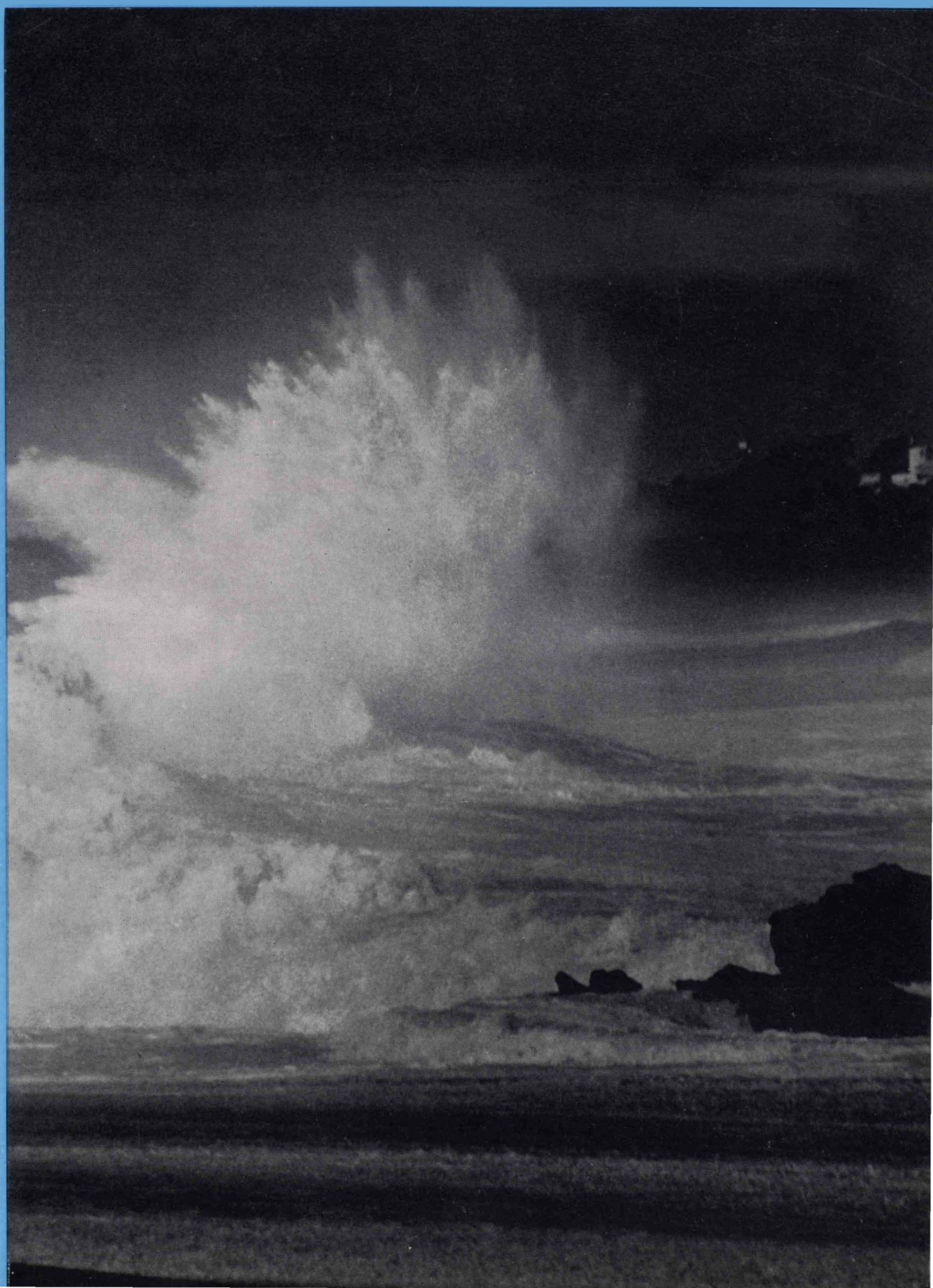


防災科学技術

NO. 20 1971
Jul.

科学技術庁 国立防災科学技術センター



も く じ

砕波帯の中の流れ.....	岩 田 憲 幸 • 1
強震計にまつわる話.....	丸 山 文 行 • 5
地盤からみた宅地防災.....	西 川 泰 • 9
昭和46年度業務計画.....	• 13
主なニュース.....	• 4

表紙写真： アラシの前ぶれ（高知新聞社提供）

45年8月16日 マリアナ諸島付近で発生した台風10号は次第に勢力を強め、日本本土へ向かって北上を続けた。写真は、同20日午後、中心気圧930ミリバール、最大風速50m、半径300km以内は25m以上の暴風雨という“ジャンボ台風”に発達し、潮の岬の南、約600kmの海上に達した頃、高知県吾川郡春野町甲殿海岸に押し寄せた、アラシの前ぶれを思わせる高波の状況である。21日早朝、台風は幡多郡佐賀町付近に上陸、県下全域をすっぱり圏内に包み込んで猛威をふるった。

砕波帯の中の流れ

岩 田 憲 幸*

はじめに

沖の方から伝播してくる波浪が沿岸の浅いところへ侵入すると、波の形が段々と険しくなり遂に砕波する。この砕波する時の波高（波の峰と谷との間の垂直間隔）は、水深の0.8倍と考えてよい。したがって、波高の大きな波は、岸から離れた比較的深いところで砕け、波高の小さな波は、岸近くの比較的浅いところで砕ける。また、一度砕波したあとでも、再び波が形成されて、次の砕波点まで進行して再び砕波するというぐあいであるから、台風などから来る土用波などのように波高が大きい場合には、遠浅の海浜では、汀線から100 m以上にもわたって砕波の現象がみられる。

このように砕波の激しい場合には、砕波帯の中の水の流動も複雑であるが、平均すると、岸に沿った流れ、すなわち沿岸流や、岸から沖へ向う離岸流などが見られる。

波によって巻き揚げられた海底の砂礫が輸送されるのは、このような平均流によってである。すなわち、沿岸漂砂、したがって海岸浸蝕、決壊、あるいは逆に、港湾埋没などの元凶がこの沿岸流である。

沿岸流の観測装置

砕波帯の中で沿岸流を観測した例は大変少ない。実験的には、ブイなどを投入して陸上から追

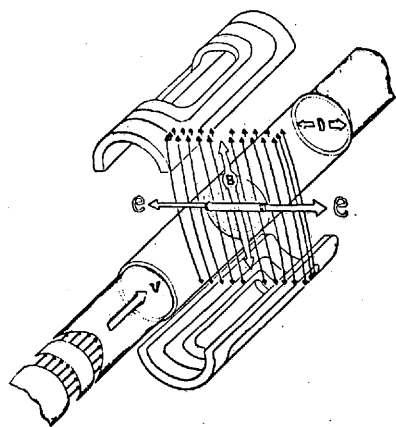


図-1 電磁流速計の原理

跡して求める方法などが行なわれているようであるが、このような方法では長期にわたる観測は不可能である。と言っても、普通のインペラー型流速計では、砕波帯という水粒子の運動が複雑で激しいところでは使用できない。そこで我々は、工業計器として普通よく使用されている電磁流速計を使用して、沿岸流の観測を平塚海岸で行なうことにした。電磁流速計の原理は、至って簡単なもので、図-1に示すようにパイプの中の流速 V はパイプの上下に設置されたコイルによる磁界 B によって誘起される起電力 e に比例することを利用するものである。したがって、この起電力を測定すれば、パイプ方向の流速を求めることが可能となる。同じようなパイプをいまひとつ、まえのパイプと直角をなすように設置して、両者で流速を同時に測定すれば、速度ベクトルの水平2成分を

