HOKKAIDO UNIVERSITY

| | |
|---|---|
| Title | 10. 弾性波探査による真駒内団地の水源調査 |
| Author(s) | 田治米, 鏡二; 堀田, 宏; 岡田, 広 |
| Citation | 北海道大学地球物理学研究報告, 10, 119-134 |
| Issue Date | 1963-03-25 |
| DOI | https://doi.org/10.14943/gbhu.10.119 |
| Doc URL | https://hdl.handle.net/2115/13853 |
| Type | departmental bulletin paper |
| File Information | 10_p119-134.pdf |

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

# 10. 弾性波探査による真駒内団地の水源調査

田治米鏡二・堀田　宏・岡田　広
(北海道大学理学部地球物理学教室)
— 昭和37年9月受理 —

## I. まえがき

札幌市の南部郊外の真駒内に人口数万人の団地が建設されつつある。このために上水道用水を数千 ton/day 確保する必要がある。

真駒内団地内の過半の地域では，既に比抵抗探査[1]及びボーリングが行なわれており，道立地下資源調査所で，この付近一帯の水理地質図の大要を作っている。

今迄の揚水試験等の結果によれば，この地域で多量の地下水を期待しうるのは新扇状地堆積層である。然るに今迄の調査によれば，団地南部ではこの層は存在している場合でも極めて薄い。故に北部に厚い新扇状地堆積層を捜さねばならぬ。

団地北部にも数個のボーリング孔があり，その中の2, 3は 50 m の深さ迄達している。然るに団地北部は駐留軍兵舎跡であって，多量の鉄屑が埋没しているので比抵抗探査に適さぬ。故に点在するボーリング柱状図を比抵抗探査でつなぐことができない。又団地北部の深さ 50 m 迄の井戸はいずれもこの地帯の基盤とみられる西野層に達していない。

団地北部における新扇状地堆積層の厚さと，西野層迄の深さとを知るために，弾性波探査が計画された。

比抵抗探査及びボーリング結果から推定される団地北部の地下構造の概要は第1表[2]の如きものである。これを参照すると，直ちに弾性波探査に原理的な困難さが感じられる。

**第1表　Table 1.**

| 地　　層 | 岩　　種 | 厚　　さ | 比 抵 抗 |
|---|---|---|---|
| 1 河床堆積層 | 砂・礫 | 1～ 3 m | 1000 Ωm |
| 2 新扇状地堆積層 | 玉　石 (粗) | 20 m 以下 | 500 Ωm |
| 3 旧扇状地堆積層 | 玉　石 (密) | 50～80 m | 200 Ωm |
| 4 西　野　層 | 集塊岩・頁岩 | | 100 Ωm |

i) 新旧扇状地堆積層の速度比は1に近いものと思われる。故に両者を速度で識別しうるか否かは疑問である。

1) 河田　英: 地下水の探査，物理探鉱，**11** (1958), 395.
2) 道立地下資源調査所の資料による。

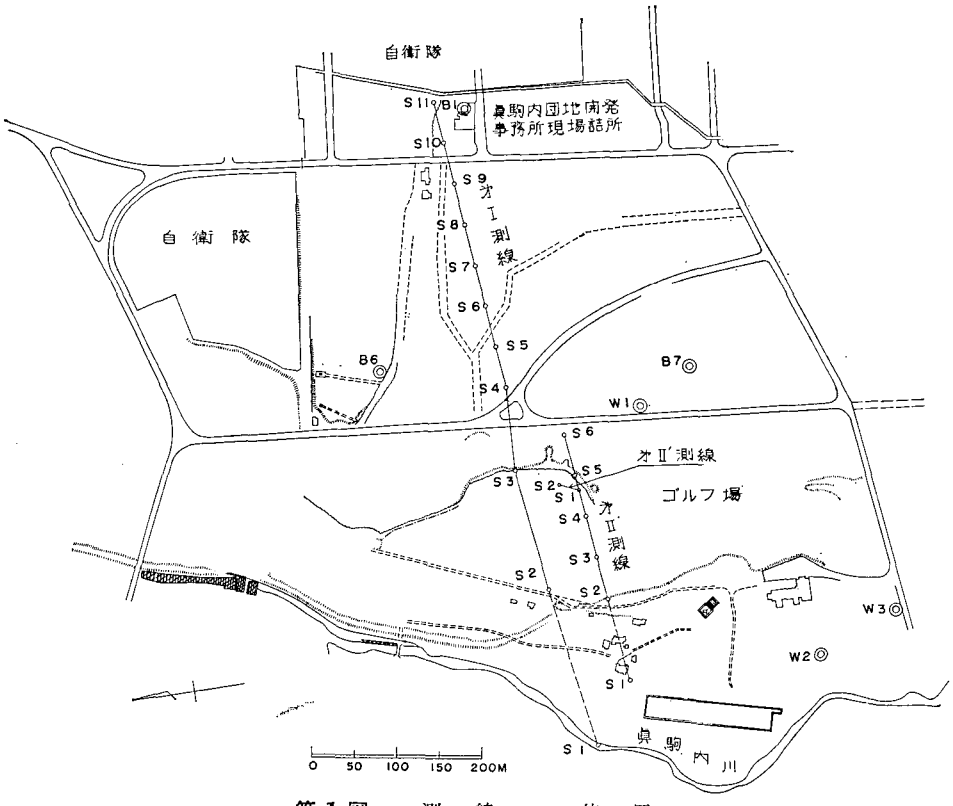
ii) 西野層の速度も亦上記2層の速度と大差ないと予想される。50 m 以上の深さにある西野層からの屈折波を確認することはやさしくない。

以上の理由で，弾性波探査の有効性には疑いがあったが，兎に角行なってみることにした。元来この地域は地質学的にも不明な点が多く，藻岩山側の基盤がこの地域にどの様に入って来ているかも未だ判っていないのである。

## II. 測 定 方 法

使用器械は米国 E.T.L. 会社製 PRA 2 型屈折用地震探鉱器 24 成分であって，同社製上下動 7.5 cps の pick up を single で用い，測線上に1列に配置した。

探査測線は第1図に示してある測線 I，測線 II 及び測線 II′ である。




**第1図 測線の位置**

**Fig. 1.** The location of seismic spans.

i) 深さ 20 m 前後と予想される境界面からの屈折波を初動として観測するために，発破点の間隔を 50 m にした。又この目的のために，pick up の間隔を 5～10 m にした。

ii) 深さが 50 m 以上あると予想される西野層からの屈折波をとらえるために，測線長を 300 m 以上にした。

測線上のS1，S2，S3,…は発破点の位置である。測定作業の能率を上げるために，測定日程に入る前に長さ1m余のコークスストーブ用煙筒を各発破点に2個ずつ埋めておいた。この地域は薄い表土の下がすぐ玉石混りの砂礫層なので，孔はすべてスコップで掘った。

