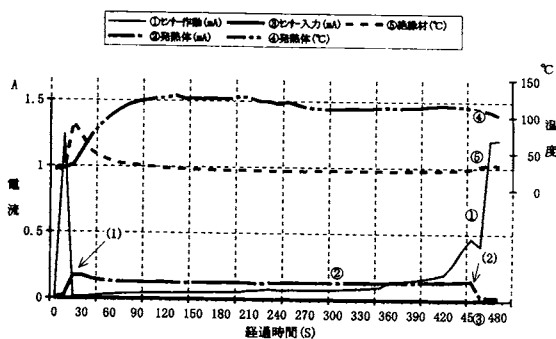
写真5 写真の黒色クリップに接続された銅箔がプラグの栓刃にあたる電極で、中央の黄色のクリップにセンサー用の電極を接続している。

表3 水道水滴下実験



(1) 3.7℃上昇

表4 1%食塩水滴下実験



(1) 回路ON (2) 回路OFF  
(1)~(2)の経過時間(水分蒸発) 7分

実験 3

次に実験2で一度トラッキング状態となった実験材料を用いて、直接水を滴下するのではなく、結露状態を想定して水蒸気(水道水のみ)を発生させて実験を行った。実験は、結露が発生して装置が作動した時点で水蒸気の発生を止めて測定を行い、その結果を表5に示す。

これを見ると空気中の湿度が高くなり結露状態になるだけで、一度トラッキングが発生したものは初期状態の段階でも漏洩電流が流れるのがわかる。

実験では水蒸気の発生を止めたため、装置の作動は1分程度であったが、実際には結露状態が続くため装置は作動し続けることになる。

実験 4

装置の発熱体に温度ヒューズ(99℃)を組み込んで作動試験を行った。

試験は、前記実験3の材料に水道水を滴下して行いヒューズの溶断時の温度を測定した。

結果は表6及び7に示すとおりで、同じ実験を2回実施し、1回目は装置作動後57秒、136℃、2回目は68秒、149℃で溶断し、定格温度より高いがほぼ同じ温度で溶断していることから、再現性が確認された。

実験 5

発熱体と温度ヒューズによる電源遮断機構に換えて、図4に示すように漏電遮断器(定格30mA)にセンサーの信号線を接続して、前記実験4と同じ要領で実験を行った結果、水道水を滴下した瞬間に漏電遮断器が作動し電源が遮断された。

6 効果の検討

これまでコンセント部分の清掃以外に効果的な防止策がなかったトラッキング現象に対し、今回、その解決手段の一つを提案し、試作品により実験検討を行った結果、十分に効果のあることが確認された。

なお、実験で温度ヒューズの定格99℃より高い温度で遮断したことについては、発熱体からの熱伝導の誤差によるものであり、実験ではデータをとるために発

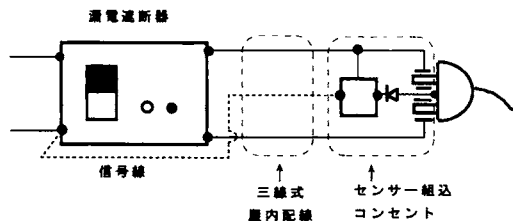
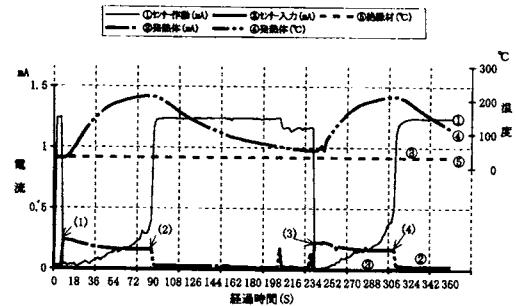


図4

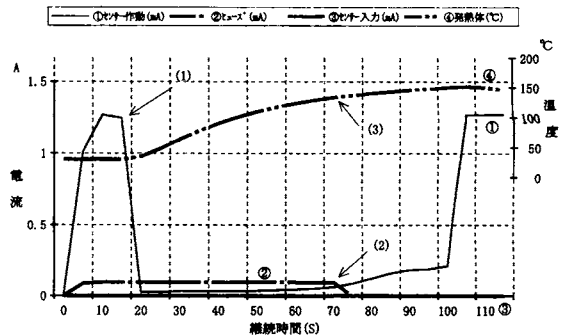
熱体に余裕を持たせており、発熱体に流れる電流を大きくすることにより容易に対処できるが、発熱体がヒューズの溶断前に破壊する危険性があり、その耐久性と併せて今後残された検討課題である。

表5 結露実験



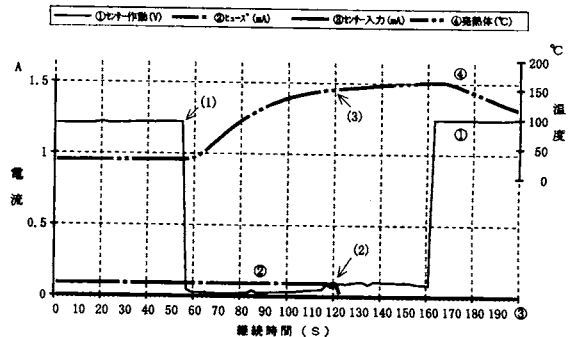
- (1)及び(3) 結露により回路がON(水蒸気発生停止)
- (2)及び(4) 回路OFF
- (1)~(2)の経過時間 8.1秒
- (3)~(4)の経過時間 7.4秒

表6 温度ヒューズ作動試験(1)



- (1) 回路がON
- (1)~(2)の経過時間 5.7秒
- (3) 温度ヒューズ溶断温度 136℃

表7 温度ヒューズ作動試験(2)



- (1) 回路がON
- (1)~(2)の経過時間 6.8秒
- (3) 温度ヒューズ溶断温度 149℃

実用化に際しては、今回検討した温度ヒューズによる遮断方法は、センサーが検知してから熱伝導で電源を遮断するために多少の時間がかかるが、実験2及び3の結果とグラファイト化が進み発火するまでの時間から考えて実用上は問題はなく、現状のコンセントの交換だけですぐに対応することができる。

## 7 おわりに

トラッキングは通常抜き差しが頻繁に行われるコン

セント部分では発生することはなく、普段から定期的に清掃等を行えば防ぐことができるものではある。しかし、台所や居室の家具や電気製品の裏にあり、湿気や埃の発生しやすい場所でプラグが差し込まれたまま使われているコンセントでは、定期的に清掃されることは少ないと思われ、事実上全く無防備であると考えられることから、本装置がこのようなコンセントに組み込まれることにより、火災発生防止に大きく貢献することを期待するものである。

# 芯上下式石油ストーブの焼損後の使用立証

杉崎倫男、本田弘夫、立川 克 (東京消防庁)

## 1. はじめに

火災現場に残った石油ストーブが、出火時に点火状態であったかどうかを判別すること(以下「使用立証」という。)は、出火原因を究明する上で必要不可欠なことである。しかし出火時に点火されていても、瓦の落下や消防隊の放水などによる衝撃で耐震安全装置が作動すると、燃烧芯やスイッチが消火(未使用)の位置に戻ることが多く、これが使用立証を難しいものになっている。このような場合であっても、金属の組織変化などの観察による使用立証の手法を模索するための研究をした。

## 2. 研究対象部位

燃烧芯を除く可動部位のうち使用立証に最も有効なのは、火災熱の影響を受けやすい本体外部に露出したスイッチ付近であることから、スイッチ部を研究対象とした。(写真1・2・3参照)

## 3. 研究内容

### (1) 加熱実験炉での基礎データの収集と検討

各種条件でスイッチを加熱し、メッキ層の挙動、母材のマイクロ組織を観察し、使用立証に有効なデータの検討。

### (2) 模擬燃焼実験による前(1)のデータの有効性の検討。

### (3) 実火災で焼損した石油ストーブによる前(1)のデータの有効性の検討。

## 4. 分析装置

研究に使用した主な装置は次のとおりである。

### (1) 走査型電子顕微鏡 (SEM)

日本電子(株)製JSM-800型

### (2) 電子プローブX線分析装置 (EPMA)

日本電子(株)製JXM-8600MA型

## 5. 分析結果

### (1) 加熱実験炉

#### ① 重ね部と露出部のデータ

##### a 条件

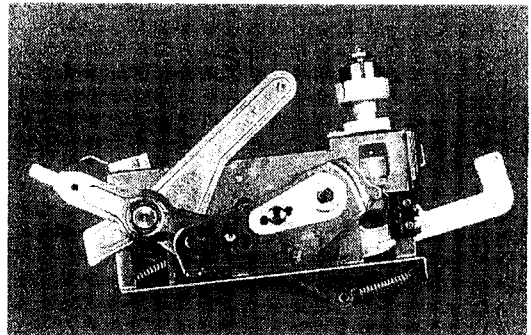


写真1 自動振動型消火装置の外観

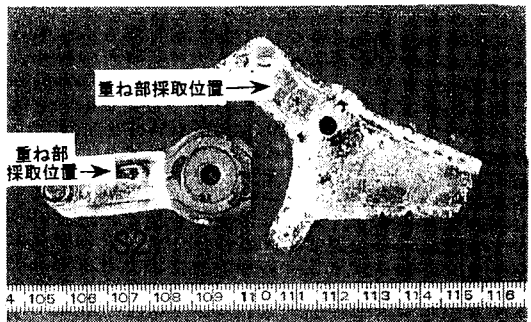


写真2 熱処理後の外観 (重ね部)

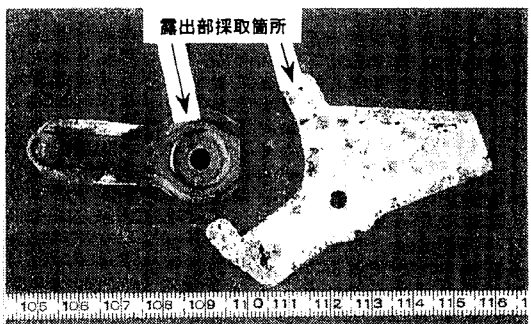


写真3 熱処理後の外観 (露出部)

#### (a) 使用したスイッチの素材

2種類の鋼材で組み立てられている。

・亜鉛メッキ鋼材 (以下S1と表示)

・銅下地ニッケルメッキ鋼材 (以下S2と表示)

#### (b) 雰囲気

3種類 (100%窒素、5%酸素+95%窒素、大気)



- (c) 加熱時間  
2種類 (10分、30分)
- (d) 加熱温度  
900℃

b 結果

表1 表層皮膜成分

スイッチ	スイッチ成分	N <sub>2</sub> 雰囲気		5% O <sub>2</sub> +95% N <sub>2</sub> 雰囲気		大気雰囲気	
		熱処理10分		熱処理10分		熱処理30分	
		重ね部	露出部	重ね部	露出部	重ね部	露出部
S1	Zn	○	▲	▲	▲	▲	▲
	Cu	—	△	—	△	—	△
	Ni	—	△	—	△	—	△
S1	Zn	—	△	—	△	—	△
	Cu	○	▲	▲	▲	▲	▲
	Ni	○	▲	▲	▲	▲	▲

凡例 ○：皮膜の主成分 ▲：皮膜の主成分の減少 △：熱処理後に観測された成分

c 結果の分析

「重ね部」と「露出部」は、次の傾向を示すことが分かった。

- (a) 「重ね部」は互いのメッキ成分が母材部の粒界へ拡散しあうが (写真4・6参照) 「露出部」では見られない。(写真5・7参照)
  - (b) この他、「重ね部」ではメッキ層が合金化しているのが認められる。
- ② 重ね部を一定時間加熱後に露出させ、更に一定時間加熱したデータ

使用 (点火) 中のスイッチの「重ね部」の一部は、落下物などの衝撃で未使用 (消火) の位置に戻ると、露出して火災熱を受ける。使用立証に必要な部位は、この「重ね部」から「露出部」に変化する部分なの

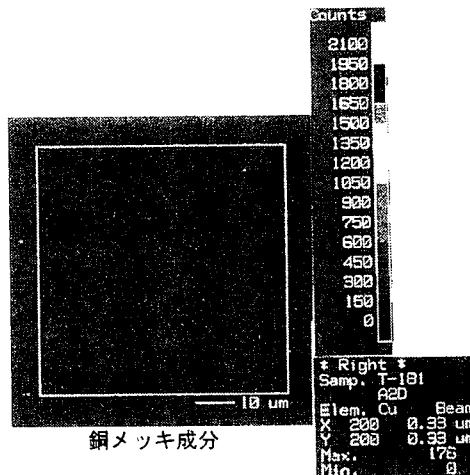


写真5 EPMA測定結果 (S1露出部)

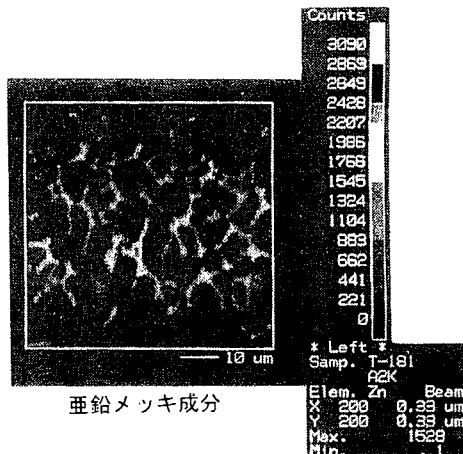


写真6 EPMA測定結果 (S2重ね部)

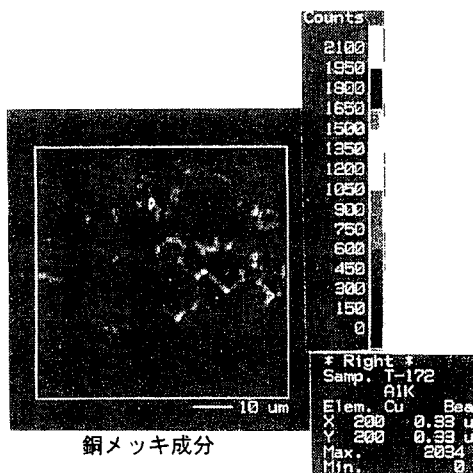


写真4 EPMA測定結果 (S1重ね部)

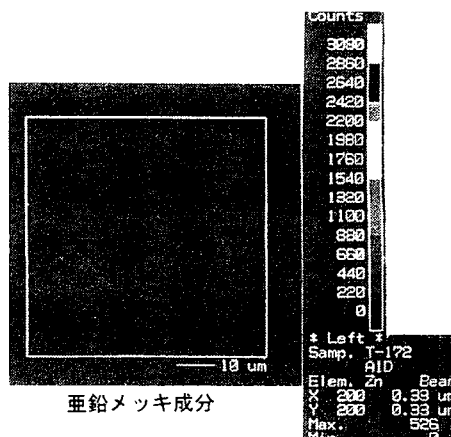


写真7 EPMA測定結果 (S2露出部)

で、重なっている間に生じた金属組織などが、露出後の受熱によりどのような影響を受けるのかの実験をした。

a 条件

- (a) 使用したスイッチの主な諸元  
前(a)と同じ
- (b) 雰囲気  
5%酸素+95%窒素
- (c) 加熱時間  
2種類(2分重ね10分露出、10分重ね10分露出)
- (d) 加熱温度  
900°C

b 結果

表2 表層皮膜成分

スイッチ	スイッチ成分		2分重ね 10分露出	10分重ね 10分露出
	S1	Zn	○	▲
Cu		—	—	—
Ni		—	—	—
S2	Zn	—	—	△
	Cu	○	▲	▲
	Ni	○	▲	▲

凡例 ○：皮膜の主成分 ▲：皮膜の主成分の減少  
△：熱処理後に観測された成分

c 結果の分析

- (a) 10分重ねではS1の成分がS2へ拡散している。(図1・2参照)
  - (b) 2分重ねの場合、拡散していないのは受熱の影響が少なかったためと考えられる。
  - (c) 粒界拡散の形状は、温度が高くなるほど受熱時間が長くなるほど、点形状楔形(写真8参照)からスポット孔状(写真9参照)に変化する。また、「重ね部」の粒界拡散の痕跡やメッキ成分の移行の痕跡は、その後の熱処理によらず残存する。
- (2) 模擬燃焼実験

a 条件

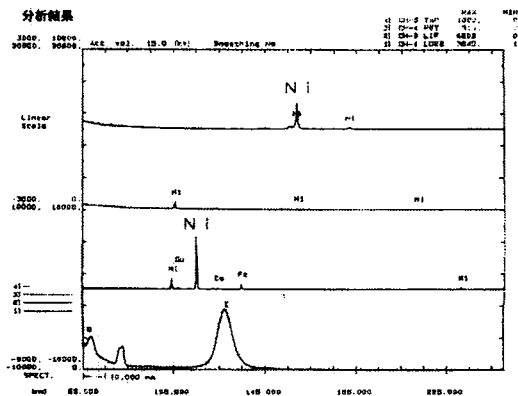
- (a) (1)のスイッチを使用している石油ストーブを、4.5畳大の模擬ハウス天井につり下げ、ハウスに点火し燃焼させた。
- (b) スイッチを動かさないように縛ったものが、消火状態点火状態それぞれ1台、点火状態とし縛らないものを1台、合計3台準備した。

- b 結果
- c 結果の分析

表3 表層皮膜成分

スイッチ	スイッチ成分		模擬燃焼材	
			重ね部	露出部
S1	Zn	○		
	Cu	—		
	Ni	—		
S2	Zn	—	△	
	Cu	○		
	Ni	○		

凡例 ○：皮膜の主成分  
△：熱処理後に観測された成分



S2の重ね部へは、S1の成分が拡散しており、(1)の加熱実験炉と類似した傾向を示している。

(3) 実火災のサンプル

a 採取した石油ストーブ(4台)

いずれも延焼火災の現場から採取したもので、スイッチ部の材質は亜鉛メッキ鋼板であった。

b 分析の結果

スイッチの素材がS1、S2とも亜鉛メッキ鋼板であることから、メッキ成分の拡散状態からの判断はできなかった。しかしこのうち3台については、重ね部に生じる実験データに類似した粒界拡散及び表層の合金化が認められた。

6. 考察

今回、実験室熱処理材、模擬燃焼実験材、実火災現場収集材について分析した結果を検討したところ、石

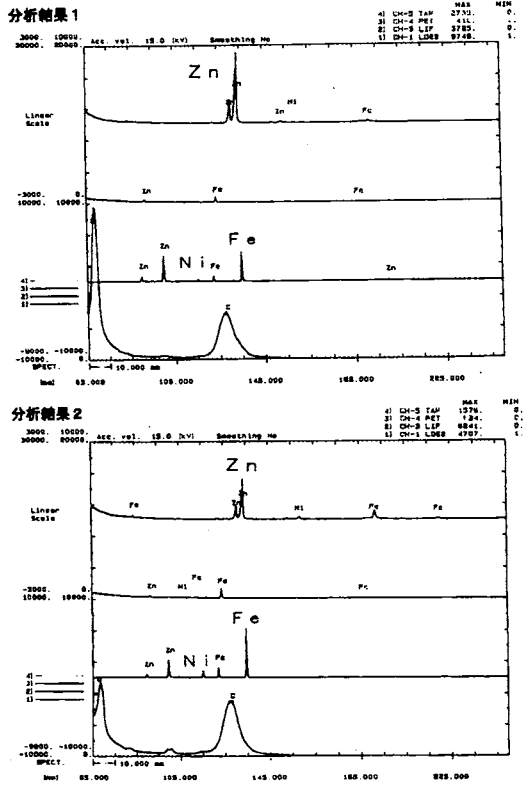


図2 EPMA測定結果（S2 10分重ね10分露出）

油ストーブの点火レバー、芯上下レバー等、メッキ鋼材が互いに接触している部品においては、接触部分の表面近傍のマイクロ組織の火災による変化が、非接触部分のそれとかなり異なる傾向があることが明らかになった。

接触部分におけるマイクロ組織変化の主な特徴は以下の3点である。

- (1) 接触相手側のメッキ成分が拡散侵入し、自己のメッキ成分が基材のFeと合金化する。
- (2) 侵入した接触相手側のメッキ成分及び自己のメッキ成分が基材中（特に結晶粒界）に拡散侵入する傾向にある。また、拡散部分の形状は初期段階では点状楔型であり、時間の経過とともにスポット孔状へと成長していく傾向にあり、特徴的な様相の断面マイクロ組織を呈する。
- (3) 重ね部分（点火状態）の粒界拡散により生じる形

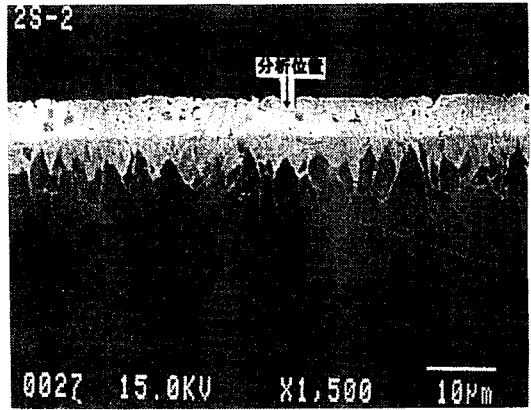


写真8 粒界拡散・点型楔形  
（S2 2分重ね10分露出）

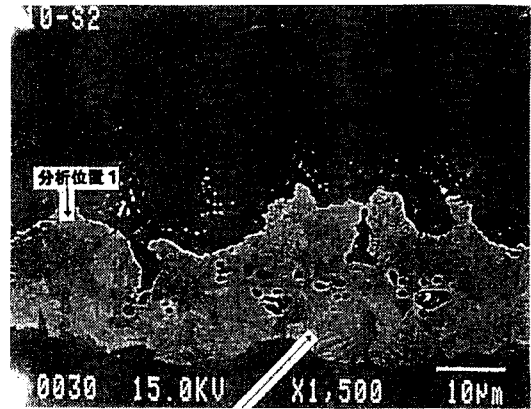


写真9 粒界拡散・スポット孔状  
（S2 10分重ね10分露出）

状は、その後、消火状態（露出状態）で熱処理を行っても形状そのものの欠損には至らず、痕跡として残る。

これらの傾向は、火災時の温度が高いほど、また燃焼時間が長いほど顕著になる。従って、火災現場から採取した石油ストーブのレバー等の位置や材質が分かれば、同種メッキの場合であっても、接触する部品の点火状態での接触部について今回と同様の調査を行うことにより使用立証が可能である。

ただし、出火時点火されていない石油ストーブの「未使用の立証」については困難である。

# 北海道苫小牧市での大規模原油火災実験

古積 博、岩田雄策

## 1. はじめに

平成10年1月に国家石油備蓄基地での陸上防災支援システム開発のための基礎データの収集を目的に、北海道苫小牧市において直径20mのタンクを含めた原油の大規模な火災実験、消火実験及び漏洩実験が石油公団、東京大学との共同実験として行われた。

大規模石油タンク火災実験は、昭和56年5月に安全工学協会の主催で行われた静岡御殿場市での灯油を使った火災実験<sup>1)</sup>以来、日本国内では、予算、場所の選定等の問題でほとんど行われていなかった。

ここでは、火災実験の概要及び火炎から周囲への放射熱の測定、熱画像測定結果を中心に報告する。

## 2. 実験概要及び方法

実験は、消防研究所、石油公団及び東京大学との共同研究として行われたが、実験の主たる測定部分は、消防研究所が担当した。真冬の北海道という悪条件にもかかわらず、多数の参加者及び見学者があった。また、米国NISTのDr.Baum, Dr.Rehmが煙拡散状況の観測に参加し、また、シンガポール、韓国からの見学者もあった。真冬に行ったのは、実験で大量に発生する煙粒子が苫小牧市内に降下するのを避けるため、冬は海方向への風が安定する。

火災実験は、北海道苫小牧市苫小牧東港埋立地において側板高さ約0.6m、直径5m、10m及び20mの鋼製模型タンクを同心円状に作成して行った。燃料は中軽質のアラビアライト原油を用い、水を張った模型タンクに厚さ50mm相当分を入れて風上から点火した。表1に実験の一覧を示す。

また、主要な測定項目は次のとおりである。

- a) 燃料の燃焼（液面降下）速度（液面計）
- b) 火災周囲での放射受熱量（広角放射計）
- c) 火炎の放射発散イメージ（熱画像装置）
- d) 火炎温度（K型熱電対）
- e) 火炎内ガス濃度（連続ガス濃度計及びガスクロマトグラフ）
- f) 火炎基部のイオン電流測定
- g) 燃料及び水の温度（K型熱電対）
- h) 隣接タンクへの影響（タンク温度（K型熱電対、

熱画像装置）とタンクが受ける放射熱量（広角放射計）

- i) 煙拡散状況（ビデオ等の撮影、煙の追跡及びシミュレーション）
- j) 周辺での降下煙粒子の採取及び煙粒子の電子顕微鏡撮影
- k) ビデオ及び高速ビデオによる火炎形状等の撮影
- l) 火炎内ビデオ撮影

等多岐にわたる測定を行い、ほとんどの測定項目で、良好なデータを得た。

また、可燃性蒸気濃度の漏えい拡散状況の測定、泡消火薬剤（ふっ化蛋白泡及び界面泡）を使った消火実験も行った。

実験の全体的な報告は別に出される予定なので、ここでは、放射熱量の測定、火炎の放射発散イメージの測定に関連したものについて現在得られたデータをもとに述べる。

放射熱量は合計12～16台の放射計（東京精工(株)製RE3、広角（視野角；120°）、時定数；0.30秒）を火災の周囲に地上約1mの高さに配置して測定を行った。図1に20mタンクの場合の配置を示す。火炎中心からL/D=1.5～3の距離に置いた（L；タンク中心から放射計までの水平距離、D；タンク直径）。また、合計6台の熱画像装置（日本アビオニクス(株)製、

表1 実験の一覧

月日	タンク直径 (m)	燃料量 (kL)	燃焼時間 (min)
1/26	20	16	15.0
	20	16	18.5
	10	4	24.8
	10	4	19.3
1/27	5	1	18.1
	5	1	18.0
	20	20	15.0 *

\*：消火実験を兼ねる

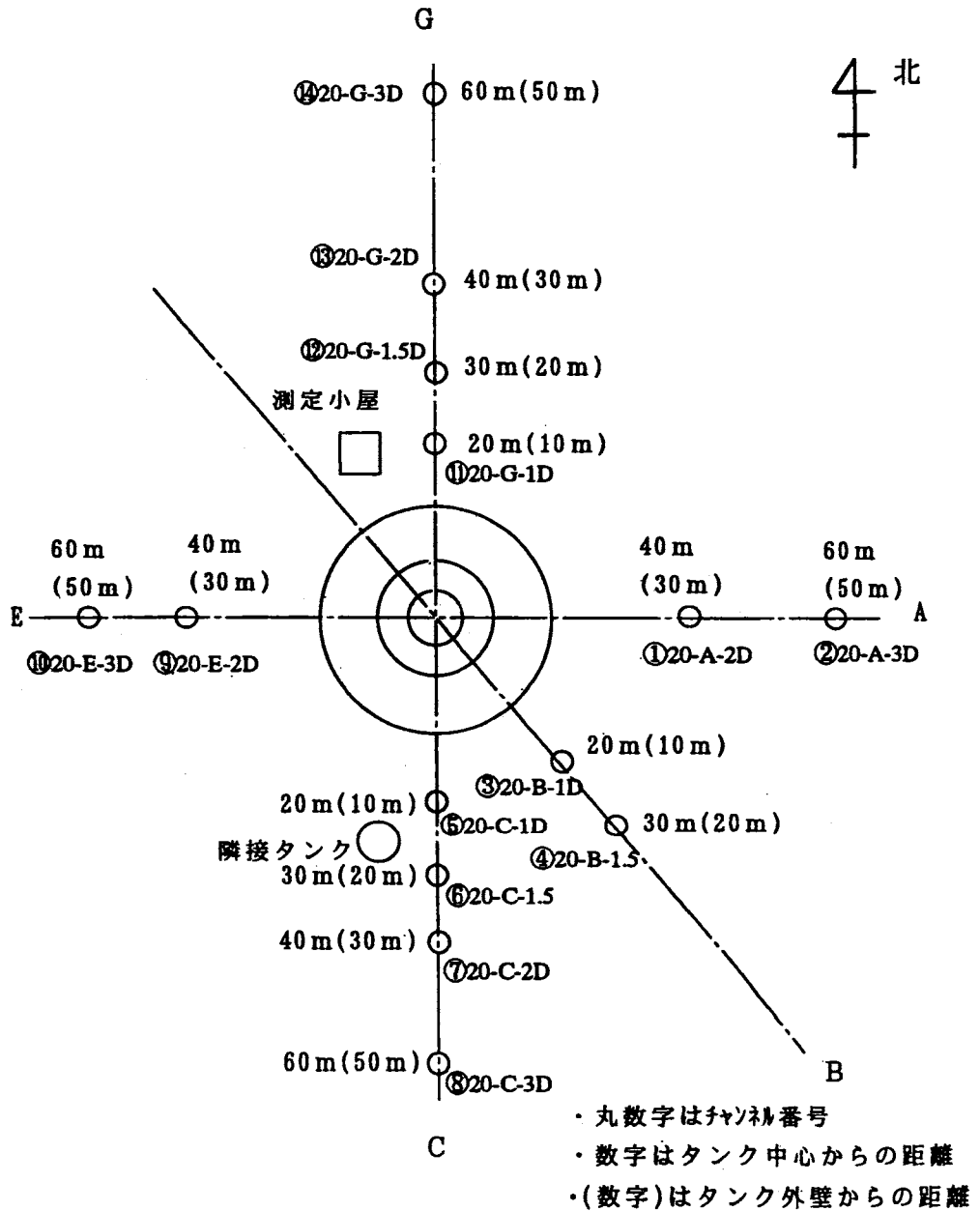


図1 20mタンクの放射計の配置図

TVS8000) を使って、地上及びヘリコプターによる空中からの火災の放射発散イメージを得た。

20mタンクの外壁から20m空地を取って、直径3mのモデルタンクを設置し、その表面温度、放射受熱イメージ(分布)を測定し、火災時に隣接するタンクが受ける影響を調べた。

熱画像装置から得たデータは、火災からの放射受熱量をもとにStefan-Boltzmannの法則を用いて対象物の温度分布として表される。温度変換に当たっては、対

象物の放射率 $\epsilon$ を1としている。また、火災から熱画像装置までの距離の差による放射熱量の減衰等の補正を行う必要があるが、ここでは行っていない。得られた画像は、ビデオでもって撮影した。また、コンピューターにデータを取り込み、専用のソフトを使って放射熱データの解析を行った。

放射計及び熱画像装置の方向は最大受熱量が得られるように火災中心に向けて設定した。放射計からの出力はデータロガーを経て、10秒周期でパーソナルコン

ピューターを用いて記録した。

### 3. 結果及び考察

#### 3. 1 火災周囲での放射受熱量

図2に20mタンク（第2回）での実験の放射受熱量の経時変化を示す。受熱点は、タンク周囲（東西南北及び南西の合計5方向）で、タンク中心から水平距離で2Dの位置での値である。風は、概ね北風（平均風速；0.4m/秒）であった。全面火災となった後、約1分で概ね最大放射受熱量となり、その後、徐々に減少した。燃焼末期に水の沸騰、撥水によってやや大きくなったが、ボイルオーバーといった激しいものではない。ボイルオーバーが起こるには、燃料層厚さをより厚くして長時間燃焼させて高温層を形成する必要がある。

放射受熱量は、風下側（南側）の方がやや大きい。これは、生成した煙は風下側に集まって、火炎を覆って火炎から周囲への放射熱を抑えるが、一方、火炎は風下側に傾くために結果的に増加するためと考えられる。放射発散の風向による影響は、規模の小さな火災実験や風速が大きい場合により大きな差になった。風と放射熱量の関係は消防活動上重要であり、今後詳細に検討する。

過去の消防研究所の原油、ヘプタン等を使った火災実験の結果<sup>2, 3, 4)</sup>と比べて、同一L/Dの位置で比較した場合、全体的にやや大きな値を得た。