* 沿岸防災第1研究室長

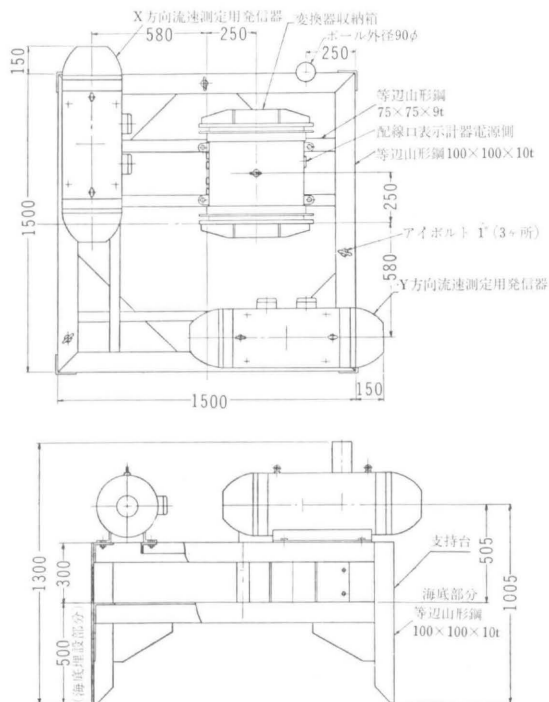


図-2 電磁流速計の配置

求めることができる。図-2は、現在我々が観測に使用している2個の電磁流速計の配置を示したものである。

ここで一番問題となるのは、流速計相互の配置や、架台の影響による流速のひずみである。くわしいことは、文末に掲げた文献に述べてあるので省略するが、検定の結果からみると、相互配置に関しては、なお、改良の余地がありそうに思える。

次に問題となるのは、砕波帯にどのように設置するかである。設置は、架台ばかりでなく、電力および通信用の鎧装ケーブルを合せて2本敷設しなければならない。砕波帯で観測時に受ける波力のことを考えれば、設置は余程強固にしなければならないが、かと云って設置工事ができるのはベタなぎの時だけであるから、工事それ自身にあまり時間をかけるわけにもいかないし、また準備に日数をとられるようでも困る。いろいろ考えた末、結局、採用した方法は次のようなものであった。そしてそれは大変うまくいった。

まず、架台の下部を写真-1に示すようにコンクリートで固めて、測器をつけた架台全体を起き上りコボンのようにする。このコンクリートの重量は、このまま海底に置いた場合でも波力によって転倒しないよう簡単な計算から見積った。

設置現場へ輸送してから海底を掘って、このコンクリート部分がかくれるまで埋没する。と同時に、岸に向かってケーブルを敷設するという段取りである。ケーブルと架台は、ひっぱりおよび水密性を考慮して充分強固に結合してあるため、船上で簡単に取りはずすことができない。そのため、架台の設置とケーブルの敷設を同時に行なわなければならない。しかも、このケーブルの敷設は、海の沖側から汀線を越えて、陸上まで、ケーブルのキンクが起らないように行なわなければならない。この点が一番、頭を悩ました事柄であった。

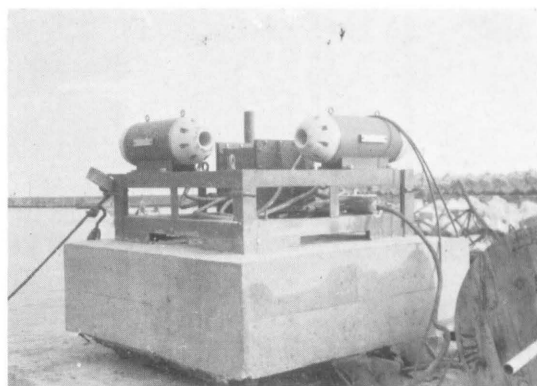


写真-1 電磁流速計の架台



写真-2 水中用の鎧装ケーブル

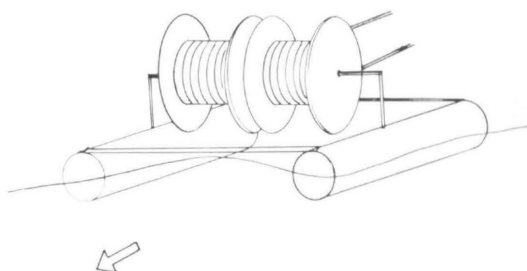


図-3 ケーブル敷設用パイ

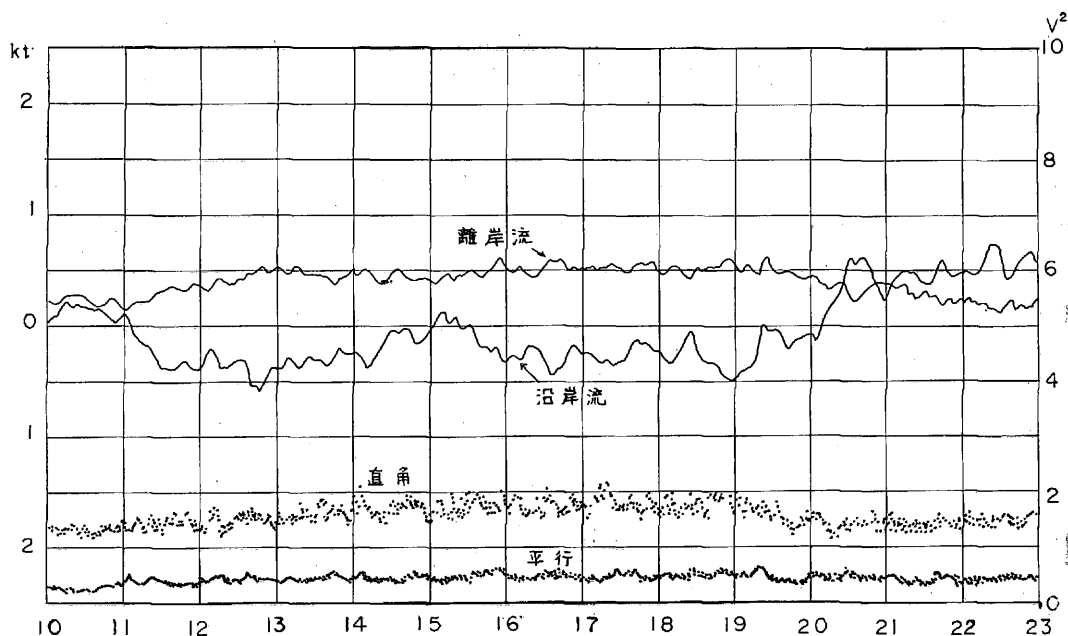


図-4 観測例 (昭和46年4月9日)

結局のところケーブルは、図-3 に示すようにブイに抱かせて、ブイ毎、陸側からブルドーザーでひき上げる方法をとったが、結果からみて、これは大成功であった。以後、砂浜海岸でケーブルを敷設するような場合には、この方法を推薦したい。

