

予防時報

118

1979

summer

地域キャンペーン



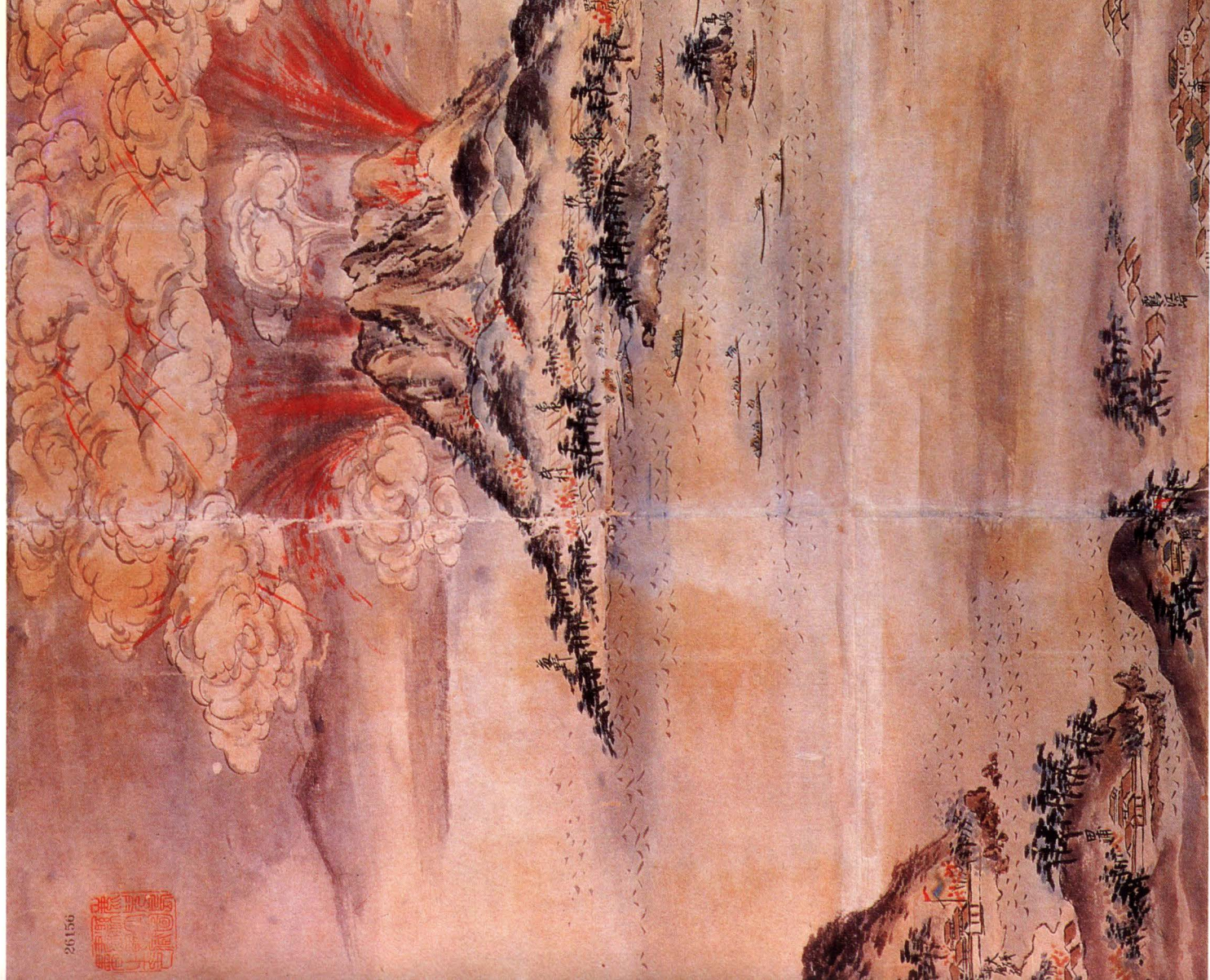
損害保険業界では、火災予防や交通事故防止など防災活動をいろいろな形でっております。

防災展を中心とする地域キャンペーンもそのひとつです。今年は東京で行われ、3月30日～4月4日新宿の京王百貨店で「安全」きょう・あしたのスローガンのもとに、東京総合防災展が開かれました。

会期中の来場者は6万人を超え、また、2日目には常陸宮ご夫婦のご観覧をいただくなど、盛況のうちに終了いたしました。



26156





安永 8 年の桜島噴火

桜島は、和銅元年（708）から現在まで数十回の噴火記録がある日本で最も代表的な活火山である。岩質は安山岩で、噴火は激しい爆発型であるが、溶岩流もよく出す。

安永 8 年（1779）の噴火は、文明 3～8 年（1471～76）・大正 3 年（1914）の噴火と並んで、3 大噴火の 1 つといわれている。この時は、付近の海底からも噴火して、燃島をはじめ数個の新島ができた。噴火による津波も発生して、死者 153 名を出し、桜島の数ある噴火災害の中でも最も被害の大きなものだった。

最近では、昭和 30 年 11 月から爆発型噴火を始め、24 年後の現在でも、なお激しい爆発を続けており、記録されている主な爆発だけでも三千数百回を数えている。

（気象庁地震観測所・諏訪 彰）

この絵の作者木下逸雲は、長崎の南画家であり、土佐絵もよくしたといわれる。彼が生まれたのは、1802 年（享和 2 年）、安永の桜島噴火から 23 年後である。

鹿児島に来た逸雲が、桜島を見、人々の話を聞き、噴火の模様を想像して書いたものである。（編集部）

予防時報
1979・7
118

目次

大型店舗の避難計画 / 星野昌一 ————— 13

きめ細かな指導で消防施設100%設置を
——そ及適用の現状と今後の課題 / 中島忠能 ———— 19

ずいひつ
ゴルファーの震死 / 倉嶋 厚 ————— 6

雷から電気を守る / 星野聰史 ————— 8

天井裏のかみなり小僧 / 安藤隆夫 ————— 10

コンフリクト・アナリシス手法
——交通場面潜在危険性の検出技法の課題
池之上慶一郎・小島幸夫 ————— 24

海外の化学工業における火災・爆発事故
加藤博之 ————— 61

霧のなかの誤解と独断
——テネリフェ島航空機事故報告から / 赤木昭夫 — 57

宮城県沖地震の建築物被害 / 渡部 丹 ————— 44

宮城県沖地震にみる被害規模と
都市機能に関する課題 / 中林一樹 ————— 52

防災基礎講座
地震予知の可能性 / 尾池和夫 ————— 31

歴史地震から学ぶ⑦
条件によって異なる被害——地震火災
宇佐美龍夫 ————— 68

広島を中心にした西日本の異常湯水 / 根山芳晴 — 37

防災言
安全で快適な交通の探求 / 岡本博之 ————— 5

災害メモ ————— 73

表紙写真 / 慈恩の滝 / 丹溪
カット / 仲條真行

防災言

岡本博之

科学警察研究所交通部長
本誌編集委員

安全で快適な交通の探求

我が国の交通事故による犠牲者の数は、逐年減少の一途をたどっており、我々の悲願ともいえるべき交通事故減少傾向の定着化は、幾つかの不安定要因を感じさせながらも、着実に現実のものとなりつつあり、まことに喜ばしいことである。特に昨年は、一時増勢に転ずるかに見えた傾向も、道路交通法の改正とこの改正の趣旨にのっとりた積極的な施策の推進が実を結び、今年に入っても、確実に足どりで減少を続けている実情である。こうした実績が裏付けてくれるように、古くからいわれている交通安全対策の基本である3E(Education, Enforcement, Engineering)を、工夫に工夫を加えて怠りなく推進していけば、間違いなく交通の安全水準を向上させていくことができるように思われる。

こうして、安全の問題について、曲がりなりにもある種の見通しが得られてくるにつれて、そろそろ快適性の問題が、いろいろな形において言われ出している。

安全と快適は、その実現方法において、一見相反するもののようにも思われるが、よく考えてみると、交通の場合には、互いに持ちつ持たれつの関係にあるのではなからうか。交通事故減少傾向の著しい東京の交通の流れを見て特に感ずること

は、きちんと整備され、入念にわかりやすく道路標示の描かれた道路の上を、流れをできるだけ乱さないように工夫された多くの信号機群にコントロールされて、整然と流れている車の流れ、歩行者の流れ。そこには一種の芸術性さえ感じられ、この姿こそ安全な交通を本物たらしめている第一の理由ではないかということである。

「円滑よりもまず安全を」。交通戦争が特にひどかったころには、よくこう言われたものであるが、考えてみると、円滑な交通の流れは運転者や歩行者などの心を落ち着かせ、安定した交通流の形成に結び付き、これこそ、真の意味での安全な交通を作り上げる原動力となっているように思われる。

円滑な交通は、快適性の第一歩であると思われるが、こうして、いろいろな快適性向上の方策が進められるとともに、他方では、資金問題・環境問題・エネルギー問題など各種の制約条件があることも、交通する人々が十分に認識し、必要やむを得ない各種のルールはきちんと守って交通の場を利用していく。これがまた、安全のレベルを一層向上させていく、安全で快適な交通の姿の1つの理想像をここに見るような思いがするのである。

それにつけても、一昨年我が国を訪れたOECD環境委員会の「環境対策に快適性の考慮を」という意見を改めて思い出す次第である。

ずいひつ

ゴルファーの震死

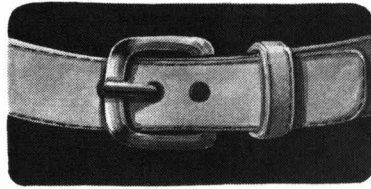
倉嶋 厚

気象庁予報部業務課

近年の気象災害の特徴として「ゲリラ災害」という点を挙げることができる。ゲリラ災害と表現する内容は、その生起の突発性、意外性、局地・小規模・激じん性、同時群発性などである。ゲリラ災害の代表例としては、集中豪雨による崖崩れがある。建設省の統計によれば、崖崩れの崩壊の高さも幅も平均すると10~19m程度で、崩土の到達距離は崖下から10m程度である。むろん、これよりも大規模なものもあるが、大洪水や大きな高潮災害に比べると、きわめて「ゲリラ的」である。高潮や洪水の防災作戦の場合は、堤防を巡る水防活動が戦線であり、市民の生活は「銃後」にある。しかし「ゲリラ戦」は、まさにその市民生活のなかに突発するのが特徴であり、そこで「生死」を分けるのは、「ゲリラ」に対する個々の市民の正しい認識と自衛の有無である。

「ゲリラ」との遭遇率は市民の生活圏が拡大するにつれて増大する。たとえば、昭和46年の台風第25号による千葉県の死者56人は、すべて崖崩れによるものであったが、この時の県内の崖崩れの箇所は7,800、家屋被害を伴ったのは680か所で、その比率は11:1であった。この数字は、この地方に住宅区域が広がれば、崖崩れによる家屋被害が一層増大する可能性のあることを示している。

市民の生活圏の拡大の1つに、レジャーの行動圏の拡大がある。それに伴って、行楽の人の「ゲリラ被災」が増大しており、たとえば昭和43年の7号台風のときの崖崩れによる飛驒川へのバスの転落(死者104人)などがある。近年の風水害の写真には、大抵土砂に埋まった乗用車が写っている。アメリカのトルネード災害でも、この傾向がみられ、昭和40年4月の復活祭の直前の日曜日に起こったパルム・サンデー・トルネードは死者271人という惨事を引き起こしたが、死者の多くはトレーラーの中にいたり野外で直撃を受けたりした。なお、この災害を契機に、時のジョンソン大統領は国民災害警報計画を公布し、アメリカの気象局はレーダー観測網を拡充し、VHF放送による防災機関および市民向けの常時気象



放送網を持ったのであった。また、近着の学術誌によれば、アメリカでも、集中豪雨による土石流が「殺人天気(stormy weather killer)」のナンバーワンになってきたが、その背景としてレジャー人口の増大とレジャー圏の拡大が挙げられている。

災害が「ゲリラ的」な点では雷災も典型的であるが、ここでも「ゲリラ的なレジャー災害」が目立っている。筆者は数年前に、気象要覧・気象年鑑・新聞の切り抜きなどから、雷による人身事故の態様を調べたが、レジャー中の事故が年ごとに増大していることがはっきりと認められた。特に昭和48年には屋外の震死者(雷撃による死者は、古くから震死者と呼ばれており、広辞苑にもこの言葉は載っている。ただし近年はこの用語は一般的でない。)は17人を数えたが、このうち10人はゴルファーであった。平たんな芝生で金属製の道具を持っているゴルファーは、落雷の目標物となりやすいのである。前の高松地方気象台長の越智さんの調査によると、落雷は雨が降り出す前に多く、強い雨が降り始めると、かえって少なくなっている。また、群馬・埼玉・茨城の夏の雷災について調査した佐竹元輔氏も、落雷は雷鳴の最盛期よりも初雷または終雷時

に多く、雨の降り始めまたはこやみのときに多いことを指摘している。「雷雲が近付いているらしいが、まだ余裕がありそうだ」と思っていると、いきなりピカッ・ゴロとやられることが多いのである。ゴルフ場内の大きな木は一種の避雷針の役目をするから、その下に行けば安全と考えがちだが、アメリカの統計によれば、震死の最も多いのは樹木の下に避難した場合で、そのような例の3分の1はゴルファーであったという。避雷針は導雷針—電気の通路—であり、あまり近づくのは危険なのである。結局、木の根元から、木の高さほど離れた所で、日本式トイレで大きな用を足しているかっこうでかがんでいるのが相対的に安全といわれている。もっとも雷は気まぐれ者で、避雷針が近くにあるのに、それよりも低い所へ落ちることもある。ニューヨークのエンパイヤ・ステート・ビルは1年間に平均23回ほど雷が落ちるが、ビルの頂上から15mほど下に落雷したことがある。結局、トイレにいるときのような惨めな姿で雨のなかでおびえる前に、早目に引き揚げるのが、ゲリラ時代の市民の心得といえよう。また、ゴルフ場の経営者も適当な避難所を作ったり、雷雨時に芝生にいる人々を安全な場所に収容す

ずいひつ

るための手段を一層充分に講じておく必要がある。

自動車(オープン・カーは別)や鉄筋コンクリートの建物の中は、落雷に対して安全度は高い。もっとも、運転中に落雷して、びっくりしてハンドルを切り損なうことがあるから、大雷雨の時は崖崩れの起こりそうもない所へ止めて、雷雨の通り過ぎるのを待つのがよさそうである。

雷から電気を守る

星野 聰史

東京電力㈱配電部

雷は雄大な壮絶な自然現象の一つである。自然現象で脅威なものは外にもある。台風がある。地震がある。恐ろしいものである。しかし、これらは眺めて絵にはならぬ。雷はそこへいくと描けば絵にもなる。写真にも撮れる。時には美しくさえも見える。そこに風物詩といわれるゆえんがあるのであろう。この雷

様が何をかくそう大自然界に起きる電気の放電現象なのである。だから、表題の「雷から電気を守る」は「電気から電気を守る」ということなのであり変な気がしてくるが、本だからしょうがない。

その発生メカニズムは神秘的ですらある。あの夏空特有の上昇気流によって生ずる積乱雲(入道雲)の威力によって起こされるものが、代表的なものとしてよく知られているが、その外に、暖かい空気が冷たい空気を押しつける温暖前線部や、台風などのような強い低気圧の渦によっても発生し、これらは前線雷とか渦雷などと呼ばれている。

夜の稲妻を見る度に自然の営みの底力というものを強烈に感じさせられ、その力に魅せられ何もかも忘れて現象に見とれていたい感慨につつまれそうになることもある。しかし、今の私にはそれは無理なのである。すぐに「配電線に被害はないかな」「停電にならないければよいがな」という心配が先立つ。

「雷が落ちる」ということは雷雲の電圧が非常に高くなり、大気の絶縁が破壊され、地表上のある箇所に放電することである。田畑で働く人、登山中の人、ゴルファーなど、不幸にもこれらの犠牲になった事例も少なくな



い。この様に、雷の放電が直接配電線を襲うケースを直撃雷と呼んでいるが、この場合、被害を免れることはできない。しかし、配電線の被害はこの直撃雷によるものより、むしろ、線路以外の所に放電することによって生ずる誘導雷による場合が多い。すなわち、配電線の上空に雷雲が接近すると、雷雲と反対極性の電荷が大地から配電線に吸い上げられてたまる。そこで配電線の近くにある樹木その他に放電が起きると、電線内に吸い上げられ雷雲の電荷により引っ張られていた電荷が、拘束者がなくなったため電線の上を自由に移動する。この時高い電圧を生ずることから誘導雷と呼んでいる。雷の落し子のようなもので、時には10万ボルトを越す時もあり、こんな時には配電線はまともではとても太刀打ちできない。

しかしながら、雷の発生の都度、被害に甘んずることはできない。社会生活のあらゆる面で電気に依存している現代社会において、許されることではない。そこで、耐雷設備の強化。雷雲接近の予知と被害発生時のいち早い復旧の両面からの対応策を講じている。雷は局地的に集中して発生しやすいので、比較的短時間のうちに多数の配電線が被害を受け

ることが多い。襲雷中は危険なため、事故点の捜査復旧ができないので、普段の事故停電と違い復旧に時間がかかるので、それだけ多数の手が要るわけであり、予知は非常に大切である。

雷害から設備を守る方法としては、架空地線と避雷器の施設がある。配電線の上部に接地した電線を張り、誘導雷の電圧をできるだけ低いものとする役目を果たしているのが架空地線で、それでもなお高い電圧を生じた場合、開閉器や変圧器などに被害が生ずるので、重要な機器には避雷器を付けて雷の異常電圧だけを大地に逃がしてやる。この様な重装備により被害は昔に比べ相当に減少しているが、まだまだ雷との闘いは果てしなく難しい。

そこで、「ならば、被害を受けたらできるだけ早く直す」の構えがどうしても必要となる。このため東京電力では、本社の屋上に地上200mという高いレーダー塔を建て関東一円半径200kmぐらいの地域に生ずる雷雲をキャッチし、コンピュータで自動的に解析して、どの地域にどの程度の雷が来そうかを刻々把握して、約200か所の営業所や工務所の表示装置に同時に写し出されるようになっているので、各現場では一目でわかり、事前の準備体制を確

ずいひつ

立できるようにしている、被害が大きいときは何十人も作業員が一晩寝ずに復旧に従事することもある。設備がいろいろの面で強化された現在でも、なお人海戦術を要する一面がここにある。

雷による被害は、高電圧が線路内を伝ばして行く過程で絶縁の弱いところに生ずる。一番怖いのは、電線が瞬時に切断されることである。昔は電線が裸線で、風により樹木が触れたり物が飛来して停電することが非常に多く、また、建築現場などで作業員が感電することがあったりしたため、今では高い絶縁性のある被覆電線に張り替えた。これにより普段の事故は15年前の約1割と著しい減少をみているが、絶縁性が高いが故に切れて地上に落ちても、大地に流れる異常電流がきわめて小さく、在来の検出装置でも検出できず、変電所で送電を自動的にストップすることが難しいこともある。したがって、断線して落ちている電線には絶体に触らないように、会社としても小中学校を通じたPRなどに力を入れている。東京電力ではこの課題解決に取り組んできた結果、全く新しい断線検出装置を開発実用化し、今夏までには大方の路線にこれの取り付けを完了させるよう突貫作業を続

けている。

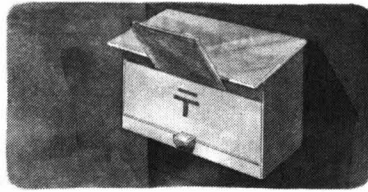
人工の電力設備と自然の電気「雷」との闘いはまだまだ続く。雷のエネルギーはとてつもなく大きい。が、それは瞬時的なエネルギーであり蓄積して使うことはできない。したがって、早く雷雲の人工消滅法が実現化しないものかと真夏の夜の夢ならぬ夢を抱き、この夏の雷の少なからんことを祈っている。

天井裏の かみなり小僧

安藤 隆夫

気象評論家

私が東京の西郊の小平に移り住んだのは、もう十数年の前になる。西には秩父の連山から箱根の山影まで見渡せ、特に冬の朝などは雪白の富士が、ケヤキの林のすぐ後ろに秀麗な姿を見せてくれた。都心まで1時間半ばかりの通勤の苦労を忍べば、夏は涼しくスモッグもかからず、東京としては恵まれた環境といえた。



ただ、夏は夕方近く秩父の武甲山付近から立ち上ったカナトコ雲が、空一杯にシラス雲をなびかせるとする間もなく、遠雷の響きとともに一陣の風を伴ってやってくる雷のひどさにはびっくりした。まだ小学校だった子供たちは、戸を立てて蚊帳をつり、ふとんに潜り込んで息を殺している。飼い犬は雷の一声に飛び上がって、部屋に逃げ込んでくる始末。

雷は空中電気のショート現象とわかっていても、頭上でバリバリと鳴ったかと思うと、バーンと近くの電柱に火柱が立つ、同時に付近は停電となり、その闇を截るように青白い稲光が走ると、思わず首をすくめて逃げ腰になる。

雷の怖さというものを、この土地へきて初めて知ったような気がした。

それにしても、昔の人はどんな恐怖感を持ってこの雷鳴・稲妻を見ていたのだろうか。音の「鳴る神」としか例えようはなかったろう。木の下などに難を避けようとして、かえって落雷に打たれたことも多く、それはさらに生命を奪われるかもしれないという脅迫感に人を追いやったことと思う。

中国から怖いものは鬼という思想が入ってくると、まず雷は鬼と結び付いた。風も鬼と

結び付いた。そして、雷神・風神の具象化された姿が形造られた。運慶の作と伝えられる三十三間堂（蓮華王院本堂）の雷神・風神などは最も代表的なものといえる。雷神は小太鼓を連ねた連鼓を背負い、両手には啞鈴に似たばち(撥)を持っている。いかにも雷鳴のとどろきの発生源を思わせる。いずれにしても鬼の姿であることは確かである。

そのほか俵屋宗達が描く「風神雷神図」は大和絵の傑作として知られているが、この神様も鬼の姿で、2本の角を持っている。

そのほか、雷の姿はいろいろな動物として現されている。なぜ動物が想像されたかという、落雷の際に立木の皮などがはがれているのが、動物の爪の跡と思われたのではないかといわれている。

震雷記その他に載っている雷獣の図をみると、アルマジロのようなもの、センザンコウのようなもの、狼で後足が4本もあるようなものなど、いろいろと想像をたくましくした仮想の獣が載っているが、いずれも爪が鋭く発達していて、地上に落ちた時に、木をよじ登って空に帰るのには、なるほど適している。

そのほか雷は、斧、その他様々な物象になぞらえているが、比較的古くからの説に、雷

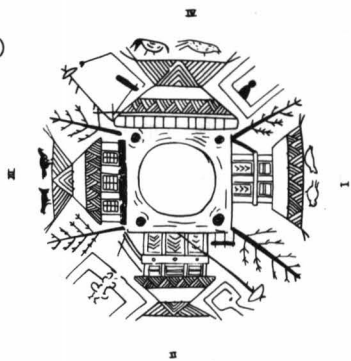
ずいひつ

の小童説がある。「今昔物語」には15～16歳の童となっており、「日本霊異記」にも尾張の国の百姓某の前に雷が落ちたので見ると、小供であり、しかもこの百姓と長々と会話を交わしたと記されている。

先日、国立博物館で出しているミュージアムという雑誌を見ていたところ、雷神の話がでていた。文学博士近藤喜博氏のもので、古代の雷神について、博士は興味ある説を述べている。

その端緒になったのは、大和国佐味田宝塚古墳から出土した鏡で、その背面に古代の家

大和国佐味田宝塚
出土鏡の背面図(模写)



屋の図が4つ彫ってある(図参照)。それを図のようにI, II, III, IVとすると、I, IIの家屋の上にはカギ型のものがあり、よく見ると何か人型のようなものが書き入れられてある。博士は、これは雷の稲妻であり、しかもその中にいる人型のようなものは雷小僧であ

るという。またII, IVの家屋に柄の長い日がさのようなものが斜めに立て掛けてあるのは、パンガイ(幡蓋)というもので、その屋根裏に雷を勧請するためのまじないではないかとしている。

一方、上野国一宮の貫前神社などの古代の建築様式には、天井裏に雷小窓と称する雷神を描いた窓があり、古代から恐ろしい雷をここに勧誘していたのではないかというのが、博士の推定である。

怖い雷小僧はここに閉じ込めて、お供え物でもあげて懐柔し、あまりあばれないようにするというのが、古代人の考えであったかもしれない。

それにしても古代には、夏になると、こここの屋根裏から、雷小僧が出たり入ったりして、いかにも人と雷の共存が図られていたのかと思うと愉快である。

それに比べて、今の都会は、雷にとっては針の山のように、避雷針が立ち並び、ノックスとかソックスとかいう毒ガスまで立ち込めては、とても雷が住める所ではなくなってきている。そういえば、ここ数年小平付近も雷らしい雷は聞かない。今や環境破壊は雷の世界にまで及んできたのかもしれない。

大型店舗の 避難計画

星野昌一



店舗火災の特色と事故例

大型店舗は一般に大空間であり、多層階がエスカレーターや階段等で相互に連絡よく作られているために、一度火災が発生すると、煙が各階に伝達しやすく、また、大空間のため火勢の育成も早まる傾向があり、また収納可燃物が多く、区画がほとんどないため、煙の伝達が早いという特色があり、人口密度からみてもかなり高い値を示す部分がある（通常0.5～0.75人/m²）。

大阪の千日デパートの火災や熊本の大洋デパート火災によって、一度に100人以上の死者を出した事故が発生して、大型店舗の危険性が改めて浮き彫りにされた。

いずれの場合にもいえる共通の特色を示すと、次のとおりである。

- 1) 出火源は燃えやすい衣料品であった。
- 2) 階段、エスカレーターなどの縦穴の存在によって火勢の育成が早かった。
- 3) 下階の出火が上階に知らされず、煙によって初めて火災を知る状態であった。
- 4) 階段やエスカレーター周りのシャッターが閉まらないものが多かった。
- 5) スプリンクラーの設置がなかった（大洋は工事中）。
- 6) 避難誘導が適切に行われなかった。
- 7) 煙による避難障害とCOガスによる中毒死（大洋デパートの場合は、火災によって後から焼死体となる）。
- 8) 安全に逃げられる階段が使えなかった（千日の場合は、風俗営業のための不使用。大洋の場合は、工事中のための撤去）。
- 9) 火災による停電のため混乱（共通）。
- 10) 救出活動（はしご車）による救助が行われたが、要避難者の一部しか救出できなかった。

以上のことからみて、両例とも正常な避難活動が行われなかったための人身事故といえるであろう。

その他の例として、松本の洋品店で、2階の婦人服売り場からの出火で3階で5人の死者を出し



千日デパートのバルコニー付き特避難階段（せっかくの特別避難階段が使われなくて100人以上の死者を出した例）

た例や、田畑百貨店で夜間の出火で1人の死者を出した例などがある。

大型店舗における避難施設のあり方

百貨店、スーパーマーケット、名店街など大型店舗の避難対策として、階段区画に対して特に留意すべき点は、次のようなことであろう。

- 1) 特別避難階段または防煙区画された前室、もしくはバルコニー経由で入れるように計画した避難階段を、2方向以上の避難が可能ないように設け、煙による階段の汚染を防ぐ。
- 2) 一般階段についても、避難用扉（常時閉、使用時のみ開）で床まで防煙区画しておくことが必要である。これを常開として使用する場合は必ず煙感連動として煙の進入以前に確実な閉鎖を行えるようにする。
- 3) 既設のヒューズ付きシャッターの場合は、その前方または後方に網入りガラス扉を持つ網入りガラススクリーンを設けること。
- 4) 避難上有効な排煙設備を持ち、スプリンクラ

ーも備えている場合に限り、有効深さ50cm以上の網入りガラス防煙たれ壁（可動式のものとはなるべく避ける）で防煙すれば、防火戸としては既設のシャッターを働かせることを認めることもよいであろう。

階段の有効幅については、法的に売り場面積100㎡ごとに60cmという規定があるが、既存のものでは、新規にこれを拡幅または新設することは実際に困難が伴うので、ガラススクリーン等による防煙区画された前室を作って、その前室の出入り口が法定の幅員に達していれば、階段幅がそれより狭くても滞留人員の計算によって広さが満たされていれば、階段そのものの幅を広げなくても安全に避難できるものとしてよいであろう。

避難中閉鎖できないシャッター付きの階段を広くとるよりも、完全に防煙区画された前室をもつ階段は、たとえその幅が狭くとも、前室に所定の時間内に入れさえすれば安全とみてよいのではあるまいか。

熱気流や煙を上昇させてしまう階段はスプリンクラーを付けても、かえて出火点以外の場所で散水させることになり、火災部分への有効な散水には役立たない。縦穴区画は、スプリンクラーの有効作動のためにも是非必要なことである。少なくとも、たれ壁のない階段は、出火に伴う熱気流が上昇していくので、出火階の火災感知や出火階でのスプリンクラーの作動を遅らせる結果を招きやすい。

エレベーターは避難に使用すべきでないことは常識化しておく必要がある。先を争って乗り込むことによるパニック現象の誘発要素を持ち、また、エレベーターの運行に伴う煙誘引効果も無視できない。売り場に直面するエレベーターは、火災階で熱のため開扉させる効果を持つことが起こり、極めて危険であるし、扉からの煙の流入は押さえ切れない。また、火災進行により扉の反りのため大量の煙の流入があり、炎の侵入も起こってしまうことがある。

避難者は、黙っていると本能的にエレベーター前に集まる習性があるので、エレベーター乗り場か

ら階段までの経路はわかりやすくし、エレベーター乗り場は防煙区画できるように計画しておくことが望まれる。

特に非常電源によるエレベーターを設けた場合には、消防活動の面で大変プラスになるので、安全防煙区画された防火区画と排煙設備を持つ場合は、これを利用することができるが、一般の避難には使うべきではない。

従来の百貨店形式では、堅動線の機能向上のためエスカレーターを設ける例が圧倒的に多いため、エスカレーター周りが大きい堅穴となっている例が多く、これを区画することが必要であるのに、実際にはヒューズ付きシャッターで区画されているため、防煙上間に合わないケースも多く出ており、千日デパートや大洋デパートのいずれも完全に閉鎖しない例が多かったことは否定できない。

これは、避難上使用するべきではないということで、煙感連動により早期に閉めても階段の場合のような弊害はないけれど、端面方向には扉を付けておかないと取り囲まれて出られなくなる危険がある。

長手方向は網入りガラススクリーンを設けることがやはり必要なこととなってくる。

エスカレーター周りのシャッター部にショーケースなどを置いている例が見られるので、このようなことは嚴重に慎むべきことであろう。

実際には、エスカレーターでも、完全に防煙区画されていて自閉式の扉が付いていれば避難に使用することが可能であり、大洋デパートの場合でも、これを利用して避難した人がいる。

しかし危険を伴うので、直ちに停止して両方とも避難方向に利用する方が賢明であろう。ただし、これはあくまでも補助避難路であり、かつ完全に防煙区画してある場合に限ることは当然である。

大型店舗における階別避難計画

せっかくの避難施設があっても、その位置がわかりにくかったり、店員専用区画内にあったり、片寄っていたりすると、有効に作用しないことが

多い。大洋デパートの場合は、出火階段が風上側で他の階段が風下側に集中していたことは不幸なことであり、防煙・防火的に欠陥があったので、十分な利用ができなかったばかりか、有力な煙の上昇路になったことは問題である。

階段はあくまで避難を中心に作られるべきもので、その配置・構造・誘導方式も充分計画的に配慮されるべきものである。

大型店舗では、階段表示灯は大型(40w級)表示であるべきであり、一般の装飾・看板灯の類のため見えにくいような状態にしてはならない。なかには、目立たせるため点滅形式にしたり、音声を組み込んで誘導するアイデアもあり、これらは、その性能評定を行って有効なものは認めていくべきで、一律規制を厳しくすると新しい有効なアイデアを育てないことにもなりかねない。

ただし、これらの形式については統一的なサインを標準化する必要があり、店舗によって思い思いのものが付けられたのでは混乱が起りやすい。

なかにはコンピュータによって煙濃度の薄い方に誘導するような形式のものも現れており、一般的にはそれでよいとしても、階段の避難能力や混雑度を配慮して誘導しないと混乱が起ることもある。

一般的には、避難誘導はその店舗の売り場区分による混雑度(人口密度)や防煙区画の配置等に合わせて、階段ごとに大体の受け持ち範囲を定めておくのが通例であろうが、出火場所や風向などによって誘導方向を変更する必要もあり、2方向避難の法則をどの地点でも成立させるように考えておくべきであり、そのために、特に方向指示ができるような誘導灯も必要になってくる場合もある。

