

鳥取県飯盛山周辺地域におけるウラン鉱床地震探査の概要

——第3次・第4次調査の報告——

平 沢 清*

Seismic Prospecting in the Vicinity of Iimoriyama, Tottori Prefecture

by

Kiyoshi Hirasawa

Abstract

The 3rd and 4th seismic prospecting were performed in the vicinity of Iimori-yama, Tottori prefecture, by the refraction method in 1962. The purpose of the 3rd prospecting is to reinvestigate the seismic result of E-line in 1961, and that of the 4th one is to investigate the upper boundary of granitic basement at the east lengthen part of E-line. The distance shooting method was adopted and this method was very useful to determine the wave velocity of the basement. As the result, the structure of basement was interpreted and the interesting area for prospecting of uranium ore deposit was inferred at the east part of traverse line.

1. 緒 言

昭和 36 年度に引続き、昭和 37 年度も 2 回にわたって、鳥取県飯盛山周辺地域においてウラン鉱床賦存に関連ある地下構造探査のため地震探査を実施した。すなわち第3次調査は昭和 37 年 7 月約 1 カ月間、第4次調査は同年 11 月下旬から 12 月上旬にわたる約 20 日間である。

第3次調査は原子燃料公社からの依頼調査として、また第4次調査は地質調査所のウラン鉱床探査事業の1つとして原子燃料公社との共同研究により実施したものである。

本地域の地震探査はまだ終了取りまとめの段階には至らず、さらに 38 年度以降に原子燃料公社により調査が計画されているので、詳細な報告は後にゆずり、本報文では第1次・第2次の報告¹⁾に引続いて中間報告として本年度に実施した調査のみについてその概要を述べる。

第3次・第4次の調査に参加した研究員は次の9名である。

地質調査所物理探査部 平沢清・田中章介^(III)・中井順二^(III)・鎌田清吉^(IV)

地質調査所技術部 宮沢芳紀^(IV)

原子燃料公社科学探鉱課 加藤和義・富重俊夫・浅見博史^(III)・原島文雄^(III)

* 物理探査部

((III) は第3次のみ、(IV) は第4次のみ参加)