こうして行なった設置工事に要した時間は、作業用のクレーン船が、現場に到着してから2時間と少しの程度であった。工事終了後2時間も経過しないうちに、前線通過による突風が吹き荒れて一同肝を冷やしたことを今でも忘れない。

かくして、海中工事の最大関門を突破すれば、あとは陸上の観測小屋の中での作業であるから、冗談も出れば、鼻歌もでるといふのどかなものとなる。

観測結果

設置工事を終え、観測小屋の整備をして、本格的な連続観測に入ったのが、昭和45年の12月2日であった。丁度この頃から気圧配置が安定して、相模灘は例年の通り穏やかな日が続く。それでも現在まで何回か、高波とそれに伴う沿岸流とを観測することができた。図-4 に示したのは観測結果の一例である。沿岸流は、反時計まわりに江の島から大磯方面へ流れる場合が正で、離岸流は、岸から沖へ向う場合を正としてある。図-4 では

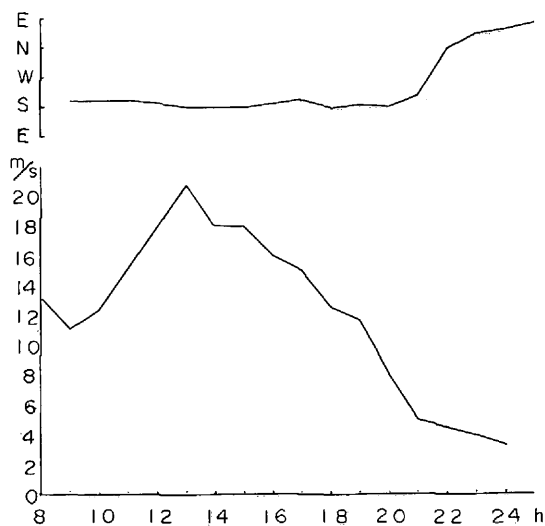


図-5 風向と風速 (昭和46年4月9日)

ほぼ 0.5 kt の離岸流と -0.4 kt の沿岸流が認められる。このときの水粒子速度のパワーを示したものが、グラフの下端に直角、平行と表示してあるもので、直角成分のパワーは $1.9V^2$ で、平行成分のパワーは $0.5V^2$ である。流速の変動を正弦波とした場合には、このパワーを求める回路の出力電圧 $x (V^2)$ は流速変動の振幅の2倍、すなわち、峰と谷との流速差 $H (kt)$ と $x = 1.6 H^2$ の関係にある。すなわち、この場合は、岸に直角方向には H が 1.1 kt 、平行方向には 0.56 kt とな

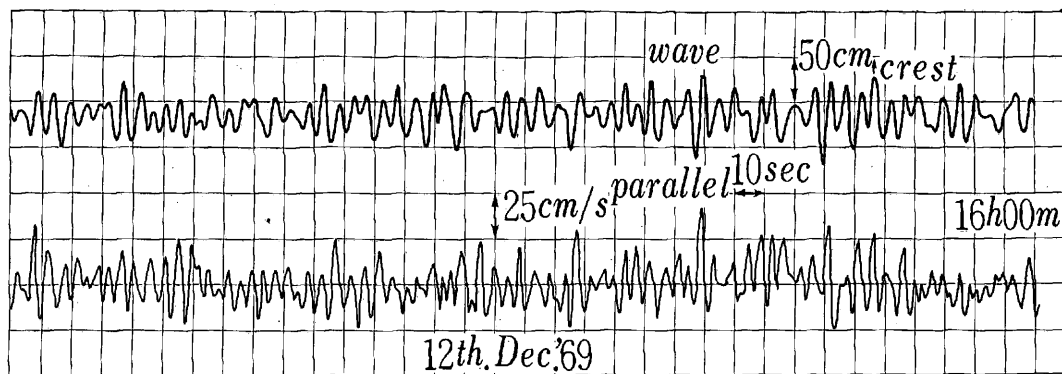


図-6 水面変動と流速変動 (昭和44年12月12日)

る。これから、波は、ほぼ、岸に垂直の方向から 28° ずれた方向、からやってくるのがわかる。沿岸流の正負から判断して、沖波が進入してくる方向は、この場合、南々東となる。このときの風向、風速を 図-5 に示す。風向は南から、一寸西よりで風速は 9 日 13 時に 23 m/sec にも達する。沿岸流速もこのあたりが最高である。そして 20 時 30 分以降になると、沿岸流の方向は逆向きになって、江の島から大磯方向となる。このとき、風向は北東に転じ、風速も 5 m/sec 以下になっている。図-4 で見る限り、波による水粒子速度のパワーはそれほど変化していないから、沿岸流速に風向、風速が影響しているようである。すなわち 11 時から 20 時までの江の島方面へ向かう沿岸流は、南々西の強風による吹送流の影響であって、20 時以降の弱い北東風のときの大磯方向の沿岸流が、砕波による沿岸流と考えられる。

あ と が き

直接観測しているものは、電磁流速計による水粒子速度だけである。これをそのまま記録したのでは、波高の記録と同じような時系列が得られるだけで、沿岸流の測定に不向きである。図-6 は同じ平塚海岸で、別に試験観測を行なったときの、水圧波形と、岸に平行な水粒子の速度の波形との同時記録の例である。このような記録を 1 日中休みなしにとったのでは、データの整理が大変なので、図-4 に示したものは、図-6 のような出力電圧の 3 分間の移動平均値と、この平均値からの変差の自乗平均値、すなわちパワーをアナログ演算回路によって連続的に記録させたもので、これによって波による水粒子速度のパワーと沿岸流速とが一目瞭然となる。

なお、水圧型波高計も同時に設置して、波のパワーおよび、潮位変動をも求める予定であったが、波高計の計器の故障で、観測が流速成分のみになったのは残念である。

文 献

Iwata, N. (1970), A note on the wave set-up, longshore currents and undertows. Journal of the Oceanogr. Society of Japan. 26(4), 233-236

岩田、藤縄、田中ら (1971): 砕波と沿岸流
防災科学技術総合研究報告 No. 25, 87-95

お も な ニ ュ ー ス

◇科学技術週間に施設を一般公開

例年、科学技術週間の行事の一環として、国公立等試験研究機関の公開を行なっておりますが、今年も 4 月 12 日から 18 日まで、本所をはじめ、各支所および研究学園都市の施設を一般に公開したところ、各施設とも多数の見学者がありました。

強震計の配置にまつわる話

丸 山 文 行*

強震計とは

先般ロスアンゼルス郊外で発生した地震の際、一つの強震計が1,000ガルの記録を示したと報ぜられた。ところでこの種の強震計はわが国にもかなりの数が設置されているのである。まず図-1を見ていただきたい。強震計の設置は昭和27年度に始まり、初めは毎年わずしかふえなかったが、38年度あたりからふえ方が顕著になり、39年6月16日に発生した新潟地震を契機としてさらに飛躍し、45年末で546台に達している。

強震計とは強い地震のときの地面の動きを正確に記録させる器械である。そもそも地震計の発明は明治13年(1880年)のことで、それは地面の動きを変位としてとらえ、記録させるものであった。ところが、建物がこわれるような強い地震のときは変位が数十cmに達するので、よほど大きい特別の地震計を作らないかぎり、地震計もこわれるか、目はずれになるのを覚悟しなければならなかった。この欠点を克服して、地面の動きを加速度としてとらえ、加速度に比例する記録が得られるような地震計が発明されたのは昭和年代にはいつからであった。