いずれにしても、各階を少なくとも2つのゾーンに分けて、出火ゾーンからいきなり階段に入るのではなくて、いったん水平避難によって無煙ゾーンに移行してから階段に入るような習慣をつけると、上層階の人々の迷惑にならない避難方法がとれるようになる。

このような計画は既存の店舗では無理の場合も

あるであろうが、今後はそのような配慮も必要となってくるであろう。

出火階以外の場合には、階段の安全を考えて、なるべく出火階からの煙の侵入危険の少ない階段を選んで避難誘導を行うことが望まれる。

いま一つ大切なことは、各階ごとに煙の侵入を防げるような安全区画を、滞留の可能性のある人員分だけ設けておくことが望まれる。これは、同時避難が行われると、階段の混雑のため一時的に待つスペースが必要となり、これを階段前室およびその階の階段部分として、一般部分と防煙的に区画できるようにしておくことが望ましい。これは、平均密度が0.5人/m²のとき床面積の10%、平均密度が0.75人/m²のとき床面積の15%ということになる。完全に各階が2つ以上のゾーンに分けられている構造では、この面積は多少軽減してもよいことになり得るが、これは縦穴区画の整備状況や火災の拡大状況によって差が出るので、一律には言えないことである。

多層階避難の誘導方式の在り方

通常、百貨店型式の大型店舗では縦穴の完全閉鎖はできにくく、一般に、どうしても煙の上昇経路が完全にふさがらないために、出火階より上の階の避難を行う必要が起る。

この場合、当然出火階は最優先避難ということになるが、次の避難は煙の上昇の早く到達する階からという事にすべきである。エレベーターシャフト、ダクト、パイプスペース、エスカレーター周りなどの各部から上昇する煙は、そのシャフトの最上階まで上昇していき、最上部分から最も多くの煙が吹き出してくることは、実験的にも計算的にも証明できることであり、この点が火炎だけの伝達と異なる傾向となることは注意すべきことである。煙の吹出量は温度差と高低差によって差が出るが、中間層より上部が吹出勝手となり、上階ほど大きいので、上階から汚染が進む場合が起りやすい。

このことから、出火階の次は直上階および最上

階ということにした方がよいと思われ、以下、上から順序よく避難させる方が各階の安全限界時間を有効に使える結果となってくる。

火災の直下階は必ずしも避難を必要としないことが多いが、消防活動の拠点とする計画のときにはその階は避難してもらった方が使い良いというケースが多いであろう。

避難指令時間は、各階の在館人員から割り出した所要避難時間（片寄り係数を加味した余裕が必要）で判断して、順次必要階から避難を指令することが混乱を避ける上で必要なことであろう（計算式は6に示す）。

原則的には、出火階避難が終了しない間に直上階やその上の階を逃がすことは、火災階からの避難を遅らせる結果にもなるので、注意しなければならない。

いま一つ考慮すべき点は、催事場や食堂など人口密度が高く、出入り口が制約されている用途部分はどうしても避難に混乱が起りやすいので、早目に誘導を開始して円滑に階段室に流入させていかないと間に合わなくなるということもある。

最上階が集会場等で特に人員が多いときは、やむを得ずその屋上に緊急避難をさせる必要も起るであろうが、出火階避難が完了しないうちに屋上扉を開けたために、暖房期など階段内に上昇気流を誘発すると煙を引き込むことになりやすいので、屋上開扉は、特に暖房期には慎まなければならない。

逆に冷房期には1階の屋外扉を開けることは、火災階の避難が大体終了して閉扉されてからにするような注意が肝要である。

大型店舗の全館避難には通常10～15分かかる例が多いので、その間に出火階がフラッシュオーバーしてガラスなどが壊れ火炎が噴き出し、火災の急成長が起って、直上階は危険となり、また、時にはその上の階にも危険が及ぶので、それまでにはそれらの階の避難は完了していなければならないということになる。

通常、不燃材料で壁天井が作られ、出火階の避難が3分以内に完了して階段やエスカレーター周

り、ダクトダンパー等が閉鎖されていれば、それほど早期にはフラッシュオーバーを起こさないの
で、くれぐれもフラッシュオーバーを早めること
になる屋外の窓を破るような行為は、まだ上階に
多数の人が居残っている段階では慎むべきことと
思われる。

残留者救助対策

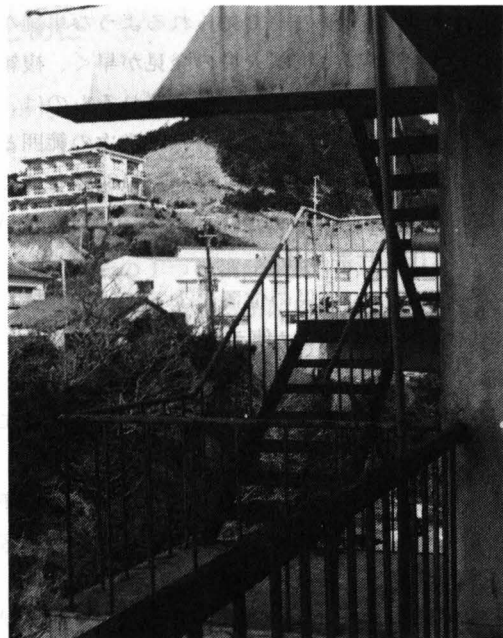
一般の人々の避難が、階段の汚染が進まないう
ちに完了すれば問題はないが、どうしてもある一
部のグループが、個室等避難警報が行き渡らない
部分に取り残されることが起こり得る。

このような残留者に対しては、消防隊は救助作
戦を開始しなくてはならない。階段等に煙が充満
した状態での救出は、どうしても外部からの進入
あるいは救出ということになる。このために一定
間隔の進入口が必要となるので、ガラスの破壊な
どの非常手段を執らないで進入できるように、窓
や出入り口の開口を確保しておく必要がある。進
入口にはバルコニーが付設してある方が安全性が
高い。

各階の階段前室にバルコニーを付けて外部から
階段に入れるようになっていると、避難活動にも
救出活動にも役立つ利点があり、階段に煙を入れ
ずに避難できる可能性が強くなる。

現在は、店舗は完全無窓でもよいことになっ
ているが、機械排煙設備は2防煙区分分、すなわち
1,000㎡程度に見合う排煙能力しかないの
で、これ以上煙が拡大してあちこちで操作レバーを
引き排煙口が開かれると、必要な部分の排煙能力
がそれだけ低下することになるので、避難時の必要
が迫った時だけ排煙操作をすべきであり、区画の大
きさや火勢の進行状態によって排煙しなくても安
全に次の防煙区分に移れるような状態では、排煙
しないで逃げの方が、温存された排煙設備が後で
消防隊の進入時などに役立つことになることも考
えるべきであろう。

特に付室排煙については、早目に働かせると、か
えって付室内に煙を引き込むことになるので、廊



屋外バルコニー付階段（避難上有効に働いた屋外階段の例）

下排煙がダウンして付室内に煙が入ってくるよう
な段階で、階段の開扉によって煙が入りそうな時
点で初めて付室排煙の働きを役立てるようにすべ
きであり、それによって救出を含んだ消防活動が
可能になってくる途である。

避難計算

大型店舗の安全性をチェックするため避難計算
が必要になってくるケースが今後多くなってくる
であろう。

避難計算の方法は建築基準法38条の許可をう
ける必要条件として、高層建築では避難計画をた
て次のような避難計算を行ってチェックを受ける
ことになっている（既存ビルのときは注に示す値
をとる）。

$$\text{避難対象人員 } N_1 = \sum A_1 \rho \quad (A_1 \text{ 対象面積})$$

避難所要時間 T_1 は次式で求める。

$$T_1 = T_0 + \frac{N_1}{\sum B_1 \times 1.33} \times k \dots \dots (1 \text{ 式})$$

T_0 : 避難開始までの時間

一定空間と出火部分のつながり状況によって差
があり、また、避難警報の出し方によって差があ

るが、全室を一望の中で見られるような単純なもので、室高が高ければ火災の発見が早く、複雑で不完全区画などがあって発見の遅れるものは、やや長い値をとることになるが、通常次の範囲と考えられる(既存ビルのおときは一般に180秒とする)。

$$T_o = (1 \sim 2) \gamma T_1 \dots\dots\dots (2 \text{ 式})$$

k : 片寄り係数

出火階では、火災の位置によってn個の階段(出入口)のうち1つは使えないものとして、n-1個の階段(出入口)を使用するものとするれば、所要避難時間は、逆に $\frac{n}{n-1}$ 倍かかるものとしてkを乗じる。

ある空間の安全に使える限界の時間は、可燃収納物の質や集積状況によって差はあるが、通常次の値を標準として考えられる。

$$\text{避難所要時間 } T_1 \leq T_s \dots\dots\dots (3 \text{ 式})$$

上式を満足することが要求される。

注：既存建物では、満足しないときは必要措置が要求される

階段室の入り口の幅が、実際の階段の有効幅(避難方向は通常1階)より大きくても、避難計算には小さい方の値をとるものとする。

階段に防煙区画された前室を持つ場合には、前室入り口幅で計算することもできるが、その場合には、前室入り口幅と階段室入り口幅(または階段幅)との差による流動人員の差が前室内の滞留人員となるものとして、その必要面積を1人当たり0.2㎡以上として計算する。

全館避難については、階段のネック部分の幅に対応する流動可能人員で全避難対象人員を割り、これに避難開始時間を加えて求めることができる。

出火階が1階の場合には問題があり、階段室の中で使用不能のものが出る場合には、これを除くと大変時間が長くなるので、火災の進展状況によっては危険ということになる。

このような事態に備えて、避難階が2階層選択できるような平面とすることが望ましいのである。

特に、地下部分を持つ場合には、地下部分と地上部分を分離できる階段構造しておかないと、地下からの煙が上層階に上ぼり、全階避難が成立しないというケースが多くなってしまふ。

表1 店舗用避難計算に使用する人口密度(人/㎡)
防災計画指針による値

催事場、特売場、立食の宴会場など	1 人/㎡
レストラン、混雑する食料品売り場など	0.75 人/㎡
一般の売り場	0.5 人/㎡
ロビー、控室、事務室など	0.25 人/㎡

注：既存ビルを対象とするときは0.23人/㎡とすることができる

表2 避難推奨時間(γT₁)

室面積(㎡)	200	500	1,000	1,500	2,000	3,000
秒	30	45	60	75	90	105

表3 推奨避難完了時間(T_s)

室面積(㎡)	200	500	1,000	1,500	2,000	3,000
完了時間(秒)	120	180	240	300	360	420

注：既存建物では内装可燃のとき180秒、難燃・準不燃・不燃のとき360秒とする。

したがって、地下部分と1階部分は、初期消火に全力を挙げるようにスプリンクラーを充実して設ける必要があることがわかる。従来1階はすぐ避難できるからスプリンクラーは不要であるという考え方は、以上のような上階への煙の伝達を考えると、非常に危険な結果をよぶ可能性があることに気づくであろう。

特に地下階では、初期消火に失敗すると、煙が避難階段に進入し、地下階全体の避難を困難にするばかりでなく、さらに、上層階に侵入して上階全体の避難路を奪うことになるので、地下室からの階段と上階の階段を1階で乗り継ぐような計画にすることが望ましいという考え方もしくはない。外国では、地下用の階段と1階から上の階段を扉などで区画して、防煙措置がとれるように規定しているところもある。

一般の店舗のように、1階売り場を通らないと外部へ出られない計画は、この点で大きい問題をかかえていることになる。

人命は何よりも大切であるという観点から考えると、階段を不完全な区画で囲い、特にその出入口を全閉か全開かというような構造しかできないというシャッター構造のみとすることは適当ではないといえるであろう。シャッターには必ず避難上必要な扉を付設する習慣を確立し、その扉幅で避難計算が成立するように考えたいものである。

(ほしの しょういち/東京大学名誉教授・東京理科大学教授)

きめ細かな指導で消防施設100%設置を

そ及適用の現状と今後の課題

中島忠能

はじめに

118人の死者を出した47年の大阪千日デパートの火災、そして100人の死者を出した48年の熊本大洋デパートの火災——この2つの惨事は、予防行政上忘れることのできない事件となった。

そして、その1つの消防制度上の帰結が、スプリンクラーを始めとする消防用設備を既存の特定の防火対象物に設置させるための法律改正となった。昭和49年の消防法の一部改正がこれである。この法律改正によって、改正法施行日前日に適法に存在していた防火対象物のうち、百貨店・地下街および複合用途防火対象物については52年3月31日までに、劇場・公会堂等、キャバレー・遊技場等、待合・飲食店等、百貨店以外の物販業、旅館・ホテル等、病院・診療所・福祉施設・幼稚園等、トルコ・サウナ浴場等については54年3月31日までに、それぞれ政令で定める技術上の基準に従って消防用設備を設置しなければならなくなった。

本稿の目的は、上述の設置状況を明らかにするとともに、未設置のものについての原因を分析し、併せて今後の課題を展望しようとするものである。

53年10月1日現在の設置状況

そこでまず、消防用設備等のうち代表的なものである屋内消火栓設備およびスプリンクラー設備について、10大都市（札幌・東京・横浜・川崎・名古屋・京都・大阪・神戸・北九州・福岡の各都市）および県庁所在都市における、昨年10月1日現在の設置状況をみてみることにしたい（表1および表2参照）。

まず、指摘されなければならないことは、52年3月31日を猶予期限とする百貨店・複合用途防火対象物・地下街と、54年3月31日を猶予期限とするその他の防火対象物とは、設置率等に大きな隔りがあることである。特に、54年3月31日を期限とする防火対象物のスプリンクラー設備の設置状況は注目すべきで、設置率はわずか48.7%と低い。ただ、53年10月1日現在において工事中であ

表1 52年そ及防火対象物の消防用設備等の設置状況(県庁所在市および10大都市)

屋内消火栓設備

区分	事項	設置を必要とするものA	設置済B	設置済B/A(%)	違反				B+C+D A(%)
					着工C	計画書D	未計画E	計	
	百貨店等	1,692	1,578	93.3	11	59	44	114	97.4
	複合用途	5,717	5,567	97.4	16	57	77	150	98.7
	地下街	47	47	100	0	0	0	0	100
	計	7,456	7,192	96.5	27	116	121	264	98.4

スプリンクラー設備

区分	事項	設置を必要とするものA	設置済B	設置済B/A(%)	違反				B+C+D A(%)
					着工C	計画書D	未計画E	計	
	百貨店等	545	526	96.5	0	13	6	19	98.9
	複合用途	1,420	1,219	85.8	88	64	49	201	96.5
	地下街	41	38	92.7	1	2	0	3	100
	計	2,006	1,783	88.9	89	79	55	223	97.3

表2 54年そ及防火対象物の消防用設備等の設置状況(県庁所在市および10大都市)

屋内消火栓設備

区分	劇場公会堂等	キャバレー遊技場等	待合飲食店等	百貨店以外の物品販売業	旅館ホテル等	病院診療所等	老人福祉施設幼稚園等	トルコサウナ浴場等	合計
設置を必要とするものA	907	468	638	886	2,586	2,314	894	41	8,734
設置済B	753	397	414	566	2,104	2,114	768	33	7,149
設置率(B/A)	83.0	84.8	64.9	63.9	81.4	91.4	85.9	80.5	81.9
工事中又は計画書が提出されているものC	76	11	81	90	161	112	56	1	588
(B+C/A)	91.4	87.2	77.6	74.0	87.6	96.2	92.2	82.9	88.6

スプリンクラー設備

区分	劇場公会堂等	キャバレー遊技場等	待合飲食店等	百貨店以外の物品販売業	旅館ホテル等	病院診療所等	老人福祉施設幼稚園等	トルコサウナ浴場等	合計
設置を必要とするものA	156	157	24	48	208	506	13	1	1,113
設置済B	66	122	15	14	130	189	6	0	542
設置率(B/A)	42.3	77.7	62.5	29.2	62.5	37.4	46.2	0	48.7
工事中又は計画書が提出されているものC	71	19	7	11	55	256	5	1	425
(B+C/A)	87.8	89.8	91.7	52.1	88.9	87.9	84.6	100	86.9

表3 54年そ及防火対象物のスプリンクラー設備の設置状況(10大都市)

53.10.1現在

区分	劇場公会堂等	キャバレー遊技場等	待合飲食店等	百貨店以外の物品販売業	旅館ホテル等	病院診療所等	老人福祉施設幼稚園等	トルコサウナ浴場等	合計
設置を必要とするものA	96	107	22	41	123	298	8	1	696
設置済B	43	82	14	10	73	107	4	0	333
設置率(B/A)	44.8	76.6	63.6	24.4	59.3	35.9	50.0	0	47.8
工事中又は計画書が提出されているものC	43	13	6	9	42	158	2	1	274
(B+C/A)	89.6	88.8	90.9	46.3	93.5	88.9	75.0	100	87.2

54.1.1現在(概数)

区分	劇場公会堂等	キャバレー遊技場等	待合飲食店等	百貨店以外の物品販売業	旅館ホテル等	病院診療所等	老人福祉施設幼稚園等	トルコサウナ浴場等	合計
設置を必要とするものA	101	107	24	40	124	300	8	2	706
設置済B	51	84	15	11	81	128	4	1	375
設置率(B/A)	50.5	78.5	62.5	27.5	65.3	42.7	50.0	50.0	53.1
工事中又は計画書が提出されているものC	44	14	7	19	41	161	2	0	288
(B+C/A)	94.1	91.6	91.7	75.0	98.4	96.3	75.0	50.0	93.9

るか、または、消防当局にスプリンクラー設備の設置計画書が提出済みであるものを加えて、設置に関する率を算出すると86.9%となる。しかし、いずれにしても、関係者の設置促進のための一層の努力が望まれる。

昨年の10月1日現在の設置状況は以上のとおりであるが、10大都市のスプリンクラー設備について、今年の1月1日現在の設置率を調査してみたので紹介しておきたい(表3参照)。表3によってもわかるとおり、10大都市に関する限り、1月1日現在の工事中および設置計画書提出済みのものを含む設置に関する率は93%を超えるところまでこぎつけている。

現時点における分析と対応

54年3月31日が過ぎ去った現在、未設置の防火対象物についてその原因を調査検討し、今後の設置促進の最後の足掛かりにしなければならない。

消防庁で未設置の原因を調査済みというわけではないが、全国の主要都市に電話照会して把握し

(昭和52年中)

表4 消防用設備等に関する措置命令(消防法第17条の4)状況

防火対象物の区分 設備の種類		(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	(六)	(七)	(八)	(九)	(十)	(十一)	(十二)	(十三)	(十四)	(十五)	(十六)	(十七)	(十八)	(十九)	(二十)							
		劇場 等	公会堂 等	キャバレー 等	遊技場 等	料理店 等	飲食店 等	百貨店 等	旅館 等	共同住宅 等	病院 等	社会福祉施設 等	幼稚園 等	学校 等	図書館 等	特殊浴場 等	一般浴場 等	停車場 等	神社寺院 等	工場 等	テレビスタジオ 等	駐車場 等	航空機格納庫 等	倉庫 等	事務所 等	複合用防火対象物 特定 一般	地下街 等	文化財 等
消 火 設 備	消火器具	1		1	1	2	1		7										10					2	3			28
	屋内消火栓	1	2		3	3	22	30	5	3	1								10					2	3			27
	スプリンクラー	1	1			1	6	1	1										7				1	16	9		96	
	水噴霧					1	8		2										1				1	4	4		22	
	泡					1	3		1															1	2		17	
	二酸化炭素																											7
	ハロゲン化物																											
	粉末																			1								1
	屋外消火栓																											
	動力消防ポンプ																											
小計(A)	4	2		1	3	5	32	31	14	3	1							18					2	3	23		142	
	2	1		1	3	10	2		9										11				1	2	14		56	

(注)は正欄は、昭和52年1月1日から昭和52年12月31日までに発せられた措置命令に基づき、昭和52年1月1日から昭和53年5月31日までに是正された件数である。

消防用設備等に関する措置命令(消防法第17条の4)状況

(昭和52年中)

防火対象物の区分 設備の種類		(一)	(二)	(三)	(四)	(五)	(六)	(七)	(八)	(九)	(十)	(十一)	(十二)	(十三)	(十四)	(十五)	(十六)	(十七)	(十八)	(十九)	(二十)							
		劇場 等	公会堂 等	キャバレー 等	遊技場 等	料理店 等	飲食店 等	百貨店 等	旅館 等	共同住宅 等	病院 等	社会福祉施設 等	幼稚園 等	学校 等	図書館 等	特殊浴場 等	一般浴場 等	停車場 等	神社寺院 等	工場 等	テレビスタジオ 等	駐車場 等	航空機格納庫 等	倉庫 等	事務所 等	複合用防火対象物 特定 一般	地下街 等	文化財 等
警 報 設 備	自動火災報知	4	4	2	2	4	17	21	13	3	13	5	1	2					15				1	2	30	1		141
	漏電火災警報器	1	1		2	2	4	11	3	1	6	4		1					5				1	1	16	1		61
	消防機関通報								3		1																	5
	非常警報	1		1	1		3	7	3	2	2	3		2											17			38
	小計(B)	5	4	3	3	4	20	28	19	3	16	5	1	6	1				15				1	2	47	1		184
	1	1	1	3	2	6	14	4	1	8	4		4	1					5				1	1	27	1		85
避 難 設 備	避難器具		1	2		1	3	6		6			1												11			31
	誘導灯、誘導標識	2	4		2	2	9	16	8	2	8		1	1											8			16
	小計(C)	2	5	2	2	3	12	22	8	2	14		1	2											20			75
	2	1	1	5	7	5		7		7															12			32
	2	5	2	2	3	12	22	8	2	14		1	2												31			106
	2	1	1	5	7	5		7		7															20			48
合計(A)+(B)+(C)	11	11	5	6	10	37	82	58	5	44	8	3	8	1				33					3	5	101	1		432
	3	2	3	5	3	14	31	11	1	24	4		4	1				16				2	3	61	1		189	

業所床面積については非課税扱いされることとなっている。

今後の課題

いずれにしても、国民の生命、財産の保護を一層確かなものとするため、消防用設備の設置を促進し、いわゆるそ及適用にかかる問題を一段落させなければならない。54年3月31日が過ぎ去った現段階においては、特にこの感を深くする。

そこで、今後の対策・留意点について若干触れてみたいと思うが、以下は、従来からの指導を繰り返しても効果が上がらないような場合について、消防用設備未設置の原因を防火対象物ごとにしきりに調査・把握したうえで活用されるべき対策であり、検討事項であるので承知されたい。

(1) 前にも触れたが、未設置の原因で第1位はおそらく資金難であろう。昨秋までは、資金難といえば相当な説得力を持っていたが、現在では必ずしもそうではない。むしろ、現在の経済状態から消防サイドとしては資金難かどうか客観的な資料によって判断する努力が望まれる。

(2) 未設置の第2の理由として考えられるのは、テナントとの調整困難、権利関係の複雑さからくる話し合い不調である。これは、確かに予想されるところであり、経済環境が良くなったからといって、この理由にそう変化が生ずるとは考えられない。けれども、だからといっていつまでも未設置のまま放置することが許されないのはいうまでもない。期限を切って調整されるべく措置命令を出すとともに、告発へと移行していくことをスケジュール的に明確化すべき時に来ているように思われる。

(3) 消防用設備、特にスプリンクラー設備を設置する場合は、建築物の躯体部分に手を付けねばならないのが一般的である。そのため、既存建築物のなかには、その構造上スプリンクラー設備等の設置がきわめて困難なものもあると思われる。このような状況を考慮して、消防法施行令第32条は「防火対象物の位置、構造および設備の状況から

判断して……」また「予想しない特殊の消防用設備等その他の設備を用いることにより……」特例を認めて差し支えないと考えられるときは、必ずしも基準どおりの設置を要しないこととしている。消防機関においては、関係法令等をしっかり念頭に置いたうえで防火対象物の実体に応じた指導を行う必要がある。

(4) また、消防法施行令第8条「防火対象物が開口部のない耐火構造の床または壁で区画されているときは、その区画された部分は、……それぞれ別の防火対象物とみなす。」という規定、および消防法施行規則第13条「……主要構造部を耐火構造とした防火対象物の階の部分で……」一定の要件に該当するものは、対象面積または階の計算上除外するという規定の存在を考えると、相応の工事を防火対象物に施すことによって、これら規定の適用を受けることが可能であり、不適格防火対象物が適法化されるとともに、防災対策上有効な措置が講じられることになる。前記(3)と同様、消防機関のきめ細かい指導が望まれる。

(5) 消防用設備の設置にかかる政令基準を注意深くみればすぐわかることであるが、地階、無窓階および11階以上の階にはより厳しい規定が設けられている。そこで無窓階ですでに開口部があるものについては、一定の条件を満たすように改造することにより無窓階でなくなり、消防上安全が保障されるとともにスプリンクラー等消防用設備の設置についても免責されることになる。小さなことだが、留意点の1つであろう。

(6) 消防用設備の設置を促進するために、消防機関サイドにおいて充分研究し、親身になって相談相手になってほしいのが、水源・非常電源などを共同利用する方法についてである。隣接する防火対象物との間において、また、同一の防火対象物の異なる消防用設備との間において、共同利用が検討されてよい。このことは、消防用設備の設置促進という面からのみでなく、投資効率、あるいは日常の維持管理の効率という面からも考えられてよい問題である。(54.3)

(なかじま ただよし/消防予防救急課長)

コンフリクト・アナリシス手法

交通場面潜在危険性の検出技法の課題

池之上慶一郎・小島幸夫

事故危険性の検出評価の問題

安全対策がモータリゼーションに追い付かずに激しい交通戦争が続いたころは、事故多発地点もはっきりしており、それに対して、とにかく投入すべき対策も数多くあった。そのような薬石の効あって今日の事故減少が実現しているのであるが、1980年代に入るこれからは、事故に追われた受身から転じて、より高度な、より頭腦的な安全管理の体制が要求される時代と考えられる。

従来、交通事故の分析・研究は、事故発生特性に関する種々のアイテムをカテゴライズして統計分析を行うことによって、全体的な政策のプライオリティを見いだすものや、種々の対策要素がそれぞれどのように事故抑止に寄与しているかについて、数多くの過去のデータに統計処理を加えることによってこれを明らかにしようとするものなど、巨視的・戦略的なものが主流をなしている。もちろん、これらは政策の方向や指導理念を定めるのに不可欠のものであるが、他方、個々の対象について具体的に危険性を検出し、改善策を求めるといった戦術的な面の技術の体系化についてはあまり顧みられていない。

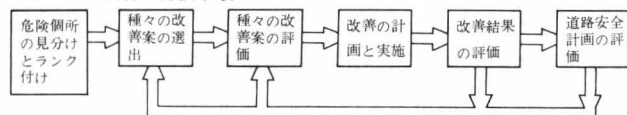
個々の対象の危険性にもいろいろあり、個々の運転者に潜在する危険性の検出については、運動適性検査の研究分野においてその技術はかなり確立されており、また、社会各層の意識に潜在する

危険性の検出についても、交通違反の悪質性に関する意識の測定技術の研究がなされている。本稿でテーマにしているのは、交通場面での現象に潜在する危険性の検出である。

交通場面の危険性の検出評価の役割は、図1に示す安全管理のマスター・フローをみれば明らかである。これを過去の事故データによって行うことが今日最も一般に行われているところである。事故記録の活用は不可欠であるが、これにもそれなりの泣き所がある。この事故データを得るにはある程度の期間を要し、しかも、今日すでにその徴候がみられるように、事故多発箇所というものがはっきりしなくなってくると、図1の第1工程である危険箇所の検出とランク付けを事故記録だけで行うことが困難となる。また、改善策の検討に必要な現象の洞察のための情報源としては、事故記録だけでは不十分であり、図1の第2、第3、第5の工程で障害となる。

この問題を克服する補助的手法として、事故の可能性と関係の深い現象を基にして危険性の検出評価を行うことが考えられる。道路の曲率やこう配など幾何構造要素の条件と事故との相関を明らかにしておいて、道路構造の危険性評価が行われるのと同様に、交通現象要素の条件と事故との相関を見いだしておいてこれを評価に使えば、随

図1 安全改善の評価手順



時、随所について短時間で診断が行えることになる。これに関して、今までに速度分布の歪み、速度変化の頻度、ある値以下の車頭間隔の頻度等と事故率との相関などが扱われているが、いずれも研究の域を脱していない。

このような発想の下で、最近欧米の先進国で比較

的力を入れて研究が行われているものに Conflict Analysis というものがある。これについて、次節に述べよう。

コンフリクト・アナリシスについて

車同士または人と車がそのまま進行すれば衝突するので、何らかの回避動作が行われた場合に、conflict（以下日本語では錯そうということにする）が発生したとっている。コンフリクト・アナリシス（またはコンフリクト技法ともいう）とは、「1つの場所で生ずる錯そうは事故の潜在性を意味し、その頻度は事故の可能性の尺度となり、また、錯そうのタイプはそれぞれ事故のタイプと対応する」という仮説を背景として、数少ない事故を対象とする代わりに、事故の定義を拡張解釈して錯そうを対象とすれば、危険性の検出に有効ではなからうかという概念のものである。

この場合、衝突回避のための進路変更または制動動作（制動灯の点灯をもってそれとする）をもって事故回避事象、すなわち錯そう事象と定義付けているほか、米国のマニュアル（交通調査マニュアル）では、違反行為の発生も錯そうの定義に入れている。

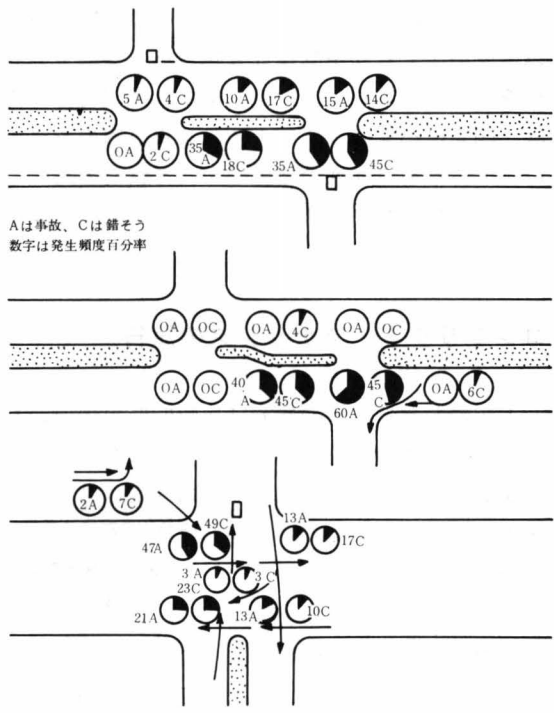
この方法が妥当かどうかは、仮説どおりに錯そうの頻度が事故の頻度と有意な相関を有するか否かにかかっている。この技法の概念は1950年代から数人の研究者によって提唱されていたが、本格的な研究は1969年にゼネラル・モーターの Perkins

表1 錯そう数と事故数との相関係数 r

交差点	錯そう-事故の状況					rの限界値	標本数
	進路変更	右折車と対向直進車	交差交通	追突	追突以外のすべて		
信号交差点							
T型	-0.207	-0.128	-0.170	0.075	-0.172	±0.532	14
十字路	0.360a	0.661a	0.209a	-0.018	0.410a	±0.179	122
全	0.402a	0.615a	0.136	-0.017	0.326a	±0.160	157
無信号交差点							
T型	0.294a	0.432a	0.830a	0.410a	0.837a	±0.205	94
十字路	0.159	0.459a	0.602a	0.213a	0.653a	±0.192	106
全	0.276a	0.453a	0.665a	0.295a	0.671a	±0.130	235
全交差点	0.356a	0.546a	0.429a	0.154a	0.458a	±0.100	392

(註: aは5%水準で有意) 出典: An evaluation of the traffic conflicts technique, W.T. Baker, HRR 384, (1972)

図2 交差点での重度の錯そうおよび事故の発生場所とそれらの相対頻度



出典: Traffic conflicts a development in accident research, S.J.older, B.R.spicer, Human Factors 18(4), (1976)

によってなされ、その後、米国の連邦道路局や英国の運輸道路研究所などで研究が続けられている。米国連邦道路局のプロジェクトで500以上の交差点を対象に行った研究では、表1にみられるように、交差点における錯そうと事故との相関性について、追突事故を除いた他の種類のいずれについ

表2 錯そう一機会および事故一錯そうの比率

交 差 点	錯そう一事故の状況			
	進路変更	右折車と 対向直進車	交差交通	追 突
機会1,000 回当たりの錯そう数				
信号十字交差点	51	28	15	29
無信号十字交差点	64	28	26	26
全	65	28	25	25
錯そう 100,000 回当たりの事故数				
信号十字交差点	7	20	56	3
無信号十字交差点	7	9	16	1
全	6	15	20	3