#### 3. 2 火災の放射発散イメージ

図3に火災北側約100mの距離から熱画像装置によって得られた火炎全体の放射発散イメージを示した。火炎基部に非常に温度の高い（放射発散度の高い）領域が存在することが判る。この領域は、周期的にその高さ方向の幅（厚さ）が変動しているが、放射発散度を含めて比較的安定的に存在している。

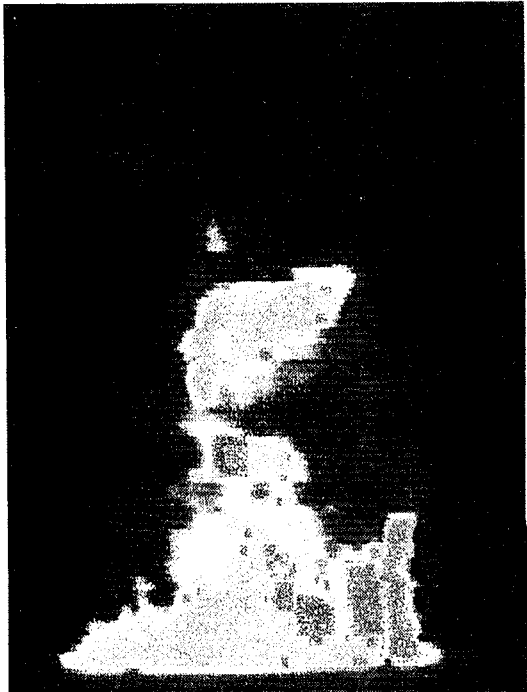


図3 火炎の放射発散イメージ  
（第2回20mタンク実験）

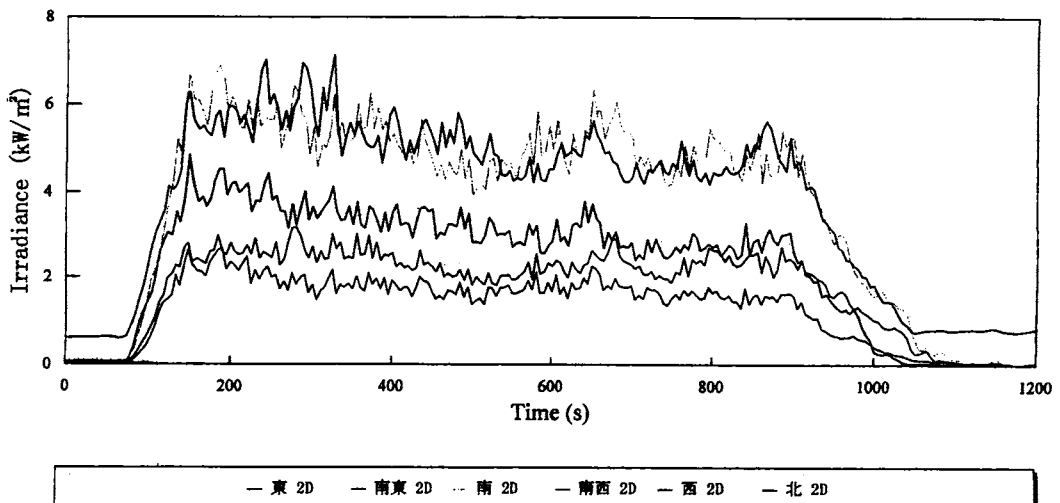


図2 20mタンクの火災からの放射受熱量の一例（第2回目）

一方、火災中部の高さにおいては、一定の周期で高温（高放射発散）領域が現れている。概ね1D程度の高さにおいて、その領域は最大となっている。

最高温度（最大放射発散度）は、火災中部の高さの方が火災基部のそれよりもやや大きい、平均的にみれば、火災基部からの値の方が高い（大きい）。

一方、熱電対を用いて測定した火災中心軸上の温度測定では、20mタンクの火災実験の場合、概ね液面より高さ5m付近に最高温度領域が存在する。放射発散イメージの結果から得られた最高温度（最大放射発散度）領域は、概ね高さ1m付近であったことから両者の高さにはずれがあった。これは、火災周囲に大量に存在する煙のために火災が周囲から見る事が出来ないためであるが、今後、詳細に検討する。

風下側から撮影した放射発散イメージでは、このような火災の基部や中間部での高温部の出現は、火災周囲に大量に存在する煙層のために、明確な視認は出来なかったが、一方、形成される二重のうずの隙間から火災が視認出来た。その放射発散度は、風上側のそれに比べて小さい。

また、火炎プルーム領域では、大量の煙が上昇してゆくが、その放射率を1と仮定することで、垂直方向の温度分布を求めることが出来る。

風の有無によって、燃焼速度、周囲への放射熱等、多くの燃焼性状は、大きく変動する。これは、風によって、周囲からの空気流入が増加して、火災構造に大きな乱れが生じるためであるが、今後、検討してゆく予定である。

風が無い場合には、火災基部には安定したコーン型の高温（高放射発散度）領域が形成されている。ガス分析の結果からこの領域内では、酸素はほとんど存在しないことが判っており、激しい燃焼反応が起こっていることが推定出来る。

表2 燃焼速度の測定結果

タンク直径	燃焼速度 (mm/min)
5m	3.4, 2.9
10m	2.9, 2.5
20m	2.5, 2.3

燃焼速度（液面降下速度）は、燃料消費量と燃焼時間のデータを使って求めた。各実験の燃焼速度は、それぞれ表2のとおりである。

#### 4. まとめ

石油公団、東京大学と共同で、直径5m、10m及び20mの大きさのモデルタンクを使って原油の火災実験を行い、多くの測定を行った。

現在、各参加者によってデータ解析が進められているが、このうち、火災周囲での放射熱及び火炎の放射発散イメージの測定結果から次のような点が明らかになり、防災システムの開発や消防戦術のための基礎データとなるものと考えられる。

- 1) 火炎から周囲への放射熱を測定結果では、タンク中心から同じ距離においては風下側での放射受熱量がより大きいことが判った。過去の実験の結果と比べた場合、放射受熱量の値はやや大きな値となった。
- 2) 風上及び風横から撮影した火炎の熱画像から、火炎には、火炎基部に安定した高い放射発散度を持つ領域、及び火炎中部に間欠的に形成される高放射発散度の領域が形成されていることが判った。平均的にみれば、火炎基部からのそれが大きい。
- 3) 風下側から撮影した熱画像では、大量の煙が火炎周囲に存在し、その煙の合間から火炎をみる事が出来た。
- 4) 風の有無によって、燃焼速度、火炎の放射発散度が大きく変化した。今後、火炎性状と風の関係について検討する。

#### 文献

- 1) 安全工学協会、石油燃焼実験報告書(1981年12月)
- 2) 消防研究所技術資料第8号(1976)
- 3) 湯本太郎、安全工学 10(3) p.142 (1971)
- 4) H.Koseki and T.Yumoto, Fire Technology, 24(1) p.33 (1988)

謝辞 本実験は、石油公団、消防庁消防研究所及び東京大学の共同研究として行われ、また、危険物保安技術協会「国家石油備蓄基地陸上防災支援システムの開発に関する調査研究委員会」の支援を受けて行われた。同委員会の委員の皆様へ感謝の意を表します。また、本実験を行うに当たっては、地元消防本部、出光エンジニアリング(株)、陸上自衛隊等多くの方々の協力がありました。感謝致します。



## 第5回国際火災安全科学シンポジウム (5th International Symposium on Fire Safety Science) に出席して

田村裕之

### 1 はじめに

1997年3月3～7日の間、オーストラリアのメルボルンで開催された第5回国際火災安全科学シンポジウムに出席した。このシンポジウムの概要や印象について簡単に紹介する。

メルボルンはビクトリア州の州都であり、人口は300万人を超え、シドニーに次ぐオーストラリア第2の都市である。また、オーストラリア建国当時、メルボルンは首都であったことから、ヨーロッパ風の古い町並みや史跡の残る町である。会場となったワールドコンGRESSセンター (The World Congress Centre) は、近代的なビル建ち並ぶ中心街の南西に位置し、ヤラ (yara) 川の畔にある。我々が訪れたこの季節は、夏から秋へと向かう頃で、夏の装いが必要であった。オーストラリアは言わずと知れた南半球の国なので、日本からは見ることでできない南十字星を拝むことができる。

### 2 シンポジウムの概要

このシンポジウムは、世界各地の火災・安全に関する研究者が一同に会する会議で、3年に1回行われている。前回は1994年にカナダのオタワで開催されている。

事務局からもらったリストで参加者を調べると総数約280名で、オーストラリアを始めとしてアジア・オセアニア地区ではニュージーランド、中国、韓国、台湾、日本等、北米からはアメリカ、カナダ、ヨーロッパからはスウェーデン、ノルウェー、イギリス、フランス、ロシア、ドイツ、ポルトガル等、南米からはブラジル等多彩な国々の研究者が集まった。日本からは41名が参加し、消防研究所からは7名であった。国別の参加者数を主なところで示すと、開催国オーストラリアが64名で一番多く、アメリカ45名、ニュージーランド29名、イギリス27名、スウェーデン25名と続く。日本は3番目くらいに多いことになる。開催国やニュージーランドが多いことは予想できるが、遠い北欧の国々の研究者が多いことが分り驚いた。

### 3 会議内容

会議内容を紹介しますと、講演は、エモンズ賞受賞講演が1件、招待講演が7件、一般講演が100件で、5日間にわたり3会場に分かれて行われた。また、同時にポスターセッションも行われ、48件のポスター展示が、ワールドコンGRESSセンターのロビーで行われた。講演の内容をセッション名から拾い上げると、「火災性状と物質」「モデリングと火災危険」「建物構造物の挙動」「流体力学」「人の挙動と避難」「火災拡大」「火災感知と消火」「火災物理」「火災化学」「大火や地震後の火災に関する話題」等、多岐にわたるものであった。一般講演でも、持ち時間として約30分あり、説明を聴く側も良く理解できるのか、どの講演でも活発な質疑応答があり、各研究者の真剣な参加態度に感銘を受けた。私は、「火災感知と消火」のセッションの感知の部門で発表した。このセッションでは、消火関係の発表は6件あったのに対し、感知関係の発表が2件と少なかったため、火災感知関係者としては少し寂しい気がした。今回はトピックスとして、1995年の阪神・淡路大震災に関する調査研究のセッションが設けられていた。震災後初めてのシンポジウムであったため、活発な討議が行われた。

### 4 各賞受賞について

このシンポジウムでは、火災安全科学に対する多大な功績を讃えるエモンズ賞や、講演やポスターの中からそれぞれ1つに贈られる最優秀賞といった賞が贈られた。シンポジウム期間中の中日(3日目)に、学会主催の夕食会があり、その時に、これらの賞の発表及び授与式が行われた。エモンズ賞が贈られたのは、元消防研究所研究企画官の神忠久氏である(写真1)。長年に渡る煙の性質や視認性、避難者の行動特性、避難誘導に関する研究が認められたものである。エモンズ賞は火災研究のノーベル賞というべき権威ある賞である。消防研究所の先輩がこのような賞を受賞したという事は、非常に喜ばしいことで、神氏を誇りに思うとともに、研究活動に対する励みになるのではないかと



写真1 エモンズ賞に輝いた神忠久氏の講演の様子

と感じた。また、最優秀ポスター賞には、消防研究所の山田（常）、鈴木（恵）両氏と他2名による「阪神大震災後の火災と市民行動に関する調査研究」が選ばれた（写真2）。今回のシンポジウムで、2つの賞が消防研究所に関係する人々に贈られたということは、今までの研究成果が評価されたことでもあり、今後の研究所の活動の弾みにもなると思った。

## 5 火災実験見学

最終日（3月7日）の午後、ビクトリア大学の火災実験場とこの実験場がある消防訓練所を見学した。屋外の実験施設で、鉄骨造りの3階建てであった。火災実験で発生する煙はそのまま屋外に放出していた。消防研究所とは違い、実験場の回りは草原のような所だから、排煙処理などには気を使わなくて良いようだ。ソファやテーブル、書類を収めた書庫を置いた幅3.6m奥行き5.3mの部屋で火災を発生させ、窓ガラスの破壊や煙と炎の噴出の様子を実演してくれた（写真3）。実験建物では、実験室内と窓の外に熱電対やガス濃度計などが3次元的に常時取り付けられており、すぐに燃焼実験と燃焼室隣の観測室でデータ計測ができる体制になっていたことに感心した。このことは、最低限の人数で繰り返し実験が行え、数多くの実験データを収集できることを可能にしていると感じた。

この実験に消防車1台と職員4～5名がいざという時のために待機していたが、実験終了後にこの方々が消防訓練の実演を披露してくれた。タンクローリーの

タンクのような物からガスを噴出させ、ガスに火が着いた状態にし、消防隊員がガスの元栓を閉じるために近づくという作業を実演した。3人1組になり2人がホースを持ち、水を盾のように広く円状に噴出させながらタンクに近づいて、もうひとりが元栓を閉じた。我々は、バスの中から見学していたため、見事元栓を閉じ炎を止めたときにはバス中が喝采の拍手で沸き上がった。

この実験場にバスで向かう途中、草原火災が発生し、通行止めにあった。遠くの方に煙の帯がたなびいていた。迂回して実験場に向かったが、実際の草原火災を目撃できラッキーであった。



写真2 最優秀ポスター賞受賞のあいさつ

（左から山田常圭、鈴木恵子（消防研究所）、北後明彦（建築研究所）の各氏）

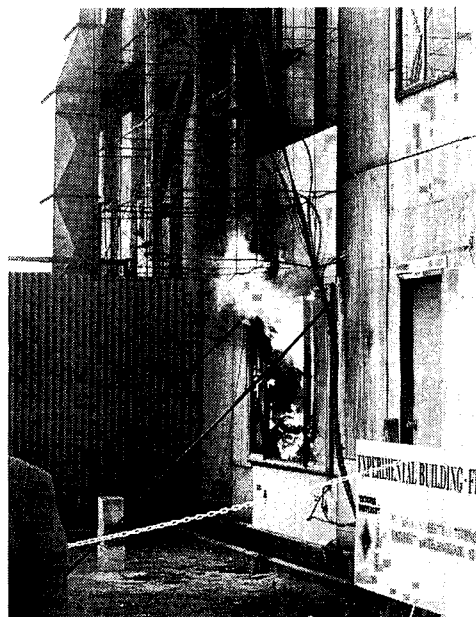


写真3 火災実験での炎の噴出の様子

## 6 おわりに

5日間のシンポジウムを終えての雑感を述べた。今回のシンポジウムを体験して、北欧での火災研究が盛んなことに驚いた。北欧の国々には木造の建物が多いと聞き、なるほどと思ったしだい。直接のシンポジウム内容ではないけれど、火災実験の見学では、実験場や計測装置が管理の行き届いた状態で置いておくこと

の重要性をあらためて認識させられた。驚いたことをもう1つ。夜の12時過ぎまで飲み食いした翌朝に、なにくわぬ顔をして朝7時頃からの会議の準備をしている欧米人のタフさには呆れるばかりであった。

シンポジウムの最後に、次回開催国であるフランスから、第6回国際火災安全科学シンポジウムの案内が行われた。1999年6月のことになる。

# 米国サンディア研究所での火災実験に参加して

古積 博

## 1 はじめに

著者は、危険物保安技術協会の依頼により米国ニューメキシコ州アルバカーキにある米国エネルギー省サンディア研究所 (Sandia National Laboratories) でのジェット燃料による5m容器を用いた火災実験に参加した。同研究所は、主にジェット燃料を用いて現在でも頻繁に大規模火災実験を行っている。

## 2 サンディア研究所について

サンディア研究所は、原爆研究で有名なロスアラモス研究所の1部門として1945年に設立され、1949年独立の研究所になった。原爆の開発に深く関係し、現在も原子力関係の研究や軍事研究に密接に関係している。最近では、火災関連の研究も多く行われているが、研究所が軍事研究に関係しているためか報告書が公開される機会が余り無かったために、火災関係の研究者の目に触れる機会が比較的少なかった。

同研究所は職員数が、アルバカーキだけで6,600人、このほかカリフォルニア州にCHEM-KIN Codeで有名な燃焼研究部門がある。また、カートランド (Kirtland) 空軍基地にあり、訪問に際しては、非常に厳しいチェックを受けた。

著者は、米国商務省標準技術研究所 (NIST) を訪問した経験があるが、同じ国立研究所でも両者の間には大きな差異がある。例えば、NISTは、予算取得ではかなり厳しい競争を強いられているが、取得した予算の執行で、ややゆとりと弾力がある感じがする。

## 3 火災実験

### (1) 火災実験の概要

同研究所では、容器直径が最大20mまでの大きさの容器をいくつか持ち、主にジェット燃料を用いて多くの火災実験を行っている。著者は、同研究所のDr.Gritzのアレンジで5m鋼製容器での航空機火災を想定した火災実験に参加した。燃料層厚さは5cmで、今回行われた実験は、漏えいしたジェット燃料の火災が鋼製配管に及ぼす影響を調べるもので、5m容器にJP8 (灯油とほぼ同じ性状を有する) を張って、その

上に約10インチの鋼製配管を置いて、火災実験を行ったものである。

### (2) 調査内容

#### 1) 火災温度の測定について

K型ステンレスシース熱電対は高温中でショートし、途中の温度を示すことがある。従って、インコネルシースにすべきとのことであった。しかし、ショートする理由は、熱電対同士の接触を防止するために詰められている磁性体中を高温時に電流が流れるためであるが、このこととシース材料がどのように関係するのかの十分な説明は得られなかった。また、放射熱損失による誤差、応答速度の問題等配慮すべき点が多いこと、また、熱電対の途中は断熱材で保護すべきであるとのことであった (写真1)。



写真1 直径5mの実験タンクでの説明、右端で説明しているのがDr.Gritz

#### 2) 液面降下速度

液面降下速度は、連通管式の液面計の浮きをビデオ撮影する方法で行っていた。火炎内の上昇気流に伴う、高温ブリュームの形成による誤差補正を行う必要があるとのことであった。NISTや日本国内でも類似の計測を行っているが、このような補正は行っていない。どの程度の誤差があるのか、聞き漏らした。

測定に関し、特に感銘を受けたことは、野外での大規模実験で、条件が悪いにもかかわらず、測定が極めて丁寧であり、野外実験といえども、ラフでよいということはあり得ないと考えていることである。

### 3) サンディア研究所における燃焼実験における安全・環境管理について

実験に関しての防災規定等は持っていないとのことである。これは、NISTに比べて安全面への対策が不十分と感じがする。NISTでは、実験技術者が事前に細かくチェックするほか、時々、防災規定通り行っているかどうか見回りに来ていた。また、消防研究所も大規模実験場での実験に関しての安全規定を持っている。

### 4) 生成する煙に対する対応策

使用する燃料がJP8と比較的煙の生じない燃料であること、実験場が空軍基地内で、また、砂漠地帯であるため周囲数kmにわたって民家がないために生成する煙についての配慮が少ない。これは、米国海軍のノーフォーク基地での17m容器での火災訓練と同様である。同基地でも周囲が軍関連の施設、住宅ばかりなのであまり苦情が来ないということで、煙の拡散には注意を払っていなかった。

一方、米国沿岸警備隊アラバマ州モービル基地での米国商務省NISTの原油での火災実験では、煙対策は極めて重要で、そのための煙拡散の研究が行われているほか、実験時の風の方向、速度に注意を払っていた。同基地は、モービル市街から10km程度離れたモービル湾内の小島で、少なくとも大粒子の煙の拡散は、重大とも思えなかったが、煙は数10km以上達する可能性があるので、細心の注意が必要であるとのことであった。

### 5) 火災実験の見学及び火災からの放射熱測定

実験に使用した燃料はJP8で、実験は5mの鋼製容器を使って行った。実験は、朝早く、小雨が降る中、気温約2℃、風速は2m/秒以下で、穏やかな条件下で行われた。風速が2m/秒であるとすれば、火災の傾きと容器直径に関する実験式である湯本の式<sup>1)</sup>を5mの火災に適用した場合、火災の傾き $\phi$ は、32.5°となる。実験では風速2m/秒以下であるにもかかわらず火災は20~40°傾いており、液面中心に立てられた熱電対測定用ポールは高さ1~2m以下までしか火災中に存在していない場合が多かった（写真2）。

同研究所は、周囲に山が多いために、朝は山風が吹くがその風の高さが重要で、低い場合、生成した煙は比較的研究所の近くに降る。そのために、周辺住民からクレームの出る可能性がある。その風の高さが高い場合には、煙は速くに飛ばされるので、問題にはならないとのことであった。これらの説明は、モデル計算や煙の分散状況と特に調べた結果というわけではないとのことである。

サンディア研究所では、火災実験中、火炎から燃料への熱伝達量、液表面からの火炎変動のビデオ撮影、熱電対による火炎温度の測定、火炎内に挿入した鋼製パイプの状況観察等を行っていた。

実験中、赤外線熱画像を使って火炎の放射熱分布を測定した。この結果、火炎の放射発散度の分布等の情報が得られた。JP8の場合、煙生成量が原油に比べて相対的に少なく、放射発散度のピークは火炎基部ではなく、液面から0.5Dから1Dの高さにあった。火災からの放射の問題を議論する場合、燃料種によっても大きく異なることが判った。

## 6 まとめ

1) サンディア研究所では、火炎内の温度測定、すす粒子濃度等に関して先進的な研究がなされている。また、熱電対を使った温度測定に関してもすでにその問題点について検討されており、学ぶ点が多い。また、実験技術者も多年にわたるノウハウを有していた。

特に感銘を受けたことは、大規模実験にもかかわらず測定が丁寧であることである。

2) サンディア研究所は周囲環境に恵まれ、煙に関しては余り配慮する必要がない。

また、実験が手慣れているためか、あるいは、個々の実験技術者の能力が優れているためか、安全面の配慮が日本の平均的な研究者や米国NISTに比べてやや足りないと感じた。

3) 火炎の温度測定は、火炎が容易に傾き、火炎外に



写真2 実験中の写真の一例

出ること、シース熱電対の応答性の悪さ等多くの問題があることが判った。

- 4) 見学した火災実験は、JP8と比較的煙生成量は少ないが、直径5mの容器での石油の火災実験は、日本国内でも余り行うことは出来ず、放射熱のデータ等貴重な情報や経験を得た。これらの調査結果の詳細は、別に報告する。
- 5) 大規模石油火災実験は、場所、予算の制約で日本国内ではなかなか行うことが困難である。サンディア研究所は、米国空軍が所有する砂漠内に実験場を持ち、比較的簡単に実験を行うことが可能で、同研究所と協力することで今後とも多くのデータを得ることが可能である。また、燃焼化学関係の研究では優れており、今後の消防研究所との共同研究が期待される。

#### 謝辞

本実験の参加は、危険物保安技術協会の依頼により行われた。同協会及び米国出張に際して援助を受けた石油公団に感謝します。また、参加には、苫小牧東部石油備蓄(株)苫小牧事業所、夏目泰忠副所長、石油公団安全防災課、今井秀典課長代理及び出光エンジニアリング(株)長尾健治氏も参加され、多くの援助を受けた。感謝します。サンディア研究所のDr.Gritzcoには訪問のアレンジ等大変お世話になりました。改めて感謝致します。

#### 文献

- 1) 湯本太郎：油タンク火災におけるふく射熱、安全工学 P.143、Vol.10、No.3 (1971)

# 韓国で開催された火災科学技術に関する国際シンポジウム (International Symposium on Fire Science and Technology) に参加して

岩田雄策

## 1. はじめに

韓国のソウル市において開催された火災科学技術に関する国際シンポジウム (International Symposium on Fire Science and Technology) に平成9年11月12日から14日の3日間参加し、また、テクニカルツアーにおいて、FIRE INSURERS LABORATORY OF KOREA (FILK) を見学したので簡単に報告する。

## 2. 火災科学技術に関する国際シンポジウムの概要

### (1) 主催者及び代表者

主催者 Korean Institute of Fire Science & Engineering (韓国火災・消防学会)

代表者 Youn Yong Lee (Korea Institute of Fire Science and Technology)

### (2) シンポジウムについて

本シンポジウムは平成9年11月11日から14日の間、韓国火災・消防学会の設立10周年を記念して開催された。今回のシンポジウムは同会の設立10周年記念ということで今後毎年開催される予定では無いそうである。

本シンポジウムで発表された論文総数は76件であった。また、発表論文における国別内訳は、以下のとおりである。

韓国：35件、日本：12件、米国：10件、  
オーストラリア：4件、ロシア：4件、香港：2件、  
スウェーデン：2件、英国：1件、フランス：1件、  
ドイツ：1件、イタリア：1件、カナダ：1件、  
フィリピン：1件、中国：1件  
スロバキア：1件、インドネシア：1件、

研究発表は11月13日に4会場以下セッションに分かれて行われた。

FIRE PHYSICS AND CHEMISTRY SMOKE AND TOXIC HAZARD (I-V)

INDUSTRIAL FIRE PROTECTION (I-V)

STRUCTURAL FIRE ANALYSIS & HUMAN BEHAVIOR (I-V)

DETECTION & SUPPRESSION APPLICATION (I-V)

また、11月12日にKEY NOTE LECTURE (I-IV) が行われた。

### (3) シンポジウムに参加した感想

シンポジウムには11月12日の午後から参加した。会場であるソウル教育・文化センターはホテルも兼備して、私はそこに宿泊した。そのおかげで会場まで慣れない交通機関を使わないで済んだのでとても便利であった。特に、11月13日の発表当日には時間的余裕ができて助かった。その日の午前にセッション INDUSTRIAL FIRE PROTECTION (II) において研究発表を行った。今回が私にとって初めての英語による研究発表だったので内心うまくいかとも心配していた。実際に発表してみると、私の英語がうまく伝わったかどうかは別としてほぼ練習したとおり発表を終えることができた。一方、発表の後の質問時間では、質問内容を最初は正確に把握できなかった。また、自分の意図していることを英語で伝達する際に困難さや不安さを感じた。それでも、後で討論してみると、相互に意図していたことを理解できたと思う。聴講についても、英語を聞いているだけでは内容がはっきりと理解できなかったが、予稿集の文字をおったり、図表からの情報を基になんとか理解できた。

### (4) シンポジウムバンケット

11月12日の午後はkey Note Lectureを2件聴講した。key Note Lecture終了の1時間後、ソウル教育・文化



写真1 International Symposium on Fire Science and Technologyのシンポジウムバンケット



センターでシンポジウムバンケットが午後6時から開催された。バンケットの参加者は8人程度に分かれて円形のテーブル席に着く形式であった。バンケットの途中に韓国の民族音楽の演奏や手品が行われて出席者を楽しませてくれた。ただ、民族音楽は鐘や太鼓等の合奏だったが、私は席が舞台から近いことや普段からあまり聞き慣れていない音楽であったこともあって、演奏の最後の方は少々時間が長く感じられた。私は関沢室長の知人の池、鄭と尹(ユン)の各氏と同席した。彼らは東京大学の建築関係の研究室に留学した経験があるため、日本語がとても堪能だった。特に尹氏は英語も上手でバンケットの司会を務めていた。バンケットの間、私は彼らのおかげで会話にもあまり困らずにソウルの話なども聞けて楽しい時を過ごすことができた。

### 3. FIRE INSURERS LABORATORY OF KOREA (FILK) の見学について

私は研究発表の翌日の11月14日に行われたテクニカルツアーに参加した。参加者は約40人で移動はバスで行われた。最初の見学地はFIRE INSURERS LABORATORY OF KOREA (FILK) であった。その後、昼食を取り、Korea Folk Village (韓国民族村)を訪れる予定となっていた。天候はあいにくどんよりとした曇り空で小雨が時おり降っていた。

FILKはソウル市郊外から約40km南の利川市に位置しており、消防防災設備の試験検定および建築部材の耐火性試験を主な業務としている試験機関で全職員数は約40人である。わが国の検定協会や建材試験センターの両方の役割を担っている機関のようである。また、可燃性液体に関する試験法についてもクリーブランド開放式引火点試験器、発火試験器等が設置されていた。しかし、その他の種類の化学物質に対する危険



写真2 Korea Folk Village (韓国民族村)

性評価方法については見学時間が短く、十分に見学ができなかった。

全体的な感想として職員数の割に消防全般にわたる試験が行われているように感じた。また、ほとんど全職員でこのテクニカルツアーに対応していたように感じた。残念なことに、交通渋滞でFILKへの到着が遅れたことや昼食の時間が決まっていたこともあり、早々に見学を終えた感があった。しかし、各見学施設で職員の方々はとても親切で、試験法の概要等についてわかりやすく説明していただいたことが今でも印象に残っている。

FILKの後に一行は昼食を取った。昼食場所には陶器を焼く釜があり、いわば陶器の里のような所で観光コースになっているようであった。陶器を釜から出すところを見せてもらった後、近くの食堂で昼食となった。小皿に盛られた韓国料理がいくつも出て、韓国料理を十分楽しめた。中でも鉄製釜に入った赤豆入りのご飯が気に入った。この料理はご飯を食べてからお茶をかけて釜の内側に付いたご飯をいただくのが韓国式だそうである。また、箸は金属製で慣れていない私には重く感じた。これは後で聞いた話だが、以前は日本と同様、木の割り箸を使っていたが森林資源の保護を理由にここ数年で金属製の箸を使うようになったとのことであった。食事の後、一行は陶器の土産物屋に入りお土産を買う人も何人かいた。2時間程度だろうか割と長くその土産物屋にいた後、Korea Folk Villageに向かって出発した。約1時間の乗車の後、目的地に着いた。天候は今にも雨が降りそうで、地面もぬかるんでいた。ここでは韓国の昔の人の生活(千年前から2千年前だろうか)や建物が再現されていた。説明係の人が英語と日本語とハングルを混ぜて説明してくれたので、見学中退屈もせず興味を持って話を聞くことができた。見学後、一行はお土産を買い、韓国教育・文化センターへの帰途についた。

### 4. ソウル市内での夕食

テクニカルツアーから戻るとシンポジウムバンケットで同席した池市と鄭氏の案内で日本人数人が夕食を取るという話があり私もその中に加えてもらうことにした。シンポジウム会場兼ホテルとなっているソウル教育・文化センターはソウル市郊外にあり最寄りの地下鉄の駅であるヤンジェ駅にもシャトルバスで10分はかかる割合不便な所にある。第2日目は、シンポジウムの研究発表後で一人になってしまい時間も遅いことから、外出を控えて夕食はホテルのレストランで一人で取り部屋に戻った。それでこの時に初めてソウル市

に行く機会を得た。

シャトルバスでヤンジェ駅へ行き、そこからソウル市街行きの地下鉄に乗った。ソウルの市内に着いてからも地下鉄で移動したが、その中で奇妙な感覚を覚えた。電車の中の人たちは外見上は、日本人と全く変わらないように見えた。しかし、人々の中で交わされる言葉は一言も理解できない。これは当然なことだが、全く未知の世界にいる心持ちがして新鮮な印象を受けた。今まで感じたことの無い、何やら不思議で愉快地さえ思える感覚である。周りに日本人と日本語が堪能な韓国人がいてくれたので不安感はないが、仮に自分一人だけだったらさぞ不安になったであろう。プラットホームの案内板や行き先を示していると思われる文字もほとんどがハングル文字で書かれていて全く理解できない。そういえば空港からソウル教育・文化センターへ向かう途中でも道路標識や広告用の看板もほとんどハングル文字で、漢字やアルファベットはほとんど見かけなかったことを思い出した。ソウルへ来る前は、もう少し漢字が使われていると思っていたのに、完全に予想が外れてしまった。これが仮に欧米諸国であるならば多少は他の人の言葉がわかり、標識などの文字も理解できると思われる。こんなに何もかも理解できない状況はそれほど多くないに違いない。韓国人が日本に来たときも同じような感覚を持つのだろうかとふと頭に浮かんだ。通貨であるウォンに対しても最初は戸惑いを持った。私がソウルを訪れた時期はウォンで表示された価格を8で割ると円にだいたい換算できた。そうはわかっている、例えば700から800ウォンの缶ジュースを見るとなによりやたらと高い気がした。食事等の代金を払う際にも、何千ウォンとなってしまうから高くついた気がする。実際には缶ジュースで考えると円にして100円程度になる。また、聞いたところでは韓国の物価は日本の約半分なのだそう。

