

秋田県大館西方における地震探査について

——北鹿地帯における地震探査 第2報——

市川 金徳*

1. ま え が き

昭和39年2月～3月にわたり、秋田県大館市西方において地震探査を実施した。本調査は昭和38年度金属鉱床密集地域の広域調査研究の一環として行なわれたものである。本地帯の調査研究の主眼は金属密集地帯における地下構造を広範囲に把握し、地質構造と金属鉱床分布との関連等につき総合的に研究することにある。したがって地震探査は比較的広範囲において地下構造の大勢を知ることができるので、調査方法の一つとして、今回、第2次として計画されたものである。(第1次は平沢清が担当し、北鹿地帯における地震探査第1報として発表された。)調査の結果次の5つの速度層に分類することができた。

第1層……1900～2100 m/sec

第2層……2600 m/sec

第3層……3200 m/sec

第4層……4100～4200 m/sec

第5層……5500～6000 m/sec

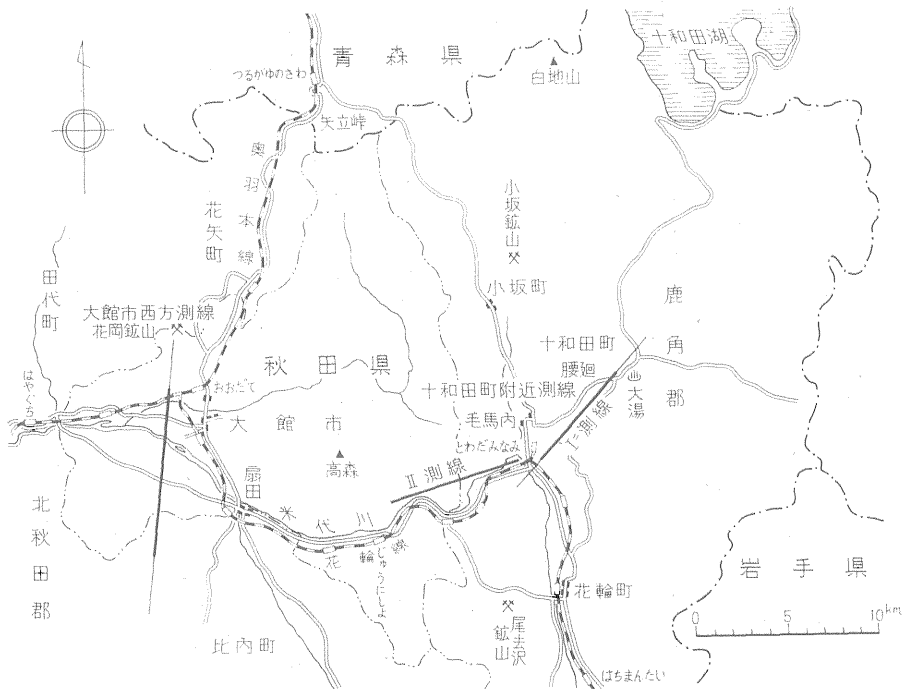
本調査は、計画および実施監督などを筆者が担当し、現地調査ならびに結果の解析などは外注作業として実施した。その機関は下記のとおりである。

爆発孔掘さく……利根工事株式会社

地震探査および解析(測線測量も含む)……株式会社
応用地質調査事務所

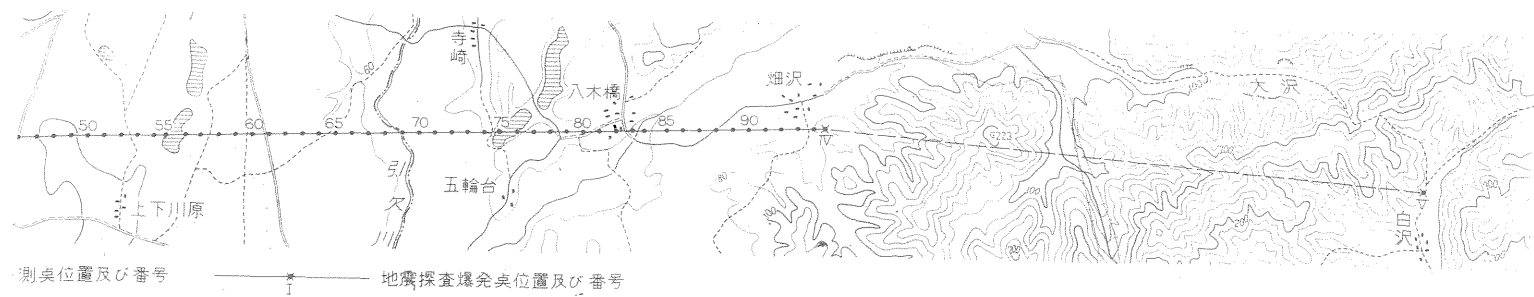
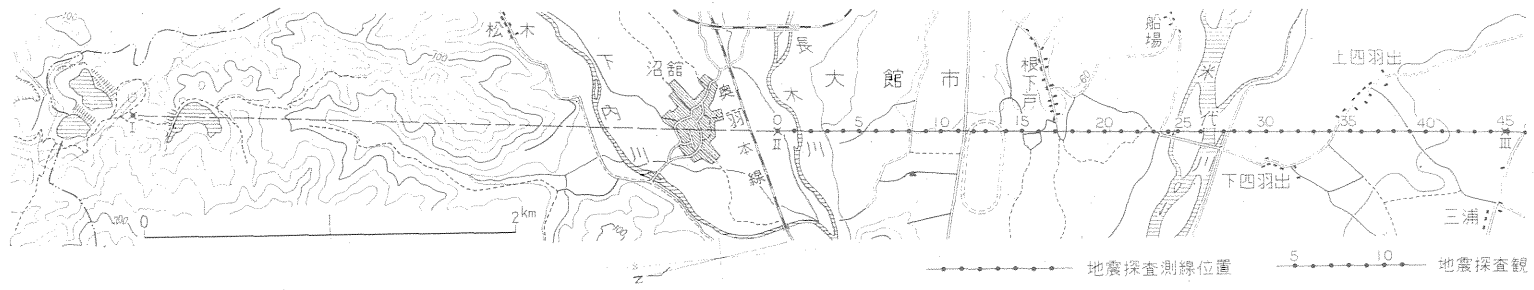
なおこの報告は主として応用地質調査事務所金子徹一・東山俊博他8名から提出された報告に基づいてその結果を発表したものである。

調査の実施にあたっては、秋田県鉱務課・大館市役所・比内町役場および同和鉱業株式会社花岡鉱業所等の関係者各位に多大な援助をいただいた。ここに記して謝意を表する次第である。



第1図(a) 調査地点位置図

* 物理探査部



第1図 (b) 秋田県大館西方地震探査測線配置図

2. 調査地の概要

本調査地は、秋田県の北東部に位置し、大館盆地のほぼ中央部にあたる。

地震探査測線は、大館市市街地の西方約2kmの地点から、北へ約5km、南へ約11km、計16kmの地域である。調査地内の中央部は、米代川がほぼ北西に流路をとっており、大館盆地の大部分は畑地および水田として耕作されている。

地震探査測線の観測区間はおおむね大館盆地内にあり、標高45~65mでほぼ平坦な地形となっており、測線両端の遠隔発破測線部分は比高差150m程度の山地形となつている。

本地域の道路網は、大館市内および比内町扇田付近を中心として、2級国道および主要県道が放射状にのびており、各主要道路にはバスの便がある。

調査地付近の地質は、上位から第四紀の砂礫層、軽石層および第三紀中新世のいわゆる緑色凝灰岩類が分布し

ており、その下位は基盤岩に相当する古生層からなるといわれている。基盤岩までの深度は、1,500~2,000m程度と推定されている。これらの層序関係は複雑なものと予想され、測線の北部付近にあたる花岡鉱山地域で、虎岩達夫・堀越毅両氏が推察されている層序関係を参考までに第1表としてしめた。

