

# 消研輯報 37

## 〔グラビア〕

- 車が放置された交差点内における群集流動実験
- 防火木造建物の火災実験
- 耐火造集合住宅の合同火災実験
- 石油タンク火災時における高温層内部の挙動

## 〔解説〕

- 火災の損害と消防の費用
- 石油タンクにおけるドレンピット構造の安全性について

## 〔野外実験〕

- 消防隊の木造建物に対する予備注水時間の測定
- 車が放置された交差点内における群集流動実験
- 防火木造建物の火災実験
- 耐火造集合住宅の合同火災実験

## 〔研究〕

- 延焼モデルに飛火の機能を組込む方法について

## 〔事故と調査〕

- 昭和57年浦河沖地震による地下危険物施設の被害

## 〔紹介〕

- 米国・カナダの火災ガス毒性に関する研究施設を  
調査して
- 横浜市消防局研究開発課
- イタリアの空中消火

## 〔月例研究会・報告会〕

—昭和57年10月～昭和58年9月—

# 消研輯報

37号

## 目 次

### [グラビア]

- 車が放置された交差点内における群集流動実験
- 防火木造建物の火災実験
- 耐火造集合住宅の合同火災実験
- 石油タンク火災時における高温層内部の挙動

### [解 説]

- 火災の損害と消防の費用.....(5)
- 石油タンクにおけるドレンビット構造の安全性について.....(13)

### [野外実験]

- 消防隊の木造建物に対する予備注水時間の測定.....(17)
- 車が放置された交差点内における群集流動実験.....(21)
- 防火木造建物の火災実験.....(23)
- 耐火造集合住宅の合同火災実験.....(24)

### [研 究]

- 延焼モデルに飛火の機能を組み込む方法について.....(25)

### [事故と調査]

- 昭和57年浦河沖地震による地下危険物施設の被害.....(27)

### [紹 介]

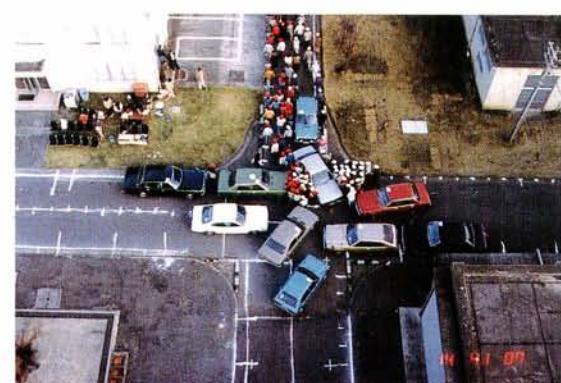
- 米国・カナダの火災ガス毒性に関する研究施設を調査して.....(33)
- 横浜市消防局研究開発課.....(37)
- イタリアの空中消火.....(16)

### [月例研究会・報告会]

- 昭和57年10月～58年9月——.....(38)

# 車が放置された交差点内における群集流動実験

(本文参照)



交差点に車のない場合の群集流

交差点に車が放置された場合の群集流

# 防火木造建物の火災実験

(消防研究所構内の排煙処理装置付消火実験棟建設予定地にあり用途)  
(廃止した建物を利用して実験が行われた。)



実験の準備状況



発生ガス濃度の測定装置



点火約3分後の実験建物南側の状況  
水の蒸発による輻射強度の測定実験が行われた。



点火約4分後の実験建物北側の状況  
樹木による防火効果を調べるため、木が植られている。



隣接建物に対する注水効果試験



被災棟内に置かれた核燃料輸送容器・モデルの  
実験終了後の状況

# 耐火造集合住宅の合同火災実験

(江東区の都営住宅敷地内にある解体予定のPCコンクリート造4階建物)  
を利用して実火災実験が行われた。



点火箇所と付近の様子



点火後1分の様子（建物南側）



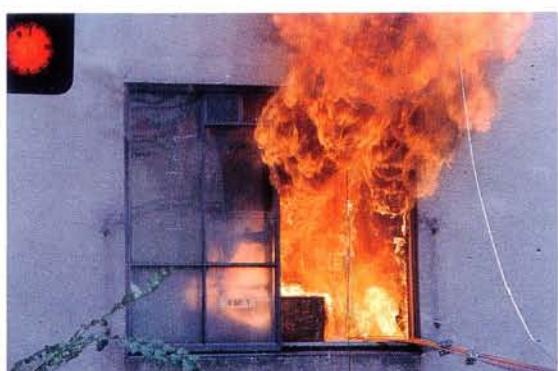
点火後18分 窓ガラス破損直前（建物南側）



点火後22分30秒 直上階のバルコニーにあるふとんに着火延焼している様子（建物南側）



点火後40秒 出火箇所の押入から伸びた炎が天井面に達している様子（建物北側）



点火後1分40秒 フラッシュオーバー直後の炎の噴出の様子（建物北側）

# 石油タンク火災時における高温層内部の挙動

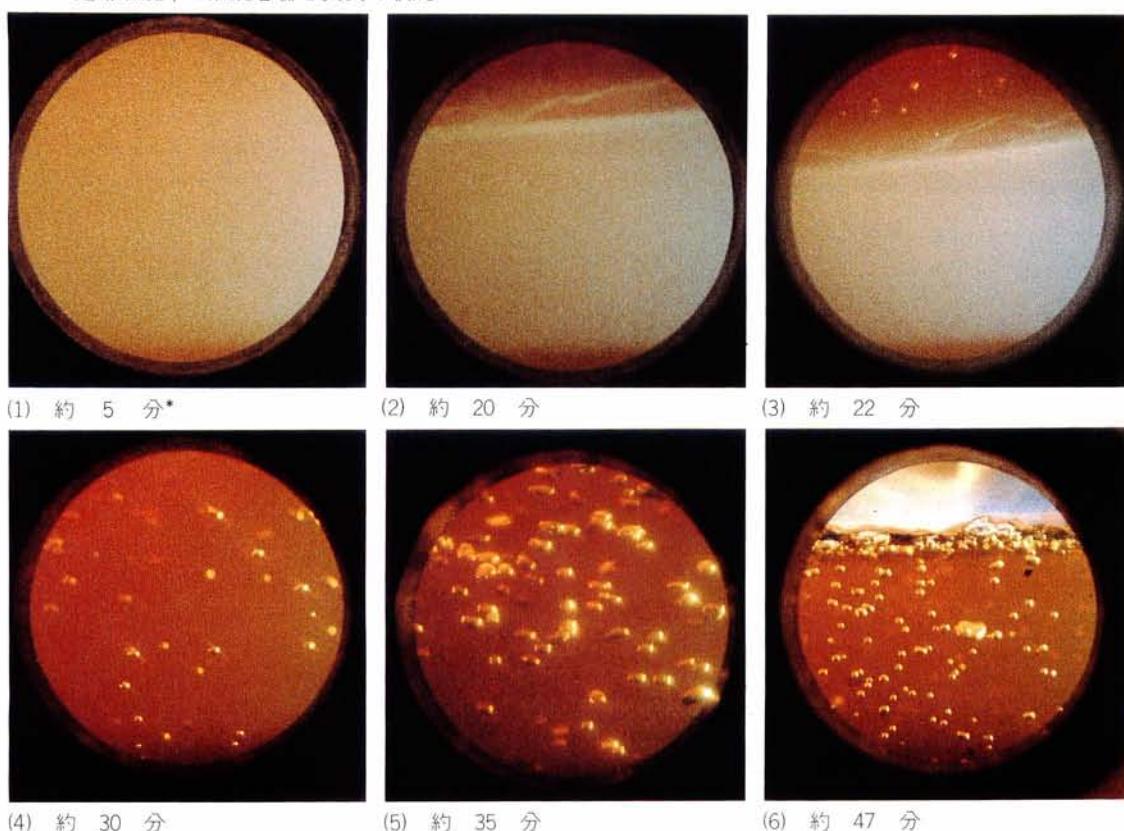


定常燃焼中の燃焼容器と火炎の状況

タンク火災において、ボイルオーバーが起きるときの高温層内部の挙動を示す。深さ480mm、口径570mmの鋼板製燃焼容器に、混合燃料油（軽油80%、ガソリン20%）を、深さ225mm入れて実験を行った。写真(1)～(6)は、燃焼容器底部より145mmのところで直径40mmの窓から観測された油液内部の状況を示す。

- (1) 点火前と比べてほとんど変化していない冷温層内の状況。
- (2) 上部の濃い茶褐色が高温層、下部の淡い茶色が冷温層、その間の傾斜している直線が境界面である。境界面が、揺らいでいるのが見られる。
- (3) 境界面上部の高温層内から、気泡の発生が見られる。
- (4), (5) 高温層内部における気泡の発生、成長および上昇が見られ、油液の攪拌が行われている。
- (6) 油液表面が現われ、ここで気泡が破れて、燃料油の蒸発など激しい動きが見られる。

（神楽所弘、長谷川和俊）



注) \*時間は点火後の経過時間を示している。

# 火災の損害と消防の費用

## —外国との比較—

中川 登

ヨーロッパ12ヶ国と我国における火災の損害と消防の費用を比較してみた。その結果、火災の損害と消防の費用の合計は凡そ夫々の国のGDP(GNP)の1%前後であり、その内容を7項目にわけ、夫々の占める割合をしらべると、ヨーロッパ各国で多少の差はあるが平均すると直接損害は全体の約30%、間接損害は5%、人的損害は5%、消防隊の費用は15%、消防用設備等30%、保険業務費15%、研究公報費は1%以下であった。これに比べ我国では直接損害は少く、消防隊の費用は多かった、この理由について若干の考察を行った。

### 1. 火災と消防の経済

消防の費用はどのくらいが適當か、火災の損害に比べて消防或は防火の費用が多過ぎないか、このような消防の効率や経済性について論じられるようになった。確かに消防の予算をふやして消防力を増強し、建物にスプリンクラーや自動火災警報機をとりつける等、火災対策を進めれば火災の損害を減らすことはできるであろう。しかしこの費用も或程度以上ふえれば、投資額の割には損害は減らなくなり、どこかに最も効率のよい投資額が存在する筈である。

火災対策に同じ費用を使う場合、公費による消防力を増強するのがよいか、建物等の消防用設備等を強化するのがよいか、という問題になると、単に技術的或は経済的な問題だけではなく、建物の所有者や企業の火災発生や賠償の責任等に関し、法律や経済学上の重大な問題になったり、或は消防隊の火災以外の業務についても考慮する必要がある、最適の比率を求めるることは容易ではなさそうである。

そこでこの問題を正面から追求せず、大凡その解答を得るために、諸外国の情況と比較して我国の火災関係の費用が適當であるか否かを考えてみることにした。ヨーロッパ諸国では永年の経験の結果、夫々の国情に適した割合で費用を負担しているか、或はその割合に近づいて来ているであろうと考えられるからである。この結果と我国の情況とを比較すれば、或程度の結論は得られる筈である。

ところが、火災の損害や消防の費用に関する統計は極めて少なかったが、数年前、英国のSussex大学の

現代ヨーロッパ研究所において、T.WilmotはGeneva協会からの援助によりヨーロッパ各国の実情を調査し、その結果を発表しているので<sup>1,2)</sup>その報告を中心にして我国の現状とを比較してみることにする。この比較は「消防の経済」と題して前に紹介したことがあるが<sup>3)</sup>、新しい数字も含め改めて紹介することにした。

Wilmotはその中で火災のcostという言葉を使っているが、costには損失という意味と、費用という意味があるので、ここでは火災の損害と、火災対策の費用（消防の費用）とわけて考えることにする。このうちWilmotは火災の損害として直接損害、間接損害及び人的損害の3項目に、火災対策の費用としては消防隊の費用、建築防火或は消防設備等の費用、火災保険費用、及び研究広報費の4項目にわけ、夫々について1970～75年の統計を基に検討している。ここでも同じ項目について我国の数字を推計し、米国等の損害も併せ比較しながら検討してみることにする。

### 2. 火災損害

#### 2.1 直接損害

火災の損害として最も重要であるのは焼失等による直接損害である。ところがこの損害額の統計の発表されている国は非常に少い。共産圏諸国では火災統計は全く発表されていないし、アフリカ、南米諸国、ヨーロッパでもスペイン、ポルトガル、ユーゴースラビヤではわからない。このためWilmotも“火災統計なんて実際にあるのか”と嘆いている。

そこでWilmotは火災の損害額を火災保険の支払額から推定している。ところが火災保険はすべての者が

損害が生じる他生産活動も止まり、その為に収入がなくなる。この損失が間接損害である。商店が焼ければ商売ができなくなり、売上げは減少する。その代り近所の競争相手の商店では売上げがふえることになる。このような場合、焼けた商店からみれば損失になるが、競争相手からみれば収入がふえることになり、全体としてみれば売上げ減による損失はなかったことになる。このため Wilmot は商店の売上減によるものを除き、生産活動の停止による損失のみを間接損害とした。

間接損害は直接損害より更に評価し難い。間接損害は火災保険で支払われることもある。しかし統計では通常直接損害と一緒にになっており、間接損害分が別に出ていることはない。Wilmot は損害の実態をしらべた結果、上にあげた意味での間接損害は通常考えられている間接損害の半分又はそれ以下であると結論づけている。このようにして求めた間接損害額を直接損害額の比として表 1 に併せ載せておく。この表からみれば、間接損害は直接損害の約25%になっている。なお、その後1979~80年の調査ではこの比は

デンマーク	フランス	イギリス
0.12	0.31	0.56

となり、1970/75年の比と若干違つて来ている。年により、国によりこの数字が相当異なることは、間接損害に対する考えが未だ定着していないためであろう。

前節で述べた直接損害は自明のこととして説明なしで使用していたが、その定義は国により若干差があるようである。このため我国とヨーロッパ各国の損害額に差を生じたらしいことを述べた。更に火災にあった為の損失には、直接損害に含まれるべきか、間接損害に含まれるべきか、それともどちらにも含まれないのか検討を要するものもある。

焼け跡の取片付け費用は我国の統計では損害には含まれていない。しかし今回の定義では間接損害にも含まれない。ヨーロッパでは復旧費の一部とみて直接損害に入れているのであるか。念の為にこの額を推算してみると、昭和45~50年の建物の焼損面積は平均すると年間 243 万 m<sup>2</sup> になる。平均建築費を坪33万円、m<sup>2</sup> 当り10万円、取壟料を建築費の1割とみると、243 万 m<sup>2</sup> の建物を片付けるには 243 億円を要することになり、この額は直接損害の約25%になる。

数年前、広島県の江田島で大規模な山火事があり、江田島部分の山林の殆どを焼失した。この損害は約 2 億 4 千万円と報告されている。一方この山麓の谷には部落があり、沢の水を生活用水としている。この山火事で樹木が焼けて枯れ、その後株が腐つてくると土砂が流れ沢にはいるようになる。すると沢水は生活

用水としては使用できなくなる。この為山には植林し沢には土留め工事をして住民の生活を護らねばならない。この費用は約20億円になると聞いたことがある。この費用は山火事による損害の一種と考えられるが、直接損害とは考え難いし、上記の定義では間接損害にも入れ難い。

二年程前、半導体工場でシランの燃えた火災があった。火災は広い工場の一部を焼いただけであったが、シランの燃焼により生じた酸化珪素の白煙が広い工場内に拡った。ところが半導体工場では塵埃を極端に嫌う。この為工場では生産を再開する為には、工場内に飛散した酸化珪素の微粉を完全に取除かなくてはならず、この為には恐らく工場内の機械全部を取替えねばならないであろう。この費用は約30億と云われる。この費用も火災損害の一部ではあるが、焼けないから間接損害の一種とみるべきであるのか。

### 2.3 人的損害

火災の損害には、直接損害や間接損害の物的損害或は経済的損害の他に、焼死、火傷等の人的被害もある。このうち死者は特に重要である。火災による死者の数は、我国では消防統計が最も正確である。しかし外国では調査洩れのおそれがあるので、消防統計の他 WHO 関係の統計も参考にし、多い方を基準にして調査洩れを推定追加している。また人的損害の国際比較には人口10万人当りの死者数を出している。これを表 1 に併せ示す。

我国の消防統計では、死者には受傷後48時間以内の死亡を含み、それ以後に死亡した場合は重傷者として計算している。これは火傷（全身火傷等）による死亡は負傷後1昼夜以内のことが多く、これを越えれば助かる確率が大きかったこと、それ以上追跡と調査がいつまで経っても終らなくなること等のためである。しかし最近では医学の進歩のためか、全身火傷に近い負傷者で入院後1ヶ月程してから、余病を併発して死亡する例がふえて来ているようである。

Wilmot は WHO の統計中火災又は火炎による死亡をとりあげている。WHO の統計に相当するものとして我国では厚生省から発表されている人に動態統計がある。この統計の中には全国の死亡者の死因を医者の診断により分類したものがあり、火災による死亡よりは病気の分類等に詳しい。火災による死亡者の多くは「火災又は火焰による不慮の事故」に含まれるのであろうが、この中には火災以外の事故も含まれるかも知れないし、この項以外にはいる可能性がある。自殺者の場合、自殺の分類には焼身自殺はなくその他の項に入れられるであろう。昭和55年の人工動態統計<sup>8)</sup>の

うち火災による死亡に關係ありそうな所を表2に掲げておく。この数字は消防統計の数字と一致しない。このほか避難途中で墜落死亡した場合は墜落死亡の項にはいっているのであろう。又一酸化炭素中毒であれば不完全燃焼による一酸化炭素中毒の中にはいっている可能性もある。

我が国の火災による死者の数は、戦後急速に増加し、最近では終戦直後の400人余から2,000人迄五倍近くになっている。しかし10万人当たりの死者数でみるとヨーロッパ並みとなった所である。また米国の焼死者はこれらに比べ3倍以上となっているが、最近の数字をみると1万1千人程度から7千人台にと急速に減少

表2 人口動態統計による火災関係死者数

(不慮の事故の種類別にみた死亡数、昭和55年)

中毒		
E868 不完全燃焼による一酸化炭素	191	
火災及び火焰による不慮の事故	1,464	
E890 住宅の火災	874	
E891 その他及び詳細不明の建物又は建造物の火災	74	
E892 建物又は建造物の外での火災	36	
E893 着衣の発火による不慮の事故	274	
E894 高可燃物の発火	51	
E895 住宅内の管理された火による不慮の事故	42	
E896 その他及び詳細不明の建物又は建築物内の管理された火による不慮の事故	10	
E897 建物又は建造物の外での管理された火による不慮の事故	18	
E898 他の明示された火及び火焰による不慮の事故	55	
-0 寝具の燃焼	36	
-1 その他	19	
E899 詳細不明の火による不慮の事故	30	
E923 爆発物による不慮の事故	117	
-0 花火	1	
-1 爆発物	3	
-2 爆発性ガス	99	
-8 その他	7	
-9 詳細不明	7	
E929-4 火災による不慮の事故の後遺症	3	
E968-0 火事による加害	28	

消防統計による死者発生状況（昭和55年のうち上の関係あるもの）

全死亡者	1,947
建物火災における死者	1,415
専用住宅火災における死者	995
自殺者	709
一酸化炭素中毒	502
火傷	649
打撲骨接等	17
その他及び不明	70
放火の巻添え・犠牲	8
着衣着火によるもの	141
ガス爆発のため	43
危険物燃焼	20

している。しかし火災による死亡をなくする為の対策は、通常は予算を使って実施する。この対策の効果をしらべるには一人当たりいくらというように人命を金額で評価する必要も生じる。

人命の価値の評価法としてはいろいろあるが、その代表的なものはホフマン方式である。これは将来得られる筈の収入と、本人の消費する額の差をその人の価値と見るもので、裁判所等で採用されている。しかしこれは被扶養者に対する価値であって、更に精神的な損失は計算できないから無視するか、せいぜい慰謝料の形で処理している。また物価上昇による貨幣価値の低下を考慮していない。また国家的にみれば、その人の為に使った教育費用、或は保健等の費用、更には本人が家庭で行う無報酬の仕事等も計算に入れるべきであろう。

人命の価値についてはいくつかの試算が行われている。Wilmot はこれらのうち1972年における英国の死者1人当たり5万ポンド、負傷者1千ポンドの値を採用している。この値をそのまま我国にあてはめて、火災による人的損害の換算をしてみると、当時1ポンドは邦貨約700円であるから、死者1人当たり3,500万円、1,660人では約581億円、負傷者は1人当たり70万円、年9,300人では約65億円、合計すると約650億円になり、GNPの0.07%弱になる。なお我国の賃金はその後約2倍になっているから、現在1人当たりの生命の価値は7,000万円になる。

火災による死者と傷者の比は、英國では1,000:6,000、我国では1,660:9,300で共におよそ1:6である。（我国では戦後1:5～1:10の間で変化している）この割合は工場災害におけるHeinrichの法則、即ち死者の出る事故1に対し負傷者の出る事故は29の割で起るというのに比べると、傷者の割合は少い。これは火災は拡大するため発見或は覚知がおくれると逃げられず死亡する為、死者が多くなっている為であろう。

### 3. 火災対策の費用

#### 3.1 消防隊の費用

火災対策の費用として第一に問題になるのは公設消防隊の費用であろう。ヨーロッパ各国のこの費用を表3に掲げる。このうちドイツやイスイスでは義勇消防隊の方式があつて経済的に運営されており、デンマークは強力なFalckの依託消防会社があつて消防費は安くなっている。イタリヤは軍隊が消防を担当しているため消防費は少い。フランスの消防費が低いのもパリ（工兵連隊から旅団に格上げされた）やマルセイユ（海軍）が軍隊消防であるとの関係があるのであろう。

