

発電所・ロータリーキルンなど 重量産業施設の単位面積当りの静荷重が その土地の足下に累重する地層のもつ固有の支持力より大きければ 沈下・崩壊といった公害・事故を招くであろう。しかも施設静荷重の方は文明の進歩・技術革新と共に年毎に増大する趨勢にあるのに対し 地層の支持力はその土地固有のもので 一般に表層ほど小さく 深部に移るほど大きいのが常であるから 前者が大きい時は これに釣合った支持力の層を 下方に探し求めて 杭打ちなどで支持層に届かせて支えるかあるいは 地盤を人工的に強化でもしない限り 安全を保つことはむずかしい。

経緯 ここ数年来この観点に立ち 地盤の安全荷重についての支配要因を研究対象として 沖積層・洪積層・降下火山灰・泥炭質土層などについて 種々工夫を凝らして計測を行なって その本質究明に従事して来た。これら第四紀層はもともと未固結または半固結状態にある地層であって その構成物質は鉱物粒の集合体である土粒子群とその間隙を充填する水分とからなり 双方がどのような配置関係にあるかにより 硬軟・粗密・乾湿といった様相を呈する。このような結合状況をどのようなパラメータで確認できるかによって この方面の研究課題は一步一步解明されてゆくものと考え いままで種々の考案・試行を心掛けて ある程度の成果も挙げるに至った。

これまでに実際に海岸低地で150~200mの深層ボーリングを行なって 足下の地層を検討した所では 深部に達するまでに 幾回か軟弱地盤の繰り返しが見られると確認されており その原因の説明には氷河の消長による海面の昇降運動を考慮に入れた沈積輪廻の学理を持込まねば

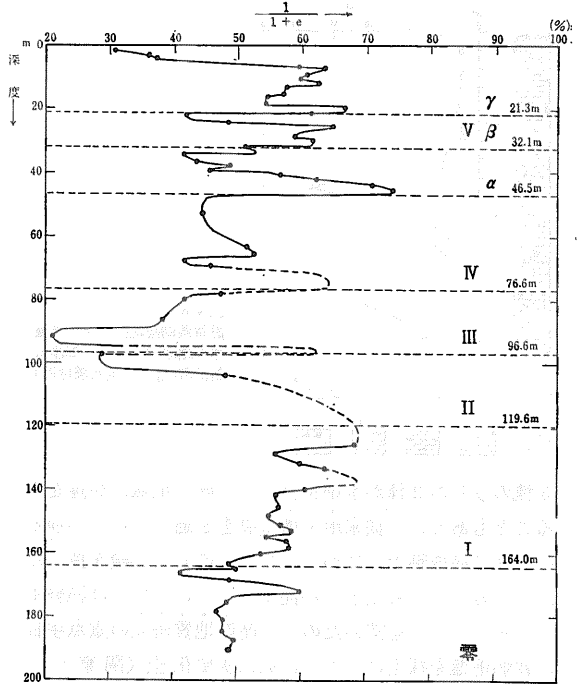


図2 地層緻密度ダイヤグラム〔緻密度45%以下は 超軟弱地盤と考えられ -200mまでに前後7回の繰り返しが見られる 射水平野 綱岡地点 El=0.12m〕

解釈できないことが判明した。他方どこそこの海岸低地では 地表から幾m・幾十mの深部に超軟弱地盤が伏在していると報告して 注意を喚起することにつとめ その報告も最近では貴重な情報として評価されるに至っている。また一定の広がりを含め 広い範囲にわたる浅層の地盤について その土地固有の特色をつかむため サウンディング・二重管コーンペネトロメータ・間隙水圧計・中性子水分計・γ線密度計などを使って探ること

により 地盤の強度・安定度または表層の変化などを精密に知悉し またコンター図にプロットすることより 水平分布もしくは断面分布の様相が詳細に判るようになった。これらは産業施設のレイアウトにとって貴重な情報として重視せられ しかも一般の人にも了解されやすい形で 表現できるようになった。

およそ軟弱地盤と呼ばれる地層をつぶさに検討してみると 大別してヘドロ(潟成・海成の粘土)・泥炭質土・火山灰風化土の3種に区分でき 各々その本質は著しく異なるし また土地柄によっては

