



土 木 研 究 所 資 料

第 7 3 0 号

東 京 湾 口 の 地 盤

昭 和 4 7 年 3 月

建 設 省 土 木 研 究 所
地 質 研 究 室

東京湾口の地盤

まえがき

東京湾環状道路計画に関し、湾横断部のルートを選定する目的の海底地質調査が計画された。この計画は、建設省関東地方建設局を中心に、昭和38年度から実施され、現在なお継続中のもので、音波探査およびボーリング調査を主体とする海底地質調査である。この間に、建設省土木研究所、地質研究室では、海底地質調査の方法と、それをを用いた広域にわたる地盤の工学的性質の分布とを追求してきた。

調査地域は、東京湾口部海底（観音崎～富津州～磯根岬附近海域）および周辺陸上部で、洪積世～新第三紀のいわゆる軟岩地盤とそれを覆う新期堆積物とからなる。

この種軟岩は、小構造物基礎地盤としては、十分な支持力を有すること、コア採取および運搬時の破損乾燥による性質の変化が生じやすく、保存がむずかしいなどの理由で、既存の試験資料が少なく、工学的諸性質およびその分布がよくわかっていない場合が多い。

今回の調査目的のように、長大橋梁基礎、長大トンネルなどの大規模構造物を対象とした場合には、どうしても軟岩地盤の性質分布を知る必要がある。そしてボーリングコストの高い海底調査でこれらを知るためには、特にボーリング地点で得られた工学的諸性質の連続性と地質学的な成層構造、岩相などの関係を知ることがその第一段階である。

この報告は、これらの環境要素を背景に、東京湾口の地質とその物理的諸性質の分布とをまとめたものである。そして、集録された資料は昭和38年度から昭和45年度までに得られたものである。

担当者、地質研究室

小 島 圭 二

東京湾口の海底地盤

Report on the Marine Geotechnical Survey at the Entrance of Tokyo Bay

目 次

まえがき

1. 東京湾口地盤調査の経過	1
2. 東京湾口および周辺の地質	6
2.1 海底地質調査の方針	6
2.2 調査地域	6
2.3 音波探査反射パターンと地質の対応性	6
2.3.1 地質柱状図および物理検層曲線と反射パターン	9
2.3.2 陸上部の露頭観察による成層構造・岩質との比較	11
2.3.3 ドレッジによる岩質の確認	11
2.3.4 東京湾口の反射鍵層	14
2.4 地形・地質概要	14
2.5 地形・地質図類の表現方法の説明	26
2.6 地形・地質図類の精度の考察	28
3. 東京湾口の地盤特性	30
3.1 ユア試験値による地層評価の妥当性	30
3.1.1 物理量について	30
3.1.2 力学量について	33
3.2 岩相と地層の不均一性の考察	39
3.2.1 岩相と物理的諸性質の関係	39
3.2.2 地層の不均一性の考察	45
3.3 上載荷重の影響と層位（または層準）の概念	45
3.4 東京湾口および周辺地域の層位と物理的諸性質の関係	49
3.4.1 層位と物理的諸性質の関係	49
3.4.2 地盤の物理的諸性質のばらつきについて	56
3.5 東京湾口の地盤諸常数	60

参 考 文 献

Illustrations

- Fig.2-1 (appendix) Recent submarine topography, subbottom topography hidden under the soft sediments, and profiles of sonic prospection at the Entrance of Tokyo Bay.
- Fig.2-2 (appendix) Distribution of bottom sediments at the Entrance of Tokyo Bay.
- Fig.2-3 (appendix) Physiographic features of subbottom topography and environmental features of its overlaid soft sediments at the Entrance of Tokyo Bay.
- Fig.2-4 (appendix) Geological map at the Entrance of Tokyo Bay, and surrounding land area.
- Fig.2-5 (appendix) Geological profiles at the Entrance of Tokyo Bay.
-
- Fig.2.2-1 Location map of Tokyo Bay (dotted rivers show burried ones).
- Fig.2.3-1 Correlation between reflection pattern and ρ_a -curve pattern of electric log.
- Fig.2.3-2 Reflection patterns of D(G.S), D(S) --- (A), E, F and G --- (B). Corresponding actual facies are shown by the photographs under the reflection records. D_2 : D(G.S), D_3 : D(S).
- Fig.2.3-3 Sonic prospecting record along the coast from the Cape of Isonoe to the mouth of Somekawa-river in the Boso peninsula.
- Fig.2.3-4 Reflection patterns of $F(M_1)$, $F(S.A)$, $F(M_2)$ --- (A). The photographs show the cliff at Koshiba -- (B).
- Fig.2.3-5 Reflection patterns of G and H, and their actual facies off and at Kannonzaki.
- Fig.2.3-6 Reflection patterns of F and G. These actual facies were recognized by dredge.
- Fig.2.3-7 Reflection pattern of U_1 -unconformity.
- Fig.2.3-8 Reflection pattern of U_2 -unconformity.
- Fig.2.3-9 Reflection pattern of cross laminated deposit A(S) and horizontal laminated deposit B(M.A).
- Fig.2.4-1 Diagramatic profile of subbottom relief and its overlaid deposits at the Entrance of Tokyo Bay.
- Fig.2.4-2 Eustatic curve of the latest Quaternary. Relative change of sea level and corresponding deposits are shown in the figure.
-
- Fig.3.1-1 P-wave velocities for soft rock are almost equal however the method of measurement or the scale of rock mass are different.

- Fig.3.1-2 P,S-wave velocity: V_p , V_s , volume elasticity: k , shear modulus: μ and q_u to water saturation ratio: S_w .
- Fig.3.1-3 Yield points of strata in a certain depth obtained from bore hole tests are proportional to the ones of cores under the corresponding confining pressure.
- Fig.3.1-4 An example of bearing strength for soft rock; $\circ$, Δ : in situ test, $\bullet$: calculated with core test values (Terzaghi's equation).
- Fig.3.1-5 Modulus of deformations in bore hole tests making use of pressio-meter and in core tests for the same rocks.
-
- Fig.3.2-1 Void ratio e changes with grain size.
- Fig.3.2-2 Consistency limits like L.L. and P.L. change with clay content.
- Fig.3.2-3 Cohesion C versus internal friction ϕ curves at some horizons as parameter.
- Fig.3.2-4 (A) Relation between sand content and q_u (uniaxial compressive strength) for D, (B) and (C) for E and F formations respectively.
- Fig.3.2-5 Relation between q_u and sand content making use of horizon as parameter.
-
- Fig.3.3-1 Relation between q_u and depth for mud in the Alluvium and the latest Diluvium.
- Fig.3.3-2 Relation between density and depth in Niigata oil field.
- Fig.3.3-3 Relation between porosity and depth in Chiba oil field.
-
- Fig.3.4-1 (1)-(3) Engineering properties of foundation strata at the Entrance of Tokyo Bay. --- appendix.
- Fig.3.4-2 (A) Typical e - p curves, (B) Corresponding e - $\log p$ curves representing results of compression tests on laterally confined laboratory soil aggregates.
- Fig.3.4-3 Correlation between uniaxial compression strength (q_u) and coreficient of deformation (E_s).
- Fig.3.4-4 E_s under confining pressure (triaxial compression test).
- Fig.3.4-5 Examples of E_p -depth relation for some formations.
- Fig.3.4-6 Frequency distribution of uniaxial compressive strength (q_u) every stratigraphic division of strata.
- Fig.3.4-7 E_s and E_p histograms (A), E_s and E_p versus geological time curves (B).

Tables

- Table 1-1 The development of the marine geotechnical survey at the Entrance of Tokyo Bay.
- Table 2.1-1 Methods of the marine geotechnical survey at the Entrance of Tokyo Bay.
- Table 2.4-1 Correlation of strata in Tokyo Bay area.
- Table 2.4-2 Correlation of buried-relief deposits in and around Tokyo Bay.
- Table 3.1-1 Shear test in situ and core test at the same locality around the Entrance of Tokyo Bay.
- Table 3.1-2 In situ tests carried out in the vicinity of Tokyo Bay.
- Table 3.1-3 Relation between core tests and in situ tests for the mechanical properties of soft rock in various sites.
- Table 3.4-1 Alluvial and Diluvial deposits are differentiated each other by N-value.
- Table 3.4-2 Some examples of permeability measured in the various horizons at the Entrance of Tokyo Bay and its vicinity.
- Table 3.5-1 Geotechnical properties of foundation strata at the Entrance of Tokyo Bay.

1. 東京湾口地質調査の経過

ここに述べる調査の種類と経過は、東京湾環状道路調査のための、湾口部海底地質調査を目的としたもので、主として建設省関東地方建設局と土木研究所とが実施したものについてである。昭和38年度から昭和45年度に至る、調査の経過と内容およびこれらに関する報告書を一覧表にまとめると次のようになる。

Table 1-1 The development of the marine geotechnical survey at the Entrance of Tokyo Bay .

Table 1-1 東京湾口の地質調査の経過

(1) 音波探査

実施年度	調査位置および内容	実施機関	報告書類	
昭和38年度(1963)	東京湾口スパーカー 000 測線 富津州周辺部スパーカー 南00 "	地質調査所・千葉県 千葉県	観音崎音波探査記録 東京湾富津海域音波探査報告および附図	パンフィック航業K.K 国土総合開発K.K
40 (1965)	東京湾口スパーカー・ソノブローブ100・200 "	建設省土木研究所	東京湾口音波探査記録	パンフィック航業K.K
41 (1966)	東京湾口、中ノ瀬附近スパーカー400 "	建設省関東地方建設局	東京湾海底地質調査記録 東京湾中部海域地質調査報告書	パンフィック航業K.K "
42 (1967)	浦賀水道スパーカー 500 "	千葉県(建設省土木研)		
昭和38年度～44年度 (1963～1969)	以上探査記録の解析 (ボーリング調査その他の地質資料を加えた)	建設省土木研究所	東京湾横断道路地質調査報告書 土木研究所資料 Ⅻ 173 東京湾環状道路地質調査報告書(湾横断部の2)Ⅻ313	建設省土木研究所 "

(2) 地表地質踏査・海底底質調査など

実施年度	調査位置および内容	実施機関	報告書類	
昭和38年度(1963)	海底地形図1/25,000 編集 三浦・房総半島(湾口部周辺)地質概査および地質資料しゅう集	建設省土木研究所 "		
39 (1964)	三浦・房総半島(湾口部周辺)地質概査	"		
40 (1965)	湾口部岩盤露出地域の底質採取調査 陸上部地質試料採取(露頭)および室内試験	" "	土木研究所資料Ⅻ173, 東京湾口底質調査報告書 " Ⅻ173, Ⅻ313	三洋水路測量K.K 建設省土木研究所
41 (1966)	三浦・房総半島(湾口部周辺)地質精査	"	東京湾口周辺陸上部地質柱状図作成調査 土木研究所資料 Ⅻ313	日本技術開発K.K 建設省土木研究所

* 測線の位置はFig 2-1参照

(3) ボーリング地質調査および孔内試験

実施年度	調査位置および内容	実施機関	報告書類	
昭和38年度(1963)	001ボーリング(第二海堡, 120m); 岩相観察・N値・物理検層	建設省関東地建, 土木研	土木研究所資料/㈬173, 東京湾第二海堡地質調査報告	日本技術開発K.K
39 (1964)	002(第三海堡, 150m); 岩相観察・N値・コア試験・検層 003(富津州南海上, 200m); 上記の他孔内変形性試験 D01~03(走水, 京浜谷津坂, 富岡, 各30m); 002に同じ	" " " " 建設省土木研究所	" 東京湾第三海堡地質調査報告書 " 第一海堡附近海底ボーリング孔における変形性試験報告書 検層法改善研究のための地質調査試験 東京湾口地質構造対比のための地質調査試験	川崎ボーリングK.K 日本技術開発K.K 基礎地盤コンサルタンツ 河合ボーリングK.K "
40 (1965)	004(第一海堡南海上, 150m); 岩相・N値・コア試験・物理検層 005(第一海堡附近富津州陸上, 150m) 上記の他変形性試験 006(磯根岬陸上, 250m); " D04, 05(観音崎, 野島, 各50m); 岩相・コア試験・検層・ポアホールT.V.	建設省関東地建・土木研 " " " " 建設省土木研究所	第一海堡附近地質調査報告書(004, 005, 006ボーリング) 第一海堡附近ボーリング孔における変形性試験報告書 磯根岬附近ボーリング孔における " " 軟岩のボーリングコア物理, 力学試験 土木研究所資料/㈬173(004, 005, 006ボーリング他) " 三浦半島観音崎および野島附近試験工事	日本技術開発K.K 基礎地盤コンサルタンツ " 日本技術開発K.K 建設省土木研究所 河合ボーリングK.K
41 (1966)	007(富津町下口, 100m, 50m各1本); 006に同じ改良型デenson式サンドサンブラーによる不攪乱試料採取 C-001(富津ロツジ, 100m); 007に同じ 008(第二海堡附近海上, 150m); 岩相, N値, コア試験, 物理検層	建設省関東地建・土木研 千葉県・建設省土木研 建設省関東地建・土木研	土木研究所資料/㈬313, 富津地区地質調査工事報告書 富津下口ボーリングコアの三軸圧縮試験 土木研究所資料/㈬313, 富津下口地先ボーリング地質調査報告書 富津下口地先ボーリングコアの三軸圧縮試験 土木研究所資料/㈬313, 第二海堡附近地質調査報告書	基礎地盤コンサルタンツ " " 川崎ボーリングK.K
42 (1967)	009(観音崎沖海上, 200m); 岩相, コア試験, 検層, J.F.T. 010(第三海堡附近海上, 200m) " 011(磯根岬沖海上, 200m); 岩相, N値 コア試験, 検層 以上のコアの三軸圧縮試験・物理試験	建設省関東地建 " " 建設省土木研究所	東京湾/㈬9地質調査報告書 " /㈬10 /㈬11 昭和42年度東京湾ボーリングコアの三軸圧縮試験報告書	日本海上工事K.K " 中央開発K.K 基礎地盤コンサルタンツ

実施年度	調査位置および内容	実施機関	報告書類	
昭和43年度(1968)	014(富津ロッジ附近陸上, 50 m); ロータリーホイルサンプラーによる不攪 乱試料採取とコア試験, 岩相観察 018(観音崎附近海上 200 m); 009に同じ 019(磯根岬沖海上 200 m); 岩相, N値, コア試験, 物理検層	建設省関東地建 "	昭和43年度東京湾地質調査(その4)報告書 " " (その2)" (018, 019 ボーリング)	ダイヤコンサルタント 日本海上工事K.K
44 (1969)	026(" 200 m); "	"	昭和44年度 " (その1) "	"
45 (1970)	037(" 110 m); " D06(鎌倉市鎌倉高校, 30 m) 岩相, コア 試験, 物理検層, 掘進率検層, 物探	" 建設省土木研究所	昭和45年度 " (その2) " S波検層にともなう孔内試験および弾性波探査	" 明治コンサルタント K.K

* 数字は掘進長をあらわす

** ボーリング地点に関してはFig 2-4 参照, なおボーリング番号は建設省が実施した湾口部ボーリングには000の通し番号を用いてある。

(4) 現地載荷試験

実施年度	調査位置および内容	実施機関	報告書類	
昭和44年度(1969)	房総半島陸上(天羽町)現地載荷試験; 破壊強度・変形係数・クリープ特性, 載荷巾の影響	建設省関東地建	昭和44年度東京湾現地載荷試験	八千代エンジニアリングK.K
昭和45年度(1970)	同; 破壊強度・変形係数・クリープ特性, 根入深さの影響	" "	昭和45年度 " " "	" "

(5) 資料解析およびまとめ

実施年度	予算費目その他	実施機関	報告書類	
昭和38年度(1963)	関東地建依頼研究	建設省土木研究所	東京湾第二海堡ボーリング孔における物理検層; 土研年報	土木研・地質研究室
39 (1964)	"	"	東京湾口地質調査; "	" "
40 (1965)	"	"	東京湾第一海堡附近ボーリング孔における物理検層調査 "	" "
41 (1966)	土木研究所費 道路事業調査費	" " "	物理検層による地質調査方法に関する研究 " 東京湾環状道路調査・地質に関する試験調査 " 東京湾口横断道路地質調査報告; 土研資料/6173 "	" " " " " "
42 (1967)	土木研究所費 道路事業調査費	" " "	物理検層による地質調査方法に関する研究 土研年報 東京湾環状道路調査・地質に関する試験調査 " 東京湾環状道路地質調査(湾横断部その2); 土研資料313 "	" " " " " "
43 (1968)	道路事業調査費	"	東京湾環状道路調査, 地質に関する調査 土研年報	" "
44 (1969)	"	"	" 地質に関する試験調査 "	" "
45 (1970)	"	"	大規模特殊事業調査 " " "	" "

2. 東京湾口の地質

2-1 海底地質調査の方針

ここに述べる地質調査の目的は、成層軟岩を主体とする海底地盤の物理的性質とその分布を広域にわたって見出すことである。このためには、地質学的方法で成層構造を追求し、地質の分布を通じて物理的諸性質とその分布を求めるのが常道である。

しかるに、この種の調査では、調査方法そのものが不確定で、調査当初は調査方法からの模索であった。そして、ここで用いられた海底地質調査の方法は、表 2.1-1 にまとめられた成層軟岩の調査方法によるものである。

海底地質調査では、まず第一に音波探査が実施される。しかし音波探査では、成層構造、埋没地形など形態的な要素は、陸上では求められない精度で確認できる反面、堆積物の性質は全くわからない欠点がある。そして反射面または反射パターンと実際の地質との関係はほとんど検証されていないのが実情である。またある地点で、反射情報と地質との対応性が得られても、反射情報から連続性（分布）が求められた堆積ユニットについて、物理的諸性質がほぼ同じであるという補償はなく、各所に散在する、層序的にはこまぎれのボーリング資料^{*}から堆積ユニット全体の性質を求め得るかは疑問であった。

従ってこの調査では、まず第一に音波探査反射面と実際の地質との対応性の検証に重点をおき、海底の地質分布を求めた。次に岩相や層位などの地質的性質と物理的諸性質との関係を、主としてコアの室内試験から考察した。そしてこれらの関係を実際の地盤に当てはめて、地質の分布から、概略設計段階の地盤の物理的諸性質の分布が導き出せるような地質図類の作成を試みた。

2-2 調査地域について

図 2.2-1 の東京湾および周辺地域の地質概略図に、調査地域を示す。図の Entrance 部とその周辺陸上部がこれに当る。浦賀水道を経て東京湾内へ入るこの海域は東京湾口と呼ばれている。また、図の Central part（東京湾々央部とする）は、本調査と並行して調査が進められている海域で、湾口部に少ない沖、洪積層の資料が豊富である。しかしこの海域も含めた東京湾全体の地質を、湾口部と同じ精度で説明するには、まだ資料不足であるため、ここでは、新しいたい積物の分布を求めるに必要な地史の解明とそれらたい積物の物理的諸性質の資料として使用することにとどめた。

2-3 音波探査反射パターンと地質の対応性

海底の地質分布は、反射パターンを仲介にしてその連続性が追求される。両者の対応性を確認するには、音波探査測線上でボーリングをおこない、物理検層を実施するのが最も直接的な方法であるが、こ

^{*} 地盤調査用ボーリングでは、せいぜい掘削深度 100m 程度であり、1 地点で広範囲の層序に対して、連続的な資料を得ることは望めない。

Table 2.1-1 Marine Geotechnical Survey at the Entrance of Tokyo Bay.

(東京湾口の海底地質調査方法)

調査項目	試験内容	目的	試験方法、内容説明、適用条件、注意事項など
①地質資料蒐集	地表露頭調査(地質図) ボーリング調査資料など。	ボーリング地点選定など調査計画 ボーリング調査計画、地盤調査資料の一部	調査地域の岩相、層序、地質構造などの概略を知って後述する諸調査の計画をたてる。
②海底地質図作成	既存測量資料編集		調査精度に適した縮尺の地形図の作成 1/25,000, 1/10,000 など
③地表地形調査	i) 地表地質踏査	露頭観察および岩相分布図作成、 地質柱状図作成	層序区分、他の地域(特に海底の④⑤⑥の結果)との岩相対比、岩相変化の傾向および地質構造把握、現位置試験の位置選定など。地質柱状図はボーリング結果との比較上縮尺 1/100~1/500 の精度が必要で⑥-i と同様の観察を要する。また作成地点を岩相分布図上に明記しなければならない。
	ii) 露頭試料採取	室内試験用ブロック採取 粒度分析、有孔虫、重鉱物分析用 14 c-dating	ボーリング試料が得にくい砂質軟岩の強度推定。新鮮な湿潤状態のサンプリングが必要 ボーリング試料(攪乱試料含)および数地点間の岩相対比(粒度)、鍵層がない場合の層位の推定(有孔虫、重鉱物等)
	iii) 試料の室内試験 a 一面せん断試験 他は⑥に同じ	コアサンプリングが難しい地層の工学的性、地質と工学的性の分布追求 c, ϕ 測定、コア試験値との比較	露頭からブロックを切出し整形して⑥-iii と同様の試験を行なう他ブロックのせん断試験を実施。一般に整形がやりにくい上時間がかかる。 軟岩用一面せん断試験機で切出したブロック(ϕ 30cm $\times$ 10~20cm)を整形せずにそのまません断、層理面などによる異方性の影響なども試験しやすい。
	iv) 現位置岩盤試験	地層の積層、傾斜などの不均一性と強度、変形性、載荷面積などとの関係を求める。	平板載荷、ブロックせん断試験など。海底下、沖積層下の地盤の推定には③-i に基づき試験位置選定。
④物理探査	音波探査 スパーカー(海底深部探査) ソノプローブ(浅部軟弱層探査)	地層の連続性(対比)、地質構造の究明、埋設地形調査、試験地点選定等の調査計画	海面または海中で音波を発生させ、地層による音波反射特性から海底下の地層の堆積状態を調べる。ボーリング地質調査と組合せて地層の空間分布を求めるためには不可欠、陸上での調査には不適。礫層、厚い軟弱泥層下の記録は得にくい。
⑤海底部ドレッジ	新野式採泥器によるドレッジ	海底露岩の採取、観察	採泥器でかきとった露岩の肉眼観察、音波探査で得られた反射面と実際の岩質との比較、海底の地質分布を知るための資料を得る。採取位置の認定が不正確である。
⑥ボーリング調査	i) コアサンプリング	特に不攪乱砂質試料の採取	砂質軟岩は N 値 >100 で固有の粒子の frame work を形成していると考えられるため強度推定には不攪乱試料が必要、デニソンサンプラーを改良したサンドサンプラーが開発されサンプリングの見通しがついてきたが、相当の難題である。
	ii) コアの岩相観察記載	層序区分、各地点間の岩相対比、 岩相と強度の比較	記載事項は岩石名、粒度組成の他貝化石、植物片などの化石、浮石、岩サイなどの火砕物質、雲母片、砂鉄などの鉱物といった含有物の記載、硬さ、色、含水状況など。硬さについてはポケットコンペネトロメーター(先端角30°)を使用すると良い。

表-2 つづき

調査項目	試験内容	目的	試験方法, 内容説明, 適用条件, 注意事項など
⑥ボーリング調査	iii) コア室内試験	力学試験, 物理試験による地盤の工学的性の把握 ③-ii, iv, v, vi との比較	不撓乱試料を円筒形に整形 (一般に直径; 高さ 1:2) 各種試験を行なう。水分の逸散, 運搬によるコアの破損などに注意。砂質試料が得にくい泥質層の試験値が強調される点に留意する必要。
	a 一軸圧縮試験	各地層毎の一軸圧縮強度, 静弾性係数測定 ③-iv との比較	試験が簡単なため広域にわたる地盤強度分布の index として便利である。砂質層と泥質層の強度差が大きい。
	b 三軸圧縮試験	c. ϕ 測定封圧下の圧縮強度, 静弾性係数測定 ③-iv, vi との比較 間隙水圧, 体積変化などの測定	測定試料が多数必要のためサンプリングが先決, 砂質層についてはサンドサンプラー等で得られた試料の凍結整形が用いられる。
	c 物理試験	力学試験条件のチェック ③-iv との比較	含水状況, 含水比, 間隙率, 水飽和度など密度, 粒度, 超音波伝播速度などの測定
	d 含有物の地質分析	たい積物の対比, ③-ii に同じ	軟岩試料の力学性は, 含水状況により変化するためそのチェック, 電気検層 (間隙率), 速度検層 (超音波速度), 密度検層 (密度), 圧縮試験, 検層 (粒度) などの比較
	iv) 物理検層 (*)	層序区分および地層対比, 工学的性の推定, ④の反射面と地質の対比の件介	ボーリング孔内に測定機を挿入して孔壁の地質を電気比抵抗などの物理量などに変換して求める方法。
	a 電気検層	岩相, 成層状態の把握と岩相対比, 間隙率, 透水性の算出, 硬さなどの工学的性の推定, 地層区分	自然電位および電気比抵抗 (二極法) を同時に測定, 電気検層は特に岩相変化を良く表現するため曲線形態によるボーリング孔間の岩相對比, 粒度組成と力学性, 成層状態と④の反射パターンの対応性を求める件介などに用いられる。
	b 音波検層 (速度検層)	地層の音波伝播速度, 動弾性係数測定, 地層の硬さの推定, 音波探査④の解析, 地層区分	孔内で電気放電により発生させた音波の伝播速度測定, 圧縮強度との相関が見出されるため, iv)-a と組合せて地層と硬さの目安がつけられる。④だけでは得られない地層の厚さの絶対値算出, 各地層の反射面の成因の推定。
	c γ 線密度検層	地層の相対密度測定, 地層区分	孔内に γ 線源を降し, 地層による γ 線の背面散乱強度を測定, カリブレーションによって絶対密度を求め得る。地層の密度区分およびその間の平均密度を求める。孔壁崩壊, 泥水の濃度の不均一など, 掘削時の孔内条件に左右されやすい。
	v) 孔内観察	岩相成層状態の断面割目などの観察による上記各事項との比較検討 地層の方向性の決定	Borehole T.V による孔壁観察, 泥水を使用した孔内では使用不可, したがって砂質軟岩が主体の孔では使えない。
	vi) 孔内現位置試験	地層の異方性, 不均一性, 封圧などを考慮した力学性透水性の把握	ボーリング孔内に測定機を挿入して孔底または孔壁の力学性, 透水性を測定する。孔壁の崩壊に注意しなければならない。
	a 標準貫入試験	サンプリング困難な砂質層の強度推定, サンプラー打込による砂質試料採取	$N > 50$, 深度 50 m 以下では力学値の算出は不可, したがって一般に $N > 100$ で 100 m 程度までの工学的性を知る目的には向かない。不撓乱資料による岩相観察に使用。軟岩とそれを覆う軟弱層 (一般に $N < 50$) との境界把握。
	b 孔内変形性試験	地層の変形係数および破壊強度の測定	ゴムチューブをガス圧でふくませて, 孔壁の水平方向の力学性を把握する。
	c 湧水圧測定	基礎建造物の浮力, Boiling などの考察	孔内の一部にゴムチューブのパッカーをして地層の湧水量, 湧水圧などを測る。

* 土木技術資料 Vol.8-No. 10, 11 (1966) 土木研究会

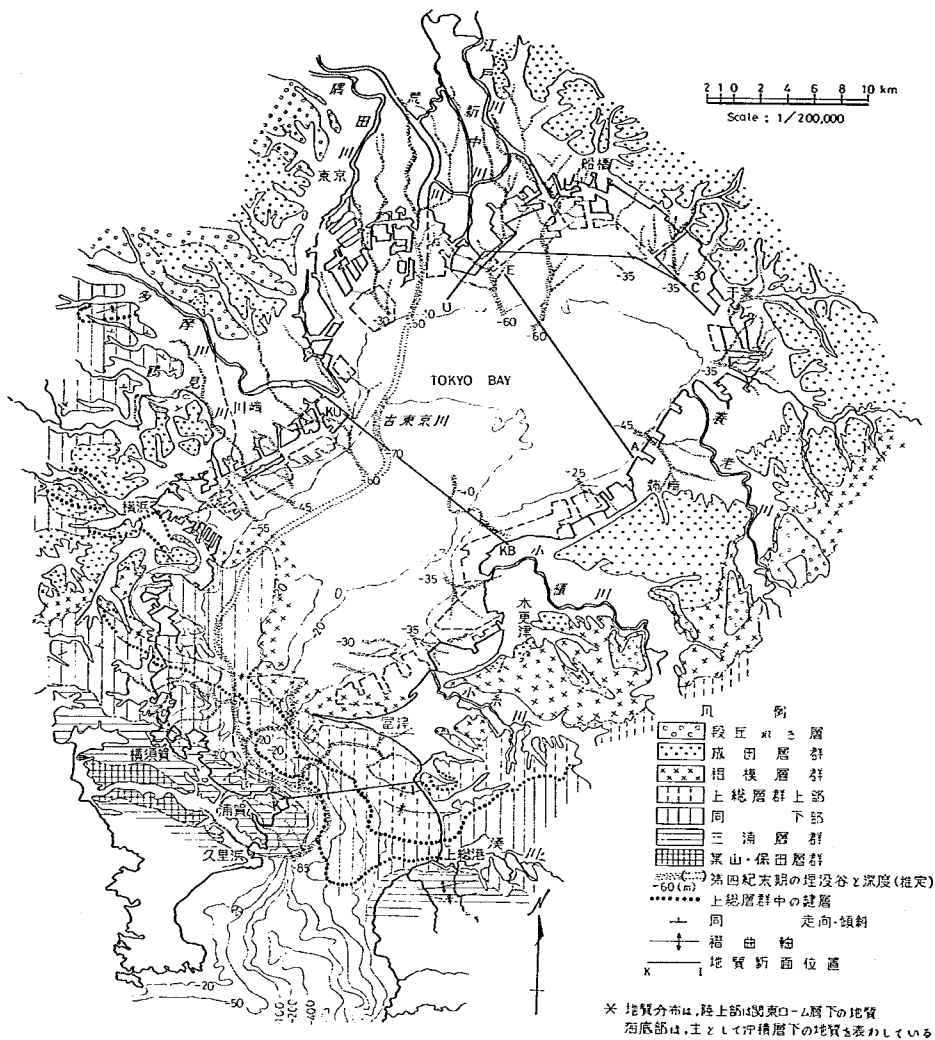


Fig. 2.2-1 Location map of Tokyo Bay
(dotted rivers show buried ones)

これは経費の点でそう多くは望めない。そこで測線上のドレッジや、周辺陸上部での露頭観察などの方法が併用される。以下、東京湾口で実測した、両者の対応性の確認を、例をあげて説明することにする。

2.3.1 地質柱状図および物理検層曲線と反射パターン

ボーリングコアの観察・室内試験などで得られた地質情報は、物理検層と組合せることによって、反射パターンとの対応が容易に求められるようになる。その最も直接的な方法は、地層の音波伝播速度と密度の積である、音響インピーダンスの異なる境界の反射係数^{*}による比較である、小島(1969)

$$* R_{12} = (r_1 V_1 - r_2 V_2) / (r_1 V_1 + r_2 V_2) ; R_{12} : \text{地層1, 地層2の境界面の反射係数}$$

$$r_1, r_2 : \text{地層1, 地層2の密度, } V_1, V_2 : \text{同速度}$$

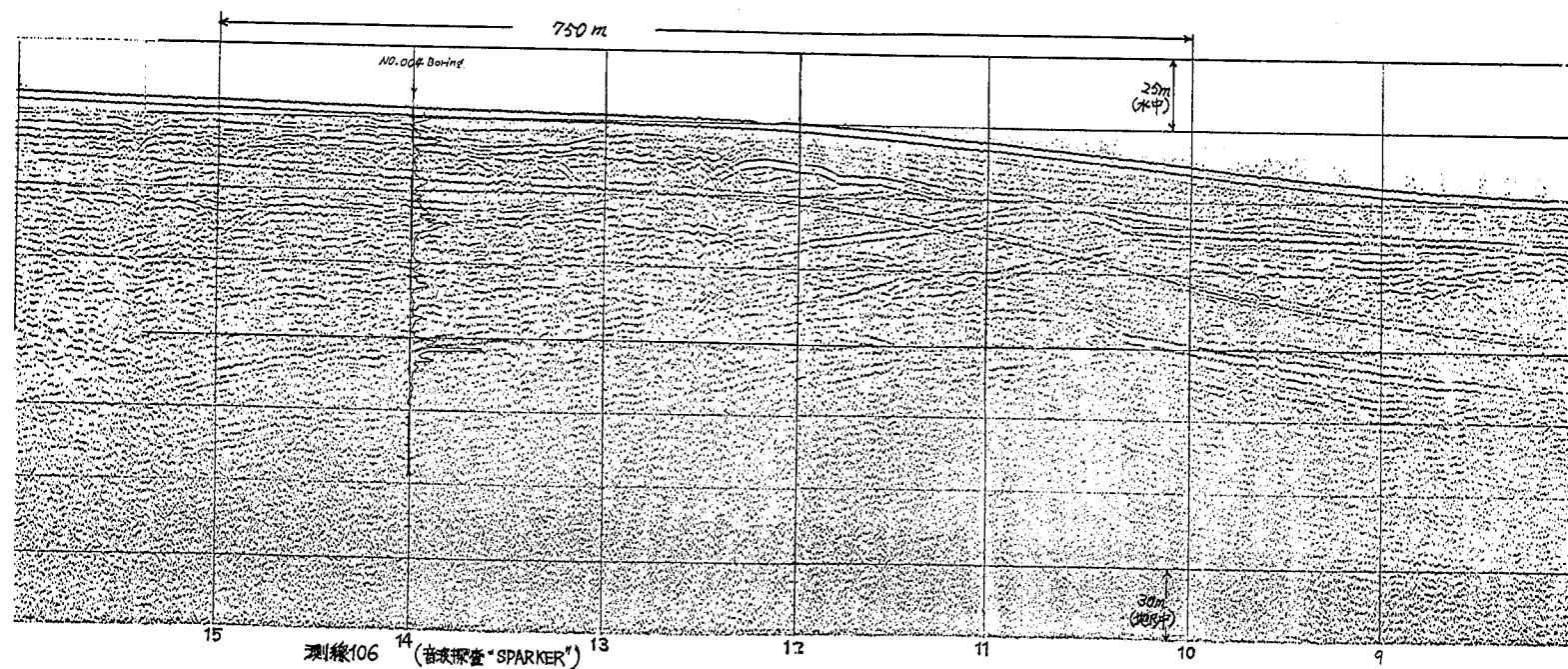


Fig 2.3 - 1 Correlation between Reflection Pattern and
 ρ_a - Curve Pattern of Electric Log

参照。しかしながら現状では、速度検層値は 1 m間の平均速度を、密度検層値は 0.5 m間であるが、孔壁変形、泥水濃度の不均一性などの影響を受けやすく、全体としては精度が良くない。それ故この方法は顕著な反射面の確認には適するが、きめの細かい反射パターン（反射面群）の確認には不適である。また反射性能はこの他に、波長・層厚・表面の粗度など種々の要素が加わるため、反射係数が絶対的な指標でないことはいうまでもない。

そこで反射パターンの確認には、やゝ間接的ではあるが、簡便で実用的な電気検層系の方法（ ρ_a - SP* 曲線による）が便利である。たい積岩の反射面は、多くの場合はっきりした岩相の境に相当するから、岩相変化を ρ_a - SP 曲線によって連続表示すれば、その形態から反射パターンを確認しうる。さらに、 ρ_a 値は目的に応じて電極間隔をかえることができ（一般に 2.5 ~ 100 cm）、SP 値はほぼ点の電位を表わすから、速度 - 密度検層系にみられる精度上の欠点もおぎなえる。また地層水が塩水の場合、全体が泥質層の場合などは、 ρ_a 値が低く曲線の起伏が小さくなるが、SP・micro ρ_a を併用することによって、かなりその欠点を除くことができる。図 2.3-1 は、東京湾口における反射パターン ~ ρ_a 曲線の応応関係を示す一例で、他のボーリング地点の各所でも同様な対応性が見出された。(25), (35)

2.3.2 陸上部の露頭観察による成層構造・岩質との比較

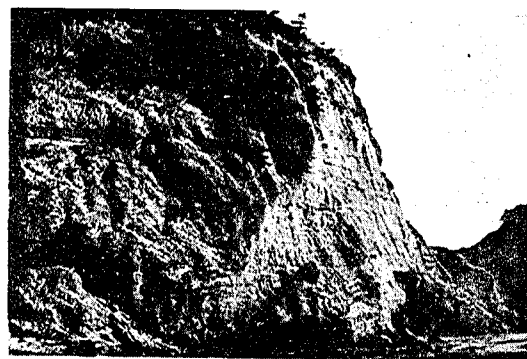
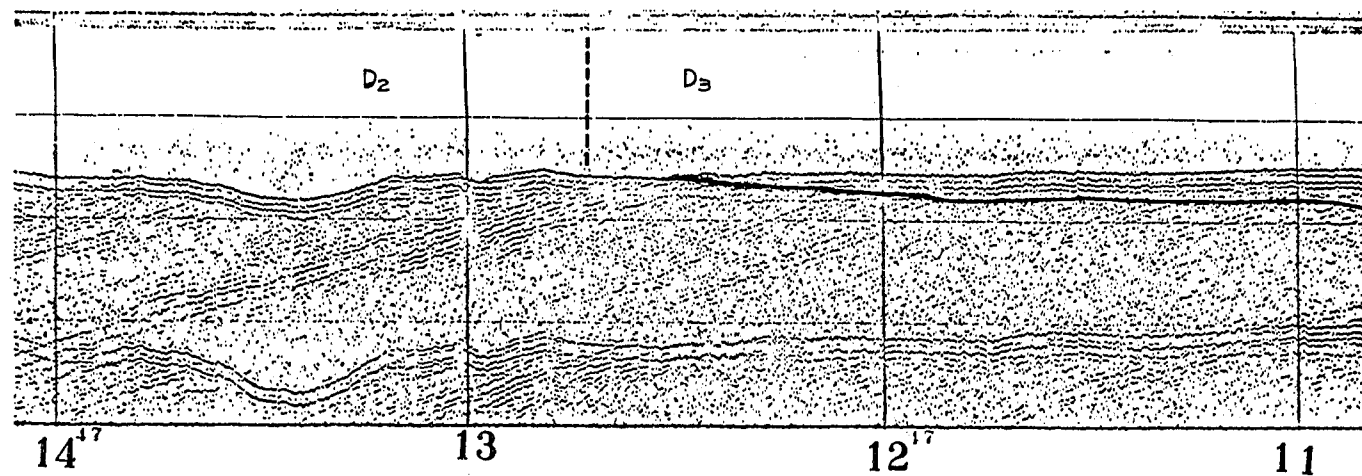
塊状・細互層状・層間異常・不整合などの成層状態、砂質・泥質・凝灰質などの岩相・岩質に関する全体的な把握は、どうしても陸上における露頭観察から image を作り上げる方が楽であり、それから得られた直観が案外反射パターンの認識に役立つものである。反射パターンと地質の対応をつけるには、もちろん 2.3.1 の方法が併用されるべきである。図 2.3-2 は、東京湾口における D・E・F・G 層（後述）の代表的な反射パターンと露頭写真とを並べて比較したものである。

また調査に当っては、海岸線附近の露頭（特に海蝕崖など）は、反射パターンとの対比に必ず利用すべきであり、その附近海域に海岸線に沿った測線をもうけるべきである。これによって露頭観察による直観的対比が、反射パターンの確認に発展する。図 2.3-3, 4, 5 は、東京湾口における一例である。そしてこれらは、後述する埋積堆積物下の第三紀層を主体とする地層の区分毎の模式的パターンを代表している。測線位置は、図 2-1 参照。

2.3.3 ドレヅによる岩質の確認

採取位置が多少不確かなこと、反射面と海底面の接点の地質しか確認できないこと、さらに、得られた岩片だけでは反射パターンとの対応性は求められず、少なくとも陸上部岩相との対比が必要である。このような欠点はあるが、経費が安く、面的な拡がりを経短期間に、手軽に確認できる利点がある。図 2.3-6 は、東京湾口の F 層と G 層の反射パターンの違いを、ドレヅ試料の岩相から確認したもので、陸上部の地質踏査では、F 層は比較的均質の泥質層、G 層は、Scoria・Pumice 混りの火

* ρ_a : 電気比抵抗 , SP : 自然電位

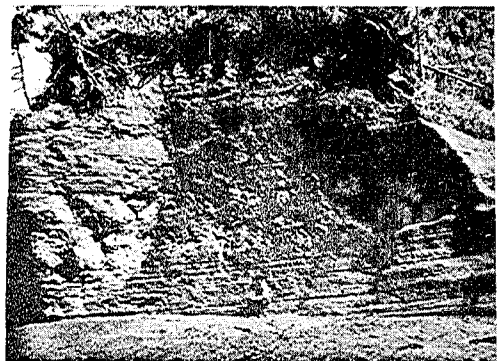
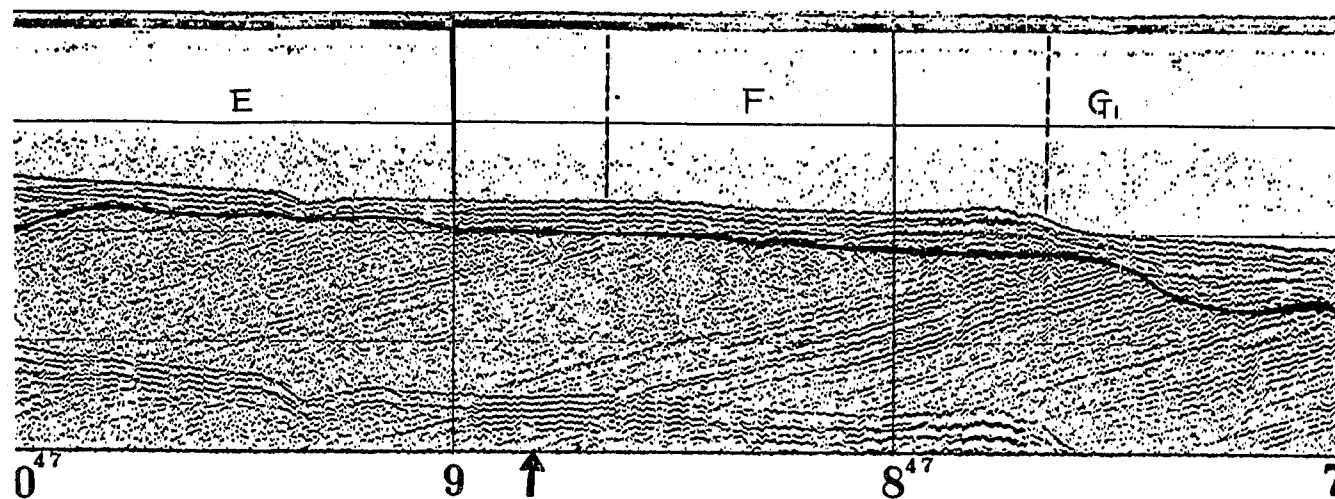


