

消防研究報 47

平成5年度

〔グラビア〕

- 自治体消防45周年記念事業「消防未来博 '93」への参加
- 全国消防技術者会議
- 北海道南西沖地震被害調査

〔災害調査〕

- 1993年北海道南西沖地震とその被害について

〔研究紹介〕

- 消防研究所における統計・確率手法を用いた研究成果
- 近年の大規模林野火災について
- たばこを出火源とする火災について

〔解説〕

- 泡消火剤
- インテリジェント自動火災報知設備に関する新技術について

〔紀行〕

- アメリカ、フランス見たまま聞いたまま

〔外国の特異火災〕

- ウインザー城の火災

〔消防研究所の研究活動〕

- 「消防研究所報告」通巻75号（1993年3月）
通巻76号（1993年9月）掲載論文の概要
 - 「研究懇話会」要旨
-

消 研 輯 報

47号

目 次

〔グラビア〕

- 自治体消防45周年記念事業「消防未来博 '93」への参加…………… 1
- 全国消防技術者会議…………… 1
- 北海道南西沖地震被害調査…………… 2

〔災害調査〕

- 1993年北海道南西沖地震とその被害について……………座間信作・関沢 愛………… 3

〔研究紹介〕

- 消防研究所における統計・確率手法を用いた研究成果……………吉原 浩…………13
- 近年の大規模林野火災について……………山下邦博・那波英文…………17
- たばこを出火源とする火災について……………寒河江幸平…………23

〔解 説〕

- 泡消火剤……………星野 誠…………29
- インテリジェント自動火災報知設備に関する新技術について
……………田村裕之・佐藤晃由・河関大祐・細川直史…………37

〔紀 行〕

- アメリカ、フランス見たまま聞いたまま……………長谷川和俊…………45

〔外国の特異火災〕

- ウインザー城の火災……………柿田公太郎…………53

〔消防研究所の研究活動〕

- 「消防研究所報告」通巻75号（1993年3月）掲載論文の概要
通巻76号（1993年9月）……………57
- 「研究懇話会」要旨……………61

対外的活動の紹介

□自治体消防45周年記念事業『消防未来博'93』への参加
(平成5年11月：東京・大阪両会場)



写真1 早期津波予測システム



写真2 要救助者探査装置



写真3 自動架梯装置付きはしご車



写真4 火災性状把握システム

□全国消防技術者会議



写真5 東京大学名誉教授 秋田氏による特別講演



写真6 フォーラム「火災警報システムのインテリジェント化」

自然災害に関わる調査研究

□北海道南西沖地震被害調査（関連記事、本文 p. 3 - p.11 参照）



写真1 奥尻島岩内地区



写真2 奥尻島西岸津波跡

1993年北海道南西沖地震とその被害について

座間信作、関沢 愛

1. はじめに

1993年7月12日北海道南西沖を震源とする地震が発生した。この地震は日本海側の地震としては最大規模で、死者・行方不明231人、重軽傷者305人、全壊590棟等の甚大な被害をもたらした（9月15日現在：自治省消防庁）。我々は7月20日から5日間被害調査を行なう機会を得た。本稿は地震及び被害の概要を我々の調査及び他機関の報告をもとにまとめたものである。

2. 地震の概要

気象庁によれば、この地震の諸元は次の通りである¹⁾。
 発生日時（震源時）：1993年7月12日22時17分11.8秒
 震源位置：北緯42°47′、東経139°12′、深さ34km
 地震規模（M）：7.8

我国の沿岸付近に発生する浅い地震の殆どは、プレート境界に起こるとされている。日本海側については、中村（1983）²⁾等により西側のユーラシアプレートと東側の北米プレートの境界の存在が提唱され、1983年日本海中部地震の解析からかなり有力な考えであるとされているが、まだ学説に留まっている。図1は、その境界（斜線を施した帯状の領域）と日本海沿岸付近で発生した地震に伴う津波の波源域即ちおおよその震源域を示したものである。これから分かるように南の1614年越後高田の地震から北の1971年サハリン南西沖の地震までの震源域はこの境界付近に並んでいる。地震発生能力がありかつ地震が起こっていない、いわゆる第1種の空白域の存在から、今回の地震に対応する巨大地震の発生可能性が多くの人により指摘されていた³⁾。そして、正に今回の地震はこの空白域に発生したのである。このことは、ユーラシアプレートと北米プレートの境界が日本海東縁に存在し、歪エネルギーを解消するためこの境界で新たな沈み込みが起こり始めているとする説を支持する。ちなみに、秋田県の西方に空白域が認められることから（図1参照）、近い将来M7.5程度の地震の発生が予想されている⁴⁾。

メカニズムについては、地震波、津波、地殻変動のデータから多くのモデルが提案されている⁵⁻⁷⁾。これらのモデルに共通することは、1983年日本海中部地震と同様逆断層型で2枚の断層面からなり、くの字型に折れ曲

がっていることである。主なモデルとしては、(1)全体が底角で東に傾く断層面、(2)北部で低角、南部で高角に西に傾く断層面、(3)北部は低角で西に、南部は低角で東に傾く断層面、の3通りが挙げられている。現段階ではほぼ皆観測データを満足するモデルとされているが、(2)のモデルが最も妥当であるとする意見が多い。このモデルだと極めて複雑な断層面となり、太平洋側で見られる巨大地震の発生メカニズムのようなプレートの沈み込みに伴う反発、という単純なものではないことになる。このようなことは1964年新潟地震についても言える⁸⁾。何れにせよ、メカニズムの決定は、プレート境界の存在の是非、地震予知、地震動予測等に大きく係わることであり、今後の詳細な検討が望まれている。

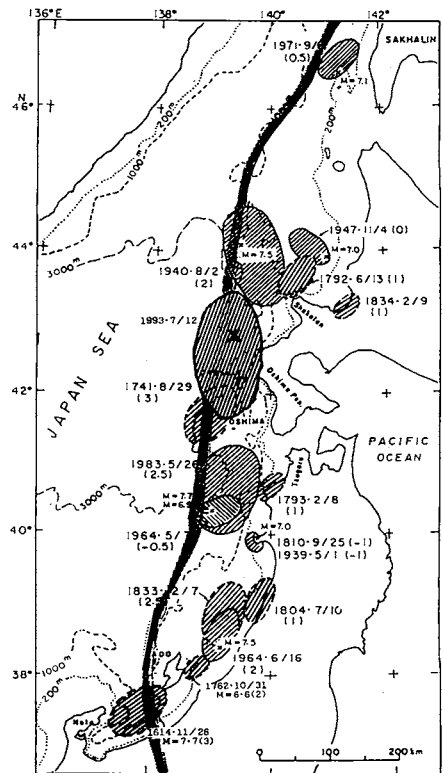


図1 日本海東縁の津波波源域（羽島^{19,20)}から作成）
 ×印は震央を、南北に延びる斜線の帯はユーラシア・北米プレート境界を示す。

3. 地震動と被害

気象庁発表の震度の分布を図2に示す。小樽、寿都、

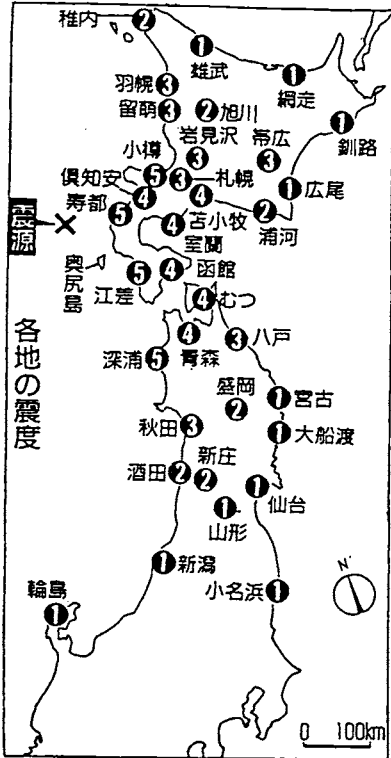


図2 北海道南西沖地震による各地の震度分布 (7月13日朝日新聞による)

江差、深浦で震度5を観測したほか、苫小牧、室蘭、函館、倶知安、むつで震度4となっている。函館は震度4であるが、埋立地で液状化による被害が多く生じている。被害の甚大であった奥尻島には気象官署がないため報告が無いが、聞き取り調査等によれば震度6相当の被害の所もある⁹⁾。有感域の南限は輪島、新潟、小名浜で、1993年釧路沖地震の際東京が震度3であったことと比較すれば、日本海側の地震での地震波(短周期)の減衰は大きい¹⁰⁾ことがこの地震でも当てはまる。

今回の地震の震源は、奥尻島の北北西約80kmである(図2のX印)。ここで震源とは最初に破壊が始まった点であって、広さの概念を持たないことに注意しなければならない。地震はある面積を持った領域が破壊することであり、例えば1960年チリ地震は断層長さが750kmもあった。今回の地震は余震分布や津波の波源域から南北150km、東西75km程度の広範囲の領域が断層面と考えられている。破壊の伝播速度は通常2.5—3.0km/sであるから、約1分間断層運動が続き、従ってその間震源域付近では相当強い地震動を感じていることになる。図3は震源に最も近い気象官署である寿都測候所における87型強震計による変位及び加速度波形である¹¹⁾。断層運動の継続時間に相当する約1分間、数cmの変位で震動して

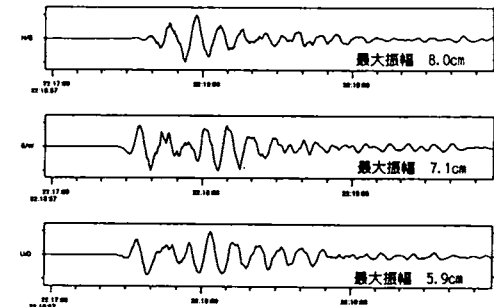


写真1 奥尻島米岡地区の覆道の被害状況

いる。また、最大加速度は約180galとなっている。

このような強い地震動であったにも拘らず、震動による被害はモルタルの剥離等比較的軽微に留まっている。はじめに記した全壊590棟の殆どは津波によるものである。軽微に留まった理由としては、寒冷地の住宅は屋根が軽いかつ開口部が小さく壁率が大きいため耐震性に優れていること、地震動がやや長周期の帯域で卓越したこと等が考えられるが、釧路沖地震で最大加速度900gal以上の記録が得られ、また今回の最大余震とみられるM6.5の地震で約1600galもの最大加速度が観測された¹²⁾にも拘らず大きな被害となっていない事等もあわせ、被害と地震動の関係の解明は今後に残された課題といえる。写真1に奥尻島での被害の一例を示す。

寿都測候所：変位波形



寿都測候所：加速度波形

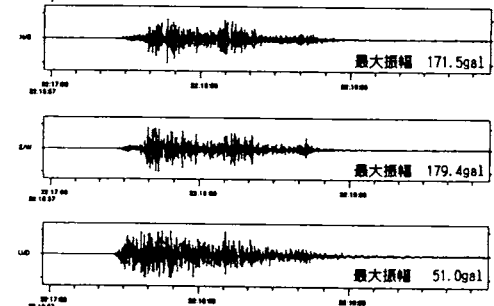


図3 寿都測候所における87型電磁式強震計記録¹¹⁾

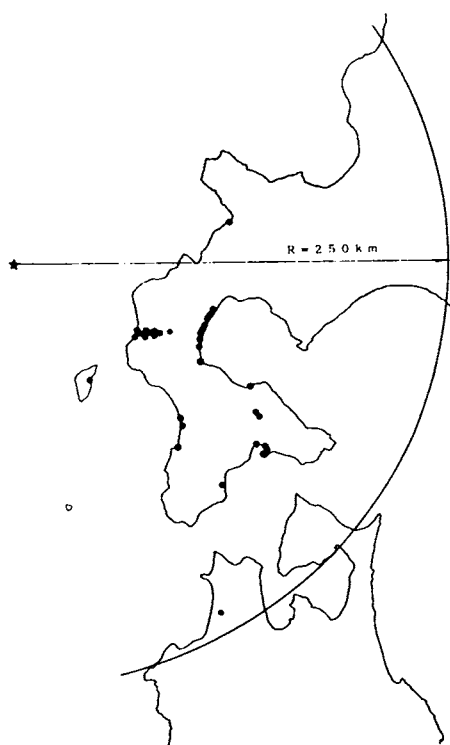


図4 液状化発生地点の分布¹³⁾

1983年日本海中部地震と同様に、長周期地震動によって励起された石油タンクのスロッシングが各地で観測された。例えば苫小牧では、最大2.4mものスロッシングが生じ一部内容液が溢流した。また新潟では最大1.7mのスロッシングが発生している。この時新潟では震度1であった。長周期地震動の場合、その構成波が表面波であるため遠距離であっても大きく減衰せず、場合によっては逆に大きくなることもある。一方、我々が体感する

短周期地震動の場合は主な構成波が実体波であるため、距離減衰が大きい。従って、石油タンクのスロッシングや超高層ビル等の振動固有周期の長い構造物のゆれについては、震度の情報は殆ど関係ないと思ってよい。特に津波を伴うような地震の場合には、長周期の地震波を放出する機会が多いので、たとえ無感であってもスロッシングが発生する可能性があることに留意すべきである。

この他、液状化による被害が特に埋立地、河川敷等で多くみられ、構造物に被害をもたらした。陶野(1993)¹³⁾によれば、液状化発生地点は北は北海道岩内町、南は青森県木造町にかけての広範囲に分布している(図4)。液状化が発生するとその地盤はあたかも比重約1.9の液体ようになるため、これにより比重の大きな物は沈み、小さいものは浮き上がることになる。今回の被害としては、護岸の傾斜・亀裂(写真2)、油配管の折損、ガソリンスタンドの地下タンクや防火水槽等の浮上、水道管の破損、道路や堤防の陥没・崩壊、電柱の傾斜、家屋の不等沈下などが挙げられる。各地点での噴砂の粒度組成調査から、陶野(1993)¹³⁾は震源域に近い所では粒径が大きくても液状化しているが、遠い所では粒径の小さい地点だけが液状化していることを指摘している。従って、砂地盤で水位が高く砂粒子の径が小さい地点は、液状化危険度が高いと考えておくべきであろう。

4. 斜面崩壊、地滑り等

地滑り、斜面崩壊は奥尻島の各所で発生し、道路は至る所で通行止めとなった。人的被害を伴ったのは、奥尻港フェリー乗り場近くで発生した高さ約100m、幅約180mの斜面崩壊で、旅館「洋々荘」が倒壊し、土砂に埋まった宿泊者ら28名が犠牲となった(写真3)。崩壊した斜面は凝灰質砂岩を主体とした第三紀層の軟岩である。



写真2 液状化による被害を受けた函館港マリンパーク予定地



写真3 奥尻港付近の大規模斜面崩壊

この他、斜面崩壊による被害は同島宮津地区、湯浜地区などにみられ、凸型斜面で発生しているのが目立った。渡島半島西岸では、国道229号線の島牧一瀬棚間で土砂崩れがあり通行止めが続いた。

地震時の大規模な斜面崩壊としては、1984年長野県西部地震 (M6.8) がよく知られている。木曽御岳の7合目付近の尾根部で3,600万 m^3 という近年希にみる大崩壊が起こり、それが岩屑流、土石流となって伝上川を下り15名の行方不明者をもたらした。1847年善光寺地震では震央付近で4万箇所以上の山崩れが発生し、そのうち虚空蔵山で発生した山崩れは犀川をせき止め、長さ約30kmの震生湖をつくった。そしてこの天然ダムは2週間後に決壊し、下流の善光寺平で100人余りの死者をもたらした。また、1970年ペルー地震では、ワスカラン山の崩壊土が雪や氷片を巻き込み土石流となって秒速100m程度の高速で流下し、人口2万人余りの町ユンガイを全滅させた。

地震による斜面崩壊は、主として斜面上部や凸型斜面で起こるのに対し (図5)、降雨によるものは斜面裾部や凹形の部分に多い。この相違は、地震による崩壊では土塊に作用する地震の慣性力が誘因であり、それが凸部で増幅されるのに対し、降雨による崩壊では地下水の浸透力や間隙水圧の増大が誘因であり、それらが一般に凹部で大きいことによるものと考えられている。

我国では、山地、崖が多く、比較的大きな地震の際には必ずといってよいほど斜面崩壊等が発生する。しかも、崩壊の場合は全く瞬時に起こるので、避難は不可能に近い。従って、事前の危険度評価に基づいた災害防止対策が重要となる。

5. 津波被害

今回の地震による津波被害は極めて甚大で、9月15日現在のまとめによる死者・行方不明者数231名の内殆どが津波による犠牲者となっている。従って、被害から地震を分類するという立場からすると、死者104名中100名が津波による犠牲者であった1983年日本海中部地震と同様、典型的な津波地震ということになろう。津波被害は、主に奥尻島、渡島半島西岸に集中した。また、津波は東北、北陸、山陰の日本海沿岸、ロシアのナホトカや韓国にまで襲来し、ナホトカで死者3名の他、漁船等に多大な被害をもたらした。北海道における津波の到達高さを図6に示す¹⁴⁾。奥尻島の藻内では30.5mと我国では今世紀最高の到達高さを記録した。但し、陸上に這上がった津波の実際の高さ (しぶきのような跳ね返りの部分を除く水の層の厚さ) は、高々7—8mであるという報告もある¹⁵⁾。

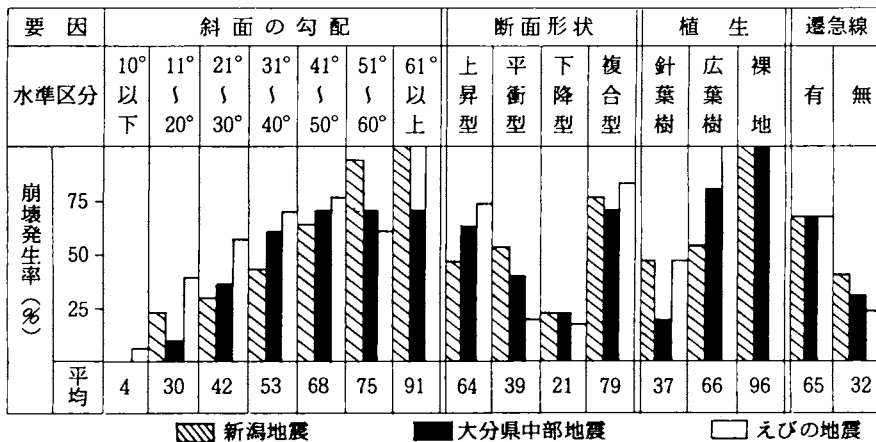


図5 斜面崩壊発生率と地形的要因²¹⁾
 上昇型は上に凸、下降型は上に凹、複合は上部が凸で下部が凹の斜面形状をいう。遷急線は斜面の上方から下方に向かって斜面が緩から急に变化する点を重ねたもの。

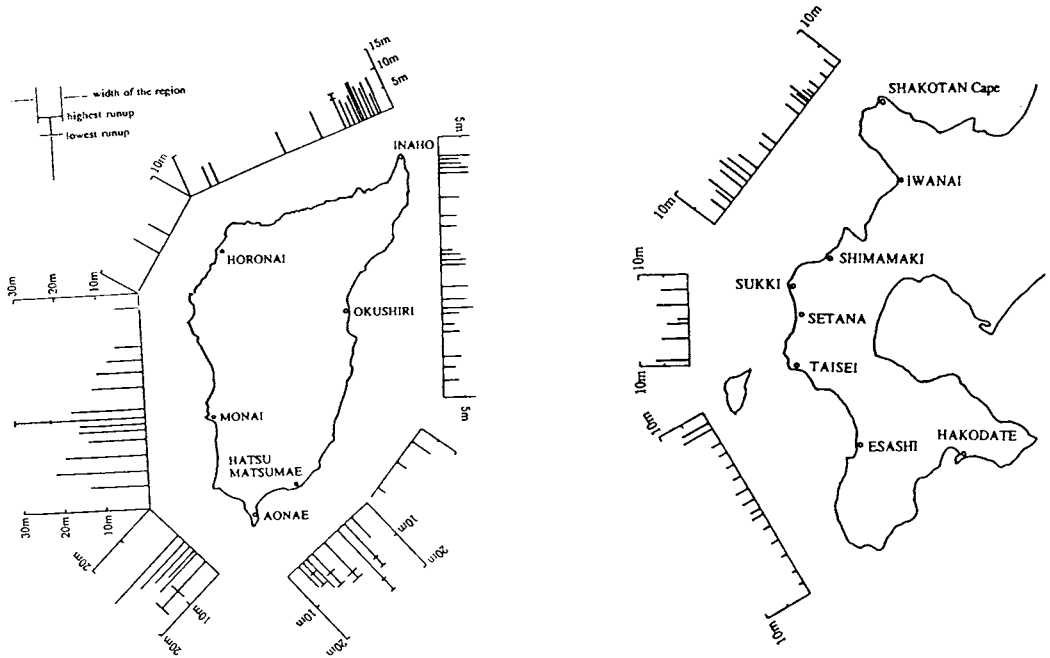


図6 奥尻島及び渡島半島における津波高さ¹⁴⁾

奥尻島の稲穂、海栗前、青苗、初松前、渡島半島の大成町は壊滅的な被害を受けた(写真4、写真5)。

津波は、海底下浅部に発生した大地震に伴う急激な地殻変動による海水の攪乱によって発生する。従って、縦ずれ型地震でよく発生し、波源域は地震断層面積とはほぼ等しい。海の深さを h 、重力加速度を g とすると、津波の伝播速度 v は

$$v = \sqrt{gh}$$

で与えられるので、深いほど速く、深さ1000mでは秒速約100mとなる。周期は10—40分程度であり、例えば周期10分の津波は深さ1000mで60kmの波長をもつ。従って、

外洋で津波高さが数mであっても、殆ど津波を認識できないだろう。津波の危険がある場合に船舶が港から外洋に避難するのはこのためである。

海岸で津波高さが大きくなる要因として次の3効果が考えられている。即ち、(1)浅水効果、(2)屈折・反射効果、(3)共振効果、である。(1)は、津波が沿岸付近で波高が増幅される効果である。津波の伝播速度は水深が浅くなると小さくなるが、周期は変わらないから波長が短くなり、1波長内のエネルギーを保つために、波高が高くなるというものである。海底地形によっては、津波の伝播経路が様々になって、津波がある所に集中することがある。



写真4 奥尻島青苗地区の津波被害状況

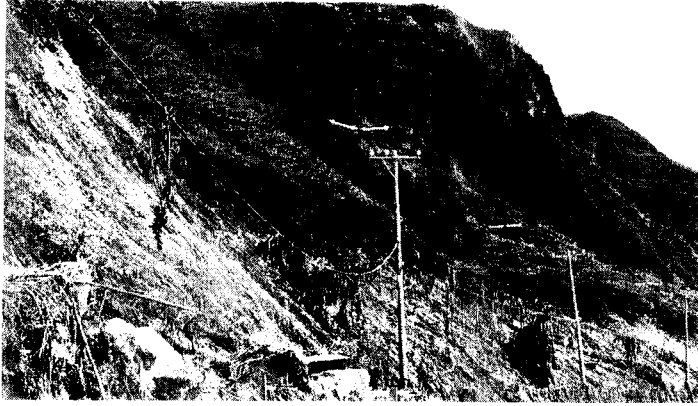


写真5 藻内地区の津波襲来跡

また、今回の地震では奥尻島東岸と渡島半島西岸との間で津波が反射され、それが波高の増幅をもたらしたとされている。このような複雑な海底地形により、津波の伝播方向が曲げられたり、反射されたりし、エネルギーの集中が起こるための波高の増幅の効果が(2)である。東北太平洋側のリアス式海岸の湾内で波高が非常に大きくなることがある。1896年明治三陸地震の時には綾里湾で38.2mという津波浸水高を観測した。湾はそれ自体固有の振動周期をもっており、特に外洋からやってきた津波の周期と一致した場合には、共振が生じ異常に高い波となることがある。この効果が(3)である。図6に示す津波到達高さ分布から分かるように、奥尻島だけに限っても値はかなり異なっており、これらの効果で説明できるか今後の検討が必要である。

今回の地震では、津波到達高さが非常に大きかったことに加え、津波の襲来が極めて早かったことから、多数の人が犠牲となった。奥尻島の青苗での津波到達時間は4～5分、渡島半島西岸の須築では3分、島牧、瀬棚、大成で5分、江差で11分等であった¹⁴⁾。このように津波の襲来が早かったのは、当該地域が殆ど波源域の直近であったためと考えられる。1983年日本海中部地震においても、波源域が沿岸に近かったため、深浦に7分で第1波が到達している。その他にも、1923年関東地震では熱海に5分、1944年東南海地震では10分、1946年南海地震では6分等という記録が残っている¹⁶⁾。従って、このように早い津波の襲来に対しては、気象庁の津波予報が間に合わないことがある事に留意しなければならない。

1983年日本海中部地震では、警報が出されたのは地震発生14分後で、第1波が襲来した後であった。また、伝達の過程で10分程度時間的ロスのあった所もあり¹⁷⁾、問題となった。今回の地震では、日本海中部地震の教訓に基づき津波予報発表の迅速化を図ったことから、5分

後の22時22分に札幌管区气象台が大津波警報を発することができた。奥尻町は独自の判断で地震発生3分後の22時20分、住民に対し避難を呼びかけた(9月3日朝日新聞)。しかし、それでも間に合わない地域があったことは、津波予報発表・伝達の迅速化を図るだけでなく、津波に関する知識の普及、避難路・避難場所の確保、避難訓練等のいわゆるソフト面での一層の充実を図っていくことが重要であることを改めて示している。

津波の知識に関していえば、例えば、「大きな地震(動)の後には津波に注意しなさい」という言伝えを聞いたことがありますか」という能代市民723人へのアンケートで、90%以上もの人が日本海側では津波は関係ないと思っていたと回答している¹⁸⁾ことや、津波は引き波から始まると思こんでいる人が意外に多いことなど、正しい知識の普及が必要であることが容易に知れる。また、海浜で強い地震を感じたらすぐ避難をするように、あるいは震度IV以上の場合には、防災関係者は海面監視をするようにといった指導がなされているが、このことは強い地震動でなければ何もしなくてもよいと受けとめられる危険性をもっている。例えば、1896年明治三陸地震では、震度はせいぜい3で、震害がなかったにも拘らず大津波が発生し2万2千人もの犠牲者がでていた。このような津波地震があるという事実は認識されていなければならない。また避難訓練については、例えば、夜間電気も消えてしまっている状態でも安全に避難でき得るようにしておく等、地震時の様々な状況を想定した訓練がなされるべきであろう。防潮堤を築く等のハード面の対策の他に、このようなソフト面においても多く実施すべき対策があると考えられる。

今回の奥尻島の住民の多くは、日本海中部地震の経験があったため津波に対する警戒感が強く、地震直後、着の身着のまま避難して助かっている。正しい知識、経



写真6 奥尻島青苗地区の地震火災跡の状況

験が浸透していなかったら、津波被害は更に大きくなったのではなかろうか。

6. 火災の被害

北海道南西沖地震では、津波で最も大きな被害を受けた奥尻島の奥尻町青苗地区で市街地火災が発生し、津波による被害を辛うじて免れた低地の中央部分の家屋190棟（建物焼損面積19,005㎡、焼失面積51,000㎡）が焼失した（写真6）。火災による死者は現在のところ3名と確認されている。焼失家屋190棟の内訳は、住宅108棟、倉庫69棟、店舗10棟、寺社2棟、病院1棟であるが、住宅棟数に比して倉庫が多いのは、漁村であったため漁具倉庫が多数あったからで、これらの大部分は裸木造であったと言われている。このような大規模な地震火災としては、1964年新潟地震（焼失棟数346、建物焼損面積57,282㎡）以来29年ぶりの被害であり、焼失棟数約200棟という規模は、酒田大火（1976年）の約1/9にあたる。

青苗地区では、現在までのところ地震後4件の火災の発生が確認されている。最初に発見されたのは漁港内に浮かぶ2隻の船の火事で、これらは地震直後に発生したと考えられ、22時30分に警戒出動中の消防隊によって確認されている。しかしながら、市街地火災の直接の延焼元になった火災は、これらの船火事ではなく、市街地内で発生した別の2件の建物火災（図7）であると考えられている。その第1の火災は、青苗地区北部の旅館などがある一角から出火したもので、高台にある奥尻消防署青苗分遣所への通報による火災確認は22時40分である。消防隊がこの地点近くを22時30分頃警戒出動していたときには確認されていないことから、その発生は22時35分頃ではないかと推察される。第2の火災は、漁協倉庫や食堂が密集する地区からのもので、13日00時45分頃消火活動中の消防隊員によって確認されている。なお、これ