第三表 火災対策費用の比較

国名	消防隊費(1975)		保険事務費(1975)		設備費 GDP比
	GDP比	指數	GDP比	指數	
ベルギー	0.13%	95	0.23	142	
デンマーク	0.13(0.08)	93	0.18(0.13)	111	(0.18)
フィンランド	0.17	122	0.10	62	
フランス	0.08	60	0.17(0.16)	105	(0.16)
ドイツ(西)	0.07	49	0.12	74	
オランダ	0.15	107	0.26	161	
イタリヤ	0.06	44	0.08	49	
ルクセンブルグ	0.09	62	0.17	105	
ノルウェイ	0.16	112	0.20	124	
スウェーデン	0.24	177	0.11	68	
スイス	0.11	78	0.15	93	
イギリス	0.28(0.23)	204	0.17(0.17)	105	(0.18)
ハンガリー			(0.07)		(1.17)
平均	0.14	100	0.16	100	
アメリカ					
日本	0.35	251			
〃(補正)	0.20				

我が国の消防隊費用とて市町村の消防費をとりあげると、昭45年～昭和50年の平均は2,860億円になる。このほか、国や府県の消防費があるが、その多くは補助金として市町村の消防予算に再掲があるので、市町村消防費を公設の消防費用とみて大差ないとみられる。

消防は火災の消火が主要任務であるが、この他救急、救助等火災以外の業務も行っており、火災対策費用としてはこの分を差引くべきである。これらのうち最も重要な業務は救急であろう。この為の救急車は昭和48年4月現在で2,148両で、消防署に配置された各種消防自動車10,902両のうち約20%になる。救急車には、他の消防自動車同様専任の隊員が常に待機しているので、この運用の為の費用は消防用自動車の数に比例すると考えると消防本部の費用の20%になる。たおこの場合、消防車の種類により乗車隊員の数は異なるが、救急車の出場回数の多いこと、予備車は救急車の方が消防車より少いと予想されること等を考慮して双方の運用費は大雑把に車両数に比例するとした。また昭和45年～50年頃は消防本部と消防団の費用の費は大凡そ3：1であったから、救急隊の費用は全消防費の20%×3/4=15%程度と考えられる。なお現在では消防署と消防団の費用の比は7：1くらいになっている。

消防隊は火災や救急の他、風水害等の災害、遭難救助、その他の救助活動等にも出場する。この出場は火災の1/3くらいである。しかし火災の方が1件当りの出場台数が多いこと、救急隊のような専門隊員がないこと等を考えると、その費用割合は全体の5%程度

と考える。救急隊は火災にも出場するがその割合は多くない。すると火災以外の出動に対する消防隊費用は、全体の20%程度とみることができる。

とすると我国の消防隊費用は年平均2,300億、GNPの0.23%となり、ヨーロッパ各国と比較すると、最も多い英國よりは少くなる。木造密集市街地の多い我国の都市の現状を考えると、この数字は特に多いとはいえないであろう。

公設消防隊の費用を比較するのに、経費で比較する他、隊員数によっても比較できる。経費の7～8割以上は人件費だからである。世界主要都市の消防力については東京消防庁が調査しており、これによると<sup>11)</sup>隊員1人当り住民1,000人前後の所が多い。但し開発途上国では隊員1人当りの人口は多いようである。また西ドイツではGDP当りの消防隊費用は小さいのに、隊員1人当りの住民数は比較的少ない。これは義勇消防隊員の数が若干含まれているからであろうか。

我国では全国平均して住民1,000人弱に消防吏員1人の割になっている。外国諸都市の消防隊員の数は東京消防庁の調査によると、ヨーロッパでは隊員1人当り約1,000人、アメリカやカナダでは500人前後、東南アジアやアフリカでは数千人の市民の安全を護っている。北米で隊員の多いのは焼死者の数が多いことと関係があるのであろう。東南アジアの大都市等で消防隊員の少いのは経済力によるのであろう。我国の都市人口と消防隊員数の割は世界的にみて平均か、或はヨーロッパ諸都市に比べると若干少いようである。しかし西ドイツ等は隊員数に比べ費用が少いのは、義勇消防隊的なものまで含まれているのであろうか。

### 3.2 防火用設備費

個人住宅以外の建物、特にホテル、劇場、大型ビル、大工場等は規模も大きく、建物構造も複雑で、ここで火災が起れば焼死者が出たり、被害を被る範囲も広く、社会に及ぼす影響も大きいと予想される。このような場所における消火活動を公共の消防のみに依存することは問題があり、夫々の企業においても火災に伴う社会的費用を負担すべきであろう、そのため火災の発生や拡大を防じ自衛的設備が要求される。スプリンクラー、火災報知機、避難設備等の消防用設備の他、防火区画、非常階段等の建築関係の防火設備も含まれる。このような費用も火災対策費用に含まれよう。

このような設備の費用を求めるのも容易ではない。ビル等の屋内消火栓やスプリンクラーではポンプ、配管等の一部は他の一般用途の水源等と共に用いているし、防火壁等も他の壁体等と一緒に工事するため、防火用の費用を分離し難いからである。

ヨーロッパ各国では代表的な建物の建築費とそのうちの防火用設備の占める割合を推定している。例えば英國の消防研究所では、その割合は住宅の1%から工場の7%まで差があり、平均して2.5%前後と推定している。その他デンマークでは1.8%、フランス3%、ハンガリー3.5%と考えられている。

我国では、清水建設の中村氏が昭和53年から55年に建てられた耐火建築400件について防災設備の費用を調査した<sup>12)</sup>。その結果総建築費に占める防災設備費の割合は建物の用途、広さ等によって異なるが平均すれば2%~3%とみられている。これはヨーロッパ諸国の割合と略同じである。我国の年間建築費の統計はわからないので川越教授の論文<sup>9)</sup>から1979及78年の数字を使わせて頂くと、総額92兆でこの2.5%では7,300億円になり、これはGNPの0.30%となる。

一方我国では消防用設備はすべて検定を受けることになっており、この数から消防用設備の費用を推定することができる。最近一年間に検定を受けた器具の原価は全部で2,000億程度と想像され、工事費を含めるとその3倍くらいになるであろう。その額は6,000億になる。現在のGNPは240兆余りであるからその比率は約0.25%となり、建築費からの推定と略一致しヨーロッパの値とも同程度になる。なお建築からの推定には救助袋等は含まれず、消防用設備からの推定には防火扉等は含まれず、これらを含めれば0.3%強になるのであろう。

この設備は主として新築の建築物につけるものであるから、新しい建築の多い方がGDP比は大きくなる。1979/80年の推定では、フランス、デンマーク、英國では0.16~0.18%であるのに、ハンガリーでは1.17%と突出しているのは新築が多いからと見られている。

### 3.3 火災保険費

火災保険は火災の損害を直接軽減させるものではない。個人或は会社が火災にあった場合は、その損害により生活或は営業に大きな打撃を受けるので、この損害を補填し、生活や営業を回復するのに役立つように火災の損害を分散負担しようとするものである。従ってこの費用は火災対策の費用といえよう。しかし加入者は期間を定めて保険料を支払うが、火災により損害を受けければ保険金を受取るのであるから、保険料全額が火災対策の経費とはならず、保険料と受取った保険金との差額が経費となるであろう。

ヨーロッパ諸国においても、火災保険は損害保険の一分野となっていて、その経費等は一緒に集計されるため詳細な内容はよくわからないことが多い。そこで適当な推定をして得た結果を表2に示す。この表でイ

タリヤの数字が低いのは火災保険の普及率が低いためで、フィンランドでは経费率が低いためとみられている。

我国の火災保険には、本来の火災保険の他に、総合保険、長期保険、月掛保険等火災以外の災害を含むもの、貯蓄性があって満期に返戻のあるもの等があり、純粋な火災保険料、保険金支払額等はわかり難いし、保険の経費分は更に掘み難い。

損害保険協会から出しているファクトブックによると、昭和45~50年度の火災保険の保険料収入は3,775億である。支払保険料は全損害保険並みに収入の48%(昭和52~54年の平均)、正味事業費は36.5%とすると、保険の経費は1,378億となる。これはGNPの0.142%となり、ヨーロッパの平均並みになる。なお保険料収入と支払額+事業費の差が15%程あるが、支払積立金等になっており、これを経費とすべきか否かよくわからないので、パンフレットの事業費のみを経費とした。

ヨーロッパ諸国の保険経费率は、Wilmotによると、1978/79年の平均で

デンマーク	フランス	ハンガリー	イギリス
27.5%	40%	8%	38%

となっており、我国の事業費率と略同程度である。但しハンガリーの保険は国営であるため、特に低い経費で運営していると考えられている。

我国の火災保険には保険会社の保険の他、農協等共済組合の運営する保険もあるが、詳細な数字はわからないので省略する。

### 3.4 研究及び広報の費用

火災予防や避難方法、その他の延焼性状等火災に関する研究、消防用設備や器材、消防技術の開発・改良等の研究も火災対策として重要である。このような研究は我国では消防研究所で実施しているが、東京消防庁でも消防科学研究所で実際的な研究を行っている。また大都市の消防局でも研究課等の組織があって実験室を作り、夫々の地方で必要な事項を研究している。このほかの市町村消防でも正式な組織がなくても夫々の組織の中で必要に応じ研究を行っている。

消防以外でも建築研究所では建築防火や都市の不燃化に関する研究を実施しているし、化学技術研究所、公害資源研究所、産業安全研究所では工場等におけるガス、薬品等に関係した爆発や火災の研究を行っている。東京理科大では火災科学研究所が附属しており、火災に関する研究を行っているし、他の大学の研究室でも火災に関する研究を行っている。

研究所以外の行政機関でも、火災に関する安全性の調査研究を行うことがある。石油コンビナート対策、

地震対策等が研究対象になることが多い。

このような研究の費用は、消防研究所の場合、昭和45年～50年の平均で予算約5億(人件費を含む)、他の国立研究所での担当研究者の人数等から考えて略同額、その他全体を合わせると10億乃至15億になると推定される。これはGNPの0.0015%に相当する。

防火思想普及等のための広報の費用として、火災予防のポスターやパンフレット等、テレビ等による防火キャンペーン、火災予防運動の行事等の費用があげられる。これらのうちかなりの部分は消防本部で実施され、その費用は消防本部の費用のうちに含まれている。このほか工場等の自衛消防隊が行う消防訓練、ポスター等もあるが、これらの費用は極めて推定し難い。どこまでを広報費に含めるかによって大きく違って来るが、研究の費用と同程度とすれば、双方合わせてGNPの0.003%程度となる。

外国の例では研究及び広報の費用は直接損害の1%、GDPの0.003%程度、フィンランドやスイスではこれよりかなり高いとみられている。従って我国でもヨーロッパ並みとみることが出来る。

#### 4. 國際比較の将来

火災損害や消防力の国際比較に関しては、我国では東京消防庁が世界主要都市の規模、消防力、火災損害の統計を集めており<sup>11)</sup>、米国でも各国の比較を行っている<sup>7,8)</sup>しかし経費を含めた比較は少いようである。

英国のWilmotは西ヨーロッパ12ヶ国における火災の損害と消防の費用の調査し、その結果によると合計はGDPの1%前後で、その内訳は直接損害は30%、間接損害は5%、人的損害は5%、消防隊の費用は15%、建物の消防用設備等は30%、火災保険費は15%、研究及び広報費は僅少であった。これに比べ我国では損害が少く、消防隊の費用は大きく、全体としてGNPの1%をやや越える程度であった。又米国では損害額はヨーロッパと同程度分であるが死者は多い。

我国の統計で火災損害が小さいのは損害のとり方が異なる為と考えられる。消防隊の費用が多いのは、消防隊の費用の中に救急救助等消防活動の広さ、及び大火の潜在危険性の大きいことが考えられる。しかし消防隊員の数からみれば、我国の消防力は欧米各国に比べむしろ少い方である。

しかしこのような火災関係の費用の国際比較をしようとするには、基礎となる各国の統計をきっちりする必要がある。しかし現実には統計の全く発表されてない国もあり、夫々の国情の相異もあり、困難が予想される。Wilmotらはジュネーブに世界火災統計センターを作り<sup>10)</sup>世界各国の火災及び消防統計のとり方を一致させ、かつ集めようとし始めた。またここでは火災原因の統計の分類方法も検討し始めている。

#### 参考文献

- 1) T.Wilmot: European Fire Costs, the Wasteful Statistical Gap, the Geneva Papers on Risks and Insurance 13 (1979)
- 2) T.Wilmot: European fire loss statistics compared, Fire International 63 79 (1979)
- 3) 崎川範行他編: 防災読本 p.165～171、東洋経済新報社 (1982)
- 4) T.Wilmot: International fire statistics; Do they really exist ?, Fire International 62 80 (1978, Dec)
- 5) M.J.Karter Jr.: Fire Loss in the United States During 1981 76- Sept 68 (1982)
- 6) 損害保険協会: 日本の損害保険ファクトブック'80、損害保険協会 (1980)
- 7) J.Banks, R.L.Rardin: International Comparison of Fire Loss, Fire Technology 18 268 (1982)
- 8) J.Banks: Recent Changes in Aggregate Fire Loss Indices, Fire Technology 19 339 (1983)
- 9) 川越邦雄: ワールドファイヤーコスツ、火災33-5 1 (1983)
- 10) "The World Fire Statistics Centre", Fire International 82 45 (1983)
- 11) Statistics on Fire Service in the World-81 Tokyo Fire Dept.
- 12) 中村裕幸: 建設コストと防災の投資、建築の技術・施工、1983-1 71  
その他年報的なものとして次のものを参考にした。  
消防庁編: 消防白書  
〃 : 消防年報  
厚生省編: 人口動態統計

## 石油タンクにおけるドレンピット構造の 安全性について

亀井 浅道

### 1. はじめに

石油タンク底板上に滞留するドレン水を抜くための配管は底板に取り付ける構造のものと側板に取り付けるものがある。底板に取り付ける構造の場合、図1に示されるようなピットを設け、ここに配管を設置する。このようなドレンピットは中小規模のタンクで比較的良く見られる。

さて、消防庁では先の通達（消防危策89号（昭和58年9月29日付））で、ドレンピットを設置しているタンクにおいては水抜き管を側板に設け、ドレンピットを撤去するように改善することが望ましいという旨の指導を行っている。この通達は日本海中部地震（昭和58年5月26日）において発生した事例に基いて出されたものである。消防研究所では本事例について損傷機構にドレンピットがどのように影響を与えたかという点について調査検討を行った。ここでは、その結果得られた知見を他の1損傷事例と併せて紹介し、タンク本体の損傷という観点から、ドレンピット構造が何故好ましくないかという根拠について述べる。



図1 ドレンピット

### 2. アニュラー板（もしくは底板）の破損に及ぼす影響

図1に示されるピット部においてはアニュラー板（もしくは底板）を支える基礎が存在しないため、この部分に著しい曲げ応力が作用することになる。アニュラー板に生ずる曲げ応力は側板との溶接部で最も大きくなり、その値はピットの寸法（すなわち、タンクの中心方向長さ( $L_R$ )と側板に沿う長さ( $L_c$ )）が大きい程高くなる。たとえば、1例として直径60m、アニュラー板の厚さ12mm、最下段の側板の厚さ23mmのタンクに  $L_R=L_c=1\text{ m}$  のピットが設けられており、水が液高20mまで張られている場合を考えると、このときの曲げ応力は、ピットのない場合のほぼ2倍にも達することが解析的に示されている<sup>1)</sup>。

平常の稼動状態のもとでドレンピット部のアニュラー板が破損したという事例は見当らないが、側板直下近傍の基礎の支持能力が充分でなかったためアニュラー板に過負荷が作用し、破損に至ったケースが2、3ある<sup>2)</sup>。これらの事例は基礎の支持が期待できなかったために発生した訳であり、ドレンピット構造を持つタンクについて、あてはめてみると、地震荷重による過負荷が作用する場合や、アニュラー板に腐食が存在して破壊に対する抵抗が低下している場合にはこの種の破壊が発生する構造的要因を抱えているといえる。

上述のような意味での過負荷の作用によるものではない地震時におけるドレンピット構造を持つタンク固有の破損形態として、ドレンピット壁との衝突によるアニュラープレートの破損がある。通常タンク本体は均一に突き固められた砂基礎の上に設置されているが、ドレンピット部だけはコンクリート製のピット壁がタンク底部に入り込んでいる（図2参照）。地震時にタンクの側壁下端が上下動を起すことがあるということは、目撃者の談話の他にアンカーボルトの引き抜け、ドレンピット壁の割れ、後述する内面コーティング材の割れ等の現象からも伺える。タンク底板が上下動を行った場合、砂基礎上では衝撃力は吸収されるが、コンクリート壁の部分ではアニュラー板やコンクリート

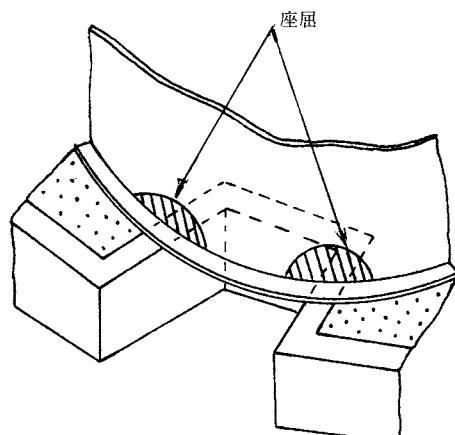


図2 ドレンピットにおけるコンクリート壁の状態

壁に損傷を受けやすい。図3は昭和58年5月26日に発生した日本海中部地震によるコンクリート壁の損傷状態の一例である。本事例では図6の写真中央左部に見える鉄筋がコンクリートの崩壊により露出し、タンク底板を突き上げて底板を破口させ、貯油の漏洩に至った。破損部の断面写真を図4に示す。図4の矢印の位置に鉄筋の頂部が当り、側板と底板の継手の底板側溶接止端部が約10cmの長さにわたって破断したことが調査の結果明らかにされている<sup>3)</sup>。なおこのタンクにはエポキシコーティングが施されており、地震により底板の隅角

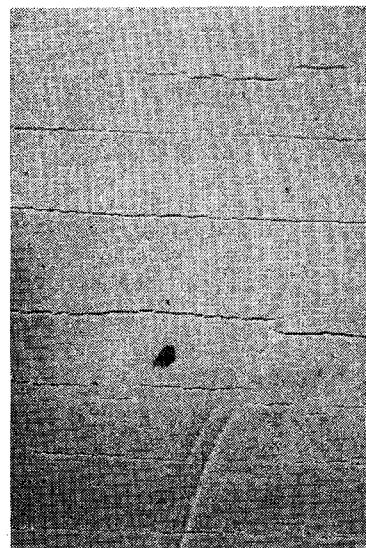


図5 タンク内面に施されたオポキキコーティングの割れ（底板の隅角部に全周にわたって発生）



図3 コンクリート壁の破壊状態（鉄筋の露出が見られる）

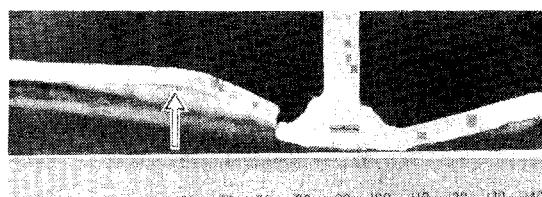


図4 破断部の断面写真（矢印の位置に鉄筋の頂部があたった）

部には図5のような割れが認められた。このような割れは、側板が上方に持ち上げられるときに生ずるものであり、割れ発生部のひずみは0.5%以上であることが実験的に確かめられている<sup>3)</sup>。

### 3. 側板の破損に及ぼす影響

2節で述べたようにピット壁は通常コンクリート構造で剛性が高く、ピット部では支えがなく、その他の部分は砂基礎で剛性が低くなっている訳である。従って、地震時に激しい下向きの荷重がタンク本体に作用するとピット周辺の荷重は全てコンクリート壁上で支持することになる。この場合コンクリート壁が充分堅固であると、側板側が座屈することになる。このような側板の座屈損傷としては、昭和55年9月25日に千葉県中部を震源として発生した地震による事例がある。このタンクでは、側板の腐食減肉が発生していたことも一因となって図2に示されるようにコンクリート壁上部の2個所で座屈し、そのうちの1個所で破口を生じ漏油した。

ドレンピット構造を持つタンクでは水抜き配管の取り付け方法に起因する側板の破損事例もある。このような構造のタンクでは通常底板の下部に図6のような配管が取り付けられる。配管系はかなりの重量となる。このため底板の配管端部取り付け部に荷重が集中することを避ける目的で、配管途中を支持金具を介して底板下面に溶接固定することがある。このような構造を持つ軽油タンクに、日本海中部地震では側板にき裂が

- 3) 山田實、亀井浅道：地震による石油タンクの破損に関するケーススタディ（その2——底板破断とコーティング割れ）、（未発表）  
4) 川崎市コンビナート安全対策委員会：地震による

- 石油タンクの座屈、安全工学、21、40(1982)  
5) 亀井浅道、山田實：地震による石油タンクの破損に関するケーススタディ（その1——側板の割れ）、（未発表）

---

—海外技術紹介—

## イタリアの空中消火

Fire International No. 82 p. 26 (1983)

イタリアでも森林火災用に空中消火技術が開発され、昨年5月から10月にかけ300回出場した。イタリアでは森林火災は消防ではなく農林省の所管になっている。この空中消火に使用された飛行機は双発のG222で、農林省に属し、市民防衛省が調整し、空軍が運営している。

この消火システムを開発したのはシルバニ消防社(Silvani Antincendi)で、SAA222と呼んでいる。

飛行機の胴体中に防炎液を入れたタンクを固定しており、他の業務に就くときはこのタンクを外せばよいようになっている。タンクには可撓ベローズを経て、二口の放水孔がついている。飛行中はベローズ部を上へ曲げておき、放水時には加圧空気の力により放水孔を下向にし、後部ドアより外にむけて加圧空気の力によ

り放水する。タンクには加圧空気の容器、操作用計器類がつき、放水操作はコックピットより行うようになっている。

空中消火にはカナダのCL215が有名であるが、経費を試算してみると、このG222の方が有利である。飛行時間当たりのコストではG222が315万リラ(100万円弱)に対し、CL215では755万リラ、又液の撒布により防火帯を作るのに、飛行時間50分のところで、G222では186m×15mの所を作るのに430万リラでよいのに対し、CL215では135m×15mの所で8,200万リラかかる。この方法は火線長200m以内で、一度の放水で鎮圧できる程度の小規模火災には特に有利であるが、大規模火災になると他の方法によるのと同程度である。