D₂ 層



D₂ 層と D₃ 層境界

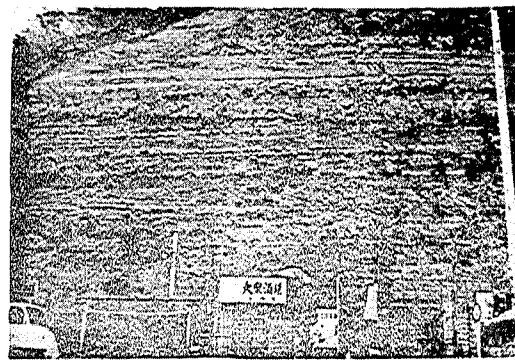
Fig. 2.3-2 Reflection patterns of D(G.S), D(S)---(A), E, F and C---(B)
Corresponding actual facies are shown by the photographs under the
reflection records. D₂: D(G.S), D₃: D(S)



E層



F層



G₁層

E・F・G 層 反 射 パ タ ー ン

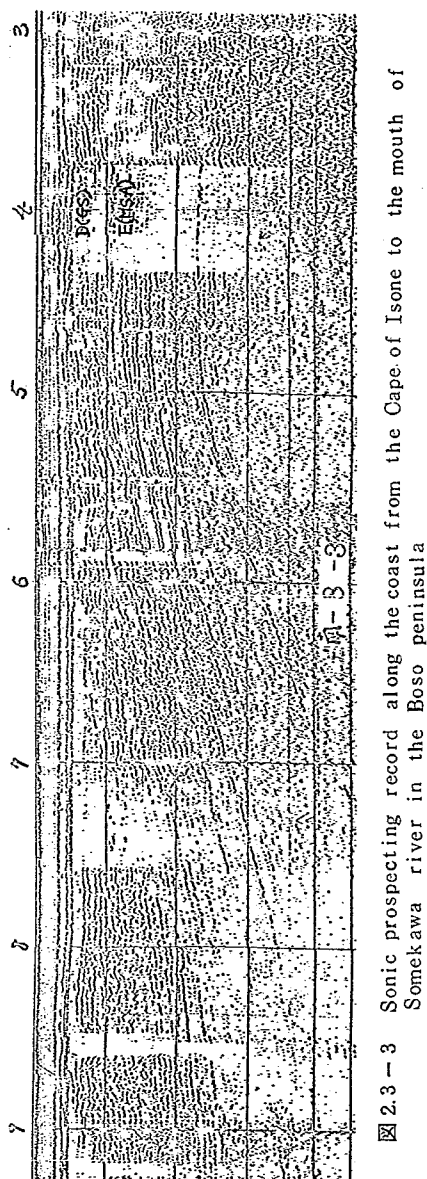


図 2.3-3 Sonic prospecting record along the coast from the Cape of Isonoe to the mouth of the Somekawa river in the Boso peninsula



D
E
F

碎質砂泥互層である。図 2-4 では、ボーリング資料がほとんどない南部海域のずい所でこの方法が使われている。そのドレッジ地点と試料の岩相は、図中に凡例に示された記号で表現した。また、ドレッジによる反射層の確認点は○印で示した。

2.3.4 東京湾口の反射鍵層

以上の方法で、地質との対応性が求められた顕著な反射面または、反射パターンは、いわば“反射鍵層”として追跡することによって、地質の分布を求めることができる。図 2.3-1 の D(G·S) 層の上・下限に対応する反射面の組合せ、露頭観察(図 2.3-2~5)およびドレッジ(図 2.3-6)によって確められた D·E·F·G·H 層の反射パターンと境界反射面などがこれに当る。

また地質分布を求める上で、不整合面も一種の鍵層である。図 2-4 の U_1 , U_2 不整合は反射面として良く追跡される。 U_1 は同時に C·D 層の境界であり、 U_2 はほぼ D(G·S) 層の下底を示す。これらの一例を図 2.3-7, 8 に示す。

以上は傾斜層たい積物中の反射鍵層であるが、埋積たい積物については、縞状水平層 B(M·A), 斜交層理堆積物 A(S) などが一種の反射鍵層である。図 2.3-9 にこれらの一例を示す。

なお、地層記号については、詳細は後述することにする。

2.4 地形・地質概要

ここに述べる地形・地質は、前述の方法による詳細な岩相追跡を主に得られた。図 2.4-1 の模式断面と表 2.4-1, 2.4-2 の層序区分と対比の表に、その結果が要約される。

図 2.4-1 から明らかなように、湾口部の地質は大別すると、造構造運動(関東造盆地運動)により傾斜した地層群とその侵蝕面を堆積した新しい堆積物群とから構成され

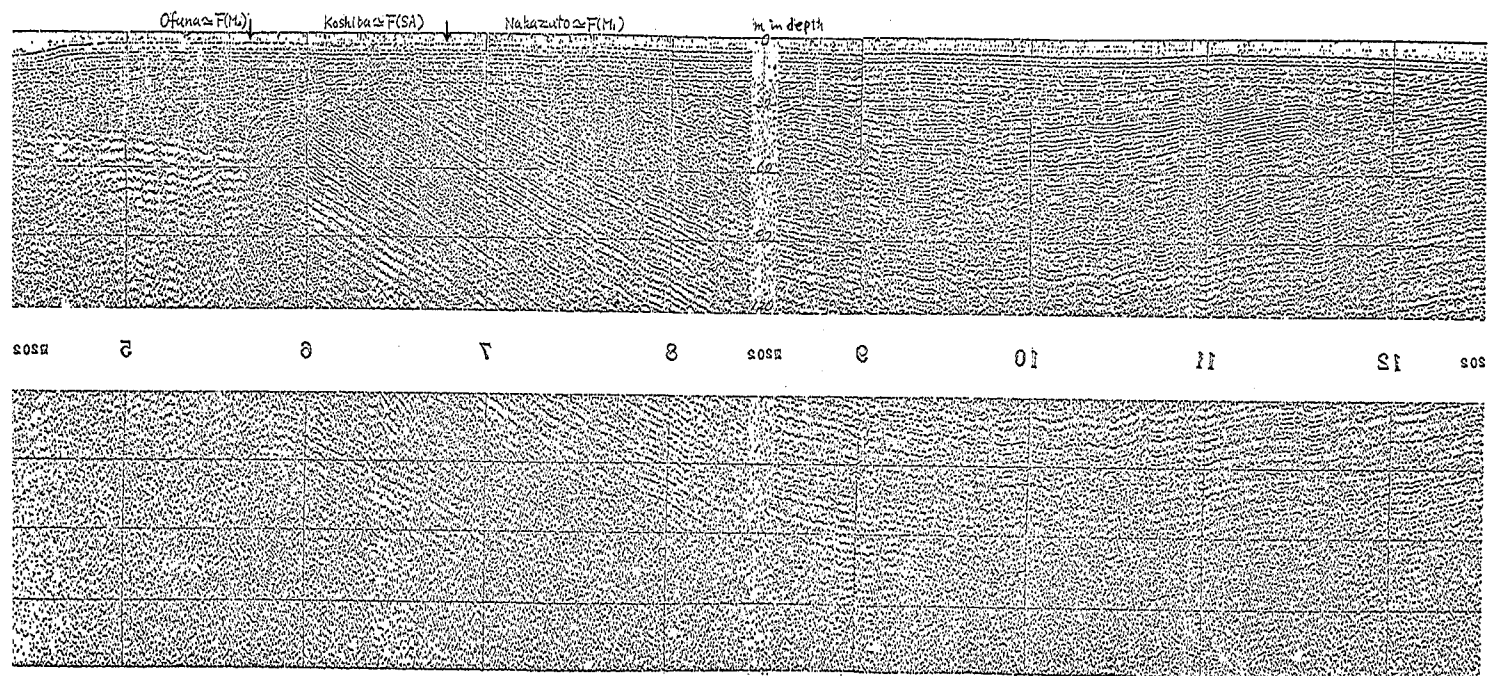


図 2.3-4 Reflection Patterns of $F(M_1)$, $F(S.A)$, $F(M_2)$
 -- (A). The Photographs show the actual features of them
 along the sea cliff at Koshiba -- (B)

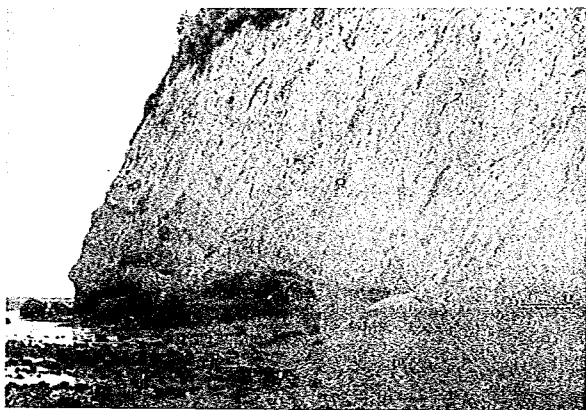


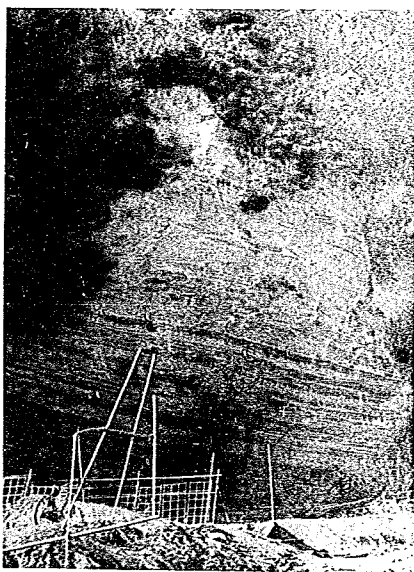
図 2.3 - 4 (B)

№ 202 profile 反射記録と柴町
海蝕崖附近地質の対応性, 撮影
1970.3

Nakazato mud

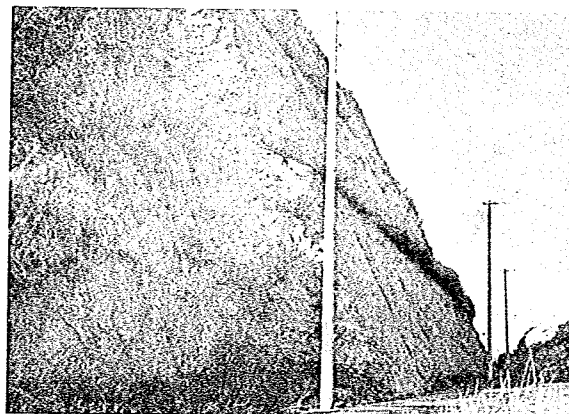
← boundary

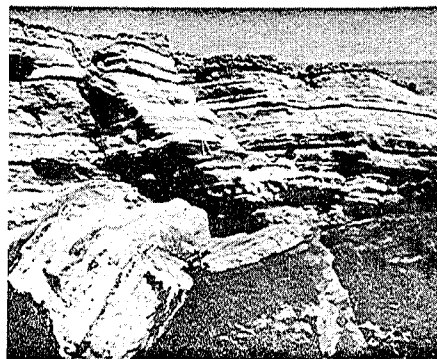
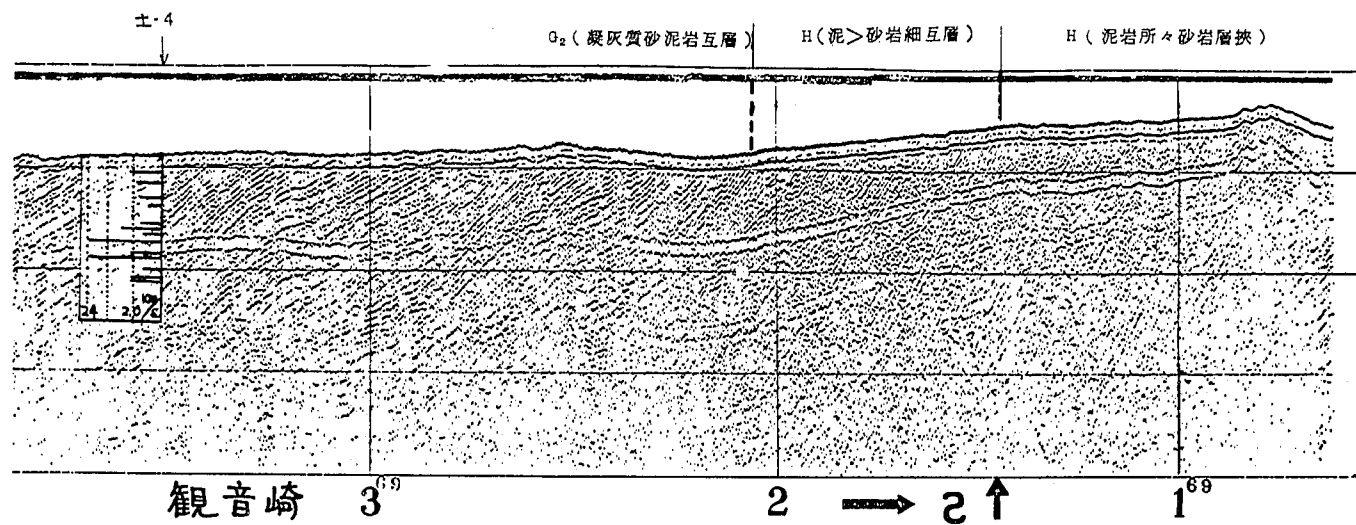
Koshiba tuff.sd.alt.



↑
Boundary between
Nakazato and Koshiba

Ofuna mud. →

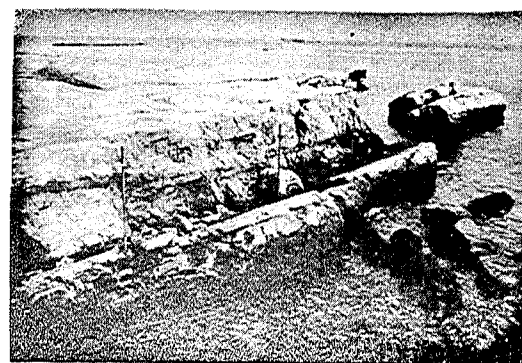




G₂ 層



H 層 (漸移帶)



H 層

Fig. 2.3-5 Reflection patterns of G and H, and their actual facies off and at Kannonzaki

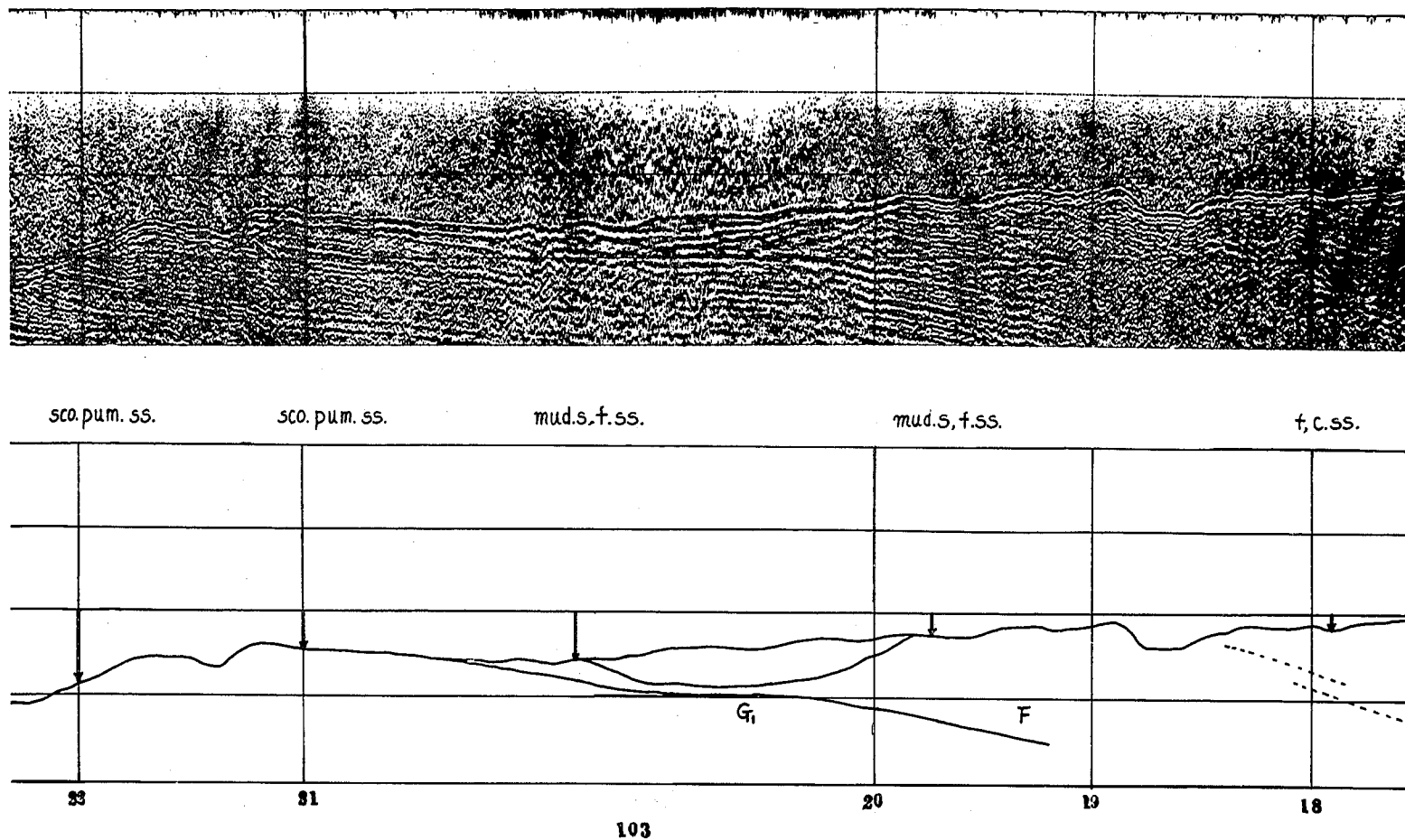


Fig. 2.3-6 Reflection patterns of F and G. These actual facies were recognized by dredge.

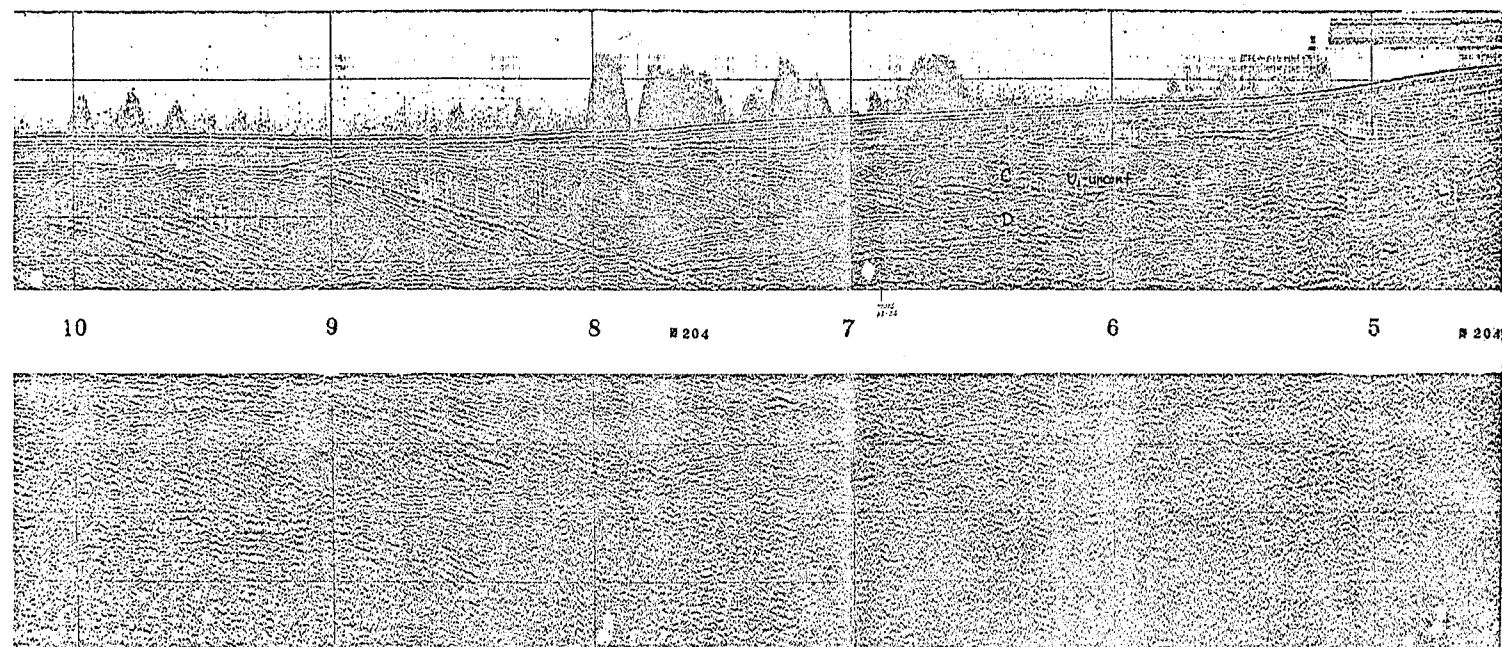


Fig.2.3-7 Reflection pattern of U_1 -unconformity.

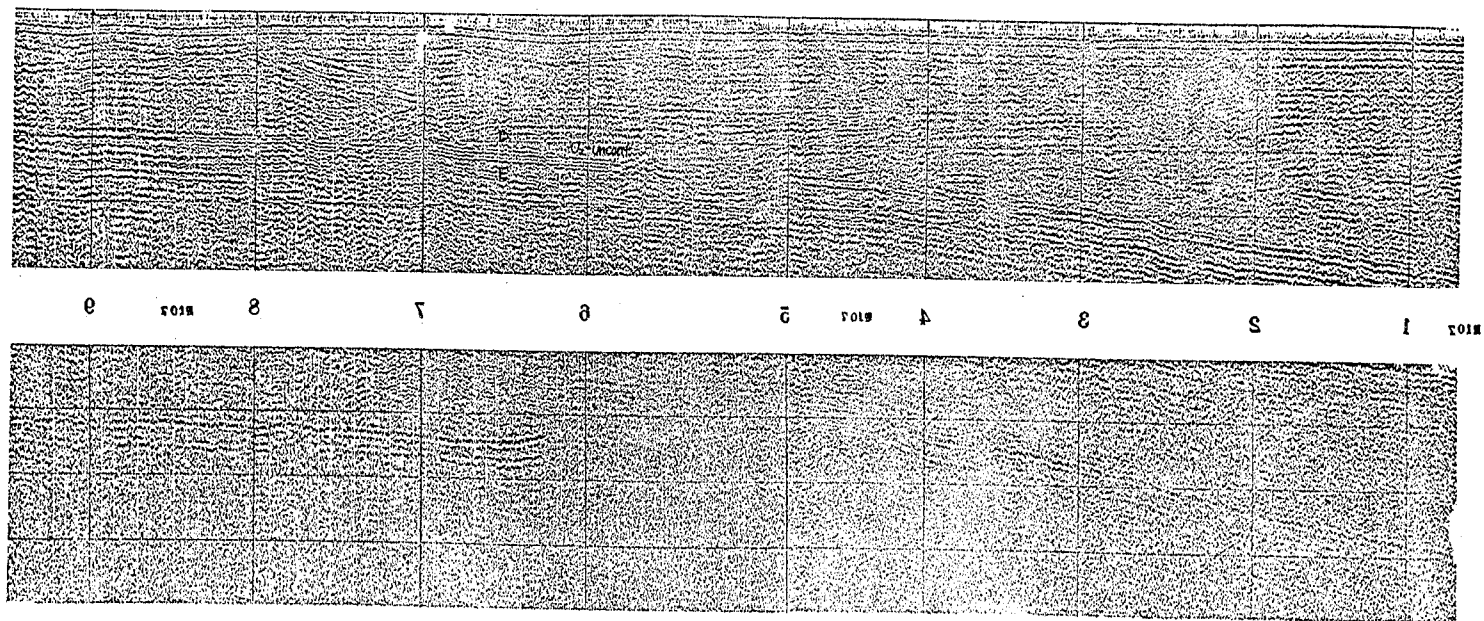


Fig. 2.3 8 Reflection pattern of U₂-unconformity.

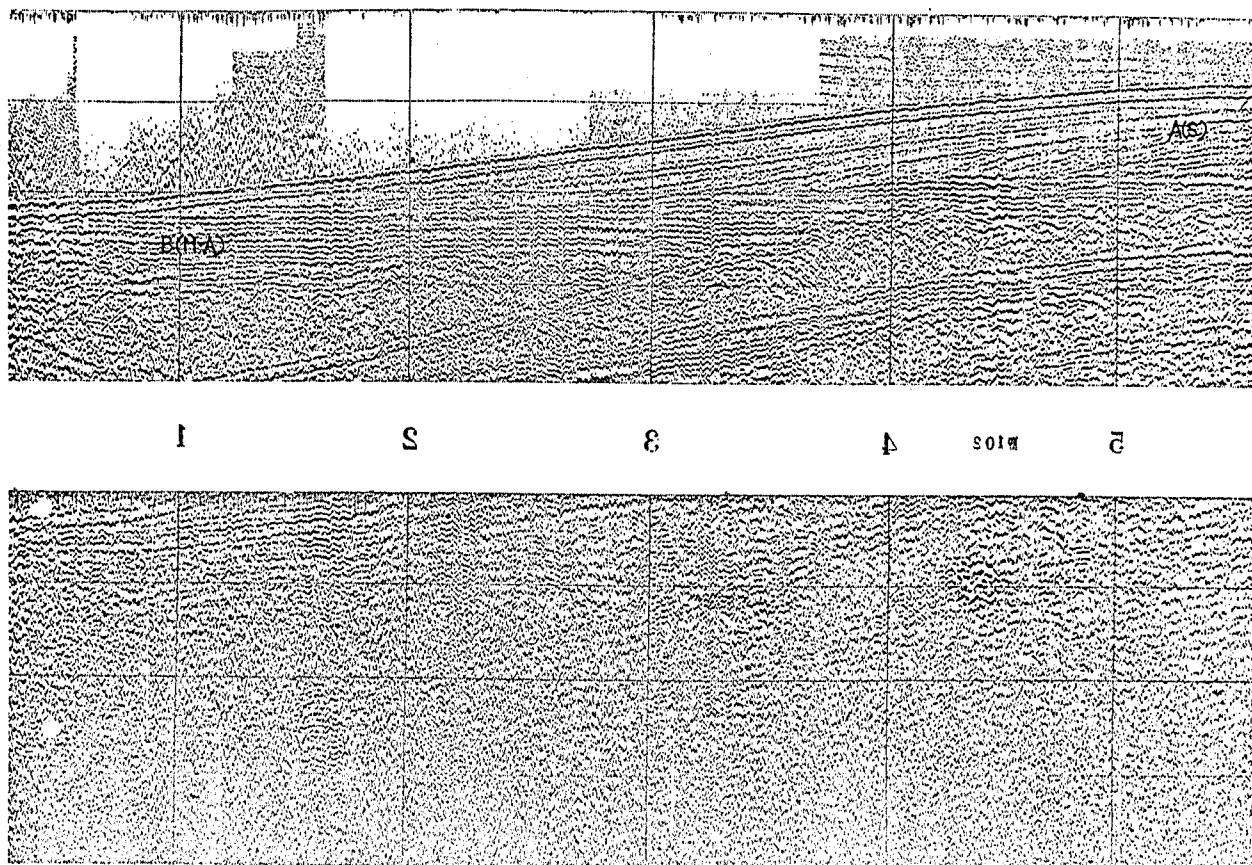


图 2.3-9 反射模式 of 交叉层状沉积 A(S)
and 水平层状沉积 B(M.A)

Table 2.4-1 Correlation of Strata in Tokyo Bay area.

Miura Peninsula				The Entrance of Tokyo Bay			The West Coast of Boso Peninsula			Geologic Age	
Group	Sub-Group or Formation	Member & Facies	Thickness of Strata	Sub-Group or Formation	Member & Facies	Thickness of Strata	Sub-Group or Formation	Member & Facies	Thickness of Strata		
					AU AL	60max				Alluv.	about 0.01
					B	50max				Diluv.	0.08
Narita		下末吉 保土谷 G			CU			姉崎 S·A 成田 S	50±		0.2
Sagami		屏風浦 G 長沼 S		中瀬南	CL C(G·S) C(M·S)	100+		上泉 人見 S·A 蔵 三舟山 S·G 地藏堂	100±		0.5
Kazusa		富岡 S	500+	富津州	DU D(S·A~MA) D(MS-M) DL D(G·S)	230	鶴舞	周南 S·A 佐貫 M 長浜 S·G	1000±		1
	杉田	中里 M 小柴 tuff S·A		第三海堡	D(S) E $\frac{E(MS \cdot A / MS_1)}{E(MS_2)}$ F (SM_1, SM_2)	180	秋元	市宿		Plio.	2
	金沢	大給 M 野島 tuff S·M 浦郷 tuff S·A		猿島	F F(S·A tuff) F(M ₂) G (SM tuff) G(S·A tuff)	300±	関	十宮 tuff S·A 黄和田 M·A 竹岡 tuff S·A			10
Miura	鎌倉	池子 tuff M·A 逗子 M 田越川	170 600+	観音崎	G G(M·A tuff) H H(M)	100+	豊岡	荻生 tuff M·A 稲子沢 M 清澄 S	560	Mio.	25
Hayama -Hota	葉山層群	M & S		・葉山・ 保田層群			安房	天津 M	1150	Oligo.	
							保田層群	M & S			×10 ⁶ BP.
三梨他; (1968)	赤嶺他 (1956), 地調 (1962), 地調 (1968) 地質学会 (1954 ~ 62), 村井 (1970)			小島 (1971)			青木 (1964), 地調 (1961), 地質学会 (1954 ~ 62), 藤原他 (1952), 深田研 (1959), 村井 (1970), 成瀬 (1963)			Hormes (1965) 中川他 (1969)	