この中、宮沢は測量を、他の8名は地震探査を担当した。解析は主として筆者が行なった。

調査地域の地形・地質に関してはすでに述べたのでこの報文では省略する。

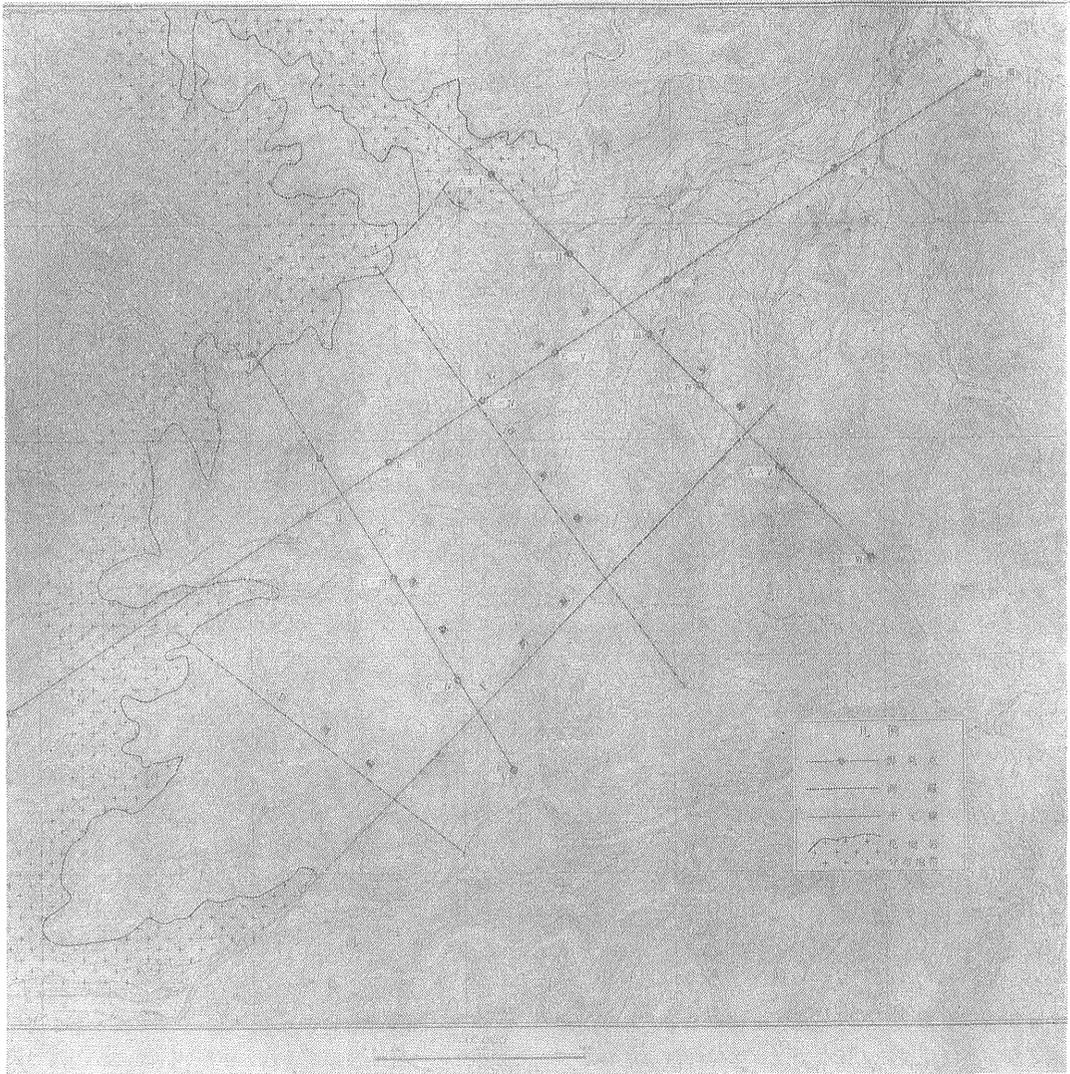
2. 経過の大要

本地域の地震探査の目的は既報¹⁾のように、花崗岩基盤の上限構造の探査である。しかし第1次・第2次の探査ではその目的は達成されていない。この原因については同報告¹⁾で検討を加えた。

第3次調査はこれに基づいて、第1次・第2次に実施した E・A・C の 3 測線中より比較的試錐資料などの多い E 測線を選定し、遠隔爆発点の設置・爆発孔の増強・火薬量の増加など調査方式を改善し、もっぱら遠距離受振資料を得るために実施したものである(第1図参照)。その目的は、36年度調査結果の再検討および未風化花崗岩の探査である。

しかしこの結果、後に詳述するように地震探査により求めた基盤の深度および構造が風化部分を含めた花崗岩上限構造の既知資料に比較的よく一致していることが明らかになり、しかも測線東半部 V~VI 間の花崗岩と測線東方 VII 付近に露出する花崗岩の地下における関係に探鉱上考慮すべき問題が推定されるに至った。

第4次調査はこの両者の花崗岩の地下における関連性



第1図 飯盛山周辺地震探査測線図

について究明するため、既設の測線をさらに東方に約 1.8 km 延長して実施したものである。

以上の目的のため第3次調査では受振点は第1次調査のそれと全く同様に No. 25~148 間に 20 m 間隔で 5 spread に分けて設置し、爆発点の設定について大幅な改善を行なった。すなわち、遠隔爆発点としてIIの西方約 1.8 km の地点にIを、VIの東方約 1 km の地点にVIIをそれぞれ設定し、各点とも深さ 30 m の爆発孔を3孔ずつ掘さくした。この両爆発点からの爆発は No. 25~No. 148 の全区間にわたって受振した。この他測線両端のII・VIに深さ 30 m の爆発孔を2孔ずつ掘さくし第1次調査で受振できなかった 1,500 m 以上の範囲について受振し、走時曲線強化の資料とした。なお、第3次調査

