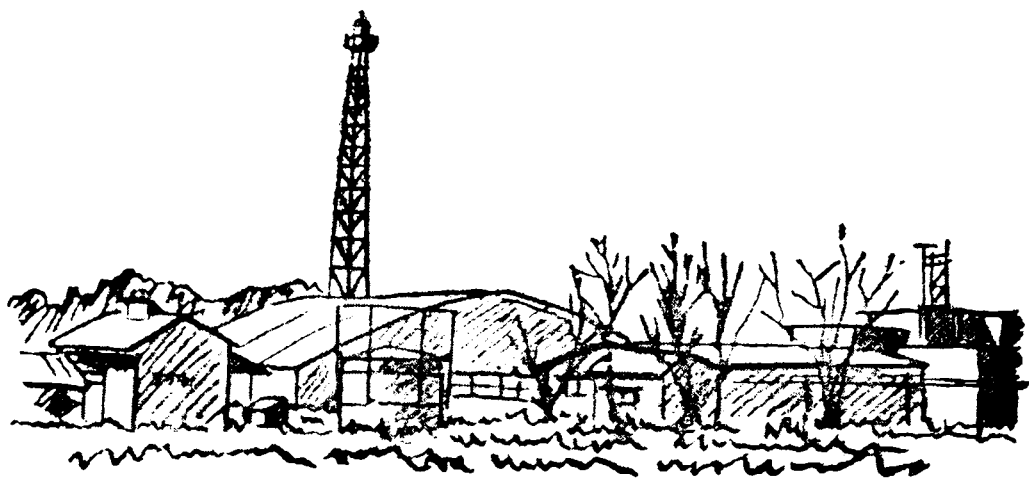


消研輯報

21



昭和43年6月

消 研 輯 報

第 21 号 目 次

第15回全国消防技術者会議報告

| | |
|------------|--------|
| I 会議の概要 | (3) |
| II 総合講演 | (5) |
| III パネル討論会 | (16) |
| IV 技術講演 | (57) |
| V 研究発表 | (72) |

- ② 火災煙中の見越し距離について……………消防研究所 神 忠久
- ③ LPガスについて…………… ” 中川 登
- ④ 道路トンネルの防災について…………… ” 渡辺 彰夫

研究発表……………（地方議題）

- ① 救難、救急用バスケット担架の試作品について……………東京消防庁 岡村 正明
- ② 救命ロープ発射銃の考案……………豊中市消防本部 津留 秋男
- ③ 筒先圧力調整装置について……………福山市消防本部 江草 忠美
- ④ 自動車火災実験について……………東京消防庁消防科学研究所 倉林 慶次
- ⑤ 新宿駅構内油そう列車火災概況……………東京消防庁淀橋消防署 鈴木 貞一
- ⑥ 山林火災について（山口市、防府市）……………山口県地方課 井上 正
- ⑦ 高層、地下街の火災実験のまとめ……………東京消防庁 長沢 雍郎
- ⑧ 名古屋地下街煙火災について……………名古屋市消防局 竹内 文夫
- ⑨ 消防ポンプ自動車の凍結予防器材について……………富山市消防本部 熊本 邦男

以下に掲げる総合講演、パネル討論会、技術講演、および研究発表の各要旨は、会議当日配布された資料と、要点速記したものをテープ録音により補遺し、さらに頁数の関係で適宜に要約させて頂いたものである。したがって文責は本誌の編集部にあることとお断りしておく。

第15回全国消防技術者会議報告

I 会議の概要

第15回全国消防技術者会議は、昭和42年11月16日、17日の両日にわたり、消防大学校講堂において、別記プログラムにより行なわれた。参加者は450名（その他に消防大学校学生38名参加傍聴）に達し盛況であった。

会議第1日目は例年のごとく研究所の研究概要報告が行なわれ、次いで多くの死傷者（死者325名）を出して問題になったイノバシオン百貨店（ベルギー）の火災の状況を調査してきた消防庁矢管野技官の報告と、最近地下街や鉄筋鉄骨コンクリート構造物の普及で特に問題になっている火災時に発生する煙について、専門家の講師によるパネル討論会を行なった。第2日目は研究所側の技術講演と、自治体消防技術者側からの研究発表が行なわれた。本誌ではこれらの会議の内容の概略を収録することとした。

会議のプログラム

第1日

総合講演

- ① 開会にあたって……………消防研究所長 中田 金市
- ② 挨拶……………消防庁長官 佐久間 亶
- ③ 消防研究所の研究概要……………第1研究部長 守屋 忠雄
- ④ “……………第2研究部長 熊野 陽平
- ⑤ ●イノバシオン百貨店火災調査報告……………消防庁予防課 課長補佐 矢管野義郎

パネル討論会

- 「火災時の煙について」……………司会者 消防研究所 守屋 忠雄
- ① 煙の性状について……………消防研究所 守屋 忠雄
- ② 材料の発煙性について……………建築研究所 齊藤 文春
- ③ 煙の流動について…………… “ 川越 邦雄
- ④ 煙の人体に及ぼす影響について……………東京消防庁 岡村 正明
- ⑤ 煙の早期検知について……………消防研究所 渡辺 彰夫
- ⑥ 煙に対する消防対策について……………東京消防庁消防科学研究所 倉林 慶次
- ⑦ 討論

第2日

技術講演

- ① 外部酸素濃度の着火および燃焼現象におよぼす影響について……………消防研究所 山下 邦博

Ⅱ 総 合 講 演

挨拶

消防庁長官 佐久間 彊

本、明日の2日間にわたり、全国の消防技術者の皆様が一堂に会し、当面重要な問題について研究討議されますことは、時宜を得たことでありまして、私はこれによって充実した成果が納められることを願ってやみません。

先日、昭和42年の消防白書を公表しましたが、これによりますと、昭和41年の火災件数は、48,000件、昭和40年が54,000件で戦後最高であったのにくらべ6,000件も減少しております。これは全国民の皆様が、それぞれ火災に注意され、また消防機関の皆様が努力された結果でありましょう。ところが憂慮に耐えませんが、火災による死者の数が年々増加していることであります。昭和41年には1,111名とついに千名を突破し、また今年の上半期を見ましても、火災件数は昭和41年をわずかに上回る程度なのに比し、死者の数は600名を越え昭和41年の死者数を突破する勢いであります。私は、火災そのものを少くするよう努力する一人ではありますが火災はかりに防ぎ得なかったとしても、火災による死者はなんとか少くしたいと考えており、各方面に要望してきましたし、今後も努力していきたいと考えています。

火災による死者の原因で目立つことは、先程、所長さんの話にも出たように、煙にまかれて死ぬ者が増えてきていることであります。煙にまかれて死ぬ、しかもこれが都会ばかりでなく田舎の小さな火災でも、煙にまかれて逃げおくれで死んでしまう者が増えてきているということでもあります。

第2番目に、プロパンガス、圧縮アセチレン等、高圧ガスによる死者が、ここ一、二年の間に増えてきていることであります。特に今年の上半期を見ますと、これら高圧ガスによる火災が非常に増えてきており、死者の数も増加するものと思われれます。

それから第3に、火災による死者で心配されるのは、高層建築物、地下街における死者であります。幸いにして我国の場合、これら高層建築物、地下街における大きな事故というものは、昨年、一昨年には見られませんでした。本日午後で講演されますベルギーの百貨店の火災等を見ますと、これはもう他人ごとではなく、我国においても、これに対する研究を怠ってはならぬというふうに思います。

以上申しましたような点について、火災による死者の絶滅を期するために、我々としてもぜひこれらの問題について研究をさらに進めていかなければならないと思うわけですが、本、明日中のプログラムを拝見しますと、このような問題に重点がおかれて、皆様の研究討議がされる予定でありますので、大変ありがたく思い、皆様のご協力をお願いするわけでありませぬ。

昭和42、43年、これは丁度、自治体消防が発足して20年目を迎える時でもあり、我国の消防

が近代化に向って、大いに体質の改善を計っていくという、一つの曲り角に来ているのではないかと思います。この時期に消防行政の上からも、大いに飛躍、前進させたいと考え、消防庁の庁内においても、昨年来いろいろと検討し、また実施にもうつしてきておりますが、続いて昭和43年の施策の上にも、こうしたことで大いに積極的に取組んでいきたいと思っております。

ところで、消防行政の前進、飛躍を計っていくには、なんとしても、消防に関する科学技術の研究開発を計らねばならない。そういうものに裏付けられて、消防行政が一段と前進飛躍をとげられると思うのであります。私としても消防に関する研究面の充実ということについては、力を入れて考えております。消防研究所の施設、陣容、研究費の面においても、一段と充実を計りたいと考え、いろいろ努力しているわけであります。先程、所長さんの話にもありましたが、こういう研究は、消防研究所が中心になるのはもちろんですが、同時は全国各地におられる、技術者、研究者の皆様のを結集していかなくてはならないと思うのであります。どこでも研究についての人員、施設等かならずしも十分であるとは思いません。それらの点をおぎなっていくには研究者、技術者の皆様がお互いに力を合わせ、それぞれ分担しあい、協力しあって連携を緊密にし、そういう協同の力によってことにあたるのが肝心であろうと思うのであります。

私共の立場で、力になれる事はなんでもするつもりですから、どうか皆様も、より一層のご精進をお願い致します。

イノベーション百貨店火災調査報告

消防庁予防課 課長補佐 矢筈野 義 郎

1. 出火日時 昭和42年5月22日（月）午後1時34分頃
2. 出火場所 2階の洋服売場のうち、少女服置場から出火した。（後述参照）
3. 覚 知 百貨店従業員が消防署との直通電話で知らせた。
4. 原 因 不明（放火説は否定されている）（後述参照）
5. 損 害
 - (1) 死 者 325名（ほとんど窒息死）

そのうち、67名は従業員であり、260名位は4階の食堂部分で死亡した。また150名位未確認である。

傷 者 約80名
 - (2) イノベーション百貨店全焼（一部崩壊）し、絹、羊毛倉庫、木材置場等他棟へ延焼した。焼損約70億円といわれている。
6. 消防隊等出動

| | |
|------|----------------------------------|
| ポンプ車 | 12台（12m級2連はしご付） |
| はしご車 | 8台（30m級はしご） |
| 人 員 | 360名位（うち、165名消防専従） 含 赤 十 字 警 察 等 |



7. 百貨店概要

平面図は図1で示すとおりであるが、1904年、1914年、1931年、1934年、1962年とつぎつぎに増築、改築を行ない、現在建築面積は約9,500平方メートルで、日本の新宿伊勢丹程度の大きさのものである。建物構造（壁、柱）A、B、C、D、Eと5つの部分に分けて述べてみる。

Aの部分は3階、4階の部分で、鉄骨の地肌を出した鉄骨造であり、火災により崩壊している。

Bの部分は6階建て所謂本館で、中心部は26m×20mの四角い面積にドームを作っていた。初め煉瓦造（組積造）であったが鉄筋コンクリート造に改修した。部分的には鉄骨鉄筋コンクリート造があった。

Cの部分は6階建て、この4階部分にセルフサービスの食堂があり、大部分の死者をここから出している。Cの部分は火災後完全に崩壊した。大部分鉄筋コンクリート造であったといっている。1階部分を最初建築したとき鉄骨造であったが、のち鉄筋コンクリート造の2階、3階を上を増築し、6階まで造ったと述べている。6階は1階と同じ鉄骨造であった。

Dの部分は、小さい商店を買収して使用していた。2階あり、3階ありでばらばらで、構造も煉瓦組積造のものもあり、鉄筋コンクリート造の部分あり、防火構造もあったという。

Eの部分は、売場部分でなく管理部門、倉庫部門、その他であり、1階は倉庫部門でA側が発送部、C側が受送部であり、それぞれ外側は自動車の出入口として広く開放される構造であり、2階、3階が事務所等に使用されていた。

煉瓦組積造の部分と鉄骨鉄筋コンクリート造の部分とあった。

Bの部分のみ地下1階があり、商品置場、準備室、従業員控室等に使用されていた。

(床)……………1階の売場部分は全部連なっていて、床面はタイル、石で作ってあったが2階以上は木材を使っていた。Aの部分の床は鉄支柱の間に煉瓦を入れた構造のものであり、Cの部分の床は鉄支柱を適当な間隔に置き鉄板をのせて、その上にコンクリートをのせたものである。Bの床は鉄筋コンクリート造である。

(天井)……………A、Bの部分は天井の下部に鉄棒をつるし、アスベスト、ボール紙、合板等の材料で仮天井を約50cm空間をおいてつるしていた。ボール紙、合板等の可燃性材料は、1年前に難燃処理したものだったと強調していた。

仮天井の下に装飾品、展示品、表示板等可燃性のものを沢山ぶら下げていたという。

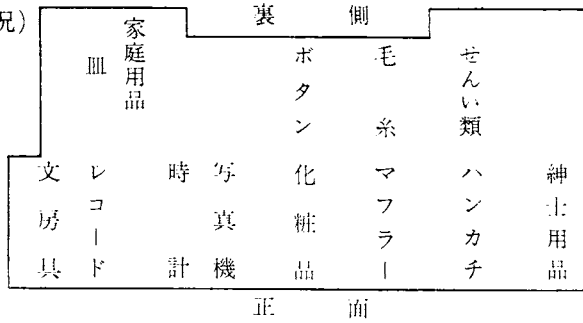
(窓)……………外壁の窓は、鉄わくでガラスをはめてあり、大部分は開放できない構造のもので、一部正面に開放できる所があった。

(隔壁)……………Aの部分と隣接している6階建ての建物は、プリバ百貨店といい、この火災で6階の一部窓部分がかわれたのみであった。Aの部分とは煉瓦2枚（厚さ28cm）の開口部なしの壁で仕切られていたので延焼しなかった。Eの部分の一部には電気室、金庫室が防火戸で仕切られていたが、内部は燃えていなかった。Eの部分とBの部分との仕切りは、厚い鉄筋コンクリートの壁であったため、一時延焼防止の役目を果たした。

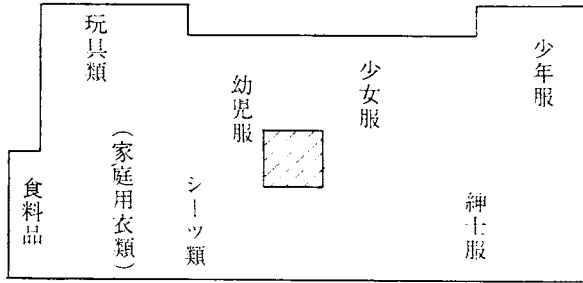
(防火区画)………水平、垂直两部分ともに防火区画はない。従ってドーム部分の両側にあったエスカレーター部と売場部分との間はずもよりのこと、エレベーター、階段の部分と売場部

(売場の商品状況)

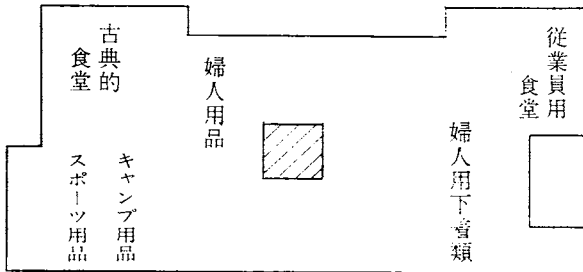
1 階



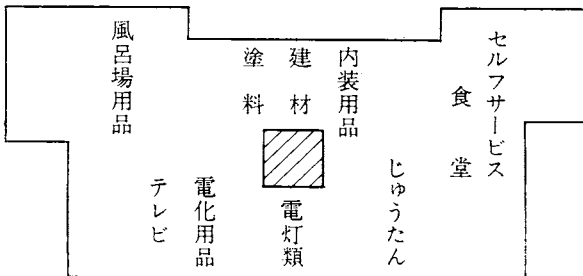
2 階



3 階



4 階



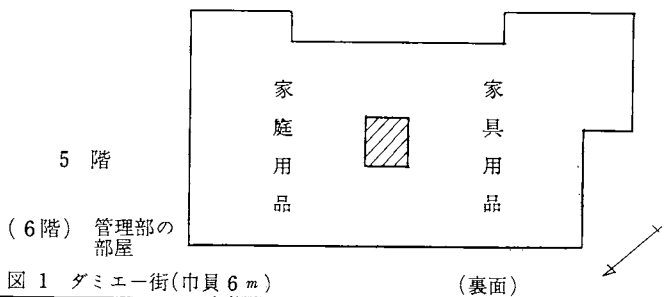


図1 ダミエー街(巾員6m) (裏面)

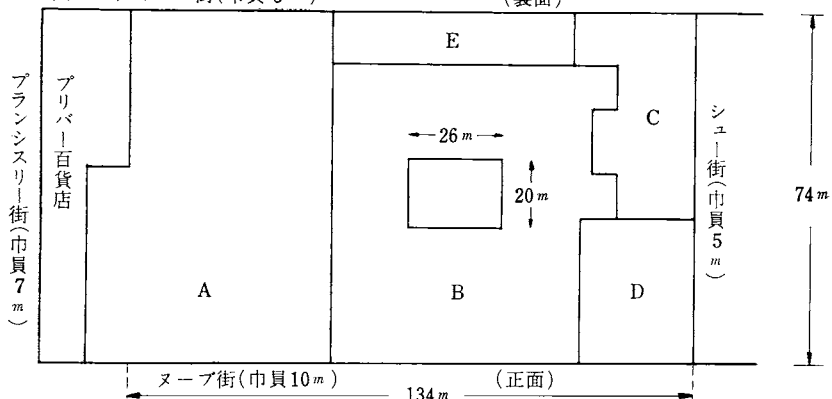
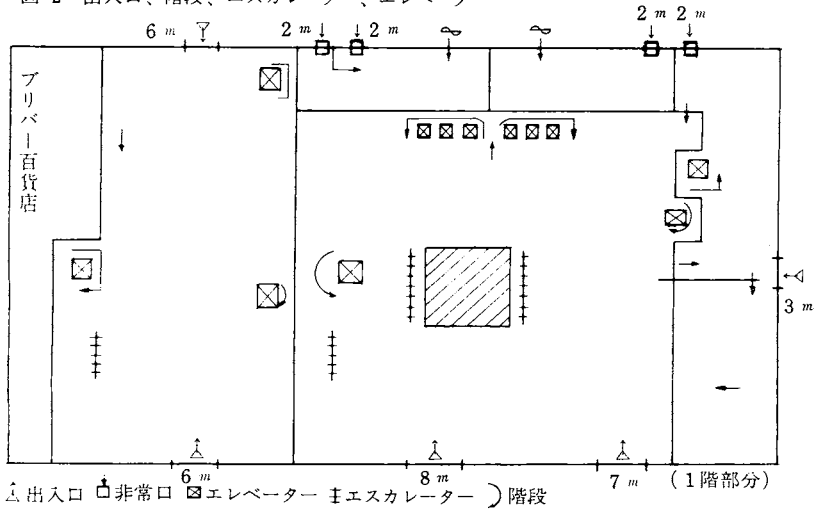
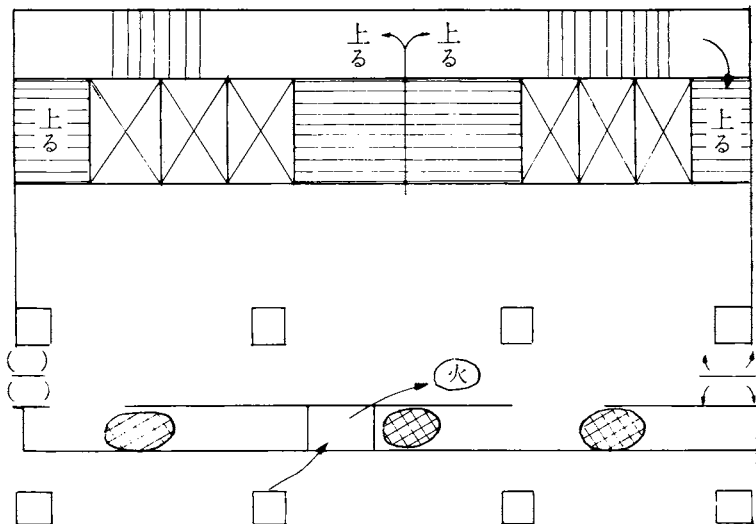
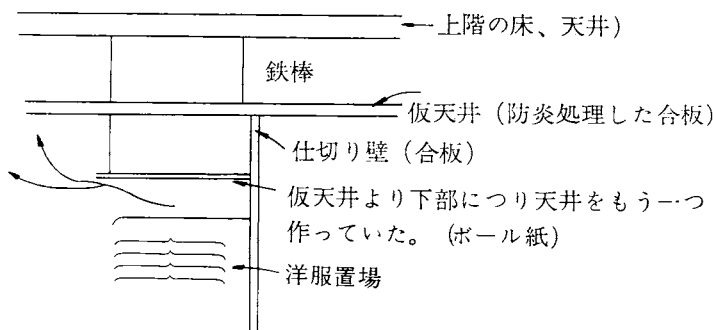


図2 出入口、階段、エスカレーター、エレベーター





- 柱
- ⊠ エレベーター
- ≡ 階段
- ⊗ 洋服置場 (高さ1.5m × 長さ2.5m × 巾3.5m)
(仮天井より少し低い位置までの高さにおいてあつた)



分との間にも、広い売場部分のどの部分にも防火区画の考慮が払われていなかった。

(出入口、階段、非常口、エレベーター、エスカレーター) (図2を参照のこと)

2階、3階の部分は、以上のほか、A、B境界付近に階段3ヵ所、BのC、D境界付近に階段2ヵ所があった。

4階、5階、6階の部分は、B、Cの部分だけはそのままであるが、Aの一部裏側がBと連結されて階段がその部分にある。

Aの部分の屋上には、Bの部分から窓の外側に出入口があり通じていた。

(バルコニー)……Bの部分の正面ヌーブ街に面して2階部分にバルコニーがあった。

一部3階、4階、5階のBの部分にバルコニーがあった。それ以外はバルコニーはなかった。

(ドーム)……Bの部分にあったものであるが、二重になっていて、メタルにガラスをつけたものである。採光、装飾の目的で使った。

鉄棒をつるして、スポットライトを下したりしていた。開閉可能のものであったという。

(消防の設備)……百貨店にスプリンクラーヘッドは取りつけてなかった。客の入らない所は、すべて煙感知器を取りつけて消防センターに連結してあった。

消火栓96ヵ所、煙感知器114個、消火器450個、押しボタン式報知器(警報装置付)60個あった。

自衛消防職員16人、Eの部分の2階の消防センターに詰めていた。

(売場の通路)……1.5mまたは1m程度の通路をとっていたといっていた。15日ごとに売場部分の模様替えをしていたともいっていた。

通路はできるだけ各商品を見るように迷路のようになっていたともいわれている。

8. 火災の概要

Bの部分のEより2階、階段付近の小女服売場から出火した。出火地点図は次のとおり。

女子従業員(バンデンハーゲン夫人)が煙を発見したので、一周して前面に出て入口の戸をあけてみると、衣類が燃えていた。そこで戸を閉めて、2階の消防センターへ走り、約30m位の位置にあるが、その粉末消火器9kgのものを持って引きかえた。火が非常に大きいので、また消防センターに走り、その時非常ベル(報知器の押しボタン)を鳴らすとともに直通電話で消防署に知らせ、10ℓの水消火器を持って出火場所へ行った。その時、自衛消防隊員2名はベルで火災を知り、ホースを伸ばして消火栓を使用しようとしたが、いずれも火勢が強く煙のため退却したといっている。13時34分消防署が覚知しているから、出火を知ったのは、その2分位前ではなからうかと関係者は述べていた。

またたく間に炎は階段、エレベーター通路(エレベーターは、かこいのない中が見える形式のものである)、エスカレーター通路等を通して拡大し、約4分以内には全館に広がった。

ドームは熱気と黒煙が急激に上昇したので売場の部分に移ってから1～2分後には中央部が突破されて、吹き上げた。

消防隊は、13時34分覚知後、第一先着隊(ブラッセル区の出張所の隊で、百貨店から1km離れた所にある)が、約5分後、現場に到着しているが、その時は1階を除いて全館火

災につつまれ、黒煙中は何も見えなかったといっている。

その頃は、2階のバルコニーに200人位集っていた、あちこちの窓、屋上にまぢまぢの人がいた。

その後、約2時間30分燃え続けた。4時頃になって、Cの部分が発壊した。

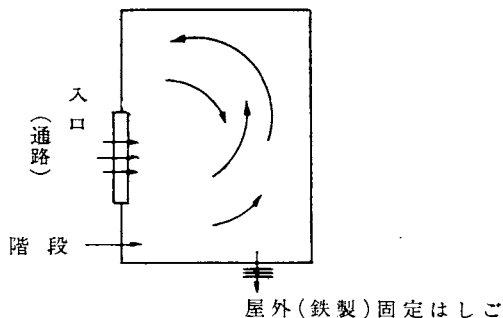
そのため、ドーム部分から出ていた炎はとまり、百貨店の火災は裏のEの部分から道をへだてた商店等へ延焼し、夜（推定10時頃）まで続いた。

9. 避難、救助活動

消防隊は火災覚知を受けた当初は、裏側の倉庫部分の火災と思って、先着隊の主力は後へ廻った。その頃、上段の人が外へ飛びおりるのでその救助に当たると述べている。

一方、正面の2階バルコニーには200人位の人がいたので、はしご（2連式）を伸ばし、救助活動を行なった。4階のCの部分からは、裏側へ7名、D側の中庭へ6名飛びおりている。また屋外の非常はしごで25名、D寄りの階段から20名避難している。そのほか、2,500名位入っていたと思われるお客の大部分は、1階の出入口から避難している。屋上に逃げた人はプリアー百貨店の方へ行って避難している。

さて、問題は、325名の死者の大部分である260名を出したCの部分の4階セルフサービス食堂部分の人である。そもそも、この食堂は350人位が満員だそうで、ほぼ満員近かっただろうと推定されている。



通路を通して上昇気流は一ぺんにこの部分に到着し、袋小路みたいに（窓が閉っているの）なったこの部屋に充満したものであろう。他に出口がないので煙が充満し、窓から1m離れていた人が直ぐ窓が見えなくなるような状態であったという。

誰かがあつくて、窓をこわしたら炎が見えたともいい、一回呼吸した人は助かり、二回呼吸した人は死んだとも表現している。ここで260名死んだ。全部窒息死である。

救急車は25台出動しているが、75～80名位病院に運んでいるが、そのうち15名は病院で死亡している。

従業員は、お客の誘導に努力し、多数死亡したと百貨店関係者は悲痛な声で表現した。一旦出た人が再び中に入って、帰ってこなかった者が多数いるといっている。

Bの部分のドームに飛びこんだ人はいないといっていた。

10. 消防活動

人命救助を第一に考えて行動しようとしたが、施すべき策がなかったといていた。はしご車で先述のとおり多数救助したり、飛び降りた人を救急車で病院へ送ったりするのが精一杯であり、百貨店の中に入って救出することはなかなか出来なかったと述べている。

