

# 秦野盆地における弾性波探査

平賀士郎, 小鷹滋郎, 広田 茂

大山正雄, 伊東 博

神奈川県温泉研究所\*

Seismic Survey in Hadano Basin

by

Shiro HIRAGA, Shigeo ODAKA, Shigeru HIROTA, Masao ŌYAMA and Hiroshi ITŌ

Hot Spring Research Institute of Kanagawa Prefecture

Hakone, Kanagawa

(Abstract)

A seismic refraction survey was carried out to determine the depth of basement rocks in the Hadano basin. Three seismic time-distance curves were provided by 13 shot points for the underground profiles. Using the first refracted arrival time, a four-layered model was proposed. The following four velocity layers, as shown in Figure 10, were recognized.

The first layer, 0.5~0.7 Km/sec,

the second layer, 1.0~2.0 Km/sec,

the third layer, 2.5~2.8 Km/sec,

and the fourth layer, 3.1~3.4 Km/sec.

However, within the limited length of span, it was difficult to find basement rocks.

The above classification of the layers and their thickness can be well correlated with the subsurface structure deduced by Ōki et al. (1971).

\*神奈川県箱根町湯本997 〒250—03

神奈川県温泉研究所報告 第3巻, 第2号, 65—72, 1972

### まえがき

秦野盆地における水文調査の1つとして、秦野市の依頼により弾性波探査を行なった。秦野盆地中央部の基盤は試錐調査および地質調査から90~100mより深いと推定されている（大木他4名1971）。

この基盤を調査する目的で3測線の弾性波探査を計画した。日本物理探鉱（1947）では弾性波探査（測線は図1, a—b）から秦野盆地の地下構造を推定し、盆地堆積物は厚くても90m強であり盆地中央部に盆地を東西に2分するような基盤岩の突出を考えた。その位置は水無川河床の地下約20~30mであるとした（蔵田1955）。これを再検討するため盆地中央部の水無川に沿って1測線をえらんだ。盆地内の開発がすすみ弾性波探査の実施可能な地点がごく限られて来ている。人工地震をおこすことの出来る場所、交通量が少なく、工場など震動源のない静かな場所を選定することが第一の難問題であった。第二の問題は100m以深の基盤構造を検出するための測線長は探査深度の7~8倍が必要と経験上されているので、約800m以上を考えなければならない。さらにこの距離まで弾性波を伝え、その初動を明瞭に記録するには約10kg程度のダイナマイトが必要となる。この多量のダイナマイトを一度に爆発させるときの安全深度は、これも経験上から10m程度と考えられこの作孔のためにかなりの労力と日数を要する。発破点が限定されているため800m以上の測線は2ヶ所を計画し、逆測線の発破は

