

地震 ジャーナル

6

1988年12月

- エッセイ 東京湾開発と地震対策 ●大竹政和
活断層と古地震・未来地震 ●垣見俊弘——1
- 公開対談 西暦2000年における
地震予知と地震災害評価 ●C.R.アレン/R.A.アンドリュース——7
- 大地は動く—液状化による地盤の側方移動 ●浜田政則——15
漢詩と地震 ●村内必典——23
宇宙からみた地震雲 ●高橋 博——28
地震と切手 ●牧野正久——32
- 企業の防災対策 東京ガスの地震対策 ●大沢隆太郎——36
地震予知連絡会情報 ●渡辺 晃——46
●書評——50
●ADEP情報——54

地震予知総合研究振興会

ASSOCIATION FOR THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE PREDICTION

東京湾開発と地震対策

大竹政和

「東京テレポート」, 「みなとみらい 21」, 「幕張新都心」, ……と, 東京湾沿岸の開発が目白押しである。東京湾がらみの大規模開発構想は, 官民あわせて 50 を超えると言う。なかでも目を引くのは, 13 号埋立地の東京テレポートを核とする臨海部副都心の開発計画である。東京都がまとめた基本計画によれば, このひとつのプロジェクトだけでも, 皇居よりひとまわり大きな面積に就業人口 11 万人, 居住人口 6 万人を擁する一大都市が誕生することになる。開発は湾岸だけにとどまらない。東京湾横断道路, 東京湾人工島など, 人間の手は湾中央部にまで及ぼうとしている。こうした大規模な自然改造も, わが国の経済力と技術力をもってすれば決して夢物語ではないだろう。

しかし, 昨今の東京湾開発フィーバーにはいささか危惧の念を抱かざるを得ないところがある。首都とその周辺は, 「今後数十年～百年という期間を考えれば, 甚大な災害を与える浅い直下地震の発生はほぼ確実」(地震予知連絡会部会報告)と, かねてから警告されている場所である。そのどまんなかで, お世辞にも堅硬とは言い難い埋立地に高層ビルを林立させ, 大勢の人を集中するのは果して賢い選択なのだろうか。そこまで言わないにしても, 開発に当たってはどのような地震と地震動を想定し, これをどう克服し安全を確保しようとしているのか, 地震問題の基本的な検討が, 華やかな開発論議の背後に押しやられてしまっているように思えてならない。

東京湾では, 比較的新しい時代の地層が深さ 3 千メートルぐらいまで厚く盆状に堆積している。このために, ゆっくりした長周期の地震波が増幅されやすく, 超高層ビルなど長大な構造物に大きな影響を与える。3 年前のメキシコ地震は, この点で貴重な教訓を与えてくれた。湖を埋め立てた軟弱地盤地区に被害が集中し, 犠牲者 1 万人余の惨禍をもたらしたことは記憶に新しい。そのときの加速度記録は, 軟弱な堆積層によって地震動が 5 倍も増幅されたことを示している。強震動の特性を的確に想定するためには, 深部までの地下構造の知識が不可欠だが, われわれはまだそのほんの概略を知っているにすぎない。東京湾岸で, 「東京湾北部断層」, 「鶴見断層」など, 数百メートルの落差をもつ断層が発見されたのも, つい最近のことである。たとえ自ら地震を引き起こさないとしても, こうした弱線の上では地震動が異常に大きくなる可能性があるので注意を払わねばならない。津波もまた検討を要する危険要因である。

ただでさえ地震の脅威にさらされている首都圏である。東京湾開発に当たっては, 地震の危険性を正面から見すえ, 百年の計をもって取り組んで欲しいものである。理想の未来都市を, 万が一にも巨大な墓場と化することがないように。

[おおたけ まさかず 東北大学理学部教授]

活断層と古地震・未来地震

垣見俊弘

活断層観、断層感覚

活断層とは、最近の過去に活動を繰り返し、かつ近い将来にも活動する可能性のある断層をいう。この命題の後半が活断層の定義——断層一般から活断層を区別する目的——であることは解っていただけだろう。その前半、すなわち最近の過去に活動したことは、活断層の認定基準というべきものであるが、日本でも米国でも、これを“定義”としている書が多い。活断層の先駆的研究者である R. E. Wallace 氏も、最近、definition と criteria を混同すべきでないと言っている (Wallace, 1981)。

なお、「最近の過去」、「近い将来」、「可能性」など、定義にはふさわしからぬ語が使われているが、その意味内容を詮索しだすと、きりがなくなるので、ここでは立ち入らないことにする。どうしても気になる向きは、他書 (垣見, 1979; 阿部ほか, 1985 など) を見られたい。一言だけ述べておくと、活断層とはもともとプラクティカルな用語であるから、その使用目的——地質学、地震予知、工学など——に応じて、上記の語の内容を規定して差しつかえないだろう、というのが筆者の考え方である。

活断層の“定義”については苦い思い出がある。もう 10 年以上前になるが、さるテレビ局から、黒柳徹子さんが司会をしている奥様参加番組に出演を依頼されたことがある。内容は、5 分間で活断層について判り易い解説をとということである。黒柳さんの質問に答える形式だが、質問の中味は当日テレビ局でプロデューサーと打合せをするという。私は、僅か 5 分で奥様方に活断層を解っていただく自信がなく、大いに悩んだが、仕方がな

いので、30 分ぶんぐらの想定問答を用意した。

当日、局へ着いてから、都合で 5 分の予定が 3 分になったと聞いてもさして驚きはしなかったが、プロデューサー (男性) との打合せが想定問答と一向にカミ合っていてこないのには冷汗をかいた。とにかくあと 5 分位で出演という瀬戸際になって、私は突然、彼氏の断層観が、われわれの活断層観にはかならないことに気づいた。つまり彼氏は、「断層とは、今は止っているが、いつまた動きだすかわからないものだ。だから、活断層というからには、断層のなかでも特に活発に動くもの、あるいは今もズルズルと動いている危険なものだろう」と思っていたのである。

そのことを指摘すると、さすがにプロデューサー氏も「あ、わかりました」と言ったなり黒柳さんのところへとんで行き、ほんの二こと三こと打合わせただけで、私の出番がきたような気がする。

3 分間はアツという間に過ぎたが、黒柳さんは実に適切な質問をされ、かつ私の答えにつじつまを合わせて下さった。どうやら彼女は活断層の本質を一瞬の間に理解したようである。さすがに当代の才女と感じ入ったものだった。

断層とは、本来地質学の用語である。さらに遡れば、英国の炭坑技術者の言葉だった。いずれにしても、遠い過去のある時期——地質学者は変動時階などという——にできた地層の傷跡を指しており、したがって、それが再び動くというような発想はなかったらしい。前述のプロデューサー氏のような一般人とは正反対の断層観である。だから地質学界では、古くは小藤次郎が濃尾地震断層の報告で世界に名を挙げたにもかかわらず、また 1920~30 年代には地形学者や地質調査所の技師達が活断層を生き生きと語ったにもかかわらず、未だに活断層というと、なんとなくうさんくさく

思う学者が多いような気がする。かえって、地震＝断層説を受け入れたあとの地震学界のほうが、伝統的な地質学界よりも、はるかに多く断層を論ずるようになった。

地質学徒としては複雑な心境である。お家芸が世界に広まったのは喜ばしいが、メダルはごっそり他国に持っていかれた日本柔道界の心境もこれに近いのではなかろうか。

全国的調査

『日本の活断層』（活断層研究会編、1980）という、大きくて本棚に納まらず、重くて片手で持つのに難儀な本が出版されたのは、活断層研究の時代を画するでき事だった。北海道から琉球列島までを含む全国の活断層の分布図とカタログが、統一基準、同一精度ではじめて公表されたからである（陸上の分布概要図は後出図2に示してある）。

本書によって、われわれは全国的かつ定量的な議論、たとえば断層密度、活動度、地震のリスク分布などの検討ができるようになったし、また気象庁の地震、国土地理院の測地、地質調査所の地質図等の全国データと1:1で比較し議論することが可能となり、実際にこの種の論文が1980年以降数年間に続出した。国際的にも注目され、いち早く本書のデータを用いてドクター論文を書いた外国人研究者も現われた。

社会的反響もかなり大きくて、多くの新聞にとりあげられた。なかには「これで、日本には活断層が17××本あることが判った」とまじめに書いている新聞もあったが、これは、カタログにある断層の数をご丁寧数えて教えた研究者にも罪はあろう。反響は好評ばかりとはいえず、なかには「日本の活断層は多すぎて手に負えない」という印象を与えた面もあったようである。

この「数が多すぎる」印象については、根本的には日本列島の特性であり、プレート運動の責任？ というほかないが、『日本の活断層』にも多少の責任は認めなければならぬ。全国統一基準で作ったとはいえ、その中の確実度Ⅲの“活断層”は「活断層の疑いのあるリニアメント」であ



図1 活断層分布図。『50万分の1活構造図』シリーズから活断層と活撓曲を採り編纂。Kinugasa (1988) による。

り、どうやら「活断層でない疑いのあるリニアメント」もかなり含まれている。しかもⅢについては全国统一でなく図幅によって入っていたりいなかったりするからである。筆者も編者の一人だから大きな顔はできないが、『日本の活断層』の弱点を1つ挙げるならば、この点、つまり疑がわしいものを不統一に採り入れたことにあると思っている。

『日本の活断層』は高価、かつ地味なデータ集であるのに、発行以来6,000部を売り尽くし、現在(1988年)在庫切れとなったのを機会に、改訂版の計画が進められている。

地質調査所は、『日本の活断層』の発行と前後して、全国(島嶼部を除く)の『50万分の1活構造図』シリーズを統一基準で発行することを企画し、1982年から87年にかけて全14図幅の刊行を終えた。このシリーズでは、活断層は第四紀後期に活動したもので、かつ確実と思われるものに限っている。なお、第四紀の前期まで活動した断層を別色で示してある。図1は、このシリーズで活断層としたものの分布図である。『日本の活断層』との違いを1例だけ挙げると、地質構造線

としても著名な福島県東部の双葉断層は、『日本の活断層』(カタログ)では長さ約70km, 確実度IないしIIの活断層として示されたが、『50万分の1活構造図』シリーズおよびつぎに述べる『日本第四紀地図』では、北部の約12kmを残し、大部分が削除された。採録の基準などは、地質調査所(1983)を参照されたい。

1987年、日本第四紀学会は、100万分の1全3葉からなる『日本第四紀地図』を刊行した。この中にも活断層が示されているが、その採録基準(詳しくは日本第四紀学会、1987を参照)は、上記地質調査所のそれとはほぼ同じである。ただし最新の研究成果による追加、削除がなされており、目下のところ、もっとも確度の高い分布図といえよう。

地震発生源としての活断層像

活断層は、ごくまれな例を除けば、地震を伴い間欠的に活動した急性の地殻変動の跡である。まれな例というのは、クリープ運動を示す断層であるが、日本では知られていない。

地震の際に地表に変位を現わした断層を、地形・地質学者は(地表)地震断層とっている。地震学者は、地震の震源域に想定される断層も地震断層ということがあるらしいが、ここでは前者の意味に限って用いることにする。

ところで、活断層の大部分は、地形すなわち地表に変位の跡を残しているから、地震断層を上のように定義しただけでは、活断層の大部分は地震断層となってしまう、定義の意味が薄まってしまうであろう。そこでわれわれは、発生時、場所、規模などを特定できる地震の際に出現した断層に限り、この名を付けることにしている。地表地震断層を伴った地震は明治以降十数個知られているが、活断層による地震や地変の将来予測も、すべてこれら地震断層の経験に基づいてなされているのである。

地震断層についての経験則のなかでも、世界各地でよく調べられているものに、地震のマグニチュードMと、地表変位の長さLおよび変位Dとの

関係式がある。世界中のデータ64個(うち日本は12個)を使って、M-L式とM-D式を発表したのは飯田波事先生が最初であった(Iida, 1965)。日本内陸では松田(1975)による、

$$\text{Log } L(\text{km}) = 0.6 M - 2.9 \quad (1)$$

および

$$\text{Log } D(\text{m}) = 0.6 M - 4.0 \quad \text{または、} \\ \text{Log } D(\text{mm}) = 0.6 M - 1.0 \quad (2)$$

が、活断層研究者や工学者の間でもっともよく用いられている。ちなみに松田(1975)によれば、(1)式は統計的に導いたのではなく、M8の地震でLは80km, M7では20kmとして“決めた”ものであるという。事実、もとの図をみると、9個(当時)の地表地震断層のプロットは(1)式のまわりに大きくバラついており、何となく頼りない気がしたものである。しかし、その後の断層のデータや決め直された地震のMを用いてプロットし直してみても、かえって(1)式に収斂する傾向こそあれ、同式の単純さを犠牲にしてまで、これを大幅に改訂する必要もなさそうである。松田氏の勤がよかった、ということであろう。

(1)と(2)からわかるように、日本内陸ではLとDを同一スケールで表したとき、

$$L \approx 10^4 D \quad \text{または} \quad D \approx 10^{-4} L \quad (3)$$

がおおむね成立している。

ところで、活断層の地形・地質調査でふつう知ることのできる量は、その長さLとともに、落差とかオフセットといわれる累積変位量 ΣD である。 ΣD だけ変位している地層や地形の指標——断層変位基準という——の年代Pが判れば、P年間の平均変位速度S(mm/年または $m/10^3$ 年)は、

$$S = \Sigma D / P \quad (4)$$

から得られる。Sの規模によって活断層をA級($1 \text{ mm/年} \leq S$)、B級($0.1 \text{ mm/年} \leq S < 1 \text{ mm/年}$)……などにランクづけすることがある。

ここで、地震間の変位運動(tectonic creep)や地震後の余効運動(postquake creep)が無視できるならば、間欠的断層(地震)活動の平均間隔R——再来期間などと呼ばれる——は、

$$R = D / S \quad (5)$$

から求められる(Wallace, 1970)。この式のD

は、地震時の記録がない活断層について、ふつうの地表調査で知ることは難かしいが、便宜的には式(2)あるいは(3)を(5)に代入し、

$$R = 10^{0.6M-1} / S \quad (6)$$

$$R = 10^{-4} L / S \quad (7)$$

などとして、Dを用いずに地震規模Mや断層長Lから直接Rを求めることも一応はできる。

さて、ある活断層の再来期間Rが求められれば、その最終活動(地震発生)の時期tを求める意義も明らかであろう。すなわち、その断層がつぎに地震を発生するまでの期間Tは、

$$T = R - t \quad (8)$$

として予想することができるからである。

以上のような諸式は、いずれも活断層に関する基本的性格をあらわし、かつ応用範囲の広い重要な公式であるが、またいずれも地震断層の調査から生まれ、その経験によって保証されていることを忘れるべきではなかろう。(1)、(2)式のような定量的な経験則は言うまでもないが、一見自明のようにみえる(4)や(5)のような式であっても、つぎのような観察や観測結果によって裏づけられているのである。

- 1) 地震断層は既存活断層の再活動である。
- 2) 累積変位 ΣD は地震時の変位Dが一方方向に加算された結果であり、逆戻りすることはない。
- 3) 地震間の tectonic creep は無視できる。
- 4) postquake creep も、ふつうはDの1/10以下である。

発掘調査による古地震の探究

まえに述べた活断層像は、1970年代にほぼ確立されたといえるが、それは、いわば個性を無視した平均的な運動像であった。

1980年代に入ると、個々の活断層の詳細な観察を通じて、個別・具体的な運動像を明らかにしようとする試みが急激に活発化した。その典型は活断層の発掘、いわゆるトレンチ調査である。トレンチによる地質調査自体は決して新らしくも珍らしくもなく、資源調査や土木工事の基礎調査で

はごく当りまえに行なわれている。しかし、これを活断層に対して大掛りに適用したのは、1960年代の終り頃、米国においてであった。日本で研究用に行なった発掘調査は、1978年鳥取県鹿野断層が最初である。以後現在までの状況を図2に示す。

現在の発掘調査の主目的は、古地震の解明、具体的にいうと、その断層から発生した最新の地震、その1つ前、さらにその前……の地震の、それぞれ時期tと規模(変位量Dなど)を順次求めることである。しかし実際には、地震の時期(イベント)の識別は比較的容易で成功例も多いが、変動量(規模)の判定は困難で、成功例も少ない。



図2 1978~1988年間の活断層発掘調査実施地点図。

活断層分布は『日本の活断層』による。「活断層研究」編集委員会(1988)による。

以下は地点番号:断層名(発掘年、西暦)の順。

- 1: 鹿野(78), 2: 山崎(79), 3: 丹那・浮橋中央(80, 82, 85), 4: 姫ノ湯(83), 5: 梅原(81), 6: 根尾谷(81, 84, 85), 7: 阿寺・萩原(81, 85, 86, 87), 8: 跡津川(82), 9: 千屋(82, 85, 88), 10: 猿投一境川(82), 11: 糸静線中部(83, 84), 12: 浦田(83), 13: 中央構造線岡村(84, 88), 14: 郷村(85), 15: 仲禅寺(85), 16: 山田(85), 17: 立川(87), 18: 観音寺(87), 19: 武山(88), 他に地点番号は示していないが、糸静線牛伏寺(88)、深溝(88)もある。

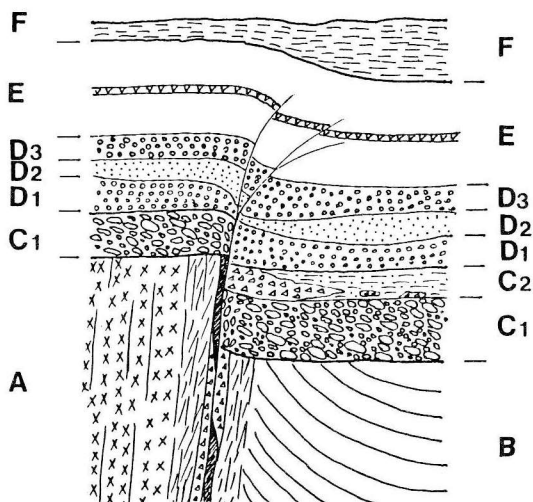


図3 仮想的な活断層露頭断面。A・Bは先第四系基盤，C～Fは第四紀後期の地層，Fの上面は地表面を想定したもの。阿部ほか（1985）による。説明は本文参照。

イベント識別のもっともオーソドックスな手段は、地質学でいう地層累重の“法則”や、切り・切られる“法則”を応用することである。図3においてわれわれは、C₁層とA（またはB）層、D₁層とC₁（またはC₂）層、F層とE層の間に変動があったことを認めることができる。しかしD₁層とC₁層の間で何回かの変動があっても、その識別はできないため、表現としては、変動は“少なくとも”1回あった、とならざるを得ない。もし上下両層の間に、変動を直接指示する地層（図3ではC₂層やF層）が存在すれば、イベント特定の精度は著るしく向上する。とくに噴砂の記録は、地震動そのものの非常によい指標となる。Sieh(1978)は地層中の噴砂記録を刻明に調べ、Pallett Creek地点のサンアンドレアス断層で、最近1,500年間に9回の地震があり、個々の再来期間 r は1例を除き105~275年、その平均 R は160年であることを確かめた。これが現在のところもっとも分解能のよいイベントの記録である。

噴砂のように、イベントの時期を追うだけならば、発掘地点を断層の上に限る必要はなく、地点選定の苦労は大幅に軽減されるが、反面、地震がどの活断層に由来するのか、その同定が難かしく

なるのは止むを得ない。

最近、考古学者と地形・地質学者の協力で、遺跡発掘の際現れた噴砂記録の研究成果がはじめ、新聞にも掲載されるようになった。噴砂跡が発掘された遺跡は案外多く、また遺跡の時代を利用して地震の時期、さらには歴史記録との対比によって、遺跡を破壊した地震を同定することに成功した例も見られるようになった（寒川，1988；寒川・岩松，1988）。遺跡の発掘件数は、活断層の発掘に比べて桁違いに多いから、この分野——考古地震学というべきか——は、史料によらない古地震学の有力な支流となるかもしれない。

ちなみに、米国では、古地震学（paleoseismology）が対象とするのは、先史時代の地震である（Wallace, 1981）。これに対して、筆者の知る限り、日本で“古地震”という語を最初に使った萩原尊禮先生（萩原編，1982の序文）によれば、古地震とは歴史地震と有史以前の地震を合わせたものである。規定は違っても、両国の歴史の長さを比較すれば、対象とする地震の範囲が、結果的にはほとんど同じになっているのももしろい。

このようなイベントの時期に比べて、変動量の判定が難しいのは、主として発掘の規模——したがって予算！——によるところが大きい。縦ずれ断層の場合には、1回の垂直変位量は、式(2)でみたように、M7でも2mに近く、M8では6mに達する。したがってよほど深いトレンチでない限り、複数回のイベントそのものを掘り出すことさえ難しい。また、地表近くでは、図3に示したように、変位は広範な地層のたわみや乱れ、小断層群などで表現されることが多いから、変位の全量を求めるためには相当長大なトレンチが必要となる。

一方、横ずれ断層については、その主成分である横ずれ変位量をトレンチ壁面で測定することがそもそも不可能である。もし、考古学の発掘のように広い範囲を十分な時間をかけて、地層を1枚ずつ剥ぎとりながら観察ができれば、それも可能となろう。活断層とは比較にならぬほど数多くの遺跡の発掘を、予算と手間を十分かけて行なって

いる考古学ブームの世の中を羨やましく思う昨今である。

未来地震の予測のために

地震発生に関する time-predictable model (Shimazaki & Nakata, 1980) によれば、平均変位速度 S を有する断層の、最新活動期 t とそのときの変位量 D がわかれば、つぎの活動までの時間 T は、 $T = (D/S) - t$ として求められる理屈である。理屈どおりにはいかないとしても、(6)式などから計算して得られた平均再来期間 R から求めるよりは信頼がおけるであろう。したがって、何とかして主要な活断層については、少なくとも最新活動期と変位量、欲をいえばその 1~2 回前までのそれらを、精度よく求める手段の確立(と予測の獲得)を図りたいものである。こうなっはじめて、活断層による近未来の地震評価の実用化が図れたといえるであろう。

あとがき

「何でも書いてよろしい」との力武編集長の言葉に甘えて、本稿では私見や思い入れを相当混えて書かせていただいた。そのため、活断層の重要な調査手法や、応用面について言及する紙数がなくなったことをお詫びしたい。教科書風の解説については、松田ほか(1978)を、一般向けだが記述も正確な読本としては小出ほか(1979)をご覧になるとよい。また、高価なのが難点だが、活断層について何でも書いてあるハンドブック的な本として、阿部ほか(1985)のあることを紹介しておく。本稿の図1は、地質調査所の衣笠善博課長から提供していただいた未公表にちかいものである。記して謝意を表したい。

引用文献

阿部勝征・岡田篤正・垣見俊弘編, 1985, 地震と活断層, アイ・エス・ユー(株), 760p.
地質調査所環境地質部地震地質課, 1983, 50 万分の

1 活構造図シリーズについて, 地質調査所月報, 34, 27-37.

萩原尊禮編著, 1982, 古地震——歴史資料と活断層からさぐる, 東京大学出版会, 312p.

Iida, K., 1965, Earthquake magnitude, earthquake fault, and source dimensions. Jour. Earth Sci., Nagoya Univ., 13, 115-132.

垣見俊弘, 1979, 概論: 活断層. 月刊地球, 1, 563-569.
活断層研究会編, 1980, 日本の活断層——, 分布図と資料, 東京大学出版会, 363p.

「活断層研究」編集委員会, 1988, 特集: 日本の活断層発掘調査(その2), 活断層研究, 5, 12.

Kinugasa, Y., 1988, Seismotectonic zonation based on the characteristics of active faults in Japan. Extended abstract of paper presented at the 7th U. S.-Japan Seminar on Earthquake Prediction, Morro Bay, California, Sept. 12-15, 1988.

小出仁・山崎晴雄・加藤碩一, 1979, 地震と活断層の本, 国際地学協会, 123p.

松田時彦, 1975, 活断層から発生する地震の規模と周期について, 地震2, 28, 269-283.

松田時彦・中村一明・杉村新, 1978, 活断層とネオテクトニクス, (杉村・笠原編) 変動する地球 I —— 現在および第四紀, 岩波講座, 地球科学 10, 岩波書店, 89-157.

日本第四紀学会編, 1987, 日本第四紀地図, 同解説(119p.), 東京大学出版会.

寒川旭(1988) 考古学の研究対象に認められる地震の痕跡, 古代学研究, 116, 1-16.

寒川旭・岩松保, 1988, 発掘された地震の液化化跡, 科学, 58, 322-325.

Sieh, K. E., 1978, Prehistoric large earthquakes produced by slip on the San Andreas fault at Pallett Creek, California. Jour. Geoph. Res., 83, B8, 3907-3939.

Shimazaki, k. and Nakata, T., 1980, Time-predictable recurrence model for large earthquakes. Geoph. Res. Lett., 7, 279-282.

Wallace, R. E., 1970, Earthquake recurrence intervals on the San Andreas fault, Geol. Soc. Am. Bull., 81, 2875-2890.

Wallace, R. E., 1981, Active faults paleoseismology, and earthquake hazards in the western United States. in "Earthquake Prediction: An International Review", Am. Geoph. Union, 209-216.

[かきみ としひろ 原子力工学試験センター特別顧問]

●公開対談

西暦2000年における地震予知 と地震災害評価

C.R.アレン[カリフォルニア工科大学]*

R.A.アンドリュース[カリフォルニア緊急サービス局]**

訳:吉田真吾●監修:力武常次

EARTHQUAKE PREDICTION AND HAZARD EVALUATION
IN THE YEAR 2000—A DIALOGUE

対談の背景

1985年11月12～13日、「南カリフォルニアの地震災害評価における将来の指針」***に関するワーク・ショップが南カリフォルニア大学で開催され、そのプロシーディングスがオープン・ファイル報告86-401としてアメリカ地質調査所(USGS)より刊行された。

ロスアンゼルス市の西北方のサンアンドレアス沿いに、マグニチュード7を超える大地震が今後30年以内に発生する確率は、40%もしくはそれ以上と算定されている。また、ロスアンゼルス地区には、破壊的地震を発生させる可能性のある断層が少なくとも95個ある(1987年10月1日、ロスアンゼルス東部地区でマグニチュード6.1の地震が起きている)。

このような情勢のもとに、南カリフォルニアの地震災害軽減のためのワーク・ショップが330人の出席のもとに開かれたのである。参加者としては、地震学者・社会学者・土地利用計画者・地震工学者・緊急対策担当者、法律・保健・保険・不動産専門家など、多種多様であった。

ワーク・ショップ全体については、報告書をみ

て頂くことにするが、ここではカリフォルニア工科大学のアレン教授と、カリフォルニア州の安全対策の責任者アンドリュース氏の公開対談を紹介したい。

この2人は、しばしば来日して日本の事情にも詳しいので、この対談は日本にとっても傾聴すべき意見を含んでいるといえよう。とくに日本では、地震対策があまりにも東海地方に集中しすぎていることに関する批判などは、いささか耳の痛い話である。

なお、本対談はUSGSの責任者J. R. Filson氏の許可を得て翻訳したものである。〈力武記〉

基調的発言

アンドリュース 私は約4年半前から地震の仕事にかかわってきました。14年間歴史学の教授をした後、この仕事についての文字通り最初の日に、西ロスアンゼルスで開かれたカクテル・パーティーに出席しました。そのパーティーには、カリフォルニア州の地震特別委員会の発足に際して、多くの人が集まりました。若くて美しい婦人が近づいてきて、「地震とは母なる自然の愛を求める叫びだということに、あなたはもちろん気づいてい

* Clarence R. Allen, California Institute of Technology

** Richard A. Andrews, California Governor's Office of Emergency Service

*** W. M. Brown III, W. J. Kockelman and J. I. Ziony (Ed.), Future Direction in Evaluating Earthquake Hazards of Southern California, Open-file Rep. 86-401, U. S. Geological Survey, Menlo Park, 421 pp., 1986.