の爆発孔の作孔は原子燃料公社が担当し利根ボーリング株式会社が行なった。III~Vからの走時曲線も一部追加補測の必要はあったが、都合により省略した。

第4次調査はVIを基点として 20 m 間隔に測点を設定し No. 2~71 の区間にわたって受振した。爆発点は新たにVIIの東方約 800 m の地点にVIIIを設定し 30 m 孔1孔を掘さくした他、第3次に掘さくしたI・II・VIIの3点も利用することができたので、延長部分についてはこの4点からの爆発について観測した。なおVIIIの作孔は鬼怒川ボーリング株式会社が行なった。

観測に用いた探鉱器は E・T・L M-3 型 24 成分地震探鉱器一式であるが、第4次調査ではこれと併行して原子燃料公社が購入した Century 製 12 成分地震探鉱器に

よる観測も併せて行なった。受振器は第1次・第2次と異なり低周波受振器 (HS 製 700) を用いたので S-N 比が向上し、初動の読取精度向上に役立った。

3. 第3次調査の走時曲線および解析結果

第1次・第3次および第4次の調査で得られた走時曲線とその解析結果を第2図に示した。なお第1次調査で得られた走時は一部再読修正してある。また表層補正用補助爆発点よりの走時は第2図には省略した。

順序として第3次調査分までの走時曲線および解析結果について述べる。

3.1 走時曲線概観

第2図VI以西の走時曲線を概観すると、

1) 遠隔爆発点 I および爆発点 II からの走時曲線は、地形による凹凸を無視すれば、I については No. 135 以東^{注1)}を除く全測線にわたって、II については No. 77 付近以東について、巨視的には一直線と見ることができ、その示す速度は両者とも 3,800 m/sec を示している。

2) 遠隔爆発点 VII および爆発点 VI からの走時については、No. 110 以西につき前項と同様な判定がなされ、その示す速度も 3,800 m/sec である。

3) 1) および 2) に適用した判断をさらに第1次調査の走時曲線について拡大して見ると、III・IV・V からの走時についても、それらが 3,800 m/sec を示していると解釈しても無理ではない。

4) 以上のことから、3,800 m/sec 層は本測線下全域にわたって分布するものと解釈される。

5) 被覆層については、IV 付近を境として走時曲線の様相が異なるようであり、東部は比較的高速度層、西部は比較的低速度層が分布することが推察される。

3.2 解析結果

以上、走時曲線から推察されることがらを基礎として、基盤の速度を 3,800 m/sec の様なものと仮定して図式解析を行なった。以下第2図下段の解析図につき説明する。

1) 本測線下には次の速度層が分布する。

第1層 500~1,200 m/sec

第2層 1,800~1,900 m/sec (西部)

2,800~3,000 m/sec (東部)

第3層 3,800 m/sec

2) 第1層はいわゆる低速度層で、表土あるいは風化土層と呼ばれるものであり、地質的意義は乏しい。本地

注1) No. 135 以東については第4次調査の項で述べる。

域は測線の地形起伏がきわめて複雑であり、これらの低速度層の分布も解析図に示したのものよりもっと複雑であろうと推察されるが、一応近隣爆発点よりの走時の凹凸をほぼ満足しうる速度を仮定し深さを計算したものである。したがってその深度についても遠方の爆発点よりの走時の補正的な意味合いのものである。

3) 第2層はIV 付近以西で 1,800~1,900 m/sec、以東で 3,000 m/sec とかなり異なっている。これに関連ある岩質の差異が子原燃料公社倉吉出張所の調査で明らかにされている。それによれば 1,800~1,900 m/sec 層は主として玄武岩とその凝灰角礫岩分布地域に分布し、3,000 m/sec 層の分布地域は石英安山岩とその凝灰岩となっている。しかしこれをもって直ちに玄武岩類あるいは石英安山岩類の速度とするにはまだ資料不十分である。

