

# 消研輯報 45

平成 3 年度

---

〔グラフィア〕

- 模型はしご用自動架梯装置
- 耐爆試験装置内で行う鉄管試験法

〔紹介〕

- 外国における火災感知システムの研究動向  
— E C 諸国研究機関の状況 —
- 1991 中日ソ火災安全科学報告会に参加して

〔研究開発〕

- 二酸化炭素濃度の測定によるガレキ内要救助者の探索
- 模型はしご用自動架梯装置について
- 住宅用簡易スプリンクラーの開発
- 耐爆試験装置内で行う鉄管試験法

〔災害調査〕

- インドネシア共和国の林野火災について
- 地盤変動による消防水利の被害  
— 昭和58年日本海中部地震における能代市の例 —

〔解説〕

- 危険物取扱時の静電気危険と対策

〔外国文献の紹介〕

- 住宅防火の予防運動について

〔消防研究所の研究活動〕

- 「消防研究所報告」通巻71号（1991年3月）  
通巻72号（1991年9月）掲載論文の概要
  - 「消防研究所月例研究会」要旨
-

目 次

〔グラビア〕

- 模型はしご用自動架梯装置……………山田 實・亀井浅道・天野久徳…… 1
- 耐爆試験装置内で行う鉄管試験法……………那波英文・長谷川和俊…… 2

〔紹介〕

- 外国における火災感知システムの研究動向  
    － E C 諸国研究機関の状況－……………佐藤晃由…… 3
- 1991 中日ソ火災安全科学報告会に参加して……………佐藤晃由・関沢 愛…… 8

〔研究開発〕

- 二酸化炭素濃度の測定によるガレキ内要救助者の探索  
    ……………高橋 哲・松原美之・渡部勇市・佐々木弘明……14
- 模型はしご用自動架梯装置について……………山田 實・亀井浅道・天野久徳……19
- 住宅用簡易スプリンクラーの開発……………佐藤公雄・佐宗祐子・山本 勲……22
- 耐爆試験装置内で行う鉄管試験法……………那波英文・長谷川和俊……29

〔災害調査〕

- インドネシア共和国の林野火災について……………山下邦博……32
- 地盤変動による消防水利の被害  
    － 昭和58年日本海中部地震における能代市の例－……………吉原 浩……41

〔解説〕

- 危険物取扱時の静電気危険と対策……………松原美之……45

〔外国文献の紹介〕

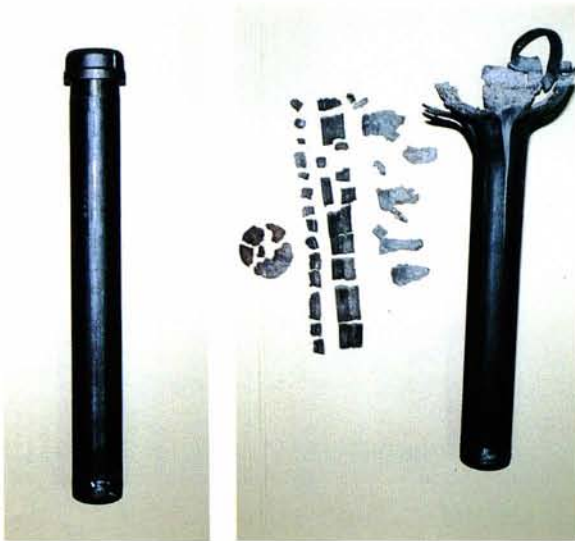
- 住宅防火の予防運動について……………柿田公太郎……51

〔消防研究所の研究活動〕

- 「消防研究報告」通巻71号（1991年3月）  
    通巻72号（1991年9月）掲載論文の概要……………53
- 「消防研究所月例研究会」要旨……………55



## 耐爆試験装置内で行う鉄管試験法



(1)試験実施前の鉄管 (2)ブランク試験（砂を詰めたもの）の結果

鉄管試験では写真(1)に示す鉄管に試験物質を詰めて鉄管の一方の端に取り付けた伝爆薬によって起爆させる。その結果鉄管の破壊の状況によって爆轟を伝えたかどうかを判る。

1. 写真(2)のように鉄管頭部のみの破壊であれば“不爆”であり、爆轟を伝えなかったことを意味する。
2. 写真(3)、(4)のように鉄管の全体にわたる破壊であれば“完爆”であり、爆轟を伝えたことを意味する。

このとき、試験に伴い鉄管の破片が飛散するので、写真(5)の耐爆試験装置を用いて鉄管試験を実施する。

(本誌18頁参照)



(3)2,4-ジニトロトルエンについての結果



(4)ニトロメタンについての結果



(5)耐爆試験装置の全景

# 外国における火災感知システムの研究動向

## — E C 諸国研究機関の状況 —

佐藤晃由

### 1. はじめに

平成3年7月、英国エジンバラ大学において、第3回国際火災安全科学シンポジウムが開催され、約90の講演のうち、火災感知システムに関するいくつかの講演発表(表1)も行われた。筆者は同会議に出席したあと、ドイツ、スイス、デンマークを訪問し、筆者ら

が現在行っている「火災性状把握システムの研究」に関連し、外国の研究機関では、どのような研究を行っているか調査する機会を得た。

ここでは、火災感知システムの将来の動向を知る上で参考になると思われるため、上述の国際火災安全科学シンポジウム(写真1)において発表された講演報告や、筆者が訪問した各国研究機関での調査及び入手

表1 第3回国際火災安全科学シンポジウムにおいて発表された火災感知に関する報告

Invited Lecture: "Dedicated Detection Algorithms for Automatic Fire Detection" by Professor H. Luck, University of Duisberg (Germany).  
Chair: Dr W.D. Woolley, Fire Research Station (UK).

**B Detection** 招待講演 自動火災感知システムにおける  
Chair: G. Heskestad, Factory Mutual Research Corporation (USA). 感知アルゴリズム ドイツ デュイ  
 P.F. Johnson, Australian スブルグ大学 Luck教授  
 Construction Services (Australia).

セッションB <火災感知>

- |   |   |
|---|---|
| <p>B<br/>36</p> <p><b>A fire detection algorithm using second order statistics</b><br/>                 J. Klose &amp; R. Seibel (Germany)</p>  | <p>B36</p> <p>スペクトル解析法による火災感知アルゴリズム ドイツ Klose, Seibel</p>               |
| <p>B<br/>37</p> <p><b>Approach to detection of fires in their very early stage by odour sensors and neural net</b><br/>                 Y. Okayama (Japan).</p>   | <p>B37</p> <p>臭気センサーとニューラルネットによる初期火災検知の試み 日本 Okayama</p>                |
| <p>B<br/>38</p> <p><b>A model of the population of fire detection equipment based on the geometry of the building stock</b><br/>                 S.H. Ellwood &amp; M. Lynch (UK).</p>  | <p>B38</p> <p>建物の種別・戸数と火災感知器に関する統計的モデル化 英国 Ellwood, Lynch</p>           |
| <p>B<br/>39</p> <p><b>Detection of smoke. Full-scale fire tests to study alternative principles for detection depending on the type of detector and fire development</b><br/>                 O. Meland &amp; L.E. Lonvik (Norway).</p> | <p>B39</p> <p>煙の検知 火災感知器の感知原理と火災拡大状況に関する実大火災実験 ノルウェー Meland, Lonvik</p> |



写真1 第3回国際火災安全科学シンポジウムの状況

した資料などに基づき、EC諸国における火災感知システムに関する研究状況の概略について紹介する。

## 2. 各国における研究状況

### 2.1 ドイツ

ドイツでは、デュイスブルグ大学のグループがシーメンス社、スイス・サーベラス社との協力の基に、火災感知システムに関する活発な研究を行っている。

同大学火災感知システム研究グループは、Luck教授、Laws教授、Willms教授を含む約20人の研究者からなり、次の3分野の研究を行っている。

- ①煙・熱分解物質などのエアロゾルに関する研究
- ②光通信による信号伝送に関する研究
- ③火災感知器からの信号の処理に関する研究

煙・熱分解物質などのエアロゾルの測定に関し、Vanck氏らは数 $\mu\text{m}$ ~0.1 $\mu\text{m}$ の粒径の濃煙、希薄煙を測定できる装置（写真2）を製作している。測定原理は図1に示すように、2枚の並行板電極の間に流入するエアロゾルに放射物質を用いて帯電させ、同時に並行板電極に交流電場をかけ、粒子の移動が電場の周波数に依存する性質を利用して、粒径分布を調べるものである。また、ウイルソンの霧箱（cloud chamber）による0.01 $\mu\text{m}$ 領域の粒径計測も計画している。

さらに、熱分解物質エアロゾルの流動拡散性状把握の可視化実験のため、CT（Computer tomography）法による実験装置を製作している。これは、医療用CTスキャナーと同じ原理に基づき、エアロゾルによる光ビームの減衰性を利用するもので、パソコンを用いて流動パターンの可視化（図2）を行う。また、熱気流

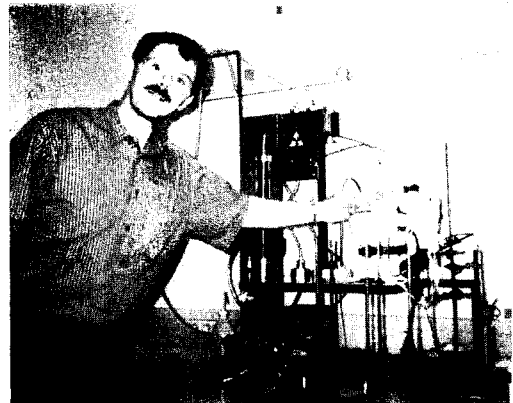


写真2 ドイツデュイスブルグ大学において用いられている煙粒径計測装置

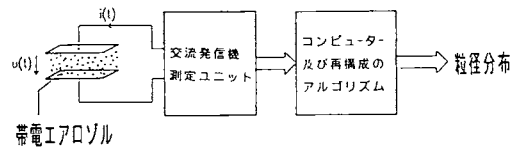
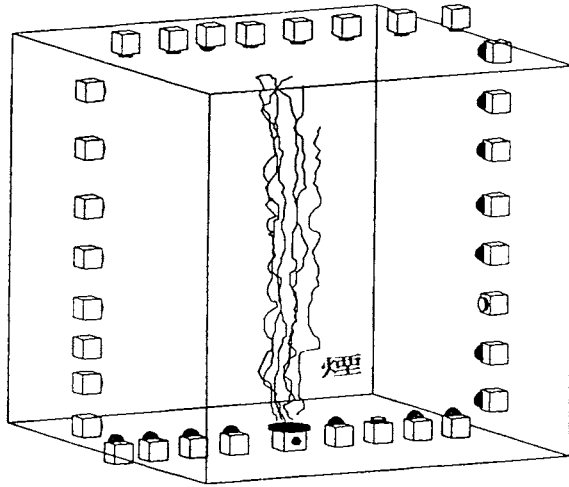


図1 粒径測定装置の構成図

中の赤外線ビームの減衰性を利用した温度場測定装置（Infrared CT）も製作されている。

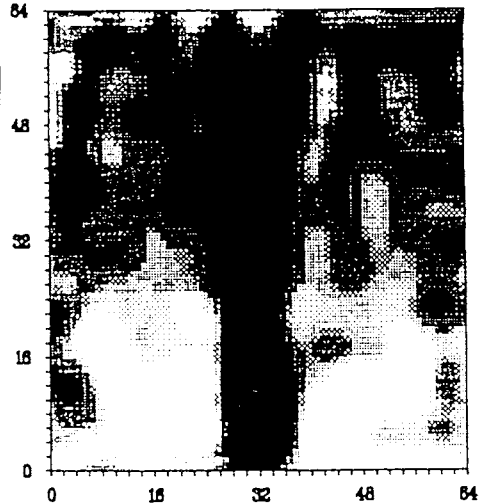
火災感知器からの信号伝送に関して、光ファイバーとコンピュータの結合による通信システム（Opt-Bus）の研究を行っている。

火災感知器の試作に関して、特に火災状況と非火災状況を識別すること、及びメンテナンスの容易化等を重要目標としている。写真3は、その目的のため、ドイツ・シーメンス社と共同で試作された感知器の一つで、Krull氏らはマイコンを搭載した熱または煙の単一センサーのほか、熱・光電式煙・イオン化式煙センサーからなる複合式感知器などの試験をしている。また、イオン化式火災感知器とは異なる原理の静電気式火災感知器（Electrostatic Fire Detector）も試作している。



発煙実験装置

(天井、床、壁の立方体の箱は光源と受光器)



再構成された煙分布図

(右図のセンサーと発煙源を含む垂直断面図)

図2 CT法による煙の流動の可視化(天井、床、壁に設置した光源から多数のビームを出し、各ビームの光の減衰量を測定し、コンピューターにより、像を再構成する。)

これらのハードウェアと一体となるソフトウェアの研究は最重要課題で、火災感知器からの信号処理に関する各種の手法を研究している。特に、エキスパートシステムやニューラルネットなどの人工知能技術、信号のスペクトル解析(図3)及びフィルタリング技術、システム故障を減少させるフォールト・トレラント技術などについて研究を行っている。これらの技術を基に、実際の建物における測定データを用い、10-20年間に発生する非火災報を抑制するシミュレーション研究も行っている。



写真3 ドイツ デュイスブルグ大学において試作された新型火災感知器

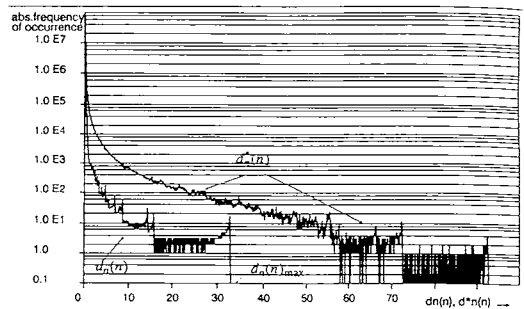


図3 非火災現象に対する信号のスペクトル処理例 (ドイツ デュイスブルグ大学Luck教授らによる解析)

## 2.2 スイス

スイスのサーベラス社研究所は、世界の火災感知器開発において大きな貢献をしてきたが、特に放射性物質を利用したイオン化式煙感知器の研究は、同社では今なお、重要な研究課題となっている。Guettinger、Christen氏らは、非火災報の低減を目的とし、マイコンを搭載したアドレスラブル・アナログ式感知器により、非火災報の原因、発生数などの統計的調査と対策の研究を行っている。火災感知器の電子回路に対する電磁波環境でのノイズ対策の研究や信号転送技術の研究も重要なプロジェクトになっている。

スイス電子マイクロ技術センターのFalco氏らは光ファイバー火災感知システムについての研究を行っている。このシステムは、光ファイバーが火災時の熱変化を感知することを目的とするもので、特に、

- ①ファイバー内の希有金属の発する蛍光の減衰時間が熱に影響されることを利用する方法、
  - ②ラマン散乱を測定し、非ストークス拡散が熱に鋭敏であることを利用する方法、
  - ③熱によるファイバー内のコアと外殻との屈折率の変化状態の差を利用する方法
- などを検討している。

スイス、ローザンヌ連邦研究所のVesin氏は火災感知器信号のモデル化及びシミュレーションに関する研究を行っている。

## 2.3 イギリス

英国火災研究所（Fire Research Station）での火災感知システムに関連する研究は、Piggot、Smithies、Burry氏らにより行われている。その一つの研究では、過去3～4年以上にわたって、英国オートロニカ社と共同で、英国のある病院において、アドレスラブル・アナログ式の熱、煙感知器からの信号（図4）をモニタリング・システムにより収集し、非火災報の原因解析や非火災報を低減させる手法の検討を行っている。

英国ハーウェル研究所のHarwood氏は、半導体SnO<sub>2</sub>を用いた低消費電力COセンサーによる火災感知器の試作を行い、酸化膜の表面に白金を添加した場合のセンサー特性について調べている。

英国Gent社のEllwood氏は病院、研究室、工場、倉庫、店舗などにおける熱式、イオン化式、光電式煙感知器の信号の状態を長期間測定（全感知器総計100万時間）し、センサーノイズ等の影響を統計的に解析している。さらに、分散処理型の火災感知システムの研究や建物の形態、面積、個数と火災感知器の使用状態、火災感知効果などの関係についての研究も行っている。

英国Thorn Security社のMiddleton氏は炎感知器の

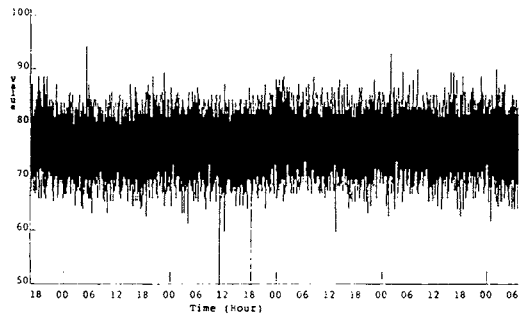


図4 アドレスラブル・アナログ式煙感知器のある設置状態における長期間計測した信号の例（英国火災研究所Smithies氏らによる観測値）

研究を行い、各種の非火災報を発生する要因と火災状態との認識に関する研究を行っている。

## 2.4 北欧諸国

デンマークのエレクトロニック・セントラレンにおける火災感知システムに関連する研究では、システムの信頼性向上に関する研究が行われており、Hansen、Christensen氏らは、フェイル・セーフ技術に関する次の研究を行っている。

フェイル ツー セーフ (fail to safe) :

システムが異常状態になった場合でも充分安全な状態に移行する機能

フェイル オペレーション (fail operation) :

システムに単一の異常が発生した場合でもその機能を続行する機能

フォールト デテクション (fault detection) :

システムに通常状態からやや外れた状態が発生すると、その状態を記録し、報知する機能

フォールト コレクション (fault correction) :

システムに何らかの異常が発生した場合、速やかにこれを検知し、システム動作に変化を及ぼさず、本来の動作を続行する機能

この研究は、SCOPE (Software Certification Programme in Europe) - ESPRIT II計画に属するもので、ヨーロッパ規格EN54に関連している。

スウェーデン国立建築研究所のHygge氏はアパートや個人住宅などの家庭用煙感知器の動作状況やメンテナンス状況についての調査のほか火災損害との関連に関する調査を行っている。

フィンランド技術研究センターのKokkala氏らは、燻焼火災状態では煙の流れは、極めてゆるやかであることから、燻焼火災煙の煙感知器内への流入性状について調べている。



ノルウェーのMeland氏らは、実大火災実験により、火災の拡大状況と火災感知器の種類に対応する種々の研究を行っている。

### 3. おわりに

前述のように、ヨーロッパ諸国においても、日本と同様、火災感知システムにおける非火災報の低減に関する多くの研究が行われている。非火災報を低減する手法として、これらの国でも、筆者らが火災感知システムの信頼性の向上を目的とする「火災性状把握システムの研究」において採用した熱、煙、ガス（CO）を感知する火災感知器（図5）のような複数素子化、及びソフトウェアとしてエキスパートシステムなどの人工知能技術の導入が試みられている。

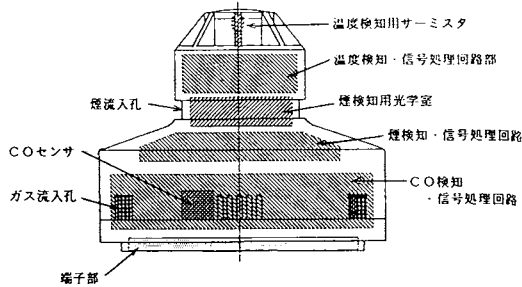


図5 火災性状把握システムで用いた3素子型感知器

また、実際の建物環境での感知器信号の長期間にわたる測定に基づく非火災報の原因や発生頻度などについての調査分析も行われている。

このように、将来の火災感知システムを開発するための研究方針の認識は、多くの研究機関ではほぼ共通しているものと考えられる。

しかしながら、前述の研究所のうち、特にドイツ・デュイスブルグ大学、シーメンス社、スイス・サーベラス社の研究協力においては、斬新な発想による多くの研究が行われており、近い将来極めて強力な火災感知システムが開発される可能性も考えられる。

第3回国際火災安全科学シンポジウムでは、フランスなど他のヨーロッパ諸国における火災感知システムに関する報告はなかった。また、今回は日程も限られていたため、調査はできなかったが、また別の機会を期待したい。

### 参考文献

- (1) Fire Safety Science, Proceedings of the Third International Symposium, Edited by G. Cox and B. Langford, Elsevier Applied Science (July-1991)
- (2) AUBE'89, 9 Internationale Konferenz über Automatische Brandentdeckung, Universität Duisburg Gesamthochschule (September-1988)
- (3) 「火災性状把握システムに関する研究-共同研究報告書」、消防研究所研究資料第25号、第26号（1991年3月）

# 1991中日ソ火災安全科学報告会に参加して

佐藤晃由、関沢愛

## 1. まえがき

昨年(1990年)、中国科学技術大学において、中日火災科学検討会が開催され、消防研究所から山下邦博火災物理研究室長、長谷川和俊危険物研究室長が講演のため派遣された。

今年も、同大学から消防研究所長に対し、11月7日から12日まで開催される1991中日ソ火災安全科学報告会(以下、火災セミナーと記す)のため、講師派遣の依頼があり、筆者らが派遣された。外国人としては、筆者らのほか、平野教授(東大)、ソ連ハバロフスク大学のブルガコフ学長とカルポフ氏が招かれた。

中国は、火災科学の飛躍的發展をめざし、多くの外国人火災研究者を招へいしたり、同大学に火災科学研究所を設立し、1992年にはアジア火災科学シンポジウムを主催する。ここでは、このような情勢のもとで開催された火災セミナーの概要と、同大学や中国公安部に属する消防科学研究所などでの火災研究の現状について述べる。

## 2. 中日ソ火災安全科学報告会

### 2.1 筆者等の派遣日程

今回の中国訪問日程は下記のとおりである。

11月3日(日) 成田発(8:45) - 北京空港着(12:20)

11月4日(月) 北京市内の中国科学院などを訪問

11月5日(火) 北京発 - 合肥空港着

11月6日(水) ~ 11月14日(木)

合肥市内中国科学技術大学滞在、同大学主催火災セミナーに参加、セミナーの休日に南京市訪問

11月15日(金) 合肥発 - 上海空港着

11月16日(土) 上海消防科学研究所訪問

11月17日(日) 上海発(14:00) - 成田空港着(17:35)

### 2.2 火災セミナーの概要

火災セミナーは合肥市警察消防本部会議室で行われた。11月7日午前8時半からの開催に先立ち、同大学火災科学研究所長、范教授が挨拶を行なった。

聴講参加者は、中国科学技術大学、武漢華中理工大学、上海同済大学、中南林学院、江漢石油学院などの教育機関のほか、上海消防科学研究所、四川消防科学

研究所、中国建築科学研究院、林業部森林防火弁公室、陝西省林業庁、上海機械研究所、ハルビン石油公司、チチハル市石油公司など、中国全土の防火関連研究機関から集まった関係者約100名であった。

最初の2日間の講演は、消防研究所の2名に割り当てられ、火災シミュレーション、火災感知器、火災危険度評価に関する講演などを行なった(写真1)。筆者等の講演の通訳は同大学で日本語を教えている中国人の教官が担当した。



写真1 火災科学検討会における筆者等の講演状況

表1に示すように、筆者らを含む外国人5名と、中国側から、森林、建物、石油及び化学火災の専門家など8人、合計13人による15の講演が行われた。その内訳は、各国の火災研究の現状3件、火災シミュレーション4件、森林火災2件、火災危険度評価2件、建物火災排煙1件、石油化学火災1件、消防機械1件、航空機内装材燃焼性1件であった。図1と2に中国林業部の華忠鎮氏、范維澄教授の講演資料のそれぞれ一部を示す。

日程第5日目に、建築火災、石油火災、森林火災の3部門からなる座談会(討論分科会)が行われ、平野教授 - 石油火災分科会、関沢一建築分科会、佐藤一森林分科会に割り当てられた。森林火災分科会では、中国東北部等で発生する山火事の甚大な被害の話題がでた。

表1 1991年中日ソ火災科学検討会日程表

	11月7日
8:30-11:30	K. Satoh 建築火災的模擬研究(1) Simulation of Building Fires(1)
2:30-5:30	Dr. A. Sekizawa 火災危険度評価(1) Fire Hazard Assessment(1)
	11月8日
8:30-11:30	K. Satoh 建築火災的模擬研究(2) Simulation of Building Fires(2)
2:30-5:30	Dr. A. Sekizawa 火災危険度評価(2) Fire Hazard Assessment(2)
	11月9日
8:30-9:50	華忠鎮 高工 Senior Engineer Z. Z. Bi 中国森林火災研究概況 Survey of Forest Fire Research in China
10:10-11:30	劉邦中 副教授 Asso. Prof. B. Z. Liu 林火研究的物理方法 Physical Methods of Wildland Fire Research
2:30-5:30	吳昌鴻 高工 Senior Engineer Q. H. Wu 中国消防科研的成就、現状和前景 Achievements, Status and Prospect of Research on Fire Protection of China
	11月10日
8:30-9:50	李貴文 高工 Senior Engineer G. W. Li 高層建築防排烟系統 Protection & Exhaust System of Smoke in High Buildings
10:10-11:30	劉景軒 高工 Senior Engineer J. X. Liu 中国石化企業火災安全技术 Safety Technology in Oil & Oil-Chemical Enterprises in China
2:30-3:30	王其斌 高工 Senior Engineer Q. B. Wang 安徽消防工作概述 Survey of Fire Protection work in Anhui Province
3:50-4:50	郭玉瑛 高工 Senior Engineer Y. Y. Guo 民用飛機艙內材料燃燒性能研究 Research on Combustion Properties of Plane Cabin Materials
	11月11日
8:30-11:30	座談会（分科森林、建筑、油類火災三個組） Symposium (Divided into Forest, Building & Oil Fire Groups)
2:30-4:00	Prof. V. K. Bulgakov ソ連火災科学与技術概況 Survey of Fire Science & Technology in USSR
4:20-5:30	Dr. I. Karpov 火災蔓延的数值模擬 Numerical Simulation of Fire Spread
	11月12日
8:30-9:30	Prof. T. Hirano 國際火災科学与技術的現状和展望 Status and Prospect of International Fire Science & Technology
9:30-10:30	范維澄 教授 Prof. W. Fan 火災与燃燒過程的計算机模擬 Computational simulation of Fires and Combustion
11:10-11:30	検討会閉幕式
2:30-5:30	鑑定会 Appraisal Meeting
6:30-8:30	中外宴招待会 Banquet for Foreign & Domestic Guests

