

鳥取・岡山県境人形峠恩原地区の地震探査報告

古谷重政* 蟻川親治*

Seismic Prospecting at the Ombara District of Ningyō-tōge

by

Shigemasa Furuya & Shinji Ninagawa

Abstract

A seismic prospecting was performed at the Ombara district, Okayama prefecture by means of refraction method in 1958.

The major purpose of this survey was to check the applicability of this method to investigate the uranium ore deposit distributed widely in this area.

The location of the traverse line and the travel-time curves obtained are shown in Fig. 1, Fig. 2 and Fig. 3 respectively.

In general, the velocity distribution calculated from the travel-time curves roughly corresponds to the geological structure which is already known from the result obtained by test boring. (Table 1)

But strictly speaking, the depth of each refracted boundary has a tendency to show a little deeper than that of boring data, especially at the area in which granite has been much weathered.

要 旨

昭和33年9月初旬から約1カ月間にわたり、岡山県苫田郡上斎原村で地震探査を実施した。本調査は人形峠一帯のウラン鉱床を胚胎する地質構造に対し、屈折法による地震探査の適応性を検討する目的で調査を行なった。それゆえ測線は試錐調査によつて、地下構造がある程度明らかな地域に一部選定した。同時に地域内の岩石試料について、速度測定を実施した。調査の結果次に示すよ

第 1 表

Layers on seismic wave velocities	速 度 Seismic wave velocity (m/sec)	地 質 Geology
第 1 層 1st layer	400~700	表土層または風化層 Weathering layers
第 2 層 2nd layer	1,400~2,600 2,500~3,500	高清水層 Takashimizu formation 安山岩 Andesite
第 3 層 3rd layer	4,000~5,000	花崗岩類 Granite (Basement)

* 物理探査部

うな速度層を得、かつそれぞれの地層と対比した。(第1表)

地震結果と試錐結果とを比較すれば両者の基盤構造の傾向は比較的よく一致するものようである。しかしながら花崗岩の風化が著しい地域では解析結果の方が深くでる傾向がある。第1測線では花崗岩は中央部で凹部をなし、S. P. IV の直下で落差 30m 程度の不連続が認められる。第2測線では花崗岩は S. P. V—VI 間で N—E 方向に緩く傾斜している。本地域における地震探査の適応性については、上述のように基盤岩類の風化の問題を考慮すれば、その構造は一応求められることがわかった。たゞ基盤上位の各層については今回は細分できなかったが、将来資料が蓄積されれば不可能ではないと考える。

1. 緒 言

昭和33年9月初旬から1カ月あまり、岡山県苫田郡上斎原村で地震探査を実施した。本調査は人形峠一帯のウラン鉱床に対し、地震探査の適応性を検討する目的で行なわれたもので、この種の鉱床調査に地震探査が利用されたのはこれが始めてである。

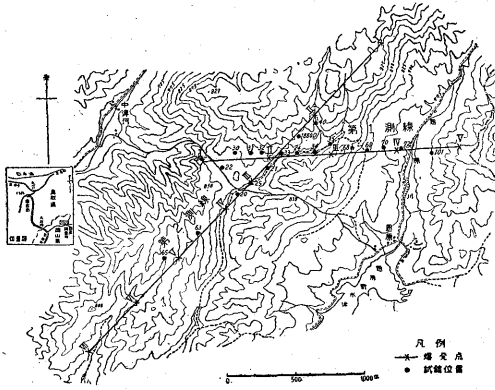
調査は筆者らのほかに田村芳雄・本荘静光が担当し、測量および爆発孔の掘さくは、原子燃料公社で行なつた。

また調査実施にさいし人形峠出張所の関係各位より多大の協力を受けた。こゝに深く感謝の意を表する。

2. 位置および交通

調査地域は第1図に示すように、人形峠東方約5kmの岡山県苫田郡上斎原村恩原の恩原貯水池北方である。(5万分1地形図奥津)

周辺一帯は標高850m前後の高原の牧草地で牛馬の放牧をしている。こゝに至るには鳥取県倉吉、岡山県津山間を結ぶバスを利用し石越で下車する。石越から恩原までは、わずかにジープを通す程度の道路だけで、交通は至つて不便である。



