

防災科学技術 NO. 36

科学技術庁 国立防災科学技術センター



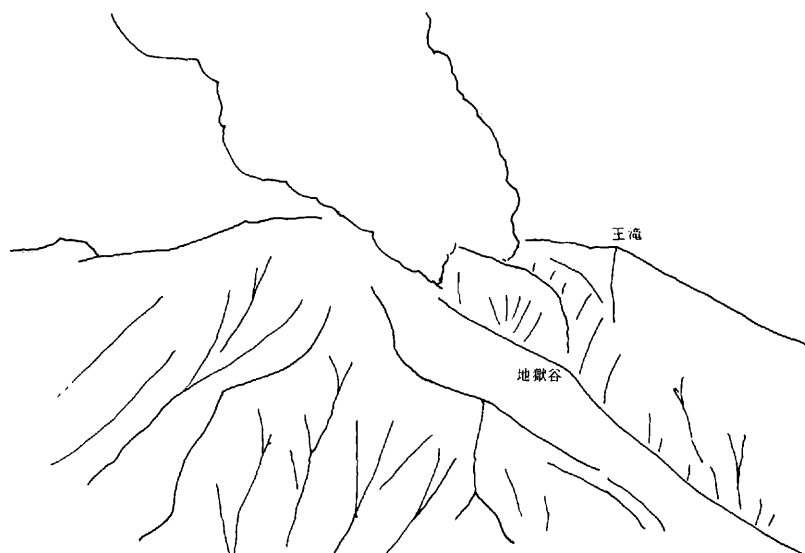
も く じ

御岳山の噴火について.....	1
降積雪情報システム.....	木村忠志・2
東京の地震予知(6).....	大竹政和・6
国立防災科学技術センターの動き.....	14
江戸の大火と東京.....	渡辺一郎・15
1979年10月の異常潮位について.....	内藤玄一・18
火山島と水.....	熊谷貞治・20
もし、大地震の警戒宣言が発令されたら.....	23

表紙写真 木曽御岳山(昭和54年10月28日撮影)

アジア航測株式会社提供

昭和54年10月28日早朝、御岳山は突然噴火した。噴火地点は、御岳山の最高峰 剣ヶ峰から南に500mの王滝頂上の南西にある地獄谷上部で、写真からも噴火口が観察される。



御岳山噴火について

昭和54年（1979年）10月28日の早朝、長野県木曽郡王滝村、三岳村、開田村の人々は、御岳山（別名：木曽御岳山）の頂上付近に黒雲のたなびくのを発見し、更にそれが噴火であることを確認して、午前8時頃松本測候所に急報した。

噴煙は、地獄谷上部に開口した直径約30mの主火口と、その東南東に隣接して連なる約10個の火孔から約1,000mの高度に達した。噴火は午後に入って更に勢いを増し、午後2～4時頃に最高潮に達したが、その後勢いを減じ、午後8時頃にはほとんど降灰はみられなくなった。降灰は、南西の風に乗って北東方向に拡散し、開田村で最大3cm程度の降灰深が記録されたほか、遠く軽井沢の方まで長野県下を斜めに横断して降灰が観測された。このため地元の村では、登山者の緊急下山・救出、登山の禁止措置を講じるとともに、災害対策本部を設置して各種の降灰対策の指導・災害発生状況の把握・情報の伝達等の緊急的な災害対策活動を行なった。

御岳山は、わが国の67の活火山の一つと認められているが、有史以来、噴火の記録が発見されておらず、火山観測も行なわれていなかったため、今回の突然の噴火に対する見解や今後の推移を予測することは非常に困難であった。今日までの地質学的な研究によれば、御岳山の火山活動は相当に古く、10万年(?)に及ぶ休止期を隔てて、それより古い古期（第1期、年代不明）と、それ以後の新期（第2期、3.5～8万年前、第3期2.7万年前、第4期2.3万年前）に分けられており、第3期には現在よりも高い安山岩の成層火山が形成され、木曽川泥流として知られている名古屋にまで達する堆積層を作った。更に第4期では、現在南北方向に並ぶ四の池、一の池、二の池、三の池、五の池の噴火口により第3期に形成された山体の上部が崩壊し、現在の形態を成すに至ったとみられている。

10月29日開催された噴火予知連絡会では、このような現状を背景として、御岳山噴火の今後の推移について現状では予測困難であること、一般的な火山活動の例からみて、この活動は当分続くものと考えられるため、気象庁、名古屋大学、東京

大学は現地に観測班を派遣して監視に当ること、これらの観測結果に基づいて、今後更に詳しい火山情報を発表すること、また昨年来御岳南東で群発地震の発生が見られているので、今回の火山活動との関連についても調査を進める、という統一見解を発表した。

降灰による被害は、現在のところ開田村に集中しているが、降灰量が比較的少なかったこと、噴火後一週間後の11月4日、5日にかけて、開田村、三岳村の平地で55mmあまり、山地部で90mmあまりの降雨があり、農作物等に付着した降灰が洗い流されたため、当初心配された降灰除去の手間は比較的少なくてすんでいる。また、時期が農作物の収穫最盛期を過ぎていたことも幸いであったといえよう。しかしながら、降灰は酸性度が高く(pHは火山灰を水で振とうして濃度比色測定器により測定した結果では降雨前の降灰で5.0、降雨による流送堆積灰で5.7、当センターの分析による)今後の降灰地における土壤改良の問題が残されている。一方、淡水魚養殖業に対する影響は大きく、降灰と同時に白濁した河川の水が襲来し、緊急的な養魚の移転、売却が行なわれたが、今後も降雨による降灰の流出が続けば、当分養殖業の活動は妨げられることが心配されている。

この他にも、今回の噴火の直接的な影響は種々あるが、最も心配されているのは、霊山としての信仰をもつ御岳山を中心とする観光事業、民宿等に対する影響であろう。周辺の山間僻地の人達の生活にとって、観光資源からの収入は不可欠のものとなっており、近くは有珠山の噴火、阿蘇山の噴火と火山災害には付きまとう重要な問題となってきた。

このようなことから、地元の人達は、御岳噴火の推移に最大の関心を持っており、この面に関する正確な情報について関係機関の積極的な努力を希望しており、また泥流発生の可能性についても一層の調査を望んでいる。

これらの問題に対しては、現在実施されている観測調査の成果、あるいは、噴火前後に撮影されたランドサット衛星写真、航空機写真等を用いた降灰研究等が更に多くの情報を提供し、今後の対策に資するものと思われる。

（第3研究部・植原茂次、熊谷貞治）

降 積 雪 情 報 シ ス テ ム

木 村 忠 志

このシステムは、科学技術庁の特別研究促進調整費（特調費）により、昭和51年から3カ年計画で実施した「豪雪時における降積雪の監視システム並びに降雪過程に関する総合研究」のなかで作成したものであるが、これに先行して、昭和48年から3カ年計画で実施した特調費による「降積雪情報の広域自動収集による交通路雪害防止に関する総合研究」によって、リアルタイムの降積雪情報に基づく効率的な除雪作業の可能性が明らかになっており、この成果をふまえて、本研究では新潟県南部の多雪地帯に降積雪観測網を展開し、収集した降積雪情報の表示方法及除雪作業への利用方法の研究、気象レーダとの比較およびレーダによる降積雪予測手法の研究等を実施した。

この降積雪情報システムの主な内容は、今のところ積雪の深さ計による観測網だけであって、気象レーダとの結合は実用的には実現していない、この観測網を図1に示す。図中の白丸および黒丸のところが観測点で、国道17号、8号および18号

線沿いに22個所と、これらの3本の国道にかこまれた地域に10個所の合計32個所の観測点が、ほぼ10km間隔で配置されている。この地域は、人口密度の高い文明圏としては世界でも有数の多雪地帯で、毎年多量の雪が降るが、市政施行地を6個所も含み、また、関東地方との動脈である国道17号など主要な道路網が集中しているため、機械除雪を主体とする雪害防災事業が強力に実施されている。観測施設の展開と維持管理、観測値の収集は建設省北陸地方建設局が担当した。各観測施設には積雪の深さ計が測器として配置されており、毎正時の測定値が新潟市内にある北陸地方建設局に自動的に収集される。このデータは長岡市にある北陸地方建設局長岡国道工事事務所に送信され、ここからさらに、同工事事務所湯沢維持出張所に転送される。長岡と湯沢にはそれぞれ表示装置があって、観測網内の降積雪の分布状況が表示されるようになっている。

このシステムに使用される積雪の深さ計には、

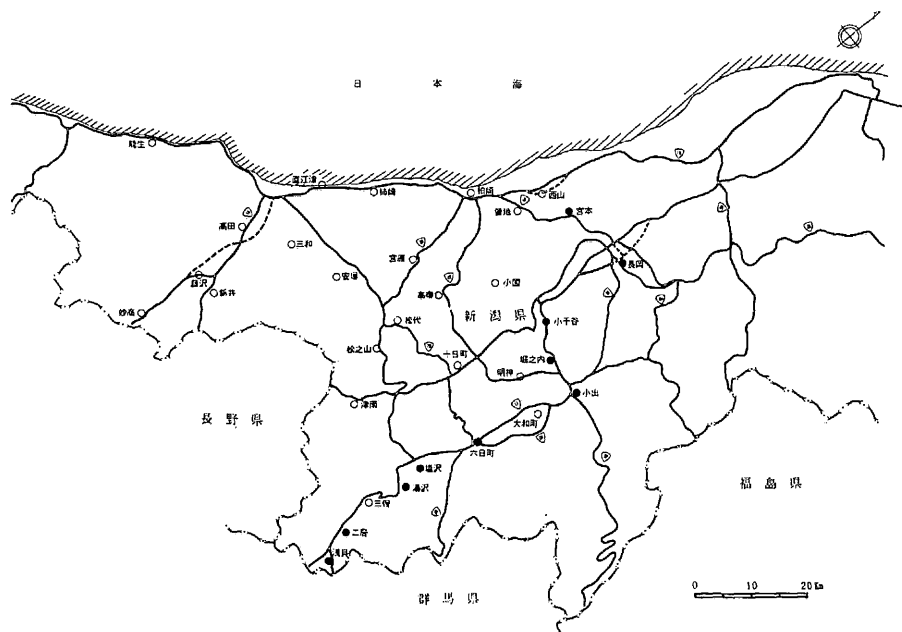


図 1 降 積 雪 観 測 網

第1に確実な動作が要求されるが、その一つの表示方法として、筆者は計測失敗率という数値を提唱している。これは、少なくとも一冬程度の期間にわたる使用時間、または動作回数に対する計測失敗時間、もしくは計測失敗回数の割合であって、この値が10%以上になると計測失敗例が目立ってくるので、数%以下にする必要がある。幸い、このシステムにおける積雪の深さ計はいずれも10%以下の計測失敗率で作動し、0%のものも数台あった。

図1の中で、主として国道17号に沿って配置された黒丸の観測点は、前回の総合研究で設置されたもので、これらについては本誌の第31号で紹介したが、積雪の深さ計には、雪害実験研究所が昭和47年度に開発した0-2型と称する2ボール式の装置が採用されている。この装置は、一冬を通しての野外自動測定を実現したわが国最初の装置（0-2型の0はこのことを意味する）であり、設置後5年を経た現在でもりっぱに働いているが、外形の巨大なことと防雪と防湿のための空気吹き出し機構から騒音の出ることが欠点である。また、図中の白丸は、今回の総合研究で増設された観測点で、これらには反射式積雪の深さ計が設置されている。この装置は、前回の総合研究で雪害実験研究所が開発したスノージャム検知器の測定範囲

