



Title	11. 静内川中流ダム地点に於ける基盤物質の物理探査
Author(s)	早川, 福利; HAYAKAWA, Fukutoshi; 神, 祿郎 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 9, 111-121
Issue Date	1962-03-06
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.9.111">https://doi.org/10.14943/gbhu.9.111</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/13842">https://hdl.handle.net/2115/13842</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	9_p111-121.pdf



# 11. 静内川中流ダム地点に於ける 基盤地質の物理探査

早川 福利・神 祿 郎・田治米鏡二  
(北海道大学理学部地球物理学教室)

河 田 英  
(道立地下資源調査所)  
— 昭和36年8月受理 —

## I. ま え が き

北海道電力KKでは日高静内川水系の電源開発の一環として、静内地点・下静内地点に堤高それぞれ50m及び30m内外のコンクリート重力ダムの建設を計画しており、以前に10数本の予察的ボーリングを行なった。本調査は同社の委託により、昭和35年8月～9月の約20日間にわたり、両地点の河床に於ける基盤面深度を計測してその地下等高線図を作成する目的を以って行なったものである。

調査に当っては、電気探査法を早川、神、が主として担当し、弾性波探査法については田治米等<sup>1)</sup>が、地質構造については河田がそれぞれ担当して行なった。

はじめは静内地点に於いて、専ら電気比抵抗法を実施したが、大半の地帯では河床礫層と基盤との比抵抗の比が極めて小さくて、基盤深度の判定が困難であると認められたため、途中より弾性波探査法に切換えた。下静内地点に於いては主として弾性波探査のみによって一応調査の目的を達した。

この調査報告はこれ等の調査の概要を述べたもので、特に弾性波探査による基盤深度の算出の経過等については、その詳細を別記文献<sup>1)</sup>に報告してあるので参照されたい。