(N)

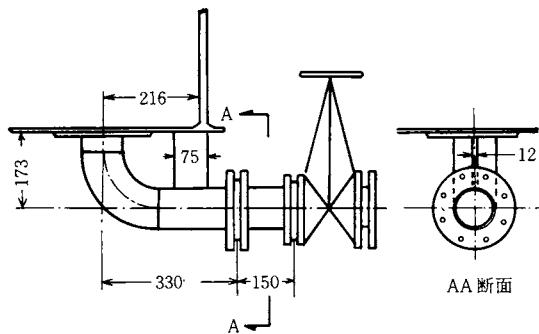


図6 底材に取り付けられたドレン配管

発生した。発生部位は図7に示すようにドレン配管直上である（セメントを塗布した部分）。図8に示されるように側板の溶接止端部に沿ってき裂が発生しており、き裂の幅は図9に示されるように極めて狭く、漏油状態はにじみ程度であった。隅角部のき裂損傷事例としては底板側の溶接止端部（図8のA部）から発生するケースが多い。本事例において側板側にき裂が発生した主たる原因是図6に示される支持金具の存在である。支持金具が側板直下に取り付けられたため、こ

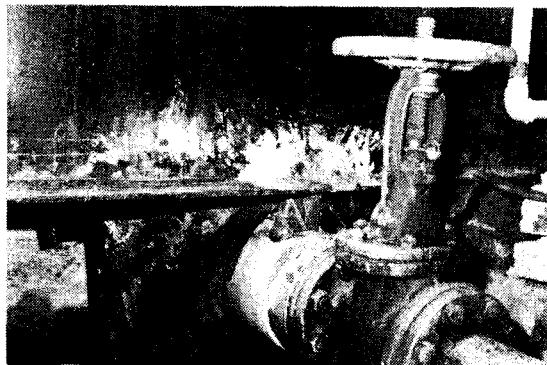


図7 発災部位（セメントが塗布されている）

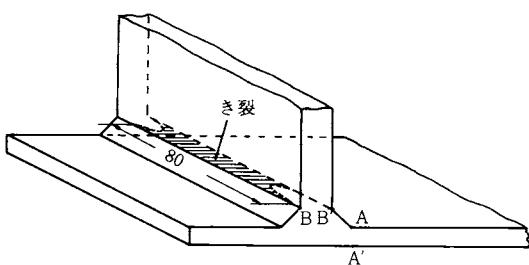


図8 き裂の発生状態



図9 き裂の断面写真



図10 ドレンピット壁の破損状態

れと配管が底板を変形しにくくした。一方、このタンクにおいても図10のドレンピット壁の損傷状態から推察されるよう側板と底板の継手部近傍は地震時に激しく下動を起し、これに伴い側板と底板との間の開き角の変動が起きたものと考えられる。この開き角の変動は上述の理由により底板側が変形しないため側板側の変形で行われ、き裂の発生を促したものと思われる。

#### 4. むすび

石油タンクの水抜き用設備として設けられているドレンピットがタンク本体の安全性にどのような悪影響を与えるかという点に関して、損傷事例と併せて述べた。ドレンピットの撤去・改善する際の検討資料となれば幸甚である。

#### 参考文献

- 1) 亀井浅道：“石油タンク底板に生ずる応力——盛り土に局部的崩壊がある場合——”，消防研究所報告、47、1(1979)
- 2) 亀井浅道：“石油タンクの強度と破損事故”，第26回材料強度と破壊国内総合シンポジウム論文集、55(1981)

## 消防隊の木造建物に対する予備注水時間の測定

関沢 愛、山本 熊

消防戦術のひとつとして、延焼中の家屋の隣棟建物に対して予備注水を行って延焼防止を図る方法があるが、この予備注水作業に要する時間を実験的に計測した。その結果、建物外壁面の予備注水にかかる時間は 13.7m/分となり、過去に東京消防庁が行った実験データ 15.0m/分と概ね一致した。

### 1. はじめに

木造建物に対する予備注水は、火災時の延焼防止対策としてとられる戦術であるが、これに要する作業時間を計測した例は昭和48年に東京消防庁が練馬のグラウンドハイツ跡地で実施したもの<sup>1)</sup>以外にはあまりない。

そこで、昭和58年2月に消防研究所構内にある解体予定の木造建物（杉板張り、平家建て）を利用して、東京消防庁調布消防署の協力を得て消防ポンプ車による予備注水活動の実験を行った。

本実験では、建物外壁面及び屋内への予備注水に要する作業時間を計測するとともに、木材水分計によって壁面の注水前、注水後の含有水分を測定した。

### 2. 実験概要

(1) 日 時：昭和58年2月23日 午後1時から午後1時半

(2) 場 所：消防研究所構内

(3) 対象建物：

延面積50.6m<sup>2</sup>の平屋建て木造建物（外壁は杉板の下見張り）で軒高は3.3mである。（図1参照）

(4) 予備注水方法：

消防ポンプ車1台（乗員4名）により、建物外壁面と軒裏（以下「外壁面等」という）及び建物内面に対して直状注水及び噴霧注水を行う。（表1、図1参照）

### 3. 測定項目

(1) ストップウォッチにより、以下に示す予備注水に要する時間を測定した。

- ① 消防ポンプ車が防火水槽横に配置した時点からスタート
- ② ①から防火水槽に吸管を設置し、ホース延長を行い放水可能な状態に至るまでの時間（放水準備

表1 消防ポンプ車各条件

乗車人員	4名（筒先2名）
使用ホース	65mm
ノズル型式	21型ノズル（口径22.2mm）
ノズル圧	5.3kg/cm <sup>2</sup>
放水量	750ℓ/分

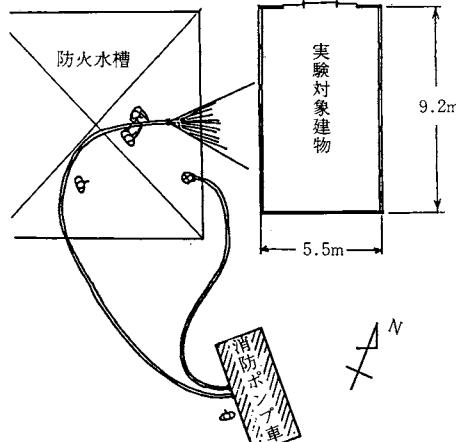


図1 予備注水活動概念図（平面図）

時間）

- ③ 建物外壁面等全周への予備注水時間（建物外周への予備注水時間）
- ④ 建物屋内全面への予備注水時間（建物内面への予備注水時間）
- ⑤ ホースの収納等、転戦可能な状態に至るまでの時間（転戦準備時間）
- (2) カメラによる写真撮影（写真2～7参照）
- (3) 木材水分計による建物壁面の注水前、注水後の含有率<sup>1)</sup>(%)の測定

\* 1 含水率(%)：計測対象試料中における含有水分の重量の全重量に対する百分比

$$\frac{\omega \times 100}{W} \quad \left( \text{ただし、}\omega \text{は含有水分の重量、} W \text{は試料の全重量} \right)$$

#### 4. 測定結果及び考察

##### (1) 予備注水作業時間の測定

予備注水作業時間の測定結果は表2のとおりである。建物外面への予備注水時間は2分9秒、建物内面への予備注水時間は1分58秒であった。これらについて各々1分間当たりの平均注水範囲（壁面の水平方向の長さのみで表示）を求めたところ表3のようになった。

表3から、建物外面については13.7m/分となり、表4に示す東京消防庁が行った実験結果の15.0m/分と概ね一致していることが分った。また、建物内面については19.6m/分であった。

今回の予備注水実験で使用したホースは2本であるが、行動開始から注水開始に至るまでの放水準備時間は1分38秒であった。一方、注水を完了した時点からホースの収納及び吸管の収納を終了するまでの転戦準備時間は4分50秒となり、放水準備時間の約3倍を要していることが分った。

##### (2) 壁面の含水率の測定

木材水分計による壁面の注水前、注水後の含水率の測定結果を図2に示す。写真1は、木材水分計を用いて測定している様子を示したものである。

図2を見ると、注水前の含水率は3.0～9.5%であり、注水後は22%前後の値となっている。また後日、同じ建物の壁面に対して水道水により十分注水を行ってから含水率を測定したところ23～24%の値が得られた。このことにより、今回のような注水作業時間でもって建物外面への予備注水は一応その目的を達するものと思われる。

#### 5. あとがき

今回の予備注水実験は比較的小規模の建物1棟を対象にしたものであったが、消防隊の活動そのものは写真2から写真7に示すように作業開始から予備注水活動、さらにホース収納までの一連の作業過程を実戦しながらに実施したものである。その結果、建物外面への予備注水所要時間は過去に東京消防庁が行った結果とほぼ一致することが分った他、注水活動終了後のホースや吸管の収納にかかる転戦準備時間が放水開始時間の約3倍となることが分った。

最後に、本実験を行うにあたって多大の御協力を頂いた東京消防庁調布消防署の村上保富署長以下消防職員の方々に深甚なる謝意を表します。

また、消防研究所の山下邦博火災物理研究室長には実験についての適切な指導、助言を頂いたことに心か

表2 予備注水作業時間の測定結果

	経過時間	活動内容	要した時間
放水準備時間 (98")	① 00"	消防車到着 行動開始	
1分	② 55"	吸管設置	
2分	③ 1' 38"	ホース延長 南面に注水開始	20"
	④ 1' 58"	南面終了	
	⑤ 2' 08"	西面開始	21"
	⑥ 2' 29"	西面終了	
	⑦ 2' 41"	北面開始	15"
	⑧ 2' 56"	北面終了	
	⑨	東面開始	
3分	⑩ 3' 47"	東面終了	37"
建物内面への予備注水時間 (118")	⑪ 4' 13"	屋内南面開始	
4分	⑫ 4' 25"	" 終了	12"
	⑬ 4' 31"	屋内西面開始	
5分	⑭ 5' 05"	屋内西面終了	34"
	⑮ 5' 25"	屋内東面開始	
	⑯ 5' 35"	屋内東面終了	20"
	⑰ 5' 45"	屋内天井開始	10"
6分	⑱ 5' 45"	" 終了	10"
	⑲ 6' 00"	放水止め	
	⑳ 6' 10"	ホース収納開始	
7分			105"
転戦準備時間	㉑ 7' 55"	ホース収納終了	
8分			
9分	㉒ 9' 10"	吸管収納開始	
10分	㉓ 10' 35"	吸管収納終了	85"

ら感謝いたします。

### 参考文献

- 1) 東京消防庁警防部監修：近代消防戦術 資料編2、  
大火災と消防 p.256～p.263

表3 単位時間当たりの注水範囲

	建物外面	建物内面
注水範囲 (m)	29.4	*38.6
注水時間	2' 09"	1' 58"
単位時間当たりの注水範囲 (m/分)	13.7	19.6

\*天井を9.2mとした。

表4 東京消防庁による実験結果<sup>1)</sup>

	平家	二階建
注水範囲 (m)	42.8	36.3
注水時間	2' 50"	4' 10"
単位時間当たりの注水範囲 (m/分)	15.0	9.0

(注) 表の数値は建物外面に対する注水時間の計測結果

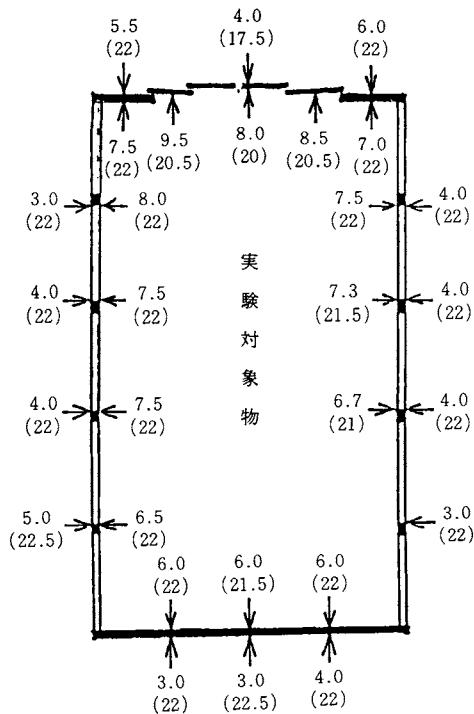


図2 注水前、注水後の壁面の含水率

( ) 内が注水後の値、矢印は含水率を測定した箇所を示す。

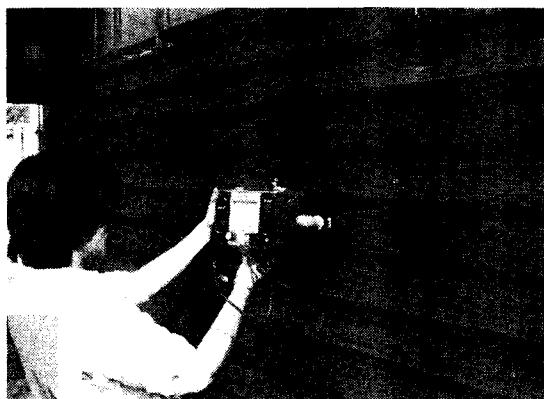


写真1 木材水分計を用いて壁面の含水率を測定している様子

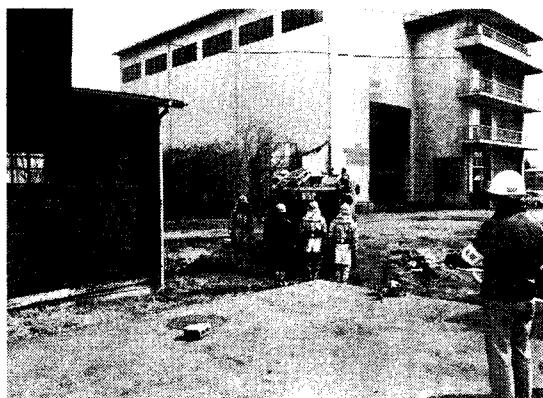


写真2 予備注水作業開始の様子

実験観測者の立っているところが防火水槽



写真3 吸管を防火水槽の取水口に設置しているところ

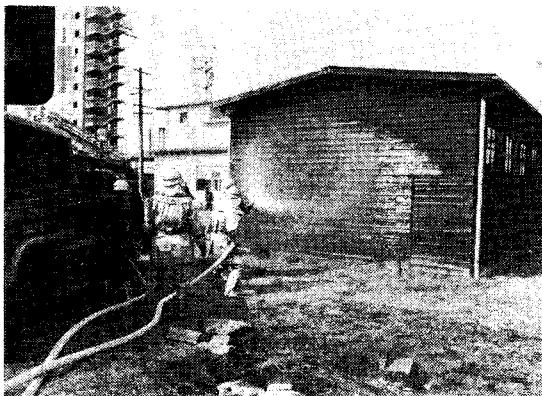


写真4 建物外壁南面に注水開始、壁面に対しては噴霧注水を行う

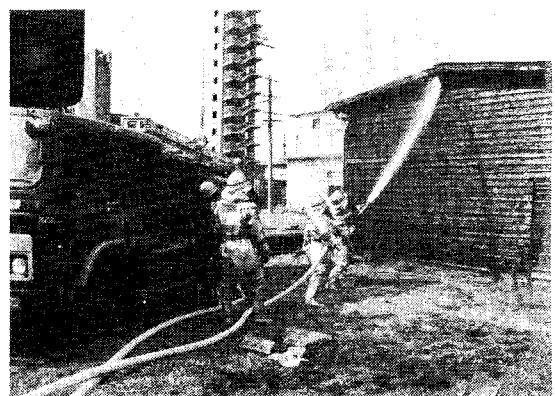


写真5 建物外壁南面の軒下に直状注水を行っているところ

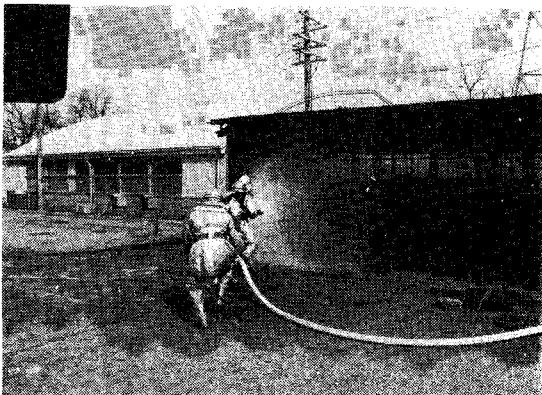


写真6 建物外壁西面への噴霧注水

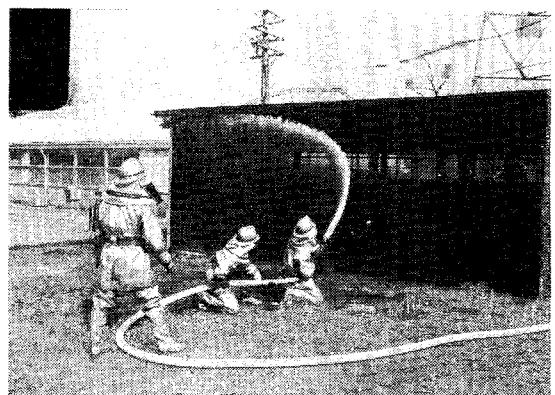


写真7 建物外壁西面軒下への直状注水

## 車が放置された交差点内における群集流動実験

神 忠久

### 1. まえがき

大震災が発生した場合には、幹線道路が避難路として使用されることが予想されるが、道路上に乗りすられた自動車が避難行動の大きな障害となると考えられる。この研究はこのような自動車が群集の避難速度、避難経路選択等の避難行動性状にもたらす影響を実験的に検討しようとするものである。

なおこの実験は、財消防科学総合センターによる「避難シミュレーションシステム研究開発委員会」(委員長 橋 房夫)の調査研究<sup>1)</sup>の一部として下記のメンバーにより実施されたものである。

橋 房夫(前消防研究所 研究企画官)、神 忠久、渡部勇市、川崎正士、宮崎早苗、竹元昭夫、林 幸司、亀井浅道、平賀俊哉、山本 煉、関沢 愛、松原美之、若松啓二(以上消防研究所)、安達 勇、日野宗門、伊藤豊治、山瀬敏郎、佐藤 勝(以上消防科学総合センター)、中野康範(株東洋情報システム)

### 2. 実験内容および方法

127名の被験者(家庭婦人主体 10代~70代)に対し、実験用に作られた交差点に放置された車の配置を種々変え、ほぼ同数からなる2組(白組、赤組)の避難群集を直角方向(交差流)或いは向い合った形で近づけ、合流・対向流(すれ違う)の歩行状況を観測した。

自動車の配置は、次の4通りである。第一配置は、交差点内に自動車が侵入せず、道路の左側に停車した理想的な状態である(図1参照)。第二配置は、道路の左側に停車しているが、先頭の自動車が交差点内に侵入し身動きとれなくなった形であり、交差点内の通路幅は約1.2mである。第三配置は、交差点に車が四方からメチャメチャに突っ込んだ形であり、人が一人通れる程度の通路幅を残したものである。また、第四配置は自動車なしの状態である。

### 3. 実験結果

この実験で観測された群集(被験者)の一般的な行動特性は次の通りである。

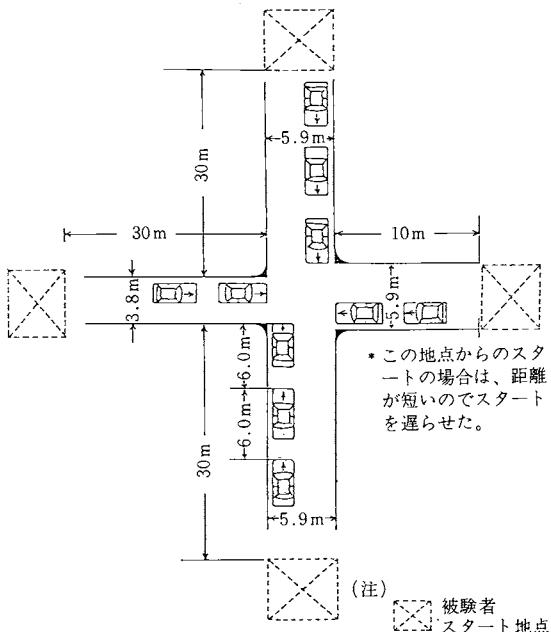


図1 実験に用いた道路の長さ、幅員および自動車の配置図

- ① 二組の被験者グループが交差点ですれ違う場合、先に交差点に到着したグループが歩行幅員を大きくとるため、他のグループの歩行幅員が小さくなり、滞留が生じたり、歩行速度が前者に比べ小さくなることがある。
- ② 一方向流・対向流・交差流の場合、幅員が小さくても見通しのきく通路を選ぶことが多い。そのため、特に、一方向流・対向流では、見通しがきき通路がせまくて長い場合には、その場所ではかなり大きな滞留が生ずる。
- ③ 合流の場合、歩行の乱れは生じないが、合流後の道路のせまい場合には、交差点内で滞留ができ歩行速度も低下する。また、当然のことであるが、合流後の道路は群集の密度が高くなり、歩行速度も低下する。
- ④ 交差点で右か左に曲る場合には、幅員が小さくても近道を道ろうとするため、近道にあたる一部の通

路に歩行者が集中し、滞留が生ずる。

- ⑤ 滞留がある程度の時間（約10秒以上）続かない限り、遠回りの道を選ぼうとはしない。
- ⑥ 歩行の乱れは、交差流で最も生じやすく、対向流・合流の順で生じにくくなる。

#### 4. 歩行速度

自動車を図1のように配置し、交差点の直前、交差点通過時および通過直後の群集（被験者）の対向流、交差流および合流時における歩行速度を求めてみた。その結果を表1に示す。なお、この実験では交差点までの歩行速度が約1.2m/sになるようあらかじめ歩行訓練を行った。