るでしょう」といいました。私はそんなコメントを無視して、この4年半の間にわれわれはカリフォルニアにおける地震災害軽減対策の成果をかなりあげたと思っています。しかし、1985年のメキシコ地震の余波で、ここの緊急サービスで働く多くの人びとがマス・メディアの話題となりました。ある金曜日の午後、友人と私は、テレビ番組の、観客を前にしたアフタヌーン・ショーに出ることになりました。われわれが出演したのは番組の最後で、プリンスとマイケル・ジャクソンのそっくりさん、メリサ・マンチェスター、レッド・フォックス、そしてブレイク・ダンスとつづいた後でした。私たちは、大地震が起きたときの南カリフォルニアにおける死者と破壊について観客に話しました。カクテル・パーティーでの若い婦人のコメントを思い出したのはそのときです。そして、ほんとうにこの4年半にわれわれは進歩したのだろうかと思いました。

私が非常に手短かに述べようとしていることはこの仕事において、われわれはどこにいるのか、どこへ向かおうとしているのかをざっと見渡すことです。私は最近メキシコ市から戻ってきました。その経験から得た主な教訓の1つは、あの一連の悲惨な事件中にメキシコ政府と市民が出会った問題が、さまざまな政府組織とさまざまな学問分野が、互いにどうやって話したらよいかわからないため増大させられたということです。それは、ある場合には文字通り物理的に互いに話すことができないという問題でしたが、もっと重要なのは他方が何を話しているかほんとうにわからないという問題でした。このワークショップのような会議は、そのギャップを埋め、互いに話すやり方を学ぶ上で非常に重要だと思います。カリフォルニア緊急サービス局(California Office of Emergency Services)の局長ビル・メディゴビッチ(Bill Medigovich)が開会の辞で今朝述べたように、われわれは学問分野間で相互に関心を持ち合う必要があります。地質工学の情報の利用者が、情報はどうあるべきか決めるのを助けるような早期の対話が必要です。

カリフォルニアでわれわれが直面している基本

的問題は全く時間の問題です。もし、どんな時間枠について話しているのか、われわれがわかっていたら、今日までなされたすべての議論は、もっとよくかみ合っていたでしょう。われわれの持っている情報を、どのくらい速く活用する必要があるのでしょうか？われわれが話してきた規模の地震がここで起こるまでに、5年、5日、あるいは5時間あるのでしょうか？その基本的知識がないと、われわれは多くのじれったさの原因となる不確かさをたくさん持ったままになります。地震災害軽減の政策面や緊急対応面にかかわっている利用者は、つづけられている討論のいくつかを非常にじれったく思っています。その理由の一部は2つの異なる組織があるため、学問研究のシステムが緊急対応や直接人命救助活動にかかわっている人々とうまくかみ合わないからです。

とくに地震についての意識の点で大いに進歩したことを認めるのは重要なことです。もし明日大地震が起こったら、南カリフォルニアで驚く人びとは、もし4年半前に起こっていたら驚いたであろう人びとよりずっと少ないでしょう。地震は未来において避けられないということ、われわれは人々に確信させたと思いますが、それ以上に問題は時間です。疑いなく、この10年に行なわれた研究は、その時間の焦点をしぼりこむのに役立ちましたが、今なお多くの不確かさが残されています。カリフォルニアでは地震防災計画に前例のないほど力がいれられてきました。このわずか15か月の間に、州知事は地震安全対策の分野での前例のない計画に、250万ドル以上を当てる法律にサインしました。州知事と州議会の両方が地震安全対策に熱心になっていることは明らかです。もし、カリフォルニアの地震災害対策に関し短期的観点から、もっともインパクトを与えるのは何かと聞かれたら、それは緊急対応の分野だと思います。メキシコ市の地震を視察した後では、どんなによい通信システムを持っているか、どんなに迅速に対応するかには興味がなくなりました。もし、大きなビルに何千人もの人が閉じこめられた場合、救助、救出作業がいかに効率的であっても、それらの多くの人びとは救えないでしょう。長い目で

見れば、人びとを救う方法は安全な構造物を建てることです。われわれは、地震に強いビルの建て方を知っています。問題は単に誰がそれをやるべきか、誰が金を出すべきかということです。それらの問題が解決すれば、地震に強い環境を作る方向への進歩があるでしょう。

地震予知について少し述べましょう。地震予知を進展させる唯一の道は、今回ここでやっているような対談をつづけることです。われわれは相互の理解の仕方、関心の持ち方を学ばねばなりません。科学者にとって、公共に対するふるまい方を学び、実地に即応した地質学や地震学の扱い方を学ぶには、多くの難問があると思います。それは、研究所で働き、同僚と科学的意見を交換するのとは非常に異なった状況です。われわれは、その分野である程度進展しました。しかし、これから経験するであろうすべてのことから、例えばパークフィールドの予知のようなものから、そして1985年6月に経験したサンディエゴの地震警告から学ぶ必要があります。科学者が、地震が予知できることを否定しているにもかかわらず、ある火曜日、私が歩いていると誰かに新聞を手渡たされ、「どうなのか当ててくれ。つぎの5日間にサンディエゴ地区で被害地震の起こる可能性が増しているとUSGSが思っている」といわれました。そのようなことに対し、すべての確率的表現は問題にされず、あなた方は実際の状況に対処するよう強制されます。その理由の一部は、カリフォルニアの緊急問題担当者と学界との間に確立された関係のためです。

われわれは互いに話し合いをつづけていく必要があると思いますが、状態は変えていくべきだと思います。それは、われわれは単にその情報の利用者ではないということで、進むべき方向をも決めるべきだと思います。つまるところ、計画の名称は「地震災害軽減計画」であって「地震研究計画」ではないのです。計画の名称は、人命を救うということであり、単に雄弁な論文を書くことではありません。

アレン 私は数分間で2つの話題について述べようと思います。第1は、地震災害軽減の科学的

成果において西暦2000年にわれわれはどの辺にいるか、第2は、利用者との関係において科学者が持つ困難とフラストレーションは何であるかについてです。私が痛感していることの1つは、2000年はそんなに遠くはないということです。わずか15年先です。私はまだ今のままでいるかもしれませんが、「100年後の災害軽減の状態はどうなっているでしょう？」と質問されれば、答えるのは容易でしょう。そのときには、私は予防対策や地震コントロールなど、あらゆる種類の興味深い可能性について述べることができるでしょう。しかし、つぎの15年間については、その比較的短い期間に実際起こりそうなことに対し、より現実的・实际的にならざるを得ないでしょう。

15年前を振り返り、つぎの15年間に何が起こりそうか考えましょう。1970年に、われわれはどこにいたでしょう？ 1971年のサンフェルナンド地震がまだ起こっていなかったこともあって、アメリカ国民の間で地震災害についての一般的関心が今日よりずっと低かったと思います。1964年のアラスカ地震は確かに大きな被害をもたらしましたが、ロスアンゼルスのような大都市地域での地震ほど身近な問題ではありませんでした。

1970年に、地震予知の分野で、アメリカでは関心が増大しつつありました。いくつか非常に面白い結果がロシアで出され、その当時、よく知られるようになりました。Vp/Vs論争を覚えている人も多いかと思います。われわれは、ほんとうに地震予知に興味を持ち始めていましたが、まだ主要な科学的分野ではなかったといえると思います。1970年当時、1968年のボレゴ・マウンテン地震に関するUSGSの技術報告が準備中でした。その中には、マルコルム・クラーク(Malcolm Clark)等による重要な1章があり、スリップ速度および若干の仮定の下に、地震の繰返し周期を推定するのに用いられたコヨーテ・クリーク(Coyote Creek)断層の発掘についての記述があります。

1970年においては、科学者・工学者および利用者グループ間の会話は、われわれが今日行なっているものに比べると、きわめて微々たるものでした。このワークショップのような会議は、その当

時ほとんどありませんでした。1970年以来、15年間に多くのことが起こりました。つぎの15年間に同じような成果があがらないという理由は、とくにないと思います。産業界からの人びとを含め、15年前より多くの人びとが、この問題に関する仕事をしています。確かに、地震と災害評価についての、科学的理解へのもっとも基本的な貢献の多くは、コンサルタントとしての地質工学者や技術者からもたらされています。さらに今日、エンジニアといっしょに仕事をしている地球科学者は当時よりずっと多くなりました。

わずかに15年後の2000年に、われわれはどこにいますのでしょうか？ 中期あるいは短期的地震予知——それがまさに一般民衆にとって「予知」という言葉が意味しているものなのですが——は、2000年までには日常的業務になっていないと思います。大いに進歩しているとは思いますが、そのときまでに、日常業務として被害地震の予知をしているとは全く想像できません。

2000年までに、つぎのパークフィールド地震が起こっていることでしょう。予知研究計画の将来のすべては、パークフィールドで何が起こるかに非常に強く依存すると思われます。そこでは、たいへんな努力がなされています。その地域には、すばらしい計器群が設置されるでしょう。その実験は重大だと思えます。もし、ほんとうに地震に前兆が伴うなら、たとえ、それが後からわかったとしても、地震予知計画にとって大きな励みとなるでしょう。しかし、もし地震に物理的前兆が伴わないのなら、そしてそれは確かに可能性のあることなのですが、われわれは予知の代わりに災害評価に多くの努力を向けるようになるかもしれません。だから、パークフィールドの実験は非常に重要であることを、私は強調したいのです。そして、その評価を非常に正直に受け入れなければなりません。もし地震が起こり、何らの物理的前兆が見られなかったならば、近い将来、地震が起こりそうな他の地域での、現実的な予知の可能性について再考しなくてはならないと思います。

測地学的観測の重要性が、予知の観点からだけでなく災害評価の見地からも、2000年までに非常

に増すと思います。Global Positioning System (汎世界測位システム、略称 GPS) のような新しいシステムの導入が測地学に革命を起こすでしょう。個々の地震の前兆かもしれない短期間の変形だけでなく、徐々に蓄積している歪から見て、アメリカのどの地域がもっとも危険であるか示してくれるかもしれない長期的変形をも含め、アメリカの国土にどんな種類の変形が起こっているのか、今から15年後にはよくわかるようになるでしょう。主に測定器の進歩によって、測地学的観測は予知計画において今より重要な役割を果たすようになると思います。

さらに、この2、3年間に見られたように、歴史地震に依存するアプローチだけでなく、確率論的アプローチの信頼が増すでしょう。それは地質学的変形速度や、非常に古い地震活動度などの他の種類のデータに強く依存するでしょう。古い地震活動度の研究が何倍にも増加し、おそらくその頃までには、なぜ1886年のサウス・カロライナのチャールストン (Charleston) 地震が起こったかが理解されているかもしれません。2000年までに、被害地震がアメリカを襲っているかもしれません。おそらくサンアンドレアス沿いの大地震はまだ起こらないでしょうが、いえることは、2つか3つのマグニチュード6、またはそれより少し大きい地震が、おそらく南カリフォルニアに起こり、それらの1つか2つはロスアンゼルス、サンバーナーディーノ、サンディエゴなどの都市圏で起こるだろうということです。それらの地震のうち、少なくとも1つか2つは地震学者や地球物理学者の虚をつくように起こり、1984年のコアリंगा (Coalinga) 地震が、われわれを驚かせたのと同様に、予期せぬ場所で、予期せぬ時に、予期せぬように起こると、私は予想しています。

さて、われわれ地震学者が利用者との相互関係において直面する問題のいくつかに目を向けましょう。その1つは、たとえ科学者が最終目標からまだ遠いところにいたとしても、災害準備対策をしている人びとが、地震予知の可能性に飛びつく驚くべき速さです。科学者であるわれわれにも、いくらか罪があることを私は認めます。おそらく

人びとに計画を吹聴しすぎました。しかし、われわれが、ほとんどの地区で実際的で科学的な地震予知をほとんど全く実行していないときに、人びとが地震予知に反応しようと努力したことに驚いています。第2に、疑わしいソースに基づく地震予知を、一般の人びとや新聞や政府機関の一部が進んで、そして熱心に受け入れようとしていることに、少々フラストレーションを抱えています。われわれは、マスメディアや民衆とのつき合い方にうしろめたさがないわけではありませんが、それは非常に不安を感じフラストレーションを覚える分野です。第3に、確率的表現に理解と共感が得られないことに少し不満です。数年前、ダムの所有者から「確率とか許容危険率とかいうナンセンスなことはいわないで、ダムが安全かどうかだけを教えてくれ」といわれたのを覚えています。世界が、そのくらい単純ならいいのですが、私は確率論的アプローチの傾向が強まっているのは、非常に評価できることだと思います。もっともアンドリュースさんは、そのことに賛成しないかもしれませんが、

われわれにとって、フラストレーションを与える1つの分野は、ぶしつけない方ですが、災害対策機関が安定していないということです。それは、政治の変化によって幹部の人が来たり去ったりする政治のフットボール・ゲームのように思われます。われわれの誰も、その問題に答えられないと思いますが、政府機関の急激な変革につき合おうと努力することは、確かにあるフラストレーションの一部となっていました。

第5に、これはアンドリュースさんの同意が得られるかどうか疑わしいのですが、われわれが繰り返し警告しているにもかかわらず、地域社会からの反応がないということです。サンアンドレアス断層で大地震の可能性があると、何度繰り返さなければならぬのでしょうか？ 私は1930年からここに住んでおり、そのとき以来、そのような発表を繰り返し聞いてきましたが、今なお人々は「おや、サンアンドレアスは危険な断層なのか？

なぜ、あなた方は教えてくれなかったのですか？」とっています。

短期予知か長期予知か？

アレン 最後に、アンドリュースさんに質問をして終わりたいと思います。科学者のわれわれには、地震災害に関して、どんなタイプの科学的情報が民衆にとってもっとも有益なのか、完全には明らかではありません。この質問をさせて下さい。新たに公表された USGS 技術報告1360号は、ロスアンゼルス地区に重要な影響を及ぼす地震としてニューポート-イングルウッド(Newport-Inglewood)断層におけるマグニチュード6.5の地震について述べています。来週起こるべきニューポート-イングルウッド断層のある特定の場所におけるマグニチュード6.5の地震の確かな予知と、つぎの50年間に起こりそうだという確かな確率的発表とでは、利用者社会にとってどちらが有益でしょうか？ これら2つのシナリオは、必ずしも互いに排除し合うものではありませんが、ある程度われわれの研究の異なるやり方を代表します。

アンドリュース 災害対策機関の短期的行政にたずさわる者の1人として、私は短期的予知を要求します！

アレンさんは多くのよい点をあげたと思います。2000年はそんなに遠くはありません。南カリフォルニア、あるいはカリフォルニア州、あるいは合衆国全体での重要な災害軽減に関して何かをなし

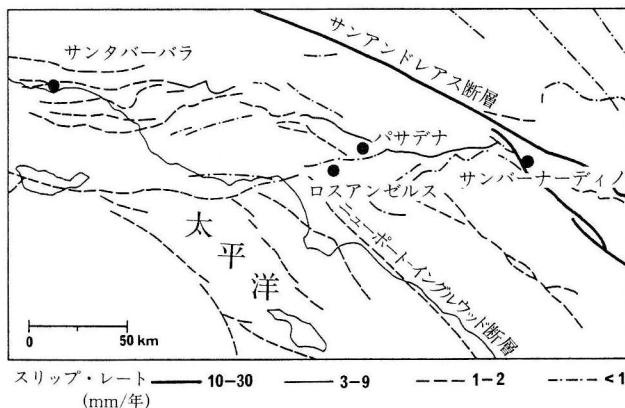


図1 ロスアンゼルス周辺の断層とそのスリップ・レート

とげるには、今新たな計画を開始しなければなりません。民衆に対して地震の可能性を示す確率的表現についてのすべての問題は、われわれが試行錯誤によって調べる必要があると思います。サンディエゴの経験では、最後の公式発表では、前の晩起きたのと同じようなものが20回起こるうちの1つが被害地震になる、といました。それは5%ということのあいまいさ——何の5%か？——を避けるすばらしい方法だと思いました。その後、サンディエゴで予知発表に関係した様々な人と会合を持ちました。マスメディアの1人が、「20回起こるうちの1つと表現するなどという馬鹿げた考えを、いったい誰が提案したんだ。なぜ5%といわなかったのか？ それなら皆が理解する」といました。民衆に対する発表をどのように表現するかという問題は、ほんとうに注意深くアプローチする必要があります。

私が考えていることの1つは、どのレベルであっても、公共機関にかかわっている人びとにとってのフラストレーションのほとんどは、決定を迫られたときに専門家の中から人選する難しさにあるということです。7、8人の地震学者を登録することや、何が起こるかについて異なる意見を聞くことはフラストレーションのもととなります。科学者は単なる同僚からの尊敬よりずっと重要なもの、すなわちカリフォルニアの人びとの人命と安全を扱っているのだということを認識する必要があります。われわれは、将来なされるどんな種類の予知についても、緊密に連絡し合う必要があります。科学者の1つのグループが「ええ、この確率でそれが起こるでしょう」といい、3、4人の他の科学者が同じ日の新聞で、その結論に反対するのは好ましくありません。私は、それはわれわれがたずさわっている全体の努力を阻害するものだと思います。

つぎの15年間に、われわれが注意を払うべき主なことは、対応能力を改良することに加え、カリフォルニアの幾千もの危険な建築物をうまく処理することだと思います。私たちはそれらを補強する低コストの方法を開発しなくてはなりません。そしてわれわれが扱っているのは基本的に政治的

問題であり、技術的問題ではないということを認識し始める必要があります。われわれは明らかに、ここカリフォルニアでの地震災害を非常に減らすのに十分な知識を持っています。科学者の責任は単に研究をして果たされるのではなく、州議会で証言する必要があります。明晰な言葉で話さなければならないということを、科学者は認識しなくてはなりません。それが学術研究者の性分に多くの点で反していることはわかっています。しかし、長期間にわたって、地震研究者の何人かは賞讃を受けることなく予言者であることをエンジョイしてきました。彼らは「誰もわれわれに注意を払わないが、何をすべきかわれわれはほんとうにわかっている」と自分の部屋に閉じこもっていつてきました。今や、彼らは太陽の光やテレビカメラの閃光を浴びる必要があります。われわれは、この計画を共同して進める必要があると強調したいと思います。アレンさんは災害対策に関するフラストレーションと、緊急問題担当者が地震予知をかきまわしてきた事実を指摘しました。われわれはいくらかその罪を犯していますが、民衆の安全という見地からは、地震予知は研究活動ではなく実行すべき現実なのです。私たちは、その見地から研究し、共同して前進する必要があります。

アレン アンドリュースさん、あなたの非難の1つは、科学者は協力して行動しようとせず、いろいろな人びとが学界の他の人と異なることをしているということですが、確かにその通りのときもあります。大学関係の人間は政府の人間より有利な点があることを指摘したいと思います。いかなるレベルにおいても、政府の人が話すときは、いつも民衆は、その人は政府を代表して話していると思ってしまいます。しかし、大学教授が話すときには、誰の代表でもないことを知っており、そのことが発表する大学の人びとの責任をかなり減らすのです。そのことを私は1975年のアメリカ地震学会の会長講演で強調しました。地震予知は非常に特殊な分野であり、もし危険をおかして予知を発表しようとするなら、公の場で自分を守る責務を負うことになるでしょう。それは科学の他の分野と全く異なります。しかし、地震予知は今

なお研究段階にあります。世界中の誰も、実用できて信頼できる地震予知計画を持っているとは主張していません。だから、科学者が異なる意見を持つのは避けられないことであり、われわれの社会では、それはいいことだと思われています。そのように、意見や理論や仮説を闘わせて進歩するのです。

日本の東海地震対策の是非

アレン あなたに聞きたいのですが、日本人は東海地震の予知において、われわれより協力して行動しており、彼らをまねなければならないと思いますか？

アンドリュース はい、彼らはそうしていると思います。東海地区で彼らは、ある点でパークフィールドに類似した状況にあります。彼らは大地震が起こると考えられる場所と、地震の直前にだけ現れる前兆を同定しました。実際にそれが起こるか起こらないか、われわれにはまだわかりません。しかし、地震予知の努力を組織し運営していく点では、彼らは協同して行なっていると思います。日本を旅行し、予知計画にたずさわっている人たちと話すと感じを受けます。もし異常が観測されたなら、計画がどのように働くかについて、彼らは皆、理解しているように見えます。それに反し、もしこの部屋で人びとに、国およびカリフォルニアの地震予知評価委員会の役割の説明を求めたとき、役割が何であるか明確に答えられるのは50%より少ない人だけでしょう。

アレン 日本の努力に関して、それほど楽天的でない見解を述べさせて下さい。第1に日本は、われわれよりずっと多くのお金を地震予知に注ぎこんでいることを認めなければなりません。明らかに、日本のほうがアメリカより問題が重要です。しかし、日本の科学者は東海地震予知の場合、いささか危険に身をさらしすぎているかもしれないと思います。彼らは差し迫った地震としてただ1つの地区だけを同定しており、そこが実質的にすべての努力が向けられている場所です。いっぽう、私は、つぎの日本での大地震は、東海地区では起

こらないだろうということ予測します。その場合、科学者と政治のリーダーは結果的にいくらか困ってしまうことになると思います。日本の科学者は統合されているように見えますが、私にはそれが全く望ましいかどうかはわかりません。予知の問題についてアメリカで聞かれるいろいろな発言が、災害軽減の他の面と同様、地震の問題の長期的な解に実際に有益であることを私は主張したいと思います。

10日以内に地震発生の予知が出されたら

アンドリュース あなたに質問させて下さい、アレンさん。10日以内に予想される地震についてコンセンサスが得られたという声明が、カリフォルニア地震予知評価委員会から出された場合、その地震に対する個々の科学者の責任は何だとあなたはいますか？ 学界の他のメンバーの責任は何でしょうか？ 彼らは、それについて公にコメントするべきでしょうか？ それから、彼らの果たすべき役割は何だと思いますか？

アレン 彼らが非常に注意深くならなければならないことには同意します。州と国家の委員会の両方のメンバーは、広い範囲の科学的意見を代表するために選ばれています。もし、それらの委員会が、合意された意見を代表する見解を発表するなら、科学者たちは声明を出すことに非常に注意深くならなければならないと思います。いっぽう、批判を述べない理由はないと思います。もし、意見が公にテストされるようなやり方で批判するなら、批判するのは必ずしも無責任であるとは思いません。しかし、いったんコンセンサスが得られたならば、発言に注意深くならなければならないという点では、あなたと確かに同意見です。

マグニチュード6.5の予知が、確率的表現よりいいというあなたの答に興味があります。私が全くあなたに同意するかはわかりません。ニューポート-イングルウッド断層とロスアンゼルスとの隣接部分に沿った、つぎの50年間の建築基準や土地利用計画の見地からは、つぎの50年間にその断層で何が起こるかについての正確な確率的評価は、

今から2週間後の地震の予知より、この市の住民にとって有益だと思います。とにかく2週間後の地震に対する準備をするのは難しいでしょう。

アンドリュース ニューポート-イングルウッド断層のマグニチュード6.5の地震で、死亡するかもしれない何千人もの人びとに対する責任についての基本的な論点に、われわれは再び戻ってきたようです。彼らが思い起こすであろうことは、長い目で見れば、われわれはとにかく全員死んでしまうのだという経済学者の陳述だけだと思います。ところが、さしあたりのことを考えるのなら、われわれの注意を集中する必要があるのは、その問題であり、もし350万、400万ドルの財産の損失と何万人もの人々の死につながるかもしれない地震について述べるなら、たとえ多くの問題を伴うことを認めても、やはり短期間の予知に賭けたいと思います。

アレク 予知はいかにして、その350万ドルを

救うのでしょうか？

アンドリュース おそらく救わないでしょう。

アレク 2週間前の通知の価値は何でしょう？

アンドリュース それは命を救うでしょう。命を救う可能性を持っています。

アレク いっぽう、長期的予知は、将来、多くの命とともに350万ドルの大部分を救うでしょう。

アンドリュース この問題で、われわれが直面しているのは、二者択一の選択のタイプではないと思います。やはり50年間の確率的表現は、ある点で基本的論点を巧みに避けているといたいのです。

アレク それは、他を排除しての1つの選択ではありません。地震予知に向けられている科学の努力は、短期および中期の予知のための物理的前兆を見つけることに基づいています。災害評価に関して、われわれは一連の過去の地震と、確率論的アプローチに注意を向けています。ですから、ある程度、われわれがしなければならぬ選択は、われわれの金をどこに使うかについてです。災害評価に対し地震予知にいくら注ぎこむか？ 私はそれが重大で難しい問題だと思います。

アンドリュース もし私が選択しなければならぬとしたら、それは長い目で見て、全体の地震災害を軽減するのに役立つ種類の手法の開発でしょう。地震予知だけでは、カリフォルニアや他の地域での地震安全対策に関する複雑な問題を解決するのに役立たないでしょう。われわれの討論は、小さなパイをいかにして分割するかというものではないと思います。われわれは、なぜ努力の全体のレベルと、この問題に使う財源を増大する必要があるかを立証する必要があります。その問題は州の問題でもあり、地方自治体の問題でもあるので、多くの財源を、ここカリフォルニアから出さなくてはなりません。この数年間に、われわれのかかわっている計画に関し、カリフォルニアである程度独立してやっつけていけるようになったと思います。私は連邦優先と連邦資金だけで地震問題の答が出せるとは思っていないので、われわれは、それをつづける必要があります。

[完]

『資料・日本の地殻水平歪』 限定部数複製頒布のお知らせ

本書は、国土地理院の承認を得て、同院の技術資料F・1 No.6 [日本の地殻水平歪] を、当財団が研究資料として研究者の利便を目的とし、その複製版を限定発行したものです。

ご希望の方々のために、下記のような実費頒布を致しております。お問合わせ下さい。

日本の地殻水平歪 国土地理院編

- 体裁 上製・証判 本文133頁 2色刷
付録 カラー歪図 2編
- 頒布実費 [送料を含む] 20,000円
- 申込先
〒101 東京都千代田区神田美土代町3
財団地震予知総合研究振興会
☎03-295-1966 FAX03-295-1966
- 郵便振替口座 東京1-109120

なお、限定部数のため、在庫も少数となりましたので、お問い合わせ下さい。

財団法人 地震予知総合研究振興会
〒101 東京都千代田区神田美土代町3

大地は動く

液状化による地盤の側方移動

浜田政則

著者らの研究グループが航空写真を用いて、液状化による地盤の永久変位の測定をはじめたのは4年前である。(財)地震予知総合研究振興会がガス会社から研究委託を受け、昭和58年日本海中部地震による能代市のガス導管の被害調査を行なったのがきっかけである。ガス会社の技術者2人と能代市に出かけ、ガス導管の被害状況をつぶさに調査した結果、地盤がかなりの大きさ、それも数mのオーダーで水平方向に動いたのではないかとの感触をもった。

地震前後の航空写真を用いて地盤の永久変位を測定した結果、勾配が5%以下の緩やかな砂丘斜面で最大5mもの水平変位が生じていたことが判明した。埋設管の被害の状況や地表面の亀裂の状況なども、地盤の水平変位の測定結果とよく一致することがわかった。さらに水平変位が生じた地域では、かなり広い領域にわたって液状化し易い緩づめの飽和砂層が存在することが土質調査結果より明らかにされ、液状化が水平移動の原因であることもつきとめられた。

液状化が原因であれば、昭和39年の新潟地震でも地盤の水平移動が生じていたのではないかということで、同じ方法で測定して見ると、信濃川沿岸で10mに達する水平変位が生じていたことが明らかにされた。

ちょうど、その頃、米国の第3回地震工学研究会に出席して、米国でも同じような研究が進んでいることを知った。コーネル大学のT. O'Rourke教授やプリンクハム・ヤング大学のT. Youd教授らが、1906年サンフランシスコ地震や1971年サンフェルナンド地震により地盤の水平移動が生じ、埋設管路などが多大な被害を受けていたことを報告していた。

そこで液状化による地盤変位と構造物被害に関

する日米共同研究の構想がまとまり、日本側は東京大学名誉教授久保慶三郎先生を委員長とする研究会が地震予知総合研究振興会に、また米国側はプリンストン大学篠塚教授を代表格とする研究会が国立地震工学研究所(National Center for Earthquake Engineering Research)に組織され、お互い協力して研究を進めることになった。