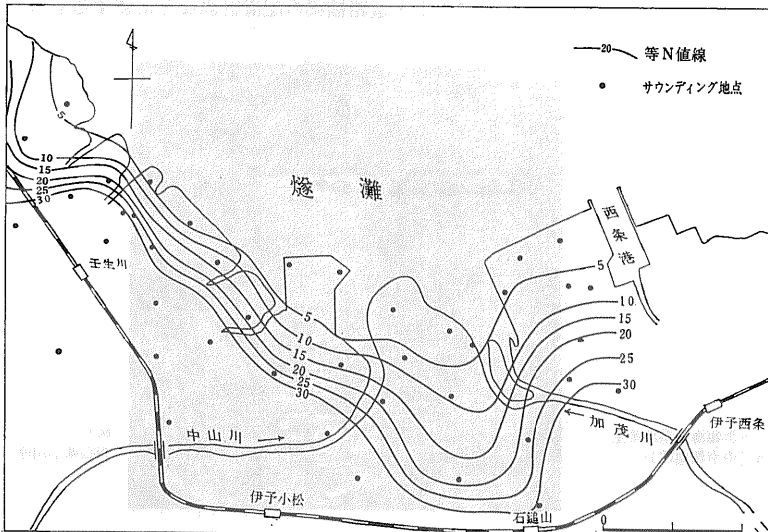


図3 瀬戸内沿岸低地の地盤図の例 東予(西条・壬生川平野)における深度15mの地耐力分布

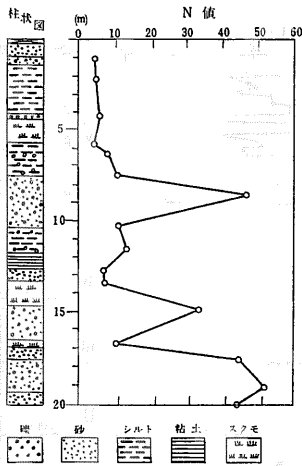


図4 a
滋賀県湖南地区 スクモ地帯の地耐力グラフ 草津市 新浜町(近江八景八橋付近)

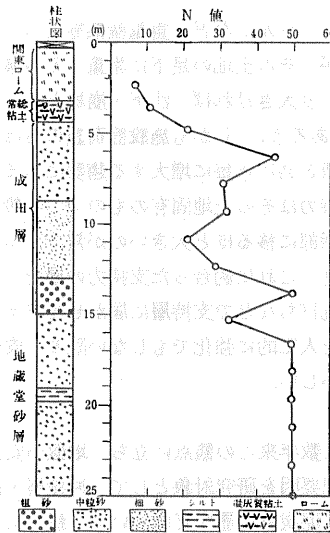


図4 b
千葉県佐原市 興倉岡地ボーリングの地耐力グラフ

3種のうちの2種が水準を異にして同一地域に発達をみることもある。従来地下構造調査を通じていわゆるヘドロ(海成粘土)について数多くの研究実績を持ったが、他方火山灰風化土とか泥炭土などについては経験不足であったことを認めたので、産業地質研究の重点項目に軟弱地盤を採上げ、とくに火山灰風化土(関東ローム)と有機質土(泥炭土・スクモ)について探究のキャンペーンを展開し、前者は下総台地・大宮丘陵において後者は琵琶湖南岸・諏訪盆地・南軽井沢においてあらゆる方面から計測実験を試み、ある程度は鉱物粒子と水分との関連についての特異性をつかむことができた。前記12地域のうちには、周防灘西岸・志布志湾・陸奥湾小川原湖周辺など火山灰堆積地域が含まれ、また東北・北海道などの候補地には泥炭質土の存在が予想され、いろいろと問題になるであろうから、これらの取扱いに際しては、上記の研究実績が大いに効力を発揮することと想われる。

方法

初年度における地盤の安全荷重調査研究は、大きく三方面からメスを入れて見たい。

1° 地表露頭 臨海平野を囲む丘陵地について簡略ながら露頭踏査を行なって、平野中心部に潜在する地層の標準層序を想定し、今回予定している深層ボーリング(深度…150m)の試料と比較検討する。

2° 浅層地盤 サウンディング(2重管コーンペネトロメータ併用)をおよそ1km²に1点の割で行なって、浅層(15m以浅)の地盤強度を測定し、そのデータを基に組合わせを行なって、沖積層の詳細な追跡を行ない、局所的な変化をつかみ、建屋のレイアウト・道路橋梁の配置計画などに資するものと

