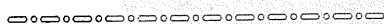


# 地表およびその近傍の地質学的問題点と物理探査④

## 防災・環境問題に関連して

山田正春 武居由之 小林創 高橋博

このシリーズの「その1」では 標題の「おいたちと そのあゆみ」について 「その2」と「その3」では 「調査研究の方法とその結果」についてのべた。 本号では「その4」として わが国が当面する防災や地表の環境問題などについて 概括的な立場に立ってその現状と問題点についてのべる。



地表とその近傍といっても それは相対的なもので特に定義はない。 地表から 数10cm 程度でも これまでの一般の地質調査や鉞床調査では 必要情報をさまざまに表層であっても むしろ大気と同じ扱いを受けてきている場合が多い。 しかし防災対策となるとむしろ主役であって その下は十把一からげの扱いを受けたりさえる。 地震は地下数 100km の深さまで存在し 気象庁の震源の深さは 0 kmのつぎは20km である。 震源の浅かった松代地震でもその深さは 0~10km で最も多かった所でも 3~6km である。 したがって地質調査所で実施した深部電気探査でも その表層近くの構造を検討したにすぎないことになる。 しかし岩槻の地殻活動観測井(深度 3,500m)は 深層観測井といわれる。 それは 地震の観測は地表か せいぜい200m の深さまでで行なわれているからである。

花崗岩の場合 深層風化という用語がよく使用されるが それは崩壊災害がおきる深さより はるかに深くまで風化しているものである。 近年トンネル掘さくの場合 この風化花崗岩になやまされることが多い。 もっ

とも山陽新幹線の神戸のトンネルのように 圧砕され 粘土化したものが そういう場合には多いのであるが。

最近問題の環境破壊 公害汚染 エコロジーなどのいわゆる環境問題は 地表からごく浅いものが普通である。 そしてこれらは従来地質家が 普通一般に地層としてみていなかったものがその対象となってくるのである。

本項では 防災に関するものでは筆者らがこれまでに関係してきたことについて主として述べ 環境問題については展望とまではいかないが 関係の問題で当面検討する必要のあるものなどについてふれることとする。

### 地震

有感地震が7万回を数え 今なお月間3回前後の有感地震を発生している松代地震は 地震予知の研究に大きな貢献をしたが また種々の特色をみせた地震でもあった。 そして震源域上部を組織的に探査したわが国はじめての地震といえる。 すなわち皆神山麓で行なわれた深部電気探査と重力探査の結果を重ねあわせた所 重力の顕著な低異常域と 比抵抗が深くまで低い所とが一致した(図1 2) ここは群発地震のごく初期に地震活動が発生した所であるといわれている。 そして群発地震が始まってから1年後 この付近が著しく隆起し(図3) やがてここを中心に北西-南東方向の地震断層が生じ 多量の深層の特殊な地下水(CaCl<sub>2</sub>に富む)が噴出し 地すべりを生じた所である。 この楕円形陥没状構造が何であるかは いまだ明らかでないが 地震の引きがねを引いたものが この大量の上昇地下水であり地震断層沿いに地震エネルギーが主として解放されたことなどからみて 今後の研究に重要な資料を提供したものと見える。 また地表地質調査から知られていた千曲川沿いの断層が 深部電気探査の結果から確認され 地震活動がこの構造線を境としてその東側山地(フォツサマグナの沈降帯中から最初に隆起した所;中央隆起帯)にのみ発生していること(図4)を構造地質学的に裏づけた。 そして重力探査の結果 千曲川断層の西側(善光寺平)は 新潟の油田地帯の延長で大きな構造帯であるのに対し 東側山地(少なくとも震源域の上部)は ブロック化しており(図5) 群発地震はモザイク構造の

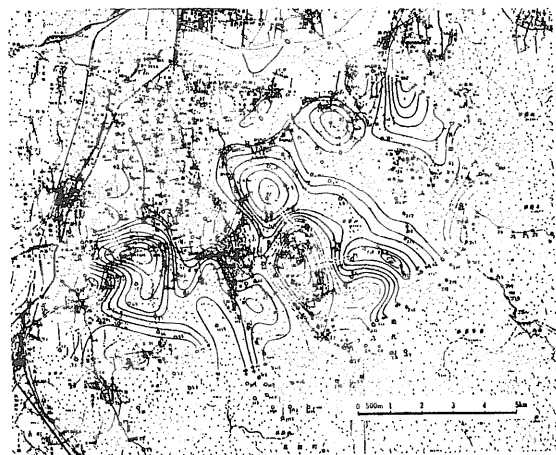


図1 松代地域重力正規構造図(瀬谷 1967)

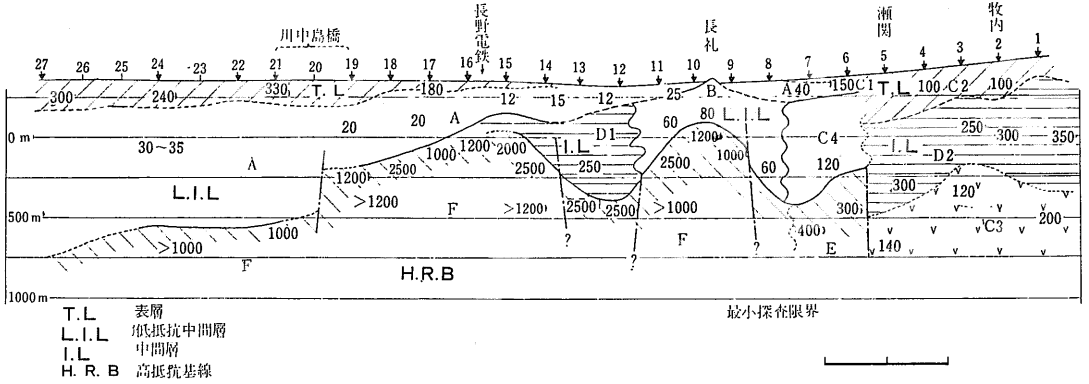


図2 松代地域深部電気探査結果図(瀬谷 1967)