消火活動は、延焼防止第一に行動したが、ドームに火炎を吹き上げているうちは他への延焼は事実上なく、この点は有利であったと述べている。

4時頃Cの部分が崩壊してから、Eの部分から裏側に道をへだたてて延焼したが、丁度、その頃、風もEの方向へ変った。最初はBの方からAの方へ風が吹いていたので、プリバー百貨店側への延焼防止に重点を置いたようだ。

さて、ブラッセル市のブラッセル区のミスバール隊長は、他の4つの区の消防隊の応援を要請し、協力を求めたが、全体の指揮は暗黙のうちに自分が取ったと述べている。このことは事前にこのような大規模火災に対する応援協定時の指揮についての了解がなかった事を意味するので質した所、そうだと反省して回答している。

(参考 この事は、後一般市民および新聞等の非難を受けている)

また、周囲の道路が狭く、駐車で活動が邪魔される等、相当に消防活動上支障を生じている。

11. 問題点

百貨店に関する建築、消防、安全管理等の特別の法規制はなかった。ただ商業上の問題で、売場部分の面積比、避難階段の基準が安全規則(労働省所管)の中にあるだけであった。

このことは、この火災発生前にすでに不備を痛感していて国およびコミュニティで検討している所であり、特に国においては、特別の立法化を準備中であった。

この火災がきっかけとなり、画期的に安全の基準、防災の設備、その他制度上の問題も整備される筈だといっていた。

さて、我が国に比して、建築に関する消防同意、消防設備等に関する設置および維持に関する規制、火災予防条例、避難管理に関する規制等おくられている点が多いことは事実であるが、この火災を更に教訓として生かしてみても、我国に対応させて問題点を考えてみると次のとおりであろう。

(1) 防火、避難上の点からみて、現行建築基準法、消防法上の諸基準は十分なものであろうか。

- ア. 耐火時間の問題
- イ. 階段の位置の問題
- ウ. 防火区画の問題
- エ. 防火区画とスプリンクラーの問題(併用説)
- オ. 防火シャッターの性能の問題(特に防煙性および作動性)
- カ. 内装制限の問題(不燃化の促進と可燃材料の制限)
- キ. 感知器の開発の問題(煙感知器の性能と設置位置)
- ク. 非常警報設備を放送設備とする問題
- ケ. 誘導標識を煙発生時にも有効あらしめる方法の問題(位置と性能)

- コ. エスカレーター, エレベーター, 階段等に対する防火区画の基準に関する問題 (方法とシャッターの選択)
- (2) 防火, 避難上の点から更に強化, 整備, 研究を要するものはないか。
- ア. 内装材料の防炎性と発煙性, 発ガス性 (熱分解速度と発煙速度)
 - イ. 水平防火区画と垂直防火区画
 - ウ. 階段を煙から保護する方法
 - エ. 1 防火区画 2 避難階段 (階を異にしない防火区画)
 - オ. バルコニーの設置促進 (スパンドレル, 天井材料と関連)
 - カ. 屋外避難階段の設置
 - キ. 売場通路と避難階段, 出入口との関係
 - ク. 袋小路になる部屋の禁止方法 (出入口の設置, 屋外階段の設置, バルコニーの設置)
- (3) 事前における消防計画の樹立と訓練の実施は徹底しているか。
- ア. 自主的に
 - イ. 合理的に
 - ウ. 商業主義より人命尊重第一に

Ⅲ パネル 討 論 会

司会者 消防研究所 守屋 忠 雄

近年高層建築物および地下街の火災が急激にクローズアップされて来ましたので、昨年の全国技術者会議でもこの問題を取上げ、「高層ビル地下街火災対策について」のパネル討論会を行ないましたが、今年はさらに焦点をしばり「火災時の煙について」を本年の主題として選びました。現在わが国における煙に関連する研究の最先端におられる先生方にそれぞれの項目についてお話して頂き、終って会場の皆様と討論に移りたいと思います。

講 師 紹 介

- | | |
|----------------|---------|
| ① 建築研究所 研究員 | 斎 藤 文 春 |
| ② 建築研究所第5研究部長 | 川 越 邦 雄 |
| ③ 東京消防庁 主幹 | 岡 村 正 明 |
| ④ 消防研究所通報研究室長 | 渡 辺 彰 夫 |
| ⑤ 東京消防庁消防科学研究所 | 倉 林 慶 次 |



(1) 煙の性状

消防研究所第1研究部長 守屋忠雄

1. 煙の定義

煙とは、気体の中に固体または液体の微粒子の浮遊している状態をいう。しかも、この微粒子の大きさが $0.01\mu \sim 10\mu$ 程度の範囲にある場合をいう。霧も空気中に水の粒子が、浮んだものであるが、その粒子の大きさが、 $10\mu \sim 50\mu$ 程度であり、その生成の過程もいわゆる煙の場合とかなり異なるので、煙とは呼ばない。

煙は、その生成が、熱分解反応燃焼反応に伴う場合が多い、いずれにしても、煙霧質として見た場合、煙と霧との明確な区別はつけ難い。

煙の粒子などというように、狭義には、煙という語は、気体中に浮遊している微粒子群をさすが、煙害とか、火災煙の毒性を考えるときには、微粒子を浮遊させている気体をもあわせて考えなければいけない。

火災時の煙は、主として木材セルローズの煙であるが、近頃はプラスチックも建材、家具材としてかなり用いられているので、その煙も考えられる。

2. 煙の化学的性質

木材燃焼時の煙との化学的性質を考える場合、まず熱分解生成物をしらべる必要がある。

| | | | | | |
|-------|---|---------|--------|---|--------|
| 木材の構成 | { | セルローズ | 約 50 % | } | 複雑な有機物 |
| | | リグニン | 約 25 % | | |
| | | ヘミセルローズ | 約 25 % | | |

木材の熱分解や生成物の一例を表1に示す。

表1 松の木の分解生成物

| 分解生成物 | | % | 沸点 | |
|-------|-------|-------------------------------|-------|--|
| 固体 | 木炭 | 37.83 | | |
| 液体 | 酢酸 | 3.50 | 119°C | |
| | メタノール | 0.88 | 64.0 | |
| | アセトン | 0.18 | 56.2 | |
| | アルデヒド | 8.03 | 21.1 | |
| | 酢酸メチル | 0.01 | 60.0 | |
| 気体 | 木ガス | 14.69 | | |
| | 体積内訳 | CO ₂ | 56.37 | |
| | | CO | 32.64 | |
| | | CH ₄ | 8.99 | |
| | | C ₂ H ₄ | 2.00 | |
| その他 | 0.82 | | | |

注：他に水分 22.3% あり

これらの生成物の中、常温で液体になる物質（総称して大酢液、木タールという）、水分などが、一度気化してのち冷たい空気にふれて凝結し液体の微粒子になったものが煙である。

火災のときには、これらの生成物の中の可燃性気体（CO、CH₄、C₂H₄）、液体（メタノール、アセトン、木タール）の大部分は焰を出して燃えてしまうが、くん焼状態が同時におこっているので、COその他熱分解物のままのものも出てくるわけである。

木材くん焼による煙は木酢液、木タール、水の微粒子なので、淡色か白色である。

木材が燃える（発焰燃焼）ときには、熱分解生成物中の上記可燃性物質はほとんどもえてしまっていて、出てこない。しかし、これらの物質は、一般に炭素数が多いので燃焼によって固体炭素を遊離し、煤を発生するようになる。したがってこのときの煙は、くん焼時の煙とちがって黒色である。

つまり、火災はくん焼状態であるが、発焰燃焼状態であるかによって煙の色が異なる。

木材の分解生成物の中、COの他にいくつかは生体に害があるわけだが、耐火造の火災は空気の供給が不十分なので、くん焼状態もおこり易く、したがってCOなどの有毒ガスによる中毒の危険も大きいわけである。

プラスチックの分解生成物を表2に示す。有毒なCOを含む点木材と大差ないが、プラスチックは、ハロゲン（塩素）など、窒素などを含むことが多いのでCO以外の有毒ガスを含む可能性がある。

表2 プラスチックの分解生成物の分析例
フェノール樹脂（10⁻⁴mmHg）の熱分解生成物

| 分解生成物 | 生成量 (重量%) | | | |
|-----------|-----------|-------|-------|--------|
| | 300°C | 500°C | 800°C | 1200°C |
| 水 | — | — | 3.6 | 5.6 |
| 一酸化炭素 | — | 3.5 | 16.2 | 24.6 |
| 炭酸ガス | 0.5 | 5.3 | 2.7 | 2.1 |
| メタノール | — | 4.3 | 12.6 | 9.0 |
| アセチレン | — | — | — | 2.8 |
| エチレン | — | — | 1.5 | 2.4 |
| アセトン | 6.7 | 17.6 | 1.0 | — |
| プロピレン | 4.0 | — | 1.0 | 3.4 |
| プロパノール | 10.9 | 11.1 | — | — |
| ブタノール | 2.9 | — | — | — |
| シクロペンタジエン | — | — | — | 3.1 |
| ベンゼン | — | 2.5 | 0.6 | 2.8 |
| トルエン | — | 4.7 | 0.5 | — |
| ジメチルベンゼン | — | 0.9 | — | — |
| その他 | — | 0 | 0.7 | 6.6 |
| 残量 | 75.0 | 49.9 | 59.6 | 37.6 |

各種プラスチックと天然繊維の焼燃生成物

| 分解生成物 | 生成量 (試料gy当りのgy数) | | | | | | | |
|------------------|------------------|----------|---------|--------|--------|------|-------|------|
| | ポリエチレン | エチルセルロース | 塩化ビニリデン | 塩化ビニール | ポリアミド | レーヨン | 羊毛 | 木材 |
| (空气中800°C) | | | | | | | | |
| 炭酸ガス | 2.19 | 2.29 | 1.04 | 0.43 | 1.22 | 1.83 | 1.54 | 1.62 |
| 一酸化炭素 | 0.17 | 0.44 | 0.02 | 0.23 | 0.30 | 0.12 | 0.45 | 0.27 |
| アルデヒド | — | — | — | — | 0.006 | — | — | — |
| ホスゲン | — | — | — | 0.0001 | — | — | — | — |
| シアン化水素 | — | — | — | — | 0.0076 | — | 0.007 | — |
| アンモニア | — | — | — | — | 0.032 | — | — | — |
| 塩化水素 | — | — | 0.62 | 0.50 | — | — | — | — |
| (酸素11.7%, 800°C) | | | | | | | | |
| 炭酸ガス | 1.70 | 0.20 | 0.42 | 0.74 | 0.91 | 1.13 | 0.65 | 0.93 |
| 一酸化炭素 | 0.54 | 0.17 | 0.22 | 0.08 | 0.36 | 0.23 | 0.14 | 0.37 |
| アルデヒド | 0.003 | 0.012 | — | — | 0.006 | — | — | — |
| フオスゲン | — | — | 0.00008 | — | — | — | — | — |
| シアン化水素 | — | — | — | 0.0098 | — | — | 0.008 | — |
| アンモニア | — | — | — | 0.21 | — | — | 0.03 | — |
| 塩化水素 | — | — | 0.77 | 0.47 | — | — | — | — |

3. 煙の物質的性質

(1) 煙の運動, 大きさなど

煙粒子の密度 (木材の煙: 1.3 gy/cm^3 , 煙草: 0.67) は勿論空気密度 (1.293×10^{-3}) より大きいので, 煙粒子は漸次気体中を終端速度と呼ばれる一定の速度で沈降する。その速度は大きい粒子程速い。表3に水の粒子の大きさと落下速度を示す。

比較的長く浮遊しているのは半径 1μ 以下の粒子である。

ブラウン運動 (粒子はまわりの分子の運動の影響でジグザグ運動をする) の結果, 煙粒子はお互に衝突することがあり, 凝集をおこす。凝集の結果, 粒子は大きくなり 1μ 以上になったものは漸次沈降する。ブラウン運動は小さい粒子程受けやすく 0.01μ 程度のものがよく運動する。したがって $\approx 0.01 \mu$ のものは速やかに凝集して大きくなる。また煙粒子は気体中を拡散して行くが, 拡散も小さい粒子程大きく $\approx 0.01 \mu$ のものは速に拡散して器壁などに付着してしまう。

沈降と, 凝集と, 拡散の結果煙粒子は大凡直径 $0.1 \sim 1 \mu$ のものが, 安定に浮遊して残ることになる。木材煙の直径は

表3 水の粒子の落下速度

| 粒子半径 γ | 落下速度 v |
|----------------------|-----------------------|
| 10^{-2} cm | 120cm/秒 |
| 10^{-3} cm | 1.2 |
| 10^{-4} cm | 1.38×10^{-2} |
| 10^{-5} cm | 2.97×10^{-4} |

木タール : 0.1~0.2 μ
 煤 : 0.1~0.2 μ

ちなみに、粒子系の凝集は、化学でいう、2次化学反応の法則にしたがい、 $(1/n) = (1/n_0) + kt$ が成立つ。

ここに n_0 は最初の粒子数
 n は時間 t における粒子数
 k は凝集の速度恒数

計算例を表4に示す。

表4

| 1 cm ³ の粒子数 | 凝集により個数が1/10に減少するに要する時間 |
|------------------------|-------------------------|
| 10 ¹⁰ 個 | 3 秒 |
| 10 ⁹ | 30 |
| 10 ⁸ | 300 |
| 10 ⁷ | 3000 |

10⁷個/cm³ 以上は不安定で、それ以下の個数に落ち着いてしまう。表5参照

表5

| | 煙霧質 1gy が浮遊している容積(立) | 1 cc当りの粒子数 | 粒子の平均直径 |
|-----------------------------------|--------------------------------------|--|-------------------|
| たばこ煙 | 5,000 | 3×10 ⁷ | 0.25 μ (0.67) |
| NH ₄ Cl の煙 | 10,000 | 5×10 ⁸ | 0.1 |
| H ₂ SO ₄ の霧 | 1.00 | 2×10 ⁷ ~1.6×10 ⁵ | 0.8~0.55 |
| ZnO の煙 | 10,000 | 2×10 ⁶ ~5×10 ⁶ | 0.5 |
| 炭坑の炭じん | 15 | 10 ⁵ | 10 |
| 小麦粉工場空気 | 40 | 2×10 ⁴ ~6×10 ³ | 15~20 |
| セメント工場(キルン出口) | 8 | 1.2×10 ⁵ | 10 |
| 木材の煙 (Cs=1.0) | 2×10 ⁶ ~8×10 ⁶ | 3.2×10 ⁸ ~0.7×10 ⁸ | 0.14 |

煙の浮遊している気体の密度—煙の浮遊系全体の密度は、気体だけの密度とほとんど変わらない。減光係数* Cs=1 (見透し距離 2.5m) 程度の濃さの木材の煙については直径 a=0.14 μ , 粒子密度 $\rho=1.3$ とすれば

$$\text{質量煙濃度 } C = 0.1 \sim 0.6 \times 10^{-6} \text{ gy/cm}^3$$

$$\text{粒子個数 } n = 3 \sim 0.7 \times 10^8 \text{ コ/cm}^3$$

$$\frac{\text{煙のある気体の密度}}{\text{気体だけの密度}} = \frac{\rho \text{ sg}}{\rho \text{ g}} = \frac{1.29 + 0.0003}{1.29}$$

密度の増は 0.03% である。Cs=10 の煙でようやく 0.3% 増す。したがって煙粒子は沈

* 煙が光を遮ぎる程度で煙の濃さを表した量光学的濃度ともいう。

降しても煙全体が目立って下方に降りてくることはない。

(2) 光学的性質

光は、その波長と同大、またはそれ以下の粒子にあると散乱される。(Mieの散乱, Rayleighの散乱) 可視光線波長は $0.3\sim 0.75\mu$ 。

煙粒子 $0.1\sim 1\mu$ 。散乱は粒子径が波長と同大のとき最も著しい。(透明物質の場合)。散乱は粒子が不透明でも、透明物質でもおこる。したがって透明物質の煙でも遮光能力をもつ。しかも透明液体粒子の物体遮蔽能力は不透明物質の粒子の場合より大きい。

煙の濃さを、減光係数 C_s で表した場合、煙を透しての見越し距離 v (m)については、大凡 $v=2.7/C_s$ つまり $C_s=1.0$ の煙を通しては、2.5m先までの物体を識別できる。

(2) 材料の発煙性について

建築研究所 齋藤文春

煙の生成は材料(有機物)の熱分解によって出てくるのである。この熱分解生成物の一部が煙となって、またその残りの一部がガスとなって大気中に拡散される。したがって煙の生成は材料の熱分解特性によって変わってくるので、基礎的にいえば分解生成物であるから、支配的因子として原料組成比によって決まってくる。今市場にある主な建築材料は色々な組成のものが複合されたものであるので、原料組成のみでは煙の性質をとらえ難いので、市場に出ている建築材料のうち木質系およびプラスチック系の材料を適当に選び、これの熱分解特性と発煙性の関係についての実験を行なってみた。煙の濃度表示については、減光係数を用いているが、これは材料が燃焼し出てきた煙が 1 m^3 の空間に拡散された時の平均濃度を以て表している。これは図-2の発煙量 C_s が、その数値である。実験に用いた装置を図-1に示す。材料の熱分解は温度による影響が大であるので、その温度との関係をみるために、材料の熱分解速度と発煙速度とが同時に測定できるようにした。すなわち発生した煙を上部の集煙箱に蓄積して、煙量と

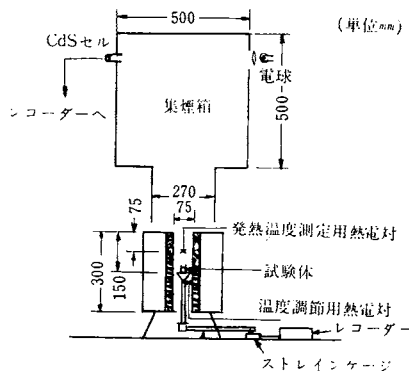


図-1 試験装置図(積分法)

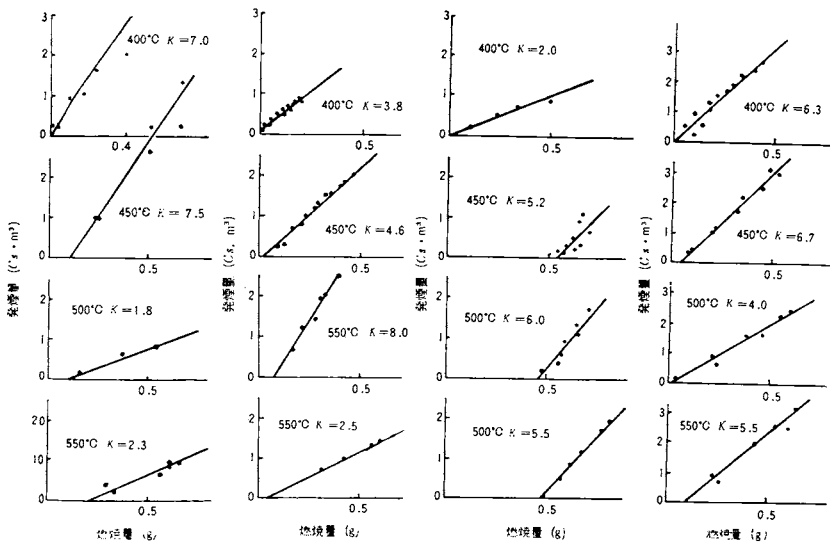


図-2 プラスチック材料の発煙係数

材料の熱分解量との関係を求めた。図-2 にプラスチック材料についての実験結果を示した。すなわち左から、ウレタン、FRP（強化プラスチック、ポリエステル）、塩化ビニール、ポリスチレンを使用した。ウレタンの最上図について説明すると、ウレタンを400°Cで燃焼させたとき、1gの燃焼量に対して煙の発生は7ということである。これは材料の一定量の燃焼によって出てくる煙の量は材料個々により異なるも直線関係にあり、この直線の勾配は材料単位燃焼量に対する発煙特性を示す。これを発煙係数Kとした。図-3に合板の発煙係数を示す。これよりプラスチック材料と木質材料では、前者ははるかに多量の煙を放出することを示している。発煙係数Kは温度によって変化する。その傾向を図-4に示した。合板を例にとると燃焼速度が速くなるにつれ、ほぼ一次の関係でKは低下するが、500°C付近を過ぎると急激に減少して行く。これは物質の燃焼にはくすぶり燃焼、無炎着火、着炎燃焼の三段階があるが、500°C以上になると、着炎燃焼域に入り、輝炎放射熱により、煙粒子が再加熱され気化燃焼するなどの理由で粒径が小さくなっていくものと考えられる。

建築材料の危険度を考える場合、煙の絶対発生量ではなくて、発煙速度が判度の重大な尺度をもっている。単位重量当りの煙の発生量が多くても、その発生速度が遅ければ危険性は少くその逆の場合は非常に危険となる。図-5に代表的建材の発煙速度を示す。これによると何れも発煙速度は材料特有のピーク値をもっているが、温度が着炎燃焼域に入ってくると、何れも急激に下がっているが、これは前述の発煙係数と温度の関係からも了解できる。

次に建材を建築に用いた時は平板状であるので、単位面積当りの発煙量について表-1に示した。dは木材が550°Cで燃焼した時のものに比したものである。

以上の実験は試料1g程度の小規模な基礎実験であるので、これが実火災への応用を図るために、少し規模の大きい模型実験を行なった。図-6にその実験装置を示す。大きさ90×180×90

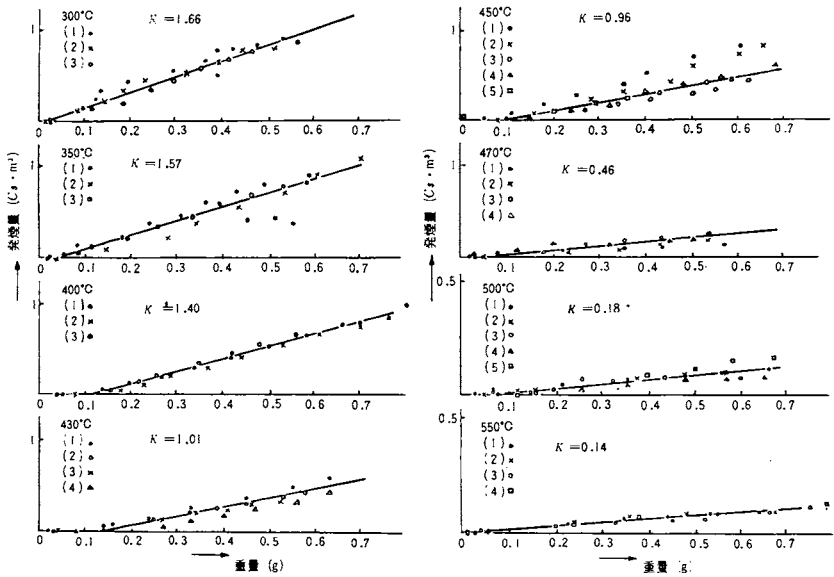


図-3 合板の発煙係数

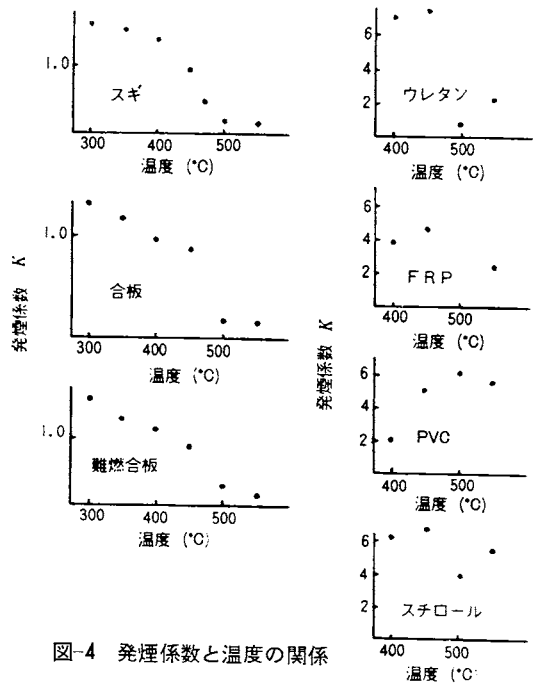


図-4 発煙係数と温度の関係

表-1 材料の単位面積当たりの発煙量 (Cs. m³/m² × 10⁴)

| 加熱温度 (°C) | 材料 | | | |
|--------------|------------|-----------|-------------------------|-----------------------|
| | 合板 3 mm | 板 5 mm | 硬質塩化 ビニール板 1.2 mm | スチレン フォーム 25 mm |
| 400 | 0.45 | 0.53 | 0.34 | 0.55 |
| d | 15.0 | 17.7 | 11.3 | 18.3 |
| 450 | 0.22 | 0.36 | 0.88 | 0.59 |
| d | 7.3 | 12.0 | 29.3 | 19.7 |
| 500 | 0.04 | 0.05 | 1.0 | 0.35 |
| d | 1.2 | 1.7 | 33.3 | 11.7 |
| 550 | 0.03 | 0.06 | 0.93 | 0.48 |
| d | 1.0 | 2.0 | 31.0 | 16.0 |

d = $\frac{\text{材料の各温度における単位面積当たり煙の発生量}}{\text{合板の550°Cにおける単位面積当たりの煙の発生量}}$

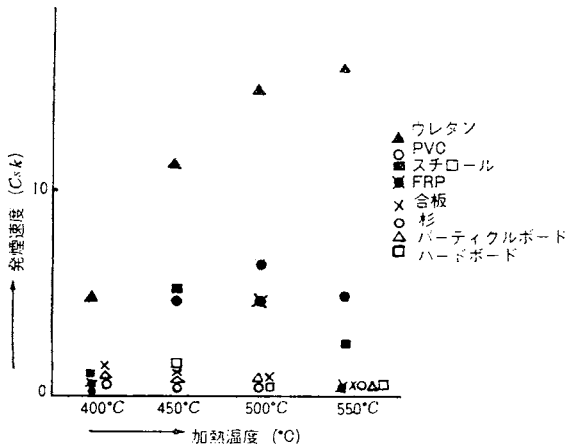


図-5 代表的建材の発煙速度

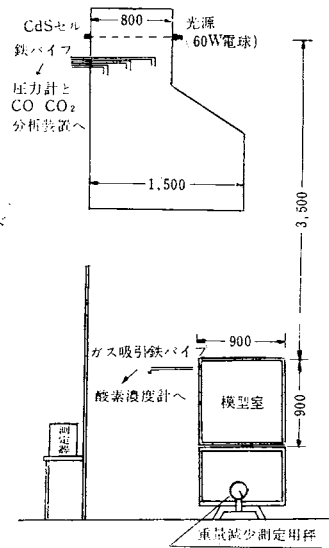


図-6 模型実験装置

表 - 1

| 種 類 | 板 厚 | 略 号 |
|--------------|----------------------|---------|
| 普 通 合 板 | 5.5mm 12.0 | PW |
| 難 燃 合 板 | 5.5mm 9.0 12.0 | PWT |
| 塩化ビニル化粧合板 | 5.5mm | PWT-PVC |
| ベンゾグアナミン化粧合板 | 5.5mm | PWT-BG |