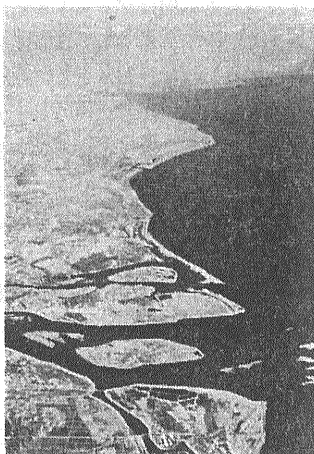


図5
松阪・伊勢臨海工業地帯空中写真(中南勢地域)

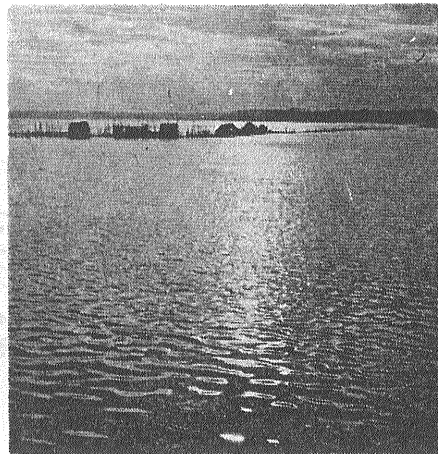


図6
青森県小川原湖

する。なお数カ所において-50mのボーリングを行ない 不攪乱試料を採って 土質力学試験を施し 標準値を求めサウンディングと並行して行なう密度検層のカリブレーション用にも利用する。

3° 間隙水圧測定 前記の-50mボーリングに際しては 約3m毎に坂田式間隙水圧計の打込みを行なって 地層のもつ動水圧を計測し 異常水圧を示す不安定地盤の探索を試み またそのデータを基にして水圧上昇率を計算し 地層の透水性を判定する。なおパイプ打込式簡易ボーリング(-15m位)を何カ所か予定し 中性子水分計を使って 地盤中の水分の在り方を調べ 同時に行なうγ線密度検層と併用して 地層細分に関し より一層の正確さを期待することが可能である。

3 帯水層の探査ならびに集水域の陸水計測

目 標 ある地域に工業を誘致する計画が立てられた場合には その地下に良質の地下水が存在するか 有力な帯水層が幾層あるか また地盤沈下のような公害の恐れを未然に防ぐためには どの位の揚水が適当であるか そこに供給される地下水の大略の量は 一体どの位かなどという情報を知っておく必要がある。そのた

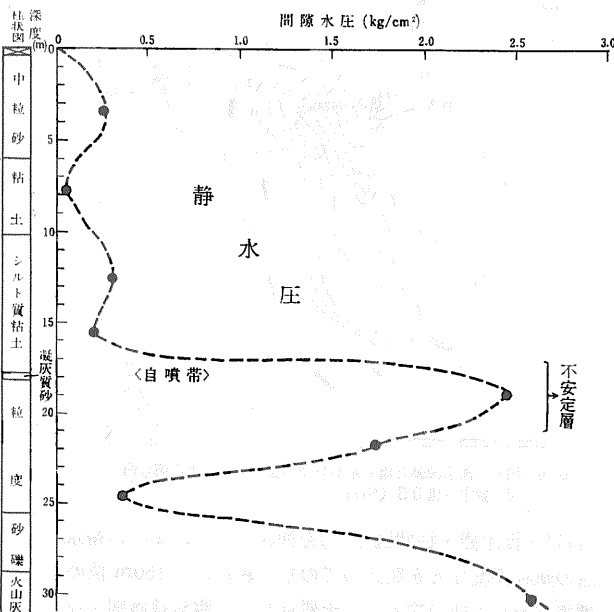


図7 間隙水圧垂直分布(大分県杵築市海浜)

めにはその地域に数本のモデル井を掘って 主要な帯水層をつかみ かつそれに孔明して 揚水試験を実施し それらの原始状況を知悉しておくことが肝要であるし またその地域に流入する河川の集水域全般にわたる比流量測定を なるべく湯水期に実施し 陸水が地中に浸透する過程を探り 水収支計算を行なって 包蔵水量を知り これに一定の係数を乗じて 平野部における可採水量を算定することも可能である。