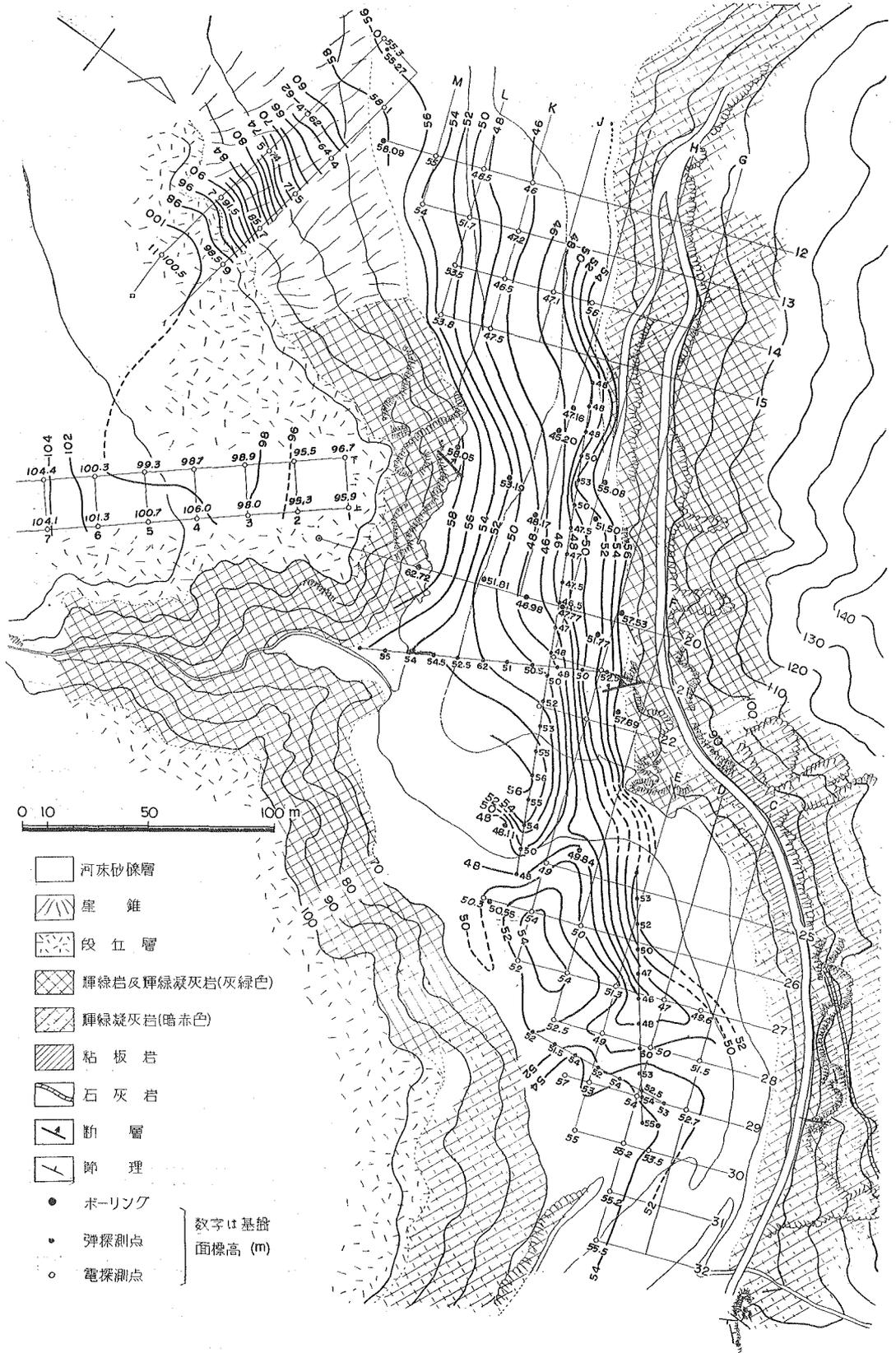
## II. 静 内 地 点

### §1. 地 質 概 況

本地点は静内川口より上流約20kmの二股に達し、これから右支流メナシベツ川を遡ること約0.7kmで下静内地点に達する。静内地点は更にその上流約3kmに位する。[5万分の1地形図農屋]

静内地点は第1図に見るごとく、河床標高62m内外で、右岸は急峻な斜面をなすが、左岸側は比高約40mの急崖の上にやや平坦な段丘面をのせている。

1) 田治米鏡二・岡田広・浜田和郎・窪田将：静内ダム及び下静内ダム予定地での弾性波探査。北大地球物理学研究報告，第8号(1961, 3月)。



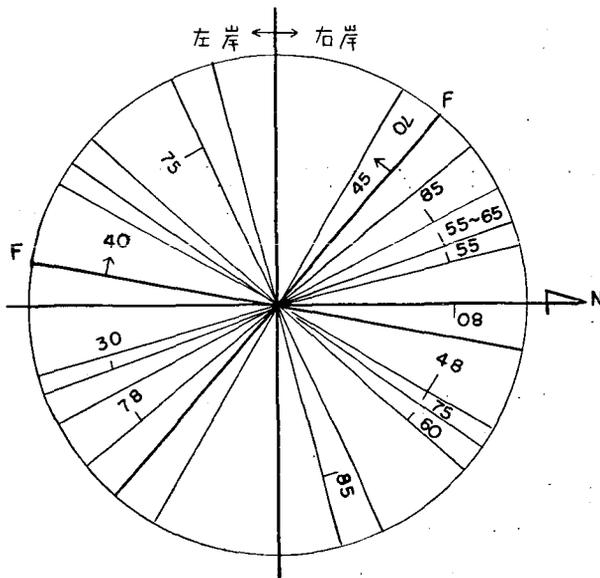
第1図 静内地点探査平面図(地形、地質分布、測線配置及び基礎面等高線図)

Fig. 1. The plane explored at Shizunai (Topography, Geology, Observed span and the contour line of the basic rock.)

この附近一帯の地質は、先白堊系の輝緑凝灰岩・粘板岩・砂岩を主とし、これにchert・石灰岩等を夾む累層で、一部に輝緑岩を伴っている。

調査地区内の地質分布は第1図に示すごとく、中央の dam center line [測定 20 線] 附近は灰緑色緻密堅硬な輝緑凝灰岩で一部に層理を示し、数箇所にて巾数 m~10 数 m の細粒の輝緑岩が岩床状に進入しているが、両者は区別しがたく、土木地質的には略同様に扱い得るので図中には一括してこれを示した。この上流及び下流地帯には暗紫赤色の輝緑凝灰岩が厚く広く分布し、これは節理に富み剝離し易い。更に上流側では白色の石灰石の薄層を夾んで居り、図の下辺に相当する右岸小沢付近には極めて堅硬な赤色 chert が介在している。

中央部の輝緑岩及び灰緑色輝緑凝灰岩はいずれも岩質緻密堅硬で水蝕に耐え、従って川巾が迫り兩岸は急崖を成している。この地帯には図の如く左右兩岸にそれぞれ小断層が見られるが断層面は密着し破砕帯等も伴わないので著しい漏水等の恐れはないと認められる。上流及び下流地帯に分布する暗赤色輝緑凝灰岩及び灰黒色粘板岩は無数の節理や剝離に富み風化部では崩壊し易いので、川巾はやや開き兩岸の斜面も幾分緩傾斜となる。またこの地帯の各岩層に発達する節理面を plot すると第2図の如くであるが、その方向はいずれも区々で特に系統的なものは認められない。なお左岸側の標高約 100 m 以上の平坦面には、厚さ数 m の河成段丘礫層がかなり広く分布して居り、また下流左岸の斜面には一部崖錐が岩盤をおおっている。



第2図 岩層の節理と断層

Fig. 2. Joints and Faults.