らの2つの火災の出火原因は、現在のところ不明である。

これらの火災の延焼および消火活動の経過は、以下のとおりである。第1の火災は、消防隊が覚知後消防ポンプ車で出動した時点では、まだ1棟火災であり消火可能な程度であったが、高台から低地部分へと降りる現場に接近するための道路が津波被害による瓦礫で塞がれていた。このため、直近での消火活動を阻まれ、初期における鎮圧ができず市街地延焼火災となった。消防職員1名と消防団員9名による消防隊は公設消防ポンプ車1台と消防団ポンプ車1台の計2台を用いて、第1火災を火元とする延焼火災に対して高台や、風下横側の低地部分から放水活動を行って延焼を遅らせていたが、その最中に地震発生約2時間後に発生した第2の火災を確認した。第2の火災に対しては、岸壁近くでやはり道路障害により接近不可能であったため初期の消火活動を行うことができなかった。第2の火災が、やがて低地部分で消火活動中の消防隊の背後に迫り、第1の火災と合流する様相を示したため、消防隊は低地部分から退却し、その後4時頃までは高台からの放水活動だけとなった。市街地火災という規模に対して、消防ポンプ車2台という劣勢に加え、こうした消火活動上の困難さが延焼を食い止められなかった主要因であり、消防隊としては可能な限りの消火活動を行っていたと思われる。最終的には、5時頃にブルドーザによって啓開された道路を利用して湾の岸壁にたどり着き、海水を送水して、低地部分で風下横側からの放水や一部破壊消防も行うことによって、延焼阻止活動を行い、8時35分にはほぼ鎮圧（鎮火は9時20分）した。

本火災が延焼拡大した要因をあらためて整理すると、以下のような点を挙げることができる。

- (1) 当日まで好天が続いていた（地震時の風は、奥尻空港での記録によると東の風で平均2 m/s程度）。

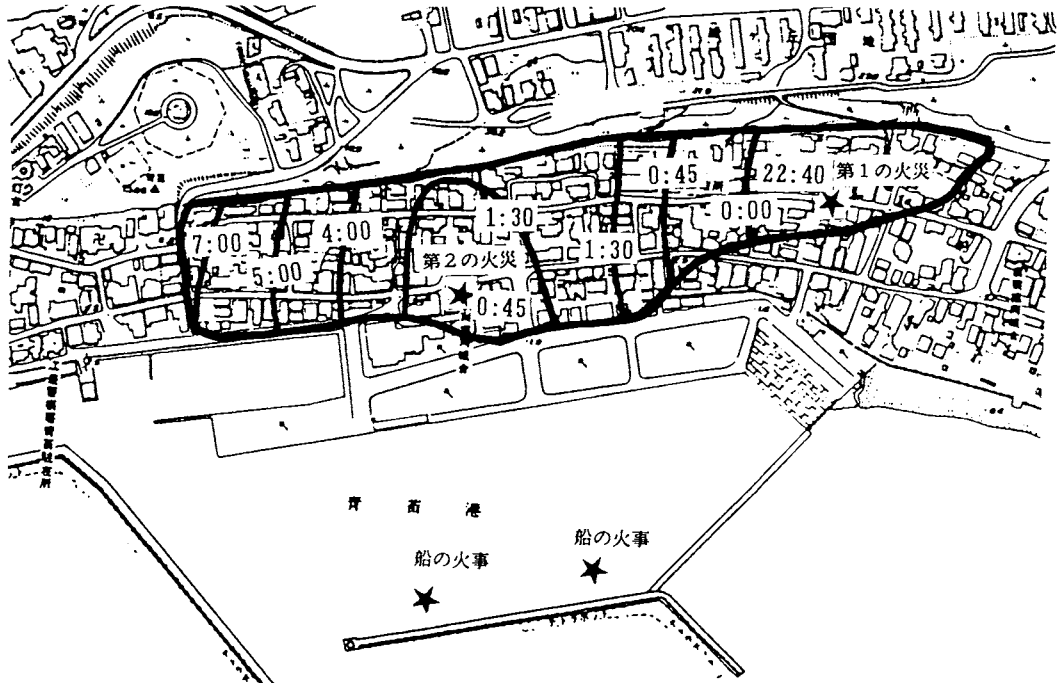


図7 奥尻町青苗地区の火災の出火点と延焼動態 (数字は時刻)

- (2) 木造家屋、とりわけ裸木造の漁具倉庫が多く、道路に沿って家屋が連続していた (写真7)。
- (3) 多数の家でプロパンガスボンベ、灯油ホームタンクを保有していた (写真8)。
- (4) 津波からの避難のため、火の始末を行う余裕がなかった。
- (5) 次々に津波が来襲する恐れがあったため、初期消火活動が行えなかった。
- (6) 同地区にある消防車は出動はしたものの、道路が津波の破壊による瓦礫のため通行不能となり、現場に近づくことも、有効な水利 (海等) に近づくこともでき

- なかった (但し、南端の焼け止まりは消防活動による)。
- (7) 島内の消防車も山崩れ等による道路寸断のため、出動が困難な状態であった。

この青苗地区の火災は、甚大な津波被害を受けた地区での市街地火災の発生という点できわめて珍しい事例であり、大きな注目を受けたが、火災の発生や延焼のメカニズムに対する津波の直接の影響は現時点では明確ではない。ただ、上述のように間接的な影響とってよいかも知れないが、火の始末や、初期消火および本格消火を行うにあたっての活動条件を非常に制約したという点は、



写真7 火災を免れた青苗地区の家並



写真8 火災のため破裂したと思われるプロパンガスボンベ (青苗地区)

指摘できるであろう。

本火災の経験を踏まえての教訓および今後の課題としては、次のようなことが言える。

- (1) 地震火災の発生防止は、市民による火の始末や初期消火に依存せざるを得ない面があるが、今回の事例のように津波からの一刻も早い避難の必要を想定するとき、例えばストーブの耐震自動消火装置のように、自動的な消火装置の工夫、普及を図る必要がある。
- (2) プロパンガスボンベや灯油タンクの保持装置の耐震性を高め、漏洩を少なくする。
- (3) 障害物のある消防車走行道路の啓開や、破壊消防を行うために必要な機械・車両の確保、または早期に協力が得られる体制の整備。

7. おわりに

北海道南西沖地震被害を概観しつつ、それぞれの被害のメカニズム、教訓等について述べてきた。地震防災対策は過去の地震被害の経験を通して、災害のメカニズムを明らかにすることによって合理的に推進されるべきである。今回の地震についても、様々な面から調査検討を行ない、その結果を今後の地震対策に役立たせていくことが必要である。

謝辞

本調査に際して、函館市消防本部、上磯消防本部、檜山広域消防組合奥尻消防署並びに青苗分遣所の方々には大変お世話になりました。ここに記して深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 気象庁地震津波監視課：地震概況（1993年6月～7月）、日本地震学会ニュースレター、5、35—37（1993）
- 2) 中村一明：日本海東縁新生海溝の可能性、地震研究所彙報、58、711—722（1983）
- 3) 北海道防災会議：北海道地域防災計画（1990）
- 4) 大竹政和：日本海東縁部の大地震の発生系列、日本地震学会講演予稿集、2、37（1993）
- 5) 菊池正幸：遠地実体波による北海道南西沖地震の破壊過程、日本地震学会講演予稿集、2、28（1993）
- 6) 今村文彦他：津波解析から推定される1993年北海道南西沖地震のメカニズムに関する検討、日本地震学会講演予稿集、2、55（1993）
- 7) 橋本 学他：測地測量から獲られた1993年北海道南西沖地震に伴う地殻変動、日本地震学会講演予稿集、2、64（1993）
- 8) 佐藤良輔編：日本の地震断層パラメータ・ハンドブック、鹿島出版会（1989）
- 9) 鏡味洋史：“地震動”、1993年北海道南西沖地震災害調査（速報）、日本建築学会、3—6（1993）
- 10) 武村雅之：地球内部における地震波の減衰と距離減衰式、第15回地盤震動シンポジウム（1987）
- 11) 気象庁：災害時・津波速報、平成5年北海道南西沖地震、1993
- 12) 工藤一嘉他：1993年北海道南西沖地震系列の強震観測、日本地震学会講演予稿集、2、26（1993）
- 13) 陶野郁雄他：“地盤・ライフラインの被害”、1993年北海道南西沖地震災害調査（速報）、日本建築学会、19—24（1993）
- 14) 松富英夫他：1993年北海道南西沖地震津波の現地調査、日本地震学会講演予稿集、2、51（1993）
- 15) 川本英子他：北海道南西沖地震に伴う津波の実際の高さの推定、日本地震学会講演予稿集、2、48（1993）
- 16) 東京消防庁編：震災対策の現況（1983）
- 17) 自治省消防庁、消防科学総合センター：昭和58年日本海中部地震調査報告書（1983）
- 18) 岡部慶三：“情報と住民”、昭和58年日本海中部地震の記録、秋田県（1984）
- 19) 羽鳥徳太郎：1983年日本海中部地震津波の規模および波源域、地震研究所彙報58、723—734（1983）
- 20) 羽鳥徳太郎：1993年北海道南西沖地震津波の規模及び波源域、日本地震学会講演予稿集2、50（1993）
- 21) 奥田誠之：切取斜面の設備から維持管理まで、鹿島出版会（1983）

消防研究所における統計・確率手法を用いた研究成果

吉原 浩

消防防災に関して、各機関で種々のデータが収集されている。それらのデータを統計・確率手法を用いて分析することは、消防防災関係者にとって大変有用であること言うまでもない。消防防災に関連したデータの統計・確率的的手法を用いた分析が、どのような用途に活用し得るかを知らるため、消防研究所において、これまで統計・確率手法を用いて得られている研究成果について調べてみた。

昭和23年(1948年)3月消防研究所設立から平成3年度(1992年3月)までを対象として、消防研究所年報、消防研究所報告、消研輯報、消防研究所三十年史により、論文、口頭発表、解説等について題目から判断して抽出した。その結果、建物火災関係(大震災火災関係を含む)66件、林野火災関係13件、危険物関係11件、その他25件(救急、消防署所の最適配置、火薬類等)、合計115件の研究成果があった(図1)。なお、実験データを統計処理したものは除外した。

研究発表数の年ごとの変動を平滑化するため、1948年以降を各5年毎に区分して、各研究分野別発表数の推移をみると、1973年以降発表数が急に増えていること、林野火災関係の発表は1978年から1987年に多かったこと、危険物関係は1983年以降増えていること等が分かる(図2)。ただし、統計・確率手法を用いた研究成果を題目のみから判断して抽出しているため、ここに掲げたものの中に統計・確率手法を用いていないものがあるおそれがある。また、これらの他にも統計・確率手法を用いた研究成果があるものと思われる。

参考までに、消防研究所の統計・確率手法を用いた研究成果の各分野別のリストを以下に掲げる。

建物火災関係(大震災火災関係を含む)

- 1) 橋 房夫：でたらめ分布を用いた延焼の模型実験と計算、応用物理学会講演予稿集(1971)
- 2) 橋 房夫：でたらめ分布を用いた延焼の計算実験(1)家屋分布密度・混在率と焼失率、消研輯報、No.25(1973)
- 3) 橋 房夫：市街地の延焼、火災V.23, No.4(1973)
- 4) 糸谷成章：火災報告の統計分析、日本火災学会学術講演会(1973)

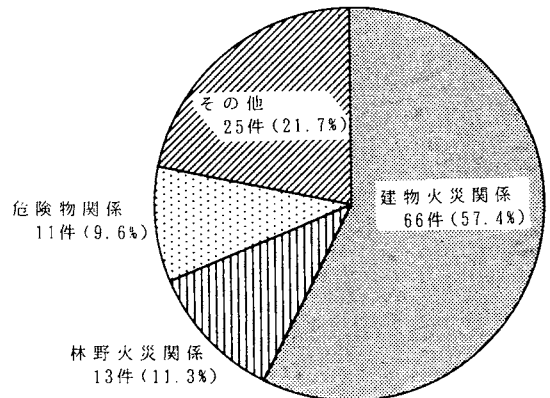


図1 消防研究所における統計・確率手法を用いた研究成果の各分野別の割合

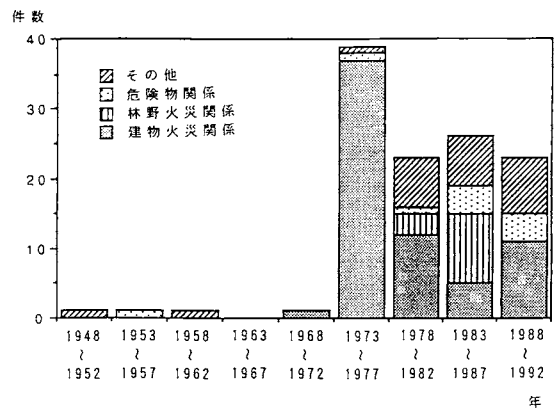


図2 消防研究所における統計・確率手法を用いた研究成果の各分野別の推移

- 5) 橋 房夫：でたらめ分布を用いた延焼の計算実験(2)一様型分布、風が吹く場合；市街地への応用、消研輯報、No.27(1974)
- 6) 佐々木弘明他：東京における延焼確率とその適用、昭和48年度文部省試験研究「災害の伝播に関する統計的研究」研究集会資料(No.883002)(1974)
- 7) 橋 房夫：もえ移り確率に関する模型実験、昭和48年度文部省試験研究「災害の伝播に関する統計的研究」研究集会資料(No.883002)(1974)
- 8) 橋 房夫：でたらめ分布を用いた延焼の計算実験(3)木造家屋、耐火家屋、空地の3者が混在し

- ている場合一、消研輯報、No.27 (1974)
- 9) 橘 房夫：もえ移り確率に関する模型実験、消研輯報、No.2 (1974)
 - 10) 佐々木弘明他：都市における延焼確率とその地域適用性について (その1)、日本火災学会研究発表会 (1974)
 - 11) 佐々木弘明他：都市における延焼確率とその地域適用性について (その2)、日本火災学会研究発表会 (1974)
 - 12) 神 忠久他：都市における延焼確率とその地域適用性について (その3)、日本火災学会研究発表会 (1974)
 - 13) 神 忠久他：都市における延焼確率とその地域適用性について (その4)、日本火災学会研究発表会 (1974)
 - 14) 佐々木弘明他：都市における延焼確率とその地域適用性について (その5)、日本火災学会研究発表会 (1974)
 - 15) 矢筈野義郎他：道路の有無による焼失率変化の計算例—小田地区の場合—、川崎市の震災予防に関する調査研究報告書 (1975)
 - 16) 橘 房夫：市街地に関する乱配置法計算実験—空地等の効果—、消研輯報、No.28 (1975)
 - 17) 神 忠久：大規模火災における延焼確率、災害科学研究会燃焼部会 (1976)
 - 18) 佐々木弘明：延焼速度と道路幅、災害科学研究会燃焼部会 (1976)
 - 19) 佐々木弘明他：火災の延焼確率、統計数理研究所講演会 (1976)
 - 20) 神 忠久：大規模火災における延焼確率について、日本建築学会大会学術講演会 (1976)
 - 21) 佐々木弘明：道路幅と延焼速度—関東大震災の場合—、日本火災学会研究発表会 (1976)
 - 22) 佐々木弘明：道路幅と延焼速度 (II)、日本建築学会大会学術講演会 (1976)
 - 23) 糸谷成章：日本と米国の住宅火災の比較、消研輯報、No.29 (1976)
 - 24) 橘 房夫：延焼と地域特性—火災が道路を越えてもえ移る確率—、日本火災学会研究協議会 (1976)
 - 25) 関沢 愛他：都市における日常火災の出火件数に関する考察、日本建築学会秋季大会学術講演会 (1976)
 - 26) 関沢 愛他：焼損面積の算定要領に関する考察、火災、V.27, No.1 (1977)
 - 27) 神 忠久：大規模火災時に道路を飛び越して延焼する確率、火災、V.27, No.2 (1977)
 - 28) 関沢 愛：都市における日常火災の出火件数に関する考察、日本建築学会大会学術講演会 (1977)
 - 29) 関沢 愛：住宅火災の初期拡大危険の分析、火災、V.27, No.6 (1977)
 - 30) 佐々木弘明他：都市火災の延焼確率、災害の研究、IX (1977)
 - 31) 橘 房夫：家屋配置の充填分布モデルと平均焼失率の算出、消研輯報、No.30 (1977)
 - 32) 橘 房夫：防火造り家屋の混在率が市街地の平均焼失棟数に及ぼす影響、火災、V.27, No.5 (1977)
 - 33) 橘 房夫：耐火街区構想とその投資効果、安全工学国内シンポジウム (1977)
 - 34) 関沢 愛：木造住宅における火災拡大危険の要因分析、日本建築学会関東支部報告集 (1977)
 - 35) 関沢 愛：建物火災の出火・拡大危険に関する統計的研究、日本火災学会研究発表会 (1977)
 - 36) 糸谷成章：火災拡大速度の統計的解析、日本火災学会研究発表会 (1977)
 - 37) 関沢 愛：木造家屋における火災拡大危険についての要因分析、日本建築学会秋季大会学術講演会 (1977)
 - 38) 関沢 愛：住宅における火災拡大危険の要因分析、日本火災学会研究協議会 (1977)
 - 39) 佐々木弘明：都市火災の延焼確率と延焼シミュレーション、統計数理研究所彙報、V.26, No.1 (1979)
 - 40) Sasaki, H. et al.: Probability of Fire Spread in Urban Fires and their Simulations, 消防研究所報告、No.47 (1979)
 - 41) 関沢 愛：木造住宅における火災拡大危険の要因分析、日本建築学会論文報告集 (1979)
 - 42) 関沢 愛：川崎市における出火危険の分析、川崎市の震災予防に関する調査研究報告書 (1979)
 - 43) 関沢 愛：川崎市における建物火災発生密度の重回帰分析、日本建築学会大会 (1979)
 - 44) 橘 房夫：放火火災に関する二、三の統計的考察、火災、V.30, No.3 (1980)
 - 45) 橘 房夫：建物火災件数の管理図的な見方、火災、V.30, No.6 (1980)
 - 46) 関沢 愛：消防活動に関する時間的要素の分析、日本建築学会秋季大会 (1980)
 - 47) 関沢 愛：生活様式と火災性状、日本火災学会研究評議会 (1980)

- 48) 稲垣 実：飛び火を含めた延焼シミュレーション—三崎火災の場合—、消研輯報、No.34 (1980)
- 49) 橘 房夫：地震と火災—延焼と確率、国土庁第11回大都市震災対策講演会 (1982)
- 50) 稲垣 実：確率型延焼モデルの延焼パターン、消研輯報、No.36 (1982)
- 51) 稲垣 実：確率型延焼モデルと延焼に要する時間について、消防研究所報告、No.57 (1983)
- 52) 関沢 愛：米国における火災統計の実情について、火災、V. 34 n0.6 (1984)
- 53) 稲垣 実：時間の概念を組込んだ確率型延焼モデルについて—防火木造建物の場合—、消防研究所報告、No.60 (1985)
- 54) 稲垣 実：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—、消防研究所報告、No.63 (1987)
- 55) 山本 勲他：住宅火災による高齢者の死者の発生の実態、消研輯報、No.41 (1987)
- 56) 関沢 愛：住宅火災の特徴の日米比較、日本建築学会大会学術講演会 (1988)
- 57) 関沢 愛：住宅火災における焼死パターンの分析について、日本火災学会研究発表会 (1989)
- 58) 関沢 愛：住宅火災における死者の発生パターン、日本建築学会大会学術講演会 (1989)
- 59) Sekizawa, A. et al : Analysis on Fatalities Characteristics of Residential Fires、UJNR 防火専門部会日米同会議 (1989)
- 60) Sekizawa, A. et al.: A Systematic Approach for Optimum Fire Fighting Operation Against Multiple Fires Following a Big Earthquake, Proc. of 2nd Int. Symp. Fire Safety Science, No.2 (1989)
- 61) 関沢 愛：地震時出火件数の時間別発生分布について、日本火災学会研究発表会 (1990)
- 62) 関沢 愛：地震時出火件数の時間別発生分布について、日本建築学会大会学術講演会 (1990)
- 63) 関沢 愛：火災による死者の傾向の日米比較、災害の研究、V. 22 (1990)
- 64) 関沢 愛：地震火災の時間的発生分析について、消防研究所報告、No.71 (1991)
- 65) Sekizawa, A. : Statistical Analysis on Fatalities Characteristics of Residential Fires, Fire Safety Science (1991)
- 66) 関沢 愛：地震時における覚知時間別火災件数の分布について、日本建築学会大会学術講演会 (1991)

林野火災関係

- 67) 橘 房夫：林野火災件数の季節指数、消研輯報 No.34 (1980)
- 68) 笹原邦夫他：統計上から見た林野火災の特性、火災、V. 32, No. 4 (1982)
- 69) 佐々木弘明他：林野火災の出火率とその湿度依存性、火災、V. 32, No. 5 (1982)
- 70) 佐々木弘明：統計から見た林野火災、月刊消防 (1983)
- 71) 佐々木弘明：林野火災県別出火率と県内出火密度、火災、V. 33, No. 2 (1983)
- 72) 寒河江幸平他：林野火災出火件数の多変量解析、日本火災学会研究発表会 (1983)
- 73) 寒河江幸平他：林野火災出火件数の重回帰分析、火災、V. 33, No. 3 (1983)
- 74) 佐々木弘明：月別林野火災件数の地域性と火災多発時期—相互相関係数の小域的適用、火災、V. 33, No. 6 (1983)
- 75) 寒河江幸平他：林野火災出火件数の重回帰分析、消防研究所報告、No.57 (1984)
- 76) 佐々木弘明：月別林野火災件数の地域性 (II)、日本火災学会研究発表会 (1984)
- 77) 寒河江幸平他：林野火災出火件数の重回帰分析—説明変数の標準化—、日本火災学会研究発表会、(1984)
- 78) 佐々木弘明：月別林野火災件数の地域性 (III)、日本火災学会研究発表会 (1985)
- 79) 佐々木弘明：月別林野火災件数の地域性 (IV)、日本火災学会研究発表会 (1986)

危険物関係

- 80) 査察課：危険物関係火災発生状況、消研輯報、No. 3、(1955)
- 81) 細野義純：屋外貯蔵タンクの不等沈下の実態について、消研輯報、No.31 (1977)
- 82) 亀井浅道他：石油タンクの底板腐食の形態学的研究、安全工学、V. 17, No. 5 (1978)
- 83) 川崎正士：最近の火災統計にみられる静電気による火災の発生形態、静電気学会帯電現象研究会・石油学会合同研究会 (1984)
- 84) 亀井浅道：極値統計と寿命予測、「石油貯槽とプラントの腐食防食問題」セミナー (1986)
- 85) 長谷川和俊：危険物タンクローリー事故に関する統計分析、第16回安全工学シンポジウム (1986)

- 86) 山田 實：石油タンクの腐食と極値統計、KH Kだより、No.15 (1987)
- 87) 細野義純：我が国の沿海地帯にみられる屋外貯蔵タンクの分布と防災上の問題点、日本地理学会秋季学術大会 (1988)
- 88) 亀井浅道：孔食深さの分布と貫通孔発生時間に関する統計的研究、消防研究所報告、No.66 (1989)
- 89) 長谷川和俊：労働災害、危険物災害および高圧ガス災害の発生率推移、災害の研究、V. 22 (1991)
- 90) 長谷川和俊：労働災害、危険物災害および高圧ガス災害の発生率推移 (その2)、災害の研究、V. 23 (1992)
- (1982)
- 100) 寒河江幸平：川崎市の救急活動の統計的考察、消研輯報、No.36 (1982)
- 101) 関沢 愛：日本海中部地震における住民の対応についてのアンケート調査結果、川崎市の震災予防に関する調査報告書 (1984)
- 102) 長谷川和俊：研究室災害に関する統計分析、災害の研究、V. 15 (1984)
- 103) 関沢 愛：日本海中部地震における住民の対応についてのアンケート調査結果、日本火災学会研究発表会 (1984)
- 104) 座間信作他：地震時における超高層ビルの揺れ方に関するアンケート調査、消研輯報、No.38 (1984)
- 105) 寒河江幸平：二、三の地域における救急活動の統計的解析、消防研究所報告、No.59 (1985)
- 106) 寒河江幸平：救急車台数に関する一算法、消防研究所報告、No.62 (1986)
- 107) 寒河江幸平：救急車台数算定に関する二つの試み、日本火災学会研究発表会 (1987)
- 108) 長谷川和俊：酒製造・卸売・小売業の火災統計分析、災害の研究、V. 19 (1988)
- 109) 寒河江幸平：確率論的方法による救急車必要台数の算定について、日本火災学会研究発表会 (1988)
- 110) 寒河江幸平：救急車出場件数の人口への依存度について、消研輯報、No.42 (1989)
- 111) 長谷川和俊：火薬類に原因した火災の統計分析、工業火薬協会平成元年度秋季大会 (1989)
- 112) 長谷川和俊：火薬類に原因した火災統計、災害の研究、V. 21 (1990)
- 113) 長谷川和俊：火薬類に原因した火災統計、兵庫県火薬類保安協会誌、No.28 (1990)
- 114) 寒河江幸平：救急車必要台数算定のための確率論的試み、消研輯報、No.44 (1991)
- 115) 長谷川和俊：火薬類に原因した火災統計、工業火薬、V. 52, No. 4 (1991)

その他

- 91) 高瀬晋一：電気火災統計について、消防研究所報告、V. 1、No. 3 (1950)
- 92) 中内俊作他：統計からみた電気火災、消研輯報、No. 9 (1959)
- 93) 細野義純：既往の降雨強度から崖くずれの発生危険度を予測する一方法について—とくに実効雨量計の考案について、地すべり、V. 10, No. 3 (1974)
- 94) 寒河江幸平：待ち行列を用いて解析した消防自動車の必要台数、消研輯報、No.33 (1979)
- 95) 寒河江幸平：消防署所の適正配置の一算法、日本火災学会研究発表会 (1980)
- 96) 寒河江幸平：風速分布の統計学的考察、消研輯報、No.34 (1980)
- 97) 寒河江幸平：消防署所の適正配置の求め方について、火災、V. 31, No. 6 (1981)
- 98) 寒河江幸平：市街地の消防署の適正配置—東京都中野消防署管内の場合—、消防研究所報告、No. 52 (1981)
- 99) 関沢 愛他：平塚市の「地震警戒宣言」誤放送に関するアンケート調査報告—町内会・自治会における対応について—、火災、V. 59, No. 4

近年の大規模林野火災について

山下邦博、那波英文

1. はじめに

林野火災の発生・拡大は気象条件等にも影響されるため、この数十年間の林野火災をみても年間の火災件数に相当バラツキがみられる。平成5年の天候は不順であったため、この影響は林野火災の発生状況にも認められる。この年の4月には乾燥した日が続いたために山梨県勝沼町の火災¹⁾、高知県物部村²⁾の火災など大規模な林野火災が平年に比較して多く発生した。これに対して、5月から9月にかけては、農作物に甚大な被害を与える原因となった低温、長雨、日照不足等により、この期間中、林野火災は少なかった。

近年、林野火災の発生件数は減少傾向にあり、年間の火災件数は3000件以下まで減少している。しかし、少雨傾向が始まると林野火災が増加し、それが長期化してくると大規模林野火災の発生頻度が高まるようである。大規模林野火災の発生要因となるものとして気象条件、火災挙動（飛火の発生等）及び消防活動環境（道路、水利事情）等があげられるが、このうちで少雨（気象条件）の影響は大きいと推測される。特に、全国の大規模林野火災の発生件数を問題にする場合には、火災件数は少雨の時期、少雨の期間、少雨の地域とその範囲に左右される。

ここでは、平成5年4月の大規模林野火災事例をもとにして少雨と大規模林野火災の関係について考察するとともに全林野火災に対する大規模林野火災の件数割合の分布状況等について分析したので、その結果を紹介したい。

2. 平成5年4月の大規模林野火災

消防庁及び林野庁で作成された平成5年1月1日から11月9日までの大規模林野火災の一覧表をもとにして大規模林野火災の発生状況について検討した。但し、これらの資料は林野火災について焼損面積が10ha以上の林野火災（一部、焼損面積は小さくても、空中消火を実施した火災を含んでいる）の速報であり、今後一部のデータは変わる可能性がある。消防庁では20ha（または10ha）以上の林野火災を大規模林野火災として取り扱っていることからここでも焼損面積が20ha（または10ha）

（脚注）少雨の用語は気象用語辞典にのっていないが、一般的には平年と比較して降水量がかなり少ない場合をさしている。ここでは旬別降水量の平年比が20%以下の状態を想定して考察した。）

以上の林野火災を大規模林野火災として分析した。大規模林野火災の件数は数十年の長い期間でみるとかなりの変動があり、大規模林野火災の定義もかなり相対的なものといえる。上記の資料によると本年1月から11月9日までの10ha以上の林野火災は32件、20ha以上の林野火災は25件である。

(ア) 大規模林野火災は4月に集中

焼損面積が20ha以上の林野火災について月別の火災件数を図1(a)、(b)に示す。大規模火災件数は、1月に0件、2月に3件、3月に4件、4月に17件、5月に1件である。各月を上旬、中旬、下旬に分けて火災発生件数を見ると4月中旬に14件で一番多く、次いで、3月中旬に4件、2月中旬と4月上旬に2件である。4月と5月の下旬にそれぞれ1件ずつ発生している。このように1月から4月にかけて火災件数は、単調に増加し、4月をピークにしてそれ以降は減少している。6月から11月までは大規模林野火災は発生していない。