表-3 実 験 結 果

| 種類 | 板 厚 | 開 計測 口 時間 率 (min) | 最盛期 平 均 温 度 | 着 炎 欠 測 時 間 | フラッシュ ユ・オー バー時間 | 煙 量 Cs・m ³ | 燃 焼 速 度 kg/min | 発煙係数 K [Cs ³ /kg] | 単位重量当り の発煙速度 I [W(CskCs ³)] |
|------------|--------|-------------------------|-------------------|-------------------|-----------------------|--------------------------|----------------------|------------------------------------|--|
| PW | 5.5mm | 1/3 15 | 870 | 6' 27" | 7' 45" | 595 | 5.15 | 29.4 | 2.65 |
| | | 1/4 12 | 860 | 欠 測 | 6' 50" | 617 | 4.59 | 29.3 | 2.99 |
| | | 1/8 15 | 660 | 4' 46" | 6' 25" | 440 | 3.77 | 18.4 | 2.07 |
| PW | 12.0mm | 1/3 16 | 870 | 5' 45" | 7' 40" | 1101 | 4.04 | 27.8 | 1.70 |
| | | 1/4 20 | 850 | 6' 06" | 7' 25" | 739 | 4.25 | 32.9 | 2.48 |
| | | 1/8 18 | 820 | 5' 04" | 6' 30" | 957 | 3.87 | 24.5 | 1.76 |
| PVT | 5.5mm | 1/3 17 | 790 | 9' 11" | 11' 40" | 777 | 3.35 | 37.4 | 2.92 |
| | | 1/4 20 | 640 (880) | 9' 13" | 11' 15" | 1418 | 3.60 | 51.7 | 4.62 |
| | | 1/8 11 | 640 | 7' 40" | 10' 00" | 1054 | 3.60 | 44.4 | 4.41 |
| PWT | 12.0mm | 1/3 30 | 960 | 12' 02 | 22' 50" | 92 | 3.95 | 58.7 | 3.76 |
| | | 1/4 32 | | 17' 43 | | 3387 | | | |
| | | 1/8 20 | | 11' 30 | | 389 | | | |
| PWT PVC | 5.5mm | 1/3 15 | 未実験 | 4' 19" | 8' 35" | 2073 | 4.10 | 110.9 | 9.12 |
| | | 1/4 15 | | 840 | 9' 00" | 4343 | 3.03 | 200.6 | 12.72 |
| | | 1/8 17 | | 810 | 6' 07" | | | | |
| PWT BG | 5.5mm | 1/3 17 | 770 | 9' 00" | 12' 40 | 3.30 | 1497 | 61.5 | 4.28 |
| | | 1/4 17 | 840 | 9' 51" | 11' 45 | 3.70 | 1437 | 65.3 | 4.58 |
| | | 1/8 18 | 825 | 12' 00" | 10' 40 | 1.96 | 3422 | 175.5 | 7.14 |

表-4 着炎燃焼の推定温度

| 種 類 | 基礎実験で求めた着 炎燃焼領域の実験式 | 開口率 | 模型室による K [Cs ³ /g] | 実験式による着炎 燃焼の推定温度 | 模型室内の 温度 |
|-----------|------------------------------------|-----|----------------------------------|---------------------|-------------|
| PW 3.5mm | $K = -0.16 \times 10^{-3}T + 0.2$ | 1/3 | 0.0284 | 799°C | 870°C |
| | | 1/4 | 0.0293 | 794°C | 860°C |
| | | 1/8 | 0.0184 | 814°C | |
| PWT 5.5mm | $K = -1.60 \times 10^{-3}T + 1.47$ | 1/3 | 0.0374 | 638°C | 790°C |
| | | 1/4 | 0.0517 | 613°C | 640°C |
| | | 1/8 | 0.0444 | 618°C | 640°C |

cm の模型室を用いたが、これは一応室の構造を単純化した模型である。加熱源は木材（2 × 2 × 25cm）30本のクリブを、内装材料として表-2のものを使用した。実験結果を表-3に示す。

基礎実験と模型室火災実験との数値の対比検討のため発煙速度から推定されたKと、着火燃焼領域の基礎実験の実験式による着火燃焼温度と、模型室内の温度を表-4に示したが非常によく合致していることがわかる。

最後に煙の濃度とCOとの関係およびそれらの動物に対する危険度について一言述べさせていただき、煙の発生量とCOの発生量との間には、特定の関係は見出せないが、プラスチックを燃焼させたときCOの濃度が0.1%とするとCsは7～8の数値を示すので、煙の害はガスの害よりかなり先行するものと考えられる。

火災時における熱分解生成物の種類は同じ材料でも、これが空気十分下で燃焼しているか否か、また環境温度によって異ってくる。人間の呼吸には酸素が必要であり、これ以外のガスは不要である。いいかえれば火災に際し、燃焼により発生するすべてのガスは有毒である筈である。CO、CO₂ガスは有機質の燃焼には必ず伴うものであり、さらに酸素濃度の低下があるので材料の分解生成物の毒性を考えるには、個々のものについてではなく、これら生成物の全体効果を対象として考えるべきである。

熱分解生成物個々の毒性実験よりも全体効果が人命にどの様な影響を与えるかということを確認するため、廿日ねずみを用いて実験した。図-7に示すような箱内にねずみを上中下の三点に配置し、ガラス越しに観察し致死時間を求めた。実験結果を図-8に示した。これによると多量に有毒ガス（塩酸ガス）を放出するので、危険と思われた塩ビ系床材の方が、意外にも他の物に比べ致死時間が長いという結果が得られた。これは難燃性なので煙と同様ガスの発生速度が遅いので害が少ないものと思われる。したがってガスの人体に及ぼす害も材料の熱分解速度が重要な要素となっている。

（討論）

質問 司会者 守屋忠雄

「発煙係数および発煙速度をもう一度説明して下さい」

答 斎藤講師

「発煙係数とは、単位重量（1g）の材料の燃焼によって発生する煙の量です。図-2の直線の

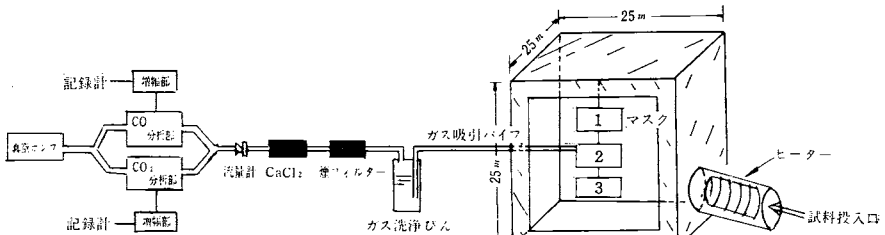


図 - 7

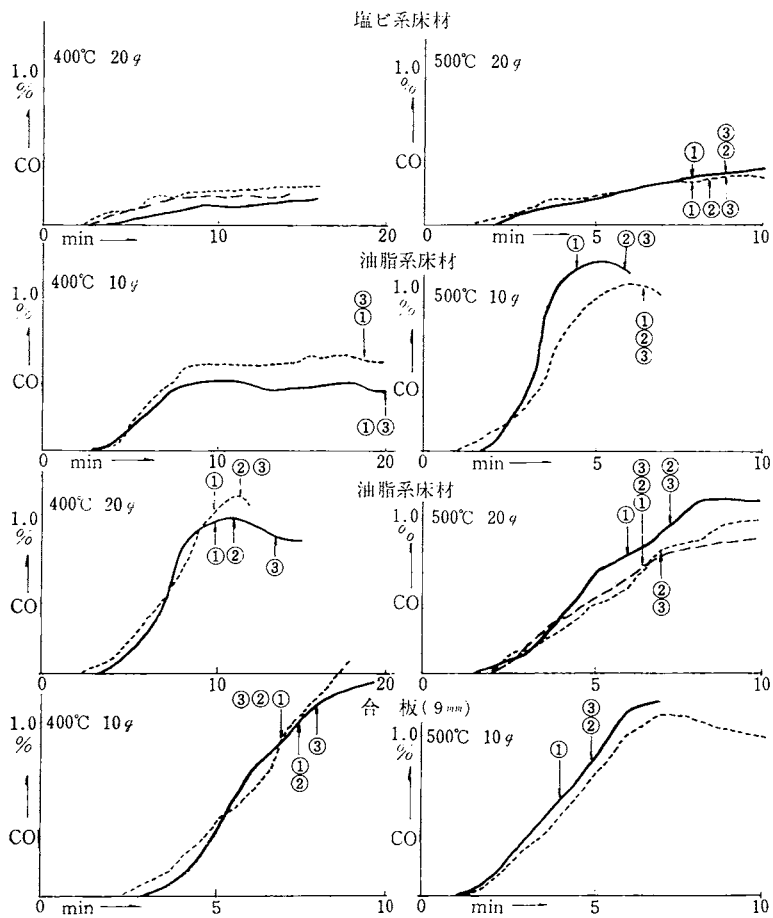


図-8 CO 発生速度とねずみの死亡時間

勾配がこれを示し、煙の量は単位容積（1 m³）の減光係数で表す」

「発煙速度とは、単位時間の燃焼量すなわち分解速度に発煙係数を掛けたもので表わせられる」

(3) 煙の流動について

川 越 邦 雄

煙が建物のなかに、どのように散らばっていくかということについては、現在のところ、正確な理論的追求はできていない。その追求法として、空気の流れの性状を考えてみる。煙は空気にくらべ、それほど重さのちがいが無い。そのうえ、煙は燃焼の結果でてくるものであるから、煙の含まれている空気は暖まっている。暖まっているから上に昇る。したがって、熱によって空気がどう動くかということを考えれば、それに乗って煙がくるとみてよい。

図-1は、5階建てのビルの2階で火災が発生した場合、建物の中の圧力はどうなるかということを示したものである。ものが動くということは、なにか力が働かねばならない。建物の中を煙が流れる原動力は圧力差である。

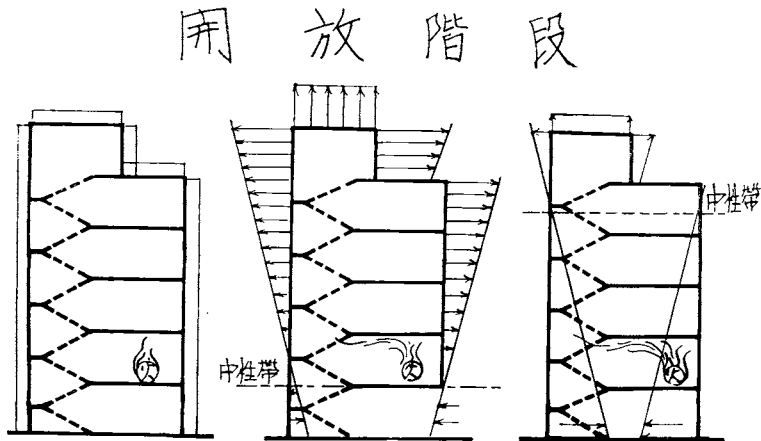


図 1

図-1中央に例示したような場合、2階の火災を感知し、人が避難し、消防が駆けつけることによって、まず1階の出入口が開かれる。このような配置になると、燃焼が行なわれているから、下からは空気が吹きこまれ、上の方からは煙がでることは当然であるが、一方では入り一方では出るのであるから、どこかに入りもせず出もしないというところが存在する。そこをわれわれは中性帯と呼んでいるが、この中性帯が、この場合、下の方にてきてくる。中性帯からは空気を吸い込み、中性帯からは空気を押し出すという圧力が、建物の壁面に生じるわけである。もし、ここに窓があって、ものが流れることができれば、この圧力に相当する分の勢いで煙が吹き出してくる。火災の場合、温度が均一になるわけではないが、観念的には中性帯からは直線的な勾配で圧力が高まっていくと考えてよい。

中性帯の位置は、中性帯を介して上と下にある開口の大きさで決まる。

この具体的な例として、われわれが昔、学校などで経験した、だるまストーブをあげることができる。

だるまストーブの風穴は、煙突の径からくらべるとずっと小さい。そのうえ、石炭の燃えがよくなると、入口をさらにしばってしまう。こうすると、入っただけ出るのであるから、小さい風穴からは勢いよく空気が入り、大きい径を有する煙突の先端からは、ゆっくりと煙が出ていく。このような場合、中性帯はずっと上に上がって煙突の先端付近に達する。したがって、かりに煙突の継ぎ目が無造作であっても、室内には煙がでてこない。しかしながら、煙突が煤などでつまって中性帯の位置がずっと下がってくると、中性帯から上の部分は煙が吹き出し始めるから、煙突の継ぎ目などを介して煙が室内へ立ちこめる。

火災が発生した場合、中性帯から上の階にいる人は、窓から首を出したとしても、気体の流れはつねに部屋の中から外へ向かってしか流れないので、酸素は補給されず、下から上がってくる毒性のガスによって、放っておけば死んでしまうことになる。これを助けるみちは、一つには中性帯を上方に移すことで、一階をしめてしまい、屋上をあげてやれば、窓から首を出せば呼吸することができる。ただしこういう配置になった場合、ストーブと同じで、燃えがよくなり、こんどは熱気で危なくなってくる。

最近、耐火建築が普及してきた。この種の建物では、階段に扉を設け、これを閉じてしまえば、圧力は急にはかかってこないが、それでも、建物全体としての圧力の配置は変わらないから、扉の透き間を介して煙が上方の階に進入し、危険な状態となるので、耐火建築ならば大丈夫だということを過信する傾向は戒めねばならない。

煙の速さについては、横浜で神奈川県庁を建てる際、敷地の中にあつたビルをこわす前に行なつた火災実験の例がある*。

建物は4階建てで、1階は倉庫、2階は事務所、3、4階は住宅となっている。その3階部分で出火させてみた。この部屋は天井は杉板で、あとの壁は漆喰でできている典型的なコンクリートアパートの住宅の一部屋である。その押入れのところに薪を井桁に組み、ふすまに着火させた。押入れをはじめ、そのほかにも、なにもものが入っていないただ建築物だけの火災である。5分ぐらいかかって天井の杉板に着火し、一気に燃え上つた。コンクリートの住宅だからゆっくり燃えるかと予想していたが、非常に急激で、部屋の平均温度も200℃ぐらいから急に800~900℃に上昇し、これに伴ない燃焼速度も急激に増大し、したがって煙の発生量も急激に増えてきた。この部屋のすぐ横に、吹き抜けの階段があつて、4階に連絡している。このときの煙の濃度を測つたものが図-2である。部屋が5分ぐらいでフラッシュオーバーすると、とたんに3階の階段室の煙の濃度が上昇する。また、4階の廊下もすぐこれを追いかけて、同じく急激に上昇してきた。ただし、このときは火災室の扉は開けられていた。

つぎに、廊下を煙がどう伝わっていくかということについて、1966年暮、東京海上火災ビル

* 編者注

この火災実験のより詳しい記述は、すでに発表されている下記論文を参照されたい。
横井鎮男・川越邦雄・齋藤 光・齋藤文春・飯塚幸治；横浜旧大運ビルにおける火災実験報告（昭和39年9月）：日本火災学会論文集 Vol. 14, No. 1, 2, P 1~36 (1965)

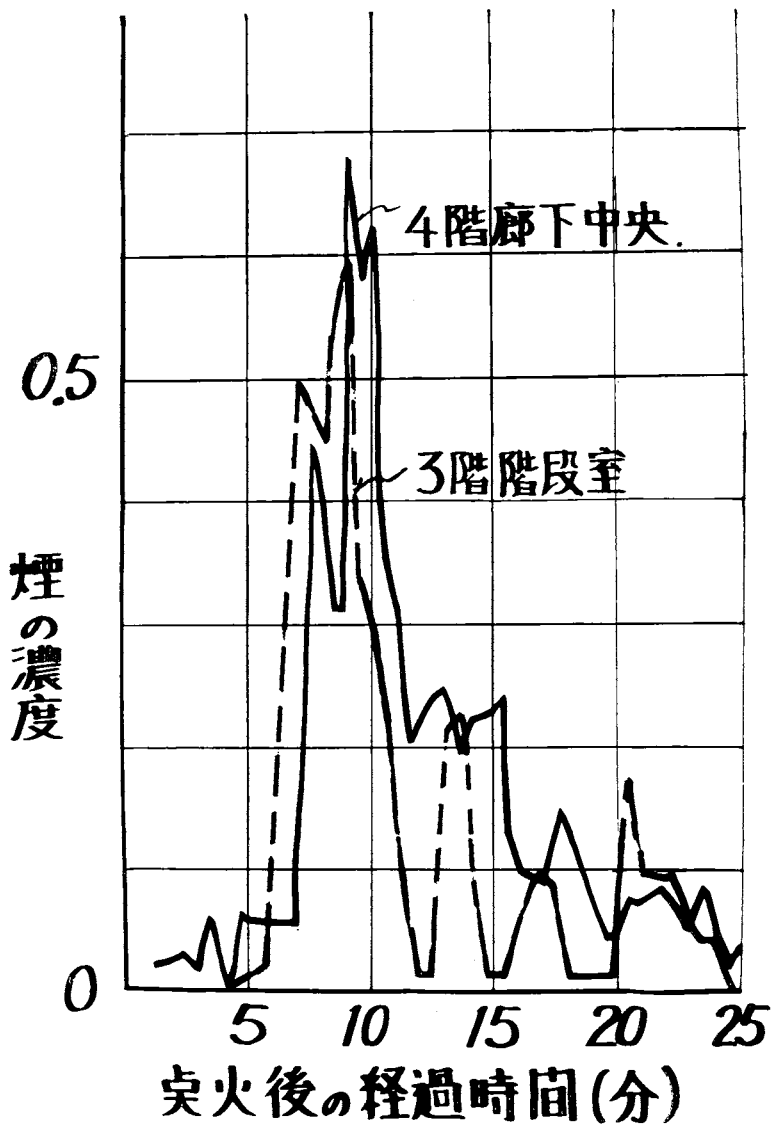


図 2

の4階を使って行なった実験がある。**東京海上火災ビルは、昔風の典型的なビルで、『コ』

** 編者注

この火災実験のより詳しい記述は、すでに発表されている下記報告を参照されたい。

川越邦雄・齋藤文春；廊下を流れる煙の早さ：日本火災学会誌「火災」 Vol. 17, No. 3 (通巻 66) P8~14 (1967)

の字型をしており、中央に廊下が全長 100m くらいにわたって続き、その両側に部屋がある。『コ』の字型の建物の一端の部屋で出火させ、煙がどのように伝わっていくかを観察した。結果は火力の弱い蒸し焼きのような火災となったが、そのとき、廊下を伝播していく煙を、人がその先端を追って観測し、図にしたものが図-3である。だいたい秒速0.5mくらいの速さで進んで来ている。ところが予想外なことに、『コ』の字型の建物の全長の7~8割のところまで進んだところで、煙は停滞するようになった。

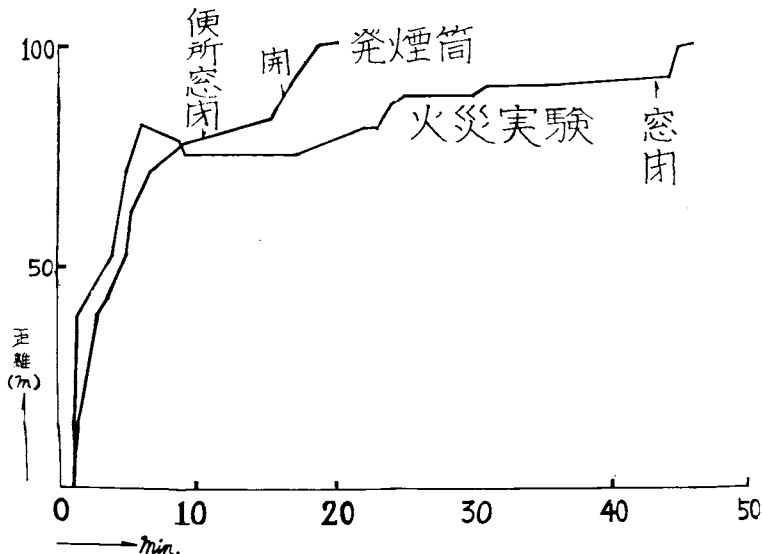


図 3

そのとき、火災室の出口、出口から5m、13m、57m離れたところの廊下の各所に、温度測定点を設置し、どのような温度分布で流れていくかをみたものが図-4である。この図から、天井面の直下の辺がもっとも温度は高いが、まん中付近から下は、ほとんど変わらず、常温の状態を示している。このことから、熱気は意外と下の方には舞い戻らず、天井面の近くに安定層を形成して遠くまで流れていくということがよくわかる。また、下の方が常温を示すということは、仮にかなりの遠くに火災室があっても、酸素を供給するために火災室へ向かっての逆風が生じていることを示している。

このとき、各観測点の床上1.85mのところの煙の濃度を測定したものが図-5である。この図から、距離がどのように離れても、煙濃度の上昇速度が、ほとんど変わらないことがよくわかる。火災室から5mのところにいる人も、57m離れたところにいる人も、同じ濃さの煙を同じスピードで浴びることを示している。

人が煙からのがれ得る限界は、大きな避難上の問題である。これは個人差が大きくて一概に言い得ぬが、まったくの素人であるとする、見透し距離があっても、心理的要素が働らくので、だいたい 0.1 Cs 程度が限界になると思われる。図5からもわかるとおり、この値は、ま

火災実験時の廊下内の温度分布

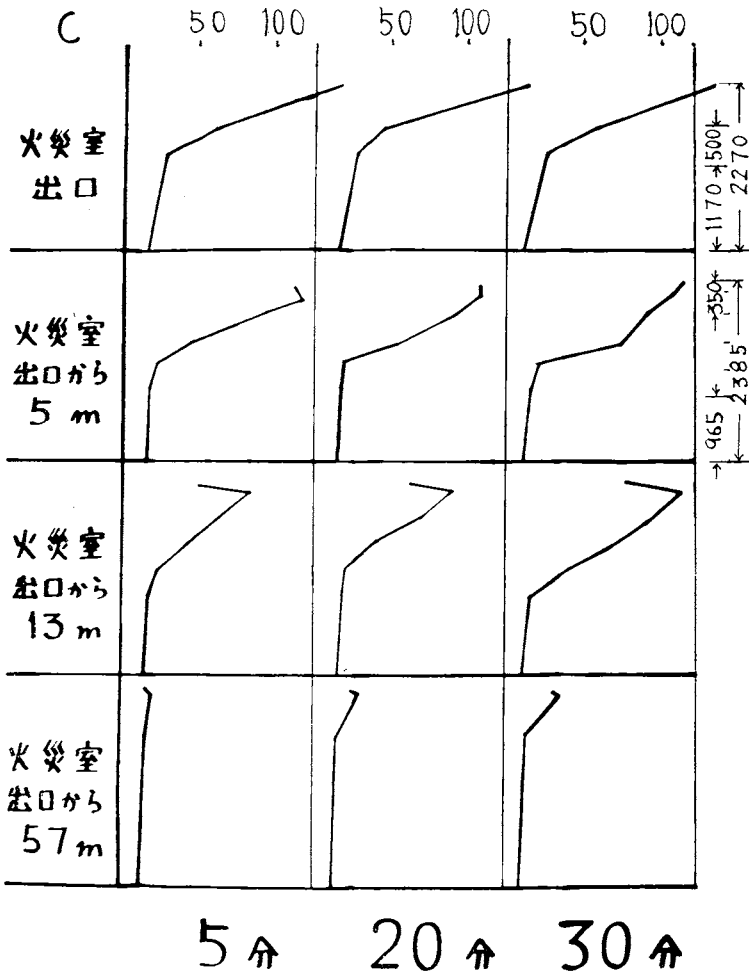


図 4

ったくの瞬時に達してしまふ。火点から近くても、また遠くても、同様に濃煙が瞬時に来てしまふので、ここで逃げ場を失なってしまうものと思われる。

最後に煙の問題を建築にどう応用するかという点に関しては、現在、煙を確実に防ぎ得る手段は無いので、せめて人の退路である段階だけは、煙からしっかり守れるよう設計すべく考えている。

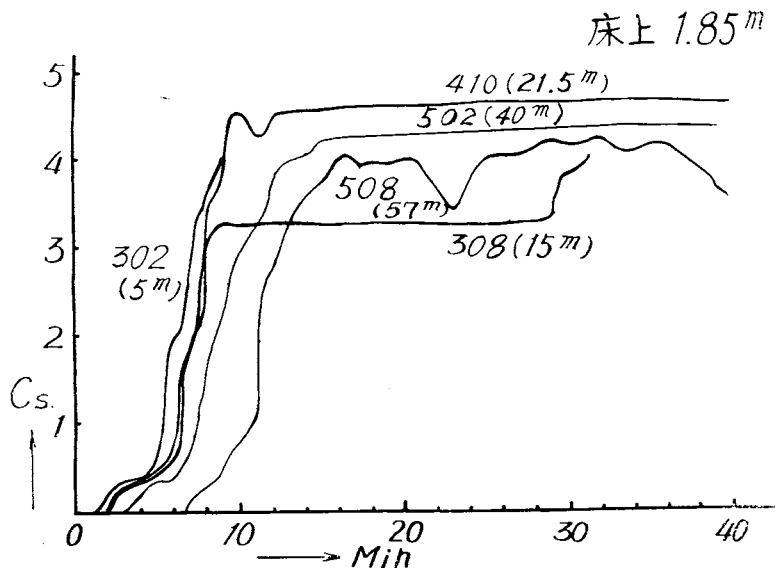


図 5

(4) 火災時の煙の人体に及ぼす影響について

東京消防庁 主幹 岡村正明

火災により、発生する煙の人体に対する影響ということについて述べよ、ということであるが、私は、この方面に対しては、全く門外漢でありその知識もきわめて常識的なものしか持ち合わせていないので、特に皆様に申し上げるだけの資格もないのであるが、一応煙という問題について研究している諸専門家を訪ね、その研究結果あるいは文献的調査の御教示を頂き、その結果を私なりにとりまとめて、ここに紹介してみたいと思う。したがって、これから申し上げることは、すでに皆様よくご承知のことであつたり、また、専門的研究を理解する点で重要なことを見逃しているといった点も多々あると思うが、これについてはご諒承願いたい。

火災による煙そのものの人体に及ぼす影響というような、いわゆる火災医学に関する研究は、実はわが国においても誠に寒々たるものであり、軽になる研究は、主として工場などの生産課程において生ずるものに対し、公害的な立場からの研究が多く、火災のような特殊なしかも急激な燃焼を伴うものについては、現在、未開の分野といつてもよいようである。

