

預防時報

1991

summer

166

ISSN 0910-4208

美濃・尾張大地震明細図

美濃・尾張大地震明細図は縦36cm横50cmの大きさ1枚で、著者兼発行人が近藤寿太郎、出版社が名古屋秀文社で、明治24年(1891)11月8日に多色刷で出版された。地図中に震災強弱の記号付きの地名や崩壊地が示され、地図の周りには、岐阜・愛知両県下の惨状を極めた罹災地の視察記や、11月初め調査の両県郡別震災統計表、根尾谷変状略図・名古屋郵便局破壊図・岐阜市街ならびに稲葉山延焼図・大垣町地震大火図・名古屋市民避難図・枇杷島破壊図・震災死傷の罹図・負傷者救療図が載せられている。揖斐川以東で名古屋・犬山から関に至る線の西部から北西部域の色の濃い部分が震害の大きかった所である。

罹災地視察記事では枇杷島町・清洲町・一宮町・笠松町・加納町・岐阜市・大垣町の惨状が示してある。

枇杷島町では4km余にわたる市街地西側の櫛の歯のようにすきまなく立ち並んだ人家は、将棋倒しとなり焼失した。清洲町東入口の人家は50—60戸を残し、そのほか(450戸ほど)は転倒破壊した。これより一宮に至る12km間の村落は潰家がかった。一宮町は約3,000戸ある尾張第2の商業地であり、その70—80%の戸数が倒壊したが、清洲ほどひどくなかった。これより黒田停車場の近くに行ってみると、完全な家は一軒もなく、北方村から美濃笠松町に至る木曾川堤防は火中で焼いた竿をひねりつぶしたようにひどく破壊していた。笠松町は商業繁華な地であったが、堤上堤下の人家は焼失し、まれに火災を免れたものでも転倒して完全な家はなかった。加納町は岐阜市に接した町で約80%倒壊した。

岐阜市は美濃国首府で戸数が約6,000あり、美しい繁華市街であったが、今回の震災で6か所から発火し、全市の90%が焼失した。その一望灰塵の中で金華山の翠壁が認められるのは不思議というか悲惨というべきか。

北方町は戸数1,000で全半壊が約80%の被害で

あった。この町の西端を流れる系貫川の水源地は根尾谷にあって、この谷は40kmも奥深く木材・段木などで有名であるが、谷の中央付近が夜明けがた鳴動が激しく、急にごう然震動し、方々の平野村落が陥没し山嶽は沈降して谷は深くなり、川も深くなった所が多かった。この谷奥の海拔約2,100mの権現ヶ嶽(現在白山)は震動で三段に崩れた。今回の地震の震源地は、まったくこの根尾谷の地盤陥没が原因となっているという。

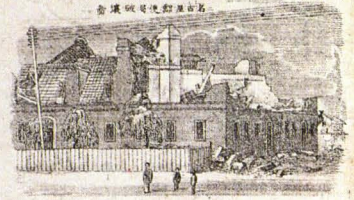
大垣町は戸数4,000余で商業繁盛の地であったが、今回の震災・火災で全市を払い尽くし、ただ旧城の天主閣だけが残った。この町は先年の洪水で市民が困ばいし、また、今回の災害で終に旧形に復すことができずに全滅となった。死傷者が殊に多く、この上ない悲惨である。大垣町から今尾町・高須町・竹鼻町にきてみると、何れも70—80%の家が転倒破壊し、それらの町と町間の村落もまた同じように震害を被った。

ついでに言えば、名古屋から岐阜を経て北方町に至る方向は北々西に当たるが、名古屋岐阜間の鉄道線に沿って縦形に地面が亀裂し、所々噴水したため青色または鼠色の砂を地表に噴き出した。ことに岐阜金華山の如きは震動後1時間余もその麓の地は、所々に1升樽大の棒状をした噴水が約2mほど上がったという。

上記の事実は3日間の行程でわずかに一見しただけなので、その震害地の惨状を写すことが困難で、殊に、この印刷した震害線の地図において述べた記事は実状と違ったかも知れないが、その概況はすべて述べたと思う。ただ、名古屋市の記事はここに記載しなかったが、倒壊した郵便局・紡績所についてみると、その震害が強烈であったことが知られる。しかし、岐阜県の死傷者(地図記載震災表で死者4,089、傷者6,121)は愛知県の死傷者(同表死者2,351、傷者2,931)の倍であることを考えると、その惨状のひどさが知られるのである。

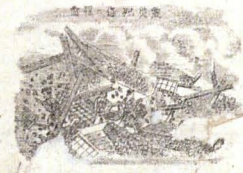
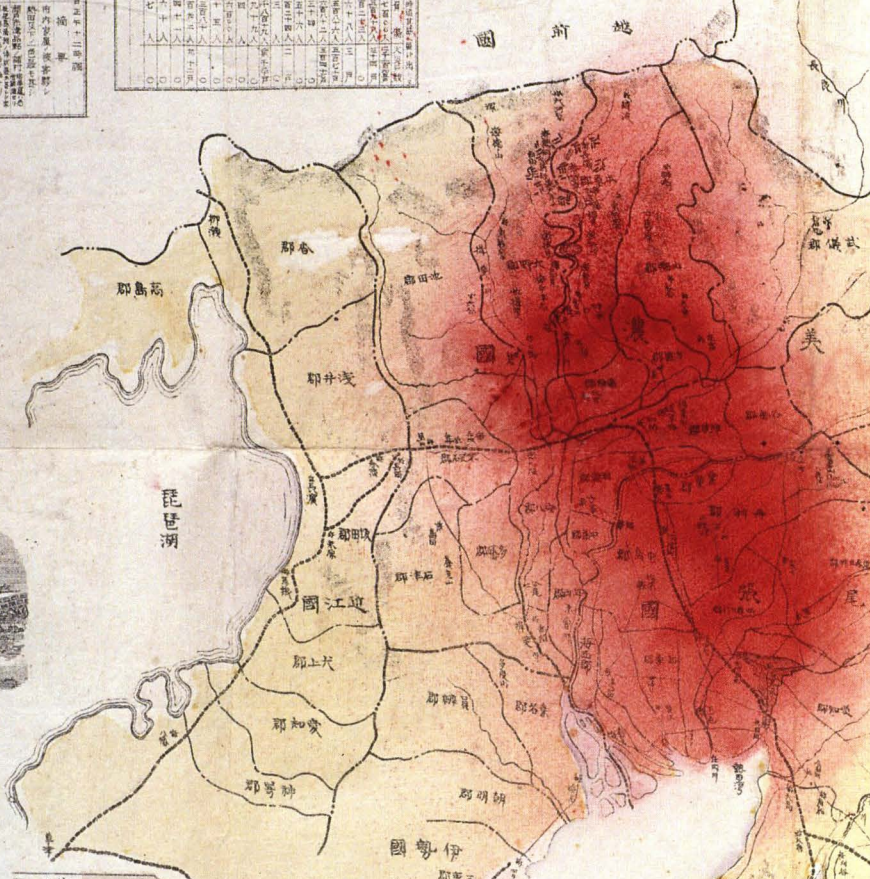
飯田波事／名古屋大学名誉教授

震明細圖 記事并細表 登錄錄



郡名	町名	村名	被害状況
大野郡	大野町	大野	全壊 100 戸
		大野	半壊 50 戸
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
伊豆郡	伊豆町	伊豆	全壊 80 戸
		伊豆	半壊 40 戸
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし

郡名	町名	村名	被害状況
大野郡	大野町	大野	全壊 100 戸
		大野	半壊 50 戸
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
		大野	被害なし
伊豆郡	伊豆町	伊豆	全壊 80 戸
		伊豆	半壊 40 戸
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし
		伊豆	被害なし



明治四十四年十月一日発行
愛知縣名古屋市東區町田町一丁目
同野田市中町城町一丁目
大野郡大野町大野山
大野郡大野町大野山
大野郡大野町大野山

予防時報

1991・7

166

目次

ずいひつ

マクロの確率からミクロの視点へ／豊島富三郎	6
本震直前の地震活動のなご／前田憲二	8
形状記憶合金の岩石破碎への応用／西田 稔	10
ヘリコプターの事故とその対策／東 昭	12
電子機器の雷害対策／村山典男／二橋義行／中西宏明	18
クウェートの油田火災／赤木昭夫	24
竜巻発生メカニズム ——どこまで解明されているか／相馬清二	28
座談会 中京圏の地震——濃尾地震を中心に 飯田汲事／牛嶋 正／岡田篤正／辻 信義／伊藤和明	34
防災基礎講座 橋梁の安全設計／田島二郎	44
都市開発の功罪／尾島俊雄	50
地下施設に関する防火アンケート調査結果の概要について ／秋山修一	60
アメリカの火災研究の近況／柏木 孝	66
美濃・尾張大地震明細図／飯田汲事	2
防災言 高校生の交通安全教育が急務／生内玲子	5
協会だより	56
災害メモ	73

高校生の交通安全教育が急務

* 若者の事故死、ほとんどが乗車中

ご存知のように、若者(16~24歳)の交通事故が多い。昨年、交通事故で死亡した若者は3,158人。そのうち、自転車乗車中、歩行中、その他の合計が151人、すなわち、若者の交通事故死のほとんどが自動車・二輪・原付に乗車中である。

この原因の一つは、交通教育の責任と言えないだろうか。今年度からの交通安全基本計画では、交通安全教育の推進として「……幼児から高齢者に至るまでの交通安全教育の一貫性の確保……」に言及している。一貫性のある生涯教育としての交通安全のうち、これまでは、高校の部分が極めて手薄になっていた。それは、高校生の事故を恐れるあまり、彼らを車から遠ざけようとする風潮があつたからだ。

* 高校の「三ない運動」見直し

三ない運動と言うのは、高校生を対象とした「運転免許をとらせない」「車を持たない」「車を運転しない」という運動。昭和40年代後半から始まり、学校とPTAの協力で全国に広がり、8割近い高校がこの方針を採っていた時期もある。

なかには、さらに、「乗せてもらわない」「親は子供の要求に負けない」の二つを加えて4プラス1ない運動と称した県もある。

だが、高校生の事故は相変わらず多く、三ない違反者の処分による非行化の問題などもあつて、次第に批判の声が高くなった。

そこで、交通安全対策本部は、一昨年、三ない運動見直しの方針を打ち出し、文部省は、平成元年の学習指導要領改定で、普通高校でも自動車の技術教育が出来るようにした。

一方、高校側からも「乗せない」方針から「乗せて教える」方向への転換が見られるようになった。

* 日本自動車教育振興財団発足

こうした動きのなかで、財団法人日本自動車教育振興財団が設立された。文部省を主務官庁とする法人で、大手自動車メーカー、大手損害保険会社が基本財産の出捐者となり、全国高等学校長協会、日本自動車工業会、日本損害保険協会などが、支援・協力団体となっている。

この法人の目的は、社会と自動車のよい関係を形成するために、高等学校における自動車教育が効果的に実施されるように、支援、助成、調査、研究、啓蒙を行うこととなっている。当面はモデル校について調査研究を進めるなどして、自動車の概論、税制、保険、自動車の社会的機能などのテキストや資料をつくり、提供をしていくようだ。

これによって、若者の交通事故が減少するだけでなく、社会と車のかかわり、地球規模の車の在り方などの新たな課題に対して若者が真剣に考えるきっかけになることを期待したい。

防災言

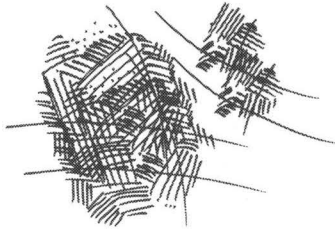
生内玲子

交通評論家
本誌編集委員

マクロの確率からミクロの視点へ

とよしまとみさぶろう
豊島富三郎

ブリジストンフローテック(株)埼玉工場長



1 労働災害発生率—マクロの確率

労働災害の発生率を表す指標に、度数率がある。これは国際的な統計指標で、休業・傷害死傷者のみの休業度数率と、不休災害傷者数も含めた全災害度数率との二種類がある。通常“度数率”という場合は、休業災害度数率をいい、

$$\frac{\text{労働災害死傷者数}}{\text{延労働時間数}} \times 1,000,000$$

の算式で表される。

平成元年の全産業の度数率は2.05、製造業の度数率は1.35であるから、各自の工場の度数率と比較すれば、それぞれの工場の安全成績を評価することが出来る。

元来、災害発生率のような統計資料は、その組織(工場・事業所・店など)の成績評価とともに、次年度計画についてのなんらかの参考資料となるべきモノと思われる。しかし、度数率については、どうも単なる安全成績の

比較、評価資料にのみとどまっているようである。

2 500人／年に2件—マクロからミクロ

度数率は、100万労働時間当たりの死傷者数を表しているが、あまりにもマクロ的で、数値が一人歩きし、現実感のないデータで感性に訴えてこない。部長、課長、係長、主任といった管理・監督者にピンとくるものがないので、彼らの管理・監督行動に反映しない。

そこで筆者は、500人／年単位の見方を機会あるごとに提案している。これは、100万労働時間=500人×2,000時間とみて、1人年間労働時間約2,000時間だから、100万時間当たりを500人の工場1年間で考えるということである。

さきの製造業度数率1.35をこの考え方で表すと、平成元年には、500人の工場で休業損害が年間1.35件あったということになる。もし100人の工場なら5年間に1件で、平均よりやや良い安全成績ということになる。これなら、大規模・中小規模の事業所でも簡単に自己の職場の安全成績を評価できると思われる。

安全診断で訪問する事業所で「うちはこの2～3年事故はありません。成績は良いですよ」という話をよく聞く。しかし、5年単位ではと言うと、3件とかいうことになって、平均より2倍も悪いということがわかり、幹部の方が驚かれる。マクロの確率で、しかも1年単位で評価するから、安全管理体質が平均より2倍も悪いという事実気がついてい

ずいひつ

ないのである。

3 職場単位—25年で1件（ミクロの視点）

現在の500人年1.35件というレベルを、監督者—職長のレベルで考えてみよう。

通常、職長は20人ぐらいの部下をもっている。20人×25年=500人年という長期の見方が必要になる。この見方でいえば、現在の製造業では、25年間に休業災害1件でやっとその職長は平均よりやや良い職長といえるのである。35歳で職長になり、60歳定年まで25年間に1件でやっと良い職長になると、職場を見る目が変わってくるのではないだろうか。

4 「メッタに」というコトバ

安全点検をしていてよく聞く言葉に「メッタに行かないところ（裏の声—だから安全カバーをしなくともよいのでは…）」というのがある。これは、25年単位でなく、20人が1年間ゼロというレベルの考え方である。このような幹部がいる工場では、ヒヤリ・ハット活動をしていても危険要因を摘出することは出来ない。

年間ゼロという見方では、メッタに行かない通路と逆側の駆動ローラーに安全カバーをつける気にはならない。この職場で25年間ゼロという立場に立って初めて危険が見えてくる。自己の職場で何年に何件というミクロの視点に置換することにより、マクロの確率も現場への活用が可能になるのである。

5 定年まで6人に1人が休業災害を受ける 度数率を定年まで=40人年で換算すると、

休業災害は6人に1人、不休災害（推定約4倍）は3人に2人発生するというレベルである。現時点で日本の平均的な工場の安全レベルはこの程度である。

このような不安全な職場で、「メッタに」という考え方をしているのは災害の減少は期待できない。事故発生の都度言われる人間系要因—たとえば危険箇所の放置・見逃しや、防火扉の閉鎖障害などは、特に現場監督者の「メッタに」という考え方が原因と思われる。

今年ゼロ災という工場長方針をそのまま自己の職場目標にするのではなく、部・課長レベルでブレークダウンし、自己の職場では何年間ゼロ災を目標とすべきかを確立すれば、長期目標や抜本的な対策を樹立する心が生まれるのではないだろうか。

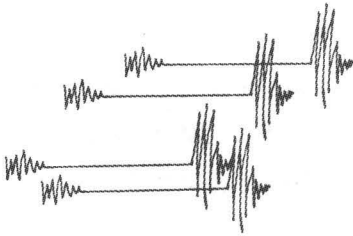
6 産業安全以外のジャンル—火災への提言

このような考え方を他のジャンル—火災などにも応用できないだろうか。たとえば、デパート、危険物取扱所—〇〇業種の工場では、来客何万人年、従業員何千人年に休業災害（消防車出動）、不休災害（消火器対応）何件といった確率的数値である。あるいは、平方メートル当たりでもよい。それによって、自己の職場の危険物の量、面積、人員などから、平均的には10年に1回起きる、または、自己の職場の過去の火災歴から、平均より安全な職場か否か、評価と見通し、または対策もおのずと立てられると思われる。

本震直前の地震活動のなぎ

まえ だ けん じ
前田 憲 二

気象庁気象研究所地震火山研究部



大地震は繰り返し起こるということはよく知られていることですが、大地震と大地震の間の地震活動をよく調べてみると、例外も多いのですが一応3種類の活動の静穏化があることがわかってきました。

最初の静穏化は、大地震が起きた直後に多数発生する余震が時間とともに次第に減った後、しばらく比較的静かな活動が続く時期を指しています。

二つ目の静穏化は、大地震の数年～10年程度前からみられる地震活動の低下で、一般に地震前の静穏化としてよく知られています。地震予知連絡会会長の茂木教授は、これを第2種地震空白域の出現と呼びました。ちなみに、第1種地震空白域というのは、まだ地震が起きていない未破壊域としての空間的な空白域をいいます。

三番目の静穏化は、大地震の直前の数時間

～1日程度の間に見れる地震活動のなぎですが、これはまだよく調べられていません。

というのは、この直前のなぎは、直前の前震活動がある程度活発でないといわかりにくいのですが、直前の前震活動が活発な地震というのは地震の全体数からみると少数だからです。

直前のなぎについては、先の茂木教授やその他の人たちがその存在をいくつかの地震について示していましたが、筆者と同研究室の吉田明夫室長は、日本付近に起こった地震のうち直前の前震活動が活発だったものを詳しく調べてみました。

すると、群発地震（特に本震と呼ばれるほど目立って大きな地震を伴わない一連の地震活動のこと）を除いた一般の地震については、本震は前震活動のピークで起きるのではなく、ほとんど例外なくいったん活動が低下してから発生していることがわかりました。

たとえば、1930年北伊豆地震では直前の前震活動のピークは本震の約12時間前に、1945年三河地震では約37時間前に、1978年伊豆大島近海地震では約2時間前にあって、いずれもその後活動がいったん静穏化してから本震が起こっています。

また国外の例としては、予知が成功したとして有名な中国の1975年海城地震などがあり

ずいひつ

ますが、海城地震の場合、本震の約10時間前が前震活動のピークでした。中国では「密集—平静—大震」という表現があるように、本震直前に静穏化することは経験的に知られていたようです。

この本震直前にみられるなぎの現象は、地震予知の立場からすると一筋の光明のようにも思われますが、実際には多くの問題があります。

まず、直前のなぎを見出すためには直前の前震活動を見つけなければなりません。現在のところ、本震が起こる前に前震と前震以外の地震活動とを区別する有効な手段はありません。言い換えれば、本震が起こって初めてその直前の活動が前震だったとわかるわけです。

また、先に述べたように、本震の直前に活発な前震活動が見られる地震は数が少なく、どんな地震にでも応用できるわけではありませんし、地域性もあって、前震を伴いやすい地域とそうでない地域があります。

さらに、筆者らの調査によると、なぎの時間は一定しておらず、また、本震の大きさにも依存していないため、なぎが起こってからいつ本震が起こるかを厳密には予測できません。

このように、実際の子知のためにはまだま

だ解決すべき問題がたくさんあります。しかし、この直前のなぎがなぜ起こるかを調べることは、本震自体の発生機構の解明に大いに役立つと考えられます。

最近の研究では、大地震はいきなり始まるのではなく、地下の震源の近傍で、まず地震の核とも言うべき所からゆっくりとしたすべりが始まり、ある一定の条件を満たした所で急に大きな振動を伴う破壊が始まるという考え方があります。この考え方からすると、直前の前震となぎを地震の核の形成とどう関連づけるかということは重要なポイントになると思われます。また、他の考え方によっても、本震が前震活動のピークではなく、いったんおさまってから起こることを説明しなければなりません。

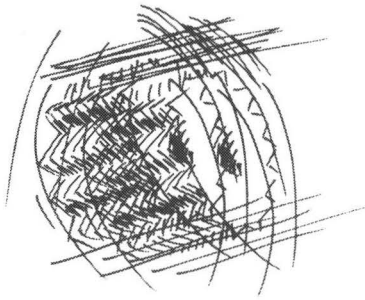
そういう意味で、この現象は重要だと考えられるわけです。

防災という立場からこの現象をみてみると、さしあたり、もし前震活動らしい地震活動があれば、その活動がおさまっても1日ぐらいはさらに大きな地震のための用心をする必要があるということになるでしょう。しかし、多くの地震が目立った前震活動を伴わないでいきなり発生していることも忘れてはなりません。

形状記憶合金の岩石破碎への応用

にしだ　みのる
西田　稔

熊本大学工学部助教授



実用形状記憶合金である TiNi 合金が発見されてから、すでに25年経過したが、市販されている形状記憶合金の応用例を見ると、パイプ継ぎ手、ブラワイヤー、眼鏡フレーム等、機能性として形状変化を追求したものが多く、形状回復に伴って発生する回復力を有効に利用しようとする試みは少ないようである。

現在、変形後の TiNi 形状記憶合金の回復力は、最高600MPa に達すると報告されている。この600MPa という値は、後述する破碎器用の TiNi 合金素子のサイズに換算するとおよそ10トンとなり、これが“力の缶詰”あるいは“岩をも砕く記憶力”と称される由縁である。

一方、土木・建築あるいは鉱山等の、地盤を対象とした分野において、爆薬を用いる発破は最も効率的な岩盤等の破碎方法として広

く利用されてきた。しかし、発破は、いわば両刃の刃であり、これにより生ずる振動・騒音・飛石が周辺環境に及ぼす影響は無視しがたいものがある。特に、近年我が国では、都市部あるいは重要構造物近傍で、岩盤およびコンクリートの破碎を行う機会が増大し、これに伴い発破を使わない破碎工法、すなわち、静的破碎工法の要求が高まってきている。

この要求に対して、これまで種々の液圧式破碎装置、あるいは膨張性破碎剤等が開発され、実施工においても一部使用されているが、互いの手法ともに一長一短を有していることは否めない。すなわち、静かに、迅速に岩石を破碎し、かつ、狭所でも使用可能な安全な破碎法は現状では見当たらない。

そこで筆者らは、上述した形状記憶合金の回復力を岩石の静的破碎に応用しようと考え、TiNi 合金を固体圧力源とした岩石・コンクリートの静的破碎器の開発を試みている。

試作した破碎器は、鋼製載荷板の間に15mmφ×23~29mmの TiNi 合金を3本(B3)、6本(B6)、9本(B9)内装した3形式であり、45mmφのボーリング孔に適用する。

使用手順は、まず、回復可能な残留ひずみ(約4%)を持つように予圧縮を与えた TiNi

ずいひつ

合金を内装した破砕器を岩石内に穿孔したボーリング孔に挿入し、2層の載荷板のくさび効果により孔壁に密着させる。その後、TiNi合金を加熱すると、合金は回復力を発生するとともに圧縮前の形状に回復しようとする。これにより、孔壁は一軸圧縮載荷され、載荷軸とほぼ垂直方向にき裂が発生して、岩石が破砕される。

試作器の最大破砕力は、破砕器単位長さ当たりで3~5 kN/mm、総荷重としては、それぞれ31トン(B3)、63トン(B6)、94トン(B9)、またストローク率は2.3~2.8%となる。ここでストローク率とは、加熱に伴う破砕器の変位量と破砕器の直径の比である。

これらの値は工学的に問題となるすべての岩石の破砕基準をはるかに上回るものであり、本破砕器が極めて高い載荷能力を有することを示している。

本破砕器を用いた実験では、950×950×740 mm³の高強度コンクリートの8分割破砕が1分以内で完了した。これは膨張性破砕剤の破砕時間30分~数時間と比較して極めて短時間であり、本破砕器の破砕能力が優れたものであることが実証された。

さらに、本破砕器は非常にコンパクトで、

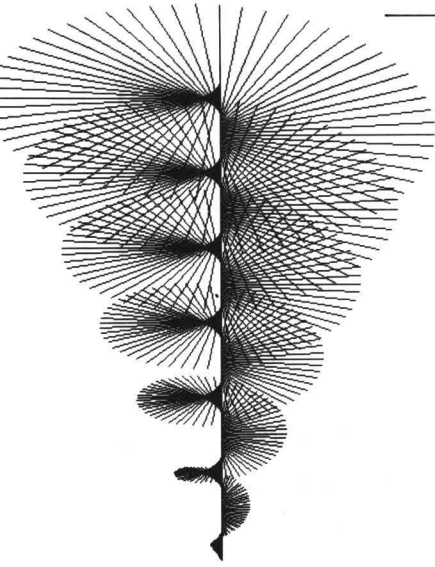
かつ加熱用電源以外の周辺設備を必要としないため、限られた作業空間においても使用可能であるという利点をも有している。この点において、地震等の被災地における救援活動への利用も検討できよう。

しかしながら、本破砕器はいまだ試作器の域を脱しておらず、ストローク率の拡大や繰り返し使用を目的とした可逆形状記憶合金の開発等、改良の余地を多く残している。

ここでは、TiNi形状記憶合金を圧力源とした静的岩石破砕器の原理・構造とその性能を紹介したが、形状記憶合金は固体圧力源として、さらに幅広い応用が期待される。

なお、本破砕器は岩石力学を専門とする本学、金子勝比古助教授と、金属材料学を専門とする筆者の共同研究の成果である。今後、形状記憶合金のみならず、多くの新素材の工学的応用を考える場合、専門分野を異にする者同志の協力がますます重要であると考えている。

*注1 TiNi合金以外の形状記憶合金、形状記憶合金の特性とその機構及び応用については、たとえば(財)大阪科学技術センター形状記憶合金用途開発委員会編：「形状記憶合金とその使い方」日刊工業新聞社(1987)等を参照されたい。



ヘリコプターの事故とその対策

東 昭

事故率

最近になって、国内でのヘリコプターの事故が急増した。事故件数が多くなったのは、(1) 事故率(事故を起こす割合、後述)は増えていないが、飛行するヘリコプターの機数が増加したためか、(2) 事故率そのものが増しているため、という二つのケースが考えられる。

そこでまず、我が国における航空機の登録機数を見てみよう。図1がそれで、航空機数の伸びのなかでもヘリコプターのそれは著しく、特に最近

5年間の登録機数の伸展は目を見張るものがある。

一方、事故率の方はどうか。航空機の事故率には、たとえば死亡件数を分子にとり、分母に飛行距離×搭乗者数、または飛行時間、あるいは出発回数といったものをもってきたものが考えられる。しかし、飛行機の旅客運送で生ずる事故率については、かなり詳しい統計値があるものの、ヘリコプターの例はまだ統計をとるような事例が少なく、飛行機と同じような議論がやりにくい。

そこで最近5年間に、我が国で起きた機数100機当たりの事故件数(航空事故調査委員会で扱った事故)を小型飛行機とヘリコプターに限ってまとめたのが、図2である。

これからわかることは次のとおり：(1) 最近

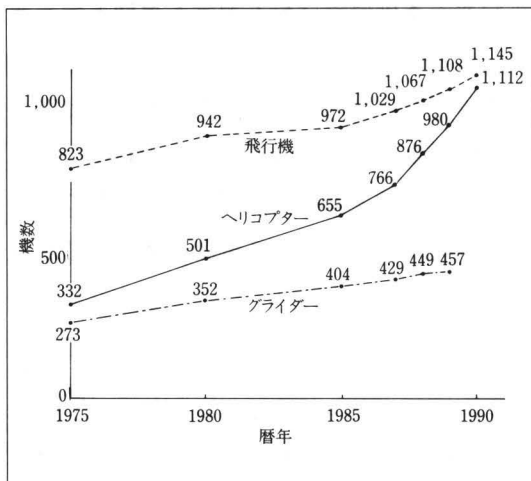


図1 航空機の登録機数(飛行船を除く)
資料：数字でみる航空、1990、運輸省航空局

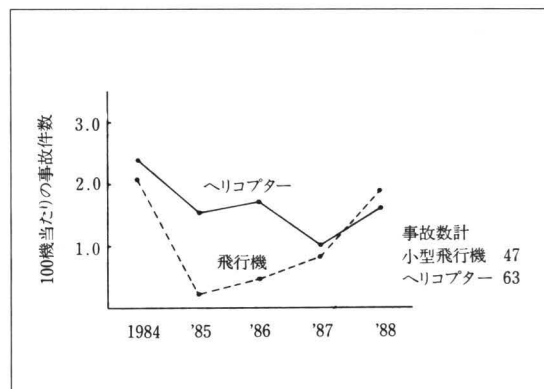


図2 飛行機とヘリコプターの5か年にわたる事故率
事故数計 小型飛行機 47
ヘリコプター 63

の年ごとの事故率における有意な傾向をみるためには、機数も、したがって事故件数も少なく、散らばりが多い（たとえば5年ごとぐらいにまとめた方がよいのだが、いまだそれほどの資料が揃っていない）、(2) それにしてもヘリコプターの方が飛行機より事故率が高い、しかし、(3) ヘリコプターの事故率は減少傾向にあるようである。

以上のことから、昨年多かったヘリコプターの事故は、機数が急増したことで死亡事故が多かったことで目立ったようである。

事故の要因

それでは事故の原因は何か。個々のケースについていえば、各種の事故発生形態があるのだが、大きくまとめてみると、機材の不良あるいは欠陥によるか、またはパイロットのミスによるかであるが、これは後者の方が圧倒的に多い。

すなわち、(1) 法規等の不遵守、安全不確認による低空飛行中に地表面・水面・索道・送電線等に接触し墜落する、(2) 気象情報の把握が不十分で判断を誤り、雲中に突入して山腹等に激突する、(3) 機体の特性あるいは運用限界に対する認識が不足で、無理な操作あるいは誤操作をして墜落する、(4) 故障が発生した際の操作が不適切で墜落するといったケースが、(5) 機材の欠陥あるいは整備不良によるものを上回っている。

安全不確認

(1) の事故は、農薬撒布中のヘリコプターに起こることが多い。諸外国における農薬撒布は飛行機によることが主であるが、平坦な地形の少ない、したがって田畠が細分されている日本では、ヘリコプターによる撒布が主となっている。薬剤を充分植物の葉の裏にまでよく回るように撒くためには、吹下しが強く、かつ乱れた流れとなるように低速で飛行し、しかも、それが指定された範囲内にのみ撒布され、たとえば近隣の池の鯉に影響を与えないようにするために、低高度で飛行しないといけない。当然、送電線や索道等を事前によく調査し、しかるべく目印を付けて、これを空

中から見やすくしておいてから飛行しなければならない。

では実際に起こった事故で、パイロットはこれに違反していたか。必ずしもそうではない。ちゃんと目印を付けていても事故に遭うのである。なぜか。注意が行き届かないのである。農薬撒布は農繁期に集中する。しかも朝夕の風いだ時に休みなしに続けられる。時に狭い地域に複数機が集中することもあって、パイロットにとってこの作業は過酷である。そこで、うっかり高圧線の上に張られた細い避雷線を見落したり、山の森林に溶け込んだ電線や、それとは別の電柱支持線等も見失うことがある。

不注意と言われればそのとおりであるが、パイロットがミスをしなないように、もっと地表の障害物にもそれ等が目立つ目印を付けておいてほしいものである。最近ヘリポートが各所につくられているが、近くの送電線には、諸外国で実施されているような、目立つ色の大きいボールを取り付けてほしい。

天候誤判断

(2) の気象情報の不足、または天候に対する認識の甘さから起こる事故も結構多い。しかも、この時はほとんどが山腹に激突して搭乗者全員が死亡するというケースとなる。これは、雨雲の多い天候の中、乱れた気流の山岳地域を飛ぶ機会の多い日本独特の飛行の難しさである。海外で、特に天気の良い、たとえば米国の西海岸のスクールで訓練を受けた新人パイロットにとって、この国の激しい気象変化は危険に満ちているとみられる。

飛行機と違ってヘリコプターでは、現在、有視界飛行に限られていて、計器飛行が許されていない。有視界飛行では、雲があればそれで高度が抑えられる。たとえ計器飛行のための装備を備えていても雲上に出ることは許されないのである。そこで、飛行前の天候調査は極めて慎重に行われ、少しでも有視界飛行を妨げる要因が認められたら出発を中止すべきである。この点に関しては、これまでの事故をみる限り、パイロットの判断の甘さは見逃せない。

不幸にして雲に行手を阻まれ、あるいは突然雲中に入ってしまったとしても、その後の処置がよくない。ホバリング飛行の出来るヘリコプターの特性を利用して、直ちに不時着すればよいものを、なかなかそれを実行しない。山中でもホバリングで徐々に高度を下げていけば、事件あるいは事故にはなるかもしれないが、山腹激突・全員死亡の悲劇は避けられよう。