第1図 位置図および測線配置図

3. 地質および調査目的

この地域の地質についてはすでに発表¹⁾されているので詳細はこれを参照されたい。

第三紀の後期に準平原化された花崗岩類を基盤とし、これを不整合に堆積岩が覆い、さらに安山岩がこれを覆っている。堆積岩は泥岩と砂岩の互層および礫岩、凝灰質の泥岩等で、下位を人形峠層、上位を清水層に分けている。ウラン鉱物はこの人形峠層の基底部から、磷灰ウラン (Autunite) として産出する。

以上のように人形峠層は基盤岩類の直接上位に堆積し、主要なウラン鉱物はこの基盤岩類の凹部に多く堆積していることがすでに知られている。すなわちウラン鉱物は基盤である花崗岩の構造に支配されていると考えられている。それゆえ従来は多数の試錐によつて基盤の構造を追跡しているが、もし地震探査でこの基盤の構造を把握できれば、探鉱上貴重な資料となる。

このように、この種の鉱床に対しまず地震探査の適応性について検討すると同時に、資料の収集を目的としたものである。

地震探査によつて、基盤の構造が求められるか否かと

第2表 岩石試料の測定結果

No.	方向	速度 (km/sec)	平均の速度 (km/sec)	見掛比重	岩石
1	X	3.89	3.97	2.62	安山岩
	Y	3.79			
	Z	4.24			
2	X	4.61	4.54	2.62	安山岩
	Y	4.41			
	Z	4.59			
3	X	4.69	4.68	2.61	安山岩
	Y	4.73			
	Z	4.61			
4	X	4.76	4.73	2.68	安山岩
	Y	3.77			
	Z	4.70			
5	X	4.92	4.90	2.75	安山岩
	Y	4.76			
	Z	5.03			
6	X	5.03	5.04	2.65	安山岩(変質)
	Y	5.16			
	Z	4.92			
7	X	3.79	3.72	2.53	凝灰岩(変質)
	Y	3.60			
	Z	3.78			
8	X	4.10	4.12	2.51	凝灰角礫岩(変質)
	Y	4.09			
	Z	4.18			
9	X	5.09	5.04	2.62	凝灰角礫岩(変質)
	Y	5.14			
	Z	4.90			
10	X	5.21	5.15	2.71	凝灰角礫岩(変質)
	Y	5.04			
	Z	5.20			
11	X	5.28	4.77	2.65	玢岩(変質)
	Y	4.49			
	Z	4.53			
12	X	1.80	1.91	2.61	粗粒黒雲母花崗岩(小鴨型)(風化)
	Y	2.03			
	Z	1.90			
13	X	4.17	3.99	2.61	粗粒黒雲母花崗岩(小鴨型)(やゝ風化)
	Y	3.89			
	Z	3.91			
14	X	4.89	4.72	2.65	角閃石黒雲母花崗岩(柿谷型)
	Y	4.61			
	Z	4.67			
15	X	5.22	5.04	2.67	花崗斑岩
	Y	4.81			
	Z	5.10			
16	X	4.80	5.00	2.73	角閃石黒雲母花崗閃緑岩
	Y	5.09			
	Z	5.11			
17	X	4.21	4.46	2.65	角閃石黒雲母花崗岩
	Y	4.53			
	Z	4.63			
18	X	3.10	?	2.65	角閃石黒雲母花崗岩
	Y	2.75			
	Z	4.95			

いうことは、基盤と上位層との間に速度差があるかどうかで決まる問題であり、かつ両者の弾性波速度は、

$$\text{下位層の速度} > \text{上位層の速度}$$

の関係にあることが必要條件である。

ところが本地域のように最上位に安山岩類(一般に比較的大きい速度と考えられている。)が分布する場合には種々の制約が予想される。それゆえ野外調査に先だつ

て、この地域の岩石試料について速度測定を行なった。

4. 岩石試料の速度測定

測定に使用した試料は、地質部村山正郎が人形峠地区の広範囲から採取したもので、地表に露出していたものが主である。測定装置は超音波パルス方式の岩石速度測定器である。第2表に測定結果を示す。表中XYZの記号は試料を直方体に切断し、3方向から測定した値である。

測定結果をみると風化の激しいものは別にして、安山岩、高清水層、花崗岩の三者間では顕著な速度差が認められない。これは地震探査を実施するうえには好ましからざる事実で、この測定結果だけからみると各地層の分類は困難のようである。しかしながらこの試料は露頭から採取したものばかりで、したがって風化等の影響によつて低速度になつていることも考えられる。それゆえ恩原地区の試錐コアについても速度測定を行ない、この結果を第3表に示す。