対象と方法 対象となった地域については まづ既存井があったら その井戸について諸元

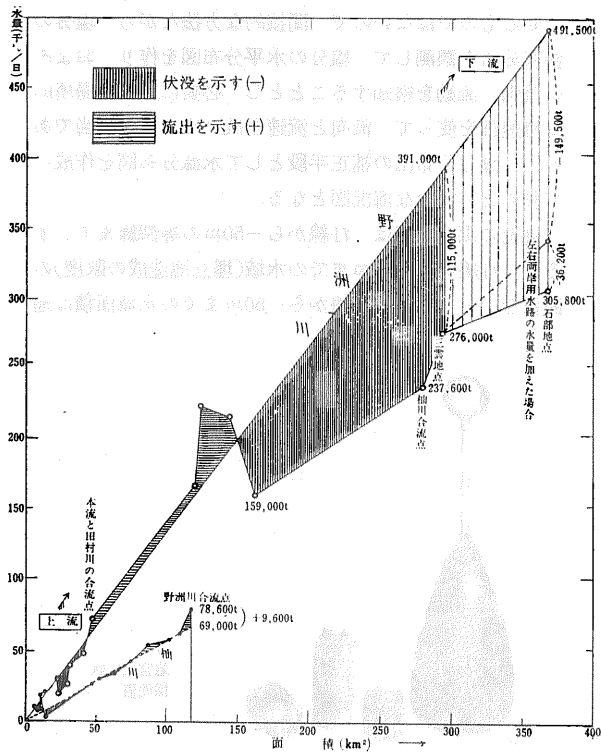


図8 比流量測定値からプロットした河川水収支ダイアグラム(滋賀県野洲川の例 安藤高明原図)

標尺	深度 (m)	柱状図	名 称	色	記 事
	1.30		粘土	青	非常に軟かい
	2.10		砂質粘土	黄	
	3.30		硬質細砂	灰	#3-5mmの礫あり
	7.40		粘土	灰	小礫点在
	8.50		砂質粘土	青	多量の腐植を含む
	12.70		粘土	青	腐植
	14.90		砂質粘土	青	
	16.40		砂質粘土	青	埋木あり
	19.20		細砂	灰	シルト薄層あり
	23.00		シルト質細砂	青	粘土の薄層を伴う
	24.60		粘土層	灰	埋木を含む
	30.50		砂質シルト	青	
	35.20		粘土質砂	黄	埋木多量
	41.90		細砂	黄	#3-5mmの礫点在
	47.80		粘土	青	泥岩の硬さ
	52.20		細砂	黄	砂質粘土を伴う
	62.30		砂質シルト	黄	埋木を含む
	64.10		砂質粘土	黄	硬結
	66.00		シルト	灰	
	70.00		砂質粘土	灰	#3-10mmの礫を含む

図9 標準柱状図の例(四日市市市道分地点)

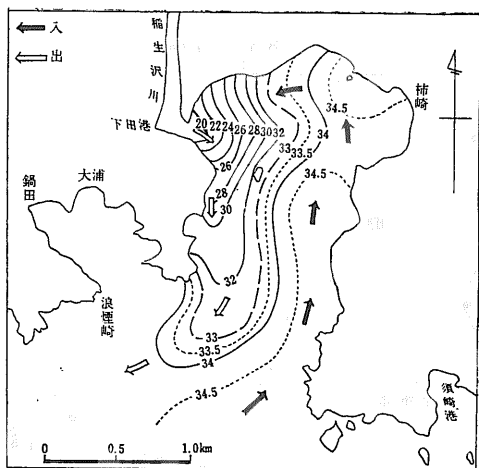


図10 湾内の海水流動と塩分水平分布の図〔2月の下田湾の海況図 数字は塩分S(%)〕

(口径・揚水能・柱状図など)を検討して およその帯水層の賦存深度などを突止めてのち 新たに-150m位の標準井を数カ所で掘る。土質柱状図・電気検層図を作り 一方土質試験値を参考にして且つまた平野周辺の露頭踏査資料を参照して 標準地質柱状図を作成してのち揚水試験を行なって 透水量係数(T)・透水係数(K)・貯留係数(S)などその帯水層の固有諸元を算定し また水質の分析値を出しておけば 爾後の計画立案に便益する処大なるものがある。

当該地域に流入する諸河川の集水域(山間部)全般にわたる比流量測定を渇水期に実施し 陸水が地中に浸透する量をつかむ方法を開発したが この方法は山地の保水能を大雑把に推計するのにきわめて有効適確なので 今後大いにこれを活用して行く考えである。背後地奥深く踏査し かつ測点も多ければ それだけ有力な資料が得られるので 機動力を発揮しながら野外測流に精密な計器を使用する要がある。