なぜそれをしないのだろうかという問いに対してのパイロット側の答えは、事故機のパイロットが(1)そこまでの危険は考えなかった、(2)地形判断を誤った、(3)不時着後の面倒な諸手続き、みっともなさ等を考えて決意が鈍ったのであろうということである。(3)は、それを監督する側の方にも問題があろう。

飛行機にとっての計器飛行のための地上設備を速度が遅く飛行パターン異なるヘリコプターが共に利用することは、我が国のように混雑している航空管制にとって好ましいことではない。そこで、早くヘリコプターの計器飛行を可能ならしめる地上設備、特にマイクロ波を使った着陸設備(MLS)が望まれる。

雲と同様に、航空機、特に離着陸時に低速飛行をする航空機にとって恐ろしいものが、図3に示されるマイクロバーストと呼ばれる下降気流の突風である。これは不連続線の通過に伴って起こることが多く、昇降舵を上げて機体姿勢を変えることで揚力増加を図る飛行機では大変危険であるが、幸いにローターのプレードピッチを急増させて直接揚力の増大が図れるヘリコプターにとっては、若干危険の程度は低い。しかし、このような突風の発生しやすい天候は、ある程度事前に予測がつくものである。

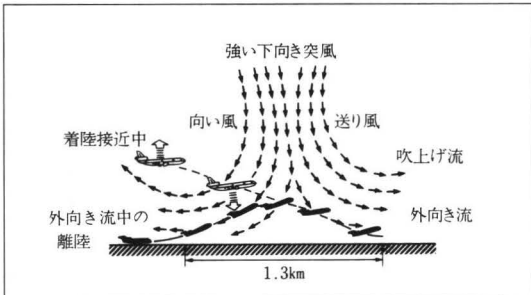


図3 マイクロバースト中の航空機の運動

機材に対する認識不足

(3)の機体特性の認識不足は意外と多いものである。通常、機体の制限速度は何ノットかとか、引き起こしの際の荷重倍数(上下方向の加速度を重力の加速度で割ったもの)は幾つかといったことはパイロットがよく知っていて、その限界をこえる操作は減多にしないものである。ところが、十分な速度をもつての降下、それに続く引き起こし後の揚力を使わない弾道飛行(いわゆるズームング)では荷重倍数が1以下になるが(サブG)、この状態では、ヘリコプターは制御能力が減少し、なかでもシーソーローター式では荷重倍数が零に近い極端なサブGでまったく舵が効かず、たとえばその時横揺運動が起こっても、それに対処出来ずに墜落してしまう危険がある。

ヘリコプターは、図4の高度・速度(HV)線図に見られるように、ある速度と高度範囲で飛行が制限(禁止)されている。これは、搭載エンジンが完全に作動している時には、その禁止域内でも飛行は技術的には可能であるが、エンジンが不作動になった時には、そこで飛行からの安全な着地が不可能になるような範囲なのである。

この範囲は、もちろん機種により、機体重量により、また気温により変わるのであるが、パイロットは通常おおよその範囲を頭に入れて飛行している。しかし、たとえば写真取材で、カメラマンの要求に応じて、この禁止域内での高度と速度で飛行してしまうことがある。もちろん多くの場合、そこでエンジンが不作動になるケースは稀で、したがって通常は問題にならない。

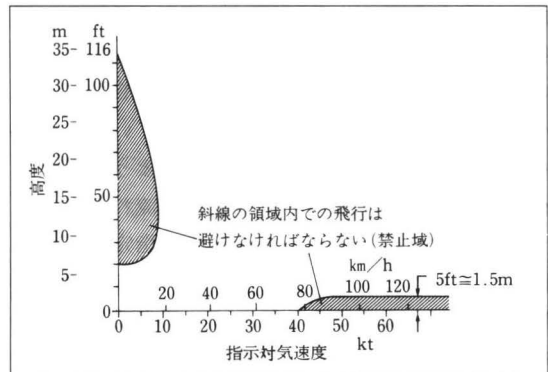


図4 高度-速度(HV)線図 (数値はあるヘリコプターのもので、他の機種についても似たような値となる)

ヘリコプターが垂直または垂直に近い降下を行うと、メインローターの推力が激しく変動し、パワーをくうが推力は減るという現象がある。これは、ローターのつくる下向きの吹下し流れと降下に伴う下からの流れとがほぼ拮抗した時に生じ、パワーセトリングまたはボルテックスリング状態としてパイロットに知られている。

ところが、同じことがテイルローターにも現れる。メインローターの回転方向が上から見て反時計回りのアメリカ式では、テイルローターの推力は右向きで、したがって、その吹下しは左向きである。このようなヘリコプターでは左側からの風、あるいは左への横滑りまたは右変針（右偏揺運動）でテイルローターがボルテックスリング状態に陥り、その推力が失われてメインローターの反トルクが取れなくなり、急激な胴体の右回転が始まる。

メインローターの回転方向が時計回りのフランス式やソビエト式ではその逆で、右側からの風や、テイルローターが右へ動く操舵でテイルローターの機能が失われ、急激な左回転に入る。この状態からは、通常、頭を下げて加速することで脱出出来るが、ぐずぐずしているとメインローターの対気回転速度が胴体の回転分だけ低下してしまうので、ブレードの空気力が不足して不安定となり、墜落につながることもある。

パイロットはこのことを承知しているが、ついうっかり、風の向きに対する方位や機体の変針をその機体にとって好ましくない側にとることがある。特にフランス式の機種からアメリカ式の機種に乗り換えたときに、昔の癖がでるのはやむを得まい。

とっさの判断ミス

(4)の故障が発生した後の操作不適切も意外と多い。なかでもエンジン故障は、パイロットにとって緊急事態で、その後の操作いかんでは致命的な事故につながる。

多くの小型ヘリコプターは1個のエンジンしか搭載していない。そのエンジンの故障で、パイロットは直ちにブレードの迎角を減らすようにコレ

クティブピッチを下げ、パワーを失ったメインローターの回転を落とさぬようにオートロティションに入れ、定常降下飛行を行う。たとえ前述のHV線図の禁止域外で飛行していても、エンジンが出力を失ったら、秒を争う短時間内に上述のピッチ下げを行わないといけぬ。メインローターは規定回転数以下での飛行が危険なのである。

オートロティションによる定常降下の訓練は、あらかじめ心構えの出来ている状態で行われるうえに、実際には、エンジンはアイドルの状態であって、いつでもパワーはいれられるので気楽である。実際の緊急状態での最後の接地では、垂直降下に近い時はコレクティブピッチを上げ、また、前進速度のある斜降下ではサイクリックピッチで機体を引き起こすというフレヤ操作で推力を増大し、降下速度を落として軟着陸する。この時、ローターのもつ回転エネルギーを使い切って降下速度を抑えることになるので、たとえば早過ぎたフレヤ操作では、その後の落下はもう推力をつくるものがないので厳しいことになる。このような緊急を要する、しかも微妙な操舵は、エンジン停止という異常事態での冷静で適切な判断に頼ることになる。

前述のテイルローターがボルテックスリングに入ると回転が始まった後の操舵も、不適切な対応で致命的な事故につながることもある。とっさのペダル操作とスティック操舵は、その時の状況と機種で異なることを、知識ではなく体で覚えておかないといけぬ。

以上、主としてパイロットが主要因であるヘリコプターの事故率が、小型飛行機のそれより多いのは、ヘリコプターの飛行が飛行機の出来ないホバリングを含む低速域・低高度で行われる作業が多いことに由来する。薬剤撒布もそうであるが、資材運搬も山間地への輸送が多く、報道を中心とした取材も、見ていてはらはらするように何機も現場で巡回するという具合に、もともとあまり安全とは思えない飛行が多いようである。

機材の欠陥

(5)の機材の欠陥や整備の不良は、通常ヘリ

コプター特有の激しい振動に基づく金属疲労とか動的部品の摩耗やゆるみ等となって現れる。自動車や小型飛行機ほどには生産数も多くないし、確立された安全保証の技術の蓄積も充分でない。そのうえ、操縦の難しさは飛行機より難度が高い。

ヘリコプターのエンジンは昔はレシプロエンジンが多かったが、現在はごく小型機を除いて、登録機数の多くがガスタービンエンジンに変わった。それは軽量強馬力であること、整備の手間が少ないこと、それにエンジンの出力側に回転数制御装置が付いているので、大事なローターの回転数制御が確立されていること、さらに双発以上の組み合わせが容易で軽量なことと相まって多発機がつくりやすいこと等のためである。

ヘリコプターの有用性を高めたガスタービンエンジンの出現は、しかし欠点もあって、(1)出力タービンの回転数が高いので(通常毎分回転数のrpmで 10^4 のオーダーのものをエンジン側で 10^3 に落としているが)、トランスミッションでローターの回転数(10^2 のオーダー)に落とさないといけない、(2)出力が温度に弱く 1°C の温度上昇で約1%の出力低下をきたす、(3)土砂粒の吸い込みで破損しやすい等が目立っている。

安全対策

以上のような特徴的な事故率をもつヘリコプターに対して、今後信頼性を高めていくために、どのような安全対策が考えられるかについて述べてみよう。

1) 関係者の再教育

運航会社の担当責任者に、パイロットや整備士に無理がないか、運航形態は妥当かといった見直しをしてもらうことは大事である。1989年におけるヘリコプター1機当たりのパイロット数は1.86人、整備士数は1.05人で、この値はそれほど少ないというものではない。その会社の業務内容にもよるので一律には何とも言えないが、今のままでヘリコプター機数が増え続けると、新人補給が追いつかなくなることは確実である。現状でも農業撒布の盛んな時期では明らかに人手不足となり、個人の負担は重くなっている。

今のところ、費用の安い外国(主として米国)でライセンスを取得したパイロットの日本のそれへの切り換えが行われているが、地形・気象の異なる日本での活動には再教育をという声が上がっている。また、整備士に対しては機種別の型式限定ではなく等級限定制度を導入することで、効率的な養成が出来るようにとの要望もある。

いずれにしても、安全教育の徹底のための不断の努力が必要で、関係者の意識の改革、守るべき規定や機種ごとの飛行特性の周知等が、たとえばセミナーで教育・討論されることが望ましい。

必要な情報収集のためには、事故(accident)のみでなく事件(incident)の詳細が報告・公表され、検討されることも大事である。たとえば米国では、事件の気楽な報告を求めるのみならず、事故の刑事責任を問わずに正直な報告をしてもらうことで、将来起こり得るかもしれない事故を未然に防止する体制をとっている。

パイロットの技能向上のためには、危険を伴わないでそれが出来る地上の訓練装置のシミュレーターの活用がある。現在ある物は数が少なく極めて高価なので、一般のパイロットがそれで訓練することが出来ない。近い将来安価で広く多くの人が利用出来るシミュレーターの出現が期待される。

また、不幸にして雲中飛行を余儀なくされた時に慌てなくてすむように、普段から機外の目標と計器の両方とを利用して操縦する複合式操縦教育法を学ぶのもよい。特に地上を見ての風下への旋回では推力が不足して降下に入ることが多いので注意を要する。

2) 機材の安全対策

ヘリコプターで一番大事なローターブレードが破損しては致命的である。ブレードの桁が疲労で破損するのを防ぐために、たとえば中空の桁の内部に圧力をかけておいて、それがひび割れにより減圧するのを検出してパイロットに危険を知らせるという方法がある。また、複合材を使うことは単位重量当たりの強度を高めることになるが、金属材に見られる疲労破壊も防ぐことが出来る。さらに、関節式ローターを複合材の可撓式ローターに変えることで、ヒンジの軸受けがなくなり、ヘリコプターの制御能力が増すとともに、整備が楽

になっている。

空気力学的負荷や振動モードの解析の進歩と、それを助ける計算機技術の発達が、きめ細かい応力解析を容易にし、必要充分な強度部材の設計・加工と組み立てを可能ならしめた。今後もこの方面の進歩が、より安全で信頼性における機材の開発を進めていくに違いない。

エンジンも、セラミックスに代表される高温材料の誕生で出力／重量比や効率が上がり、そのため、それだけ乗り心地をよくなり、騒音を減らし、安全対策にも余裕ができた。土砂粒をエンジン吸気から取り除くセパレーターは、エンジンの耐久性を著しく高めた。

また、最近のガスタービンエンジンの多発化に伴い、故障率が減り、洋上飛行も可能になり、許されるなら都心乗り入れも可能となっている。1発動機の故障でも近くに不時着することなく、残りのエンジンで安全な所まで飛んで行けるようになったのである。

ローターは、本質的に上に持ち上げる力（揚力）に対して後向きの力（抗力）が大きいので、巡航距離が短いのに空気力学的な揚力不均衡による振動は避けられない。そのために、飛行距離は 10^2 kmのオーダーで、飛行時間は100時間のオーダーと短く、これ以上の飛行は、燃料不足もさることながら機体振動と騒音によるパイロットの疲労で無理である。最近開発され装備の進んでいる各種の振動吸収（減衰）装置は目覚ましいものがあり、随分パイロットや乗客に好感を与えている。

テイルローターのボルテックスリングによる回転（偏揺）運動防止のためには、図5に示されるように、(a) テイルローターをなくし、代わりに尾部筒にジェット流を片側から噴出して、円柱状の筒に沿わせて流れを左右非対称にさせ、筒に働く横方向の力でメインローターに対する反トルクをつくるというもの、と、テイルローターを短い筒で覆いダクトファンとして垂直尾翼の中に入れ、ボルテックスリングに入らないようにするという二つの方法が現在試験中で、いずれも効果のあることが実証されている。将来開発されるであろうヘリコプターのテイルローターは、上のいずれか、多分後者になるであろう。

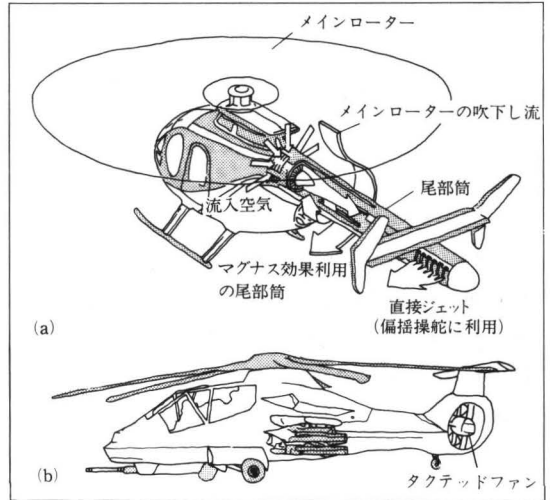


図5 テイルローターなしのヘリコプターの例
(a) テイルローターなしのノータ型
(b) 垂直尾翼内のダクトファン型

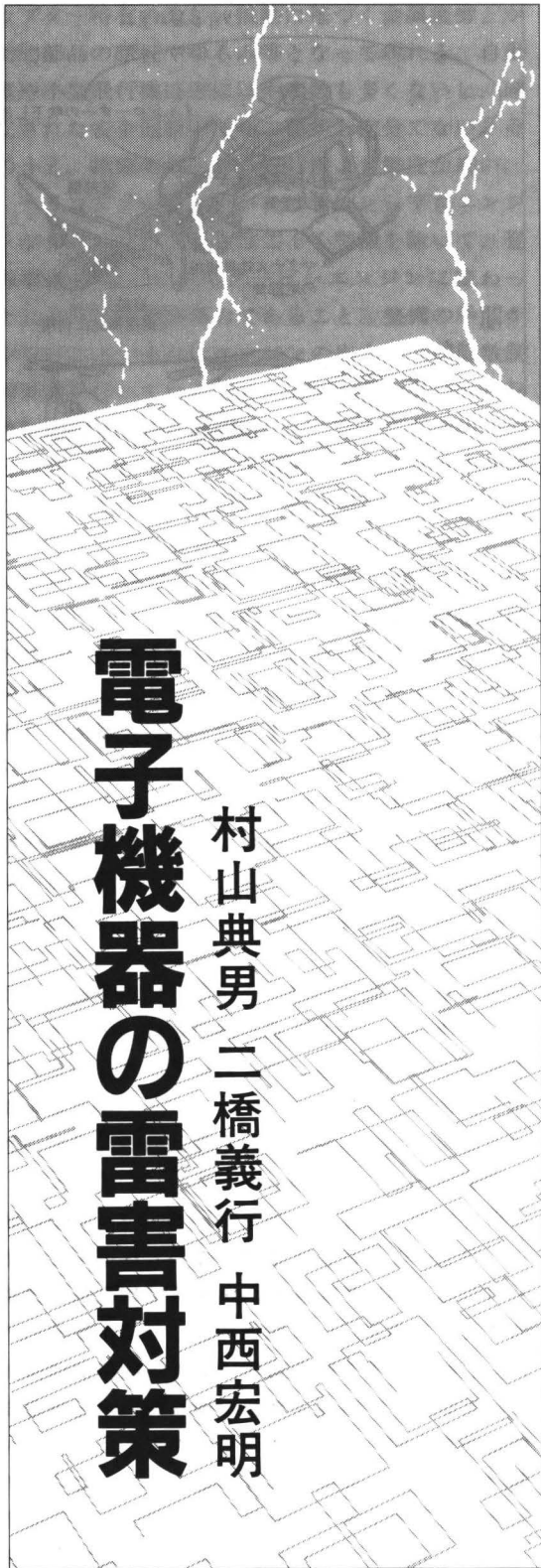
3) 装備の向上

機上の装備は、なるべくなら有視界飛行の装備品より計器飛行の装備品を備えた方がよい。現状では計器飛行は許されていないが、装備品の向上は、いざという時の大きな助けとなる。レーダー搭載は霧や雲の中での前方障害の発見を容易にするであろう。さらに、目視の難しい送電線や索道の発見まで出来る電子装置の開発が望まれる。場合によっては電線を切断するカッターの装備も考えられる。

雪中飛行に対しては、ブレードに防水装置を備えるとよい。ただし、飛行機の主翼用のものは、ブレードには不向きな物もあって、現在新しい防水装置の開発が行われている。ゴムの袋を膨らませる簡単な物から電磁衝撃を与える等の新しい物に変わるかもしれない。

機上ばかりでなく、地上設備の改善も安全性強化に役立つことは言うまでもない。小型のヘリポートでも容易に気象判断の出来る情報提供業務のあることが望ましい。離着陸を容易にするための灯火設備、計器着陸を可能にする各種離着陸援助施設、レーダー監視・誘導設備等々、飛行機用の設備に加えて、降下角の深くとれるヘリコプター用の諸設備をヘリポートにも備えていきたいものである。

(あずま あきら/東京大学名誉教授)



電子機器の雷害対策

村山典男 二橋義行 中西宏明

1 はじめに

近年、製造業、金融、サービス業など社会のあらゆる分野においてシステムの自動化、O A（オフィスオートメーション）化が進み、各種の電子機器が急激に増加してきている。これらの機器のなかには雷に対する防護策を考慮していないものも多く、雷によって引き起こされるさまざまな現象から被害を受ける事例も増えている。特に、情報化社会の中樞神経として広域化・巨大化しつつあるコンピュータシステムでは、分散設置された装置間の情報伝送や数多くの端末機器使用のため雷の被害を受けやすく、被害規模および被害が社会に及ぼす影響も大きい。

本稿では、制御用コンピュータシステムを事例にとり、被害の実態、被害発生メカニズム、およびその防護策について一端を述べる。

2 被害の実態

図1に、代表的なシステムの事例を示す。本図では、種々の道路情報を現場設置の機器を経由して遠距離通信回線などにより中央の監視、制御用コンピュータに接続している。中央のシステムは、高速な情報伝送ネットワークに、計算機をはじめさまざまな機器が接続されて構成される。

図2は、全国で稼働中のシステムについて、雷害の発生状況とその分析事例を示したものである。調査対象は約3,600システムで、1987年～1990年まで4年間のデータをまとめた。

被害件数は全体で82件(年間約20件)、被害発生場所別にみると、トンネルや送電線、ダムの状態監視など山間部に設置されることの多い現場設置機器の障害が62%、工場内設置機器が38%となっている。また、機器内の破損部位では電源部や信号伝送部など、電源線や信号線により外部と接続される部分が当然ながら大部分を占める(図2b)。

さらに、障害の内容としては、機器の一部が破損に至ったもの76%、電源の再立上げにより回復し一過性の誤動作とみられるもの17%(図2c)であった。ただし、一過性誤動作については報告されないものもあると推定される。

3 被害発生メカニズム

雷サージの機器への侵入経路と被害の発生要因について、表1に示す。ここでは、雷の影響を誘導雷、侵入雷および停電(瞬時停電含む)に大別して考える。

誘導雷は、電荷を帯びた雷雲の発生により、近傍の信号線や送電線に雷雲の帯電電荷とは逆極性の電荷が集まり、雷雲の放電現象(稲妻など)とともに電荷も開放され、これが信号線や送電線を伝播し機器の信号線入力部や電源部にインパルスサージとして印加される。雷雲の帯電・放電によ

り繰り返し発生するとともに、その規模、場所によりサージの大きさが異なる。

侵入雷は、避雷針または大地への落雷により、その落雷電流が大地に吸収される過程で大地の持つ電気抵抗のため落雷地点とその周辺の大地間に電位差を生じる。電子機器は通常、大地を基準電位(0V)として動作しているため、機器の設置場所の相違により基準電位に差を生じる。この差が実効的に機器間の信号線に雷サージとして重畳された形となる。

次に、送電線や発電所・変電所など電力設備への落雷による停電がある。電子機器は電圧の変動に対して敏感であるとともに時間的に連続した計算処理を行っているため、予告なしに電圧降下を生じると、計算処理を誤ったり、システムを暴走させたりなど、大きな事故の原因となる。このため、計算機システムでは停電対策や瞬時停電(瞬停と略称)対策が重要となる。

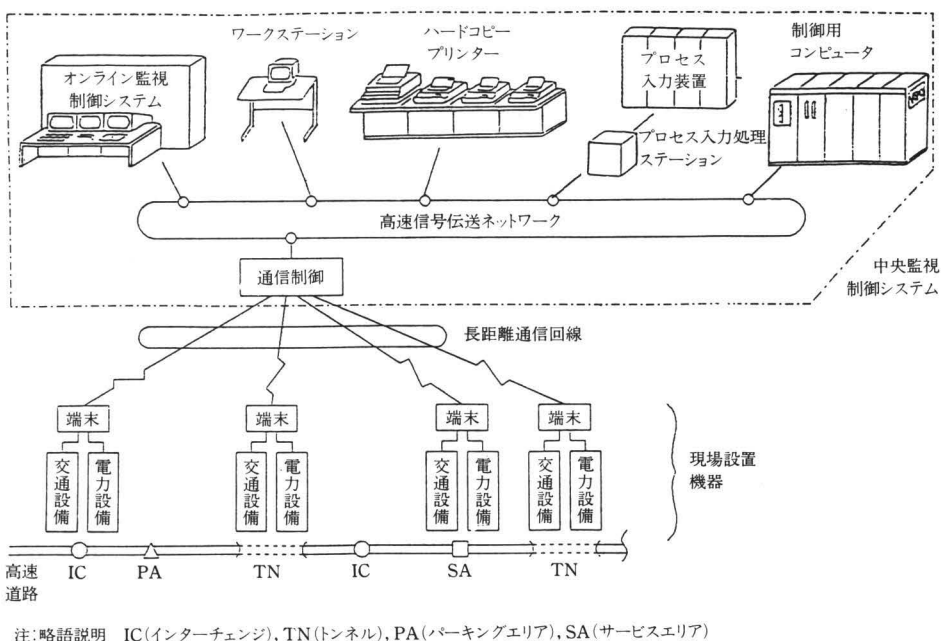


図1 制御用コンピュータシステム事例(高速道路監視、制御)

4 雷害に対する防護策

雷サージによる破損、誤動作防止には雷サージの吸収、サージ電圧に耐える高耐圧絶縁、サージが起因となって誘導されるノイズの吸収など、回路的な工夫や機器のアースの取り方について配慮

が必要となる。これらについて以下に述べる。

1) 信号入出力部のサージ対策

図3に、対策回路の事例を示す。回路の構成は、サージ吸収回路・サージ電圧耐圧回路・ノイズ信号吸収回路に区分できる。サージ吸収回路は雷サージを吸収し、可能な限り小さなサージに抑止する

もので、対アース間および信号線間の両方に挿入する場合が多い。

サージ吸収素子の種類とその特性の一例を、表2、図4に示す。避雷管やバリスタは大きなサージ電流に耐えるが、図4のように吸収できない残留サージも大きい。ツェナダイオードやダイオードは高速で残留サージも小さいが、大きなサージ電流には耐えられず破損してしまうこともある。

このようにおのおのの長短があるが、雷多発地帯に設置され大きなサージ電流の混入が予想される機器ではバリスタなどの使用が多い。この場合、次段のサージ耐圧回路はこの残留電圧に耐える必要がある。

本回路についての事例を、表3に示す。一般には入力部を以降の回路と絶縁することによって入力に印加されるサージ電圧に耐える回路としている。最近の半導体技術の

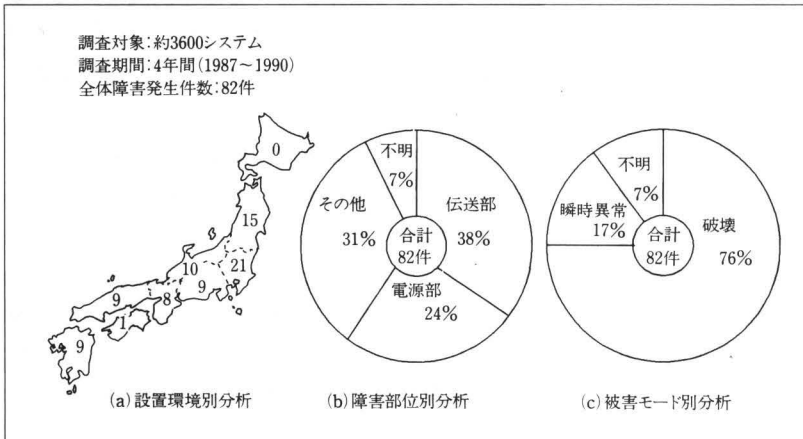


図2 制御用計算機システムの雷害発生状況と分析

表1 被害発生メカニズム事例

被害発生要因	
誘導雷	<p>雷雲</p> <p>電源線 ← ⊕ // ⊕ → 雷サージ伝播</p> <p>信号線 ← ⊕ // ⊕ →</p> <p>放電 ⊖</p> <p>機器</p> <p>電源</p> <p>信号入力</p> <p>雷雲の放電により、電源線・信号線の拘束電荷が、拘束を解かれる</p> <p>進行波サージが、電源、信号線入力に印加</p>
侵入雷	<p>落雷</p> <p>機器1</p> <p>信号線</p> <p>機器2</p> <p>大地抵抗</p> <p>接地抵抗</p> <p>接地間電位差</p> <p>A点</p> <p>B点</p> <p>雷サージ電流の拡散</p> <p>大地落雷電流により、接地間電位差が発生</p> <p>接地間電位差が信号線電圧に加算</p>
停電・瞬停	<p>高圧線</p> <p>低圧線</p> <p>落雷</p> <p>発電所</p> <p>A系</p> <p>給電所</p> <p>B系</p> <p>機器</p> <p>A系電源線への落雷により、給電系統が切り換わる</p> <p>切り換え時、電源の瞬時停電発生</p>

進歩により、デジタル信号伝送では光結合素子が最も多く使用されている。また、アナログ信号の伝送用には古くからパルストランスが使用されているが、最近ではアナログからデジタルに変換後、光素子で絶縁し、その後再びアナログに戻す方法も採られている。

次に、ノイズ信号吸収回路は、雷サージの印加で発生した急峻な電圧、電流の変化が回路内の浮遊容量を介して、ノイズ信号として誤動作に結びつくのを防止するためのものである。

一般的にはノイズフィルターが用いられるが、回路の負担を軽減したり、機器のタフネス性強化の狙いから、単発的な誤動作を検出した場合、機器内蔵のマイクロコンピュータによる再試行や、合理性チェック機能により、誤動作要因を除去す

る手段も用いられている。

2) 電源部入力サージ対策

電源線は広域に張り巡らされているため、雷サージの混入する確率も高い。電子機器の電源入力サージに対する耐量規定を、表4に示す。

対策は、信号入力部回路と同様、サージ吸収素子と絶縁が必要である。

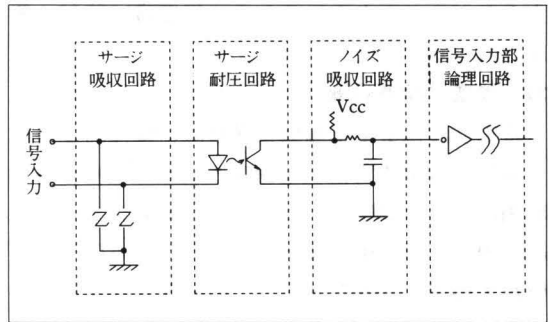


図3 信号入力部の雷サージ対策回路例

表2 サージ吸収素子の性能例

素子	性能	例				
素子名	シンボル	サージ電流耐量	吸収電圧	過電圧吸収応答速度	洩れ電流	繰り返し耐量
避雷管		2KA~40KA	75~600V	μsオーダー	≒ 0	100~1,000回 (サージ電流により異なる)
バリスタ (ZnO)		100A~4KA	14~1,800V	100nsオーダー	1nAオーダー	2~10,000回 (サージ電流により異なる)
ツェナーダイオード		0.1Aオーダー	4~48V	数100ns	1μAオーダー	無限大
ダイオード		1~100A	数Vオーダー	数10nsオーダー	10n~100μA	無限大

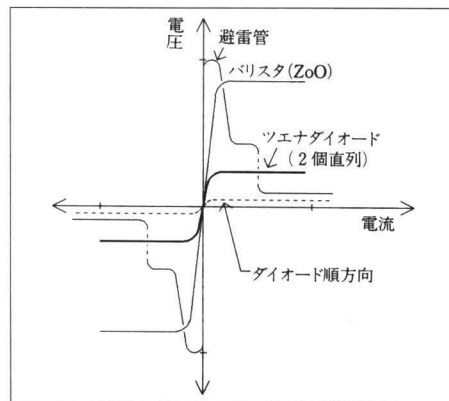


図4 サージ吸収素子の電流-電圧特性例

表3 絶縁耐圧回路と主要特性

絶縁回路素子	原理図	用途	耐圧	伝送速度
光結合素子		・デジタル信号	1,000V } 5,000V	直流 } 10MHZ
パルストランス		・デジタル信号 ・アナログ信号	100V } 1,500V	1KHZ } 1MHZ
電磁リレー		・デジタル信号	1,000V } 3,000V	直流 } 200HZ

図5に示す耐雷トランスは、入力側に避雷管とバリスタを設け、これとシールド付き絶縁トランスを一体化したものである。また、トランスの鉄芯材料、形状の工夫により1次、2次コイル間の高周波ノイズの結合を軽減している。簡易的なサージ耐量強化にはノイズフィルターなどを用いられるが、実装位置やアースの取り方により効果に大きなバラツキを生じるため、指導書に基づく使用上の注意が必要である。

3) 停電、瞬停対策

落雷などによる電源供給異常は、長時間の停電と瞬時の異常で回復する瞬停とに分けて考える。理由は、停電が発生した場合、計算機システムは続行中の処理を復電後継続して行うために一連の停復電処理を必要とする。この処理は時間がかかるため極力避けることが望ましい。したがって、

瞬停に対しては、これを停電とみなさずにすむような対策を行い、それが不可の場合にのみ正しい停復電処理が行われるようにしている。

(1) 瞬停対策

本対策には、機器の外と機器自身で対策する場合とがある。機器外の対策としては、一般に無停電電源装置(UPS)の使用がある。UPSの仕様例を、表5に示す。計算機システムのようにいろいろなメーカー、仕様の機器を組み合わせる場合、UPSを介してこれらの機器を接続し、一括した対策とする場合が多い。

次に、単独で使用されることの多い機器では、自身の電源部に大容量のコンデンサバンクを採用している機器や、電気回路側に小型のバック式電池を装備し、瞬停対策としている機器などがある。

(2) 停電対策

UPSや機器の瞬停保証時間を越えた停電が生じた場合、電源出力側の直流電圧が電子回路の動作を保証する電圧レベルに低下する以前に必要な情報の待避を完了しなければならない。このためには、情報待避に必要な時間を設定し、この時間を確保できるように、電源は停電予告信号をださなければならない。これらの関係を、図6に示す。

表4 低圧制御回路雷インパルス試験電圧の例 (詳細はJEC210-1981参照)

対象回路	雷インパルス試験電圧 (KV)	
	対アース間	電気回路相互間
主回路に使用する計器用変成器の本体側	7.0	4.5
主回路に使用する遮断器などの操作、制御回路	7.0	3.0
監視制御盤などの 直流100~200V 交流100~400V回路	4.0	3.0
主機付属の補機の 直流100~200V 交流100~400V回路	3.0	3.0