を拡大したもので、雪面上の固定点から雪面までの距離を赤外線ビームによって自動的に三角測量し、積雪の深さを計測するものである。この装置は雪面で赤外線を反射させるところからR型と称し、R-2a型が実用されているが、構造的に前例がなく、ほとんどエレクトロニクスによって構成でき、支柱が一本で済むなど、0-2型より小型・軽量で電力消費も少ない。

32の観測点から収集される毎正時の測定値は、長岡国道工事事務所から専用電話回線で雪害実験研究所に送られてきて、図2に示す処理装置に入る。この処理装置は雪資料分布表示システム(SD3S)と名づけたマイクロコンピュータシステムで、入力した測定資料をカセットテープに記録するとともに、カラーブラウン管面に記入した地図上の測定点の位置に、1時間前の積雪の深さを青、現在値を黄、過去1時間の積雪の深さの差のうち、増加したときは赤、減少したときは緑で、それぞれ色分けした3本の棒グラフを並べ、降積雪量を表示するようになっている。また、この3本の棒グラフは上記のうちのどれか1本だけを表示することもできる。棒グラフの長さの最大値は画面上で約16mmで、積雪の深さの差は1cmきざみに16cmまで、他は25cmきざみに4mまで表示する。また、これら3つの数値は、自動タイプライターによ

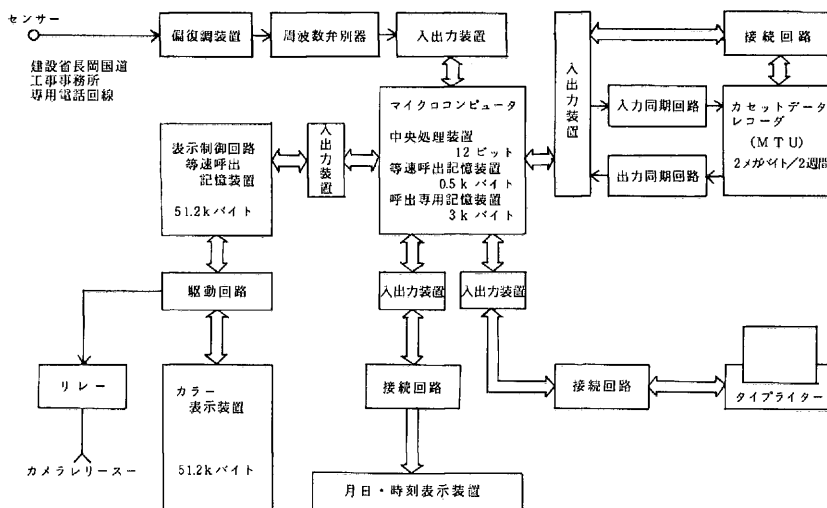
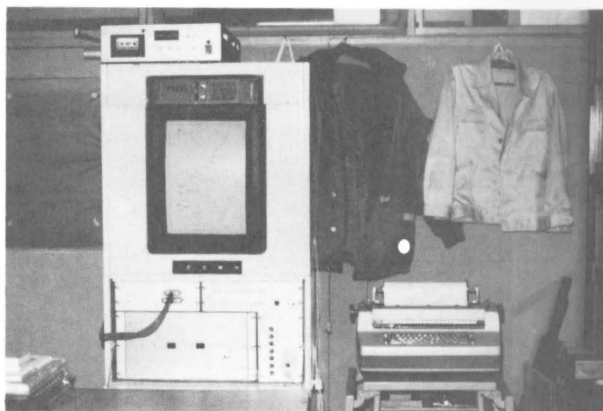


図2 雪資料分布表示システム

て地図上に印字できる。写真に示すように、この装置ではカラー・ディスプレイに市販のトリニトロン・カラー・テレビを横位置にして使用した。また、自動タイプライターにはIBMの電動英文タイプライターを改造して利用している。このため、印字速度が遅く、一回の印字記録に15分を要するので、カセット・テープに収録した（一巻で約14日分を記録）資料から印字記録を作る場合には、収集時間の4分の1の時間がかかることになる。しかし、これはもっと高速の専用プリンタを使用すれば解決のつく問題で、本質的な難点ではない。カセットテープの記録内容は資料の測定月日と時刻を装置に入力することにより、任意に呼び出してディスプレイすることができ、呼び出した資料を起点とする連続表示も可能である。

筆者の考えでは、カラーディスプレイの降雪の深さの表示、つまり赤い棒グラフの分布が降雪域の分布を示すことになるので、除雪作業の現場にとっては最も重要な表示機能となるはずであったが、本装置が予備的な動作を開始して1年後の昭和52年度には、同じ形式のカラーディスプレイ装置が長岡国道工事事務所に設置された。そして、現在、中規模のコンピュータによる降雪の深さの等値線表示が検討されているほか、3本の棒グラフに変えて、色わけした数字をライトペンによって呼び出すシステムも計画されはじめている。このようなシステムでは、スマートでモダンなセンサーが開発され、それによって得られる情報を処理するフォーマットの基本ができさえすれば、最新で多様なエレクトロニクス技術を、より取り見取りで活用して、システムの高度化を実現することができるのが、現代のひとつの特長であるが、このことを今回のプロジェクトのなかで実際に経験してみて、改めてけんらんたるエレクトロニクス文明を実感した。このような面では、われわれは、実にすばらしい時代に生きているといえる。

降積雪観測網の一応の完成によって、降積雪情報の広域収集を目的とした二つの特調費プロジェクトは終了した。今後、建設省の手でシステムの維持と高度化が進められ、雪害防災やレーダ気象学への基礎資料のソースとして活用されるならば、その糸口を与えた今回のプロジェクトは極めて大



雪資料分布表示システムの外観

きな意義をもつことになるであろう。このプロジェクトの原案を作成し、多くの方のご指導とご協力によって推進していただいた筆者としては、そうなることを心から期待する。

本誌の第31号にも述べたように、降積雪自動観測網のアイデアは0-2型積雪の深さ計の開発によって具体的なものとなったが、この種の広域情報収集システムのイメージとして、筆者は少年時代から記憶としてひとつの物語りをもっている。しかし、いつ頃、どんな本から得たか、どうしても思い出せないのが、この機会にご紹介して、ご存知の方から出典をお知らせいただきたいと思う。それは次のような物語りである。

昔、全イングランドを従えた王のために、王の相談役の魔術師がひとつの城を造った。その城には若干の近衛兵のほかには軍隊は不要である。城内に物見の塔がひとつ建っている。塔の頂上には鐘が吊るしてあって、鐘の下には小部屋がある。この物見の塔がこの物語りの主役であるが、一朝、事が起って、この城を攻める軍勢が押し寄せると、塔の上の鐘がひとりでに鳴りはじめる。そうすると、王様が一人で塔の上の小部屋に入る。小部屋の中には机がひとつあって、その上に、この城と城の周囲の地物のミニチュア、つまり箱庭があり、その中で押し寄せてくれる敵兵の一人一人が、実物そのままに縮小されて動き廻っている。王様は、ぬい針ほどの槍をつまんで、片端から箱庭の中の敵兵を突き刺していく。そうすると、箱庭の中と全く同じことが城の廻りでも起って、突然、あちこちで兵隊が倒れはじめる。そのため押し寄せた

軍勢は恐慌状態になって退却してしまう。そうすると鐘が鳴り止んで王様は塔をおりる。と、まあ、このような筋の話である。ここで、王様はアーサー王、魔術師はマーリン、城はキャメロットの地に建てられたというので、この話は有名なアーサー王伝説のひとつと思われるが、筆者が見聞したかぎりでは、アーサー王物語の中にはこの話は含まれていない。筆者の幼年時代は第2次大戦の期間で、敵性語のまじった本は読む機会がなく、終戦後、新制中学に入りたての頃、この物語を読んだのかも知れないが、よほど強烈な印象を受けたらしく、ストーリーのみが記憶に残っていて、例えば後年、レーダの原型がイギリスで発明されたことを知ったとき、この話の箱庭がPPIスコープと同じ概念をもっていることに思い当って、大いに感心したものである。

キャメロットの物見の塔は、完全な現況把握システムといえるが、今回のプロジェクトで出現した降積雪情報システムは、敵兵を倒すアーサー王の手のような急速な対応を取れないし、現況把握という点でも、毎正時の情報しか見ることができない。また、キャメロットでは、判断を下して行動するのがアーサー王一人なので、現況把握システムで事がたりるが、われわれのシステムでは、除雪組織全体に情報を提供して事に当らせることになるので、システムと除雪組織のもつ遅れ時間が問題になる。このように考えると、キャメロットシステムは現実にはなかなか実現が困難である。そこで、降雪の予測、それも数時間先という時間スケールでの予測が必要になるが、これは気象レーダによるのがもっとも見込みがあるように思われる。すでに今回のプロジェクトでも、レーダの線状エコーの分布と地上の降雪分布の間に良好な一致が見出されている。今後、地上の降雪分布との比較研究が発展して、気象レーダによる降雪予測が実用化されることを期待する。昭和54年度から発足した特調費「なだれ災害発生予測手法の開発に関する総合研究」では、気象庁が弥彦山の気象レーダをCAPPI化して、雪雲のエコーの立体構造を詳細に研究することになっている。これは、降雪の落下経路を雲の中から地上まで追跡することになるので、正確な降雪予測手法の糸口を、この研究によってたぐり出せる可能性がある。降積雪情報システムは、CAPPIのグランドトルース

の供給源として、有用かつ不可欠の存在となるはずである。

ところで、キャメロットの物見の塔がアーサー王伝説でなく、誰かの創作であるならば、筆者はその作者の想像力に敬意を表したい。レーダもエレクトロニクスも一般化していない時代に読んだ話であることは間違いないので、このイメージは非凡な先見性をもったものといえよう。このようなイメージは新しいシステムを考えるととき極めて有用である。

ついでながら、アーサー王伝説の中で活躍するマーリンは、古代ブリタニアの大魔術師で、それ自体大傑作で、ストーンヘンジの製作者という伝説もあり、わが国古代の役行者に相当する。イギリスの傑作戦闘機にスピットファイアがあるが、これのエンジンはロールスロイス製でマーリンという名前が付けられている。スピットファイアのマーリンが、キャメロットのマーリンと同じなら傑作な話だと思って、航空機とそのプラモデルの大家でもある、名古屋大学の樋口教授におうかがいしたところ、即座に、スピットファイアのは鳥の名前で、はやぶさの一種だと教えていただいた。スペリングは同じだが、ロールス・ロイス・エンジンの方はイニシャルが小文字で、キャメロットの製作者の方は大文字で書くことになっている。

話が横道にそれてしまったが、ストーンヘンジにしてもスピットファイアにしても、その外観から一種の美しさを感じられる。一方、筆者の作った積雪の深さ計は、どうもこのような美的要素をもった外形にはならなかった。現在、静止気象衛星「ひまわり」で計測値を中継して、山地積雪の遠隔測定を行なうデータ・コレクション・システム(DCS)の開発を小テーマとして、水資源開発関係の特調費総合研究に参加しているが、このDCSで使用するR型を発展させた積雪の深さ計も、少なからずグロテスクな外形に仕上がる見込である。積雪の深さ計には洗練されるべき部分がまだたくさん残っているように思われる。

Tadashi Kimura・雪害実験研究所第2研究室

東京の地震予知（6）— 関東・東海地域地殻活動観測網

大 竹 政 和

1. はじめに

「大規模地震対策特別措置法」にもとづく「地震防災対策強化地域」の指定に伴って、来たるべき東海大地震の発生を事前に予知することが現実の課題となった。首都圏は今回の地域指定には含まれていないが、予測通りの東海大地震が起これば、東京・横浜などでは地盤の悪い所で震度5程度の揺れを覚悟しなければならない。さらに、東京付近は、マグニチュード（M）6～7クラスのいわゆる直下型地震に襲われる危険に常にさらされている。例えば、1855年の安政江戸地震（M = 6.9, 死者四千余人）、1894年の東京地震（M = 7.5, 死者31人）がそれである。同じような地震が現在の超過密な東京を襲えば、両地震と同程度の被害で済む保証はない。