そんなとりとめもないことを考えているうちに、ヤンジェ駅から40分ほどでソウルの繁華街であるミョンドンに着いた。時刻は午後7時ごろだったと思う。池氏らが気を使ってくれて私達は賑やかな街の中を歩くことにした。幅10mほどの歩道の両脇にブティックや音楽関係の店などがイルミネーションの中に立ち並んでいた。通行人の多くは若者で東京で言えば原宿か表参道を合わせた感じに似ていた。人通りは多く、周りの店に気を取られていると向こうから歩いてくる人とぶつかりそうになる。ここでも周りの様子は東京とあまり変わらず以前見たことがあるような光景だが、街に流れて出てくる音楽や商店の呼び込みの声は全くわ

からない。でも、ようやくハングルが初めて聞いたときより耳に馴染んできた感じがして、違和感が薄らいでいく気がしてきた。

繁華街の中を15分ほど歩くとそろそろ食事にしようということになった。食事は普段韓国人たちがよく利用するような庶民的な店にすることになった。私は道も何もわからないので一行の後をついて歩いた。繁華街を抜けると車も通る割と大きな道に出た。ここまで来ると先ほどまでの賑わいはなく周りはオフィス街のようであった。人どおりもまばらで、あたりもビルから漏れる蛍光灯の光と広告のネオンだけなので寂しい感じがした。オフィス街を10分ほど歩くと小さな路地に入った。一人では入るのをためらわれるようなところだ。韓国人の人が案内してくれているので不安感がなかったが、一人ではきっと警戒心が起きたろう。焼き肉屋と思われる店に入った。店の中に入ると座敷に通され、カルビやキムチ等を注文した。キムチは2種類出てきた。一つのキムチは私達が宿泊しているソウル教育・文化センターのものに外見も味も似ていた。もう一つは、前者ほど辛い。池氏によれば漬けている期間が前者より短いこと、韓国の家庭では現在では昔ほどキムチを食べなくなったこと、元々キムチには唐辛子が入っておらず後に現在のような唐辛子入りのキムチに変化したとのことである。驚いたことにキムチの他の惣菜も出てきたが、これらが少なくなると次々と無くなった物から順々に追加されていった。補充してもらっても料金は変わらないそうである。おかげで割合辛い物が好きな私は本場のキムチを十分楽しむことができた。十分満腹になるまで食べビール等の飲み物を含めて一人あたり4,000円程度だった。日本では2倍ほどかかるのではないだろうか。焼き肉屋を出るともう10時近くになっており、鄭氏とはここで別れたが、池氏が南大門に案内してくれるそうなので私達はせっかくの良い機会だから、彼の好意に甘えることにした。再び、地下鉄を乗り継いで南大門近くの駅に行った。駅から歩いて10分程路地を歩いていくと数軒の屋台や靴屋や洋品店などが立ち並ぶ南大門市場と呼ばれる通りに出た。街の雰囲気は東京上野のアメヤ横町近辺のものと似た感じがした。夜も遅い時間だったので日本人は私達だけのようであった。池氏が付き添ってくれなければ、歩いて通るのがためらわれたと思う。また、ある企業のビル近くを通ったとき、機関銃を持った数人の若者達を見た。池氏に聞いてみると、彼らは軍事訓練を兼ねてビルの警備をしているのだそうである。韓国の特殊な状況を少し垣間見た。駅から15分ほど歩いたのだろうか、私達は南大門を目に

することができる通りに出た。しかし、残念なことに南大門は補修工事中で、シートが掛けられていてその全体の姿を見ることができなかった。そこで、今度は東大門に向かうことにした。再び地下鉄に乗って東大門駅に着き地上に出ると、ライトアップされた東大門が姿を現した。光に照らされた東大門は薄い緑色をしている様に見えて幻想的であった。自動車が走る道路の中に立つその門は、その昔、ソウルが中国式の城郭都市であったことを連想させる。中国からの影響の大きさを改めて感じた。

時刻はもう11時をまわっていたと思う。我々も少々疲れてきたので、ソウル教育・文化センターに戻ることにした。ヤンジェ駅に着いた頃にはすでにシャトルバスは終わっていて、タクシーを利用することにした。だが、これがなかなか止まってくれない。ようやく池氏のおかげで黒色のタクシーを2台拾うことができた。車体が黒のタクシーは料金は割高だが、安全でサービスも比較的良いそうである。こうして私達がホテルに着くと夜も更けて12時近くになっていたと思う。池氏もホテルまで付き合ってくれた。実際にソウル市街を歩いてその雰囲気を感じることができて池氏と鄭氏にとっても感謝している。

## 5. おわりに

今回が私にとって初めての海外での発表であったので出発前はどのようなことかと心配していた。私は消防研究所の関沢、箭内、河関の各氏と出発前から同行していたので空港からシンポジウム会場へのアクセスにも頭を悩ませずに済んだ。また、シンポジウムパンケットでも関沢氏を通じて韓国人の人達と知り合って会話ができて良かったと思う。このようにして私は発表以外のことを心配せずに発表時間を向かえることができた。発表では海外での発表の難しさを感じたがこれも良い経験をしたと自分で勝手に満足している。

ソウルで最も印象に残ったことは日本人と全くといってよほど変わらない人間の中で、見るもの聞くものが全く理解できないという奇妙な現実に出会ったことである。私はその時、表現できないような異和感を覚えた。この異和感を今はもう思いだそうとしてもはっきりと思い出すことができない。今度ソウルを訪問する時には再びあの異和感が蘇るのか興味がある。

今回のシンポジウムは韓国火災・消防学会設立10周年の記念行事ということで、次回の開催予定は特に決まっていないそうだが、再び機会があればソウルを訪れたいものである。

# インドネシア国における森林火災

山下邦博

スマトラ島では1997年の7月上旬から干ばつにより田植え後の稲作田、とうもろこし畑、落花生畑などが干え上がり、農作物の被害が顕著になってきた。このような異常長期干ばつによる被害はスマトラ島だけではなく、カリマンタン島、ジャワ島、イリアン・ジャヤにも及んで、全国的に食料危機が叫ばれるようになってきた。更に、8月に入ると国内の複数の空港とマレーシアやシンガポール空港が煙霧により閉鎖されて、被害が周辺諸国にも及んでいることが明らかになった。煙霧は地域住民の健康に甚大な影響を及ぼす程に濃く、広域の範囲でしかも長期に滞留していることから国際的な環境問題として取り上げられるようになった。日本政府は、このような状況に鑑み、国際災害緊急援助隊を派遣して森林火災の消火と医療面の指導・助言を行うとともに消火資材や救急医療品を贈与した。筆者は、国際災害緊急援助隊の一人としてジャンビ州において災害援助活動を行った。この時に得た情報と知見を基礎にしてインドネシアの森林火災の概要について報告する。

## 1 森林火災の概要

### 1.1 森林火災による被害の概況

10月6日時点における焼損面積の概要は以下の通りである。火災による被害は、森林地域とプランテーション地域で分離して整理されていた。森林地域の焼損面積は、96,700ha（9月末現在）で、その内訳は生産林（木材生産用）が70,200ha、保護林（自然公園等）、保安林（土砂崩防止等）が26,500ha、生産林の被害面積には産業造林15,250haを含んでいる。また、火災によるプランテーション地域の焼損面積は、122,600haで、その内訳は、新規のプランテーション開発地域31,500ha、既存のプランテーション開発地域88,700haである。新規の移住地では火災は発生していないが、旧移住地で火災が発生している。1997年の9月下旬までの森林地域の焼損面積を表1に示す。被害面積については遅れて報告があるために、被害面積は大幅に増大することが予測される。

### 1.2 ジャンビ州における森林火災

#### (7) 自然的な条件

ジャンビ州の行政区分は6つに分かれており、図1に示す通りである。地域の特徴をみると、山地部のクリンチ県、丘陵部にサロランゲン・バンコ県、ブンコ・トゥボ県、バタン・ハリ県、首都ジャンビ市、湿地帯のタンジュン・ジャブン県となっている。

表1 森林地域の火災の発生状況

地域	州名	計 (ha)	地域	州名	計 (ha)
1	アチェ特別区	570	15	中央カリマンタン	10,899
2	北スマトラ	0	16	南カリマンタン	872
3	西スマトラ	2,933	17	東カリマンタン	5,627
4	ブンクル	10	18	バリ	0
5	リアウ	1,477	19	西ヌサテンガラ	0
6	ジャンビ	61	20	東ヌサテンガラ	1,519
7	南スマトラ	2,072	21	北スラウエッシ	5,769
8	ランブン	593	22	中央スラウエッシ	2,396
9	ジャカルタ	0	23	南東スラウエッシ	0
10	西ジャワ	427	24	南スラウエッシ	4,046
11	中央ジャワ	5,117	25	東チモール	0
12	ジョグジャカルタ特別区	0	26	マルク	4
13	東ジャワ	345	27	イリアンジャヤ	15,949
14	西カリマンタン	17,739		合計	78,425

(出典：インドネシア国林業省)



図1 スマトラ島の各州の分布

主要な農産物は沿岸帯と山間部の米 (1982年44万t)、丘陵部のゴム (同10万5000t)、ロタン、ココヤシ、パイナップル、キャッサバなどで、製材業も盛んで、多数の工場がブンゴ・トゥボ県とタンジュン・ジャブン県に集中している。

(イ) ジャンビ州内の森林火災の発生状況

ジャンビ州では、8月末頃から森林火災が活発となり、住民の健康に著しい影響が出てきた。ジャンビ市内の病院において9月の外来患者は、8月に比較すると50%も増加した。また、入院患者も著しく増加した。地元の医療関係者の話では、多くの人で、喉の炎症がおきており、喘息症状を呈しているとのことであった。医療関係者の測定した結果によると、煙の微粒子の量は、煙が少ない時には $0.10\text{mg}/\text{m}^3$ であったものが、9月28日の時点で $2.89\text{mg}/\text{m}^3$ まで増加していた。

宿泊したホテルの前の煙の様子を写真1に示す。煙が街全体を覆っており、多くの住民は外に出るときにマスクをかけて防衛しているが、マスクを掛けないで外出する人もかなり見られた。煙はドア付近の開口部を通してホテル内にも侵入し、玄関付近でも煙が充満していた。街中の煙の濃さは変動しており、視程は200m程度のことが多いが、特に濃い時には50m程度のこともあった。

この地域の煙害の主たる原因は農園 (プランテーション) の火入れである。ジャンビ州内の5つの県のうち、サロランゲンバンコ (サルコ)、ブンゴテボ、タンジュンジャブン、バタンハリの4県で火災が発生した。このうちブンゴテボ、サルコ県は乾燥地であり、消火できたが、タンジュンジャブン県3ヶ所、バタンハリ県3ヶ所の火災は湿地帯・泥炭地であるため消火は困難であった。

ジャンビ州内の森林火災の焼損面積は5,000haに及んでおり、その内訳では、プランテーションエリア

50%、森林20%、移住地19%、民有地11%である。

タンジュンジャブン県ラガン郡、バタンハリ県シブン郡の湿地帯を中心にまだ燃えており、ブンゴテボ県では石炭層火災が発生していた。

山林火災対策を強化する一環として、火元と見られるプランテーションに対しては、森林使用権の剥奪を含む制裁が行われていた。このような規制と住民参加の予防活動により新しい火災は減少してきていた。草原やプランテーション地域を除いた森林区域の焼損面積は、全体で2400ha以上あり、各火災の発生場所を図2の□印で示す。これらの火災のうち、10月はじめの時点で依然として燃焼していた箇所は5カ所である。

(ウ) 消防活動

ジャンビ市から約120km離れた地点にあるブルバック国立公園内の泥炭層火災を調査した。この火災現場は、直行できる道路がないため、自動車で約2時間、スピードボートでバタンハリ川を下り、約1時間30分乗り継いで現地付近に到着した。火災現場は、そこから原生林の中に約500メートル離れた地点である。



図2 ジャンビ州内の県



写真1 ジャンビ市内の煙の様子



写真2 ブルバック国立公園の泥炭層火災

火災現場には地元の案内人の誘導で、道を切り開きながら進んだ。

この地区の火災現場の様子を写真2に示す。火災はほぼ鎮火していたが、所々で太い倒木がまた燃っていた。風がない日が続いているため延焼拡大する危険性は小さかった。

この地点の火災は9月下旬から発生しており、天然資源保全センターの職員(19人の中の5~7人)により消火活動が行われてきた。タンジュン・ジャブング県内のラガン地区の泥炭層火災に対する消防活動について調査した。

ラガン地区の泥炭層火災は、周囲約7kmの範囲が延焼しており、その周囲に溝(幅50cm、深さ50cm)を作設して延焼阻止帯を作っていた。

泥炭層火災は、表層土及びその下側に堆積した未分解物質が燃焼する火災である。通常、林内の落枝・落葉は動物や菌類の力をかりて土壌に変化するが、土壌内の水分量が高い場合には分解速度が遅く、未分解のまま堆積される。泥炭層の厚さは場所によって異なり、厚い場所では5m以上にも達する。泥炭層火災は地中火(地中の内部が燃焼する様式)であり、土壌表面から十分に酸素補給を受けないことからその燃焼は不活発で、火災の拡大速度は一般的に小さい。

## 2 森林火災の発生要因

### 2.1 干ばつと森林火災

干ばつが深刻になるとしばしば停電となり、気象データの欠損が起こる。ジャンビ市内の気象データが入りできなかったことから、ジャンビ州の天候を推測する資料として、シンガポールとクアラルンプルの月別の降水量を図3に示す。この図によると、6月から10月までは降水量が比較的に小さいが、11月にはかなりの降水量が観測された。例年には10月に入ると雨季に

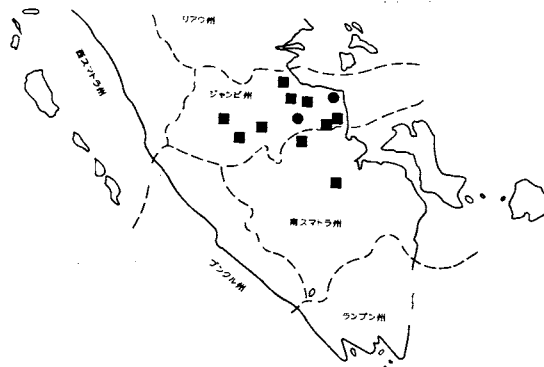


図3 ジャンビ州内の森林火災の発生場所 (■)

なつて降雨が期待されるが、この年にはエルニーニョに起因するとみられる干ばつのために降雨が殆ど無く、森林火災の発生と拡大を助長させた。

エルニーニョ現象は、太平洋の中部から東部にかけて海面水温が異常に上昇する現象である。この海域で発生する上昇気流が上空のジェット気流に影響を与えて、世界規模の異常気象を起こすといわれている。今世紀最大のエルニーニョが1982-83年に発生しており、90年から95年の間にもエルニーニョが発生した。過去の森林火災をみると、エルニーニョが発生した年にインドネシアにおいて大規模の森林火災が発生している。中村<sup>1)</sup>によると1997年のエルニーニョは5、6月に急速に姿を見せ始め、10月と11月にピークを迎え、1998年の1月の時点でも持続している。

### 2.2 焼き畑による森林火災の発生

焼き畑等による熱帯林の消失状況をみると、森林の破壊面積は全森林の34%に達しているといわれ、その要因と推定面積は以下のとおりである。不定住焼畑農民によって破壊される森林は年間50haに上っており、このほか移住者入植地などの開発目的に破壊されるものが年間25万ha、さらにHPH所有者によって伐採される森林が年間8万ha、森林火災による森林破壊が年間7万haに達する。現在、焼畑農民は全国で約150万世帯で、東カリマンタン州の焼畑農民は約5万世帯である。1世帯の焼畑農家が3年毎に1haずつ焼畑を行うと仮定すれば、全国で年間に50万haの森林が焼畑の対象となると推測されている。

### 2.3 プランテーション地域の火入れ

プランテーション地域では、アブラヤシ、ココヤシ、サゴヤシなどの作物が栽培され、経済を支えている。オイル・パーム農園の1996年の面積は、94年の180万haに比べ200万haに増大しており、96年のパームオイルの生産量は、94年の400万トンに比べて460万トンに伸びた。2005年には生産量は、年990万トンに達してマレーシアを抜いて世界一のパームオイル生産国になるとみられる。

オイルパームの樹木は、およそ25年で老樹となり、更新される。従来、伐採樹幹は焼却されていたが、研究の結果、蒸煮前処理により消化率60%を超える有効な家畜飼料に変換可能であることが分かった。これにより老年樹木を焼却処分をせずに、処理できる可能性があり、この方法を含めて老樹の新しい処分方法を確立することが必要である。

## 3 おわりに

インドネシア国は、日本と比較すると広大で、しか

も貴重な熱帯林が豊富に存在している。その熱帯林が、森林火災や焼き畑により速いスピードで消失しつつある。この国における森林火災は、森林特性、火災原因、消防活動の仕組みは日本と異なる点が多い。火災の発生原因が焼き畑や火入れなどで、生活に密着している点に火災を予防する上で難しさがある。インドネシア政府は煙害の深刻さに気づいて、森林火災対策を強化しようとしている。

インドネシア政府が計画している内容を正確に理解し、彼らができない部分を支援して行くことが大切である。この報文がインドネシア国の森林火災を理解する一助になれば幸いである。

#### 参考文献

- 1) 中村和信：気象 No.488 12月号 (1997)

平成9年度  
消防防災機器の開発等及び消防防災科学論文  
入選作品の概要

自治体消防制度50周年を記念して、消防庁は消防科学・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改良・開発作品及び消防防災に関する科学論文を募集し、優秀な作品を消防庁長官が表彰する制度を発足させました。

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上で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、平成9年10月31日までに全国の消防関係機関、消防機器メーカー、大学等の研究機関から121件〔機器の改良・開発：93件、科学論文：28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編の作品が入選しました。

なお、表彰式(グラビア(写真9)参照)は、平成10年3月23日自治省講堂で行われました。

平成10年度(第2回)の募集は、平成10年6月1日(月)から開始します。なお、締め切りは、9月30日(水)です。詳しくは、都道府県消防防災担当課、もしくは以下の消防研究所庶務課までお問い合わせください。

**問い合わせ先**  
消防庁 消防研究所 庶務課主幹 吉岡  
電話 0422-44-8331(代表)  
FAX 0422-42-7719  
e-mail yoshioka@fri.go.jp  
**応募要領**  
消防研究所ホームページ <http://www.fri.go.jp>

\*\*\*\*\* 入 選 作 品 \*\*\*\*\*

- I 消防吏員による消防防災機器の開発の部 (5編)
  - シリンダー式人工呼吸器具「ハイホー」の考案 .....45
  - レスキュー・カップリングの開発 .....47
  - 安定機能付き三連梯子の開発・改良 .....49
  - 携帯式検知管用マルチ真空吸引器の開発 .....51
  - メイン・ストレッチャー脚部に起立機構を付加することによる腰部への負荷軽減について .....54
- II 一般による消防防災機器の開発の部 (1編)
  - クイック型の差込式結合金具の開発 .....58
- III 消防吏員による消防防災科学論文の部 (5編)
  - 地域社会の防火・防災力の向上に関する研究 .....60
  - 電子レンジの長時間使用による食品の出火危険に関する研究 .....63
  - 大規模事故における救急搬送シミュレーションの実施について .....66
  - 大規模地震時の道路機能支障評価に関する研究 .....69
  - 名古屋市における高齢者の救急需要予測 .....71
- IV 一般による消防防災科学論文の部 (3編)
  - 延焼阻止の為の薬剤の性能に関する基礎実験 .....73
  - ガスセンサの火災感知への応用 .....76
  - 4次元地理情報システムを基盤としたリスク対応型システムの構築 .....78



## I 消防吏員による消防防災機器の開発の部 (5編)

## シリンダー式人工呼吸器具「ハイホー」の考案

呉市消防局 大下工蔵

## 1. はじめに

救急医療現場において、呼吸停止に対応するための器具として、バッグマスクが広く普及しています。

これは、バッグマスクが、軽量コンパクトで、何の準備も必要なく、呼吸停止に即応できるからです。

## 2. バッグマスクによる換気方法

バッグマスクの使用状況は、写真1のとおりです。

呼吸停止者の体格に合うサイズを選択した後、片手でマスクを、口に密着させるのと同時に気道を確保します。

その後、もう片方の手で送気部を握り、肺の中に酸素を送る仕組みとなっています。

ところが、私達救急隊の現場では、バッグマスクの使用には、いつも大変な困難が付きまといま

## 3. バッグマスク操作を困難にするもの

事故発生場所から医療機関までの間、常に動的な環境下であって、一定の呼吸リズムを保ちながら、正確に送気し続ける事は、大変困難なのです。

写真でもおわかりいただける様に、バッグマスクの構造上、術者の両手は限りなく近づいており、緊急走行等、不測の不可抗力に対応し切れるポジションでは

ありません。

そこで私は、動的な環境下であっても、誰でも安全確実に操作可能である人工呼吸器具を考案しました。

## 4. 新たな人工呼吸器「ハイホー」について

考案のコンセプトは、人工呼吸が中断しないことと、術者の安全及び、術者を選ばない確実性です。このことを実現させるため、送気方法に、シリンダー式を採用するとともに、操作する両手の独立性が確保できる構造としました。モデルは、写真2のとおりです。

バッグマスクの送気部は、成人のもので2000cc以上の容量があるため、片手には収まらないうえに支持性がないことが、握りにくさの最大の原因となっています。

これに対し、シリンダー式であれば、例えば成人の場合、必要な最大送気量は800cc~1200ccでありますので、仮に、シリンダーの最大容量を1500ccとするなら、直径12cm、高さ13cm程度の大きさで良いことになります。

パット付ピストン上部の握り部を握れば、ピストンが可動し、酸素が引き出されます。

シリンダー式であるが故に、ピストンの往復運動を調整装置により、頭打ちにしてやることで、送気量の設定は自由自在ですから、ハイホー一台で、大人から



写真1

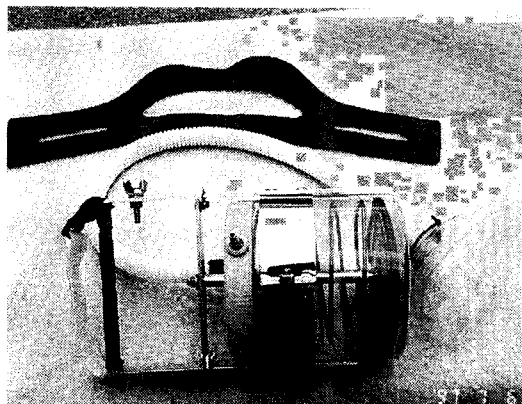


写真2

乳児まで全て対応可能なのです。

さらに、操作する両手の独立性を持たせるため、写真3のとおり、40cm程度の送気管を設け、マスク部を、シリンダー本体から離す構造としました。

このことにより、送気操作をしながら同時に、体バ



写真3

ランスや、安全確保が取れるため、マスク部は、傷病者の口部から離れることなく、送気操作が継続できるのです。

この送気管の先に、マスクではなく、ラリngeアルマスクやコンビチューブを接続すれば、片手は完全にフリーとなり、他の処置の準備や、指令台、病院等との連絡、危険事象排除等、非常に重要な余裕が作り出せるものと思慮します。

## 5. 最後に

救急現場において、どの隊員が、どのような状況で使用しても、同じ結果がえられることは非常に重要なことであると同時に、医師も使用しうる器具であると確信致します。

死の淵から、微かに吐き出される吐息を、全身全霊で確認し、確実にハイホー（肺胞）に酸素が届けられることが「ハイホー」の目的であることを提案し、発表を終わります。

# レスキュー・カップリングの開発

平塚市消防本部 自主研究グループ  
ファイヤーメイト 代表 小林 保

## 1. 開発器具のコンセプト

消防ホース (φ65mm) に空気を封入し、これを消防用資器材として活用するための機器及び活用方法についての研究開発をしたものです。

## 2. 開発器具の名称と機能

### (1) ホースキャップ雄・雌型 (写真1 参照)

ホースを直線状に展張する時、ホース先端のめくら蓋として使用する

### (2) バルブ付キャップ雄・雌型 (写真1 参照)

ホースを直線状に展張させる時、ホースの先端から空気を充填させる口金付のキャップ

### (3) ジョイント型カップリング (写真1 参照)

ホースを輪状に展張させる時、ホース接続部から空気を充填させる口金付きカップリング

### (4) エアー注入システム (写真2 参照)

空気ポンベからホースへの空気充填用金具付きの低圧導管

## 3. 活用方法

各キャップ及びカップリングを直線状、又は環(輪)状の使用目的に合わせて取り付け必要な長さにホースをつなぎ空気を封入して大型浮環、浮体を設定し水上氷上での救出救助器材、立て坑内への大量空気送気用ホースとしての救助補助の機材や応急的なオイルフェンスとしての防除器材、さらには仮設テント用支柱、

広報的モニュメント用アーチ等の活用が可能で、これらは全て通常のポンプ車積載の消防ホースと空気呼吸器用ボンベのエアールを利用するだけで大型で汎用性も高い資器材となる。(図1 参照)

## 4. 開発による効果

コンパクトで軽量、多機能な当器具を一般消防車両へ積載し活用することにより災害現場から広報活動用機材にまで汎用性も高く多数要救助者への即応態勢の強化をはじめ救助救出活動を容易にし迅速化が図れ活

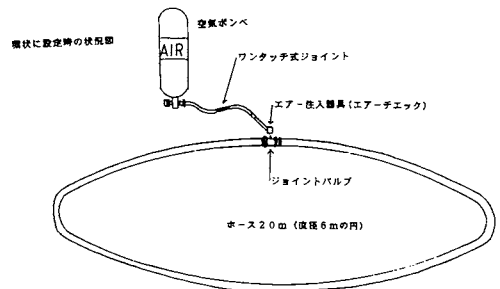
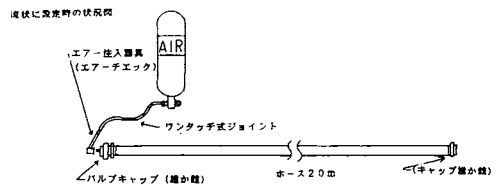


図1 レスキュー・カップリングの状況図

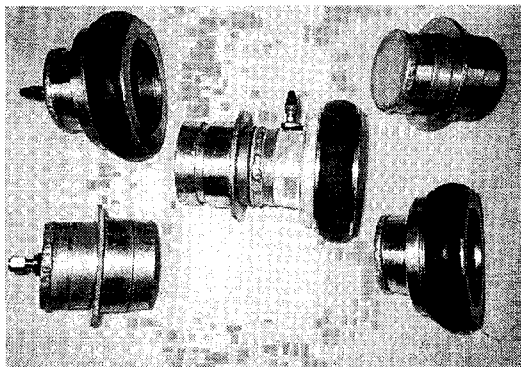


写真1 各種バルブキャップ及びキャップ類



写真2 エア-注入システム

動隊員の安全性を高めることもなる。

更に消防ホースのジャケット部分のみ廃棄したホースカップリングをリサイクル活用することによる省資源化も図られ製作コストも安価で簡単に作成が可能のため高価な水難救助器具を購入するのと比較すれば、はるかに予算の低減化となり、穴あきホースも活用目的の長さに調整補修しリサイクル活用が可能となる。

## 5. 各実験結果及びまとめ

- (1) 各器具接続部からのエア漏れについては皆無であったが、穴あきホースは、僅かな穴でもホース内部の圧力が上がらず短時間で規定の圧力を得られないため注意を要す。
- (2) ホースへの空気注入時間の短縮化にはバルブ付きキャップ及びジョイント型カップリングを多数使用するか、注入バルブを大口径にする。
- (3) 空気注入量としてはホース1本に3kg/cm<sup>2</sup>圧で注入すると約200ℓ入る。因みに8ℓポンペが150kg/cm<sup>2</sup>充填済であるポンペ内には1200ℓの空気が存在し注入可能なホース本数は6本で通常1車両にφ65mmホース20本以上を積載しており、この20本を展張するのに必要ポンペ数は4本あれば十分である。  
一般的に消防隊車両には隊員4人として呼吸器が4基、予備ポンペ4本以上が積載されていると思われるので1隊で400m以上の浮体、浮環が設定でき単純計算で400mの浮環に2m間隔で溺水者がつかまれば200人を確保救出が可能で大量人員輸送交通機関の事故にも対応が可能な救助器具となる。
- (4) 適性空気圧は3kg/cm<sup>2</sup>が最適であり、これ以下ではホースの内部圧力が低く直線や環状の形成がで

きず浮力不足でもある。

又これ以上であるとホース内の圧力が増すのみで浮力は増すわけでなく逆にホースのバースト危険性も高く圧縮空気の消費も増え注入時間もかかるので両手でつかみやすく取扱も容易な圧力としては3kg/cm<sup>2</sup>が最適であった。

- (5) 実験から直状に展張した場合、両端は浮力がやや足りないので両端の部分に発砲スチロールのような浮体や小型救命浮環を取り付ければ安全性も増し取扱が容易となる。

又ホースを二重、三重にすることにより浮力や安定感が増すことからホースや空気ポンペの余裕があれば必要に応じて幾重にも使用した展張方法が考えられる。(写真3参照)

- (6) 各カップリングのスライド部に離脱防止のための固定具としてマジックテープ、プラスチックバンドを活用すれば安全性も向上する。

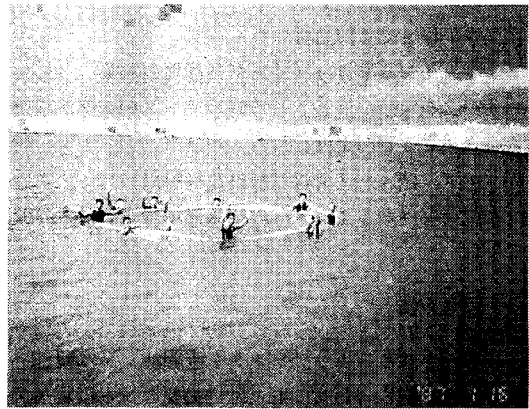


写真3 20mホース2本2重での使用状況

# 安定機能付き三連梯子の開発・改良

東京消防庁 山田健二

## 1 はじめに

現在、消防活動全般において三連梯子は活動上欠かせない積載品であるが、使用されている三連梯子は全伸梯で8.7mと長い架梯する地面の状態によっては大変不安定となる。

また、消防活動上様々な状況下で活動するなか、住宅の庭、工事現場、山岳地域、市街地においても平坦地という場所は大変限られてくるし、緊急を要する我々の職務は、あらゆる状況下に迅速・安全に対応しなくてはならないのが現実である。

私自身、消防隊員として傾斜地に建てられたマンション火災に出場した際、建物3階ベランダ部分に要救助者が助けを求め手を振っている状況下で、傾斜地であったため三連梯子を直接ベランダ部分に架梯することができず、隣棟建物敷地内の平坦地からの遠回りな救出方法となり、救出時間を要し反省課題となったことがある。

このようなことから、様々な状況下の中でも迅速・安全に梯子を架梯することができる方法を開発・改良した。

## 2 開発・改良概要

安定機能付き三連梯子の開発・改良は、現在使用されている三連梯子の石づき部分を油圧シリンダーの原理で可動させ、左右を連動させることで安定を得るものである。

開発・改良は次のとおりである。(図1参照)

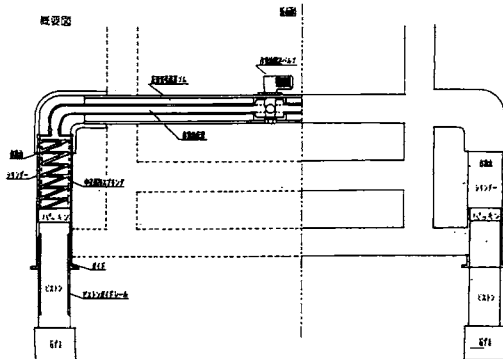


図1 開発概要図

- (1) 三連梯子の石づき部分を可動させるために、左右石づき部分にオイルシリンダーを設け、ピストンによる可動式石づきとした。
- (2) 左右オイルシリンダー間に配管を通すことにより連動式とした。
- (3) 流動するオイルを固定するために配管部にボールコック式の開閉バルブを設けた。
- (4) 左右ピストン部の中立を得るためにオイルシリンダー内にスプリングを設けた。
- (5) 確保者の目視できる位置に水平器を設けた。