測線Iに就いて説明すると，先ずS4↔S11間で予定通りの測定を行なった。然るに西野層からの屈折波らしいものが判然としなかった。故にS3を追加した。然し目的とする屈折波が未だ判然としなかったので，改めてS2，S11間にpick upを配置しなおし，S1，S2及びS11で発破をかけた。

測線IIはゴルフ場の東側から西側を通り抜け，更に西方に400m延長する予定であった。然し測線Iに予定以上の火薬を使い果した。この経験から必要と思われるだけ多量の火薬を爆発させるための発破孔が当初予定した測線IIの両端に得られなかった。更に，ゴルフ場の西側は河川用地であって，団地の区域外である。以上の理由で，ゴルフ場の西側は調査区域からはずした。

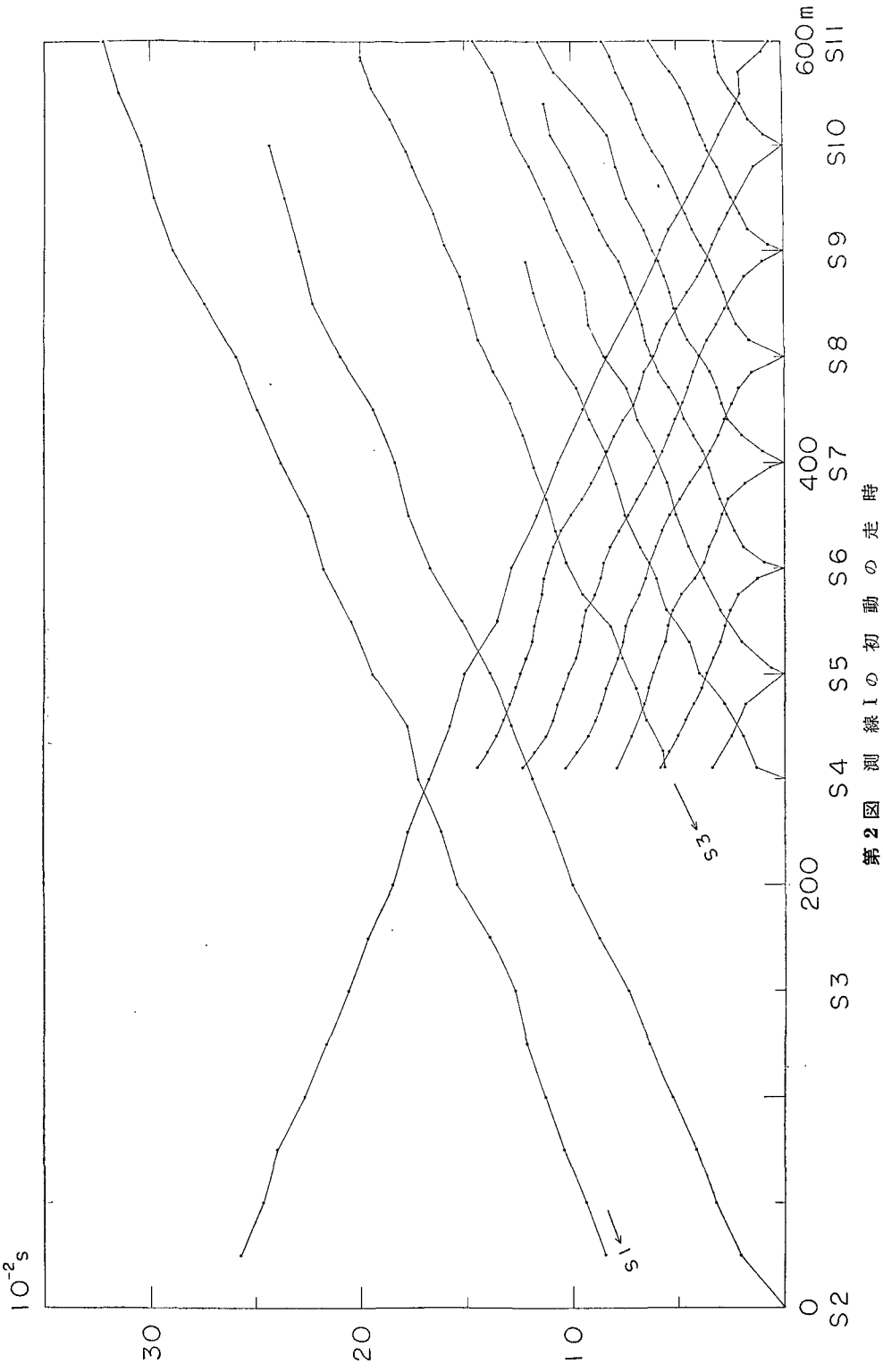
以上の測定は発破孔の仕上りを待って，1962年7月16日から21日の間に行なった。その間に一晩だけかなりの雨があって，豊平川も真駒内川も増水した。然し測定結果に大きな影響を及ぼすことはなかったと思う。但し風の強い日が多かったのでnoise levelが高く，増幅器のgainは余り上げられなかった。このためにも多量の火薬を必要としたのである。

測定の際の諸資料は第2表に挙げてある。記録紙番号32及び33に対しては互いに約1m離れた発砂孔を4本ずつ用意し，ダイナマイトを0.5kgずつ分散させた。その上で夫々4

**第2表　Teble 2.**

| 記録紙番号 | 測線 | 発破点 | 薬頭深(m) | ダイナマイト | 記録紙番号 | 測線 | 発破点 | 薬頭深(m) | ダイナマイト |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | I | S10 | 0.97 | 200 g | 7 | II | S 6 | 1.17 | 100 g |
| 4 | I | S11 | 1.05 | 300 | 8 | II | S 5 | 1.10 | 100 |
| 5 | I | S 9 | 1.11 | 100 | 9 | II | S 4 | 1.16 | 100 |
| 6 | I | S 8 | 1.16 | 100 | 10 | II | S 3 | 1.20 | 100 |
| 22 | I | S 4 | 1.10 | 300 | 11 | II | S 2 | 1.10 | 100 |
| 23 | I | S 5 | 1.00 | 200 | 12 | II | S 6 | 1.05 | 100 |
| 24 | I | S 6 | 1.19 | 100 | 13 | II | S 5 | 1.10 | 100 |
| 25 | I | S 7 | 1.15 | 100 | 14 | II | S 4 | 1.15 | 100 |
| 26 | I | S 8 | 1.20 | 100 | 15 | II | S 3 | 1.12 | 100 |
| 27 | I | S 9 | 1.20 | 100 | 16 | II | S 2 | 1.13 | 100 |
| 28 | I | S10 | 1.00 | 200 | 17 | II | S 1 | 1.05 | 200 g |
| 29 | I | S 7 | 1.15 | 100 | 19 | II′ | S 1 | 0.2 | cap 1 |
| 30 | I | S 6 | 1.15 | 100 | 20 | II′ | S 2 | 0.2 | cap 1 |
| 31 | I | S 3 | 0.86 | 500 g | | | | | |
| 32 | I | S11 | 1.5 | 2.0 kg | | | | | |
| 33 | I | S 2 | 1.4 | 2.0 | | | | | |
| 34 | I | S 1 | 水深1m | 3.9 kg | | | | | |

備考　filter position: F 5 (no filter),　gain position: 4,　out put: 20～70%.