—— Boundar of facies, Conformity
 ~~~~~ " " , Unconf.

M : mud , SM : Sandy mud  
 S : sand , MS : Muday sand

G : gravel  
 A : alternation

Table 2.4-2 Correlation of buried relief deposits in and around the Tokyo Bay.

東京湾一帯の埋積堆積物の対比

| 東京湾々岸 文献(3),(7),(19),(55),(56) |             |                          |                   |                   | 東京湾央 文献(6),(25),(27),(38) |                          |                          |                          |                         | 東京湾口                                                           |                   |                                 |                        |                                     | 年代<br>year<br>B.P.        |
|--------------------------------|-------------|--------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------------|------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 地層名                            | 岩相          | 堆積環境                     | N値                | その他               | 地層名                       | 岩相                       | 堆積環境                     | N値                       | その他                     | 地層名                                                            | 岩相                | 堆積環境                            | N値                     | その他                                 |                           |
| 上部沖積                           | 砂<br>?<br>泥 | 三角州<br>海浜<br>三角州<br>底層Ⅲ  | <30<br>0~1<br><10 | 湾周辺広域             | Au(M)                     | 泥                        | 内湾汽水<br>?                | 0~1<br><5                | 表層5mは<br>'へドロ'          | Au(S)<br>?<br>Au(M)                                            | 砂<br>泥            | 海浜(?)<br>沈水谷Ⅲ<br>埋積             | 10~30<br>0~5           | 斜交層理<br>Au(S), Au(M)<br>は同時異層       | 0.5×10 <sup>4</sup>       |
| 下部沖積                           | 砂<br>?<br>泥 | 波蝕台Ⅲ<br>被覆(?)<br>沈水谷Ⅲ(?) | 20~50<br>10~30    | 局地的<br>層相変化大<br>" | A1                        | 砂質泥<br>?<br>砂泥互層         | 内湾汽水<br>Ⅲ<br>(?)         | 砂<br>10~50<br>泥<br>5~30  | 沈水谷埋積                   | A1(S)<br>A(M)                                                  | 砂<br>砂泥互層         | 海浜(?)<br>沈水谷Ⅲ<br>埋積(?)          | >50<br>10 <sup>1</sup> | 斜交層理<br>縞状層理                        | Alluv.                    |
|                                |             |                          |                   |                   | B(M・A)                    | 砂泥互層                     | 内湾汽水<br>?<br>陸水成<br>Ⅲ(?) | 砂>50<br>泥10 <sup>1</sup> | 沈水谷埋積<br>古東京川Ⅱ          | B(M・A)                                                         | 砂泥互層              | 沈水谷Ⅲ<br>埋積(?)                   | 10 <sup>1</sup> 泥      | -50~-60堆積面下<br>縞状層理<br>古東京川Ⅱ埋積      | Diluv.                    |
| 東京層                            | 砂レキ         | 海成層?                     | >50               |                   | B                         | 砂泥互層<br>?<br>砂<br>(砂れき含) | 陸水成主<br>所々(?)            | 砂>50<br>泥10 <sup>1</sup> | 斜交層理有<br>谷堆積物主<br>古東京川Ⅰ | B(S <sub>2</sub> )<br>B(S <sub>1</sub> )<br>B(S <sub>3</sub> ) | 砂質泥<br>砂れき<br>砂れき | 侵蝕面<br>堆積物<br>谷堆積<br>侵蝕面<br>堆積物 | >50<br>>50<br>>50      | -50m面(段丘面)<br>古東京川Ⅰ埋積<br>-40m面(波蝕面) | 2×10 <sup>4</sup>         |
| 東京層                            |             |                          |                   |                   | Cu~I                      | 泥<br>?<br>砂              | 海成層<br>?                 | 砂>50<br>泥10 <sup>1</sup> | 文献(6),(25)<br>(27)による   | C1                                                             | 砂れき<br>泥質砂        | 海成層<br>"                        | >50<br>>50             | 藪・地藏堂相当層                            | $\frac{6}{7} \times 10^4$ |

こ 貝殻      Ⅲ 腐植物      ( ) まれに含有

る。前者を総称して、傾斜層堆積物、後者を埋積堆積物と呼ぶことにする。埋積堆積物中にも、形成時期を異にする様々の堆積、侵蝕地形が認められる。上述の埋積堆積物基底の侵蝕地形も含めて、これらの地形を埋没地形と総称し、現地形（現在の海底面）と区別する。但し、湾口中央部には、現世堆積物（新时期堆積物中最も新しい時代の堆積物）に覆われていない古い地形面（例えば第三海堡面）があるが、これらは現地形面であるとともに、時代的には、埋没地形と形成時期が同じため、埋没地形に含めた扱いをすることにする。即ちここでの埋没地形とは、ある時期に形成された地形が、埋積されるような堆積環境の変化を意味する面である。

現地形および埋没地形は、主として音響測深と音波探査とから分布が決定され、図 2-1 で示される。埋没地形面は埋積堆積物の基底面である。図から、現地形は湾曲しながら南北に走る大きな谷地形（古東京川と呼ばれている）とその両側の段丘などの平坦面およびそれらを埋積しつつある現世堆積物の分布によって特徴づけられ、さらに富津州南に発達するような現世の波蝕面が目立つ。

底質は図 2-2 にまとめたように前者は泥、後者は砂で波蝕作用と漂砂に起因する。また海堡以南には露岩地域が多くそれ以南の古東京川谷底部も、図 2-3 と合せ考えて、現世堆積物より古い埋積堆積物（砂質）の露出が目立つ。

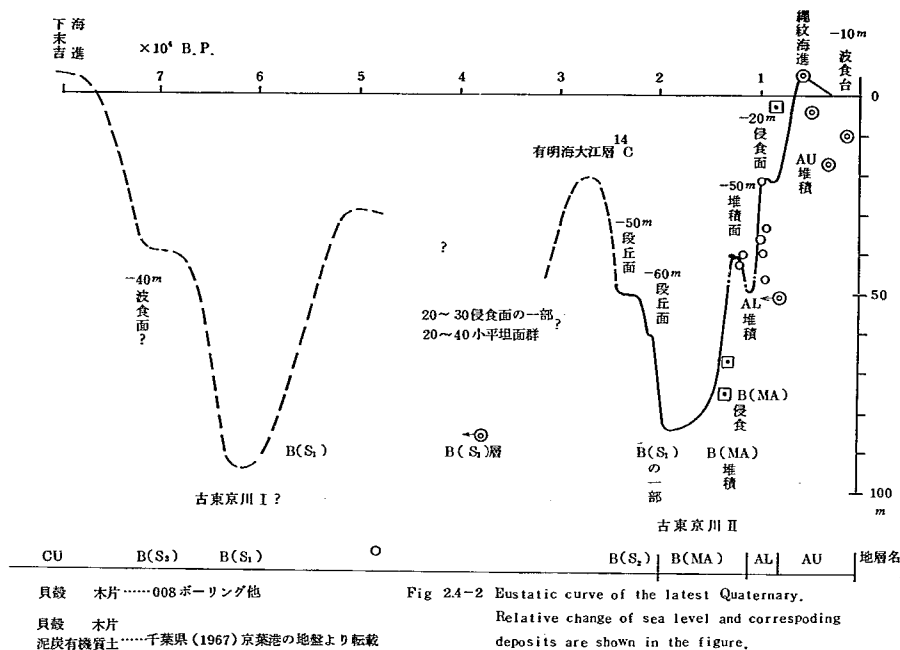
埋没地形と埋積堆積物の分布は図 2-3 に示す。埋没地形図には、現地形面では現世堆積物によってぼかされていた古東京川とその支川・それらの両岩の -50 m 前後の平坦面群・-10~-20 m の波蝕面のはっきりと復元されている。なお古東京川は久里浜沖で東京海谷と呼ばれる谷勾配の大きい谷に達し、その地点での谷底の水深は約 -95 m である。前 2 者の地形は、主として Würm max. 永期（約 20,000 年 B.P.）前後の海面変化によるもので、後者は現世の波蝕作用によるものである。埋積堆積物の性質と区分は、音波探査による積層状態と順位の把握に、ボーリング、ドレッジ、<sup>14</sup>C-dating などの方法を加え、さらに資料の豊富な湾央部との対比をおこなって得られた。

図 2.4-1 に埋積堆積物の堆積環境と概略の性質を示す。これを時間的に分けると、図のように AU A L, B に大別される。それぞれ上部沖積・下部沖積・上部洪積の各層に相当し、( ) 内に代表的な岩相を示してある。その詳細は表 2.4-2、および図 2.4-2 にまとめた。（但し、ここでの沖積層は 10,000 年 B.P. 附近の海面停滞期以新の地層とする）

傾斜層堆積物の分布は、図 2-4 の地質図と図 2-5 の断面図に示す。これらは主として 2.3 の方法を用いて得られたものである。図 2.4-1 に示すように軽微な不整合で相模層群と上総三浦層群に 2 分される。また海底の三浦層群下底については久里浜沖の東京海谷において、不整合で葉山層群と考えられる地層が露出している。

従来慣用されている周辺陸上部での地層名・地層区分は、三浦・房総両半島で異なり、また岩相が変化することも加えて 1 対 1 の対応性が得られない。そこで層群名は最近の三梨ほか（1968）などの見解に従い、これを累層・部層に細分し、両半島との対比表を明記した（表 2.4-1）。即ち相模層群は、従来の相模層群・成田層群に、上総層群・三浦層群は三浦層群・上総層群+豊岡層群に相当する。累層

Fig 2.4-1 Diagrammatic profile of subbottom relief and its overlaid deposits at the Entrance of Tokyo Bay.



段階は層位的な両半島の層序区分に対応させた地層名を設定し、部層段階では物理的諸性質の区分の必要性から岩相と物理的諸性質を組合せた、アルファベット表示の区分（C～H層）をした。従ってこの段階の区分は、従来の堆積サイクルや不整合にもとずく分類とは必ずしも一致しない。C～H層は中部洪積統～上部中新統に至る地層で、（）内に岩相を表示した。岩相が同じでも明かに堆積ユニットが異なるものは例えば、F（S<sub>1</sub>）、F（S<sub>2</sub>）のように Suffix をつけて区別した。

傾斜層堆積物の地質構造は比較的単純で、房総側の東西性のゆるい褶曲と G 層以下にみられる多少の断層を除けば、全体としては北ないし北東へ数度の傾きで傾斜する地層の積層が認められる。そして褶曲の向斜部には図 2-4、表 2.4-1 に記した軽微な不整合が部分的に存在する。

## 2.5 地形・地質図類の表現法の説明

図 2-1 東京湾口の海底地形・埋没地形および音波探査測線；黒の等深線で示す現地形図は、首都圏整備委員会（1961）の 1/10,000 東京湾海底地形図を基図にして、1/25,000 に縮小し、音波探査測線上の不一致を多少補正し、さらに等深線間隔を粗くして 2m としたものである。

赤の等深線は、前述の埋没地形面で、埋積堆積物下底面をあらわしている。従って埋積堆積物の厚さは、両等深線深度の差であらわされる。

音波探査測線は探査区域、実施年度、実施機関などの違いを区別し、000～500 などの測線番号を用いた。実施年度と実施機関は下記のとおりである。

000 測線；地質調査所、千葉県（1963）

100,200測線；建設省土木研究所（1965）

300,400 “； “ 関東地建 （1966）

500 “；千葉県 （1967）

南-00 “； “ （1963）

探査機種は、100 測線はスパーカーとソノプローブの同時探査、他はスパーカーのみである。また 300 測線は湾央部主体の測線であり、南-00 測線は、富津州を中心にその南北海岸沿に実施された探査から抜粋したものである。

#### 図 2-2 東京湾口の底質；

首都圏整備委員会（1961）の東京湾底質図、1/50,000 に露岩部を中心としたドレッジ、建設省土木研究所（1966）、による補正を加え 1/25,000 に拡大したものである。ここに記した露岩部は、ドレッジにより直接確めたものと、ドレッジと組合せた音波探査記録からの判定との両者を含んでいる。従って後者の一部には、数 10 cm 以下の堆積物が覆っている場合も多少あるものと思われる。

#### 図 2-3 埋没地形と埋積堆積物；

図 2-1 の埋没地形を分離し、それに地形分類を加えた。これが谷地形のりんかくと平坦面の区分であり、これに現地形面上での埋積堆積物の地質図を併記した。

凡例の沈水谷堆積物は、約 10,000 年 B.P. の -50 m 平坦面を形成した海面停滞期前の谷堆積物を区分したものであり、表層堆積物とは、それ以後に谷をうめつつある現世堆積物である。東京湾央系のもものと三浦半島系のもつとを模様で区別した。

斜交層埋堆積物とした房総よりの堆積物は、その前縁が音波探査で斜交層理を示し、古東京川に向けてはり出している。底質は砂で波蝕台の形成に係る堆積物と考えられる。

房総半島笹毛沖の埋没地形は、南-00 測線群と最近実施された、測線間隔の狭いソノプローブ探査とから見出された -30 m に達する蛇行した谷地形であるが、連続状況がはっきりしないため、このような地形が波蝕面下にあることのみ明記しておく。

また埋積堆積物がない露岩部は、図 2-2 から得られたものである。

#### 図 2-4 東京湾口および周辺の地質；

海底部については、埋没地形表面に露出する地質分布を、陸上部は、現地形面に露出するそれを表わしている。海底の等深線は図 2-1 の埋没地形である。

海底部の層序は、概要でのべた方針によるもので、色別は、層位学的方法による累層区分を、またその境界は太線で表わした。累層内の岩相は、部層名と岩相を併記したアルファベット表示とし、その境界は細線で表示した。また岩相を凡例の模様で区別した。

それぞれ実線は確認された境界を、点線は推定の要素が入る境界である。この表現法は、断層、不整合面など全ての境界線についても同様である。そして図中赤で記した○の記号は、音波探査反射面をボーリング調査やドレッジなどで確認し、得られた境界面位置で、精度のめやすとなろう。

陸上部の地質は、主として建設省土木研究所（1967）の柱状図作成踏査によるもので、層序区分は三浦側に関しては、赤嶺他（1956）、地質調査所（1962）、同（1968）と、房総側では、地質調査所（1961）に従った。そして海底部相当層は、同じ色を使って区分し、さらに海底部の部層が、陸上部のどれに当るかがわかるよう配慮した。

地質構造は、図中の凡例に従うが、地質構造が複雑な部分および不整合面（極く局部的なものは除く）は構造等深線であらわした。 $U_1$ 、 $U_2$  不整合および古東京川と東京海谷の出合附近の構造がこれに当る。

ボーリング地点は赤丸で示し、ボーリング名を符した。それぞれ、000 系統は、関東地方建設局、D-000 系統は土木研究所、C-000 および C-00 は千葉県、U-000 は運輸省（第二港湾建設局）の資料による。なお大きい丸は 100 m クラスの深度、小さい丸は数 10 m の深度のボーリングを意味する。

また露岩部のドレッジ地点と岩相を、凡例にしたがって図中に併記した。

#### 図 2-5 東京湾口地質断面図

地質区分の方針は図 2-4 に従い、色わけも、A～B 層を加えた他は、同図に従った。

ボーリング柱状図わきの折線は、コアの一軸圧縮強度（ $q_u$ ）を用いた、地層強度の深度分布である。

なお断面図中、一番下の III-IV 断面は、地層を、音波探査反射面の変化から忠実におうことを目的としたため、測線 518 の反射記録をそのまま用いてある。それ故、他の三者にみる一般的地質断面図と異なり、深度は、時間断面を意味し、図示した深度スケールは“水中スケール”と記したように、水の伝播速度（ $V_p \approx 1500 \text{ m/s}$ ）に合せたものである。従って、地層中では真の深度はこれとことなり、図のスケール 1 目盛（50 m）がほぼ 60 m に相当する。

## 2.6 地形・地質図類の精度の考察

海底地形図の精度は、2.2.1 で述べたように、縮尺 1/10,000 の基図を縮小し、1/25,000 とし等高線間隔を 2 m にしたものである。それ故、測定位置の決定、測線間隔などに関する誤差は、他の解析要因にくらべはるかに小さいと考えられる。この図に基いて実施された各種調査結果は、この図の精度の他に、主として、第 1 章の調査方法のうち、音波探査測点位置の決定方法、反射記録の精度（分解能、速度層の決定……）、ドレッジの精度などの機械的な要因と音波探査測線密度、ボーリング地点密度、コア採取率、ドレッジ点数など地形・地質判定の情報量の多少に関する要因とに左右される。

音波探査測線または測点の決定は、2.5 にあげた資料に関しては、六分儀による三点両角法を用いているが、探査時の条件（天候・波浪・視界など）、調査船の航行速度の変化と測点間隔、探査者の個人差など、多少のバラツキを生ずるようである。これらの要因による位置決定上の誤差は一般に小さいが、悪条件が重なった場合には、縮尺 1/25,000 の図で 100 m 前後の誤差が生じている。また音波探査

法（放電方式）そのものに由来する誤差は、種々のものがあるが、特に記録の読取り精度（分解能）と地層中の音波伝播速度の決定に関する要因が大きい。この結果、垂直方向に5 m程度の誤差を生ずるものと考えられる。音波探査の測線間隔は、図2-1に示したようにほぼ1 Kmのメッシュで、調査地域中心部では、やや密になっている。地質図類の平面的な精度の大部分は、この測線密度に左右される。地質構造が比較的簡単な当地域では、一般的には測線間隔の1/10程度の精度はあるものとみてさしつかえない。

ボーリング点数（密度）に関しては、ボーリング地点をはなれるほど地質情報の確からしさは、岩相変化があるため減少する。従って、地質図に示した岩相区分は、ボーリング柱状図と音波探査記録・周辺陸上部の岩相との対比やドレッジ結果を加えた総合的判断によるものであるが、ボーリング地点をはなれるほど情報量の多少による推定の要素が大になると考えてよい。またコア採取率の低下も同様に精度をおとす要因である。

ドレッジは、一般に100 ~ 200 m 底曳きをおこなって、海底部の露岩をけずりつつたもので、試料を引揚げた地点（これは“立ち描”の位置により確認できる）までの100 ~ 200 m 周辺の地質の傾向を判断できるだけであり精度はよくない。また底質の境界は測点数によって精度がきまるがこれよりもう一段精度が低い。

以上の考察から、地形・地質図類の精度は、機械的要因に関しては1/25,000 の縮尺の精度で、平面的に100 m 前後、垂直方向では5 m程度の位置的な誤差がありうる。情報量の多少（場所的な精粗）に関する要因は、埋没地形図、地質図などの平面図では、ボーリングおよび音波探査測線が密な地域は、ほぼ上記の精度に近いところまでゆくが、これからはなれるにつれ精度が落ち、特に調査地域北部および南部の音波探査測線間隔があらく、ボーリング資料がないところでは、音波探査の反射パターンにもとづく鍵層の追跡、陸上の岩相およびドレッジ結果との対比だけからの推定で、地質判定精度がわるい。このためこれらの地域に関しては、かなり模式的要素が強くなっている。

また、断面図に関しては、断面線の選定に当って、音波探査測線に近接し、ボーリング資料が豊富という、最も情報量の多い部分がとられているため、平面図よりは、はるかに精度が良いものが多い。

### 3. 東京湾口の地盤特性

#### 3.1 コア試験値による地層評価の妥当性

この報告では、地層（岩体）の物理的性質を、コア試験値で代表させ、岩相、層位などの地質要素との対応性を見出し、これから地盤の工学的性質の分布を知ろうとするものである。そこでまず、軟岩地盤のコア試験値がどの程度地層の性質をあらわしているかを検討する。

コア試験値に対して、地層（岩体）の性質は、孔内諸試験、現位置載荷試験および物理探査で得られた値を用いることとする。これらの値は、コアに比べ、成層状態、応力状態などが、実際の対象に近く、寸法も、コアが（2.5～5cmφ）×（5～10cm）であるのに対し、かなり大きな寸法（数10cm～数m巾に対する載荷面積と影響圏）を有することから、地層（岩体）側の性質として扱うことにする。そして、コア試験によって、これらの性質が、いかに再現されるかを、帰納的に検討する。そして同時に、東京湾周辺陸上部で実施された、現地載荷試験結果を示し、湾口部海底地盤の参考値とした。

ここでいう物理的性質とは、含水比・間隙比・密度・弾性波伝播速度などの、いわゆる物理量とせん断定数・圧縮強度・変形係数（弾性係数）などの力学量といった構造物基礎地盤としての立場から追求した諸量である。また、コアの採取深度はせいぜい100m程度である。

##### 3.1.1 物理量について

物理量の地層側の値は、含水比、間隙比、密度については、直接または間接に物理検層、特に密度検層によって求められ、弾性波伝播速度に関しては、速度検層、物理探査によって、それぞれ異なったスケールで地層側の値が求められる。

前者に関しては、コア側には水飽和度や特に互層状地層で著しい岩相による値のばらつきなどが、地層側には、孔壁の変形や泥水濃度の不均一に伴う値のばらつきが存在するため、両者の対応性にも相当のばらつきが認められるが、その平均を求めれば両者はかなりよく対応することは、表1-1のボーリング資料によって確かめられる。後者については、図3.1-1のP波の例からその対応性が明らかである。すなわち、本報告で対象とする土～軟岩について、コア、物理検層、物理探査の三種の測定値間にどれだけの差があるかを試験したものである。図のB～C相当層は、上部洪積砂層のコア試験値と検層値をF(SM<sub>2</sub>)層は、新第三紀鮮新世の均質な砂質泥岩について、コア、検層および弾性波探査それぞれの速度測定結果を比較したもので、いずれも良好な対応性が認められる。G(M・A)層の場合は、新第三紀の火砕質泥と同砂岩の細互層であるため、コアと検層値間のばらつきが大きく、コア試験値で極端に速度の大きい地層（薄層）が検層値では平均化されて相対的に小さくなっているなどの傾向が認められるが、平均をとるとほぼ両者とも2000m/sとなり一致する。それゆえ、土～軟岩では、上記のいずれがの方法で、ある区間毎の平均速度値を求めれば、地盤の弾性波伝播速度が求められることになる。また図3.4-1(V<sub>p</sub>)は東京湾口の地層区分毎の速度値のヒストグラムをコアと検層値に関して求めたもので、これからも両者

孔内現位置試験（音波検層）とコア試験の比較

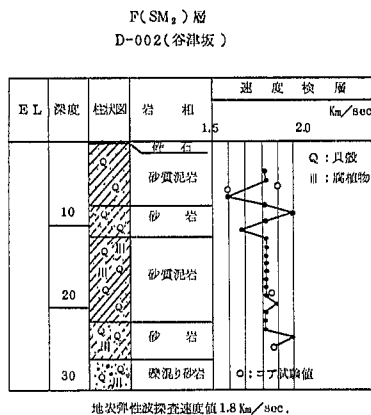
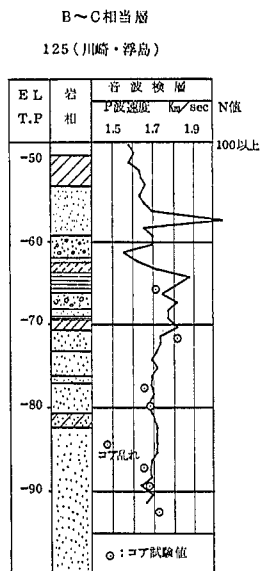
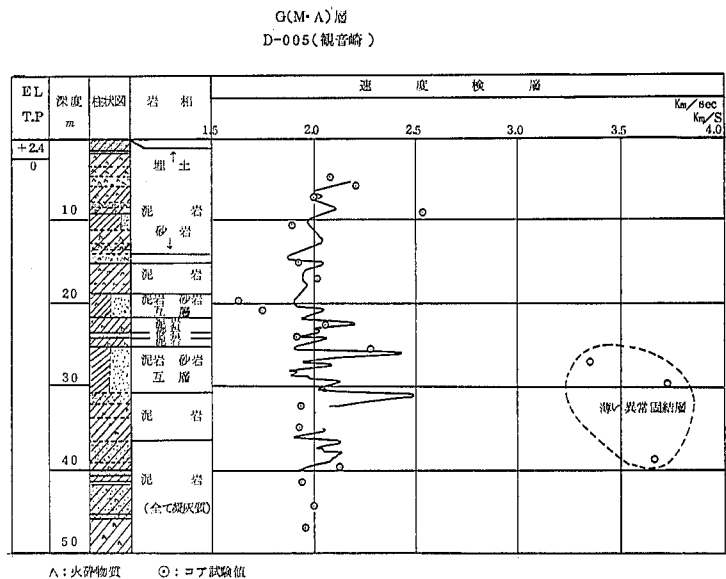


Fig. 3.1-1  
P-wave velocities for soft rock are almost equal, however the method of measurement or the scale of rockmass are different.



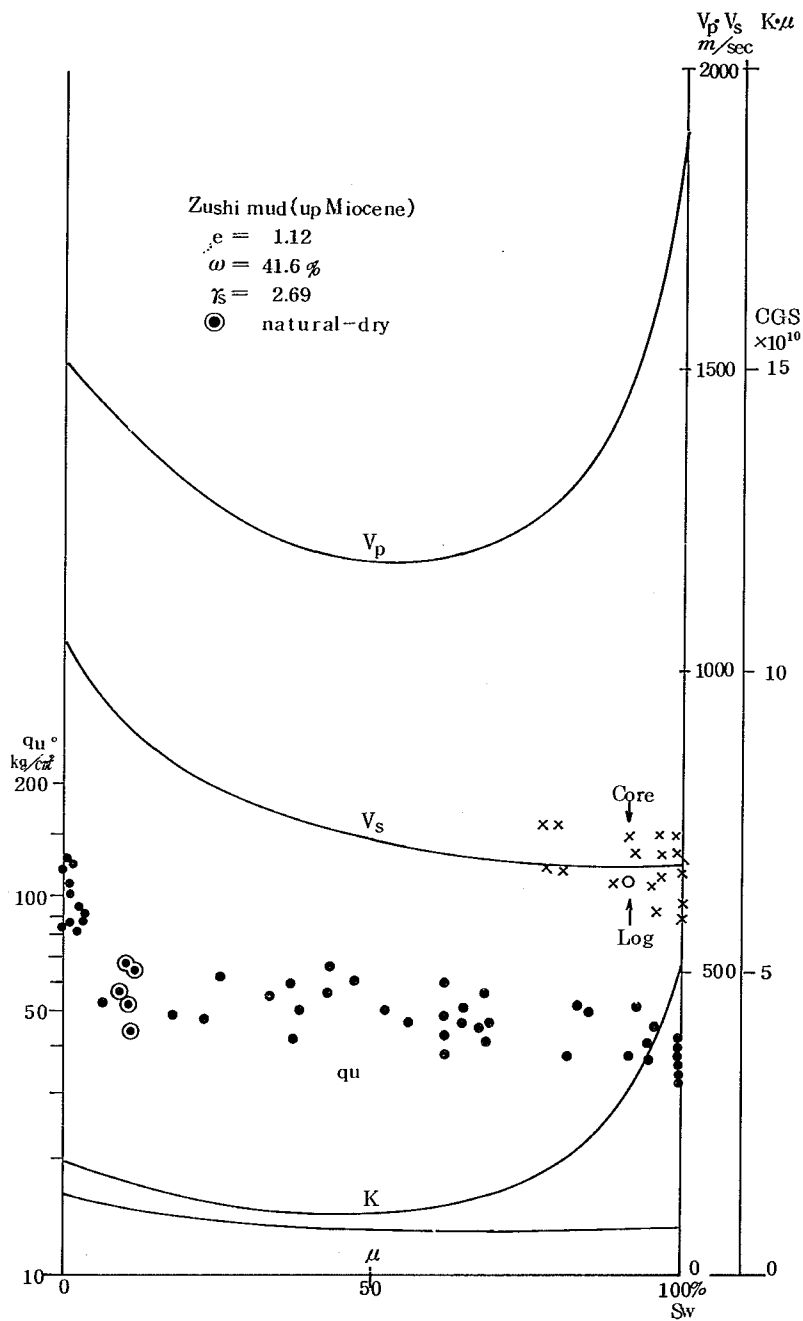


Fig.3.1-2 P, S Wave Velocity :  $V_p, V_s$ , Volume Elasticity :  $K$ , Shear Modulus :  $\mu$  and  $qu$  to Water Saturation Ratio :  $S_w$  after Onishi (1971)

の対応性が認められ、同時に区分毎の代表速度値が得られる。図 3.1-2 は S 波についての一例で、コア試験値と検層値の対応が認められる。しかしいずれの場合にも、土～軟岩の領域では、特に P 波速度は水飽和度に大きく左右され、図 3.1-2 に示すように、飽和含水量附近での変化が特に大きい。このことは、コア試験値または陸上での物理探査から海底部の弾性波速度と関連する物理的性質を推定する際に特に注意を要するところである。

### 3.1-2 力学量について

#### (1) 破壊強度の対応性；

軟岩地盤に関しては、地盤側の性質を代表する現地試験値と、その地点のコア試験値との関係を求め得る資料が少ないが、ここでは東京湾周辺地域について、いくつかの例を示し、実験的に両者の関係を追求することにする。

#### 岩盤せん断試験値とコア試験値との関係

表 3.1-1(a) (b) は、養老川沿の笠森泥岩層（東京湾周辺の佐貫層、湾内の D (M) 層相当）と小櫃川沿の黄和田互層中の泥岩部分（岩坂層下部、F (M) 層相当）についての例である。両者の比較は、同一地点の現地せん断試験値とコアの三軸または直接せん断試験値についておこなわれた。これらの例では、特に内部摩擦角については岩盤とコアの値に 10° 程度の差が認められる。この程度のばらつきは、岩盤試験ブロックを岩相が全て同じになるよう選定するのがむづかしいことを考えただけでも、いくつかの測定値を組合せて得られる結果に容易におこりうると考えられる。そしてこの結果は、コア試験値は、少なくとも対象岩盤の設計量を検討するための有力な資料となると考えてよいことを示している。

表 3.1-1(c) は同一試料（岩盤から切出したブロック）について、コア（5 cm  $\phi$   $\times$  10 cm）の三軸圧縮試験と軟岩大型一面せん断試験（30 cm  $\phi$   $\times$  約 15 cm）をおこない、岩相が同じ場合の両試験方法によるせん断定数を比較したもので、この例では両者はよく一致している。