## 3 開発・改良の効果 (写真1・2参照)

- (1) 段差や傾斜地の悪条件下において、可動式石づきにしたことで、地面に対して鉛直で安定した架梯が

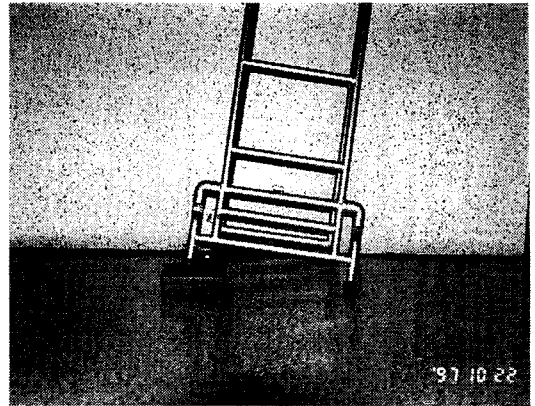


写真1 安定機能付き三連梯子の段差架梯状態

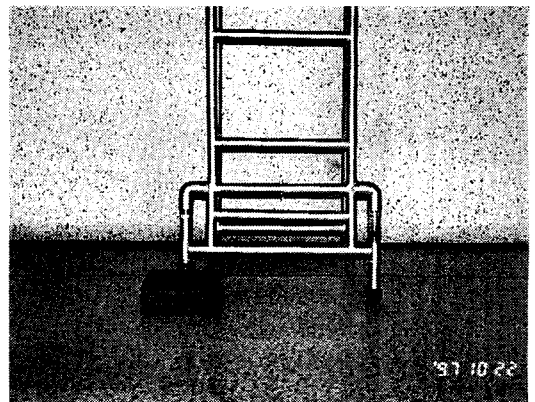


写真2 安定機能付き三連梯子の架梯補正状態

可能となった。

- (2) 配管部分にボールコック式開閉バルブを設定することで流動するオイルを固定することができ、鉛直状態となった梯子を固定保持することが可能である。（開閉バルブを閉鎖するとオイルが固定する。）
- (3) 左右オイルシリンダーケース内にスプリングを入れることで、可動式石づきを中立にすることが可能である。（開閉バルブ開放時に自動的に中立を維持する。）
- (4) 確保者の目視できる位置に水平器を設けることで、確保者が容易に水平状態を設定することができる。
- (5) 三連梯子が地面に対して鉛直に架梯できるということは、三連梯子を使用した様々な作業の安全性の向上につながる。

#### 4 安定機能付き三連梯子の作用状況

安定機能付き三連梯子は段差・傾斜等に対応可能であり、開閉バルブの操作だけで、石づき固定という現行の三連梯子と同じ様に、地面への接地安定が得られる。

#### 5 その他

安定機能付き三連梯子は、模擬作品では段差10cmまで対応可能であるが、シリンダー及びピストン部を長くすることで更に大きな段差に対応可能にもなる。また、シリンダー間の配管及び開閉バルブを確保者の手動可能な高さに設定することで、更に作業が迅速かつ安全容易にできる。

# 携帯式検知管用マルチ真空吸引器の開発

名古屋市消防局消防学校消防研究室 高井 悟

## 1 携帯式検知管用マルチ真空吸引器の測定原理

携帯式検知管用マルチ真空吸引器（以下、真空吸引器という。）は、容器内に容量100mlのシリンダーを内蔵し、そのシリンダーの一方にガス検知管（以下、検知管という。）を装着し、もう一方に逆止弁が取り付けられている。減圧時には容器全体が真空となると同時に逆止弁の働きで、シリンダー内を真空とする。発生ガスを吸引すると、逆止弁の働きで、検知管を通してのみ各シリンダーが100mlのガスを吸引する。そのため、正確に検知管によるガス測定ができる。

## 2 真空吸引器の構造

試作した真空吸引器は写真1に示すもので、構造は図1に示すとおりである。容器本体に12本のシリンダーを内蔵し、ふた部分にはガス吸引口と真空のゲージが取り付けられている。

その主な仕様は以下のとおりである。

- (1) 重量6kg

肉厚の薄いステンレス板で製作し、携帯可能な6kgとした。

- (2) 同時測定本数12

測定本数は自在であるが、試作品の場合、容器の直径を勘案して検知管装着本数を12とした。

- (3) シリンダー容積100ml

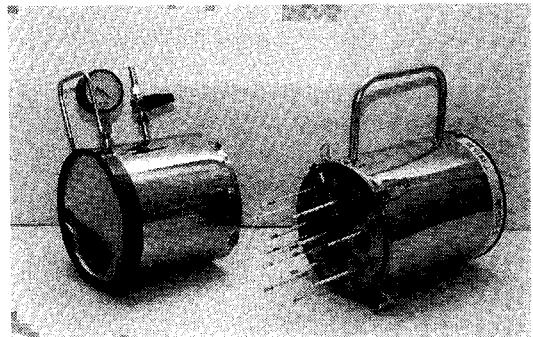


写真1 12本の検知管を装着した真空吸引器

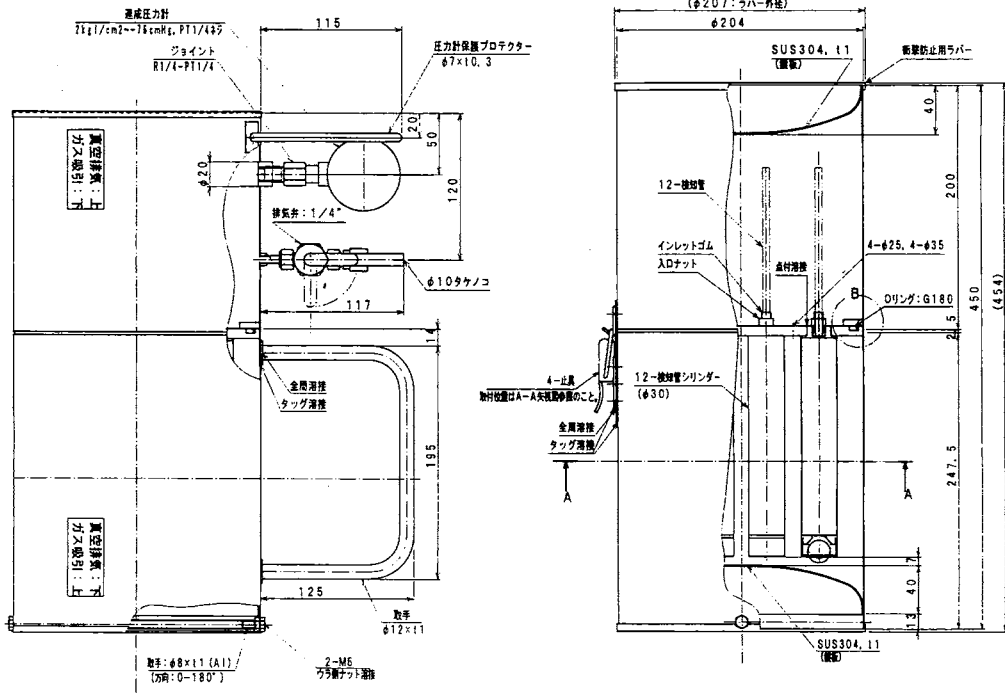


図1 真空吸引器の構造図

多くの検知管のガス吸引量は100mlであるので、シリンダー容積を100mlとした。

3 真空吸引器の性能試験結果

性能試験に用いる試料ガスはアンモニア、ガソリン及び塩化水素とし、測定手順は減圧時間1分、吸引/測定時間2分とした。

性能試験は1つの試料ガスについて濃度を変えた3種類を調整し、測定基準値に検知管の手動ポンプによる正規の測定法による測定値を用いた。

性能試験結果は表1に示すとおりである。測定基準値の±10%を許容範囲とするとアンモニア、ガソリンについての濃度のバラツキは±10%以内であり、許容範囲内であった。しかし、塩化水素は充填薬剤の吸引抵抗が大きく、測定時間2分では許容範囲を外れるおそれがあった。

4 真空吸引器の操作法

- ①真空吸引器のふたを上にして立てる。
- ②ふたを外し、両端を折った検知管12本を装着する。
- ③ふたをし、ガス吸引口から真空ポンプで容器全体を写真2のように約1分間減圧する。
- ④ふたを下にして持ち、ガス採取場所へ移動する。
- ⑤ガス吸引口を開け、約10秒間吸引する。
- ⑥危険区域を離れ、約3分待つ。
- ⑦ふたを上にし、換気の良い場所で、ふたを開ける。
- ⑧検知管の変色を確認する。

5 検知管マルチカッターの試作

検知管の両端を折る操作時間を短縮するため、「検知管マルチカッター」を試作した。検知管マルチカッターは複数の検知管をセットでき、左右の隙間からやり易く傷を付けて両端を一度にカットするものである。写真3は12本の検知管の一方を同時にカットしているところである。

6 測定可能ガス種について

真空吸引器を用いて同時に測定できる検知管の本数は12であるが、多岐にわたる化学物質を定性・定量するため、市販されている定性検知管を用いて、2度の吸引操作により約60種の化学物質の定量を可能にする2段階測定法を提案する。

これは、1～9の検知管装着孔には予測されるガス種の検知管を装着し、10～12の検知管装着孔に無機ガス検知管及び2本の有機ガス検知管を装着する。測定の結果を図2に示すフローチャートに従って、1～9の検知管に変色がなく、定性検知管に変色があった場合、定性検知管の付属する定性表（Ⅰ、Ⅱ）によって

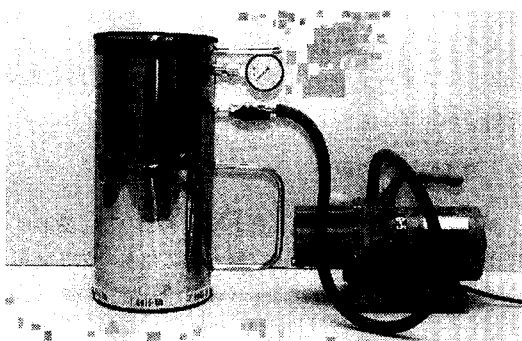


写真2 減圧時の真空吸引器

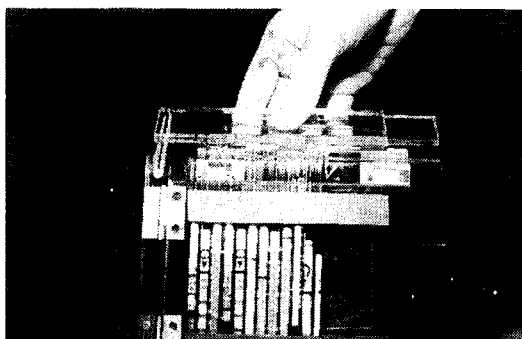


写真3 検知管マルチカッター

表1 真空吸引器の性能試験結果

	アンモニア			ガソリンベーパー			塩化水素蒸気		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
手動ポンプ	200ppm	290ppm	480ppm	0.24%	0.33%	0.37%	130ppm	390ppm	480ppm
真空吸引器	190ppm	270ppm	500ppm	0.26%	0.34%	0.40%	110ppm	360ppm	500ppm
割合	95	93	104	108	103	108	85	92	104

割合とは、手動ポンプによる測定値を100とした場合の真空吸引器による測定値を示す。



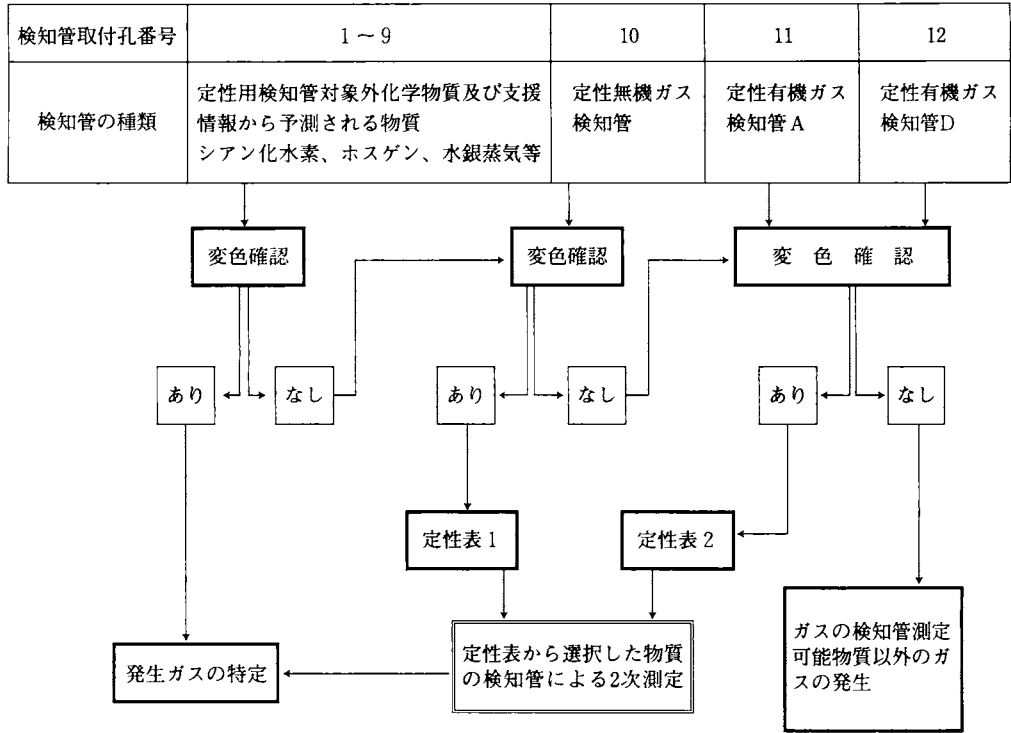


図2 化学物質特定2段階測定法のフローチャート

化学物質をグループ分けし、さらにそのグループ内の物質について2度目の測定を行い、ガスの定性・定量を行う測定法である。

7 おわりに

この真空吸引器による測定は、準備・検知管装着・減圧までで3分、ガス採取は約10秒、測定を3分とし

て概ね6分程度、それに測定場所までの移動時間を加えても概ね10分もあれば測定できる。2段階測定法を採用した場合でも25分以内で約60種の化学物質の確認と定量が可能であり、隊員にとっても従来の検知管測定に比べ、より安全な測定法である。

なお、この真空吸引器は実用新案第3034064号に登録済みである。

# メイン・ストレッチャー脚部に起立機構を付加することによる腰部への負荷軽減について

名古屋市消防局消防学校消防研究室 袴田智治

## 1 はじめに

「職員の腰痛に関する実態及び予防に関する調査」(名古屋市消防局調査報告書)によると、腰痛を経験している職員のうち勤務中の腰痛発生率をみると、救急出動中時が22.4% (85人/349人)と最も高い発生率を占め、更に、活動内容においてはストレッチャー運搬時等が主なものとして上げられている。

これは、傷病者(体重約67kgf:30歳男性の平均的体格)とストレッチャー(43kgf:現有機器実測値)の重量合計が約110kgfとなり、腰部への負荷が大きいためと考えられる。

そのため、ストレッチャー脚をガスダンパの反発力を利用し、強制的に起立させる機構を付加することにより、腰部への負荷を軽減させることを図った。

## 2 起立機構の概要

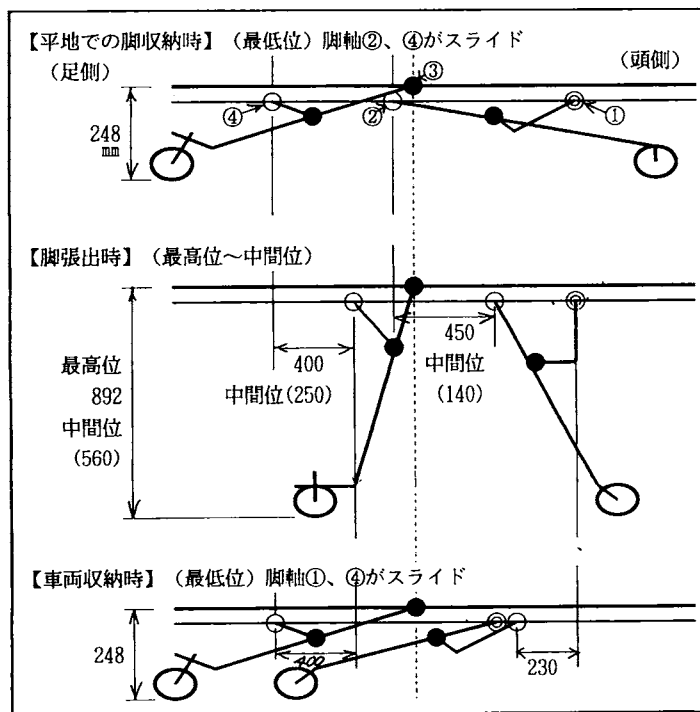
### 2.1 改良上の目標

① 持ち上げる力(取扱重量)を、常に55kgf以下に軽減できること。

「重症心身障害児施設における腰痛の予防対策指針」(昭和50年2月12日付:基発第71号通達)のなかで、「満18歳以上の男子労働者が人力のみにより取り扱う重量は55kgf以下になるよう努めること。」とされており、この数値を目安とした。

② 機能的で軽量、小型であること。

腰部への負荷を少なくするためには、付加する機構を軽量に抑え、取付けスペース等を考慮すると、電動機器を必要としない機械的な機構となる。



(図中 ● 完全固定 ◎ 固定(可動) ○ 可動)

図1 ストレッチャー脚及び脚軸の動き

③ 防振架台への積載及びCPRの施術時等において固定等が確実にいえること。

傷病者の体位管理等に支障をきたさないよう、防振架台等への固定が確実に実施できる機構が必要であり搬送中のCPRの施術時においても、任意のストレッチャーの高さで十分な保持力を有する必要がある。

2.2 構造

図1に示すように、頭側のストレッチャー脚の収納方向が車両収納時と平地での脚収納時では異なると

もに、スライドする脚軸が車両収納時には①軸であり平地での脚収納時には②軸と異なる点が、改良上の大きな問題点であった。

そのため、頭側のスライド脚軸押当て板が可動し、収納時にはガスダンパと押当て板の間にクリアランスができる機構を取り入れた (図2及び写真1参照)。

以下、構成部品の特性等について述べる。

① ガスダンパ：十分な反発力特性を有し、軽量かつストロークが長く、十分な保持力を有するものを使用。

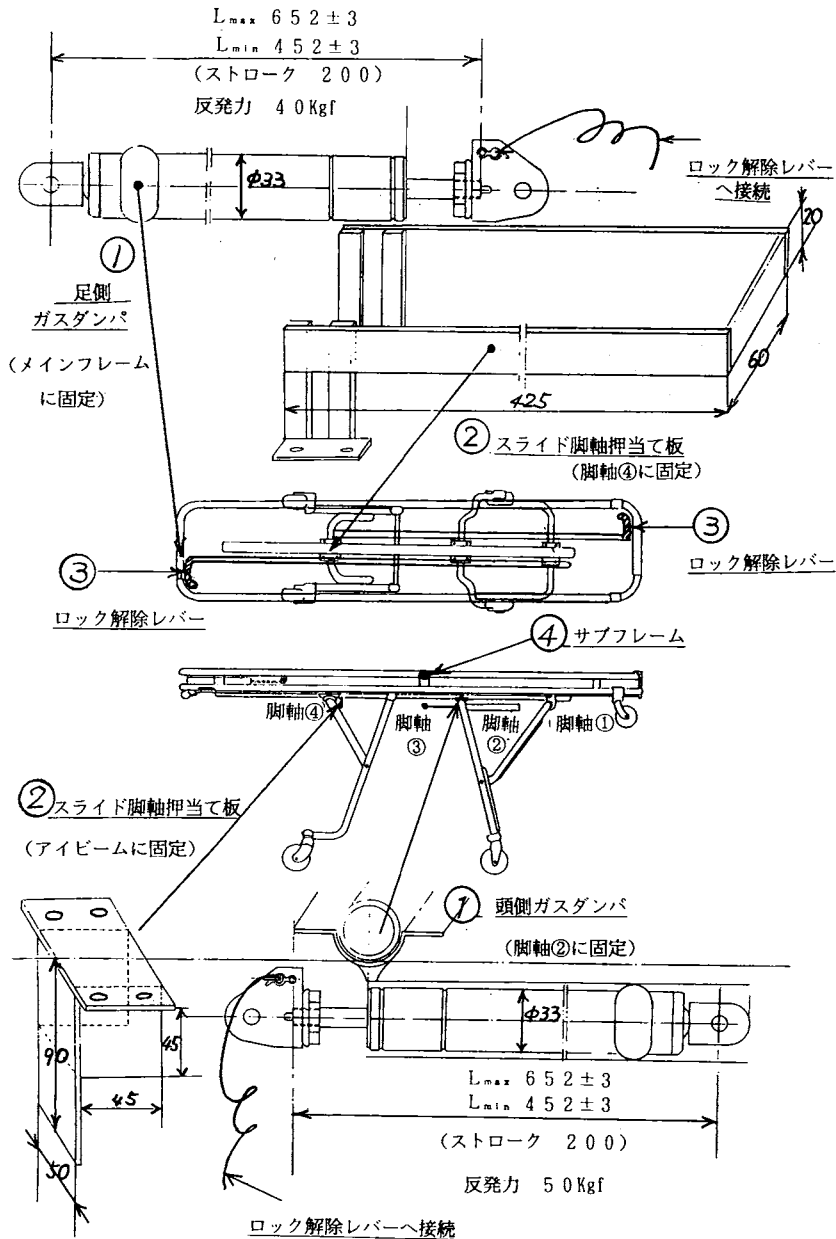


図2 脚起立機構の概要及び構成部品

- ・反発力 (頭側) 50±3kgf、脚軸②に固定 (足側) 40±3kgf、メインフレームに固定
- ・ストローク: 200mm ・保持力: 450kgf
- ② スライド脚軸押当て板
- ・頭側: アイビーム (脚軸スライドのためのストレッチャーのフレーム) に設置 (可動する)
- ・足側: 脚軸④に固定
- ③ ロック解除レバー: 従来のリリースバーと連動しガスダンパ・ピストンロッドの固定、伸縮を操作する
- ④ サブフレーム: 担架を載せるための補助フレーム



写真1 起立機構 (頭側) ・ストレッチャー脚の動き  
車両収納時 (脚軸①スライド・脚軸②固定)  
押当て板とガスダンパ・ピストンロッド間にクリアランスがあり、車両収納時に抵抗が掛からない

### 3 負荷測定結果

表1に示すように、従来のメイン・ストレッチャーを持ち上げる時よりも、最低位から中間位 (高さ248mmから高さ560mm) まで持ち上げる場合は22kgf、中間位から最高位 (高さ560mmから高さ892mm) まで持ち上げる場合は11kgf、持ち上げる力が少なくてすみ、腰部への負荷軽減が図られた。

また、表2に示すように、傷病者 (体重約67kgf) を乗せた状態で2人で持ち上げる場合でも、隊員各々の負荷を55kgf以下に抑えることができた。

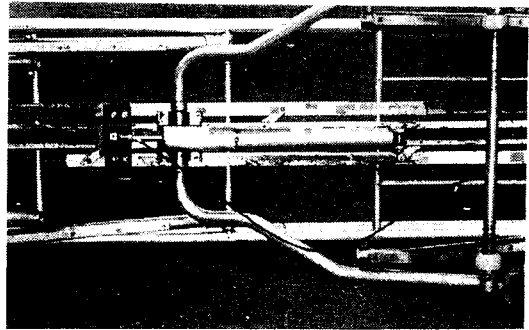


写真2 起立機構 (頭側) ・ストレッチャー脚の動き  
平地の脚起立等 (脚軸①固定・脚軸②スライド)  
ガスダンパ・ピストンロッドが最縮長にあり、最も起立力が働く。

表1 負荷測定結果 (持ち上げる力: 取扱重量)

	頭側負荷	足側負荷	合計負荷	差
現有のメインストレッチャー (重量)	22.0	21.0	43.0	—
改良 " (重量)	24.5	24.0	48.5	+ 5.5
" (最低位から中間位まで)	12.0	9.0	21.0	- 22.0
" (中間位から最高位まで)	15.0	17.0	32.0	- 11.0

※傷病者等に乗せず、現有機器との比較とした

表2 傷病者 (体重約67kgf) を乗せた負荷測定結果 (持ち上げる力: 取扱重量)

	頭側負荷	足側負荷	合計負荷
現有のメインストレッチャー	57.0	53.0	110.0
改良 " (起立機構未作動)	59.5	56.0	115.5
" (最低位から中間位まで)	47.0	41.0	88.0
" (中間位から最高位まで)	50.0	49.0	99.0

部分は、55kgf超

#### 4 まとめ（今後の課題）

起立機構の特徴として以下の点があげられる。

- ① 作業姿勢がデリック型（前かがみ状態）となり腰痛となりやすい、最低位からの持ち上げる時の負荷を大きく低減（合計22kgf低減）できた。

また、傷病者（体重約67kgf）を乗せた状態で2人で持ち上げる場合でも、各々の負荷を55kgf以下に抑えられた。

中間位から最低位の高さまで下げる場合においてはガスダンパの収縮抵抗が緩衝材としても作用する。

- ② ガスダンパ等の付加だけで構成でき、5.5kgfと軽

量である。

- ③ 機構が小型であるため、防振架台への積載、固定が従来と同様にでき、ストレッチャー自体のロック機構に加え、ガスダンパの保持力により、CPR実施時等における脚の固定が確実にできる。

なお、足側のストレッチャー脚が、車両収納時に頭側より高くなり、脚を縮める力が必要となるという改良必要点を解決しなければならない。

消防職員の年齢構成は高齢化していく傾向を示し、救急出動件数が増加の一途をたどっている状況のなか活動隊員の負担軽減のため、更に、機器の省力化及び軽量化を押し進める必要がある。

## Ⅱ 一般による消防防災機器の開発の部 (1編)

### クイック型の差込式結合金具の開発

櫻護謨株式会社 堀本 章

#### 1. 開発経緯

消防活動実務関係者からの要望・意見を受けて『雌雄の区別がなく、ワンタッチの簡単な操作で結合・離脱できる結合金具』の開発に着手した。

外国にはドイツ式金具 (DIN14300 A-Druckkupplung) のように雌雄の区別がない金具があるが、これらは全て『押し込んでからねじる』等の2動作を要するものである。また、差込式結合金具はワンタッチ方式だが雌雄の区別があり、両方の要求を満足する金具は存在しなかった。

##### (1) 両性具備タイプ

『雌雄のない金具』を考えるからいけないのである。それぞれの金具に雄の部分と雌の部分を持った『両性具備タイプ』の金具を作り、自分の雄の部分と相手の雌の部分、雌の部分と雄の部分というように組み合わせれば結合できることに気が付いた。1994年秋にはこの考え方に基づいて、差込式結合金具の雌雄を組み合わせた両性具備タイプの『原理確認モデル』を試作して国際消防防災展FF'94へ出展した。

1995年冬には、結合部材を軸方向に移動可能にする事によってコンパクトな金具とした『実用化モデル』を試作して試験した。しかし、構造が複雑で原価高となり、これらのことが製品化への障害となった。

##### (2) 無性タイプ

両性具備タイプの開発めどが付いた1994年冬から雌雄という概念をなくした『無性タイプ』の金具についても検討を開始した。その結果、全く新しい発想による『無性タイプ』金具を発明し、1995年冬にはこの考え方に基づく『原理確認モデル』を試作して基本的性能を確認した。

原理的には成立しても、実用化という面では当然多くの問題があった。1996年春からの約1年間の改良は、類似金具が存在しないために従来金具に関する知見が殆ど役立たない状況の中で進めることとなった。

#### 2. 従来技術

外国から伝わった、ねじ式結合金具は信頼性が高いが専用スパナを必要とする等、操作性に問題があった。一方、差込式結合金具はワンタッチで結合できる素晴らしいものであり、日本人が発明した世界に誇れる消防防災機器といえる。しかし、米国特許を出願したのが1923年であることから分かるように、75年も前に考え出された金具である。(US Patent No.1587079 S.Machino) ワンタッチという特長はあるのだが、ドイツ式金具等に比べると、雌雄の区別があるという問題が何時までも付きまってしまう。

#### 3. 改良経緯

『原理確認モデル』を試作した後、12回にわたる改良と試作試験を繰り返すことによって、1997年春に実用化モデルの基本形状が決定した。この金具を使用して各種の試験を行い、従来の差込式結合金具やねじ式結合金具と同等以上の性能を有することを確認した。日本消防検定協会と各種の調整を行い、1997年夏に自治大臣から基準の特例承認を得た。

#### 4. 製品説明

##### (1) 諸元性能

金具形状については写真1『金具形状 (たけのこ)』、大きさと重さは表1『諸元表』の通りであり、従来金具よりひとまわり小さくて軽いことがわかる。

##### (2) 結合力

金具の着脱は『金具を合わせて差し込む』と結合し『ねじが緩む方向へほんの僅か(3°)回転する』と

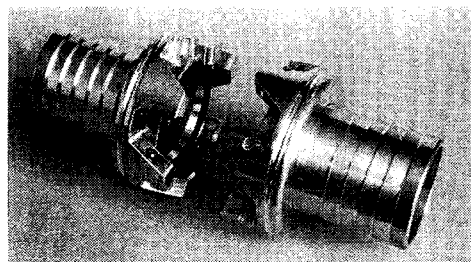


写真1 金具形状 (たけのこ)

離脱する。以下、図1「結合力説明図」に基づき説明する。金具結合部の係合面に15°の角度を付けてあるので、ホース内圧力によって金具同士に引き離される方向の軸荷重が発生すると『この軸荷重の約27% ( $\tan 15^\circ = 0.267$ ) が金具同士が噛み合う方向の回転力に変換される』ので、ますます強固に結合する。呼称65の場合、13kgf/cm<sup>2</sup> (1.3MPa)の水圧を加えると431kgf (4.23kN)の軸荷重が発生し、この27%である116kgf (1.14kN)が締め付ける方向の回転力になる。要するに100kgf (0.98kN)以上の力を加えないと離脱しない状態になる。また、消防ホース自身も水圧力が加わるとねじが締まる方向によじれるので、更に確実な結合となる。

### (3) 金具強度

金具の係合部6箇所の噛み合いは1箇所約2.6mm (3°、呼称65)と小さいが、直接金具同士が結合する構造となっているので十分な結合強度があり、性能試験でも5t (49kN)の軸荷重に耐えることを確認している。

単純な構造なので小型軽量にかかわらず、結合部等の肉厚を充分厚くする事が出来た。『ぶつけて変形』とか『高水圧で結合部変形』という問題がないことも確認済である。

### (4) 信頼性

金具はマシニングセンターで一貫加工しているので製品精度が高く、なおかつ、非常にシンプルな構造で部品点数が少ないことにより高い信頼性が確保されている。ゴムパッキンは変形量を大きく出来る断面形状L字形の専用品を設計しているので1kgf/cm<sup>2</sup> (0.1MPa)以下の低圧においても漏水することがない。

### (5) 耐久性

可動部のボールプランジャーは耐食性を考慮してオールステンレス、ゴムパッキンは耐候性に優れた合成ゴムを採用した金具設計としている。

プランジャー設計上の耐久性：100万回

ゴムパッキンの材質：クロロプレンラバー

以上の設計と金具自身が単純な機構であることにより、耐久性に優れているのを性能試験で確認している。

## 5. 試験結果

### (1) 自治省令規格準拠試験

差込式とねじ式の結合金具に要求される試験項目の着脱力、耐圧、漏水、負圧、繰り返し（着脱）、落下、引きずり、曲げ、押しつぶし、腐食の全てを満足した。なお、性能的には吸管にも使用可能な金具である。

