

千葉縣多古町附近地震探査報告

—關東地方における地震探査(I)—

蜷川親治*

Seismic Prospecting at Chiba District

—Seismic Prospecting on Kwantō District (I)—

By

Shinji Ninagawa

Abstract

Seismic prospecting was carried out in the vicinity of Town Tako, Katori district in the northern part of Chiba prefecture in 1954, in order to investigate the subsurface structure of gas and oil fields.

The survey was conducted mainly by refraction method, and partly by reflection one.

Summary of the results is as follows.

1. Four velocity layers were calculated from the time distance curves. In comparing these velocity layers with geological data, the following correspondence is obtained;

- | | |
|--|--------------|
| The 1st layer...900 m/s; the alluvium, loam and a part of the Narita group | } Quaternary |
| The 2nd layer...1,600~1,670 m/s; the Narita group | |
| The 3rd layer...1,900~2,000 m/s; the Miura group..... | Pliocene |
| The 4th layer...5,400 m/s; the basement rock | |

2. Upper three layers are nearly flat. However, the fourth layer shows slightly upheaval between the 2nd and the 3rd shot points.

Perhaps, it will be a mild protuberant part. The depth from the surface to the 4th layer is 950~1,200 meters.

3. A positive anomaly zone was already cleared up in this area by calculating the second derivative of gravity value. Judging from the results obtained by seismic prospecting, the main reason of this positive anomaly in gravity is presumed to be derived from the protuberant part of the 4th layer.

It is very desirable to conduct seismic prospecting successively for the exploration of gas and oil fields in Kwantō plain.

要約

昭和29年12月初旬から下旬にかけて、千葉県北部の香取郡多古町附近において、ガス田および油田を対象として、弾性波速度分布を求め、地下構造を究明する目的で地震探査を実施した。調査は主として屈折法で行い、一部補助的に反射法を用いた。その結果を要約すれば次のようである。

1. 4つの速度層を求めることができ、それぞれ地質層序と一応対比した。すなわち、

- | | | |
|---------------------|-----------|-------|
| 第1層 900 m/s | 沖積層・ローム層・ | } 第四系 |
| 第2層 1,600~1,670 m/s | 成田層群の一部 | |
| (一部 1,780 m/s) | 成田層群 | |

第3層 1,900~2,000 m/s 三浦層群 新第三系

第4層 5,400 m/s 基盤岩類

2. 本地域の地下構造は、各層ともほとんど水平にちかく、たゞ第4層の基盤岩類が、No. 35 附近を頂部として僅かに隆起しており、全般に緩い膨隆部を示している。第4層までの深度は地表から 950~1,200 m である。

3. 重力調査の観測値を2次微分した結果によると、高異常域が認められているが、この原因は基盤の構造を反映しているものと考察され、本調査によつて得られた地下構造と矛盾しないことが明らかになった。

4. 関東平野一帯にわたる重力探査によつて、地下構造の定性的な解釈がすでになされているが、ガス田・油

* 物理探査部

田を対象として地下構造を考察するには、本調査に引続きさらに地震探査を実施し、地下構造を究明することが望ましい。

1. 緒言

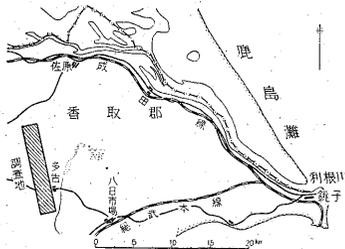
昭和29年12月の初めから1カ月間にわたり、千葉県香取郡昭栄村および多古町一帯において、屈折法を主とした地震探査を実施した。

調査は筆者のほか立石哲夫・小尾中丸・氏家明・大滝忠雄・平沢清・鎌田清吉・田中章介・細野武男・古谷重政・田村芳雄の計11名が担当し、測量は堀本健次・宮沢芳紀・小張孝があたり、爆発孔の掘鑿は、株式会社富士ボーリングに請負わせた。