## 中国的森林火灾和消防措施

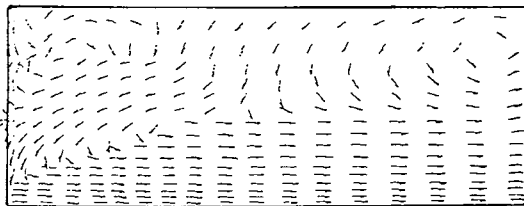
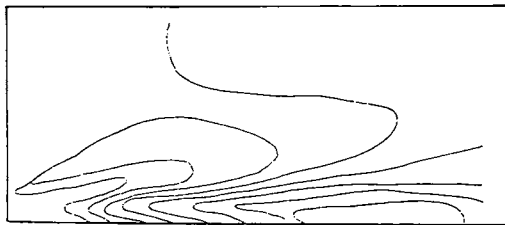
毕忠镇

林业部森林防火办公室

森林是人类的摇篮，是陆地生态的主体。破·森林就破坏了自然生态的平衡，给人类带来灾难，这已逐渐成为人类的共识。保护森林，保护绿色环境已成为人类的共同愿望。而火灾对森林的破坏对绿色环境的破坏最为严重。据资料介绍，全世界年均发生森林火灾高达20多二次，年均受害森林面积约一亿多公顷。因此，保护森林，防止森林火灾亦是人类的共同责任。

我国是个少林多火灾的国家，森林覆盖率只有12.9%，每人平均森林面积不到2亩，森林蓄积不到10立方米，远远低于苏联和日本人均占有森林面积和蓄积的水平。我国不仅森林资源少而且分布不均匀，主要集中在东北、西南国有林区以及偏远省区的边缘地带。

図1 中国林业部華忠鎮氏の講演の一部



図一、絶熱状況下の炉内温度場和速度场示意图（忽略辐射）

図2 中国科学技术大学范教授の講演の一部

### 2.3 会議の休憩時間と宿舎

筆者らは、セミナーの期間中、同大学付属の外国人用宿舎（写真2）に滞在したが、建物はロシア風建築のかなり古いものであった。同宿舎には、ソ連のブルガコフ、カルポフ両氏のほか、米国、カナダ、ドイツ、日本などから招へいされた教授達も滞在していた。筆

者等の講演が終わったあと、宿舎の部屋に何人かのセミナー出席者の訪問があり、意見交換が行われた。



写真2 中国科学技术大学付属の外国人用宿舎（内部はほぼ2LDKの間取り）

昨年のセミナーと同じく、昼休みは11時30分から14時30分まで3時間もあった。筆者等は毎日市内の会議場から連絡車で帰ってきて、宿舎の食堂で上記招へい教授達と昼食の中華料理を食べたあと、手持ち無沙汰で、やや寒い宿舎の部屋でベッドに入り、2時間も昼寝したり、あるいは、あわただしくバスやタクシーで合肥市内（写真3）を見物したりした。



写真3 合肥市内の街路（街路樹はどの都市でもスズカケの木が多く、舗道、自転車路も整備されている。）

### 3. 中国科学技術大学・火災科学実験室(火災科学研究所)

#### 3.1 中国科学技術大学 (USTC) について

USTCは1958年に当初北京市に設立された。最初の学長は、USTCの創建者とも言える郭沫若氏である。1970年に、現在の安徽省合肥市に移転したが、それは文化大革命の余波を受けて移転を余儀なくされたものらしい。USTCは他の大学と異なって中国科学院に所属する唯一の大学であり、科学院自身が謳っているようにアカデミックで民主的な雰囲気尊重している。また、環境整備に相当テコ入れしていることもあって、学生達の人気も大変高い。全国共通大学入学試験の成績でも、合格者の水準は理工系としては中国のトップクラスであるとのことだ。

USTCは、1学年の学生数が1,000名にも満たず、

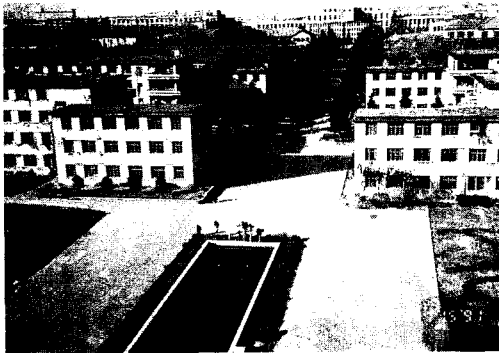


写真4 中国科学技術大学のキャンパス

#### 3.2 火災科学研究所について

USTCにおける火災研究は、1986年から工程熱物理系（工学熱物理学科）の燃焼研究室において重点的に行われるようになった。これが、現在の火災科学研究所の前身で、その主任は范教授である。ちなみに、火災科学研究所はUSTCにある13の重点研究所の1つであり1990年に設立された。火災科学研究所の研究所員は教授1名、助教授5名、講師15名から構成されており、その研究分野別内訳は森林火災6、建物火災5、石油火災6、その他4となっている。さらに、15名の大学院生（博士課程3、修士課程12）が研究を行っている。現在、教官スタッフは21名であるが、2年以内に30名とする予定だそうである。

火災科学研究所は、現在のところ工程熱物理系の建物の中に間借りをしている状態であるが、1992年中には、専用の研究室、火災実験棟及び屋外実験場をもつ

全体でも5,251名（学部は5年制、修士課程、博士課程計）という小教精鋭主義の大学である。学生達の多くは、学部卒業後、海外（主として欧米）への留学を志向しており、中国全体で応募された留学生試験などでもUSTCの学生が多数を占めてしまうことがよくあるそうだ。我々の滞在中に、USTCのごく普通の学生達とたまたま交流する機会があり、夜遅くまで議論をしたり、自転車で一緒に合肥市内見学をすることができたが、屈託がなく明るい表情の彼らを見てると何ら日本の学生達と変わらないという印象を受けた。一つ大きな違いがあるとすれば、彼らが非常に勉強熱心であるということであろうか。実際、学生達の英会話能力はかなり高く、しかもアメリカン・イングリッシュをこなしているのには驚かされた。（写真4、写真5）



写真5 毎晩のように学生達と議論した

予定である。そのうち火災実験棟は、竣工間近と思われる程に工事が進んでいた。（写真6）建物規模としてはそう大きくはないものの、一つの建物の中で種々の実験ができるように工夫されていて、ビル火災の煙の流動を実験するための5階建ビルの1/2模型（写真7）、石油火災研究のための大型燃焼実験室（写真8）、森林火災研究のための熱風洞実験室（写真9）、熱放射実験室などが作られている。

現在のところ、まだ火災実験はほとんど行われておらず、また火災シミュレーション用高速コンピュータもまだ納入されていないので、パソコンを用いて火災危険度評価の研究や火災シミュレーションの研究を行っている段階である。

しかしながら、これらの火災実験棟の建設や、各種の実験装置、測定機器の整備購入にかかる費用を、3年間で90万ドル（約1.5億円）にのぼる世界銀行から



写真6 竣工間近の火災実験棟の前で  
（左端が范教授）

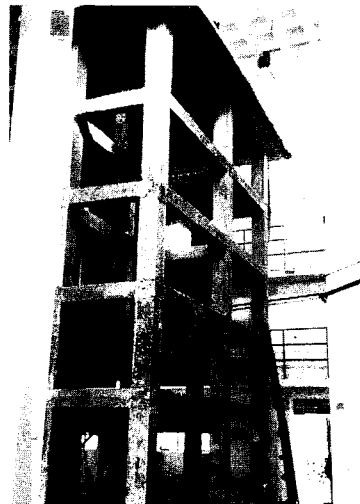


写真7 5階建ビルの1/2模型



写真8 石油火災研究のための大型燃焼実験室



写真9 森林火災のための熱風洞実験室

の借入金及び政府、科学院、USTCからの400万元（約1.2億円）の基金によって賄うことになっており、中国の火災研究促進への並々ならぬ意気込みを感じ取ることができる。

#### 4. 中国のその他の火災研究関連機関

短い滞在期間に得た情報や印象だけでは、とても中国における火災研究の全体像を把握しきれないが、少なくとも今後はUSTCにおける火災研究所が中国における基礎的な火災研究活動のセンター的な役割を担

うことは間違いなさそうである。ところで、中国ではUSTC以外の幾つかの大学、公安部所属の消防科学研究所、その他の政府機関、例えば建築科学研究院や林業部（林業省）、あるいは建築学会防火委員会など、様々な機関において従来から火災研究組織があるようである。また、中国消防協会も火災研究における重要な役割を担っている。

中国消防協会は、公安部消防局機関の外郭団体的な存在で、中央、各地方のそれぞれの段階で、建築防火を含む消防防災関係者の横のつながりを組織しており、

建築防火、消防設備、その他の常置の技術委員会をもっている。英語訳では、China Fire Protection Associationと称しているが、もちろん米国のNFPAや日本消防協会とも違った中国固有の組織である。しかし、火災研究者や消防防災に携わる技術者の横の連絡交流に役立っている我が国の日本火災学会に相当する組織がない現段階の中国では、消防協会の果たす役割は非常に重要だと思われる。USTCの火災研究所に

における今後の運営や研究活動の発展の上でも、消防協会との協力は欠かせないものであるに違いない。

公安部に所属する全国に4つある消防科学研究所は、それぞれ表2に示すような役割分担に基づいて技術開発研究及び検定業務を行っているが、国土の広い中国にあつては、それぞれの地域での必要に応じて、本来他の研究所でやるべきことも実際には研究することである。

表2 中国の4つの消防科学研究所とその主たる研究開発分野

研究所名(所在地)	研究開発分野
天津消防科学研究所(天津市)	消火設備(ハロン、泡、粉末等)
上海消防科学研究所(上海市)	消防機械器具(ポンプ車ほか)
瀋陽消防科学研究所(遼寧省瀋陽)	電気設備(感知器、警報設備等)
四川消防科学研究所(四川省都江堰)	建築防火関係(防火材料等)

ここでは、筆者らが訪問した上海消防科学研究所の現況について紹介をする。研究所の職員数は約220人で、研究部門160人(研究員120人、研究事務40人)、検定部門60人である。研究組織は、所長、副所長3名のほか、消防装備研究室、防火システム研究室、消火機材研究室、消防戦術研究室、情報研究室から構成されている。研究所の施設は、かなり狭い敷地内に5階建ての建物が3棟ほどあり、空地はほとんどない様子だった。ノズルからの放水実験や消火器の実験も狭い中庭で行っていた。

上海消防科学研究所は、主に消防機械に関連する研究を担当しているが、特にコンピュータ制御による消防ノズルの自動制御の研究や、レーザーホログラフィーによる消防ノズルからの水滴粒径のコンピュー

ター計測の研究、消火剤の開発研究、上海地下街開発計画に伴う火災感知安全システムの開発研究などに人員及び予算をさいているようであった。パーソナルコンピュータは多くの研究室に設置され、計測等に用いられていた。(写真10、写真11)

## 5. おわりに

ここでは、中国科学技術大学主催の火災セミナーの概要について述べ、併せて、火災研究の飛躍的發展をめざしている中国の火災研究の状況について述べた。

従来、わが国の国際的の火災研究における交流相手は米国、英国が主であったが、中国科学技術大学等における研究の進展によっては、日本にとって重要な情報交換相手になることも考えられる。



写真10 上海消防科学研究所の副所長(中央)と記念撮影



写真11 消研滞在経験のある張建光氏(右端)とその試作ノズル

## 二酸化炭素濃度の測定によるガレキ内要救助者の探索

高橋 哲、松原美之、渡部勇市、佐々木弘明

### 1. まえがき

最近数年間を見ても、世界のどこかでほぼ毎年のように大地震 [1, 2] が起こっており、多数の人々が建物崩壊によりガレキの下敷きとなっている。一刻を争って被災者を探索し、救助活動に取りかからねばならない。この為、不慮の重大事故に備え、各国において、特殊な装備と訓練を施した国際緊急救助隊を結成し準備を整えているところである。

埋没生存者を見つけ出すために、様々な探査機器が使用されている。赤外暗視装置、音波探査機、ファイバースコープなどが代表例である。しかし、赤外暗視装置では、障害物があると発見出来ない。音波探査機の性能は、周辺の人、自動車の活動、ガレキのキシミ等で著しく低下する。ファイバースコープは、屈曲した深部には到達出来ない。救助犬が活躍することもあるが、生き物の管理には手間がかかり、また、活動時間が短いと言われている。このように、現在使用されている探査機器には一長一短があり万能ではない。

そこで消防研究所では、人間の呼気に含まれる二酸化炭素に注目し、これを分析して生存者を見つけ出す装置の開発を進めてきた。研究所構内に実規模のガレキ場を築いて検討し、このほど実用的な探査装置の基本システムを開発した。

### 2. 開発上の問題点

大気中の二酸化炭素濃度は、現在、太平洋の真中で350ppmあり [3]、毎年1.3ppmの割合で急上昇しているといわれる。また植物の成長の関係で、夏には数ppm程少なく、冬には同じだけ増加する。この濃度変化は地球規模では一定したものであるが、都市部では短期間かなり変動し、例えば東京郊外の三鷹市では、通常360ppmぐらい、高い日には370ppm以上に達する。この日変動のほか、季節、昼夜、風向き、植生による変動もある。しかし、数時間程度の短時間内に、大きな変動のあることは少ない。

このアイデアは、生存者の呼気中に含まれる二酸化炭素が4% (40,000ppm) と、自然環境に存在する二酸化炭素に比べ高濃度であるために、生存者のいるガレキ内空気の二酸化炭素濃度が、周囲の濃度より高く

なるであろう点に着目して、埋没生存者を見つけだそうというものである。しかしながら現実には、(1)二酸化炭素がどのくらいの濃度でガレキの間隙から流出するのか、(2)現場では周りの自動車、人、火災等が放出する二酸化炭素によって紛れるかもしれない、微妙な濃度変化をうまく識別できるか否か、については従前検討された例が無く不明である。その上(3)高精度で二酸化炭素を測定できる、安定性の高い小型、軽量の分析計を入手できるか否か、等の問題点を解決しなければならない。

まず二酸化炭素濃度に関しては、ガレキの形状、規模、風等の影響を実地に調べてみる以外に方法が無いと考えられる。その結果に基づいて、上記(3)の性能を有する分析計を入手した上で、ガレキ場に適した測定方法の工夫や、装置の実用化上の技術など、問題点について知見を得、解決しなければならない。

### 3. 試験の方法

実際のガレキ場を見つけることはほとんど不可能なので、図1(1)、(2)及び写真1(1)、(2)に示す実規模のガレキ実験施設を作り実験を行った。ガレキ場は図1に示すように、底辺が一辺10m、上辺が5m、高さ2.5mの角錐状にコンクリート等の建築廃材を積上げたものである。底辺中央には、写真1(1)のように、長さ約11m、開口径0.8m×0.8mの鋼製トンネルを通してあり、中央に1.2m立方の格子部屋があって、内部に被検者がはいり、格子部屋及びトンネルの出入口を閉じられる構造となっている。呼気中の二酸化炭素は、外気と混合して、格子の間隙からガレキを通して外部に流出する。図1(2)で0～5の点はガレキ場中心から、水平に30°間隔で放射状に設定した線上で0は中心、0-1、1-2、2-3間は1.0m、3-4、4-5間は1.5mの間隔をおいて設けたガス測定口である。地上高0.5m、1m、2mの位置に、外形10mm、内径6mmの鉄パイプを予め層状に敷設した。ここからビニールチューブを通じ、実験室内の赤外二酸化炭素分析計で風の影響など、濃度に関する基本的な分析、検討を予め行った。

次に開発した探査装置を使用して、図1(1)に示す、高さ1m、2m、2.5m、斜面の縦中央線から横方向に



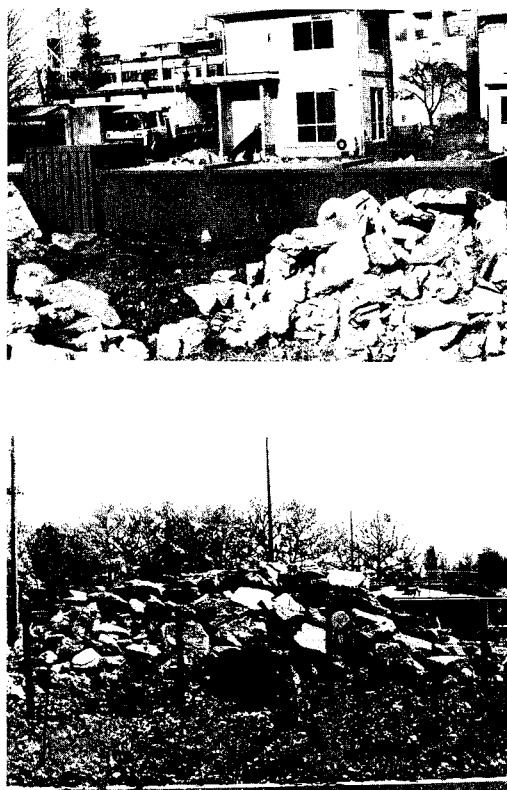
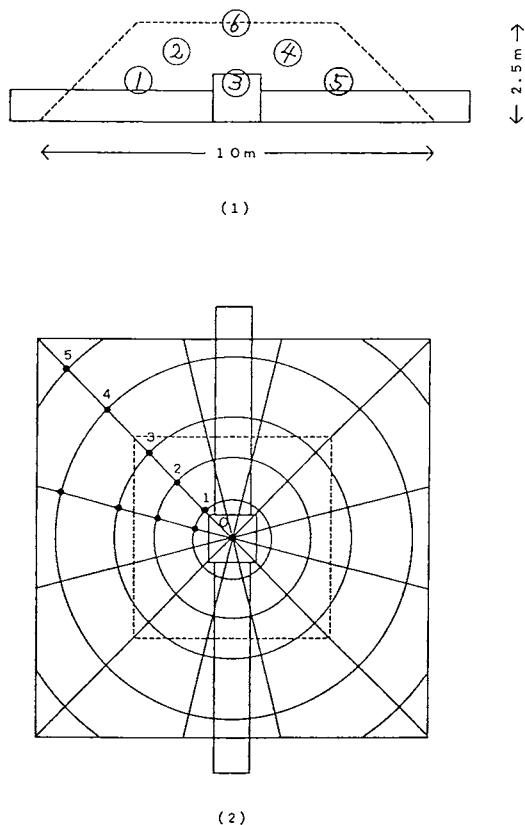


図1 ガレキ実験施設の側面図(1)と平面図(2)

写真1 ガレキ場  
(1)トンネル  
(2)完成した様子

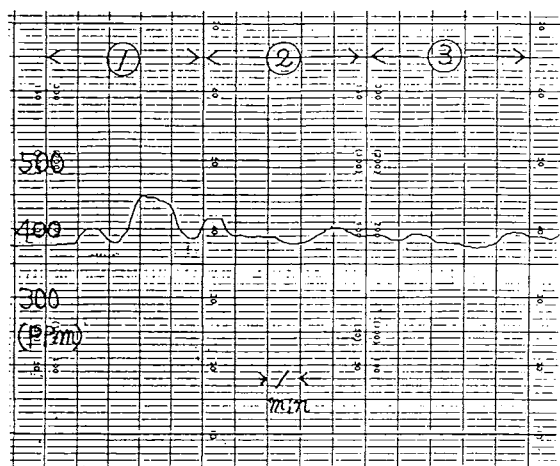


図2 深度と二酸化炭素濃度の測定例  
地上1m、中央から水平方向に①1m、  
②2m、③3mの位置。風速約10m/s。  
自然状態370ppm

それぞれ2.5m、1m、0mの位置から、ガレキ内にステンレス管を1m挿入して二酸化炭素濃度を測定した。なお本文中では、被検者は総て成人男子1名の場合について記したが、他にアルコールランプを燃焼させて二酸化炭素を発生させ、種々の試験を行った。

#### 4. 試験の結果

##### 4.1 予備測定

図2は風速約10m/秒の時、風下面でガレキ中に挿入するパイプの深度を変えながら、実験室型赤外二酸化炭素分析計で5分間ずつ測定した一例である。3mの位置で、約20ppm高い濃度が検出されている。勿論この濃度が、風の真下側の、最大濃度を示したものであるかは不明である。挿入深度が増すほど高濃度の二酸化炭素が検出できるが、風向、風速の変動によって、一定濃度にはならないことを示している。

##### 4.2 試作機による測定

現場に持ち込み使用するためには、装置は小型、軽

量、高精度である事は勿論、そのうえ気温変動や振動、衝撃に対する安定性と強度が高くなければならない。このような要求を満たす本体探査装置として、植物の炭酸同化作用の現場測定に使用する、高感度二酸化炭素分析計を転用、改造した。完成した探査装置での測定例を表1に示す。表1の測定結果は、図1(1)の①～⑥の各測定点の5分間の測定値の最高と最低濃度の変動幅を示したもので、測定点③④⑤方向に主に流出していることを示す。図2の風の強い場合に比べ、風が弱かったせいとか、同じ距離で比べると、相当に高い濃度が検出できた。真上や風側面では、短時間、微量が検出されただけであった。

表1 濃度変動の一例

風速0.5~1.5m/s、風向、手前方向：  
自然状態370ppm

測定位置 No.	地上中心から (m)			濃度変動 (ppm)
	高さ	水平距離	直線距離	
①	1	3.47	3.61	375~370
②	2	2.06	2.87	380~370
③	1	3.00	3.16	415~380
④	2	2.06	2.87	383~377
⑤	1	3.47	3.61	398~388
⑥	2.5	0.00	1.50	375~370

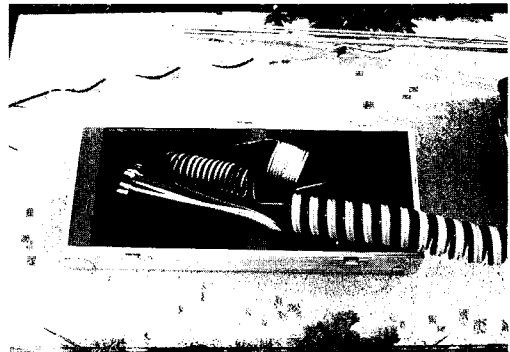
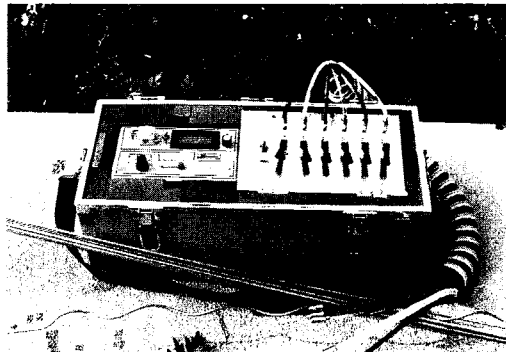


写真2 試作機

- (1) 本体分析システムと挿入管
- (2) スパイラルに巻いた挿入管の状況

その他の実験結果を合わせると、二酸化炭素は風下側のごく狭い範囲内に流出してくること、濃度は主に風速に大きな影響を受けること、又、路上での実験で、風上側の人、自動車による二酸化炭素も、風下側の狭い範囲内でしか検出できないこと等がわかった。探査に使用する分析計に必要とされる測定範囲は、1~1,000ppmが適切かつ十分と判断できた。

5. 開発した探査装置の概要

通常、戸外では強弱に係わらず風が吹いており、しかも風向も変動しているので、一点だけの測定では、なかなか漏洩場所は捕まえられない。そこで上の分析結果などを踏まえ、図3の基本構成の分析システムを開発した。試作機の写真を、写真2(1)、(2)に示す。この分析システムは、複数の、長さ10m位の細いビニール管の先端に金属パイプをつなぎ、風下側のガレキ面

の数個所にタコ足状に拡げて挿入するものである。まず試作機では6点のビニール管から容量の大きい補助ポンプ3でガスを吸引し、その吐出ガスの一部を、さらに本体分析計のポンプで吸引分析する。このシステムでは、バルブ5の開閉によって、一点又は数点から必要に応じ吸引分析できる。環境濃度に比べ高い濃度が検出されれば、バルブを1点ずつ閉じてゆくことによって、風向を勘案しながら埋没位置もおおよその見当は付けられる。挿入管をガレキ面に挿入しなくても、5m離れた表面で数ppm~数十ppmの濃度差を検出できた。しかしこの濃度は、総て風向、風速などの外的条件に依存する。この分析計は、1ppmの濃度差まで検出できる高感度なものなので、呼気中の二酸化炭素が漏洩してさえいれば、検出できる可能性は高い。必ずしも侵入装置を内部に挿入する必要がなく、表面付近で検出出来る可能性のある点の一つの長所である。

しかしガレキ面から流出したガスは、空気中では拡散しやすいので、挿入管は少しでも内部に挿入したほうが確実である。ガレキ中に挿入するパイプとしては、銅管やステンレス管を蛇管状に巻いておき、使用時に引き伸ばすと簡単に数mの長さになる。なお、砂塵の多い場所では、挿入管7の先端に、発泡ウレタンボールのような防塵具を取り付けることが考慮されている。