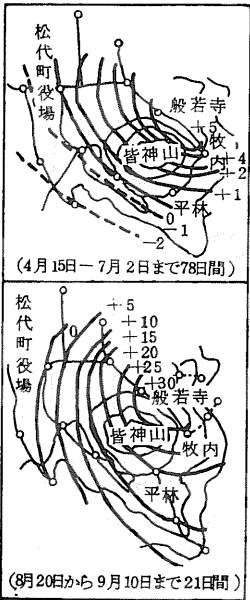


図3 皆神山周辺水準測量結果 1966震研 単位cm (高橋 1967)

所で発生することを地質学的に裏づけたといえよう。震源域の長・短2軸に沿った測線により地震探査を行ない震源域上部の弾性波速度構造を明らかにしたがこれは地震の解析に大いに役立っている。またこの物理探査によってさらに深い所までの地質構造を明らかにすることが出来た(図6)。これらの調査研究の成果をもとに0~2kmの深さの所でも地震活動の最も活発であった(図7)地震断層付近で(国民宿舎松代荘内)1934mの深さの調査井をもうけた。その結果(図8)図6で基盤としている所すなわち地震活動が主として発生している地層と思われる所の少なくとも最上部は基盤ではなく地表でもみられる

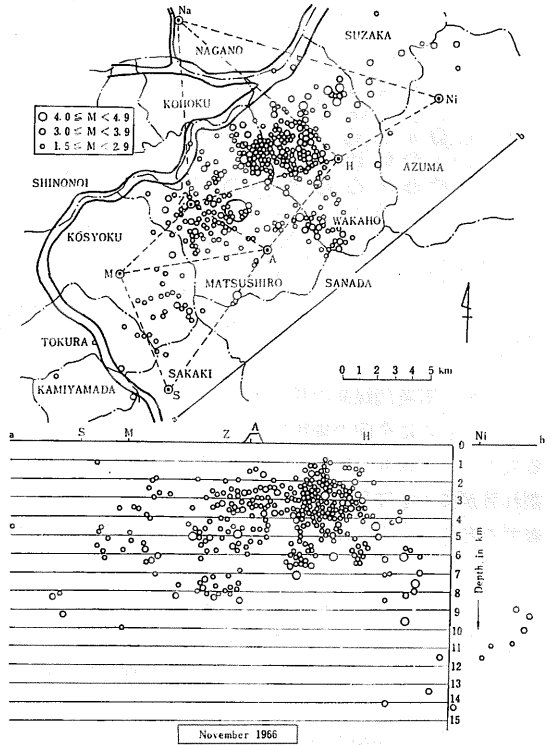


図4 松代群発地震 震源分布 図 1966.11 震研(高橋 1967)

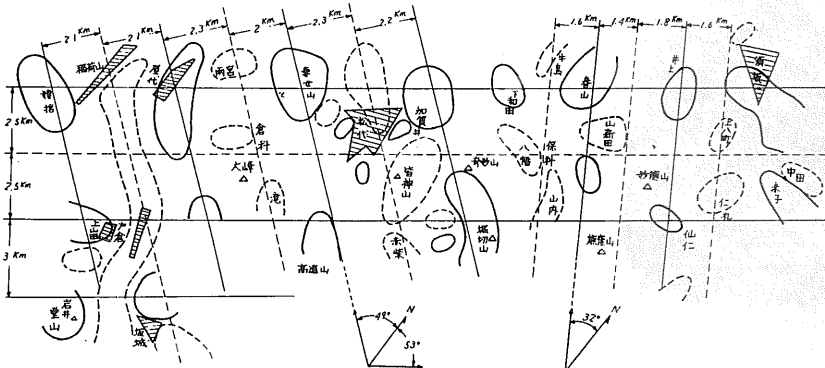


図5 松代地域重力局部異常配列図 (瀬谷 1969) 実線+ 破線- 異常



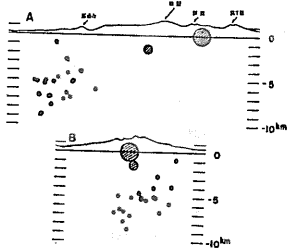
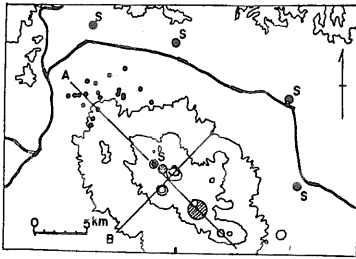


図10-①  
1961年飯盛山付近群  
発地震震源分布(黒  
丸)および新燃岳  
1959年噴火活動震源  
域(斜線部分)  
(MINAKAMI et al.  
1968)

あったが 震源域が浅かったためその上部を直接探査で  
きたのであり このことは地震学にとっても 地震地質  
学にとってもきわめて有意義なことであったといえる。

震源域の地質学的性質を明らかにしたのものとしては  
えびの地震(1968年)がある。すなわち加久藤盆地の  
温泉井の調査(図9)から この地震の震源域は霧島山  
の火口列の延長上の 地下の地熱活動の活発な個所に当  
り その数年前に発生した 1961年の群発地震とともに  
(図10)霧島の火山活動に関係をもつ 地殻の弱線の存  
在を明らかにし かつ地震・火山・地熱活動がこの弱線  
に沿って活動することを明らかにした。同時に行なわ  
れた深部電気探査の結果では この弱線を明瞭に認める  
ことは出来なかったが 地質調査では加久藤カルデラ壁  
の その延長に当る個所にのみ断層がいくつか認められ  
た。また重力探査の結果では 震央域付近に低異常が  
認められたが 松代地震の場合に比べると解釈には難し  
い問題がある。

地震学にとっても 防災対策上からも 近年重視され  
てきたものに地震断層(活断層)がある。わが国には  
サン・アンドレアス断層のように 平常時にも動いてい  
て 強い地震の時には大きく変化するというような運動  
を現在行っている活断層は見出されていない。ただ  
第四紀を通じてとか あるいはそれより新しいある時期  
に変位した断層や 地形上(主として空中探査から見出  
されているが)リニヤメントと称し 断層として必ずし  
も確認されていないが その両側が変位していると思わ  
れるものが最近たくさん発見されている。それらの中  
の1つが今回の1974年伊豆半島沖地震で発見された地震  
断層である(写真2)。この地震断層は 変位面が地