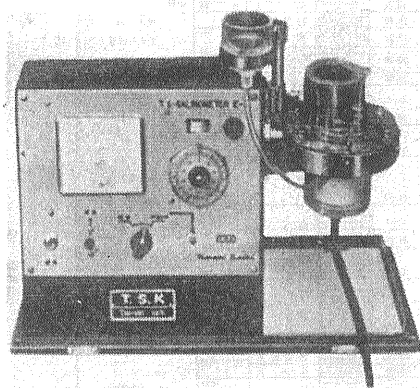
4 沿岸水域の底質分布

目標 通常海図には 底質を記号で記載してあるが きわめて大雑把であるから 埋立て用地に当る沿岸地先水域についての諸般の用に供するためには 新たに調べてみる必要がある。 というのは底質そのものが埋立ての材料として利用できれば 浚渫船を稼働させて低廉迅速に用地造成が可能となるが 仮に吟味せずに底質を積上げて拵えた造成地が もし乾固しにくい劣悪な泥土で占められる場合には 工場用地として整地後 各種工業プラントを装備した営造物をレイアウトしても 建屋は不同沈下を起こして建付けが狂い あるいは精密な機械設備が故障続出と付ったクレームが付きまとう破目に陥ろう。

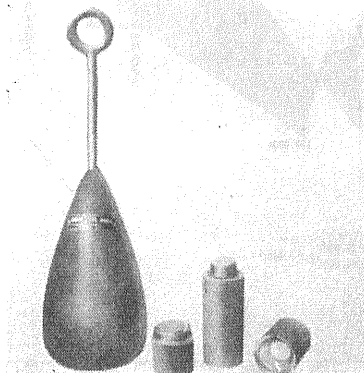
実施方案 底質の分布を決定する要因は 海況である。したがってまづ海況の観測を行なって それから底質のサンプリングを実施し さらに底質について各種の試験または観察を試み 最後に総合的に底質分布を解説するという手順になるのが常識である。

海況観測 できるだけ迅速に 且つ本質を失わない限度で 地先水域の海況を観測する方案を計画してみた。本来ならば徹底的に流速計を 時には波高計を使って 潮汐の干満に伴われる潮流 風力による吹送流 河水流入などの影響から起こる密度流などの解析を行なって 水の流動をつかむべきであろうが 到底短時間で調べつくせるものではないので 間接的な方法ながら 塩分の濃淡分布を観測して 塩分の水平分布図を作り およその流向・流動を察知することとし 必要に応じて局部的に流速計を使って 流向と流速を確かめるのが妥当である。 塩分分布法の補正手段として水温分布図を作成しておく 完全な海況図となる。

海況の調査範囲は 汀線から-50mの等深線までとする。 汀線から-20mまでの水域(埋立地造成の限度)の面積を1とすれば 汀線から-50mまでの水域面積は通



a 現場用塩分水温測定器



b 岩筒式筒状採泥器

図11 海洋測器および採泥器

例3倍以上となるが この程度の範囲まで調べておかないと 水の流動を判然とつかむことがむずかしい。

近年携帯用で自動式瞬間測定可能な電気式塩分計(測温計付)と電気式流向流速計がわが国の専門メーカーから市販されるようになり きわめて便利になったのは喜ばしい。従前は北原式またはエクマン式採水器で試水を探り 瓶詰めにして持帰り 実験室内でCl⁻を硝酸銀で滴定し表を参照して誤差を除いて塩分(S)を出したし 測温には転倒寒暖計を使用しなければならなかったし 測流にはエクマンメルト流速計のような不便で不正確な大型器械を船上から注意して吊り下げて目的を達したのを思い起こせば 全く隔世の感がある。

測定方式は 10~20 t位の備船に上記の器械を積み込み 1km²に1点位の割で測定するものとし それらの点数の1/5位では垂直観測(0 2.5 5 7.5 10 15 20 30 40 50mの10層)を試みればよろしい。このような観測網で塩分・水温の測定を敏速に行ない さらに両者の分布図が完成すれば およその水の動向がおのずから判明する。しかしその流れが実在するか否かをチェックするために 幾つかの観測点を選んで 電気式流速計を水中に降下させて 流向と流速の実測を試みる。こうして立体的な水の流動が知らされれば これらを図面に表示する。この図面こそ次に述べる底質分布を決定する営力を示す図として価値がある。