出典: An evaluation of the traffic conflicts technique, W.T. Baker, HRR384, (1972)

でも統計的な有意性が報告されている。また表2に示されるように、ウィービング型と追突型の錯そうは、その頻度が多く観測されるにもかかわらず、事故との件数比が低いことを指摘し、この2つの型は同方向の車同士によるものであるから、損傷度が小さくて事故として報告されないケースが多いものと解釈している。また、英国の研究では、図2に示すように、1つの交差点内の各場所における錯そう頻度の構成率と、それらの場所における事故件数の構成率とが非常によく一致することを報告している。

コンフリクト・アナリシスの試行

上記のとおり、この研究は比較的歴史の浅いものである。我々は、この技法の有用性を実際に検討するとともに、ひいては潜在危険性評価モデルを確立することをねらいとした研究に着手しているが、現在までのアプローチで得られている結果を、事例的に以下に紹介する。

右折車と横断歩行者との事故の例

調査時点で歩行者事故多発交差点としてランクされていた西大久保一丁目交差点について事故データを調べた結果、図3に示すように、西武新宿

方面から三光町方面へ右折する車と、その流出部の横断歩道を当該右折車から見て、右の方から横断する歩行者との事故が特異であることがわかった。そこでこのケースを事故多発の対象とし、同様の相互関係にありながら事故寡発のケースとして、同交差点を池袋方面から西武新宿方面へ右折する車と、その流出部の右方から横断する歩行者との関係を取り上げた。

前述のコンフリクトの定義に準じて、横断歩行

図3 事故発生状況図 (西大久保1丁目交差点)

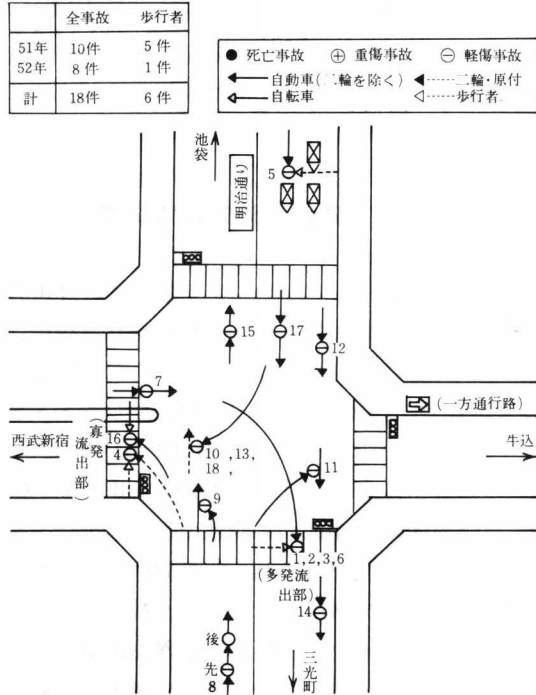


図4 歩行者と右折車に関連する錯そう事象の発生状況

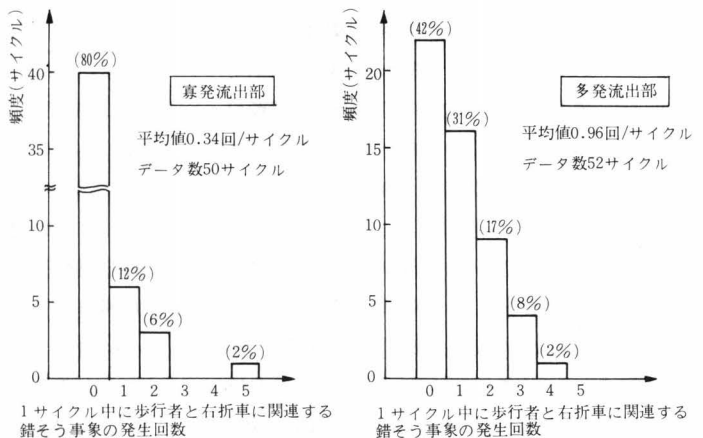


図5-1 右折車の右折開始時と歩行者の横断開始時の分布 (多発流出部)

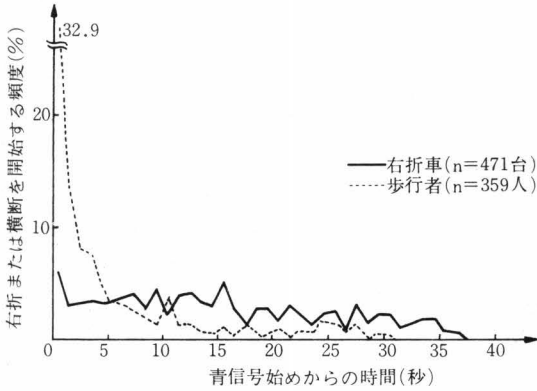
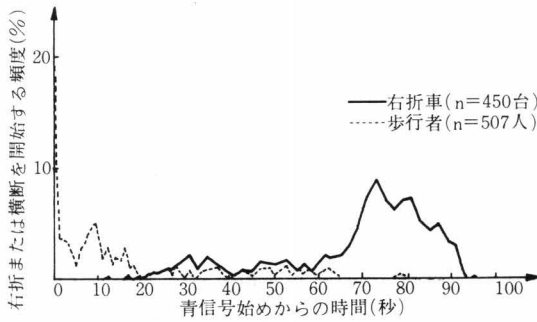


図5-2 右折車の右折開始時と歩行者の横断開始時の分布 (寡発流出部)



者あるいは右折車が、それぞれ相手を避けるために停止または速度を落したり、あるいは進路を変えた場合を、コンフリクトとしてその頻度を観測した結果は、図4のようである。事故の多発、寡発両地点の錯そう頻度には明らかに有意な差がみられる。

このような違いをもたらす現象として、図5にみられるように、右折車と横断歩行者との遭遇のしやすさの違いが観測されている。事故寡発のケースの方では、右折車が右折をする時期は、一般にみられるように、対向直進車に影響されて青信号の末期に集中している。これに対して事故多発のケースの方では、直進方向の枝がそのまま一方通行になっている関係から、右折車に対向する直進交通はあり得ないので、右折車は青信号のどの時点でも右折するパターンにあり、これが横断歩行者と常に遭遇するパターンを作り出している。ちな

みに、各右折車が横断歩道上にあるときに、右からの横断歩行者が同時に存在する事象の平均頻度を調べると、事故多発部では毎周期1.33回の割合、事故寡発部では毎周期0.26回の割合で、明らかに差がある。

観察を進めた結果、事故多発部にはさらに悪い条件が重なることが判明した。それは、図6に示すように、右折車の青信号の前の現示で当該横断歩道を通り過ぎて交差点に入る交通が、赤信号で停止するときに当該横断歩道を越えた交差点内で停止することがしばしばあることである。この現象は、当該ケースの右折車と横断歩行者との間の視野妨害の役をすることが、事故記録に当事者の証言として記されている。さらに、このような視野妨害の事象がある場合とない場合との右折車の速度を観測したところ、図7に示すように、視野妨害の状況の場合の速度が若干高いという好ましくない結果が得られている。

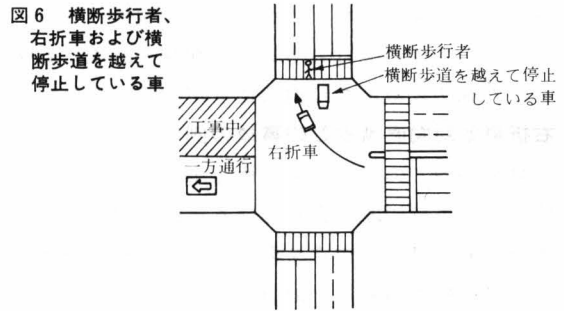


図7 横断歩道を越えて停止している貨物車による視界妨害の有無と右折車の速度分布

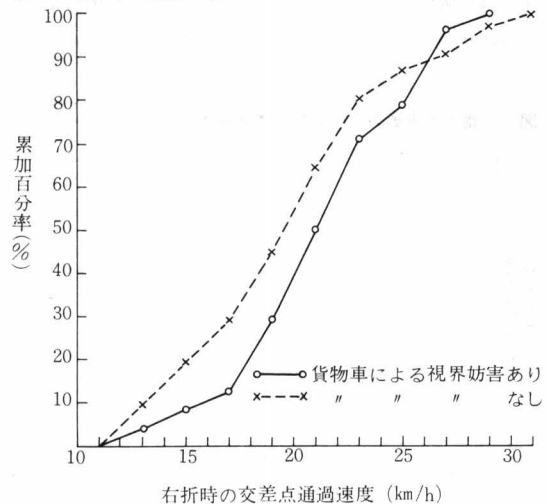
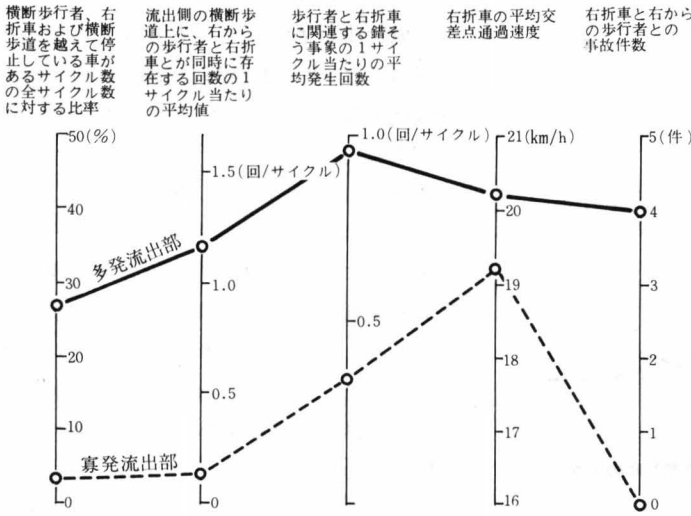


図8 4つの現象パラメータと歩行者事故件数の関係



回避のために行ったブレーキ操作・ハンドル操作・あるいは危険を予想して右折車に対する注意喚起のための警笛使用の行為が執られている。同図における錯そう事象と事故件数との相関係数は0.49とあまり高くないが、さらに錯そうの種類別に同様のことを行くと、ブレーキおよびハンドルの頻度と事故件数との相関は0.83、警笛使用との相関

また右折車の速度分布をみると、多発ケースの方が寡発ケースの方よりやや高い傾向がみられる。

上記4つの現象パラメータの値と当該類型歩行者事故件数との関係を一括して示すと、図8のようになる。すなわち、これら4つの現象パラメータは、この種の歩行者事故の潜在性を評価するモデルの説明変数となり得ることが認められる。

右折車と対向直進車との事故の例

東京都内での右折時側面衝突事故発生件数の上位ランクを継続的に占めている新宿中央公園北交差点と赤坂見附交差点を取り上げ、それら交差点内の当該類型事故多発地点と寡発地点合計7地点を対象として、右折車と対向直進車との錯そう事象を観測し、その頻度と事故件数との関係をみた一例は図9のようである。この場合の錯そう事象としては、対向直進車が右折を始めた車との衝突

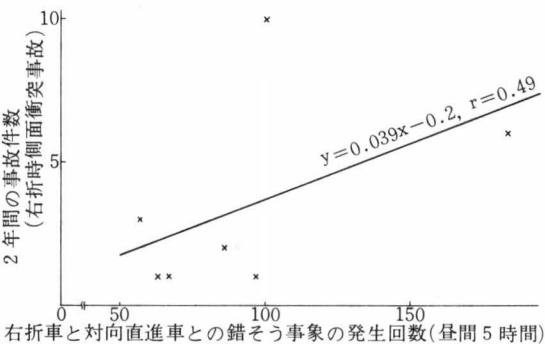
が0.75、ハンドルとの相関が0.69を示し、錯そうの種類によっては事故危険性評価のメジャーとなる可能性が充分にみられる。

さらに、このような単なる錯そう頻度の他に、潜在危険性を説明し得る現象パラメータとして、右折待行列数のように対向車に対する視界に関連する条件、対向車のギャップの大きさとその利用される確率、対向車直進車の交差点流入速度、あるいはまた右折車と対向直進車との交錯機会による現象の正規化などの観点からの分析を現在進めつつあり、残念ながら本稿執筆の時点ではこれを紹介できない。

黄信号に伴う追突事故の例

東京都内での追突事故件数の上位ランクを継続的に占めている環状7号線の大聖堂交差点、高円寺交差点を取り上げ、また同じ環状7号線上の追突寡発交差点として豊玉中二交差点を取り上げた。結果的に、追突多発グループに属する3流入部と、これに対するコントロールとしての他の3流入部を扱うこととなる。これら6流入部における追突事故の形態を調べた結果では、信号で停止している待行列への追突が75%を占め、特に信号停止先頭車への追突が50%を占める事実が注目される。このことから、この潜在性に関する現象として黄信号に伴う過渡現象に着目したわけであるが、前述の定義によるコンフリクトの頻度と追突事故と

図9 錯そう事象の発生回数と事故件数との関係

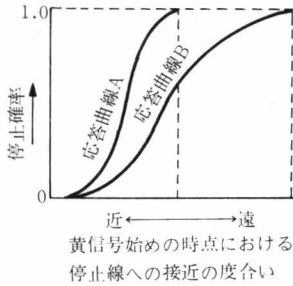


の相関性はきわめて弱いことが米国で報告されているとともに、我々の観測でも認められたので、表面的なコンフリクト事象にこだわることなく、洞察を一步進めた現象分析に取り組んだ。

交差点に対する見通しや運転者の注意緩慢もこの種の事故の要因になり得るが、これらの条件が同じで、なおかつ事故の多発性に有意差があるとすれば、黄信号に面した交通流のなかの停止か否かの意志決定の齟齬によるコンフリクトの大小がこの差を説明し得るのではないかという考えを背景に分析を進めた。

このような仮説を説明する現象パラメータの一つとして、黄信号始めをゼロ時点とした場合の、その後の停止線通過時刻の和の信号周期当たりの平均値という時間量を考えた。

図10 黄信号応答概念図



黄信号になった時点で、車が停止線に接近している度合いとその車の停止確率、または通過確率との関係は、一般に図10のように示される。黄信号に直面した交通流における停止か否かの意志決定の齟齬は、黄信号になったときの車の位置が図10の曲線の範囲内にある場合に生ずる可能性があり、さらに次のことがいえよう。

(ア) その流入部における黄信号に対する車の応答特性が、図10のB曲線寄りである方が、A曲線寄りである方よりも意志決定齟齬は生じやすい。

(イ) 一定の応答特性においては、黄信号になったときに車がその特性曲線の範囲内に存在する率が高いほど、意志決定齟齬は生じやすい。

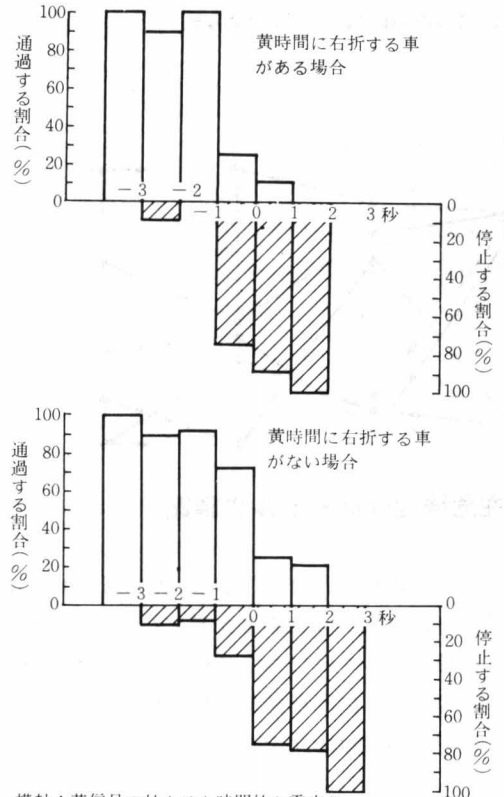
今ほど定義した時間量の値が大きいということは、上記(ア)または(イ)、またはその双方の条件に対応するはずである。

この観測では対象時間が限られており、黄信号

時の車の到着の仕方について各流入部の母集団をカバーし得るほどのデータ量は得られていないとみるべきであるから、前記(イ)の条件に積極的に触れることは危険であり、ここでは(ア)の条件に主眼を置くこととして、当該時間量の計算、つまり信号周期当たりの平均値の計算には、信号の切り替わり時に車の到着がなかった信号周期は対象から外した。

信号が黄に変わった時点で車が停止線に接近している度合いと、その車が停止または通過する確率との関係を、その黄時間に右折する対向車があった場合となかった場合とについて分析した一例が図11に示される。同図において、停止確率が通過確率より高くなるクリティカルな位置は、黄信号で右折する対向車がある場合の方が、そうでない場合よりも約1秒だけ左方にずれている。つまり、黄信号において対向右折の現象がある場合は、

図11 対向右折がある場合とない場合の、黄信号に面した交通の停止/通過の状況



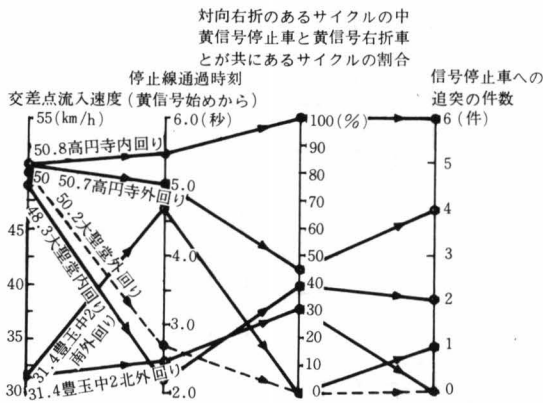
横軸：黄信号の始まりを時間的な零点とした時、停止線後方50m地点通過時の時刻(秒)

当該流入部の車はそれだけ停止を強いられることが物語られている。

このように運転者の意志決定を偏寄せせる条件も、意志決定の齟齬の生起を助長する因子と考えられよう。

信号切り替わり時における追突発生のトリガーと、かかわりのありそうな現象を検討してきたが、これに基づいて、(ア) 交差点平均接近速度（意志決定の齟齬によるコンフリクトが衝突に至るか否かを支配する大きな要因の1つは速度であろう）、(イ) 停止線通過時点の黄信号始めからの経過時間総和の信号周期当たり平均、(ウ) 対向右折のある信号周期のうち、黄信号による停止挙動と黄信号中の対向右折挙動とが共にある信号周期数の割合、の3つの値の組み合わせと、昭和51年中の信号停止車への追突件数との関係を図化すると、図12のようである。これによれば、提案した上記3つの現象パラメータは、この種の追突事故の潜在性の評価モデルの説明変数となる可能性が認められる。

図12 3つの現象パラメータと追突件数



潜在危険性評価モデルの課題

上記に報告した我々の体験は、先に述べた米国・英国での報告とかなり趣きを異にしているといわざるを得ない。これについて種々考察した結果、我々は次のように意見を整理している。

(ア) 米国の報告は大量データに基づく統計処理が柱になっているのに対して、我々の研究は微少サンプルをミクロに扱わざるを得なかった。つまり

大サンプルによる統計処理はマクロな知見を与えられるけれども、コンフリクト・アナリシスによる潜在危険性検出能力そのものについてはそれだけ高い精度で扱えないはずであり、これに対して微少サンプルを扱った我々は、必然的に取り扱いの精度を高めざるを得ないために、米・英で定義されているコンフリクト・アナリシス以外の分析をも行うことになった。

(イ) 英国での報告は微少サンプルについてのものであるけれども、地方部を対象としたものであり、我々の対象は高交通量の大都市におけるものである。高交通量の条件下ではコンフリクト・アナリシスの検出能力が低いことは英国でも報告されている。コンフリクトの頻度の他にそのseverityの扱いが事故件数との相関性に大きく影響することが英国で報告されているが、高交通量の都市部という環境下では特にこの問題が重要のように考えられる。このことは右折車と対向直進車とのコンフリクトの分析結果のところでも若干触れたとおりである。

(ウ) 結論的に次のようにいえる。高交通量の都市部においての潜在危険性検出技法に高い精度を期待するためには、単純なコンフリクト・アナリシスの概念だけでは不十分であり、コンフリクトのseverityと事故のseverityの範囲との対応の扱いが問題となるが（たとえば米国の報告でもコメントされているように、報告されない軽微の物損事故などはデータとして把握できない）、この問題に純粋に取り組むよりは、単純なコンフリクト・アナリシスを補完する他の形として、我々の試行で種々分析したような他の現象パラメータを線形的に付加したモデルを検討すべきである。これの最も極端な例が、先に述べた黄信号時の追突事故潜在性評価モデルである。

今後この方向で本研究の完成度を高めたいと考える。また本稿で報告したようなスポット的な潜在危険性の他に、路線の潜在危険性を走行試験によって検出評価する手法の開発にも現在着手しつつある。

(いけのうえ けいいちろう・こじま ゆきお / 科学警察研究所交通部)

防災基礎講座

国では、大地震に対する予報を、長期予報・中期予報・短期予報・臨震予報という4つの段階に分けている。長期予報は地震発生の可能性の高い地域を指定するもので、日本での強化地域の指定に似ている。中期予報はその地域で地震発生が迫ってきたという具体的な状況をつかんだ段階である。短期予報は避難するための準備を始めることを意味し、臨震予報は避難指令に相当する。数回の実践経験を積み上げた結果、このように中国では地震予報の出し方を総括した。

1975年2月4日の海城地震以来、確かに数段階に分けられるような形で地震予報が出されており、それぞれの段階での予報が次の段階に大きな効果を及ぼしていることがわかる。長・中期予報は、防災計画をその地域の状況に合わせて作り上げることと、地震直前の信号を捕らえるための観測網を整備するために役立った。臨震予報を出すのに失敗した唐山地震の場合でさえ、長・中期予報に基づく防災措置が、確かに震災軽減に役立ったとみられる工場の例があったり、また、地震発生に至るまでの自然現象の変化が、科学的なデータとして詳しく記録に残されていることなどの具体的な効果があった。

地震予報を何度か成功させた中国でも、地震が発生しないことを知るという仕事はあまり進んでいない。長期予報以後、いつ起こるかを知るため、いつその前兆現象が現れてもいように長期間緊張して仕事が進められる。このとき、皆が知りたいのは、「大地震発生まであと何年あるか」ということ、あるいは「少なくともあと何年は大丈夫か」ということである。地震が起これないという条件を知るための研究を一方で進めておかないと、地震予報は確立しないであろう。

大規模地震対策特別措置法には、内閣総理大臣が、大地震発生の恐れがなくなったと認めたとき

には、閣議にかけて警戒解除宣言を出すことが定められている。現在の技術からみて、この解除宣言に結び付くような専門家の意見が提出される可能性には二通りある。一つは、前兆と判断された現象が、その後の調査で明らかに別の原因であったと確認された場合である。もう一つは、大地震が発生し、地震活動が一応収まったとわかった時であろう。一度警戒宣言が出されて何日か何事もなく経過したら、どのような反応が社会に現れるであろうか。この点についての子測ができるようなデータがまだ乏しい。

地震が発生すると予報して、発生しなかった場合を予報の「からぶり」という。予報なしで地震が発生した場合を見逃しという。当然ながら今まではずっと見逃しを続けてきた。地震予報を出すことが法律で定められたのだから、今後はからぶりをやる可能性もできた。しかし、巨大地震に対する予報のからぶりや見逃しは絶対に避けなければならない。

長期的な前兆現象

国民に役立つ地震警報を出すためには、幅広い分野にわたる観測や測定が広い地域で、しかも密度高く行われていなければならない。それらのデータは1か所に集中記録されていて、専門家が常時監視していなければ、いよいよ地震発生が差し迫ってきた時の間に合わない。地震直前の警戒宣言は専門家の判定から首相の判断、閣議を経て発せられ、その地域の行政責任者、地方自治体へ伝えられてようやく具体的な防災に結び付くことから、最初の判断は少しでも早く下されないと時間が足りない。

地震警報を間違いなく出すための観測網を、日本全体に常時動かすだけの人材も予算も今の日本

では望むことができない。したがって、強化地域の指定を確実にやらないと効果は望めなくなるのである。

現在、東海地域には大地震の発生直前の現象をつかまえるための観測網が整備されつつあるが、まだまだ足りない。東海沖の大規模地震発生の可能性が指摘されてすでに7年以上になるが、地震の直前警報を出すためには、まだしばらく先に起こってほしいと願っている。

東海沖という地域について最も確実にわかっていることは、南海トラフに沿って巨大地震が繰り返し発生するということである。このことは歴史の資料からいえる。また、地球表層の現在の運動の仕方から起こる理由もよくわかっている。現時点で次によくわかっていることは、四国から紀伊半島の沖にかけては、1944年12月7日の東南海地震および1946年12月21日の南海道地震によって、巨大地震を起こすための歪みはほぼ解消されてしまっていることである。

東海沖から駿河湾にかけては、安政元年以来大地震はなく、すでに120年を経ている。このことと駿河湾から御前崎沖に地震の空白域が存在すること、さらに駿河湾地域には1884年から今までに 3×10^{-5} のせん断歪みが蓄えられていることなどから、特別に注意を払う必要のある地域と考えられてきた。

大地震は同じ地域で繰り返し発生する。内陸の活断層では、数100年～1000年に1度の割合で繰り返し、海溝に沿う巨大地震は場所によって数10年～数100年に1度発生する。歴史資料の比較的よく整理され長期のデータがある日本や中国においても、このような過去の大地震発生の記録のみからは統計的な予測を行っても、それだけでは地震予知にはならないが、注意を払うべき場所の候補地を提出する意味は大きい。

地震予知の仕事を前進させるためには、さらに

幾つかの長期的前兆現象が必要である。地震活動が最近しばらく途絶えている空白域の存在、測量結果から得られる異常な隆起運動や大きな歪みなどは、有力な前兆と考えられている。その他にも地震波速度の変化や周辺地域での地震活動の変化などが役立つであろう。また、地殻の応力場をボーリングして測定し、応力の絶対値や方向を知ることが重要である。

空白域の存在は、気象庁の観測網ができて50年以上のデータが日本にはあり、よくわかるはずの現象であるが、事例の解析がまだ徹底して行われていない。空白域形成の様子や、形や大きさと継続時間から、次の大地震がどのように予測されるのかがまだよくはわかっていない。

測量による異常地殻変動が検出されるためには、時間的にも空間的にも密度の高い測量の繰り返しが必要である。もともと地図作りのために設置された測量網を再測量していても、地震の前兆としての異常は見逃す率が高い。繰り返しの頻度も高くなければならない。日本列島は本来地殻変動の激しい島弧であり、10年に1回の測量で大きな変動が見いだされたとしても、もともとある数10万年にわたる変動の一部なのか、1年前から始まった急激な変動によるものか、あるいは10年続いている巨大地震の前兆なのかという判別ができない。その点、まだ現在の測量事業は地震予報のために完備しているとはいえない。また、年度予算で動く国土地理院の事業計画のなかでは、地震学者の新しい指摘によって急いで改測をする必要が生じた場合などには、なかなか動きがとれにくい面がある。

近い将来大地震が発生する地下では、地震波の伝わる速度が遅くなる現象が知られている。水で飽和した岩石の中の応力が高まると、ディラタンシーが生じすき間ができて水は不飽和の状態にな

りP波の速度が小さくなる。さらにすき間に周りから水が流入するとP波速度は回復し、やがて破壊が発生して大地震となる。このようなモデルが一応考えられているが、大地震前にP波速度の減少が観測された例も知られている。実際の地震予知に際してこの現象を活用するためには、地震波速度を詳しく測定する仕事をしなければならない。そのためには人工地震を用いる方法がよいが、人工地震を発生する場所を見付けるのも、微小な信号を観測する場所を見付けるのも、日本では大変困難である。このような観測を1年に1回程度実行するため、交通機関や道路を真夜中にほんの数分間止めることはできないだろうか。

地下の岩石中の応力を測定する仕事は、地震予知研究の中心となるものの一つである。測量の繰り返しによってわかる歪みが、単に一定期間の変形量を示しているだけで、破壊が起こるほどの歪みに達しているかどうかは最初の状態を知らないかぎり不明である。それに対して、応力の絶対値を知ることはより直接的である。応力が高まっていなければ破壊発生の可能性は非常に低い。日本では、このような仕事が1979年から始まる第4次5か年計画のなかで、初めて地震予知の事業費のなかに取り上げられた。

以上のような、長期的な予知のためのデータをとる仕事は重要であり、人と予算をつぎ込む価値のあることであるが、それだけで済むことでもない。巨大地震の発生する海溝付近の地震波速度や応力値を測る技術そのものがまだない。陸地においても、都市の存在や地形の複雑さのために、全国を均質にみることは今の技術だけではできない。

短期的な前兆現象

地震は地下の岩石中にほぼ一定速度で歪みがた

まっていった結果、岩石の破壊強度の限界に近づいてきたとき急速に準備が進められてついに食い違いが発生する、というような過程で起こると考えられる。急速に進む直前の準備段階には、自然現象のなかに様々の前兆現象を現す。これを捕らえて直前の短期的な予測をして警報を出すことが可能となる。

岩石の破壊には、水の存在が大きな役割を果たしている。直前の前兆現象を観測する手段としても、地下水の変動や化学組成の変化を監視することが重要である。また、大破壊の直前には微小な変形や微小な破壊が発生するため、これらの現象を捕らえるための地殻変動の連続測定や、高感度地震計による小地震活動の監視が必要である。地下の電磁気的な変化も見逃すことができない。地磁気の異常変化や、自然電位や岩石比抵抗の変化などが直前の現象として観測される。

これらの直前の前兆現象は、それら一つ一つを取り上げてみると、今までの観測例から見ると地震前に前兆現象が出現した例やしなかった例があり、100%確実に出現するという種類のものはない。出現する時期や範囲についても数時間から10数日前まで、また震央近くから数100km離れた所まで分布している。わりあいはっきりしていることは、大地震発生の間近になると、急速に前兆現象がいろいろの面に出現し始め、震央地域を取り囲むように現れるということであろう。

したがって、大地震の警報を確実に出そうとすれば、長期予報の指摘した地域を囲んで、できる限り多くの項目の監視を、網の目を細かくしながら連続して行うことが必要である。しかも、多くのデータは1か所に集められ、少数の経験豊かなスタッフによって集中的に監視されていなければならない。このような仕事は「あと何年は起こらない」という予知ができない以上、一刻も早く始

めなければならない。1年以上の間平常の様子を監視していて初めて異常な現象を見だし、直前の前兆現象として確認できるからである。集中観測をしている場所では、ベテランのスタッフの判断を早くするために、データはオンラインで常時処理されつつ、過去の例や多くの研究成果と比較検討できるように、それらの検索や表示・解析の作業が常にできるようコンピュータシステムを動かしておかねばならない。

日本では、今このようなことを実現するために毎年観測システムの整備が行われつつあるが、それは東海地域に対してだけであり、そこでも質と量の面ともにまだまだ不十分である、ましてや、その他の地域ではまったく常時監視のシステムは確立していない。1973年6月の根室沖の地震（ $M=7.4$ ）や1978年6月の宮城県沖地震（ $M=7.4$ ）などについては、その発生の前から地震学者の意見として近い将来大地震の発生が予測されていた。しかし、直前現象を捕らえるための特別の準備は何一つなされずに終わってしまった。

ある程度の経済力を持ち、先進的な技術を持つ日本のような国で、しかも、大地震がよく発生するという条件がある以上、このような機会があるたびに、何をおいても直前現象を観測すべきである。それによって警報は出さなかったにしても、次の大地震のためにデータが残され研究が進む。人材の確保と予算の裏付けが、まだまだ必要であろう。

地震予報の可能性

この数年の間に地震予報が震災軽減に役立った例が幾つか積み上げられた。それらは、もっぱら中国の地震事業の進展によるものであった。長期予報に基づく集中的な仕事の成果として直前警報

が出された。

だからといって、日本でも次の地震が予報できる保証はない。しかし、条件が整えば可能性も高くなるはずである。もっとも心配することは、地震予報を出す技術が進んでいて安易に可能性が高いと思われることである。

条件が整えばというのは、長期的な予測によって観測を強化すべき地域が指定され、その地域を囲んで、十分な集中監視システムが稼動し、しかも大地震発生までに一定の期間が与えられるということにある。日本では、このような条件ができそうな場所は今のところ東海地域だけであるが、まだ観測網は荒く、観測対象もかなり偏っている。

地震学の最近の進歩は目覚ましいが、大地震発生の数日前に地下の岩石の中で何が起こり、どのようにして大地震発生に至るかというメカニズムは、まだほとんどわかっていない。地震予知は、このようなメカニズムの解明を待たずに一つの実用的技術として歩き始めている。今のところ、それはもっぱら過去の経験による現象論として、多くの現象の急変化を見出すことにのみ頼っている。本番を迎えようとするたびに未知の現象と出会い研究し判定しつつ学んでいくという性質を持っている。このプロセスそのものが地震予知の研究であり、予知のための観測データが地震学を進めるための基礎的なデータとなる。