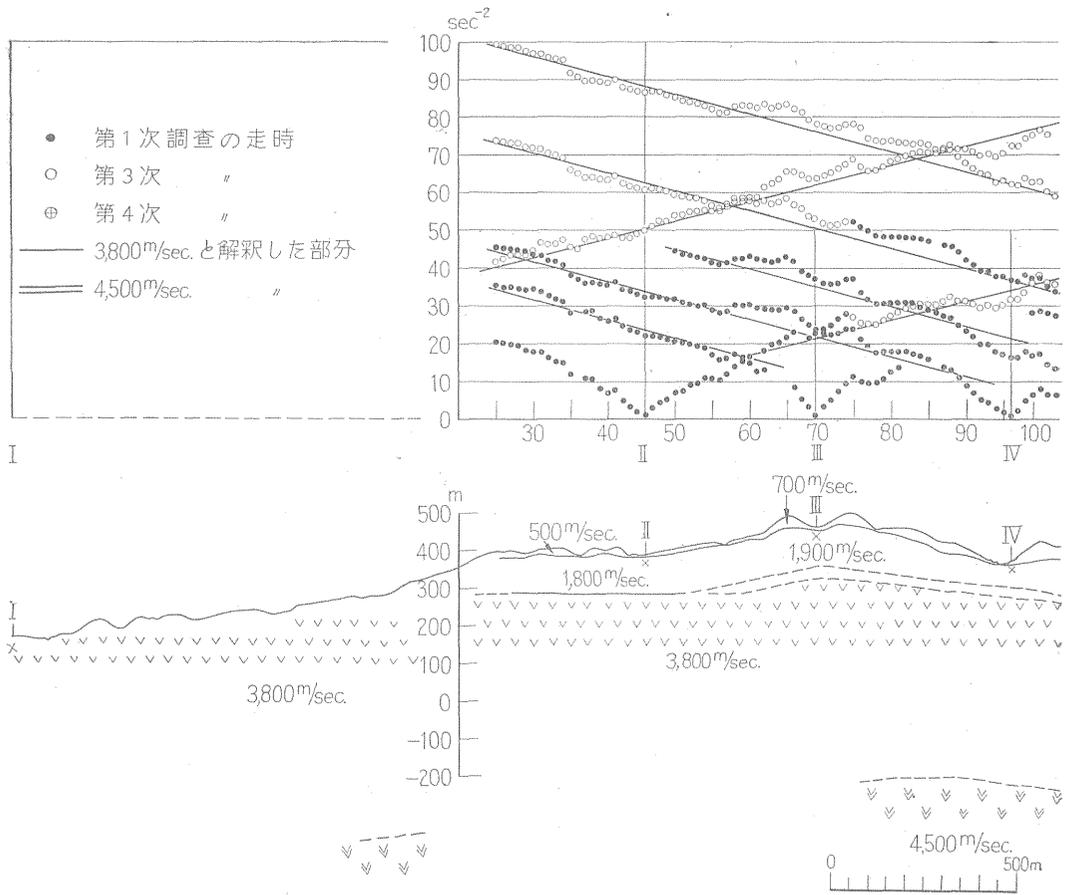
4) 第3層はその速度から見て風化部分をも含めた花崗岩類と思われる(これについては地質断面図と対比しながら後に述べる)。したがって第2層と第3層との境界が本調査の目的である花崗岩上限構造と推定される。その測線下における構造は III 付近を頂部とする緩い膨隆構造を示し、東部すなわち VI 方向えは約 8° のほぼ一様な傾斜で深くなり、V においては 230 m S.I. となっている。西部すなわち II 方向えは、II 付近までは下降し II 付近で 285 m S.I. のほぼ平坦な構造を示している。また、II 付近から No. 105 付近までの膨隆の頂部付近では第3層上限の形状が2通りに算出されている。両者はその形状の大勢はほぼ相似であるが深度については 30m 前後の相違を生じている。これはこの部分が本測線中最も地形の凹凸の多い部分であり、そのための低速度層計算の誤差および第3層の速度を一様としたための誤差などに起因したものと考えられ、解析技術的にはどうしても1つの解答にしぼり得なかった部分である。

