

秋田県十和田町付近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1報—

平 沢 清*

まえがき

昭和38年度から「金属鉱床密集地域の広域調査研究」事業が開始され、初年度は秋田県北鹿地帯に多くの調査研究が実施されている。この地震探査もそれらの調査研究の一環として実施されたものである。さらに38年度中に大館盆地西縁地域でも地震探査が実施されたが、この報告の地域とは距離も距っているので、別に報告される。この報告は北鹿地帯における地震探査の第1報として十和田町付近において行なった探査についてのみ報告する。

また、北鹿地帯には地質鉱床調査をはじめ構造試錐・地化学探査・地形測量なども実施され、物理探査については重力探査・磁気探査も行なわれている。

したがって、全調査完結後、それぞれの取りまとめまたは総合報告が行なわれるので、この報告はそれらの調査に資料を提供するため、速報的意味でまとめたものである。

1. 緒 言

昭和38年度「金属鉱床密集地域の広域調査研究」事業の1つとして、秋田県鹿角郡十和田町付近において地震探査を実施した。

元来、地震探査はその原理から、油田など比較的地表が平坦で地下構造もそれほど複雑でなく、基盤とそれを覆う第三系との速度差が顕著な地域においてこそ、初めて真価を発揮し得るもので、本地域のように、基盤構造そのものが複雑で、しかも火成岩類や火成作用による堆積物が介在するような地域においては好結果を得ることが仲々難かしいとされている。

一方、北鹿地帯の広域調査研究の主目的は、広範囲にわたる地域の地質構造を把握し、地質構造と金属鉱床分布との関連などにつき総合的に研究することであって、個々の鉱床を対象とするものではない。地質構造の把握にはまず基盤岩類の深度および構造を把握することが重要であることはいうまでもないことである。

そのため、本地域の地震探査は基盤の深度および構造の探査に目標をおいて計画されたものであるが、前述のような理由から、これを詳細に求めることは困難であ

り、その第1回として本調査では、このような地域でどんな走時曲線が得られるか、どの程度の地下構造を解析し得るか、また地震探査結果がどの程度に信頼し利用され得るか、などの点について、試験的な意味も含めて計画および実施されたものである。

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。

本調査を実施した機関は下記のとおりである。

爆発孔掘さく 奥山ボーリング株式会社
利根工事株式会社

地震探査および解析(測綫測量も含む) 株式会社
応用地質調査事務所

地震探査結果は株式会社応用地質調査事務所(以下この報告では「応用地質」と略称する)から「秋田県十和田町附近地震探査報告」として本所に報告されている。

この報告は、主として「応用地質」から提出された上記報告に基づいて、その結果を発表し検討するものである。

2. 測綫設定および調査経過

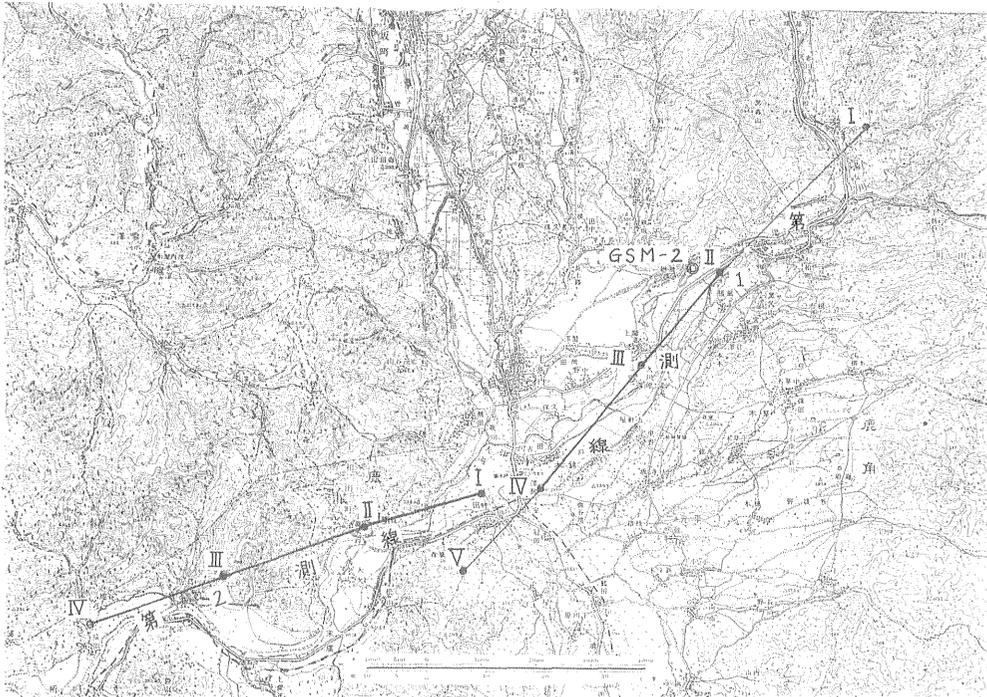
2.1 測 綫 設 定

北鹿地帯は大館盆地・花輪盆地を除くほかは山地が多い。地震探査を行なう場合、地形の急峻な地域では走時曲線の分解能が低下するので、測綫はできる限り平坦地を選んで設定するよう努めた。幸い構造試錐GSM-2号が大湯温泉付近の腰廻で実施されたので、この構造試錐に関連して Well-shooting 結果と地震波速度層ならびに地質との対応を考察できる便もあり、また地質の主構造方向も考慮したうえで第1図のように米代川沿いのほぼ東西方向の測綫を設定した。