巨大地震よりも一回り小さなマグニチュード7クラスの地震は、海溝に沿う地域はもちろん、日本列島の内陸部にも多く発生する。陸の活断層が大きく活動するたびにこのような大地震が発生すると考えられるが、この程度の地震では前兆現象が現れてもその範囲は比較的狭く、既設の観測網にかからない率が高い。また、このような活断層を対象とする観測網のほとんどは、地震予報のためではなく地震予知の基礎研究のためのものであ

り、必ずしも常時監視のシステムにはなっていない。

現在、日本列島のかなりの部分に対して、小地震の活動が集中的に記録され、地殻変動の連続観測が行われている。地下水の変動や地球化学的観測も実施されているし、地球電磁気学的な研究データをとるシステムも整備されようとしている。それらの多くが、大学での基礎研究のためのデータとして収録されているが、大学では普通予報を出すための業務的な監視は行わない。たとえ前兆現象がめいりょうに記録に残されたとしても、それは、地震の発生の後に解析され吟味された上で公表される。これらのデータは、3か月に1度開かれる地震予知連絡会に提出されるが、これが各地域についての最新の情報を相互に知るための最も早い機会となっている。

地震の規模が小さくなるほど、長期的な前兆現象の出現期間は短く、また直前現象の出現する地域的範囲は狭いのが普通であり、それだからこそ地震の規模(M)の推定が可能となる。したがって今の状況が続く限り、内陸のいわゆる直下地震を予知し警報が出されるようなことはないという方が正しいであろう。

地震予報を受け取る立場

大規模地震の予知に関する法律ができたことによって、どのような効果が期待できるであろうか。長期的な予知に基づく対策の強化地域が指定されると、地方自治体での防災対策は進めやすくなるであろう。また、その地域では警報を出すための観測網が従来よりも早く整備されるようになるであろう。

一般の国民一人一人にとっては、強化地域に指定されることによる影響が、それぞれの立場に関係して違う形となって及んでくることになる。受

け取り方も一人一人の考え方を基に異なった形となり、それによる行動もまた異なった形をとるであろう。強化地域の指定は、単なる指定に終わることなく、このような住民に対して、何をなすべきかを教えていく継続的な仕事を伴っていただなければならない。それがあってこそ、直前の警戒宣言が発せられたときに効果が期待できる。

直前現象を捕らえるためにも、国の観測網だけにひたすら期待しているのは間違いである。国の予算支出による計画の進行は、必ずしも目的に対して最適の経過をたどるとは限らない。常時監視をする官庁の観測網のシステムも、たとえば5か年計画で一度始めると、その間の研究成果をとり入れた修正や方向転換などはかなりやりにくい。研究の進展とデータの収集とが表裏一体となっている地震予知と、予算支出の仕組みとはなじみにくい面を持っている。その欠陥を補うため、地方自治体やその他の公共機関、民間団体や個人が地震予知のための仕事に参加することが、場合によっては大層予知の可能性を高めることになる。

地震予知は、予知そのものへの大衆の参加と、起こるべき地震に備える地域ごと、あるいは個人の自主防災の考え方と実行とが、大きな意味を持つものである。長期予報すなわち強化地域の指定が、国民の地震に対する認識を深め、防災対策を身近なところから始め、将来警戒宣言を正しく受け止めるために効果のあるものとなることが強く期待される。

(おいけ かずお / 京都大学防災研究所助教授)

参考となる本

地震予知の方法：浅田敏編著、東大出版会

地震予知論入門：力武常次著、共立全書

地震一予知と防災：朝日新聞社編

中国の地震予知：尾池和夫著、NHKブックス

地震学：宇津徳治著、共立全書

広島を中心にした 西日本の異常渇水

根山芳晴

はじめに

近年世界的規模で現れている異常気象は、各地で観測開始以来第1位とか何十年ぶりとかいったきわめてその程度の極端さが伺われる。異常低温・干ばつ・大雨洪水等々が地球上隣り合わせの国々でそれぞれまったく正反対の異常気象として現れ、その実態が昨年来新聞紙上でしばしば見掛けられるようになってきた。日本においても、昭和53年の西日本を中心とする異常渇水は、その程度の大きさ、継続期間の長さから、一般住民の水不足に対する都市生活上での困窮、農業果実などの作物関係の大きな被害などを引き起こした。特に、広島県沿岸部から愛媛県沿岸部を含む瀬戸内海一帯では、近年まれにみる少雨を観測し、地域住民の飲料水の確保、すなわち水源地の貯水に対する管理、善後策が大きな問題として浮き彫りにされてきた。

ここでは、広島を中心にした瀬戸内海沿岸地域での異常渇水について、過去の事例を80数年間の気象資料から探して求め、昭和53年の特に暖候期の異常少雨と、それに伴う災害についてスポットを当ててみよう。

大干ばつ型

大きな干ばつは、日本列島についてみても北日本・東日本・西日本そして沖縄地方と地域細分をすると、ある年にはある地域のみとか、またある年には西日本全域といったように、現れ方がかなり局地的な場合がある。したがって、これから後に述べる干ばつについては、一応西日本のなかでも広島付近に焦点をしばってみることにする。過去80数年間について、広島・呉・福山・松山の観測資料から極端な少雨記録を探してみると、興味深いことに2つの型のあることがわかる。すなわち、広島県沿岸から瀬戸内海、さらに愛媛県沿岸を含む地域は、年間降水量が1,400~1,700mm程度であるが、その総降水量が1,000mmを割った年は昭和14年と昭和53年の2回しかない。表1はその実

表1 年間降水量と平年比

地点	昭和14年		昭和53年	
	降水量	平年比	降水量	平年比
広島	786mm	48%	743mm	45%
呉	769	55	877	62
福山	—	—	708	58
松山	793	57	760	55

態を示したもので、兩年とも800mmを割っており(呉の昭和53年のみ877mm)、平年比では各地とも兩年とも50%前後となって、かなりの少雨といえる(福山測候所は昭和17年観測開始のため不明)。このような年は、平均的に各月の合計降水量が平年よりかなり少ない傾向にはあるが、特に暖候期が平年降水量に比べて著しく少なくなっていることが特徴である。

次の型は年間を通して少雨傾向にはあるが、特に7・8・9月が極端な少雨である年で、昭和42年と昭和53年が挙げられる。まず昭和42年(1967年)について、7・8・9月の各月降水量の全国分布を図1でみると、瀬戸内海西部は7月はほぼ平年並に近い降水量を持っているが、8月は10mmぐらい、9月は10~20mmと両月は引き続いて平年降水量300mm前後に対し、約 $\frac{1}{10}$ から $\frac{1}{5}$ ぐらいとなり非常な少雨がわかる。そして、このような少雨分布は、瀬戸内海西部およびその沿岸に限られて現れていることが特徴で、その地域をはさむ南側・北側・東側・西側はともに多くなっていて、あたかもこの干ばつは、周囲を山地で囲まれた瀬戸内海西部という一種の谷間の中に孤立した型で現れている。図

1からもわかるように、日本の他の地域ではほぼ平年並で、北海道でも10mmという少雨は現れていない。このような型の、西日本特に広島県から愛媛県沿岸に至る地域の異常干ばつは、ある意味では局地性の強い現象であろう。昭和53年についてみると、図2のような分布をしている。この図は図1と違って月合計降水量の平年降水量に対する比で表してある。この特徴を瀬戸内海についてみると、7・8・9月とも平年の60%ぐらいであるが、

図1 月降水量分布図 (mm)

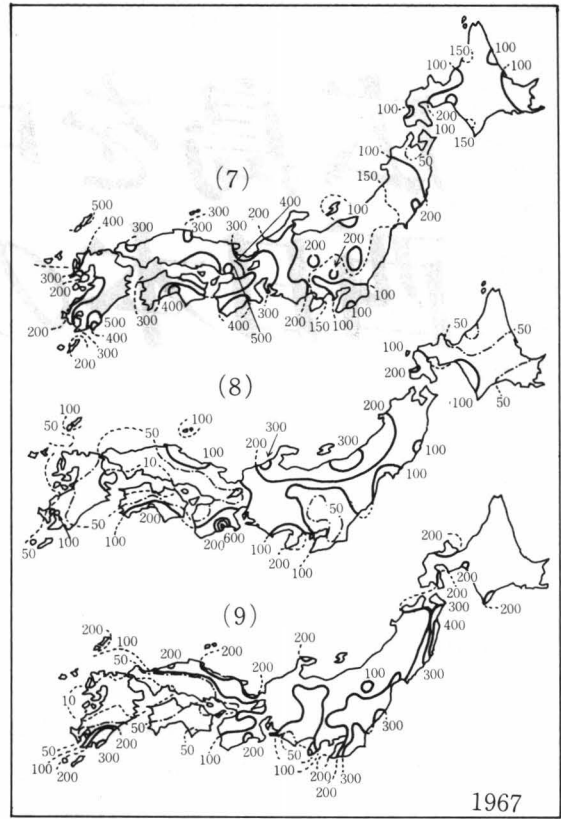
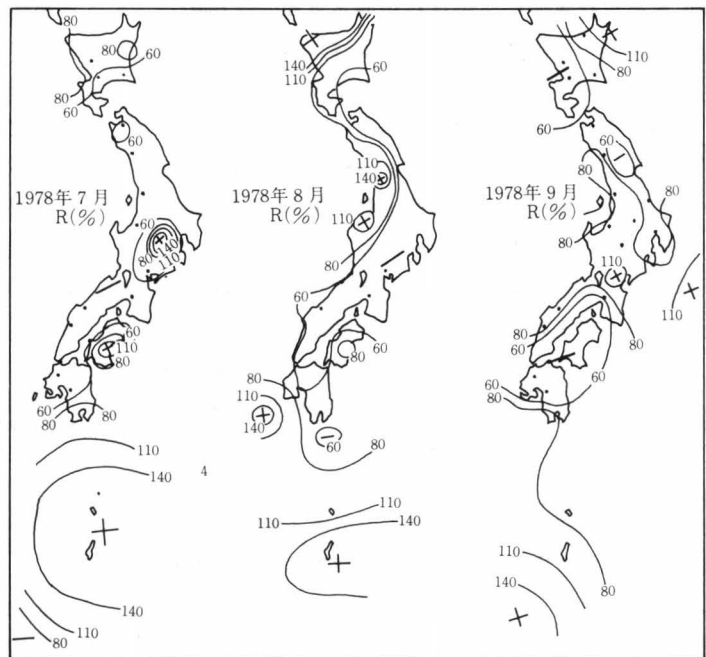


図2 月降水量の平年降水量に対する比の分布図 (%)



特に7・8月は少ない。ただ昭和42年と異なるのは、7・8月は北九州から中国地方・近畿地方に及ぶ地域が極少雨域になっており、9月は瀬戸内海から四国地方・九州地方にかけて少雨があることで、概観すると、昭和42年に比べて極少雨域が西日本全般とかなり広いことであるが、瀬戸内海西部が、その極少雨域の中心になっていることである。

昭和42年の瀬戸内海西部の干ばつは、主として梅雨明け以後の暖候期から秋にかけての少雨が原因しているが、梅雨期間中はほぼ平年並の降水量があった。昭和53年は7月以降の極端な少雨が原因となっていることに加えて、1月以降連続して少雨傾向の続いたことが挙げられる。したがって、時期的に極端な少雨の現れ方が両年で異なるために、この地域では、昭和53年は島しょ部・沿岸部を含めて果実の被害が多く、飲料水の欠乏が著しかったのに対し、昭和42年は、田植えはできたが水稻の枯死という状態が起きたことが相異している。これらについては災害の項で詳しく述べる。

昭和53年の干ばつ

広島を中心にした西日本の干ばつに関して、昭和53年の状況を図3に示してある。

図中の白い棒線は各月の平年の降水量を示してあり、黒い棒線は昭和53年の月降水量を示してある。この地域の代表として、広島と松山について眺めると、月降水量の経月変化は両地点ともよく似ている。すなわち、全般的傾向としては、6月は大体平年降水量の $\frac{2}{3}$ ぐらいの降水量があって、梅雨期前半はほぼ順調に近いことがわかる。反面最も異常な少雨が現れたのは7月で、図でみられるように、平年の傾向に比べていかに顕著な現象であるかがわかる。さらに、特に4月以降9月ごろまでの少雨の持続は、量的にみてもこの地方の異常渇水をもたらしたといえる。平年の状況であれば、暖候期の少雨は9月に台風期という多雨期を迎えることによって、日本特有の年間の2つの多雨時期を持つ気候特性が現れるはずであるが、

この年は台風による雨量が少なかったために、年間を通しての、前述のような年間総降水量の半分ぐらいいかないというきわめて顕著な異常少雨年

図3 昭和53年の月降水量の経過状況

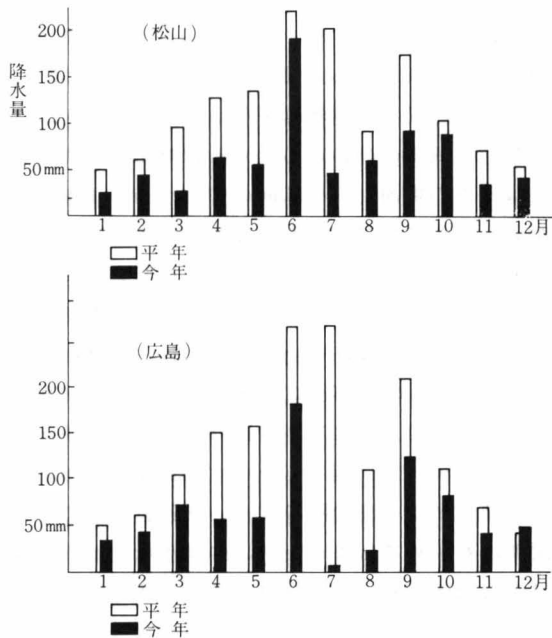
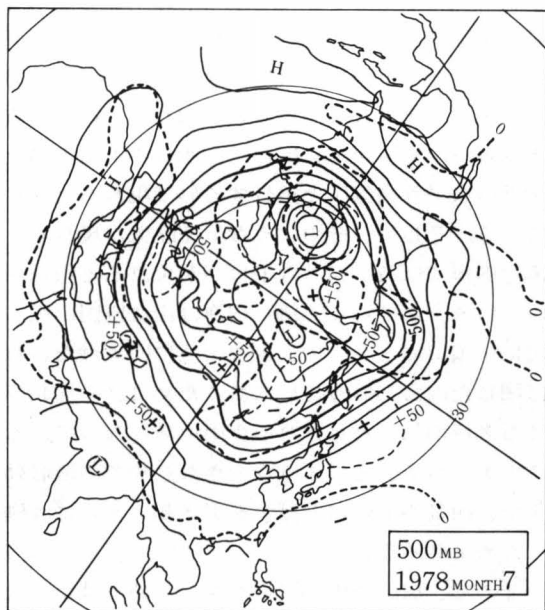


図4 500mb北半球高層天気図

実線：等高度線、点線：高度の平年との差を現した線 (単位はいずれもm)

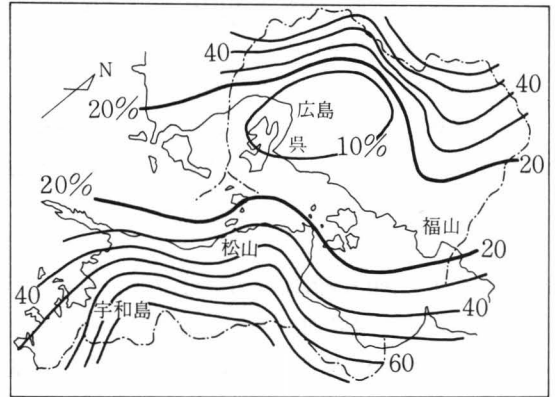


となってしまった。

ここで、この少雨の原因について気象解説ではよく用いられている500mb高層天気図で眺めてみよう。図4は前述した西日本で最も雨量の少なかった昭和53年7月の北半球の天気図である。この天気図のなかで注目すべきことは、点線で示されている平年の高度からの偏差の値とその分布である。+で示されている領域は平年より高度の高いこと、すなわち気圧の高いともいえる領域で、この分布では日本の東海上に+50mの中心を持つ正偏差域があり、西に伸びて日本列島から中国大陸、さらに地中海に至る東西に長い高压帯を形成していることが特筆される。加えて、北極付近にあるべき主な寒気を中心(図中カナダ北東部にある低気圧、“L”)が西半球に移ってしまっていることが異常である。このために日本付近は亜熱帯高気圧が強くなり、したがって、雨をもたらす低気圧は日本の北方を通りやすく雨の降りにくい状態を作って、梅雨明けも早めてしまった。このような全地球的な異常な気圧配置は8・9月と続き、西日本に干ばつをもたらした。このような大規模なスケールで見ると、日本列島は全域干ばつとなってもよいはずであるが、図2でもみられたように、異常な少雨は西日本に集中していた。一般に西日本を中心にした干ばつ、特に暖候期の干ばつは地上付近では太平洋高気圧に覆われ、さらに上空の下部成層圏でのチベット高原上に中心を持つ30°N辺りに沿って東西に細長く広がっている大きな、いわゆるチベット高気圧が東に広がり、西日本上空で地上付近の太平洋高気圧と重畳する形で現れるとされている。そして、そのような気圧配置が現れると瀬戸内海では特に顕著な干ばつが現れると指摘されている。おそらく、瀬戸内海は南に四国山脈、北に中国山脈と2つの大きな山地に囲まれたいわば閉じた内海という地形にあるために、平均状態でも瀬戸内気候と称される少雨地域になっていることからして、そのような大きな意味での地形効果が、西日本全般に干ばつを引き起こす時には働くためであろう。

そこで、広島を中心にした西日本の干ばつの状

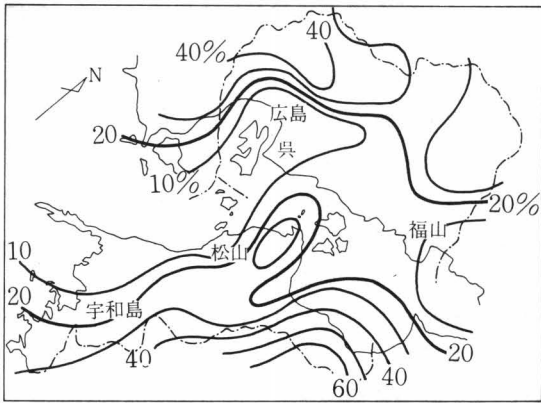
図5 昭和53年7・8月合計雨量の平年比の分布図



況を昭和53年について、さらに地域的に細かく示したのが図5である。この図は、広島県と愛媛県内の観測所30数か所について、降水量の平年(30年平均)との比を求め、その等比率線を描いたものである。前述したように、昭和53年は月降水量についてみると、特に7・8月が極端な少雨量であったので、その合計降水量に対して地域的分布を示した。この図からわかるように、瀬戸内西部といったスケールで眺める場合と、このように地域細分してみる場合とでは、かなりの分布の異常性がわかる。最も小さい平年比10%以下という地域は、広島・呉の沿岸部から広島県中央部の山地の南斜面地域にある。このため、呉市や東広島市(10%域内のほぼ中央付近に存在)では異常渇水の程度がひどかった。20%の領域をみると、ほぼ愛媛県沖の瀬戸内海以北、山口県南東部から広島県中央部を東に広がり、東部では沿岸部に近い辺りまで下がり、両県の間瀬戸内海および広島県沿岸となっている。そして両県とも県境に向かって中国山地、四国山脈へと平年比60%と降水量が多くなっている。このため、愛媛県佐田岬地方や大三島・倉橋島・能美島などの内海上にある島しょ部では異常渇水に見舞われ、飲料水はもちろん農業用水にも不足をきたし、みかんなどの果実類が多量の被害を受けた。

次に、参考までに対比して昭和42年の干ばつについて眺めてみよう。前述のように、この年は梅雨明け以後の8・9月降水量が最も少なかったの

図6 昭和42年8・9月合計雨量の年平均比の分布図



で、この両月の年平均比を昭和53年の場合と同じ手法で求めたのが図6である。興味深い共通点は等比率線に若干の凹凸はあっても、たとえば20%領域をみるとよく似ている。要するに、この領域が広島県沿岸地方から瀬戸内海にわたって東西に伸びていること、広島・呉付近から北方にかけて10%域のあることである。ただこの年は愛媛県西部（佐田岬を中心に）と広島県東部沿岸および海上にかけて10%程度の少雨域が広がっていたこと、さらに広島県北方の山地に向かって一様に多雨傾向になっていないことが強いて挙げれば異なっているといえる。この年は梅雨前の少雨で田植えができず、梅雨期の雨でやっと田植えを済ませた所もそれ以後の干ばつで水稻の枯死が現れ、立ち枯れの稲を田で焼いてしまったほどの被害が出たし、また、島しょ部や佐田岬を中心とする地域でのみかんの葉が水不足で巻いてしまう被害も出た。

広島を中心とする地域の干ばつのこれら兩年の特徴は、気圧配置では成層圏にまで及ぶ形で重なった強大な高気圧に覆われて起きたことであるが、そのような広域のパターンのなかで、異常な干ばつ対象域が瀬戸内海のなかでも広島県西部沿岸か

みかんの葉巻き現象
(昭53. 10. 3. 佐田岬半島の畑にて)



ら海上にあることは、どのように地形的影響を考えたらよいか判然とはしないが、特に瀬戸内海についてみても異常干ばつは案外地域性があり、その発現には局地性の強いものがあるようである。

異常渇水と干害

干ばつによる自然から受ける水の不足は、農作物にとって生育過程での生理的要求に対するマイナスの効果をもたらすものであるから、もし持続すれば当然被害は大きくなるし、また、最も必要とする時期にほとんど雨が降らないということは重大問題である。このように、干ばつに対する作物被害はいろいろの形で現れるが、降雨による水の供給がある期間ぐらいたくなくても、貯水で間に合わせる設備がもしできていれば、また被害も様相を変えるであろう。気象現象的には、干ばつというのは極端な少雨という異常現象であるけれども、それが異常渇水につながる現在では、結局水不足という形で被害が起きることになる。

広島を中心とした瀬戸内海西部の島しょ部では特にみかん類の栽培が盛んであり、沿岸部から山間部に近い所では水稻が植えられている。さて、最も大きな被害を受けたみかんを中心にした柑橘類について、筆者が島しょ部などを実地調査したときの現地での説明や、関係機関で報告されている内容に基づいて述べてみよう。愛媛県についてみると、みかんの作付面積3万haの1/3に当たる約

1万haに被害が出た。特にみかんに対するものとしては、落葉、葉巻き、果実の軟化などの現象が現れ、一部で売水による灌水も行われたが間に合わなかった所も出た。1例として昭和53年10月3日に撮影した佐田岬付近のみかんの葉巻きや葉のいしゅくがかなりひどく進んでいる状況を写真に示したが、本来遠くから眺めると、みかん畑はこのころであると緑一色に見えるのに、黄色がかった薄緑色で葉の裏返しになった様子は驚くほどであった。農作物の総被害額は約32億4千万円（10月4日現在、県干ばつ対策本部調べ）に達した。水稻については6月雨量が確保できたので、その後の干ばつにもかかわらず、この地域でも一部を除いて作況指数は100以上と多収量をあげる結果となつてかえって干ばつが幸いした。

次に広島県についてみると、4月以来の水不足により東部で田植えに支障をきたしたり、じゃがいもなど春野菜は生育不良で減収となった。7月末には高温少雨が影響して水田の亀裂が東広島市や東部地方で起き、沿岸部のすいか、トマト、きゅうりなど夏野菜が20～30%の減収となり、島しょ部の柑橘類も巻葉を始めた。8月に入り水稻被害は西部にも現れ始め、水田の白転、亀裂による水稻のいしゅく・枯死が出てきた。島しょ部のみかんは台風の雨で一応のピンチは免れたが、巻葉・落葉・軟実などで品質が低下した。

東部のコンニャク・茶なども、生育不良で減収が大きく、飼料用作物は枯死など大きな被害を受けた。

その他花木類の品質低下などもあり、農林水産関係の被害は総額約56億2千万円にも上った。

水稻に関してみると、昭和42年の干ばつでは、梅雨前の少雨で水稻の作付けのできない所がかなり多かったが、たとえ、せっかく植え付けた稲も刈り取る代わりに立ち枯れのまま焼くといったことが起きた。これらのことを考えてみると、同じような暖候期の干ばつといっても、梅雨期を含めてそれ以前・以後で少雨となる場合と、梅雨期にはどうか水に恵まれたが、その後の暖候期で異常少雨になる場合とでは水稻に対する被害も変わ

ってくる。しかし、瀬戸内海西部の沿岸や島しょ部のようにみかん類の栽培をほとんどの農作業にしている所では、たとえば昭和53年と昭和42年のように干ばつの時間的出現状況が異なっても、一樣に生育上の被害を受けて、質・量ともに多大の損失をもたらし、被害を大きくしている。このような干ばつによる渇水の災害は、瀬戸内西部で広い作付面積を持っている所は、それがたまたま島しょ部や沿岸傾斜地であるために、他からの水の補給が困難であるために少雨の持続は大きく影響してくる。

表2 主な上水道給水制限状況 (広島県環境保健部調べ)

都 市	給水人口	始終月日	制限内容
東広島市	1.6 (万人)	5.29～6.11 7.13～9.28	12時間断水 8～14時間断水
安芸津町	1.25	7.24～9.20	7～19時間断水
音戸町	1.59	8.9～9.16	6～10時間断水
呉市	12.22	8.7～9.16	市内のほぼ24時間断水
尾道市	8.31	7.29～9.6	隔日24時間断水
因島市	2.6	8.28～9.6	6～19時間断水
竹原市	3.37	7.24～9.11	14時間断水
福山市	28.64	8.10～9.18	10～40%減圧
大竹市	3.52	9.14～10.2	5～10%制限
広島市	72.19	9.15～9.20	10%制限
阿多田島	0.05	6.1～6.11 7.29～9.21	17時間断水 19時間断水

(昭和53年11月現在)

次に、干ばつ、すなわち異常渇水による被害といえは飲料水・工業用水などの給水制限、さらに断水といった社会生活面での危機がもたらされる。表2は、広島県内の主な都市における上水道給水制限の状況を広島県環境保健部の調べから引用したものである。概観すると、4月末県東部・東広島市・江田島町などで給水制限が始まり、梅雨期には一息ついたが、7月末から前述の地域に加えて尾道・竹原など東部の市で、8月に入り呉市・音戸町など西部の市町で24時間断水を含む厳しい制限が行われた。給水制限は沿岸部を中心に9市18町に及んだが10月2日にすべて解消した。このような渇水に対して古井戸の再発掘が各地で行われたり、新幹線工事でゆう出した地下水を利用したり、住民の生活の知恵がみられた。

参考までに、特に24時間断水を行った呉市の状

況を述べると、8月17日から9月15日までの間、市内を3つの地域に分け、各地域ごとに1日（24時間）断水を実施し、他の2地域は給水といった形で順次に地域をずらして、常に1地域24時間断水の措置が取られた。呉市の飲料水を賄っている三永水源地における貯水状況を、市水道局の調べによると、同水源地の満水時貯水量は2,641,980^m³であるが、断水の始まった8月17日には893,520^m³と満水時の34%に減った。そして9月4日には最も減り541,660^m³と21%になった。その後山間部での降水により持ち直し、9月15日には1,010,650^m³の38%に戻ったため断水制限は解除され、そして9月30日ようやく満水状態に戻った。このように、市民生活での用水が水源地の貯水に関連していることは多くの都市での共通したことであろうから、少雨の問題は、地域的には結局水源地に流入する河川を含む流域降雨に狭められることになる。異常渇水も都市部だけでの問題とみなされがちであるが、それによる災害を考えるとときにはダム・水源地など離れた場所での干ばつ対策が必要となる。

おわりに

太陽黒点数の極大年近ぼうに当たっている近年、今後もまだ世界的規模で異常気象の起きる恐れは充分残っており、その形が豪雨・異常低温・酷暑・干ばつと多岐にわたって、しかも地球上での出現地域のコントラストがきわめて大きいことが特徴的であるから、西日本でも引き続いて同じような異常気象が起きないという保障はどこにもない。

異常渇水という状態は、瀬戸内沿岸部や島しょ部では、特に柑橘類・農作物への影響はきわめて大きく、また飲料水・工業用水に対しても多大の欠如を起し住民生活がおびやかされる。もともとダムなどによる飲料・工業・かんがいなどに対する用水確保の恒久施設の貧弱な所では、昭和53年のような大干ばつを1つの戒めとして対策を考えるべきであろう。気象庁の長期予報によって対策を順次立てていくのも有効な手段ではあるが、

異常渇水の局地性を考えると、何といっても水資源の確保という問題にさらに考慮を払うべきであろう。もともと自然現象はいつどこでどんな形で異常性を現すかもわからないものであるから。

最後に、参考までに干ばつに伴う災害について戦前の昭和14年の状況を気象要覧(気象庁発行)の中から拾ってみると、農作物被害として、稲について、広島県では植付不能面積が5,000町歩、枯死面積8,200町歩、愛媛県ではそれぞれ933町歩と787町歩となっており、反当たり収量は広島県で51%減、愛媛県で20%減とでている。しかし、みかんなど果実類に関してはまったくでていない。また飲料水・工業用水などについても見受けられない。ところが、昭和42年の欄には干害として水稲や柑橘類に対するもの以外に、高地や急斜面の耕地で設備の不備の所でのかんがい用水の不足、飲料水・工業用水の制限給水がなされ深刻な水不足に悩んだとでている。

西日本の瀬戸内沿岸地方では、昔から干害の主役は稲作に対するものであったが、戦後しばらくして以後の農業政策の手直しなどから柑橘類の植え付けが多くなり、したがって、それに対する被害が加わってきた。また近年になっては、水資源の利用が多方面にわたってきたために、干害として異常渇水による社会生活への悪影響が増えてきた。

このように、異常気象としての干ばつは、気象学的にも、また機構的にも、その内容は昔と今日とで大きな違いはない。しかしながら、一般社会状況や生活環境の進展に伴って、干害も時代とともに中味が変わってきている面がみられる。日常生活に昔より以上に水を利用する形態になっており、その水が水源地、ダムなどによる貯水によって主に賄われている現況を考えて、水資源を有効に利用せねばならないことを痛感する。

(ねやま よしはる／松山地方気象台)

参考文献

- 愛媛県気象年報：松山地方気象台、昭和42年、昭和53年版
 広島県気象年報：広島地方気象台、昭和42年、昭和53年版
 気象要覧：気象庁、昭和14年、42年、53年版
 季節予報指針（下巻）、1972：気象庁、長期予報テクニカル・ノート、No.13

宮城県沖地震の 建築物被害

渡部 丹

地震の概要

宮城県沖地震は6月12日17時14分に発生した。地震のマグニチュードは7.4で、仙台市から約100km東方の海底が震源であった。

次に、仙台市における地震動についての要約を紹介する。

(1) 仙台市付近における最大加速度は、南北方向が東西方向より一般に大であり、その値は丘陵地で260cm/sec²、硬い地盤上で200cm/sec²、軟らかい

地盤上で320cm/sec²、また硬い岩盤上では180cm/sec²である。

(2) 仙台市付近における東西方向および上下方向の地動の大きさは南北方向のそのの、それぞれ約0.75倍および0.5~0.32倍である。

(3) 仙台市丘陵部にある東北大学建設系建物の南北方向1階の強震記録から計算した南北方向の最大速度は36cm/sec、同最大変位は16cmである(表1参照)。

(4) 仙台市付近では0.9~1.0秒の加速度波が卓越している。速度の応答スペクトル図では、1秒以外に2秒および3.5秒が卓越している。

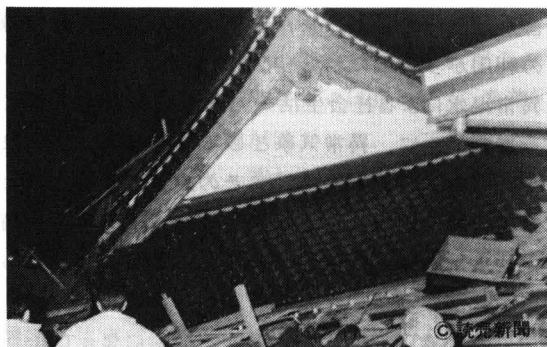
(5) 初期微動が約12~13秒、主要動は約20秒、有感は約150秒継続した。

(6) 仙台市付近の地動はマグニチュード7.4、震源距離110kmとしては、従来の平均値よりはるかに大きな地動である。今回の地震動の最大加速度 A_{max} (cm/sec²) と、マグニチュード M および震源距離 x (km) の関係は下式である。

$$A_{max} = 10^{1.08M - 2.011 \log x - 1.587} \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