このような状況をふまえて、国立防災科学技術センター（以下防災センターと略称する）は、昭和53年度に特別研究「関東・東海地域における地殻活動に関する研究」をスタートさせ、高感度地震計と傾斜計による関東・東海地域地殻活動観測網とデータ処理システムの整備に着手した。「東京の地震予知研究」シリーズの第6回は、東京を含むこの広域観測網について、その意義と概要を紹介することにしよう。

2. 地震予知に挑む関東・東海地殻活動観測網

関東・東海地域は、日本列島を乗せたアジアプレート、それに向かって東と南々東の方向から年数センチの速さでおし寄せて来る太平洋プレートフィリピン海プレートの3つのプレートが会合する地域にあたっている（図1）。そのため、3つのプレート相互の動きが交錯して複雑な地質構造を呈しており、地震予知においても、関東・東海全域の地殻活動を統一的に監視・研究して行くことが強く望まれていた。従来のように、関東地方、伊豆半島、東海地方といった小区域に各機関おも

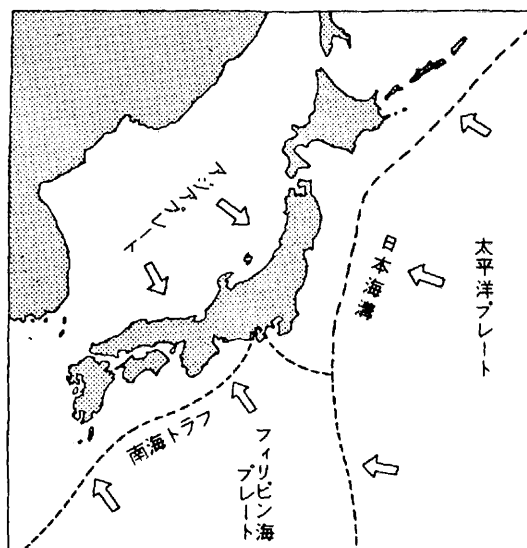


図1 日本付近のプレートとその運動

いおもしろい小観測網を維持しているだけでは、「よしの髓から天井のぞく」の喩え通り、地殻活動の推移の大局を見失うことにもなりかねない。とくに微小地震活動の監視については、各研究機関ごとの部分的・分散的な観測では、地震予知判断に必要な迅速なデータ処理もきわめて困難である。これら従来の観測体制の弱点を克服しつつ地震予知研究を格段に強化・前進させるために、関東・東海地域地殻活動観測網に大きな期待が寄せられている。

観測網の整備は、昭和53年度から6カ年の計画で始まった。この間に、関東・東海地域の50個所に新たに高感度地震計の観測点（うち17個所には傾斜計を併設）を建設し、観測データはすべて、専用の電話回線で筑波研究学園都市の防災センターへテレメータする計画になっている。53年度末までに完成し、すでに定常観測状態にある観測点は、図2に示す22個所である。内訳は、地震計の観測点11、傾斜計の観測点4、地震計と傾斜計を備えた観測点7となっている。これらの中には、

地殻活動観測施設配置図

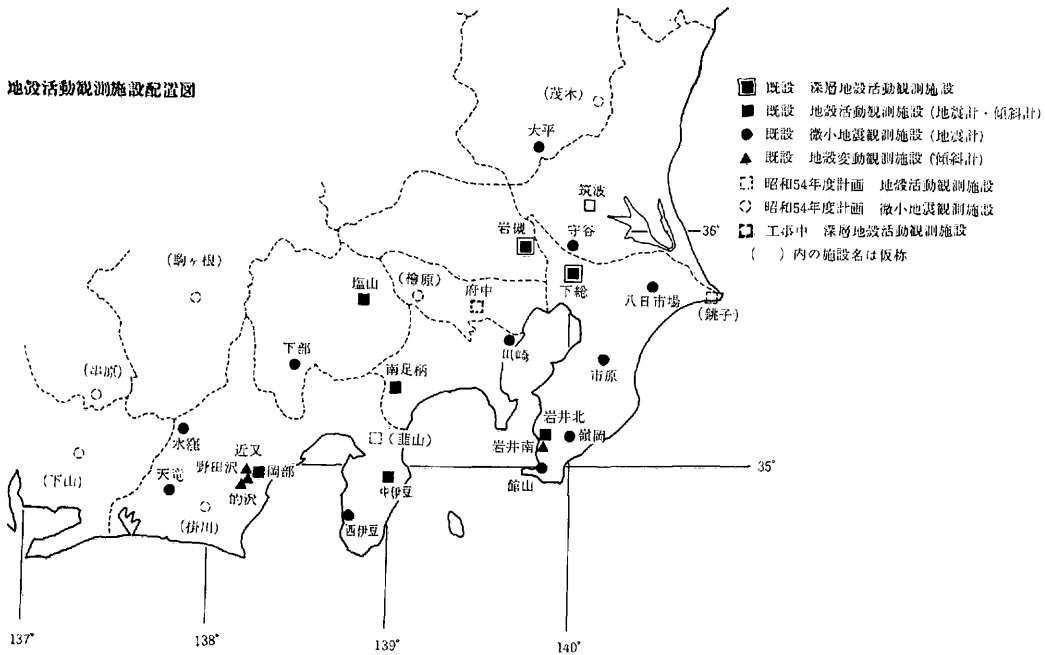


図2 関東・東海地域地殻活動観測網の観測施設配置

図3 関東・東海地域地殻活動観測網とデータ処理システムの構成

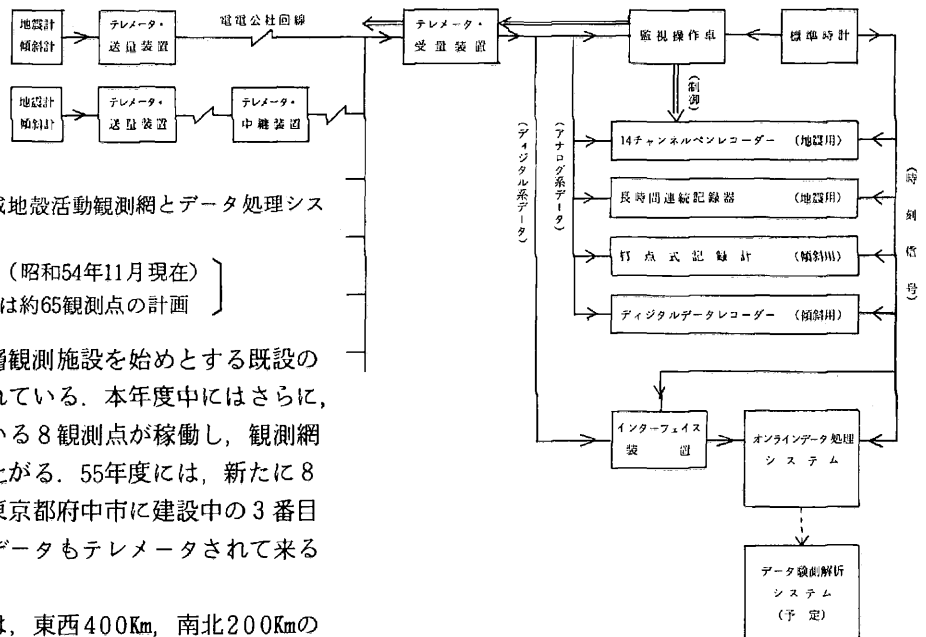
〔22観測点 (昭和54年11月現在)〕
 〔最終的には約65観測点の計画〕

岩槻・下総の両深層観測施設を始めとする既設の観測点もくり込まれている。本年度中にはさらに、図2に記入されている8観測点が稼働し、観測網の骨格がほぼ出来上がる。55年度には、新たに8観測点に加わり、東京都府中市に建設中の3番目の深層観測施設のデータもテレメータされて来る予定である。

全計画終了時には、東西400km、南北200kmの広い地域が約65の観測点で覆われ、隣接観測点間の平均間隔は30km足らずとなる。このような広域稠密の地殻活動観測網は、わが国で初めての画期的な観測網であることはもちろん、世界でも、アメリカがカリフォルニア州を南北に貫くサンアンドレアス断層に沿って展開している微小地震観測

網以外に類例がない。

各観測点からテレメータされて来たデータは、可視記録されると同時に、オンラインデータ処理システムで収録と監視が行なわれている。収録されたデータは、データ検出解析システムによって



処理・解析される。これらのデータ処理システムは、それぞれ専用のコンピューターを中心に構成され、大量なデータを迅速に、しかも高精度で処理できるように工夫がこらされている。

関東・東海地域地殻活動観測網は、首尾一貫地震予知に焦点を合わせた観測網であり、この目的に添っていくつかの斬新な試みも採り入れて設計されている。以下に各部の概要と特徴を記すが、全体の構成を図3のフローチャートで概略つかんでおいていただけると話が進めやすい。

3. 観測施設と観測計器

各観測地点には、観測井と観測小屋とからなる無人の観測施設が置かれている。図4は標準的な観測施設の見取図である。

観測井の孔底には、水密耐圧のセンサー容器に収めた地震計と傾斜計が設置されている。地震計は、原則として、固有周期1秒のもの3成分（上下・南北・東西の各方向）をセットにして用いている。傾斜計は、防災センターが孔井内観測用に開発した振子式の力平衡型傾斜計と呼ばれるもので、0.01秒角（注）1秒角は、水平に置いた長さ1kmの棒の片端を5mm持ち上げた時の棒の傾きに当たる。）というごくわずかの岩盤傾斜変化まで確実に捕えることのできる大変精度の高いものである。今まで大学などが用いて来た水管傾斜計と違って、設置のために山腹に大規模な観測壕を掘削する必要がないので、本観測網のように平地を含む多数の地点に配置するのにもっとも適している。

観測井の深さは平均100mである。地表の雑微動を避けて良好な観測条件を得るためには、しっかりした岩盤まで達することが重要である。そのため、地質状態によって、100mより深い場合も浅い場合もある。孔底での雑微動は地表の $1/3 \sim 1/10$ 程度に小さくなり、数万～数十万倍(10Hz)の高感度地震観測が実現されている。

センサー容器を正しく設置するために、観測井は孔芯傾斜3度以内の厳しい条件で作井されている。この範囲内にあれば、地上からの制御で、容器内の計器を正確に鉛直にセットすることができる。水平方向についても、計器の水平2成分が孔

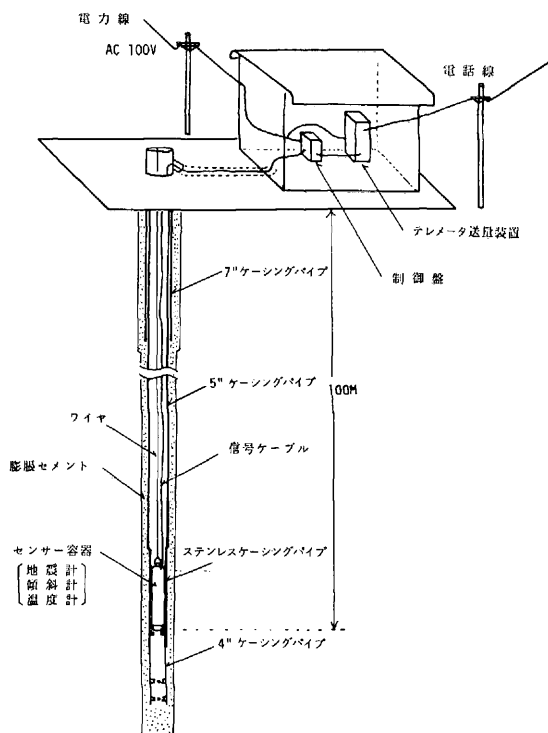


図4 代表的な観測施設の概要

底で正しく東西・南北方向を向くように、特殊な設置法をとっている。

地震計、傾斜計の動きは微弱な電流の変化に変えられ、信号ケーブルを通じて地表の観測小屋に導かれる。これらの信号は、増幅後テレメータ送量装置に送り込まれ、常時防災センターへ伝送されている。観測小屋内に設けられた火災報知器、ドア開閉検知器からの信号もいっしょにテレメータされている。