**第 2 図** 測線 I の初動の走時

**Fig. 2.** Time-distance plots for span I.

本の cap を直列につなぎ斉発させた。記録紙番号 34 に対してはダイナマイトを 1.9 kg と 2.0 kg とに分け，約 2 m 離して真駒内川の川底で斉発させた。

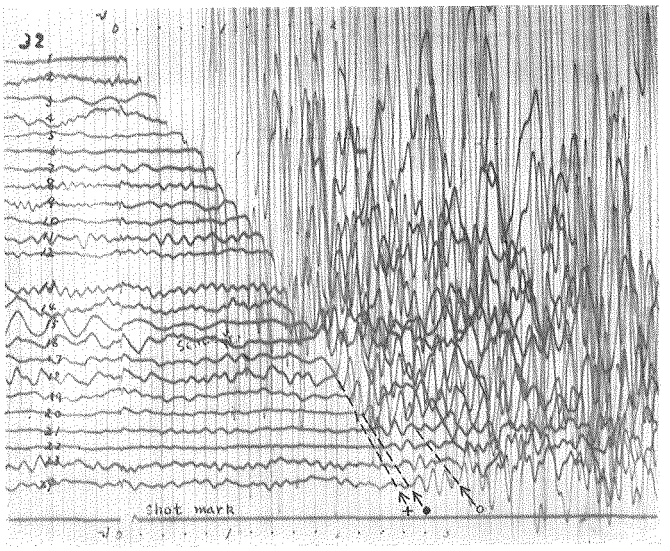
地上の発破では小石の飛散を防ぐために，発破孔の上に数枚の古畳を置いて発破をかけた。

## III. 測線 I の測定結果

初動走時の読み取り値は第 2 図に示してある。表層部を除けば，走時曲線の傾斜は大局的にはすべて $(18\times10^2\ \mathrm{m/s})^{-1}$ と $(26\times10^2\ \mathrm{m/s})^{-1}$ との間に入ってしまう。然も傾斜の移り変り方が明瞭でない。

まえがきで予想していた如く，上層から下層迄速度に余り差がないことが判った。然も地層にかなりの不均等性があるらしく，屈折点が明瞭でない。故に観測された地層の数すら第 2 図から簡単に指摘することができぬ。

そこで代表的な地震記象から later phase をいくつか調べてみた。たとえば第 3 図に示した record No. 32 を見ると，S 2 地点に対応する trace 24 近くで顕著な later phase が 2 つある。

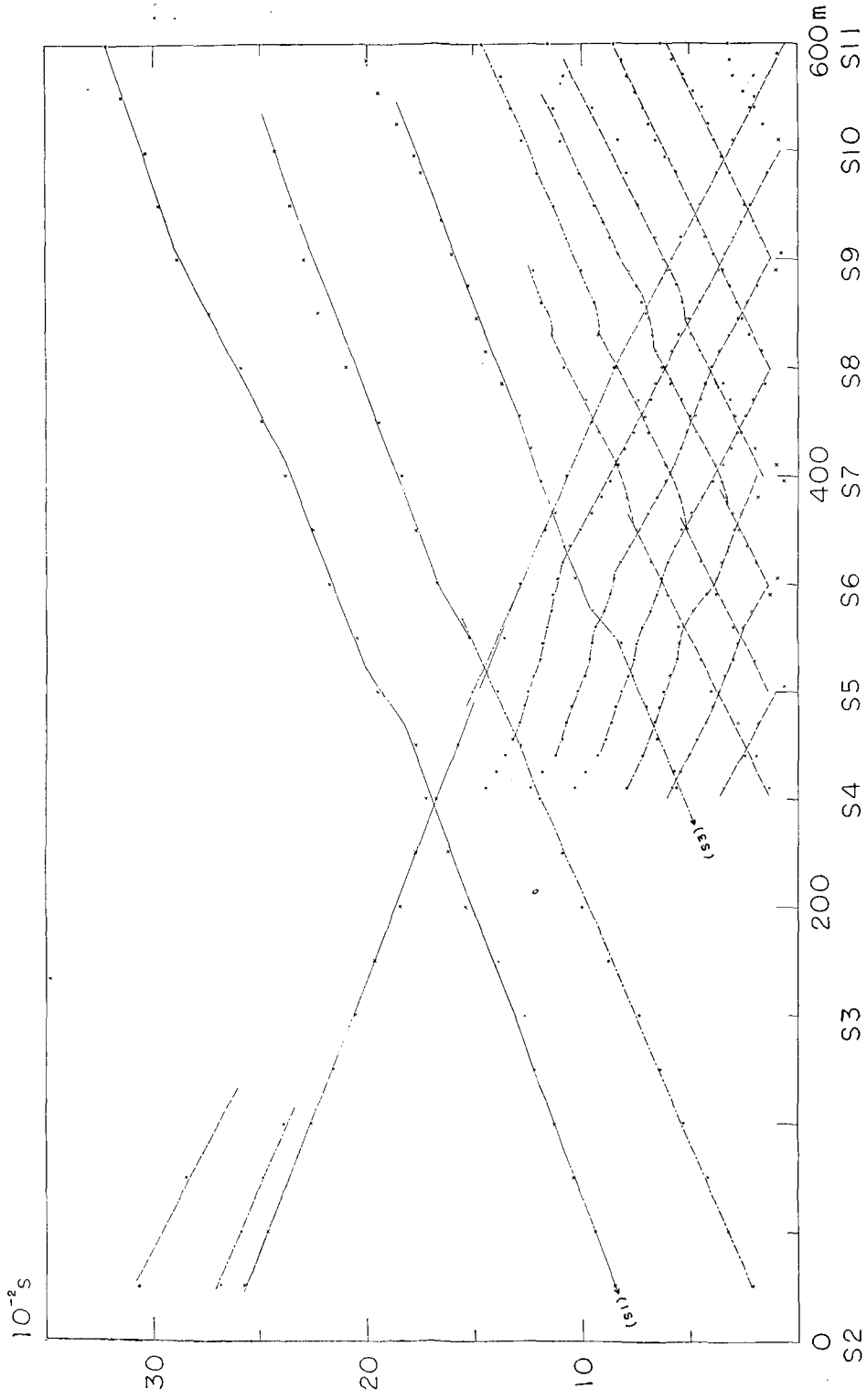



**第 3 図**　記錄紙番号 32，刻時 1/100 秒.

**Fig. 3.**　Seismic record No. 32. Time-marks 1/100 s.

これらに夫々 ○ 及び ● 印を付け，trace 24 の初動に ＋ 印を付けると，S 11→S 2 の走時図は第 4 図及び第 3 表の如く整理される。S 11 以外から始まる走時曲線についても，第 4 図に示した如く，第 3 表の要領で全部分類を行なった。