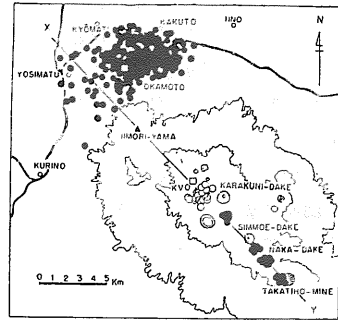
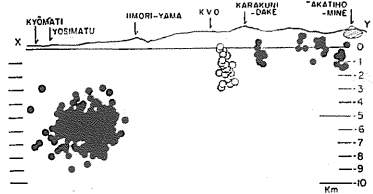
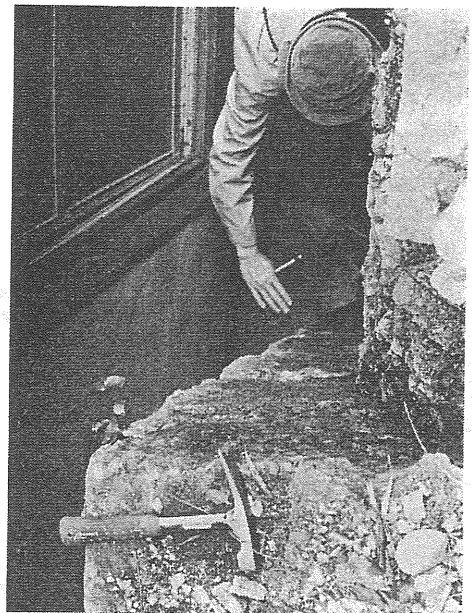


図10-②  
えびの・吉松地区地  
震震源分布および霧  
島火山活動  
(MINAKAMI et al.  
1970)

黒丸:えびの・吉松地  
区地震(1968-69)  
; 1968年3月新燃  
岳群発地震; 1969  
年3月中岳群発地  
震 1967年10~12  
月 高千穂峰群発  
地震  
斜線: 1969年10~12  
月 高千穂峰群発  
地震  
白丸: 1966年4月韓  
国岳群発地震



表で直接観察される点できわめて貴重で 天然記念物と  
して指定する価値がある。これは関東地震の際 今村  
明恒によって発見され 大地震による土地の隆起の化石  
とされて天然記念物に指定された三浦半島の諸磯の穿孔  
貝の跡より はるかに学術的価値の高いものである。  
何故断層が重要かといえば 今日の知識では地震は地殻  
に蓄積された歪エネルギーが 断層の発生または活動に  
よって一気に解放される時に発生するものと考えられて  
いるので 活断層は地殻の単なる生キズではなく 地震  
の地表にあらわれた断面とみるべきであるからである。  
そこで今後 活断層ヤリニヤメントを抽出する努力を重



写真② 1974年伊豆半島沖地震で発生した地震断層 石廊崎  
(正井技官撮影)

ねるとともに リニヤメントは非常に数多く見出されるので(図11) 今日地震活動と関係あるものを判定する方法を開発してゆく必要がある。最近近畿地方では微小地震の観測により 山崎断層のような活断層から地質学的乃至地形学的に 明瞭に認めがたいものまで含めて地殻上層の弱線(深さ10~10数km)が多数見出されている。また和歌山県の結晶片岩地帯でも地質学的にはみとめられないが 地形の境目などと比較的良好であらう微小地震の線状に発生する所が発見されており これらの実体を明らかにする必要が生じてきている。

なお活断層は サン・フェルナンド地震以来 重要構造物の安全対策上急に重視されるようになった。これまでの耐震設計は 強い地震動(あるいは大きい加速度)に対して安全であるように設計されてきた。しかし構造物の基礎が断層によって動くとなると 現在の所それに対する安全対策はないことになる。そこで沈埋トンネルとか 原子力発電所などの安全のために 地震で動くと思われる断層の検出と判定 監視方法の開発などが必要となってきた。地球上で 最高度に国土を利用しているわが国にとって しかも地殻活動によって形成された国土の上に住むものにとって さらにまたそこで高度な生活水準を保つためにはどうしても各種の近代的施設 設備を多量に また高能力のものを必要とするので どうしても確度の高い活断層の判定と監視方法を早急にみいださなければならないであろう。

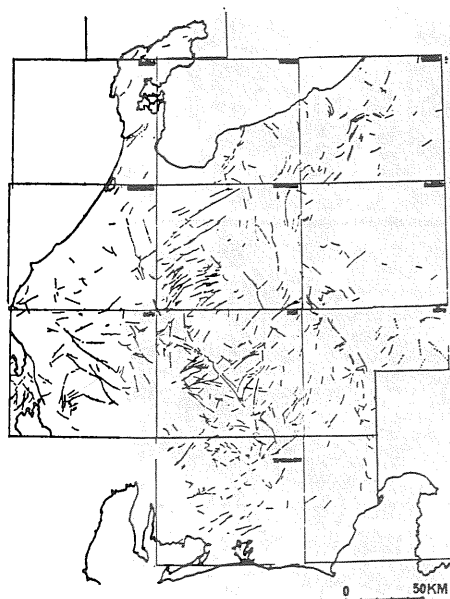


図11 中部地方の活断層地形分布図(松田時彦他 1968)

地盤については多くの問題がある。特に軟弱地盤に関する土質学的研究は著しく進み 知識も豊かになりつつあるが 土の性質は簡単なものではない。軟弱地盤や風化層を含めて S波探査はいまでは普通一般に行なわれており 土木検層も本一四架橋等大規模で困難な工事に関係して種々な方法が取り入れられ 試みられている。ただ 土木物探全体としてみても 油田・ガス田開発の場合のような強力な集中的研究・開発組織がなく 需要の拡大と必要性に引きずられているように思える。この点 地質調査所のような研究機関で 多額の経費を充当して 多方面の研究者を動員して取組み 基礎データの集積からはじまって系統的に 長期にわたって技術開発を行なうことが 以前にもまして切望されている。

軟弱地盤についてさらにのべると 資源調査会の勧告によって開始された都市域地盤調査は 新潟地震で新しい人工または自然の軟弱地盤が 地震動によって破壊をおこし(砂の流動化現象) 多数のRC建物が沈下傾動し 橋その他に重大な損害の出たことにより その必要性が認識された。1968年十勝沖地震に際して 八戸市で見掛け上は良さそうであっても 弱い地盤があることを地震前に察知出来たことで その効果が認識されたはずであるが その後は期待されるようには進展していな