すなわち、GSM-2号井付近を通り、大湯川沿いの大略NE-SW方向で全長約11kmの第1測綫、米代川沿いの大略E-W方向で全長約7.6kmの第2測綫の2測綫である。その探査目的は、本地域の地質構造の解明に重要な意義を有する基盤岩の深度およびその上面の構造把握を最重点に、併せて新第三系内の速度分布による層状構造を把握することである。

第1測綫は全長11kmのうち、中央部5.5kmのみを

* 物理探査部



第1図 測線配置図

第1表 測線概要

| 測線名 | 測線方向 | 測線全長 (km) | 観測区間 (km) | 受振点間隔 (m) | 観測点 | 爆発点 | 備考 |
|------|----------|-----------|-----------|-----------|------|-----|------------|
| 第1測線 | N40~45°E | 10.9 | 5.4 | 60 | 93点 | 5点 | 地形ほぼ平坦 |
| 第2測線 | N70~73°E | 7.6 | 7.6 | 80 | 94 " | 4 " | 測線中央部起伏に富む |

観測した。これは第1測線付近は当初の予想では基盤までの深度はかなり深く、1,200~2,000m程度とされていたので、受振距離を長く取って基盤からの走時を観測区域全域にわたって連続的に得るため、測線両端延長上に爆発点を設ける遠隔爆発法を採用したためである。

(爆発点IおよびV) 第1測線では、このほかに観測区間内の両端付近および中央付近にそれぞれ1点ずつ計5点の爆発点を設定し、受振点間隔を60mとし観測区間全域について5点からの爆発による震動を観測した。爆発孔はIおよびVに各3孔、II、IVに各2孔、IIIに1孔それぞれ30mの深さまで掘さくした。(奥山ボーリング株式会社担当)

第2測線では爆発点を4点設定し、受振点間隔80mで測線全域を4点爆発で観測した。爆発孔は1点当り2孔計8孔とし、一部を除き深さは各30mとした。(利根工事株式会社担当)

第1表・第2表に「応用地質」の報告から測線概要および爆発点概要を示す。

第2表 爆発点概要

| 測線名 | 爆発点番号 | 掘さく孔数 | 所在地 | 備考 |
|------|-------|-------|--------|-------|
| 第1測線 | I | 3孔 | 十和田町堀内 | 国有林内 |
| | II | 2 | " 大湯 | 水田 |
| | III | 1 | " 大河原 | " |
| | IV | 2 | " 沢尻 | " |
| | V | 3 | " 工筆森 | " |
| 第2測線 | I | 2 | 十和田町神田 | 原野 |
| | II | 2 | " 小真木 | 鉾山沈殿地 |
| | III | 2 | 大館市葛原 | 草地 |
| | IV | 2 | " 猿間 | 畑 |

2.2 調査経過

調査経過と期間・人員は次のとおりである。

(1)調査地予察 38年6月(平沢)

(2)測線および爆発点位置選定 38年9月

(平沢および受注各社)

(3)爆発孔掘さく 38年10~11月

- 奥山ボーリング 高藤一男他3名
 利根工事 星 他3名
 (4)測線測量 38年10月 応用地質 青葉雅志
 (5)地震探査 38年11月および12月(再測)
 応用地質 金子徹一・東山俊博他7名
 (6)解析 39年1~2月 応用地質

なお、筆者は地震探査実施期間中現地に滞在して監督・技術検収に当った。

2.3 調査方法

地震探査の実施方法について、前記の本所の計画に対し「応用地質」では火薬量の節約ひいては爆発孔の保全をはかり、調査を安全かつ迅速に実施するため、普通24成分探鉱器1式を用いるところ、これを2台使用して48成分の同時観測を行なった。使用器械は同社製 TR-1型・TR-2型およびE.T.L.M-3型である。これら型式の異なる探鉱器を使用するので、使用器械による誤差を修正するため各 spread 両端の受振器の重複および刻時線の点検などの注意をはらった。

火薬量については、本所の資料から適正な受振距離対所要火薬量曲線を作成し、これに従わしめた。ちなみに「応用地質」が今回の地震探査で消費した火薬の総量は1,040kgである。今回の地震探査は各 spread について全爆発点からの受振を行なったため、最大受振距離は長く、第1測線で約8.8km、第2測線で約7.6kmであり、1回の使用薬量も最大150kgに及んでいる。それでもなお、昼間は交通機関など雑音発生源も多いため、初動と雑音との割合(S/N比)が悪く、そのため遠距離からの受振はほとんど早朝または真夜中に実施せざるを得なかった。

記録は第2測線の一部を除き一般に良好であった。「応用地質」からの報告には記録写真も附されているが、この報告では省略する。第2測線は小真木鉱山付近を通るため、同鉱山の動力線の3,300 volt 交流に妨害され、この付近の記録は良好とはいえないが、これらの妨害を除去することは困難であった。