観測施設においては、過大電流による精密計器の破損、それに伴う観測の中断を避けるために、雷害対策に特別の考慮を払わねばならない。現在は、耐雷トランスによって、商用電源からの誘導雷侵入の遮断に効果をあげている。また、信号ケーブルの観測小屋内端末に瞬断ヒューズを設けて地中計器を保護している。

4. 第二世代のテレメータシステム

観測データを迅速に解析して地震予知に役立てるためには、観測施設を巡回して記録を集めて歩いていたのではとても間に合わない。そこで、観

表1 観測点から送出されるデータの種別と情報量

データ種別	成分数	サンプル当り情報量	ダイナミックレンジ	備考
地震データ	3	8ビット(対数圧縮)	78 db	
傾斜データ	10	16	96	孔底温度等を含む
アラーム情報	8	1	—	火災報知器等

測点現地からのデータは、電電公社の回線（特定通信回線D-1規格、4線式）を通じて、刻々防災センターへテレメータされるようになっている。伝送の方式は、デジタル伝送（PCM）である。1観測点あたりの情報量は表1に示す通りで、これが毎秒2400ビットの伝送密度で送出される。

地震観測をテレメータ化することは、わが国では今や常識になっている。しかし、従来の地震テレメータは、何観測点かのデータを1個所にまとめることを主眼としており、基本的には記録集中の手段の域を出ないものであった。防災センターのテレメータシステムは、世界にさきがけてネットワーク時刻同期を採り入れるなど高度のシステム化をはかると同時に、オンラインデータ処理システムと直結してリアルタイムのデータ監視をルーチン化している。地震の短期予知を指向する、第二世代の地殻活動テレメータシステムと呼ぶにふさわしい機能を備えたものである。

(1) 自動追尾のネットワーク時刻同期

地震波の到達時刻を正確に計測するためには、通信回線によるデータ遅延の影響を無視することができない。現在の22観測点についてみると、観測点—防災センター間の回線遅延時間は、最小0.014秒（市原・八日市場）、最大0.040秒（天竜）で、その差は0.026秒にも及ぶ。これは、センターに集中された記録上で、市原・天竜両観測点に同時に地震波が到着したように見えたとしても、実際には天竜の方に0.026秒早く到着していることを意味する。高精度の震源決定や地震波速度変化の研究には0.01秒の時刻精度が必要となるので、このような時間ずれは致命的である。

そこで、防災センターのテレメータシステムでは、日本標準時刻に同期したセンターの親時計をを基準として、すべての観測点で完全に同時にデータサンプリングを行なうようになっている。こ

のネットワーク時刻同期は、親時計と観測点の子時計との間で毎秒時刻信号を交換して回線遅延時間を算出し、遅延時間を自動的に補償することによって実現されている。公社回線の切替え等で遅延時間が変化しても、自動的に追尾して常に同期がとれるようになっている。実測の結果、0.001秒以内の精度で同期を確保していることが確かめられている。

(2) モデム多重化中継による高密度伝送

遠方の観測点からのデータは、中継局を経由して伝送される。中継局は、回線条件の良い大都市に設けられ、最大4観測点からのデータ（それぞれ毎秒2400ビット）を多重化して、毎秒9600ビットの高密度で防災センターへ送出する。多重化は、データ損失の無いモデム多重方式によって行なうことは技術的に問題があるとの意見もあるが、高性能のモデムを用い、かつ良質の回線を使用すれば、十分目的を達せられることが実証された。

このような中継方式は回線使用料の節約に非常に有効なので、これからの地震テレメータに広く採用されて行くだろう。

(3) 地震データの対数圧縮伝送

地震データには1サンプル当り8ビットを割当てているので、リニアなA/D変換を行なえば、ダイナミックレンジは48dbとなる。本システムでは、対数圧縮のA/D変換方式を採用して、78dbの広いダイナミックレンジを得ている。このため、飽和することなく伝送できる地震の範囲が、振幅で30倍に、地震マグニチュードの幅で2単位拡大した。

(4) 監視・制御機能の集中

本テレメータシステムは、次のような監視・制御機能を備えている。

- ①地震時のトリガー信号発生および記録器の起動・停止制御
 - ②アラーム情報（火災報知器等）の監視
 - ③地震計検定信号の送出
 - ④システムの障害監視および自己診断
- これらの機能はすべて監視操作卓に集中されてお

り、一目でシステム全体の運行状態を確認することができる。

5. アナログ系の記録器群

防災センターに集中されたデータは、アナログ系とデジタル系の2系統で併行して収録されている。震源決定、傾斜変動図作成などの解析作業は、現在はアナログ系の記録に拠っているが、デジタル系のデータ処理システムが整備され次第、これに移行されることになっている。ここでは、可視記録器を中心とするアナログ系のデータ収録について述べる。

(1) 地震記録

地震データは、各観測点当り1成分（上下動）ずつ、インクペン式の長時間連続記録器で常時記録されている。この連続記録は、地震活動の消長、とくに観測点近傍での微小な群発地震の発生を監視するのに有効である。

地震が発生すると、14チャンネルペンレコーダが自動的に起動し、全成分の地震波形を1 cm/秒の速度で記録する。あらかじめ設定した判定時間（0～99秒可変）内に2個以上の観測点からきまったレベル（可変）以上の地動信号がはいって来ると、地震と判断して記録を開始するようになっている。判定に用いる観測点の数は、1から6まで選択できる。地震波形を初動部分から完全に記録するために、ペンレコーダには20秒遅延

した信号が供給されている。全観測点を4～5点ずつにブロック分けし、現在は4台のレコーダで収録している。

(2) 傾斜記録

傾斜データは、打点式記録計に毎分2打点で記録され、同時にA/D変換器を内蔵したデジタルデータレコーダに毎分1回のサンプリングで収録されている。記録されているデータは、傾斜2成分（東西・南北）の高感度・低感度両出力のほか、観測井孔底温度、一部観測点の雨量、気圧である。高感度の傾斜観測は気象や地下水の変化の影響を受けやすいので、地殻活動に起因する異常な傾斜変化を識別するためには、雨量等のデータと比較する必要がある。

6. 二つのコンピュータシステムによるデータ処理

近い将来主力となるデジタル系のデータ処理は、オンラインデータ処理システム、データ検測解析システムの二つのコンピュータシステムによって行なわれる。前者はすでに稼働中であるが、後者は近い将来に導入の予定である。

(1) オンラインデータ処理システム

テレメータシステムと直結して、オンライン、リアルタイムでデータの収録と監視に当るシステムである。図5に示すように、64キロワードの容量をもつ中央処理装置（HITAC-20）を中心に、

磁気テープ装置、磁気ディスク装置、グラフィックディスプレイ装置、データタイプライターなどから構成されている。

地震データの収録は、アナログ系の14チャンネルペンレコーダと同様に、イベントトリガー方式で行なわれている。コンピュータが各観測点の地動のレベルを常に監視していて、地震と判断されると、磁気ディスクで30秒遅延されたデータが磁気テープに書き込まれる。地震データの収録用に4台の磁気テープ装置が用意されている。1巻の



テレメータ室

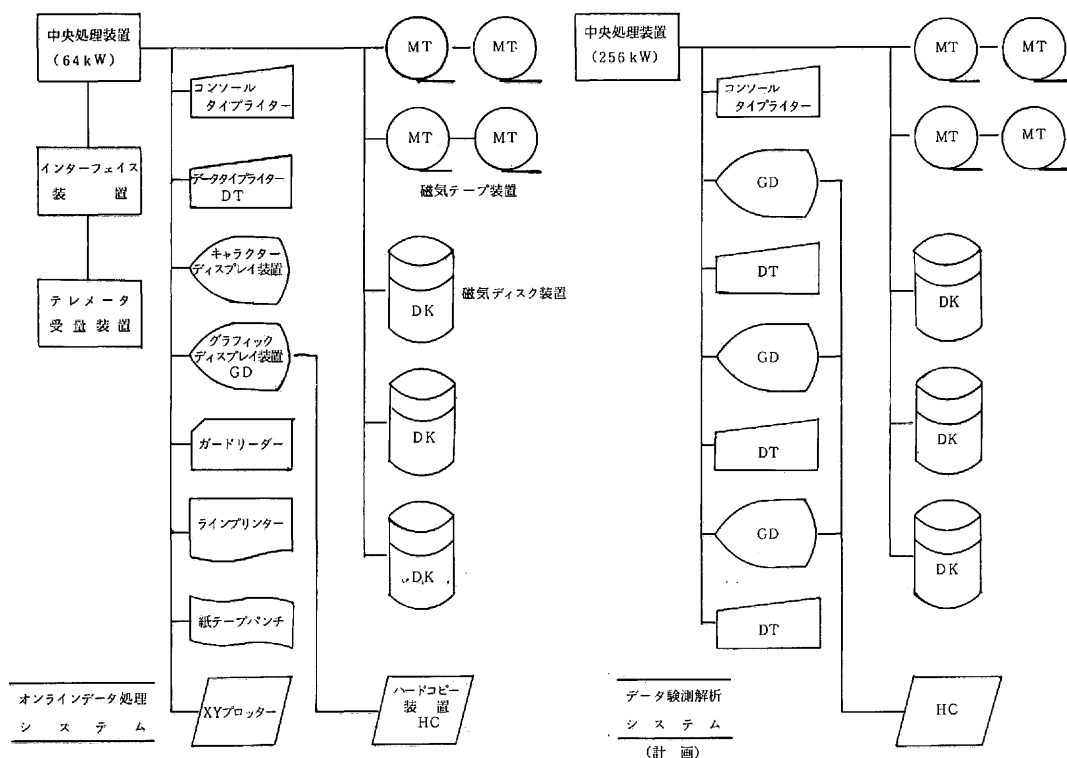


図5 データ処理システムのおもな構成

磁気テープが記録終了すると自動的に次の磁気テープ装置に切替わるようになっており、最近3カ月間の実績では、平均12日間テープ交換なしに地震データを収録することができる。

傾斜データは、毎分1回のサンプリングで、常時専用の磁気ディスクに取り込まれている。大きな地震の時には、別の磁気ディスクで毎秒1回のサンプリングを行ない、傾斜計による長周期の地震波も収録できるようになっている。約8日で磁気ディスクが満杯になると、データを磁気テープに書き写して保管する。

磁気ディスクに収録されているデータは、随時グラフィックディスプレイ装置に呼び出して目で見ることができる。ディスプレイの一例を図6に示す。

オンラインデータ処理システムのもうひとつの役割はデータの常時監視である。人間の判断を必要としない情報監視はコンピュータに任せるといふ考え方に立って、次のような監視を行なっている。

- ①地震の発生（時刻・振動継続時間・観測点名）
- ②観測点ごとの日別地震回数（毎日0時）
- ③大きな傾斜変化
- ④システムの障害

これらの監視情報は、データタイプライターに出力される。今後の研究の進展に伴って、監視内容をさらに充実させて行きたいと考えている。

オンラインデータ処理システムは、これからの観測点の増加を見込んで、地震データ198成分（66点分）、傾斜データ（孔底温度等を含む）320成分（40点分）を処理できるように設計されている。