この分類法は，S 11→S 2 の走時曲線を基礎にし，他の走時曲線については主としてその傾斜だけに眼をつけている。但し S 4 と S 6 との間の如き複雑な走時図については，ray path による走時そのものをも考慮している。




第4図 測線Iの走時の分類

**Fig. 4.** Classification of the time-distance plot for span I.

かくの如く全走時を分類した上では，第1表と第3表とを上の行から順次対応させることができよう。

後の計算に必要なので，第3表を使って第4表を算出しておく。$n=m+1$ の場合には $i_{mn}$ は臨界角である。

**第 3 表　Table 3.**

| 走時の分類 | | P 波 の 速 度 |
|---|---|---|
| $T_1$ | × | $v_1$　$5\times10^2$ m/s |
| $T_2$ | ---○--- | $v_2$　$19\times10^2$ |
| $T_3$ | ---●--- | $v_3$　$23\times10^2$ |
| $T_4$ | ---+--- | $v_4$　$26\times10^2$ |

**第 4 表　Table 4.**

$i_{mn}=\sin^{-1}(v_m/v_n)$

$v_m/\cos i_{mn}$，単位 $10^2$ m/s

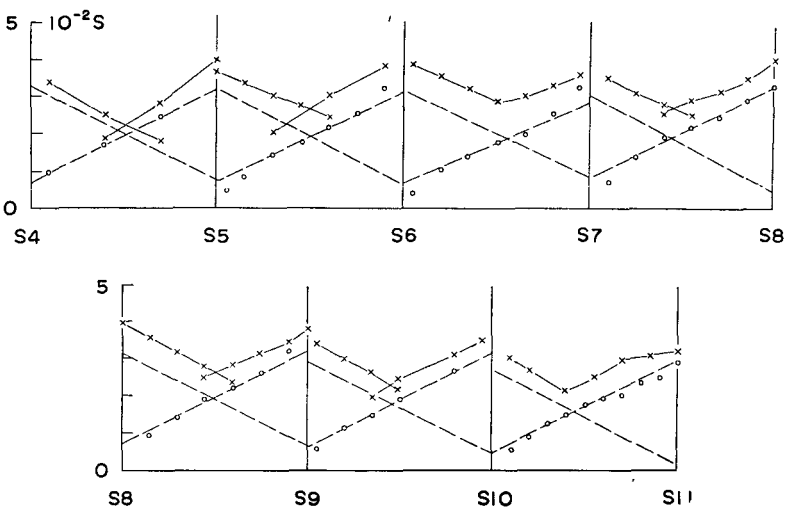
| $m$ | $n$ | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 15°<br>5.2 | 13°<br>5.1 | 11°<br>5.1 |
| 2 | | 56°<br>34 | 47°<br>23 |
| 3 | | | 62°<br>49 |

## IV. 測線 I の $v_1$ 層の算出

S 4↔S 5, S 5↔S 6, …, S 10↔S 11 の走時を使って method of differences[3] の計算を行なうと，夫々第5図の白丸 $T_2'$ の如くなる。各区間の中には白丸が余りよい直線性を示さぬものもあるが，これは表層の不均等性に依るものと思われる。この様な場合には，表層と考えている $v_1$ 層の厚さ $h_1$ を次式

$$h_1=(T_2-T_2')(v_1/\cos i_{12}) \qquad \text{(IV-1)}$$

によって画一的に算出することは許されぬ。




**第 5 図　$T_2'$ 直 線 と $T_2$**

**Fig. 5.**　$T_2'$ is indicated by ○ and $T_2$ by ×.

3) 田治米鏡二・岡田広・浜田和郎・窪田将：静内ダム及び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，8 (1961), 11.

但し

$$T_2 - T_2' = 0.1 \sim 0.8 \times 10^{-2}\,\mathrm{s} \tag{IV-2}$$

なので，第4表を参照すると，大体

$$h_1 = 0.5 \sim 4\,\mathrm{m} \tag{IV-3}$$

と推定される。

S 6 及び S 7 から西に進む傾斜が小さいのは，S 6 から西方に $v_1$, $v_2$ 両層の境界面が約 3° の上り勾配であることを意味している。

第4図では，更に S 7 付近及び S 8 と S 9 の間に $h_1$ の階段構造があるものと推定される。落差 $\Delta h_1$ は，

$$\Delta t \approx 0.5 \times 10^{-2}\,\mathrm{s}$$

なので，

$$\Delta h_1 \approx \Delta t \cdot (v_1/\cos i_{12}) \approx 2\,\mathrm{m}$$

程度と考えられる。

以上の結果をまとめると，第7図に描いた $v_1$ 層の如くなる。$v_1$ 層の厚さはボーリングや比抵抗探査の資料から指摘されている表層よりも厚い。$v_2$ 層の速度は第3表に挙げた如く $19 \times 10^2$ m/s であって，地下水の影響が充分現われている。これに反し，$v_1$ 層の速度は水の速度 $15 \times 10^2$ m/s に比して極めて小さく，$v_1$ 層はがさがさしていて水を余り含んでいない。ここに云う $v_1$ 層は地表から地下水面に達する迄の層の総称であって，この様に，ボーリング柱状図等の表層と必ずしも一致しないのである。

走時 $T_2$ の複雑性，従って $T_2'$ の直線性が悪いこと等から，上に述べた如く，第4表と (IV-1) とから $h_1$ を算出するのは無理である。然し今回の調査目的は $h_1$ を綿密に調べるのではなくて，これより下の層の厚さ $h_2$, $h_3$ を推定するのが主眼である。