調査に際し、千葉県庁商工課・昭栄村および多古町役場等から便宜を受けた。こゝに謝意を表する。

2. 位置および交通 (第1図参照)

調査地域は第1図に示すように、千葉県の北部に位し佐原市の南方および成田市の東方いずれも約10kmの地点で、千葉県香取郡昭栄村および同郡多古町にわたる



第1図 位置図

地域である(地理調査所発行5万分の1地形図成田)。

調査地の中心地多古町は周辺農村の物資集積地になっており、国鉄成田線で成田駅か佐原駅で下車すれば、バスで約1時間、都心から約3時間で達することができる。また総武本線の横芝駅および八日市場駅からもバスの便がある。あるいは上野駅から成田駅までは京成電鉄も頻繁に出ており、最寄り駅まではすべて自動車によらなければならないが、道路がよく発達しているので調査地に至るにはきわめて便利である。

3. 地形および地質

本地域は広大な関東平野の東部に位置し、地域一帯は高さ30m程度の台地と、その間に開析されてきた沖積低地とからなっている。これら台地と沖積地との境は急傾斜で崖を形成し、両者は明瞭に区分される。河川は地域北方を利根川が東流し、その支流である大須賀川が測線の北端から北流している。一方III爆発点附近に

源を発する多古橋川は、測線にほぼ沿って南流し、多古町の南部で栗山川に合流し大平洋に注いでいる。以上のように河川は地域の中央附近を分水嶺として、南北に流路が分かれている。

地域一帯の地質は低地には沖積層が分布し、台地は数mの厚さのローム層によつて覆われ、その下位に成田層群が分布している。成田層群は貝化石の多い砂層で、前記の崖においてみられる。これら沖積層・ローム層および成田層群はすべて第四系である。成田層群以下の各地層については、地域内では認められず、銚子および房総半島方面でみられる。

同方面における地質層序は上位から、前記第四系の沖積層・ローム層・成田層群・第三系の三浦層群・佐久間層群・保田層群・嶺岡層群および先第三系の白堊紀層・二疊紀層等に分類されている。本地域においても、第四系の下位にこれら各層、あるいはその一部が潜在しているものと考えられる。

4. 調査目的

昭和27年以来関東平野全般にわたって重力探査が行われた¹⁾。そして重力観測値の2次微分の結果によつて、千葉県下では、小見川-多古-佐倉を結ぶNE-SW方向に、広範囲な正異常域が認められた。この正異常域の原因が基盤岩類の影響によるものかどうかということは、地質学的見地から燃料資源開発に際して問題となつてくる。

房総半島の大多喜・茂原両地は従来から多量の共水性ガスを産出し工業化されている。特に京浜地区の工業地帯に近接している関係上、千葉県下におけるガス田は国家的にも重要な資源となつており、また将来はガス田としてばかりでなく、油田としての可能性も考えられている。

このような際に重力探査によつて異常地帯が確認されたので、これを定量的に究明するために、弾性波速度分布を求め、各速度層の分布状態および地下構造を知り、将来のガス田・油田の開発に寄与する目的で本地域一帯において地震探査が計画実施されたのである。

5. 測線配置および調査器械

5.1 屈折法(第2図参照)

測線は重力異常地帯を横断するように、昭栄村一坪田から多古町栗田に至るNNW-SSE方向の一直線に選んだ。全長は11,313mで、この間に爆発点を6カ所とり、それぞれに深度30mの爆発孔を2~4孔、合計18孔をロータリー式試錐機によつて掘つた。受振点は平均100m間隔で全測線に111点設けた。

調査に使用した器械は、アメリカ S.S.C. 製 12 成分および E.T.L. 製 12 成分の地震探査器である。

5.2 反射法(第2図参照)

反射法は昭栄村高堀附近(反射第1測線)と多古町水戸附近(反射第2測線)の2カ所で行った。第1測線は屈折法の測線上の測点 No. 27 から 20 m 間隔に 35 点とり爆発点は II を使用した。また測点 No. 29 と No. 32 からそれぞれ主測線に直角に短い測線を2本とり、爆発点はやはり II を使用して観測した。直交するこの測線をA線・B線と呼ぶ。