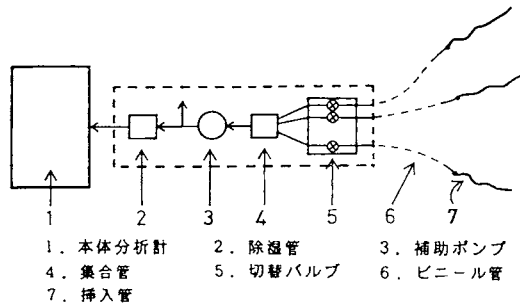


図3 分析計の原理図

完成した要救助者探査装置の仕様はつぎのようである。

- (7)：二酸化炭素検出範囲：1 ppm～1,000ppm，感度1 ppm。
- (イ)：濃度のデジタル表示方式。
- (ウ)：測定濃度及び環境濃度との差表示方式。
- (ニ)：設定濃度警報方式。
- (オ)：6点サンプリング、切り換えバルブ方式。
- (カ)：先端挿入方式。
- (キ)：8時間連続使用可能、自動車バッテリーから充電可能、100V & 200V。
- (ク)：応答時間30秒。
- (ケ)：探査範囲半径10m。
- (コ)：本体分析計のトランクサイズ；幅21cm、奥行55cm、高さ27cm。
- (サ)：重量10kg、ステンストラック入り、他に部品トランク1個、計2個。

## 6. 性能

以上に説明したように、屋外では完全無風のことはありえず、常時風が吹いている。しかも風速、風向ともに変化している。風速が大きいと、濃度は小さくなる。例えば、風速が2倍になると、人間の呼吸速度が一定なので、二酸化炭素濃度は約1/2となる理である。測定にあたっては、救助隊は、まずおおよその風下側を的確に把握することが不可欠である。当然のことながら、風横と風上では、全く検出不可能である。又、風上側に大勢の人が居たり、近くに自動車排気ガ

あったりすると旨く識別出来ない可能性がある。しかし、測定器の特徴を良く理解して操作すれば、このような困難はかなり克服できよう。このシステムが有効に活用できるか否かの鍵は、装置よりもむしろ本質的に、ガレキ場から人体呼気中の二酸化炭素が漏洩しているか否かにかかっていると看做しても過言ではない。此処のところは、それぞれ特徴のあるガレキ場の問題でもある。この実験で使用したガレキ場には、大きな空隙が多い。呼気はどンドン風に流され、内部に蓄積するということが無い。実際のガレキ場の様子は千差万別であると思われるが、この実験データは、風通しの良い場合に相当しよう。ヨドミのあるガレキ場や無風の場合には、この実験結果より高い二酸化炭素濃度の検出できる可能性が高い。二酸化炭素濃度は、絶対濃度より、相対的に周辺濃度と比べ上昇が検出できれば目的を達成するが、このためにも精度の高いものが必要となる。本分析計は、この目的に充分と思われる。

実用にあたっては、他の探査装置と共同で、一つの有力な探査方法としての活用が期待出来る。

完成した探査装置の主な長所と短所は次のようである。

長所として、

- ア：検出感度が1 ppmと鋭敏、かつ応答が約30秒と早い。
- イ：どんなガレキにも対応出来、無理に検出装置をガレキ深部に挿入する必要が無い。
- ウ：安定性が高い。
- エ：耐用時間が長い。
- オ：周囲の雑音等、他の探査活動の影響を受けにくい。
- カ：取扱が容易。
- キ：同時に広範囲の探査が可能、半径約10m、延長可能。

短所として、

- ク：検出の成否は風向、風速及びガレキ状態に応じて二酸化炭素が流出しているか否か、に依存する。
- ケ：周辺に二酸化炭素発生源があると、妨害される可能性がある。

## 7. あとがき

使用上の簡便さなど、改良の余地は出てくるであろうが、本探査装置は既に完成している。現在、補足的な性能実験を続行しているが、必要なら、現地で実地に使用することができるものと考えている。ガレキ場の形状、埋没人数は千差万別であると想像できるが、現

地経験を踏まえて、位置探査や検出方法の改善が図れるものと考えている。

終わりにあたり、二酸化炭素の検出を着眼したこの開発は、長谷川所長の示唆によるものであり、また亀井浅道、斎藤直、稲垣実、その他の方々の助言を得て実行したことを付言し、感謝の言葉に代えます。

#### 参考文献

1. Fire Command, p21, May, 1989.
2. 近代消防, No.12, 1991.
3. ケミカルエンジニアリング, Vol 36, No.433, p 309, 1991.

# 模型はしご用自動架梯装置について

山田 實、亀井浅道、天野久徳

## 1. はじめに

近年、中高層建物がますます増加する中、はしご付き消防自動車（以下はしご車と呼ぶ）はこれらの建物の火災等に対する消防活動において、一層不可欠な装備の一つとなる。はしご車の操作では、場合によっては操作台から数10mも離れている場所への架梯が要求されることも少なくない。このような操作を安全かつ迅速に行うためには、かなりの熟練を要するのが実情である。はしご車の架梯操作の問題点を解消するために、著者らは平成元年度から、はしご先端を容易に目標位置に架梯できる自動架梯装置の開発を行っている。この自動架梯装置は、照準器を通して定めた目標位置にはしご先端を自動的に架梯させる装置であり、現在広く配備されているタイプのはしご車に搭載して使用するものである。

開発の第一段階として模型はしご（4段、全長5m用）の自動架梯装置を試作した。ここでは、試作した模型はしご用自動架梯装置の構造、操作手順及び架梯精度について紹介する。

## 2. 模型はしご用自動架梯装置の概要

模型はしごと自動架梯装置の概要を図1に示す。自動架梯装置は制御部、照準器およびセンサー類から構成される。

自動架梯装置の制御部、センサー類、照準器及び模型はしご装置は、ブロック図（図2）に示すように拡張ユニットを介して結合される。図2に示されているように、必要に応じて手動装置に切り替えて架梯操作を行うことも可能な仕様となっている。

照準器、センサー類、制御部及び模型はしご装置は以下の機能を有する。

### (1) 照準器（グラフィア写真3参照）

照準器は接眼十字線付き望遠鏡に、目標位置までの距離及び目標位置方向の水平旋回角並びに仰角の計測機能を備えたものである。接眼十字線が合わされた目標位置に対する距離、旋回角、仰角が自動的に計測され、計測値は照準器の液晶に表示されるとともに電気信号化されて図に示すように拡張ユニットを介してコンピュータに送られる。

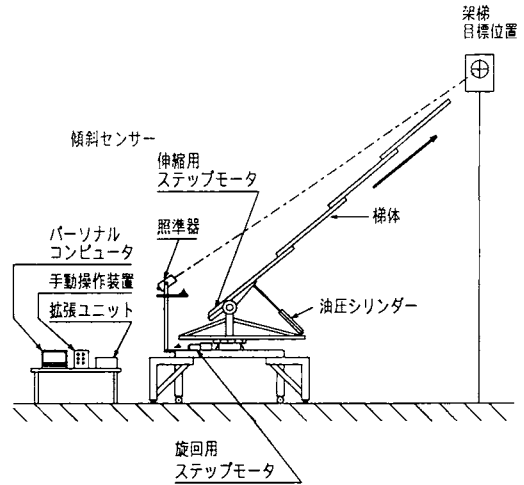


図1 模型はしごと自動架梯装置の概要

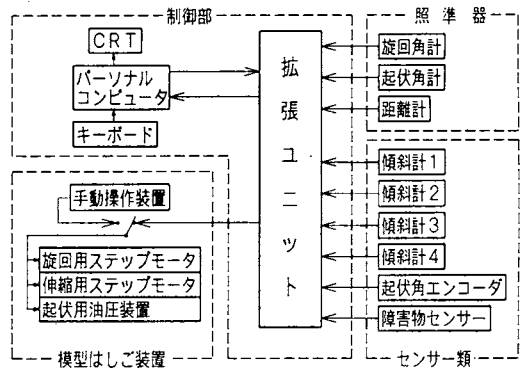


図2 模型はしご用自動架梯装置のブロック図

### (2) センサー類

照準器による計測値から梯体の伸縮長さ、旋回角、起伏角を算出するためには、車体の傾斜と照準器の傾斜及び動作開始前の梯体の姿勢に関する情報が必要である。これらを検出するために、車体及び照準器に2つずつの傾斜計を、起伏軸にロータリーエンコーダを取り付けている。旋回角と伸縮量はステップモータのステップ量によって計算される。なお、ロータリーエンコーダとは、軸の回転位置あるいは回転量を検出す

る装置である。

また、梯体が移動中に障害物に接触したことを感知する障害物センサーも取り付けられている。

(3) 制御部

制御部はハードウェアとソフトウェアで構成される。ハードウェアは、コンピュータと入出力信号用のインターフェイスからなる。ソフトウェアの内容の主な機能は、

①照準器と各種センサーからの信号を入力として制御部に取り込み、

②梯体先端を目的の位置に移動させるための伸縮量、旋回角、起伏角を計算し、

③この結果を油圧制御装置へ出力することに關するものである。

(4) 模型はしご装置 (グラビア写真1参照)

自動架梯装置の作動の確認は、特別に製作した模型はしご (4段、全長5m) を用いて行った。梯体の伸縮と旋回の動力源には、ステップモーターを使用し、起伏には油圧を使用した。

3. 操作仕様 (グラビア写真6参照)

照準器で目標位置を設定した後、架梯及び収納操作は、全てCRT画面の情報を見ながらキーボードで指示することができる。その操作手順を以下に示す。

自動架梯装置のプログラムを起動すると、コンピュータのCRT画面に図3(a)に示す初期メニューが表示される。ここでは、(1)架梯操作、(2)収納操作、(3)環境設定、(4)終了の4つのメニューを選択することができる。

(1) 架梯操作

初期メニュー画面において、カーソルを [架梯操作] に合わせ、リターンキーを押すと、図3(b)に示す架梯操作画面がCRTに表示される。

まず初めに、画面下に表示されている [原点] に対応するファンクションキー (ここでは f・3 キー) を押すと、模型はしごの基本姿勢 (収納状態) となり、各センサー類の基準点の情報がコンピュータに送られる。この操作は、プログラム起動後、一度だけ実行すればよい。

つぎに [後項] のファンクションキー (f・5 キー) を押して、カーソルを [目標位置の計測] に合わせる。ここで、照準器の接眼十字線を架梯目標位置に合わせると目標位置に対する旋回角、仰角、距離が自動的に計測され、コンピュータのCRTに表示される。そして、計測値はカーソルを次の項目へ移動することによってコンピュータ内に記憶される。

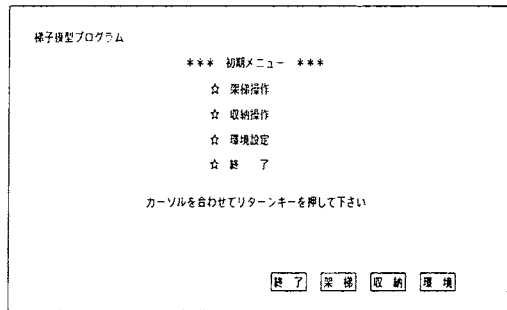


図3(a) 初期メニュー画面

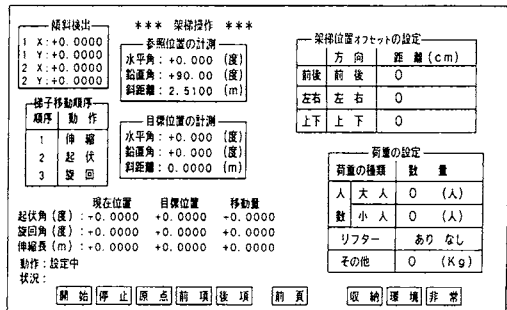


図3(b) 架梯操作画面

次に、[架梯位置オフセットの設定] にカーソルを移動する。ここでは、実際に梯体先端を架梯する位置と、接眼十字線を合わせた位置との距離を設定する。これは、照準器の測距用レーザーを反射する物体がない目標位置へ、例えばグラビア写真5のような窓の内側に架梯する場合に有効である。

[荷重の設定] では、梯体に作用する荷重の情報を与え、たわみによる起伏角補正を行う。

最後に、[梯子移動順序] で、梯体の移動順位を決定する。同順位に設定すると、その動作が同時に実行される。

設定終了後、[開始] のキーを押すと、自動架梯操作が実行される。

動作が終了すると、[状況欄] に正常終了メッセージが表示される。

(2) 収納操作

[収納] のキーを押すと、図3(c)に示す画面が表示される。ここでは設定するのは、梯体移動順序だけである。架梯操作での設定と同様、2動作以上を同時に行うこともできる。

(4) 終了

すべての操作を終了する。

4. 架梯精度

架梯精度に関する試験結果の一例を表1に示す。表1において架梯位置は次のように規定された値である。旋回角は収納方向を0度とし、左回りを正としている。起伏角は水平状態を0度とし、仰角を正としている。また、長さは起伏軸から計測した長さである。架梯位置の誤差は、梯体の先端と架梯位置とのずれを計測したものである。

表1の目標からのずれの項目において、左右のズレよりも上下のズレの方がやや大きく、最大3cmである。この値は、梯体長さに対して0.94%である。この比率が実機のはしご車にも適用できるものと仮定すると、30mのはしご車では、28cmのズレ(30m×0.94%)に相当する。この程度の誤差なら許容できる範囲ではなからうか。

5. おわりに

模型はしごによる実験の結果、自動架梯装置を用いると梯体操作は簡単に行うことができることがわかった。また、実用化可能な架梯精度が得られていると思われる。

実用化に際しては、はしご車の活動環境(放水、雨、エンジンの振動、熱)に耐え得る装置の開発、また、はしご車固有の特性及び作業範囲の設定を考慮したプログラムの開発等を行う必要がある。現在、模型はしごで得られた知見をもとに、実機はしご車用の自動架梯装置を日本機械工業㈱と共同研究で開発中である。

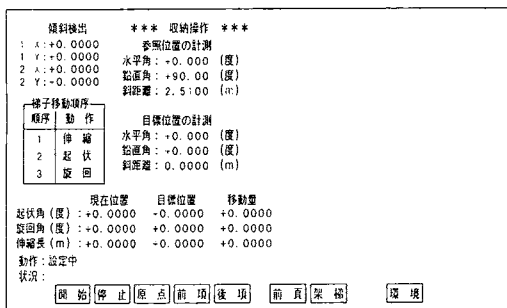


図3(c) 収納操作画面

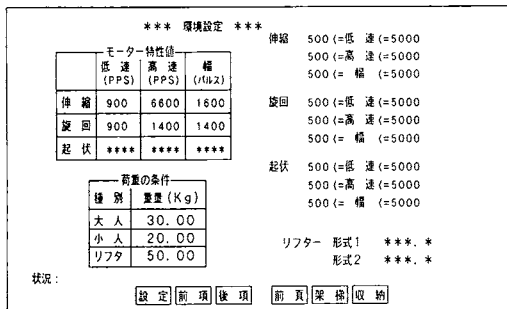


図3(d) 環境設定画面

(3) 環境設定

この画面(図3(d))では、梯体を動かす速度及び荷重条件を設定する。

表1 架梯精度

架梯位置			目標からのズレ (cm)		
旋回角(度)	起伏角(度)	梯体長さ (m)	左右	上下	前後
右 33.5	4.65	3.18	左 1	上 3	0
右 33.5	4.21	3.65	左 1	上 2	前0.5
右 33.1	3.92	4.14	左0.5	上 0	0
右 33.2	3.70	4.67	左 0	下 3	0
左 19.65	44.5	4.64	右 1	0	前 1

## 住宅用簡易スプリンクラーの開発

佐藤公雄、佐宗祐子、山本勲

### はじめに

高齢化社会を迎える中で、最近高齢者が火災により死亡する例が増加しており、高齢者の火災対策を強化する必要がある。一般住宅用の消防用機器として現在最も普及しているものは消火器である。次には、数ははるかに少ないが簡易火災警報器（以下簡警器）である。

高齢者世帯に於いて火災が発生した場合、消火器を使用しての消火はあまり期待できない。また場合によっては、簡警器等により火災の警報が発せられても避難できないことが考えられる。このため、住宅用の自動的に消火する装置の開発が望まれている。そこで、高齢者世帯ばかりではなく、一般家庭にも役に立つ、住宅用の自動消火装置を開発するための実験検討を行った。その結果、住宅用自動消火装置（住宅用簡易スプリンクラー）の基本的構想がなり、実験的には実用化できる目処もついたので報告する。

### 1. 装置の基本構想

現在一般建物に使用されている自動消火装置にスプリンクラー消火装置がある。住宅用の自動消火装置に一般のスプリンクラー消火装置をそのまま使用することは技術的に十分可能であり、事実設置している例も数少ないがある。しかし、住宅用の自動消火装置は、隣室等への延焼拡大を防止することを主目的とした一般のスプリンクラー消火装置とは異なり、出火室での人命の救助を第一目的とすべきである。また、一般住宅に広く普及させるためには、過剰の性能を要求し高価なものにしてはならない。これら、住宅用の自動消火装置が一般のスプリンクラー消火装置以上に求められる条件は以下の通りである、

- 1) 安価であること、
- 2) 火災を自動的にかつ早期に発見し消火できること、
- 3) 性能の維持管理が容易であること、
- 4) 消火剤は人体に悪影響を与えないこと、

以上の条件を満足する住宅用の消火装置の薬剤として最も優れているのはスプリンクラー消火装置でも用いられている水である。一般のスプリンクラー消火装

置が高価となる要因として強力な送水ポンプと大容量の水槽を必要とすることが挙げられる。このため、住宅用の自動消火装置は送水ポンプ及び水槽を必要としない方法にすべきである。その様な装置としては、上水道と直接結んだ簡易スプリンクラー消火装置が考えられる。この上水道直結型のもは長時間の放水が可能であり、万一完全消火出来なくても火災の拡大を抑制できる。またこの方式を用いると送水ポンプを必要としないため性能の維持管理が容易であるという利点もある。

一般住宅での高齢者の焼死の大多数が出火室で発生している。そして、その半数近くが一酸化炭素中毒によるものであり、火傷による死者の多くも、着衣着火により死亡している。このため、住宅用の自動消火装置は火災初期に作動しなければ、これらの死者を救えないであろう。おそらくこれらが原因となり死亡した人達は、スプリンクラーが設置されていたとしても一般用のスプリンクラーヘッドの作動速度では、スプリンクラーの放水開始時には命にかかわるほどの被害を受けていることが多いと思われる。

このため、高齢者の住宅用消火装置は一般のスプリンクラー以上に早期に火災を感知し放水する性能が求められる。火災を早期に発見し放水を開始するためには、現在使用しているスプリンクラーヘッド以上に作動速度の速いスプリンクラーヘッドを開発するか、あるいは感知方式を現在用いられているスプリンクラーとは異なる方式にする等の方法が考えられる。

一般に、火災感知器の感度を上げると誤作動が多くなる。例えば、寝たきり老人の場合、万一誤作動により長時間放水されれば、それだけで命にかかわるかも知れない。このため、火災感知器の感度を上げる以上に誤作動をなくすことが重要である。

誤作動を少なくし、かつ感度を上げる方法としては、感度の高い火災感知器を複数個設置し、それらが全て火災を感知したとき放水するシステムが考えられる。しかし、感知器の数をただ単に増やすことは、そのシステムを高価にするばかりでなく、不作用の原因にもなる。このため、1室に設置する感知器の数は二個が適当であろう。



後で述べるが住宅用の自動消火装置の水源は水道水が最適と考えられるので、水源として水道水を使用することを前提にし、スプリンクラーヘッド型および火

災感知器型の二種類の火災感知方式の住宅用自動消火装置を例にとり、現在の一般に利用されている各装置の技術水準でその特性をまとめて表1に示す。

表1 住宅用自動消火装置の特性の比較

		スプリンクラーヘッド型	感知器型
火災感知散水部	火災感知原理	熱気流	熱気流、熱放射 燃焼生成物（煙、CO等） その他
	散水開始信号	一定温度値	上記の方式でその値も任意 手動可
	熱感知部の小型化	困難（時定数大）	容易（時定数小）
	散水停止	手動（離れた場所）	自動手動可（設置室内でも可）
配管部	死水対策	必要	不必要
	結氷対策	必要	不必要
	結露対策	必要	不必要
その他	誤散水の原因	機械的	電氣的（ソフト対応可）
	電源	不必要	100V AC 必要
	その他	別に火災感知器必要	停電対策必要

これらの特性を比較検討したところ、住宅用自動消火装置として最も重要な早期発見、早期散水を含め感知器型の方が優れているという結論が得られたので、その方式を用いることを前提にして住宅用の自動消火設備を開発するための実験検討を行った。

## 2. 装置の構成

感知、作動方法および消火方法は、以下に示す通りである。低価格を実現し、住宅用スプリンクラーの普及率を高めるには、上水道に直結する方法が良い方法であるが、それでは従来の貯水槽とポンプを用いた方法に比べ、低水圧、少水量になることはまぬがれない。

低水圧、少水量で消火を成功させるには火災初期に散水する方式をとることが重要である。このことは、人命を守るという、この装置を開発する本来の目的に合致する。

また、低水圧、少水量に適したスプリンクラーノズルを開発する必要もある。このため本装置では、火災の感知を簡警器でおこない、その出力により水道管に取付けられた電磁弁を開放し、試作した開放式のスプリンクラーノズルより散水する方式を採用するという前提で検討を行った。その基本的な構成等を表2に示

す。

表2 開発した住宅用自動消火装置

感知・作動		簡警器（2種、各1個）+電磁弁
消火	消火剤	上水道水
	送水圧	上水道自圧
	散布方法	開放式スプリンクラーヘッド（1個）
対象室	八畳間以下	

## 3. 散水方式と散水量

### 3-1 初期火災の消火に必要な散水速度

最近の住宅火災統計によれば、焼死者が発生している住宅火災の第一、第二着火物としてふとん、衣類、紙屑、繊維製品、灯油、ベニヤ板、ふすま、障子およびカーテンが上位を占めている。そのため、それらの火災について、初期消火に必要な散水速度（mm/分）を求めため各々消火実験を行った。また、木製品の模型として木材クリブ（40mm杉角材、長さ50cm、23本/段、5段）の消火実験も併せて行った。

消火実験は、以下の方法で行った。

散水開始時期は、木材クリブでは点火後5分および

2分30秒、その他の火災では火炎の高さが約50センチになったときとした。この時間は後述の熱式簡警器が作動した後である。

ノズルは散水分布が均一のものを選び、ふとん、灯油等、床面上の着火物については、室内の適当な位置に水平に、また、カーテン、ふすま等立ち上がり材については、壁際に鉛直に設置して消火実験を行った。その結果、それらの火災を消火するのに必要な散水速度が求められた。この結果を表3に示す。

これらの結果より一般に部屋の中央部に水平方向に置かれているものを消火するには、それほど多くの水を必要としないが、壁面近くに鉛直方向に置かれたものを消火するには大量の水を必要とすることが明らかになった。

3-2 上水道を用いた場合の散水量

どのような、スプリンクラーノズルを開発しようとも、水源として上水道を使用する以上、散水量に制限がある。この散水量 (ℓ/分) の上限は水道配管の水圧と住宅への取り入れ用の給水管の口径特に量水器の

管径によって決まる。日本国内での水道配管の水圧は各都市、地域により異なり、また時間により変動する。その1例を図1に示す。これより、設計水圧としては2 kg/cm<sup>2</sup>程度とするべきであろう。なお、標準的な住宅の給水管の口径は13mm、20mm、25mmである。(表4参照)

表3 消火に必要な最低散水速度

着火物	消火に必要な最低散水速度
木材クリブ	0.8 mm/分
布団	0.1 mm/分
繊維製品	0.3 mm/分
紙屑	1.5 mm/分
灯油(畳上)	0.1 mm/分
ベニヤ板	0.1 mm/分以下
カーテン	3.0 mm/分以上
ふすま	3.0 mm/分以上

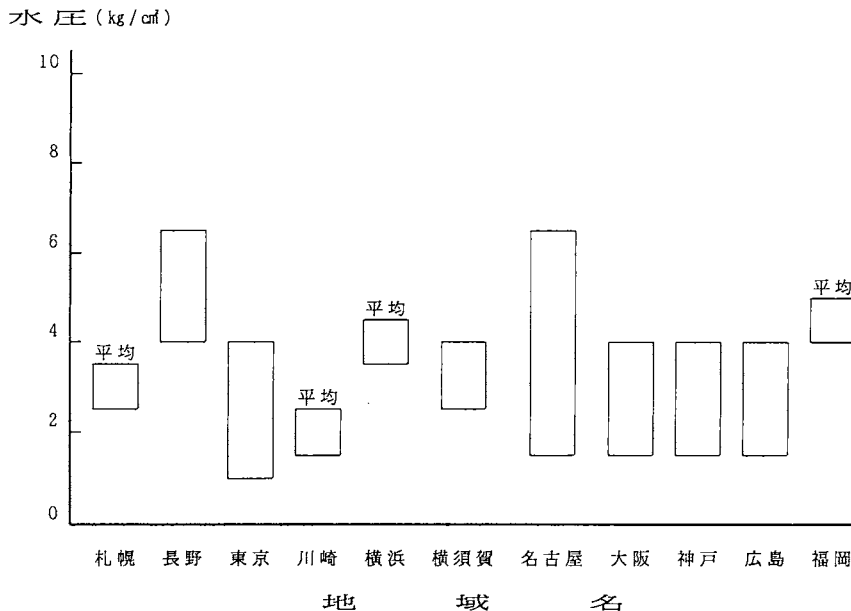


図1 全国公共上水道水圧値 (水道メータ出口の値)  
(1988. 4. 22 日本水道協会調べ)

表4 口径別給水契約数

13mm	16mm	20mm	25mm	30mm	40mm	55mm以上
10,528,366	26,032	4,642,132	783,058	43,660	119,720	70,331

(昭和60年度水道統計)