本稿はここ数年来日本国内で進められてきた研究の概要を紹介するものである。詳しくは地震予知総合研究振興会報告書 *Study on Liquefaction-Induced Permanent Ground Displacements*, by M. Hamada, S. Yasuda, R. Isoyama and K. Emoto⁽¹⁾ および稿末に掲げた文献⁽²⁾⁽³⁾を参考にされたい。

液状化による地盤の永久変位

(1) 日本海中部地震による地盤変位 昭和58年5月26日、青森県の西方約90kmの日本海で発生した日本海中部地震(マグニチュード7.7)は、東北地方の日本海沿岸に甚大な被害をもたらした。比較的震源域に近く、また市街地の大きな部分が砂丘後背地に位置する能代市では、建築物・公共土木施設・ライフライン施設などに多くの被害が発生した。被害の集中した地域では、多数の噴砂・噴水の跡がみられ、広範囲の地盤が液状化したことが示されていた。

①測定の方法と精度……能代市の永久変位測定に用いられた地震前後の写真はそれぞれ地震前2年と1週間後に撮影されたもので、撮影縮尺はともに1/8000である。地震前後の航空写真によって地盤の永久変位を測定するためには、地震前後を通じて不動と考えられる基準点の設定が

必要である。基準点は原則として測定対象領域周辺の三角点から選定した。いずれの三角点も丘陵あるいは砂丘の頂部に位置し、液状化を含む地盤変状は認められず安定した地点と考えられる。

地盤の永久変位を測る点は地震前後の写真において共通して確認される点で、なるべく地表面に固定されたものでなければならない。マンホール、地籍境界の標石、電柱の足、さらに側溝などを優先的に選んだが、比較測定点を十分に密に発見できない地域では、被害が報告されていない家屋の屋根の角などが二次的に選定された。

写真測量の精度は、写真の撮影縮尺、座標の読み取り誤差などによって支配される。また、地震前後の写真測量による座標値の差、すなわち地震による変位量の精度の2乗和の平方根と

して表される。本項で述べる能代市の南部地域での精度は、水平方向で±17cmと見積もられている。

②地盤変位と地形・土質条件……能代市南部地域の砂丘前山周辺での水平方向の永久変位を図1に示す。水平方向の永久変位が、砂丘頂上より勾配5%以下の緩やかな斜面に沿って放射状に生じている。とくに北側斜面での水平変位は大きく、最大で5mに達している。水平変位は広い地域にわたって生じており、北側斜面では幅200m、長さ400mもの地域が水平方向の変位を生じている。

図1には、秋田大学の調査による陥没・亀裂など、地盤変状の位置も併せて示している。水平変位の大きい北側斜面の頂上直下で、亀裂・段差が数多く発生している。北側斜面では、水平変位の方向が亀裂の方向に対してやや傾いているが、その他の南側・東側の斜面では、おおむね直交している。

図1に示す測線7-7'に沿った土質条件および地震によって液状化したと推定される土層を図2に示す。液状化層の推定は岩崎・龍岡⁴⁾らが提案した簡易式により、液状化に対する抵抗率 F_L 値が1.0以下になった土層を液状化層とみなした。また液状化層の推定に用いた地表面最大加速度は250gal*と仮定した。

図2より、地表面がなだらかに傾斜していること、また地表面下に厚さ1~2mの液状化層が二段にわたって広く存在することがわかる。図2には測線に沿った水平方向の永久変位も示している。ただし、この変位量は測線方向へ水平変位ベクトルを投影した値である。水平変位は斜面上部で大きく斜面を下るにつれて徐々に減少している。斜面の終点近くでは、地表面の傾斜が小さくなっ



図1 能代市南部地域における地盤の永久変位

* 能代市では強地震観測は行われていないが、能代市より約20kmほど震央から遠い秋田港で205gal(EW成分)の震表最大加速度が記録されているため、ここでは250galと仮定した。

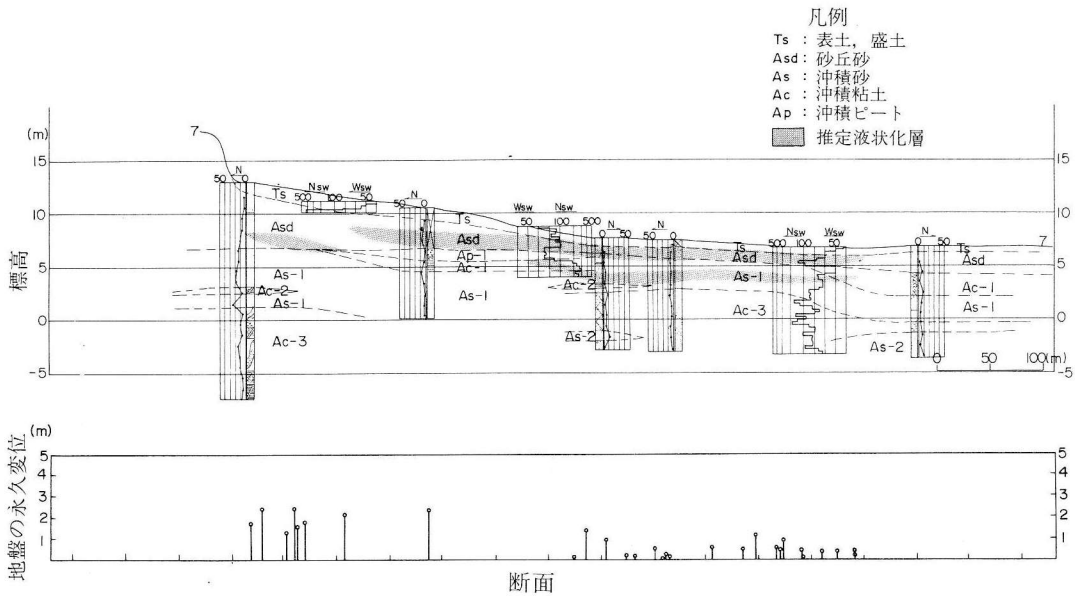


図2 土質条件と推定液状化層 [能代市南部]

てゆくとともに液状化層も薄くなっており、変位も収束している。

(2) 新潟地震による地盤変位 昭和39年6月16日に発生した新潟地震により、震央から約50kmに位置する新潟市では広い地域で液状化が発生し、建築物、橋りょう、石油タンク、ライフライン施設などがきわめて大きい被害を蒙った。

①地盤変位と信濃川の川幅の減少……地震による地盤の永久変位の測定方法は、日本海中部地震における能代市の場合と同様である。地震前後の写真の縮尺は、それぞれ1/11000, 1/12500で地盤変位の測定精度は水平方向で±72cmと見積られている。

図3に、信濃川の万代橋～八千代橋間および新潟駅周辺の水平方向の変位を示す。信濃川の沿岸で、最大8m以上もの永久変位が河心に向かって生じている。これらの地盤変位が測定された測定点は護岸より十分離れた位置に設けられており、護岸の崩壊等による局部的な変位の影響はなく、兩岸に沿ったかなり広い地域の地盤が川方向に動いたことを示している。すなわち、地震によって信濃川の川幅が大幅に減少したことになるが、これを確認するため、地震前

後の川幅の変動に着目した航空写真測量を行なった。地震前の航空写真より測定される川幅から、地震後護岸の復旧が完全に終わっていた昭和50年の航空写真による川幅を差し引き、変動幅を求めた。図4に、この結果を示すが、八千代橋～万代橋間では16～23mも川幅が縮まっている。この値は図3に示した兩岸の変位の和より少し大きな値を示しているが、崩壊した旧護



図3 新潟市信濃川～新潟駅付近の地盤の永久変位

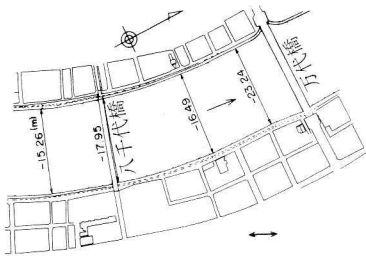


図4 新潟地震による信濃川の川幅の縮小

岸の前面に矢板を打ち込むことにより護岸を復旧したことを考慮すると両者の結果はほぼ一致しているといえよう。

②地盤変位と地形・土質条件……万代橋の右岸より新潟駅に至る測線 C-C' に沿った地層断面および地震によって液状化したと推定される土層を図5に示す。万代橋の右岸では液状化層の下面が河心に向かって傾斜している。この付近では前述したように川に向かって最大8 mの変位が生じている。万代橋より約250 m駅方向に離れた地点では3～4 m程度の変位が川と反対方向すなわち駅の方向に生じている。図5に示したように、この付近の地表面はほぼ水平であるが液状化層の下面が勾配1～2%で緩やかに傾斜していることが読みとれる。

(3) 液状化による永久変位の発生形態 能代市および新潟市で観測された永久変位発生地域での地形・土質条件の形態を分類すると図6となる。タイプIは、能代市で観測された事例で、地表面が緩やかに傾斜しており、その下に広範囲に液状

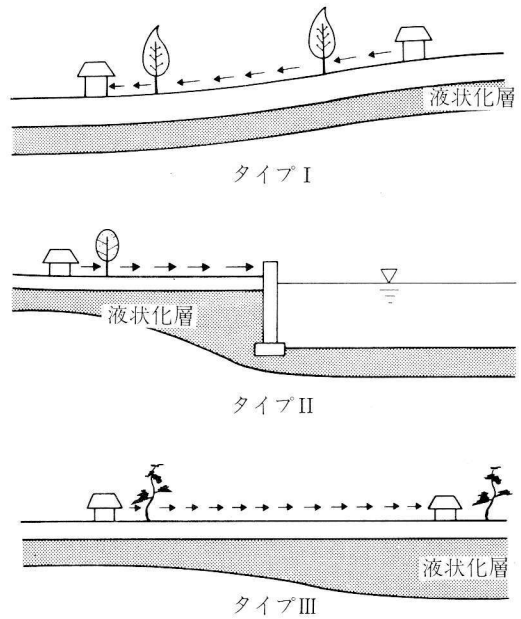
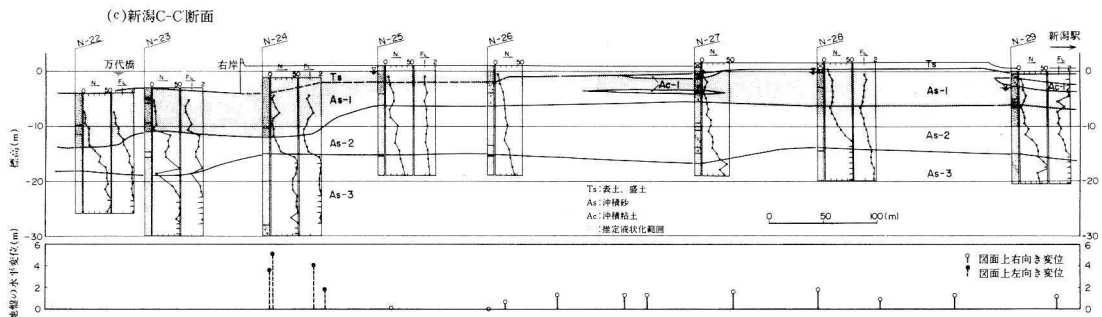


図6 地盤の永久変位の発生形態

化層が存在する。タイプIIは、信濃川沿岸で見られた事例で、もともと護岸の存在により川方向へ動きやすい地形条件の上に、液状化層の下面が河心に向かって傾斜している。タイプIIIは、新潟駅付近での事例で、地表面は平坦であるが液状化層の下面が傾斜している。

タイプI, IIについては地表面が傾斜していること、あるいは不連続であることから、地盤が側方に移動するメカニズムを明らかにすることが可能と思われるが、地表面が平坦なタイプIIIについては力学的な不均衡は存在せず、この場合のメカニズムを解明することは容易でないように考えられる。地表面が平坦で、液状化層の下面の勾配が



N-3～N-29：ボーリング位置，N：標準貫入試験によるN値， F_L ：液状化に対する抵抗率

図5 土質条件と推定液状化層 [信濃川～新潟駅]

2～3%以下という地盤は、東京など大都市部では数多く存在すると考えられ、今後説明が急がれる課題である。

地盤の永久変位による構造物の被害

以上述べたように、液状化による地盤の水平方向の永久変位は数mにも達する。したがって、建物基礎・埋設管路などに与える影響は、きわめて大きいと考えられる。そこで筆者らの研究グループは、能代市と新潟市で永久変位が卓越した地域について、既往の震害資料の見直しと付近住民への聞き込みおよび被害写真等の収集を行ない、構造物被害と地盤の永久変位との関連を調査した。この結果、明らかに地盤の永久変位によると考え

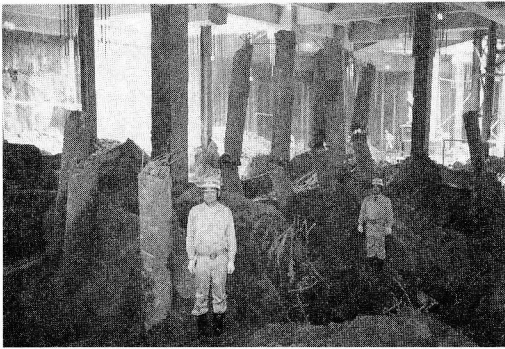


写真1 鉄筋コンクリート杭の被害 [Nビル, 河村らによる (5)]

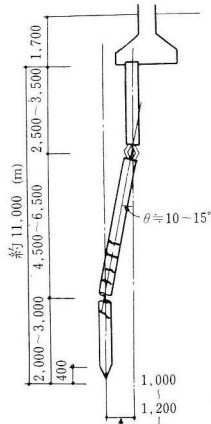


図7 基礎杭の被害と変形 [Nビル, 河村らによる (5)]

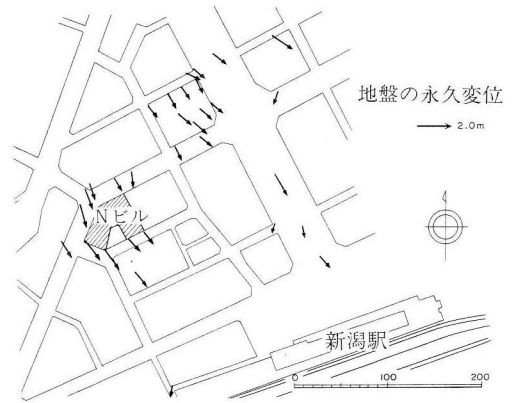


図8 基礎杭が被害を受けた建物付近の地盤の永久変位

られる構造物被害を、数多く見つけることができた。ここでは、地盤の永久変位による構造物被害の代表的事例について述べる。

(1) 基礎杭の被害 写真1は、新潟地震より約20年後の昭和59年に発見された4階建建物の鉄筋コンクリート杭の破損状況である。建替えるため基礎地盤を掘削したところ、直径30cmの基礎杭がごとごとく折れていたことがわかった⁽⁵⁾。図7に示すように杭は上下2か所で完全に破壊されており、杭先端と杭頭部の水平変位差は1.0～1.2mであった。また杭の変形方向はすべて南東の方向であったとされている。図8はこの建物付近の地表面の変位ベクトルを示すが、地表面での変位は1.0～2.0mであり、ベクトルの方向も駅方向、すなわち、南西の方向を向いている。

地盤の永久変位の大きさと方向が杭の変形と一致していること、また杭が先端に近い部分でも破壊されていたことから、杭の被害原因は建物の慣

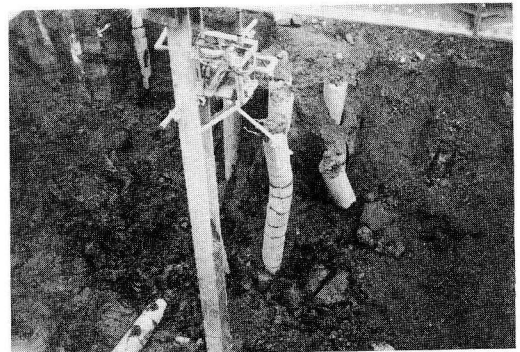


写真2 鉄筋コンクリート杭の被害 [Hビル]

性力でなく地盤の永久変位であったと推論することができる。

写真2は、さらに3年後、昭和62年にやはり建物の建替えによって発見された鉄筋コンクリート杭の被害である。この場合も基礎杭はことごとく破壊されていた。この建物は万代橋と新潟駅のほぼ中間に位置しており、地表面での地盤変位量は3～4mである。

(2) 橋りょうの被害 新潟地震では、多くの橋りょうが大きな被害を受けた。写真3は新潟駅構内の東跨線橋の落橋の状況を示す。支間26.6mの単純桁の可動支承が桁座よりはずれて落橋した。地震後、可動支承部の橋脚の基礎杭を引き抜いたところ図9に示すように、直径300mmの鉄筋コンクリート杭にクラックが入っていることがわかった。ここで注目すべきことは、クラックが杭の片側にのみ生じていること、また杭の上部のみならず下部にも生じていることである。橋りょうの上部構造に作用する地震時慣性力によってクラックが生じたとすれば、杭上部にクラックが集中すること、また地震時の慣性力は繰り返し荷重のため杭の両側にクラックが発生するはずである。杭の片側だけにクラックが生じたということは、杭に作用した外力が一方方向のみに作用する外力であったことを示している。

地盤の永久変位が発生した能代市および新潟市での住民の聞き込み調査を総合すると、地盤の永

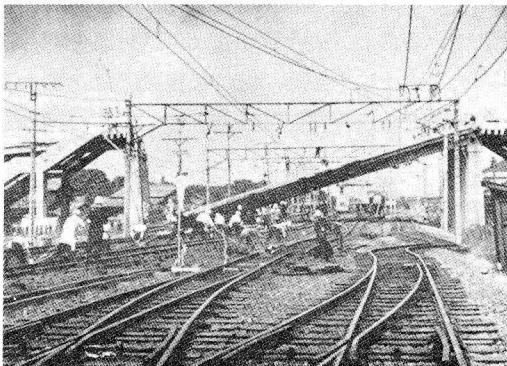


写真3 東跨線橋の落橋

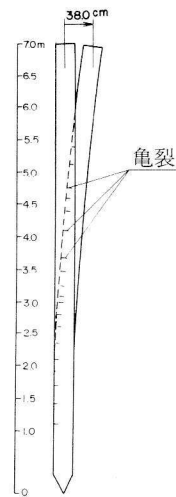


図9 鉄筋コンクリート杭の変形と亀裂[東跨線橋]

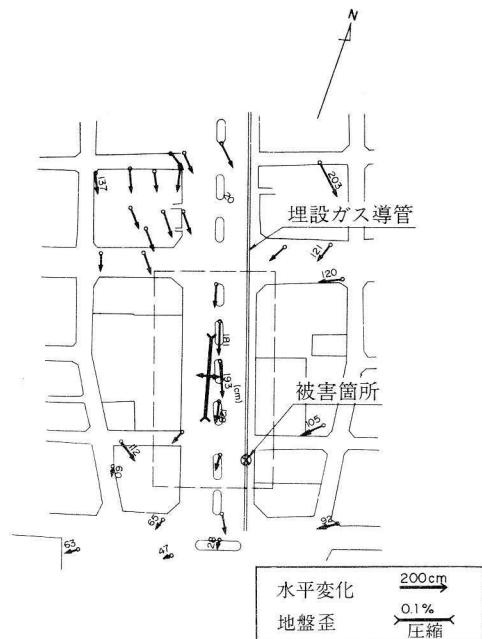


図10 東跨線橋付近の地盤の永久変位とひずみ

久変位の発生は、地震の揺れが収まった後も長時間継続し、変位が徐々に増大したものと推定される*。

図10は、落橋した東跨線橋付近の地表面の永久変位を示す。橋りょう北側では1～3mの変位が北方向に生じているのに対し、橋りょう南側の取付部では地盤の変位は橋軸に直交方向か、あるいは

* 例えば、能代市の砂丘の前山北側斜面にある住宅地では「約30分間家がきしみ続け、棚の上のものが落下し続けた」。また新潟市では「地震の揺れが収まった後も地割れが拡がり、噴砂・噴水が続いた」などの証言がある。

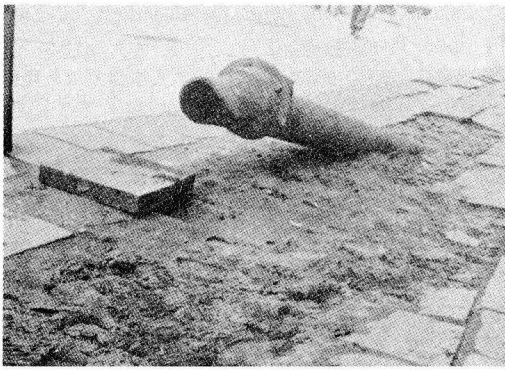


写真4 ガス導管の地上への突出

は南方向に生じている。地盤変位より計算された地盤の永久歪もほぼ橋軸方向に約1.5%の引張り歪となっている。このことは、地盤変位が橋りょう支間長を拡げるように生じたことを示している。地震後の測量によっても中央支間が50cm拡大していたことが報告されている。

以上述べた基礎杭の破損状況、および周辺地盤変位の測定結果を総合すれば、本橋の落橋の原因

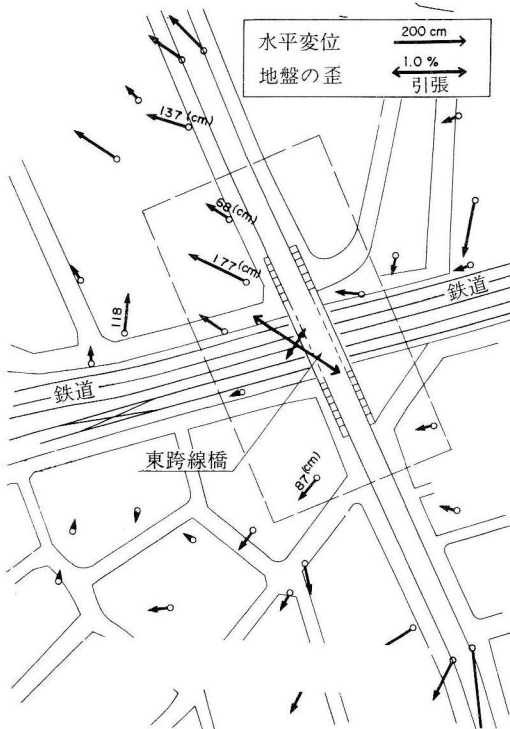


図11 ガス導管被害地点付近の地盤の永久変位とひずみ

は、地盤の永久変位であったと結論することができる。

(3) 埋設管の被害 写真4は、新潟駅付近の路上に突出した直径15cmの鑄鉄ガス導管を示す。新潟地震では、埋設管のジョイント部のはなれによる破損とともに、写真に示すような埋設管路の地上の突出が数多く見られた。

図11は、ガス導管の被害地点付近における地盤の水平変位と地盤歪より算定した地盤の歪を示す。やや管軸と傾斜しているが約0.3%圧縮歪が生じている。地盤の圧縮歪により管が座屈し、地上に突出したものと推定される。

あとがき

液状化により地盤が水平方向に数mのオーダーで移動する場合があること、また基礎杭や埋設管路の被害の多くは、この地盤歪が原因と考えられることが明らかになった。

しかしながら、地表面がほぼ平坦な地盤において、どのようなメカニズムによって永久変位が発生するのかが明らかではない。はじめに述べたように、本研究課題に関して現在日米間の共同研究がなされている。日本側の研究活動には国公立の研究機関・大学・ライフライン企業・建設業および建設コンサルタンツから、多くの研究者・技術者が参画している。永久変位発生事例調査・数値解析および模型実験などによる研究が強力に押し進められている。これらの研究努力により、近い将来、液状化による地盤の永久変位のメカニズムが明らかになることを期待したい。

埋設管路や構造物基礎の耐震設計には、現在のところ、液状化による地盤の大変位は考慮されていない。本稿で二、三の事例を示したが、地盤の永久変位によって被害を受けたと考えられる構造物の事例は数多くある。このため、地盤の大変位を考慮した構造物の耐震計算法の確立と対策工法の開発もまた急務と考えられる。

ここで述べた研究の大半は、九州工業大学安田

進助教授、日本技術開発(株)磯山龍二氏、故東海大学恵本克利講師との共同のもとに実施されたものである。ここに記して謝意に代えたい。また一部は、現在進行中の日米共同研究の成果によるものである。末筆ながら、共同研究の参加者に感謝の意を表する次第である。

参考文献

(1) M. Hamada, et al., 1986, Study on Liquefaction Induced Permanent Ground Displacements,

Association for The Development of Earthquake Prediction.