### (2) 高所落下試験（以下独自試験）

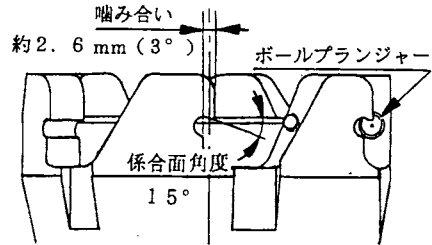


図1 結合力説明図

表1 諸元表

金具の種別		各諸元	全長 (mm)	外径 (mm)	内径 (mm)	質量 (g)
50	たけのこ	クイック型	143	80	44.5	424
		差込式	161	93	44.5	502
	エキスパン	クイック型	93	80	49.0	465
		ねじ式	111	80	49.0	546
65	たけのこ	クイック型	185	100	57.0	807
		差込式	198	113	57.0	790
	エキスパン	クイック型	107	100	63.5	830
		ねじ式	130	102	63.5	1,000

省令規格の落下試験と同一条件で、落下高さのみを2倍の2mで実施し、異常なかった。

### (3) 管鎗ねじり試験

金具から1.5m先のホースを固定してホース内に通水し、圧力を1kgf/cm<sup>2</sup> (0.1MPa) ずつ上昇させながらクイック型管鎗（ノズル部）を離脱方向へひねったが、いずれの圧力においても離脱せず異常なかった。

### (4) 砂利上引きずり試験

省令規格の引きずり試験（コンクリート上）と同一条件で、路面のみを砂利上に変えて実施したが、着脱性等に異常なかった。

### (5) 氷結試験

離脱状態の金具を5分間水中に浸漬してから引き上げ、-25℃で24時間冷凍してから着脱したが、異常なかった。（従来の差込式は結合できなくなる）

## 6. 展開予定

1998年春には各種金具の型式が取得できるので国際消防防災展FF'98で発表展示するとともに、『消防自動車へ取り付けて実際の消火活動で使用評価する』実地評価を各消防本部へ依頼する予定である。

実際に結合金具を変えるには、使用されている数量から考えると5～10年程度の長期計画で消防署毎に順次切り替える必要がある。また、ポンプ車や消火栓の根元金具、管鎗、各種媒介金具等にも波及し、簡単には実施できないことも認識している。しかし、未来永劫に差込式結合金具が使用される訳ではないので、この『クイック型』結合金具を21世紀を担う金具として育てていきたいと考えている。

### Ⅲ 消防吏員による消防防災科学論文の部 (5編)

## 地域社会の防火・防災力の向上に関する研究

### ＝木造密集地域の危険度評価体系の確立と検証＝

京都市消防局 萬治亮三、浦野康博、藤井正彦、飯室 浩

#### ◎ はじめに

平成7年1月17日未明に発生した「阪神淡路大震災」の教訓として木造密集地域の防火防災対策として、都市計画レベルでの都市の不燃化を中心とした防災まちづくりを進めることの重要性が指摘されています。京都市としては、国内有数の木造密集都市でもあり、平安建都1200年を超えた歴史の中で今もまちの隅々まで伝統ある防火防災文化を継承し、発展させるためには、新時代にふさわしい防災コミュニティの再構築することが重要であります。

このことから単なる不燃化建物の促進は、京都の防火防災を考える上でそぐわない面があることに留意し、単なる不燃化促進を目的とするものではなく、「自分たちのまちは自分たちで守る」という防災の基本である「自主防災の理念」に立脚した地域社会の防火防災力の向上をどのようにして高めていくかの課題について「木造密集地域の危険度評価体系の確立」への解析が必要と考え研究したものです。

#### 第1 木造密集地域の現状

##### 1 京都の現状

京都市は、前の大戦における戦禍からも免れた数少

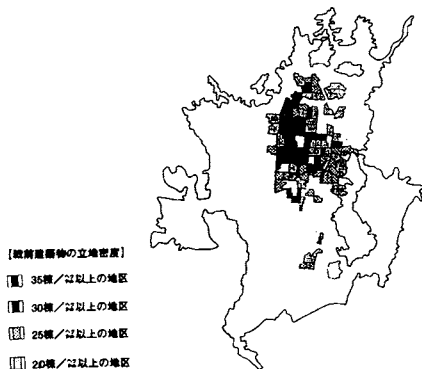


図1 戦前建築物の立地密度 (平成3年1月)

ない大都市で、必然的に木造建築物の寿命を長く、図1に示すとおり戦前建物の比率が突出する数値となっています。

#### 2 密集形態の特異性と防火防災上課題

京都における家屋密集の形態的特徴を上げるならば次の2点となります。

##### (1) うなぎの寝床的居住住宅の密集

① うなぎの寝床的住宅からは、火気使用場所の台所の位置が中程よりやや奥にあり、消火活動及び避難困難性の課題を抱えている。

② 高齢者比率は増加しており、又夜間人口は減少の一途である。

特に旧市街地においては、高齢化、人口の空洞化によって、地域防災力の低下が懸念される。

(2) 家屋の奥に家屋が広がるという路地型住宅の密集路地型の住宅は接道条件等から法的に建替えを認められないものが数多い。防火性という観点からは、接道部の住宅との共同建替えを採用しない限り再生できない。

#### 第2 モデル木造密集地域の選定

##### 1 選定経過と指標

選定のための指標は、観察指標から統計指標に移していくこととした考え方で、京都市内の木造密集地域選定の評価を行った。

##### ① 1 指標

ア 小規模木造住宅の密集 (\*1階床平均規模面積65㎡以下)

\* 密集係数=木造建物1階面積/課税木造建物係数

イ 木造住宅の密集度 (連続性) (\*\*木造グロス建蔽0.35)

\*\* 密集度=木造建物1階面積/課税敷地面積

##### ② 2 指標

ア 小規模木造住宅の密集市街地 (1階床平均規模面積65㎡以下)



イ 木造住宅の密集度（連続性）市街地（木造グロス建蔽0.35）

ウ 細街路の密集市街地（\*2.5m未満道路の分布度）  
\*2.5m未満道路延長が120m/ha以上で「大変多い」と認識されるメッシュ

③ 防火防災の成熟度指標

ア 地域成熟度

- ・防火防災訓練参加程度（回数、参加者数）
- ・非常ベル設置状況、・昼間在宅消防団員数

イ 生活者特性（主として、地域成熟度のネガティブな側面を把握）避難困難者……高齢者

2 モデル地域の選定

前述の選定経過と指標に従い図2の密集特性をもつ52地域（メッシュ）を基に絞り込み、モデル地域として5地域を選定した。

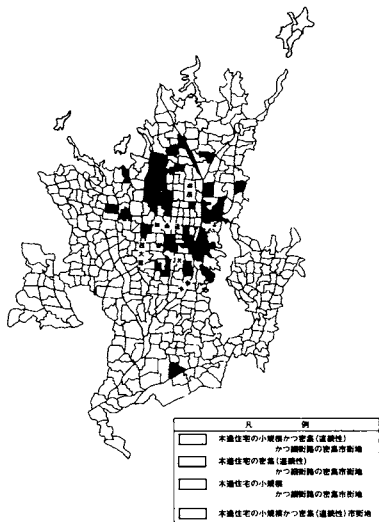


図2 モデル地域（メッシュレベルにおける市街地の密集特性の把握）

…メッシュレベルにおける市街地の密集特性の把握

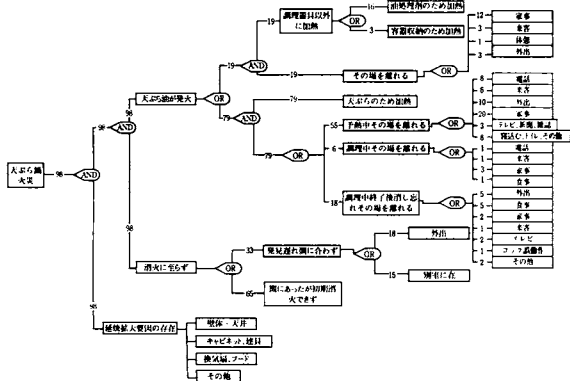


図3 天ぶら鍋火災のFTA

第3 木造密集地域の危険度評価体系の確立

1 危険度評価の目的

(1) 現状危険の把握と被害予想

京都市は木造密集地域が多く、延焼の危険性ははらんでおり、延焼速度を決定づける市街地環境要因は木造建ぺい率であります。また、木造密集地での延焼速度は、風速によっては100m/hを超えるものであります。

阪神淡路大震災ではほとんど風がなかったために、延焼速度は遅かったが、それでも火災事例から、木造密集地域を中心に数千棟の焼失を越える大規模な延焼火災が他都市で発生しており、このような被害を防ぐためには、個々の住民があらかじめ十分に対策をとっておく必要があると考えられる。

(2) 地域事情に合った対策と効果の検証

木造密集地域の火災危険性を低減させる方向性としては、具体的な対策と項目をハード（建築的、大規模設備）、セミハード（ハード以外の設備）、ソフトに分けた。

2 危険度評価体系

危険度評価の種別と体系は、出火危険、延焼危険、人命危険（焼死危険度、路地内人命危険度）とした。

(1) 出火危険

評価の指標としては、無対策時の潜在的な出火危険度を100とした場合に対策効果を低減率で表す形での、相対的な出火危険度としてFTA（Fault Tree Analysis）手法を用い、このFTAの解析結果の一例として「てんぶら鍋火災」FTA解析を示すと図3のとおりになる。

(2) 延焼危険

① 延焼速度の考え方

基本的に新東消式延焼速度の考え方を使用した。

\*建物内の延焼速度式は、次のとおりとする。

$$Vi = V' \cdot i \times r (v)$$

ここで、Vi：建物内延焼速度、V' i：建物構造別建物内延焼速度、r (v) = 0.048v + 0.822、v：風速 (m/s)

\*建物間の延焼速度は、次のとおりとする。

$$Vd = V' \cdot d \times r (v)$$

ここで、Vd：風下側建物間延焼速度、V' d：建物構造別建物間延焼速度、r (v) = 0.048v + 0.822、v：風速 (m/s)、また風向については、風上側延焼速度は0.73Vd、風横側延焼速度は0.84Vdとする。

② 消火の判定の考え方

・天井に着火した段階で消火不可能とする。

・消火に関するセフティータイムの判定は、時間の経

過に伴う相関による。

・消火能力単位は、水バケツ3＝消火器1とする。

(2) 人命危険

人命危険としては、対策の有無による焼死危険と路地内人命危険の2通りを定量的に評価した。

(4) 総合評価

総合評価は、出火、延焼、人命危険の組み合わせにより行い、評価の表1に示すようになる。

◎ まとめ

今回の研究した危険度評価体系を基に、木造密集地域の防火度評価及び画面上での模擬火災訓練を行う地域シミュレーション訓練システムのソフト開発につなげ、防火を軸とする木造住宅密集地域の防火対応力向上を主眼の『あんしんして暮らせる災害に強いまちづくり』を目指すものに役立ていきたい。

表1 危険度パターンと評価例

パターン	出火危険度	延焼危険度	人命危険度	傾向	優先度の高い対策
①	小	小	小	良好な状況	特になし
②	大	小	小	地域レベルの防災能力は高いものの、各戸の防火対策に問題がある	個人レベルの安全器具等の設置、家庭防火対策の啓発
③	小	大	小	各戸レベルの防火対策は良好で、住民の協力体制が比較的良好、又は災害弱者が少ないと思われるが、地域の建物構造、空地の問題や、また警報機器等の整備が進んでいないことが考えられる	建物構造の改修や警報機器の設置等
④	小	小	大	各戸レベルの防火対策や街区の防火構造も比較的良好と思われるが、袋小路が多く、また災害弱者が多いといったことが考えられる	袋小路の解消、災害弱者の救助体制の整備
⑤	大	大	小	住民の協力体制といった面は比較的良好と思われるが、住民の防火に関する意識は低い	住民の防火意識の啓発と安全器具、防災機器、建物構造の改修等の整備
⑥	大	小	大	街区の構造は、比較的良好であるが、住民の防火に対する意識や協力体制に問題があると思われる	防火意識の啓発、安全器具等の設置と災害弱者の救助体制の整備
⑦	小	大	大	住民個々の防火意識は優れているが、街区の構造や住民間のまとまりに問題があると考えられる	建物構造の改修や住民間の協力体制の強化
⑧	大	大	大	個人レベル、地域レベル全般にわたって、ハード、ソフト両面に問題がある	人的危険の低減対策を優先的に、全般的な対策が必要

# 電子レンジの長時間使用による食品の出火危険に関する研究

神戸市消防局 檜木恵三

## 1. はじめに

電子レンジは、ひろく家庭に普及した調理器具のひとつであり、使用方法が簡単で食品の調理状況を注意深く見つけている必要がない大変便利なものである。しかし、使用方法を誤ると食品から煙が発生して発火することがある。本研究は、百数十種類の食品を電子レンジで加熱して、食品からの煙の発生および食品から発火するまでの過程を観察し、測定しその機構の解明をおこなったものである。

## 2. 実験方法

この研究では電子レンジの「あたためる」加熱機能を使用して、(2)の①から④にそって実験をおこなった。

### [電子レンジの性能概要]

#### ・加熱室寸法

幅 285mm 高さ 170mm 奥行 280mm

#### ・定格消費電力 930W

#### ・定格高周波出力 500W (解凍 200W)

#### ・発振周波数 2450MHz

### (1) 実験用食品の選択

実験に使用する食品の種類は、食品成分表等に基づいて穀類、いも・でん粉類、種実類、豆類、魚介類、獣鳥鯨肉類、油脂類、卵類、乳製品、野菜類、きのこ類及びレトルト食品として、この中から必ず数種類以上選択した。

### (2) 実験項目

① スイッチを入れてから、食品からの煙の発生開始時間、火花発生及び発火継続燃焼開始時間を測定する。

② 食品の発火機構解明の方法のひとつとして、電気抵抗の変化を電子レンジであたためる前と後で測定する。

③ 加熱中の食品の変化を観察する。

(注) 食品をラップ、紙等に包むことや特別な切れ目などは一切入れず購入時の形のまゝを原則とした。

④ 同一食品について、3回の測定実験をおこなった。

## 3. 実験結果および考察

### 【1】植物系食品について

(1) 穀類 穀類のうち、乾燥している白米、餅米、大

麦は、電子レンジのスイッチを入れて4分を過ぎると煙が発生して、煙を多量に発生しているとき発生量のピークを過ぎると発火して継続燃焼する。なお、食品成分のうち炭水化物のなかに糖質を多く含む食品は、電子レンジで急激に加熱すると、炭化の過程で膨張していく。穀類に十分に水を吸わせて芯まで熱をゆっくり加えた物を我々が食品として食べることから穀類が発火するか否かは、水分の量と熱エネルギーの単位時間当たりの量の違いが大きな要因のひとつである。

(2) いも・でん粉類 いもの全てが発煙、発火した。しかし、でん粉は膨張炭化しながら煙を発生していくだけである。「サツマイモ」は電子レンジで調理して食べることの多い食品のひとつ<sup>1)</sup>であることから詳しく実験した。サツマイモの重量変化に対する発煙、発火にいたる時間の実験式が得られた。

#### ・生のサツマイモ

発煙開始時間  $y=0.093x+0.85$

発火開始時間  $y=0.083x+0.44$

#### ・ゆでたサツマイモ

発煙開始時間  $y=0.069x+0.49$

発火開始時間  $y=0.082x+0.41$

ここで、 $y$ : 時間 (分)  $x$ : サツマイモの重量 (g)

(3) 糖類 上白糖1種類の実験であるが、でん粉と同じく炭水化物中の糖質が電子レンジで急激に高周波数の電磁波が照射されると、炭化の進行とともに体積が急激に膨張しながら煙を発生(2~3分)する。

(4) 種実類、豆類 穀物類と同じ過程を経て発煙、発火する。生の場合、煙が発生して、その後発火継続燃焼した。落花生は、種実に多量の油脂を含むので、発火継続燃焼し始めてもそのまま電子レンジの高周波放電を繰り返すと加熱室で落花生からしみだした油脂に引火し、加熱室から熱などの吹き出し口または扉の隙間から炎が噴出かつ流れだすことがある。これは、落花生が発火継続燃焼してから30秒以内の時間である。種実類の加工食品は、煙の発生のみで生の種実に比べ煙の発生時間も2~3倍時間がかかる。

(5) きのこと類、藻類 きのこと類の全てが煙を発生した。煙の発生量が少なくなると、きのこの炭化した一部

がグラファイト化<sup>2)</sup>して火花が発生した後に発火継続燃焼する。藻類は煙を少し発生するだけであった。

- (6) 野菜類 煙の発生、火花の発生は、穀類、きのこ類と同じである。煙の発生をみの野菜と発火継続燃焼までする野菜と押し花と同じ水分が蒸発するだけの野菜がある。煙を発生するだけの場合と、発火継続燃焼までする野菜の違いは、野菜の食品成分で水分を除く成分のうち蛋白質の含有量と炭水化物中の糖質、繊維質の含有量およびその割合の違いが認められる。蛋白質および糖質の多い野菜は電子レンジで高周波をあてて急激に熱エネルギーを発生させると水分蒸発の進行とともに炭化して煙を発生していく過程は認められるが、煙の発生のみである。しかし、炭水化物中に繊維質の多い野菜は、煙を発生したのち炭化した一部分(繊維質と考察される)がグラファイト化してその部分へ電子レンジの高周波が照射されて火花が発生し数秒で発火して継続燃焼する。

## 【2】動物系食品について

- (1) 魚介類 電子レンジによる加熱実験の結果魚の全てから煙が発生するが発火継続燃焼する魚はひとつも無かった。また煙の発生量も植物系食品に比べて少ない量であることが特徴的である。電子レンジで魚を高周波で照射加熱した場合、魚にある油脂が液体となって滲み出るのが、滲み出た油はそのものの発火温度まで上昇することがなく皿に溜まったままである。溜まった油は魚が発熱炭化していく熱を奪いとる働きをするだけである。
- (2) 獣鳥鯨肉類 肉類は生および加工食品とも魚介類と同じ煙の発生過程をたどり発火継続燃焼する事がなかった。電子レンジで加熱すると1分以内に水分の蒸発とともに脂質が肉から滲みだしてくる。比較的高温の油のなかに肉が漬かっている状況下で加熱される。炭化の進行につれて煙が発生する。煙の発生量は魚貝類と同じである。肉に含まれる蛋白質が煙発生を要因のひとつと考えられ、炭水化物中の繊維質が0ということが発火継続燃焼しない要因のひとつと考える。
- (3) 卵類 電子レンジで生卵を加熱すると自明のとおり約2分で扉の止め金具が外れる圧力で爆発し粉々になって飛び散った。この原因は、卵の黄身にある。黄身を電子レンジで加熱すると、急激に体積膨張(数百倍)するが、体積膨張以外なら変化がない<sup>3)</sup>。つぎに、卵の白身は電子レンジの加熱で部分的に炭化するとともに煙を発生する<sup>4)</sup>。黄身と白身を混ぜたときには、黄身により急劇に体積膨張してその中

の一部分が炭化していた。

- (4) 乳製品、油類 チーズを除き発火継続燃焼することがなく、煙を発生するだけである。乳製品の煙の発生量は極めて少ない。また牛乳、ヨーグルトは無煙炭化した。油は、電子レンジでは何ら変化を認めなかった。

## 【3】加工食品

レトルト食品の全てが水を含んでいることから電子レンジで加熱すると、水の沸騰とそこに含まれる食品の突沸と飛散が起こる。この現象がなくなると炭化をはじめて煙を発生する食品が多く認められた。てんぷら等油で揚げた食品はその材料が植物系か動物系かで異なった。特にいも、野菜のてんぷらの場合、極めて多量の煙が発生(サツマイモの煙の発生と同じ量)してその後発火すると同時にてんぷらの油にも引火し極めて高い爆発音を伴って継続燃焼する。しかし、材料が魚、肉類の場合には、煙が発生するだけであった。てんぷらなどの油の揚げ物の場合調理前の材料の種類により煙の発生または発火の可能性の有無を判定できる。

## 4. 結論

- (1) 植物系食品の多くが炭化発煙し、炭化部分がグラファイト化して高周波の照射を受けて火花が発生する。その後発火継続燃焼する。
- (2) 動物系食品は炭化発煙するが発火しない。動物系食品から滲み出る油脂は電子レンジの加熱では発火しない。
- (3) 食品の主な栄養成分のうち、蛋白質は発火を抑制し、炭水化物中の糖質は体積の膨張を起こし、繊維質が炭化グラファイト化して発火の原因となることが確認された。なお、脂質は、食品から滲み出て食品の発熱を抑える効果があり電子レンジの加熱では発火しなかった。ただし、他の食品が発火源となり二次的に油脂に引火した場合は火災拡大危険が極めて大きいことは、自明のとおりである。

## Note

- 1) 神戸市民防災総合センターで防災研修をおこなった20~70代の女性200人を対象に調査した。生のサツマイモを焼くのに電子レンジを多く利用していた。その利用方法はメーカーの取扱説明書または料理の本を良く読んで使うとした人は1人であり、他の人はおおまかな(経験や感で)時間の設定であった。
- 2) グラファイト化の測定方法として、電子レンジで加熱する前に食品の表面(皮)の電気抵抗を測定し

ておく。実験終了後に炭化した部分の電気抵抗を測定して実験前後の電気抵抗の変化を見る。グラファイト化すると電気抵抗値が0Ωに漸近する。

3)、4) オープントースター (820W) で卵の黄身と白身を電子レンジと同じ取扱方法で加熱すると、黄身は発火して継続燃焼した。白身は煙を発生することなくただ白く固まるだけであった。電子レンジでの高周波

の照射による加熱の場合と大きく違っている。

◎ 測定値が必要な場合は、著者までご連絡ください。

連絡先 ☎ 651-1124 神戸市北区ひよどり北町  
3丁目1番地神戸市消防科学研究所

☎ 078-743-3774 FAX 078-743-0119

◎ この研究は平成9年度文部省科学研究費補助金  
(課題番号 09924004) による研究成果である。

# 大規模事故における救急搬送シミュレーション の実施について

京都市消防局 山本清之

## 1 はじめに

大規模な救急救助事故などにおいて、多数の負傷者を救急隊をはじめとする多数の搬送隊により、限られた時間内に医療機関へ搬送する必要がある場合に、投入する搬送隊数の決定は計画の運用、出動指令時の判断などにおいて不可欠の要素です。

しかし、負傷者数、災害発生場所、重・軽傷者の比率などによって必要な搬送隊数や搬送所要時間に差があることは自明の理であるにもかかわらず、その定量的な関係を客観的に決定することは容易でなく、経験則によりその都度判断しているのが実情です。

そこで、今回これを解決する一手法としてシミュレーションを作成するとともに、これを用いて様々な想定条件における計算を実施することにより、計画運用や出動指令時の判断の目安となる定量的な解答を求めましたので、その概要を紹介します。

本シミュレーションはパソコンで容易に作動できるとともに、そのロジックの性格上、都市固有の事情に関わる要素が少ないため、搬送隊配置位置や病院位置、車両の搬送力、走行速度などのデータさえ入力すれば、十分な汎用性を確保できていると考えています。

## 2 ロジックの概要 (図1 参照)

ある搬送隊に着目して、ロジックを説明する。

- ① 災害覚知とともに、残留警備につく以外の搬送隊は同時に災害現場へ出動する。
  - ② 到着した搬送隊は、現場で車両の搬送定員に相当する負傷者を収容して搬送を開始する。
  - ③ 搬送は寝台搬送の必要な負傷者（以下「負傷者A」という。）をこれ以外の負傷者（以下「負傷者B」という。）より優先する。
- また、救出活動とトリアージは停滞なく実施され、車両への収容の「待ち」は生じない。
- ④ 搬送隊は、現場から最も近い収容可能病院へ負傷者を搬送し、搬送人員より収容可能人員の方が多い場合は全搬送人員をその病院へ収容する。
  - ⑤ 負傷者が搬送先病院で全員収容できない場合、そ

の地点から最も近い他の病院へ残りの負傷者を搬送する。

- ⑥ 病院収容が終了したら、搬送隊は再び現場へ戻り、以下、各搬送隊がこの操作を繰り返して、全負傷者の搬送を完了した時点でシミュレーションを終了する。

## 3 シミュレーションの実施及びその結果

次の条件（標準条件）をベースに、各検証項目ごとに条件を変えてシミュレーションを実施した。

- 全負傷者を100名とする。
- 「集団事故の救急医療体制の類型化と合理化に対す

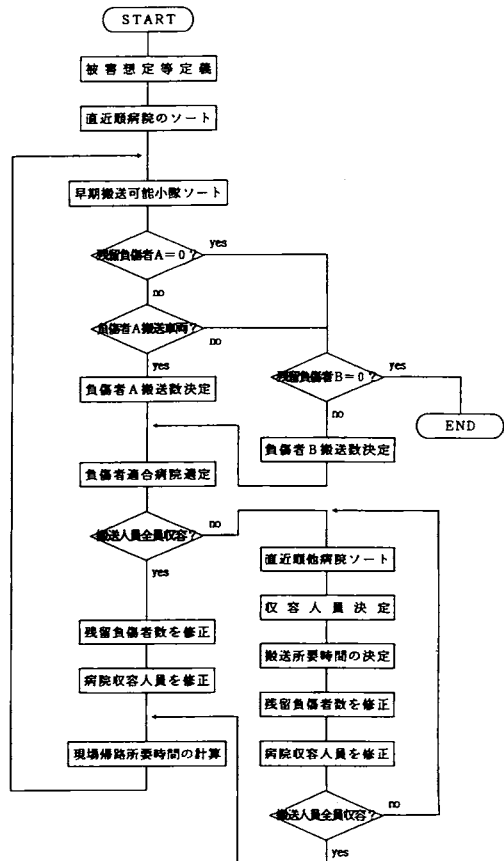


図1 集団救急搬送シミュレーションのフロー

る研究」(自治省消防庁)に基づき、負傷程度の比率を次のとおりとする。

(死者：1、重傷：2、中等傷：3、軽傷：5)

なお、死者は病院において判明するものとし、搬送対象とする。

- 出動する搬送隊を15隊(救急隊)とする。
- 搬送先病院を救急告示病院とする。

(1) 発生場所による比較

12に分割した市域の各エリアごとに事故発生地点を想定して、標準条件で所要時間を計算したところ、図2のとおりとなった。

最小値(Dエリア)と最大値(Cエリア)との間には、1.63倍の差が見られる。

これは救急隊や病院の分布密度が高いエリアは低いエリアに比べて、搬送所要時間が短いことに起因すると考えられるが、この結果から密度の低いエリアではこれをカバーできるだけの搬送隊を増援出動させる必要がある。

(2) 負傷者数による比較

全負傷者数を100名、200名、300名と増加させて、その所要時間及び最も長距離搬送する病院までの距離を計算したところ、それぞれ図3及び図4に示す結果となった。(計算例はCエリア)

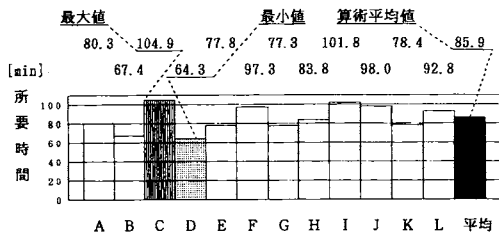


図2 発生場所エリア別の搬送所要時間

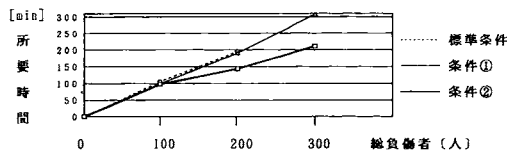


図3 負傷者発生数と搬送所要時間の関係

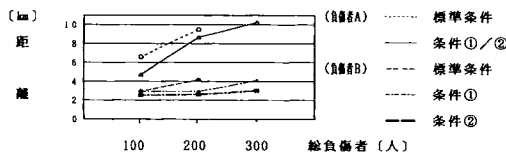


図4 負傷者発生数と最長距離搬送病院の関係

なお、搬送対象病院についても告示病院、搬送隊についても救急隊だけでなく次の条件による計算も併せて実施している。

- ア 告示病院以外の病院を加えた。(条件①)
- イ 告示病院以外の病院を加え、かつ搬送隊に特設救急隊、特設搬送隊を加えた。(条件②)

負傷者の搬送を短時間に完了するという計画の趣旨からすれば(災害現場から長距離にある医療機関への搬送を避けるためには)、負傷者数が特に大きい場合には特設救急隊、特設搬送隊を出動させるとともに、告示病院以外の病院へも搬送するよう配慮する必要がある。

なお、負傷者Aと負傷者Bの別に、時間経過と搬送人員との関係をグラフに表すと、図5のとおりとなった。

(3) 負傷程度比率の比較

標準条件において、負傷者Aの比率を変えて計算したところ、図6に示す結果となった。(計算例はCエリア)

負傷者Aの比率が多くなってくると、搬送完了時間が徐々に増加していく傾向が見られる。一方、平常配置されている寝台搬送可能な車両の台数及びその搬送力には制約がある。このことから重傷者が多いと予

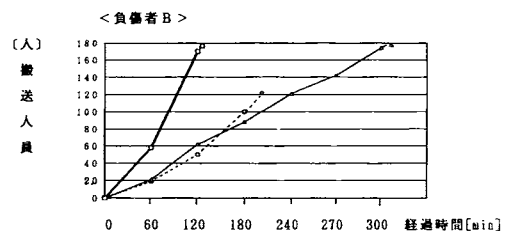
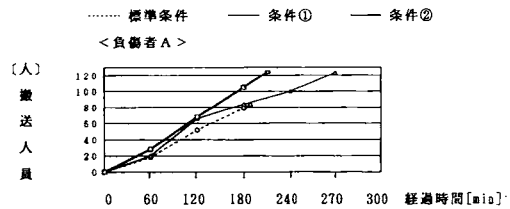


図5 時間経過と搬送人員の関係

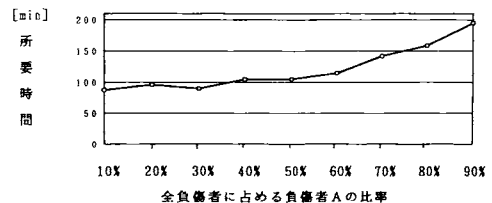


図6 負傷者症状比率と搬送所要時間の関係

測されるような事故では、予備救急車などの寝台搬送可能な車両の初期投入を配慮する必要がある。

#### 4 まとめ

すべての災害について言えることですが、とりわけ人命に関わる救急救助事故においては、負傷者数のいかににかかわらず、救出や搬送に長時間をかけることは許されません。

このため「出勤計画」や「警備計画」も、事故の内容に対応して臨機応変の運用を行わなければ、その目的は達成できないと言えます。

本シミュレーションでは、負傷者の増加にともない、同じ数の搬送隊を投入しても災害発生地点などの諸条

件によりその所要時間は大幅に異なるので、災害への対応に当たってはこれらをカバーするために、平常時から計画運用などについて十分検討しておく必要性が示されました。また、その検討の基礎となるのは数量的な予測データであり、シミュレーション手法は様々な想定における計画運用の目安や配意事項に解答を与えてくれます。

なお、前記以外にも医療機関の受入れ体制や現場応急救護所を開設した場合の効果など、様々な想定条件についても、本シミュレーションは広範囲に適用することができるので、今後ともその精度向上に努めるとともに応用範囲の拡大についてもさらに検討を進めていきたいと考えています。



# 大規模地震時の道路機能支障評価に関する研究

広島市消防局 加納敬士

## 1. はじめに

近年、兵庫県南部地震での教訓をもとに、災害に強い街づくりが進められている。都市によっては大規模地震の被害想定調査を行っているところもある。しかし、道路の機能評価については実際の地震時の消防活動に役立つ資料を提供するに至っていない。

都市直下型地震のように、道路にも大きな被害が考えられる場合、消防車の現場への到着が大幅に遅れる可能性が非常に高く、実際に兵庫県南部地震が発生した神戸市でも消防車の到着の遅れが問題となった。

そこで、本研究では、大規模地震時の道路の状況を事前に把握し、消防活動を行う上で有効かつ実用的な資料を提供することを目的とし、道路機能支障評価と大規模地震時の消防車到着時間を算出する手法について研究する。