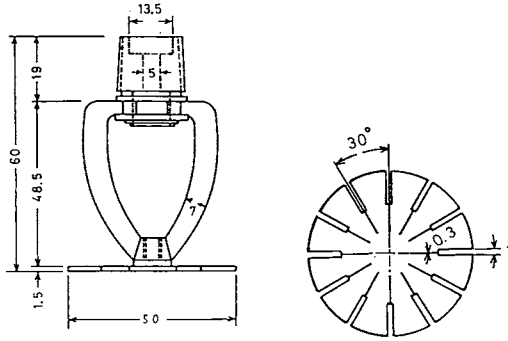


図2 A型ノズル

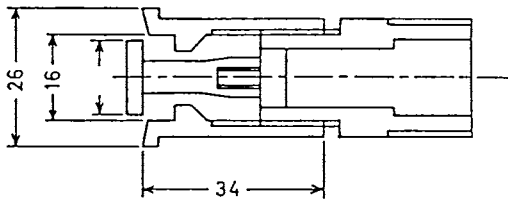


図3 B型ノズル

これをもとに標準的な住宅にスプリンクラーを設置した場合の配水管の水圧と給水管の管径による圧力低下と流量の関係を計算により求めた。その結果、給水管の口径が13mmの場合、配水管の水圧が5 kg/cm<sup>2</sup>以下

では散水量は20 l/min以下となりあとで述べるようにその絶対量が不足する。(参考1参照)

### 3-3 試作したヘッドの散水分布

水道水を用いた自動消火装置の場合、前述のように、その散水量には限界がある。その少ない水を有効に使うためには、一般のスプリンクラーヘッド（ノズル）の様に室内に均一に散水するのではなく、必要量に応じて散水するノズルを開発する必要がある。前述のように住宅火災の場合、壁際に置かれているもののほうが消火に水を多く必要とする。このため、八畳間の周辺部に散水量が多くなるようにいくつかのスプリンクラーノズルを試作しその散水分布を調べ、消火実験を行った。そのうち代表的ノズルの概観を図2、図3に、高さ2.3mの天井部に取付けたノズルから散水した際の、散水量の分布例を図4、図5に示す。

前記のシステムを用いて、住宅火災のモデル火災の消火実験を行った。この時用いた簡警器は熱式（熱複合式）と煙式（光電式）の2種である。またスプリンクラーノズルは散水試験の結果周辺部に多く散水するA型ノズルを用いた。その結果を表5に示す。

この結果、布団の燻焼火災を除き火災初期に散水し、完全に消火するかあるいはほとんど消火し火災の拡大を押しえることができた。布団の燻焼火災の場合、大量の煙を発生し、その室内にとっても居られない程度の火災になっても、熱複合式簡警器は作動せず散水しなかった。

表5 初期火災と感知時間

	感知時間 [秒]		火災天井到達 時間 [秒]	熱式作動までの 燃焼重量 [g]	作動後1分内の 燃焼速度 [g/分]
	熱・式	光電式			
カーテン	66	65	70	150	900
布団（燻焼）	(6360)*1	1080	到達せず	1330(150)*2	120 (5)*3
布団（布炎）	110	106	到達せず	160	100
ふすま	48	126	48	180	400
カーペット上灯油（800 ml）	12	3	到達せず	100	450
タタミ上灯油（800 ml）	12	12	到達せず	100	450
ベニヤ合板	174	243	70	180	300
クリブ（30×35×500×23本）	156	384	到達せず	80	300
くずかご（21.4 g 新聞紙）	作動せず	作動せず	到達せず	—	—
ペブタン（10Φ容器）	414	作動せず	到達せず	110	17
石油ストーブ	作動せず	作動せず	到達せず	—	(6.5)*4

\*1 6100秒頃発炎する \*2 発炎燃焼後の値 \*3 燻焼時の値 \*4 定常時の値

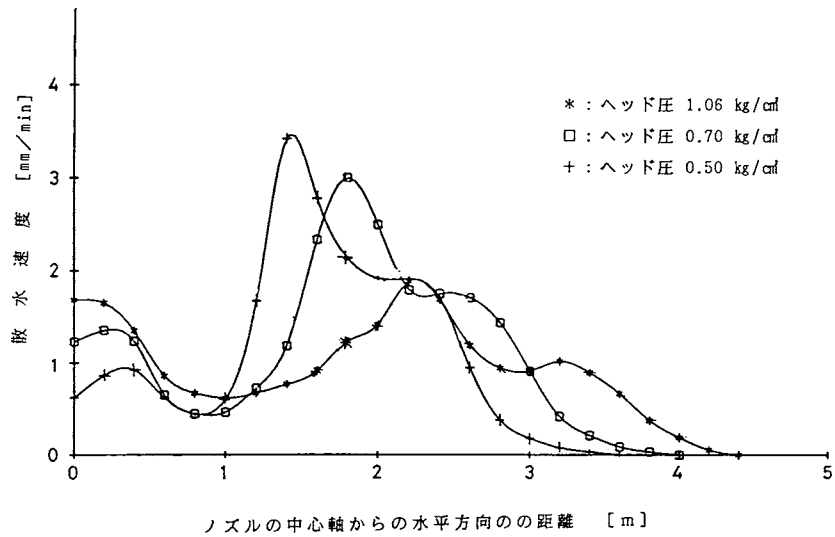


図4 A型ノズルの散水分布

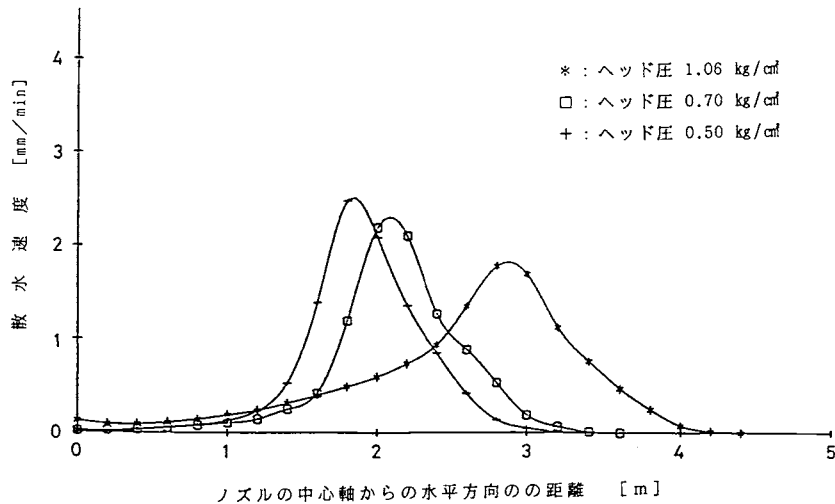


図5 B型ノズルの散水分布

3-4 簡警器と電磁弁の組み合わせによる散水

前項で述べたように、熱式と煙式の2方式の簡警器の両方が作動したときのみ電磁弁が作動し散水する方式を用いると、布団の燻焼火災のような大量な熱を発生しない火災は、明らかな火災であっても散水しないという問題が残る。

この装置は、煙感知器と熱感知器を組み合わせその両方が感知したとき電磁弁が開放の状態となり放水す

るものを基本としている。この方式は、一般の住宅火災では多くの場合、スプリンクラーヘッド方式より、火災を早く感知し放水することができる。しかしこの方式を用いても、例えば布団のくん焼火災による一酸化炭素中毒死亡者は助けることはできない。もちろん煙感知器だけによる作動では現在のところ誤作動が多すぎて実用化されないであろう。しかし、一部手動を含む自動消火システムにすれば上記の問題は解決でき

る。

その方法としては、二種類の簡警器の一方が火災を感知し警報を発している場合には、スイッチを入れれば電磁弁が開き散水できる回路にして置くことが考えられる。このような装置ならば、煙が大量に発生しているが炎が出ず熱感知器が作動しない火災でも散水し消火できる。また、普段もし誤って散水のスイッチをいれても散水することは無い。

また、このような電磁弁を用いた自動消火システムは一般のスプリンクラーヘッド方式と異なり、手動で散水できるばかりでなく、手動でも自動でも容易に散水を止めることができること、並びに死水を作らないという長所を持つ。

#### 4. 問題点と今後の在り方

以上述べてきた住宅用自動消火装置（住宅用簡易スプリンクラー）の開発を行い、実験的に実用化の目処もついた。しかし、この装置にもいくつかの問題がある。

その一つが、いずれの自動消火装置にも共通な問題であるが、火災感知（散水を）より早くすればするほど、消火に必要な水量が少なくすみ被害も軽減できるが、誤作動が多くなることである。この問題を解決するためには、信頼性が高く、かつより初期に火災を発見する感知システムが開発されることが望まれる。

もう一つは、水道水を直接散水する方式に共通する水量の問題である。室内に均一に散水する方式に較べ優れており、口径20mm以上の水道管を使用している住宅に設置する場合は問題はないが、全住宅の過半数を占める口径13mmの水道管を使用している住宅に設置する場合は、十分水圧が高くないと水量が少なくこの住宅用簡易スプリンクラーでは有効な消火が期待できないことである。

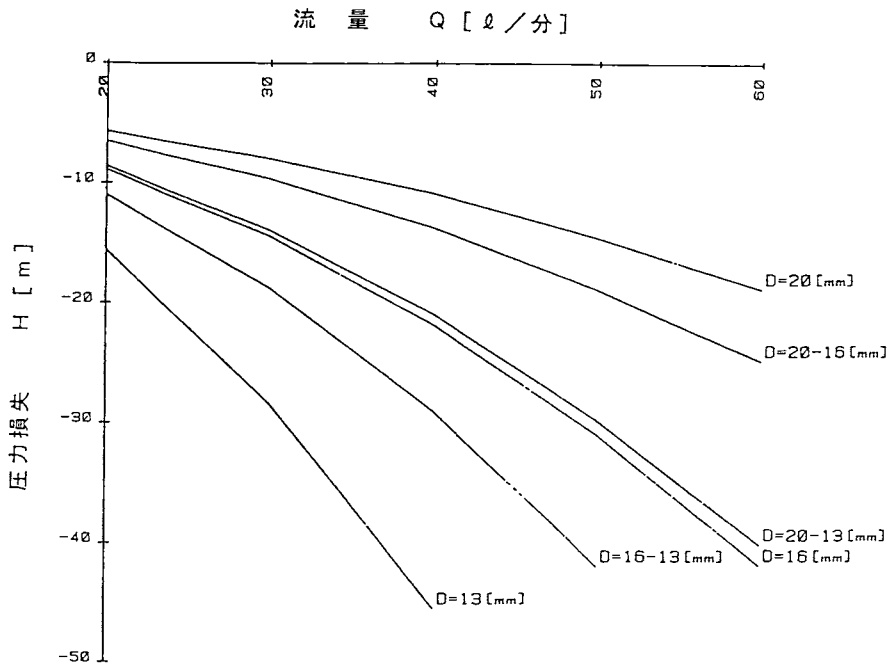
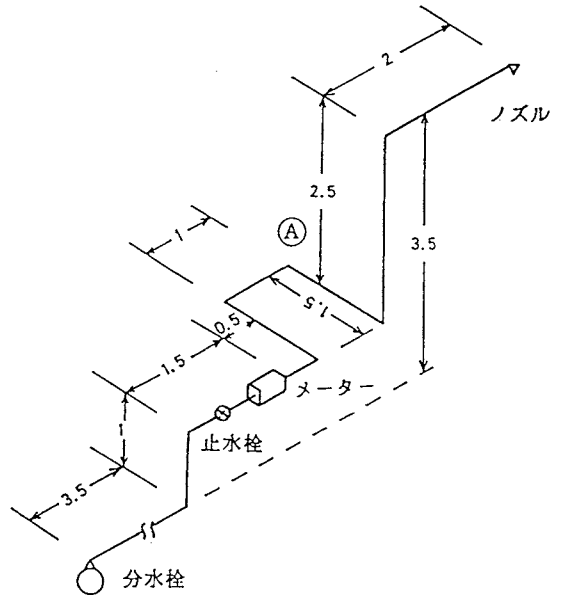
なお、この問題を解決するため、我々は現在、室内で火災が発生した場合、火点を見つけその付近にだけ放水し消火する自動消火システムを開発しつつあり、実用化の目処がついたことを報告しておく。

参考 住宅の給水設備の水圧と流量

右図に示す住宅モデルにおける分水栓下流の圧力損失と流量の関係を用いて計算した結果を下図に示す。

右図中の数字は配管長さ(単位m)を示す。

下図中の、例えば、 $D=20$  [mm] は、分水栓からノズルまでの配管内径が全て20mmを、また、 $D=20-15$  [mm] は、上図中の分水栓から④までの配管内径が20mm、それより下流側の配管内径が15mmであることを示す。



給水管の管径と圧力損失及び流量の関係

# 耐爆試験装置を用いて行う鉄管試験法

那波英文・長谷川和俊

## 1. はじめに

鉄管試験法は、消防法の危険物第1類（酸性固体）の判定方法に採用されている試験法である<sup>1)</sup>。消防法に採用されている鉄管試験法はBAM50/60鉄管試験<sup>2)</sup>と呼ばれる代表的な鉄管試験とほぼ同じものである。試験しようとする物質を鉄管に詰め、鉄管の一方の端に取り付けた伝爆薬によって起爆させ、鉄管が上端から下端まで破壊されたかどうかによって、その物質が爆轟という現象を伝えるかどうかを知ることができる。爆轟とは超音速で伝わる燃焼現象であって、非常に高圧を生じることの特徴がある。このため、意図的に爆轟を起こせば効果的な破碎、加工が行えるが、事故として爆轟が起これば、激しい破壊が起こり、大きな災害となる。したがって、取り扱おうとする物質が爆轟を起こしうるかどうかを知ることがその物質を取り扱うときの安全対策を講ずる上で重要である。爆轟を起こす物質の代表的なものは火薬類であり、従来から鉄管試験法は火薬類に対してその性質を調べるために行われてきた。また、火薬類以外の物質、例えば、自己反応性物質でも爆轟を起こすものがあるので、火薬類以外に対しても鉄管試験が行われる。しかし、鉄管試験を行うと、鉄管（試料容器）の破片が激しく四方へ飛散し、爆風を発生し、大きな音が発生する。これらのため、その実施においては、一般的には十分に広い屋外の場所か、または耐爆性の鉄筋コンクリート製の特別な建屋が必要となるので、住宅の密集した場所での鉄管試験は困難である。筆者らは当研究所内で鉄管試験を行うため、耐爆試験装置を設計、製作した。また、この装置を用いて鉄管試験を行う方法を開発して、BAM50/60鉄管試験および消防法鉄管試験を実験室内で行うことを可能にした。以下にその装置と方法について述べる。

## 2. 装置の概要

図1に示す耐爆試験装置は、幅約2m奥行き約4m高さ約4mの鉄筋コンクリート製の実験室に設置されている。実験室には床から約2mの高さに作業用のステージが設けられている。

耐爆試験装置の中で鉄管試験を安全に繰り返し実施

するためには、試験物品の爆発による衝撃波圧力および鉄管の破裂により飛散する破片の打撃力に対して、装置自体が十分な耐久性を有することが必要である。耐爆試験装置本体は鋼製の容器で、図1に示すように上部に蓋を持つ、内径1m、高さ2.6m、内容積1.9m<sup>3</sup>の縦置き円筒型で、厚さ19mmの鋼板（SM50）製である。また、気密が保てるように制作されており、減圧が可能である。起爆用の導線および測定用の配線が容器内部と接続できるようになっている。

試験の実施に際して耐爆試験装置の損傷を防ぐため、側面の保護については50mm角材（アピトン材）を内張りし、特に側面下部は更に厚さ100mmの木製内張りを行っている。上面は厚さ50mmの合板を取り付けている。下面は深さ約600mmの砂を敷いている。

## 3. 実施方法の概要と手順

種々の条件下での実験の結果から、安全でかつ容器を損傷させない鉄管試験の実施方法を開発した。主要な点は、容器内に設置する鉄管の周囲に砂の層を作ることおよび容器内を減圧にすることである。飛散する破片による容器の損傷を砂の層で防ぎ、容器内の圧力を低くすることで、爆発による衝撃を減少させている。容器内を減圧にすることは騒音をなくす効果もあり、環境保全上重要である。

この実施方法を手順に沿って、試験結果の判定法、注意事項なども含めて以下に述べる。

- (1) 鉄管試験体準備：図2に示すように鉄管に被試験物質を詰め、鉄管の上端に伝爆薬（高性能爆薬のRDXを用いる）および電気雷管を取り付ける<sup>1)~3)</sup>。耐爆試験装置を使用した方法では、容器内を減圧にしたとき、鉄管の内部を常圧の状態に保つため、鉄管を気密にする必要がある。このため、図2のように、鉄管のネジ部等にエポキシ系接着剤等を塗布する。
- (2) 鉄管試験体設置：鉄管試験体は図3に示すように砂に立てる。厚さ0.2mm程度のプラスチックのシートで直径約460mm、高さ約640mmの円筒を作り、鉄管の周囲を取り囲むように立てる。このとき円筒の上端は鉄管より約200mm高くなるようにする。この円筒に砂をいれると、鉄管の側方および上方に厚さ約

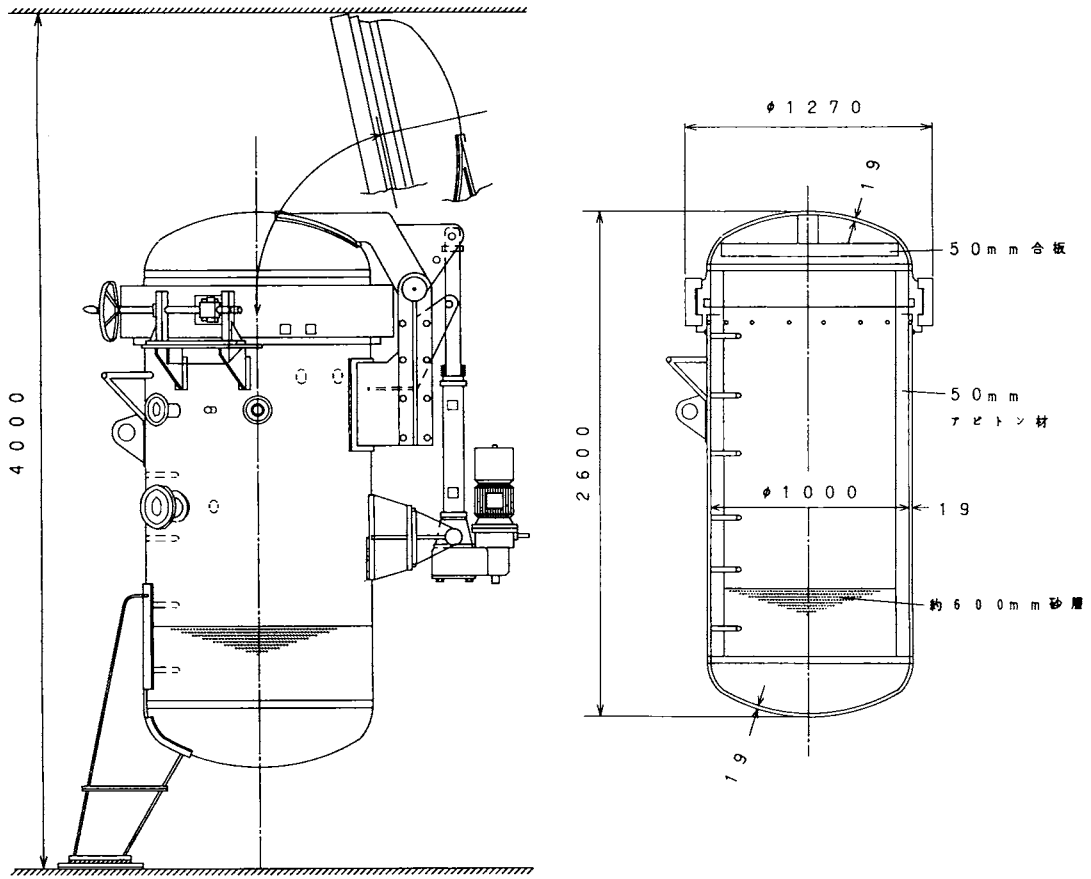


図1 耐爆試験装置全体図

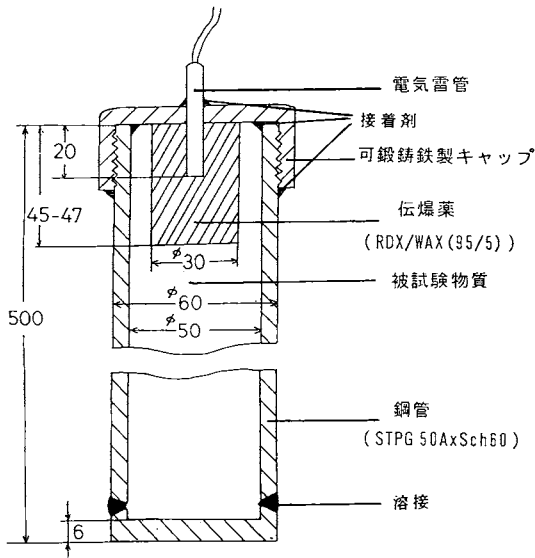


図2 鉄管試験体構造図

200mmの砂の層ができるようになる。このときこの砂の層と容器の木製内張りとの間に空間ができるようにする。

鉄管試験を行うことによってシートは裂け、砂は容器内部全体に飛び散ることとなるが、鉄管の破片は砂の層を貫通することなく砂中に留まる。砂の層を作ると、内張りの木材に破片が達することはない。しかし、砂を使わないと、鉄管の破片は、内張りの木材に貫入し、場合によっては内張りを貫通し、容器鋼板に深い傷を作る。

- (3) 起爆用導線の接続：電気雷管の脚線と起爆用の導線とを接続する。このとき、安全に実験を実施するため、起爆用の導線の断線および短絡のないことを試験実施ごとに確認し、かつ起爆用の導線の発破器側を短絡させておく。
- (4) 起爆：耐爆試験装置の蓋を閉め、容器の減圧を行う。100mmHg程度に減圧したのち、全てのバルブを閉める。起爆の直前には、関係する作業員以外の人



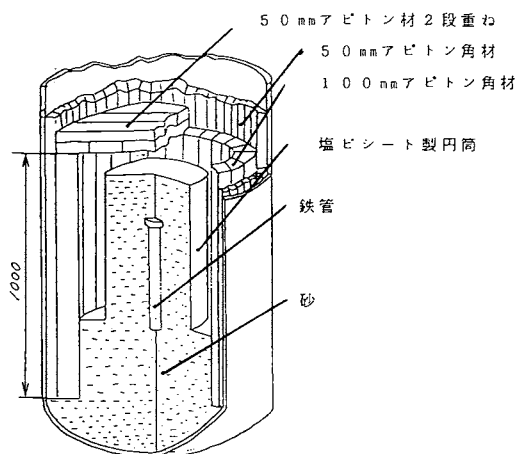


図3 耐爆試験装置の保護方法

が実験室にいないことを確認し、その後関係する作業員全員が実験室から出て、起爆操作を行う安全な場所へ移動する。この後、サイレン等で周囲へ起爆を行うことを知らせ、予め定めておいた者が起爆操作を行う。なお、伝爆薬、電気雷管を取り扱ったり、起爆を行う者は、発破技師免許、火薬類取扱責任者免状など、発破を行うことのできる資格を持つ者でなければならない。

- (5) 結果の観察：爆発音により爆破が確実に行われていることを確認し、起爆後、5分以上待ったのち容器の内部の観察の準備にはいる。まず、容器内を常圧に戻し（爆発後の圧力は被試験物質によって異なるが、通常減圧のままである）、容器内の排気を行い、未反応の被試験物質の蒸気や、爆発による廃ガスを除く。この後、蓋を開け、鉄管の破片を取り出し、鉄管の破断の状況を観察する。鉄管が上端から下端まで全体にわたって裂けた場合は“完爆”とされる。今までの試験において、“完爆”はフレック状2,4-ジニトロトルエンおよびニトロメタンを試験した場合に起こり、これらの物質に爆轟を起こす危険性があることを示している。鉄管上部のみが破壊された場合は“不爆”とされる。この場合でも鉄管上部は伝爆薬のために破壊される。“不爆”は爆轟の危険性を持たないことを示す（グラビア参考）。

鉄管試験に用いられるRDX製の伝爆薬および電

気雷管は火薬類取締法の火薬類に該当し、これらを扱う場合は火薬類取締法の規制を受ける。火薬類取締法は、火薬類の安全な取扱方法を定めているほか、火薬類の購入に、許可が必要であることなどの手続きについても定めている。鉄管試験を実施しようとする場合にはこの法令を遵守するよう計画を立てなければならない。

#### 4. 装置の性能

以上に述べた方法によって耐爆試験装置を用いて、フレック状2,4-ジニトロトルエン（0.7kg）およびニトロメタン（1.0kg）については、容器に損傷を与えることなく鉄管試験が可能であった。特にニトロメタンでは、鉄管は幅1cm程度の小さな破片となり、軍用爆薬の一つであるTNTでの鉄管の破裂の仕方に似ていた。このことを考えると、爆轟を起こす化学物質のほとんどについて、BAM50/60鉄管試験あるいは消防法鉄管試験を本報で述べた耐爆試験装置を用いて行うことが可能であると考えられる。

#### 5. あとがき

本試験方法の実施においては、火薬類を常時爆発させることに伴う危険性、爆発により耐爆試験装置に損傷を与えまた破壊に至らしめる恐れがあることなどから、本装置の設計、製作およびその安全な使用方法の開発については豊富な経験と特別な知識の結集を要した。このため、設計から完成までには、多数の方々の懇篤なる御助言および御指導を賜ったことを付言し、謝意を表す次第である。とくに、化学技術研究所の藤原修三氏および飯田光明氏、日本化薬㈱の北尾盛功氏、東京クラッチドア㈱の伊芸浩二氏ならびに当消防研究所長長谷川寿夫氏には、適切なる御助言および貴重なアイデアの御提供を賜ったこと、記して深謝する。