3. 測線配置および観測方法

測線は、第1図秋田県大館西方地震探査測線配置図に示した。測線の概要は次の第2表のとおりである。

また各観測点の標高および通加距離を第8表に測量結果として示した。

測線設定に当っては、あらかじめ5万分の1地形図上に爆発予定地点の見当をつけ、現地において地形および保安物件などを考慮して最終的に爆発点位置を決定しその爆発点を結んだ直線上に観測点を設けた。そのため測線は爆発点で方向を異にしており、最大6°30'である。観測点間隔は、90mを原則としたが、道路、沼、

第1表 花岡鉱山地域での層序関係 (虎岩・堀越)

| 時代 | 層名(男鹿半島) | (A) | | | (B) | | |
|------------|----------|-----------|----------------------------|---|--------------------------------|--|--|
| | | 層名 | 厚(m) | 岩 層 | | 層名 | 層厚および岩相 |
| | | | | 堆積岩 | 火山岩 | | |
| 第四紀 | 沖積 供積 | | 20m | 砂礫 浮砂 | | | |
| 第三紀 中新世 | 北浦層 | | | | | 遠部層 | m +200 流紋岩~石英安山岩質 火山礫凝灰岩 礫 |
| | 女川層 | | | | | 堤沢層 | m +200 堤沢火山礫凝灰岩 頁岩互層 |
| | 花岡層 | | +300m | 泥質頁岩 浮石質凝灰岩 角礫凝灰岩 砂質凝灰岩 凝灰質頁岩 | 粗粒玄武岩 (石英粗面岩) (黒雲母石英粗面岩) | 花岡層 | m +400 神山凝灰角礫岩 長森山流紋岩 火山礫凝灰岩頁岩互層 礫岩 |
| | 西黒沢層 | | 100~ +300m | (安山岩質角礫凝灰岩) 頁岩 凝灰質砂岩 | (変朽安山岩) 集塊岩 | 保滝沢層 | m +300 硬質頁岩玄武岩互層 玄武岩, 玄武岩質凝灰角礫岩 |
| | 台島層 | | 100m | (安山岩質角礫凝灰岩) | 変朽安山岩 | | |
| 門前層 | | 350m ± | (安山岩質角礫凝灰岩) 凝灰質砂岩 礫岩 | 変朽安山岩 集塊岩 | 目名市沢層 | m +400 砂岩 安山岩質凝灰角礫岩 (下部不明) | |
| 古生層 | | | | 千枚岩・珪岩 | | | 緑色黒色千枚岩 |

(A) 虎岩達夫(1959): 花岡鉱山の鉱床の構造規制, 日本鉱業会誌, vol. 75, no. 855, 9

(B) 堀越毅(1960): 花岡一小坂地域におけるクロコウの層序的位置, 鉱山地質, vol. 10, no. 43

第2表 測線概要一覧表

| 測線名 | 測線方向 | 測線総延長 | 観測測線長 | 観測点数 | 観測点間隔 | 爆発点数 | 爆発回数 | 爆発点間隔 | 火薬使用量 |
|------|------------------|----------|---------|------|-------|------|------|--------------|--------|
| I 測線 | N9°20'W~N16°50'W | 16.38 km | 8.52 km | 95点 | 90m | 5カ所 | 21回 | 3.35~4.51 km | 900 kg |

第3表 爆発点一覧表

| 測線名 | 爆発点番号 | 掘さく孔数 | 爆発点位置 (m) | 爆発点区間距離 (m) | 所在地 | 立地条件 |
|--------|-------|-------|--------------|-------------|--------|------|
| 第 I 測線 | I | 3 | No. 0~3,510 | 4,510 | 花矢町 花園 | 山林 |
| | II | 2 | No. 0+0 | | 大館市 沼館 | 水田 |
| | III | 2 | No. 44+78 | 4,040 | 大館市 三浦 | 草地 |
| | IV | 2 | No. 94+65 | 4,480 | 比内町 畑沢 | 草地 |
| | V | 3 | No. 94+3,415 | 3,350 | 比内町 白沢 | 山林 |

第4表 観測資料 (火薬出納簿)

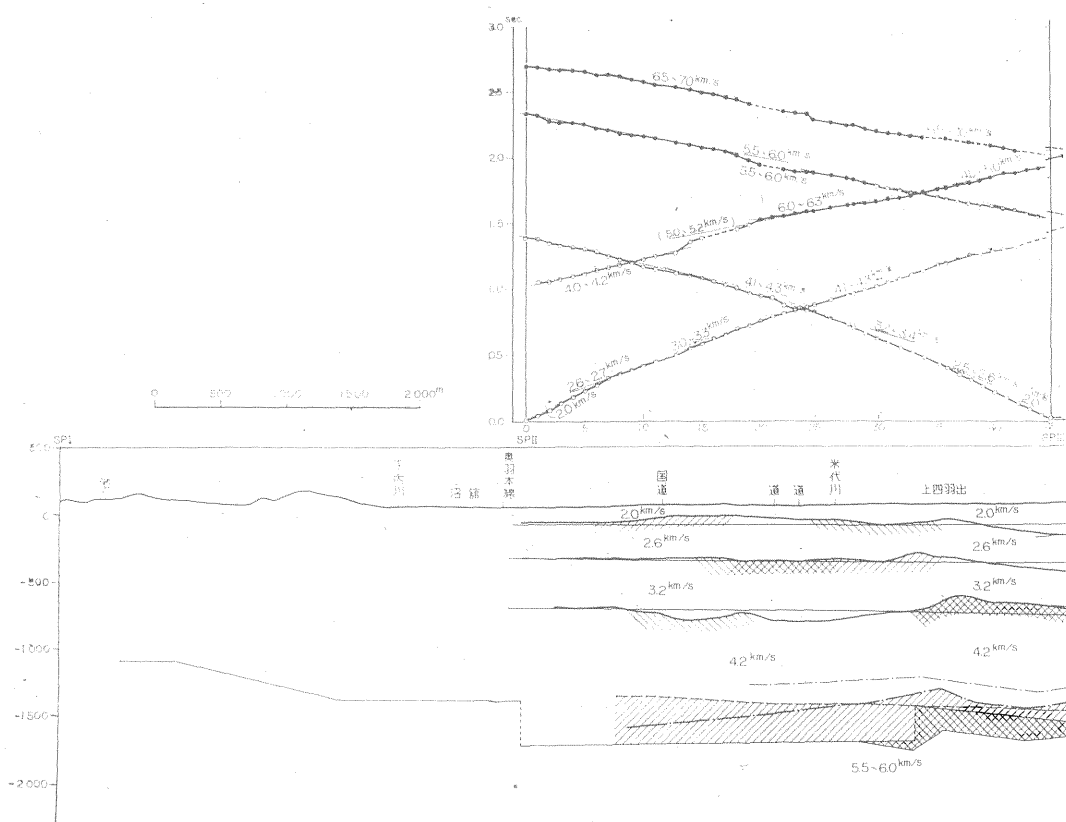
| 記録番号 | 測線名 | 観測点範囲 | 観測点範囲 | 爆発番号 | 薬量 (kg) | 爆発深度 (m) | 使用増幅器 | 備考 |
|------|--------|------------|----------|-------|---------|----------|--------|------------------|
| 1 | 第 I 測線 | 1964. 3.25 | No. 0~24 | III-I | 25 | 20 | T.R.-2 | 観測一部失敗 観測やり直し |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | 0~24 | V-2 | 180 | 30 | T.R.-2 | | |
| 4 | | 24~46 | | | | | | |
| 5 | | 0~24 | II-1 | 25 | 20 | T.R.-2 | | |
| 6 | | 24~46 | | | | | | |
| 7 | | 0~24 | IV-1 | 110 | 30 | T.R.-2 | | |
| 8 | | 24~46 | | | | | | |
| 9 | | 0~24 | I-1 | 100 | 30 | T.R.-2 | | |
| 10 | | 24~46 | | | | | | |
| 11 | | 1964. 3.26 | 0~24 | I-1 | 40 | 30 | T.R.-2 | |
| 12 | | 1964. 3.28 | 47~70 | III-1 | 25 | 20 | T.R.-2 | |
| 13 | | " | 70~94 | | | | | |
| 14 | | " | 47~70 | V-1 | 100 | 30 | T.R.-2 | |
| 15 | | " | 70~94 | | | | | |
| 16 | | " | 47~70 | II-1 | 90 | 30 | T.R.-2 | |
| 17 | | " | 70~94 | | | | | |
| 18 | | " | 47~70 | I-2 | 180 | 30 | T.R.-2 | |
| 19 | | " | 70~94 | | | | | |
| 20 | | " | 47~70 | IV-1 | 25 | 20 | T.R.-2 | |
| 21 | | " | 70~94 | | | | | |
| | | | | | 900kg | | | |