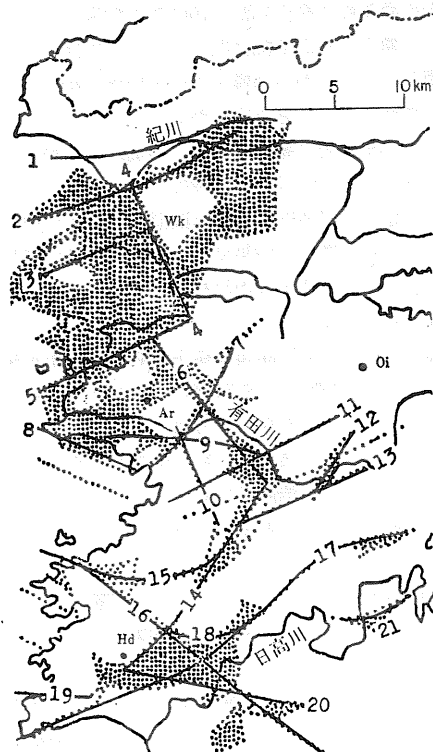


図12 紀伊半島北西部小・微小地震活動より推定された活断層系(溝上他 1973)



写真③ 昭和大橋・県立競技場付近の新潟地震による地盤破壊状況 (TAKAHASHI et al. 1972)

いようである。この地震で注目されたことは、強震計 (SMAC) の記録にやや波長の長い振動が記録されたことである。このような振動が巨大地震の地震動に含まれているとすると、超高層ビルや石油タンクその他の固有周期の長いか、または長いものを内蔵している構造物に著しい被害が生じることになる。かような振動はある程度以上の大きい地震の地震動にあらわれるらしいが、その原因の究明は地震対策上きわめて重要なことである。このような点からみると、地質調査所などでわが国の第四紀堆積層の分布やその特性について系統的に調査研究を進める必要があるものと考えられる。地震対策だけでなく、産業立地計画、住宅建設対策、地盤沈下対策や地下水の涵養・保全・地下の汚染対策等々、国土の保全と利用、環境保護や改善にとって、かようなものは重要な基礎資料である。かりに比較をするならば、活構造よりも必要度ないしは要望度の高いものといえるかも知れない。これを実施するには、前述した都市域地盤調査のように、既存のボーリング資料を収集し、さらに必要な実地調査を行ない、S波のような新しい調査も加え、その他地質学上必要な微化石分析やC<sup>14</sup>測定なども行なってまとめるとともに、それらとその後入手資料を常に電算機のファイルに収めて、適当な区域ごとに、大きい地震によってどのような振動が生じるであろうか、砂の液状化の恐れがあるかなどを試算してみるなど、新しい方法を採用した地質の調査研究と、その表現を試みる必要がある。

さらに地震に関連して、空中探査のことについても、べてみよう。地盤対策 (地震と水害) のため、空中写真による表層地質や地形の解析は、もうかなり前から行

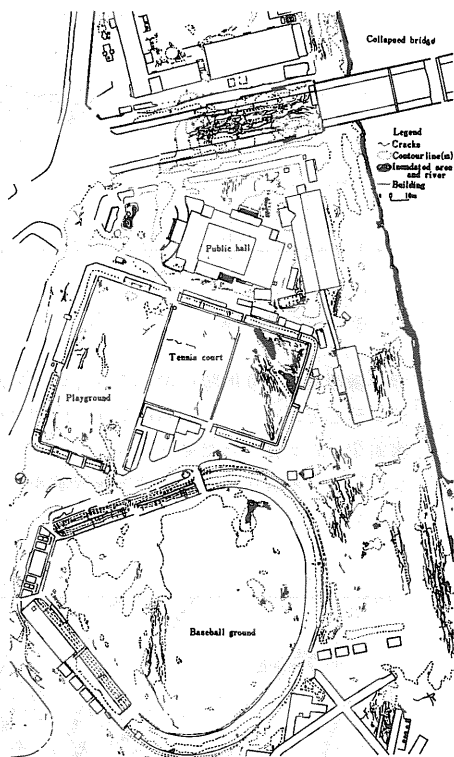


図13 昭和大橋・県立競技場付近の新潟地震による地盤破壊状況図 (TAKAHASHI et al. 1972)

なわれており、最近では、リモート・センシングと称して、手段も人工衛星まで含むようになり、わが国では主として環境調査に利用しようと研究されている。それに比べると古典的で、しかもやや古いが、新潟地震の際、地震によって生じた噴砂、噴水、地割れ、地盤の隆起や沈降などが空中写真 (写真3) からきわめてよく抽出できた例 (図13) を示しておこう。このような完全な調査は、地表調査ではむしろできないことである。普通なら地震後の降雨のため見えなくなってしまう地割れが



写真④ 信濃川堤防付近の新潟地震による地割れ、赤外線写真 (TAKAHASHI et al. 1972)

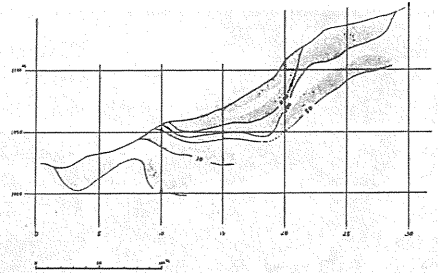
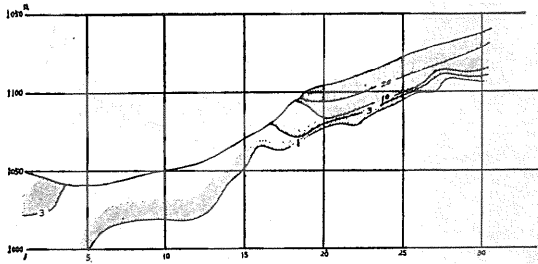


図14 箱根山大湧谷地すべり地電気探査結果(柴藤他 1966)

① ホー測線 地すべり地：測線番号5～15

② ホー測線 測線番号3付近：崩土流下 測線番号10以上：弱変質安山岩

赤外線写真により明瞭に検出できた例(写真4)もあわせて示しておく。これらにより地盤の破壊状況を災害対策のためにただ知るのみでなくこれら軟弱新しい地層の形成史や浅い地下水脈等を知ることのできるものである。