(7) 仙台付近の地動の最大主軸はN5°Eでほぼ南北方向である。

(8) 東北大学建設系建物の9階における強震記録のうち、南北方向の最大加速度値は1,040cm/sec²、最大速度は150cm/secであり、構造物応答値とし



〈表1〉東北大学建設系建物の1階および9階で得られた強震記録についての各種最大値とその発生時刻(1978年6月12日の地震による)

		加 速 度		速 度		変 位		
		最大値 (cm/sec ²)	時刻(秒)	最大値 (cm/sec)	時刻(秒)	最大値(cm)	時刻(秒)	
6月12日 M=7.4	1階	N S	259.23	7.56	36.17	10.8	-14.53	10.56
		E W	202.57	3.10	27.57	2.96	9.11	3.82
		U D	153.04	4.18	11.92	10.44	3.18	10.02
	9階	N S	1,039.98	15.20	150.41	14.96	-25.87	15.20
		E W	-523.92	14.08	-72.76	14.34	16.61	3.40
		U D	-355.56	7.32	22.92	15.48	7.09	8.18

ては世界最大の記録である。

(9) 非線形応答などの解析結果から、今回の地震動は南北方向に1次固有周期0.2~0.4秒を有する構造物に対して強力な破壊力を含んでおり、単一波ではなく10数波によって、漸次破壊を進行させる「進行性破壊」をもたらす地震波である。

建築被害一般

1 人的被害

表2に人的被害について最近起こった他の地震

による被害とを比較して示した。さらに、図1には人的被害を仙台市とその他の地域とに区別して示した。これらの図表によれば、今回の地震による人的被害の特徴の一つとして、負傷者の数が著しく大であり、かつ、それらの大半は仙台市内に集中していることが挙げられる。

図2には死者を年齢別および死亡原因別に分類して示した。この図によれば、10歳以下の小児および60歳以上の老人の死者が目立ち、また、死亡原因としてはコンクリートブロック塀、石塀の倒壊によるものが特に顕著である。家屋の倒壊によるものとしては松島町の店舗(3人死亡)、矢本町の寺院本堂および仙台市内の新築中の住宅の倒壊による延べ5人およびれんが造倉庫の倒壊による1人で計6人となっており、後述のように全壊し

図1 人的被害の地域的分類(単位:%)

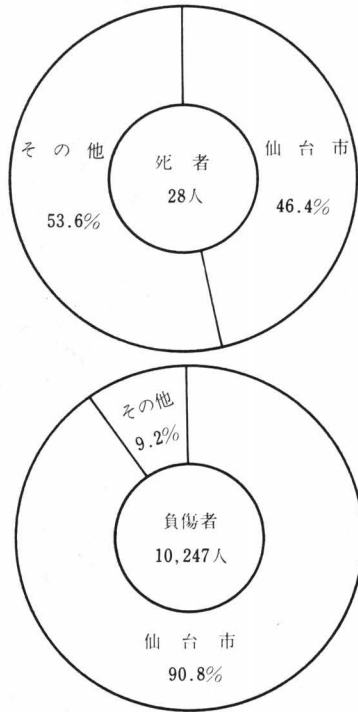
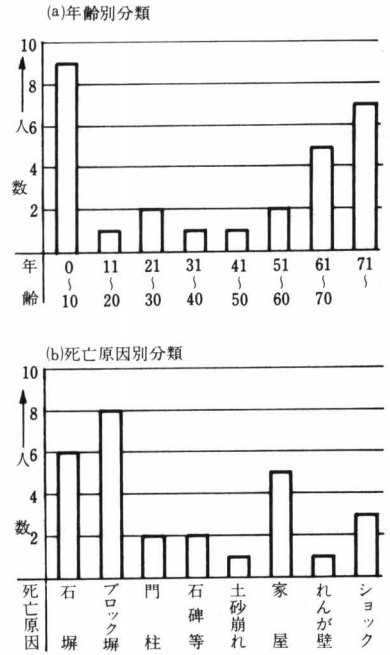


図2 死亡者の内訳



た家屋が多い割合には、家屋の倒壊による死者は少ない。また土砂崩れによる死者はわずか1人となっている。

2 建築物等の被害

表3には最近の地震による建築物の被害を比較して示した。図3には今回の地震による宮城県および仙台市の被害額を主要項目別に示したものである。なお、宮城県の被害総額2,667億円は、昭和51年度の国民総生産約390兆円の約0.07%に相当する。この図によれば、今回の地震による被害は、被害額からみた場合、特に仙台市内では住家、商店、工場の被害額が全体の約90%に相当していること、また学校等の被害額の比率は仙台市と県全体とでほぼ同じ値となっており、学校等の被害は仙台市以外でも少なくなかったことがわかる。

図4は宮城県内の各市町村における全壊戸数と

表2 最近の地震による人的被害の比較

地震名年	宮城県北部 昭37.4	新潟 昭39.6	十勝沖 昭43.5	宮城県沖 昭53.6
マグニチュード	6.5	7.5	7.9	7.4
死者	3	26	49	28
行方不明	0	0	3	0
負傷者	不詳	241	330	10,247

表3 最近の地震による建物被害の比較

地震名年	宮城県北部 昭37.4	新潟 昭39.6	十勝沖 昭43.5	宮城県沖 昭53.6
マグニチュード	6.5	7.5	7.9	7.4
全壊	369	1,960	673	1,279
半壊	1,542	6,640	3,004	5,719

半壊戸数との和を世帯数で除した値を被害率として求め、各市町村別に示したものである。また、図5は仙台市が市内の全世帯(21万)のうち19万世帯についてアンケート方式によって行った被害調査結果のうち、住家被害のあった世帯数および全壊に遭遇した世帯数を回答世帯数(約14万5,000世帯、回答率76.7%)で除した値を被害率として地域別に求めて示したものである。図4によれば、県全体では県西部および県東部の山岳地帯を除いた平野部において住家の被害率が大きく、中でも古川市や小井田町など県北部の被害率が大きい。仙台市内では東部の六郷、七郷地区や南部の中田地区等の被害率が旧市街地域に比べて大きく、また全壊した家屋の多くが六郷、七郷および長田地区に集中しており、平野部の地盤の軟弱な地域の被害が著しい。

図4 宮城県下各市町村の住家の被害率
(世帯数に対する(全壊家屋+半壊家屋)の比)

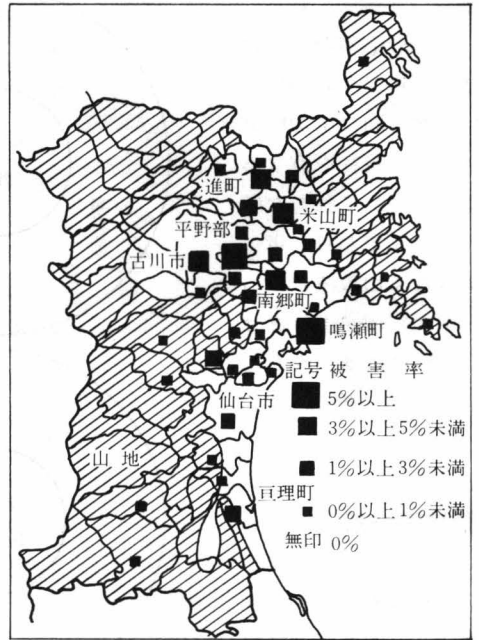
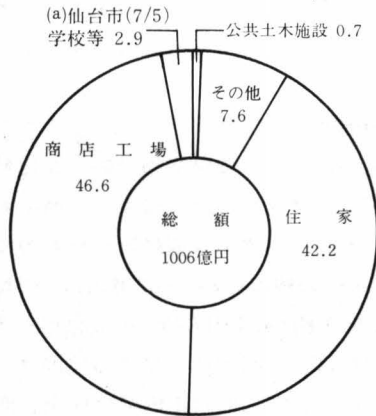


図6は仙台市内の住宅関係の被害額の内訳を示したものである。家屋の被害率が大きいことに加

図3 仙台市および宮城県における被害の内訳
(単位：%)



(b)宮城県(7/21)

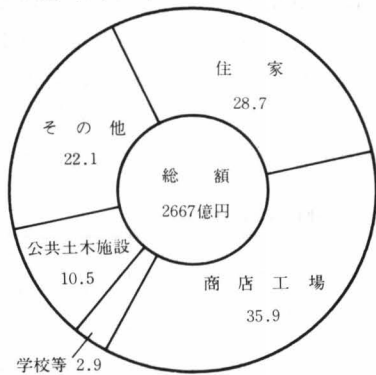


図5 仙台市内各地の住家の被害率と全壊戸数

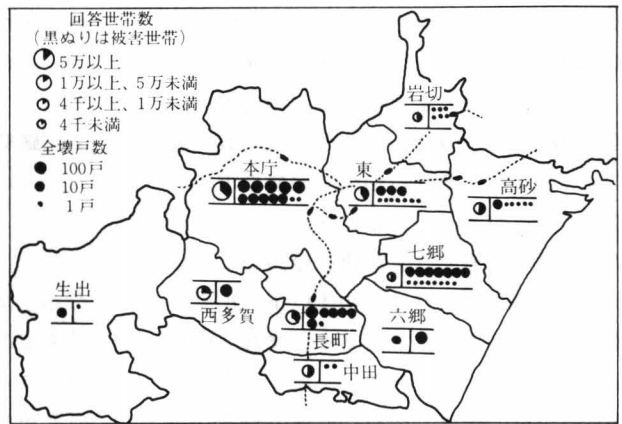


図6 仙台市内の住宅関係の被害額の内訳
(単位：%)

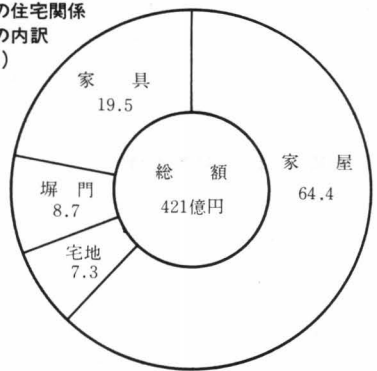


表4 仙台市内の住家等の被害率*

被害	世帯数	被害率(%)
家屋全壊	552	0.38
家屋半壊	2,611	1.80
家屋部分壊	56,749	39.2
宅地	11,471	7.9
門・塀等	21,144	14.6
家具・什器	79,297	54.7

*アンケート調査(7/5現在)による。被害率はアンケート回答世帯数(144,924)に対する比

え、今回の地震による被害の特徴の一つである門・塀や家具について、それらの被害額や被害率が非常に大きいことが注目される。

なお、今回の地震被害で注目されたコンクリートブロック塀などの被害のうち福島県下の被害としては、6月29日現在、コンクリートブロック塀および石塀の被害件数として、各々92件および556件が報告されている。

3 津波による被害

6月12日17時14分の地震発生後、17時33分に太平洋沿岸に津波警報が発令された。今回の地震による各地区での津波の最終観測状況(6月12日)は次のとおりである。

小名浜	18:19	13cm
鮎川	18:00	17cm
大船渡	18:04	12cm
宮古	17:57	18cm
八戸	19:28	16cm

これらの値は当初心配されたものよりもだいぶ小さく、津波による被害は皆無に近いといえる。その理由としては、震源域が海底表面に達していなかったということが考えられる。

4 家具の転倒

今回の地震の被害の特徴はいろいろあるが、福島県庁舎(SRC12階建)の11階に設置してあった

電子計算機が転倒したこともその一つであった。その他、事務庁舎における書庫の転倒、商店における棚からの商品の落下、住宅においては食器棚や本箱等の転倒は仙台市を中心として数多く報告されている。本節では家具等の転倒による物品の損傷や人的被害を防ぐと同時に、各地の地震動の大きさを家具等の転倒より推定するために行った調査について述べることにする。

(1) 調査概要

本調査は、仙台市を中心とした宮城県各地と福島県の一部にわたって、国道や県道沿いに距離約5kmごとに調査地点を定め、各調査地点において二、三の建物を対象にして行った。対象とした建物は、一部RC造の中低層建物もあるが、ほとんどは在来軸組工法による2階建の木造住宅であり、全調査建物数は68棟である。

調査方法は家具等の転倒の有無を直接聴取し、転倒した家具について以下の点を調べるというものである。

- (a)家具の種類
- (b)家具の高さと転倒した方向への奥行の寸法
- (c)転倒した方向の方位
- (d)家具の設置階数

(2) 調査結果

調査結果の一例を表5に示す。

表5の $25B/\sqrt{H}$ (BおよびHは家具の奥行と高

表5 転倒した家具の例(2段重ねで上段のみ落下したものを除く)

用途	構造	階	家具名	B×H	$\frac{25B}{\sqrt{H}}$	方向	用途	構造	階	家具名	B×H	$\frac{25B}{\sqrt{H}}$	方向		
庁舎	RC-2	2	大時計	30×185	55	SSE	住宅	W-2	2	本棚	29×149	59	W		
		2	放送設備	35×130	77	"			2	"	29×149	59	S		
		2	書庫	45×180	84	"					茶たんす	34×138	72	E	
		2	医療箱	30×159	59	"			2	たんす	45×164	88	W		
		1	スチール書庫	40×176	75	NNW			1	"	43×170	82	S		
		1	"	40×179	75	"			1	"	43×136	92	S		
商店	PC-2	2	本棚	25×155	50	N	住宅	W-2	1	テレビ	40×88	107	S		
		1	テレビ	37×91	97	N			1	たんす	43×167	83	N		
住宅	W-2	2	2階家具はつくりつけ				住宅	W-2	1	"	45×178	84	N		
		1	鏡台	25×150	51	S			1	"	44×70	131	S		
		1	食器棚	30×175	57	S			1	冷蔵庫	39×129	86	S		
		1	本棚	22×142	46	S			住宅	W-2	1	たんす	55×173	105	E
		1	たんす	43×121	98	S					1	"	55×110	131	E

さをcm単位で表したものは、その家具が転倒に至る最小の応答速度 (kine) を表している。この式は次の仮定より導かれる。

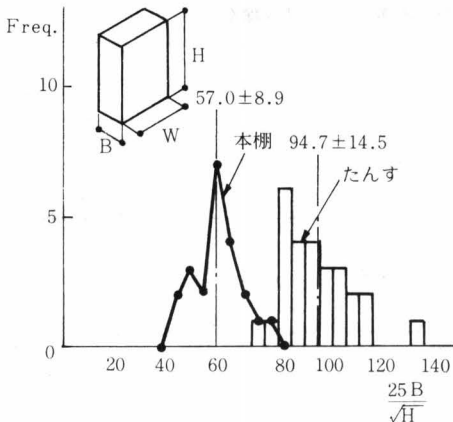
- (a)家具は剛体
- (b)横滑りはしない
- (c)家具の重心はその中心にある
- (d)地震動の上下動は無視

以上より、水平方向の地震動によって生じた速度応答 (S_v) の並進運動エネルギーがすべて回転エネルギーに変化するとして求めると、次式が得られる。

$$S_v = 25 \frac{B}{\sqrt{H}} \quad (S_v \text{はkine、} B \text{と} H \text{はcmで表わす})$$

この値は上述の仮定によるものであり、この値のみによって家具の転倒の難易や、地震動の大きさを表すことができないが、その目安には充分なるであろうと考えられる。本式には家具のプロポーションのみではなく、大きさそのものが考慮されている。すなわち、例えば $B/H=0.2$ で同一であっても、 $B=20\text{cm}$ 、 $H=100\text{cm}$ の場合は $S_v = 50$ kine、一方 $B=40\text{cm}$ 、 $H=200\text{cm}$ の場合は $S_v = 71$ kine となり、前者より後者的の方が倒れにくいことを示している。本調査によって、転倒した家具の中で、本棚は $S_v = 57 \pm 9$ kine (± 9 は標準偏差を表す)、たんすは $S_v = 95 \pm 15$ kine であった (図7)。

図7 調査した家具の形状分布



(3) 調査結果の考察

地震動の大きさは、1階でも家具が転倒する、2階以上でのみ家具が転倒する、家具は転倒しない、

の順で小さくなっていると考えられる。調査によると震源からほぼ同じ距離であっても地震動の大きさは同程度とは限らず、地盤の影響が大きいことがわかった。すなわち、沖積地堆積物で構成されている仙台市の東側は大きな地震動を受けたと考えられ、これはRC造、S造、木造などの建物の被害分布とも一致している。一方、仙台の旧市内より西側では家具の転倒はほとんどといっていいほどなく、これも建物の被害分布と一致している。また、国道4号線は阿武隈川に沿っていて地盤は沖積地堆積物で構成されているため、白石市に至るまで家具の転倒がみられるが、2階以上においてのみであり、震源から遠くなるに従って、同じ沖積地堆積物で構成されている地盤でも地震動が減少していく傾向がみられる。

以上は、主に木造2階建の住宅について地震動の各地における大きさを平面的に述べたが、次に中高層の建物について若干述べる。一番明らかなのは、上階に行くほど家具が転倒しやすくなっていることであり、少なくとも建物の速度応答は上階に行くに従ってかなり増幅されると考えられる。すなわち、地盤が良好でほぼ同一と考えられる仙台の旧市内において、住宅中での家具の転倒はほとんど皆無であるが、中高層の事務所ビルでは家具が上階で転倒している(仙台第二合同庁舎、東北地方建設局庁舎、仙台住友ビル等)。これは、ベースシャー係数が低減できるような高層建物においても速度については上階で増幅されることも示しており、家具や事務機を転倒に対して補強するには上階からすべきであること、財産として重要なもの、他に危険を及ぼすもの、地震時においても機能を保持しなくてはならないものなどは上階より下階に設置すべきであることなどを示している。

本節では家具の転倒の調査より地震動を推定するための試みを述べたが、今後さらに本手法を発展させるには次の項目を検討すべきであろう。

- (a) 家具の転倒条件式はこれでよいのか(上下動の影響、摩擦係数・反発係数の影響、家具および床を剛体と仮定してよいかなど)

- (b) 地震動の絶対速度応答スペクトルの傾向
- (c) 建物内での速度応答倍率
- (d) 地盤の適切な分類
- (e) その他

総合所見

1 宮城県沖地震と建築物等の被害の特色

(1) 今回の地震はマグニチュード7.4の、いわゆる「海型」地震である。この地震の地震動の特色としては次の4点を挙げることができる。

- (a) マグニチュードの大きさの割には、広い地域にわたって種々の被害が生じたこと。
- (b) 地震動の継続時間は同規模の地震のそれに比してやや長いこと。
- (c) 仙台市付近では南北方向の振動成分が最も卓越していたこと（被害状況からみて南北方向の振動の強さは強震記録およびその解析結果以上に著しいと推定される）。
- (d) 仙台市付近の水平方向の地震動の加速度波は0.3～0.4秒および1秒付近が卓越しており、一方、速度の応答スペクトル図によれば、1秒以外に2秒および3.5秒付近にも卓越した成分がみられること。また、上下方向の地震動は水平方向のその0.35～0.4倍の強さであり、水平方向の地震動より短周期の成分を多く含んでいること。

(2) 建築物および補強コンクリートブロック塀などの工作物の被害分布はめいりょうに地盤および地形の差異によることを示している。すなわち、軟らかい地盤上、丘陵地などの傾斜地盤上、および地層の急変する断層線上に構造物の被害が集中しているのに対して、旧仙台市に代表される硬い地盤の台地では被害がほとんどなかった。傾斜地における被害の多くは、地盤の不安定による基礎部分の不同沈下、あるいはこれに伴う構造物全体の傾斜であった。

(3) 鉄筋コンクリート造の被害は、軟らかい地盤上の3～4階建建築物に多くみられた。その中で1階の南北方向構面に破壊が集中したものが数例

あったことは注目に値する。壁式鉄筋コンクリート造、プレストレストコンクリート造の建築物にはほとんど被害は見受けられず、コンクリート造建築物全体としては、今回の被害率はきわめて低く、局所的であったといえよう。

(4) 鉄骨造の被害も鉄筋コンクリート造の場合と同様に、軟らかい地盤上において多く発生している。小規模な数階建の鉄骨造では軸組プレースの接合部が破壊するなどの被害が多く見受けられた。1～2階建の倉庫やボウリング遊技場で、スパンの大きいものに倒壊被害がみられた。小規模な鉄骨造においては、主体構造にはさしたる被害はなくても内外壁のはく離など非耐力壁の被害が著しいものも多かった。

(5) 木造の被害分布もきわめて局所的であり、軟らかい地盤の平野部に集中している。被害を受けた木造は、重い瓦を使用しているもの、入口開口の大きな店舗付住宅などである。木造の場合もラスモルタルの外壁などじん性の低い、また主体構造への取り付けがぜい弱な仕上げ材の脱落が多く見受けられている。また、傾斜地盤上の造成した宅地に建つ木造住宅が基礎とともに傾斜して使用不能となっているものも多い。また建設中の木造家屋が完全崩壊した例が3例あるのも注目される。

(6) 鉄骨鉄筋コンクリート造の主体構造の被害は一般に軽微であったが、非耐力壁にせん断ひび割れを生じたり、住戸の扉の開閉に支障をきたすなどの被害が少なくなかった。また異種構造（鉄骨造とSRC）の境界にせん断ひび割れを生じたものもあった。

(7) 建築物の被害を全体としてまとめると、柱・はり・耐力壁などの主要構造部材の被害より、非耐力壁など直接地震力を負担しないものとして設計されていた部材の被害が際立っている。

(8) 今回の宮城県沖地震で一般の人々の注目を浴びたのは補強コンクリートブロック塀の倒壊である。このブロック塀と石塀および門柱の倒壊によって17人の生命が失われている。これらの被害も局所的に集中しており、また南北方向に倒壊した塀がほとんどである。例外は傾斜地上のもので、

この場合は斜面下方に向かって倒れている。倒壊した塀の破壊発生位置は、最下段のコンクリートブロックと基礎との接合点が最も多いが、縦筋のないところや目地のところが折れているものも多い。無筋のコンクリートブロックは、原形をとどめていないほどに崩壊しているが、この崩壊によって負傷者は出ているが、死者を出していない事実は皮肉である。

図8 被害度と剛重比

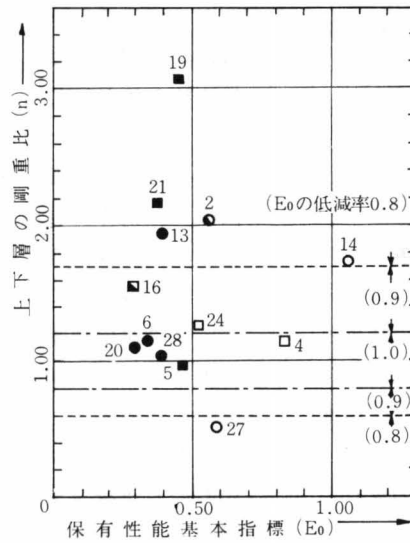
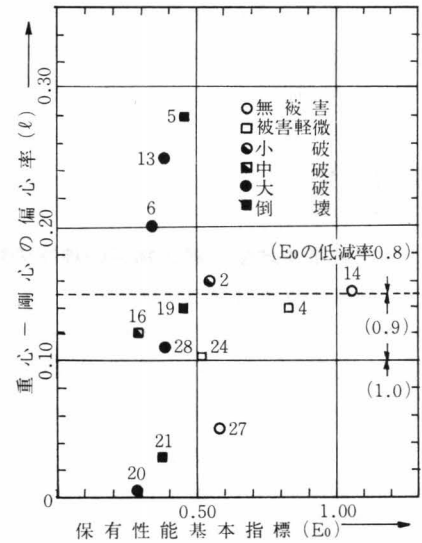


図9 調査建物の被害度と重心-剛心の偏心率



(9) 設備機器、上下水道、発電施設、電子計算機器

の転倒や破損も多く発生し、今回の地震災害が都市型の地震災害の典型であるといわれているゆえである。

注：(1) 保有性能基本指標 E_0 とは構造物の最終的な耐震性を示すものであり、通常0.5程度の値が必要である。(2) 番号は調査建物の背番号である。

2 被害原因についての総合的な考察

仙台市付近の地震動に関しては、南北方向の地震動が「進行性破壊」を誘起するような振動波形であり、特に1次固有周期が0.2~0.4秒である3~4階の建築物に対しては大きな破壊力を生じさせる地震波であった。3~4階建の軟らかい地盤上の鉄筋コンクリート造建築物が倒壊などの大きな被害を受けた理由はここにあると推定される。倒壊あるいはそれに類する被害を受けた鉄筋コンクリート造および鉄骨造建築物は、(1)コンクリート強度不足、(2)帯筋間隔等せん断補強筋の不足、(3)耐水平力部材の接合部分の耐力または変形能力の不足、(4)施工不良などの欠点を大なり小なり有している上、次のような耐震上不利な条件、あるいは構造計画上の不備を含んでいたものである。

- (1) 耐震上不利な地盤上に建っているもの
- (2) 2階の剛重比(水平剛性の重量との比)に比して1階の剛重比が著しく低い(1/4~1/5)もの(図8)
- (3) 軸方向応力度が通常よりも著しく高く、床面

積に比較して柱の本数が通常のものより少ないもの(4) 壁が偏在して、偏心の大きいもの(図9)

木造の被害の原因は上記の鉄筋コンクリート造等の被害原因とほぼ同一であるが、これらの原因以外に材料の老朽化による被害も多くあった。

非耐力壁の被害の原因は以下のもののいずれか、またはそれらの複合したものである。

- (1) 構造骨組の破壊
- (2) 構造骨組の剛性不足
- (3) 下地構造と仕上げ材との接合不良

このうち最も多かったのは(2)および(3)であり、これは建築設計における構造骨組の設計と仕上げ材、あるいはその取り付け工法の設計との相互の有機的関連の欠如が遠因となっているものと考えられ上記(2)の原因による場合もあったが、多くは、ビスの頭抜けなどにみられるような下地とラスシートの接合強度不足が原因であった。

現場打ちの鉄筋コンクリート造非耐力壁のせん断ひび割れ被害は、非耐力壁の変形能力不足が原因である。非耐力壁であっても躯体構造との一体性が高いものについては、地震時に大きなせん断力が導入されることは避けがたいものであることを認識すべきであろう。

補強コンクリートブロック塀の倒壊は、下記のような原因に帰せられる。

- (1) 無筋、基礎なし、控え壁なし
- (2) 鉄筋の定着不足（フックなし、モルタル充てん不足）

以上が今回の地震による主要な被害の原因である。今後このような被害の再発を防止するために、以下に対策の数例を紹介する。

- (1) 剛重比の急変するもの、あるいは偏心の大きいものに対しては許容応力度の低減、動的解析の導入などによる慎重な設計を行う。
- (2) 水平せん断力を70%以上負担する軸組筋違構造においては、筋違の接合部分の降伏耐力が筋違自身の降伏耐力を充分上回る大きさになるようにする。
- (3) 軟弱地盤あるいは傾斜地盤上に建つ木造建築物の布基礎は、平面の半分が片持ちになっても耐え得るように設計して、地盤の多少の不同沈下にも耐え得るようにする。
- (4) ラスシートを下地にくぎ止め、ビス止め、あるいは溶接する場合は板厚の大きなラスシートを用い、かつ充分大きな面積を有する座金等を挿入する。
- (5) 主体構造の設計に際しては、非耐力壁の変形能力に留意する。地震時の変形に対して非耐力壁の変形能力が充分でない場合は、非耐力壁にせん断力が導入されないよう配慮する。例えばカーテンウォール工法、または適切なところにスリット等を設けて非耐力壁のせん断スパン比を大きくして変形性能を向上させる。この他躯体との接合部で一部がすぐ強震時に破壊して全体の落下を防ぐ方法も考えられよう。
- (6) コンクリート強度に関しては粗骨材の強度不足が原因でもあるので、骨材の品質の限度あるいは低品質骨材の使用規準を検討する。
- (7) 補強コンクリートブロック塀倒壊は常識不足や技術未熟が主原因である。正しい知識の普及に努めるとともに、より容易な施工方法の開発が望まれる。
- (8) 鉄骨造の耐震性向上には、知識、技術の未熟

および経済性追及による施工不良の2項目の問題を解決する必要がある。前者に対しては設計者・現場監理者の知識レベルの向上を図るほか、接合部等をプレハブ化するような、いわゆるモックアップ工法を導入することで多少改善される。後者は設計者および施工者の意識の問題であるので、欠陥施工に対する責任を明確にする体制をつくるか、これと相まって、施工業者の技術認定制度の拡充、設計保険制度の導入も考えられよう。

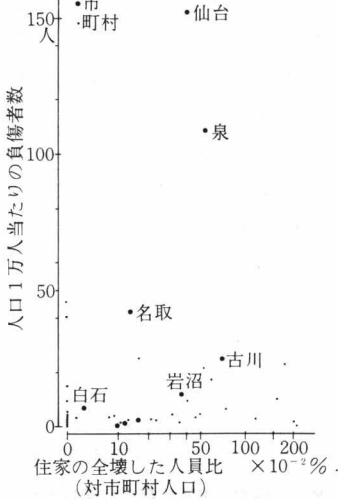
今回の地震で改めて認識されたのが、地震時に不用意に屋外へ出ることの危険性である。先に被害統計で紹介したように、今回の地震による死亡者数は28人であり、これからショック死による3人の死亡者および工事中の建物の倒壊による死亡者2人を除外すると、屋内で4人、屋外で19人が死亡したことになる。したがって大地震時には、揺れの収まるまで室内の机の下など転落物から身を守れる場所にとどまるのが生命の安全を確保する良策であることが再認識されよう。

以上、1978年6月12日の宮城県沖地震についての被害調査およびこれらの解析、見解について紹介したが、東北大学建設系建物の9階における強震記録は構造物の応答値として1gを越す世界最大の加速度記録であり、しかも、この建設系建物は大した被害を受けていない事実は、その優れた耐震性によるものである。これほど大きな地震動に対して、局部的な被害にとどまったことは、我が国の設計者・施工者一体となって建設した建物の優れた耐震性に負うものであろう。ほとんどの建物が、このように優れた耐震性を有しているのに、一部設計・施工の不注意による主体構造の被害および建築設備、非構造部材等についての耐震性の配慮不足による、トータルシステムとしての建築物の地震被害を生じたことは誠に残念である。今後はこれらの点を改善して、地震に対して、より安全な建築物が建設されることを心から願うものである。

〈本稿は建設省建築研究所「1978年宮城県沖地震被害調査報告書」をまとめ直したものである〉

(わたべ まこと/建設省建築研究所第三研究部長)

図2 り災者率と負傷者出現率



り災者率（住宅の全壊した人）の関係をみたものであるが、都市化の著しい仙台・泉・名取市における出現率はきわめて高いのである。

このように、人的・物的な直接被害は、都市部において大きくエスカレートすることは明らかである。“都市”の静態的な本質は集団性（高密度）と結節性（中心性）といえるが、その諸相としては中枢管理機能・交通・交易（商業・情報・サービス）・工業生産・文化教育・社会構成の多様性・消費性などが挙げられる。これらの諸相がより高度化しつつある現代都市においては、直接被害のエスカレーションは間接被害のエスカレーションに波及することは明らかである。

都市機能のポテンシャルと受けたダメージ

都市における被害のエスカレーションは、都市の有する機能の総体的なポテンシャルの高騰が、静態的な都市規模（例えば人口規模）の拡大の自乗ないし3乗に比例するほどになっているところにあるのではなかろうか。こうした仮説の下に、宮城県下の各市町村の有する機能の総体的なポテンシャルが各々の財政規模に投影されると考えて、今回の地震で受けた直接被害額の各市町村の歳入額および税収額に対する割合をみたものが図3と図4である。

図3によれば、最もダメージを受けたのは大郷

図3 被害総額の市町村歳入額に対する割合

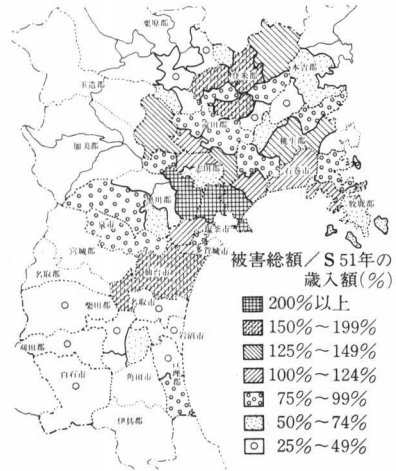
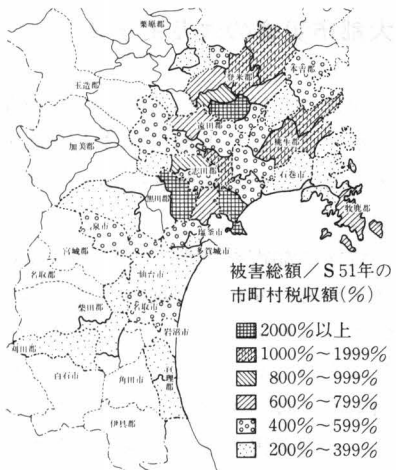