試料	速度 (km/sec)
安山岩	3.64
高清水層	
泥岩	0.93
凝灰岩	1.49
花崗岩	5.12

この結果をみると花崗岩と高清水層、安山岩との間にはかなりの速度差が認められた。しかしながら最上位に

堆積する安山岩が下位の高清水層より大なる速度をもつており、一見3で述べた条件に適合しないが、調査地域内の安山岩は節理が発達し、また脆弱の部分が多く、したがって上記の各速度値がそのまま得られることはないと思し調査を実施した。

5. 測線配置および調査方法

測線選定にあたり、まず(1)地形がなるべく平坦なところ。(2)ある程度地下構造の判明しているところを選んだ。理由は(1)については、解析誤差を少なくするため、(2)は解析結果と実際の地下構造との比較検討を目的とした。

以上のような理由から第1測線を選定した。この測線の近傍にこれとはほぼ平行に試錐が多数行なわれており、地下構造は一部明らかにされている。

第1測線は全長1,870 mで東西方向にとり、この間に爆発点を5点設けた。受振点間隔は20 mとした。

第2測線は S. P. II-III間で第1測線に斜交し、北東-南西方向の測線である。測線長は3,080 mで、爆発点は7点、受振点間隔は20 mとした。この他表土層補正のための爆発点を2カ所設けた。

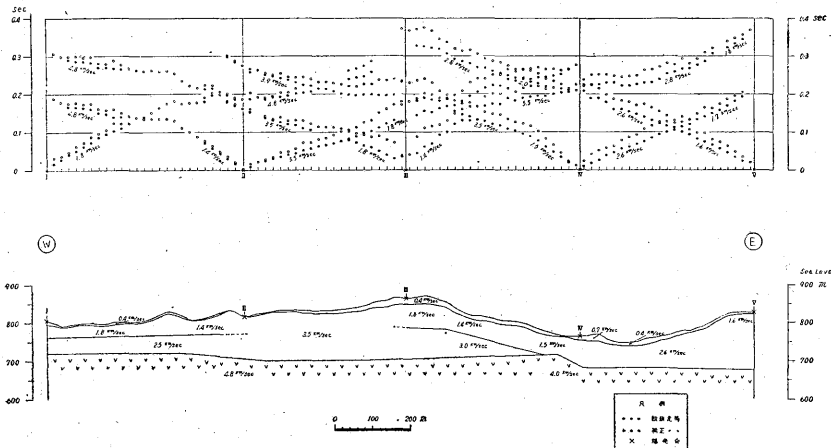
調査器械は E. T. L. 24成分の地震探鉱器で屈折法を用いた。

6. 調査結果

第2図と第3図に走時曲線と地下速度分布断面図を示す。両測線とも図式解析法で解析した。以下各測線について説明する。

6.1 第1測線 (第2図参照)

解析の結果次の4つの速度層を得た。



第2図 第1測線走時曲線および地下速度分布図

第1層 400 m/sec (一部 700 m/sec)

第2層 $\begin{cases} 1,400 \sim 1,800 \text{ m/sec} \\ 2,500 \sim 3,500 \text{ m/sec} \end{cases}$

第3層 4,000 ~ 4,800 m/sec

第1層はきわめて低速度であり、そのために、この層のわずかな層厚変化も走時のうえには大きく影響する。この影響を除くために、萩原²⁾のはぎとりの方法を用いて、第1層を除去し、この走時を●印で示した。そしてこの補正走時から第2、3層の各速度を決定した。

第2層は非常に不規則な速度分布をし、かつ2つの速度層に分けられる。

第3層の速度層は他の速度層に比べ、とくに大きな値になっている。この速度層は測線の中央付近で凹部をなし、S. P. IVの直下で落差30m程度の不連続が認められる。

6.2 第2測線 (第3図参照)

第1層 400 ~ 700 m/sec

第2層 1,900 ~ 3,000 m/sec

第3層 4,000 ~ 5,000 m/sec

第1層は前と同様にはぎとりの方法によつた。第1測線の第2層は2つの速度層に分類したが、この測線ではこれを包含したような値が得られた。

第3層は測線の S. P. VI-VII 間で第1層の下部に直接分布し、V-VI間ではNE方向に緩く傾斜し、S. P. II-V間は比較的平坦な構造を呈している。またこの第3層は S. P. I-II 間でIからの走時が得られていないので、この間の深度を決定することができなかった。