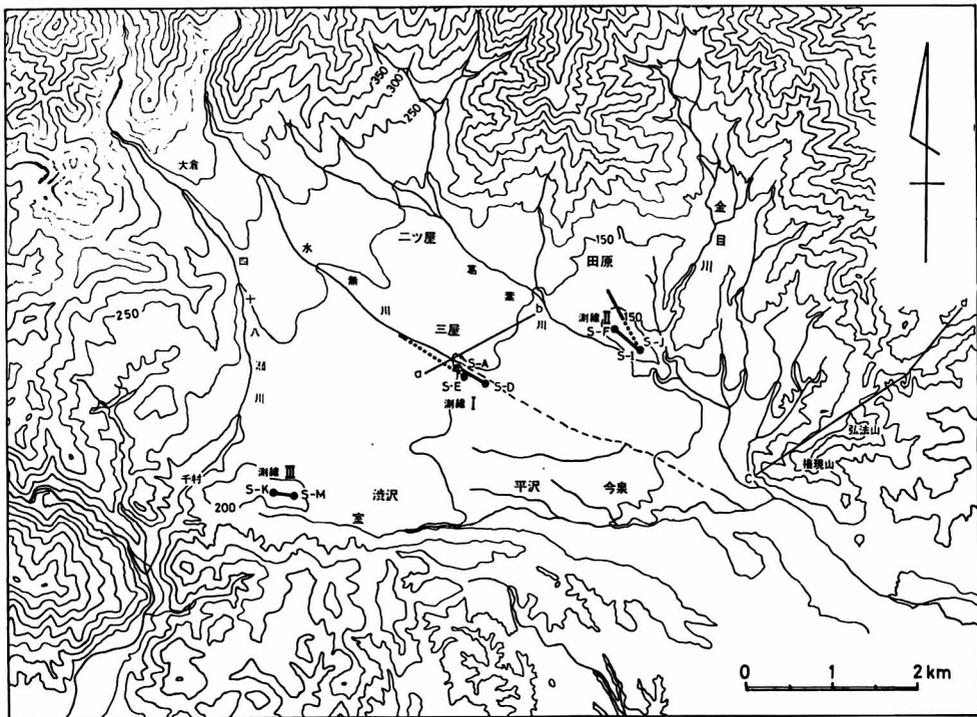


図1 秦野盆地における弾性波探査，測線位置

（S—A～S—Mは発破点，a—bは日本物理探鉱の測線，c—dはダイヤコンサルタントの測線）

出来なかった。

以上のような理由のほかには計測器類の制限もあり、探査深度および精度に疑いはあったが、秦野盆地における第1回の弾性波探査を昭和46年12月～昭和47年1月に実施した。

## 謝 辞

弾性波探査の機会を与えられた栗原藤次秦野市長、熊沢武雄水道局長に感謝します。高橋宏光工務課長はじめ多くの課員には発破地点、測定用土地の交渉、発破作業の実施および連絡、警備に多大の御協力をいただいた。発破作業を請負った三井建設の鈴木理平秦野作業所副所長、中島則義工事主任に大変お世話になった。温泉研究所大木靖衛所長からは予備調査および交渉など全般的な御配慮をいただき、終始有益な助言を与えて下さった。上記の方々に厚くお礼申し上げます。この調査の弾性波測定費用は神奈川県温泉研究所の温泉等調査費によった。

## 測定法および測線位置

使用した計測器は温泉研究所の応用地質製 TR-3 型12成分弾性波探査器である。換震器はジオスペース製 HS-J型14Hzを10m間隔に設置し（一部は30m間隔）観測した。このほかに予備観測として応用地質製、PS-5型6成分ハンディサイスマグラフを用い、換震器はHS-J型28Hzを7.5m間隔に配列した（換震器は電線に7.5m間隔で固定されている）。

探査測線は図1に示す3測線である。測線I-1, 2, 3は秦野盆地のほぼ中央部で水無川沿いに換震器を10m間隔に配列し、120m毎に発破点をもうけた。発破点と最遠端の換震器までの距離が120mのときは100g、240mでは200g、360mの場合は800g～1kgのダイナマイトを使用した。発破孔は手掘りで深さ約1.5mであった。

測線I-4は発破孔より水無川沿いの約800m上流に配置し、100m以深の基盤位置を求めることを目的とした。薬量が10kgと多量のため深さ8.9mおよび8.8mの2本の発破孔を約0.5m間隔でボーリングした。塩化ビニール管63mmをいれてケーシングとした。作孔は径86mmの無水掘りで地層は地表から孔底まで大きな変化がなく、礫、ローム層の互層、であり掘さくに大変苦勞した。発破孔が一地点にかぎられたので測線I-4は逆測線の観測がない。ハンディサイスマグラフを併用した。

測線IIは盆地の北東部にある台地に配置した。発破点は120m間隔で4地点えらび、ハンドオーガーにより約1.5m掘さくした。最遠点測定800m（II-4）では8kgの薬量を9.5m深の発破孔につめて使用した。この作孔もボーリング機械による無水掘りで、地表から孔底までの地層はすべてローム層の表土であった。作孔後は同様に塩化ビニール管をケーシングとしたが水位が地表下1.5mであった。この（II-4）測線も発破点の関係から逆測線がない。換震器の間隔を30mとし、ハンディサイスマグラフを併用した。

測線IIIは盆地の南西部にある山王山の山頂で実施した。この地点は秦野盆地と大磯丘陵の境で、断

層が推定される所である。1 測線長は120mで10m間隔の換震器12ヶで観測し、これを2 回行なった。発破孔は120m毎に3 地点であり作孔にはハンドオーガを使用し深さは約1.5mであった。

各測線の発破点、薬量などを表1にまとめた。各発破孔の上には古畳2枚を置き、さらにその上に合成ゴムパイプで作ったマットをかけ表土およびつめた砂の飛散を防いだ。S-E, S-Jにおける8~10kgの発破でもつめた砂の吹出しが全くなかった。