## §2. 電気探査

河床の礫層下の基盤面の深度を測定する目的で、電気探査を実施した。測定には L10 型

大地抵抗測定器を用い、方法として WENNER の四極法及び平均三極法による垂直探査法を採用した。この平均三極法を使用した理由は、地形が狭く長い測線をとりにくいこと、移動電極が2極で足りることにもよるが、基盤面がかなり凹凸に富むと推定されるので、測定直下の比抵抗変化をなるべく正確に計測せんがためである。即ち  $P_1$  を測点に、 $C_2$  を半無限遠点に固定し、 $C_1$ 、 $P_1P_2$  の3極系の  $C_1P_2$  を交互に切換え乍ら電極間隔  $a$  を毎1 m 拡大して行く方法を採用した。この場合

$$\rho_a = 4\pi a \left( \frac{R_1 + R_2}{2} \right) = 2\pi a (R_1 + R_2)$$

に於いて各  $R_1$ 、 $R_2$  の値に大差ない場合は、測点下周囲の地層比抵抗値や、基盤面の凹凸傾斜等に著しい変化がないものと一応判断される。

測点は第1図に示す如く20 m 方眼に配置し、測定深度は各々30 m であった。

測定に先だち、露出面に於いて測定した各地層の平均比抵抗値は大体下記の通りである。

細粒輝緑岩 (緻密堅硬のもの)	1420 $\Omega$ -m
暗赤色輝緑凝灰岩 (節理多きもの)	273 //
同 (節理少なきもの)	1620 //
灰黒色粘板岩 (剥理著しいもの)	158 //
赤色 chert (緻密堅硬のもの)	1500 //
河床礫	600 //
河水 (水温 20°C)	217 //

露頭面での比抵抗値の測定は地下構造解析上の重要な資料とされるのであるが、対象物がおおむね乾いた状態にあることが多いのに対し、地下構造としては地下水のため湿潤し飽和していることなどの理由で、同一地層でも露頭における測定値と解析の結果から推定される下層の比抵抗値とは一致しない。従って上記の比抵抗値は半定量的に地下地質構造の傾向を推察することに利用される。

静内地点における測定は河床上において40点、左岸段丘面上においては段丘層の層厚を求めるために16点、また左岸における傾面上においては崖錐の厚さを得る目的で10点のそれぞれの電気探査測定を施した。[第1図参照]

河床面に於ける電気探査の実施では、一部ではあるが、静内川の流路中で水深が深く急流で流れの激しい点では測定が実施できなかった。

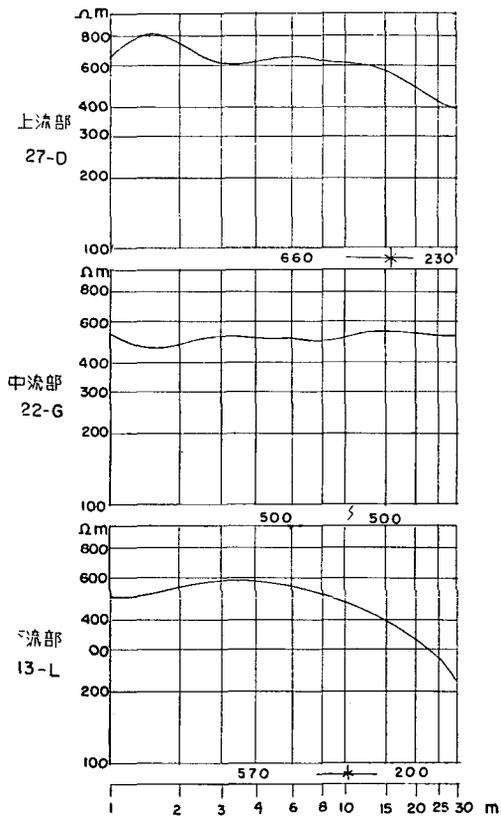
河床面における測定点のうちで、中流部 [22~20, G~H, 第1図参照] において河床礫層と基盤岩との比抵抗値が接近していて、比抵抗法でこの両者の境界深度を求めることが不可能な地帯がある。しかしこのことを基盤の比抵抗値が礫層の比抵抗値と等しいと考へて、河床面上における各測定点の基盤解析比抵抗値の分布状態からみると、この基盤の等比抵抗線は静内