#### 孔内変形試験（pressiometer test）値とコア試験値

図 3.1-3 は、東京湾口 D (M-A) 層（最下部洪積層）における、pressiometer（長さ 30 cm 間の孔壁に載荷）による破壊強度（yield point で表示）とその孔の同一深度のコアの三軸圧縮試験から得られた、深度相当の封圧下の軸差応力（ $\sigma_1 - \sigma_3$ ）の関係を求めたもので両者の間に相関が認められる一例である。

#### 現地載荷試験（変形試験）とコア試験値から求めた地盤強度との関係

図 3.1-4 は、東京湾周辺の D(s) 層（市宿細砂層；下部洪積～上部鮮新層）の載荷試験（ $\phi$  0.75 m 根入れ深さ、0.1・2.4 m）の破壊強度とその地点のコアの一面せん断試験で得られた、せん断定数（ $C \cdot \phi$ ）および湿潤密度  $\gamma_t$  を用いて、Terzaghi の全般せん断の式により、許容支持力を計算し、実測値と比較したものである。なお実測値の許容支持力は破壊強度の  $1/3$ 、降伏強度の  $1/2$  を用いてある。

この結果実測値とコア試験値にもとづく計算値とは、ほぼ一致することが見出され、少なくとも根入

Table 3.1-1 Shear Test in situ and Core Test at the Same Locality around the Entrance of Tokyo Bay.

|     | Name of strata and facies       |              | Sample            | $\gamma_t$<br>Density<br>g/cm <sup>3</sup> | C<br>Cohision<br>kg/cm <sup>2</sup> | $\phi$<br>Angle of Internal<br>Friction | Testin Method                                 | References                       |
|-----|---------------------------------|--------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------|
| (a) | 笠森泥岩層<br>(Kasamori mud)         | D(M)         | Core Test         | 1.85                                       | 2.60                                | 49°42'                                  | Triaxial Compression Test                     | 千葉県養老川総合開発実施計画 調査報告書, 千葉県 (1964) |
|     |                                 | in Tokyo Bay | in situ T.        |                                            | 2.67                                | 30°40'                                  | Block Shear Test in situ                      |                                  |
| (b) | 黄和田層泥岩<br>(Kiwada mud)          | F(M)         | Core Test         | 1.89                                       | 8.29~11.44                          | 36°                                     | Triaxial Compression Test                     | 小櫃川ダム岩盤試験報告書, 千葉県 (1968)         |
|     |                                 | in Tokyo Bay | in situ T.        |                                            | 7.51 ~ 8.79                         | 43°52' ~ 46°06'                         | Block Shear Test in situ                      |                                  |
| (c) | 岩坂層泥質細砂岩<br>(Iwasaka fine sand) | E(MS)        | Core Test         | 2.1                                        | 1.2 ~ 2.0                           | 47°~53°                                 | Triaxial Compression Test                     | 土木研究所資料No.313, 建設省土木研究所 (1967)   |
|     |                                 | in Tokyo Bay | 30cm $\phi$ block | 2.1                                        | 2.17                                | 47°20'                                  | Direct Shear Test in Laboratory for Soft Rock |                                  |

Loading Test in situ and Cove Test at the Same Locality around the Entrance of Tokyo Bay.

|     | Name of strata and Facies       |                      | Laboratory Test |            |                    |                |                  |                    | Loading Test in situ       |                          |                    |                        | Locality                       |
|-----|---------------------------------|----------------------|-----------------|------------|--------------------|----------------|------------------|--------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------|
|     |                                 |                      | $\gamma_t$      | $\omega$ % | $q_u$<br>$Kg/cm^2$ | C<br>$Kg/cm^2$ | $\phi$ °         | $E_s$<br>$Kg/cm^2$ | Load.Plate                 | *Eq<br>$Kg/cm^2$         | $P_y$<br>$Kg/cm^2$ | $P_{max}$<br>$Kg/cm^2$ |                                |
| (a) | 市宿細砂岩層<br>(Ichigiku fine sand)  | D(S)<br>in Tokyo Bay | 1.96            | 27.1       | 11.8               | 1.8            | 28               | 1452               | 75cm $\phi$<br>rigid plate | 602<br>(1900~2000)<br>ER | 34.0               | 45.2                   | Amaha Town,<br>Boso Peninsula  |
| (b) | 岩坂泥質細砂岩層<br>(Iwasaka fine sand) | E(MS)                | 1.94            | 23.5       | 1.8                | —              | —                | 321                | 75cm $\phi$<br>rigid plate | 1930                     | 21.0               | 31.8                   | 〃                              |
| (c) | 黄和田砂岩層<br>(Kiwada sand)         | F(S)                 | 2.0             | 21.0       | —                  | 2.65<br>3.50   | 38°40'<br>45°25' | —                  | 30cm $\phi$<br>rigid plate | 5100<br>(9500)<br>Et     |                    |                        | Obitsu River<br>Boso Peninsula |
| (d) | 黄和田泥岩層<br>(Kiwada mud)          | F(M)                 | 1.89            | 27.1       | 88.4<br>(71~105)   | 8.29~11.44     | 36°              | 12,000~25,000      | 30cm $\phi$                | 23200<br>(32000)<br>Et   | Yield<br>point     | Breaking<br>point      | 〃                              |

Yield point Breaking point

$$* Kq = \frac{\Delta P_1 + \Delta P_2 + \dots + \Delta P_n}{\Delta S_1 + \Delta S_2 + \dots + \Delta S_n}$$

$$E_g = \frac{\pi d (1 - \nu^2)}{4} \cdot Kq$$

P : Loading stress , S : Settlement except continuous constant loading one  
Kq : Modulus of foundation,  $\nu$  : Poison's ratio, d : Diameter of loading plate

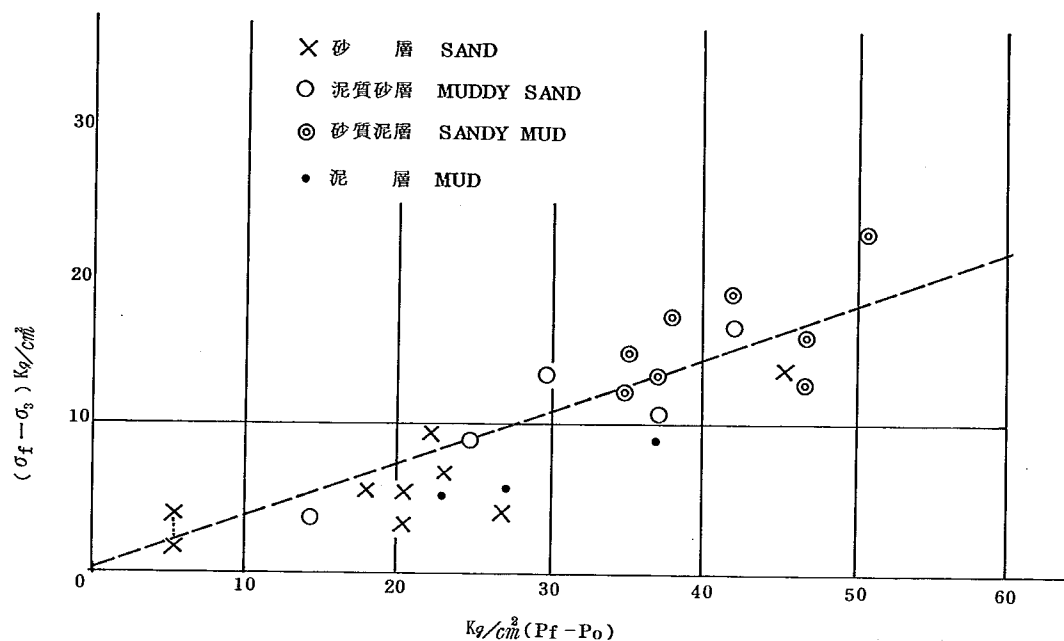


Fig. 3.1-3 Yield points of strata in a certain depth obtained from bore hole tests are proportional to the ones of cores under the corresponding confining pressure.

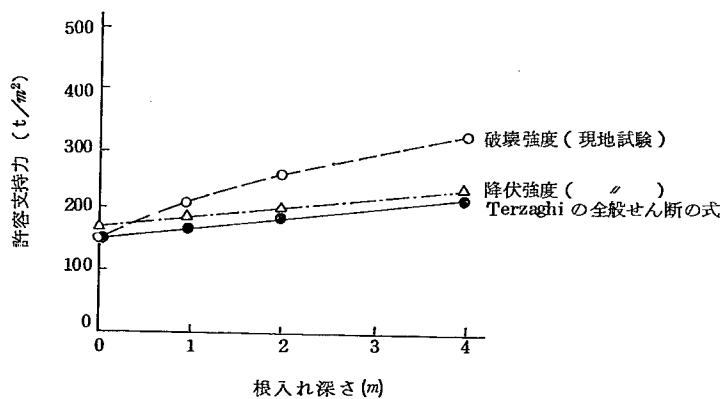


Fig. 3.1-4 An example of bearing strength for soft rock ;  
O, △ : in situ test, • : calculated with  
core test values (Terzaghi's equation).

Table 3.1-2 In situ Test probed in the Vicinity of Tokyo Bay.

| Name of strata<br>and the facies | $\gamma_t$<br>$\text{g/cm}^3$ | C<br>$\text{Kg/cm}^2$ | $\phi$<br>°   | $E_s^{**}$<br>$\text{Kg/cm}^2$ | $q_d$<br>$\text{Kg/cm}^2$ | $q_a$<br>$\text{Kg/cm}^2$ | Testing Method                                                   | Locality and References                                      |
|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| D(M)<br>( Kasamori mud )         | 1.85                          | 2.67                  | 30°40'        |                                |                           |                           | Block shear Test<br>in situ                                      | Yoro River , Chiba pref.<br>千葉県養老川総合開発実施計画調査報告書<br>千葉県(1964) |
| D(M·A)<br>( Sanuki mud )         | 1.85~1.90                     |                       |               | 1000<br>400~2000               |                           |                           | Pressiometer Test                                                | Futtsu Town, Chiba pref.<br>土木研究所資料No 313,<br>建設省土木研究所(1967) |
| D(S)<br>( Ichijiku sand )        | 1.96                          |                       |               | 602<br>(1900~2000)<br>Et       | 45.2                      | 15.1<br>(17.0)*           | Loading Test in<br>situ<br>(Rigid Plate<br>75cmφ)                | Amaha Town, Chiba pref.<br>昭和45年度東京湾現地載荷試験,<br>関東地建(1970)    |
| D(S·G)<br>(Nagahama sand & Gv)   |                               |                       |               | 2000<br>1000~4000              |                           |                           | Pressiometer Test                                                | Isona Cape, Chiba pref.<br>土木研究所資料No 313,<br>建設省土木研究所(1967)  |
| E(MS·A)<br>( Iwasaka sand )      | 1.90~2.10                     |                       |               | 2000<br>1000~3000              |                           |                           | Pressiometer Test                                                | Isona Cape, Chiba pref.<br>土木研究所資料No 313,<br>建設省土木研究所(1967)  |
| E(MS)<br>( Iwasaka sand )        | 1.94                          |                       |               | 1930                           | 31.8                      | 15.9<br>(10.5)*           | Loading Test in<br>situ<br>(Rigid Plate<br>75cmφ)                | Amaha Town, Chiba pref.<br>昭和44年度東京湾現地載荷試験,<br>関東地建(1969)    |
| F(M)<br>( Kiwada mud )           | 1.89                          | 7.51~8.79             | 43°52'~46°06' | 23200                          |                           |                           | Loading Test<br>(Rigid Pl. 30cmφ)<br>Block shear Test<br>in situ | Obitsu River, Chiba pref.<br>小櫃川ダム岩盤試験報告書, 千葉県(1968)         |
| F(S)<br>( Kiwada sand )          | 2.00                          |                       |               | 5100                           |                           |                           | "                                                                | "                                                            |

\* 1/2 of yield value shown in parenthesis.

\*\*  $E_s$  was calculated from the envelope of stress-settlement curves except continuous loading, which were obtained by changing the loading weight in steps.

Table 31-3 Relation between core tests and in situ tests for the mechanical properties of soft of soft rock in various sites .

| 資 料 |                 | 資 験<br>番 号        | 深 度               | 地 層 名        | 岩石名         | 岩盤の状況        | 岩 石 室 内 試 験                               |                 |                                                 |                             |       | 変形係数<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>E | 現 場 載 荷 試 験<br>(*印は、まだ荷重増が期待できるもの) |             |                                    |                                           |                                               | 実施機関         |
|-----|-----------------|-------------------|-------------------|--------------|-------------|--------------|-------------------------------------------|-----------------|-------------------------------------------------|-----------------------------|-------|------------------------------------|------------------------------------|-------------|------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------|
|     |                 |                   |                   |              |             |              | 単位<br>体積<br>重量<br>γ/cm <sup>3</sup><br>γt | 含 水<br>比<br>ω % | 一軸<br>圧 縮<br>強 度<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>qu | 三 軸 圧 縮<br>試 験              |       |                                    | 載荷板<br>形状寸<br>法                    | 載 荷<br>方 法  | 変形係数<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>E | 降伏荷<br>重 度<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>Py | 最 大<br>荷 重 度<br>(Kg/cm <sup>2</sup> )<br>Pmax |              |
|     |                 |                   |                   |              |             |              |                                           |                 |                                                 | (Kg/cm <sup>2</sup> )<br>Cu | φu°   |                                    |                                    |             |                                    |                                           |                                               |              |
| 1   | 本橋四連<br>連絡査     | (1)               | G.L<br>より<br>1.8m | 新第三紀<br>神戸層群 | 暗緑色<br>泥 岩  | 割れ目多い        | 2.18                                      | 18.0            | 25.5                                            | 14.6                        | 1     | 一軸<br>2,500~<br>3,000              | cm<br>φ30                          | ビット内<br>水 平 | 3点平均<br>3,870                      | 84.6                                      | *<br>93.6                                     | 建設省          |
|     |                 | (2)               | 8.0               | 新第三紀<br>神戸層群 | 砂 岩         | 均質、割れ<br>めなし | 2.15                                      | 10.9            | 15.0                                            | 3.0                         | 23    | 一軸<br>1,870                        | cm<br>φ30                          | ビット内<br>水 平 | 3点平均<br>1,469                      | 62.0                                      | 92.0                                          |              |
| 2   | 首都高速<br>羽田・線    | (1)               | G.L<br>より<br>5.5m | 新第三紀<br>三浦層群 | 泥 質 岩       | 均質、割れ<br>めなし | 1.83                                      | 35.6            | 36.1                                            | 10.5                        | 6     | 三軸<br>5,100~<br>6,700              | cm<br>φ30                          | ビット内<br>水 平 | 2点平均<br>6,400                      | 60.0                                      | 100                                           | 首都高速<br>道路公団 |