### 測線 I による解析結果

測線 I は秦野盆地の中央部の水無川沿いに設置し、100mより深いと推定される基盤を出すことを目的とした。しかし測線の両端に発破点を得られる距離は約360mであり、また手掘り1.5mの発破孔では1kgの薬量を限度と考え、測線 I-1, 2, 3を詳しく探査した。この延長距離は約360mであり、少なくとも前記の20~30mに突出した基盤があれば確認出来ると考えた。片側のみの発破点であったが薬量10kg、測線最遠距離約1,000mを計画した。発破器の故障およびオシログラフ取扱の不手際から観測は失敗した。かろうじて30m間隔の1組の換震器による見掛速度の推定、ハンディサイスモグラフ、7.5m間隔の6成分換震器の走時を読みとることが出来た。以上の観測から推定される地下構造についてのべる。

図2は測線 I-1, 2, 3の走時曲線である。これから第1層の速度を求め、T'方法によって第2層速度および深さを計算した。さらに3層構造を仮定して金子の方法(金子1961)によって第3層の速度、深さを求めた。この結果を図3に示した。3層構造を仮定するかぎりでは20~30mの基盤はみつからない。

水無川に沿うこの地域の地下構造は第1層 ( $V_1=0.50\sim 0.60\text{km/sec.}$ ) が上流から下流に向ってゆ

表1 秦野盆地弾性波探査の測線および発破点

測線	発破点	深さ	薬量	増巾器	測線	発破点	深さ	薬量	増巾器	測線	発破点	深さ	薬量	増巾器
I-1	S.A	1.5	0.1	ATT10. FIL3 GAIN 5~7 PGC OFF	II-1	S.F	1.5	0.1	ATT10. FIL3 GAIN 10 PGC OFF	III-1	S.K	1.5	0.1	ATT10. FIL3 GAIN 5~10 PGC OFF
	B	"	0.1	"		G	"	0.1	"		L	"	0.1	"
	C	"	0.2	"		H	"	0.3	"		M	"	0.3	"
	D	"	1.0	"		I	"	1.0	"		III-2	S.K	"	0.3
I-2	S.A	"	0.2	"	II-2	S.F	"	0.3	"	L		"	0.1	"
	B	"	0.1	"		G	"	0.1	"	M	"	0.1	"	
	C	"	0.1	"		H	"	0.1	"					
	D	"	0.2	"		I	"	0.3	"					
I-3	S.A	"	0.8	"	II-3	S.F	"	1.0	"					
	B	"	0.2	"		G	"	0.3	"					
	C	"	0.1	"		H	"	0.1	"					
	D	"	0.1	"		I	"	0.1	"					
I-4	S.E	8.8 8.9	10.0	"	II-4	S.J	9.5	8.0	ATT10. FIL1 GAIN 10 PGC OFF					

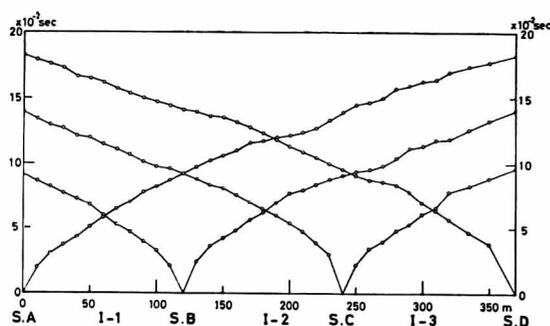


図2 測線 I-1, 2, 3 の走時曲線

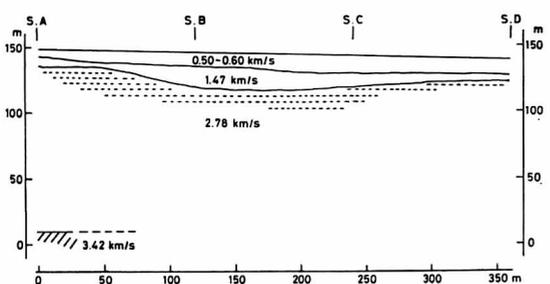


図3 測線 I の推定地下構造

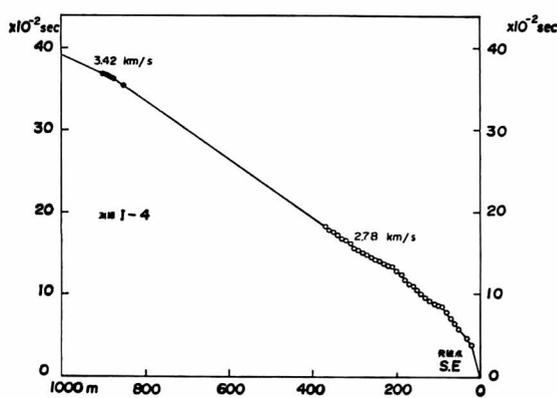


図4 測線 I-4 の走時曲線

るやかに傾斜し、第2層 ( $V_2=1.47\text{km/sec.}$ ) はS-B付近で最も深く地表から30mであろう。第3層 ( $V_3=2.78\text{km/sec.}$ ) は走時曲線からかなり厚いと推定される。さらに深い地層を推定するために行なった探査について次にのべる。