図4 被害総額の市町村税収額に対する割合



町455%、鳴瀬町374%、松島町204%であり、仙台市は168%で100%を超えたのは石巻・古川・多賀城の各市と、米山・迫・中田など10町である。これらはいずれも沖積平野に位置する市町で、農業を基盤とする地域社会なのである。なお、ちなみに酒田大火（1976）の被害額についてみると810%ほどに達し、また、伊豆大島近海地震の東伊豆町では880%なのである。

さらに、地域社会の機能の総体的ポテンシャルをより端的に示すのではないかと観点から、各市町村税収額に対する割合としてみたのが図4である。最もダメージが大きいのは、大郷町の2400%、米山町の2000%であり、市部では古川市の550%が最大で仙台市は320%ほどである。ちなみに、酒田市で2100%、東伊豆町で1490%である。

この被害総額には、電力・ガス・下水・鉄道等

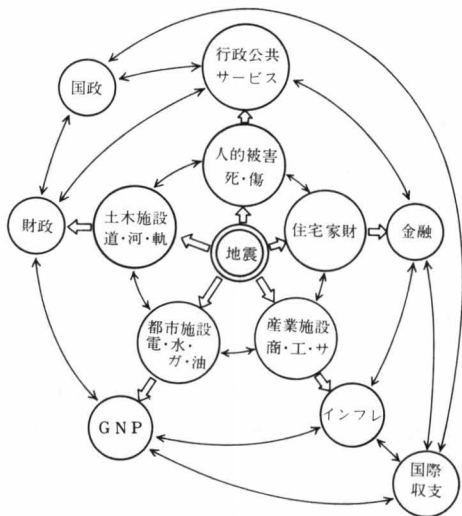
の被害が含まれてないが、これらをすべて仙台市に加算してみても、仙台市のそれは220%、420%にすぎない。このことは、推論の域は出ないものの、被害総額としてみると、仙台市のそれは、きわめて多大であるにもかかわらず、他の小さな町村が相対的に受けたダメージよりも小さなダメージでとどまったということを示しているのではなからうか。すなわち、仙台市をはじめとする都市の有する機能の総体としてのポテンシャルからみると、今回の地震で被災した直接被害の程度はむしろ幸運であったのであり、現実には数倍に及ぶ被害を被る可能性があったことを意味していると考えられるべきなのである。

大都市災害の波及モデル

現代における大都市機能は社会存立の基盤であるが、こうした大都市が多大な被害を被った時のその波及モデルを概念的に示すと、図5のごとくなる。

戦後に都市を直撃した地震は福井地震(1948)・新潟地震(1964)と宮城県沖地震(1978)であるが、いずれも被災地レベルでの波及でとどまり得たことは幸いであったといえる。しかし、関東大震災(1923)は政情不安定の時期であったことにもよるが、その被害の波及は極めて大きいものであった。『震災に因る日本の損失』(東京市編、大正14年)

図5 大都市災害の波及モデル



によると、その損害金額(55億円)が当初100億円と推定され、後日、大蔵省はこれを否定したものの諸外国に伝わり、日本の国債に影響したという。

表1は、大正11年当時の東京市と現在の区部および仙台を比較したものである。東京市と現区部を比較すれば、人口密度においては半減しているが、それに乗数倍して都市機能のポテンシャルが高まっているのである。また、仙台市は静態的な規模において区部の1/10ほどであり、その都市機能のポテンシャルとしては区部の1/100ほどと考えることができよう。したがって、東京の都市機能の被災のポテンシャルは仙台市のそれからは想像し得ないほどの被害の可能性を示している。

表1 仙台と東京の都市状況の比較

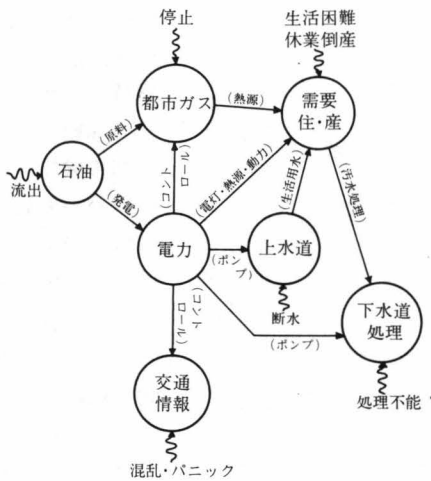
	東京市(大正11年)	東京23区	仙台市
面積	79.5 km ²	581km ²	237.1 km ²
夜間人口	2,478千人	8,647千人	632千人
昼間人口	2,778千人(推)	10,714千人	704千人
夜間人口密度	312人/ha	149人/ha	27/ha
昼間人口密度	349人/ha(推)	184人/ha	30人/ha
高速道路	—	96km	—
地下鉄	—	153km(市含む)	—
自動車保有台数	2,800台	1,619,900台	168,600台
地下街	—	27ha	—
超高層ビル	—	128棟	6棟
ガス管	1,607km	6,748km	2,058km
水道配水管	980km	11,897km	1,000km
死者・不明	68,600人	35,675人(想定)	13人
負傷者	26,000人	63,026人()	9,300人
全壊家屋	4,200棟	62,223棟()	715戸
焼失家屋	301,000棟	473,269棟()	—
ガス管破損	2,785か所	8,061か所()	359か所
水道管破損	216か所	3,418か所()	139か所

都市機能維持システムとその復旧過程

現代都市の機能を維持しているのは、石油エネルギーを基盤とする都市施設——都市機能維持システム——である。図6は、このシステムとその被害の連関を宮城県沖地震の例としてモデル的にまとめたものである。

現代都市が震度5以上の地震に見舞われた場合、ある程度の被害を被ることは致し方ないにしても、被害のエスカレーションを食い止めるための緊急対応システム、その波及を阻止するための代替供

図6 都市機能維持システムとその被害の連鎖



給システム、および復旧システムともいべきシステムの整備を急ぐことは、都市防災対策上の大きな課題である。これらのシステムの相互連関をモデル的に示すと図7である。さらに、今回の地震におけるガスの被害を例として、このシステムの相互連関に対応させたのが図8である。

実際、仙台市ではガスの停止までに約1時間を要した。ガス局では電話回線の不通によりガス漏れに関する情報が把握できなかったうえ、港ガス工場へ無線車を派遣したが、交通渋滞のため到着が遅れた。この間に電話は回復したが、住民からのガス漏れの通報が殺到し、やがて電話の輻輳もあって、結局、無線車が港工場に到着後に被害情報を得てガス停止を決定した。同時にラジオ・広報車によるガス停止および使用禁止を呼び掛けた。復旧作業は、工場の点検とともに供給管については、メーターコックの閉止確認、管の点検修理、各戸のガス漏れおよび焼炎テストの順に行われた。これには、東京ガスその他36社から延べ12,115人の応援を得ている。ガス停止に伴い、インスタント食品等の緊急の買物がなされたが大きな混乱はなかった。他方、一部の集中プロパンガス地区は、翌13日夕方までに供給が再開された所もある。都市ガスの地域では、電力の回復が早かったこともあって、電気コンロ等による代替もあったが、火力の点から人々が殺到したのは携帯用卓上ガスコンロであった。この事態に対して、市ガス局は15日から21日までガスコンロのあっせんを行う一方、コンロ2万台、ボンベ9万本を用意した。

図7 システムの相互連関

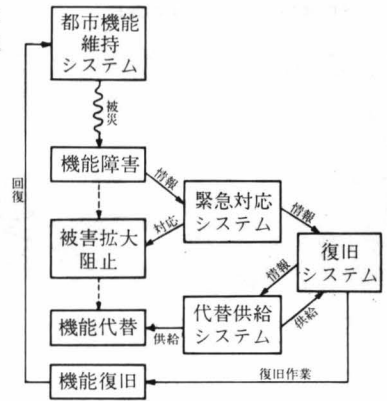
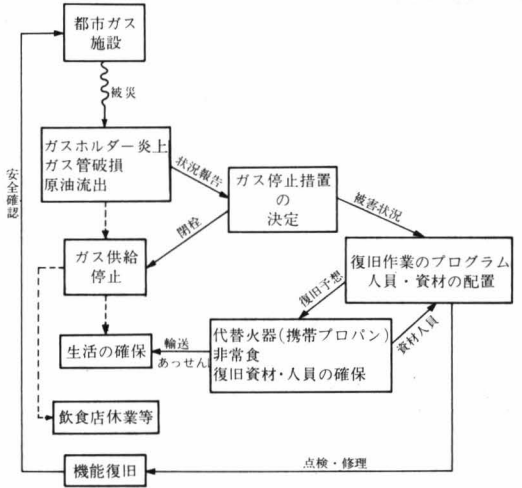


図8 宮城県沖地震にみるシステムの対応(ガス为例として)



こうして、7月13日に復旧が終わり全面供給体制が確保されたが、その後、マンホールを対象にガス漏れ調査(7月26日~8月11日)を行い、本支管・供給管の安全確認を行っている。

図9は、ガスをはじめ電力・上水道・電話という都市機能維持システムの復旧曲線を示したものであるが、加えて新潟地震におけるそれも同時に示した。なお、両者を比較しやすいように整理したのが表2である。

新潟地震は、津波・浸水、拡大延焼火災の発生をみており、同じ震度5とはいえ直接被害自体が大きかった。また、新潟地震の経験から、震災に対する諸体制の整備がなされ、特に今回は、ガス被害の復旧体制や電話の全国即時網管理などが整っていたこともあって、宮城県沖地震における都市機能維持システムの復旧はきわめて早かったとい

図9 都市機能維持システムの復旧曲線

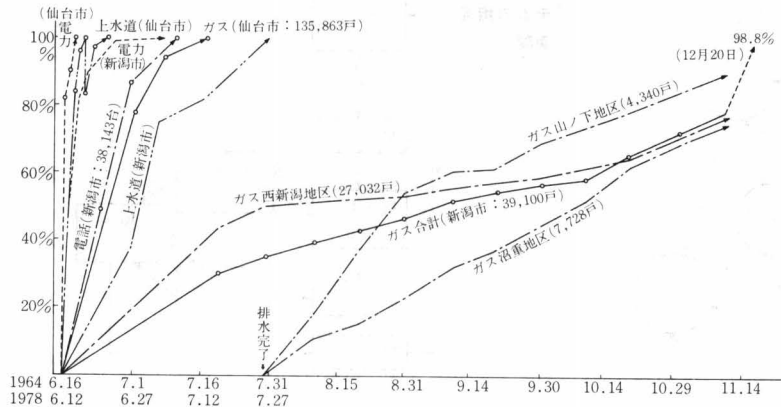


表2 宮城県沖地震と新潟地震との比較

	宮城県沖地震 1978・6 仙台で震度5	新潟地震 1964・6 新潟で震度5
死者(県)	27人	13人
全壊(県)	1,377戸	1,448棟
出火・焼失	11件 13か所	12件402棟
避難人員	400人余	20,000人余
ガス(市)	31日後100%復旧 (ガスホルダー炎上)	35日後30%復旧 189日後99%復旧
電気(市)	2日後復旧(家庭) (産業電力は7日後)	5日後復旧(家庭)
上水道(市)	9日後100%復旧	45日後100%復旧
電話(市)	電話の輻輳 2日後に平常	15日後50% 24日後100%復旧
石油タンク	流出のみ	18日間炎上
小学校	1日休校	8日間休校
中学校	なし	8日間休校

える。したがって、直接被害額の検討において述べたように、今回の地震被害は、現代都市としては最小限に食い止めた地震災害であったといえる。その要因としては、同年2月にわずかな、しかし市民の意識には十分に効果のあった地震を体験していること、発災時が夏期の17時14分で各家庭での火気使用ピーク時の直前であったこと、同時に、県庁・市役所など対策の中核となる行政部局に多くの人が残っており、その立ち上がりが遅れなかったこと、コンビナート火災が発生しなかったこと、などが指摘される。

しかし、今回の地震は現代の都市の地震対策に多くの課題を例示してくれたことも事実である。例えば、仙台という都市規模と特性が混乱回避や復旧を早めたこと、新市街地開発における地質、

地盤条件への配慮の充実などに加えて、都市機能維持システムの耐災性強化の課題である。

都市機能維持システムそのものの耐震強化としては、発電変電施設の耐震化と送配電線の埋設化、ガス供給区域のブロック化、下水処理区域の分割化、道路・鉄道の耐震化および交通システム確保

のための非常電源の確保、各種情報収集・伝達システムの確立、そしてコンピュータの耐震化などが挙げられる。さらに、こうした多様な都市機能維持システムの相互連関(つまり被害の波及とエスカレーションの)構造の詳細な把握と、それに対する緊急対応システム、代替供給システム、復旧システムの総合的な開発整備という、都市機能に関する大きな課題が明らかにされた。日本はもとより国際的な中枢管理機能の集積した東京において、その都市機能がまひすることによる被害のエスカレーションは、極大なものとなることは容易に予想される。今回の地震で福島県庁内のコンピュータの破損事故から、東大地震研究所の伯野元彦氏が行った調査によると、回答808社のうち、都心3区の258社にコンピュータが置かれており、さらにビルの最上階かその下に設置されている(通常揺れが大きい)ケースが100社以上、予備電源なしが88%の452社、予備冷却水なしが92%の470社にのぼっているという。この結果からも、現状における都市機能維持システムの災害に対するぜい弱性が伺われる。

現代都市でいかに防災性能向上を図ろうとも、震度6以上の地震に対して無被害であるような都市構造に改造していくことは不可能である。しかし、現状では震度5でも多大な被害を被るのであるから、都市防災対策は **all or nothing** の議論ではなく、まず震度5に対する耐震化に焦点を合わせるべきであろう。現在の都市機能維持システムは、震度5に対してもきわめてぜい弱なのである。(なかばやし いつき/東京都立大学理学部都市地域学研究室)



霧のなかの 誤解と独断

テネリフェ島航空機事故報告から

赤木昭夫

西アフリカの沖に、観光地として名高いカナリア諸島（スペイン領）が浮かんでいる。そのなかのテネリフェ島の空港滑走路で、現地時間1977年3月27日17時06分50秒、オランダ航空（KLM）とパンアメリカン航空（PAA）のジャンボ機同士が衝突炎上し、両機の乗客乗務員を合わせて583人が死亡した（本誌110号既報）。

この史上最大の航空機事故の原因として、早くからコントロールタワーとKLM機との間の不明確な英語のやりとりが挙げられていた。つまり、KLM機の副操縦士は「我々は離陸中」の意味で We are now at takeoff と言ったのに対して、コントロールタワーの管制官の方は We are now at takeoff (position) 「我々は離陸開始点にいる」と受け取ったのが原因といわれてきた。確かに、それはどちらの意味にもとれる表現だ。

ふとした言葉の誤解から大惨事に至るとして、この事故の原因解析が待たれていたが、先ごろ、スペイン運輸交通省の事故調査委員会が発表した公式報告書によると、不明確な英語のやり取り以外に、KLM機のベテラン機長——飛行時間の総計は11,700時間、そのうちジャンボ機乗務時間は1,545時間で、KLMのパイロットの教官——ヤコブ・L・V・ファン・ザムテンのパイロットとしての基本原則の無視が主原因として指摘されている。何が彼をして原則無視に追いやったのだろうか。この問題は、旅客機の大型化に伴って、一人のパ

イロットのミスが重大な結果を招くだけに、よく検討してみなければならない。

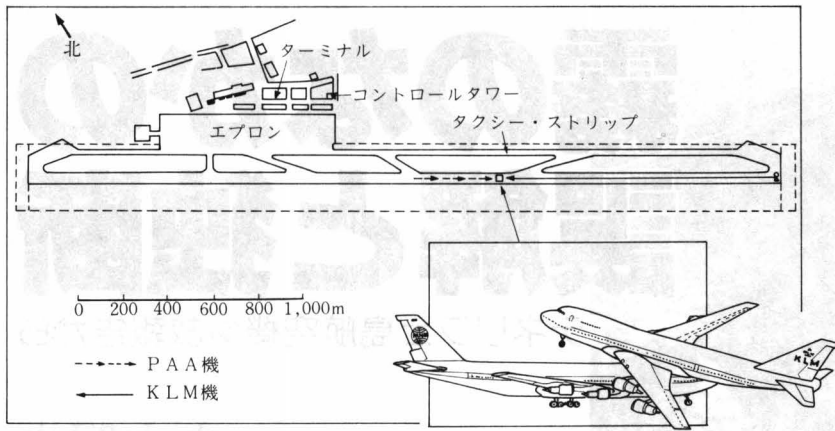
混乱と悪天候

アムステルダムスキッポル空港を飛び立ったKLM機も、ロサンゼルス発ニューヨーク経由のPAA機も、グラン・カナリア島のラスパルマス空港行きだった。ところが、ラスパルマス空港の待合室で爆弾破裂事件があり、第2の爆弾破裂を警戒して、ラスパルマス空港は閉鎖された。

そこで、他の一連の飛行機とともに、両機も代替飛行場であるテネリフェ空港に着陸した。KLM機の着陸時間は13時38分、PAA機の着陸時間は14時15分だった。KLM機は、着陸の20分後、いったん乗客を空港待合室で休憩させるため降機させた。PAA機は乗客を降機させなかった。

ラスパルマス空港の再開に伴い、両機よりも先に到着していた3機は次々にテネリフェ空港を離陸して行った。PAA機はすぐ飛び立てる状態にあったが、KLM機が前にいてうかひすることができず、待たねばならなかった。前の3機が離陸してからおよそ1時間後、KLM機は乗客を再び乗せた状態で、55,500ポンドの燃料の供給を要求した。この給油にはおよそ30分を要した。

テネリフェからラスパルマスまでは、目と鼻の先で、飛行時間にして約25分の距離だった。何も



いるタクシー・ストリップを利用できなかったの
で、KLM機もPAA機
も、離陸開始点の滑走路
の東端を目指して、滑走
路を西端から移動し始め
た(図参照)。そもそも滑
走路は、離陸と着陸のた
めのもので、それを移動
に使うのは、危険なこと
だった。これも原則軽視
に数えられる。

ここでKLM機が給油する必要はなかった。それ
にもかかわらず給油を求めたのは、ラスパルマス
には多くの飛行機が殺到していて、そこでの給油
は長く待たされるのが明らかだったからだろう。
つまり、テネリフェで給油し、ラスパルマスから
はすぐ戻りにかかることをKLM機は考えたもの
と思われる。

KLM機が、出発のため滑走路に向けて動き出
したのは、16時58分ごろだった。PAA機も、す
ぐその後を追った。十分に両機の間には間隔をお
くべきだが、そのような措置は執られなかった。こ
れも事故の遠因になった。

気象条件は思わしくなく、雨が降っていて、と
ころどころに霧が立ちこめ、低く垂れ込めた雲が
風にちぎれて飛んでくると、滑走路では突然視界
が悪くなる状態だった。17時02分の滑走路におけ
る視界は300mに低下していた。滑走路の長さは
3,400mだから、視界は、その約11分の1という悪
条件にあった。これも事故の遠因として列記され
ている。

事実、両機が滑走路上で衝突し炎上したとき、
視界不良のためコントロールタワーからは炎が見
えず、2度にわたって大きな爆発音が届いただけ
だった。すべては、風で吹き付けられる雲と霧の
中で起こった。

交信の錯そうと誤解

空港ターミナルの前のエプロンには飛行機がた
くさん止まっていたため、滑走路に平行に走って

コントロールタワーは、両機に対して、最初は
滑走路の途中から左折してタクシー・ストリップ
に入るように指示したが、視界不良と両機の機長
にとってテネリフェ空港が不慣れだったため、ど
こで左折してよいかの見当がつかず混乱が生じた
ところから、次々に両機をして滑走路の東端を目
指して直進させるように指示を変更した。

17時05分27秒、つまり両機の衝突の88秒前に、
KLM機は滑走路の東端で180度の転回を行って、
機首を風上の西の方向に向けていた。

17時05分36秒、KLM機の副操縦士は、離陸前
のチェックリストの読み上げを終わった。同41秒
にエンジンのスロットルが開き、機が少し前に動
いたことが、事故後回収されたフライトレコーダ
ーの分析からわかっている。そのとき副操縦士は、
「ちょっと待て、我々はATCクリアランスをもら
っていない」と注意した。それに対して機長は、
「わかっている、ATCクリアランスをもらえ」
と答えた。ATCクリアランスとは、航空交通管
制の承認許可のことで、ここでは具体的には離陸
許可を意味する。

17時05分44秒から同05分50秒にかけて、副操縦
士は「離陸準備完了、ATCクリアランスを待つ
ている」とコントロールタワーに伝えた。コン
ロールタワーは、同05分53秒から06分08秒にかけ
て、ラスパルマスへの飛行経路について指示を与
えた。この指示が終わらないうちに、すなわち06
分07秒に、KLM機の機長は「イエス」と答えた。

同06分09秒から06分17秒にかけて、副操縦士は
飛行経路の指示を復唱した。復唱が終わらない

ちに、つまり同06分11秒に、KLM機のブレーキは開放され、同06分12秒から06分16秒にかけ、機長は「よし行こう……エンジン推力をチェックせよ」と命令した。KLM機は滑走を始めてしまったのだ（筆者注：飛行経路が指示されたからには、ATCクリアランスは与えられたものと、機長は勝手に思い込んでしまったのかもしれないが、死人に口なしで、確証はない）。

同06分17秒に終わった飛行経路の復唱の末尾で、副操縦士は、もう一度ATCクリアランスを要求する代わりに、「我々は離陸中」という意味で We are now at takeoff と付け加えた。霧と雲でKLM機が見えないコントロールタワーの管制官は、それを聞いて、同06分18秒に「OK」と答え、さらに約2秒後「離陸のため待機せよ……また指示する」と付け加えた（筆者注：管制官の答えから推定すると、管制官は、KLM機の副操縦士の We are now at takeoff を We are now at take-off (position) と「我々は離陸開始点にいる」と理解したと思われる。それも無理はない。というのは、管制官としてはATCクリアランスを与えた覚えはなく、まさかKLM機が離陸を始めていたとは考えられなかったに違いないからだ）。

一方のPAA機では、KLM機副操縦士のコントロールタワーに対する復唱の終わりの We are now at takeoff と、コントロールタワーの「OK」とを聞きつけ、PAA機の機長は「NO」と言い、同じく副操縦士は「我々は滑走路を移動中」と付け加えた。この副操縦士の最後の言葉は、コントロールタワーからKLM機への「離陸のため待機せよ」との指示と重なりあい、KLM機ではよく聞き取れなかったらしい。

同06分25秒から06分28秒にかけて、コントロールタワーはPAA機に対して「滑走路の移動が終わり次第、連絡せよ」と指示した。それに対して、PAA機は同06分29秒に「移動が終わり次第、報告する」と答えた。

これを聞きつけたKLM機の機関士が「コントロールタワーはクリアランスを与えていないのか？」と機長に尋ねたのに対して、KLM機の機長は「与えた」と断言した。それから約15秒後にKLM機とPAA機は正面衝突してしまった。

あせりと独断

この史上最大の航空機事故の副次的要因として、悪天候、交信の錯そうによる理解不能、国際的な取り決めに従っていない不明確な表現、危険を伴いがちな滑走路上の移動などが挙げられる。だが、以上のような経過からわかるように、あくまでも主原因は、KLM機の機長がコントロールタワーの指示がないのに行った勝手な離陸開始に求められる。

どうして、飛行時間の総計が1万時間を超えるベテランが、こんな基本的ミスをしてしまったのだろうか。この点について公式事故報告書は、KLMの勤務規則と事故を起こしたファン・ザムテン機長の企業内での地位について言及している。

1976年12月以来、KLMでのパイロットの勤務規則は一段と厳しくなって、従来のように、機長だけの判断のみだりに勤務を延伸してはならないことになっていた。もし違反すれば、法律で罪せられることになっていた。テネリフェ空港で時間が空費されてしまえば、ここで勤務から外れねばならなくなるかもしれないし、あるいは戻りのラスパルマスからアムステルダムへの乗務が不可能となり、乗客・会社・彼自身にも迷惑が及ぶ可能性があった。テネリフェでの給油も、この解釈と結び付けると、納得がいく。

機長は勤務時間を気にして、テネリフェ空港にいるときに、アムステルダムに無線で問い合わせていた。その答えはラスパルマスに送るとの返答を受けて、機長は滑走路に進入していった。ファン・ザムテン機長が焦っていたことは充分考えられる。乗務員の過労を防止する勤務規則が仇になったという見方も成り立つだろう。

ファン・ザムテン機長は、長い間ヨーロッパ路線や国際路線を飛んでいた。だが、ここ10年以上、彼はパイロットの教官を務め、実は路線勤務から遠ざかっていた。さらに、パイロットの教育で行われるシミュレーション（装置を使った模擬操縦訓練）では、教官は管制官の役割を演じるのが普通で、つまり教官が離陸許可を出す。また、シミュレーションでは交信はあまり行わず、許可なしに離陸が行われる。これが習慣になっていて、フ

ファン・ザムテン機長の独断専行を引き起こしたのかもしれない。

また、ファン・ザムテン機長の操縦席内での威信の問題についても考える必要があるという。彼はパイロットの教官で、副操縦士のクラス・ミュルスのジャンボ機乗務経験は95時間と短く、副操縦士は疑問に思うことがあっても、つい問いただすのを控えてしまう関係にあったかもしれない。

その点については、衝突15秒前の機長と機関士のやり取りが想起される。

厳しい勤務規則のために、また、機長がパイロットの教官だったために、この事故が起こったのだとするならば、こんな皮肉なことはない。安全における人的要素の究明の必要性を、改めて痛感させられる。

(あかぎ あきお/NHK解説委員)

論文募集

第6回海上及び内陸水路における危険物の運送に関する国際シンポジウム

1. 目的

近年、危険物の海上運送量は増大の一途をたどっており、その安全対策は、産業の発展と地域住民にとって重要な問題となっている。1968年5月オランダのロッテルダムで第1回シンポジウムが開催されて以来、危険物の海上運送上の安全対策・管理について、官民を問わず、研究者・実務者による知識・情報の発表、収集、交換および討論の場を国際的に提供している。今回は、極東において初めての催しであり、関係者から大きな期待が寄せられている。

2. 開催期日

1980年(昭和55年)10月13日(月)~17日(金)

3. 会場

日本海運倶楽部

東京都千代田区平河町2-6-4

4. 使用国語

日本語または英語(同時通訳付き)

5. 論文募集

(1)論文のテーマ

- 危険物の複合一貫運送に関する問題点
- 港湾における危険物安全管理の諸問題
- 危険性の解析、評価および応急措置
- 危険物を運送する船舶の設計・設備
- 危険物包装の資材および方法
- 原油の洋上備蓄の諸問題
- その他

(2)申し込み方法

英文アブストラクト(500~1,000語)、氏名職名、勤務先および住所を明記の上、1979年(昭和54年)11月30日までに事務局宛送付ください。

(3)論文の採否

論文の採否は、提出されたアブストラクトにより、本シンポジウム論文小委員会で決定し、1980年(昭和55年)1月31日までに申込者に通知します。

6. 参加登録料

歓迎レセプション、パーティへの出席費用および論文集の代金を含めて約25,000円の予定です。ただし、講演者(1名)の参加登録料は免除されます。

7. 主催

第6回海上及び内陸水路における危険物の運送に関する国際シンポジウム組織委員会

8. 後援 運輸省 海上保安庁

協賛 (財)日本船舶振興会/石油海事協会/
(財)日本海事協会/(社)日本海事検定協会/
日本化学工業協会/(社)日本船舶主協会/(社)日本造船工業会/(社)日本損害保険協会 (順不同)

9. 事務局

危険物海上運送国際シンポジウム事務局

〒104 東京都中央区八丁堀1丁目9番7号

社団法人 日本海事検定協会内

電話 (03) 552-0149

海外の化学工業における 火災・爆発事故

加藤博之

化学工業の製品はきわめて種類が多く、現在、我々の生活空間のすみずみまで行き渡っている。したがって、日常生活でその製品を使わない日はほとんどないといっても過言ではないであろう。

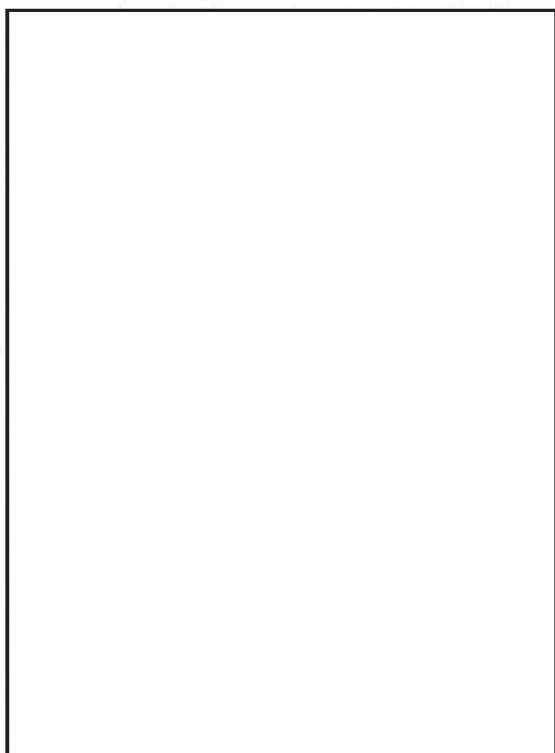
化学工業の各企業を取り巻く危険は、複雑多岐にわたっている。本稿では、化学工業のさまざまな危険の中から、最近AIA(米国保険協会: American Insurance Association)が作成した研究報告を基に、火災・爆発危険に的をしぼって、アメリカを中心とした事故の発生状況のあらましを紹介させていただく。

化学工業の範囲

対象範囲は非常に広い。AIAの研究報告では、アメリカの商務省が定めたきわめて詳細な基準を使っている。対象となる主なものとしては、石油精製、無機・有機化学、合成樹脂、合成繊維、医薬品、塗料・ワニス・ラッカー、農業化学製品、爆薬、石けん・合成洗剤・インクを含む各種の特殊化学製品などの製造業種が挙げられる。

アメリカにおける化学工業の動向

最近の調査によれば、アメリカにおける化学工業の生産高は、1939年に8,000億円(40億ドル)であったものが、1976年には20兆円(1,000億ドル)を超えている。また、過去10年間(1967~1977年)



1975年8月17日午前6時04分、アメリカのフィラデルフィアにある石油精製工場で、タンカーから原油を荷揚げ中、操作ミスにより可燃性蒸気が噴出し、火災となった。この火災が引き金となって周囲の重油タンクやナフサタンクに燃え広がり、鎮火に9日間を要するほどの大規模な火災に発展した。この事故で死者8人、負傷者17人を出し、損害額は26億円に及んだ。

に80%増えている。この成長率が今後も続けば、これから数年のうちに、34兆円(1,700億ドル)を超えるものと予想される。

現在、化学工業の対象工場の数は11,200に及び、

表1 化学工業における大規模事故

発生年	火災・爆発件数	死者	負傷者	損害額(注) (物的+操業休止)
1977	31 件	9 人	60 人	56,099百万円
1976	10	10	50	14,067
1975	10	31	217	12,001
1974	18	38	29	38,019
1973	19	13	74	12,643
1972	16	21	34	4,090
1971	10	10	5	8,873
1970	11	不明	不明	6,680
1969	14	不明	不明	3,482
1968	14	2	82	11,041
1967	11	26	43	10,528
1966	37	19	287	5,444
1965	32	16	66	5,995
1964	29	18	106	4,277
1963	31	6	115	6,476
1962	21	17	135	3,259
1961	26	13	313	2,596
1960	20	30	111	5,106