3. 解析方法および解析結果

解析方法および解析結果は地震探査報告中もっとも重要な部分であり、解析者の判断も多くはいる部分である。そこでこの章は「応用地質」から提出された報告書の同標題の章の全文を掲載し、その検討は次章に行なうことにする。ただしこの報告における掲載図面の関係などもあり、若干の修正と分節の変更は筆者が行なった。以下がその全文である。

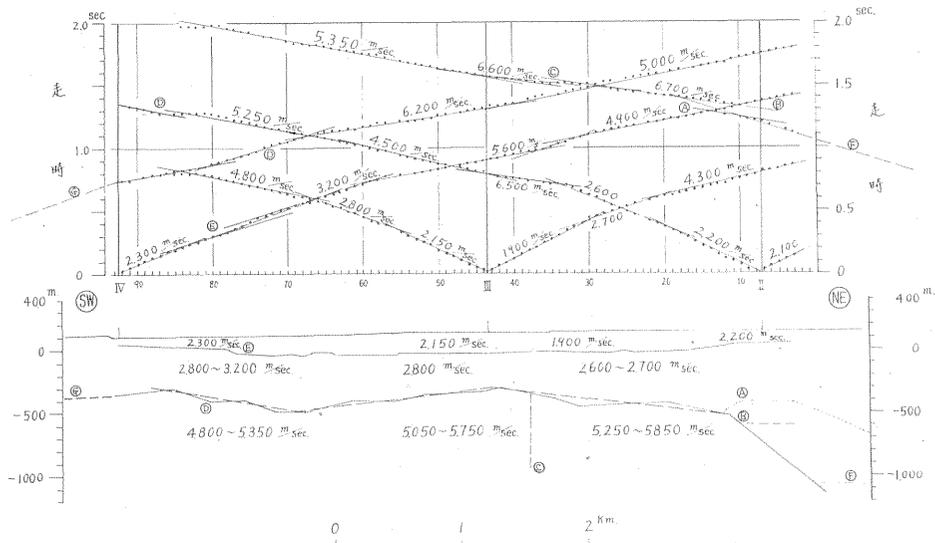
3.1 解析方法

観測によって得られた地震記録から、初動の到達時間を読み取り、第2図および第3図上段の走時曲線を得た。なお、走時曲線の作成にあたっては、初動以後の山・谷の走時をも読みとり、初動走時の点検に供した。

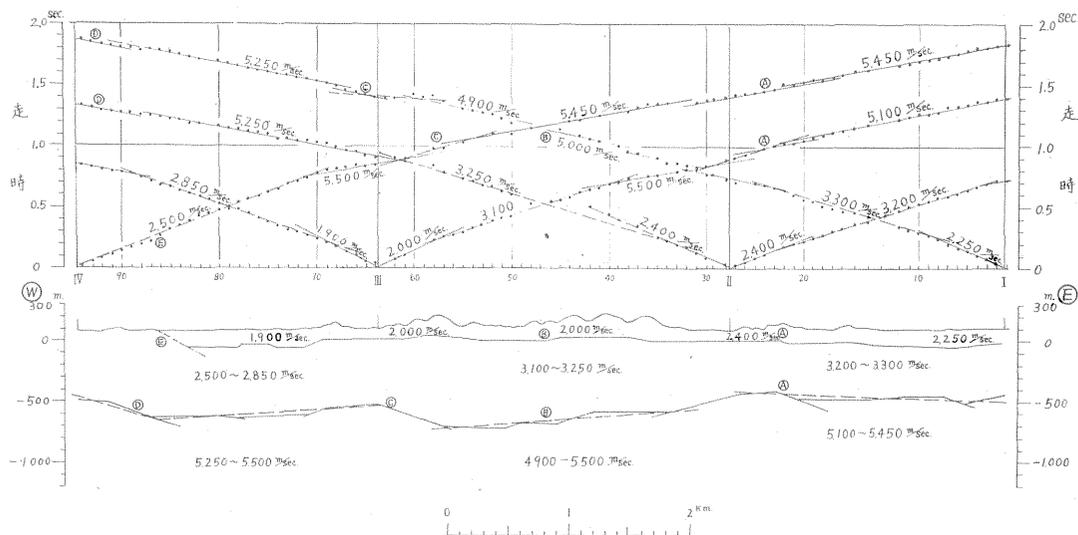
第1測線および第2測線の解析結果を、第2図および第3図下段に解析図(地下速度分布断面図)として示した。

解析の手順は、大略次の方法によった。

- ① 走時曲線を大局的にみて直線群に分類し、大略の速度を求め、臨界距離から爆発点下の深さを求める。
- ② “萩原の方法”により“はぎとり曲線(T'曲線)”を求め、萩原の方法の拡張¹⁾により真の速度を求める。
- ③ 走時曲線のばらつき、およびT'曲線のばらつき²⁾