#### 参考文献

- 1) 危険物技術研究会：“危険物確認試験実施マニュアル”，p.32 新日本法規（1989）
- 2) United Nations: “Recommendations on the TRANSPORT OF DANGEROUS GOODS Test and Criteria”, First Edition, p. 8, (1988)
- 3) 吉田忠雄 編：“化学薬品の安全”，p.95, 大成出版社（1982）

# インドネシア共和国の林野火災について

山下邦博

## 1. はじめに

1991年、インドネシア共和国では長期の少雨（干ばつ）時において稲の不作、水力発電用の水不足、林野火災の発生等の種々の被害が生じた。林野火災は多くの島で発生し、複数の火災は2ヶ月以上にわたって燃え続けた。これらの火災により発生した煙はジャワ島の中心部から1000km以上離れたシンガポール、マレーシアにも流れて住民に混乱を引き起こし、航空機の離発着及び船舶の運航等にも支障をあたえた。これらの火災は広範囲の森林に被害を与えたために熱帯林保護の観点から注目を集め、また、多量の煙と炭酸ガスが

大気中に放出されたことから大気保全の観点からも憂慮されてきた。

乾季から雨季に移るにつれて林野火災は一部の石炭層火災を除いて鎮火した。しかし、カリマンタン島では1982～83年及び1987年の干ばつより大規模林野火災が発生しており、将来においても干ばつになると大規模林野火災が発生する危険性が高いといえる。

このような事態を重視してインドネシア共和国政府は林野火災対策を強化する方針を打ち出し、各国にその協力を要請した。日本政府はインドネシア共和国政府の求めに応じて林野火災対策について技術的な面で協力をを行うことを表明し、林野火災対策の専門家チー

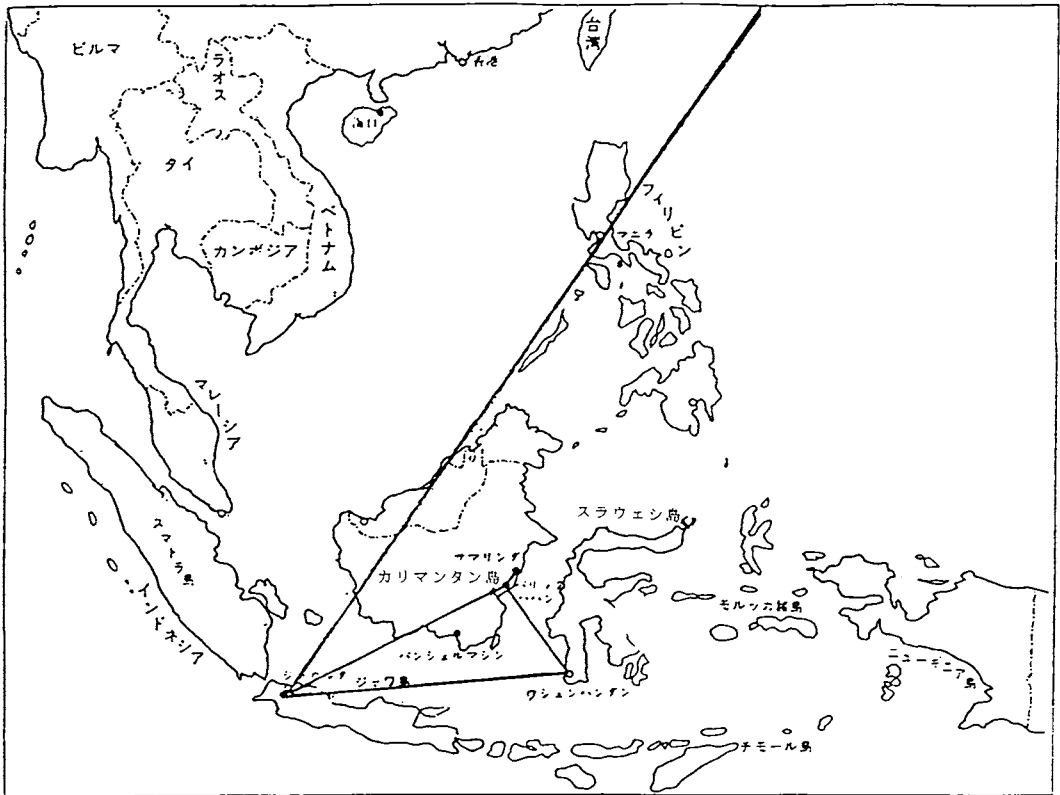


図1 移動したコース  
(直線で移動したコースを示す)

ムの派遣を決定した。この決定に従い、6人からなる林野火災対策チーム（消防庁2人、林野庁1人、東京消防庁2人、JICA1人）はインドネシア共和国に赴き、林野火災対策関係者と意見交換を行うとともに火災の拡大状況、消火体制及び消火資機材等を調査し、火災の予防と消火に係わる諸問題について検討した。詳細な調査報告書は日本国際協力事業団（JICA）から出される予定であるが、ここではインドネシア共和国において少雨傾向が続くと大規模の林野火災が多発する要因について解説する。

## 2. インドネシア共和国の林野火災

インドネシア共和国は赤道の両側に広がる大小1万3,700の島々からなる群島国家である。南北方向の距離は約2,000km、東西方向の最長距離は約5,000kmにも及ぶ。この国の総面積は192千km<sup>2</sup>であり、日本の約5倍である。主な島は、スマトラ島、カリマンタン島（旧ボルネオ）、ジャワ島、スラウェシ島（旧セベレス）、イリアンジャヤ島である。今回の移動コースを図1に示す。このコースは成田空港を出発し、ジャワ島（ジャカルタ市）、カリマンタン島（バリクパパン市、サマリダ市）、スラウェシ島（ウジュンパンダン市、マリノ村）、ジャワ島（ジャカルタ市）の順にまわるもので、括弧内に示した都市及び村を訪問した。各地区で林野火災対策関係者（インドネシア共和国林業省、内務省、文化教育省、林業省地方事務所、州林務部等の各職員および日本国JICAプロジェクトチーム）と討論会を開催し、ヒアリングを行うことにより必要な情報と資料を入手した。

ここでは最初に林業省が作成した資料を基にしてイ

ンドネシア共和国の林野火災の概要を述べ、次いで訪問した地域の火災概要について述べる。

### 2.1 各州の林野火災の発生状況

1991年の1月から10月までの林野火災について特に発生件数、焼損面積、発生月及び人口等を表1に示す。人口は1990年の人口統計調査の結果である。インドネシア共和国では林野火災の統計が十分に整備されていないために、記載方法が統一されておらず、また記載もれが多いために厳密な分析はできないが、この表からもインドネシア共和国の林野火災の概要を知ることができる。

この期間中における林野火災は全国で72件あり、全焼損面積は約5万ha（49,884ha）で、27州（特別区を含む）のうちの18州で林野火災が発生した。火災件数の多い州は中ジャワ州（20件）、西ジャワ州（6件）、中カリマンタン州（6件）である。

各州毎の全焼損面積を図2に示す。焼損面積は中カリマンタン州が14,615haが一番大きく、次いで中ジャワ州（11,877ha）、ランブン州（9,346ha）、東カリマンタン州（3,748ha）の順であり、その被害総額は260億ルピア（日本円で約18億円）に上る。1件当たりの焼損面積は大きいものでは1万haを超えるものが1件あり、焼損面積が1,000ha以上の林野火災は72件のうち16件もあった。火災の発生時期をみるとジャワ島では6～10月に発生しているのに対してカリマンタン島ではやや遅れて8月～10月に多く発生している。林野火災が多発する時期はその地域の気象条件と人間の活動状況に依存して、特に少雨の時期あるいは焼畑の火入の時期に関係するものと推測された。

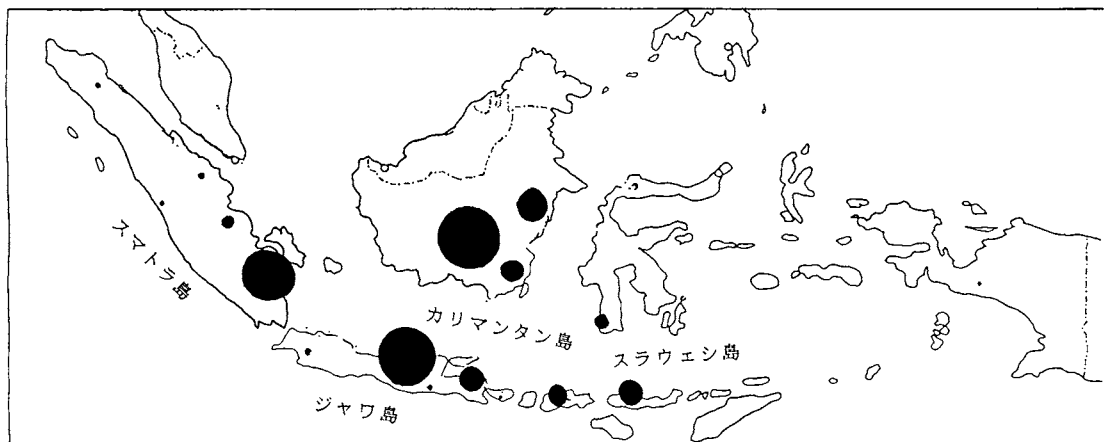


図2 林野火災の各州別の全焼損面積

表1 州別の林野火災と人口 (1991)

島	州/地域	火災件数	焼損面積 (ha)	火災発生月	面積 (km <sup>2</sup> )	人 口	人口密度 (人/km <sup>2</sup> )	人口増加率
スマ タ ラ	アチェ特別州				55,392	3,415,845	62	2.72
	北スマトラ	2	49	8	70,787	10,256,027	145	2.07
	西スマトラ				49,778	3,999,120	80	1.62
	リアウ	3	298	5~6	94,562	3,306,215	35	2.73
	ジャンビ	1	636	9	44,492	2,016,159	45	3.38
	南スマトラ				103,688	6,276,947	61	3.09
	ブンクル	1	1	6	21,168	1,179,122	56	3.87
ランブン	5	9,346	4~10	33,307	6,005,879	180	2.65	
ジ ャ ワ	ジャカルタ特別州				590	8,254,035	13,990	2.41
	西ジャワ	6	167	6~10	46,300	35,381,153	764	2.57
	中ジャワ	20	11,877	6~8	32,206	28,521,692	886	1.18
	ジョグジャカルタ特別州	2	4	6, 8	3,169	2,913,054	919	0.58
	東ジャワ	5	2,245	6~9	47,922	32,503,915	678	1.08
ヌ サ チ ン ガ ラ 諸 島	バリ	1	59	6~8	5,561	2,777,811	500	1.18
	西サトゥンガラ	3	1,466	1, 2	20,177	3,369,649	167	2.15
	東サトゥンガラ	3	2,585	1, 7, 8	47,876	3,268,644	68	1.79
	東チモール				14,874	747,750	50	3.02
カ リ マ ン タ ン	西カリマンタン				146,760	3,239,235	22	2.67
	中カリマンタン	6	14,615	8~9	152,600	1,396,334	9	3.88
	南カリマンタン	4	1,876	6~10	37,660	2,597,572	69	2.33
	東カリマンタン	4	3,749	8~10	202,440	1,876,663	9	3.90
ス ラ ウ ェ シ	西スラウエシ	1	110	9	19,023	2,478,793	130	1.60
	中スラウエシ				69,726	1,711,327	25	2.66
	南スラウエシ	4	781	1, 7, 9, 10	72,781	6,981,646	96	1.43
	東南スラウエシ				27,686	1,349,619	49	3.66
イ リ ア ン ジ ャ ヤ 島 他	マルク				74,505	1,856,075	25	2.77
	イリアンジャヤ	1	20	7	421,981	1,641,430	4	3.94
	計 (平均)	72	49,884		1,919,443	179,321,641	(93)	(2.35)

火災原因が不明なものもあるが、記載されている出火原因(推定も含める)は72件のうち35件である。出火原因としては焼畑の火入れ、タバコの投げ捨て、牧草の火入れ、たき火等であり、殆ど森林に入った人の不注意によるものである。火災を起こした人は付近の農民が圧倒的に多い。ロタン(ヤシ科のつる性植物で装飾用材料として利用されるもの)、観賞用植物(盆栽)あるいは軽石を探しに入山して火災を起こした例もいくつかあった。特異火災事例として石炭層火災の火が森林に延焼した例があった。

火災により被害がでた林地はジャワ島では、チークが殆どである。一方、外島(ジャワ島以外の島)でアランアラン草原、灌木、または二次林であり、メルクシマツ、ユーカリ等の造林地も被害にあった。なお、二次林とは森林が伐採、焼畑、洪水等により破壊ないしは被害を受けてから自然に形成される林をいう。この二次林は原生林としばしば比較して使われており、樹高が低く、平均して小形で、均一な構造をもっている。二次林樹種は陽樹で、耐陰性がなく、つる植物を多く含んでおり、火災による被害は受け易い。また、



写真1 スラウェシ島の山容とアランアラン

アランアラン草原はチガ以外にテンツキ、カルカヤ、カヤツリ、メヒンバ、エノコロ草、キビ類など主にイネ科草本からなる草原である。写真1にアランアラン草原の実状を示す。ジャワ島ではチーク、メリクシマツ等の造林活動が活発であり、これらの森林が被害にあったと推定される。

## 2.2 東カリマンタン州の林野火災

東カリマンタン州のサマリダ市内にムラワルマン大学があり、この大学に熱帯降雨林研究センターが設置されている。東カリマンタン州においては、熱帯降雨林研究センターのブキットスハルト地区にある演習林付近の火災現場を調査した。このブキットスハルトはサマリダからバリクパパンに向かう途中の約150 kmの地点にある。「熱帯降雨林研究プロジェクト」は現在実施されているJICAプロジェクトであり、上述の研究センターと研究協力が行われている。このプロジェクトの研究内容は森林生態系の再生技術、野生生物を含む森林生態系の解析等の分野における研究協力である。

林野火災は、この地域で8月から10月までの3ヶ月の間に頻発した。東カリマンタン州の全焼損面積は3,749haである。焼損面積が広大であり、しかも数ヶ月にわたって延焼しているため、1件としてカウントされた火災であっても実際には複数箇所から出火した。火災の原因として(ア)焼畑の火入れ(イ)たばこの投げ捨て(ウ)たき火(エ)石炭層火災の火等が挙げられている。火災は乾季に卓越する南風に煽られて、北の方向に向かって延焼した。ブキットスハルト付近では火災は2ヶ月以上にわたって広範囲の森林が縞模様になって延焼しており、一旦、燃え残った部分も数日間あるいは10日以上遅れて延焼した。

これらの林野火災に対して、(a)防火帯の作設(b)水散

布(c)覆土などの消火活動が行われた。消火活動は、HPH（森林伐採権）所有者、付近の住民、あるいは要請により出動した軍隊、日本の前述のプロジェクトチームにより行われた。消火活動が実際に行われた場所は、人工林、生産林あるいは住民が住んでいる周囲などの限られた場所であり、日本のプロジェクトチームは大学演習林内の消火活動に当たった。使用された資機材としては、HPH所有者が所有するブルドーザ、付近住民が所有するナタ、山刀等の簡単な道具であり、日本のプロジェクトチームはポンプ、ジェットシューターなどを用いた。火災による被害を受けたこの場所は、アランアラン草原、造林地、二次林である。この年には少雨状態が顕著であったために、常緑樹の葉は落下して地上に堆積し、アランアラン草原の雑草は枯れて燃え易い状態になっていた。同じ乾季においても平常は降雨があるためにアランアランは枯れることはないが、この年に限って枯れたという。調査した範囲の二次林は焼畑あるいは1982～83年の火災により荒廃した地域である。

石炭層の火災は大学演習林内（5,000haは）で18ヶ所、演習林を含めたブキットスハルト地区（77,000ha）において35箇所が確認されているが、東カリマンタン州全域については進入する道路がない所が多く、その総数はまだ確認されていなかった。一説によると一部の石炭層火災は1982から83年の林野火災により類焼した火災がまだ燃え続けているという。このように以前から燃え続けている石炭層火災のほか、乾季（1991年）になってから焼畑、タバコの投げ捨て、たき火、あるいは自然発火により新しく燃え出した箇所もあった。特に少雨傾向が顕著になった8月～10月に石炭層火災の件数が増加し、その火力は強まった。大学演習林内では石炭層火災から森林に延焼して約10haの森林

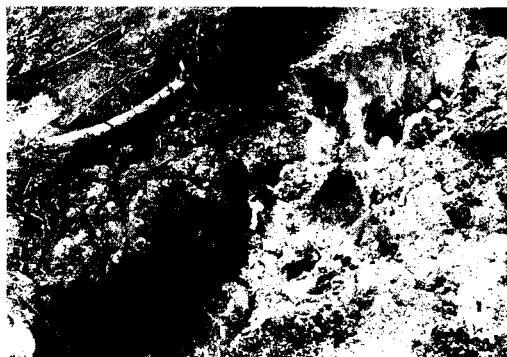


写真2 石炭層火災の様子(プギット・スハルト地区)  
(燃焼が進行すると陥没が起きる)

が焼損した。石炭層火災の燃焼状況を写真2に示す。雨季に入って相当の降雨があっても一部の石炭層の火は鎮火する傾向はまったくみられなかった。石炭専門家の推定によると地中の石炭層の燃焼箇所は火口を中心にして水平方向に20~30mに達していたものもあった。燃焼が進行してかなり広い範囲で陥没が起きていた。この石炭層火災に対して、関係者はパトロールの強化、林道の開設あるいは周辺物可燃物の除去により森林への延焼を防いだ。プギットスハルト地区は1978年に森林保護地域として国立公園として指定され、7万7千haの面積を有する広大な地域である。当該地区は、原則として居住できないこととされているが、一部の入植者が不法に入り込み、焼畑を行い、コショウを栽培していた。

### 2.3 南スラウェシ州の林野火災

南スラウェシ州においては、ゴア県マリノ村(ウジュンパンダン市から約130kmほど奥地に入った地域)で発生した3箇所の火災現場を調査するとともに林業省南スラウェシ州地方事務所(ウジュンパンダン市)において林野火災対策検討会に参加した。マリノ村は日本のJICAプロジェクト「南スラウェシ治山計画」が実施されているところである。このプロジェクトは熱帯林の自然的・社会的条件に適合した治山技術者の訓練を行っている。

この州の林野火災の件数は3件で、全焼損面積は約781haである。3箇所の火災はすべて乾季に吹く東風により西の方向に延焼した。林野火災の原因として(ア)焼畑の火入れ(イ)たばこの投げ捨て(ウ)たき火、(エ)草焼き(放牧)の火入れである。

消火活動は主に火災現場付近の農民によって行われた。その消火作業内容としては(a)防火帯の作設 (b)水散布 (c)火たたきであり、道具は伝統的なもの(クワ、

山刀、樹木の枝等)が使われた。林野火災により被害を受けた森林は造林地が多く、樹種としてメルクシマツ、ユーカリ、アカシア、アルビジア等である。写真3に示すように造林地の周りには幅20mの既設防火帯があり、これらは延焼防止に役立った。経済的価値の高い造林地においては防火帯を作設するなど火災予防対策がなされ、火災時にあってはHPH所有者により消火活動が積極的に行われた。一方、国有地の荒廃した二次林については防火帯はなく、火災時にあっても消火活動は積極的に行われなかったようである。

### 3. 林野火災の多発と大規模化の要因

林野火災が乾季に集中して頻発し、しかも多くの火災が大規模化した要因として以下のことが考えられる。

#### 3.1 乾季と長期少雨

インドネシア共和国の気候の特徴は、比較的明瞭に乾期と雨季に分けられることである。乾季は、およそ4月~9月まで、雨季は10月~翌年の3月までである。図3にインドネシア共和国付近の乾季における気流分布<sup>1)</sup>を示す。この期間には天候はオーストラリア大陸の気団に左右され、気流は南東から北西の方向に流れ、赤道を通過する辺りから北の方向に転向する。スマトラ島、ジャワ島あるいはカリマンタン島で発生した火災の煙はシンガポール、マレーシアの方向に拡散する。乾季には空気は乾燥し、降雨量は少ない。一方、雨季の天候はアジア及び太平洋気団に左右される。風は北東寄りとなり、乾季の気流と異なる。アジア及び太平洋気団は多くの水蒸気を含んでいるため、雨季には多くの雨が降る。インドネシア共和国は全国にわたって比較的降雨量が多いが、地形の影響によりマルク諸島のように降雨量が少ない地域もある。なお、各地域の平均気温は、沿岸地方28℃、内陸地方26℃、山間部で

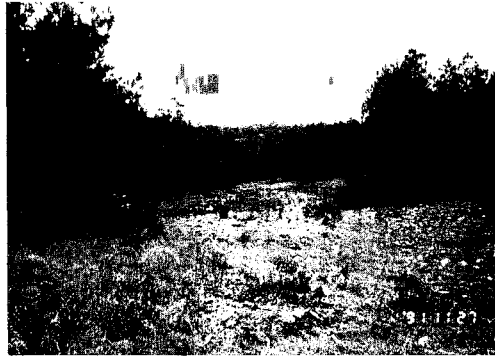


写真3 メルクシマツ造林地の防火帯 (南スラウェシ州マリノ村)  
(防火帯は稜線と山腹にあり、幅員は10から20メートル)

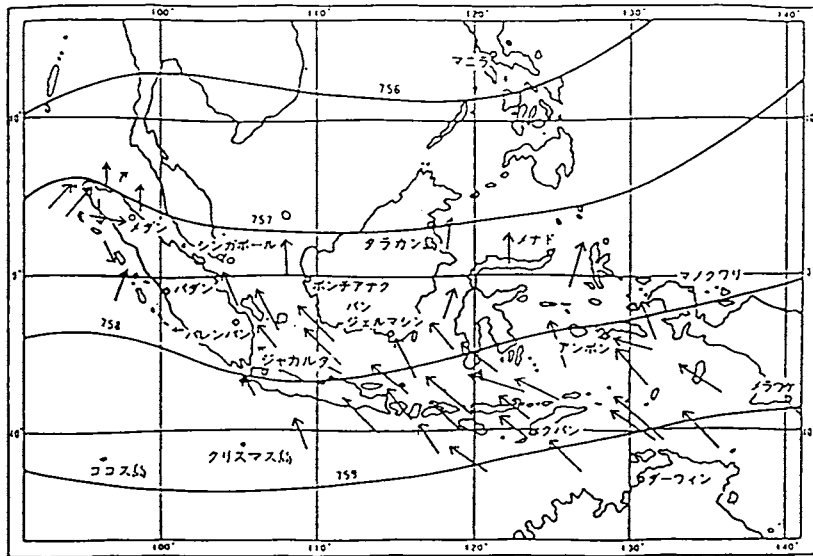


図3 インドネシア共和国における乾季の気流分布

23℃であり、年間を通してあまり変化しない。相対的湿度は70～90％であり、日本と比較して高い。

バリクパパン市 (カリマンタン島東部) とウジュンパンダン市 (スラウェシ島南部) における月別平均降水量及び1991年の月別降水量を図4に示す。なお、1991年のデータは気象庁に入電された速報値であり、参考データである。二つの都市の平均降水量を比較すると、ウジュンパンダン市の年間降水量は2,855mmであり、乾季と雨季の差が明瞭で、乾季においては例年でも非常に少ない。これに対して、バリクパパン市の年

間降水量は2,223mmでやや少ないが、乾季と雨季の差がなく、1年を通じて月100mm以上の降雨がある。バリクパパン市において1991年には7、8、9、10月に限って降雨が少なく、この期間は顕著な少雨状態 (干ばつ) になった。これに対してウジュンパンダン市においては5月から10月にかけて少雨状態となった。

東カリマンタン州及び南スラウェシ州において林野火災が多発した時期は概略この少雨時期と一致しており、この少雨により空気が乾燥するとともに雑草のアランアランなどが枯れて燃え易くなった。この少雨状

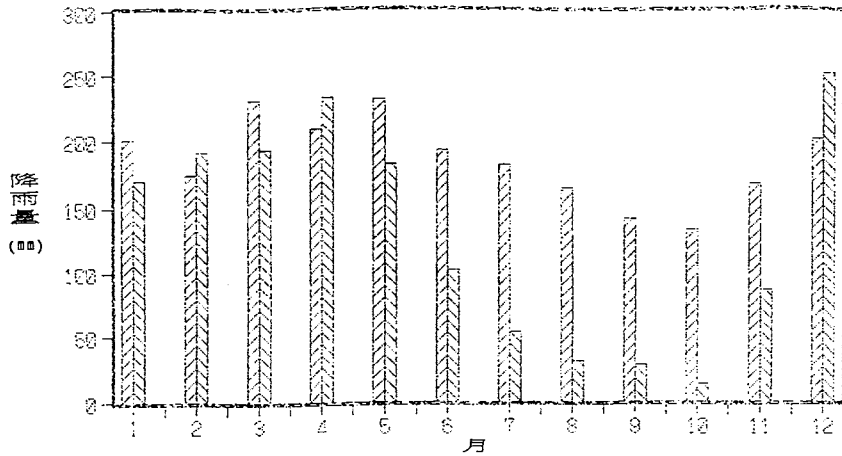


図4(a) 降雨量の月別変化(東カリマンタン州バリクパパン市) 平年値(左側)と1991年(右側)の降水量

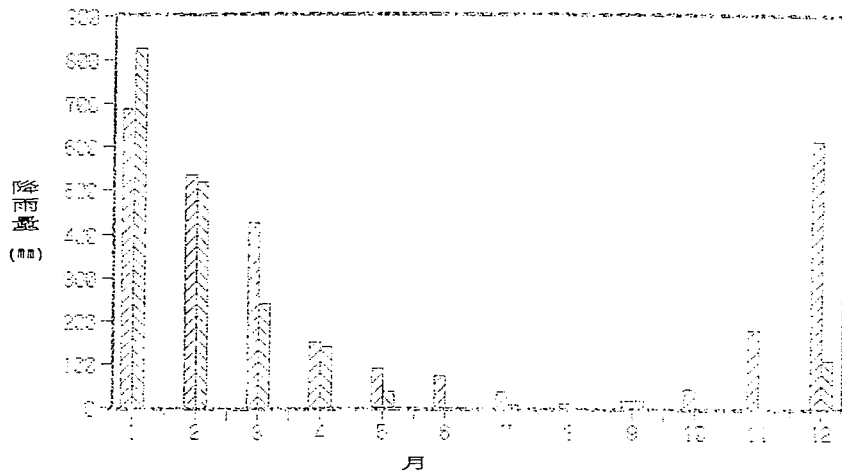


図4(b) 降雨量の月別変化(南スラウェシ州ウジュンパンダン市)