反射第2測線は第1測線と同様に屈折法の測線上で、No. 90 から 20 m 間隔に 48 の受振点を取り、爆発点はVおよび補助爆発点 V' を使用した。

反射法においては器械は S.S.C. 製 12 成分と E.T.L. 製 24 成分とを用いた。反射波は比較的低い周波数でよく検出されたので、フィルターは S.S.C. の器械では R-1, E.T.L. では R-2 を用いた。

6. 調査方法

本地域の東方飯岡町における試掘井によつて基盤(古生層)が確認されているが、もし本域内にこの基盤が連続分布していると仮定してみると、その深度は 1,000 m 程度であろうと予想される。求める深度が 1,000 m ならば測線長はせいぜい 6,000 m 程度で充分と思われるが、前に述べたような目的から重力による異常域を充分横断することが望ましいので、測線はできるかぎり長く選んだ。そして全測線について屈折法で調査を行い、一部補助的に反射法を併用した。

このような長い測線で屈折法を行うと、爆発回数が多くなり、使用する火薬も莫大な量となり経済的に好ましくない。それに加えて1爆発点における孔の数も当然増し掘鑿費も嵩む結果となるので、本調査においては2台の地震探査器を使用し、24個の受振器を配置して、1回の爆発で 2.3 km の範囲にわたつて同時観測した。異なつた器械を使用したので観測に際しては、スプレッド両端の受振点は常に重複させ、両者の受振器を配置し、特性の相異からくる初動の遅れ等について監視した。しかしながら実際には特性の相異はそれほど認められなかつた。

7. 調査結果

7.1 屈折法(第3図参照)

屈折法によつて得られた地震記録から、初動および第2動、第3動の到達時間を読み取り、第3図上段の走時曲線を作つた。そしてこれを図式解析法で解析し、同図下段の地下速度分布断面図を求めた。なお第3図の走時

曲線は地形補正を行つてある。本測線では次の各速度層が分類される。

- 第1層 900 m/s
- 第2層 1,600~1,670 m/s (一部 1,780 m/s)
- 第3層 1,900~2,000 m/s
- 第4層 5,400 m/s

これら各速度層について、図によつて説明する。

第1層, 900 m/s: この速度層は第2図の走時曲線から直接求めたものでなく、測線上の一部分で表土補正を行つた資料に基づいたものである。その結果によると地表附近には 500 m/s の層が薄く分布しているが、これを省略し計算の便宜上 900 m/s の平均値を用い、地表から水準面までを一様な速度層として取扱つた。

第2層, 1,600~1,670 m/s (一部 1,780 m/s): 走時曲線から明らかなように、この速度層はきわめて明瞭に認められ、層厚は 200~300 m で、全域にわたり一様に分布している。測線の南部すなわち V~VI 間において、1,640 m/s 層の下位に 1,780 m/s 層が分布している。両者の速度差が小さいため解析精度は多少低くなるが、この層厚は VI 付近で最も厚く約 300 m で、V へ向かつて漸次薄くなり次第に消滅するものようである。