5) 第3次調査では未風化花崗岩体を伝播したと考えられる高速度走時はごく一部を除き観測されていない。これについては第4次調査の章に詳述する。

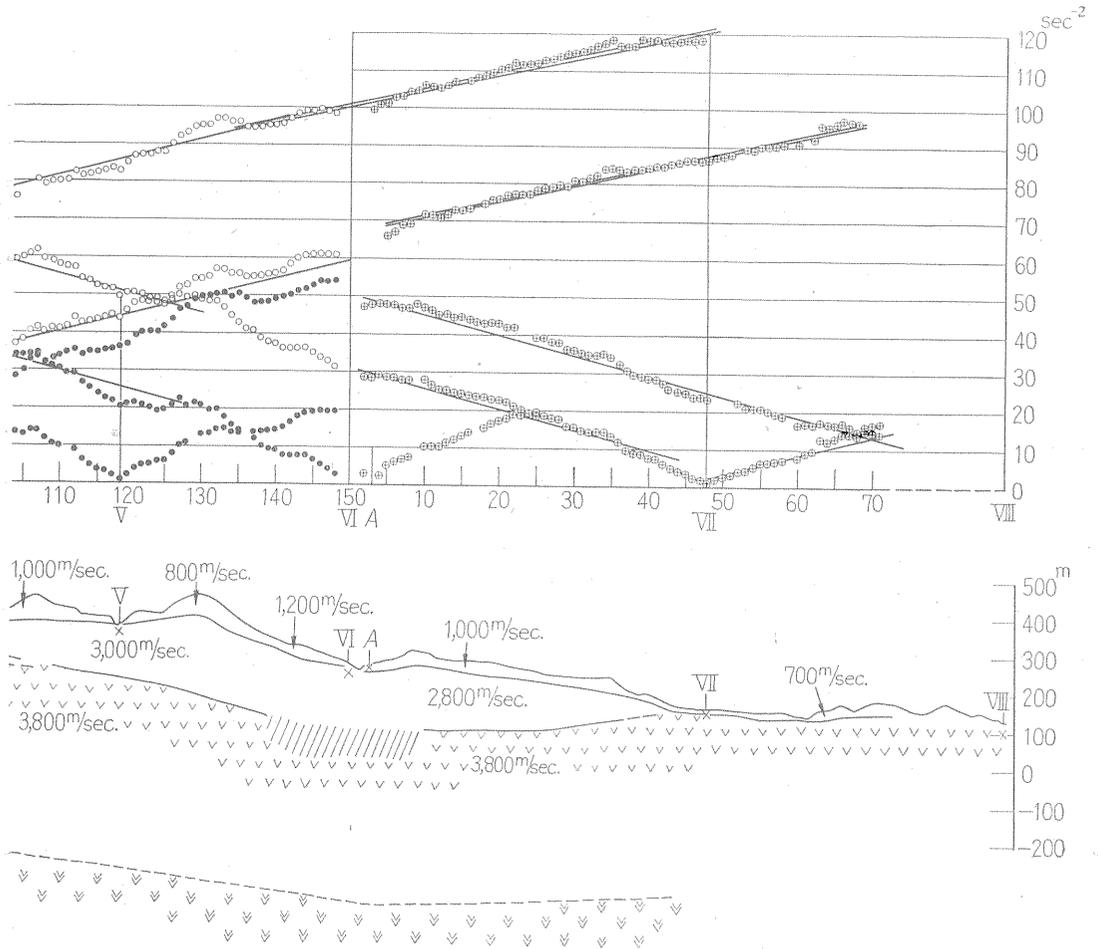
3.3 地質との関係

本測線付近には、試錐その他の地質資料が比較的多い。原子燃料公社倉吉出張所ではこれらの地質資料に基づいて、本測線下の地質断面図が推定されている。以下にこれらの資料と地震探査の解析結果とを比較検討してみる。

