

No.28

土と岩

昭和55年春季号

中部地質調査業協会



木曾川河口部

目 次

巻 頭 言 『最近思うこと』	西 村 俊 之	1
御 挨 拶	伊 藤 武 夫	3
河川堤防の安定性の土質工学的考察	宇 野 尚 雄	5
濃尾平野の地盤沈下地帯における標準層序	畠 山 昭	19
土性のバラツキとサンプルサイズについて	藤 川 和 之	29
蛇紋岩地域の建設工事に対する地質調査について	大 村 一 夫	38
	吉 田 亘 弘	
電気相似実験による水理解析	研 究 委 員 会	47
海と空 そして土と岩	中 村 幸 昭	53
昭和54年度全地連臨時総会	千 葉 正 美	60
省エネルギーについて考える	田 中 茂 孝	65
事務局だより		68
編 集 後 記		71
会 員 名 簿		72

写真提供 玉野測量設計㈱

『最近思うこと』



運輸省第五港湾建設局長

西村 俊之

管内の港湾地域における土質状況を概括すると、静岡県下においては、大略中程度の強度の粘土あるいは砂質地盤となっており、地盤面からの港湾の立地条件としては恵まれた状況にある。愛知県下の三河湾では、上層部は薄いヘドロ層となっているが、その下は中程度の強度を持った粘土あるいは砂質地盤となっている。一方、衣浦、名古屋周辺地域においては、海底土質は軟弱粘土地盤となっている。また、三重県下においては、四日市周辺及び伊勢志摩地区のリアス式海岸部の港湾については、やはり軟弱粘土地盤上に構造物を建設しなければならないが、これらの地域以外の地区は大体砂質地盤となっている。従って、当管内における地盤条件は非常に複雑であり、その条件に適合した構造物を建設しなければならないことになる。特に、軟弱地盤において構造物を建設する場合の特徴を述べると、

- ① 構造物設計、土質調査に多大の手法が掛ること。
- ② 構造物の建設期間が長く、建設費が掛ること。
- ③ 施工管理に技術力を必要とすること。

となっている。当局において、今までにこのような地盤上に構造物を建設してきた主な事例としては、名古屋港高潮防波堤、金城埠頭、ポートアイランド、衣浦海底トンネルなどがあげられよう。

構造物を建設する場合、土質調査結果を利用するにあたって問題となるのは、設計者にとっては土質調査結果をどのように理解するかということである。一方、土質調査を行う側にとっては、その結果が設計者、施工者にどのように理解されるかということではないかと思う。このような意味で設計あるいは施工者と土質調査を行う者との間には、かなりの程度の相互理解が必要である。最近における電子計算機の発展により、構造物の上部工の設計については、各種の手法を駆使して設計を行うことができるようになっているが、基礎の設計については従来の手法が適用されている場合が多い。このように基礎設計の手法が、上部工設計の手法の進歩に比べて遅れている理由としては、土の特性が複雑で変化が大きいことにもよろうが、土質調査者と設計者の間の相互理解が困難であるとの理由も少なからずあるのではなかろうか。例えば、近年の計測技術の発展により、種々の土質データを取得することが可能となってきた。しかしながら、これらのデータを設計、施工に適用するには、設計手法、施工法の検討をも含めた検証が必要となる。このためには、多大の費用と時間を伴うため手軽には行えない場合が多い。一方、土質調査者の立場からすると、設計、施工者が求めているような土質指標を得ることは理論的あるいは技術的に困難な場合もあろう。現段階においては、設計者と土質調査者との間には、それぞれの経験に裏付けられた判断力が介在し補完し合っているのではなかろうか。上に述べたようなことは、

形態は違うが、土質調査者と施工者、設計者と施工者との間にもあるように思う。しかしながら、これからの社会の多様な要請に応じて港湾建設を行っていくには、経験に裏付けられて判断してきた部分を極力少なくする努力が必要なことと言うまでもない。

今後、管内の港湾建設においてヘドロ処理対策、港湾施設の巨大地震対策などについて特段の努力が必要であろうと思われるが、これらの問題を解決するには、今まで以上に土質調査者、設計者、施工者との間の相互の情報交換を緊密にすることによってお互いの理解を深めていく必要があると考えている。

御 挨 拶



中部地質調査業協会

理事長 伊 藤 武 夫

中部地質調査業協会が設立されて以来今年で19年になりますが、この間協会事業の一つとしてずっと発刊されてきたこの「土と岩」が、本年も関係者の御努力により皆様のお手許に届けられる運びとなりましたことは誠に喜ばしい事と存じます。

皆様も御承知の通り、本年は大へん厳しい年となってしまいました。先ず年の始めに起ったイラン革命を発端として、再び石油の不足と価格の上昇が大きな話題となり、6月末に行われた先進国首脳会議「東京サミット」は「エネルギーサミット」と異名され、種々の対策が話し合われました。しかしその効果が波及しない間に、供給面で一番心配されるイラン問題が、11月には更に過激派学生のパーレビ国王返還を求めるアメリカ大使館占拠事件となって表われ、その先行きについて全く予測を許さない状況となっております。既にこの石油問題は円安、物価上昇という悪影響を我が国に与え、単に石油不足だけではなく国民生活を根底から揺がす問題となっております。加えて9月17日に告示された衆議員議員の選挙は、予想に反して自民党の敗北に終り、それに端を発した自民党の内紛から、選挙終了後1ヶ月間も首班指名を行う事が出来ない程不安定な政局となってしまいました。その結果石油問題と共に、既に新聞紙上などで報じられている通り、政府は行政改革を含む予算の削減や節減、即ち減量経営の必要性に追い込まれている状況です。不況が進行する中で公共投資をも削減しなければならない経済環境に追い込まれているわけです。この事は従来好景気であれば「民間の設備投資」不景気であれば景気対策としての「公共投資」に支えられてきた、いわば万年好況業種であった建設関連産業たる地質調査業がうける初めての試練になるのではないかと思います。そういう意味でこれから我々は各自の会社の経営について十分なる配慮をしていかなければなりません。

一方、地質調査業界の今日迄の発展の過程を振り返ってみますと、

1. 黎明期 戦前或いは昭和20年代のボーリング機メーカーやさく井業者の兼業型業者の多かった時代。
2. 発展期 昭和30年、並びに40年代の土質工学の急速な発展と「民間設備投資」と「公共投資」の増大に依る地質調査の需要の高まりから専業型或はコンサルタント、測量等との兼業型業者を輩出した時代。
3. 完成期 昭和50年、特に地質調査業協会が永年努力してきた業界の法的基盤が地質調査業登録規程という型で確立された以降の時代。

に大別出来るのではないかと思います。そして今日では地質調査業協会とこの登録規程を一つの媒体として業者各個の或いは業界の情報を吸収し或いは各種の情報を業者各個に伝達する態勢が確立されたと

云って過言ではないと思います。

この様に考えてみますと、これから我々は不況の進行する経済環境に、而も公共投資の期待出来ない未経験の極めて不本意な経済環境に遭遇するわけですが、単に業者各個の問題として個々の努力をするのみならず、上述の様に完成期に入っている業者全体の問題として対処していく必要があるのではないのでしょうか。而して地質調査業協会に与えられた役割りも誠に重且大と云わなければなりません。幸か不幸かそんな重大な時期に、加えて私共中部地質調査業協会にはこれから消化しなければならない種々の問題——例えば土質試験協同組合の設立や20周年記念行事等——を抱えているのですがそんな多忙な時期に、理事長の職をお預かりして全く身の引き締る思いを致しております。会員の皆様の総力を結集してこの難関をのり切り度いと存じますので何卒一層の御支援、御鞭達をお願いする次第です。一言所感を述べ御挨拶と致します。

(54.11.20)

(54.11.20)

河川堤防の安定性の土質工学的考察

岐阜大学工学部助教授

工学博士 宇野 尚 雄

1. まえがき

昭和51年の長良川破堤は溢水なき破堤として学術的にも多くの話題になってきたが、破堤そのものがセンセーショナルであった。筆者は破堤の前日から1年間の外国出張にでていたため、詳細は帰国後に種々の報告によって知った。^{1), 2)}しかし、破堤のメカニズムは十分解明されていないように思われる。

こうした不幸な被災経験は今後の堤防管理に生かしてゆく必要があるが、本文は現在までの河川堤防に関する研究成果を回顧し、堤防の安定性評価手法にどのように生かすべきか考察したものである。

2 河川堤防の破壊機構

堤防の破壊機構は外力と破壊形態及びその支配的因子の関連で眺めると、およそ図-1のような対応が考えられる。³⁾外力については、風、洪水、地震、降雨が挙げられるが、自重によって破壊するケースもある。洪水は高水位、流速により表現され、洗掘等の主因が流速であるほかは、越流、堤体及び基礎の漏水は水位により決まる。すなわち、ハイドログラフにより洪水の程度が表現され、一方、降雨はハイエットグラフにより表現される。

これら破壊外力に抵抗する堤防の因子は堤高、堤体形状、堤体土質強度、基礎地盤強度、護岸等の保護工、および水防活動による緊急対策工である。

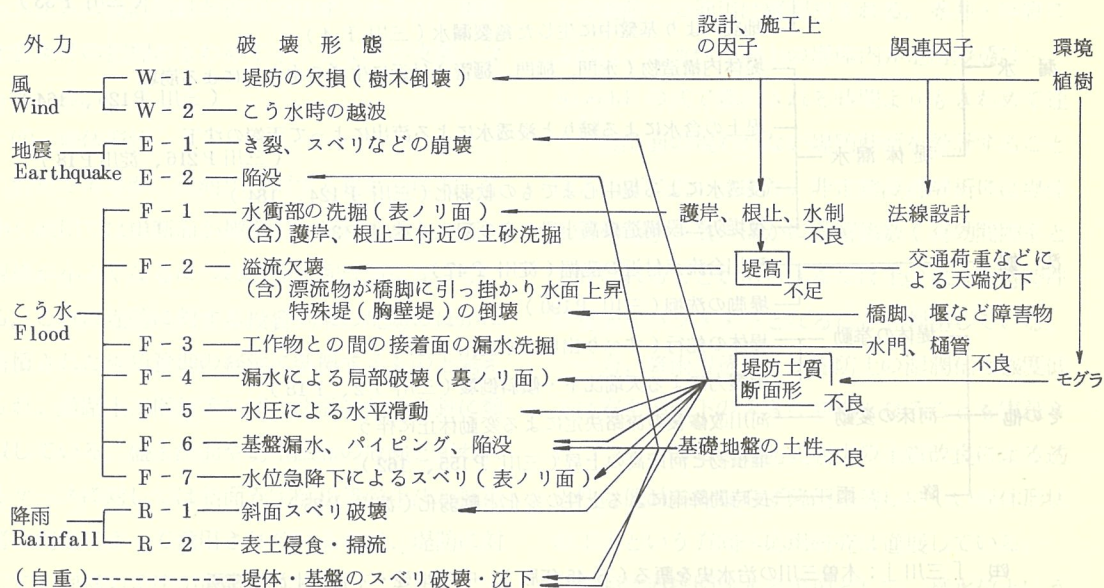


図-1 河川堤防の破壊形態

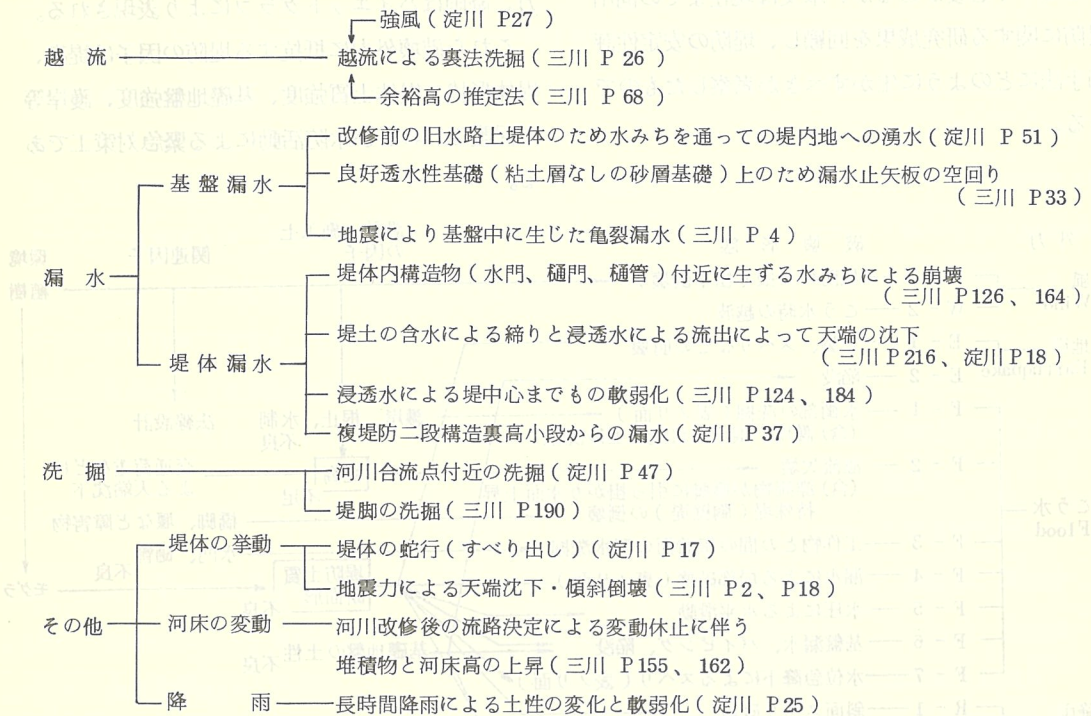
外力と抵抗力の大小関係により堤防の安定性が評価される筈であるが、このためには、

1. 外力の評価
2. 抵抗力の評価
3. 破壊のメカニズムの解明

が可能でなければならない。図-1の4種類の外力はいずれも人為的にコントロール不能な自然現象にもとづくものであり、気象学、水文学、地球物理学、地質学の各分野で研究され、設計風速、計画高水位、設計震度、降雨強度（あるいは継続総雨量）などの基準量が何年確率のものに匹敵するかという意義づけのもとに提案されている（基準外力の設定）。

一方、抵抗力の評価は破壊のメカニズムの解明なくしては論ずることができない。たとえば、越流に対する堤防の抵抗力はどれくらいに見積るべきであろうか。土の物性から考えて越水に対する抵抗力は小さい。越水が始まれば洗掘により破堤にいたるには数十分から1時間で十分であろう。しかしこのわずかな時間でも防水活動によって破堤を防ぎ得る可能性もあるので、越流洗掘から破堤にいたるメカニズムの解明も要請される。現在のところ、越流に対しては堤高が決定的な要因であり、H.W.L. を何年確率洪水に対して決めるか、さらにその余裕高はいくらにするかが重要となる。

表-1. 堤防の被災状態



(注) 「三川」：木曾三川の治水史を語る (S 45 年版)、中部地建・木曾川上流事務所

「淀川」：水防座談会記録「S 53 年度」、近畿地建・淀川工事事務所

表-1は2つの文献から堤体の被災実態を拾い
だしたものであるが、^{4),5)} これだけでも図-1に
匹敵する被災形態がリストアップされ、堤防災害
が複合原因になるものの多いという側面を示唆し
ている。これらの形態に対して、破壊のメカニズ
ムが究明されているものはどれで、不明なものは
どれかを考えると、あまりにも不明なものの多い
ことに気付く。

このため、堤防を新しく設計できる立場に立っ
て、従来の研究成果にもとづいて、堤防設計因子
とその決定のための土質工学的考え方をふり返っ
てみることにする。

3 堤防設計諸元を決める土質工学的規準

3.1 堤防断面形

(1) 堤防高さ

越流させないための堤高は、水文学や河川水理
学的検討から、H・W・L.と余裕高で決定されて
いる。堤防の圧縮性、沈下に対しては土質工学面
からの寄与が余裕高の決定に際して考えられ、ア
ースダムの設計指針が役立つはずであるが、堤防
土質条件の把握がきわめて不十分な点が支障とな
っている。

(2) 堤体形状

台形であるが、大河川に対する複断面に対して
中小河川では単断面が標準的な現状であり、河川
規模が小さくなるにつれ法面勾配は急になってい
る。これは堤防に対する投資効果の配慮のほかに
蓄積された堤防管理の経験に準拠するものと考え
られ、道路土工指針等の盛土法面勾配の指針に類
似している。盛土法面や切土法面の危険と思われる
ケースに対しては斜面安定解析等の手法が技術
者の判断によって適用されているので、堤防に対
しても同様の手法が適用される。

表法面の高水敷は堤脚の保護、洗掘に対する余
裕といった意味をもちうるものの、裏法面の小段
の効用は管理上の便が多いようであって、力学的

には必ずしも安定性向上になっていない。次述
する浸透水により生ずる裏法面の浸出点の位置を
堤体中心から遠ざける効果があるが、これは裏小
段の安定性を低下させる側面も有している。

(3) 堤体幅

これは天端幅、堤高、形状と関連した断面形の
要因であるが、これに対しては科学的指針が提唱
されている。すなわち、「浸透水による浸出面が
裏法面に現われないように十分大きな断面をとる」
という思想である。これは吉川秀夫著「河川工学」
に紹介されていて、Strohl の式を利用して福岡
が関東地建管内の堤防について求めたもので、洪
水継続時間と堤防高を与えたとき所要の堤防土質
の透水係数(あるいは粒径)を算出する計算図表
として示されている。^{6),7)}

しかしながら、Strohl の式は洪水による堤体
内への浸透水のフロントが裏法面に到達するに要
する時間を求める式であって、しかも堤体基礎地
盤が不透水の場合に成立するという前提条件がつ
いているので、淀川堤防のように透水性基礎地盤
上の堤防への適用は疑問視される。赤井・宇野に
よれば、透水性基礎上の堤体内非定常浸透は
Strohl の式で算出される時間よりもきわめて速
く、⁸⁾ 浸出面の現われない堤防断面を設計すること
は不可能に近い。また、非定常浸透解析には堤体
土質の透水係数のほかに貯留係数(有効間隙率と
も呼ばれることがある)または土の水分保持特性
が重要なパラメータとなることも判明している。

一方、降雨浸透による堤防土の湿潤化と強度低
下は安全率低下の大きな原因となることも実証さ
れつつあるので、堤防表層土の土質改良による透
水性の低減のみならず降雨浸透にくい堤体形状
の工夫という方向へ応用研究は進展している。

堤幅に直接関係する事項として、高水位という
河川の水圧による堤体の水平滑動の可能性から必
要な堤体幅の確保という問題がある。基礎地盤が
相当弱い場合で、実際にはほとんどあり得ないと

考えられるが、地盤が粘性土の場合にはこの検討を怠ることはできない。実際、堤体の蛇行挙動を観察した証人のいることが表-1の中にみられる。

3.2 堤防土質材料

河川堤防の土質材料として適性をどのような規準で判断すればよいかはいまだに難問であるが、経験的に得られている事項、現実はどうなっているかの調査結果の実態を含めて、土質分類からみたもの、粒度、締固度、強度、透水性、土質構成などについて、以下に列挙する。

(1) 施工指針の一例

堤防施工指針の一例として、種々の実験的研究を参考に次のような試案がある。

- ① 原則として最大粒径 150mm
- ② 均等係数10以上
- ③ 塑性指数 4 ~ 15
- ④ 施工面から、コーン指数 4 以下の土質は不適（盛土現場でトラフィカビティの小さいと思われる場合に、コーンペネトロメーターによる静的円錐貫入試験により測定）
- ⑤ JIS A 1210 - 1970 の突固め試験において 2.5 法による突固め方法による最大乾燥密度の 85% の値における（下限含水比プラス 2 %）、（上限含水比マイナス 2 %）以内に入らない土砂は不可。
- ⑥ このため 500m³ごとに含水比測定を義務づけ、締固め度の測定は 1000m³に 1 回の割で行なう。
これは土の締固め特性、施工性からの規定といえよう。
- (2) キャサグランデによる分類など
盛土および路床材としての適性は
- ① レキ質土、砂質土は問題が少なく、優-良-可の範囲に入る。
- ② シルト、粘土の細粒土に対しては、統一分類記号で ML と CL は可ないし不可であって表-2 のようである。
- ③ 他の OL (LL < 5.0%)、MH、CH、OH

(LL > 50%) は使用不可。

表-2

	適 性	路盤材	凍 上	圧 縮 性 膨 脹 性	排 水 性
ML	可~ 不可	不 適	普通な	僅~ 普通	可~不可
CL	"	"	いし大	普 通	不透水性

④ Wagner によるアースダム材料としての評価⁹⁾

表-3 土のアースダム材料としての評価

	均 質 堤	不透水性部	透 水 性 部
GW	—	—	1
GP	—	—	2
GM	2	4	—
GC	1	1	—
SW	—	—	3 *
SP	—	—	4 *
SM	4	5	—
SC	3	2	—
ML	6	6	—
CL	5	3	—
OL	8	8	—
MH	9	9	—
CH	7	7	—
OH	10	10	—
Pt	—	—	—

* れき質の場合のみ

(3) 粒 度

- ① おおよそ 砂： $\frac{1}{3} \sim \frac{2}{3}$ と粘性土： $\frac{2}{3} \sim \frac{1}{3}$ の配合がよい。

- ② 福岡はタルボット (Talbot) の式

$$p = (d/D)^n$$

における指数値として $n = 0.25 \sim 0.35$ がよいとしている。¹⁰⁾

- ③ 河上は粘性土を 10 ~ 20 % 含む砂質土がよいとしている。

(4) 締固め度、単位体積重量 γ

山村によると、堤防の実態は次のようであると

いう。¹¹⁾

砂質土グループ

現場乾燥 $\gamma_d = 1.380 \pm 0.186 \text{ g/cm}^3$ (N=40)

締固め度 = $82.6 \pm 9.03\%$ (N=39)

含水比 = $23.39 \pm 7.44\%$ (N=40)

飽和度 = $68.53 \pm 16.43\%$ (N=40)

空気間隙率 = $14.92 \pm 8.52\%$ (N=40)

(注) 土の後の数値は標準偏差、Nはデータ総数

粘土グループ

現場乾燥 $\gamma_d = 1.274 \pm 0.158 \text{ g/cm}^3$ (N=13)

締固め度 = $82.34 \pm 9.35\%$ (N=13)

含水比 = $33.19 \pm 6.93\%$ (N=13)

飽和度 = $83.40 \pm 13.50\%$ (N=13)

空気間隙率 = $8.79 \pm 8.89\%$ (N=13)

もし締固め度が(1)に述べたように85%以上でなければならないとすると、砂質土グループで約64.4%、粘土グループで約65.4%が不満足で、約1/3しか満足な状態ではないことになる。しかし、一方で土木研究所報告“細粒土を材料とする盛土の締固め基準に関する研究”によると、総資料数14に対して

$\gamma_d = 1.63 \text{ g/cm}^3$, $\omega = 12\%$

締固め度 = 89.4%

という報告もある。¹²⁾ いずれにせよ、締固め度だけをもって判断することはできないが、これが基準量となりうるか否かの判断の合理的裏づけをしなければならない。

(5) 堤防土の土質強度

淀川右岸の大塚地区旧堤土(砂質ローム)に対して建設省各地方建設局で実施したせん断試験結果によると、試料寸法、試料密度など多少異なるが、表-4の結果が得られている。¹³⁾ その他の堤防土に対する資料においても、砂質土でも粘着力が0.2~0.3 kg/cm²以上あり、摩擦角は30°を越している。C=0.2 kg/cm²=2 t/m²、 $\phi=30^\circ$ の強度定数を期待して、堤防の安定をすべり円解析法で調べると、安全率はいくらくらい

表-4 堤防土の強度定数の一例

	強度定数	含水比	
三軸圧縮	粘着力C (kg/cm ²)	15%	0.228 ± 0.076
		17 "	0.239 ± 0.112
		19 "	0.246 ± 0.169
	摩擦角 ϕ (tan ϕ)	15%	34°36' (0.690 ± 0.0896)
		17 "	35°04' (0.702 ± 0.0811)
		19 "	35°13' (0.706 ± 0.121)
一面せん断	粘着力C (kg/cm ²)	15%	0.392 ± 0.0855
		17 "	0.474 ± 0.0958
		19 "	0.398 ± 0.0950
	摩擦角 ϕ (tan ϕ)	15%	47°50' (1.104 ± 0.349)
		17 "	44°57' (0.998 ± 0.293)
		19 "	43°52' (0.961 ± 0.118)

になるであろうか。堤体形状にもよるが、高水位(H.W.L.)条件を与えても、少なくとも1.5以上になり、ほとんど安定であることになるのが常である。

しかし、しばしば堤防の土質強度が問題となるのは水浸時に生ずる強度低下がかなり懸念されているからである。粘性土に関しては飽和度の増加

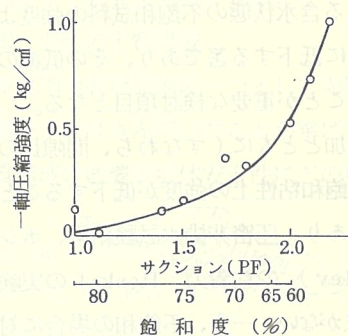


図-2(a) サクシヨンと一軸圧縮強度の関係 (乾燥状態から湿潤させた場合、山村らによる)

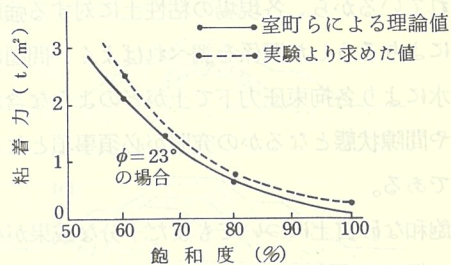


図-2(b) 飽和度と粘着力の関係 (山村らによる)

に伴ない、サクシオンも低下するため、粘着力は著るしく低下することを山村らは図-2のように示している。¹⁴⁾ 一方、不飽和な状態での砂質土の強度については、先述の建設省の一斉試験(含水比15、17、19%の3試料)の結果にみられるように、強度定数が大して変化していない。しかし、砂質土の強度をすべり円解析法で検討すると、 ϕ の変動より c の変動が安全率に大きく影響することが容易に理解される。このため安全側をみて、砂質土では試験結果に基づき粘着力をそのまま採用しないで、飽和土試料の強度にまで低減して ϕ を決め、一方の粘着力は $c=0$ とすることが原則的に推奨されるものの、 $c=0$ とすると、かなりの堤防がすべり破壊する計算結果になり、実情とのズレを生じる。このことは現実には僅かながら、いくらかの粘着力が砂質土堤防においても現実に発揮されていると考えられる。このことは出水時の砂質斜面の安定にも同様のことが言える。

結論的に、水浸時の土の強度は慣例的に行なわれている、ある含水状態の不飽和試料の強度よりいく分の1かに低下する筈であり、その低減の程度を評価することが重要な検討項目となる。

