

消研輯報 41

〔グラビア〕

- 酸化性物質の燃焼試験

〔解説〕

- 30号ろうそくの燃焼時間と発熱速度
- 火災ガス分析へのガス検知管の適用について
- はしご自動車の強度について
- 津波注意報の伝達等に関するアンケート調査
- 住宅火災による高齢者の死者の発生の実態
- 可燃性液体取扱い作業中の静電気火災とその対策

〔中国の消防事情の紹介〕

- 香港・広州見てある記

〔消防研究所の研究活動〕

- 「消防研究所報告」通巻第63号(1987年3月),
通巻第64号(1987年9月)掲載論文の概要
 - 消防研究所 月例研究会・報告会 要旨
-

消研輯報

41号

目 次

〔グラビア〕

- 酸化性物質の燃焼試験

〔解 説〕

- 30号ろうそくの燃焼時間と発熱速度……………斎藤 直…… 3
- 火災ガス分析へのガス検知管の適用について
……………箭内英治、松島秋雄、守川時生…… 8
- はしご自動車の強度について……………山田 實、亀井浅道……12
- 津波注意報の伝達等に関するアンケート調査…吉原 浩、座間信作……18
- 住宅火災による高齢者の死者の発生の実態……山本 勲、佐藤公雄……24
- 可燃性液体取扱い作業中の静電気火災とその対策……………川崎正士……30

〔中国の消防事情の紹介〕

- 香港・広州見てある記……………山田常圭……38

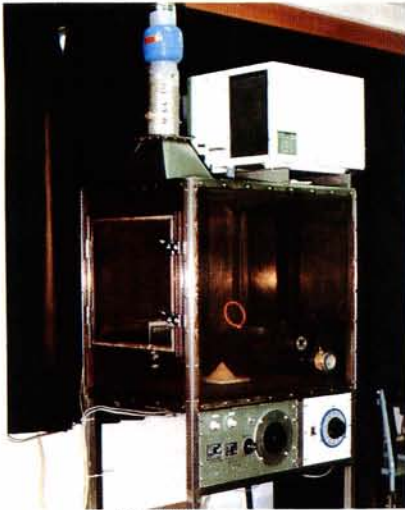
〔消防研究所の研究活動〕

- 『消防研究所報告』掲載論文の概要……………44
- 消防研究所 月例研究会・報告会 要旨……………47

酸化性物質の燃焼試験

酸化性物質の潜在危険性としての支燃性を評価するため、木粉との混合試料に点火し、そのときの燃焼時間の大小を相対的に比較する。

- (1) 温度 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 $50 \pm 10\%$ 、風速 $0.3 \sim 0.4\text{m/s}$ に調整でき、点火装置および排気装置を備えている。
- (2) 酸化性物質と木粉を混合し、円錐形に成型して試験用試料を作る。
- (3) 断熱性板上の試料および太さ $2.0\phi\text{mm}$ 、約 1000°C に加熱したニクロム線点火器を示す。
- (4) 点火器を試料の基部に押し付けて、火炎が発生したとき、着火とする。



(1) 燃焼チャンバー



(2) グローブボックス、流速計など



(3) 試料および点火器



(4) 着火状況



(5) 発炎燃焼



(6) 発炎燃焼



(7) 発炎燃焼



(8) 残じん燃焼



(9) くん焼

- (5) 臭素酸カリウムと木粉（5：5）の30g 試料が激しく燃焼している。
- (6) 過塩素酸カリウムと木粉（5：5）の30g 試料が火炎を随所に間欠的に発生して燃焼している。
- (7) 木粉のみ15g が緩やかに燃焼している。
- (8) 木粉のみ15g が(7)の後、残じん燃焼している。
- (9) ペルオキシ 2 硫酸アンモニウムと木粉（8：2）の60g 試料が消炎の後、くん焼しながら上部へ広がっている。

(危険物研究室)

30号ろうそくの燃焼時間と発熱速度

斎藤 直

1. はじめに

最近の我国における電力事情のよさ、また乾電池の高性能化と広範な普及とによって、ろうそくはその実用性を失わない装飾用あるいは宗教上の儀式用として生き長らえている感さえある。現に、ろうそくを日常的に照明に用いている家庭は皆無といってよいと思われる。

その昔、夜間の貴重な照明源であったろうそくは高価で、宮廷・寺院でなければ利用できない時代もあった。我国でろうそくの利用が広まりはじめたのは、江戸時代に入って「木ろうそく」の生産が進んでからといわれ、地方の農山漁村まで行きわたったのは「西洋ろうそく」の製造が始まった明治時代以降である¹⁾。このようにして一般家庭にまで普及したろうそくも、戦後の電力事情が悪くしばしば停電があった時代に重宝がられたのを最後に、冒頭に述べたような経緯をたどっている。

このように凋落傾向にあるろうそくではあるが、その燃焼は興味深く、自然科学への格好の入門書現象であることに変わりはない。1860年、イギリスの偉大な物理学者であり化学者でもあったファラデーが少年少女達のために行ったといわれるクリスマス講義「ロウソクの科学」は、今なお訳書²⁾として発行されており、また小学校の理科ではろうそくの燃え方が教えられ、我々にとってろうそくの燃焼はなじみ深いものとなっている。

本稿は、ろうそくの燃焼を科学するという高まいたものではなく、大規模な地震等の災害時にきっと活躍するに違いないろうそくの、燃焼時間、熱源として利用したときどの程度の発熱量が得られるか等の実用的事柄についてデータを提供しようとするものである。

2. 30号ろうそく

現在市販されているろうそくのほとんどは、「西洋ろうそく」である。このろうそくの主成分はパラフィンであり、製造時に鋳型から抜き易くするため20%以下のステアリン酸が混合されている³⁾。その他に灯芯がある。灯芯は木綿糸が3つ編みにされていて、ろうそ

くに点火し灯芯がこげ炭化すると曲り、炎によって余分な部分が燃されてなくなるように工夫されている。

表題の「30号ろうそく」の「30号」とは何を意味するのであろうか？文献の根拠は見付けられなかったが、昔、ろうそくの大きさをろうそく1本の製造に必要なとされる「ろう」の匁単位での重量で表現していた名残らしい。とするならば、「30号」は30匁を意味し、30号ろうそく1本の重量は約113グラムということになる。

そこで、30号ろうそくの実際の重量を計ってみた。結果は表1に示したように約107グラムであり、ろうそくの底部に燭台に立てるための穴があることを考慮すれば、上述した「30号」の解釈は正しいものといえる。また、表1の平均値欄で±符号のついた数値は標準偏差であり、この値からろうそくといえどもかなりの精度で作られていることがわかる。

表1 30号ろうそくの重量

試料番号	重量 (g)
1	107.47
2	107.86
3	107.17
4	107.37
5	107.43
6	107.34
7	107.45
8	106.70
9	107.36
10	106.15
11	107.34
12	107.34
平均	107.25±0.47

未使用の30号ろうそくの寸法は、灯芯を除いた全長が26.5cm、直径2.5cm、同一直径部分の長さ24.5cm、底部穴径0.8cm、穴の深さ約11cmであった。寸法についての詳細のデータを示さないが、この精度もよいものであった。このように寸法、重量共にバラツキが少ないのは、機械製造されているためであろう。

3. 30号ろうそくの燃焼時間の測定

ろうそくが何時間燃え続けるかについてのデータは意外に見当たらない。ろうそくの燃焼時間は当然その大きさによっても異なるし、風や燭台の構造に起因する影響等も考えられる。それゆえ、このようなデータが見当たらないのは、寺院等の人々が特定の大きさのろうそくは何時間燃え続けるかを経験的に知っていたとしても、普遍的なデータとして一般に提供し難い側面があるためか、社会的にそのようなデータは必要とされていないためと思われる。

筆者は、ある事情により30号ろうそくが何時間燃え続けるか検討する必要に迫られた。ろうそくの燃焼時間は、ろうそくに点火し消えるまでの時間をストップウォッチ等で測定すればよい事は自明である。しかし、この方法をとったのでは、ろうそくの炎を見詰め続けなければならない時期があり、神がかり的雰囲気になるし、余り面白いものでもない。そこで、

- (i) ろうそくに点火後、一定時間毎に吹き消し、残ろうそくの長さや重量を測定し、再点火する
- (ii) プラットフォーム型荷重変換器上で連続的に燃焼させ、重量の変化を測定するとともに、ろうそくに平行させてもの差しを立て、一定時間毎にろうそくとの差しを写真記録し長さを測る

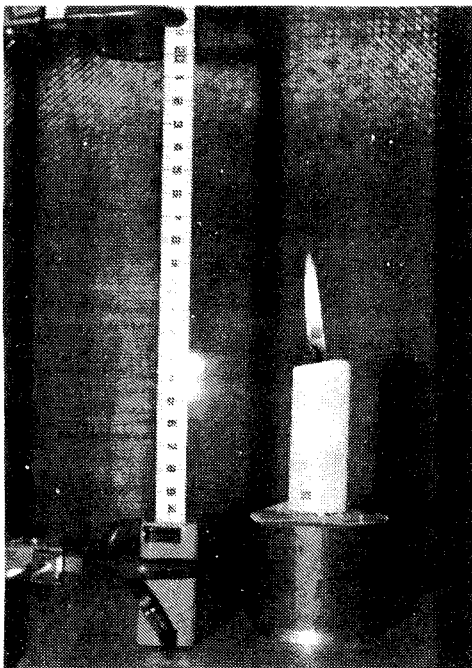


図1 30号ろうそくの燃焼速度測定の様子
(方法(ii)による)

という2つの方法でろうそくの長さや重量の減少の様子を測定し、燃焼時間を算出する事を試みた。ここで(i)、(ii)の2つの方法で測定を行なったのは、方法(i)は簡便であるが、吹き消し操作を行っているため、これによる影響がどの程度になるかを方法(ii)で調べるためである。

方法(ii)による測定中の写真を図1に示した。用いた燭台は、直径6 cm、長さ5 cm、重量約1 kgの円柱形鉄ブロック上面中央に、長さ5.7cmの鉄製木ねじを溶接したものである。方法(i)の場合には、この燭台に30号ろうそくを立て、6 mmメッシュの金網で作った直径約30cm、高さ1 mの円筒形風防の中央に置き、点火後約1時間毎にろうそくを吹き消して上皿電子天秤とものさしで測定を行った。ろうそくの燃焼時間を積算型ストップウォッチで測定した。

方法(ii)で用いた荷重変換器は、共和電業K. K.製、LCS-5KD S2型、荷重容量5 kgであり、これにろうそくを立てた燭台をのせて重量変化を動ひずみ計で増幅し、ペン書き記録計で記録した。この場合、ろうそく長を写真で記録するため、風防としては直径約60cm、高さ1 m、間口約40cmのものを使用した。また、実験の都合上、点火後6時間で一度吹き消している。

(i)、(ii)の両方法により、30号ろうそくを燃焼させた時の重量と長さの変化を、それぞれ図2、図3に示した。図中、●印は重量の、×印は長さの測定値である。吹き消して測定した図2の場合、同じ時間に×印が2つあるのは、残ろうそくの最大長と最小長をプロットしたためである。また、ろうそく長さのデータが4時間以降しかないのは、それ以前には測定しなかつたこ

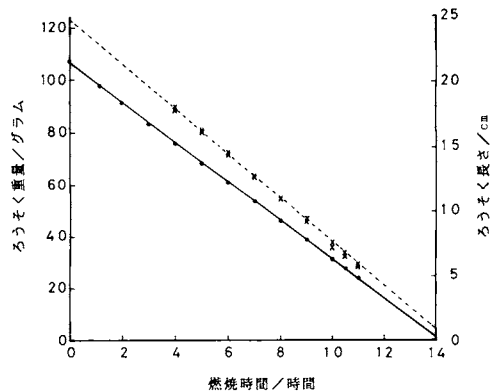


図2 吹き消し操作を行って得られた30号ろうそくの重量(●)及び長さ(×)と燃焼時間との関係(実線は重量の、破線は長さの最小二乗法による直線近似を示す)

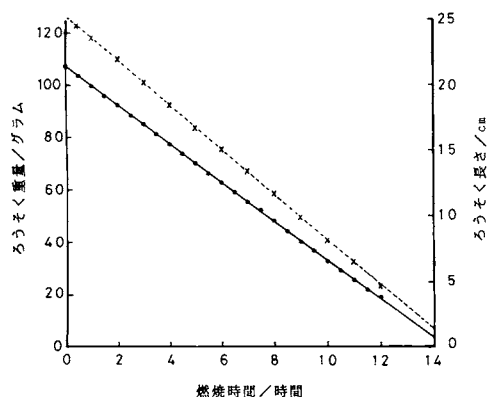


図3 連続燃焼させて得られた30号ろうそくの重量(●)及び長さ(×)と燃焼時間との関係(実線及び破線は最小二乗法による直線近似)

とによる。図3の×印は、最大長を表わしている。これは、写真測定したため最短部が裏に回ると測定不可能となるからである。

図2及び図3の実測値から、ろうそく重量は点火後11時間まで、またろうそく長さはそれぞれ4時間から9時間までの期間、30分から11時間までの期間にはほぼ直線的に減少しているのがわかる。そこで、それぞれの測定値を最小二乗法を用いて直線近似し、ろうそく重量及びろうそく長さとの関係を表わす式として下記のものを得た。

方法(i)の場合

$$W_1 = 106.69 - 7.52t \quad (1)$$

$$L_1 = 24.66 - 1.70t \quad (2)$$

方法(ii)の場合

$$W_2 = 107.40 - 7.40t \quad (3)$$

$$L_2 = 25.30 - 1.70t \quad (4)$$

ここで、 W_1 、 W_2 はグラム単位で表わしたろうそく重量、 L_1 、 L_2 はcm単位のろうそくの長さ、 t は時間で単位は時間である。式(1)、(3)の関係を実線で、また式(2)、(4)の関係を破線でそれぞれ図2、図3に示してある。但し、(2)式はろうそくの最大長と最小長の値を平均して求められている。これらの式から、方法(i)の場合点火された30号ろうそくは毎時重量で7.52グラム、長さで1.70cm、また方法(ii)では毎時7.40グラム、1.70cmの速度で燃焼したことになる。

(i)、(ii)の2つの方法で得られた30号ろうそくの燃焼速度を比較すると、ろうそく長さで測定した場合には両者とも1.70cm/時で一致しているにもかかわらず、重さで測定した場合には、ほぼ一定の時間間隔で吹き消した方法(i)による7.52グラム/時の方が、連続的に

燃焼させた方法(ii)の7.40グラム/時よりわずかに大きくなっている。しばしば吹き消し操作を行ったろうそくの方が連続的に燃焼させたろうそくより速く燃えるというのは、点火直後のろうそく炎は定常燃焼時の炎より小さい点を考慮すれば理解し難いことである。したがって、この結果は、方法(i)で行った吹き消し操作による誤差は、この場合ほとんどなく、むしろ方法(ii)で用いた荷重変換器による重量測定誤差が大きいためであると考えられる。

(1)~(4)式の左辺を零と置き、 t の値を求めれば、30号ろうそくの燃焼時間が求まる。このようにして式(1)~(4)から燃焼時間を求めると、(1)~(4)式についてそれぞれ14.2、14.5、14.5および14.9時間となる。ここで、ろうそく長さの式(2)、(4)から求めた値がろうそく重量の式(1)、(3)から求めたそれぞれの値より大きくなっている。これは、式(2)及び(4)には底部の穴による影響が考慮されていないためである。この穴による影響は、図2では10時間以降の、また図3では12時間のろうそく長さの測定値が破線で示した直線より短い方向にずれ始めることに認められる。さらに、燭台上の針(この実験では鉄製木ねじ)による影響も見られ、図2では11時間、図3では12時間の重量の測定値が実線より重い方向にずれている。これは、この時期になるとろうそく自身が燭台の針より短くなり、灯芯付近に針が突出て炎からの熱を奪うため、炎が小さくなってしまふことに起因している。

以上の検討結果から、30号ろうそくの燃焼速度は、重量を基準にすれば7.5グラム/時、またろうそく同一直径部で内部に穴のない部分では1.7cm/時であると結論してよい。ある裁判記録に、30号ろうそくは30分に1cmの割合で燃えたとする記述がある。その測定は、ここで述べた測定方法より精度が悪く、また本実験に用いたろうそくと同寸法ではあるが製造所が異なる等の点を考慮しても、裁判記録の2cm/時の燃焼速度は本実験結果に照し合わせると妥当なものと言える。ただし、ろうそく先端部分は上に凸となった形状をしており、底部に穴があるものであることを考えると、ろうそくの燃焼速度をろうそく長さの減少する速さで表現するのは正確ではなく、そのようなろうそくの構造によらない重量を基準にした燃焼速度で表現する方がよい。

先に表1に示したように、30号ろうそく1本の重さは約107グラムである。このろうそくの燃焼速度は毎時7.5グラムであった。これらの値から計算される30号ろうそくの燃焼時間は約14.3時間となる。したがって30号ろうそく1本は、むだなく燃えたとすれば、14時15

分程度燃焼すると結論できる。

4. 30号ろうそくの発熱速度

次に、30号ろうそくを熱源として利用したとき、どの程度の発熱速度が得られるかについて考察する。

重量および内部に穴のない同一直径部分で測定された長さによる燃焼速度の値、7.5グラム/時と1.7cm/時、さらにろうそく直径2.5cmの値を用いると、このろうそくの比重を以下のように計算できる。

$$7.5 / (3.14 \times 1.25^2 \times 1.7) \approx 0.90$$

したがって、このろうそくの比重は0.90である。

既に述べたように、ろうそくのほとんどはパラフィンと少量のステアリン酸を用いて製造されている。灯芯の重量は無視できるとすると、上で計算したろうそくの比重は、パラフィンの比重に一致しており⁴⁾、ステアリン酸(比重0.94⁵⁾)の混入は10%以下であると推定される。ろうそくに使用されるパラフィンろうは、炭素原子が16~40個直鎖状に結合した炭化水素の混合物であり、その中でも炭素数が20~30個のものが多いとされている⁴⁾。気体状態にある炭素原子数5以上のパラフィン系炭化水素の燃焼熱 ΔH°_{298} は、炭素数を n とすると次式で表わされる⁶⁾。

$$\Delta H^\circ_{298} = 60.49 + n \times (157.00 \pm 0.08) \quad (\text{kcal/mole}) \quad (5)$$

(5)式を用いて、炭素数16、20、30及び40の直鎖炭化水素のグラム当りの燃焼熱を求めると、それぞれ11.36、11.33、11.28及び11.26kcal/gとなりほとんど一定の値となっている。したがって、パラフィンろうに含まれる各炭化水素成分の割合が多少変化したとしても、パラフィンろう1グラム当りの燃焼熱はほとんど変わらないといってよい。上記の燃焼熱は気体状態のものについて計算されたものである。実際のパラフィンは固体であるので、これが気体となるためには融解、気化しなければならない。したがって、固体のパラフィンろうの燃焼熱は、上記の値よりやや小さくなる。融解熱、気化熱の両者を合計しても、この場合0.1kcal/g程度と推定されるので、パラフィンろうの燃焼熱は約11.2kcal/gと見積ってよい。この値は類似する他の石油化学製品の燃焼熱、灯油11.5~12.0kcal/g⁷⁾、低密度ポリエチレン11.14kcal/g⁸⁾と比較しても妥当なものとなっている。

既に本実験に使用したろうそくに含まれるステアリン酸は10%以下であると推定した。仮にステアリン酸の含有率が10%であるとすると、ステアリン酸の燃焼熱は9.5kcal/g⁹⁾であるから、このろうそくの燃焼熱は約11kcal/gとなる。

ろうそくの燃焼熱と3節で述べた30号ろうそくの燃焼速度7.5g/時から、30号ろうそくの発熱速度 \dot{Q} が求められる。すなわち

$$\dot{Q} = 11 \text{ (kcal/g)} \times 7.5 \text{ (g/時)} = 82.5 \text{ (kcal/時)}$$

である。この単位のままでは、どの程度の大きさの熱源に相当するか直感的に分りにくいので、ワット数に換算する。1 cal=4.184J(ジュール)、1 W(ワット)=1 J/秒であるから

$$\dot{Q} = 82.5 \text{ kcal/時} = 82.5 \times 10^3 \times 4.184 / 3600 \text{ J/秒} \\ = 96 \text{ W}$$

と計算され、ほぼ100ワットの電熱器相当の発熱速度となる。

筆者はかつて、時間さえかければろうそくで御飯を炊くことができるという話を聞いたことがある。その場合、ろうそくの燃焼効率などの問題もあろうが、上で求めたろうそくの発熱速度を参考にすれば、数本の30号ろうそくを同時に用いれば、炊飯は十分可能であるように思える。

5. まとめ

30号ろうそく(長さ26.5cm、太さ2.5cm、重量約107g)1本の燃焼時間を、(i)炎を一定時間毎に吹き消し残ろうそくの重量と長さを測定する。(ii)荷重変換器上でろうそくを燃し、連続的に重量を測定すると共に、ろうそくに平行して立てたものさしとろうそくを写真に写し長さを測定するという2つの方法を用いて調べた。

その結果、30号ろうそくの燃焼速度は、7.5g/時であり、30号ろうそく1本はむだなく燃えるならば14時間15分程度燃え続けると結論された。

また、ろうそくを一定時間毎に吹き消してその燃焼速度を調べる簡便法を用いても、吹き消しによる影響は小さく、連続して燃焼させ測定した場合とほとんど同じ結果が得られることを明らかにした。

さらに、30号ろうそくを燃焼させたときの発熱速度は、約100Wの電熱器に相当することを明らかにした。

6. あとがき

本稿では、実験の都合上、30号ろうそくの場合についてのみの話となってしまった。しかし、灯芯が30号ろうそくと同じろうそくなら、重量基準の燃焼速度は本実験結果と変わらないはずである。もし、ろうそくの号数が分からない場合でも、そのろうそくの重量と、実際にろうそくを一定時間燃焼させて吹き消し、1時間燃焼させた場合に相当する重量の減少がわかればそのろうそくのおおよその燃焼時間を知ることができるし、どの程度の発熱速度になるかも知ることができる。

この話しが、何かの参考になれば幸である。

参考文献.