(イ) 瀬戸内海沿岸で頻発

大規模林野火災の発生場所及び焼損面積の大きさを図2に示す。各県ごとの林野火災件数を見ると、岡山 4件、

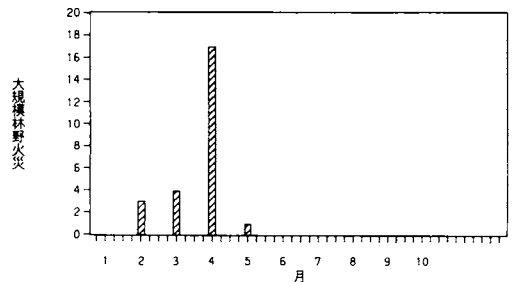


図1 (a)月別の大規模林野火災の発生状況（平成5年1月～10月）

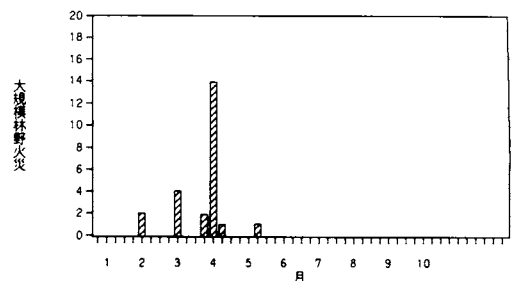


図1 (b)旬別の大規模林野火災の発生状況（平成5年1月～10月）

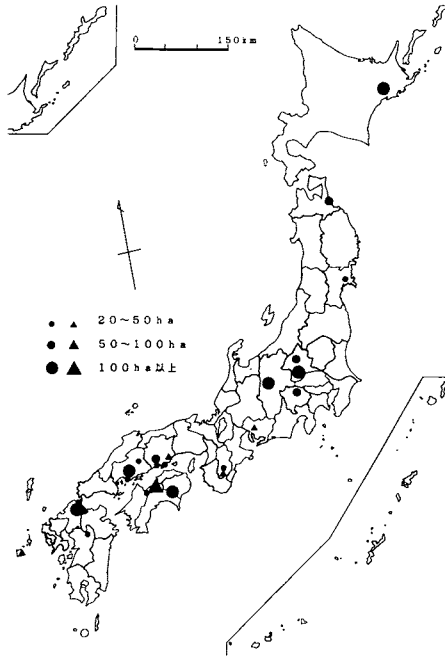


図2 大規模林野火災の発生場所 (平成5年1月～4月中旬)
● 4月中の林野火災、▲ 4月中以外の林野火災

広島、福岡 各3件、愛媛、群馬、奈良 各2件、高知、長野、愛知、長崎、熊本、山梨、宮城、青森、北海道 各1件である。このように平成5年の大規模林野火災の件数は岡山県で多く、次いで、広島県及び福岡県の順となっている。このように大規模林野火災は、瀬戸内海沿岸で多く発生した。昭和38年から平成4年までの林野火災をみると、その件数は、兵庫県、千葉県、茨城県、福岡県の順におおい。平成5年においても兵庫県、千葉県、茨城県においても林野火災は発生しているが、大規模な林野火災が発生していない。

3. 平成5年4月の天気

(ア) 4月の天気概況

4月上旬から中旬にかけて日本の広い範囲で少雨状態が続き、空気が乾燥して林野火災を誘発したと推定される。この期間の天気概況^{3)~5)}を以下に示す。

4月上旬の高層天気図によるとオホーツク海にブロッキング高気圧があり、北海道付近に寒冷低気圧がある。上空の偏西風はこのブロッキング高気圧を迂回して流れたために、平年の位置に比べて南下してきた。これにもなって日本付近に寒気が入り、東日本の上空に-30℃以下の真冬並みの寒気が居座ったために、広い範囲で低温の状態が続いた。4月上旬に咲いた桜の花がなかなか散らなかったのはこの寒さにも関係している。このブ

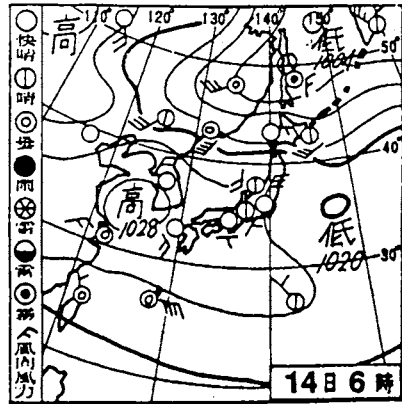


図3 平成5年4月14日の地上天気図 (毎日新聞)

ロッキング高気圧は4月中旬に入って解消したが、日本の東海上では相変わらず高度の低圧状態がつづき、日本付近の偏西風は西北西から東南東の方向に流れた。このような状態が長く続いたために、日本付近で雨をもたらす低気圧が発達することもなく、また前線が日本の南岸に停滞することもなかった。今年の3月以降、このような天候状態が続いたために日本に及ぼす低気圧の影響は少なく、例年発生するタネ梅雨も西日本の一部を除いて現われなかった。なお、4月14日の地上天気図を図3に示す。日本の広い範囲が移動性高気圧におおわれて晴天となっている。日本気候表^{6), 7)}の降水量データから判断するとこのように4月上旬から中旬にかけて晴天の日が長く続いたことは数十年に一度しか起きない程の極めて珍しい現象である。

(イ) 降水量の分布

降水量は地域と季節で異なり、旬別降水量をみると数十ミリから数百ミリの広い範囲の値となる。本年の4月上旬及び中旬の降水量(10日間)^{3)~5)}を図4(a), (b)に示す。4月上旬において降水量が少ない区域は、九州北部、瀬戸内海沿岸、本州内陸部である。これに対して、4月中旬になると降水量が少ない範囲はさらに拡大し、九州北部から本州内陸部にそって北海道南部に伸びている。このように4月上旬から中旬にかけて少雨の範囲が拡大したことが分かる。

また、各地域の降水量と過去30年間(1961—1990)の旬別の平均値^{6), 7)}との比(平年比)を図5(a), (b)に示す。この図は平年比の分布を示したもので、20%以下、20~70%以上の3つの範囲に区分して示した。平年比が20%以下の範囲は、少雨の度合が著しい区域であり、4月上旬から中旬にかけて少雨区域が拡大した様子が分かる。多くの地域で旬別降水量の最小値は上記30年間の記録を更新していることから本年4月の少雨は異常であったことが分かる。大規模林野火災の発生場所は4月上旬

から中旬にかけての少雨の範囲に含まれる。

これらのデータから大規模林野火災が特定の時期に頻発した理由として、少雨の発生時期が林野火災の多発する時期と一致したこと、少雨の時期が長く、しかも少雨の発生区域が非常に広い範囲に及んだことを指摘することができる。

4. 過去10年間の大規模林野火災の発生状況

(ア) 大規模林野火災の年変化と月変化

昭和57年から平成3年までの10年間をみると大規模林野火災(20ha以上)は198件であり、平均すると年に約20件の大規模林野火災が発生している。全林野火災件数、20ha以上の大規模林野火災件数、全林野火災に対する大規模林野火災件数の件数割合をそれぞれ図6(a)~(c)に示す。全林野火災件数は昭和57年から61年までは年4千数百件程度で変動しているが、昭和61年からそれ以降においては単調に減少する傾向が認められる。大規模林野火災件数は年によってかなりのバラツキがあり、多い年

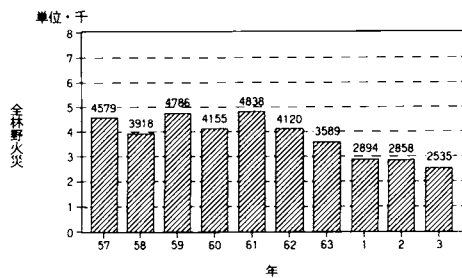


図6 (a)

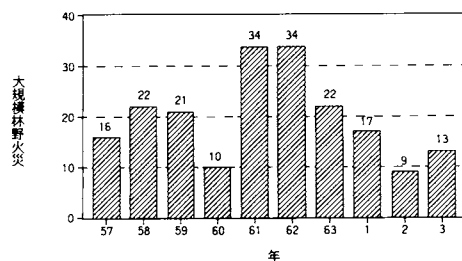


図6 (b)

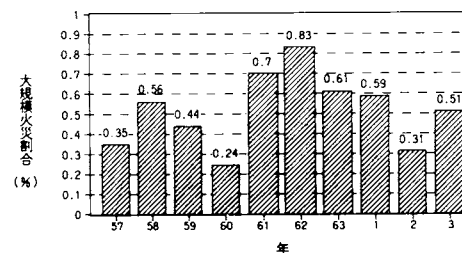


図6 (c)

図6 (a)全林野火災の年変化
(b)大規模林野火災の年変化
(c)大規模件数割合の年変化

(61年と62年)では34件、少ない年(平成2年)では9件である。全林野火災に対する大規模林野火災の件数割合は、その平均値が0.52%で、年によるバラツキが大きく、昭和62年には0.83%で、昭和60年には0.24%である。

また、1年間に発生する大規模林野火災の月別の発生件数の平均値及び最大値、最小値の範囲を図7(a)に示す。大規模林野火災は、2月から4月にかけて増加し、4月で最大になる。4月の平均値は7.3件で、この月の最大値は昭和58年4月の17件である。大規模林野火災は4月にピークになり、5月、6月、7月と減少し、7月に最小になる。大規模林野火災は8月に幾分増加して9月にはまた減少する。対象期間中の大規模林野火災の月別発生分布は全林野火災の月別発生分布とはほぼ類似している。

昭和58年4月27日に宮城県、岩手県、青森県、福島県、石川県など東北地方及び北陸地方において大規模の林野火災が多数発生した。焼損面積が10ha以上に及ぶ林野火災はわずか1日で13件に及んでいる。この年の4月の大規模林野火災の件数はこの10年間のピークとなっている。本年の大規模林野火災の月別発生件数は図1(a)に示してあるが、これと図7(a)と比較してみると、本年2月と3月の火災件数は平均値よりもやや大きい程度であるが、4月の火災件数は平均値よりもはるかに大きく、最大値と等しくなっている。これは本年4月の火災件数が

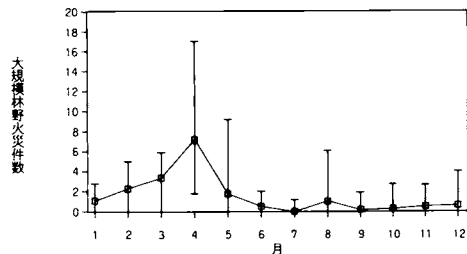


図7 (a) 月別の大規模林野火災の発生状況 (昭和57年~平成3年)
(□平均値, I 最大値と最小値の範囲を傍線で示す)

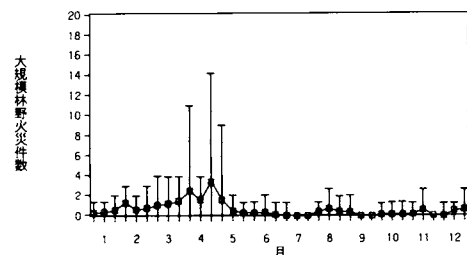


図7 (b) 月別の大規模林野火災の発生状況 (昭和57年~平成3年)
(□平均値, I 最大値と最小値の範囲を傍線で示す)

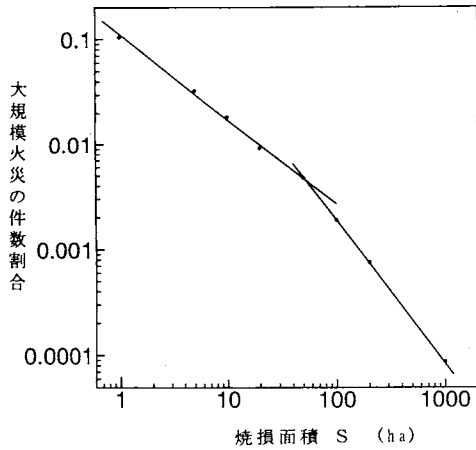


図8 焼損面積と林野火災件数割合の関係

昭和58年の4月に匹敵して大規模林野火災が短期間に集中して発生したことを示している。

(イ) 大規模林野火災が多い地域

大規模林野火災が全林野火災に対してどの位の割合で発生しているかを過去の火災データからみてみよう。昭和38年から63年までの26年間のデータから全林野火災件数に対する焼損面積が一定値以上 (S) の林野火災件数割合と焼損面積の関係を図8に示す。この図から焼損面積と割合の関係はおよそ次のとおりである。

10ha以上 2%

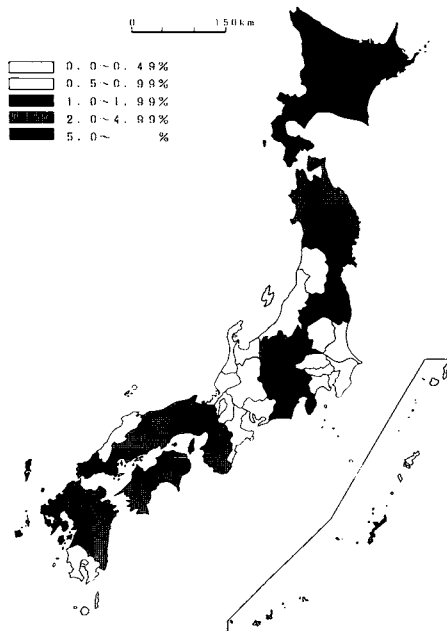


図9 大規模林野火災の件数割合の分布図

20ha以上 0.9%
100ha以上 0.1%

図5(c)では20ha以上の大規模林野火災の件数割合は、0.52%であり、ここで得られた結果と異なる。この違いは、分析した対象期間に関係するもので、昭和40年代に大規模林野火災が多かったため、その期間を含めて計算すると高い値が得られる。

次に、昭和38年から63年までのデータから求めた全林野火災に対する10ha以上の大規模林野火災の件数割合の分布を図9に示す。大規模林野火災の件数割合が大きい県は、北海道、長野県、山梨県、青森県、岩手県、広島県、岡山県、愛媛県、高知県、福岡県、大分県、宮城県、奈良県等である。一般的に、都市郊外においては、火災件数は大きい、火災の早期発見あるいは充実した消防力により焼損面積を小さく押さえるため、平均の焼損面積は小さくなる傾向が認められる。一方、山間地においては、林野火災の発生件数は大きくはないが、一旦火災が発生すると、発見の遅れあるいは消防力不足等から火災が大規模化する危険性があり、実際に大規模火災件数の件数割合は山間地の面積割合の大きい県において高くなっている。

5. 今後の林野火災対策

林野火災の原因は、休憩時のタバコ喫煙、屋外における食事準備、ゴミ焼却等の人為によるものがほとんどで、地域によっては火災の発生箇所、発生時期等にしばしば特性が見られる。過去の火災データから林野火災の地域特性を把握し、地域の実情に即して予防対策と警防対策を樹立することが必要である。

本年の大規模林野火災について地形や海岸からの距離等から市街地近郊の林野火災と山間地の林野火災に大別できる。山間地で発生した火災事例として、長野県伊那市、高知県物部村、奈良県十津川村等で発生した火災があり、また、都市近郊で発生した火災事例として倉敷市、東広島市で発生した林野火災等がある。都市近郊の林野火災と山間地の林野火災では消防活動上でいくつかの違いがある。

都市近郊で発生する林野火災では、住宅や市街地に延焼する危険性が高く、住民が避難を余儀なくされる可能性がある。このような火災に対しては造成された住宅付近における消防水利の整備、森林と市街地の間に道路や空き地を設けるなどして防火対策を強化するとともに、避難対策を充実させる必要がある。

また、山間地の林野火災に対しては、火災の発見が遅れる可能性が高いことから、林野火災の予防運動を推進

するとともに、消防水利と道路の整備、消防資機材の整備、防火帯構築等の対策を進めると共に延焼危険性が高いと予測される気象条件下では広域消火体制をとり、早めにヘリコプターの出動要請を行う準備が必要である。

6. まとめ

(1) 大規模林野火災の発生件数

平成5年4月に発生した林野火災のうち焼損面積が20ha以上のものは17件であり、昭和58年4月に匹敵するほど多くの大規模林野火災がこの1ヶ月間に発生した。これらの年には移動性の高気圧が次々に通過するかあるいはこれが停滞して晴天の日が続き、少雨傾向になったことが火災類発の一つの要因と考えられる。

(2) 本年4月に大規模林野火災が発生した地域は瀬戸内海沿岸、本州・四国の太平洋岸、北海道南部、本州内陸部の広い範囲に及んでいるが、それらの中で特に瀬戸内海沿岸が多かった。

(3) 大規模林野火災が短い期間に多く発生した一つの要因は、4月上旬から中旬にかけて降水量が少ない地域が日本全国の広い範囲に広がったことによる。この期間中、オホーツク海にブロッキング高気圧があり、このブロッキング高気圧等の影響により10日以上にわたって日本の広い範囲が移動性高気圧に覆われた。このために日本付

近において低気圧の発達と前線の停滞が抑制されて乾燥した晴天をもたらした。

なお、将来において大規模林野火災に関する詳細な検討が進み、全国の多量の気象データを使って即時に大規模火災の発生危険の高い区域を予測できるシステムができれば、地方の消防隊が、林野火災のパトロール、広域消火体制の編成、ヘリコプターの出動要請等を行う場合に活用できると思われる。現在、消防研究所においてこのようなシステムの基本型を検討している。

参考資料

- 1) 東山梨消防本部：山梨県勝沼町深沢地区の林野火災：フェスクNo.141 (1993)
- 2) 山田消防組合消防本部：高知県物部村野林野火災：フェスクNo.143 (1993)
- 3) 気象庁：気象庁月報（平成5年3月、4月、5月分）（平成5年7月）
- 4) 気象庁産業気象課：降水量平年比関係資料（1月～4月）（平成5年4月）
- 5) 東京管区気象台：気象庁気象月表（平成5年4月）
- 6) 気象庁：日本気候表（その1）（平成3年3月）
- 7) 気象庁：日本気候表（その2）（平成3年7月）

たばこを出火源とする火災について

寒河江幸平

1. はじめに

火災から人命や財産をまもるため、火災統計を用いて、火災原因等の分析検討がなされ、多くの防火対策が提言されている。それらの提言は、火災原因ごとの火災件数の年次変化又はそれらの大小を比較したものだけではなく、主な火災原因、例えば、放火、燃焼器具等に対して、その特性を詳細に分析検討することによってもなされている。

出火源としてのたばこは、最近10年以上にわたって、火災原因の上位2位内にあり、総火災件数の10%を占め、たばこによる火災を減少させることは、火災予防上重要な課題の一つと考える。

ここでは、出火源としてたばこを選び、建物火災とみなせるものの主な第一着火物、主たる着火物への経過、出火時刻、出火箇所等を分析し、たばこを出火源とする火災の特性を検討することにした。さらに、死者の発生した火災の第一着火物、出火時刻、出火箇所等の分析検討もしてみた。

これまで、たばこ火災について、単年度での統計分析はある^{1)、2)、3)}が、単年度のデータでは、統計結果が散発的な特異性を示すことも考えられるので、ここでは10年間という期間全体での平均的な傾向というものを調べてみた。

また、特定の着火物について、たばこ火災の分析をしたもの⁴⁾もあるが、たばこ火災全体での第一着火物がどのようなものであるか、経過、出火箇所、出火時刻等とどのような関係があるかも分析してみた。

2. 対象としたデータ、分析の方法等

統計分析は、最近10年間、すなわち昭和58年から平成4年までの全国火災報告記載のデータで、出火源をたばことするものを用いて行なった。

分析は、第一着火物、出火時刻、出火箇所、死者の有無、経過等のクロス統計をとることによって行なった。

3. 分析結果

3.1 最近10年間のたばこによる火災の概況

図1に昭和58年以降の、主な火災原因による火災件数の推移を示した。たばこは、昭和61年まで、出火原因の

第1位であったが、昭和62年から平成3年までは、コンロについて第2位となった。しかし、平成4年には、再度第1位になっている。このように昭和58年以降、たばこは出火原因として常に上位にある。

図2に、総火災件数とたばこによる火災件数の推移を示した。総火災件数は、多少の増減をしながら、漸減してきている。たばこを出火源とする火災は、増減を繰り返しながら、平成元年まで減少傾向にあったが、平成2年以降反転して増加してきている。

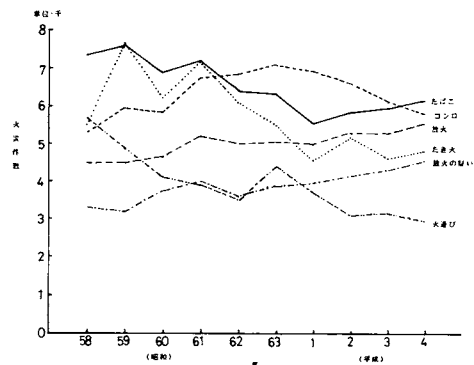


図1 主な出火源による火災件数の変化

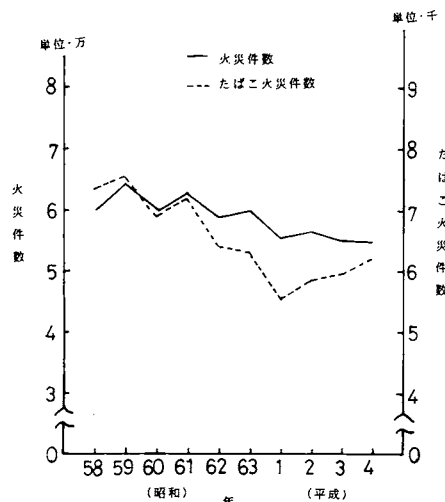


図2 総火災件数とたばこによる建物火災の件数の変化

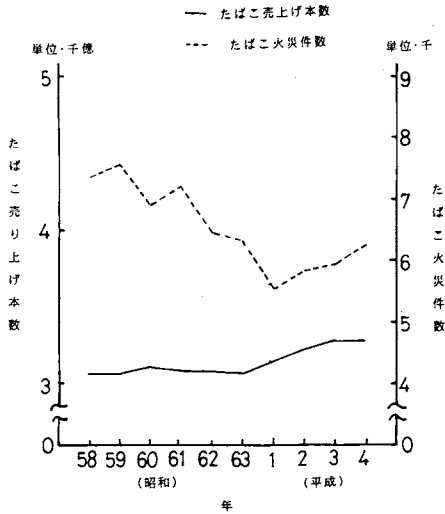


図3 たばこ売上げ本数とたばこ火災件数の変化

図3に、たばこの売上げ本数とたばこを出火源とする火災件数の年次変化を示した。たばこ売上げ本数は、ほぼ年々増加する傾向にあるが、昭和58年から昭和63年までは、嫌煙権や健康面への配慮により、増加の度合いが鈍かったり、横ばいの傾向にあった。しかし、平成に入るとたばこ売上げ本数は再び増加する傾向にある。たばこ火災件数の推移は前述の通りである。たばこ火災件数とたばこ売上げ本数の間には、強い相関関係はみられなかった。

3.2 建物火災に占めるたばこを出火源とする火災

図4に昭和58年以降平成4年までの建物火災件数とたばこを出火源とする建物火災件数の変化を示した。二つ

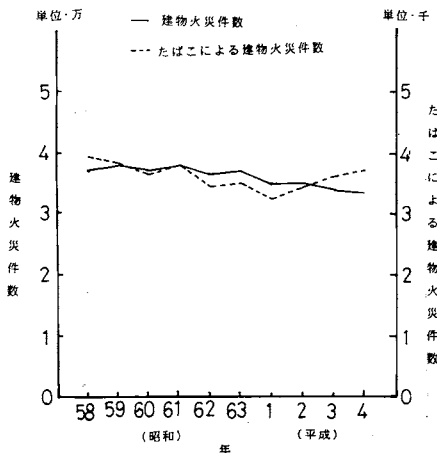


図4 総建物火災件数とたばこによる建物火災件数の変化

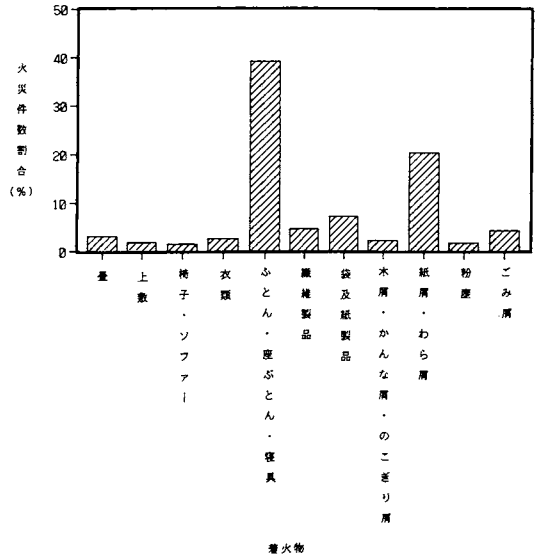


図5 たばこによる総建物火災件数に対する主な着火物別の建物火災件数の割合

こによる火災の件数は増加してきている。

3.3 たばこを出火源とする建物火災の第一着火物

たばこを出火源とする建物火災の第一着火物は、第一位が布団・座ぶとん・寝具、第二位が紙屑・わら屑、第三位が袋及び紙製品であった。図5を参照されたし。この順位は昭和58年から平成4年まで不動であった。それぞれの発生割合は、約40%、20%、7%で年による変動はほとんどなかった。

次の順位を占めるのが、繊維製品、畳、ゴミ屑等で年によって順位は入れ替わるが、ほとんどの年に現われ、割合はそれぞれ3～5%である。

3.4 たばこを出火源とする建物火災の着火物と経過

2.3で見たように、たばこを出火源とする建物火災のうち、着火物を布団・座ぶとん・寝具とする火災が最も多く、経過はたばこの火の転倒落下が大半で、約6割を占める。紙屑・わら屑の割合は、たばこを不適当なところに捨て置くが、約7割りを占める。図6、図7は昭和58年から平成4年までの、ふとん・座ぶとん・寝具及び紙屑・わら屑を着火物としたたばこ火災の経過の割合を示してある。

3.5 死者の発生したたばこを出火源とする建物火災

たばこを出火源とする建物火災で、死者の発生したものの第一着火物は、昭和58年から平成4年まで、第一位が布団・座ぶとん・寝具で、死者の発生した火災の約6割を占め、突出している。次いで、紙屑・わら屑で、8

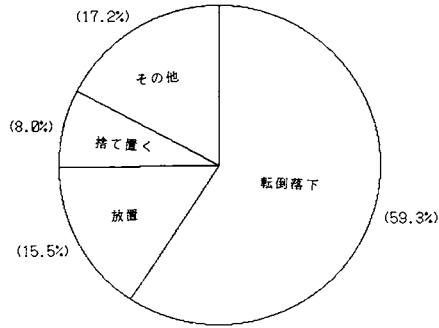


図6 布団・座ぶとん・寝具に着火した建物火災の主な経過の割合

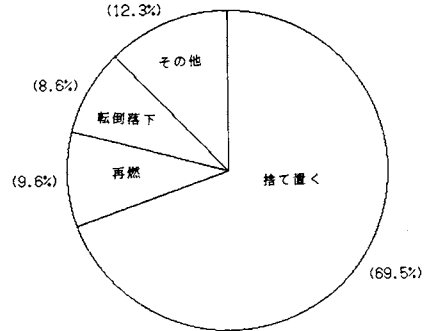


図7 紙屑・わら屑に着火した建物火災の主な経過の割合

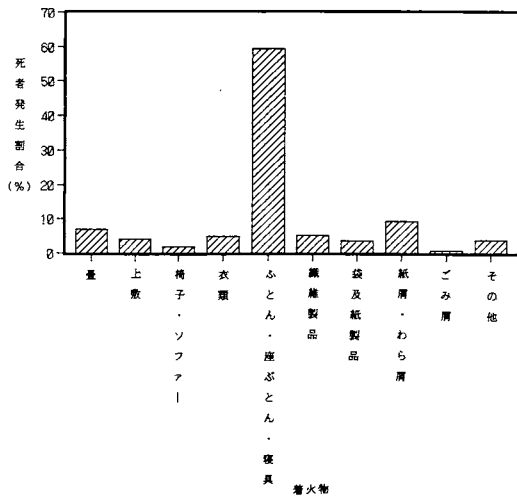


図8 たばこによる死者発生建物火災での着火物別の発生件数割合

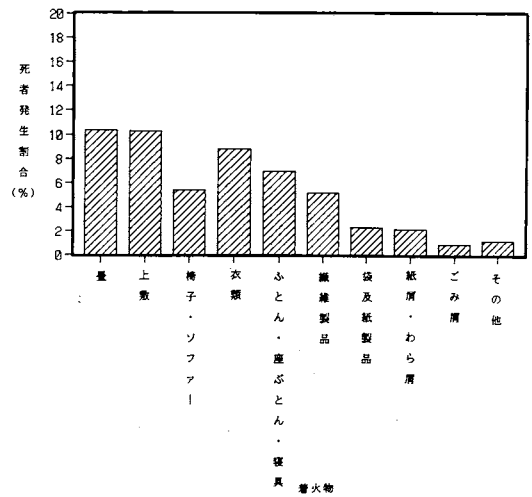


図9 たばこによる建物火災での着火物別の発生件数に対する死者発生件数割合

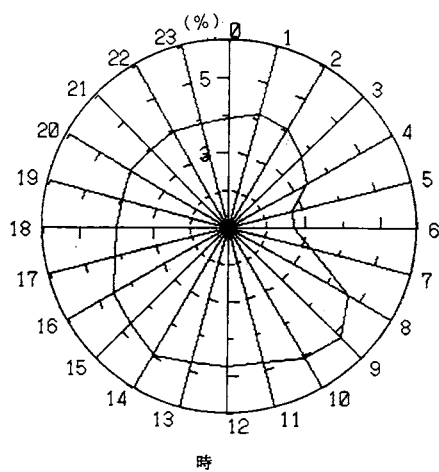


図10 出火時刻別のたばこによる建物火災発生件数割合

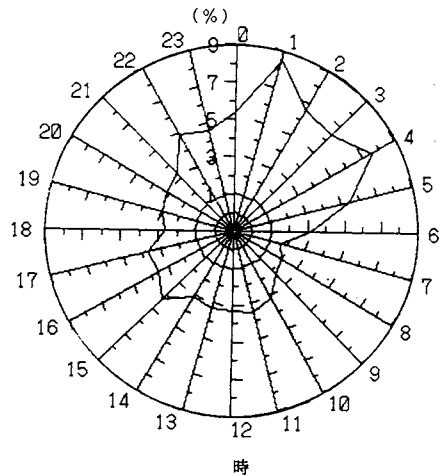


図11 たばこによる建物火災の出火時刻別死者発生割合

～9%、次が、畳、繊維製品、衣類とつづき、約5～7%となっている。図8にその結果を示した。各年の順位では、第一位が布団等で変わりなく、他のものは、時々順位が入れ替わっている。