川を横断する方向に並び、上流部では 200~350  $\Omega$ -m、中流部で 350~550  $\Omega$ -m、下流部では 150~300  $\Omega$ -m、と分布することがわかった。これは地質構造上からも対比させることが可能であって、上記のこの付近におこる露出面の平均比抵抗値と対応させて考えると、中流部に潜在する基盤岩 (350~550  $\Omega$ -m) は緻密堅硬な細粒輝緑岩 [1420  $\Omega$ -m] に対応し、上下流部に潜存する 150~350  $\Omega$ -m の基盤岩は暗赤色輝緑岩の節理の多少による比抵抗値の分布と考えられる。従ってこれらのことは局部的な現象を除くと、中流部に緻密堅固な輝緑岩が潜在し、上・下流方向にむかって次第に節理等を多くする輝緑凝灰岩が潜在していることを推定することができる。これらのことを示す上・中・下流部における代表的な  $\rho$ - $a$  曲線をそれぞれ第 3 図 (A) に示す。

河床面上での電気探査の実施に際して困難な問題となったのは、電極の接地状態であった。WENNER の原理においては“比抵抗を測定するとき接地抵抗は影響しない”と云う理論は実証されているが、野外における実際の応用については使用測定器によって測定限界は定まってしまう。L-10 測定器らについては測定回路内に電流計を入れて測定することによっても接地条件を考慮することができるが、今回の調査に当っては電極について考慮することとした。一般に電極で接地抵抗を少なくするためには電極を太くするより細くして深く地面に入れる方が効果がある。しかし、河床礫が発達している静内地点では礫の大きさも平均拳大であって電極を細くしても深くさすことは困難を極める。従ってできる限り深く挿入した上で更に電極に河水をかけて接地抵抗を下げる方法をとった。勿論こうすることによって、電極は結果的に太くなったと同じ効果を果すであろうが、これらの

効果については今後の問題として残されるであろう。左岸の河床面より上った地区で、崖錐及び段丘の層厚を調べる目的で 2 地区においてそれぞれ 2 本の平行測線を斜面に設定して探査を実施した。[第 1 図参照]

これらの代表的な  $\rho$ - $a$  曲線を第 3 図 (B) に示す。この二つの曲線にもみられるごとく、斜面での崖錐の比抵抗値は 300~600  $\Omega$ -m であって基盤岩の比抵抗の解析値はこれより低い値

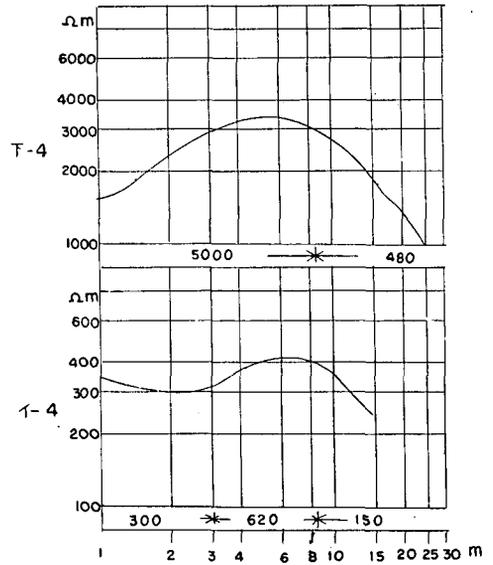


第 3 図 (A) 静内地点の  $\rho$ - $a$  曲線  
Fig. 3. (A)  $\rho$ - $a$  curves at Shizunai.