(2) データ験測解析システム

オンラインデータ処理システムによって収録されたデータの験測・解析を受け持つのがデータ験測解析システムである。これは、すでに概念設計を終えているので、あらましを紹介しておこう。

システムの構成は図5をごらんいただきたい。中央処理装置は256キロワードの予定である。こ

SEISMOGRAM DISPLAY 79 09 18
13:43:44 BLOCK NO.=8 GAIN=1/2 SAMPLING=80HZ

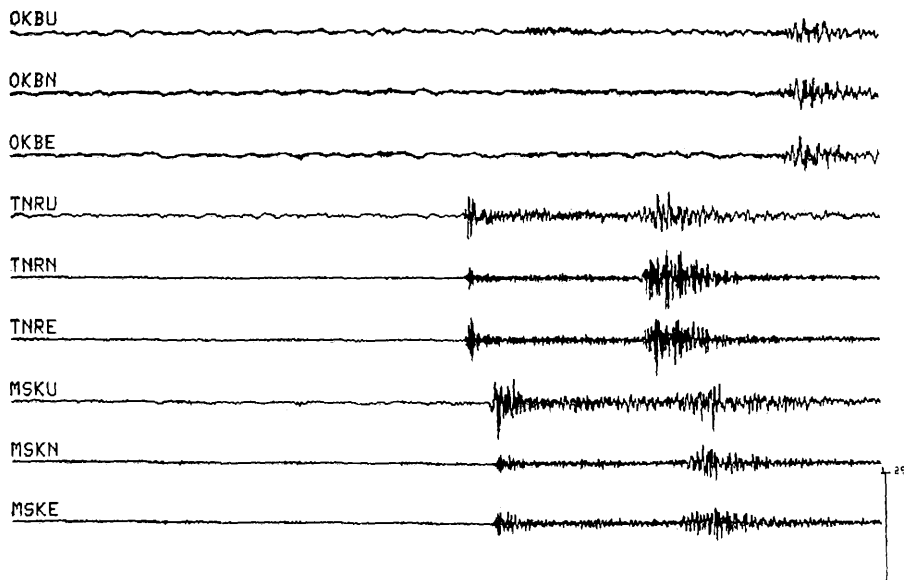


図6 グラフィックディスプレイ装置による地震波形の表示例

のシステムの主な用途は、①地殻活動の状況を不断に把握するための定常的データ処理、②異常地殻活動発生時等の緊急データ処理、③オンラインデータ処理システム障害時のバックアップ、の3つに要約される。

定常的なデータ処理としては、地震波形の検測、震源・マグニチュードの計算、震源分布図・地震頻度図・傾斜変動図の作成などがある。地殻活動の状況を示す各種図面は、定期的に一定の方式で作成され、地震予知連絡会や地震対策強化地域判定会に報告される。これら定常的作業の大半を占めるのが、地震波形の検測（P波・S波の到達時刻、初動方向、最大振幅など）である。検測には、人間とコンピュータのそれぞれの長所を生かしたマン・マシン方式を採用する。具体的には、グラフィックディスプレイ装置に、地震波形と一しょにコンピュータによる自動検測結果を表示し、必要があれば検測結果を修正する方法をとる。検測結果を用いて直ちに震源・マグニチュードの計算も実行する。この一連の作業の流れを図7に示す。図中で二重線で囲んだところが人間の介入する部分である。在来のグラフィックディスプレイ装置は表示に時間がかかりすぎてこのような作業

には適さなかった。しかし、全画面を十数秒で表示できる高速ディスプレイ装置（所要時間約 $1/10$ ）を開発することによって、本システムの実現が可能となった。

群発地震、急激な傾斜変化など異常な地殻活動が発生した場合には、これが大地震の発生に結びつくかどうかの予知判断に資するため、緊急のデータ処理が必要となる。そのほかにも、地震対策強化地域判定会などから各種データの要請があれば、これにも即応しなければならない。システム設計に当っては、こうした緊急業務に迅速かつ確実に対処できるように考慮を払っている。

7. 最近の観測結果と研究目標

観測網、データ処理システムともに目下整備途上にあるが、アナログ系のデータに拠って、定常的なデータ処理がすでに始められている。

図8は、最近の微小地震活動の様子を示した震央分布図である。防災センターの広域地殻活動観測の計画がスタートして初めて、このように関東・東海全域の微小地震の発生状況を一括して把握することができるようになった。定常的な震源決定

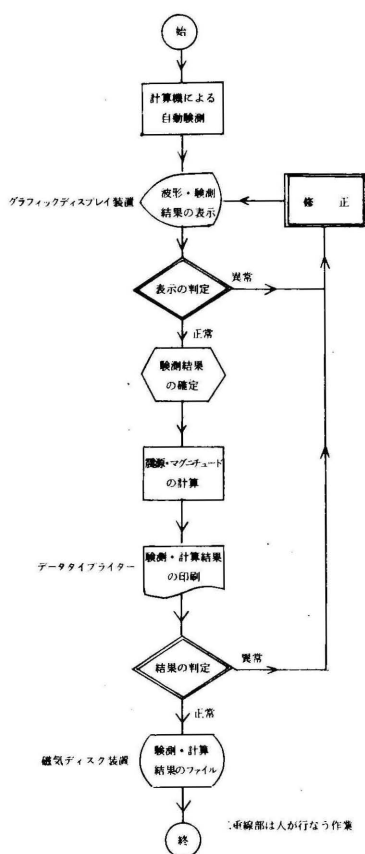


図7 マン・マシン方式による地震波形の検測と震源・マグニチュードの決定

は、5点以上で観測された地震について、P波到達時刻のみを用いて行なっている。震源決定用の地下構造としては、気象庁で使用中のものが全日本の平均的構造とみなせるので、当面これを用いている。本観測網のデータから速度構造に関しても新たな知見が得られて来るので、将来さらに精度の良いものに切替えて行きたい。全観測網が完成した時点では、関東・東海全域で、M2以上の地震がもれなく、誤差±2km程度の高精度で震源決定されるようになる。

傾斜変動図の一例を図9に示す。半日、1日周期の規則的な変化が見えるが、これは、月・太陽の引力や海水の潮汐でごくわずかに岩盤が傾斜変動することによるものである。いかに感度の高い観測が行なわれているか分かるであろう。大雨が降ると0.1秒角に近い傾斜変化が現われる場合があるが、雨量のデータと比較して本来の異常地殻変動と弁別する研究が進行中である。また、静岡県下では、岡部観測点を中心に4観測点から成る群列傾斜観測網(図2参照)の観測を実施中で、異常地殻変動の検出と識別に関するより進んだ研究が行なわれている。大地震直前の前兆現象を捕えるために、百分の数秒角程度の異常傾斜変動を確実に検知することを目標としている。

防災センターでは、このように関東・東海地域

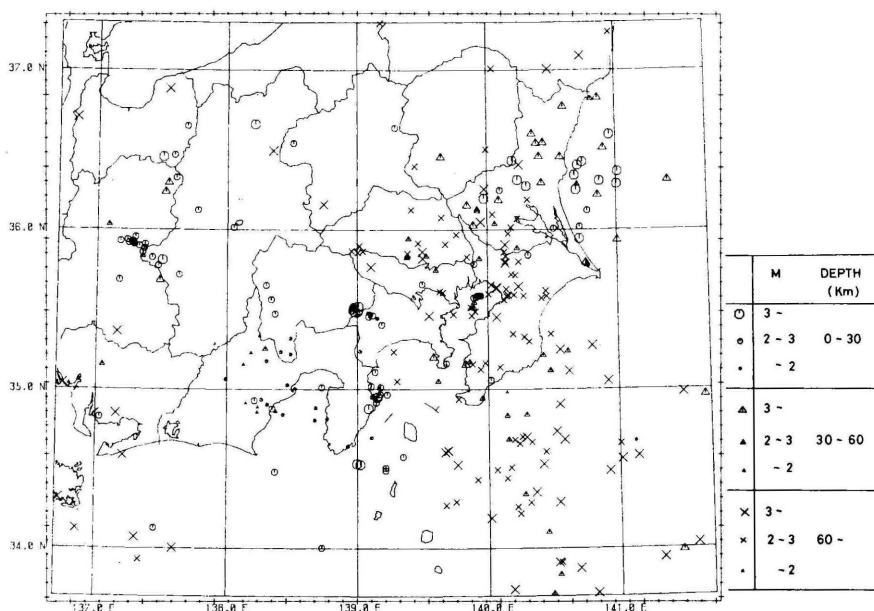


図8 関東・東海地域の震央分布(1977年7月~10月)

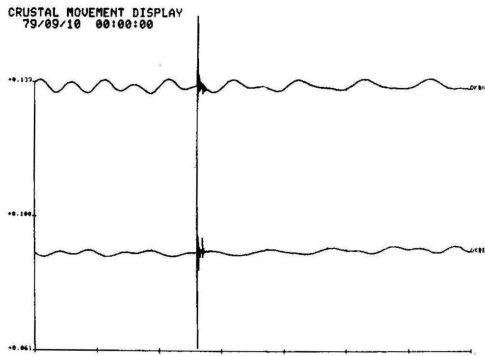


図9 傾斜変動図の一例（7日分），大きく揺れているのは地震

の地殻活動の状況を絶えず監視しながら，高度の地震予知研究をおし進めつつある。関東・東海地殻活動観測網から日々供給される大量かつ良質のデータに基づいて，地震活動パターンの時間的空間的变化の研究，前震の識別の研究，微小地震の発震機構の変化の研究，地震波速度変化の研究，前兆的地殻変動の識別の研究など，地震予知に挑戦する広汎な研究が成果を挙げて行くものと期待されている。

Masakazu Ohtake・第2研究部地震活動研究室

● 地震発生機構解明のための研究

地下を構成している岩石は，それが支えきれないような応力が加わったときに，破壊し，地震が発生する。プレート運動などによる地殻のひずみに耐える力，すなわち地殻応力がどのくらいがんばっているかということを知ることは，地震の発生を予測するうえで重要な情報の一つである。

このため，観測強化地域である関東・東海地域を対象に，地殻活動の形態の異なる代表的な地域を選んで，水圧破壊法による地殻応力の測定を昭和52年度から静岡・千葉の両県下の数個所で行なっている。

昭和54年度には，12月に千葉県富津市と昭和55年3月に茨城県那珂湊市で，各々500mの実験用井戸を掘削し，水圧破壊法により地下500mにおける地殻応力の測定実験を行なう予定である。

● 大型耐震実験施設を利用した日米共同研究

本研究は，天然資源の開発利用に関する日米会議（UJNR）耐風耐震専門部会のもとで行なう日米共同研究で，日本側は，当センターの大型耐震実験施設及び建設省建築研究所の大型構造物実験施設を使用し，各種の構造物のうち，一般的で，しかも地震時の挙動の複雑な鉄筋コンクリート造建造物を対象として，その耐震安全性の解明のための研究を行ない，建造物の耐震性能の向上及び地震防災対策等に資するもので，昭和54年度から2カ年計画で研究を行なう。

当センターでは，昭和54年度に大型耐震実験装置上に3階建鉄筋コンクリート造建造物の実物大模型を建造し，地震時における動的挙動を把握するとともに，建築研究所で昭和55年度に行なう実大7層建造物実験に必要な実験用データを得ることを目的とした実験を行なう。