加速度の単位としてgal(ガル)という言葉がよく使われている。これは力と運動との関係を最初に研究したガリレイ(Galilei)の名に因んで命名されたものである。時間1secの間に速度が1cm/secだけ変化するときその変化割合を1galの加速度という。

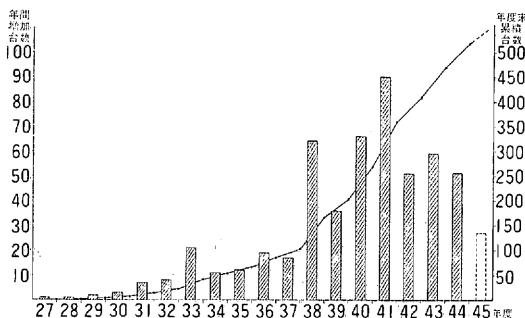


図-1 強震計設置台数の伸び

* 第2研究部長

加速度を体感としてとらえる一つの方法として、速度 v の列車に乗って半径 R の円周カーブを通過すると考えてみよう。このとき曲がる方向と反対方向に v^2/R の加速度が働く。たとえば時速72kmとすると $v=7.2 \times 10^6 \text{ cm}/3.6 \times 10^3 \text{ sec}=2 \times 10^3 \text{ cm/sec}$ 、半径1,000mとすると $R=10^5 \text{ cm}$ 、したがって $v^2/R=40 \text{ gal}$ となる。気象庁の震度階でいえばこれは震度IVの中震の程度である。加速度に質量を乗ずると力になるが、われわれはこの力を感じるわけである。

ついでながら周期 T 、振幅 a で単振動をする物体には最大で $a \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$ の加速度が働く。加速度地震計では振子の固有周期を小さくできるので大きな加速度を受けても振幅は少しですむ。すなわち小さな地震計が作れるのである。

強い地震を加速度の形で記録させる方が、地震計にとって容易であるばかりでなく、加速度と力とが直接結びつくことを考えれば耐震工学上にも有用な資料が得られることになる。

かくして加速度型強震計を多数配置して強い地震がくるのを待っていれば、いつかは完全な大記録が得られると認識されるようになった。

このような着想は実はわが国の方が早かったのであるが、実現をみたのはアメリカが先で昭和9年には最初の数台がカリフォルニア州内に設置されている。

わが国においても戦後直ちにこの問題が再びとりあげられた。地球物理学者および技術者協力の下に強震計委員会(Committee for the Standard Strong Motion Accelerograph)が構成され、昭和26年度文部省科学試験研究費の交付を受けて新しい型式の加速度型強震計が誕生した。この強震計は委員会英訳名の頭文字をとってSMAC型と命名され、1号機は東京大学地震研究所に設置された。図-1で示した最初の1台がこれである。その後建設省型というのも考案され、DC型と名付けられた。何回かのモデルチェンジはあったが、図-1で統計の対象になっているのはすべてSMAC型かDC型かである。

最初の強震計配置計画

さて強震計を全国に配置する計画について公式機関からの発言はこれまで2回ほど行なわれている。第1回は総理府資源調査会の勧告（昭和30年1月31日）であり、第2回は日本学術会議勧告である。資源調査会勧告においては3カ年計画として表-1に示すように116箇所413台の設置が提案された。

区 分	勧 告 箇所数	告 台数	配置 箇所数	実績 台数
地 盤 運 輸 省	43	43	36	36
〃 そ の 他			128	137
建築物 建 設 省	32	124	17	26
〃 そ の 他			104	251
堰 堤 電 力 関 係	18	108	2	3
〃 建 設 省	7	42	4	5
〃 そ の 他			1	1
橋 梁 建 設 省	6	36	12	14
〃 そ の 他			40	44
港 湾 運 輸 省	10	60	8	8
その他			2	3
計	116	413	354	528

表-1 資源調査会勧告と昭和45年末の配置

箇所をきめるにあたっては、実際上の管理の容易性が考慮され、現実に強震測定を行なおうとしている機関の意向が尊重された。

この勧告に基づき、建設省所管の予算の中に、建築物の耐震性の測定に必要な経費として、昭和31年度876万2千円、32年度795万2千円が計上され、計25台の強震計が国費により設置され、観測網が作られていった。

その後の実績と勧告とを比べてみるため、45年末における既設の強震計について統計をとり同じく表-1に示してみた。（図-1で対象となった546台のうち、18台は区分が明らかでないため、残りの528台についての統計である。）

地盤については当初中央气象台（現在の気象庁）が設置する構想となっていたが、実現にいたらず、運輸省港湾技術研究所や他の機関が補っている。建築物については、建設省所管分が26台にとどまっているのに対し、他の機関および民間で設置した分がかなりの数に達している。堰堤については計7箇所9台に過ぎないが、より固有周期の短い強震計が望まれていた事情も

あるようである。橋梁については、1箇所あたりの台数はともかく、箇所数は実績の伸びが著しい。港湾関係では前述のように地盤に置かれたものが多い。

日本学術会議勧告

さて、図-1でもみられるように、強震計の設置が飛躍的に盛んになったのは新潟地震が契機であったといえよう。日本学術会議勧告（昭和39年11月17日）および勧告の実現推進方策についての要望はその時点においてなされ、耐震工学研究の強化拡充という観点から強震計の全国的配置計画についても検討が行なわれたのであった。

この要望書によると昭和39年末現在で既設置の強震計は198台となっている。しかし強震計の大部分が建造物主の自発的設置によるものが多いために、その60%が東京、大阪に集中しているので、地域別および地盤・構造物種別に立脚して計画的に全国に配置することが必要であると述べられている。

地域別配置としては、国土を50km平方に区画し原則として各区画に1台ずつの強震計を設置することが提起されている。その所要台数は250台であるが、既設台数のうち68台はこれを活用することができるので差引182台の増設が必要であるとされている。（表-2）

次に50km平方の同一区画内でも沖積層、洪積層等地盤条件を異にするとところ、および振動特性の異なる建造物、たとえば建築物、橋梁、港湾構造物、堰堤等に設置することが考えられている。これにより将来構造物への設計用地震力を地盤と関連性をもたせて合理的に決めようとするものである。この観点から増設を要する強震計台数は214台で、結局地域別要増設台数の182台と既設台数の198台と合わせて594台が当面の目標となされたのである。ただし地震時の災害は特に都市、大規模の産業地帯等において拡大する心配が多いので、この対策として埋立地等で重要産業施

	北海道	東北	東北	関東	中部	中部	関西	中国	四国	九州	計
		太平洋側	日本海側		太平洋側	日本海側					
要設置台数	46	32	16	24	24	20	24	16	16	32	250
既設台数	4	4	2	107	15	8	47	5	5	1	198
要増設台数	42	28	14	12	9	12	12	11	11	31	182

表-2 日本学術会議勧告の地域別配置計画

設の集中する地区、原子炉、発電所、高層建物、長大橋梁等に常時設置して、その「構造物の安全性を直接検定する」必要があると述べられている。これら施設への強震計設置は公民間の協力を必要とし、また政府として、メキシコ市、ロスアンゼルス市等の例を参考とし、重要建造物への強震計設置を義務づける法的措置をとるようにすることが望ましいとされているので、この観点からふえて行く強震計は前記396台とは別であると考えられる。