地すべりに関連する種々の問題にも地震探査や電気探査が常に行なわれている。しかし必ずしも好結果を得ている訳ではないように思える。それは母岩と滑動体がほぼ同じ岩石からなり地すべりは繰返し発生するので土地は攪拌されているし滑動する面が事前に存在する場合も滑動によって生ずる場合もあることなどから通常の地層の探査とはことなるからである。そして常に流動することにより内部の応力状態も変化する。地下水の通路なども常に変動しているであろう。

その調査と対策のため縦穴その他種々の土木工学的方法が実施されているのでそれらと組合せたりなどして地すべりの問題に適した方法の開発を試みたいと考えている次第である。

ここで従来あまり行なわれなかった磁気探査について

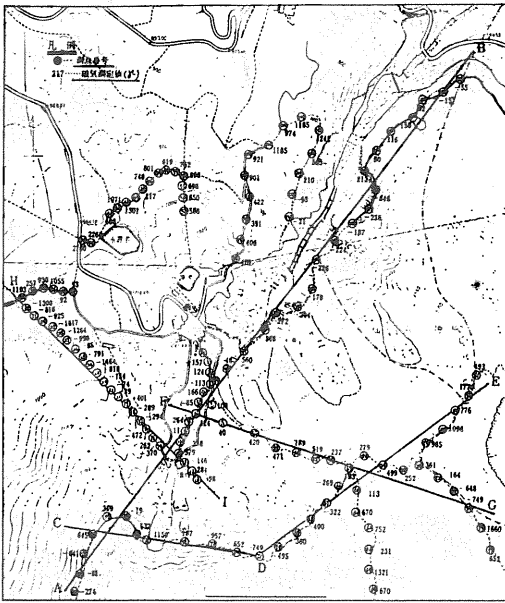


図15-① 箱根山大湧谷付近磁気探査結果(柴藤他 1966)

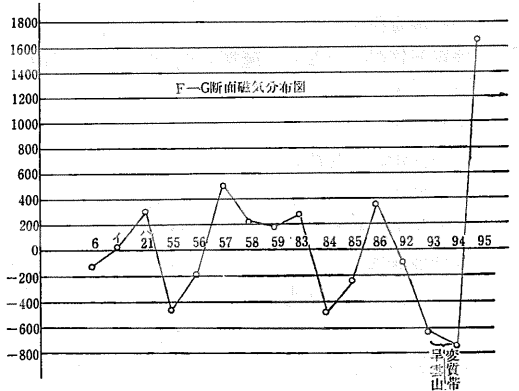
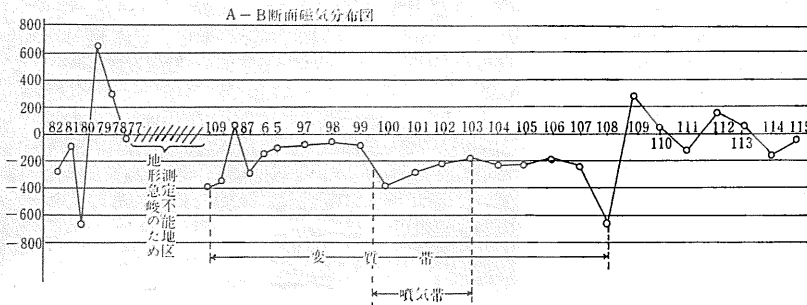


図15-②  
測点21～56：地すべり地付近  
" 92以上：早雲山崩壊地付近

図15-③  
測点10～108：変質帯  
" 100以上：弱変質安山岩  
" 100～103：噴気活動帯  
" 97～102：地すべり地



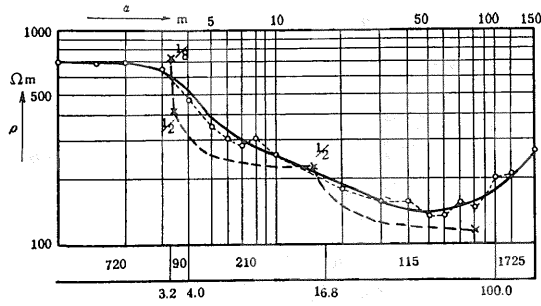
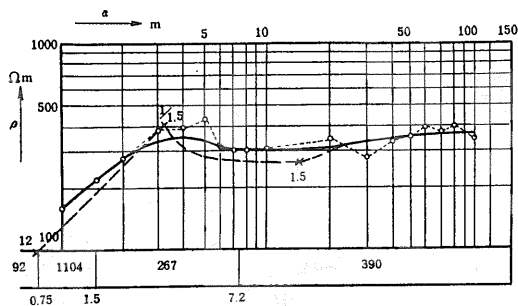


図16 島根県加茂町風化花崗岩地帯の電気探査結果  $\rho$ - $a$  曲線(安藤他 1968)

① 全般に抵抗値の変化の少ない型

② 低抵抗帯と高抵抗帯(未風化岩体)のみられる型

紹介しておこう。箱根山の大湧谷は噴気で有名で 観光上重要な場所であり この付近一帯に供給する温泉のもともである。しかし  $H_2S$  を含んだ噴気による岩石の粘土化により地すべりを起しており 強雨の際あるいは噴気が著しくなった場合 水蒸気爆発のようにして大規模な地すべり(早雲山の地すべり)のおこる危険性もある。現在みえている個所の地すべりの運動については 抗などによる変動調査が行なわれ 噴気はボーリングによってある程度の逃げ道をつくってやり 滑動や侵蝕による土砂は 砂防堰堤で貯溜するなどの工事が行なわれている。かような火山性地すべりは 各地にみられるものであるが その研究を当地で行なった際 電気探査や放射能探査とともに 磁気探査を行なった。その結果解析法にやや問題があるが 比抵抗法によると粘土化帯は著しい低抵抗を示し 高抵抗の弱変質安山岩とはきわだった相異をみせ(図14) 自然電位も硫化鉄を含む弱変質帯では異常がみられ  $\gamma$ 線強度も弱変質帯ではやや強いことなどが明らかになった。磁気探査は 変質帯の調査方法を研究するため試みたものであり あわせて非崩壊個所まで今後地すべり地のがびるかどうかを知るため 非崩壊地を含めた広い範囲にわたって実施した。使用器械は Schmidt 型磁気測定器で 測定間隔は30~60mである。測定の結果(図15) 強変質帯では変動が比較的少なく  $\pm 300\gamma$  程度であるが 弱変質帯などでは変動幅が大きくなっている。あまりこまかく見ることはかえって正しくないのかも知れないが 地すべり個所では上部の崩壊岩石も含んでいる関係か 変質が進んだ個所に比べ多少高目に出るようにもみられる。このあと 地すべり地での磁気探査は行なっていないがもう少し研究を進めてみる必要があると考えている。