含水比の増加とともに(すなわち、間隙比の増加とともに)飽和粘性土の強度が低下することは周知の事実であり、圧密非排水試験結果、ボシュレー(Hvorslev)の粘着力、Henkelの実験など枚挙にいとまがない。一方、不飽和の場合に対する研究は先述の例のように、一軸圧縮強度がサクシオン、飽和度に強く依存する事実もしばしば報告されているから、各現場の粘性土に対する強度試験によりそうした関係を調べればよく、問題は浸透水により各拘束圧力下で土がどのような含水状態や間隙状態となるかの究明が必須事項となることである。

不飽和な砂質土についてもまだ十分な成果がないが、福田は水浸による強度低下をマサ土について調べ、数分の1に強度が低減するデータを示し、¹⁵⁾

宇野は長良川堤防土について調べ、残留強度の約 $1/3 \sim 2/3$ にまで低減することを福田と同様の一面せん断試験結果から得ている。¹⁶⁾ これらから考えて、ドンブリ勘定すると粘着力は非水浸試料に対する強度の少なくとも $1/5$ くらいに低減させて評価する必要がある。しかし、強度は変形量との関係もあるので動員されうるせん断抵抗は土の変形を考慮して決定される必要がある。

一方、土質の強度を c 、 ϕ なる強度定数により表現しようとする、土質のせん断試験結果に依存せねばならないが、表-4に得られているようにバラツキも大きく、実情に必ずしも合った精度が期待できないうらみがある。このため、別の表現法の開発・研究も進められている現況である。

(6) 堤防土の透水係数、水分保持特性

堤防土の透水係数のデータはきわめて少なく、実態の把握は容易でないが、今後の堤防管理のための実態調査で資料を集積する必要がある。透水係数を求めるためには、①採取土の粒度から実験公式による推定、②採取試料の室内透水試験、③現場透水試験、④観測値法、などがある。現在までの資料では①の段階で止っている感がある。②も行なわれているが、採取した原位置での土の密度、含水状態(飽和度)等との関連が考慮されずに行なわれていることが多い。③は堤体の破損につながる水みちを故意につくる懸念のために特殊な状況下でしか許されないので実施しにくい。しかし、堤防の開削工事などの折に、こうした試験を実施する機会があるので、現場透水試験が頻繁に計画・実施されねばならない。④の観測値法は堤体内の浸潤線観測や含水比観察資料にもとずいて、シミュレーションによる透水解析的検討のもとに、透水係数を逆算する方法であるが、これは未だに実施された例が一度も報告されていない。

堤防土の透水性は一体どの程度であろうか。①、②の方法でこれまでに報告されているものはおよそ 10^{-3} cm/sec のオーダーが多いようである。

図-3は地盤も含めた淀川堤防の透水係数の分布を示している。淀川堤防では透水係数が大きめで 10^{-2} cm/sec のオーダーである。なお、③によって現地試験をする場合には、堤体の洗面の芝生か

ら少なくとも表層の50cmまでの部分はもぐらの穴が縦横に走っているので、50cmより深い、堤体内部で試験する必要がある。

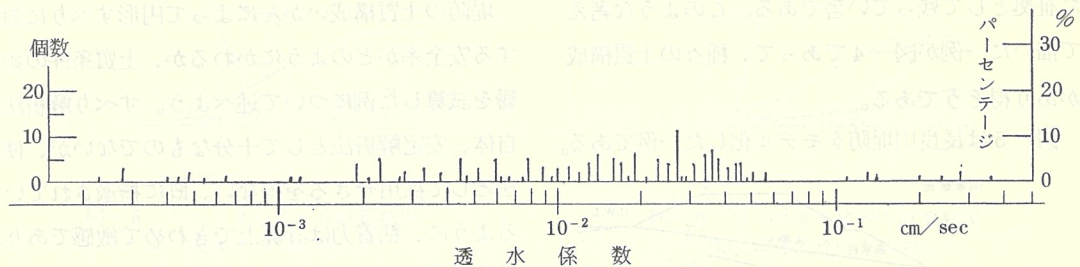


図-3 淀川堤防の透水係数分布
(資料総数 167、粒径からの推定値を主として)

(7) パイピング

これは堤防諸元でなく、現象であって、この項目だけとりあげたのは、粒度と透水性が関連すると思われるが、不明な点が多すぎるためである。

浸透水流により堤体や基礎地盤中の細粒土質分が洗われ流失することにより、いわゆる水みちなどが発生する現象をパイピングとよぶことにする。外力として浸透水流の流速や動水勾配が考えられ、抵抗するのは土質の粒径、粒度であろう。粒径に対しては一様な砂材料に対する実験的研究があり、久保田は粒径と限界流速の関係を調べ、表-5に

示される結果を得ている。¹⁷⁾ 配合のよい土に対する基準は皆無であるから、この判定はきわめて困難であるが、この問題の解決の方向は、フィルター材と保護材の関係に対して得られている成果¹⁸⁾を利用して研究を進展させることであろう。

(8) 堤防の土質構成

長良川の破堤原因の一つとして堤防基礎部に粘土層を少しはさんでいたことが挙げられ、堤防の土質構成の影響が堤体安定性にどの程度きくかが

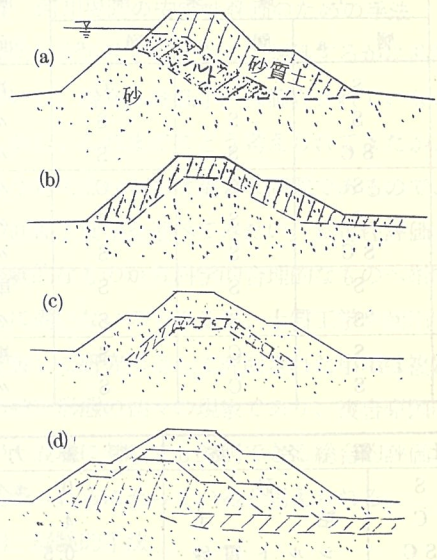


図-4 堤防の土質構成例(仮想)

表-5

Sample	Crain Size (mm)	Critical Velocity (cm/sec)
No. 1	4.0 ~ 4.8	0.20
No. 2	2.8 ~ 3.4	0.17
No. 3	1.0 ~ 1.2	0.10
No. 4	0.7 ~ 0.85	0.085
No. 5	0.4 ~ 0.7	0.07
No. 6	0.25 ~ 0.5	0.042
No. 7	0.11 ~ 0.25	0.035
No. 8	0.075 ~ 0.11	0.025
No. 9	0.044 ~ 0.075	0.02

一つの関心事となった。

図-4はあり得そうな土質構成を描いてみたものである。氾濫を防ぐために、築堤をつみ重ねてきて現在の堤防になっていることを考えると、各時代ごとの補強築堤材料の違いが堤防断面に生きた証拠として残ってい筈である。このような考えで描いた一例が図-4であって、種々の土質構成があり得そうである。

図-5は長良川堤防をモデル化した一例である。

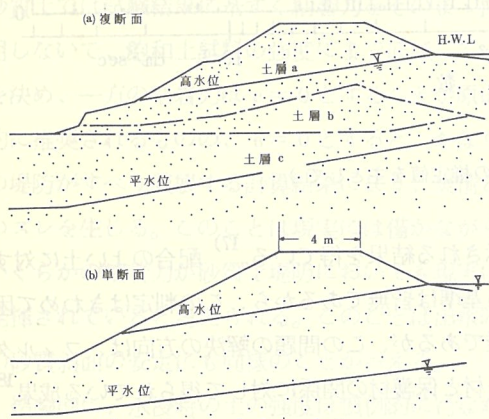


図-5 モデル化した長良川堤防

表層部は土層a、堤防底部は土層b、基礎地盤は土層cとして、3種類の土質を3ケの土層に当てると、たちまち27ケースの土質構成が考えられる。図-5には仮定した高水位と低水位の水位面も記入してある。

堤防の土質構成いかんによって円形すべりに対する安全率がどのようにかわるか、土質条件の影響を試算した例について述べよう。すべり解析法自体、安定解析法として十分なものでないが、便法として採用せざるを得ない。既に指適されているように、粘着力は計算上できわめて敏感であり、破壊形態にも影響する懸念がある。

図-5の堤体に対する土質、水位条件を組合わせた10通りのケースに対する計算結果を土質条件等とあわせて表-6に示した。¹⁹⁾ 安全率は表面薄層すべりと全体的すべりに対するものにそれぞれ別けて示した。多くのケースで前者が後者に比べて小さくなるからである。一例にケース9の結果を図-6に示した。これらをもとに速断はできな

表-6 モデル化した長良川堤防の円形すべり計算結果

ケース	土 質 条 件			断 面	水 位 条 件	安 全 率 F_s	
	層 a	層 b	層 c			表 面 す べ り	全 体 的 す べ り
1	S	C	C	複	平 水 位	0.74 ~ 1.0	0.91 ~ 1.0
2	S	S	S	〃	〃	0.74 ~ 1.0	1.16 ~ 1.2
3	SC	S	S	〃	〃	1.52 ~ 1.6	1.38 ~ 1.5
4	S	C	C	〃	高 水 位	0.64 ~ 0.80	0.80
5	S	S	S	〃	〃	0.24	0.55
6	SC	S	S	〃	〃	0.47	0.60
7	S	S	S	単	平 水 位	0.88 ~ 1.0	1.22 ~ 1.55
8	S	S	S	〃	高 水 位	0.32	0.54
9	S	C	S	複	平 水 位	0.74	1.30
10	S	C	S	〃	高 水 位	0.62	0.64

土 質 名 称		粘 着 力	摩 擦 角	湿 潤 密 度	飽 和 密 度
S	砂	0 t/m^2	30°	1.80 g/cm ³	1.94 g/cm ³
C	粘 土	4	0	1.75	1.80
SC	シルト質砂	0.5	30°	1.80	1.94

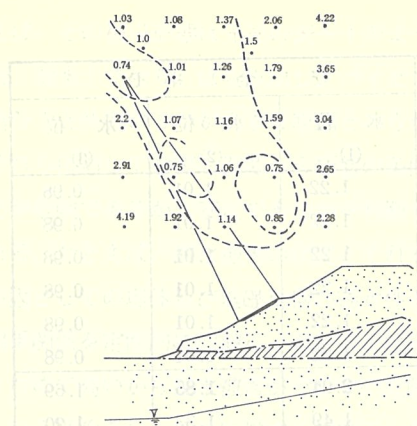


図-6 ケース9のすべり計算結果
(a) 表面すべりに対して

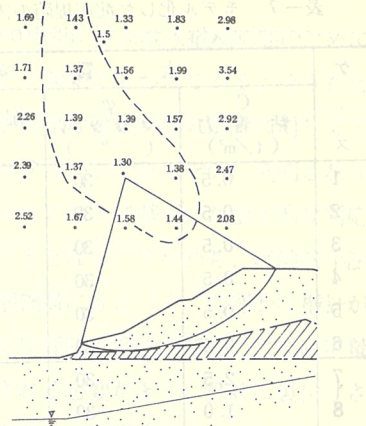


図-6 ケース9のすべり計算結果
(b) 全体的すべりに対して

いが、すべり計算結果は臨界円に対するものだけでなく、全般的に慎重に解釈する必要があると考えられる。表-6で土質条件が安全率に及ぼす影響をみると、表層にわずかでも粘着力があると安全率は著るしく向上すること、土質が砂のとき表層すべりが生じ易く、粘土に較べて高水時に安全率の低下が大きいこと、平水時でも粘土を含むと安全率は小さめになること、等がわかる。複断面の効果は計算上にあまり現われない。砂が主な土質のとき洪水時に安全率は $1/3 \sim 1/2$ に激減する。

一方、図-7のモデル化した淀川堤防断面に対して単一土質であるが、表-7に示す15ケースの c 、 ϕ 、 γ の組み合わせに対するすべり計算結果を表-7、図-8、図-9に示した。これらから、粘着力は 0.5 t/m^2 付近を境として、それより小さいところでは安全率が急激に低下すること、 $\phi < 27^\circ$ ではどの水位でも ϕ が増加すると安全率も増加するが、 $\phi > 27^\circ$ では水位条件による差が少なくなることがあり得ること、などが特徴的である。湿潤単位体積重量を変化させて試算した結果では、それが安全率に全く影響しない結果となっているが、これはすべり土塊が水分を含んで自重が増加するとすべり易くなるという常識と一致しない。これは上記計算が土の不飽和帯のサクシジョンによ

る土の強度の増減を考慮していないことのはかに、ケース①～⑥のいずれも臨界円が表層であるが、浸出面以下の部分に発生する結果となったため差を生じなかったものと考えられる。

3.3 堤防保護工その他

護岸、止水矢板、高水敷、天端や法面の被覆、側帯、水制・根固などの諸問題は實際上重要であるが、これらの効果は主として実態調査（追跡調査）によって判断されている状況にあり、本文では紙数の都合で省略する。

4 河川堤防の安定性評価のための手法

堤防の安定性をどうやって評価するかは非常に難しいし、現在も評価手法は確立されていない。

しかし、これまではどう考えられてきたか、今後どう考えるべきかは重要な問題であるので、筆者の回顧と展望を述べてみたい。安定性評価手法は経験的なものから科学的合理的なものへ指向されたに違いないのであるが、土質工学や河川工学に立脚した研究によって究明された事項は複雑な堤防被災形態の個々の現象であり、複合原因にもとづく破壊に対しても説明できる総合的評価手法が要請されるに至っていると考えられる。

(1) 経験的手法

過去の堤防被災実態に基づく方法である。たと

表-7 モデル化した淀川堤防の円形すべり計算結果

ケース	土 質 条 件				安 全 率 F_s		
	C 粘着力 (t/m^2)	ϕ マサツ角 ($^\circ$)	湿潤密度 (g/cm^3)	飽和密度	水 位 ①	水 位 ②	水 位 ③
1	0.5	30	1.80	1.94	1.22	1.01	0.98
2	0.5	30	1.90	1.94	1.22	1.01	0.98
3	0.5	30	1.85	1.94	1.22	1.01	0.98
4	0.5	30	1.75	1.94	1.22	1.01	0.98
5	0.5	30	1.70	1.94	1.22	1.01	0.98
6	0.5	30	1.65	1.94	1.22	1.01	0.98
7	2.5	30	1.80	1.94	2.04	1.85	1.69
8	1.0	30	1.80	1.94	1.49	1.33	1.20
9	0.25	30	1.80	1.94	0.95	0.63	0.53
10	0.15	30	1.80	1.94	0.44	0.42	0.31
11	0.5	36	1.80	1.94	1.43	1.08	1.08
12	0.5	33	1.80	1.94	1.32	1.04	1.03
13	0.5	27	1.80	1.94	1.11	0.97	0.90
14	0.5	24	1.80	1.94	1.01	0.89	0.82
15	0.5	15	1.80	1.94	0.71	0.63	0.57

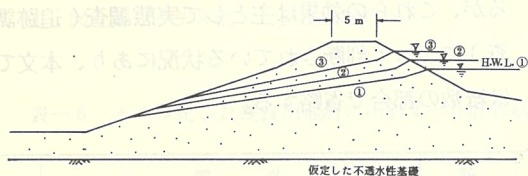


図-7 モデル化した淀川堤防と水位条件3種

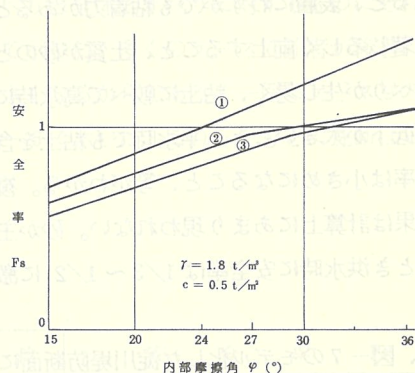


図-8 安全率に及ぼす内部摩擦角の影響

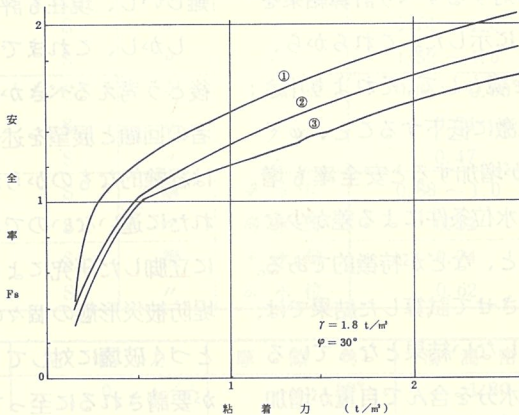


図-9 安全率に及ぼす粘着力の影響

えば、その被災形態は先述の表-1のようで、越流、漏水（すべり、はらみ出し、パイピング等を含む）と洗掘の3つが大きな原因とみられるので、それらに対して被害の程度から類似の条件下の堤防が危険であるか、安定であるかを判断するのである。たとえば、漏水被害の状況とそれを引起す原因としての堤体及び基礎地盤の透水性を調べて、因果関係を定性的に把握し、どこそこは透水性がきわめて高いから漏水被害がしやすい危険があるという推論をし、それに対する対策工、保護工を工夫するというやり方である。

この方法は現在も踏襲されている。堤防の築堤過程を眺めると、少しずつ堤高を高くしたり、断面も大きくしたり、水制の配置を工夫したり、護岸・矢板等の保護工を工夫してきていることがどの河川堤防にも認められる。すなわち、平均的に堤防の安定性を向上させるための工事の積み重ねの結果が現在の姿であるように思われる。この結果、現在の堤防がどのような土質構成であるのかは過去の工事経過に依存している。しかし、築堤の変遷は欠壊、改修などをくり返しもしているうえに、その資料が十分整理されていないので、明確でないうらみがある。

いずれにせよ、堤防管理をする建築省の考えでは、「過去に生じた降雨、洪水等の最大外力に対して抵抗できる形に堤防を修復、補強をしてきているので、現在の堤防は安定を保っているし、将来も既往最大外力までは安定である」ことになる。この論理を将来の堤防管理に適用するとすれば、将来起り得る最大外力としてどのくらいの洪水、降雨、風、地震が起るかの推定が最重要であって、それに抵抗できる堤防にまで補強する工法を探究する必要がある。

しかし、昭和51年の長良川堤防の欠壊は既往最大の洪水でもないのに生じたといわれる。種々の見解が出されているが、建設省は長期洪水継続時間が異常であったこと、すなわち既往最大より約

2倍近い80時間に及ぶ洪水継続時間のために堤防が欠壊したと解釈するわけである。そうだとすると、堤防が異常な継続時間の洪水に対してどのような挙動をするかが土質工学的に究明されない限り破壊のメカニズムに基づいた根本的な対応策がとれないこととなる。すなわち、経験的手法に対して、破壊機構にもとづく、合理的な指針が要求され、とくに堤防の抵抗力評価のために定量的方法が究明される必要があり、経験に裏付けされた科学的な根拠のある手法をプラスしてゆかねばならないことを示唆している。このため、

- ① 堤防土質の実態把握
 - ② 堤防土質の物性（とくに力学的性質）とその劣化
 - ③ 基準外力の設定とそれに対する堤防の挙動（破壊にいたる変形挙動も含む）
 - ④ 各種保護工の効果の位置づけ
- の究明が要求されている。

(2) 力学的手法

戦後の著しい土質力学の発展とその適用に伴ない、従来の経験的手法に対して、メカニズムの解明のための研究がなされたが、河川堤防に関しては主として個々の破壊原因ごとに検討が加えられたものの、成果は少ない。すでに3でいくつかの事項を指摘したが、再度その要点をまとめると、次のようである。

① 浸透現象の解明

降雨、洪水時の堤体内の浸透現象の解析法がかなり確立、整理されてきた。解析に必要な土質物理定数の内容も判明した。

② 土質の適性

堤体土質としての適性のある程度、土質分類によって示せる。

③ すべり破壊の解法

すべり面解析法によるすべり破壊の可能性がかなりの精度で判定できる。

④ 裏法面局部洗掘

裏法尻における局部浸透洗掘の可能性が法面勾配、土質の摩擦角および浸透水流による動水勾配の関係として評価される。

⑤ パイピング等

パイピング、クィックサンドなどに対する限界動水勾配の理論値はあるものの、実際にはそれ以下の動水勾配が発生することが多く、水みちの存在、発生にその原因を求めることが多かったが、水みちの発生機構が不明なため、これはいまも定量的判定は困難である。

⑥ 破壊形態

法面勾配、動水勾配や土質によりすべり破壊、局部洗掘などの形態がわかる傾向がある。

⑦ 破壊確率の遷移

斜面や堤防に対して、出水時前後の破壊確率を計算し、つぎにその時間的变化率 $\dot{P}_f$ を調べたところ、破壊前の2～3時間にそれはピークを示すことを見出した報告がある²⁰⁾。これは種々の示唆に富んだもので、破壊の予知の方向に明るい指針となろう。

個々の内容はそれぞれ文献にゆづり、ここではこれらの研究成果が安定性評価の流れの中に占める役割について考えておきたい。

図-10は外力、外力評価、抵抗力、抵抗力評価という流れの中で必要な土質工学的事項を対応させて描いたものである。

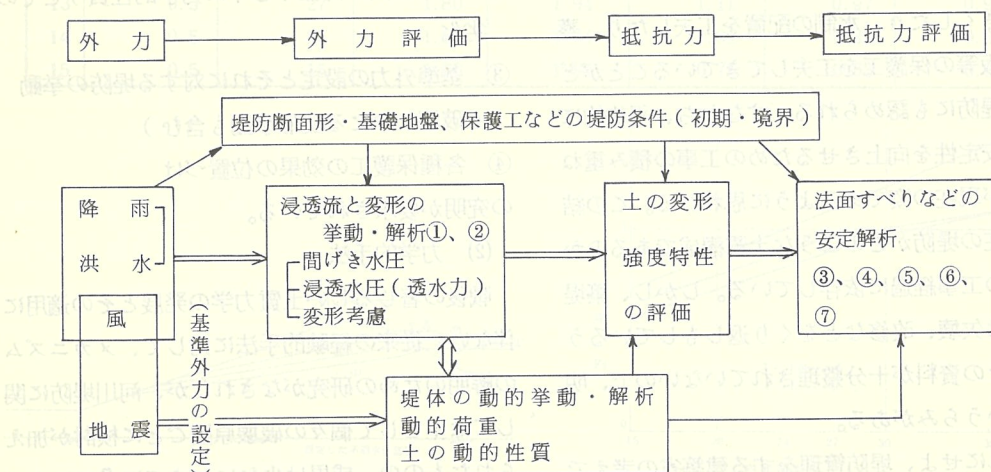


図-10 河川堤防の外力と抵抗力評価に際する土質工学的問題

河水による洗掘等の問題は、この際除外していることをお断りしておきたい。外力として浸透水による堤防抵抗力の低減と地震等の物体力・慣性力作用に伴う堤体挙動の各評価を通じて安定性が議論されることを示したかったものである。すなわち、浸透水や地震力は外力として堤防に働くが、それらは堤防土質、形状等と関連していて、一義的に定まらないので、安定解析のための外力と抵抗力の評価が重要な研究課題ということになる。「浸透・変形」では、間隙空気と浸透水の置換を考慮に入れ、変形を考慮に入れた透水解析法の確立、

「土の強度評価」では、不飽和土の力学的性質の究明、「安定解析」では、応力解析による破壊過程の究明の手法とすべり面解析手法とが適用された研究が進められているが、いまだ決定的な手法となっていないうらみがある。

いずれにせよ、各種の形態の破壊機構について、一般的に定義される堤防抵抗力に対する破壊外力の比としての安全率、あるいは破壊確率などの指標をもって安全性を評価するのが力学的手法であろう。後述する手法もメカニズムにもとづいた、この種の力学的手法なしには議論できないのである。

なお、実際の破堤例に対して報告される検討や再現計算が決定的なものとならない事由の一つには、堤防とくに土質物性の実態資料が水文関係の資料に較べて著しく不十分であることが指摘できるので、今後の堤防調査項目にこれらの配慮がとくに重要である。

(3) 総合的手法

堤防の安定度を力学的に評価するには、きわめて多くの難問が解決されねばならないとすると、何とかして弱点部を発見する手法とか、護岸等の保護工の効果を経験的なものからでも量的に配点して位置づけるとかして、堤防の安定度を場所的にでも相対的に評価する必要に迫られる。

また、破堤原因には表法面の洗掘、越流、漏水のように現象が全く違うものがあるので、これら各要因別のメカニズムが解明されてもなお全体として堤防の安全度を評価するにはこれら要因ごとのウェイトづけが必要になる。

こうした要請にこたえるため、総合的な安全度の評価手法の試案として、

- ① 外力を F 、抵抗力を R とした場合、安全率 S は $S = R/F$ で表わす。
- ② 外力の基準は $H \cdot W \cdot L$ という計画高水位とし、風による水位上昇分、湾曲部の水位変動分などの外力増減を考える。
- ③ 越流・漏水には水位でよいが、洗掘には流速を外力表現因子とする。
- ④ 既往最大外力に対して、損傷もなくまた水防活動も必要でなかった堤防は安全率が1より大きいと考える。
- ⑤ 水防対策、保護工等は、抵抗力が小さかったか、あるいは外力が大きいところに実施されていたと考える。

等の考え方で、外力や抵抗力を評価し、安全率を試算する検討が始められている。抵抗力には断面形状、土質関係、保護工、水防活動の要因を考え、できる限り判明しているメカニズムに基づいた配

点を行ない、相対的評価のできる安全率の算出が試みられている。淀川の場合、綿密な実態調査に裏づけられたためかなり良好な結果が得られているように思われる。

しかし、この方法には未知の因子や量的評価が多いので、改善が必要であることは当然であり、今後活用しながら工夫してゆけば従来できなかった堤防の評価が可能となるのではないかと思われる。

参考文献

- 1) 羽島ライオンズクラブ：1976年9.12
豪雨災害特集、1976年12月27日
- 2) 河村三郎：長良川の出水について、河川災害に関するシンポジウム、昭和52年2月、pp. 5～13.
- 3) 久保田・河野・宇野：透水 — 設計へのアプローチ、鹿島出版会、1976、p.127.
- 4) 建設省中部地建・木曽川上流工事事務所：木曽三川の治水史を語る、昭和44年3月.
- 5) 建設省近畿地建・淀川工事事務所：水防座談会記録、昭和53年8月.
- 6) 吉川秀夫：河川工学、朝倉書店、1967、pp.196～198.
- 7) 福岡正己：土質力学から見た河川堤防の設計法、土木技術資料、vol.1. №1. 1959 pp.9～15.
- 8) 赤井浩一・宇野尚雄：土中の準一次元非定常浸透流に関する研究、土木学会論文集、№127. 1967、pp.14～22.
- 9) 山村和也：河川堤防の土質工学的研究、京都大学学位申請論文、1971、p.40.
- 10) 福岡正己：河川堤防堤体材料の理想的粒度曲線について、土木研究所報告86号
- 11) i. b. i. d. 9)、pp.44～55.
- 12) 土木研究所：細粒土を材料とする盛土の締めめ基準に関する研究（総括報告）、建設省直轄