- 1) 世界大百科事典、vol.32、p.296、平凡社(1971)
- 2) ファラデー、「ろうそくの科学」(矢島祐利訳)、岩波(1933)
- 3) 油脂化学便覧、p.585、丸善(1971)
- 4) 化学大辞典、vol.7、p.176~177、共立(1964)
- 5) 化学大辞典、vol.5、p.131、共立(1963)
- 6) Lewis, B. and von Elbe, G., "Combustion, Flames and Explosions of Gases (2nd ed.)", p. 685, Academic Press (1961)
- 7) 理科年表、p.物74、丸善(1980)
- 8) 西沢 仁、「ポリマーの難燃化」、p.30、大西社(1979)
- 9) 油脂化学便覧、p.229、丸善(1971)

火災ガス分析へのガス検知管の適用について

箭内英治・松島秋雄・守川時生

1. はじめに

昭和61年7月3日、取り壊し予定の旧静岡県立富士見病院を利用して消防庁主催により火災実験が行なわれた。この実験の様子は、本誌 No. 40のグラビアに載せられている。この実験では、火災時の発生ガスの濃度を測定するために種々な方法がとられ、その分析手法の1つに検知管法が用いられた。

一般に、火災時に発生するガスは多種類の成分を含んでおり、それらを分析するには高価な装置や時間を必要とする。一方、ガス検知管法は、他の精密な分析法に比べ、特に高価な装置を必要とせず、現場で手軽に行なうことができる利点を持っている。この手軽さから、多くの火災実験で検知管が利用されているが、その精度がどの程度あるのかを明確にせずに火災時の発生ガスの濃度について論じている場合がある。ここでは、旧富士見病院火災実験時に発生したガスの検知管法による分析の結果をガスクロマトグラフィー、イオンクロマトグラフィー、分光光度計による比色分析などの精密分析の結果と比較し、その適応性を検討した。

2. ガス検知管

検知管は、図1に示すような内径2～4 mmのガラス管の中に検知剤が入っており、管の両端を溶封したものである。使用の直前に検知管の両端を切り、金属製手動ポンプ(図2)を用いて、管内に試料ガスを一

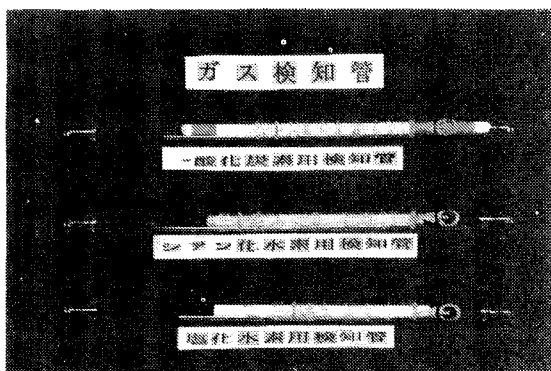


図1 一酸化炭素、シアン化水素、塩化水素用検知管

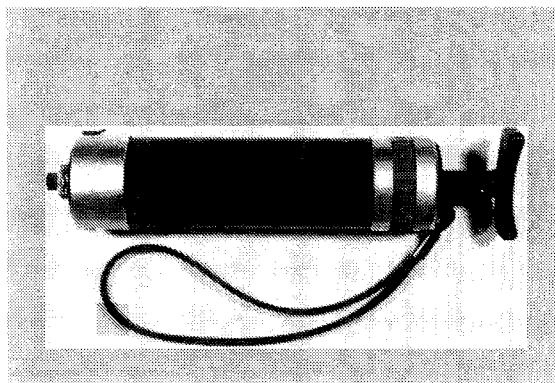


図2 検知管にガスを吸入するための金属製手動ポンプ

定量導入する。吸入した試料ガスの目的成分と検知剤との反応によって現われる着色層の長さを測定し、その長さから目的成分のガス濃度を知ろうとするものである。この方法は、測長法と言われる。この他に、一定の長さの着色層を形成するのに要する送入ガス体積から目的成分の濃度を求める基準長測容法、送入ガス体積一定、送入速度一定の条件で検知剤を着色させ、着色度から目的成分の濃度を求める比色法、送入速度一定で或る着色度を形成するのに要する送入ガス体積から目的成分の濃度を求める比色測容法などがある。検知管の種類は多く、約80種類あるとされており¹⁾、ほとんどのガスに適用することができる。

旧富士見病院の火災実験で用いた検知管は、ガステック(株)製の測長法で測定するもので、一酸化炭素、シアン化水素、塩化水素、亜硫酸ガス、アクロレイン、ホルムアルデヒド用の6種類である。これらの特性を表1に示す。

3. 検知管法と精密分析による分析結果の比較検討

3.1 一酸化炭素(CO)

このガスは、全ての有機物が、燃える際に発生する可能性がある。一般に、不完全燃焼の場合に多量に発生する。火災時に発生するガスの中毒死の中でこのガスが原因とされるのが最も多いとされている。無色無臭のガスで、血液中のヘモグロビンと結合して、体内

表1 旧富士見病院火災実験で用いた検知管の特性

測定ガス名	測定範囲	検知限度	変色の仕方	他ガスの影響
一酸化炭素	0.2-5.0%	0.02%	白→茶褐色	アセチレン0.2%以上、オレフィン類0.4%以上、プレパン20%以上、ブタン10%以上、及びヘキサン0.1%以上共存すると高い値を示す。
シアン化水素	0.05-2.0%	0.005%	黄→白	一酸化炭素、硫化水素、エチレンによって黒褐色に変色する。
	2.5-60ppm	0.1ppm	黄→赤	亜硫酸ガス、硫化水素が5ppm以上共存すると高い値を示す。また、塩化水素、塩素、硝酸及び硫酸蒸気などが共存すると、ガス入口の酸性ガス除去部（淡黄色）が桃色に変色し、この除去剤の全層が変色すると、高い値を示す。
塩化水素	50-500ppm	2.5ppm	黄→赤	硝酸及び二酸化窒素は単独で類似に変色し、塩化水素の1/10以上共存すると高い値を示す。
亜硫酸ガス	5-100ppm	0.25ppm	青→黄	一酸化炭素、二酸化炭素、一酸化窒素及び硫化水素は共存しても測定に影響しないが、二酸化窒素は共存すると原色が淡紫色になり、10ppm以上共存すると高い値を示す。
アクロレイン	20-800ppm	2ppm	黄→赤	アクロレイン濃度に応じ、アセトアルデヒドは20%、アセトンは等量、メチルエチルケトンは3倍量以上共存すると高い値を示す。亜硫酸ガスは単独では変色しないが20%以上共存すると高い値を示す。
ホルムアルデヒド	2-20ppm	0.5ppm	白→茶黄色	他のアルデヒド類は単独で類似に変色。スチレンは黄色に変色し、共にホルムアルデヒドの1/2以上共存すると指示を高める。ケトン類、エステル類、エーテル類は単独では変色しないが、1000ppm以上共存すると変色を薄め指示を高める。トリクレンは500ppmで僅かに黄色に変色する。

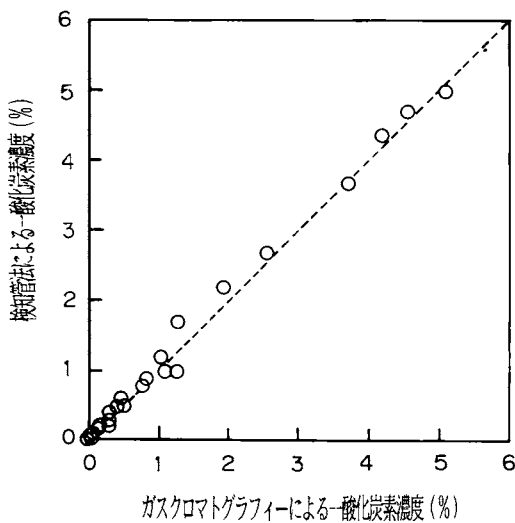


図3 ガスクロマトグラフィーと検知管法による分析から求めた一酸化炭素濃度の関係

への酸素供給機能を阻害する。

検知管法とガスクロマトグラフィーによる分析結果

をグラフにすると図3となる。傾きがほぼ45°の直線関係がえられ、検知管法が火災時に発生するガス中の一酸化炭素の分析にも十分活用することができることを示している。

3.2 シアン化水素 (HCN)

このガスは、分子中に窒素を含む物質、例えば、ポリウレタン、ナイロン、アクリル繊維などが燃えた際に発生する可能性がある。猛毒でガス吸入のほかには皮膚からも吸収される。生体組織の酸化酵素に影響を与えるために呼吸が阻害される。

検知管法とピリジンピラゾロン法による比色分析結果の比較を図4に示す。濃度0～40ppmでは、両者の間により相関性がみられる。約40ppm以上の濃度では、比色分析法による分析値が検知管法による分析値より約10～30%大きくなる傾向がある。原因は、約40ppm以上の濃度では、サンプリングバッグへの被験ガスの吸着の影響が妨害ガスより大きく影響していると考えられる。したがって、火災時の発生ガスに適用するためには、サンプリング系への被験ガスの吸着を防ぐと共に、サンプリング後直ちに分析するなどの処置

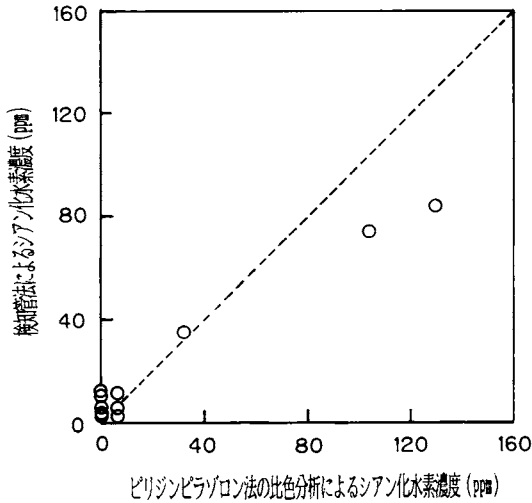


図4 ピリジンピラゾロン法による比色分析と検知管法による分析から求めたシアン化水素濃度の関係

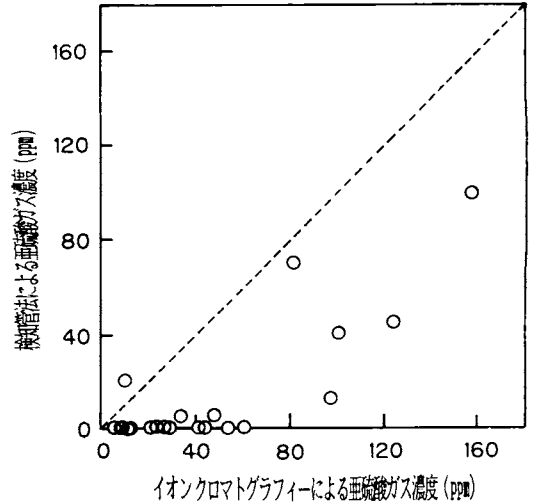


図5 イオンクロマトグラフィーと検知管法による分析から求めた亜硫酸ガス濃度の関係

が必要と考えられる。しかし、おおよその値を知る上では、十分に有効と考えられる。

3.3 塩化水素 (HCl)

このガスは、台所の床に使われるビニルタイル、壁装クロス、合成レザー、カーテン、ポリバケツなど、分子中に塩素を含む物質から作られる製品が燃えた際に発生する。刺激性のガスで、水によく溶け、その水溶液は、強酸性の塩酸となる。

検知管法による分析では、このガスは全く検知されなかった。イオンクロマトグラフィーでは、検知されており、その原因は、火災時に発生するガスのサンプリング中に水蒸気が凝縮した結果生じた水に溶け込んでしまったか、サンプリングバッグに付着してしまったためと考えられる。しかし、イオンクロマトグラフィーでは、多量の純水で希釈するため水中の不純物としての微量な塩素イオン Cl⁻が誤差として大きく影響する可能性もある。対策としては、サンプリングバッグやサンプリングパイプなどを加熱して、凝縮した水に溶けたり、内壁に付着したりするのを防ぐ必要がある。

3.4 亜硫酸ガス (SO₂)

このガスは、原油や重油などの硫黄分を多く含む重質油が燃えた際に発生する。また、羊毛、絹などのタンパク質系の天然繊維やゴムが燃える際にこのガスを発生する可能性がある。無色で刺激性のあるガスで、眼、気管粘膜などに局所的に作用し障害をおこす。

検知管法とイオンクロマトグラフィーによる分析結果の比較を図5に示す。両者の間には、正の相関が見

られるもののバラツキが大きく、検知管法による結果はイオンクロマトグラフィーによる結果に比べて低い値を示す傾向がある。原因として、このガスも塩化水素と同様に水に溶けるので、サンプリングバッグの内壁に吸着されたり、水に溶け込んでしまったことが考えられる。対策として、塩化水素と同様のことが言え、サンプリング系を加熱して、サンプリングパイプやサンプリングバッグなどの内壁に吸着しないようにし、濃度測定もガス採取後直ちに分析するなど迅速に行う必要がある。

3.5 アクロレイン (CH₂=CHCHO)

このガスは、全ての有機物が燃える際に発生する可

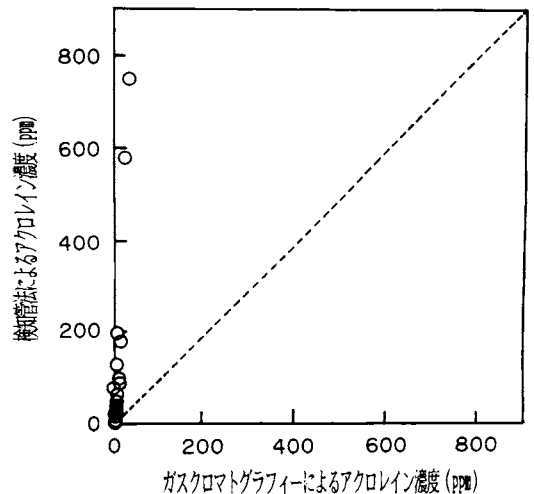


図6 ガスクロマトグラフィーと検知管法による分析から求めたアクロレイン濃度の関係

はしご自動車の強度について

山田 實*)・亀井浅道**)

1. はじめに

中高層ビルが増加している今日、消防活動におけるはしご自動車の役割はたいへん大きく、その活用方法も多種多様化している。そのため、現場からはあらゆる状況に対処できるような機能をもったはしご自動車が強く要求されている。

既存のはしご自動車の多くは、消防隊員等の昇降をリフターによって行っているが、リフター内に人が乗っている場合、基本的にははしごの操作は禁止されている。しかし消防活動上、やむを得ずはしごを操作することが多々あるように思われる。

そこで、消防庁は昭和62年5月に「はしご付消防自動車の安全基準に関する報告書¹⁾」(以下「安全基準」という。)を全国の消防機関へ通知し、新しく作られるはしご自動車が静荷重だけでなく、動荷重にも対応でき、よりすぐれた操作性をもつように機能の拡充を指示している。

この「安全基準」の作成にあたっては、はしご自動車検討委員会***)から昭和61年3月に報告された「はしご自動車に関する検討報告書²⁾」および「はしご自動車強度検討報告書³⁾」が基礎となっており、委員会で行われた実車による実験および解析の結果がこの「安全基準」に取り込まれている。特に注目すべき項目として、(1) はしごの傾斜角、(2) 動荷重、(3) 強度計算方法の3つがあげられる。

ここでは、上述の3項目について、実験および解析の結果を示しながら説明する。なお、実験に供したはしご車は国産の3種類の30m級はしご車であり、機種により実験値は多少異なる場合もある。

2. 傾斜角の影響

はしご本体の主な部位の名称とはしごの姿勢に関する量(起立角、矯正角等)を図1に示す。

図1の左側に示されているように、はしご本体が鉛

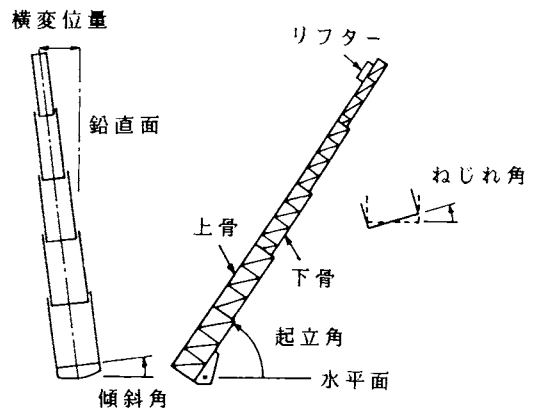


図1 はしご本体に関する名称

直面に対して傾斜していると、はしごに横方向の荷重成分が生じる。その結果、ねじれや横方向変位が誘発される。

2.1 応力への影響

はしごが全伸長、起立角65度、リフター内荷重120kgfで自動車停止位置⁴⁾という静的な使用状態において、はしごの傾斜角が下骨および上骨に発生する応力に及ぼす影響を調べた。その結果を図2に示す。図中の●印にはしごを傾斜させた側の骨の応力値、○印はその反対側の骨の応力値を示している。通常、上骨には引張応力が、下骨には圧縮応力が発生する。ここでは圧縮応力を-で示した。

傾斜角の影響は上骨より下骨の方に顕著に現われている。例えば、第3段の傾斜させた側の下骨(●印)において、傾斜角が0度するとき800kgf/cm²であったのが、傾斜角が2度になると1050kgf/cm²、4度になると1400kgf/cm²となる。一方、反対側の応力値(○印)は傾斜させた側の下骨に発生する応力に比べて小さく、傾斜角の増加に伴って値は低くなっている。これは、はしごを傾斜させると傾斜した方の下骨が反対側の下骨よりはしごの中立軸からの距離が遠くなるためであると考えられる。

*) はしご自動車検討委員会作業部会員

**) はしご自動車検討委員会作業部会主査

***) 委員長 山越芳男(当時消防庁次長)

4) リフターがはしご先端付近に達した時、リフターが自動的に停止する位置。

能性があり、催涙性などの作用を持つ刺激性の強いガスである。低温のくすぶり燃焼で発生量は多いが、一般の火災などでは、その発生量は少ないと考えられている。

検知管法とガスクロマトグラフィーによる分析結果との比較を図6に示す。直線的な関係はみられるが、検知管法により求めた分析値の方がガスクロマトグラフィーの分析値より約20倍ほど大きな値を示している。これは、妨害ガスによるものと考えられる。表1の他ガスの影響を見ると、アセトアルデヒド、アセトン、メチルエチルケトンなどが共存すると高い値を示すことがわかる。一般に、火災時に発生するガスは、上述の物質の全てが発生し、しかも、アクロレインより多量に発生することが多い。したがって、妨害ガスを前処理で除くなどの対策が必要と考えられる。

3.6 ホルムアルデヒド (HCHO)

このガスは、アクロレインと同様に全ての有機物が、燃えた際に発生する可能性がある。濃度が0.2ppm程度で特異臭があり、1～2 ppmで目や鼻に刺激を与え、10～20ppmになると涙と咳が出て、深く呼吸することができなくなるとされている²⁾。

検知管法とクロマトロブ酸法による比色分析結果の比較を図7に示す。非常にバラツキが大きく、両者の間には、明確な関係は見られない。この原因は、妨害ガスやサンプリング系への被験ガスの吸着などの影響が考えられ、対策として、前処理により妨害ガスの除去やサンプリング系への被験ガスの吸着の防止を行なう必要がある。

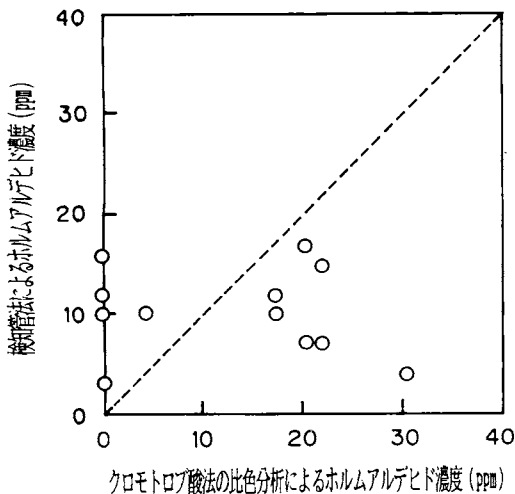


図7 クロマトロブ酸法による比色分析と検知管法の関係

4. まとめ

火災時に発生するガスの中の6種類の有害ガスについて、検知管法による分析結果を精密分析結果と比較し、検知管法の火災時の発生ガスへの適用を検討してきた。その結果、一酸化炭素については、十分に利用することができることがわかった。また、シアン化水素については、検知管法と精密分析法の間にはある程度の相関関係が見られるものの、そのまま検知管法の分析値を利用するのは避け、おおよその値を知るだけにとどめたほうがよいと考えられる。また、その他の4種類のガスについては、データのバラツキも大きく、得られた値を利用することは避けたほうがよいと考えられる。

検知管法は、大気中の汚染物質、作業環境の有害物質などの比較的妨害ガスの少ないガスに適用されている簡易測定法である。火災時の発生ガスなどのように妨害ガスを多量に含むガスに検知管法を適用する際には、得られる分析データの信頼性に十分気を付けて利用することが必要と考えられる。

参考文献.

- 1) 安全工学協会編：改訂安全工学便覧、コロナ社、p.579 (1980)
- 2) 山手昇：「公害分析指針」3 大気編3、共立出版、p.63 (1973)

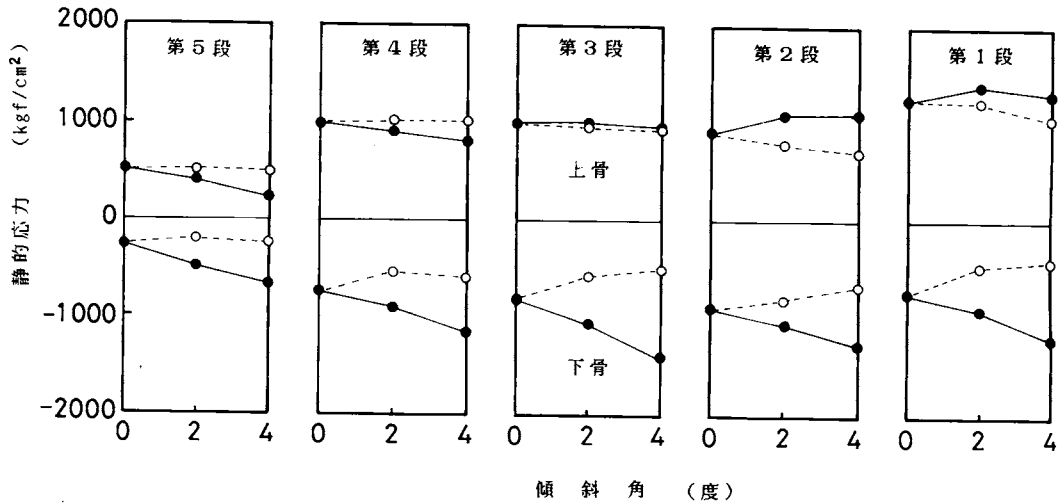


図2 はしごの傾斜角と上骨および下骨に発生する静的応力の関係
(はしご姿勢：全伸長、起立角65度、リフター内荷重120kgf)

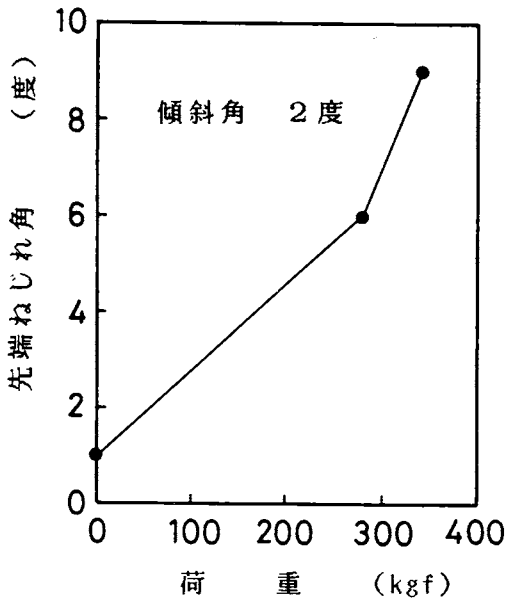


図3 リフター内荷重とはしごの先端ねじれ角の関係
(はしご姿勢：全伸長、起立角65度、傾斜角2度)

この実験での最大発生応力値は、傾斜角4度の下骨で1400kgf/cm²である。この値は、はしご部材の降伏応力を4500kgf/cm²で安全率を3とした場合の許容応力1500kgf/cm²に近いことがわかる。

2.2 変形への影響

傾斜角2度におけるはしご先端荷重とはしご先端ねじれ角の関係を図3に示す。傾斜角が2度あると、無負荷の状態ではしごの先端ねじれ角は1度程度である

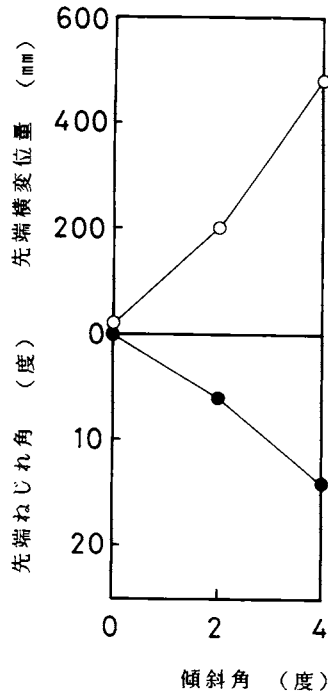


図4 はしごの傾斜角と先端ねじれ角および先端横変位量の関係
(はしご姿勢：全伸長、起立角65度、リフター内荷重120kgf)

が、荷重が加わるとねじれ角が大きくなるのがわかる。また、荷重が大きいほど、ねじれ角の増加率(図中の直線の勾配)は大きくなっている。

はしごの傾斜角が先端ねじれ角および先端横方向の

変位量に及ぼす影響を図4に示す。ねじれ角および横方向の変位量は傾斜角に比例して大きくなるのがわかる。しかし、この不安定なねじれ変形時において、はしごに発生する応力値がそれほど急増しない場合もある。この事ははしご車の使用限界ははしご本体に発生する応力値だけでなく、変形量によっても規定されなければならないことを示唆している。

人がリフター内に乗っていられる限界のねじれ角を10度程度(実験等で確認したわけではないが)と仮定すると、はしごの傾斜角は2度が限界である。

3. 動荷重の影響

はしごの旋回および伏梯操作は通常レバーと油圧バルブの調整により行われ、旋回の開始と停止時には慣性力を極力小さく抑えるためゆるやかに行われる。この操作には個人差が関与する。ここでは旋回・伏梯操作は全て予め油圧バルブを調節したのちに行い、急停止時におけるはしごの挙動を調べた。なお、実験では、はしご車の転倒防止のため、はしご伸長方向の反対側に重錘をのせた。

3.1 慣性力への影響

3.1.1 旋回

はしごが全伸長、起立角68度、リフター内荷重120kgfで自動停止位置という状態において、通常のはしご操作時の旋回急停止した場合に生じる旋回方向の加速度を図5に示す。通常のはしご操作における旋回時の角速度は最大で2度/秒(国内メーカーの熟練操作員による操作角速度)である。旋回急停止時に生じる各