第2図 第1測線走時曲線および解析図



第3図 第2測線走時曲線および解析図

(一直線にのらない部分)等を点検し、走時の段違いによる地下構造の異状を検討する。

④ T₁曲線およびその拡張³⁾により、全観測点下での第1速度層および第2速度層の零走時を求める。

⑤ 第1速度層の零走時を用いて、大略の第1速度層の深さを決定する。第1速度層の零走時が求められない場合、図式解法により決定する。

⑥ 第1速度層の零走時を用いて、金子の3層構造解析法⁴⁾により第2速度層の深さを求める。

⑦ 金子の方法により求めた各速度層の境界について、図式解法により Path 計算を行ない、最終結果を求める。

解析は上記の方法によったが、以下第1測線および第2測線の走時曲線の特徴を考察し、解析上の問題点および解析結果につき述べる。

3.2 第1測線

本測線の解析結果は、次の速度層に分類された。

第1速度層 1,900~2,300m/sec

第2速度層 2,600~3,200m/sec

第3速度層 5,350m/sec (4,800~5,850m/sec)

走時曲線の特徴として、次の点が考えられる。(以下④とは第2図内の記号を参照されたい。)

(1) 各爆発点からの走時曲線を、両対数グラフにプロットしてみると、明らかに3層構造の特徴をしめしており、測線全域で3層構造と考えられる。その1例を図にしめた。(筆者注、図省略)

(2) 爆発点I、V(遠隔爆発点)とII、III、IVとの走時曲線を比較してみると、その傾向(おもに平行性)が一致しない部分があり、深部までミラージュ層となってい

るものと予想される。

(3) 爆発点II、III、IVでの第2速度層の臨界距離はIIIでもっとも短く、大局的にみて、IIIで凸型の地下構造と考えられる。

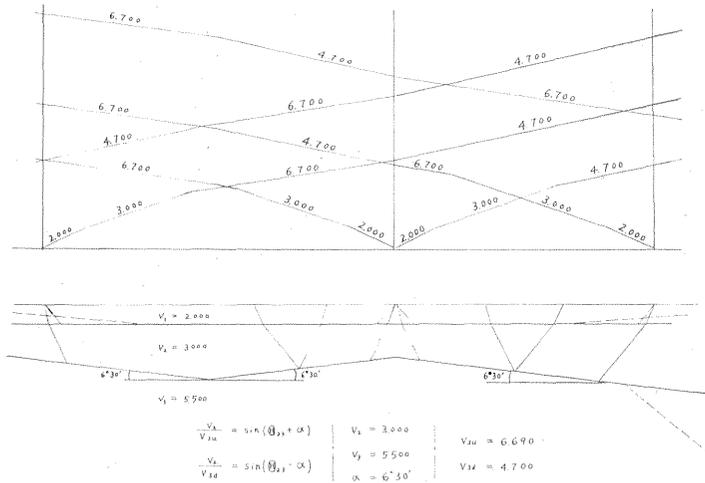
(4) 各走時曲線上で走時の段違いが多くみられ、地下構造は複雑なものと考えられる。とくにII、IV付近の走時曲線は、大きな段違いがみられる。

以上の諸点を考慮して、各速度層の解析結果について述べる。

(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ものと思われるが、走時曲線には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、第2速度層の走時曲線が重複している部分の零走時から求め、その他の部分は図式解法により決定した。また、境界の凹凸の多い部分は、走時曲線の精度および速度決定精度からみて、凹凸を無視して、直線と解釈してもよいものと考えられる。

(ii) 第2速度層は、2,600~3,200m/secを示しているが、第1速度層が大局的に幾分傾斜している点を考慮すれば、見かけ速度とも考えられる。しかし、走時曲線上に表われている範囲が少ないため、真の速度を求めがたく、一応真の速度とみなして解析した。また、金子の方法による第1、第2速度層の平均速度は、2,330~3,050m/secの範囲で求まっている。

(iii) 第3速度層は、第2図の走時曲線で4,300~6,600



第4図 第1測線モデル走時曲線

m/sec の見かけ速度をしめし、傾斜を考慮すれば真の速度として 4,800~5,850m/sec の範囲の値が考えられる。しかし、T' 曲線では 5,350m/sec の直線上にのっており、この値を真の速度とみなした。本層の上面の境界は、金子の3層構造解析法により求めた結果である。その凹凸の精度は、零走時の精度、第1・第2速度層の速度決定精度および第1速度層の深さの決定精度などによるもので、これらの点をさらに吟味する必要はあるが、図式解法による Path 計算の結果、観測走時と計算走時の差は 1/100~5/100sec 程度である。そのため、第3速度層上面の境界として、第2図破線の境界程度の解析結果を考えた方がむしろ妥当と思われる。

なお、参考のために第2図の解析結果をさらに簡単化して、モデル走時曲線を求めたのが第4図の走時曲線である。第3速度層の傾斜を 6°30'、真の速度を 5,500 m/sec として見かけ速度を計算してみると、6,700m/sec および 4,700m/sec となる。この結果を第2図の走時曲線と比較してみると、ほぼ同じ傾向の走時曲線とみなされる。

つぎに、No. 1~15 間の断層については、確証はなく記録上の初動の減衰⁵⁾ の状況からみて、断層と推定される。しかし、以下の(A)、(B)にしめす解釈もまったく不可能ではなく、今後さらに検討を要する点であろう。