(2) 浜田政則他, 1986, 液状化による地盤の永久変位の測定と考察, 土木学会論文集, 376号/Ⅲ-6, 1986.
 (3) 浜田政則他, 1986, 液状化による地盤の永久変位と地震被害に関する研究, 土木学会論文集, 376号/Ⅲ-6.
 (4) 岩崎敏男他, 1978, 砂質地盤の地震時流動化の簡易判定法と適用例, 第5回日本地震工学シンポジウム.
 (5) 河村壮一他, 1985, 20年後の発掘で分かった液状化による杭の被害, NIKKEI ARCHITECTURE, 7, 1985

[はまだ まさのり 東海大学海洋学部教授]

《私たち数人は、バス駅の旅館の前に座って世間話をしていました。突然、尻の下がひどく揺れだし、耳のそばで牛が啼いているような音が聞こえました。風が強いところに立っていると聞こえる音のようでもありました。私は驚いて立ち上がり、道の真ん中へ走って行きました。道も狭いし、建物や街灯が倒れてきて押しつぶされるのが怖かったです。そのとき、街灯が消えてしまいました。

私は王国慶という人と抱きあって立っていたのですが、地面に踏んばっていただけでした。まるで、だれかが私たちを引き離そうとしているようで、二人して倒れました。やっと立ち上がると、もう一人がやってきたので、三人で身体を支えあいましたが、それでもしっかり立っていただけ

ん。大波の中の船の甲板にいるみたいで、船も揺れるし人も揺れるという感じでした。しゃがんで、つかまり合っていました。揺れは、まだつづいていて、足がしびれてきました。

そのとき、「ドカン、ドカン」と大きな音をたてて、建物が次々に崩れました。立ちのぼる土ぼりこりと、土の匂いでむせるほどでした。》

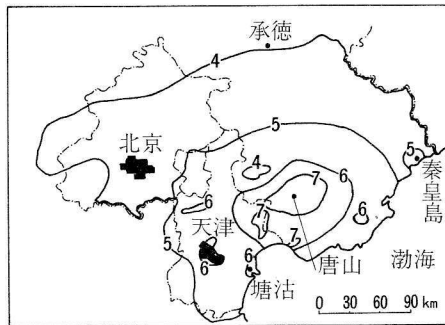
これは『唐山大地震』(銭鋼著、蘇錦・林佐平訳、朝日新聞社)に出ている楊松亭という人の地震体験談である。

24万人以上の死者の出た中国の唐山地震

(マグニチュード7.8, 1976)では、唐山市の真ん中に約2mの断層の横ずれが出現し、気象庁震度階級に換算した震度分布は、図のようになっている。 [R]

猛烈！激・烈震の様相

唐山の地震



唐山地震の震度分布

漢詩と地震

頼山陽の詩 村内必典

今村明恒著『鯁のざれごと』（東京三省堂、昭和16年）によると、頼山陽 地震の詩という章があり、仮名交り文でその詩が掲載されている。去年の春、力武常次教授から、あの詩の本文が知りたいのだからと聞かれたので、国会図書館で山陽関係の図書調べたが、今村明恒先生が『山陽書簡集』より転載されたという京都地震の漢詩と同一のものは見出せなかった。木崎好尚編『山陽書翰集（新選）』（章草社、昭和11年）には、地震の狂詩二首と題する章に、山陽から江馬細香へ宛てた書翰がのっているが、京都地震の詩は全く載っていない。万策盡きて、山陽の直系の子孫であらせられるお茶ノ水大学名誉教授頼惟勤先生にお尋ねした処、『山陽先生手簡帖』（嘉永2年巳酉夏月、江戸、須原茂兵衛）の第2集にあること、さらにそのコピーをご送付いただき、さらに種々のご教示をいただいた、その後、神田の古本屋で小生は、「頼山陽先生手簡」（明治33年1月、前記の手簡帖の出版権を譲受けて、日本橋青木高山堂が発売）を入手した。今村先生がどの版を用いられたか判らないが、山陽の書跡そのままを印刷にしたもので、どちらにしても問題はない。山陽の書は判読しにくい点があるので、今村先生は、高楠順次郎、宇野哲人の両碩学に読んで貰い、かな交り文として、『鯁のざれごと』に発表されたのである。一方、坂本箕山著『頼山陽大観』（大正5年5月刊）の866頁に、これと同じ詩に返り点、送り仮名、句読点を附して発表してあることを頼先生から教えられた。しかし、一部判読しがたいため、同書では空白にしてある所がある。

さて、この漢詩の原文は、両書を参考にして次のようになる。

郵籤報京事 變故末曾有 今月初二日
地震申至丑 或曰連三夜 聞前末審後

九陌涕啼哭 十室壞八九 挈家度街衢
墜瓦堆左右 家人無一字 東望十搔首
念吾家鴨厓 穉子依弱婦 相索避沙中
又怕無居守 石岸應盡崩 唯餘露根柳
河水深且溢 不知能逃去 大兒猶厲揭
小兒付婢負 糶價意騰躍 苦辛糊八口
愧任一家憂 患難不援手 災祲被黔黎
此豈吾獨憂 坂城餘震速 江都定安否
得無如天明 饑民起相蹂 天數有周復
下土誰任咎 仰看雲北奔 海雨龍吟吼
耿耿杞人心 長歌強拊缶

七月九日、在廣陽、聞京報大異、夜不能寐、
就枕上作此、聊以遣悶、錄似承弼老友、轉致京
中從游之士、山妻不識、或可解說、便聽耳
尾更有數句、曰

大魚負坤軸 有神按其首 稍怠則掀動
無乃或醉酒 願欲一醒悟 鎮危善其後

以爲蛇足剪去、加以雲雨二句

とにかく、これが原文であるが、御参考のために『鯁のざれごと』の仮名交り文を次にのせ、更に簡単な解説も加えて、読者の皆様の便に供したいと思う。

郵籤^{セン}1)京事²⁾を報ずらく 1)郵便
變故末曾有 2)京都の變事
今月初二日^{*} *文政13年7月2日(旧曆)
地震申^{サル}より丑^{ウシ}3)に至る。 3)午後8時一午前2時
或は曰く三夜に連なる
前を聞き未だ後を審にせず
九陌⁴⁾涕^{ナミ}啼^{ナギ}哭 4)都大路
十室⁵⁾に八九を壞る 5)家のこと
家^{クサ}を挈^サへて⁶⁾街衢^{ガイク}7)を度^{ワタ}り 6)一家をあげて
墜瓦左右に堆^{ツイカ}しと 7)大通り
家人一字⁸⁾無く 8)便り
東望十たび首を搔⁹⁾く 9)落ちつかない時の動作

念ふ吾家は鴨崖¹⁰⁾ 10)鴨川の岸
 穉子¹¹⁾は弱婦に依る 11)幼児
 相牽^{ヒキ}いて沙中¹²⁾に避くらん 12)河原
 又怕る居守無きを
 石岸應に盡く崩しなるべし
 唯餘す露根¹³⁾の柳 13)根を地上に露す
 河水深く且つ溢れつらん
 知らず能く逃走せしか
 大兒は猶ほ厲揭¹⁴⁾しけん 14)水をわたる
 小兒は婢に付して負はしめしか
 糶價¹⁵⁾意ふに騰躍し 15)米の買入れ価格
 苦辛八口¹⁶⁾を糊すらん 16)八人
 愧ず一家の憂に任じ
 患難援手せざるを 17)わざわざ
 災祲¹⁷⁾黔黎¹⁸⁾に被る 18)庶民
 此豈に吾独り受けんや
 阪城¹⁹⁾餘震速び 19)大阪
 江都²⁰⁾定めて安きや否や 20)江戸
 天明²¹⁾の如くなる無きを得んか 21)天明年間
 饑民起って相蹂²²⁾ること 22)自然の理法
 天数²²⁾周復²³⁾有り 23)幾度も繰返す
 下土²⁴⁾誰か咎に任せん 24)下界
 仰ぎ見る雲は北に奔り
 海雨竜は吟吼す
 耿耿²⁵⁾たる杞人の心 25)眼涙えて眠られぬ様
 長歌強いて缶を拊²⁶⁾つ 26)土器を打つ

七月九日広島に在り、京報大異を聞き、夜寐ぬる能はず、枕上に就いて此を作り、聊か以て悶を遣る。録して承弼老友²⁷⁾に似²⁸⁾す。京中從遊の士に轉致²⁹⁾せよ。山妻識らず、或いは解説して聴かしむ可きのみ。

裏³⁰⁾

(27)友人、篠崎小竹(字は承弼)のこと。
 (28)奉る。29)廻す。30)山陽の名。

尾に更に数句あり。曰く、

大魚坤軸²⁹⁾を負う 29)地軸
 神有り其首を按³⁰⁾ず 30)抑える
 稍怠れば則ち掀動³¹⁾す 31)はねうごく
 乃ち或は酒に酔へる無きか
 願欲す一たび醒悟し

危を鎮めて其後を善くせんことを。

以て蛇足となして剪去し、加ふるに雲雨の二句を以てす。

以上が、篠崎小竹への書簡であるが、最初の詩には、追書の六句が入っていたが、これを削除して、海雨以下の二句を入れたことがわかる。今村先生は、この削除した六句に特に興味を感じ、一世の文豪もその地震観は珍とすると書いている。このことについては後にふれよう。

篠崎小竹宛の書簡の京都地震の詩は初稿ではないが、定稿でもない。山陽の京都地震の漢詩といえば、定稿となっているものを採るのが妥当であろう。では定稿となった詩はどれかということになるが、山陽の漢詩のうち文政9年(1826年、山陽46歳)以後の詩530首が『山陽遺稿』(文稿十卷、詩七卷、併せて十七卷(六冊)として、彼の死後天保12年9月に弟子の手により編せられ出版されている。この中に京都地震(文政13年<1830年>)の詩が入っている。

大体は書簡の詩と同じであるが定稿としての価値を考えて、以下に原文および仮名交り文を伊藤靄谿著『山陽遺稿詩註釈』(昭和13年10月刊)より写させてもらう。

聞京師地震、賦此遣問

郵便得京報	變故昔未有	今月初二日
地震申至丑	繼聞七晝夜	連撼地欲剖
顛天沸啼哭	十室壞八九	提家席通衢
屋瓦墜左右	吾家無隻字	東望十搔首
遙想鴨厓屋	穉子依弱婦	相牽避沙中
又怕無居守	石岸應盡頽	唯餘露根柳
灘深沙渚遠	不知能逃走	大兒能厲揭
小兒付婢負	覆巢得全卵	拮据瘠其母
虛任一家憂	向汝覺顏厚	爲書付急遞
待報旬餘久	存没未可知	茫茫曷向扣
災祲被黔黎	豈可論誰某	側聞北闕事
如星入南斗	垂拱萬不興	譴怒一還受
螻螳敢訴患	具瞻可額手	坂城及餘震
江門定安否	糶價當暴騰	喁喁億萬口
吾聞天明災	三都相先後	信岳震且崩
饑民起相蹂	天數有周復	下土誰任咎

仰看雲北奔 海雨龍吟吼 耿耿杞人心
長歌強拊缶

京師地震を聞き、此を賦して悶を遣る。

- 郵便京報¹⁾を得たり 1) 京都宮崎木鶏の報せ
- 今月²⁾初二日 2) 文政13年旧7月
- 地震うて申より丑に至ると³⁾
- 繼いで聞く七晝夜 3) 16時より翌2時まで
- 連撼⁴⁾地剖けんと欲す 4) 揺れつづく
- 天に顛⁵⁾んで啼哭沸き 5) 呼んで
- 十室⁶⁾八九を壊つ 6) 家のこと
- 家を提へて通衢⁷⁾に席すれば
- 屋瓦左右に墜つと 7) 大通り
- 吾が家隻字⁸⁾なく 8) 一字の便りも
- 東を望んで十たび首を搔く⁹⁾ 9) 落ちつかない時の動作
- 遙に想う鴨厓¹⁰⁾の屋 10) 鴨川の岸
- 穉子¹¹⁾弱婦に依る 11) 幼児
- 相牽いて沙¹²⁾中に避け 12) 河原
- 又怕る居守無きを
- 石岸應に盡く頼るべし
- 唯餘すらん露根¹³⁾の柳 13) 根を地上に露出
- 灘¹⁴⁾深くして沙渚遠し 14) 早瀬
- 知らず能く逃走せしか
- 小兒婢に付して負う
- 覆巢¹⁵⁾全卵を得るも 15) ひっくり返った巢
- 拮据¹⁶⁾其の母を瘖ましめん 16) 忙しく働く
- 虚しく一家の憂に任せしむ
- 汝に向って顔厚¹⁷⁾を覺ゆ 17) 厚顔
- 書を爲って急遽に付し
- 報を待つ旬餘久し
- 存没未だ知る可からず
- 茫茫¹⁸⁾島に向ってか扣かん 18) あてもなく
- 災浸¹⁹⁾黔黎²⁰⁾に被る 19) わざわい
- 豈誰某を論ず可けん 20) 人民
- 側に聞く北闕²¹⁾の事 21) 朝廷
- 星南斗に入るが如し²²⁾ 22) 帝王が政治の中心より遠ざかる
- 垂拱萬與らず²³⁾ 23) 傍観している
- 謹怒一に還受くと²⁴⁾ 24) 一様に天災を受けられたと
- 螻蛄²⁵⁾敢て患を訴へんや 25) けらと蟻
- 具瞻手を額すべし²⁶⁾ 26) 皆、合掌し地に伏して拝む
- 坂城²⁷⁾餘震及ぶ 27) 大坂

- 江門²⁸⁾ 28) 江戸
- 糶價²⁹⁾ 29) 買入米の価
- 喁喁³⁰⁾ 30) 億萬の口
- 我聞く天明の災
- 三都³¹⁾ 31) 江戸、京都、大阪
- 信岳³²⁾ 32) 信州浅間山
- 饑民起って相蹂むと
- 天數周復有り³³⁾ 33) 天然現象は循環するもの
- 下土³⁴⁾ 34) 下界
- 仰ぎ看れば雲北に奔り
- 海雨龍吟吼ゆ³⁵⁾ 35) 海上雨降り海鳴りの音も高い
- 耿耿³⁶⁾ 杞人の心 36) 覚めて寝られぬ
- 長歌強いて缶を拊つ³⁷⁾ 37) 土器を打って楽をなす

この定稿では、書簡にみられたような追書は当然ない。そのために追書に興味を持たれた今村先生は、書簡にみられる京都地震の詩をとりあげられたのであろうか。

しかし、追書の大魚以下の6句から山陽の地震観を云々することはいかなるものであろうか。大魚が大地震を起こすと山陽が信じていたと考えるよりは、詩を修飾するために、当時の伝承を面白く利用したと考える方が妥当ではあるまいか。

実は寛政9年3月、山陽は江戸遊学の途上湊川の楠正成の墓に詣でて、湊川、謁楠判官墓二首（湊川、楠判官の墓に謁して、二首）と題する詩を作り、江戸に入って改作し、定稿として、謁楠河州墳有作（楠河州の墳に謁して作有り）と題する75句よりなる長詩を作っている。その最初の数句を記すと、

東海大魚奮鬣尾 蹴起黒波汗黼辰
隠島風雲重慘毒 六十餘州総鬼虺

- 東海の大魚鬣尾¹⁾を奮い 1) 魚のこびれ
- 黒波を蹴起して黼辰²⁾を汗す 2) 天子の用ひる屏風、転じて天子のこと
- 六十餘州総て鬼虺³⁾ 3) 鬼やまむし

（坂本箕山著「頼山陽大観」（大正5年5月刊）による）

ここで、東海の大魚とは北條高時を指しているが、大魚が体を震はして大事変を起こすという当

時の民間の伝承を巧みに使っているといえる。この作は山陽 18, 9 歳の時のものである。

なお、山陽の地震に関する詩として、京都地震のとき広島之母の元に帰省していた山陽が、旧 8 月 6 日夜京都に帰ったときのものである。

伊藤靄谿著『山陽遺稿詩註釈』によりここに記してみよう。

到家（家に到る）。

震後帰京城	伏見変泊所	収繕上淀橋
尙輿徑鳥羽	道路裂有痕	縁旋頼明炬
炬光中窺看	人家壊末補	墜瓦堆成邱
傾壁纒撐柱	街陌整如故	到家方四鼓
屋矮敗不甚	依然瞻衡宇	家中防盜賊
聞語慳開戸	山妻面帶瘦	呼兒起拜父
力疾奔千里	崙爲欲見汝	遇震時何如
將答色先沮	婢僕進攙説	挑燈談無序
墻屋粗復舊	米薪憂萬緒	置是且温酒
生存喜幾許		

震後京城 ¹⁾ に歸れば	1) 京都
伏見泊所 ²⁾ を變ず	2) 碇泊場所
繕 ³⁾ を収めて淀橋に上り	3) 大綱
輿 ^{ヤト} を尙 ^{ヤト} うて鳥羽に徑す	
道路裂けて痕有り	
縁旋 ^{エンセン} 頼 ^{メイ} 明 ^{メイ} 炬 ^{キョ} に頼る	4) 縁を回る
炬光 ^{ウカガ} 中窺ひ看れば	5) 明るい燈火
人家壊れて末 ^{オキナ} 補はず	
墜瓦 ^{ウツカ} 堆 ^{オカ} く邱を成し	
傾壁 ^{カス} 纒 ^{ササ} かに柱に撐う	
街陌 ^{ガイハク} は整へること故 ^{モト} の如し	6) 街の大通り
家に到れば正に四鼓 ⁷⁾	7) 四つ時、22時
屋矮 ^{ウチ} にして敗ること甚しからず	
依然として衡宇 ^{コウウ} を瞻る	8) 小さい
家中盜賊を防り	9) 門屋
語を聞くも戸を開くに慳 ^{ケン} なり	
山妻 ^{サンサイ} 面 ^{ヤセ} 瘦を帯び	10) 用心深い 11) 妻
兒を呼び、起きて父を拜せしむ	
疾 ^{ツト} を力めて千里に奔りしは	
崙 ^{スミヤカ} に汝を見んと欲するが為なり	
震に遇ひし時如何	
將 ^{マサ} に答へんとして色先 ^{ハバ} づ沮む ¹²⁾	
婢僕 ^{ヒボク} 進んで攙 ^{クダ} け説き	12) 顔色がおびえている

燈^{カカ}を挑^{シヨナ}げて談序無¹³⁾し
 墻^{シヨウ}屋^{ウツ}粗^{ホホ}舊^ホに復するも
 米薪^{バンシヨ}憂¹⁴⁾萬緒
 是^シを置^シいて且^シく酒^シを温^{アツク}む
 生存^{ヨロコビ}喜^{イイク}幾許

13) 順序もなく話す

14) 米薪その他万端、心配がある

この「家に到る」の詩には、震後 1 か月余りたっているとはいえ、震災地の実景がよくうたわれている。

山陽の地震に関する詩は、以上の外に、前述の如く木崎好尚編『山陽書翰集（新選）』の 186 番目の書翰（女流詩人、江馬細香宛）に七言絶句一首と狂詩二首がある。山陽が京都に歸り、震後 1 か月頃、余震のまだ続く中で作ったものである。七言絶句は、

瓦立魚鱗屋盡傾 誰掀大塊不平鳴
 曾過播海逢狂浪 風撼帆樯宛此聲
 瓦立って魚鱗、屋盡く傾く
 誰か大塊を掀つ、不平¹⁾鳴る 1) 不穩に
 曾って播海²⁾を過ぎ、狂浪に逢う 2) 播磨灘
 風帆樯^{ユル}を撼^{サナガラ}がし、宛此の聲

狂詩二首には「実を記す」と題がある。

揺詰頓無生心地 銘々思付咒咀事
 今春御蔭始間合 參宮御礼挿頭寐
 揺り詰めて頓と生きた心地無し
 銘々思い付く咒咀の事
 今春御蔭始めて間に合い¹⁾ 1) 御蔭参りの御札のここと
 參宮の御礼頭に挿して寝る。

洛中家並普請連 腰強左官與手傳
 地震揺罷職人搖 一人前取二人前
 洛中家並、普請連る
 腰は強し、左官手伝^{トモ}と與に
 地震揺り罷んで職人は揺すり
 一人前に二人前を取る。

以上で、山陽の詩（狂詩も含めて）を紹介したが、山陽の地震観を示すような書翰が、徳富蘇峯、木下好尚、光吉澆華共編『頼山陽書翰集』（上下 2 卷、民友社、昭和 2 年刊、続編 1 卷、民友社、昭

和4年刊)の497番目の書翰(天保元年8月9日付、渡辺貞兵衛宛)にある。京都地震の直後、地震史の一考証をしたとみえる。

その一部を記すと、

慶長元申閏七月 大地震

其後凡三十日程不止

此間 六十八年(*66年)

寛文二寅五月朔 大地震

五條橋崩 七月迄毎日

十二月迄時々

此歳、日向、大隅大震、多死人

京には死人多無之

此間 百年(*89年)

宝暦元未二月廿九日 大地震

七月迄

此歳、四月廿五月 越後大震

死人一萬、京には多死人無之

此間 七十八年(*79年)

文政十三(天保元)寅七月二日

大地震

禁裏、并六條(本願寺)旧記、承合候処、右之通之例御座候間、此度も其様子にて相済可申と相考候、御氣遣被成まじく候。(以下略)(*印:筆者訂正)

地震史をしらべて、京都では、此度の地震はこの程度で収まるだろうと述べ、そう心配なさらないようにと述べている。山陽が、京都地震の詩の終末に近い所で、天數有周復(自然現象は繰返す)とうたっているが、この書翰にみるような考証がもとになっているといえよう。さすがは一世の文豪といえるではないか。終りに、本小論作成に際し、ご教示をいただいた頼惟勤先生に深く謝意を表して筆を擱く。

[むらうち さだのり 元千葉大学理学部教授]

写真は岩手県下閉伊郡^{オホノエ}重茂村(現宮古市)の、海岸から高台に上がった道路脇に建てられている海嘯記念碑である。

「海嘯」という言葉は、もとは中国錢塘江などで大潮時にみられる潮汐による段波をいうものであるが、日本では、時に津波を表す言葉として用いられたこともあった。古記録類を、さっと眺めてみると津波を表現する言葉として、「洪波」「海溢」「高塩」等々が出てくる。一般的には「津浪(波)」がもっとも多く、現在定着しているわけであるが、記録によっては、語感が来襲状況を示しているようにみえる。「高塩差込み」という表現は、海面がおだやかに上昇していったようにとれる。これに対して「海嘯」は、激浪が打ちつけるさまを感じさせる。

写真の石碑は、まさに代表的な大津波である明治三陸津波の碑で、中央の碑銘は「海嘯記念碑」となっており、その右側に「明治廿九年旧五月五日」と刻まれ、

左側には「里家屋五十戸全滅」「死亡者二百五十名」と2行に刻まれている。当時、三陸海岸をくわしく調査して歩いた山名宗真も、その調査報告には「三陸大海嘯」という文字を使っている。

山名宗真の『岩手県沿岸大海嘯部落見取絵図』(東北大学津波防災実験所報告第5号所載)によると、死亡者数が230人と20人少ない数字になっているが、

“里ハ重茂村第一ノ輻輳ノ地ナリ今回海嘯ニハ実惨酷ヲ極メタリ”と記されていて、全滅の惨状が明らかである。また“打上浪 四拾尺”とあり、約12mの高さまで遡上したことがわかる。

記念碑は、このような恐ろしい津波の災害を数行の文字に秘めて、草深い路傍に静かに建っている。因みに、震災豫防調査會として、この津波を調査した伊木常誠は、同調査會報告第11号に「三陸地方津浪実況取調報告」を提出し、「津浪」という文字を使用している。 [相田 勇]

地震●津波碑巡り

宮古市重茂 海嘯記念碑



宇宙からみた地震雲

高橋 博

はじめに

1985年10月4日21時25分51.6秒、茨城・千葉県境の直下78kmでM=6.1の地震が発生した(図1)。この地震による気象庁の震度は5とされた。写真週刊紙が雲によって、この地震が予知されたと報じた。その雲と地震の関係につき11月18日の地震予知連絡会に口頭で述べたが、ここにその内容を記す。

“地震雲”

『フォーカス』10月18日号には10月1日に現われた雲について大宮の新井清三さんによると「朝8時に乱れた地震雲が現われ、午後2時には東南にのびた写真のようなハッキリとした形になりました。2時半には消えましたが、今まで見たなかでも一番スゴイ地震雲です。2,3日のうちに大きな地震が必ず起ると思いましたね」、また、村田良子さんも写真により「午後1時頃、ロープウェイで強羅付近を過ぎたあたり、雲は東北にのびていました。風がないのに周囲の雲の動きが早かった。くっきりしたキレイな雲でした」述べている。

『フライデー』10月25日号には10月1日午後1時頃、東京新宿で良知久也さんの撮った写真を示し、その2条の細長い雲が“地震雲”だとい

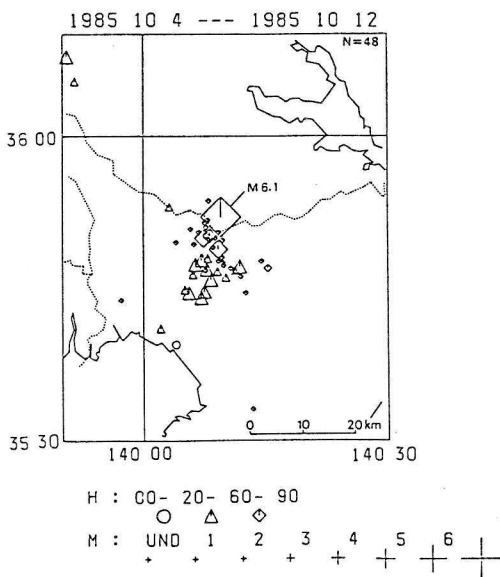
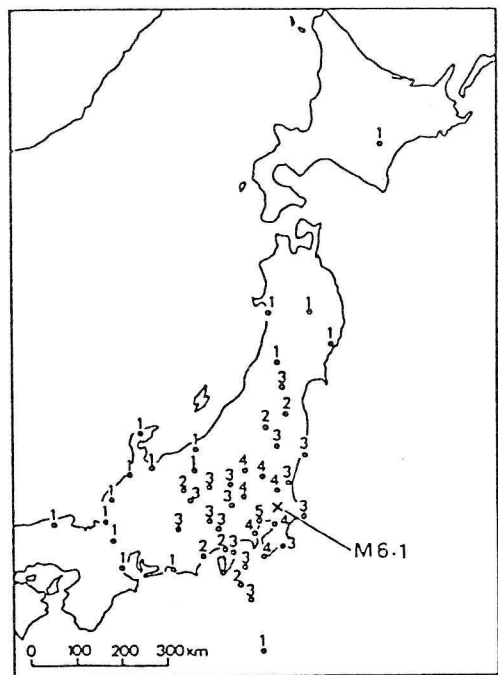


図1 1985年10月4日、茨城・千葉県境の地震(気象庁、1986)
A 本震(M 6.1)とその余震分布(10月4~12日)



B 震度分布

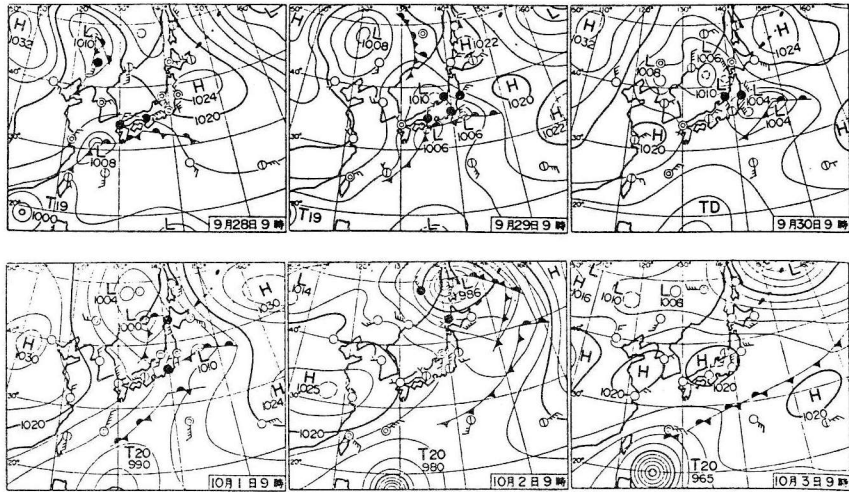


図2 1985年9月28日から10月3日までの天気（『気象』1985年11月および12月号より）

うとし、「地震雲は、震源地を中心に地震発生前に放射状に10本前後と同心円状に何本かが観察できる、という。たしかに2条の雲は東から西へ、つまり震源地方面から東京にむかって走っている」と記している。

気象状況

10月1日を中心とする前後1週間ほどの気象状況はつぎのようである（図2）。9月28日から30日にかけては日本列島南岸の秋雨前線が活発で、前線上を低気圧が次々と東進し、全国的に雨、九州や東西南部で大雨となった。30日には低気圧は関東の東海上に去り、秋雨前線も弱まり、西日本から秋晴れのきざしがみえ始めた。台風20号がフィリピン東海上に発生した。日本海北部にあった低気圧は1日には沿海州の低気圧と一体となって急速に発達しつつ北上し、北海道に大雨を降らした。2日は華中から高気圧が張り出し、弱い冬型となり吹き出しによる筋状雲が認められた。3日も高気圧におおわれ、全国的に好天となったが、フィリピン東海上をゆっくり北上してきた台風20号により4日以降は西から荒天となった（『気象』1985年11月号、12月号より）。

10月1日の空の状態

“地震雲”の発生状況を気象衛星ひまわりの画像から解析すると以下のものである（写真1）。全体としてみると、日本列島南海上にはフィリピン東海上の台風20号に刺激された秋雨前線の発達した雲の帯がみられる。日本海北部の低気圧の

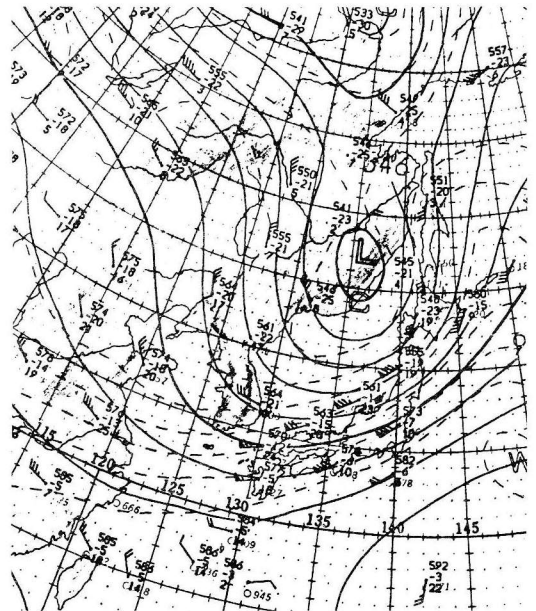


図3 1985年10月1日21時、700mb、北半球天気図（気象庁）より、日本付近の気圧配置

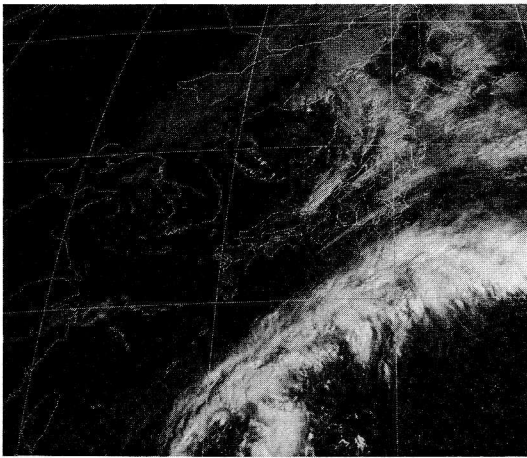
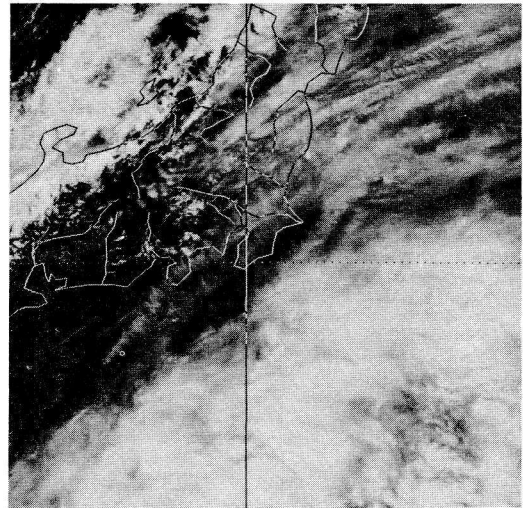
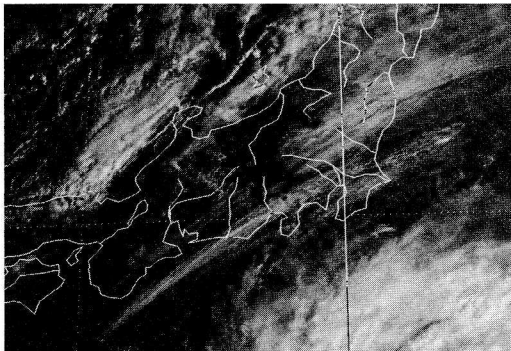