河川、民家などの付近では一部変更した。

爆発点位置は 4 km ごとに設けることを原則として選定した。第3表に爆発点一覧表を示した。爆薬は1本5 kg、直径75mmの特殊特桐ダイナマイトを使用し、爆発孔としては深度20~30m、内径97mmのボーリング孔を用い、地表下10m以深で爆発させた。雷管は地震探査用瞬発電気雷管を使用した。

観測は、全爆発点からの観測を行なった。最大受振距離は、遠隔爆発点Iからの 13.03 km で、使用火薬量は

180kgである。長い測線での地震探査屈折法による観測は、調査の経済的効果を考慮して可能なかぎり多成分の地震探査装置を用い、爆発回数およびボーリング孔数を少なくすることが望ましい。また火薬使用量を考慮して可能なかぎり S/N 比の向上に配慮しなければならない。そのため本調査では、24成分地震探査器2台により48成分として使用し、1回の爆発により約 4km の同時観測を行なった。異なる器械の使用のため、各スプレッド (24成分) の両端の観測点は常に重複させ、スプレッド



第2図 秋田県大館西方地震探

間の走時のずれの点検に供した。また、S/N比の向上のため 4.5c/s および 7.5c/s の地震計を用いるとともに、最大薬量およびボーリング孔数などの限界から、可能なかぎりよい記録を得るためすべての観測は深夜観測を実施した。

第4表には全観測資料を示した。

4. 解析法および解析結果

観測によって得られた地震記録から、初動の走時曲線を完成し、第2図上段に示した。

第8表には、初動走時の読取結果を示した。

初動の走時曲線の作成にあたっては、初動後の山谷の走時をも読み取り、初動走時の点検に供した。また走時曲線の読取りは、1/1,000 秒で行なったが、記録の初動部分の立上りなどからみて、走時曲線にみられる局部的凹凸にそれほどの精度は期待できないと思われる。とくに遠距離での爆発点による記録においては、S/N比などを考慮するならば走時の誤差として 1/100 秒程度は考えられる。

第2図下段には、解析結果の地下速度分布を解析図として示した。解析にあたっては、走時曲線を大局的にみ

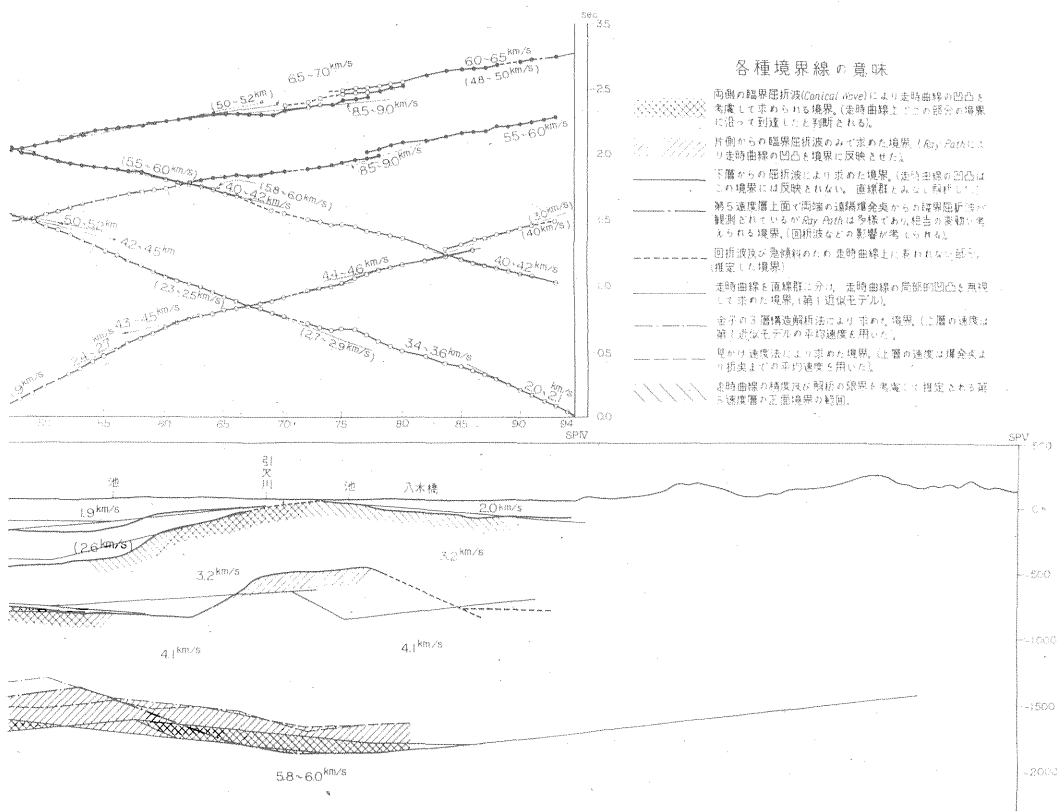
た直線群に分類し、速度層構成のモデルを推定し、Ray Path の走時を計算し、走時曲線にみられる見かけ速度に合致した速度層構成を第1近似モデルとし、再びPath計算により最終結果を求めた。また萩原の方法(はぎとり法)を拡張した解析法¹⁾、零走時を用いた解析法²⁾、見かけ速度を用いた解析法³⁾などの数種の解析法を試みた。この結果を第2図に同時に示した。以下、本測線での走時曲線の特徴、解析法、および解析結果について説明する。

4.1 走時曲線の特徴

第2図の走時曲線中に、大局的な直線群にわたる速度分類をしめた。走時曲線の特徴から次のような点がみだされる。(以下爆発点番号をI, V, 観測点番号をNo. と略記する。)

(i) 爆発点区間の走時曲線の特徴として、II ~ III間には、ミラー層としての傾向を示しているが、大局的な直線群に分類すれば、ほぼ水平とみられる4層構造となる。また、III ~ IV間では、見かけ速度も複雑で、折れ点の位置も不規則であり、速度層構成も複雑な傾斜構造と予想される。