第2図の記号(A)~(C)は本測線の解析上あるいは結果の解釈の点で問題があると思われるため、とくにふれてみることにしたい。

(A) : 記録の初動の状況からみて、走時曲線の折点を(A)の位置とも考えられる。解析図は(A)の破線の境界になるが、その可能性は少ないようである。

(B) : 走時曲線を(B)のように考えれば、解析図(B)の境界になるが、(A)の場合より可能性は少ないものと思われる。

(C) : 走時曲線で(C)の位置の段違いを考えずに直線的にみた場合、傾斜構造による見かけ速度をしめしており、No. 38 付近で速度が変化しており、5,800 m/sec 程度である。深さは幾分深くなる傾向である。

(D) : この付近の走時曲線は大きな段違いをしめしており、解析図(D)付近の階段構造に起因するものと思われる。しかし、解析図よりもさらに急激な段違いの存在も考えられ、さらに検討を要すると思われる。

(E) : IV からの走時曲線の(E)の段違いから予想される結果である。

(F) : I (遠隔爆発点) からの走時曲線が(F)のような破線とみなした場合、図式解法により予想される深さである。また、この付近の断層の存在は記録からも予想され、今後他の調査による検討がのぞまれる。

(G) : V (遠隔爆発点) からの走時曲線(破線)から予想される境界であり、走時の折れ点は No. 95 より V に近い位置になる。(第2測線の解析結果とほぼ一致している。)

3.3 第2測線

本測線の解析結果は、次の速度層に分類された。

- 第1速度層 1,900~2,400m/sec
- 第2速度層 2,700~3,250m/sec
- 第3速度層 5,350m/sec (4,900~5,500m/sec)

走時曲線の特徴として次の点があげられる。

- (1) 各爆発点での第3速度層をしめす走時曲線はおおむね平行である。
- (2) 各爆発点での第2速度層の臨界距離は、2,000~2,500mをしめし、第1測線に較べ第2速度層は深いこ

とが予想される。

(3) 全体的に走時曲線はばらつきをもっており、とくにⅡ、Ⅲ間は、地形的にも起伏に富んだ測線であり、走時曲線も段違いが多く、非常にばらついている。

(4) Ⅳの爆発点付近の走時曲線は、直接第2速度層に相当する速度値をしめしている。

次に各速度層の解析結果の問題点につき述べる。

(i) 第1速度層は、第1測線とほぼ同じ傾向をしめしているが、とくにⅡ、Ⅲ間の凹凸の多い測線下では、解析精度も幾ぶん落ちるものと思われる。また、速度値は平坦な測線部と較べると幾分異なると思われるが、一応 2,000m/sec とし解析した。

(ii) 第2速度層は、第1測線に較べ第2速度層の走時曲線が重複する部分が多く、また、その値は真の速度をしめすと考えられる。しかし、第1測線より若干速い値を示しており、金子の方法による平均速度は、2,490~3,100m/sec である。

(iii) 第3速度層は、見かけ速度として 4,900~5,500 m/sec をしめしており、第1測線に較べその範囲はきわめて小さい。また、T'曲線では、走時の段違いを考慮するならばほぼ 5,350m/sec の直線上にのり、この値は真の速度と考えられ、第1測線の値とほぼ同じ結果である。金子の方法により深さを求めた結果では、第1測線と同じく複雑な包らる線の境界として求められるが、精度からみて測線中央部で凹型をしめす第3図破線の境界と考えるのが妥当のようにも思われる。

つぎに、第3図の記号①~⑥について考察しておく。

①：2つの部分の走時曲線の段違いおよびみだれは、おもに解析区④の部分の階段構造に起因しているものと考えられる。また、地形の凹凸にも若干原因があるものと思われる。

②：走時曲線は段違いが多く、解析区⑤ではさらに複雑な構造と思われるが、地形の起伏がはげしいため、第2速度層上面の境界は推定であり、精度はかなり落ちるものと思われる。

③：走時曲線③の段違いは、地下構造の影響に起因しているもので、解析区③の部分はさらに急激な階段構造になっている可能性も充分考えられる。

④：測線の端のため明確ではないが、③と同じく断層の影響によるものと思われる。

⑤：Ⅳからの走時曲線では明らかに第1速度層を欠除しているが、この点については地質的にさらに検討すべきであろう。

本章における注

1) 田治米鏡二・武内俊昭：屈折法の解析に対する萩

原の方法の拡張，物理探鉱11 (1958)，44~46

2) 田治米鏡二：新潟県見附市郊外の小発破実験場で行なった屈折法による地下探査，北大地球物理学研究報告11 (昭和38年)

3) 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8 (昭和36年)

4) 金子徹一：屈折法における3層構造の簡単な解析法，物理探鉱14 (1961)，28~32

金子徹一・田村芳雄：屈折法における多層構造の簡単な解析法，地質調査所月報，14-1 (1963)