なお今後熱水変質作用による粘土鉱床について その変質帯を対象として I. P 法の研究を進めてゆく予定であるので その結果も地すべり対策の調査研究に適用できる可能性がある。

山崩れや崖崩れなどの崩壊やあるいは土石流は 突如として発生するので 地すべりより防災上はやっかいなものであるといえる。出雲の砂鉄は花崗岩類が風化しているから簡易に採取できるのであり それ故に崩壊災害や出水でその流域はつねに悩まされているのである。昭和39年7月18~19日 島根県東部から鳥取県西部にかけて 集中豪雨(総雨量300mm)により 108名の死者を伴う災害が発生した。その被害のほとんどが第三紀層と風化花崗岩の崩壊によるものであった。花崗岩の風化は深くまで 時には1km以上までおよぶということがその特色の1つである。このような深い風化を 風化とってよいかは問題であるが 現在一般にはそう呼ばれている。こういう風化(むしろ変質といった方が正しいのであろうが)花崗岩による崩壊災害が繰返し発生するので その予防策とともに花崗岩の深層風化の状態と 花崗岩体の性質や履歴などを調査することは 地質鉱物学的にも また地球化学的にも重要なことである。

上記の島根~鳥取県の災害に際して種々の研究を行なった折 風化層の深度分布を 電気探査(比抵抗法)の垂直法で調査し(図16) 石灰石の「表土」の場合と同様 広域的な状態を把握することに役立った。またボーリングによる調査の結果 風化層の深度  $d$  と  $N$  値の間には

$$d = A \log N - B$$

の関係がなり立つことが判明した(図17)。この図の傾度から風化層の絞り具合を調査できることも明らかになった。ただし 通常支持層となる  $N50$ 以上の所までけずり取って構造物などをつくったりすると やがて地表は以前と同じ  $N$  値にもどり 全体がもとの深度構造となる可能性がある。

表層の滑落で印象の深いものに えびの・吉松地区地震と1968年十勝沖地震がある。えびの・吉松地区地震



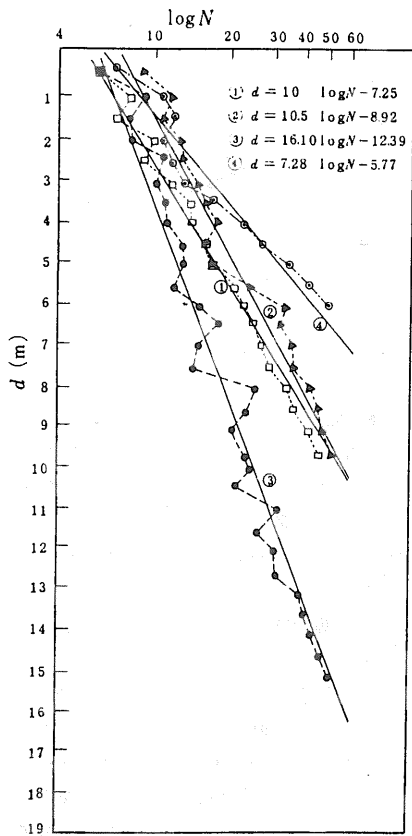
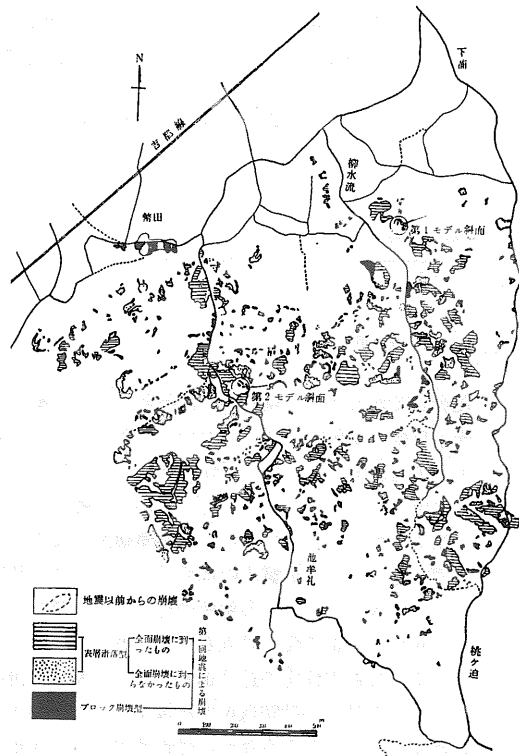


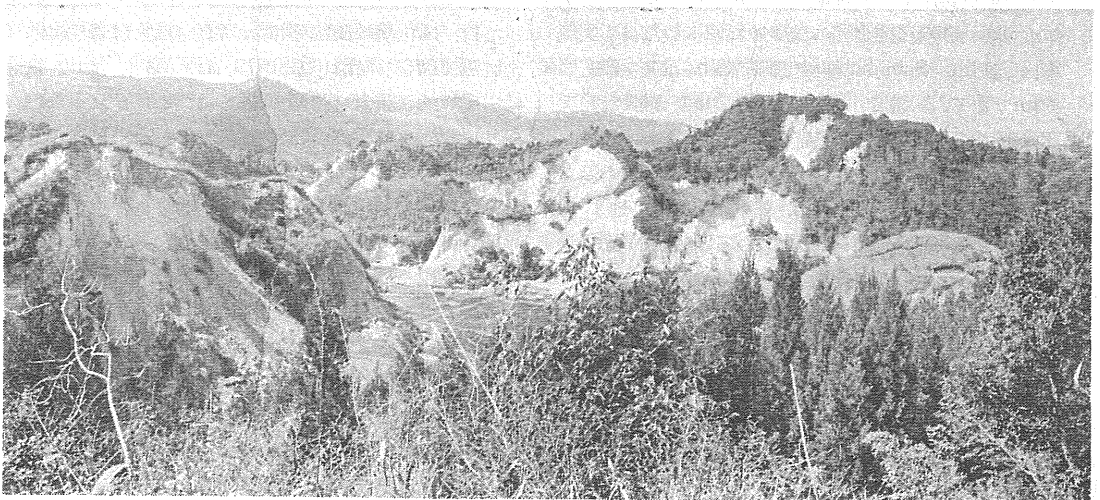
図17  
N値と深さ(d)との  
関係図(安藤他 1968)