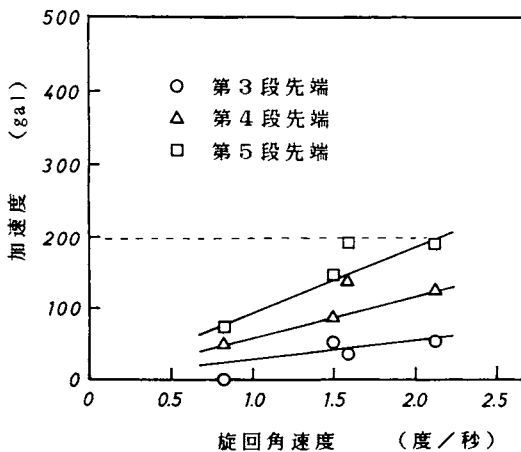


図5 通常のはしご操作において旋回急停止時に発生する加速度
(はしご姿勢: 全伸長、起立角68度、リフター内荷重120kgf)

段先端の加速度は旋回角速度に比例して大きくなり、第5段最先端で最大値を示し、その値は200gal*)である。

3.1.2 伏梯

はしごが全伸長、リフター内荷重120kgfで自動停止位置という状態において、起立角80度から通常のはしご操作を行ない、起立角66度で急停止させた。この場合の伏梯方向の加速度を図6に示す。通常のはしご操作における伏梯時の角速度は最大で1度/秒(国内メーカーの熟練者による)である。伏梯急停止時に生じる各段先端の加速度は伏梯角速度の増加に伴い大きくなり第5段最先端で最大となり、その値は330galである。

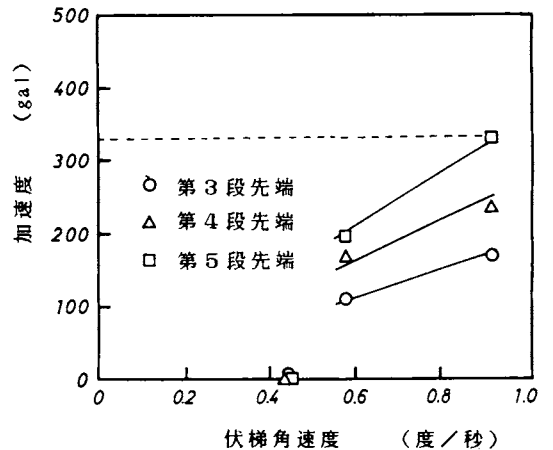


図6 通常のはしご操作において伏梯急停止時に発生する加速度
(はしご姿勢: 全伸長、リフター内荷重120kgf、傾斜角0度)

3.2 応力への影響

3.2.1 旋回

旋回急停止時にはしごの下骨に発生する瞬間最大応力(静的応力+動的応力)と旋回角速度の関係を図7に示す。図中で、○印は全伸長、●印は80%伸長での値、旋回角速度がゼロでの値は、静荷重状態の応力値を示している。

全伸長時の下骨に発生する瞬間最大応力は、旋回角速度にほぼ比例しており、その値は第3段で最大(1450kgf/cm²)となる。この場合、静的応力に対する動的応力の割合は、4度/秒で45%となっている。

この動的応力を軽減するためには、縮梯が有効である。図7において、伸長度を80%にすると全伸長の場

*) 1 gal = 1 cm/s²

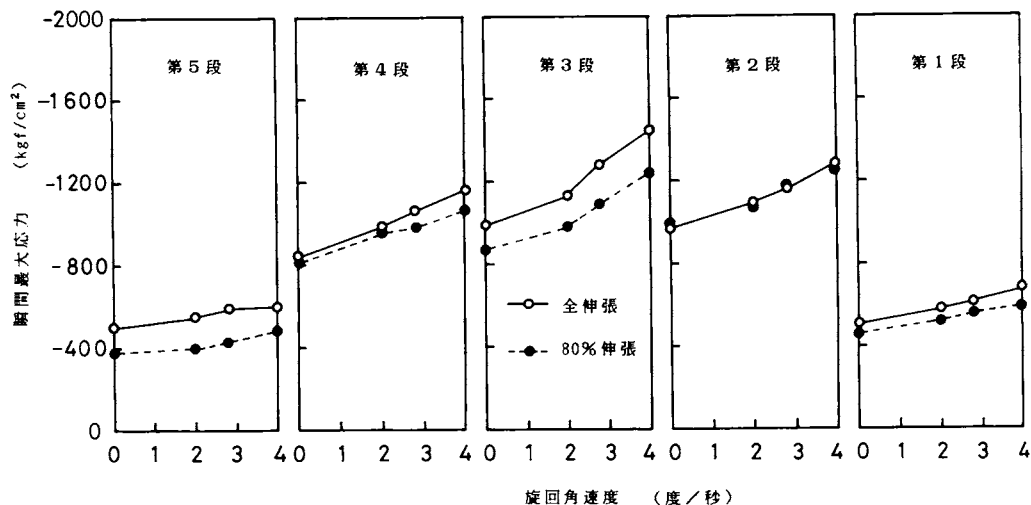


図7 旋回角速度と下骨に発生する瞬間最大応力の関係

(はしご姿勢：起立角65度、リフター内荷重120 kgf)

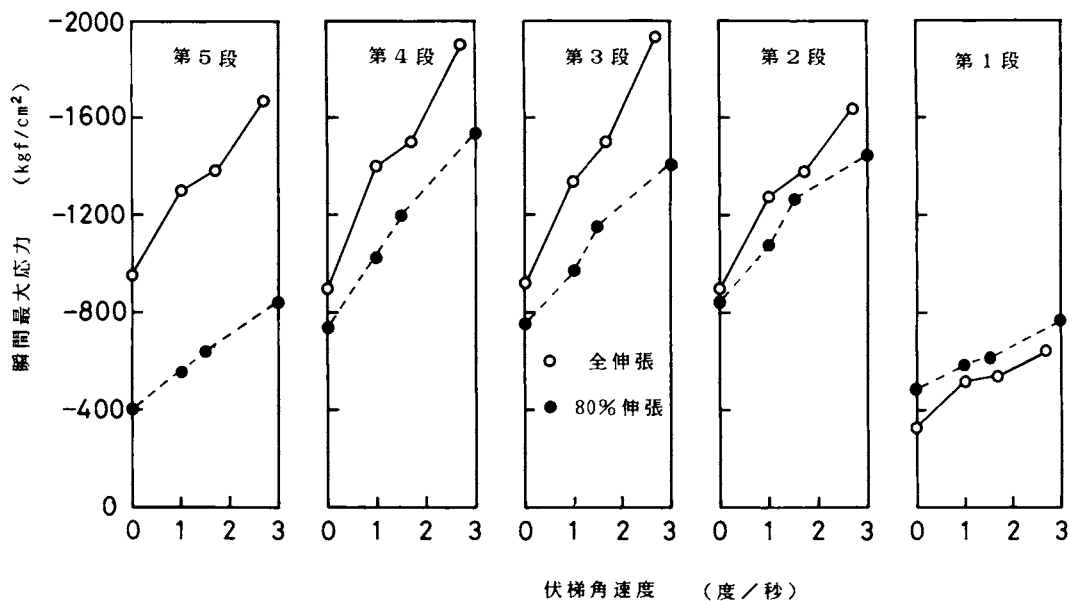


図8 伏梯角速度と下骨に発生する瞬間最大応力の関係

(はしご姿勢：リフター内荷重120kgf、傾斜角0度)

合よりも値が小さくなっていることでもわかる。(ただし、第2段では両状態でほぼ等しい値となっている。)

3.2.2 伏梯

伏梯急停止時にはしごの下骨に発生する瞬間最大応力(静的応力+動的応力)と伏梯角速度の関係を図8に示す。伏梯角速度が3度/秒(バルブ全開状態の速度：最高速度)の場合、下骨に発生する瞬間最大応力は第3段で1930kgf/cm²である。この場合、静的応力に対する動的応力の割合は、約110%である。

傾斜がある場合、はしごの下骨に発生する応力を図9に示す。傾斜角が4度で高速(約3度/秒)の場合、応力値は第3段で2050kgf/cm²となる。この応力値は動荷重を考慮した場合の安全率1.7での許容応力(2650kgf/cm²)よりやや低い。はしご先端のねじれ角は図4から14度以上となる。前述のように、はしご先端ねじれ角の限界値を10度とすると、応力的には限界内の値であるからねじれ角はすでに限界を越えており、危険状態であるといえる。

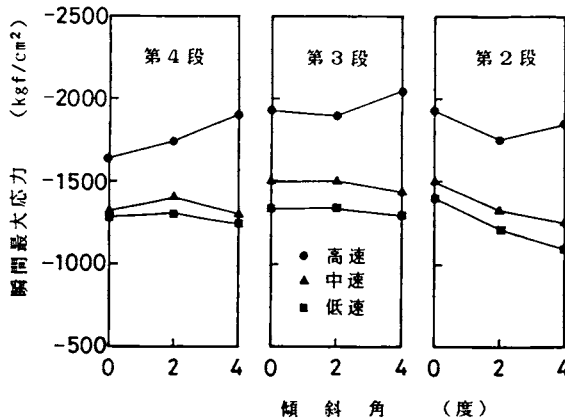


図9 伏梯急停止時における傾斜角と下骨に発生する瞬間最大応力の関係 (はしご姿勢：全伸長、リフター内荷重120kgf)

4. はしごの設計応力評価について

はしご車がある静荷重を受けた場合、そのはしごに発生する応力の大きさの評価は一般に実車を用いた応力測定を行うのではなく、はしごをなんらかの方法でモデル化し、それに対して計算を行うことによつてなされている。

従来から行われてきた簡便的な応力評価法(以下「従来法」という。)は、はしごの各段を正面方向の曲げ剛性が等価な一本のはりで置き換え、これに曲げ理論を適用して設計応力を求めるものである。そして、この

値に対して安全率3が満足されるように設計されている。

これに対して、構造物の応力評価によく用いられる有限要素法は、はしごを構成する各部材を軸方向、曲げ、ねじり等の荷重に対して剛性が等価な一本の梁に置き換え、コンピューターを利用して応力を求めるものである。この方法の特徴は、各部材のすべてについて強度評価を行うことができることである。表1に従来法と有限要素法の比較を示す。

はしごが全伸長、リフター内荷重120kgfで自動停止位置、傾斜角ゼロという静荷重状態において、各段のオーバーラップ部の上骨と下骨に発平する応力と起立

表1 従来法と有限要素法の比較

	従来法	有限要素法
長所	計算が簡単である	すべてあるいは必要な部材に生ずる応力が求められる 正面荷重の他に横荷重、ねじり荷重等に対する部材の強度評価ができる 応力集中や動荷重の影響を評価できるプログラムもある
短所	各部材ごとの強度評価ができない 正面荷重しか適用できない 応力集中が評価できない	入力するデータの量が多い 3次元解析の場合、大型コンピュータが必要である

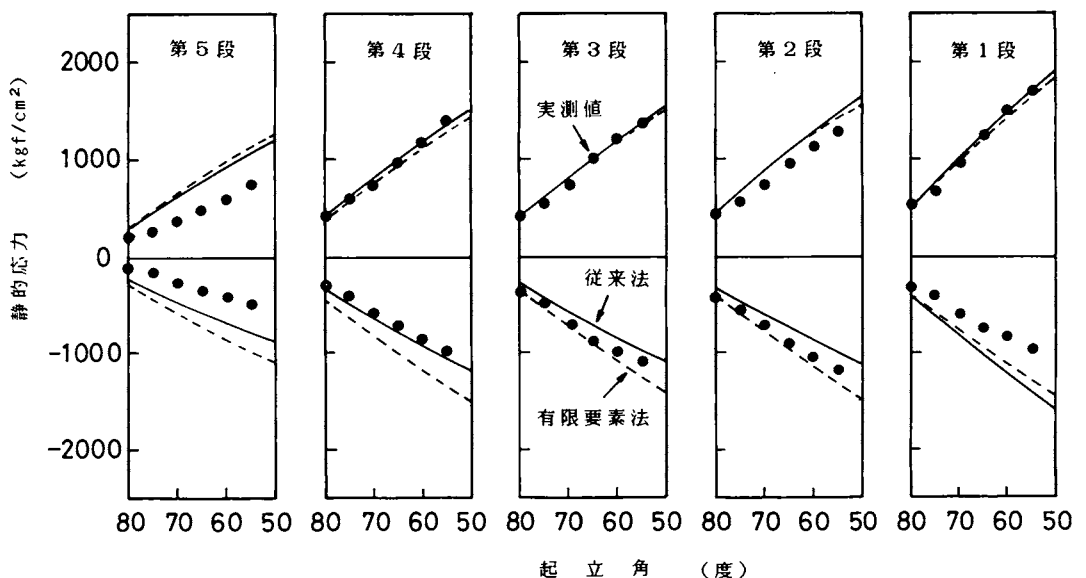


図10 従来法および有限要素法による計算値と実測値の比較 (はしご姿勢：全伸長、リフター内荷重120kgf、傾斜角0度)

角の関係を図10に示す。図中で、●印は実測値、実線は従来法による計算値、破線は有限要素法による計算値を示している。2つの解析結果と実測値を比較すると、上骨では第5段を除いてほぼ一致している。一方下骨において、有限要素法による値は実測値とほぼ一致しているかもしくはやや大きく評価している。従来法による値は、第2段と第3段の下骨で実測値より低くなっており、応力値を過小に評価している。これははしごを1本の梁としてモデル化したためであり、有限要素法に比べ近似度が劣っていることが明らかである。

これらのことを考え合わせると、はしごの各部材が曲げ理論の仮定を満足する限り、その応力評価に対して、有限要素法は有力な解析方法のひとつであることがわかる。

5. むすび

はしご自動車検討委員会で行われた実験結果をもとに、はしご本体の強度について述べた。はしご本体の傾斜角および動荷重がはしごの強度に及ぼす大きな因子のひとつであることを示した。本報が今後のはしご自動車の機能および安全性の向上に役立てられれば幸いである。

文 献.

- 1) 自治省消防庁はしご自動車検討委員会：「はしご付消防自動車の安全基準に関する報告書」昭和62年3月
- 2) 同上：「はしご自動車に関する検討報告書」昭和61年3月
- 3) 同上：「はしご自動車強度検討報告書」昭和61年3月

津波注意報の伝達等に関するアンケート調査

吉原 浩・座間信作

1. はじめに

1983年日本海中部地震は、死者104名中100名が津波によるという点で津波の恐ろしさを改めて印象づけた。この様に、津波による死者が多数にのぼった原因として、津波の波源域が海岸付近にまで広がっていたため、最も早く津波の到達した地点では地震発生後約8分であったように、地震直後に津波が到達したこと、津波の恐ろしさについて住民が十分に認識していなかったのではないと思われること、津波警報が住民・観光客等へスムーズに伝達されなかった例が少なからずあったこと等があげられている¹⁾。しかし、津波が地震発生直後に海岸に到達した例がこれまでなかった訳ではない。1896年以降、地震発生後10分以内に津波の第一波が到達した例は、このほかに、1964年新潟地震で8分、1961年日向灘地震で1分、1946年南海道地震で6分、1944年東南海地震で10分等があげられる²⁾。1923年関東地震でも、熱海市では地震後5～6分で津波が襲来していた³⁾。これらの例は、地震が発生したとき、地域によっては津波の第一波は地震発生後数分以内に海岸へ到達する可能性があることを示している。

津波から人命を守るためには、津波警報が発表されたことを海岸付近にいる人々にいち早く知らせ、避難してもらうことが肝要である。しかし、現状では津波警報が発表されるまでに地震発生後10分程度かかる。また、津波警報等が住民等に伝達されるための時間が更に必要となる。津波に関する情報の伝達に実際に要した時間については、昭和58年(1983年)日本海中部地震⁴⁾のほかは、これまで報告された例は筆者らの知る限りではない。

昭和61年5月7日に発生したアリューシャン列島中部の地震、及び昭和61年6月24日の房総半島南東沖の地震により津波注意報が発表された。これらの地震では、いずれも被害は発生しなかったが、津波情報の伝達経路とその時間的経過を調べるための機会と考えた。そこで、津波注意報が発表された地域の消防本部(消防本部が設置されていない地域では市町村の防災担当者、以下消防本部等と呼ぶ)を対象として、郵送によるアンケート調査を行った。アリューシャン列島中部の地震

におけるアンケート調査の結果については、その一部について、既に報告した⁴⁾。ここでは、両地震について行ったアンケート調査結果のうち、消防本部等が伝達及び広報等の対応に要した時間を中心としてまとめた結果の一部を報告する。

2. アンケート調査の内容

アンケート調査を行った地震の諸元⁵⁾を表1に示す。

表1 アンケート調査を行った地震の諸元⁵⁾

発生日時	震央の地名	震央の緯度・経度	M	震源深さ
昭和61年5月7日 22時47分	アリューシャン 列島中部	51.4°N, 174.8°W	7.7 (Ms)	km 33
昭和61年6月24日 11時53分	房総半島南東沖	34.8°N, 140.7°E	6.5	73

Ms: 表面波によるマグニチュード

アリューシャン列島中部の地震の震源は、北海道から北東に約3000km離れていたため、日本では地震動を感じなかった。5月8日9時30分に北海道の宗谷岬から、三重県までの太平洋沿岸に、13時30分に兵庫県(日本海側を除く)、和歌山県から佐多岬までの太平洋沿岸及び薩南・沖縄諸島にそれぞれ津波注意報が発表された。津波は、北海道東部で20 cm程度の波高が観測された。津波注意報が解除されたのは21時30分である。

房総半島南東沖の地震では、北海道地方から中部地方にかけて有感で、横浜、銚子、館山、勝浦などでは、震度IVであった。津波注意報は、6月24日12時02分以下北半島から静岡県にかけての太平洋側に発表され、12時50分に解除された。この地震では、津波は観測されていない。

アンケート調査票は、地震発生の日それぞれ約10日後に発送した。対象とした消防本部等の総数は、アリューシャン列島中部の地震で276(回答率92%)、房総半島南東沖の地震で92(回答率96%)、調査項目(付表)は両地震とも同じである。なお、以下の図表に%で示す割合は、原則として未回答、回答はあったが該当項目について未記入のもの、及び回答として不明確なもの等を含めた総数に対するものである。なお、各調査項

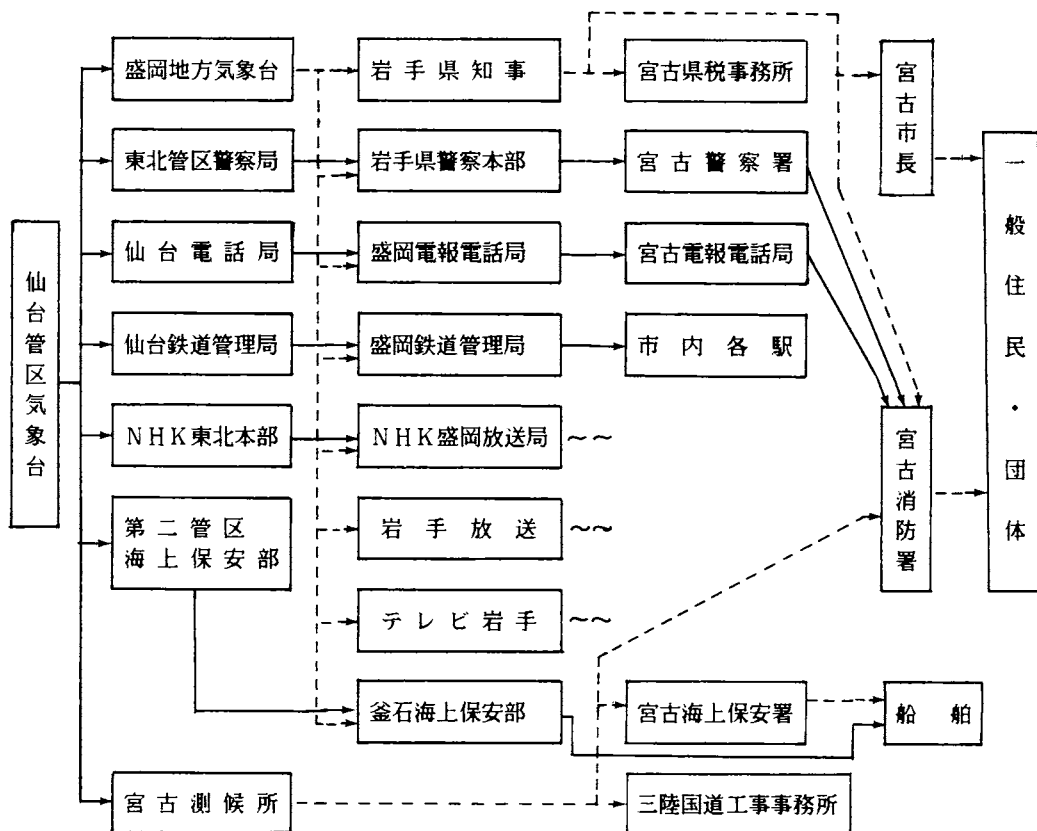


図1 津波警報伝達系統の一例（岩手県宮古市）

実線：法による義務通報系統
 破線：協定等による通報系統
 ～～：放送

文献6)より作成

目毎に、アンケート調査総数に対する、無記入のものを除いた回答の割合(回答率)、広報については無記入及び実施しなかったものを除いた実施率を図中に示す。

3. アンケート調査結果

3.1 津波注意報発表覚知の経路

津波注意報は、一般に図1のような経路⁶⁾で伝達さ

れる。消防本部等が津波注意報を最も早く覚知した経路を、図2に示す。両地震とも都道府県からの連絡によるものが最も多く、その方法は防災行政無線によるものがほとんどであった。アリューシャン列島中部の地震の場合に比べて、房総半島南東沖の地震ではTV・ラジオによる情報入手の割合が大きい。これは、地震動を感じて直ちにTV・ラジオのスイッチを入れ

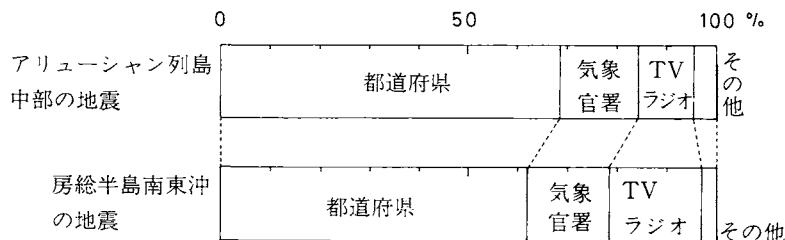


図2 消防本部等が津波注意報を最も早く覚知した経路（回答数を100%とした。）

たところが多いためと思われる。房総半島南東沖の地震では25分以内に、アリューシャン列島中部の地震では40分以内にほとんどの消防本部等で覚知がなされている(図3)。ここで、図中の実線はアリューシャン列

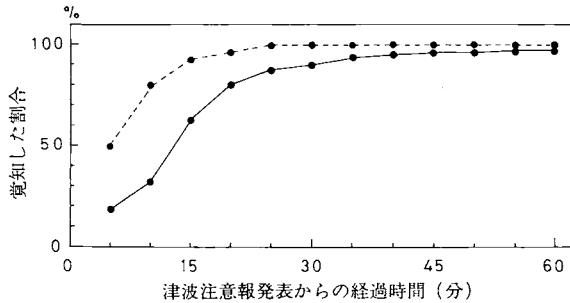


図3 消防本部等が、津波注意報を覚知するのに要した時間

実線：アリューシャン列島中部の地震……(回答率96%)
破線：房総半島南東沖の地震……(回答率92%)

島中部の地震、破線は房総半島南東沖の地震の結果であり、以下の図も同様である。

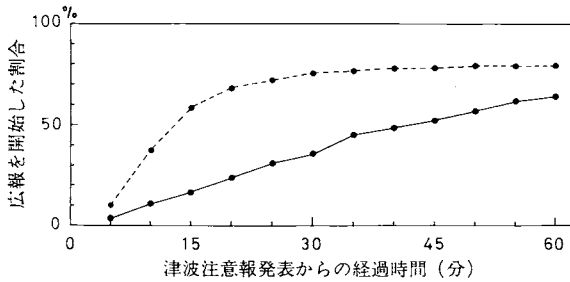


図4 消防本部等が、津波注意報発表後広報を開始するのに要した時間

実線：アリューシャン列島中部の地震……(実施率65%)
破線：房総半島南東沖の地震……(実施率82%)

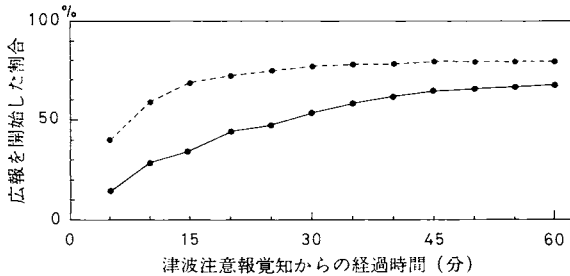


図5 消防本部等が、津波注意報を覚知してから広報を開始するのに要した時間

実線：アリューシャン列島中部の地震……(実施率65%)
破線：房総半島南東沖の地震……(実施率82%)