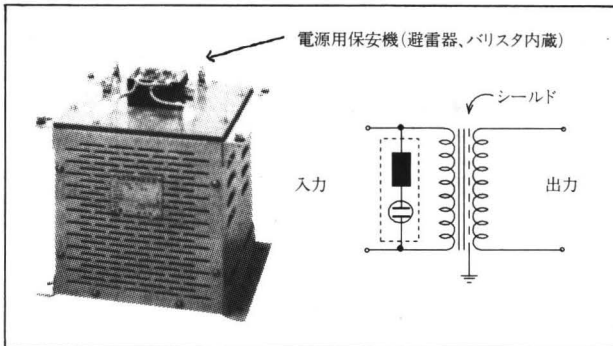


図5 耐雷トランスの例

表5 無停電電源装置仕様例

項目	仕様	
交流入力	電圧	AC100V±10%
	周波数	50/60Hz±5%
	容量	1.5KVA
	充電時電流	18A
交流出力	方式	商用同期、インバータ給電
	電圧	AC100V
	定格容量	1KVA
	周波数	50/60Hz±0.5Hz
	定常電圧精度	±2%
バッテリー	停電保証時間	10分間
	型式	小形シールド鉛バッテリー
	回復充電時間	約24Hr

一般の市販電源には、現状停電子告信号や電源断信号を標準として備えていないものが多く、電源メーカーとの仕様打ち合わせや回路側での対策が必要となる。

4) アース系の対策

3項の侵入雷による被害で述べたように、落雷電流の大地拡散で生じるアース電位差の影響を避ける必要がある。その基本的な考えを、図7に示す。近くに設置され、相互に信号伝送を行う機器は原則的に1点アースとする。これによりアース電位が変動しても機器群全体のアースが同時変動するため誤動作の要因とならない。

機器が遠距離に設置されていて、1点アースと

することが困難な場合、すなわち、多点アースとなる場合は、アースの異なる機器同士の信号伝送は、どちらかの回路を絶縁形(表3参照)とする必要がある。これにより、アース間に生じた電圧を回路の絶縁耐圧で吸収し、回路の破損、誤動作を避けることができる。

5 おわりに

本項で述べた事例は、比較的高度な防護策を施した電子機器である。雷の発生はその規模、場所を特定し得ないため、被害の確実な保護を保証する

ことは難しい。しかし、ある地点における雷の発生を確率的にみれば、直撃に近い被害を受けることはまれであり、大部分は間接的な被害である。したがって、電子機器単体、およびシステムとして耐雷防護策を着実に実施することが、システムへの信頼性確保の上で重要である。

また、近年、光ケーブルの技術が進展しシステムへの適用が増えている。本ケーブルは電磁気的な影響を受けず、機器間の電気的な絶縁にもなることから、耐雷対策としても大変好ましい。今後一層の普及が望まれる。

(むらやま のりおにはし よしゆき/日立プロセスコンピュータエンジニアリング(株)、なかにしひろあき/日立製作所大みか工場)

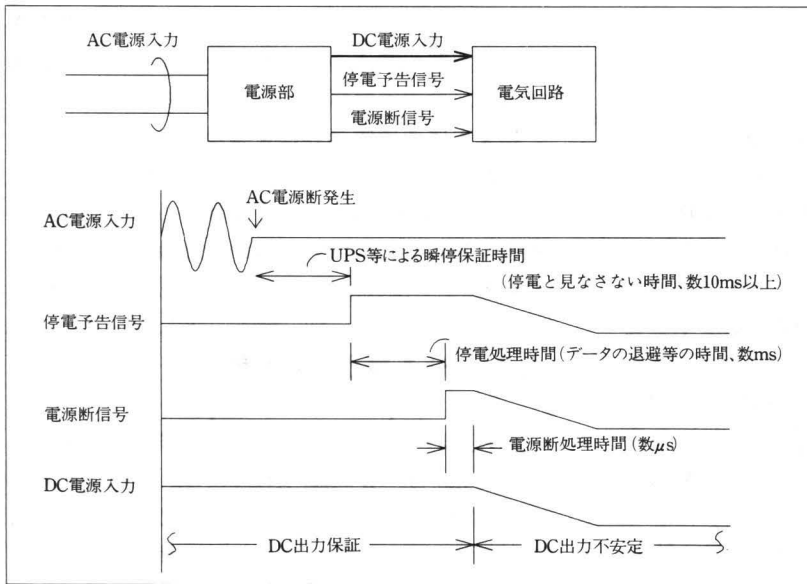


図6 停電時の誤動作防止策事例

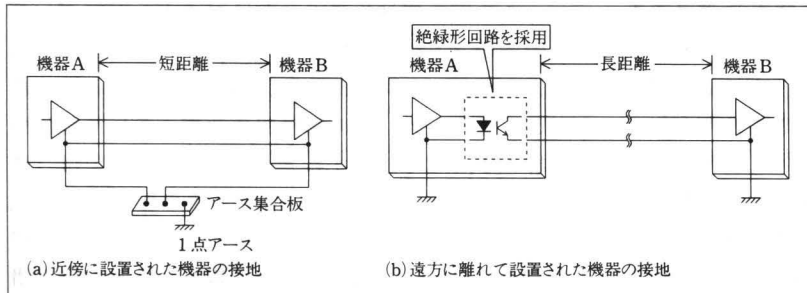


図7 装置間接続時の接地

クウェートの油田火災

赤木昭夫

原油火災として、規模の点でも持続時間の点でも、クウェートの油田火災は世界で前例のないものになった。いつ消火できるのか、いかなる影響がどこまで及ぶか、注目される。

550の油井に放火

昨年の8月、イラク軍がクウェートに侵攻して間もなく、イラク大統領親衛隊がクウェートの原油を汲み出す井戸(油井)に爆薬を仕掛けた。9月、イラクは、米軍をはじめとする連合軍が攻撃してくれば油井を爆破し炎上させ報復すると声明した。もしそれが実行されると、環境に甚大な影響を与える恐れが大きいと、すでに11月のジュネーブでの世界気候会議でも、また開戦直前のロンドンでの科学者の集まりでも、警告されていた。

今年1月16日が開戦で、地上戦の開始が2月23日だったが、その前日の2月22日から、クウェートから退却する2月26日にかけて、イラク軍はクウェート領内の油井を爆破する挙にでた。

地上に出ているパイプの根元に爆薬を置き、その周りを土囊で覆い、爆薬の威力が地中のパイプ内に及ぶような悪質な方式をとった。火薬そのもので原油に着火した場合もあろうが、多くは、噴出する原油そのものによる静電気、あるいは破損したパイプや栓、さらには飛散する石片などによる火花で着火した。

クウェート領内の油井は約750、旧中立地帯の油井は約500、合計で約1,250といわれ、そのうち昨年8月の時点で生産中の油井は363だった。休止中の油井も含めほとんどが爆破された。生産をや

めていた油井でも、井戸の地上部分の栓(クリスマス・ツリー)を爆破すると、圧力が低いとしても原油やガスが出てきて着火するものもあるため、総計7つの油田で約550の油井が燃え出したと伝えられる(図1)。

それに加えて、ミナ・アブドウラ、ミナ・アル・アハマディ、シュアルバの3つの製油所に貯蔵されていた推定約1,300万バーレルの製品にも放火された。

いままも炎上中の油井の正確な数は不明である。日本からの自民党調査団に対してクウェートの石油省次官補が、放火された油井のうちの約2割に相当する114の油井の消火にすでに成功したが、まだ400以上の油井が燃えていると5月14日答えた。

クウェートを覆う汚染大気

燃えている油井の近くでは黒い煙が空を覆い、太陽の光がすっかり遮られるため、昼間でも車はヘッドライトをつけねばならず、どうかすると気温が周りよりも15℃も低くなり、黒い酸性雨(ススと硫酸が溶けた雨)が降る。

この国の原油生産の8割はブルガンとマグワの両油田で占められてきた。それからも推定されるように、この両油田の火災の規模がもっとも大きい。そのため、この両油田の北東、そして製油所群のすぐ北に位置するアハマディの市街では(クウェート市の南)、とくに大気汚染の影響が著しく、5月の初め亜硫酸ガスの3時間当たり平均濃度が最高1.56ppmに達したとの情報を日本政府調査団は得ている(日本の環境基準の15倍以上、団長は

三重大学医学部吉田克己名誉教授)。

アハマディの人口3万のうちの9割は、大気汚染に耐えかねてすでに市街から脱出している。これからクウェート国内の至る所で小児や老人の呼吸器障害が多発すると警戒される。

クウェート産の原油の燃焼によって生ずる煤煙のうち重量で約70%は炭素そのもの(スス)である。微量とはいえ、それには発癌性物質のベンツピレンなども含まれる。

これらの汚染物質は、確実にイラク、クウェート、ペルシャ湾岸、南イラン、さらにはパキスタンや北インドまでの地域にかなり長期にわたって降下する。したがって、人間・家畜・水源・作物などにたいする10の13乗平方m規模の地域的な被災は絶対に起こるものと恐れられている。

水をかぶって火炎に近づく

炎上している油井と油井との距離は800mないし1,600m、油井は噴出する原油のために轟音を発し、周りの地面は振動し、原油の圧力の変動でときに大きな火球があがり、慣れない者は怖しくて足がすくみ、近寄るところではない。

噴出の圧力は、一つの目安として、油井の深さ

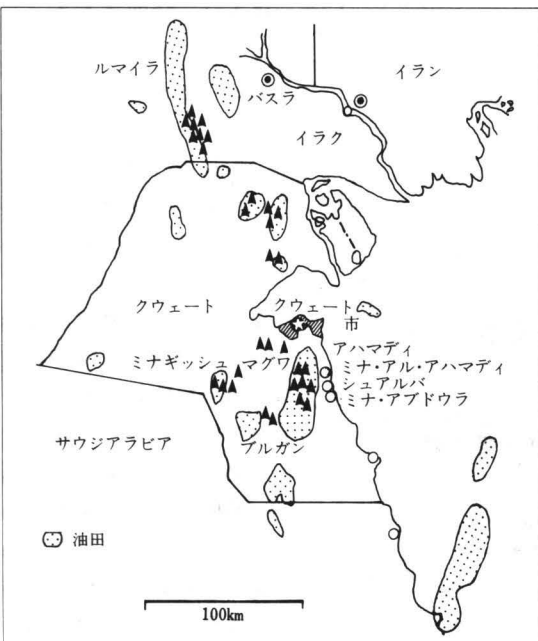


図1 クウェートの油田

100m 当たり10気圧とおくと、ブルガン油田の油層までの深さが1,600mだから、約160気圧と推定される。ミナギッシュ油田は約300気圧となる。

炎の温度は約1,000度(ちなみに鉄の融点は1,530度)、その輻射熱や周りの地面よりの照り返しから消火に当たる者の身を守るため、大量の水を炎に向けて掛ける。それでも熱を遮ぎきれないので、ブリキ板に覗き窓をあげ、下部に車をつけ、押しこめていきやすくしたもの(遮熱板)に、常に水をかけた状態にして、その背後から消火員は偵察し作業に当たる。

現場でうっかり原油を浴び続けていると、とくに乾燥している砂漠では静電気で着火し、火だるまになる危険性が高いから、常に水しぶきをかぶっている状態で作業をすすめるように充分注意しなければならない。原油火災にたいしては、まず遮熱と静電気対策が必要とされる。

油井火災の消火法

火勢がよほど弱い場合は、残存の弁を閉めるだけで消えることもあるし、また、油井の周りに土手を築き、そのなかに水を張って鎮火させることも不可能ではない。

だが、多くはなかなか手ごわく、経験を積んだ専門家(とくに火薬の専門家)に待つしかない。火勢が強い場合は、上記のような遮熱と油井の周りの整理が終わったところで、油井口の上で適正な量のダイナマイト(少ないと火が消えず、多すぎると油井を破損する)を爆発させ、周囲の酸素を消費して火を消す。まだパイプから原油が出ているが、そこへ暴噴防止装置(ブローアウト・プリベンダー)を上から取り付け。取り付けに成功すれば、暴噴防止装置のなかの油圧に抗するためのラムが落ち、原油の噴出を止めることができる(図2)。

上記の方法が普通は用いられるが、大量の冷却水を必要とするため、水の入手が容易でないクウェートでは、カナダで開発された別の方法も採られている。その特徴は、太い鋼管を油井口に立て炎を上へ逃がし、鋼管の根元へ液体窒素を圧入して酸素を断ち、消火する。あとの始末は上と同じ

である(図3)。

上記の方法で消火できないとき、地下深部の油層から油井へ原油が出てくるあたりをめぐらして、油井よりかなり離れた所から斜めに別の井戸を掘る。これをリリーフ・ウエルと呼ぶ。油層に目つまりを起こすような粘性の高い重い物質(特殊マッド)をリリーフ・ウエルに送り込み、油層から油井へ原油が出てゆかないようにすれば、火勢を弱めることが可能で、あとは上記の方法を用いて消火する。

鎮火の見通しは不明

現地では、クウェート国営石油会社(KOC)と契約したレッド・アデア(ヒューストン)、ブーツ・アンド・クーツ(同)、ボーデンス・ワイルド・ウエル・コントロール(スプリングス・テキサス)、セイフティ・ボス(カルガリ・カナダ)など数社の専門家が、消火の指揮、爆薬の取り扱い、油井の閉鎖に当たっている。

油井火災の消火の専門家は、いつも仕事がある

わけではないから、世界中でも100人とはいわない。本社に予備の人材も残しておかねばならず、現地に派遣できるのは各社2チーム(計8~10人)程度で、急いで養成でもしないかぎり、専門家の数の少なさが消火の上での最大のボトルネックになるとみられる。

普通は、1日いくらかという契約、あるいは出来高払いであるが、今回の場合は、特別で2チームで月100万ドルと伝えられる(セイフティ・ボスの例)。

これらの専門家の1チームを、水や機材の運搬、さらに多少の土木工事といった形で、100人ないし200人の労働者で支援する。機材の補給や土木工事の総監督はベクトル社が請け負っている。

第二のボトルネックは、現場周辺を冷却するための大量の水の確保である。海水を新設のパイプで補給することが計画されている模様である。

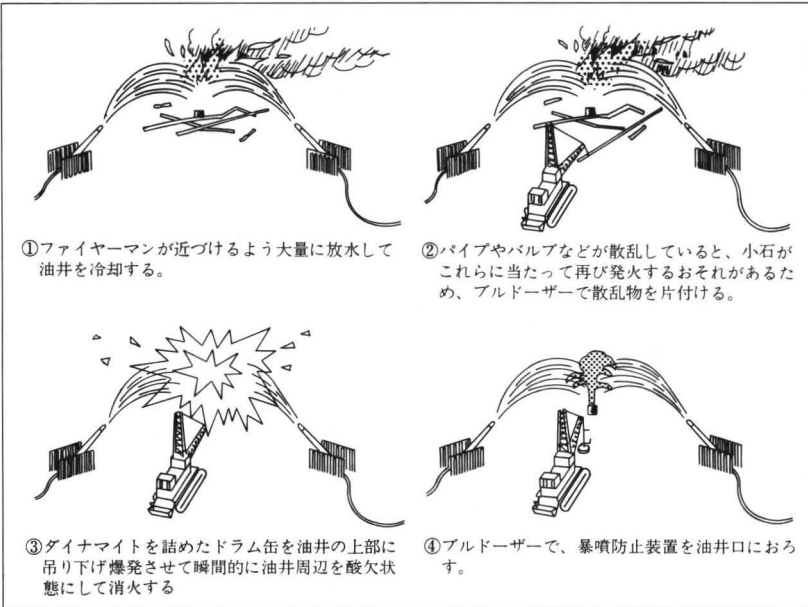


図2 油井火災の消火方法・従来の方法

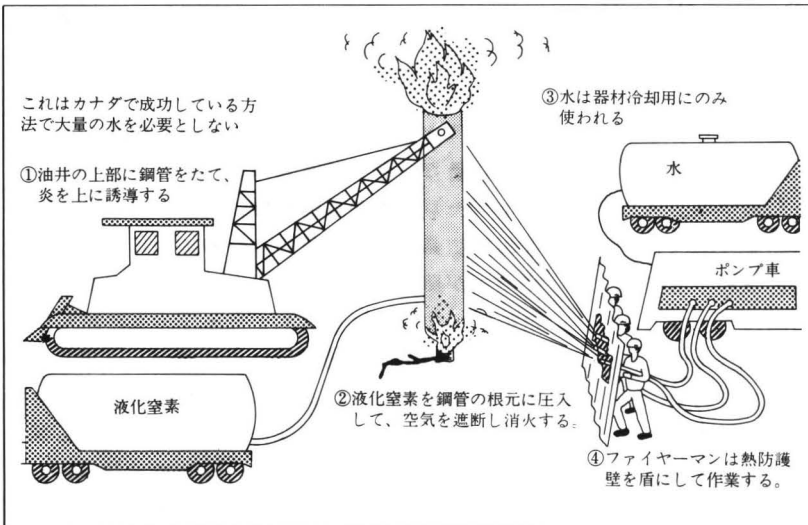


図3 油井火災の消火方法・新しい方法

これらの二つのボトルネックを考慮するだけでわかるように、1チームで2週間に3本の油井を処理するのが精一杯とみられる。10チーム2週間で30本、6週間で90本と計算される。

実際には、とりあえず予測を上回る成績があがった。消火が4月に開始され、5月中旬までの6週間に114本の油井を消火出来たからである。しかし、これは処理が容易なものばかりだったとみてもおかねばならない。

したがって、早くても残りの430本を消火出来るのは28週間後、つまり7か月後になる。ところが、リリーフ・ウエルを掘らねばならぬ場合もあり、それは1本を掘るのに2週間から2か月を要するので、完全鎮火は1年後か2年後か、見通しはまだ立たない。

気象への影響をめぐる論争

こうみえてくるとわかるように、クウェートをはじめとする湾岸諸国に地域的な規模での重大な環境破壊と気象異変をまねくのは必至である。

だが、それをこえた北半球全体(10の14乗平方m)の気象への影響の有無となると、議論は対立している。

一方の代表は米国防省のコンサルタントであったリチャード・D・スモールで、半球的な規模での気象への影響はないと主張する。他方の代表はドイツのマックス・プランク研究所のパウル・J・クルツェンで、煙の1%が成層圏へあがるだけで、今年の末には北半球の平均気温を2度低めると推測した。また、イギリスの環境科学者のジョン・コックスは、インド大陸の飢饉の危険を指摘する。というのは、通常チベット高原の温度が夏になると上昇し、それに伴う上昇気流のため、インド洋から湿った空気が吹き込む仕組みになっているが、その急所、つまり、チベット高原の気温の上昇をクウェートの油田火災のガスが妨げるからである。日本の気象研究所でのコンピュータ・シミュレーションによると、現地上空の100分の1程度の濃度の汚染大気が、チベット上空を経て3月の初めには日本上空に達していたはずとの結果が打ち出されている。

こうした見解の対立の根本は、原油の燃焼量・ススの発生量・ススの粒の大きさ・煙の上昇高度などにたいする見積りの差異に発する。

スモールは、昨年夏のクウェートの産油量1日当たり160万バレルの25%増し程度しか燃えていないとし、ススの発生量は1日当たり16,000t、煙の上昇限度は1km弱と推定し、半球的な気象への影響はあり得ないとした。

他方、ヨーロッパの環境科学者たちは、燃焼量が1日当たり500万バレル、ススの発生量が1日当たり10万t、煙の一部は成層圏まで上昇するとの仮定に立っている。

火災の規模、煙の上昇高度、火災の持続時間いかによっては、北半球の気象への影響はでてくる可能性があり、正確な観測が望まれる。

油田火災の損害額

クウェートの原油生産が戦前の水準に戻るには数年かかるだろうというのが、専門家の一致した見解である。その間クウェートは収入が乏しい状態が続く。火災で資源の5%ぐらい、30億バレルが煙と消えてしまい、かつ500以上の油井が同時に原油を噴出したことで、クウェートのどの油層の圧力も一斉に低下し、そのため原油の回収率が悪くなる(汲み出せなくて地下に原油が永久に残る)のは避けられない。それやこれやで、クウェートの損害額は1,000億ドル以上という数字が挙がっている。

石油生産の専門家のなかには、欧米の原油生産の常道にしたがって、クウェートでも、油井の地上部分だけでなく地下2,300mのパイプ中にも、安全弁を装填しておけば、今回のように多くの油井が炎上することはなかったらと指摘する向きもある。もしそのとおりだったとすれば、クウェート自身も手ぬかりがあったことになる。

とはいえ、イラクとクウェートとの間にいかなる紛争原因があったにせよ、ひろく環境と気象へこのように大きな影響をもたらす油井放火の野蛮行為にでたイラクは、世界中から厳しく罰せられずにはすまないであろう。

(あかぎ あきお/慶應義塾大学教授)

竜巻発生メカニズム

—どこまで解明されているか—

相馬清二

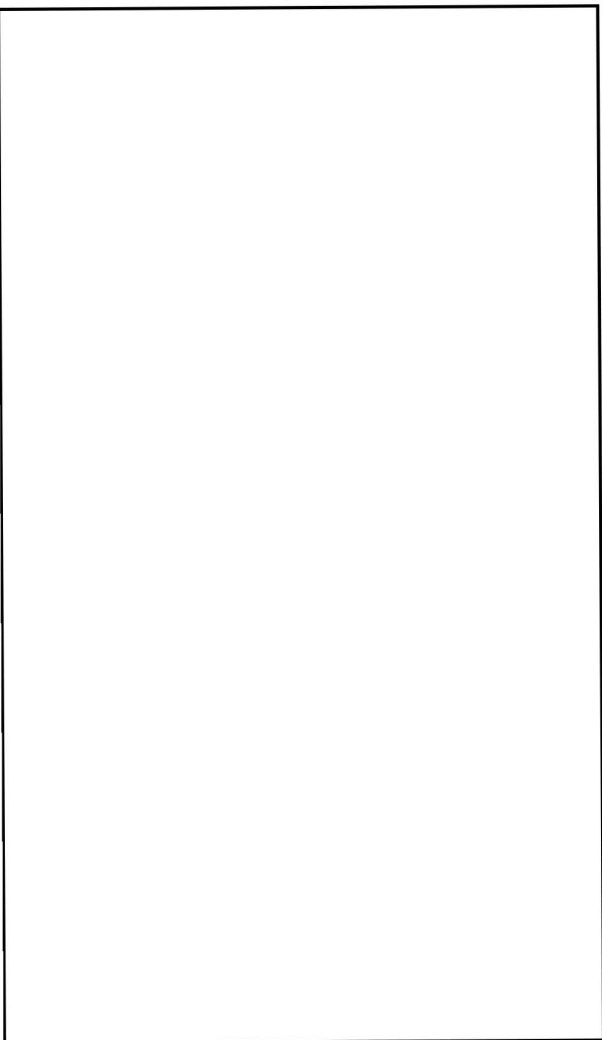
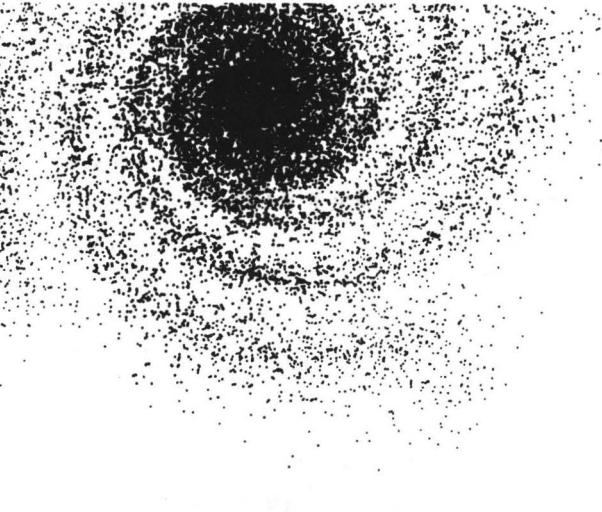


写真1 空中から撮影した茂原市街地の竜巻被害(読売新聞社撮影)

1 はじめに

突如発生して地上で荒れ狂い、あっという間に立ち去る竜巻は、まさに自然界の脅威である。竜巻による被害は、社会の進展とともに確実に増えてきている。竜巻が一体どのようにして発生するのか、何とかその予測はできないものか、このような声は次第に高まりつつあるように思える。気

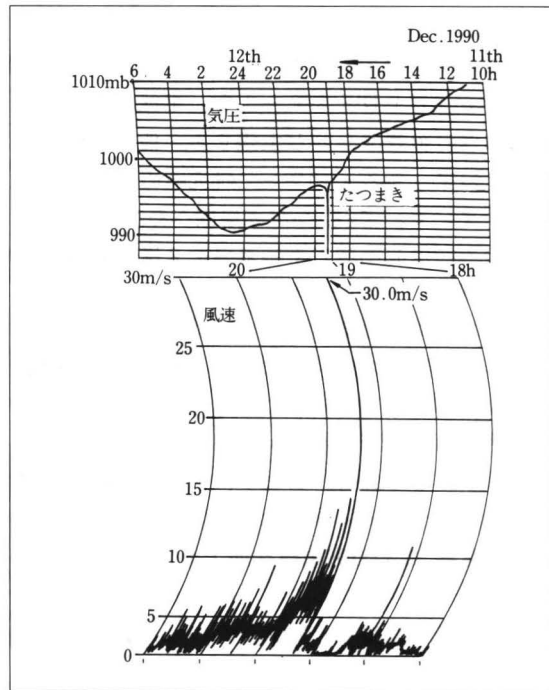


図2 竜巻経路の東約350mにおける長生高校での気圧および風速の観測記録

象学界の人々も、手をこまねいてこの問題を放置していたわけではない。しかし、いまだ一般の要望に応える段階には至っていない。

ここでは、米国のトルネードと対比しながら竜巻の実態を説明し、その上で竜巻発生メカニズムの解明が、現在どのあたりまで進んでいるのかを紹介することにしたい。

2 茂原市の竜巻

昨年の暮れ、平成2年12月11日の夜9時、房総半島中央部に位置する茂原市が竜巻に襲われた。まれに見る強い竜巻ではあったが、コースが市街地中心部から若干それていたため、最悪の事態は免れた(図1)。しかし、それでも240戸の家屋が破壊され、1人死亡、70人が重軽傷を負うという被害がもたらされた。

一瞬の間であったが、激しいごう音と、家屋を土台からはぎ取って吹き飛ばす狂風に、茂原市住民はただ必死でその場を耐えしのぐしかなかった。竜巻が立ち去った後の市街地は、家屋廃材の集積場を思わせる惨たんたる光景であった(写真1)。

来襲時刻が夜であったため、竜巻の正体を見極めた人はいなかった。しかし、前後の状況からこの狂風が竜巻であることは明らかであった。もっとも、竜巻コースからは若干離れていたが、明らかに竜巻と判断される気圧・風速の記録が、長生

高校および農業高校で得られており、それと確認された(図2)。

1) 最大風速

茂原市を襲った竜巻の最大風速は、一体どの程度のものであったのか。竜巻中心部における風観測データの入手は、もちろん期待できない。この値は、何らかの方法で推定する以外にない。ここでは、最大風速の詳しい算定を試みた過去の竜巻と被害状況を比較することによって、茂原市竜巻の最大風速の推定を行った。



図1 竜巻による茂原市の家屋被害分布(茂原市役所調査)

参照されたのは、昭和44年(1969)12月7日愛知県豊橋市を襲った竜巻である。この竜巻来襲時にも、市内で多くの家屋および構造物が破壊された。京都大学防災研究所の石崎潑雄教授他(1970)は、これらを破壊した力(風力)が、風速の自乗に比例するという式から逆算して風速を求めた。

ある幅をもたせて算定した風速を、竜巻中心からの距離に応じてプロットしたのが図3である。この図において、細い実線はRankineが理論的に求めた渦巻の風速分布である。竜巻の風速分布はこの理論によく合うといわれているが、図3によると、家屋・構造物の破壊状況から求めた風速も、一応、Rankine分布線によく載っている。

この図から、石崎氏らは豊橋市を襲った竜巻の最大風速は90m/sであると推定した。

一方、豊橋と茂原両市の竜巻による家屋・構造物の被害写真を見比べてみると、被害程度は両市でほとんど変わらない。むしろ、茂原市の被害程度が若干激しいように思われた。とすれば、豊橋市の竜巻調査結果を参照する限り、茂原市を襲つ

た竜巻の最大風速は、90m/s以下ではなかったということになる。

2) Fスケール

米国シカゴ大学の藤田哲也教授は、家屋・構造物の破壊程度および風速に対応させて、トルネード強度の階級表をつくった。この階級表は、藤田氏の頭文字を付してFスケールと呼ばれている。竜巻強度も、もちろんFスケールで表現できるし、いろいろな意味で竜巻・トルネードの比較が可能である。

この表によれば、茂原市を襲った竜巻は、豊橋市の竜巻と同様、F-3の強度のものであった。ちなみに、我が国では92.6m/sを越すF-4の竜巻は、いまだ観測されていない。しかし、藤田氏の報告によると、米国ではF-4はおろか、最大風速が116.7m/sを越すF-5のトルネードが、年に2回も発生したことがあるという。

ここで、トルネードについて、簡単に説明しておこう。

米国で猛威をふるっているトルネードは、本質的には竜巻とまったく同じものである。恐らく発生メカニズムも、竜巻と大きな違いはないであろう。ただし、竜巻に比べてトルネードは、規模が大きく、強度の強いものが圧倒的に多い。さらに驚異的なのは、その発生数である。竜巻の発生数は年間15個程度に過ぎないが、トルネードは年間780個(Weatherwise, 1988年2月号)にも達している。それだけに被害も多い。被害を示す一つの指標として、死亡者数をとってみると、トルネードによる年間の死亡者数は88人である。ちなみに、この値はハリケーンによる死亡者数の約4倍である。

3 大型輸送機関の竜巻被害

豊橋市あるいは茂原市の竜巻では、家屋・構造物の被害は大きかったが、幸い人的被害は少なかった。しかし、竜巻は市街地の家屋・構造物だけをねらい撃ちに襲うものではない。近時とみに輻輳の度を増してきた大型輸送機関、たとえば列車などをきばにかけることもあり得る。その際は、

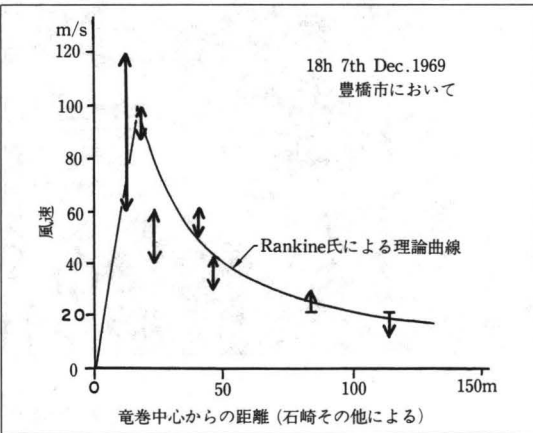


図3 家屋・構造物の破壊状況から推定した風速 (矢印のついた太い実線)豊橋市竜巻

表1 家屋・構造物の被害程度と風速並びにFスケール

被害程度	風速範囲(m/s)	Fスケール
Light Damage	17.8~ 32.6	F-0
Moderate Damage	32.7~ 50.3	F-1
Considerable Damage	50.4~ 70.3	F-2
Severe Damage	70.4~ 92.5	F-3
Devastating Damage	92.6~116.6	F-4
Incredible Damage	116.7~142.5	F-5
Inconceivable Damage	142.6~365.9	F-6

大量の人的被害を免れないことになる。

1) 東西線電車を襲った竜巻

昭和53年(1978)2月28日の夜、荒川中川鉄橋上に差しかかった東西線電車が、猛烈な突風に襲われて後部2両横転、3両目は脱線するという事故があった(写真2)。幸いラッシュ時を過ぎた時間帯で乗客が少なかったため、死亡者はなく、けが人も重軽傷者合わせて21人程度ですんでいる。この強い突風をもたらしたのは、やはり竜巻であった。

2) 車両の耐風限界値

東西線電車を横転させた竜巻の最大風速は、一体どの程度のものであったのか。これを求めることは、このような車両が一体どの程度の強風に耐えられるのか、という車両の耐風限界値を明らかにする意味でも必要なことであった。

幸いなことに、竜巻経路に当たる東京のこの湾岸部には、ゴミ処理場・防潮・港湾の防風対策のため、数多くの風向風速計が設置されていた。その一つが竜巻の風そのものをとらえていた。それ