| 3   | 福戸舎基<br>岡合同礎    | (B2)              | 10.5              | 古第三紀<br>福岡層群 | 凝灰質<br>頁 岩  | 均質、割れ<br>め少い | 2.34                                      | 8.2             | —                                               | 30.0                        | 3     | 三軸<br>3,200                        | cm<br>φ11.3                        | 堅坑内<br>鉛 直  | 13,300                             | 125.0                                     | *<br>200.0                                    | 建設省          |
|     |                 | (B10)             | 9.0               | 古第三紀<br>福岡層群 | 凝灰質<br>頁 岩  | 均質、割れ<br>め少い | 2.38                                      | 7.1             | —                                               | 27.9                        | 6     | 三軸<br>5,820                        | cm<br>φ11.3                        | 堅坑内<br>鉛 直  | 5,500                              | 125.0                                     | 200.0                                         |              |
| 4   | 本四連<br>格橋調<br>査 | (1)               | 1.0m              | 新第三紀<br>三豊層  | シルト質<br>泥 岩 | 均 質          | 1.90                                      | 30.0            | 5.0                                             | 2.0                         | 22    | 一軸<br>400                          | 40cm<br>×40                        | ビット内<br>水 平 | 2,300<br>プレシオ<br>メーター<br>E=300     | 7.3                                       | Py× $\frac{3}{2}$ =<br>11.0                   | 日本<br>国有鉄道   |
|     |                 | (2)               | 3.3m              | 新第三紀<br>三豊層  | 泥 岩         | 均 質          | 1.95                                      | 30.0            | 7.0                                             | 2.2                         | 20    | 一軸<br>400                          | 40cm<br>×40                        | ビット内<br>水 平 | 2,100<br>プレシオ<br>メーター<br>E=70      | 6.0                                       | *<br>10                                       |              |
|     |                 | (3)               | 7.1m              | 新第三紀<br>三豊層  | 細砂岩         | 均 質          | 1.92                                      | 25.0            | 1.0                                             | 1.5                         | 60    | 一軸<br>50                           | 40cm<br>×40                        | ビット内<br>水 平 | 4,500<br>プレシオ<br>メーター<br>E=300     | 10.5                                      | Py× $\frac{3}{2}$ =<br>15.8                   |              |
| 5   | 釜房橋<br>(ダム)     | (P <sub>1</sub> ) | 約4m               | 新第三紀<br>秋保層群 | 細粒状<br>凝灰岩  | 均質、割れ<br>目少い | 2.11                                      | 18.6            | 73~144                                          | 2.3                         | 46?   | 一軸<br>21,600                       | cm<br>φ40                          | ビット内<br>水 平 | 24,600                             | *<br>>80                                  | *<br>>80                                      | 建設省          |
|     |                 | (P <sub>2</sub> ) | 約4m               | 新第三紀<br>秋保層群 | 中粒状<br>凝灰岩  | 均質、割れ<br>目少い | 1.83                                      | 27.5            | 34~59                                           | 20~30                       | 0?    | 三軸及一軸<br>7,600~<br>10,000          | cm<br>φ40                          | ビット内<br>水 平 | 21,800                             | *<br>>80                                  | *<br>>80                                      |              |
|     |                 | (P <sub>3</sub> ) | 約4m               | 新第三紀<br>秋保層群 | 中粒状<br>凝灰岩  | “(浮石にとむ)”    | 1.96                                      | 26.7            | 36~51                                           | 7~11                        | 30~38 | 一軸<br>7,740                        | cm<br>φ40                          | ビット内<br>水 平 | 6,300                              | 70?                                       | *<br>>80                                      |              |

第2回 岩の力学国内シンポジウム(1967)

講演集 土木学会他

土丹および第三紀層軟岩の調査および設計への結びつき ; 吉田, 吉中(1967)

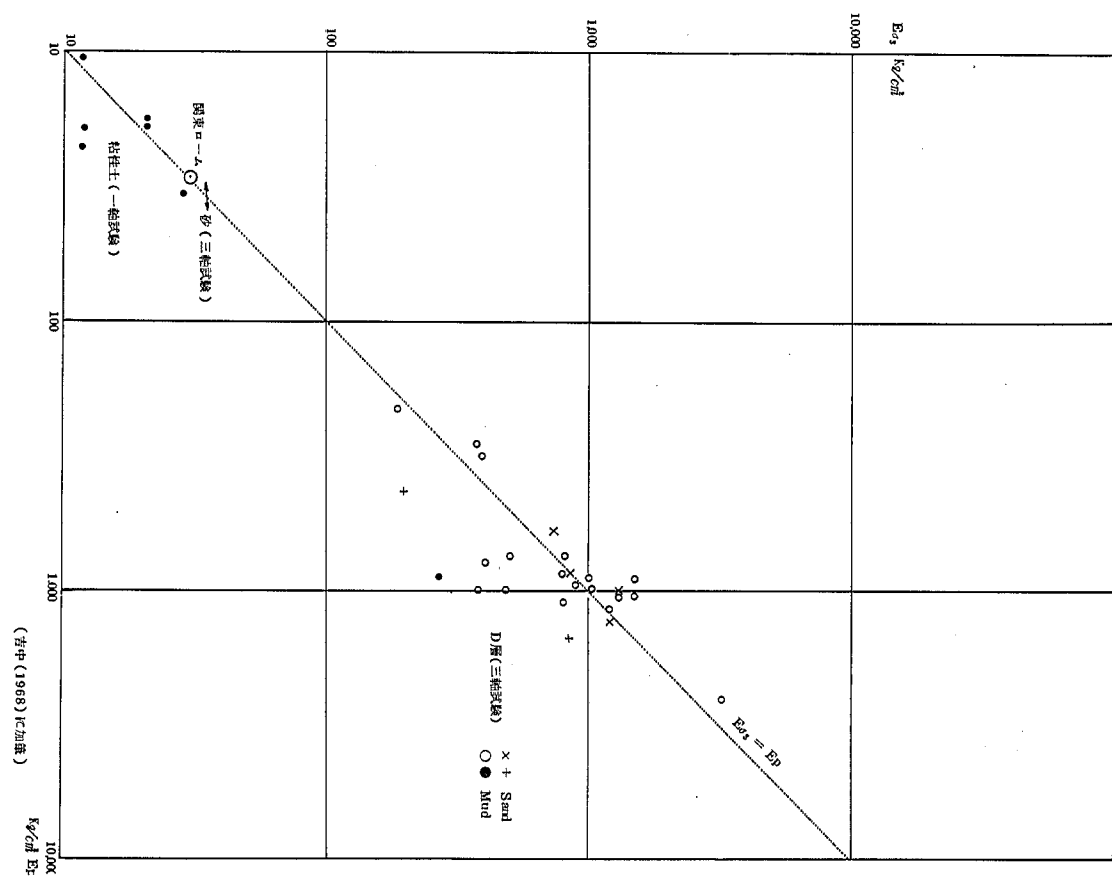


Fig. 3.1-5 Modulus of deformations in bore hole tests making use of pressiometer and in core tests for the same rocks.

れ深さ数m程度までは、Terzaghiの式が適用されることが認められる。このことは、吉田、吉中（1966）による実験でも見出され、洪積世～鮮新世の砂礫層（大阪層群）および中新世軟岩（神戸層群）に関する同様な実験から、岩相のばらつき、破壊状況、コアの撓乱などの要素を考慮すれば両者から得られた支持力はほぼ一致することを述べている。

## (2) 変形性について

現地載荷試験値とコア試験値との関係

表 3.1-1, 2 中に東京湾口周辺でおこなった現位置試験資料を示す。また表 3.1-3 は吉田、吉中（1967）による各地の第三紀層軟岩の現位置試験資料を示したものである。

これらの表において、現地試験値とコア試験値とは、特に砂地盤である表 3.1-2 の D (S) E (M. S) 層に關し、コアの乱れや載荷面の整形の不備などによりと思われる不一致が認められるが、一般には両者はほぼ一致することが認められる。

孔内変形性試験 (pressiometer test) 値とコア試験値との関係

図 3.1-5 は土～軟岩（沖積世～新第三紀）の変形係数を、孔内試験とコア試験値について比較したもので両者の対応性が認められ、 $E_p = E_{\sigma_3}$  となる。コアの試験条件は 3.1-2 (1) の孔内試験値の項とほぼ同じである。東京湾口での両者の対応性は後述（図 3.4-1 (Es)）の地層区分毎のヒストグラムから見出される。

## (3) 現地試験資料のまとめ

以上の現地試験資料を、東京湾口周辺地域についてまとめると表 3.1-2 を得る。

# 3. 2 岩相と地層の不均一性の考察

## 3. 2. 1 岩相と物理的諸性質の関係

ここで扱う一般の海成堆積物については、物理的諸性質は、岩相要素のうち特に粒度組成に影響される。もちろんこれらの諸性質を左右するものは粒度組成だけではないから、一般には粒度組成との相関にはかなりのばらつきをとまう。

物理量に関しては、間隙比 (e)、コンシステンシー (L. L. P. L., I. P. など) については図 3.2-1. 2 のように大略の対応性が認められる。図 3.2-1 は東京湾の沖積層に関するもので泥質層のばらつきは上載荷重の違いなどによるものである。湿潤密度  $\gamma_t$  は  $\gamma_t = f(e)$  であるから同様に粒度組成に影響される。以上の関係は固結が進んだ軟岩についても認められ、その概要は後述のヒストグラム（図 3.4-1）から求められる。

力学量に関しても同様で、全般的にまとめれば、ばらつきは大きい、同一堆積盆地のある層準というような、局所的な範囲について細かく調べると図 3.2-3 および 4 のように、局所的な cementation やコアの撓乱（特に砂質層）などによるばらつきはあるものの、良好な相関関係が認められた。

図 3.2-4 (A・B・C) は一軸圧縮強度 ( $q_u$ ) と粒度組成 (0.074 mm  $\phi$  以上の砂分百分率) の関係を

Sand content.

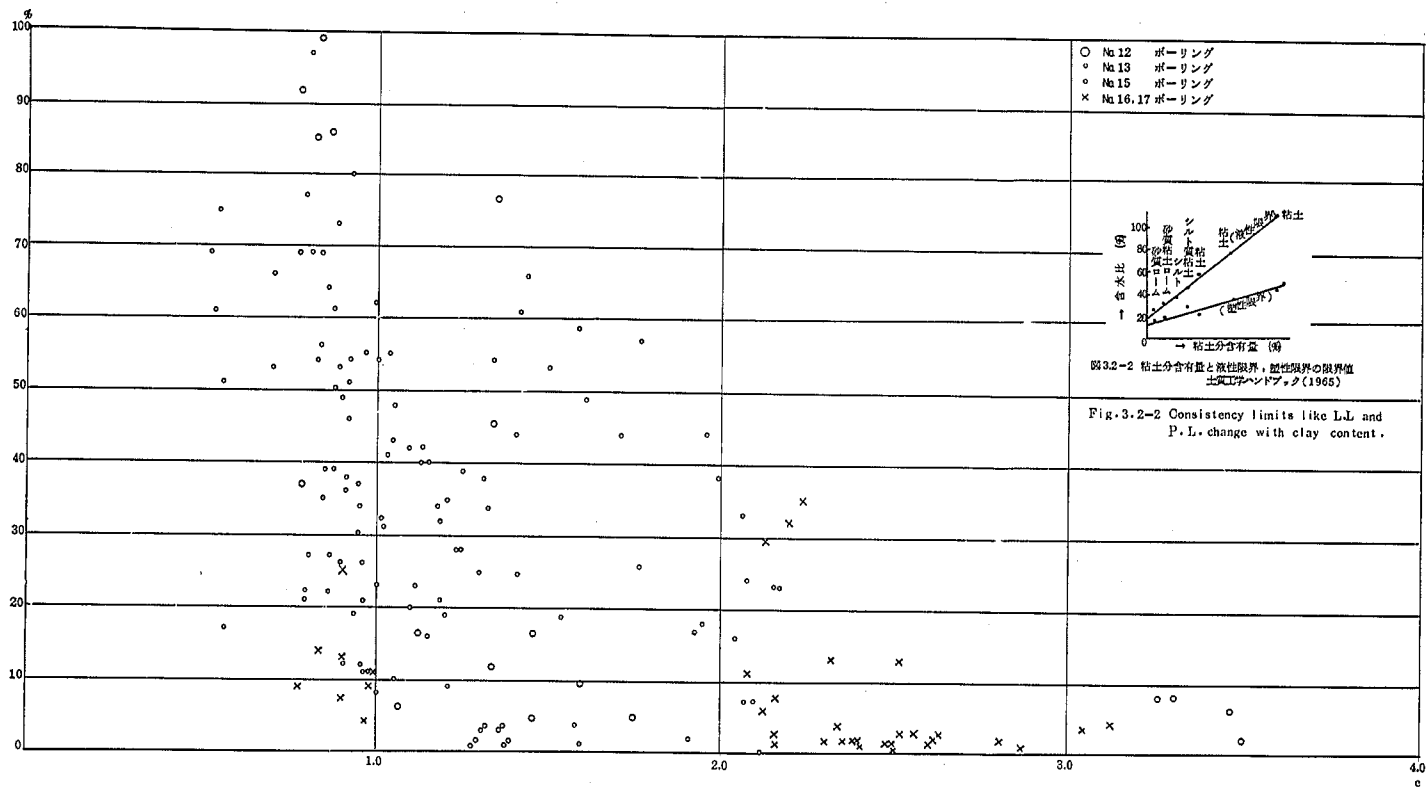


Fig 3.2-1 Void Ratio  $e$  changes with grain size.

岩相区分をパラメーターとして求めたものである。これらの図から層準が同じなら  $qu$  と粒度組成との間に相関があることが見出される。従って岩相が横変化するれば、それにつれて  $qu$  も変化することになり岩相と物理的性質の分布が対応することが見出された。なお図中のばらつきの極端なものは、cementation の異常による  $qu$  の増加、コアの乱れによる低下などが主因と考えられ、この他粒度組成を砂百分率で代表させたため、粘土分（ $0.005\text{ mm } \phi$  以下の粒子）の多少や火砕物質などによる構成粒子の相違などが原因と考えられる。いずれの場合にも全体としては両者の相関が見出され、粒度組成による  $qu$  のばらつき範囲が求められる。そして図の(B)と(C)，すなわち E層と F層の間には、粒度組成が

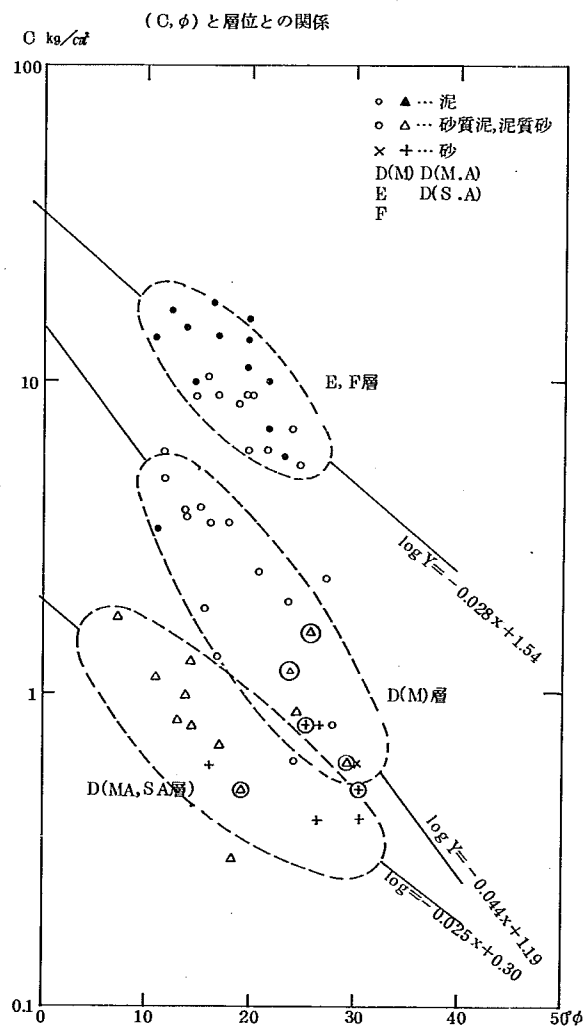


Fig.3.2-3 Cohesion  $C$  versus internal friction  $\phi$  curves at some horizons as parameter.

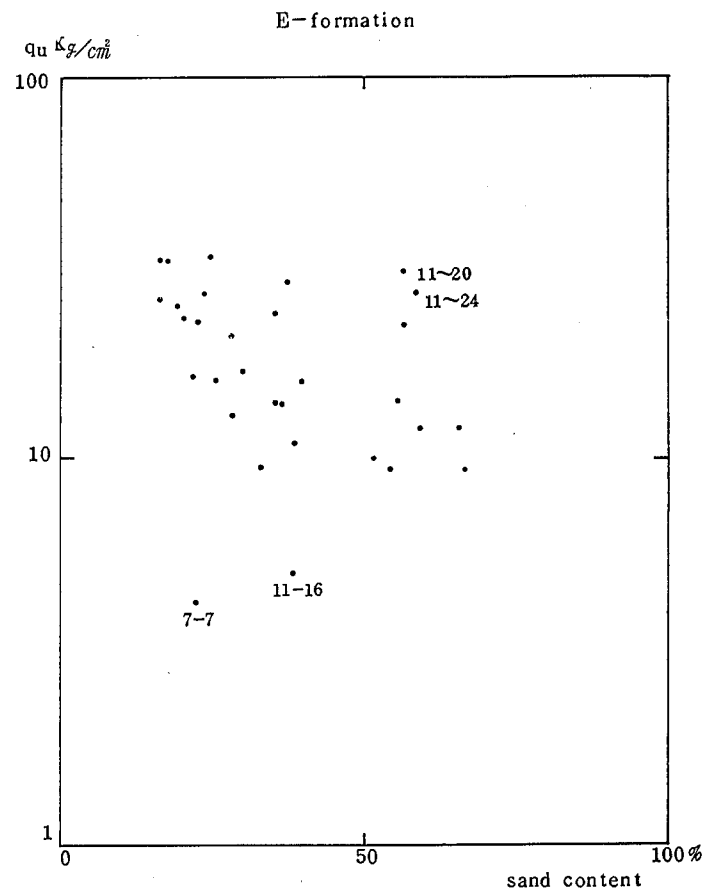
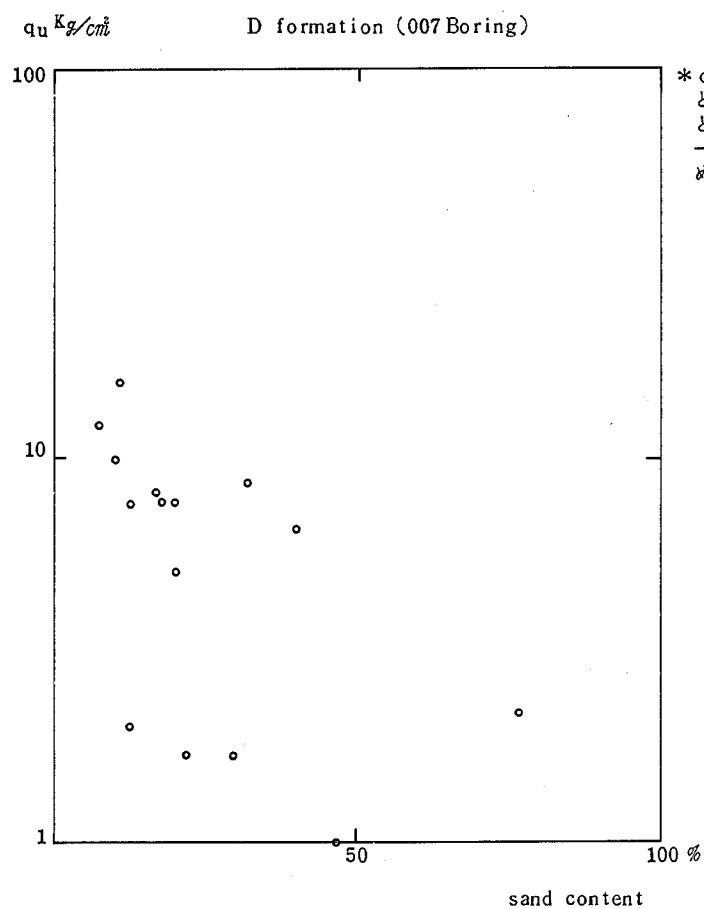


Fig. 3.2-4 (A) Relation between sand content and  $q_u$  (uniaxial compressive strength) for D, (B) and (C) for E and F formations respectively

Fig 3.2-4 (B)

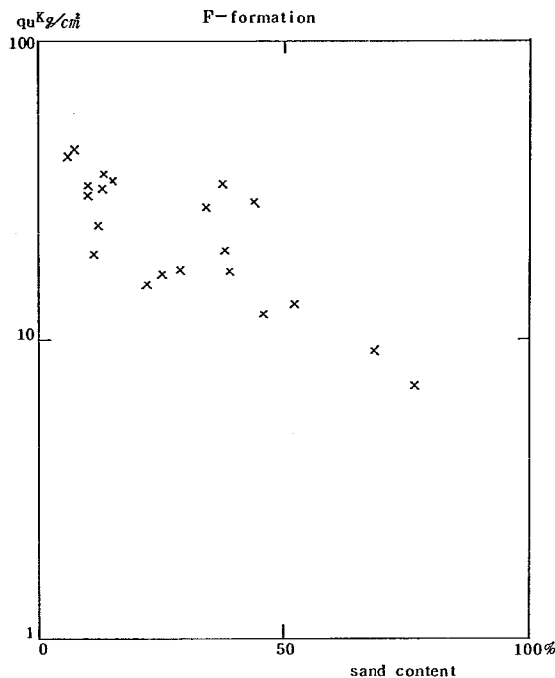


Fig 3.2-4 (C)

同じなら強度の有意の差は認められないが、図の(A) すなわち D層との間には、層位による強度の差が認められる。これは B層の層厚は約 100 m , F層のそれは約 50 m で、しかも岩相はほとんど漸移しており、地質的な時間差はあまりないものとみてよい。これに反して強度に有意の差がある D層上部 ( Du層 ) と E層は 200 m の層厚差を有し、しかも D層の基底は不整合である。しかしこの不整合の時間間隙は地質学的にみて小さいと考えられるから、東京湾口部では、少くとも層厚 200 m 程度いすケールで比較しないと強度の有意の差は認められないものと推定される。この図をさらに発展させて、A ~ F層に到る。qu 一粒度曲線を ( 粒度試験と qu の両方が存在する資料に限定されるが ) 作成すると図 3.2-5 が得られる。ここでは、同一試料で qu と粒度分析がなされていないものが多いため、上述のばらつきの原因と合わせて、全体的なばらつきは図 3.2-4 よりはるかに大きい。また沖積泥層のばらつきは、主として採取深度 ( 有効上載荷量 ) の違いによるものと考えられる。そして粘土分 40% 以上の泥層は、ほぼ同じような範囲をばらつくことが認められる。( 図 3.3-1 参照 ) 以上の考察によって 100 m 内外の厚さの地層の性質は、岩相要素が同じならほぼ等しいと見てよいことがわかり、物理量で軟岩地盤の工学的性質を論じる場合には、岩相要素に留意する必要がある、工学的性質の分布は岩相変化、岩相の連続性ととも考慮せねばならないことが見出された。以上は軟岩についての例であるが、未固結土については、既存の実験例が豊富であり、概念的には、粘土含有量が 40% の土では粘土としての性質を有し、泥分 ( 0.075 mm フレイ通過分 ) が 15% 以下のものは純粹砂として扱えると

されている。そして沖積層（A層）に関しては、粘性土で  $qu \leq 10 \text{ Kg/cm}^2$  ,  $\phi \approx 0$  従って  $C \approx pu/2$  , 砂質土では、 $C \approx 0$  ,  $\phi \approx 30 \sim 35^\circ$  であることが知られている。

弾性波速度に関しては、ここで主として扱う、 $1.5 \text{ Km/s} \sim 2.5 \text{ Km/s}$  の、土～軟岩領域では、元来コアの弾性波速度の測定精度があまりよくない上に、含有水分との関係でのべたように、水の体積弾性率の影響が大きく、試験値がばらつくこと、固結度の低い砂層の測定が困難であることなどのため、コア試験値からは、粒度組成に関するはっきりした違いは見出せないが、物理検層値から判断すると砂質

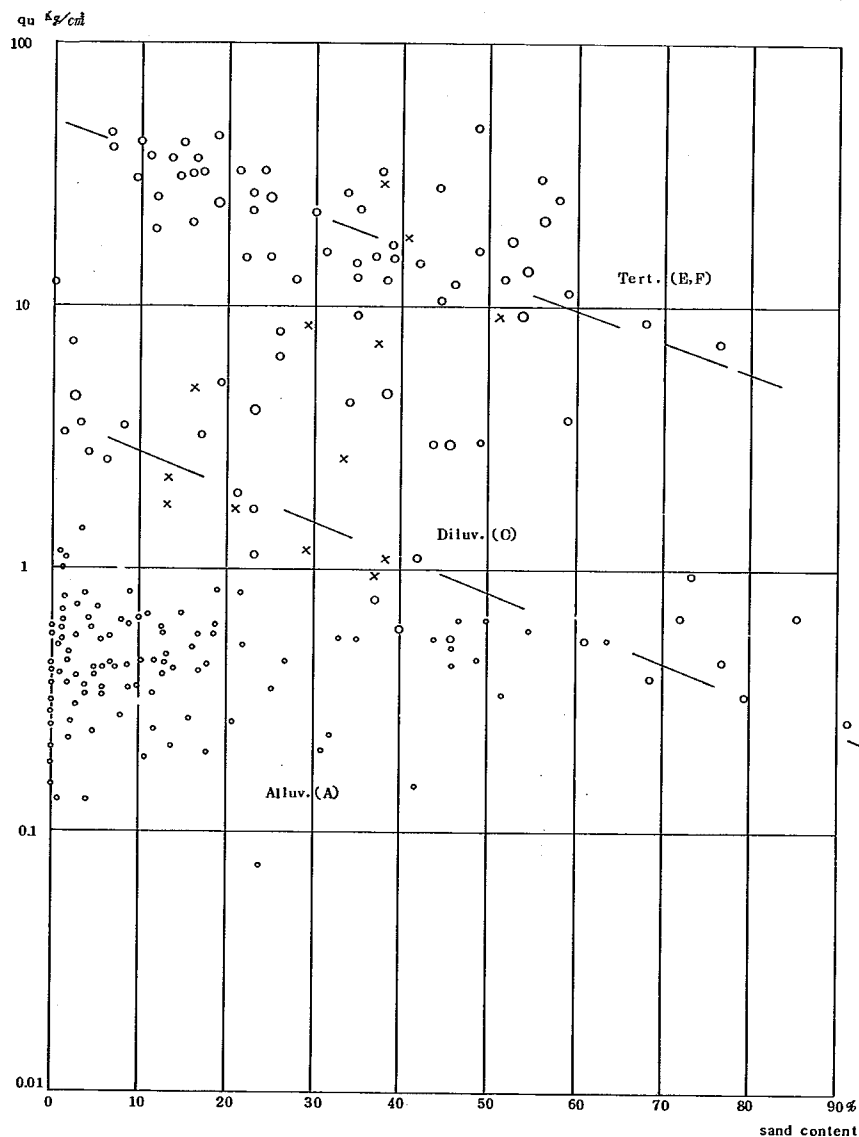


Fig. 3.2-5 Relation between  $qu$  and sand content making use of horizon as parameter

層の方が大きな値をとる。(この領域では、間隙率に関する  $why/1ie$  の式は成立たない)。

### 3.2.2 地層の不均一性の考察

ここでいう地層とは、性質の異なる堆積物の積層しているものであり、コアとは地層中の単層(ほとんどの場合)をくりぬいた試料である。従ってコア試験値で地層の物理的性質を代表させる場合、単層群の平均的性質をもって、ある基準(例えば砂が卓越しているなど)によって区分された堆積物の特徴をあらわすことになる。地層の不均一性は、粒度組成や構成粒子の種類などの岩相の差異をあらわすもので、軟質堆積物(土~軟岩)に関しては、物理的性質のばらつきに対応する。従って地盤が互層状であるか、均質であるかによって、コア試験値で代表させる場合の、地盤としての評価を変える必要がある。そこで本論では、この地層の不均一性を

$(N \cdot S)_{10 \cdot 1.5}$  ;       $N$  : 10 m 中の地層数

$S$  : 10 m 中の砂層の層厚 (%)

10, 15, それぞれ, 10 m, 識別した最小層厚(1 m), 5項の移動平均をあらわす。

という記号で表現し、岩相指数  $F \cdot I$  (Facies Index)と呼ぶことにする。これは主として電気検層曲線から判定されるもので、 $N$ が大のほど互層状であり、小さいほど均質である。ここでは1~10まで変化する。 $S$ は大きいほど全体として砂質であり、小さいほど泥質である。 $S$ の変化範囲は0~100である。

### 3.3 上載荷重の影響と層位の概念

地質学的な時間の経過にともなう、地層の物理的諸性質は変化する。これは続成作用(diagenesis)または石化(Lithification)と呼ばれている。その要因は複雑であるが大別すれば、堆積作用、構造運動の進行にともなう上載荷重の増減と载荷時間の多寡(圧密の時間要素)および粒子の膠結作用(cementation)とに分類される。前者は地層の埋没履歴に相当し、後者は層位に関係し、圧密や化学反応などの時間要素と考えられる。時間的要素があまり問題にならない新しい時代の堆積物では現在の埋没深度すなわち、有効上載荷重が一義的にきいてくる。沖積層(A層)では、この関係が明瞭な場合が多く、試料の採取深度と物理的諸性質との関係は、粒度組成、鉱物種などの基本的要因が同じならば、有効上載荷重の増加に伴う圧密作用の進行としてとらえられ、物理的諸性質は主として有効上載荷重(=現在の埋没深度)に比例する。この過程を東京湾および周辺の地層について、例を粘性土の一軸圧縮強度にとって示すと図3.3-1を得る。

しかし堆積時代をさかのぼるにつれて、構造運動(褶曲、断層などによる埋没深度の変化)や不整合(陸化侵食、堆積作用の変化)など、地質学的な埋没履歴が複雑にからんでくるため、洪積世以前の地層については、物理的諸性質と現在の有効上載荷重との間には、沖積層におけるような明瞭な関係が認められなくなり、ある地層の埋没履歴、特に過去の最大埋没深度が物理的諸性質に影響するようになる。従って

洪積世以前の、いわゆる軟岩領域では、現在の上載荷重でなく地層の層準または層位という見方で、工学的性質の分布を追求しなければならない。層位とは地層の時間的な位置づけであり、時間に関して連続的に積層している堆積物では過去の埋没深度が大きいほど層位は下位となり両者は比例する。しかし同じ堆積盆地でも中心部と周辺部では地層の厚さ（堆積速度）が異なるから、同じ層準でも物理的性質の絶対値は異なると考えられる。

含水比 $w$ ・間隙比 $e$ ・湿潤密度 $\gamma_t$ などの、いわゆる物理量に関しては、粒度組成、コンシステンシー、積層状態などのわずかの違いが、ばらつきの原因として大きくきいてくるため、上述の力学量にくらべてさらに相関が低くなる、例えば桑原・堀（1966）しかし、油田、ガス田の第三紀層についてみると、一本のボーリング孔で、数 1000 m 間の連続した堆積物に関して、 $\gamma_t$ 、 $n$ （間隙率）などの、いわゆる物理量と深度（ $\propto$  層位）との関係をプロットしてみると、このように長い区間についてみれば、多少のばらつきは、深度差が大きいことによってカバーされて、両者の間には明らかな相関が認められている。特に泥岩に関しては埋没深度と間隙率は岩相が同じなら Athy の式；

$$n = n_0 e^{AZ}$$

$n$  ; 深度  $Z$  における間隙率  
 $n_0$  ; 深度  $0$  における間隙率  
 $e$  ; 自然対数の底  
 $A$  ; 定数

のような関係が知られている。そして間隙率  $n$  は次式で表わせる。

$$n = \frac{E}{1 + E} \quad E ; \text{間隙比}$$

また湿潤密度  $\gamma_t$  は

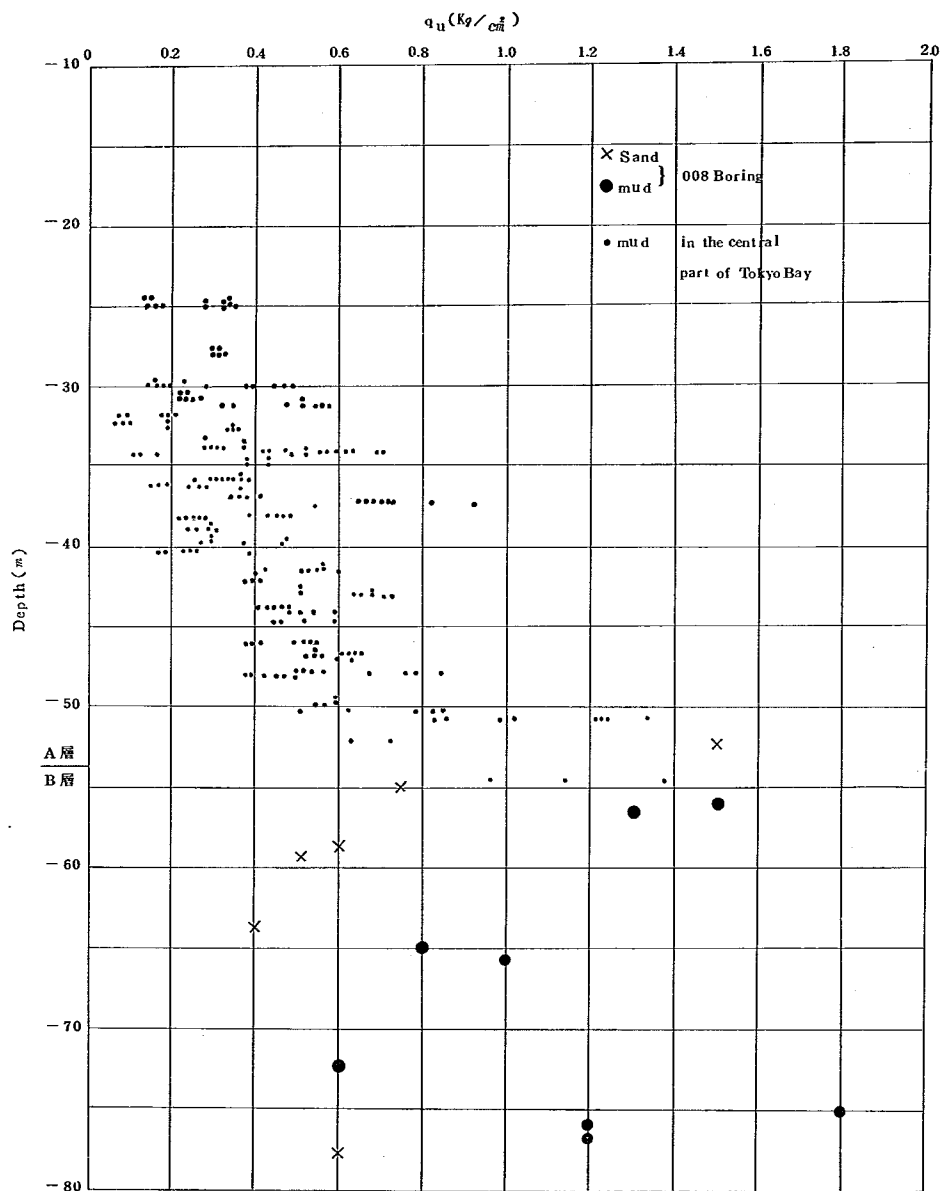
$$\gamma_t \approx f(E)$$

であるから同様に埋没深度の関数として表わされる。

なおそれぞれの実例は  $n$  については図 3.3-2、 $\gamma_t$  については図 3.3-3 に示す。また場所が異なれば、地質時代がほぼ同じでも物理量の絶対値が異なることも見出されており<sup>(5)</sup>、埋没履歴、特に過去の最大埋没深度の違いによると解されていることは前述の通りである。

力学量に関しては、埋没履歴（間隙比）、Cementation の程度と種類、骨格構造の様式などが関係し、間隙比、密度などの物理量の他に、これらでは表わせない物理的、化学的要素が関係する。このため力学量と物理量との相関関係は、多くの人々によって試みられているが、局所的な例を除けば、一般的な比例関係が得られない。

本論で扱う供試体は、地盤調査ボーリングによる、せいぜい深度 100 ~ 200 m の表層部から採取されたものである。そして各所から得られた、同一層準と考えられる資料を、層位学的方法によって認定し、これらを重ね合わせて、数 1000 m の積層した地層とみなし、層位と物理的諸性質の関係を見出そうとするものである。



千葉県計画局(1966)に加筆

図 3.3-1 Relation between  $q_u$  and depth for mud in the Alluvium and the latest Diluvium.

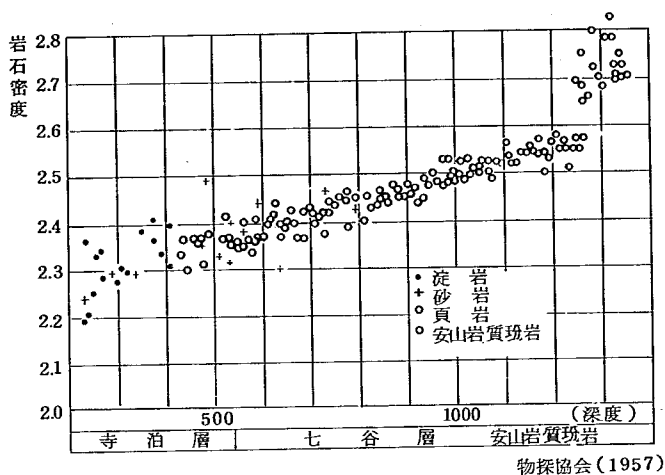


Fig. 3.3-2 Relation between density and depth in Niigata oil field

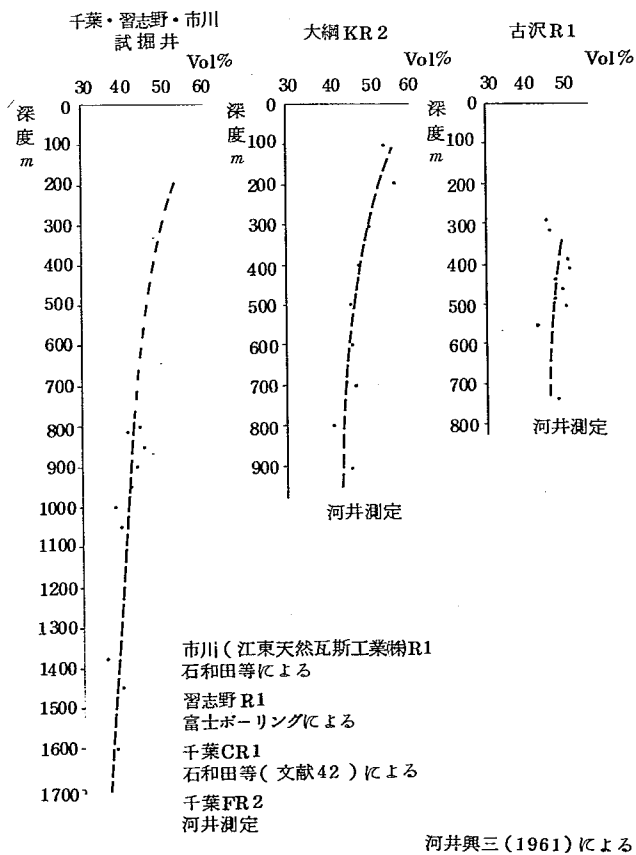


Fig. 3.3-3 Relation between porosity and depth in Chiba oil field.

一般に短い区間(層厚)または区間は大でも寄せ集め資料のつぎ合せである場合、層位と物理的諸性質の相関は、どうしてもばらつきが大きく、時には有意の関係が見出せないこともある。前者(短い区間の資料)の場合は、埋没履歴や時間要素が試料毎にほとんどかわらない上に、粒度組成、積層状態などの地質要素は複雑である場合が多く、同じ条件の試料が得にくいいため、物理的諸性質の基本要素によるばらつきを避け得ないためである。それゆえこのばらつきを克服して相関関係を見出すためには、層位的精度を犠牲にしても100m orderの地層(3.2の粒度の項で検討したように)一群と考えた平均的性質を用いて比較する必要がある。後者(寄せ集め資料)の場合は、地層の対比の精度と埋没履歴の問題が関係する。地層の対比は、目的に応じた精度の調査をおこなえば解決がつくが、埋没履歴に関しては、ことは複雑である。地層の層位は、断層や不整合があっても古生物学的方法や放射性物質の衰変による年代測定などから比較的推定しやすいが、埋没履歴は、過去の有効上載荷重の増減を求めることであり、時代が古い地層ほど、複雑で求め難くなる。しかしながら、東京湾口というような同一堆積盆地のある限られた地域の堆積物を扱う場合には、層準が同じなら埋没履歴もほとんど変わらない。それゆえ堆積速度に大きな差がなければ、層位と埋没深度がほぼ比例すると考えられるから、層位と物理的諸性質の関係は、粒度の項で述べたように100m ~ 200m程度の層厚を一群にしてくみ分けすれば、層序区分毎のヒストグラムから求められ、くみわけに際して、埋没履歴の違いを考慮しなくてもさしつかえない。

このように、現在の有効上載荷重は沖積層に関しては、地盤の工学的諸性質を表現するにあたって一義的にきいてくるが、洪積世より古い地盤に関しては、むしろ過去の埋没履歴がそれからの性質を左右することが認められた。そして東京湾口といった、限られた地域では埋没履歴は層位にほぼ比例すると考えられる。従ってこのような、いわゆる軟岩については、工学的諸性質の分布は層位(または層準)と岩相の追求によって求められる。

岩相がほぼ同じ場合、地層の工学的諸性質に有意の差を生じるには、東京湾口の場合層厚にして100mのorderであるから、積層した地層を岩相を考慮して100m前後に区分し、各区分毎の工学的性質のヒストグラムを作成することによって、地層固有の性質を得ることができる。

### 3.4 東京湾および周辺地域における層位と物理的性質の関係

#### 3.4.1 層位と物理的諸性質の関係

3.3の考察にもとづいて、東京湾で実施した、深度100m程度の海底ボーリング試料を中心にしてコア試験値と層位との関係を見出すためのヒストグラムを作成した。寄せ集め資料の層位の認定は、1.2章で述べた地質調査結果にもとづく、岩相区分と地層の連続性の追求によるもので、地層の対比は2章で述べたようにかなり良好である。埋没履歴に関しては、数ヶ所に軽微な不整合があるが、全体的には深海性の泥質岩から浅海性ないしは内湾性の砂質岩に、時間的には中新世から洪積世へと漸移の岩相を示し、洪積世後期から沖積世に致る極く新しい時代の複雑な履歴を除けば、比較的簡単である。従ってここでは層位と埋没履歴(最大埋没深度)は、ほぼ比例関係にあるものと思われ、埋没履歴要素による

物理的諸性質のばらつきは小さいであろう。