3.2 広報を開始するまでの経過時間及び広報の継続時間

津波注意報が発表されてから、消防本部等が広報を開始した割合の時間的経過は図4の通りであった。房総半島南東沖の地震では、広報を行った消防本部等は、ほとんど30分以内に対応していることがわかる。一方、アリューシャン列島中部の地震では、発表後30分で40%弱の消防本部等しか広報が行われていない。

消防本部等が津波注意報を覚知してから、住民等に広報を開始した割合の時間的経過を図5に示す。房総半島南東沖の地震では、約70%の消防本部等が30分以内に住民等への広報を実施していることがわかる。アリューシャン列島中部の地震では、広報の開始は必ずしも速やかに行われていたとはいえない結果となっている。房総半島南東沖の地震では、津波に対し注意を呼びかける広報を、津波注意報発表以前におこなっていた市町村が数カ所あった。これらの自治体では、一定以上の震度を感じた場合に、独自の判断によって津波注意の広報を行う体制であったためである。なお、広報の手段は、同報無線、消防車・広報車等による呼び掛けが主なものであった。

この津波に対する注意の呼び掛け等の広報が行われた継続時間(図6)をみると、房総半島南東沖の地震で

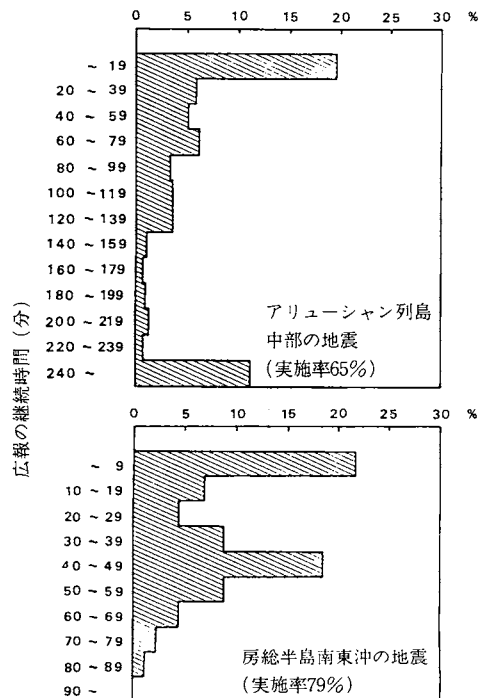


図6 消防本部等が、津波注意報発表の広報を開始してから、広報を終了するまでの継続時間

は、10分未満に終了したところのほか40～50分程度行ったところが多い。これは、注意報が発表されてから解除されるまで、広報を継続して行ったところが多いことを示していると思われる。アリューシャン列島中部の地震では、20分未満で終了した割合が多いほかには、特定の時間に集中するような傾向はみられない。津波注意報発表から解除までの時間が長かったこと等の理由により、消防本部等によって対応が一様でなかったためと思われる。広報を継続した時間が長かったところでは70分を越えたところもあった。なお、図5と図6の実施率が異なるのは、広報終了時刻が記入されていない回答を除いたためである（以下同様）。

広報以外に行なった対応としては、海面の監視、海岸の巡視、水扉門の閉鎖等が多くあげられていた。

3.3 津波注意報の解除

津波注意報が発表されている状況のもとで、情報伝達の確実性を調べることを目的として、津波注意報の解除についても調査を行った。

津波注意報が解除されてから、消防本部等が覚知するまでの時間を図7に示す。アリューシャン列島中部

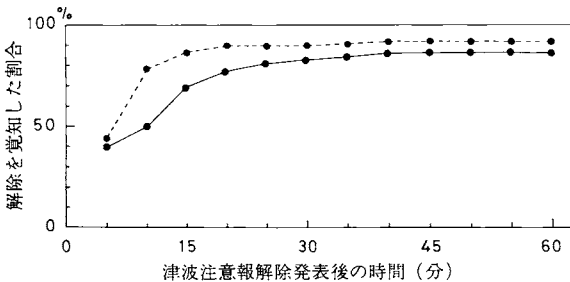


図7 消防本部等が、津波注意報解除が発表されてから、解除されたことを覚知するのに要した時間
 実線：アリューシャン列島中部の地震……(回答率86%)
 破線：房総半島南東沖の地震………(回答率91%)

の地震で30分以内、房総半島南東沖の地震では20分以内に、この項目について回答のあった消防本部等では、ほとんど覚知されており、津波注意報の発表を覚知するのに比べて短時間に行われたことが分かる。

津波注意報解除を覚知した経路（図8）を見ると、両地震とも都道府県からが最も多く、その割合も注意報発表の場合とほぼ同じである。次いで気象官署及びTV・ラジオからの割合は、アリューシャン列島中部の地震の場合には津波注意報発表のときと円じく気象官署、TV・ラジオの順で大であった。これに対し、房総半島南東沖の地震では、津波注意報の発表のときはTV・ラジオによる割合が気象官署による割合に比べてやや大であったのに、津波注意報解除のときは、気象官署からの割合がTV・ラジオに比べて大となっている。これは、房総半島南東沖の地震の場合は地震動を感じたため、地震直後にはTV・ラジオをつけて独自に情報収集を行ったが、津波注意報解除の頃は、TV・ラジオをつけていなかった消防本部等が若干あったためと考えられる。このことは、情報源の複数化が有用であることを示している。

津波注意報の解除が発表されてから、解除されたことを広報するまでに要した時間（図9）をみると、両地

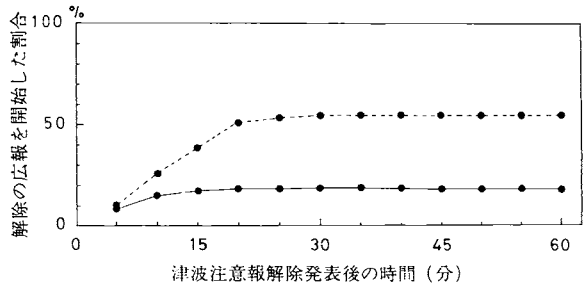


図9 消防本部等が、津波注意報解除が発表されてから、解除されたことの広報を開始するのに要した時間
 実線：アリューシャン列島中部の地震……(実施率17%)
 破線：房総半島南東沖の地震………(実施率53%)

震とも広報を実施した消防本部等は20分以内に開始していることがわかる。ただし解除されたことの広報は、津波注意報発表の広報に比べて行われなかったことが多かった。とくに、アリューシャン列島中部の地震では、解除された時刻が21時30分と夜遅くであったためか、

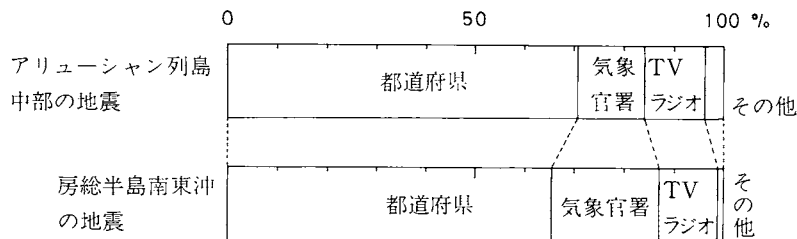


図8 消防本部等が津波注意報解除を最も早く覚知した経路

解除の広報は17%程度の消防本部等でしか行われなかった。津波注意報解除の広報が開始されてから終了するまでの継続時間(図10)は、両地震とも10分未満のところが多かった。

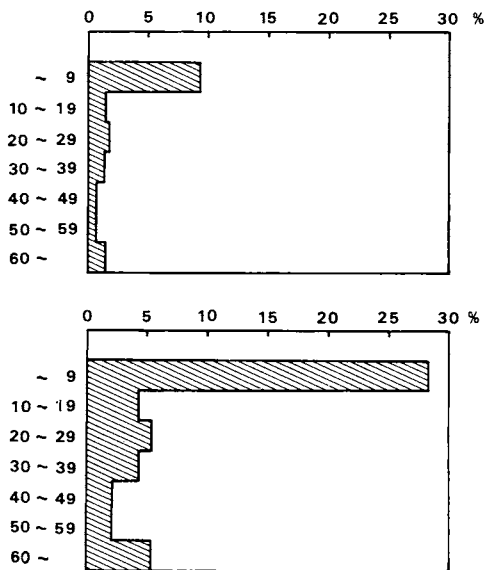


図10 消防本部等が、津波注意報解除の広報を開始してから、広報を終了するまでの継続時間の割合

4. おわりに

今回のアンケート調査により、アリューシャン列島中部の地震及び房総半島南東沖の地震の場合について、津波注意報発表及び解除の発表が消防本部等を通じて、住民までどのような時間的経過のもとに伝達されたか

等について調べたところ、これらの両地震で消防本部等が津波注意報を覚知するのに要した時間、広報を実施した割合などに差が認められることがわかった。これは、アリューシャン列島中部の地震は無感でかつ遠くで発生したこと、また、房総半島南東沖の地震は有感で震度IVの地域があったことなどにより、津波の危険性の感じ方に差があったことが原因と考えられる。

今回行った調査方法の信頼性、それぞれの地域防災計画との関連等、さらに検討すべき点は数多くあるが、津波情報伝達の時間的経過については報告された例が少ないことから、今後の津波に対する防災対策検討のための一資料となるのではないかと考え、概略ではあるがここに報告した。

なお、今回の調査にあたり、調査地域の消防本部、市町村等の防災担当者には多大のご協力を頂いた。ここに記して感謝の意を表する。

引用文献.

- 1) 自治省消防庁・消防科学総合センター：昭和58年(1983年)日本海中部地震調査報告書 (1983)
- 2) 消防科学総合センター：地域防災データ総覧—地域避難編— (1987)
- 3) 池田徹郎：伊豆安房方面津波並びに初島地変調査報告、震災予防調査会報告第100号(乙)、97~112 (1925)
- 4) 座間信作・吉原 浩：津波情報伝達等に関する追跡調査、地震学会講演予稿集 (No. 2)、282 (1986)
- 5) 地震学会：地震概況(1986年4月~6月)、地震、第2輯、No. 3、522 (1986)
- 6) 宮古市防災会議：宮古市地域防災計画 (1982)

付表 アンケート調査項目

消防機関名

所在地

以下の設問にわかる範囲で記入して下さい。

- | | |
|--|----------|
| 1. 津波注意報を覚知しましたか？ | (有 無) |
| 2. 覚知した時刻は？ | 時 分頃 |
| 3. 何によって覚知しましたか？ | |
| 4. 広報を行いましたか？ | (有 無) |
| 5. 広報の開始時刻は？ | 時 分頃 |
| 6. 広報の終了時刻は？ | 時 分頃 |
| 7. 広報の主な対象は？ | |
| 8. 広報の手段は？ | |
| 9. 津波到達予想時刻を覚知しましたか？ | (有 無) |
| 10. 予想時刻は？ | 時 分頃 |
| 11. 予想時刻を覚知した時刻は？ | 時 分頃 |
| 12. 何によって覚知しましたか？ | |
| 13. 津波は実際に到達しましたか？ | (有 無) |
| 14. 津波が到達した時刻は？ | 時 分頃 |
| 15. 津波の波高は？ | _____ cm |
| 16. 津波到達時刻及び波高は何によって知りまし
たか？ | |
| 17. それを知った時刻は？ | 時 分頃 |
| 18. 津波到達予想時刻から実際の到達時刻の間に、
行ったことは何ですか？ | |
| 19. 津波が到達した時刻から津波注意報が解除さ
れるまで何か対応しましたか？ それほどの
ようなことでしたか？ | |
| 20. 津波注意報解除を覚知した時刻は？ | 時 分頃 |
| 21. 何によって覚知しましたか？ | |
| 22. 津波注意報が解除されたことを広報しまし
たか？ | (有 無) |
| 23. 広報の開始時刻は？ | 時 分頃 |
| 24. 広報の終了時刻は？ | 時 分頃 |
| 25. 津波注意報が解除された時、広報以外に何か
対応しましたか？ それほどのよう
なこと
でしたか？ | |
| 26. その他お気付きの点がありましたら記入して
下さい。 | |

住宅火災による高齢者の死者の発生の実態

山本 勲・佐藤公雄

1. まえがき

厚生省人口問題研究所の推計によれば¹⁾、我国における65歳以上の老年人口は、昭和60年には約1,250万人(総人口に対して約10.3%)であったものが、40年後の昭和100年には約3,150万人(同上約23.4%)に急増し、総人口の4人に1人は高齢者となるとされている。高齢化社会が進むにつれて、高齢者のみの世帯数も増加するであろう。この様な高齢化社会を迎えるにあたり、高齢者の火災による被害を軽減させる方策を確立することが望まれている。このため、現在住宅用簡易自動消火装置の開発に着手している。この住宅用簡易自動消火装置を開発するための基礎資料を得るため、住宅火災による死者の発生の実態を調べた。

用いたデータは、全国の消防機関から消防庁に送られてくる火災による死者のデータで、昭和59年中の専用住宅及び共同住宅(以下「住宅」という。)における火災による死者の報告である。実態を明確にするため、「死者の発生した経過」のうち「放火自殺者とその巻添者」、「放火殺人の犠牲者」のケースは除いた。また、「類焼」によるもの、「経過不明」、「調査中」のものも除いた。

従って、ここで分析対象とした死者の発生した火災

の件数は637件、死者数は739人である。637件のうち1人死亡した火災が557件、2人死亡した火災が61件、3人死亡した火災が16件、4人死亡した火災が3件であり、5人以上死亡した火災はなかった。以下の分析における数字は、特に断らない限り、火災による死者一人ひとりを単位とした739人をベースとしているため火災件数でなく死者数を表わしている。

なお、本稿において「」で示した用語等の定義は全て火災による死者の調査表記入(記載)要領(昭和53年12月27日消防予第244号)によっている。

2. 年齢層別にみた住宅火災による死者数の比較

住宅火災による死者を年齢層別にみた状況を表1に示す。火災により死亡する人の割合が年齢層によりどの程度異なるかをわかり易く表わすために、人口100万人当たりの死者数を全体の平均死者数(6.1人/100万人)で割ったものを指標(危険指標)とした。これによると6歳以下の未就学児の危険指標は1.30であり、平均を上回っているが著しく大きな数値にはなっていない。10歳代では危険指標は0.28と小さいが、年齢層が高くなるにつれてわずかずつ大きくなり、60歳代では1.51と平均を上回り、70歳代で3.79、80歳代で10.07、90歳以上では18.05と極めて大きな値となって

表1 住宅火災における年齢別死者数(59年中)

年齢	死者数(人) (死者の割合%)	全人口に対する割合(%)	年齢別人口100万人当たりの死者数(人)	危険指標*
6才以下	84(11.4)	8.8	7.9	1.30
7~9	21(2.8)	4.4	4.0	0.66
10~19	33(4.5)	15.7	1.7	0.28
20~29	36(4.9)	13.2	2.2	0.36
30~39	55(7.4)	16.4	2.8	0.46
40~49	54(7.3)	14.4	3.1	0.51
50~59	83(11.2)	12.3	5.6	0.92
60~69	88(11.9)	7.9	9.2	1.51
70~79	140(19.0)	5.0	23.1	3.79
80~89	125(16.9)	1.7	61.4	10.07
90才以上	20(2.7)	0.2	110.1	18.05
全 体	739(100)	100	平均6.1	1.0

*危険指標は、年齢別人口100万人当たりの死者数÷全体の平均死者数(6.1人/100万人)により求めたものである。

表2 死者の性別（昭和59年中）

	全体(割合%)	6才以下(割合%)	7～69才(割合%)	70才以上(割合%)
男	442人(59.8)	44人(52.4)	246人(66.5)	152人(53.3)
女	297人(40.2)	40人(47.6)	124人(33.5)	133人(46.7)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

いる。6歳以下と70歳以上の死者の数をあわせると、全体の約50%を占めている。そこで以下の各節では全体を見つ、行動力あるいは判断力などが劣っていると思われる6歳以下の未就学児及び70歳以上の高齢者（以下この文中では高齢者とは70歳以上の人をいう）に注目してその火災による死亡の傾向を検討する。

3. 火災による死者の発生状況

3.1 死者の性別

表2の死者の性別を見ると全体では男が422人で約60%、女が297人で約40%の割合となっている。6歳以下では男が44人、女が40人と約1：1の割合となっている。7～69歳では男が66.5%、女が33.5%となっており、2：1の割合で男の死者の方が多くなっている。70歳以上の高齢者では、男が152人(53.3%)、女が133人(46.7%)となっているが、実際にはこの世代の男女人口比は4：6であるので、男の火災による死亡率の方が女のそれより約1.5倍多いこととなる。

3.2 出火室別の死者数

出火室別の死者数は、表3の左欄のとおりで居室からの出火で約80%の人が、台所からの出火で約11%の人が死亡しており、両者で約90%を占めている。70歳

表3 出火室別の死者数（昭和59年中）

場所	出火室別の死者数(%)
居室	579人(78.3)
台所	81人(11.0)
食事室	14人(1.9)
玄関	10人(1.4)
廊下	7人(0.9)
浴室	6人(0.8)
その他	33人(4.5)
不明	9人(1.2)
計	739人(100)

以上及び6歳以下の死者数についても同様の傾向がみられた。

3.3 出火者が本人か他人かについて及び「火気取扱区分」別の死者数

表4は出火者が本人か他人かについての死者数を年齢層別に分類したものである。全体では本人の場合が470人(63.6%)、他人の場合が144人(19.5%)、不明が125人(16.9%)となっている。特徴としては、70歳以上で見ると出火者が本人の場合が226人(79.3%)と多いが目立っており、6歳以下では他人の場合が40人(47.6%)と多くなっている。

表4 出火者が本人か他人かについての死者数（昭和59年中）

	全体(割合%)	6才以下(割合%)	7～69才(割合%)	70才以上(割合%)
本人	470人(63.6)	15人(17.9)	229人(61.9)	226人(79.3)
他人	144人(19.5)	40人(47.6)	73人(19.7)	31人(10.9)
不明	125人(16.9)	29人(34.5)	68人(18.4)	28人(9.8)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

表5 火気取扱区分別の死者数（昭和59年中）

火気取扱区分	全体(割合%)	6才以下(割合%)	7～69才(割合%)	70才以上(割合%)
取扱いなし	134人(18.1)	40人(47.6)	66人(17.8)	28人(9.8)
取扱中	446人(60.4)	19人(22.6)	218人(59.0)	209人(73.4)
喫煙	144人(19.5)	0人(0)	76人(20.5)	68人(23.9)
暖房	166人(22.5)	8人(9.5)	78人(21.1)	80人(28.1)
炊事	32人(4.3)	0人(0)	17人(4.6)	15人(5.3)
その他	104人(14.1)	11人(13.1)	47人(12.7)	46人(16.1)
不明	159人(21.5)	25人(29.8)	86人(23.2)	48人(16.8)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

表5は「火気取扱区分」別の死者数を示したものである。それによれば、全体では「不明」を除いてほとんど死亡した本人が火気を取扱っており、70歳以上ではこの割合は更に大きくなっている。6歳以下では逆に「火気取扱中」が22.6%と少なく、「取扱いなし」が47.6%と多くなっている。これらのことから、全体では本人が火気を取扱っていて出火者となり死に至る場合が多いと考えられ、70歳以上の高齢者では更にこの傾向が大きくなっていると言える。一方、6歳以下の未就学児では本人は火気の手取り扱いをしていなくても他の人の出火によって死亡している場合が目立っている。

3.4 出火原因

3.4.1 「発火源」別による死者数

「発火源」別による死者数を表6に示す。死者数の多い順に列記すると、ストーブ類、たばこ、マッチ・ライター、こんろ類、こたつ類となっている。この表

表6 発火源別による死者数（昭和59年中）

発火源	死者数(割合%)
1. ストーブ (石油、電気、まき、都市ガス プロパン)	158人(21.4)
2. たばこ	152人(20.6)
3. マッチ、ライター	77人(10.4)
4. こんろ (プロパン、電気、都市ガス 石油、七厘)	62人(8.4)
5. こたつ(練炭、電気)	41人(5.5)
6. 裸火 (ローソク、火ばち、燈明)	22人(3.0)
7. 風呂かまど (まき、プロパン)	14人(1.9)
8. その他	52人(7.0)
9. 不明	161人(21.8)
計	739人(100)

に示れているように、「発火源」についてはいずれの年齢層においても同様な傾向がみられる。

3.4.2 「第一着火物」別による死者数

「第一着火物」別による死者数を表7に示す。繊維・紙製品及びふとん・座ぶとんで56.6%を占めており、第一着火物としては、衣類、紙、ふとん類など繊維類が多いことが示されている。

また近年、建物火災の出火原因の10%以上を占めている動植物油火災(天ぷら油火災)での死者は1.1%であり、あまり大きな値となっていない。これは天ぷら油火災のような火災にあっては、ほとんどが食事の準備時であり、比較的早期に出火に気付くことが多く、初期消火、避難等が行われ、死者が少ないものと考えられる。

3.5 「死因」別による死者数

「死因」別による死者数を表8に示す。「一酸化炭素

表7 第一着火物別による死者数（昭和59年中）

第一着火物	死者数(割合%)
1. 繊維・紙製品等 (衣類、紙屑、繊維製品、袋 紙製品、畳、上敷、合成樹脂製品 ゴム製品、ごみ屑)	240人(32.5)
2. ふとん、座ぶとん	178人(24.1)
3. 引火性油類 (礦物油、ガソリン)	43人(5.8)
4. 木製品 (板張、ベニア、木製品 板張床、椅子、ソファー)	30人(4.1)
5. プロパン、都市ガス	22人(3.0)
6. 床面に垂直な可燃物 (フスマ、障子、カーテン)	21人(2.8)
7. 動植物油	8人(1.1)
8. その他	33人(4.5)
9. 不明	164人(22.2)
計	739人(100)

表8 死因別による死者数（昭和59年中）

死因区分	全体(割合%)	6才以下(割合%)	7~69才(割合%)	70才以上(割合%)
一酸化炭素中毒・窒息	339人(45.9)	48人(57.1)	183人(49.5)	108人(37.9)
火傷	364人(49.3)	35人(41.7)	166人(44.9)	163人(57.1)
打撲・骨折等	1人(0.1)	0人(0)	1人(0.3)	0人(0)
その他	20人(2.7)	1人(1.2)	12人(3.2)	7人(2.5)
不明	15人(2.0)	0人(0)	8人(2.2)	7人(2.5)
計	739人(100)	84人(100)	370(100)	285人(100)

表9 死者が起床中であったか・就寝中であったかの別（昭和59年中）

区分	全体（割合％）	6才以下（割合％）	7～69才（割合％）	70才以上（割合％）
就寝中	375人(50.7)	45人(53.5)	220人(59.5)	110人(38.6)
起床中	280人(37.9)	25人(29.8)	110人(29.7)	145人(50.9)
不明	84人(11.4)	14人(16.7)	40人(10.8)	30人(10.5)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

中毒・窒息」と「火傷」による死者がほとんどを占めており、その割合は全体の約半数づつである。しかし70歳以上では「火傷」の割合が多くなっている。これは、70歳以上では「着衣着火」による「火傷」により死亡したものが多いためと推測される。

3.6 被害者が「起床中」であったか「就寝中」であったかの別

出火時寝ていて死亡したか、起きていて死亡したかを表9に示す。6歳以下と7～69歳では「起床中」がそれぞれ29.8%、29.7%であるのに対し、70歳以上では約50%を占めている。高齢者の場合、起きていても火災死の危険が7～69歳の層に比べて多いことが示されている。

3.7 建物の「焼損程度」と死者数の関係

建物の「焼損程度」と死者数の関係を図1に示す。「全焼」の場合の死者数が491人（66.4%）、「半焼」の場合の死者数が98人（13.3%）、「部分焼」の場合の死者数が150人（20.3%）と「全焼」の場合の死者数がかかり多くなっている。

「部分焼」における「焼損面積」と死者数の関係を図2に示す。焼損面積が0 m²（建物としての機能が失われた部分についての面積が0.5m²未満のもの及び着衣等のみの焼損で建物の機能に損傷を与えていないものをいう）でも74人（全者数に対して10%）の死者が出ている。74人の死者の内訳は、6歳以下が5人（6.7%）、7～69歳が25人（33.8%）、70歳以上が44人（59.5%）と高齢者が多い。死因としては「火傷」が

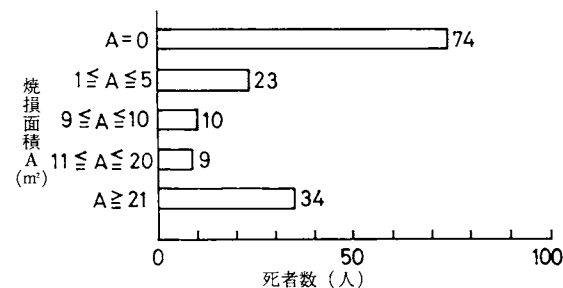


図2 部分焼における焼損面積と死者数の関係

全焼した火災での死者数 491人(66.4%)	98人(13.3%)	150人(20.3%)
-------------------------	------------	-------------