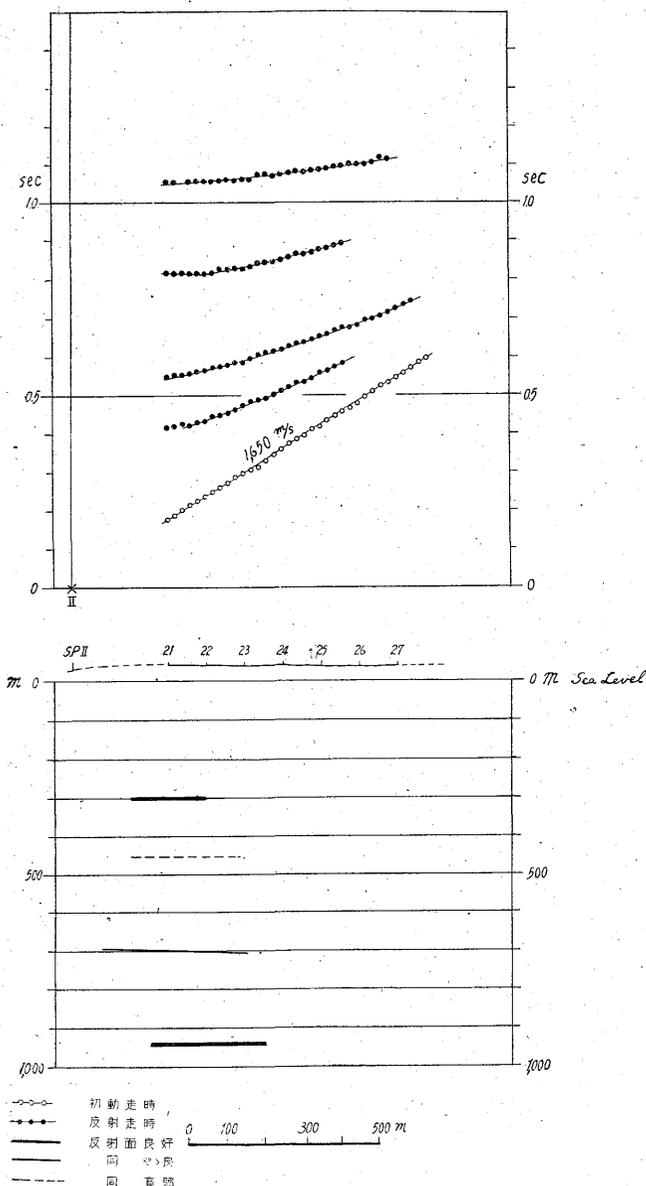
第3層, 1,900~2,000 m/s: 第2層に較べてこの層の走時は初動に現われにくい。たゞ僅かに III, IV, V, VI から走時で小範囲にみられる程度である。ところが第2動としては全爆発点からの走時で明瞭に認められる。図によつても明らかなように、この層は全域にわたつて層厚は 700 m 前後もあるのに初動に現われにくい、第2動以下で顕著に認められるということは、この 1,900 m/s 層と上位層との速度差が小さく、下位層との差が極端に大きいために起つた現象と考えられる。これについては定量的に計算されている²⁾。この層の上限は南半部においては第4層上限の膨隆部を反映して南に緩い傾斜を示している。

第4層, 5,400 m/s: この層の見掛速度は 4,600~6,200 m/s 間で変化し、他の各速度層に較べ大きな値となつている。この層の傾向は No. 35 附近を頂部とし、3~4° の緩傾斜で測線両端へ向かつて下降し、全般に緩い膨隆部を示している。

地表からこの層までの深度は 950~1,200 m である。

7.2 反射法(第3・4・5図参照)

第1測線: 第4図に示すように、4つの反射走時が得られ、これら走時を解析した結果水準面から 300 m, 450 m, 700 m および 950 m の深度に、傾斜 0~1° のほぼ水平な反射面が求められた。これらのうち反射エネルギーは 300 m および 950 m からのものが顕著である。測点 No. 29, No. 32 においてそれぞれ主測線に直



第4図 多古反射第1測線

交する2つのA線・B線の反射走時は省略するが、計算から求められた各反射面は500m, 600m, 800mおよび1,000m深度で、おのおの0.5~8°の範囲で西へ傾斜する傾向を示している。

第2測線：第5図のような反射走時が得られ、10枚の反射面が求められた。これらのうち第1測線と同様に、深度1,000m附近のものが最も卓越した反射面で、傾斜は0.5~1°でほぼ平坦である。しかしこれより浅いところのものは、傾斜も不規則でかつ良好な反射面ではない。

以上2つの測線から反射法の結果を総合すると、屈折法で求められた第4層からの反射波と思われるものが最も卓越して認められ、深度や傾向も屈折法の結果とほぼ一致している。また第3層中にも多くの反射面が得られ、一部傾斜が不規則になつているが、これらの原因については反射法に重点を置かなかつたので究明することができなかつた。