V 北方約 20m の位置に『倉桑5号』試錐井がある。この資料によれば、地表から深さ 141 m までは安山岩類およびその凝灰角礫岩類であり、それ以下が花崗岩類となっている。この試錐井の孔口標高が 368 m S.I. であるので、花崗岩上限の標高は 227 m S.I. であり、地震探査結果の第2層と第3層の境界面標高 (230 m S.I.)



第 2 図 飯盛山 E 測線走時



曲線および解析図



第 3 図 巴洞線地殻探査結果と地質断面とその対比図

ときわめてよく一致している。

第 3 図に本測線下の地質断面図と地震探査結果との対比図を示した。地質断面は原子燃料公社吉出張所探鉱係長佐藤学而氏により作られたものである。それによれば

1) II 付近および V 付近すなわち測線両端部においては、3,800 m/sec 層上限と花崗岩上限とは、深度・構造の傾向ともに比較的よく一致している。

2) II 付近から No. 105 付近までの区間は、両者が深度・傾向ともに著しく食い違っている。地震探査結果の精度低下については前述のとおりであるが、地質資料についても最も試錐密度の少ない地域であり、現在のところ対比を論ずるに適當ではない。

3) 第 2 層については先に述べたように、1,800 ~ 1,900 m/sec の部分は主として玄武岩とその凝灰角礫岩、3,000 m/sec の部分は主として石英安山岩とその凝灰角礫岩が分布し、一見、対比が明瞭に行なわれうような印象を与えるが、従来資料からは、玄武岩類と安山岩類との間にそれほど顕著な速度差があるとは考えられない。強いてこの速度差について推論すれば、玄武岩類・安山岩類といった岩質の差異によるより、むしろ玄武岩または安山岩の堅硬な部分とそれらの凝灰角礫岩層との量的関係の差異によってこのような速度差が生じたとみるべきであろう。

以上の結果から、本測線下の速度層と地質との対応を整理すれば次のようである。

第 3 層 (3,800 m/sec 層) は風化部分をも含めた花崗岩類と断定してさしつかえない。

第 2 層 (1,800 ~ 1,900 m/sec および 2,800 ~ 3,000 m/sec 層) は両者ともに火山岩類およびその凝灰角礫岩と考えた方が無難である。

3.4 第 1 次調査結果との相違

第 1 次調査の結果では本測線下の速度分布を次のように推定した (第 1 次・第 2 次調査の報告¹⁾ 第 3 図参照)。

- 第 1 層 400 ~ 750 m/sec
- 第 2 層 1,200 ~ 1,600 m/sec (一部のみ)
1,900 ~ 2,100 m/sec (IV 以西)
- 第 3 層 3,000 m/sec (IV 以東)
3,300 m/sec (IV 以西)

そして第 3 層を速度基盤層と仮称して本地域全搬の基盤と推定し、特に IV 以東についてはこの速度基盤層が地表付近に直接分布しているとの結果を得ている。第 3 次の調査によりこの結果には根本的な誤りがあることが判明した。この誤りの根本原因は基盤速度の誤認である。誤認を諸起するに至った原因をさらに追及すれば、地形の変化による走時曲線の凹凸と、同報告にも述べたよ

うに受振距離が短かかったことによる。すなわち基盤面からの屈折波を観測した走時曲線部分が小範囲であるうえに、その部分がさらに地形によってきわめて乱されており、基盤速度の推定を誤らせたものである。