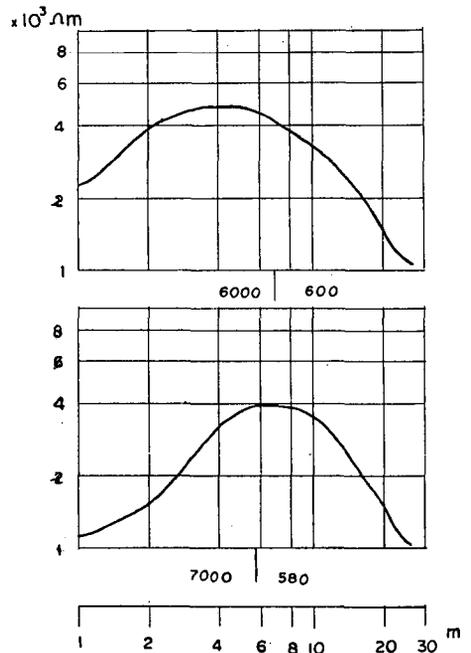
を示す。一方高台地は段丘層であって、これが 2000~6000 Ω-m と極めて高い比抵抗値を有していることがわかる。両地区における基盤岩の比抵抗の解析値は、高台地では 400~1000 Ω-m であり斜面上では 100~300 Ω-m となっている。このことは前述の河床面上での基盤岩の比抵抗分布の傾向と良く対応されていいて、中流部の河床面下に潜在した細粒輝緑岩が左岸高台上にまで追跡されることを意味する。

また斜面および高台上での電気探査法は 3 極中心法によったのであるが、この解析方法で興味ある点は、 $R_1, R_2$  の相違である。この  $R_1, R_2$  の相違は地下に潜在する地層の比抵抗の左右非対称も考えられるのであるが、左右での地下構造の非対称とも考えることができる。今  $R_1$  のみによる  $\rho-a$  曲線と  $R_2$  のみによる  $\rho-a$  曲線を求め、それぞれを解析することによって左右、 $R_1, R_2$  方向の構造を比較することができる。第 3 図(C) にその一例を示すとく、 $R_1$  と  $R_2$  とでは地層の比抵抗の解析値も異なっているが、この境界面の深度も異なっている。この深度の違いは、一つには地表面に対して地下の地層が傾斜していることが推定される。しかしこのことを更に定量的に示すためには更に多くの検討を必要としよう。

ダム予定地点のごとく土木工事に伴う探査においては常にその判定精度が問題となる。電気探査法においてはその解析能、解析誤差が問題とされるのであるが、電気探査法が、その解析に両対数紙にプロットした曲線を利用する関係でその判定は深度を増すとともに誤差を大きくすることは避けられない。この点についての改良研究が二、三行なわれているが現状では実用に至っていない。また解析能に



第 3 図(B) 静内地点の  $\rho-a$  曲線  
Fig. 3. (B)  $\rho-a$  curves at Shizunai.



第 3 図(C) 静内地点の  $\rho-a$  曲線  
Fig. 3. (C)  $\rho-a$  curves at Shizunai.

については多層構造における地層の解析能として比層厚と対応せしめた研究<sup>2)</sup>等があるが、今調査の場合のごとく2層構造と考えてよい場合についても種々の検討が行なわれる必要があろう。いずれにしても、ある電極間隔における抵抗値は地下構造での境界面の傾斜、起伏の度合および水平方向での比抵抗の分布等の函数として考えられ、成層構造であるとして解析を進めなければならない現状では、これらの誤差、解析能の問題については明確に言及することはできない。しかし、これらの  $\rho-a$  曲線の場合、解析能は主に地層比抵抗の比に左右され、解析誤差は主として接地条件などによる  $\rho-a$  曲線のばらつきと判定境界面の深度とによって定められると考へられる。

### §3. 弾性波探査

電気探査法が一部に電氣的に砂礫層の比抵抗値と同一の基盤の比抵抗値を有する地区があつて探査が不可能な状態を起したため、同地区内に4本の測線長460mの弾性波測線を設定し地下構造の算出を行なつた。この経過等については別記文献に記したので、その詳細についてはこれを参照されたい<sup>3)</sup>。

電気探査法において、基盤と礫層との比抵抗差が無かつた地区では2本の測線を設定し、更にこの上流部に電気探査測線と重複せしめて2本の測線を施した。予定地点内中流河床面上での測線は2本の測線を交又せしめ、これによって電気探査法では得られなかつた地下構造の算出に当てた。地層と速度を対比せしめると測線I及びII[第1図]の解析では

砂	層	100 m/s
河床	礫層	2000 m/s
輝	緑岩	4800 m/s

となり、I測線とII測線での各地層の速度の差は認められない。

測線III, IVについては、I, II同様に交又せしめて設定したがいずれも地形の制約を受けて従来の弾性波探査におけるごとく充分長い測線をとることができなかつた。従つてこの欠点を補うべく解析方法に工夫を施した上で地下構造の算出を行なつた<sup>4)</sup>。