では震源域がたまたま堆積性シラス台地の下であったためシラス台地の表層が広い範囲に亘って滑落した(写真5 図18)。1968年十勝沖地震(1968年5月6日)の場合その前3日間に八戸市西部から五戸地区にかけて総雨量約200mmの降雨があったため強い地震動を受けて山の傾斜面(一般に30°以内)上の表層が広い範

図18  
えびの・吉松地区地震(1968.2.12)によって生じたシラス台地の崩壊状況図  
京町南東部(平尾他 1971)



囲にわたって滑落し、田植中の人まで含めて多くの人命を奪った。詳細な調査は行なわれなかったが模式的に示すと図19のようになる。すなわち十和田湖陥没直前の爆発で噴出した軽石流(約12,700年前)からなる八戸軽石層の上面を境とし、その上の黄褐色ロームと表土の合せて1.5mほどの部分が一気に滑落したのである(写真.6)。なおいずれ詳しく報告されることと思うが、今回の伊豆半島沖地震で生じた仲木部落の山津波



写真⑤ えびの・吉松地区地震により表層の滑落したシラス台地(福田他 1968)

は 事前の雨量も少ないことから地震断層付近の強い振動により 以前からたまっていた崩積土が安定を失ない 一気に流下したものと思われる。

山津波が問題となるのは 集中豪雨などの時発生する土石流である。土石流は激しい雨の中で発生し 実際に見た人も少ないので その実体はあまり明らかでなかったが 京都大学防災研究所や松本砂防工事事務所などの努力によって 最近これをフィルムにおさめることが出来た。

最近の例としては昭和47年7月の九州から関東にかけての集中豪雨災害がある。写真7はその時の天草における土石流のあとである。まさに「悪魔の爪跡」と報ぜられたように 山腹のほとんどの谷が白い地肌をみせている。すなわち 降雨の激しかった側の斜面は 多量の雨水の集中により谷部とその周辺の表土層が 礫とともども一気に下流に押し出したのである。このような谷部の土石の収支は 平常は岩塊や土砂が少しずつ増加するセンスなのであろう。土石流災害に対しては 山腹斜面だけでなく 谷部の収支も研究し 調査する必要がある。岩塊や礫が多いであろうから ボーリングによることには限界があると思われる。また急傾斜地ゆえ 簡易な物理探査法の開発が必要と考えられる。

### 環境問題

地盤沈下や地下水の問題については 多くの機会ですでに度々記されているのでここではふれない。

自然保護 環境保全あるいは自然的 人為的に破壊された環境の回復 自然生態系の保全などの問題に対しては 多くの議論がある。自然環境をただ単に現状のままにしておけばよいかという それほど単純なものではない。たとえば 大沢崩れをとめることや 火山の噴出物を環境保護のため湾内に流入しないようにせよということは 自然保護かというただちにそうとはいえない。かような考えには 自然を人間の思い通りにし

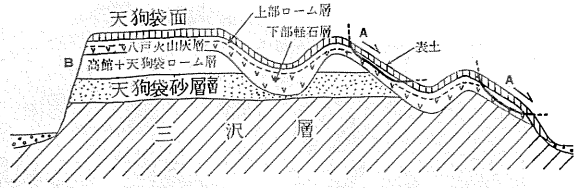
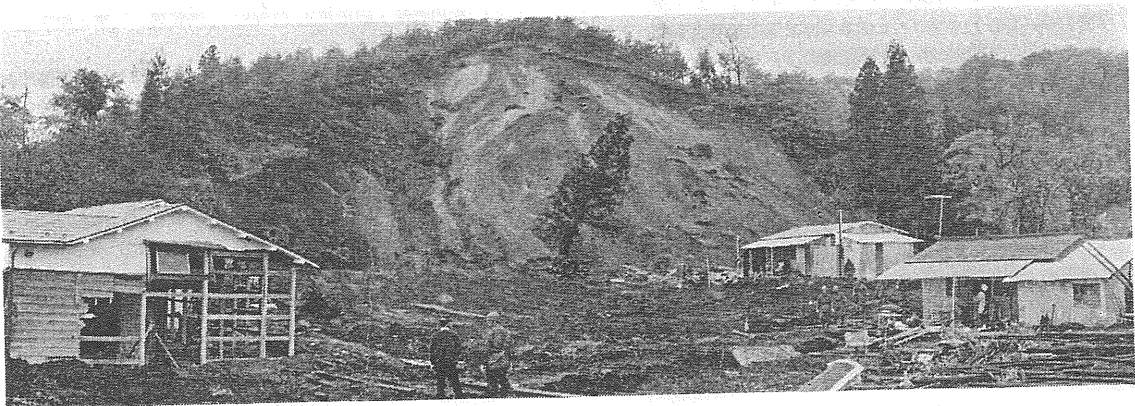


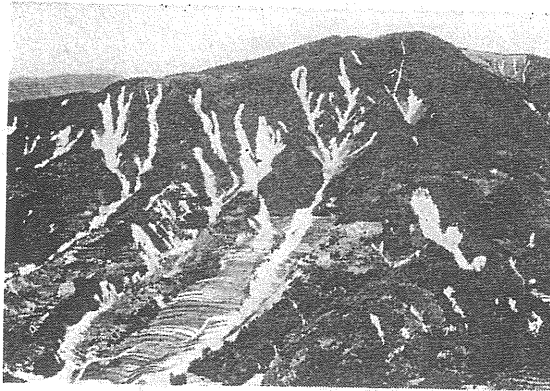
図19 1968年十勝沖地震による八戸地方の山崩れの模式断面図 (黒田他 1968)  
Aのようなところからくずれやすい  
Bのような急傾斜地ではくずれにくい

ようとする思想が 矢張り根底にあるのであろう。自然はそれ自身が生きものであり 微妙なバランスの上になりたっている。しかし森林の大規模な伐採によって表土が大雨で流出した場合などは 崩壊災害や水害としてだけでなく本質的な問題を検討されねばならず 精練所周辺のように 以後の植林が不能となる場合のあることは西日本各地で 青山の失なわれた歴史からも知られる所である。したがって皆伐を補強するためだけでなく 山地の宅地化やスキー場 ゴルフ場の開発などによる表層の侵蝕の問題についても 地質家は目をむける必要があろう。