底質の採取とその観察 採泥の方法は、ここ30年間に大して進歩を遂げていない。この機会に新型器具の開発を志すのも 地質調査所として意義のあることと考えるが さしむき現在市販の岩宮式筒型採泥器を船上から落下させて 底下5~10cmのコアを採ることとする。採泥箇所は海況観測地点と重複させるのが望ましいが 汀線に近い程密に -20mから沖は粗くてもさしつかえない。

底質の物性のうちで特に海況と密接な関係のあるのは

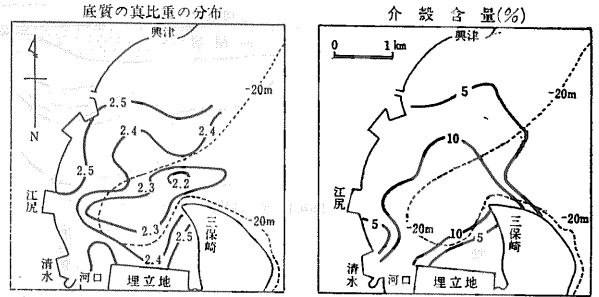


図12 底質の真比重の水平分布図ならびに底質中に含まれる介殻含量の分布図(例 清水湾)

粒径・比重・単位体積重量であるから 土質物理試験を行なうことにしてある。また鉱物識別も欠かすことはできなくて 殊に磁選により決められる磁鉄鉱含量ならびに塩酸処理で減少する率を“介殻含量”として分布図に描けば 海水の動向に対応する良好な指標が得られる。また石英の含有量のほか 粘土鉱物の同定により軟弱地盤の因となる加水ハロイサイト・モンモリロナイト・緑泥石などを検知することにより 埋立地造材材料としての底質の価値判定に重要な役割を演ずることも新しく応用面を開拓するものとなろう。

予想される成果 河川から吐出される碎屑のほか に 海崖下で波力によって破砕された砂が 沿岸流のまにまに移動して 両者が混合して沈積して 底質分布を決定するものと考えられる。従って底質分布図は 海況に制約されて複雑な様相と地域差を具現し 造材材料としての価値も所により異なった結果が出て来よう。そこで底質の鉱物組成を調べ どの位の石英分があるか それ以外の風化しやすい鉱物の在り方を吟味し さらに X線廻折法で粘土鉱物を同定して 工業用地材料としての適否にまで到達できれば 立派な成果として受け止められるであろう。もしも不良という判定が下されれば 底質を浚渫する工法は断念せざるを得ないであろう。