## 2. 評価法の概要

道路の機能評価はモンテカルロ・シミュレーション法を用いて行う。この方法は、上水道や道路などネットワークを構成するものに対して用いる機能障害の評価法である。この評価法を用いた到着時間の予測の手順は、まず、対象となる道路をモデル化し、続いて道路の被害確率を求め、各節点間（枝）の被害確率に基づき乱数を用い被害の有無を決定させる。被害ありと決定した枝にあっては、これを取り除く。このようにして被害ネットワークを発生させ、この被害ネットワークにおいて道路接続状況及び到着時間を計算する。この作業をパターン異なる多数の被害ネットワークに対して繰り返し行い、各節点の道路接続確率（信頼度）及び到着時間を次式から求めるものである。

$$\text{ある節点の接続確率（信頼度）} = \frac{\text{（スタート地点からの接続回数）}}{\text{（繰り返し回数）}}$$

$$\text{ある節点の到着時間} = \frac{\text{（各パターンの到着時間の総和）}}{\text{（到着回数）}}$$

モンテカルロ・シミュレーション法において、ある1つのパターンにおいて与えられた被災道路ネットワークは、スタート

地点が複数である最短経路問題となる。そこで、本研究ではこの最短経路問題をダイクストラ法を用いて解析する。

ダイクストラ法とは、距離行列が与えられたとき、任意の節点から他のすべての節点に至る最短経路と最短距離を求める方法である。

被害確率とは、節点間で被害が1箇所以上発生する確率であり、ある節点間の道路被害率（単位長さ当たりの被害数）を用いて求めることができる。

本研究は、以上の計算を行い求められる消防車到着時間（出動から現場に到着するまでの時間）と信頼度をもとに、評価対象の道路ネットワークの弱点の把握、地震時の出動計画の作成または消防署所の配置の検討の際などに用いる基礎資料となるよう道路機能に評価を与えることができるようにするものである。

## 3. 試算例

本研究では、道路機能支障評価の手法を広島市の市街地を例にとり、試算を行った。

広島市の市街地は太田川デルタ地帯に位置し、大まかに東西方向と南北方向の基盤目状の道路網を形成している。その特徴としては橋梁部分が非常に多く、地震時に落橋の危険性の高い橋を含むことにある。また、市街地の大部分が液状化危険度の高い地域となっているため、多くの被害が予想される。

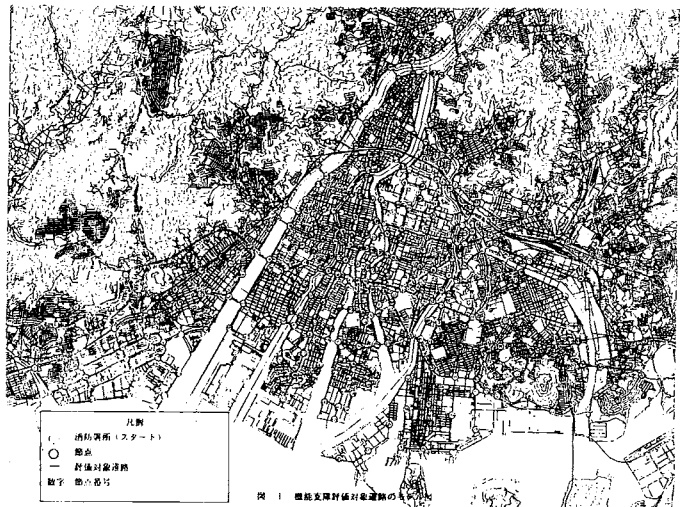


図1 機能支障評価対象道路のモデル図

まず、評価の対象となる道路網を定めなければならぬが、消防車は緊急走行時では主に幹線となる道路を進行し、現場付近から路地に入るのが一般的であることなどから、図1のように節点296、枝461の道路網ネットワークにモデル化した。さらに、消防車の進行速度を、家屋の倒壊や渋滞などによる通行障害物の発生の可能性などを考慮し分速500m(時速30km)と仮定し、各枝を消防車が通行するのに要する時間を求めた。

被害率は、地盤種や液状化危険度あるいは土砂崩れなどの要因をもとにした補正係数によって求められるが、これらが現在調査中であるため、本研究では各枝の被害率をすべて0.1(箇所/km)とした。また、被害がポワソン分布に従って発生すると仮定して各枝の被害確率を求めた。ただし、橋梁部については落橋の可能性や渋滞などを考慮し、0.8とした。

モンテカルロ・シミュレーションを行うために、C

言語を用いてプログラムを作成し、各枝の要する時間を節点間距離とみなし、平常時の各節点の消防車到着時間、および地震時の信頼度、地震時の消防車到着時間を求め、道路機能支障評価を行った。

#### 4. 結果と考察

解析による結果を図2に示す。到着時間が大幅に遅れるということは、第1着隊となる消防隊がまちまちである可能性が高いということになる。そこで、各消防署所が、ある節点への第1着隊となる確率を求めた(図3)。

本研究で得られた結果は、さらに火災危険度、水道の被害想定結果等の他の資料と併せて考察することにより、消防活動に必要な様々な資料を提供することができる。このように道路の機能支障評価を行うことは、地震時の消防活動を考える上で非常に有効であることが明らかにされた。

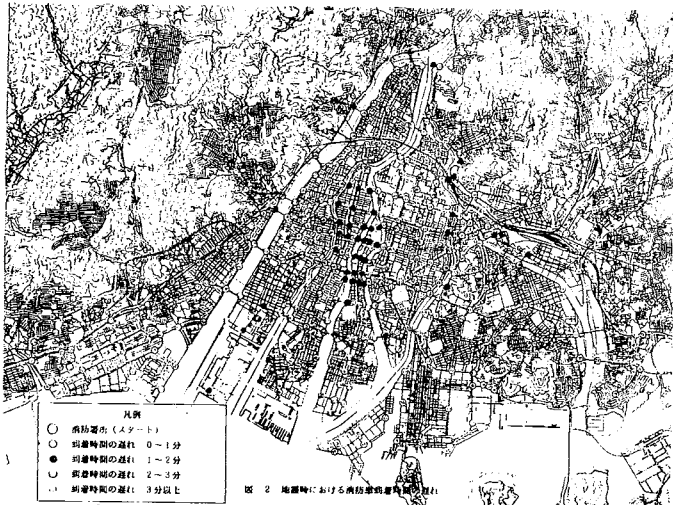


図2 地震時における消防車到着時間の遅れ

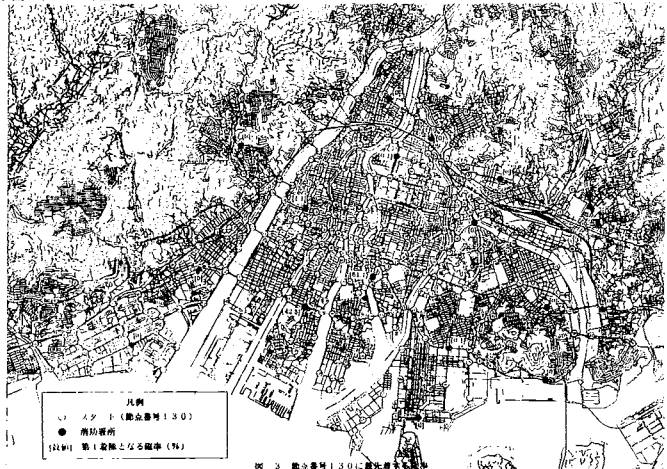


図3 節点番号130に最先着する確率

# 名古屋市における高齢者の救急需要予測

名古屋市消防局消防学校消防研究室 柴田靖史

## 1 はじめに

本稿では、名古屋市の2000年、2005年、2010年および2015年における高齢者の救急需要を、年齢5歳階級別将来人口推計と将来の年齢5歳階級別搬送率（5歳階級人口に対する当該年齢階級の救急搬送人員の割合を百分率で示す。以下「搬送率」と言う。なお、80歳以上の階級については、80歳以上で一つの階級とした。）を推計することにより予測した。

## 2 搬送率の推移

1980年、1985年および1990～1996年のそれぞれについて搬送率を求めた。このうち、1980年、1985年、1990年および1995年の結果を図1に示す。なお、名古屋市の人口<sup>1), 2)</sup>については各年の10月1日現在のものを用いた。この図から高齢者においては、年々搬送率が増加する傾向にあり、特にその傾向は高齢になるほど著しいことがわかる。たとえば、80歳以上において1980年に約4.6%であった搬送率は、1995年には約10.2%と約2.2倍の伸びを示している。

## 3 高齢者の将来救急需要予測

### (1) 人口の将来推計

国立社会保障・人口問題研究所が1997年1月に公表した「日本の将来推計人口」で推計された『将来生命表』および『将来の女子の各歳別出生率』を用いて、コーホート要因法による名古屋市人口の将来推計を行った。

出生数の推計には前述の将来人口推計の女子の年齢5歳階級別出生率（中位推計）と名古屋市の1990～1995年の平均の出生性比を、死亡数の推計には同じく将来人口推計の『将来生命表』の性・年齢5歳階級別生残率を、また、社会増加数の推計には名古屋市の1985～1995年の純移動率を用いて、1995年の人口をもとに2000年、2005年、2010年および2015年の人口を推計した。その結果（ただし、今回必要な高齢者人口のデータのみ）を図2に示す。

### (2) 高齢者搬送率の将来推計

高齢者搬送率の推計には、1990～1996年までの搬送率から最小二乗法により推計する方法等種々考えられ

るが、ここでは各年の翌年への増減比をそれぞれ求め各年齢階級ごとにその平均をとった年平均増減比を用いた。この年平均増減比が将来にわたって一定と仮定して、次式により2000年、2005年、2010年および2015年の各年齢階級の搬送率を試算した。

$$X年、i階級の搬送率 = (1996年のi階級搬送率) \times (i階級年平均増減比)^n$$

ただし、X年とは、2000年、2005年、2010年および2015年で、 $n = X - 1996$ である。また、i階級とは65～69歳、70～74歳、75～79歳および80歳以上の年齢5歳階級を示す。

得られた結果を図3に示す。

### (3) 高齢者救急搬送人員の将来推計

高齢者救急搬送人員の推計には、(1)で得られた将来推計人口と(2)で得られた将来推計搬送率を用い、次式により2000年、2005年、2010年および2015年の各年齢階級ごとの搬送人員を試算し、合算した。

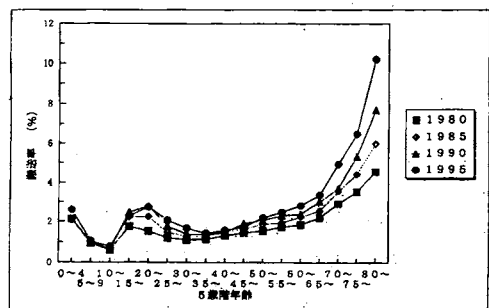


図1 年齢5歳階級別搬送率

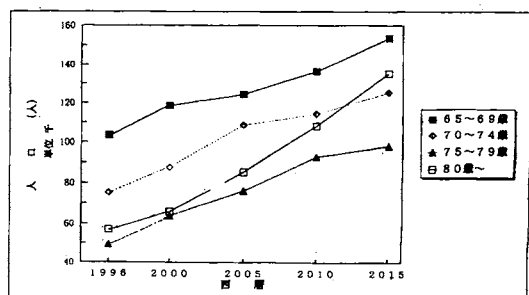


図2 名古屋市の高齢者将来推計人口

$$X\text{年の搬送人員} = \sum_{i=1}^4 (X\text{年、}i\text{階級の推計人口}) \times \frac{(X\text{年、}i\text{階級の搬送率})}{100}$$

ただし、X年とは、2000年、2005年、2010年および2015年である。また、i階級とは65～69歳、70～74歳、75～79歳および80歳以上の年齢5歳階級を示し、i=1は65～69歳、i=2は70～74歳、i=3は75～79歳およびi=4は80歳以上である。

得られた結果を図4に示す。

#### 4 考察

高齢者の救急搬送人員は、推計結果(図4)から1996年に17,163人であったものが、2000年には24,466人、2005年には37,706人、2010年には56,701人、そして、2015年には84,295人になると予想される。また、1996年の搬送人員を100とすると、2000年では約143、2005年では約220、2010年では約330、2015年では約491となる。

図4において各年齢階級による搬送人員の増加傾向は同じではなく、65～79歳までの増加傾向と80歳以上のそれとでは大きく乖離していて、80歳以上の搬送人員の増加が顕著で特徴的である。この年齢階級が、高齢者搬送人員の増加の主要因となっていることは明らかである。これは、図2の推計人口において、80歳以上の年齢階級の伸びが2005年以降他の年齢階級に比べて著しいこと、この傾向が図3の搬送率の推計でも同じであることから、これらの相乗効果の結果であると考えられる。

このような高齢者による救急需要の伸びに対して、将来適切な救急業務を行うためには、何らかの対応が必要となってくると考えられるが、まず、現在の高齢者の救急利用の実態を把握するために、一人暮らしであるなどの生活環境をも含めた救急搬送者の詳細な調査を行う必要があると考えられる。

#### 5 おわりに

名古屋市において、救急業務に関する将来予測が行われたのは、本研究が初めてである。今後の高齢者の救急需要の増加については、漠然とした共通の認識があったものの明確なデータはなかった。今回初めて高齢者将来救急搬送人員を理論的に具体的な数値で示すことができた。

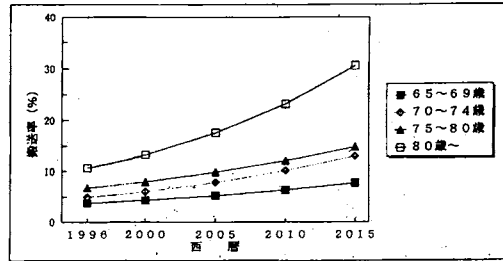


図3 高齢者将来推計搬送率

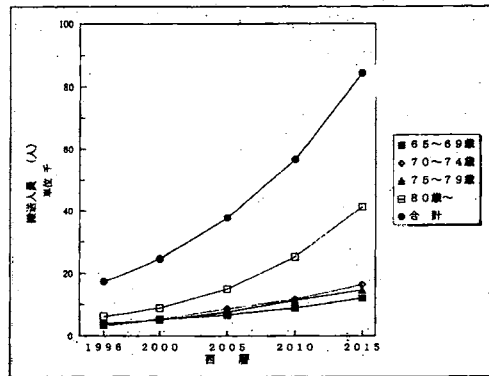


図4 高齢者将来推計救急搬送人員

本推計結果から、高齢者とりわけ80歳以上の高齢者の救急需要が、21世紀初頭に著しく伸びるものと予測される。このような状況のなかで、限られた人員と装備で適切な救急活動を実施していくための方策について本論では言及できなかったが、応急手当普及のための啓蒙活動、救急医療情報サービスの充実、民間救急の活用などを積極的に進める必要があるのではないかと考えられる。

最後に、本研究を進めるにあたり、(財)名古屋市都市産業振興公社研究推進部(現在:岐阜聖徳学園大学経済情報学部)の伊藤薫氏並びに名古屋市総務局企画部統計課の大城純男氏に貴重な助言を頂いたことを、ここに記して感謝する。

#### 参考文献

- 1) 名古屋市:平成8年版名古屋市統計年鑑(1997)
- 2) 名古屋市:統計なごや一名古屋市統計資料月報一, 584, p.18 (1997) 他

## IV 一般による消防防災科学論文の部 (3編)

## 延焼防止の為の薬剤の性能に関する基礎実験

能美防災(株) 村田 眞志  
長谷川晃一

## 1. はじめに

大規模火災の延焼阻止には、大量の消火用水が必要となる。特に、大震災などが発生した場合は、水利施設などにも被害が及び、消火用水が不足し、消火が困難になることも考えられる。したがって、少ない水量で延焼阻止する技術の開発が求められる。

本稿は、水に浸透剤及び防炎剤を添加し、これら薬剤の必要濃度、及び組み合わせた場合の効果を電気炉を用いて実験した結果をまとめたものである。

## 2. 実験概要

杉ブロックを炭化させ、炭化ブロックに水、浸透剤(界面活性剤水溶液)及び浸透剤+防炎剤(浸透剤+リン酸第一アンモニウム水溶液)を浸透させて浸透量を測定し、これを高温度(400~800°C)の電気炉中に吊りして、炭化ブロックの重量減少及び燃焼状況を観察することにより、浸透させた薬剤の効果を調査した。

## 3. 使用薬剤及び試料

浸透剤:ペレックス OT-P(花王(株)製)

防炎剤:リン酸第一アンモニウム(和光純薬工業(株)製)

試料:杉ブロック50×50×70mm

## 4. 実験装置(写真1参照)

○加熱装置:電子天秤に吊り下げられた試料皿、吸排気用パイプ及び炉内温度計測用熱電対を電気炉内に組み込んだもので、試料の重量減少の計測、炉内温度の制御が可能である。

○放水装置:薬剤貯蔵用2ℓタンクにON・OFFのバルブ、15A配管及びゴムホースを接続し、試験用ブロックに散布する装置で、最大600ml/minの散布が可能である。

## 5. 実験内容

5-1. 常温炭化木材に対する各浸透剤濃度における

## 浸透量

あらかじめ炭化させ、放冷して常温に保ったブロックに水溶液を散布し、その時の重量を測定した。

①炭化度:0%, 10%, 30%, 50%

②浸透剤濃度:0v%, 0.05v%, 0.1v%, 0.2v%

③放水量:100~1600ml

5-2. 常温炭化木材に薬剤を浸透させ加熱した場合  
あらかじめ炭化させておいたブロックに薬剤を浸透させ、一定温度の炉の中に入れ、着火時間及び重量減少を測定した。

①加熱温度:400, 450, 500, 550, 800°C

②炭化度:0, 10, 30, 50%

③浸透剤濃度:0.15v%

④防炎剤濃度:1W%, 5W%

⑤放水量:400ml

5-3. 高温炭化木材の各浸透剤濃度における浸透量  
木材を電気炉に入れ炭化させ、電気炉から取り出し、N<sub>2</sub>ガスで炎を吹き消してすぐに重量を測定し、その直後に試料に水溶液を放水浸透させ、この状態の浸透量を測定した。

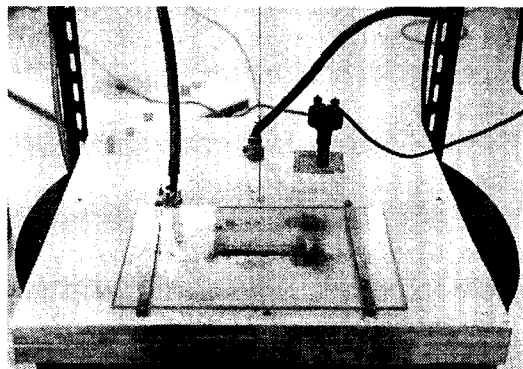


写真1 電子天秤と電気炉

(この蓋を写真手前から上に上げて電気炉内に試料を投入する。  
写真中央に観察窓がある。)

- ①炭化度：10%，30%，50%
- ②浸透剤濃度：0，0.01，0.05，0.1，0.15，0.2v%
- ③放水量：200，400，800，1600ml

5-4. 高温炭化木材に薬剤を浸透させ、加熱した場合の重量減少

木材を炭化した直後に消火剤を浸透させ、電気炉内に試料を投入し、重量減少を測定した。

- ①加熱温度：400，550，800℃
- ②炭化度：30%
- ③浸透剤濃度：0.15v%
- ④防火剤濃度：0，0.5，1，2，5W%
- ⑤放水量：400ml

## 6. 実験結果

### 6-1. 浸透量について

(1) 常温炭化木材と高温炭化木材との比較

常温炭化木材と比較して高温炭化木材の浸透量は、炭化度10%で2~5倍、炭化度30%，50%で約4倍となり、高温炭化木材の方が水、浸透剤水溶液とも効果的に浸透可能であった。(図1参照)

(2) 水と浸透剤水溶液との比較

常温炭化木材の場合、水と比較して浸透剤水溶液の浸透量の増加がみられ、炭化度が増す毎に浸透量の差は増加(炭化度50%の場合は、約2倍)した。(図2参照)

高温炭化木材の場合、炭化度10%では浸透量の差は見られなかったが、炭化度30%，50%では浸透剤水溶液の方が水よりも約20%浸透量が増加した。

(3) 浸透剤濃度を变化させた場合

常温炭化木材の場合、炭化度30%，50%においては大きな差は認められなかったが、10%では、浸透剤濃度0.05v%よりも0.2v%の方が各放水量において約50%浸透量が増加した。

高温炭化木材の場合、浸透剤濃度の上昇による浸透量増加の関係は見られなかった。

6-2. 常温炭化木材に薬剤を浸透させ加熱した場合

重量減少は、防火剤添加の有無により、あまり差が出なかった。着火時間は、防火剤添加により、炭化度30%，50%の場合、約30%遅くなった。

6-3. 高温炭化木材に薬剤を浸透させ加熱した場合

加熱温度400℃において、発煙開始時間が防火剤濃度を1w%にすると約50%、5w%にすると約60%遅くなり、防火剤の効果認められた。(図3参照)

加熱温度550℃において、着火時間が防火剤濃度5w%の場合、19分と防火剤なしの場合(14分30秒)に

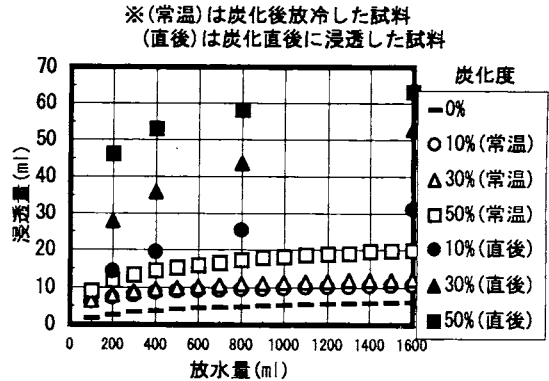


図1 各炭化条件における浸透量  
(浸透剤濃度：0.1v%)

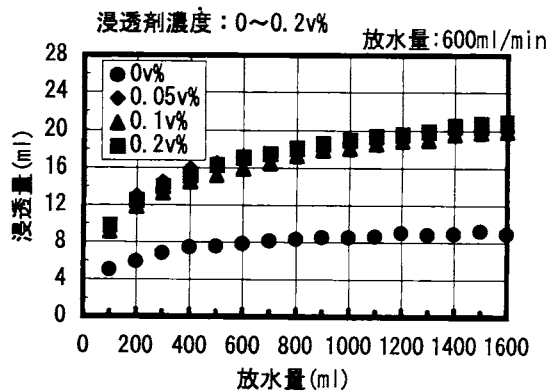


図2 常温炭化木材の放水量に対する浸透量  
(炭化度50%)

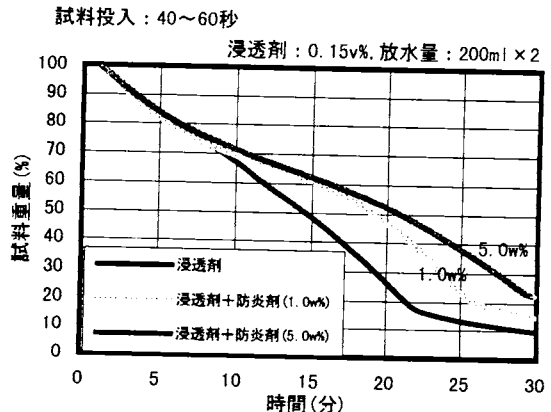


図3 高温炭化木材の重量減少曲線  
(炭化度30%、加熱温度400℃)

比べて4分30秒(約30%)の遅れを示した。これは、防火剤添加による難燃化効果といえる。

## 7. まとめ

木材火災では、水の単独使用では、適用方法により異なるものの、使用水量の大部分は、無駄水として流出し、効果的に火災の消火や延焼防止、再着火防止に

使用される量は少ない。この実験結果からは、浸透剤と防炎剤を添加した水溶液を未燃焼木材部分より消火直後、高温の炭化部に放水すると炭化部への浸透効果が高く、又、再着火時間が長くなるため、使用水量の低減が図れることが十分に期待できる結果となった。

## ガスセンサの火災感知への応用

ホーチキ株式会社 万本 敦、渡部佳里  
山内幸雄、溝淵 学

### 1. はじめに

従来から、火災時に発生する一酸化炭素 (CO) や匂いを検出することによって火災を有効に感知し得るとの報告が数多くなされている。しかしながら、従来の研究では火災現象に対するガスセンサの応答だけが着目され、ガスセンサの誤報要因に言及されている例は少ない。ガスセンサは、火災時に発生する燃焼生成ガスに反応するだけでなく、日常環境の変化 (温度変化や湿度変化) や各種の妨害ガスによっても出力が変化する。これらの日常的に起こり得る出力変化と火災時に観測される出力変化の両者を比較しないと、火災センサとしての有効性は議論できない。このような点を考慮し、火災センサとしての有効性を検討する目的で、COセンサと炭化水素ガスセンサについて評価を行うとともにその有用性を検討したので、ここに報告する。

### 2. ガスセンサの概要

本研究では、 $\text{SnO}_2$ 系の半導体式ガスセンサを使用した。このセンサは、150秒毎のヒートクリーニングの合間に素子温度を $100^\circ\text{C}$ 程度に下げ、そのときの素子抵抗値を読み取る ことによって出力を得ようになっている。素子温度を下げるのはCOガスに対する感度を向上させるためであるが、同時にアルコール系のガスに対しても感じてしまうため、活性炭フィルタを用いてアルコール系ガスとの接触を避け、COガスセンサとして働くようになっている。以下、これをCOセンサと呼ぶことにする。このセンサの活性炭フィルタを取り外すと、高級アルコール系の炭化水素ガスに反応を示すようになる。本研究では、このタイプのガスセンサも評価対象とすることにした (以下で炭化水素ガスセンサと呼ぶ)。COセンサは燃焼時に発生するCOを検出することを狙いとし、炭化水素ガスセンサは炭化水素系の未燃ガスを検出することを狙いとしている。

### 3. ガスセンサの評価

COセンサと炭化水素ガスセンサについて以下の手

順で評価を行った。まず、この2つのセンサがどのようなガスに対して感じるのかを確認するため数種類のガス種に対する基本的な応答特性を測定するとともに、誤報の原因となり得る日常環境条件とその影響の度合いについて検討した。その後、調査対象としたセンサにヨーロッパ統一規格 (EN54: Part 9) で定められた試験火災を適用することにより、初期火災に対する応答特性を調査した。実験に使用したセンサは、COセンサと炭化水素ガスセンサの2つで、すべて同じセンサを使用した。

### 4. 火災センサとしての有用性について

COセンサと炭化水素ガスセンサについて、まず日常的に起こり得る出力変化 (ノイズレベル) を調査し、次に初期火災時の出力変化 (信号レベル) を調査した。これらの結果をもとに、COセンサと炭化水素ガスセンサのそれぞれについて、ノイズレベルと信号レベルを比較し、火災センサとしての有用性について考察する。

表1に、日常環境で考慮すべきノイズレベルを、COセンサと炭化水素ガスセンサのそれぞれについて示した。図1と図2は、COセンサと炭化水素ガスセンサのそれぞれについて、ヨーロッパ統一規格 (EN54: Part 9) の各試験火災終了時 (C-N境界) に観測された出力値 (CO濃度換算) を示したものである。それぞれのグラフには、表1のノイズレベルを併せて示してある。図1を見てわかるように、COセンサでは、ノイズレベルを大きく越えて顕著な応答を示しているのはTF3 (綿灯芯のくん焼) だけであり、他の試験火災については、それを有効に検知できると言えるほどの出力変化は見られない。図2を見ると、炭化水素ガスセンサの発炎火災に対する応答出力がすべてノイズレベルより小さいことがわかる。一方で、くん焼性の試験火災 (TF2とTF3) ではノイズレベルを大きく越える出力が出ている。したがって、炭化水素ガスセンサはくん焼性の火災を高感度で検出し得る能力を持っていると言える。表2は、結論として得られたCOセンサと炭化水素ガスセンサの火災検出性能に対する評価結果をまとめたものである。



表1 日常環境で考慮すべきノイズレベル

センサ	ノイズ出力
COセンサ	10ppm (CO濃度)
炭化水素ガスセンサ	100ppm (エタノール濃度)

表2 COセンサと炭化水素ガスセンサの火災検出性能

	発炎燃焼 TF 1, 4, 5, 6	くん焼 TF 2, 3
COセンサ	×	△ (TF3のみ)
炭化水素ガスセンサ	×	○

○：良、×：不良、△：どちらとも言えない

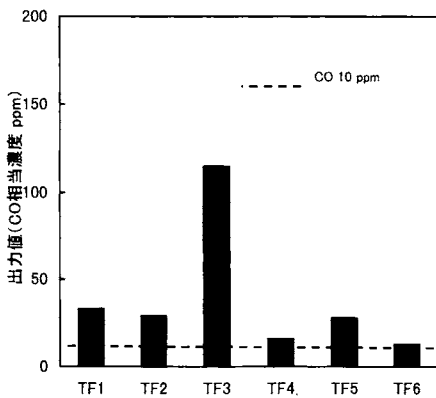


図1 COセンサのC-N境界での出力値

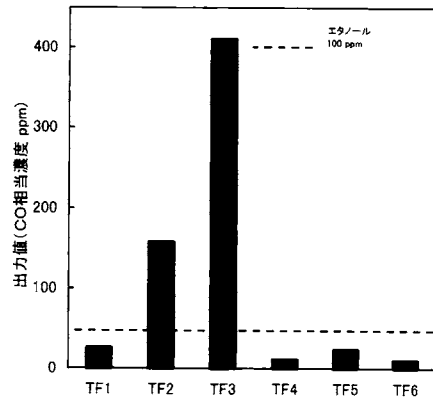


図2 炭化水素ガスセンサのC-N境界での出力値

### 5. おわりに

ガスセンサの火災センサとしての適用性の評価の一環として、COセンサならびに炭化水素ガスセンサの基本特性を測定し、日常環境におけるノイズレベルを検討した。実験値ならびに環境基準を検討した結果、COセンサとしてはCO10ppm相当、炭化水素ガスセンサとしてはエタノール100ppm相当のノイズレベルを想定する必要があることがわかった。また、火災試験を行い、このノイズレベルを考慮に入れて、このガス

センサの火災検出への有効性を評価した結果、以下の知見が得られた。

- ①半導体式COセンサは、COに対する選択性が高く、その出力値は火災時に発生するCOガスの濃度の指標となり得る。
- ②初期火災時に発生するCOガスの量は概して少なく、観測される濃度は日常的に存在し得る濃度と同等のレベルである。
- ③炭化水素ガスセンサは、くん焼性の火災を高感度で検出し得る能力を持つ。

# 4次元地理情報システムを基盤とした リスク対応型システムの構築

東京工業大学大学院 総合理工学研究科 畑山満則、松野文俊  
京都大学 防災研究所 角本 繁

## 1. 緒言

平成7年1月17日、兵庫県南部を襲った阪神大震災は、被災地に大きな爪跡を残した。このような複合都市災害では、防災における物理的課題と社会的課題に加えて、情報課題が防災活動の要として重要であることが浮き彫りになった。

本論文では、阪神大震災での災害復旧支援活動における経験に基づき構築した災害対策支援システムについて報告し、神戸市長田区総合防災訓練への適用例を通して、システムの有効性を検証する。

## 2. 災害発生時に要求される情報処理の変遷[1]

災害発生時より時間経過に従って情報処理に対する要求は変化する。この変化は、平常時を含めて以下の5つの段階に整理できる。この流れを図1に示す。

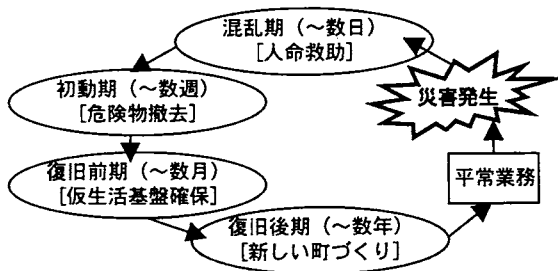


図1. 災害発生時における情報処理の変遷

## 3. リスク対応型地域情報システム[2]

災害時において要求される情報は、それ単体で意味を成すのではなく、地域の中の場所（位置）と対応することで価値を持つ。このため、災害対策支援システムは、位置に付随して情報を管理することができる地理情報システム（GIS：Geographic Information System）を基盤とすることが最適である。