幸いにして，第4表によれば

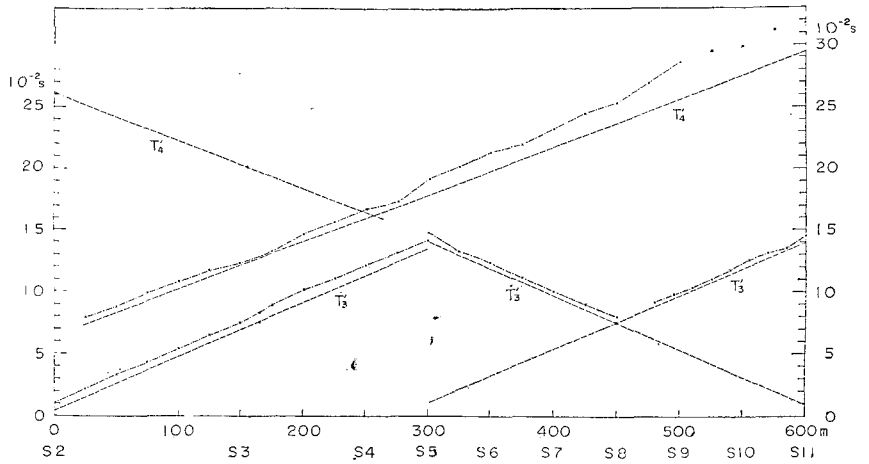
$$v_1/\cos i_{12} \approx v_1/\cos i_{13} \approx v_1/\cos i_{14}\,. \tag{IV-4}$$

故に $h_2$ 及び $h_3$ の算出には (IV-2) のみを考慮すればよく，(IV-3) にとらわれる必要はない。逆に云えば，(IV-4) の条件を満すように $v_1$ 層を選ぶことと，$T_2'$ 直線を上手に求めることが大切なのである。

## V. 測線 I の $v_2$ 及び $v_3$ 層の算出

$v_2$ 層の厚さを method of differences で算出するためには，$T_3'$ 直線を求めねばならぬ。然し第4図によれば，$T_3$ 曲線が互いに交叉した後長く続いている部分がない。故に普通の方法で観測値から $T_3'$ を直接算出することができぬ。止むを得ぬので，「屈折波の重複区間がない場合の解析法」[3] によって $T_3'$ 直線を作図し，これを第6図の S 7, S 11 間に描いた。同図の ×

3) 前出




**第 6 図**　$T_3'$ 及び $T_4'$ 直線と $T_3^*$ 及び $T_4^*$

**Fig. 6.**　$T_3'$ and $T_4'$ are indicated by straight lines, but $T_3^*$ and $T_4^*$ by ×.

印は

$$T_3^* = T_3-(T_2-T_2')(\cos i_{13}/\cos i_{12}) \tag{V-1}$$

である。

S 7 の西側には両端発破による $T_3$ の組合せは得られていない。故に S 7 で $T_3^*-T_3'$ が S 7↔S 11 のそれと等しくなるように $T_3'$ 直線を作図した。

もともと $T_3$ 曲線が甚だ不規則であり，その上 $T_3'$ 直線も極めて作意的に求めたのであるから，$T_3^*-T_3'$ のみを頼りにして $v_2$ 層の厚さを決めるには多くの危険がある。ここでは

$$h_2 = (T_3^*-T_3')(v_2/\cos i_{23}) \tag{V-2}$$

を以って，$v_2$ 層の厚さの第 1 近似とした。

S 1←S 11 の $T_4$ についても，S 7↔S 11 の $T_3$ と同じ取り扱い方を行なった。第 6 図の $T_4'$ もやはり理論的[3]に作図したのである。

$$T_4^* = T_4-(T_2-T_2')(\cos i_{14}/\cos i_{12})-(T_3^*-T_3')(\cos i_{24}/\cos i_{23}) \tag{V-3}$$

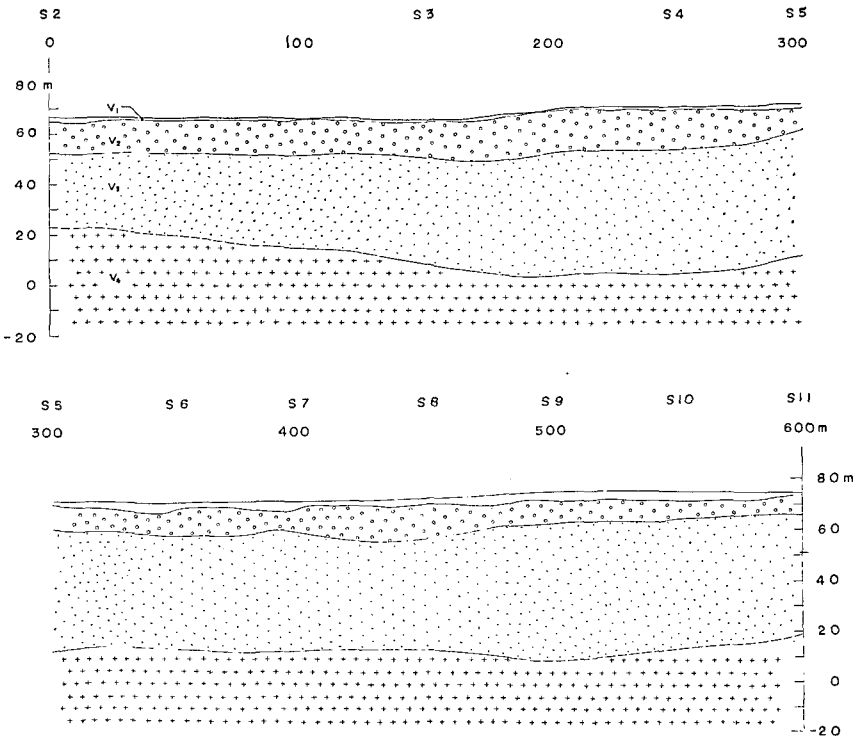
であって，

$$h_3 = (T_4^*-T_4')(v_3/\cos i_{34}) \tag{V-4}$$

を以って，$v_3$ 層の厚さの第一近似とした。

このようにして，$v_2$ 層，$v_3$ 層間及び $v_3$ 層，$v_4$ 層間の境界面の位置の見当をつけた後に，各観測点迄の ray path による走時を計算し，第 4 図或いは第 2 図の走時と $0.3\times10^{-2}$ s 以上喰い違っている場合には，第 1 近似で推定した地下構造を修正した。その結果が第 7 図の $v_2$ 及び $v_3$ 層である。

3) 前出




**第 7 図** 測線 I の地下構造

**Fig. 7.** The structure under span I.

走時の喰い違い $\Delta t$ による層厚の誤差 $\Delta h$ は

$$\Delta h_m = \Delta t \cdot v_m \cos i_{mn} \qquad \text{(V–5)}$$

なので，第 4 表によれば，$\Delta t = 0.3 \times 10^{-2}$ s の場合 $\Delta h_m \approx 3$ m である。この程度の誤差は止むを得ないであろう。