- 技術研究会報告集 (A-1.1)、1968、pp. 1 ~ 19.
- 13) 建設省土木研究所砂防研究室：築堤の土質力学的安全性に関する研究、建設省直轄技術研究会報告集 (B-1.4)、1960、pp. 291 ~ 302.
- 14) 山村和也・久楽勝行・山口丸雄：降雨実験からみた斜面の安定解析法、土木技術資料、Vol. 15、No. 3、1973、pp. 22 ~ 26.
- 15) 福田 護：浸水に伴う土のせん断抵抗の低下と盛土斜面の一安定解析、土質工学会論文報告集、Vol. 18、No. 3、1978、pp. 75 ~ 83.
- 16) 宇野尚雄：長良川堤防土の浸水時の力学的性質、土木学会年講 (34回)、Ⅲ - 79、1979、pp. 155 ~ 156.
- 17) 久保田敬一：Effect of Force of Seepage Water on Stability of Soil、神戸大学工学部紀要、1956、pp. 9 ~ 16.
- 18) V. Thanikachalam and R. Sakthivadivel : Grain size criteria for protective filters - an enquiry、Soils and Foundations、Vol. 14、No. 4、1974、pp. 13 ~ 24.
- 19) 宇野尚雄・日下部照造：土質条件が堤体安定に及ぼす影響の試算、土木学会年講 (34回)、Ⅲ - 105、1979、pp. 207 ~ 208.
- 20) 上野 誠・長谷川 功：豪雨時の堤防の安定性に関する一考察、第13回土質工学研究発表会講演集、1978、pp. 961 ~ 964.
- 21) 建設省近畿地建・淀川工事事務所 (堤防調査委員会)：河川堤防の安全度に関する検討報告書、昭和54年3月、

濃尾平野の地盤沈下地帯における標準層序

農林水産省東海農政局地質官

畠 山 昭

I まえがき

農林水産省における濃尾平野地盤沈下に関する基礎調査の一つとして、昭和53年度に木曾川河口左岸旧干拓地（愛知県弥富町稻狐一標高約0 m、図1）に深さ600 mの地質ボーリングを行った。

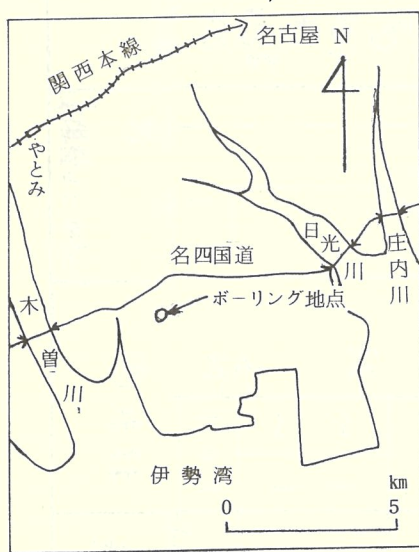


図1 位置図

この主な目的はこの広い地盤沈下地帯において、コアの採取された最近の深い地質ボーリングが殆どないので、濃尾平野地盤沈下地帯の層序の標準にしようすることにあった。これらの学術的研究成果については地質学会等で発表しつつあるが、ここではそれ以外の技術的問題も含めて、この地点の層序を濃尾平野の標準の一つとしたいという観点から報告する。

II 調査法

濃尾平野の地盤沈下地帯における標準層序を考

えるという観点からは、その調査地点は沈下の眼の一つである十四山村～蟹江町付近が適当であったのが、沈下観測井の設置のための調査とあわせて調査せざるを得なかったということと、観測井の土地の取得上この地点になった。又、深さは東海層群の基底まで十分達するべく1,000 m以上を期待したが予算上制約された。

コアをできるだけ採取するため、ワイヤー・ライン工法で掘削したが、砂礫層のところはコア状には採取されず砂礫だけが断片的にとれただけであった。一方、細粒層の採取率は一般に50～100%で平均60%前後であった。

掘削完了後、地層境界判定の補助手段として各種物理検層（電気・自然放射能・ γ ～ γ ）を行い、ほぼその目的は達せられた。

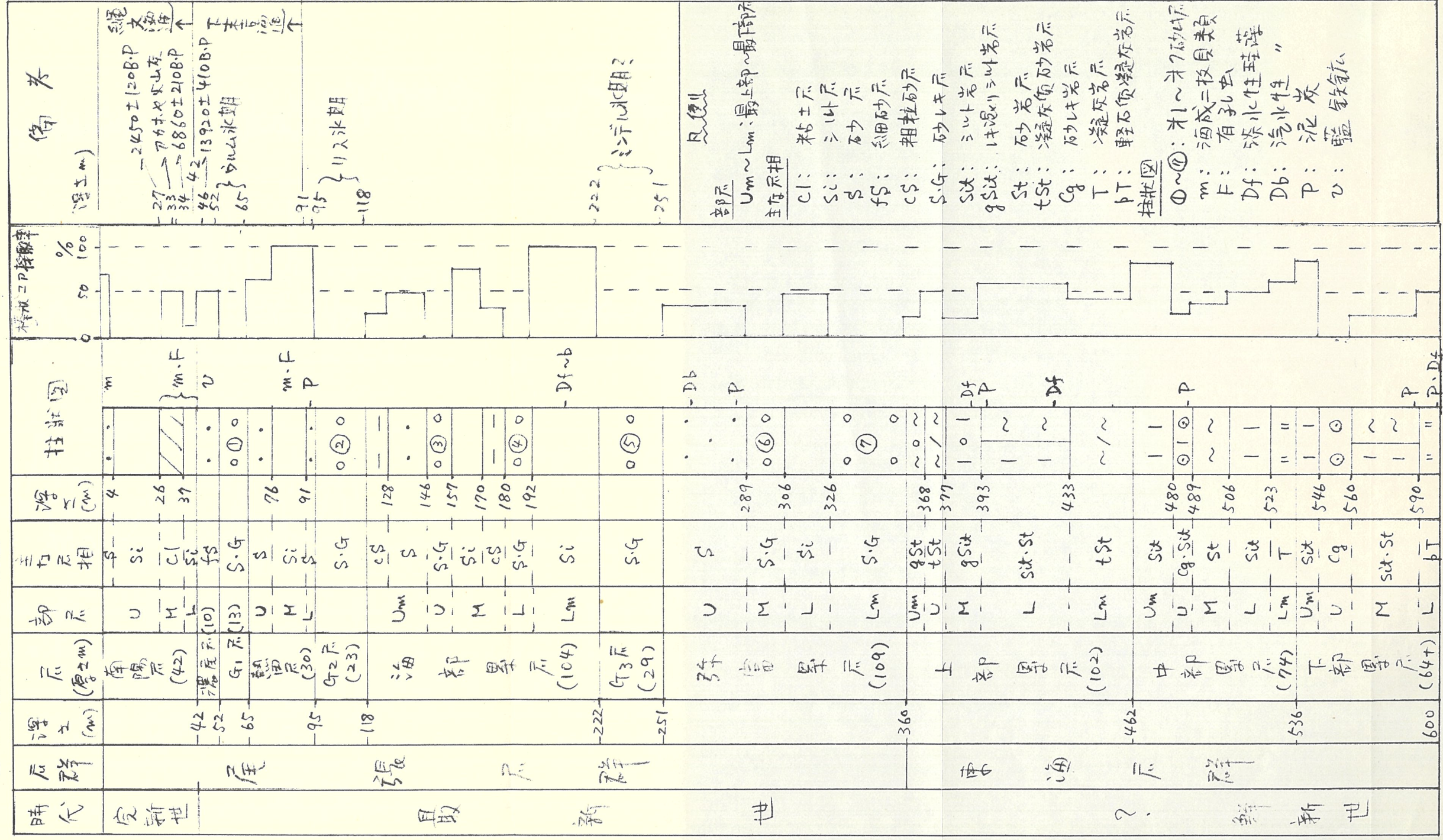
尚、掘削施工はダイヤモンド・有孔虫・珪藻分析鑑定はそれぞれ静岡大・北里博士および名大・森博士、 ^{14}C 年代測定は学習院大・木越博士、アカホヤ火山灰同定は都立大・町田博士による。

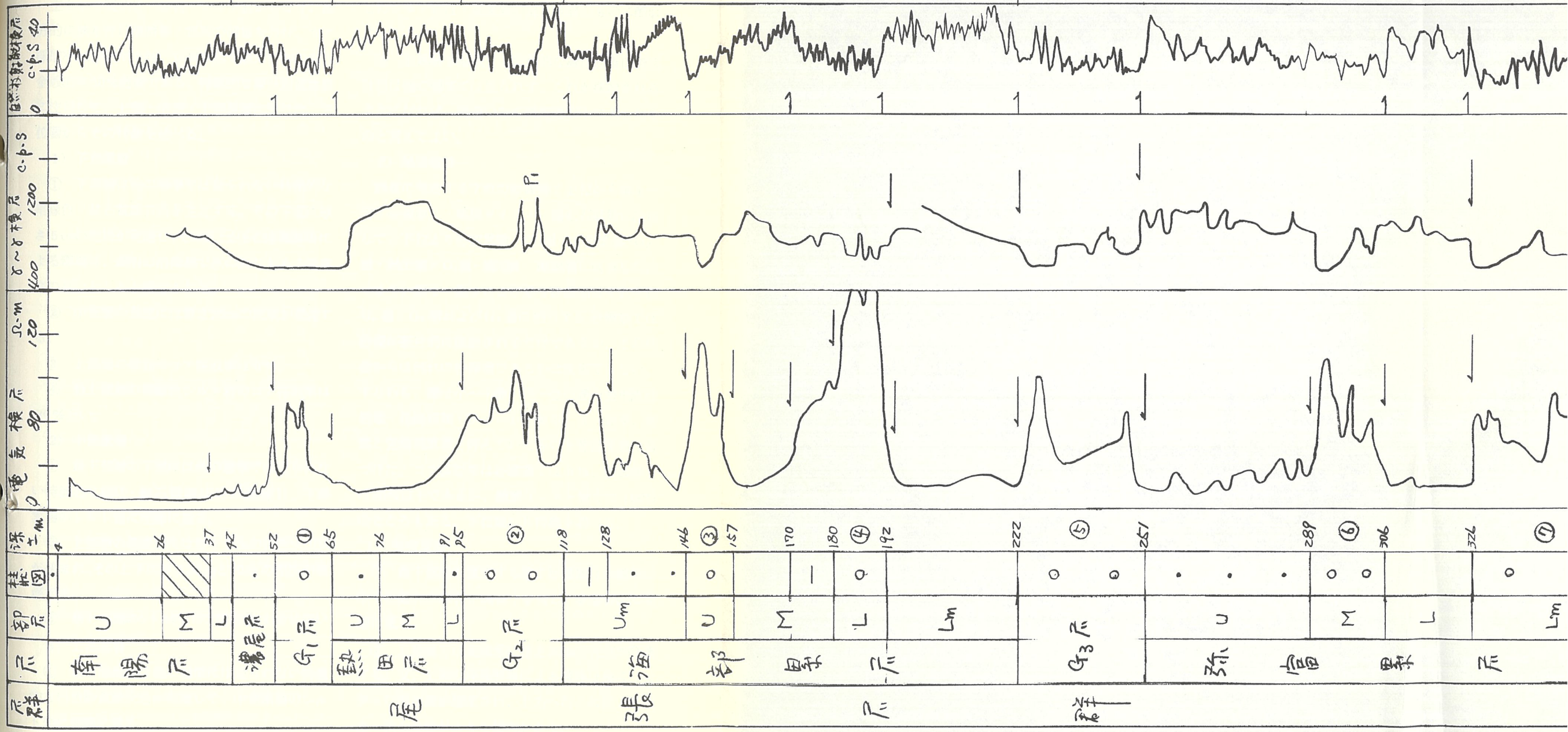
III 地層区分

コアの肉眼的特徴・堆積サイクル・検層曲線・コア分析結果を総合して図2のように層序区分を行った。その地層区分の主な特徴は

1) 深さ360 mを境にして上位層群と下位層群に明瞭に区分される。すなわち、上位層群は主として砂礫層とシルト層の互層からなるのに対して、下位層群は凝灰岩地質層が顕著である。従って、前者は濃尾平野の主体を構成する堆積層で、後者はそれらを堆積させた基盤地層である。よって、下位層群を東海層群相当と考え、上位層群を尾張層群と名づけた。

図-2 木曽川河口ボーリング柱状図





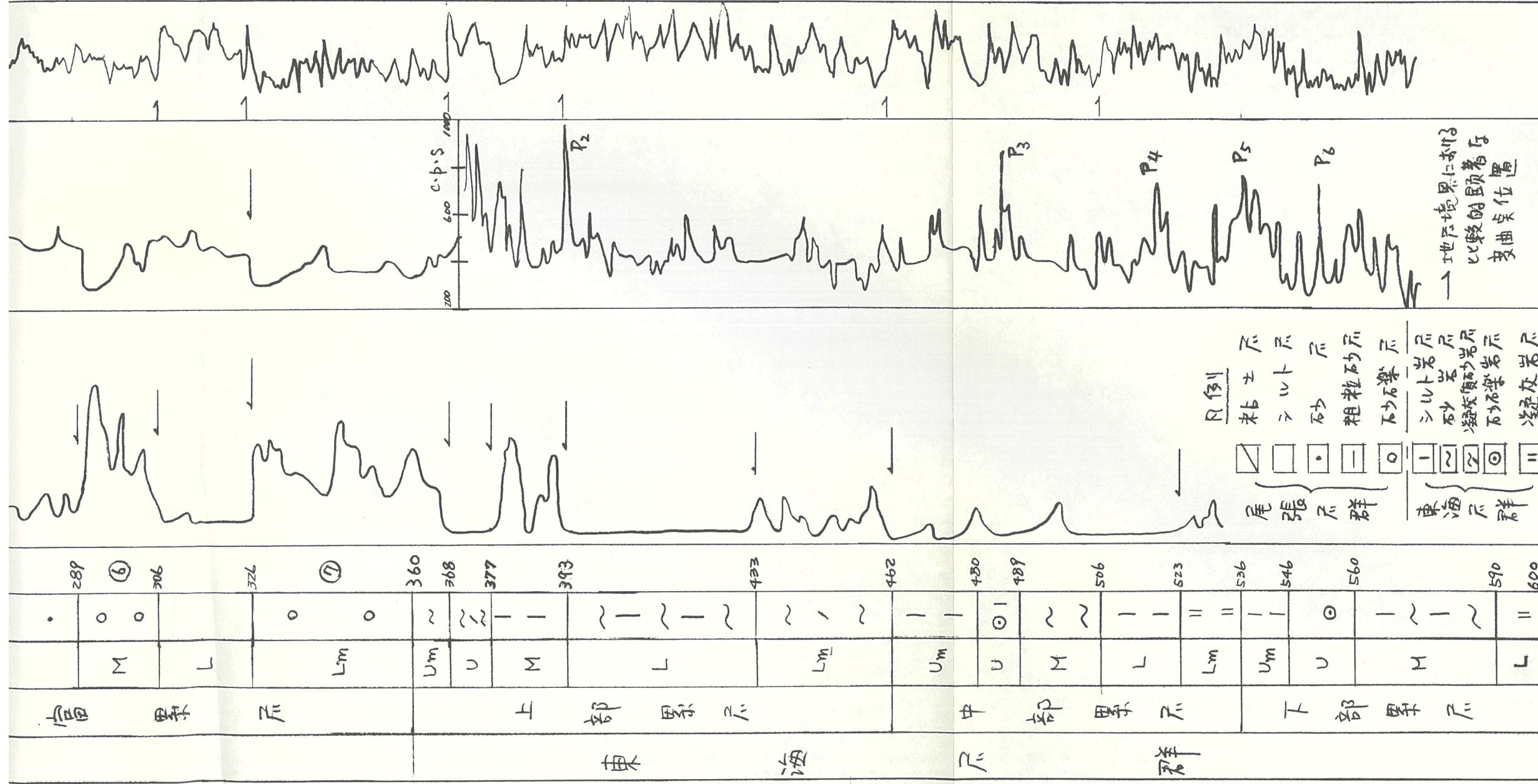


図-3 検層曲線

Um: 最上部層、U: 上部層、M: 中部層、L: 下部層、Lm: 最下部層、①~⑦: 第1~第7砂礫層、P1~P6: 比較的顕著なピーク

2) コア・物理検層・微化石から見て、地層をこれ以上細分できない区分を主な層相として表現した。

Ⅳ 地層の特徴

1) 東海層群

主として凝灰岩・砂岩・シルト岩からなり、部分的に淡水性珪藻群集・泥炭の薄層を含む。コア採取率は礫岩で0%、シルト岩で最大80%であり、全般的に50%前後である。特徴的な凝灰岩質地層に注目して、上部・中部・下部累層に分けた。下位層からその特徴を述べる。

1) 下部累層

① 下部層は他の層準では見られない特徴的な帯緑色・軽石質凝灰岩を主とする。その下底に厚さ5cmの泥炭が発達し、その直上からの珪藻群集による環境は、湖沼の沿岸部で水の流れもある栄養度の高いところと推定される。

② 中部層の基底には厚さ20cmの泥炭が発達する。

③ 上部層の礫岩のコア採取率は0%。

④ 最上部層の帯緑色シルト岩のコア採取率は80%近い。

2) 中部累層

① 最下部層の下部には他の層準では見られない特徴的な縞状・軽石質凝灰岩が発達し、下部累層のシルト岩に明瞭に重る。

② 上部層の基底部には厚さ5cmの白色火山灰が挟まれ、その上下に厚さ30cmと10cmの泥灰が発達する。

③ 最上部層のシルト岩のコア採取率は80%近い。

3) 上部累層

① 最下部層には他の層準には見られない特徴的な白色砂質凝灰岩が発達して、中部累層のシルト岩に明瞭に重る。

② 下部層の下部の珪藻群集による環境は、中～酸性の湖沼で水の流れもあり、上方へ向って酸

性度も高くなる傾向がある。又、最上部には厚さ30cmの泥炭が発達する。

③ 中部層の基底には細粒凝灰質岩からの変質したものと思われる帯緑色シルト岩が発達して、下部層の泥炭に明瞭に重る。このシルト岩の下底には稀ではあるが淡水性の珪藻が見られる。又、このシルト岩は下部累層の最上部層のものに酷似する。

④ 上部層を構成する特徴的な凝灰岩質白斑状砂岩は他の層準には見られず、これが採取されるようになれば、間違いなく東海層群中に入ったものと考えてよい。

2) 尾張層群

顕著に発達する7枚の砂礫層（上位から第1～第7砂礫層）・堆積サイクル・微化石群集に注目して、下位より弥富累層・G₃層・海部累層・G₂層・熱田層・G₁層・濃尾層・南陽層に区分した。つまり、第1・第2および第5砂礫層はそれぞれG₁層・G₂層およびG₃層に相当する。砂礫層では砂礫が断片的に採取されるだけであるが、その特徴からは何れの砂礫層であるかは区別できない。すなわち、礫は小～中礫・円～亜円礫の濃飛流紋岩類・花崗岩類・チャートである。又、従来、莫然と先海部累層と呼んでいたものを弥富累層と名づけた。コア採取率は砂礫層では0%、軟弱層では50%以下であるが、緻密なシルト層では100%のところもある。下位層から特徴を述べる。

1) 弥富累層

① 最下部層を構成する第7砂礫層は砂礫層の中での最大の厚さ（34m）を有し、東海層群に明瞭に重る。

② 上部層では基底部に厚さ30cmの泥炭が発達する。又、上部の珪藻群集による環境は海につながった汽水湖が想定され、上方へ行くに従って汽水～淡水性種がふえる傾向がある。

2) G₃層

本層は砂礫層の中で二番目の厚さ（29m）を有

する第5砂礫層から構成され、弥富累層に明瞭に重り、ミンデル氷期最盛期に対応するものではないかとも考えられる。

3) 海部累層

① 最下部層を構成するシルト層は炭質物の破片を多く含み、固結度が強くコア採取率は100%でG₃層に明瞭に重る。又、深さ205~211mには淡水~汽水性の珪藻が含まれ、下位では河川の下流部或は湖の沿岸部などの浅くて水の流れのある淡水域が想定されるが、上位では現在の伊勢湾よりももっと塩分の低い汽水域が考えられる。

② 上部層と下部層はそれぞれ第3および第4砂礫層で構成される。

4) G₂層

本層は砂礫層の中で三番目の厚さ(23m)を有する第2砂礫層からなっており、海部累層に明瞭に重り、リス氷期最盛期に対応すると考えられる。

5) 熱田層

① 下部層は炭質物の薄層を含む砂層からなり、固結度が強くコア採取率は100%であって、G₂層に明瞭に重る。

② 中部層を構成する緻密なシルト層には、普遍的に海成二枚貝類の破片や有孔虫群集を含み、コア採取率は100%であって下位層との境は明瞭である。この有孔虫群集による特徴は深さ80~90mでは亜熱帯・湾央的環境を示し、浅くなると次第に淡水の影響をうけるようになり、外洋の海流の直接的流れ込みも少なくなる。更に深さ77mになると現伊勢湾に似た温帯環境を示し、淡水の影響の多い内湾の湾央的環境となる。従って、本層が下末吉海進による主な堆積層と考えられる。

6) G₁層

第1砂礫層からなる本層(厚さ13m)は熱田層に明瞭に重り、ウルム氷期最盛期に相当すると考えられる。

7) 濃尾層

本層は藍鉄鉱に富む軟弱な細砂層であって、深

さ46mにおける¹⁴G年代は $13,920 \pm 410$ B.P.である。

8) 南陽層

① 南陽層の基底である深さ42m以浅から深さ26m間を構成する下部~上部層には海成二枚貝類の破片や特徴的な有孔虫群集を含む。この有孔虫群集による環境は現伊勢湾にはほぼ似た温帯の、しかも淡水の影響の多い内湾と考えられる。従って、ここから縄文海進の始った完新世と考えた。

② 深さ34mおよび27mにおける¹⁴G年代は、それぞれ $6,860 \pm 210$ B.P.および $2,450 \pm 120$ B.P.であり、深さ33m付近に鬼界カルデラのアカホヤ火山灰の層準が認められる。このことは従来の年代同定とはほぼ一致する(本地点の北々西約27kmの長良川右岸のボーリングコアでも、標高-21mにアカホヤ火山灰の層準が認められる)。

③ 深さ4~26m間のシルト層は極めて軟弱のためコアは殆ど採取されなかった。又、深さ4m付近の砂層には海成二枚貝類の破片が認められた。

V 物理検層

電気検層・自然放射能検層・ $\gamma \sim \gamma$ 検層を行って、地層の境界を知る補助手段とした。検層曲線は縮小すれば特徴が現われにくくなるが、その主な特徴について述べる(図3・表)。

1) 電気検層

1) 裸孔径が100mmと350mmの部分の一部によって検層して見たが、見掛けの比抵抗値には殆ど変りがなかった。

2) 電極間隔が25cm・50cm・100cmの2極法で行ったが、変曲点の特徴には三者間で余り違いがなく、しかも25cmの場合がより特徴的に表われているので、この曲線について検討した。

3) 特徴的な変曲点は殆どの部層の境界毎にある。しかも殆どの部層はその主な層相を反映して、相対的な見掛けの比抵抗値を持つ。

4) 層相上、余り顕著な特徴が見られない部層

表 検層区分の特徴

地 層		部 層		深 さ m	検 層 (見掛値)		
層群	層	区 分	主 な 層 相		比 抵 抗 値 $\Omega \cdot m$	自然放射能 c.p.s	$\gamma \sim \gamma$ c.p.s
長 張 層 群	南 陽 層	M	粘 土 層	37	10 -		900
		L	シ ル ト 層	42	20 ±	25 ~ 30	
	濃 尾 層		細 粒 砂 層	52		20 ~ 25	
	G ₁ 層		① 砂 礫 層	65	40 ~ 100	25 ~ 35	
	熱 田 層	U	砂 層	76	20 ~ 70		1,000~1,100 P ₁ : 1,300 ... S G
		M	シ ル ト 層	91			
		L	砂 層	95			
	G ₂ 層		② 砂 礫 層	118	80 ~ 120	40 ~ 45	
	海 部 累 層	Um	粗 粒 砂 層	128	20 ~ 40	40 ±	600~700
			砂 層	146	60 ~ 150	20 ~ 25	
		M	③ 砂 礫 層	157	30 ±	30 ~ 40	
			シ ル ト 層	170	60 ~ 110	20 ~ 30	
			粗 粒 砂 層	180	100 ~ 180		700~800
		L	④ 砂 礫 層	192	20 ~ 30	30 ~ 35	
		Lm	シ ル ト 層	222	60 ~ 100	20 ~ 30	600~800
	G ₃ 層		⑤ 砂 礫 層	251	15 ~ 40	30 ~ 40	1,000~1,200
	弥 富 累 層	U	砂 層	289	40 ~ 120	20 ~ 25	900~1,000
		M	⑥ 砂 礫 層	306	20 ~ 40	30 ~ 35	
		L	シ ル ト 層	326		15 ~ 20	600
		Lm	⑦ 砂 礫 層	360	20 ~ 80	20	
東 海 層 群	上 部 累 層	Um	礫 混 り 砂 岩 層	368	10 ±	25 ~ 35	P ₂ : 2,000 ... p
		U	凝 灰 質 砂 岩 層	377	20 ~ 80	25 ~ 30	
		M	礫 混 り シ ル ト 岩 層	393	10 ~ 30	35	
		L	シ ル ト 岩 ・ 砂 岩 層	433	20 ~ 100	20	
		Lm	凝 灰 質 砂 岩 層	462		40	P ₃ : 1,400 ... p
	中 部 累 層	Um	シ ル ト 岩 層	480	10 ~ 80		
		U	砂 礫 岩 ・ シ ル ト 岩 層	489		20	P ₄ : 1,000 ... p
		M	砂 岩 層	506		30	
		L	シ ル ト 岩 層	523	20 ~ 50		P ₅ : 800 ... T
		Lm	凝 灰 岩 層	536			P ₆ : 700 ... Cg
	下 部 累 層	Um	シ ル ト 岩 層	546			
		U	砂 礫 岩 層				

凡 例

部層 Um~Lm: 最上部~最下部層、①~⑦: 第1~第7砂礫層

 $\gamma \sim \gamma$ 検層 P₁~P₆: 顕著なピーク

S・G: 砂礫、Cg: 砂礫岩、T: 凝灰岩、p: 泥炭

間では特徴的な変曲点が見られないところもある（南陽層の上部～中部層間、南陽層と濃尾層間、熱田層の上部～中部層間と中部～下部層間、G₂層と海部累層間、尾張層群と東海層群間、東海層群中部累層の最上部～下部層間のそれぞれの間）。