写真 ひまわり画像（1985年10月1日）から
日本付近の雪
A 日本付近の雲の状態(002)



C 12時(032)の雲の状態：遠州灘から常磐沖にかけての筋状構造の雲の状態

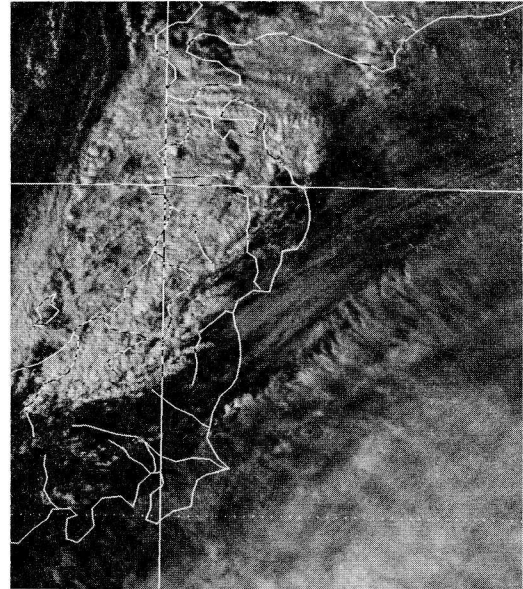


B 9時(002)の雲の状態：紀州付近から常磐沖にかけての筋状構造の雲の状態

寒冷前線に伴なわれる発達中の雲が北陸から東日本をおおっている。この両者のはざまに三陸東方海上を東進中の低気圧につづくようにみえる筋状構造をもつ雲の帯が認められる。“地震雲”は、この雲の帯の中で観察された。

この雲の帯は紀州沖から関東地方を通して常盤・三陸沖に6時間で通り抜けている。700 mb 北半球天気図(図3)によると、日本上空を気圧の谷が通過中で、70~80 kt/hの強い西風が本州西半に沿って吹いている(東西方向の等高線のこんでいる所)ことがわかる。地上がおだやかな日和であったにもかかわらず、「雲の動きが早かった」のはこの上層の強風のためである。

“地震雲”と掲載された細長いレンズ状または



D 15時(062)の雲の状態：北関東から三陸沖にかけての筋状構造の雲の状態

飛行機雲のやや発散したような雲は、いずれも巻雲 Ci で、ひまわり画像に認められる上記の筋状構造の雲はこれらの雲の集合体である。この型の雲は強いじょう乱の前方または南から湿った空気が多量に送りこまれた場合に発生する。この場合も発達中の日本海北部の低気圧の寒冷前線の前方に発生したものであり、また台風20号から湿った暖かい空気が多量に送りこまれたことも加わっ

て形成されたものと思われる。「ハッキリとした形になり」「一番スゴイ地震雲」になったのもこのような気象条件からかも知れない。

「地震雲は震源地を中心に放射状に」というが、天頂で平行な線状雲は見掛上その伸長上の一点に収れんするように見える。気象の分野では雲の種類とその分布状態により空の状態を上中下各層ごとに10区分している。上層の空の状態 H5 は気象庁地上気象観測法によると「Ci (放射状になっていることが多い) と Cs または Cs のみで空に次第にひろがってきてはいるが地平線上 45° には達していないもの」と定義されている (Cs: 巻層雲)。なお、地平線上 45° 以上に及んでいる場合は H6 となる。その解説に「この Ci は、にしんの骨のような構造をしていること*が多く、また太い帯となって水平線上の一点にほぼ収れんしている**」(*Herring-bone cirrus, **Polar bands)、「この型のものは典型的じょう乱の前面に現れる」、また H6 は「H5 よりもやや中心に近い所に現われる」とある。すなわち、放射状に見える上層の筋状構造の雲は、発達したじょう乱の前面にしばしば現われるもので、特異な雲ではなく、ひまわり画像にみるように平行な構造をもつもので、放射構造ではない。

震源地の予測

Polar bands の収れん点から震源地が予測されるのであれば、9時(00 Z)に紀伊半島沖で、この“地震雲”から震源予測をすると東海地震が近いことになるであろう。12時(03 Z)に遠州灘で、この“地震雲”をみた人は関東地震の再来を恐れるか、小田原地震を予測したであろうし、15時(06 Z)に仙台で、この雲を観察した人は三陸津波の警告を発したであろう。

ま と め

- ① 10月1日午後1時頃みられた“地震雲”

は強いじょう乱の前方、あるいは南から湿った空気が多量に送りこまれたときにしばしば現われる雲であり、特異な雲ではない。したがって、この型の雲、あるいはそのような空の状態の発現には上記の気象条件の充たされることが必要であり、地殻中の地震活動とは無関係であり、地震活動の認められない所でも発生する。

② 放射状雲とは、上層の平行な筋状構造の雲である。平行であるが故に視覚上地平線上の一点に収れんする。すなわち、震源地から放射状に出るものではない。その収れん点、すなわち予測震源地は見た時刻、見た場所とともに西から東に移る。放射雲は東から西に伸びることはない。

③ 当日、雲の動きの早かったのは本州西半分の直上の上層に顕著な強風軸のあったため「風雲急を告げる」ような異常事態があった訳ではない。

④ 以上から10月1日午後1時頃、東京近辺で認められた“地震雲”は、10月4日茨城・千葉県境で発生した地震とは全く関係がない。純粋な気象現象で、このような雲はしばしば認められるものである。

この報告を記すに当り、ご協力を賜った日本気象協会(元気象庁天気相談所長)奥山巖氏に謝意を表します。

[たかはし ひろし 国立防災科学技術センター所長]

見る地震 コンピュータ・グラフィックス
による日本の地震

笠原順三・田中一実著
B5判152頁・定価8000円

地球観測ハンドブック

友田・鈴木・土屋編
菊判850頁・定価15000円

☎113 東京都文京区本郷・東京大学出版会

地震と切手

牧野正久

この題を見て、何の関連があるのか訝しくおもわれた方が多いと思う。切手の図柄に地震の様子をとりあげたものがあるということか？ そうではなくて、これは地震が切手の図案を変えたという話である。

大地震の後の火災で切手のストックが全焼し、また印刷所も焼けてしまって、今までと同じ物を作ることができない。応急に新しい図案の臨時切手を発行せざるを得なかった。そういうことがこの日本で起こった。いまから65年前、大正12年9月の関東大震災の後のことである。昔この大地震を体験した人に、そうしたことを覚えていませんかと聞いてみても、知っている人が少ない。力武先生にそんな話をしたことから、この記事をお引き受けした。

これは大地震の「予知」には何の関係もないが、ひどい被害から立ち直るのにどんなプロセスを経たか、その一例として何かお役に立てばうれしい。

全滅した切手とはがき

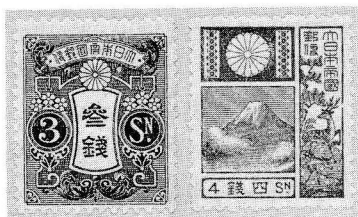
郵便局で必要な切手は、当時は3か月に一度配給していたそうである。その作業のまっ最中にある大地震が起こった。通信省は築地にあり、切手倉庫は本庁の中庭にあって倒壊を免れたが、夜半に紅蓮の焰に包まれた。移ってきた火災の炎が地震で緩んだ屋根の隙間から入ったためといわれている。また紙幣や切手類を製造する印刷局は大手町にあった。ここも被災はしたが建物は無事で、翌日からの復旧を期して幹部が帰宅したあと、類焼してしまった。印刷機や製版施設が全焼した上に、製造の元になる原版の倉庫にも火が入ってしまった。

紙幣のほうは、日本銀行の本店が消防署の必死

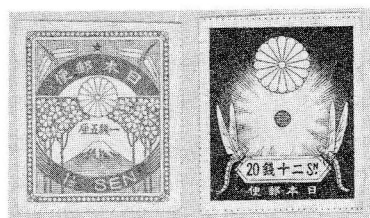
の消火活動で類焼を免れたため、古い紙幣の廃棄率を緩めればしばらくは持ちこたえられる。しかし切手・はがき・印紙は、毎日つかうもので早くなんとかしなければならぬ。民間の印刷所の力を借りて一日も早くということで、懸命な努力が始まった。結局、はがきと簡略低額印紙の製造を市内の2つの印刷会社に頼んだが、切手と印紙の新しい原版の製造と印刷を大阪の印刷工場で行なった。また年末になって金融逼迫・取付回避のために200円紙幣を急造するのも大阪で行った（この新高額紙幣は結局は使わなかったが）。本格的な製造作業は、罹災地以外での突貫作業でどうにか達成された。しかしいずれも2～4か月という時間を要している。

切手や印紙は追加が必要となり、今度は復興が進んだ東京の印刷会社に翌年初めに製造した（大阪で作った新原版を利用し、凹版転写でオフセット印刷）。一方、焼跡から旧原版が発掘され、印刷機も朝鮮から回送したものや直ぐ発注した米国製のものが届いて印刷局の復旧が早まり、つぎの年の4月からは、震災前と同じ切手の製造（エルヘート凸版・電胎製版）が再開された。次第にその製造が軌道に乗ってきたので、大正13年9月の末に臨時切手・臨時はがきの発売を停止し、局に残ったものすべてを回収して処分した。臨時切手は全国どこの局にもいきわたっていたが、1年足らずのあいだ働いて、姿を消した。目打ちも糊も付いていなかったのも、少し苦情をいわれ、そしてやがて人々に忘れられた。

こうした作業のさらに詳しいことも判っているが、震害対策の智慧としては少し特殊なことである。ここでは地震で破壊された通信網が再建されるまでにどんな過程を経たのか、おおよそのことを少し詳しく紹介してみたい。



田沢切手 大正2年以來、24年間使用された。震災の前年に外国郵便料金用に富士鹿切手(右)3種が発行されたので、震災前の田沢切手は12種であった。



震災切手 大正12年10月25日から、低額図案(左)7種と高額図案(右)2種が発行された。さらに高額を引きつづき2色で製造する予定であった。

断たれた郵便の流れ

震災の日、9月1日は土曜日であった。東京でも横浜でも、いや全国どこの都市でも午前中に投函された郵便物を集める馬車が幾台も疾走していた。集まった郵便物は中央局で宛先別に整理して汽車に積み込む。東京から出ていく列車、東京へ向かう列車……。鉄道は数年ぶりに強化されて、この年の7月から新ダイヤになったばかり。そして郵便の遠距離輸送の主体は鉄道であった。

震災により南関東一円の鉄道が停まり、郵便物運送の流れが止まった。多くの局員の必死の努力にも拘わらず、横浜ではその日の午後、東京では遅く夜半に多くの郵便物が焼け、郵便局が焼け、鉄道の駅も焼けた(罹災家屋・焼死者数は東京が多いが、罹災率では横浜が格段に高い)。鎌倉・横須賀・小田原そのほか、郵便局が焼失した罹災都市は数多い。また普及しはじめていた電話は、通話の交換をする電話局が東京に19局、横浜に2局あったが、山の手の5局を残してみな焼失した(加入者11万戸のうち倒壊・焼失が7万弱)。電話はほぼ全滅したといってよい。あまり書かれていないが、実は1週間ほど前に首相が病没して、この日は新内閣の組閣中であった。首相官邸も焼

失した。

広大な地域の罹災地で一斉に破壊された通信網の再建の第一着手に何をしたか。まず、首都圏への通信の中止を指令し、中から外へ最小限の通信再開をはかったのである。首都圏へ向けて鉄道運送中だった郵便物は途中の主要地に保管された。ラジオ放送がまだ無かったときで、人々は一斉に罹災地の肉親・知人宛に安否を問合せをはがきを出したが、新大臣を核にした通信省の「震災応急委員会」は、9月3日に罹災地向けの郵便物の受付中止を司令した。それを地方にどうして知らせるかが難問題であったが、九州の新聞が号外でそのことを翌4日には報じていた。ポストから集めたものは付箋をつけてみな差出人に戻した。

まず罹災者のSOS通信を

通信路再建の第一歩は切れた電信線の接続である。東京から西には罹災地が長くつづいているが、北のほうは被害が少ない。千住局まで歩いて行って、そこに辛うじて電話2回線がつながっていることを発見し、2日夜とりあえず同地から公報第1号を発した。これによって、日光の御用邸におられた天皇陛下にも通じだし、高崎から西に廻して、名古屋・関西にも通信路が確保された。東京湾の中にいた船舶(これあ丸)の無線電信と、この千住局経由の(電話線利用の)電信線から、日本各地に救援を求める公電が走った。このままでは不便なので、千住から、奇跡的に焼け残った丸の内の中央郵便局まで、まだ熱い焼跡を踏みしめて電線を引き、4日夜から東京中央郵便局を電信のセンターとした。壊滅した横浜へ高輪から2回線、千葉方面へ亀戸から1回線が開通したのが7日である。

9月6日から焼け残った郵便局で、手紙とはがきの差出しを受付けた(ポストから集めることはまだである)が、人気の的は罹災者に限り各人1通の電報を無料で受付けたことである。頼信紙もなく紙も払底して、たばこの箱の裏や、手拭の端に電文・宛先を書く人もいて、東京中央局の前には受付を待つ列が午前5時から並んだという。

夕方の締切りまでに10万通近く、横浜その他の物を合わせると当日約22万通、無料扱いのつづいた10日までの受付総数は49万9544通に達した。針の穴ほど細い電信線しか通じていなかったこのときに、感心したのはこの電報の処理の方法である。

鉄道ははじめ東海道は御殿場の先の裾野まで、中央線は龍王まで、そして北に行く線は浦和と土浦まで不通であった。しかし大変な努力で9月4日には北に行く線がいち早く田端まで回復し、また9月7日から品川埠頭より船で清水港に臨時の鉄道連絡船が開通して、東海道線に接続した。罹災者のSOS電報の最初の運び出しは、委託された鉄道係員が2貫目の行囊を携えて満員列車に乗り込んでいったのである。困窮の底にいた罹災者の30字以内に凝縮した便りは、数日後に地方の身内代表に届けられた。

また飛行機は当時ようやく数百キロの飛行が可能になっていたが、洲崎にあった飛行場は高潮に浸って、そこに何台かあった飛行機がみな焼けてしまった。しかし陸軍は全国5つの飛行大隊を立川に集め、所沢から岐阜の各務原へ定期便を設置して、関西向けに公用便や報道が早く届けられるようになった。代々木から所沢へ向かう連絡飛行便はホットラインの要となり、陸軍大臣が代々木でこれを監督したりした。

通信からすこし離れるが、罹災者に郵便貯金の払戻しを9月3日から開始したことも紹介しておきたい。当たり前のことと思われそうだが、これは大変なことであった。罹災者は通帳や印鑑を無くした人が多く、実は貯金局の原簿も焼失していた。市内の銀行が払戻しを一部開始したのはやっと10日たってからであった。こうした混乱のなかで迅速に行なわれた郵便局の便法「非常確認払」は、新大臣の「人は非常に際して嘘はつかぬ」という信条に基づいて為されたのだと説明されている。

鉄道の再開とともに

焼けた集配局も、8日浅草・九段・麴町、9日京

橋・芝・神田、14日下谷・深川・日本橋……と仮局を再開した。破壊された鉄道の復旧が進み、郵便を運ぶパイプが日を追って太くなるのに合わせて、郵便の制限が緩和されていく。7日から罹災者のテント村などに行動郵便隊が出張を始めた。そして罹災者が無一文なので切手代を宛先人に負担してもらう「罹災通信」という方法を考えだした。

市内の配達力が回復しはじめたのに伴って、京浜地域の住人が罹災地内宛に出す郵便が9日から許された。全国各地の人も東京・横浜などへまらず16日から電報が、17日から為替が、22日から手紙・はがき類が、そして書留が9月24日から出せるようになる。見舞の小包が出せるようになったのは10月5日からである。

震災前、東京市内では集配局と東京中央とのあいだに1日に手紙11便+小包3便の伝送をしていたが、それが9月末ごろには1日3便の伝送ができるまで回復した。

これまで太平洋をわたって日本にくる郵便はみな横浜に陸揚げされていたが、横浜が壊滅したので、到来したものはすべて神戸に回していた。それもこの22日からふたたび横浜に陸揚げされるようになった。上に焼け跡のバラック村のことを紹介したが、一口に「罹災者は山手・郊外へ60万、地方へ110万」といわれた。秋の気配の深まるなかを、伝手を頼ってあちらこちらへ移っていく。そこで罹災者宛の郵便物を届けるのは難事である。

罹災者の鉄道無料扱いが9月20日で廃止になった。東海道線・中央線はこの22日前後によりやく一部徒歩連絡を含んで復旧し、通し切符の発売が再開された。長い橋梁の仮設が難工事だった。鉄道連隊などの応援があって、東海道は10月28日にやっと単線ではあるが全通した。交通幹線も最低限の回復を見たのである。

焼失した郵便局の再建

東京と横浜市内にあった三等郵便局は276局・38局であったが、焼失・倒壊したものは東京で144局、横浜では全局であった。しかし驚く

べきことに10月30日を目標に一応すべての局が形だけでも再開した。三等郵便局の局舎は局長のものである。復興工事のために払底している建築資材を、無一文になった局長たちが調達するのは大変な苦労があった。また通信省本庁・東京通信局・一、二等局の職員3万3千人のなかで家屋焼失・倒壊者は1万2千人を数えた。そうした人々も苦しみに堪え、必死に再建につとめて、震災後2か月たって郵便網がどうやらほころびを繕ったところに、大阪で印刷中の新しい切手の第一包が届き、発売がはじまった。東京中央局では10月25日からであった。それまで全国からはがきを提供したり、さまざまな便法で切手の使用を節約してきたが、これで制度としてもやっと元に戻すことができた。

死物狂いだった2か月間

ざっと駆け足で震災後の通信の再建のプロセスを眺めてきたが、不正確な所もあると思う。というのは郵便の正式な再建誌が実は無いのである。ごく簡単な日誌や通信協会雑誌の特集号、それに震災後2、3か月の新聞・号外のコレクションを見せてもらって私が再構成したにすぎない。その点、鉄道の方には詳しい書物がある。被害を見つめて耐震の構造を探るという意図もあったように思う。郵便・電話・電信も、震災後には馬車輸送が自動車輸送に、手動交換が自動交換にといったぐあいに刷新されたが、再建の詳細がない。たくさんの具体的なことの経緯が分からないのである。

たとえば、東京市内の郵便再建の詳細も上に書いた以上のことが分からない。震災に残った東京中央郵便局は再建の中心であったが、数か月後に失火で焼けてしまった。

横浜局は、大きな仮設局舎の前に、アメリカから贈られた輸送用の多数の自動車が並んでいる写真があるが、業務の記録がない。空襲・戦災で再び焼失したためだ。職員多数が殉職した同局は、東京の職員多数の助けを借りて郵便の取扱いを再開した。はじめは消印の器具もなくて、国内便は切手に墨で〒と書き、外国便は切手にペン字で日

付と Yokohama と書いて抹消していた時期があった。正規の消印がいつから使われたか、各種郵便の取り扱いの再開はそれぞれ何時からだったのか。鎌倉局は第1震で瞬時に倒壊し局員多数も下敷きになった。やっと救出し了った後に類焼した。しかし近くの倒れた小学校の建物の材木を使って仮屋を急造し、3日には再開したようである。鎌倉からの郵便物は輪だけの円で消してあったと当時の雑誌の記事に書いてある。焼け跡から拾いだした印を使ったのかと思う。雪の下と長谷の三等局も焼失した。そのほうの再開日は何時であったか、私も随分ながいあいだ鎌倉からの当時の郵便物をさがしているが、まだみつけれない。

震災の後の再建と、私たちがよく知っている戦後の戦災からの再建と較べてみると、非常に違うことがある。それはたちまち全国から（そしてまた世界の各地から）救援の手が差し延べられたことである。芝浦や品川の埠頭には救援物資が積み上げられ、大阪通信局からは新調早々のオートバイで職員が上京し、焼け跡の連絡に過熱でズボンが焦げるまでに連日走り回った。品川清水間の鉄道連絡船は2隻の関釜連絡船が就航していた。これは門司鉄道局から救援部隊・救援物資を満載して横浜にきた高麗丸・景福丸の両船が、実状をみて、関釜の連絡が滞っても東海道の動脈の不通をほっておけぬと2か月近くも奮闘したのであった。

偶然の縁で、神田紺屋町の局長さんの一家の様子を知ることができた。罹災後は市内の各所を転々と移り、万策尽きて、3日も並んでやっと乗船券を手に入れて郷里に帰った。しかし過労で病気になる、そこに局の再開命令が届く。たいへん苦労して元の焼け跡にたどり着いたのは、その至上命令の日の夕方であったという。

現在は、当時とくらべていろんなことが進んでいる。郵便の施設も通信の能力も大きな違いがある。では震災に耐える力も格段と優れているのかとなると、私にはよく解らない。また被災したときに肝心なことは、当時の人に負けぬように力を合わせて、再建に努力することしかないと思う。

[まきの まさひさ 東京理科大学講師]

東京ガスの地震対策

大沢隆太郎

まえがき

昭和46年2月、ロスアンゼルス郊外に発生したサンフェルナンド地震を教訓にして、わが国においても、とくに人口稠密な大都市における地震対策を構築する必要性が認識され、通産省資源エネルギー庁長官の私的諮問機関として日本ガス協会内に設置された「ガス事業大都市対策調査会・地震対策専門委員会」は、

- ①ガス導管の耐震設計の規定作成。
- ②展延性に富む管材料の使用と継手の耐震性の向上。
- ③ガス供給系全体としての防災システム。
- ④地震計、遮断装置等の設置の推進。
- ⑤無線通信設備の整備拡充。

等の課題について答申を行なっている。

その後、昭和53年6月に発生した宮城県沖地震では、とくに復旧対策に関する知見が得られ、これをもとに追加答申が行なわれている。

当社は、首都圏における都市ガス・エネルギーの供給者として、従前より大地震にそなえた対策を構築してきたところであるが、さらに、上記答申の主旨を具体化するとともに、その後、発生した地震の教訓をふまえ、ハード、ソフトの両面から具体的対策を講じている。

本来、ガス事業者の地震対策は、大別してガスを製造、送出する事業所（工場）等、一定区域内に設置された製造施設に対するものと、ガスを輸送するため、首都圏に平面的にはりめぐらされたガス導管および需要家におけるガス消費機器を中心とする供給施設に対するものがあるが、本稿では、主として後者の供給施設を中心とする対策を記すことにする。

表1は、「防災に関する法規とこれに基づく諸計画関連図」である。

ガスの製造・供給施設の概要

1都3県を中心に都市ガスを供給している当社は、需要家件数約700万件を擁し、保有するガス導管延長は、約3万9千kmである。図1は、高圧、中圧A、Bのネットワークの状況を示している。

高圧ラインとしては、千葉県袖ヶ浦工場と神奈川県根岸工場を結ぶ天然ガス環状幹線（一部海底パイプラインを含む。）が骨格となり、供給の大動脈を形成している。

また、中圧A、Bラインは全域にわたって平面的なネットワークを形成している。

図2は、ガスの供給方式を示したもので高圧、中圧A、Bおよび低圧の4種類の圧力で構成されている。

工場から送出されたガスは、ガバナーステーション（高圧から中圧へのガス減圧所、以下GSと呼ぶ）を介して中圧ラインに供給される。さらに地区ガバナーによって低圧まで減圧され、需要家に供給される。

一方、ガスの需要は、季節により、また毎日の時間帯により大きく変動しており、これに対応するためガスホルダーがある。

工場への稼動指令、ガスホルダーやGSの運転、圧力、流量の集中監視等、コンピューターを使用し効率的に行なっている。

このシステム——TGCS（Total Gas Control System）は同時に地震対策上からも重要な役割を担っており、地震時のガス製造、供給網の監視、情報収集、調整等の迅速化をはかるための基盤と