態が林野火災の発生・拡大の一つの要因であったことは間違いない。例年の降雨状態から予測して少雨が予想されないバリクパパン市では、予想できるウジュンパンダン市と比較して林野火災に対する予防対策が十分ではなく、火災被害が増大した要因と推測される。なお、乾季における降雨量と少雨の持続期間は次に述べる森林タイプ(熱帯降雨林、熱帯季節林)を左右するほどに森林に著しい影響を与える。

### 3.2 熱帯林の荒廃と焼畑

熱帯林は気候条件により熱帯降雨林(多雨林)と熱帯季節林に大別される。熱帯降雨林は月平均気温が25℃以上の気温と年間を通して月100mm以上の降雨量が

ある地域に形成される森林であり、それはカリマンタン島等にみられる。熱帯多雨林は、その構成種数の多さ、高木の生活形(下枝が殆どない)、板根のような異常形態等に特徴がある。熱帯多雨林の代表的なものはラワン材として知られているフタバキ科の樹木である。これに対して熱帯季節林は1年のうち一定の少雨(乾燥)期間を有する地域に形成される森林である。チークはその代表例であり、スラウェシ島や小スタンダ列島にみられる。図5に東南アジアの森林の模式層図<sup>2)</sup>を示す。熱帯季節林は常緑季節林、落葉季節林等に分けられる。



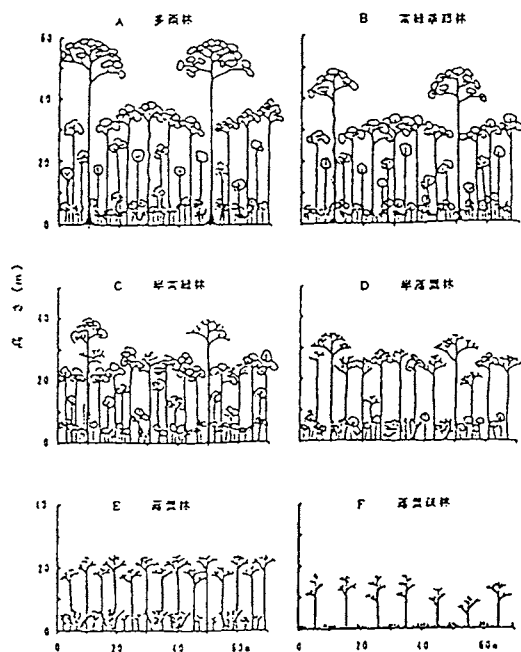


図5 熱帯林の模式的層構造 (吉良による)

世界の熱帯林の消失・劣化の要因<sup>3)</sup>として焼畑耕作、家畜の放牧、燃料材の採取、林野火災、木材の伐採、農地及び放牧地への転用などが上げられている。インドネシア共和国の実状をみると、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50万ha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、林野火災による森林破壊が年間7万haに達する。インドネシア共和国では森林の破壊要因として焼畑、入植者の為の農地への転用、HPH所有者による伐採、林野火災の順に大きい。しかし、1982~83年の干ばつ時には林野火災により360万haの森林が焼失しており、一旦、大規模林野火災が発生すると広大な範囲で、森林の消失と劣化が進行する。

林業省の推計によれば、焼畑農民は全国で約150万世帯で、東カリマンタン州では約5万世帯である。焼畑農家1世帯は、概算で3年毎に1haずつ焼畑を行っているため、年間の焼畑対象面積は50万haで、年間の火入れの件数は50万件になる。この推計のように焼畑耕作に伴う火入れの件数は予想以上に多く、この火入れからしばしば火災が発生している。

焼畑農業<sup>4)</sup>は樹木を伐採し、それを一定期間乾燥させ後で、火入れを行い各種の農作物を栽培するものである。火入れをした年には十分な収穫が期待できるが、2~3年すると収穫量が落ちるため、移動して別な場所で焼畑を行う。焼畑の作業スケジュールは地域で異なるが、8月~9月に樹木を伐採し、2~3週間乾燥させて火入れが行われる。火入れは乾期から雨季に変わる時期を選んで行われるため、短い期間に集中し、これが林野火災が特定時期に多発する原因にもなる。

原生林を対象として伐採する際には森林破壊を少なくするため1haにつき数本程度の大径木のみを伐採(択伐)し、その他の木は伐採しないように行われる。しかし、樹木を搬出するために開設された林道に沿って焼畑農民が森林に侵入して焼畑を行うために、一旦道路が開設されると焼畑により森林の破壊面積は急激に拡大する。また、焼畑跡の放置された森林では雑草アラニアランが繁茂し、森林の荒廃が進む。焼畑が繰り返されることにより森林が荒廃し、火災の拡大し易い森林が作られている。インドネシア共和国の森林は、樹木の伐採、焼畑、人口増加、貧困、林野火災、森林内の植生変化、林内気象の変化、劣悪な土壌環境等の種々の要因が絡まってますます破壊が進行している。

このような実状に対してインドネシア共和国では荒廃地における植林事業の推進<sup>5)</sup>を宣言し、諸外国に造林の技術的な援助を求めている。インドネシア共和国は林地を保全するため、森林を(1)山地保全、洪水防止のために伐採が禁止されている保安林(2)動植物保護、自然公園指定のために伐採が禁止されている保護林(3)伐採の対象となる生産林、制限生産林、(4)移住地、農地用として利用の転換が見込まれる転換林の四つに分類して管理している。インドネシア共和国はHPH所有者に対して伐採制限を強め、伐採量1m<sup>3</sup>につき10米ドルを徴収し、造林費用に充てている。

### 3.3 消火体制

インドネシア共和国の国土面積のうち森林(約14,397万ha)の占める割合は、約75%である。この森林は共有地もあるが、ほとんど国有地である。森林の管理は林業省の所管であり、林業省は林野火災の予防と消火に関する業務も担当している。各州には林業省地方事務所(KANWIL)が設けられており、森林に係わる利用・開発計画、政策の立案、予算等の企画部門を担当するほか生産林に係わる許認可事務を行う。また、各州政府には林務局(DINAS)があり、DINASとKANWILが協力して林野火災対策業務を担当している。インドネシア共和国林業省は、1982~1983年に発生した大規模林野火災を踏まえ、1986年に林野火災の

予防及び消火に関するガイドラインを定め、各州政府に対して林野火災対策の強化を指導している。各州には郡単位に配置されている森林特別警官がおり、盗伐防止や火災予防に当たっているが、国土の広い国にしてはその数は少なく、組織化された常備の森林消防隊はないといってよい。林野火災が大規模化した場合には州知事は林野火災対策本部を設けて消火態勢を作り、軍隊に対して応援要請を行うことができる。しかし、軍隊に対して、応援要請をした場合にあっては出動に係わる経費については要請した側が負担することとされており、資金的な制約から十分に活用されていない。火災が大規模化した場合の消火体制についてはプランはあるが、実施体制ができていないのが現状のようである。

### 3.4 人口増加

インドネシア共和国は中国、インド、米国について人口の多い国である。1971年、1980年の人口はそれぞれ119.2百万人、147.49百万人であり、1985年には164.62百万人であった。人口増加率をみると1970年代には2.3%で、1980年代の中期には2.1%であった。表1の各州の人口は1990年の人口センサスで得られた結果であり、全人口は179,321,641人である。

ジャワ島の面積割合は6.89%であるのに対して人口ではほぼ60%を占めており、ジャワ島においては極端な人口集中、また、カリマンタン島、イリアンジャヤ島では極端な過疎状態が認められる。このような人口の分布状態を考慮して、政府はジャワ島から外島への移住政策を進めている。表1によると人口増加率が高い州は、スマトラ島、カリマンタン島に多く、東カリマンタン州で、年間の人口増加率は3.90であり、非常に高い。この人口増加により失業率が高まっており、貧困階層を増大させている要因にもなっている。

農村の生活レベルは高くないと推定される。全国約66,000村のうち、電力を享受している村は約30%である。また、電話普及率は、100世帯あたり0.5台で、新聞の普及率は国民47人に1部程度である。加えて、インドネシア人でインドネシア語を理解できない人口は39%に達している。林野火災対策関係者が消火活動を積極的に実施しようとしても、一部の農民は火災を火災として認識しておらず、消火活動に積極的に参加しないし、火災を通報しようとしても通報手段がほとんどないのが現状のようである。

## 2. 今後の話題

インドネシア共和国の国内においては地域により言

語、文化、生活様式が異なる。実効性のある林野火災対策を確立するには地域の自然的・社会的条件の相違を明確にすることが必要である。東カリマンタン州においては種々の悪条件が重なって、干ばつが起きると、広い荒廃した森林で、同時に、複数の、大規模の、林野火災が発生する危険がある。このような地域に対しては、林業省地方事務所の体制を強化し、林種分布、地形条件、水利条件、道路事情等を把握した上で火災危険の内容と重点防御対象物を明確にし、防火帯の作設、林道の整備、消火資機材の整備、消防水利の強化等を行うことが必要である。また、気象条件から早期に火災発生危険の大小を予測してパトロールを強化する体制を作るとともに農民の防火意識を高めることが不可欠である。

林野火災の予防・消火の問題は、焼畑農業、人口増加、移住、貧困、熱帯林の破壊、大気汚染、土壌流失等に深く関わっていることから林業省のみでは解決できない課題があり、農業省、内務省、環境省、移住省等の協力が望まれる。

### 謝辞

言葉の障害と時間的制約があったが、火災現場をこの眼で見てインドネシア共和国で発生する林野火災の実状をある程度把握することができた。また、インドネシア共和国の各地で農業・林業あるいは鉱業分野において技術指導に当たっておられる日本人の方々に接して、国際協力のあり方について多くのことを学んだ。この調査にあたって在インドネシア日本大使館、JICAインドネシア事務所、熱帯降雨林研究プロジェクト、南スラウェン治山計画プロジェクトの方々に多大のご協力を頂いたことを記して謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 岡津守彦ら：インドネシア：帝国書院、昭和53年
- 2) 依田恭二：熱帯林の生産力：日本学術振興会
- 3) 日本林業調査会：ザ・熱帯林、1990
- 4) 国際農林業協力会：焼畑農業、1983
- 5) 外務省、農水省、林野庁：世界の森林と緑の国際協力、昭和61年

### 付記

今回のJICA林野火災対策専門家チームは以下の6名である。山下邦博（消防庁消防研究所）、鈴木和男（消防庁特殊災害室）石倉 仁（東京消防庁）、津田勝男（東京消防庁）、後藤義明（林野庁森林総合研究所）、内藤久敏（JICA派遣事業部）

# 消防水利の被害と微地形区分

## —昭和58年日本海中部地震における能代市の例—

吉原 浩

### 1. はじめに

地震による屋外消火栓や防火水槽等の消防水利の被害は、関東地震(1923年)<sup>1)</sup>、新潟地震(1964年)<sup>2, 3)</sup>、1968年十勝沖地震<sup>4)</sup>、昭和58年日本海中部地震<sup>5)</sup>等、多くの地震で発生している。

地震時は、平常時に比べて火災の危険性が増大しており、消防水利の確保は平常時に増して重要である。しかし、消防水利は、これらの地震で消火栓が接続する水道管で多くの被害を受けているように、必ずしも十分に確保されてきたとはいえない。

昭和58年日本海中部地震は、秋田、青森両県に多大の被害をもたらした。この地震では、津波による被害が大であったこと、長周期の地震動が観測されたこと、液状化による地盤の水平移動等が注目された。

秋田県能代市では、地盤の液状化により上下水道等の地下埋設物に多大な被害が生じた。消火栓(公営水道の配水管に取り付けられたもの)や防火水槽等の消防水利も被害を受け、消火栓は接続する水道管の被害により地震直後にはすべて使用不能となったほか、防火水槽の一部に亀裂漏水等による被害があった<sup>5)</sup>。また、能代市内には打込式消火栓(内径100mm程度の鋼製井戸に消防ホース接続口を付けたもの、防火井戸の一種)が昭和58年日本海中部地震当時144箇所設置されていたが、そのうち23箇所が被害を受けた。打込式消火栓は、能代市内にはほぼ同じ構造のものが多数設置されており、簡略ではあるが設置箇所の地質柱状図があり、地質に関する情報が得られている。

地震による消防水利の被害と、微地形、地質等と関係があることは、新潟地震の事例<sup>3)</sup>などで知られている。昭和58年日本海中部地震における消防水利の被害についても検討し、微地形との関係をさらに明らかにすることは、今後の消防水利施設の配置計画等に有用と考えられる。よって、昭和58年日本海中部地震において、消防水利の被害が多数あり、微地形、地質に関する情報の多い能代市地域を例として、打込式消火栓及び防火水槽の被害と、微地形との関係について検討を行った。

### 2. 消防水利の被害

#### 2.1 能代市地域の微地形<sup>6)</sup>

山脈・平野などの大スケールの地形に対して、平野内にみられる小規模な自然堤防、旧河道などの微細な地形をとくに微地形と呼んでいる。

能代市地域の地形および形成史の概略を以下に述べる。主に砂及び礫により構成される高度40~60m及び高度20~40mの段丘が更新世に形成され、その後、米代川が幅広く侵食し、そこに土砂を堆積した谷底平野と、海面が地盤に対して低下したため海底堆積物が海面上に現れた海岸平野が形成された。米代川は氾濫を繰り返し流路を変えて土砂を堆積し、沖積平野(約1万8,000年前以降の海面の上昇により、河谷が埋没し、形成された平野をとくに沖積平野といい、沖積平野下の堆積物を沖積層という。)を形成した。能代市地域の沖積平野の河川による堆積物は生成年代および高度差からF-I~IIIに区分される。また、この氾濫原の微地形は、氾濫原の中を流れる河川の常水路の両側に自然にできる微高地の自然堤防、自然堤防の外側にできる沼沢性の低湿地である後背湿地等に成因より区分される。

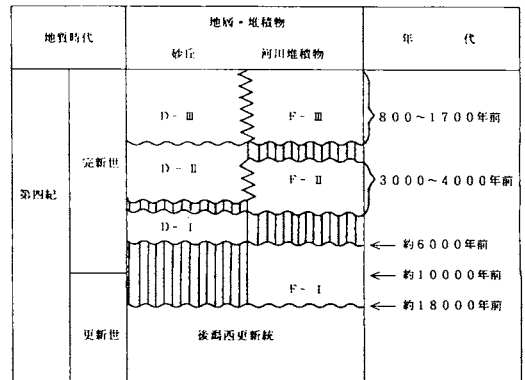


図1 能代市地域の第四系層序

文献6)による。

また、海岸線に沿って、砂丘が発達しており、生成年代からD-I~IIIに区分されている。これらの能代市地域の地形区分と生成年代の関係を図1に示す。

2.2 消防水利の被害

能代市における昭和58年日本海中部地震による消火栓、防火水槽、打込式消火栓の被害状況は表1のとおりである。

表1 1983年日本海中部地震による能代市の消防水利の被害状況

施設の区分	被害箇所数/総数	備考
防火水槽	16/121	亀裂漏水
打込式消火栓	23/144	
消火栓	565/565	水道管の破損(730か所のため使用不可能となった)

能代市<sup>5)</sup>(1984)に加筆

上水道に接続された消火栓は、給・配水管が多数亀裂・切断し、全市にわたって断水したため使用不能となった。給水区域が全面給水されたのは20日後である。幸いなことに地震による火災は発生せず、誤認による

通報が1件あっただけであった。なお、道路の隆起・陥没による交通渋滞は、この誤認通報時の出勤、また、地震後の救急その他の消防活動に障害となった。以下に、能代市中心部(図2)における、打込式消火栓・防火水槽の被害と微地形区分について検討する。

2.3 打込式消火栓の被害

打込式消火栓は、内径100mm程度の鋼管製井戸にホース接続口を設けた防火井戸の一種であり、砂り層・砂層の帯水層にストレーナー(帯水層と井戸の通水を保ため、井戸の側壁に設ける細孔または細いスリット)を設けている。図3に打込式消火栓設置時に作成された地質柱状図の例を示す。打込式消火栓は、消火栓や防火水槽に比べて、短時間での多量取水は難しいが、用地の制約が少ないこと、水道管に接続する必要がないこと等の特色がある。打込式消火栓は、設置する地盤の条件として、比較的浅い箇所帯水層があり、また、孔内水位が取水可能な程度で、かつある程度の取水量が可能である必要がある。

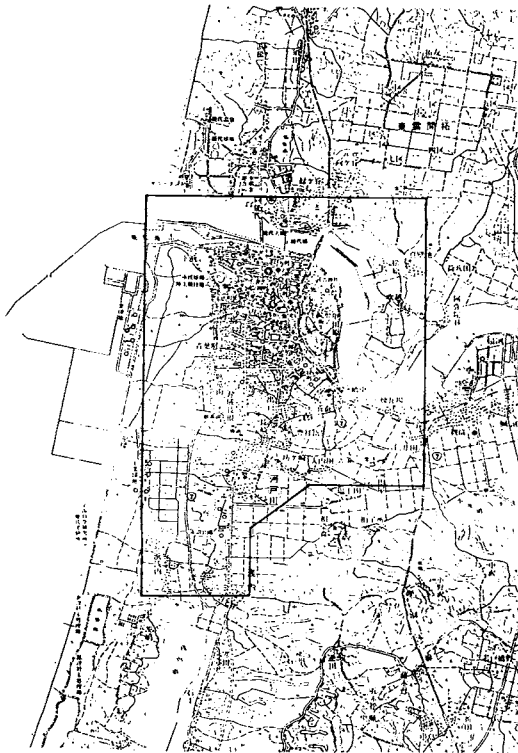


図2 能代市中心部(国土地理院、5万分の1地形図、能代、森岳)

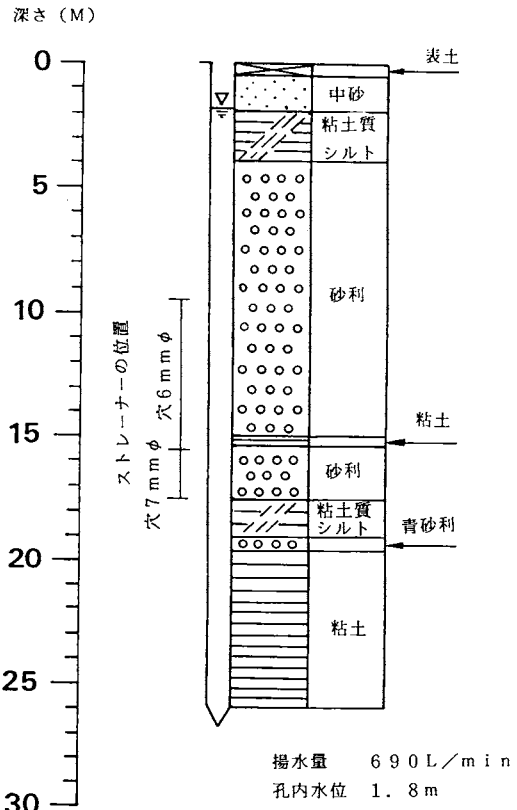


図3 打込式消火栓設置箇所の土質柱状図

能代市中心部の打込式消火栓の被害箇所と地形区分を図4に示す。砂丘D-Ⅲに区分される地域の周縁部に被害箇所が集中している事が特徴としてあげられる。自然堤防や後背湿地に設置されたものは、地下部分が分岐している特殊な構造のもの（2か所）を除くとほとんど被害は無かった。

地盤の液状化は、砂丘のほか、自然堤防・後背湿地にも発生していたことと、打込式消火栓の構造とあわせ考えると、地盤のすべり、あるいは地盤の液状化による水平移動によって、打込式消火栓が折損しているのではないかと思われる。

#### 2.4 防火水槽

打込式消火栓が能代市の市街化が進んだ地域だけではなく比較的小さな集落にも設置されているのに対し、防火水槽は能代市街の中心部に設置されている。防火水槽は、16基が亀裂漏水により使用不能となった。被害箇所は、打込式消火栓と同様に、砂丘D-Ⅲの分布地域周縁部に被害箇所が集中している傾向が認められる（図5）。この程度の防火水槽の被害は、消火栓の被害に比べて軽微であり、防火水槽の地震時における有用性が示されたものといえる。なお、地震当時、能代市に耐震性貯水槽は設置されていなかった。

#### 2.5 新潟地震の被害事例と微地形

新潟平野と能代平野は、同時期に形成され、微地形・地質が類似している。よって、新潟地震における新潟市の消防水利の被害が能代市の被害と同様な傾向が認められるか検討してみる。

新潟地震による新潟市における消防水利の被害と微地形区分について、細野<sup>9)</sup>は、

- ・消火栓は、埋立地・旧河道に設置されていたものは壊滅的な被害を受け、砂丘上のものの被害は軽微であったこと、
  - ・防火水槽は、小亀裂、傾斜、浮き上がり、沈下等の若干の被害はあったが機能上の被害は軽微であったこと、
  - ・防火井戸（直径数十cmで地表部分にコンクリート枠を設けたもの）は氾濫原・旧河道に被害が見られ、液状化により土砂で埋没する被害が多いこと、
- を指摘している。消火栓は使用不能になったこと、防火水槽の被害と微地形の関係は能代市の場合とはほぼ同様であるのに対し、防火井戸の被害分布が能代市の場合と異なるようである。これは、井戸の構造が打込式消火栓と異なり、地盤の液状化により埋没する被害を受けやすいためと考えられる。ただし、同報告では、防火井戸の被害は氾濫原・旧河道に発生しているとし

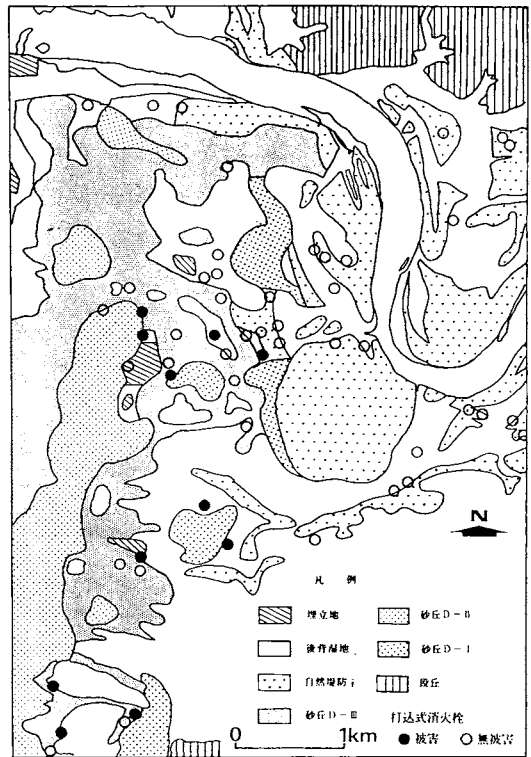


図4 能代市中心部の打込式消火栓被害箇所と地形区分  
文献<sup>9)</sup>に加筆

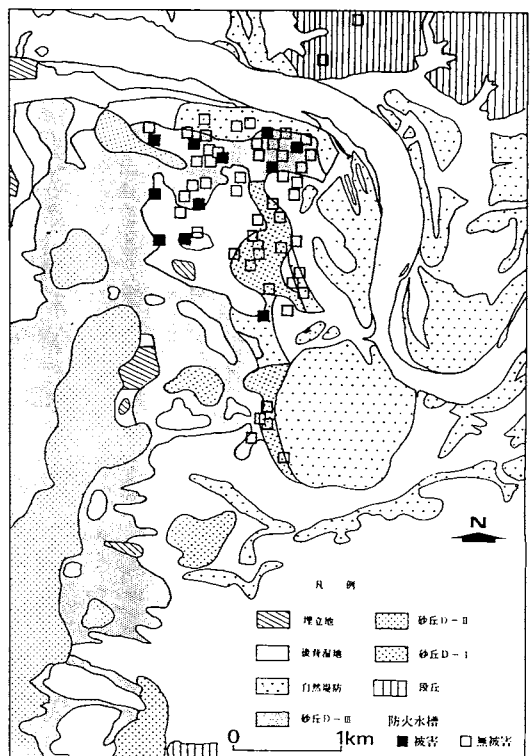


図5 能代市中心部の防火水槽被害箇所と地形区分  
文献<sup>9)</sup>に加筆

ているが、同報告の図からは、砂丘と、氾濫原または旧河道の境界部に防火井戸の被害箇所が分布するように見えることから、能代市において砂丘の周縁部に防火水槽や防火井戸の被害が多いことと類似している。砂丘の周縁部に防火水槽や防火井戸の被害が多いという傾向は、同様な地質条件の地域においては一般的な傾向ではないかと考えられる。

## 2.6 まとめ

能代市における微地形区分と昭和58年日本海中部地震における打込式消火栓・防火水槽の被害発生箇所について検討した結果、

- (1) 海岸付近の砂丘においては、完新世砂丘D-Ⅲの周縁部に多く発生していること、
  - (2) 自然堤防・旧河道・後背湿地に設置されたものには被害が少ないこと、
- が分った。また、被害箇所付近の地表面に亀裂、陥没、膨れあがり等が認められており、地盤の液状化による水平移動が原因ではないかと考えられる。