(注) 1960～1966年は物的損害のみ。

表3 危険要因の分類

符号	項目	具 体 的 内 容 (例)
1	立地上の問題	●暴風雨、洪水、地震のような自然変象 ●水利やその他のユーティリティの条件不良 ●近隣工場からの危害 ●公設消防力等の信頼性欠如 ●交通事情が悪く緊急用設備が活用困難 ●水質・大気汚染地区 ●廃棄物処理施設の不備 ●危険な工程に対する気象条件不良 ●排水上の問題
2	不適当なレイアウトと保有空地	●密集した製造ヤードと貯蔵ヤード ●超危険作業の隔離不完全 ●高価な装置、代替困難な装置に対する防護不完全 ●適切な非常用の欠如 ●保守点検や緊急操作スペースの欠如 ●危険物と着火源との近接 ●重要プラントと危険物との近接 ●不適切なプラント危険度評価 ●危険なプラントと公衆との不完全な隔離
3	構造上の問題	●規則に合致していない建物、電力施設、排水施設等 ●構造支持部材の耐火性欠如 ●超危険作業に対する囲いや防爆壁の欠如 ●不適切な建物換気設備や爆発放出口 ●不十分な避難設備 ●規則に合致していない電気設備 ●防護されていない非常用電線路 ●危険(特に爆発危険)に対する不完全な事前評価
4	物質に対する不適切な評価	●取り扱われるすべての物質の燃焼性・有害性・安定性に対する不十分な評価 ●取り扱われる物質の数量制限の不徹底 ●物質の危険性に基づく工程条件の影響評価が不適切 ●物質の粉じん爆発特性に関する情報の不足 ●物質の毒物学上の危険評価が不適切 ●構内危険物の在庫量の把握不十分 ●長期間暴露に関する情報 ●化学物質に対する不適当な荷造りやラベル
5	工程上の問題	●工程上の温度あるいは圧力の変動に関する情報不足 ●危険な副産物(中間品)あるいは副生反応 ●工程上の反応に関する不適切な評価 ●爆発反応を起こしやすい工程の確認不足 ●環境に対する不適切な評価 ●蒸気雲危険 ●評価の欠如
6	原料輸送上の問題	●ユニットオペレーションの間の化学物質のコントロール不足のための危険 ●不適切な危険性粉じんの管理 ●配管の問題 ●輸送中の危険性の不適切な確認 ●プラント内の荷上げ、荷下ろしの問題 ●不適切な伝熱操作の管理 ●風送コンベア内の可燃性ガス、蒸気の問題 ●廃棄物と大気汚染の問題 ●蒸気雲の問題
7	操作ミス	●プラントの全部分の操作に関する詳細な説明書、作業標準の欠如 ●不十分な訓練計画 ●産業従事者の健康問題に関する訓練不足 ●監督不足 ●不適切な始動、停止手順 ●不十分な検査、管理計画による危険 ●許可制による危険物管理の不徹底 ●緊急管理計画の欠如 ●不適切な訓練
8	設備上の欠陥	●設備設計に内在する危険 ●腐食、浸食による故障 ●金属の疲労 ●欠陥のある組み立て ●不適切なコントロール ●設計限界を超えた工程 ●不十分な保守計画 ●不適切な修理、交換計画 ●“フェイルセーフ”機器使用の欠如 ●構造基準、材料明細に関する不十分なチェック
9	防災計画上の欠陥	●トップ・マネジメントの理解不足 ●責任不足 ●不十分な傷害防止および健康管理計画 ●不十分な消防隊員、設備、組織 ●有効でない爆発予防抑制計画 ●緊急時対処策の欠如 ●ボイラー機械リスクのチェック不足 ●防災に関する他担当グループとの調整不足 ●有効でない事故調査 ●雇用前の身体検査および定期検診の欠如 ●健康上の危険に関するトレーニングと個人防護用機器使用の欠如 ●政府の定める規則との不適合 ●工場内の物理的・化学的危険に対する不十分な監視 ●トータル・ロス・コントロールの考えをとらずに各危険に個別に対処

表4 危険要因集計結果

(対象事故:1960～1977年の465件)

符号	危険要因	件数(注)	割合
1	立地上の問題	27 件	3.5 %
2	不適当なレイアウトと保有空地	18	2.4
3	構造上の問題	17	2.2
4	物質に対する不適切な評価	120	15.7
5	工程上の問題	83	10.9
6	原料輸送上の問題	69	9.0
7	操作ミス	160	20.9
8	設備上の欠陥	223	29.2
9	防災計画上の欠陥	47	6.2
計		764	100.0

(注) 1件の事故で、危険要因を2以上挙げているものがあるため、事故件数を上回っている。

表5 事故形態別集計結果

事故の形態	件数	割合
火災のみ	172件	37.0%
爆発のみ	176	37.8
火災と爆発(併発)	117	25.2
計	465	100.0

107万人の従業員が働いている。業種の性格上、非常に熟練した従業員を大量に必要としており、技術の研究・開発には、10万人を超える科学者・技術者が取り組んでいる。防災面では、政府による法規制の強化に伴い、各企業内で防災専門家のニーズが増大している。

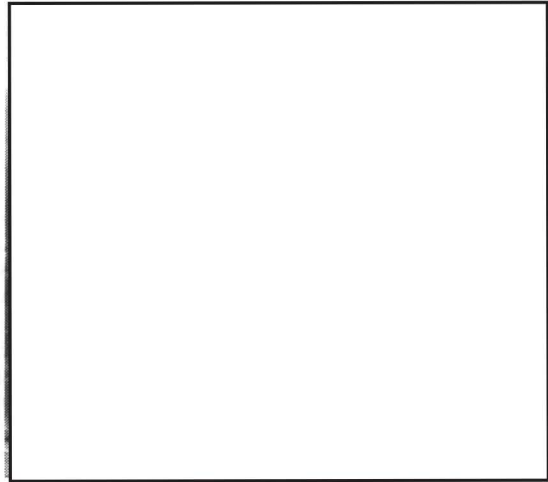
火災・爆発事故の発生状況

1960年から1977年までに、アメリカおよびヨーロッパでは360件の火災・爆発事故が発生しており、損害額の合計は2,200億円（11億ドル）、死者279人、負傷者1,727人となっている。年度別に事故発生状況を示すと表1のとおりである。なお、最近の損害の傾向として、企業は生産性向上のため連続工程の採用、工程の自動化・省力化・大規模化・特殊化などにより、事故が発生すると、操業休止損害（間接損害）が物的損害（直接損害）を上回る例が年々非常に多くなってきていることは、注目に値する。

過去10年間（1968～1977年）に発生した主な事故例を示すと、表2のとおりである。「損害額」の円換算レートは、1ドル＝200円とした。また、「危険要因」は、表3に示す9種類のうち、当該事故の発生をもたらした要因を、符号で示してある。個々の事故例と、危険要因との結び付き具合

表2 化学工場における主な火災・爆発事例

発生年	発生場所 (※はアメリカ以外の事故)	工場種別	事故形態	事故概要	損害額(百万円)	危険要因 (表3参照)
1968	ロードアイランド	ポリ塩化ビニル製造	爆発	塩化ビニルの爆発。	170	8
	イリノイ	化学	爆発	調合容器の過熱によるヘキサン蒸気の爆発。	80	7
	オランダ*	石油精製	爆発	炭化水素の蒸気が漏洩し、爆発。(2人死亡)	9,200	5,6,7,8
	コネチカット	酸素製造	不明	水の電解槽の隔膜から電解ガスが漏洩。	41	8
	ルイジアナ	化学	火災	パラ・ニトロクロロベンゼンの反応器から廃棄物が流出し 出火。	22	4,7
	ペンシルベニア	化学	火災	無水フタル酸反応器での火災。	25	8
	ニュージャージー	ポリ塩化ビニル製造	火災	反応器のバルブのフランジ部分から漏出。	27	8
	ニューヨーク	化学	爆発	フィルターのカバーがしっかり固定されておらず、漏れた キシレンの蒸気が爆発。	80	2,7
	ケンタッキー	化学	爆発	配管の損傷部から漏れたエチレンジクロライドが爆発。	25	8
	ルイジアナ	化学	爆発	水素の漏洩による爆発。	1,200	8
	ニュージャージー	化学	爆発・火災	酸化エチレンの分解爆発。	40	4
	ケンタッキー	化学	爆発	液体窒素タンクに液体酸素を入れた。	35	7
	ミシガン	化学	火災	温度制御装置の故障により火災。(2人負傷)	42	8
	ルイジアナ	塩化ビニル製造	火災	配管の破損部より塩化ビニルが漏出。	54	8



1974年6月1日午後4時50分、イギリスの化学工場（ナイロンの原料であるカプロラクタムを製造）で、配管の破壊によって漏洩した大量のシクロヘキサン蒸気が大爆発を起こした。爆発は、事故現場から50kmも離れた建物の窓ガラスが爆風で飛び散るほどの激しさで、死者28人、負傷者100人以上。損害額は260億円にもものぼる史上最大の爆発事故となった。

いを、過去18年間（1960～1977年）に発生した465件の事故例を対象に調べてみると、表4のとおりである。

一般に化学工場は、火災と爆発の関係が密接であり、その特徴として、火災から爆発、爆発から火災へと発展する危険性が大きいのが、上記465件の事故の形態を、火災と爆発の併発の有無でとらえてみると、表5のとおりとなる。

(かとう、ひろゆき/安田火災海上保険(株)安全技術部)

発生年	発生場所	工場種別	事故形態	事故概要	損害額(百万円)	危険要因(表3参照)
1969	ウエストバージニア	化学	火災・爆発	パラニトロメタクレゾールのタンクで出火。	342	5,7
	ニュージャージー	塗料製造	爆発	フロートバルブの故障により漏れた溶剤蒸気の爆発。	71	6,8
	ニュージャージー	ポリ塩化ビニル製造	爆発	塩化ビニルの爆発。作業員のミス。	640	6,7,8
	ペンシルベニア	合成樹脂製品製造	火災	ポリスチレン貯蔵場での火災。	300	1,7,9
	テキサス	石油精製	爆発・火災	ブタジエンの爆発。	1,600	2,6,8
	ニューヨーク	化学	粉じん爆発	カレンダーロールで合成樹脂粉じんが爆発。	61	3,4
	テキサス	化学	爆発	破損した反応器から漏れたグリコールと溶融マグネシウムとが接触。発生した水素ガスが爆発。	29	8
	ミシガン	ベンゼン製造	爆発・火災	ベンゼンプラントの予熱炉のチューブが破損。	55	8
	イリノイ	火薬類製造	爆発	可搬式のグラインダーの火花により着火。	56	7
	ペンシルベニア	化学	爆発・火災	無水フタル酸のヒーターのチューブが破損。	55	7,8
	オハイオ	化学	爆発・火災	発熱反応の制御が不能になり、引火性液体が漏出。	40	4,5
	カリフォルニア	塗料製造	爆発	アルキド樹脂蒸気が爆発。	74	8
	ケンタッキー	化学	爆発・火災	反応器のフィードバルブが閉まっていたため、器内の圧力が上昇し、爆発した。	36	5,8
	イリノイ	中間化成品製造	爆発・火災	反応器から漏れた引火性蒸気に着火。	124	7,8
1970	ミシガン	合成樹脂製品製造	不明	ポリスチレン製造工場に落雷。	720	1
	カリフォルニア	樹脂製造	爆発・火災	タンクからの漏出。	40	6,7,8
	ケンタッキー	化学	爆発・火災	静電気火花がヘキサンの蒸気に着火。	83	5,8
	ニュージャージー	化学	爆発	異常反応。	37	4
	テキサス	化学	爆発	静電気によるスパークが原因とみられる。	88	5,7
	ミシガン	化学	火災	不純物の生成による次亜塩素酸カルシウムの自然発熱。	23	5
	フロリダ	火薬類製造	爆発	床上を木製バレットを滑らせた時の摩擦熱により粉末に着火。	155	6,7
	テキサス	有機過酸化化物	爆発・火災	過酸化ベンゾールの乾燥室での事故。	60	4,5
	ニュージャージー	化学	爆発・火災	分解熱による反応器の内圧上昇により、ガラス製の配管が破壊され、漏出した可燃性蒸気に着火。	50	5
	ニュージャージー	石油精製	爆発	水素化分解装置内の反応器に故障があり爆発。	5,400	8
フロリダ	火薬類製造	爆発	操作ミスによりニトロセルロースを過熱したため爆発。	25	7	
1971	イリノイ	塗料製造	爆発・火災	溶剤と樹脂との調合作業での事故。(5人負傷)	200	4,5
	テキサス	ポリエチレン製造	爆発・火災	エチレンの爆発。(3人死亡)	667	6,8
	ジョージア	発泡プラスチック製造	火災	電気機器からの出火。	1,000	8
	ニュージャージー	合成樹脂製造	爆発	トルエンとキシレンの混合物の爆発。	111	5,6,7
	ルイジアナ	溶剤製造	爆発	塩素ガスを入れるべき反応器に、誤って液体塩素を入れたため、発熱を起こした。(5人死亡、負傷者多数)	550	5,7
	フロリダ	化学	爆発・火災	ボイルオーバーにより反応器からコンプレッサーに引火性液体が流れ込み、コンプレッサーが破壊するとともに引火性液体が漏出し爆発した。(2人死亡)	720	7
	ウエストバージニア	硝酸製造	爆発・火災	新しい充てん材を用いたところオートクレーブが破壊した。	632	4,5
	アラバマ	レーヨン製造	火災	ファンの機械的な故障により二硫化炭素が発火し、工場内に納置されていた大量のプラスチックに燃え広がった。	941	3,8
	オランダ*	化学	不明	反応器の損傷による漏洩。	2,700	8
	ニュージャージー	化学	不明	洪水によりプラントが破壊。	2,000	1
1972	ニューヨーク	製粉	爆発	穀物倉庫で爆発。(3人死亡、10人負傷)	6,000	6
	ペンシルベニア	化学	爆発	ジメチルアミノ・プロピルアミノ(DMAPA)蒸気の爆発。	160	8
	メリーランド	金属製品製造	火災	溶接火花により塗装ブースから出火。	450	2,7
	メイン	繊維	爆発・火災	ナフサの漏洩。(2人死亡、4人負傷)	200	8
	モンタナ	石油精製	爆発	バルブの詰まりが原因でボタンが爆発。(1人死亡)	1,000	6,8
	テキサス	食品添加物製造	爆発	貯蔵容器の爆発。(8人死亡、5人負傷)	328	4,6
	メリーランド	アルキド樹脂	爆発・火災	貯蔵容器の溶接継ぎ目からキシロールが漏出。	90	7,8,9
	メリーランド	合成繊維	爆発・火災	混合機内で溶剤蒸気が爆発。(1人死亡、8人負傷)	50	4,6,7
	オハイオ	プラスチック製造	爆発	ヒーターの制御系統が不調で溶剤のテトラヒドロフランが出火。	68	8
	ニュージャージー	化学	爆発	発熱反応により反応器のガスケット部分からアリルアルコールが漏出し爆発。	45	4,7,8
	イリノイ	化学	爆発	発熱反応により可燃性蒸気が漏洩し爆発。	99	6,7

発生年	発生場所	工場種別	事故形態	事故概要	損害額(百万円)	危険要因 (表3参照)
1972	ニューヨーク	製粉	粉じん爆発	小麦粉の粉じん爆発。(6人死亡、7人負傷)	700	2,6,7
	ペンシルベニア	化学	火災	操作ミスにより無水フタル酸反応器内でナフサが燃えた。	46	7,8
	カリフォルニア	火薬類製造	爆発	爆弾の装薬中の爆発。	42	6,7
	ニュージャージー	インク製造	火災	タンクから漏洩した引火性蒸気がフォークリフトにより爆発。	149	2,7,9
	ウエストバージニア	化学	爆発	ニトロジメチルアミンの異常反応による爆発。	62	4
1973	ニュージャージー	化学	爆発	反応器から漏れた炭化水素蒸気の爆発。(7人死亡)	530	6,7,8
	ケンタッキー	化学	爆発	重合反応の暴走による爆発。	110	4,5,7,8
	テキサス	エポキシ樹脂製造	爆発	酸化エチレンの輸送用タンク貨車の爆発。(29人負傷)	341	5,6
	テネシー	化学	爆発・火災	次亜塩素酸カルシウムに油が混入。	36	7
	プエルトリコ*	化学	爆発	操作ミスによるグリコール混合物の爆発。	50	7,9
	イリノイ	インク製造	火災	ナフサ系溶剤の火災。(4人負傷)	5,000	2,7,9
	ペンシルベニア	インク製造	火災	ナフサ系溶剤の火災。(2人死亡、40人負傷)	1,000	2,7,9
	テキサス	化学	爆発	溶剤蒸気と重合物の粉じんの混合物が乾燥機内で爆発。	160	6,7,8
	ルイジアナ	スチレン製造	火災・爆発	タンク内にスチレンが混入し爆発。	200	6,7
	テキサス	アルキルアルミニウム製造	爆発	アルカリ洗浄で、アルミニウムとの接触により発生した水素が爆発。(2人死亡、数人負傷)	183	7
		ウエストバージニア	化学	爆発	ボイラーの爆発。	54
	ルイジアナ	酸素製造	爆発	機械的な故障で酸素圧縮機内に局所的な過熱を生じ爆発。	35	8
	ノースカロライナ	化学	爆発	硝酸アンモニウム溶液の調合工程で循環ポンプが爆発。	45	5,8
	ニューヨーク	化学	爆発	停電のため塩素タンク内に水素が混入し爆発。	26	1,5
1974	イギリス*	カプロラクタム製造	爆発	シクロヘキサンの酸化反応器の周辺のバイパス系統の重大な故障でシクロヘキサンが放出。巨大な蒸気雲が、カプロラクタムを製造しているプラント一帯に広がり着火。(28人死亡)	約26,000	6,7,8,9
	テキサス	合成ゴム製造	爆発	ポリイソブレン製造装置のエキスパンションジョイントが壊れ、そこから漏れた炭化水素に着火。(2人死亡)	16,000	6,7,8
	ケンタッキー	化学	爆発・火災	プラスチック製造工場の集じん機内で爆発。引き続いて火災発生。	130	1,6
	イリノイ	エアゾール充てん工場	爆発・火災	溶剤の蒸気雲爆発の後、火災が発生した。	85	6,7
	ミズリー	化学	爆発	オペレーターのミスにより、発熱反応がコントロールできなかった。(1人死亡、11人負傷)	53	4,5,7
	ケンタッキー	化学	粉じん爆発	落雷によって爆発。	73	1
	ニュージャージー	化学	爆発	内容物の過熱によって反応器が爆発。	160	5,7
	カナダ*	アスベスト製造	火災	溶接による火花が原因。	2,000	7,9
	オハイオ	化学	爆発	ビニルアセテートと触媒の反応が暴走。(1人死亡、6人負傷)	50	5,6,7
	イリノイ	化学	爆発・火災	動力の故障により反応器(水素添加用)が過圧された。	197	1,7,8
	ニュージャージー	化学	爆発・火災	ニトロ化工程で過熱した反応器が副反応を引き起こし、過圧状態になった反応器を破壊した。	105	4,5,7
	ベルギー*	ポリエチレン製造	爆発	非常に高圧のエチレンが、コンプレッサーのサクシオン側の配管または継手の施工不良により漏洩し、蒸気雲爆発を起こした。(6人死亡、12人負傷)	5,200	4,8
	テネシー	化学	火災	次亜塩素酸カルシウムの混合物から出火。	24	4
	カリフォルニア	化学	爆発・火災	オペレーターのミスにより、異常反応をコントロールできなかった。	80	4,7
	ニュージャージー	化学	火災	溶接の火花による熱によって、廃棄予定の酸の入ったタンクのゴムのライニングから出火。	109	7
	ワシントン	製紙	火災	電気装置の中を貫通する蒸気タービン排気ラインのバルブの故障。	103	8
オレゴン	化学(アルゴン、酸素、窒素製造)	火災・爆発	水素と酸素ガスの人的な混合ミスにより爆発。	不明	不明	
	カリフォルニア	化学	爆発	原材料の過充てんにより反応器が爆発。	180	7,8
1975	ニュージャージー	化学	火災	オペレーターが反応器の温度異常上昇に気付かなかったため、アセチレンから出火した。	60	7
	カリフォルニア	石油化学	火災	大型のフルードコーキング装置の供給ドラムの液面が高いのを発見した後、オペレーターはポンプの排出量を増加さ	2,200	4,6,7,8

発生年	発生場所	工場種別	事故形態	事故概要	損害額(百万円)	危険要因(表3参照)
1975	ペンシルベニア	石油精製	爆発・火災	せた。その結果、ドラム内が真空状態になり圧潰した。漏れた油に着火し燃え上がった。機器が壊れたことによってバーナーの子備のエアヒーターが次の火災の原因となった。原油とナフタリンの貯蔵タンクの火災。9日間燃え続けた。(8人死亡、17人負傷)	2,600	不明
	テキサス	ポリエチレン製造	爆発	高圧エチレンラインの故障。(1人死亡、4人負傷)	不明	7
	ロードアイランド	エアゾール充てん工場	爆発	バルブが偶然にも開状態になっていたため、イソブタンガスが放出。	200	6,8
	カナダ*	殺虫剤製造	爆発	発熱反応が爆発を誘発。	11	5,7
	コロラド	化学	爆発	可燃性蒸気(溶剤を含む合成樹脂、キシレン、ミネラルスピリット)に着火。(4人負傷)	150	2,3,6
	カナダ*	化学	火災	溶接火花によってプラスチックのパイプから出火。	1,600	7,8
	オランダ*	エチレン製造	爆発	運転を開始したオレフィン製造装置のナフサ分解装置の中の配管の溶接部分が低温ぜい性破壊し、炭化水素(大部分はプロピレン)のミストが漏洩。付近の貯蔵タンク、ビル、工場で爆発が発生。(14人死亡、100人負傷)	5,000	6,7,8
	ニューヨーク	化学	爆発	塩素貯蔵タンク車が爆発。塩素ガスが放出された。(4人死亡、86人負傷)	180	8
1976	インディアナ	エアゾール充てん工場	爆発	可燃性ガスの偶発的な放出。(5人死亡)	400	6,7,8
	テネシー	プラスチック樹脂製造	火災	プラスチックポリマーの熱分解により火災発生。	42	7
	ニューヨーク	チューインガム製造	爆発	ステアリン酸マグネシウムが原因と思われる。(5人死亡、50人負傷)	100	4,6,7,8
	ルイジアナ	エチレンオキシド製造	火災	油冷却装置の過圧により熱交換器の配管が破裂し火災となった。	2,400	6,8
	ルイジアナ	化学	爆発	工程用のモニターから誤信号をコンピュータがキャッチし、多量のプロピレンオキシドを投入してしまった。このため装置の温度が上昇した。反応器は破裂し爆発した。	7,600	5,6,8
	テキサス	石油精製	爆発・火災	燃料油タンクが爆発し、近くのタンクやアルキル化装置もも損傷した。	2,800	6
	カンサス	LPG製造	火災	LPGの球形タンクが破裂し火災発生。	100	8
	ペンシルベニア	石油精製	火災	ガス燃焼加熱炉用の放射配管が損傷し、配管内のガス(主にナフサ)に着火した。	65	8
	テキサス	塗料製造	火災	静電気によりラッカーシンナーが着火した。最も近い消火栓でも工場から約4,200フィート(約1,260m)も離れた所にあり、役に立たなかった。	400	1,6,7
	テキサス	石油化学	爆発	不完全燃焼により電気集じん機に燃料ガスが滞留し、電気火花で引火爆発した。	160	4,6,7,8
1977	オハイオ	合成天然ガス製造	爆発・火災	エキスパンションジョイントの接続不良部分からプロパンおよびブタンガスが漏洩し、引火して大爆発を起こし、火災も発生。	184	8
	ルイジアナ	化学	爆発	二塩化エチレン、エチレンおよび酸素を製造する設備が爆発。原因は、静電気火花と推定される。	1,120	5,7
	ネブラスカ	製紙	火災	静電気により可燃性蒸気が着火したと推定される。	102	8
	ニュージャージー	化学	火災	原因は、可燃性液体に故障のため動かなくなったコンベアによって生じた機械的火花が引火したものと推定される。	67	6,8
	カンザス	石油精製	火災	ポンプの軸受の不良部分から、高温・高圧の油がポンプ室内に噴出し、引火したものと推定される。	150	8
	イリノイ	化学	爆発・火災	中間タンクが過熱され内容物がボイルオーバーして蒸発し、その可燃性蒸気が引火したものと推定される。	740	6,7,9
	イギリス*	石油精製	火災	操業内容の変更作業の間、蒸留塔はスチームでバージされ、残留物はドレンを通して廃棄されていた。しかし、ブタンが継続して供給されていたため、ドレンからブタンが漏出した。点火源は不明。	200	6,7,8
	アイオワ	セメント工場	火災	変電設備が落雷を受け焼損。	82	1
	イリノイ	アルミニウム製造	火災	ニトロセルロースの自然発火とみられる。	145	4,5
	テキサス	化学	爆発	化学製品の自然分解により、タンクが急激に加圧された	70	4,5

発生日	発生場所	工場種別	事故形態	事故概要	損害額(百万円)	危険要因(表3参照)
1977	サウスカロライナ	化学	火災	めとみられる。 自然発火性の物質から出火。圧力計を取り外してそのままにしておいたため、オートクレーブの内容物(トルエンおよびナトリウム/カリウム触媒)がその開口部から漏出し、自然発火したもの。	160	4,6,7
	アラスカ	パイプライン(原油)	爆発・火災	ポンプのストレナ部分が開放され、原油が240psi (16.8 kg/cm ²) で噴出して引火爆発した。原因はオペレーターの操作ミスとみられる。(1人死亡、5人負傷)	8,000	6,7
	テキサス	石油精製	火災	アルキル化装置のヒーターの対流部分にある配管の不良箇所からバーナーへアルキル化物が流出し火災発生。当ヒーターは6個の天然ガス用バーナーと腐食性の不純物を含む廃油用バーナーによって加熱されていた。	142	4,6,8
	テキサス	化学	爆発	異常反応による爆発と推定される。	90	5,6
	ミシガン	化学	火災	次亜塩素酸カルシウムの再生物質の自然分解と推定される。	433	5
	テキサス	天然ガス圧送所	火災	材料の疲労と締め過ぎのため3本のボルトがとれ、残りの5本のボルトでは10インチ(約25cm)のコンプレッサーバルブのカバーを適切な位置に保持できなくなった。天然ガスが漏洩し、コンプレッサー用エンジンの電気火花によって引火したものとみられる。(1人死亡、2人負傷)	1,000	7,8,9
	アラバマ	化学(パイロットプラント)	火災	原因は、工程中のポンプ(高温のクレオソート溶剤用)から可燃性液体が漏れ、高温の表面に接触して発火したものと推定される。	140	7,8
	アラスカ	石油精製	火災	原因は、発火点以上に加熱された石油の蒸気が、ポンプ位置にあるリーク用バルブから噴出し、空気に触れて 火したものの。	225	8
	インディアナ	石油精製	爆発	電気集じん機が爆発。この集じん機は接触分解装置の復熱炉の排出装置から触媒粒子を除去するために設計されたものである。圧力が過度に上昇したとき、この接触分解装置は再始動していた。圧力によって自動的に作動するリリーフバルブが作動せず、オペレーターはガスコンプレッサーの低速度を監視していなかった。このため、ガスが当装置内を逆流し、集じん機に滞留して放電によって引火した。	1,400	7,8
	イタリア*	エチレン製造	爆発	エチレン製造工程で爆発。当工場の作業員は爆発の前にガスが漏洩していたと報告しているが、今もって原因は不明である。(3人死亡、50人負傷)	34,000	不明
	アラバマ	製紙	爆発	スクリーンチューブから水が漏れ、水とスメルトが反応し爆発。	135	7,8
	インディアナ	石油精製	火災	アルキル化装置のポンプ室にあるポンプのケーシングから150psi (10.5kg/cm ²) で120°F (49°C) のイソブタンガスとアルキル化物が噴出した。ガスは30m離れた位置にあるヒーターと接触して引火し、ポンプに逆火してきた。30秒以内で建物全体が火炎に包まれた。	2,800	8
	テキサス	石油化学	爆発	塩化ビニルの大量重合化に使用される6,000ガロン(22.8kl)の反応器は、定修のため停止していた。再加圧したとき爆発を生じた。原因は、化学反応が制御されなかったためと推定される。(2人負傷)	700	5
	アリゾナ	石灰製造	粉じん爆発	湿った石炭と電力不足のため炉で運転上の支障が起こっていた。炉を起動させようと4回目の操作を始めたとき、当装置全体に滞留した石炭粉じんが爆発した。	125	6,7,8
	イリノイ	石油精製	火災・爆発	2基の地上貯蔵タンクに落雷し、火災と爆発が起こり、他の3基のタンクにも引火して爆発した。	1,880	1,8
	ケンタッキー	化学(合成ゴム製造)	爆発・火災	ブタジエンが空の容器に浸透し、ブタジエンと空気が反応したと推定されるが、これが原因で爆発を起こし、続いて火災が発生した。	980	7,8
	ロードアイランド	プラスチック製品製造	火災・爆発	静電気によりアルコール蒸気に引火した。そして、爆発によってアルコールドラムの上部を吹き飛ばしたため、火災が拡大した。	77	6,7
	デラウェア	石油化学	爆発	亜硝酸を製造中、硝酸アンモニウム反応容器で暴走的な分解反応が生じた。(4人死亡、1人負傷)	440	5,7,8
	ミズーリ	化学(殺虫剤製造)	爆発	溶融した有機リン酸塩の殺虫剤の分解発熱反応により生じた。	78	5
	ウエストバージニア	化学	火災	サクシオンフランジが十分に固定されないままヘプタンの受入タンクが再び配置された。数日後、設備のポンプでベアリングに欠陥が生じ、振動によりフランジが緩みヘプタンが流出した。設備が閉鎖する前にヘプタンに引火した。この原因は、ベアリングの欠陥によりスパークもしくは熱が生じ、これにより引火した公算が大きい。	254	7,8
	ミズーリ	プラスチック製造	火災	可燃性原材料に引火した。この原因は、電気配線の欠陥によって生じたアーク放電とされている。	80	8

歴史地震から学ぶ⑦

地震火災

条件によって異なる被害

宇佐美 龍夫

焼失面積は関東地震の1/20だった
江戸地震

我が国では木造家屋が多いので、当然のことながら、地震があれば火災が発生するのが常であった。古くからの地震記録をみると、地震時に火災が発生したという例は多いが、大正12年の関東大震災のように、火災が震災を著しく拡大したという例は江戸時代末以前には少ない。現在に比べて火種が少なかったためだろう。

また、大火災が発生した場合でも、その記述は科学的でなく、エピソードや惨状が主であるので、その記述を分析して、現代に役立つ何かを得ようとするのは難しい。

変わった例から始めよう。寛永2年6月17日(1625年7月21日)の熊本の地震では、熊本城の火薬庫が爆発し、石壁の一部が崩れた。安政2年10月2日(1855年11月11日)の江戸地震では、品川の二番台場で含薬に引火し、約20人の死者が出た。こういう例は、昭和39年6月16日の新潟地震における、昭和石油の石油タンクの火災を想起させる。最近における都市部の工場・コンビナート・有毒物質・可燃物の急増を思うと、地震による火災は単なる家屋の焼失以上の重要な意味を持つてくる。

元禄16年11月23日(1703年12月31日)のいわゆる元禄地震のときの江戸の火災についてはすでに記した。この地震では、小田原でも城中ならびに12か所から出火し、城中・城外で563軒が焼失した。また、厚木では在家が大体崩れ、うち62軒が焼失した。弘化4年3月24日の善光寺地震についても

すでに記したが、このときも、長野市だけでなく飯山、信州新町、稲荷山などにも火災が発生した。特に稲荷山では4か所から出火し、200軒余を焼失し、死者360人を出した。残った家は約30軒である。また、上述の死者数のなかには旅宿人は含まれていないという。

安政2年10月2日の江戸地震のときも、江戸市内で多くの出火があった。出火点数は約50点という。当時の全壊家屋数は約1.5万棟であった。これを関東大地震のときの東京の出火点数約130、全壊木造建物1.3万棟と比べると、安政地震のときは全壊木造家屋数に対する出火点数が少なかった。また、当時は穏やかで風がほとんど吹いていなかった。また、当時は人口の稠密な町家の面積は江戸府内の約20%と少なく、広義の武家地は約64%、残りの約15%が寺社地であった。武家地や寺社地には広大な空地のあるものもある。一方、町屋は道路に沿って並んでいるなど、延焼しにくい条件がそろっていた。そのため、出火点数はかなりあったが、火が合流することもなく、焼失面積の合計は約2.2K㎡程度で終わった。これは関東地震のときの焼失面積の約1/20である。