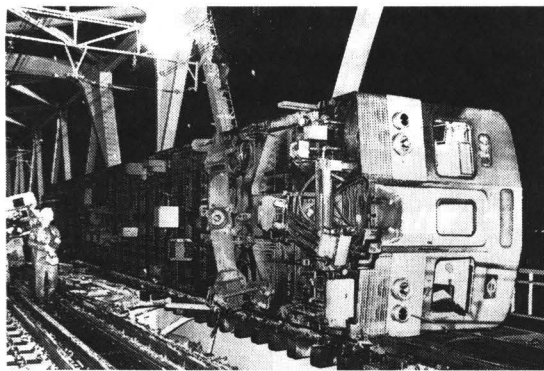


写真2 竜巻によって横転した東西線電車

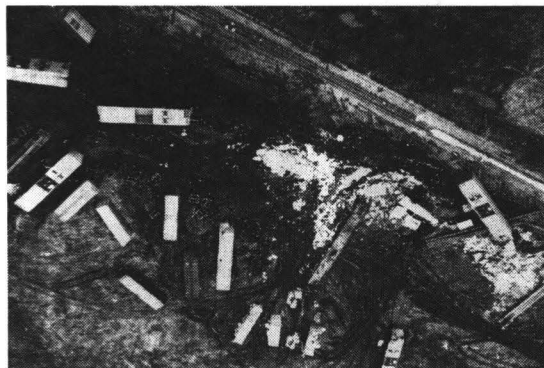


写真3 トルネードによる列車被害

は東京港管理事務所屋上の風向風速計エーロペンである。その記録紙には、52.0m/sという竜巻の風速が記録されていた。

ただし、この地点は荒川中川鉄橋上の電車に向かう竜巻の経路上にはあったが、事故地点までなお7kmの距離があった。竜巻というのは、進行中にそのエネルギーの消長を繰り返すものである。7km進んで荒川中川鉄橋に達したころ、竜巻が多少強まった傾向が見られるが、それにしても、最大風速が55m/sを大きく超すことはなかったであろう。

結局、東西線電車の耐風限界値は55m/s程度のもと考えられる。ちなみに、竜巻強度については、この竜巻は辛うじてF-2級に入る比較的弱いものであった。

参考までに、米国カンザス州で生じたトルネードによる列車被害を紹介しよう。詳しい資料がないので、事故当時の風の状況は定かではないが、写真3によると、25両の車両が数十mの範囲に四散するというすさまじい惨状である。

3) 竜巻の発生分布

図4に、我が国における竜巻発生分布図を掲げ

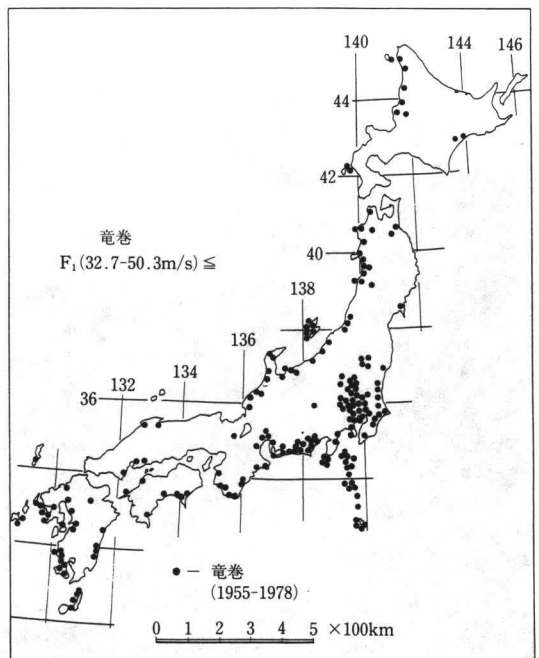


図4 日本における竜巻発生分布

た。この図によると、竜巻発生頻度の最も高い地域は関東地方であり、東海道沿岸地域がこれに次いでいる。言うまでもなく、これらの地域は我が国でも最も輸送機関網の輻輳している所である。幸いにして、これまでは竜巻による輸送機関の重大事故は起きていない。しかし、車両の耐風限界値は55m/s程度に過ぎず、しかも90m/sを越すF-3の竜巻が、現実に我が国でも発生している。これらを併せ考えて図4を見直すと、竜巻による大型輸送機関の重大事故はあり得るものと言わざるを得ない。

ちなみに、風速55m/sと90m/sとでは、風力、すなわち破壊力は約3倍に増大される。F-3級竜巻は、新幹線車両といえども要警戒の存在であろう。

4 竜巻発生メカニズム

1) ロート状雲

まず、ロート状雲の生成メカニズムから説明しよう。

竜巻の壮観は何と言っても、天と地をつなぐロ

ート状雲である。“竜が雲を起こして天に昇る姿”とはよく言ったものである。写真4に、伊豆大島の岡田港付近で撮られた竜巻を示す。まさに典型的な竜巻であり、ロート状雲である。しかも珍しく2本も発生している。

現代の気象学では、ロート状雲生成のメカニズムは次のごとく説明されている。

まず、ロート内では周辺部における気流の激しい回転のため、気圧が低下し温度が下がる。温度が下がって水蒸気の飽和点に達すると、ロート内に細かい水滴が生じ、遠くから見ると、それが雲に見えるのである。つまり、ロート状雲というのは、雲底そのものが下がるのではなく、竜巻の実体である激しい渦巻の下降に伴って、次々と雲がつくり出されているのである。

2) 竜巻実体の形成

ロート状の雲生成メカニズムは一応わかったが、問題なのは、竜巻の実体とでもいふべき、激しい渦巻がどうして生じるのか、ということである。このメカニズムが明らかにされなければ、竜巻の問題は解決されたことにならない。

3) 竜巻発生二つの基本条件

10数年も前のことになるが、竜巻発生には基本的に次の二つの条件が必要であることが、理論および実験から明確になってきた。

- ・大気成層の不安定条件
- 基本的条件の一つは、大気成層状態の不安定条件である。不安定状態というのは、上空に向かうにつれて気温が低下する割合が、普通の場合より大きく、したがって、上空ほど空気が重い状態のことをいう。このような気層では上下間の対流が生じやすい。

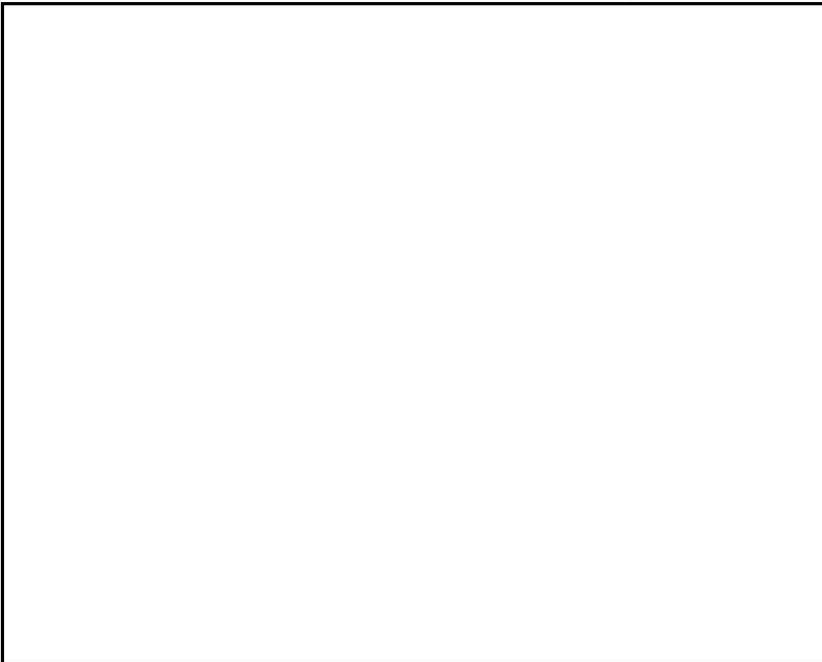


写真4 大島沖に発生した竜巻。2本連なって発生している珍しいケース(宮内紀雄氏撮影)

・回転モーメントの条件

もう一つの条件は、この不安定な気層に、水平方向のゆっくりした回転力、すなわち回転モーメントを与えることである。

これらの条件を与えて、理論式を数値シミュレーションの手法で解くと、気層の中心部に激しく回転するロート状の渦巻が形成された。

また、これらの条件を充分満たすような実験装置をつくり、それで実験を行ったところ、写真5に示されるような見事な竜巻モデルが形成された。

4) Mother Cloud(母雲)

竜巻のどの写真を見ても、竜巻は積乱雲の底から垂れ下がっている。米国のトルネードの場合もまったく同様である。この積乱雲は、竜巻を生み出すという意味でMother Cloud(母雲)と呼ばれている。

ここで注意を要するのは、積乱雲の存在は、確かに気層が不安定な状態にあることを示すが、積乱雲が、即、竜巻発生につながるものではない、ということである。たとえば、真夏には関東地方北部・西部で、連日のように積乱雲が発生するが、竜巻を伴うものはほとんどないのである。

竜巻を生み出す積乱雲と、そうでない積乱雲とは、一体どこが違うのか。

5) Mother Vortex(母渦)

ここで、理論的に、あるいは実験的に確認された竜巻形成の基本的条件を思い起こしてみよう。一つは、成層不安定の条件であり、他は回転モーメントが必要という条件である。これらの条件が二つ同時に共存することが必要で、いずれが欠けても竜巻は形成されないのである。

繰り返しになるが、回転モーメントというのは竜巻をつくり出す気層を大きく、かつ、ゆっくり回す力のことである。竜巻発生論のなかでは、これをMother Vortex(母渦)と呼んでいる。

要は、数多くの普通の積乱雲は、成層不安定の条件は満たしているが母渦をつくる回転モーメントが欠けているのである。結局、母雲というのは、母渦を抱え込んでいる積乱雲だけに与えられる呼び名ということになる。

5 むすび

積乱雲のなかで母渦が形成さえすれば竜巻は必然的に発生する。ということまではっきりしてきた。ここまできると、竜巻発生メカニズムという問題は、帰るところ、母渦がいかんしてつくられるかという母渦形成メカニズムの問題に変わってきた。

母渦の形成は、積乱雲という雲の中で行われている。少なくとも最近までは、雲の中における気流の動きを察知することは不可能であった。これが竜巻発生メカニズム解明を遅らせていた最大の原因であった。

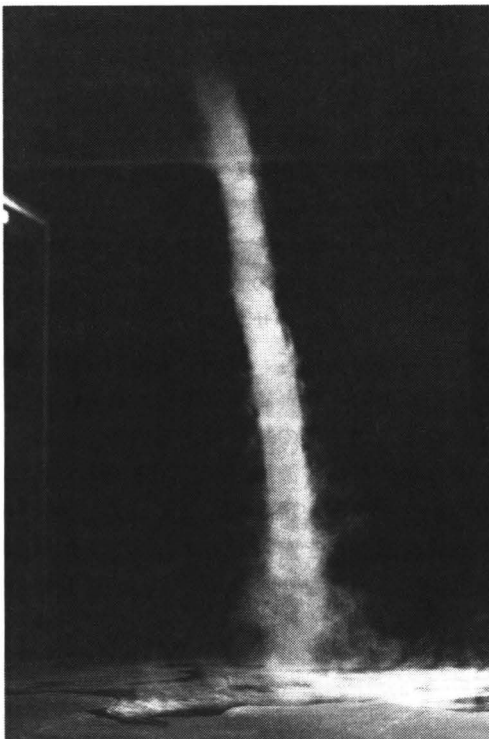
しかし、近時は雲中の気流も観測できるドップラーレーダーが開発されている。高価な機械であるが、米国ではこのドップラーレーダーを数台も動員して、トルネードをもたらす積乱雲内の気流を盛んに観測している。

母渦の形成、ひいてはトルネード、竜巻発生メカニズム解明は、そう遠いことではないように思われる。ちなみに、竜巻の予測はそれ以後の問題である。

(そうま せいじ/成蹊大学講師)

写真5

竜巻モデル(高さ約2m、直径約10cm)
成層不安定と回転モーメントの二つの条件を備えた実験装置による



座談会

中京圏の地震 濃尾地震を中心に

出席者	飯田 汲事	名古屋大学名誉教授
	牛嶋 正	名古屋市立大学教授
	岡田 篤正	愛知県立大学教授
	辻 信義	名古屋市消防局防災部長
	伊藤 和明	文教大学教授/NHK解説委員/司会

地震と断層の関係をクローズアップした 濃尾地震

司会(伊藤) 今年はちょうど明治24年(1891)の濃尾地震から100年に当たります。今、名古屋を中心とする中部経済圏が大地震に見舞われれば、その影響の大きさは図り知れないものがあると思います。そこで、直下型の巨大地震といわれる濃尾地震を中心に、中京圏を取り巻く地震危険度とその防災について考えてみようというのがこの座談会の主旨です。まず飯田先生から濃尾地震の概要をお話したいかと思います。

飯田 濃尾地震は、明治24年10月28日午前6時37分ごろに揖斐川の流域の岐阜県根尾村を中心として発生しましたが、美濃と尾張が非常に被害を受けたということで「美濃尾張地震」とも言われ、まさに「地震にあえば身の終わり」と言われたほどの地震だったわけです。

都市部では火災が発生、山間部では山崩れや地滑りが多発し、家屋の倒壊被害も多く、住家の全壊が約93,000、半壊が約70,000にも及びました。非住家でも全半壊が120,000にのぼる被害を受けました。一般に濃尾地震の死者は7,300人とか言われていますが、私が最近調べ直したところ7,885人に及んでいます。

14府県、大体本州の3分の1ぐらゐが被害を受け、日本の内陸で起きた地震としては有史以来最

大のものです。また地震の規模ですが、今までM8.4と言っていますが、調べ直してみると、どうもM8.1というのが正しい数字ではないかと私は思っております。

この地震では、近代的な煉瓦づくりの建物が倒壊したり、鉄橋の橋脚や基礎がやられたり外れたりしたことから、建築とか土木技術が考え直され、この地震が契機となって翌年、震災予防調査会ができて耐震・防災研究が始められました。世界に先駆けて耐震とか、あるいは震災予防の研究というものが体承づけられる端緒になったのが、この地震の特徴であると思います。

また、当時はまだ断層が直接の地震の原因ということには至っていなかったのですが、この地震で断層が現れ、水鳥村では断層の上下の食い違いが6m、水平に約4mもの移動があったのです。

司会 根尾谷の断層ですね。

飯田 そうです。その他に金原とか中という部落でも、水平に8mの食い違いがみられました。その後、アメリカでサンフランシスコ地震(1906年)があったりして、地震の原因は断層破壊で起こるのだということに結びついてきた。これがもう一つ、この地震の特徴だと思います。

それと同時に、濃尾平野の至る所に液状化による地割れや噴砂が現れたんです。昔は砂を噴いたとか泥を噴いたとか言っていました。液状化のことは全然わからなかったのです。それで研究も



飯田汲事氏

できなくて、昭和39年（1964）の新潟地震のときに初めて液状化現象だということがわかって、それから研究が始まったのですが、濃尾地震はすでにその教訓を与えていたわけです。

それから、大森先生の報告書にもあるのですが、震源地はめっちゃめっちゃにやられていて、完全なもの一つもない。それにもかかわらず、いろいろな現象を考える上において非常に貴重なものを残していると。震源地は大きな一つの地震計であって、それがちゃんと記録している。だからそれを充分調べろ、というようなことを言っておられるんですね。私は非常におもしろいと思っていますのです。

そういうことで、100年を経た現在においても、今日的な感覚でものを考えれば、また新たな事実の発見にもつながってくるということで、この地震は我が国にとっても非常に大切な地震であるし、将来の地震および防災面の学問・技術の発展に寄与した地震だったと思います。

名古屋市の94.5%が被害を受けた濃尾地震

司会 都市の被害として、岐阜市の場合はかなり火災がありましたね。地震は朝ですが、午後2時ごろから強い風が吹き始めて、火勢が強くなって、夜には一面の火災になった。皆さん、命からがら逃げ延びたようですね。辻さんは名古屋市の立場で濃尾地震の被害の模様というのをお調べになっていらっしゃると思いますが。

辻 当時と今の名古屋市とはエリアが随分違いますので、一概に比較できませんが、古い文献ですと当時の名古屋市には277町ありまして、そのうちの94.5%、ですからほとんどの町内で何らかの被害を受けたという記録があります。

死者は名古屋市内だけで190人、負傷者は499人。数字だけを見るとそう大したことはなかったようにみえますが、当時としては非常に大きなインパクトを与えた大地震だったわけです。また、家屋の全半壊は5,000棟弱。火災は市内20か所ぐらいから発生しましたが、初期消火にかなり成功して、そんなに大事には至っていないようです。

建物被害では、煉瓦づくりの名古屋郵便電信局や陸軍の師団司令部、県庁、警察署などが倒壊しました。また、今の熱田区だと思うのですが、熱田町でも近代的な煉瓦づくりだった尾張紡績会社の建物が一挙に崩れ落ちて、中に働いていた交代勤務の工具さんら25人が即死、110人が負傷しました。

液状化が発生した所は、これも名古屋市内だけに限っての話ですが5か所ぐらい。北区、西区、中村区、中川区の、一級河川の庄内川とか、日光川、新川、あるいは人工河川の堀川、こういった河川の近接部で大量に発生したという記録も見られます。

司会 濃尾地震ではそうした都市での災害もひどかったんですが、山崩れや地滑りが発生して、



枇杷島町の惨状

ミルン・バルトン「1891年の日本の大地震」より（岐阜県立図書館蔵）

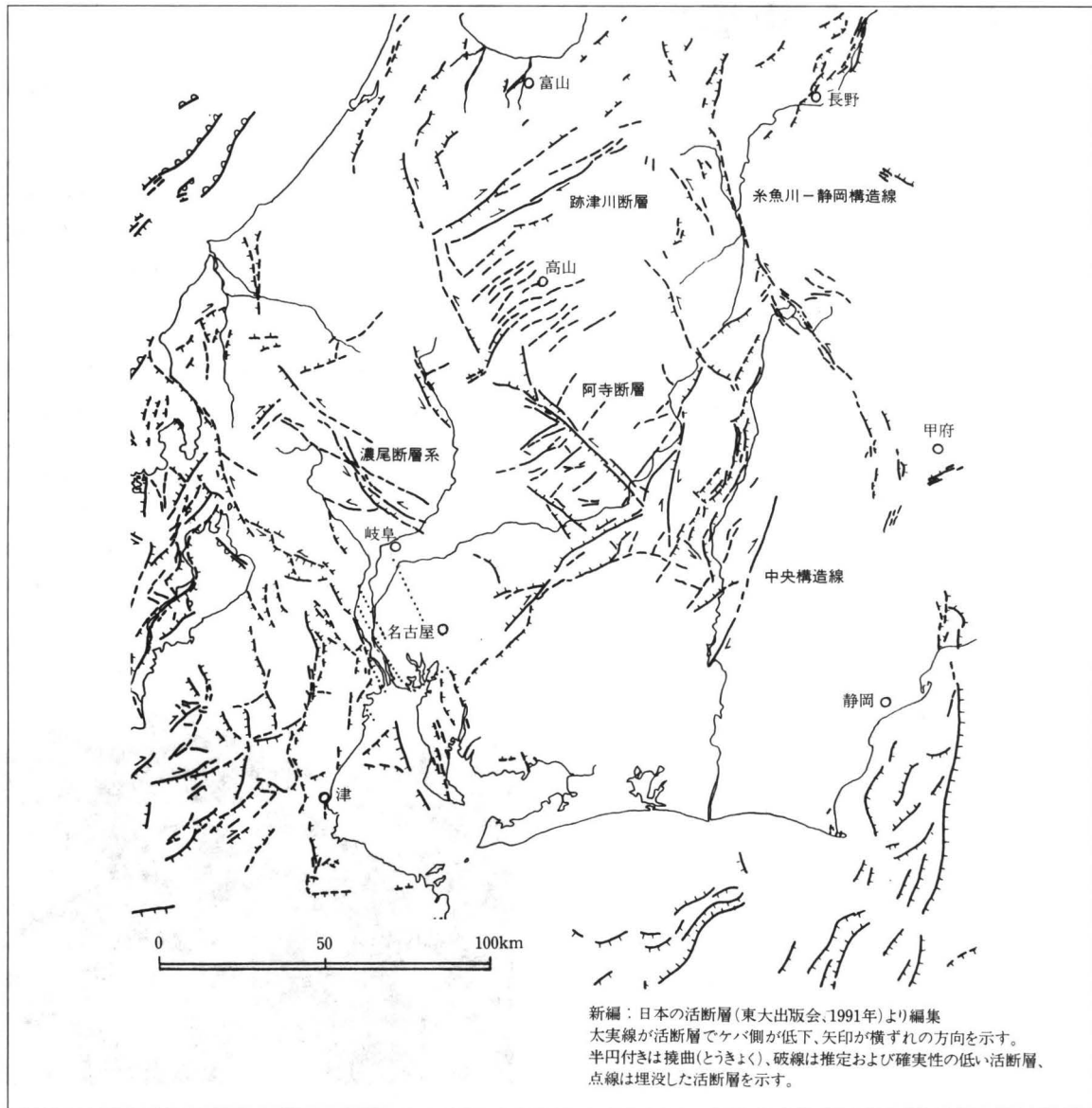
その数11,000か所と言われてはいますが、山間部で長期にわたって後遺症を残してしまったと言われておりますね。地震が起きた4年後の明治28年夏、岐阜県の池田郡川上村（現在の坂内村）のナンノ坂で、斜面の大崩壊が発生して湖ができ、その6日後に決壊して、死者4人、流失家屋23戸をだすという災害になったのです。引き金は大雨だったのですけれども、元を正すとどうも濃尾地震の間接的な影響であるということなんですね。

また、70年あまりたった昭和40年、根尾白谷や

徳山白谷という所でも大崩壊が起きています。

飯田 本震より小さいのですが、濃尾地震の翌年1月3日に余震があって、それによっても液状化とか家の倒壊や壁に亀裂が入るなどの被害ができました。

まだ現在も余震が続いていると言っていいくらいですから、10年、20年どころじゃない、100年続いている。地震の後遺症というのは大きいですね。また、そういう大きな地震があると、地質が脆弱になるということは確かですね。



中部日本の活断層図



牛嶋 正氏

地震を起こした断層の性格はわかっているけども 平野の下などには存在がよくわからない 断層がたくさんある

司会 岡田さんは全国各地の活断層の発掘調査に加わっておられますが、この濃尾地震を引き起こした断層についてお話しいただきたいと思います。

岡田 濃尾地震を引き起こした根尾谷の断層は典型的な活断層という性質をえています。この断層は両白山地の中に北西から南東方向に延長約80キロに渡って走っています。当時は5万分の1の地形図もなかったわけで、その詳しい位置はわからなかったのですが、東大地震研究所の松田時彦先生が現地を調べられて、その地震を引き起こした断層は、大きく言うと4本ぐらい、小さく言うと7、8本の雁行状に配列する断層からなるということが明らかになりました。また、どこでも水平に横へずれる、ここでは左横ずれと言っていますが、そういう断層の特徴をえています。

私たちが10年ぐらい前から、トレンチ調査法といって、断層を横切って穴を掘り、断層が動いた一番新しい時期はいつか、どれぐらいの活動を起こすのか、どういうずれ方をするのか調査しています。根尾谷の断層についても3か所ぐらいで調べていますが、この断層は我々の予想しているよりも活動する間隔が長くて、主要な根尾谷断層でも3、4千年に1回ぐらいじゃないかなということがわかってきたんです。周辺にある梅原断層は1万年に1回ぐらいしか動いてないような結果が

でした。

しかし、濃尾地震を起こしたその周辺にも何本も断層があるわけです。また、それ以外の濃尾平野の周辺、あるいは東海地域には、まだまだたくさんの断層がありますので、その一つ一つの性質が全部わかっているわけではないのです。

司会 その他の断層で最近動いた形跡のないものもたくさんあるわけですね。それから中京圏に大きな被害を与えた地震として、昭和20年(1945)の三河地震がありますが、あの地震でも断層が現れたのですね。

岡田 三河地震を起こした深溝断層も典型的な逆断層で、活動する間隔が1万年以上の間隔をもっているようです。あの断層は、断層線が曲がりくねっていて、通常の調査からでは非常に見つけにくいのですけれども、ああいう直下型の地震を起こすような断層が実は結構あって、あの地震でも地震規模のわりに非常に大きな被害を起こしました。

しかし、ああいうものも現にあるのだということで、我々の方も逆の意味で、今度は随分参考になりました。

巨大災害と社会 高齢化社会での地震が心配

司会 牛嶋先生、濃尾地震のような大災害が起きますと、社会や経済に大きな影響があったと思うのですが。

牛嶋 濃尾地震に関しては、実は私の父が岐阜県の池田町の出身で、明治15年生まれです。ちょうど濃尾地震が起こったとき9歳で、そのときの被害状況を、私が小さいころから聞いておりました。濃尾地震についてはまったく無関係ではなかったのです。

ただ父から聞いていた話というのは断片的ですので、『明治ニュース辞典』のなかに収録されている新聞記事でいろいろ調べてみました。それで一番最初に感じたことは、なぜ紡績工場で大きな被害がでたのかということです。

おそらく6時30何分というのは、今で考えますとまだ作業は始まっていない時間だと思います。

建物が壊れたとしても作業が始まっていなければ死傷者はでないわけです。ですから、就労条件というのは交替制で非常に厳しかったということがわかるわけで、当時は3000時間以上の労働時間じゃないかなと思います。

司会 まさに女工哀史ですね。

牛嶋 そうですね。そんなことまでこの記事から垣間見ることができるわけです。しかし一番関心がありますのは、実は私は財政学の方で高齢社会の問題をやっておりまして、確実に21世紀には我が国も大変な高齢社会を迎えるわけです。そのために財政制度や租税制度をいろいろと準備しておかなければいけません、そのことについて、いま議論をしております。

もちろん高齢社会ということ考えた場合に、よく高齢者にやさしい町をつくるというキャッチフレーズが言われておりますが、当時の我が国のそういった年齢構成と今と比較して一番大きな違いというのは、高齢者の比率が非常に高くなっていることだと思いますね。平均寿命も非常に伸びてまさに人生80年時代ですが、当時はおそらく人生50年時代だったと思います。

こういった高齢社会をいま迎えているわけですが、果たして濃尾地震と同規模の地震が起きたと

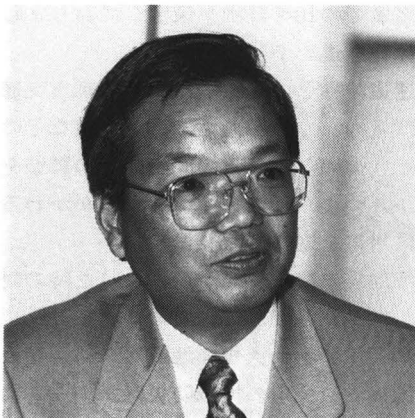
きに高齢社会がそれに耐えられるかが問題だと思います。それがもとで、またたくさんの犠牲者、これが高齢者にててしまつては困るわけですね。

飯田 面白い記事が当時の新聞「新愛知」に載っているのです。職工が地震様々だという記事ですが、「何しろ震災は我が地方をあげて悲惨な底に沈めた。ひとりこの間において特意なるものは職工労役社会である。彼らは常に暇に苦しみ、不景気を唱えて青息を吹きつつあったけれども、千門万户の墻壁、屋根瓦が微塵となって碎けて以来、俄にその需要を増し、西より東より引き張り合いの勢で、幾千万の大工、佐官、屋根瓦師、目をまわすばかりなれば、その賃銀もまた平生に数倍、彼らが儲け多くして懐の暖かなること、生前未だ知らざるほどの幸運なるより、彼らは酒と餅とを供え、額手百拜して地震に感謝して曰く、有り難いかな地震様々」と。こういうような記事なのですが、ちょっと世相をあらわしているのじゃないかと。物価も、米1升5～7銭だったらしいですね、濃尾地震のころは。

それから材木と瓦が上がったのです。それで、瓦で金儲けをしようとした人が、地震当日、400円を高利貸しから借りて瓦を買ひ占めた。100枚で1円40銭だったけれども、だんだん上げて2円



枇杷島橋の落橋



岡田篤正氏

50銭にしたというのです。ところが人があまり買わなかったのです。それで1枚も売らずに待っていたら、三河地方その外から瓦がどんどん入ってきたと。とうとう1枚も売らずにこの人は大損をしたと書いてあるのです。やはり家が潰れたので瓦や木材の需要が多かったんですね。

牛嶋 当時は地域経済の範囲が非常に狭いわけですね。ですから岐阜県では岐阜市を中心にした経済圏が、また愛知では名古屋を中心にした経済圏が成り立っている。必ずしも岐阜と名古屋とのつながりがそんなに密接ではなかった。これは、交通機関とか輸送手段とかまだまだ未発達でしたからやむを得ないと思います。

今ですとそんなことはないわけで、全国的な国民経済の範囲になっておりますから、これぐらいの規模の被害ですと、すぐに各地域からいろいろなものが運ばれてくるわけです。物価が上昇するということもないのじゃないかなと思いますね。

ウォーターフロント開発ではしっかりした対策を——地盤の液状化による被害

司会 橋梁の落下や崩壊も随分ありましたね。

飯田 当時、大きな一級河川などは鉄橋だったんですが、木造の橋も多く、いずれも被害が多かったのです。鉄橋や橋梁の橋台・橋脚の部分の煉瓦積みなども、みな破壊されてしまいました。

司会 長良川に架かる東海道線の鉄橋のスパンが5つあるうち3つ落下しましたね。

飯田 そうですね。木曾川でも基礎がずれたり

ひびが入ったりしましたが。

司会 だいたい濃尾平野の軟弱地盤地帯を木曾三川が流れている。支流もたくさんある。だから宿命的にそうなっている。

飯田 落橋箇所が10,000か所あったといっても主なものだけで、もっと小さいものは数えてないらしいですよ。それに、このときは木曾三川の堤防の破壊がひどくて、高くなっていた堤防がほとんど平面になってしまった。亀裂が入って、揺すぶられて下に沈んだり、ならされて平らになったりしてしまっただけですね。

司会 盛り土でつくられた堤防はよく液状化を起こすので、必ず橋に影響を与えてしまうわけですね。

昭和39年(1964)の新潟地震の時には信濃川の兩岸で地盤の液状化被害が発生した。液状化地点の分布図を地図に落としてみると、信濃川の旧河道の姿がありありと浮かんでくる。もともと信濃川は蛇行して流れていたのに、真ん中に堤防をつくって、川の流れをその中に押し込めてしまって両側を埋め立てて開発したんですね。そのような埋め立ての人工地盤の所が、地震の強い揺れで液状化を起こし、各所で砂混じりの水を噴き出したり、建物が傾いたり沈下したりした。4階建ての県営アパートが転倒したのも地盤の液状化によるものです。

岡田 去年のフィリピン地震で液状化が起こったダグーバンという海岸の都市でも、潰れたり沈んだ家屋は、ほとんど旧河川、旧河道を埋め立てた所と一致すると指摘されていまして。そういうなにげない平野の中の隠された所が問題になる。

辻 今、名古屋市でも名古屋港の臨海部で開発計画をもっているんです。まだ具体的な青写真のところまでいってないのですが、また、名古屋市域ではありませんが知多半島常滑沖の国際空港新設のプランが具体化しつつありますので、これに随伴するかたちで、いわゆるウォーターフロント的な開発が今後急ピッチで進むのではないかと思います。

牛嶋 今は産業構造が濃尾地震のころと非常に違っている。臨海工業地帯が造成地で形成されている。しかも重化学工業で危険物をいっぱい生産

し取り扱っているわけですね。そうした埋立地の臨海工業地帯も地震に弱いのではないのでしょうか。

司会 埋立地とか軟弱地盤というのはどうしても被害の規模が大きくなる。東海地方を襲う地震では、いつでも同じパターンで臨海地域がやられているのですよ。対策を特に考えないといけないと思いますね。

災害対策基本法と消防法の行政を一本化した 名古屋市の防災対策

司会 中京圏といいますか、この地域が濃尾地震のあとで大きな被害にあった地震は、昭和19年（1944）12月7日に発生した東南海地震と、翌20年1月13日の三河地震ですが、何とんでもいま発生が懸念されているのは東海地震ですね。名古屋およびその周辺地域は地震防災対策強化地域の外ではありますが、この地震が発生すると震度5、地盤の軟弱な所では震度6に相当する揺れになると思いますが、名古屋市では東海地震に備えてどのような対策を立てておられるのですか。

辻 東海地震を想定した対策の一つは事前の被害予測と災害予防です。このために濃尾地震や三河地震などの既往の地震の分析・調査をしています。二つ目は都市の防災構造化の事業。避難地や防災用空き地の確保とか建物の不燃化、浸水対策などです。もっともこれらの事業は、昭和62年か

ら平成7年度までの10年計画を策定しておりまして、逐一具体化を進めている段階です。

また、高速道路網とか地下鉄網などの都市交通網、あるいは電力、ガス、通信、上下水道などの耐震対策をどう進めるか、その間の相互の調整をどうするのか、つまり都市のインフラにかかわる問題も同時に対策を進めております。