図1 建物の焼損程度と死者数

55人（74.3%）、「CO中毒・窒息」が16人（21.6%）、「不明・その他」が3人（4.1%）となっており、「火傷」が大部分である。

焼損面積が0 m²の火災における「第一着火物」別の死者数を表10に示す。衣類が「第一着火物」であったときの死者数は32人（43.2%）であり、ふとん・座ぶとんが「第一着火物」であったときの死者数は28人（37.8%）となっており両者で全体の死者数74人の81%とほとんどを占めている。

表10 焼損面積が0 m²の火災における第一着火物別の死者数

第一着火物	死者数(割合％)
1. 衣類	32人(43.2)
2. ふとん、座ぶとん	28人(37.8)
3. プロパンガス	4人(5.4)
4. 繊維製品	3人(4.1)
5. 袋及び紙製品	2人(2.7)
6. その他	3人(4.1)
7. 不明	2人(2.7)
計	74人(100)

焼損面積が0m²の場合の「死者の発生した理由」を表11に示す。「着衣着火」という理由が多く、全体で52.7%、年齢層別でみると70歳以上の高齢者では65.9%とさらに高率になっている。また次に「病気・身体不自由・老衰のため」という理由が全体で21.6%、年齢層別でみると高齢者で25%となっている。これらのことより焼損面積が0m²という火災は、主に「着衣着火」により発生し、「火傷」によって死にいたるといったパターンが多いものと推測され、また、この現象は高齢者により多く見られる。

3.8 被害者の「傷病」の有無

出火時被害者が病気であったか否か（負傷していたか否かを含む）を表12に示す。全体では219人（29.6%）

半焼した火災での死者数 部分焼の火災での死者数

表11 焼損面積が0 m² の場合の死者の発生した理由（昭和59年中）

死者の発生した理由	全体（割合％）	6才以下（割合％）	7～69才（割合％）	70才以上（割合％）
病気・身体不自由・老衰のため	16人(21.6)	0人(0)	5人(20.0)	11人(25.0)
熟睡のため発見が遅れた	6人(8.1)	0人(0)	5人(20.0)	1人(2.3)
喫煙、炊事、採暖、焚火、火遊びなどで着衣着火	39人(52.7)	3人(60.0)	7人(28.0)	29人(65.9)
泥酔のため	4人(5.4)	0人(0)	4人(16.0)	人(0)
避難行動を起こしているが、延焼拡大が早いため	2人(2.7)	0人(0)	1人(4.0)	1人(2.3)
乳幼児のため	1人(1.4)	1人(20.0)	0人(0)	0人(0)
消火したり、人を救助しようとして	1人(1.4)	0人(0)	0人(0)	1人(2.3)
ガス爆発、危険物燃焼のため延焼拡大が早いため	3人(4.1)	1人(20.0)	2人(8.0)	0人(0)
その他	2人(2.7)	0人(0)	1人(4.0)	1人(2.3)
計	74人(100)	5人(100)	25人(100)	44人(100)

表12 死者の傷病の有無（昭和59年中）

傷病区分	全体（割合％）	6才以下（割合％）	7～69才（割合％）	70才以上（割合％）
傷病無	484人(65.5)	81人(96.4)	260人(70.3)	143人(50.2)
傷病有	219人(29.6)	2人(2.4)	90人(24.3)	127人(44.6)
不明	36人(4.9)	1人(1.2)	20人(5.4)	15人(5.2)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

の人が「傷病有」となっておりかなり多い。年齢層別でみると70歳以上では127人(44.6%)と更にこの割合が大きくなっている。6歳以下では「傷病無」がほとんどで、81人(96.4%)となっている。

3.9 被害者が「寝たきり」だったか否か

被害者が機能障害の程度が重く、ほとんど寝たきりの状態であったか否かを表13に示す。全体では112人の人が寝たきりであるが、年齢層別でみると70歳以上では80人(112人中71.4%)の人が寝たきりとなってお

り、高齢者の割合が高くなっている。

3.10 被害者が「身体不自由者」だったか否か

被害者が身体不自由者であったか否かを表14に示す。身体障害者(身体障害者福祉法第4条に定めるものをいう)の割合は、6歳以下では3人(3.6%)と少ないが、7～69歳では39人(10.5%)、70歳以上では26人(9.1%)と割合はあまり変わらない。しかし身体不自由者を見ると全体の169人に対して70歳以上では124人であり、73.4%を占めている。従って、70歳以上では

表13 死者が寝たきりだったか否か（昭和59年中）

寝たきりの区分	全体（割合％）	6才以下（割合％）	7～69才（割合％）	70才以上（割合％）
該当する	112人(15.2)	4人(4.8)	28人(7.6)	80人(28.1)
該当しない	620人(83.9)	80人(95.2)	337人(91.1)	203人(71.2)
不明	7人(0.9)	0人(0)	5人(1.3)	2人(0.7)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

表14 死者が身体不自由者であったか否か（昭和59年中）

身体不自由者の区分	全体（割合％）	6才以下（割合％）	7～69才（割合％）	70才以上（割合％）
身体障害者	68人(9.2)	3人(3.6)	39人(10.5)	26人(9.1)
身体不自由者	169人(22.9)	0人(0)	45人(12.2)	124人(43.5)
該当しない	493人(66.7)	81人(96.4)	281人(75.9)	131人(46.0)
不明	9人(1.2)	0人(0)	5人(1.3)	4人(1.4)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

身体障害者と身体不自由者の合計は70歳以上の死者285人のうち150人（52.6%）となり、全体の半数以上にのぼっている。

3.11 死者の発生した理由

避難できず死に至ったと思われる理由を表15に示す。上位からみると「病気・身体不自由・老衰」が180人（24.4%）を占め、このうち主なものは70歳以上の高齢者で117人（上記180人中の65%）を占めている。次に「熟睡」は130人（17.6%）であり、これは7～69歳の層が78人（上記130人中の60%）を占めている。3番目の「着衣着火」による死者は81人（11.0%）であり、3.7で「着衣着火」による死者が高齢者により多く見られたのと同様、ここでも高齢者が50人（上記81人中の61.8%）となっている。4番目の「泥酔」では70人（9.5%）のうち68人を7～69歳の層が占めている。6番目の「乳幼児」では60人（8.1%）のうち当然のことながら6歳以下が58人と大部分を占めている。7番目の「消火したり、人を救助しようとして」の項では全体の53人中高齢者が27人で半数を上回っている。これは、高齢者の人が消火活動等をしようとして逃げ遅れる場合が多いためと思われる。

3.12 被害者の居住の状態

出火時被害者が自宅に1人でいたかどうかを表16に示す。70歳以上では、「1人暮らし」、「家族別棟」、「家族留守」の場合が全体の割合に比べて少しずつ大きくなっている。しかし特に高齢者の「1人暮らし」、「家族別棟」、「家族留守」の割合が目立って大きいとは言えない。

4. まとめ

高齢者を火災から守るための住宅用簡易自動消火装置を開発するに当たり、昭和59年度の火災報告をもとに高齢者の火災による被害の実態を調べた。

それによると、高齢者が死亡した住宅火災において、その出火室は90%が居室と台所で占められていること、第一着火物は55%が衣類、紙製品、ふとん等の繊維類で占められていることおよび、高齢者は着衣着火により死亡する割合が若年層と比較し高いこと等が明らかにされた。現在、これらのデータをもとに住宅用簡易自動消火装置の開発を進めている。

引用文献.

- 1) 厚生省人口問題研究所：日本の将来推計人口、昭和61年12月推計

表15 死者の発生した理由（昭和59年中）

死者の発生した理由	全体（割合%）	6才以下（割合%）	7～69才（割合%）	70才以上（割合%）
1. 病気・身体不自由・老衰のため	180人(24.4)	0人(0)	63人(17.0)	117人(41.1)
2. 熟睡のため発見が遅れた	130人(17.6)	14人(16.7)	78人(21.1)	38人(13.3)
3. 喫煙、炊事、採暖、焚火、火遊びなどで着衣着火	81人(11.0)	4人(4.8)	27人(7.3)	50人(17.5)
4. 泥酔のため	70人(9.5)	0人(0)	68人(18.4)	2人(0.7)
5. 避難行動を起こしているが、延焼拡大が早い	63人(8.5)	4人(4.8)	39人(10.5)	20人(7.0)
6. 乳幼児のため	60人(8.1)	58人(69.0)	2人(0.6)	0人(0)
7. 消火したり、人を救助しようとして	53人(7.2)	0人(0)	26人(7.0)	27人(9.5)
8. 救助・物品搬出、消火のまめ避難後再進入	28人(3.8)	0人(0)	22人(5.9)	6人(2.1)
9. 狼狽したり、持出品・服装に気をとられ	22人(3.0)	1人(1.2)	14人(3.8)	7人(2.5)
10. ガス爆発、危険物燃焼のため延焼拡大が早い	15人(2.0)	2人(2.4)	11人(3.0)	2人(0.7)
11. その他	36人(4.9)	1人(1.2)	20人(5.4)	15人(5.3)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

表16 死者の居住の状態（昭和59年中）

自宅1人区分	全体（割合%）	6才以下（割合%）	7～69才（割合%）	70才以上（割合%）
1 人 暮 し	184人(24.9)	—	107人(28.9)	77人(27.0)
家 族 別 棟	43人(5.8)	2人(2.4)	14人(3.8)	27人(9.5)
家 族 留 守	154人(20.8)	10人(11.9)	75人(20.3)	69人(24.2)
家 族 と 同 棟 等	358人(48.5)	72人(85.7)	174人(47.0)	112人(39.3)
計	739人(100)	84人(100)	370人(100)	285人(100)

可燃性液体取扱い作業中の静電気火災とその対策

川崎正士

1. まえがき

先日、農家のお年寄りが田のあぜ道の草刈り作業をしているのを見かけた。肩に自動草刈機のカッターを掛け、あぜ道をなめるように操る姿にたくましさを感じたものである。しばらくして草刈りをやめ、あぜに置いてあったポリ携行缶から、ガソリンと思われる薄桃色の液体を草刈機に給油し、再び作業を開始した。お年寄りは、おそらく、危険物の取扱いの特別な知識を持ち合わせていなかったであろう。

ポリ携行缶を用いたガソリンの移し替え作業中に発生した火災は、静電気が着火源と考えられるものだけでも全国で毎年数件報告されている¹⁾。周知のように、ポリ携行缶の素材のポリエチレンは、低湿度条件では衣服等との摩擦によって容易に高電位に帯電する。したがって、ガソリン等高引火性の液体の移し替え作業では、液体の帯電を待つまでもなく、条件さえ整えばこれらの帯電物体からの放電によって、着火する可能性がある。

さらに、最近では、一般家庭で簡単に作業できるホワイトガソリン（工業用ガソリン）を使ったドライクリーニングが行われ、その事故も発生している²⁾。

この他、工場やタンカー等で可燃性液体の取扱中に発生した事故の中にも静電気放電が着火源と考えられるものがときどき発生している。

また、消防機関等においては事故後の原因調査活動の中で、静電気放電が着火源の1つにあげられる場合にその特定に苦慮するケースも多々見受けられる。

これらの現状を踏まえて、さらに安全性を強化するには、この際、可燃性液体取扱時に起こる静電気の発生・帯電・緩和及び放電着火の過程をふりかえり、合わせて、事故事例を見ながら、その防止対策を整理することも必要であろう。ここでは、これらの問題について述べてみたい。

2. 可燃性液体の帯電と着火性

2.1 可燃性液体の取扱時の静電気帯電と着火の危険性

ガソリンや灯油、ベンゼンなどの固有抵抗^{*1)}(導電率

の逆数)の大きな液体は、パイプ等を通る過程で、それ自身に静電気が帯電する。しかし、可燃性液体の中には、アルコールやアセトンなどのように固有抵抗が比較的小さく、流動によって帯電しないものもある。

可燃性液体の取扱中に発生する静電気火災は、その固有抵抗に関係なく発生している。

それらは液体の近くに存在する帯電物体からの放電によって引き起こされることが多い。

ここでは、可燃性液体の取扱に共通する静電気火災の問題について述べてみたい。

静電気は主として異なった物体どうしが接触し剥離する過程で発生する。その発生量は接触する圧力が強く、剥離する速度が速いほど多くなる。液体の流速を制限したり、ベルトの回転速度を制限して静電気の発生を防ぐのはこのためである。もし、接触剥離を行った物質が絶縁物であったり、絶縁物を介して他から絶縁されていると、静電気を蓄積するようになる。また、絶縁された導体の近くに、帯電した他の物体が近づくと、もともと帯電していない導体の表面に、帯電体に近い面には帯電体と反対符号の電荷が、遠い面には同符号の電荷が現れる。この現象を静電誘導と呼んでいる(図1参照)。

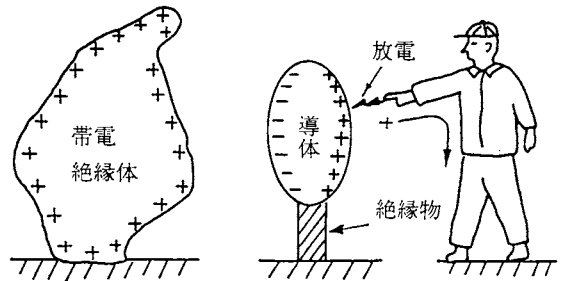


図1 静電誘導による火花放電

これらの帯電した物体や静電誘導で分離した電荷の近くに、接地した導体が近づくと、そのあいだで気中放電(以下放電という)が生じる。これらの現象は、物体を予め接地しておけば防ぐことができる。

静電気による放電が発生する場所に、可燃性のガス

*1 固有抵抗 $(\Omega \cdot m) = \frac{1}{\text{導電率} [S/m]}$

や蒸気が存在すると、その空間で着火や爆発を起こす危険性がある。しかし、可燃性物質が存在すれば必ず着火するわけではない。静電気放電による着火は落雷などの自然現象を除き、可燃性のガス、蒸気、粉体および火薬類に限られる。また、ガスや蒸気と空気の混合の割合が、ある値より多すぎても少なすぎても着火することができない。濃度がある範囲内にある場合にだけ電氣的火花や衝撃火花、化学的発熱などで着火を起こすことになる。このような濃度範囲のことをその物質の爆発限界と呼び、濃度の濃い方の限界を爆発上限界濃度、薄い方の限界値を爆発下限界濃度と呼ぶ。また、爆発範囲内の混合気体のことを可燃性混合気と呼んでいる。放電で発生した熱エネルギーがその混合気体を着火しうる最小のエネルギーを超えていれば、着火爆発を起こす可能性が生じる。この最小のエネルギーを最小着火エネルギーと呼んでいる。

一般に、静電気で生じる放電はエネルギーが小さいので、火薬類や粉体を除き木材等の固体を燃焼させることはできない。

また、一回の放電で発生する熱エネルギーは、等電位に帯電した絶縁体表面からの放電より、他から絶縁された帯電導体からの放電の方が大きい。

このように、可燃性液体取扱中の静電気火災は、液体自身の帯電によって引き起こされるものばかりでなく、化学繊維やプラスチックなどの絶縁性の高い固体の摩擦帯電や、絶縁された人体や金属などが帯電して引き起こされることも少なくない。共通していることは、可燃性蒸気やガスが発生していることである。

したがって、可燃性液体取扱時の静電気火災を防止するためには、以下のことに心がける必要がある。

- (1) 可燃性蒸気やガスを発生させないこと。発生を防げない場合には空気等でできるだけ希釈する。また、密閉容器内の場合には窒素等の不活性ガスで置換するなどして可燃性混合気を形成させないようにすること。
- (2) プラスチックなどの絶縁性の高い固体類や化学繊維の使用を避けること。やむを得ず使用する場合は高湿度条件を維持し絶縁体の表面抵抗を下げる（水は導体である）。
- (3) 金属などの導体はすべて接地し、静電誘導による電荷の発生を防止すること。人体も導体であるので、電気を通し易い帯電防止作業靴を履いて作業すること。この場合床面がプラスチックや絶縁性塗料などの絶縁体でできていると効果がない。
- (4) 液体やパイプが絶縁体であったり、機械類のベルトなどに絶縁材が使用されている場合には作業流速や運転速度を低く制限し、単位時間内に発生する静電気

の量を減らすこと。などである。

次に最も一般的で多量に使われることの多い石油類の静電気帯電と着火性について整理してみよう。

2.2 石油類の静電気帯電と着火性

2.2.1 液体の固有抵抗と帯電傾向

石油類のように絶縁性の高い炭化水素系液体をパイプやフィルターを通して流動させたり攪はんすると接触分離が連続して起こり静電気が発生する。図2は炭化水素系液体を用いて行われた実験結果³⁾で、液体の流動によって発生する静電気の帯電傾向を示している。

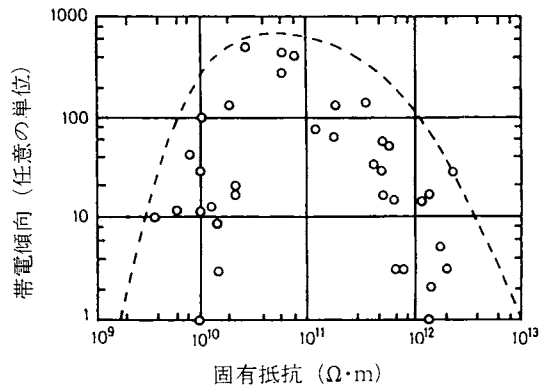


図2 油の固有抵抗と帯電傾向の関係

油の固有抵抗（導電率の逆数）が $10^{11}\Omega\cdot m$ 付近のとき帯電傾向が最大となり、 $10^9\Omega\cdot m$ 以下や $10^{13}\Omega\cdot m$ 以上では帯電が少なくなることがわかる。

この原因は一般に、油の固有抵抗を減少させるわずかな不純物イオンの存在が影響していると考えられている。不純物イオンが 10^{-3} ppm程度含まれていても電氣的影響を与える⁴⁾。高度に精製された固有抵抗の大きい製品の場合、イオン成分が少ないので静電気の発生が少なくなるが、一方油に蓄積された電荷は逃げにくくなる性質を持つようになる。イオン成分が多い場合には電荷の発生量も増えるが、それ以上に蓄積された電荷が逃げ易くなり、 $10^9\Omega\cdot m$ 以下の油では蓄積される電荷を無視できるようになる。これらのことから、炭化水素系液体の帯電傾向は固有抵抗を測定することによって把握できるのではないかと一般に考えられている。

2.2.2 流動による帯電

タンカーやタンクローリーで発生した静電気火災の中には、積荷や揚げ荷作業中に発生したものが比較的多い。それは配管系を流れる間に発生した静電気がタンク内に流入し、油面電位などを上昇させる結果、突起構造物などの間で放電を起こし、気相部に溜った爆

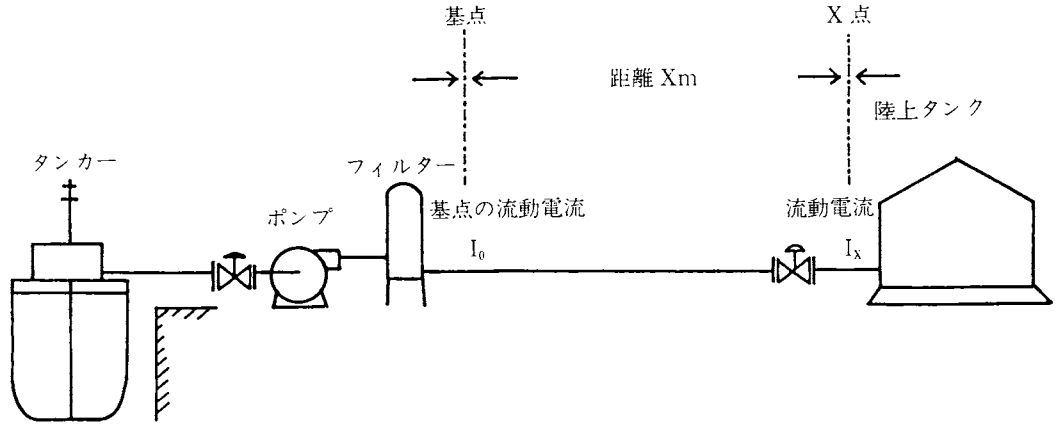


図3 タンカーから陸上タンクへの揚げ荷作業の概念図

発性混合気に着火するケースが多いためと考えられる。ここでは、配管を流れる過程で発生する静電気の量的関係について述べる。

図3は、タンカーが配管を通じて陸上タンクへ荷揚げしている様子を現している。この際静電気は主として、液体が配管を流れるときに、液体と配管内壁との間の接触・剥離によって発生する。この現象を流動帯電と呼んでいる。そのとき、液体内に持ち込まれた電荷は、液体と共に運ばれるので、これを電流と見なし流動電流と呼ばれている。

この流動電流に対して Schön は次の半経験式^{5),6)}を導いた。すなわち、純粋な炭化水素系の液体では、基点から距離 X (m) のところの流動電流 I_x (C/s) は、

$$I_x = I_0 e^{-X/X_0} + I_\infty (1 - e^{-X/X_0}) \quad \dots\dots(1)$$

と表される。

$$\text{ここで } X_0 = \tau \cdot \bar{V} \quad \dots\dots(2) \text{ 緩和長}^* \text{ (m)}$$

$$\tau = \epsilon_0 \cdot \epsilon_s / \kappa \quad \dots\dots(3) \text{ 緩和時間}^* \text{ (s)}$$

I_∞ は飽和電流 (C/s)

(配管系における飽和流動電流)

\bar{V} はパイプ断面を通過する平均流速 (m/s)

I₀ は基点に流入する流動電流 (C/s)

ϵ_0 は真空の誘電率 (8.854 × 10⁻¹² (F/m))

ϵ_s は液体の比誘電率 (石油系液体 ≃ 2)

κ は液体の導電率 (S/m)

である。

これらの式からもわかるように、基点から十分に長い距離を流れた場所の流動電流は、飽和電流 I_∞ の値に限りなく近づくことになる。また、Schön は純粋な炭化水素液体を実用規模の金属パイプに流した場合には、

$$I_\infty = K \bar{V}^\alpha (2R)^\beta \quad \dots\dots(4)$$

という実験式が成り立ち、I_∞ はほぼ流速 \bar{V} の2乗に比例し、配管の直径 2 R の1.8~2乗に比例するとした。この値に関しては研究者によって若干異なる。

ここで、 $\alpha \approx 2$ 、 $\beta \approx 2$ とすると

$$K \approx 3.75 \times 10^{-6} \text{ (C/m}^4\text{)}$$

になり、流速 \bar{V} 、配管の内径 2 R、液体の導電率 κ に、比誘電率 ϵ_s (炭化水素系液体 = 2) および基点の流動電流 I₀ の値がわかれば、(1)、(4)式から地点 X における流動電流 I_x の値のおおまかな目安をつけることができる。

また、同じ配管に同じ液体を流したとき、非常に長距離流れた地点では、流動電流が飽和値に達し、その値は流速の2乗に比例することがわかる。石油系液体では I_∞ の値は、一般にはおよそ 10⁻⁶ ~ 10⁻⁹ A 程度の値であるが、流速が速い場合には、その値が大きくなる。その電荷が大きなタンクに流入すると、油面電位が数万 V に達することがある。そして、火花放電を生じて可燃性蒸気の着火源になる恐れがある。したがって、可燃性混合気を生成する液体を取り扱う場合には、過度に流速を上げることを避けなければならない。

以上述べた実験式は、途中にフィルターやバルブや曲がった配管等のない直管を用いた実験で炭化水素系液体を用いて得られたものである。これらの機器が配管途中に入っていたり、油中に水などの不溶性混合物が入っている場合には、これらの式はあてはまらず、一般により大きな値となる場合が多い。

同じ配管系の中で一定流量の液体が流れていれば、

* 2 緩和長：帯電した液体の電荷が配管中を流れる間に、基点に流入したときの 1/e ≃ 0.37 倍に緩和するまでの流動距離。

* 3 緩和時間：帯電体の電荷が初期値の 1/e ≃ 0.37 倍に緩和するまでの時間、帯電した液体のばあいには、液体の誘電率を導電率で除した値になる。

横断面積が狭くなった場所で流速が増す。したがって、単位時間当りに発生する電荷の発生量は増大することになる。特にフィルター等の付属設備が入っている場合には素材と液体の間の接触面積が増大し、著しく帯電して危険な状態になることがあるので注意しなければならない。マイクロフィルターを通過する前後で液体の帯電量が200倍に増加することもある⁷⁾。