表1 歩行の種類と歩行速度

歩行の種類	自動車の有無	交差点通過前		交差点通過時		交差点通過後	
		歩行速度	密度	歩行速度	密度	歩行速度	密度
対向流	なし	m/s	人/m <sup>2</sup>	m/s	人/m <sup>2</sup>	m/s	人/m <sup>2</sup>
	あり	1.2	1.3	1.1	2.3	1.3	1.0
交差流	なし	1.3	1.5	0.9	3.3	1.3	1.2
	あり	1.1	2.0	0.8	3.2	1.2	1.3
合流	なし	1.2	1.3	0.8	3.4	0.9	2.9
	あり	1.2	1.4	0.5	4.4	0.9	2.7

対向流で自動車のない状態で交差点ですれ違っても歩行速度がほとんど低下していない。一方、自動車を放置した状態では、交差点ですれ違った場合、歩行速度が約2割低下している。

交差流の場合には、前述のごとく群集流に乱れが生ずるため、自動車のないときの歩行速度が0.9m/sに、自動車の放置されているときには0.8m/sまで低下している。これは、群集が直角方向からぶつかり合うこ

と、交差点内の群集の密度が大きくなっているためである。

合流の場合には、合流後の道路の幅員が小さくなっているために歩行速度が0.5m/sまで低下している。当然のことながら群集の密度も大きくなっている。（グラビア参照）

交差点通過時の歩行速度の低下は、大群集の場合には、まだ交差点に差しかかっていない群集の歩行速度にも影響を与え、渋滞が生ずる。例えば、自動車の放置された交差点での合流の場合を考えると、交差点にまだ差しかかっていない群集の渋滞域は、約3秒間に1mの割合で交差点より伝播していく。これは、群集の密度が交差点内と同じ密度になった時点で渋滞が始まるものとして計算したものである。

次に群集の密度( $\rho$ )が増えるに従い、歩行速度(V)がどのように低下するかを求めたものを図2に示す。Vと $\rho$ との間には次式のように直線関係が求められた。すなわち、

$$V = 1.53 - 0.22 \rho \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

なお、図2は対向流、交差流、合流のそれぞれについて、自動車のないとき、有るとき、さらに被験者のグループが白組と赤組とに分れているので、それらのすべてのデータをプロットしたものである。

今回測定された歩行速度は、これまでに求められている群集の歩行速度に比べ、高密度領域での値が幾分大きい。これは、せまい通路をむりやりに通過しようとする意志が被験者にかなり強く働いていたためと考えられる。

#### 参考文献

- 1) 健消防科学総合センター：避難シミュレーションシステム研究開発報告書（58年3月）

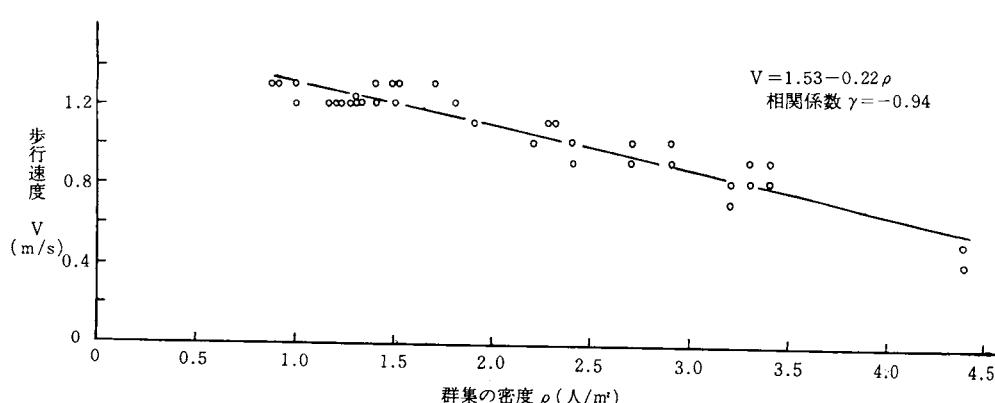


図2 群集の密度と歩行速度

## 防火木造建物の火災実験

山鹿 修藏

簡易木造建物の火災実験が消防研究所の構内で行われた。模型火災や部分火災はともかく、全棟を燃え尽きるまで燃す実物火災が構内で行われたのは実に17年ぶりである。かねがね消防研究所で火災を研究している研究者達が、案外実物の火災を手近に見聞する機会のなかったということははなはだ残念であると思っていた。今般幸いに用途廃止した建物を利用できることになり、可能な限りの人数が参加見学するようにした。

実験は供試建物に住宅の火災荷重に相当する可燃物をいれて点火し、燃焼の経過状況を観察するとともに、以下に掲げる項目の測定を行った。

- (1) 燃焼にともない発生する CO を始めとする各種の燃焼生成物の分析。
- (2) R I (ラジオアイソトープ) 輸送容器が火災にさらされた時の耐火性。
- (3) 建物に対する予備注水の効果測定のための水分蒸発速度の測定。
- (4) 樹木単独および注水した樹木の耐火力と延焼防止効果および放射照度の測定。
- (5) “おき” の再燃現象

また、このほかに隣接建物を併用して、注水による隣接建物の防護を実用と測定面から行った。口絵写真はその状況の一部である。測定項目のうち(3)と(5)は、良好な結果が得られなかつたため、文章による報告がなされていないが、文章による報告のなされているものの詳細は末尾の文献を参照していただきたい。ここではその内容の概略を記述するに留める。すなわち、(1) 熱統計で観測した放射照度と木材の炭化深さの関係、及び樹木の火害状況と炭化深さの関係から樹木の延焼防止効果が認められたこと。

(2) 火災最盛期の比較初期に各種の毒性があるガスが発生したこと。

(3) 供試した放射性物質輸送容器モデルから、約1000度継続時間10分間と思われる火災最盛期中に鉛が溶けて出て、内部に空どうが形成されているのが観測されたこと。

である。

終りに地元消防当局の絶大なる御理解と御協力のあったことを記して、謝辞にかえます。

### 参考文献

- 1) 箭内英治、守川時生：「防火木造建物の火災初期における発生ガス」 消防研究所報告 56号 p.19 (1983)
- 2) 山下邦博、林幸司、稻垣実：「樹木の延焼防止効果に関する実験的研究」 消防研究所報告 56号 p.27 (1983)
- 3) 島田裕久、宮崎早苗、松原美之：「火炎の熱伝達率と放射性物質輸送容器の耐火性」 消防研究所報告投稿中。
- 4) 宮崎早苗、松原美之、島田裕久：「防火木造建物の火災実験——放射性物質輸送容器モデルの耐火試験——」 日本火災学会昭和58年度研究発表会概要集 p.11 (1983)
- 5) 林幸司、稻垣実、川崎正士、山下邦博：「防火木造建物の火災実験——供試建物の炎上状況と隣接樹木の燃焼——」 日本火災学会昭和58年度研究発表会概要集 p.59 (1983)
- 6) 箭内英治、守川時生：「防火木造建物の火災実験——発生ガス分析事例——」 日本火災学会昭和58年度研究発表会概要集 p.83 (1983)

## 耐火造集合住宅の合同火災実験

糸谷 成章

昭和58年10月5日江東区豊洲で昭和36年に住宅都市整備公団が建設した4階建鉄筋コンクリート造の住宅解体に伴ない、解体建物を利用した住宅火災実験を行なった。実験は消防研究所、東京消防庁消防科学研究所、東京都住宅局、住宅・都市整備公団の四者が合同しておこなった。

実験に伴なう総務に関する事項を東京都住宅局と住宅都市整備公団が担当した。供試住宅の可燃物の配置、点火、消火、実験場周辺の整備、気象、火災全般の測定、隊員の受熱放射量や簡易型火災警報器の作動状況の測定を消防科学研究所と隣接消防署が担当した。消防研究所は、出火住宅内の燃焼生成物の測定、初期火災の拡大状況のビデオ撮影、火災室天井面を通る熱流束の測定、ガラス窓から噴出する熱気流の温度測定と放射照度測定を担当した。

実験は建物一階中央部の住宅一戸を全焼することにした。住宅の間取は図1に示す通りである。実験は押入に収納したふとんにたばこの火から出火した火災を想定して行なった。住宅内には実際の使用状態に近い状況に家具や生活用品を配置し火災荷重は $30\text{kg}/\text{m}^2$ 程度とした。開口条件はベランダ側六畳の窓を開放し、出火室の窓（腰高窓）は全開、玄関の鉄扉は全閉とした。また、出火住宅のバルコニー及び上階、隣戸のバルコニーには洗濯物、ふとん等を干した状態にして、これらの可燃物の延焼状況を調べることにした。

実験は10時00分引戸を開放した押し入れにふとん火災を模擬した杉クリップ（40×40cm）に助燃材としてメチルアルコールを使用して点火した。クリップの燃焼で生じた炎はふとんから押入の襖に燃え拡がった。点火後20秒で炎の噴出した四畳半の天井附近の温度は170°Cになり、玄関口の天井附近の煙濃度は避難できる限度の濃度に達した。実験時の風向がベランダから流入し出火室の窓から流出する状況にあったため、出火室の窓から煙や炎の噴出が激しく、点火後2分30秒に出火室の玄関ドア（鉄製）を室外から開放したところ、噴出した炎で階段のコンクリートが剥離する状態になり、消防隊による放水がおこなわれた。なお、ベランダ側に火炎が噴出したのは点火後16分程度経過してからで、ベランダのダンボール箱やふとんに着火し、火災は上階のふとんに延焼した。点火後30分程度で火勢が弱まり10時35分に放水消火作業を開始して実験を終了した。

今回の実験は時間の制約もあり、ふとんのくん焼過程を省略する実験となった。ふとんのくん焼が長時間続いた後に発炎燃焼をおこす場合は、本実験と同程度の火災経過をおこすものと推定される。今回の実験は通風状態の良い状態でおこなったもので、夏期の火災に相当するものと考えられる。なお、詳細な実験結果については別途報告される予定である。

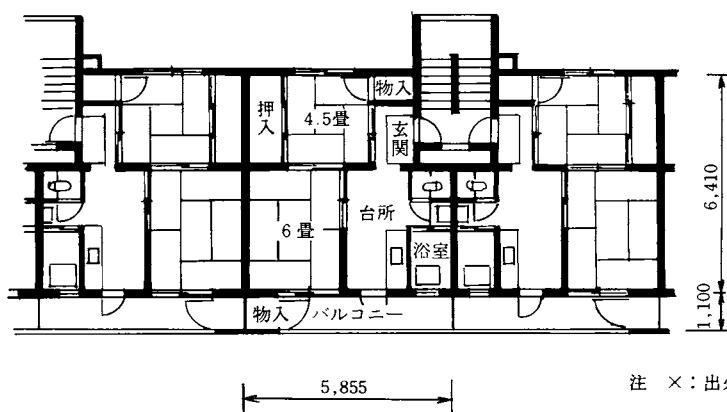


図1 実験に使用した建物平面図

## 延焼モデルに飛火の機能を組込む方法について

稻垣 実

確立型の市街地延焼モデルに飛火による延焼機能を組込む方法について述べる。確率型の場合決定論型の延焼モデルに較べ恣意的な方法をとらずに飛火の機能をモデルに組むことが出来る。モデルは火源から2、3、4軒目の建物に対しそれぞれ延焼確率を持たせ飛火以外の原因による延焼確率と同様に乱数と較べて演算を行う方法をとった。

### 1. はじめに

飛火による着火延焼は他の延焼機構、炎或は熱気流の接触及び放射による延焼に較べ不確実性が高く確率として扱うべき性質のもので浜田式等を用いた決定論的な延焼モデルに組むのはむずかしい。モンテカルロ法を用いた確率型の延焼モデル<sup>1)</sup>に飛火による延焼機能を組んだ例<sup>2)</sup>についてはすでに述べたが本報では飛火による延焼機能を延焼モデルに組む方法について述べる。但しここであつかう飛火はその火源と着火点との距離が数十mのものとする。

### 2. 飛火のモデル化とデータ

市街地における延焼機構は炎或は熱気流の接触、炎からの放射、飛火の3つに別けられる。熱気流の接触による延焼は他の2つに較べ火源の近くに限られるが可燃物があればほぼ確実に着火すると考えられる。放射による延焼は接触によるものより遠距離まで延焼可能であるが着火、非着火は距離の関数で遠くなる程延焼する確率は低くなる。更に火源より遠距離の地域は飛火による延焼の危険性がある。飛火による延焼の確率は小さいが発生した場合はその火災の被害は飛火による延焼が無い場合に較べて大きな被害をもたらす可能性がある。大きな火災の場合でも一件の火災で飛火による延焼が発生する回数そのものは他の2つの原因によって着火延焼する回数に較べて遙かに少ない。したがって飛火による延焼のデータも少ない。飛火のデータの多くは多数の建物が炎上した或る一件の火災で或る建物が飛火により炎上したというものである。飛火の源となる建物を特定出来ないので飛火の源となる建物と飛火によって着火した建物間の距離がわからない場合が多い。当面の確率型延焼モデルは建物一軒々

々を計算の対象にしているので飛火をモデルに組むには飛火による着火の確率と建物間の間隔の関係を表すデータが必要である。図1はA.N.Takata<sup>3)</sup>による隣棟間隔と延焼確率を示すグラフで第二次大戦の広島におけるデータをまとめたものである。図中横軸で約28mまでの点線及びそれ以遠の実線の延焼確率は飛火によるものと推定している。炎上中の建物から舞上った火の粉は風によって運ばれ建物の風下側の扇状の地域に落下する。着火可能な火の粉が落下した扇形の地域の頂角はF.J.Vodvarka<sup>4)</sup>の実家屋火災実験によると火源から約45mまでは90°であり120mでは60°であった。今飛火による延焼機能を組もうとしている延焼モデルは火源となる建物に飛火による延焼機能を組もうとしている延焼モデルは火源となる建物の周囲でその建物に隣接した建物に対して一軒づつ延焼するか否かを判定し着火した建物であれば新たにその建物が火源となり周囲の建物に延焼していくという過程を繰返すタイプである。上記の延焼は飛火以外の原因による場合であるが飛火による延焼は火源から更に遠距離まで発

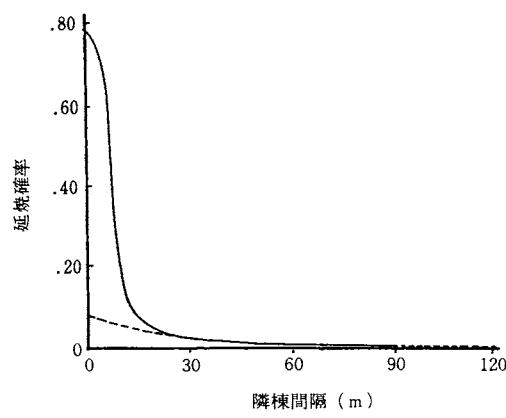


図1 建物間を燃え移る確率(A.N.Takataによる)

生する可能性がある。図1では450m以遠の延焼確率は零となっているが1km以上離れた地点で着火したという例も報告されている。

### 3. 飛火と確率型延焼モデル

飛火による延焼をモデル化する場合飛火の源となる建物からどの地点の建物まで延焼可能とするかはシミュレーションの対象となる地域の大きさと飛火による延焼確率の距離による低下度及び飛火の距離を長くすることに伴うモデルの複雑化を考慮してきめるべきであるが、ここでは飛火の源となる建物から風下側の2、3、4軒目の建物<sup>\*</sup>に対してそれぞれ延焼の確率があることにする。

飛火の源となる建物から2、3、4軒目の建物までの距離はそれぞれの建物間の距離を使っても良い。しかし飛火による延焼確率自体が他の原因によるものに較べ小さい値であり距離による確率の変化も小さいのでモデルを単純にするためシミュレーションの対象となる地域の平均的な建物間の距離で2、3、4軒目の建物までの距離を表わすことにする。その地域の建物の一辺の長さの平均値を $l_1$ 、隣棟間隔の平均値を $l_2$ 、 $l_1$ と $l_2$ の和を $L$ とし、建物が斜方向にある場合を考えた平均的距離が建物どおし正対している場合の距離<sup>\*\*</sup>の1.15倍であるとすると2、3、4軒目までの平均的距離は $1.15(L+l_2)$ 、 $1.15(2L+l_2)$ 、 $1.15(3L+l_2)$ となる。それぞれの距離の飛火による延焼確率は図1より読みとれる。図1の値は火源となる建物から全ての方向にある隣り合った建物に対する着火延焼の確率であるので飛火の拡散する角度を $60^\circ$ とすると $360^\circ/60^\circ = 6$ で図1から読み取った値をそれぞれ6倍する必要がある。扇形の辺が $1.15(L+l_2)$ 、 $1.15(2L+l_2)$ 、 $1.15(3L+l_2)$ で頂角が $60^\circ$ の弧の長さはそれぞれ $1.15(L+l_2) \cdot \pi/3$ 、 $1.15(2L+l_2) \cdot \pi/3$ 、 $1.15(3L+l_2) \cdot \pi/3$ であり、その弧の中に含まれる建物の数の平均値は $(L+l_2) \cdot \pi/3L$ 、 $(2L+l_2) \cdot \pi/3L$ 、 $(3L+l_2) \cdot \pi/3L$ となる。図1は向い合った建物についてのみの延焼確率である。飛火による延焼確率が拡散する角度のなかでは一様であるとするとその弧に含まれる全ての建物に同じ延焼する確率があることになる。しかしこ

こではモデルが複雑になるのを避ける為、火源となる建物から風下側2、3、4軒目の距離の弧にある建物の中でそれぞれ一軒にのみ延焼する確率があることにする。このモデルは乱数を用いて多回数演算を繰返すのでこのような単純化を行っても飛火による延焼がその弧の中の特定の建物に集中することはない。弧の中に含まれる建物全てにある確率 $p$ を一軒に対する確率 $q$ に置換えるには、弧に含まれる建物数を $n$ として $(1-p)^n = 1-q$ を用いる。

街区の建物の隣棟間隔の平均値を4.5m 建物の一辺の長さの平均値を8.5m とすると2、3、4軒目までの平均距離はそれぞれ20m、35m、50mとなる。それらを辺とする弧に含まれる建物数はそれぞれ1.4、2.5、3.5である。それらの地点の飛火による延焼確率は図1より0.028、0.013、0.007である。これらを延焼モデルに適用する為の上記の変換を行うとそれぞれの値は0.23、0.18、0.14となる。

### あとがき

確率型の延焼モデルに飛火による延焼機能を導入する方法について述べた。例として飛火による延焼の距離が数十mのものをあげたが今回用いた延焼モデルは火源となる建物から1、2、3軒…と建物を辿って行くタイプであるので数百m以上の飛火をモデル化するには更にモデル自体の改変が必要になる。飛火の落下点は風速及び風向の変化の度合による影響が大きいと思われるがこれらの影響をモデルに組込むのも今後の問題である。

### 引用文献

- 1) J.W.Crowley et al.: Firefly, A Computer Model to Assess the Extent of Nuclear Fire Damage in Urbanized Areas, (1968) SSI
- 2) 稲垣 実: 消研誌報、34、p.32 (1980)
- 3) A.N.Takata et al.: Development and Application of a Complete Fire-Spread Model, Development Phase, (1968) IITRI
- 4) F.J.Vodvarka : Urban Burns, (1970) IITRI

\* 火源から2軒目の建物への延焼が飛火のみによるとするのは問題がある場合もあるが、このモデルでは2軒目以遠の建物は飛火以外による延焼機能をもっていないので計算上このようにきめる。

\*\* 辺の長さは1の正方形の頂点と辺を結んで出来る三角形の斜辺の長さの平均値は約1.15である。

## 昭和57年(1982年)浦河沖地震による地下危険物施設の被害

吉原 浩

昭和57年（1982年）浦河沖地震による北海道日高地方の危険物施設被害のうち、主として地下タンクについて調べた。地下タンクの被害は浦河町で多数あり、タンク周辺地盤の沈下によってコンクリートふたや地下配管等が損傷した例が多い。また、三石町では地下タンク周囲の埋め戻し土が液状化したため浮き上がったと推定される特異な事例があったなど、地盤に起因する被害が多いことがわかった。この他、屋外タンク、防火壁の被害についても報告する。

## 1. はじめに

昭和58年（1982年）浦河沖地震は、北海道日高地方に多くの被害をもたらし、震源に近い浦河町では、震度VIを記録した。危険物施設の被害については、ホームタンクと呼ばれる住宅暖房用の灯油貯蔵タンク（500ℓ未満で通常屋外に架台にのせ、配管で屋内へ接続してある）の被害について報告されている<sup>1,3)</sup>以外は、地下タンクの被害などについて若干ふれられている<sup>2,3)</sup>にすぎない。しかし、小規模な地下タンクは、全国各地のとくに都市部に集中して設置されていることが多く、地震時における地下タンクの安全性を確保することは、住民の安全を確保するための重要な要因といえる。

ここでは、危険物施設の被害が多数発生した浦河町および三石町の地下タンクの浮き上がり事例について、現地調査を行なった結果を報告する。

## 2. 地震の概要

<sup>4)</sup> 気象庁の報告によるところ本震の諸元は

發生時刻：1982年3月21日11時32分05.7±0.1秒

震源:  $42.04^{\circ}\text{N}$ ,  $142.36 \pm 0.1^{\circ}$ , 深さ40km

規 模： $M = 7, 1$

である。震央及び各地の震度を図 1 に示す。

この地震は、規模の点では1968年十勝沖地震などのM=8クラスの地震に比して大きくはないが、震源が近いために、被害が静内町から浦河町にかけての地域に集中していたといえる。

### 3. 危険物施設の被害

日高中部および日高東部消防本部管内には、大規模

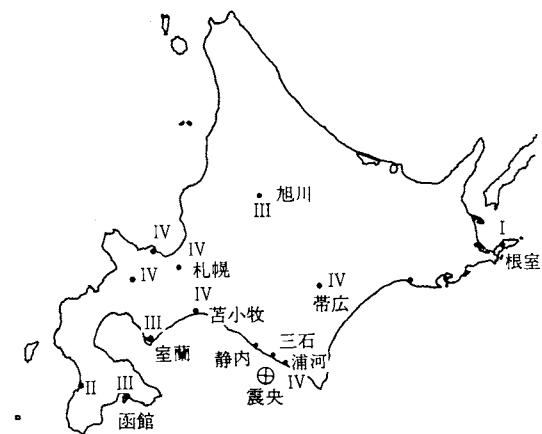


図1 昭和57年（1982年）浦河沖地震本震の震央および北海道各地の震度。

な危険物施設はない。被害は、静内町、三石町、浦河町でおきている。静内町では、給油取扱所の防火壁の倒壊が3件、地下タンクの沈下が1件あった。三石町および浦河町におけるホームタンクを除く危険物施設の被害を以下に述べる。