司会 東海地震の警戒宣言が発表された時の対応マニュアルはつくっておられますか。

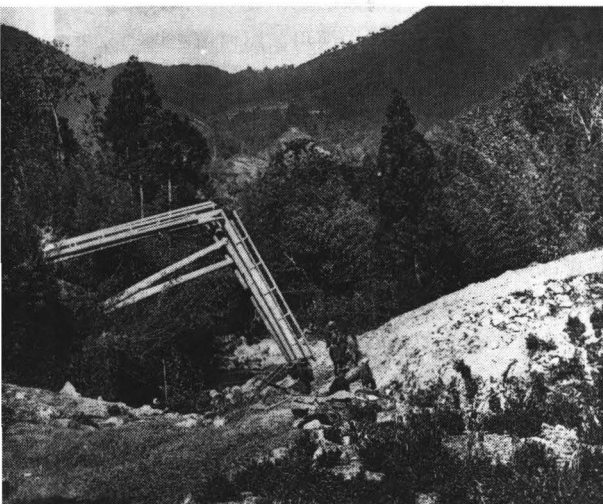
辻 はい、昭和53年に大規模地震対策特別措置法が出来た直後から、市の地域防災計画のなかに東海地震、すなわち警戒宣言発令時の諸対策を具体化して組み込み、これを毎年見直して今日に至っています。

視点が違いますが、実は災害対策基本法の系列と消防法の系列は、今の我が国の行政の体系では別のルートになっており、片や国土庁、片や自治省消防庁という形ですが、名古屋市では昭和61年から、今の市長の裁断で防災の体制を一本化しました。そうした体制のなかで、これはソフトの問題ですが、被害情報の迅速な掌握、それに伴う行政の即時対応、住民の安全確保の問題等に懸命に取り組んでいる最中です。

しかし、警戒宣言がいつ、どの時点でできるのかというのが問題ですね。たとえばラッシュ時などにぶつかりますと、交通の、いわゆる結節点で非常に混乱する。正直申し上げて、このような未解決の部分もありますけれども、私どもでは基本的には震度5程度ということ念頭にパニックを防止するために、過大対応にならないようにという視点で防災計画を推進しています。

司会 もし東海地震が起きると、駿河湾を中心にした静岡県下はもちろん、神奈川県から山梨県、さらには長野県の一部まで震度6ないし7と予想され、また東は東京、西は名古屋ぐらまで震度5ということですが、日本のど真ん中に当たる所で相当な災害が発生すると予測されています。したがって、地震後の社会経済にはかなり影響がでると思いますが。

牛嶋 四全総（第四次全国総合開発計画）のなかで東京圏から大阪圏を一つの中核軸と位置づけており、都市機能の大半はここに集積しています



根尾谷の壊れた橋

辻
信義氏

活断層情報を開発計画のなかに 生かして欲しい

司会 日本列島の活断層図を見てみると日本中傷だらけという印象もあるのですが、特に中京圏周辺についての活断層の調査研究はどの程度進んでいるのですか。

岡田 有名な阿寺断層という断層が岐阜県の東南部を走っていますが、これも規模的には濃尾地震を起こした断層とほとんど同じぐらいです。延長距離が70キロぐらい、北西から南東に続いていて、断層自身としては、むしろ阿寺断層の方が地形的にも地質を食い違わせている量からも、数倍大きい断層です。

阿寺断層については、私どもの大学関係でも地質調査所でも4、5か所でトレンチ調査をしています。他の調査もしていますが、まだ最新の動きについてははっきりしませんが、一部で、天正14年（1586）の天正の大地震を起こした可能性も指摘されていて、1000年より新しい時期にも動いたのだという結果もあるのです。いずれにしても、阿寺断層も2000年ぐらいの間隔で過去に何回となく動いていたという証拠があるのです。

また、中津川、多治見、あのへんの内陸の盆地の南側に、盆地と三河山地とを分けるような屏風山断層が走っています。あの断層はまだ十分に調べられていません。

その他に濃尾平野の西側を走っている養老断層とか、柳ヶ瀬断層だとか、鈴鹿山脈とその東側の台地と境筋にある一志断層などあります。しかしいま言ったような内陸の大きい断層もまだまだ最新の活動時期とかその間隔が充分わかっているとは言えません。まだ詳細なカルテまではわかってないものが多い。

司会 活断層の調査が進んできて、この活断層は近い将来動くかもしれないと判断されたとき、精密な観測網を断層周辺に設置することによって、地震を直前につかまえる手掛かりが得られるということもあり得ると思うのですが。

岡田 我々は、全国傷だらけというような日本列島で、活断層の大きいものから選り分けを行って、これは注目すべきだとか、これは注意した方

が、いまのようにすべての情報が東京に集積していて、全国にネットワークされている状況のもとで、根っここのところをやられますと、これは大変な影響ですね。

金融情報も全部東京に集まっていますので、影響の大きさはちょっと予想できない。四全総でも国土中枢軸を形成するということを言っていますが、それに対する対応策についてはあまり述べられていません。

名古屋はあまり近いので問題ですが、東京がやられた場合にキーステーションをもう一つ予備につくるが必要になってくるのではないかと思います。しかしその予備をつくるということは大変なお金がかかりますので、もう一步進めて多極分散型を進めておくべきではないかという気がします。

国土中枢軸を形成して、その次にということですが、できれば平行的にもう少し地方中核都市のいくつかを選んで、そこに都市機能の集積をはかって予備的な要素をそこに加えておけば、インパクトは一時的なものですむと思いますね。

司会 警戒宣言が発表されますと、たとえば取りつけ騒ぎとか金融界の混乱がかなり起きるのではないですか。

牛嶋 今はキャッシュレス時代で、どこに預金しておいても全国で引き出せるようになっていきますので、私はそんなことはないのじゃないか思っております。そういう意味では、キャッシュレス時代というのは、災害時の一つの子防的な要素もあるのじゃないかなと思います。

がいいとか、そういう提言ができればという希望があるわけです。当面は予知の面よりより重要だと思っんですね。防災という面でも、断層上に、たとえば大きな高層建築が建つというのは、数千年に1度であっても場所をずらすとか、公園にするとか、土地利用という面で役立つのではないかと考えているのです。

司会 現実に去年起きたフィリピンの大地震もルソン島のど真ん中を南北に走っているフィリピン断層の活動が原因ですね。実際調べになっていらしたと思いますが。

岡田 フィリピン断層については、事前にアメリカのカリフォルニア工科大学のアレン教授や広島大学の中田高さんなどが調べていて、どこを通過して、どういうずれ方をするのかを調べた地図が出ており、まさにそこで起こったわけです。その周辺は過去には動いていたのに、ここ200年ぐらい動いてなかった空白の所です。そこで動いたということは、長期的な面での予知はできていたと思うのです。ですから、それを避ければかなりの災害は避けられる可能性があるのです。

フィリピン地震が起こった所は山地地域で人が少なく、直接の断層による災害は非常に軽微だったと思います。しかし、日本の場合は状況が違う。従来は土地利用せずに避けてきた所も、最近では必ずしもそうではない。中部山岳地域の一部でもかなり心もとないような建て方の建物や観光保

養地域の開発などがありますね。そういう所に生かしていきたいと思っています。

災害環境を住民に知ってもらう PRが大切

司会 そういう新しく開発された地域に注目したような防災対策は、実際にやっていらっしゃるのですか。

辻 そうですね。名古屋市の場合はまだまだ関東地方などに比べると恵まれているのではないかと考えているのですが、それにしても、やはり急傾斜地とか崖崩れ危険箇所がどんどん開発されるという傾向にはあります。実は去年も「崖崩れ注意箇所」の指定を、従来の15か所から一挙に42か所に増やし、危険地域の拡大の指定をやり直しました。

それから、これは地震とは関係ありませんが、いま昭和34年(1959)の伊勢湾台風の教訓を生かした防災対策を進めております。名古屋港を中心とする、いわゆる海拔0m地帯といわれる所については、建物をつくり直すときの基本設計の段階で、たとえば地盤のかさ上げとか、天井からも避難ができるような設備をつくるとか、安全確保のための規制地域を設定しているのです。軟弱地盤の所については、法の規制がない一般の住宅にも基礎の有筋化を勧めています。

牛嶋 戦後、そうした土地の高度利用という開発については、日本は土地の生産性を上げるといった効率の面ばかり考えてきました。しかし、地殻の活発な活動は避けられないとすれば、そういったことも前提にして、ただ自然環境を保全するだけでなく、大きな自然災害をできるだけ小さくするような開発、その枠の中でできるだけ効率性を追求するということを考えなければいけないのではないかと思います。もう一度、経済活動の在り方というものも考えていく必要がありますね。

飯田 何と言っても人間が多くなって、生活していくために、結局危険な場所でも利用せざるを得なくなったということなのでしょうが、そこに住む以上、この土地は危険だということを認識し、そのうえで、たとえば基礎を強固にすると



べちゃんこになった長良川堤防



伊藤和明氏

か、それに対する対応策を考える。近代的な技術をもってすれば相当いろんな防災対策ができるのではないかと思います。

経済大国になっているのだから、もう少し災害を減らすことに金をかける。そういう方向で土地利用を自分で考えていく。行政にばかり頼っていても駄目だと思うのですが、行政には、そういう方向にいくようにリードをお願いしたいと思います。

司会 行政にばかり頼っても駄目とおっしゃいましたが、まさに防災行政というのは一つの地域に一樣な網しか掛けられないということだと思うのです。しかし、大地震が起きたときにどういったタイプの災害に遭いやすいかというのは、住民が住みついている地区によって異なる。崖の下に住んでいれば崖崩れ、海の際ならば津波を心配しなければならない。その、いわば網の目に当たる所の環境を私は災害環境と呼んでいるのですが、その災害環境を一人一人によく知ってもらい、このための啓蒙が重要ですね。

辻 やはり、災害環境を住民の皆さんにデータとして豊富に提供しないとイケないですね。一つの例ですが、ロマ・ブリータ地震から液状化への関心が急速に高まっていますので、過去の名古屋市域、あるいは愛知県域の液状化がどうだったのか調べているところです。できれば名古屋市内全体を500mメッシュぐらいに切ってマップに落として、それを地域防災計画のなかに生かしていこうと考えております。

司会 行政、科学者、企業、一般住民、それにマスコミが入るから5極になって(笑)、それぞ

れが連携を保って進めていかなければならないわけですね。

飯田 私も、土地利用のための防災マップみたいなものが必要じゃないかと思っているのです。危険マップと言うのかな。もっとも、災害と言ってもいろいろあるので、もっといろいろの種類のマップが出来てもいいと思うのです。ですから、我々もそういう方面に向かって皆さんに資料提供して認識してもらいように考えたらいいのではないかと思います。

岡田 愛知県の場合、今のそういう意識で愛知県土地分類基本調査というのが出来たのです。愛知県の直下にはあまり大きな活断層はなくて、むしろ岐阜県とか三重県の一部に多いと思うのですが、地形分類調査のなかに活断層の線は入っていますが、その他のいろんな要素が入っているので、特定の注目すべき地域をもう少しクローズアップさせるために少し取捨選択していかないと、案外出したデータもあまり利用されないのではないかという気がしています。ですから、活断層の特定のものについて、広域的な一つ一つのシートマップをつくる方向にしていけないと思っています。

辻 今までも名古屋市は、毎年、2項目ぐらいテーマを決めまして、そのテーマに基づいて先生方に研究していただき、それをできるだけ具体的な形で行政の施策のなかに生かしておりますが、これからさらにまた、地質学的な問題とか構造物の安全化、あるいは人間工学的な、社会学的な研究、それから高度情報化社会ですから、そういった意味のシステム化へのご提言をいただいて、それを施策に生かしていきたいと思っています。

牛嶋 今までも名古屋市の街づくりの基本計画等に参画してきて感じますのは、従来の町づくりは利便性、快適性に重点がおかれがちでした。しかし、町づくりの基本は安全ではないかと考えます。安全という基準が満たされて、そのうえで快適性とか利便性だろうと思います。安全にもっと重点を置いた街づくりを、もう一度基本に返って展開していかなければいけないと思います。

司会 安全な街、そして安心して住める街ですね。今日はどうもありがとうございました。

橋梁の安全設計

田島二郎

1 橋には何が要求されるか

橋を架ける目的は、人、車や列車、水・油・ガス・電力通信線などを通すために、川や谷、海や湖沼あるいは他の交通路などの障害をこえて実用的な通路をつくることである。しかし、別に社前に架かる橋(写真1)や庭園の中にある橋(写真2)は、実用性ではなく、神域や庭園の構成要素としての存在のために設置されるものである。

この両者いずれにおいても、橋を架ける目的、橋を必要とする理由があるわけで、その理由に従って橋に要求される「機能」がある。つまり、橋はまず要求される機能を満足しなければならない。

第二の点は、橋自体が所要の安全性をもつ必要があり、第三に、橋が架けられる環境に適合したものでなければならない。さらにこれら3条件を満足した上で経済的であることが必要である。

この4点については、橋の計画・設計・施工・維持管理の各ステップで検討される。また、それぞれのステップでは、その前後に続くステップでの問題に配慮する必要がある。

通常、実際にはこの全ステップを通して一人が、あるいは1セクションが実施することはなく、各ステップごとに専門的な集団がそれに当たる。したがって、自己の受け持ちの部分の部分を容易に消化す

ることに重きを置きすぎ、前のステップでの趣旨をゆがめ、あるいは後のステップに問題を残すなどのことがないようにしなければならない。すなわち、それぞれのステップでは、専門的な力をフルに発揮して、前後のステップでの趣旨を生かすことが必要になってくる。

橋は大きな工事になればなるほど、計画から竣工までは長年月を要することになり、維持管理は変わりゆく自然条件、社会条件のなかで50年、100年と長い期間にわたる。そのなかにあって要求機能の保持、安全性、環境適合の条件を満たすことの難しさ、大切さがあるわけであり、一貫して橋に対応できるシステムの大切さが強く言われるところである。

2 機能としての安全性

はじめに橋は二つに大別できるとした。そのう



写真1 伊賀八幡宮の神橋(岡崎市)



写真2 縮景園の跨虹橋(広島市)

ちの後者の機能と安全性について述べてみよう。

写真1の神橋は、その前後は柵によって閉ざされており通行は出来ない。したがって、一般的通行による荷重を考慮する必要はない。しかし、神事などで渡ることがあるとすれば、あるいは維持管理の際のことを考えれば、その場合に載る荷重に耐えることは機能を保つうえで必要となる。高欄の強さも、ちょっと押ししたら崩れるようでは困るが、そこで押し合いへし合いすることはない。そり返った橋面は板石を並べたものであるから滑るかもしれないが、特定の人々を考えればいいから、このような形で許される。

これに対し写真2の庭園橋の場合は、庭園をゆっくり散策する不特定の人々が渡ることが考えられる。したがって、渡りやすいことも機能の一つであり、滑らず渡れるように橋面には段がついている。しかし高欄はない。この橋の上で押し合うことも常識的ではない。庭園、公園などでしばしば見る土橋、板橋など、渡る池の深さにもよるが高欄のない小橋は数多い。

次に、写真3の社前の橋を見ると、有名な藤の花の時期として橋上にはいっぱい参詣人である。こうなると橋上歩行のための安全性として、橋面の歩きやすさ、高欄への推力など、一般の歩道橋と同様の安全設計が機能を保つうえで必要となってくる。

上記の三つの例は、第一の目的としては、橋がそのある所にふさわしい形をもって、その区域のあるべき姿を構成する一要素となることであるが、使用上の機能がそれぞれ異なるため、機能としての安全設計の考え方が異なってくるのである。

実用性の目的をもって架けられる橋では、その用途に応じてさまざまな使用性能が要求される。上記のように人のみが渡る橋であっても、街中の歩道橋のようにスパンが長くなると、歩行者が橋の振動によって不安感を抱かないようにすることも要求機能として入ってくる。

列車を通す橋の場合には、列車走行によって橋

はたわみ、振動する。この問題は、橋の機能としての使用性能において重要となる。

車両は車輪—ばね—台車—ばね—車体で構成されている。それがたわんだ橋の上を走行すると、車両自体も振動する。その揺れは橋のスパン、振動周期、車両の特性と走行の速さなどに影響される。車両の上下振動が激しくなり車輪に加わっている重量が減りすぎれば脱線の危険性が高まってくるし、車体の振動が大きくなれば乗客の乗り心地が悪くなる。

かつて本州四国連絡橋の道路鉄道併用吊橋を設計するに当たって、たわみが大きく、揺れやすいと考えられる吊橋において、上記の問題はその成否にかかわる問題であった。これについては解析・模型実験、さらに在来線列車・新幹線列車による模擬軌道上の実車実験を行い(写真4)、吊橋補剛桁の振動やたわみによる桁端での軌道角折れの限度が検討され、それに応じた補剛桁の形式や軌道構造の設計がなされた。

一般の鉄道橋の場合にも、走行安全性と乗り心地の視点から、桁のたわみの限界値が設計標準に与えられている(表1)。この場合、在来線は電車および貨車について検討し、新幹線の場合も含めてそれぞれの列車の最高速度を考慮して決められたものである。したがって、たとえば製鉄工場内で大重量の混銑車、鋼塊運搬車などを最徐行で運行



写真3 亀戸天満宮の橋(東京・墨田区)

防災基礎講座

するような場合には、橋桁が大きいたわんでも桁端での凸形の角折れ軌道部を走行するとき、車両の裏側が軌道に接触しなければ安全であるというような視点がたわみの限界値となる、などの応用がそれぞれのケースで決められる。

橋の横方向の変位についても同様な検討がなされ、それに応じた設計がなされている。

道路橋の場合は脱線という問題はないが、安全、快適な走行を可能とするために種々の配慮がなされている。

道路の等級に応じ、設計速度に応じて一車線の幅や路肩・中央分離帯の幅が決められ、曲線の場合には曲線半径や拡幅、曲線内側への路面の傾きなどが決められる。高速道路の流入部分などでは他車線からの車を視認できるような視距を与え

ることなども安全のうえから要求される。車両防護壁、遮音壁などの設計でこの点への配慮が見られることが多い。

橋の機能としての安全な通路のための設計には、通すものの性質をわきまえて、きめの細かい多くの配慮がなされなければならない。

3 橋自体の安全性

1) 設計に考える荷重

橋は建設工事中から出来上がって供用され、耐用期間中に作用するいろいろな荷重に対して安全でなければならない。ここで荷重と称したのは、橋またはその部材に応力や変形の増減を起こさせるすべての作用を広く言っている。たとえば、通行させる目的物である自動車や列車の重量が荷重である、とは一般にわかりやすいが、地震や温度変化の影響なども、設計の規準等では荷重の項にま

とめて扱っている。

荷重の種類は数多いが、設計上常に作用すると考えなければならない荷重、必ずしも常時、またはしばしば作用するとは限らないが常時作用する荷重と組み合わせて考えるべきもの、特殊な条件において考える必要があるものという分け方が出来る。また、別の見方をすれば、持続的に作用し変動が少ない荷重、変動の大きい荷重および偶発的に作用する荷重という分け方もある。

数多い荷重の紹介説明は橋の設計規準等に譲る

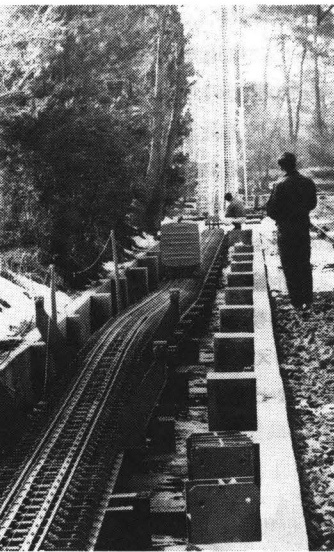
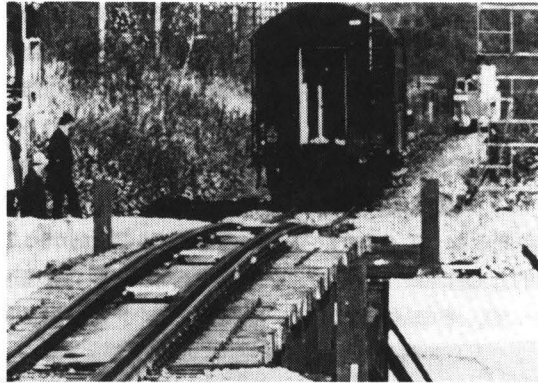


写真4 本四連絡橋の走行試験



(2) 北海道狩勝実験線での角折れ部実車走行試験 (昭和45、46年 本四公団、鉄道技術研究所)

(1) 1/5車両模型による角折れ部分実験(昭和40年代 鉄道技術研究所)

表1 鋼桁のたわみ限度—国鉄建造物設計標準(鋼鉄道橋) 昭和58年5月より

在 来 線	スパン L (m)	$0 < L < 50$		$L \geq 50$	
	プレートガーター	$L/800$		$L/700$	
	トラス	$L/1000$			
新 幹 線	スパン L (m)	$0 < L \leq 40$	$40 < L \leq 50$	$50 < L < 100$	$L \geq 100$
	2連以上連続する場合	$L/1800$	$L/2000$	$L/2500$	$L/2000$
	単連の場合	$L/1600$			

として、ここではその幾つかについて考え方の例を示そう。

橋の自重は絶えず必ず作用している。したがって永久荷重、死荷重などと呼ばれる。その大きさは実重量をとれば間違いないわけであるが、設計の段階では仮定しなければならない。また、出来上がった後でも実状を計測することは一般に困難であり、設計が完了した後、設計図から計算して照査するのが普通である。さらに将来添架物が予想されるような場合には、それをどう見込むかなどの問題もある。

1,000m、2,000mという長大吊橋となると、ケーブルおよび吊構造の自重による主ケーブルの応力は、主ケーブルに許容される応力の80~90%を占めるようになり、自重の扱いが設計上大きなウエイトをもってくることになる。

橋を架ける目的である橋を渡るものの荷重についても、渡るものの性質によってその荷重の考え方はいろいろになる。

水路橋の場合を考えれば、水の重量は水路の大

きさがわかればその断面いっぱい以上になることはないので、荷重の上限値は確定できる。

鉄道橋の場合には、企業者が列車の大きさ、重さを決めて計画されるので、将来の運行上の変更や車両モデルの変更を考えても、ある範囲で上限値を与えることが出来る。それに乗客または貨物を載せるわけであるが、限られた車体空間に乗り得る乗客の限度、または定員を厳守できればそれが上限となり、貨物も積み込む時にコントロールが出来る。したがって、設計上の列車荷重はある程度はつきりと見込むことが出来る。また、1スパン1,000mの橋の場合でも、そこには1軌道に1列車しか載らないように信号で制御することが出来る。

自動車の場合をみると、各種の車がランダムに走行し、車間距離も速度等によってまちまちである。たとえ大型貨物自動車が20tと規制されているからといって、常にそれが車間距離をつめて橋いっぱいには載ると考えることは実際的ではない。そこで、大型車混入率の高い道路での車の並び方

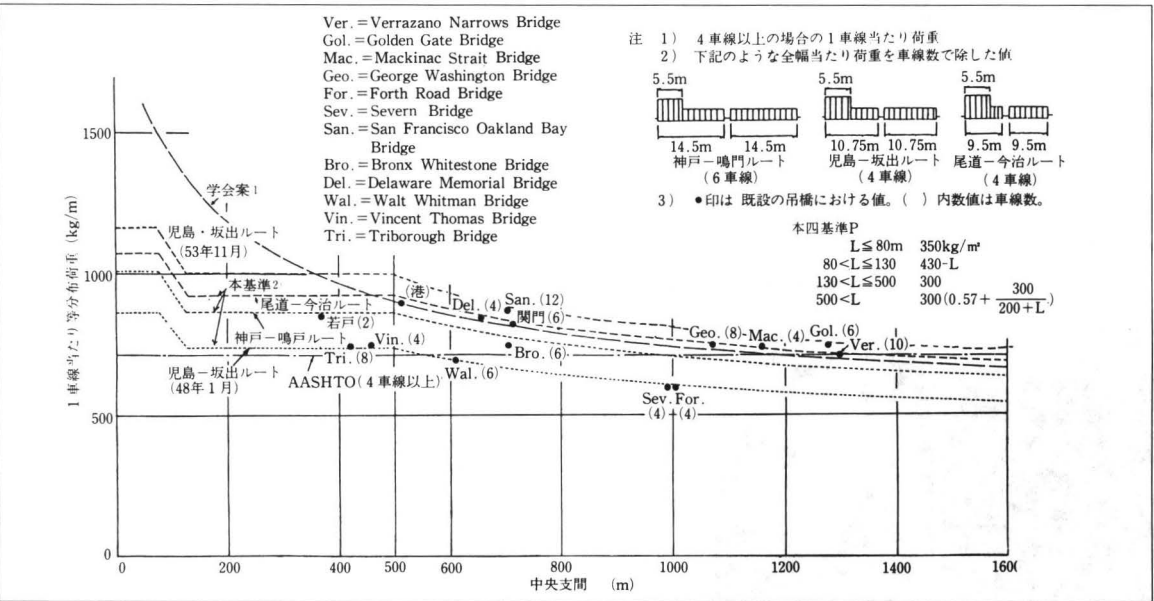


図1 本四基準、学会案、既往の吊橋の設計荷重の比較

(本四公団・上部工設計基準解説、昭和55年6月より)

防災基礎講座

を調査し、統計的に設計で採用すべき自動車荷重を求めている。

図1は本四連絡橋の設計基準を決めるために検討した際の自動車荷重の比較である。スパンが長くなると荷重が漸減している。スパンが短い場合にはたまたま大型車が何台か集中することがあっても、スパンが長くなると全体にならされてしまうからである。

スパンがそれほど長くない場合、あるいは自動車1台2台の影響が大きい床組などでは、規定されている20tトラックで設計されていても、過載荷の車が走るとその影響は大きく、橋に損傷を与え寿命を短くすることがある。法規で決められたことを厳守することの必要性が叫ばれるところである。

自然の作用の一つ、風の力を考えてみる。1879年12月、スコットランドのテイ川河口のスパン約75mのトラス橋が、強風下の夜、列車もろとも河中に転落した事故は、風圧の恐ろしさをまざまざと見せつけた。

1940年、当時世界第3位の長大吊橋アメリカのタコマ橋がわずかに19m/sの風で振動を起こして落橋した事故(写真5)は、吊橋における風の動的作用についての認識を与えた。他のいろいろな問題についてと同様、風の影響についても幾多の貴重な事例からの反省により設計方法は進歩した。橋の耐用命数を考えてその地域の風の再現期待値を

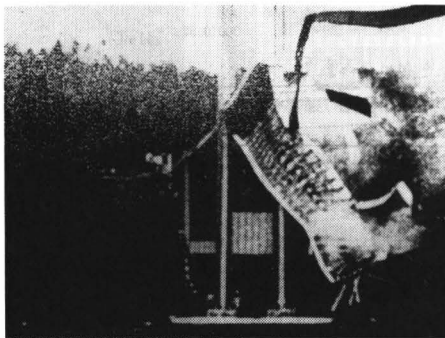


写真5 タコマ橋の落橋

求めて設計が行われる。もっとも一般的な橋では、一部の強風地域を除く日本全国の高度10mにおいて、50年間でその風速をこえない確率が0.6以上となるように40m/sを設計基準風速と道路橋示方書(平成2年2月)では採っている。

橋全体ではなく、斜張橋の斜索、アーチ橋の細長い吊材など、風による部材振動を生ずることもあり、風への対応は、架設中の状態も含め細かい検討がなされる。

2) 部材の強さ

荷重作用による部材断面力または作用応力度が解析により求められ、それに応じた部材耐力が得られるように、適当な材料を選択して橋を構成する。なお、2で述べたような変形等使用上の限界については、それに対応することも当然考える。

部材の強さを判断する場合、使用する材料の強さに適当な安全率をもたせて、部材を構成する材料に許容出来る応力度を定め、それと作用応力度とを比較して判断する方法と、部材断面耐力と作用断面力とを対比する方法がある。現在は許容応力度法と呼ばれる前者の方法が一般的であるが、鉄道橋に関しては限界状態設計法と呼ばれる後者の方法の案が平成3年3月にまとめられた。基本的にはこの両者は同等の安全性を保証でき、表現の違いともいうことができよう。

たとえば軸方向力Pを受ける鋼部材の場合、断面積をAとすれば、作用応力度 $\sigma = P/A$ 、許容応力度 $\sigma_a = \sigma_y / \nu$ (σ_u / ν' の方が小さければそれをとる)で、

$$\frac{\sigma}{\sigma_a} = \frac{P}{A} \bigg/ \frac{\sigma_y}{\nu} = \frac{\nu P}{A \sigma_y} = \nu \frac{P}{P_y} \leq 1.0$$

許容応力度法では第1の式の照査であり、終局状態に対する限界状態の照査では第4式となる。ただ、後者の場合、安全率 ν は作用力、耐荷力のばらつき、不確実性等を考えてP、 P_y それぞれに分けて与えるのが一般的である。許容応力度法での ν は、常時荷重、異常時荷重あるいは荷重の

組み合わせによって変化させている。

終局状態の照査で、部材力が圧縮の場合は、座屈が大きな問題となる。これも手痛い事故の教訓により、種々の条件における部材の全体座屈、部材を構成する要素の局部座屈等の研究が進んでいる。

部材に損傷を与えるもう一つの問題に、荷重繰り返しの影響による疲労がある。終局状態における破壊は一度発生すれば橋は崩壊に至ることが多いが、設計方法、材料の進歩によりその発生は極めて少なくなっているが、疲労による破損はなかなかあとを絶たない。ただ、これは時間とともに進行する現象であり、維持管理の間で手当てが出来る場合が多いので重大な事故には至らしめないことが出来る。

構造ディテールの些少の違い、荷重状態の変化、施工の良否など、わずかとも見える違いにより疲労損傷が生ずる。コンピュータの使用により細かい構造部分の解析が出来るようになったとはいえ、各ディテールに対して設計のたびに詳細な解析をするのは実際的ではなく、またそれによってもすべてを解明できるわけではない。事例の分析、経験に基づく洞察が、設計において重きをなすものである。

4 環境の問題

はじめに橋の3条件の一つとして環境適合を挙げた。橋がそこにあることが、目立たず、あるいは目立っても地域に融合し、あるいは地域のシンボルとして強く存在するなどはその一つである。

また、通行する車両による騒音、振動、橋のあることによる日照、電波等の阻害など環境に与える影響は、計画の当初からその対応について検討される事項である。

一方、沿線火災、他交通物の衝突などの影響も計画時からの問題である。建設中の工場地域の中



写真6 橋桁の防護工

の路線が計画された際、大量の可燃物は路線からある範囲内には置かない、という協定がなされた例がある。橋の下を通る車のため、空頭は4.5mと規定されており、通常橋の塗装足場、路面舗装などを考えて多少の余裕をとる。しかし、古い路線ではそれが保てない場合がある。その場合にはその高さは公示され、通行する車に制限が加えられる。しかし、間々それを侵すことがあり、橋桁への衝突事故が生ずることがある。写真6は、橋桁での表示と自衛上の防護工を施した例である。

狭い日本の中での環境とのかかわりは、建設に当たって多くの問題を与えている。

5 おわりに

橋梁の安全設計は、進歩を続ける材料、解析等周辺技術と、長い経験の積み重ねにより支えられて発達してきた。

ある期間を経るごとに改定が続けられている標準示方書ならびにその解説は、戦後45年の間に分厚くなり、規定の条項も細くなっている。それを基本とし、さらに日々進んでいる技術と設計者のたゆまぬ努力によって安全設計がなされている。

これまで述べたものは、この膨大な問題の中のほんのわずかの例をもって、その考え方の一端を示したものである。

(たじま じろう/田島橋梁構造研究所)

都市開発の功罪

尾島俊雄

1 都市への人口集中の必然性

日本に限らず、世界中が都市化の問題で頭を痛めている。しかし、実際には都市化の問題以前に地球上における人口の増大が挙げられる。世界人口は今世紀はじめの1925年には20億人であったが、2025年には80億人へと4倍増が予測される。また、1925年の都市人口は5億人、農村人口は15億人であったのが、2025年には都市人口が50億人へと10倍増し、農村人口は15億人から30億人へと2倍増にしかならないと予測されている。なぜこのように都市人口のみ増大し、農山村人口が増えないのかという問題が大変重要である。

第一次産業に基づく農山村においては、今日以上に地球環境の容量から考えて、人口を養い得ないと考えられる。いわゆる第一次産業の基盤である耕地の増大は微増に過ぎず、耕地当たりの収穫の増大に比例した分しか人口増が認められないために、いきおい第二次産業の工業、すなわち、化石エネルギーを消費することによって人口の増大を可能にしようとした。今日の食糧生産量は1985年では16億t、 1.6×10^9 tであり、それに対して石油換算の化石エネルギーは 6.4×10^9 t、すなわち64億t消費している。この結果から、もはやバイオバランスに基づく生態連鎖のなかでの人口の増大ではなく、かつて地球が蓄えたエネ