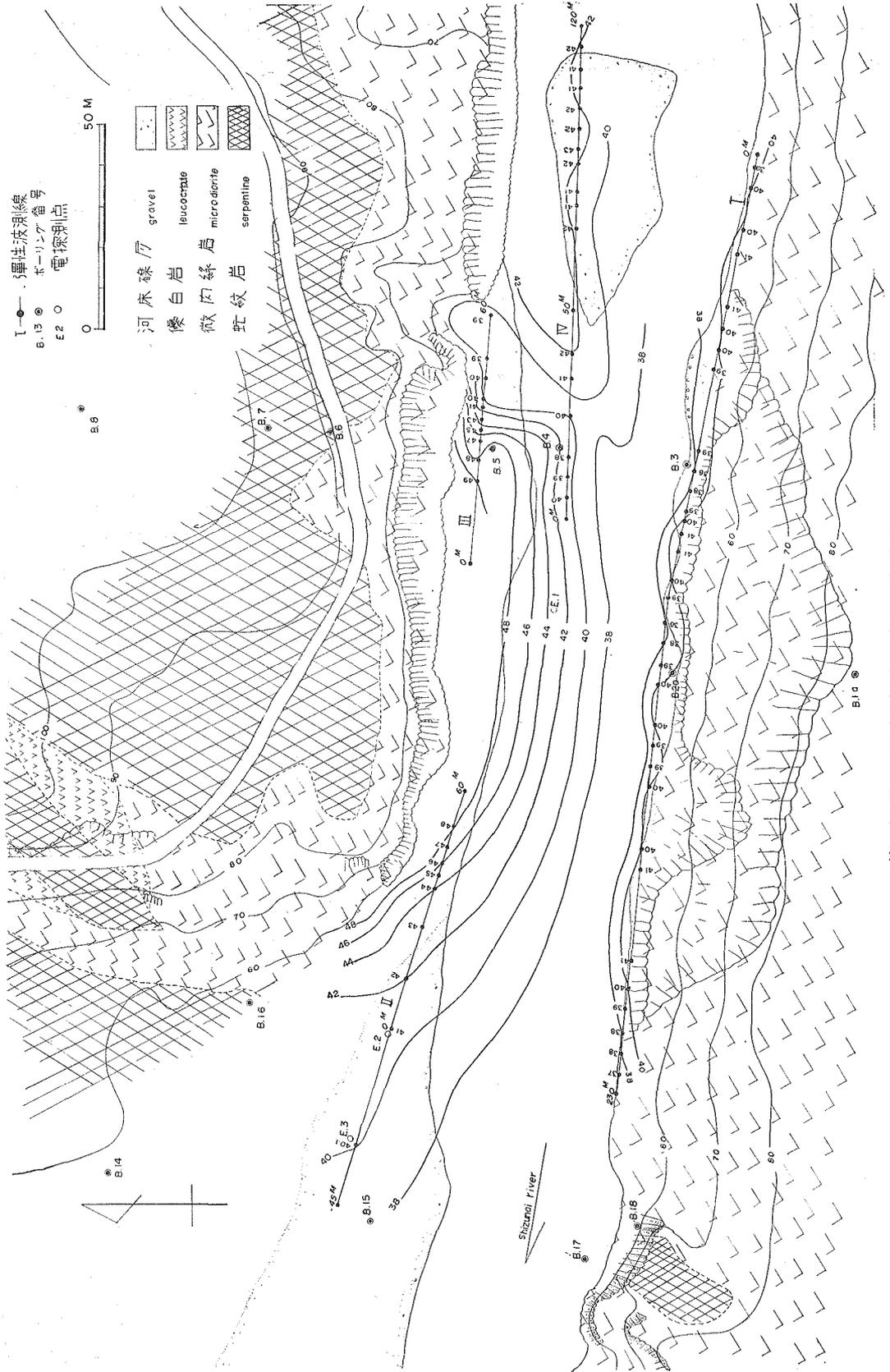
これらの地下構造の算出結果は電気探査解析結果と良く対応され、地下の速度分布は砂礫層の2000 m/sの下部に3200 m/sの基盤が潜在している。これらの結果を電気探査法による比抵抗値と対応せしめると次のごとくなる。

地 層	速 度	抵 抗 値
細粒輝緑岩	4800 m/s	350~550 $\Omega$ -m
輝緑凝灰岩	3200 m/s	150~350 $\Omega$ -m
砂 礫 層	2000 m/s	400~600 $\Omega$ -m

2) H. Flathe: Possibility in Application Geoelectrical Methods in Coastal Areas of North West Germany, Geophys. Prosp., Vol. 3 (1954).

3) 前掲1)参照.

4) 前掲参照.