ヒストグラムの地層区分は、層序にもとづくもので、時間の絶対値を細かく推定することは不可能であるから、層序区分（岩相区分）による相対的層位が用いられている。その対象範囲は沖積世～中新世の地層である。また 3.2 で説明した粒度組成の違いによるばらつきを軽減するため、供試体の岩相を砂質層と泥質層に大別し、ヒストグラム上に区別して表示した。図 3.4 - 1 (1)～(3)。

これらのヒストグラムは、かなりのばらつきはあるものの、大局的にながめれば相対的な時間をあらわす層位と物理的諸性質との間に対応性が認められる。そして沖積層から中新世後期までの続成作用（石化）の過程が物理的諸性質の変化として数量的にとらえられたことを示している。このことはまた 3.3 で検討したことが妥当であったことを意味する。

ここでヒストグラム表示した物理的諸性質は、間隙比、含水比、湿潤密度、弾性波伝播速度などの物理量、剪断定数、一軸圧縮強度、変形係数（弾性係数）などの力学量および力学量の index としての標準貫入試験 N 値、孔内変形係数、物理検層速度値などの孔内現位置試験値などである。

#### (a) 物理量について

ヒストグラムでは、物理量は層位が上のほど、ばらつきが大きく特に沖積泥層のそれは大きい。

間隙比（または含水比）の減少は、主として堆積作用による、有効上載荷重の増加に起因し、その圧密曲線は図 3.4 - 2 に示すように、圧密の初期の段階では、わずかの荷重増加が大きな間隙比の減少となつてあらわれる。それ故一次圧密過程にある沖積泥層では、ヒストグラム表示をした場合のばらつきが大きく、深度が大きくなる（層位が下位になる）ほど変化が少なくなることが説明される。

湿潤密度  $\gamma_t$  は、 $\gamma_t = f(\gamma_s \cdot \omega) = f(e)$ 、 $\gamma_s$ ；土粒子密度であるから、ヒストグラムは  $e \cdot \omega$  と同様に説明される。

また岩相別でみると、 $e \cdot \omega$  は砂質層＜泥質層、 $\gamma_t$  はその逆であるが、B 層以下では両者がほぼ同じ傾向を示している。これは B 層以下の層準では泥分が多く、砂質泥～泥質砂が非常に多く、両者の粒度組成が似てくるためである。また D 層以深の地層では、所々に cementation をうけ極端に値の異なるもの（特に砂層に多い）が見受けられる。

#### (b) 力学量について

三軸圧縮試験による、剪断定数 ( $C, \phi$ ) のヒストグラムに関しては、沖、洪積層のやわらかい試料は圧密非排水試験が大部分で、それよりかたい試料では、非圧密非排水（急速非排水）試験がなされている。このためヒストグラムでは両者を区別して、同一条件のもののみ比較できるようにしてある。 $\phi$  は粒度組成などの岩相要素や破壊ほうらく線の引き方などによるばらつきのせいか、層位が同じ場合、砂質層のほうが大きいことは認められるが、層位との関係は明瞭でない。 $C$  に関しては、粒子間の結合力が埋没履歴や cementation 作用に左右されるため、層位との相関が認められる。またヒストグラムに示した範囲では、同一層準なら砂質層＜泥質層である。

一軸圧縮強度  $q_u$  は、同一層準でも測定値のばらつきが大きい、同時に層位に関する絶対値の変化

Table 3.4-1 Alluvial and Diluvial deposits are differentiated each other by N-value.

表 3.4-1 沖積層と洪積層の識別

|              | 沖 積 層                              | 洪 積 層                                |
|--------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 色            | 暗灰～暗青灰～緑灰まれに黄褐色，<br>黄褐色の砂あり        | 暗灰～青灰～黄灰～黄褐～褐～茶褐                     |
| N 値<br>(概 数) | シルト・粘土：0～10（上部では<br>0～3）<br>砂：2～40 | シルト・粘土：10～30<br>砂：20～50以上<br>ふつう30以上 |
| 貝化石          | 全般的に含む<br>多産，大型のものが多い              | 部分的に含む<br>破片となつていることが多い。             |
| 岩 相          | 最上部をのぞくと一般にシルト質，<br>ほとんど礫を含まない     | 篩分けのよい砂が多く，シルト・粘<br>土のはさみはあつても薄い     |
| 腐植物          | しばしば含む                             | ほとんどない                               |
| 火山灰<br>・軽石   | な い                                | ときに含む                                |

東葉港の地盤(1967)<sup>(7)</sup>による

領域も大きく、両者（ $q_u$ -層位）の相関は良い。しかし岩相（特に粒度組成）や供試体の攪乱（特に砂質層）の影響が大きく、これらの条件には特に留意する必要がある。ヒストグラム中、C～E層にみられる特に強度の低い砂質層は、以上の原因によるものであろう。

変形係数  $E_s$  は、図 3.4-3 のような、 $q_u$  との相関が認められ、ヒストグラムでも同様な関係が得られる。

なお  $q_u$  と粒度組成との関係は、図 3.2-5.6 で、試料の乱れとの関係は、図 3.4-3 の相関曲線を用いて、乱れが強度要素よりも、変形要素により敏感にあらわれることから、同じ  $q_u$  に対して、 $E_s$  が小になる方向への、座標上の点の逸脱度合などから判断される。

次に孔内現位置試験値は、封圧下の地層の性質を示しているから、有効上載荷重と密接な関係をもつ深度影響量である。特に沖、洪積砂層では、コア試験がむづかしいから、このような現位置試験値が地層の物理的諸性質の表示に必要である。そこで深度影響量からでも、層位と物理的諸性質との関係が見出せれば都合が良い。

$E_p$ （プレッショメーターによる変形係数）に関しては、封圧  $\sigma_s$ 、下のコア試験値  $E_{\sigma_s}$  とは、図 3.1-6 に例示したように対応性があり、ほぼ値が一致する。そして以下の考察から深度に対する変形係数の変化は、それほど大きくないから、 $E_p$  によつて、 $E_s$  の測定不能領域（沖、洪積砂層および第三紀層の純粹砂など）の値をおぎなえる。図 3.4-4 は洪積世～新第三紀層のコアの三軸圧縮試験によつて得られた変形係数  $E_{\sigma_s}$  と  $\sigma_s$  との関係をプロットしたものである。深度相当の側圧  $\sigma_3$  に対する変形係数の変化は、岩質のばらつき、コアの攪乱などの影響でかなりばらつきが大きく、1、2の組では相

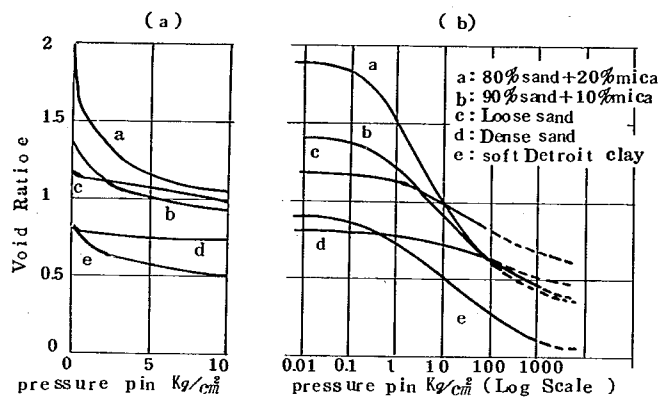


图 3.4-2 (a) Typical  $e$ - $p$  curves. (b) Corresponding  $e$ - $\log p$  curves representing results of compression tests on laterally confined laboratory soil aggregates after terzaghi etc.(1968)

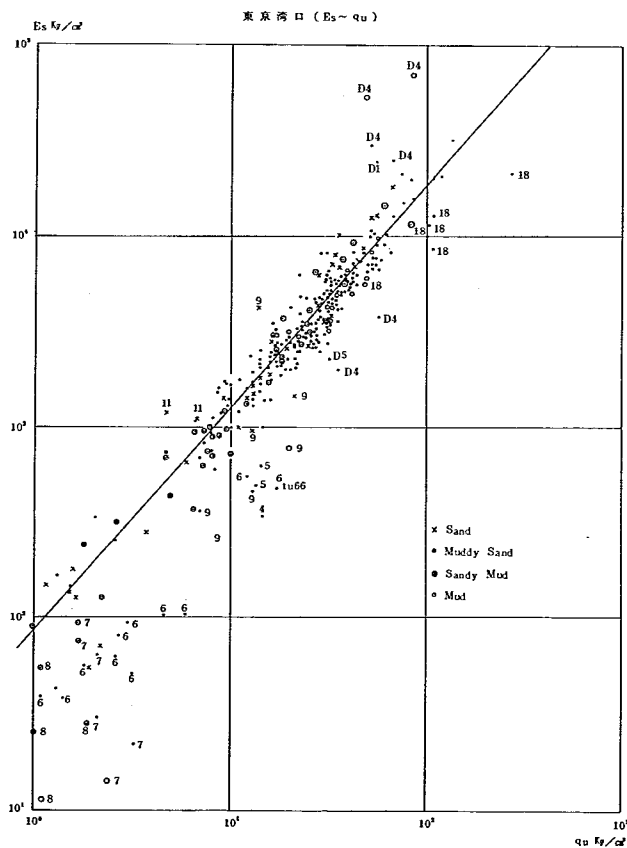


Fig 34-3 Correlation between Uniaxial Compression Strength( $q_u$ ) and Coefficient of Deformation( $E_s$ )

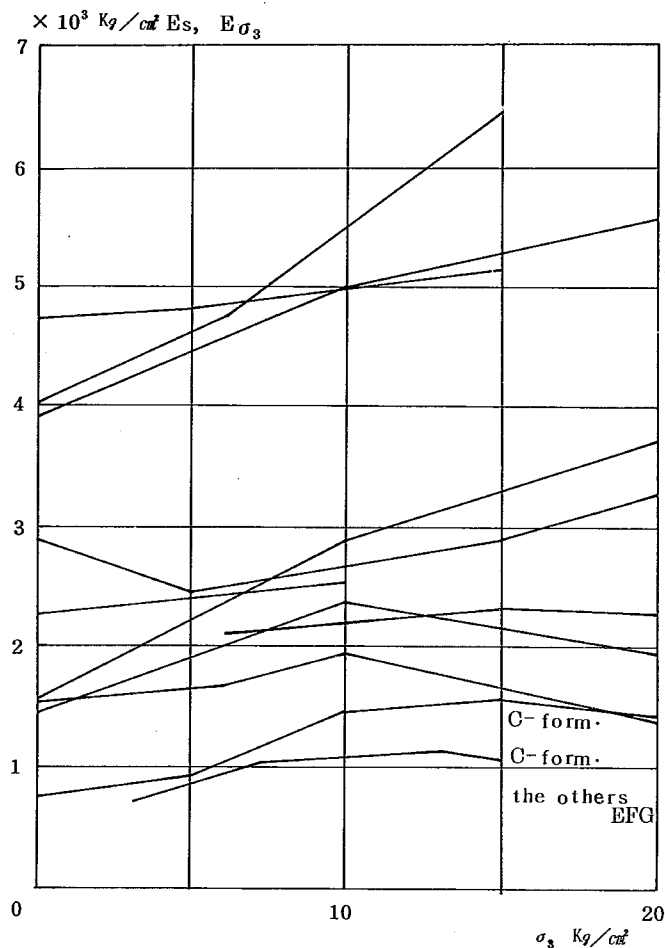


Fig 3.4-4  $E_s$  under confining pressure  $\sigma_3$   
(triaxial compression test).

関々係は判定しがたいが、ばらつきの少ない組をとり出してみると、同図が得られ、 $\sigma_3$  の増加につれて  $E\sigma_3$  も増加し、勾配の平均をとると

$$E\sigma_3 \simeq 60\sigma_3 + E_s, \quad \dots\dots\dots (3.4-1)$$

$E_s$ ;  $\sigma_3 = 0$  のときの変形係数, 単位は  $\text{Kg/cm}^2$

の関係が見出される。但しこれらの測定値は C～F 層の泥質砂岩～泥岩 ( $\phi = 10 \sim 25^\circ$ ) の値である。

このように変形係数は、内部摩擦角があれば、封圧によって変化するから、 $E_p$  も、岩質が同じでも深度によって異なることになる。しかし図 3.1-6 の関々係や図 3.4-1 のヒストグラムなど、実測値に関しては、対数尺的な相関、即ち測定値の order 程度の精度で比較する場合が多く、測定(または採取)深度や岩相の影響は相対的に小さく、C 層より古い地層の例(上記)では、深度 100m 程度の違いは、ヒストグラムのみ分けが 1つ移行する程度である。なお、孔内変形性試験の適用範囲は、

- 54 -

堆積後まもない A 層（沖積層，この例では東京湾岸の上部砂層 Au(s)）では，深度による相対密度\*の増加が著しいから，この例の深度による  $E_p$  の増加勾配がそのまま封圧による変化ではないが，少なくともこの勾配以下の影響が考えられる。B 層の例の増加は pumice 礫を含む岩相変化の大きい部分であり， $D_u$  層のそれは，下部にゆくほど粗粒になり最下部は礫層である。そして岩相がほぼ同じところでは，少なくとも B 層以前の地層では， $E_p$  の深度変化は，100m 程度の範囲では少ないことが認められる。

標準貫入試験 N 値の適用範囲は，さらにせまく，せいぜい沖積世～洪積世後期（A～B 層）であり，主として沖積層の相対密度や剪断特性の判定に用いられている。この範囲の砂質層の不攪乱試料を採取することは，むずかしいから適用範囲はせまいが，力学量の index として重要な存在である。N 値は同一層準であっても，土の状態，ロッドの長さ，上載荷重などによつて変化する。前者は岩相に，後 2 者は深度に関する条件で，それぞれに対する修正式が提唱されている。<sup>(15)</sup> しかし N 値そのものが，かなり大ざっぱな index であり，しかも岩相に関する修正は，多様な粒度組成を有する堆積物に関しては，おのずと限度があり，上載荷重に関する影響は，相対密度と岩相によつて異なる。<sup>(15)</sup> さらに沖・洪積層に関しては，2 章で述べたように，海面変動による堆積作用の不連続性（陸化侵食，岩相，堆積速度など堆積環境の変化）が，層位による相対密度や圧密度の違いの原因となり，これが N 値の急変をもたらし，深度以上に大きな影響をおよぼすことが考えられる。これは各地の地盤調査において，経験的に実証され，沖・洪積層の層序区分の index として使用されて成果をあげていることから明白である。以上のことから考えて，N 値を層位の index とする場合，ばらつきはあるが，地質的要素を併用することによって，充分有効であるから，あまり小細工をせず，ばらつきはあることを承知の上，実測地そのものを用いた方が実用的である。そして同時に深度による影響を無視しても，概略の層位は把握できることを意味する。東京湾周辺の地層に関しては，表 3.4-1 のような基準が作成されている。図 3.4-1 の N 値ヒストグラムは，主として音波探査，岩相観察から判断した，地層区分毎の値をまとめたもので，層位との関係は，ほぼ上表を満足している。しかし場所によっては，侵食面下の風化帯，陸化による圧密の進行，貝砂層などの石灰分の沈着による異常固化などの要素が N 値の増減をもたらす，N 値の急変箇所，必ずしも同一層準を示さない場合が認められる。（例えば，富津洲の含貝砂層では，<sup>14</sup>C-dating や音波探査によつて確められる，5000 年 B.P. 前後の沖積層でも，N 値 50 以上のものがかなり広域に分布する）。図のヒストグラムで，沖積砂層でも N 値が 30 以上のものが見出されるのは，このような局所的な異常や礫質層の測定値も含めているためである。なお N 値が適用される範囲の地層では， $E_p \approx 7N$  の関係が実験的に求められている。吉中（1966），宇都（1967）。

\*  $D_r = \frac{e_0 - e}{e_0 - e_{min}}$  ,  $D_r$  : 相対密度 ,  $e_0$  : 最もゆるい状態の上の間隙比  $e$  : 地層の間隙比  
 $e_{min}$  : 実験室で得られる最も密な状態の土の間隙比

(c) 弾性波伝播速度—動弾性係数について

縦波伝播速度  $V_p$  は、図 3.4-1 のように層準が下位になるにつれて漸増し、その値のほとんどが  $1500\text{ m/s} - 2500\text{ m/s}$  の間におさまっている。しかし A~B 層については、ばらつきが大きく、不確かな値が多くなっている。そこでヒストグラムには 1 章で検討した結果にもとづいて、音波検層値を併記し、上記の不備をおぎなった。 $V_p$  は砂質層では、構成粒子、骨格構造および含有水分の各弾性の組合せによってきまる。そしてそれぞれの影響する度合は、間隙率をめやすにした固結の程度によって異なり、堆積初期には含有水分の弾性が相対的に大きく、時間の経過にともない、骨格の弾性が発達するため、層位との関係が見出せるものと考えられる。泥質層に関しても、砂質層と粒子の結合様式は異なるが、同様に粘土粒子の骨格構造、吸着水の弾性などが関与するものと思われる。 $V_p$  が上記ヒストグラムの範囲は、含有水分の体積弾性率  $\tilde{k}$  の影響が大きく、骨格の体積弾性率  $\bar{k}$  が漸増する過程と考えられるから、 $\tilde{k}$  が  $V_p$  に大きく寄与し、この段階では剛性率  $\mu$  が小さいため、 $V_p$  の剪断強度関係分は小さく、固結度が低い割りに  $V_p$  が大きくなり、層位に対する変化の度合は剪断強度にくらべて小さい。(この領域での  $q_u$  との相関はほぼ  $q_u \propto V_p^2$  である)。そして  $\bar{k}$  の増加とともに、 $\mu$  は増加し、 $V_p$  の強度関係分も増加するから、全体としては骨格構造や Cementation の発達過程における  $V_p$  と強度との相関は、このような固結度の低い段階ではあまり強くないはずである。コア試験では、同時に含水量のわずかの増減が  $V_p$  に影響するから、実際にもばらつきが大きい。

$$\text{動弾性係数 } E_d = \frac{10(1+\sigma)(1-2\sigma)}{(1-\sigma)} \cdot \frac{1}{g} \cdot \gamma_t V_p^2 \quad \dots\dots\dots (3.4-2)$$

$\sigma$  : ポアソン比,  $g$  : 重力の加速度 ( $980\text{ cm/sec}^2$ ),  $\gamma_t$  : 湿潤密度 ( $\text{g/cm}^3$ )  $E_d$  :  $\text{Kg/cm}^2$

$V_p$  :  $\text{m/sec}$

$E_d$  と層位の関係は、 $E_d \propto V_p^2$  だから  $V_p$  より変化の度合は大きいはずであるが、実際には  $\sigma$  (ポアソン比) を正確に求めることはむずかしく、 $\sigma$  は含水状態によって変化する。また  $V_p$  自体ばらつきが大きいため、 $E_d$  のそれも大きく、特に未固結層では不確である。ヒストグラムでは軟岩の一般的なポアソン比  $\sigma = 0.3$  を用いて計算をおこなった。また  $E_d$  と  $E_s$  の関係は、やわらかい地層ほど一致しないことが見出される<sup>(61)</sup>。これは  $V_p$  の考察で述べたように、固結度の低い地層ほど  $V_p$  に対して含有水分の弾性がきいてくるためと考えられる。

(d) 透水性について

表 3.4-2 は、東京湾口周辺部で実施された透水試験結果を地層区分毎にまとめたものである。

透水係数は岩相要素に特に支配されるため、ここにあげた値が各地層区分の代表値でないことは言うまでもないが、同じような岩相に関しては充分参考になると思われるので一例としてここにまとめておくことにする。

3.4.2 地盤の物理的諸性質のばらつきと地質時代の関係

3.4.1 のヒストグラムによって、地層区分毎の物理的諸性質とそのばらつきの大要が砂質層と泥質

Table 3.4-2 Some Examples of Permeability measured in the Various Horizons  
at the Entrance of Tokyo Bay and Its Vicinity

| Name of strata<br>Facies                  | Coefficient<br>K of permea-<br>bility $\text{cm/sec}$                                        | Effective<br>Length (m)                             | Testing Method                     | Locality and Reference                                                       |
|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| B(GS) and C <sub>1</sub> (S)              |                                                                                              | 50                                                  | Pumping Test                       | 浮島公園 Ukishima Park in Kawasaki city<br>昭和 44 年度東京湾地質調査(その 5)報告書, 関東地建(1970)  |
| C <sub>u</sub> (S)<br>Sandy silt~silty sd | $7.2 \times 10^{-4}$<br>$6.3 \times 10^{-3}$<br>$5.1 \times 10^{-6}$<br>$4.8 \times 10^{-4}$ | $10 \pm$<br>20 (strainer)<br>3 samples<br>6 samples | J.F.T<br>Pumping Test<br>Core Test | 船橋市浜町 (Hama-Cho, Funabashi city)<br>揚水試験法と J.F.T 試験法との比較試験報告書 建設省土木研究所(1969) |
| D(M)<br>(Kasamori mud)                    | $10^{-5} \sim 10^{-7}$                                                                       |                                                     | Core Test                          | 養老川(高滝), (Yoro River, Chiba Pref.)<br>千葉県養老川総合開発実施計画調査報告書, 千葉県(1964)         |
| D(G.S)<br>(Mandano gravel&sd)             | $10^{-4} \sim 10^{-6}$                                                                       |                                                     | Core Test                          | " "                                                                          |
| D(G.S)<br>(Nagahama gravel&sd)            | $2.4 \times 10^{-3}$<br>$3.6 \times 10^{-3}$                                                 | $10 \pm$<br>$10 \pm$ (strainer)                     | J.F.T<br>Pumpig Test               | 006 Boring at Isone Cape, Chiba Pref<br>試錐孔を利用した湧水試験報告書, 建設省土木研究所(1968)      |
| F(S)<br>(Kiwada sand)                     | $1.5 \times 10^{-4}$<br>$2.0 \times 10^{-5}$                                                 |                                                     | Core Test                          | 小櫃川(亀山), (Obitsu River, Chiba Pref.)<br>小櫃川ダム岩盤試験報告書, 千葉県(1967)              |
| F(SM) and G(SA)                           | $1.1 \times 10^{-5}$                                                                         | 100~150                                             | J.F.T                              | 010 Boring near the Hort 163<br>東京湾 1610 地質調査報告書, 関東地建(1968)                 |
| G(SA)                                     | $2.6 \times 10^{-5}$                                                                         | 50~100                                              | J.F.T                              | " " "                                                                        |

層に関して求められた。しかし、コア試験値については、砂質層の不攪乱試料が得にくいいため、どうしても値が泥質層側にかたよりがちである。そしてこの影響は、特に力学量において顕著である。一方、コアおよび露頭観察から、経験的に、東京湾口のような新第三紀層に関しては、地質時代が古いほど砂質層の固結度にばらつきがあり、採取すると原形を保ち得ないさらさらの砂から、コンクリートのように固結した砂までが同居することが、しばしば見出されている。それ故 3.4.1 のヒストグラムを東京湾口の地盤に適用するに当っては、地層区分毎の砂、泥層の割合と、コアが 100% とれた場合の、それぞれの物理的諸性質のばらつきとをもう少し詳しく追求してみる必要がある。以上の観点から、ここでは力学量を固結度の index とした場合の固結のばらつきと地質時代との関係を東京湾口の地層について検討した。そして、コア試験値に、物理検層、孔内変形性試験などを併用して、地層区分毎に抽出した厚さ 100m 程度の連続して積層した地層の力学量 ( $q_u$ ,  $E$ ) の度数分布を作成し、これから地盤としての力学的性質のばらつきを求めた。

泥質層の場合の固結度のばらつきは、コア採取率が良く、不攪乱試料が得やすい。従って室内試験値から得られた図 3.4-6 のヒストグラム (mud samples) は、ほぼその母集団である地層の固結度の分布を代表していると考えてよい。そして  $q_u$  値のくみ分けを図のように対数的にすることによって、ばらつきの order は、地質時代に関係なくほぼ同じであることが認められる。このことから泥質層の固結過程は、堆積時の初期条件 (粒度組成、構成粒子の種類など) によつて、ばらつきの巾が決定され、それ以後は時間の経過につれて、どの地層もほぼ同じ増加率で固結が進行することが類推される。

次に砂質の場合には、未固結層では、Cementation 作用が弱く、泥分の少ない砂は粘着力が小さいため、不攪乱試料が得にくい。このため  $p_u$  による固結度の表現には無理が生じ、図 3.4-6 のヒストグラムでも試料が採取されなかった地層の分だけ、母集団からのかたよりが生じ、試料が得られた場合でも、乱れによる  $q_u$  の過小評価があるものと思われる。それ故、ある地質時代の地層群の固結度のばらつきを表現するには、以上の理由から、 $q_u$  は不適格であり、現位置試験による判断が必要である。そのためには、沖積世～洪積世に致る、砂質コア採取が難しい領域をほぼカバーし得る、孔内変形性試験 (変形係数  $E_p$ ) を用いるのが適切と考えられる。

図 3.4-7 (A) は、地層としての固結度の分布が得られた、沖積世～中新世までの砂質層の変形係数ヒストグラムである。これを概略の地質絶対年代に当てはめて、固結度のばらつきの時間変化曲線としてあらわすと図 3.4-7 (B) を得る。両図から固結度のばらつきは、泥質層のそれと異なり、時間の経過とともに大きくなることが見出される。(B) 図の固結曲線の上限は、各地質時代の Cementation の上限を示すものと考えられる。曲線の下限は、中新世に至ってもなお、コアの採取が困難な粘着力の小さい砂であり、ほとんど Compaction のみによる固結過程をあらわしているものと思われる。そして図 3.4-6 の  $q_u$  ヒストグラムの下限との不一致は、粘着力が小さいため、コア試験料に乱れを生じたためであろう。このことから、コア試験値で分布が代表されている G, Ko 層につ

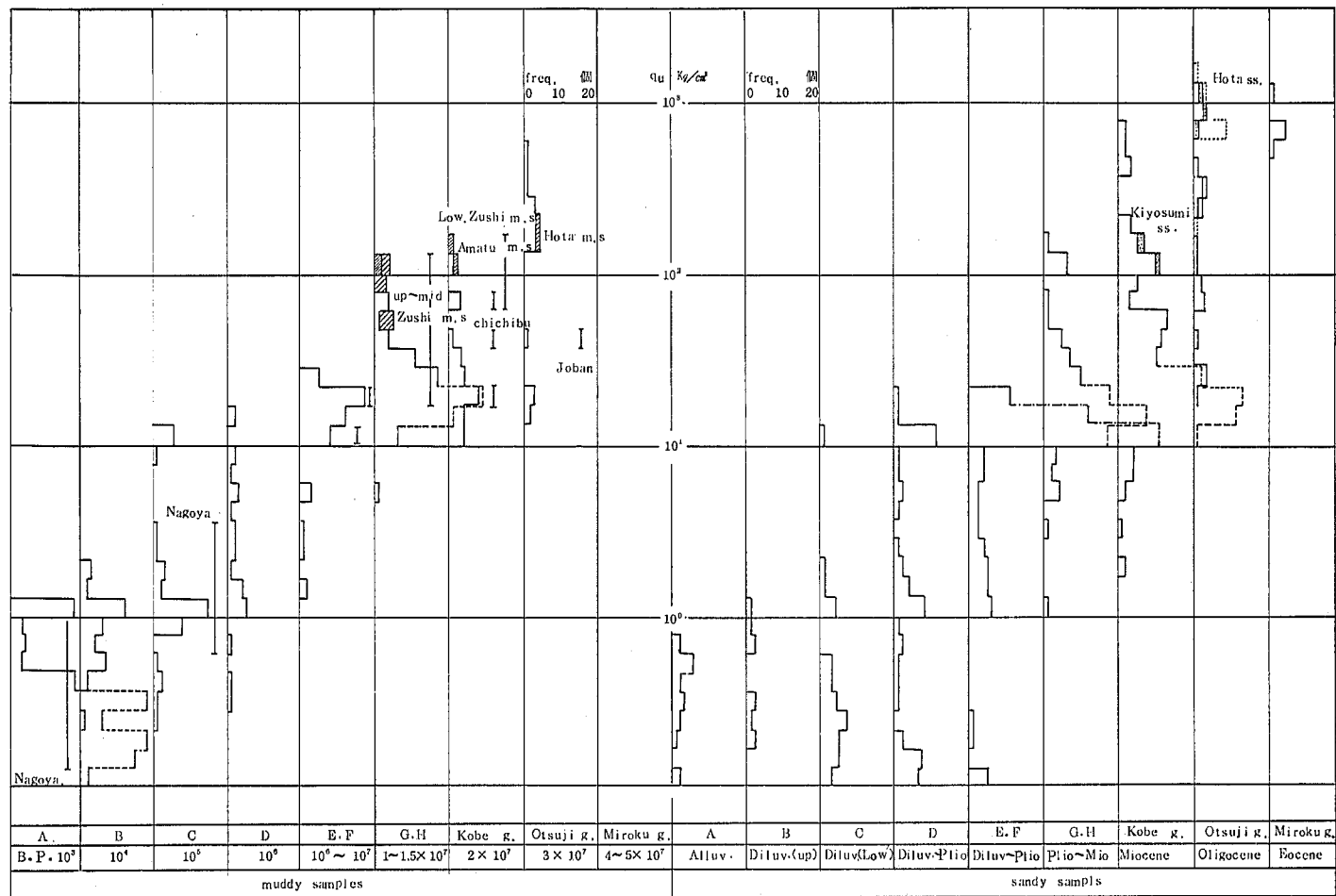


Fig 3A-6 Frequency distribution of uniaxial compressive strength ( $q_u$ ) every stratigraphic division of strata.

いても下限の過小評価が多少見込まれるから、実際には点線で示した経路をたどることが考えられる。

以上のばらつきの考察から、各地質時代の固結度の分布は、泥質層については  $q_u$  ヒストグラムから砂質層については  $E_p - E_s$  ヒストグラムからそれぞれ求められる。