しかし、一般的に煙の状況から、人体に対する影響も、煙の固形成分である微粒子、液状成分、湿度、ガス状成分、そして、高熱との関係で考えてもよいであろう、さらに直接的関係はないが、火災という突発事故における精神的な要素も無視することが出来ないと思う。

ここでは、この中の精神的ショック、驚愕反応による症状あるいは主として固形成分による煙の透光、透過性と関連しての視界の障害といった点は別にして、また、高熱輻射による循環器系統の影響、高熱による皮膚の火傷の問題も別として、主として、煙の吸入による影響について考えてみたい。

表-1は、最近3年間の東京における火災死亡例であるが、ここで注目を要するのは、身体に火傷等の著しい変化がなくて、いわゆるガス中毒そのもので、死亡した数が10パーセント近くあることである。

表1 最近3カ年間の東京都の火災死亡例(昭39, 40, 41)

| 場所別 | 原因別 | 火傷死 | ガス死 | その他 | 計 |
|-----|-----|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| | 数 | | | | |
| | | 303 (85.4%) (100%) | 30 (8.4%) (100%) | 22 (6.2%) (100%) | 355 (100%) (100%) |
| 木造 | | 178 (90.4) (58.7) | 15 (7.6) (50.0) | 4 (2.0) (18.2) | 197 (100) (55.5) |
| 耐火造 | | 92 (83.6) (30.4) | 13 (11.8) (43.3) | 5 (4.5) (22.7) | 110 (100) (31.0) |
| 屋外 | | 33 (68.7) (10.9) | 2 (4.2) (6.6) | 13 (27.1) (59.1) | 48 (100) (13.5) |

また、焼死例においても、渡辺氏の報告にあるごとく、少なからざる症例が、煙の中のガスによる中毒で意識を失い、あるいは身体の自由を失って逃げられず、その場で焼死したと考えられるものがあるということである。

また、火災死亡例の家屋の状況を見ると、焼死例では、鉄筋など耐火建の家屋におけるものが目立って多く木造家屋と半々の状態を呈している。

いずれにしても、火災による死亡では、その原因が単に高熱による焼死ということだけでなく、ガス死ということが重要となってくる。

さらに、表-2にみるごとく、重傷で救助され時間がたつて死亡するもので、気道内の、特に肺胞等の熱傷による死亡という問題もあり、火災による死亡も単純でなく、なかなか複雑な問題を提起しつつあるといえよう。言葉をかえていえば、火災の際には単に高熱による皮膚の火

表2 Lethal Complications of the Pulmonary Burn
Experience in 27 Patients

| Type | No | Died | Mortality (%) |
|-----------------------------|----|------|---------------|
| Pulmonary insufficiency | 5 | 5 | 100.0 |
| Pulmonary edema | 10 | 6 | 60.0 |
| Pneumonia | 14 | 7 | 50.0 |
| Unrelated to pulmonary burn | | 6 | |
| Totals (Patients) | 27 | 24 | 88.9 |

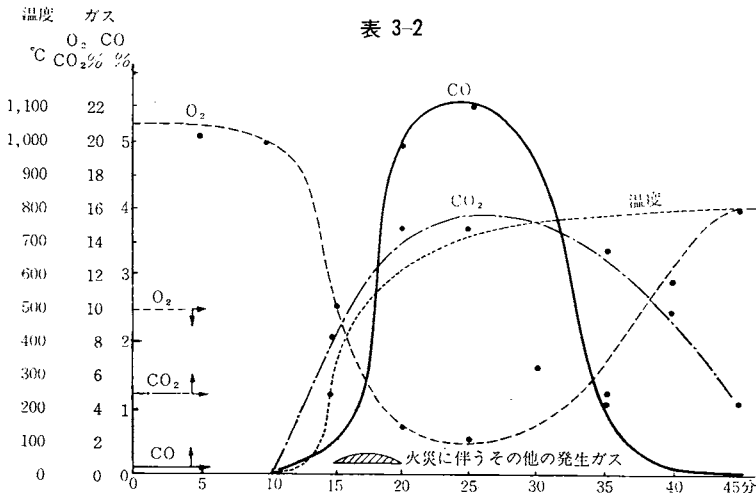
傷とか高温輻射による血液循環系統の障害だけでなく、高熱を伴う煙の吸入による気道内特に肺胞の変化煙中の微粒子の多量吸入による肺胞呼吸面積の縮小などの物理的現象による変化とともに、燃焼に伴う化学的变化により発生する有毒ガス、あるいは酸素の低減などが大きく人体に対して作用し、しかも、これらの現象が個々ではなく、相互にからみ合って重大な障害を与えるということである。

表-3は、同じゆん会アパート火災実験の際の火災発生場所の煙による室内空気の温度および組成の変動を若干モデル化して示したものであるが、発火源から火焰が周囲のふすまなどに燃えあがった12分前後において俄かに空気の変動が高まっていることが印象的である。

すなわち、温度の上昇とともに、生命に直接関係する酸素の急激な減少と、COガスの急激な上昇であり、このような状態においては、われわれの生命は一呼吸または二呼吸によって、身体を失ってしまうことが十分考えられる。

表 3-1

| 測 定 点 | CO | | | CO ₂ | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|
| | 14分 | 22分 | 29分 | 14分 | 22分 | 29分 |
| No.1(地階東側廊下) | 減 | 増 | 増 | 減 | 減 | 増 |
| No.2(地階西側廊下) | 増 | 減 | ナン | 増 | 減 | 増 |
| No.3(火 災 室) | 急増 | 増 | 急減 | 急増 | 急増 | 減 |
| No.4(地階エレベーターホール) | 急増 | 増 | 減 | 急増 | 増 | 減 |
| No.5(1階エレベーターホール) | 減 | 増 | 減 | 減 | 増 | 減 |
| No.6(3階エレベーターホール) | 減 | 増 | 減 | 稍増 | 増 | 減 |
| No.7(屋 上 出 口) | ナン | 増 | 減 | 増 | 急増 | 減 |



この関係は、その他の火災実験によるデータについても、量的に多少の差があるとはいえ、原則的には全く共通のパターンを示している。

このように、燃焼に伴う O_2 の減少と CO_2 の増加、さらに CO の発生は、すべての火災に共通であり、また、人体にとって最も重大な影響を与えるものであるが、さらに、最近の高分子化合物の建材などによる燃焼によっては、従来の火災に考えられなかった濃厚な煤じんとともに、多数の化学物質がガス体となって発生し、これら化学物質もまた、少なからざる影響を相乗的に及ぼしている。

以下、これらの物理的ならびに化学的の変化による人体に対する障害について、それぞれ説明してみたい。

1. 高温の気体吸入による気道火傷

高温の煙による肺の呼吸性の熱傷は、先の表-2 で示すごとく、その死亡率はきわめて高い。このような熱傷では第1段階として、肺泡毛細管の破綻による呼吸不全、続いて肺水腫が主病変となり、この時期を克服しても、細菌性肺炎を惹き起し、そのほとんどが死亡に至るのであるが、このような呼吸性の熱傷は、火災時の呼気の温度だけでなく、温度および煙の存在が重要な影響を与えていることが、動物実験によって認められている。(H. H. Stone)

彼の実験の結果は、表-4、表-5、表-6のごとくであって、すなわち高熱の呼気に、湿度が高ければ、同湿度の温度の低い場合よりも著しく短時間の呼吸で死亡し、また、同温、同湿度にあつては、煙の存在がきわめて条件を悪くしているといえる。

火災によって生ずる煙の性状から、人体もこの高熱の煙を呼吸することにより、その呼吸時間の長短にも関係して病状に差があるとはいえ、単なる肺泡呼吸面の縮少というのみでなく、

表4 Influence of Temperature on Respiratory Burns.
Timed Exposure to Various Temperatures
(5 rats in each group; 100% humidity)

| Exposure Time (min.) | Morality (%) at 100 Dayo Postburn | | |
|----------------------|-----------------------------------|------|-------|
| | 70°C | 85°C | 100°C |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 40 |
| 9 | 0 | 0 | 100 |
| 10 | 0 | 20 | 100 |
| 11 | 0 | 80 | 100 |
| 12 | 0 | 100 | 100 |
| 13 | 20 | 100 | 100 |
| 14 | 40 | 100 | 100 |
| 15 | 100 | 100 | 100 |

表5 Influence of Humidity on Respiratory Burns.
Timed Exposure to Various Humidities
 (5 rats in each group ; 95°C. temperature)

| Exposure Time (min.) | Mortality (%) at 10 Days Postburn | | |
|----------------------------|-----------------------------------|-----|------|
| | Humidity | | |
| | 10% | 70% | 100% |
| 5 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 0 | 60 |
| 7 | 0 | 0 | 100 |
| 8 | 0 | 20 | 100 |
| 9 | 0 | 80 | 100 |
| 10 | 60 | 100 | 100 |
| 11 | 100 | 100 | 100 |
| 12 | 100 | 100 | 100 |
| 13 | 100 | 100 | 100 |
| 14 | 100 | 100 | 100 |
| 15 | 100 | 100 | 100 |

表6 Influence of Smoke on Respiratory Burn.
Timed Exposure to Smoldering Cotton Smoke.
 (5 rats in each group ; 95°C. temperature)

| Exposure Time (min.) | Mortality (%) at 10 Days Postburn | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|---------------|------------------|---------------|
| | 10% Humidity | | 100% Humidity | |
| | Without Smoke | With Smoke | Without Smoke | With Smoke |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 60 |
| 5 | 0 | 80 | 0 | 100 |
| 6 | 0 | 100 | 20 | 100 |
| 7 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 8 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 9 | 0 | 100 | 100 | 100 |
| 10 | 20 | 100 | 100 | 100 |
| 11 | 80 | 100 | 100 | 100 |
| 12 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 13 | 100 | 100 | 100 | 100 |

表8 合成樹脂熱分解

| 熱分解生成物 合成樹脂の種類 | アセト | アンモニア | アクリル | アクリル炭素 | イソシアネート | エタレン | エチレン | 塩化水素 | 酢酸 | ジメチルベンゼン | シクロペンタン | 水素 | スチレン | トルエン | トリクロルエチレン | 八弗化シクロブタン | プロパノール | プロピレン | プロピレン |
|-------------------------|-----|-------|------|--------|---------|------|------|------|----|----------|---------|----|------|------|-----------|-----------|--------|-------|-------|
| フェノール樹脂 | ● | | | ● | | | | | | ○ | | | | ● | | | ● | | |
| エポキシ樹脂 | ● | | | ● | | | | | | | | | | | | | | ○ | ● |
| ポリエチレン樹脂 | | | | | ● | ○ | | | | | | | | | | | | ● | ○ |
| ポリ塩化ビニール樹脂 | | | | | | | | ● | | | | | | | ○ | | | | |
| ポリスチレン樹脂 | | | | ○ | | | | | | | | | ● | ● | | | | | |
| 四弗化エチレン樹脂 | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | |
| ポリエステル樹脂 | | | | ● | | ○ | | | | | | | | | | | | | |
| ポリアミド(ナイロン)樹脂 | | | | ○ | | | | | | ● | | | | | | | | | |
| ポリウレタン樹脂 | | | | ● | ○ | | | | | | | | | | ○ | | | | |
| ポリメチルメ タクリレート樹脂 | | | | ● | | | | | | | | | ○ | | | | | | |
| ポリ酢酸ビニール樹脂 | | | | ● | | | | ○ | ● | | | | ○ | ○ | | | | | |
| シリコン樹脂 | | | | | | | | ○ | | | | | ● | | | | | ● | |
| フェノール樹脂 及びメラミン樹脂 | ● | ○ | ○ | ● | | | | | | | | | | | | | | | |
| ポリ塩化ビニール及び アクリロニトリル系 | ○ | | ○ | ● | | | | ● | | | | | | | | | | | |

生成物

(○分解生成物の発生があるもの)
●比較的分解生成物が多いもの

| ブ テ ン | u ー ブ タ ン | u ー へ キ サ ノ ン | へ キ セ ン | ペ ン タ ジ エ ン | ペ ン タ テ ン | ペ ン タ ゼ ン | 四 弗 化 エ チ レ ン | ホル ム アル デ ヒ ド | 青 酸 | 二 酸 化 炭 素 | 六 弗 化 ブ ロ ピ レ ン | メ タ タ ン | メ チ ル メ タ ア ク リ レ ー ト | メ チ ル ア ク リ レ ー ト | フ エ ノ ール | 酸 化 窒 素 | シ ア ン 化 物 | そ の 他 | 備 考 (報 告 者) |
|-------------|-----------------------|---------------------------------|------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------------------|------------------------------|--------|-----------------------|--------------------------------------|------------------|---|---|-------------------|------------------|-----------------------|-------------|--|
| | | | | | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | 500°C (S. L. Madorsky) |
| | | | | | | | ○ | | | ● | | ○ | | | | | | | " |
| ● | ● | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | ○ | | | | | | | | | | 475°C (S. L. Madorsky) |
| | | | | | | | ○ | | | | | | | | | | | ○ | 342°C |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | 圧力10 ⁻⁶ mm Hg 400°C (S. L. Madorsky) |
| | | | | | | | ● | | | ● | ● | | | | | | | | 600°C (E. E. Lewisら) |
| | | | | | ○ | ○ | | | | ● | | ○ | | | | | | | 500°C (S. L. Madorsky) |
| | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | ○ | 400°C (B. G. Achbamuse) |
| | | ● | | | | | | ● | ○ | | | | | | | | | | 350°C以上 (ブリジストンタイヤKK) |
| | | | | | | | | | | ○ | | | ● | ○ | | | | | 600°C (荒木, 高木) |
| | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | (高山雄三) |
| | | | | | | | | | | ○ | | ● | | | | | | | 真空中 800°C (S. L. Madorsky) |
| | | | | | | | | | | | | | | ○ | ○ | | | ● | (米国鉱山局の試験) |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | ○ | (米国鉱山局の試験) |

肺胞全体の機能が侵され、高度の場合は呼吸機能も失ってしまうといえよう。

2. 燃焼に伴って発生するガスの中毒症状

燃焼によって最も一般的にすべての場合に発生するのは、CO₂とCOガスであり、酸化の過程において空気中のO₂はそれだけ減少をきたす。また材料により、アルデヒド、アンモニア、シアン化水素、硫化水素、亜硫酸ガス、トルエン、ベンゼンあるいは高分子化合物のものが、モノマーとして数えきれない。

また、人体に対する影響がどのようなものか未知の物質まで発生する。(表-7、表-8)

この中、最も注意すべきものは、やはりCOガスの増加と、O₂の欠亡であり、これらは、しばしば直接短時間でわれわれの生命を危機におとし入れてしまう。

COガス

COガスは火災の場合には可成り高度に発生することは、すでに表-3に示したところであるが、このCOガスが人体に有害であるのは、吸気中にCOガスが含まれていると、これが肺胞において赤血球の色素がO₂と結びつく200~300倍以上の強さでCOと結びついてはなれないことである。そして、このCO-赤色素が体の組織を循かんし、そのためCOガスを多量に呼吸すれば、それだけ血液中の赤色素の量が多くなり、これは結局組織の酸素不足を招来するものである。

しかも、組織の中で最も酸素不足に対し、敏感に反応し、障害をきたしやすいのは、脳細胞である。したがってCOガス中毒では、その程度が最も軽い場合でも、めまい、頭痛などの脳症状がおこり、中毒が進めば意識を失って、死亡に至るのである。

表-9は、一般の作業を行なう場所での空気中のCOガスの量と、作業を安全に継続し得る時間的關係を示したもので、MRE(エネルギー代謝率)は、その作業の強さを現わしている。すなわち、同一濃度のCOガスのある場合でも、重労働をすれば、それだけ体内のO₂の消費

表7 有害ガスの生理的効果

| 材 料 | 発 生 有 毒 ガ ス |
|------------------|------------------------------|
| ポリ塩化ビニール | 塩化水素 炭酸ガス 一酸化炭素 |
| ポリアミド(ナイロン) | 一酸化炭素 炭酸ガス アルデヒド アンモニア |
| ポリエチレンテレフタレート | 一酸化炭素 炭酸ガス アセトアルヒド |
| ポリアクリロニトリル(オーロン) | シアン化水素 |
| ポリメチルメタクリレート | 一酸化炭素 炭酸ガス |
| ポリスチレン(スチロフォーム) | ベンゼン トルエン |
| ポリ4フッ化エチレン(テフロン) | 炭酸ガス 一酸化炭素 |
| 綿, レーヨン | 炭酸ガス 一酸化炭素 |
| 酢酸セルロース | 炭酸ガス 一酸化炭素 |
| 絹 | 一酸化炭素 炭酸ガス シアン化水素 アンモニア |
| 羊毛 | 炭酸ガス 一酸化炭素 硫化水素 アンモニア シアン化水素 |
| 新聞紙 | 炭酸ガス 一酸化炭素 |

表9 各CO濃度の環境中でゆるし得る作業時間(分)(佐々木)

| CO % | エネルギー代謝率 | 0~2 | 2~4 | 4~7 | 7以上 |
|------|----------|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | |
| 0.01 | | 360 | 240 | 150 | 120 |
| 0.05 | | 60 | 45 | 30 | 20 |
| 0.10 | | 30 | 20 | 15 | 10 |
| 0.15 | | 20 | 15 | 10 | 5 |
| 0.20 | | 15 | 10 | 5 | 禁 |

が大となり、CO中毒の危険も大きくなるわけで、たとえば、坐って手仕事位の場合は、空气中に0.1パーセントの濃度のCOガスでは30分も安全に作業が許容されるのに、かけ足等に匹敵する作業をすれば、安全な時間は $\frac{1}{3}$ の10分となってしまふ。

表-10は、空气中の各COガスの濃度で、それを呼吸した場合の時間と血液中のCO-赤色素の量的関係を現わしたもので、これに、CO赤色素の量の各段階における中毒症状をあらわしたものである。

火災の発生、特に火焰の立ち上る10分~15分の時期にCOガスが著しく増大し、しばしば1パーセントをこえることはすでに示したが、この表から、これら高濃度の仮りに1パーセントとしても、その煙の中ではわずかに数分で昏睡状態となり、死に至ることが判らう。また濃度が低い場合でも昏睡状態に至らなくとも、めまい視力の弱まりとともに、虚脱状態におちいり身体の自由を失って脱出の機会を逸してしまふ。

CO₂ガスの増加とO₂ガスの減少

CO₂ガスは、呼吸中に5パーセント以上でなければ中毒症状をおこさないが、燃焼によってCO₂ガスが増加すれば相対的に、O₂ガスが減少し、このO₂ガスの欠乏が人体に対してきわめて大きな影響を与える。

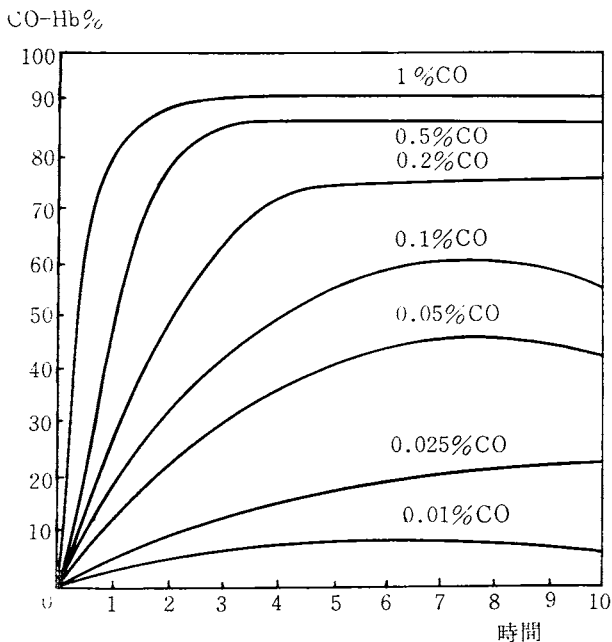
表10 CO-Hb 濃度と症状との関係

| | |
|--------|----------------------------|
| 90~100 | 死 |
| 80~90 | 死 |
| 70~80 | 脈搏、微弱、呼吸おそく、停止、死 |
| 60~70 | 昏睡、けいれん、呼吸脈搏よわく、死をきたしやす |
| 50~60 | 同下、昏睡、けいれん、シェーンストークス呼吸 |
| 40~50 | 同下、呼吸脈搏増加、仮死および虚脱をきたしやす |
| 30~40 | 激しい頭痛、倦怠、めまい、視力弱り、嘔気、嘔吐、虚脱 |
| 20~30 | 頭痛、側頭部の脈動 |
| 10~20 | 前頭部緊迫感、かるい頭痛、皮膚血管の拡張 |
| 0~10 | なし |

CO-Hb 濃度

症

状



種々の濃度の CO により、吸気と血液との間に CO 濃度が平衡するまでの時間的推移 (W. F. von Oettingen)

O₂に関しては、普通われわれの吸気には21パーセント含まれているが、これが減少してくることにより、表-11のごとき症状を呈してくる。すなわち、17~15パーセントに低下すれば視力が弱まり、めまい、悪心などの症状とともに、判断力が障害されてくる。さらに14パーセン

表11 酸素欠乏の精神々経症状

| 程度 | 症 状 | 吸気中酸素分圧 (mmHg) | 海面位に対する換算 |
|----|-------------------------------------|----------------|-------------|
| 1 | 過信、不安、悪心、頭痛、判断の障害、視力障害、めまい、虚弱感 | 129~99 | 17~13 VOL % |
| 2 | 嘔吐、不安、筋のけいれん、体温上昇、精神こんたく、呼吸困難、チアノーゼ | 106~76 | 14~10 VOL % |
| 3 | 意識喪失、けいれん、チアノーゼ | 84~53 | 11~ 7 VOL % |
| 4 | 昏睡、呼吸停止、循環虚脱 | 68~38 | 9~ 5 VOL % |

空気中の酸素分圧は 159 mmHg で濃度は 20.93% である。

ト以下になれば、意識は混だくし、呼吸は困難となり、10パーセント以下では、意識はたちまち喪失してしまう。

このようなO₂欠乏の問題は、実はこの数年の間に著しく注目されてきたところであり、以前はCO₂やあるいはメタンガスなどの有害性が重視された時期があったが、実はこれらの場合もO₂の欠乏ということが、はるかに生命を危険におち入らせる大きな因子であったのである。

火災実験の成績でも、CO₂ガスが5パーセントをこえる時期には、O₂ガスが著しく減少して意識を失って、死の危険のある10パーセント以下にも低下し、同時にCOガスも高濃度となり急に事態を悪いものになっている。

3. その他の有毒ガス

シアン化水素

きわめて微量であっても、シアン化水素は生体の酸化酵素の鉄をおかし、その作用を阻害し、ために胸部をしめつけられるような疼痛とともに、呼吸困難をきたし、遂には死に至る。このシアン化水素も微量ではあるが、燃焼物によっては、煙中に証明されている。

その他、各種のガスが数知れず発生し、それらは、あるいは皮膚、粘膜などの刺激性が強く、鼻腔から上気道の刺激、眼結膜の充血、流涙をきたし、吸入すれば、これらも肺の機能を障害し、また、その中には麻酔作用を呈しあるいは、神経毒として作用し、神経の麻痺、脳障害をおこすものもある。

発生頻度の多いものの一例を示すと、アンモニア、NO₂、SO₂、アルデヒド、などは粘膜の刺激をおこし吸入すれば肺機能を障害する。トルエン、ベンゼンは、神経細胞との結合が強く麻酔作用を呈し、また、皮膚、粘膜も刺激する。

塩素、塩化水素、ホスゲンなどは、刺激性がきわめて強く、眼、鼻などは、発赤、充血、流涙あるいは刺激痛あり、吸入すれば、強い肺水腫をおこして呼吸困難となる。

なおここに、アクリル樹脂の分解により発生する主なガス状化学物質と、その人体に対する影響を参考までに提示してみると（土屋氏提供）、表-12のごとくで、一般的なCOガス、O₂欠乏の外に、いかに多くの人体に有害な化学物質が煙の中に発生してくるかを知らることができよう。

しかも、これらの中毒症状は、それぞれの作用が単に加算されるのではなく、人体にとっては掛け算として相乗作用を呈し、一層複雑な作用を呈してくるものである。

火災時の煙と消防隊員

火災により煙の人体に対する影響は前述のごとくであるが、このような困難な状況下において、人命救助あるいは消火のために火源の近くに接近する消防隊員の努力は容易ならぬものがあるのは当然であろう。

このような場合、精神的な不安反応などは、平常の訓練と経験および規律ある行動によって除かれることは、比較的困難ではないとしても煙の物理的および化学的な性状に対処しては、当然、精神力のみでなく相当の装備と身体の強じんさが必要とされる。