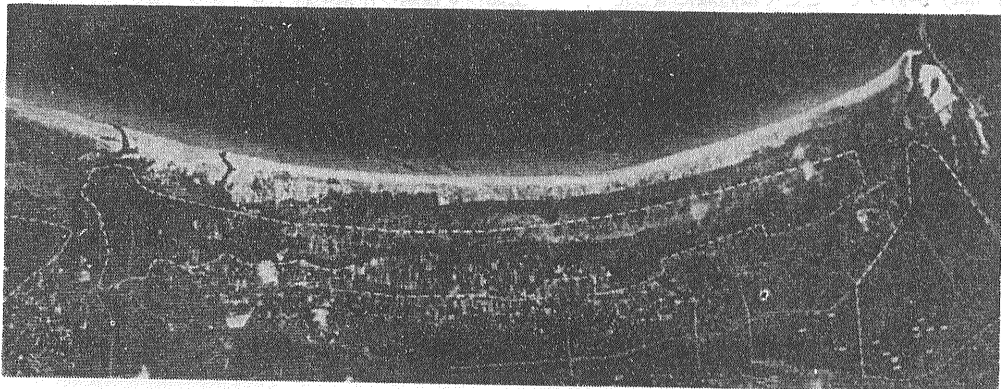


図13 志布志湾沿岸空中写真

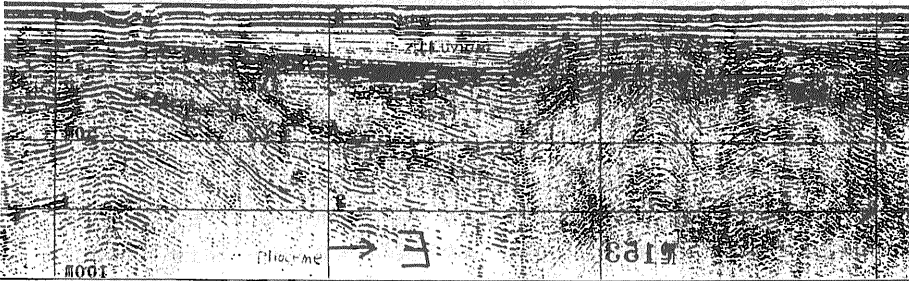
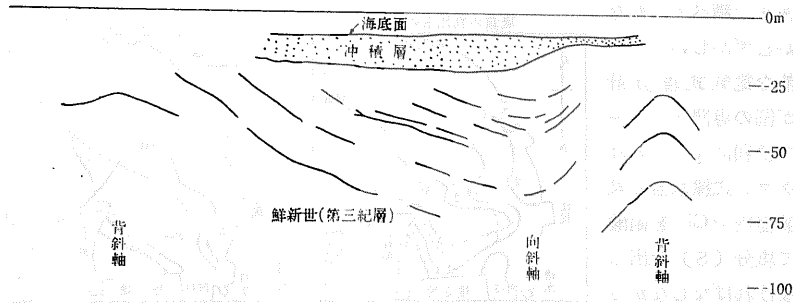


図14
音波探査による海底地質
構造の解析の例(中条課長
提供)

その時は周辺の丘陵地の土砂とか もし汀線近くに砂丘でもあれば それらをブルドーザで取崩して 水面に運んで埋立てるなどの対策を考えることとなる。 応用地質という立場から このような経済的な面にまで立入れられる可能性が ここに展開して来よう。

5 底面下の堆積層序

目 標 前章で述べたような作業の成果としては 海水の動向をつかみ それに見合った底質分布が判明するけれども 底質の薄層 (veener) の直下に台頭する本来の地層 (洪積層) を何らかの手段によって探知し 地盤としての性格を明かにすることは また別個の重要な課題である。

対象と方法 水深20m以浅の水域が おもな調査対象となる。 ただし潮汐の干満の差の大きい地方では 汀線から一定の距離の沖側にまで干潮時に乾陸化する帯状の干潟 (tidal flat) があって ここでは陸域に準じた調査作業が曲りなりにも可能である。 しかし波の高い時などは危険を伴うので 余り積極的に取り掛かるわけには行かない。 新たに開発する環状支保槽 (高さ3.5m) を試験的に使って見たいと考えている。 もしサウンディング調査がここで実施できるならば 陸域の同一の調査との結び付きが遂行し得て きわめて価値の高い成果をもたらすことになる。 しかし満潮時には干潟は水没するので 研究者の身命の安全を慮って 船を常時用意しなければならない。

水上ボーリング 水深10~15mの水域で 何本かの水上ボーリングを専門者に請負わせて実施する。 深度は水底下50mを予定し 標準貫入試験・コアリングを行ない 土質試験を参考にして標準柱状図を作成する。 とくに軟泥層については 不攪乱試料を採って力学試験を行ない 地盤の判定を試みる。

音波探査 物探部の指揮のもと水深5~20mまでの水域について 実施することにするが 現地の探査作業は専門者に依頼する予定である。 一般の土木基礎探査用であるから 発振エネルギーは100~200ジュール程度のものである。 従って探査深度は海面下数10mとし 測線密度は 1.0km²/km を目指すものとする。 一地域で測線延長は 60~100km ぐらゐの予定である。 80km²の水域が調査できれば地盤構造に関する有効なデータが得られよう。

上記の3種類の作業が終了してのち 各々のデータを総合して 水底下の地盤の地質層序を図示する。 音波探査の反射面解析には 水上ボーリングの成果である標準柱状図との照合が不可欠である。 しかし一旦対比が完全に行なわれれば 探査した水域全般にわたって 標準層序の区分界の地下コンター図を描くことが さほど困難ではないはずである。 底質を載せる基盤層の頂面が このようにして判明するだけでも まことに工業立地のために貴重な情報であり さらに礫層の伏在が明かにできるとなれば なお一層有用性が一般に知れわたっ