### 3.5 東京湾口の地盤常数

以上の結果を、東京湾口に分布する地質について、地層区分毎の工学的諸性質としてまとめると表 3.5-1 を得る。但し、この地盤常数表は 3.4 のコア試験値のヒストグラムと若干の現地試験結果から機械的に作成したものであり、いわば地質研究室案というべきものである。これがそれぞれの目的に応じた設計値の検討に供されれば幸いである。

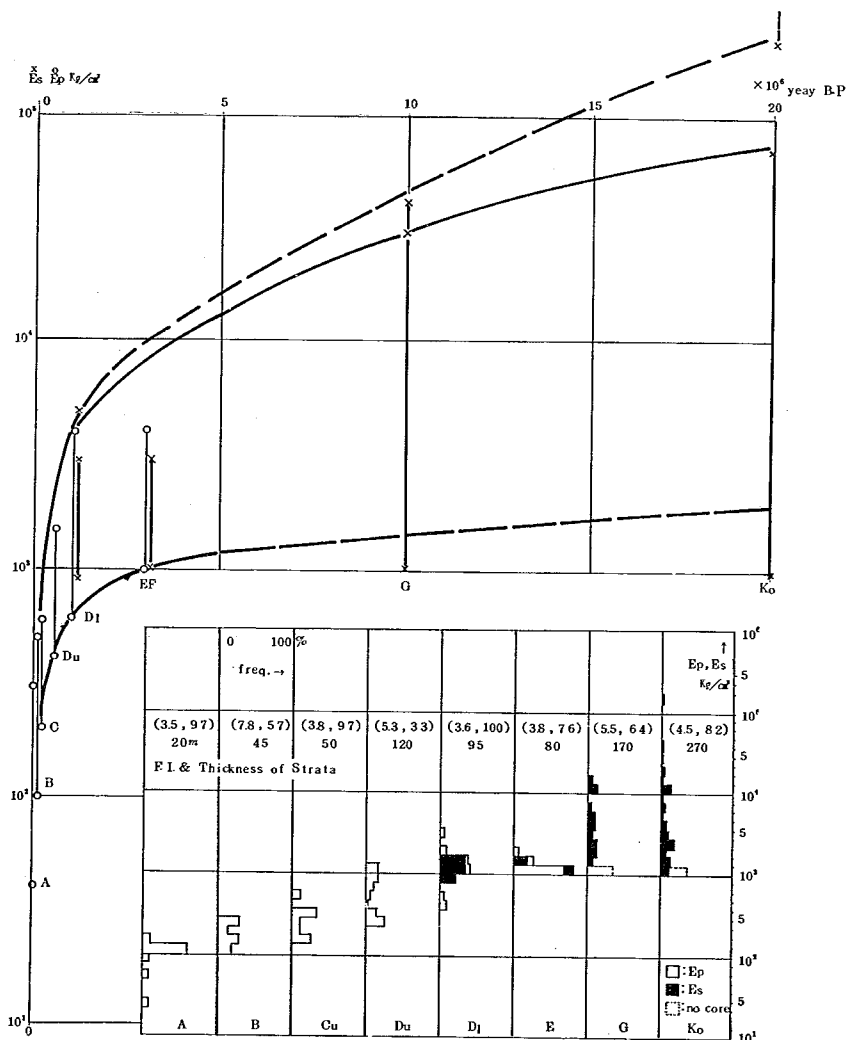


Fig. 3.4-7  $E_p-E_s$  Histogram (A),  $E_p-E_s$ -Geological time (B)

Table 3.5-1 Geotechnical Properties of Foundation Strata at the Entrance of Tokyo Bay

| Division of strata               | Geologic Age        | Typical Facies Index            | $w$<br>% |        | $\gamma$<br>g/cm <sup>3</sup> |           | $C_u (C_d)$<br>Kg/cm <sup>2</sup> |                    | $\phi_u (\phi_d)$ |       | $q_u$<br>Kg/cm <sup>2</sup> |           | $E_s (E_p)$<br>Kg/cm <sup>2</sup> |            | $E_d$<br>Kg/cm <sup>2</sup> |                        | $V_p$<br>m/sec |         | N- Value |                 |            |
|----------------------------------|---------------------|---------------------------------|----------|--------|-------------------------------|-----------|-----------------------------------|--------------------|-------------------|-------|-----------------------------|-----------|-----------------------------------|------------|-----------------------------|------------------------|----------------|---------|----------|-----------------|------------|
|                                  |                     |                                 | sand     | mud    | sand                          | mud       | sand                              | mud                | sand              | mud   | sand                        | mud       | sand                              | mud        | sand                        | mud                    | sand           | mud     | sand     | mud             |            |
| A <sub>u</sub>                   | Alluvium            | Upper sand<br>(3 5, 97)<br>20 m | (15)     | 5.75   | 1.88                          | 1.53      | (0.15)                            | (0.25)             | —                 | 0     | —                           | 0.5       | 15<br>(40-300)                    | 10         | 5×10 <sup>4</sup>           | 3.5×10 <sup>4</sup>    | —              | 1.65    | 20 ±     | 5 ±             | median     |
|                                  |                     |                                 | 5-45     | 10-140 | 1.60-2.05                     | 1.30-2.00 | (-0.4)                            | (-0.60)            | —                 | 0-5   | ~ 0.9                       | 0.1-2.0   | 10-20                             | 1-200      | (4-6)×10 <sup>4</sup>       | (3-7)×10 <sup>4</sup>  | —              | 1.5-1.9 | 5-40     | 0-10            | scattering |
| A <sub>l</sub>                   |                     |                                 | (27.5)   | (60)   | —                             | —         | —                                 | —                  | —                 | —     | 0.6                         | 0.8       | —                                 | 10         | —                           | 3×10 <sup>4</sup>      | —              | —       | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 25-30    | 45-75  | 1.8                           | 1.45-1.65 | —                                 | —                  | —                 | —     | 0.4-0.8                     | 0.4-2.0   | —                                 | 1-20       | —                           | (2-4)×10 <sup>4</sup>  | —              | —       | 40-      | 10 <sup>1</sup> | scattering |
| B                                | up-most<br>Diluvium | (7 8, 57)<br>45 m               | 27.5     | 45     | 1.93                          | 1.73      | (0.25)                            | (0.5)              | —                 | —     | 0.8                         | 10        | 25<br>(100-500)                   | 15         | 5×10 <sup>4</sup>           | 3.5×10 <sup>4</sup>    | 1.75           | 1.65    | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 15-45    | 25-110 | 1.55-2.15                     | 1.40-1.95 | (-0.4)                            | (-0.61-3.0)        | —                 | 15-20 | 0.3-2.0                     | 0.4-4.0   | 10-30                             | 1-500      | (3-7)×10 <sup>4</sup>       | (3-7)×10 <sup>4</sup>  | 1.6-2.0        | 1.5-2.1 | > 50     | 10 <sup>1</sup> | scattering |
| C <sub>u</sub><br>C <sub>l</sub> | upper<br>Diluvium   | (3 8, 97)<br>50 m               | 3.0      | 40     | 1.88                          | 1.78      | (0.25)                            | (0.65)             | 23                | 13    | < 0.5                       | 1.0       | 15<br>(200-500)                   | 30         | 5.5×10 <sup>4</sup>         | 5×10 <sup>4</sup>      | 1.80           | 1.75    | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 20-45    | 25-80  | 1.65-2.15                     | 1.50-2.05 | 0.85, 0.8<br>(-3.0)               | 10-40<br>(0.2-2.0) | 10-25             | 10-25 | ~ 3.0                       | 0.2-10.0  | 1-100                             | 10-700     | (1-7)×10 <sup>4</sup>       | (3-7)×10 <sup>4</sup>  | 1.6-2.0        | 1.5-2.1 | > 50     | 100             | scattering |
| D <sub>u</sub>                   | lower<br>Diluv.     | (5 3, 33)<br>120 m              | 42.5     | 32.5   | 1.93                          | 1.88      | 0.55                              | 1.5                | —                 | 1.65  | 1.0-1.60                    | 3.5       | 450<br>(400-1500)                 | 750        | 6.5×10 <sup>4</sup>         | —                      | 1.80           | 1.85    | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 20-45    | 20-60  | 1.65-2.50                     | 1.70-2.05 | 0.2-7.0                           | 0.3-5.0            | 13-17             | 11-31 | 0.7-30.0                    | 0.6-10.0  | 20-9000                           | 70-3000    | (4-10)×10 <sup>4</sup>      | —                      | 1.7-2.4        | 1.8-1.9 | > 100    | 100             | scattering |
| D <sub>l</sub>                   |                     | (3 6, 100)<br>95 m              | 3.0      | 27.5   | 1.88                          | 1.83      | 0.65                              | —                  | 2.55              | 2.50  | 0.6, 1.0                    | 2.5       | 50<br>(600-4000)                  | 70         | 4.5×10 <sup>4</sup>         | —                      | 1.80           | —       | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 10-60    | 15-50  | 1.55-2.05                     | 1.70-2.10 | 0.2-8.0                           | 0.85, 1.5          | 18-31             | 24-26 | 0.1-40.0                    | 20-6.0    | 1-6000                            | 1-500      | (3-7)×10 <sup>4</sup>       | —                      | 1.6-2.2        | —       | > 100    | 100             | scattering |
| E                                |                     | (3 8, 76)<br>80 m               | 27.5     | 22.5   | 1.98                          | 1.98      | 5.5                               | 1.50               | 1.95              | 1.65  | 1.50                        | 1.50      | 2500<br>(1000-4000)               | 3500       | 5.5×10 <sup>4</sup>         | 4.5×10 <sup>4</sup>    | 1.85           | 1.85    | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 10-40    | 20-35  | 1.80-2.35                     | 1.90-2.05 | 5.0-10.0                          | 6.0-20.2           | 16-26             | 11-23 | 2.0-40.0                    | 2.0-40.0  | 200-7000                          | 700-5000   | (3-8)×10 <sup>4</sup>       | (3-7)×10 <sup>4</sup>  | 1.6-2.1        | 1.5-2.0 | > 100    | 100             | scattering |
| F                                | Pliocene            |                                 | 2.5      | 27.5   | 1.98                          | 1.98      | 8.5                               | 1.50               | 1.95              | 2.05  | 1.50                        | 3.50      | 2500                              | 4500       | 5×10 <sup>4</sup>           | 4.5×10 <sup>4</sup>    | 1.80           | 1.85    | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 15-35    | 10-40  | 1.55-2.65                     | 1.85-2.25 | 7.0-10.0                          | 8.0-20.0           | 16-25             | 14-24 | 7.0-10.0                    | 10.0-50.0 | 70-8000                           | 300-8000   | (3-8)×10 <sup>4</sup>       | (1-6)×10 <sup>4</sup>  | 1.5-2.3        | 1.7-2.1 | > 100    | 100             | scattering |
| G <sub>u</sub>                   |                     | (5 5, 64)<br>170 m              | 3.0      | 27.5   | 1.95                          | 1.88      | —                                 | —                  | —                 | —     | 1.50                        | 2.50      | 3500                              | 3500       | 5×10 <sup>4</sup>           | 5.5×10 <sup>4</sup>    | 1.75           | 1.85    | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 10-45    | 10-50  | 1.70-2.30                     | 1.60-2.05 | 1.50                              | 1.50               | 16-17             | 17    | 1.0-50.0                    | 7.0-40.0  | 200-20000                         | 1000-20000 | (1-20)×10 <sup>4</sup>      | (3-9)×10 <sup>4</sup>  | 1.5-2.7        | 1.5-2.2 | > 100    | 100             | scattering |
| G <sub>l</sub>                   | upper               |                                 | 2.5      | 27.5   | 1.93                          | 1.93      | —                                 | —                  | —                 | —     | 3.50                        | 3.00      | 5500                              | 7000       | 7.5×10 <sup>4</sup>         | 6×10 <sup>4</sup>      | 2.15           | 2.05    | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | 15-35    | 10-50  | 1.80-2.35                     | 1.60-2.35 | —                                 | —                  | —                 | —     | 10.0-80.0                   | 20.0-80.0 | 1000-60000                        | 2000-80000 | (3-30)×10 <sup>4</sup>      | (2-10)×10 <sup>4</sup> | 1.7-4.1        | 1.6-3.8 | > 100    | 100             | scattering |
| H                                | Miocene             |                                 | —        | 32.5   | —                             | 1.90      | —                                 | —                  | —                 | —     | —                           | 3.50      | —                                 | 5000       | —                           | 5.5×10 <sup>4</sup>    | —              | 1.85    | —        | —               | median     |
|                                  |                     |                                 | —        | 25-35  | —                             | 1.80-1.95 | —                                 | —                  | —                 | —     | —                           | 1.00-50.0 | —                                 | 2000-7000  | —                           | (4-7)×10 <sup>4</sup>  | —              | 1.5-2.0 | > 100    | 100             | scattering |

## 参 考 文 献

### A

- (1) 赤嶺秀雄他(1965);三浦半島の三浦層群について  
地球科学, №39.
- (2) 青木直昭(1964);房総, 三浦半島の鮮新世 - 更新世の地層の対比  
石油技術協会誌, vol. 29, №3.
- (3) 青木 滋他(1966);海城“沖積層”の層相と細分問題について  
第四紀研究, vol. 5, №3~4.
- (4) 有明海研究グループ(1965);有明・不知火海域の第四系  
地団研専報, 第11号

### B

- (5) 物理探鉱協会(1957);物理探鉱特集号  
物理探鉱, vol. 11, №4

### C

- (6) 千葉県計画局(1966);東京湾土質調査報告書(湾央, 中ノ瀬地区)
- (7) 千葉県葛南開発工事事務所(1967);京葉港の地盤
- (8) 地学団体研究会(1969);日本の第四系  
地団研専報 15
- (9) 地質調査所(1961);日本油田ガス田図-4 富津, 大多喜
- (10) 地質調査所(1962);日本油田ガス田図-3 横須賀
- (11) 地質調査所(1968);日本油田ガス田図-6 三浦半島
- (12) 中条純輔(1962);古東京川について - 音波探査による -  
地球科学, №59

### D

- (13) 土木物探研究会(1970);S波速度について  
物理探鉱, vol. 23, №3
- (14) 土質工学会編(1965);土質工学ハンドブック, 技報堂
- (15) 土質工学会編(1966);土質調査試験結果の解釈と適用例(土質基礎工学ライブラリー4)  
土質工学会
- (16) 土質工学会編(1969);土質試験法, 土質工学会

### F

- (17) 藤原 昭・生越 忠(1952);千葉県佐貫町附近の新生代層  
地質学雑誌, vol. 58, №683

- (18) 深田地質研究所編(1959);千葉県地質図 20万分の1  
内外地図 K.K.

H

- (19) 羽島謙三他(1962);東京湾周辺における第四紀末期の諸問題  
第四紀研究, vol. 2, №2-3

K

- (20) 加賀美英雄他(1962);東京湾口の研究 その1~7  
日本海洋学会誌, 日本海洋学会創立20周年論文集
- (21) 貝塚爽平他(1963);日本地形論(上)  
地学双書 19
- (22) 河井興三(1961);南関東ガス田地帯についての鉱床地質学的研究  
石油技術協会誌, vol. 26, №5
- (23) 川崎市計画局(1965);川崎市地質図集
- (24) 建設省土木研究所(1966);東京湾口横断道路地質調査報告書  
土研資料, №173
- (25) 建設省土木研究所(1967);東京湾環状道路地質調査報告書  
土研資料, №313