たばこを出火源とする建物火災総件数に対する死者発生件数の割合より死者発生件数の割合が高い第一着火物は、布団寝具等、畳、衣類、上敷等である。図9参照。

たばこを出火源として死者の発生した火災のたばこを出火源とする火災全てに対する割合は、平成で4.6%であった。

3.6 たばこを出火源とする火災の出火時刻

図10、図11に、昭和58年から平成4年までのたばこを出火源とする建物火災の出火時刻別の件数割合及び死者の発生した火災の出火時刻別の件数割合を示した。

図より、大まかな傾向として、たばこを出火源とする

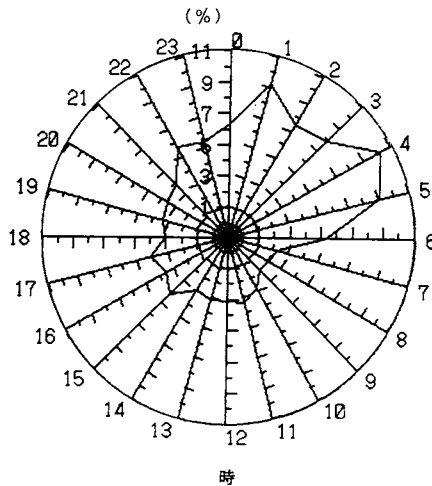


図12 たばこによる建物火災の出火時刻別発生件数に対する死者発生割合

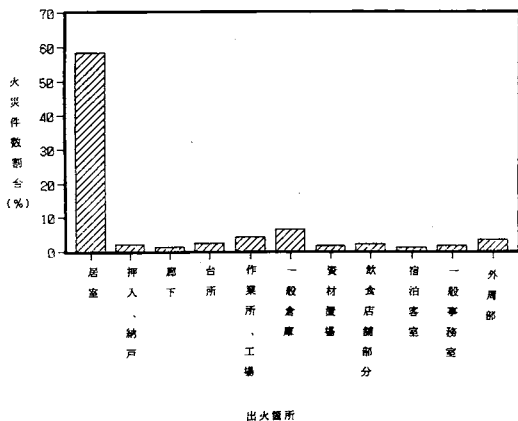


図13 たばこによる建物火災の出火箇所別の発生割合

建物火災は、夜半にピークを一つ有し、人々が活動をはじめめる午前8時から増えはじめ、夕方活動の終わる頃まで一つ大きいピークを示す。

死者の発生する火災は、夜半に多く、仕事が始まる午前9時～午前10時ごろ、仕事がピークになりはじめる午後3時ごろにも、それぞれ小さな山となるようである。夜半のピークは、仕事の終わりの飲酒時の喫煙や寝たばこによるものと考えられる。また、昼の仕事等の活動の疲れがでる頃にも多いといえる。

一般に、夜半にたばこを出火源とする火災が多いと思われているが、日中、人々の活動中にもたばこを出火源とする火災が多いということでもある。

出火時刻別の死者発生件数割合を図12に示した。死者発生件数割合が高いのは、夜10時以降の深夜で、また、午後3時ごろにも若干高い。

3.7 たばこを出火源とする建物火災の出火箇所

図13に、昭和58年から平成4年までのたばこを出火源とする火災の主な出火箇所の統計を示した。最も発生件数の多いのは、居室で、突出している。全体の約60%である。次いで、一般倉庫、作業所及び工場である。さらには、押し入れ及び納戸、建物の外周部、台所等がつづく。

表及び図に示さなかったが、出火箇所別の主な着火物は、居室では、布団・座ぶとん・寝具が第一位、第二位が紙屑・わら屑である。次いで、繊維製品、畳となっている。一般倉庫では、袋及び紙製品、紙屑・わら屑である。作業所及び工場では、紙屑・わら屑が第一位で、次が、木屑・かんな屑・のこぎり屑である。

出火箇所別の死者発生件数割合は、図14に示したよう

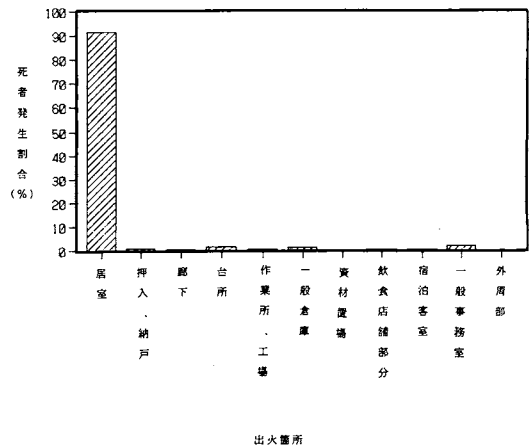


図14 たばこによる建物火災で死者の発生した火災の出火箇所別の死者発生割合

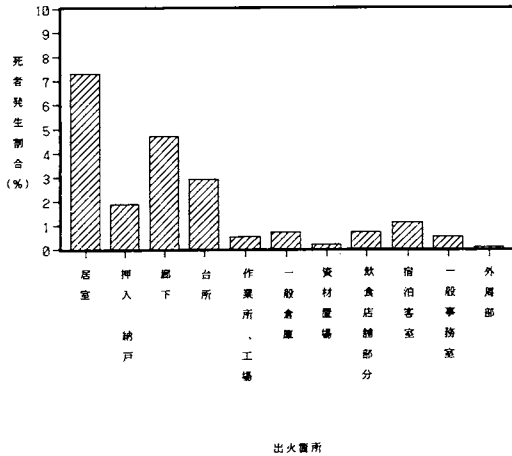


図15 たばこによる建物火災での出火箇所別火災発生件数に対する死者発生割合

に、居室での発生がほとんどで、全体の約9割強である。出火箇所別の死者発生件数割合は、平均4.6%に対して、平均以上なのは、居室で、ほぼ平均並なのは廊下である。図15参照。

4. まとめ

2節において、たばこを出火源とする火災、主に建物火災について、分析結果を述べた。以下に昭和58年から平成4年まで10年間通して見られる結果の概要を簡単に記す。

- 1) たばこを出火源とする建物火災件数は、毎年総件数の約10%を占めている。その割合は、昭和58年以降、平成元年まで減少する傾向にあったが、平成2年以降増加している。
- 2) たばこを出火源とする建物火災の第一着火物は、布団・座ぶとん・寝具が第一位で、次いで紙屑・わら屑で、さらには袋及び紙製品である。
- 3) たばこを出火源とする建物火災の第一着火物への経過については、布団・座ぶとん・寝具では、たばこの火の転倒落下が大半で、紙屑・わら屑では、たばこを不適当なところに捨て置くが大半である。
- 4) たばこを出火源とする建物火災で、死者が発生したものの第一着火物は、布団・座ぶとん・寝具で大半である。割合は約60%である。火災発生件数に対する死者の発生件数の割合の高いものは、上記の布団・寝具類、畳、衣類、上敷等である。死者発生割合から見ても、平均以上なのは、上記のものである。
- 5) たばこを出火源とする建物火災の出火時刻は、夜半

と日中にそれぞれピークができる。人間の活動時に、結構火災が発生しているといえる。また、寝たばこ等の夜半の不注意によっても火災が発生するものといえる。死者数は夜半に発生した火災に多い。

- 6) たばこを出火源とする建物火災の出火箇所は、居室が最も多く、次に一般倉庫、作業所及び工場である。死者発生件数は、ほとんどが居室で、9割強を占める。また、出火箇所別の死者発生割合が平均より高いのは、居室のみである。

以上、たばこを出火源とする火災、とくに建物火災についての統計分析結果を述べてきた。

たばこを出火源とする火災件数は、最近10年間では、総火災件数の約10%、建物火災に限っても約10%を占め、平成に入ってから、その割合は増加の傾向にある。

主な第一着火物は昭和58年から平成4年まで、布団・座ぶとん・寝具、紙屑・わら屑、袋及び紙製品等で、ほとんど変わらず、10年間ほとんど同じ割合を示した。これは、たばこを出火源とする火災が、一定のパターンで発生したものであることを示す。

概括すれば、たばこを出火源とする火災の多くは、居室で発生し、布団・座ぶとん・寝具を着火物とし、たばこの火の転倒落下で起こるものが多い。時間的には、朝と夕方に少なく、その他の時間帯には無関係に起こる。死者の発生という点からみれば、たばこを出火源とする火災は、居室で、布団・座ぶとん・寝具を着火物とし、夜半に多く起こる。

今後、もう少したばこ火災について、例えば、喫煙者数とたばこ火災件数の関係等の統計分析をして、何らかの結果を得たいものと思っている。また、たばこのみに限らず、発生件数の多い他の出火源についても統計分析するつもりである。

参考文献

- 1) 自治省消防庁「消防白書」各年号
- 2) 東京消防庁「火災の実態」各年号
- 3) 日野宗門「クローズアップ火災(10) たばこ火災の話」、消防科学と情報、No.19冬(1989) p.39~
- 4) Yeh.K 「Ignition Risk Analysis - Cigarette Ignition of Upholstered Furniture」 Fire Technology Vo.21 No. 2 May (1985) p.105~
- 5) 消防庁予防課「火災による死者の実態について」各年号

泡 消 火 剤

星野 誠

1. 緒言

石油化学の発展に伴い、これらの生産設備や可燃性液体貯蔵所が増加するとともに設備・貯蔵所が巨大化している。石油コンビナートにおける災害は、減少してきているが、一旦、災害が発生すると大規模化し、大きな人的被害がでるおそれがある。石油コンビナートにおける火災による被害を軽減するには、貯蔵所の内容物に応じた消火剤を選択するとともに、消火剤の適用方法、消火装置を含めた総合技術の確立が必要となってきている。

泡消火剤の分野において、かつては石油類など可燃性の液体火災を主対象とするタンパク泡消火剤か、消火器用の化学泡消火剤程度に限られていたが、その後、ふっ素、シリコン系などの合成界面活性剤を基剤とする新しい泡消火剤が相次いで開発され、用途面でも新たにLPG、LNGなど液体ガス火災用に使用されるようになった。

本報告では、最近の泡消火剤の特性についてその概要を紹介し、参考に供したい。なお、詳細については後の参考文献を参照していただきたい。

2. 泡消火剤の特性

2.1 消火原理

一般に再燃防止を重視する液体燃料火災には、燃焼面を確実に被覆することのできる泡を用いる方法が最も適している。このほか泡は木材、原綿、プラスチックなど固体燃料火災にも使用されている。泡消火剤における界面活性剤の主な役割は消火と起泡である。ふっ素系とシリコン系界面活性剤はこの代表例である。消火は泡中の含有水分の冷却効果と燃料表面上を被覆した泡層、分子膜、ゲル膜などによる可燃性ガスと酸素間の遮断効果によるものである。したがって、この効果を出すため泡の被覆力と被覆後の泡層及び泡膜厚が重要な因子となる。たとえば固体燃料火災では界面活性剤の浸透、ぬれ効果により水が燃料内部まで浸透しやすくなり、また油などの液体燃料火災で乳化によるエマルジョン化や、ゲル化、または界面活性剤の表面張力低下作用による燃焼油面上の分子膜形成などにより消火を速める。

2.2 泡消火剤の組成

泡は高級アルコール系の陰イオン、非イオン、両性界

面活性剤の中で、高起泡力を有するものによってつくられる。また生成した泡の安定性を高めるため、カルボキシシメチルセルロースのナトリウム塩、ポリビニルアルコールなどの水溶性高分子を添加する場合がある。また消火を速めるため、表面張力低下作用の著しいふっ素系、シリコン系界面活性剤を添加する場合がある。また、アルコール類、ケトン類など水溶性液体燃料面上のゲル層形成を速めるため、水溶性高分子のアルギン酸のナトリウム塩、グアーガム、ポリアクリル酸などを添加する場合もある。またタンパク泡消火剤のように海水や硬水でも使用できるように、高起泡性ととも耐硬水性を有する界面活性剤が使用されるが、このほかキレート剤のエチレンジアミン四酢酸のナトリウム塩、ユトリロトリ酢酸のナトリウム塩などを併用する場合もある。またさらに低温でも使用できるように、エチレングリコール、エチレングリコールモノブチルエーテルなどの不凍剤も添加されている。

2.3 泡消火剤の分類

通常、泡消火剤は泡原液として貯蔵され、消火の際に水で希釈され3または6 vol%の泡水溶液が作られる。この泡水溶液に圧力をかけ発泡器(泡ノズル)を通して泡が生成される。この泡は、機械的方法によって空気あるいは二酸化炭素、窒素などの不活性ガスと泡水溶液を混合させているため機械泡(mechanical foam)または空気泡(air foam)と呼ばれる。

このほかの消火用泡の生成方法としては、炭酸水素ナトリウムと硫酸アルミニウムの混合の結果、発生する二酸化炭素を利用する化学的方法がある。

この種の泡は化学反応を利用しているため、機械泡に対し化学泡(chemical foam)ともいう。なお、化学泡は我が国では、現在小型消火器として限定された場所で使用されている。泡はしゃぼん玉のように空気を吹き込むことにより次第に膨張する。膨張する割合(膨張率)は、泡膜の強さ、安定性など泡膜の性質により変化する。消火用泡は膨張率の違いによって低膨張型(別名低発泡型、膨張率20倍以下)、中膨張型(別名中発泡型、膨張率500倍以下)、高膨張型(別名高発泡型、膨張率1000倍以下)に分類される。なお、中膨張型を高膨張型に含めて分類する場合がある。通常、液体燃料タンク火災には低膨張泡が、流出液体燃料火災と化学プラント火

災には低・中・高膨張泡が、またLPG、LNGなど液化ガス火災には高膨張泡が使用される。表1は膨張率にしたがって各国の泡消火剤を分類したものである。

一般に、液体燃料は石油類など無極性燃料(炭化水素系)と水溶性のアルコール、ケトン、エステル、アルデヒド、エーテル、カルボン酸、アミン類などの極性燃料に大別される。液体燃料火災には燃えている燃料の種類に最も適した泡消火剤を選択する必要がある。たとえば、極性物質のアルコール火災に石油類用泡消火剤から発生させた泡を燃焼液面に注入しても、その多くはたちまち消泡して泡層が液面に拡大せず、消火不能になる。なお、表2は、自治省規格(自治省令第26号、昭和50年12月)にしたがって泡消火剤を種類別、膨張形式、消火対象別、適用例別に分類したものである。なお、炭化水素系燃料、極性燃料のいずれにも共用できるものは、ふっ素タンパク泡消火剤と水溶性液体用泡消火剤に属する高分子ゲル生成型泡消火剤である。

2.4 泡の放出方式

表3に各国の泡消火剤国家規格に採用されている泡の放出方式と泡の油汚染度(泡中に燃料及び燃料蒸気が含まれている割合ピックアップ率ともいう)の関係を示す。油汚染度は次式で表される。

$$\text{油汚染度} = \frac{\text{泡の中の油量 (vol)} \times 100}{\text{泡の水溶液量 (vol)} + \text{泡の中の油量 (vol)}} \quad (1)$$

泡の油汚染度が高いと泡そのものが燃え消火できなくなる。各国の泡放出方式のうち、表3の(1)に示すような側壁面に沿って静かに泡を流しこむ油汚染の少ない側壁面流下方式は、燃料タンクの固定式泡消火設備に使用されている。(2)に示すような高所放水車(スクワート)や放水泡を用いてタンクやプラントなどの側壁面に泡を打ちあてる側壁面泡打ちあて方式は、(1)の方式より泡の汚染度は高くなる。また、(3)に示すような流出油などの平面火災に使用され燃焼液面に直接泡を棒状で放出する方式の場合、上記(1)、(2)の方式に比べ、油による泡の汚染度は著しく高く、泡の低効率化をもたらし、消火は長引く。

この結果、これらの泡放出方式のうち、泡の油汚染度にとまなう泡消火の困難さを考えれば、イギリス、フランスの燃料液面直接泡打ちあて方式(3)は、最も消火が難しく、次は米国、カナダ、イタリア、ドイツの側壁面泡打ちあて方式(2)で、日本の側壁面泡流下方式(1)は、最も消火がやさしい方式といえる。

2.5 消火用泡の物性

消火用泡の性能を表す基本的な物理量は、消火性能に直接関係する耐熱性や流動性を別にすると、起泡力に関する膨張率と泡の安定性、すなわち泡の寿命に関するドレイネジ(水分が泡から分離する)時間で表される。

表1 膨張率による泡消火剤の分類

膨脹形式	膨張率		
	日本*1	スウェーデン*2	アメリカ*3
低膨張 (low expansion) 中膨張 (medium expansion)	<20	<30	<20 (NFPA) <100 (UL)
高膨張 (high expansion)	第1種 80~250 第2種 250~500 第3種 500~1000	50~400 500~1000	100~1000 (NFPA) >100 (UL)

*1 消防法施行規則第18条による。

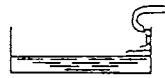
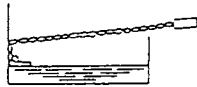
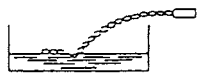
*2 スウェーデン国家消防規格(1970.9)による。

*3 アメリカ消火協会規格(NFPA, No. 11A)およびアメリカ保険協会規格(UL 162)による。

表2 自治省規格(自治省令第26号)による泡消火剤の分類

種類	膨脹形式	消火対象	適用例
タンパク泡消火剤	低膨張	石油類	タンク、流出火災、科学プラント
水成膜泡消火剤 (フッ素系界面活性剤)	低膨張	石油類	タンク、流出火災、科学プラント
合成界面活性剤泡消火剤	低・中・高膨張	石油、気体燃料、固体燃料	高圧ガス、液化ガス、流出火災、科学プラント、建物
水溶性液体用泡消火剤	低膨張	水溶性液体(アルコール類、ケトン類など)	タンク、流出火災、科学プラント
化学泡消火剤	低膨張	石油類、固体燃料	1m ² 以下の油火災、建物

表3 各国泡消火剤国家規格における泡放出方式と泡の油汚染度の関係

泡放出方式	泡の油汚染度	国名
(1) 側壁面流下方式 (Gentle goose-neck application) 	低い	日本(自治省令) スウェーデン(NIFS)
(2) 側壁面打ちあて方式 (Gentle back-board application) 	中程度	アメリカ(FED) カナダ(CG) イタリア(UNI) ドイツ(DIN)
(3) 燃焼液面打ちあて方式 (Forceful plunging application) 	高い	イギリス(DEF) フランス(NF)

膨張率とドレイネジ時間は、泡を構成する気泡径の分布、泡膜の性質と泡膜の厚みに関係する。泡水溶液の容積をV_lとし、これを完全に起泡させた場合の発生泡の容積V_sとすれば

$$E = V_s / V_l \quad (2)$$

をうる。式(2)中のEを起泡倍率(expansion ratio)または泡数(foam number)とよぶ。泡水溶液の比重は水のそれとほぼ等しいから、1/Eは泡の比重を表す。発生泡から容積V_dだけもとの泡水溶液にもどったとき、泡がドレイネジしたといい、100×V_d/V_l=50または25になる時間を50%または25%ドレイネジ時間(drainage time)とよぶ。起泡力は起泡方法により異なってくる。したがって、起泡力は一定の起泡方法による相対値しかわからない。たとえば、界面活性剤の起泡力はロスーマ

イルス法（Ross-Miles, JISK 3362）やドイツ工業規格（DIN 53902）の方法で測定される。消火用泡の膨張率は標準の泡ノズル（例えば自治省規格ノズル）から一定の容器に泡を収集して、重量法で測定される。

3. 泡消火剤の種類

3.1 タンパク泡消火剤

わが国の大型石油タンクの固定泡消火剤は主に天然タンパクを主原料とするもので占められている。原料は主に牛馬のひづめ、角などの粉末（ケラチン）が使われている。これらの原料を水酸化ナトリウムにより90℃付近で数時間、または水酸化カルシウムにより100℃付近で10数時間加水分解を行う。次に塩酸または硫酸を加えて中和後、加圧炉過し、炉液に泡膜安定剤として第一鉄塩（硫酸第一鉄又は塩化第一鉄）と防腐剤の安息香酸ナトリウムなど、あるいは凍結防止剤としてエチレングリコール、エチレングリコールモノブチルエーテルなど数%添加したものが市販品である。

加水分解はアミノ酸まで進行させず、部分分解したところで停止される。部分加水分解処理条件は各社の秘密になっている。市販品は黒褐色と特異臭を有する粘ちゅうな液体で、PH 6～7.5、比重1.12前後、動粘度は20℃で、3%型は30cSt（センチストークス）、6%型は20cSt前後である。タンパク濃度は3%型で40wt%前後、6%型は30wt%前後、3%型は6%型を約1.5倍に濃縮したものである。表面張力は20℃で3%、6%型原液とも43dyn/cm前後、その水溶液で55dyn/cm前後である。起泡力は20℃におけるロスーマイルス値で3 vol%、6 vol%水溶液とも20cm前後である。

ケラチン加水分解物は泡立ちにはするが、そのままでは消火剤とはならず、これに第一鉄塩を添加し、加熱反応させると鉄（II）とケラチン加水分解タンパク質との水溶性錯体が得られ、同時に耐熱性、泡膜安定性、高油温時の耐油性が得られる。この反面、鉄塩を加えないものに比べ沈殿をつくりやすく同時に老化しやすくなる。ケラチン加水分解物の起泡成分についての研究は少なく、その分子構造は未解明である。しかし、ケラチン加水分解物を限外濾過法によって分画した結果では、起泡力と泡安定性のいずれもが最も優れていたのは、分画分子量10000～5000のポリペプチドに相当する成分であった。分画分子量5000以下の成分は上記のポリペプチドに比べ、起泡力と泡安定性は著しく悪かった。一方、分子量範囲を広げた場合は、分画分子量30000～10000の低分子タンパク質もいわゆる有効成分とみなされる。これらの成分は分子内に酸基（-COOH）と塩基（-NH₂、-CONH₂）を所有する天然の両性界面活性剤で、そのほかケ

ラチンに多く含まれているシステイン結合（-S-S-）から生じた還元性のメルカプト基（-SH）を有している。このためケラチン加水分解物は還元性を有する。石油類火災の消火に関する有効成分としては、分画分子量5000以上のポリペプチドおよびタンパク質成分と鉄（II）の化合物が考えられ、このものは高油温時の水/油界面において安定な分子膜を形成するものと考えられる。なお、このものが酸化や温度変化をうけ、消火効力がなく同時に沈殿しやすい鉄（III）の化合物へと経時変化することが、老化の生ずる一因になっていると考えられている。

石油類に対するタンパク泡の消火の特徴は、泡の流動性がよくないため、消火速度が遅いことである。しかし、燃焼油面を安定した速度で確実に覆い、さらにまた消火後も泡層は長時間油面上に残っているため、再燃防止効果がきわめて優れていることである。したがって、赤熱したタンク壁の影響で再燃の危険がある大規模石油タンク火災に適している。

3.2 ふっ素タンパク泡消火剤

タンパク泡消火剤にふっ素系界面活性剤を少量（数%）加えたものである。これはタンパク泡消火剤とふっ素系界面活性剤泡（水成膜泡）の短所、すなわち、タンパク泡は、燃焼面上の流動性や油による汚染に弱く、一方、表面膜形成によって消火する水成膜泡は、赤熱されたタンク壁や高温の油に弱いという点を補った泡消火剤で、その消火性能は含有する加水分解タンパクとふっ素系界面活性剤の濃度に支配される。すなわち、前者の濃度が増加すると、耐熱性や耐再燃性はよくなるが、反面、泡の流動性や消火速度は低下する。一方、後者の濃度が増加すると消火は速くなるが、反面、耐熱性や耐再燃性は悪くなる。表4はタンパク泡とふっ素タンパク泡のガソリン汚染度と燃えやすさの関係を示したものである。タンパク泡中のガソリン濃度が8.5vol%に達するとタン

表4 タンパク泡とフッ素タンパク泡のガソリン汚染度と燃えやすさの関係

タンパク泡		フッ素タンパク泡	
汚染度 (vol%)	燃えやすさ	汚染度 (vol%)	燃えやすさ
2.0	4秒燃焼	2.5	燃焼せず
2.5	燃焼せず	4.0	〃
4.5	15秒燃焼	4.5	〃
8.5	自由に燃焼	7.0	〃
9.5	〃	8.5	〃
11.0	〃	9.8	〃
		17.0	強熱により燃焼
		23.0	かなり自由に燃焼

バク泡は継続燃焼を始めるが、一方、ふっ素タンパク泡は17vol%に達するまで不燃性であり、タンパク泡に比べ2倍以上の不燃性能を示している。

通常、地震などで石油タンクの固定泡消火設備が十分に働かなくなった場合には、高所放水車などを使って外部から燃焼面に直接泡放射を行うが、この場合、油による汚染が少なく、泡の流動性がよいふっ素タンパク泡はタンパク泡に比べ消火効果が著しい。またタンクの底部からタンク内の油に泡を放出する、いわゆる底部発泡消火方式（別名SSI方式、Subsurface injection）には、油による汚染の影響の少ないふっ素タンパク泡は、水成膜泡とならんで有効な泡消火剤となっている。また世界的傾向からみて、今後ふっ素タンパク泡は、従来のタンパク泡に代わって大型石油タンク用泡消火剤の主流となると予想される。

3.3 ふっ素系界面活性剤泡消火剤

この系統の泡消火剤としてはわが国でも国家検定品としてすでに認められているアメリカの3M社の“ライトウォーター”（商品名）のほかに、National Foam System社、イギリスのICI社、ドイツのGoldschmidt社、国内では大日本インキ化学、旭ガラス、ダイキン工業などで商品化されている。このうち最も知られている“ライトウォーター”はアメリカ海軍研究所のR.L.Tuveらと3M社との共同研究によって開発され、1964年に公表されている。これらの各社の製品の相違点は疎水基であるフルオロカーボン基にある。起泡力は親水基の種類にもよるがあまりよくなく、起泡剤、泡安定剤としてポリシロキサン、ポリオキシエチレン系界面活性剤などが添加されている。

石油類火災の消火にふっ素系界面活性剤が非常に適している第一の理由は、水のみならず、石油のような有機溶媒の表面張力を大幅に低下させ、液面上にふっ素系界面活性剤の分子膜を急速に広げる性能による。第二の理由として、油面上のふっ素系界面活性剤の分子膜は油の蒸発を大幅におさえることである。このように分子膜形成能力があることから、この泡は別名水成膜泡またはAFFF（aqueous film forming foam）ともよばれる。しかし、この膜は高温の油の表面には形成されていないという報告もある。

この泡消火剤はフルオロカーボン基により化学的にかなり安定で、長期保存に耐え、また耐薬品性にもすぐれている。耐薬品性があることから粉末消火剤やタンパク泡消火剤との併用が可能である。たとえば、飛行機火災など急速な人命救助を必要とするときには、ドライケミカルとライトウォーターを併用して、ドライケミカルの単独使用時よりも確実にしかも急速に消火することがで

きる。ライトウォーターの石油類火災に対する消火能力は油の予燃時間が短く、同時に油層の厚みが薄い流出油火災などに対してはタンパク泡の約2倍の速さで消火できる。しかし、大規模タンク火災に適用した場合、高温で沸騰状態の油面上ではふっ素系界面活性剤の特徴である表面膜を形成しにくく、また1000℃以上に赤熱されたタンク壁により、タンク周辺の表面膜が破壊され消火が困難になる。最近このような短所を克服するために、泡の膨張率を2～3倍に抑え、泡中に含まれる水分の量を多くし、これによって泡の油汚染度を低め、同時にタンク壁と油面の冷却を速め、ライトウォーターの表面膜形成をしやすくする方法がとられるようになった。アメリカのNFPA（No.11B、1981）では、タンク壁の冷却をすることと再燃防止に注意することを条件にこの泡をタンクの固定泡消火設備に使用することを認めている。

3.4 合成界面活性剤泡消火剤

この種の泡消火剤には坑道、地下街、高層建物などのような限られた空間内の密室火災用消火剤として開発された高膨張泡剤（high expansion foam）を基にして、これを石油類火災にも併用できるように改良したものが多い。したがって、起泡成分としては起泡力の高い硫酸ドデシルナトリウム、硫酸ドデシルアンモニウム、硫酸ドデシルポリオキシエチレンナトリウムなど陰イオン界面活性剤が多く使用されている。このほか泡安定性、耐硬水性、耐油性、耐熱性、耐低温性をよくするための各種の添加剤が加えられている。この泡消火剤を高膨張泡として使用するときの最適膨張率はビル、地下街、倉庫、船倉などのいわゆる密室火災や化学工場のプラント火災、そのほかLPGなどの液化ガスには500倍以上（高膨張泡）、また流出油などの油火災には200～300倍（中膨張泡）がよいとされている。また建物、駐車場などの固定泡消火設備に使用する場合の最適泡水溶液供給率は、アメリカの防火協会規則（NFPA、No.11A）とわが国の消防法（施行規則第十八条）においても定めている。図1は倉庫、地下駐車場などで使用されている固定及び可搬式高膨張泡発生装置を示す。