ルギーを消費することによって、今日の地球人口の増大が賄われているといっても過言ではない。

農業によって人口が支えられている状態では、地球上に人口に限なく分散配置されることが、農耕、水産、あるいは森林から最も収益の高い生産を上げられるが、化石エネルギーを消費することによって人口を支えたとすれば、極力集約化し、生産性を高め、また分配に要するエネルギーを少なくすることが、一人当たりの化石エネルギーを少なくすることになる。

その結果、第一次産業社会における人口が分散された社会から、第二次産業社会では人口が集約され、工場が巨大化し、スケールメリットを追いかけた生産効率が上げられ、工場周辺に都市が生まれるという第二次産業型の都市が発生した。しかし、第二次産業型の都市というのは、基本的には第三次産業型の都市への転換の過程にあったとみるのが正しい。

工場は、いずれ労働集約型の工場から機械や化石エネルギー、あるいは原子力エネルギーに基づく自動化によって無人化される。その結果、第三次産業型の都市、すなわち人口が集約されて、極力生産と消費に要するエネルギーを少なくし、化石エネルギーの消費を少なくすることによって、地球人口を吸収しようとする試みである。

もちろん、第三次産業社会においては、地域集

約化社会といわれ、コンピュータや通信機能によって、第三次産業のオフィスを中心とした都市機能は、人々の地域集約に基づく第三次産業社会が解体され、コンピュータ、あるいは通信のローコスト化によって、第三次産業型の地域集約都市も解体されるであろう。

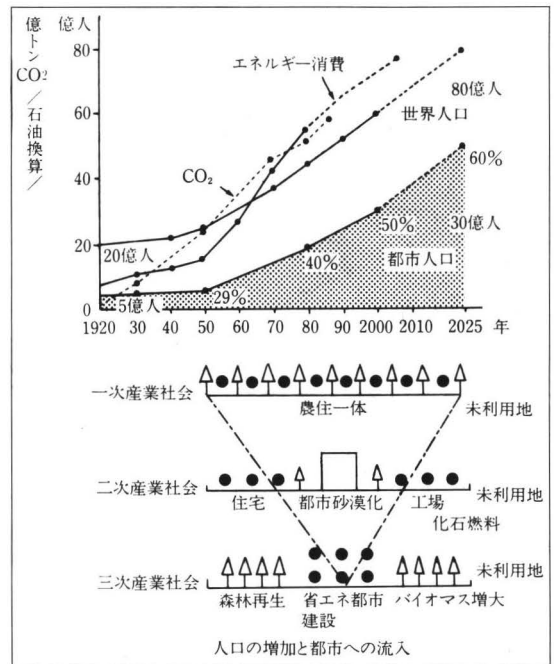
基本的には、人々が集中集積していることによる化石エネルギーの消費を減らすこと、さらにはそれによって地球環境の破壊を減らすことが不可欠となり、その結果、都市が開発され、発展せざるを得ない状態におかれる。

現段階では、先進諸国においてはすでに80%が都市人口となり、開発途上国、特にアジアにおいては20~30%であるが、2025年にはアジアにおいても60%が都市人口になると予測される。その結果、好むと好まざるとにかかわらず、農山村では人口を吸収することが出来ないために、人々が都市に集約してしまうことになり、都市建設の必然性があるといわざるを得ない。

2 近代都市の技術過信

19世紀に至る長い間の農業社会、第一次産業社会では、都市というのは宮処であり、貴族や公家の拠点であり、農民を管理する拠点としての管理都市であった。さらに戦国時代においては、城下町であり、羅城都市であったが、産業革命以後の技術に基づく化石エネルギーの消費によって、人間の労働力、いわゆる人畜のエネルギーが機械エネルギーに及ばなくなった段階で、人間以上に技術が尊重される時代になった。すなわち、機械力が人力に勝る時代にあつては、機械をつくる人間が人間を支配する時代になり、20世紀型の近代化競争社会が始まったと考えられる。

20世紀においては、少なくとも産業革命に成功した先進諸国は、世界の先進国として産業構造を重厚長大型の産業へと強力に押し進め、機械力の不足にあつては労働集約でそれを賄う。人間であれ、機械であれ、エネルギーを多消費することによって国力となり、権力となり、それが地球社会

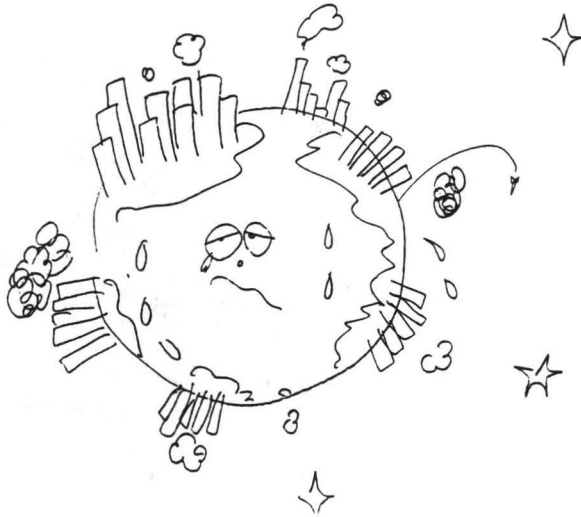


人口の増加と都市への流入

の支配者として君臨する時代であった。そうした帝国の首都が世界の首都として発展し、そうした世界的な拠点がハブ機能として、世界の交通、通信、生産消費の拠点として今日も君臨している。少なくとも、都市の管理能力がその国の力を左右し、また、盛衰を左右する時代が今日も続いている。

その結果として、開発途上国ほど都市に集中し、国としての体面を保つために、世界の国々の首都はそれぞれに背伸びしながら、世界の技術レベルを保たんとしている。どんな開発途上国にあつても、国際空港やホテルや銀行や官公庁の建物、さらにはオフィスの業務核センターは、その場所を見る限り、国のレベルや国民のレベルが判断できないほどに諸都市が均質化している。世界の国々の首都、しかもその中心部を見る限りでは、あたかもすべての技術が世界に拡散し、定着しているように見受けられる。

このような都市は、当然周辺の農山村との間に大きな格差を引き起こし、人々の都市へのあこがれ、さらに技術へのあこがれを強くする。しかしながら、20世紀末にあつて、この技術への過信、さらにはそれぞれの首都の一極集中に関して大き



都市への集中こそが地球環境に優しい開発と考えられる

な疑問が投げかけられてきた。

我が国においても、東京への一極集中の弊害問題、あるいはアジアの各国における首都機能の拡大は、農山村との大きな貧富の差を生み、また、そこにおける技術の過信がマイナスの効果を生み、その国々の文化や生活の慣習を取り返しのつかないほど打ち破り、人々を不安のなかに落とし込むという状態が続いている。

19世紀末、一時、科学と宗教のかっとうのなかで、熱エネルギー第三法則を中心として人間社会と地球世界の終末が論議された時代があった。同じように20世紀末にあっても、地球環境の破壊が話題になっている。化石エネルギーの消費は炭酸ガスを増大させ、拠点的な公害による人々の疾病、地球人口の将来、さらには地球環境の未来に関する警告が発せられるに至ったのは、すべての面で化石エネルギーとそれを多消費する技術の過信に基づき、その終局の場として都市が存在していると考えられるに至った。

3 激変する風景

人々は都市や新しい技術に対して憧憬を持ち、小さなものよりは大きなもの、古いものよりは新しいものへ、変化こそ生活であるとしていた技術

先進国が技術革新を謳歌する時代であった。しかしながら、20世紀末にあつては、技術のマイナスの効果、地球環境の絶滅と人々の文化拠点の喪失から、人間としての尊厳が疑われ始めている。

人々はアメニティを求め、コミュニティを守ろうとする運動を随所で起こし始めた。変化は善であり、巨大化は権力に結びつく時代から、人々はもう一度アーバンルネッサンスの名のもとにアメニティを守り、コミュニティを育て、さらには民族や集落や町づくりのなかでアイデンティティを求める時代になった。国際化や世界化から地域化する時代に至って、人々が再び安らぎを求める時代になった。巨大な都市や最も新しい都市が世界都市であり、競って技術革新を求めたにぎわいの都市づくりの時代から、静かで落ち着いた町づくりをしようとするトレイルブームを生み始めている。

人々は巨大化し、国際化し、技術革新が行われた結果、そこには豊かさや幸せ、人間としての生きがいが存在しなかったことを発見した。そして巨大な都市の分散を求め、再び新しい村づくりを始めようとしている。巨大都市東京の解体、遷都、分都が叫ばれたのも、このような時代に適合している。

しかしながら、ひとたび地球人口を増大させ、化石エネルギーを多消費してきたなかで、急速度にこのような後戻りすることが許されないことも確かである。人々は都市の中で再び残すべきものと壊さなければならないもの、そして新たにつくられなければならないものとの差別を始め、保存すべきアメニティと育むべきコミュニティについて、シンポジウムや国際会議などによって随所で討議を始めた。少なくとも、人間としての生活倫理が合理性に隠された時代、科学や技術が文化や芸術に取って変わった20世紀が終わらんとしている。21世紀の都市は20世紀の過渡的都市、ポストモダンとして模索し始めている。

20世紀の国際都市は明治維新の廃仏毀釈の如き、非常に多くの民族の遺産を崩壊させた。その最大の激戦の場は都市であり、またその遺物は都市に累積されていると考えられる。

4 近代都市計画手法の拡散

科学技術に基づく工業の進展は、その環境への依存を抜きにしては考えられなかった。近代技術を育成した背景には、急速に進んだ自然環境の破壊、損失があった。

工業立地の造成、工場コンビナートの育成によって、限られた自然環境を活用するため、さらには未成熟な工業技術力を補うために、無数の人々が農山村から駆り出され、工場周辺に集住することを強制された。そのために、近代都市計画の手法として用途地域が使われ、各種の地域地区の指定により、工業専用地域においては工業を専らとし、住宅専用地域にあっては、住宅以外の業務施設や遊興施設をつくってはならない。土地利用の用途を制限することによって、工場地域からの汚染物の拡散に対して、子供たちが安全に育てられた。しかし、どんどん工場が発展し、人々の集住がスプロールし、住宅地域が拡大するに従ってそれぞれが分離できず、近接した時、多くの問題を生み出した。

用途を分離することによって、人々の自然環境が侵食されていることに気づかず、気づいた時にはすでに手遅れとなり、多くの公害病患者を生み出し、公害問題は取り返しがつかない状態におかれていた。少なくとも、工場地帯に人々が最初から同居していたならば、もっと早急に公害に気づいたはずであった。

20世紀の急速度な科学技術の進展と、開発途上国が先進国への道を急いだが故に、日常の生産・消費の行為による安全対策が後手にまわってしまった。

産業の発展が格差を生むことを知った開発途上国は、我先に先進国以上の速度で近代的な都市計画の手法を導入しつつ、公害防止を無視して巨大な工場地帯を導入したため、さらには先進国が都市化、近代化した速度以上の速度で近代都市を造成したため、その周辺環境の破壊が予測をこえる速度で進展した。

結果として、地球環境が急速度に破壊され、さ



計画的に都市をつくれれば、まだ人間にも優しい生活が取り戻せる

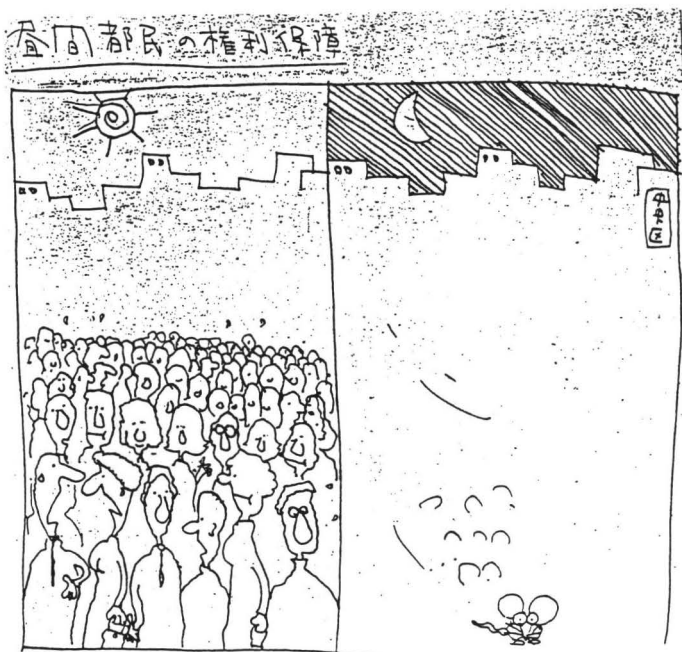
らには開発途上国の文化拠点が押しつぶされていった。特に開発途上国では、その発展を急ぐあまり、本来集住していた伝統的で文化的な集積地にすら近代的な工場が導入され、人々の生活拠点到新しい工場が立地し、そこへの交通機関や都市施設が導入されたことによって、歴史的な文化遺産や町並みが急速度に喪失した。

5 都市開発のフロンティア

歴史的な文化都市が開発途上国ほど激しく崩壊したと同じように、先進国諸国における巨大都市にあっても、その開発は加速度的に進められている。

その典型として東京都を例にとると、この40年間で400万人の人口が1,200万人と3倍に増大し、豊かさを求めてつくられた都市施設が急速に爆発的に増大している。その結果、民法に基づく土地の使われ方、公法や都市計画や建築基準法に基づく土地の活用では吸収しきれなくなり、各種の特認行政や違法とも思える乱開発が進んだ。

その結果、フロンティアと呼ばれる未利用の空間が急速度に侵食されている。たとえば、スカイフロントといわれる空中圏の活用、ジオフロントといわれる大深度地下活用、ウォーターフロント



用途地域別の近代都市計画の間違った例

といわれる水辺の空間の埋め立てなどが、戦前における東京の地表の活用に比べて数倍の速度で、しかも絶対空間から考えるとその5倍、10倍とも思える空間活用が進んでいる。

もともと未利用空間とかフロンティア空間というのは、一般的には歴史的にも慣習的にも長い間の生活の知恵では使えなかった空間が残っていた所である。そこに近代技術が導入され、先進諸国の範例に基づく可能性の限界からそうした未利用空間に挑戦しているのである。

幸か不幸か、これまで首都圏では大地震や洪水が起こっていないことで今日その存在が許されているが、ひとたび東京に関東大震災以上の災害が起きれば、その悲惨さは想像を絶するものと予測される。霞が関ビルを嚆矢としておずおずとつくりかけていた高層建築の初期時代に比して、今日の東京の超高層の乱立は目を覆うばかりである。

また、地下街をはじめとする地下空間、大深度地下空間の活用プロジェクトは、信じられない状態に達している。東京フロンティアに代表される東京都の湾岸開発、千葉県や神奈川県に見られる21世紀型の都市開発に関しても、その安全性や国

際化、高齢化社会の人々を吸収するにはあまりにも短兵急と思わざるを得ない。造り方のみならず、使われ方に関するノウハウや教育や常識があまりにも不足した状態での都市開発が進んでいる。

6 都市開発の功罪

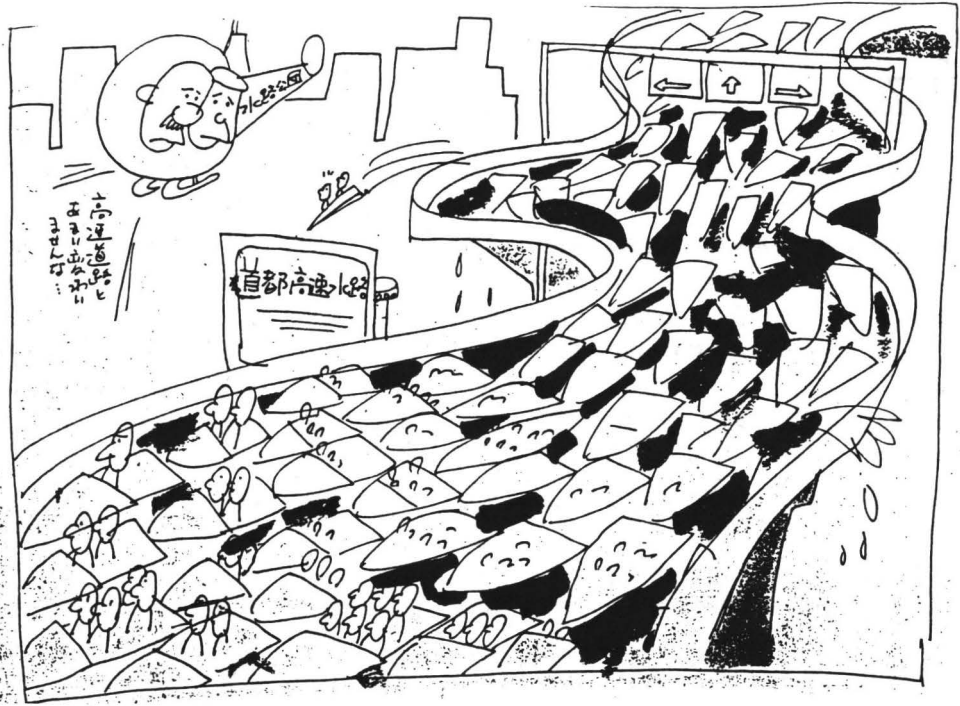
いずれにしても東京一極集中の活力は大変なものであり、21世紀は好むと好まざるとに関わらず、都市化社会を迎えている。やむを得ず都市化してい

るのみならず、都市生活は農山村の生活に比べて愉快であり、楽しく、生活の魅力をもっているからである。あたかも今日の第三次産業化社会における都市は、巨大なゲームセンターとしての機能をもち、若者を吸収し、シミュレーションに基づいた世界の第二次・第三次産業を管理・運営し、コントロールしている。

子供たちの教育過程から考えても、いつか我々の日常生活はパソコンやテレビゲームと同じ一日の社会生活をしていることになるのであろう。東京での仕事は、世界各国における第一次産業や第二次産業をコンピュータや通信で操っているシミュレーションゲームの拠点の元締めである。場合によっては、日本ではこうした職場以外は求められなくなる可能性もある。

しかしながら、ゲームセンターに集まる人々の楽しみや喜びや人間としての本来の在り方に対する発想すら、巨大都市で生まれ育つ人々には去勢されてしまうのではなからうか。

都市はブラックホールの如くに人々を農山漁村から吸い上げ、吸収し、そして都市に集まる人々はいつか去勢され、生殖力を失う。その結果、都



水を見直そうー間違った計画例

市が生産する人口は、かつて農山村が生産した人口に比べて信じられないほどの減少を示し始めている。ちょうど先進国の人口の増加がきわめて少なくなり、ドイツや日本ではすでに国家としての人口が維持できなくなっているのをみれば、先進都市における人口増加の限界も明らかである。ペシミスティックな考えをもつわけではないが、少なくとも都市そのものにおける人口は減少し続けることは明らかである。

我が国においても、農山村から人々が流れ込んでくる時代は終わりつつある。しかしながら、もし我が国が健全な都市を維持し発展させようとするならば、アジアの伝統を吸収し、世界中の人々を吸収して、はじめてその将来がある。

都市はゲームセンターであり、ブラックホールであるとすれば、このような都市を開発するというのとは一体何のためであろうかと考えると、都市はすべての生産の最後の形態、すなわち、現世の人々の墓場、ゴミ捨て場であるといえよう。

かつて人々は来世への幸せを求めて神殿をつくり、墓地をつくったが、そうした歴史的、記念碑

的建築物に比べて、現世御利益を求める都市の空間はあまりにも貧しく、汚く、「機能」の名のもとに一時の高揚の後は省みられることのない空間が広がっている。この近代科学のゴミ捨て場としての都市の虚構は、ニューヨークのマンハッタンのみならず、東京の明日の姿である。

都市計画者や町づくりをする人にとって、このような醜い都市をいかに美しく、人々がいかに大切にするような空間につくり上げていくかが、これからの課題なのである。都市開発は「善」であると信じてこそ、はじめてブラックホールの如く吸い寄せられ、掃きだめられた人々が、ゴミ箱の中でゲームに興ずるような空間から脱出するための町づくりが進められるのである。技術者もこのような観点に立って町づくりを進める必要がある。

いたずらに都市開発が功か罪かと問う時ではなく、今日の地球人口の増大と地球環境が破壊されつつある時、都市をどのように支え、その破局から人々をどのように救い出し得るかという課題に立ち向かう時である。

(おじま としお/早稲田大学工学部教授)

協会だより

損害保険業界・日本損害保険協会が行っている諸事業のうち、主に防災活動を中心にお知らせするページです。これらの活動等について、ご意見やご質問がございましたら、何なりとお気軽に編集部＝当協会防災事業室あてお寄せください。

●消防関係車両51台を全国の自治体に寄贈

損害保険業界では、当協会を通じて、昭和27年以降毎年、国および地方自治体の消防力強化・拡充に協力するため、各消防機材の寄贈を行っていますが、平成3年度は、下記のとおり51自治体に消防関係車両を寄贈することを（昭和27年からの累計寄贈台数1,939台）、また、東京都に防災機器一式を寄贈することを決定しました。

- | | | |
|-----------|-----|-----------------|
| 起震車 | 2台 | 愛知県／大阪府 |
| 救助工作車 | 7台 | 旭川市(北海道)他6自治体 |
| 化学車 | 5台 | 厚木市(神奈川県)他4自治体 |
| 水槽車 | 25台 | 立山町(富山県)他24自治体 |
| 標準車(CD-I) | 12台 | 鳴門市(徳島県)／他11自治体 |



●防災関係催事年間スケジュールが決定

損害保険業界では、当協会を通じて防災意識の高揚のため、各種の防災催事を実施していますが、平成3年度も次のスケジュールで実施することが決定しましたので、開催地に近い方の積極的参加をお待ちしております。

- 8月6日(月)'91防災シンポジウム岡山
「集中豪雨と災害」(課題)
場所：岡山衛生会館三木記念ホール
- 9月5日(木)'91防災シンポジウム名古屋
「濃尾地震100年を迎えて」
場所：名古屋市教育センター

- 8月9日(金)～11日(日)

交通安全フェア

場所：池袋・サンシャインシティ

- 8月23日(金)～28日(水)

防災フェア東京'91

場所：新宿・京王百貨店

- 8月28日(水)～9月2日(月)

防災フェア'91

場所：福岡市・岩田屋デパート本館

- 10月10日(木)～13(日)

防災プラザ・とやま

場所：富山市・アピタ

- 11月1日(金)～4日(月)

防災プラザ・おおいた

場所：大分市・明野センターアクロス



●防災図書発行予定

当協会では、毎年防災意識の普及・啓蒙を目的に種々の防災図書を発行しておりますが、本年8月中に次の2冊を発行することとしています。詳細は、10月号で報告いたしますが、希望の方は、当協会までお申し込みください。

『中京圏の地震』(予防時報特集)

濃尾地震を中心に中京圏(愛知・岐阜・三重)における、発生が懸念される地震について解説し

たものです。

『地域の安全を見つめる』

日本を8区分に分け、その地域で懸念される気象災害を解説したものです。

●第29回高校生の「くらしの安全・くらしの安心」 作文コンクールの募集

当協会では、財団法人損害保険事業研究所との共催、文部省・全国高等学校長協会の後援で、下記日程で作文募集を開始しております。

私たちの身の回りには、交通事故や火災をはじめ自然災害、他人への賠償事故などの危険がいっぱいです。しかも、社会の進歩に伴って、それらの危険は複雑・多様化してきています。そこで、豊かで安定した家庭生活を営み、社会と経済の着実な発展を図るうえで、安全・安心に対する関心の向上、および、事故や災害から身体や財産を守る工夫がいかに大切であるかを認識していただき、また、損害保険の仕組みや役割を理解していただくため、新しい時代を担う高校生の皆さんに、損害保険に関するテーマや安全・安心・防災といったテーマで作文に取り組んでいただくことにいたしました。

募集要綱概略

課題

感想の部：高校生のみなさんが、くらしの安全や安心、あるいは損害保険について、日常生活の中で感じていること、考えていること、学んだことなどをまとめてください。(題：自由)

研究の部：くらしの安全や安心、あるいは損害保険に関するものであれば、グループによる調査論文でも、また、個人の研究論文でもかまいません。(題：自由)

原稿枚数

感想の部：400字詰原稿用紙6枚以内(必ず縦書き)

研究の部：400字詰原稿用紙12枚以内(必ず横書き)

応募資格：高校生ならどなたでも

応募締切：平成3年9月9日(月)

送付先：〒101 東京都千代田区神田淡路町2-9
日本損害保険協会作文係

審査委員：木村栄一氏(中央大学教授)／成田正路氏(NHK解説委員)／五代利矢子氏(評論家)／文部省代表／全国高等学校長協会会長／日本損害保険協会

発表：平成3年11月上旬

表彰式：平成3年11月30日(土)

賞(感想の部・研究の部それぞれ)

1等 1篇 文部大臣賞／日本損害保険協会賞

2等 2篇 全国高等学校長協会賞／日本損害保険協会賞

3等 3篇 日本損害保険協会賞

佳作 10篇程度 日本損害保険協会賞

奨励賞／参加賞／学校賞

尚、詳細についてのお問い合わせは、当協会広報部広報第二課まで。

●防災映画・ビデオ貸出案内

日本損害保険協会では、災害や事故の防止・軽減のためにいろいろな事業を行っておりますが、ここにご紹介する映画フィルム(16mm)、ビデオテープ(VHS)は、このような防災事業の一環として制作されたもので、全国各地の当協会支部に配備して無料貸出を行っております。

申し込み方法：電話等により当協会または居住地管轄の支部に申し込んで下さい。

貸出方法：貸出に当たっては、原則として、当協会または各支部においていただき、所定の借用書と引き替えにお貸いたします。

映画・ビデオの内容概略

1. 火災と事故の昭和史(カラー30分)

平成3年日本損害保険協会制作

昭和の時代に代表される火災、交通事故、航

空機事故、列車事故、都市災害等の記録をつづったドキュメンタリー。(VHS)

2. 高齢者社会と介護 (カラー30分)

平成3年日本損害保険協会制作

介護は、家族、地域、行政が一体となって取り組むことが大切な時代を迎え、簡単な介護の方法、ボランティア活動、行政サービスを紹介したもの。(VHS)

3. 昭和の自然災害と防災 (カラー30分)

平成2年日本損害保険協会制作

昭和の時代に代表される自然災害の有様。その災害の記録をつづったドキュメンタリー。(VHS)

4. 応急手当の知識 (カラー26分)

平成元年日本損害保険協会制作

万一の事故や急病時に当たり、救急自動車の呼び方に始まり、すぐに役立つ応急手当の方法や日ごろからの心構えを紹介したもの。また、聴覚障害者の方々にもご覧いただけるよう手話による解説入り。(VHS)

5. 約束 (カラー24分)

平成元年日本損害保険協会制作

あるバイク事故をとおして、両親がどんな気持ちでそれを許したのか、なぜ事故が起こったのか、どうして若者の事故が多いのかを、青年たちの証言から明らかにしていくもの。(16mm・VHS)

6. 火事のある日 (カラー20分)

英映画社制作

感動的な童話の世界、その中で火災が悲しい出来事の主演を演じた場合、それは幼い胸に忘れ難い火への警戒心を植えつけるもの。(VHS) アニメーション

7. 火災 (カラー20分) 平成元年東京消防庁・日本損害保険協会共同企画

火災遭遇時の心理的動揺が人間の行動を鈍らせ、通報や伝達、さらには初期消火の遅れを招

いて被害をさらに広げる恐れがあることを解説したもの。(16mm・VHS)

8. 稲むらの火 (カラー16分)

平成元年日本損害保険協会制作

昭和9年文部省民選教育教材公募で当選し、主に青少年のための教育教材として利用されていた作品(津波災害)(16mm・VHS)アニメーション

9. 絵図に見る災害の歴史 (カラー21分)

昭和63年日本損害保険協会制作

江戸時代を中心とした近世の地震や火山噴火など、当時の自然災害の様子やその歴史を、今に残る災害の記録絵図を通して紹介・解説したもの。(VHS)

10. 老人福祉施設の防災 (カラー18分)

昭和62年日本損害保険協会制作

特に高齢者の方々が対象となる福祉施設における防災に視点を置き、実際の施設での避難誘導訓練や実験等の様子をドキュメンタリータッチで描いた記録映画。(VHS)

11. 羽ばたけピータン (カラー16分)

昭和62年日本損害保険協会制作

一般から募集した同名の防災童話を原作に製作したもので、主人公である雀のピータン一家の活躍を通して、火の不始末の恐ろしさを訴えた作品。(16mm・VHS) アニメーション

12. しあわせ防災家族(カラー21分)東京消防庁、日本損害保険協会共同企画

ごく普通の家庭における火災危険とその防止策をわかりやすく解説。(16mm・VHS)

13. くらしと損害保険 (カラー22分)

昭和60年日本損害保険協会制作

多種多様な保険商品や損害保険の基本原則、代理店の役割、保険契約など、生活の知恵として役立つ損害保険の仕組みと役割を、高校生や家庭の主婦向けにやさしく解説。(16mm・VHS)

14. 森と子どもの歌 (カラー15分)

協会だより

昭和60年日本損害保険協会制作

美しい森を舞台に動物たち、子供たちの心あたたまる交流が、美しいアニメーションで表現され、ドラマの展開の中で、自然に防火の心がはぐまれるようにストーリーが構成されている。(16mm・VHS)アニメーション

15. あなたと防災(カラー21分)

昭和60年日本損害保険協会制作

防災博士が“いざ”という時に備えて、正しい防災知識と防災行動力を高めるためのコツをやさしく解説。(16mm・VHS)

16. オット危ないマイホーム(カラー23分)

昭和58年日本損害保険協会制作

家族一人一人について考えられる危険を映像で現すことにより、家庭の中の危険に対して注意を喚起し、対応策を講じることが、安全で幸福なマイホームづくりに欠かせないことを訴えている。(16mm・VHS)

17. 工場防火を考える(カラー25分)

昭和57年日本損害保険協会制作

多くの工場に共通の火災危険と、業種に特有の火災危険について、最近の工場火災の事例と実験によって理解しやすく解説。(16mm・VHS)

18. たとえ小さな火でも(カラー25分)

昭和56年日本損害保険協会制作

いろいろな撮影技術を駆使して、火の本性、火災のメカニズムをわかりやすく見せます。(16mm・VHS)

19. わんわん火事だわん(カラー18分)

昭和55年日本損害保険協会制作

ストーリーのおもしろさによって子供たちの目を引きつけながら、火の怖さ、大切さを教える児童向けアニメーション。(16mm・VHS)

20. ある防火管理者の悩み(カラー34分)

昭和54年日本損害保険協会制作

工場の防火管理は、防火管理者がただ1人で努力すれば達成できるというものではありません。

ん。主人公の勤める工場で何が起こったか？

ドラマを通じて、防火管理を考える。

(16mm・VHS)

21. 友情は燃えて(カラー35分)

昭和53年日本損害保険協会制作

全篇を通じ級友の美しい友情がテーマになって、見る人すべてに大きな感動を与え、その感動とともに、防火のための大切な知識が心に強く焼きつけられる。(16mm)

22. 火事と小馬(カラー22分)

昭和52年日本損害保険協会制作

子供たちの幼い心に、火事の恐ろしさがひとつの印象として定着し、危険な火遊び防止の一助となるもの。(16mm・VHS)アニメーション

23. 火災のあとに残るもの(カラー28分)

昭和51年日本損害保険協会制作

火事を出さないために、一人一人が自分のまわりを自分で注意する—それを片時も忘れない—ことの大切さを、強烈に印象づけたもの。

(16mm・VHS)

24. ザ・ファイヤーGメン(カラー21分)

昭和49年日本損害保険協会制作

身近な火災危険に対する、防火のためのチェックポイントを子供にも理解できるように、やさしく楽しく訴えたもの。(16mm)アニメーション

25. 煙の恐ろしさ(カラー28分)(16mm・VHS)

26. 動物村の消防士(カラー18分)アニメーション(16mm)

27. パニックをさけるために(カラー21分)(16mm)

28. 損害保険のABC(カラー15分)アニメーション(16mm)

29. 大地震(カラー19分)(16mm・VHS)

30. 炎の軌跡(カラー45分)(16mm)

31. 火災を断つ(カラー19分)(16mm)

詳しく知りたい方は、当協会にパンフレット「防災のつどいに」がございますので、申し込みください。

地下施設に関する防火アンケート

調査結果の概要について

秋山修一

1 はじめに

東京都知事の諮問機関である火災予防審議会（会長 和達清夫 埼玉大学名誉教授）では、平成元年6月に「都市の地下空間における施設の防火安全対策の在り方」について諮問を受け、平成3年3月に答申を行ったところである。

これは、近年における都市機能の集中化等に伴い、空間の有効利用の観点から新たな空間資源として地下空間が見直されつつあり、すでにある建物の深層階、地下街、地下駐車場および地下駅等についても今後その数が増大し、さらに深層化・大規模化等していくことが予測されることから、将来的展望に立ち、都市における地下空間の利用実態を調査するとともに、これら施設の防火安全対策を総合的に検討し、都市の地下空間における施設の防火安全対策の在り方はいかにあるべきかについて諮問されていたものである。