5) 尾張～東海層間とG₂層～海部累層間が不明瞭なのは、それぞれ、砂礫層と礫混り砂岩層および砂礫層と粗粒砂層との関係によるものと思われる。

6) 見掛けの比抵抗値の特徴

① 南陽中部層（粘土層）10Ω・m以下で直線的に一定である。

② 尾張層群では砂礫層だけが100Ω・m以上で、シルト層は一般に20～40Ω・mである。

③ 東海層群ではシルト岩層が一般に10～30Ω・mであるが、礫混りや凝灰岩質になると高くなる傾向にある。

2) 自然放射能検層

1) 尾張層群では砂礫層とその上下に重る均質なシルト層或は砂層との境には、一般に変曲点があり、見掛けの放射能強度は前者で低く後者が高い。

2) 東海層群では顕著な凝灰質岩の上下に変曲点一般在現われ、見掛けの強度は凝灰質岩で相対的に低い。

3) γ ～ γ 検層

1) 尾張層群では砂礫層と細粒層間に変曲点がある場合があり、見掛けの値は前者で低く後者で高い傾向にある。

2) 東海層群では特徴的な変曲点は見られない。

3) 顕著な強度を示すピーク（P₁～P₆）は泥炭に富む付近、砂礫や砂礫岩の付近、或は凝灰岩の付近に見られる。すなわち、

① P₁、P₆はそれぞれG₂層（第2砂礫層）および東海下部累層の上部層（砂礫岩層）にある。

② P₂～P₄は東海層群中の泥炭の発達するところにある。

③ P₅は東海中部累層基底に発達する特徴的な縞状・軽石質凝灰岩の付近にある。

土性のバラツキとサンプルサイズについて

興亜開発株式会社 中部支店

藤 川 和 之

1 はじめに

乱さない試料をサンプルチューブより押し出したことのある人であれば誰でも知っていることであるが、一般に均質だとみなしている粘土層であっても詳しく見れば貝殻や砂、小レキあるいは貝のあけた穴などがあって、力学的特性は大きくバラツキているのが普通である。したがって試験室においては無意識のうちに押し出した試料のうち形成し易い、云いかえれば粘土っぽい部分を供試体に用いている。この他にもすべり面の方向などの因子もあるが、ともかくも土性は本来バラツキていると考えられるから、例えば「サンプリングや試験の過程で試料が乱されるから、試験の結果は常に地盤の真の強さよりも小さくなっており、設計に用いるべき強度としては q_u-Z の高い方を用いるべきである。」という意見には賛成できないのである。

設計に用いるべき値と設計式と安全率は、3位1体の関係にあり、その調和をどこか1ヶ所だけ乱すことは危険である。

これまでの円形すべり破壊とみなせる破壊例の検証結果は、設計値としては非排水強度の平均値を用い $\Phi_u = 0$ 法で計算した結果、安全率として $\pm 10\%$ の誤差を示している。

その結果、決して実際の現象を全て表わしているわけではない円弧すべり計算という慣用法を用いても安全率として 1.3 以上あればほぼ安全であろうと実務上みなすことができるのである。

この報告の基調としているところは“地盤の特性は本来バラツキており、唯一無二の真値があるわけではなく、また、サンプリングや試験の過程

が全てのバラツキを生んでいるのではない”ということである。このようなバラツキを有する地盤の、設計強度の決定が安全性に与える影響と、設計強度を決定するためのサンプリングの間隔、およびセン断試験の個数はどのようにしたらよいのであろうか。もちろん、このようにバラツキのある特性値から設計に用いるべき値を決定しようとする場合には、ある程度の個数の試験を行なう必要があるが、そしてその試験の個数としてはバラツキの大きい程多くの個数が必要であることは十分理解し得るところである。したがって費用のことを考慮に入れる必要がないならば試験個数は多い方が望ましいに決まっているが、実際には予算や、構造物の重要性などにより左右される。このような要因を整理すると、

- ① 自然地盤の不均質性（変動係数、自己相関係数）
 - ② 構造物の重要性と社会、経済的環境（建設費用と調査費用の関係）
 - ③ 予算上の取扱いを必要とすることから大幅な数量の変更にならないよう事前にある程度の精度で数量の把握を行なっておきたいこと。
- などが考えられる。もちろん構造物の種類によっては乱さない試料の要求度の少ないクイ基礎なども考えられるが、ここでは非排水セン断強さ C_u が支配的因子であるような問題について考察するものとする。

この考察の結論を初めに示すならば、サンプリングの間隔は 1 m、1 本のサンプルチューブ当りの q_u は 4 個が望ましいことがわかった。

一般に土質調査を行なう時点では構造物の詳細

な断面や、あるいは工法の代替案などは決まっていないのが通常である。したがって構造物の断面や工法を与えなければ調査規模を決めれないというのでは実際的でない。そこで大雑掬ではあるが、試験個数（調査費）と試験個数を増すことによる総建設費の低下についてモデル計算を行なって上記の提案の妥当性を確かめた。

2 土性のバラツキと設計強度の取り方

2.1 自然地盤の不均質性

ここで取りあげている C_u が自然状態で大きくバラツキることについては既に多くの報告がなされている。このバラツキの程度を変動係数 V_c ($V_c = \text{標準偏差 } \sigma / \text{平均値 } \mu$) で表わすと、我国および海外の報告とも $V_c = 0.15 \sim 0.4$ 程度であることが知られている。次の図-1に示す $q_u - Z$ を単一の粘土層として考えて整理すると $V_c = 0.124$ でありかなりバラツキの小さい方であることがわかる。¹⁾ 図-2はこれを頻度分布で示したものである。 V_c がどの程度まで大きくなるか調べた例として、愛知県衣浦湾における昭和39年から昭和51年までの q_u を整理したものがある。衣浦湾は湾央を境として西側は沖積粘土が、東側は洪積粘土が堆積しているが、この例は東側のものである。この東側沖積粘土を湾内の位置、粘土層の厚さ、調査年月、調査業者など一切の条件を無視して粘土層表面からプロットしたところ $V_c = 0.5$ であった。このように比較するのが無理であると思われるようなデータでも $V_c = 0.5$ 程度であるから、一般に我々が設計上均質だとみなしているような粘土層においては、 $V_c = 0.3$ 程度としてよいであろう。

2.2 設計強度の取り方と破壊確率

もう1度図1の $q_u - Z$ を見ていただきたい。

図中の3本の実線はそれぞれ

$$\text{a 法 } C_u \text{ a} = \sum_{i=1}^N (q_{ui}/2) / N = \mu_c$$

$$\text{b 法 } C_u \text{ b} = \mu_c - \sigma$$

$$\text{c 法 } C_u \text{ c} = \mu_c + \sigma$$

を表わしている。（ $\mu_c = \text{平均値}$ 、 $\sigma = \text{標準偏差}$ ）これは設計強度を求める場合の技術者のとる態度の代表的なものを示したものであり、(a)は平均的なところ、(b)は安全を考えて小さめを採用したものである。非常に調査量が少ない（数個しか得られていない）場合には不安のため得られた強さの最底値付近を採用したくなるであろう。(c) は q_u が得られるまでの過程における試料の乱れの影響

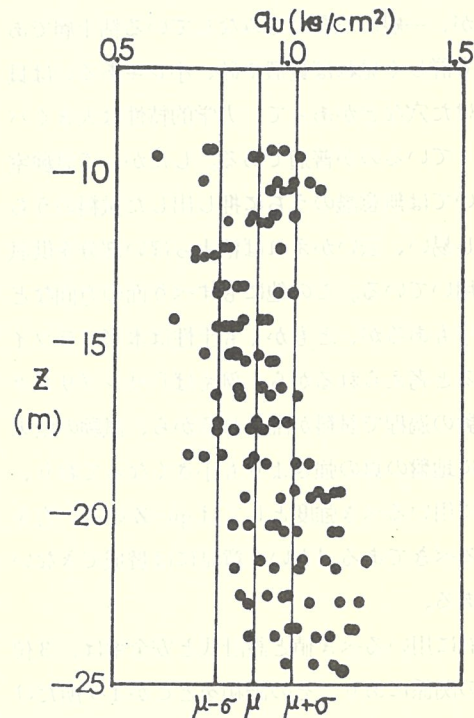


図1 Fig. 1 yokkaichi

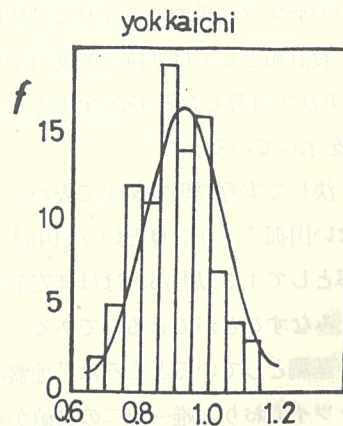


図2 (1) q_u (Kg/cm²)

により、 q_u が地盤内における実際の値より 低く なる 考える から である。

図 2(1)は図 1 を頻度分布の形に表わしたものであるが、図 1 からわかるように深さ方向に強さが定性的に増加すると考えるのは、工学的にも統計的にも無理がある。そこでこの層を工学的には同一の層として取扱うべきであるという立場から図 2(1)を $\alpha = 5\%$ で x^2 検定すると正規分布であることが確められた。

さて $\Phi_u = 0$ とみなせる場合には安全率 F_s は

$$F_s = \bar{C}_u / \bar{S} \quad S: \text{すべらそうとする力}$$

で表わされる。すべらそうとする力 S は盛土の場合、湿润密度 γ_b の関数で表わすことができるが、 W 、 S とともに正規分布することが知られているから、 $C_u > S$ なりといえども、 $C_u < S$ なる確立は存在するのである。これを破壊するかも知れない確率 P_F と呼ぶ。²⁾

いま γ_b の変動係数は一般に C_u の変動係数に比べて 1 ケタ程度違うから γ_b のバラツキはないものとして、設計強度の決定の方法 a、b、c による P_F の差がどのようになるかを図 1 の例で計算したものが図 2(2)である。ただしこの図は a、b、c 法において同一の P_F を与えるように $F_s^* b$ 、 $F_s^* c$ を平行移動したものである。この例は $V_c = 0.124$ で、普通の粘土地盤に比べてバラツキの小さい方である。しかし、それでも $F_s^* = 1.2$ で設計した場合、地盤強さとして平均値を採用すれば $P_F = 9\%$ であったものが、 σ だけ大きい強さを採用すると $P_F = 30\%$ にもなることがわかる。

さて建設にかかる総費用 C_T は、構造物が破壊したときの複旧費すなわち破壊損失費 C_F を考慮に入れると

$$C_T = C_e + C_c + P_F \cdot C_F$$

(C_e : 調査費、 C_c : 初期建設費)

で表わすことができる。そして総建設費 C_T を最少とする設計が最適設計であると考え、 P_F の大きい、すなわちバラツキの大きいものほど期待

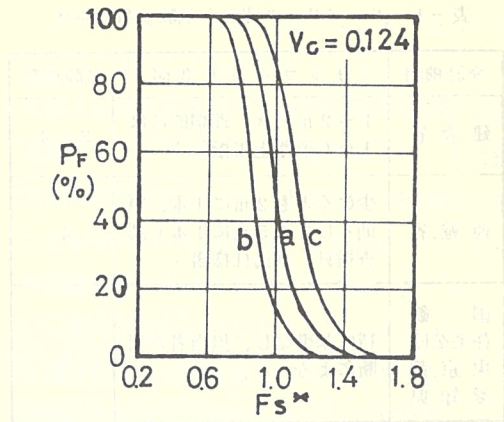


図 2 (2)

損失費用 ($P_F \cdot C_F$) が大きくなって最適化が困難になる。したがって地盤のブロック分けも必要であろうが、調査規模も確率統計的に検討される必要があると考えられる。

3 サンプル間隔と試験個数の決定

3.1 サンプル間隔と試験個数の現状

サンプル間隔や試験個数の現状として、発注者側としての諸官庁における仕様や指針を調べたものが表 1 である。

すなわち建設省、運輸省においては 1~2 m に 1 本のサンプリングをするように定めているが、その他の機関においては明確な基準はなく、調査計画の立案者の判断に任かされているのが現状である。^{3)・4)・5)}

一般にシンウォールサンプリングと称している乱さない試料の採取方法は、1 m のチューブを用いて 80 cm 程度採取するのが普通である。したがって 1 m ごとに採取するのが実際には最も密な採取間隔である。このように 1 m あるいは 1.5 m という間隔で採取されている場合には土性の変化については十分な精度で追跡できるであろう。しかし、構造物の重要度にかかわらずこれだけの採取が常に必要であろうか。

次に 1 本のサンプルチューブの中から、セン断試験 (一軸圧縮試験) を何個行なうかについては、

表-1 サンプル間隔と試験個数の現状

発注機関	サンプリング間隔	試験個数
建設省	1～2 m おき、理想的には 1 m (道路上工指針)	2～4
運輸省	少なくとも 2 m に 1 本、原則として 1.5 m に 1 本 (調査指針、共通仕様書)	4
国鉄 住宅公団 東京都 愛知県	特に基準なし、担当者の判断による。	2

運輸省が 4 個、建設省が 2～4 個で、他の機関は大むね 2 個である。

調査業協会の発行している標準積算試料も 2 個当りの費用を示している。⁶⁾ また特に個数の指定のない機関もある。土質工学会編の土質試験法では 2～3 個行なうのがよいとしているが明確に個数は示されていない。⁷⁾

これからみれば、運輸省の 4 個というのは例外で、サンプルチューブ当り 2 個というのが一般のようである。しかし以下に検討するように試験個数としては多い方が望ましいので、調査業協会の積算資料には 4 個当りの歩掛りを示されたいと希望する。

3.2 自己相関係数とサンプリングの間隔

土質調査において乱さない試料を採取し、Cu を測定する目的は、構造物の安定の検討を行なうためである。円弧すべり計算法によって安定性を計算する場合、安全率が最小となる円弧は Cu の最も弱いところを通るであろうことは容易に想像される。したがって土質調査において、この最も Cu の低い層を見逃すことは調査目的の大半を失うことになる。深さ方向に異なる地層が存在する場合には、かならずサンプリングを行なう必要があるのはこのような理由による。

では一般に Cu の深さ方向の変化はどのようなものであろうか。松尾・浅岡あるいは Wu のデータによれば、Cu の深さ方向の自己相関係数 $r(\tau)$ は、

深さ方向の距離 τ の単調減少関数であるとして

$$r(\tau) = e \times P(-A|\tau|)$$

なる関係を示し、その実測例として

シカゴ (Wu)

$$r(\tau) = e \times P\left(-\frac{\tau}{1.3}\right) \quad \tau: \text{ft}^{8)}$$

渡良瀬 (松尾ら)

$$r(\tau) = e \times P(-0.834\tau) \quad \tau: \text{m}^{9)}$$

名古屋港(1) (松尾ら)

$$r(\tau) = e \times P(-0.752\tau) \quad \tau: \text{m}^{9)}$$

名古屋港(2) (松尾ら)

$$r(\tau) = e \times P(-1.602\tau) \quad \tau: \text{m}^{9)}$$

などを示している。

この結果から明らかになることは、深さ方向の相関がみられるのは、普通 2 m 程度までであり、相関が強いのは 1 m 程度であることである。このことは、たとえ粘土層が深さ方向に均質であるとしても、統計的には、1～2 m 離れると相関性がなくなり、異った強さを持つ層が現われる可能性があることを示している。このことから、通常のシンウォールサンプリングでは厳密にこれらの地層の強さを知るためには、ほぼ連続したサンプリング、すなわち 1 m 間隔のサンプリングが必要であることを示している。これに対して水平方向には鉛直方向に比べて非常に相関性が強いことも松尾らは示している。

3.3 Cu の推定とセン断試験の個数

さて地盤の不均質性や自己相関性の検討からサンプリングの間隔としては 1 m ごとに行なうのが適当であることがわかったが、セン断試験の個数はいくらが最も妥当であろうか。

軟弱地盤上に防破堤や道路を造る場合に、地盤の強さによって種々の代替案が選ばれる。例えば良質土と置換える以外に全く手段のないような弱い地盤であるのか、あるいは、もう少し強く押え盛土または緩速施工で可能なのか、という判断が調査の結果下されるわけである。したがって、このような代替案の選択においては、結局 Cu の平

平値 $\bar{C}_u$ の検定の問題となる。なぜならば、一般の安定問題においては設計値として $\bar{C}_u$ を用いることが妥当だと考えられるからである。¹⁰⁾

さて C_u の母集団については正規分布であるとしてよいことがこれまでの研究で知られている。したがって信頼係数 $(1 - \alpha)$ に対応する信頼限界は近似的に

$$\bar{x} \left(1 - t\alpha \frac{V_c}{\sqrt{n-1}} \right) < \bar{C}_u < \bar{x} \left(1 + t\alpha \frac{V_c}{\sqrt{n-1}} \right)$$

である。ここに $\bar{x}$: C_u の標本平均、 V_c : 変動係数、 n : 試験個数、 $t\alpha$: 自由度 $(n-1)$ の t 分布において確率積分値が α になる積分限界値、

$$V_c = 0.1, 0.3 \quad \bar{x} = 5.0 \text{ t/m}^2$$

の場合について、 n による信頼限界の下限値の変化を図3に示す。ここで下限値のみを示したのは、設計の安全側として、技術者の選択が下限にくるであろうとの意味である。

この図より明らかにされる点は、 $\bar{C}_u$ の推定には、 V_c が非常に大きくさいてくることである。例えば、 $V_c = 0.3$ の場合、 $\bar{C}_u$ の下限値が 4.0 t/m^2 になるのは $n = 22$ であるが、 $V_c = 0.1$ の場合には同じ $\bar{C}_u$ の下限値を与える個数は6でしかない。

次に n が少ないうちは、 $\bar{C}_u$ の上昇は非常に急であり、少なくとも5~10個、できれば30~40個の試験を行なうのが望ましいことがわかる。

さてこのような試験の個数は本来、設計上均質であると見なした粘土ブロック全体からランダムに取り出されたものでなければならない。しかし実務上そのような採取は困難であるし、また鉛直方向の相関性に比べて、水平方向の相関性が強いことが知られているから、1本のボーリング孔内の試験結果で全層を代表させるものとする。

一般に行なわれるシンウォールサンプリングでは通常80cmの試料を採取することができる。この試料のうち乱れの程度の大きい上下端部を除くと、力学試験に供することのできる試料の長さは、せいぜい40~50cmであって、一軸圧縮試験であれば4~5個の試験しか行なえない。図3より明らかなように試験はできるだけ数多く行なう方が望ましいから、1本のサンプルチューブ当り4個の試験を行なうのが適当であると考えられる。

この個数については後に簡単にモデル計算によってもその妥当性が確かめられるが、粘土ブロック全体に対する n の最適解は、30~40個になると考えられ、1本のサンプルチューブからは、なるべくたくさんの試験を行なっておく方がより経済的である。もし、30~40個の n が最適解であるような構造物の場合、1本のサンプルチューブから1個の試験しか行なわないとすると水平方向に3本も4本もボーリングを要することになり経

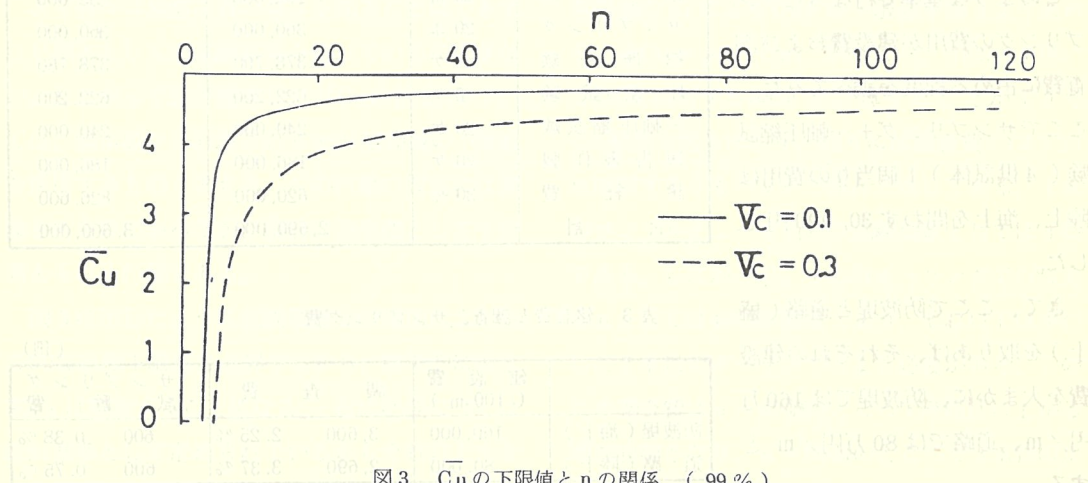


図3 $\bar{C}_u$ の下限値と n の関係 (99%)

済的にみても妥当な解は得られない。

4 調査規模の最適化

4.1 調査費の建設費に対する比率

これまでの議論でサンプリングの間隔としては1 m、試験の個数としては1本のサンプルチューブ当たり4個行なうのが望ましいことがわかった。ではどのような構造物においてもこれだけのサンプリングを試験が必要であろうか。まず第一に考えられることは、例えばクイ基礎の場合にはこれほどのサンプリングは必要ないであろう。このように構造物の種類によってセン断強さの要求度が異なるからサンプルサイズの決定も基礎型式に左右されることがわかる。しかし、このような基礎型式の選定は、結局十分な量のデータを解析した後、初めて代替案の決定が可能であることを考えると、事前調査の段階では、最もデータを多く要する代替案によってサンプルサイズを決定する必要がある。(予備調査により代替案が限られてしまう場合にはそうでない場合もありうる。)したがってCuが基礎型式の選定に対して支配的因子であるような問題(安定問題)では結局、前に述べたような理由で1 mごとのサンプリングと4個の試験が望ましいといえる。

このような基準で行なったサンプリングの費用が建設費および調査費に占める程度を調べてみた。ここでサンプリング+一軸圧縮試験(4供試体)1個当りの費用は陸上、海上を問わず30,000円とした。

さて、ここで防波堤と道路(盛土)を取りあげ、それぞれの建設費を大まかに、防波堤では160万円/m、道路では80万円/mとする。

水平方向のボーリング間隔としては100 mをとることにする。すなわち、建設上は100 mの区間内では水平方向に均質であると考えるのである。

表2は昭和53年度の積算資料による調査費の内訳であり、表3は建設費に占める調査費とサンプリング費(一軸圧縮試験を含む)の関係を示したものである。

この表からわかるようにサンプリング費の建設費に対する比率は非常に小さく、その影響ははなはだ小さく見える。しかしながら、ここに示された建設費は、例えば $F_s = 1.3$ という基準のもとで作られた場合のものであるが、サンプリングや試験の結果、その安全率を下げ得る、あるいは逆に、安全率を一定にして構造物の断面を節約することができるとすれば、その建設費の減少分は、サンプリングや試験によりもたらされたものとしての評価をすべきである。

4.2 サンプルサイズの最適化

以上、主として実務的な側面からサンプリングの間隔と試験個数について検討してきた。調査の指針としての意義は、例え数学的、力学的厳密さ

表2 調査費の試算(20 m掘削の場合)

項 目	数 量	陸 上	海 上 (水深8 m)
足 場 仮 設	1	90,000	734,000
掘 削	20 m	192,000	252,000
サンプリング	20 本	360,000	360,000
物 理 試 験	20 ケ	378,700	378,780
圧 密 試 験	20 ケ	622,200	622,200
一軸圧縮試験	20 ケ	240,000	240,000
報 告 書 作 製	20 ケ	186,000	186,000
諸 経 費	30 %	620,000	826,600
合 計		2,690,000	3,600,000

表3 建設費と調査、サンプリング費

(円)					
	建 設 費 (100 m)	調 査 費		サンプリング 試 験 費	
防波堤(海上)	160,000	3,600	2.25 %	600	0.38 %
道 路(陸上)	80,000	2,690	3.37 %	600	0.75 %

には多少欠けたとしても、大局的な判断を誤ることのないような手法の決定にあると考えられる。その意味で1mごとのサンプリングと1本のサンプルチューブ当たり4個の試験、という方法はわかり易いし、かつ実際である。また現実に行なわれている方法とさほど大きな差はないことから指針として用い易い。しかし、土質調査の規模として、これでよいという保償はない。極端な場合の例として、湾岸道路のように非常に重要な構造物で、かつ問題となる粘土層が薄い場合には、平行して2本以上のボーリングを行なわなければならない場合があるかも知れない。

では本来、土質調査の規模は、どのようにして決定されるべきであろうか。松尾やあるいは黒田、浅岡らの研究により、統計的決定理論による土質調査規模の最適化の手法が研究されてきた。¹¹⁾ これらの手法は逐次比検定、あるいは逐次群検定の方法であり、このままの形では実務にはやや複雑にすぎると考えられる。実務としては、構造物の大まかなランク付けと、それに必要な調査規模が示されているのが便利である。この節では、これまで述べてきた、1mごとのサンプリングと、1本のサンプルチューブ当たり4個の試験を行なう方法が、どの程度の構造物までフォローできるかを調べてみた。

さて我々は地盤の真の強さを知ることはできず、ただ標本としての試験結果を持っているにすぎない。したがって設計値としての $\bar{C}_u$ の決定については、標本値から計算される99%信頼域の下限値を採用するものとする。この行動の仮定には異論もあるのであろうが、設計の安全側として十分考えられる行動である。

図3に示したように試験個数 n の増加により C_u の99%信頼下限値は上昇するから、結果的に安全率 F_s は増加することになる。一般に必要な F_s は設計基準として定められているからそれ以上大きくすることはない。したがって増加した F_s に見

合う分だけ構造物の断面を節約することができる。結局 n を増加することは建設費の低下として表わすことができるわけである。ただし建設費の低下はあくまでもケーススタディであり、その構造物ごとに試算しなければならない。

ここでは防波堤の置換え断面と盛土のノリ勾配の2つを取りあげて建設費の変化を示した。2つの例とも粘土層の厚さは10mである。

置換え幅とノリ勾配を変えた場合の F_s の建設費の変化(ΔC_e)を示したのが図4である。この例では ΔC_e と ΔF_s の間に直線関係があるものとして $\Delta C_e/\Delta F_s$ は置換えの場合12,000万円/100m、盛土の場合16,000万円/100mとする。

次に $\bar{C}_u$ を変えた場合の F_s の変化を図5に示す。 $\Delta F_s/\Delta C_u$ は置換えの場合0.297、盛土で0.525である。

これから、

$$(1) \Delta C_e = 0.297 \times 120 \times 10^6 \times \Delta C_u$$

$$= 35.6 \times 10^6 \Delta C_u \text{ (置換え)}$$

$$(2) \Delta C_e = 0.525 \times 160 \times 10^6 \times \Delta C_u$$

$$= 84.0 \times 10^6 \Delta C_u \text{ (盛土)}$$

なる関係がある。

さて無限個の n について試験を行なうと、母平均として $\mu_c = 5.0 \text{ t/m}^2$ が得られる場合を仮定し、この場合の初期建設費(ΔC_e)を基準(0)とする。有限個の n_i による C_{ui} の下限値を図3より求める。 $\Delta C_u = \mu_c - C_{ni}$ であるから、(1)(2)式を用いて ΔC_u に対する ΔC_e を計算することができる。この結果を図6に示す。図6には調査費(C_e)(10mに対する)もハッチで囲んで示してある。1本のサンプルチューブ当たりの試験個数としては4個である。したがって、1本のボーリングで行なえる n としては40個が限度であり、それ以上は平行した2本目のボーリングによる必要がある。このため調査費は $n=40$ 個のところで階段状に上がる増加曲線となり、 $n=80$ 個のところで3本目のボーリングを必要とする。

いま期待される破壊損失費（破壊した時の補償や修復費）を一定とするならば、総建設費 C_T は $C_T = C_c + C_e$ で示されるから、 C_T min を与える n が最適値である。