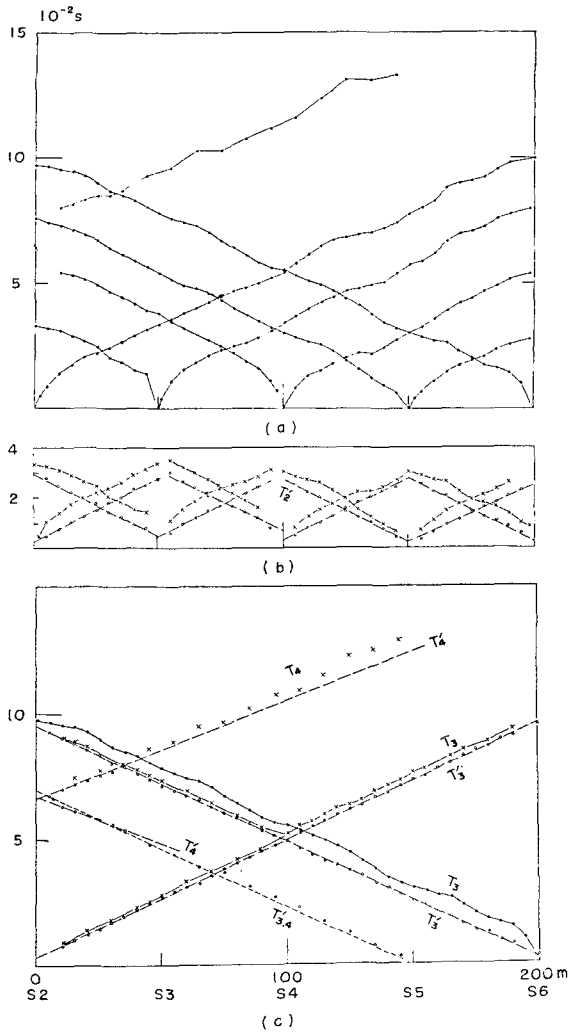
## VI. 測線 II の測定結果及び地下構造の推定

初動走時の読み取り値は第 8 図 (a) に示してある。第 2 図とくらべると極めて単純である。測線 I に比し，表層が薄く，然も均質であるものと思われる。

S 2↔S 3, S 3↔S 4, …, S 5↔S 6 の走時を組合せて，夫々 method of differences の計算を行なうと第 8 図 (b) の白丸になる。これらの白丸は殆ど一直線上に並んでいて，破線で描いた $T_2'$ 直線の傾斜はいずれも $(20 \times 10^2 \text{ m/s})^{-1}$ である。

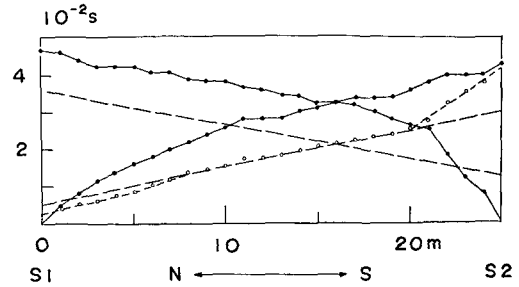
次に，S 2↔S 6 の走時を組合せて method of differences の計算を行なうと，第 8 図 (c) の白丸になる。これらの白丸も一直線上に並び，破線で描いた $T_3'$ 直線の傾斜は $(22 \times 10^2 \text{ m/s})^{-1}$ である。

$T_2'$ 直線の傾斜と，$T_3'$ 直線の傾斜とには大差がないので，混同する恐れがある。このため




第8図 (a) 測線 II の初動の走時
(b) $T_2'$ 直線と $T_2$
(c) $T_3'$ 及び $T_4'$ 直線と $T_3^*$ 及び $T_4^*$

**Fig. 8.** (a) Time-distance plots for Span II.
(b) $T_2'$ is indicated by ○ and $T_2$ by ×.
(c) $T_3'$ and $T_4'$ are indicated by ○, but $T_3^*$ and $T_4^*$ by ×.




第9図 測線 II′ の初動の走時及び $T_2'$

**Fig. 9.** Time-distance plots and $T_2'$ for span II′.

に，第1図に記入してある補助測線 II′ を更に設け，pick up を 1 m 毎に配列して測定を行なった。測線 II′ の初動の走時及び $T_2'$ 直線は第9図に示してある。測線 II′ の破線で描いた $T_2'$ 直線の傾斜は第8図(b)の $T_2'$ 直線の傾斜と全く同じであって，この事実からも $v_2=20\times10^2$ m/s 層の実在性を信じてよいであろう。

第9図の点線は $T_{1,2}'$[3] であると解釈されるが，測線 II′ の表層は北側では更に2層に分れるらしい。然し，測線 I についても述べた如く，表層の微細構造を調べるのがこの調査の主旨ではないので，$v_2$ 層の上部は1まとめにして，$v_1$ 層として扱うことにした。$v_1$ は測線 I と同様に，$4\sim10\times10^2$ m/s の如き多様な値を持ちうるが，前と同様に $5\times10^2$ m/s と仮定する。

S 2↔S 6 の $T_3'$ 直線の傾斜は上述の $T_2'$ 直線の傾斜と大差はないが，同一視できぬ。発破点の間隔を 50 m から 100 m，150 m 及び 200 m と拡げるに従い，どの区間の $T'$ 直線も傾斜が小さくなる傾向にある。第8図(c)の $T_3'$ 直線の傾斜は測線の両側では $1/v_3$ ではなくて，実際は $1/(2v_{2,3})=(1/2)(1/v_2+1/v_3)$ になる筈である。然し $v_2$ と $v_3$ との比が1に近いために，図上では $1/v_3$ と $1/(2v_{2,3})$ との区別がつかぬものと解釈される。又このような事情によって，第8図(a)で，$T_2$ 部と $T_3$ 部との境が判然とせぬものと思われる。

3) 前出

第8図(a)で，S 1→S 5の走時の傾斜は$1/v_3$よりも更に小さい。S1→S 5とS2→S5とを組合せてmethod of differencesの計算を行なうと，第8図(c)の白丸と$T_4'$直線とが得られる。$T_4'$直線の傾斜は$(26\times10^2\ \mathrm{m/s})^{-1}$であって，測線Iのそれと同じである。

以上の経過を辿り，測線IIで観測された走時を分類すると第5表の如くなる。更に，この表から直ちに第6表が算出される。

表層の厚さ$h_1$は(IV-1)式によって計算される。第12図に描いた$v_1$層の厚さがこれである。

さて，第8図(a)でも(c)でも$T_2$と$T_3$との屈折点が不明なので，$T_3'$直線の交点以遠のS 2↔S 6の走時を仮りに$T_3$とみなし，(V-1)を計算して第8図(c)に×印で記入した。