第 4 图 下静内地点探查平面图  
 Fig. 4. The plane explored at Shimo-shizunai.

測定器は米国 E.T.L 会社製 PRA 2 型屈折用地震探鉱器 12 成分を使用し、上下動 7.5 c.p.s の pick up を single で用いた。なお pick up 配置の間隔は必要に応じて 1.0 m 或いは 2.5 m としたが全般を通じて 5.0 m を標準として実施した。

#### § 4. 基盤面の形状

以上の各測定に基づいて河床における基盤面の地下等高線を描くと第 1 図に示すごとくである。図中の各測点及びボーリング点の数字は基盤面の海拔標高であり、地下等高線は毎 2 m である。中央部では前述のごとく比抵抗法では判定が不能であったので、専らボーリングと弾性波探査結果により等高線を描いた。

基盤面の形状は上流左岸寄りを除いては極めて単調で、ほぼ現在の谷形に沿い、基盤の谷は河床の中心を縦走しているが、dam center line [測線 20] 付近では基盤が堅硬なため谷壁が急峻で迫っているのが目立つ。

なお左岸の遮水壁部及び仮排水路隧道予定部にあたる段丘及び崖錐上においても、比抵抗法により探査を実施した基盤面の等高線も図に示す通りである。

### III. 下 静 内 地 点

#### § 1. 地 質 概 況

下静内地点は静内地点の下流約 3 km に位する。地形地質は第 4 図に示すごとくで、この附近一帯は蛇紋岩が広く分布し、これは剪断運動により片状蛇紋岩が多く、基盤地質としては不適當と考えられる。しかしダム計画地点では 300 m 以上にわたって微閃緑岩の岩脈が、川を横断して蛇紋岩中に侵入して居り、この地点では河谷の兩岸は屹立して迫り締切地点として絶好の地形を提供している。

微閃緑岩は淡色細粒緻密な半深成岩で、灰白色の斜長石及び淡緑色の角閃石・輝石から成っており、岩質極めて堅緻な石材として右岸側で採掘されている。大きく柱状節理が発達するが節理面は密着し、可成りの大塊が採掘できる。

なお右岸河床との比高約 30 m の高所の道路附近では、半ば粘土化した蛇紋岩が分布して居り、微閃緑岩に伴った優白岩 (殆んど斜長石のみから成る trouhjemite) の小岩脈がこれを貫いているのが見られる。

左岸側は高さ 50 m 以上に及ぶ微閃緑岩の絶壁が聳立し、川岸にはその崩落せる岩塊が崖錐状に堆積している。

#### § 2. 弾性波探査及び電気探査

河床は一面に礫が堆積して岩盤の露出は見られず、谷巾一杯に急流が流れている。以前に河床で 3 本の予察的ボーリングを行なったが、なお広く基盤面の形状を探査する目的で主として弾性波探査を行なった。

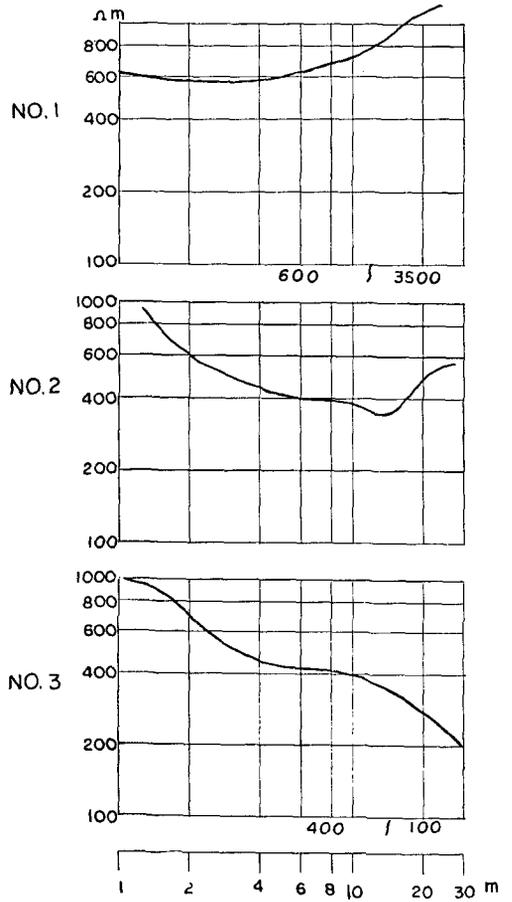
測線は第 3 図に示した如く 4 測線で、I 線以外は地形の関係で十分長い span をとり得な