江戸の大火と東京

渡 辺 一 郎

この5月14日から19日まで、東京竹橋の国立公文書館において、内閣文庫所蔵、江戸時代災害資料展が開催された。多くの貴重な資料を見ることができて、有益な展示会であった。これらの資料のうち、ここで取りあげるのは展示番号36「元延実録」中の「上野花盛大久保出羽守依仰御一覧之事」と題する、寛文八年三月のことに関する記事である。

寛文八年（西暦1668年）二月、江戸では一日に3件、四日に3件、六日に1件と多くの火災が発生し、大きな被害を出した。「ときの将軍家綱は、この打続く大火のため今年の上野の花見はさびれたものとなっているであろうと思い、大久保出羽守に様子を見にゆくように命じた。大久保出羽守が見に行ったところ、そのにぎわいは例年と変わらなかった。家綱はこの報告をきき、江戸未だ衰微せずと喜悅の体であった。」という記事である。二月の火災で焼けたのは、市ヶ谷、麴町、芝、本郷、神田、日本橋、下谷、車坂下（現在の上野駅の西）、深川、四谷、青山、赤坂、麻布、三田、小石川小日向町（文京区小日向）、牛込、飯田町（千代田区飯田橋および富士見）、代官町（千代田区北の丸公園）という広い地域（国立公文書館、1979）であり、家綱が心配したのも当然である。ところが、上野の山のにぎわいは例年のとおりであったのである。

このような状況は、寛文八年の大火後にかぎらないのである。今回の資料展では、江戸の大火として表1の13個をあげている。このうち、明暦三年の大火後、ときの老中松平伊豆守信綱は、火に弱い江戸を改造するため大々的な市街整備を行なった（黒木、1977）大がかりな武家屋敷の移動、寺社の移動、こ

れらに伴う住人の移動が行なわれた。お茶の水の吉祥寺が駒込に移った。その後門前町の人々が移ったのが現在の武蔵野市吉祥寺であり、神田連雀町の住民が移った所が現在の三鷹市連雀である。そして、浅草が発展し、木挽町海手（現在の築地）が埋め立てられ、本所が開拓されたのも、この大火の後である（黒木、1977）。このほか、商家などのひさしを除去して道路を拡張し、広小路や防火堤を作り、（延焼を防ぐための）いろいろな禁令（ひさしを作らないこと、材木を高く積まないこと、橋の上で商売をしないこと、わらやかやの屋根に泥をぬることなど）を出して、市街の防災化を行なった。このときの市街整備があまりに徹底したものであったために、「明暦三年の大火は、江戸を改造するために、智恵伊豆にいわれた松平信綱が放火を命じたのではないか」という説

表 1 江戸の大火

大火発生年	旧暦月	西暦年	備 考
慶長 六 年	1 1 月	1 6 0 1	ふりそで火事
寛永十八年	1 月	1 6 4 1	
明 暦 三 年	1 月	1 6 5 7	
寛 文 八 年	2 月	1 6 6 8	
天 和 二 年	1 2 月	1 6 8 2	八百屋お七火事
天禄十六年	1 1 月	1 7 0 3	
宝 暦 十 年	2 月	1 7 6 0	
明 和 九 年	2 月	1 7 7 2	
文 化 三 年	3 月	1 8 0 6	安政地震火事
文政十二年	3 月	1 8 2 9	
天 保 五 年	2 月	1 8 3 4	
弘 化 三 年	1 月	1 8 4 6	
安 政 二 年	1 0 月	1 8 5 5	

さえる（黒木、1977）。

このような徹底した大改造を行なったにもかかわらず、その後の江戸では表1に示すような大火が続いた。明暦大火のときの焼失地、そしてその後の新開地（浅草、本所、築地）も何回となく大火に見舞われたのである。焼けても焼けても、大勢の焼死者をだし悲惨な状況をまのあたりにみても、しばらくたつと江戸の住民は、信綱の出したような禁令をあまり守らず、焼失地に同じように町を作り、新開地にも火に弱い町を作っているのである。大火後、2カ月もたたないのに、上野の山でにぎやかに花見をしたということは、寛文八年の大火後だけの状況ではないと考えられるのである。

日本人、特に江戸の人々の、このような考え方は何に基因するのであろうか。西山松之助氏は、江戸において大火の多かった理由として次の3点をあげている（西山、1978）。

- (1) 江戸には大火を喜ぶ住民がかなりたくさんいたのではないか。（男の一人者で長屋住み、店子住みが多かった。失うものがないわけである。また、大火後、多くの場合好景気となった。）これに関連して、特にあぶれ者による放火が多かった。
- (2) 大都市江戸の統一的政治体制の欠如が多く、大火を頻発させた。（特に、将軍第一、江戸城第一主義の原則が貫徹していたために、江戸の町人たちのことはほとんど考慮されていなかった。）
- (3) （特に江戸初期・中期の）江戸町人は、火事は当然で、江戸生活では類焼は致し方ないこと、自火ではなく類焼でよかった、と考えた。

西山氏は、これらを想見であるとけんそんしておられるが、非常な卓見であると思う。花見のにぎわいの一つの要因は、大火後の好景気によるものであろう。また、(2)、(3)によって一種の楽天主義も助長され、そのあらわれが花見であったのかもしれない。しかし、もう少し踏み込むと、

- (a) このように大火の多い江戸へなぜ人が集まるのか
- (b) たとえ好景気が来たとしても、このような

引き続く大火の後、どうして江戸が復興できたのか

という疑問は残る。このことを明らかにすることは非常に困難であるが、わたくしの「想見」を述べてみたい。

第一の点については、「結局は、江戸に住むことが利益であったからである」ということができよう。少なくとも、利益があると思われたのである。幕府所在地であって日本の中心であり、参勤交代制によって諸大名とその家臣が交代で集まり、「江戸へゆけばなんとか職にありつける」という考え方があり、特に大火後の好景気のときには、大火前よりも労働需要が増加した。松平信綱が行なった強制移転は、結局、江戸の拡張を早めただけであるとさえいえる。

第二の問題については、前述のように、失うものがない人が多かったという点、好景気となったという点もあるが、江戸がまだ大きくなかったからであるといいたい。享保九年（1724年）の江戸町人の人口は約47万人であったといわれている（読売新聞社、1966）。武士とその奉公人が、17世紀のすえには江戸にすくなくとも50万人いたと推定されているので（井上、1965）、享保九年の江戸の人口は約100万人と推定される。明治五年の東京（府）の人口も約70万人である（東京大学史料編纂所、1933）。明治五年の全国の人口が約3,300万人であるから（統計院、1884）、東京の人口の全国に対する比率は2.1%であった。享保九年における全国人口はよくわからないのであるが、約3千万人といっていよいであろう。（井上、1965）。江戸の人口の全国に対する比率は約3.3%である。これに対して関東大震災前は、全国の人口約5,600万人（大正九年）、東京（市）の人口、217万人（統計局、1924）であり、東京（市）の全国に対する人口比率は約4%であった。なお、第二の問題に対する答として忘れてならないのは、前述の「花見」のことである。これは好景気とか楽天主義のあらわれでもあるがまた、江戸町民のバイタリティのあらわれでもある。大火に対するあきらめの気持と同時に、災害を乗り越えて強く生きようという強さもあったのである。

さて、ここで現在の東京に目を向けてみよう。人口は約1千万人、全国人口は約1億人で、人口比率は10%である。江戸・明治初中期時代の人口

比率約2～3％に対して、人口比率が3～5倍となったことも見逃せないが、東京人口の絶対数の大きさは異常であるとししかいようがない。江戸時代と比較すれば実に10倍なのである。関東大震災当時と比較しても約5倍である。全国の他の市と比べてみても異常に多い（表2）（総理府統計局、1977）。表2をみて、もう一つ気がつくことは、現在でも江戸時代の江戸より人口の多い市は数えるほどしかないということである。東京近辺、大阪近辺、名古屋、京都、札幌だけである。このことも、現在の東京人口の異常さを示すし、

また、防災上重点的に考慮すべき都市がどこであることを示す。さらに、西山氏は、「前記1～(3)の状況は、現在の東京においても残っているのではないか」と述べている（西山、1978）。「東京に住んでいることは利益である」という考え方は、昭和30年、40年代の高度成長期ほどではないにしても、まだまだ残っている。また、大火後、2カ月もたたないのに花見をするというバイタリティが、江戸時代ほどあるかどうかは疑問である。

かくて、東京が江戸の大火や関東大震災のような災害を受けたときにどのようなかについては、極論すれば予想もつかないということになる。唯一の対策は、「東京に住み続けることは損である」と思わせ、東京の人口を減らすことである。どのようにしてこのように思わせるかについては、この小文の範囲を越える。次の機会に譲りたい。

この小文は、国立防災科学技術センター、菅原前所長との討論の中から多くの示唆を得て書かれたものであることを記して感謝の意を表わしたい。

Ichiro Watanabe・第4研究部

参考文献

- ・井上清(1965):日本の歴史, 中巻, P8, P51, 岩波新書574
- ・国立公文書館(1979):内閣文庫所蔵, 江戸時代災害資料展示目録, P12
- ・黒木喬(1977):明暦の大火, 講談社
- ・西山松之助(1978):火災都市江戸の実体, 江戸町人の研究第5巻 P1～P90, 吉川弘文館
- ・総理府統計局(1977):第27回日本統計年鑑, 昭和52年
- ・統計院(1884):第3回日本帝国統計年鑑, 明治十七年
- ・統計局(1924):第42回日本帝国統計年鑑, 大正十三年
- ・東京大学史料編纂所(1933):明治史要附表, P69
- ・読売新聞社(1966):東京の百年, P50

表2 市人口（昭和50年）

番号	市名	人口	番号	市名	人口
1	東京区部	8,646,520	25	船橋	423,101
2	大阪	2,778,987	26	岐阜	408,707
3	横浜	2,621,771	27	西宮	400,622
4	名古屋	2,079,740	28	豊中	398,384
5	京都	1,461,059	29	金沢	395,263
6	神戸	1,360,605	30	倉敷	392,755
7	札幌	1,240,613	31	和歌山	389,717
8	北九州	1,058,058	32	横須賀	389,557
9	川崎	1,014,951	33	相模原	377,398
10	福岡	1,002,201	34	松山	367,323
11	広島	852,611	35	川口	345,538
12	堺	750,688	36	松戸	344,558
13	千葉	659,356	37	宇都宮	344,420
14	仙台	615,473	38	浦和	331,145
15	尼崎	545,783	39	高槻	330,570
16	東大阪	524,750	40	いわき	330,213
17	岡山	513,471	41	福山	329,714
18	熊本	488,166	42	大宮	327,698
19	浜松	468,884	43	八王子	322,580
20	鹿児島	456,827	44	旭川	320,526
21	長崎	450,194	45	大分	320,237
22	静岡	446,952	46	市川	319,291
23	姫路	436,086	47	函館	307,453
24	新潟	423,188	48	長野	306,637

1979年10月の異常潮位について

内 藤 玄 一

1. 異常潮位とは

10月初旬に東海地方や東京湾などの沿岸地域で異常潮位による家屋の浸水、国道の冠水が起り社会問題として騒がれた。異常潮位が大きく注目されるようになったのは1971年9月初旬のことであり、現象は大型台風23号が本州南岸を通過して鹿島灘から東方海上へ去っていった直後から始まった。全く予報されない出来事であって浸水した地域が多かったため、原因について多様な議論がなされた。異常潮位による冠水は1975年9月にも起り、海岸沿いの都市で被害が生じた（都司外、防災科学技術No33参照）。今回の被害は1971年の時ほど大きくないけれども都市域の沿岸地帯の利用がますます複雑化していく今日においては異常潮位の現象を解明することが忙がれよう。