次に基盤速度を誤ったために、IV以西では基盤面までの深度計算を誤り、IV以東では今回の調査結果からは第2層と考えるべき3,000 m/sec層を基盤の一部と解釈したような誤りが、必然的に派生したものである。また、前回の調査結果によればIV以東では3,000 m/sec層より高速度のものは観測されなかったが、これは受振距離の不足によるもので、今回の結果からこの部分は基盤がかなり深くなっており、基盤との速度差も比較的僅少なので当然のことであろう。

以上のことがらをある程度解決し得たのは遠隔爆発法の採用によるところがきわめて大きい。今後このような山岳地域での地震探査には地形を無視して客観的に基盤速度を判定しようと同法の併用を考慮する必要がある。ただし同法の実施はその規模にもよるが、多量の火薬類と、それを爆発させるに十分な爆発孔が必要であり、これらを考慮した予算措置も必要である。

4. 第4次調査

4.1 その目的

第3次調査の結果、測線東半部の花崗岩上限構造はさらに東へ向かって下降していることが判明した。しかしVIIでは地表付近に直接花崗岩が分布していることが爆発孔掘さくの際にも確認されている。すなわち倉桑5号試験井で確認された花崗岩上限は227 m S.l.でさらにVIに向かって約10°の傾斜で下降している。一方VIIは約150 m S.l.であり、前記の傾斜で下降した花崗岩はVI付近からVII付近までのどこかで上昇せねばならないはずである。遠隔爆発点VIIからの走時ではこの花崗岩はかなり深くまで下降しているように想像される。すなわち両地点の花崗岩の関係がウラン鉱床胚胎に好条件な一大channel構造をなすものか、あるいは断層などによるものかを追及することは探鉱上の重要な問題である。

次に、3.1注にふれたが、第3次調査の走時曲線中No. 135付近以東のIからの走時曲線を詳細に見るとIIよりの走時と比較しても3,800 m/secの走時に乗らないようである。このことは両者の走時差を検討しても明らかである。すなわち第3次までの調査範囲の走時には3,800 m/sec以上の高速度は、この部分のIからの走時のみ想定されるに至った。この高速度層はおそらく花崗岩の深部未風化岩帯と推定されるが、何分にも測線末端部にごくわずかに出現したのみで十分な情報ではない。したがって測線を東部へ延長してさらにこの高速度

層を確認する必要がある。

また、第3次調査において花崗岩の速度を3,800 m/secと認定したが、実際に花崗岩の露出地域で確認されていない。これを確認するため東方延長部の花崗岩露出地域での測定が必要である。

第4次調査は以上のような具体的な目的をもって行なわれたものであり、先に述べたようにI・II・VII・VIIIの爆発点からの走時を観測したが、これだけでは資料が不充分であり、VまたはVIに爆発点を設定する必要があったが、調査実施時期が冬季積雪直前であったため爆発孔準備が間に合わないことが予想されたので省略し手掘りの補助爆発点Aを用いた。このため延長部分の解析には資料不十分の憾があった。

4.2 走時曲線概観

第4次調査の走時曲線では、Iからの走時は、前述のNo. 135付近から現われた高速度走時が引続き全受振範囲にわたって延長され5,300 m/secの見掛け速度が得られている。IIからの走時では、No. 10付近までは著しい低速度を示し、それ以後はIと同様5,300 m/secの高速度が現われている。

一方、VIIおよびVIIIからの走時はほぼ3,800 m/secの速度となっている。しかしVIIからの走時の第3次調査分えのつながりを見ると、VIから西へ向かって一旦速度がおそくなり、No. 110付近からふたたび3,800 m/secとなるようであり、IIよりの東向き走時の著しい低速度とも併せ考えるとVI付近になんらかの基盤の不連続があるようである。

第2層の速度を示すものとしては補助爆発点Aからの2,800 m/sec以外に資料はないが、VI以東の3,000 m/secと近似した値であるので、これをそのまま第2層の速度とした。