### 3.1 三石町の地下タンク被害

三石町南東部の沖積層の地盤に設置された重油地下タンクが被害をうけた。ここでは並列に埋設した鋼製50kℓ円筒タンク2基が、周辺地盤に対し浮き上がり、このためにタンク上部のコンクリートスラブが押し上げられて破損し、付属の受押設備が傾き、地下配管等が損傷した。その状況を図2、3および写真1に示す。このタンクは、昭和54年9月に完工したもので、1968年十勝沖地震を経験していない。コンクリートスラブの亀裂した部分にあったマンホールは変形し、配管継

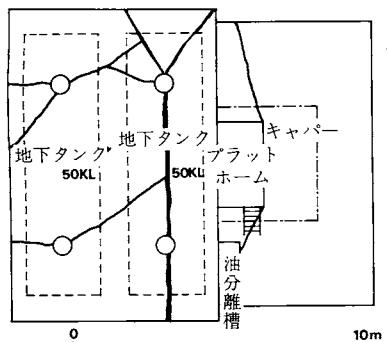


図2 コンクリートスラブの破断状況(平面図)。

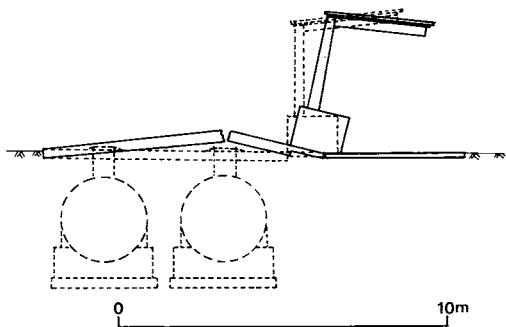


図3 コンクリートスラブの破断状況(側面図)。

破線は地震前的位置、実線は地震後の位置を示す。

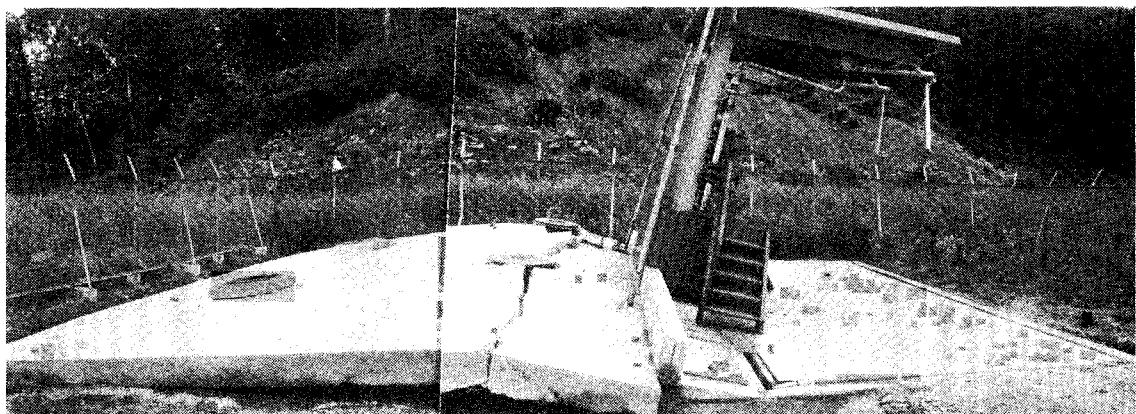


写真1 地下タンクの浮き上がり例(南側より)

手部の亀裂から若干の漏油がみられた(写真2)。地震当時タンクは2基ともほとんど空の状態であった。なお、タンク本体は全く損傷を受けていなかった。

この被害をもたらした原因について、川治<sup>2)</sup>らは、周辺地盤の沈下によるものとしている。しかし、この地点は写真3から明らかなように地下水水面が地表付近にあること、タンク周囲は海砂で埋め戻されていた

こと、被害後にタンク周囲を掘削したときに東側のタンクが回転していたことが写真4から認められることなどから推察して、タンク周囲の砂が地震動により液状化したため、空のタンクが浮上したものと考えられる。地下水水面下に地下タンクを設置することは本来好ましいことではない。やむを得ず設置する場合は、埋め戻し土を十分に締固めること、地盤上に盛土するか地下水位を下げる等の有効上載圧を増加させること、



写真2 マンホールの変形および漏油。

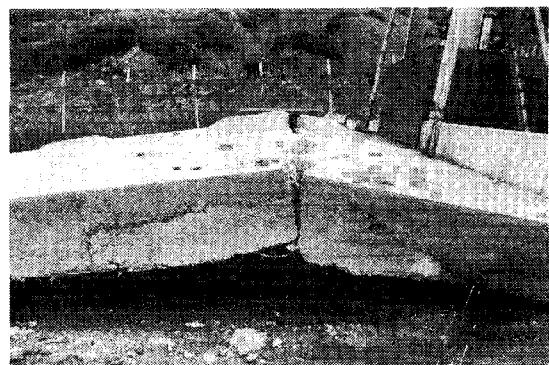


写真3 コンクリートスラブの破壊。

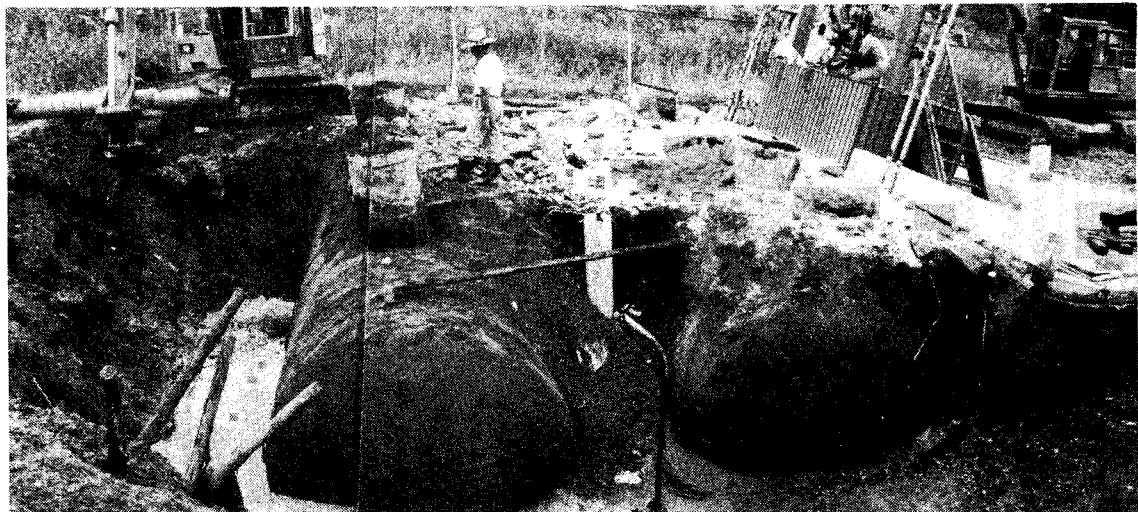


写真4 タンク掘削時の状況。

海砂等の粒度が均一な材料を用いないこと等の浮き上がり防止のための考慮が必要であろう。

### 3.2 浦河町の被害

#### 3.2.1 屋外タンク

##### (1) 地下配管

浦河港岸壁に隣接している50kℓ軽油屋外タンクの地下配管が2ヶ所で折損した。2ヶ所とも突き合わせ溶接部分であり、全体に腐食減肉が著しい(写真5)。この被害は地震後に行なわれた破壊検査のための水圧試験により発見された。これらのタンクは若干傾斜しているが、地震前後に測定されていないため、今回の地震との関係は不明である。

##### (2) タンク固定コンクリート

浦河町荻伏の漁港の岸壁そばにある横置の20kℓ重油タンクで、タンク固定用のコンクリート架台の端部2ヶ所に亀裂がはいった。



写真5 屋外タンク地下配管の折損。突き合わせ溶接部分で折損し、腐食も著しい。

##### (3) 防油堤

浦河町東栄の岸壁に隣接する10kℓ高架タンクの防油堤に亀裂が1ヶ所地震後に発見された。この防油堤は無筋コンクリート製である。この亀裂の補修後に、同様な亀裂があらたに発生している(写真6)。

#### 3.2.2 地下タンク

浦河町にある地下タンク貯蔵所、給油取扱所および一般取扱所のうち約半数に、なんらかの被害があった。被害は、地盤沈下による地下配管の折損・コンクリートふたの亀裂、および地震動による防火壁の亀裂・倒壊が発生した。浦河町主要部における被害分布を図4に示す。

地下タンク周辺地盤の沈下による被害例を写真7、8に示す。このタンク室の床は、コンクリートパイルで支持されていたため、地盤が沈下したときに地盤と同時に沈下せず抜け上がった。このため、コンクリートパイル直上の支柱に荷重が集中し、支柱が折れたも

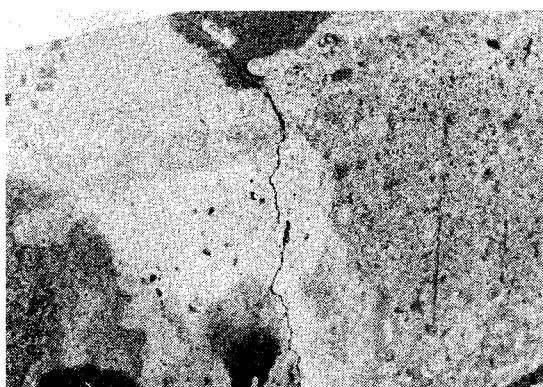
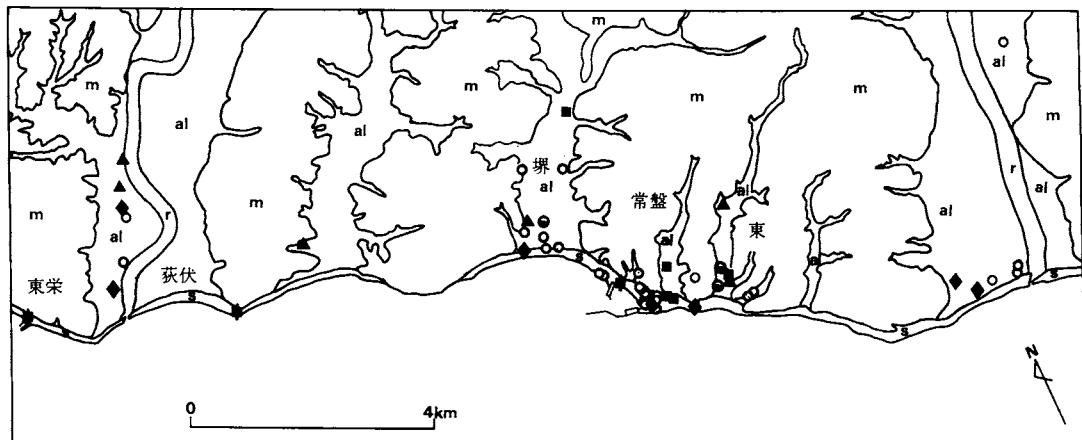


写真6 防油堤の亀裂(浦河町東栄)。



- ▲：周辺地盤が沈下したが損傷のないもの
- ：周辺地盤が沈下し、かつ地下配管、コンクリートふた等に損傷があったもの。
- ◆：防火壁、地上配管にのみが損傷したもの。
- ：沈下を伴わず、コンクリートふたが損傷したもの。
- ：屋外タンクの被害地点。
- ：被害のないもの

図4 浦河町主要部における危険物施設被害分布図。

## 地形区分

al：沖積平野（扇状地を含む。旧河道、自然堤防は1万分の1地形図上では不明瞭であるため区分しない。）

s：海岸砂丘

m：山地

r：現河床

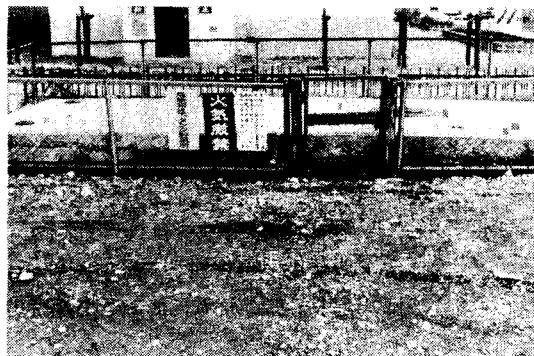


写真7 浦河町の地下タンク浮き上がり例。



写真8 写真8のタンク掘削時の状況。地下配管および支柱が折損している。

のである。地下タンク室と地盤が接する部分で、地下配管の折損が起り、コンクリートふたには亀裂が発生している。コンクリートふたの亀裂は、タンク周辺地盤が沈下した場合のほとんどでおきている。

つぎに、建物が周辺地盤に対して相対的に沈下したことによる被害例を写真9に示す。油注入管が、タンク付近の建物に取り付けられていたため、建物の変形にともなって損傷を受けたものである。

防火壁の被害例として、モザイク状に亀裂がはいったものを写真10に、一部が欠落したものを写真11に示す。

## 3.2.3 浦河町における地下危険物施設の被害分布

地下危険物施設は、家屋等に比較して少数であり、また市街地に偏在しているため、家屋等の被害分布の

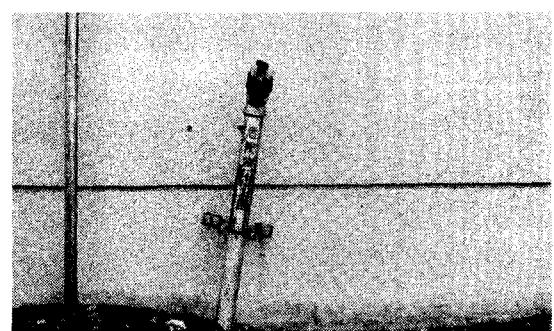


写真9 油注入管の被害。建物に固定されていたため、建物の沈下により傾斜した。

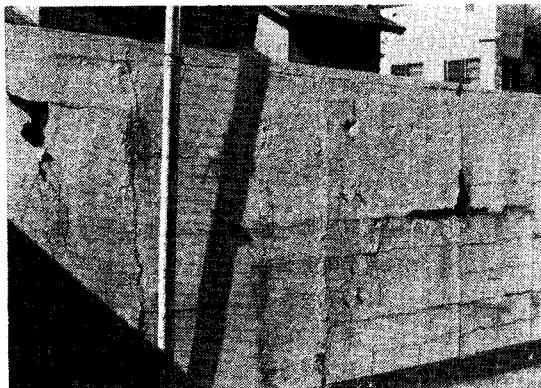


写真10 防火壁の亀裂（浦河町西幌別）

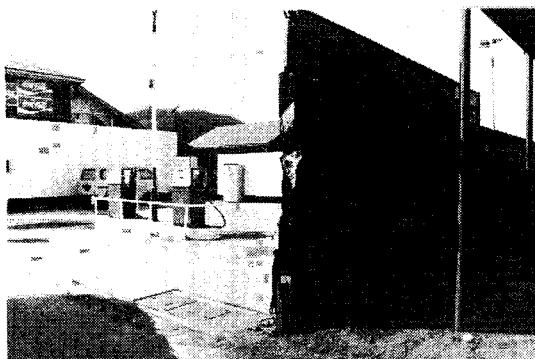
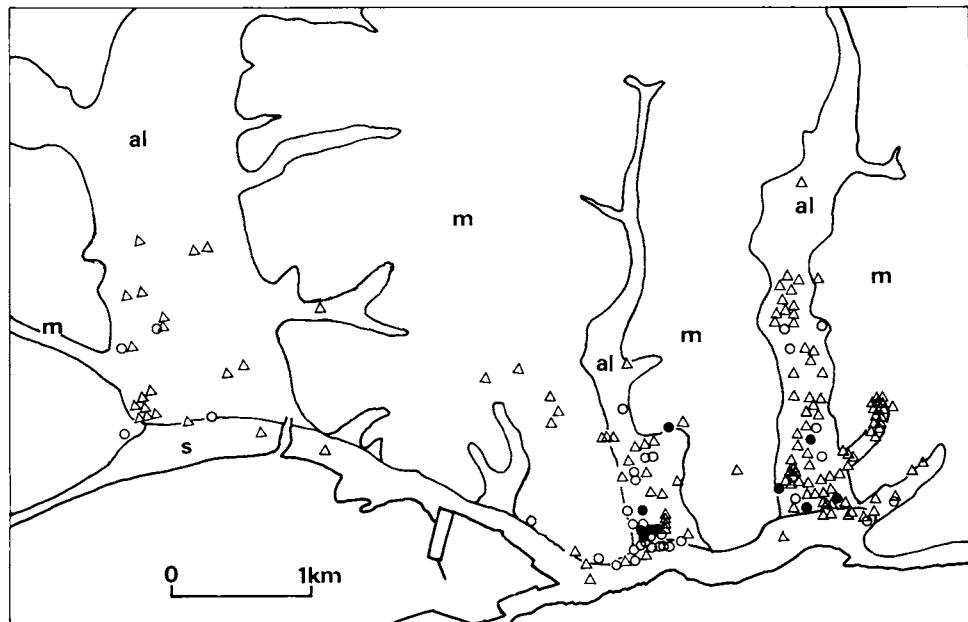


写真11 防火壁の欠落（浦河町西幌別）

図5 浦河町中心部の木造家屋および水道管の被害分布図（文献<sup>1)</sup>に一部加筆）

ように地域間の比較を一様に行なうことはできない。しかし、図4から、常盤町、東町の沖積平野は比較的被害が多いこと、防火壁の被害は海岸砂丘に多いこと、地盤沈下により地下配管やコンクリートふたに被害が発生した地点は沖積低地に限られることが認められる。全般に、被害をうけた地点と無被害の地点は混在している地域もあり、局地的な地盤条件あるいは施工にも問題があるものと思われる。

#### 4. 考察

浦河町中心部における地下タンクの被害は家屋および水道管の被害<sup>1)</sup>（図5）と異なった分布を示す。木造家屋の全半壊のうち、周辺地盤あるいは基礎の沈下、地割れ等、地盤に起因する被害を伴なっている地点は東町および常盤町に集中しており、地下タンクや水道管の被害が浦河町のほぼ全域に広がっているのとは対照的である。これは、東町および常盤町の地盤の増幅度特性の卓越周波数が3～5Hz程度であり、一般の木造家屋の固有周波数と一致した<sup>1)</sup>ことと、地盤沈下の相乗作用によるものと考えられる。これに対し、地下タンクの場合は、被害地点が広く分布していることから、地盤の卓越周波数との関係は、木造家屋に比べて小さいと考えられる。また、水道管の被害は、地下タ

○：木造家屋被害地点

△：水道管の被害地点

●：木造家屋の全半壊地点のうち、地盤あるいは基礎の沈下、地割れを伴うもの。（地形分類は第4図と同じ）

ンクより広く分布しており、地震に対してより抵抗力がないといえる。

## 5. おわりに

昭和57年（1982年）浦河沖地震による地下タンク等の小規模な危険物施設の被害を調査したところ、防火壁の損傷を除くと、被害のほとんどは地盤がタンクに対し、相対的に沈下したことによるものであった。これらの被害の軽減方法としては、埋戻し土の流動化による浮き上がりを防止するためには、十分に締固めること、地盤上の盛土や地下水位を下げる等の有効上載圧を増加させる方法をとること、埋戻し土として海砂など、粒度が均一な土を用いないことがあげられる。また、地盤とタンクとの相対的な沈下による被害を軽減するためには、地盤とタンクの接続部にフレキシブルチューブを用いること等の措置が考えられる。

なお、今回の調査にあたって、日高中部消防組合消防本部、日高東部消防組合消防本部の方々に本文中で使用した写真を提供していただきなど多大の協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

## 文 献

- 1 ) 国土庁、北海道開発庁、建設省、消防庁：浦河沖地震の総合的調査研究報告書（1983）
- 2 ) 川治正則、藤村成夫、阿部宏侑、阿部道彦：昭和57年（1982年）浦河沖地震被害調査報告（その3、補強コンクリートブロック造その他の被害について）、北海道立寒地建築研究所調査報告集、171、(1982.)
- 3 ) 東京消防庁防災課：浦河沖地震と被害について、火災、32、4、7 (1982)
- 4 ) 気象庁：地震月報、昭和58年12月、(1982)

## 米国・カナダの火災ガス毒性に関する研究施設を調査して

守川 時生

今春、科学技術庁科学技術振興調整費による研究「米国・カナダとの協力による火災時の燃焼ガスの毒性評価と建材等の安全性に関する研究」を推進する目的で、他省庁の研究関係者6名と共に、火災ガス毒性に関する研究を行なっているカナダおよび米国の研究機関、大学を訪問し研究の状態を調査したので、調査結果をかいつまんで紹介したい。

### 1. カナダ国立科学研究所

National Research Council of Canada (NRCC)

NRCCはオタワに所在する国立の研究所の集団で、その建築部門に火災研究部があり、そこに、丸1日の日程でDr. Y. Tsuchiyaを訪ねた。火災研究部は部長のDr. T. Z. Harmathy以下25名の職員が所属し、そのうち約10名が研究者であった。

毒性研究はDr. Y. Tsuchiyaと3人のテクニシャンによって行なわれていた。

省資源庁から研究費約1億円の配分を受け、最新鋭の高級分析機器を購入あるいは購入予定しており、火災ガス分析にも用いる意向であった。

カナダでは省エネ政策に基づき、断熱材料としてウレタンやユリアホルマリン樹脂を日曜大工的感覚で自家の天井裏などに葺く人が増え、樹脂からの長期に渡るガス発生が健康上の問題になっているという。このガスの検出や測定は濃度的に低いためやっかいで、大学などでも研究は進められているが解決されていない。そこで、広範囲の温度条件下での発生ガス分析では実績のあるFire Research Sectionが問題解決にのり出した訳である。