6.3 速度層と地層との対比

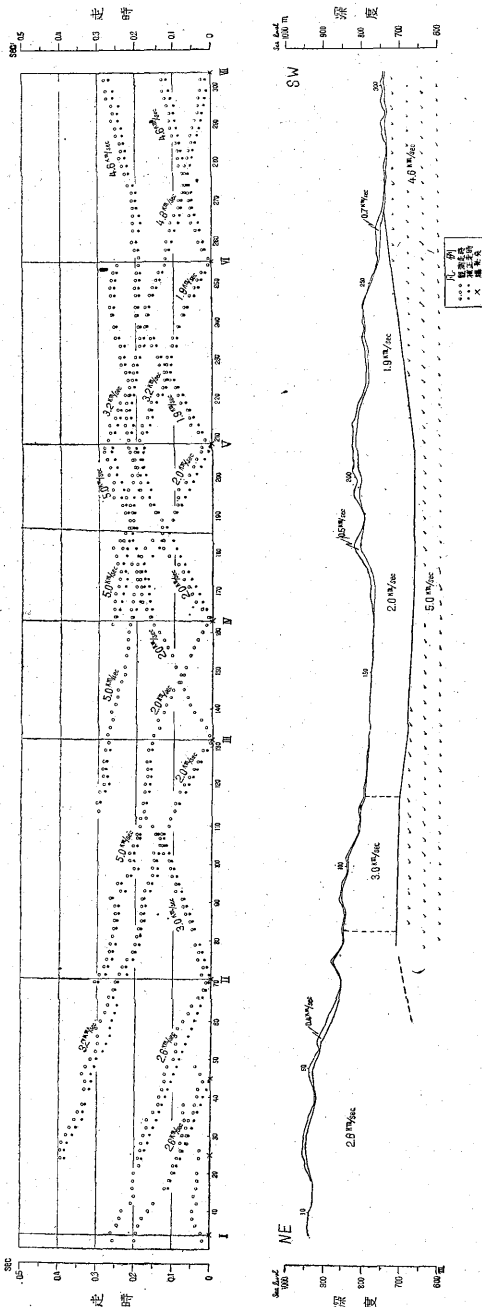
第1層程度の低速度層は、一般に地表付近に分布する表土層あるいは風化層と考えられる。

第2層については地層との対比は困難であるが、本地域の安山岩、高清水層等を代表する速度層と解釈する。要するに基盤岩類以外の地層のものとする。第1測線で第2層が2つの速度層に分類できたが、これは層序的な意味をもつものではなく解析上の手段である。

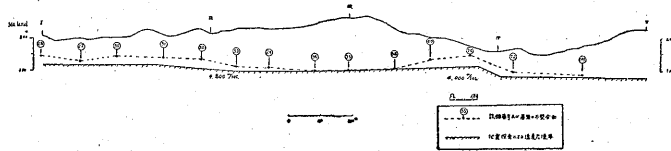
第3層は花崗岩類に対比する。室内実験でも花崗岩はこの程度の値を示している。また第2測線で一部花崗岩が地表に露出し、4,600 m/sec の値を得ている。

7. 考 察

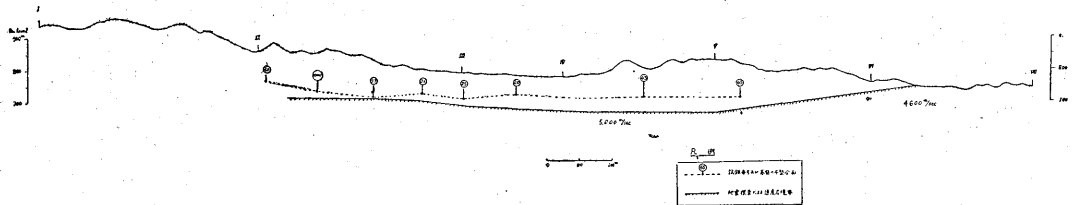
測線近傍の試錐は本調査実施当時は、一部完了していたが一部は着手していなかつた。しかしながら最近これらの試錐もすべて完了し、結果も判明したので試錐結果と、地震の結果とを比較し検討することにする。第4図および第5図はこれの比較図で、基盤上位の各層は省略



第3図 第2測線走時曲線および地下速度分布図



第4図 試錐結果と地震探査結果との比較図(第1測線)