5) 2)と同じ

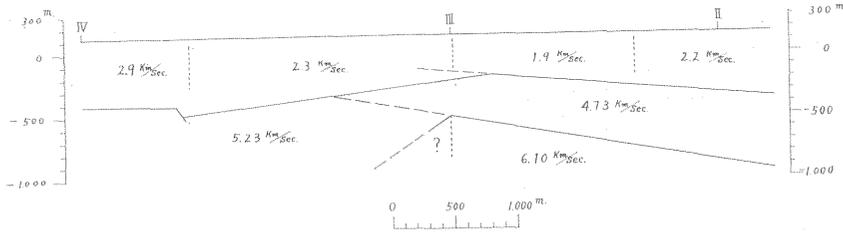
以上が「応用地質」から提出された報告書のうち“解析法および解析結果”の章の全文であり、筆者の見解は加えられていない。なお原報告では両測線について縮尺1/5,000の解析図が附されているが掲載の都合で省略し、この報告の第2図、第3図および第4図のみとした。その他にも附図および附表・写真などが附されているが割愛した。

4. 解析結果所見

一般に屈折法地震探査の走時曲線の解析には、多分に解析者による任意性があり、解析方法・速度層区分・既知地質情報量などによっても、いくらか異なる結果が得られるのが常である。しかしながら相対応する1組の走時曲線について同一屈折層からの走時か否かの誤認さえなければ、傾向的には極端に異なった解析結果が得られることはない。また解析結果の定量的検討は大変手数のかかる困難な作業でもあるので、詳細な検討は別に行なうこととし、ここでは前章の解析結果を概括的に検討するに留める。

4.1 第1測線

まず、速度層区分については走時曲線を一見して、1,900~2,300m/sec, 2,600~3,200m/sec の2層と、見掛け速度 4,300m/sec 以上の速度を一括した3層に分類するのは一応妥当である。しかし第3速度層については見掛け速度は、4,300~6,700 m/sec と広範な幅を示し、なお見掛け速度測定の際の定規のあて方次第では約 9,000 m/sec を示す部分さえあって、はたしてこれらを一括して第3速度層として見掛け速度の差異はミラーズ現象や地下構造の起伏のみに起因すると解釈するか、あるいは第3速度層をさらに2つあるいはそれ以上の速度層に区分して解釈するかについては今回の測定結果のみでは判断できない。本地域の地下構造はかなり複雑であることが予想され、かつ既往の地震探査資料も乏しい現在では、この報告のように3層構造と解釈しておく方が適当と考える。なお「応用地質」ではこの報告の解析図と別に研



第5図 異なった解釈による第1測線解析の一例

究の意味でまったく異なった速度区分に基づいて概略の解析を試み、筆者に説明があったので、後に述べる。

次に、第1速度層+第2速度層を示す走時曲線と第3速度層を示すそれとの折点までの臨界距離からみて、Ⅲのものをもっとも短くⅢ付近で第3速度層が盛り上りを示すことは走時曲線上からも容易に予測される。

第3速度層については、(1)遠隔爆発点Iからの走時がⅡの西方で著しい段違いを示す。(2)Ⅱ～Ⅲ間では西行きの走時の見掛け速度がかなり速く、東行きのそれは比較的小さい。Ⅱ西方の段違いは、記録から検討すると No. 3～No. 12 付近に現われた 3,000m/sec 程度の波が No. 10 以西では著しく減衰し、phase の追跡が困難となり、代って 6,700m/sec の波が after phase として現われ No. 13 以西ではこれが初動となってくる。これらから第3層はⅡからⅢに向って顕著な上昇を示し、臨界距離からの予測とも合致する。またⅡ付近あるいは東で何らかの地質構造上の変化があることも推定しうる。Ⅲ～Ⅳ間の走時曲線では No. 81～No. 85 付近に顕著な段違い部分が見られるほかは、見掛け速度は第3層の構造に起因するものと考えてよい。

以上から 3.1 に示した解析結果は現段階では妥当なものと考えてよい。このことは第4図によっても示されている。

さきにふれた異なった速度区分に基づいて解析された結果を参考までに第5図に示す。これは本章冒頭にものべた任意性ということの1つの例証にもなると思う。ここでは簡単のため第1速度層と第2速度層は一括して 1,900～2,900m/sec として取り扱われているが、第3速度層は、4,730m/sec、5,230m/sec、6,100m/sec の3つに区分されている。これら3つの速度層全体の形成する構造は、Ⅲ付近の盛り上り部分、Ⅲ～Ⅳ間の凹型構造など巨視的には第2図のものと傾向的差異はない。また第3速度層を3分して考えることも現段階では地質的に明確に説明づける資料はない。このことから第3速度層がかなり複雑な速度層であり、地質的に一概に基盤層と断定することは無理なようである。

4.2 第2測線

速度区分については第1測線と同様、3層構造とするのが妥当である。第3速度層については見掛け速度は 4,900～5,500m/sec と、第1測線に較べてその幅が少なく、これは第3速度層の速度変化が比較的少なく、かつ構造が比較的平坦であることを示すものであり、見掛け速度の差は第3速度層の起伏に起因するものと解釈してよい。