て用地造成に先立ち その候補地の価値判定に関し 結末を付ける威力を秘めているということができよう。

6 むすび

45年度から新規に「大規模工業基地水陸地盤調査」が実施されることとなり 筆者はその調査方法の概要を解説して来たのであるが この調査方法がもたらすと予想されるメリットを もう一度振り返って述べれば 次のように要約される。(ただし3°は省略される見込み)

- 1° 臨海低地の地盤は天与のもので 不変であるがそこに立地する基幹産業の施設静荷重 (t/m^2) は技術革新の波に乗って年々増大するばかりであり それだけ深部のより強固な支持層を基礎の足がかりとして狙わなければならない。一般に洪積層初期の砂礫層を目当てに -150m 級の深層ボーリングを行えば完全支持地盤<これ以下には軟弱地盤は存在しないと見極めのつく支持層>を見付けることができようから産業施設の基礎工事費の算定にまず便益を与えることになる。
- 2° 広範囲にわたる浅層につき -15~30mの穿孔式原位測定法(サウンディング・二重管ベネトロメトリ・間隙水圧測定・γ線密度検層など)により地盤強度・安定度などが判定され 且つ地盤の鉱物との関連が明かとなる。これらの成果は崩壊・不同沈下・流砂などの予知の手懸りとなり 主要プラ

ント以外の各種施設のレイアウト計画に必要な情報として採択されよう。

- 3° 臨海低地に流下する各河川の保水能が迅速かつ正確な比流量測定のネットワークで明かにせられ 平野に潜入する定常的な包蔵水の量を大略つかむことができ 他方深部さく井によって有力な帯水層の発見も期待され その帯水層についての試験から適正揚水量の算定も可能となる。
- 4° 地先水域について底質の分布が調べられる結果 軟泥質の部分と珪砂質の部分との比が判然とするから 当該地区にて底質を客土して埋立てを行なう場合の得失を 事前を知ることができる。
- 5° 埋立前に水域の底面下-50mまでの地盤支持力の概要がおぼろげながら判明する。また水上ボーリングによって得られた標準層序と音波探査の成果とを照合して 地層の替り目とか砂礫層の分布を地下等深線で表現すれば 工業立地のための基本資料を水域においても求めることができ 立地指導には安心感を持って対処できることになる。また従来はなほただだ不明であった埋立客土と本来の地層との境界についての知識が得られ 土地利用の段階に移ってからの不測の事故<たとえばパイプ折損・ケーブル切断・下水工事の難工など>を最少限に防ぐことになる。

(筆者は応用地質部産業地質課長)

新刊紹介

Nelson, A. & Nelson, K. D. 共著

Dictionary of Applied Geology Mining and Civil Engineering (応用地質 採鉱 土木工学事典)

本事典は 採鉱屋と土木屋との合作になるもので 題名を直訳すれば上記のとおりになるが 本来は採鉱学および土木工学専攻の学生向きに企図されたもので 広義の応用地質関係用語を基にこれと関連をもった採鉱学土木工学用語をたくみにとりいれて集大成している。たとえば金属・非金属および燃料鉱床のほか 建材 宝石などにいたるまで広汎多岐にわたっており おもに露天掘を対象とし 有用鉱物(および岩石)については経済的価値 工業的用途をある程度詳述しているほか ダム 貯留槽 道路 地すべり 山崩れおよび一般の土木工事ならびに掘さく; 水資源とその供給; 土質力学および建設地点の選定調査; 一般地質探査 物理探査 試すいおよび試料採取などに関する用語も記されている。

なお用語解説を明確にするため 必要に応じ適宜図・表を本文中に挿入しているほか 簡単な数式も掲載されているし 関連分野におけるおもな学協会 会議なども解説されている。

外国の技術者の多くは 専門分野の殻から脱皮して広く関連分野の科学技術を身につけているだけに本書の内容は 単に地学者の書いた事典とは異なってリポートりが広く 豊富であるので応用地質学の領域に携わっている人びとにも 採鉱屋 土木屋向けにも さらにこれらの分野に関連または関心をもつ多くの人びとのためにも利用され 座右に備えてよき伴侶となるうる価値のたかいものとして江湖に推奨したい。(菌部)

本文巻尾の付図には 地質鉱床図あるいは断面図用の岩石・土壌の図形および記号の凡例 付表には度量衡の換算値などが採録されている。

George Newnes Ltd. London 初版1967年

本文 pp. 1~416 (挿図26) 付図・付表 (pp. 417~421)

価格 邦貨換算 ¥ 2,430