### 3.1. 災害対策支援システムの必要条件

阪神大震災における災害復旧支援活動を通して、混

乱期・初動期に実際に役立つシステムは、次の5つの条件を満たす必要があることが明らかになった。

- (1) 可搬型情報システム
- (2) 専門家でなくても使用できるシステム
- (3) 平常時に使用しているシステム
- (4) 複数システム間での情報統合が可能なシステム
- (5) 最新の地域データベースを構築できるシステム

### 3.2. 災害対策支援システム構築へのアプローチ

混乱期・初動期での情報処理を行なう災害対策支援システムとして、次の3つの特徴を持つシステムを提案する。

#### (1) 災害発生時と平常時の連続性

平常時に使用しているシステムと、災害時に利用するシステムを別のシステムと考えるのではなく、平常時に使用しているシステムの機能とデータの一部を有効利用することで災害時の処理を行えること。

#### (2) 自立分散型システム

携帯型ノートパソコン単体にすべての情報を格納できること。これにより、大規模な災害に弱いクライアントサーバ型のシステムではなく、自立型のシステム構築を可能にする。また、相互のシステム間で変化情報のやり取りを行なうことで分散処理が可能なシステムであること。

#### (3) 空間情報への時間情報の統合

常に最新の地理データを取り扱えるように、データを日々容易に更新できること。空間情報に時間軸を導入し、履歴情報を残すことにより、時々刻々と変化する状況を容易に再現できること。

これら3つの特徴を持ち地域モデルを扱うことができるシステムを、「リスク対応型地域情報システム」と呼ぶ。3つの特徴のうち、(1)は実運用上の課題であり、(2)・(3)は技術的な課題と考えられる。

## 4. 4次元地理情報システム

従来のGISではその主眼を「地図をコンピュータに入れること」においてきた。しかし、複雑な情報の分析・解析をも視野に入れた場合、その主眼は「コンピ

ュータの中に現実の地域の模型(地域モデル)を構築すること」に変化させなければならない。本論文では、主眼を後者に置き、現実世界を記述する(立体)＋(時間)の4次元の情報を効率的に扱うことができ、3.2.で述べた特徴を満たすGISを提案している。

#### 4.1. 従来の地理情報システムの問題点

従来のGISは、2次元平面を点・線・面という基本的なトポロジック的概念を用いて分割し、各図形要素(点・線・面)と属性情報を関係付けて管理している。この構造は、データの検索処理に優れる反面、システム間での情報の受け渡しが困難であり、データ量が非常に大きくなるためクライアントサーバ型のシステム構築に適している。また、トポロジー構築が複雑になるため、高さ、時間情報を管理しているものはほとんどない。

#### 4.2. 4次元地理情報システムの特徴

従来のGISの問題点を解決するため、トポロジック的概念を用いないデータ構造と、データ処理機構をもつGISを提案する。このデータ構造は、全ての地理情報を、線分と属性情報を関連付ける代表点のみで単純に記述するものであり、自立分散型システムの構築に優れる。また、トポロジー構造を持たないことから高さ・時間情報の統合も容易である。

### 5. プロトタイプシステムDiMSIS-Ex[3]

4次元地理情報システムのプロトタイプとしてDiMSIS-Exを開発した。使用している地理データは、4.2.で提案したトポロジー概念を用いない単純な構造を採っている。

#### 6. 災害対策支援システムの構築と

##### 神戸市長田区総合防災訓練への適用[4]

DiMSIS-Exを用いた災害対策支援システムを開発し、これを、平成9年6月4日に行われた神戸市長田区総合防災訓練に適用した。開発した災害対策支援システムの構成は図2のようになる。

##### 6.1. 神戸市長田区総合防災訓練内容

「梅雨前線が停滞に伴う集中豪雨」を想定し、(1)初動対応訓練、(2)避難・救助訓練、(3)救援・救護活動、(4)ライフラインの応急復旧訓練、(5)消火訓練、が行われた。

##### 6.2. 開発した災害対策システムの構成

DiMSIS-Exを基盤とし、災害発生直後の対策支援を行なうことができるアプリケーションを構築した。このアプリケーションは、携帯パソコンで稼働する自立型システムで、(1)災害対策本部モード、(2)災害現場

モード、(3)避難所モードから構成されている(図2)。各パソコン間でのデータ交換は、変化情報を切り出し、携帯電話を用いて送受信することで実現している。つまり、開発したシステムは完全な自立分散システムとなっている。

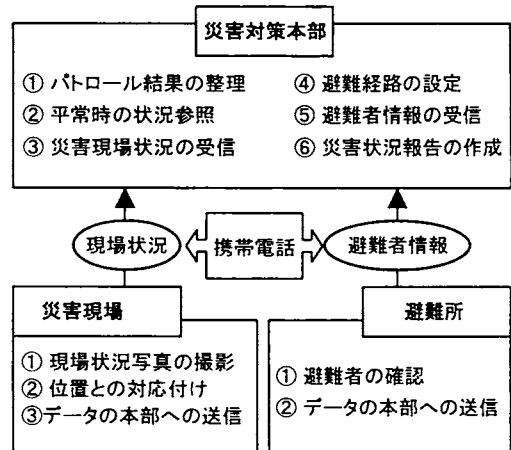


図2. 災害対策支援システムの構成

#### 6.3. 実験と考察

実験では、地元の自治体職員、ボランティアにオペレーションを行なってもらった。実運用に向けての課題としては以下のものが考えられる。

##### (1) 双方向通信による情報の授受

今回の実験では単一方向(災害現場→災害対策本部、避難所→災害対策本部)での通信しか行っていない。それぞれの場所間での双方向通信を行なうことで、より高度な利用が可能となる。

##### (2) 避難所・災害現場の多重化

災害の規模が大きくなれば、避難所・災害現場が複数発生する。これらの事態に対応させることで大規模な災害にも強いシステムの構築が可能になる。

##### (3) 無線通信方式の検討及び機器の評価

##### (4) ユーザーインターフェースの向上

### 7. 結言

実運用性を考慮した災害対策支援システムの構築に向けて、リスク対応型地域空間情報システムについて検討した。今後は、(1)実運用に向けての課題を克服するための機能の追加と、(2)リスク対応型地域空間情報システムと連動し、情報収集を目的とするレスキューロボットの開発について研究を行なっていく予定である。

## 謝辞

本研究で考察したリスク対応型地域情報システムは、「震災地区産業高度化システム開発実証事業」において、開発実証中のシステムを基盤として作成した。システム開発に協力を頂いた開発コンソーシアムの各社及び京都大学防災研究所亀田教授、実験に協力していただいた中谷主幹をはじめとする神戸市長田消防署、永井まちづくり推進課長をはじめとする神戸市長田区役所の関係各位に深い感謝の意を表します。

## 参考文献

- [1] S.Kakumoto et al. "Development of Disaster Management Spatial Information System (DiMSIS)", Proc.GIS' 97 Conf.,pp.595-598 1997.
- [2] 亀田他：「GISの防災活用ーリスク対応型地域空間情報システムの構築を目指して(1)ー」, 地理情報システム学会講演論文集, vol.6, pp281-pp284, 1997.
- [3] 岡本他：「多次元空間GISのソフトウェア部品の開発ーDiMSIS-Exー」, 第8回機能図形情報システムシンポジウム講演論文集, pp19-26, 1997.
- [4] 畑山他：「リスク対応型自治体システムの神戸市長田区総合防災訓練への適用」, 地理情報システム学会講演論文集, vol.6, pp145-pp150, 1997.

# 第45回全国消防技術者会議報告

座間信作、箭内英治、吉岡正一

## 1. はじめに

平成9年10月16、17日の両日にわたって、第45回全国消防技術者会議が都内ニッショーホール及び日消会館で開催された。参加者数は延べ862人と例年になく多数の参加があった。今回はより密な議論の場を設けたいという趣旨から、初めてポスターセッションを企画した他、特別講演、一般研究発表という従来のプログラムに加えて、2つのフォーラムを企画した。それぞれの発表題目等を表1に示す。以下、プログラムに従って概要を述べる。

## 2. 特別講演 (写真1)

講師の上原先生は、消防研究所に在籍されたこともあり、また日本火災学会会長等も歴任され、現在安全工学協会会長という要職を兼ね、消防防災研究の第一人者として活躍されている。今回、長年の幅広い研究活動等を通して得た「安全」に対する考え方について講演して頂き、日常業務に流されがちな我々にとって、「安全の原点」を再考することができ大変有意義であった。

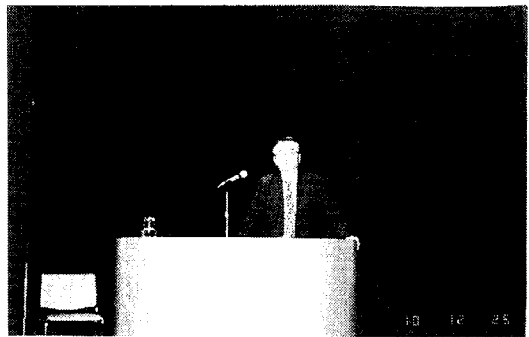


写真1 上原先生による特別講演

表1 第45回全国消防技術者会議プログラム (抜粋)

一日目	
特別講演「安全の原点」	上原陽一 (東京理科大)
◎研究発表	
(1) 短絡等による発火防止回路の作成	神奈川県総合防災センター
(2) ネオン管を撤去したネオン管灯設備からの出火事例	名古屋市消防局
(3) レジャー用バッテリーの短絡による出火事例	名古屋市消防局
(4) 金属の火花等によるガソリンへの着火実験について	東京消防庁
(5) 芯上下式石油ストーブの焼損後の使用立証	東京消防庁
(6) 無線電波により誤作動した石油ストーブ火災について	東京消防庁
(7) コンセントのトラッキング火災防止対策	大阪市消防局
(8) 水損防止用シートの改良	神奈川県総合防災センター
(9) 震災対策兼用簡易水槽の研究開発	東京消防庁
(10) フォグガン取付ワンタッチ式排煙器の開発について	市川市消防局
(11) 自在型無死角管鎗の開発について	市川市消防局
二日目	
(12) 隊員安全管理システムの研究開発	東京消防庁
(13) OA機器の落下、転倒防止に関する研究	東京消防庁
(14) 体力診断・運動処方プログラムの研究開発と試行結果	東京消防庁
(15) 大規模災害発生時における119番受信体制の強化について	北九州市消防局
(16) 広島市基町高層住宅火災概要	広島市消防局
(17) 防災製品の洗濯による防災性能への影響について	京都市消防局
◎ポスターセッション	
(1) 電気火災実験器の試作について	京都市消防局
(2) 高機能型携帯無線機の開発	消防研究所
(3) コーンカロリメータにより測定した繊維等の燃焼性状	消防研究所
(4) 住宅火災の感知・消火に関する研究	消防研究所
(5) 阪神・淡路大震災時の火災と市民行動に関する調査	消防研究所
◎フォーラム (A) 「文化財防火対策の進め方」	
(1) 主旨説明	消防研究所
(2) 文化財建造物と火災について	文化庁文化財建造物課
(3) 京都市における文化財防火対策の現状	京都市消防局
(4) 文化財建造物の火災感知とその問題点	消防研究所
(5) 文化財建造物の植物性屋根の燃焼と消火について	消防研究所
(6) 国宝大善寺に接近した林野火災に対する防ぎよ	東山梨消防本部
◎フォーラム (B) 「性能基準と性能的火災安全設計の動向」	
(1) 性能的防火基準の動向と課題ー主旨説明にかえて	消防研究所
(2) 性能基準とは (その成り立ちと特徴)	建築研究所
(3) 性能基準と性能的火災安全設計法	建築研究所
(4) 建築物火災にたいする性能的設計とその課題	清水建設㈱
(5) 火災感知器の作動時間の予測手法と応用例	ホーチキ㈱

### 3. 一般発表（写真2）

募集に対して例年になく17もの多数の応募があり、発表時間を20分に短縮することで全ての応募者に発表して頂くこととした。このことから、消防研究所からの発表はなくし、ポスターセッション、フォーラムでの発表に回すこととした。

発表題目は表1のプログラムに示すように多岐にわたっており、参加者にとっては必ず幾つかは深い関心を持っている話題を聴講できたのではないと思われる。一方で、発表の大部分が大都市の消防局からのものとなっており、今後の広範な消防機関の方々の応募が期待される。



写真2 一般研究発表の様子

### 4. ポスターセッション（写真3）

毎年の技術者会議に対する参加者へのアンケートでは、必ずと言っていい程、より多くの議論の場がほしい旨の要望が挙げられていた。そこで今回は、初の試みとしてポスターセッションを企画した。ポスターセッションは、発表者と聴講者がまさしく膝をつきあわせて、お互い納得できるまで十分に議論できる場として、学会では多く見受けられる。特に消防防災においては、機器開発も大きなテーマであり、試作した機器等を実際に見てもらったりする事ができる点で、スライドやOHPによる発表よりは説得力があり、また参加者にとっても一見は百聞にしからずで十分納得できるであろう。

今回は実演も含め5題の発表があり、多くの方が熱心に見聞き入っていた。ただ会場の関係でニッショーホール2Fロビーで行うこととなり、混雑が予想されたので昼食時間に2時間という幅を設けて分散化を図ったが、より多くの発表があると手狭になる可能性がある。ポスターセッションの今後の充実を考えたときには、会場の確保がまず重要である。



写真3a ポスターセッションの様子(1)



写真3b ポスターセッションの様子(2)

### 5. フォーラム（写真4、5）

フォーラムは2会場に分かれ、A「文化財の防火対策の進め方」及びB「性能基準と性能的火災安全設計の動向」という最近話題の2テーマについて、多機関の方々の発表と討論が行われた。関連するいろいろな機関の方々の発表を聞くことは、考え方の幅を広げる上で大変意義あるものであるが、このことは発表者側にとっても同じであって、例えばフォーラムAでの文化庁の方は、こういった場で発表でき、また参加者の意見を聞くことができ、大変うれしいと語っていたことが印象に残っている。

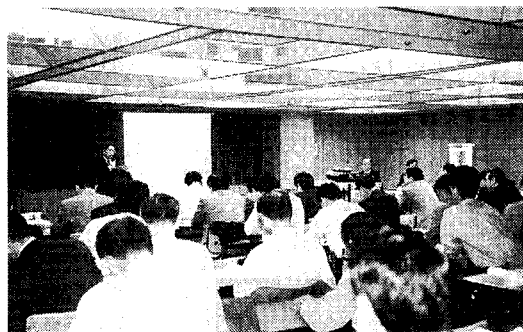


写真4 フォーラムAの様子

6. おわりに

例年と同じく、参加者を対象に会議に関するアンケートをとった（表2）。この表で「大変興味深かった、参考になった」という回答は、聴講しなかった方を除くと、いずれも約70%以上で、この会議が大変好評であったことが窺える。また、自由回答を見ても、「研究発表は身近な問題を扱っていて大変参考になった」、「色々な人の意見が聞けてよかった。今後とも続けてほしい（フォーラム）」、「情報交換の場として非常に有意義で、このような機会をより多く作ってほしい（全般）」等、好意的な意見が多かった。

消防技術者会議を単なる研究所としてのルーチンワークとして捉えることなく、より一層消防関係者と所

員との交流を深め、消防防災全体のレベル向上に寄与すべく取り組んでいくことが望まれる。



写真5 フォーラムBの様子

表2 会場アンケート結果

		回答数	計	%
特別講演	たいへん興味深かった	96	158	61
	どちらともいえない	31		20
	あまり興味はなかった	5		3
	聴講しなかった	26		16
研究発表	たいへん参考になった	122	160	76
	どちらともいえない	27		17
	あまり参考にならなかった	3		2
	聴講しなかった	8		5
フォーラム	A	29	129	22
	B	64		50
	出席しなかった	36		28
フォーラム	たいへん参考になった	61	155	39
	どちらともいえない	23		15
	あまり参考にならなかった	1		1
	聴講しなかった	70		45
ポスターセッション	たいへん参考になった	58	120	48
	どちらともいえない	27		23
	あまり参考にならなかった	2		2
	聴講しなかった	33		28

## 平成9年度消防研究所一般公開の概要

山田常圭

平成9年度の消防研究所一般公開が、例年通り科学技術週間の最終日、4月18日(金)10時~16時に開催された。天候にもまらず恵まれ、表1に示すように530余名の参加者があった。参加者数はほぼ昨年並みであったが、今年は学校の行事と重なり参加者数が減った消防大学の学生に代わって、関係協会・企業からの参加者が増えたのが大きな特徴であった。また、多忙な中、佐野消防庁長官にも消防研究所での各種研究開発状況を視察していただいた。(写真1)

公開内容は、表2に示すように計20項目の公開からなり、このうち7項目で実演が行われ、参加者の注目をひいた。中でも『高機能携帯無線機』、『特殊小型はしご車』、『可搬式消防ポンプによる長距離送水』のような日々の現場での消防活動に直接関わる装備の開発研究に参加者の興味が集まり、活発な質疑が交わされた。また『樹木と水幕の火災時における放射熱遮蔽実験』では、大規模な火災実験を実施し、火災のエネルギーの強さを多くの人々に実感して頂き、大いに関心を得る事ができたようである。その他、消防研究所の研究開発とは直接関係ないが、災害現場への支援のための装備としての現地活動支援車の展示と、衛星通信を用いて霞ヶ関の消防庁との間での衛星回線による

画像伝送の実演も行った。これらは、福井県沖のナホトカ号のオイル流出事故の際、現場と県の防災課との間の通信の確保に貢献したこともあり、その方面の関係者の興味をひいたようである。

今回の一般公開では、参加者から数多くのアンケート回答をいただいた。その中で、消防研究所の研究成果をもっと広く世の中を知ってもらえるように、あるいはまた消防機器開発の啓蒙とアピールのため、1日といわず、数日このような公開日を設けたらという希望が何通か寄せられた。限られた人員と時間の中で、すぐさま実行に移すことは困難な状況にあるが、一般

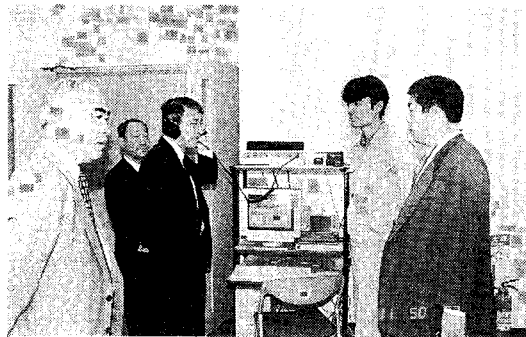


写真1 高機能携帯無線機を試用中の佐野消防庁長官

表1 一般公開入場者数

(庶務課調べ)

	平成9年度	平成8年度	増減
消防本庁・自治省	18	11	7
消防大学校学生等	52	156	△104
都道府県・政令市等	10	2	8
消防本部	79	79	0
国立研究機関	1	5	△4
報道関係	4	9	△5
関係協会等	86	27	59
企業	251	221	30
外国人	2	4	△2
一般人	33	29	4
合計	536	543	△7



公開に限らず多くの人々との間で研究開発の情報の交換が行われ、また当所での研究開発が世の中で役に立てて頂けることは研究所員一同願うところでもあり、この一般公開が新たな議論の場、交流の一契機となったことと期待している。また、この一般公開に限らず

消防研究所では研究活動の内容を、インターネットを通じて消防研究所ホームページ(<http://www.fri.go.jp>)で随時公開しているので利用していただければ幸いです。

表2 表2 一般公開プログラム内容

(公開番号の◎は実演を示す。)

公開番号	項目	概要
(1) 消防研究所の紹介等		
◎ 2	災害指揮車の展示および衛星通信の実演	大規模災害時に派遣される消防庁災害指揮車の展示および衛星通信による画像データの送受信の実演。
4	消防研究所刊行物の展示	消防研究所刊行物の展示
5	消防研究所紹介ビデオ放映	消防研究所紹介ビデオ放映
(2) 最近および現在進行中の研究・開発の紹介		
◎ 1	特殊小型はしご車	狭あいな道路に面する建築物や、架線や街路樹などが近くに存在する建築物に対しても支障なく架梯できるはしご車の紹介。
◎ 3	可搬式消防ポンプによる長距離送水	コンピュータ制御消防ポンプを用いた中継送水(長距離送水)の実演。
◎ 6	地震被害想定システム	全国を対象とした簡易型地震被害想定システムの紹介。
7	火災感知技術に関する研究	火災性状把握システム等、火災感知技術に関する消防研究所での研究概要のパネル、ビデオ等による紹介。
◎ 8	高機能携帯無線機	ハンズフリーで双方向通話ができ画像伝送機能を有する高機能型消防隊員用携帯無線システムの原型開発モデルの展示・実演。
9	深層地下駐車場の火災特性	深層地下駐車場の火災実験用模型の展示および燃焼、煙伝播性状の実験結果の紹介。
10	酸化性液体の危険性評価法	液体物品の酸化力の潜在的な危険性を評価するための試験法の展示。
◎ 11	コーンカロリメータ及び測定事例の紹介	建材等の材料の燃焼性状を測定するコーンカロリメータおよび、難燃処理の有無による布材料の燃焼性状の研究紹介。
12	文化財建造物の防火技術	植物性屋根の火災特性及び火災感知・消火技術のパネル紹介。
◎ 13	樹木と水幕の火災時における放射熱遮蔽実験	大規模市街地火災時に、避難拠点を樹木及び水幕によって火炎の放射熱から遮蔽する効果の実験・ビデオによる紹介。
◎ 14	少量水による実大火災の延焼阻止実験	大規模市街地延焼火災を少量水で阻止するため水系薬剤を使用した場合の消火効果について行った実大火災実験のビデオ紹介。
15	消火剤の複合による消火性能の改善と評価	消火剤の消火性能評価に用いる各種バーナーと、複合消火剤の消火性能に関する実験結果の紹介。
(3) 当所で開発した主な消防資機材等の展示コーナー		
16	要救助者探査装置	地震等でがれき中に埋没した人をがれきの隙間から流出する呼気中の二酸化炭素を検出して発見する装置の展示。
17	早期津波予測システム	1地点の地震波形を用いて、震源、規模、津波の有無、波高、到達時間を早期に推定するシステムの紹介。
18	自動架梯装置	はしご車のはしご先端を自動的に目標位置に架梯できる自動架梯装置付き梯子車の紹介。
19	軽量三連梯子	鋼管製三連はしごに比べて、その重量がほぼ半分のアルミニウム合金製三連はしごの紹介。
20	クローラ式動力ホース延長車	雪上、不整地、震災地等でのホース延長作業をスムーズに行うために研究開発した動力ホース延長車の紹介。

## 消防研究所の研究活動

### 『消防研究所報告』掲載論文の概要

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。

#### 実用特殊小型はしご車の開発一機能の概要と性能について (平成8年11月28日受理)

西 晴樹、亀井浅道、山田 實、天野久徳、塚本九一、浅野 敏、吉岡政行、稲本純司

近年、消防活動のより一層の機動化のために、中低層階建物の火災に対してもはしご付消防自動車の活用が求められている。筆者らは従来の大型はしご付消防自動車では活動が困難な、狭あい道路や架線障害が存在する中低層階建物の火災において、障害物を回避して架梯可能な特殊小型はしご車を考案し、開発を行った。本報告は、実用特殊小型はしご車の概要、はしご本体の強度実験および性能検証実験結果について述べたものである。強度実験の結果、1764Nの静的正面荷重に対する安全率は6.3、静的偏荷重に対しては3.0となり、490Nの動的正面荷重に対しては起伏時において7.5であり、十分な安全率が確保されていることが分かった。また、消防隊員による性能検証実験の結果、特殊小型はしご車を用いて想定した障害物を回避して、目標とする中低層階への架梯が行えることを確認した。

#### 特殊小型はしご車のはしご振動特性に関する実験的研究 (平成8年11月29日受理)

天野久徳、亀井浅道、山田 實、西 晴樹、

中高層建築物の火災に対して、はしご付き消防自動車(以下、はしご車と略記)は救助および消火活動に不可欠な車両である。しかし、はしご車のはしごに振動が発生すると迅速な救助活動の障害になる恐れがある。そこで筆者らは、はしご振動の軽減手法を検討することとした。そのためにまず、はしごの振動特性を明らかにする必要がある。しかしながら、はしごの振動を実験的に解明した研究は筆者の知る限りない。そこで、筆者らが開発した小型特殊はしご車を用いて、はしごの旋回方向曲げ、起伏方向曲げおよびねじり振動の計測実験を行った。はしご振動の計測手法として、

光学式変位測定装置による計測を提案した。計測結果から各振動の一次モード固有振動数を解析し、はしご長さに関する変化の特徴を以下に示すように明らかにした。

固有振動数はいずれの振動においても、基本的には、はしご長さに対して直線的に増減する。ただし、起伏方向曲げ振動および旋回方向曲げ振動では、はしご長さが長くなるとはしご長さに対する変化量が小さくなる。また、はしごの振動を複雑にする要因の一つであるバックラッシュを、旋回方向について計測した。バックラッシュは、はしご先端で最大78.7mm存在し、はしご長さに対し直線的に増減することが明らかになった。

#### 含フッ素消火剤添加混合気の燃焼限界における平衡化学種濃度 (平成8年11月25日受理)

尾川義雄、斎藤 直、佐宗祐子

フッ素を含む新消火剤を添加した炭化水素-空気混合気の燃焼限界において生成する化学種濃度を、燃焼限界における未燃混合気組成をもとに化学平衡計算により求めた。計算は、メタンおよびプロパン-空気混合気にはロン1301および3種類の新消火剤(HFC-23、HFC-227ea、FC-3-1-10)を添加した場合の三成分混合気の燃焼限界の組成について行った。その結果、各混合気から発生するフッ化水素濃度はHFC-23添加混合気が最も高く、HFC-227ea、FC-3-1-10、ハロン1301の順に低下した。また、混合気の当量比によりフッ素を含む生成物の組成は変化し、燃料希薄側ではフッ化カルボニルの生成が特徴的であった。

#### ハロゲン系消火剤および不活性ガスの消火性能に及ぼす水蒸気の影響 (平成8年11月25日受理)

菊井洋明、斎藤 直、廖 赤虹  
中谷 衛、尾川義雄、佐宗祐子

消火剤に混入する水分が消火性能に及ぼす影響について、ハロン1301及び新ハロン消火剤（FC-3-1-10、HFC-227ea、HFC-23）と水蒸気の混合気のn-ヘプタンに対するカップバーナー消炎濃度を測定し検討した。

水分10000ppmが混入したとしても、ハロン1301の消炎濃度は純品のハロン1301と殆ど変わらず、現行のハロン1301の回収・再生過程で混入する水分量は、消火器用消火薬剤規格である50ppm以下であることから、消火性能に影響を与えないことがわかった。

水蒸気の消火作用を、窒素及びアルゴンと混合し消炎濃度を測定して調べた。その結果、これらの混合気の消炎濃度は、水蒸気と同じ3原子分子の二酸化炭素と窒素及びアルゴン混合気のそれに類似する傾向を示し、本実験の条件下では水蒸気は不活性ガスとして作用していると考えられた。しかし、水蒸気は二酸化炭素に比べて定圧モル熱容量が小さいため、消火性能は二酸化炭素より低かった。

ハロン1301-水蒸気混合気において水蒸気分率が大きくなると、消火性能に相互作用による上昇傾向が認められたが、新ハロン消火剤と混合した場合には消火性能の低下が認められた。

トンネル火災時の換気条件下での煙の遡上に関する実験研究 (平成8年12月25日受理)

山田常圭、渡部勇市、松島早苗、岡 泰資、栗岡 均、桑名秀明、佐藤博臣

地下トンネルを初めとするトンネル状空間における火災時の人命安全の確保・消防活動対策等のための合理的な火災安全設計手法に結びつく現象の定式化を目指し模型実験を実施した。本報では、主として換気条件下での煙の風上への遡上阻止条件および遡上時の到達距離に関して、発熱量と換気風速の関連を水平路と傾斜路の各々の場合について検討し、以下のことを明らかにした。

- 1) 煙りの遡上を阻止する限界の無次元換気風速 ( $V^*$ ) は、無次元発熱量 ( $Q^*$ ) がある値以下では、その関数として、 $V^* = aQ^{1/3}$  で表され、係数(a)は角度によって異なる。また  $Q^*$  がある値以上では、限界換気風速は一定となり、 $Q^*$  には依存しない。ただし、この限界風速は、傾斜角が大きい程高くなる。
- 2) 遡上到達距離 ( $L/H$ ) は、風速・発熱量等で表記される無次元パラメータ  $\Psi (=gQ/\rho aC_pTaV^3H)$  を用い、 $L/H \propto \Psi^n$  の関係で表記される。べき乗数nは傾斜角度により異なり、水平では1/3、5度、

10度では1である。

消火設備配管用フレキシブル管の管路抵抗 (平成8年12月27日受理)

平賀俊哉、金田節夫、大庭康雄

消火用スプリンクラーヘッド直近に種々の波形状を持つコルゲート系のフレキシブル管が実用化されるようになった。これらの管について、配管設計上、最も重要な管路抵抗性に関する研究は皆無に近いのが現状である。そこで、現在、スプリンクラー消火設備に使用されているこれらフレキシブル管の管路抵抗に関する実験を行った。

その結果、次のことがわかった。

- (1) 波断面形状が異なっても管路抵抗値からは、その影響は見受けられない。
- (2) 管全域にわたって波状面を有するフレキシブル管の管路抵抗は

$$\Delta h = 0.36 \times 10^{-4} \times (1/\kappa) LQ^{2.1}$$

で表すことができる。

ここで、 $\Delta h$ は長さL (m) のフレキシブル管の管路抵抗 ( $\text{kgf}/\text{cm}^2$ )、Qは流量 ( $\ell/\text{min}$ )、 $\kappa$ は管径d (mm) とするとき  $\kappa = (d/22)^5$  で表される管内径補正係数である。

住宅火災の感知・消火に関する実験的研究-くん焼火災の場合- (平成9年5月30日受理)

箭内英治、竹元昭夫、河関大佑 関沢 愛、鈴木恵子

一般住宅の居室を模擬した8畳間相当の高さ2.4mの室内で開口条件や火源位置を変えてふとんによりくん焼火災を発生させ、室内のガス濃度、煙濃度、温度等を測定するとともに、各種火災感知器による感知および住宅用スプリンクラーによる消火実験を行った。

その結果、次のようなことが分かった。

- (1) 火災室内の温度はほとんど上昇しないために、スプリンクラーは自動では作動しなかった。スプリンクラーの作動のためには、何らかの温度以外の感知器などとの連動で作動させる必要がある。
- (2) 寝煙草などでのくん焼火災を想定した実験において、くん焼煙がサンプリングパイプに直接入らない位置では100ppm以下のCO濃度であるのに対して、寝ている人が吸入する位置に近い床上約50cm付近で測定したガスには、くん焼煙が直接測定されるために、火災初期でも2500ppmもの高濃度COガスが含まれていた。

- (3) 火災性状把握システムは、的確にくん焼火災を判断できるとともに、くん焼状態から発炎燃焼に移行した場合も的確に発炎火災と判断できる。
- (4) 住宅用火災警報器の作動時間は火源の位置や取付位置によって影響を受けるが、不利な条件で作動した場合であっても、見透し距離が十分得られるうちに作動することが分かった。
- (5) ふとん類は一般的に消しづらいと言われているが、普通サイズの座ふとん程度の大きさであれば、散水時間が5分間でも住宅用スプリンクラーによって十分消火が可能であることが分かった。