## 3. おわりに

昭和58年日本海中部地震における秋田県能代市の防火水槽、打込式消火栓の被害分布と、微地形との関係が認められた。このことから、防火井戸、防火水槽等

の消防水利の配置を計画する際には、微地形区分を参考とすることが有用と思われる。液状化による地盤の永久変位と消防水利の被害との関係については今後の課題としたい。

なお、この調査を行うにあたり、能代地区消防一部事務組合の方々には、昭和58年日本海中部地震における被害状況等について貴重な資料をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

## 引用文献

- 1) 土木学会、大正十二年関東大地震震害調査報告、第2巻、上水道・下水道・瓦斯工事之部、鉄道・軌道の部（復刻版）（1984）
- 2) 消防庁、新潟地震火災に関する研究（1965）
- 3) 細野義純、新潟地震災害調査報告、第Ⅱ部消防用施設の被害調査、火災、15、3、p.18（1965）
- 4) 細野義純、1968年十勝沖地震による災害について、火災、18、4、p.3（1968）
- 5) 能代市、能代市の災害記録—この教訓を後世に（1984）
- 6) 高安泰助他、地震災害と地盤特性、昭和58年（1983年）日本海中部地震の記録 被災要因と実例、秋田県消防防火課編（1984）

# 「危険物の取り扱い時の静電気危険と対策」

松原美之

## 1. はじめに

火災統計によれば静電気放電が着火源となったとみられるものは火災全体の約0.16%、電気火災の約1.8%程度を占めるに過ぎない<sup>1,2)</sup>が、可燃性液体の充填などが行われる消防法の危険物施設の火災ではその割合が約14%<sup>3)</sup>と増大し、可燃性液体の取り扱い時に静電気の危険は無視できない。これは、石油類をはじめとする可燃性の液体は、静電気放電のような小さなエネルギーによっても着火するためであり、こうした液体の取扱いに際しては静電気の危険性に対する対策を講ずることが必要となる。

静電気は日常的に経験される現象である反面、帯電量が具体的に測定され評価されることは少ない。そのため、静電気に関する通説の中に静電気への対策を有

効に講ずることを妨げていると思われる誤解がいくつかある。そこで、本稿では静電気を研究する者からみて、一般に誤解されやすいいくつかの事項を対象をしばって概説した。本解説が静電気対策を立てる上での参考となれば幸いである。

## 2. 容器による石油移し替え時の静電気危険

ガソリンなどの引火性の高い液体をポリエチレン容器などで移し替える作業中に火出するという事故例が毎年何例か報告されている。

絶縁性の高い石油などの液体が配管中を流動すると管壁との摩擦などにより帯電することが知られており、流動帯電と呼ばれている。そのため、ポリエチレン容器などでの移し替え作業時に出火し、他に着火源が見られない場合に、この流動帯電ともなる静電気放電が着火源としてあげられていることが多い。

この種の事故は静電気によるとされる火災の中でも比較的件数の多いもののひとつであるが、果たして、

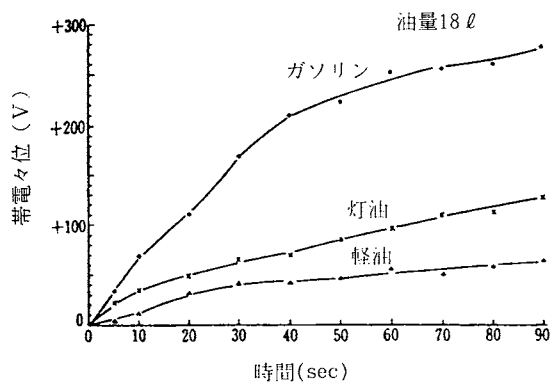
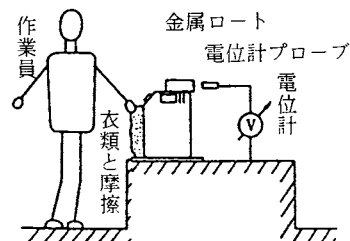
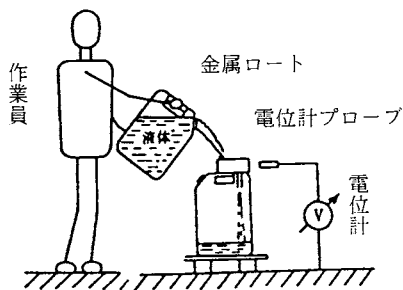


図1 石油移し替え時の流動による帯電実験

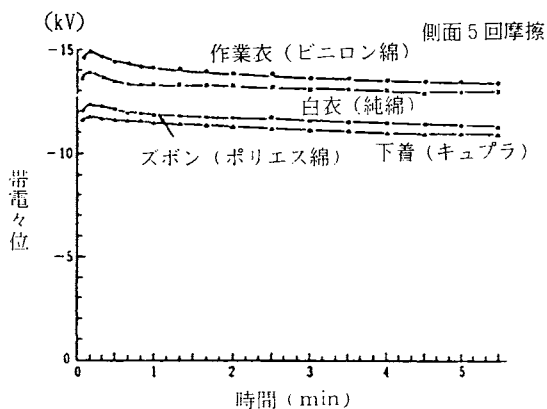


図2 ポリエチレン製容器の摩擦による帯電実験

本当に危険な静電気放電は流動帯電によるものであるか。実際の移し替え作業に近い条件で帯電量を測定した例が報告されている<sup>4)</sup>ので、以下にその概略を紹介する。図1及び図2に示すように、この実験では受け側容器の口に金属製のロートを置いて、油の流動によるロートの電圧上昇と、ポリエチレン容器を幾種類かの布で摩擦した場合のロートの電圧上昇をそれぞれ電位計で測定し、その結果を比較している。

これらの図に示された測定結果から、流動帯電による金属ロートの電圧上昇は、容器が衣服などで摩擦された場合の電圧の上昇に比べると、1/10以下のきわめて小さな値となることがわかる。図1で観測された最高電圧の300Vという値は、相当な高電圧に感じられる。しかし、金属ロートの静電容量は20pF程度であるので、蓄積されているエネルギーの量に換算すると<sup>\*1</sup>約1μJとなる。この値は、代表的な炭化水素燃料であるヘプタンの可燃性蒸気の最小着火エネルギーが0.24mJ(240μJ)であるのに比較して、はるかに小さな値である。すなわち、流動帯電により発生する電

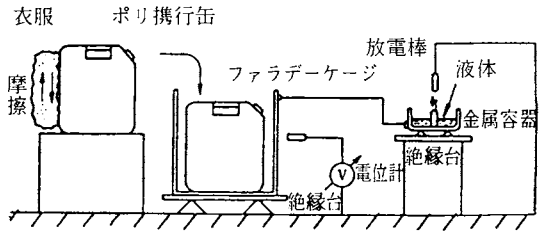


図3 ポリエチレン製容器の摩擦帯電によるガソリン着火実験装置

表1 人体動作と人体の帯電 (温度20℃, 相対湿度30%)

人体の動作	人体帯電電位 [kV]	備 考
ナイロンカーペットの上を歩行	2.0 ~ 2.5	履き物：運動靴
ナイロンカーペットの上ですり足運動	4.5	履き物：運動靴
ソファから立ち上がる	3.5 ~ 4.5	衣服：レーヨン綿混
アクリルセータの脱衣	4.5 ~ 5.0	
ポリエステル作業服の脱衣	4.0 ~ 4.5	下着：アクリルセータ
アクリル毛布の折畳作業	5.0 ~ 6.0	衣服：レーヨン綿混

表2 人体帯電電位と電撃及び放電エネルギーの関係

人体帯電電位 (kV)	電 撃 の 程 度	放電エネルギー (mJ)	備 考
2.0	指の外側に感じるが痛みなし	0.18	かすかな放電音発生
2.5	放電した部分が針でさわられた感じ、ピクリと感じるが痛くない	0.28	
3.0	チクリとした痛みを感じる 針で刺された感じを受ける	0.41	
4.0	指にかすかな痛みを感じる 針で深く刺された痛みを感じる	0.72	放電の発光をみる
5.0	手のひらなし前腕まで電撃を感じ痛い	1.12	指先から放電発光が延びる
6.0	指に強い痛みを感じ、電撃を受けた後腕が重く感じる	1.62	
7.0	指、手のひらに強い痛みと、しびれた感じを受ける	2.21	
8.0	手のひらなしし、前腕までしびれた感じを受ける	2.88	
9.0	手くびに強い痛みと、手がしびれ重みを感じる	3.65	
10.0	手全体に痛みと電気の流れた感じを受ける	4.5	
11.0	指に強いしびれと、手全体に強い電撃を感じる	5.45	
12.0	強い電撃で手全体を強打された感じを受ける	6.48	

脚注 \*1  $1/2 \times (20 \times 10^{-12} \times 300^2) = 1 \mu J$



圧では可燃性蒸気に着火する危険性はきわめて小さく、逆に衣服などと容器の摩擦による帯電の方がはるかに危険性が高いことがわかる。図3に示す装置を用いてポリエチレン製容器の摩擦によって発生した静電気でも可燃性液体に着火する実験が行われ、実際に、着火することが確認されている。

静電気の発生量を測定する実験の再現性は一般にきわめて低い。したがって、ここで紹介した結果が絶対的であるとは言えないが、危険な静電気は油の流動によって発生するというより、むしろ衣服などとポリエチレン容器の摩擦によって発生すると考えてよい。

### 3. 作業者の帯電による静電気危険と対策

図2の測定結果では示されていないが、作業者の着衣との摩擦によってポリエチレン容器が帯電する時には、作業する人間も反対符号の帯電をすることになる。適度な電気抵抗をもたせた静電靴を作業者が着用している場合などには人体の電荷は速やかに減衰するが、そうでない場合には作業者が帯電した状態が維持される。表1は、各種の動作によって観測された人体の帯電電位を、表2は人体静電容量を90pFであるとして求めた帯電電位と放電エネルギー等の関係を示している<sup>5,6)</sup>。これらの表を比較することにより、人体帯電が、可燃性蒸気への着火源となる放電の原因となり得ることが分かる。

作業者は動きまわるので適切な接地状態が維持されていない場合が多く、各種の動作に伴う人体の帯電は、危険物を取り扱う際に最も注意を払う必要のある静電気危険のひとつとなる。

図4は、ソファから立ち上がる動作によって観測された人体の帯電電位を示している<sup>7)</sup>。衣服の材質にもよるが、こうした動作で人体が容易に数kVの電圧となること、また、雾田気の湿度が高くなるにしたがって急激に帯電量が減少することを示している。人体帯電をはじめとする個体の摩擦による帯電の多くは湿度の増加とともに帯電量が著しく減少する。このことから、可能であれば作業環境を適切な湿度範囲に保つことが人体帯電を防止する方法として有効なことがわかる。

人体帯電を防止するいま一つの方法としては、人体を常に接地状態に保つことが考えられる。その目的には、適度な導電性を持たせた静電靴を着用し、作業場所の床面にも導電性プラスチックなど電気抵抗の低い材質を使用するのが有効である。

自動車からの降車時に青い火花とともに電撃を受けることがある。この電撃が不愉快さにとどまる場合はまだ良いが、帯電が著しい場合には給油時などにおけ

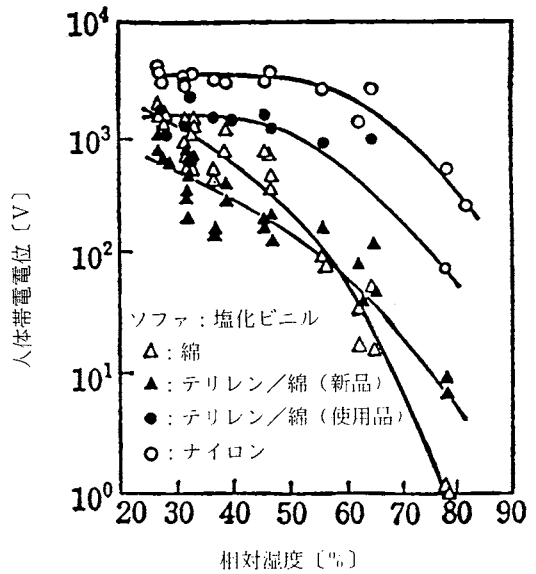


図4 雾田気湿度とソファからの立ち上がり時の人体帯電

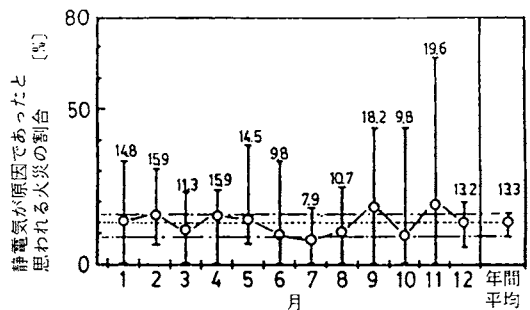


図5 危険物施設における静電気が原因であると考えられる火災の月別割合 (昭和48~57年)

る火災発生の原因となる危険性を持っている。自動車用品店などで車体に取り付けるアースバーが車体の帯電を防止する機器として販売されていたが、この種の放電対策として有効であるとは考えられない。降車の際の放電の原因となる帯電は車体の帯電ではなく、運転者とシートとの間の摩擦による人体の帯電である。車から降りる間、ずっと車体の金属部分に触れているのが、この人体帯電による放電を避ける最も簡単な方法である。

### 4. 静電気危険性と季節の関係

日常生活での静電気は冬季に多く経験されることか

ら、危険物を取り扱う施設における静電気の危険性も冬季が高いと考えられることが多い。図5は危険物施設において昭和48年から昭和57年までの10年間に発生した火災の中で静電気が着火源であったと考えられるものの割合を月別に整理したものである<sup>9)</sup>。この図をみる限り、特に冬季に静電気による事故が顕著に増加するとは言えない。

このように、冬季に静電気を原因とした事故が増加する傾向が現れない理由としては、火災発生の危険性が、可燃性蒸気の形成されやすさなど静電気以外の要因にも影響されている点をあげることもできる。しかし、危険物の取り扱いに関連した静電気の発生量が冬季に増加するという予測にも実は疑問がある。すなわち、静電気帯電の種類によっては、必ずしも冬季に帯電量が増加するとは言えないものもある。そうした、静電気帯電現象の一例として、石油が配管中を流動する際に発生する静電気での測定例を紹介する。

図6及び図7は、消防研究所構内の容量約100m<sup>3</sup>のコーンルーフトankを用いて、約2年間の期間にわたって月に1日を定め、各2回同じ条件での充填作業を実施し灯油の流動による帯電の季節的な変動を計測した結果を示している<sup>9,10)</sup>。図6はフィルターを通過する際の灯油の帯電量と油温との関係を示している。この図から、フィルターを流れる油の帯電量は油温が高い程増大することがわかる。図7はタンク内の蓄積電荷量と油温の関係を示している。この図から、タンク内に蓄積される油の帯電量と油温との間に明確な関係は見られないものの、油温の上昇とともに若干増加する傾向があることがわかる。この実験用タンクは屋外に建設されており液温の制御は行っていない。したがって、これらの図で液温の高い測定データが夏期の、低い測定データが冬季の実験によるデータを示している。すなわち、これらの実験結果から、石油類の流動に伴う静電気帯電については、静電気の発生量及びタンク内への蓄積量の何れについても冬季に増加する傾向はないことがわかる。

水蒸気や高圧の水を噴出させた場合にはきわめて強く帯電するが、もちろん、この帯電現象は高い雰囲気湿度中でも発生する。この他にも、高圧ガスの噴出による帯電など雰囲気中の湿度が帯電量に影響を与えない静電気現象がいくつか知られている。

こうした静電気発生に対しては、静電気は冬季だけのものであるという考えは適用できない。

対象となる現象の規模が大きな場合には油の帯電のような体積的な分布をもつ帯電が、逆に、対象となる現象の規模が小さな場合には人体帯電やポリエチレン

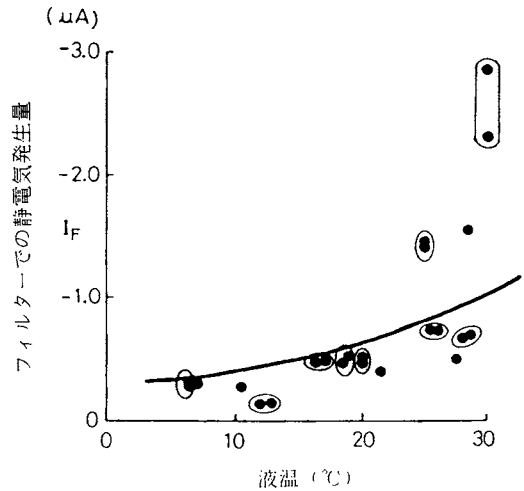


図6 工業用マイクロフィルターにおける静電気発生量と油温の関係

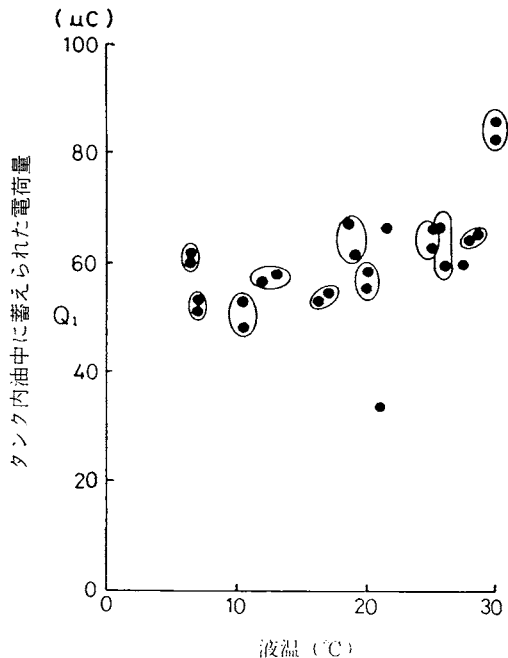


図7 タンク内蓄積電荷量と油温の関係

製容器の帯電のような表面の帯電の方が支配的になる。このため、少量の石油類を低い速度で取り扱う小分け作業の場合は、第2節で紹介したように摩擦によるプラスチックや人体の帯電に比較して、石油類の流動による帯電は着火源としてはあまり重要ではない。そして、これらの表面の帯電は雰囲気湿度の影響を受け、したがって、湿度が低くなりやすい冬季に帯電量が大きくなることは第3節の図4で紹介した湿度と帯電量

の関係から予想されるとおりである。一方、プラントなどでの石油類の取り扱いのように、取扱い量や取扱い速度が大きくなると流動による油自体の帯電も無視できない。消防研究所で行われた容量約100m<sup>3</sup>のコンロフ型タンクを用いた一連の実験研究では、最高で60kVを越える油面電位が測定されており、大容量の石油類を大量に扱う場所では、流動による帯電による危険が無視できないことが示されている<sup>9)</sup>。石油の帯電のような体積的な帯電現象は上述のとおり、高温・多湿の夏期に帯電量が少なくなることはない。

## 5. 静電気対策としての接地

接地は最もよく採用される静電気対策のひとつであり、適切に実施すれば有効な手段であるが、それだけに誤解されている点も多い。よく見かける誤解に、接地することにより帯電を防止できるというものがある。

接地することによって電荷が除去できるのは、「帯電した物体が導体であり」、かつ、「近くに他の帯電物体が存在しない」という条件が満たされる場合に限られる。逆に言えば、帯電している物体の絶縁性が高い場合、あるいは、近くに他の帯電物体が存在する場合には接地によって帯電した静電気を除去することは出来ない。その一例を図8及び図9に紹介する。

図8は接地された金属パイプを油が流動する状況を模式的に描いたものである。金属パイプを接地することによってパイプにたまっていた静電気は除去できるが、油の電気抵抗が高い場合には帯電した油の静電気を除去することはできない。図9は、帯電した水蒸気雲の近くに置かれた導体を接地した状況を描いたものである。この場合、接地した導体の上に静電誘導という現象によって水蒸気雲と反対符号の静電気が現れている。接地を行う本来の目的は静電気を逃すことではなく、導体部分の電圧が上昇するのを防ぐことにある。同じ電圧の導体と絶縁物のそれぞれからの放電を比較すると、導体からの放電の方が着火源としては圧倒的に危険である<sup>11)</sup>。接地された導体は電位が零となり、この危険な導体からの放電を防止することができる。

静電気対策としての接地に関してもひとつ注意を要するのは、静電気対策で要求される接地抵抗の値が一般的な電気回路で言う接地で必要とされる値に比べるとずっと大きな抵抗値でよい点である。実際に10<sup>6</sup>Ω程度の接地でも有効なことが多い。

接地と似てはいるものの、若干、原理の異なる対策に、固定式のタンクにおけるゲージウェルや危険物タンクローリーの静電気災害防止装置のような静電遮蔽がある。

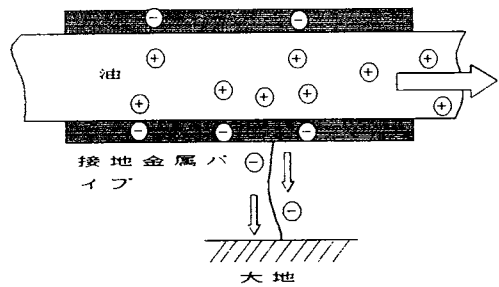


図8 接地金属パイプ中を流動する絶縁性油の帯電

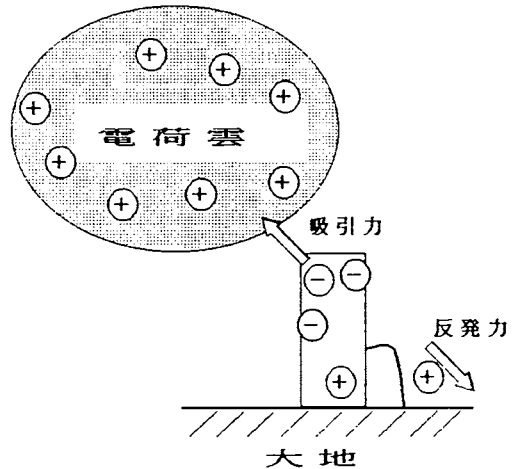


図9 帯電水蒸気雲近くに置かれた接地導体の帯電

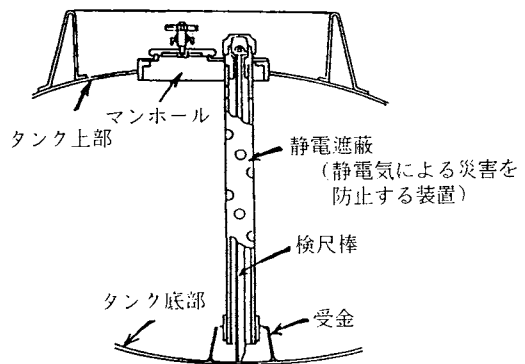


図10 計量時の静電気による災害を防止するための装置の例

油の帯電のように空間的に分布した静電気によって形成される静電場の強さは、空間が大きくなるに連れて強くなる。接地導体によって電氣的に外部から遮蔽された小空間を作ることは、この小空間内部での静電場を弱くする働きがある。図10に示すような静電

遮蔽を設けることは、サンプリングや検尺などの作業を静電場が形成されている可能性がある場所で行う必要がある場合の危険性を低下させるうえで有効な手段となる。

## 6. むすび

静電気は物理学の最も古くからの研究対象であったことから、高等学校の物理の教科書でも基礎的な現象については説明されている。しかし、実際の火災原因としての静電気を理解し、具体的に対策を講じようとした場合には、適当な参考書を見つけることが困難なことが多い。そのためか、日頃より静電気現象に関して、常識が正しい対策を講ずる上での妨げとなっていると感ずることがいくつかあった。

そこで、本稿では静電気対策全般についてではなく、誤っていると思われるいくつかの常識を対象を限って解説を行った。静電気対策に関連した静電気現象の全般については、入手が容易と思われる参考図書類を表3に掲げたので、静電気対策を考える際にはそれらも

参照されたい。

## 参考文献

- 1) 川崎正士：静電気学会誌，7，415（1983）
- 2) 萩原隆一：静電気学会誌，12，31（1988）
- 3) 自治省消防庁：昭和60年中の危険物に係る事故の概要（1986）
- 4) 萩原隆一、木下勝博：火災，25，146（1975）
- 5) 静電気学会：静電気ハンドブック、オーム社、762（1981）
- 6) 松原美之：静電気学会誌，12，61（1988）
- 7) 静電気学会：静電気ハンドブック、オーム社、767（1981）
- 8) 静電気学会液体帯電現象研究会：静電気学会技術報告書第2号，56（1990）
- 9) 消防研究所静電気研究推進連絡会：静電気帯電の災害防止技術に関する調査研究総合報告書（1982）
- 10) 松原美之、川崎正士：火災，32，10（1982）
- 11) 松原美之：静電気学会誌，12，292（1988）

表3 静電気障災害とその対策についての参考図書類

書名	著者・編者	発行所	発行年
静電気ハンドブック	高分子学会	地人書館	1967
静電気の基礎	上田実、増田 閃一 他	朝倉書店	1971
静電気障災害対策ハンドブック(上)	村崎憲雄	マグロウヒル好學社	1977
静電気ハンドブック	静電気学会	オーム社	1981
静電気安全指針	産安研	産安研	1988

## 住宅火災予防運動について (抄訳)

柿田 公太郎

### まえがき

英国のカージフ王立病院の事故救急局小児科のミッチェルマッカーベ氏とヘレンムーア博士の両氏は、自分達の患者の親との面接によって火災予防運動の前と後に火災安全意識が変化したかどうかについて調査を行った。両氏はこれを「火災安全週間は徒勞ではないか。」と題する論文にまとめ、その運動が失敗であったと述べている。この論文は住宅火災予防に関するものであり、我が国においても積極的に推進されているところであるから、この論文の抄訳を行った。

### 1 調査の目的及び方法

火災予防運動は、1989年10月23日-10月29日におたって行われた。この運動が市民の意識の高揚にどれだけ効果があったかどうかについて調査を行った。526人から、運動の1ヵ月前と1ヵ月後に、それぞれ299人、227人に次の質問をして意識の変化を調査した。