このタイプの泡消火剤の長所は、まず第一に、低膨張から高膨張まで任意に膨張率を変えることにより、液体火災のみならず、固体燃料、気体燃料などの広範囲にわたる火災にも使用できることである。第二は、品質が安定しているため長期間保存してもタンパク泡消火剤に比べ、品質の劣化が著しくないことである。第三は、泡の流動性がよいため、流出油火災に対し中・高膨張泡を使用した場合、タンパク泡の1.5～2倍の速さで消火できるといわれることである。なお、同量の泡水溶液を低、中、高膨張の状態で使用したときの消火効果から、この

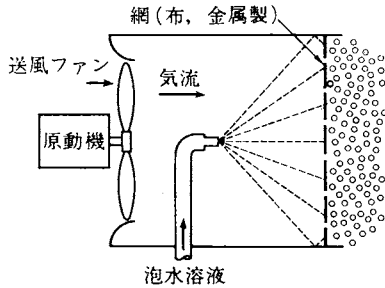


図1 固定・可搬式高膨張泡発生装置

泡消火剤を石油類火災に適用する場合には、低膨張泡よりも油による汚染の少ない中または高膨張泡として使用するほうが望ましい。NFPA, No.11Aによれば、アルコール類など水溶性液体燃料以外の可燃性液体火災に対し、膨張率400倍以上の高膨張泡を適用した場合、燃焼面上に泡がたまる速度が3ft (0.9m)/min以下になると消火は長引き、また膨張率400倍以下の泡では、この速度以下でも消火は可能であるとされている。第四は、高膨張泡を建物火災に使用した場合、消火の際の使用水量が少なくすみ、従って消火後の冠水による損害が少ないことである。

一方、短所としては、第一に現在市販されている国家検定品は、長時間燃焼している石油タンク火災に対してはタンパク泡消火剤、ふっ素タンパク泡消火剤、ライトウォーターなどに比べ、高温の石油類に対する耐油性に劣り（図2参照）、消火後油面を覆っている泡層が急速に消滅し、油面が露出することである。したがって、赤熱したタンク壁により再燃の危険がある大規模石油タンク火災には適さない。第二は、中・高膨張泡は、各種燃料の熱分解生成物や燃焼生成物にあうと、その膨張率が、著しく低下する場合があることである。第三は、こ

の泡消火剤に多く使用されている陰イオン系界面活性剤は陽イオンにあうと、陽イオン-陰イオン錯体をつくり、親水性が失われて沈殿物を形成し、起泡力も著しく低下する場合があることである。なお、この現象は第二の短所とも関連しているものと考えられる。また耐油性に関係している成分の表面張力低下作用や乳化作用も、ある種の物質にあうと著しく悪くなる場合がある。したがって異種の泡消火剤の原液、または泡同士の併用には問題がある。第四は、高膨張泡として使用する場合、泡の放出口から火災地点まで泡を到達させる距離、すなわち射程が短いことである。したがって、射程を伸ばすための泡の輸送方法を確立することは、今後高膨張泡の重要な研究課題となるであろう。

最近注目されている合成界面活性剤泡消火剤にシリコン界面活性剤泡消火剤がある。かつては石油類火災用として、ある種のシリコン類が用いられることがあった。たとえば、化学泡に非イオン性のアルキルシリコン重合体を加えて燃焼面を急速に覆う方法などがある。その後、消火剤に適したシリコン界面活性剤が本格的に出現したのは、アメリカのD.L.Bailey, F.M.O'Connerらによってポリウレタンの起泡剤として開発されたポリメチルシロキサ-ポリオキシアルキレン共重合体を消火用に改良するようになってからである。

3.5 水溶性液体用泡消火剤

アルコール、ケトン、エステル、アルデヒド、エーテル、カルボン酸、アミンなどの水溶性液体火災の際、前述の石油類火災用泡消火剤から発生させた泡を燃焼液面に注入しても、その多くはたちまち消泡して泡層が液面に拡大せず、消火不能になる。消泡速度は液温が上昇すると著しく増大する。一般に水溶性液体は、メタノール、アセトンなど水に易溶性のもの（親水性極性液体）とブタノール、エチルエーテルなど水に難溶性のもの（疎水性極性液体）とに大別できる。そのうち親水性極性液体は水により希釈されていくにつれ、その引火性および燃焼性は減少し、一定の希釈度に達するともはや継続燃焼しなくなる。図3によれば、もはや引火しなくなる水溶液濃度の下限値（実測値）は、メタノールでは2.9vol%（引火温度62.0℃）、アセトンでは0.5vol%（引火温度51.5℃）であった。したがって親水性極性液体の場合には水による希釈消火法ということも一応考えられるが、それには大量の水を必要とする。また水による希釈効果の少ないブタノールなどのような疎水性極性液体もあり、また貯蔵タンク内の貯蔵量によっては、消火水によってタンク外へあふれ出るにより、延焼危険も考えられるため、水のみ依存する消火法は現実的でない。図3

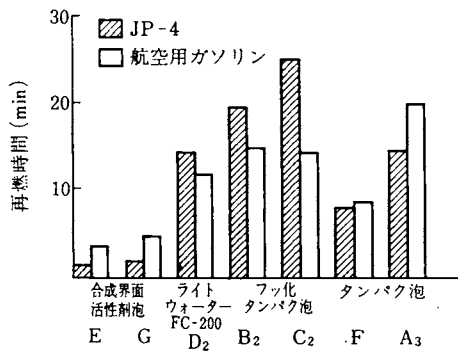


図2 航空用燃料に対する各種泡消火剤の耐再燃性能

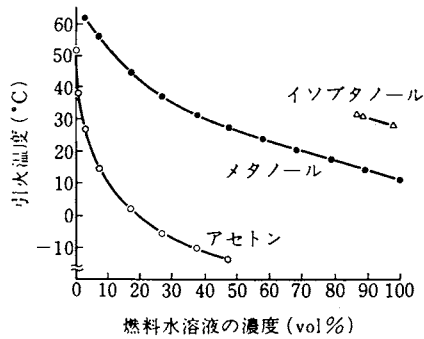


図3 各種水溶性液体燃料の引火温度—濃度曲線

は各種水溶性液体燃料の水溶液濃度と引火温度（引火点）の関係を示したものである。

また、水溶性液体燃料は極性度、官能基、炭素数の相違によって燃焼性、反応性が異なり、同一の水溶性液体用泡消火剤を用いても液体の種類により消火に難易が生ずる。たとえばメタノール、エタノールのように極性が高く、燃焼熱の小さい炭素数の少ないものは消火しやすいが、ブタノール以上の高級アルコールになると極性が減少する一方、燃焼熱は増大するため消火が困難になる。またアルデヒド類のように反応性の高いものは泡消火剤と反応し、消火不能になる場合がある。1933年、F.L. Boydが水溶性液体火災用として化学泡を改良して以来、この火災用として多数の特許が提出されている。現在市販の水溶性液体用泡消火剤を大別すると、天然タンパク（ケラチン）分解物系と合成界面活性剤系に分けられる。表5は水溶性液体用泡消火剤を種類別、組成別、消火機

能別に分類したものである。なお、水溶性液体用泡消火剤についての国家規格はなく現在、石油類用泡消火剤と並んでその規格が国際標準化機構（ISO）で審議中である。また水溶性液体用高膨張泡消火剤もまだ商品化されていない。

3.5.1 金属石けん型タンパク泡消火剤

このタイプの泡消火剤は、石油類火災用タンパク泡消火剤の製法と同一方法で製造された部分加水分解タンパク、すなわち、ケラチン加水分解物に耐液性、耐熱性を向上させるのに必要な金属石けんを添加したものである。古くから商品化され、現在でもわが国の水溶性液体貯蔵所の固定泡消火設備に使用されている。新橋ら¹²⁾によれば、耐液効果がある物質として、ラウリル酸またはヤシ油脂肪酸のアルミニウム塩をあげているが、一般にはトリエタノールアミンなどのようなアミノアルコールに溶解させた脂肪酸（C₈～C₁₈）とその金属塩が使用されている。金属としては、亜鉛、アルミニウムの塩化物や亜鉛、アルミニウム、鉄（II）、カルシウムの乳酸、クエン酸、グリコール酸などの化合物が使用されている。このほか原液の沈殿、濁り、凍結の防止など貯蔵性能の向上を目的として、さらに市販の界面活性剤や不凍液のエチレングリコールなどが添加されている。

この泡消火剤の短所は、まず第1に、タンパク加水分解物に水に不溶の脂肪酸金属塩を分散させているため、長期間の貯蔵中に沈殿を生じやすいことで、特に水と原液をあらかじめ所定の濃度に混合するいわゆるプレミックス（premix）状態にすると、数分以内に沈殿が生ずることである。したがって消火の際に、火災現場で水と混合後2～3分以内に使用しないと水流中に沈殿が生じ、

表5 水溶性液体用泡消火剤の分類

種類	界面活性剤	組成	消火特性			
			プレミックス	希釈型消火	表面張力低下	高分子ゲル生成
金属石けん型タンパク泡消火剤	天然タンパク加水分解物（両性界面活性剤）	ケラチン加水分解物＋脂肪酸金属塩	×	○	×	×
フッ素タンパク泡消火剤	天然タンパク加水分解物	ケラチン加水分解物＋金属塩（硫酸第一鉄など）＋フッ素系界面活性剤	○	○	○	×
金属石けん型合成界面活性剤泡消火剤	合成界面活性剤	炭化水素系界面活性剤＋金属石けん	×	○	×	×
高重合体ゲル生成型泡消火剤*	—	水溶性低重合体＋重合触媒	○	×	×	○
高分子ゲル生成型泡消火剤	希釈型 非希釈型	水溶性高分子（スクレオグルカン、PVAなど）＋合成界面活性剤（炭化水素系、フッ素系、シリコン系）	○	○	×	○
			○	×	○	○

(注) ○：可、×：不可、—：不明

*印：この型のみ2液貯蔵型原液で、そのほかはすべて1液貯蔵型原液である。

この結果、著しく消火効果が減ずる。第2は、燃焼液面へ泡を注入する際、きわめて静かに液面に泡をのせないと、泡の分散、消滅が速くて消火効果が減退するなど使用上の欠点も多い。第3は、pH変化によって変性しやすいタンパク質を含むため、酢酸のような強酸性の有機酸や水に難溶性のブタノールなどには消火効果が少ないなど用途面での欠点も多いことである。第4は、この泡消火剤の特徴として、消火用水によって燃料がある程度希釈された後、初めて燃焼液面上に泡が展開するいわゆる希釈タイプの泡であるため、水溶性液体に接触するとただちに燃料液面上にゲル膜を生ずる非希釈タイプの高分子ゲル生成型泡消火剤（後述）に比べ、消火がかなり長引くことである。一方、長所としては消火後の再燃防止性能にすぐれていることである。

3.5.2 ふっ素系タンパク泡消火剤

金属石けん型タンパク泡消火剤の欠点を補った泡消火剤として、最近高分子ゲル生成型泡消火剤とともに注目されているのが、このタイプの泡消火剤である。この種の泡消火剤は、石油類用ふっ素タンパク泡消火剤を水溶性液体火災にも使えるように改良したものが多く、したがって石油類火災にも使用可能である。その使用の際は、金属石けん型タンパク泡とは異なり、プレミックスが可能であり、また水と原液を混合してから発泡させるまでの経過時間（トランジットタイム、transit time）を30分以上と大幅に延長することが可能である。この泡は、金属石けん型タンパク泡と同様、消火の特徴が希釈タイプに属するため、非希釈タイプの高分子ゲル生成型に比べ、消火はかなり遅い。しかし、金属石けん型タンパク泡に比べ、速く消火ができる。また金属石けん型タンパク泡と同様、消火後も泡層は長時間液面上に残り、タンパク泡特有の優れた再燃防止性能を保持している。このように従来の金属石けん型タンパク泡消火剤にない優れた諸性能を有しているため、今後この泡消火剤は高分子ゲル生成型泡消火剤と並んで金属石けん型タンパク泡消火剤に代わる有力な泡消火剤となるであろう。

3.5.3 高分子ゲル生成型泡消火剤

このタイプは燃焼液面上に不溶性高分子を生成する方法である。この泡消火剤を物性面から分類するとa、低粘度及びニュートン流動系と、b、高粘度及びチキソトロピック流動系に大別できる。aに属するものは、水溶性高分子のアルギン酸ナトリウム、ペクチン、ポリアクリル酸、ポリビニルアルコールなどに炭化水素系界面活性剤を添加したものである。これはドイツで開発されたもので、消火水による液表面濃度の希釈効果と水を含んだ水溶性高分子に対する水溶性液体の脱水作用とを利用して、燃焼液面に耐液性の良好な高分子ゲル層を形成さ

せることをねらったものである。合成界面活性剤として使用可能のものは、脂肪酸アルカリ金属塩（ $C_{12} \sim C_{18}$ ）、硫酸ドデシルナトリウム、イミダゾリン系があげられる。bに属するものは、水溶性高分子にふっ素系界面活性剤、シリコン界面活性剤などを添加したものである。これは前述aのタイプとは異なり、消火水による希釈効果は少なく、主に水溶性高分子のゲル化とふっ素系、シリコン系界面活性剤による表面張力低下作用によって、燃焼液面上に水溶性高分子のゲル層とふっ素系やシリコン系界面活性剤の分子膜を急速に形成させ、2重泡層による強力な消火効果をねらったものである。またこの泡消火剤は水溶性高分子のゲル溶液であるため、常温で数千cSt以上ときわめて粘度が高く、さらに凍結温度も比較的高いなど、従来の泡消火剤に見られなかった短所を有している。しかし、チキソトロピックの粘度特性をもっているため、外部的応力がかかると動粘度は急速に低下し、実用発泡器の圧力式プロポーションナーなどを用いれば支障なく泡放出が可能である。水溶性高分子として使用可能のものは、スクレログルカン、キサンタンガム等多糖類や変性ポリビニルアルコール等が上げられる。このタイプは、アメリカで開発されたもので石油類火災にも使える万能型の泡消火剤として注目されている。

4. タンパク泡原液の劣化防止対策

タンパク泡原液の貯蔵期中の劣化を防ぐには、現在のところ、製造方法の改良だけでは原液の劣化を防ぐことは困難である。したがって、貯蔵方法と製造方法の両方から劣化防止対策を進める必要がある。貯蔵方法の改良は主に外部的劣化因子への対策で、これには貯蔵タンクや運搬容器などの貯蔵設備の構造とその設置場所、および原液の維持管理や取扱方法に一定の基準を設けることなどが考えられる。たとえば、その主なものをあげると、A) 温度や光に対しては、20℃前後の恒温貯蔵タンク構造にし、かつ直射日光を防ぐための遮光措置を講ずる。
B) 酸化に対しては、貯蔵タンクや運搬容器は密封し、同時に窒素封入化をはかり、また酸化をうける空間部を小さくするために、容器内の原液の収納率を高める。さらに原液の詰替えの際はできるだけ空気にふれないようにする。
C) 機械的振動に対しては原液収納容器は静置し、できるだけ衝撃、転倒を加えないようにする。
D) 原液の化学的平衡を保つためには、ほかの薬品類（劣化した原液、ほかのメーカーの原液、界面活性剤系消火剤、水など）との混合や混入を防ぐ。

E) そのほか、少なくとも年一回の割合で、消火実験または実験室的試験方法により、原液の劣化の状態をつかむ必要がある。

次に製造方法の改良は、主に内部的劣化因子への対策であるが、これは現在のところ、加水分解タンパク質と鉄(II)の化合物が酸化や温度変化をうけて、消火効力がなく、同時に沈殿しやすい鉄(III)の化合物へと経時変化することを防止するため、消火性能向上に必要な量以上の鉄塩を原液に添加しないこと、pHを6.5~7.5の中性に保つことが必要である。また、各原液メーカーなどの努力により貯蔵性向上のための一層良い加水分解条件を研究することも大切であると思われる。

5. あとがき

液体燃料火災に対する消防隊の消防活動の際に、しばしば誤り易く、また、消火が長引く原因となる、燃えている燃料に適した泡の選択、併用可能な異種泡の選択、あるいは油による泡の汚染の少ない泡放出方式などについて気が付いた点をいくつか紹介した。今後は液体燃料火災の消火技術の分野において炎上している石油タンクや化学プラントなど各種消火対象物に近接して、泡の放出ができるようなロボット化した高所放水車や大型砲水泡、フォーム・タワーなど新しい消防機器の開発、実用化を急がねばならない。同時に泡消火剤の分野においても、すべての燃料火災に適用できること、また、燃料液面に直接泡を投入することができること、また、異種の泡や粉末消火剤、ハロンなどの消火剤との併用できることなど多目的な用途に使われる万能型の消火剤の開発は泡消火剤研究者にとって長年の夢であるとともに重要な課題でもある。しかし、いままでのところ世界的なレベ

ルの泡消火剤の開発は全て外国に依存しているのが現状である。従って今後はわが国でもこのような新しい泡消火剤の開発を積極的に取り組む必要があると思われる。

また、タンパク泡原液の劣化の過程は単純なものではなく、実に複雑である。したがって、泡原液の有効期間を簡単に表示することは困難である。しかし、あえて筆者の意見をのべれば、今後泡消火剤としてタンパク泡原液を使用する場合には、従来から行われている温度試験以外に酸素添加などの劣化促進試験も加え、同時に明確な貯蔵条件を定めることにより、原液の耐用年数をふっ素界面活性剤泡消火剤あるいは合成界面活性剤泡消火剤のそれ並にすることは可能であると考えている。

参考文献

- 1) 新居六郎、星野誠：表面 6、1 (1968)
- 2) 星野誠、新居六郎、油化学 18、685 (1969)
- 3) 星野誠：油化学 29、103 (1980)
- 4) 星野誠：油化学 35、37 (1986)
- 5) 星野誠：消防研究所報告 27、34、39 (1971)
- 6) 星野誠：火災 23No.1、15 (1973)
- 7) 星野誠：油化学 25、793 (1976)；29、102 (1980)
- 8) 星野誠：油化学 37、367 (1988)
- 9) 星野誠、林幸司：消防研究所報告 39、49 (1975)；46、31 (1978)
- 10) 星野誠、林幸司：消防研究所報告 50、72 (1980)
- 11) 星野誠、林幸司：消防研究所報告 48、1 (1979)；52、7 (1982)
- 12) 新橋照也、泉富雄：日本火災学会論文集、12、36 (1963)

インテリジェント自動火災報知設備に関する新技術について

田村裕之、佐藤晃由、河関大祐、細川直史

1. はじめに

建物内各種消防用設備は、火災における人命及び物的被害の軽減に極めて大きな役割を果たしているところであるが、近年の技術革新によって、ますます高機能のものが開発され、それまでの欠点を克服し、より信頼性の高い設備へと変化している。特に、最近の自動火災報知設備（以下、自火報設備）には、高度なエレクトロニクス技術が採用され、高機能かつ多機能のものが開発され、信頼性の高い多くの情報を防災センター要員に知らせるようになってきている。

筆者等は、これまで、人工知能技術を導入し、非火災報が少なく高機能な火災警報装置（火災性状把握システム^{1,2)}）の試作研究を行ってきた。その試作過程において、現在の「インテリジェント自火報設備」と呼ばれる設備にはどのような新技術が導入されているか、また、どのような新技術が研究されているかを調査した。ここでは、この調査を行った結果を基に、最新の自火報設備の感知器及び受信機における新技術について紹介する。

2. 感知器

2.1 熱及び煙の感知器の機能向上

最近の大規模な建物では、発報した感知器の場所の特定や、用途の違う部屋毎のきめ細かい感度設定が行える自火報設備が求められるようになってきた。そこで、熱及び煙の感知器にマイクロコンピューターを搭載させるようになり、感知器の取り付け場所が分かる固有の信号（アドレス信号）を出力したり、センサーの反応をアナログデータで出力したりすることが可能になった。アドレス信号は、感知器の場所、例えば何階のどの部屋の何番目の感知器かまで知らせることができ、建物の中で1つの感知器を特定することができる。アナログデータは、それまでのしきい値を超えたら火災信号を出力するオン・オフ型の感知器と異なり、経時変化を捉えることができるため、アラーム出力の前にプレアラーム（予報）で注意を促すことができる。アドレス信号による場所の特定とプレアラームとによって、防災センター要員の自動／監視体制が迅速に行えるようになった。

また、近年のエレクトロニクス技術の進歩により、感知器内部に実装される電子部品がマイクロ化され、ロ

ットを用いた自動組立てが行われるようになった。これに伴い、感知器は室内インテリアと調和させるため、極めて薄型のものも製造されている。さらに小型化するため、内部のICを一層高集積化させたものも研究されている。

2.2 炎感知器

大空間や空気の流れのある場所では、熱感知器や煙感知器によって、火災を有効に検知することは期待できない。しかし、このような場所に相当する大規模建築物のなかのアトリウムや自動車トンネルなどは、火災発生時に、多くの危険を内包している。そこで、このような場所での火災の早期発見を行うための感知器の一つとして、炎のちらつきを捉える図1³⁾のような炎センサーが実用に供されるようになった。このセンサーは、焦電型赤外線検出素子に光学系のバンドパスフィルター（ $4.3\mu\text{m}$ 帯の波長の赤外線のみを透過）を取り付けたもので、炎中の二酸化炭素の共鳴放射による波長 $4.3\mu\text{m}$ の赤外線のちらつきを検出する構造になっている。

炎感知器には赤外線検出方式の他に、図2⁴⁾のような紫外線による光電子放出効果を利用した方式もある。火災時に炎から放出される光の中からバンドパスフィル

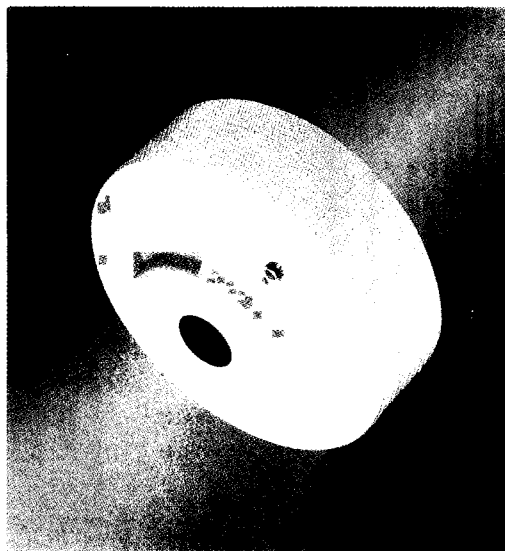


図1 赤外線検出方式の炎感知器

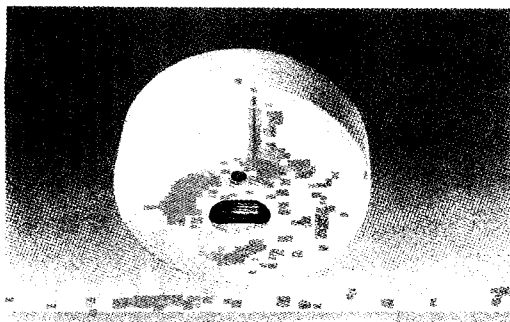


図2 紫外線検出方式の炎感知器

ターによって波長260nm以下の紫外線を選択し、その紫外線による光電効果により紫外線検出管で放電が起り炎を検知するものである。

また、競技場やイベントホールなどの監視距離が100m級の巨大な空間での消火設備用炎センサーとして、走査型の赤外線炎検出装置⁵⁾が実用化されている。走査型炎検出装置は、回転台や反射鏡などを備え、水平方向と垂直方向にスキャンしながら警戒範囲全体をカバーするものであり、バンドパスフィルターによって波長約3~5μmの赤外線を選択し、その波長帯の放射の強さにより炎の有無を検出し、回転台や反射鏡の回転角度等によって、炎の場所を特定するものである。

2.3 研究されている新方式の感知器

2.3.1 熱感知器

新しい温度センサーの一つとして、温度変化により電気抵抗が変化する樹脂を用いた熱感知器⁶⁾が考えられている。樹脂は成形が容易であり、センサー部分の形状の自由度が増し、感知器の意匠や大きさを変化させることが容易である。また、煙感知器の樹脂部品の一部にこの樹脂を使うことにより、簡単に複合型の感知器を製作することが可能である。

そのほか、温度変化を検出するのに、超音波を利用する方法⁷⁾も提案されている。音の伝わる速さC (m/sec) は超音波発生器と超音波受信器の距離と伝達時間から求め、温度をT (°C) とすると、 $C = 331.56 + 0.61T$ となる。

この式を変形すると、 $T = (C - 331.56) / 0.61$ となり、温度を求めることができる。これを利用して、高温になっている場所を発見し、警報を出そうというものである。超音波発生器と受信器を数組設置したり、発生器を回転させたりすれば、広い空間の監視も可能になる。

2.3.2 煙感知器

煙を検出する新方式のセンサーの一つとして、光が細かい粒子に当たったときの散乱光から、その粒子の大きさがどれ位なのかを知り、火災の煙粒子の大きさに当て

はまるかどうかを調べる方法⁸⁾が研究されている。この測定装置の概略を図3に示す。煙粒子からの散乱光には、発光軸と受光軸を含む面に対して電界が平行な偏光成分 (TE偏光波) と磁界が平行な偏光成分 (TM偏光波) が含まれており、これらを回折格子 (スプリット) で分離して、2つの偏光波の強度の比を求める。Mie散乱の理論から、この比は光の波長と粒子の粒子径との関数になるので、比の値から粒子径を求めることができる。この粒子径が所定の範囲、例えば粒径0.1~1μmの範囲にあれば、煙が存在すると判断する。

そのほか、クリーンルームなどの空調の行き届いた特殊な環境を有する部屋での火災を早期に見出す目的のために、現行の感知器よりも高感度なセンサーを用いた警報設備が実用化されている。この設備には、高感度の粒子センサー⁹⁾が使われている。この高感度粒子センサーは、散乱光式の煙濃度測定装置で、煙濃度の測定レベルは、一般の感知器が5~15%/mなのに対し0.02~2%/mで、わずかな煙に対しても感知することができ、空調ダクト内の空気をポンプで吸引し、その空気中の煙濃度を測定する。

2.3.3 ガスセンサー

まだ消防設備として使われてはいないが、火災感知用として、ガスセンサーが考えられている。筆者らが研究している「火災性状把握システム」では、不完全燃焼の時に発生する一酸化炭素の濃度を監視し、火災の早期発見に活用している。

また、燃焼の時に発生する二酸化炭素の濃度を測定して火災を検知する方法¹⁰⁾も考察されている。発光ダイオードと焦電型赤外線検出素子を使い、二酸化炭素の赤外線吸収による受光量の減少を利用し、二酸化炭素濃度を検知する方法で、光路長を長くするため、複数の金属面の反射を利用する。この装置は、火災時の二酸化炭素濃度の測定だけでなく、通常環境での空調設備の制御も

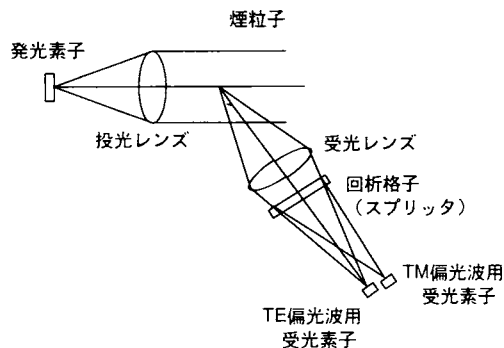


図3 偏光波を利用した煙粒子径の測定法

目的にすることができる。

2.3.4 人体検知センサー

自火報設備の信頼性に関する問題点として、火災以外の現象に対して火災報を発する非火災報がある。この非火災報の要因には、たばこの煙や調理の煙といった、人が関与する現象が多い。そこで、人の在否の情報を、非火災報対策に利用する研究が行われている。

筆者らは、火災性状把握システムで、人の在否を把握するセンサーとして、焦電型赤外線検出素子を用いている。センサーは焦電型素子とフレネルレンズから構成され、センサーの応答範囲内にいる人の動きを検出し人の在否情報を出力する。この人の在否情報は、自火報設備の信頼性向上の面では非火災報低減として、また、避難・救助の面では在館者の把握に用いている。

さらに、近年のテレビ画像認識技術の進歩により、在室者の有無や火災などの異常現象を自動的に認識判断する技術の研究も行われている。しかし、この方法は、室内をテレビカメラで常時監視するためプライバシーの問題が絡み、実用化するには難しい面がある。

3. 受信機

3.1 判断機能の向上

一瞬の外乱による非火災報の発生を抑え、自火報設備の信頼性を向上させるために、従来からの受信機に信号蓄積機能が追加されるようになった。これは、設定した蓄積時間の間、センサーレベルがアラームレベルを超えた状態が継続したときに、はじめて火災信号を発する機能で、短時間の外乱に対しては火災信号を発しないようにしたものである。