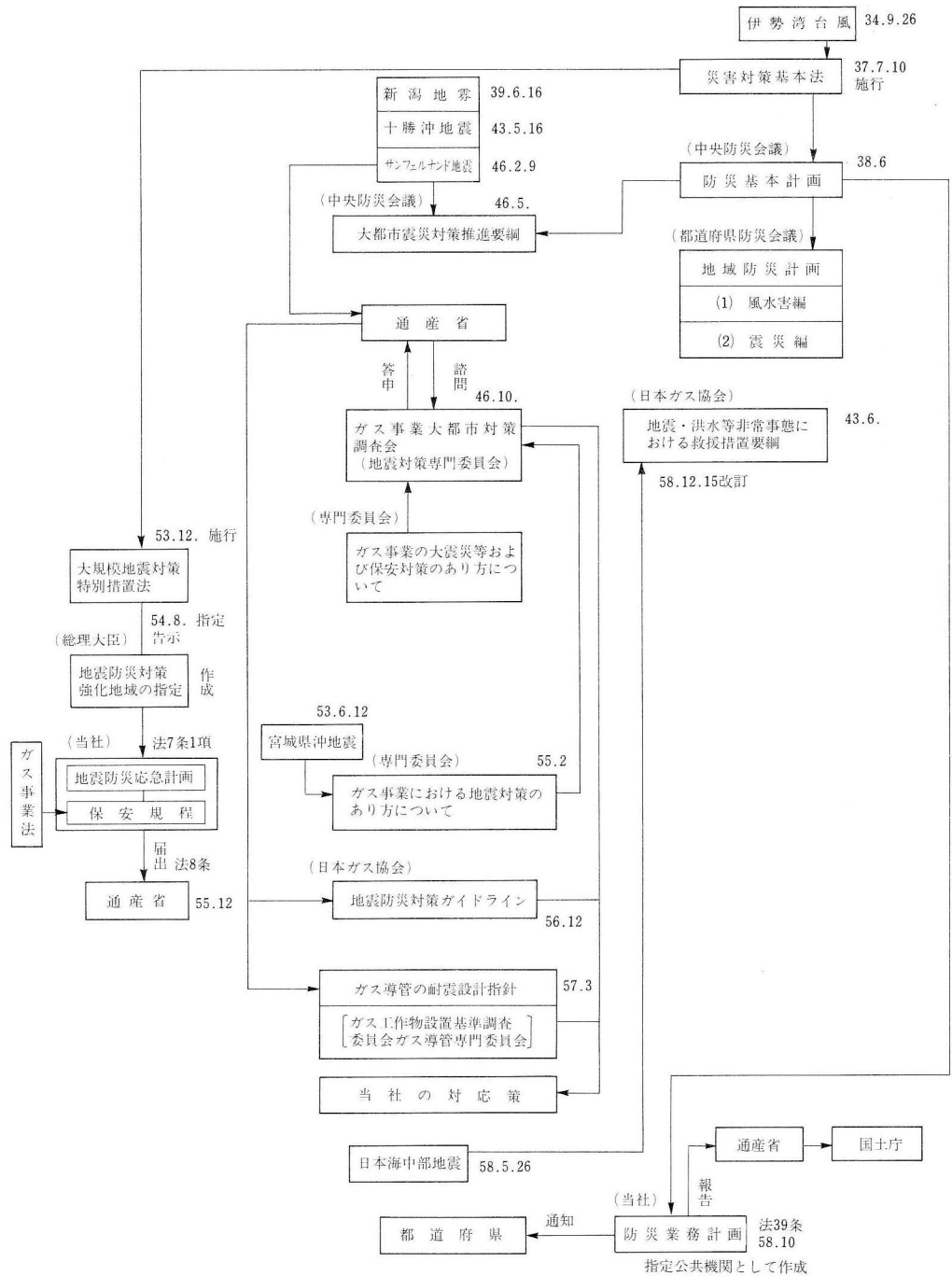


表1 防災に関する法規とこれに基づく諸計画関連図もなっている。

地震対策の基本的考え方

表2は、当社の地震対策の概要を示しており、

つぎの3つの基本姿勢で臨んでいる。

第1は、ガスに起因する二次災害の発生を防止することである。すなわち、地震時の製造、供給設備の被害を極力最小限にとどめることである。

このため主要設備は、大地震にも耐えうる十分な

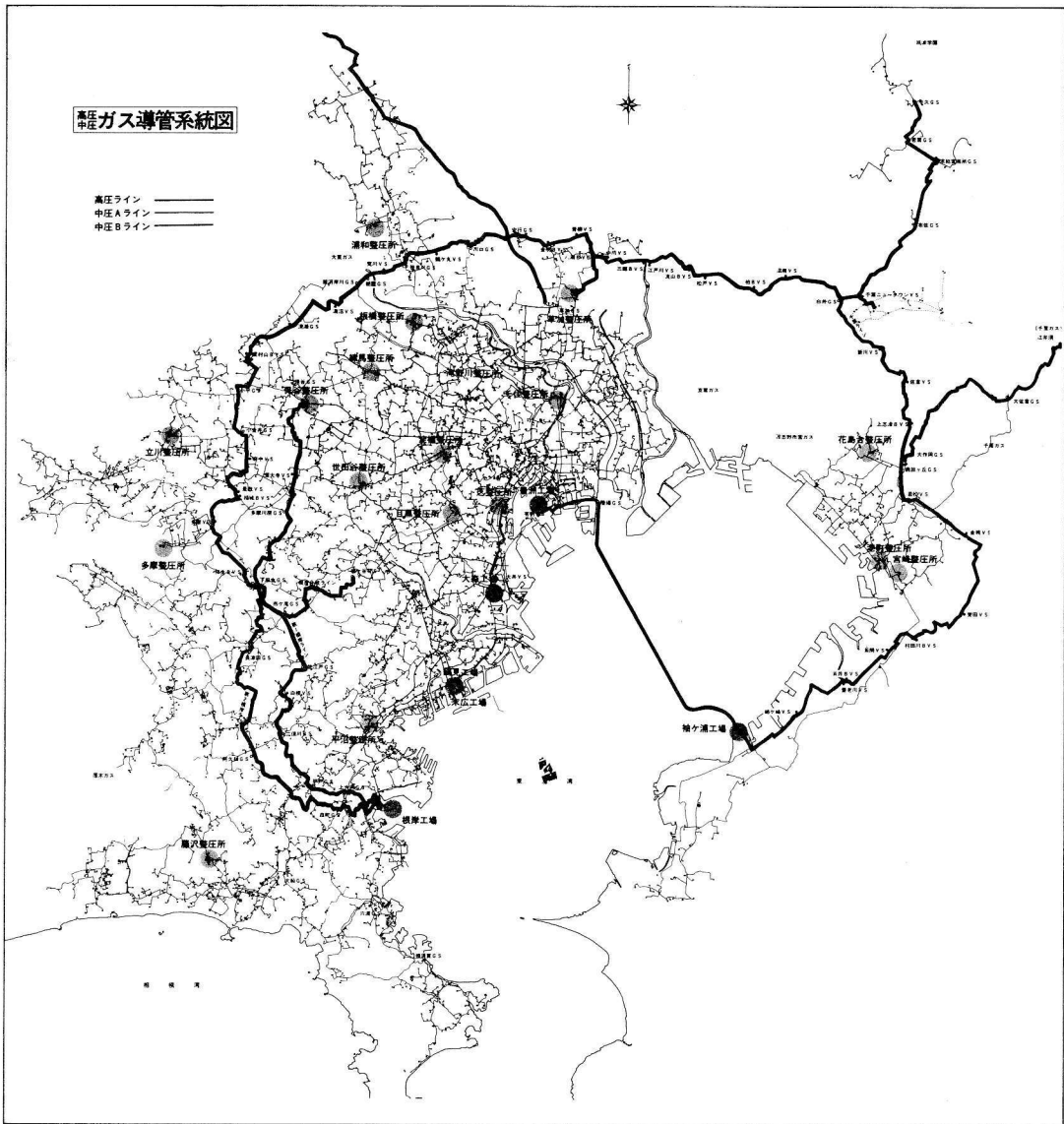


図1 高圧・中圧ガス導管系統図

耐震性を付与するように設計、建設しまた維持している。

さらに万一に備え、地震発生時には、ガスの送出を遮断したり、被害状況によっては、その区域のガスの供給を停止するための措置を講じている。

第2は、ガスの供給停止区域を可能な限り小さくすることである。すなわち、被害集中区域に対しては、供給停止措置を行なう一方、非被害区域に対しては、極力、ガスの供給を継続するための措置として、導管網を地区ごとに独立できるようにブロック化している。

第3は、ガスの供給停止を受けた需要家に対し速やかにガスの供給を再開することである。このため、迅速な情報収集や復旧作業を合理的に行なうための行動基準の整備や訓練を通じての習熟化等、ソフト面の充実をはかっている。

ガスによる二次災害防止のための対策

(1) 製造施設の耐震性と防災システム

製造施設は、ガス事業法、消防法、および建築基準法などの基準に従って地震対策を講じている。

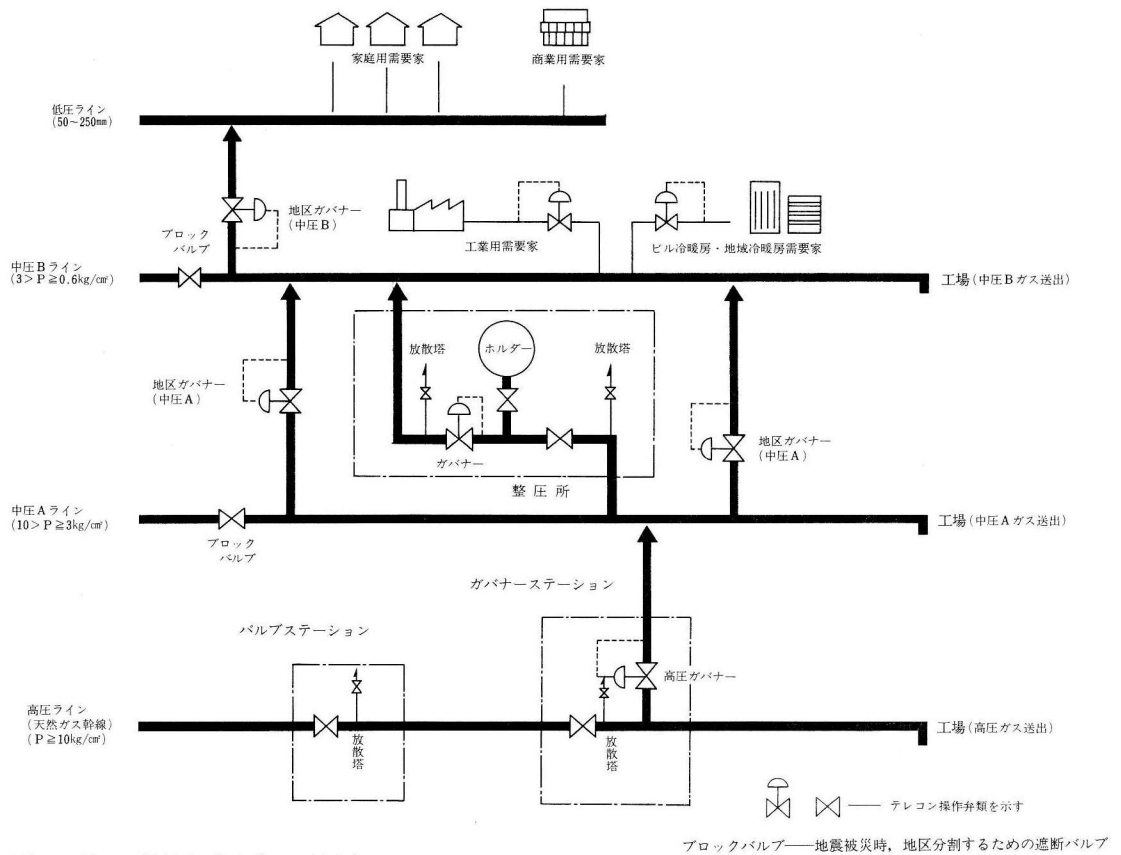


図2 ガスの供給方式（ガスの流れ）

これらの法律は、震度6に耐えるよう具体的な設計基準を定めており、日常の維持管理についても、密度の高い設備管理により十分な耐震性を維持している。

現在、LNG（液化天然ガス）の貯蔵には、主に地下タンクを採用しているため、LNGの液面は常に地表面以下にあり、いかなる場合でもLNGが流出する恐れはない。

また、LPGなどの地上タンクでは元弁に緊急遮断弁を設置しているほか、必要な個所にガス油検知器、監視テレビカメラなどを設け、異常状態の早期発見が可能となっている。また、防液堤、防油堤等を法令に基づいて設けている。このほか、製造設備には、各種の安全装置（シャットダウン・システム）が配置されており、設備内各所の圧力温度等の異常を検知し、操業を自動的に安全に停止させるようになっている。

(2) 供給施設の耐震性と防災システム

①球形ガスホルダー ガスの需給バランスを調整する機能をもつ球形ガスホルダーは、大地震にも十分耐えるよう設計、施行している。

球体部には、地震動を減衰させるため、動的解析法に基づいたオイルダンパーを設置し、また、元弁に遠隔操作可能な緊急遮断弁（ESV）を設け、ホルダー内にガスを封じ込めることによって、ガス導管へのガス送出を遮断できるようになっている。

②ガス導管 供給設備の大部分を占めるガス導管は、供給するガスの圧力によって高压導管（ 10 kg/cm^2 以上）、中圧導管（ 1 kg/cm^2 以上 10 kg/cm^2 未満）および低压導管（ 200 mm 水柱程度）に分かれる。高、中圧導管は、材料が鋼管で、接合形式は突合せ溶接であり、その特徴として強度、伸びが大きく地盤変動にも十分耐えられるものである。

一方、ガス導管の80%以上を占める低压導管は、展延性に富む材料の採用、伸縮、曲げ性能のすぐ

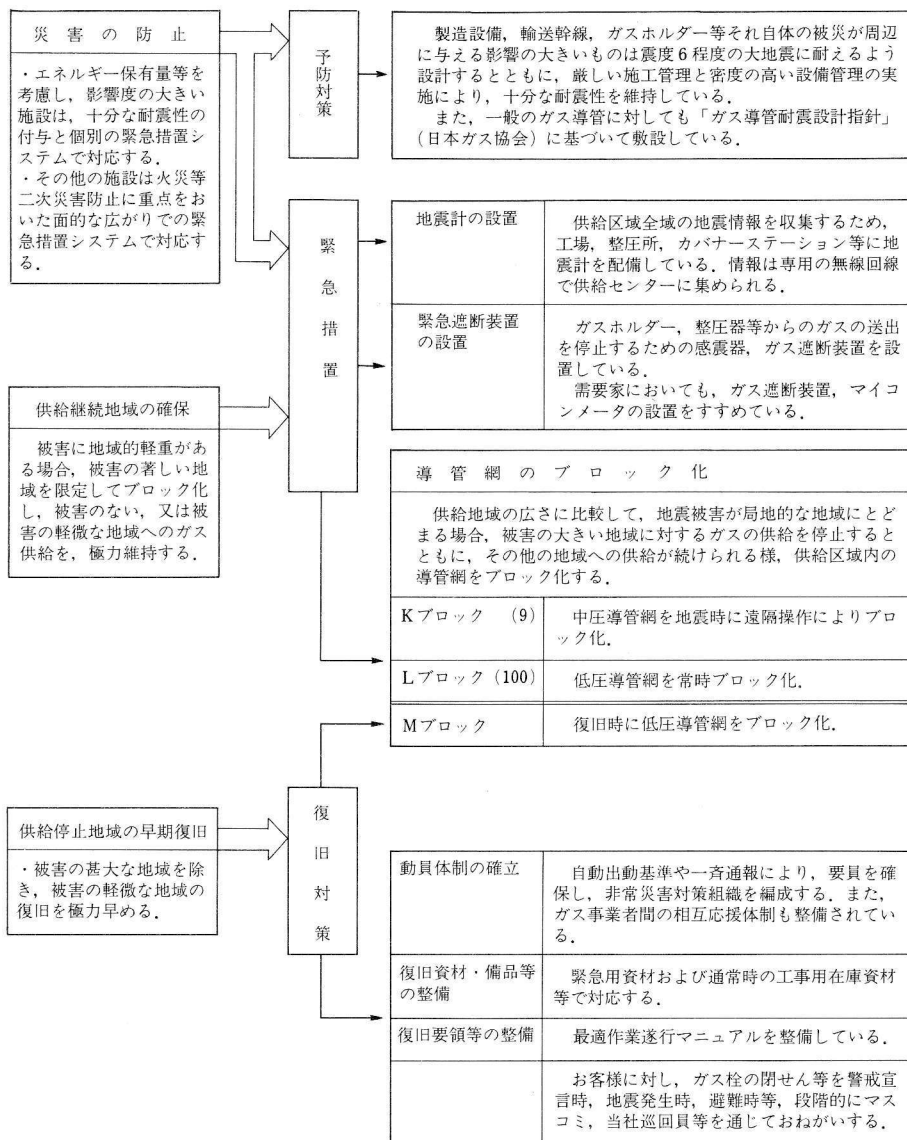


表2 東京ガス(株)の地震対策の概要

れた継手の使用等により、導管系として可とう性のある構造としている。

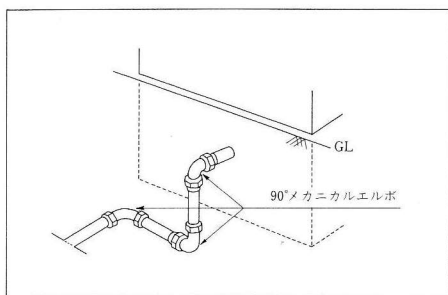
これらガス導管の耐震設計の考え方は、『ガス導管耐震設計指針』（日本ガス協会）に記されており、管・継手およびそれらを組み合わせた配管系に展延性もしくは、可とう性を付与することにより地震時の被害を減少させることを目的としている。

すなわち、比較的簡単に判断できる地盤条件をもとに類型化された導管要素について地盤変位吸収能力を評価し、それが所定の性能を有していれば、

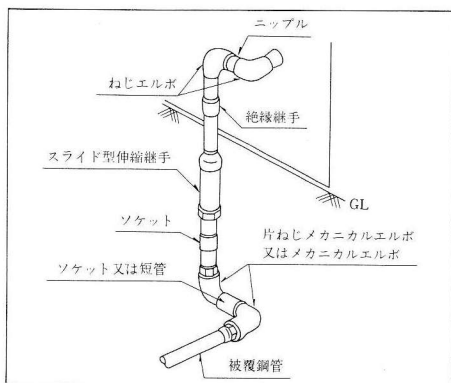
同様な条件下にある導管は、耐震性があると、設置場所毎の個別設計を行なわない立場をとっている。

具体的には、例えば、地盤条件の悪い場所等には、展延性に富むポリエチレン管を採用したり、また、小口径鋼管の接合部には、可とう性のあるメカニカル継手を使用する等である。

なお、昨年12月17日に発生した千葉県東方沖地震において、メカニカル継手は地盤の急変部にあっても、ほとんど損傷がなく耐震的であることが示された。



a. 機械式継手配管例(地中貫通の場合)
一般の配管設備で管が地中で建物外壁を貫通する場合。



b. スライド型伸縮継手による配管例
不等沈下の恐れのある場所の建物に配管する場合。

配管系	配管略図
ストレート配管	スネークパイプ
鉛直配管	スネークパイプ、ベンド管
水平配管	スネークパイプ、ベンド管

c. スネークパイプ使用例
中圧管および中口径管設備で特に地震または不等沈下対策を必要とする場合。

図3 建物引込部の可とう性配管

(3) 需要家設備の対策

①ガス配管設備の耐震設計 建物内のガス配管等需要家設備の耐震設計は、ガス事業法のほか、高層建物については建築設備耐震設計指針(空調衛生工学会)や、ガス配管耐震設計マニュアル(日本ガス協会)等が基準になっている。

埋設される低圧導管は、メカニカル接合による鋼管が主に使用されており、建物への引込部においては、スネークパイプ等による可とう性配管を行ない、地震や地盤沈下等地盤変位に対する措置を講じている。図3は、建物引込部の可とう性配管を示している。建物内配管は、ネジ接合の鋼管が主体であるが、最近では柔軟性があり継手のない

ステンレス管による“フレキ配管”を採用することとしている。高層建物や中口径以上の管は、溶接接合鋼管を用いている。

なお、ガス配管の耐震設計は、建物を超高層(61m以上)と一般(61m未満)に区分し、個々に耐震設計を行ない建物の耐震耐力と同等の耐震構造としている。

②その他安全装置 ガス事業法においては、ガス工作物(導管、遮断弁、ガス栓等)とガス消費機器(ガス器具)とに区分し、それぞれに使用する材料、構造、試験方法等のほか、安全装置についても規定している。建物内のガス配管等需要家のガス設備に対しては、地震による災害のほか、種々の原因によるガス洩れに起因する災害を防止するための措置が必要である。自動ガス遮断装置は、その代表的なもので、地震の発生やガスの異常使用状態を検知し自動的に遮断する装置である。家庭用のマイコンメーターは、一定震度以上の地震を感知すると、ガスメーターにおいてガスを遮断するものである。また、高層建物では、建物外壁貫通部付近に緊急ガス遮断装置を設置し、緊急時に防災センター等からの遠隔操作により建物へのガス供給を遮断する。

(4) 通信施設

地震発生時には、種々の情報を迅速に収集し、必要な初動措置を的確に実施する必要がある。これらを円滑に行なうためには、通信の確保が不可欠である。図4は、当社の通信回線網を示したものである。すなわち工場・事業所、整圧所、GS等、重要な供給拠点と本社(供給センター)との間

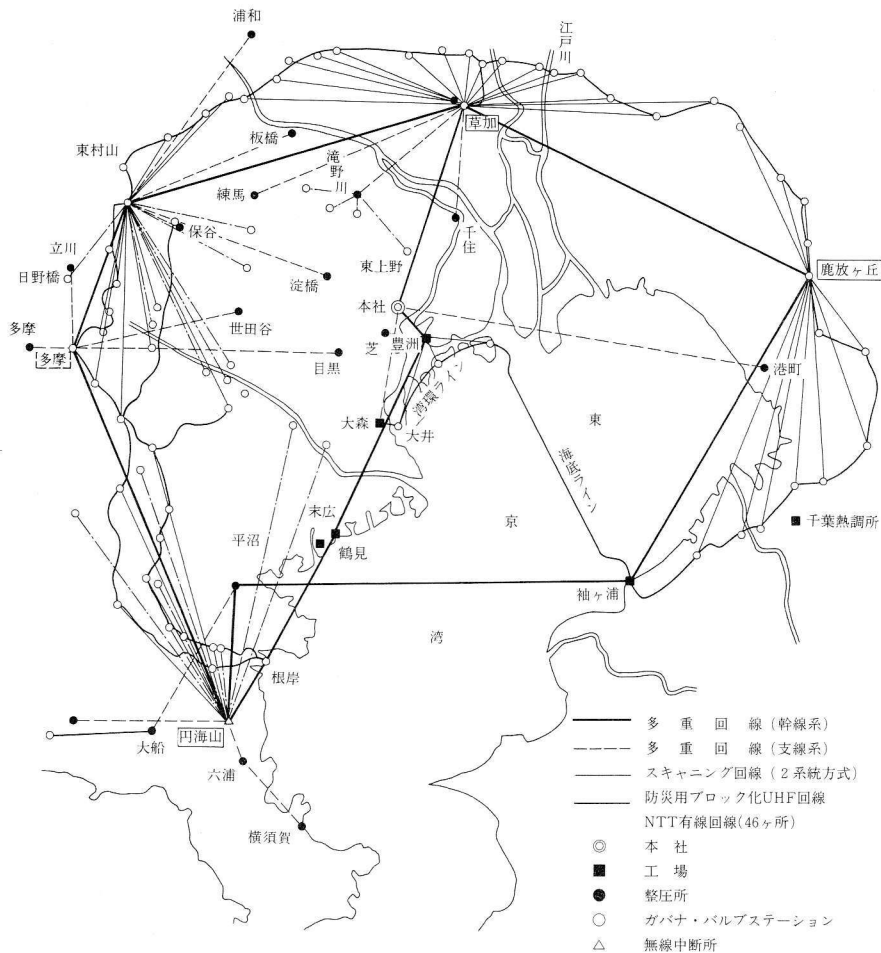


図4 通信回線網

は、ループ化された自営の固定無線回線が設置してある。この回線を通じて、各地の地震情報の収集や供給拠点におけるガスの圧力、流量等の監視やブロックバルブ閉閉操作等の遠隔制御を行なう。

この他、移動無線、可搬型無線機等により現場の被害状況等が迅速に収集され、供給センターからの情報伝達も確実に進行することができる。

関係機関との連絡用として国土庁、および東京都との間で防災行政無線が直結している。一方、社員用の緊急一斉通報システムは、多重無線回線を利用した保安専用電話とNTTの加入回線を利用し、あらかじめ選定してある社員に対して、同時に最大100人、約15分間で400人に一斉通報を行なうことができる。

供給停止地域の極小化のための対策

(1) ガス導管網のブロック化

当社の供給区域は広大であり、地盤も地域によって異なるため、地震による被害程度に地域差が生ずることが考えられる。各地の地震情報、地震被害の状況に応じて区域ごとに供給の停止と供給の継続を的確に区分することができるよう地盤特性および行政区画等を考慮して導管網をブロックに分割している。図5にブロックの概要を示す。

(2) K-ブロック、L-ブロック

ブロックは2通りある。大ブロックは中圧導管網を対象とし、ブロックごとに供給拠点をもち、

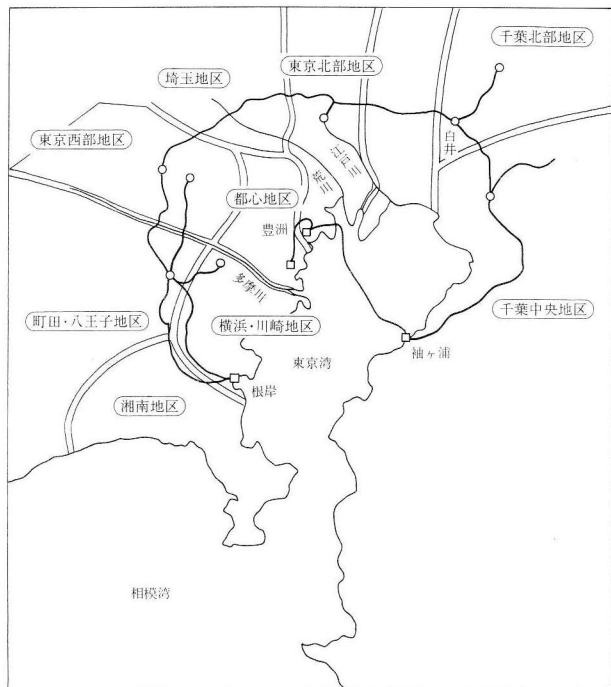


図5 導管網の地域ブロック化

独立してガスの供給および停止ができる9つのK-ブロック（King-Blockの略）で構成され、境界部には、緊急時に無線で遠隔操作が可能な遮断弁が設置されている。

一方、直下型地震のように局地的に被害を及ぼすと考えられる地震には、K-ブロック規模一約300km²—では大きすぎるため、Kブロック内をさらに細分化し、低圧導管網をおよそ100に分割したLブロック（Large-Blockの略）がある。これらのブロックにより地区によって異なる被害程度に応じて、ガスの供給停止をすべきブロックと継続すべきブロックを仕分けすることにより、二次災害の防止をはかるとともにサービスの低下を抑えている。

さらに供給停止地区の早期復旧を行なうための手段として復旧ブロックがあり、これは、天然ガスへの変更時に使用した小規模ブロック（需要家約3,000件）を活用するものである。

的確な初動措置

(1) 災害対策組織体制

大地震や風水害による災害の発生が予想された

り発生した場合、迅速かつ適切な災害対策を実施するために、本社には社長を本部長とする非常災害対策本部を設置し、同時に各事業所には、非常災害対策支部を設置する。

とくにこれらの状況が勤務時間外に発生した場合には、男子社員の出勤が自動発令され、それぞれ定められた拠点に急行することになっている。

この体制下における社員の具体的業務は、緊急措置、災害に関する情報収集、連絡、報告、災害復旧作業、広報等である。

また、全国の都市ガス事業者間においては、復旧要員、車両、資機材などの相互融通が行なえるよう、日本ガス協会を中心とした災害時における相互応援体制が確立している。

(2) 地震発生時の緊急措置

地震発生時の緊急措置は、二次災害防止のため、迅速かつ正確に行なう必要がある。まず供給区域内の各拠点にある31基の地震計により計測された各地の地震情報（最大水平加速度およびSI値）が無線回線によって供給センターに収集される。

さらに各事業所等からは、付近の被害状況が無線電話により報告される。供給センターでは地震加速度が高い値を示した地区についてブロックバルブを遮断し、この地区の導管網のK-ブロック化を行う。さらに各地のガスの流量や圧力に異常が認められた場合は、工場、GS、ホルダー等からの供給を遠隔操作により遮断する。

復旧対策

ガスの供給を停止した場合の復旧作業の手順を図6に示す。

供給停止地区の復旧作業を効率的にすすめるため、復旧ブロックをできるだけ多くし、この単位で閉栓作業（メータコックの閉止）、導管修理工事、需要家の安全確認、開栓作業を繰り返していく。

一般にガスの供給を再開した需要家数の比率は、

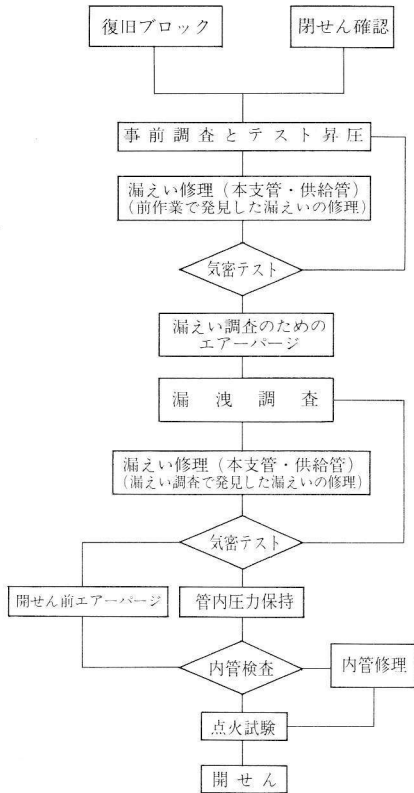


図6 都市ガス復旧作業と手順

図7に示す通りで、第一段階は、地震発生直後の混乱期で開栓の上がりも遅い。

第二段階は、復旧活動が軌道にのり、最も能率的に開栓が行なわれる。

第三段階は、被害甚大地区を対象とするため、開栓速度は再び遅くなる。

そこで、できるだけ早く斜線部の面積 S （地震により供給停止した需要家の延件数に相当）を最小にすることを目標として、宮城県沖地震等におけるガス導管の復旧プロセスの実績をコンピュータでシミュレートし、復旧作業を最適化するシステムの開発を進めている。具体的には、復旧作業全体の最適工程を作成するための「事前計画システム」と日ごとの具体的復旧作業にかかわる行程、要員管理等を効率的に行なうための「支援システム」がある。