(ii) 走時曲線の平行性からみればIおよびIIとの走時



査走時曲線および解析図

曲線は、No. 65~No. 95 間で、またⅣおよびⅤとの走時曲線はNo. 25~No. 0 間で平行とみなされ、同一層を通過してきたものと考えられる。

(iii) 各爆発点からの走時曲線を対数グラフにプロットしてみると、5~7層構造をしめす曲線群に分類され、明らかに5層以上の多層構造の特徴をしめしている。その1例を第3図にしめた。

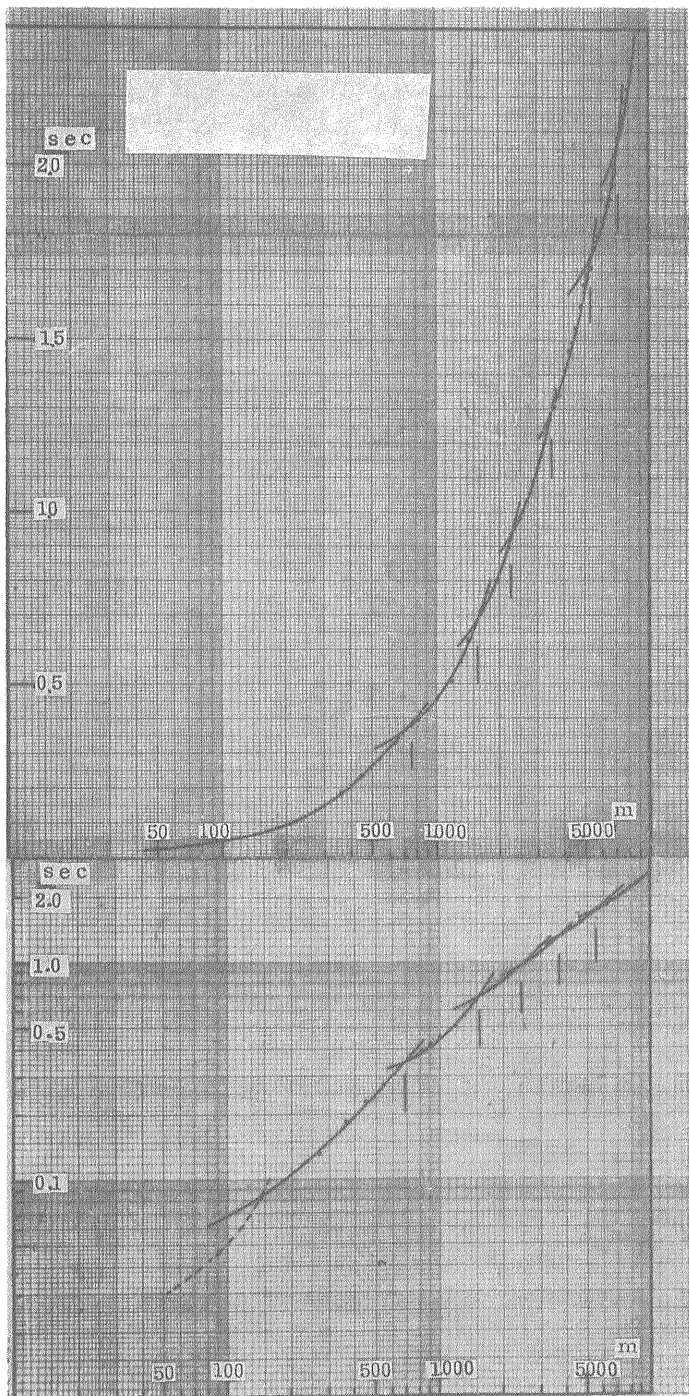
(iv) 走時曲線は、全般に走時の局部的凹凸がみられ、とくにⅤの遠隔爆発点からの走時に多い。爆発点近くの

走時曲線では走時の凹凸は少なく、また各爆発点での走時曲線で、その走時の凹凸は必ずしも対応しておらず、また前述した走時曲線の精度などからみて、これらの凹凸のすべてが地下構造に反映したのとは思われない。

(v) 走時曲線上の走時の段違いは、とくにNo. 15~20 付近、No. 75~85 付近が特徴的である。ただし、爆発点付近の走時曲線には、それに対応する段違いはみられないため、深部の断層あるいはその他の影響に起因しているものと考えられる。

第5表 見かけ速度の分類

| 爆発点および走時曲線の方向 | S.P. I | S.P. II | S.P. III | | S.P. IV | S.P. V |
|---------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------------|----------------------|----------------------|
| | →S.P. IV (km/sec) | →S.P. IV (km/sec) | S.P. II ←(km/sec) | →S.P. IV (km/sec) | S.P. II ←(km/sec) | S.P. II ←(km/sec) |
| 第1速度層 | | 2.0 | 2.0 | 1.9 | 2.0~2.1 | |
| 第2速度層 | | 2.6~2.7 | 2.5~2.6 | 2.4~2.7 | | |
| 第3速度層 | | 3.0~3.8 | 3.2~3.4 | (4.3~4.5) | 3.4~3.6 (2.8~2.9) | |
| 第4速度層 | 4.0~4.2 | 4.1~4.3 | 4.1~4.3 | 4.4~4.6 (3.0 or 4.0) | 4.2~4.5 (5.0~5.2) | 4.0~4.2 |
| 第5速度層 | 4.5~9.0 (5.0~5.2) | 5.5~9.0 | | | 5.5~6.0 | 5.5~7.0 (5.8~6.0) |



第3図 走時曲線の対数グラフ

(vi) 萩原の走時曲線 (T'曲線) を計算してみると、わずかの傾斜をも考慮すれば非常に多くの直線群に分類され、多層構造の性質をしめている。そのため T' 曲線からは速度層構成の分離は困難である²⁾。ただし、小さな傾斜を考慮しなければ、3~5層構造程度に分類されるものと考えられる。

(vii) 以上の諸点を考慮するならば第2図中の走時曲線中にしめした見かけの直線群は5つの速度層からのものと判断される。各爆発点からの見かけ速度を次の第5表のように分離した。

(viii) 第5速度層は、第2図のように直線群に細分すれば、見かけ速度は4.5~9.0km/secの範囲にある。これらが第5速度層からの走時であるとの判断は走時曲線の平行性を重視し、その他の諸点を考慮して決定した結果であり、第2図中には・印の走時曲線として示した。また、これらの見かけ速度は、第5速度層上面の構造をも反映していると同時にその上部構造の影響をも多く加味された結果と考えられる。遠隔爆発点IおよびVの走時曲線を大局的に直線とみなした場合、5.0~5.2 km/sec および 5.8~6.0km/sec の値をしめている。この範囲の平均速度値が、第5速度層の真の速度をしめているものと推察される。

4.2 解析方法

走時曲線から推察される速度層構成は、5層構造と考えられる。また各速度層からの臨界屈折波 (conical wave) の重複している区間は、遠隔爆発点からの走時曲線を除いてほとんどみられない状態である。このような走時曲線を解釈する場合、一通りの解析結果のみならず、それ以上他の結果も予想される。しかし、一応前節で分類した見かけ速度により、傾斜5層構造を考え各速度層の速度値を決定し、第6表にその結果を示した。

第6表にしめした速度構成から次の方法により解析を

第6表 各速度層の速度値

| | S.P. II ~ S.P. III 間 (km/sec) | S.P. III ~ S.P. IV 間 (km/sec) |
|-------|----------------------------------|----------------------------------|
| 第1速度層 | $2.0 \leqq \pm 0.1$ | $1.9 \sim 2.1 \leqq \pm 0.1$ |
| 第2速度層 | $2.6 \pm \pm 0.1$ | $(2.6) \approx \pm 0.2$ |
| 第3速度層 | $3.2 \approx \pm 0.2$ | $3.2 \approx \pm 0.3$ |
| 第4速度層 | $4.2 \approx \pm 0.2$ | $4.1 \approx \pm 0.3$ |
| 第5速度層 | $5.5 \sim 6.0 \approx \pm 0.5$ | $5.8 \sim 6.0 \approx \pm 0.5$ |