図4は測線 I-4において発破点S-E, 薬量10kgの発破を測定したものに図2の走時曲線を合せたものである。都合よく走時曲線の折曲りが観測されたので、これから単純な平行構造を仮定すると第3層 ( $V_3=2.78\text{km/sec.}$ ) の下の第4層は弾性波速度3.42km/sec.であり、地表より130mにあると推定される。各層があまり変化していないとして測線 I-1, 2, 3で求めた地下構造図に破線で第4層を示した。この第4層は付近のボーリング資料(大木他, 1971)からも130mの深さまでは基盤とは考えられない。また、神奈川県内広域水道企業団の行なった導水トンネル物理探査の報告(ダイヤモンドコンサルタント1970)によれば、盆地東部(図1 c-d)の基盤は弾性波速度が3.70km/sec.となっている。すなわち盆地中央部では第4層のさらに下部に基盤があり、その深さは少なくとも130mより深く、200m前後を目標にした再度の探査が必要である。

### 測線 II による解析結果

盆地北東部、秦野市田原の畑および草地に測線をはった。葛葉川、金目川の合流点に近く両河川にかこまれた台地である。雑震動の少ない地点であったが宅地化がすすみ、両端に発破点ができる範囲は約400mであった。測線 II-1, 2, 3を両端発破で詳しく探査し、測線 II-4(最速換震器距離800m)はS-Jの片端発破(薬量8kg)で測定を行なった。