検討課題と成果(例)

地震対策課題の具体例として一部実用化されたものあるいは、今後の課題を含め紹介するとつぎの通りである。

(1) 地震動強さの新しい検知装置(SIセンサー)

現在、実用に供されている制御用センサーの大部分は、地震動の加速度が一定値を超えると制御信号を出すものである。

しかし、最近の地震の経験から、瞬間値としての最大加速度の大きさのみを判断基準として、種々のシステムを遮断することについて検討の必要性が指摘されている。

ライフラインのように地盤内にあるシステムにおいては、被害の程度を的確に表現する物理量の選択とそれを計測するセンサーの導入が必要となる。地震動が構造物に及ぼす影響は、その地震動が構造物をどのくらい揺らす能力があるかを判断する必要があり、その能力を表わすもののひとつに速度応答スペクトルがある。ほとんどの構造物は、固有周期が0.1秒から2.5秒の範囲であり、平均をとったスペクトル強度(SI値= Spectrum Intersity)をG. W. Housnerは、地震動強さを表す指標として定義している。

過去の地震動記録からこのSI値と構造物の被害との関係がかなり明らかになっている。

このたび、SI値を測定し、基準値を超えた場

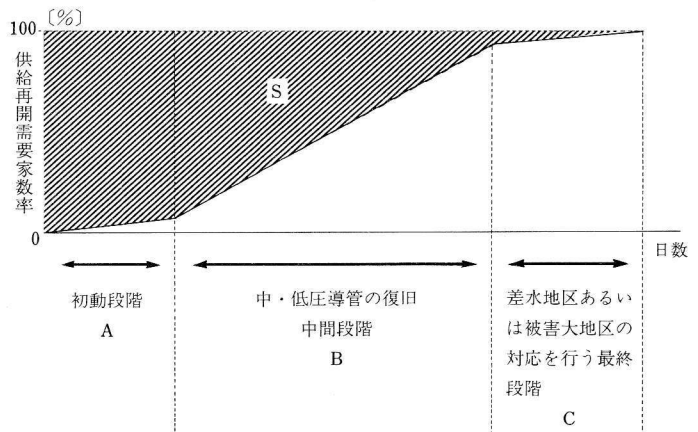


図7 供給再開パターン

合、制御信号を出すセンサーを東京大学生産技術研究所との共同研究として開発を完了した。

現在、同センサーにメモリー機能を付加したものを供給区域内の各拠点に設置し、従来の最大水準加速度値とともに、SI 値も情報として収集するようにしており、実用化をはかっている。

(2) ヘリコプターによる情報収集

緊急時、優先使用契約したヘリコプターは、地震発生直後に、被害地域を中心に災害の発生や地割れあるいは建物等の損傷状況についての情報を広域に収集し、初動措置の判断に関する情報の提供、早期復旧地区の決定に関する情報の提供を行なう。

あとがき

当社は、大都市におけるガス事業の基本が「保

安の確保」であるとの認識のもとに、これまで地震対策についても多大の努力をはらってきた。

その結果、ガス工作物の耐震性が向上し、ガスによる二次災害の防止をはかるための種々の施策も着実に実施されつつある。

しかし、将来にわたり、その発生を否定することができない首都圏における大地震を想定したとき、都市の巨大化、過密化に加え、都市機能も複雑化、高度化していることからみて、被害要素も複雑にからみあってくるものと思われる。

このような状況のなかにあっても適切な判断を行ない、迅速な初動措置とその後の円滑な復旧作業を遂行しうよう関係個所との情報連絡体制を一層密なものにするなど、ハード、ソフトの両面においてきめこまかな対策を今後も推進していくことが重要である。

[おおさわ りゅうたろう 東京ガス株式会社 導管計画部長]

猛烈ノ激・烈震の様相

宝永地震

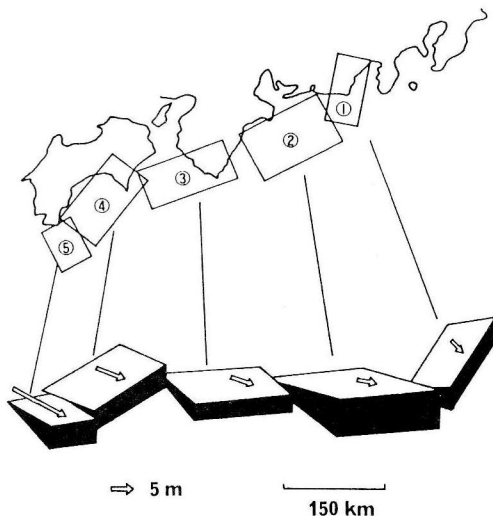
地震学者でも、震度6を体験した人はあまりいないであろう。大地震のときの地震動の猛烈さを知るために、古文書などからの引用を試みよう。

「宝永四年十月四日、朝より風少もふかず、一天晴渡りて雲見えず、其暑きこと極暑の如く、未ノ刻ばかり、東南の方おびただしく鳴て、大地ふるひいづ。其ゆりわたる事、天地も一ツに成かとおもはる。大地二三尺に割、水湧出、山崩、人家潰事将棊倒を見るが如し。諸人廣場に走り出る。五人七人手に手を取組といへども、うつぶしに倒れ、三四間の内を轉ばし。あるひはのけに成、又うつぶしになりて、にげ走る事たやすからず。半時ばかり大ゆりありて、暫止る。此間に男女気を失ふもの数しらず。又暫くしてゆり出し、やみてはゆる。幾度といふ限なし。凡一時の内六七度ゆり、やまりたる間も、筏に乗たるごとくにて、大地定

らず、われさけたる所より、泥水わき出、世界も今沈む様にぞ覚ゆ。(後略)」

これは、『増訂大日本地震史料』第二巻に出ている「弘列筆記」から引用した宝永地震(マグニチュード8.4, 1707)の際の四国、高知における地震動の描写である。この地震では、四国西部-静岡県にわたって震度6に達しており、相田君によると東海-南海沖の5個の断層がいっせいに動いたとされていて、日本最大級の巨大地震である。

[R]



宝永地震を発生した5個の断層モデル(相田による)

■ 地震予知連絡会情報 ■ 渡辺 晃 ■

前回にひきつづき、第84回（昭和63年8月22日）および第85回（昭和63年11月21日）地震予知連絡会に提出された議題のうち、目立ったものを選んで報告する。この期間は全国的にみて、地震活動はきわめて静穏であった。それにもかかわらず、この2回の報告件数は、総数112で前回をやや上回った。前兆現象は静穏期に出現するものであるから、予知研究のためには最も大切な時期である。今回、多面的な解析・処理結果が多くみられたのは、このためであると思われる。

東海地方の地震・地殻活動

来たるべき東海地震の予知に最も重要な手がかりとして、御前崎を含む駿河湾沿岸の沈降が、毎回の地震予知連絡会で最大の関心を集めていることは、本誌においても繰返し述べられている。国土地理院による水準測量の反復によって、掛川（BM140-1）に対する御前崎（BM2595）の沈降は1962年以来、年4～5mmの割合でほぼ一定していることが知られている。今回の測量結果も平均的なもので「正常」の範囲にあると考えられている（第85回、国土地理院資料）。しかし、沈降量の正常・異常の判定基準、地震発生直前の挙動など、わからないことが多いのも事実である。

ところで国土地理院は、この掛川—御前崎の測線だけでなく、御前崎を中心とした静岡県南部の広い範囲で反復測量を実施しており、その資料から面的な変動を時間順に追いかけることができる。図1の時空間分布は、東京大学地震研究所が国土地理院の測量結果を使ってつくったものである（第85回、東大地震研究所資料）。1962年から1988年までの積算された上下変動のコンターには、焼津あたりに沈降の目玉がみられる。図から読みとれる

ように、これは御前崎周辺の目玉に比べても、より顕著であり、年5～6mmの割合で沈降していることがわかる。一方、1976年から1988年に期間を限定して積算すると、御前崎近傍に目玉ができる。また、短期間の変動（2年ごと）のパターンをつくると、目玉ができたり消えたりする。このように、解析の方法によって変動の時空間分布をいろいろな角度から見るができる。このような解析を通して、単に御前崎が沈降しているのではなく、駿河湾沿岸が一つづきとなって傾動している様子がみられる。これらは駿河トラフ沿いに沈み込むフィリピン海プレートの挙動を髣髴させるものとして興味深い。

また、これに関連して駿河湾沿岸に配置された驗潮記録からも御前崎・焼津が伊豆半島の内浦・田子に比較して、1978年から長期的に沈降していることが指摘されている（第84回、国土地理院資料）。

一方、東海地方の地震活動は、気象庁、防災センター、大学などによって監視されているが、前回にくらべて目立った変化は見られなかった。しかし、やや長期的にみると、駿河湾以西のフィリピン海プレート内に発生するやや深い地震は、1986年を境に減少する傾向にある（第84回、名古屋大学資料）。

伊豆半島周辺の地震・地殻活動

伊豆半島東部から大島・新島を含む地域の地震活動は、ここ数十年來、非常に高く、M6～7クラスの地震が頻発している。なかでも目立った活動は、伊豆半島東方沖（伊東市川奈沖）の群発地震である。1978年以来、今回の7月から9月にかけての活動を加えると18回を数える。7月26日に群発活動が始まり、7月31日にはM5.2の最大の地震が起こった。9月の半ばには、その活動はほぼ

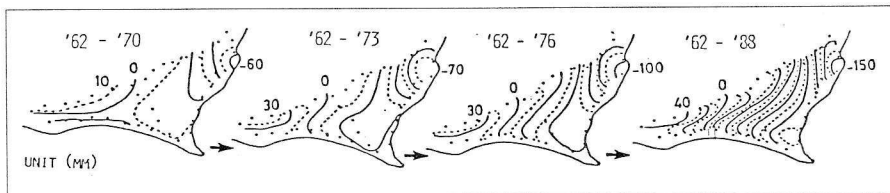


図1 1962年から1988年までの積算された上下変動のコンター
（第85回、東京大学地震研究所資料）

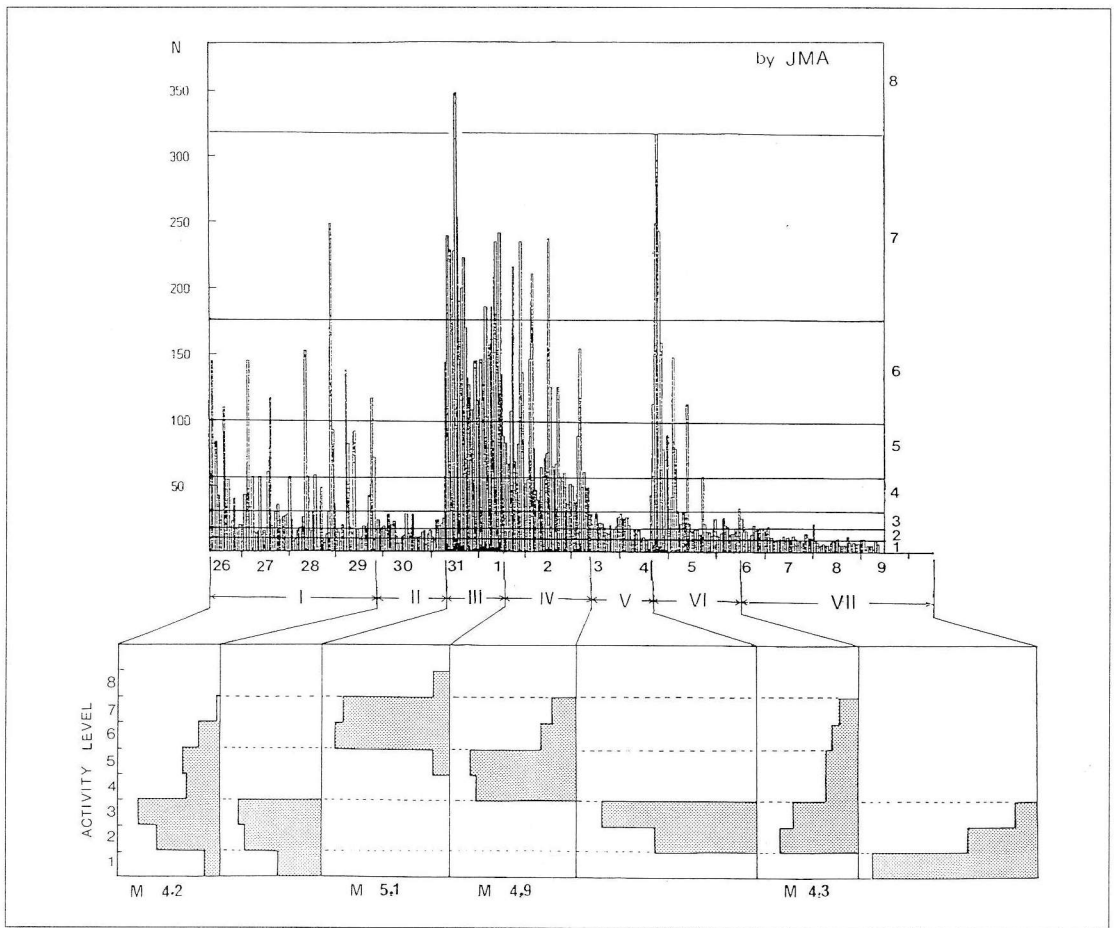


図2 伊豆半島東方沖群発地震の地震発生回数（時間別）のレベル変化と活動期の区分
（第84回，東京大学地震研究所資料）

終息したが全期間を通して，有感地震は290回，伊東市鎌田における地震発生回数は17,000個に達し，過去18回の群発活動のうちでも最大級のものである（第84，85回，気象庁資料）。ただ，最大の地震の規模が比較的小さかったので，これによる人的・物的被害は殆んどなかったのは幸であった。この顕著な群発地震に関連して多くの報告がなされたが，その中からいくつかを選んで紹介する。

東京大学地震研究所は，時間別地震発生回数（伊東市鎌田における気象庁の資料）から地震活動度を算出し，図2に示したように，この一連の活動は7個の区間に分割されることを示した。また，活動度をステップ的变化に置き換え，群発活動の推移のデジタル表現を試みている（第84回，東大地震研究所資料）。

防災センターは，7月26日から9月2日までの期間について，M2～4の地震を用いてゲーテンベルグ・リヒターの式のb値を連続的に求めた。これによると，前震期間に相当する28日から29日にかけてb値がやや大きくなった後，減少傾向が続き，7月31日M5.2の最大地

震が発生した。その後は，b値は急増し，もとの値にもどっている（第84回，防災センター資料）。このような方法は，地震活動の推移を予測するのに有効であるが，一般的にサンプル数が少ない場合，統計的な量であるb値の算出方法に注意を払う必要がある。

京都大学理学部は伊豆湯ヶ島における伸縮計のN56°W成分に，最大地震の約2時間前に10⁻⁹オーダーの異常を見つけた（第84回，京都大学理学部資料）。震源距離（約30km），地震規模（M5.2）に照らし合わせて，このオーダーの変動が合理的なものであるかどうかは別にして，このような微小量の測定は地表近くでは困難な場合が多い。しかし，地震規模が更に大きく，また，震源距離が小さい場合，変動量は急増するはずであるから，直前予知の実用化への可能性を示したものと言えよう。

以上述べた3つの報告は，群発地震に関連して，その将来を予測するための事例研究である。あらゆる機会を利用して，このような事例を積み重ねることは大切なことである。

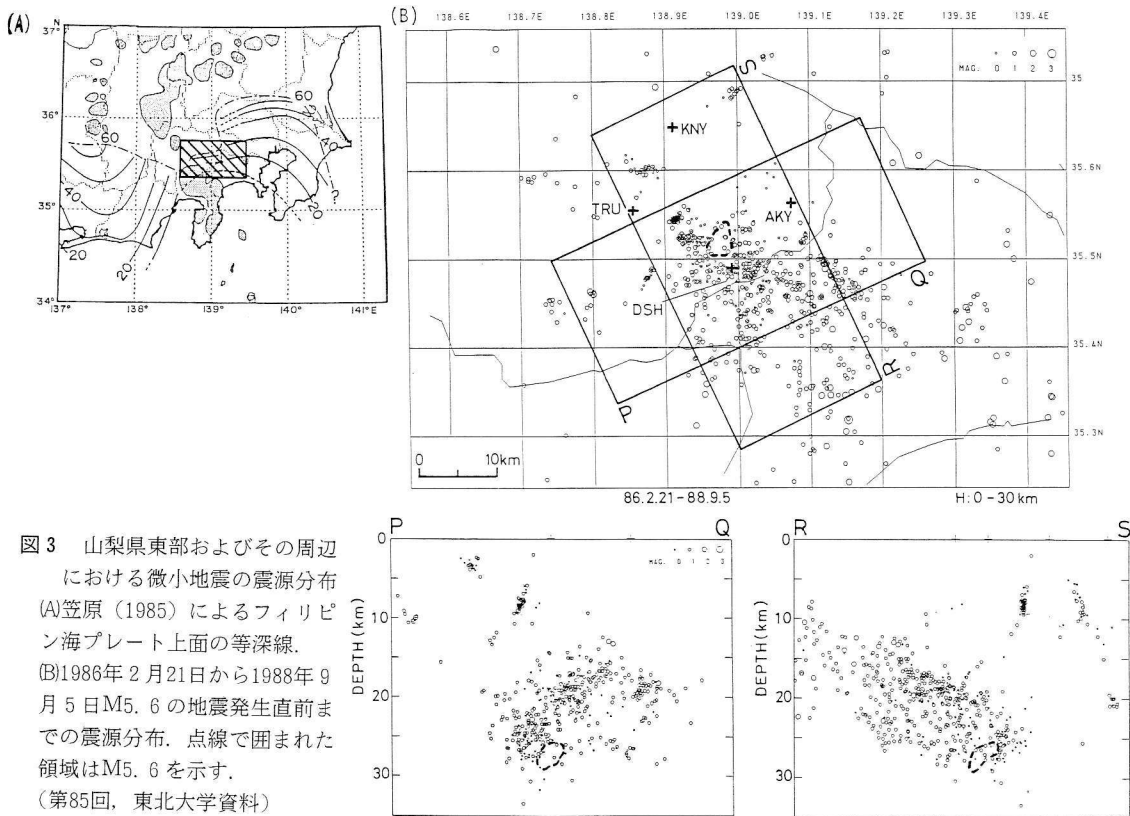


図3 山梨県東部およびその周辺における微小地震の震源分布
 (A)笠原(1985)によるフィリピン海プレート上面の等深線。
 (B)1986年2月21日から1988年9月5日M5.6の地震発生直前までの震源分布。点線で囲まれた領域はM5.6を示す。
 (第85回, 東北大学資料)

伊豆半島周辺の水準測量や験潮による長中期的な変動は、国土地理院によって定期的に報告されているが(第84, 85回, 国土地理院資料), いずれも伊東市付近が隆起しつつあることを示している。したがって、今回の顕著な活動は終息したが、将来の動向については予断を許さない。ちなみに、気象庁の報告によれば(第85回, 気象庁資料), 10月31日に小田原付近にM3.6の地震が発生した。昨年12月12日にも相模湾北部にM3.7の地震があったが、この地域ではM3.5を越える大粒の地震が起こるのは26年ぶりのことである。しかし、これらが伊豆半島東方を北上する地震活動が更に北へ飛び火する前ぶれであるかどうかは、今のところ、わからない。

関東地方の地震・地殻活動

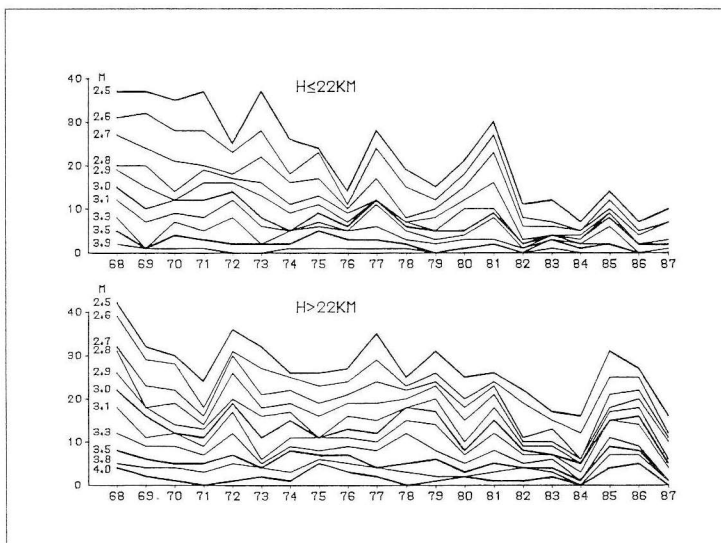
関東地方南部に、昭和63年9月から10月にかけてM5クラスの地震が4個つづけて起こった。気象庁の資料によれば(第85回, 気象庁資料), 9月5日の山梨県東部(M5.9, 深さ31km), 9月26日の千葉県東方沖(M5.9, 深さ37km), 9月29日の埼玉県南部(M5.0, 深さ16km)および10月28日の千葉県東方沖(M5.1, 深さ77km)である。

南関東地域は、よく知られているようにユーラシアプレートに太平洋プレートとフィリピン海プレートが沈み込んだ複雑な立体構造で説明されている。今回の4つの地震は、それぞれのプレート境界での定常的な活動であるとみられているが、東北大学(第85回, 東北大学資料)は、このうち山梨県東部地震をとりあげ、フィリピン海プレートとの関連を細かく議論している。図3に示した震源分布は、この地震の直前までの地震活動を描いたもので、この地域の定常的なものである。このなかでRS断面はフィリピン海プレートの進行方向に、平行に投影したものであり、プレート先端部の様子をよく表わしている。今回の地震の活動域は点線で囲まれた部分であり、プレート先端部の更に先端に相当することがわかる。左上図のプレート上面を示す等深線にもみられるように、フィリピン海プレートがユーラシアプレートと衝突し、いままきにもぐり込みを始めた様子を示すものとして興味深い。

1987年12月17日に、千葉県東方沖(一宮町沖)にM6.7の地震があり、千葉県を中心にして若干の被害が発生した。この地震の詳細は、すでにこの欄(本誌No.5)にもとりあげられたとおりである。国土地理院と千葉県による水準測量の結果によると、千葉県東部沿岸の一宮町を

中心に地震の余効的変動が起こっている(第84回, 国土地理院資料)。

一方, 館山地殻活動観測場における水晶管伸縮計のNE-SW, NW-SE両成分に, 1983年頃から月平均の変動に異常なパターンがみられ, その傾向は今もつづいている(第85回, 国土地理院資料)。千葉県周辺には, 上述のM6.7の地震を含めて, 1984年頃から活動が高くなり, 今回の2個の地震につながっている。これら一連の地震活動は, 伸縮計・水準測量に表われた異常変動と関連するものと考えられるので, 今後とも注意深く監視をつづける必要がある。



福島県沖の地震活動

1987年2月から始まったM6クラスを含む福島県沖の地震活動は, 次第に終息に向かってるようにみえるが, 10月19日にM5.0の大粒の地震が発生した(第85回, 東北大学資料)。震央は37°N, 142°E付近と推定されているが, この場所は定常的に地震活動が高くM6クラスの地震が頻発したことが過去の例から知られている。今回の一連の活動では, 震源域のなかでとくに, この場所には, まだM6クラスの地震が起こっていないことから注目されていた。東北大学の観測網による微小地震の分布図をみると, 今でもこの場所に地震の空白域が認められるので, ここにM6クラスの地震が近い将来, 発生する可能性は依然として残されている。

四国の地震活動

四国中央部の地震活動は, その深さ分布から, 地殻および上部マントル内に明瞭に区分されている(第84回, 高知大学資料)。マントル内のやや深い地震は北へ向かって深くなり, 四国北部では40kmに達している。南海トラフ近くでは観測網から大きくはずれるので, 深さの精度は悪くなるが, 海溝軸からつづく北下がり分布は, 沈み込むフィリピン海プレートの上面を表わしているものであると思われる。

図4は, 四国中央部の浅い地殻内地震と, やや深い上部マントル内地震の発生数の年変化をマグニチュードごとに示したものである。図からみられるように, 地震は全体として2~4年周期で増減を繰り返しながら, 長期的に減少傾向にある。とくに, 浅い地殻内の地震は, 1968年, 観測を開始して現在に至る20年間でおよそ3分の

図4 震源の浅い地震(上図)と深い地震(下図)の発生数と年変化(第84回, 高知大学資料)

縦軸は図に示したM以上の発生回数である。

1になっている。この傾向は, いつまでつづくのか, また来たるべき南海道地震と, どのような関連をもっているのか等々は, 今後に残された問題である。

[わたなべ ひかる 京大物理学部助教]

ご案内

本誌の既刊分(1986年6月創刊)は, まだ少数ながら在庫がありますので, ご希望の方はお申込み下さい。5号の主な内容及び申込先は下記の通りです。

地震ジャーナル 5号

エッセイ 情報の内実を探る	柳田邦男
鼎談 地震予知と情報	司会: 伊藤岡部/力武
天下の奇災	柳川喜郎
津波災害	首藤伸夫
地震・津波碑巡り	相田 勇
宇宙技術と地震予知	吉村好光
週刊誌に読む地震の歴史	仁尾一三
地動儀モデルいろいろ	力武常次
地震予知連絡会情報	渡辺 晃

- ご購読料 [郵送料を含む] 1500円
- お申込先と郵便振込口座
東京都千代田区神田美土代町3
財地震予知総合研究振興会
郵便振込口座 東京 1-109120

地震ジャーナル・編集部

書 評

南海地震の定説を見直す

岡野健之助著『四国の地震』

岡田義光

近い将来における「東海地震」の発生が叫ばれて久しい。また最近、首都圏直下の地震や第2関東地震に関する議論が賑やかである。東海および南関東地域は地震予知連絡会によって「観測強化地域」に指定された日本にただ2つの箇所であり、地震予知を目指した各種の観測が集中的に実施されている。このため、ここには世間の人々の関心が集まりやすく、また一部には、地震予知の可能性が最も高い地域であるとの認識がなされている。

しかし、あいにく、この両地域は地震予知の実験場としては誠に不適切な、予知のむつかしい場所にあると言わざるを得ない。それは、日本列島下へのフィリピン海プレートの潜り込みが、伊豆半島周辺ではプレート衝突現象によりきわめて複雑で変則的な要素を呈しているからである。このため、東海地震や関東地震に関しては、地震の再来周期のような基本的議論についてさえ、未だにさまざまな考え方の幅がある。これに較べると、紀伊半島から四国の沖合いに発生する南海地震は典型的なプレート境界型地震であると考えられ、その発生メカニズムはより単純であり、再来周期もより規則的であると理解されている。

本書は、この南海地震をモチーフとして、一般的な地震の発生論や予知論についての説明をおりませつつ、四国周辺における地震活動や地殻構造の様子について、これまでに得られた知識をとりまとめ、詳しく紹介した内容となっている。もともと『高知新聞』に35回にわたって連載された記事を成書に書き改めたものであり、著者はこの連載によって第6回寺田寅彦記念賞(昭和61年度)を受賞している。

さきに評者は南海地震が東海地震に較べ単純であり

云々と述べたが、実は著者は本書の中でこの“単純”な考え方に対し、幾つもの異議を唱えている。その根拠は、観測結果と現在一般に受け入れられている定説との間の矛盾にある。