#### アルゴン-窒素混合気のn-ヘプタンおよび高引火点可燃物に対する消炎濃度 (平成9年6月26日受理)

齋藤 直、佐宗佑子、尾川義雄  
中谷 衛、酒井竜太

最近新たに提案された消火剤候補物質のうち、わが国において、将来利用される可能性のある物質を検討し、アルゴン-窒素混合気の候補物質IG-55の消火性能をFRIカップバーナー消炎濃度で評価した。また、混合比を任意に変えたアルゴン-窒素混合気のn-ヘプタンに対する消炎濃度を測定した。IG-55を含め、アルゴン-窒素混合気の消炎濃度は、著者らが既に報告した、各成分の消炎濃度とモルフラクションを用いて求める計算式により計算した値と一致した。

消火剤および候補物質あわせて9種類について、高引火点可燃物の軽油と絶縁油に対するFRIカップバーナー消炎濃度を測定した。この場合も、不活性ガス混合消火剤の消炎濃度は、消炎濃度の計算式による計算値と一致し、軽油、絶縁油などの高引火点可燃物に対する消炎濃度にも、著者らの提案した計算式を適用できることがわかった。

#### 日本海東縁部の地震による長周期地震動特性 (平成9年6月27日受理)

座間信作

日本海東縁部を震源とする地震による長周期地震動特性について、主に気象庁1倍強震計記録を用いて検討を行った。加速度スペクトルの特徴から、男鹿半島沖以北と新潟県沖の地震とは分けて考える必要があることを示し、それぞれの区分の地震に対する2~20秒の周期帯域における増幅度特性を求めた。男鹿沖の地震に対しては、秋田から新潟に向かって伝播するにしたがって周期10秒付近の増幅度が約2倍から7倍に大きくなるという顕著な特徴が認められた。また、得られた増幅度特性を用いて、発生の可能性が指摘されている秋田県沖の地震に対する加速度スペクトルを予測したところ、酒田、新潟での周期約10秒のレベル、及び秋田での周期約8秒でのそれが、石油タンクのスロッシングに関する規定値約100gal・secと同程度となり、石油タンクのスロッシングによる被害発生のおそれのあることが指摘された。

#### 高強度アルミニウム合金パイプ溶接継ぎ手部の疲労強度 (平成9年7月3日受理)

山田 實、亀井浅道、天野久徳、西 晴樹

消防研究所で開発した特殊小型はしご車のはしご本体には、軽量化を図るためにアルミニウム合金パイプを使用している。この材料は、アルミニウム合金の中でも比較的高い強度を有し、かつ優れた溶接効率が得られる材料である。本報では、アルミニウム合金パイプ溶接継ぎ手部の低サイクル疲労強度を実験的に調べ、はしご本体の溶接継ぎ手手が十分な疲労強度を有していることを明らかにした。

## 消防研究所「研究懇話会」要旨

[平成9年1月20日]

兵庫県南部地震における地盤の側方流動と危険物施設の変位量：吉原 浩

1995年兵庫県南部地震により地盤の永久的な変位が発生した神戸市内のある危険物施設の石油タンク、防油堤、配管等の施設や周辺地盤の地震によると推定される永久変位量を空中写真測量により求め、護岸からの距離やタンク基礎等との関係について検討した。その結果、1) 危険物施設全体として護岸の方向に移動し、護岸に近い程水平変位量、沈下量とも大であること、2) 石油タンクは配管、防油堤、周辺地盤に比べて水平変位量が小さい傾向があること、3) タンク地盤に液状化対策工が行われた石油タンクはその他の石油タンクに比べて水平変位量が小さい傾向があることが分かった。

空中消火実験の結果及び成果の概要

その(1)空中消火実験の概要と実施体制：山下邦博

平成8年8月と9月に東京消防庁、消防研究所、及び日本火災学会の共催により市街地火災空中消火実験（予備実験及び本実験）を実施した。この実験の目的、実験実施経過、実験体制、主な観測項目について報告した。

その(2)垂直壁面への付着量の観測（水と消火薬剤の相違について）：高橋 哲

水と濡れ水（ライトウォーター3%型を1/100に希釈したもの）について、杉板に対する付着量と乾燥速度、などを実験室とヘリ散布の場合について測定した。飽和附着量は、水 $0.10\text{kg}/\text{m}^2$ 、濡れ水 $0.14\text{kg}/\text{m}^2$ 程度であった。ヘリ散布、かつ鉛直壁面の場合には、地上散布密度の関数として求めた。これによると、濡れ水では水の約2倍の附着が観測されるものの、バラツキが大きく数分の1程度しか付着しなかった。これらのデータから(1)火勢が強い場所への予備散布では、延焼阻止効果は、ほとんど期待できない(2)延焼阻止、消火を目的とする場合には、火線から燃焼領域側に向けて連続散布が必要(3)消火剤についても、有害性の高いものは使用できない事もあり、大きな効果は期待できない等の成果を得た。

その(3)散布水の落下衝撃度の測定：平賀俊哉、谷中純一、開田智彦、橋口善徳

予備実験において飛行高度、飛行速度を変えて水を投下した時の落下衝撃度の測定結果について報告した。また、補足実験の結果についても報告した。

その(4)予備実験におけるヘリコプターのダウンウォッシュの測定：金田節夫

ヘリコプターの直下の位置を始点とし、地表面に直線上に一定間隔で測定点を設定し、その各測定点の地上約1.5mで風速計検出部をほぼ水平に支持し、風速計に表示された瞬間最大、最少風速を測定した結果を報告した。観測の結果によるとヘリコプターの機体が大きくなるに従い風速の最大値は大きくなり、高度100ftにおいて、BK117では $13\text{m}/\text{sec}$ 、SA365では $15\text{m}/\text{sec}$ 、AS332においては $39\text{m}/\text{sec}$ を記録した。

その(5)火災性状と放射強度の測定：古積 博、岩田雄策

燃焼区域の周囲に放射計を配置し、水を投下した時の放射照度の変化について報告した。ヘリコプターからの散水量が多いほど、単位水量当たりの放射熱の変化率が比較的大きいことが判った。

その(6)ヘリコプターの飛行と消火剤の落下が火災に及ぼす影響の観測：竹元昭夫

ヘリコプターから水を投下した時の火災及び熱気流の変化をビデオ画像を使って分析した。その結果、以下のことが分かった。

- (ア) ヘリコプター「ゆりかもめ」と「はくちょう」の場合は、水の散布による建物への直接的な被害は観測されなかったが、倒壊した建物では散布によって、トタンや柱が跳ね上がった可能性があることが判った。
- (イ) 速度をつけての飛行中より、ホバリング中の方がダウンウォッシュの影響が大きいことが確認できたので、火災領域上空でのホバリングは危険防止上、基本的には行わない方が望ましい。

### その(7)火災上昇気流の挙動に関する数値シミュレーション（数値計算と測定値の比較）：佐藤晃由

大震災時の市街地火災に対し、地上での消防活動が阻害される恐れがあり、多面的な消防活動の一環としてヘリコプターによる空中消火の有効性を検討するにあたり、大震災上空での濃煙熱気流によるヘリコプターの飛行安全性を把握する必要がある。このため、実験により測定された火災域上空の温度と併せコンピュータ・シミュレーションによる温度及び流れ性状の予測を行った。シミュレーションにより、実験風洞内で行われた木材クリブ火災実験結果及び実大家屋を用いた実験結果とほぼ一致する結果を得た。

[平成9年3月10日]

### 危険物配管系のフレキシブルホース破損事故解析：山田 寛、西 晴樹、天野久徳、亀井浅道

平成8年8月15日、ある事業所において給油配管系のフレキシブルホース（口径25A、長さ500mm、材質SUS304）が破断し、破口部からA重油が流出する事故が発生した。事故の再発予防策の提案を目標にあらゆる観点から検討して破断原因を明らかにすることとした。特に以下の6項目の検討結果から、事故は、溶接不良に起因するフレキシブルホースの強度不足と配管内圧内の過大な上昇が原因となって発生したものであることが明らかになった。

- 1) 破断部のマイクロフラクトグラフィによる破断要因の検討
- 2) 内圧および軸荷重下におけるフレキシブルホースの挙動
- 3) 管内重油の熱膨張による内圧の検討
- 4) ウォーターハンマーにより発生する荷重の検討
- 5) フレキシブルホースの曲げに伴うブレード素線のひずみの解析
- 6) 破損原因のFTA解析

### 林野火災の発生拡大危険度と無降水日数の関係—広島県と岩手県の例—：寒河江幸平、山下邦博

林野火災の発生拡大には気象が大きな影響を与える。特に降雨の影響が大きい。事実、平成6年の夏、瀬戸内海沿岸は少雨のため、例年火災発生が少ない季節なのに、林野火災が多発し、大規模化した火災もあった。このように少雨が続くと林野火災が多発し、大規模化しやすい。そこで、少雨の指標として無降水継続日数を選び、それと林野火災の発生危険、拡大危険の関係を広島県と岩手県について調べてみた。季節による違いがあると思われるので、四季別に調べた。結果として、発生危険は各季節とも無降水継続日数の増加とともに増加した。拡大危険は春をのぞく各季節で、無降水継続日数の増加とともに増加した。春については両県とも増加するとはいえなかった。

[平成9年4月14日]

### 深層地下駐車場の煙流動に関する実験的研究—その1 自然換気時における模型実験：松島早苗、渡部勇市、山田常圭、鈴木 健

深層地下駐車場火災においては、火災発生後に排煙設備を作動させることが基本である。しかし、消防活動上からは、何らかの原因で排煙設備が作動せず、自然換気状況下での煙流動状況についても把握しておく必要がある。地下4階層の1/10縮尺模型を用いて自然換気時の煙流動実験を行い、次の結果が得られた。

- 1) 機械排煙をしない場合、駐車場の煙は時間経過にしたがい自然対流によって循環し駐車場全体に濃い煙が充満し、消火活動が不可能な煙環境となった。
- 2) 斜路の上部層が排出経路となり、下部層及び階段全体が給気経路となった。斜路を通過した煙は上階の駐車場へ広がり、地下4階層全体に広がった。階段が給気経路となったため、階段内へ煙は侵入しなかった。

### 深層地下駐車場の煙流動に関する実験的研究—その2 機械排煙時における模型実験：松島早苗、渡部勇市、山田常圭、鈴木 健

深層駐車場の火災が直接天井に当たるような低天井、大平面空間での排煙効果については、まだ十分に解明されていない。現行の排煙設備の能力で、煙の希釈効果、遮煙効果等がどの程度あるかを地下4階層の1/10縮尺模型を用いて実験を行い、排煙効果について調べた。その結果は、以下の通りである。

- 1) 自然換気状況下と比べ駐車場内の煙濃度は薄くなり排煙による希釈効果はあった。しかし、煙は出火防煙区画に留まらず、隣の区画へ侵入し広がった。
- 2) 斜路シャッター、階段扉を開放したため、斜路、階段が吸気経路となった。流入空気により階段、斜路への遮煙効果があり、煙は上階へ広がらなかった。
- 3) ダクト内の温度上昇は約100K以下であり、防火ダンパーが作動するような温度上昇には至らなかった。

#### 樹木と水幕の併用による火災風下空間の安全性確保方策に関する研究：吉原 浩、佐藤晃由

大震災火災時において、火災風下の防災活動拠点に想定される公園・学校等の空間の火災安全性を確保する必要がある。防災活動拠点の火災に対する危険性が、水幕と樹木によってどの程度低減するかを検討することを目的として、樹木のみを用いた場合、また水幕と樹木を併用した場合のそれぞれについて、放射熱や気流温度の低減効果について模型実験により検討し、以下の結果を得た。

- 1) 樹木のみの場合、火災炎に対し、約30%程度の放射熱低減効果が認められた。
  - 2) 樹木と水幕を併用した場合、水幕で約50%、さらに樹木を加えると20～40%の放射熱低減効果が認められた。
- また、樹木単独、樹木+水幕の場合とも気流温度の低減効果が認められた。
- 3) クリブが燃え崩れ火炎が水平に傾いた場合、放射強度は急減し、風下側での温度、COガス濃度が上昇し、樹木のみの場合、樹木が炎上した。
  - 4) 毎分12.5ℓ/mの水噴霧散布により樹木表面が常にぬれた状態の場合は、炎が当たっても樹木は炎上しなかった。

[平成9年7月14日]

#### タイムプレッシャー法による酸化性液体の危険性評価方法に関する研究：岩田雄策、古積 博

タイムプレッシャー法は酸化性液体とセルロースの混合物に点火して燃焼を起こさせ、このときの分解ガスによる圧力上昇速度を測定して、着火のし易さ及び燃焼の激しさを評価する試験法である。

タイムプレッシャー法で得られるデータの特性について酸化性液体の濃度と圧力上昇速度の測定結果の関係を調べ、検討した。また、種々の酸化性液体に対してタイムプレッシャー法による危険性評価を行い、従来の燃焼試験法の結果と比較したところ、以下の点が判った。

- 1) タイムプレッシャー法では弱酸化性液体に対しても危険性評価を行うことが可能であった。
- 2) 燃焼試験法で測定結果がほぼ同じ値を示す酸化性液体であっても、タイムプレッシャー法では細かく危険性の評価を行うことが可能であった。

#### チューブ状空間の自然及び強制換気時の熱気流性状：山田常圭、渡部勇市、松島早苗、佐藤博臣、栗岡 均、桑名秀明、岡 泰資

トンネル等のチューブ状空間内での火災時の熱気流の挙動を、自然換気及び強制換気条件下で実験的に調べた。結果を自由空間での熱気流と比較し、熱気流の拡がり方がチューブ状空間の方が広いこと、特に強制換気時では、かなり異なった温度分布を示すことが判った。実験では、断面形状が異なった二つの模型（馬蹄形・正方形）を用いて比較も行っており、一般的には、馬蹄形の方が、新鮮空気との混合拡散が少なくなるため、熱気流の温度が高く、高温域も拡がり火災安全上からは危険性が高いことが判った。

[平成9年9月8日]

#### 石油に浸された金属の静電誘導による帯電現象：松原美之

プラスチック容器内の金属製品を溶剤を用いて洗浄する作業中の静電気帯電を計測した結果、石油を注ぐことにより金属の電位が、当初のプラスチック容器電位の30～83%にまで上昇することがわかった。

### 動燃再処理施設の火災爆発原因に関する一考察—エクストルーダでの昇温とドラム缶での蓄熱挙動—：長谷川和俊、李 永富

C80D高精度熱量計を用いて、アスファルトと酸素の酸化重縮合反応（ブローイング反応）による発熱流速を測定した。反応機構を解明し、反応速度を求めた。エクストルーダ内の反応による温度上昇模型を提出して、エクストルーダの温度上層をシミュレーション計算した。計算して得られた温度上昇の様相はエクストルーダのゾーン7内の温度記録と同じであった。その結果、ブローイング反応はエクストルーダの温度異常上昇の重要な原因の一つであると判明した。更に、アスファルトと酸化剤塩に関するC80D実験結果によって、アスファルト固化体の反応機構および反応速度を解明した。これらの結果を用いて、無限円筒模型下でのドラム缶内での蓄熱挙動をシミュレーション計算した。

[平成9年10月20日]

### 統計解析に基づく室温の異常状態の判別：松原美之、河関大祐、高梨健一

異常と正常を判別する方法として測定対象量の出現確率の統計学的な予測値を用いる方法と、この方法に基づき設置環境に応じた閾値を求めて行く方法について検討した。一定期間内の室温変化の統計的性質を調べ、室温およびその時間的変化率のいずれもが、正規分布とみなして差し支えない分布を与えることを示した。

### 管状火災バーナー及び爆発容器で測定される燃焼限界：斉藤 直

燃焼限界は爆発ビュレット等に代表される爆発容器法で測定されているが、バーナー法によっても測定できる。燃焼限界は測定法によって大きく異なることがあるので、管状火災バーナーによる燃焼限界と球形爆発容器で測定される燃焼限界との関係について、両方法により同じ燃料／消火剤／空気三成分混合気の燃焼範囲を測定し、着火・消炎タイムケラー数に基づき考察した。バーナー法からは燃焼限界の定義と矛盾しない消炎限界が得られるが、爆発容器法により測定される限界は着火限界であり、必ずしも燃焼限界に一致するものではないと結論した。

[平成9年11月30日]

### 固体の燃焼拡大に及ぼす密度の影響に関する実験的研究：鈴木 健

厚さ及び密度の可燃性固体の燃え拡がりに及ぼす影響を調べるために、脱脂綿から厚さ（ $d$ ）、密度（ $\rho$ ）の異なった可燃性固体の試料を作成し、その表面に沿っての鉛直下方への燃え拡がりを実験的に調べた。厚さを0.25mmから6mmの範囲で、密度を0.04から0.9g/cm<sup>3</sup>の範囲で変化させた。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 燃え拡がりの様子は、密度及び厚さにより変化した。
- 2) 厚さが一定の場合、燃え拡がり速度は密度にほぼ反比例した。
- 3) 密度が一定の場合、 $d \leq 1$  mmの範囲において、燃え拡がり速度は厚さにほぼ反比例する。一方、 $d > 1$  mmの範囲においては、厚さが増加するにつれて、燃え拡がり速度は減少するが、厚さへの依存性は小さい。

### 深層地下駐車場内の機械排煙による煙制限について：渡部勇市、松島早苗、山田常圭、笠原 勲、大野 茂、森川泰成、樋渡 潔

消防活動上、低天井、大平面空間において煙を拡散させないためには遮煙することが重要である。本研究では、隣の防煙区画へ煙を侵入させないための遮煙効果について、地下4階層の1/10縮尺模型を用いて排煙実験を行い調べた。さらに、CFDシミュレーションにより排煙実験の再現性についても試み、次のような結果が得られた。

- 1) 出火防煙区画から隣の防煙区画への遮煙が適正な機械吸気排煙量と垂れ壁下端高さ、幅により可能であることを確認した。
- 2) 遮煙のためのモデル式と実験結果を比較した結果、煙の巻き込み量を静寂時の約2.5倍にすることによりほぼ一致した。
- 3) 標準 $k-\epsilon$ モデルを用いた数値解析と実験との比較を行った。上昇温度については、火源付近ではプロファイルは比較的一致した。濃度比については、全体的に解析の方が高めとなる傾向がみられた。



[平成9年12月8日]

**地震被害地域抽出のための衛星データ分類手法の実験的検討：細川直史、座間信作**

1995年兵庫県南部地震の直後に観測された衛星データをもとに、被災地域のデータ特性を解析するとともに、地震被害地域や地表特性の抽出を行う上で不可欠である土地被覆分類手法の比較を行った。SPOTのHRVデータとLANDSATのTMデータを基に被災地域とそうでない地域の分光特性を比較した結果、建物被害については顕著な特徴は得られず抽出は難しいこと、液化化及び火災焼失地域に関してはある程度の抽出が可能であることが分かった。特に、今回提案したファジィ推論と遺伝的アルゴリズムを組み合わせた分類手法はTMデータにおける火災焼失地域の抽出に有効であった。

**大震火災時における避難場所の市街地火災からの放射熱について一長田区大公園の例を中心として：寒河江幸平、吉原 浩、山下邦博**

大震火災時には火災が多発し、市街地火災に発展するものが多い。住民は、安全だが遠い広域避難地より、近い公園や学校等の地域防災活動拠点に避難することが多い。そのような場所は火災が接近した場合、煙、熱気流、有毒ガス、放射熱等で避難民の安全が損なわれることがある。阪神・淡路大震災時にも住民は近くの公園等に避難した。そこで、神戸市長田区大公園を例として、放射熱の強さを試算してみた。いくつかの仮定の上ではあるが、火災に近かった公園東側では、火災の最接近時には樹木の葉が着火炎上するほどの放射熱を浴び、公園中央部では、充分耐え得るほどであったという結果を得た。公園には樹木が植栽されているが、その影響については今後の課題とした。

[平成9年5月16日]

**カップバーナー消炎濃度に及ぼす可燃性蒸気の影響：斉藤 直、鶴田 俊、中谷 衛、檀原俊康**

危険物施設に設置される全域放出型消火設備の設計濃度に関し、下限界濃度以下で空気中に存在する可燃性蒸気が消火剤の消炎性能に与える影響について、n-ヘプタンのカップバーナー火炎に対する消炎濃度を測定し検討した。そして、(1)危険物施設における設計濃度は、最も消火の困難な燃料に対する消炎濃度を基に決定されるべきこと、(2)HFC、FC系の新しい消火剤は可燃性ガス及び蒸気の爆発下限界濃度を低下させる効果を持ち、空気中に下限界濃度以下の可燃性ガスまたは蒸気が含まれるとHFC、FC系の消火剤の混入によって燃焼する場合があるため、消炎濃度を大きくとるなどの配慮をする必要があることを明らかにした。

**新ハロン消火剤-不活性ガス消火剤の複合による消火効果：中谷 衛、斉藤 直、佐宗祐子、尾川義雄**

HFC、FC系消火剤不活性ガスを混合し、消火剤間の相乗効果による消火効果の改善の可能性について、カップバーナー消炎濃度を測定することにより検討した。混合消火剤の各成分が独立に作用する場合の消火効果の加算を基準に、各種の混合消火剤の性能を評価した結果、HFC-23と不活性ガスの混合では消火効果の変化はなく、また、他のHFC-227ea、FC-3-1-10と不活性ガス混合消火剤については単独使用の場合より消火効果が低下する負の相乗作用が認められた。これは、消火性能の面では火災時に発生する二酸化炭素との混合により不利になることを意味するが、新消火剤を用いた消火設備の設計濃度に影響をすることはないと結論した。

**ハロゲン系消火剤及び不活性ガスの消火性能に及ぼす水蒸気の影響：井洋明、斉藤 直、廖 赤虹、尾川義雄、佐宗祐子、中谷 衛**

水蒸気が各種ガス系消火剤と混合することによる消火性能への影響を、カップバーナー消炎濃度を測定し調べた。不活性ガスと混合した場合の消炎濃度から、炭化水素燃料に対する水蒸気の消火作用は他の不活性ガスと同じ物理的消火作用であり、その効果は二酸化炭素より小さいことが明らかとなった。ハロン消火剤との混合では消火作用に相乗効果が認められたが、HFC、FC系消火剤では負の相乗効果を示した。

**球形容器法による消火剤添加混合気の燃焼限界：引場由紀、佐藤和人、斉藤 直、尾川義雄**

消火剤の消火性能を伝統的な燃焼限界測定法により検討するために、NFPA2001に準拠して球形爆発容器を試作し、燃料-空気-消火剤混合気の燃焼限界を測定した。測定結果を管状火炎バーナー法による燃焼限界および

他の球形爆発容器の文献値と比較検討した。その結果、消火剤が窒素の場合は、試作した球形爆発容器と管状火炎バーナーで測定された燃焼限界はよく一致した。しかし、ハロン1301では球形爆発容器で測定された燃焼限界の方が広く、HFC-227ea、HFC-23では狭くなり、添加した消火剤によって燃焼限界に違いが認められた。また、比較した球形爆発容器の文献値は測定装置や測定条件の違いによって燃焼限界も様々であり、装置特性について明らかにすべき点が多いと結論した。

#### 予混合火災の燃焼限界におけるハロゲン化物消火剤と窒素の相互作用：尾川義雄、斉藤 直、佐宗祐子

窒素とハロゲンを含む消火剤の混合消火剤の相互作用について明らかにするため、混合気の流速と当量比を一定の条件にし管状火炎バーナーを用いて、消火剤を添加したメタン-空気混合気の燃焼限界の測定を行った。混合消火剤各成分の作用に加成性が成り立つ場合の消火性能を基準にすると、ハロン1301-窒素混合消火剤では必要消火剤濃度が減少し混合による相乗効果が認められたが、HFC-23と窒素の組み合わせでは消火性能に変化はなかった。またHFC-227ea、FC-3-1-10と窒素混合消火剤では混合により必要消火剤濃度が増加する負の相乗効果があらわれた。各混合消火剤に認められた相互作用は、カップバーナー法による混合消火剤の消炎濃度測定結果と同じ傾向であった。

#### ハロン1301およびHFC23の燃焼抑制効果の温度依存性：佐宗祐子、斉藤 直、尾川義雄

ハロン1301-不活性ガスならびにHFC新消火剤-不活性ガス混合消火剤の消火性能に見られる相乗効果の有無の原因であると考えられる、化学的燃焼抑制効果の温度依存性の違いについて、詳細反応機構を用いた一次元平面火炎の数値計算により検討した。標題消火剤を添加したメタン-酸素-窒素-アルゴン混合気中のメタン、酸素および消火剤濃度を一定に保ったまま、窒素とアルゴンの濃度を変えることにより火炎温度を変化させ、層流燃焼速度と火炎温度の関係を調べた。HFC-23を添加したことによる燃焼速度の低下割合は火炎温度の影響を受けず、一方ハロン1301では著しい温度依存性が見られた。火炎中の主要な連鎖分岐反応と連鎖停止反応の反応流速の比を求め、温度の影響の違いを説明した。

#### 実大火災の延焼阻止実験：高橋 哲、竹元昭夫、榎木恵三、安齊克三、槍垣 聡、入江健一、田中 肇、十川末次、鳥海純平、長谷川晃一、福田泰欣、渡辺 洵

阪神淡路大震災を契機として、少ない水量で、科学的に延焼阻止を実施できないか問われている。そこで、幅20m奥行き15m高さ2mに積み上げた実大規模の廃材クリブを使用し、延焼阻止を、水と少量の薬品を添加した延焼阻止剤について比較試験した。延焼阻止帯の消火に必要な水量は68%、再燃阻止活動のそれは53%と明らかに延焼阻止剤の効果が認められた。特に水は、再燃阻止に間断無く注水が必要とするのにならして、延焼阻止剤では、長い中断時間を稼げると言う特徴が見出された。

この事実は、この間に消防力を広く展開、転戦できる事を示すものであり、大規模火災の延焼阻止には、効果が大きいと考えられる。

#### 植物製屋根の燃焼と火災感知（風下側屋根からの出火）：田村裕之、河関大祐、山下邦博

文化財建造物でよく用いられている植物製屋根の燃焼実験を行った。今までに、風上側屋根表面での出火と、無風時の出火について実験を行ってきたが、今回は、風下側屋根表面からの出火を想定して実験した。その結果、燃焼形態は、風向きの影響をあまり受けることなく、燃焼拡大の速度の違いはあるが風上側や無風と同じ傾向で拡大していった。火災感知の観点では、小屋裏内での熱や煙のセンサーで屋根表面火災を早期に見つけることは難しく、屋根表面にはわせた光ファイバー温度計や炎検出器が有効であることを明らかにした。

#### 住宅火災の感知・消火に関する研究—その7 3素子センサおよび住宅用火災警報器の感知特性：河関大祐、箭内英治、竹元昭夫、鈴木恵子、関沢 愛

約8畳間の居室を模擬した実験室での、発炎火災およびくん焼火災実験について、3素子センサ（熱、煙、CO）による火災性状把握システムと光電式煙感知方式の住宅用火災警報器の作動特性に関する検討を行った。その結果、次のことが明らかになった。

- 1) 発炎火災では火災性状把握システムによる発炎火災の判断は標示温度72℃のスプリンクラーの作動より早い。
- 2) 発炎火災実験での火災性状把握システムの火災判断時間と住宅用火災警報器（煙濃度約10%/mで発報）の発報時間は、火災性状把握システムの火災判断の方が早い。
- 3) くん焼火災実験での火災性状把握システムの火災判断時間と住宅用火災警報器の発報時間はほぼ同じ時期ないしは火災性状把握システムの方がわずかに早い傾向にある。
- 4) 住宅用スプリンクラーの起動は、非火災報の大幅低減および火災の早期感知に優れる火災性状把握システムと組み合わせるのが合理的である。
- 5) クリブ発炎火災の場合、火災性状把握システムとの連動の効果は小さい。
- 6) 座布団によるくん焼火災の場合、火災性状把握システムとの連動の効果は大きい。

#### 住宅火災の感知・消火対策に関する研究—その8 火災感知器連動によるスプリンクラー動作前後の室内環境： 箭内英治、関沢 愛、竹元昭夫、河関大祐、鈴木恵子

火災感知器（火災性状把握システム）と連動でスプリンクラーを動作させた場合の火災室内の環境を動作前後の状態また、通常のスプリンクラーのみで火災を感知した場合の状態を調べ、比較検討を行った。その結果、次のようなことが明らかとなった。

- 1) クリブ発炎火災の場合、火災性状把握システムとの連動の効果は小さい。
- 2) 座布団によるくん焼火災の場合、火災性状把握システムとの連動の効果は大きい。

#### コーンカロリメータによる赤リン難燃化プラスチックの燃焼生成ガスの毒性：那波英文、小林 強

赤リン系難燃剤は、添加量が少なくても難燃性を付与することが可能で、難燃剤が樹脂物性を損なわない反面、燃焼生成物中にホスフィンを含む可能性がある。そこで、規模をコーンカロリメータを用いた中規模実験とし、試料を赤リン系難燃剤を含むEVA（エチレンービニールアセテートコーポリマー85：15）およびLDPE（低密度ポリエチレン）として、燃焼ガスをバブラーに捕集してモリブデンブルー法でホスフィンを定量した。ホスフィンの発生は少なく、COの毒性と比べて1%以下のため、試料の燃焼生成ガスの毒性を考える上で、ホスフィンによる毒性を考慮する必要性が低いことがわかった。

#### コーンカロリメータを用いた繊維等の燃焼性状に関する研究：鈴木 健、箭内英治、山田常圭

各種の布、ポリ塩化ビニルのシート、じゅうたんを試料として使用し、難燃化処理をした場合及び難燃化処理をしていない場合について、コーンカロリメータにより燃焼性状を測定し、難燃化の効果を調べた。その結果、以下のことがわかった。

- 1) コーンヒーターからの加熱により試料が収縮する場合、得られたデータの解釈には注意を要する。また、測定装置にも工夫が必要である。
- 2) 難燃化した方が、最大発熱速度が小さい。
- 3) 難燃化した方が、最大の一酸化炭素濃度が大きい。
- 4) 難燃化した方が、燃え尽きるのに時間がかかる。

#### 阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究—その1 調査概要及び道路閉塞状況と震度・微地形との関係—：吉原 浩、関沢 愛

芦屋市南部地域について、阪神・淡路大震災における道路交通障害原因と震度・微地形との関係、および沿道の市街地特性・道路構造等との関係を空中写真より判読し検討した。調査の概要及び道路交通障害原因と震度・微地形との関係についての検討結果を報告した。得られた主な結果は以下のとおり。

- 1) 道路閉塞は、「木造家屋の倒壊・瓦礫」、「道路の亀裂・陥没、家屋以外の構造物の倒壊・瓦礫」及び「道路の亀裂・段差」が原因となった例が多かった。
- 2) 道路閉塞は、震度5の地域では「道路の亀裂・陥没等」、震度6及び7の地域では「木造家屋の倒壊・瓦礫」及び「家屋以外の構造物の倒壊・瓦礫」が原因となることが多かった。

- 3) 埋立地や自然堤防・砂州での「道路の亀裂・陥没等」が多いこと、沖積層で「木造家屋の倒壊・瓦礫」及び「家屋以外の構造物の倒壊・瓦礫」が多い傾向が認められた。

#### 阪神・淡路大震災における道路閉塞状況に関する研究—その2 道路属性要因と道路閉塞状況の関係—：関沢愛、吉原 浩

多くの建物被害が予測されるような大規模地震の際における道路通行障害発生条件の把握、あるいはその発生防止という課題は、震災時の緊急車両をはじめとする交通確保の上できわめて重要である。本報告は、芦屋市南部地域について阪神・淡路大震災後の数日間における空中写真を用いた道路閉塞状況の判断結果に基づき、道路幅員、周辺地区の建物被害率等の道路属性と通行障害程度との関係を分析したものである。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 全壊率が12.5%以下であると、「車通行不可」のケースはかなり少ない。
- 2) 道路幅員が10m以上あると、全壊率が25%以上の場合でも、「車通行不可」のケースは10%未満であり震災時の車通行信頼性がかなり高い。

#### 多変量解析による異常判別：高梨健一、松原美之

統計的に正常状態を定義することにより異常を検出する手法を火災感知に適用する方法の有効性について検討し、設置環境に自動的に適応するタイプの感知システムの構想について発表した。

消 研 輯 報 第 51 号

平成 10 年 3 月 印刷

編集者兼  
発行者

自治省 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