当審議会において審議・検討を進めていくなかで、現存する地下施設や急速に開発が進められてきている地下施設に関し、一般の利用者や地下施設の勤務者等が、これら施設の火災時の安全性等について、防火の観点からどのような意識や考え方等を有しているかその実態を把握する必要性が生じてきた。

これにより、初年度(平成元年度)における実態

調査の一つとして防火アンケート調査を実施し、その結果を「地下施設に関する防火アンケート調査結果報告書（平成2年3月 東京消防庁・火災予防審議会）」としてとりまとめた。

本稿は、上記報告書の概要について紹介するものである。

2 調査種別等について

地下施設に対する人のかかわり方の違いから、次の3種類のアンケート調査を実施することとした。

A 一般の人に対する調査

最もよく利用する地下施設、および、2番目によく利用する地下施設ならびに地下施設の大規模化・複合化等について、東京消防庁管内に在住している一般の人を対象とした防火アンケート調査（以下「調査A」という）。

B 特定地下施設の勤務者に対する調査

東京消防庁管内にある深層階を有する建物および地下街・地下駅舎等が複合化・深層化している地下施設を、それぞれ5対象および4対象の計9対象(表1、表2参照)選定し、当該地下施設の勤務者を対象とした防火アンケート調査（以下「調査B」という）。

C 特定地下施設の周辺ビルの勤務者に対する調査

「調査B」で選定した地下街、地下駅舎等が複合化・深層化している地下施設4対象のうち3対象を選び、当該地下施設のそれぞれについて周辺ビルから数対象選定し、これら周辺ビルの勤務者を対象とした防火アンケート調査（以下「調査C」という）。

3 調査項目について

調査項目については、表3のとおりである。

4 調査時期・回収結果について

(1) 調査時期

平成元年11月6日～同年12月13日

(2) 回収結果

各調査の回収数等については、表4のとおりである。

なお、調査Bの特定施設においては外国人がかなり勤務している施設もあり、言語理解等の理由により、結果としてこれら外国人勤務者については、回答者の中にはほとんど含まれていないと考えられる。

5 調査結果の分析について

1) 対象者の構成

(1) 調査A

ア 男女構成

男1,186人(53.4%)、女1,028人(46.3%)とほぼ同数となっている。

イ 年齢構成

20歳未満60人(2.7%)、20歳代から50歳代まではそれぞれ402人(18.1%)、521人(23.4%)、533人(24.0%)、395人(17.8%)とほぼ同率となっている。

(2) 調査B

表1 地下施設の大規模化・複合化に関する調査対象物の用途

対象施設	用途
B T ₁	地下街・地下駅舎
B T ₂	地下街
B T ₃	準地下街・地下駅舎・建物地階の店舗等
B T ₄	地下駅舎および建物地階の店舗等

表2 地下施設の深層化に関する調査対象物

対象施設	階数 ($\frac{\text{地上}}{\text{地下}}$)	建築面積(m ²)	延面積(m ²)		地階用途	
			地下延面積(m ²)	階	用途	
B T ₅	8/6	3,242	38,187.9	B 1	百貨店・倉庫	
				B 2	〃	
				B 3	〃	
				B 4	飲食店・倉庫	
				B 5	電気室・倉庫	
				B 6	機械室・倉庫	
B T ₆	10/6	8,596.6	115,830.6 43,080.1	B 1	飲食・物販・学校・事務室	
				B 2	駐車場・印刷工場	
				B 3	〃	
				B 4	〃	
				B 5	倉庫・事務室	
				B 6	機械室・印刷工場	
B T ₇	9/6	5,065.1	76,918.7 28,920.1	B 1	食堂・売店	
				B 2	事務所・駐車場	
				B 3	駐車場	
				B 4	駐車場	
				B 5	事務所・倉庫	
				B 6	電気・機械室	
B T ₈	0/6	412.9	13,604.1 13,604.1	B 1	事務室	
				B 2	スタジオ	
				B 3	防災センター・放送機械室	
				B 4	放送機械室	
				B 5	スタジオ・事務室	
				B 6	電気・機械室	
B T ₉	3/6	3,777.6	22,363 16,214.7	B 1	拝観室	
				B 2	殿庭・子供室	
				B 3	管理諸室・駐車場	
				B 4	ホール・会議室	
				B 5	スタジオ・機械室	
				B 6	倉庫・機械室	

ア 男女構成

男653人(78.8%)、女172人(20.7%)となっている。

イ 年齢構成

40代が最も多く222人(26.8%)、次に30代が190人(22.9%)、20代が188人(22.7%)等となっている。

ウ 職場での立場構成

従業員が454人(54.8%)、責任者(管理者)が321人(38.2%)、パートタイム(アルバイト)が33人(4%)等となっている。

パートタイムの比率が小さいが、これは実際勤

務している人の比率を必ずしも表すものではないと思われる。

エ 勤務年数別構成

5年以上が最も多く367人(44.3%)、次に1年から3年未満が168人(20.3%)、3年から5年未満が142人(17.1%)等となっている。

オ 勤務階別構成

地下1階に勤務する人が445人(53.7%)と最も多く、次に地下2階の229人(27.6%)、地下3階が107人(12.9%)等となっている。

(3) 調査C

ア 男女構成

男384人(65.2%)、女196人(33.3%)となっている。

イ 年齢構成

20代が最も多く192人(33.1%)、次が40代(23.4%)、30代(20.3%)、50代(15.0%)等となっている。

男女比率では年代が上がるにつれて女の比率が少なくなっている。

女の比率は、20歳未満では71.4%であるが年代が上がるにつれて減少し、40代で13.9%、50代では16.1%となっている。

2) 調査結果の分析

(1) 対象施設(特定施設等)について

① 対象施設の安全性について

安全でないと感じている人よりも安全と感じている人の方が多くなっている。調査Bでは安全と感じている人が特に多くなっている。

表3 アンケート調査対象別調査項目

調査項目	調査種別 アンケート調査	調査A	調査B	調査C
		一般の人	特定地下施設 の勤務者	特定地下施設 周辺ビルの 勤務者
対象施設の利用頻度				
・最も利用する(および2番目に利用する)地下施設は何か ・対象施設を通勤・食事等に利用しているか		●		●
不安度等				
■地下施設で行き先に迷ったことはあるか ・対象施設で迷ったことはあるか		●		●
■最も不安を感じる地下施設は何か ・対象施設は安全と思うか ・対象施設の不安要因は何か		● ● ●	● ●	● ● ●
火災発見時の対応				
・火災発見時、最初に何をするか ・自衛消防隊員としての役目は何か →その役目の自信はあるか			● ● ●	
避難について				
・放送により適切な情報伝達が期待できるか ・誰が避難誘導をしようと思うか(自衛消防隊等) ・避難経路の安全性についてどう思うか ・避難を自分の判断で行うか ・落ちついて避難する自信はあるか ・逃げ遅れた場合、消防隊に救助されると思うか →「救助されない」と思う理由。		● ● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●	● ● ● ● ● ●
防災訓練について				
・防災訓練の参加の有無 →回数 訓練内容 不参加の理由			● ●	
地下施設の大規模化・複合化について				
■地下施設の大規模化・複合化と安全性に関する考え方等		●	●	●
地下深層階での火災について				
■火災時の避難に不安を感じるのは地下何階からか。 ■どうやって避難するか。 ■地上の高層階と比較した場合の不安は何か。		● ● ●	● ● ●	● ● ●
地下施設の火災対策について				
■地下施設で特に必要な防火対策は何だと思うか。 ■地下施設の火災について特に消防機関に望むこと。		● ●	● ●	● ●
回答者について				
・性別 ・年齢 ・役職 ・勤務年数 ・勤務階		● ●	● ● ● ● ●	● ●

(注) ●：調査を行っている項目
■：対象施設(特定施設等)についてではなく一般的に調査する項目

② 不安要因について

「パニック」に対する不安が最も多く、次に「停電による暗闇」「炎や煙による避難障害」および「避難経路のわかりにくさ」が多い。調査Bでは「避難経路のわかりにくさ」はかなり少なくなっているかわりに「多量の可燃物」に対する不安が大きくなっている。

全体的に見ると、避難に関係した項目に不安が集中している傾向がある。

③ 避難について

(ア) 避難誘導の期待度について(調査Bを除く)

「そんなことは期待できない」と回答した人が過半数となっており、避難誘導の期待がそれほど大きくないことが伺える。

(イ) 適切な情報伝達の期待度について

「あまり期待できない」および「まったく期待できない」と回答した人が、調査Aでは71.2%、調査Cでは56.3%と期待度はかなり低い、調査Bでは60%の人が「だいたい期待できる」または「期待できる」と回答しており、利用者の

グループと勤務者のグループでは、反対の傾向を示している。

(ウ) 避難路の安全性について

調査Aでは安全でないと思っている人が多いが、調査Bおよび調査Cでは安全と思っている人が多くなっている。

(エ) 避難方法について

調査Aでは「従業員の誘導に従う」が最も多く39.7%となっているが、調査Bおよび調査Cでは「自分の判断で避難する」と回答した人が、それぞれ56.3%および45.7%となっ

ており、空間の認知度が高くなるにしたがって自分の判断で避難できるとする意識が高くなっていると思われる。

(オ) 避難の自信について

調査Aでは、「あまり自信がない」および「自信がない」の合計比率が65.8%であり、調査Cおよび調査Bではそれぞれ42.9%、12.5%となっており、「最もよく利用する地下施設」については避難についての自信度が低いことが伺えるが、空間的な認知度が低くなればさらに自信度が低くなると考えられる。

④ 救助の期待度について

調査Aおよび調査Cについては、「わからない」の率が圧倒的に大きく、「救助される」と「救助されない」の率がほぼ同じであるが、調査Bについては「救助される」が42.5%、「救助されない」が10.9%と救助の期待度がかかなり高くなっている。

(2) 一般的事項について

① 地下施設の大規模化・複合化について

調査A、調査Cおよび調査Bの3調査とも「さ

表4 地下施設に関する防火アンケート調査の調査対象者・調査対象施設および回収数等

調査種別 調査対象	調査 A	調査 B		調査 C	
調査対象者	各消防署(76署)管轄区域内から30人(男女ほぼ同数、18歳以上)を適宜選定した。なお、特定の年代に集中しないよう配慮した。	BT ₁ からBT ₉ までの特定地下施設の勤務者		BT ₁ 、BT ₃ およびBT ₄ の特定地下施設の周辺ビルの勤務者	
調査対象施設	最もよく利用する地下施設および2番目によく利用する地下施設	BT ₁ からBT ₉ までの特定地下施設		BT ₁ 、BT ₃ およびBT ₄ の特定地下施設	
		特定施設	回収数	特定施設	回収数
		BT ₁	228	BT ₁	191
		BT ₂	152		
		BT ₃	143	BT ₃	197
		BT ₄	60	BT ₄	201
		BT ₅	50		
		BT ₆	50		
		BT ₇	54		
		BT ₈	49		
BT ₉	43				
対象者数合計	2,280	860		600	
回収数合計	2,222	829		589	
回収率	97.5%	96.3%		98.2%	

(注)「調査対象施設」欄中の特定地下施設(9対象)については、BT₁~BT₉で表す。

らに火災対策を充実すれば、大規模化・複合化してもよい」と考えている人の率が高い（それぞれ44.3%、59.3%、50.7%）。

調査Bでは「現状の火災対策で問題ない」と思っている人の率(12.8%)が調査A(1.8%) および調査C(2.7%)よりもかなり高くなっている。

利用度が高くなるにつれて、地下施設の大規模化・複合化に対して現状肯定的な意識が働くとと思われる。

一方、「火災対策にかかわらず大規模化・複合化すべきではない」とかなり否定的な考えをもっている人は、調査Aで33.3%を占めており、調査Cおよび調査Bでもそれぞれ23.8%、18.6%を占めている。

② 深層化について

(ア) 避難について不安を感じる深さ(階)について

「地下の階数にかかわらず不安を感じる」と思っている人は、調査Aでは40.5%、調査Cおよび調査Bでは、それぞれ約30%となっており、「地下3階」までを加えると、それぞれ90.2%、87.1%および82.9%となっており、地下3階ではほとんどの人が不安を感じているといえる。

また、利用度が高い順に不安を感じる階が深くなっている傾向が見られる。

(イ) 深層階（地下5階程度以下）からの避難手段について

調査A、調査Cおよび調査Bとも「階段で地上までかけのぼる」と回答した人が最も多いが、その比率はそれぞれ54.4%、66.0%、70.3%と増えており、反対に「どこへ逃げたらいいかかわからない」の率がそれぞれ20.5%、12.1%、8.4%と減っている。

また、「地上まで避難することは困難なので、どこか安全な場所を見つけて避難する」と回答した人がそれぞれ17.6%、14.3%、14.5%を占めており、地上への避難が困難であるとする意識が一定レベルあることを示している。

(ウ) 地上と比較した場合の不安について

調査A、調査Cおよび調査Bの3調査とも、「炎や煙のため避難がより困難である」「パニックが起り混乱する度合いが大きい」および

「停電で暗闇となり不安が大きくなる」と回答した人が20.9%～28.5%とほぼ同じ比率を占め、調査Cでは「停電で暗闇となり不安が大きくなる」が28.5%を占めていること、および調査Bでは「階段での避難がより困難である」が他の2調査より多くなっている傾向が見られる。

また、「不安の度合いは変わらない」と回答した人が3調査とも10%程度を占めている。

③ 地下施設において、特に必要な防火対策について

設問の各選択肢は実際にはどれも重要であり、集計結果もこのことを反映しているが、調査Cにおいては「煙が入りにくくする等の避難路（階段など）の安全化対策」（17.4%）および「消防隊が容易に救助・消火活動ができる進入路の確保対策」（11.2%）と回答した人が他調査（調査Aでは、それぞれ14.9%および7.5%、調査Bについては14.8%および7.8%）より若干多くなっている。

④ 消防機関への要望事項について

調査A、調査Cおよび調査Bとも「迅速な救助・消火活動」をあげる人が最も多いが、その比率は調査A、調査Cおよび調査Bの利用度の順に38.5%、46.7%、55.4%と増えている。

一方、「消防機関による火災予防査察」については、調査A、調査Cおよび調査Bの利用度の順に19.3%、15.1%、10.5%と割合が減っている。

また、「消防ロボットなど消防装備の高度化」と回答した人は、調査A、調査Cおよび調査Bにおいて、それぞれ15.3%、13.6%、16.6%とほぼ一定の比率を占めている。

(3) 空間の認知度との関係について

実施した3種類のアンケート調査の対象者について、①調査A（一般の人）、②調査C（特定地下施設の周辺ビルの勤務者）、③調査B（特定地下施設の勤務者）という順序は、利用頻度および空間の認知度が大きくなる順序であると言える。

また、避難関係の項目（適切な情報伝達の期待・避難経路を見つける自信・避難経路の安全性等）についてみると、この順に安全または自信があるという傾向が高くなっており、対象施設の安全度

の意識については、避難関係の項目との関連性が高いことがわかる。

しかし、調査Bについては、勤務年数と避難関係項目との関連性は高いが、勤務年数と対象施設の安全度の意識とは、明確な関連性が見受けられない。

(4) 男女別の傾向について

男女別では、各調査項目で傾向の違いがかなりみられる。

対象施設に対する安全度の意識・避難関係の項目・地下施設の大規模化等に関する考え方では、いずれも男性より女性の方が「安全でない」または「自信がない」と感じる傾向が見られ、地下階に対する不安感も女性の方が高い傾向が見られる。

このことは、当アンケート調査の対象者の内訳を見ると、女性は年代が若く、職場での立場についても責任者より従業員が多く、勤務年数も短くなっており、上にあげた要因との関連性が高いものと考えられる。

(5) 年代別の傾向について

調査種別によって明確でないものもあるが、全体的には、年代が上がるにつれて対象施設の安全度および避難関係の項目における安全側の傾向がみられる。

ただし、年代が上がるにつれて、深層階からの避難については「階段による避難」に困難を感じている傾向が見られ(調査A)、また、地下施設の大規模化等に関する考え方については否定的な傾向がみられる。

(6) 職場での立場別傾向について

職場での立場については、調査Bのみの項目であるが、責任者・従業員・パートタイムの順に、対象施設に対する安全度の意識・避難関係の項目・地下施設の大規模化等に関する考え方について、「安全でない」または「自信がない」と感じる傾向が強くなっている。

(7) 数量化第Ⅲ類による各設問・選択肢(アイテム・カテゴリー)の関係について

数量化第Ⅲ類により、対象施設に対する安全度の意識によって、各設問・選択肢をグループ化で

きる。

調査A、調査Bおよび調査Cにおいて共通して言えることは、次のとおりである。

- ① 対象施設が安全であると感じているグループは、避難関係の項目(適切な情報伝達の期待・避難経路を見つける自信・避難経路の安全性等)について安全側の回答を、また、その逆に安全でないと思っている人は、避難関係の項目について非安全側の回答をしている傾向がある。
- ② 男女別では、男性は対象施設が「だいたい安全である」と感じているグループに、また、女性は対象施設が「あまり安全でない」と感じているグループに含まれ、対象施設についての安全度の意識の違いがあることが示されている。
- ③ 地下施設の大規模化・複合化について「現状の火災対策で問題はない」と考えている人は、対象施設が「安全である」と感じる傾向がある。なお、調査Bについては、防災訓練の経験があり訓練回数が3回以上の方が対象施設を「安全である」と感じる傾向がある。また、その逆に防災訓練の経験のない者は、対象施設を「安全でない」と感じている傾向がある。

6 おわりに

すでに存する地下施設、および、今後さらに深層化・複合化等することが予測される地下施設に関し、これら施設を利用する方を対象として、防火アンケート調査を行ったところである。

アンケート調査は、考え方や意識等人間の心理的側面を把握するには有効な手法であるが、また、アンケート調査という性格上、かなりの制約もある。

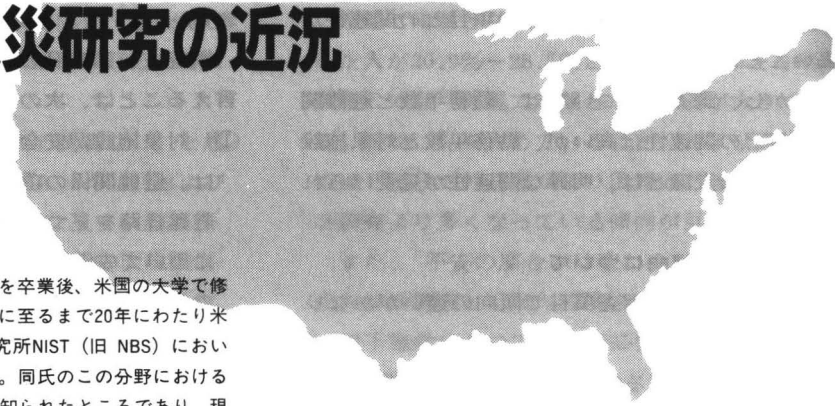
しかしながら、本アンケート調査の結果から、地下施設に関する多くの有益な傾向がとらえられ、本年3月の火災予防審議会の答申書の中においても重要な位置を占めている。

本防火アンケート調査の結果が、地下施設の防火関係者の方々に広く活用されることを期待している。

(あきやま しゅういち/東京消防庁予防部予防課)

アメリカの火災研究の近況

柏木 孝



著者紹介

柏木博士（在米）は、日本の大学を卒業後、米国の大学で修士、博士課程を終えられ、以後今日に至るまで20年にわたり米国 Gaithersburg, MD にある国立研究所NIST（旧 NBS）において火災の基礎研究を続けられている。同氏のこの分野における数多くの優れた業績は各国間によく知られたところであり、現在世界的に最も活躍している著名な研究者の一人である。（編集委員 秋田一雄）

1 まえがき

日本のことわざに、怖い物の代名詞として、地震、雷、火事、親父と言われているくらい、昔から火事は日本社会の問題の一つとして考えられていた。しかし、アメリカ社会においては火災に関する見方が日本とかなり違っているため、その説明を抜きにしては、アメリカにおける火災の研究ということを理解しにくいので、まずアメリカ社会で火災というものをどう考えているかを簡単に説明しておこう。

アメリカでは、火災により年間4,000～5,000人の死者が生ずるが、これは自動車事故による死者の約10%である。しかし、自動車事故による年間の死者数がベトナム戦争を通じて死亡したアメリカ兵士の数より多いにもかかわらず、アメリカ社会では自動車事故はあまり問題になっていない。例外は酔っ払い運転で、これは他人に迷惑がかかり、当人以外の他の人々が負傷したり死亡したりするためである。

そのため、自動車事故が増えることはわかっているにもかかわらず、多くの州ではエネルギー問題は終わったとして、高速道路の最高速度を55マイル/h（約88km/h）から65マイル/h（約104km/h）に上げている。このことはアメリカの個人主義的考え方の特徴の一つで、個人の運転はその個人に責任があ

って、政府が個人の運転の仕方にどうこう言うことを極端に嫌う。

同じ傾向が火災に関してもあり、アメリカにおいては火災保険と煙感知器があれば火災は社会的問題の一つではないとみられている。後者は火災初期の避難で人命を守り、前者は物件の損害の支払いである。そのため、ある人が不始末から火事を起こしその家が燃えくずれても、周りの人や友人は皆その人が不運だったと考え、その人に同情する。

以上のように、火事に対する考え方がアメリカと日本では非常に違っている。

2 州政府と連邦政府における研究

アメリカ合衆国といわれているように、アメリカは50州からなっており、火災関係の規格は州政府ならびに郡政府が決め、そこに施行の責任がある。連邦政府がそのようなことをするのは一般の建築物については非常にまれである。

たとえば、最近施行されたカリフォルニア州のTB133という公共建築物中に使われる椅子ならびにソファに関する規格は、カリフォルニア州のBureau of Home Furnishingsが中心になってつくったもので、これはカリフォルニア州に施行されるためにつくられた。しかし他の州でもこ

れを採用するところがあり、時とともにさらに他の州にも広がる傾向にある。

その反対に、ニューヨーク州とニューヨーク市で、約1年ほど前から、高分子物質の燃焼ガスの毒性値の測定とその表示が要求されているが（規制ではない）、これは今のところこの州だけで、他の州が追随する傾向はまったくない。

どちらかというカリフォルニア州が、アメリカにおいては環境の規制など一番初めにやり、また基準も一番厳しい傾向にある。

アメリカで基礎研究をする場合には、研究費を取ることが最も重要で、火災に関しては連邦政府ならびに州政府が必要に応じて研究費をだす。具体的には、防衛省、商務省、農林省、NASA、航空庁、消費者安全庁（CPSC）、カリフォルニア州等である。

防衛省は、主に海軍の軍艦ならびに潜水艦に関する火災の研究で、複合物質の燃焼特性、煙の流れ、燃焼ガスによるさび、ハロンの代替物等、幅広く応用研究をしている。

商務省は、私の所属している National Institute of Standards and Technology 通常 NIST（前名 標準局）で、ここは一般の建築物の火災を最も広くアメリカのなかでやっており、研究は基礎から応用まで約80人の研究員で行っている。

農林省では、森林火災に関するものをモンタナ州にある Forest Products Research で主に行っている。

NASA は、宇宙飛行船ならびに宇宙ステーションに関する火災で、無重力下での火災という特殊な問題を扱っている。NASA の研究所の一つの Lewis Research Center（オハイオ州のクリーブランドにある）で多くの無重力状態での燃焼の研究を活発に行っており、その一部として火災の研究をしている。

航空庁は、飛行機の火災の研究で、ニュージャージー州のアトランティックシティにある研究所で、実物大飛行機の火災、内装物の燃焼特性、スプリンクラー、燃焼ガスの毒性等幅広い研究をしている。

CPSC は、衣類（特に子供の寝巻き）、室内装飾物（カーテン、ジュタン、家具）等の規制ならびに研究費の提供をしている。

カリフォルニア州では、椅子やソファー、家屋断熱物（天井裏等に使用）、高分子の空気ダクト等に関する火災試験法の開発ならびにその規制を州内で行っている。

他にも、エネルギー省では鉱山に関する火災を鉱山局のピッツバーグ研究所内で行っている。

3 民間での火災研究

民間として基礎ならびに応用研究で特出しているのは Factory Mutual Research Corporation（Norwood, Massachusetts）で、これは保険会社の研究所で、非常に幅広い火災の研究が活発に行われている。

民間の検定試験所として、シカゴにある Underwriters Laboratories（通称UL）がいろいろな試験法を開発し、試験に合格した市販品には、ULのマークをつけることとしている。

Southwest Research Institute（サンアントニオ、テキサス州）は受託研究を主にし、その一つとして NIBS（National Institute of Building Sciences、通商団体）によってサポートされている燃焼ガスの毒性の試験法を開発している。

この他に、Weyerbauser（シアトル）、B. F. Goodrich（クリーブランド）、デュポン社（ウィルミントン、デラウェア州）等は、それぞれ各自の火災研究部門をもって各々の製品ならびに受託研究をしている。

大学関係では、カリフォルニア大学のパークレ一分校でウィリアムソン教授（土木工学）、パグニ教授とフェルナンデス・ペロ教授（機械）等が基礎的な火災の研究をし、メリーランド大学では火災工学の学科があつて修士課程までのプログラムがある。ウースター技術大学（Worcester Polytechnical Institute, Worcester, Massachusetts）でも修士課程のみ火災工学のプログラムがある。

アメリカの火災の研究に興味があり、その見学を希望する人々には、まず基礎研究ではNIST、FMRC、パークレー分校を勧める。応用研究に興味がある人々にはSWRI、NIST、FMRCと航空庁を勧める。

4 アメリカの火災研究の背景

アメリカの火災の基礎研究における一つの特徴は、建築専門の人が火災研究をするのはまれで、主な専門は機械科をでた人で熱伝達、空気力学、燃焼を専門とした人々、ならびに化学を専門としていた人々である。そのためか、基礎研究から得られた知識が実際の建物の防災に应用される効率があまり高くない。どちらかといえば建設会社よりも化学会社（たとえばデュボン）や製造会社（たとえば家具製造）が火災に関して熱心である。

その理由は、火災の規格と火災後の訴訟問題によるものである。アメリカの建築業界はほとんど火災に関しては興味を示さず、どちらかという火災の規定は彼等にとって設計をつくる際の制約と考えられている。

アメリカの建築物の大きな火災には必ず大きな訴訟問題が起こる。1986年のブルトリコで起きたデュボンプラザホテルの火災の後では、遺族が、そのホテル、ホテル内のいろいろの物をつ

つた製造会社ならびにその物品の原料会社（椅子、カーペット…）までに訴訟問題を起こし、総計約2.4億ドルの損害賠償金になると推定されている。

この訴訟問題は典型的なもので、このような火災に関する訴訟問題は増える傾向にあり、一般の家庭の火災にも広がる可能性がある。そのために、上記の会社等が火災

に対して多大な関心をもっており、絶えず火災の研究ならびに規制に着目している。

5 アメリカでの最近の火災研究の趨勢

アメリカの火災の研究は、昔のE-84（トンネルテスト）、UL-94、NBSの煙箱等の分類型のテストよりも、物品の燃焼特性の測定と、その測定値を使って火災の成長のモデルにいて、そのものが実際に使われているような条件での火災の推定をするという方向に最近では進んでいる。そこで必要になるのは、燃焼特性値の定義とその測定方法、さらに火災成長のモデルである。

それについて、以下簡単にアメリカの現状を説明する。

1) 燃焼特性の測定方法

(1) 発熱量

最近になって最も多く使われているものはコーンカロリメーター（Cone Calorimeter）と呼ばれるもので、これは、1980年代の初期にNBSのバブロスカ博士¹⁾によってつくられたもので、電氣的に高温に暖められた円錐型のインコネルからの熱放射を試料に加えて、小さなスパークから着火させて燃焼中の酸素の消費量、CO、CO₂、He-Neレーザービームの吸収率、ススの量等を測定するもので、その概要が図1に示されている。

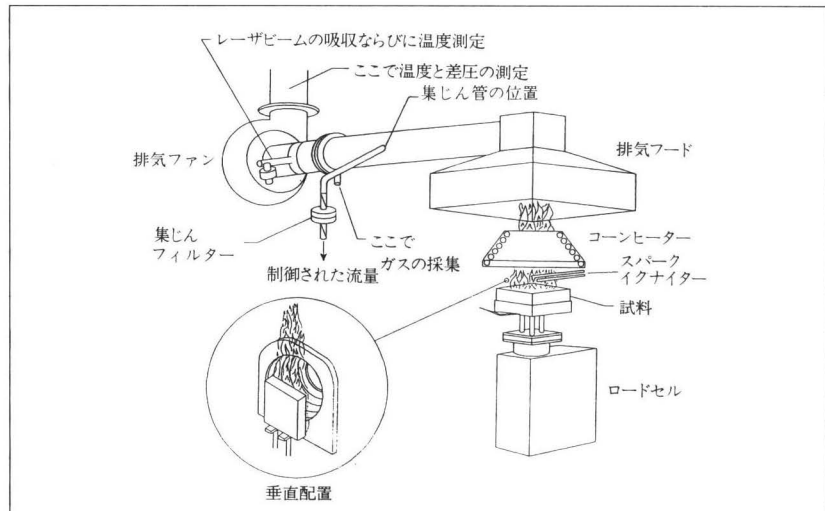


図1 コーンカロリメーターの概略図

熱放射流束は、インコネルの温度を変えて約100kW/m²まであげられる。燃焼中の発熱量は、単位重量当たりの酸素消費に基づく発熱量が、すべての炭化水素について約10%以内の精度で13.4 MJ/kg であるという基礎に基づいて²⁾、酸素の消費量から計算されている。

この発熱量の測定の仕方は比較的簡単で、Furniture Calorimeter (家具等の燃焼発熱量) や Room Calorimeter (室内で物が燃える発熱量) にも使われて、燃焼ガスの酸素濃度と空気の流量から発熱量を計算している。

コーンカロリメーターの試料の大きさは約10cm×10cmで、水平ならびに垂直におかれた状態で燃焼することができる。データはパソコンで記録され、その解析も同時に行われる。コーンカロリメーターは世界でほぼ4社によって市販され、ASTM E1354, ISO DIS 5660と称され、将来規格に使われる可能性が大きく、ヨーロッパの1992年以降のECの規格に使われる可能性もある。アメリカならびにヨーロッパでは、コーンカロリメーターは現在多く使われている。

これと似たものはOhio State University Cal-

orimeter (O S U) で、これは1970年代の初期にオハイオ州立大学のスミス教授によってつくられたもので、発熱量は熱電対で測定された燃焼ガスの排気温度から計算されている(最近、酸素の消費量からも発熱量が測定できるようになった)。航空庁の飛行機の内装の発熱量の規格はこのカロリメーターに基づいている。他にFMRCのTewarson Calorimeter がある。これも原理的にはコーンカロリメーターとまったく同じで、一つの特長は、空気だけでなく酸素の濃度をかえた供給ガスを与えることができる。しかし、熱放射は高温のタングステンランプで、その発光スペクトルは火災のものとはかなり違っていているという短所がある。

NISTにはコーンカロリメーターの2号機と

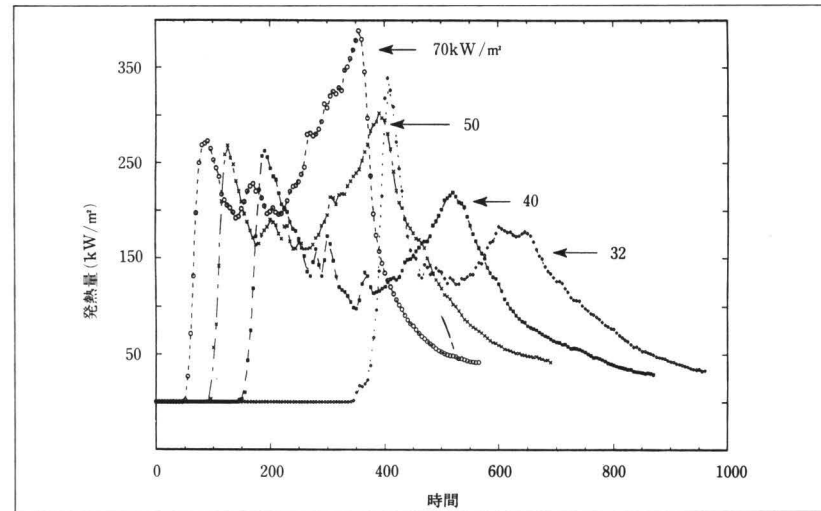


図2 外部からの放射熱によるポリカーボネートの発熱量の変化

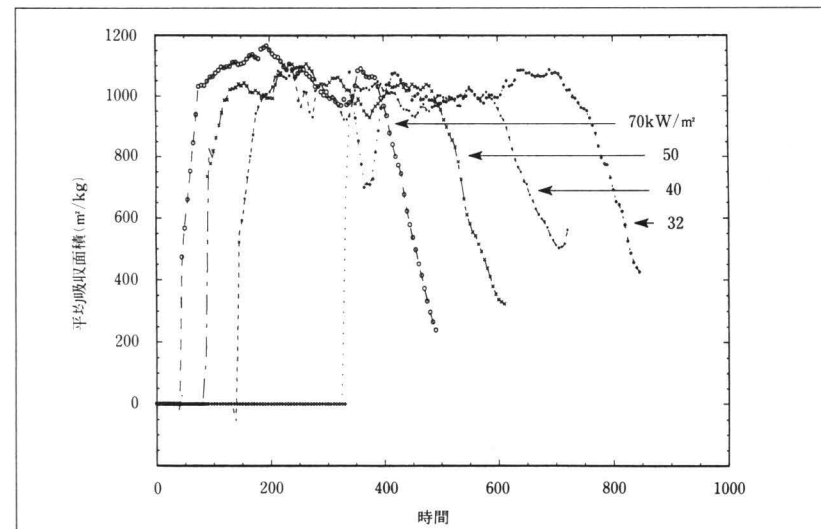


図3 外部からの放射熱変化によるポリカーボネートの燃焼ガスのHe-Neレーザー光線の単位質量ならびに単位流量体積当たりの吸収

して、やはり酸素の濃度を変えられる装置のものも研究用として使用されている。これらのカロリメーターは外部からの熱放射量を変えることによって、試料が室内で燃える時の類似の条件での発熱量、スス、CO等が測定される。その一例としてポリカーボネイトの発熱量を、図2に示す。