日本学術会議勧告の配置計画と昭和45年末現在の実績の546台と比較すると $546 - 198 = 348$ 台が増設されていることになる。ただし、前述の「構造物の安全性を直接検定

する」目的のものがどれだけあるかわからないので計画達成率を計算することはできない。

同様に、50 km 平方に少なくとも1台配置する方針でどの強震計が設置されたかを判定することもむずかしい。しかし、設置台数が448台であった時点で、2度ごとの経度緯度のメッシュに強震計を分配してみた 図-2 が参考になる。ちなみに、経度2度に対する弧の長さは緯度30度で193 km、46度で155 km、また緯度2度に対する弧の長さは222 kmである。この図によれば北海道、東北日本海側、中部日本海側、中国、四国、九州の設置密度はまだ基準に達していないようである。

配置についての考え方

以上、資源調査会勧告、日本学術会議勧告で示された全国的配置計画を基に現状を分析したわけであるが、次にいささか私見を加え解説を続けてみたい。

まず全国的に見て設置密度の低い地域があるこ

- ・ 気象庁所管の地震観測地点
数字は昭和29～44年の間に観測された震度Ⅲ以上の地震の回数
- 上期間に震度Ⅴ以上が観測された地点
なお、大きな数字は2度ごとの経度緯度のメッシュの中に配置された強震計の台数を示す。

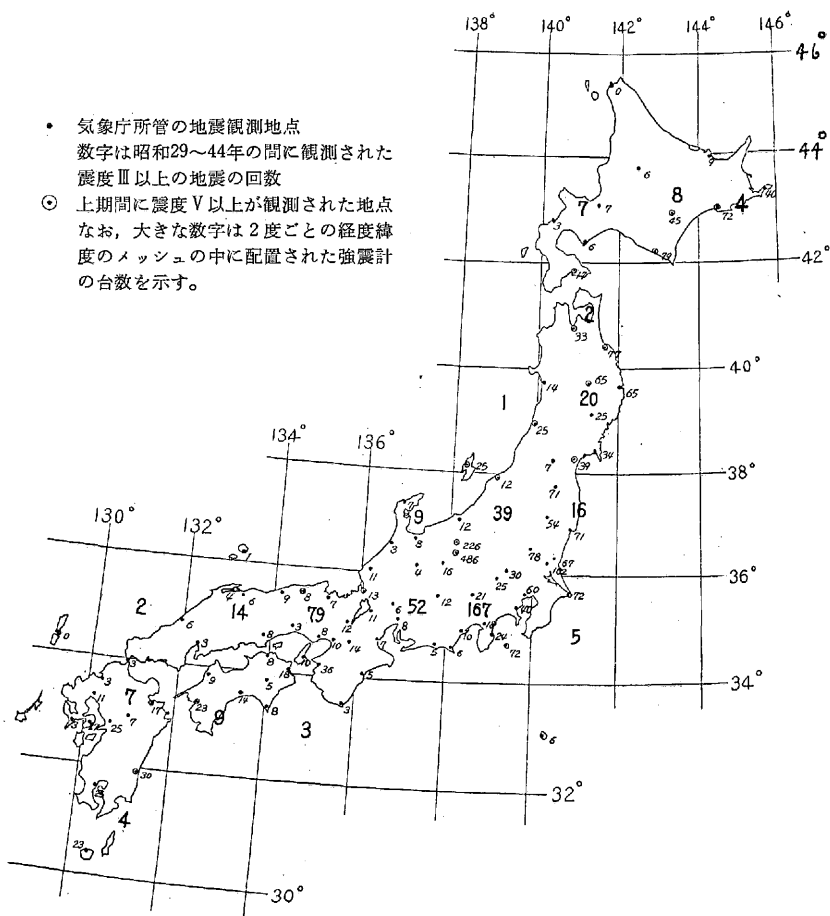


図-2 強震計の配置状況と地震回数

とを問題にしよう。50 km のメッシュで区切って、空白の地域を無くそうとする計画が提起されていることはすでに述べたとおりであるが、もし振動特性に地域による差異を認めず、単に一定期間にできるだけ多くの強震記録を得ようとする場合には、強震の起こりそうなところに重点的に強震計を配置する方が効率はよい。

すなわち非常に単純化したモデルとして次のように考えてみる。いま全国を k 個の地域に分け、それぞれに $n_1, n_2, \dots, n_k$ 台の強震計を配置するものとする。また、一定期間において i 番目の地域の強震計は r_i 回作動し記録するものとする。するとこの期間において全国で得られる総記録数は $s = n_1 r_1 + n_2 r_2 + \dots + n_k r_k$ である。そこで $n_1 + n_2 + \dots + n_k = n$ が一定という条件で s を最大にする解を求めてみると、 $r_1, r_2, \dots, r_k$ の最大値が現われる地域に n 台全部を設置するのがよいという結果になる。それではなぜ全国に分散させるかといえ、一つの理由は地震が起こると思

った地域に全台数を投入して、もし地震があまり起こらなかったならば、 s が極端に小さくなるという危険があり、それを回避するためであろう。そこで r_i を確率変数と考えその平均を m_i 、分散を σ_i^2 とし、 $r_1, r_2, \dots, r_k$ は互いに独立とすると、 s も確率変数となり、その平均は $n_1 m_1 + n_2 m_2 + \dots + n_k m_k$ 、分散は $n_1^2 \sigma_1^2 + n_2^2 \sigma_2^2 + \dots + n_k^2 \sigma_k^2$ となる。例えば r_i をポワソン分布に従うと仮定すれば $\sigma_i^2 = m_i$ であることから類推されるように、一般には m_i が大きいほど σ_i^2 も大きいと想定してよい。そこで s の平均が大きければ s の分散、従って標準偏差も大きいことになる。平均から標準偏差の c 倍以上離れることはまず考えなくてよいとすれば、

$$D = n_1 m_1 + \dots + n_k m_k - c \sqrt{n_1^2 \sigma_1^2 + \dots + n_k^2 \sigma_k^2}$$

という量が大いほど危険は少ない。すなわち極端に s が小さくなる事態を避けられる。 m_i, σ_i^2 ($i=1, 2, \dots, k$) と n がわかっているとき、 D を最大にするように $n_1, n_2, \dots, n_k$ をきめるのも一つの考え方ということになる。

さて、この解は m_i, σ_i^2, c の与え方で微妙に変るのであるが、特別な場合として $m_1 = m_2 = \dots = m_k = m, \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_k^2 = \sigma^2$ と仮定すると、

$$D = nm - c \sigma \sqrt{n_1^2 + \dots + n_k^2}$$

となり、 D を最大にするには $n_1^2 + n_2^2 + \dots + n_k^2$ を最小にすればよいことになり、 $n_1 = n_2 = \dots = n_k = n/k$ が解となる。すなわち各地域に同数ずつ強震計を配置すればよい。実際には m_i に不同があるから、 m_i の大きいほど n_i を大きく配置するという解が得られると思うが、 m_i の不同が激しい場合にはやはり m_i の最大を示す地域に全台数を投入するのがよいという解になることが起こり得る。