かった。また水深が深く急流であるため、測線は河床を横断する方向にとりえず、いずれも兩岸に沿うて縦断する形となった。pick up の配置や発破については静内地点と同様である。

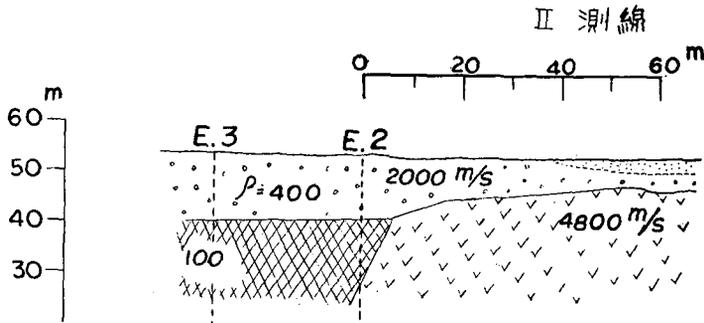
走時図を解析して各測線の地下構造を描くと別図の通りである<sup>5)</sup>。即ち弾性波速度は静内地点と大体同じく

基 盤 (微閃緑岩)	$v_3=4800$ m/s
河床礫層	$v_2=2000$ //
砂 層	$v_1=1000$ //

である。ただ測線 II の測点 35 では基盤の  $v_3$  層が下流側へ傾斜して落ちているが、これは基盤面が深くなると同時に基盤が速度の遅い蛇紋岩に変わるためと判断される。このことは 3 測点で check した比抵抗探査でも明らかで、第 6 図及び第 5 図に見る如く、上流の測点  $E_1$  では基盤は比抵抗の高い ( $\rho=3500 \Omega\text{-m}$ ) 微閃緑岩であり、下流の測点  $E_3$  では比抵抗の低い ( $100 \Omega\text{-m}$ ) 蛇紋岩である。両者の境界附近に当る測点  $E_2$  では明らかに三層構造を示し、示徴としては



第 5 図 下静内地点の  $\rho$ - $a$  曲線  
Fig. 5.  $\rho$ - $a$  curves at Shimo-shizunai.



第 6 図 物理探査測線断面図  
Fig. 6. A section deduced from geophysical prospecting.

5) 前掲参照.

第一層の 400  $\Omega$ -m 砂礫層下に更に低比抵抗を有する蛇紋岩の示徴をみる。そして右枝は上昇して微閃緑岩の高比抵抗示徴を認める。このことはこの二者の基盤の境界面が傾斜しているとすれば、蛇紋岩が微閃緑岩の上部にのるような傾斜構造を推定することができる。従つてこのような条件のもとで測線 II において弾性波探査によつて求められた地下構造のなかで微閃緑岩 (4800 m/s, 3500  $\Omega$ -m) は下流側へ傾斜して、この上に蛇紋岩 (100  $\Omega$ -m) がのっていると考えられる。この境界面の傾斜の度合については更に考察されるべき多くの問題を含んでいるので今回の調査では定性的な判定に止めておく。

### §3. 基盤面の形状

以上に述べた弾性波探査結果に基づき、電気探査及びボーリング結果をも参照して、河床における基盤面の形状を地下等高線で表わすと第 4 図に示すとくなる。これは測線の配置や data の不足等不十分なきらいはあるが、基盤の大体の形状を表わして居り、谷は V 字形を呈してその最深部は深さ 16 m 以上に達し、且つ左岸寄りを走っている。

而して下流側では、基盤が蛇紋岩となるため谷底は深く U 字形に開くものごとく、従つて dam center は堤体が蛇紋岩にかからない様、少なくとも測線 III の測点 0 よりやや上流側を通る様に設けることが望ましい。

## 11. Geophysical Prospecting for the Dam Site in Mid-stream of Shizunai River

By Fukutoshi HAYAKAWA, Rokuro JIN and Kyozi TAZIME  
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

Ei KAWATA  
(Geological Survey of Hokkaido)

It was the aim to obtain the contour line for the base rock which was considered from geological survey to be diabase, slate or microdiorite.

Electrical method was profitable for upper and lower parts of the dam site at Shizunai. But it could not be used in the middle part, because there existed no difference of specific resistance between gravel and the base rock. Seismic method, on the other hand, succeeded everywhere in the region, though it was used chiefly in the middle part alone. By the use of the two methods the contour line was obtained as shown in Figs. 1 and 4.

It will be most desirable, from view-point of efficiency as well as completeness, for dam site prospecting to adopt the combined treatment of electrical and seismic methods.