購入済みまたは購入予定の分析機器には次のものが含まれる。

- (1) 高性能液体クロマトグラフ (HPLC)
- (2) ガスクロマトグラフーマススペクトルメータ (GC-MS)
- (3) マススペクトロメーターマススペクトルメータ (MS-MS)

HPLCはバブラーで捕集したガスを液クロにかけ、スキャニングUVや電導度検出器によって検出するものである。前者の検出器による分析が不可能な有機成分は酸化して有機酸に変えれば後者の検出器を使用す

ることができるという。

GC-MSはガスクロマトグラフで分離した成分を次々とマススペクトロメータで同定するものであるが、その同定を連続的にコンピュータで行なっていた。

MS-MSはまだ納入されていなかったが、カナダのSCIEX社製 TAGA 6000という機種でカナダ以外では製造がされていない装置であるということであった。GCでは分解または吸着を起し、GC-MSでは測定不能な不安定な成分に対しても測定ができるものである。原理は試料ガスを一段目のMSでコロナ放電により化学イオン化し、次にフィルターにより一種類ずつ2段目のMSに導入し、Electron impactにより分解し、マススペクトルを求めて同定するものである。

その他に、CN、Clなどのイオン電極やNP detector(アルカリフレームイオン電極検出器)を持つGCなどがあった。

燃焼装置はスミス炉を用いており、これは日本の建築研究所、米国のNBSが所有するものと同じである。燃焼ガス中のO<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>濃度と燃焼速度から発熱速度を求めるなどを本来の目的とした炉であるが、空気供給速度を変えてガス毒性の研究に用いようとしていた。スミス炉の他にガス毒性の研究に関係する燃焼装置に管状炉、コーナー試験用チャンバー、実大火災実験室があった。実大火災実験室(写真1)は研究所から10km以上離れた場所にある大規模実験場内にあり、耐火レンガ造りのものであった。これを用いて、木材クリップ30kgとアクリル繊維300gを燃焼させた実験では、HCNより NO<sub>x</sub>の発生の方が大きかったという。

なお、カナダでは動物実験が自由に行なえないので、火災ガス毒性評価は化学分析の結果を用いてのみ行なうという。

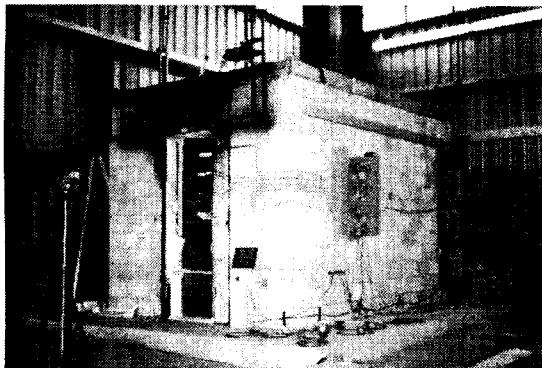


写真1 NRCC大規模実験場内の実大火災実験室

## 2. 工場相互保険研究所

Factory Mutual Research Corporation (FMRC)

FMRCはボストン郊外にある工場相互保険研究所である。所長のDr. R. Friedman、Dr. R. AlpertおよびDr. A. Tewarsonに面会し、火災モデリングの研究について主に説明を聞き、その実験装置の見学も行なった。これは、火災毒性の分野でもモデリング手法を用いるためである。

Dr. Alpertは火災成長やスプリンクラー作動時の温度、空気挙動のモデル化の仕事をしていた。火災成長に関しては、離れた場所にある大型実験場内で行なった実大火ベッドルーム火災実験をビデオで示しながら、現段階では単純化した水平火災に対しては、火災成長のモデル化は可能であるが、複雑な配置のモデルに関しては難しいということであった。今後は単純な炭化モデル、天井までの燃焼モデル、壁までの火災の拡がりなどの研究を進めたいと語っていた。スプリンクラーに関しては、噴霧特性の研究を行なっており、床面から熱気流を噴き出し天井面から水噴霧を行なったときの温度、空気挙動などのモデル化を試みていた。なお、火災実験で水噴霧を行なうとCO濃度が増加すると話していた。

Dr. Tewarsonは図1の装置を用いて、液体、ポリマー、木材、ケーブルの燃焼性状の解析を行なっていた。この研究も火災モデリング研究の一環である。測定項目は、ガス温度、空気流速、ガス濃度(O<sub>2</sub>、CO、CO<sub>2</sub>など)、燃焼速度などであった。本装置の輻射源にはタンクスチレンランプを用いており、輻射強度は従来のコーン型のものより強力であるという。毒性試験のための燃焼装置にも使えるのではないかと日本側の燃焼装置製作担当者達は関心を示していた。

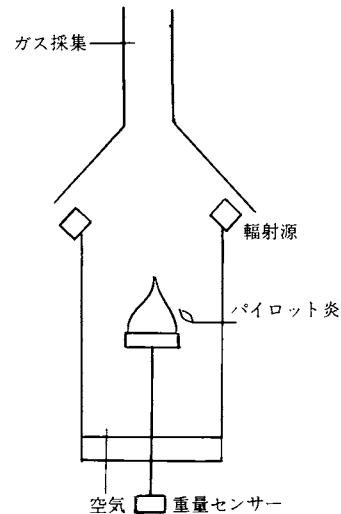


図1 FMRC Tewarsonの燃焼装置

## 3. ハーバード大学

Harvard University

当大学は、ボストン市内にあり、そこに、Prof. Dr. H. W. EmmonsとDr. Mitlerを訪ねた。Prof. Emmonsは火災研究の大御所であると同時に、火災モデリング研究の創始者でもあるので、訪問目的の中心は火災モデリング研究であった。

Prof. Emmons教授による案内で研究施設の見学を行ない、次にDr. Mitlerを交えた席で、同教授の火災モデルに関する講演を拝聴し、その後に、会談のひとときを持った。

研究施設で見学した装置の一つは、プロパンガスを天蓋フードから空気を吸引した状態で拡散炎として燃焼される装置であった。空気吸引を少なくして燃焼させると、末燃ガスにフラッシュオーバーが起るのがみられた(写真2)。他の一つの装置は区画の中にある輻射

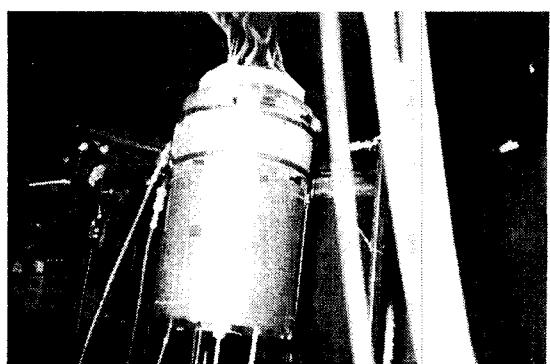


写真2 ハーバード大学のプロパンガスを拡散燃焼させてフラッシュオーバー現象をつくる装置

源の下に木材、プラスチックなどの平板を置き、その中心に着火させ、その燃焼伝播など燃焼特性を調べる装置であった。

Prof. Emmons の講演は火災を熱的、流体力学的なものとして捉え、数学モデル化する手法についての内容が中心で、毒性のモデル化は今後の課題であるということであった。

#### 4. 国立標準局

National Bureau of Standards (NBS)

NBS はワシントン郊外にあり、その中の火災研究所 (Center for Fire Research) を 1 日半の日程で訪問した。所長の Dr. J. Snel 他多くの人と面会した中で火災毒性危険に関する研究者には Dr. R. Gann、R. Bukowski、B. Levin 氏などが含まれた。また、Dr. A. F. Robertson や元 NBS 毒性研究者の Dr. M. Birky からも話をうかがった。

NBS における火災ガス毒性研究は約 10 年前、小規模実験で初期火災の発生ガス毒性を单一燃焼対象物について行なったことに端を発し、現在は、小規模から大規模まで研究範囲を拡げている。現在の研究の重点は、動物実験による評価、燃焼条件と毒性の関係に置かれている。

##### R. Bukowski 氏の研究

毒性危険評価の研究は燃焼毒性の危険を火災全体の危険との関係で評価する必要があるとして、モデリング手法を開いて、段階的に行ない、数年後の完成を目指していた。研究計画のフローチャートは図 2 に示す。

##### B. Levin 氏の研究

燃焼生成物の急性毒性評価の研究を図 3 の装置を用いて行なっていた。この研究は毒性に関しての基礎研究でもあり、また、材料のスクリーニングにこの装置を用いる目的のものでもあった。

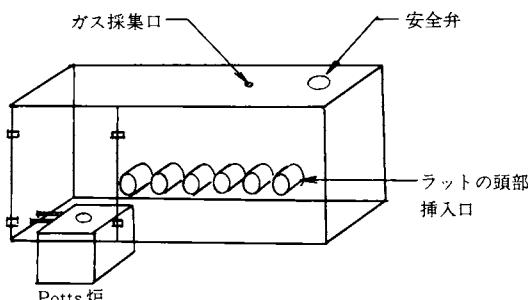


図 3 NBS 燃焼炉と動物ばく露チャンバー

試料を Potts 炉の中で発火温度の上下 25°C で燃焼させ発生ガスを動物ばく露チャンバーに導入し、動物ばく露やガス分析などを行なうものである。動物ばく露では実験動物にラットを用い、ラットの頭部をばく露チャンバーに入れ、致死時間や CO へモグロビンを調べていた。ガス分析は CO、CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>、HCN などについて行なっていた。

CO へモグロビンとガス濃度の関係から、CO 以外に有毒成分が存在すること、CO<sub>2</sub> は呼吸数を高める作用があるため、CO<sub>2</sub> 濃度が高いと CO 濃度は低くとも、CO へモグロビンの値は高くなること、HCN と CO は相加的作用を持つこと、Met へモグロビンは無毒性で CO の吸収を低下させる作用があること、など興味深い結果を出していた。

Potts 炉における燃焼はくん焼の際に毒性に関する最悪条件があるという考え方である。

燃焼装置に関しては、図 4 のような、試料をコーン型輻射炉で加熱し、そのとき、試料重量を測定しながら燃焼を行なう方式を考案していた。この装置を閉鎖系にして、空気または窒素を流通させることも考えていた。この方法では、(1) 試料サイズを大きくできる、(2) 重量変化が測定できる、(3) 試料の立体的配置を変えられる、(4) 複合材料を試料に用いることができるなど

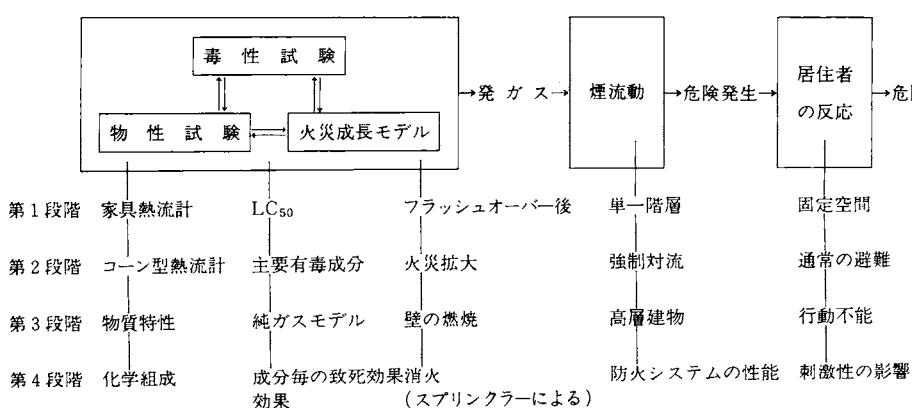


図 2 NBS の毒性研究計画

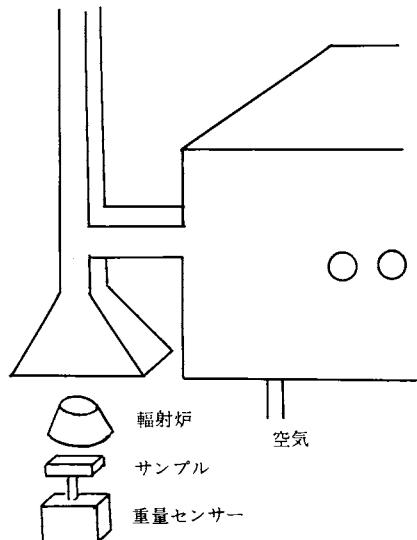


図4 NBS の考案中の燃焼装置

の長所があるという。

分析装置には、HCN用にアルカリフレームイオン検出器を持つガスクロマトグラフ、HCl用にイオン電極による分析計、COヘモグロビン用に自動連続測定装置があったが、HCN、HCl用に関しては、近く赤外線吸収方式の連続測定器を導入する予定であった。

#### Dr. Birkyの講演

Dr. BirkyはDr. Gannの前任者でガス毒性に関して多くの論文を出しているガス毒性研究の権威者の一人である。

講演の要点を以下に述べる。

火災死者の血液分析および呼吸器系に詰まったすすの分析を三つの研究所に依頼したところ、その結果、次のようなことがわかった。

(1) PVCからのHClはベンゼン発生と相関関係がみられたので、血液中ベンゼン量を分析することにより吸収したHCl量を推定することができる。(2)すくに含

まれる金属のけい光X線分析や有機成分の質量分析により燃焼したポリマーの種類やタイプを推定できる。

(3) 血液中のHCNは安定である。などがわかった。

#### Dr. A. F. Robertsonの講演

Dr. RobertsonはNBSの中にあって、在職期間が長く長老的存在の研究者である。もともと、毒性分野の研究者ではないが、現在ISO/TC92/SC3(火災時の毒性危険小委員会)の座長として活躍されており、SC3の動向について講演されたので、その要約を述べる。

SC3において、毒性問題の対象物として、建材、内装材、家具等の収容物を考えること、WG1で火災モデル、WG2で動物モデルを研究すること、刺激性の問題、煙の問題、毒性効果の問題をも含めて試験方法の開発を行なうことなどが主たる動向である。

しかし、各国が個々の試験方法を持っていること、毒性試験に反対をする人がいること、試験方法の法制化には問題がある、など難しい問題も抱えている。

#### あとがき

海外の文献や昨秋開催された日米加三国毒性専門家会議により、今回の訪問国の燃焼毒性に関する研究計画や実験装置については相当の予備知識を持っていたつもりであったが、「百聞は一見に然ず」の諺どうり認識を新たにする面が多かった。たとえば、カナダ、米国とも予想以上に多くの燃焼装置を持ち、それらが良く整備されていたことは印象的であった。

筆者は燃焼発生ガスの分析方法にも大きな関心を持って臨んだが、分析装置の面では、NRCCではHPLC、MS-MSの導入、また、NBSではHCN、HClの赤外線による連続分析装置の導入の計画があるのを知ったことは参考になった。

今回の視察で、三国毒性専門家会議やUJNR防火部会で姿を見せなかった実務研究者と意見を交換する機会を得たことも有意義であった。

## 消防関係の研究所紹介

## 横浜市消防局研究開発課

消防の科学技術の研究は、消防庁消防研究所のほか国内の大都市の消防局等でも多くの都市で必要な研究を行っている。そこで今回は近年人口増加の著しい横浜市消防局の研究開発課を紹介する。

横浜市消防局の研究業務は昭和25年7月、旧消防局の別棟に理化学実験室が作られ、ここで火災原因調査関係の鑑定実験、危険物の判定試験、火災予防に関する実験が行われるようになったのが始まりである。その後昭和37年8月にはこの業務は保安課研究係が担当するようになり、続いて39年8月には予防課研究係、42年5月には企画課研究係となった。44年11月、消防局が保土ヶ谷の新庁舎に移転した時、その4階に消防科学研究所が作られここで実験が行われるようになった。52年6月、戸塚に消防訓練センターが出来た時、研究開発課として研究業務と共に新任消防士等の科学技術関係の教育も担当するようになった。

消防訓練センターは国鉄戸塚駅の西南西約3km、駅近くのバスセンターからバスで約10分、二軒家停留所から更に徒歩で約10分、戸塚区深谷町777番地にあり、新採用の消防士ら120~160人の宿泊、教育、訓練施設がある。敷地は丘陵地帯を削ったり埋め立てたりしてならされ、周辺にはまだ山林も残っており、教育や研究には落ち着いた環境のよい所である。職員は所長以下32人で、管理課、教育課と研究開発課にわかれている。

研究開発課は総員8名で、研究係と開発係にわかれている。研究係の現在の最も大きな仕事に地震の観測がある。この一つは市内の三箇所に微小地震計を取りつけ、訓練センター内に設置した記録計で記録するようになっている。この記録は月に一度気象庁に知らせ、また地震計の信号はテレメーターにより筑波の防災センターで同時記録できるようになっており、地震予知の一つの重要な情報となっている。このほか市内15ヶ所において地下水位の変化を観測している。これらのデータから、予想される首都圏の大地震を予知、ないしは異常感知し、その際消防局としていかに地震に対処するかの判断資料にしようとしている。

このほかビルや地下街火災の煙対策のため、ミニコ

ンを使っての煙の流動解析と制御マニュアルのプログラムを作成し、横浜地下街に応用しようとしている。また合成樹脂や合成繊維に防炎加工を施した場合の燃焼特性及び燃焼時における有毒ガスの発生性状の研究を行っている。更に火災原因調査における鑑識実験もかなり重要な業務となっており、最近ではコンテナ内での椰子殼活性炭の自然発火についての研究を行っている。

開発係では次のような研究を行って来た。  
無線による筒先連絡装置：極微弱電波による連絡装置で符号により通信する。このため混信防止方法や、ビル、地下街等での到達試験を行い現在実用化にむけて進んでいる。

グーズネック式消火装置：石油タンク火災の折は固定式泡消火装置が使えなくなることがあるので、グーズネックをクレーンにより吊下げ泡を送り込む方法を開発し、消防署に配備してある。

自走式ノズル：数年前或ビル火災で煙の為、中へ進入できなかったことがあり、これに対処する為自走式ノズルを開発し、現在高性能になるよう改良中である。このほか新しい素材を用いた防火衣の開発と効果の研究を行っている。

このような研究のための実験は保土ヶ谷の消防局4階にある消防科学研究室で行っている。この研究室は面積189m<sup>2</sup>あり、精密機械室、物理実験室、化学実験室、分光分析室、総合実験室の5室に区画されている。主な機器としては、分光分析器、赤外分光光度計、赤外式一酸化炭素・二酸化炭素濃度計、ガスクロマトグラフ、ミクロ示差熱分析装置、土質式験器等がある。

ここでの研究成果は「防災研究」として印刷発行されている。

(N)

## 月例研究会・報告会

### 水平単振動を受けた模型タンク底板にかかる荷重分布 —第一報—

吉原 浩 (地震防災研究室) 10月18日

貯液のはいった円筒型タンクの振動実験において、模型タンクで得られた成果を、実規模のタンクへ適用するためには、相似則が成り立つことを明らかにしなければならない。このためには、いろいろな大きさのタンクについて実験を行なう必要がある。その第1段階として、直径30cmのアクリル製模型タンクを用いて正弦波振動実験を行ない、振幅、水深および波数と底板にかかる荷重分布および側壁における最大液面上昇量との関係を調べたところ、以下の結果を得た。

1. 共振3波までは、波高は単調に増加する。
2. 振動時に、貯液の自由表面が平板状であるときは、貯液による転倒モーメントは波高および波数にほぼ比例する。
3. タンク側板直下の4点(90°間隔)で測定した荷重変動は、振動方向に垂直な軸においては、振動方向に比べてはるかに小さい。

### 地震時消防活動システムの開発について

関沢 愛\*・佐々木弘明\*\*・寒河江幸平\*\*  
(\*火災物理研究室・\*\*情報処理研究室)

10月18日

大地震において同時に多数の火災が発生した場合、現有の消防力を有効に運用して被害を最小限に食い止めることが必要となる。このような地震時同時多発火災を想定して消防力運用の評価を行うためのリアルタイムシミュレーションモデル(地震時消防活動システム)の研究開発を行った。

本システムは、市街地モデル、延焼モデル、消防力運用モデルにより構成されている。出火点は外部から入力する方式を探っており、出火モデルは扱っていない

い。以下に本システムの概要を示す。

- (1) グラフィックディスプレイを利用した会話型システムであり、キーボードから入力した任意の予測時刻における延焼区域をリアルタイムに画面表示しながら処理を進めることができる。
- (2) 個々の火災についての出場優先順位の決定方法は実行時に選択することができる。従って、ある出火パターンに対して消防力を運用しない場合、また幾つかの方法で出場優先順位を決定した場合について処理をくり返し、その結果を比較検討することによって消防力運用の評価を行うことができる。

### 木材火災の消火機構

高橋 哲 (消火設備研究室) 10月18日

木材火災の消火を実際的に説明する機構として、次のようなものを掲げ、実験例を引用して定量的に説明した。

#### 1. 再燃律速型消火機構

木材表面の濡れの程度に応じた再燃時間と、筒先の鎮圧速度のバランスによって、全体の消火が支配される機構。

#### 2. 吸水律速型消火機構

木材が三次元に積上げられているような場合、消火必要水量は、炭火度に比例した吸水量によって決定される。

#### 3. 操作要因律速型消火機構

筒先を振動的に動かし注水した場合、必要水量は上の吸収律速型機構で要する水量に、その方法特有の係数をかけることによって得られる。

#### 4. 表面冷却型消火機構

主として小規模な平面火災に適用できる原理で、赤熱表面を発火温度まで冷却する事によって行なわれる。

#### 5. 無駄水律速型消火機構

上の1~4の機構に属さず、専ら圧倒的多量の水が注がれる結果、その操法のみによって決定される。

### 室内火災気流の数値計算と実験結果との比較

佐藤晃由\*・松原美之\*\*(\*第一研究部・

\*\*特殊火災)