また、感知器の設置してある環境によって、感知器の感度や蓄積時間などはきめ細かく設定するほうが、失報や非火災報などを減らすことに有効である。そこで、時刻、空調の動作状況、人の在否、電灯の使用状況、設置場所での可燃物の量や種類、毒・劇物の有無や量、スプリンクラーなどの消火設備や排煙設備の有無などの情報を取り込むことにより、感知器の感度を自動調整する設備^{11,12,13}が提案されている。夜と昼など室内環境の状態の違いから、受信機側で感知器の感度を調節して、きめ細かい監視体制を実現するものである。

非火災報低減のために、多種類のセンサー情報から火災非火災を識別する方法が考えられている。筆者らの火災性状把握システムでは、複合型センサーの情報を基に、判断アルゴリズムとして、人工知能技術の一つであるファジー推論を用いている。センサー情報としては、温度、煙濃度、一酸化炭素濃度の3種であり、起こっている現象を発炎火災、くん焼火災、湯気、たばこの煙の4

事象についての確からしさを求めて識別している。

3.2 操作性の向上

防災センター要員が、火災の際などに建物内の状況がどのようになっているかを知る手段は、受信機画面から提供される情報によるところが大きい。そのため、最近の受信機付属のCRT画面では、火災時に建物内部の防災設備等が、どのように動作しているかの情報を、詳しく表示するようになってきている。作動している感知器はもちろん、防煙・防火区画の表示、排煙設備や空調設備の状況、防火戸や防火シャッター等の動作状況も、画面に表示される。

防災センター要員の受信機の操作方法は、受信機パネルに付いているスイッチ類の操作によるところがほとんどであったが、回線数や機能の増加に伴い、表示内容が複雑多岐にわたるようになり、操作性の良い受信設備が必要となった。そこでCRTや液晶画面などを使い、細かい内容の表示を可能にし、ライトペンやマウスを入力装置にした設備¹⁴（写真1³¹）が実用になった。さらに、防災センター要員の入力操作の時間や誤操作が少なくなるよう、直接画面から入力できるタッチパネルも導入されている。

さらに、防災センター要員に対する情報伝達の方法として、CRT画面のみではなく、火災の発生や出火場所などを、合成音声で伝達する方法も実用化されてきた。

3.3 信頼性の向上

建築物が大規模になるに伴い、自火報設備も多回線になり、一台の受信機で建物全てを監視することが難しくなっている。そこで、受信機の信号処理機能の一部を中継部に持たせる分散型の受信設備が実用化されている。これにより1万個以上の感知器や自火報連動設備の信号を受信処理することも可能となっている。このように複雑化する受信設備であるが、防災設備として高度の信頼性が要求されるため、突発的な故障による防災設備の停止や、機能が一カ所に集中していることに起因する一カ

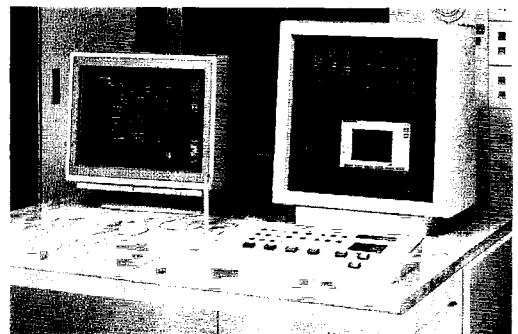


写真1 操作性の向上した卓上型受信設備

所停止による全停止の危険性を回避する必要がある。そこでこれらの対策として、CPUの二重化¹⁵⁾などのフォールト・トレラント技術¹⁶⁾の導入や、防災センターの分散化¹⁷⁾(図4)などの措置がとられている。フォールト・トレラント技術とは、CPUやメモリ、通信系、電源系等を二重、三重に並列に備えることにより、1系統の故障ではシステムが停止しないようにし、なおかつ、故障したシステムを外部に知らせてくれるものである。

CPUの二重化は、情報処理の高速化とシステムダウンを防ぐために、ホストコンピュータのCPUを二重に備える設備で、CPUを並列に備えることにより、一方のCPUがダウンした場合でも、もう一つでシステムを維持できる。

防災センターの分散化は、一つの敷地内や街区内に複数の建築物が存在するときに、建築物単位で一つのブロックを作り、ブロック毎に防災センターを設ける方法である。これは、広い街区で一カ所にしか防災センターがない場合、防災センターから火災現場までの距離が長くなり、迅速な対応がとれなくなるための対策であり、ブロック毎にサブ防災センターを設け、ブロック内で防災センターの機能を完結させる。それと同時に一括監視できるメインの防災センターを一カ所設け、メインの防災センターとサブの防災センターとでは、お互いに情報の授受を可能にしておくものである。これにより、すべての街区の情報、メインの防災センターでは細かい部分まで、また、サブの防災センターでは主要な部分が把握できるようになる。

3.4 保守作業の簡易化

3.4.1 現在の点検方式

建物の消防設備は、常に完全な状態での維持が必要であるが、建物の大規模化が進むと、人による設備全ての点検は時間、労力共に大変なものになる。

現在の自火報設備の点検には、半年毎の外観及び機能点検と1年

毎の総合点検とがある。外観点検は、設備の機器の適正な配置や損傷の有無を確認する点検であり、機能点検は、設備の機器の機能について外観からまたは簡易な操作で判別できる事項について確認する点検であり、総合点検は、設備の一部もしくは全部を動作させ、または、設備を使用することにより設備の総合的機能を確認する点検である。そして、点検結果を建築物の種類によって1年または3年に1回、消防長または消防署長に報告することになっている。

これらの点検は、作業員が1つ1つの感知器を回り、加熱試験器や加煙試験器によって、感知器が正常に動作することを確認するという方法をとっている。この方法では、大規模な建築物の場合、点検に多大な労力と時間を費やすことになる。そのため、点検回数を増やすことはきわめて難しい。

3.4.2 自動試験機能

効率よく日常の維持管理を行うためには、コンピューターによる自動試験は非常に有効である。このため、最近、自動試験機能付きの防災システム¹⁴⁾が開発され、受信機からの操作で感知器の試験を自動的に行う方式が実用化されている。その機能は、感知器のセンサー部に疑似火災信号を送り、確実に動作するかを確認するという自動試験機能と、感知器からのノイズ信号により感知

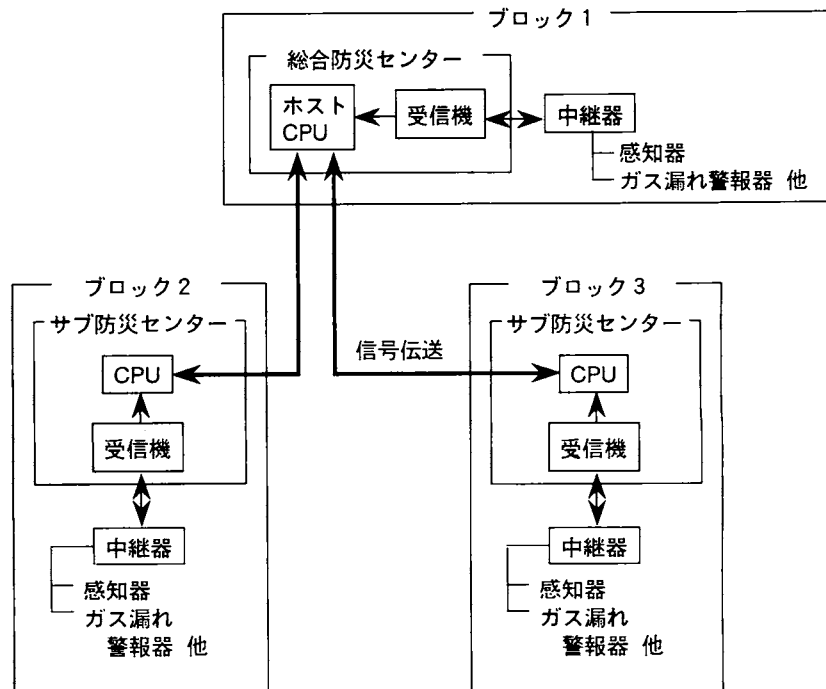


図4 防災センターの分散化の例

器の故障や脱落などを監視する日常点検機能の2つに分けられる。自動試験の具体的な方法は次のとおりである。

熱感知器の場合、熱センサーが火災の熱に反応したときと同じ動作、例えば電気抵抗が下がるという動作をする電気回路を感知器内の熱センサーと並列に設け、この電気回路を試験の時に動作させる。

光電式煙感知器の場合、図5¹⁸⁾のように、受光素子の向かい側に試験用の発光素子を設け、この素子を検査の時に動作させる。火災監視中の受光素子には、監視用の発光素子の光は直接入らないような素子配置になっているが、試験用の発光素子の光は直接受光されるようになっている。

これに対し、日常点検機能では、バックグラウンドとしてのノイズレベルを測ることによって、感知器の故障や脱落を検出する。ノイズレベルが規定値より低い場合に、感知器の故障や脱落、汚れの進行状況などが検出できる。

感知器以外では、予備や非常の電源を含んだ電源自動試験、防排煙端末動作自動試験等がある。そのほかの監視対象として、交流電源、回路電圧、予備電池、付属電源、電源ヒューズ、シリアル通信、非常放送信号線、音響停止スイッチ、地区音響停止スイッチ、復旧スイッチ、火災確認スイッチ等があり、これらの正常/異常を検出し画面に表示する。

もし、自動試験中に火災発生信号の入力があった場合は、試験プログラムを中断し、火災に備える。試験中の測定データや故障データは記憶保存され、これらのデータから、設備の劣化や異常を判断し、印字出力する機能も備える。

自動試験は、定期点検以外の時に、任意の設定時間毎に1回の割合で自動的に行われている。異常や故障のある箇所は、画面に出力されると共に警報音を発し、印字出力され防災センター要員に知らされる。これにより感知器の故障や感度の変化を、今までの定期点検のサイクルよりも早く発見でき、消防設備としての信頼性を上げることができる。

3.4.3 研究中の自動試験方式

そのほかの感知器の検査を容易に行うために研究されている方法を紹介する。

光電式煙感知器の電子部品や電気回路の異常を見つけることは、自動試験機能や日常点検機能で行えるが、感知器の防虫網などのきょう体部分についての点検は、これらでは不十分である。そこで、防虫網の汚れ具合の検出

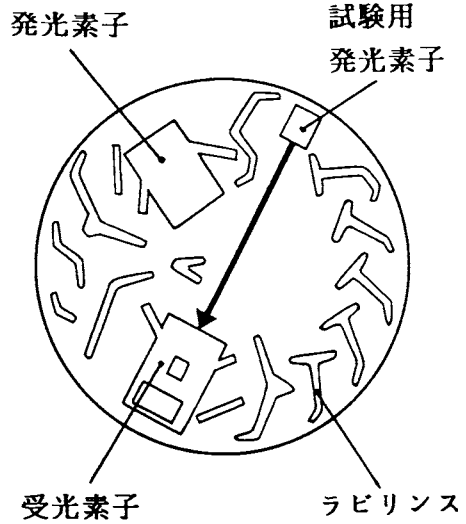


図5 自動試験機能付き光電式煙感知器の構造

を行うための、検査用の発光素子を、煙室の外側に備える感知器¹⁹⁾も考えられている。外側から煙室に向けて光を発し、その時の受光量が所定のレベルよりも低い場合に、防虫網が汚れているという警報を出力する。

また、外部からの作用で、感知器の動作を電気回路的に確認する方法が提案されている。一例を、図6に示す。分圧用の抵抗や異常を検出する素子としてのサーミスタに対して、それと並列にフォトダイオードなどの光電素子を設ける²⁰⁾。この例では、サーミスタと並列にフォトダイオードを設け、そして、フォトダイオードに光を当て、電気抵抗値を下げる。温度が上がると電気抵抗が下がるサーミスタを使っているとすれば、フォトダイオードに光を当てることにより、サーミスタが動作したのと同じ回路構成になり、回路の動作確認が行える。

その他、光電式煙感知器の試験方法として、試験用の

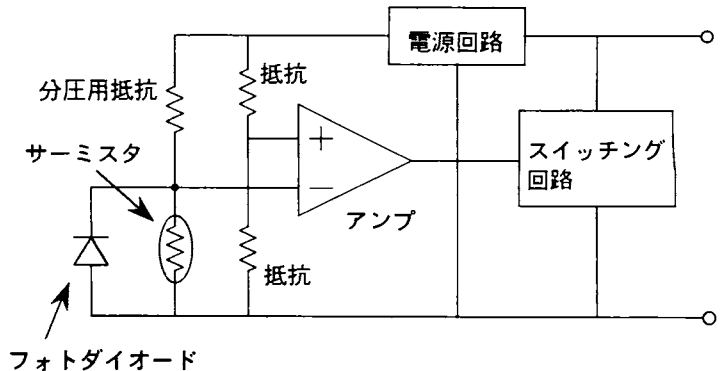


図6 光電素子（フォトダイオード）を用いたサーミスタの試験回路

発光素子や受光素子を設けない方法も考えられている。火災監視用の発光素子に流す電流を、監視状態の値よりも上げて発光強度を上げ、バックグラウンドのノイズを作動レベルにまで押し上げて、感知器が作動するかどうかを調べる方法²¹⁾である。

3.5 感知器情報の有効利用方法

最近の防災システムでは、感知器からの情報の有効利用方法も多様になっている。アナログ感知器の自火報設備では、受信機はアナログ信号を常時取り込んでいるので、防災センター要員が必要な時に、時間をさかのぼって感知器信号(温度や煙濃度)を表示することが可能になった。この例を図7に示す。さかのぼれる時間は、数日前から数秒前までと自由に設定できるので、防災センター要員が、プレアラーム(予報)の時に履歴を確認し、それ以降の行動や現象の判断に役立てることができる。

また、感知器のアナログ信号出力に対応し、受信機側でアナログ信号の履歴を利用して、火災レベルに達するまでの時間を予測し、その予測時間が規定の時間より小さい時にプレアラームを発することもできるようになった。

火災信号やアナログ信号をより有効利用するために、他の館内システムに移報する機能を持たせたものが増えている。この場合、館内システム側は移報信号を受けて、放送設備や館内電話、電気鍵などを動作させたり、空調設備の停止を行ったりするもので、消防設備でないものも動作させ、総合的な安全確保を目指している。また、

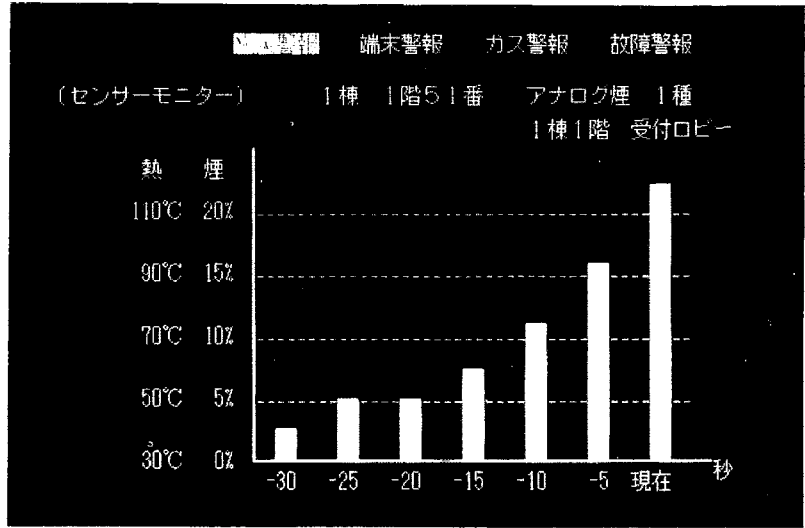


図7 感知器信号の履歴表示の例(煙濃度の表示例)

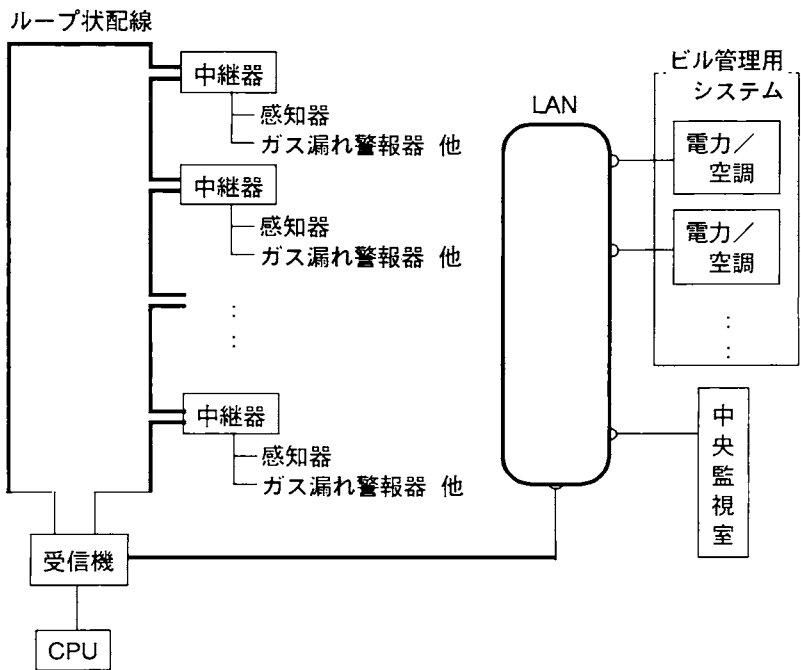


図8 ループ状配線とLANを用いた設備の例

住戸用の感知器と受信設備では、感知器が発報したときに、予め記憶されている画像や音声を、住戸内のテレビやラジオに強制的に流す装置²²⁾も提案されている。

4. 信号転送技術

最近のインテリジェント防災設備における感知器はマイクロコンピュータを搭載するようになり、感知器からの信号転送方式はデジタル転送方式になっている。こ

れにより、感知器のアドレス信号やアナログ信号を有効に転送することが可能になった。

自火報設備が多回線になると、中継器と受信機間の通信が頻繁になり、より高速な伝送が必要となる。そこで、伝送ケーブルに光ファイバー等を用いたLAN¹⁵⁾（図8）により、高速で電磁波などからのノイズにも強い設備も実用化されている。

防災センターの分散化や中継器の複数設置などのときの、メインの受信機とサブの受信機間での通信や受信機と中継器間の通信は、災害発生時にも確実に機能しなくてはならない。従って、通信、伝送設備の信頼性向上には、図8のようなループ状配線やラインの二重化¹⁷⁾などの対策がとられている。

ループ状配線は、一カ所の断線などにより、システムが機能しなくなるのを防ぐために、各CPUをループ状に接続する方法である。断線していることがわかったときにはループを逆方向に通信することにより、情報が受け取れなくなる部分をなくすることができる。また、断線場所を防災センター要員に伝達することができる。

ラインの二重化は、複数の防災センターを設置した場合にBUS-LINEを二重化し、確実な通信を可能にするものである。また、このラインには耐熱性の光ケーブルを用い、火災に対する耐熱性と通信速度を向上させている。

5. おわりに

ここでは、最近のインテリジェント自火報設備において実用化されている技術または現在研究されている技術について紹介した。例えば、アトリウムなどのような巨大な空間では、かつては自火報設備での監視が難しかったが、炎感知器など新しく実用化された技術によって、巨大な空間でも監視できるようになっている。また、非火災報や故障の早期検知に対する種々の技術も開発され、システムの信頼性はますます向上している。さらに、人工知能技術など現在研究されている技術によって、将来のシステムでは、より早くより確実に火災を発見できるようになると思われる。筆者らが研究開発している火災性状把握システムに用いている一酸化炭素センサーなども、現在の感知器では監視しきれない火災の早期検知につながる可能性があり、警戒する場所毎にもっと多様な

センサーを設置できるようにすることも、火災の早期発見に有効な手段と思われる。筆者らは、新しい火災警報設備の技術動向に留意しつつ、今後も、信頼性が高く、情報処理能力の高い自火報設備の研究を進めて行く予定である。

参考文献

- 1) 消防研究所：消防研究所技術資料第26号（1991）
- 2) 消防研究所：消防研究所技術資料第28号（1993）
- 3) 能美防災株式会社：ノーミの防災システム（1993）
- 4) 日本消防設備安全センター：フェスク：No.139、P. 24（1993）
- 5) ニッタン株式会社：総合システム防災設備（1993）
- 6) 公開特許公報平1-216498：熱感知器及び熱煙複合感知器（1989）
- 7) 公開特許公報平1-310499：温度監視装置（1989）
- 8) 公開特許公報平2-213997：光電式煙感知器（1990）
- 9) 日本消防設備安全センター：フェスク：No.97、P. 49（1989）
- 10) 公開特許公報昭64-55699：減光式煙感知器（1989）
- 11) 公開特許公報昭64-33696：火災感知装置（1989）
- 12) 公開特許公報平1-95396：火災警報装置（1989）
- 13) 公開特許公報平1-310500：警報装置の感知器（1989）
- 14) 日本消防設備安全センター：フェスク：No.106、P. 43（1990）
- 15) 日本消防設備安全センター：フェスク：No.98、P. 47（1989）
- 16) 当麻喜弘：フォールトトレラントコンピュータ：電子情報通信学会誌、No.1、P. 72（1987）
- 17) 日本消防設備安全センター：フェスク：No.107、P. 41（1990）
- 18) 能美防災株式会社：R-1100B（1993）
- 19) 公開特許公報平2-230394：散乱光式煙感知器の機能試験装置（1990）
- 20) 公開特許公報平2-282895：熱感知器（1990）
- 21) 公開特許公報平2-77998：煙感知器の点検回路（1990）
- 22) 公開特許公報平1-197900：住戸内警報装置（1989）

アメリカ、フランス見たまま聞いたまま

長谷川 和俊

1993年の夏、フランス、パリでの国際委員会へ出席し、その後アメリカ東部にて国立および民間の研究所4ヶ所を訪ねる海外出張の機会に恵まれた。その間、約3週間、訪問先での人々との触れ合い、街で出会った場面、見聞きしたことなどを思い付くまま書き止めてみた。

アメリカ、フランスは物価が安い、円高を実感!

- ・「アメリカは、タクシー料金が実に安い。」というのが実感であった。恐らく東京の半値ぐらいであろう。以前から思っていたが、東京のタクシーは世界最悪であることを更に確信した。値段は高い、サービスは悪い、愛想がない。旅行カバンをトランクに入れるのを手伝わぬ、運転席から黙ってトランクのロックを脱すだけである。東京でだいたいタクシーなど必要ないのだ。バス、電車が発達し、長年住んでいて地理も明るい。「東京へ帰ったらタクシーなど乗ってやらねエぞ!」と言いたくなるのが人情である。
- ・フランス、パリもタクシーが安い、東京の半値以下であろう。ドゴール空港から、北駅に着いて、タクシーに乗ることにした。北駅の近くに予約してくれ、と友人に頼んだホテルであるから、それ程遠いとは思わぬが、大きな旅行カバンを持って、駅のあたりをウロウロするのは疲れるし、第一、不慣れな旅行者丸出しで、不安全である。乗ってみたら、駅前からホテルまでの距離は200mぐらいであった。駅の地下一階のタクシー乗り場からでもせいぜい300mぐらいであろう。乗ってホテル名と住所のメモをタクシー・ドライバーに見せたとき、何やらすぐそこだ、というようなことを言っていたが、嫌な顔もせずホテルの前に横付けにして、トランクから旅行カバンを取り出して、玄関まで運んでくれた。それでなんと240円也である。200mをタクシーに乗って損をしたとの感じはない。東京のタクシーのような無愛想もない。円高のせいもあろう。タクシーの安さは実感である。
- ・アメリカはホテルが実に安い。ダウン・タウンであると比較的高いが、それでも部屋の大きさ、設備、家具の良さ、豪華さを考えると安い。今回、アメリカにて6ヶ所のホテルに泊まったが、設備、サービス等を考え合わせて特に安いと思ったのは、ワシントンD.C.のComfort Innとミッドランド・ミシガンのValley Plaza Innであった。両者とも郊外であった。シングル1泊、前者は\$45、後者は\$68である。後者の場合、とくにすばらしく、部屋は10畳を下らぬ大広間、ベッドはキングサイズのダブルベッド、今までこんな大きなベッドに寝たことがない。必要もないのに寝返りなどしても全く端に寄った感覚がない。机は、木製の良く磨かれた大きな勉強机、ソファのところの低い机の二つに、鏡台、これらは揃いの落ちついたデザインになっていた。浴室は真っ白な大きな部屋で、幅2mもあるゆったりした洗面台があった。他に小さな台所と共にミニバーがあった。まるでスイート・ルームの豪華さである。さらに、このホテルには3ヶ所の室内プールがあった。そのうちの一つは、屋外に出られるようになっていて、そこは沼の入り江で、その沼でも泳げるのである。
- ・アメリカの国立研究機関Bureau of MinesのDr. Perzakは同研究所の案内に、1日中付き合ってくれた。昼食はシー・フード・レストランへ連れて行ってくれた。その時、2人でビールを飲んで、それぞれ大きなエビと平目の料理をたっぷり食べて3000円と少々であった。
- ・タクシーも安い、食事も大衆的なものは安いようである。街を歩いていて、午後のおやつに、コーヒー一杯にドーナツ一つを食べた。日本ならミスター・ドーナツなどの安い所でも300円程度であろう。\$1.05であった。120円ぐらいであろうか。

アメリカは広大だ

- ・アメリカは広い、実に広さを感じる。今回、東部にて4研究機関を訪ねたのであるが、いずれも航空機での移動であった。住宅街での買い物でもレストラン、ガソリンスタンド、スーパー、ガレージ、…と建物が大きく、それにそれぞれ広い駐車場を備えているから、目的の建物へ歩いて行くのが大変である。自動車が必要品であるのがよく判る。ニューヨークのマンハッタン、ボストン市街地のようなダウン・タウンでは、必ずしも広さを感じる訳ではなく、別である。
- ・ミシガンのミッドランドからピッツバーグへ向かうとき五大湖の一つエリー湖の上を飛んだ。まさに海である。飛行機で、高度がそれ程なかったせいもあるが、

飛行機から両岸が見えない眺望は海としか思えない。

- ・ワシントンD.C.を飛び立ったとき、ピッツバーグのとき、チャールストンのときも飛行機から郊外を見ると、平地に樹海が広々と広がっている。今だに樹海であることは土地に十分余裕があるということであろう。開拓の時代、なぜ、土地を求めて、西へ西へと行く必要があったのかと思う。東部にとどまることなく、アメリカ人の開拓魂、インディアンに対する闘争心、金鉱を夢見る山師気質。一体、アメリカ人は本当は何を求めていたのだろうか。アメリカ政府の政策もあったろうが。
- ・ニューヨーク、マンハッタンのブロードウェイとボストン市街地に宿泊したときは、それ程の広大さを感じなかったの、歩いて街を見物する気になり、そうした。他は全て、郊外に宿を取った。そうすると、ホテルの駐車場が大体サッカー場一つか二つ分ぐらいである。隣の何やら修理工場らしい建物にも大きな駐車場を備えている。見渡すところに、ショッピング街がなければ、歩いて見物や買物はまず無理だからホテルに居るしかない。
- ・ミシシッピ河の沿岸は、連日雨が続き、大洪水である。ニューヨークでニュースを聞いたときからすでに10日間以上も続いている。何箇所かで堤防が決壊したとのことである。クリントン大統領は、日本でのサミットの帰路ハワイで休暇日を過ごした後、ホワイトハウスでの第一の仕事が、この問題と東部の5年振り熱波だ、と言われている。小生はこの熱波の影響を受けて、連日暑い日を過ごしている。ワシントンD.C.の官庁街を見物したときは、目まいを起こしそうな暑さであった。これにこりて、それ以後は街の見物はあまりやらず、クーラーの効いたホテルに閉じ込めて文献を読んだり、視察の成果をまとめることにしている。地図では、ミシシッピ沿岸と訪問した東部のミシガン州、ウエスト・バージニア州などはすぐ隣のように思えるのだが…。
- ・幸いなことに、アメリカの大抵のホテルはプールを備えている。夜の8時まで、インドアーの場合は夜の11時までオープンしているのは有り難い。今回泊ったホテルでは欠かさず泳いだ。ニューヨーク、マンハッタンのブロードウェイにあるHoliday Innでは15階にプールがあった。窓からビルの谷間を眺めながら泳ぐのはニューヨークならではの。アウトドア・プールの場合、若いビチビチギャルが胸もあらわに、肌を焼いていることなどまずない。小錦顔負けの体型をしたオバタリアンが子供を遊ばせているか、高齢の老夫婦が、時間の過ぎるのも気にせず、一日中ノン

ビリ本など読みながら寝そべっているだけのことである。小生はカゴの中の二十日ネズミの如く、プール内を往復すること10回程度、そして日射しに当たる、これを2、3回繰り返して小1時間で上がることにしている。彼らの目には、「日本人はせわしいなあ。」と映ることであろうか。

- ・概してアメリカの土地、街は美しいと思う。ニューヨークのマンハッタンは必ずしもそうは思えぬが、ワシントンD.C.、チャールストン、ピッツバーグ、ミッドランド、ボストンいずれも美しかった。ゴミを積み上げているところ、散らばっている処を見ない。住宅街、ショッピング街、ダウン・タウン、田園地いずれも美しい。なんとと言っても樹木と森林が多い。