8. 考察

8.1 各速度層と地質層序との対比

地震探査の資料は本地域周辺においてはほとんどなく、地質層序との対比も困難であるが、きわめて常識的に各速度層を対比してみる。

第1層は表土層・ローム層および成田層群の一部を含むものと考えられる。

第2層は第四系の成田層群に対比される。他の多くの地域でも、1,600 m/s程度 の速度層は第四系に対比されている。たゞ測線南端の一部に分布する1,780 m/s層については対比が困難で、第四系か鮮新統かは不明である。

第3層については、常磐炭田において1,900~2,000 m/sの速度層が鮮新統の多賀層群に対比されており、本地域においても第3層は鮮新統の三浦層群に一応対比されよう。

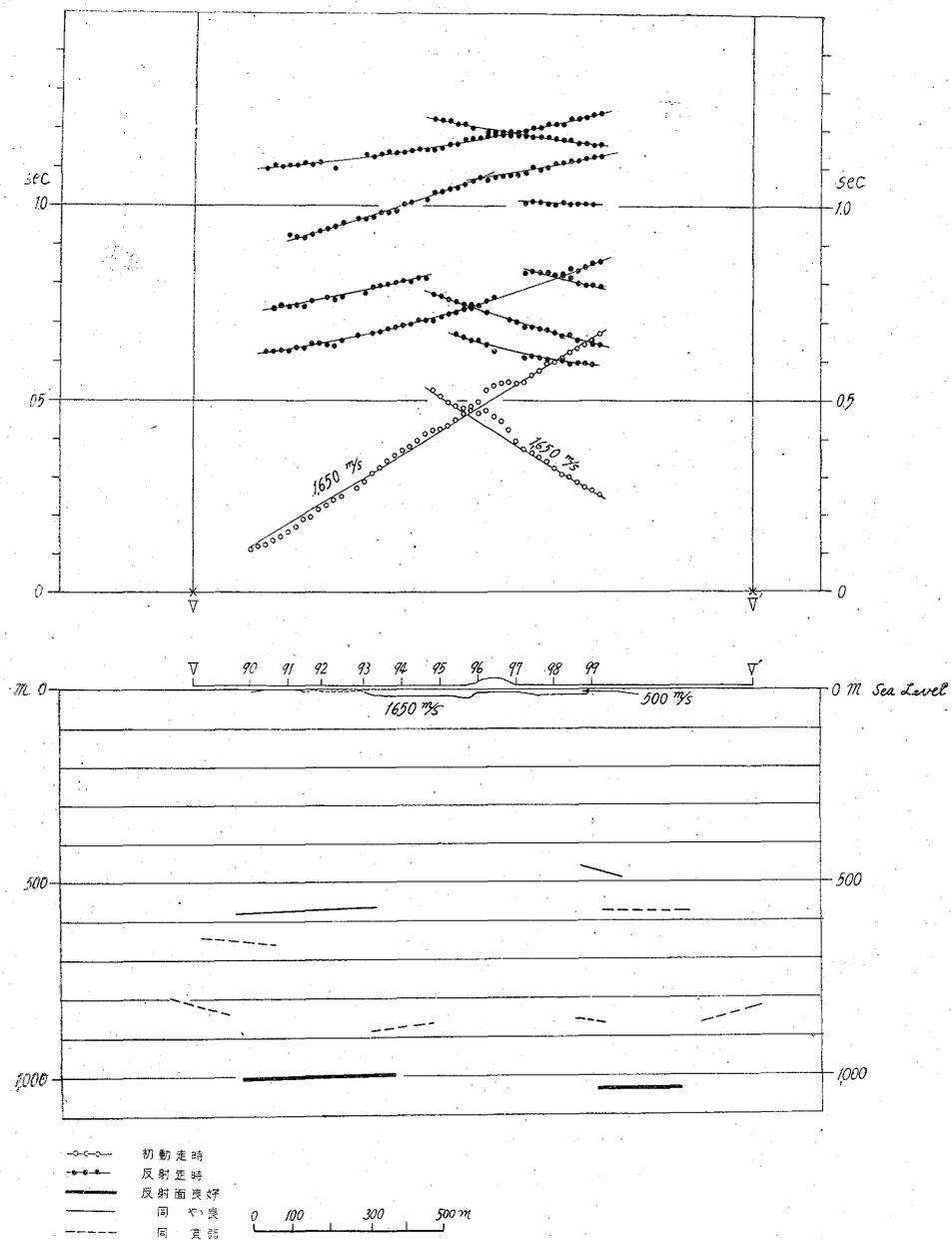
第4層の速度値はかなり大きな値であるので、基盤岩類の速度値と推定することができる。