これは外部からの四つの異なった放射量のもとにおいて、着火遅れと発熱量が放射量によってどう変わるかを示している。使われた試料の厚さは約3mmである。

He-Neレーザー光の吸収から計算されたススの量に関するデータが図3に示されている。このデータは、図2と同じ実験から得られたもので、熱放射量が増えてもススの量は増えないことを示す。以上の他にもいろいろなデータが求められているが、紙数の都合により省く。

(2) 火炎伝播

火炎の伝播特性の測定にはLIFT (Lateral Ignition Flamespread Test) という装置が用いられている。この装置は、図4に示されているように、試料は幅約15cm、長さ80cmで垂直に置かれ、ガスバーナーによって熱せられた放射板からの熱放射は試料の長さ方向に向かって徐々に減少していく。小さなガス火炎が着火のパイロットとして熱放射の一番高い場所の上に試料に触らないように使用されている。

着火遅れと火炎伝播速度と熱放射量との関係が一つの実験から導かれる。また、放射板の温度を変えることによって着火遅れと熱放射の関係も測定される。NBSのクインティア博士は、この測定された二つの関係から、その試料の熱定数 (K熱伝導率、ρ密度、C比熱) の積の値 (KρC) とΦ (火炎からの熱のフィードバック) の値を求めた³⁾。これらの値はその試料の着火と火炎伝播の特性値とみられる。データのほんの一部を表1に参考のために載せてある。

2) 火炎成長モデル

アメリカの研究の特徴の一つは、上記に測定された特性値を用いて、火炎成長モデルを使って、その試料がどのような状態で使われた時に、どの

ような火災になるかを予測できるようなモデルをつくるのに多大な努力をしていることである。

いろいろなモデルがあるので、ごく限られたものだけを簡単に説明してみる。

上記のカロリメーターから測定された発熱量特性とLIFTで測定された火炎伝播特性を使って、いくつかの試料の壁の上部方向伝播速度が計算され、それが実験値とよく合うという論文が最近発表されている⁴⁾。この論文のモデルは比較的簡単でその大意をここに述べてみる。

モデルは次の三つの式からなっている。

$$dy_p/dt = (y_r - y_p) / t_{ig} \tag{1}$$

$$dy_b/dt = (y_p - y_b) / t_b \tag{2}$$

$$(y_r - y_b) = \beta [Q_{ing} + Q(y_p - y_b)] \tag{3}$$

ここで y_p は試料の熱分解が始まる位置、 y_r は火炎の先端の位置、 t は時間で、 t_{in} は着火遅れ時間で y_b は試料の燃えきった位置、 t_b は試料の燃焼時間、 β は定数で、 Q_{ing} はイグナイターの発熱量、 Q は試料の単位面積当たりの発熱量である。式(1)と式(2)は試料の熱分解の始まる位置と燃えつきる位置の変化を示すもので、式(3)は乱流火炎の高さを近似にあらわしたものである。

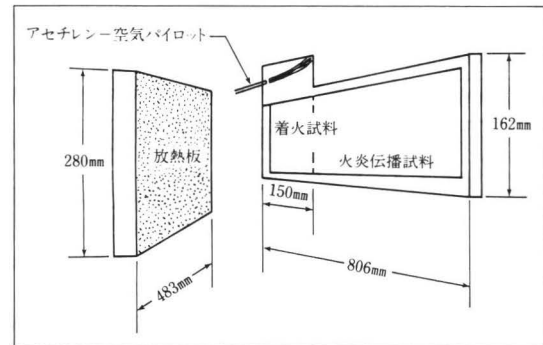


図4 LIFTの概略図

表1³⁾ 火炎伝播の測定により求めた熱定数などの一例

試料	KρC (kW/m ² k) ² S	Φ (kW) ² /m ³
パーティクルボード (1.27cm)	0.93	4.27
石こうボード	0.57	0.79
合板 (1.27cm)	0.54	12.91
ポリカーボネイト (1.5mm)	1.16	14.74
PMMA (1.27cm)	1.02	14.43
発泡ポリウレタン (2.54cm)	0.32	11.71

発熱量等を一定と仮定すると、

$$y_p(t) = y_{p0} [I + A + B \exp\{\alpha(t-t_b)\}] \quad (4)$$

という解が得られ、 α が正か負で火災が上部方向に伝播するかしないかを定める。その計算結果と実験値との比較が図5に示されている。

この他にもっと詳しいモデルもあるが⁵⁾、それらは数値計算によらなければならない。

このような研究の仕方が、アメリカならびに北欧で活発に行われており、その精度ならびにその応用が進むことは確実である。

3) Hazard I

煙ならびに燃烧特性ガスの建物内の広がりをいろいろな条件のもとに計算するNBSによってつくられたHazard Iというコンピュータプログラムがある。これは、上部の高温ガスと下部の低温ガスの二つのゾーンに分けた計算に基づき、毒性危険度、避難の仕方等のいろいろな火災時のプロセスが含まれていて、市販されており、かなり幅広く世界的に使われつつある。

このプログラムはPC-386シリーズ(パソコン)で計算されるように比較的簡易で詳細な説明書ならびに例題がついていて、約250~300ドルぐらいでNFPAで売られている。ただし、その内容や使い方を理解するには定期的に催されているWPIのコース(数日間)に参加することを勧める。

この計算は、建物の中の構造条件(部屋数、サイズ、廊下……)を比較的自由に換えられるようになっていて、このモデルの弱点は火災そのもの

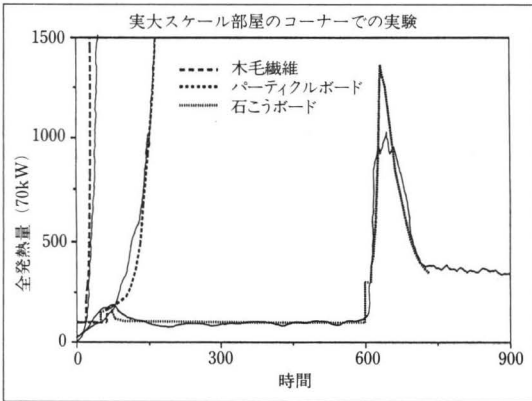


図5 部屋の中のコーナーにある壁の燃焼による発熱量の実験値と計算値の比較

はまだ計算することは出来ず、その発熱量、毒性ガスの発生率等は指定しなければならない。その値は前述のコーンカロリーメーターや家具のカロリーメーターからの測定値を使う場合もある。建物内の空調の影響も、近い将来にこのプログラムの中に含まれるようになる。また、スプリンクラーによる消火というプロセスもモデルの中に入れるように現在その研究が行われている。

次の世代のHazard IIをつくるために、NISTでは種々の研究が行われており、特に燃焼そのものをモデルするように努力が払われているが、これははまだもう少し時間がかかりそうである。

これらのモデルは、建築事務所、火災研究者、製造会社等、多岐にわたって使われており、将来は建築コードにある程度使用を規定されることも起こりかねない。ただし、そうなるにはもう少しこのモデルの精度ならびに基礎がよくななければならない。

4) 毒性と腐食

アメリカでの火災時の燃焼ガスの毒性の研究はここ約20年間、活発に、かつある程度感情的に行われてきた。しかし、いわゆる高毒性ガスというのは、テフロンが燃える時にでる微粒子を除いてはまだ発見されず、いろいろな物が燃えてもその毒性値(LC50)はほぼ同じオーダーぐらいになる。特に火災時の死亡の第一要因になる一酸化炭素は、空気の供給が充分な火災では、ほとんどは死亡に達するような発生量にならない。多量の一酸化炭素の発生は、空気の供給が充分でないような場合、例えばフラッシュオーバーが起こった後の部屋において起こるというような考えが多くなっている。

ということは、一酸化炭素による死亡者をだすような発生量は、その物の特性値ではなく、燃える時の条件によって多大に影響されるというように、現在アメリカでは考えられている。

燃焼ガスの毒性についてのもう一つの傾向は、ハロゲン化合物を難燃剤として高分子に使われた場合、ダイオキサンと似たようなブロミンを基にした生成物の毒性がドイツで最近問題となり(ど

ちらかというと感情的にとらわれている)、また、後で述べる燃焼ガスの腐食性の問題とともに、アメリカの高分子会社ならびに製造会社(電線、家具類)はハロゲン化合物にかわる難燃剤に関心をもち始めている。

ハロゲン化合物を避けようとするもう一つの理由は、火災時の燃焼ガスによる腐食の問題である。毒性問題は、どちらかというと感情的になるのに対して、腐食は経済的な問題である。毒性問題は、長い間アメリカの火災研究の最も活発なものの一つであったが、ここ数年やや活動は停滞気味である。これに対して盛んになりつつあるのは腐食の問題である。現状では、ヨーロッパの方が、研究ならびに試験法の開発では、アメリカより進んでいるが、アメリカでもここ数年、急速に研究が活発になり始めている。

腐食の経済的な問題の例は、あるビルの調理室で小さな火事が発生し、火事そのものはそこだけで消火されても、燃焼ガスならびにススガ、ビルの空調を仲介にしていろいろな所に広がり、特にハイテクのコンピュータや電気装置のある部屋に広がって、それらの装置に腐食ならびに操作の中断が発生するような場合である。

社会はますますハイテクに進んでいるから、このような筋書きの火災が多くなる傾向があり、アメリカ、ヨーロッパでは、それらの汚染された装置ならびにビル全体を特殊な洗剤で洗い、なおかつ修繕したりすることを専門とする会社が多数存在している。

ハロゲン化合物を避けるのは、燃焼ガスの中に含まれるHCl, HBr, HF等のガスは酸性が強く、腐食の度合いが非常に高いためである。

もう一つハロゲンに関係しているもので現在注目されているものは、ハロゲンの消火剤の CF_3Br 、 CF_2ClBr 等の代わりの消火剤の開発で、これらの物質が大気中のオゾンと化学反応を起こし、地球を覆っている紫外線を吸収するオゾン層を減少させるからである。

1988年にモンテリオール会議で、世界的にオゾン層を破壊するハロゲン化合物の生産量を規制す

るように定めたため、新しい消火剤の研究が現在行われている。これを進めているのは、空軍・海軍と航空庁が主で、あとは典型的なアメリカの例として、連邦政府が開発するよりも、民間の自主開発に任せている。

6 おわりに

アメリカの火災の研究の近況を知る一つの方法は、いろいろな火災に関する会議に出席することである。基礎研究では、アメリカ東部燃焼学会(年に一度、10月から12月にかけてある)、国際火災学会(第3回がイギリスのエジンバラで今年の7月8日~12日に行われる)、NISTの恒例の学会(今年は10月の下旬にある)等を勧める。火災試験法としてはASTMの会議、応用研究としてはNFPAの会議、その他高分子関係としてはInternational Conference on Fire Safety(Product Safety Corp.、ヒラド(Hilado)会議とも呼ばれていて、通常1月の上旬にサンフランシスコで開催)、あるいは、最近の高分子物質の難燃剤と呼ばれる会議で、コネチカットで通常5月に行われる。また、FRCA(Flame Retardants Chemical Assosiation)が主催する会議が毎年ある。その他のいろいろな会議があるが、なかには金儲けを目的としたものもあり(高分子関係のものはほとんどそれが主である)、質の悪いものもあるから、気をつける必要がある。

(かしわぎ たかし/National Institute of Standards and Technology)

参考文献

1. Barbrauskas, V. Fire and Material 8, 81 (1984)
2. Huggett, C. Fire and Material 4, 61 (1980)
3. Quintiere, J. G. and Harkleroad, M. T. New Concepts for Measuring Flame Spread Properties ASTM Special Technical Testing Publication 882, P.239 (1985)
4. Cleary, T. G. and Quintiere, J. G. A Framework for Utilizing Fire Property Tests to be published in 3rd IAFSS Symposium July 1991.
5. Mitler, H.E. Predicting the Spread Rates of Fires on Vertical Surfaces to appear in Twenty-Third Symposium (International) on Combustion, The Combustion Institute.

'91年2月・3月・4月

災害メモ

★火災

- 2・5 秋田県由利郡矢島町の民家で火災。1棟約160㎡全焼。3兄妹死亡。
- 2・20 長野県長野市の民家1階から出火。1棟約130㎡全焼、隣家物置の一部焼損。祖母と孫2名死亡、2名負傷。
- 2・25 東京都大田区の鶴の木住宅組合アパート2階物置から出火。1棟約1,060㎡全焼。約35m離れた空き家80㎡半焼。不審火の疑い。
- 3・6 岐阜県岐阜市の通称柳ヶ瀬アーケード商店街の喫茶店グリーンサロンBG付近から出火。7棟9店舗全半焼、3棟の壁を焦がすなど計約1,300㎡焼失。
- 3・7 茨城県日立市の助川山国有林で山火事。乾燥・強風注意報下燃え広がり、山の神団地に飛び火。住宅や作業所16棟計1,209㎡全半焼。山林約170haを焼き26時間後鎮火。
- 3・22 新潟県白根市の民家で火災。1棟約300㎡全焼。4名死亡。
- 3・29 京都府京都市の織物・レジャー業しょうざん本部事務所から出火。棟続きの織物ギャラリーに延焼し計1,500㎡全焼。インカの貴重な織物など約30,000点焼失。
- 4・12 新潟県上越市の民家で火災。隣接住宅や商店などに延焼。計7棟約1,000㎡焼失。
- 4・20 鹿児島県鹿児島市の民家で火災。1棟約146㎡全焼。児童2名死亡、3名重軽傷。天ぷらなべに火が入り天井に燃え移ったらしい。
- 4・21 埼玉県鴻巣市の家具販売業宝船本部商品センターで火災。1棟約1,000㎡焼失。家具約4億円相

当も焼失。

★爆発

- 3・17 三重県四日市市、四日市コンビナート内の日本ファインテックで、化学プラントが爆発、炎上。1名重体、1名重傷。シアノノルボルネン製造中で、タンク内の酸素が充分抜けきっていなかったなどの原因で薬品が異常反応を起こし爆発したらしい。

★陸上交通

- 2・18 兵庫県川辺郡猪名川町の県道で、乗用車が集団登校中の児童ら16名の列に突っ込み、2名重体、2名重傷、10名負傷。
- 2・25 愛知県豊橋市の東名高速道路下り線で、JR東海バスドリムなごや3号が約5m下の果樹園に転落、横転。2名死亡、28名重軽傷。雪でスリップしたらしい。
- 2・25 愛知県岡崎市の東名高速道路下り線で、約40台の玉突き衝突。4名の乗った乗用車が破、全員死亡したほか2名死亡、約60名負傷。
- 2・26 福島県伊達郡桑折町の東北自動車下り線で、凍結した路面で四輪駆動車がスリップしてガードレールに激突。後続の19台が玉突き衝突。2名死亡、13名重軽傷。
- 3・5 群馬県邑楽郡大泉町の国道354号交差点で、信号無視した乗用車が大型トラックと出会い頭衝突。乗用車ははずみで電柱に激突、大破。3名死亡、1名重体。
- 3・30 東京都世田谷区の東名高速上り線で、大型トラックが渋滞中の車の列に追突、計9台が玉突き衝突。うち4台炎上。2名死亡、2名重傷。

★海難

- 2・16 静岡県榛原郡御前崎町御

前崎沖南約28kmの海上で、鋼材運搬船ハンドバナル2(4,756t・23名乗組)が、浸水と連絡後消息不明。4名死亡、19名行方不明。

- 2・20 広島県呉市警固屋の音戸瀬戸で、定期水中翼船こんどる3号(129.81t・乗員5名・乗客51名)が引き船にえい航されたコンテナ台船(2,500t)と衝突。左翼が破損し浸水。55名重軽傷。
- 3・28 静岡県清水市清水港三保防波堤に、木材運搬船スキャンアライアンス(5,070t・21名乗組)が衝突。船首部分を残して沈没、重油流出。
- 4・17 山口県下関市沖響灘で、砂利採取船シャンハイ(691.52t・5名乗組)が、遭難信号を出した後消息不明。

★自然

- 2・12 長崎県南高来郡小浜町の雲仙・普賢岳で、2年11月17日の噴火以来、再び噴火。その後も活発な火山活動続く(グラビアページへ)。
- 2・18 新潟県西頸城郡青海町のJR北陸本線青海駅西側1kmの地点で、線路わきの護岸が高波を受け崩落。北陸本線は不通。
- 3・27 長野県上水内郡小川村の林道災害復旧工事現場で、約10,000㎡の土砂が崩れ、作業員4名生き埋め。3名死亡、1名重傷。

★その他

- 2・9 福井県三方郡美浜町の関西電力美浜原子力発電所2号機で、一次冷却水が二次冷却水系に流出。原子炉が自動停止し、緊急炉心冷却装置が作動。
- 2・23 茨城県東海村の日本原子力研究所東海研究所廃棄物安全試験施設で、放射性物質が微量漏れ。建物内部の一部を汚染。
- 3・14 広島県広島市の新交通シ

ステムの工事現場で橋げた落下。また、クレーン車横転事故相つぐ（グラビアページへ）。

●4・29 栃木県宇都宮市大谷町の
大谷石採石場跡地で、1年2月の第
1回陥没以来6回目で過去最大規模
の陥没。住民らの立ち入り禁止区域
を60,000㎡に拡大。

★海外

●2・1 米・ロサンゼルス国際空
港で、USエア－B 737型機（乗員
乗客89名）とスカイウエスト航空の
小型双発機（乗員乗客12名）が衝突。
両機炎上し、34名死亡。

●2・14 西オーストラリアのエス
ペランス港近くで、バラ積み船サン
コーハーベスト(33,000 t)が、座礁
し沈没。500 tの燃料油と30,000 tの
リン酸肥料が流出。生態系に影響を
与えることが懸念されている。

●2・15 タイ南部バンガー県で、
ダイナマイトを積んだトラックがカー
ブを曲がり切れずに横転。約1時
間後に爆発。170名以上死亡、100名
以上負傷。住民の投げ捨てタバコの
火で引火したらしい。

●2・24 ソ連・レニングラードの
ホテルレニングラード7階から出火。
宿泊客と消防士ら17名以上死亡。

●2・25 オーストラリア南部ビク
トリア州の国立公園で山火事のため
13,000 ha以上焼失。3,000匹のコアラ
が焼死、ヒースマウスやラットカ
ンガルーなど野生動物も被害。

●2・26 スペイン南部のセビリア
郊外の高速度道路で、日本人観光客を
乗せたバスが陸橋の橋脚に激突、大
破。10名死亡、5名負傷。

●3・2 タイ・バンコク市内クロ
ントイ港付近の可燃性化学薬品貯蔵
の大型倉庫で爆発事故。火災が周辺
のスラム地区に広がり700戸全焼。
6名死亡、5,000名り災。乾期の高温

と乾燥で自然発火したらしい。

●3・3 米・コロラド州コロラド
スプリングスで、米コナテッド航
空B 737型旅客機（乗員乗客25名）
が、同市空港に着陸直前墜落、爆発
炎上。邦人1名を含む全員死亡。

●3・5 ベネズエラ西部の山間部
に、同国アエロポスタル航空DC 9
型旅客機（乗員乗客43名）が墜落。
全員死亡。

●4・4 米・ペンシルベニア州フ
ィラデルフィア郊外で、自家用小型
双発飛行機とヘリコプターが接触、
炎上し、小学校校庭へ落下。小学生
2名ら7名死亡、5名負傷。

●4・10 イタリア北西部リボルノ港
沖で、フェリーモビープリンス(6,178
t・乗員乗客141名)が、停泊中の
原油タンカーアジップアブルツォ
(98,545 t)と衝突、炎上。フェリー
の140名死亡。乗組員がサッカー試
合のテレビ中継に夢中になり、レー
ダーを見ていなかったらしい。

●4・11 イタリア北西部のジェノ
バ港沖で、原油積み下ろし作業中の
タンカーヘイブン(109,700 t)が火災・
爆発、沈没。3名死亡、5名行方不
明。原油6万t以上が流出し、イタ
リア政府は国家非常事態を発令。

●4・25 ソ連・サハリ州南部コ
ルサコフ港で、石油タンカーアゲ
ーフ号が石油積み出し作業中に、パイ
プラインの破損から数百tの石油が
流出。同州ソビエト幹部会は、アニ
ワ湾に非常事態を宣言。

●4・26 米・カンザス、オクラホ
マ両州で大規模なトルネードが発生。
少なくとも32名死亡、200名以上負傷。
数百戸の家屋が倒壊。

●4・29 ソ連・グルジア共和国で
M 7.0以上の地震が発生。少なくと
も63名死亡、230名負傷。

●4・29 バングラデシュでサイク
ロン(グラビアページへ)。

編集委員

- 赤木昭夫 慶応義塾大学教授
- 秋田一雄 災害問題評論家
- 安倍北夫 聖学院大学教授
- 生内玲子 評論家
- 大塚博保 科学警察研究所交通部長
- 柴田勝弘 日産火災海上保険(株)
- 高見尚武 東京消防庁予防部長
- 田口元也 東京海上火災保険(株)
- 増田芳彦 安田火災海上保険(株)
- 宮沢清治 日本気象協会調査役
- 森宮 康 明治大学教授

編集後記

雲仙の噴火に伴い溶岩の噴出や、
火山灰の堆積が進み、雨が降るたび
土砂流を心配し、避難する島原住民
の方の苦勞が思いやられるとともに、
梅雨の季節を向かえ大被害が発生し
なければよいがと思っています。と
ころで、今日防災にとって嬉しいニ
ュースを聞きました。日本海中部地
震のとき津波予測の発表に時間がか
かることの心配が現実のものとなり、
多くの犠牲者が出たことは記憶に新
しいところですが、東北大学では、日
本の海底のデータをコンピュータに
インプットし、地震の規模により津
波の大きさを即座に予測できるシス
テムを開発いたしました。また、津波
の大きさを数字に置きかえることで
世界中でこのシステムが利用出来る
とのこと。早く普及すればよい
と思います。(土谷)

予防時報 創刊1950年(昭和25年)

◎166号 平成3年7月1日発行
発行所

社団法人 日本損害保険協会
編集人・発行人

防災事業室長 山田 裕士

101 東京都千代田区神田淡路町2-9

☎(03)3255-1211(大代表)

本文記事・写真は許可なく複製、配

布することを禁じます。

制作=㈱阪本企画室

問われる安全対策 工事現場事故相づく

各地の工事現場で事故が相ついでいる。建設省は3月25日、広島市の橋げた落下事故や、東京立川のくい打ち機の転倒事故などに関連して、都道府県や道路管理者、建設業界に対し、工事の安全確保と事故防止を促す通達を出した。この中で、橋脚上で橋げたを移動する場合は、下の道路を通行止めするよう指示した。

●平成3年3月14日午後2時5分ごろ、広島市安佐南区上安2丁目の高架式軌道「新交通システム」の工事現場で、鋼鉄製橋げた(全長63m、重さ60t)が据え付け作業中に約10m

下の県道に落下。信号待ちをしていた乗用車など11台を直撃し、車の中の9人と転落した作業員5人の計14人が死亡、9人が重軽傷を負った。

●3月15日午前9時40分ごろ、埼玉県和光市新倉1丁目の東京外郭環状道路工事現場で作業中のクレーン車が突然横転し、隣接木造2階建てアパート「サンライズ和光」に倒れ、2階の2部屋が壊れた。

●3月16日午前9時35分ごろ、東京都立川市曙町のビル建設現場で、高さ30m、重さ100t(クレーン部分は45t)の大型くい打ち機が横倒しになり、隣接した民家やアパート7棟が全半壊、建物の下敷きになった学生など2人が死亡。

●3月19日午前9時35分ごろ、東京都品川区旗の台6丁目のビル「シティーホーム旗の台」新築工事現場前の路上で、コンクリート製パネルのつり上げ作業中、クレーン車(5t)が隣の木造2階建てアパートに倒れ、空き家の同アパートを半壊。

●3月20日午後2時35分ごろ、神奈川県相模原市下九沢の同市北清掃工場建設現場でクレーン車につり上げられていた軽量気泡コンクリート板9枚(総重量約600kg)が約10m落下し、作業員らが下敷きとなり2人が死亡、1人が重体。

写真：落下した橋げたに押し潰された乗用車
(平成3年3月広島市安佐南区)

列車正面衝突 死者42人の大惨事

平成3年5月14日午前10時35分ごろ、滋賀県甲賀郡信楽町黄瀬の信楽高原鉄道貴生川一紫香楽宮間で、同鉄道の普通列車と臨時乗り入れしていたJR西日本の快速列車「世界陶芸祭号」が正面衝突。死者42人、負傷者576人の大惨事となった。

この鉄道は単線のため、小野谷信号所(待避線)で上下線がすれ違うことになっていたが、事故の直前、信楽駅構内で信号機故障のため、普通列車はATSを解除し、定刻より10分遅れで発車。一方、臨時列車は、信号所で待機しているはずの対向列車がいなかったが、信号が青だったため単線部分に進入、この事故となった。

運輸省は14日夜、直ちに事故対策本部を設置、事故原因の究明と対策に当たるとともに、全国の第3セクター路線をもつ35社に、総点検を実施するよう指示した。

長崎県雲仙岳で大火砕流、 死者・行方不明37名

平成3年6月3日午後4時すぎ、長崎県雲仙・普賢岳で大規模な火砕流が発生。水無川を猛烈な勢いで落下し、火口から約3.5kmの島原市北上木場地区の民家約50軒の大半と、流域の森林20数カ所が燃え上がった。同県警などによると6月5日現在、死者・行方不明37名、重軽傷者15名となった。雲仙・普賢岳では昨年11月17日、198年ぶりに噴火して以来、活動が活発化しており、今年5月24日初めての火砕流が発生して以来、26日には雲仙岳測候所が「火山活動情報」第1号を発表するなど住民に危険を訴えていた。

飢える800万人

バングラデシュでサイクロン災害

1991年4月29日夜から30日にかけて、バングラデシュ東南部のベンガル湾沿岸地帯を中心に、最大規模のサイクロンが直撃。最大風速65mの強風とともに6mをこす高波が町や村を襲い、多数の家屋が倒壊、水没した。

死者は15日現在、政府の公式発表で13万8,868人、国際機関の調べでは20万人をこすものとみられ、少なくとも800万人が深刻な健康被害や食糧不足に直面している。

刊行物／映画ご案内

防災図書

地震の迷路を抜けた人達—防災体験に学ぶ—

昭和災害史

暮らしの防災ハンドブック

工場防火の基礎知識（秋田一雄著）

地震列島にしひがし（尾池和夫著）

女性のための Safety & Care

災害絵図集—絵でみる災害の歴史—

労働安全衛生の基礎知識—労災リスクを考える—

電気設備の防災

倉庫の火災リスクを考える

大地震に備える—行動心理学からの知恵—（安倍北夫著）

理想のビル防災—ビルの防火管理を考える—

人命安全—ビルや地下街の防災—

ビル内の可燃物と火災危険性（浜田稔著）

コンピュータの防災指針

絵図にみる—災害の歴史—〔21分〕（ビデオ）

老人福祉施設の防災〔18分〕（ビデオ）

羽ばたけピータン〔16分〕（ビデオ）（16mm）

しあわせ防災家族（わが家の火災危険をさぐる）

〔21分〕（ビデオ）（16mm）

森と子どもの歌〔15分〕（ビデオ）（16mm）

あなたと防災—身近な危険を考える—

〔21分〕（ビデオ）（16mm）

おっと危いマイホーム〔23分〕（ビデオ）（16mm）

工場防火を考える〔25分〕（ビデオ）（16mm）

たとえ小さな火でも（火災を科学する）

〔26分〕（ビデオ）（16mm）

火事のある日〔20分〕（ビデオ）

火災を断つ〔19分〕（16mm）

大地震、マグニチュード7の証言〔19分〕（ビデオ）（16mm）

炎の軌跡—酒田大火の記録—〔45分〕（ビデオ）

わんわん火事だわん〔18分〕（ビデオ）（16mm）

ある防火管理者の悩み〔34分〕（ビデオ）（16mm）

友情は燃えて〔35分〕（16mm）

火事と子馬〔22分〕（ビデオ）（16mm）

火災のあとに残るもの〔28分〕（ビデオ）（16mm）

ザ・ファイヤー・Gメン〔21分〕（16mm）

煙の恐ろしさ〔28分〕（ビデオ）（16mm）

パニックをさけるために—あるビル火災に学ぶもの—

〔21分〕（16mm）

動物村の消防士〔18分〕（16mm）

損害保険のABC〔15分〕（16mm）

映画

火災と事故の昭和史〔30分〕（ビデオ）

高齢化社会と介護—安心への知恵と備え—

〔30分〕（ビデオ）

昭和の自然災害と防災〔30分〕（ビデオ）

「応急手当の知識」〔26分〕（ビデオ）

火災—その時あなたは—〔20分〕（ビデオ）（16mm）

稲むらの火〔16分〕（ビデオ）（16mm）

映画は、防災講演会・座談会のおり、ぜひご利用ください。当協会ならびに当協会各支部〔北海道＝（011）231－3815、

東北＝（022）221－6466、新潟＝（025）223－0039、横浜＝（045）681－1966、静岡＝（0542）52－1843、金沢＝（0762）21－1149、

名古屋＝（052）971－1201、京都＝（075）221－2670、大阪＝（06）202－8761、神戸＝（078）341－2771、広島＝（082）247－4529、

四国＝（0878）51－3344、九州＝（092）771－9766、沖縄＝（0988）62－8363〕にて、無料貸し出ししております。

社団法人 **日本損害保険協会**

東京都千代田区神田淡路町2－9 101

TEL 東京（03）3255－1211（大代表）

地震の迷路を抜けた人達

防災体験に学ぶ

(B5判40頁)

当協会では、防災意識の啓発のため、各種防災図書を発行しておりますが、この度、東京大学新聞研究所の廣井脩助教授の監修をいただき、掲題の防災図書を発行いたしました。

地震列島といわれる日本、一生の間に一回は地震に直面すると言われていています。普段から、地震災害については勉強しているから大丈夫と考えている人も多いでしょうが、いざ、地震となると、思ったとおりの行動がとれないことが多いし、普段から持っている知識が、必ずしもその土地にあった知識でないかもしれない。そこで、関東大地震、宮城県沖地震、浦河沖地震および日本海中部地震の体験者に、直面したときの状況、本人の行動、発災後の状況等

を証言していただき、普段からの準備、教訓にしていただければと思います制作いたしました。

※ご希望の方は、郵便番号、住所、氏名、年齢、職業とともに「防災体験に学ぶ」希望と記入し、送附の一部として、100円分の切手同封の上、「日本損害保険協会・防災図書係」までお申し込み下さい。

なお、複数部申し込みの際は、事前に電話をして下さい。



日本損害保険協会の防災事業

交通安全のために

- 救急車の寄贈
- 交通安全機器の寄贈
- 交通遺児育英会への援助
- 交通安全展の開催
- 交通債の引き受け

火災予防のために

- 消防自動車の寄贈
- 防火ポスターの寄贈
- 防災シンポジウムの開催
- 防災講演会の開催
- 防火標語の募集
- 防災図書の発行
- 防災映画の制作・貸出
- 消防債の引き受け

社団法人 日本損害保険協会

〒101 東京都千代田区神田淡路町2-9
電話 03 (3255) 1 2 1 1 (大代表)

朝日火災	第一火災	日産火災
アリアンソ	大東京火災	日新火災
オールステート	大同火災	日本火災
共栄火災	千代田火災	日本地震
興亜火災	東亜火災	富士火災
ジェイアイ	東京海上	三井海上
住友海上	東洋火災	安田火災
大成火災	同和火災	
太陽火災	日動火災	

(社員会社・50音順)