$T_3^*-T_3'>0$でないと，$v_3$層は実在しない。然し第8図(c)ではこの関係は満されている。故に第5表の数値及び今行なった仮定をくつがえす根拠はない。従って，(V-2)を以って$v_2$層の厚さとし，第10図に描き入れた。

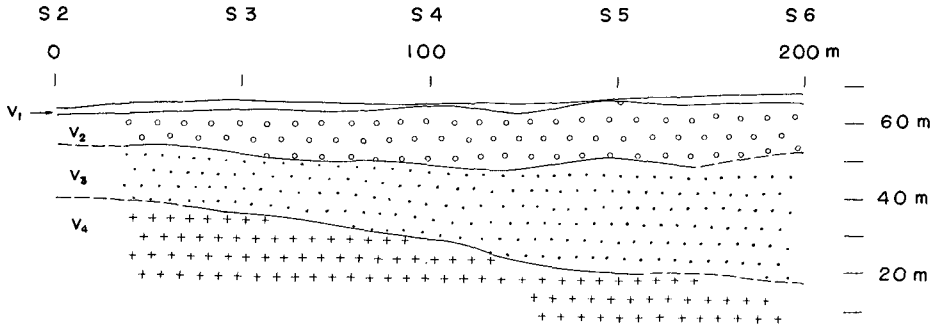
**第5表　Table 5.**

| 走時の分類 | P波の速度 |
|---|---|
| $T_1$ | $v_1$　$5\times10^2$ m/s |
| $T_2$ | $v_2$　$20\times10^2$ |
| $T_3$ | $v_3$　$22\times10^2$ |
| $T_4$ | $v_4$　$26\times10^2$ |

**第6表　Table 6.**

$i_{mn}=\sin^{-1}(v_m/v_n)$
$v_m/\cos i_{mn}$　単位$10^2$ m/s

| $m$ | $n$ | | |
|---|---|---|---|
| | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 14°<br>5.2 | 13°<br>5.2 | 11°<br>5.1 |
| 2 | | 66°<br>48 | 51°<br>32 |
| 3 | | | 58°<br>41 |




**第10図**　測線IIの地下構造

**Fig. 10.**　The structure under span II.

この図の$v_3$層の厚さは，(V-3)及び(V-4)に第6表の数値を代入して算出した。

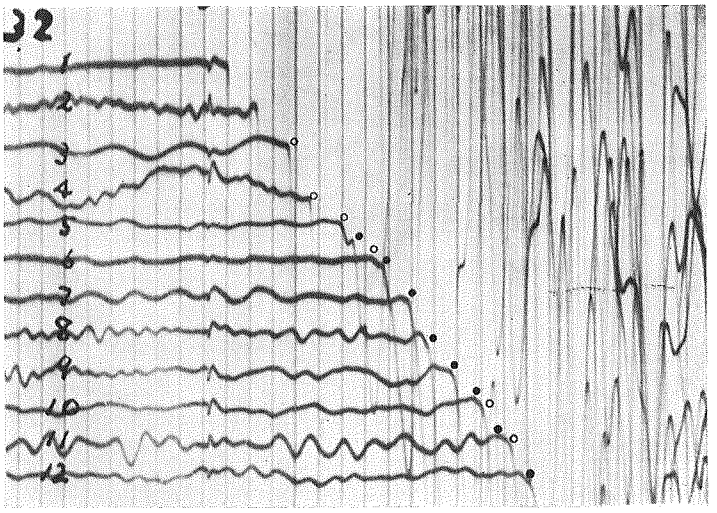
## VII. 屈折波の分類に対する苦心

第7図及び第10図がこの調査報告の結論であるが，これらを作るに当っての最大の山場は第3表及び第5表に挙げた走時の分類であった。

第2図或いは第8図(a)は一見2層構層の走時図でしかない。地層をP波の速度で大別するとすれば，実は第3表も第5表も2層構造を示しているにすぎぬ。弾性波動論的な地下構造

はそれでよいのである。然しそれでは調査目的を達しえぬところに弾性波探査のむずかしさがある。

第3表の決め手となったのは，いくつかの明瞭な later phase の始まりが，夫々 $T_2$，$T_3$ 或いは $T_4$ 直線にのってくれたことである。電力中央研究所の増田秀夫は「いかに遠方でも初動を振り切るような測定をすべきであって，そうでない測定から求めた地下構造は信用できぬ」と云っている。地質調査所にいた金子徹一もその方針を支持している。それは屈折法を行なう際の基本方針として，無論大切なことであって，その労を惜しんでよいと云う理由はない。然し調査地の地理的及び人的環境或いは調査地の天候の如何によっては，それ程充分な火薬量を用い得ぬ場合もある。又今回の調査の如く，速度差の余りない中間層を検出せねばならぬ場合には，初動振り切りの測定を行なっただけでは未だ不充分なのである。第3図の一部，trace 1 から trace 12 迄を第11図に拡大して説明すると，夫々の波形の違いは薬量或いは発破点からの



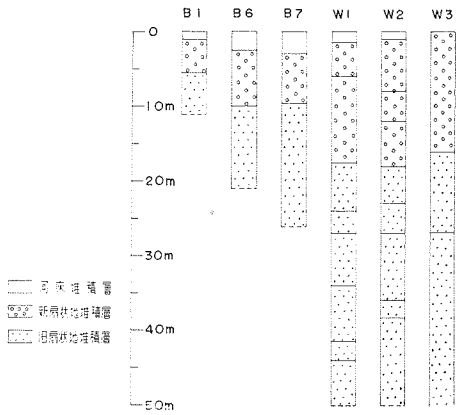
**第11図**　第3図の一部拡大，○印は $T_2$，●印は $T_3$.