各速度層と地質層序とを以上のように対比したが、前にも述べたように本地域では既知資料が少ないので、将来多くの資料が得られたならば、なお充分吟味を要することと思われる。

8.2 本調査結果と重力探査結果との比較

第6図下部に示すような模式的な構造について、重力値を計算によつて求め、これと野外において得られた観測値とを比較検討してみる。

第6図の模式図は本調査で得られた地下構造の断面を模式的に書きかえたもので、紙面と直角方向には無限に延びているものとする。この地表上1kmおきで重力差を計算によつて求めるとaのような曲線が得られた。すなわち隆起部の中央で8 mgalの最大値となる。この計算は第1層と第2層との比重差を1と仮定して行つた(物探部、杉山・小川両技官の計算による)。



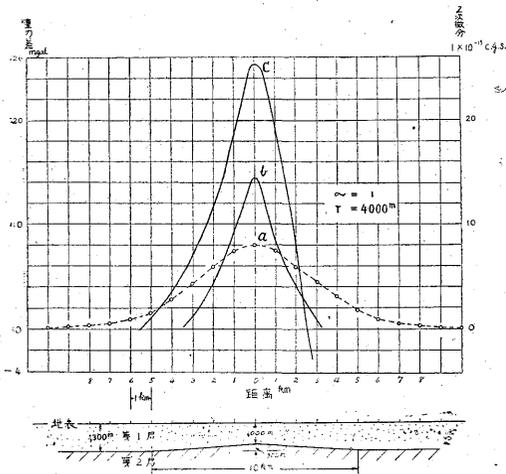
第5図 多古反射第2測線

次に同じ模式図を用いて重力2次微分法による計算をしてみると、同図bに示すような曲線が得られた。この場合 $\gamma=4,000$ mにした。図から明らかなように、地表下1,000 mで比高300 mの隆起部があつて、重力の異常として充分認めうる値を示すことがわかつた。

一方野外の調査から得られた2次微分の結果を地震探査の測線の位置で、断面として図示すると同図cのような曲線となる。b, c 両曲線を比較してみると、最大値がcはbの約2倍になつている。すなわち野外での実測値の方が大きい。このことは、もし第1層と第2層と

の密度差を2とすればよく一致することを示している。しかし、両層間の比重差を2とすることは今日までの資料からは妥当でない(例えば、この地域に最も近い東金R-1の試錐(深度約800 m)におけるコアの密度測定の結果によれば、1.5~1.9の値が知られている。その地層は第6図の第2層に対比されるものである。したがつて、密度差を1とすれば第2層は2.5~2.9程度になる)。

もつともこゝで問題にしている重力測定は測点間隔が粗く概査に属するものであるから、両者の厳密な比較検討は今後の問題として残されるが、観測値と計算値との



第 6 図

傾向がよく一致していることをここに指摘しておきたい。

9. 吟味

物理探査法による関東平野の地下構造の解釈には、いままで主として重力探査が用いられてきた。しかるにこの方法による調査もほぼ完了に近づき、次の段階として地震探査が登場し、ここに第1回の調査が実施されたのである。この調査に引き続き第2次、第3次と地震探査が実施されることが考えられるので、今回の調査結果から今後の問題について、2,3吟味をしてみることも無駄ではないと思う。