また、第3速度層を示す走時までの臨界距離は第1測線のそれよりいずれも長く、3.3にも述べられたように第3速度層の深度は第1測線の場合よりも深いのは当然である。

第2測線は測線中央部が山岳地帯であり、地形による走時曲線の凹凸が激しく、かつ2章で述べた理由から記録上で正しい初動を読み取り得ないものもいくらかあり、測線中央部の解析精度の低下は否めない。

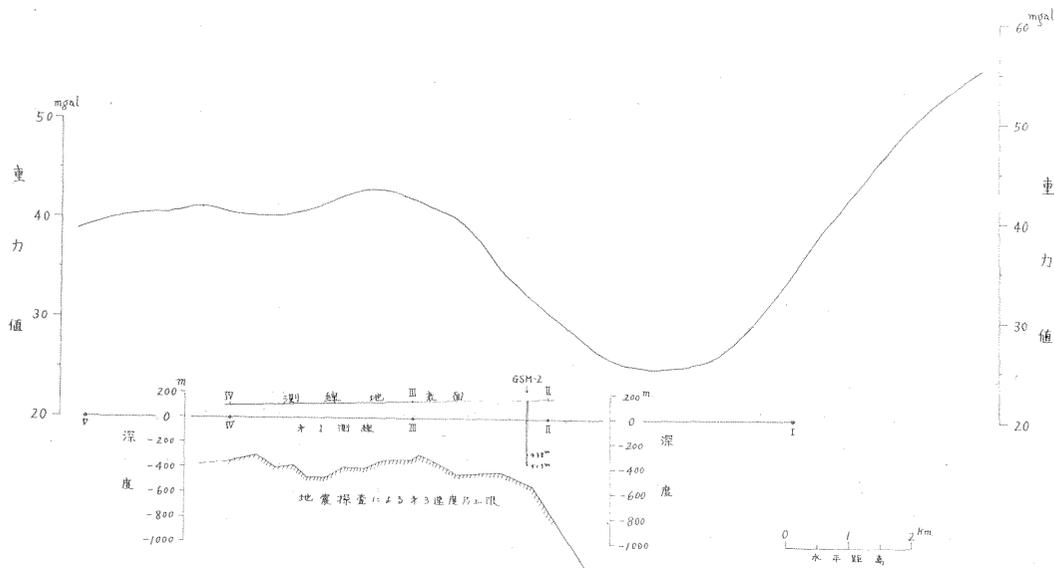
以上述べたように、第2測線の解析結果は必ずしも満足すべきものではないが、大規模な屈折法地震探査の技術の現状から考えるとある程度はやむをえない事情もあり、おおむね妥当な結果であろうと考える。

5. 重力探査資料との比較

北鹿地帯における物理探査として同地帯全域にわたる重力探査が進められている。昭和38年度はおもに花輪盆地を中心に実施されたのでその中間報告と地震探査結果とを比較する。

重力探査との比較資料のあるのは第1測線のみである。その結果の概略は第1測線東部にきわめて顕著な低重力域がほぼ南北方向に存在する。瀬谷によれば、この低重力は高密度層の急激な落ち込みとして説明され、その深さは密度差を 0.5とした場合約 2,300m と算定されている。一方、同じ計算から GSM-2 号井付近ではこの高密度層は深さ約 600m と計算され、両者の間の急激な落差は大きな断層構造を予想させる。これらの計算は GSM-2 号井を含むほぼ東西方向の計算測線について行なわれたもので詳細は別に発表される。

さて第1測線は重力計算測線と若干方向が異なり、重力傾向に斜交するため、重力値から地下構造を計算する



第6図 第1測線上の重力断面と第3速度層との比較図

ことはできないが、概念的には上記計算測線の結果と大差はない。参考までに第1測線上の重力分布を第3速度層上限と比較して第6図に示した。

以上の重力探査結果と地震探査結果には2つの顕著な符合がみられる。その1つはGSM-2号井付近で重力による高密度層の深度と、地震による高速度層の深度がともに約600m程度であることであり、もう1つはGSM-2号井東方における高密度層の急激な落込みと地震探査による高速度層の形状の傾向的一致である。後者についてはI~II間の観測資料がなく、かつ観測区間の末端部でもあるので詳細な比較はできないが、4.1に述べたII以東での何らかの地質構造上の変化は、傾向的に重力探査結果とほぼ同様なものとなるのは推定に難くない。

以上から地震探査で第3速度層として示された5,000 m/sec以上の高速度層と重力探査における高密度層とが、少なくとも第1測線東半部ではかなりよく対応するように推定しうる。しかしこの対応が北鹿地帯全域に当てはまるか否かは今後の課題である。今後の本地域における基盤探査上興味ある問題であろう。

6. GSM-2号井との比較

構造試錐GSM-2号井は、第1測線No.13の北西方約370mの位置にある。この試錐井は当初1,100m掘さくされる予定であったが、遠部層から直接に438mで基盤古生層と思われる千枚岩質粘板岩に達し513mで掘進が中止された。

本坑井内で50m間隔に実施されたWell-shootingの結果では、深度513mまでの区間はだまかに次の4つの速

度帯に区分される。

1. 2,420~2,600m/sec 深度 235mまで
2. 2,850~3,600m/sec 深度 235~335m
3. 1,420~1,990m/sec 深度 335~435m
4. 3,640~4,130m/sec 深度 435m以下