$\pm 0.1 \sim 0.5 \text{ km/sec}$ は推定される速度決定誤差

行なった。

(i) 第1近似モデルの速度層構成 (走時曲線の局部的凹凸を直線群とみなした解析。)本速度層を用いて、第1近似モデルを求めた結果II~III間ではほぼ水平な速度層構成と考えられる。またIII~IV間は第2、第3速度層の分離が非常に困難であり、数種の速度構成を考慮して数値的に計算し求めた結果である (第2図の細い点線の境界)。III~IV間の第2、第3速度層の分離は、IVからの走時曲線について、3.4~3.6km/secに続く2.3~2.9km/secの走時の部分を、第2、第3速度層の傾斜構造によるものとみなし、それと同時にIIIからの走時曲線に対しては、2.4~2.7km/secをしめす走時曲線の分離と、それに続く4.3~4.5km/secをしめす走時の部分を傾斜構造によるものとして解決し、見かけ速度に一致した構造を求めた。また、IV付近では、第2速度層は欠除しているとみなされる。

各走時曲線にみられる走時の段違いについて、第7表に一覧表としてしめた。

第7表にしめした段違いの時間差により階段構造の高さを求め、その結果に対して上層の影響をも考慮し、段違いの両端を直線群の走時とみなして解析した。この階段構造の解析結果については、その落差の方向などは明確ではなく、さらに他の観点からの詳細な検討が必要で

第7表 走時曲線にみられる走時の段違い一覧表

| S. P. 番号 | 走時曲線にみられる段違いの位置 (時間差) | 走時曲線の段違いに起因しているとみなされる地下構造 (時間差より求められる階段の高さ) |
|---------------------|---|---|
| S. P. I | No. 15付近 (走時曲線の第4、第5速度層との折点に位置する。) (0.08~0.13 sec) | No. 0 付近の第5速度層上面の階段構造 (370~610m) |
| S. P. III | No. 75付近 (0.05±sec) | 第1速度層の欠除の影響とみなす。 |
| S. P. III | No. 81付近 (0.08±sec) | No. 73付近の第4速度層上面の階段構造 (310m±) |
| S. P. I S. P. II | No. 76付近 (0.10±sec) | No. 60付近の第5速度層上面の段階構造 (100m±) およびNo. 73付近の第4速度層上面の段階構造による回折波 |
| S. P. IV S. P. V | No. 20付近 (0.07~0.08 sec) | No. 33付近の第5速度層上面の段階構造 (330~330m) ただし S. P. I の走時曲線では明瞭でない。 |

あろう。

第5速度層上面の境界は、第5速度層をしめす走時曲線(第2図の「・」印の走時曲線)を直線群に分けて求めた結果である。この部分の走時の凹凸は、前述したような走時曲線の精度からみて速度層境界に正しく反映されているものとは思われず、第1近似モデルとしては大局的にみて直線群に分離した解析が妥当のように思われる。

Ⅲ付近の速度層構成は、Ⅲの両区間に分けて速度を決定した誤差が集中しており、第2図にしめしたような境界の不一致がみられる。また、走時曲線の精度による境界の不一致とも考えられ、さらに走時曲線を詳しく検討し、誤差を分散させるよう配慮すべき部分であり、第1近似モデルとしては未完成の区間である。

(ii) 走時曲線の凹凸を考慮した解析(第2図の実線の境界)

第1近似モデルで求めた速度構成に対して、走時曲線の凹凸を考慮し、Ray pathを各点ごとに書き、観測走時と計算走時とがほぼ一致するまで修正を加えて求めた結果である。第2図の実線の境界において、両側からの臨界屈折波をしめす走時から求められた部分、片側のみの臨界屈折波から求められた部分、下層からの屈折波をしめす走時からPath計算によって求めた部分、走時曲線にあらわれていない部分などの区別を示した。解析の精度からみて上記の順に信頼性があるものと推定される。

第5速度層上面の境界は、第1近似モデルの境界と同じく、走時曲線の凹凸にはそれほど注意を払わなかった。第5速度層上面の境界をさらに詳細に検討するには、その上部の各速度層境界をさらに詳しく確定されなければ地震探査の性質からみて上層の誤差が下層に及ぼす結果となる。走時曲線の段違いについては、第1近似モデルで検討したほどの階段構造でなくても、走時の凹凸および上層部の起伏を考慮するならば、おもに回折波によるものと解釈される。第5速度層上面のNo. 35およびNo. 53、第4速度層上面のNo. 84付近の凸形の構造からの回折波として、おおよその説明は可能である。ただし、IのNo. 15付近の走時の段違いは、走時曲線の折点になっているため第1近似モデルの結果以外に推察することは困難である。また、Ⅲ～Ⅳ間での第4速度層上面の断層と思われる部分について走時曲線の局部的凹凸を考慮した結果、この区間は、局部的に大きく凸形の境界をしめしていると思われる。そのためⅢのNo. 86～No. 95間の走時曲線は、すべて第4速度層上面からの回折波として解釈される。

その他の部分については、おおよそ第1近似モデルの境界に若干起伏が加わった結果としてえられた。

(iii) 零走時を用いた解析(第5速度層上面の解析について)

走時曲線の凹凸についてどの程度まで地下構造に反映された走時の凹凸とみなすべきかは、地震探査の精度全般から考えねばならない問題である。そのため、走時曲線の局部的凹凸を考慮しない解析および考慮した解析の2通りを試みたが、走時曲線はすべての速度層からの臨界屈折波で網羅されていないため、不確実な部分が多い。とくに、第5速度層上面の境界は、解析精度からみて非常に疑問の点が多く、さらに解析を進める意味で零走時を用いての解析を行なった。

1) 金子の3層構造の解析法³⁾

I, Vの遠隔爆発点の走時曲線において、II, IVのおおの平行走時との差を用い、I, Vの全走時(TAB)を求め、萩原の方法により第5速度層上面までの零走時を計算する。ただしNo. 0～No. 25間はIVおよびV, No. 65～No. 95間はIおよびIIとの正則走時曲線⁴⁾を求め適用した。また、第1, 第2, 第3速度層までを1つの速度層と仮定し、第4速度層上面までの平均速度を求め、次の結果を得た。

II～III区間: 2.6～2.7 km/sec

III～IV区間: 2.6～3.1 km/sec

これらの零走時および平均速度を用いて、第5速度層上面の境界を求めた結果、非常に起伏の多い結果を得た。第2図中には、起伏の多い境界を大局的にみた直線群の境界として示した。本法による解析結果は、一般に速度比および零走時の精度に影響される。

2) A. TAANILAによる見かけ速度を用いた解析法⁵⁾

両側爆発点からの見かけ速度を用いて零走時(厳密には若干異なる)を求め、屈折境界面での零走時に対応する臨界屈折地点を計算し、その深さを求める解析法である。萩原の方法によって直接零走時が求められない場合(すなわち、同一速度層からの屈折法走時曲線が重複していない場合)で、速度層が単純な2層構造の場合に有利な方法である。本測線では5層構造のため、A. TAANILAの方法を拡張して適用した。