(1)式では、基点に流入する流動電流 I_0 の液体は、配管中を緩和長 X_0 の距離だけ流れるごとに I_0 の値の $1/e=0.37$ 倍に緩和することを示している。もし、液体が緩和長の3倍に距離を流れるとすれば、流入した電荷は約5%に緩和することになる。一方、その区間を流れる間に発生する流動電流は飽和電流 I_∞ の95%に達するので、その地点の流動電流 I_x の値は、これらの和として表される。したがって、 I_0 の値がそれほど大きくない場合には、緩和長の3倍すなわち $3 X_0$ の距離だけ流れれば、ほとんど I_∞ に達すると考えて対策をたてることが多い。

しかし、マイクロフィルターの例のように、 I_0 の値が極端に大きく、 I_∞ の200倍にも達するような場合には、その緩和長の3倍の距離を流れた後も I_∞ の10倍の電荷が流れていることになりタンクなどへ持ち込み、事故などに結び付くことになる。従って、タンクなど、液体が気相に接する設備へ送油する場合には、フィルターなどを通過した後に十分に長い区間、配管中を流して過大な電荷を緩和させなければならない。

この他、石油系液体の場合、その中に水滴や気泡などの不溶性の不純物が混入していると、流動の過程で多量の静電気を発生することがある。

2.2.3 タンク内に入った帯電液体の挙動

一つのタンク内の電界の様子は油の貯蔵量とその油の電荷密度で決まる。もし、基点から X の地点に空のタンクが存在すれば、 X の地点における配管から流入する油の電荷密度 ρ (C/m^3) は

$$\rho = \frac{I_x}{\pi R^2 V} \dots\dots\dots(5)$$

という式で表される。ここでは、 R はパイプの半径(m)である。

油が流入し始めてから t 秒後のタンク内の油のもつ総電荷量 Q_t は、油の電荷密度が場所によらず一定と仮定すれば、

$$Q_t = \tau I_x (1 - e^{-t/\tau}) \dots\dots\dots(6)$$

t 秒後の油の電荷密度 ρ_t (C/m^3) は

$$\rho_t = \frac{Q_t}{U_t} \dots\dots\dots(7)$$

で表される。ここで、 U_t は t 秒後のタンク内の油の体積

(m^3) である。

(a) タンク内に形成される電界

電荷密度 ρ_t の油が体積 U_t だけ入った接地された金属製タンク内の電界の様子は、内部に突起物のない単純な形のタンクについては解析解が求められており^{8),9)}突起構造物のある複雑な場合にはコンピューターによる数値解析が行われている^{10),11)}。

数値解析結果の一例として、帯電した液体が入った接地された円筒形タンクの内部の電位分布を図4(a)に示している。油面電位を見ると、タンクの円筒軸上で最高値を示しており、側壁に近づくにつれて下がっていることがわかる。また、タンク内部で最高電位を示す部分は油中にあり、その電位はこの形のタンクの場合、油の電荷密度が $10^{-5} C/m^3$ のとき、64.4kV になる。

油面の高さも含めて相似形の円筒形タンクでは、相対位置における電位は、理論上油中電荷密度に比例し、タンク半径の2乗に比例することが知られている。また、数値解析の結果によると、円筒形タンクが同じ電荷密度の液体で満たされると、天井面までの高さの約50~70%までたまったときに、油面電位の最高値が現れる¹²⁾。

図4(b)は、円筒形タンクの中心軸上の屋根から、内部の気相部へ接地金属球を吊り下げた場合のタンク内電位分布を示している。図4(a)と図4(b)を比較すると球表面の電界の強さが他の部分より大きくなっている^{**}ことがわかる。この傾向は、球と液面との間隔が小さくなるにつれて顕著になる。

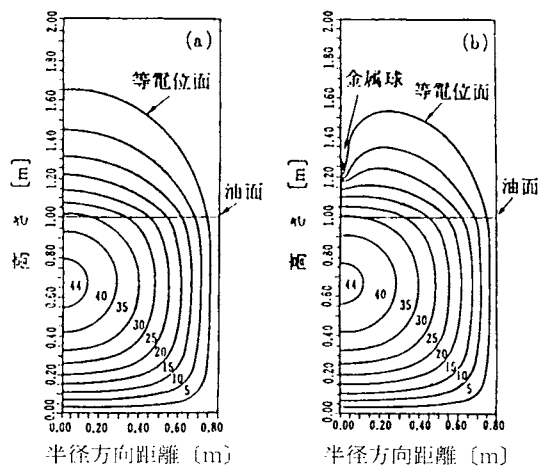


図4 帯電油の入った円筒形タンク内の電位分布¹⁰⁾
(a)突起物のない場合、(b)接地金属球を吊り下げた場合
注：等電位面の数字は規準化した電位

* 4 等電位面の間隔すなわち電位の傾斜が、他の部分より狭くなっている

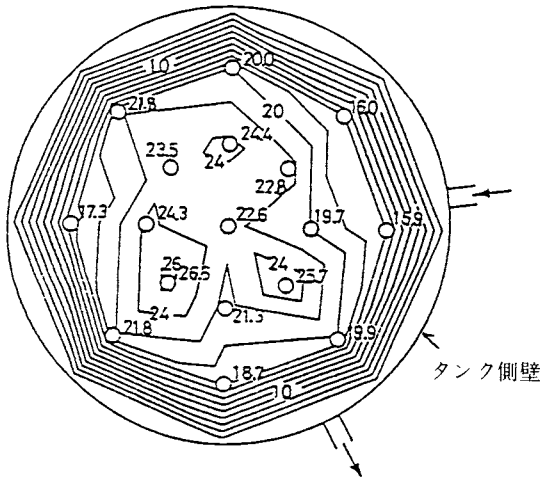


図5 油面上の電位分布測定例
(直径8.2m 円筒形タンク)

これらの結果は、小型の実験装置を用いて行われた実験結果とよく一致している。しかし、当研究所で行った直径8m規模のタンクを用いた実験¹²⁾によると、おおよその傾向を示すものの、油面の最高電位を示す部分が必要しも中心部にあるとは限らず、中心の周囲に複数の高電位を示す場所がみられた¹²⁾ (図5参照)。このことは、大きなタンクになると内部の油の電荷密度が常に均一であるとはいえないことを示している。

(b) タンク内の電荷の緩和

流入を停止したのちのタンク内の総電荷量 Q_T は時間と共に減少する。これを式で表せば、

$$Q_T = Q_0 e^{-T/\tau} \dots \dots \dots (8)$$

となる。ここで、 Q_T は流入停止 T 秒後のタンク内の総電荷量 (C)、 Q_0 は流入停止直後のタンク内総電荷量 (C) である。総電荷量が、 Q_0 と比較して $1/e = 1/2.72$ になる時間を緩和時間と呼んでいる。石油製品のように κ の値が、 10^{-13}S/m に達するものでは、3分経過した後もタンク内の電荷は約40%残っていることが(8)式から示される。しかし、数千キロリットルというような大型タンクの実測例では、計算した緩和時間の値の100倍以上の時間を要したという結果が報告¹³⁾ されている。このことは、大型装置においては(8)式で考慮されたものとは別の要因が大きく作用しているためと考えられる。

(c) 不溶性不純物の混入の影響

石油の帯電に影響する要因の1つに、水、空気、ガラスウールの塵あいなどの不溶性物質の油中への混入があげられる。

石油に混入した水分による帯電については、水滴と

石油の相対流動の他に、水滴が油中を沈降するときの帯電がある。帯電能力は、後者の方が大きいといわれる。こうした沈降帯電は、水滴が油中を沈降するとき、油との接触剥離を繰り返し、石油と水滴がそれぞれ正負に帯電するもので、水滴はタンク底に到達すると、電荷は大地へ漏洩し消滅するが、油の電荷はそのまま残り帯電するものと考えられている。しかし、まだその定量的な把握がなされていないのが現状である。

この現象では、水滴個々の帯電は微少であるが、無数に存在する水滴の電荷を合計すれば非常に大きなものとなり、流動帯電の50倍に達することもあるといわれている¹⁴⁾。また、水滴の沈降は油の流入が停止した後も、継続するので、(8)式から求めた緩和時間を経過しても、油中の電荷が減少せず、危険が持続することになる。こうした危険を防止するには、油中に水その他不溶性の不純物が混入するのを防ぎ、流入流速を制限してそれらが舞い上がるのを防ぐようにする必要がある。

また、帯電しやすい油を充填したタンクでは、検尺やサンプリングなどタンク上で作業する前に十分に時間をおき(静置時間と呼ばれる)、油の帯電の緩和を確認して作業を行うようにしなければならない。

気泡が混入した場合にも、油中を上昇する過程で油との間で接触剥離が起り、沈降帯電と同様に油が帯電することになる。

(d) 上部からの落下積み込み管によるスプラッシュの影響

油面より上部に位置する落下積み込み方式の配管開口部からタンクへ油を勢いよく注入すると、油はしぶきや噴霧をともなって噴出し、開口部からの分離の際にこれらが強く帯電する。同時に油と共に油中に気泡を巻き込むことになり油を強く帯電させる。このように、ノズルからしぶきをあげながら勢いよく液体を充填することをスプラッシュローディングと呼んでいる。

この場合、タンク内の帯電傾向を上昇させればば火災や爆発を発生させる。特に、油面上の気相部に存在する配管開口部は、格好の接地突起物となって油面が強く帯電していると油面との間で気中放電を発生することとなる。

したがって、油面上に爆発性混合気形成するような液体を取り扱う場合には、配管開口部または突起構造物が油面下へ没するまでの間は流速を下げ、安全な流速¹⁵⁾にし、スプラッシュするのを防がなければならない。もし、開口部近くの配管にマイクロフィルターなどの多量に静電気を発生する機器が接続されているとこの危険性が大きくなるので、これらの機器はでき

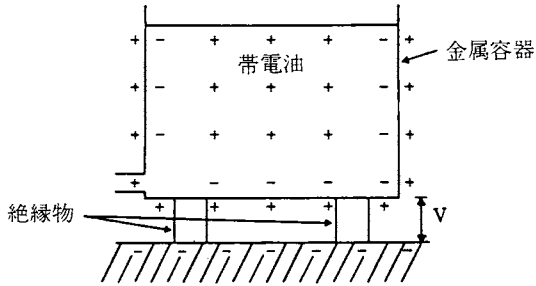


図6 容器を接地しない場合の帯電状況

るだけ開口部から遠い位置に設けるようにしなければならない。

(e) 接地していないタンクや容器の危険性

もし、導体容器が接地されておらず、絶縁状態にある場合には、容器内部の電界形成過程は2.2.3(b)までに述べたものとはほぼ同様になるが、容器と大地の間で一種のコンデンサーを形成しているので、電荷の流入に応じた電位 V を生じ、これが接地導体との間の気中放電の原因となる(図6参照)¹⁵⁾。この場合の放電エネルギー W (J) は、

$$W = \frac{1}{2} CV^2 \dots\dots\dots(9)$$

$$= \frac{Q^2}{2C} \dots\dots\dots(10)$$

となる。

ここで、 C は容器の対地静電容量 (F)

V は容器と大地間に生じた電位差 (V)

Q は容器に蓄積された電気量 (C)

である。

接地のない容器と接地導体間の放電は、流入した油の全電荷に見合う容器の電荷を瞬時に放出するので、一般に帯電した油面と接地導体間の放電より、放電エネルギーが大きく危険である。したがって、可燃性液体の取扱中には、容器は必ず接地しなければならない。石油タンクの接地は雷対策が主目的であるので、 10Ω 以下の接地抵抗で接地することが必要であるが、一般的な静電気対策の接地は、 $10^6\Omega$ 以下の接地抵抗で十分である。

(f) 容器内面のコーティングと危険性

最近、化学薬品製造工程の反応容器や攪はん器などの内面に非常に絶縁性のよいコーティング材を塗布し

たものが見受けられる。このような容器に溶剤や原料などの液体が仕込まれ、攪はんされ、排出されたりすると、その過程でコーティング面が高電位に帯電する場合がある。さらに、その帯電は作業後もかなり長時間持続することがある。このような状態で容器の上蓋をとり内部の作業を行ったため、出火した例が報告されている。これらのコーティング材は、攪はんの過程で内部の液体と接触剥離を繰り返し帯電するので、その表面は容易に数万ボルトに達する。さらに、コーティング材の絶縁性は非常によいので、液体を排出した後も数時間にわたって高電位を維持することになり、知らずに蓋をとって指などを近づけるとコーティング材の表面との間で放電を起し、内部に残留していた液体の蒸気と進入した空気とが爆発性混合気を形成し着火することになる。この場合、高電位であるので絶縁状態にある導体が存在すると、静電誘導による電荷を発生し、きわめて危険な状態となる。

このような機器を用いて作業を行う場合には、窒素などで置換し、空気の進入を防ぎ爆発性混合気の発生を防ぐことが必要である。容器を解放しなければならないときには、内部に可燃性蒸気がないことを確認した後、作業を行うことが必要である。作業員は化学繊維の着用を避け、帯電防止作業服や帯電防止作業靴を着用し、導電性のよい床上で作業を行い人体の帯電を防ぐようにする。周囲の導体類はすべて接地して静電誘導による電荷の発生や帯電を防ぐのはもちろんである。

(g) サンプルングや検尺作業の危険性

可燃性液体を充填したタンク上で、サンプルングや検尺作業を行うことがあり、これが原因でときどき爆発や火災事故が発生する¹⁶⁾。

検尺には、金属製の検尺棒や巻尺の先におもりを付けた器具が用いられ、サンプルングには金属製の採取器（以下、サンプルング瓶と呼ぶ）を金属製ロープや繊維製ロープで吊したものを使用するのが一般的である。

精製した石油類などの絶縁性の高い液体が、配管を通じてタンク内に流入すると、すでに述べた流動帯電によって発生した電荷が液体によって持ち込まれ、タンク内に電界が形成される。そして、タンクの形状や液体の電荷密度、液体の電氣的性質、液量などに応じた油面電位を形成する。

(ア) サンプルング瓶を導電性ロープで吊した場合
油面電位がある値以上になると、一端を接地した検尺棒や金属製ロープで吊したサンプルング瓶を油面に近づけることによって油面との間で放電が生じ(図7

* 5 安全な流速：危険物法令では、タンクローリへの積み込み等においては1m/s以下とされている。また、米国石油協会(API)では、流速を3 ft、西ドイツ化学工業協会では液種、管径によって分類した流速を推奨している。

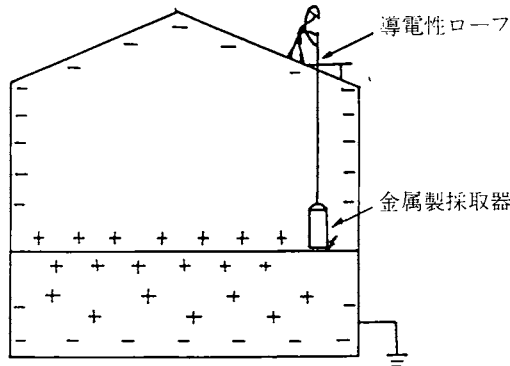


図7 導電性ロープで吊した金属製採取器の油面からの放電

参照)、爆発性混合気が存在すれば着火する可能性がある。この油面電位の値は、測定した研究者によってかなり異なっているが、一般に約3万ボルト以上であると考えられている。

(イ) サンプルング瓶を絶縁性ロープで吊した場合同様の条件で絶縁性の高いロープで吊したサンプルング瓶を油面に近づけても、油面からの危険な放電は発生しないが、次に述べる危険が存在している。

(静電誘導による危険)

サンプルング瓶にはタンク内の電界の影響で静電誘導によって瓶の底面には油の帯電と逆符号の電荷が、瓶の上部には同符号の電荷が誘起される。この状態でサンプルング瓶を引き上げ、一端が天井のハッチに近づいたり、手を伸ばしたりすると、これらの中で放電が起こり油と同符号の電荷が大地に逃げる(図8参照)。このときに発生する放電は一般に金属製ロープでつるした場合の油面からの放電より強力に危険である。また、このサンプルング瓶をハッチの中まで手で持って降ろし、その後ロープに持ち換えると、手で持っている間に油と同符号の電荷が大地に逃げるのでサンプリ

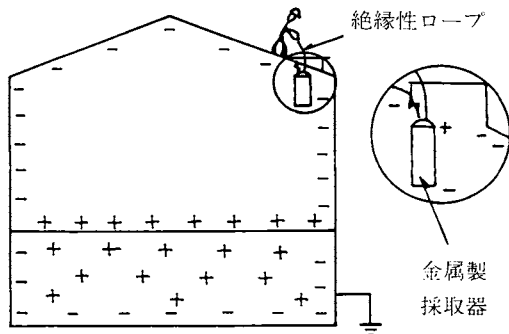


図8 絶縁性ロープで吊した金属製採取器の静電誘導による放電

ング瓶は油と逆符号に帯電する。そして、タンク上で再度手で取り上げるときに放電を起こすことになる。この他次のような危険も存在する。

(絶縁浮遊導体による危険)

絶縁された金属物体が油面に浮き、これがタンク壁などへ近づくとときには、周囲の油中の電荷を集めて放電する恐れもある(図9参照)。

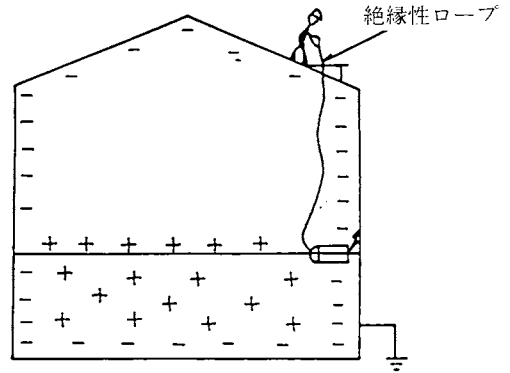


図9 帯電油面に浮遊する金属製採取器の放電

いずれにしても、帯電した油面上でのサンプルング、検尺等の作業は非常に危険であるので避けるべきである。もし、やむをえずこのような作業を行わなければならないときには十分静置時間を取り、電荷が緩和した後に $10^8\Omega$ 以下の導電性ロープを使い一端を接地して行うことが必要である¹⁷⁾。さらに、ゲージハッチにゲージウェル(図10参照)をもうけ、その中で作業を行うなど積極的に災害防止対策を実施することが望まれる。また、(f)で述べた作業中の人体帯電の防止対策を行うことは勿論である。この場合、天井床面の塗料の絶縁性には特に注意しなければならない。

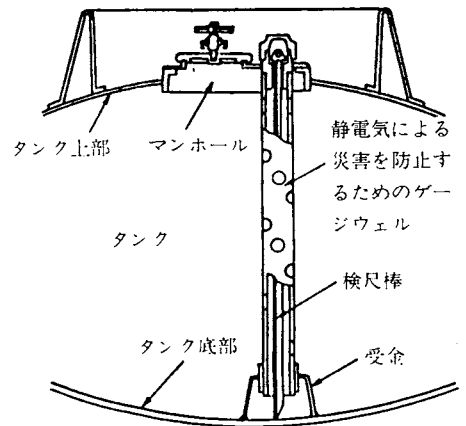


図10 タンクローリのタンク内に取付けた¹⁶⁾ゲージウェル

(h) タンク清掃作業中の危険性

タンクの清掃作業では、タンクの内壁面に水を高圧で吹き付けたり、水蒸気をノズルから注入して付着したスラッジなどを取り除く作業が過去にはみられた。

一見、帯電しそうでない水のような導電性の液体も噴霧したり壁にたたきつけられたりして、微粒水滴の形で空气中に浮遊する場合にはこれらが強く帯電することがある¹⁸⁾。そして、この水滴の帯電が原因で20万トン級のタンカーが爆発大破した事故が報告¹⁵⁾されている。

液体が急激に噴出し、あるいは壁面と激突して、飛沫や噴霧となって分離飛散するときの帯電量は非常に大きくなり、空間電荷雲を形成し放電することがある。通常は、固有抵抗が小さく静電気に対して問題のない原油や重油、あるいは水のようなものであっても、このような状態では帯電するようになる。しかも、普通の取扱温度では可燃性蒸気を生成しないような高引火性の石油類も、そのミストが $10\mu\text{m}$ 以下になるとガスと同様に引火爆発の危険性を持つようになる。

電荷雲が発生する場合には、静電誘導の危険性が非常に大きいので、爆発性混合気が発生する恐れのある空間では、周囲に存在する導体はすべて接地する必要がある。噴出や壁面との激突によって発生する飛沫の帯電を防ぐには液体の高速、高圧での噴出を避けなければならない。

3. むすび

以上、事故例を織り混ぜながら可燃性液体取扱い作業中の静電気の発生・帯電の過程と着火への結び付きの仕組み及び災害防止対策を概説した。静電気火災に対するもっとも基本的な対策は、(1) 爆発性混合気を形成させないこと。(2) 金属などの導体は、すべて接地すること。(3) 可燃性蒸気やガスを使用する場所では化学繊維やプラスチックなどの絶縁性の物質を使用しないこと。やむを得ず使用する場合には、高湿度条件にするなど、導電性を高める手段を講じること¹⁵⁾。(4) 流速や回転数を落とすなど作業速度を制限すること。などである。

工場や作業場での事故や災害は、工事やメンテナンスが終了した直後に発生するケースが多い。工事直後の作業は特に注意すべきである。

また、接地などの対策の実施に当たっては、完成当初の慎重な点検はいうまでもなく、その後の保守点検が特に重要である。接地導線の断線は、その箇所での放電が起こる可能性が大きく、接地を行う前よりも危険性が增大する。

静電気の災害は、発生の有無が目に見えないので見落としがちである。不断の教育に心がけなければならない。とくに、工事等は下請け業者に発注する場合は多いので、下請け工事人にも事前に教育を徹底する必要がある。

冒頭で述べたように、可燃性液体の取扱は工場や事業所に限らず一般家庭でも日常不断に行われている。それだけに取り扱い作業に関する教育活動の重要性を痛感する。

本稿が今後の防災教育活動の上で少しでもお役にたてば幸いである。

参考文献.