普通一般に土壌といえば 植物栽培の関係からのみみられやすい。住宅を作り 道路を舗装し 下水道を整備して雨水までこれらで排水すると 土地は水をうばわれ使用済みの水は直接河川に 降水は一気に流下して地下水の涵養にならず 洪水を高くして都市河川の被害の原因となる。一方地下水の使用量は増加するので地下は乾燥化する。また糞尿は土地に還元しないし 雑草をはやさないようにするので 土地は緻密となって通気性に欠け 堅いものになってゆく。そうなれば植生にも変化がおこり 殺虫剤を用いなくとも生物系も変化してゆくことになる。このような変化を生態学者や土壌の専門家だけにまかせておかなくて 土壌からその下の地層の変化について地質家も注目してみても必要があろう。



写真⑥ 1968年十勝沖地震による八戸地方の山崩れ(黒田他 1968)



写真⑦ 昭和47年7月豪雨による天草の土石流(木野 1972)

かつて地下鉄日比谷線の工事の際 日比谷付近で作業中のものが 突如倒れるという被害があったことがある。地中ガスにも有害物がなく 時折白骨が出るので作業員たちはそのあたりではないかと恐れたが この原因は今ではよく知られるようになった酸欠であった。もう10数年も前のことである。これが 人間に対する自然の「つけ」として 地盤沈下の次にやってきたものであろう。最近下町に発生しているメタンガス騒動も その1つといえる。したがって建造物地盤としてだけでなく 都市環境地盤の問題として表層地質をとらえ 検討する必要がある。そしてその手段の1つとして 各種の物理探査の適応性についても充分研究し 新しい技術を開発してゆかねばならないと考える次第である。

(筆者らは 鉱床部・物理探査部・国立防災センター)

参 考 文 献

太田良平・沢村孝之助(1971): えびの・吉松地区地震震源域付近の地質 防災科学技術総合研究報告 第26号 21~34

小野吉彦(1967): 松代地域の電気探査(1) 防災科学技術総合研究速報 第5号 23~27

小野吉彦(1969): 松代地域の電気探査(2) 防災科学技術総合研究報告 第18号 23~28

小野吉彦(1971): えびの・吉松地区深部電気探査報告 防災科学技術総合研究報告 第26号 63~74

木野義人(1972): 天草の豪雨災害と地質 地質ニュース No. 222 4~11

黒田和男・垣見俊弘・安藤高明(1968): 1968年十勝沖地震 地質ニュース No. 168 1~17

柴藤喜平・室住正義・小林創(1966): 箱根火山性地帯(大湧谷)の物理探査法による研究 防災科学技術総合研究報告 第8号 3~12

柴藤喜平・武富正憲(1972): 地盤振動と耐震調査 地質ニュース No. 214 10~15

嶋悦三他6名(1973): 八戸市における速度検層法結果 防災科学技術総合研究報告 第31号 25~30

鈴木宏芳・高橋博(1969): 松代群発地震地域に発生した異常湧水の塩素イオン濃度の変化と分布について 防災科学技術総合研究報告 第18号 73~92

瀬谷 清(1967): 松代群発地震を探る—物理探査の結果について 地質ニュース No. 149 17~27

瀬谷 清(1967): 松代群発地震地域における重力調査報告 防災科学技術総合研究速報 第5号 13~22

瀬谷 清(1969): 松代群発地震地域における重力異常について 防災科学技術総合研究報告 第18号 9~21

瀬谷 清・小川健三(1971): えびの・吉松地区地震地域の重力異常について 防災科学技術総合研究報告 第26号 47~62

高橋 清・伊藤司郎・前田憲二郎(1966): 箱根大湧谷の噴気ガスの特性 防災科学技術総合研究報告 第8号 13~19

高橋 博(1967): 松代群発地震と地下構造 防災科学技術総合研究速報 第5号 83~89

高橋 博(1970): 松代の深層ボーリング その後と水の圧入実験 防災科学技術 No. 13 10~13

高橋 博(1974): 深い地震観測井の作井について 土木施工 15巻 15号 27~31

TAKAHASHI H., & NISHIO M. (1972): Study on Aerial Photogrammetric Method of Investigation of Earthquake Disaster NRCDP pp. 36

高橋 博・幾志新吉(1973): 地質の分野における電子計算機の2, 3の利用法① 地質ニュース No. 228 11~21

武居由之・室住正義・黒田和男(1969): 長野県松代町牧内—瀬閑地区の地下水理 防災科学技術総合研究報告 第18号 41~50

永田松三・伊藤司郎(1969): 松代地震地域における地化学探査(続報) 防災科学技術総合研究報告 第18号 29~40

平尾公一・大久保駿(1971): えびの・吉松地区地震による山崩れの発生とその拡大に関する研究 防災科学技術研究報告 第26号 157~189

福田 理(1969): 地熱構造からみたえびの・吉松地区地震 防災科学技術 No. 8 3~5

福田 理・木野義人・中条純輔・黒田和男(1968): えびの地震予察調査速報(その2) 地質ニュース No. 169 1~19

福田 理・佐藤良昭・尾上 亨(1971): えびの・吉松地区の地下地質と地熱構造 防災科学技術総合研究報告 第23号 99~112

藤田和夫・岸本兆方(1972): 近畿のネオテクトニクスと地震活動 科学 Vol. 42 422~430

松田時彦・岡田篤正(1968): 地漸層 第4紀研究 Vol. 7 188~407

溝上 恵・中村正夫・小谷啓子(1973): 紀伊半島北西部における地震活動の特性—小地震および微小地震の空間分布から推定される活断層系について 昭和48年度地震学会春季大会講演 No. 128

MINAKAMI, T. et al (1968): The 1959 Eruption of Simmoe dake and the 1961 Iimori-yama Earthquake Swarm. Bull. Earthq. Res. Inst. 46 pp. 965~992

MINAKAMI, T. et al. (1970): The Ebino Earthquake Swarm and the Seismic activity in the Kirishima Volcanoes, in 1968~1969, Part 4 Shifts of seismic activity from the Kakuto Caldera to Simmoe-dake, Naka-dake and Takatihu-mine. Bull. Earthq. Res. Inst. 48 pp. 205~234