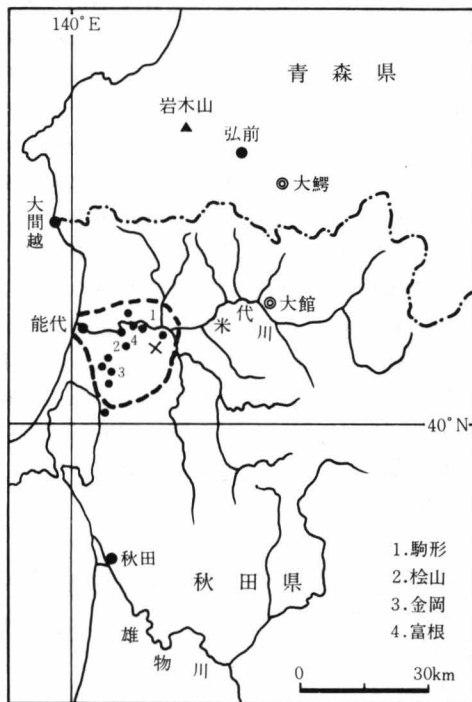
朝食・夕食時に発生した能代と
津軽の地震

元禄7年5月27日(1694年6月19日)に秋田県の北部、能代付近に規模7.0の地震があった。卯の下刻というから今の午前7時ごろ、ちょうど朝食の時刻であった。この地震の様子をまず「代呂見

聞録」によってみよう。

「元禄七年甲戌さつき末の七日、明行宮は薄墨をたゝへ 出る日は朱の盆を浮べるが如く 時ならず東風蕭颯と面を打 何となく物すさまじくあやしみながら 唐土人の五月秋と詠じけんも是等の気色にやと思ひ捨し 辰の刻頃大地俄に震い出 皆足を空に逃出けり 間もなく鎮まり家に入ぬ 朝寝の人々も是に驚き起出 聞も伝へぬ強き地震 梁など外れざるやなといふ内ゆり返しぬ あはやと又逃出して 予は妹の逃兼ねるが手を引て四五歩台所土間へ下りしに 家をもてあげ 落すように壁の崩るゝを見 両手を頭上へ組ければ 拍手や能りけん 壁わかれて難なく屋根へ出 見渡せば皆潰て平地に成り 朝炊の時なれば 火の手方々に見え 人は一人も見えざりければ 我のみ生きて何かせんと 十方に暮しに 妹が呼声に気附 我が出し所より是も難なく取出しぬ 然る所に実兄其外下人共遁れ出 屋根へ来り かしこ爰取のけ 家公並に慈母の梁に押れ給ひしを取り出し奉り下女も掘おこしぬ 彼音信に隣より来りし娘 梁に髪をはさまれしも起して返しぬ 只五才になり 妹の背負れ 梁に打れ果けるのみぞ長き思ひ草なりけり 然れとも家公を始 下々まで無恙 悦びあまり有けり 火は遠ければ家へ入りて調度の様の物取出すは安かりけれども 度々震て止まざりければ たまたま生きてるからき命失ひては手を空うするに似たりと上下堅く禁じて 手近に最安き計を取かた付ぬ 後に聞けば 難なく出けるも 調度に目くれ 再応出入して梁に打れ 或は出所をふさがれ焼死けるも多かりしとかや(中略) 中にも哀なりしは丸尾何某がむすこ十四五才ばかり成にし 父は国許へ上り 母と二人居しに 跡先に逃出けるか母は梁に打れ出兼しにより 何とぞ取出さんとしけれども手に叶はず 身もたへけるを見て近所の者も力を添へしに 間もなく火懸り 是非なく立去れと母も共に言けれども 独り生て何かせんと 母が居りける所へすり入り 共に焼死けり(中略) 廿九日とやらん 津浪より来ると騒たりけり 海面静に入船も有ければ 何でさあらんといへば 川上より押来ると口々に 諸人騒たち 屋敷打捨逃るもあり 彼盗人等も曳来る馬 盗し物も打捨逃行けるぞおかしかりき 日数経て銘々屋敷に立帰 京の庵より猶軽き住居なから 手廻り一所に集り 少し人心地ぞあ

地名	死	傷	死馬	家屋			土蔵		
				震崩	焼失	破損	震崩	焼失	破損
能代	300		2	350	719	53	126	36	
森岡	21		10	54	47				
檜山				42					
駒形	6			8	70		1		
飛根	15	100		106			2		
その他	52	98	1	684	23	394	15	36	15
計	394	198	13	1,273	859	447	144	36	15



りけり」

この記録から、その惨状の一端が伺われるが、この地震は、遠く秋田城下で侍屋敷の破損があり、弘前城で石垣が破損したりした。その被害は図ならびに表のとおりで、能代・駒形では震崩家屋よりも、焼失家屋の方が多くなっている。これも朝食時に地震が起きたためであろう。

明和3年正月28日(1766年3月8日)の酉の刻(午後6時ごろ)津軽半島一帯に破壊的地震が発生した。規模は6.9と推定され、青森や弘前には甚大な被害があった。青森で全半壊547棟、焼失175棟、圧死101人、焼死91人、弘前では城のやぐら・門などが破損し、壊家6,940棟、壊社寺60、焼失寺40、焼失家252棟、土蔵の焼失267棟、死1,027人、焼死

91人、圧死101人の被害があった。このいずれの町でも壊に対する焼失家数、および圧死者に対する焼死者の比が多い。これも、地震がちょうど夕飯時に起きたためであろう。黒石では19か所より出火したらしい。

弘前での様子は次のようであった。

「今日天気平和き元来雪厚く時分柄余寒に候へとも所々森林に霞厚くかゝり 一人春めきたる事と存候 然る所六ッ時否や乾の方より鳴動 其響き百千の雷の如く大地動揺して暫く不止 天色黒く黄にして雲掩ひかゝり朦々として風なく 殊に甚だ火急の事にて遁れ出候間もなく怪我にて死傷の者夥数 戸毎に老少の女童とも悲傷号泣の声喧しく 其鶏犬猫の類迄東西にかけ走り 鳴うめく声凄し 其内に潰家より出火にて四方に火の手上り誠に騒動いはん方なし 去共震動止事なく 既に暁迄に拾度余り至 人々肝を冷し候事なり 御家中は門内圀の内 町家は街道の左右へ家々より各戸板畳等を持出し 老少幼少の者を夜具等にて圀置き、兎角して夜を明かし 火鉢或は雪の上に火を焚 やうやう朝飯など給候て それより銘々仮屋をしつらい住居せしこと既に四五日に至り候 尤雪消次第春風の度には仮屋をも幾度か掛直し住居せしなり」

この文章から当時の様子がよくわかる。特に仮屋を建てても、風が吹くたびに作り直したなどという大変な苦労があったことがわかる。しかし、火災の状況について、より詳しいことはわかっていない。

初期消火で最小に押さえた被害 北但馬地震

前にも述べたように、火災については江戸時代末までの地震は、エピソード以外の教訓をほとんど残してくれていない。そこで、本シリーズでは初めてであるが、明治以後の地震を取り上げることとする。

大正14年5月23日午前11時10分、いわゆる北但馬地震が発生した。規模は7.0で、山陰の温泉地城崎付近を震源地とする局地的な被害地震であった。この地震で豊岡・城崎・港村に火災が発生し、全半壊あるいは破損の上の焼失も含めての焼失戸数は、豊岡1,483戸、城崎548戸、港村148戸である。

これを上記3町村の全半壊戸数519戸、40戸、580戸と比べると、いかに火災が被害を増大させているかがわかる。このなかで港村の田結での話は忘れられない。田結では83戸中82戸がつぶれた。全滅である。ちょうど養蚕の時期で36戸で炭火を使っており、3戸から出火した。村の人々は、家の下敷きになり、助けを求めている人々の救助を後回しにして、消火に当たった。火を消し止めてから、家の下敷きになっている人々の救助を行い、58人を助けた。圧死者は7人であった。消火に当たったのが早かったので、火をすぐに消すことができたのは幸いであった。もし、村の人々が人命救助を先にし、消火を後回しにしたら、犠牲者の数は、ずっと増えていたに違いない。この田結部落での焼失戸数は統計上ゼロと記録されている。このことは、よくいわれる「地震のときに、まず消火」という心得がいかに大切であるかを物語っている。

これに反し、城崎の様子はこうであった。温泉地なので木造3階建の家屋が多かった。地震直後に5か所から出火した。まもなく他の3か所の火元が加わり、その上、飛火もあって4時間のうちに、ほとんど全町(702戸)のうち548戸を焼失し、しかも、272人の死者を出したのである。

豊岡ではどうだったろうか。地震直後に2か所から出火したが、この火はすぐに消し止められた。次いで、約2時間後の午後1時ごろになって町の北方から出火した。出火地点は倒壊家屋の多い所であったが、幸いに風はほとんどなかった。しかし、この火は主として南と西に延焼し、午後4時ごろに鎮火した。消火には破壊消防、水による方法が用いられ、一部では自然鎮火もあって幸いした。この火は、豊岡における火災の90%を占める広域のものだった。第4番目の火は午後4時ごろ発生したが、これはあまり延焼しなかった。小旋風があったらしい。第5番目の火は午後6時ごろ発生した。第6番目の火元は翌24日午前5時ごろで、半壊家屋からであったが、3軒を焼失ただけで消された。このように、地震に伴う出火は、地震後、数時間～1日経ても発生することがあるので油断はできない。しかし、現在では炭火を多く使っていた当時と違って、ガス・石油・電気を使っている。現在では、むしろ、出火は発震直後に集中するのではないだろうか。

中小都市にも大火が発生した 関東大震災

火災といえば関東大震災に触れずにすまずことはできない。しかし、この地震については、特に東京での様子については、多くのことがいろいろな本に述べられている。特に、被服廠での大惨事、神田佐久間町・和泉町が焼野が原の一角に残った話は有名である。しかし、この他にも浅草公園・石川島・佃島などが焼け残ったが、このことはあまり知られていない。

浅草観音の広場には多くの人が逃げ込んだ。やがて荷物に火が付いた。一步間違えば被服廠のような惨事になったかもしれない。幸いに、そこにいたトビの人々が、リーダーとなり避難民を組織して、当時あったヒョウタン池から水をリレーして火を消し止めた。この事実、火は初期に消せばよいということと同時に、よいリーダーがいて組織すれば、群衆も一大戦力になるということを教えている。

東京のことはこのくらいにして、あまり知られていない横浜の火災について記してみよう。横浜では、当時の市内の宅地面積の約80%に当たる390万坪に被害が発生した。その比率からいけば東京をしのぐものであった。そのうち全焼した町数は80、半焼した町数は20で、焼失家屋数は55,826戸に達し、死者は23,400人、行方不明者3,183人という大被害となった。さて、横浜市内での出火元は149、そのうち延焼したものは70以上で、出火原因としては家庭の火種によるものが多かった。これを東京の出火元163、延焼火災84と比べると、その面積の割合からいって、横浜の火災が多かったことが伺われる。1か所で100人以上の焼死者があったのは末吉橋付近200人、梅ヶ枝町本願寺付近300人、南太田町天神坂285人、吉浜町石炭置場150人の4か所である。特筆すべきは、伊勢山・掃部山の話である。地震直後から多くの人々がこの地に逃げ込んできた。その人数は各々約1万人といわれる。そのうちに、町に発生した火の手がこの2つの山にも迫ってきた。そこにいた人々の気持ちはどうだったろうか。伊勢山では避難していた人々がついて、せっぱ詰まってそこにあった皇太神宮の神楽殿を倒して延焼を防いだ。掃部山では、偶然にも奇跡的に火が燃え移ることはなく、避難

していた人々は助かったとの事である。

また、大火災のときは旋風が発生するのが常であるが、横浜では30が発生した。そのうちの17は移動し、長寿を保ったものは100~2,200mも走り30分以上持続したのもあった。旋風の発生時刻としては、9月1日16~19時が一番多く、大体風に従って流された。30件のうち、特に6件は激しいものだったという。一方、東京では105件の旋風が発生したが、その時刻としては15~17時27件、18~19時19件と夕方に集中している。

関東地震のときは東京・横浜ばかりでなく、幾つかの都市で大火に見舞われた。たとえば、横須賀では6か所から出火し、焼失2,227戸に達した。浦賀では総戸数5,397戸のうち、全半壊と全半焼を含めて、全町の80%以上である4,527戸が被災した。鎌倉では、震後20分以内に10か所から出火した。そのうち6つの火元が延焼し662戸が焼失した。小田原では12か所から出火、そのうち8つが延焼し、2,126戸を焼失した。鎮火は、翌9月2日の午前2時であった。このほか、秦野・厚木・真鶴・房州船形でも大火があった。このように大地震のときには、中小の都市でも、その町が大半焼失するような火災が多く発生するという事実を忘れることはできない。

住環境の変化に応じた火災予測と 対策を

火災を取り巻く我が国の住宅環境は急速に変わりつつある。木造家屋の比率は徐々に減っている。したがって、過去の地震火災の経験が、そのまま来るべき地震火災に当てはまるとは限らない。その上、木造建物は関東地震時より丈夫になっているので地震による倒壊率も昔よりは減るであろう。したがって、全体としての火災発生率は減少するであろう。しかし一方では、高層マンションが増え、建築材料にも、火災のときに有毒ガスを多量に発生するものが増えている。また、石油タンク・ガソリンを積んだ自動車の氾濫が、地震火災にどのような変ぼうを与えるのであろうか。地方自治体の地震火災災害予測も、現状では木造住宅が主になっているようである。新しい環境に応じた、地震火災災害予測と対策が強く要望される。

(うさみ たつお/東京大学地震研究所教授)

協会だより

日本損害保険協会の活動、とくに防災活動を中心にお知らせするページです。協会の活動について、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＝当協会予防広報部予防課あてにお寄せください。

新規郵送ご希望の方へ

本誌の郵送を新たに希望される方は、下記の要領でお申し込みください。

- 1、本誌は無料ですが、郵送料として480円分の郵便切手を申込書に同封してください。
- 2、申込書には、「新規希望」と、ご住所、お名前、ご年令、ご職業を、はっきりお書きください。
- 3、あて先＝東京都千代田区神田淡路町2-9
日本損害保険協会予防時報係

本誌記事の転載について

最近、予防時報の記事、写真などの転載や引用について種々お問い合わせがありますが、無断転載は著作権侵害など、トラブルの原因になる恐れがあります。

編集部では、転載ご希望については、著者のご了解を得てできるだけ皆さまのご期待にそえるよう努力いたしますので、必ず事前にご相談下さいますよう、お願いいたします。

防火ポスターデザイン募集中止について

当協会では、毎年「防火ポスターのデザイン募集」を行ってまいりましたが、昭和54年度より一般公募を中止することになりました。本誌を通じ種々ご協力を頂きましたことに、お礼申し上げます。

防火映画完成

前号(117号)でお知らせいたしました、当会新作映画「友情は燃えて」が完成いたしました。内容は表4に掲載してありますので、ご覧のうえ、防火のつどいなどの機会にご活用下さい。

消防自動車寄贈都市が決まりました

54年度第一次分の寄贈先がつぎのように決まりました。

- スノーケル車3台……大阪市(大阪府)、神戸市(兵庫県)、呉市(広島県)
 - 軽化学車6台……春日部市(埼玉県)、稲沢市ほか二町消防組合(愛知県)、八幡市(京都府)、伊丹市(兵庫県)、筑紫野大宰府消防組合(福岡県)宇城広域消防衛生施設組合(熊本県)
 - 水槽車20台……留萌消防組合(北海道)、仙台市(宮城県)、横手平鹿広域市町村圏組合(秋田県)、加須地区消防組合(埼玉県)、鴻巣地区消防組合(埼玉県)、羽生市(埼玉県)、足利市(栃木県)、座間市(神奈川県)、掛川市(静岡県)、多治見市(岐阜県)、豊橋市(愛知県)、名張市(三重県)、高槻市(大阪府)、池田市(大阪府)、御坊市(和歌山県)、芦屋市(兵庫県)、加古川市(兵庫県)、防府市(山口県)、大牟田市(福岡県)、浦添市(沖縄県)
 - 標準型車28台……登米地域広域行政事務組合(宮城県)、湯沢雄勝広域市町村圏組合(秋田県)、大曲仙北広域市町村圏組合(秋田県)、白根地区消防組合(新潟県)、小出郷広域事務組合(新潟県)、中条町(新潟県)、上福岡市(埼玉県)、駒ヶ根市(長野県)、焼津市(静岡県)、滑川市(富山県)、美濃市(岐阜県)、安来市能義郡消防組合(島根県)、江津市外7町村消防組合(島根県)、浜田市(島根県)、中部広域行政管理組合(鳥取県)、守山市(滋賀県)、小野市(兵庫県)、多紀郡一部事務組合(兵庫県)、相生市(兵庫県)、三原市(広島県)、美祢市(山口県)、善通寺市(香川県)、西条市(愛媛県)、高幡消防組合(高知県)、鳴門市(徳島県)、佐賀郡消防事務組合(佐賀県)、大野城市(福岡県)、天草消防組合(熊本県)
- 合計57台

54年2月・3月・4月

災害メモ

★火災

- 2・7 福島県福島市新町の家具の鈴木2階倉庫付近から出火。1棟約1,250㎡と隣接建物を半焼。
- 2・11 北海道虻田郡倶知安町ニセコ国際ひらふスキー場の山田温泉ホテルレストハウス2階付近から出火。本館に延焼し、計2棟1,077㎡焼損。
- 2・16 愛媛県西宇和郡三崎町の町立二名津中学校で火災。1棟1,404㎡全焼。同校3年生の放火。
- 2・22 静岡県静岡市大和町の清水食糧合資会社で火災。8棟約3,400㎡焼損。
- 2・27 福岡県豊前市大字八屋のインテリア山本付近から出火。7棟1,565㎡焼損。20世帯50名り災。1名死亡。
- 2・28 北海道網走市嘉多山の市立嘉多山小・中学校で火災。校舎、体育館など計4棟1,711㎡焼損。
- 2・28 福岡県北九州市門司区風師の共同住宅居室から出火。全焼24、部分焼3の計27棟約2,500㎡焼損。
- 3・3 東京都品川区二葉の真木プラスチック工業所事務室から出火。周辺住宅、アパートに延焼し、22棟1,105㎡焼損。37世帯88名り災。1名死亡、1名負傷。
- 3・27 神奈川県川崎市中原区の荏原合金工場1階から出火。700㎡焼損。3名死亡、4名重傷。
- 3・29 群馬県桐生市梅田町忍山地内で山林火災。2,326ha焼損。
- 3・30 神奈川県横浜市中区の乾倉庫横浜支店倉庫から出火。同工場約800㎡と外国産乾燥たばこ約1,000

t焼失。4億円以上の損害。

- 4・4 東京都葛飾区柴又の藤屋材木店倉庫付近から出火。強風で付近の密集地に飛び火。計7棟1,198㎡焼損。小学4年生の放火。
- 4・18 長野県岡谷市山下の梱包材料製造工場付近から出火。隣接工場など10棟約3,000㎡焼損。
- 4・11 富山県西砺波郡福光町で火災。(グラフィページへ)
- 4・13 東京都足立区梅島、東武伊勢崎線梅島駅前の尾島ストア1階から出火。隣接ビルに延焼し、8棟1,852㎡焼損。2名一酸化炭素中毒、1名負傷。

★爆発

- 2・5 愛知県額田郡幸田町の日本勤労福祉センター三河ハイツ地下1階レストランシアターで、プロパンガスが爆発。室内は、天井が崩落したり板壁が吹き飛び、563㎡大破。本館研修室も被害。歓送迎会中の従業員2名死亡、19名重軽傷。
 - 2・10 東京都豊島区のカドラーマンション311号室で都市ガスが爆発。87棟179世帯に被害。1名死亡、30名負傷。
 - 2・15 北海道札幌市北区のアパートグリーンハウス1階でプロパンガスが爆発、炎上。250㎡全焼。1名死亡、2名重傷。
 - 3・9 宮城県岩沼市亀塚の市営アパート2号棟2階224号室で、プロパンガスが爆発、炎上。真上の3階234号に燃え移り、計120㎡全焼。3棟56世帯り災。7名重軽傷。
- ★陸上交通
- 3・29 茨城県土浦市木田余茅場国鉄常磐線鹿島街道踏切で、普通列車(12両編成)と大型ダンプカーが衝突。1両目は横転し民家の物置に突っ込み、2両目は下り線をふさぐ。

1名死亡、58名重軽傷。

- 4・17 奈良県北葛城郡王寺町の国鉄和歌山線三輪街道踏切で、普通列車と、一時停車せず突っ込み立ち往生した大型ダンプカーが衝突。先頭のディーゼル機関車は脱線、転覆。客車3両も脱線。20名重軽傷。

★海難

- 3・22 静岡県下田市下田港沖神子元島付近で、カツオ1本釣り漁船皆徳丸(59t、18名乗組)が横波を受け沈没。16名行方不明。
- 3・22 香川県坂出市与島南東約600m沖の備讃瀬戸航路で、油タンカー第8宮丸(997t・12名乗組)と貨物船第18大黒丸(414t・6名乗組)が衝突。宮丸にき裂が生じ、マイナス原油約257kl流出。
- 4・25 伊豆大島風早崎西約10kmで、冷凍運搬船第8開正丸(499t・8名乗組)が濃霧のため貨物船神長丸(999t・12名乗組)と衝突。神長丸は沈没。12名行方不明。

★自然

- 3・30~31 日本海を北上した低気圧の影響で全国的に強風被害。被害は九州から東北地方まで13県に及び、死者8、負傷138、全壊80、半壊733、一部破損13,284、床上・下浸水272。(5月16日現在消防庁調べ)
- [最大瞬間風速大分26.2m、松江32.9m、新潟33.0m、秋田35.7m]
- 3・31 長崎県五島玉之浦町の海岸で、あびき現象(副振動)がおき、潮位が急激に高くなったためアオサ採りの3名が波にさらわれ1名死亡。富江港や長崎港でも、転覆や大破する船が続出。[同日13時45分潮位差278cm]
- 4・3~4 北海道で降雪。札幌では4月としては日降雪量1位の記録。[札幌35cm、広尾50cm]

★その他

●2・11 長崎県佐世保市立神町の佐世保重工業佐世保造船所構内南岸壁で、修理中のタンカーキングスター号(134,700t)が火災。パイプ取付作業中の2名死亡、2名重軽傷。溶接火花がスラッジに引火したらしい。

●3・29 兵庫県西宮市の阪神甲子園球場入場券売り場で、行列が崩れ約25名将棋倒し。2名死亡、11名軽傷。

●3・20 群馬県利根郡水上町の上越新幹線大清水トンネル保登野沢工坑内で、全断面削岩機を撤収するため酸素溶接機を使つての解体作業中火災。救援に向かった作業員2名の計16名死亡。

●4・3 青森県南津軽郡尾上町の金田小学校で、宗教団体に払い下げの講堂を信者が解体作業中、屋根661㎡が崩落。22名重軽傷。

★海外

●2・1 ブラジル東南部4州で、45日間にわたる集中豪雨。サンフランシスコ川など主要河川があふれ、1,500名以上死亡。

●2・6 西独ブレーメン市の港湾地帯にある製粉工場で爆発。風圧で5棟が倒壊し火災が発生。3名死亡、11名行方不明。

●2・15 ポーランド・ワルシャワ市の貯蓄銀行で爆発。33名死亡、78名負傷。埋設の灯火用ガス管のバルブから漏れたガスがダクトを伝って銀行地下室に充満したもの。

●2・16 ベルー南部アレキパでM6.2の地震。市内の主要建築物に大きな被害。少なくとも13名死亡、数100名負傷。

●2・20 インドネシア・ジャワ島シニラ火山が爆発。毒ガスと溶岩の流出で180名以上死亡、1,000名以上負傷。17,000名避難。

●3・7 米・テキサス州クリスタ

ル市郊外の農薬工場リバーサイド化学会社で爆発、全焼。

●3・14 メキシコ南部でM7.5の地震。メキシコ市を中心に建物崩壊などかなりの被害。最も大きな被害を受けたのは太平洋岸地域で、ラチャベタ村では3,000世帯全戸が崩壊。15日現在16名死亡、15,000名家を失う。

●3・28 米・ペンシルベニア州のスリーマイルアイランド原子力発電所で事故。(グラビアページへ)

●4・8 米・フロリダ州クレストビュー近くで、化学薬品満載の貨物列車(108両編成)が脱線。28両が転覆、炎上。大量の有毒ガスが発生し、周辺住民4,500名避難。

●4・10 ルーマニア・ブカレスト市内のデパートビクトリアで開店直後火災。全焼。3名死亡、多数負傷。同国最大規模のデパート火災。

●4・11 パキスタン・ラワルピンジ市の国営花火工場火薬庫で大爆発。少なくとも33名死亡、70名負傷。最終的に死傷者約300名になる見込み。

●4・10 米テキサス州北部からオクラホマ州南部にかけて竜巻。60名死亡、800名負傷。被害総額は2～3億ドル。

●4・13 英領セントビンセント島のラスフリエール火山が噴火。住民15,000名避難。2名死亡。

●4・15 ユーゴスラビア南部モンテネグロ共和国のアドリア海沿岸一帯でM7.2の地震。建物が崩壊し、都市の機能もマヒ状態。古都コルトでは古い建物を中心に70%の家屋倒壊。大津波も発生しホテルや建物が押し流され、250名死亡、500名以上負傷。

●4・22 韓国ソウルのライオンズホテル5階客室付近から出火。5名死亡、24名重軽傷。

●4・30 インドネシア・スマトラのメバリ火山が噴火。数か村が破壊され、60名死亡、19名行方不明。

編集委員

- 赤木昭夫 NHK解説委員
秋田一雄 東京大学教授
安倍北夫 東京外国語大学教授
岡本博之 科学警察研究所交通部長
川島 巖 東京消防庁予防部長
塚本孝一 日本大学教授
根本順吉 気象研究家
平池輝雄 日本火災海上保険(株)
山崎茂樹 同和火災海上保険(株)

編集後記

◆3月に、郵送読者にアンケートをお願いしました。回収率48.2%と大変なご協力をいただき、ありがとうございました。編集については、97.5%と、大部分の読者にご満足いただいている集計結果がでて、編集部一同喜んでいますが、編集委員会でご希望も多数いただきましたが、編集委員会で検討の上、できるものは形にしていきたいと考えています。◆雷は夏の風物詩。118号のずいひつは雷にしようということになりました。今年は早くも5月26、27日の2日にわたる全国的な落雷で8人の死者。この中に、樹木の下に避難したゴルファーの被害があり、びっくりしました。倉嶋先生の原稿で、樹の下に避難するのは危いと、読んだばかりだからです。雷は117号でとりあげるべきだったかな、などと考えました。(鈴木)

予防時報 創刊1950年(昭和25年)

◎第118号 和和54年7月1日発行

送料 年480円

編集人・発行人 高崎益男

発行所

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

☎(03) 255-1211(大代表)

制作=株阪本企画室

昭和54年3月28日午前4時（日本時間同日午後6時）ごろ、米・ペンシルベニア州ハリスバーグのスリーマイルアイランド原子力発電所の原子炉（バブコック・アンド・ウイルコック（BW）社製加圧水型軽水炉）で炉心破損事故。ポンプから水が漏れ、この水に含まれている核分裂生成物が外部に漏れ、大気の放射能汚染が生じたため、30日同州知事は、発電所から半径8km以内の学齢期以前幼児と妊産婦の避難、学校閉鎖を勧告。原発周辺の何万人が一時避難するという異常事態。炉心の全面的熔融という最悪事態は避けられたが、この原発事故で、各国の原子力開発の安全対策の見直しが迫られた。5月21日米下院内務委員会のスリーマイルアイランド原発事故調査団は、事故の主要原因は人為的なミスでなく、機器の不調と計器誤表示が事故をひき起こしたとする調査報告書をまとめた。

事故後の我が国の主な動き

- 3/31 通産省・資源エネルギー庁は、現在運転段階に入っている20原発に対し、保安体制の総点検を通達。
- 4/2 日本各地で抗議行動。
- 4/5 定期検査中の加圧水型原子炉7基の内4基で異常発見。
- 4/14 原子力安全委員会は、関西電力大飯原発1号機をはじめ全加圧水型炉の一時的な運転停止

米・ペンシルベニア

史上最悪の原発事故

を決定。女川原発も許認可手続きを凍結。

- 4/19 原子力発電所等防災対策連絡会議（仮称）の第1回会合。防災計画の抜本的見直しと退避基準など防災指針のまとめ作業を開始。
- 4/23 通産省・資源エネルギー庁は、現在運転中の沸騰水型炉6基とガス冷却炉1基の計7基を対象に、特別保安監査。原子力安全委員会は、「原子力発電所等周辺防災対策専門部会」設置を決定。
- 4/24 通産省・資源エネルギー庁は、大飯1号機の「現状のままで安全性は損われない」という解析結果を、原子力安全委員会に報告。併せて国内原子炉総点検の中間結果を報告。
- 5/18 原子力安全委員会の発電用炉部会は、大飯1号機についての通産省の総点検結果と、それに基づく七項目の指示事項の一部修正で承認。
- 5/19 原子力安全委員会は、大飯1号機について「現状で安全」と、再開を認める最終結論。

富山県福光町で大火

昭和54年4月11日15時47分ごろ、富山県西砺波郡福光町西町の瀬川製材所作業所から出火。付近は、道路沿いに木造家屋が並び、裏側には木材店・木工場などの工場・倉庫のある密集地。折から、異常乾燥注意報が出され、湿度25%と空気も乾燥している上、風速10mを越す（最大瞬間風速13.3m）最悪の気象条件が重なり、火は次々と燃え広がった。また強風にあおられ、火の粉が各所に飛び炎上したため消火活動も難行し、5時間後の同日21時05分、14,214㎡を焼いて鎮火した。原因は調査中。

福光町火災被害（消防庁調べ）

死傷者数	死者0、負傷者15名
り災世帯数	57世帯 242名
焼損棟数	全焼 42棟 半焼 15棟 } 計57棟
焼失面積	14,214㎡
被害総額	7億9,340万円

刊行物 / 映画 / スライドのご案内

防災誌

予防時報(季刊)

奥さま防災ニュース(隔月刊)

防災指導書

高層ホテル・旅館の防火指針

石油精製工業の防火・防爆指針

石油化学工業の防火・防爆指針

危険物施設等における火気使用工事の防火指針

ビル内の可燃物と火災危険性(浜田稔著)

工場防火の基礎知識(秋田一雄著)

旅館・ホテルの防火(堀内三郎著)

防火管理必携

事例が語るデパートの防火(塚本孝一著)

防災読本

やさしい火の科学(崎川範行著)

イザというときどう逃げるか—防災の行動科学(安倍北夫著)

いますぐ覚えておこう—暮らしの防災知識

そのとき!あなたがリーダーだ(安倍北夫著)

映画

危い!あなたの子が

みんなで考える火災と避難

あなたは火事の恐ろしさを知らない

ドライバーとモラル

危険はつくられる(くらしの防火)

動物村の消防士

パニックをさけるために(あるビル火災に学ぶもの)

煙の恐ろしさ

ザ・ファイヤー・Gメン

ふたりの私

火災のあとに残るもの

火事と子馬

友情は燃えて

オートスライド

防火管理

火災・地震からいのちを守ろう

ここに目をむけよう!(火災の陰の立て役者)

事例にみる防災アイディア(家族みんなの火の用心)

工場の防災(安全管理システムの生かしかた)

映画・スライドは、防火講演会・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地方委員会〔札幌=(011)231-3816、仙台=(0222)21-6466、新潟=(0252)23-0039、横浜=(045)201-7096、静岡=(0542)52-1843、金沢=(0762)21-1149、名古屋=(052)971-1240、京都=(075)221-2670、大阪=(06)202-8761、神戸=(078)341-2771、広島=(0822)47-4529、高松=(0878)51-3344、福岡=(092)771-9766〕にて、無料貸し出ししております。



友情は燃えて

16ミリ・カラー全3巻・35分



小学校5年生の昭夫が火事で亡くなった。火事の原因についての近所の無責任なうわさに、昭夫の一番親しかった典彦(主人公)が火災原因を調べ始めます。

消防署を訪ねて聞いた話は何か？

昭夫が死んだ理由は何だったのか？

ストーリーの進展とともに、解明していくのですが、全体として、典彦を中心とする級友の美しい友情がテーマになっています。

純真な子供たちのドラマは、見る人すべてに大きな感動を与えます。またその感動とともに、防火のための大切な知識を頭に強く焼きつけるに違いありません。

社団法人 日本損害保険協会

朝日火災海上保険株式会社
 共栄火災海上保険相互会社
 興亜火災海上保険株式会社
 住友海上火災保険株式会社
 大正海上火災保険株式会社
 大成火災海上保険株式会社

太陽火災海上保険株式会社
 第一火災海上保険相互会社
 大東京火災海上保険株式会社
 大同火災海上保険株式会社
 千代田火災海上保険株式会社
 中亜火災海上再保険株式会社

東京海上火災保険株式会社
 東洋火災海上保険株式会社
 同和火災海上保険株式会社
 日動火災海上保険株式会社
 日産火災海上保険株式会社
 日新火災海上保険株式会社

日本火災海上保険株式会社
 日本地震再保険株式会社
 富士火災海上保険株式会社
 安田火災海上保険株式会社

(社員会社50音順)