以上の考察によれば、結果的に見て地震が多く起こった地域に多くの地震計が設置されていた場合、それは必ずしもアンバランスとはいえないことになる。

強震計はふだんは休止していて、震度Ⅲ以上の地震動で動きだすように調整されている。そこで試みに昭和29年初めから昭和44年末までの16年間に、気象庁所管の観測地点で震度Ⅲ以上の地震が何回観測されたかを理科年表により調べ 図-2 に記入した。

これによると、松代、長野は特別の事情であるが、その次には関東地方に多く、続いては北海

道・東北の太平洋岸が多くなっている。強震計配置が手薄だった地域は結果的に見てあまり地震の起こらなかったところである。しからば強震計を広く分布させることの意義は何かということがあらためて問題になるが、その一つの理由は大地震の記録をのがさないということにある。大地震であればまれにしか起こらず、従って前述のモデルで m_i, σ_i^2 が一定である場合に近づくと思われる、一様に配置することが合理化されるのである。図-2 からわかるように震度Ⅴ以上が観測された地点は全国に散らばっている。

以上の議論は振動特性に地域差がないと仮定して展開されたものであるが、実際問題として地域の特徴があるという前提に立てば、そこからも分散配置の必要性がでてくるであろう。

次に、沖積層、洪積層等地盤条件を異にするとに配置する意義を考えてみよう。この場合も振動特性に地域差を認めるかどうかで考え方が違ってくる。もし地域差を問題にしないならば、強震計が日本のどこにあっても単に置かれている地盤の種類によって類別され比較される。この際には各所に属する台数が多いほど信頼できる判断が得られると想定されるので、地盤種別ごとに強震の起こりやすいところを選び重点的に配置するのがよいことになる。

強震計は今後も毎年相当数がふえる機運にあり、維持管理の対象はそれだけ増加する。従って強震観測事業推進に要する経費も漸増されなければこの事態に対処して行くことはできない。ところが維持管理に要する経費を確保するには今後の配置計画について問答がなされるのを常とする。

すでに本誌 No. 8 (昭和44年5月) に掲載されたように、昭和42年6月に「強震観測事業推進連絡会議」が設けられ、その事務局は国立防災科学技術センター内に置かれているのであるが、強震計をいかに配置して行くか計画を立てることもこの会議の重要な仕事のひとつとなっている。この機構に寄せられる期待は多大であるといわねばならない。

地震国日本における震災防止のためにより多くの方々がこの種の問題に関心を持って下さるよう念願する次第である。

地盤からみた宅地防災

西 川 泰*

1. は し が き

新しく住居を選定しようとする場合や、既に相当期間ある土地に居住している場合に、その土地がどのような災害に見舞われやすいか、万一の場合の対処方法はどうすればよいかといった問題は身近な防災科学技術として重要と思われる。この分野を仮に「宅地防災」と名づけておこう。

宅地防災には従来二つの流れがある。第一の流れは工学的、技術的ともいうか、例えば崖くずれ防止の設計、基礎地盤の改良工法、排水路の設計など個々の具体的、人工的防災対策である。第二の流れは地学的ともいうか、例えば軟弱地層の分布状態を調査し、また地層のもつ物理的性質（含水状況、耐圧強度など）を試験するなど、地域の自然としての地盤特性を明らかにしようとするものである。

宅地防災ではこの二つの流れが車の両輪となってこそ役立つことはいうまでもないが、この小論では第二の流れにそって、しかも極く基本的な概要を解説している。いわば、地盤からみた宅地防災である。

2. 宅地防災における基本的考え方

2-1 これまでの推移

宅地防災についての科学的考察は、比較的新しい時期、極言すれば10年程前から始まったといえる。それまでは先祖伝来の経験に基づいて、災

害に見舞われ易い所は避けたか、もしくは生産基盤が壊滅的打撃を蒙り、生活が成り立たなくなり不適住地として自然淘汰され、他方、水の便がよい、耕作し易いところ、比較的災害の少ないところに居を構え、おのづから宅地が選定されてきた。宅地防災の科学技術はそれ程必要でなかったのである。現在の市街地の膨張は、今のべた経験則を越えた領域に展開されざるを得ず、そこに宅地防災上の問題点が潜んでいるとみなし得る。

2-2 宅地の開けるところ

宅地が展開する地域を、台地、丘陵、山麓など山地と、平野、埋め立て地など平地とに2大別してみた場合、宅地が開けるのはどこでもよいわけではなくそれなりの条件の具わったところである。山地ならば適度の規模、運動を示す地すべり地帯に、平地ならば沖積平野で河川氾らんがそれ程深刻にならないところに宅地が開ける。山くずれのよくおこるところ、家屋を流し去ってしまうほど河川流水の激しいところ、湛水時間の長い低凹地、水の便の悪い洪積台地などは従来、非適住地として宅地以外の目的に供せられてきたのである。地すべり地帯や若干の氾らんのある沖積平野を適住地としたのは、そのような地帯は稀の災害を補って余りある有為な生産条件があるからで、わが国の土地利用と宅地防災の関係を考えるに極めて重要なことである。

自然の大勢に順応して宅地分布の秩序が保たれていた従来の傾向に対し、最近では、人口偏在化、核家族化、土木機械力の発展などを背景として、従来、非適住地であった地帯をも強引に宅地

* 災害研究室長

として開発しようとしている。山麓傾斜地、台地の縁辺部、崖直下、低湿地帯などでは、なんらかの防災施策を講じて宅地化されることがよくあるが、この防災施策に完璧なものを望み難い事情がある。この事情は、浸水、崖くずれ等の細かい部分について技術的に解明されていないことのあること、経済的制約から安全限界を低く見積ること、せっかくの防災施設の維持管理が不十分であることなどに由来するものである。この三つの原因のうち前二者は意外と根が深く、容易に解決できそうに思えないことを付記しておく。

2-3 国土の特性からみた宅地災害の傾向

日本の居住条件は諸外国に比し劣るものではないが、国土の特徴からして宅地災害に次のような弱点を宿命的に持たざるを得ないことを認識しておこう。

(1) 経済的に有利な沿岸地帯は軟弱地盤で構成されているのが普通で、このことは高潮災害、地盤沈下、構造物の不等沈下をもたらし、震害をより大きいものとする。

(2) 地形・地質が複雑でその構成単位が細分化されているので地震、豪雨を契機として各種の山地災害に見舞われる。

(3) 地形・気象の関係から洪水災害を招き易く、河状係数が大きく防災施設の許容限界を越え易い。

(4) 世界屈指の地震帯に位置し、一方、人口・資産の集中と地形地質の特性から、直接間接に地震の影響が強い。

(5) 土地利用が世界一といえるほど高度に発達しかつ利用密度が高いため、土地利用上の僅かな変化が自然界の微妙な秩序を乱し、災害を招きやすくなる。例えば、

ダム群の建設が河川洪水、河床変動、海岸浸食に影響を与え、僅かの地盤沈下が湛水被害を顕在化するなどである。

2-4 宅地災害の教訓としての生かし方

大火でも事故でもその原因を究明して今後に備えるのが常

である。宅地災害をどのような方法でみれば教訓となし得るか。

(1) 災害が起こった地域について、既往の災害をよく調査し、今回の災害とかつての災害とを種々の角度から比較検討すること。

(2) 災害を大きくもし、小さくもする原因として、降雨、地形、地質、土質、土地利用形態など自然的なものと、排水路がつまっていた、避難方法に手ぎわがあったなど人為的なものとのからみ具合をよく見極めること。自然と人為両条件の一方の面からのみ観ることは災害の本質を見失なう。