図6によれば、 $V_c = 0.1$ の場合には、 $n = 40$ 個が最適な n であり、 $V_c = 0.3$ の場合

には、 $n = 80$ 個が必要となる。この例では延長100 m 当りで試算しているが、この例のように初期建設費の大なるものでは、100 m の区間に2本のボーリングを行なうことが望ましいことを示している。

初期建設費の小さいものでは、（図7）調査費のうち固定費（サンプリング、試験費を除いた費用）が大きいため、1本のボーリングでなるべく多くの試験を行なっておくべきであるが、實際上1 m 当り4個が限度であるため、最適値としては、 $n = 40$ 個が得られている。しかし例えば載荷重より地盤強さがかなり大きいことが予備調査で知られているような場合には、これほど多くの調査を必要としない場合もあるであろう。

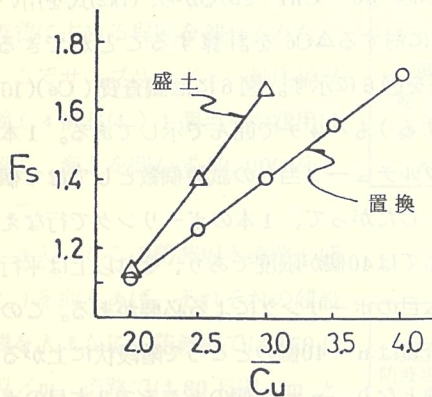


図5 C_u と F_s の関係

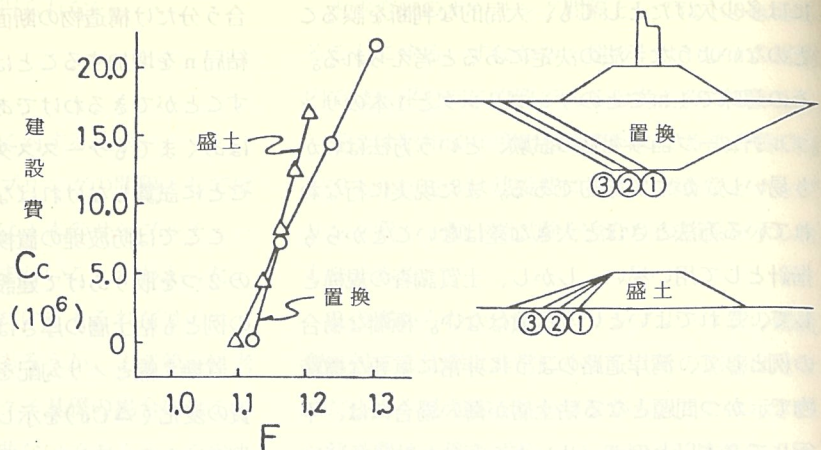


図4 F_s と C_c の関係

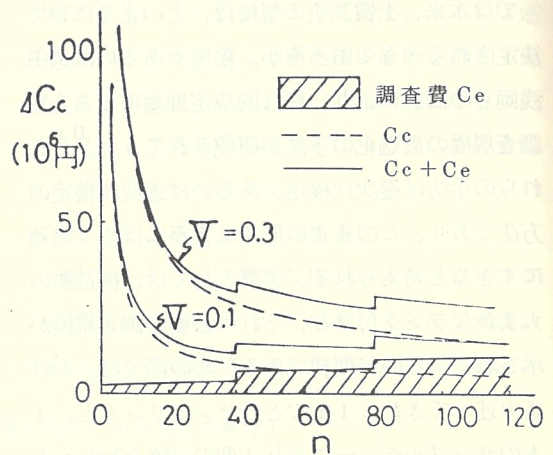


図6(a) 置換え

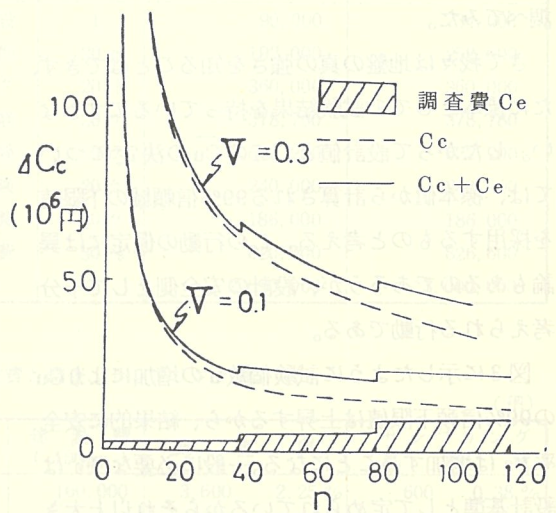


図6(b) 盛土

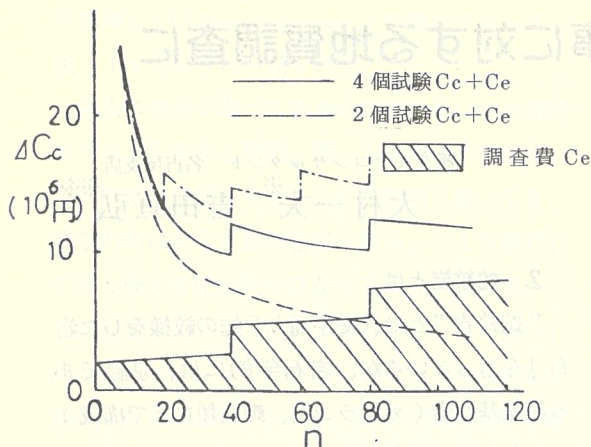


図7 $\Delta C_c/\Delta C_u$ の小さい例 ($V_c=0.3$)

5 まとめ

地盤が不均一であることは、調査に携わる者は皆十分認識していることであるにもかかわらず、一般の設計が設計値として唯一の値を要求することから、ともすれば特性値のバラツキを邪魔者扱いしてきたきらいはないであろうか。確かに調査や試験の段階で特性値のバラツキを増幅していることはいなめないにしても、やっぱり土は本来的にバラツキを有していると考えられる。したがって今後はこのバラツキを確率統計論的に処理していく信頼性設計が応用面においても活用されていくものと考えられる。

サンプリングの間隔としては、地盤の不均一性から1mごとに行なうのが望ましいこと、また1本のサンプルチューブからは、なるべく多くの試験を行なうべきであるが、4個が實際上最大の個数であると考えられることから、4個の試験を行なうことを提案し、簡単なモデル計算でこの提案が妥当であることを示した。

この報文は、昭和53年11月に行なわれたサンプリングシンポジウムに提出した論文に加筆したものであることを付記する。

(技術士・技術部長)

参考文献

- 1) 松尾稔・藤川和之：地盤強度決定についての一考察、土木学会中部支部昭和43年度研究会発表会
- 2) 松尾稔：信頼性設計の考え方と問題点・土と基礎・Vol 25、No 11.
- 3) 道路土工土質調査指針(昭和52年)社団法人日本道路協会、pp 22.
- 4) 港湾調査指針(昭和46年)社団法人日本港湾協会 pp 365.
- 5) 港湾工事共通仕様書(昭和51年)社団法人日本港湾協会、pp 19.
- 6) 全国標準積算資料(昭和52年)社団法人全国地質調査業協会連合会
- 7) 土質試験法(昭和50年)社団法人土質工学会 pp 353.
- 8) Wn, T.H (1974) : Uncertainty, safety and decision in soil engineering, Proc. ASCE, GT 3, pp 329 ~ 348.
- 9) Matsuo M & A. Asaoka (1977) : Probability models of undrained strength of marine clay layer, Soil & Foundation, Vol. 17, No 3, pp 1 ~ 15.
- 10) 例えば B : shop, A. W. & L. Bjerrum (1960) : The relevance of the triaxial test to the solution of stability problems, Proc. of Research Conf. on Shear Strength of Cohesive Soil, ASCE, pp 437 ~ 501.
- 11) 松尾稔・黒田勝彦：盛土建設のための土質調査と盛土の安定性に関する研究、土木学会論文報告集、第196号、pp 7 ~ 86、(1971) あるいは 浅岡顕・松尾稔(1976) : Bayss 決定理論による最適土質調査規模、土木学会第31回年次学術講演会第3部、pp 409 ~ 411.

について

(株)ダイヤコンサルタント 名古屋支店

大村一夫[※] 吉田亘弘^{※※}

1. はじめに

建設工事にまつわる種々な地質現象の不可解さは、枚挙にいとまがない。“土木家さん”の蛇紋岩に対する本能にも近い嫌いはそのうちの一つであろう。その様はあたかも「蛇を本能的に恐れる乙女の姿」にも似て、いつも説明に窮するが、この理由は一体何に起因するのであろうか。

この業界に入ってまだ僅かの経験しかない筆者らであるが、“地質家”の守備範囲に入る蛇紋岩について、“土木家さん”に手助けできるものは何なのかと絶えず悩んできた。

ダムにしろ、トンネルにしろとにかく蛇紋岩は
恐れられている。これは一口に言って、蛇紋岩は
壊れやすい岩石であるからであろう。ではなぜ蛇
紋岩は壊れやすいのだろうか。

そこで次のような問を考えてみた。

1)蛇紋岩とは一体どんな岩石であるのであろうか。また蛇紋岩を見分けるにはどうすればよいのだろうか。

2)蛇紋岩の何が施工を困難にするのだろうか。

3)蛇紋岩の特性と施工性には関連性があるのだろうか。

4)調査に際して、蛇紋岩の何に注意すればよいのだろうか。

蛇紋岩について考える機会を与えられたので、
 以上のような視点から土土地質調査の立場で日頃
 考えていたことを少し述べさせていただくことに
 するが諸先輩方の御批判、御高見をお願いする次
 第である。

2. 蛇紋岩とは

“蛇紋岩”とは、文字通り「蛇の紋様をした岩石」を言っているが、岩石学的には、原岩である超塩基性岩（カンラン石、輝石類などで構成）が、熱水及び圧力の作用を受けて蛇紋岩化した岩石、あるいは地表近くで風化作用を受けて蛇紋岩化した岩石などを総称して言っている。従って、板温石（Antigorite）や温石綿（chrysotile）^{注1)}などの蛇紋石（Serpentine）を含むことが第一定義である。

顕微鏡で、蛇紋岩と称しているものとみると、上記蛇紋石の他、カンラン石、斜方輝石、単斜輝石、碳酸塩鉱物（方解石、ドロマイトなど）、角閃石類、滑石、尖晶石（Spinel）、緑泥石、鉄鉱石、石英といった鉱物などの組合せで構成されているのが分る。この他微小鉱物で滑石なのか白色雲母なのか光学的に判定のつかないものも多く含まれているので、この場合はX線分析の結果を加えて修正再判定を行うより方法がない。

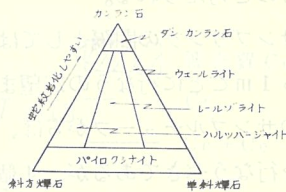


図-1a 超塩基性岩の分類

超塩基性岩は、
岩石学的に普通
その主成分であ
るカンラン石、斜
方輝石(Ortho-
pyroxene)、

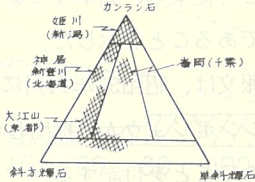


图-1b 各地域別概略分類

注1) Serpentineはラテン語Serpentinus(蛇Serpensのような)に由来しており、“蛇紋岩”とは言い得て妙である。参考文献1)

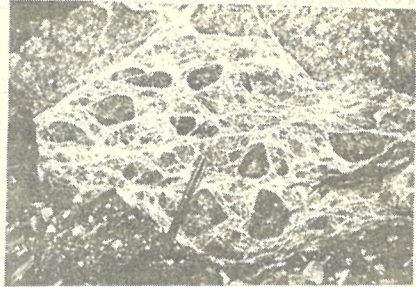
単斜輝石 (Clinopyroxene) の量比によって、図-1 a のように分類される。

過去に当方で調べた各地の蛇紋岩をこの分類図にプロットすると概略、図-1 b のようになる。この概略分類図からも一口に蛇紋岩と言っても、理学的にはかなり鉱物組成の異なる、つまり原岩石の異なる種々な蛇紋岩が存在することがわかる。

蛇紋岩には、初生的な蛇紋岩 (Primary Serpentinite) と二次的な蛇紋岩 (Secondary Serpentinite) とがある。前者は塊状部分も葉片化部分も共に蛇紋石から構成され、後者では塊状部分にはカンラン岩が存在し、葉片化部で蛇紋石化が進んでいる筈である。

蛇紋岩様岩石では、破砕物分は蛇紋石化しているとは限らず、水 (H_2O) の供給があって初めて蛇紋石化が促進され、蛇紋岩化作用は 200 °C 以下の低温では進行しないことが認められ、蛇紋岩化が進行すれば 30~50% 程度の体積増加があるとされている^{注1)}。従って、200 °C 以下の天然状態では蛇紋岩化も進行しなければ体積増加もあり得ない^{参考文献2)}。

調査には、こうした基本的事項もまた忘れてならない事項の一つである。



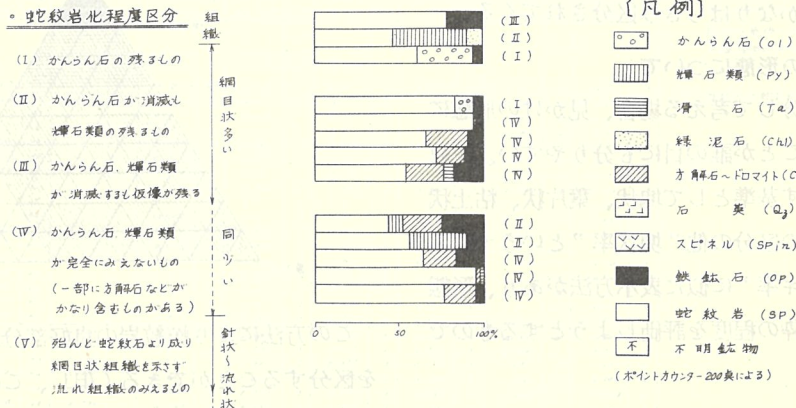
蛇紋岩の葉片構造

3. 蛇紋岩化について

上述したように原岩石が異ると同時に、蛇紋岩の中で蛇紋岩化の程度も著しく異なることはよく知られている。従って、筆者らは顕微鏡観察により人為的に図-2 のように蛇紋岩化を段階を設けて区分することを考えてみた。

この鏡下で区分される蛇紋岩化の程度は、岩体による違いの他、岩石の肉眼観察による形態 (塊状、葉片状、粘土状) とともかなりうまく対応する。程度Ⅰ~Ⅲに含められるものは結晶質で塊状を呈するのに対し、程度Ⅳでは炭を固めたように結晶の識別しえない塊状を呈するが一部では葉片化が始まる。程度Ⅴでは時には塊状のものも含まれるが大部分は葉片化構造が発達し脆くなる。程度Ⅵでは葉片ないし板状の様相を呈してくる。

図-2 鉱物組成よりみた蛇紋岩化程度区分一例



注1) 林正雄助教授 (九州大学生産科学研究所) 私談

これらの程度区分は、同一岩体の中で同心円的に程度降下するもの（大岩体）や、全て同一程度になるもの（脈状岩体）などに分けられる。これらに対応する蛇紋岩化の程度区分（案）を分りやすく示すと図-3のようにまとめられる。但し、この案には地質構造による差や原岩石の違いによる差などは考慮されていないことを付記しておく。

図-3 蛇紋岩化の程度区分表（案）

摘要	◎	○	○～△	△	△～×	×
蛇紋岩						
蛇紋石						
雲母類						
方解石						
緑泥石						
滑石						
ドロマイト						
マグネサイト						
形態	塊状	葉片状	葉片化	粘土化		
岩石組織(鏡下)	細目状構造	繊維状～塊目状	?			
蛇紋石(X線)	アンテグライト・リザライト	クリンタイル				
見かけ上の色調	帯黒色	帯緑色				
鏡下(肉眼)蛇紋化	(I)	(II)～(III)	(IV)	薄片製作不能(V)		
硬さ程度	極硬	硬	中硬	脆	軟	極軟

◎ 塊状(結晶質) ○ 塊状
○～△ 塊状～葉片状 △ 葉片状
△～× 葉片状～粘土状 × 粘土状

この様に区分してくると、蛇紋岩でも悪いものと良いものがかなりはっきり区分されてくる。

4. 蛇紋岩の形態について

蛇紋岩を区分して考える場合、見かけの形態により区分することが誰の目にも分りやすい。蛇紋岩の形態を示す基準として塊状、葉片状、粘土状といった言葉の区分の他“塊状率”という土質工学でいう“レキ率”に似た表示方法があり、形態を数値化し破碎の程度を評価しようとするものである。

注1)
塊状率(F_m)

この表示方法を応用して、地質調査におけるボーリングコア中に占める塊状蛇紋岩の長さの割合を次式で表わす。

注2)
コア塊状率(F_c)

F_mとF_cは測定対象とするものは同一であるが前者は面積を後者は長さをもとに計算するものであって、厳密には同一場所でボーリングとトンネルが掘られていなければ対応関係は求められないことになる。

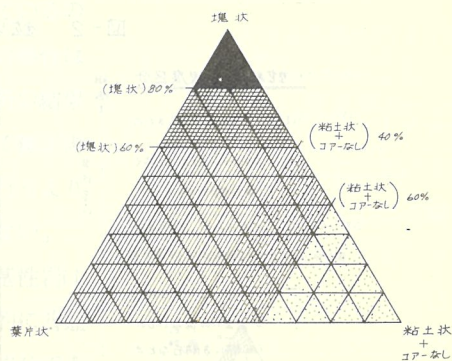
コア塊状率は10m単位で求められるため、大まかな状態変化を示すものである。R・Q・Dの方法に似せてボーリングコア1mごとの塊状率を求めそれを孔内試験値と比較対照することも考える必要があろう。（単純加算して10m当りに換算することもできる）。私案を図-4に示す。

図-4 ボーリングコア1mごとの蛇紋岩区分

凡 例

- 塊状蛇紋岩 (塊状が80%と占めるもの)
- ▨ 漸移帯A (塊状が60%以上80%未満であるもの)
- ▧ 葉片状蛇紋岩 (塊状が60%未満で、粘土状が40%未満であるもの)
- ▩ 漸移帯B (塊状が40%未満で、粘土状が40%以上60%未満の割合を示すもの)
- 粘土状蛇紋岩 (塊状率40%未満で、粘土状が60%以上あるもの)

注 粘土状蛇紋岩にはコアなしもある。

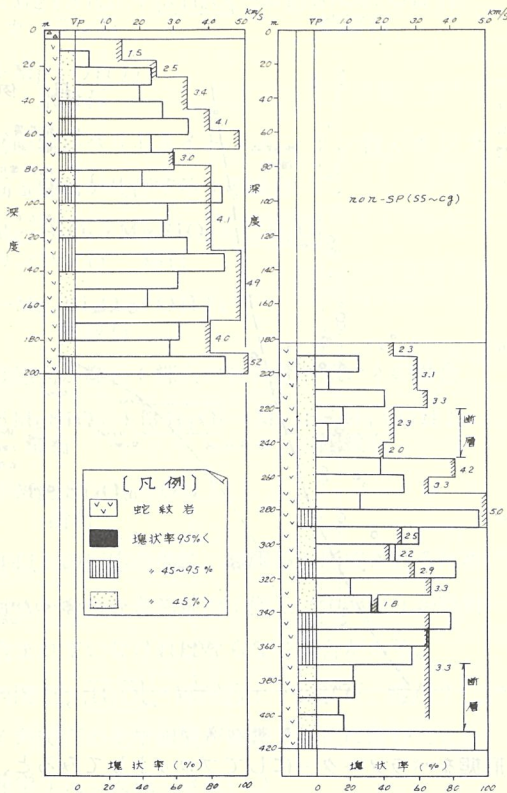


この方法により蛇紋岩の良好部分と不良部分とを区分することができる（但し、この場合は粘土状の中に点々と存在するレキ状のものも含まれる

注1)、注2) 新登川トンネルにおいて試みられたものが最初と思われる。報告によると僅かにF_cの方がF_mより大きく出ている。

注1) 塊状率(F_m) = $\frac{\text{トンネル延長10m間の周囲積中に占める塊状蛇紋岩の面積}}{\text{トンネル延長10m間の周囲積}} \times 100\%$ 注2) コア塊状率(F_c) = $\frac{\text{ボーリング長10mにおける塊状蛇紋岩のコア延長}}{\text{ボーリング長10m}} \times 100\%$

図-5 塊状率と孔内速度検層(P波)との対応例



ことになり、実際の状態より数値としてやや大きくなるきらいがある)。

この様にして求めたボーリングコアの塊状率と孔内速度検層結果とを対応させた例として、図-5がある。

5. 蛇紋岩の物理的・化学的性質について

通常、蛇紋岩の物理的性質を求める試験といえば、比重、吸水率、膨潤度(ベントナイトの品質管理方法に準拠)、超音波速度、一軸圧縮強度などの試験が行われている。参考までに蛇紋岩の物理・化学特性を知る意味で各種試験値の平均値を表-1に掲げる。一軸圧縮強度試験は、悪い部分の試験が不可能に近く、壊れやすい部分の値がはっきりしないことが難点である。膨潤度試験を、常温常圧の状態では膨脹性を示さない蛇紋岩で行う

表-1 蛇紋岩および蛇紋岩様岩石の試験値一覧表

試験	蛇紋岩	カンラン岩	角閃岩	石英岩	滑石質岩	緑泥岩	蛇紋岩地域の 硬質粘土	その他
項目	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値	平均値
比重	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82	2.82
吸水率	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
膨潤度	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
一軸圧縮強度	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
超音波速度	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
塊状率	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
...	...	...	...	...	...	...	...	...

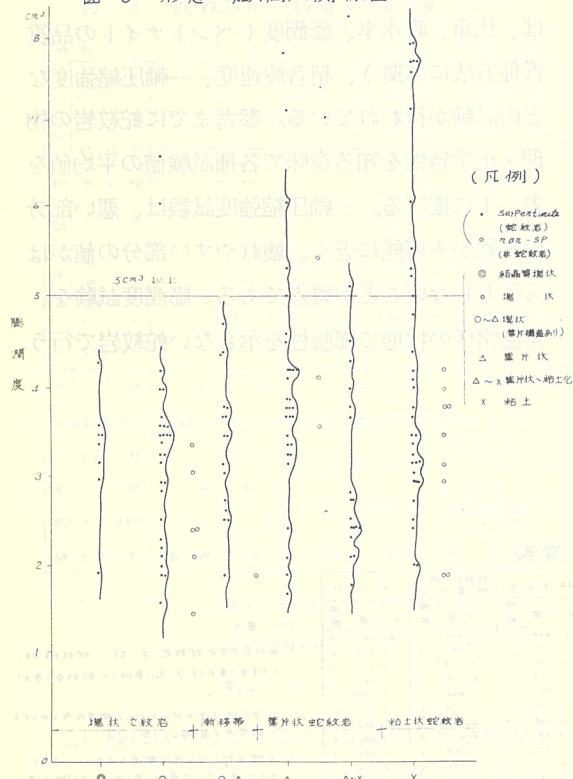
(但し書き)

- 1) 蛇紋岩の中の蛇紋岩とは一部蛇紋岩を含むものを全て含め、広い意味での蛇紋岩と考へていた。
- 2) 化学分析は全分析とちがって微細成分とみられる一部成分を省略している。
- 3) X線分析では、共生関係を示すものとなく、各相に含めものを推計・平均している。値は、各試料の最硬X線強度か、純粋な石英の最硬X線強度の何%であるかを示したものを推計平均している。
- 4) 蛇紋岩の細区分は省略する。

のは全く無意味であって、蛇紋岩様岩石においてモンモリロナイトもしくは緑泥石（その混合層鉱物も含めて）などの粘土鉱物を検出した時、初めて有用となる。膨潤度試験は“壊れやすさ”の目安にはなる。

先に示した形態区分ごとの膨潤度をみると図-6のようになる。これによると「葉片化蛇紋岩に

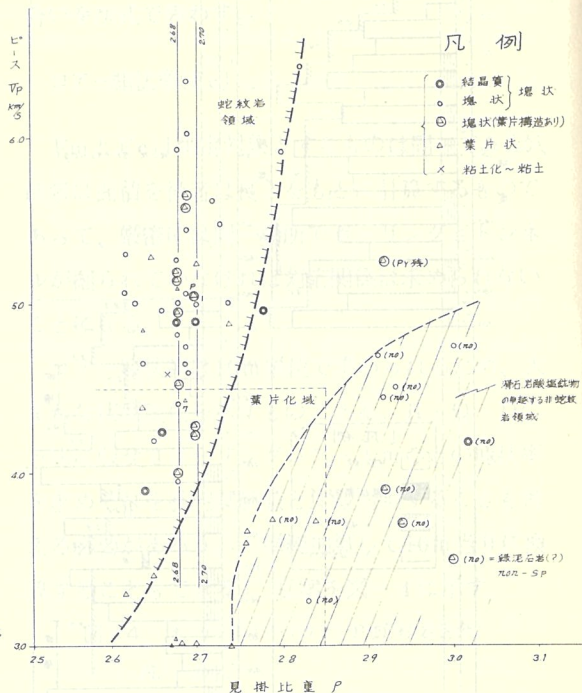
図-6 形態～膨潤度関係図



注1) おいて5cmを越えることもあり得る」という表現しか許されない。しかし、この5cmを越えたサンプルは、かつて施工を困難にした地点でのものが大部分であり、この点で膨潤度は一つの危険性判定の目安となり得ると考えられる。

物理的性質のうちで、 V_p （超音波P波速度）と見掛け比重の関係を求めたものが、図-7である。

図-7 見掛け比重- V_p 関係図



形態をパラメーターにしてプロットしてみると、葉片化領域は V_p 側で少しばらつきがみかけ比重側では2.85が限界のようである。この図で注目されるのは、蛇紋岩領域と非蛇紋岩領域がかなり明瞭に分離され、蛇紋岩といわれるものの約8割程度が2.68から2.70の間にプロットされることの2点である。この理由は今後考えてみたいと思っている。

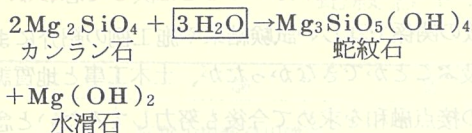
粘土質蛇紋岩を土質的にみて、コンシステンシーなどを求め、液状化判定の手掛りを得ようとする研究は既に着手されている。^{参考文献3)}