- (26) 建設省土木研究所(1965);本四連絡道路調査陸上部明石層群詳細踏査報告書
- (27) 建設省関東地方建設局(1968);東京湾環状道路調査概要
- (28) 建設省関東地方建設局(1970);昭和44年度東京湾現地載荷試験報告書
- (29) 建設省関東地方建設局(1970);東京湾岸道路昭和45年度東京湾中部海域音波探査報告書
- (30) 建設省計画局他(1969);東京湾周辺地帯の地盤, 都市地盤調査報告書, 第17巻
- (31) 木村重政(1967);炭田深部構造のための音波探査法に関する実験的研究  
サンコーコンサルタント報告
- (32) 小林国夫(1962);第四紀(上)  
地学双書 17
- (33) 小林国夫(1969);最近の200万年 - 年代と気候変動 -  
科学, vol. 39, №1
- (34) 小出 仁他(1971);第三系堆積岩の強度, 延性度の年代, 地域による差異について  
地質雑, vol. 77, №5
- (35) 小島圭二他(1966);軟岩のボーリング地質調査における物理検層の利用  
土木技術資料, vol. 8, №10~11

- (36) 小島圭二(1967);軟岩地盤強度分布の連続性

土木技術資料, vol. 9, №10

- (37) 小島圭二(1969);沈埋トンネルのための浅海軟弱地盤での音波探査の試み

土木技術資料, vol. 11, №2

- (38) 黒田秀隆他(1970);日本地質学会第70年学術大会,講演要旨

## M

- (39) 松本達朗(1962);日本地方地質誌 九州地方

朝倉書店

- (40) 三梨 昂・矢崎清貫(1958);火砕岩鍵層による房総・三浦両半島の新生代層の対比(第一報)

石油技術誌, vol. 23

- (41) 三梨 昂(1968);南関東新第三系~第四系の堆積機構

地質学雑誌, vol. 74, №2

- (42) 森 喜義(1968);音波探査法の計測技術の現況

物探協会誌, vol. 21, №1

- (43) 村井 勇(1970);南関東の地質構造的応力場

地震研 地震予知観測センター資料第1号

## N

- (44) 南雲昭三郎(1957);碎屑岩を伝わる弾性波速度に関する研究

地質調査所月報, vol. 8, №9

- (45) 中川久夫(1964);東京湾沿岸地域の地形発達史

海洋地質, vol. 3, №2

- (46) 中川久夫他(1969);房総半島新生代地磁気遍年

地質学雑誌, vol. 75

- (47) 成瀬 洋(1963);東京湾口部の地質

海洋地質, vol. 2, №2

- (48) 日本地質学会編(1954~1962);地層名辞典 <sup>1954</sup> A~I, <sup>1955</sup> K~N, <sup>1959</sup> O~S, <sup>1962</sup> T~Z 東大出版会

## O

- (49) 生越 忠(1967);軟体動物化石による房総・三浦両半島の新生代層の対比とそれに関連する

諸問題(その1,対比試案), 石油技術協会誌, vol. 32

- (50) 大石 昇(1971);コア試験による軟岩の工学的性質に関する研究

東京大学工学部資源開発工学科卒論

## S

- (51) 渋谷長美(1964);含水による岩石の強度及び荷重の関連  
第19回年次学術講演会講演概要第Ⅲ部,土木学会

- (52) 首都圏整備委員会 (1961) ; 東京湾底質図 ( 5 万分の 1 )

T

- (53) 田中芳明 (1968) ; 泥質岩の含水による強度変化

応用地質, vol. 9 , №2

- (54) Terzaghi, K. & Peck, R. B. (1968) ; Soil Mechanics in Engineering Practice, 2nd Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York, London, Sydney P.P729

- (55) 東京地盤調査委員会 (1959) ; 東京地盤図

技報堂

- (56) 東京都土木技研 (1968) ; 東京都地盤地質図, ( 23 区内 )

U

- (57) 宇都一馬 (1967) ; 基礎地盤調査

構造物基礎, 土木学会関東支局

Y

- (58) 横浜市埋立事業局 (1966) ; 根岸湾の地盤

- (59) 吉田 巖他 (1966) ; 明石層および神戸層の工学的性質

土研報告, №129

- (60) 吉田 巖他 (1967) ; 土丹および第三紀層軟岩の調査および設計への結びつき

第 2 回 岩の力学国内シンポジウム講演集

- (61) 吉田 巖他 (1964) ; 神戸層 ( 新第三紀層 ) の性質について

岩の力学国内シンポジウム講演集, 土木学会他

- (62) 吉中竜之進 (1968) ; 横方向地盤反力係数

土木技術資料, vol. 10 , №1

図 2-1

# 東京湾口の海底地形

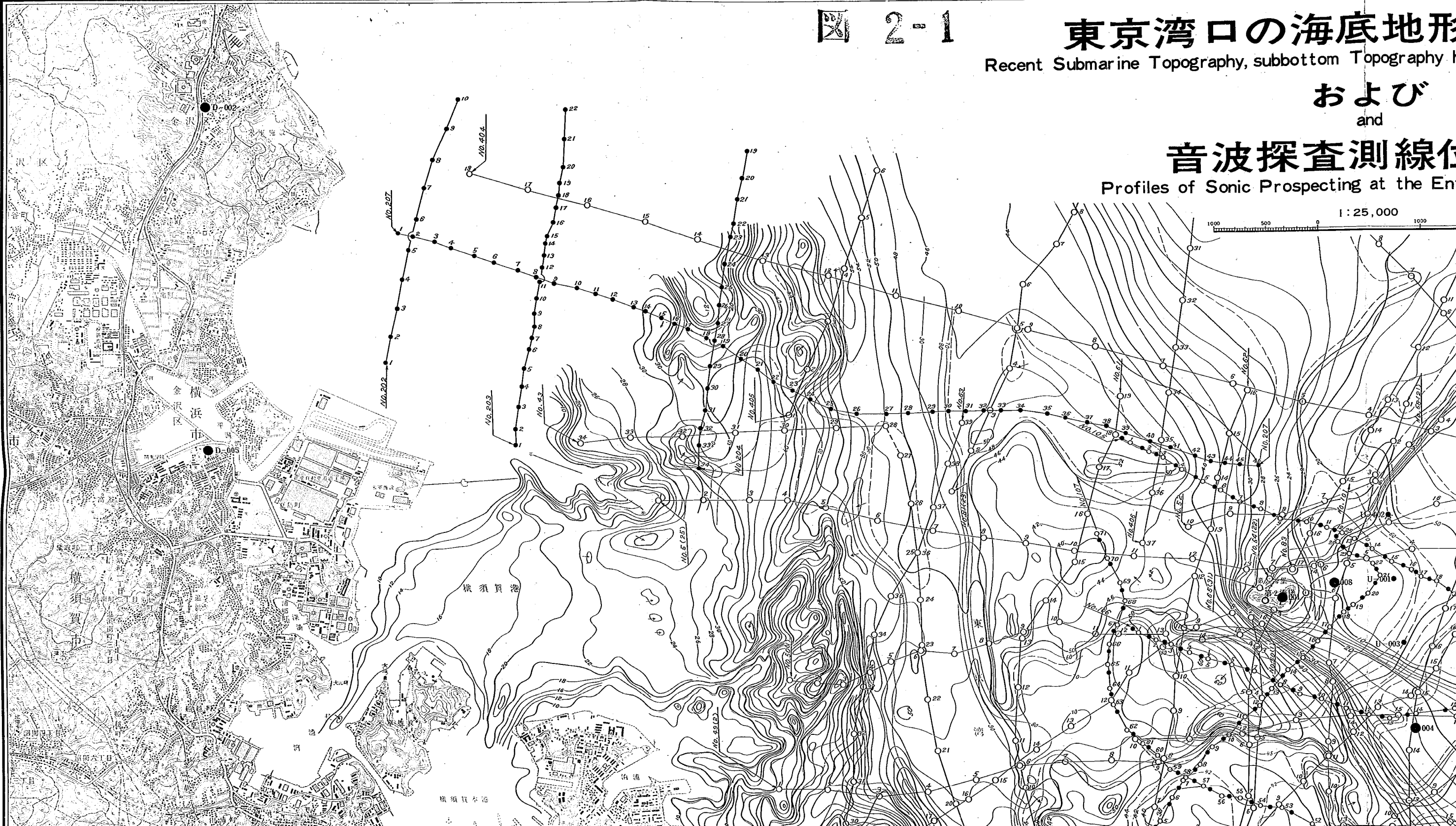
Recent Submarine Topography, subbottom Topography

および  
and

## 音波探査測線図

Profiles of Sonic Prospecting at the Entrance of Tokyo Bay

1 : 25,000



# の海底地形・埋没地形

subbottom Topography hidden under the Soft Sediments,

## および

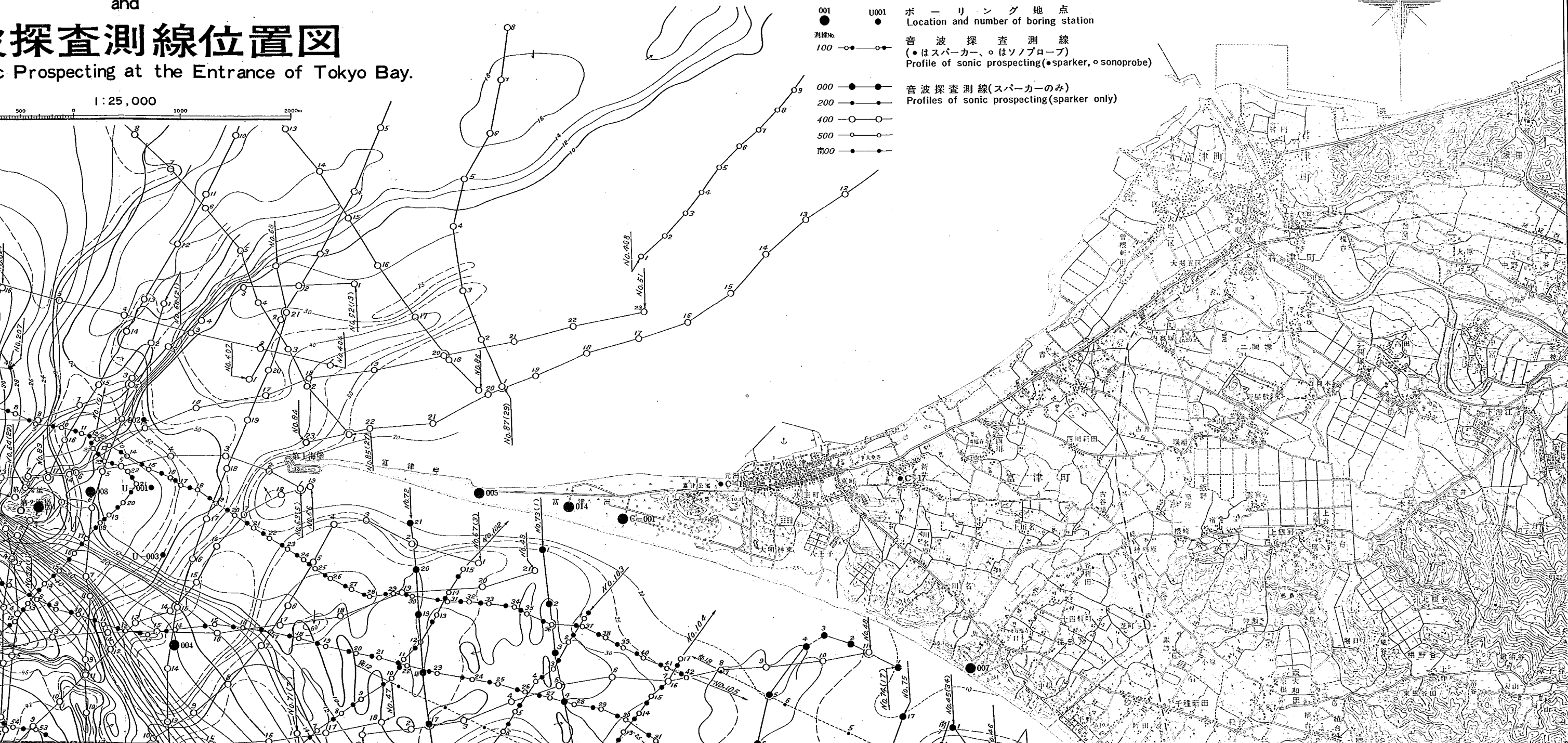
and

# 探査測線位置図

Prospecting at the Entrance of Tokyo Bay.

1:25,000

500 0 1000 2000m



現地形等深線  
Contour line wing recent submarine surface

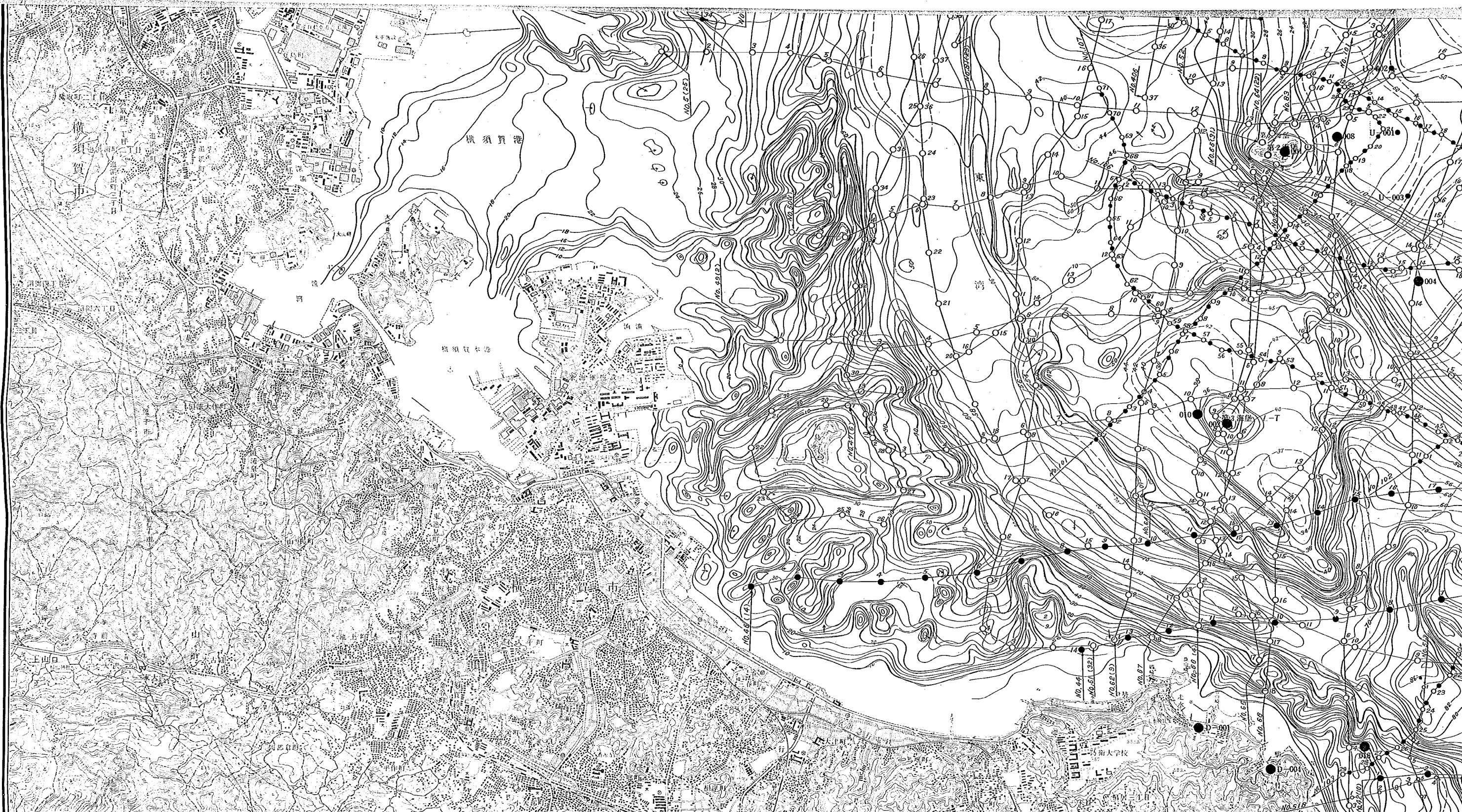
埋没地形等深線(B層下限)  
Contour line showing subbottom topography  
(base of B-formation)

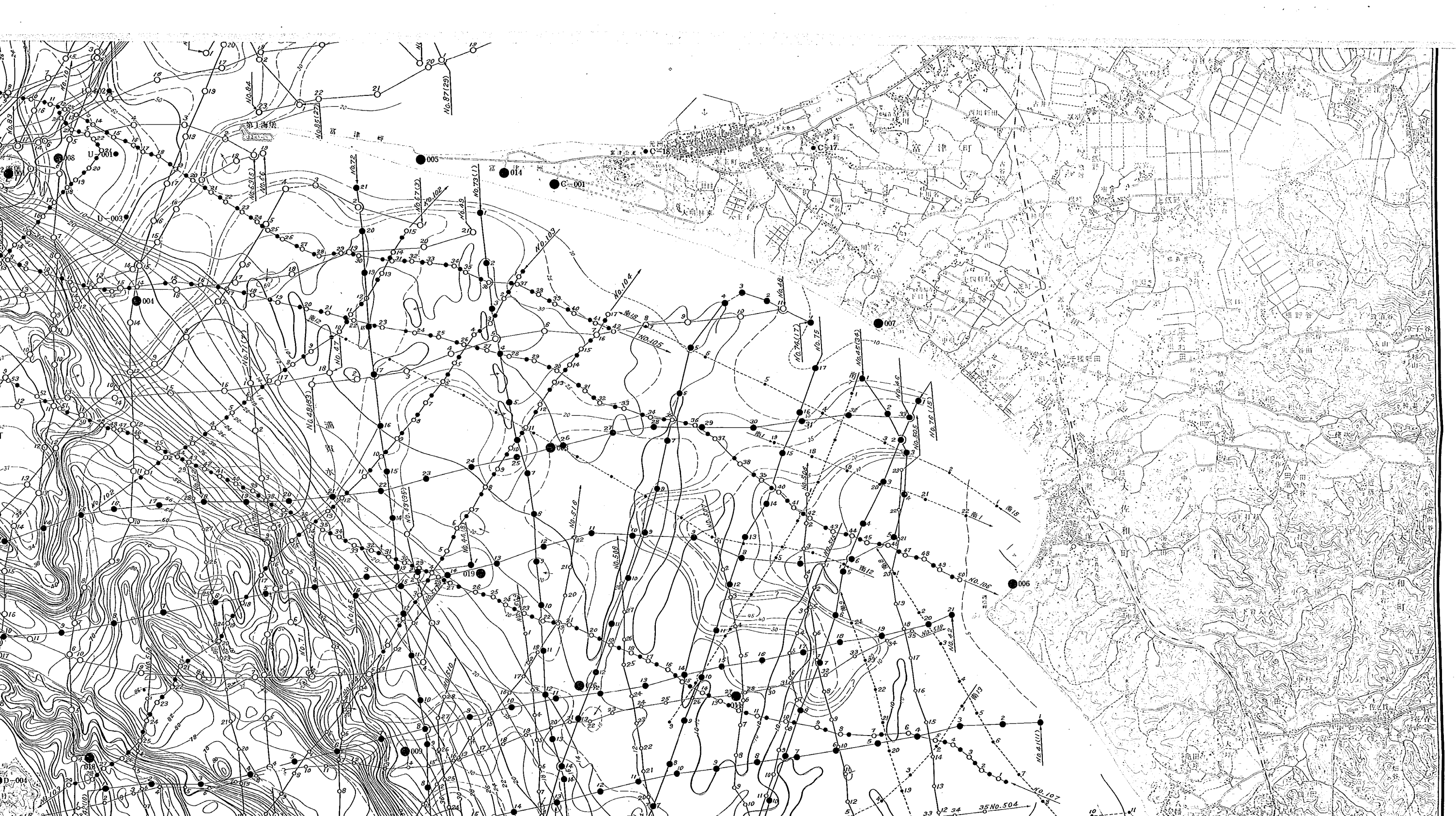
ボーリング地点  
Location and number of boring station

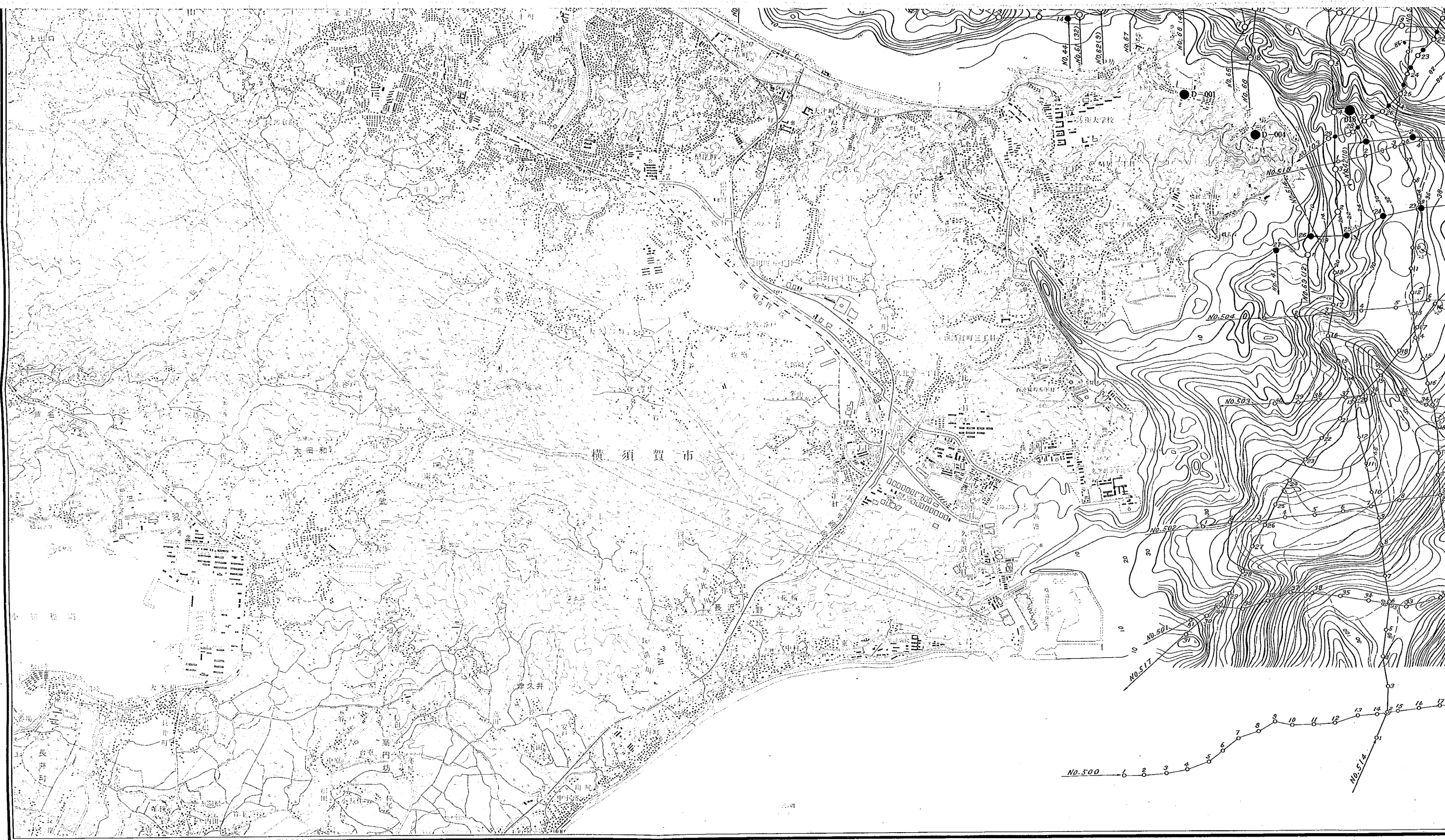
音波探査測線  
(●はスパーク、○はソノプローブ)  
Profile of sonic prospecting (●sparker, ○sonoprobe)

音波探査測線(スパークのみ)  
Profiles of sonic prospecting (sparker only)

測線No.  
100  
000  
200  
400  
500  
南00







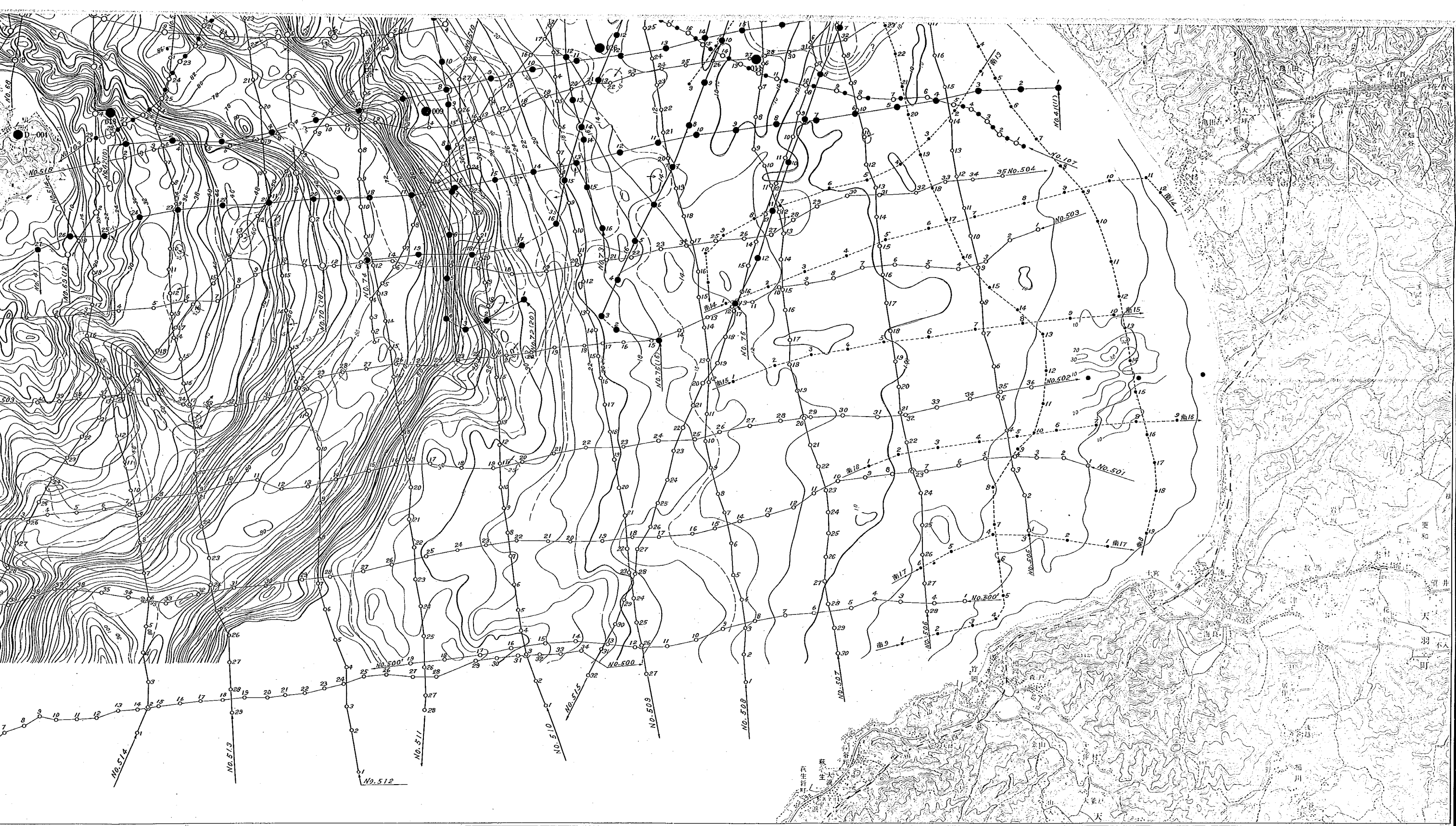
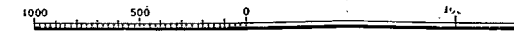


図 2-2

# 東京湾口の Distribution of Bottom Sediments at the E

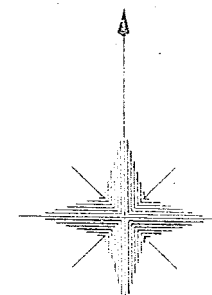
1 : 25,000



# 湾口の底質

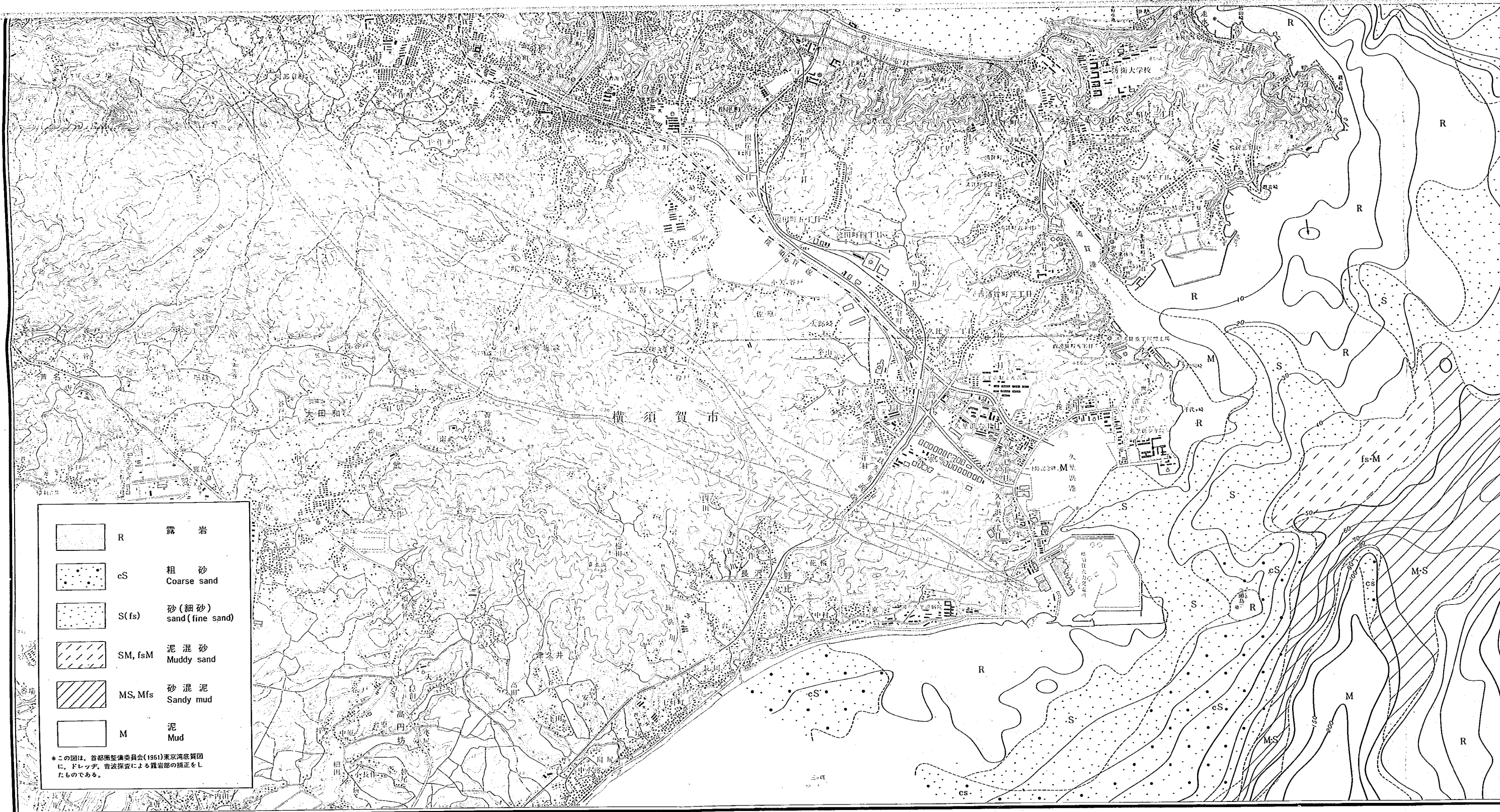
tom Sediments at the Entrance of Tokyo Bay.

1 : 25,000









- |  |         |                          |
|--|---------|--------------------------|
|  | R       | 露岩                       |
|  | cS      | 粗砂<br>Coarse sand        |
|  | S(fs)   | 砂(細砂)<br>sand(fine sand) |
|  | SM, fsM | 泥混砂<br>Muddy sand        |
|  | MS, Mfs | 砂混泥<br>Sandy mud         |
|  | M       | 泥<br>Mud                 |

\*この図は、首都圏整備委員会(1961)東京湾底質図に、ドレッジ、音波探査による露岩部の補正をしたものである。

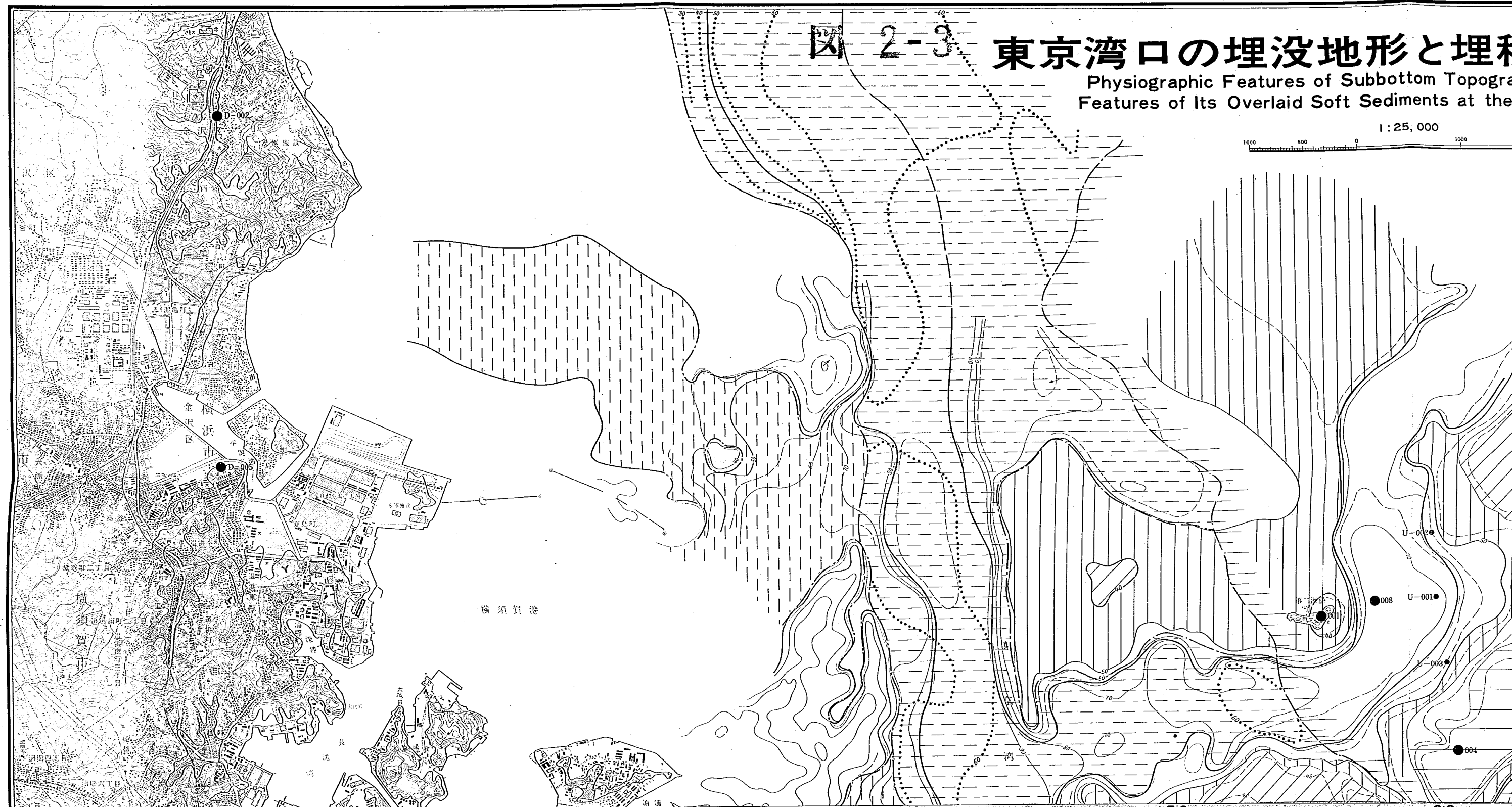
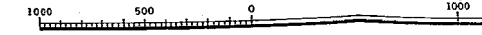


図 2-3

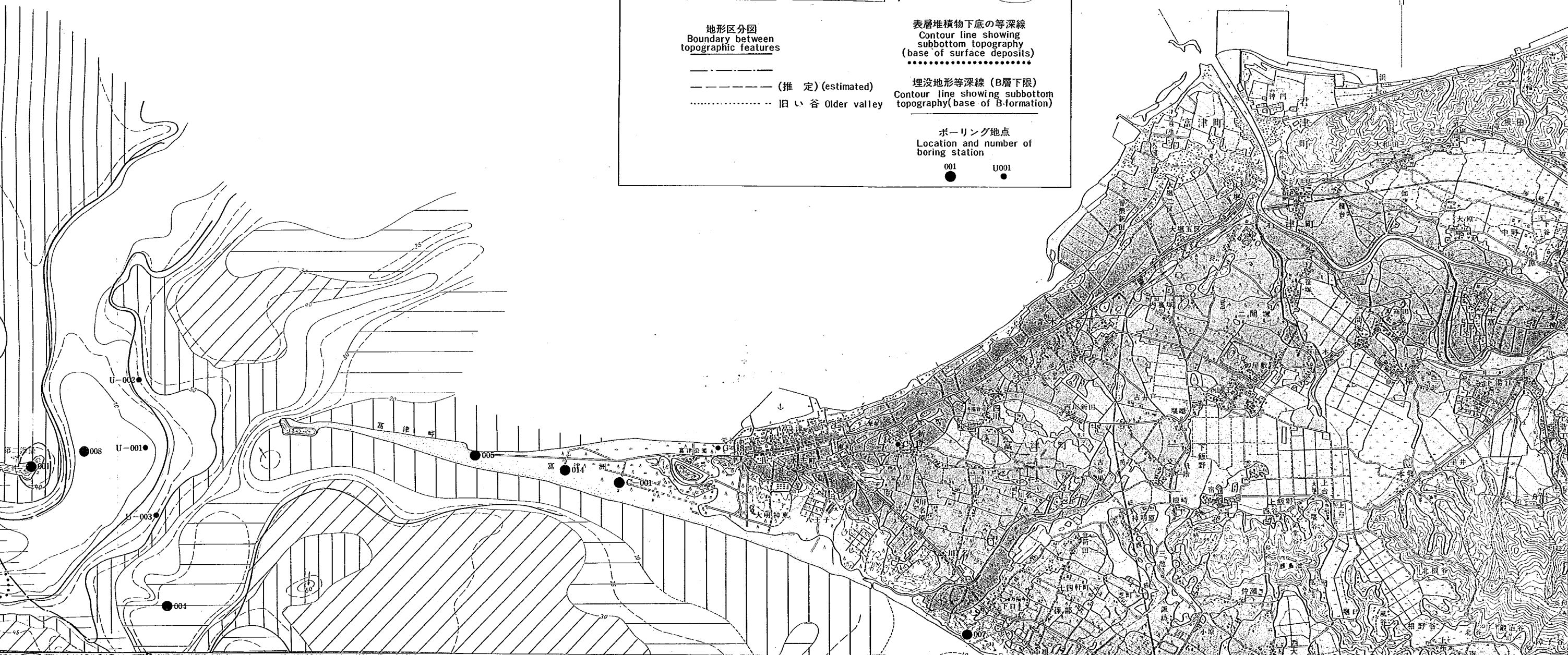
# 東京湾口の埋没地形と埋積

Physiographic Features of Subbottom Topography  
Features of Its Overlaid Soft Sediments at the

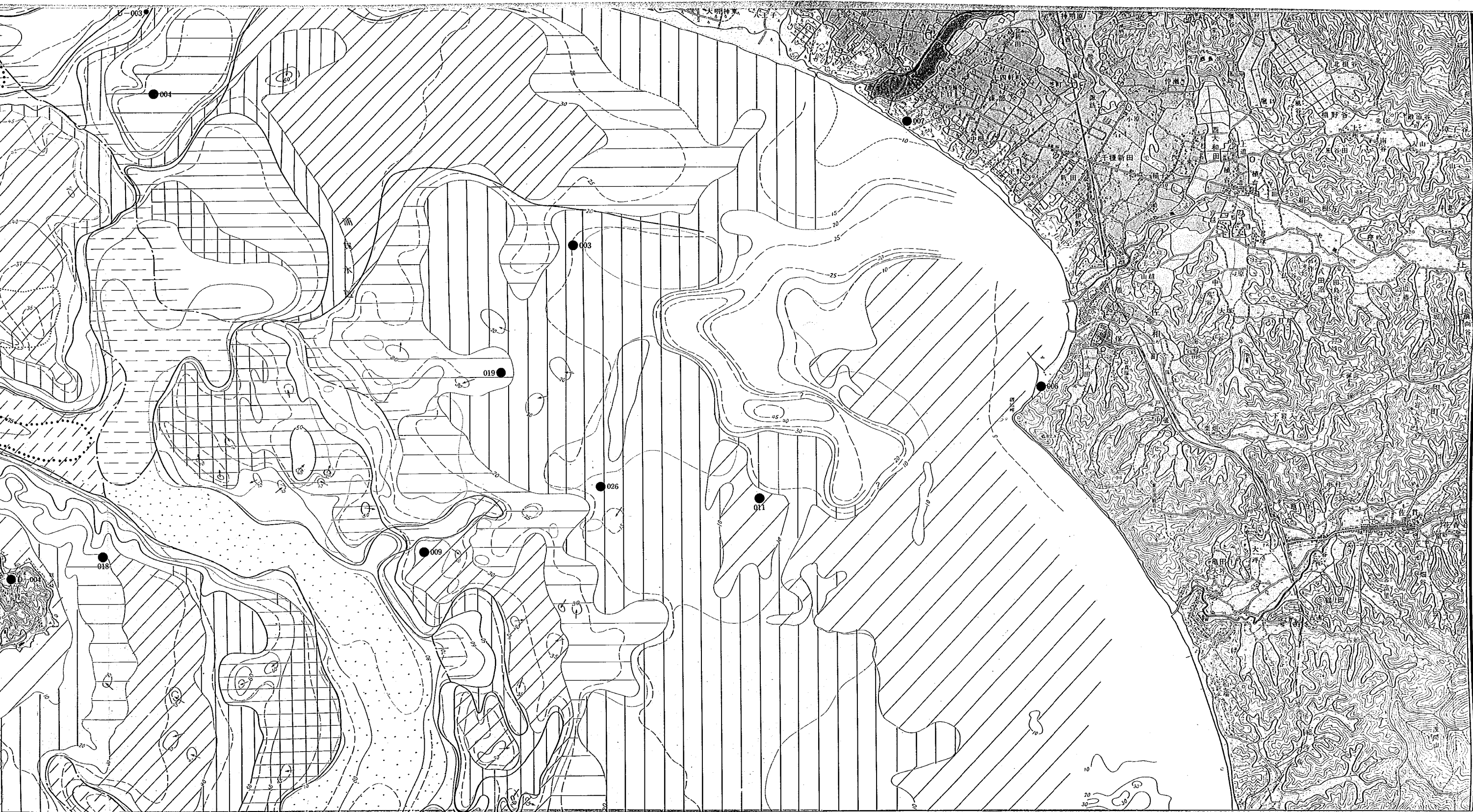
1:25,000



# es of Subbottom Topography and Environmental id Soft Sediments at the Entrance of Tokyo Bay.









陸上部地形分類  
Topographic Features of Land Area around  
the Entrance of Tokyo Bay.

-  洪積台地および第三紀層丘陵  
Diluvial plateau and hill of tertiary sediments.
-  砂丘および旧浜堤  
Dune and old beach ridge.
-  浜堤および砂州  
Beach ridge and sand bar.
-  隆起海岸平野・三角洲, 自然堤防, 段丘, 丘陵緩斜面  
Elevated coastal plane and delta, (higher level and sandy surface),  
natural levee, Terrace, and so on.
-  隆起海岸平野・三角洲性低湿地, 氾濫原および谷底(侵蝕および埋積)  
Elevated coastal plane and delta (Lower level and muddy surface),  
flood plane, and valley floor.
-  旧河道および現河床, 後背湿地  
Recent and old river bed, and back marsh.
-  潮汐低地および埋立地  
Tidal plane and reclaimed ground.

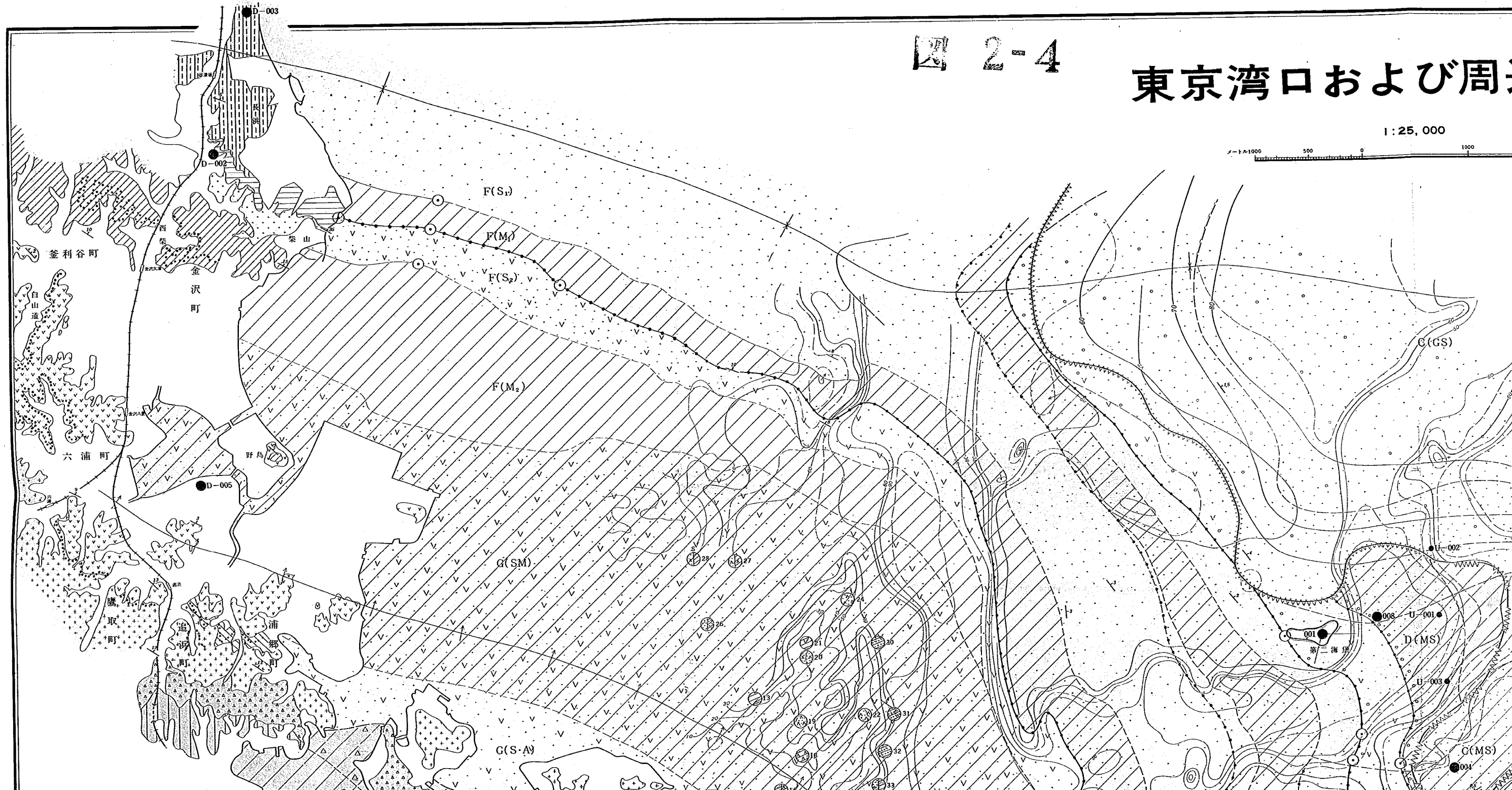


図 2-4

# 東京湾口および周辺

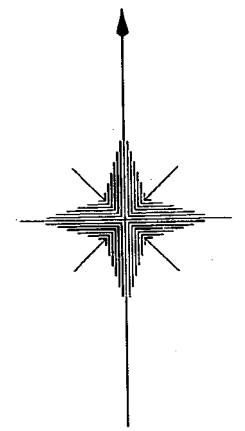
1:25,000

メートル1000 500 0 1000

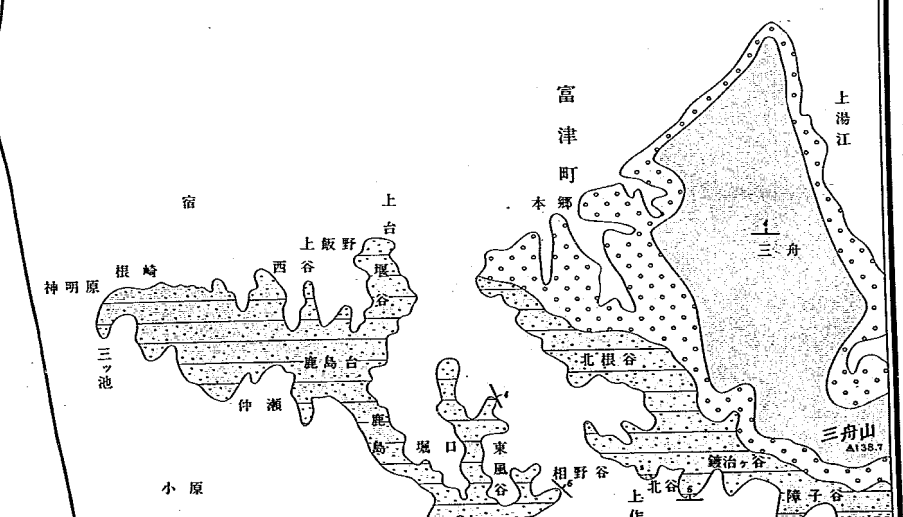
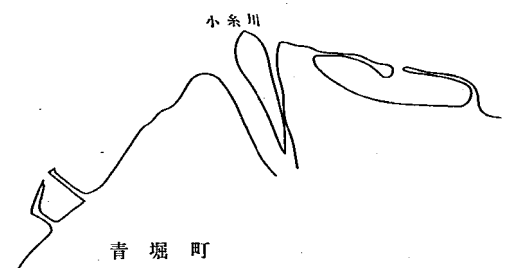
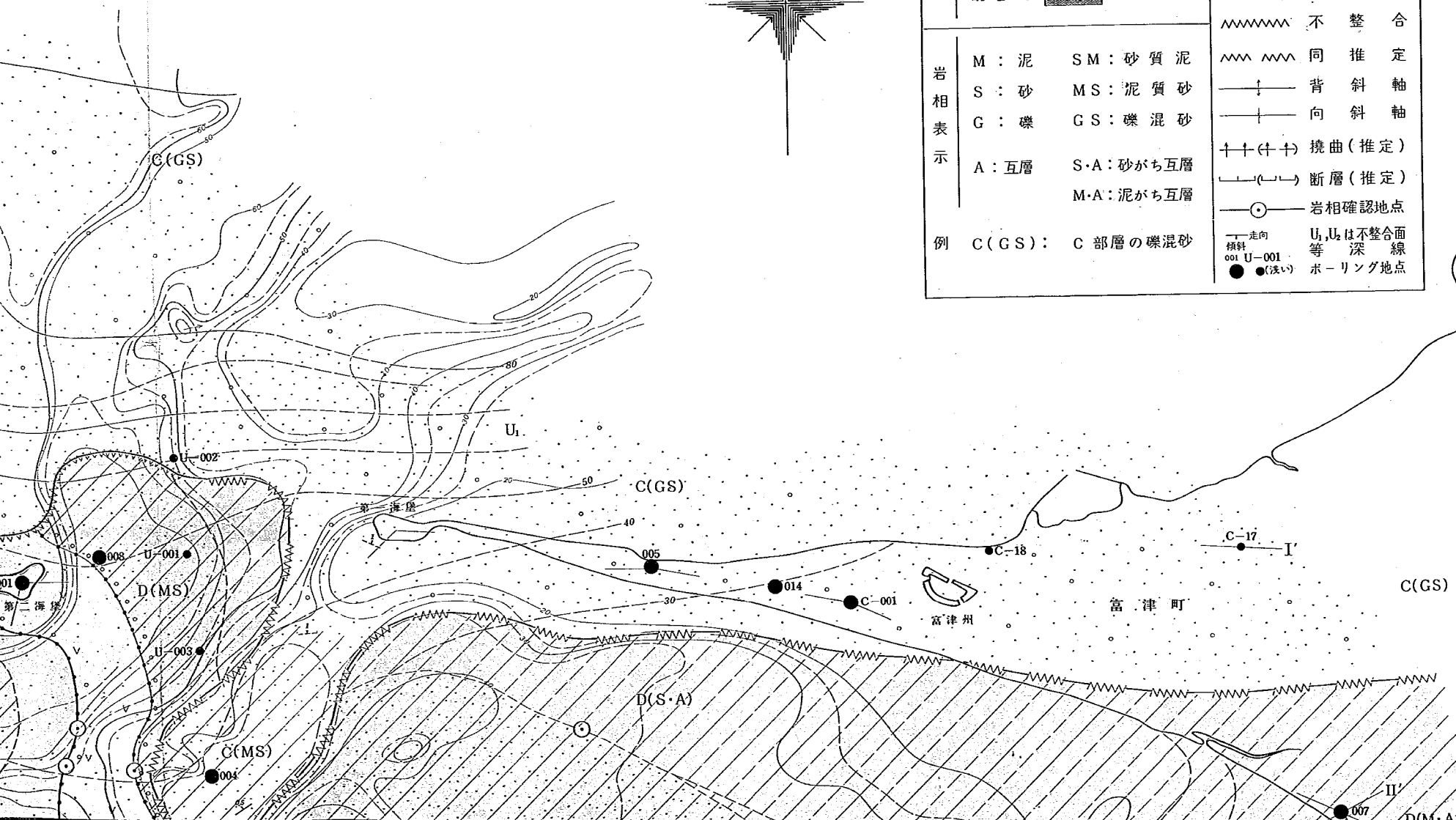
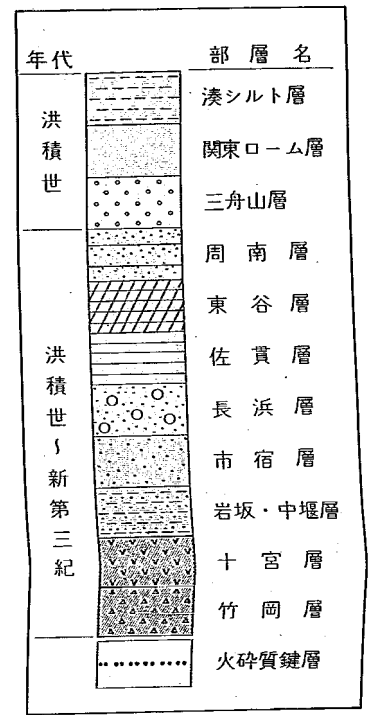


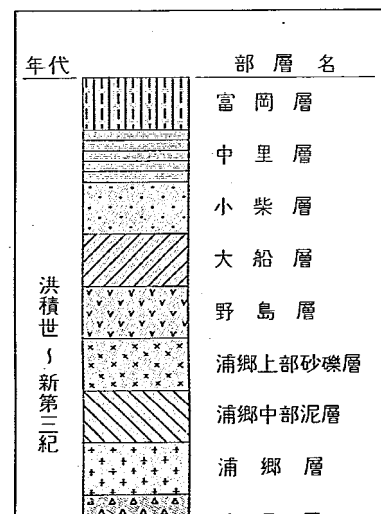
# および周辺の地質

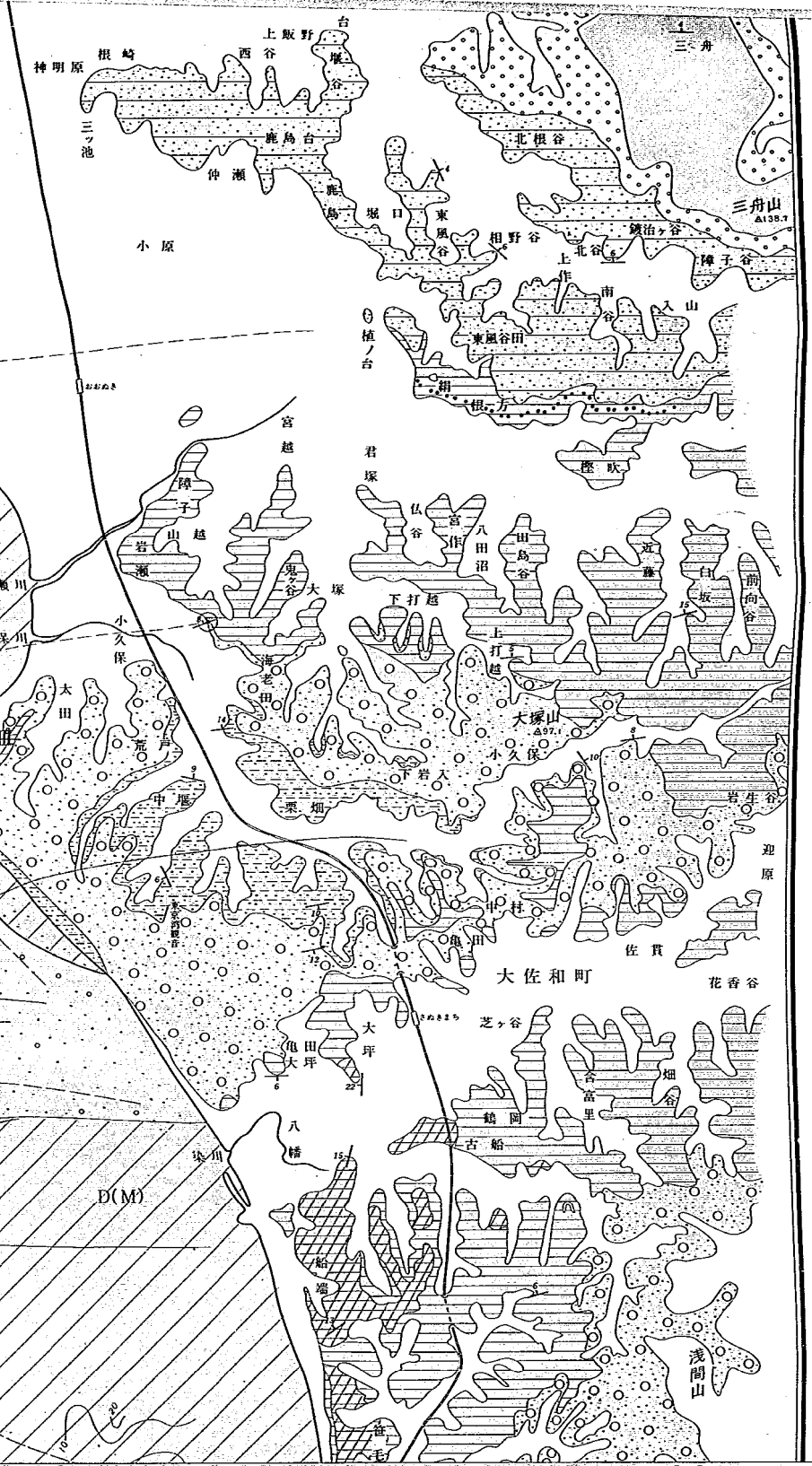
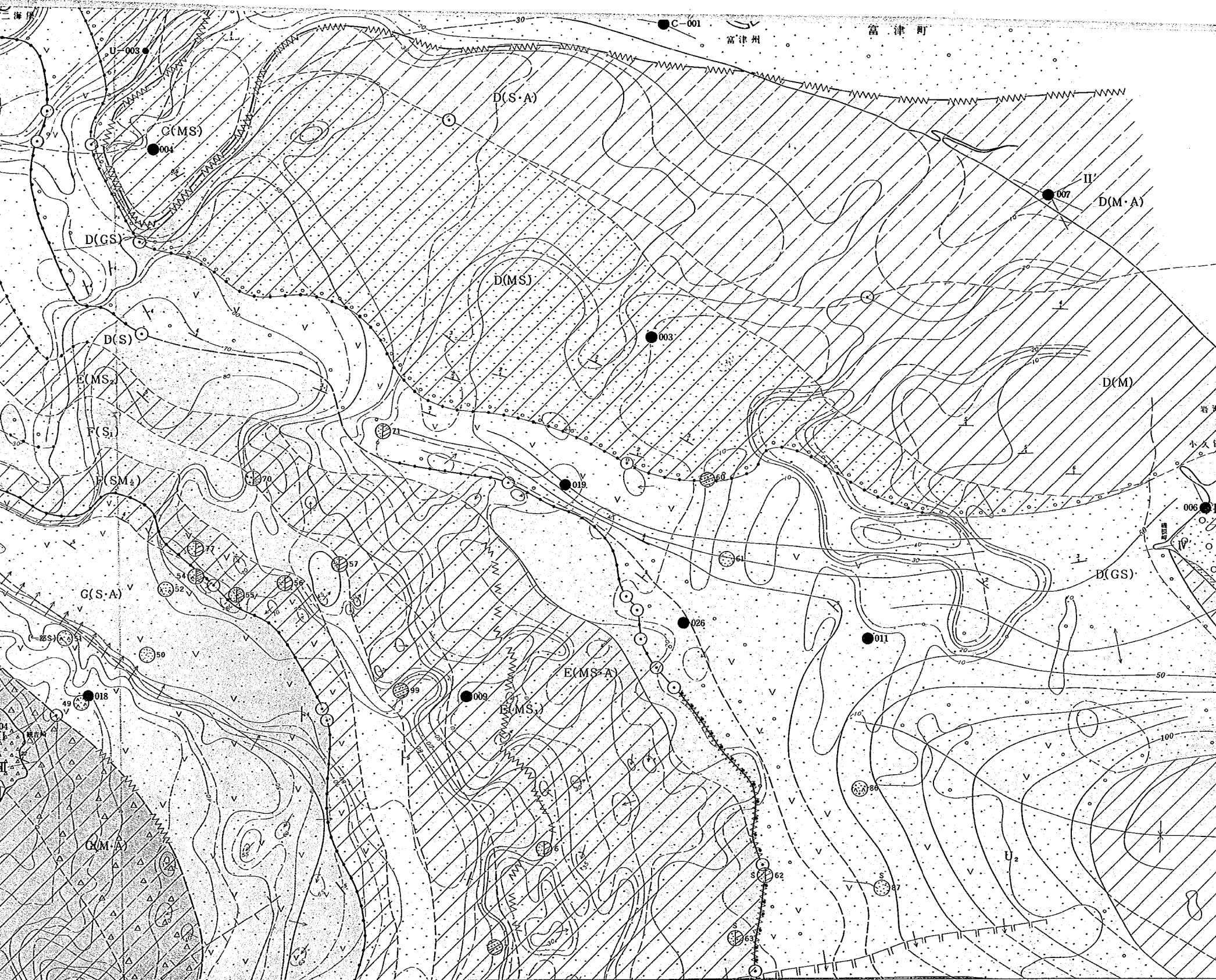
1:25,000

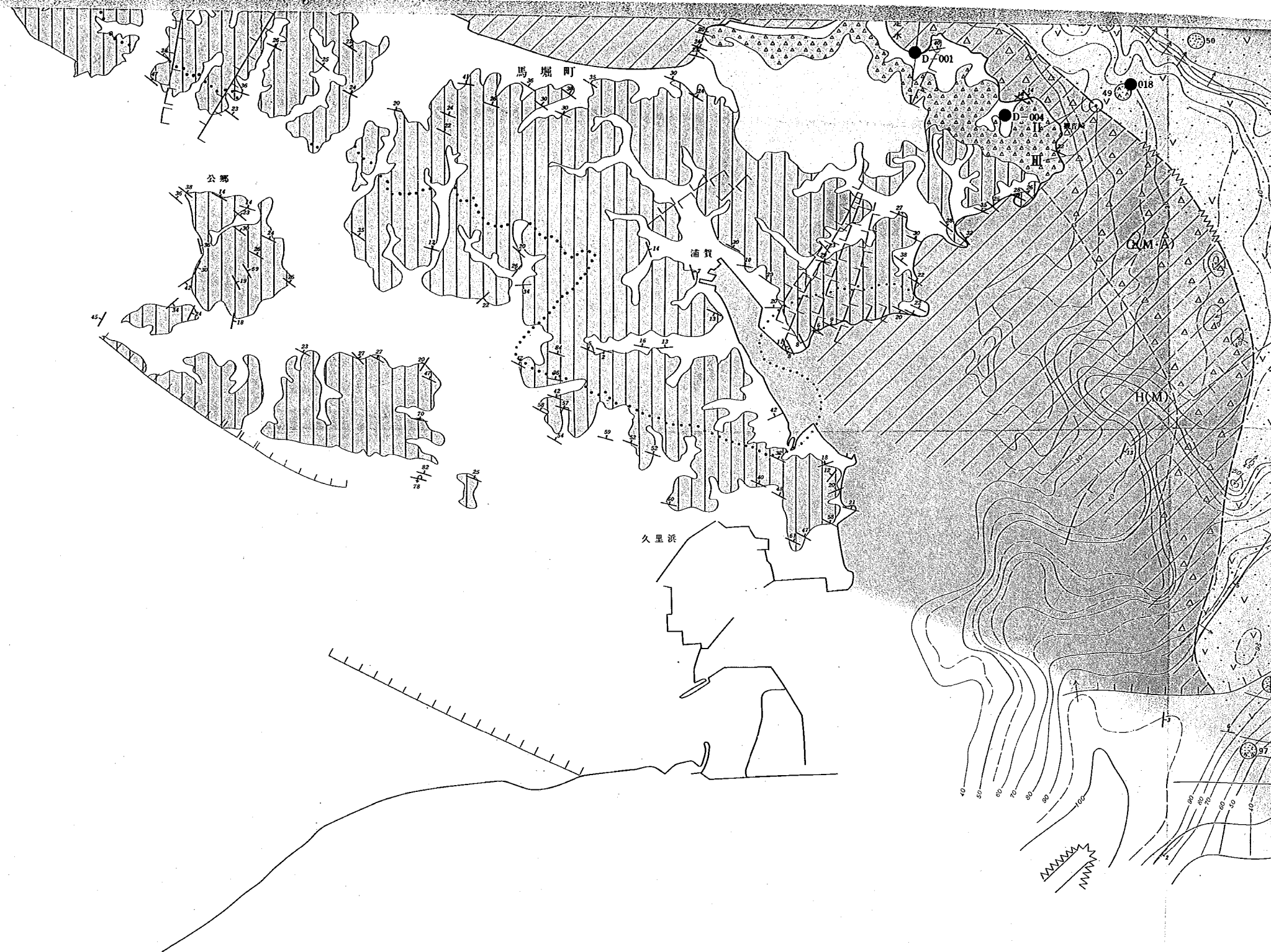
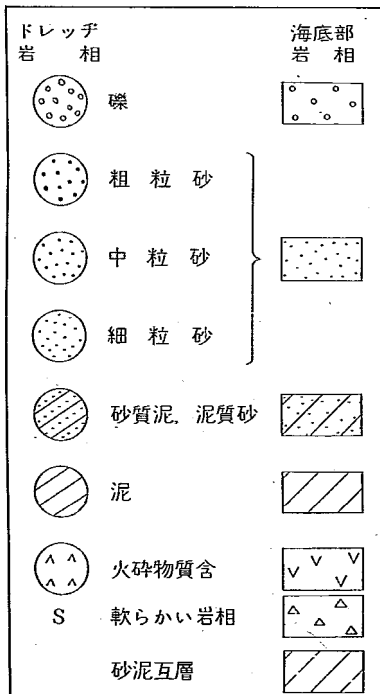
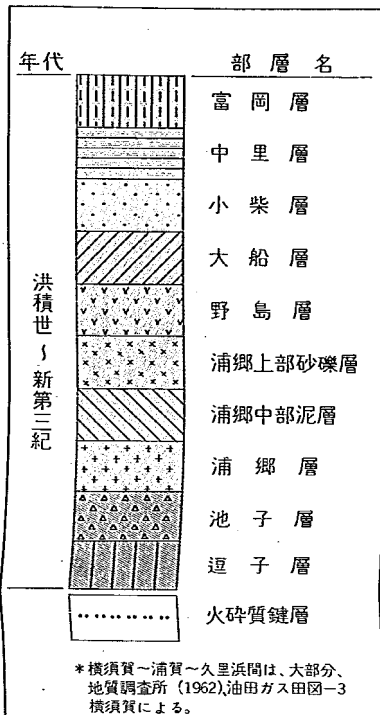


| 凡 例                                                                                                                                                                            |                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 地質年代                                                                                                                                                                           | 累 層 部 層                                                                        |
| 洪積世<br>新第三紀                                                                                                                                                                    | 中ノ瀬南 C                                                                         |
|                                                                                                                                                                                | 富津州 D                                                                          |
|                                                                                                                                                                                | 第三海堡 D-F                                                                       |
|                                                                                                                                                                                | 猿 島 F~G                                                                        |
|                                                                                                                                                                                | 観音崎 G~H                                                                        |
| 岩相表示                                                                                                                                                                           | M: 泥 SM: 砂質泥<br>S: 砂 MS: 泥質砂<br>G: 礫 GS: 礫混砂<br>A: 互層 S・A: 砂がち互層<br>M・A: 泥がち互層 |
|                                                                                                                                                                                | 例 C(GS): C部層の礫混砂                                                               |
| 断面線<br>層序区分界<br>同推定<br>鍵 層<br>岩相界定<br>同推定<br>構造等深線<br>同推定<br>不整合<br>同推定<br>背斜軸<br>向斜軸<br>撓曲(推定)<br>断層(推定)<br>岩相確認地点<br>U <sub>1</sub> , U <sub>2</sub> は不整合面<br>等深線<br>ボーリング地点 |                                                                                |











# 図 2-5

## 東京湾口地質断面図 Geological Sections at the Entrance of Tokyo Bay

Scale: 1/25,000 (horizontal)

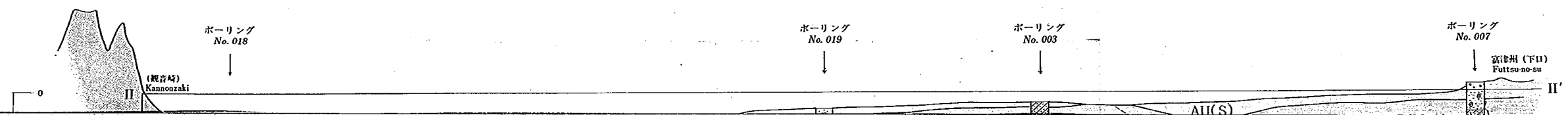
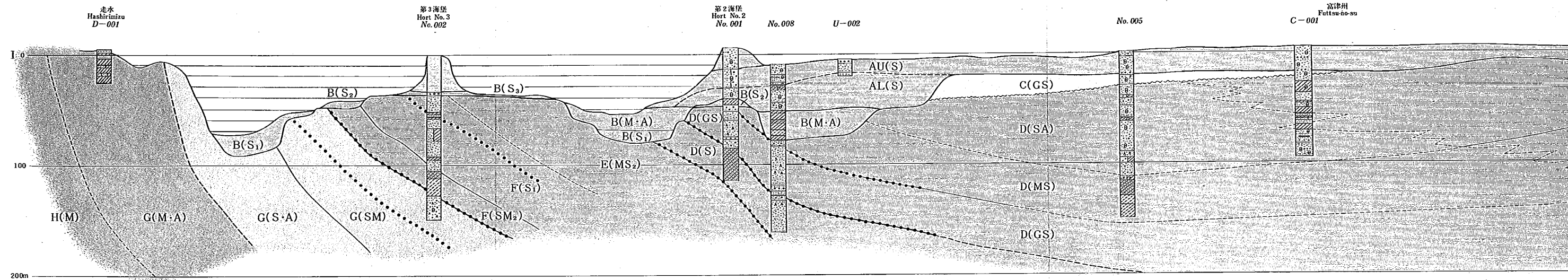
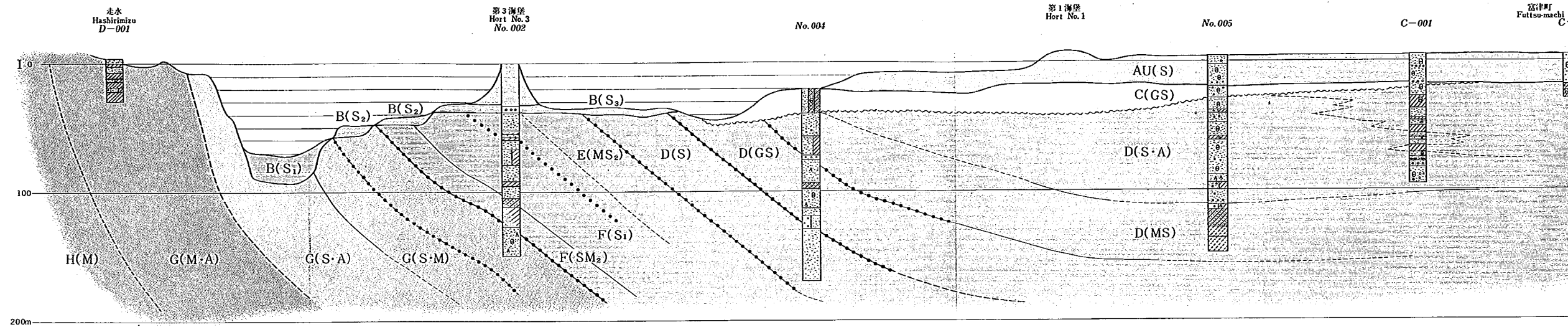
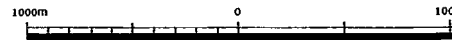
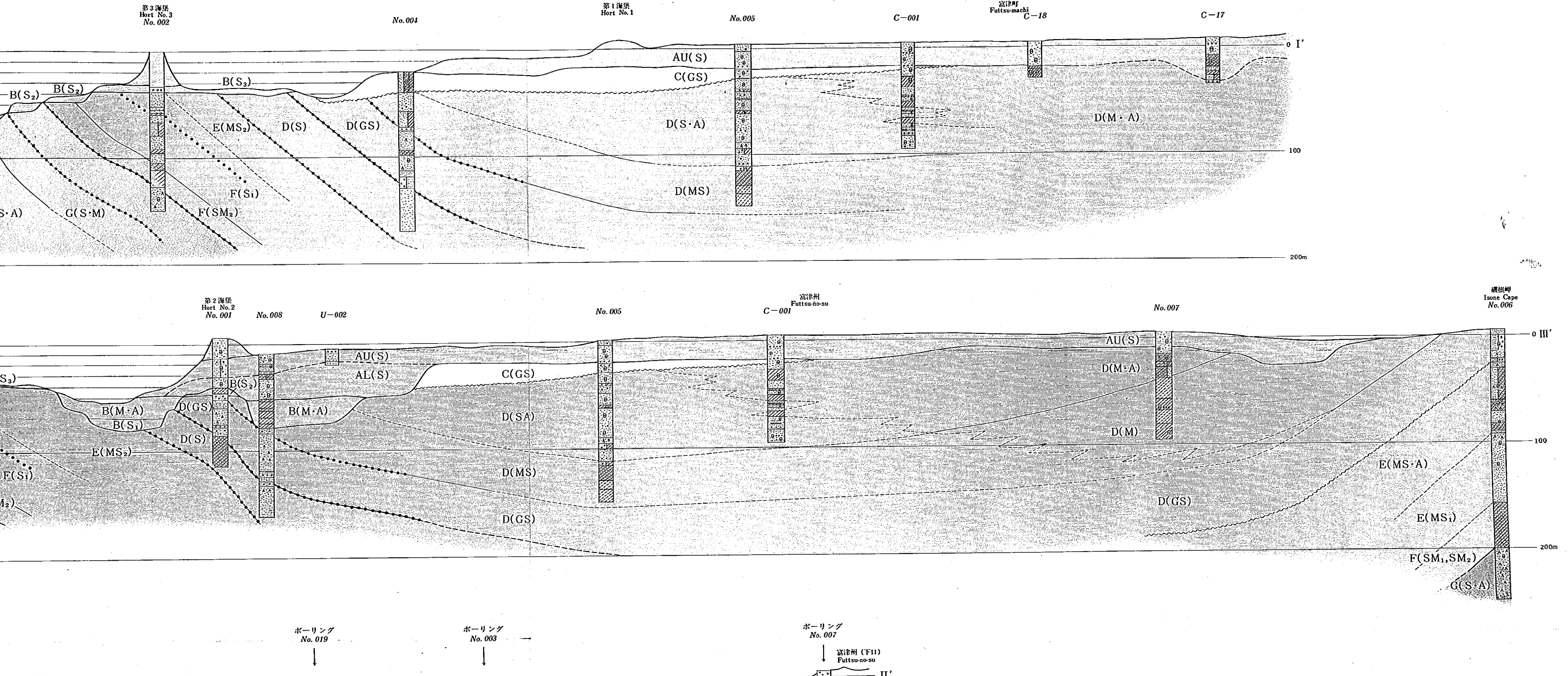
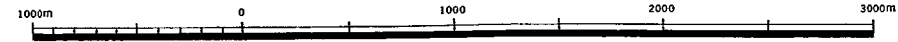


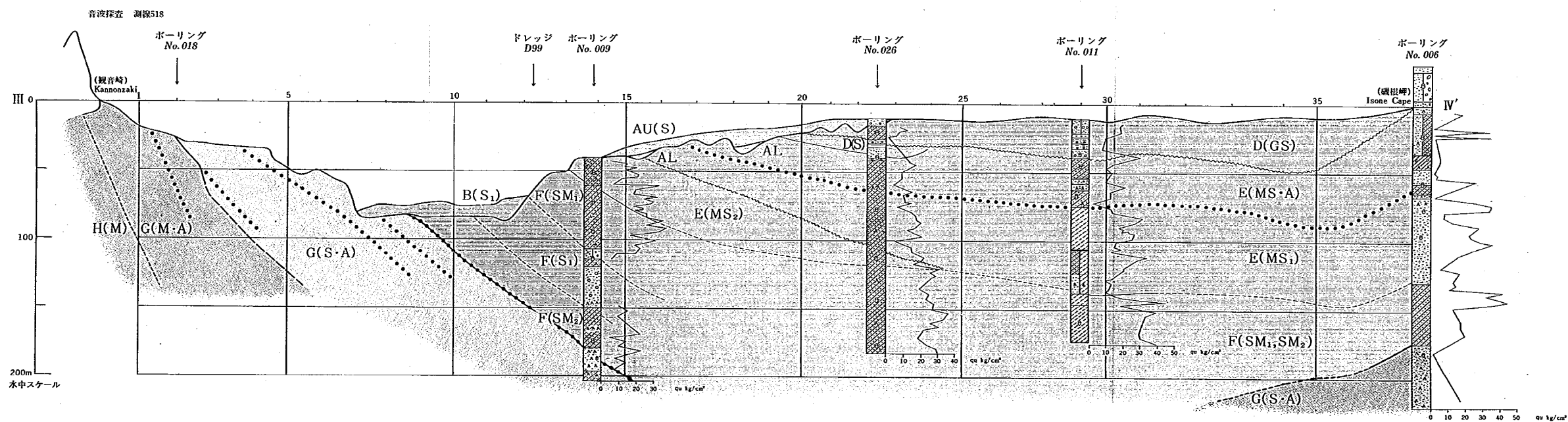
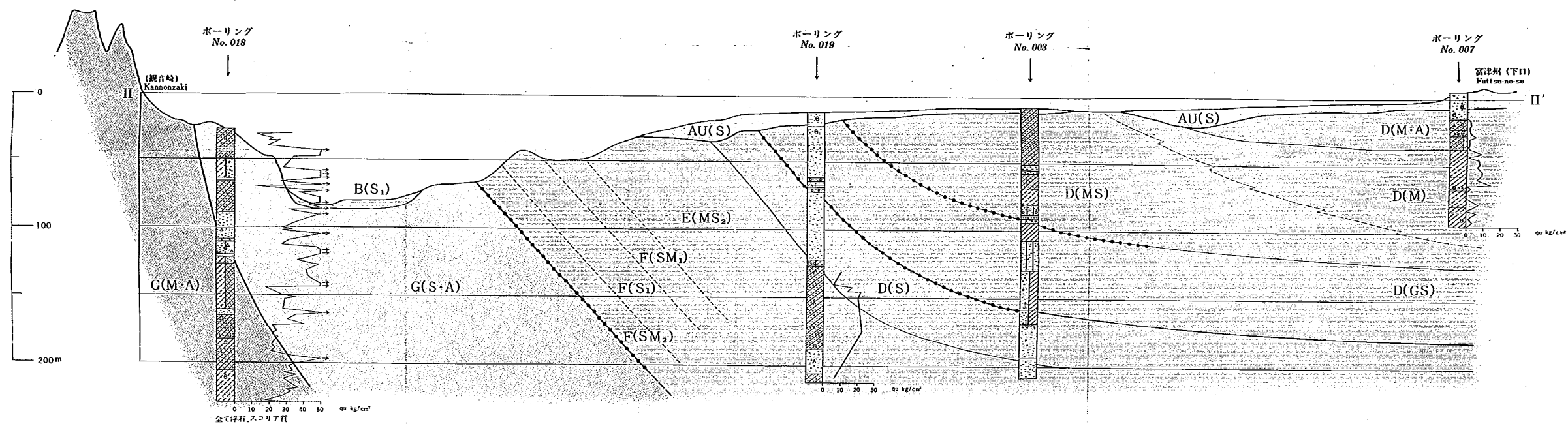
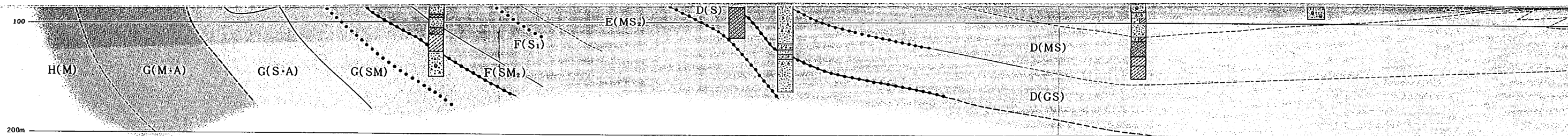
図 2-5

# 東京湾口地質断面図

Geological Sections at the Entrance of Tokyo Bay

Scale : 1/25,000(horizontal), 1/2,500(Vertical)





地質年代  
Geological Age

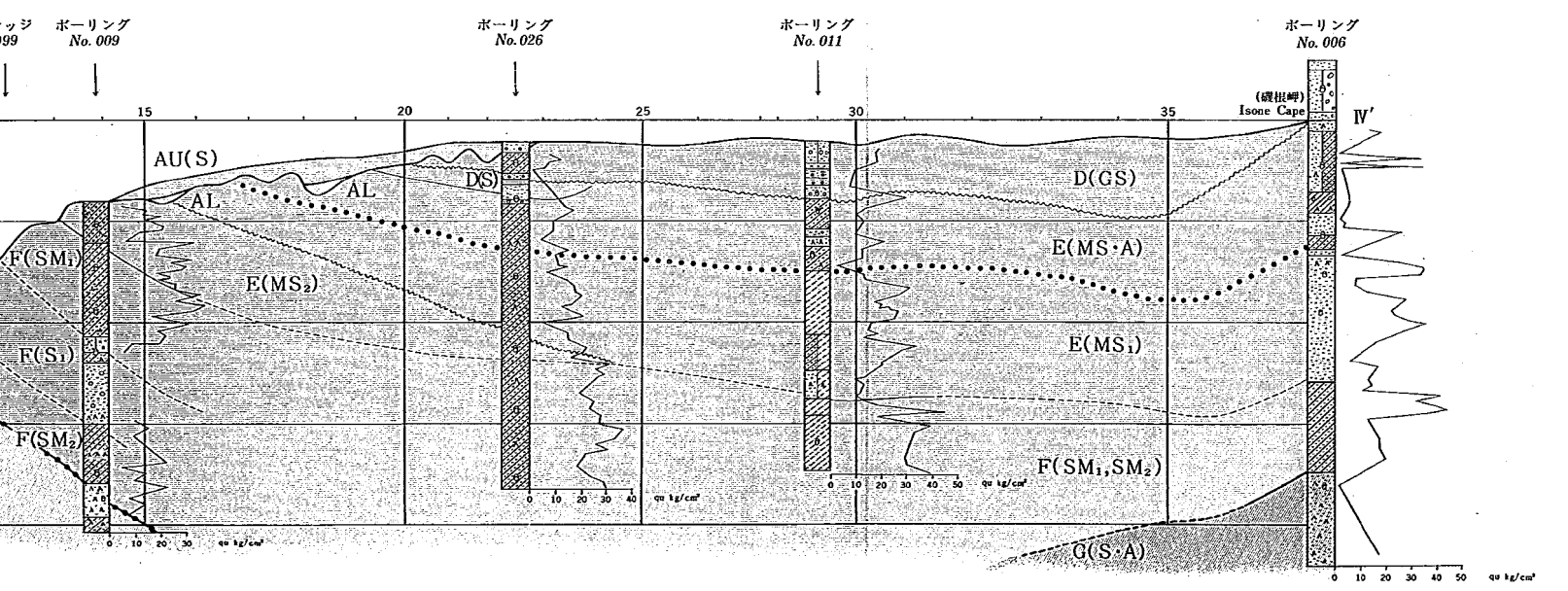
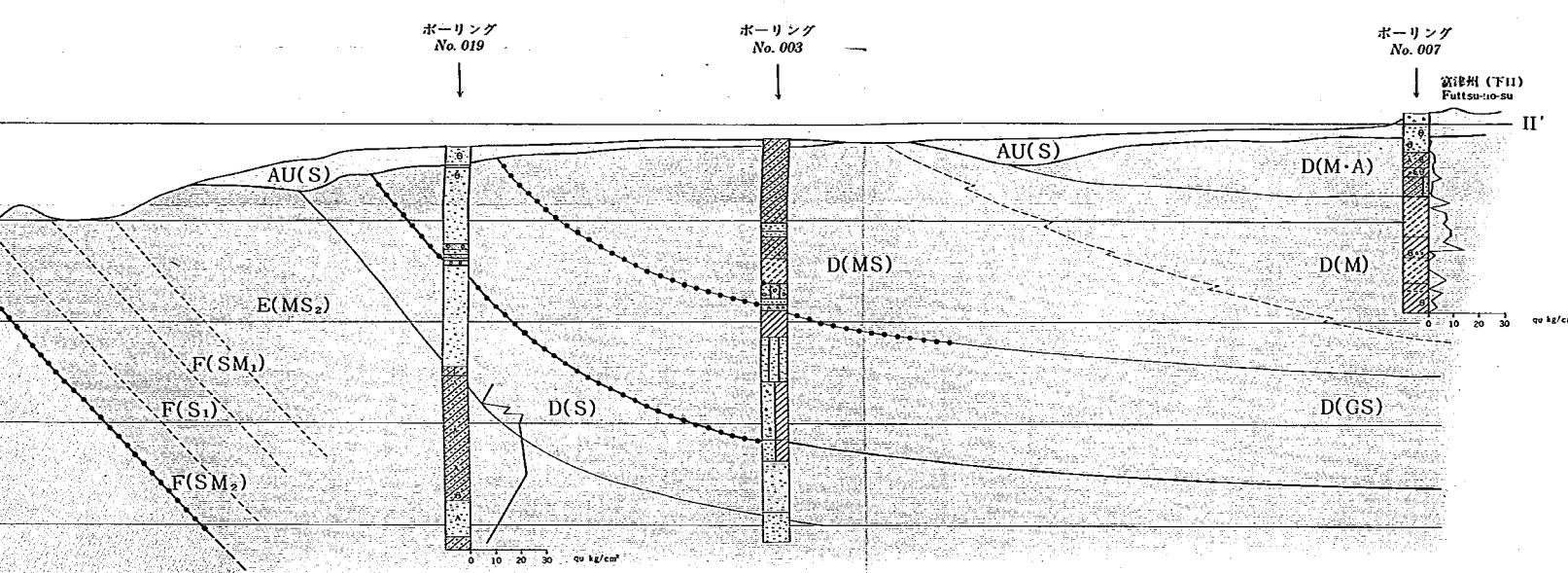
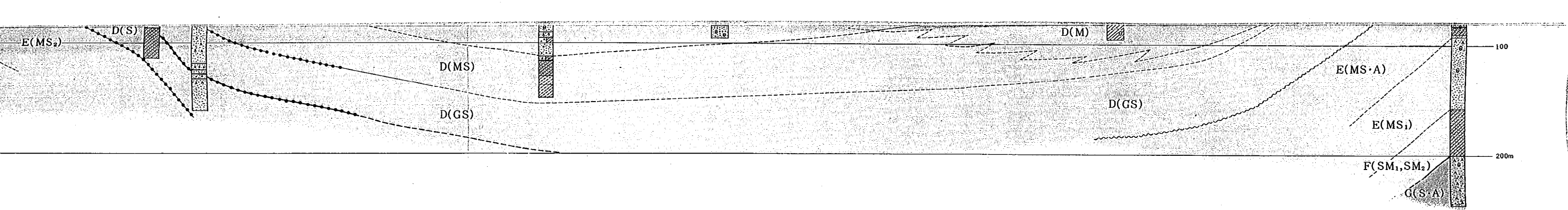
沖積世  
Alluvium

洪積世  
Diluvium

洪積世  
Diluvium

新第三紀  
Neogene

岩相表示  
Facies



凡 例  
Legend

| 地質年代<br>Geological Age | 累 層 名<br>Formation                                 | 部 層 名<br>Member     |
|------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|
| 沖 積 世<br>Alluvium      | 沖 積 上 部<br>Upper Alluv.                            | AU                  |
|                        | 沖 積 中 部<br>Middle Alluv.                           | AL                  |
| 洪 積 世<br>Diluvium      | 上部洪積層<br>(埋積堆積物)<br>Upper Diluv. (Buried deposits) | B                   |
|                        | 中ノ瀬南<br>Nakanose-ninami                            | C                   |
| 洪 積 世<br>Diluvium      | 富 津 州<br>Futtsu-no-su                              | D                   |
|                        | 第三海堡<br>Daisan-kaiho                               | D~F                 |
|                        | 猿 島<br>Sarushima                                   | F~G                 |
|                        | 新第三紀<br>Neogene                                    | 観 音 崎<br>Kannonzaki |

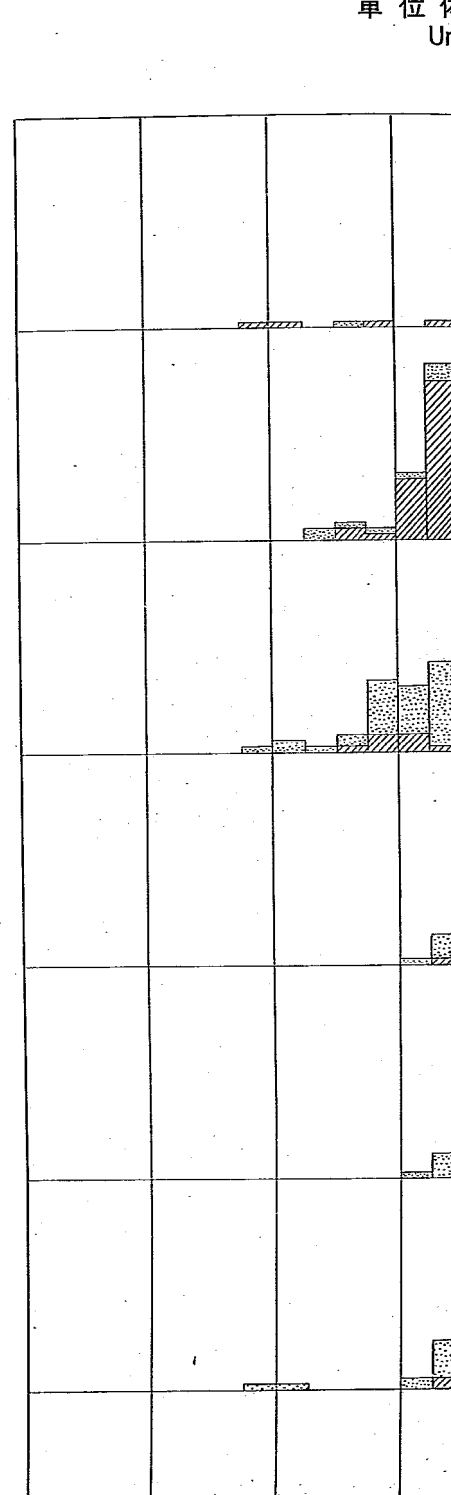
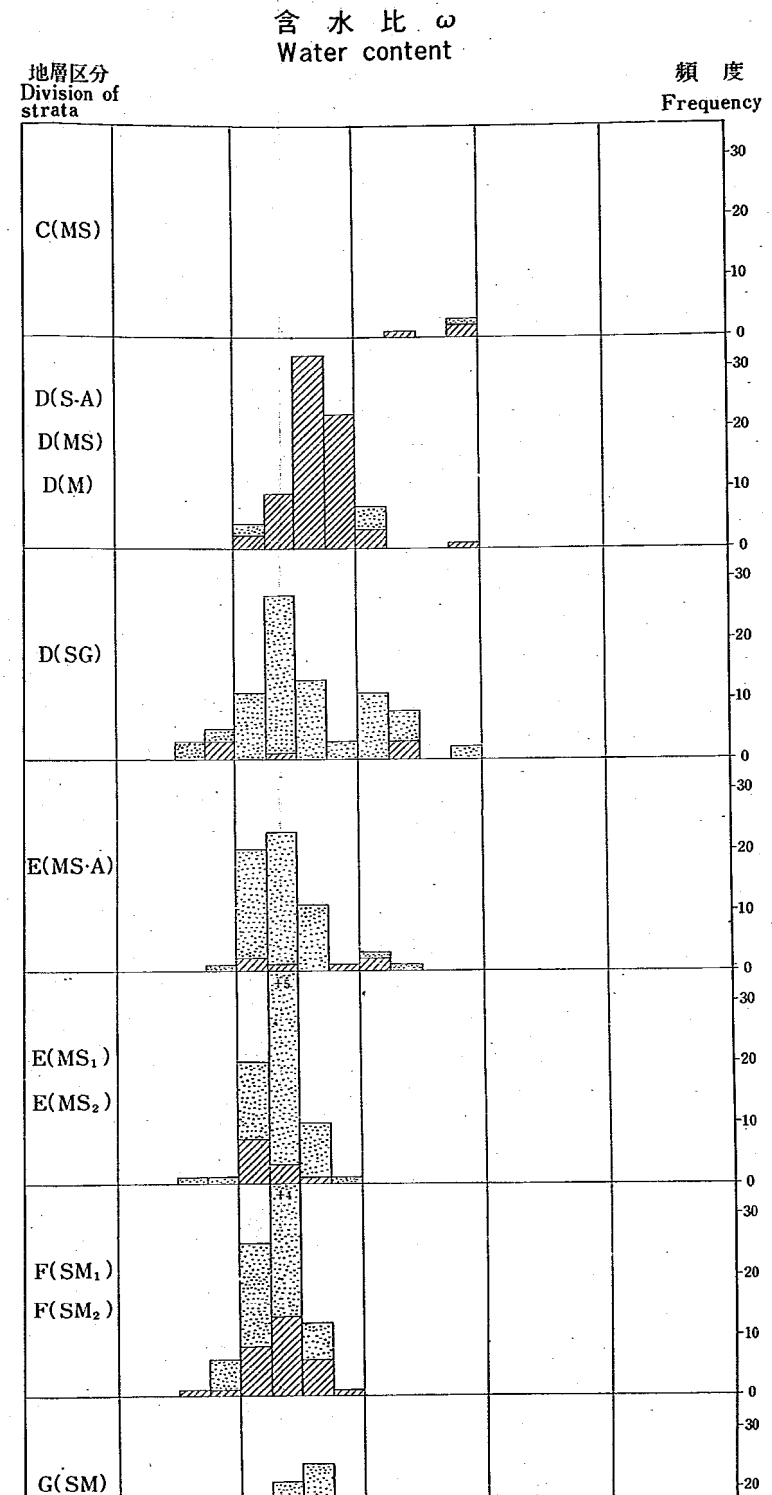
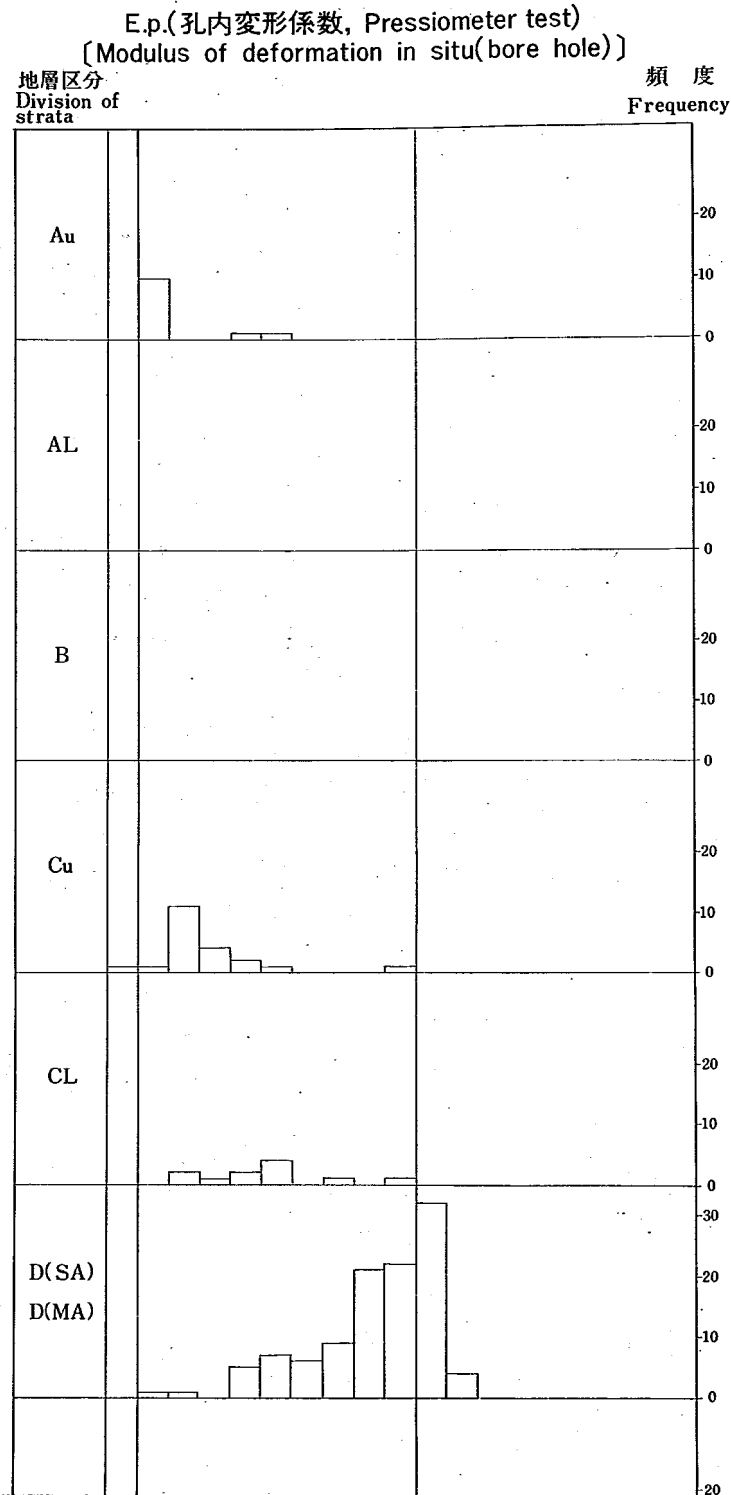
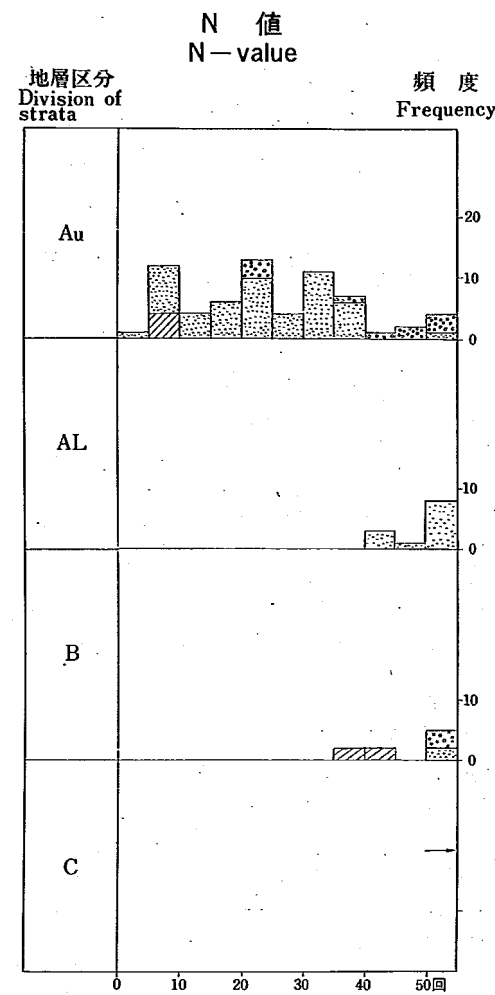
  

| 岩相表示<br>Facies       |                                               | 凡 例<br>Legend           |  |
|----------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|--|
| 粘 土<br>Clay          | 砂質泥 (均 質) SM<br>Sandy mud (well sorted)       | 火砕物質<br>Pyroclastic     |  |
| シルト質粘土<br>Silty clay | 泥質砂 (均 質) MS<br>Muddy sand (well sorted)      | 貝化石<br>Shell fragments  |  |
| シルト<br>Silt          | 砂混り泥 (不均質) SM<br>Mud with Sand (poor sorted)  | 植物化石<br>Plant fragments |  |
| 細 砂<br>Fine sand     | 泥混り砂 (不均質) MS<br>Sand with mud (poor sorted)  | 腐 植 物<br>Humus          |  |
| 中 砂<br>Medium sand   | 砂 礫 (不均質) GS<br>Gravel and sand (poor sorted) | 生 痕<br>Leben spuren     |  |
| 粗 砂<br>Coarse sand   | 泥 挟 み<br>Interbedded mud                      |                         |  |
| 礫<br>Gravel          | 砂 挟 み<br>Interbedded sand                     |                         |  |
|                      | 砂泥互層<br>Alternation of sand and mud           | 表 土<br>Soil             |  |

層序区分界  
Boundary of formations  
 同 推 定  
Boundary of formations (estimated)  
 鍵 層  
Key bed  
 岩 相 界  
Boundary of members  
 同 推 定  
Boundary of members (estimated)  
 不 整 合  
Unconformity  
 同 推 定  
Unconformity (estimated)

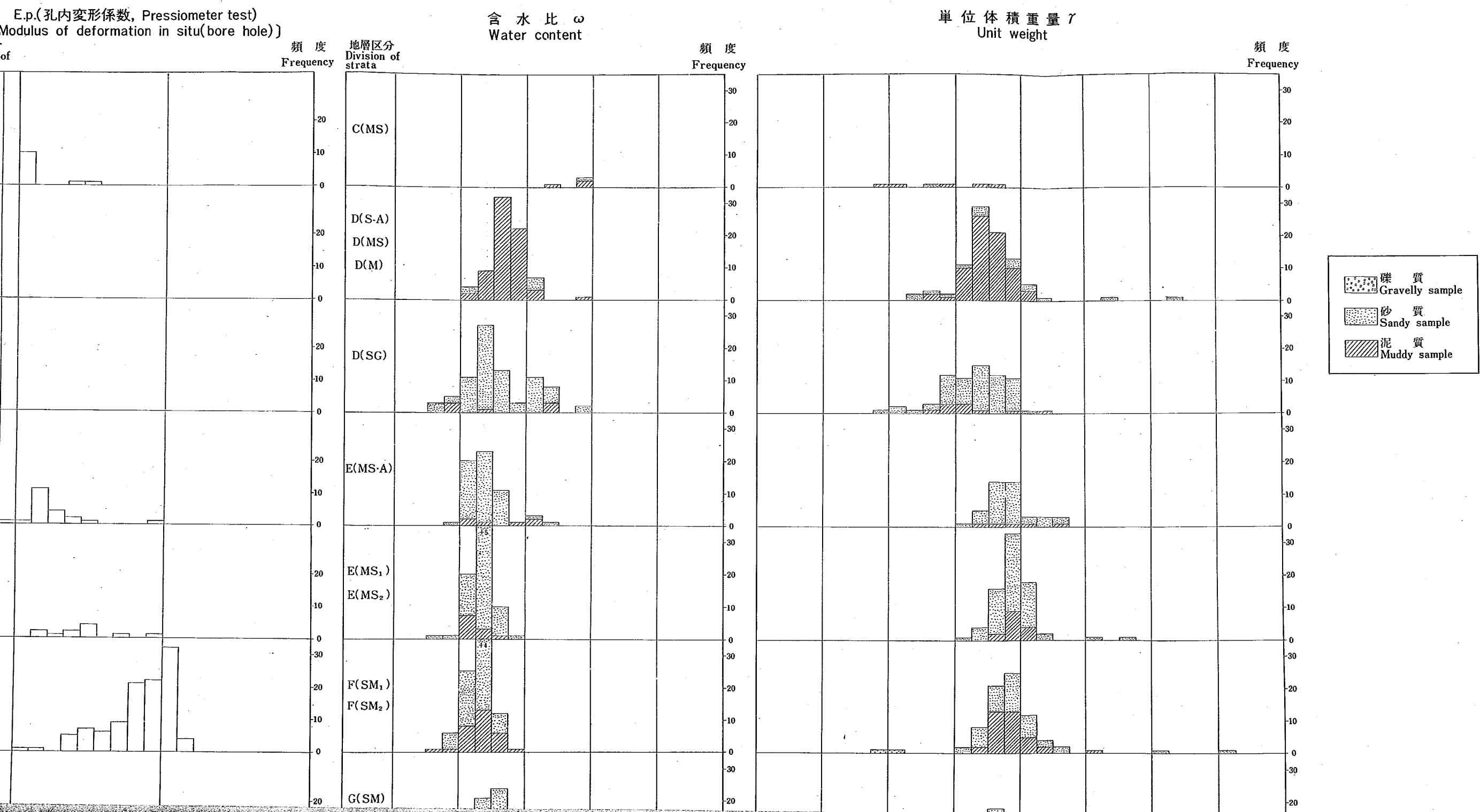
泥 が ち M·A  
mud rich  
 砂 が ち S·A  
sand rich

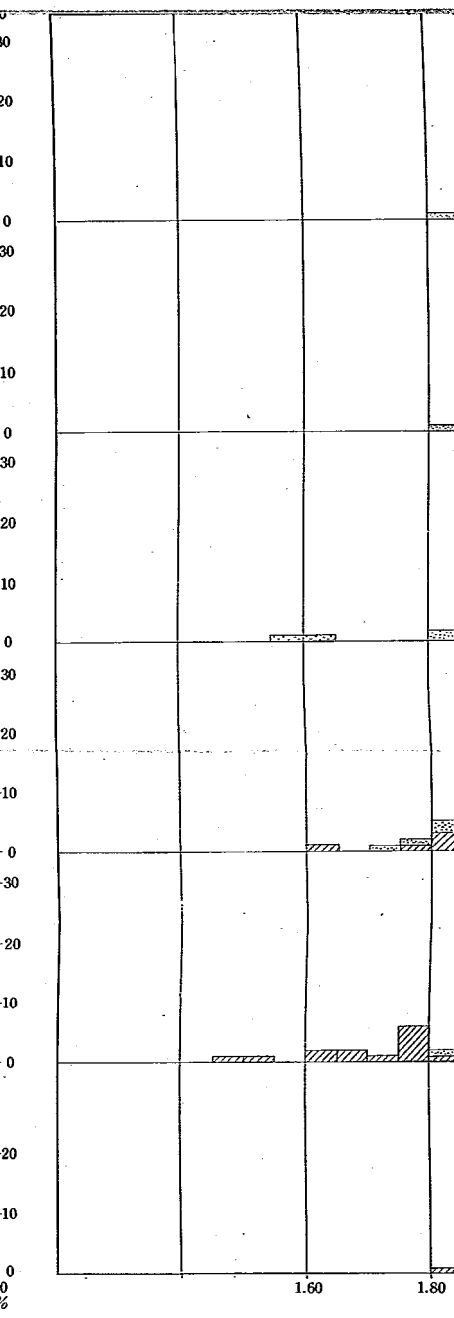
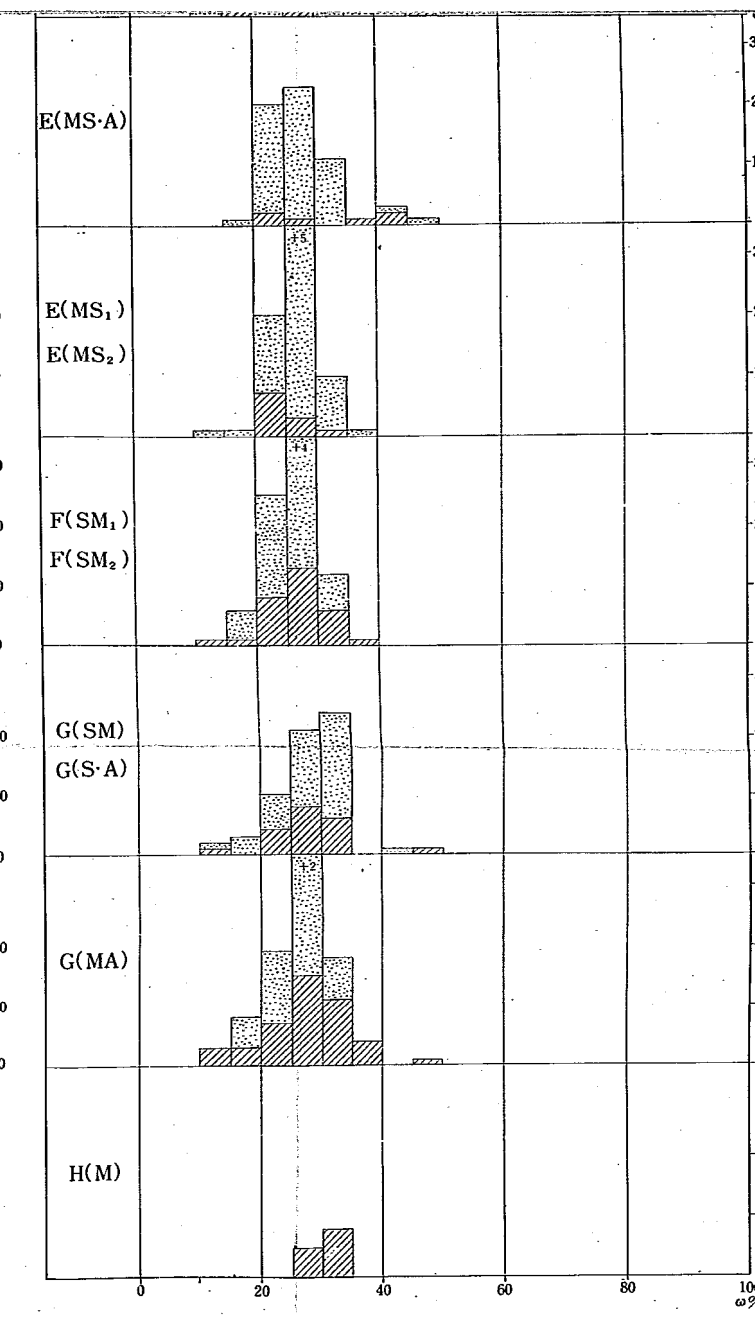
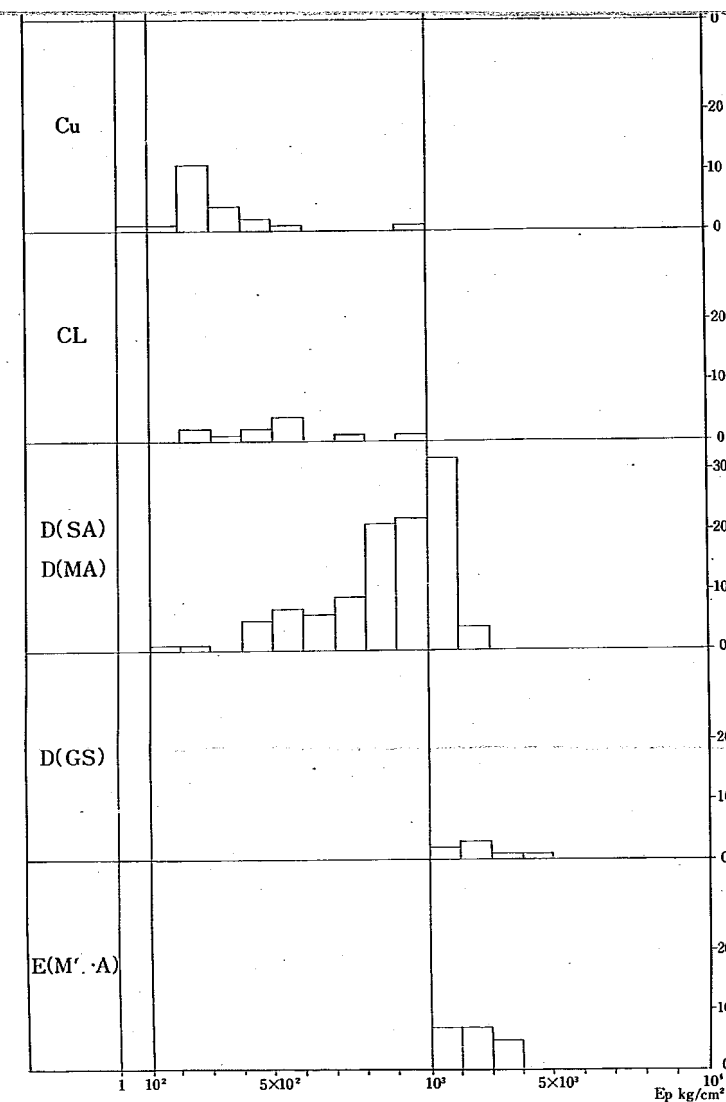
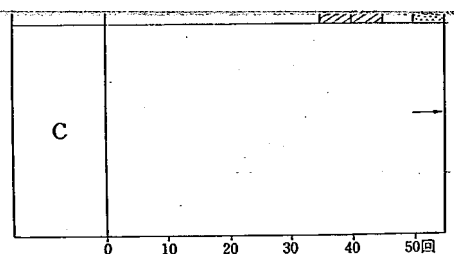
# 3.4-1 東京湾口の地盤の工学的性質ヒストグラム (1) Engineering Properties of Foundation Strata at the Entrance of Tokyo Bay. (1)



3.4-1 東京湾口の地盤の工学的性質ヒストグラム (1)

Engineering Properties of Foundation Strata at the Entrance of Tokyo Bay. (1)





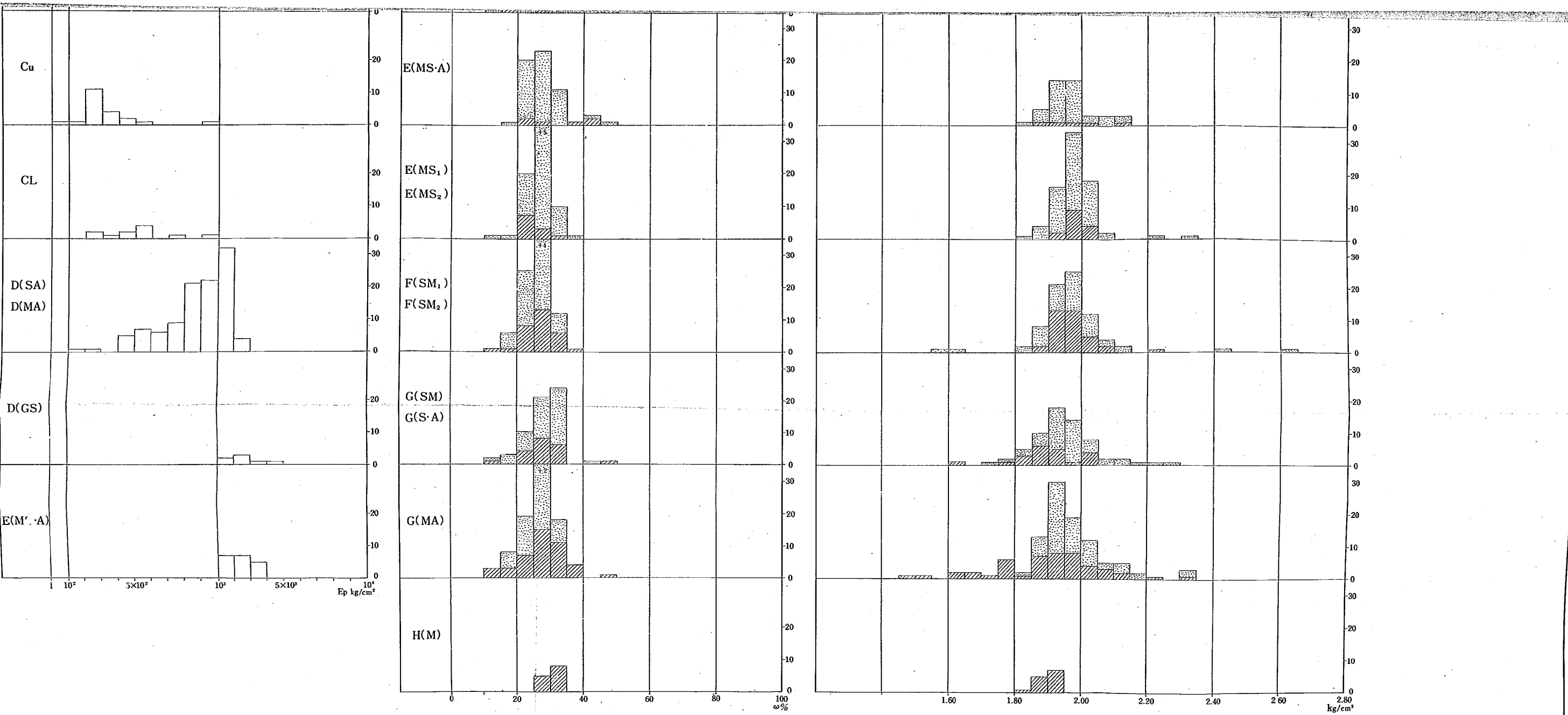


図 3.4-1 東京湾口の地盤の工学的性質ヒストグラム (3)  
Engineering Properties of Foundation Strata at the Entrance of Tokyo Bay. (3)

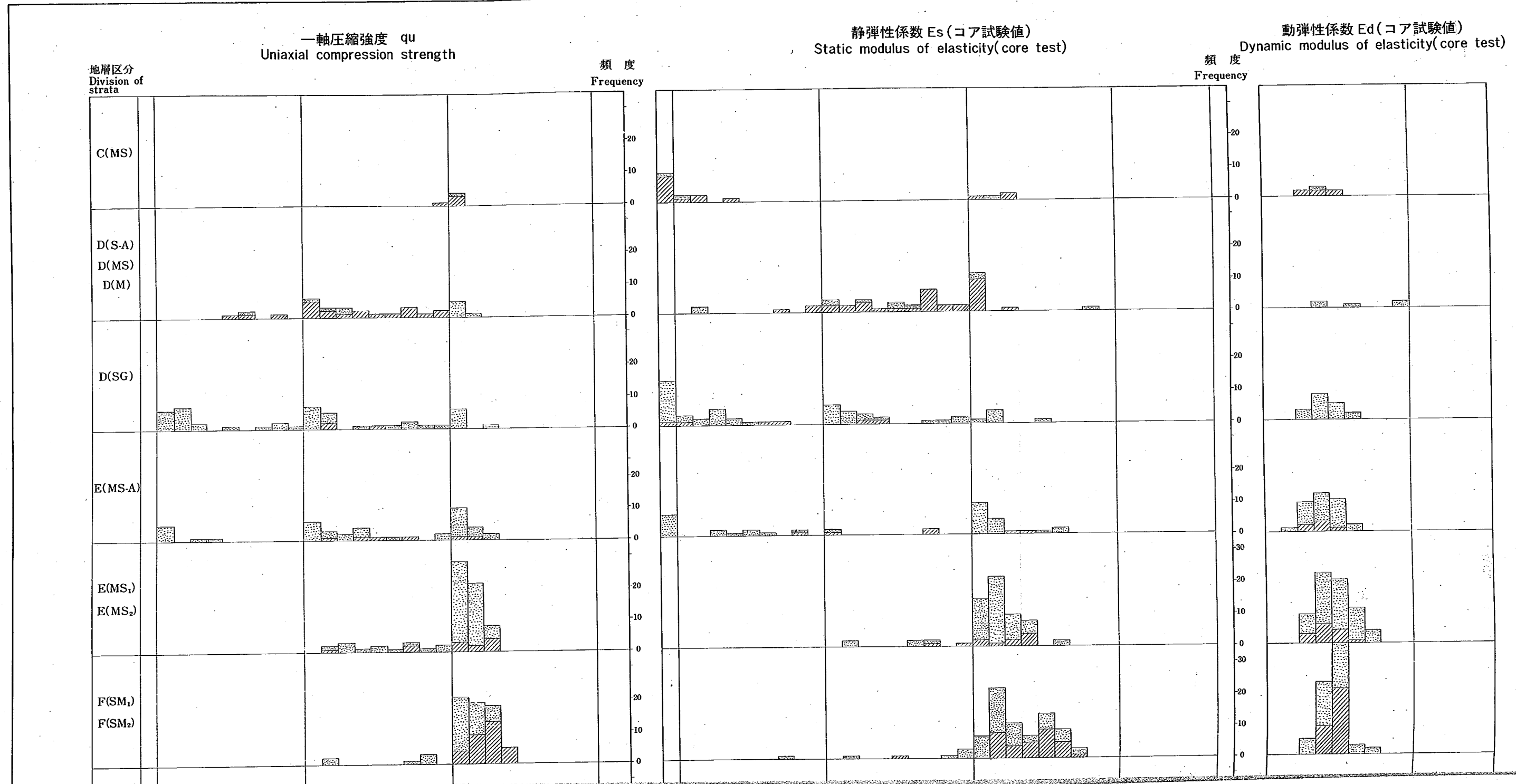
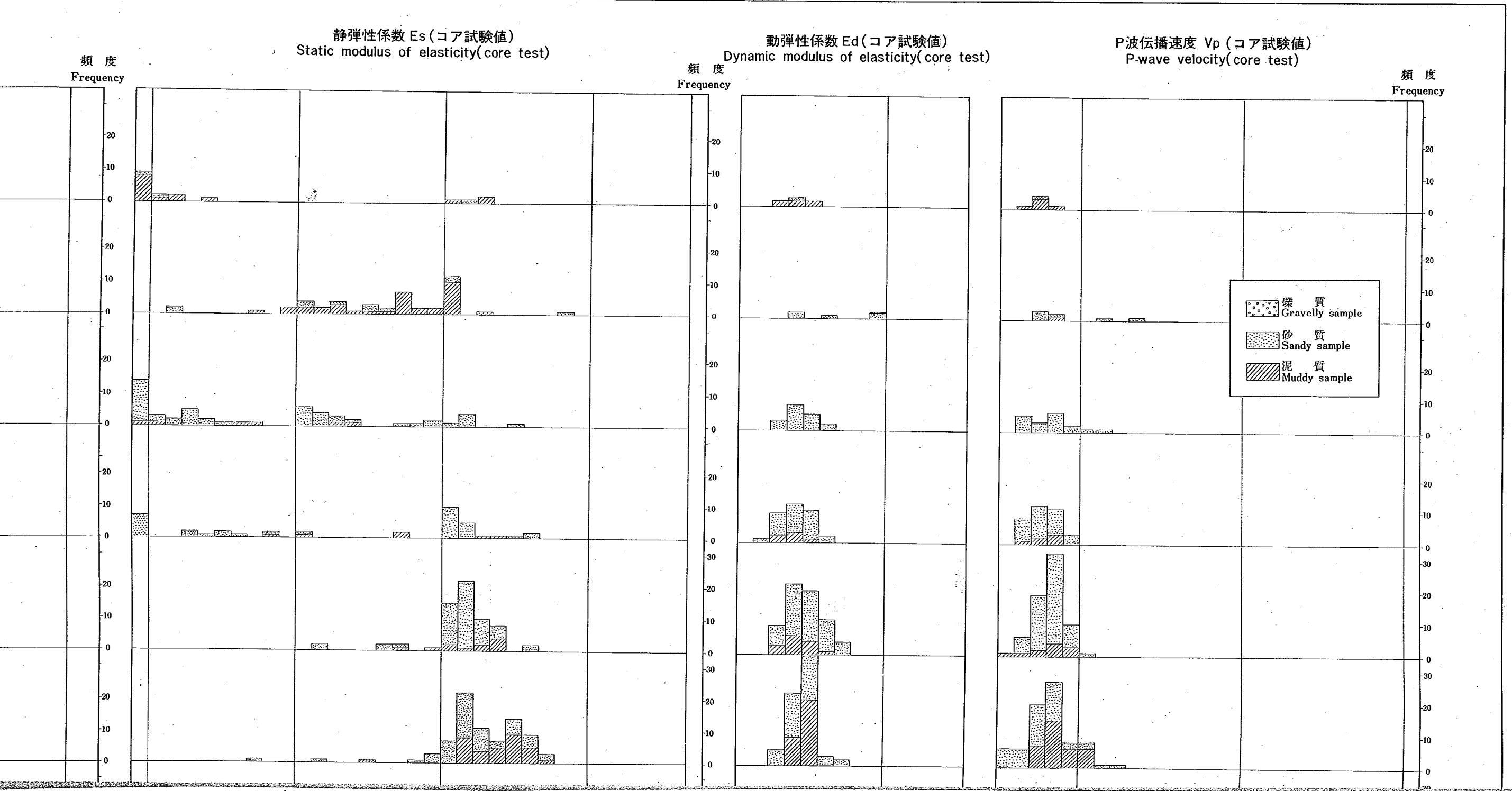
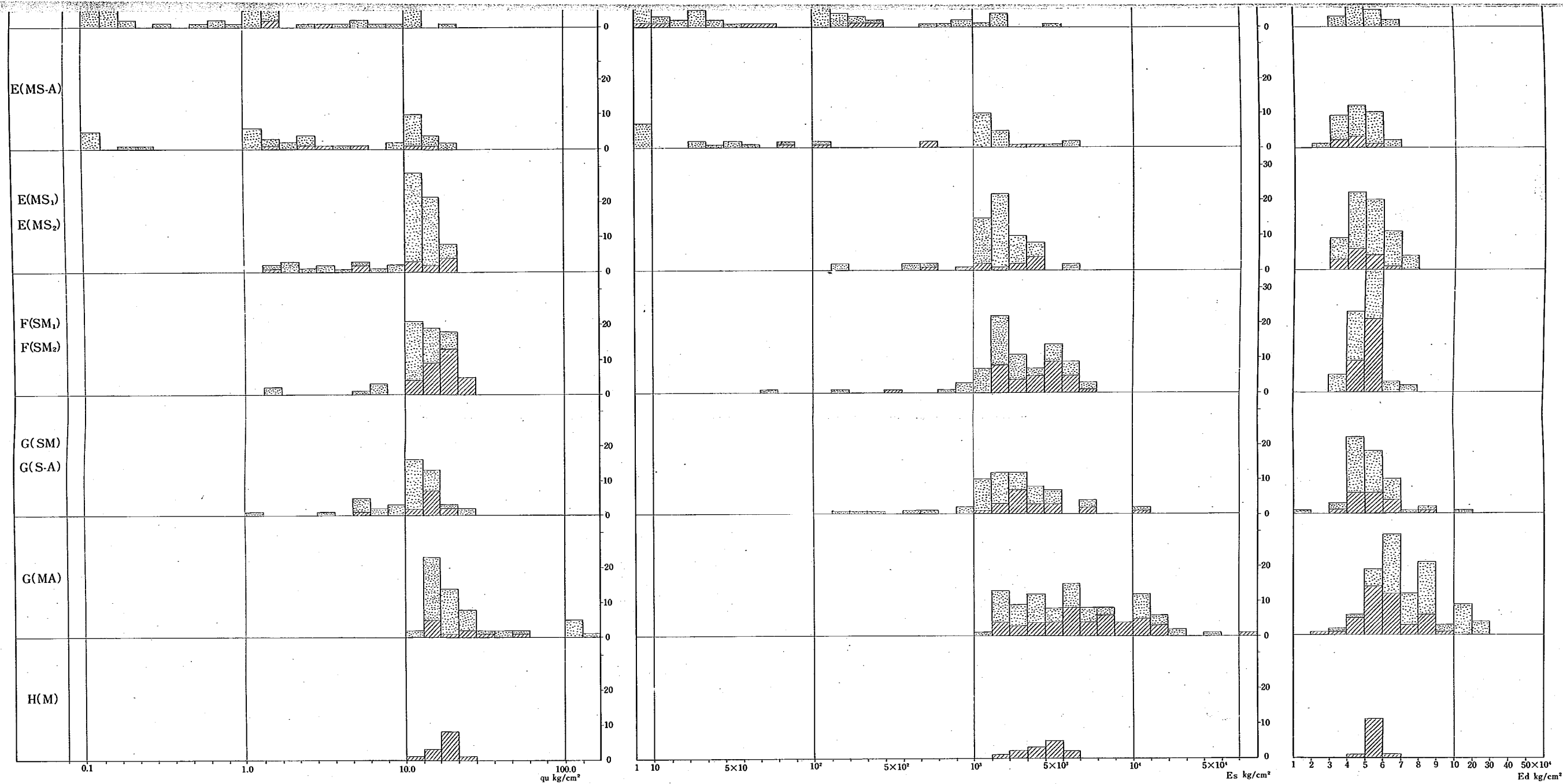


図 3.4-1 東京湾口の地盤の工学的性質ヒストグラム (3)  
Engineering Properties of Foundation Strata at the Entrance of Tokyo Bay. (3)





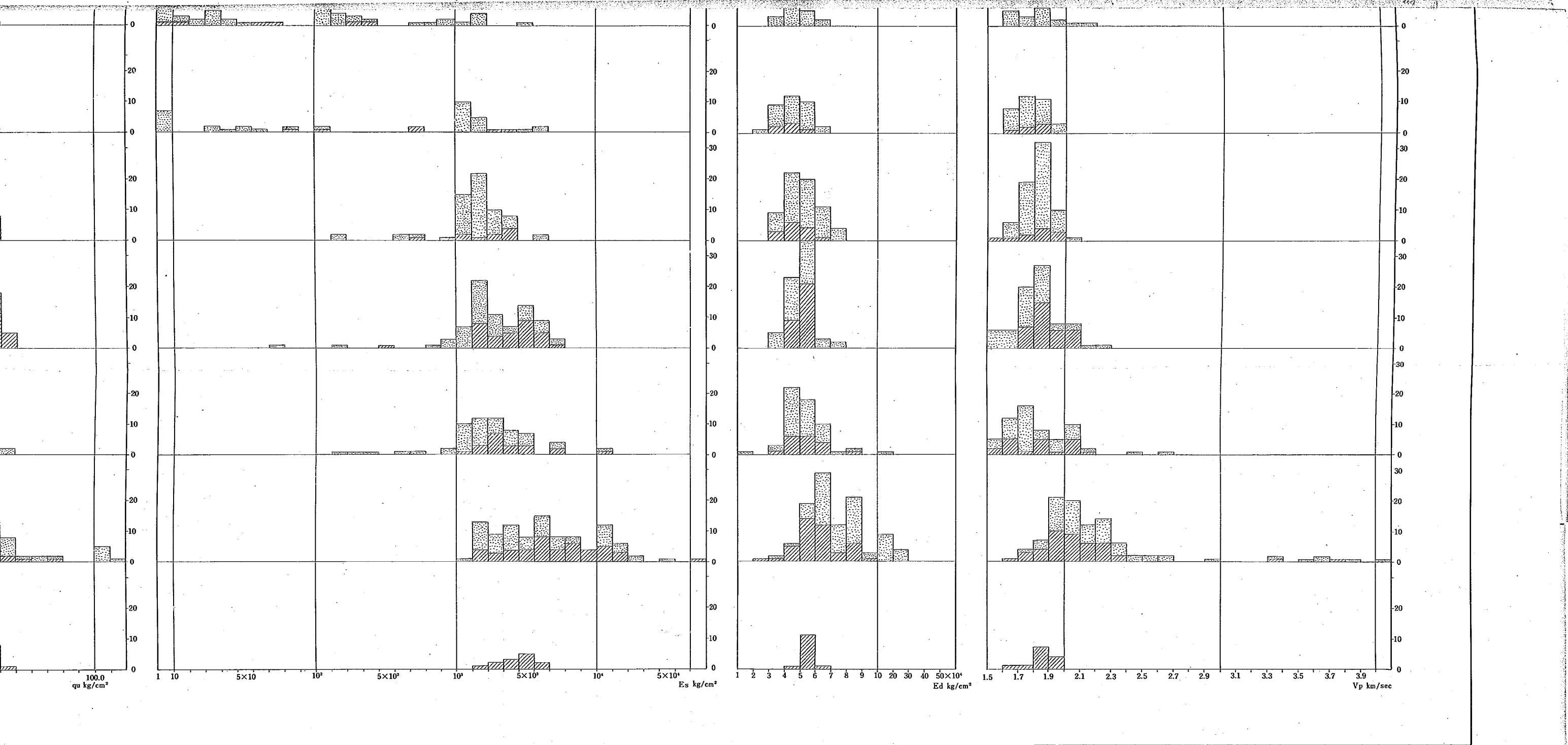


図 3.4-1 東京湾口の地盤の工学的性質ヒストグラム (2)  
Engineering Properties of Foundation Strata at the Entrance of Tokyo Bay. (2)

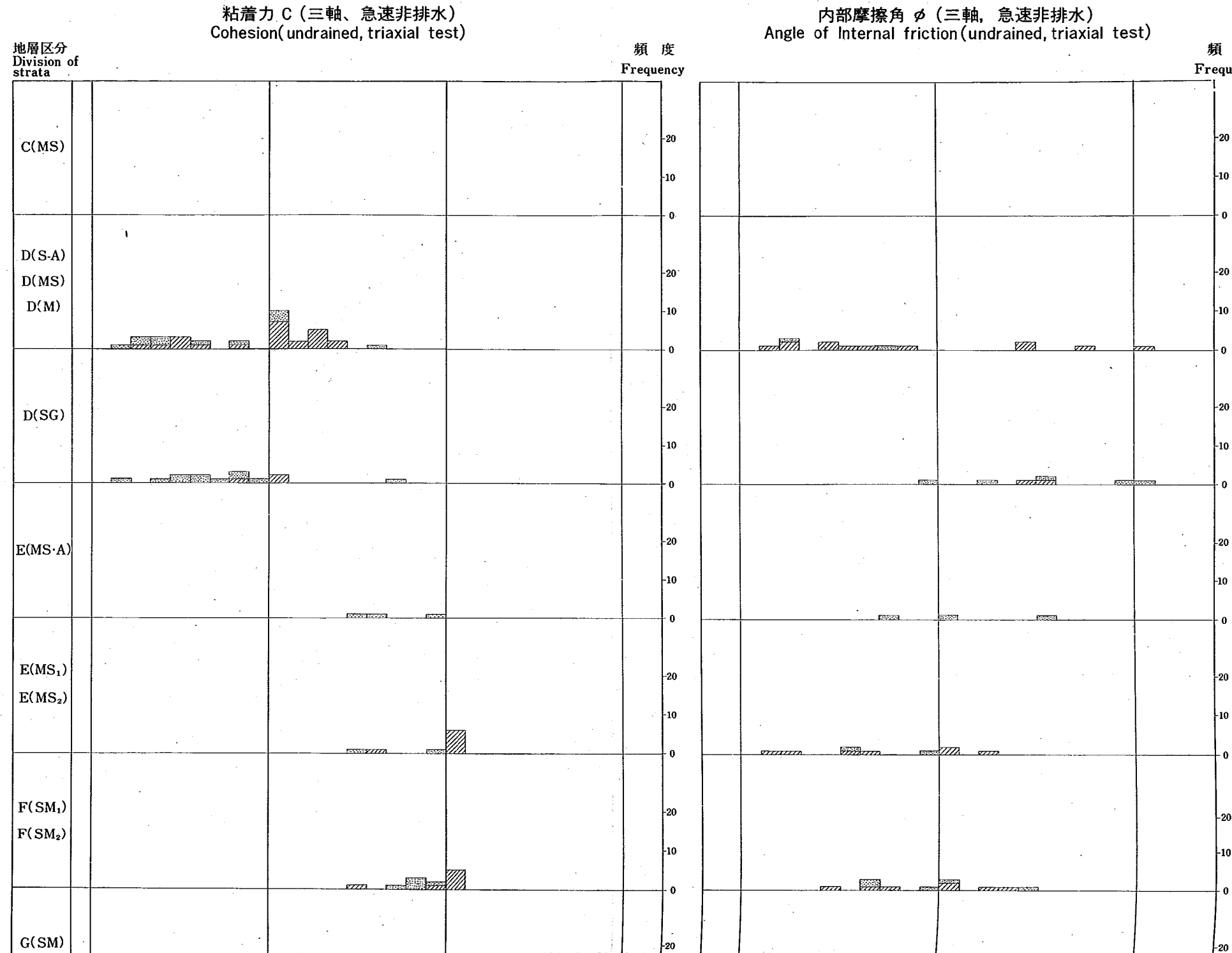


図 3.4-1 東京湾口の地盤の工学的性質ヒストグラム (2)  
Engineering Properties of Foundation Strata at the Entrance of Tokyo Bay. (2)