高温に対しては改良された防火服が要求されるし、有毒ガスおよび酸素欠乏に対しては十分な量を保有した空気呼吸器が必要である。

視界の問題に対しても当然それを打破し、適当な視界を得るための装備が開発されるであら

表12 アクリル樹脂

| 分類 | 化学物質名 | 障害 | 許容濃度 | | | 予防法 | 備考 | 作業工程 |
|----|-----------|--|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|----------------------|
| | | | 日本産衛 | AC-GIH | その他 | | | |
| 原料 | アセチレン | 麻醉作用 | | | 爆発防止のため 5000 PPM | | | |
| | アセトン | 頭痛、興奮、疲労、麻醉、自律神経障害、刺激作用（眼、上気道） | 500 PPM | 1000 PPM | | | | 有機溶剤中毒予防規則別表第2に該当する。 |
| | メタノール | ① 上気道刺激、眼精膜痛、気管支炎、結膜炎、眼瞼のケイレン ② 直接接触の場合、眼球角膜の潰瘍、皮膚炎、湿疹など ③ 全身障害の場合、頭痛、めまい、酒酔、嘔気、耳鳴、胃腸障害、ケイレン、胸部圧迫感、視力障害、気憶障害、失明、視野狭窄、神経炎など | 200 〃 | 200 〃 | | 手袋、保護メガネ換気など | 同上 | |
| | 青酸 | 呼吸困難、倦怠、頭痛、めまい、胸部不安感、皮膚炎、聴力、視力障害 | 10 〃 | 10 〃 | | 完全排除、シアン用ガスマスク(JIS) | | |
| | アルカリシアン | 皮膚発疹(痒み落屑)、胃腸障害、痙攣、衰弱、眼球振盪、眼球突出、光線忌避、歩行障害、意識消失 | | 5 mg/m ³ | | 手袋など | 径皮吸収あり | |
| | ニッケルカルボニル | 肺臓炎、肺ガン、CO中毒類似、めまい、嘔気、嘔吐、歩行障害、頭痛、12~24時間後に変化する（呼吸困難、めまい、嘔吐、不眠等が出現）チアノーゼや発熱がある時は予後不良 | 0.001 〃 | 0.001 〃 | | 完全遮蔽 | 毒性が高いので注意、リークテスト | |
| | 硫酸 | 皮膚の腐蝕及び潰瘍、ヤケド、眼の障害（角膜白濁、眼やにまたは紅さい炎、全眼球炎、角膜穿孔など）上気道障害、喉頭ケイレン、会咽浮腫、歯牙酸蝕症 | 1 mg/m ³ | 1 mg/m ³ | | 保護衣、ミスト発生防止マスク | | |
| | 一酸化炭素 | COHbの生成による酸素欠乏窒息死、反覆暴露、赤血球増多、心筋障害、血圧降下、脈圧縮少、セキズイ、圧上昇、出血性脳膜炎、記憶障害、精神障害、コルサコフ症候群、ケイレン、言語障害、視力障害、筋マヒ、眼神経炎、聴力障害、肺炎その他、人格水準の低下 | 100 PPM | 50 PPM | | 発生または、洩えい防止マスク | | |

| 分類 | 化学物質名 | 障 害 | 許 容 濃 度 | | | 予 防 法 | 備 考 | 作業 工程 |
|---|--|------------------------------|----------|------------|----------|---|--|-----------------|
| | | | 日本 産衛 | AC- GIH | その他 | | | |
| 中間 生成 物 | アクリル ニトリル | 嘔気、嘔吐、衰弱感、頭痛、下痢、肝障害、発疹水泡、発熱 | | 20 PPM | | (手袋は役に立たない) 接触遮断 | 20PPM では 中毒をおこす おそれがある という報告が ある | |
| モノ マー | アクリル酸 メチル | 不快臭(31PPM)、上気道刺激、肺水腫、涎流、粘膜刺激 | | 10 PPM | | 手袋は役に立たない、接触遮断 | | |
| | アクリル酸 エチル | 不快臭(25PPM)、上気道刺激、肺水腫、涎流、粘膜刺激 | | 25 PPM | | 同上 | | |
| | α-クロロア クリル酸 メチル | 皮膚粘膜の火傷、結膜炎、上気道炎、頭痛 | | | 1 PPM | 同上 (Kae- pou) | | |
| | メタアクリ ル酸メチル | 粘膜刺激、めまい、睡気病感、鼻炎、結膜炎、自律神経障害 | | | | 12.5g (Kae- pou) 100g (Elki- ns) | 同上 | Polymer を含 む |
| エチルア クリル酸メ チル メタアクリ ル酸エチル メタアクリ ル酸M-デ チル | メタアクリル酸メチルに準ずる備考 I：モノマーは次の物質を含有することあり a. メタアクリル酸 b. メタアクリル酸ビニール c. 過酸化ベンゾイル d. ヒドロキノン、レゾルシン、フェノール、ピロガロール、ピリジン、ベンゾイック酸、コーゲノール、チモール e. フコタル酸ブチル、隣酸フェニール、グリコール、脂肪酸アルコール、プラヂノール f. トリクロロールエチレン、塩化メチレン、塩化エチレン、クロロホルムなど II：ポリマーは次の特質を含有することあり a. メタアクリル酸ポリメチル b. デメチル-P-トリデン、脂肪族アミン、メルカプタン、ヒドラジン化合物、スルフィン酸 | | | | | | | |

| 分数 | 化学物質名 | 障 害 | 許 容 濃 度 | | | 予 防 法 | 備 考 | 作業工程 |
|-------|-----------------|--|---------|---------------------|---------------------|---|--------------------------------|------|
| | | | 日本産衛 | AC-GIH | その他 | | | |
| | | c. いろいろな性質の色素類 | | | | | | |
| モノマー | 塩化ビニール | 麻酔作用, 肝, 腎, 肺のウッ血 | | 500 PPM | 50 PPM (Tolkion) | | 500PPMの許容濃度は高すぎる100PPM以下に抑えること | |
| | ブタジエン | 麻酔作用(高濃度) | | 1000 // | | | | |
| | 酢酸ビニール | 障害作用少なし(4000 PPM 4時間でラット死亡す) | | | | | | |
| | スチレン(モノマー) | 不快臭, 目鼻の刺激, 麻酔作用, 多発性神経炎 | | 100 // | | | | |
| 重合防止剤 | ハイドロキノン(ヒドロキノン) | 皮膚感作用, 刺激, 白皮症, 聴力障害 | | | 2 mg/m ³ | | 5 mg/m ³ の服用で死亡 | |
| 重合触媒 | 過酸化ベンゾイル | 爆発 皮膚の刺激, 感作作用, 上気道刺激, 吸入により自律神経障害, 気道及び肺機能障害 単球増加の集団発生の報告あり(これは原料のためと考えられている) 慢性障害の有無については不明 | | 5 mg/m ³ | | 手袋, 顔面マスクの着用, 洗眼施設(目に入った時は10分以上洗眼すること, 軟膏類は禁忌, 2%の重曹水を用意して最初に点眼する皮膚も同様に水でよく洗滌する。最初にアセトンアルコール混合液で洗う) 有機過酸化物はガラス又はポリエチレンの瓶に入れ, 日光及びほこりを避けること。 火災の場合は塩化炭素泡消火剤炭酸ガスを用い, 水を使用しないこと。 | | |
| 溶剤 | ベンゼン (ベンゾール) | 急性中毒: 神経麻痺による死亡種々の中枢神経系障害 慢性中毒: 貧血, 再生不良性貧血, 白血病 | 25 PPM | 25 PPM | | 換気等の注意深い管理が必要 | 有機溶剤中毒予防規則第1種適用 | |

| 分数 | 化学物質名 | 障 害 | 許 容 濃 度 | | | 予 防 法 | 備 考 | 作業工程 |
|----|---------|--|---------|------------|-----|-----------------|-------------------------------------|------|
| | | | 日本産衛 | AC-GIH | その他 | | | |
| | シクロヘキサン | 神経系、血液系の障害 300PPM で目及び粘膜に 対する刺激作用あり、 | | PPM 300 | | 少なくとも許容濃度以下とする。 | ベンゾールなどが混在するので注意 有機溶剤中毒予防規則第2種適用 | |

う。

これらの問題はきわめて重要な問題であり、別に取りあげるべきものと考えられるが、ただ高温輻射に対して、現行アルミ防火服および化学服を装備しての人体に対する影響について、若干ふれてみたい、

(東京医科歯科大学前田教授提供)

一般の普通消防服は、重量2.75kg、アルミ服2.7kg、化学服は上衣、ズボン、靴をあわせて9.3kgあり、これらの服装による一般作業での脈搏、呼吸の状況は作業が軽作業の場合は特に著しい差は見られないが、徒歩などの比較的重作業になると、その様相を異にし、普通消防服、アルミ服、化学服の順に作業負担が著しく大となる。すなわち、脈搏は安静時に比較して250%、呼吸は安静時の普通消防服が5倍強であるのに、化学服では8.5倍と大となる。

また、エネルギー代謝率は、軽作業では3.2~3.8を示し、労働量としては中程度の労働である場合でも、化学服を着用しているときは、同一作業でも10.3と大となり、激労となる。すなわち化学服では、徒歩で5分あるくことも大きなエネルギーの消費となり、重作業では9.8と激労に属してくる。(表-13、表-14)

さらにこのような服装での作業を高熱の影響下で行なった場合での実験を行なったのであるが、化学消防服を着用して火源から6m、3mの位置に佇立して、その呼吸数・脈搏数・血圧・被服内温度・皮膚温・エネルギー代謝率の測定の結果は、表-15、表-16のごとくである。

皮膚温は、化学服の効果を示して、わずか3~4℃の上昇であるが、呼吸数、脈搏ともに増加する。呼吸量は安静時1分間8ℓのものが、6mの位置で1分間20ℓと2.5倍に増加し、これにさらに作業労力が加わるときは、呼吸量は一層増加するので、空気呼吸器の容量という点も十分このことを考慮しなければならない。また、脈搏は安静時62のものが、6mでは84、3mの地点では183と著しく頻脈となり、この数字は熱中症予防の意味から定められた許容度1分150をはるかに超えていることに注意せねばならない。

表13 脈 搏 数 の 変 化

| | 作 業 服 | 青 服 | アルミ服 |
|----------------|-------|-----|------|
| 軽 作 業 (徒歩2歩/秒) | 76 | 92 | 95 |
| 重 作 業 (徒歩4歩/秒) | 140 | 146 | 158 |
| 安 静 時 | | 64 | |

表14 呼吸量の変化

ℓ/min

| | 被験者 | 安静時 | 作業服 | 青服 | アルミ服 | 化学服 |
|-----|-----|------|------|------|------|-----|
| 軽作業 | Y | 7.7 | 19.2 | 20.8 | 21.6 | |
| | S | 9.5 | 23.7 | 25.6 | 26.5 | |
| | Ia | 8.3 | 20.8 | 22.5 | 23.3 | |
| 重作業 | O | 9.8 | 58.1 | 64.0 | 69.0 | |
| | Ib | 11.7 | 68.7 | 78.1 | 81.5 | |
| | Ic | 10.1 | 59.4 | 65.4 | 70.5 | |

図1 防火服着用時の呼吸、脈搏（15分静止状態）

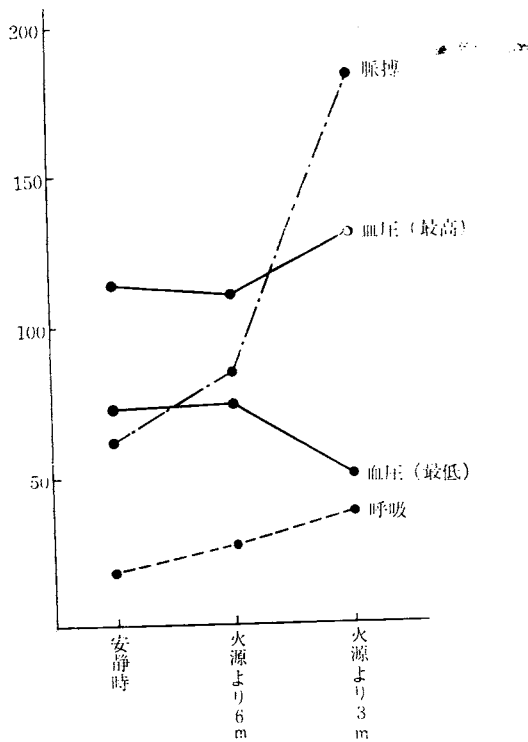
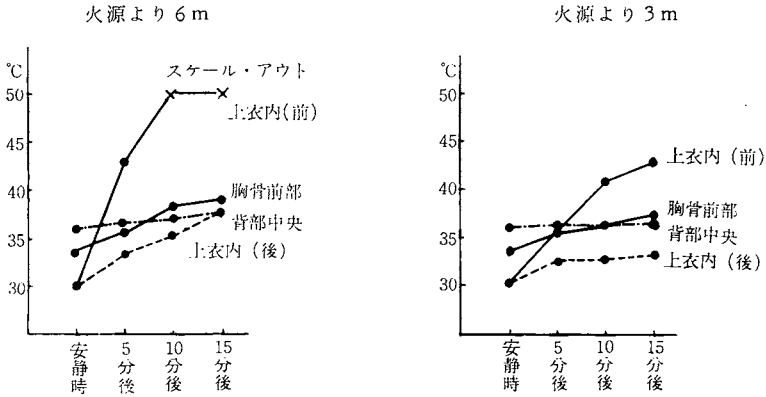


図2 防火服着用時の服内温度



血圧は、3m地点で最高血圧は100mm/hgから130mm/hgと上昇し、最低血圧は反対に50mm/hgと低下し、その差が大となり血液の循環量が減少してくる。

このような呼吸循環作用の異常に対処するため、装備とともに一層重視せねばならないのは消防隊員の体力および健康度であり、特に循環系統の異常に対しては十分な健康管理が望まれるところであろう。

本講演にあたって、貴重なご教示と資料を提供して頂いた東京医科歯科大学前田教授、慶応大学医学部土屋教授、順天堂大学医学部村松講師、東京消防庁筆内警防課長および調査課河野主事の諸氏に深く感謝の意を表します。

(5) 火災煙の早期検知について

消防研究所 渡辺彰夫

1. 火災の自動的検知

火災の早期発見には、表1に示すように、燃焼に伴う可燃物の物理的または化学的变化を検知すればよい。

これらは、それぞれの特長を生かして使用目的や使用場所に応じて選ばれる。

2. 煙検知器の目的

煙検知器は戦前から主に船舶において、また戦後比較的密閉された建物において燃焼火災発見のため用いられてきた。

火災の早期発見は、いままでもなく人命および財産の保護を目的とする。従来の(熱式)感知器は、当初感度規格を設定した経緯からも財産の保護を目的とする。これに対し、最近社会が煙検知器に期待するものは、煙による危険から人命を守ることが主体となっている。

表1 火災の検知

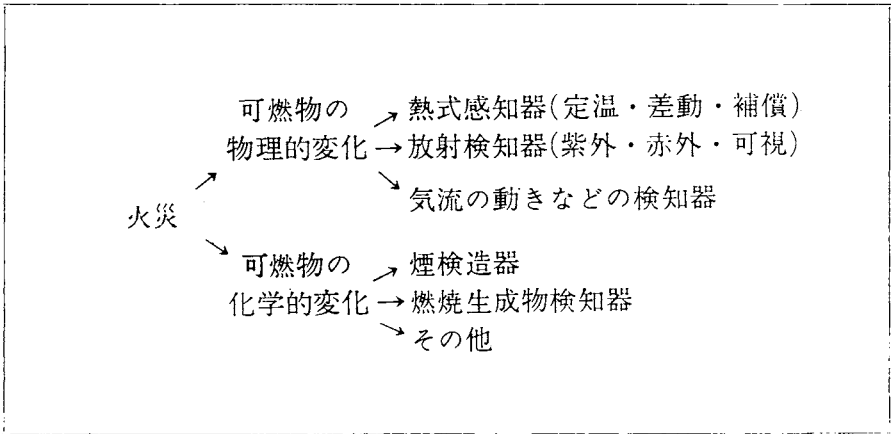
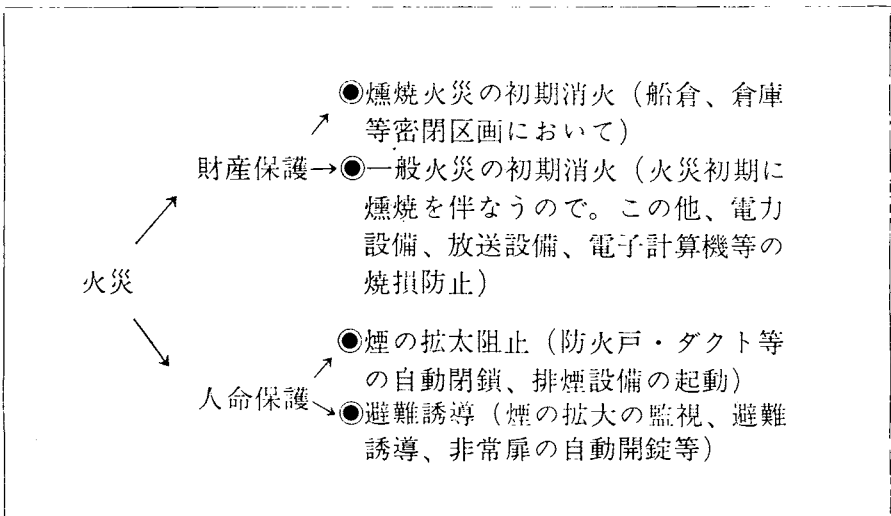


表2 煙検知器の使用目的



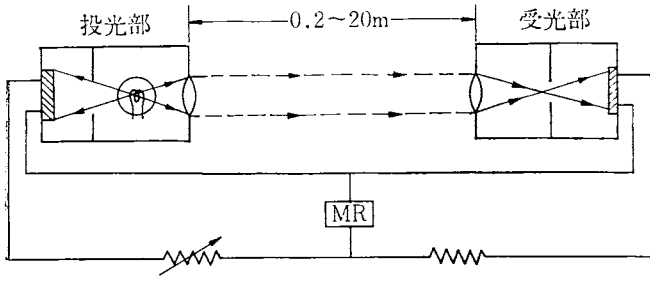
煙検知器の使用目的を整理すると表2に示すとおりであり、時に煙による人命への危険の多い高層建築，地下街，宿泊施設等での利用が期待されている。

3. 煙検知器の分類

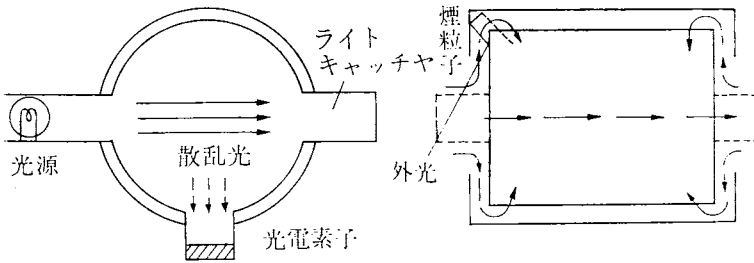
3.1 原理上の分類

煙等の検知方法は、動作原理上、図1に示すように、光電式，イオン化式，その他のものに分けられる。

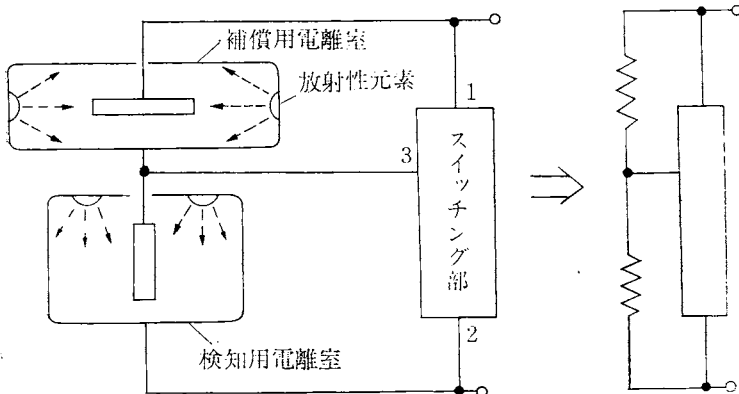
図1 種々の煙検知器



(イ) 光電・減光式



(ロ) 光電・散乱光式



(ハ) イオン化式

3.1.1 光電式検知器 煙によってそれを通過する光量が減るのは、個々の煙粒子により光の吸収および散乱を生ずるからである。そこで、煙による減光または散乱をとらえる光電的検知手段が考えられる。

光電式検知器の主要部は投光部および受光部であり、電圧変動、電球・光電素子の劣化、塵埃の付着、結露、昆虫の進入、外光の入射等は動作感度に影響を与えるので、種々の工夫が必要となる。

減光式では、受光部の光電素子面は投光部からの光束を垂直にうけ、常時一定の光量を与えられている。投・受光部間に煙が進入すると、受光量が減るので、これを利用して、警報を発する。この型では、投光部の光束変動を補償するため2ヶの光電素子を用い、外光の影響を避けるためレンズ等を用いる。感度をよくするには投・受光部間隔を大とする必要がある。

散乱光式では、投光部からの光束は光電素子に常時与えられておらず、受光量はごく微小である。煙が進入すると、煙粒子による光の散乱で受光量が増加し、これにより警報を発する。この型では、常時光源および外光が光電面にもれないよう、レンズ、ライトキャッチャ、迷路構造の検出部を用いる。このため動作おくれを伴なう。また原理上、白味がかった煙と黒味がかった煙で感度差があるが、減光式にくらべ著しく小型にできる。

3.1.2 イオン化式検知器 イオン化式検知器は煙より小さい微粒子（ガス）の領域にも感度を有し、むしろ燃焼生成物検知器に属する。

この検知器では空気に電気を伝える能力を持たすため α 線を多量に放つ放射性元素—ラジウム 226、アメリカニウム 241—が電極間に用いられる。このような電離室の電極に電圧を加えると、微小な電離電流が流れる。煙等が進入すると電離電流が減り、これを利用して警報を発する。電離室における電離作用は温度、湿度、気圧等により影響を受ける。そこで煙は進入しやすいが、大気とは流通のある今一つの電離室を設け、検知用電離室と電氣的に直列につなぎ、分圧された検知用電離室両端の電圧を取り出すことにより環境の変化を補償する。そこで差動電離室形ともいわれている。

3.1.3 その他 火災に伴なう燃焼生成物の増加、たとえば一酸化炭素や水蒸気を検知するものも考案されているが、その実用性については十分明らかにされていない。

3.2 測煙上の分類

煙検知器は、煙の有無を監視する部分の形状等から、スポット型、分布型、サンプリング型にわけられる。

スポット型は1局所の煙濃度がある値以上になったとき動作するもので、散乱光式、イオン化式が主にこれに属し、小形である。

分布型は線状の監視領域の平均煙濃度がある値以上になったとき動作するもので、大部分の減光式がこれに属する。

サンプリング型では監視領域は平面または空間にわたって、船用のものがその代表的なものである。

3.3 外見上からの分類

投光部と受光部が同一きょう体内に組み込まれているかないかにより、ユニット形、分離形にわけられる。

3.4 煙の進入上の分類

煙の有無を監視する部分へ煙が入りやすいが、そうでないかにより、開放型、半開放型、密閉型にわけられる。

4. 煙検知器の感度

わが国では煙の濃度は、1 mの煙の層を光が通過する場合、煙による減光分と煙のないときの光量の比を百分率に示したもの（m当り減光率）、または今までの講演でもしばしば引用されている減光係数で示される。

煙検知器の感度は使用目的使用場所に依じて設定される。

種々の規格で示されている煙検知器の感度の1例は表3に示すとおりである。表の下部に避難時における煙中の許容視程5 mおよび15 mから求めた最大許容煙濃度、および、涙、せき等を生ずる生理的限界を併記している。

表3 煙検知器の感度

| | m当り減光率 (%) | 減光係数 (1/m) |
|---------|------------|------------|
| 船舶用規格 | 6~15 | 0.06~0.15 |
| 航空機用規格 | 99 | 7 |
| UL規格 | 0.12~12 | 0.01~0.12 |
| 最大許容煙濃度 | 10~40 | 0.1~0.5 |
| 生理的限界 | 2.5~33 | 0.025~0.4 |

安全な避難の見地からこれらを見ると、燻焼火災発見用の煙検知器より敏感なものが人命保護上望ましいことがわかる。

5. 問題点

煙検知器の問題点を列記すると、つぎのとおりである。

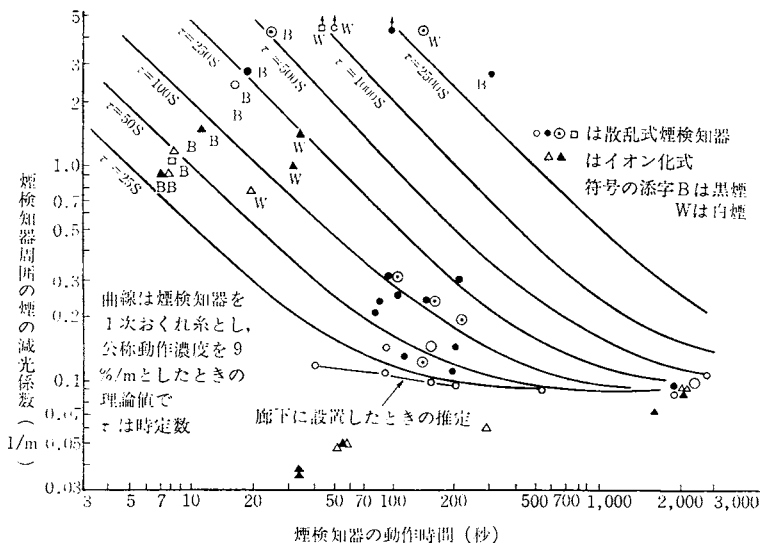
イ. 安定性 従来煙検知器がひろく利用されるに至らなかった理由の一つに寿命の長い光電素子がえられなかったことにある。この点から、シリコン太陽電池の利用が考えられる。

ロ. 保守 現在実用されているこの種検知器は、塵埃の付着等による性能劣化等から、保守を十分に行なう必要がある。現状では半年~2年に1度の保守が適当と考えられる。

ハ. 動作 従来煙検知器は火災の初期に生ずる燻焼発見を主体に考えられてきた。そこで検知器の動作時間おくれを余り問題としていなかった。しかし、人命保護の見地からはこのような時間おくれは無視できない。今までの多くの実験例から、検知器に直線的煙濃度上昇が与えられたとき、検知器の動作時間と周囲煙濃度値の関係を図示すると、図2のとおりとなる。これらは比較的発熱量の小さい燻焼火災でえられたデータが多く、これをもって廊下、階段、ダクト内に検知器を設けた場合の動作を論ずることができないが、煙検知器の動作を規定する場合、動作煙濃度、動作時間の両者を考慮する必要があることを示す。

ニ. 測煙技術 煙検知器を製造し、試験する際、適切な煙濃度計、発煙材料、発煙方法を定めなければ均一な製品がえられない。これらも早急に決定しなければならない問題の一つである。

図2 直線の煙濃度上昇変化を与えたとき煙検知器の動作時間と周囲煙濃度値例



(5) 煙に対する消防対策について

東京消防庁消防科学研究所 倉林慶次

煙の問題は各方面で研究も行なわれているが、現象が複雑で、多くの要因が作用しているため、実験データおよびそれに基く理論的結論と実際の現場の問題にそのままあてはめる事は危険であり、注意を要する。

煙に対する消防対策がどのように行なわれているか、次に述べる。

1. 目的について

煙対策の目的としては、次の点が考えられる。

(1) 焼死者の防止

火災時に、法医学上の火傷なしに煙による精神的要因などによる死亡例が最近増えている。このような焼死者の多くは、消防隊がかけつける以前にすでに死亡しているため、消防以前の問題であって狭義の消防対策外の問題ともいえるが、一応関係機関に注意をうながし焼死者を防止することである。

(2) 水害および煙害からの財産の保護

火災により、燃えなくても水害、煙害により財産を失うことが起り得るので、これらより財産を保護する必要がある。

(3) 防御隊員の安全確保

隊員は特別の教育訓練を受けている者であるが、しかし煙は作業を困難にし、かつ危険を伴

うから、特に安全確保が必要である。

2. 対象物について

木造家屋の場合は、火災時に、屋根がつきぬけやすかったが、最近では耐火建築物が増加しこれらの火災の場合は内装材および家具などのみがおもえて、煙は建物の中にたまるため、特に耐火建築物が問題とされているが、木造建築物であっても、同様な場合があるので注意を要する。