第1～第4速度層までの各速度層を一つの速度層と仮定し、第5速度層上面までの平均速度を求め次の結果を得た。

II～III区間, 3.3～3.4 km/sec

III～IV区間, 3.2～3.7 km/sec

見かけ速度として、第5表にしめしたIおよびVの走時曲線を大局的にみた値(5.0～5.2 km/secおよび5.8～6.0 km/sec)を用いた。

IおよびVの走時よりIのおおの独立に求められる零走時により、第5速度層上面のおおの境界を求めた結果、その差は局部的に100～300m程度である。また、

この方法による第5速度層上面の局部的凹凸は、100~200m前後であるが、第2図中にはそれらを大局的にみた直線の境界として示した。

本法による解析結果には、数層を一つ速度層と仮定し、平均速度を用いる点および大局的な見かけ速度を決定する点に解析誤差が含まれると考えられる。

4.3 解析結果の問題点

本測線の解析にあたっては、以上の各種解析法により第2図のような速度層構成がえられた。第4速度層上面の速度層構成としては、(4.2(ii)) 走時曲線の凹凸を考慮した解析による第2図の実線の境界の結果が妥当のように思われる。第5速度層上面の境界としては、すでに述べたように、いずれも走時曲線の局部的凹凸を考慮しない解析結果であり、これらの解析法による各境界の差も100~350m程度あり、いずれが妥当か判然としない。そのため第2図にしめた斜線部の範囲に境界が存在するものとみなした方がよいのではないかと思われる。これらの解析結果は、走時曲線の分類、速度値の決定、またさらに解析法に関する精度をも吟味する必要がある、さらに充分な検討を加えなければならない点も多いと思われる。

以下に、各速度層の解析結果の問題点について述べる。

(i) 第1速度層は、爆発点近傍の走時曲線から求めた値を真の速度として解析した。地表部付近の状況から判断すれば、地表部には第1速度層より遅い速度層が分布すると思われるが、走時曲線に表われないほどの薄層のため解析上は無視してさしつかえないと判断した。第1速度層の深度は、すべてPath計算によったものであり、No. 70~No. 75間は傾斜構造からみて非常に薄いも

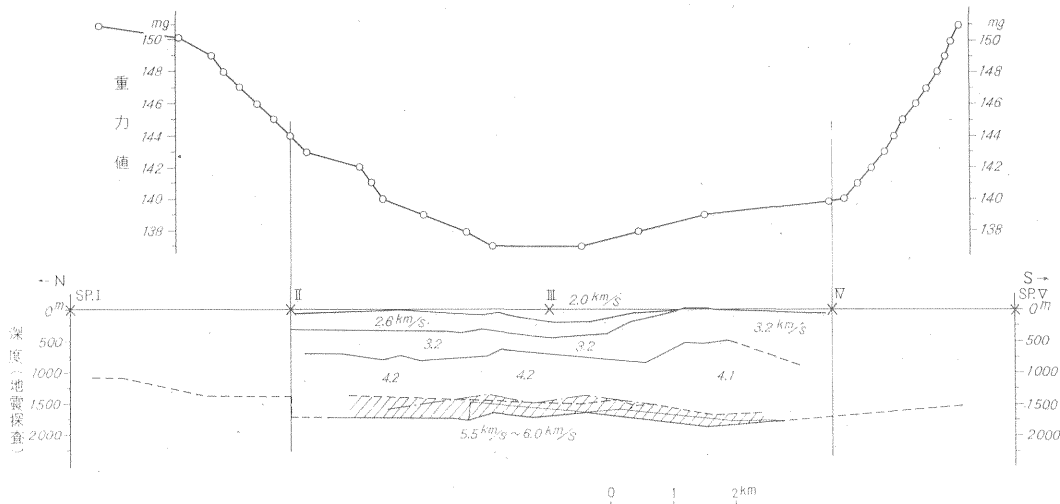
のと推定される。

(ii) 第2速度層は、IIおよびIIIの走時曲線での約1kmの区間のみを表われている。IVの走時曲線にはまったく表われておらず第2速度層を欠除しているとみなされる。またNo. 55~No. 60間では、第1速度層とともに第2速度層の分離も困難であり、わずか一部の走時曲線のみはその傾向が表われている程度である。

(iii) 第3速度層は、IIおよびIIIの走時曲線で第2速度層の走時の続きで、約1kmの区間に表われている。臨界距離で比較すれば、IIで約1.4~3.4kmの区間、IIIで1.9~2.8kmの区間である。II~IVでは、第3速度層をしめす走時曲線は複雑であり、傾斜構造として分離した解析結果である。またIIIのNo. 80~No. 95間は回折波とみなされる。本測線でNo. 60~No. 90間の速度層構造はもっとも特徴的であり、局部的な背斜構造の存在が予想される。

(iv) 第4速度層は、各爆発点の走時に表われており、II、IIIおよびIVの爆発点付近では、重複した走時曲線として求まっている。第4速度層の厚さは、500~1,200mもの範囲にあるが、第5速度層上面の境界の性質からみて明確でない。また、No. 73~No. 95間の本層上面の境界は、回折波による影響のためか、IIIの走時曲線からは求められない。Vからの走時曲線では、ほぼ真の速度をしめしているが、IIIから求めた結果とは矛盾する点もあり、遠隔発破の走時曲線のため詳細に検討することは困難である。

(v) 第5速度層は、遠隔発破点ではあるがもっとも重複する走時曲線を示している。また見かけ速度も多岐にわたり、真の速度決定には多くの疑問がある。T'曲線の結果をも参考にして、Path計算などを考慮して速度値