- 1) 消防庁：危険物製造所の事故事例集
- 2) 東京消防庁部危険物課：近代消防、全国加除法令出版 20, 2,71 (1982)
- 3) Roger, D. T., McDermott, J. P. & Munday, J. C.: Proc. API, 37, III,44 (1957)
- 4) 加藤勇：静電気学会誌、2, 1, 17 (1978)
- 5) G. Schön: Chem. Ing. Tech., 34 (1962)
- 6) H. Krämer and G. Schön: Estimation of Space Charge and Field Strength in Tanks during Top Filling with Electrostatically Chargeable Fuels, Preprint of the Proceeding of the 9th World Petroleum Congress (1975)
- 7) API: Recommended Practice for Protection Against Ignitions Arising out of Static, Lightning and Stray Currents, p. 17 (1974)
- 8) J. A. Carruthers and K. J. Wigley: Journal of Inst. of Petroleum, 48, 462, 180 (1962)
- 9) K. Asano: Proc. IEE, 124, 12, 1277 (1977)
- 10) 浅野和俊、H. Krämer, G. Schön: 静電気学会誌 1, 2, 114 (1977)
- 11) 松原美之：消研輯報、40, 31 (1986)
- 12) 自治省消防庁消防研究所静電気研究推進連絡会：静電気帯電の災害防止技術に関する調査研究総合報告書 (1982)
- 13) 上田実：静電気学会誌、1, 1, 34 (1977)
- 14) A. Klinkenberg and J. L. von der Minne Ed: Electrostatics in the Petroleum Industry, Elsevier Publishing Co. (1958)
- 15) 川崎正士：消研輯報、38, 5, (1984)
- 16) 川崎正士・松原美之：安全工学、18, 5, 284 (1979)
- 17) 労働省産業安全研究所：静電気安全指針 (1978)
- 18) 川崎正士：消研輯報、40, 18 (1986)

香港・広州見てある記

山田常圭

筆者は、最近中国旅行としてもっともポピュラーなコースの一つである香港・広州・桂林へ旅行する機会を得た。防災視察を目的とした旅行でなかったため、防災事情の詳細な資料の入手はできなかったが、観光旅行中出入りした建物の防災に関連して、防火防煙区画等、興味を引かれた点がいくつかあり、後日収集した資料と併せて紹介した。

1. 外国旅行と火災安全

ここ数年の円高のせい、海外旅行をする人が急増し、年間数百万人にも達している。中でも、香港、台湾、韓国は、成田から僅か3時間程度で行ける手軽さもあり、社内旅行に出かける会社もあると聞く。

このように、海外旅行が大衆化してくると、受け入れ側の宿泊施設にも質的・量的な限度があり、旅行者は、今までのように一流ホテルばかりに宿泊できるとは限らなくなってくる。国内であれば、宿泊施設が適マークが交付されているかどうか気にする人も、外国のホテルの安全性についてまで気にかける人は、あまりいないのではないと思う。

『郷に入れば郷に従え』で、旅行者の生命・財産は、旅行先の国、地域の法令によって守られることになる。これは、非常に当り前のことながら、持つ意味は重要である。

建物の火災の安全に限っていえば、海外で我々が泊まるホテルや、出入りする建物の防災対策は、日本と安全レベルも異なれば、その安全対策の中身も違うのである。よく旅行案内書に、『この国は、水の事情が悪いので生水を飲むのは止めましょう。』と書かれているが、それと同じように、防災についても予めその国の実情が分かれば、生水と同様の注意が喚起されていいはずである。

毎年、公私を問わず海外へ防災視察団が幾組も出かけて行っているが、これらの殆どが、より新しい優れた防災システム等を調査対象としており、目は西欧、北米を向いている。これに対して、おそらく一般の旅行者にとって必要である筈の東南アジア諸国の防災事情については、あまり伝わってこない。

「そんなものは、アメリカや日本の法規の焼き直しだよ」と一蹴されそうであるが、実際にどの水準にあ

るのか知っておくことは、海外における日本人旅行者の安全確保上重要であろう。その意味で、海外の旅行者からの防災の情報や体験記は貴重である。

さて、筆者も円高の恩恵に浴し、中国旅行としては、最もポピュラーな香港・広州・桂林への旅行をすることができた。この旅行は、私個人の観光旅行であり、いわゆる防災視察旅行ではない。そのため、防災対策についての専門的な資料をもとに、各都市での旅行者の安全性を一般化して論じることにはできないが、街角や建物内部で誰しもが見ようと思えば見られる範囲で、気のついた点を以下いくつか紹介して見ようと思う。

以下の話の中には、裏付けが取れないようなもの、また、私の不勉強による誤解が幾つかあるかもしれないが、気のついた点を書き留めておくと、後日その内容について再度確認ができるし、また、その地へ防災視察旅行をした人からの助言が得られるかもしれない。そういった期待を込めて筆を執ることにした。

なお、3都市のうち桂林を本表題から除外したのは、桂林での宿泊所が大学の寮（4階建ての小規模建物）であったのと、有名な川下り観光に徹したため、特に建物の防災に関して興味を引かれるような点はなかったからである。

2. 香港について

超過密都市香港

香港は、総面積1,052km²、東京都の総面積が2,145km²であるから約半分の面積に五百数十万の人が住んでいる。これだけみると、人口密度的には東京とたいして変わらないようにみえるが、九龍半島(9.6km²)と香港島(87km²)に人口が集中しているため、この地域での実質的な人口密度は極めて高い。

東京でも最近になって超高層集合住宅というのが出現してきたが、日頃、過密都市東京に住んでいると思

っている筆者自身も愕然とするほど、超高層集合住宅が林立している。また、一般のビルの密集度も非常に高く、香港、啓徳空港到着間際に感じられるビルの谷間へ機が突っ込んでいくような迫力は圧巻という他ない。

英国領香港の防災対策

物見遊山旅行にも関わらず、香港空港のターミナルビルを出る時に、早速、香港の建物の防災を意識することになった。それは、普通の人にとっては何の変哲もない階段室入り口の扉である。ガラスの入った扉で中央部に“SMOKE STOP DOOR, KEEP CLOSE”と朱書してある。この防煙用扉は、以前ロンドンのホテルでみかけた、廊下の途中に唐突に設置されていた扉を彷彿とさせるものであった。

御存知のとおり、香港は1898年以来、英国領としての90年近い歴史があり、多くの社会制度は英国のそれに根ざしている。また、路上の出看板のけばけばしさと人口密度の高さは東南アジア的であるが、街の建築の表情等に、英国の雰囲気を感じとることができる。

建築防災面においてもこの例に漏れず、英国の影響があることは極く自然なことであろう。防煙扉ばかりでなく、日本では、古典的になりつつある赤い液が封入されたガラスバルブタイプのスプリンクラーが、ホテルの廊下で目についたが、これなども英国流のあらわれとみることができよう。しかし、すべてが英国流のかということ、必ずしもそうではないのが自由貿易都市香港のおもしろさである。ガラスバルブ型スプリンクラーが設置されている同じホテルの客室内部には、側壁にメタルヒューズの側壁型スプリンクラーが設置されており、これなどは、アメリカ的であるといつてよい。ホテルがアメリカ系列であったためにこのような折衷案がとられているのか、たまたま増設された部分がそうになっていたのか、どうも見ただけではよく判らない。

香港の火災事情

香港に到着し、啓徳空港で防煙扉に感激したのも東の間、市内の道路に出ると早々、梯子車に出会った。また、僅か正味3日間の滞在中に数度サイレンを鳴らして走る消防自動車を見かけたり、テレビで住宅の火災のニュースをみることになった。こんなことから、「さぞかし、超高層住宅に多くの人が住む香港は、火災による被害が多いところではなかろうか」と感じて帰国した。

旅行後、P.S.SHAENMAN らによる環太平洋諸国の防災調査レポート¹⁾を読んでみると、この認識はどれも正しくないらしい。香港における百万人当りの火

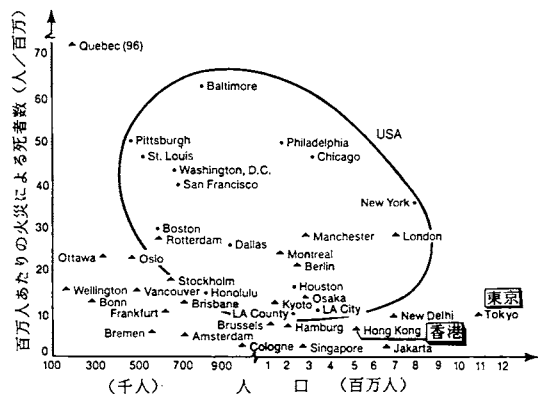
災死者数は非常に低く、1978～83年の年間平均で約7.5人/百万人である（同時期に日本では16、米国では31人/百万人である²⁾）。

同資料によれば『1983年において9,363件の火災があり、その内建物火災が5,170件を占めている。その建物火災の約1/4が7階以上の高層建物で、1/10が16階以上の階で発生している』とのことである。ちなみに、同年東京都では、出火棟数が4,290棟²⁾となっており、人口一人当りの出火件数について言えば香港が東京の倍以上となっている。こうしてみると、東京都に比べて、はるかに密集度の高い、狭い地域で東京都全域と同じ程度の数の火災件数がある訳で、消防車に出会う確率が、多少高くなっても何等不思議ではない。

西欧社会に比べて、東洋の社会では、失火についての罪悪感が非常に強く、火災の出火件数が相対的に低いといわれることがある。この米国人の調査レポートによると香港もどうやら日本と同じく、「火災対策は火の用心」と出火防止が行き届いているらしい。本文末に添付した中国の消防法にも、『予防を主とし』と明記してあるところをみると、「なるほどアジアに共通した特徴かもしれない」とついつい納得したくなる。

もっとも、実際には、このような思想的な背景ではなく、単に人口密度の高さが結果的に火災の発見を早め被害を未然に防いでいるのかも知れない。シンガポール、ジャカルタ等の過密都市でも同じく低い火災死者発生率となっている。（図1）このあたりについては、その他気候や、統計の取り方にも問題がありそうなので、別な機会にじっくり検討してみたいと思う。

なお、この資料によると、香港の特殊な事情として、火災を機会にスラムの一扫がおこなわれてしまうのを



出典：東京消防庁 1981年世界調査の TriData社による分析

（文献¹⁾より引用）

図-1 世界各都市の火災による死者数

低所得者層の不法入国者が極度におそれていることも火災発生防止に幸いているらしい。

いずれにしても、旺角等の下町通りから仰ぎみる、くすんだ色の超高層集合住宅に非常に多くの人が入居しながら、これ程火災による死者が少ないというのは、まさに驚異的である。もっとも、これと同様の感じを西洋人が日本に対しても抱くかもしれないのであるが……。

アトリウム空間

香港島のセントラル地区や、九龍半島先端付近では、超モダンなビルに目を奪われる。わが国でも、NSビル等でアトリウム（大規模吹抜け空間）を有する大規模建物が見られるようになったが、香港の新しいビルの多くにも、こうしたアトリウム空間が取り入れられている。特に、英国の著名な建築家、N.フォスター設計の香港上海銀行は、卓抜した構造といい、2階から10層分（高さにして52m）ぶち抜いたアトリウム空間といい、新しい香港建築の筆頭に挙げられる。内部のアトリウム空間に面して、各階の事務室が開放してつながっている。（写真1）

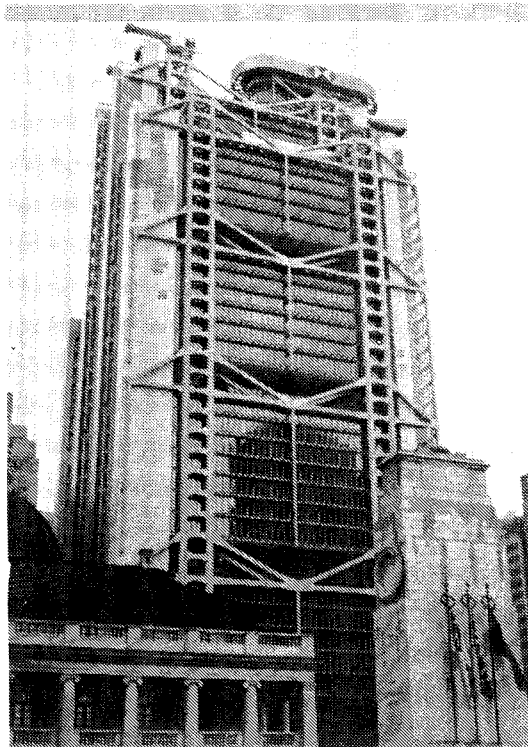


写真-1. (a) 香港上海銀行外観

日本ならば、このアトリウムと事務室空間の境をガラスの壁で仕切り煙の上階への侵入をおさえるのが防

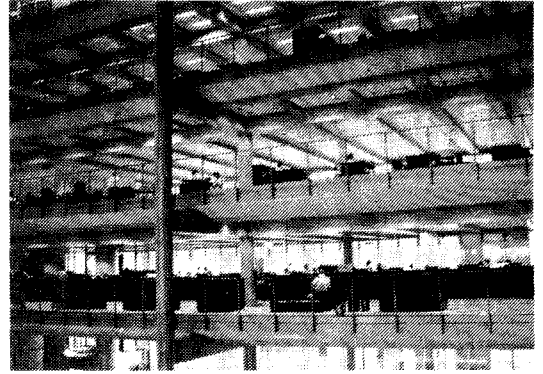


写真-1. (b) 同銀行内部アトリウム空間
アトリウムに面した部分には区画を構成するものが見られない。

災上の一般的な対処法である。また、どうしても一体空間としての開放感を確保したいならば、最低限このアトリウムに面した部分に防火・防煙シャッターを設置し、延焼や煙の拡大を防がなければならない。しかし、このアトリウムには、各階を隔てる特別な区画というものは見あたらない。

一部の階段や、エレベータのあるコア部分の防火区画は確保されているがアトリウム内部は、スプリンクラーによる延焼拡大防止が主たる対策となっている。

また、煙対策については、旅行後知ったことであるが、空調システムの送風と、自然排煙窓の双方を使うシステムになっており、消防隊による操作を前提としているようである。³⁾

防煙区画形成に慣れた筆者の目に、無防備とすら映る区画なしのアトリウムは、この香港上海銀行に限らず、我々が宿泊したホテルや、他のショッピングビルでも同様であった。ただし、スプリンクラーは、かなり入念に配置されているという印象を受けた。

3. 広州にて

広州市は、人口約3百万人余りの広東省の中心都市である。香港の九龍駅から直通列車で約3時間と近く、また水路も発達しており経済的に自由貿易都市、香港の影響を強く受けている。

防災関連資料の入手

さて、広州に限らず中国の観光についての資料は、最近、街頭で比較的容易に入手できるが、こと対象が消防事情や建物防災となると、通常ルートでの関連資料の入手は非常に困難になる。

例えば科学技術情報センターのコンピューターによる文献検索（JICSTのJOISシステムという）を利用して、「中国」と「火災」の双方のキーワードを有するレ

ポートを捜してみても、一題も網にかかってこない。大使館に問い合わせたりすれば資料が得られるのかもしれないが、興味本位で、そこ迄するのは多少気がひける。結局、身近な人を頼って、何とか中国の消防法⁴⁾だけは入手できた。

この消防法は、中華人民共和国消防条例と呼ばれ、1984年5月11日、第6期全人代常務委第5回会議で承認され、同年10月1日から施行されたものである。施行されてから現在迄、僅か3年しかたっていない。このような少ない情報事情に加えて、通訳はおろか、ツアーコンダクターもいない個人旅行者に、現地で中国の防災事情が判るべくもないが、ここ広州で、いくつかの興味の引かれた点をかいつまんで述べておきたい。
消防栓と香港仕様の防災対策

我々が泊まったH酒家は、客室数1129室の東洋一の規模を誇る香港資本のホテルである。1階ロビーに入ると、大空間とその壁を飾る大壁画に目が奪われる。このホテルで、それ以上に興味をひかれたのは、屋内消火栓のデザインである。

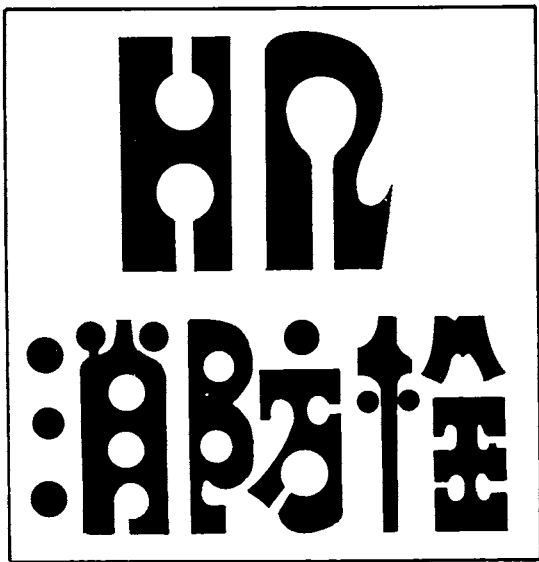


図-2 広州のホテルの屋内消火栓レタリング文字
黒の消火栓ボックスに、この金属の切抜き文字が貼ってある。HR (Hose Reel の略であろう) と書いてあるところから察するに、香港等中国以外でデザインされたものではないかと考えられる。
この図は、現地で撮影したVTRをもとに、再現したものである。

広州で私が出入りした建物はあまり多くないため、一般化するのには多少危険であるが、いくつかの建物の出口付近の屋内に『消防栓』と赤で書かれた黒色の屋

内消火栓が備えられているのが目についた。しかしながら、ここの消火栓は、黒い埋め込みボックスに金色のレタリングされた文字で「HR 消火栓」と書かれてある。(図2)これをデザインした人が現地の中国人であるかどうかは定かでないが、他の建物の『消防栓』と比べ垢抜けており、この屋内消火栓を使用する地元の消防機関がどんな反応を示したのか想像しただけでも楽しくなる。

ホテルの公共部分には、香港でみたような赤色ガラスバルブのスプリンクラーが設置されており、基本的には香港仕様となっている。また階段室への出入り口には、防煙扉が設置されている点もほぼ同じである。

室内に入ると、出入口扉の内側に火警と書いたホテルの避難経路図が貼ってある(写真2)。これなどは、

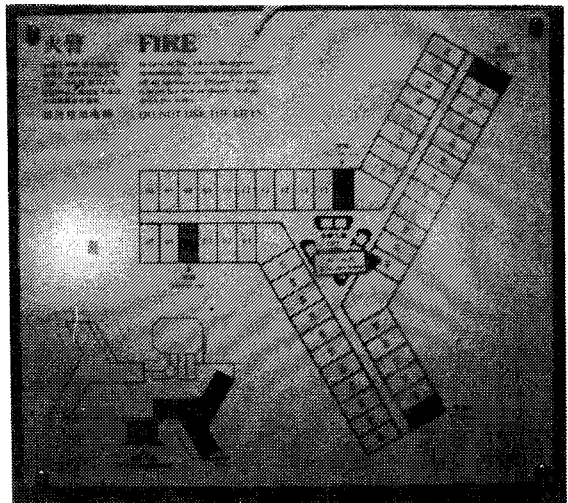


写真-2 広州のホテルの避難経路図

文の内容

「火災時には、レセプションに直ちに知らせてください。全ての扉を閉め、電源をきって下さい。図で示す最も近い階段へ避難し、階段をおりて下さい。エレベータ(電梯)を使わないでください。」

もう日本のホテルと何等かわるところがない。ただし、このホテルの内部は複雑な平面をしており、方向音痴な人には、避難路を覚えるのに多少努力が必要である。

人海戦術

私が見逃したのかもしれないが、ホテルの廊下等公共部分で火災感知器に気が付かなかった。そのかわり、押しボタンと警報ベルのセットからなる火災報知器がいくつか目についた。人口密度が高く、誰かが見つけてくれる筈であるという思想からかどうかは良く判らない。ただ、一般的にこの国では人手があまっております。

高価な設備より安価な人力に頼る傾向があるのは確かであろう。

桂林から広州へ、寝台車を利用した時のことだが、一車両に数人、コンパートメントを管理する人がいるらしく、コンパートメント内に人がなくなると直ちに鍵をかけ盗難防止にあたっている。それが彼らの仕事のように、まさに人海戦術といえる防犯体制である。

それを考えると、数人の者がホテルの各階に不寝番として防火管理にあたっても不思議ではない。ことの真偽について確認していないが、エレベータホールに面して備えられていたカウンターに、人が待機していたようでもある。もし夜間警備が人海戦術で行われているならば、わが国では真似のできない防火安全対策といえよう。

もっとも以上紹介した中国での防災・防犯の一面は、我々が宿泊した外国人用高級ホテルや、一等寝台車（軟臥車）についていえることであって、ごく一般的な中国人民の安全がどの水準に保たれているのかという議論とは、全く次元が違う。

4. 最後に

今回の旅行中、我々の泊まったホテルに限っていえば、区画形成の点で多少不安を感じるが、防災的には、まずまず満足できるものであったと感じている。香港では、英国や米国の基準が下敷きとなっており、広州では、その香港をもとにしているようである。

我々の目に映った香港や、広州は、東京と同じ様に建設ラッシュであった。広州では、高架の車専用道路がつくられ、飛行場も拡張工事の真最中であった。

古いものが壊され、新しいものに変わりつつあるそんな時期であり、人民服の中国をみるには、少しばかり来るのが遅れたのではないかという観がある。

1999年の中国返還を前にした香港もまた、見た目には活況を呈していた。一部の人が懸念して、香港の中国化という言葉を使うが、むしろ、広州の経済特別区においては、中国の香港化という大規模な実験が進められつつあるように感じられる。

こうした歴史的流れの中で、今後、中国人民や外国旅行者の火災安全がどのような考えのもとに、どの水準に確保されていくのか、防災の研究に携わる筆者としては非常に興味がある。最後に、今後の中国の防災の動向を見極めていく上で基本となる中国の消防条例中、興味のひかれる一部を抜粋し、筆を置くことにする。

文 献

- 1) P.S.Schaenman et. al, "INTERNATIONAL CONCEPTS IN FIRE PROTECTION, Practices from Japan, HongKong, Australia, and New Zealand", TriData
- 2) 消防庁、「消防白書」昭和54年度～59年度
- 3) 「香港上海銀行」日経アーキテクチャ1986, 2-24
- 4) 「◇中華人民共和国消防条例」、中国通信49922-2 1984・6・8

中国人民共和国消防条例⁴⁾（一部抜粋）

（ ）内は、筆者の加筆による

第1章 総則（第3条省略）

第1条 消防活動を強化し、社会主義近代化を守り、公共財産及び公民の生命・財産の安全を保護するため、とくにこの条例を定める。

第2条 消防活動においては、「予防を主とし、予防と鎮圧を結合する」方針を実行する。

第2章 火災の予防（第4条～8条、第10条、第12条～15条、省略）

第9条 可燃性・爆発性の科学物品を生産し、使用し、貯蔵し、運搬する単位は、公務員関係主務官庁可燃性・爆発性科学物品の安全管理に関する規定に従わなければならない。可燃性・爆発性科学物品の性能及び安全操作方法の分からない者は、操作、保管業務に従事してはならない。

第11条 人の集まる公共の場所では、非常口、避難路の円滑を維持し、火気・電気使用及び可燃物・爆発物管理の制度を確立するとともに厳格に執行し、検査及び当番・パトロールを強化して安全を確保しなければならない。

第3章 消防組織（第16条～17条、省略）

第18条 新設された都市及び拡張、改造された市街地では、通報があった後、消防車が5分以内に担当区域周辺に到着できるという原則に従って公安消防隊〔所〕を設置するものとし、消防隊〔所〕の設置が上記の規定に適合しない既存都市では逐次増設するものとする。鎮及び工鉱業区には必要に応じて公安消防隊〔所〕を設置する。既存消防隊〔所〕の消防器材・設備・施設が不足しているところは、逐次整備するものとする。

第4章 消火（第19条～第24条、省略）

第5章 消防の監督（第25条、第26条1～9及び11、
第27条～第29条、省略）

第26条 各級の消防監督機関は次の職権を有する。

10 消防科学技術の研究活動を指導し、研究
成果を検定、普及させること。

第6章 賞罰（第29条～第30条、省略）

第7章 付則

第31条 公安部はこの条例に基づいて実施細則を定
め、國務院の承認を受けて施行する。

第32条 この条例は1984年10月1日から施行する。
1957年11月29日に全国人民代表常務委員会会
議で承認された「消防監督条例」は同時に廃
止する。

（北京5月13日発新華社＝中国通信）

『消防研究所報告』掲載論文の概要

消防研究所で行った研究成果の一部は『消防研究所報告』として刊行され、国内・国外の学界、研究機関、都道府県、消防学校、大きな都市の消防本部等に頒布しております。研究の詳細についての御希望や御意見等がございましたら、消防研究所まで御連絡下さい。

通巻第63号 (1987年 3月発行)

水張り試験時の石油タンクへの AE 法の適用(2)

—修復タンク—

稲垣 実・佐々木弘明

底板を一部修復した3基の石油タンクの水張り試験時に AE 計測を実施した。AE 事象発生率と平均エネルギーの時間変化と、AE 発生位置の標定結果を基に、上記タンクの健全性について検討した。

円筒模型による消防用防護服の火炎曝露実験

第1報 淀み点における作業服の防熱効果

渡部 勇市

現在、主に使用されている10種類の作業服の布地について、人体下肢部を模擬した直径10cmの円筒模型による火炎曝露実験を行った。円筒表面の淀み点に流入する熱流束を測定し、これを基にII度火傷までの耐容時間等について求めた。

その結果、作業服のII度火傷までの耐容時間はほぼ1~3秒であり、布地の素材によってほとんど変わらず、布地の厚みにほぼ比例して長くなった。III度以上の強い火傷までの防御を考えた場合には、防熱性能は布地の素材によって変わり、熱によって縮まず、円筒表面に密着しない素材の方が優れていることが分った。

円筒模型による消防用防護服の火炎曝露実験

第2報 淀み点における防火衣の防熱効果

渡部 勇市

現在、主に使用されている11種類の防火衣の布地について、別に報告した作業服の場合と同じように人体下肢部を模擬した直径10cmの円筒型により火炎曝露実験を行った。

その結果、火炎曝露による防火衣II度火傷までの耐容時間は、作業服より約3倍以上長く、5~10秒であった。この耐容時間は、防火衣の素材によってほとんど変わらず、布地の厚みに比例して長くなった。III度以上の強い火傷までの防御を考えた場合には、作業服

と同様、防熱性能は布地の素材によって変わり、熱によって縮まず、円筒表面に密着しない素材の方が優れていることが分った。

時間の概念を組込んだ確率型延焼モデルについて

—耐火造建物の場合—

稲垣 実

耐火造建物で構成された街区で延焼をシミュレートする、時間の概念を組込んだ確率型延焼モデルを開発した。耐火造建物が火災になった場合の標準的な放射時間曲線を定め、それに隣接した建物内の可燃物の着火に必要な放射照度を求めた。さらに延焼限界距離、延焼に要する時間、延焼確率と時間の関係を求め、これらを用いて延焼シミュレーションを試みた。

積載はしごの強度

—その1—

山田 實・亀井浅道

鋼製およびチタン製かぎ付はしごに静および動荷重を負荷した場合、はしごの各部位に発生する応力を実験的に調べたものである。その結果、両はしごの各部位に発生する応力の変化や安全率の大きさに関する知見が得られた。

積載はしごの強度

—その2—

亀井浅道・山田 實

消防自動車に積載されるかぎ付きはしごのかぎ部の応力を理論的に解析した。その結果、はしご本体への取り付け部近傍に高い応力が生じること、この応力値は補強板の取り付け方により軽減できること等の知見が得られた。