次に土木地質調査では余り一般的ではないが、蛇紋岩の化学的性質も知っておく必要があろう。普通、蛇紋岩化は次式で示される。

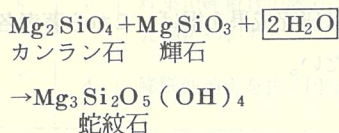
①原岩がダン・カンラン岩（殆んどカンラン石

注1) 第三紀泥岩等を抜くトンネルで、膨脹性地盤となっているものでは膨張度が5cm以上を示すことが多い。

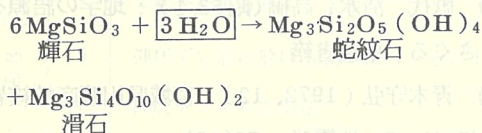
よりなる)の場合



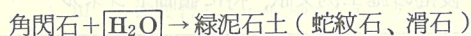
②原岩がペリドタイト・カンラン岩(カンラン石と輝石が共存する)の場合



③原岩が輝石(輝石の含有量が多い)の場合



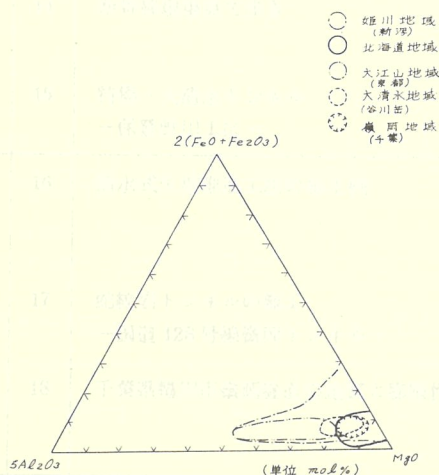
④以上の反応の他に、緑泥石が形成されるためにはAlを含む造岩鉱物(例えば角閃石)が原岩に含まれていなければならない場合がある。



(角閃石の化学組成が複雑で変化に富むことから簡単な式で表現できない。)

図-8 蛇紋岩の地域差による化学組成上の差異

$2(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3) - 5\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ のテトラグラム



これらの点からも、蛇紋岩化作用は全て加水反応であるといえる。

土壌地質調査で、“壊れやすさ”を求めるとすれば、その原因となりうる緑泥石もしくはモンモリロナイトなどの存否を求めることが必要になる。その意味では、蛇紋岩中の Al_2O_3 の分析を行うのも一つの方法であろう(表-1参照)。

図-8に地域差による化学組成の相違の一端を示す。

6. 蛇紋岩トンネルでの崩壊例よりみた調査へのヒント

過去に施工された蛇紋岩トンネルは、鉄道、道路を含めて、北海道の新登川、神居の各トンネルを始め千葉県嶺岡トンネル、群馬県大清水トンネル、京都府普甲、辛皮の各トンネルなど数多い。

これらの工事報告をみると、岩体別にみて

1)大きな蛇紋岩体中のもの……新登川、普甲、辛皮、大清水の各トンネルなど、

2)蛇紋岩が粘板岩や輝緑凝灰岩などと互層状をなし脈状に貫入しているもの……神居、鬼峠、嶺岡の各トンネルなど、

といった二種類に区分される。この内とくに難工事であったものは2)の小規模岩体の方に多い。これは蛇紋岩そのものが元来構造的のもので後から貫入している訳で、蛇紋岩地域では小規模岩体の方が周辺を含めて破砕の程度も範囲も大きいのかも知れない。

さらに小規模岩体の中でも、貫入時期の新しい所(嶺岡トンネル)では難工度も大きく、施工に工夫が強い^{参考文献4)}られている。

この1)2)について蛇紋岩中の粘土鉱物を比較してみると、1)に属する新登川トンネル、普甲トンネル、辛皮トンネルでは膨脹性のあるモンモリロナイトは確認されておらず、僅かに普甲トンネルの断層部において認められているのみである。これに対し、2)に属する神居トンネル、嶺岡トンネル

ルではモンモリロナイトや緑泥石を含むものが多数検出されている。

こうした事項から、蛇紋岩地域で調査の段階に注意すべき重要な点は、次のような点が挙げられよう。

- | | |
|--------------------|-----------------|
| ①岩体の形状(マス状か、脈状なのか) | } 地質構造
に 関 連 |
| ②貫入時期 | |
| ③他岩体との入り組み具合 | |
| ④岩体自体の破碎程度 | } 脆さに関
連 |
| ⑤蛇紋岩化の程度 | |
| ⑥蛇紋岩の葉片化程度(塊状率)と | |

その方向性

- | | |
|---------------|------------|
| ⑦蛇紋岩の物理・化学的性質 | } 膨脹性に 関 連 |
| ⑧膨脹性粘土鉱物の有無 | |

7. むすび

以上蛇紋岩調査について概括的に述べてみたが、

これのみで調査が十分であるとは決して思わない。紙数の関係で詳しい試験結果や施工例の紹介にまで及ぶことができなかったが、土木工事と地質調査の接点融和を求めて今後も努力してみたいと念じている。

最後に当方で目にし得た「蛇紋岩トンネル」の工事報告あるいは研究成果を掲げ、これら著者各位に敬意を表したい。

参考文献

- 1) 歌代、清水、高橋(昭53.1): 地学の語源をさぐる、東京書籍
- 2) 青木守弘(1972、12): 宮城県川渡産蛇紋岩について、地質雑 78(12)
- 3) 北郷繁(昭48、49): 蛇紋岩の土質工学的研究、第8回、第9回土質工学会研究発表会講演集
- 4) 後掲の施工例文献、特に嶺岡トンネル

※ 技術本部副技師長(元支店地質課長)理学博士
※※支店地質課長、技術士

蛇紋岩トンネル施工例文献一覧表

		論 文 名	著 者 名	掲 載 誌 名
新登川トンネル	1	紅葉山線新登川隧道		日本鉄道建設公団技術
	2	紅葉山線新登川隧道蛇紋岩帯の試験結果について		〃 (1967)
	3	紅葉山線新登川隧道の断層破砕帯を吹付コンクリートで施工した例について	飯 田 芳 信	〃
	4	膨脹性地山を抜く円型断面の施工	青 沼 達	トンネル地下 Vol. 5 No. 10 1974 - 10 P 7 ~ 15
鬼トンネル 峠	5	強大な膨脹性土圧を克服 —紅葉山線鬼峠トンネル—	谷 健 史	トンネルと地下 1971 - 9 P 45 ~ 59
神居トンネル	6	神居ずい道に於ける試験報告 (その 1)	日本国有鉄道 札幌工務局	44. 3
	7	神居トンネル工事誌	〃	
	8	蛇紋岩トンネルの特性とその設計施工—国鉄神居トンネルの例	鈴木 和 也 溝 畑 靖 雄	鉄 道 土 木 Vol. 12 - 12 1970
嵐山トンネル	9	嵐山ずい道に於ける吹付コンクリートの試験報告	日本国有鉄道 札幌工務局	44. 3
	10	蛇紋岩トンネルと吹付コンクリート (上) (下)—函館本線嵐山トンネル—	鈴木 和 也 溝 畑 靖 雄	鉄 道 土 木 Vol. 12 - 12 1970
大清水トンネル	11	大清水トンネル (保登野沢 I E) における膨脹性地山での掘削—上越新幹線	照 山 典 治	‘76 トンネル技術講演会前刷 P 95 ~ 104 (1976)
	12	大清水トンネルの施工	宮 崎 弘	第 3 回トンネルと地下技術講演会前刷
	13	大清水トンネルの施工	下 河 内 稔	土 木 施 工 Vol. 15 No. 13 P 34 ~ 43
	14	新幹線現場見て歩き	西 川 重 次	トンネルと地下 6 月号 P 7 ~ 14 (1975)
	15	特集・大清水トンネル —保登野川工区—	照 山 典 治	施 工 技 術 Vol. 7 No. 8 P 21 ~ 43
嶺岡トンネル	16	清水式矢板推進工法の施工例	藤 井 三 郎	日刊建設工業 新聞社事業部 「メッセルとメッセル工法」
	17	蛇紋岩トンネルの施工 —国道 128 号線嶺岡トンネル—	緒 方 義 久 金 岡 一 夫	トンネルと地下 1972 - 3 P 17 ~ 30
	18	千葉県鴨川市嶺岡隧道の地質と膨脹性地圧について	鈴木 守 吉 田 善 亮 竹 林 亜 夫	応 用 地 質 Vol. 15 No. 1 P 1 ~ 13

		論 文 名	著 者 名	掲 載 誌 名
嶺 岡 ト ン ネル	19	膨脹性地山トンネルにおける双互干渉について	大塚 義之 竹林 亜夫	第8回土質工学会 発表会演旨 1973
	20	膨脹性地山トンネルにおける施工管理の1例	竹林 亜夫 大塚 義之	土 と 基 礎 Vol. 22 No. 11 1974・11 P 35～41
	21	トンネル工事における膨脹性地圧の理論と実際	竹林 亜夫	清水建設(株) 土木技術部報 1974
普 甲・ トン ネル 辛 皮	22	ずい道工事における風化蛇紋岩の土質化学的検討	喜田 大三 辻 博和	粘 土 科 学 Vol. 13 No. 2 P 65～73 1973
追 補	23	欠 除		
	24	膨脹性地山の鉄道トンネルにおける調査・設計・施工について	吉川 恵也	'77トンネル技 術講演会 P 73～86
	25	紅葉山線・新登川トンネルの蛇紋岩区間の施工法と膨脹土圧の 測定結果について	足立 貞彦 重松 治 水出 康雄	第5回トンネル 工学シンポジウ ム、トンネル工 学シリーズ6 (1969)

電気相似実験による水理解析

中部地質調査業協会
研究委員会

〔まえがき〕

現在、水の問題については、透水係数を求め、井戸公式等の用意された解析法を使って、主として揚水量の計算を行って完了してしまっている状態にある。既存の解析法においては、特別な条件下でしか適用できなく、不均一地盤等については解析不能としている。

水の問題は、ラプラスの方程式を境界条件下で解く事に還元され、流線網が描ければよい事になる。流線網を解析的に描く事は困難で（従って水理公式では解決できない問題が多い）ある。しかし電氣的な模型を使ってアナログ解析する事はそれ程難かしい事ではなく、ゼネコン等の研究室では、広く使われている様である。装置もそれ程複雑でなく、使用する機材も比較的安価なものである。

〔原 理〕

水頭ポテンシャルを ϕ とすれば、地盤中の浸透流の方程式は、定常状態の場合ラプラスの方程式となる。

$$\frac{\partial^2 \phi}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial Z^2} = 0$$

電気においては、電位ポテンシャルを E とすれば、電気の流れは、

$$\frac{\partial^2 E}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial Z^2} = 0$$

で与えられる。これらの式を比較すると数学的に等価な事がわかる。地下水の浸透量を Q 、透水係数を K 、電流を I 、比伝導度を X とし、縮尺を a

とすると、

$$\frac{Qp}{Im} = a \cdot \frac{Kp}{Xm} \cdot \frac{\phi p}{Em}$$

p : 実際の地盤を表わすサフィックス

m : モデルを表わすサフィックス

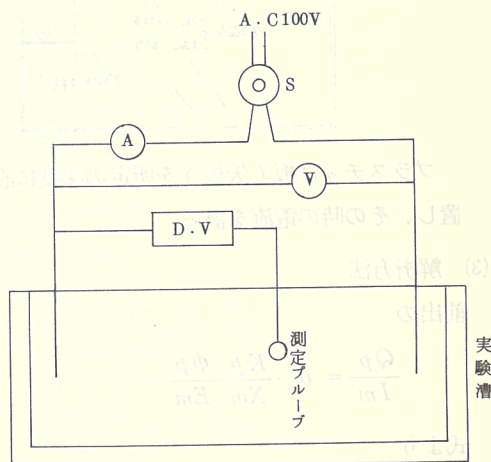
〔装 置〕

S : スライダーク

A : 電流計

V : 電位計

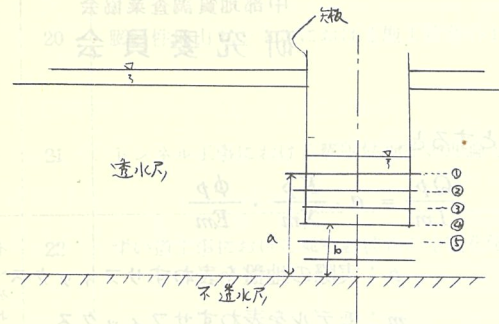
D、V : デジタル電位計



〔実験例〕

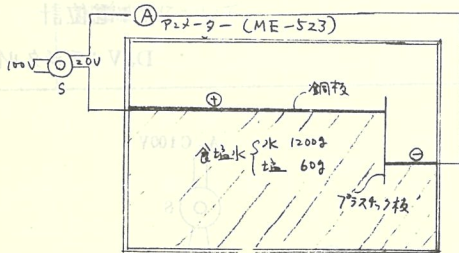
I 矢板の根入れと湧水量の関係

(1) モデル



矢板の根入れを①～⑤と変えた時の水量の変化を調べる。

(2) 測定方法



プラスチック板（矢板）を所定の深度に設置し、その時の電流を計る。

(3) 解析方法

前出の

$$\frac{Qp}{Im} = a \cdot \frac{Kp}{Xm} \frac{\phi p}{Em}$$

式より

$$\frac{Qp_1}{Im_1} = \frac{Qp_2}{Im_2}$$

$$\frac{Qp_1}{Qp_2} = \frac{Im_1}{Im_2}$$

となる。

(4) 測定結果

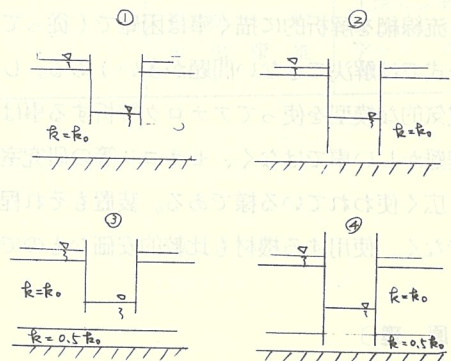
各根入れと電流の値を下表に示す。

根入れ	電流 (mA)	比	$\frac{b}{a}$
①	171	1.00	1.00
②	137	0.80	0.83
③	112	0.65	0.67
④	95	0.56	0.50
⑤	79	0.46	0.33

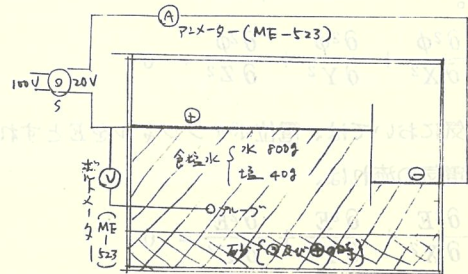
II 矢板の根入れと等水位線

………透水層が一及び二種類

(1) モデル



(2) 測定方法



注：④と⑤をME-523が兼ねているのでまず電位を測定し、その後④として使用する。

(3) 解析方法

電流を測定する事により、湧水量を調べ、
電位の分布より等電位線（等水頭線）を描く。

(4) 測定結果

次ページ以下の図に示す。なお湧水量比は
下表に示す。

モデル	電流mA	比
①	94	1.00
②	49	0.52
③	93	1.00
④	23	0.24

0.5 k_0 層の影
響あまりない。
 $\left(\frac{③}{①} = 1.00\right)$
0.5 k_0 層の影
響大きい。
 $\left(\frac{④}{②} = 0.47\right)$

(5) k_0 、0.5 k_0 について

水800 g 食塩40 g（0.5%）の抵抗は、
 $C \times 1.1 K\Omega$ となり、その中に砂を投入する
と $C \times 2.3 K\Omega$ を得た。これより食塩水の
浸透係数を k_0 。とすると

$$\frac{\text{飽和砂の } k}{\text{食塩水の } k} = \frac{1}{\frac{C \times 2.3}{C \times 1.1}} = \frac{1.1}{2.3} \div 0.5$$

より、0.5%食塩水で飽和した砂の k は0.5 k_0 。
となる。なお C は抵抗測定容器による常数である。

[illegible]

	200	200	200	199	199	199
		199	197	195	195	195
19.6	195	19.3	191	191	191	
	19.2	189	187	186	185	
19.2	190	183	182	180	179	
	18.6	180	176	174	172	2.1 1.7 1.7 1.7
18.8	184	176	171	167	163	17.36 2.5 2.6
	18.1	172	165	159	152	16.0 2.5 2.1 2.1
18.5	171	162	160	151	148	16.3 2.6 6.2 6.3
	17.8	166	157	146	130	14.9 2.3 2.6 2.7
18.4	159	154	145	140	130	14.0 2.0 2.0 2.0

② 20° $49^\circ A$

(3) $\approx 0^\circ$ $I = 93 \text{ mA}$

U / V	I / mA
0.2	0.1
0.4	0.2
0.6	0.3
0.8	0.4
1.0	0.5
1.2	0.6
1.4	0.7
1.6	0.8
1.8	0.9
2.0	1.0
2.2	1.1
2.4	1.2

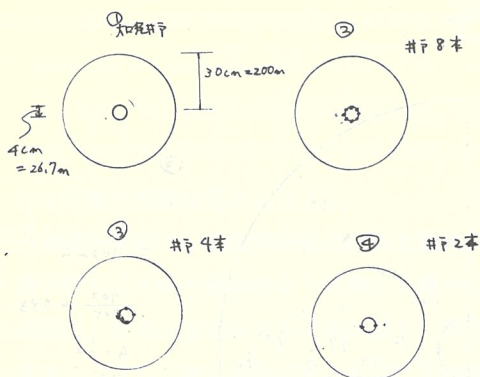
		20 V				I = 23 mA				20 V			
		20 V				I = 23 mA				20 V			
20 V	19.8	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
		19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
		20	19.8	19.7	19.6	19.7	19.6	19.7	19.6	19.7	19.6	19.7	19.6
		19.8	19.5	19.3	19.2	19.2	19.1	19.1	19.0	18.9	18.8	18.7	18.6
20 V	19.8	19.8	19.5	19.3	19.2	19.1	19.1	19.0	18.9	18.8	18.7	18.6	18.5
		19.7	19.3	19.0	18.7	18.4	18.3	18.2	18.1	18.0	17.9	17.8	17.7
		19.6	19.2	18.7	18.4	18.2	18.0	17.8	17.6	17.4	17.2	17.0	16.8
		19.5	19.1	18.3	17.9	17.6	17.4	17.2	17.0	16.8	16.6	16.4	16.2
20 V	19.8	19.5	19.0	18.6	18.3	18.1	17.9	17.7	17.5	17.3	17.1	16.9	16.7
		19.4	18.9	18.5	18.2	18.0	17.8	17.6	17.4	17.2	17.0	16.8	16.6
		19.3	18.8	18.4	18.1	17.9	17.7	17.5	17.3	17.1	16.9	16.7	16.5
		19.2	18.7	18.3	18.0	17.8	17.6	17.4	17.2	17.0	16.8	16.6	16.4

④ 20 V $I = 23 \text{ mA}$

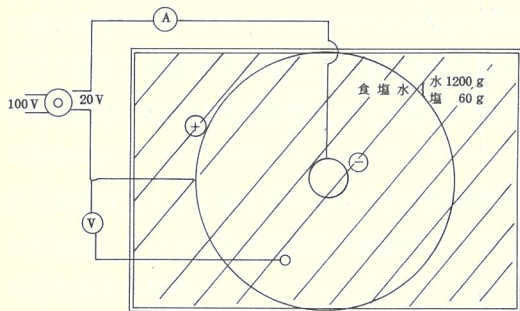
The graph shows a curve starting at $V = 20$ on the vertical axis and decreasing as I increases. The curve is concave up, indicating a non-linear relationship between voltage and current.

Ⅲ 群井戸の揚水量と降下水位面

(1) モデル



(2) 測定方法



対称形であるので結果に示す様な測定とした。

(3) 解析方法

省略

(4) 測定結果

次ページ以下の図に示す。なお揚水量比は下表に示す。

モデル	電流 mA	比	群井戸1本当りの電流 mA
①	845	1.00	—
②	825	0.98	103.1
③	702	0.83	175.5
④	521	0.62	260.5

(5) 考察

○②を等価断面積の井戸とすると①に近い面積となる。

○③を等価断面積の井戸とすると 32 cm² となり

$$r_0 = 3.2 \text{ cm}$$

$$Q_③ = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 \log \left(\frac{30}{3.2} \right)} = \frac{A}{\log \left(\frac{30}{3.2} \right)}$$

$$= 1.03 A$$

$$Q_① = \frac{\pi k (H^2 - h^2)}{2.3 \log \left(\frac{30}{4.0} \right)} = \frac{A}{\log \left(\frac{30}{4.0} \right)}$$

$$= 1.14 A$$

$$\frac{Q_③}{Q_①} = \frac{1.03}{1.14} = 0.90$$

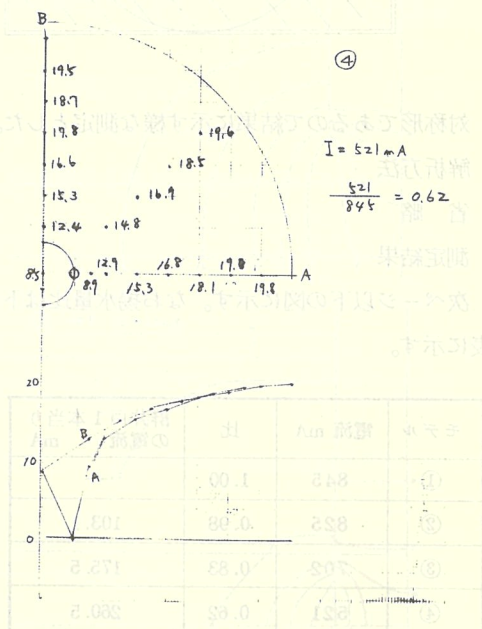
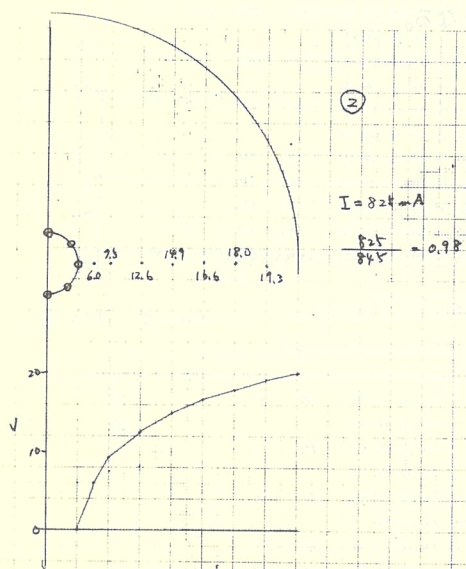
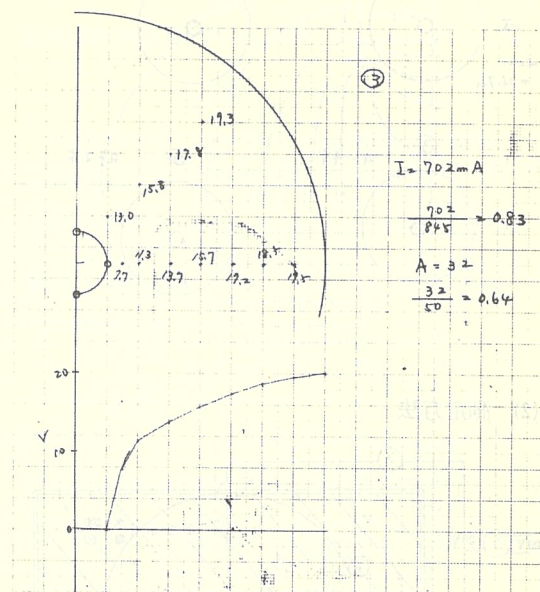
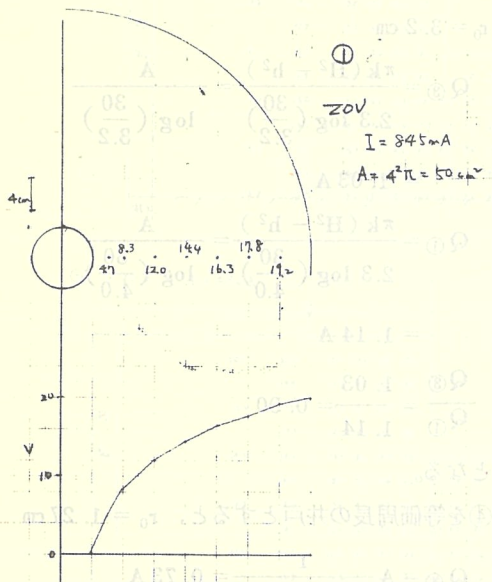
となる。

○④を等価周長の井戸とすると, $r_0 = 1.27 \text{ cm}$

$$Q_④ = A \frac{1}{\log \left(\frac{30}{1.27} \right)} = 0.73 A$$

$$\frac{Q_④}{Q_①} = \frac{0.73}{1.14} = 0.64$$

となる。



海 と 空 そして 土 と 岩

鳥羽水族館長 中 村 幸 昭

（宇宙の神秘を考えよう）

私達が晴れている夜空を見上げると満天「降る星の如く」という表現のように美しく輝やく無数の星は、まるで宝石をちりばめた如く、青白く、黄色く、そして時に金色に光りまばたき神秘の世界そのものである。

宇宙は天文学的に広大で無限といっても過言ではないほどその全容は深いベールに包まれているといえよう。

しかし、残念ながら我々、人間の肉眼で見える星の数はどれだけ視力の良い人でも約7千個に過ぎない。

地球は丸くまた回っているから上空に半数の3千500、そして足元の見えない裏側に3千500ということになる。

ところがロンドンのグリニッチ天文台やアメリカ、ソ連など最新の電子天体望遠鏡でのぞくと何と約24億余の星が見えるという天文学者の常識があり驚異というほかはない。

今後、さらに科学技術が進歩してより精密な天体望遠鏡が開発されると、あるいは50億、100億という星の数になるかも知れない。このことは現在の科学の力では到底測り知ることの出来ない謎であるが、それが故にSF小説が映画化されたり、UFOブームとなるなど人類のロマンをかきたて「未知との遭遇」を夢見ることになるのだろう。

専門の天文学者が血眼になって探している星群の間げきを縫って時々、アマチュアの研究家が新しい星を発見、その人の名を冠した文字通りニュースターとして登場することがある。夏の夜空に輝やく天の川も北の空にきらめく北極星や南の海

にまばたく南十字星も無数の銀河系の一つであり、中にはあまり遠くないと見える星までの距離は何と何億や何十億光年という気の遠くなるほどの長い時間の経過があって始めて光が達するという。

人類が月に宇宙船で着陸したが、ロケットは月までの約38万キロを猛スピードで7日間もかかったのだ。最近やっと金星や土星の表面を宇宙衛生が写真撮影に成功したに過ぎないのである。若し仮に人間がロケットで少し遠い星に旅行したとすれば70数年という人生のすべてを費やしても再び地球に帰れるどころか、目的の星までも辿りつくことは不可能なのだ。

ところで月には「兎が餅をつく」どころか砂漠のような砂とクレーターと石ころしかなかったように生物のすめる水や土も皆無で誠に無味乾燥といわざるを得ない。しかし、この月の光と真赤に輝やく太陽が地球を昼夜に互って照らさなければ人間を含めて生物の生存はあり得ない。考えて見ると我々は宇宙の24億余の星の中で唯一つ、地球というかけがえのない素晴らしい星に生命が誕生したことを神に感謝せずにはいられない。