日本人は繊細、欧米人はラフ

- ・欧米人は、自動車の乗り方がラフである。ニューヨークで、ホテルから空港までの便は予約バスにした。10人程度乗れるミニバスであった。空港へ向かう途中の一車線で、一台の車が故障か何かで停っていた。それを我々が乗っているミニバスが通り抜けるのであるが、スペースが車幅ギリギリの様子であった。徐行しながらそうしようとしたところ、案の定、ガードレールにこすってしまった。しかし、それで停まるでもなく、そのまま全体をこすって通り抜けてしまった。同乗していたアメリカ人も苦しいしいが、それ程めずらしいことではないようである。その証拠に横腹がベコベコであったり、こすり傷があったりする車は良く見掛ける。
- ・バリにてレストランで食事をしているとき、何気なく道路を見ていたとき、歩道の横に車を縦列駐車しようとしていた。まず、前の車に追突の形で少々ブツツケて、次にバックして後の車にも少々ブツツケて、ようやく駐車した。降りて、チラッと前後の車の様子を見て、そのまま何処かへ行ってしまった。前後の車との位置関係をブツツケて確認したのである。幸い前後の車にドライバーが乗っていなかったの、そのまま済んでしまった。恐らく、ドライバーが乗っていたとしても、あのと時の様子では、差程のこともなく済んでしまうのであろう。日本では考えられぬ、狭い駐車場でドアの開け閉めで、一寸ドアが隣の車に触れただけで、どなり合いである。日本人はたえず他人をひどく気にしながら生きている。これが欧米ではない。これが外国生活が楽しい理由の一つである。これを他人へ干渉しない個人主義が発達しているとも言う。見方によっては欧米人は大様なのである。しかし、日本人はそれ程までに全てに熟練または緊張が要求される

とも言える。

- ・パリでは、同様な場面を教会の横の道路へ駐車しようとしているときの車にも見た。これは小型トラックが縦列駐車しようとしてのときのことである。前の小型乗用車を1m程突き出して、それからやや斜め方向から押して後の乗用車も1m程後退させて、そして作られたスペースに自分の車を駐車させた。
- ・欧米人は一般的に大ざっぱである。交通信号などめんどろで必ずしも守らない。自動車はまあまあ守るが、歩行者は全く守らないと言っても言い過ぎではない。大体、横断歩道の信号待ち時間が長すぎる、適切に管理されていないのである。
- ・いちいち手を洗ってから食事をするなどしない。オシボリが出されることなどめったにない。パンはテーブルに置いたままである。パンを大道、裸で持ち歩く。これらは衛生観念とも関係する。湿度の高い日本では、こうしてはたちまち伝染病かもしれない。
- ・駅にて電車や列車を待つのに、路上にそのまま座るのは平気である。

機能的イリテラシー (Functional illiteracy)

- ・今まで何回かの海外旅行で経験のない旅行カバンのトラブルが今回アメリカで2回もあった。聞いてはいたが、これ程多いとは思わなかった。ラゲージ・クレームで自分の旅行カバンが出てこないのである。このトラブルが実に多いことを知った。ワシントン国際空港では、そのようなトラブルを専門に取り扱う窓口があり、そこへ集まってくる旅行カバンは、全て何らかの意味で行き先を間違えたのだと言う。それが専用に造られている例の廻りテーブルのようなところからどんどん出て来るのである。チャールストンへは20人程乗りの小さな飛行機で着いたのであるが、そのうち5人が同じトラブルであった。これは多すぎると思う。旅行カバンを受け付けるチェック・イン窓口はコンピューターで処理していても、最も底辺で働いている、実際にそれを仕分け、判別する人間の程度がここアメリカは悪いのであろう。フル・プルーフが必要である。今回、アメリカでは11回飛行機に乗った。そのうち2回のトラブルは多すぎる。
- ・以前ローマの中央駅で経験したと同じ状況がパリの北駅でもあった。出札窓口がたくさんあるが、いずれも長蛇の列なのである。そして1人当たりの所要時間が実に長い。北駅から目的地のクレイイまでは乗換えもないので、自動販売機でキップを買えるのであるが、フランス語が判らぬので、しかたなく、出札窓口に並んだ。窓口の係員と買い手のやり取りを見ていると、

ああでもないこうでもないと言った感じでやっている。買い手が何やら言い終わると、係員はパソコンをたたいてその結果を何やら答え、また買い手が言うと係員はパソコンをたたき、と言ったやり取りの繰り返しである。日本のシステムは実に能率的で良い。客が自分で時刻表を見て注文用紙に第3希望まで書いて注文する。少々の知識と要領を要するが、ほとんどの日本人には問題がない。恐らく、欧米ではこのシステムを採用できない事情なのであろう。国民の最低層の教育レベルが低過ぎなのである。

- ・欧米人は、一般的には大ざっぱであるが、極めて繊細に気を配ったり、考えたり、行動したり、配慮したりする人がいる。その証拠に、今まで長い時代にわたり学術進展をリードしてきた。また、最近ではすばらしいソフトを作る能力を備えた人もいる。要は、日本人に比べて、欧米人の能力・資質には個人差が大きいのであろう。つまり、細かなことに気が廻る能力が無い人も多いのである。大ざっぱさは能力との相関もあるように思う。つまり、人の能力・資質について、日本人は平均からの偏差が小さく、欧米人は大きいと言える。全てがマズプロ化し、大衆化している現在、日本が生産性、経済力において、優位を保つのは、一つはこのことに起因してしばらくは変わるまい。

高齢化と女性

- ・パリにてオペラ座の付近から北駅のホテルまでタクシーに乗った。驚いたことにドライバーが、70才ぐらいと思われるおばあちゃんであった。英語が話せるかと聞いたら、ダメとのことで話ができなかった。しかし、シャキッとしたものである。オペラ座の処で見せたホテルの住所に一髪で連れて来てくれた。決して大きなホテルではなく、大きなストリートでもない、普通の観光地図には載っていない小さなストリートであったのだが…。日本の女性、平均寿命が伸びたと、喜んでばかりいないで、年老いても社会のために、との気概が欲しい。オバタリアン特権を助長されては世の中ますます住み難い。
- ・Bureau of Minesでは石炭に関連する物質の自然発火についての研究を80年もの長い間続けているという。それを現在担当している研究室の長は女性である。案内してくれたDr. Perzakの言によると、彼女は70才に近いという。彼女が熱心にデータを取っていた手を休め、口早やに無駄なく説明してくれたのが、実直な感じで印象的であった。(図1参照)
- ・ボストンで日曜日一日を過ごすスケジュールであった。市内観光バスに乗ることにした。\$15,00で一日有効



図1 Bureau fo Minesで石炭の自然発火のデータを取っている女性研究者

で市内の幾つかの見所で、何度でも乗り降りができるというもので便利なものであった。同じようなシステムはワシントンD.C.にもあり、そちらは\$7.50と安かった。この観光バスに乗ってのことである。ドライバーは運転をしながら観光ガイドをやる。或る程度の訓練と熟練を要するよう見受けられる。このドライバー兼観光案内人が熟達した中年の男性であったり、20代そこそこの若い男性であったり、年取った60才程度の老人風であったり、また30代ぐらいの女性であったりする。仕事の内容は全く同じである。上手、下手はあろうが、雇用者側にはそれはほとんど関係せず、同じ仕事をさせていることになる。ここで疑問に思ったのはサラリーである。20代そこそこの男性と熟達者、または女性、どのように区別しているのだろうか。同じサラリーだとすると、年取った熟達した人にはつまらぬ仕事だろう。Factory Mutual Researchを訪ねたときこのことを聞いてみた。普通、女性は同じ条件の仕事なら男性の70%程度だという。法令上は問題だが、それが現実であるという。そして、経験によって、給与は上がるが、このケースはあまり変わらぬかもしれないと言うのである。

東西ドイツ統一のツケ

・パリでの国際委員会OECD-IGUSへ、今回、ドイツの国立研究機関BAMからの出席者がなかった。いつも、良いレポートを提出し、味のある議論してくれるので、小生は、BAMからの出席と提出されるレポートを少なからず楽しみにしていた。夜の会食の時、ドイツの化学会社からオブザーバとして参加していた人に、どうして今回BAMから出席していないのか、と聞いてみた。そしたら、彼等には旅費がないからだと言う。ベルリンからパリまで、3日間の出張は東京から札幌または広島へ出張するようなもので日本円で10万円もあればいいはずだ。かねがね、ヨーロッパの中は経費が安く出張でき、すぐ国際会議が開け、それ

に出席できて良いなあと思っていた。だから、その言葉を直ぐには信じるができなかった。それで、その通り信じるができないう言ったら、彼は、補足して次のように説明してくれた。ドイツ政府の節約、儉約はすさまじいとのことで、例えば仕事でBAMから電話を受けてもこちらから掛け直してくれ、と言われる、とのことであった。これを聞いてあのすばらしいBAMもお金には勝てない事情があることを察した。旧西ドイツの企業は、不景気ではあるがそれ程深刻な状況にはないという。

ドイツは簡単に金利を下げられない状況なのだ。結局、東西ドイツ統一のツケはEC全体で払っていることになる。

草の根外交

- ・フランスの国立研究所INERISを約20年前訪ねたとき、正面玄関のロータリーに他の国の国旗に混じて日本の国旗がはためいていたのを想い出す。日本観光客がまだ今ほど多くなる前で、日本製の車以外に日本のことに欧州で出合うのは珍しかった。そんな事情のもとで、大きな日本の国旗が他の国に混じてはためいていたのは感動的であった。特に筆者は日本国旗の崇拜者ではないが、素朴な気持ちからそう感じた。そのとき、相手をしてくれた研究部長になぜ日本の国旗が掲げているのかと聞いたら、君が訪問することを所長が知って、そうしたからだと言う。30才そこそこの日本の若造のためにわざわざ国旗を掲げてくれたことに胸のあつくなるのを感じると共に、さすがフランス、草の根外交と思った。ところで、何年振りかここにINERISを訪ね、また日本の国旗を見ることができた。昔ほどの感動はないが、嬉しかった。(図2参照)
- ・はためいているいろいろな国の国旗の中に、ECの旗があった。ドイツ、イタリー、オランダ、UK等に対して一本の旗で済むようになった。単に旗の掲揚だけ

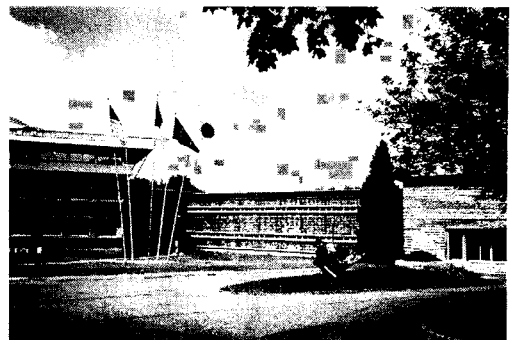


図2 INERISの正面ロータリーにはためく日本国旗とEC旗

でなく、全てが単純化された。空港での出入国手続、国際委員会での議事の取り決めなどで実感した。

ホームレス・ピープルとドラッガー

- ・アメリカとフランスを今回訪ねたが、大都市にはいずれも乞食が多い。アメリカの乞食は元気がない。それは旅行者にとって比較的安心である。パリの乞食は元気が良い。それは安全の面から危険を感じる。アメリカでは、手または空き缶を差し出して黙って物乞いをするのであるが、フランスでは話し掛けてきて、当方の行く手を塞ぐようにしながらそうするのである。
- ・アメリカ人の説明によると、ホームレスはこわくないという。問題はドラッガーであるという。ピッツバーグを案内してくれたアメリカ人は、ニューヨーク、ワシントンD.C.、ピッツバーグのダウンタウンには多いと言っていた。どうやって区別するのかと言ったら、ホームレスは静かであるが、ドラッガーは「カッター」とこわい顔をしてみせた。今日、会うかもしれない、そしたら教えてやる、と言ったが、自家用車で街を見物したので、会うことはなかった。

英語は必須、再々々認識

- ・国際会議（学会）より国際委員会の方が、難しいところがある。学会は単に発表だけであり、質問があればそれに答えるだけで良い。質問を聞き取れることが最低の条件ではある。しかし、委員会は相手方同士で議論していることを理解し、それに入ることが、充実した効果を期待する上で、必要である。これは難しい。小生のレベルでは1対1の話し合いならなんとかなくても、議論に割り込むには、まだまだの語学力である。学会や委員会で質問をするのも、考えをまとめてから手を上げればよいのであるから、まだ楽である。いずれにしても、語学力の不足を痛感するところである。
- ・いつもながら、もっと英語が堪能であれば、当方の主張も頻繁に提出できるのにと思う。良く良く聞くと、話していることと言えば、それ程のことはなく、場合によっては当方では常識的なことであつたりもする。
- ・無論、日本にて予め提案を準備したものは提出し、そのときの疑問にも答えているのであるが、なんとも、彼ら同志の話に入っていくのは難しい。

時代を反映する新卒者の就職先

- ・約25年前、日本の鉄鋼会社の人が英国の企業人に、工学系の最も優秀な学生が鉄鋼に集まるので幸いであると自慢したところ、その英国人はわが国では最も優秀な学生は原子力産業へ行く、と言った話があつた。

- ・最近、英国ではどうかとICI社の人に尋ねたところ、一般学生には銀行が人気であるが、工学系に限ると最も優秀な学生はドイツへ行くと言っていた。
- ・アメリカのUnion Carbide社では、化学系で最も人気は石油会社であると言っていた。Dow Chemical社では、化学系の最も優秀な学生はわが社に集まると鼻息が荒かった。
- ・Factory Mutual Researchの上級研究者は全て外国人つまり米国人以外であると言っていた。そして、研究員は全て米国人だと言う。なぜかと聞いたら、今、アメリカの大学院学生の50%は外国人だ。一般にアメリカでは、少なくとも理工系の部門では、外国人が上部地位を占めつつある状況だと言う。

基礎研究は世界の人が目目してくれる

- ・Bureau of Minesを訪ねて、いささか失望した。それは、かつて、Coward、Jones、Burgess、Zabetakis、Hartmanらのような、それぞれ専門分野で世界をリードしていた科学者が大勢いた頃の雰囲気を感じられなかったことである。それには、炭鉱の安全研究からいまだ抜け出していないことに一つの理由はあるようだ。英国のHSE、EFLはSafety in Minesから名前が変わって、すでに20年も経つであろう。フランスのINERISもCERCHERから名前が変わった。いずれも、鉱山安全から産業安全に力点を移して、名実ともに変化したのである。もう一つの理由は、研究の内容が開発応用研究が重点となっている。例えば、ベルトコンベアーの火災、火災伝播を阻止する器具の開発、鉱道を利用した大規模爆発実験、さく岩機先端での摩擦発火防止の先端具の開発等であった。防災に向けた基礎に重点を置いた研究がなくなってしまったのである。それから強いてもう一つの理由を掲げるなら、次のことがあるだろう。ハルトマン式の粉塵爆発測定器は、かつて世界中の粉塵爆発研究者が使っていた。ハルトマン式は、フランス、ドイツ、イギリスおよびオランダの国立研究機関および企業では、いまだに現在主流のISOの20ℓ測定器と併用して、簡便性と比較のために使われている。ところが、そのいわば発祥元のBureau of Minesには、その装置はもう無いという。また、圧力容器試験（PVT）についても、この試験器にはオランダ式と米国式がUNオレンジブックに載っている。小生は米国式の方が両者の間では機能的に優れていると思っている。恐らくBureau of Minesは、その試験器のUNオレンジブックへの掲載にかつて努力したはずである。ところが、US PVTは持っておらず、オランダ式を使っているという。PVT

の実験データはバラツキ、オランダ式はデータが豊富であるから、との理由であった。先達の業績は大事にしておくべきだと思う。内部では長所も欠点も充分知りつくしているのであろうが、それ自体を無いものとするには外から見ると軽薄に映り、不快感を禁じえない。

- ・ Bureau of Minesが産業災害一般の問題をやっていないとすると、米国ではそれをやっている公的機関はどこであろうかと何度か、いくつかの訪問先で尋ねたら、NISTおよびFactory Mutual Researchであると言っていた。前者は、都市火災、森林火災が重点であり、産業災害はそれ程やっていない。後者は、保険協会のものであり、必ずしも公的ではないのではないか、と反論した。そしたら、確かにそうだ、それ以外には無いと言う。結局のところ、安全に優れた大きな企業が米国にはたくさんある。そういうところのスペシャリストが、OSHA（労働安全健康庁）、AICHE（化学工学会）、CCPS（化学プロセス安全センター）、NFPA（米国防火協会）などで会合に集まり、情報交換を行い、指針、基準等の検討、作成および決定を行っているから、公的な産業安全の研究所は必ずしも無くても良いとのことであった。

論文を書くかどうかは個人の努力

- ・ Union Carbide社の安全研究の人は良く論文を書いている。どうしてそんなに書けるのか、と聞いたら、「会社が奨励している。しかし、時間をくれるわけではない。Xマス休暇、正月休み、夏休みの成果だ。」と言う。
- ・ 以前、日本人のエリートビジネスマンは、夜遅くまで会社で仕事をして深夜に帰宅するか、家に仕事を持ち帰って受験生と同じように夜遅くまで仕事をしている、そして研究者もそれに同じである、と英国人に話したことがある。そうしたら、英国では、それは離婚の理由になる、と言われたことがある。確かに私の知る限りでは、英国人の多くの企業人および研究者はほぼ定期的に自宅へと向かう。そして2～3週間の夏期休暇を仕事の進捗よくとは無関係に取る。
- ・ このことを前述のUnion Carbide社の人に伝えたところ、「私は子供が居ないからできるのである。」と言っていた。研究者が研究論文をより多く書くために、自分の時間を裂いてそれに充てるのは、どこも同じである。要は個人のそれなりの努力が必要なのであろう。

かつての栄光、今は夢

- ・ ピッツバーグはかつて鉄鋼で栄えた街である。当時、

アレグニー河の兩岸に高炉が点々とそびえ、広大な鉄鋼所がいくつも並んでいた。そして、ピッツバーグの街はスモッグでいつも薄暗く建物の壁は真黒であった、という。今は二、三の鉄鋼会社の本社ビルがあるのみで、全ての鉄鋼所は閉鎖し、関連工場もほとんど無いと言う。

- ・ 20年前は、アレグニー河は汚染がひどかった。今は、コイやマスが釣れるという。日本の河川も同じ状況である。違うのは、日本では環境対策が進んだからであり、工場が閉鎖されたからではない。
- ・ 鉄鋼王カーネギーはピッツバーグに住んでいたとのことである。今、彼の業績をたたえた記念館が丘の上に建っていた。

ボストンは英国の街並

- ・ ボストンはアメリカで一番古い町の一つである。そのため街中のいたるところに古い教会と墓場がある。街並なども欧州的に小さな店が軒をならべている。レンガ造りや石造りの家が建ち並ぶストリートがあり、造りが欧州とくにイギリスのそれとそっくりである。

大道芸人

- ・ ニューヨーク、ボストンには大道芸人が実に多い。一寸人が集まる処で、歌を唄ったり、サーカスマがいの体操をしたり、手品をしたりしてお金を集めている。最近、東京でも、吉祥寺や渋谷など大きな駅周辺では見掛ける。日本と違うのは、見ている方も、一緒に楽しむという雰囲気があるように見受けられる。それはヨーロッパでもそうだ。特にイタリアなど、歌と一緒に唄うのは無論であるが、観客の一人が参加して大道芸人と互角に演じたりする。従って、その場合、大道芸人本人が下手ではだめである。一生懸命やっているのに観客が全く居なく、僅か20m程離れた隣の見せ物では黒山の人という光景も稀ではない。日本の場合、患んでやるのだから、下手でも良いのである。無論、上手に越したことはないが。（図3参照）

日本企業の画一主義

- ・ Union Carbide社の研究所内でのカメラの使用は問題なかった。プロセス開発をしている研究室はまずいが安全性評価を行っている実験室の写真撮影はどうぞ、とのことで全く自由であった。昨年（1992）、スイスのバーゼルにある三つの化学会社のそれぞれの研究所を訪問したときも同じだった。安全の研究は公開だから、との考えである。しかし、Dow Chemical社ではカメラの使用は禁止された。日本の化学会社を訪問



図 3 ニューヨーク・マンハッタンのバッテリー公園で見物人を引き入れて演ずる大道芸人

して、工場および研究所の写真撮影を許可されたことは一度もない。しかし、万がひとつ、と言われることを期待して、日本の何処の会社を訪問しても必ず「写真を撮っても良いですか。」と尋ねることにしている。そんなとき、同行した訪問者から、「会社で写真を撮ろうなんて、当然だめですよ、あなたはそんなことも知らないのですか。」と言わんばかりに軽べつの眼差しを受けることすらある。

おわり

ウィンザー城の火災 (紹介)

柿田 公太郎

1. はじめに

1992年11月20日、英国ウィンザー城で火災が発生し、一部の建物が焼失した。ウィンザー城はロンドンの北西約30kmのテムズ川沿いにある英国最大の城である。ウィリアム征服王が11世紀に建設して以来、重要な宮廷として使用されてきた。ヘンリー2世時代に木造から石造りになり、エドワード3世(1312—77)の時代からほぼ今日の城の姿を留めている。この城は、王室の居所であり、国王及び来客の滞在中を除き、一般人の参観も許されている。迎賓館では古い刀剣・鎧・かぶと、豪華な家具調度品や数々の名画が展示されていて、宝物殿といった建造物である。火災発生当日は、女王の誕生日であり、戴冠45周年の日でもあった。火災が発生するとすぐに美術品の搬出が行われ、数点の動かせなかった物を除いてかなりのものが、無事に保護された。貴重な文化財あるいは宝物は、一度焼失するとともに戻すことも再生することもできない。わが国でも火災から文化財を守る工夫がいろいろなされており、最後に示す文献¹⁾、²⁾によりウィンザー城の火災から重要物品が如何に保護できたかを紹介し、参考に供したい。

2. 火災原因

図²⁾に火災により焼失した建物の平面図とウィンザー城の輪郭を示す。火災が発生した場所は親族教会の部屋であり、焼失した範囲をハッチングで示してある。王室パークシャー消防署の報告書には火災原因は電気スポットライトの熱により仕切カーテンに火がついたらしいと書かれている。城の一階に親族教会があり、カーテンがその祭壇区域に掛けられていた。この場所が出火場所であることが確認されている。火災発生当時、この教会は一時的に商店と絵画修復の場所として使われていた。壁に寄りかかっていた絵画の一枚が、カーテンをランプの方に押し、長時間ランプを点け放した結果、籠ったランプの熱によりカーテンが燃え出したと推定されている¹⁾。

3. 消火活動状況²⁾

1) 午前11時37分

火災が発生すると、まもなく城の警報が鳴った。ウィンザー城の消防隊は緊急呼出しを受け、消防隊長は直ちに援助が必要であると判断し、大規模消火隊の応援を求めた。同時に城の財産救助特殊部隊が行動を開始した。

2) 午前11時45分

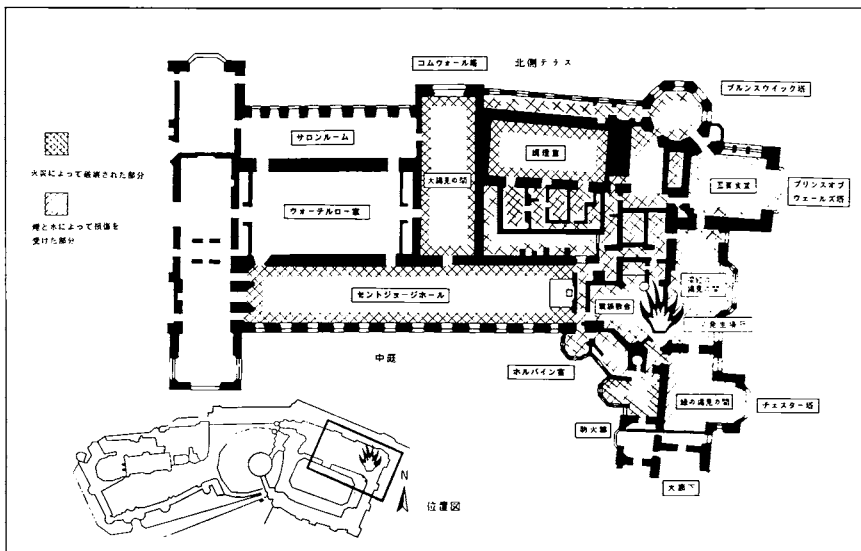


図 ウィンザー城

最初の消防車が到着した。

3) 午前12時20分

火災は急速にセントジョージホールに広がった。増強部隊をロンドン、オックスフォードシャー、サリー及びバッキンガムシャーに求めた。

4) 午後1時30分

火災は極に達し、緑の謁見の間の南壁に及んだ。セントジョージホール、謁見の間付近は、英国の国樹とされるオーク材で作られていた。火の手は早く、建物内部全体がすぐに火に包まれた。消防隊は、2台の高所放水車によって火災に放水する一方で、屋根に穴を開けて消火作業の効率を高めようとした。そして火災がこれ以上広がらないように消火活動が行われた。現場に建築家が集められ、チェスター搭と大廊下に防火線を構築した。また、消防隊員は、あらかじめ建築家達が作った城の青写真に基づいて良く訓練されていた。

5) 午後3時30分

建物からの煙は未だ見られたが、炎の様子は少し変わった。消防隊長は火災がもうひろがらなくなったと発表した。

6) 午後6時30分

ブルンスウィック搭が焼け落ちた。

7) 午後8時00分

消防隊長は、火災を制圧できるようになったと報告した。

8) 午後11時00分

消防隊長は、大きな火災を鎮圧したと発表した。

9) 午後11時30分

燃え残り部分が未だ燃え続けていた。

10) 21日午前2時30分

火災はほぼ消えた。しかし、残り火を消すのに60人の消防隊員と8台の消防車が活動中であり、完全に消えるのに数日を要した。

4. 火災の概要

1) ウインザー城の北東翼が焼失した。

2) 火災は9時間荒れ狂った。

3) 火災に駆け付けた消防隊は5郡（パークシャー、ロンドン、オックスフォードシャー、サリー、バッキンガムシャー）である。出動した隊員は225人で、出動車両は39台であった。

4) 消火水は100万ガロン（3,800kl）を要し、城の支配管とテムズ川から取水された。

5) 南風が吹いていたため、女王の居室は被害を免れた。

6) 財産救出作業は、首都警察、近衛兵、グルカ連隊、女性の王室ボランティア、王室の職員、城の職員及び

小売商人によって行われた。

最初に現場に駆け付けたヨーク公は、火災の状況を携帯電話でバッキンガム宮殿におられた女王に伝えた。女王は財産の目録を良く知っていた。女王はヨーク公に「財産の搬出にあたって、何人たりとも命を失わないように。」と指示された。美術品搬出に3時間半を要した。財産搬出の際、一人だけが軽い火傷を負った。この火災で、この人以外に負傷した者はいなかった。

7) 絵画の焼失は、ジョージ3世の肖像画一枚だけで、これは大きすぎて運べなかった。

8) セントジョージホール、大謁見の間、親族教会、国賓食事室、深紅の謁見の間、緑の謁見の間の6室とブルンスウィック搭、プリンスオブウェールズ搭及びチェスター搭の3搭が火災により壊れたり、ひどく損傷した。ひどく荒れ果てた廃墟を見て、女王は「王室の威信が地に墜ちた。」と嘆かれた。

5. 美術品の搬出状況

5.1 搬出された美術品

高価な絵画（カナレット、ホルバイン、ルーベンス、ランベール）、カーペット、掛け毛せん、大燭台、装飾テーブル、キャビネット、世界一の縫い目のないカーペット、数百の時計、女王が個人的に蒐集していた縮小画、王室図書館の数百冊の本、原稿、キリストの絵画等である。50フィート（45.7m）の食卓は、解体して搬出された。

5.2 焼失した美術品

1) 900年の歴史がある建築物の一部

2) ウイリアムペーキーの画「馬上のジョージ3世」

3) 19世紀のヘンリーウイリスのパイプオルガン

4) アックスミンスターカーペット（1851年の英国博覧会のために作られた作品）（焼損が激しく修復不可能）

5) モーレルとサドンによって造られた食器棚（1820年代の作品と推定される。）

6. まとめ

これだけ大きな火災であったにも拘らず、被害を最小限に止めることが出来たのは、次のような消火活動と努力と幸運があったことによる。

1) 日頃から火災を想定して、消火及び財産救出の計画、訓練がなされていた。

2) 消防隊員が城の青写真を基に、出火の場合の消防活動計画を検討していた。

3) 財産の内容が開示されていた。

4) 火災時、建築家が集合し、防火線の構築、消火対象

物の選別を行なった。

- 5) 消火用の水源が確保されていた。
- 6) ウインザー城が一般に開放されており、消火隊及び財産救出特殊部隊が自由に行動できた。
- 7) 出火源から見て、南風であったため、北東翼だけの被害でとめられた。
- 8) 火災が昼間であった。

この火災による被害は最小限にいとめられたといえるが、第1着火物となったカーテンに防災処理が施されていれば、火災の発生を防止できたと推定される。

7. おわりに

英国のウインザー城の火災の概要を紹介した。英国と

日本では国情は異なっているが文化財を火災から守り、それらを後世に伝えることの重要性は変わりがない。我が国においても昭和26年1月26日に法隆寺金堂が焼失した。この火災を機にして消防庁と文化庁が共同して1月26日を文化財防火デーとして設定して、火災から文化財を守る意識の高揚を図っている。この邦文が文化財保護の上でなんらか参考になれば幸いである。

引用文献

- 1) ファイア編集部：The Windsor Castle Fire, Fire, pp.5-8, Jan. (1993)
- 2) 王室パークシャー消防局監修：Windsor The Great Fire, Pitkin Pictorials Ltd. (1992)