潮位とは風浪やうねりを除いた平均海面水位のことであり、主な地点の予測値は刊行されている潮汐表から知ることができる。また特定の沿岸の予測値も過去の水位記録があれば、それを元に計算することができる。潮汐の実測値はこの予測値と比較すると必ずしも良く一致するとは言い難い。予測値には不規則的に発生する気象及び海洋現象によるとと思われる水位変動を予期していないから当然である。

ところで実測された潮位が予測値とどの程度ずれば異常なのか。ここで短時間に起きる高潮等を除いて2、3日以上続く場合に限る。10cmぐらいの偏差は珍しくないため一年間に一度ぐらい起きる程度とすれば観測地点にもよるが40~50cmの偏差をもつ状態となろう。しかし社会問題となる異常潮位の定義は観点が異なる。災害を起こす場合のみを考えるから水位の上昇する現象に限る。そして潮汐には季節変化があり、春秋の大潮の時に於ける海面の異常な膨張が沿岸域に最も危険なのである。潮位の低い時の異常現象は問題とならない。したがって災害としてみる異常潮位は大潮時に、40~50cm水位が上昇することが適当な定義と

考えられ、確率的には数年に一度であろう。

今年の中秋の名月は10月6日で東京地方は曇天のため見る事ができなかった。一方、月見の候はまさしく秋の大潮の時期にあたり、不幸にも水位の異常な上昇と相まって低地帯に浸水等の災害をもたらした。1971年及び1975年の際も大潮であった。

2. 台風との関係

図1に平塚支所で観測された10月初めの潮位の例を予測値とともに示す。水位変動の記録は海岸より約1 Km沖の観測塔に取付けられている圧力式水位計の出力から得たものである。正確な検潮器から求めたものよりは多少精度が落ちるが、観測塔は海底に固定している構造物であるため相対的な潮位は測定することができる。予測値も過去に観測塔で測定した水位記録から推算したものである。水面下における水位計の設置位置の正確さに多少疑念があるため、潮位の実測値と予測値の比較に際し、気象擾乱等が相模湾周辺に存在せず、異常潮位が報告されていない9月10日の両者の日平均値を一致させて検討した。したがって図1に示されている潮位は海上観測塔でのある特定点を基準とした値であり、他の観測所の結果と絶対値は比較できない。

図1から明らかなように10月1日から7日において予測値よりも大きな水位が記録され、4日の2度の満潮時にはそれぞれ23cm及び43cm予測値よりも大きな潮位が観測されている。この値は大潮時でもあり異常潮位というに十分な偏差である。平塚では平均海面の上昇はこの1週間の前後にも表われた。

異常潮位の原因は単純でなく未だ研究途上にあるが、台風の通過直後に起きている場合が多い。今回も9月末に台風16号が本州を縦断して北海道

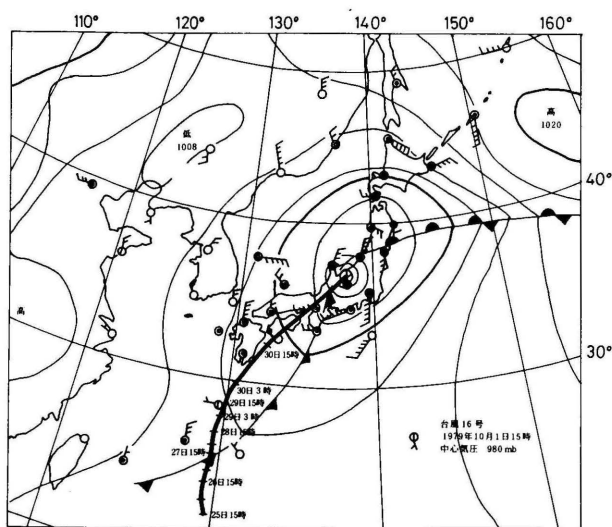


図2 台風16号の経路

東方海上へ去った。台風16号の経路を図2に示す。この台風は九州に接近するまでの足どりが遅く、大型で強い勢力を保ったまま沖縄付近の海上をゆっくり北上した。30日夜四国に上陸して以後は北東方向に90Km/hの速さで駆け抜けた。潮位的大幅な上昇はその直後に記録されている。同じような形をとったのが1971年9月の異常潮位である。大型台風23号が北緯25度付近をゆっくり西進した後、8月29日夜南九州に上陸し本邦を縦断して31日夜関東沖に抜けた。台風の経路は少し異なるが、異常潮位の事例としてこれら2つの場合は非常によく似ている。台風が何らかの形でこの現象に寄与していると考えるのが自然であろう。他方1975年の例のように異常な水位上昇が起きた時期に本邦に台風の上陸や接近がなかった場合もあり、気象擾乱の影響がどのようなメカニズムをもつのか不明である。

異常潮位は東京で観測されてから数日たって太平洋沿岸を西に伝わって行き、四国や九州でも冠水被害が報道されるようになることがある。これは非常に長い周期の波動現象の存在を意味し、陸棚波と呼ばれているものに要因を求められる。この波は大陸棚と地球の自転によって生じるもので、台風や他の何らかの原因によって起きた水面の上昇が、発生場所から遠く離れた沿岸に後日高水位をもたらす現象を説明しうる。

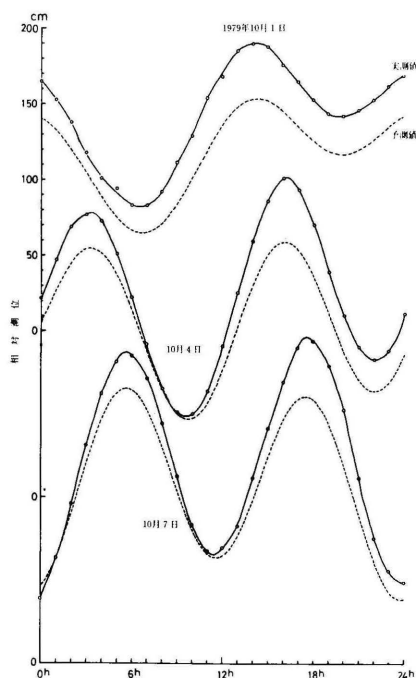


図1 平塚沖波浪観測塔で測定された相対潮位(実線)と予測値(破線)

太平洋岸に現われる水位の変動は黒潮の流路の変化に関係する。しかし、黒潮及びその分枝流のふるまいについては解明されていない点が多く、異常潮位との相関の程度も不明である。また沿岸近くの海域に強風が長時間吹く時、海洋表層が吹き寄せられる。特に大きく入り込んだ湾内の奥部でこの効果は大きく、海風による吹き寄せのため水面の上昇が度々見られる。

異常潮位の原因は他にいろいろと考えられるが一つの現象が決定的に作用しているとの論拠はない。台風も含めて気象擾乱がもたらす海況変動が水位上昇に関係することは今回及び過去の多くの事例から確かであろう。黒潮の変化、陸棚波による潮位の伝播等がさらに相乗効果となって、異常な海面膨張をひき起こし、大潮の時に沿岸に被害をもたらす事になると思われる。

Genichi Naito ・ 平塚支所沿岸防災第2研究室

火山島と水 ―― 硫黄島調査余話 ――

熊谷貞治

人間が生存するために、水と空気は必要欠くべからざるものである。ところが、火山島は飲料となる地下水に乏しく、生活水、飲料水の大部分を降雨にたよることが多い。

さて、硫黄島には一本の河川、一個所の泉もなく、他の火山島よりも水を得ることが困難である。そのうえ硫黄島の位置は亜熱帯に属するが、気候は熱帯的といわれており、平均年降雨量は1,000mm前後で、本島より北方に位置する父島の1,400mm、三宅島の2,800mm、八丈島の2,800mm、伊豆大島の3,000mm、東京の1,500mmよりも少ないのである。現在、この島では必要な水は全て、滑走路及びエプロンに降った雨水を貯水池へと導き使用している。このような状況のため降雨量の多少が島の生活状態を左右してしまうのである。

昭和53年（1978年）6月30日から約1カ月にわたって行なわれた遺骨収集作業の時の様子を水不足の例として述べてみる。

硫黄島は、第2次世界大戦の末期である昭和20年（1945年）2月19日に海兵隊3箇師団を主力とする米軍と守備する日本軍約21,000名との間で死闘が展開された戦場である。戦闘は約1カ月に亘り、たかだか20km²のこの島に彼我約10万の人間がひしめきあったのである。戦後34年を経過した現在もまだ多くの日本軍将兵の遺骨がこの島には眠っている。この遺骨収集作業は厚生省を主体に防衛庁、日本遺族会、日本青年遺骨収集団、硫黄島協会（生還者及び遺族により構成されている）及び当センター支援による総勢30名により行なわれた。この作業が行なわれた時期の降雨量が今年は少なく、夕方の18時から翌朝の午前4時30分まで断水という給水制限がされていた。遺骨の収集は、土木作業が主体なため、皆泥まみれ、汗まみれとなり宿舎へ引揚げて来る。だから宿舎へ着くやいなやシャワーを浴び、洗濯をしたいと思うが、シャワーは一度

に6人、洗濯機は3台という状態でよほど手際よくやらないと断水する時刻までに全員が作業を終了するというわけにはいかない。そのうえ、夕食を断水となる前に終了しないと、朝食の準備に差しつかえるという状態になってしまう。水があれば何んということはないのに水不足のためみんな右往左往しなければならない。昭和53年（1978年）に北九州地方は水不足で住民が避難するというさわぎがあったが、この時、一番困ったのは水洗のトイレではなかったかと思う。硫黄島のトイレは全て水洗化しているため非常に不自由した。水が豊富あれば水洗トイレは清潔でよいが、水がない水洗トイレはどうしようもない代物である。それに飲料水と異なり1回に使用する量が多いため、少々の水を貯めおいただけではすぐに不足してしまう。

このように、ちょっと降雨量が少ないと水不足で時間給水という事態となるのに、昭和19年（1944年）に戦争のため日本本土へ引揚げた約1,000名の住民はどのようにして水を確保していたのであろう。岩崎健吉（1973）によれば「硫



写真1 ジャングルの中に散見される旧島民が使用していた水槽の一つで深さが約3mある。

黄島における水の採取方法は、屋根に降下した天水を導水管によって集めて岩盤に掘込んだコンクリート造りの水槽に入れる。したがって屋根の造り方は最もよく天水を集め得る方法を用い、材料もトタン造りで、降下した天水を一滴もほかに流出せしめないような細かい注意の下に構成してある。」と述べられ、更にこの方法ではまだ水不足であったため本島特有の「流し込み」を造って水を得たと記載されている。すなわち、「“流し込み”は家屋4周の比較的高い凝灰岩岩盤上（家屋は凝灰岩地域を平坦に切り開いて造られてある）や家の庭を利用して、その上にセメントでテラス状の広場を造り約30坪の広さにおいて4周を高くし、降下した天水を中央部、または片隅に集水し得るよう傾斜をつけ、1カ所に集水した水を導水管を用いて家屋内または母屋の傍の大天水槽（写真1参照）に流し込むようにしてある。その他の“流し込み”は家屋に近いコカ畑中に石をつみあげ4尺高度の台を造り、これにセメントをはり、30坪程度の広場から集水を行なうのもある」（以上原文のまま）。この受水面積からは、年間約100トンの水が期待でき、一戸の平均世帯人数が5人であったから、当時の生活様式では、毎日入浴ができたといわれ、水に不自由はしていなかったとのことである。ただし、水洗トイレに電気洗濯機の使用という現在のような生活様式にしたらたちまち水不足になやまされることであろう。