(1) 耐火建築物

無窓および地下建築物等の火災である。

(2) 木造建築物

建物がくずれないで部分焼程度以下の火災または特別な場合の火災である。

(3) 地下公共施設

地下街、地下鉄および高速道路等のトンネル内の火災である。

3. 対策について

(1) 積極的対策

これは煙そのものに注目した場合の対策で、次のような手段が考えられる。

① 消煙

煙を消すことであるが、完全に消煙する方法と濃度をうすめる方法（これも含まれる）が考えられる。

この中には、消煙剤の散布と完全燃焼などによる手段があるが、現在研究段階にある。

② 排煙

一般的には、空気と置換する方法がとられ①、の場合と同様に、完全排煙と一部排煙が考えられる。

排煙口をつくるための破壊器具、噴霧注水器具、泡で煙を置換するための高膨張泡発生機、排煙車および排気ガスで煙を置換するガスタービン消防車による方法などがある。

(2) 消極的対策

これは煙そのものの存在を特に問題としない場合の対策で、次のような装置の活用が考えられる。

① 個人装置

熱と煙に耐える耐煙服（air compressor によって服の中へ空気を送り込む）、濃煙透視器（air compressor により顔の前方へ空気を送り出して見透しをよくする）、防煙具（煙害に対する器具の保護）、空気呼吸器（口の部分のみへ空気をおくりこむ）等がある。

② 特殊装備

火源探知機（濃煙を通して火源を探知する）、濃煙進入装置（1.2m 位の筒、ビニールと布製）投光器（見透しをよくするため）および消防機械の遠隔操縦装置等がある。

(3) 警防計画による対策

地階を有する特殊建築物およびこれに準ずる建築物に対しては、前もって上記の如き機器による方法や、地下作戦資料により個々の対象物に最適の警防計画を作製し対策をたてる。また消火に当って、たとえば発泡や破壊を行なう場合の適切な吸気と排気の場合等に担当員が精通

していることにより作業を円滑にするための地下担当員制度が採用実施されている。

(4) 防火管理者の作成する消防計画による対策

自衛消防隊による消防計画の作成および警備員に対する処置などを消防隊と共に対策を立てておく。

IV 技術講演

(1) 外部酸素濃度の着火および燃焼現象におよぼす影響について

消防研究所 山下 邦博

一般に燃焼とは空気中または酸素中で物質が急激に酸化されて炎を生ずる化学変化を言い、また着火は燃焼で特に炎の発生を指す。従って気中の酸素濃度を変化させれば反応速度が変わり着火、燃焼現象は大きく影響をうけることは周知の通りである。これらのことに関する代表的な問題に触れたい。

1. 着火限界と限界酸素濃度

気中の酸素濃度を希釈剤を加えることにより21%よりも減少させれば気体の着火限界は狭くなり、ある酸素濃度（限界酸素濃度）では上限界と下限界が一致してその酸素濃度以下では燃焼は不可能になる。

$$\left(\text{酸素濃度} = \frac{\text{O}_2}{\text{O}_2 + \text{N}_2 + \text{希釈剤}} \right)$$

拡散炎の限界酸素濃度は化学量論的な混合物の予混合炎のそれとほぼ同じであるが、予混合炎の限界酸素濃度の最小値はそれよりもわずかに小さい。

限界酸素濃度は燃料の種類、希釈剤の種類、火炎の大きさ、流れの状態等によって変動するので、ここでは燃料と希釈剤の種類を変えた場合を考える。

(1) 燃料はメタンで希釈剤を変えた場合

各希釈剤に対する着火限界と限界酸素濃度を（図1）に示す。希釈剤の決定する限界酸素濃度の大小順位に従って $\text{CCl}_4 > \text{CO}_2 > \text{H}_2\text{O} > \text{N}_2 > \text{He} > \text{Ar}$ であるが、この順序は希釈ガスの熱容量で説明できる。

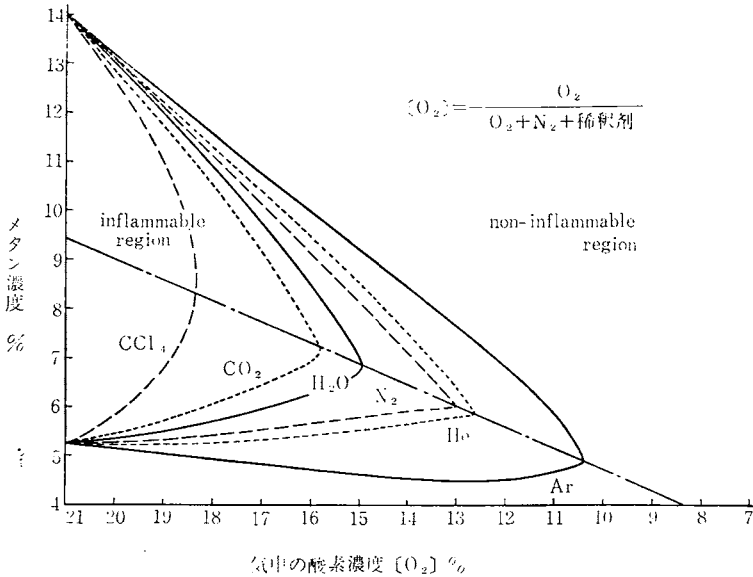
また気体消火剤としての効果は限界酸素濃度を高く与えるもの程大きいと言える。

(2) 希釈剤は窒素で燃料の種類を変えた場合

各種の燃料に対する限界酸素濃度と限界温度を（表1）に示す。この表から次のことが言える。

- (i) メタンを除いてパラフィン系列ではC-数が増加すると共に限界酸素濃度は高くなり、また、第一アルコールに対しても同じことが言える。
- (ii) 不飽和度が増加すると共に限界酸素濃度は減少した限界温度も下る。（アセチレン、エチレン、エタン）
- (iii) C-数が6以上になればパラフィン系列でもアルコール系列でも限界酸素濃度はあまり変わらない。

図1 メタン、空気、稀釈剤の混合物の着火限界と限界酸素濃度



限界温度は酸素を減少させた場合、火の消える直前の炎の温度であるが、燃料の種類を変えた場合は(表1)からわかるように、限界酸素濃度と同じ傾向を示す。限界温度は燃料にあまり関係なく約1350~1450℃である。

実際の火災の限界酸素濃度は燃料と稀釈剤の成分との割合が一定でないので、変動が多いがほぼ13%~15%である。

2. 液体の燃焼速度と酸素濃度の関係について

周囲の気中の酸素濃度を増加させれば可燃性液体は非常によく燃えるようになるが、燃える早さを表わすのに燃焼速度 (mm/分, mg/cm² sec) なる量を用いる。周囲の状況 (圧力, 酸素濃度, 温度) を変えた場合に、液体の燃焼速度を表わす半理論的方法の一つとして修正伝達係数を用いる方法があり、その量は次のように定義される。

$$B' = \frac{m_{D_2} H (1 - \phi) + C_g (T_g - T_b)}{\lambda + C_e (T_b - T_D)}$$

このB'の中には周囲の状況 (m_{D2}, T_b, T_D, φ) を表わすパラメーターと液体の性質 (H, λ, c_L, r, φ) を表わすパラメーターが含まれており、B'の大きい状態のもの程よく燃えるという、統一的な表現が可能になる。φは複雑な係数であるが、主に温度が低いところで重要になる。また燃焼速度はこのB'を用いて次の実験式が提出されている。

$$\frac{v''}{k} = A B' \frac{1}{4} \left(\frac{g \cdot d^3}{k} \right)^{\frac{1}{4}}$$

表1 各種の有機液体に対する限界酸素濃度と限界温度（稀釈剤は窒素）

| 液 体 | 化 学 式 | 限界酸素濃度 (%) | 限界温度 (°C) |
|---------------|---|---------------|--------------|
| メ タ ン | CH ₄ | 13.9 | 1518 |
| エ タ ン | C ₂ H ₆ | 11.8 | 1363 |
| プ ロ パ ン | C ₃ H ₈ | 12.7 | 1422 |
| n-ペ タ ン | C ₅ H ₁₂ | 13.25 | 1486 |
| n-ヘ キ サ ン | C ₆ H ₁₄ | 13.35 | 1498 |
| n-オ ク タ ン | C ₈ H ₁₈ | 13.4 | 1503 |
| n-デ カ ン | C ₁₀ H ₂₂ | 13.45 | 1507 |
| メチルアルコール | CH ₃ OH | 11.1 | 1258 |
| エチルアルコール | C ₂ H ₅ OH | 12.6 | 1405 |
| n-プロピルアルコール | C ₃ H ₇ OH | 12.8 | 1439 |
| n-ブチルアルコール | C ₄ H ₉ OH | 12.9 | 1442 |
| n-ヘキシルアルコール | CH ₃ (CH ₂) ₅ OH | 13.15 | 1469 |
| n-オクチルアルコール | CH ₃ (CH ₂) ₇ OH | 13.15 | 1476 |
| iso-プロピルアルコール | (CH ₃) ₂ CHOH | 13.8 | 1485 |
| sec-ブチルアルコール | CH ₃ CH ₂ CH(OH)CH ₃ | 13.5 | — |
| sec-オクチルアルコール | CH ₃ CH(OH)(CH ₂) ₅ CH ₃ | 13.3 | — |
| n-アミルアルコール | C ₅ H ₁₁ OH | 13.0 | 1454 |
| sec-アミルアルコール | CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH(OH)CH ₃ | 13.3 | — |
| tert-アミルアルコール | (CH ₃) ₂ C(OH)CH ₂ CH ₃ | 13.75 | 1498 |
| エ チ レ ン | C ₂ H ₄ | 10.5 | 1335 |
| ア セ チ レ ン | C ₂ H ₂ | 8.5 | 1271 |
| マイクロヘキサン | C ₆ H ₁₂ | 13.4 | 1495 |
| ベ ン ゼ ン | C ₆ H ₆ | 13.3 | 1540 |
| ア セ ト ン | CH ₃ COCH ₃ | 12.85 | 1462 |
| 水 素 | H ₂ | 5.4 | 811 |

ベンゼン、メタン、ケロシン、n-ヘキサンで実験した結果を(図2)に示す。ベンゼンを除いては上の実験式はよく合うがベンゼンに対しては酸素濃度が増加すれば急激にススの発生量が増大して実験式とはずれてくる。

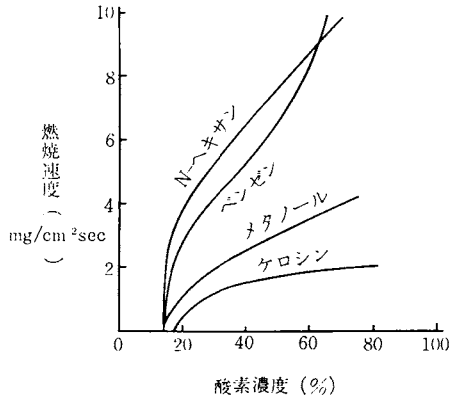


図2 燃焼速度と酸素濃度の関係

3. 木材の最小着火放射強度と気体の最小着火エネルギー

周囲の気中の酸素濃度を増加させれば気体の最小着火エネルギーは激しく減少する(図3a)。メタンの最小火花着火エネルギーを(図3b)に示す。

最小着火エネルギーを増加させる稀釈気体の効果の順位は $He > CO_2 > N_2 > Ar$ と言われているがこれは熱的理論で説明できる。また、固体の最小着火放射強度と酸素濃度との関係を(図4)に示す。酸素濃度が高い範囲では最小着火放射強度は最小炭化放射強度より小さくなって着火しない。

記号：

| | | | |
|-------------|-----------------------------|-----------|------------|
| \dot{v}'' | 燃焼速度 | m_{D_2} | 酸素濃度 |
| c | 比熱 | H | 燃料の燃焼熱 |
| k | 熱伝導率 | λ | 蒸発熱 |
| κ | $(= \frac{k}{c\rho})$ 温度伝播率 | T_{b1} | 液体の沸点 |
| d | 容器のサイズ | ϕ | 気体温度に依存する量 |
| A | 定数 | γ | 化学量論比 |
| T_g | 気体の温度 | T_0 | 液体の初期温度 |

サフィックスの g, l は各々気体, 液体を表わす。

g 重力加速度

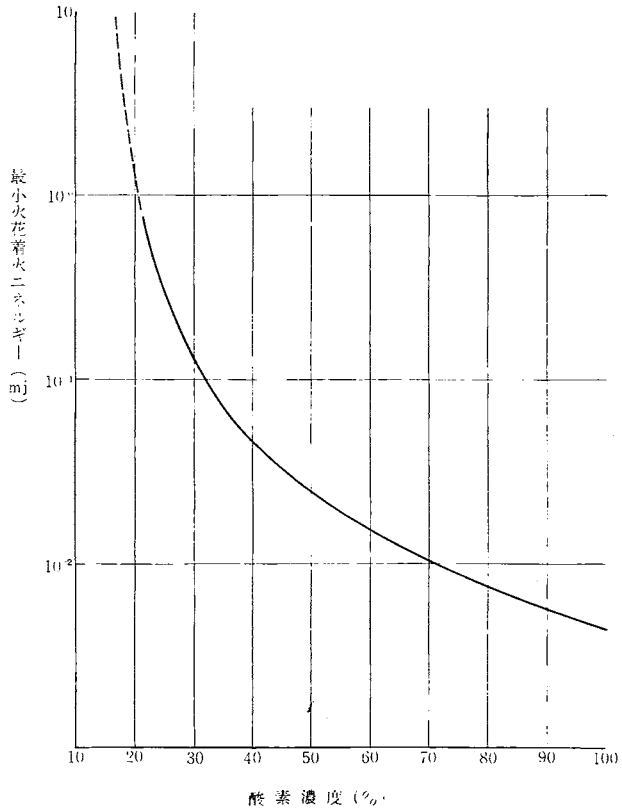


図 3a CH₄, O₂, N₂ のある混合物に対する最小火花着火エネルギー

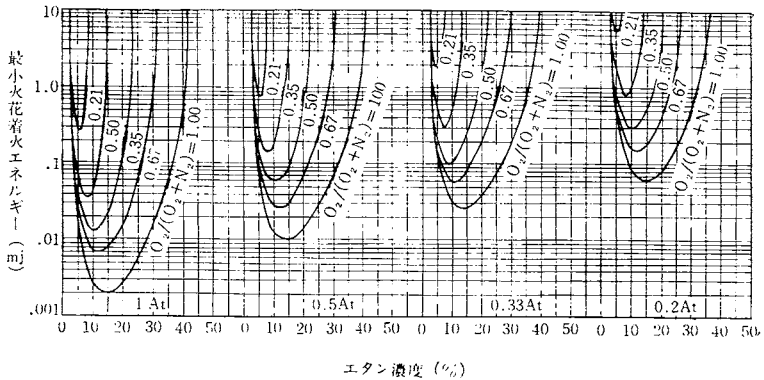


図 3b 最小火花着火エネルギー—エタン濃度—酸素濃度曲線

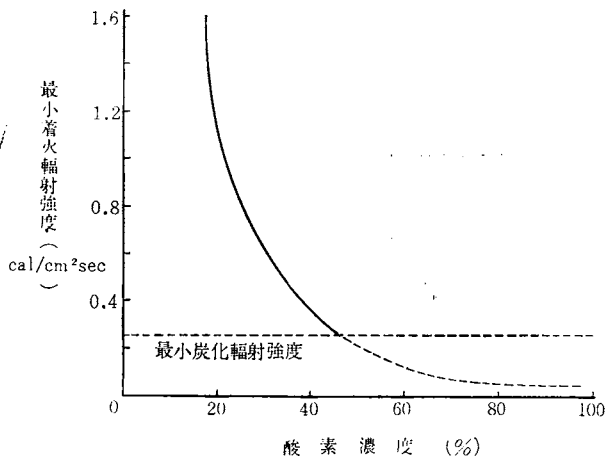


図4 木材の最小炭化放射強度と酸素濃度の関係

(2) 火災煙中の見越し距離について

消防研究所 神 忠 久

地下街や無窓高層建築の火災時に、避難あるいは救助活動を行なうさい、火災煙を透しての見越し距離が重要な問題となる。このため数多くの人によって、煙濃度と見越し距離との関係が実験的に、あるいは理論的に研究されている。(図1)は最近までに国内において行われた減光係数(煙の濃度を表わす量)と見越し距離との関係についての実験結果を集めたものである。しかし厳密にはこの見越し距離は煙の濃度だけでは定まらず、その他に見越しを問題にしている廊下、室内などの明るさ、視標およびその周辺(例えば壁面)の輝度等に大きく左右される(附参照)。さらには、それを観測する人間の視力、疲労状態等によっても変る。例えば同一条件でも一日後に繰返したら最大15%、または個人差でも25%の差を生じた例もある。しかし、(図1)からおおよそ次のような関係が得られる。

$$\text{減光係数}(\sigma) \times \text{見越し距離}(D) \doteq 2.7$$

これは例えば煙の濃度が減光係数では0.1(光が1m進むとき、もとの光の強さの約90%になる煙濃度)のとき、見越し距離は約25m。また濃度が減光係数で0.5(光が1mで約60%に減少する煙濃度)では約5mとなる。

しかしながら、火災煙中を一般人が安全に避難するのに必要な見越し距離についてはまだ定説はないが、不特定多数の人が集まっている建物における見越し距離を25m(このときの減光係数 $\sigma \doteq 0.1$)と、またその建物をよく熟知している場合には5m(このときの減光係数 $\sigma \doteq 0.5$)と考えるのが妥当とする案もある。

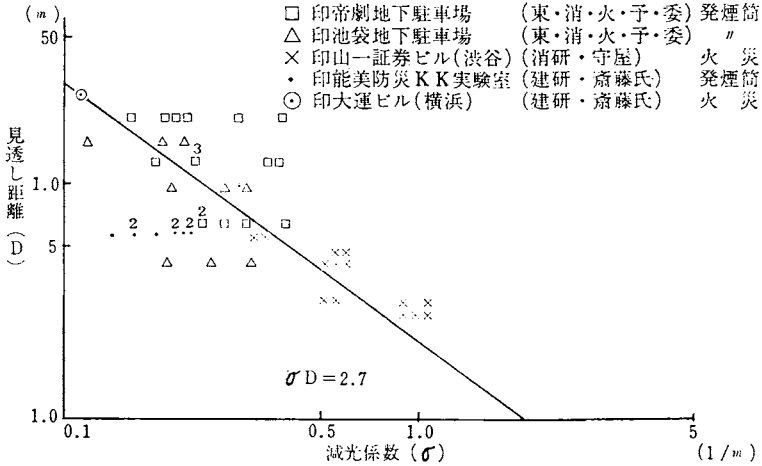


図 1

一般に見透し距離をのぼすには

1. 反射形式の視標よりは発光形式の視標の方が有利である。
2. 発光形式の場合、視標の輝度を出来るだけ上げるか、視標周辺を暗くすること。
3. 反射形式の場合、出来るだけ視標周辺と輝度コントラストのある視標(例、壁または台紙が白色の場合には黒色の視標)を選ぶこと。

なお、同じ濃度の煙でも白煙よりは黒煙の方が見透し距離がのびる。

附、視標およびその周辺の輝度と見透し距離との関係

視認限界時には観測者から見たみかけの視標の明るさを I_E 、その周辺(例えば壁面)の明るさを I_B とすれば

$$\left(\frac{I_B - I_E}{I_B} \right) = \delta \dots\dots\dots(1)$$

が成立する。この δ の値は経験的(気象学で)には0.02とされている。いま視認限界時の視標の輝度を B_E 、その周辺の輝度を B_B とすれば

$$I_B = kL(1 - e^{-\sigma D}) + B_B e^{-\sigma D} \dots\dots\dots(2)$$

$$I_E = kL(1 - e^{-\sigma D}) + B_E e^{-\sigma D} \dots\dots\dots(3)$$

ここで $k = \frac{\sigma_s}{\sigma}$

σ_s : 散乱係数 (1/m)

σ : 減光係数 (1/m)

L: 煙層の単位表面積当りに入射する光束密度 ($\ell m/m^2$)

D: 観測者、視標間の距離 (m)

(2), (3)式を(1)式に代入し σD について整理すると

(i) $B_B > B_E$ (視標がその周辺より暗い場合、例黒色反射形式視標) のとき

$$\sigma D = \ell n \frac{\delta kL + (1-\delta) B_B - B_E}{\delta kL} \dots\dots\dots(4)$$

(ii) (4)式において特に $B_E = 0$, $B_B = kL$ (黒視標で、煙が同一濃度で無限遠まで続いている) のとき

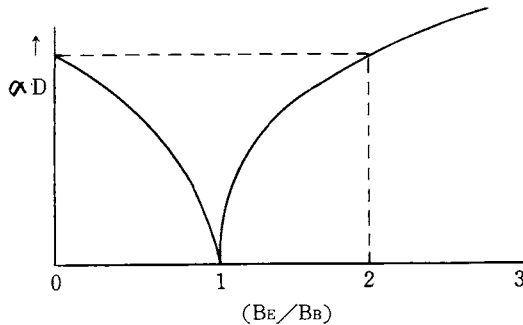
$$\sigma D = \ell n \frac{1}{\delta} = 3.9 \dots\dots\dots(5)$$

(気象の場合適用されている)

(iii) $B_B > B_E$ (視標がその周辺より明るい場合、例発光形式視標) のとき

$$\sigma D = \ell n \frac{\delta kL - (1+\delta) B_B + B_E}{\delta kL} \dots\dots\dots(6)$$

(4)および(6)式をグラフに示すと(附図1)のようになる。図からもわかるように見透し距離(D)は煙の濃度(σ)が一定でも視標およびその周辺の明るさにより大幅に変ることがわかる。



附図-1

(3) L. P. G. について

消防研究所 中 川 登

L. P. G. とは石油の仲間である炭化水素の一部で、常温常圧では気体であるが加圧すれば液体になるものの総称である。炭化水素でも分子の小さいメタンは加圧しただけでは液化せずペンタン以上のは常温で液体である。その中間のプロパンやブタンが常温で気体であるが加圧すると液化する。その関係を表1に掲げる。市販のL P Gはプロパンとブタンを適当に混合したものである。

L P Gは石油精製の副産物としてできるほか、天然ガス、石油化学工場からも若干出る。それでも不足勝ちとなるので大型タンカーで輸入される。需要の方は家庭および業務用が過半数を占めるが、自動車、工業用、さらに都市ガスにも使用されている。

L P Gの貯蔵運搬は、小口では10kg、50kg入りのボンベで行なわれているが、やや大量になると10トン、20トン等の高圧容器で貯蔵し、タンクローリー等で運搬され、更に大量になると1万トン以上の冷却タンクで貯蔵され、冷却タンク付専用タンカーで運搬される。

20℃でプロパンは8気圧、ブタンは2気圧程度であるが、別図でわかるように温度が上昇すると、急に圧力も増加する。圧力容器では圧力がある程度以上になると安全弁が開いてガスを放出するようになっているが、安全弁が開けば圧力は20～25気圧以上になることはないが、液に接していない部分が熱せられると鉄の強度が落ちて破裂する危険がある。その限界は400℃～500℃である。図3に強度の落ち方を示す。

LPGの爆発限界は1.8～9.5%で、ガス洩れすると引火爆発の危険がある。LPGの純粋なものには臭いがないので洩れに気付かぬことがあるので通常悪臭をつけている。一般火災ではポンベの爆発することは少ないが、大量のポンベが火をふいた時などは火力が強く爆発危険が出てくる。

LPG火災の消火法は可燃物除去の方法によるべきである。消火剤による消火等は可燃物除去の一手段とみるべきである。可燃物除去には直接元バルブを閉めることのほか、安全弁の開いている時には冷却による安全弁閉鎖等も考えるべきである。

引続いて資源技術研究所実施撮影のLPGポンベ加熱実験の映画を上映した。

表1 石油ガスの性質

| | メタン | エチレン | エタン | プロピレン | プロパン | i-ブタン | n-ブタン | n-ペンタン |
|------------------------------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 分子式 | CH ₄ | C ₂ H ₄ | C ₂ H ₆ | C ₃ H ₆ | C ₃ H ₈ | C ₄ H ₁₀ | C ₄ H ₁₀ | C ₅ H ₁₂ |
| 分子量 | 16.03 | 28.05 | 30.07 | 42.08 | 44.09 | 58.12 | 58.12 | 72.14 |
| ガス密度 0℃ kg/m ³ | 0.72 | 1.25 | 1.34 | 1.88 | 1.96 | 2.58 | 2.58 | 3.17 |
| ガス比重 0℃ | 0.554 | 0.97 | 1.05 | 1.48 | 1.52 | 2.01 | 2.01 | 2.46 |
| 液比重 | 0.30 | 0.35 | 0.374 | 0.522 | 0.508 | 0.563 | 0.584 | 0.631 |
| 沸点 | -161.4 | -103.7 | -88.6 | -47.7 | -42.1 | -11.7 | -0.6 | 36.1 |
| 蒸発熱 kcal/kg | 138.1 | 125.0 | 146 | 105.0 | 107.1 | 138.1 | 91.5 | 84.5 |
| 臨界温度 °C | -82.1 | 9.6 | 32.3 | 91.4 | 96.8 | 134.0 | 152.0 | 197.2 |
| 臨界圧力 kg/cm ² | 45.8 | 51.0 | 48.2 | 45.4 | 42.0 | 39.5 | 37.5 | 33.0 |
| 液比熱 15℃ | | | 0.78 | | 0.59 | 0.56 | 0.55 | 0.54 |
| 総発熱量 kcal/m ³ | 9.49 | 15.05 | 16.63 | 21.86 | 23.67 | 30.62 | 30.70 | 37.72 |
| kcal/kg | 13.27 | 12.03 | 12.40 | 11.65 | 12.04 | 11.82 | 11.85 | 11.73 |
| オクタン価 | 125 | | 125 | | 125 | 99 | 91 | 64 |
| 爆発限界上限 | 5.3 | 3.1 | 3.0 | 2.4 | 2.2 | 1.8 | 1.9 | 1.5 |
| 下限 | 3.0 | 3.2 | 12.5 | 10.3 | 9.5 | 8.4 | 8.5 | 7.8 |

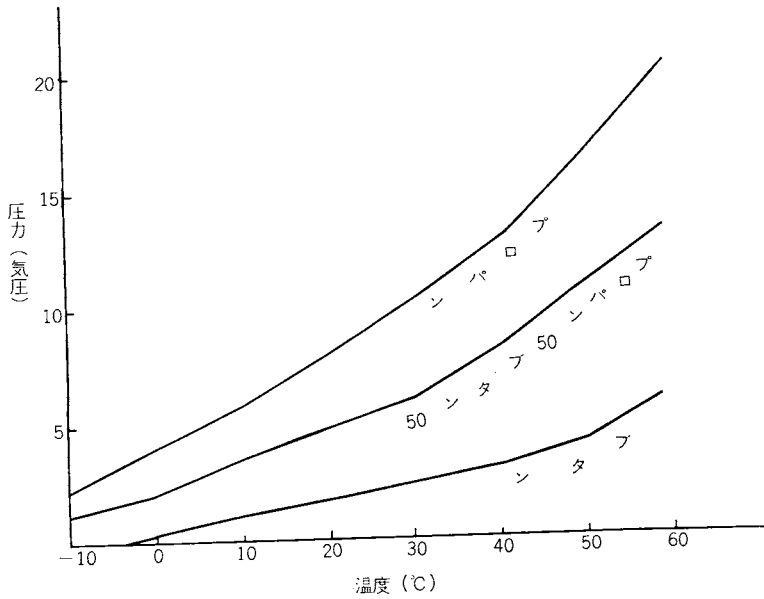


図1 LPGの温度と圧力の関係(市販品)