消防研究所の研究活動

『消防研究所報告』掲載論文の概要

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

通巻75号 (1993年3月)

軟化収縮性、溶融性繊維織物の高度難燃性能の評価

(平成4年12月25日受理)

箭内 英治・斎藤 直

非溶融性繊維織物の高度難燃性能試験に用いた燃焼試験装置とほぼ同じ装置を用いて、加熱すると軟化・収縮するアクリル、ポリクラルールなどの軟化収縮性繊維および加熱すると溶融するポリエステルなどの溶融性繊維について、高度難燃性能の評価を行った。その際、試料保持方法として、各々に適した試料押え枠を新たに考案し用いた。試験結果、これらの軟化収縮性、溶融性繊維織物の高度難燃性能をランク付けて評価することができた。また、このようにして得られた高度難燃性能と消防法令の防災試験結果とに整合性が認められた。

石油タンク隅肉溶接部の疲労強度に及ぼす肉盛補修の影響

(平成4年12月25日受理)

山田 實、亀井浅道、天野久徳、西 晴樹

石油タンク隅肉溶接部近傍に肉盛補修を施した場合、補修の面積と補修位置の溶接止端部からの距離の変化が、石油タンク隅肉溶接部の低サイクル疲労強度に及ぼす影響を明らかにするための実験を行った。

その結果、補修の位置と面積がき裂の発生及び破断寿命に与える影響、破断寿命に対するき裂発生寿命の割合と変位振幅の関係、隅肉溶接止端部の表面の残留応力分布等に関する知見が得られた。

水平の地下空間模型におけるメタノールの燃焼速度

(平成4年12月25日受理)

渡部勇市、宮崎早苗、関沢 愛
箭内英治、山田常圭、斎藤 直

トンネルを模擬した長さ21.6m、断面寸法0.3m×0.3mの地下空間模型でメタノールの火災実験を行い、平均断面風速と燃焼速度の関係について調べた。燃焼容器周辺の天井の温度上昇により、トンネル模型内のメタノー

ルの燃焼速度が、時間とともに増大する条件について検討し、以下のことを明らかにした。

- 1) トンネル模型内に送風しない場合、燃焼速度が50分間の火災実験期間中増大し続ける最低の燃焼容器の直径が存続した。
- 2) 1)の場合よりも大きな容器直径では、各直径で燃焼速度が実験期間中増大し続ける最大の平均断面風速が存在し、その風速は燃焼容器の直径が大きくなるに従い大きくなった。
- 3) 天井温度と発熱速度、平均断面風速の関係から、燃焼速度が実験期間中増大し続ける燃焼容器直径、平均断面風速を推定する式を導いた。

円筒型タンク内の過渡的電荷減衰過程についての理論的考察

(平成5年1月19日受理)

松原美之

オーム則および均一な電荷密度分布などを仮定した数値計算モデルを用いて、タンクの規模と形状が油中に蓄積された電荷の減衰速度に及ぼす影響についての検討を行った。その結果、油表面を通じての電荷漏洩を考慮した場合には、減衰速度がタンク規模の影響を受けることが示された。さらに、油面電位の減衰速度に及ぼすタンク規模の影響は、タンク直径 Dt 、油の体積導電率 κ 、および油面の表面導電率 λ から求められる無次元タンク直径 $Dt \cdot \kappa / \lambda$ により整理できることが明らかにされた。同一の直径の場合にはタンクが扁平となるほど油面電位の減衰が緩慢となることもわかった。

通巻76号 (1993年9月)

気象庁1倍強度計記録にみられるやや長周期地震動特性 —その2 東京—

(平成5年5月31日受理)

座間信作

東京の気象庁1倍強度計記録を数値化し、計器補正を施すことによって、やや長周期帯域の実地動を求めた。そのデータを用い、地震地体構造区分に従い卓越周期、

加速度スペクトルの地域性に関する検討を行った。卓越周期は地体構造区分により異なり、前報の結果を支持するが値は異なっており、計器補正が重要であることが指摘された。観測スペクトルと理論スペクトルとの比として与えられた増幅度の地域性は地体構造区分及び周期により大きく異なることが示された。また最大期待地震規模に対する地震動の予測を通してやや長周期地震動の危険度評価を行うというフレームワークを示し、東京のデータに適用したところ、伊豆付近を震源とする地震が最も高い危険度をもつ事が推定された。

水平の地下空間模型における風速と煙層形成の関係

(平成5年5月31日受理)

山田常圭、箭内英治、関沢 愛
渡部勇市、宮崎早苗、斎藤 直

トンネルを模擬した長さ21.6m、断面寸法0.3m×0.3mの水平地下空間模型でメタノールを燃料とした火災実験を行い、各種火源規模、断面風速条件下で模型空間内部に形成される煙層の状況について調べた。

その結果、火源風下領域において、二層流と混合流が発生する境界条件を、無次元発熱量と流路内部の換気風速に関わる無次元風速の二つのパラメーターで簡便に記述できる可能性があることが判った。また火源風上への煙遡上到達距離の推定に、フルード相似から導かれる既往の実験式が有用であることが判った。

地震災害時における防災担当職員の非常参集に関する研究 (その1) 川崎市の非常参集訓練における調査結果 (平成5年5月31日受理)

関沢 愛

1993年1月19日の早朝に、川崎市で実施された防災担当職員の非常参集訓練に際して、その参加者に対して訓練終了直後に非常参集に関するアンケート調査、および参集時間や参集経路、参集手段等に関する個人データ調査を、川崎市防災対策室の協力を得て行った。本報告は、地震災害時における防災担当職員の非常参集体制の充実を図る上での課題の整理のため、これらの調査結果から得られた基礎的知見をまとめたものである。

調査結果から浮き彫りになった事実は、多かれ少なかれ大都市に共通する住宅問題に起因する防災担当職員の居住地域と参集場所との距離の遠さ、及びそのためによる参集時間の遅れである。この問題は、災害対策本部の立ち上がりやその初期対応活動に密接に関連するものであり、検討を要するきわめて重要な課題である。

今後の方策として、少しでも参集距離を短くするためには、参集場所を平常時の所属部署にかかわらず自宅直

近の市・区本部とすること等の工夫が必要であるほか、理想的には、発災直後に対応すべき任務を負った防災担当職員はできるだけ参集距離5km圏内に在住することが望ましいことが分かった。

管状火炎バーナーによるピーク濃度の測定

(平成5年5月31日受理)

廖 赤虹、斎藤 直、岩田雄策

消火剤のピーク濃度は、可燃性混合気の着火を防止する能力を評価する安全工学上重要な指標である。従来、ピーク濃度は爆発ビュレットに代表される爆発容器法により測定されてきたが、得られたデータの信頼性が問題にされている。

この研究では、管状火炎バーナーを利用する再現性のよいピーク濃度測定方法を検討した。すなわち、管状火炎バーナー装置を試作し、燃焼限界に及ぼす混合気噴出速度と多孔質円筒の不均一性の影響を調べた。メタンの燃焼限界およびメタン-空気混合気に対する窒素、炭酸ガスのピーク濃度を測定し、以下のことを明らかにした。

- 1) 試作した管状火炎バーナー装置は、石塚の報告と一致するメタン-空気-窒素混合気の燃焼範囲を与え、この装置による再現性のよいピーク濃度測定が可能であることが示唆された。
- 2) 管状火炎バーナーで測定される燃焼範囲は、バーナー装置に用いた多孔質円筒の不均一性や未燃混合気の噴出速度にはほとんど依存しない。
- 3) この方法は爆発容器法に比べ操作がきわめて簡単で迅速に測定でき、可燃、不燃の判定が容易であるので、ピーク濃度の測定方法として優れている。

消炎濃度に及ぼすカップバーナー

(平成5年5月31日受理)

佐宗祐子、斎藤 直、岩田雄策

カップバーナー法により測定される消火剤の消炎濃度は、装置の外管径とカップ径に依存する。この原因をさぐるため、カップバーナー法における消炎時の燃料液面付近の温度、カップ周囲の空気流速および外管壁温度と消炎濃度の関係について実験的に検討した。

消炎時の燃料液面付近の温度は、燃料の種類により、カップ径に依存する場合としない場合があった。また、カップ周囲の空気流速の増大により消炎濃度は増大し、外管壁を冷却することにより消炎濃度は低下した。これらの結果から、カップバーナー法により測定される消火剤の消炎濃度は、火炎からの熱損失による火炎の不安定化の程度と、カップ周囲気流および装置の蓄熱による火炎の安定化への寄与の大きさととの競合を通して、バー

ナー規模に依存することがわかった。

火災感知器の性能向上に関する研究

一熱とCOの2素子センサーとファジー推論手法を導入したシステム— (平成5年5月31日受理)

田村裕之、佐藤晃由、河関大祐、細川直史
草薙繁量、藤岡透、渡部祥文、栗尾孝
中西慎治、下村茂樹、桐畑慎司

住宅等の火災の早期発見を目的として、信頼性が高く比較的コストの低い火災警報システムを試作した。

従来型の煙や熱の単一素子センサーでは火災/非火災の識別には限界があり、また、3素子または4素子のセンサーでは、住宅用火災センサーとして普及するには、価格上の難点があるため、種々検討した結果、火災感知器を熱とCOの2素子で構成し、2素子センサーからの信号を基にファジー推論し、火災か非火災かの判断を行うシステムを試作した。

本試作システムに対し、種々の火災実験と非火災実験を行い、性能評価を行った。その結果、本試作システムでは、発炎火災とくん焼火災の両方を発見でき、非火災報の発生も少ないことが確かめられた。

燃焼木炭の水消火における熱伝達機構(概要)

(平成5年5月31日受理)

高橋 哲

木材は燃焼にともなって炭化し、可燃性ガス、水蒸気を放出して、これらが様々な形で消火現象に影響を与え複雑化させる。しかし木炭を使用すると、これは単一物質なので、それらの影響を避けることができる。その結果、現象把握が容易になると考えられる。この研究では、木炭をカゴに充填して燃焼させ、単純に頂部から水を注

ぐ方法、および周囲から自由に振動的に水を注ぐ方法の二方法について消火を試み、蒸発水、残留水、及び木炭に対する熱量配分を、注水方法と速度の関数として比較し、消火機構の考察を行った。

その結果、注水速度の小さい側では、燃焼熱を蒸発水が奪いながら全体の消火を遂行する熱遮断型の消火機構が、又大きい側では、液状水が燃料固体の熱を奪う冷却型の消火機構の行われていることを示した。さらに振動的、実際の注水方法は、単純な一方からの注水と比べ、効率の良いことも証明した。

はしご自動架梯装置における掛金操作アルゴリズム

(平成5年5月31日受理)

天野久徳、亀井浅道、山田 實、西 晴樹
中島初彦、武内幸一、木下竜介

消防職員の高齢化にともなって消防機器の自動化が望まれている。これに対応するために、著者らは従来熟練した機関員にしかできなかったはしご付き消防自動車のはしごの架梯操作を容易に行える自動架梯装置を研究開発してきた。

はしご架梯操作のうち、掛金を使った架梯操作は最も難しい操作の一つとされている。迅速な救助活動を行うことのできるはしごのリフターを使用するときには掛金を使った架梯を行わなければならない。しかし、著者らが開発してきた自動架梯装置には、掛金及びリフターを用いた架梯を自動化する機能が備わっていない。

そこで、本報では掛金を使った架梯操作の自動化の手法を検討し、また、リフターを使用したときはしご先端の挙動を明らかにした。さらに、これらの知見を自動架梯装置に組み込んだシステムを構築した。

消防研究所「研究懇話会」要旨

衝撃波管による液体燃料の噴霧着火の統計的研究：廖 赤虹

圧縮された高温空气中に液体燃料を噴射し、燃焼させる方式はディーゼルエンジンやジェットエンジンなどに広く使われている。このような噴霧の着火に関する研究は、従来より多くなされているが、いずれも着火遅れの平均値のみを研究対象としており、着火性の評価が充分できないという問題があった。

着火は短い時間内に起きる非可逆性の強い現象で、確率論的に検討する必要もある。本研究では、衝撃波管を用い、衝撃波を利用して、高温、高圧雰囲気中へ液体燃料噴霧を行う装置と、着火位置ならびに着火遅れ時間を測定するための装置を開発した。さらに、これらの装置を用いて、異なる雰囲気温度、密度及び噴霧角における着火遅れの頻度分布を得て、寺尾による確率着火論に基づき、液体燃料噴霧の着火確率を求めた。これに均一予混合気の着火確率と燃料噴霧のシャドウグラフ写真データを合わせ、液体燃料の噴霧着火現象について検討した。

消防機器への最近の赤外線技術応用：田村裕之

赤外線自体の発見は1800年のことであり、それ以来今日までおよそ200年にわたって、赤外線の利用に関する研究が行われてきている。しかし、赤外線技術の消防機器への応用の研究はまだ40年ほどで、歴史の浅いものといえる。非接触による測定が可能で、ガスや浮遊粒子の濃度や、局所または雰囲気温度などを測定できる赤外線技術は、今後さらに多くの方法で消防機器に利用されるようになると思われる。

そこで赤外線技術が今までどのように消防の分野に利用されてきたか、また利用されていくのかを探るために、最近実用になったものも含め、今までの赤外線技術を利用した消防設備と現在開発されようとしているシステムについての概略と、消防関係以外での赤外線技術の利用について報告した。

熱画像装置による原油の大規模燃焼実験の観測：古積 博

平成4年11月に米国アラバマ州モービルにおいて行われたルイジアナ原油を燃料として15m角容器での燃焼実験において、高速熱画像装置を用いて火炎を撮影し、その放射性状を調べた。

同装置は、1秒間に30コマの速度で熱画像を撮影出来るが、各画像は51,200点に分割されて、それぞれの点での放射情報が得られ、それから試料の放射発散度分布の時間変化が求まる。また、試料の放射率がわかれば試料の温度も得られる。

火炎の放射発散度は火炎底部で最も高く、約130kw/m²程度、また、黒煙部分は10~20kw/m²程度であった。火炎の放射発散度を1とした場合、それぞれの放射発散度は、950℃、400~500℃に相当する。これは熱電対で測定した値（最高で1200℃程度）に比べて低く、火炎を取り巻く黒煙によって放射に寄与する火炎温度が低くなっているためと考えられる。

わが国の深部の地下構造深査に関するレビュー：座間信作

深部地下構造探査と地震工学、特にやや長周期地震動特性評価との関わりに関するレビューと各種の探査手法の紹介を行った。更に、深層井のある府中サイトを例にとって、種々の探査手法の結果を比較し、いわゆる地震基盤の深さほどの手法でも同じであるが、それ以浅では若干の相違が認められることを示した。今後の課題として、多くの地域で調査を行うことが必要であること、一地域についても3次元のかつ広域の調査が必要であることを指摘した。特に後者のためには、重力異常や微動の利用も含めて多くの手法を用い、対象とする波長や精度を考えて適切にモデル化する必要があることを指摘した。

防炎性物品を含む火災実験において発生する有毒ガスとその毒性：守川時生、箭内英治、岡田健夫、梶原正弘、佐藤喜宣、津田征郎

本研究においては、一連の実大火災実験の一つとして、市販の耐火2階建て住宅の1階の1室を火災室として防炎性

物品の関与した可燃物を燃焼対象物とした火災実験を行い、そのときの種々の燃焼特性と有毒ガスの発生とその毒性について調べた。毒性については兎を実験動物とした動物ばく露実験により、挙動分析、血液分析及び脳波、心電図、呼吸数などの生理学的測定を行った。

今回の実験の範囲内で、あらまし次のことが分かった。1) HCN、COが主たる有毒化学種であり、それらの発生はフラッシュオーバーの起こった場合に大きく、特に、その直後に大きい。2) HCLの毒性は無視できる程小さい。3) 防炎性物品の火災はガス毒性や避難の点で非防炎性の火災の場合に比較して特に危険であるという可能性は非常に小さい。4) 兎の行動不能時間は毒性化学種をHCNとCOに限った場合、計算値とかなりよく一致する。

COと熱の2素子センサーによる火災感知システムについて：田村裕之、佐藤晃由、河関大祐、細川直史、他 松下竜工 5名

住宅用火災警報器（日本消防検定協会鑑定品）の普及を図るには、なお性能及び価格的な問題があるものと考えられる。筆者らは既に、熱、煙、COの3センサーからの信号をファジィ推論し、火災非火災の判断を行うシステムが実用的性能を有することを確認した。本報告では、家庭用に、コストと非火災報発生の低減を目指し、上述の3素子の中から、熱とCOのセンサーを用いた火災感知システムを試作し、性能評価実験を行った。

本システムのソフトでは、2センサーからの信号をコンピュータに取り込みファジィ推論を行い火災非火災の判断結果を出力するようにした。

本システムに対する性能評価実験の結果として、たばこの煙の吹きつけや湯気、ほこり、調理の煙（換気扇を回した状態）の非火災試験に対しては非火災報を大幅に低減でき、発炎火災とくん熱火災の火災試験に対しては火災信号を出力することがわかった。

ライオン(株)千葉工場精留塔爆発事故の原因究明その後：長谷川和俊

過メタノールの爆轟性について実験研究した。これは、1991年千葉県にある化学工場の精留塔で発生した爆発事故の原因物質である。精留塔自体が細片に破壊されたこと、精留塔の部分的な破壊であったことなど事故の状況、精留塔破壊の弾塑性強度計算などの結果から爆轟が生じた可能性を示した。過メタノールの熱分析により、比較的低温の低い51~110℃の発熱開始温度がえられたこと、発熱速度が極めて大であることなどの結果、高濃度過メタノール生成が精留塔内に存在したことの検証、また、理論的爆轟性の検討の結果などから爆轟の蓋然性を指摘した。最後に、過メタノールの危険性を克服して実施された小規模実験によって、65%の高濃度過メタノールは爆轟することを裏付けた。

空調状態の室内における火災感知：佐藤晃由

建物室内で空調が行われている状態で火災が発生した場合、火災初期の上昇熱煙は希釈されるため、感知器信号は微弱となり、早期な火災感知は阻害される場合が予想される。本研究では、無風状態の空調状態にそれぞれの場合、室内天井中央の火災感知器位置における煙濃度の上昇の時間変化を、実験及び数値計算により調べた。その結果、特に空調流の比較的強い流れの位置で火災が発生した場合、火災感知が大幅に遅れることがわかった。

タバコを出火源とする火災について：寒河江幸平

昭和54年から平成3年までの全国火災報告を用いて、たばこを出火源とする火災、主に建物火災についての統計分析結果を述べた。

たばこを出火源とする建物火災の主な着火物は、ふとん・座ふとん・寝具、紙屑・わら屑、紙及び紙製品で、各年を通じて、あまり変化はなかった。経過は、ふとん・座ふとん・寝具では、たばこの火の転倒落下、紙屑・わら屑では、たばこの火の不適當な処への捨て置きが大半であった。

死者の発生したたばこを出火源とする建物火災の着火物は、第一位が、ふとん・座ふとん・寝具で、大半であった。火災発生件数に対して、死者発生件数割合の高かった着火物は、畳、衣類、上敷、ふとん・座ふとん・寝具であった。

たばこ売り上げ本数と、たばこを出火源とする火災件数の間には、単純な相関はなかった。

消炎濃度に及ぼすカップバーナー規模効果の原因の検討：佐宗祐子、斎藤 直、尾川義雄

ハロン代替物質の消火能力を小規模で評価する方法としてカップバーナー法が用いられているが、カップバーナー法

により測定される消火剤の消炎濃度は、装置の外管径とカップ径に依存する。この原因をさぐるため、カップバーナー法における消炎時の燃料液面付近の温度、カップ周囲の空気流速および外管壁温度と消炎濃度の関係について実験的に検討した。

消炎時の燃料液面付近の温度は、燃料の種類により、カップ径に依存する場合としない場合があった。また、カップ周囲の空気流速の増大により消炎濃度は増大し、外管壁を冷却することにより消炎濃度は低下した。これらの結果から、カップバーナー法により測定される消火剤の消炎濃度は、火炎からの熱損失による火炎の不安定化の程度と、カップ周囲気流および装置の蓄熱による火炎の安定化への寄与の大きさととの競合を通して、バーナー規模に依存することがわかった。

地下空間模型を用いた火災性状に関する実験的研究：山田常圭、箭内英治、関沢 愛、渡部勇市、宮崎早苗、斎藤 直
トンネル状の地下特殊空間模型における、有風条件下での煙層生成と煙の遡上に関する実験結果を報告した。

火源風下における煙層が2層流になるか混合してしまうかは、無次元発熱量とトンネル内部の風速に関わる無次元風速によって説明できること、また風上側への遡上到達距離も、フルード数と呼ばれる無次元数の関数で表されることがわかり、既往の研究結果との一致も良い事を示した。

気象庁1倍強震計記録にみられるやや長周期地震動の地域特性：座間信作

東京の気象庁1倍強震計記録を数値化し、計器補正を施すことによって、やや長周期帯域の実地動を求めた。そのデータを用い、地震地体構造区分に従い卓越周期、加速度スペクトルの地域性に関する検討を行った。卓越周期は地体構造区分により異なり、前報の結果を支持するがそれぞれの値は異っており、計器補正が重要であることが指摘された。観測スペクトルと理論スペクトルとの比として与えられた増幅度の地域性は、地体構造区分及び周期により大きく異なることが示された。また最大期待地震規模に対する地震動の予測を通して、やや長周期地震動の危険度評価を行うというフレームワークを示し、東京のデータに適用したところ、伊豆付近を震源とする地震が最も高い危険度をもつ事が推定された。

水酸化カルシウム法によるケラチン加水分解タンパク質の限外濾過分画成分と水酸化ナトリウム法によるケラチン加水分解タンパク質の限外濾過分画成分の消火性能の比較について：星野 誠

燃焼容器（縦70.7cm、横70.7cm高さ40cm）内に自動車ガソリン75ℓを入れ、5分間予燃焼後、燃焼面中央泡打ち当て方式により、淡水を用いて同一泡水溶液供給率（5ℓ/㎡・m）で、限外濾過法により分画されたケラチン加水分解タンパク質の消火性能を調べた結果、水酸化ナトリウム及び水酸化カルシウムを用いたケラチン加水分解物の中で、分画分子量5千以下の成分、水酸化ナトリウムで加水分解した分画分子量5万以上の成分は、消火効果がないことがわかった。耐再燃性能の最も優れていたのは、水酸化カルシウムで加水分解した分画分子量5千以上の成分であることが判明した。

管状火炎バーナーによるピーク濃度の測定：廖 赤虹、斎藤 直、佐宗祐子、尾川義雄

消火剤のピーク濃度は、可燃性混合気の着火を防止する能力を評価する安全工学上重要な指標である。

従来、このピーク濃度の測定に爆発容器法が利用されてきたが、測定が複雑な上、結果も装置や測定者によって異なるという欠点を持っていた。

ピーク濃度の測定が容易で、再現性のよい結果の得られる測定装置として、管状火炎バーナー装置を試作し、メタンまたはブタン—空気混合気に窒素または炭酸ガスを添加した場合の燃焼範囲とピーク濃度を測定した。それにより、測定結果の安定性と実験の操作性を調べた。また、装置が測定結果に及ぼす影響について検討した。

管状火炎バーナーは、ピーク濃度測定のためのすぐれた装置となることがわかった。

はしご自動架梯装置における掛金操作のアルゴリズムとはしごのたわみ挙動：天野久徳、西 晴樹、山田 實、亀井浅道

消防職員の高齢化にともなって消防機器の自動化が望まれている。これに対応するために、従来熟練した機関員にしかできなかったはしご付き消防自動車のはしごの架梯操作を容易に行える自動架梯装置を研究開発してきた。

はしご架梯操作のうち、掛金を使った架梯操作は最も難しい操作の一つとされている。迅速な救助活動を行うことのできるはしごのリフターを使用するときには掛金を使った架梯を行わなければならない。しかし、開発してきた自動架梯装置には、掛金及びリフターを用いた架梯を自動化する機能が備わっていない。

そこで、掛金を使った架梯操作の自動化の手法を検討し、また、リフターを使用したときのはしご先端の挙動を明らかにした。さらに、これらの知見を自動架梯装置に組み込んだシステムを構築した。

地震災害における防災担当職員の非常参集に関する研究：関沢 愛

1993年1月19日に、川崎市で実施された防災担当職員の非常参集訓練に際して、その参加者に対して訓練終了直後に行った非常参集に関するアンケート調査結果に基づいて、地震災害時における防災担当職員の非常参集体制の充実を図る上での課題や基礎的知見をまとめたものである。

調査結果から浮き彫りになった事実は、防災担当職員の住居地域と参集場所との距離の遠さ、及びそのためによる参集時間の遅れである。この問題は災害対策本部の設置やその初期対応活動に密接に関連するものであり、検討を要するきわめて重要な課題である。

今後の方策として、少しでも参集距離を短くするために、参集場所を平常時の所属部署にかかわらず自宅直近の市・区本部とすること等の工夫が必要であるほか、理想的には、発災直後に対応すべき任務を負った防災担当職員はできるだけ参集距離5km圏内に在在することが望ましいことが分かった。

地下空間模型を用いた火災性状に関する実験的研究—水平トンネルにおける風速と燃焼速度の関係—：宮崎早苗、斎藤直、渡部勇市、関沢 愛、山田常圭、箭内英治

トンネル状空間の詳細な火災性状を調べるため、9.9mの実験模型の長さを約2倍の21.6mに延長し、風速条件を細かく設定して燃焼実験を行った。

火源として直径0.1、0.15、0.2及び0.25mの4種類の燃焼容器でメチルアルコール燃焼させ、平均断面風速と燃焼速度との関係、および模型天井面からの放射熱による燃焼速度への影響を調べた。

その結果、

- (1) 燃焼速度が実験期間中定常となる最低の平均断面風速が存在し、その風速は、燃焼容器直径が大きくなるに従って大きくなる。
- (2) この実験模型で燃焼速度が実験期間中増大し続ける場合の天井面から燃料液面への放射熱量は、3 kW/m²以上であることがわかった。

油中電荷密度の直接測定手法について：松原美之

タンク内に貯蔵されている帯電油の電荷減衰を実験により研究するためには、タンク内部での過渡的な電荷密度変化を捉える必要がある。そこで、タンク内帯電油中の電荷密度を、直接的かつ連続的に測定できる測定装置を製作した。さらに、直径50cmの模型タンクを用いた実験によって、製作した装置による測定の妥当性を検証した。なお、測定の妥当性の検証は、電荷密度分布が一様であると期待できる条件のもとで、制作した装置によるタンク内電荷密度測定を実施し、同時に測定した天井面電界強度の値と比較することによりおこなった。

火災性状把握避難誘導システム—在館者把握システムについて—：河関大祐、佐藤晃由、田村裕之、細川直史、その他 松下電工1名

火災性状把握避難誘導システムで使用する在館者把握方式として、これまで「火災性状把握システムに関する研究」で検討を行ってきた種々の人体検知方式及び在室者把握方式の特徴、応用例並びに問題点についての総合的な評価を行なった。

評価対象となった全11種類の人体検知方式及び在室者把握方式は、いずれにも問題点があり、単独の方式で正確に在館者を把握することは困難であることが確認できた。そのため、火災性状把握避難誘導システムで使用する在館者把握方式には、火災性状把握システムでこれまで開発研究してきた人体赤外線検知方式と電話自動応答方式に、障害者等の在・不在を把握することを目的とした、電波発振器方式を加えた構成とすることが妥当であるとの結論を得た。

研究室での爆発火災—その実態と対応—：東口敏巳、長谷川和俊

実験研究室での火災爆発災害の実態を探る目的で、事故例を統計的に処理し、災害の原因、経過などについて明らかにした。これらの実態を踏えて、総括的な予防対策および緊急対策からなる防災対策を提言した。研究室での災害は、昭和54年から13年間で753件発生している。これら753件全体、そのうち大規模な災害37件、大学、短大、高等専門学校の研究室での災害130件、化学工業製造業の研究室での災害79件に区分して、それぞれごとに災害原因、経過、災害対応の違いを議論した。研究室災害の全体としては、比較的単純な事柄に起因して災害が発生しており、基本的な防災対策によって、そのほとんどは防止できることが判った。

石油タンクの隅肉溶接継手近傍の弾塑性挙動—その1 単純曲げの場合—：西 晴樹、亀井浅道、山田 實

石油タンクの破壊は、側板とアニューラプレートとの隅肉溶接部から始まるものが多い。これは、隅肉溶接部にはその形状に起因して応力が集中するからである。溶接止端部近傍のアニューラプレートに発生する塑性領域の板厚方向への進展は石油タンクの損傷に大きな影響を与える。

そこで、石油タンクの隅肉溶接部をシミュレートする2次元部分モデルを考え、これを2次元有限要素モデルに置き換え、アニューラプレート先端に荷重を負荷したときの弾性変形、及びそれに続く弾塑性変形状態の推移を溶接止端部の半径、構成材料の加工硬化係数との関係において有限要素法を用いて数値解析的に解析した。

解析の結果、溶接止端部近傍で発生する応力集中は止端部の角に丸みをつけることで緩和できること、及び荷重負荷時におけるアニューラプレート表面と裏面から発生する塑性領域の拡大挙動が明らかにされた。

消 研 輯 報 第 47 号

平 成 6 年 3 月 印 刷

編 集 者 兼
發 行 者

自 治 省 消 防 庁 消 防 研 究 所

東 京 都 三 鷹 市 中 原 3 丁 目 14-1
電 話 武 蔵 野 三 鷹 (0422)44局 8331