2.7m 角防油堤火災の燃焼性状におけるタンク高さの影響

湯本太郎・古積 博

2.7m 防油堤火災の燃焼性状におけるタンク高さの影響を調べるため、有効タンク高さ(防油堤内初期液

面からタンクの頂部までの高さ)が87cm、直径80cmのオープンタンク4基を含む防油堤火災における燃焼速度、炎から周囲への放射熱、火炎内温度及び流入空気量を測定した。

これらの結果、前報の有効タンク高さ47cm、直径80cmのオープンタンク4基を含む防油堤火災及び、タンクを含まない防油堤火災における燃焼性状と比較検討した。

小規模室モデル内での高分子物質の燃焼による有毒ガスの発生特性

守川時生

小規模室モデル(容積22 l)内で、木材及び各種高分子素材を強制空気供給条件下で燃焼させ、CO、HCN、アクロレイン、ホルムアルデヒド、NO x などの発生特性を調べた。その結果に基づいて毒性評価を試みた。また、大規模実験の結果との比較考察を行った。

赤外線加熱によるセルロースの発火に及ぼすリン酸アンモニウムの影響

斎藤 直

セルロースの発火に及ぼすリン酸アンモニウムの影響を、リン酸二アンモニウムで処理した試料を赤外線加熱して調べた。

リン酸二アンモニウムは、セルロースに高付着率で含有された場合には放射熱によるセルロースの発火を抑制できることが明らかとなった。

しかし、付着率が不十分な場合には、リン酸アンモニウムはセルロースの発火を促進した。その主要な原因は、リン酸二アンモニウムがセルロースの熱分解開始温度を低下させ、生成した炭化残渣が赤外線吸収率を増大させること、及びセルロースの熱分解可燃成分の発生速度を十分に低下させ得ないためであった。

横置き楕円筒型タンク内部の静電場の数値計算による検討

松原美之

配管中やフィルター等を石油類が通過する際に発生した電荷がタンク内に持ち込まれることにより、タンク内部の空間に静電場が形成される。この静電場が、発生電荷量やタンク形状等の条件によっては、検尺作業等の石油類の取扱作業時等における着火性放電発生の原因となる場合のあることが知られている。

従来、こうしたタンク内部の静電場に関する研究は縦置き円筒型タンクを中心として行われてきており、横置き楕円筒型のタンクについてはあまり報告されていない。

そこで、本報告では、横置き楕円筒型タンク内部の空間に形成される静電場を3次元の差分法により数値

的に求め、タンク内部の最高電位とタンク形状の関係、並びに、最高電位及び最高油面電位と油の充填率との関係について検討した。さらに、タンク内部の金属製構造物の一例として、石油類を運搬するタンクローリーの防波板をとりあげ、その存在がタンク内部の最高電位、並びに、油面電位等に与える影響を調べた。

通巻第64号(1987年9月発行)

積載はしごの強度

—その3—

山田 實・亀井浅道

前報では、鋼製およびチタン合金製かぎ付きはしごの強度を調べ安全性を検討した。得られた知見を基に著者らはアルミニウム合金を用いてかぎ付きはしごを試作した。本報はこのかぎ付きはしごの各部位に発生する応力および溶接継手部材の疲労強度を理論的及び実験的に調べたものである。その結果、試作したはしごは十分な強度と安全性を有していることが明らかになった。

熱量的手法による濾紙に対する防災効果の測定

箭内英治

3種の代表的な無機防災剤で処理した濾紙について、ポンプ熱量計による燃焼熱を測定し、これらのデータから求められる可燃性ガス生成率から濾紙に対する防災効果を検討した。

その結果、可燃性ガス生成率で防災効果を見た場合、一番防災効果が大きいのがリン酸一アンモニウム、次いで臭化アンモニウム、ホウ砂〔7〕+ホウ酸〔3〕の順となることが分った。

また、濾紙に対するリン酸一アンモニウムの防災効果は、固相制御による可燃性ガスを減少させる作用が主と考えられるが、臭化アンモニウム、ホウ砂〔7〕+ホウ酸〔3〕の防災効果は、可燃性ガスを減少させる作用以外に別の防災作用が働いている可能性を示唆した。

室内火災条件における市販建材からの有毒ガスの発生特性

守川時生・箭内英治 ほか

市販の種々の建材を半実大室モデル内により現実的使用状態に近い箱型(1側面の開いたもの)に組み、ブローから空気を定常的に供給しながら、多くの場合、メタノールを助燃剤として混焼させ、火災雰囲気における有毒ガスの発生特性を調べた。主たる有毒ガスは、木質系からはCOとアクロレイン、また、ウレタンフォーム系からはHCNとCOであった。クリブの形の燃焼の場合の結果と比較すると、これら有毒ガスの発生は濃度的に高く、全毒性指数、 $\Sigma(C_i/C_{i1})$ も大き

いことが分かった。

早期津波情報自動検出システムの開発とその適用

座間信作・吉原 浩

波源域が沿岸近くまで拡がっているような近地津波による被害を軽減するために、一地点で得られた地震

動データを自動的に解析して、早期に津波情報を検出できるシステムを開発した。このシステムをモデル地区に適用したところ、P波検知後約2分で有効な津波情報を得ることができた。

消防研究所「月例研究会・報告会」要旨

昭和62年 1月12日

林内可燃物の燃え易さの等級について：山下邦博（火災物理研究室）

熱風発生装置を用いて高温気流を作り、その中で林内可燃物の種類、部位、乾燥状態、腐植の程度等をかえて発炎時間と発炎温度を測定した。この研究により発炎温度が腐植の程度に大きく依存していることを確認し、発炎時間の大小から主な可燃物について燃え易さの等級化を行なった。

廊下を流れる煙の拡散性状に関する実験結果：山田常圭（避難安全研究室）

従来の煙流動の研究では、専ら温度、風速分布によって煙の流れの挙動が記述されてきた。しかしながら火災時に避難上問題となるのは、煙であり、濃度拡散としての現象把握が必要となる。15mの廊下を用い煙の流れを温度、風速、CO₂濃度、微小粒子数の各事項にわたり測定し、煙流動の多面的な性状把握を試みた。その結果、CO₂濃度や微小粒子が煙層内ではほぼ均一化していること、常温の下層においてもCO₂等煙で多少汚染されることが判った。

造成地盤の地震動特性：座間信作（地震防災研究室）

谷を埋めた1つの造成地をモデル地区として、PS検層、FEM解析、地震観測等から、造成地盤の地震動特性について総合的な検討を行った。その結果、盛土地盤は比較的良好ではあるが、最大加速度、平均的加速度は切土に比べ大きいこと、地震動継続時間が長いこと、そしてそれはFEM解析結果との比較から谷地形の影響であること等が明らかになった。またFEM解を用いて造成地盤の任意点での地震動を合成し観測値と比較したところ、比較的良い一致が得られた。

昭和62年 2月 9日

燃焼速度による酸化性物質の危険性評価方法について：平田芳久・植松嵩佳・長谷川和俊（施設安全研究室）

酸化性物質の危険性を評価する方法として、酸化性物質と木粉の混合物を作り、混合状態で燃焼速度の大小を比較する試験方法がある。この試験方法の基本的特性を調べるため、臭素酸カリウム、過塩素酸カリウム、過硫酸アンモニウムについて、木粉の粒度、試料量などを変化させた場合について燃焼速度の測定を行った。その結果、木粒の粒度が小さいとき、試料の量が多いとき、燃焼は安定であり、再現性の良い燃焼速度がえられることなどが判明した。

最近のガスセンサーについて：佐藤公難（消火第二研究室）

最近、技術の進歩がめざましい可燃性ガスセンサーとくに金属酸化物半導体ガスセンサーについて解説した。従来このガスセンサーは安価であったがガスの選択性がなく、ガス洩れ警報器だけに使用されていた。最近、ガスの選択性のある安価なセンサが開発されている。このうちとくに一酸化炭素用のセンサーは火災の検知用に使われる可能性があるため、それを火災検知器として使用する場合の問題点等の調査結果等を述べた。

一点観測法による津波予測システムの概要：吉原 浩・座間信作（地震防災研究室）

地震や津波に関する情報が、一地点における地震動の観測から早期に得られれば、情報の伝達に要する時間が大幅に短縮できることから、観測地点の市町村にとって消防防災上有益と考えられる。

このたび、一地点での地震動の観測・解析により、地震動検知後約2分で自動的に地震・津波に関する情報を得ることを目的とした標記システムの試作を行った。そのハードウェア及びソフトウェアの概要ならびに本所構内における2、3の観測例を紹介した。

昭和62年 3月 9日

最近の赤外線撮像技術：笹原邦夫（第三研究部）

最近の赤外線撮像技術の進歩は、赤外線検出器の開発によるところが大きい。最近では、高画質で、毎秒のフレーム数を多くするため、DISCOID方式、SPRITE方式といわれる赤外線検出器が開発、実用化されたほか、多素子化も進み、シリコンショットバリアIR-CCDも実用化された。また、使用面での便利から赤外線検出器の冷却方式として電子冷却が主流になりつつある。

この外、コンピュータの活用で画像処理技術が進歩し、赤外線カメラが多方面で利用されるようになった。

落球感度試験による酸化性物質の危険性評価について：植松嵩佳・平田芳久・長谷川和俊（施設安全研究室）

酸化性物質と赤リンの混合物の爆発性に対する、落球式打撃感度試験機の基本特性をえることを目的として研究を行った。爆発の有無に関する試料をはさむ円柱コロの表面粗さの影響、初期落高から算定される見かけ打撃エネルギーと反発高さを考慮した正味打撃エネルギーとの違い、落球と円柱コロの衝突状況と接触時間、撃力の大小関係、爆発誘導時間などに関する知見をえた。

固体火災の消火機構：高橋 哲（消火設備研究室）

木材、プラスチック等の固体火災の水による消火機構の考察を行った。議論の前提に、消火及び消火可能（鎮圧）の言葉が各々現象として客観的なもの、および主観的なものである点を例を示して明確化させ、消火については、理論的に取扱える事を説明した。実火災の消火は、濡れ領域に注ぐ入射熱による乾燥に伴う再燃と、筒先の消火速度の競合関係によって決まるものとして説明した。またプラスチック火災の消火では、表面の熔融状態等が水の作用に影響する事も示した。

昭和62年 4 月 13 日

非火災報の発生状況とその対策：竹元昭夫（通報設備研究室）

多信号感知器の機能を持った自動火災報知設備の予備警報及び火災報について、警戒区域ごとに発生頻度を調べた。この結果から、非火災報防止対策として、次のような提案を行った。

1) 1.5種、2.5種など作動感度の数を増し、予備警報や非火災報の発生頻度により、これらの感度設定に自由度を持たせる。2) 上記の感度設定は時間帯で切替える。3) 上記の方法で対応できない非火災報については、その継続時間を考慮した蓄積機能を導入する。

火災雰囲気における市販建材等からの有毒ガス発生：箭内英治（燃焼研究室）・松本隆治（鐘淵化学工業株式会社）

市販の建材（合板、難燃合板、硬軟質ウレタンフォーム、イソシアヌレートフォーム、フェノールフォーム）を半実大室モデル内で箱型にし、燃焼させた。その結果、木質系からはCO及びアクリルレイン、ウレタン系からはCO及びHCNが主たるものであった。フェノールフォームからのCOその他のガスの発生は非常に小さかった。箱型の場合には、クリブ状の燃焼に比べ、有毒ガスの発生は大きい。これは箱型が不完全燃焼を増大させるためと思われる。

防火衣の防熱性能について——円筒模型による火災曝露実験——：渡部勇市（避難安全研究室）

現在、主に使用されている11種類の防火衣の布地について、人体下肢部を模擬した直径10cmの円筒模型による火災曝露実験を行ない、円筒表面に流入する熱流束を測定した。その結果、II度火傷までの防火衣の耐容時間は、5～10秒であった。このII度火傷までの耐容時間は、防火衣の素材によってほとんど変わらず、布地の厚みに比例して長くなった。防火衣の重量当たりに対する耐容時間を調べると、アルミ防火衣より2層タイプの防火衣の方が優れていることが分かった。

昭和62年 5 月 11 日

積載はしごの強度——アルミニウム合金製かぎ付きはしご——：山田 實・亀井浅通（地震防災研究室）

前回で調べた鋼製およびチタン合金製かぎ付きはしごの強度に関するデータを基にしてアルミニウム合金製はしごを設計・試作（はしごの全重量8.3kgfで鋼製のものより2.3kgf軽量のもの）し、その各部位に発生する応力および溶接継手部の疲労強度を、理論的および実験的に調べた。その結果、動荷重に対する安全率は1.81で基準の1.7を上回っている。疲労強度はチタン合金製のそれとほぼ同じであり、十分な耐久性を有していることが明らかになった。

放散孔のある閉空間での爆発挙動と規模効果：長谷川和俊（施設安全研究室）

2.27、11.7および136.6lの放散孔のある閉空間で、プロパンと空気の可燃性混合気体を爆発させたときの最大爆発圧力および爆発圧力インパルスに関する実測を行い、規模効果を求めた。最大爆発圧力は、開孔率が同じでも閉空間容量が大きくなると大きくなった。爆発圧力インパルスは、開孔率にのみ依存し、閉空間容量には依存しなかった。また、爆発に伴って観測される圧力波の振動現象について考察した。

火災室内の天井ジェット流に関するフィールド・モデル法とゾーン・モデル法による予測値の比較：佐藤晃由（通報設備研究室）・D.Evans(NBS)

火災のコンピューターシミュレーション法について異なる2種の解析方法（フィールド・モデル法とゾーン・

モデル法)により、同一の対象を比較、検討した例がないので、一例として、火災室天井面を水平に流れるいわゆる天井ジェット流にその両解析法の適用を試みた。その結果、天井ジェット流の両シミュレーション結果はおおよそ類似しているが、火災室天井の隅角部等ではかなりの差を生じることなどがわかった。

昭和62年6月8日

昭和59年中の専用住宅及び共同住宅における火災による死者の実態について：山本 勲、佐藤公難（消火第2研究室）

高齢者を火災から守るための住宅用簡易自動消火装置を開発するに当たり、昭和59年度の火災報告をもとに高齢者の火災による被害の実態を調べた。

それによると、高齢者が死亡した住宅火災において、その出火室は90%が居室と台所で占められていること、第一着火物は55%が衣類、紙製品、ふとん等の繊維類で占められていること、および、高齢者は着衣着火による死亡する割合が若年層と比較し高いこと等が明らかにされた。現在、これらのデータをもとに住宅用簡易自動消火装置の開発を進めている。

ポンプ熱量計による防災効果の測定：箭内英治（燃焼研究室）

代表的な3種の無機防災剤で処理した濾紙の防災効果を調べるために、ポンプ熱量計により燃焼熱を測定した。その結果、燃焼熱から防災効果を見ると、リン酸一アンモニウム、臭化アンモニウム、ホウ砂〔7〕+ホウ酸〔3〕の順に防災性能が小さくなることが分った。

また、濾紙に対するリン酸一アンモニウムの防災効果は、固相制御による可燃性ガスの減少作用が主と考えられるが、他の2種の防災剤では、別の防災作用も働いていることを示唆した。

CPU制御放水システムに関する研究 その2 火源抽出の際の閾値の選定と有効輪郭の長さ：平賀俊哉・金田節夫（消防機械研究室）

炎の下にある燃焼部の位置と形状を算出するまでの過程について述べた。火災対象としては直径100mmの円筒形容器内のノルマルヘプタンを燃焼させ、算出は容器斜め上方(水平面との角度 θ)から燃焼中の炎を熱像としてとらえたものを電算機により画像処理するという方法とした。この実験で、画像処理のさいの閾値は250~275°Cの間が最適であること、 $\theta=45^\circ$ のときが最も効率よく炎下の容器輪郭を抽出することができることがわかった。

昭和62年7月13日

林野火災の延焼速度に関する実験的研究：山下邦博・稲垣 實（火災物理研究室）

林野火災の延焼速度をより正確に予測できるようにするため、比較的規模の大きい地形模型を用いて延焼実験を行ない、延焼に及ぼす風と斜面の複合効果について検討した。斜面を燃え上る延焼速度は風速の大小に依存し、特に風上斜面上では風速と共に著しく増大することが分った。この場合の延焼速度と斜面上の平均風速の関係を一次式で近似して、その係数を実験により決定した。一方、燃え下りの延焼速度は風上側と風下側で余り差がないことが確かめられた。

タンク内への水蒸気注入による静電気の発生(II)——注入口の材質の影響——：川崎正士（特殊火災研究室）

昨年以來、ガス・蒸気排出を目的として行われるタンク内への水蒸気注入作業と静電気の発生及びその防止措置を実験検討しているが、今回は注入ノズルの材質の影響を中心に述べた。鉄、黄銅、アルミニウム、ステンレス鋼及びベークライト製ノズルを用いた測定結果では、注入蒸気中の電荷は主にノズル部で発生すること、ベークライト以外のノズルでは注入圧力の上昇とともに発生量が増すこと、ベークライトの場合は他と異なり、発生量が少ないことなどを明らかにした。

早期津波情報自動検出システムの開発とその適用：座間信作・吉原 浩（地震防災研究室）

標記システムに用いられている地震・津波情報検出のためのアルゴリズム、及び当研究所における実証試験結果を紹介した。システムは地震計、AD変換器、パソコンから構成される。一地点で得られる3成分地震動データから震源位置、津波情報を求めるアルゴリズムはパソコンの演算処理速度を考慮して比較的簡単なものに工夫されている。S/N比が大きい場合、P波検出後2分ではほぼ正確な地震・津波情報を求めることができた。

昭和62年9月14日

2、3の塩化メタンによる低圧プロパン/酸素混合気の燃焼抑制：斎藤 直（情報処理研究室）

室温及び100°C、圧力60~100Torrの条件で、当量比のプロパン/酸素混合気メタン、一塩化メタン、クロロホルム、四塩化炭素をそれぞれ7.7%添加し燃焼速度を測定した。これらの塩化メタンは、いずれもプロパン/酸素

混合気の燃焼をメタン以上に抑制した。また、塩化メタン添加、未添加の混合気間の燃焼速度比は、混合気温度による差異はなく、混合気の初期温度の上昇に伴う燃焼速度の増加に対する塩化メタンの燃焼抑制効果は、相対的に低下することを示した。

限外河過法によって分離されたケラチン加水分解物の泡立ち成分について——アミノ酸組成と還元性——：星野誠・林 幸司（消火第一研究室）

ケラチン加水分解原液とその分離成分中には、メルカプト基（-SH）をもつタンパク質が含まれているため、還元性を有することが判明した。その還元性を試験するためには、鉄（III）を用いて鉄（II）に還元する反応を利用するのが最も実用的な方法であると考えられる。また、ケラチン加水分解物系泡消火剤の主要成分である鉄（II）-加水分解タンパク質の製造、貯蔵、消火性能の向上に対し、加水分解タンパク質がもつ還元性が深く関与していることが明らかになった。

火災雰囲気におけるカーテンの燃焼による毒性——含窒素繊維製品としてのカーテンについて——：守川時生・松本隆治・箭内英治（燃焼研究室）

ブローによる空気供給装置を備えた8m³の半実大室内において火災初期のカーテンのみの燃焼に伴う有毒ガスの発生状況を調べた。その結果、燃焼物に対する燃焼時の空気の供給量が豊富なため、CO、HCN、アクロレインなどの有毒ガスの発生は殆どなく、カーテン素材間のHCNの発生量の違いも小さかった。また、火災最盛期においては、可燃物全体からの有毒ガスの発生に対し、カーテンの燃焼による毒性の影響は非常に小さかった。

昭和62年9月28日

NBS 火災研究センターの研究体制について：関沢 愛（地震防災研究室）

米国における国立の火災研究機関であるNBS火災研究センター（1974年設立）について紹介した。同研究センターは、研究職員数約100名で、「火災損害及び防火投資の総額を半減する」という国家的目標と結びついた長期研究計画に基いた研究を遂行しており、国内外の研究機関との人的交流も盛んである。現在、研究上の重点は、コンピュータ技術を用いて火災時の火炎や煙の拡大、人間行動をモデル化し、火災危険度評価手法を作成することに置かれている。

昭和62年10月12日

挿入電極による配管内油中電荷密度の測定：松原美之（第2研究部）

配管中の帯電した灯油の電荷密度を直接測定するための電極を試作し、内径16.1mmφの配管系を用いて実際に油中電荷密度の測定を実施した。その結果、油中電荷密度が10μC程度以上ある時には本電極を用いて油中電荷密度を測定することが可能であることが判った。さらに、電圧測定系の入力インピーダンスを変化させることにより、本電極により配管中の灯油の導電率を同時に計測できる可能性があることが判った。

廊下における煙流動に及ぼす垂壁の影響：山田常圭（避難安全研究室）

天井、梁や垂壁等の突起物は、煙の伝播速度を低下させる反面、煙層を降下させたり空気との混合を促進し煙量を増加させる可能性がある。こうした煙の流れへの影響を知るため、15mの廊下内に、2種類（20cm、50cm）の垂壁を設置した場合と何も設置しない場合について実験を行った。垂壁がある場合には、上流側の煙流量を減ずることができるが、垂壁によって巻込み空気量が増大し、下流の煙流量には、垂壁の有無による差が認められなかった。

炭化水素火災から生ずる煤と放射熱：古積 博（第1研究部）

炭化水素火災から放射熱に対する規模効果を知るために、一辺2.7mの大きさまでの容器でヘプタン、トルエンを燃焼させて発生するスス量と放射熱を測定して両者の相関性を求めた。この結果、火災から同一の無次元距離における放射熱は、従来提案されていた $E = \phi \cdot R_f$ （ ϕ ：形態係数、 R_f ：炎の放射発散度）に代わって $E = \phi \cdot R_f \cdot n$ （ n ：ススしゃへい係数）で表され、 n は、本実験では、燃料、容器に応じて0.64から1の間で変化することがわかった。

昭和62年11月9日

林野火災の延焼予測と画像表示（その1）：稲垣 實、山下邦博（火災物理研究室）

消防庁で開発した林野火災延焼シミュレーションモデルに(1)山間地の風向速分布を予測するモデル及び(2)地形と延焼シミュレーションの結果をCRT上に3次元的に標示するプログラムを結合した林野火災延焼シミュレーションシステムについて述べた。(1)は変分法に基づく客観解析法によるものであり(2)は一点透視図法によるもの

である。但し、このシステムはパイロットモデルでありシステムとしてのみならず各部分にも改良の余地が残されている。

CPU 制御放水システムに関する研究(その3 トータルシステムによる消火実験)：平賀俊哉、金田節夫(消防機械研究室)

火源に対しサーマルカメラからの入力をもとに、火源の位置・輪郭形状の算出・火源輪郭に沿った消火注水までの一連のことが自動的にコントロールできる CPU 制御放水システムを試作し、これにより蛇行した火源(火縄)の消火実験を行った結果について述べた。

出場実態を考慮した救急車必要台数の算定：寒河江幸平(情報処理研究室)

消防機関の救急車の出場実態を表すパラメータのうち、一日の一台当たりの平均稼働率より救急車必要台数を算定する方法及び、一日当たりの出場件数の分布と一件当たりの稼働時間の分布により一台稼働中に要請される救急車出場の件数ごとの確率を求め、その確率により救急車必要台数を算定する方法を提案し、2、3の実例への応用結果を紹介した。

昭和62年12月14日

火災判断のための情報抽出：竹元昭夫(通報設備研究室)

3.6×3.6×2.4m(高)の部屋の角で、種々の可燃物を燃やし、室内中央天井で透過光式・散乱光式・イオン化式による煙濃度、熱電対による温度、CO ガス濃度を測定し、これら火災情報の相関々係を調べた中で、各種感知器の推定作動時間で、CO ガスを捕えて火災判断の情報として利用する場合の濃度は、可燃物がセルローズ系の場合には50~100ppm、石油製品系の場合には5~10ppm であることも判った。

危険物施設の腐食による漏洩事故の統計的考察：亀井浅道(施設安全研究室)

過去6年間に発生したわが国の危険物施設の漏えい事故のうち原因が腐食であるものについて統計的に考察した。その結果、危険物施設の種類毎の事故発生傾向、漏えい量、発災までの時間、腐食の様相等に関する知見が得られた。(資料は消防庁の「危険物施設の事故事例」によった。)

滴下する水滴による灯油の帯電(1)：川崎正士(特殊火災研究室)

油面上に水を散布する装置を備えた化学プラントで火災が発生した例があり、水滴の生成及び沈降の過程で生じた静電気の油面からの放電が着火原因の一つに挙げられている。

今回、油面に滴下、沈降する水滴が油にどのような帯電をもたらすかを知る目的で研究を開始した。本報では滴下する水滴の帯電及び油中を沈降中、沈降終了後の帯電諸量の測定方法とこれまでに得られた測定結果の一部を紹介した。