第5図 試錐結果と地震探査結果との比較図(第2測線)

し、基盤のみの断面図を示す。なお試錐位置と測線との平面的な関係は、第1図を参照されたい。

第4図の第1測線において、No. 28, 30, 33, 24の各試錐は、地震探査実施前にすでに完了していたもので、No. 34, 68, 69, 70, 72, 101は当時未完成であつた。したがつてNo. 34以東の地下構造は判明していなかつた。図からも明らかなように、試錐と地震との傾向は比較的良好に一致していることがわかる。(深度の相違については後述する。)とくにNo. 70とNo. 72の試錐で、深度が急激に変化しているが、地震探査でもS.P. IVの直下で約30m東に深くなつている。また測線中央部で基盤がゆるく凹部をなしている傾向も両者よく一致していることがわかる。

次に第5図の第2測線についてみると、両者の傾向が一致しているとはいへない、そのうえ地震の結果の方が全体に深くでており、その差は最大50m程度もある。

(第1測線についても同様のことがいえる。)この両者が一致しない理由としては次のようなことが考えられる。

- (1) 測線と試錐との平面的な位置のズレによるもの。
- (2) 解析に際し基盤の速度を大きくとりすぎたため。
- (3) 基盤上部が著しく風化あるいは軟質になつているため等である。

(1)については当然起る問題であるが、No. 20, 25, 21の試錐はほとんど測線上にあるにかゝらず、両者が一致してないことから位置のズレに原因するものではないようである。次に(2)については試料の測定および、実際の走時曲線から花崗岩の速度が4,000~5,000 m/secの範囲内ならばそれほど大きすぎるものとは考えられない。最後に(3)の風化についてみると、花崗岩の場合地震の結果が常に深くでる傾向が一般に知られている。こ

れは花崗岩の風化が激しいことによるものであるが、今回の場合も風化、あるいはこれに伴う変質によつて両者の結果が一致しなかつたのではないかと考える。花崗岩上部が弾性的に低速度になる量は、肉眼で風化の度合を観察するよりも大きい場合が多い。またこの地域の花崗岩はとくに風化が激しいことが報告されている。例えば掘進速度についてみると、この花崗岩を45分間に3m余の速度で掘進し、また花崗岩が軟質なためコアの採取率もきわめて悪く1~5%の箇所が多いとのこと、これによつても本地域の花崗岩の様子がよくわかる。以上のように花崗岩の不整合面付近の風化・軟質によつて地層の境界と、速度層の境界が一致しなかつたのではないかと考察する。それゆゑ今後の調査においては、この点にとくに注意しなければならないのはもちろんであるが、両者の相違をある程度定量的に吟味することも必要であろう。

岩石試料の測定結果では、各地層の速度は大差なく、したがつて地層の境界を求め得るか否かの疑問が多分にあつた。しかしながら基盤の構造は上記のように風化の問題があるけれども、速度差もあり一応求められることがわかつた。たゞ上位の安山岩、高清水層の分類は今回はできなかつたが、資料が蓄積されれば将来これらの分類も不可能ではないと考えられる。なお、本調査においては最上位の安山岩類の速度が下位層の速度より大きくなかつたが、地域によつては地震探査の適応が不可能の場合も起るであろう。

このほか技術的な問題として、走時に地形の影響がかなり大きく反映するので測量の精度を上げるとともに、表土層の速度や層厚をできるだけ厳密に決めなければならない。そのために表土補正の爆発を多く行なつたり、

受振間隔を10 mとか5 mにすることも必要であろう。

8. 結 論

以上述べたように、地震探査によつて基盤構造の傾向を求めることができたが、試錐資料との対比によつて、地層と速度層の境界が必ずしも一致しないことがわかつた。しかしながら今後地震探査の資料が蓄積され、あるいは試錐資料を活用することによつて、個々の地層の速度が把握できれば、より以上の成果を期待することも無理ではないと思う。

(昭和33年9月調査)

文 献

- 1) 藤原清丸他：鳥取・岡山両県境人形峠附近のウラン鉱床調査報告，地質調査所月報，Vol. 8, No. 8, 1957
- 2) 萩原尊礼：基盤面の傾斜が一様でない場合の走時曲線解析法，地震，Vol. 10, No. 11, 1938
- 3) 片山信夫他：鳥取・岡山県境人形峠県道切取りに発見されたウラン鉱床について，地質調査所月報，Vol. 9, No. 11, 1958