**Fig. 11.**　Magnification of a part of Fig. 3.

距離に依るものではない。屈折点と夫々の観測点との位置関係の違いが現れているのである。○印で始まる位相も●印で始まる位相も今の場合は同時に大切な情報を知らせてくれるのである。若しも，すべての trace の初動を振り切る測定のみを行なっていたら，○印の情報をとらえることができず，第3表の如き分類は行ないがたかったであろう。

第5表は第3表にくらべれば容易に求まった。然し，$v_2$ と $v_3$ との比が1に極めて近いために，測線 II の走時曲線は単純な形をしているにも拘わらず，$v_2$ 層と $v_3$ 層との区別はつけがたかった。第3表と第5表とが互いに助け合って，夫々の表が実はできたのである。

第1表の資料の一部である第1図に記入した井戸の柱状図を第12図に示す。太線で示したのが，比抵抗探査で区別した第1表の各地層の境界である。柱状図の方には，実は第1表以




**第12図** 付近の井戸の柱状図
(道立地下資源調査所資料)

**Fig. 12.** Boring data.

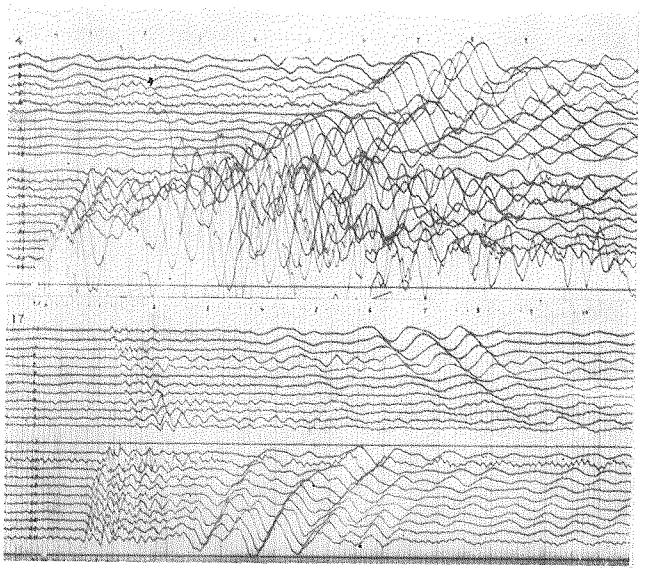
外の境界もある。又この付近の更に広い地質学的見地によれば，旧扇状地堆積層と名付けた層は，更に2層又は3層に区別されるべきではないかとの見解もある。

第3表及び第5表を作るに当っては，利用しうるすべての資料と地質学的意見とを参考にした。その上で第1表と対応するような結果が得られたのである。

繰り返し述べるが，第3表と第5表とが今回の走時解析の山である。若しこれらの表が妥当であるとすれば，第7図及び第10図に示した結果は大きくくるうことはない。path 計算の誤差のみに限るならば，西野層迄の深さについては，せいぜい5mの誤差があるだけである。これに反し，これらの表が妥当でないならば，この報告で求めた結果は実際の地質学的境界面とは全然違うことになる。

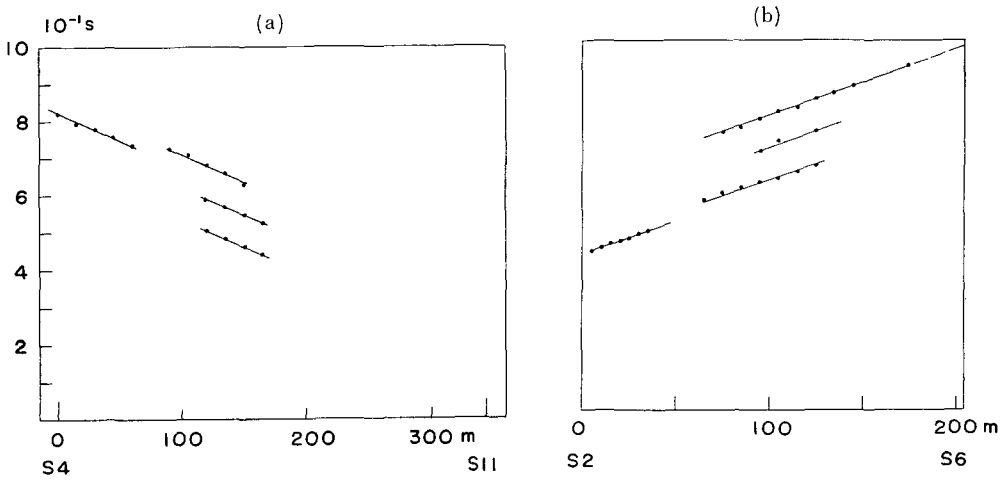
## VIII. 表 面 波

表面波の波形は，たとえば第13図に示した record No. 4 及び No. 17 等に見られる。今回は表面波の詳しい実験を行なっていないので，その性質を明らかにし，分類することはできぬ。




**第13図** 記錄紙番号 4 及び 17

**Fig. 13.** Seismic records No. 4 and No. 17




**第14図**　表面波の走時　(a) 測線 I, (b) 測線 II

**Fig. 14.**　Time-distance plots of surface waves. (a) Span I, (b) Span II.

単に，最も顕著な位相の走時だけを読み取ると，第14図のごとくなる。位相速度は測線 I では $6.8\times10^2$ m/s，測線 II では $5.6\times10^2$ m/s，周期はいずれの測線でも $9\times10^{-2}$ s である。

$$H=(1/4)\,Tv_p \qquad \text{(VIII-1)}$$

なる関係式に，$v_p=20\times10^2$ m/s を代入すると，$H=45$ m となる。

第7図及び第10図では西野層迄の深さは約 60 m になっていて，(VIII-1) を使って求めた値とは一致しない。第7図で $h_2\ll h_3$ なので $v_p=22\times10^2$ m/s を (VIII-1) に代入すると $H\approx50$ m になる。いずれにせよ，観測された表面波はこの程度の規模の地下構造に起因するレーレー型の表面波であると思われる。水田地帯等で行なった小発破の際に観測された表面波とくらべると今回の表面波の位相速度は数倍大きい。これは西野層の P 波と S 波の速度比が水田地帯の如く 5～10 と云った大きな値を持たぬためであろう。

この様に考えると，西野層は上層に対し P 波の速度に関しては特に著しい不連続は示さぬが，S 波の速度に関してはかなりの不連続を示しているものと思われる。

表層の Poisson 比が 0.25 より大きい場合には，(VIII-1) には未だ問題がある。このような点を明らかにせぬ限り，屈折法の進歩は余り期待できぬ。

この調査は，弾性波探査技術以外のあらゆる面で，道立地下資源調査所河田英博士の助けを借りて行なわれた。又同所山口久之助博士からも多くの助言を得ている。

なお，この調査を実施した際には，当教室の学生小柳敏郎，吉村正義，石原享，上田広之及び吉本英明君等の協力を得た。

## 10. Seismic Prospecting for Underground Water at Makomanai in Sapporo

By Kyozi TAZIME, Hiroshi HOTTA and Hiroshi OKADA
(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

It has been desired to find the place where the layer 2 in Table 1 is the most thick, since large amounts of water are, in this place, expected from that layer. The difficulty was experienced in the analysis of time-distance relations, because little differences between $v_2$, $v_3$ and $v_4$ were found in Figs. 2 and 8. Tables 3 and 5 were, with difficulty, obtained by the aid of later phases as that shown in Fig. 3, besides precise investigation of the first break.

Seismic results are exhibited in Figs. 7 and 10 which are to be compared with Table 1 compiled by the other methods.