例えば、四国地方の下に発生する地震は地殻内と最上部マントル内に分かれ、両者はそれぞれ東西および南北に主圧力軸を有する発震機構解で特徴づけられるが、プレートの潜り込みだけでこのように互いに直角方向の力が別々に加わることを説明するのは困難である。一方、足摺岬や室戸岬の地震時隆起がごく先端部だけに限られ、また残留隆起が累積されていくことも、プレートが斜に沈んでいくだけでは説明できない。著者は既存の考えにとらわれず、日本海の拡大による日本列島の南進や地盤の有する広義のコロイド的性質などを可能な解釈として提示し、また言われている東海地震の発生も、つぎの南海地震の発生とほぼ同時になる可能性を主張している。これらの事柄はまだ研究段階で、評価の定まらないところであるが、本書は、ともすると既成観念に流され定説に安住しがちなわれわれを戒め反省させるきっかけを与えてくれる。

なお、まったくの蛇足ながら、本書の書名はいかにも地味でローカルな印象を受ける。せめて「南海地震と東海地震」とでもいった副題をつけたほうが、店頭で一般の人々の目を引きやすかったのではなからうか。

書評補足 ● 四国における微小地震観測の現状

四国における本格的な微小地震観測は、1966年4月に地震予知計画の一環として高知大学文理学部附属高知地震観測所が設立されたことに始まる。当初は3点の観測からスタートし、現在は高知県内に8か所、愛媛県内に1か所の観測点を設け、四国南部から中部にかけての定常観測を実施している。

一方、1972年5月には同じく地震予知計画の一環として京都大学理学部附属徳島地震観測所が設立され、現在四国北東部に5点からなる微小地震観測を展開している。このほか東京大学地震研究所では、和歌山微小地震観測所が四国東部1点、白木微小地震観測所が四国北西部に2点の衛星観測点を、それぞれ設置している。

これらの観測点における微小地震観測結果から、四国

の下では浅い地震と北傾斜の深い地震の2つのグループが存在して、それらは各々東西主圧力および南北主圧力の発震機構解で特徴づけられること、三波川帯や中央構造線といった大構造と微小地震活動に関連性のあることなどが見出されたことは、本書に述べられている通りである。

〈土佐出版社，昭和63年2月29日発行，B6判，210頁，1200円〉

〔おかだ よしみつ 国立防災科学技術センター地震活動研究室長〕

沿岸防災実務への基礎知識

高橋 博編『沿岸災害の予知と防災

——津波・高潮にどう備えるか』

梶浦欣二郎

日本海中部地震津波で、遠足にきていた小学校児童13名を含む100名という多数の人命が失われ、人々を愕然とさせてから、すでに5年以上になる。この津波のあと、地方自治体などでは、災害対策のみなおしが行なわれたところも多く、防災担当者や一般の人々が参考にできる適切な解説書に対する要望が大きかったと思われる。

本書は、このような要望にこたえるものとして企画され、“まえがき”にも“国民全員が津波に備えよう”という副題がついて、津波防災の心得が説かれている。本文でも紙数の約半分が津波災害にさかれているが、高潮、波浪（海岸侵食を含む）、その他の沿岸災害なども、基礎知識のほか、防災対策を含めて取り上げられている。

各分野の解説は30人をこす執筆者が分担しているが、それほど重複もなく、内容もわかり易く読みやすい。ただ、図版のなかには、図中の字がよめないものがあるなど、全体としてややおそまつなきらいがある。

伊勢湾台風、チリ津波という大災害の経験をへて、今から約20年前に和達編『津波・高潮・海岸災害』という書物が出版されているが、今回の本はこれの現代版ともいえ、以前のもものと比較することによって、この20年間における沿岸防災分野の研究の進歩や関心のうつり変りがうかがえる。

例えば、今では常識的になっている地震断層モデルや津波数値シミュレーションなどが以前の書物では一言もふれられていない。しかし、本書の特徴は何といっても、

一般の人々の目につきにくい防災対策面、いわゆるソフト面の記述が豊富になっていることであろう。津波対策では静岡県焼津、岩手県田老、神奈川県藤沢、アメリカの事例などが取り上げられており、焼津の自主防災組織家庭縁組とか、藤沢の防災備蓄倉庫を併設した野球場など、各地の特性に応じた具体的対策例が述べられていて興味深い。高潮に関しても、東京港における高潮対策のまとめがあり、伊勢湾台風以来、外郭堤防などいろいろと対策が進められてきたことがよくわかるし、日常的に高潮対策を仕事とする東京港高潮対策事務所の職員が116名もいるというのも筆者にはおどろきであった。現在は日本全国で高潮の研究をしている研究者はどのくらいいるだろう。最近台風による被害は高潮ではなく、大雨による水害のほうにうつっているの、まだまだ高潮にも解決すべき課題が残っているのに研究者の関心がうすれているようにみえるのは残念である。

これからは、リバー・フロント、ウォーター・フロントとか、ヨット・ハーバーなど海浜の親水リゾートなどの開発が盛んになり、水辺、海辺にその土地になじみのうすい人々の集まるが多くなると見込まれるが、それにつれて海岸の防災面でも新しい対応が要求されるものと思われる。

このようなときに本書の出版されたことは時を得ており、防災実務にかかわる人々は勿論、海に関心を持つ方々の参考書として利用してほしい本である。

〈白亜書房，昭和63年6月発行，A5判，408頁，3600円〉

〔かじうら きんじろう 東京大学名誉教授〕

著名学者による地震の科学

Bruce A. Bolt著

“Earthquakes Revised and Updated”

宇津徳治

著者が十年前に書いた一般向け啓蒙書、Earthquakes: A Primerを大幅に改訂増補したものである。

著者はオーストラリア出身であるが、1960年渡来、カリフォルニア大学バークレイ校の地質学地球物理学科の教授と、同大学の地震観測所長を長らくつとめ、地球核の構造から、地震活動、地下核実験探知、地震工学まで広い分野で活躍している。IASPEI（国際地震学地球内部物理学協会）の会長をつとめたこともあり、著者の師、故 K. E. プレン教授の有名な地震学の教科書を増補し

て出版するなど、国際的知名度でも第一級の地震学者である。

十年以上前であるが、著者の研究室に立ち寄ったとき、最近いい“なまず絵”を3枚手に入れたと喜んでいて、その1枚が口絵として使われている。その他の40枚の写真、60枚の図の中にも興味深いものが多数ある。しかし、絵や写真は、著者らが監修しウォーカーが書いた同名の本(B. Walker: Earthquakes, <Planet Earth Series>, Time-Life Books, 1982)には及ばない。

本文は次の12章から成る。

地震はどこに起こるか/地震を感じる/地下の断層/地震の原因/地震と火山と津波/地震を計測する/地震の大きさ/地球内部を探る/地下水が地震発生を促す/地震に先行する事象/地震のとき身を守る/耐震設計の環境研究。付録として世界の主要地震の表、北米-中南米の地震の表、MM震度階の解説、用語解説、地震クイズその他に50ページを当てている。

本文では数式をまったく使わずに、入門レベルで大事な事項はほぼ洩れなく、観察・観測の事例をいろいろと紹介しつつ、平明に解説されている。

地震学者による英文の解説書は、カナダのホジソン、スウェーデンのポート、ニュージーランドのアイビーなどが書いている。それぞれ特長はあるものの、総合点では本書が一番だろう。地震学者といわれても、地震学の各分野の隅々まで理解している人は少ない。関係の薄い分野のことを、にわか勉強して書いた部分は、その分野の専門家が見るとあらが目だつことが多い。一方、もともと複雑な地震現象や地球内部構造を、専門家の批評にも耐えるよう、正確・厳密を心がけて条件や仮定などをく

どくどと書けば、一般読者にはかかえって難解なものになってしまう。読者に誤解を与えない範囲で上手にお茶を濁すのが、このような啓蒙書では必要であろう。広い分野に研究歴を持ち交流の幅の広い著者が、複雑な事柄は適当に扱って、地震を自然現象と災害の双方の面から解説したものが本書である。

日本の地震についても随所に紹介されているが、根尾村をニオダミ村としたり、世界の顕著な地震の表に日本の歴史地震として1293年鎌倉地震と1828年越後地震しか載せなかったり、1923年関東地震に伴った津波の原因を相模湾底の地すべりにしたり、首をかき上げたくなる部分がないわけでもない。しかし、この程度のことは、本書の価値を損ずるものではないだろう。

<W. H. Freeman and Company, New York, 1988,
299 pp. \$13.95>

[うつとくじ 東京大学地震研究所教授]

ネオテクトニクスの学際的概観

Vita Finzi 著

“Recent Earth Movements”

松田時彦

地震現象は地殻運動の代表的な形である。本書は、その地殻の動きを理解するために、どんな方法があるか、それが個々の地域でどのように促えられたかを、多数の野外調査の事例で示したものである。

本書では、最近時代の地殻運動の証拠を、その扱われる時間の長さに応じて、長いほうから順に、地質・地形的(第2章)、考古・歴史的(第3章)、測地～体験的(第4章)、器械観測的(第5章)に分けて記述している。

さらに(第6～8章)、関連する地質・地球物理の知識を補足し、最終章の“将来の地殻運動”(第9章)で、超長期から短期までの地震予知の考え方を紹介している。

このように、本書の題名にある“Recent”や“Neo” tectonicsは、広い意味での現在(地質学でいうRecent、最近の約1万年)を意味している。

文中には、多くの事例をひきながら著者の経験にもとづく注意事項がちりばめられている。目前で生じた1つの事件に対してさえ三者三様の方向を指し示す3人のユーモラスな写真(Fig. 48)をのせて、地質・歴史時代

『地震ジャーナル』

発行とご講読について

本誌は、当年度2回[6月・12月]の発行を予定し、第1号を昭和61年6月20日に創刊し、今回、第6号をお届けいたしております。

とりあえず、本誌は当財団に関わりのある方々や機関に無料配布いたしておりますが、ご講読を希望される一般の方々のために、下記のような実費頒布をいたします。お問い合わせください。

記

○講読料実費 [送料を含む] 1500円

○申込先

〒101 東京都千代田区神田美土代町3

財団法人地震予知総合研究振興会

☎03-295-1966 ファクシミリ 03-295-1996

[郵便振替口座] 東京1-109120

●地震ジャーナル・編集部●

の資料は、しばしばあいまいであり、幾通りもの解釈ができるものであることを教えている。一方、地震学者は、自らが得ることのできる短い時間範囲の断片的な資料によって足枷せをはめられている、という遠慮ない文章もある。

著者は本書を主に地質学と地形学の学生のために書いたと述べているが、本書の扱う広い研究分野や多数の引用された研究例を十分消化するには、各分野専攻の学生にとっても必しも容易ではないと思われる。

イラン、サウジアラビア、死海、トルコ、ギリシャ、イタリア、チュニジア、アルジェリアなどの中近東～地中海沿岸での研究例がふんだんに用いられているのは本書の特色である。これは、これまでの著者の同地方での研究歴に負っている。このことは、とかく北米・西欧の情報に偏り勝ちな私達にとって好都合である。巻末には20頁に及ぶ引用文献がある。

ネオテクトニクスという、地殻・地形・考古・歴史・測地・地震などをふくむ広く新しい学際的分野を概観する数少ない成書として、本書は貴重である。

〈Academic Press, London, 1986, pp. 226〉

[まつだ ときひこ 東京大学地震研究所教授]

地震・津波の定量的危険度の指針

力武常次著『日本の危険地帯——地震と津波』

高橋 博

本書は「最近の地震学および地震予知学の進歩をふまえて、日本各地における大地震発生の見通し、また、それに基づく定量的地震危険度がどうなっているかを、一般の方々にわかりやすく提供することを目的」としたもので、「日本沿岸各地の津波危険度」も、あわせ示している。

著者は、地震予知の研究においても地球電磁気におけると同様に国際的に著名で、わが国の地震予知計画の初めから、この組織的研究の推進に尽力するとともに、地震予知指向の学問大系を樹立することに努め、4年前の大病も、その気力と旺盛な研究欲で克服し、現在、東海地震の判定会副会長を勤め、日夜、地震予知の研究と、その成果の普及に努めている。

著者は当初より、地震の予知は、名医の診断に頼るのみでなく、その実用化のためには、前兆を定量的に取扱ひ、確率論的に予測する方法を研究し、たとえば「〇〇地方に今から〇〇日以内にマグニチュード〇の地震の起こる確率は〇〇%です」という予報の出せるようにしなければならぬとの認識にたち、自らの研究を進めてきた。前兆としては、「世界に冠たる」観測システムによるデータから、歴史資料や活断層などの解析データ、さらには動物の異常行動などの宏观現象をも調査し、超能力などの科学的データとして取扱えないものは除外し、ノイズの多いことは承知の上で「その真実性を何とか抽出して一般化すること」を研究してきた。

このような前兆についての、これまでの著者の研究成果を集大成し、地震予知計画により得られた現在の知識をもとに、東海地震などの発生に至るまでの前兆の時系列の予想を示し、さらに西暦2001年から10年以内の各地の地震発生確率を示し、それをもとに、予知情報とともに人々に最も知りたい各地の強震動の予測、すなわち危険度予測を試み、あわせて津波危険度の予測も試みた。

著者が、敢えて、大胆にこのような試みを行なったのは、「それが完璧であるという保証はない。失態を恐れるなら、貝のようにまったく口を閉じていればよいわけであるが、それでは多額の経費を投じて研究している意味がない。やはり、その時点で最善と思われる研究成果を社会に提供すべきであろう」との地震予知という社会的必要による研究に対する著者の心がまえがあるからである。

本書は、豊富な事例により、数式を一切用いず、図と表によって、具体的に解説されている。その内容は下記の各章の表題により伺い知れると思う。防災関係者や地震・津波に関心のある方々をはじめ、広く一般の方々に御一読されることをすすめる。

一章 地震予知観測網の威力——モニターされた伊豆大島の噴火、二章 地震前兆の集大成——解明された前兆の特性、三章 短期地震予知の定量化——震央・マグニチュード・発生時期の予測、四章 地震情報の見通し——長期予測の現況、五章 予兆出現のシナリオ——大地震には予兆がある、六章 地震危険度の定量化——日本のどこが危ないか、七章 津波危険度の定量化——津波の恐怖、八章 予知から警報へ——変貌を迫られる地震警報。

〈新潮選書、1988年、四六判、228頁、850円〉
[たかはし ひろし 国立防災科学技術センター所長]

ADEP情報

津波危険度に関する研究

日本海中部地震(1983年)による津波は、津波の心配は少ないと思われていた秋田県の海岸を直撃した。このため、日本中どこでも津波に襲われる危険性があることが強く認識された。しかし、果たして日本海沿岸は“津波常襲地帯”などといわれる三陸海岸とくらべて、同じような危険性があるのだろうか。これに答えるためには、何らかの数量的な表示による危険度の基準が必要であろう。

本振興会では、損害保険料率算定委員会から、昭和56～59年度に『津波に関する研究』を受託した。これは、いわば津波の基礎的な調査研究であったが、昭和60～62年度には『津波危険度に関する研究』として、日本沿岸各地の津波危険度に的をしばった研究を受託した。今回3年間の研究を終了したので、その概要を紹介したい。

津波災害の実態

●津波災害予測の問題点：将来の津波によって生じる可能性のある被害を前もって予測することは重要であるが、これを系統的に十分な精度で行なうことは、現在のところ困難であろう。これを打開するための課題は何か。その1は津波数値シミュレーションの精度であり、その2は被災のメカニズムの多様性と物理的解釈の問題である。

津波数値シミュレーションに関しては、海岸から陸上部での津波挙動の再現、とくに流速を精度よく評価することの困難さが指摘されたが、それにもまして、津波の波源のパラメータをユニークに与えることがむずかしい。被災の多様性については、沿岸の利用状況と防災施設の問題、そして被災の種類として、人命・家屋などのほかに、石油流出、木材流出、水産業・農業・商工業への災害、船舶・港湾・鉄道・道路・水道・電力・通信の破壊など、非常に多岐にわたる。これらの被災メカニズムを明らかにして、数値シミュレーションと連動させた被害予測は、現状では未だ初期の段階にあるといわねばならない。

●津波被害と海岸地形の関係の調査や、日本海中部地震津波に関する「津波防災地図」の作成の事例もあるが、今後さらに津波の災害と、沿岸についての地理情報、沿岸海域地形図、土地利用図、土地条件図などとの総合化が必要であろう。

●津波被害の特性：津波災害を決定する要素として、自然的要素と人為的要素および、その両者の干渉が考慮されなければならない。

自然的要素は沖合での津波の発生と、それが人間活動の営まれる沿岸へ到達する過程であり、この大勢は人間が制御できるものではない。しかし、この実態を精確に知る努力が前項のようになされている。

水深約20m以浅のような沿岸では人為的要素と、また多くは自然的要素との干渉が対象となる。防波堤・防潮堤・防潮林・強固建造物群などのハードウェアとしての効果、それらに避難道路や避難場所(建物)なども組合わせた避難計画といったソフトウェア的な面が考えられる。

このように被害を決める要素は多岐にわたっているが、ここでは、とくに人命被害の過去の事例による変

遷をみると、津波による人命損失が住民の意識や対応によって大きく変動することが指摘できる。また新しい被害として石油に関連した被害例と油拡散の数値的取扱いについても検討を行なった。

また、貯木場の木材・小舟、あるいは家屋の破壊材など、漂流物の衝突の被害は、いつの津波でも大きなものがある。ここでは、昭和8年三陸津波から昭和58年日本海中部地震津波までの多くの事例について述べ、また衝撃力の推定に関して理論的および実験的な研究についても紹介した。

●津波の高さ分布の統計：津波被害の自然的要素の基本的なものは、沿岸の津波の高さであろう。これは海岸・海底の自然条件や、沿岸の人為的構造物によっても、局所的に大きな違いが生じる。したがって、大局的に津波の様相を定量的に議論する場合、あるいは地域ごとの津波の危険度の議論をする場合などには、津波の高さを定義しておく必要がある。

ここでは日本沿岸を20km、あるいは40kmの区画に分割し、それぞれの区画内で測定されたすべての地点の津波の高さ(東京湾中等潮位上の津波の最高水位)の対数平均値 \bar{H}_n を用いることとした。このように平均値を用いると当然その標準偏差が問題になるが、日本海中部地震津波の場合、沿岸各区画の平均値が0.161となった。これは平均値に対して1.4倍程度のバラツキがあることを示している。

この \bar{H}_n を上記の1983年日本海中部地震津波のほか、1854年安政東海および南海津波、1944年東南海津波、1946年南海津波、1896年および1933年三陸津波、1952年十勝沖津波、1968年十勝沖津波について、日本海岸は

40km, 太平洋岸は20kmの区画について求めた。対数標準偏差の平均は、0.14~0.22程度になる。また \bar{H}_n の沿岸に沿った減衰も議論されたが、全体の傾向として距離に逆比例する関係が得られている。

〈第1・2・3年度〉

● \bar{H}_n の分布と被害との相関：被害の統計などは、市町村別・県別など、ある地域範囲で出されているので、ここに求めた沿岸のある区画内の平均高さは、被害との相関をみるためには適切な量と考えらる。そこで、上記の \bar{H}_n を求めた各津波の被害統計から、人的被害・建物被害・船舶被害などとの相関を求めてみた。場合によってバラツキが大きくて、相関が明瞭でないものもあるが、概して \bar{H}_n の2乗ないしは3乗に比例するような関係が認められた。

〈第1・2・3年度〉

● 日本に被害を与えた外国の津波：1586年以來の日本に影響を与えた外国の津波を、未発表の資料も含めて表示した。その数は44個に達し、単純平均すると9年に1度、津波を受けていることになり、けっして少なくないことがわかる。これらの津波の中、とくに大きいものの波形の特徴を地域別に議論した。〈第3年度〉

また、津波の検潮器記録の最大振幅の対数に、地域別な補正値を加えて新しい津波マグニチュード M_t を定義した。これは逆にいえば M_t によって日本沿岸の津波の高さを予測できることになる。ところで、この M_t は地震モーメントから定義された地震マグニチュード M_w とほぼ同じ値を示すようになっているので、外国で発生した地震の M_w の情報が得られれば、直ちに日本沿岸の津波の高さの予測ができ、外国津波に対する災害軽減に有効なものであろう。

〈第3年度〉

数値実験のケース・スタディ

● 津波遡上災害のケース・スタディ：静岡県下田市の津波の高さと浸水面積・浸水戸数・流失全壊戸数などとの関係、同松崎町の津波防潮堤の浸水面積・流失圧力などに及ぼす効果、岩手県田老町の防潮堤を乗り越える津波の挙動などが、遡上数値実験の手法によって調査された。

これらはケース・スタディであり、個々に特殊な条件があるが、一般的に津波の振幅の3乗程度に比例して、浸水面積、とくに流水圧力の高い領域などが増大するという結果が得られ、家屋被害の統計などから得られた結果と調和することがわかった。また防潮堤を乗り越える津波が来襲した場合は、とくに三陸海岸のような大津波に対しては、その被害の発生に十分注意を払う必要があることが示された。

〈第2・3年度〉

● 湾内津波特性のケース・スタディ：岩手県山田湾・越喜来湾の1933年および1896年三陸津波の津波高さ分布など、湾内津波の挙動の数値実験が行なわれた。地震の断層モデルに基づいた両津波の波源は、全体としてほぼ当時の津波の高さ、浸水の分布などを再現し得ることが示された。

〈第2・3年度〉

津波来襲確率

日本各地の津波危険度を定量的に求めるためには、例えば沿岸のある地点における津波の高さがある値を超える確率を、期間を限って見積ることが必要である。

● 津波を伴う地震の発生確率：まず津波を発生させる海洋の地震の発生確率を求める。海洋地震であることにより、陸上の地震より更に根拠とするデータが少ないので、より困難が多い。しかし、比較的再来期間が短いという特徴もあり、繰返し時間間隔によって確率を計算することができる。

例えば、東海・南海地方に発生し

た巨大地震は100年ないし200年といった期間をおいて繰返し発生している。このような繰返し時間を統計的に処理するために、Weibul 分布が用いられる。繰返し時間間隔の頻度分布のデータから、Weibul 分布を規定する定数を求めることができ、したがって一つ前の地震から現在までの経過年数によって地震発生の集積確率が求められる。また、ある年からある年数の間に地震が発生する確率（いわゆる瞬間危険率）も求められる。このようにして求められた東海地方の例を示すと1854年から130年後を現在とすると、集積確率は約70%、今後10年間に地震発生の確率は32%程度となる。

一方、駿河湾・相模湾のように陸に近い海域の場合は、近傍の測地測量の値を利用して、地殻歪の進行率と限界歪の統計分布とから、同様に地震発生の確率を求めることができる。このようにして求めた東海地方の地震発生確率は、前記の地震繰返し時間間隔から求めたものよりわずかに小さい値となり、今後10年間に発生する確率は28%となった。

〈第1・2・3年度〉

● ある高さを超える津波の来襲確率：前項によって、ある津波発生地震が、ある年数内に発生する確率が求められる。一方、その地震によって沿岸を襲う津波の高さは、断層モデルを想定したシミュレーション、あるいは実際の津波の測量値などからデータを得ることができる。そうすると前記の地震発生確率は、とりも直さず、その地点のその高さに達する津波の来襲確率ということになる。その高さ以上の津波の確率は0である。

このようにして、各海域に考え得る津波発生地震を想定して、それぞれが独立に起こるものとして、全部の津波発生地震による、各地点の高さ別の総合確率を求めることができる。

このようにして、紀元2000年から10年間に、日本沿岸各地が0.5m, 1m, 2m, 5m, 7mおよび10mを超える津波に襲われる確率が計算され、表および図に示された。

例えば、東海地震が懸念される駿河湾では5mあるいは7mを超える津波の来襲確率が41%にも達している。一方、比較的小さい津波が短期間で繰返し起こる四国南西部から九州東岸では、1m以下程度の津波の来襲確率は69%と高率となっている。

〈第1・2・3年度〉

●過去の津波のエネルギー累積値：以上は時間の要素を取り入れた確率の議論であり、ある時点で将来のある期間の予測ができる点で画期的なものであろう。しかし、基礎となるデータに不確定な要素もあり、今後のデータの蓄積に待たねばならない部分もある。

そこで、やや長期的な平均として、日本各地が過去において、どの程度の津波に襲われているかを統計的に求めてみた。ここで取上げる量としては、津波高さ分布の統計の項で述べた、ある区間の平均津波高さ \bar{H}_n の2乗をとることとした。2乗値はエネルギーにほぼ比例すると考えられ、また各種の被害との相関も高いものと考えられるからである。

歴史的な津波記録の精度から考えて、1600年以降の津波を取上げ、津波のマグニチュードが1（高さ最大2m程度）以上のもののみとすると46個となる。データのない地点は、前後の地点から内挿し、また各地方の津波の特徴や、数値実験による高さ分布なども参考にして、外挿をしてデータの少ない津波の高さを補ってある。

このようにして日本各地の沿岸、

太平洋岸は長さ20kmの区画、日本海岸は40kmの区画の \bar{H}_n を来襲した津波すべてについて積算した結果を表および図に示してある。また、都道府県別に示すと岩手県が最高で、ついで宮城・高知・三重・千葉などとなっている。

また、 \bar{H}_n の高さ別に来襲頻度を示す図も作成した。これは、もし津波発生が偶発的なものであるとすれば、平均繰返し間隔を来襲確率に換算することができる。そのようにして前項で示した駿河湾についてみると、 \bar{H}_n が2m以上の津波としても10%と、はるかに低い値となる。これは前の地震からの経過年数などの考慮が全くないことによるもので、この種のデータは長期的、平均的な危険度としての議論にのみ用いられるべきであろう。 〈第3年度〉

[A]

編集後記

この頃、印象に残ったテレビのCFに、ヨーコ・オノが出演しているものがあった。それは、“わたしは大きな窓で世の中をみつめる。息子は息子なりの小さな窓で世の中をみる。それをお互いに話合すると、内容が2倍にも3倍にもふくれ上がる。これがコミュニケーションだと思う”といった趣旨のものである。その言葉にも増して、中間調の色彩で柔らかいトーンの画面が、一層、このCFを印象深くしたのかもしれない。

だが今、本誌原稿のゲラ刷の束を前にして、地震を見る窓も実に多種多様だと、つくづく思う。江戸時代の碩学、頼山陽の漢学の窓があれば、カリフォルニアの安全対策責任者の、日本の地震予知事業に注がれる眼もある。“地質学徒”の、活断層から地震をみつめる窓もあれば、航空写真の眼をつかって、地震の際の液状化による大地の動きをとらえ

た地震工学者の窓もある。

本誌には、このようにいろいろの窓から眺めた地震に関する記事が掲載されているが、著者間に、あらかじめ特別なコミュニケーションがあるわけではない。むしろ、読者の頭脳の中で、記事と記事の間にコミュニケーションが行なわれ、読者の印象が大きく深く膨らんでいくとするならば、編集者として記事の選択が適切であったということになるのだろうか。

コミュニケーションといえば、本号には関東大震災のときに、臨時に印刷された切手についての話題から始まって、震災後の郵便・電報など、コミュニケーションの手段の復旧経過についての珍しい話が載せられている。最近、地震災害の研究では、自然科学の面ばかりでなく、社会科学の面からのアプローチが重要視されている。この関東大震災の事例はその後の急速な技術的変革があるとはいえ、将来の災害時の状況の予測

に貴重な資料となるだろう。情報化時代といわれる今日、コミュニケーション手段の災害や、その復旧は重要な研究課題なのである。

本誌は、早いもので、いよいよ4年目の新年を迎える。今後とも、あたたかいご支援・ご鞭撻をお願いする。 [A]

地震ジャーナル 第6号

昭和63年12月20日 発行

発行所 ㊟101 東京都千代田区神田美土代町3

☎ 03-295-1966

財団法人

地震予知総合研究振興会

発行人 萩原 尊禮

編集人 力武 常次

本誌に掲載の論説・記事の一部を引用される場合には、必ず出典を明記して下さい。また、長文にわたり引用される場合は、事前に当編集部へご連絡下さい。

●印刷/理想社印刷所 ●装丁/鈴木 堯