このように、島民は一応水に不自由することな



写真2 トーチカの上に降った雨を内部に導いて利用していた様子がうかがえる。このようなトーチカが多くみられる。屋根の周囲が少し高くなっているのがみえる。

く生活していたところ、第2次世界大戦によりこの硫黄島に多数の日本軍将兵が守備のため居住するようになった。ただでさえ、やっと水をまかっていたところへ約21,000人という島民の約20倍の人口となり、たちまち深刻な水不足となってしまった。このためあらゆる方法を使って水の確保に努めた（写真2参照）。その例をいくつか紹介する。当然のことながら、島に多数の井戸を掘削したが（この任には、川井良夫陸軍中尉を隊長とする野戦作井第21中隊が当たった。戦闘概況報告によれば、この中隊は、硫黄島の水不足のため急遽派遣され、海岸線各所に井戸を掘り、飲料水の確保に成果を挙げた貴重な部隊であったと記載されている。総員71名、戦死70名）、出てくるのは水というより温泉水で、飲料には適さず、飲めばたちまち下痢をおこすような代物であったという。次に、ユニークな水の採取方法と思うのは、噴気孔にムシロをかぶせ、ムシロについた水分をしぼり出すというやり方である。硫黄島の噴気ガスには、99～75%の水蒸気があり、水は採取できたが、硫化水素や亜硫酸等が含まれ、やはり飲料には適さなかったとのことである。しかしながら前述の井戸水も、ムシロからしぼり取った水も飲料に使用したとのことである。その他、木の葉からしたたり落ちる雨滴を集めたり、水不足をおぎなうためあらゆる努力をしたそうである。それでも、水不足は最後まで解決できなかった。日本側はこのように水不足だったが、米軍はどうしたかという

と他地域から船舶で水を補給してあっさりと解決してしまったのである。現在では、災害時における非常食糧のひとつとなっている水の缶詰もこの時にあったとのことである。もっとも日本軍もいよいよ飲料水がなくて困ったときは、タケノコなど水煮の缶詰をあけ、その汁を飲んだこともあったが、まずくて飲めたものではなかったそうである。

さて、いろいろと水を得る方法を述べて来たが、この島の雨は降るとシャワーと呼ばれるような強い雨になることが多いが、不思議なことに降り終るとたちまちのうちに地表面が乾いてしまう。どこへ雨水は行ってしまうのであろうか。この島には多数の日本軍が掘削した地下壕があるので中にはいって見たがひとつとして湿っている壕はなかった。（写真3参照）



写真3 乾燥している地下壕の一つ。高さは、約150 cm、幅は140 cmで通路の両側にポケットが掘られている。壕内温度は47℃、奥にはいと65℃に達する。この壕は、旧南方諸島海軍航空隊主計科分隊が使用していたもので、19柱の遺骨が収集された。



図1 昭和12年（1937年）当時の硫黄島における集落と道路。島の北東部に銀明水、金明水がある。
原図：岩崎（1973）

このような状況から、火山島であるこの硫黄島で生活するにはまず水問題が大きくクローズアップされ、利用できる天水の量によって居住する人員や施設の種類とその規模が制限される。その他、飲料水を天水にたよると鉱物分を含有していないため、永い期間にわたって常用していると健康を害してくると、かつて母島で生活されていた方が話をしてくれた。しかし、硫黄島の旧島民の方々からはついぞそのような話はなかった。なお、この島に泉がひとつもないと先に述べたが、この島に金明水、銀明水と呼ばれるところがある（図1参照）。日本内地で銀明水といえば、清水が湧いているところであるが、硫黄島のそれは、岩崎健吉（1973）によれば、「熔岩の小洞の上部からしたたり落ちる本島無二の天然の飲料水であるが、一滴一滴と落ちるしづくに過ぎないもので、集落からはるか隔たっていることと量が僅少なことによって利用していない。ただこの海岸に来る島民がかわきをいやす程度にしか利用されない微々たるものである」ということである。現在、これと思われる洞穴があるが、水滴は落ちていなかった。余談であるが、ロスアンゼルスで行なわれた第10回オリンピック大会の馬術大障害で優勝した西竹一陸軍中尉（戦死時には、中佐）が、昭和20年（1945年）にこの銀明水付近で戦死し、現在、碑が建立されている。“炎熱の地下壕で、水、水と叫びつつ、一滴の水を得ることなく亡くなられた同胞の霊安かれと心から祈る”。

Teiji Kumagai・第3研究部地表変動防災研究室

もし、大地震の警戒宣言が発令されたら

昭和53年1月14日に発生した伊豆大島近海地震の4日後に、静岡県が「余震情報」を出したところ、情報の内容が誤解され、パニックが起きたことはまだ記憶に新しいことである。この事件を契機として地震情報の伝達の難しさが改めて浮きぼりにされた。

昭和53年12月に施行された大規模地震対策特別措置法によると、東海地方の地震観測網に異常が発見されると、直ちに地震防災対策強化地域判定会が招集され、その判定結果によって、大地震発生の危険が迫っているということになると、警戒宣言が発令される。しかし、警戒宣言が発令される以前の段階でも、判定会が開催された、という情報は30分後ぐらいにはラジオ・テレビ等で報道される。またはそれ以前にうわさとして人伝に伝えられた場合など、住民は多かれ少かれ不安をよびおこすことになる。このように、判定会開催の情報が公式・非公式に伝えられた、あるいは警戒宣言が発令された場合、住民や事業所はどのような対応をするか、その対応の仕方を予測するための資料を得る目的で、東京大学新聞研究所は、昭和54年2月に静岡県清水市と袋井市において調査を行なった。

調査内容は住民の対応と事業所等の対応から構成されており、住民は清水・袋井両市の1,650人、事業所は両市の病院、石油コンビナート、教育・福祉施設等70個所を対象としている。調査結果の概要は次のとおりである。

■ 住民の対応

最初に地震に関する住民の知識水準を知るためにいくつかの質問を行なっている。これによると、東海大地震説に対しては「ある程度信じている」人を含めると約7割の人がこの説を信じているが、東海地域判定会の存在については約2%の人しか知らない。また、警戒宣言については約2割の人が知っている、と答えている。しかし、判定会の開催と地震発生の危険を結びつけて考える人が過半数に達し、その時点で火の始末、非常食等の準

備、家族との連絡をとろうとしている。また、判定会開催のうわさをきいただけで勤め人の約2割が帰宅を始める。さらに、警戒宣言が発令されると、帰宅する人、家族を迎えにいく人等で調査対象者の7割以上が行動を始め、警戒宣言発令30分後には電話のパンク、道路の混乱を過半数の人が予想している。被害予想については、自分の家が一部または全壊を含めて破壊される、と考えている人が9割に達しているが、火災の発生について約6割の人が起らないとみている。警戒宣言が発令され、避難行動をとる時、自家用車の禁止について約7割の人が賛成しているが、全面的禁止に対しては約4割の人が反対している。次に、東海地域判定会が開催されてから警戒宣言が発令される迄の段階で、情報が公開すべきかについては、一般に日常的な備えに積極的な人ほど一刻も早くニュースを知らせるべきであるとしているが、清水市では、県や市が与える「県や市の防災体制」「地震に対する市民の日頃の備え」「警戒宣言が出たときに市民がとるべき行動」などの情報や指示に充分満足している者ほど、遅い時期すなわち警戒宣言が出てから知らせれば良い、という意見が多い。いずれにしても、判定会の招集から警戒宣言発令にいたるプロセスを住民に周知徹底させる必要があるが、危険な環境に置かれている人々が強く求めている情報とは、地震に対して個々の人がどのように対処したらよいかについての情報であり、警戒宣言が発令された場合には、これに住民がどのように対応すべきかという行動規準に關しての情報の提供を多数の住民が望んでいる、と結んでいる。

■ 事業所の対応

病院一普段の防災訓練は年に0-4回行なっており、調査対象の6病院のうち4病院がかなりの食糧の備蓄を行なっている。また、全事業所に共通しているが、判定会開催段階で行政機関への情報の確認行動をとろうとしている。「大地震が発生した場合に病院は患者の安全性を確保できるか

どうか」という質問に対しては、1病院が絶望的である、と答えた以外はかなり楽観的な見方をしているが、病院の立地条件や周囲の環境などから、その安全性については疑問がある、としている。

百貨店・スーパー防災訓練は年2回程度行っているが、建物の崩壊については、6店のうち5店が一部崩壊を含めて危険であるとみており、警戒宣言が発令されたら客を店外に避難させるが、そのあとどうするかについては問題が残る。また、警戒宣言の空振りについては、宣言は慎重に出すべきであるという店が4店、恐れずに出せというのが2店となっており、経済的損失額の大きい店ほど慎重派、小さい店ほど積極派となっている。

危険物を取扱う事業所—清水市の事業所(22)がもっとも危惧しているのが津波である。しかし、もたらされる被害の予想についてはばらばらである。また、危険物を取扱う事業所でもっとも問題となる対物防災措置については、警戒宣言の空振りによる経済的損失と発令時に操業を続行している事業所の危険物による二次災害がもたらす多大の被害、この経済的利害と社会的責任のジレンマをどのように考えているかについては、5割の事業所が警戒宣言が発令されたら操業を停止する、と答えている。また、警戒宣言が発令されても実際には地震がこない場合が考えられるわけであるが、それをも考慮に入れて、なお積極的に警戒宣言を出せという積極派が7割を占めている。

交通機関—電車及びバスをもつ私鉄の場合、判定会開催段階で電車・バスの運行は停止するが、乗客に対してはその情報を知らせない、としている。

教育・福祉施設—防災訓練は年に10-12回行っている。また、非常用品の備蓄については防災頭巾はほとんど用意しており、食糧を(1-5日分)用意しているところもある。建物の被害予想については清水市の場合6割が一部崩壊を予想しているが、生徒・園児等の安全確保については8割以上が何とか安全を守れる、と答えている。また、警戒宣言が発令されると、生徒等を下校させる施設が多いが、清水市の身障施設では施設内にとどまる方が安全、と考えている。

資料 東京大学新聞研究所「地震と情報」研究班：

1979；地震予知情報への対応

また、一般に市販されているものには、東京大

学出版会から東京大学新聞研究所編「地震予知と社会的反応」(1979)がある。ただし、清水市と袋井市の調査結果は含まれていない。

(小見波正隆)

センタ—新刊

● 地震予知に対応する震災対策とその問題点 (第3報)、国立防災科学技術センター研究速報第37号

第1報においては地震直前に出される警報に対応する一般的な震災対策とその問題点について、第2報においては一般家庭における震災対策とその問題点について述べている。第3報では、地震警報に対応して地方自治体がどのような震災対策を実施すべきかについて、段階的に発令される地震警報に対応して、地方自治体が行うべき震災対策について、次の四つの条件を考慮して考察された。1. 住民か企業に指示・勧告を行なうときには、住民か企業が受け入れやすい時期に行なう。2. 地震発生までに対策を完了する。3. 時間とともに変化するものの点検は、できるだけ地震発生に近い時期に行なう。4. 住民などの人命を救うために最も効果的な対策を実施する。また、次の諸点が強調された。1. 地方自治体においても、直前警報が最も重要である。2. 直前警報がでたならば、バス・地下鉄を止め、自動車も緊急車を除いて原則として止めるべきである。3. 道路交通規制をきびしく行なうと、防災要員の配置、危険な場所からの立退きなどの対策を実施することが困難となるが、地震発生時の道路機能の確保のため、道路交通規制をできるだけきびしく行なうべきである。4. 危険地と安全地がどこであるかを広報することが重要である、と述べている。

防 災 科 学 技 術

No. 36

昭和54年12月20日 印刷

昭和54年12月25日 発行

編集兼 国立防災科学技術センター
発行人 茨城県新治郡桜村天王台3丁目
TEL (0298) 51-1611代

印 刷 朝 日 印 刷 株 式 会 社