第4図 秋田県大館西方地震探査測線上の重力断面と地下速度との比較

第8表 測量結果表および初動走時読取結果表

No. 1

| 測量結果表 | | | | 初動走時読取結果表 | | | | | 備考 |
|-------|--------|----------|--------|----------------------|-----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 観測点番号 | 間隔 (m) | 追加距離 (m) | 標高 (m) | 爆発点 I | 爆発点 II | 爆発点 III | 爆発点 IV | 爆発点 V | |
| 0 | 0.0 | 0.0 | 47.18 | $\times 10^{-2}$ sec | $\times 10^{-2}$ sec 1.1 | $\times 10^{-2}$ sec 139.7 | $\times 10^{-2}$ sec 233.5 | $\times 10^{-2}$ sec 270.0 | SP I No. 0-3510 SP II 0+0m |
| 1 | 90.0 | 90.0 | 46.64 | 105.0 | 4.6 | 138.5 | 232.8 | 269.3 | 国道 |
| 2 | " | 180.0 | 47.29 | 106.0 | 8.2 | 135.7 | 228.5 | 268.3 | |
| 3 | " | 270.0 | 46.62 | 108.0 | 13.2 | 133.9 | 227.5 | 267.5 | |
| 4 | " | 360.0 | 48.27 | 110.0 | 18.5 | 132.8 | 227.2 | 267.0 | |
| 5 | " | 450.0 | 48.31 | 112.0 | 23.0 | 131.0 | 226.5 | 266.2 | |
| 6 | " | 540.0 | 48.59 | 115.0 | 27.6 | 129.2 | 223.0 | 263.8 | |
| 7 | " | 630.0 | 48.56 | 117.0 | 33.0 | 126.2 | 222.5 | 264.5 | |
| 8 | " | 720.0 | 58.56 | 119.4 | 36.5 | 123.2 | 219.8 | 262.5 | |
| 9 | " | 810.0 | 61.76 | 121.2 | 39.3 | 127.5 | 218.0 | 261.5 | |
| 10 | " | 900.0 | 61.78 | 124.0 | 42.2 | 117.7 | 217.2 | 259.0 | |
| 11 | " | 990.0 | 62.29 | 126.0 | 45.2 | 116.0 | 216.0 | 257.0 | |
| 12 | " | 1080.0 | 60.34 | — | — | — | — | — | |
| 13 | 64.1 | 1144.1 | 60.40 | 129.0 | 50.6 | 113.5 | 212.8 | 255.0 | 米代川 |
| 14 | 115.9 | 1260.0 | 58.26 | 137.0 | 56.1 | 111.5 | 211.5 | 253.7 | |
| 15 | 90.0 | 1350.0 | 59.83 | 140.0 | 59.6 | 109.0 | 209.3 | 251.5 | |
| 16 | " | 1440.0 | 59.14 | — | 63.3 | 106.9 | 208.0 | 250.0 | |
| 17 | " | 1530.0 | 59.42 | — | 66.8 | 103.8 | 206.2 | 247.8 | |
| 18 | " | 1620.0 | 45.68 | 147.0 | 71.2 | 101.3 | 203.0 | 246.0 | |
| 19 | " | 1710.0 | 43.09 | 150.3 | 73.2 | 97.1 | 199.0 | 242.6 | |
| 20 | " | 1800.0 | 43.24 | 154.4 | 76.7 | 95.7 | 196.0 | — | |
| 21 | 84.0 | 1884.0 | 43.53 | 156.0 | 80.1 | — | — | — | |
| 22 | 96.0 | 1980.0 | 43.28 | 157.3 | 82.2 | 88.9 | 192.5 | 237.0 | |
| 23 | 90.0 | 2070.0 | 42.33 | 159.0 | 85.1 | 85.9 | 191.0 | 236.0 | |
| 24 | 86.7 | 2156.7 | 43.40 | 160.0 | 87.8 | 84.8 | 190.0 | 235.0 | |
| 25 | 55.2 | 2211.9 | 46.15 | 161.5 | 89.6 | 83.3 | 190.6 | 231.3 | |
| 26 | 130.0 | 2341.9 | 46.13 | 163.3 | 93.4 | 78.0 | 187.9 | 229.5 | |
| 27 | 130.0 | 2471.9 | 45.64 | 165.2 | 97.4 | 74.1 | 186.2 | 227.0 | |
| 28 | 49.1 | 2521.0 | 45.19 | 166.3 | 98.8 | 71.8 | 185.2 | 227.3 | |
| 29 | 90.0 | 2610.0 | 43.37 | 166.4 | 100.3 | 67.7 | 182.5 | 224.7 | |
| 30 | " | 2700.0 | 42.25 | 168.4 | 103.2 | 63.8 | 180.7 | 222.9 | |
| 31 | " | 2790.0 | 42.83 | 170.2 | 106.0 | 60.0 | 178.8 | 221.2 | |
| 32 | " | 2880.0 | 43.83 | 171.8 | 109.3 | 56.5 | 177.2 | 220.3 | |
| 33 | " | 2970.0 | 43.96 | 173.2 | 112.4 | 52.8 | 175.5 | 219.3 | |
| 34 | " | 3060.0 | 44.51 | 175.0 | 115.8 | 49.4 | 174.5 | 218.3 | |
| 35 | 120.0 | 3180.0 | 44.20 | 178.7 | 120.4 | 44.0 | 172.2 | — | |
| 36 | 60.0 | 3240.0 | 48.85 | 179.0 | 121.0 | 40.8 | 170.6 | 217.0 | |
| 37 | 90.0 | 3330.0 | 48.66 | 181.5 | 124.0 | 36.0 | 169.0 | — | |
| 38 | " | 3420.0 | 49.07 | 183.0 | 127.1 | 31.8 | 167.5 | 214.0 | |
| 39 | " | 3510.0 | 49.68 | 185.4 | 128.0 | 27.0 | 166.7 | — | |
| 40 | " | 3600.0 | 48.49 | 187.2 | 130.1 | 22.5 | 165.2 | 212.2 | |
| 41 | " | 3690.0 | 48.58 | 190.5 | 132.2 | 18.0 | 163.9 | 210.6 | |
| 42 | " | 3780.0 | 48.95 | 191.0 | 134.4 | 13.7 | 162.8 | 208.4 | |
| 43 | " | 3870.0 | 50.04 | 193.0 | — | 9.4 | 159.6 | — | |
| 44 | " | 3960.0 | 51.14 | 194.0 | — | 5.0 | 157.7 | — | |
| 45 | " | 4050.0 | 51.10 | — | — | 1.8 | — | — | |
| 46 | " | 4140.0 | 51.05 | 198.2 | — | 2.0 | 154.5 | — | |
| 47 | " | 4230.0 | 46.81 | 200.7 | 147.0 | 9.1 | 150.8 | 202.0 | |

| 測量結果表 | | | | 初動走時読取結果表 | | | | | 備考 |
|-------|--------|----------|--------|--------------|--------------|--------------|--------|-------|-----------------------------|
| 視測点番号 | 間隔 (m) | 追加距離 (m) | 標高 (m) | 爆発点 I | 爆発点 II | 爆発点 III | 爆発点 IV | 爆発点 V | |
| 48 | 90.0 | 4320.0 | 46.76 | 201.9 | 147.5 | 13.7 | 149.2 | 198.4 | |
| 49 | " | 4410.0 | 47.19 | 203.5 | 149.0 | 18.3 | 146.7 | 197.0 | |
| 50 | " | 4500.0 | 48.84 | 205.8 | 152.2 | 23.0 | 142.5 | 194.0 | |
| 51 | " | 4590.0 | 48.92 | 207.3 | 154.0 | 27.8 | 140.0 | 192.0 | |
| 52 | " | 4680.0 | 48.87 | 210.0 | 158.2 | 32.5 | 137.0 | 190.5 | |
| 53 | " | 4770.0 | 48.68 | 212.7 | 160.2 | 36.6 | 132.8 | 189.2 | |
| 54 | " | 4860.0 | 50.24 | 215.4 | 162.0 | 41.2 | 129.9 | 188.8 | |
| 55 | 87.0 | 4947.0 | 53.73 | 216.3 | 164.0 | 45.5 | 124.9 | 187.2 | 沼 |
| 56 | 93.0 | 5040.0 | 57.64 | 217.5 | 166.0 | 50.0 | 121.7 | 186.0 | |
| 57 | 80.0 | 5120.0 | 60.87 | 218.0 | 168.5 | 55.5 | 117.0 | 185.3 | |
| 58 | 100.0 | 5220.0 | 63.11 | 219.3 | 169.0 | 59.2 | 114.0 | 184.3 | |
| 59 | 90.0 | 5310.0 | 63.70 | 221.5 | 171.0 | 63.2 | 109.8 | — | |
| 60 | " | 5400.0 | 63.93 | 223.5 | 172.0 | 67.0 | 105.5 | 179.0 | |
| 61 | " | 5490.0 | 63.69 | 224.0 | 174.5 | 71.0 | 103.0 | 177.0 | |
| 62 | " | 5580.0 | 63.04 | 225.4 | 176.5 | 74.0 | 100.3 | 175.8 | |
| 63 | " | 5670.0 | 63.03 | 227.7 | 178.5 | 76.2 | 98.2 | 173.8 | |
| 64 | " | 5760.0 | 63.29 | 228.0 | 180.0 | 78.0 | 94.0 | 171.0 | |
| 65 | " | 5850.0 | 61.92 | 228.3 | 181.0 | 80.2 | 90.7 | 168.0 | |
| 66 | " | 5940.0 | 58.68 | 227.8 | 182.3 | 82.0 | 87.7 | 166.0 | |
| 67 | " | 6030.0 | 52.05 | 227.5 | 182.0 | 83.5 | 83.7 | — | |
| 68 | " | 6120.0 | 51.43 | 228.2 | 182.1 | 85.3 | 81.2 | — | |
| 69 | " | 6210.0 | 49.84 | 228.0 | 184.7 | 87.8 | 78.2 | 155.9 | |
| 70 | " | 6300.0 | 51.46 | 231.8(235.2) | 185.0 | 90.0 | 75.6 | 153.6 | 3 Spread |
| 71 | " | 6390.0 | 51.65 | — | — | — | — | — | |
| 72 | " | 6480.0 | 51.77 | 234.3(238.0) | 187.7 | 95.2 | 70.6 | 148.7 | |
| 73 | " | 6570.0 | 51.88 | 235.8 | 188.5 | 97.0 | 67.9 | 146.6 | |
| 74 | " | 6660.0 | 52.21 | 236.8(241.0) | 190.3 | 98.8 | 65.4 | 144.9 | 沼 |
| 75 | 80.0 | 6740.0 | 56.72 | 239.5(244.5) | 192.5 | 101.4 | — | — | |
| 76 | 100.0 | 6840.0 | 60.21 | 241.0(245.5) | 194.5 | 105.4 | — | — | |
| 77 | 90.0 | 6930.0 | 61.25 | 242.3(246.0) | 195.7(200.7) | 108.0 | — | 141.7 | |
| 78 | " | 7020.0 | 61.58 | 247.0 | 198.3(203.0) | 110.4 | 57.2 | 139.6 | |
| 79 | 87.0 | 7107.0 | 61.55 | 249.3 | 206.5 | 113.1 | 53.5 | 138.3 | |
| 80 | 93.0 | 7200.0 | 62.84 | 250.5 | 208.5 | 115.7(117.1) | 50.8 | 139.3 | 部落 |
| 81 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 82 | 180.0 | 7380.0 | 62.23 | 259.5 | 210.5 | 118.7(118.0) | 46.8 | 128.7 | |
| 83 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| 84 | 150.0 | 7530.0 | 57.26 | 263.3 | 213.9 | 120.0(123.5) | 41.0 | 124.2 | |
| 85 | 120.0 | 7650.0 | 57.82 | 264.4 | 216.5 | 126.5(124.7) | 38.8 | 119.5 | |
| 86 | 90.0 | 7740.0 | 59.21 | 265.0 | 217.7 | 135.2 | 35.8 | 117.4 | |
| 87 | 89.0 | 7829.0 | 59.20 | 265.8 | 218.5 | 136.7 | 32.1 | 115.2 | |
| 88 | 91.0 | 7920.0 | 63.22 | 267.6 | 221.3 | 139.0 | 29.4 | 113.9 | |
| 89 | 90.0 | 8010.0 | 61.93 | — | 221.5 | 141.6 | 25.0 | 111.2 | |
| 90 | " | 8100.0 | 62.33 | 270.3 | 223.7 | 144.2 | 21.7 | 109.4 | |
| 91 | " | 8190.0 | 63.43 | 272.3 | 225.5 | 146.6 | 17.8 | 107.9 | |
| 92 | " | 8280.0 | 67.72 | — | 227.0 | — | 12.5 | — | |
| 93 | " | 8370.0 | 65.92 | 274.8 | 229.0 | 149.5 | 9.4 | 102.7 | SP IV No. 94+65 |
| 94 | " | 8460.0 | 67.04 | — | — | — | 4.8 | — | 4 Spread SP V No.94+3415 |