関東平野は大都市が隣接し、その間に散在する農村部落も比較的密集しており、北海道や東北地方の調査とは大分条件が異なっている。すなわち長い測線を1本とすることもなかなかむずかしく、よほど慎重に測線を選んでも雑振動が大きく、S.N.比(入力信号対雑振動)が悪くなる。S.N.比が悪くなると火薬の量を増して入力エネルギーを大きくしなければならないが、一方土地の被害が大となり。経済的にも安全度からも好ましくない結果となってしまう。例えば石狩平野では、6,700 mの距離から受振するのに57.0 kgの火薬で充分であったが、本地域では同じ距離で67.5 kgの火薬を使った。もちろん火薬の効き工合はS.N.比ばかりでなく、地質的条件や爆発孔の条件、あるいはその時の観測状態等にも関係しているが、結果だけみると関東平野は一般に火薬の効き工合が悪いということになる。

今回の調査の経験からいうと、地下の構造が著しく変化していないと予想されるならば、求める構造の深度にもよるがそれほど長い測線をとる必要もないようで、したがって1回に多量の火薬を爆発する必要もなくなる。長い測線を1本とるよりも、適当な長さの屈折測線を数多くとって概査程度にして、広範囲の地下構造を1日も早く究明する方が関東平野の資源調査には望ましいので

はないであろうか。

前にも述べたように試験的に行つた反射法の結果によると、基盤からの反射エネルギーはきわめて顕著で、速度増加率等が適当に選ばれていれば、かなりの精度で地下構造が求められると思う。それゆゑ深部の探査はもちろんであるが、屈折測線の間を反射法によつて精査し、全般の地下構造を逐次究明して行くやり方が最も適当と考える。

最近2サイクル秒や3サイクル秒のような低周期の受振器が製作されるようになった。関東平野の調査に限らないが、屈折法による長い測線の調査にはこのような低周期のものを使用すれば、S.N.比も向上し、上記のような心配も一応解決されると思う。

本地域においては初動以外に第2動、第3動から求められた速度があることは前にも述べた通りであるが、このほかにあるいは今回発見できなかった第4動、第5動があるかもしれない。それゆゑ今後の調査に際しても、初動以外の波について慎重に取扱うことが望ましい。

今回の調査では認められなかつたが、3,000 m/s程度(中新統か古第三系に相当する)の速度をもつた地層が分布する可能性も考えられるので、第3層と第4層との間に3,000 m/s層がBlind layer(隠れた層となつて走時に認められない速度層)となつて分布すると仮定した場合、その最大層厚を計算してみた。それによると第4層の上位に約180 m以内の層厚ならばBlind layerとなつて分布する可能性もある。しかし3,000 m/s層が実際に薄いながらも分布するかどうかは将来究明されるであろうが、こゝでは単に仮定によつて論じたまでである。

10. 結 論

本地域における地震探査の結果、4つの速度層を求め地下構造を推定し、併せて地質層序と対比した。

各速度層はきわめて安定した構造をなしており、基盤岩類と推定される速度層は測線の中央附近を頂部として全般に緩い膨隆部を示している。

本調査によつて求められた地下構造は重力探査の結果と矛盾しないことが明らかにされた。

以上述べてきたように、本調査においては広大な関東平野の1小局部の地下構造および速度分布を解明したにすぎない。今後長期にわたつて地震探査を実施し、重力探査の結果と併せ検討し、平野下の地下構造を逐次究明することが望ましい。そしてこれら物理探査の結果に基づいて試錐調査を行い、将来の資源開発にあたるべきであろう。(昭和29年12月調査)

文 献

- 1) 金子徹一・小川健三：千葉県および神奈川県三浦半島重力測定調査報告、地質調査所月報、Vol. 5, No. 2, 1954
- 2) 飯田波事：地震探査法における計算深度の可能誤差について、物理探査、Vol. 2, No. 1, 1949