図5は測線 II-1, 2, 3の走時曲線であり、図6は走時曲線から前節と同じ方法で計算した地下構造

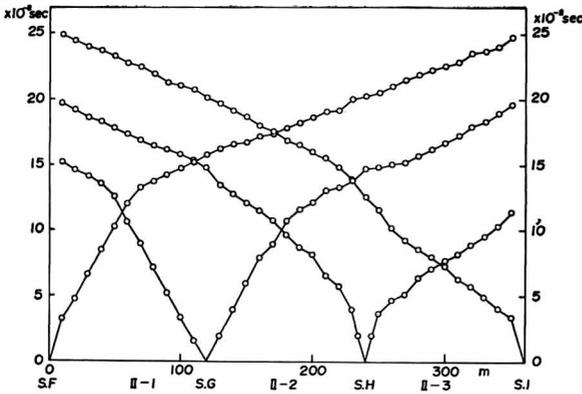


図5 測線 II-1,2,3 の走時曲線

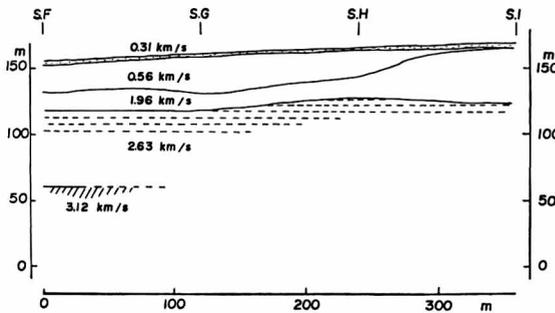


図6 測線 II の推定地下構造

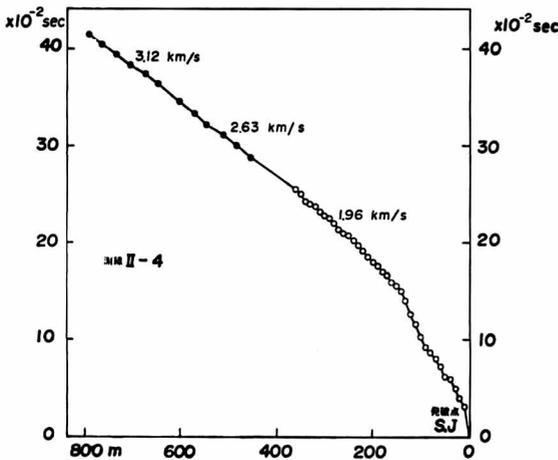


図7 測線 II-4 の走時曲線

である。図7は測線 II-4 で測定した走時曲線と II-1, 2, 3の走時曲線を合せたものである。換震器間隔が30mであったが走時曲線の折曲りが観測された。平行構造を仮定すると第3層 ( $V_3=2.63\text{km/sec.}$ ) の下部に地表より95mの所に第4層として弾性波速度3.12km/sec.のものが考えられる。しかしこの地層も前節にのべたように秦野盆地の基盤ではない。盆地内でも丹沢山塊に近い台地であるにもかかわらず、かなり基盤が深いことがわかった。図6に示した地下構造ではS-HとS-Iの中間で第2層 ( $V_2=1.96\text{km/sec.}$ ) が急激に上昇している。その上部の第1層 ( $V_1=0.56\text{km/sec.}$ ) はS-G地点で一番深く地表から30m強もある。第3層 ( $V_3=2.63\text{km/sec.}$ ) は意外に厚く平均して約50mであった。

測線 III による解析結果

秦野盆地南西部、千村にある山王山での探査は断層に近く、また地形から考えても複雑な地下構造が予想された。測線の全長は240mで両端発破を行なった。

図8は測線 III-1, 2の走時曲線である。これは前節までの測線 I, IIの走時曲線と異なり、S-Lの両側に走時の逆転がみられる。S-K, S-Mで発破すると発破点に近い換震器よりも速い換震器の方に波が早く到着していることを示している。この走時の逆転を満足するような地下構造を考えなければならない。前節までの解析方法では充分でなく萩原(1951)による図式解法によった。この方法は地下構造と各地層の

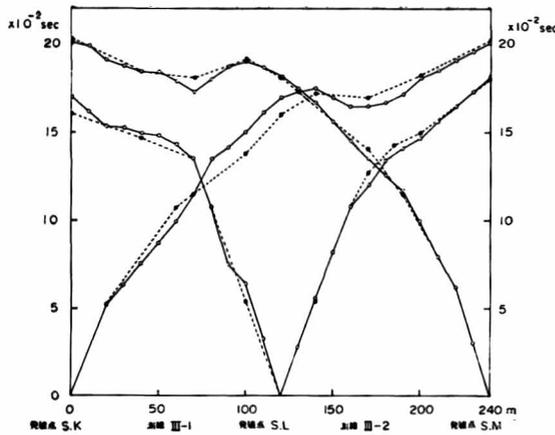


図8 測線III-1,2の走時曲線と逆算走時曲線

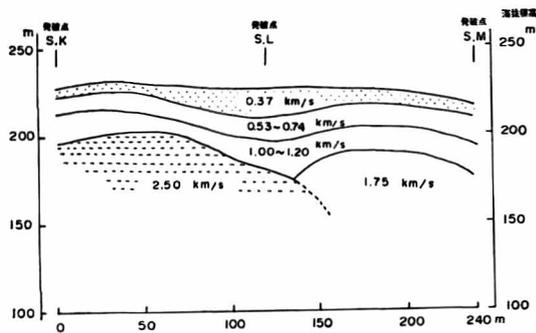


図9 測線IIIの推定地下構造

大磯丘陵であり、丹沢層群の基盤が確認されている（大木他，1971）。しかしこの間には秦野盆地と大磯丘陵を分ける大きな断層が東西に走っているため、基盤の構造はかなり複雑であろう。

## まとめ

秦野盆地において100mより深いと推定されている基盤の構造を求めることを目的として、弾性波探査を行なった。盆地中央部の1測線のほか、盆地周縁部に近い2地点に測線をもうけた。これは盆地周縁部では基盤が100mより浅く、短い測線でも充分解析が可能で盆地中央部のより深い位置にある基盤を推定する手掛りになると考えた。しかしどの測線でも結局基盤の位置を求めることが出来なかった。今後換震器間隔を広くとりLater phaseの対応を考慮して再調査が必要である。

図10に3測線で求めた各地層の平均的厚さ、弾性波速度を示した。これによると各地層は、距離がはなれすぎているため明確ではないがある程度対応させることが出来る。秦野盆地内では次のような弾性波速度による地下構造が推定される。