（地球ではなく海球だ）

人間を始め無数の生物が雑居している地球は、太陽系の中で唯一の水の惑星であり陸地はわずか3分の1に過ぎない。それでも我々の先祖は、住んでいた周囲が陸上だったから地球と名づけたが、若し彼らがその時、地球の表面の70.3パーセントが水でおおわれていることを知っていたら、恐らく海球と名づけていたに違いない。世界の最高峰のエベレスト（8,848メートル）でさえも、西太平洋のマリアナ海溝（11,034メートル）にすっ

ぱり沈むほど深く、日本の霊峯富士山も三つほど入ってしまうほどの深海が横たわるなど、海には13.7億立方キロの水がある。この広さと深さは仮に山や陸地を削りとして海に投げ込んだとすると、陸地はまったく姿を消し、地球表面を海水が2,440メートルの深さでおおいかくしてしまう計算になる。また、北氷洋や南極にあるおびただしいほどの大氷山群が若しも地球が暖かくなって溶け出したら一体どうなるか、世界中の都市の大半は海底になってしまうのだ。

この巨大な海には、莫大な量の鉱物質が溶けこみ、大気中からも酸素、窒素などが溶けていて海の動物はその酸素を呼吸し続けながら多様に生きている。人間も含めた陸上の動物もまた海洋生物と同様に酸素を吸い炭酸ガスを吐き出す。これは陸上の土があり植物が育って動物とは逆に炭酸ガスを吸って酸素を吐き出してくれるからだが、この緑だけでは生きることが不可能だ。我々の呼吸する酸素の約60パーセントはあの広い海から放出されているからである。海と空の大気、そして陸は不思議な運命共同体であり、海も陸が必要のように陸に住む人類といえども海もまた不可欠な存在といえよう。

（海こそ産みの母である）

海はいうまでもなく生物の母なる海であり、文字通り産みの親である。最近、世界中で海洋汚染問題が強く叫ばれているが、海が死の海と化した時は人類も亡びることになる。

それほど重要な役割を持つ海に対して、正しい認識と深い理解とを改めて問い直す時がきていることは事実だ。我々人類の祖先は、アメーバーであったといわれ、まぎれもなく海で発生した遠い歴史がある。現在、体内に脈々と流れている血液の成分組成と海水の成分組成に不思議な共通点があるように、人間は海に適応できるようになっている。それに生命の誕生の時間は母親の体内から「オギャー」と生れる時は潮が満つ時であり、逆

に引潮の時であれば未熟児や短命が多いとされる。丈夫で長持ちをすればこれは自然の法則どおり満潮に生まれたといえ、人生にピリオドをうつ老衰などで息を引きとる時は潮が引いてゆくのが自然なのだ。1日に2回海の干潮があり、日の出、月の出の時間が変わるのも自然の移り変わりといえよう。

しかし、他の動物もまた海で生まれ、気の遠くなるような進化の過程を経て、今なお無数の生物が海で生き続けているし、陸に上がった動物ももとをただせば海からやってきたのである。何万年もの長い時間をかけて変化してきた動物はもとの姿から次々と形を変えてきたにすぎない。生命が発生し、それをはぐくんできた海には、今でも原生動物から哺乳類にいたるすべての動物群が棲んでいる。

例えばアカテガニは波打際の海で生まれ、一生を陸で生活し、再び海で卵を産む。ウミガメは海原で生活していても、母親は砂浜に上がって卵を産みつけ、子供は再び海にもどる。つまり海と陸の間を往復している動物たちもいるように、海からの恩恵は無限であり、海は動物界全体のふるさとなのである。

（地球の歴史を探る）

現在の地球が誕生したのは、いったいいつ頃なのだろうか、学者によっても多少の違いはあるが、世界各国の専門家の間では約45億年前に誕生したといわれている。

さて、地球の歴史を1日に換算すると、朝6時に地球ができたとなると、地層ができはじめたのは夜中の12時すぎ、生物の化石が多く表われるのは、次の日の午前3時すぎからとなる。最初に生命が誕生したのは40億年前、つまり午前9時頃だろうか、その後、しだいに大気中の酸素の量が増えるにしたがって、続々と生物があらわれる。10億年前の先カンブリア紀になると、まず藻類が表われ、続いて5億7千万年前頃には、三葉虫やクラゲ、ウミユリ、サンゴ、二枚貝などが登場する。

その後アンモナイトやシダ類もあらわれ、サンショウウオやトンボ、クモなどの昆虫類がこれに続き、恐竜は2億3千万年前になってやっとその姿をあらわす。

しかし、我々人類はその恐竜が絶滅した後、翌日の午前6時前になって、ようやく顔をのぞかせるのである。

因みにこれを1年のカレンダーに置き換えると1日が約1,200万年となり、最初の生物が表われたのは5月上旬、化石の生物は11月中旬、哺乳類は12月27日となり、なんと人類の出現は12月31日の午後10時頃という1年の終わり、それも除夜の鐘が鳴り出す寸前ということになる。

だから人間はいくら威張っても他の動物、鳥や昆虫、魚や牛、豚、犬、猫等と比べても、ずっとこの地球では遅れて生れてきた新米動物であり、人間以外の生物は我々から見ると大先輩ということになる。

これで悠久の地球の歴史の一端が読者にもわかりただけたことと思う。

(恐竜と怪獣)

映画やテレビの子供番組や雑誌などでは、数多くの怪獣が出てきてとても面白い。人間が勝手に考え出した怪獣のモデルになっているのは大昔の化石となって出てくる恐竜である。恐竜と怪獣は一般に混同されやすい。それでも怪獣ブームが続くと、子供達は恐竜を想像することになって、古生物を知るうえで少しは参考になるだろう。

この愛すべき動物の化石に恐竜という言葉を始め使った人はイギリスのリチャード・オーウェンだといわれている。ロンドンにある世界最古の大英博物館の自然史部門の部長であったリチャード・オーウェンは、各地の恐竜の化石を発掘調査したり、研究活動をした人として有名である。恐竜はハ虫類で卵を産み、長さ24メートルの巨大なものから、わずか20センチの小型まで、実に種類が豊富である。草食と肉食がいるが、恐竜同志も

また弱い者が強い者に食べられてしまう弱肉強食の世界に生きる動物たちであった。

(恐竜の墓場)

世界的にはアメリカやソ連、中国、カナダ、東アフリカなどに有名な恐竜化石の産地がいくつか知られている。

アジアの中心にあるゴビ砂漠は、その中でも恐竜の墓場とさえいわれ、1922年から30年の間にアメリカの探検隊が「炎の崖」と呼んだ地層から大量の化石を採集した。

この「炎の崖」は砂漠の中に夕陽に照らされた岩山が赤々と燃える炎のように見えたところからこの名がつけられたという。その後、ソ連やポーランドの探検隊も数多くの恐竜化石を採集すると共に、世界最初の恐竜の卵も発見され、この地が恐竜の絶好の産卵場所であったことが判明した。どうしてこのような不毛の砂漠に恐竜が埋ずもれていたのだろうか。それはゴビ砂漠が大昔、広く大きな湖沼地帯であったからである。

8千万年前の白亜紀には、地中海がゴビの南西に広がり、水があったから植物が繁茂し、恐竜が生育する絶好の場所であったのだろう。アメリカではコモ断崖、東アフリカではテンダクル地方など、砂漠の地形が多く、岩がむき出しになっているから化石が発見されやすい。最近、中国の奥地で新しい恐竜の種類が発見されたというニュースが相次いでいる。もっとも我が国でも東北で当時的高校生、鈴木君によって発見されたフタバスキリユウを始め、ナウマンゾウなどの化石が各地で採集されている。

山の中の地層や平地の工事現場からもみつかるが、驚いたことに野尻湖の湖底からもナウマンゾウが発見されている。人類は今後も地下に眠る恐竜の骨を求めて、永久に探索を続けていくことだろう。そして、未発見の新種にしばしば遭遇し、古生物学界に新たな話題を提供することは間違いない。

（化石は古代の証明書）

45億年前に地球が誕生したとすれば、それ以後、生物がいつ、どのように生まれたのかという興味がおきる。先カンブリア時代から今日までの生物の化石を探し求める意義はまさにこの生命誕生の謎を解くことでもあり、化石そのものが古代の証明書ともいえそうだ。最古の化石の一つにストロマトライトがある。これは薄い層が積み重なった構造をもつ石灰岩のかたまりでできている。

この石灰岩はラン藻類やバクテリアが表面に炭酸石灰を沈着させるためにできたもので生物の化石ではなく、生物が生活したためにできた構造である。

世界最古のストロマトライトは約31億年前といわれ、20億年前の化石にもこの種が多い。そして25億年前頃から地上至ところの浅い海の中で盛んにつくられ、形も板状の平らなものから半球形、柱状などもあらわれた。そして先カンブリア時代が終わった後も広く栄えたが、約4億4千万年前頃になると、ほとんどいなくなった。

それはさらに高等な生物があらわれて、生活の場を奪われたからだと推定される。

南オーストラリアのフリンダース山脈の中にエディアカラという名の小さな丘陵があり、この丘陵地帯からは7億年から6億年前に栄えたクラゲやヒドロ虫、ゴカイ、三葉虫などが多く発掘された。

例えば貝の最古の化石では5億7千万年前のカンブリア紀のものがソ連から産出され、また古生代の植物や昆虫、節足動物、魚類、両生類、ハ虫類などが続々と発掘調査されている。古生代に続いて中生代のハ虫類が生まれ、その頃が「恐竜の時代」といわれている。恐竜は、およそ1億5千万年もの間、最も広く分布し繁栄した陸生のせきずい動物で、わが世の春を謳歌していたに違いない。

（陸の王者のプロフィール）

陸上の恐竜の中で最も巨大なものはカミナリ竜

といわれ、彼らが地上を闊歩するときは、さぞかし雷のように激しい地ひびきが起きたのでは……という想像からこの名がつけられ、全長22メートルもあった。

カミナリ竜の化石は南米やヨーロッパ、東アフリカ、オーストラリア、中国、モンゴルなど世界のすべての大陸にわたって発見されているが、中でも北米のワイオミング州では、インディアンが2メートルもあるカミナリ竜の足だけの化石を小屋の柱に使っていたという。またこのカミナリ竜のではないと思われる卵の化石は直径20センチもあった。そしてアフリカ、タンザニア産のプロキオサウルスは全長25メートル、頭までの高さが13メートルもあった。

ジュラ紀の草食恐竜の代表をアバトサウルスとすれば、肉食恐竜の代表はアントロデムスで別名アロサウルスとも言い、すべての動物の中で最も凶暴な肉食恐竜で、身軽で足の速い仲間だった。

また、剣竜といって背中や尾に鋭い剣のようなトゲやひし形の骨板をつけた恐竜もいたが、この代表がステゴサウルスである。他に木の上に登った木のぼり恐竜や大きな親指をもったイグアナドンというトカゲ類のイグアナに似ている5本指の恐竜や、石頭のチャンピオンといわれるパキケファロサウルスという全長9メートルの恐竜は、頭と頭をぶっつけてオス同志が争い、強い方がメスを得るための武器として発達したものなどがいた。

さらにサイのように頭に長く大きな角を持った角竜や、よろいを着たアンキロサウルスという、現在のアルマジロやセンザンコウを大きくしたようなものもあれば、まるで重戦車のように突進する恐竜もいた。中でも史上最強の動物と思われるのは、その名も暴君竜という頭が非常に大きく頑丈で短剣のように鋭い歯をもったティランノサウルスとタルボサウルスがいた。

これらは全長約12メートルで首すじを起こし、後足をふんばってスックと立つと、高さが4.5メ

ートルもあった。なにしろタルボサウルスの1本の歯の長さは8センチから10センチもある鋭い大きなものである。その他、カモノハシに似たカモノハシ竜なども栄えていたようだ。

(貝塚は古代を探る一里塚)

貝類が最初地球上に出現したのは、今からおよそ5億5千万年前の古生代といわれている。それに比べて人類の歴史は、せいぜい数百万年しかない。

したがって貝の歴史とは比べものにならないが、私達の祖先がその先史時代からすでに貝類を利用していたことは注目に値する。これは世界各地に点在する貝塚が、これを如実に物語っているのである。また、人類の歴史の99パーセントは、石器時代であったといわれているが、その大半は山野にけものを追う狩猟生活と海岸に海の幸を求める採集の時代であった。特に手軽に採れるのは貝類で、潮干狩は昔も今も全然変わっていない。

貝塚はこうした我々の祖先が、その生活の糧を自然の貝に依存した漁労生活の廃棄物の集積所であり、私達はこれによって、自然経済時代の素朴な生活様式を探るとともに、当時の生物相は勿論、気象条件や古代の海岸線の状態、分布を想定することができる。

これまで各地の貝塚の発掘によって出土した貝類は、約500種類にも及び、しかもそのすべての種類が、現存するものばかりで、当時の利用度の広さには驚かされる。我が国の貝塚は縄文時代の早期からみられ、放射性炭素による測定によると、約9千年といわれている。また貝塚は、太平洋岸の内海や内湾のところに多く分布するところからみて、波静かな入江の一角が、この時代の恵まれた採集場所であったと想像される。人類と貝類の歴史的な出会いは潮干狩によって、長く、深くうけ継がれているのである。

(世紀の発見ベビーマンモス)

1977年6月、ところはソ連のシベリアにあるキ

ルギルヤク地区で、道路工事中のブルドーザーの運転手が、さかんに犬がほえるので不思議に思い地下を掘ったところ、驚いたことに一頭のマンモスの赤ちゃんが発見されたのである。

シベリア地方は万年ツンドラ地帯もあり、天然の冷蔵庫の状態が続いていたから、この赤ちゃんの遺体は傷も全くなく、死んだまゝの氷詰めで見つかったのだ。

生後約1年と推定され、調査の結果、腸の中がほとんどからっぽだったことから飢え死にしたものと思われる。ベビーマンモスは直ちに飛行機でマガダン市内のソ連科学アカデミー北東研究所に運ばれ、現在レニングラードの動物学博物館に展示されている。この世紀の大発見は古生物学者にとって実に貴重なものであり、その後専門家の詳細な研究が行われたことはいうまでもない。

この赤ちゃんはいつ頃死亡したのだろうか、という年代測定が放射性炭素を使って調べられた結果、今から4万4千年前のものとわかった。もちろんこのマンモスの赤ちゃんの完全な遺体は、世界で唯一の学術的にも貴重なものである。

このベビーは若いオスで体長104センチ、体重は約100キロで学者から「ジーマの男の子」と命名された。この世紀の大発見のニュースが外電で伝えられたときから私は強い関心を持っていた。

1978年11月に、ソ連科学アカデミー古生物学研究所の好意によって、わが国で初めて「大恐竜展」が犬山で開催された。同研究所移動博物館長クラマレンコ博士ら7名が鳥羽水族館を訪れた際、私はこのマンモスの赤ちゃんの件で詳しくその発掘の劇的な状況を聞くことができた。あまり熱心に聞いたのでクラマレンコ館長はこのマンモスのレプリカをレニングラードの動物学博物館で作って、水族館にプレゼントしてくれる運びとなった。間もなくソ連から空輸されてきたマンモスのレプリカを見て、貴重なプレゼントに感激したものである。

シベリアの発掘場所は粘土質の永久凍土の下で、氷点下3～4度の気温の中で氷づけの状態のまゝで保存されていたわけだが、死亡してからすでに4万年以上も経過していたようだ。しかし、体の表面はもちろん、内蔵や血液、細胞組織まで残っていたといわれ、初めて石化されていないマンモスの体が得られてソ連の専門家によって研究され現在、貴重な資料としてレニングラードに展示保管されている。

そしてこの「ジーマの男の子」が石化していなかった証拠に体毛もいっしょに贈られてきたし、この赤ちゃんの肉も研究用に試食されたという。このベビーはイギリスの古生物学者が強く希望し短期間だがロンドンで展覧会が開かれ特別出展された。たかが一頭のマンモスベビーというなかれ、その保険金は輸送中、なんと十億円という史上最高の保険金が支払れたのである。

マンモスは新生代最大の陸上動物でユーラシア大陸の北部から北アメリカなどに広く分布していた。長いキバは極端に曲がり、腰の高さも肩の低い体つきである。旧石器時代の人類はマンモス狩りをして肉は食用にし、キバは武器や飾りものに、骨は住居を建てる時に利用していたのである。私はこの魅力ある「ジーマの男の子」の本物に会いたくて本年9月に訪ソの際、レニングラード動物学博物館で館長からさらに詳しく説明付きで見学する機会を得て非常な感動をうけたものだ。

（人類の鉱物三大発見）

人間は土や岩の中から過去に数多いさまざまな鉱物を発見しそれらを生活の中に利用してきたといえる。史上の三大発見とは先づ第一回が16世紀に起ったメキシコの銀山の発見であろう。コロンブスがアメリカ大陸を発見してからヨーロッパ人が新大陸を求めて続々と入りこんだ後、最初に大きな宝物を見つけたのがメキシコ高原の鉱山だった。

この鉱山で産出される銀の量は今までの南ドイ

ツの鉱山と比べて、けた違いに大量で、したがって値段も大変安く、どんどんとヨーロッパに流れ、その結果、当然のことながら欧州の銀相場が暴落することとなる。

豊臣秀吉の頃、南蛮人が安いメキシコの銀を大量に日本に持ち帰り、小判と替えて持って帰った。

第2回目の鉱物の大発見とは19世紀後半の南アフリカの金鉱であり、現在でも世界の総生産の6割をこの国で占めている。残り4割の半分がソ連だから他の国はほんの僅かに過ぎない。この金の豊鉱で世界の通貨の金本位制の裏付けとなり20世紀の金相場は南アフリカでつくられたようなものである。

そして第3回目が1946年のクウェートの油田発見から始まった中近東、アラブ湾沿岸での石油の大発見である。この量は従来の石油生産とは、けた外れの大量で、大供給過剰時代を迎えた。そして、生産国から消費国へ大量の石油が送られ、石炭に代るエネルギーとして工業化され、その精製過程からいろんな二次製品が生み出された。電力も自動車や航空機も、そして家庭の電化製品も結局は先進国の大部分が石油に頼らざるを得ないので現状である。度重なる石油ショックで、オペックだ、メジャーなど騒ぐ我が国も省エネが強く叫ばれる今日この頃である。

これも、アラブ諸国周辺からあれだけの油田が発見されて以来のことで、文明が石油に支配されてきた20世紀といえないこともない。

（土と岩にも生命が）

何億年、否、何十億年という悠久の歴史の中で動植物が化石となったり、また、鉱物にもなってゆく、ダイヤモンドも石灰石もあれば単なる土や岩ともなる。鉱物でも昆虫入りのコハクや水入りメノウもあり、金銀銅からニッケルや錫などさまざまだ。

土と岩といっても硬軟もあれば地質によっては実に千差万別であり、本誌の土と岩の関係者の地

質調査や測量、ボーリングや物理探査の専門家も日夜御苦労されていることと思われその御努力に敬意を表したい。

土質や岩盤の調査は建築や土木工事、トンネル工事に至るまで必要欠くべからざるものではあるが、土そのものを考える時、次の点もまた必要なことがらではないだろうか。

例えば樹木の枯葉が地面にたまって腐らなかつたら一体どうなるのだろうか。自然はよくしたもので我々の靴で踏むその一足の地下の土壌にも数百万の有用なバクテリアがいて、その枯葉を全部土に浄化してくれるといった仕組みになっている。

ミミズやモグラが土中で生活するように、カエルやヘビが冬眠するのも土の中である。

また、我々の祖先が残した古墳を始め幾多の埋蔵文化財も多い。しかし、開発が進むといつもこ

の問題が焦点となるが、重要なものか、そうでないかの判断で早急に処理しないと、我が国は至るところが古墳だらけという狭い国であるから何も工事ができなくなってしまうという弊害も生じる。

要は人間が住む場所は大地であり、その土の生成を知り、土の有難さをいかに感じるかが大きなポイントといえるだろう。

人間の住む環境問題を考えるとき自然と開発の調和をどうするかが今後の大きな課題である。人間は自然を征服しようと思っても無理な話で、いかに自然の一部から恩恵を蒙るかを考える方が先決ではないだろうか。

それには生態学から見た生活環境を守り、自然からしっぺ返しを食うようなものではなく宇宙や地球の全体のことも考えながら、土と岩を探求したいものである。

昭和54年度全地連臨時総会

中部地質調査業協会

総務委員長 千葉正美

昭和54年度全地連臨時総会は、中部協会が当番協会となり、会場の選定を6月下旬頃より進めていましたが、鳥羽「池の浦荘」に落付き、10月11日「池の浦荘」で開催されました。

当日は秋晴れの快晴に恵まれ、中部協会の理事、監事全員が、名古屋発9時25分の近鉄特急で鳥羽

駅に赴き、11時15分頃「池の浦荘」当着、昼食後、鳥羽駅案内、旅館受付等各自の分担持場に散り、来賓、全地連本部、各地区協会理事長等の出迎え、ホテル案内等にあたった。

3時ホテル裏庭で記念撮影を行い、3時20分より54年度全地連臨時総会を開催した。

昭和54年度臨時総会出席者名簿

来賓	埜本信一	米沢隆司（建設省）、杉田秘書（坂野代議士）	
名誉会長	瀬古新助		
会長	梶谷正孝		
常任顧問	江崎勝		
運営委員	高橋保三郎	鈴木正俊	中村説雄
	阿部治朗	諸角栄康	薄誠次
	竹村因	富田光孝	
検定委員長	黒田秀隆		
北海道協会	田中寿雄	細目義雄	森武
東北協会	荒川透	永井忠男	小野寺董介
北陸協会	池野又恒	定政九左衛門	冲野与春
関東協会	瀬古隆三	大越誠市	石井勝
中部協会	伊藤武夫	宮川和志	
関西協会	谷本正敏	瀬古富雄	中山博
中国協会	瀬川吉信	堤靖男	
四国協会	山本修	福井英吉	寺島準一
九州協会	宮崎辰雄	岡野軍治	徳重武
報道機関	沢井秋弘（日刊建設工業新聞）		
事務局	矢島壮一	島崎嘉和	直井誠
（中部協会）	阿部貞雄	古長孟彦	崎川隆
	千葉正美	森信太郎	大野啓且
	野口文雄	伊藤誠章	古田英之
	三井司	佐々木淳郎	淡川信

I 会長あいさつ

- 建設省登録会社の90% 600社が加盟、本年度も20社の会員の増加があった。これとも関連するが財政的にゆとりが出来て来た。之は何等の形で会員にかえして行きたい。
- 近代化促進事業の一環として協同組合の設立が盛んで、北海道、新潟に続いて関東が建物の建設に着手、中部が創立総会を開催、岡山が近々に、島根、大阪にも動きがある。
- 調査技士の試験も14回を数え、6千名の調査技士を世に送り出している。
- 委託業務も盛んで、岩盤常数、地下ダムに関する研究、ブロックべいに関する研究等がある。
- 運営委員会が当初の目的を達成したので解散する。

II 来賓あいさつ(塾本専門官)

全地連は建設省の関係団体としては、良く纏っている。技術的にもしっかりしている。東南アジア等で建設関連の仕事をする場合、基礎調査が十分でなく、且その能力も低く、調査結果に対する信頼度が低い。日本における基礎調査能力のハイレベルが目立つ。

- 53年度の1人当りの完工高は700万円/人で設計コンサルタントと並んだ。

名誉会長あいさつ

技術向上のための雑誌を出そう。中央公論的でない文芸春秋のようなものでありたい。

III 議 事

1. 昭和54年度事業経過報告

- (1) 会議に関する事項
通常総会(5/24)、地区理事長会議(5/26、6/22、8/10、9/14)、運営委員会(4/27、6/15、9/5)、事務局長会議(7/20)
- (2) 各種委員会設置に関する事項
総務委員会、積算委員会(調査編)、積算委

員会(工事編)、編集委員会、深掘委員会、機械等規格化委員会。

(3) 各種事業に関する事項

(3)-1 構造改善事業

- 4/2 構造改善54年度計画を建設大臣承認
- 4/20 構造改善貸付について申し込み会員へ通知
- 4/24 中部地区近代化協議会(第1回)
- 6/1 新潟県土質試験センター開所
- 7/19 ~ 20 関東土質試験協同組合事業診断
- 8/17 中部地区近代化協議会(第2回)
- 9/27 中部土質試験協同組合設立総会

(3)-2 技術者養成

- 4/9~4/21 地質調査研修会(建設研修センターと共催)
- (4/9~4/14 計測コース 45名参加)
- (4/16~4/21 土質調査コース 55名参加)
- 4/10 国土建設学院土木地質工学科入学式(51名)

7/30~31 全国地質工学科関係教育研究会

(3)-3 第14回地質調査技士資格検定試験

- 5/1~5/31 受験申込受付(953名)
- 7/7 試験の実施(全国10カ所)
- 8/10 合格者の決定(355名)

(3)-4 積算(調査編・工事編)活動

- (1) 岩盤ボーリング及び仮設に関する陳情活動
- (2) 地区協会積算説明会への講師派遣
- (3) 技術者賃金実態調査
- (4) 機械、材料等の価格調査

(3)-5 受託業務

- (1) 杉並区内におけるコンクリートブロックべいの第三次調査事業
東京、杉並区役所、¥14,557,000、-
- (2) 区有施設ブロック塀現況調査
東京、品川区役所、¥999,000、-
- (3) 岩盤の力学特性に関する試験及び資料整

理

日本道路公団試験所 ¥ 9, 175, 000、—

(3) — 6 その他の事業

- (1) 「地質と調査」の編集及び発行
- (2) 連合会及び地区協会の組織・運営問題の検討
- (3) 「地質調査業者要覧」の編集及び販売
- (4) 岩の力学連合会の発足(8/23)
- (5) 海外視察団派遣の企画

(4) 各種行事に関する事項

- 5/12 江崎勝元関東協会理事長黄綬褒章受賞
- 6/22 同 授賞祝賀会
- 7/10 仁田忠臣前四国協会理事長、大越誠市関東協会副理事長建設大臣表彰受賞
- 7/13 吉田五六中国協会理事長葬儀
- 8/4 大越誠市氏建設大臣表彰祝賀会

Ⅳ 連合会及び地区協会の組織運営問題について

- (1) この問題の検討に入る前に、梶谷会長より、本件に関する過去1年にわたる検討の経過説明とすでに決定を見ている各事項についての確認が行われた。
- (2) さらに、前回の地区理事長会議で示した本件に関する会長見解を補足する形で、梶谷会長より次のような基本方針が述べられた。
 - (i) 都道府県単位に何らかの組織が結成され、ある程度地域的独自性をもった活動を進めて行くのは時代的な流れであり、やむを得ないことであるととも理解出来る。
 - (ii) そのように出来た組織が全国唯一の確認団体である全地連に何らの形で結びつきを持つことは、業界の結束の上から極めて重要なことである。
 - (iii) この場合、長い歴史を持つ地区協会との関

係が問題になるが、現実に即して本件を処理して行くには、まず地区協会の下に県支部又は県協会として位置づけ、組織上の筋道をたてる必要がある。

(Ⅳ) そして多くの地区協会の下に県協会等が出来、地区協会の活動の多くの部分が県協会等の活動に委譲される段階で、連合会の構成メンバーを県協会とすることを考慮すべきである。

(Ⅴ) しかし、この過程で県協会等が望むなら、連合会への意見反映ができる方策は検討されるべきである。(地区理事会に対する役員選出等)