これらの結果と岩質との比較の問題は別に検討することとし、ここでは基盤の問題についてのみ考察する。

地震探査の第3速度層を前章の重力探査結果と併せ考えて一応基盤として考えれば、基盤深度は、試錐結果では438m、地震探査では約660mとかなり食い違っている。しかしながら当初予想に反し、基盤が極端に浅いということを地震探査が明確に示し得たことはこの地域における地震探査の適用性検討のうえに大きな収穫である。

次に両者の深度の差異について考察してみる。その差異は2割以上に達し、解析誤差としては少し大きすぎる。これに対する考え方として次の2つがあげられる。

その1つとして、先に述べた重力探査の高密度層と地震探査の高速度層とがよく対応するところから、地質的に基盤とされるものが物性的な基盤と異なっているものではないかという考え方がある。Well-shooting結果で438m以深の古生層の速度として3,640~4,130m/secとなっており、地震探査の第3速度層5,250~5,850m/secとは大きく違っているし、試錐コアを観察しても古生層とされる438m以深のものは断層破碎帯と思われるような非常に脆い部分が多く、第3速度層に匹敵する高速度とは到底考え難い。そこで、地質的な基盤とされる古生層中のさらに深部の堅硬な岩質の部分が、物理的には第

3速度層,あるいは高密度層となって示されたものと考ええる。

これに対し,別の1つの考え方は,地震探査の解析誤差に起因するものとする考え方である。すなわち,地震探査では第2速度層は2,600~2,700m/secとなっているが,Well-shooting結果では速度的に第2層に相当するものが,2,850~3,600 m/secと1,420~1,990 m/secの2つに分かれ,しかも下部が低速度層となっている。両者の間の第2層の速度および深度にも若干問題があるにせよ,下部に低速度層が存在する場合地表地震探査ではこれを捉えることは原理的に不可能であり,往々にしてこれが基盤深度を誤る原因となる。Well-shootingの結果判明した低速度層を地震探査結果に適用して考えれば,第3速度層の深度は当然もっと浅くならなければならない。

これら2つの考え方のいずれが正しいかは現在のところ断定はできないが,おそらくは両方の原因が関与しているものと考えられる。

以上から現在のところ,第3速度層をもって直ちに基盤と断定するのは早計であるが,本地域の基盤の大まかな傾向を把握する場合に,第3速度層を基盤岩類と対応させて考えても差支えないものと考ええる。

これらの結果から,地質と地震探査結果とのこの程度の食違いが許容されるならば,本地域の基盤の大勢を把握するのに屈折法地震探査には有効な方法であることが立証されたものと考ええる。

試錐結果からは,基盤より上部の地層は遠部層と考えられているが,Well-shooting結果からは3つの速度帯に大別されている。これは岩質の差異によるものと思われ,地震探査結果の第1・第2速度層との対応は現在の所不明である。両者を一括して第四系および第三系堆積物と考えておく。したがって当初目標の1つとした新第三系内の速度分布による層状構造の把握に対しては,現状では目的を達することができなかった。

なお,筆者らはGSM-2号井のコアについて実験室内における超音波速度測定ならびに見掛け比重の測定を実施中である。この結果はWell-shootingの結果と併せて別に報告し,第1・第2速度層と岩質との対応についても考察する予定である。

7. 結 語

北鹿地帯における第1回目の地震探査として,大湯十二所間の米代川沿いにほぼ東西方向に,第1,第2の2測線を実施し,次の結果を得た。

1) 本地域の速度層は次の3つに分類される。

| | 第 1 測 線 | 第 2 測 線 |
|---------|------------------|------------------|
| 第 1 速度層 | 1,900~2,300m/sec | 1,900~2,400m/sec |
| 第 2 速度層 | 2,600~3,200 | 2,700~3,250 |
| 第 3 速度層 | 4,800~5,850 | 4,900~5,500 |

2) GSM-2号試錐資料ならびに重力探査資料から,第3速度層は基盤岩類と一応推定される。

3) 第1・第2速度層と地質層序との対応は目下のところ不明である。

4) 基盤岩類を示す第3速度層の深度は,第1測線で400~650m程度,第2測線で550~800m程度で,かなり起伏に富み,とくに第1測線のⅢ付近を中心とした盛り構造,第2測線の中央部の凹型構造は特徴的である。

5) 第1測線Ⅱ付近以東に基盤の急激な落込みが推定され,おそらく断層の存在が予想される。断層東部の基盤深度は1,200m以上と考えられる。

以上から,本地域の基盤探査に対する屈折法地震探査の適用は,その大勢把握にはきわめて有効であり,今後重力探査ならびに構造試錐とも関連させて,地下構造上の問題地域に重点的に実施する必要がある。

(昭和38年11月調査)

本調査に関係する調査資料

応用地質調査事務所 秋田県十和田町付近地震探査報告

地質調査所 金属鉱床密集地域の広域調査研究,昭和38年度調査成果概要報告

瀬谷 清他 北鹿地帯の重力探査資料

新菱建設株式会社 秋田県十和田町腰廻地区,GSM-2号報告書