11月8日

1. 前面開口部をもつ立方体区画室の火災気流

三次元連立偏微分方程式を用いたフィールドモデルによる立方体区画室の前面開口部より流入する火災気流の性状を計算し、実験と比較した。計算領域を区画室外部まで拡大して計算した場合の方が、開口部を含む区画室内のみの領域で計算した場合よりも、実験結果により近い温度及び風速分布の結果となった。さらに、床面上の火源からの火災上昇気流は開口部の幅の減少とともに傾いていくが、実験結果に比べて、計算結果は立方体区画室の幅の半分の開口幅より小さい時傾き、大きい時直立し、より急激な変化であった。

## 2. 垂直方向換気流の振動現象の発熱量依存性

床と天井にスリット状の開口部を有し、床中央に火源がある場合のフィールドモデルによる計算結果は二次元、三次元の場合とも天井からの流出熱量は振動し、振動数( $f$ )は発熱量( $Q_0$ )の $\frac{1}{3}$ 乗に比例するが、実験結果でも同様な結果を得た。(実験では高速フーリエ変換法による周波数分析を行った) 比例定数の違いは区画室の高さの違いによる。

$$\begin{aligned} \text{(計算の場合: 高さ } 2.44 \text{ m の区画室)} f &= 0.055 Q_0^{\frac{1}{3}} \\ \text{(実験の場合: 高さ } 0.6 \text{ m の区画室)} f &= 0.31 Q_0^{\frac{1}{3}} \end{aligned}$$

## 圧縮液化ガスの漏出量について

山本 熊・佐藤公雄（消火第二研究室）  
11月 8 日

圧縮液化ガスがその圧力容器、配管等の破損によって外部へ流出する際の流出量の算出方法は過去いくつか示されているが、実際に実験により流出量を測定した例は少ない。そこで圧縮液化ガスとしてフロン12を用いて、圧力容器直近に種々の形状のノズルとオリフィスを取り付け液相部及び気相部からの流出実験を行った。

その結果、液体が圧力容器直近より勢い良く噴出する場合は、熱力学の法則より求める方法とは一致せず、Bernoulliの定理による流体の式で求める方が適当であることがわかった。また、気体の流出実験の結果、臨界圧力以上の状態にある容器内の高圧気体は大気圧中に音速で噴出するという従来の考え方とよく一致した。

今後は、圧力容器より延ばした配管の端で同様の実験を行い、配管があることによる影響を検討する必要がある。

## ヘプタン燃焼性状の規模効果

古積 博・湯本太郎(危険物研究室) 11月 8 日

直径30cm～2mの模型タンク内でヘプタンを燃焼させ火炎中の温度、中心軸上の気流速度、燃焼速度、火炎への空気流入量、ガス組成等の燃焼性状を測定し、タンク規模の影響を調べ、次のような結果を得た。

- 1) 中心軸上の無次元温度、無次元垂直方向の気流速度は無次元高さ0.5以上で相似則が成立し、無次元高さ0.5以下では規模効果があらわれている。
- 2) 中心軸上の気流速度から得た火炎への流入空気量を燃料の完全燃焼に必要な理論空気量で割った無次元流入空気量は、タンク直径が大きくなると減少する。
- 3) 二酸化炭素の濃度は無次元高さ1～2で最大となるがこの位置は流入空気量がヘプタンの完全燃焼に必要な理論空気量の3倍となる高さと一致している。
- 4) 二酸化炭素濃度を未燃の可燃性ガス濃度で割った無次元の二酸化炭素濃度からタンク直径が大きくなると燃え方が悪くなる。

## 液化炭酸・消火粉末によるLNG等の消火

山鹿修蔵\*・佐藤公雄\*\* (\*第一研究部・\*\*消火第二研究室) 11月 8 日

LNGのような液化ガスが漏れて着火し火災になり、消火する必要が生じた場合に、液化炭酸と消火粉末を用いることについて検討を加えた。

実験は1m<sup>2</sup>の燃焼皿で行ない、消火剤は固定ノズルで上方又は横方向から放出した。

結果は通常の液体火災と同様に消火でき、また消火剤の放射率と消火時間の関係についても、従来の理論通りであることが認められた。

## 消防自動車前面ガラスの結氷防止について

金田節夫（消防機械研究室） 12月 13 日

冬期、寒冷地では消防車の車庫は、エンジン始動を容易にするため保温されており、車両前面のガラス温度も車庫内温度とほぼ等しくなっている。出動時、降

雪があると保温されていたガラスに付着した雪はとけ、その水が外気温、走行風の影響を受け、ガラスに結氷する。一般車両はこの時停車し、板などでこの氷をかき落としてから走り出す。緊急を要する消防車は走りながら運転者又は助手席の者が身を車外にのり出してこの作業を行っており、非常に危険な状態である。そこでこの前面ガラスに電熱線を封入し、通電加熱することにより、この障害の即応的な対策を検討した。この結果、車庫内温度、外気温、走行速度と前面ガラスに結氷するまでの時間との関係を明らかにした。さらに野外走行実験により結果の確認を行い、最も問題となるドアなし消防車の必要電力量は一例として、車庫内温度10°C、外気温-10°C、走行速度40km/hの時は350W/m<sup>2</sup>の加熱で結氷防止ができることがわかった。

### 有機過酸化物の圧力容器試験について

柿田公太郎（第一研究部）12月13日

圧力測定装置付圧力容器試験装置を用い、12種の有機過酸化物の圧力容器試験を行った。以前の実験では試験の度に圧力上昇変化が1段になったり2段になったりするものもありその条件を知ることはこの試験方法の確立のために重要と思われるので、加熱速度を変化させてその効果を調べた。その結果、昇温速度が46deg/minから86deg/minの範囲において、試料、昇温速度ごとに数回の試行を行い次のことがわかった。

試料によって条件は明確ではないが、分解圧力変化が昇温速度の遅い方又は速い方で2段が1段になること及び異常に大きな圧力上昇速度を示す場合がある。昇温速度が53.4deg/minから70deg/minにおいて分解開始までの時間、分解開始圧力、圧力上昇変化及び最大到達圧力がばらつくならば、圧力上昇速度が異常に大きい値を示すことがある。

### ヘリコプターからの音声による避難誘導実験

神 忠久\*・渡部勇市\*\*(\*避難安全研究室・\*\*第三研究部主任研究官) 12月13日

地震に伴う大火災が発生した際、ヘリコプターからの音声により避難群衆を安全な避難地まで誘導できるか、どうかを調べるための実験を行った。約100名の

避難者（被験者）に対し、約2km歩行する間に12回進行方向の変更をヘリコプターの拡声器で指示したが、すべての指示が的確に避難者に伝達された。

また、この実験の際、ヘリコプターから数字、単音、単語、短文等を拡声器で流し、ヘリコプターの騒音の中で、それぞれの音がどの程度の明りょう度で地上に達するかを測定した。

### 樹冠内を流れる高温気流の温度低下について

山下邦博（火災物理研究室）1月17日

樹木が火災放射熱を減衰させる（放射熱遮断作用）とともに風を弱め（防風作用）で延焼防止に役立つことはよく知られており、これらの効果についていくつかの研究が行なわれてきた。本研究では、樹木と水幕を併用する火災防御法に関する研究の一環として樹木による高温気流の温度を低下させる三つの作用について調べた。

熱風発生装置の吹出口に風洞を連結し、この風洞内で実験を行なった。この風洞の特定位置の上半部（または下半部）に樹葉をセットし、樹葉がある場合となない場合の温度分布（樹葉の2cm風下の鉛直断面）を比較し、樹葉の温度低下作用の度合を検討した。

気流温度の低下は①気流温度が高い、②樹葉の量が多い、③樹葉が注水されている、の三つの場合に顕著に現われることが確認された。また、温度低下は樹葉に含まれている水分あるいは樹葉に付着している水分の蒸発現象ばかりでなく樹葉の防風作用にも密接に関係していることが明らかとなり、樹葉が風洞の上半部または下半部にある場合について温度低下幅と重量減少速度（樹葉）の関係を求めた。

### ポリエチレン、ポリスチレン、ポリメチルメタアクリレートの燃焼速度および生成ガスについて

箭内英治（燃焼研究室）1月17日

直径25mmの円筒状高分子を酸素指数法に類似の方法で定常的に燃焼できる装置を用いて、ポリエチレン、ポリスチレン、ポリメチルメタアクリレートを燃焼さ

せ、各高分子物質の定常燃焼時における重量減少速度と発生ガスを雰囲気の酸素濃度を変えて測定し、次のような結論が得られた。

- 1) ポリエチレン、ポリスチレン、ポリメチルメタアクリレートの燃焼性を比較した場合、最も燃焼速度が大きいのは、ポリメチルメタアクリレート、次いでポリスチレン、ポリエチレンの順である。
- 2) 3つの高分子物質の中でススの発生が最も多いのはポリスチレンであり、酸素濃度が増加すると共にススの発生量も増大する。
- 3) ここでの実験条件下では、燃焼ガスの主成分は炭酸ガスと水であり、他の成分は無視できる。

## 欧洲研究所めぐり

### —国際会議への出席帰国報告—

長谷川和俊（施設安全研究室）1月17日

1982年夏、ドイツ防火促進協会 (Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e.V.) の招待により、西ドイツカールスルーエ大学において開催された第6回国際防火会議 (6th International Fire Protection Seminar) にて、「爆燃状態の自由空間爆発によって発生する爆風に関する研究」(A Study of the Blast Wave from Deflagrative Explosions) と題する研究発表の機会を得た。その後、西ドイツ、英國、フランスおよびオランダの防災に関する研究所、大学などのいくつかの研究機関を歴訪し、それぞれの研究者と面談することができ、欧洲の防災研究の一端をかいま見ることができたので、それらを簡単に紹介した。なお、爆発に関する分野の研究者との対話が今回の出張の主要な目的だったので、いささかこの分野に偏って紹介した。(本誌前号5頁参照)

## 林野火災の地域性

佐々木弘明（情報処理研究室）2月14日

林野火災の出火率や火災件数の重回帰分析の結果に地域性が見られるので、過法10年間の平均月別林野火災件数を都道府県毎にまとめ、グラフ表示すると地域が明らかになる。これらを定量的に地域区分するのにスペクトル解析で用いられる相関係数を適用した。相

互相關係数が最大になるときのグラフのずれを、三重県を基準にまとめた結果によると、山陰・北陸地方と東北地方の太平洋側が1ヶ月遅れ、東北地方日本海側と北海道が2ヶ月遅れている。京都府が1ヶ月遅れているのは日本海に面し、山陰・北陸地方に近いためと思われる。兵庫県、山口県は日本海にも面しているが、瀬戸内海沿岸型、太平洋にも面している青森県は日本海沿岸型である。四方を海に囲まれている北海道は日本海沿岸型になっている。どちらに区分されるかは出火場所の分布によるであろう。

四国4県間の相互相関係数は、グラフのずれが0のとき最大となり、その値を比較すると、徳島・香川・愛媛3県と高知県の2群に分かれる。

## 断熱緩衝材としてバルサ材を用いた輸送容器モデルの耐火試験

宮崎早苗・松原美之・島田裕久（特殊火災研究室）2月14日

放射性物質の輸送中の安全を確保する目的で、輸送容器には断熱・緩衝材としてバルサ材を使用しているものがある。そこでバルサ材の熱的性質を調べるために、バルサ材を使用した容器を製作し、耐火試験を行った。

供試体は、鋼板製外容器(直径390mm、長さ580mm)と鋼管製内容器(直径142mm、長さ370mm)との間にバルサ材を充てんしたものである。800°C、30分間の炉内耐火試験および長時間の自然放冷を行う実験をした。

供試体各部の測定温度を用いて、計算による分析を行った結果、バルサ材は温度が高いところでは発熱量が大きいことがわかり、含まれている水分は内部の温度上昇をおさえる影響をもつことが明らかになった。またバルサの熱拡散率を求めたところ、0.003~0.005 cm<sup>2</sup>/sとなかった。

## 岩盤内における地下水の挙動について (中間報告)

(付) 長崎水害時における災害通報記録の分析、其の他

細野義純（通報設備研究室）2月14日

長崎県西彼杵郡西海町横瀬東地区の玄武岩岩床からなる岩盤を対象として、ボーリング孔を用いた孔内水位と、深度の異なる部分に埋設した間隙水圧の継続的

な観測を実施した。これらの観測結果は、岩盤内における静水圧の分布状況を知る手がかりとなるもので、地下式または地中式石油タンクを安全に設置することと、万一、貯蔵油が漏洩した場合には、漏洩油類の伝達径路と挙動を知るために必要なものである。

結果については、さらに検討が加えられねばならないが、岩盤内の静水圧の分布は連続性に乏しく、とくに、海面より高い位置のものにあっては側方への排出成分が多いことなどが注目される。

【付】昭和57年7月の長崎集中豪雨に際して、市消防局へ寄せられた119番通報の内容を分析した。災害の接近、発生、救助・救急、事後措置、復旧へと連なる一連の時系列を、降雨強度や河川の増水状況等の、その時々の自然条件と比較しつつ、その内容の移りかわりについて考察した。

## 高温における燃焼抑制剤の効果

——スパーク着火法による測定——

斎藤 直（第三研究部）3月14日

高分子の難燃化におけるより効果的な気相制御法を検討する目的で、定容燃焼装置を用いてプロパン／酸素混合気に対するハロゲン系燃焼抑制剤の高温での抑制効果を、自然発火法により調べてきた。

自然発火法では、加熱温度を600℃前後として研究を行なったが、これより低い温度範囲における燃焼抑制剤の効果を把握するため、混合気への点火法を火花放電による方式とし、既存の装置の一部を改良した。点火方法を変更した主な理由は、測定を安全に行うためである。

この方法により、プロパン／酸素混合気およびこれに四塩化炭素を添加した混合気を用いて予備的な実験を行なった。

その結果、

- (i) この方法により混合気に点火しても、混合気の燃焼にともなうCH<sub>4</sub>発光強度変化の形は、自然発火法によるものと基本的に変わらない。
- (ii) 本装置では、1次側放電エネルギーを45mJから125mJに変化させても、混合気の燃焼開始後の経過に何ら影響を与えない。

などのことが明らかとなった。

## 簡易型火災警報器の誤報発生状況の調査結果（中間報告）

竹元昭夫（通報設備研究室）3月14日

簡易型火災警報器のモニター期間が1年を越えた4都市の作動状況の記録表等から以下結果が得られた。

- (1) 非火災報は台所・食堂では、多い都市で年7.5回、その他の場所では年1～2回、全体の平均では年2.3回であった。
- (2) 台所・食堂に煙式簡易型火災警報器を設置しても非火災報発しない世帯もあった。
- (3) 非火災報の54～67%は食事の時間帯であった。
- (4) 原因不明の非火災報は全体で24%、そのうちの79%は6～8月の高温・多湿の時期に発生した。
- (5) 月別の非火災報の度数分布は都市間で特徴的な差がみられるが、結論を得るには更にデータの収集が必要である。
- (6) 回収したイオン化式簡易型火災警報器62台のうち、37台は検出部内部に糸埃、土埃等の付着がみられ、このうち3台は湿度試験で非火災報を発生した。
- (7) 2都市の煙式について作動感度を調べた結果、鑑定基準の範囲外のものはなかったが、当初の設定作動煙濃度の分布より裾ひろがりの分布となった。

## 疲労破壊における環境効果

亀井浅道（地震防災研究室）3月14日

金属材料の腐食挙動は、材料がおかれている環境に強く依存する。腐食環境中で金属材料が繰返し荷重を受けると、疲労強度が著しく低下する場合があり、構造物の安全性を考える際に注意しなければならない。

環境下における疲労は水溶液中の場合には腐食疲労、ガス環境中の場合には吸着疲労と呼ばれ、材料、荷重、環境それぞれの因子が同時に関与してくる。本報告は環境の因子に重点を置いて、疲労の機構、き裂の進展速度、疲労強度について総括的に調査したものであり、危険物施設の疲労破壊に対する安全対策の基礎資料となるものである。

## 確率型延焼モデルと延焼時間について

稻垣 実（火災物理研究室）4月11日

建物間を延焼する確率を基礎にした市街地延焼モデルは確率と時間の関係が無いため、従来延焼拡大の模様をつかめなかったが木造建物火災の放射照度の時間変化を示す曲線と放射による木壁の温度上昇曲線により延焼確率と延焼に要する時間の関係を求める方法を示した。温度曲線のピークが丁度着火温度に達する場合その時刻が延焼確率が零から正の値に変わる点に相当し、放射照度を示す曲線が急激に強まる時刻が延焼確率1の点に相当する。上記2点の間は両点を結ぶ直線で近似した。

## 大室山の山焼き調査報告

笹原邦夫\*・金田節夫\*\* (\*通報設備・\*\*消防機械研究室)

4月11日

林野火災のとき消防隊員等が火炎に囲まれた場合の避難対策に関する資料を得るために調査を行った。

調査は、隊員が窪地に身を伏せて難燃布で身体を覆った場合、草地の枯れ草を刈払ったうえに難燃布で身体を覆った場合を想定し、大室山の山焼きを利用して行った。試験体には、マネキンに綿シャツ、作業服、ヘルメットを着用したものを使用し、難燃布には、帝國繊維製パイクH-8224を使用した。

当日の山焼きは風も強く、枯れ草もよく乾燥していたためよく燃えた。

実験の結果、枯れ草を刈払った場所に置いた試験体では難燃布は無事であったが作業服は燃え、マネキンも一部燃えていた。一方、深さ30cm、幅約2mの溝の中の試験体は無事で、マネキンの表面部分の最高温度が54°Cに達しただけであった。

## くん焼燃焼におけるアクロレインと一酸化炭素の毒性危険の比較

守川時生（燃焼研究室）4月11日

くん焼火災におけるガス中毒の原因物質として、一

酸化炭素の他にアクロレインも考えられる。本研究では、高分子物質の代替物として低分子の可燃性液体や薦糖水溶液を燃料に用い、電気炉加熱石英管内で定常的に燃焼熱分解を行ない、一酸化炭素とアクロレインの発生量を調べた。可燃性液体には、n-ヘキサンとその異性体酸素を分子中に含むn-プロピルアルコール、n-アミルアルコールなどを用いた。

本研究の結果を要約すると以下のようになる。

1) 本実験で用いた燃料については発炎しない燃焼、すなわち、くん焼の際、アクロレインの方がCOより毒性危険が大きい場合がある。

2) 窒素で空気中の酸素を希釈すると、発炎が抑制されるため、アクロレインの生成量が増加する場合がある。

3) アクロレインの生成量は燃料の分子構造によって異なる。

4) 酸素含有物質を窒素中において熱分解した場合に発生するアクロレインの量は、空気中において燃焼させる場合より、最大値において、遙かに小さい。

## 地震時における消防活動のシステム化に関する研究

——初動時についてのケーススタディ——

関沢 愛（火災物理研究室）4月25日

地震時の同時多発火災に対する消防力運用の評価を行うためのリアルタイムシミュレーションモデル（地震時消防活動システム）を用いて、初動時におけるケーススタディを行った。

ケーススタディの条件として、出火件数を5、6、7件の3通り、風速を5m/s、7m/s、9m/s、11m/sの4通り、消防力運用方法を下記の2通り設定し、それぞれの組合せについてシミュレーションを行い以下の結果を得た。

(消防力運用方法)

- ① 出火点とその管内署所との直線距離が短い順に優先的に出場する。
- ② 出火点の存在する街区ブロックの延焼危険が高い順に優先的に出場する。

(結果)

消防力運用①の場合、出火件数や風速に応じて鎮圧不能火災数が段階的に増加するが、消防力運用②の場合、風速9m/sと11m/sとでは変化のし方がかなり異なる。すなわち、風速9m/s以下では出火件数が7に

なると急激に鎮圧不能火災数が増えるが、風速11 m/s では出火件数が5の段階からすでに多くなっている。

## セルロース系固体消火物の再燃

高橋 哲（消火設備研究室）4月25日

木材消火残渣の再燃機構を解析するため、まず吸水濾紙について、電気炉中で着火時間の測定を行った。次いで様々な割合に炭化した炭化木材に吸水させ、同様の試験を行った。その結果、木材消火物について

$$\tau = \frac{\ell}{G\sigma T^4} x + \tau_0$$

また  $\tau_0$  について

$$\tau_0 = a \exp\left(\frac{E}{RT}\right) \exp(\alpha\phi)$$

の関係が成立することを見い出した。

ここで、 $\tau$ ; 濡れた木材の着火時間、 $\tau_0$ ; 炭化木材固有の着火時間、 $\ell$ ; 水の気化に要する熱量、 $x$ ; 燃料の単位表面積当りの吸水量、 $G$ ; 総括熱吸収率、 $\sigma$ ; ステファンボルツマン定数、 $T$ ; 火災温度、 $E$ ; 木材の着火の為の活性化エネルギー、 $R$ ; ガス定数、 $\alpha$ ; 定数、 $\phi$ ; 重量減率、である。

また木材の消火残渣が、無炎燃焼から発炎燃焼に移行する条件とし、内部蓄圧気温度が500°C以上に達し、炭化度が高い程、着炎時の内部温度が高くなることを示した。

## 過疎地を含む地域の消防署所の配置

寒河江幸平（情報処理研究室）4月25日

過疎地、いわゆる非市街地を含む場合の消防署所の適正配置の一手法を示した。それは、対象区域をいくつかの地区に分離し、それらの地区的幾何学的重心を地区の中心、すなわち消防車のその地区的平均的駆けつけ位置及び署所の配置すべき位置と見なしして、走行距離を重心間のものとして、人口で重みづけした総走行距離を最小とする地区的組み合わせをもって適正とするものである。以上の手法を埼玉県熊谷地区消防本部の管轄区域に応用してみた。結果として、現行の署所に変更はほとんどいらず、署所を新らに設けるとすれば、熊谷市中条地区にすべきだという結果を得た。