(3) 災害機構(災害原因と被害状況との相関性)のよくわかるものとそうでないものとを区別して考えること。前者の場合の防災措置はより簡単である。昭和42年7月9日に阪神地方を襲った豪雨災害についてみるに、六甲山麓では山くずれによる多数の死者があり、大阪平野とその周辺台地では人命被害は少ないが家屋の浸水被害が顕著であるという特徴があった。同一豪雨が原因といえ、六甲と大阪での災害は全く異質な内容を持っている。六甲の場合、災害機構がよくわかり、宅地造成の規制といった行政上の措置でも相当の防災効果を期待できる。これに反し大阪の場合、豪雨と災害の因果関係を十分解明するのに技術的困難性があり、また防災対策にしても都市排水、中小河川改修など多額の公共投資にまたねばならず、宅造規制をしなければならぬほど危険地であるときめつけるのも行き過ぎで、防災上長く尾を引く問題をかかえているといえる。

3. 現代の宅地災害の特徴

災 害 名	災 害 発 生 年 月 日	集 計 府 県	人 身 被 害 (人)		家 屋 被 害 (棟)		備 考
			死 者	負 傷 者	全 壊	半 壊	
昭和13年神戸水害	昭13.7.3~5	兵庫県	557 (492)	1,321 (941)	5,994 (5,247)	6,711 (4,195)	()内は神戸市のみ
諫 早 水 害	昭32.7.25	長崎県	783 (586)	3,735 (3,500)	1,300 (704)	2,656 (1,113)	()内は諫早市のみ
狩 野 川 台 風	昭33.9.26	静岡県	929 (702)	1,497 (527)	1,269 (634)	974 (336)	()内は修善寺町 大仁町、垂山村の計
伊 勢 湾 台 風	昭34.9.26	愛知県	3,260	59,045	23,334	97,049	
第 2 室 戸 台 風	昭36.9.16	大阪府	29	1,796	2,670	8,195	
新 潟 地 震	昭39.6.16	新潟県	13	299	1,333	6,283	
昭和39年山陰豪雨	昭39.7.18	島根県	116	189	611	732	
昭和42年7月豪雨	昭42.7.9	兵庫県	100 (91)	102 (79)	80	81	()内は神戸市のみ
1968年十勝沖地震	昭43.5.16	青森県	48	671	911	4,851	

表-1 最近おこった主要災害の人身・家屋被害一覧 (府県単位)

現代での宅地災害の特徴は、従来のように河川洪水や高潮による大被害の発生というよりも、集中豪雨による中小河川の氾らん、内水氾らん、崖くずれ災害、地盤沈下災害など、きめ細かく散在している傾向が顕著になりつつある。表-1 をみてみよう。簡単な本表のみでも、最近人身被害の顕著なのは洪水のさいの溺死よりも豪雨や地震のさいの崖くずれ等による埋没死が多くなっていることがわかる。大河川災害の克服、都市膨張による新開地での被害増大という最近の災害の本質的傾向が反映しているとみてよい。

3-1 宅地と水害

現代は、水害史上の転機に立っているといわれるが、現在、宅地水害の特徴は次のように考えられる。

(1) 大河川域では改修工事の進捗によってまづ安全といえるが、異常な豪雨、旧計画基準による河幅、堤高の場合および堤防局所に技術上の欠陥が潜在している場合には、数十年に一回あるかなにかの大水害を受ける可能性は残っている。このような地域での防災対策は公共事業にまづはかなく、住民の側からする対応策はもはやない。

(2) 高潮災害についても(1)とほぼ同じことがいえる。高潮のおこり易い所は先進開発地域であることが多く、いったん災害があれば、伊勢湾台風のように被害量は莫大なものとならざるを得ない。

い。

(3) 大阪平野東部の低地や、首都圏台地の谷部に発生しているような内水氾らん災害は、河川の破堤がなくても低凹地における排水不良や、道路舗装、遊水池の縮小などによる降雨の集水状況の変化となって現われ、人命家屋の壊滅的打撃こそないが、交通障害、衛生の悪化、家屋の腐食など日常生活に密着した災害となる。内水氾らんは(1)、(2)と異なり、都市化現象と裏腹をなしておこり、中小河川に問題をかかえ、かつ、発生ひん度が高く、被害地域が広範に及ぶことなどから、現在における最も重要な水害の一種となっている。

3-2 宅地と地表変動災害

崖くずれ、山くずれ、地すべり、土石流などによって山地または台地の縁辺部などで宅地災害がひん発するようになっている。また、大規模な人工盛土による地盤造成地でも無視できない災害がおこっている。表-1 で、死者が100名を越えるような大災害で、最近の、山陰豪雨や昭和42年7月豪雨などは、水害といっても実は山くずれ等による埋没死が大部分で現世的な災害構造を示しているといえる。

参考までに宅地災害からみた地表変動災害分類表を作成したので掲げておく。本表には検討の余地が多いが、宅地防災への実用的意義は小さくないと思っている。

事 項	崖 崩 れ	山 崩 れ	地 す べ り	土 石 流
形 態	土、砂、礫で構成されている台地や山地の縁辺部でくずれ	山腹を薄くホウキではいたような型とスプーンでえぐり取ったような型とある	地下10ないし20mの深部から地層もろとも移動する	土砂礫をともなって濁流のように押しよせてくる
契 機	豪雨・地震	豪雨・地震	地質運動が主で豪雨、地震もある	豪 雨
発生場所	台地の縁辺部	山腹、傾斜の変換点や断層帯	大断層（構造）帯で、粘土層が地下で形成されているところ	溪流、扇状地
土 砂 移 動 量	少ない	崖崩れ、地すべりの中間程度	多 い	堆砂状況により差異がある
移 動 の 速 さ	瞬 時	速 い	緩慢なものとやや早いものとある	速 い
豪雨時の発生時刻	豪雨の末期	豪雨終了直後	豪雨終了後1～2日	豪雨末期
予 知	地形、土質、地下水の状態から比較的予知しやすい	困 難	発生の可能性あるところを地帯として予知できる程度	困 難

表-2 宅地災害からみた地表変動災害分類表 (西川)

4. 宅地防災の手引

4-1 地形・地質の理解の仕方

宅地防災と地形・地質とが深い関係にあるといっても、その内容が必ずしも正しく理解されていないと、また、地形・地質の宅地防災への利用の仕方についての経験が浅い。詳細は省略して極く基本的事項を整理して表-3、表-4に示しておく。これらの表を利用するには種々の配慮を要するが、地形・地質のある種類(例えば台地、花崗岩等)と種類の境界域付近で災害が多く、また、ある土地をいづれの種類に含ましめるべきか判断し

種別	細 分 化	土 地 利 用	災 害
山地	山地形成過程により形態分類	山林、観光地、一部宅地	山崩れ、地すべり、土石流
丘陵	侵食面、谷密度、傾斜度などで分類	山地一般と異なる、今後開発される	地すべり
段丘	上・中・下位などに細分	今後、都市化が進む	崖崩れ、谷部で水害
低地	湿地帯、微高地などに分かれる	市街地、水田、構造物多い	湛水、洪水、高潮、地震、地盤沈下