(Ⅵ) このような変革を進める中で、連合会を解体して各企業を会員とする組織を作るという九州協会の提案は、一つの有力な考え方ではあるが、従来、地区理事長会議で合意し、現在進めている組織改善の内容とは異なり、全国的にみて無用の混乱を生じる恐れがある。このため、九州協会より6月22日の第2回地区理事長会議に提出された提案書は九州協会に差し戻すので、もう一度現状に即して再検討してほしい。

(Ⅶ) 組織の問題は、業界団体の根本問題であるので、今後とも問題があれば、いつでも地区理事長会議を検討の場とし、取り上げて行いたい。

(3) 前回の会長見解及び前項で示した基本方針について、それぞれの地域事情を踏えた各地区理事長の意見を聴取し、検討した結果、次の事項を決定した。

- (i) 前回の会議で示された会長見解及びその補足的な説明を含む前項の基本方針は全員一致で了承する。
- (ii) 昭和53年12月8日に決定した“支部(県協会)設置基準”を確認する。
- (iii) 県組織設置に伴う連合会への財政負担及び

連合会が行う各種措置は、昭和54年2月23日に示した“支部設置に伴う事務処理の改訂と予算措置”による。

(4) 組織問題の一環として検討されて来た連合会の運営組織については次の通り決定した。

(i) 地区理事長会議を中心とした運営は今後もかえない。

(ii) 運営委員会は本年度の臨時総会において解散する。

(iii) 専門委員会の充実をはかるとともに、これと別に会長の諮問機関として定款を変更する事なく参与会を設ける。

(iv) 地区理事長会議には適宜、専門委員会委員長、参与に参加してもらう。

V 連合会の事業日程

	会 議 等 (全国的なもののみ)	事 業 等
10 月	10/11 臨 時 総 会 10/26 積算全国会議(調査編、工事編)	10/20 海外視察団企画に対する回答
11 月	11/ 2 機械等規格化委員会 11/22 構造改善担当者全国会議 11/27 拡大編集委員会	11/6-8 現場管理者認定講習 積算関係各種資料完成 → 送付
12 月	12/ 7 第5回地区理事長会議	需要動向調査協力依頼

VI 表彰式

1. 運営委員への感謝状の贈呈

2. 技術者の表彰

感謝状受賞者一覧表

運 営 委 員

高 橋 保 三 郎
鈴 木 正 俊
中 村 説 雄
阿 部 治 朗
奥 山 諒 蔵
諸 角 栄 康
薄 誠 次
竹 村 因
富 田 光 孝

川 崎 地 質 (株)
㈱応用地質調査事務所
明治コンサルタント(株)
㈱キンキ地質センター
奥 山 ボ ー リ ン グ (株)
第 一 開 発 (株)
日 特 建 設 (株)
基礎地盤コンサルタンツ(株)
㈱ 明 間 ボ ー リ ン グ

以上 9名

技術者表彰受賞者一覧表

1. 8号該当者

北海道協会	庄 司 義 雄 (46)	(株) 札幌工営社
東北協会	大 高 一 男 (43)	奥山ボーリング (株)
北陸協会	佐 伯 周 一 (60)	ヤマト地質調査 (株)
関東協会	井 沢 徹 雄 (51)	サンコーコンサルタント (株)
中部協会	河 津 昭 八 (45)	川崎地質 (株)
関西協会	谷 太 (54)	中央復建コンサルタンツ (株)
中国協会	竹 岡 幸 雄 (57)	第一開発 (株)
四国協会	国 方 一 夫 (52)	青葉工業 (株)
〃	岡 本 和 実 (49)	長崎工業 (株)
九州協会	橋 本 忠 喜 (59)	第一復建 (株)
以上 10名		

2. 9号該当者

北海道協会	長谷川 八 雄 (56)	三鉦ボーリング (株)
九州協会	原 口 芳 久 (49)	千代田工業 (株)
以上 2名		

合 計 12名

受賞者を代表して、運営委員高橋保三郎氏、8、9号該当者を代表して谷太氏から夫々謝辞が述べられた。

以上をもって臨時総会を終了した。

懇 親 会

午後6時より懇親会が行われ、アトラクションとして郷土芸能が数々紹介され、夫々の地区協会を代表して余興などがあり盛会裡のうちに幕をとじた。

第2日目

第2日目は中部協会主催の接待行事で、観光コース、ゴルフコースに分れた。

絶好の小春日和の晴天に恵まれ、ゴルフ組は伊勢CCに向って、7時朝食、7時20分にホテル発で出発した。

観光組のコースは二見ヶ浦－伊勢神宮（内宮参拝）－伊勢志摩スカイライン－池の浦ビラ（昼食）－鳥羽湾めぐり（遊覧船）－鳥羽パールアイラン

ド（見学）－鳥羽駅解散の予定である。

観光バスに便乗し、ホテル発9時、二見ヶ浦9時15分到着、9時45分迄見学する。現地に蛙の置物の多いのに驚ろく。

10時伊勢神宮（内宮）に到着、直に五十鈴川の大橋を渡って内宮に向う。途中五十鈴川の清流で手を清める。五十鈴川には錦鯉や普通の鯉が放流され、五十鈴川の清流に良くマッチしている。

玉砂利を踏みしめ老杉の間を縫って内宮に到着参拝する。

伊勢神宮を11時出発、伊勢志摩スカイラインを経由し、山上に到着する。東に伊勢湾を望み、南にリヤス式海岸になる鳥羽湾を遠望する。時間が余ったので予定を一部変更し、真珠研究所を見学、予定通り12時「池の浦ビラ」に到着、昼食をとる。13時15分鳥羽駅前より鳥羽湾めぐりの遊覧船に乗り鳥羽湾を1周し、鳥羽パールアイランドで下船し、御木本博物館、海女の実演、真珠の養殖の仕方などを具さに見学する。15時20分鳥羽パールアイランドを後にし、15時30分鳥羽駅にて解散した。

省エネルギーについて考える

中央開発株名古屋支店

田 中 茂 孝

炎天下のもと甲子園では連日球児の熱戦が繰広げられている。自分自身の出身校でなくても同県あるいは同じ地方というだけで、これ程までに全国的に浮かれるというのも何とも楽しいことではないか。言わば夏の国民的お祭りだと言えよう。

さて、この熱戦を球場に応援に出かけている皆さんは別として、クーラーの良く効いた部屋でテレビ観戦の皆さんもさぞかし多いことだろうと思う。冷えたビールでも飲みながらとなればまさに最高と言える。ところが昨今、国民のこんなささやかな楽しみをも奪うのではないかと思われるムードが高まりつつあり、仮に今日明日的な問題でないにしても何とも悲しいことである。すなわち省エネルギー（省エネ）問題がこれである。

限りある資源を有効に………のスローガンのもと国際的にエネルギー危機が叫ばれており、特に先般のOPECによる大巾原油値上げの決定により我が国における石油問題はまさに深刻と言わざるを得ない。

何でも我が国のエネルギー自給率は12%とさく。更に石油にいたっては0.3%の自給率しか無いとあっては何とも情無くさえてくる。四季があり、海・山有りの恵まれた気候風土をもちながら、悲しいかな石油資源だけは皆無に近いのである。

単に日本だけの問題ではなく、国際的に今の消費ペースを続けた場合、30数年後にはこの地球上から石油が無くなるとあっては、次代を担う子供達の明日を思う時、まことに心もとない限りであり、クーラーもテレビもすぐに消したくなるような心境になると言わざるを得ない。

ここでは限りある資源を有効に利用する為には

どうすればよいのか？ 又各方面におけるエネルギーの実態と省エネ対策を拾い出し、今後の我々の課題として何があるのかを考えてみたい。

まず国際的には、世界最大の石油消費国アメリカにおける省エネ問題は深刻のようで、ワシントン、ニューヨークではガソリン不足から隔日販売制になり、一部では石油を手に入れる為に暴動に近い状態ともさく。又アメリカ政府は太陽エネルギーの研究開発を今後の最重点施策に………などのニュースが飛び込んできている。まさに石油の世界最大消費国として、その対応策は大変なようである。

ブラジルでは石油節約時代の代替燃料としてアルコールが研究され始め、すでにガソリンにアルコールの20%混入を義務づけているともさく。

さて我が国における省エネ問題について考えてみよう。言うまでもなく、エネルギーの75%近くを石油に依存している日本こそ最大のエネルギー危機におかれた国と言わざるを得ない。前回のオイルショック以降、官庁のエレベーターの半分はストップし、廊下は真暗になった。いわば政府の第一次省エネ対策であった。引続き第二次省エネ対策が本格的に動き出したのは確か今年の6月の閣議決定であったと思う。各省庁が中心になって決定した省エネ対策はどのようなものだったかというところ、

- | | |
|------------------------|-----|
| ① 映画館の営業時間規制 | 厚生省 |
| ② ガソリンスタンド日曜・祭日休業 | 通産省 |
| ③ 広告用照明の規制 | |
| ④ 輸送機関の冷暖房規制 | 運輸省 |
| ⑤ 民間企業の週休二日制・夏期一斉休暇の普及 | 労働省 |

- ⑥ 道路照明の減灯・減光……………建設省
⑦ テレビの深夜放送の自粛……………郵政省
などであった。

ただこれのみで残念に思ったのは、はっきりとした横の関係も検討せず、各省庁が規制しやすいものだけを拾い出しただけの、言わば庶民生活の犠牲を強いたものにすぎないと感じた点であった。

このような政府の方針とは別に民間企業はそれなりに省エネ対策に努力しているようである。自動車メーカーは燃料消費の少ない車輛の開発に力を注ぎ、又電気メーカーでは消費電力を有効に使う電化製品の開発に努力しているとのことであり、これは何も省エネに限ったことではなく、一般庶民にとってはまことに有難い一言に尽きる。

一方ビル建築の分野においても省エネ問題は大きな課題になっているようである。まだ実験段階ではあるらしいが、太陽エネルギーを利用したソーラハウスの開発などはその一例であろう。中部電力では岡崎支社社屋の新築に当り、①建物の形や方位・断熱性および窓の大きさなど建物自身の改良、②冷暖房システムなど設備の合理化、③太陽熱の利用……などを取り入れ、何と従来のビルに比べ約40%のエネルギーが節約出来るとあって各方面から注目を浴びているとのことである。全ての建築が真似は出来ないにしても、これからのビル建築の新しい方向づけが始まったと言えるようか。

ファッション業界では通産大臣御推奨の省エネルギーなものが登上したが、人気は今一つぱっとしないようだ。日本古来からの伝統的な和風省エネファッション……浴衣・甚平の人気の方が依然として根強いらしい。

現実的な省エネ対策とは別に、石油漬の現代社会から脱皮し、新しいエネルギー源を求める為の研究は多くの人々によって行なわれているが、今後脚光を浴びるだろうと思われるものをいくつか拾い出してみよう。

- ① 太陽熱利用……言うまでもなくキラキラ輝く太陽…この無限のエネルギーを利用したもので、冷暖房・温水プールなどに利用される。
② 工場排熱利用……大型工場が無駄に出されている排熱を利用した温水プールなど。
③ 風力発電……風力は場所を選ばず、風さえあればどこにでもOK。風はタダとあって今後の発電に大いに利用出来そう。
④ 波のエネルギーを電気に……日本は海国、海の波ならいくらでもあるだけに今後に期待がもてそう。
⑤ 飛行船の見直し……飛行場はいらず、騒音もない、燃料もあまり必要とせず、気象観測や、ビルの人命救助などに利用出来そう。
⑥ 都市ゴミから石油を……ゴミからエネルギーを取り出す……。ゴミこそ半無限今後の地域開発に大いに役立ちそう。特に廃タイヤは熱分解プラントにより重油・カーボン・鉄が期待出来るとか。

以上これからの研究開発に大いに期待したいものの幾つかを拾い出してみた。

ここでちょっと話が変わるが、水も又大切な資源の一つである。昨年の北九州、今年の東京と水の大切さを思い知らされたのも記憶に新しい。ここで人間のアイディアのすばらしさを認識させられた、ある雑誌のCMを紹介しよう。節水の為に（と言うより商売の為かもしれないが）トイレ用「消音用水洗音発声機」なるものが開発されたというのである。女性の大半はトイレで用をたす前後最中に必ず水を流すそうであり、この為の使用水は全国合計すれば膨大な量になるというので開発されたのがこのマシンという訳である。すなわち衛生上の問題は別としてボタンを押せば、たちどころに水の流れる“音”だけが鳴り響くというものらしい。何とも人間の英知とはすばらしいものではないか……。

さて本論にもどるが、我々は毎日の生活の流れの中で省エネ対策に協力しなくてはならないのは言うまでもないが、一方では、①サラリーマンのノーネクタイはなかなかその実現はむずかしい。②エアコンも猛暑には勝てず、普及率が急速に伸びている。③ましてやマイカーを追放したら今の経済社会は一体どうなるのか……など現実には省エネとは名ばかりの現象も随所に見られるのが事実である。しかし我々は少なくとも出来るところから、目の前のちょっとしたところから省エネに協力していく必要があろうし、又もう少し言えば我々は具体的に石油エネルギーの使用を減らすための行動に迫られていると言って過言ではない。改めて身の廻りを見直し、ムダは無いか、もっと効率的なエネルギー利用方法はないのか研究してみたいものである。即ち電化製品の使い方、ガスの利用方法、マイカーの利用の仕方等の面での協力こそ、その一つであろう。他方行政側もたゞ庶民生活の犠牲を強いるだけの省エネ対策だけでは無く、もっと基本的な省エネ行政の実施を考える時期がきているのではなからうか。ただマイカーを自粛せよとばかり言わず、これに代わる安い公共の足を確保し、又長期展望のない細切れの都市計画により掘ったり埋めたりしたムダな施設整備をやめることから努力してもらうことをお願いしたい。

しかし最高の省エネは、甲子園の球児と同じように、炎天下でもおい切り汗をかき、流れる汗を惜しまず頑張り抜く力を一人一人がもつことなのかもしれない。(54.10記 営業課長)

事務局だより

54年4月5日

積算委員会

積算に関する説明会

54年4月11日

第209回理事会

主なる事項

1. 土質試験所設立問題
2. 54年度に係る諸事項について

54年4月17日

昭和53年度会計監査

54年4月24日

構造改善事業について

54年4月26日

第210回理事会

第19回通常総会

議事

1. 昭和53年度収支決算報告と承認、監査報告
2. 昭和54年度事業計画（案）原案可決
3. 昭和54年度予算（案）原案可決
4. 役員改選

54年5月7日

土質試験所設立準備会幹部会議

54年5月12日

土質試験所設立準備会幹部会議

54年5月19日

土質試験所設立準備会幹部会議

54年5月24日

第1回地区理事長会議ならびに通常総会

54年5月26日

土質試験所設立準備総会（第3回）

54年5月29日

第211回理事会

主なる事項

1. 54年度事業の推進実行について
2. 土質試験所設立問題について
3. 技術講習会の開催の件

54年6月1日

技術雑誌発行に係る編集会議

54年6月5日

土質試験所設立発起人会議

主なる事項

1. アンケート調査の実施
2. 関係諸資料の作成
3. 土地問題について

54年6月6日

積算委員会

1. 54年度事業計画等の具体化

54年6月12日

研究委員会

1. 54年度事業計画等の具体化
2. 技術講習会開催の件

54年6月13日

広報宣伝委員会

1. 54年度事業計画等の具体化

54年6月15日

総務委員会

1. 54年度事業計画等の具体化
2. 検定試験の実施について

54年6月22日

第2回地区理事長会議

54年6月26日

研究委員会

1. 技術講習会開催の件

54年6月27日

第212回理事会

主なる事項

1. 54年度事業計画の具体化(案)について
2. 土質試験所設立問題について

54年6月30日

第16回技術講習会開催

54年7月2日

研究委員会

技術研修会開催の打合せ

54年7月4日

積算委員会

陳情活動実施について

54年7月7日

第14回地質調査技士資格検定試験

54年7月9日

採点会議

54年7月12日

土質試験所設立発起人会議

54年7月20日

事務局長会議

54年7月21日

土質試験所設立準備総会(第4回)

1. 土地取得問題

54年7月26日

積算委員会

54年7月26日

第213回理事会

1. 技術研修会開催の件

2. 全地連臨時総会について

54年7月27日

研究委員会・技術研修会開催

水資源開発公団中部支社試験室

1. 見学会

2. 試験の実施

3. 結果の解析

54年8月3日

総務委員会

1. 全地連臨時総会の開催について

2. 全員懇談会の開催について

54年8月4日

祝賀会出席(関東協会副理事長建設大臣表彰受賞)

54年8月10日

第3回地区理事長会議

54年8月16日

土質工学会役員会

54年8月17日

土質試験所設立に関する合同会議

54年8月17日

幹部会議

1. 技術者表彰について

2. 全員懇談会開催の件

3. 全地連臨時総会開催に係る諸事項について

54年8月22日

土質試験所設立発起人会議

54年8月25日

土質試験所設立発起人会議

1. 定款の件

2. 土地取得の件

54年9月1日

土質試験所設立発起人会議

54年9月6日

第214回理事会

1. 全員懇談会開催の件
2. 試験所設立問題
3. 全地連臨時総会開催の件

54年9月6日

全員懇談会の開催

54年9月11日

土質試験所設立準備総会（第5回）

1. 土地取得について
2. 定款について
3. 創立総会開催について

54年9月14日

土質試験所設立に関する合同会議

54年9月14日

第4回地区理事長会議

54年9月17日

積算委員会

54年9月26日

積算委員会合同会議

54年9月27日

（仮称）中部土質試験協同組合創立総会

54年10月5日

東北協会20周年記念式典出席

54年10月8日

総務委員会

1. 全地連臨時総会開催に関する件

54年10月9日

研究委員会

1. 中部地盤研究会内容について
2. 地盤区分図資料収集について

54年10月9日

第215回理事会

1. 全地連臨時総会開催の件

54年10月11日～12日

全地連臨時総会開催ならびに招待行事 於 鳥羽

54年10月15日～19日

試験所設立に関する診断会議

54年10月23日

積算委員会

54年10月26日

積算全国会議

54年11月2日

機械等規格化委員会（全国会議）

54年11月9日

中部土質試験協同組合設立認可

54年11月13日

積算委員会

1. 陳情活動の実施計画等について

54年11月14日

研究委員会・技術研修会の開催

電気アナログ法による水理公開実験

54年11月17日

愛知県測量設計業協会創立5周年記念式典出席

54年11月20日

広報宣伝委員会

1. 土と岩の発行について

2. 技術雑誌配本の件

54年11月27日

全地連拡大編集会議

54年11月28日

第216回理事会

1. 陳情活動の実施計画
2. 中部地盤研究会の内容等

編 集 後 記

希望に輝く年を迎え、読者皆様の御多幸を祈り上げます。

この「土と岩」は、過去大いに利用して頂き、感謝にたえません。

本号は一層よりよきものにするため、内容及び校正等に時日を要し発行が遅れましたが御寛容下さい。

御投稿頂きました方々には、厚く御礼申しあげます。次号もどしどし玉稿を賜わりますよう御願い申します。

広 報 宣 伝 委 員 会

〔 土 と 岩 29 号 ・ 特 集 号 〕

原 稿 募 集

1. 論 旨 技術発表、現場経験談、土・岩・水に関する随筆、その他当協会に関する御意見等何でも結構です。
2. 締 切 日 昭和55年9月末日厳守
3. 発 表 次号本紙上、応募作品多数の場合は順次発表致します。
4. そ の 他 (イ) 作品には社名、役職名、氏名を明記下さい。特に紙上匿名を御希望の方は御指定下さい。
(ロ) 応募作品には薄謝を呈します。
(ハ) 送り先当協会広報宣伝委員会宛

土 と 岩 発 行 昭和55年2月
〔 28 号 〕 責 任 者 名古屋市中央区栄三丁目15番4号日東ビル

中部地質調査業協会広報宣伝委員会 TEL 262-4828

会 員 名 簿

会 社 名	郵便 番号	住 所	代表者氏名	電話番号
ア オ イ 地 質 (株)	462	名古屋市北区深田町1-6-1	鈴 木 孝 治	(052) 951-6371 代
青葉工業(株)名古屋出張所	462	名古屋市北区黒川本通4-32-1	三 井 司	(052) 915-5331 代
旭 工 事 (株)	461	名古屋市東区東白壁町7	高 桑 綱一郎	(052) 935-6762 791-6307
(株)飯沼コンサルタント	453	名古屋市中村区長戸井町4-38	飯 沼 忠 道	(052) 451-3371
(株)応用地学研究所 名古屋事務所	450	名古屋市中村区名駅3-13-28 名星セブンスタービル807	高 司 暢 夫	(052) 561-1435 代
(株)応用地質調査事務所 名古屋事務所	463	名古屋市守山区大字瀬古字中島102	宮 川 和 志	(052) 793-8321 代
(株)オオバ名古屋支店	460	名古屋市中区丸の内3-4-21	中 谷 富美男	(052) 961-2521 代
梶谷調査工事(株) 名古屋営業所	461	名古屋市東区榎木町1-2 山吹ビル	今 井 修	(052) 962-6678
川崎地質(株)名古屋支店	460	名古屋市中区新栄1-6-3 シャインセンタービル	阿 部 貞 雄	(052) 262-3051 代
基礎地盤コンサルタント(株) 名古屋出張所	451	名古屋市西区琵琶里町1-1	古 長 孟 彦	(052) 522-3171 代
木村建設(株)名古屋営業所	460	名古屋市中区大須4-14-60 清友ビル	川 合 一 夫	(052) 261-6907
(株)キンキ地質センター 名古屋事務所	466	名古屋市昭和区雪見町1-14	崎 川 隆	(052) 741-3393 代
(有)久保田ボーリング工業所	441 -03	愛知県宝飯郡御津町大字御馬字加美	久保田 寿 子	(053375) 2185 代
熊 金 ボ ー リ ン グ (株)	395	飯田市大王路1-5	小 林 正 四	(0265) 24-3194
京 浜 調 査 工 事 (株) 名古屋営業所	460	名古屋市中区正木2-8-4	重 松 正 勝	(052) 321-5139 331-4051
興亜開発(株)中部支店	468	名古屋市中村区天白町大字平針 字下原2630の2	松 尾 唯 雄	(052) 802-3121
国際航業(株)名古屋営業所	460	名古屋市中区栄3-32-26 六合ビル	八 木 一 成	(052) 262-7461
(株)栄基礎調査	461	名古屋市東区新出来町3-60	鈴 木 恣	(052) 935-0702 937-5929
サンコーコンサルタント(株) 名古屋支店	450	名古屋市中村区名駅4-8-10 白川第3ビル	千 葉 正 美	(052) 586-2135 2136
三祐株式会社名古屋支店	450	名古屋市中村区納屋町1-12	城 田 正 判	(052) 581-7441
三 和 基 礎 (株)	461	名古屋市東区百人町38	松 本 政 夫	(052) 935-4056
白 石 基 礎 工 事 (株) 名古屋支店	460	名古屋市中区錦1-19-24 名古屋第一ビル	伊 東 武 彦	(052) 211.5371 代
(株)新東海コンサルタント	514	津市江戸橋1-92	中 瀬 久	(0592) 32-2503 代
西濃建設(株)名古屋支店	450	名古屋市中村区水主町3-11	榎 本 義 雄	(052) 561-3541 代

会 社 名	郵便 番号	住 所	代表者氏名	電話番号
(株) 大 星 測 量 設 計	467	名古屋市瑞穂区弥富町字清水ヶ岡 65	朝 倉 邦 美	(052) 831-9944
玉 野 測 量 設 計 (株)	453	名古屋市中村区竹橋町 4-5	小 川 義 夫	(052) 452-1301(大代)
(株)ダイヤコンサルタント 名古屋支店	450	名古屋市中村区名駅 3-17-34 ナカモビル	林 嘉 宣	(052) 571-1521代
中央開発(株)名古屋支店	461	名古屋市東区相生町 4-17-4	大 野 敬 且	(052) 931-8586代
中央復建コンサルタンツ(株) 名古屋営業所	460	名古屋市中区丸の内 3-18-12 大興ビル	武 藤 兼 一	(052) 961-5954
中 国 ボ ー リ ン グ (株) 名古屋営業所	465	名古屋市名東区猪高町猪子石八前 17-3 ライオンビル	松 井 静 夫	(052) 773-9281
(株)中部ウエルボーリング社	464	名古屋市千種区東山通 5-3	佐 藤 久 松	(052) 781-2511 4131
帝 国 測 量 (株)	500	岐阜市青柳町 2-10	篠 田 巖	(0582) 51-2176
東海さく泉(株)名古屋支店	450	名古屋市中村区名駅 4-7-23 豊田ビル	岡 部 正 幸	(052) 571-8451 561-2121
(株)東海地質コンサルタント	460	名古屋市中区栄 4-21-17 はやしビル	鈴 木 誠	(052) 251-8521
東 海 電 気 工 事 (株)	460	名古屋市中区栄 1-20-31	水 越 貫 一	(052) 221-1111代
(株)東京ソイルリサーチ 名古屋事務所	450	名古屋市中村区名駅 2-40-2 名和ビル	林 寛	(052) 571-6431代
東 建 地 質 調 査 (株) 名古屋支店	457	名古屋市南区笠寺町字迫間 9-2	杉 野 勇	(052) 824-1531
東 邦 地 水 (株)	510	四日市市東新町 2-23	伊 藤 武 夫	(0593) 31-7311代
(株)日さく名古屋事業所	454	名古屋市中川区富田町大字千音寺 東尼ヶ塚 117-2	中 田 正 雄	(052) 432-0211代
日特建設(株)名古屋支店	450	名古屋市中村区名駅 3-21-4 名銀ビル	中 川 久 行	(052) 571-2316代
日本グラウト工業(株) 名古屋営業所	452	名古屋市西区見寄町 173 第2中沼ビル	中 村 和 範	(052) 503-8679
(株)日本パブリックエンジニアリング 名古屋営業所	460	名古屋市中区錦 1-6-15 エツワビル	竹 内 増 躬	(052) 201-5759代
富 士 開 発 (株)	464	名古屋市千種区唐山町 3-30	加 藤 力 三	(052) 781-5871代
松 阪 さ く 泉 (有)	515	松阪市大黒田町字橋本 1221-5	岩 本 寿	(0598) 21-4837代
(株)松原工事事務所	460	名古屋市中区丸の内 1-8-9 関山ビル	松 原 英 男	(052) 211-3571
松 村 工 業 (株)	500	岐阜市藪田 2-56-1	松 村 国 夫	(0582) 71-3912
宮 本 管 工 (株)	510	四日市市川原町 21-12	宮 本 寅 夫	(0593) 31-1291代
村 木 さ く 泉 探 鉱 (株)	456	名古屋市熱田区西野町 1-2	村 木 正 義	(052) 671-4126
明治コンサルタント(株) 名古屋事務所	460	名古屋市中区栄 1-5-8 藤田ビル	田 村 義 雄	(052) 211-2026代
ライト工業(株)名古屋支店	453	名古屋市中村区名駅 1-3-7	古 田 忠 義	(052) 452-2866~8