VII・VIII間の花崗岩地域で前述のような速度測定を行なった結果は、3,700 m/secという値が得られたので、第3次以来花崗岩の速度として考えてきた3,800 m/secという値は正しいことがわかった。従来の経験から見ても多少風化の進んだ花崗岩の速度としてこの程度の値は妥当なものといえる。

4.3 解析結果

前節の基本的な考え方に基づいて第2図のような解析図を得た。

第2層すなわち火山岩類は、第3次調査区域から引続きNo. 43付近まで分布するようであり、それ以後は直接第3層である花崗岩類が地表付近に分布している。

火山岩類の下部の花崗岩はNo. 43付近から西へ降斜し100 m S.l.付近ではほぼ水平になるようである。

第3次調査地域の花崗岩類が東部の花崗岩といかなる

関係にあるかが、第4次調査の最大関心事であったが、本調査結果では、両地域の花崗岩が3,800 m/secの速度で凹形に連続しているとは考えられない。IIからの走時もVIIからの走時もVIまでは3,800 m/secと解釈できるが相互にVIを通過してから一旦低速となっているので、両者とも低速層を挟在した場合の走時曲線に似てくる。現在の資料からこの不連続を物理的に解明する手段はないが、一つの推定としてVIを中心として約400mの範囲に3,800 m/sec層がなく代りに2,000~2,500 m/sec程度の低速度層が分布すると考えればある程度走時曲線を満足することができる(第2図中斜線で示した部分)。しかしこの低速層の垂直的な範囲までを推定する資料はない。

もしこの推定が正しいとすれば、この不連続の地質的な意味合いとしては、(1)いわゆるchannel構造の存在、(2)花崗岩の部分的な風化の進捗、(3)谷地形に沿った断層、(4)火山岩類噴出の岩頸、などのことが想像されるが、現在のところ想像の域をでない。この範囲の数カ所に試錐探査を行なって地震探査結果を点検されることが望ましい。

次にI・IIからの5,300 m/secを示す高速度走時については、II・VII間の1組の往復走時について考えると、IIからの走時のみ表われVIIからの走時に表われないのは走時曲線の根本原則に反している。そこでVIIからの走時の3,800 m/secの一部をこれに対応するものと便宜的に解釈し、仮にこれら高速度走時からその速度を4,500 m/secと定めて解析したところ、図の4,500 m/sec層が計算された。この速度層はいまのところ未風化花崗岩体と推定する以外には考えられない。この解析は探鉱上の意義も大きく、また風化というきわめて漸移的

な現象を対称にしているので、略算程度に止めたが、その形状が第3層上限の形状と比較的似ているのは興味あることである。

以上第4次調査の結果について述べたが、花崗岩の不連続および未風化花崗岩体については速度という物理量を基準にした一つの考え方を述べたにすぎない。将来地表地質調査あるいは試錐調査などが進むにつれてあるいは再検討を要することがらもあるかも知れない。

5. 結 論

以上に述べたように、昭和36年度の調査では十分な結果を得られなかった本地域の地震探査も、本年度2回にわたる調査で、所期の目的である花崗岩上限構造の解明について一応の結果を得ることができた。またその結果は試錐資料その他に基づいて想定された測線下の地質断面と傾向的にはほぼ合致している。このことから地震探査による本地域の花崗岩上限構造探査は、一応可能であるといえることができる。しかしながら本地域は地形起伏がきわめて激しいので、必ずしも周辺全域について適用されるかどうかは検討の余地がある。これらの問題も含めて堆積型ウラン鉱床の地震探査に関する諸問題については別の機会に報告する予定である。

(昭和37年7月、11月~12月調査)

文 献

- 1) 平沢清・田村芳雄・田中章介：鳥取県飯盛山周辺地域における地震探査の概要—第1次・第2次調査の報告、地質調査所月報、Vol. 14, No. 2, 1963