表-3 地形と宅地災害一覧表

主な地質	主な地形	主な岩質	周辺の主な土地利用	主な災害
中・古生層	山地	硬岩	山林、畑	土石流
第三紀層	丘陵	軟岩	山林、畑	地すべり
洪積層	台地	ややしまった砂礫層	畑、林	崖崩れ
沖積層	平野	ルーズな砂粘土、礫	水田	水害
花崗岩	山地	硬岩、マツ	山林、畑	山崩れ
片岩	山地	硬岩	林地、農地	地すべり
火山噴出物	火山山麓	火山灰	畑、山林	土地浸蝕

表-4 地質と宅地災害一覧表

かねることのあることを特に指摘しておきたい。

4-2 内水氾らんに対する心得

宅地水害のなかでも内水氾らんに対する防災では個々人の注意による効果が大きく、以下述べる心得も無駄ではなからう。

＜定地選定にあたって＞

(1) 規模の大小を問わず、凹状の地形を呈しているところはなるべく避けること。目ではわからぬほどの、わずかな凹地にも注意し、また地盤沈下地域も注意すること。

(2) 道路、鉄道、河川堤防、長大な塀など、低地で流水をしゃ断するおそれのある施設のあるところでは、実際の豪雨後の湛水、排水状況を調査すること。この調査は当地に数年以上住んでいる人からききとるのがよい。

(3) 既往の台風や集中豪雨のさいの浸水状況図を公共機関などで作成していることが多いが、それで浸水域に該当するような所は特に注意すること。

(4) 都市下水など排水事業計画の有無を調査しておくこと。

＜内水氾らん発生地に既に居住している場合＞

(1) 宅地地盤の嵩上げをはかること。

(2) 建築物の基礎工をなるべく高くすること。

(3) ブロック塀をめぐらし、塀の出入口は出水

時に挿入できるような取り外し式の止水壁を設けておくのと相当の効果がある。ただし、この方法は自分だけを水害から守るというもので隣人にはそれだけ水害を起こりやすくすることを忘れてはならない。

4-3 地表変動災害に対する防災心得

＜宅地の位置選定にあたって＞

(1) 傾斜地にあつては地層の安定性を専門家に診断してもらうこと。傾斜度だけでは安定性の判断が困難なことが多い。

(2) 山ぎわ、崖下においては斜面長（又は比高）。2～3倍以上の間隔をとっておきたい。

(3) 近辺の既往災害の状況をききとり調査し、各種判断の参考に資すること。

＜地山崩落の可能性のあるところに居住している場合＞

(1) 崖くずれに対しては崖と住宅との間（数mの狭いばあいを想定）に植林またはコンクリートパイルを打ち、土止めしておくことは被害を軽減する上で相当の効果がある。中途半端な土止め壁はかえって危険である。

(2) 降雨状況は山地崩壊を予知する目安となることが多いので、部屋の中で読み取り得る簡易雨量計（例えば寺田一彦博士の考案になるもの）を設置しておくといよい。これは数千円の経費で自作出来、しかも相当有効な働きをする。

(3) 崖くずれのおそれのあるところでは豪雨途中でも避難すること。山くずれのおそれのあるところでは豪雨終了後数時間は避難しておくこと。地すべりのおそれのあるところでは豪雨終了後1～2日間は警戒を厳にし、地下水の濁り、わき水の発生、地割れ発生の有無を調査すること。これらの現象は地すべりの前駆現象であることが多い。

(4) 地震の洗礼を受けたところではその後はじめての降雨時はとくに警戒すること。このとき、よく山がくずれるからである。地震後、1～2回の豪雨にあつてもくずれなければ地震の影響はまづないものと考えてよい。

(5) 山くずれ、崩壊性地すべり（突発的におこる。）では、きめ手となるような防災工事が少ない。したがって、いくらかの防災工事が施されているからといって安心することなく避難するのが一番よい。避難場所は予め設定しておくといよい。

国 立 防 災 科 学 技 術 セ ン タ ー

◇ 昭 和 46 年 度 業 務 計 画 ◇

国立防災科学技術センターの昭和46年度の組織定員および業務の概略は、次のとおりです。

◇ 組織および定員

2課, 3研究部, 3支所, 1実験室および流動研究官で, 定員は89名である。

◇ 特別研究

積乱雲を人工的に調節してひょう害の防止を目的とする気象調節に関する研究と, 深層試錐による東京付近の地震活動の調査等, 地震予知に関する研究を行なう。

◇ 経常研究

経常研究は研究者および研究設備の整備と相まって, 災害構造, 内水氾濫, 岩石風化, 地震活動, 基礎地盤, 情報検索, 雪質変化, 雪害防災, 沿岸防災, 耐震実験法等20数項目にわたって基礎的, 総合的研究を行なう。

◇ 関係試験研究機関と協力して行なう総合的な研究

- (1) 干ばつ時における傾斜地の水利改善に関する総合研究
- (2) ローム台地における崖くずれの防止対策に関する総合研究
- (3) 大震時における都市防災に関する総合研究
- (4) 都市の雪害防止に関する総合研究

◇ 流動研究官が行なう関係試験研究機関への研究協力

- (1) メソ気象学の農業気象災害研究への応用について, 農業技術研究所に協力する。
- (2) 岩石構造の地震動に対する影響に関する研究について, 気象研究所に協力する。

◇ 基礎的調査

非常災害が発生した場合に, すみやかに現地調査を行ない災害の実態を把握するなど, 防災科学技術の推進を計る災害緊急調査と,

海外の災害に関する各種情報の収集, 整備など国際協力調査を行なう。

◇ 資料収集整理

災害関係資料の収集, 整理, 分類を行ない関係者の要望に応じるように努める。特に松代群発地震に関する資料のマイクロフィルムによる収集, 整理, 国内の強震観測資料の収集, 解析整理などを行なう。

◇ 共用施設設備の整備運営

施設設備の整備運営の主なものとしては

- (1) 大型降雨実験施設——斜面土砂の豪雨による浸透流出, 表面流出, 崩壊などの機構を実験的に解明するために必要な施設として, 筑波研究学園都市に建設し, 昭和48年度から関係行政機関の共用に供する。
- (2) 大型耐震実験施設——前年度に完成し, 予備実験を終了したので, 本年度は耐震実験に必要な計測器を整備して, 関係行政機関の使用および共同研究を行なう。
- (3) 新庄支所の整備——雪害防災に関する大規模な野外実験を行なうための関連施設として流雪溝実験施設, 気象観測装置の整備を行なう。
- (4) 雪害実験研究所, 平塚支所および各研究部は, 施設設備の整備を計り, 関係行政機関の共用に供する。

◇ 刊行物

当センターが印刷物として刊行する主なものは次のとおりである。

防災科学技術 (年6回)

国立防災科学技術センター研究報告 (年3回)

防災科学技術総合研究報告 (随時)

防災科学技術研究資料 (随時)

強震記録 (年1回)

NATIONAL RESEARCH CENTER FOR DISASTER PREVENTION

No. 15-1, GINZA 6-CHOME, CHUO-KU TOKYO

防 災 科 学 技 術 No. 20 1971 July

昭和 46 年 6 月 20 日 印刷

昭和 46 年 7 月 1 日 発行

編集兼 国立防災科学技術センター
発行人 東京都中央区銀座 6 丁目 15 番 1 号
TEL (541) 4721

印 刷 株式会社 小薬印刷所