## 林野火災出火件数の多変量解析

寒河江幸平・佐々木弘明（情報処理研究室）

4月25日

林野火災の出火件数は湿度に依存するといわれている。また、他の気象要素との関連も調べられている。月ごとの最高気温、最低気温、平均気温、平均湿度、最小湿度、風速、日照時間、降水量の8つのデータをもとに、ここでは、どの気象要素が主に、出火件数の説明変数として適當なのかを段階式重回帰法を用いて求めてみた。対象とした都道府県は、北海道、千葉県、岩手県、兵庫県、広島県、高知県の6道県である。データは昭和54年、同55年の2年間のものを用いた。結果としては、平均湿度又は最小湿度が1位又は2位で選ばれ、湿度が主に出火件数に影響を与えることがわかった。また、それらの偏回帰係数の符号は負で、湿度の上昇が出火件数を減じることがわかった。

## 車が放置された交差点内における群集流動特性について

—その1：交差点内での群集流実験—

神 忠久\*・渡部勇市\*\*・日野宗門\*\*\*(\*避難安全・\*\*第三研究部・\*\*\*消防科学総合センター)

4月25日

大震災が発生した場合、道路に乗り捨てられた自動車が、避難群集の行動性状にどのような影響を与えるかを求めるための実験を行った。127名の被験者に対し、実験用に用いられ交差点に放置された車の配置を種々変え、ほぼ同数からなる2組の避難群集を直角方向、或いは向い合った形で近づけ合流・すれ違いをさせたときの歩行速度を求めた。

車を交差点前に配置したときの群集の密度( $\rho$ )と歩行速度(V)との間には、

$$V = 1.53 - 0.22\rho$$

なる関係が得られた。

## 防火水槽の凍結防止

平賀俊哉（消防機械研究室）5月9日

寒冷地では、防火水槽内の水面が凍結し、消防水利

としての機能を失うようなことがしばしば起っている。そこで、防火水槽の凍結防止方法について検討を行った。

防火水槽のおかれている場は、雪、土壤、コンクリート、空気、水と熱物性の互に異なる多層からなる。さらに、この多層の表面は気温が変化することから、非定常熱伝達問題となる。検討の結果、次のことが伴った。  
 ①（長期的監視）冬なればから春先にかけての間の監視が必要であるが特に注意を要する。  
 ②（短期）気温が急に低くなった日があったときは、その日から数日間（特に3～4日後が要注意）警戒を要する。  
 ③防火水槽周辺上の除雪は得策でない。厳寒期には積雪のある方が凍結しづらい。この時の雪質は粉雪が望ましいが、ない場合は雪をザラメ状にしておくべきである。  
 ④春先には雪の融けるのをまたず除雪すべきである。  
 ⑤冬期は水槽内に水を充満せず、槽内に30cm程度の空気層を作ると凍結防止に効果がある。（しかし、水槽内に空気層を作ると地震のさい水槽を地中から浮き上がわせることもあり得るという指摘もあった。）  
 ⑥新設品については各地の気温、地温を考慮した防火水槽水面凍結限界推定曲線（水槽の最適深さ図）を作った。

## 防火木造建物の火災実験

山鹿修藏（第一研究部長）5月9日

簡易防火木造建物の火災実験が、消防研究所構内で用途廃止した建物を利用して行われた。内容の詳細は別途報告されるがその概略はおよそ次のとおりであった。

すなわち、

- (1) 熱流計で観測した放射照度と木材の炭化深さの関係、及び樹木の火害状況と炭化深さの関係から樹木の延焼防止効果が認められたこと。
  - (2) 火災最盛期の比較的初期に各種の毒性のあるガスが発生したこと。
  - (3) 供試した放射性物質輸送容器モデルから、約1000度継続時間10分間と思われる火災最盛期中に、鉛が溶けて内部に空どうが形成されているのが観測されたこと。
- である。

## 防火木造建物の火災実験

### —火災の経過—

川崎正士（第二研究部）5月9日

昭和58年2月23日、消防研究所構内の用途を廃止した防火木造建物を用いて火災実験が行われた。

同日10時40分、建物内部の東側に置かれた木製ベッド下の木くず及び建物西側のクリップに点火、約2分後に天井面に着火した。約3分後には建物から約2m離れて植られた樹木の葉の一部が炎にあおられ燃えはじめた。約8分後、建物の北に約10m離れて建っていたコンクリート造建物の窓ガラスが輻射熱のためにひび割れを生じた。約12分後天井面の温度が約900℃に達し、16分後、天井が崩れはじめた。約20分後天井は完全に崩れ落ち、続いて東側の壁が内部にむかって崩壊した。

約30分後、西側の壁が隣接した木造建物に向って倒壊したが、木造建物は実験開始直後から行った消防隊による注水活動の結果、延焼をまぬがれた。

31分後の11時11分実験を終了した。

## 防火木造建物の火災実験

### —供試建物の炎上状況と隣接樹木への延焼—

山下邦博\*・稻垣 実\*・林 幸司\*\*・川崎正士\*\*\*  
 (\*火災物理・\*\*消火第1・\*\*\*第二研究部)

5月9日

実家屋を用いた火災実験で樹木の燃焼状況を観察するとともに樹木の延焼防止効果を観測した。供試建物の北側に2本の樹木（キンモクセイ、樹高4m）を植へ、その周辺に角材（断面積0.03m×0.04m、長さ3.6m）14本を二列に立てた。供試建物周辺の放射照度の時間変化を熱流束計で観測し、放射照度の空間分布を角材の炭化深さから推定した。

火災荷重が大きかったため、開口部からの火炎の噴出が激しく、建物の北側2m地点（高さ2m）の放射照度は最大 $7 \times 10^4 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{hr}$ 以上にも達した。この強い放射熱を受けて2本の樹木は点火後2分頃から燃え始め、点火後13分頃ではその大部分が焼失した。

樹木は焼失したものの樹木が火災最盛期の放射熱を遮断したため、樹木の背後にあった角材の炭化深さは

小さくなり、二列に配置した角材の炭化深さを比較することにより樹木の延焼防止効果の度合が求められた。今回の実験では、開口部から噴出した火炎が樹木よりも高く上ったため、樹木によって放射熱が有効に遮断された範囲が予想外に狭かったことが明らかになった。

## 防火木造建物の火災実験

### —再燃現象の測定—

高橋 哲（消防設備研究室）5月9日

実規模火災での再燃現象の確認のため、①異なる割合に濡らした炭化クリップの着火時間の差、②吸水レンガからの水の蒸発速度の測定、およびこれから火災温度の推算、③ガラス窓の破壊温度の光学的測定を行った。水の蒸発速度の測定から火災室温度が算出されたが、これは他の方法による温度と時刻的、量的によく一致した。

## 防火木造建物の火災実験

### —火災初期における発生ガス分析—

箭内英治・守川時生（燃焼研究室）5月9日

昭和58年2月23日(火)に消防研究所構内の防火木造建物で火災実験が行われた際、発生ガスの分析を行い、ガス発生および毒性に関し次のような結論が得られた。

- 1) 火災最盛期初期に最も毒性の強いガスが発生する。
- 2) 毒性ガスの中で、一酸化炭素による毒性寄与が最も大きく、その濃度は火災全体を通じて高い。
- 3) アクロレインやシアン化水素による毒性寄与も無視できない程度に高く、それらは火災最盛期初期に発生量が大きい。

## 防火木造建物の火災実験

### —建物への予備注水所要時間及び効果の測定—

関沢 愛\*・山本 熱\*\* (\*火災物理研究室・\*\*消防第二研究室) 5月9日

消防戦術のひとつとして、延焼中の家屋の隣棟建物に対して予備注水を行って延焼防止を図る方法がある

が、この予備注水作業に要する時間を実験的に計測した。

実験建物は縦9.2m、横5.5m、延面積50.6m<sup>2</sup>の平屋建木造建物（外壁杉板張り）であり、これに対して消防ポンプ車1台を用い消防隊員が建物外壁面及び屋内に予備注水活動を行った。この実験から以下の結果が得られた。

- (1) 建物外壁面の予備注水にかかる時間は13.7m/分であり、過去に東京消防庁が行った実験データ15.0m/分と概ね一致した。また、建物内壁面については19.6m/分であった。
- (2) 木材水分計によって壁面の注水前、注水後の含有水分を測定した結果、注水前は3.0~9.5%であり、注水後は22%付近となった。また後日、同じ壁面を水道水により十分注水して含有水分を測定したところ23~24%の値が得られた。このことにより、今回のような作業時間でもって建物外壁面への予備注水活動は一応その目的を達するものと思われる。

## 防火木造建物の火災実験

### —放射性物質容器モデルの耐火性—

島田裕久・宮崎早苗・松原美之（特殊火災研究室）5月9日

使用済核燃料輸送容器は、大量の放射性物質の輸送であるので、輸送中の火災事故時の安全性については、特に関心が払われている。今回、所内において防火木造建物の火災実験を行うということで、輸送容器が建物内に保管されている状態で、火災になった時のデータを得る目的として、この実験を行った。

供試体は、鋼製の外殻、鉛しゃへい層、ステンレス鋼製の内殻の三層構造をもつ使用済核燃料輸送容器の1/6の縮尺モデルで、その外径は20cm、長さは40cmである。実験時の供試体ならびに周囲温度測定のため、CA熱電対を設置し、各部温度測定結果から、総熱量・熱流束、熱伝達率を計算で求めた。また、供試体内部の観察も行った。

実験結果から、火災温度は800°C~1150°Cの範囲で、平均温度1000°Cであった。また実験後の容器切断面の観察から、約1/3の鉛が欠損していたことが明らかになった。計算では、熱流束は約7×10<sup>4</sup>kcal/m<sup>2</sup>h、熱伝達率は150~200kcal/m<sup>2</sup>h°Cの値を示した。

## 防火木造建物の火災実験

——初期火災時の燃焼生成物の発生と  
拡がり状況について——

竹元昭夫・笛原邦夫・細野義純（通報設備研究室）

5月9日

室内に煙や熱が拡がっていく状況を各種センサを用いて調べ、初期火災時における火災感知システム、とくに多段階信号方式、AND方式等、新しい感知方式のあり方について検討する資料を得る目的で行なった。

実験は鉄筋コンクリート建物の一室で、火源の位置及び種類をかえて18回行なった。部屋の大きさは約6×9.7m、高さ4mであり、天井には38～56cmの梁が長手方向に2本、他方向に1本あった。

煙濃度計は透過光式31台、散乱光式20台、イオン化式30台をそれぞれ天井に取付けた。また、定温式スポット型感知器5台、減光分離式煙感知器1台を取付けたほか、熱電対43本を配置して、各部の温度を測定した。

発煙材料は感知器の試験火災用として国際的に検討されている、ぶな、ポリウレタン、綿灯芯、n-ヘプタンのほかに、ソファー、ダンボール箱、杉の角材等を供試した。

## 林野火災の調査結果について

——久慈市及び利府町周辺の  
林野火災を中心として——

山下邦博\*・金田節夫\*\* (\*火災物理・\*\*消防機械研究室)

5月19日

昭和58年4月27日に東北地方を中心として林野火災が多発して甚大な被害を与えた。この日の一日だけで焼損面積が10ヘクタール以上に及んだ火災が13例もあり、近来まれな火災事例となった。この同時多発型林野火災を誘起した気象条件と人のかかわりを明らかにするため、久慈市及び利府町（宮城県）で発生した二つの林野火災について現地調査を行なった。

仙台及び盛岡の風速は正午頃から特に強くなり、これが火災の発生と密接な関係があるように推測された。正午すぎから夕刻まで10～16m/sの強風が吹いたため27日は空中消火が実施できなかった。久慈市の林野火

災では出火後約3時間して600m風下に飛火が発生して火災が急激に拡がり、この火が山の陵線を焼きながら1～2時間で4～7km風下の海岸まで達したことが分かった。

火災の拡大後には、消防隊は民家を重点的に防御し、消防用水をミキサー車などで運搬して注水した。消防隊の行動範囲が広くかつ活動時間が長時間に及んだため、資器材が不足し、無線機のバッテリーが足らなかった。また、今回の調査から空中消火に関連した問題点がいくつか明らかになった。

## 日本海中部地震について

——現地調査報告ほか——

亀井浅道\*・佐藤公雄\*\*・松原美之\*\*\*(\*地震防災研究室・\*\*消火第2研究室・\*\*\*特殊火災研究室)

6月7日

昭和58年5月26日に発生した日本海中部地震による秋田市における危険物施設の被害状況を調査し、これを報告した。

調査対象は、東北石油秋田火力発電所の燃料タンクと秋田市南部地区油槽所のタンクおよび危険物施設である。秋田火力発電所では特に火災を起したNo.10タンクの発災から鎮火に至る情況、損傷状況を重点的に調査した。南部地区油槽所においては、地盤の沈下に起因する被害形態を総合的に調査した。

本調査は地震発生後早い時期に行なったため、噴砂現象、スロッシングのこん跡等をはじめ比較的良い保存状態のもとで多くの知見を得ることができた。

## ヘプタンの液面燃焼に及ぼすタンク空間部深さの影響

古積 博・湯本太郎(危険物研究室) 6月13日

タンク内の石油がある程度少ない時の燃焼性状を調べるために、ヘプタンを燃料として、直徑30cm、深さ50cmのタンクを使い、点火時のタンク壁上縁から液面までの距離(IFB)を3～45cmまで変化させ、火炎温度、燃焼速度、ガス組成、火炎への流入空気量等の燃焼特性の違いを実験的に調べ、次のような結果を得た。

- 1) IFB が大きくなると、火炎は小さくなり、振動が大きくなる。また、火炎温度も低くなり、火炎の色も薄くなる。この結果、周囲及び液面への放射量及び燃焼速度が減少した。
- 2) IFB が大きくなると、火炎中心軸の同一高さでの酸素濃度は減少するが、一方、二酸化炭素は多く発生しており燃え方はむしろ良い。
- 3) 四塩化チタンによる方法や、ガス分析からIFB が大きい場合、空気流入量が減少することが分った。
- 4) タンク内の酸素濃度の測定から IFB が大きい時、水平方向の混合が良く、このために流入空気量が少なくとも燃焼が良くなっていると考えられる。

## ケラチン加水分解物系泡消火剤中の起泡成分とその金属結合能について

星野 誠・林 幸司（消火第一研究室）

6月13日

各種限外濾過膜によってケラチン加水分解物を分画 分子量50,000以上、50,000～30,000、30,000～10,000、10,000～5,000、5,000～1,000、1,000～500の成分に分離し、逆浸透試験器を使い濃縮した。分離成分各種に鉄(II)（硫酸鉄(II)アンモニウム）、カルシウム（塩化カルシウム）を加え、その金属結合能力及び界面活性能を調べた。その結果、分画分子量50,000以下、特に30,000以下の成分は、カルシウムとの結合性が強く、沈殿を生じにくいことが明らかになった。また分画分子量50,000以下の成分と鉄(II)、カルシウムとの結合物は、分画分子量50,000以上のそれにくらべ、起泡力及び泡安定性が著しく高いことが明らかになった。

## 絶縁性ロープで吊された金属製サンプリング容器の帶電機構についての研究

—容器まわりの電界強度計算について—

松原美之（特殊火災研究室） 6月13日

直径5.8mの石油タンク上でのサンプリング作業模擬実験の結果についてはすでに報告した。その中で、絶縁性ロープで吊した採取器を帶電油面に近づけた場合に、油の持っている帶電符号と反対符号に採取器が帶

電する場合があることを述べた。この結果は従来考えられていたものと、帶電符号において異なっているので、帶電機構について理論的に検証した。

採取器のまわりの電界強度計算を行った結果、絶縁性ロープで油面近くの空間に吊した金属製採取器は、その形が下側と上側で非対称なときには、油の帶電符号と逆符号に帶電する場合があることを示した。

## 高压で噴出したガスの濃度分布について

佐藤公雄（消火第二研究室） 7月11日

圧縮液化ガス等の高压で貯蔵あるいは輸送されるガスが容器、配管等から噴出するさいの拡散性状を知るための実験を行った。実験は二酸化炭素を1～10kg/cm<sup>2</sup>Gの範囲で2種類の口径のノズルより噴出させ、ノズル下流のガスの濃度と速度を測定した。いくつかの仮定のもとで、実験結果を物質および運動量保存則を用い解析した結果、ノズル下流の速度分布および濃度分布を表わす式を求めることができた。

$$U_{xr} = 9.0 \left( \frac{D}{x} \right) \left( \frac{M_{xo}}{Mo} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{P_o}{Pa} \right)^{\frac{1}{2}} \exp \left\{ - \left( \frac{15r}{x} \right)^2 \right\}$$

$$C_{xr} = 5.1 \left( \frac{D}{x} \right) \left( \frac{M_{xo}}{Mo} \right)^{\frac{1}{2}} \left( \frac{P_o}{Pa} \right)^{\frac{1}{2}} \exp \left\{ - \left( \frac{9r}{x} \right)^2 \right\}$$

U：速度、C：濃度、D：放出口口径、x：放出口からの流れ方向への距離、r：流れの中心軸から半径方向距離、P：圧力、M：分子量。

添字 xr：放出口から x、中心軸から r 離れた場所の濃度を示す。xo：放出口から x 離れた中心軸上の混合気（の平均分子量）を示す。o：放出口でのガスの状態を示す。a：大気の状態（圧力）を示す。

## 研究用原子炉使用済燃料輸送容器の耐火試験

島田裕久・宮崎早苗（特殊火災研究室）

7月11日

研究用原子炉燃料輸送容器（NSC-80Y-365K型）は、ゼネラルアトミック社（米国）から日本への新燃料要素の輸送に使用される。

この原型輸送容器は、耐火試験に先立ち、落下試験を実施した後の容器を用いて、800°C、30分間の耐火

試験を行った。

耐火試験の結果、保護容器は変形し、使用可燃物(ロールコア、エサフォーム等)は焼失したが、外容器、内容器および模擬燃料体には変形は認められなかった。また、内容器と外容器の間に充填した断熱材(バーミキュライト)の漏洩はなかった。

内容器内に収納した模擬燃料体表面の最高温度は110～116℃の範囲であり、収納物の密封性は確保され、この輸送容器の熱的安全性が確認された。

なお、本研究は、立教大学、日本原子力研究所と共に実行なったものである。

## 地震時における構造物の動的挙動について

山田 實（地震防災研究室）7月11日

構造物に地震波が伝播するとき、その材料の動的挙動を明らかにする事は耐震設計上、重要な事である。本研究では、地震波を弾性的な平面調和波と仮定し、その波が周期的構造をもつ材料内を伝播するときの挙動を2種類の異なる変分法に基づく有限要素解析によりそれぞれ求め、比較検討を行なった。その1つは、古典的な Rayleigh Quotient 法で、他方は、New Quotient 法(変位と応力の場を独立なものとし、それらの変分の停留値が固有値問題に対してよい近似解を与えるという方法)である。

その結果、厳密解が与えられている構造において、New Quotient 法が Rayleigh Quotient 法よりよい近似解を与えた。この事より、New Quotient 法が厳密解が得られていない一般的な問題に対する有効性が確かめられた。

## 化学工場災害における爆発威力に関する考察

長谷川和俊（施設安全研究室）9月12日

昭和57年8月21日に発生したダイセル化学工業(株)堺工場の爆発火災に関して、事故の原因および爆発威力について報告した。原因是、当該工場内のモノマー混合槽において、スチレンおよびアクリロニトリルに触媒が加えられ、約10℃で攪拌されて、放置されていた混合物約3,800kgが重合反応による反応暴走に至っ

たことであり、このためモノマーガス(ガス化したモノマーとポリマーを溶融した液状モノマーのミスト)は当該混合槽から大量に噴出し、当該工場建家内に充満して、大きな爆発を引き起こした。この爆発による建家の損壊状況、破壊された構造物の飛散状況、周辺地域の爆風の被害状況などの調査結果に基づき、爆発圧力、飛散破片の飛翔速度、爆風の強さなどの爆発威力について解析した。

## ヘリコプターからの音声による避難誘導について

——市街地での音圧レベル、周波数特性——

渡部勇市（第3研究部）9月12日

ヘリコプターからの音声による避難誘導の実験を平坦地(田舎)に引き続き、市街地(三鷹市)で1982年9月に実施し、前回、市街地での群集の避難誘導実験、明瞭度試験について報告した。

本報告は、市街地における路上でのヘリコプターの騒音、音声の音圧レベル及びこれらの周波数特性について調べ、平坦地で行なわれた実験と比較検討したものである。実験の結果、次のようなことが分った。

(1)平坦地と市街地の路上では、市街地の方が建物の反響によりヘリコプターの高度が低下する程、ヘリコプターの騒音、音声の音圧レベル共に大きくなる傾向がある。

(2)音声の周波数特性、ヘリコプターの騒音に対する音声のS/N比共に平坦地と市街地ではほぼ同じであった。音声の明瞭度は、周波数特性、S/N比の他にヘリコプターの振動によるカセットテープレコーダーの音質の低下等が大きく影響する。

(3)実験時、5～16m/sの風速で風が吹いていたが、特に風上側、風下側の音圧レベルの差は平坦地での実験と同様に、認められなかった。

## 地震動が危険物施設に及ぼす影響

座間信作（地震防災研究室）9月12日

地震動の危険物施設への影響を考える際には、危険物施設の各々がもつ固有周期が重要な要素となる。例えば石油タンクのスロッシングを考える際には周期数

秒以上の地震動が強く影響するし、通常の低層構造物に対しては1秒以下の地震動を考慮しなければならない。

短周期地震波は地表付近の地下構造、地形によって大きな変形を受け、それがミクロに見た被害分布の複雑さを程する原因となる。筆者は地形の影響、地下構造と被害分布との対応についてFEMを用い、波動論の立場から、定量的に扱った。

一方長周期地震波はその波長が長いため、地下深部までの地下構造に影響を受ける。特にやや長周期強震地動は主に表面波から成ることを考えれば、地下深部構造を明らかにすることが重要な課題となる。この観点から、首都圏で実施された人工地震実験から求めた地下構造、及びこの構造を用いた研究についても述べた。

消研輯報 第37号

昭和58年12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  
電話武藏野三鷹(0422)44局8331