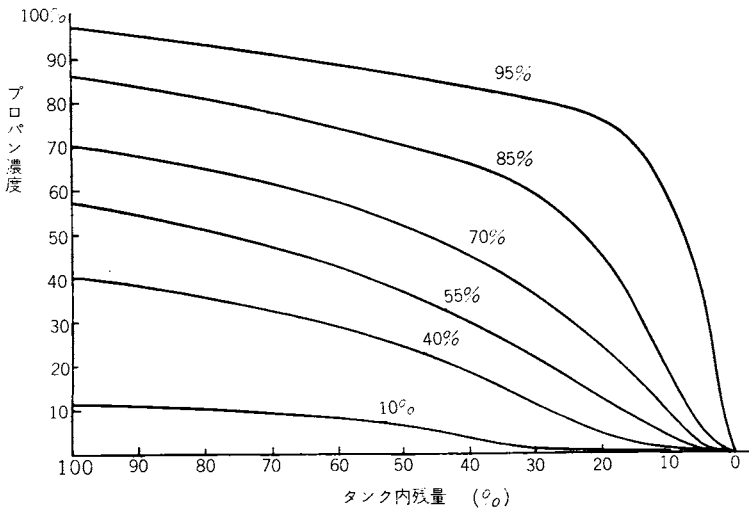


図2 プロパン、ブタン混合の初成分と蒸発後の成分

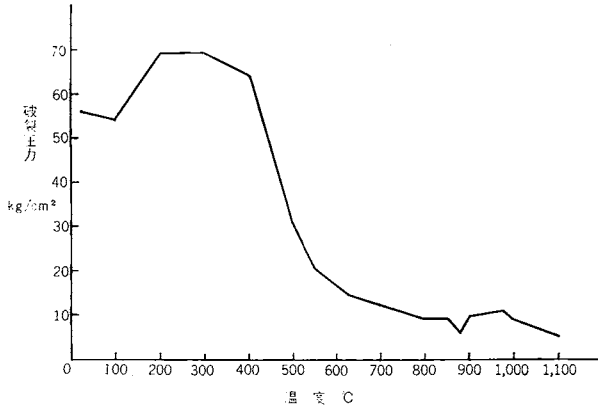


図3 容器材料の温度に対する破砕圧力

(4) 道路トンネルの防災について

消防研究所 渡辺彰夫

1. はじめに

昭和42年の特異火災として、3月の鈴鹿トンネル火災、8月の関門トンネル火災、9月の新宿駅構内の火災、11月の列車食堂車火災など、一連の車両火災が注目される。

このうち、自動車火災は損害額からみると、平均8万円内外であるが、しばしば人命の危険、交通渋滞をもたらす。例えば昭和26年の3件のバス火災は71名の死者、56名の負傷者を出し、バスに非常口をつける端緒となった。一方、1949年のニューヨーク・ホーランド・トンネル火災(長さ2800m)は13名の負傷者を出し¹⁾、道路トンネルの防災上注目され、わが国でも、その対策が強調されてきた²⁾³⁾。

上述の鈴鹿トンネル火災は早朝にもかかわらず出火車に対向する車12両を延焼させた。これを契機に総理府交通対策本部はトンネル防災設備の整備充実を決定し、各省庁から具体的対策が示されることとなった⁴⁾⁵⁾⁶⁾。

2. トンネル等級

自動車火災件数は昭和38年を境いに頭打ちとなり年3,900件内外であるが、米国では約36万件あることから道路の整備、保有台数の増加によりまだ増加するものと思われる。

自動車に伴う火災中、たばこ等の投げ捨てによる芝草火災もあるが、これを除外して、名神高速道路の火災統計⁷⁾から各インターチェンジ間における交通量と10km当りの火災件数を示すと、図1のように似た曲線がえられる。これから交通量と道路長の積に比例して火災が起ることがわかる。そこで、統計⁸⁾から全国では3,210万台年に1件、名神高速道路では1,370万台年に1件の割合で火災が起るとみてよい。

日本の主要道路トンネルの総長は 150km をこすが、交通量とトンネル長の関係は図2のようになる。上述の関係のほか、交通量が少ない場合トンネル長が大であるほど危険であるとすれば、図2のA～D(消防庁、建設省分類)のようにトンネルの危険度がわけられる⁴³⁾。さらに曲がりや起伏のあるトンネルでは1級以上に格付けする。このような危険度に応じて、今後表1に示す防災設備が設けられることとなった。なお、高速道路等を扱う道路公団ではより厳しく格付けと設置基準を行なうことを考えている。

表1 トンネル等級と防災設備

| 等級 設備 | 消防庁 建設省 通達 | | | | 道路公団・高速道路 | | | | | 同左・一般有料 | | | | |
|----------|------------------|---|---|---|-----------|---|---|---|---|---------|---|---|---|---|
| | A | B | C | D | A | B | C | D | E | A | B | C | D | E |
| 非常警報設備 | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | | |
| 通報設備 | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | ○ | | ○ | ○ | ○ | | |
| 消火器 | ○ | ○ | | | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | |
| 消火栓 | ○ | | | | ○ | ○ | | | | ○ | | | | |

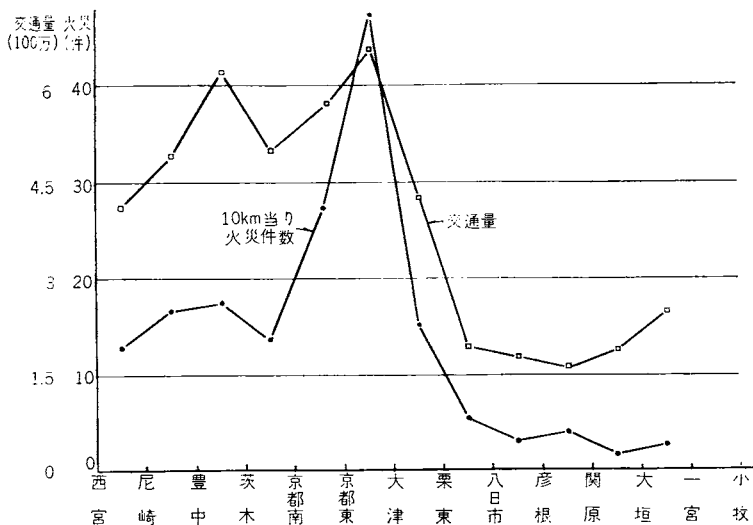


図1 10 km 当り火災件数と交通量

3. 防災設備

3.1 非常警報設備

本設備は、上述の鈴鹿トンネル火災の経験から、火災時にトンネル内の車を早くトンネル外へ退避させ、また進入してくるのを阻止して、二次的災害を軽減することを目的とする。

一般にトンネルは山間へき地、海底、高速道路に設けられ、従来交通信号を設けられること

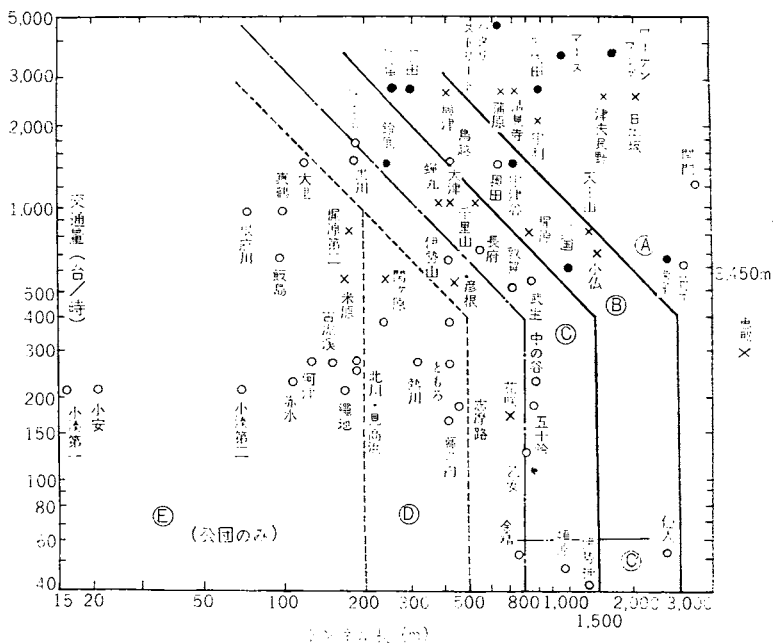


図2 主要トンネル等級区分 (×は道路公団トンネル, ○は有料・高速トンネル, いずれも41年1日平均の $1/10$; ●はその外で昭和40年調: 実線, 1点破線は建設省による区分, 実線, 点線は道路公団区分: 東名・中央高速道路のものは推定値)

はほとんどなかった。そこで、内照式または電光式表示板による「火災発生」などの文字表示およびサイレン等の鳴動で警報を出すこととなった。

3.2 通報設備

火災等に際し、その原因者または発見者が道路管理事務所、消防・警察等に連絡を行なうことができる押しボタン式通報装置または非常用電話をさす。

熱式、ふく射式の自動火災検知装置は道路公団ではすでに採用されているが、今後の改良開発により他の方面への利用も進められよう。

3.3 消火器

トンネル火災としては、自動車のエンジン、タンク等の油 (B) 火災、および内装材、積荷等による木材 (A) 火災が考えられる。そこで、A B C 火災用の消火器、たとえば 60ℓ の強化液式消火器 (能力単位 A10, B 7 C) または 6 kg A B C 用粉末消火器 (能力単位 A 5, B 16 C) が設けられる。

3.4 消火栓

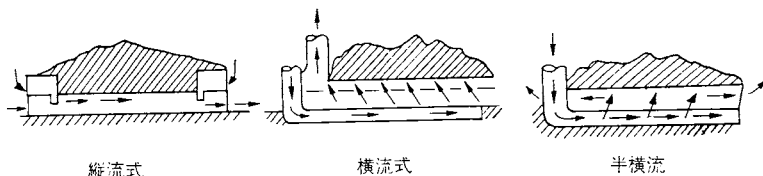
消火栓は、加圧された水が容易にえられない場合、省略できることになっている。

トンネル内では屋内消火栓なみのものが設けられ、また坑門付近では関係消防機関の用いている 65mm 径ホース連結用金具付きのものが設けられる。

表2 主要トンネル防災設備の設置間隔（昭和42年10月現在，1部昭和39年）

| トンネル | | 換気方式 | 防 災 設 備 | | | | | | 有・無料 対向一方 | |
|-------|-------------------------|-----------|------------------------|------|------|-----------------|------|------|--------------|-----|
| | | | 警報 | 発信機 | 電話 | 検知器 | 消火器 | 消火栓 | | 水噴霧 |
| 一般国道等 | 関門 | 横流 | 360m | — | 180m | 空気管 90m | 50m | 50m | 垂直排気 ダクト | 有，対 |
| | 笹子 | 半横流 | 西坑口 760m | — | 300m | — | — | — | — | 有，対 |
| | 六甲山 | (半横流) | 西坑口 | — | 300m | — | 240m | — | — | 有 |
| | 仙坂人 | (半横流) | 中央 西坑口 | — | 270m | — | 90m | — | — | 有 |
| | 栗子 | — | — | — | 500m | — | — | — | — | 有 |
| | 西栗子 | 半横流 | — | — | 400m | 15m千鳥 | — | — | ダクト内 | 有 |
| | 東栗子 | 半横流 | — | — | 400m | 15m千鳥 | — | — | ダクト内 | 有 |
| 首都高速 | 三ツ国 | — | — | — | — | — | — | — | — | 対 |
| | 津谷 | 縦流 | — | — | — | — | — | — | — | 対 |
| | 汐留 | 半横流 | — | 100m | 100m | (他車線へ 避難口あり) | 100m | 100m | — | 有，1 |
| 名神高速 | 千代田 | 半横流 | — | 100m | 100m | — | — | — | — | 有，1 |
| | 天王山 | 半横流 | 200m P.100m | 12m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | ダクト内 | 有，1 |
| | 梶原丸山 | 半横流 | 200m P.100~ 150m | 12m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | ダクト内 | 有，1 |
| 東名高速 | 千代田 | 横流 | 入分岐点 | 12m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | ダクト内 | 有，1 |
| | 日本坂第1 | 半横流 | 検討中 | 48m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | 車道予定 | 有， |
| | 津夫良野 | 同上 | 同上 | 48m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | — | 有， |
| | 清見寺 | 同上 | 同上 | 48m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | ダクト内 | 有， |
| | 蒲原 | 同上 | 同上 | 48m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | ダクト内 | 有， |
| | 興津 | 同上 | 同上 | 48m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | ダクト内 | 有， |
| 中央高速 | 宇利 | 同上 | 同上 | 48m | 200m | 12m×2 | 48m | 48m | ダクト内 | 有， |
| | 小仏第一 | 同上 | 同上 | 48m | 192m | 12m×2 | 48m | 48m | 4m | 有， |
| | 花咲那 | 同上 | 同上 | 48m | 192m | 12m×2 | 48m | 48m | — | 有， |
| 西独 | ワグエンブルグ | 横流 | — | 100m | 100m | — | 50m | 50m | — | 対 |
| | 米・パタリ ストリート 蘭・マース | 単位式 横流 | — | 99m | 99m | 熱電対式 (不明) | 99m | 99m | あり | 1 |
| 建設省通達 | — | 西坑口 | 50m | 200m | — | 50m | 50m | — | — | 1 |

注：警報装置中P.とあるものは表示板を示す。東名高速道路は工事中。
対向一方とは車線が対向車線か一方車線であることを示す。



3.5 その他

長大トンネルまたは交通量の多いトンネルでは、見とおし距離確保のため表2に示すように換気装置が設けられている。このようなトンネルでは火災時この装置を排煙に利用できることが要望されている。換気装置には表のつぎに示すように3種類のものがある。このうち半横流式が今後主流をなすが、この場合空気を供給しているファンを逆転させ、水噴霧装置で煙を冷却しながら排煙する。

表2は主要道路トンネルの防災設備の設置間隔を示す。表中、最下段は建設省通達⁹⁾による設置間隔を示す。

4. トンネル火災の特異性

トンネル火災は内部が高温となり、多量の煙、有毒ガスの発生のため、消火が困難となる。

まず、高温になるため、トンネル内装のタイル・窓ガラス・缶・瓶・タンク・タイヤ等の破裂、熱い金属片による火傷、ドア・ボンネットの開放または、ガソリン流出による急激な火勢増大、これらに伴う積荷または車両自体の傾きによる危険などがある。そこで、ヘルメット、斧、石綿手袋等の利用が必要となる。また、煙等の発生は、トンネルの濃煙域や火災車両への進入時に呼吸器具の着用を必要とする。

消火器で手に負えなくなった自動車火災の消火方法として、第2次大戦前では小廻りのきく小口径ホースによる消火が考えられていたが、戦後、水噴霧による冷却、泡消火栓の利用が行なわれている。

引用文献

- 1) Quarterly of the NFPA 43, 1, p.78
- 2) トンネル防災設備実験委員会：火災，11，1および2（1961）
- 3) トンネル防災設備研究委員会：道路トンネル防災設備計画調査研究報告書，1965（高速道路調査会）
- 4) 消防庁：トンネル等における自動車の火災事故防止に関する具体的対策について，1967年5月
- 5) 建設省：道路トンネルにおける非常用施設の設置基準，1967年4月
- 6) 建設省：道路トンネルにおける非常用施設の標準仕様，1967年8月
- 7) 名神高速道路消防連絡室：名神高速道路火災・救急統計，1967年8月
- 8) 消防庁：昭和41年版消防白書，1967

V 研究発表（地方議題）

（1）救難、救急用バスケット担架の試作品について

東京消防庁主幹 岡村正明

高層建築あるいは地下深層等での重傷者の救出にあたり、全身を保護安定して障害を与えないで、安全な地点へ搬入することはなかなか容易でない。

この目的のためギブス式全身保護装置とつり上げつり下げ作業に安全性をもったバスケット式の担架を組合わせて試作した。

この試作品はさらに山岳遭難その他の場合で人力で安全な地域への救出が困難であり、また救難ヘリコプターも着陸困難な場合も傷者を安全にヘリコプター内につり上げ取容が可能である。

また、船舶から船舶への患者収容もクレーン等により著るしく容易である。

写真は担架全景と高所よりの降下状況を表す。

写真1 担架全景

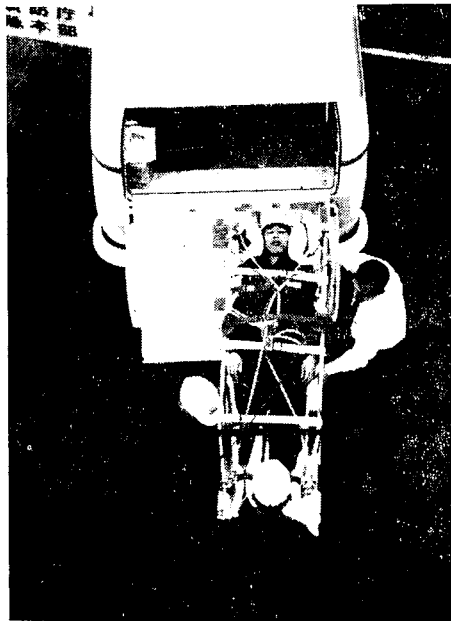


写真2 降下収容中の情況



(2) 救命ロープ発射銃について

豊中市消防本部 消防司令補 津留 秋 男

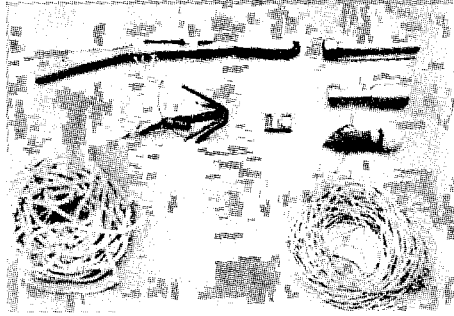
1. ま え が き

この銃は、中、高層ビルの火災で逃げ遅れた者を梯子車やスノーケル車等が十分活用できない場合に対処するもので、構成は、次のようである。

2. 構 成

| | |
|-----------------|-------------------|
| 発 射 銃 | 1 |
| 発 射 筒 | 2 |
| 弾 体 | 2 |
| 発 射 薬 | 5 (猟銃用12番口径薬きょう等) |
| ナイロンロープ (径3%) | 1 (100m) |
| もり付コブロープ (径10%) | 1 (30m) |
| 総 重 量 | 4.5kg～5 kg |
| 全 長 | 900% |

以上により、構成されています。(写真参照)



3. 銃構造の概要

この銃は、射的遊戯用銃を改造し、火薬爆発により発射筒内の弾体をビル等に向かって打上げるもので、弾体は、2種類造りました。

- (1) 弾体1は、直径45%、長さ135%の円形檜材の先端に野球ボールを取付けたもので、その尻にナイロン製(径3%)ロープを取付けてありこのボールが屋上に打上げられると地上の太いロープを結び引揚げさせるものであります。
 - (2) 弾体2は、長さ250%、重さ1,700g鉄製四またもり(こぶ付ロープ付径10%を取付けたもの)を打上げ、ビルの屋上柵、あるいは窓枠等にひっかけ消防隊員が登はん、消防活動を行なったりまた避難者が降下するものであります。
- (注)説明に際し実物または実物大の図解を使用する。(当本部で持参)

4. 本銃の特徴

- (1) 中、高層ビル等の火災で逃げ遅れた者を救助すること。
- (2) 消防隊員がこぶ付ロープで登はん、人命救助、消火の足がかりをつくること。
- (3) 池、川の溺者の救助と対岸へのロープを渡河すること。
- (4) 取扱簡便で、持ち運びが容易であること。
- (5) 弾体予備を用意すれば、何体でも打上げられること。

5. 試射実験結果

結果は、ご覧のとおり(別表1)

6. その他

- (1) 銃砲刀剣類製造許可、火薬消費許可等が必要
- (2) 製作に要した経費、約10,000円

7. 救助訓練の成果等

当市、千里ニュータウン内で建設中の鉄筋コンクリート造り5階建(約14m)の屋上に向けもり付こぶロープ(30m)を発射し、鉄柵にかかったところを隊員2名(体重130kg)が登はんしましたが、もりの強度は、十分でありました。

また、この種の訓練は、数多く実施しておりますが、ロープ1本(こぶ付)で隊員が登はん(15m位)することは、非常な困難を伴いません。

当本部においては、このためレンジャー隊を編成し、ただ今、その訓練につとめている次第であります。

8. む す び

実戦に活用するには、正確な発射技術が要求され、登はん技術等についても、高度の技術が要求されますが、これ等は、訓練により習得できるものと思います。

最後に、皆様方のきたんのないご意見なり、ご批判を仰ぐことにいたしまして、私の研究発表を終らせていただきます。

(別表) 試 射 実 験 結 果 表

(弾体が木製ボール付きの場合)

| 火 薬 量 | 打 上 げ 角 度 | 射 程 距 離 | 高 度 | ナイロンロープ (径3mmつき) |
|-------|-----------|---------|------|---------------------|
| 1.5g | 45° | 約25m | 約30m | ロープけん引 |
| 1.5g | 80° | 20m | 40m | 〃 |
| 2.0g | 45° | 30m | 40m | 〃 |
| 2.0g | 80° | 21m | 50m | 〃 |
| 3.0g | 45° | 40m | 45m | 〃 |
| 3.0g | 80° | 25m | 55m | 〃 |
| 4.0g | 45° | 50m | 50m | 〃 |
| 4.0g | 80° | 40m | 60m | 〃 |

試 射 実 験 結 果 表

(弾体もりつきロープの場合)

| 火 薬 量 | 打 上 げ 角 度 | 射 程 距 離 | 高 度 | 摘 要 |
|-------|-----------|---------|-----|------------------|
| 2.0g | 45° | 18m | 7m | 10%ロープ 30mけん引 |
| 2.0g | 75° | 14m | 10m | 〃 |
| 5.0g | 45° | 22m | 16m | 〃 |
| 5.0g | 75° | 20m | 20m | 〃 |

(3) 筒先圧力調整装置について

福山市消防本部 江 草 忠 美

この装置は消火活動時の筒先圧力を放水員が筒先部分において自己の希望する圧力に調整し、消火活動を有効容易にするとともに、高圧による危害の防止並びに筒先部署を移動する時超低圧として移動し、移動後直ちに必要な高圧として消火活動を行なうものである。

従って放水員1人でも消火活動が可能であり、また伝令員による機関員との連絡を必要としないため、防ぎよ活動に時間的ロスを生じない。

この装置は、多数の小孔を有する内筒とその小孔を開閉する外筒からなり長さ14cm、直径5.5cm、重量900gの円筒でこれを管銃とノズルの間に取り付け、必要に応じて通過水を小孔から噴出せしめて減圧し、また小孔を閉じて必要高圧とするものである。表にノズル圧力調整例を、写真に外観を示す。

さらに減圧孔から噴出する通過水は放水員の前面に水幕を張り輻射熱、煙害から放水員を保護し、消火活動を容易ならしめる効果をも有するものである。

ノズル圧力調整の一例

| ノズル口径19mm | 1段開穴 | 2段開穴 | 3段開穴 | 4段開穴 | 5段開穴 | 6段開穴 |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| ノズル圧力 6kg/cm ² | 5.3kg/cm ² | 4.1kg/cm ² | 2.8kg/cm ² | 2.0kg/cm ² | 1.2kg/cm ² | 0.7kg/cm ² |
| 穴数 | 4mm 15ヶ | 4mm 15ヶ | 5mm 15ヶ | 5mm 15ヶ | 6mm 18ヶ | 6mm 18ヶ |



外観図

(4) 自動車火災実験結果概要

東京消防庁消防科学研究所 倉林慶次

1. ま え が き

産業の発展とモータリゼーションの普及によって、わが国の自動車台数も遂に1,000万の万台を突破した。このため市街地をはじめ特定路線における自動車の混雑とその事故は、最近き

わめて重大な問題となってきた。

この実験は、これらの自動車を群としてとらえた場合に予想される火災危険について、その原因と被害状況等を研究把握し、消防対策に反映することを目的として実験したものである。

2. 実施日時および場所

- (1) 日 時 昭和42年 8月17日 9.00~12.00
- (2) 場 所 東京湾第12号埋立地

3. 実験項目および方法

- (1) 自動車用燃料タンクおよびL Pガスボンベに対する放射加熱実験

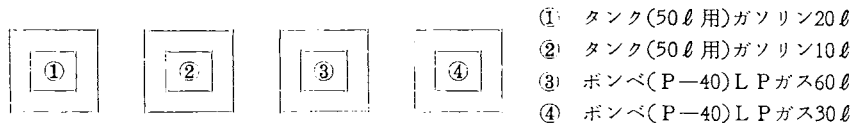
(第 1 図)



この実験は、第1図のごとくタンクおよびボンベを加熱槽(1m²)から約1mの距離に設定し、計測としてタンク等の表面温度およびボンベの内圧上昇を測定し、その加熱状況を観察し研究するものである。なお、加熱槽の燃料は重油とし各100ℓを燃焼して実験した。

- (2) 自動車用燃料タンクおよびボンベに対する直接加熱実験

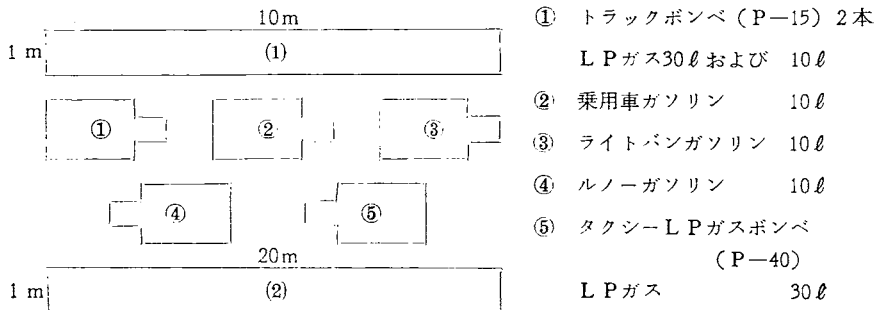
(第 2 図)



この実験は、第2図のごとく加熱槽(1m²)の油面上約30cmの位置にタンクおよびボンベを設置し、その他は実験(1)に準じて実施したものである。

- (3) 自動車群の1台から発生した火災による延焼実験

(第 3 図)