弾性波速度をあらかじめ仮定し、弾性波の径路を計算し走時曲線を作る。この計算された走時と実測された走時とを比較し、両者が一致するまで地下構造の仮定を変えて計算する。図9がこの方法で求めた山王山の地下構造である。この地下構造としたときに計算される走時曲線を図8に破線で示した。大部分が実測された走時曲線と一致している。はずれた所でも $1/100$ 秒をこえない。山王山の地形の特徴である2つの起伏は、その下部の地下構造を反映しているようである。S-Kの下には第4層( $V_4=2.50\text{km/sec.}$ )が上昇している。S-Mの下にあがって来ている第3層( $V_3=1.75\text{km/sec.}$ )はS-Lの下で第4層と接している。この地点に小規模な断層が推定出来る。表土の弾性波速度は $0.31\text{km/sec.}$ であり、第1層は $V_1=0.53\sim 0.74\text{km/sec.}$ 、第2層は $V_2=1.00\sim 1.20\text{km/sec.}$ と求めた。第3層、第4層の厚さが不明であり、基盤の位置も不明である。測線の南側、約500m付近は

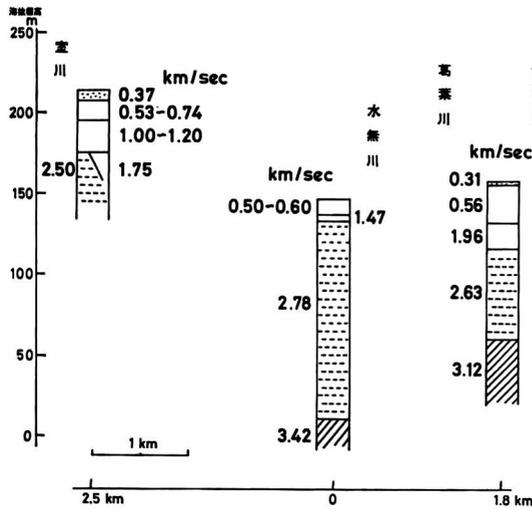


図10 秦野盆地の弾性波速度別による推定地下構造

表土, 0.3~0.4 km/sec.

第(1)層, 0.5~0.7 km/sec. 盆地堆積物

第(2)層, 1.0~2.0 km/sec. //

第(3)層, 2.5~2.8 km/sec. //

第(4)層, 3.1~3.4 km/sec. //

基盤, >3.7 km/sec. (丹沢層群)

秦野盆地内でのボーリング資料を解析した大木他(1971)は盆地堆積物が100mよりも厚く、ローム層、ロームまじり砂礫層の互層としている。そしてこのローム層をU層とL層の2種類に大別した。盆地南の大磯丘陵の上昇によって水無川は東に流路を移化していったので、L層の堆積した頃は水無川が現在よりも西側に寄っ

ていて、北から南に向かって流下していたと考察した。すなわち、盆地西側の旧水無川沿いにローム層(L)の時代の礫層含有率が大きくなっていることを明らかにした。

今回の弾性波探査の結果から(U),(L)層を正確に区別することは出来ないが、測線Ⅰ(盆地中央部)では第2層と第3層が(U),(L)層の境であろう。また測線Ⅱ, 測線Ⅲでは第1層と第2層の境に対比するものと考えることが出来る。このモデルを採用すると測線Ⅲの山王山の(L)層に相当する第2層以下をかなり厚く考える必要がある。しかし盆地中央部の測線Ⅰと比較すると堆積後に約60m上昇したことがわかる。この結果は大磯丘陵が断層運動によって約70~80m上昇しているとする大木他(1971)の考えを支持している。山王山と大磯丘陵の間には大きな断層が東西に走っていること、この断層にほぼ直角で小規模な断層が山王山の下にあることなどから考えて山王山の60m上昇は妥当であろう。

## 参考文献

- ダイヤコンサルタント(1970), 導水トンネル物理探査工事(その2)報告書, 神奈川県内広域水道企業団。  
 萩原尊礼(1951), 物理探鉱法, 朝倉書店, 1—65。  
 金子徹一(1961), 屈折法における3層構造の簡単な解析法, 物理探鉱, 第14巻, 82—86。  
 蔵田延男(1955), 水理地質学, 朝倉書店, 180—181。  
 日本物理探鉱株式会社(1947), 秦野盆地地下水物探調査, 日本物探。  
 大木靖衛, 小鷹滋郎, 小沢清, 横山尚秀, 長瀬和雄(1971), 秦野盆地の水文地質, 神奈川県温研報告, 第2巻 31—56。