- (ア) 住居の広さ
- (イ) 子供の数と年齢
- (ウ) 持ち家か借家か
- (エ) 暖房の種類
- (オ) ポリスチレンタイルの使用の有無
- (カ) 調理室のカーテンの有無
- (キ) 家庭内の喫煙者の数及びベッドで喫煙するか否か。さらに次ぎの質問をした。
  - (ク) 火災で最も恐ろしいのは、煙か炎かまたはその他のものか。
  - (ケ) 消火マット、消火器または煙感知器があるか。
  - (コ) いつも居る所は何処か。煙感知器があるか。
  - (ク) 最近、店で煙感知器を見たか。
  - (セ) 家庭で煙感知器を設置するには、何処が適当か。
  - (ソ) 火災のとき窓の鍵は簡単に開くか。
  - (タ) 火災予防運動のスローガン「燃やさないことを学ぶ。」を聞いたことがあるか。

### 2 住宅火災の背景

英国では、毎年数百人が住宅火災で死んでいる。1988年には6万4,200戸の火災で732人が死に、1万178人が負傷している。死傷者の多くは防げるも

のだった。着火源の主なもののは喫煙道具、暖房器具又はマッチ等である。煙及び毒性ガスは火災の初期に生命を脅かす。このため、初期の警戒システムの欠陥は死者数を増加させる。火災に注意すること、初期に発見すること、消火設備を設置することは、人々の無駄な死傷を防ぐことになる。

火災予防運動の主たる問題は、それが必要な人々に、如何にして情報を与えるかである。消防局及び内務省が行った運動は効果をあげてきた。1980年に喫煙者に対して「それを消すことが出来なくなる前に消せ。」と言うスローガンで大きな成果をあげた。1983年にはポテトチップの運動を行い、じゃがいもの唐揚げ火災を減少させた。

### 3 結 果

調査の結果、1989年の火災予防運動は失敗し、政府の火災安全に対する姿勢の責任が大きく問われた。運動後に質問した227人のうち、たった34人(15%)が運動が行われたことを知っていたに過ぎない。526人のうち188人(36%)の家庭が煙感知器を設置していた。設置しない理由は、これで充分だと言う満足感、費用が高いと感じていること、そのようなものはいらないと言う無視が原因である。持ち家の41%、公営住宅の24%、賃貸住宅の20%が煙感知器を設置していた。煙感知器を設置してない人の理由は、費用が高いが85%で無価値と考える人が15%であった。消火マットを持っている人は8%、消火器を持っている人は22%であった。火災の時に窓の鍵が開けられない家庭は25%であった。

喫煙者のいる家庭では60%、ベッドで喫煙する家庭では56%が灰皿の掃除をしていた。

煙感知器の設置率は、一般的に持ち家が高い値を示し、賃貸住宅及び公営住宅は低い値であった。例外としてラルムニイ地区(公営住宅の多数ある地域)の公営住宅は高い値であった。

### 4 効 果

国の火災予防運動はあまり効果がなかったようである。国営テレビ、国営ラジオ及び地方新聞で報道したけれども、運動を知っていたのは15%であった。商業

テレビで放送しなかったことを心に留めなければならぬ。いくつかの大きいニュース（大蔵大臣の辞任、東ヨーロッパの出来事、有名なラグビーチームの遠征等）とが競合してしまった。

煙によって死ぬのが一番恐いと質問に答えたのが95%であったことは頷ける。この情報は前の運動の目標であった。天井にポリスチレンタイルを張るのを諦める人が8%あった。ポリスチレンタイルが火災のときに毒性ガスの発生源であることが認識されている。調理室との間にカーテンで仕切っている家庭が8%あることは、火災予防上懸念される。

煙感知器があると答えた人の割合は36%と低い値に止まっている。持ち家の人は公営住宅又は賃貸住宅より高い値である。驚くべきことに家主の火災予防の関心は、彼らの財産が火災によって灰になってもよいと思う程に低い。

カーディフ市議会は全ての公営住宅に煙感知器を設置する政策を持っている。この政策は高層マンション、老人施設から出発した。このことは何故ラルムニイ地区に煙感知器を持つ家庭が高い割合であるかを示している。

一般的に言って、この政策が、運動の成果に関するこの研究の結果に、大きな効果を与えてくれそうもない。費用は家庭用感知器の設置を妨げる大きな理由である。しかし、多くの煙感知器の一組の値段は10ポンド以下である。消火器を持っている家庭の値は消火マットを持っている8%に比べると高い。無関心さは、緊急のときに開くことの出来ない窓の鍵を使用している家庭が25%もあることにも表れている。窓の鍵の設計は特に二重ガラスをはめる人達に問題がある。家庭で改良すべき簡単な手段は、多くの家庭に受け入れられている。しかし、なお徹底すべきである。窓の鍵もそうだし、喫煙者の灰皿もそうである。喫煙者で最大の危険は、酒を飲んで喫煙することである。1988年中に喫煙に関係する火災で282人が死んでいる。

## 5 火災予防運動の前後に差がない。

店で最近煙感知器を見たかどうかを尋ねたとき、運動の前と後には大きな差がなかった。運動の後、店に煙感知器の在庫には変化がなかった。このことは統計上有意でないことである。小売商が運動中に判り易い位置に煙感知器を置いていた。大手メーカーのうち一社が情報を流して値下げをせずに商品を展示して販売をしていた。

家庭で煙感知器の位置が適当であるかについては、多くの人達がホールや踊り場が適当であると選択した。これらの位置は消防及び製造者にとって推奨できる。調理室に煙感知器を設置している人は心配で、最初に選択する場所として調理室にし、その後に設置しない人が24%あった。最初に調理室を選び、その後に場所を変えて設置している人はこのうち12%であった。調理中の誤報のために機器を切断したり、場所を変えているらしい。煙感知器の購入を妨げる主な要因として費用が考えられるが、多分、保険会社が煙感知器を設置したら住宅火災予防政策上保険料を安くし、設置をより増加させることが出来るであろう。また法律によって賃貸住宅の家主に煙感知器を設置させる規定を設けるべきであろう。

## 6 結 論

火災予防運動は市民の意識を高揚するのに失敗した。将来の運動が家主に向けられ、また窓の鍵の設計のような特殊な又は具体的な目標が必要になるであろう。広報も改善されることが必要である。一般向けテレビジョンのゴールデンタイムに広報が重ね合わないようになければ、市民の同意が得られそうもない。広報は大変な費用である。火災安全がそれぞれの家庭で最優先されるべきための情報の提供を行うには、十分な資金が必要である。

### 抄訳文献

Mr Michael McCabe and Dr Helen Moore: Fire Prevention, Vol. 232, pp. 12-14, (1990)

## 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。

通巻71号 (1991年 3月)

#### 東京湾岸で観測されるやや長周期地震動の特徴 —1990年 2月20日伊豆大島近海の地震—

座間 信作

1990年 2月20日伊豆大島近海の地震では、東京湾岸とその周辺の観測点でやや長周期地震動の卓越した記録が得られた。この記録の解析からこの長周期成分は8秒前後に卓越周期を持つLove波であり、震央距離の増大とともに成長していることが明らかになった。

またLove波の伝播方向は震央方向とは異なっていること、千葉県側で明瞭な反射Love波がみられ、それが不規則な基盤構造の影響であることなどが判明した。

#### 地震火災の時間的発生分布について

関沢 愛

関東大地震、福井地震、1968年十勝沖地震の火災事例で、出火原因及び出火時刻が判明している火災データに基づいて、地震発生後60分以内の出火原因別・時間経過別の火災発生累積頻度分布を求め、これについてワイブル分布による近似を行った。その結果、ワイブル分布による時間別地震火災発生確率の推定値と過去の火災データによる実績値とはきわめて高い相関を示し、かなり良い一致を示すことが分かった。また、季節・時間帯別の出火原因内訳比率を考慮した地震火災の時間的発生分布のワイブル近似を、「冬の夕方」及び「夏の夕方」について行い、これらを利用して地震発生時に地震後初期の火災情報に基づいて、リアルタイムにその後の火災発生状況を推定する方法を検討した。

#### 火災性状把握システムに関する研究 (その2)

—ファジィロジック導入による非火災報低減効果—

河関大祐、佐藤晃由、竹元昭夫  
野村淳二、栗尾 孝、中西慎治

本研究は自動火災報知設備の信頼性の一層の向上を図るとともに、火災の性状を的確に把握できる「火災性状把握システム」を試作することを目的としている。ここでは、散乱光式センサー、熱センサー及びイオン化式センサーの3種類1組のセンサーを用い、ファジィ・エキスパートシステムにより、火災と非火災現象を識別する可能性の検討を行った。

実験の結果、上記のセンサーとファジィ・エキスパートシステムにより、発炎燃焼、くん焼、湯気、及び喫煙の識別が可能であり、火災性状把握システムの信頼性の一層の向上を図る上で有効であることがわかった。

#### トンネル内における液体燃料の燃焼性状について

—小型模型によるn-ヘプタンの火災実験—

渡部勇市・宮崎早苗

トンネル内での液体燃料火災の燃焼速度の基本的特性について調べるため、n-ヘプタンを燃料とした小型トンネル模型による火災実験を自然換気の状態で行った。主にトンネル断面の大きさと燃焼速度の関係について調べ、天井等から燃料への放射熱及び流入空気による燃焼速度への影響について検討した。

その結果、小型模型サイズにおいては、 $B \cdot H^{3/2} / A_f$  ( $B$ : トンネル幅m、 $H$ : 天井高さm、 $A_f$ : 燃焼皿の面積 $m^2$ ) が約  $8 m^{1/2}$  で燃焼速度は最大となり、開放空間での燃焼時に比べ約7倍も大きい燃焼速度となった。その時の天井および火災から燃料への放射熱は約  $147 kW / m^2$  にも増加した。また、天井に沿って流れ出す火災の長さは、天井の高さの約6倍にまで伸びた。

#### CF<sub>3</sub>Brを添加した同軸管内拡散火災の安定領域

佐宗祐子

ガス系消火剤の消火性能方法として、ISO提案のカップバーナー法よりも小規模の同軸バーナー法で消

炎濃度が測定できる可能性をさぐるため、カップバーナーと類似の同軸バーナーを用いて、3種類の気体炭化水素の同軸管内拡散火炎にCF<sub>3</sub>Brを添加し、同軸バーナーの管径と可燃性気体の流速の違いにより火炎の安定領域、消炎付近での火炎の状態および消炎濃度がどのように変化するかを調べた。同軸バーナーの管径とメタン、プロパン、エチレン各気体炭化水素の流速は、火炎の安定領域の大小、非安定領域における火炎の挙動および消炎濃度に変化を与えた。これらの変化について、火炎からバーナーへの熱損失、燃焼速度の低下、加熱壁の存在等の保炎・消炎機構の寄与を考察した。

通巻72号(1991年9月)

窒素含有物が過半を占める収納物の火災時における発生ガスの毒性分析

守川時生、箭内英治、岡田建夫  
佐藤喜宣、津田征郎

2階建て耐火住宅用建物の1階の1室において窒素含有物が過半を占める収納物の火災実験を行ない、発生ガスの毒性、特にHCNによる毒性を2階室で調べた。その際、収納物には燃焼性の最も高いものの1つである繊維製品を主に選んだ。火災時の有毒ガスとしてはCOとHCNが主たるものであり、特にHCNは窒素を含む物質の燃焼時に発生することは基礎実験によって明らかにされている。今回実施した実大規模火災においても、窒素を含む収納物の量が多いとき、HCNによる致死効果の大きいことがガスの化学分析とガスへの動物ばく露実験によって確かめられた。

気象庁1倍強震計記録に見られるやや長周期地震動の地域特性(その1)

座間信作

石油タンクのスロッシングに影響を及ぼすやや長周期地震動の地域特性を把握するために、苫小牧、新潟、東京、館山、大阪、大分の気象庁1倍強震計記録を収集し、卓越周期、潜在的危険度について検討を行なった。卓越周期は、観測点、震源地により異なることが明かとなった。また、震源地区分内の地震波形を示すことにより、定性的ではあるが、個々の観測地点に影響を及ぼすと考えられる震源地を特定することができた。

トンネル内における液体燃料の燃焼性状について

(その2)

—トンネル内温度と燃焼速度の関係—

渡部勇市・宮崎早苗

トンネル内における液体燃料火災時のトンネル内温度と燃焼速度の関係を調べるために、n-ヘプタンを燃料とした小型トンネル模型による火災実験を自然換気の状態で行った。トンネル内の天井温度、熱気流温度および燃焼皿直上の火柱温度を測定し、天井面、熱気流および火柱から液体燃料への放射伝熱量の計算を行った。計算した放射伝熱量から燃焼速度を求めたところ、先に実測した燃焼速度とはほぼ一致したので、天井温度、熱気流温度、火柱温度からトンネル火災における液体燃料の燃焼速度を推定できることが分かった。



## 消防研究所「月例研究会」要旨

[平成3年1月14日]

消火泡の弁・曲管圧送時における圧力損失：林幸司、平賀俊哉

大気圧下で発泡倍率4倍の泡が、0.5～5.0kgf/cm<sup>2</sup>の圧力下で呼び径40Aの弁・曲り管などの配管継手類内を流れるさいの流量と圧力損失の関係について調べ、次のことがわかった。

- (1) 各配管継手類内に消火泡を流したときの圧力損失は、同一管径管路内に水を流した場合の直管長さ換算で逆し弁が約2.1m、ティとロングエルボが約1.3m、仕切弁が約0.8mであった。
- (2) 配管継手類を通過した消火泡は、再発泡される。

リモートセンシングデータの林野火災分析への活用：稲垣實、田村裕之、山下邦博

主として人工衛星に搭載されたセンサからのデータを使った林野火災の分析法について述べた。ランドサットの場合センサは7バンドで可視光から熱赤外までカバーしている。植物の分光反射特性曲線はその活性度によって変化するので衛星のセンサからの各バンドのデータを比較することによって地上の植物の育成状態を知ることが出来る。この方法によって神奈川県湯河原町、岩手県久慈市、福島県埴町等の林野火災の焼損地域の判定、焼損面積の推定を行った。

救急車の適正配置—船橋市の場合—：寒江幸平

千葉県船橋市の一部の地区についての種々の方法による救急車の適正配置の計算結果を述べた。その方法は、総駆けつけ距離を最小にする方法、一定時間内に救急サービスを受けられない人口を最小にする方法及び救命率を最大にする方法の三方法である。現実の配置は、総駆けつけ距離を最小にする方法による配置とほぼ同じであった。総駆けつけ距離を最小にする方法は、統計的決定理論におけるベイズ戦略に当たり、メッシュの重心を求めることによって、計算の簡略化ができた。

[平成3年3月11日]

建物火災研究分野における模型実験と相似則：山田常圭

建物火災の研究で用いられる3つの主要な相似則の導出とその使用事例の紹介を行った。この内最もしばしば用いられるものは、浮力と慣性力の関係から導かれるフルードモデルと呼ばれ、熱気流の研究を進めるのに貢献してきた。その他、圧力を大気より上げて実験を行う圧力モデル、熱気流のかわりに塩水等密度差の異った媒体を用いる類推モデルが建物火災の研究分野で使用されてきた。各々一長一短があるため、対象とする現象によって使い分ける必要がある。

繊維製品火災時における有毒ガスの発生とその毒性：守川時生、箭内英治、他

2階建て耐火住宅用建物の1階の1室において窒素含有物が過半を占める繊維製品の火災実験を行い、発生ガスの毒性、特にHCNによる毒性を2階室で調べた。火災時の有毒ガスとしてはCOとHCNが主たるものであり、特にHCNは窒素を含む物質の燃焼時に発生することは基礎的に明らかにされている。今回の実験においても窒素を含む可燃物の量が多いとき、HCNによる致死効果が大きいことが化学分析とガスへの動物ばく露実験によって確かめられた。

プラスチック火災の消火：高橋哲

10種類のプラスチックについて、二酸化炭素消火器による消火実験を行い、消火容易性の序列をつけ分類した。また、二酸化炭素で希釈した空気中での消火限界酸素濃度を測定し①実際実験の結果との比較②燃料の集積度及び

予燃時間との関係の測定を行った。その結果、予燃時間及び集積度が増す程、酸素濃度の低下する事実が明らかになった。これ等の現象の理由を、種類毎の物性に関連させて考察した。

〔平成3年4月8日〕

#### 石油貯槽の経年損傷と寿命予測：亀井浅道

板厚貫通腐食孔の発生時点を石油タンクの寿命とみなし、その寿命に関与する因子と寿命の評価法を調べた。はじめに、実測された腐食深さの分布から最大深さが推定できる事を示した。次に底板裏面の最大腐食深さの評価手段として極値解析法が利用できる事を述べた。最後に石油タンクの寿命を評価すると、その分布はワイブル分布で与えられる事を示した。

#### 原油火災のすす収率の規模依存性：古積博

原油火災から生じる無次元すす量としてすす収率 $\epsilon$ を定義し、その火災規模依存性について消防研究所と米国標準技術研究所(NIST)が最近行った実験結果をまとめた。消防研究所での直径1m及び3mのタンクの実験では、 $\epsilon$ はそれぞれ0.1及び0.15であった。NISTでの直径0.4m及び0.6mのタンクでの実験では、 $\epsilon$ は0.09、また、直径6m及び15mのタンクでの野外実験では $\epsilon$ はそれぞれ、0.15及び0.2となり、規模が大きくなると共に $\epsilon$ は大きくなる事が判った。

#### 火点放射式簡易自動スプリンクラーについて：佐藤公雄、佐宗裕子、笹原邦夫、平賀俊哉、金田節夫、河関大祐

大量な水道水の放水が期待できない住宅でも使用できる、室内での出火点を的確にキャッチし、その場所に少量の水を効果的に散水し消火する住宅用の簡易自動スプリンクラーの開発試作を行い、消火実験により十分な消火性能を持つことを確認した。しかし、この試作機を実用化するためには、さらに小型化し、簡素化する等の課題が残っている。この装置の基本構想は以下の通りである

- (1) 検知部分：8ヶの赤外線検出素子からなる
- (2) 駆動部：回転機構のみをもつ
- (3) ノズル：一方向にのみ集中的に散水する
- (4) その他：消火終了時に散水を自動的に停止する機構を持つ

〔平成3年5月13日〕

#### 日立市の林野火災の被害状況について：山下邦博

平成3年3月7日に茨城県の日立市で発生した林野火災について、火災の延焼状況と気象条件、地形及び林況の関係について報告し、この火災は多くの悪条件が重なって拡大したことを指摘した。また、各地点の樹木の被害状況について報告し、リモートセンシングデータを用いて被害範囲を推測する場合に判別誤差の原因となる森林被害について述べた。

#### 煙中での床面埋込み光源の点滅走行による誘導効果：山田常圭、神忠久

床面埋込み光源を点滅走行させ避難誘導効果を高める新型の誘導灯の性能試験結果を報告した。性能試験は、煙を充填させた廊下内で十数名の被験者が誘導効果を判定する形で実施された。その結果、避難可能な煙中（約煙濃度で $0.4\text{m}^{-1}$ ）では、誘導効果が殆ど減じないことが判った。また、点滅走行速度、間隔を変えた試験を行い、点滅走行速度が速すぎると、ある間隔条件下で逆走して見えることがあり、誘導効果が減じることが判った。

〔平成3年9月9日〕

#### カップバーナー下流の流れの粒子軌跡法による観測：斉藤直、佐宗祐子、岩田雄策

カップバーナー法によって求まる消火剤の消炎濃度は、バーナー規模の影響を受ける。この原因について、バーナー周囲を流れる空気流速、消炎時の燃料液温、カップバーナー上端付近の流れ場を調べ検討した。

その結果、カップバーナー下流に形成される渦による保炎が影響していると推定された。

**繊維織物の高度難燃性能の評価—主に熔融性繊維織物について—：箭内英治、斎藤直**

熔融性繊維織物について高度難燃性能試験装置を用いて燃焼試験を行い、これらの試料の難燃性能をランク付けして評価した。また、ここで提案した燃焼試験と他の燃焼試験との相関を検討した。その結果、現行防災試験との間には整合性が認められた。非熔融性試料では、ISO着火性試験と相関があった。しかし、軟化収縮性、熔融性試料の着火性試験には、問題があり、比較できるデータは得られなかった。JISの酸素指数法とは、ほとんど関連が認められなかった。

**実大規模火災実験における難燃材料からの有毒ガス発生とその毒性：守川時生、箭内英治**

2階建て耐火住宅用建物の1階の1室に難燃性建材、合板、ポリイソシアヌレート板、発泡PS板、発泡PVC板、発泡フェノール樹脂板を個別に非難燃物質と混在収納し火災実験を行った結果、1)2階室における毒性はフェノールとPS板の場合に最も低い、2)建材が関与しない火災でも、2階室における毒性は致死に十分大きいことがある、3)HCNは致死の主因といえるほど大きい、4)FEDモデルの計算値は実測値にかなり近いこと、等が分かった。

〔平成3年10月14日〕

**タンク内蓄積電荷の挙動に与える規模及び形状の影響：松原美之**

帯電油が流入するタンク内の電荷蓄積課程を一般化双曲線則に従う導電率変化を仮定してモデル化し、タンク規模と油面電位の関係について検討した。その結果、油面電位はあるタンク規模で最高となり、それ以上では逆に低下する傾向が現れることが示された。また、流入停止後の油面電位減衰過程を油面電荷の形成と油面での電気伝導を加味してモデル化した結果、減衰速度がタンク規模の増大とともに低下すること、縦横比等のタンク形状の影響を受けることが示された。

**微小部X線回折測定における $K\alpha_1$ ・ $K\alpha_2$ 解析分離法の一提案：天野久徳、亀井浅道、山田寛**

X線回折データから残留応力や疲労損傷を評価するために半価幅を用いることが多い。ところが、微小部の回折測定においては $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ の回折線が重なり正確な半価幅を求めることは難しい。

そこで $K\alpha_1$ と $K\alpha_2$ の回折強度比をパラメータとした基礎式と解析法を提案した。この方法を実験データに適用した結果、微小部X線回折データを従来より精度よく解析することが可能になった。

〔平成3年11月11日〕

**地下構造と長周期地震動—その7 気象庁1倍強震計記録にみられるやや長周期地震動の地域特性(II)—：座間信作**

苫小牧、新潟、東京、館山、大阪、大分の各気象官署の1倍強震計記録を収集し、石油タンクのスロッシングに影響を及ぼすやや長周期帯域(数秒～十数秒)の地震動の卓越周期及び潜在的危険度に関する検討を行った。その結果、日本とその周辺を15の地域に分けてみた震源地毎の卓越周期は、震源地、観測点により異なっていることが明らかとなった。また振幅、振動継続時間から、観測点に影響を及ぼす震源地を定性的にはあるが、絞りこむことができた。

**地下構造と長周期地震動—その8 アナログ地震記録の読み取りシステムについて—：座間信作**

石油タンクのスロッシングに影響を及ぼす周期帯域(数秒～十数秒)の地震動を精度良くかつ長期間記録している気象庁1倍強震計記録を数値化する目的で、従来のディジタイザーを用いる方法の代りに、スキャナーを用い、画像処理により半自動的に波形を追跡するシステムを開発した。画像処理はパソコンで幾つかのウィンドウの中で進められる。このシステムで読み取った波形データとデジタル記録された波形とを比較した結果は良い一致を示した。

**地下構造と長周期地震動—その9 1990年2月20日伊豆大島近海地震の東京湾周辺におけるやや長周期地震動特性の再検討—：座間信作**

標記地震について、東京湾周辺の20地点の観測記録の解析から、やや長周期帯域の地震動特性、特に波動伝播特

性について検討した。その結果、ほぼ全点で周期7～8秒の波動が卓越し、それがLove波であること、その到来方向は震央より西側に偏ること、主な波群が観測点によっては3つ認められ、震動継続時間は100秒にもなることが明らかとなった。また、主な波群の到達時刻と粒子軌道とから導いた波動伝播過程は3次元の不均質な地下構造の影響を受けていることを示した。

#### 耐爆試験装置内で行うBAM 50/60鉄管試験法：那波英文、長谷川和俊

BAM 50/60鉄管試験を実験室内で行うため、耐爆試験装置を設計、製作した。この試験装置は鋼製容器に木材の内張りを施したものである。更に鉄管の周囲に砂の層を作る方法で、容器自体が損傷を受けるのを防いだ。この装置を用いて、2.4-ジニトロトルエン0.7kgおよびニトロメタン1.0kgの鉄管試験を安全に実施することができた。

〔平成3年12月9日〕

#### 空調が行われている室内における火災感知-各種空調方式と煙の拡散性状に関する数値シミュレーション：佐藤晃由

空調状態にある室内での火災感知は、無風状態に比べて遅れる場合のあることが予想される。5.4×5.4×2.45mの室内における水平吹き出しエアコンによる実験の結果、天井付近の煙濃度は空調流により希釈され、天井中央の感知器での煙濃度の上昇は無風状態に比べて遅れることがわかった。また、各種空調給排気方式と火災熱煙流動性状に関する数値計算の結果、特に垂直下降吹きだし口の近くで火災が発生した場合などに、天井に到達する煙濃度は大幅に薄くなる場合もあることなどがわかった。

#### オキシムの圧力容器試験：長谷川和俊、那波英文

自己反応性に基づくオキシムの危険特性およびPVT（圧力容器試験法）の問題点について論議した。8種のモノオキシムと1種のジオキシムについて調べた。US PVT試験ではいずれのオキシムも最も安全と評価された。新たに設計製作した密閉型PVTでは、いずれも急速分解が起こり急激な温度および圧力上昇を呈した。熱分析の結果と密閉型PVTの結果との相関性を論議した。従来型のPVTはその結果を実際の安全対策に結び付けるには必ずしも適当ではなく、密閉型PVTの方が優れていることが判明した。

消 研 輯 報 第 45 号

平 成 4 年 3 月 印 刷

編 集 者 兼  
發 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 藏 野 三 鷹 (0422)44局 8331