この実験は、第3図のごとく配置した自動車群の中の②自動車下部に設置した加熱槽(1 m²)からの燃焼および②自動車とこの槽の火災から他の自動車へ延焼するか否かを研究する実験である。計測は自動車各部の温度および⑤自動車のトランク内ポンペの内圧上昇を測定し、その状況を観察した。なお、加熱槽の燃料は重油 100 ℓ、各自動車の車間距離は前後で約 1 m、左右で約 50 cm として実験した。

(4) 自動車群に対する外部からの加熱実験

この実験は実験(3)を行なった後いったん消火し、約 1 時間後に開始したものである。従って自動車および計測その他は総て実験(3)と同様である。ただ加熱方法は、沿道の建築物火災からを想定し、まづ(1)の槽(重油 1,500 ℓ)に点火し、次に(2)の槽(重油 500 ℓ)に点火して実験したものである。

4. 実験結果と考察

今回の実験は、あらかじめ予備実験を行ない必要なデータを収集検討して実施したものであり、それらの実験結果も含めて総合的に考察することにする。

(1) 自動車用燃料タンクについて

タンクは、その材質および充てん口の状況ならびにゴム管、ビニール管等を使用した部分を通り、このため加熱に対しては多くの弱点を持っているといえよう。従って引火等の危険性も大で、1 m 程度の距離では、風の影響もあるが極めて容易に着火する可能性が認められる。しかし、このことはまた特別な場合をのぞき爆発する危険性はほとんど考えられない理由ともなっているといえよう。

(2) LP ガスポンペについて

自動車用ポンペは、一般のものと比較した場合、液面計のあることが特に変わっている。しかも、この液面計には内部の充てん液量を見るための透明板などに合成樹脂を使用したのもあるので、十分な警戒が必要である。

さらに重要なことは、一般のポンペも例外ではないが、火災の際にはたとえ安全弁が有効に作動したとしても、なお爆発の危険があるということである。このように安全弁も火災時には必ずしも有効なものではないということを深く認識し十分警戒する必要がある。

(3) 自動車火災について

実験(3)のごとく 1 台の自動車火災をおこし、そのガソリンなどで燃焼する場合は、ガソリンの量とか風などの影響も無視出来ないが、早期に消火などの手段がとられない限り、全焼してしまう恐れがある。

なお、車間距離が 1 m 以下程度の場合には、周囲の自動車に対しても延焼危険が認められよう。

次に、沿道の建物火災からの延焼であるが、この場合も 1 m 以下程度では延焼する可能性が大である。そしてまた多量の漏油とか危険物などが存在する場合には大部その様相も変わってくる。

現実の自動車群は、タンクローリーをはじめ、火薬類などの運搬車ならびに満員の乗客をのせた大型バスなどから構成されている場合もあり極めて重大な火災危険を包含しているといえよう。

特に、その主要道路は、消防上防御線として指定されている場合が多いので、路上の自動車群に火災が発生すれば、その被害は想像を絶するであろう。もちろん、それは可能性の問題であるが、絶対に起り得ないという保障がない以上、消防としてもこの種重大火災に対処するための有効な施策を研究しておくことが必要であろう。

(5) 国鉄新宿駅構内油そう列車火災概要

淀橋消防署長 消防監 鈴木 貞一

1. 火災概要

- (1) 火災発生日時 昭和42年8月8日 午前1時45分頃
- (2) 火災発生場所 新宿区角筈1丁目1番地 国鉄新宿駅構内
- (3) 覚知からの経過
覚 知 午前1時47分
消防隊警戒終了 午後3時40分
- (4) 出火場所 三両目タンクの外周部
- (5) 出火原因 衝突摩擦力(火花)により流出油に引火
- (6) 焼損程度
 - i 車 両
全 焼 油そう車2両
半 焼 油そう車2両 電気機関車1両
小 火 油そう車1両 貨物車4両
 - ii ジェット燃料 75,000立焼失および流出
 - iii 詰所, 風呂場, 便所, その他焼損
 - iv 損害額 51,456,240円
- (7) そ の 他
 - ア 傷 者 3名
 - イ 出場隊数 ポンプ車31隊, 化学車8隊, その他9隊
 - ウ 出場人員 消防職員 379名, 消防団員 58名
 - エ 気象状況 天候晴, 風位風速静穏, 湿度72%, 気温24℃

2. 列車の衝突および火災発生状況

(1) 衝突状況

午前1時43分新宿駅山手貨物下り2番線を発車した油そう列車が、中央線下り(急行線)への切換え第5ポイントの位置を通過中、午前1時49分新宿駅到着予定の貨物列車の電気機関車が機関士のブレーキ操作の誤りにより、油そう車の2両目から6両目までに、次々衝突したため、油そう車4両と電気機関車が脱線横転し、さらに油そう車の4、5両目タンクの下部抜取口が切損して燃料が流出した。

(2) 火災発生および延焼状況

上り貨物列車の電気機関車が油そう車に衝突した際、その衝撃摩擦力によって発生した火花が流出した燃料の蒸気に着火したため、流出燃料に引火し、脱線横転した油そう車周辺と、線路敷の排水溝に流れ込んだ燃料に延焼して線路敷上が北側約150米にわたって一面火の海となった。

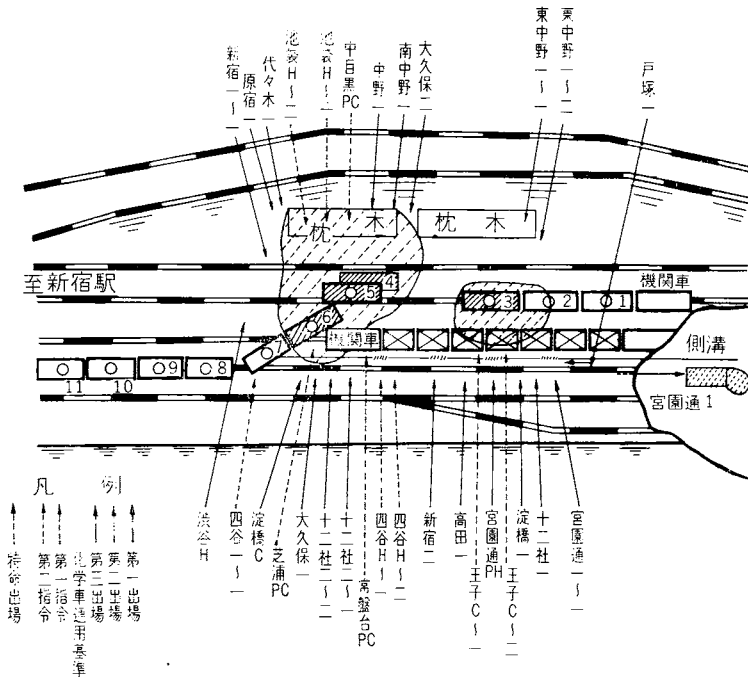
3. 通報状況

午前1時47分新宿区歌舞伎町23番地喫茶店ブルーネンから「柏木一丁目89番地が火事です」と通報され、これを受けた指令室では直ちに出場指令を行なったが、油そう車火災であることはこれより10分経過後の57分に一般から119番により「ガソリン輸送車の転覆です」と通報されるまで判らずこの通報により化学車第1指令を行なった。

4. 防ぎよ行動

(1) 最先到着時の状況

衝突した貨物列車の電気機関車の前半分と貨物車4～5両の下部および3, 4, 5, 6両目



防ぎよ行動図

天候 晴 風位 風速 静穏 気温 24度、湿度 72%
 日本国有鉄道 国鉄新宿駅長 石川正三 55歳
 新宿区角管1丁目1番地 新宿駅構内貨物線
 昭和42年8月8日 午前1時45分頃

油そう車周辺が濃煙の強力な火炎に包まれて延焼中であり、その火炎は高さ十数米に達していた。さらに線路敷の排水溝が北側へ150米にわたってところどころ焰があがっていた。

(2) 先着隊の防ぎよ行動

先着のポンプ車5隊は直近の水利に部署すると同時にホースを延長し、積載梯子を架梯して線路敷に進入し、貨物車をたてにして強烈な輻射熱を防ぎながら、化学車到着までタンクの冷却と、タンク切離しの国鉄職員等の援護注水、流出燃料の火面拡大阻止に従事した。

(3) 後着隊の防ぎよ行動

後着のポンプ車各隊は、先着各隊の間隙をうめ、タンクの爆発防止のため冷却と、枕木、排水溝、詰所等建物の延焼防止に従事した。

(4) 化学車隊の防ぎよ行動

化学車各隊は現場指揮本部の指揮をうけて火点の東西両側に部署して、包囲態勢を整い、泡消火剤の補給をうけながら、各担当面の大隊長および大隊副長の指揮により、流出油面の延焼阻止を主眼とし火勢のもっとも強烈な4両目タンクを中心にして、さらに3、5、6両目タンクに対し一斉発射を行ない、午前4時0分鎮火させた。図に防ぎよ行動図を示す。

5. 鎮火後の処理

油そう車のタンクは鎮火後も相当加熱していて再燃の危険があり、また漏油によるペーパーの発生が著しかったので、ポンプ車等8隊を残して、タンクの冷却と、ペーパーの測定を実施し、さらに復旧作業のため残油取りの警戒とこれを抜取った後のタンク内ペーパーの放出、付近地域の火気使用禁止広報等を午後3時40分まで行なった。

(6) 山林火災について（山口市、防府市）

山口県地方課 井上 正

今回の防府市（山口市）山林火災の消火活動の体験について話し、皆様の参考にして頂きたい。

1. 火災の概況

- (1) 出火日時 昭和42年9月18日 15時頃
- (2) 出火場所 防府市右田西目山持越116の281、275番地の私有林
- (3) 覚知日時、方法 9月18日15時44分 火災専用電話（防府市勝坂地区の住民から通報）
- (4) 鎮火日時 防府市9月20日 19時45分
山口市 9月20日 16時00分
- (5) 出火原因 パルプ材伐採中の作業員のたばこの不始末
- (6) 被害の状況（山林被害）

| | 焼損面積 | 焼損見積額 |
|-----|------------|-----------|
| 防府市 | 439（ヘクタール） | 5,934（万円） |
| 山口市 | 116 | 4,053 |
| 計 | 555 | 9,987 |

(7) 気象の状況

| 日 | 時 | 天候 | 風向 | 風速 | 湿度 | 気温 | 最高 | 最低 |
|-----|-----|----|----|-----|----|------|------|------|
| 18日 | 15時 | 晴 | 北 | 4.3 | 48 | 26.5 | 29.3 | 15.0 |
| 19日 | 9時 | 快晴 | 北 | 4.0 | 48 | 24.5 | 26.8 | 13.8 |
| 20日 | 9時 | 晴 | 北 | 1.7 | 50 | 24.0 | 26.4 | 17.4 |

(8) 出動の状況

出動延人員

| | |
|-------------|--------|
| 防府市 | 1,140人 |
| 山口市 | 1,380 |
| 自衛隊(山口, 防府) | 2,083 |
| 地元および他町村 | 1,039 |
| 県 | 499 |
| その他 | |
| 総計 | 8,524人 |

出動航空機(T34, H13) 15回

以上でわかるように地形, 気象, 消防上等の悪条件が重なり, まる二昼夜もえ続けた。

2. 地形的条件

- (1) 石山で足場が悪かった。
- (2) かん木, しだ等が多く, 延焼速度が早かった(1000 m/h)
- (3) 林道等防ぎよきよ点がなかった。

3. 気象的条件

火災発生前67日間雨なしの乾燥状態が続き, また風向等の影響で消火が困難であった。

4. 消防上

- (1) 通報が遅れている(出火後45分)
- (2) 当日他の山火事のため, 大半の人員が出動していなかった。
- (3) 山麓周辺の民家40戸に延焼の危険があり, 主力をその方にさいたため延焼が早かった。
- (4) 作戦の不手ぎわ
- (5) 二市にまたがり連絡の不手ぎわ
- (6) 各隊の連絡
- (7) 消火資材が不十分であった。

以上がこの山火事を大きくした原因と考えられる。

5. 今後の問題点

- (1) 災害法上の問題

市町村相互間の費用の分担(応援側の負たんであるが多日数のため費用大となる)

- (2) 今回の数町村の応援に際して, 都市部の団員は山火事の場合, 技術等で山林火災に適さない。また器材も不足であった。(県として100万円の予算で消防用資器材を購入する予定である)

6. 防災計画運用上の問題

- (1) 消防が他のものまで負担した事
- (2) 自衛隊機等を使用して、状況を把握する必要がある。

(7) 高層、地下街の火災実験のまとめ

東消防予部消防司令 長 沢 雍 郎

昨年来、煙を主体とした火災の性状を究明するために東京消防庁予防対策委員会で行なった4回の実験

1. 3月15日 池袋地下駐車場
2. 7月12日 丸の内国際ビルおよび帝国劇場舞台部
3. 11月13日 新宿西口公共広場、小田急名店街、新宿西口地下駐車場
4. 12月3～5日 丸の内東京海上ビル旧館

より、従来不明確であった問題がかなり明確になったが、なお細部については研究を要する点も残っているので、ここに4回の実験を基に報告をすることとした。

1. 危険の要因となるもの

(1) 温度の問題

煙は熱気流に先立って、ビル内に広く流れる。火点付近を除くと、温度は人体には問題とならない。したがって発見が早ければ避難時間は十分と考えられる。

(2) 煙の問題

煙中の視程については、減光係数0.1で普通20m程度まで見えることが判った。

(3) 温度上昇と煙の関係

今回の実験では長さ100mを超える長い廊下でも煙は末端まで到達するし、特に末端部では煙が舞下って生息の余地をなくする。

(4) 煙の速度と避難速度との関係

煙の水平方向の速度は1m/sec強であった。垂直方向の速度は3～5m/secで、きわめて速い。従って通常の場合は避難者の避難開始が煙に先行し、避難路に停滞がなければ煙に追付かれることはないと考えられる。

(5) 建物の漏煙

建物の壁、床、開口部（閉）等は特に施工上の欠陥がなくても、漏煙があることが多い。

2. 建築設計の指針——現状のビルは内装、家具等に可燃物が多すぎる。

(1) 二方向避難の問題

建物内部はどこにいても二方向に避難でき、たとえば一つの室から避難路に出るのに二方向にできることが望ましい。

(2) 防火区画

複数の階層を1防火区画として構成しないこと等

(3) たれ壁, たれシャッターの効果

原則的には効果は認められるが更に検討を要する。

(4) 特別避難階段の評価

外気に面して開口部があればまず安全と考えられる。

(5) 排煙口のつけ方

給気口は絶対に必要である。

(6) 廊下加圧の評価

消火のために使えれば効果がある。

(7) 空調設備の利用

火災のとき逆転出来ないか, 空調学会と協議中

(8) 感知器の問題

廊下, 階段, 高層ビル, 地下街, 倉庫, 寝室等の場合は煙式の方が有効な場合が多く, その他の場合は熱式でもよいと考えられる。

(9) ひさし, ベランダの評価

これはきわめて有効である。

(10) 火災荷重の問題

用途別または業態別の火災荷重の実態調査等, 防火体系の確立が望ましい。

3. 避難誘導の指針

(1) 扉の問題

屋内から容易に開けられ, 外部からは開けられない扉に関しては, さらに工夫がいる。

(2) エレベーター利用の可否

エレベーターは火災時には, 火災階以下の利用に限定する。

(3) 警報器の問題

音声による誘導避難が必要と思われる。

4. 消防の指針

(1) 消火設備

スプリンクラーは最も効果的であるが, 設置後の試験方法等なお研究を要する。

(2) 消防専用エレベーター

高層建築の場合, 防火的に安全な措置をし, 非常電源をもつエレベーターは, 是非必要である。

(3) 消し方について

水損を軽減し得る消火方法の研究。

質問 防火シャッターの防煙性は?

答 シャッターの防煙効果はありません。

(8) 地下街（名古屋駅前地下名店街）の火災概要

名古屋市消防局 竹内 文夫

1. 出火日時 昭和42年10月19日 9時22分
2. リ災物件 地下店舗内、調理場の天井の1部焼焦および排気ダクト5メートル焼損
3. 損害額 50,000円
4. 出動車両および人員 ポンプ5、排煙、救急、司令各1、計8台、消防職員41、その他
5. 火災原因 過熱によるラードの着火
6. 出火時の状況

店員が調理の備準のため、ラード約3リットルを中華鍋に入れ、火にかけて同僚店員と外出中、ラードは過熱により着火した。店員2名は約20分後に帰店し、ラードが黒煙をあげて燃え炎は上方の天がいに達しているのを発見し、備え付けの泡消火器で消火にあたり鍋内のラードは消火し得たが、ダクト内の油かすに燃え移った炎は消火することができず、管理事務所(119)と電気室(火災報知機)にわかれて火災を急報し、消防機関へ通報した。出火当時排気ファンは起動中で火災の通報後機械室員が切断した。

なお、天がいの防火ダンパー(100℃)は作動しているが、油かすにより約2センチメートルの隙間を生じていた。また、出火当時には2名のほか出勤していなかった。

7. 消防活動の状況

地下街火災の指令をうけた中村消防署では排煙車を第一出動車と同時に出動させた。先着隊が現場に接近したとき、排気口から濃煙が噴出しているのを認めた。消防隊員が火元、名駅飯店に進入したとき、火元厨房室の天井付近には、濃煙が充満し火点が見られなかったので、指揮者は関係者に強制換気を命じ、煙を排除させると、天井板の隙間から天井裏に火災を認めたので、強制換気を中断させこの火災を消すため屋内消火栓(40mm)を使用し、厨房室の天井をはがしつつ消火にあたった。

また火災が店舗内のダクト近くにも認められ、さらに他の屋内消火栓からホースを延長し消火にあたった。……排煙を中断すると濃煙が瞬時に厨房内に充満したので排煙車による排煙に切り替え、火災室内の煙を排除することができた。完全鎮火にはダクト内の油かすの燃焼およびダクト等による死角が多く、かつ場所が狭いので活動に困難をきたした。

なお濃煙は、出火時店舗の防火シャッターが閉鎖されていたこと。出火場所が厨房かまどで同上の排気装置により排出されたこと。および燃焼物が鍋上のラード、ダクト内の油かす等であったため店舗外に流出することが少なく、また出火店舗が出入口に面していたこと等により容易に排煙することができた。

8. 火災の教訓

- (1) 排煙区画、排煙口についての法的規制

このたび発生した火災は、比較的、時間、場所、燃焼物、量等にめぐまれていて排煙作業が

容易に行なわれたが、これが悪条件下に発生すれば、煙対策に大わらわとなるのは必定である。したがって法的に排煙区画、排煙口について規制する必要があると認める。

(2) 煙による火災の早期覚知

火災室には、定温式スポット型火災感知器が設備されていたが、火災を感知していないのでつとめて地下街には煙感知器を警戒区域と排煙区域を一致させて設備することが望ましい。

(3) 排気ダクト等について

排気ダクト内に付着した油かすが燃焼し、火災が拡大しており、また消火に時間を要しているため、ダクト内に油類が侵入しないように天がいにフィルターを設備するとともに各天がいに防煙のできるダンパーを設ける。なお排気ダクトの防火ダンパーは油かすの付着により作動しても隙間を生じ効果が薄かったため点検口を設けて点検および掃除ができるようにすることが望ましい。これに加えてダクト内の消火を容易にするため簡易的な消火設備を必要とする。

(4) 内装材の不燃化

天井裏の地下等が燃え、火災の拡大および残火処理に困難を来しているため、地下街等に設ける内装材等はすべて不燃化して火災の発生、拡大を防ぐことが必要である。

(5) 避難誘導の確立

このたびの火災では関係なかったが、地下街は不特定多数の者が集まる人口密度の高いところであり、火災に際し煙によって混乱がみられると思慮されるため、現在の誘導標識以外に音による誘導をするなど事前計画の確立をする必要がある。

(9) 消防ポンプ自動車の凍結予防器材について

富山市消防本部 熊本 邦男

1. はじめに

冬季に気温の低下により、消防ポンプ各部が凍結し、そのため、放水（揚水）が不能となることが度々ある。

富山市においても11月から4月にかけて気温が氷点以下になることが57回を数え、特に1月中旬から2月上旬にかけて寒気が厳しく、最低気温は氷点下12℃に達することがある。

2. 凍結によって放水が不能となる主たる部分とその理由

- | | | | | | |
|-----------|---|------|-------------|---|------|
| (1) 吸口ロック | → | 吸水不能 | (2) 放口ロック | → | 放水不能 |
| (3) 真空ポンプ | → | 真空不能 | (4) チャッキバルブ | → | 真空不能 |
| (5) 止水弁 | → | 真空不能 | | | |

3. 凍結予防対策とその長所・短所

(1) 保温法

イ. 車庫の保温

富山市程度の気温では車庫内を外気から遮断することによって、凍結は90%まで予防される

ックから真空ポンプに至る間の内壁面に不凍液の霧が付着し、内部の水分は不凍化する。なお放口へはこの方法では不凍液が行かないので、油差し等を利用して注入しなければならない。

8. 長 所・短 所

(1) 長 所

- イ. 1 回当たりの不凍液の使用量が少量でよい。 約200~300ml
- ロ. 短時間に作業が完了する。約1~2分 吸入時間 10秒~20秒
- ヘ. 吸口径が異なるポンプに使用できる。 65mm~150mm
- ニ. 真空計として使用できる。
- ホ. 効果は内部を洗浄しない限り長期にわたって継続する。
- ヘ. 簡単である。

(2) 短 所

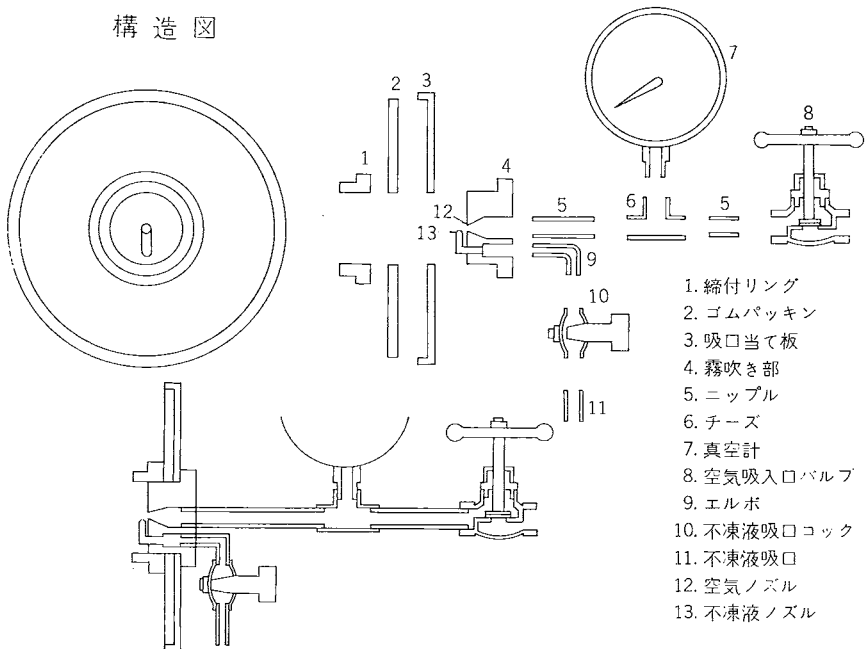
- イ. 放口ロックには別の方法で注入しなければならない。
- ロ. 吸口直接に使用しなければならない。(軽量吸管の先端からでは霧にならない)
- ハ. 真空配管の複雑なものおよびポンプ内部構造の複雑なもの(例、化学車等)には適さない場合がある。

9. む す び

本装置を用いて凍結防止をしたポンプ車と凍結防止をしなかったポンプ車数台を凍結比較したところ、その効果を十分認めることができた。

なお、この装置について実用新案を申請中である。

構 造 図



- 1. 締付リング
- 2. ゴムパッキン
- 3. 吸口当て板
- 4. 霧吹き部
- 5. ニップル
- 6. チーズ
- 7. 真空計
- 8. 空気吸入口バルブ
- 9. エルボ
- 10. 不凍液吸口ロック
- 11. 不凍液吸口
- 12. 空気ノズル
- 13. 不凍液ノズル

が、車庫内を加温しなければ完全とは云えない。しかし車庫に扉、シャッター等がない場合は不可能であり、車庫の前面を遮断した場合、市民に与える不安感等を考えると最良の策とは云えない。そのほか出場途中での凍結は防止できない。

ロ. ポンプの保温

電熱（電球を含む）保温帯等で凍結を予防することができるが、ポンプの構造上完全にでき得ない。

(2) 不凍法

イ. ポンプ内の水分を完全に排除する。

実際には不可能と考えられる。

ロ. ポンプ内の水分の不凍化

ポンプ内に残留している水分に不凍液を混入することで容易にでき、比較的簡単で確実に凍結予防ができる。

(3) その他

イ. 吸口ロックの開放（常時）

開放された吸口のみしか使用できないので、不便が生ずる。

ロ. 放口ロックの開放（常時）

前記イと同じ理由

ハ. チャッキバルブの取外し

放水中は支障ないが、圧力を低くしたり放口を閉じた場合落水することがある。

4. 凍結予防用の器具考案の理由

凍結予防の方法にはいろいろあるが、簡単かつ確実にできるのは不凍液の使用である。従来は不凍液を吸口から注入し、ポンプ内に充満させたのち、ドレーンする方法がとられていたがこれをもっと簡単に短時間で出来る器具ができなかと考えたのが、本器考案の理由であり、ヒントでもある。

5. 構造（別図参考）

(1) 吸口当て板 (2) 霧発生部 (3) 空気吸入口 (4) 不凍液吸入口 (5) 真空計

本器は真空測定計器を改造したもので、真空計としても使用できるものであるが、本器の使用目的からすれば、真空計はなくてもよい。しかしあった方が使用上便利である。

6. 作用の概要

本器は消防ポンプの真空ポンプを回転し、これによって生ずるポンプ内と外気との気圧差を利用して不凍液の霧を発生させ、これを吸口から吸入させてポンプ内の水分を不凍化するものであり、この方法によれば、吸口ロック、ポンプ本体、止水弁、チャッキバルブ、真空ポンプの順に霧が流れるので、放水（揚水）不能の原因はほとんど除くことができる。

7. 使用法

この器具を吸口に当て真空ポンプを回転し、ポンプ内の真空度を50cmHg以上に保ちながら空気および不凍液を吸入させる。（ポンプ内と外気との気圧差によって霧を発生させる構造のため吸入中も50cmHg以上の真空度を保つ必要がある）約15秒吸入させることによって吸口コ

消 研 輯 報 第 21 号

昭 和 43 年 6 月 印 刷

編 集 者 兼
發 行 者

消 防 研 究 所

東 京 都 三 鷹 市 中 原 3 丁 目 14-1

電 話 武 藏 野 (0422) 44局8331