として 5.5~6.0 km/sec と決定したため、他の速度層に比べ速度決定精度も若干落ちるものと予想される。また、第5速度層上面の境界は、すでに前述したとおりであり、さらにその他の結果をも参考にしてなお詳細な検討が必要と思われる。

5. 重力探査資料との比較

大館周辺における物理探査として、同地帯全域にわたり重力探査が進められている。昭和39年3月は大館盆地を中心に実施されたので、その資料と地震探査結果とを比較してみることにする。

第4図は、地震探査測線上の重力値を断面に表わし、これと地震解析結果とを比較したものである。

本地帯の、重力調査の結果は、瀬谷清によって、別に報告される予定であるが、ここでは地震探査と関連してその概要を簡単に述べる。重力探査結果では、大館盆地部にかなり顕著な低重力域が存在し、二井田付近 (S.P. IIIのやや東方) がその中心であり、S.P. II北部およびS.P. IVの南部に、比較的急激な重力値の変化を生じている。

これは S.P. IIのやや北部および S.P. IVと S.P. Vの中間に断層構造の存在を予想させるものであり、大館盆地形成に関して重要な意味をもっていることが推察される。

以上の重力結果から、地震結果をみると、全般的な傾向は、やや類似しているが、一部 S.P. III ~ IV間において地震結果の基盤面状態と、符合しない点がみられる。これは、必ずしも重力値が、大きく基盤面の状態を反映するとは限らず、基盤の上位に累重する各層の形態にも左右されるものと考えられる。以上のような考えから、4.1~4.2 km/sec 層以上の各層をみると、その形状は、重力の傾向と類似しているため、これら基盤の上位に厚く累重されている層は、かなり重力値に大きく反映されているものと推察される。(重力探査では、本付近に高重力域が分布し、これが測線上にも延びて、隆起構造を示している。)本測線の基盤面の状態は、走時曲線の複雑から、斜線で表わしたとおり、幅をもたせて解析されているが、その大勢および深度などは、だいたい斜線内で上下するものと推察される。S.P. IIおよび S.P. IV付近に断層が推定されるが、これも明確に表わすことは、本走時曲線からは困難である。一般に、同地域のように、基盤面までの深度の深い所、および複雑な構造が予想される場合は、欲をいえば遠隔地点から受振器を配列し、基盤速度が確認されるところまで観測することが望ましいわけであるが、今回は都合によってそれができなかった。

6. 結 語

本調査地域での地震探査の結果、次の5つの速度層に分類された。

| 速度層 | 速度 範囲 (km/sec) | 層厚 範囲 (m) | 深度範囲 (m) |
|-------|-------------------|----------------|-------------|
| 第1速度層 | 1.9~2.1 <±0.1 | 0~250 ± 80 | — |
| 第2速度層 | 2.6 ± 0.2 | 0~330 ± 100 | 0~250 |
| 第3速度層 | 3.2 ± 0.3 | 260~700 ± 150 | 60~520 |
| 第4速度層 | 4.1~4.2 ± 0.3 | 600~1400 ± 250 | 510~920 |
| 第5速度層 | 5.5~6.0 ± 0.5 | — — | 1,400~1,850 |

とくに爆発点 III ~ IV間で、第3、および第4速度層上面は局部的に隆起しており、一部に第2速度層が欠除している。

第5速度層上面の境界は、解析上分離が困難であり、深度 1,400~1,850mの程度で厚さ 100~350mの範囲内にその境界が存在するものと考えられる。

第1速度層は、第四紀の沖積層および洪積層に相当し、第2、第3および第4速度層は、おおむね第三紀中新世の各地層に相当すると推定される。第5速度層は古生層の基盤岩と推定され、第4速度層の一部も基盤岩に含まれる場合もあるものと考えられる。

なお、速度層と地質層序との対比については、本調査以外に多くの調査が実施されており、それらの結果をも参考にして総合的に判断を下すべきものと思われる。

文 献

- 1) 田治米鏡二(1963):新潟県見付市郊外の小発破実験場で行なった屈折波による地下探査, 北大地球物理学研究報告, 11
- 2) 田治米鏡二・武内俊昭(1958):屈折法の解析に対する萩原の方法の拡張, 物理探査, 11
- 3) 金子 徹一(1961):屈折法における3層構造の簡単な解析法, 物理探査, 14, p. 28~32
- 4) 金子 徹一(1963):正則走時曲線の提唱, 物理探査, 16
- 5) TAANILA, P. (1963): A Profile Calculation Method in Seismic Refraction Surveys based on the Use of the Effective Vertical Velocity, Geoexploration, No. 1.