

水沢周辺地震探査について
(U. M. P., 深層試錐の先行調査)

市川 金徳*

On the Seismic Prospecting in the Mizusawa District,
Iwate Prefecture

By

Kanenori ICHIKAWA

Abstract

A seismic prospecting was performed in the Mizusawa district, Iwate prefecture, in September, 1967, for "Upper Mantle Project".

In this area, the basement rocks presumed to be Precambrian are expected to extend to the depth of several kilometers, below the earths' surface, although not confirmed yet.

The purposes of the seismic prospecting are to clear the structures of velocity layers in this area and to decide the optimum position of deep well drilling.

Results obtained are as follows:

(1) Four velocity layers are found in this area.

- 1st layer 1.70km/sec
- 2nd layer 2.20~2.80km/sec
- 3rd layer 4.80~5.90km/sec
- 4th layer 6.10~6.25km/sec

(basement)

(2) The depth of the basement is about 2km below the Mizusawa city.

要 旨

わが国の深層試錐の先行調査としてはA, B, C, の3カ所が挙げられ, すでにCおよびB帯の地震探査は, 昭和40年, 昭和41年度に終了している。

本調査は昭和42年9月岩手県水沢市を東西に横切る方向に56kmの測線を設け, 地震探査を実施した。

本地域の地表には, 日本ではもっとも古い地層であるシルル〜デボン系の変成相と目される母体層群および上部デボン系以上の非変成古生層が確認されており, この下には日本列島島弧の基盤岩が数kmの深度で存在するであろうとされていた。1953年大爆破地震動グループが

釜石付近で行なった結果では, 基盤岩類と推定される速度層(6.2km/sec)は, 釜石鉦山方向で上昇し水沢方面へ下降を示していた。しかし一方では, 地表にあらわれている古生層等の状態から, 基盤岩は, 逆に水沢付近で上昇しているのではなからうか, との考えがあった。本調査はこれら, 古生層下位に分布する基盤岩面の状態を速度分類によって把握しようとした。

その結果, 次のような速度分類を得て, 地質層序と対比することができた。

- 第1層……1.70km/sec……第4系
- 第2—1層……2.20km/sec
- 第2—2層……2.80km/sec } 新第3系
- 第3—1層……4.80~4.95km/sec……古生層, あるい

* 物理探査部

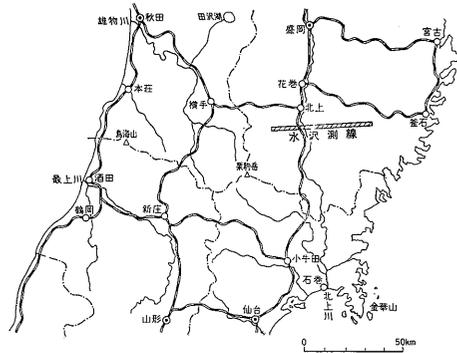
は花崗岩の風化層

第3—2層……5.40~5.90km/sec……古生層, 母体層

群あるいは貫入岩類

第4層……6.10~6.25km/sec……先シルル〜カンブリアン紀層(基盤岩類)

以上のように速度層の分類を行なうことができ、さらに次のように基盤岩の大勢を把握することができた。すなわち6.10~6.25km/sec層(基盤岩)の状態は、水沢市付近で上昇しその深度は約2kmほどを示した。また水沢市付近を境とし、西方は、3km±の深度となり、東方には下降し、最も深いところで約6km±を示している。



第1図a 水沢周辺地震探査位置図

1. 緒言

昭和42年9月2日~9月24日にわたり、水沢周辺において地震探査(屈折法)を実施した。この計画は、U. M. P., 深層試験候補地A, B, C各地区のうち、A地区において、北上山地の古生層およびその下位に分布する基盤岩の状態を地震探査によって把握し、深層試験位置選定の資料を提供しようとするものである。

本地区の観測には、24式の探鉱器3台を用いたため1回の展開範囲が約10kmほどになるので、昼間は交通等による雑振動がはげしく、そのため夜間地元の協力を得て実施した。また発破点用地借用について、地元の多大な協力を得た。

主な協力関係機関は次の通り。

岩手県庁経済部鉱産課, 岩手県水沢土木事務所, 岩手県世田米土木事務所, 水沢市役所, 胆沢町役場, 江刺市役所, 住田町役場, 水沢営林署, 大船渡営林署, 同和鉱業株式会社赤金鉱業所。

上記の関係機関に謝意を呈する。

本地震探査に当たっての現地調査, 発破孔掘さく等は外注とし宇部興産に依頼した。また測線踏査は、筆者と吉田尚(地質部)が行ない、岩石測定は飯塚進が担当した。

2. 位置および交通

本測線は、岩手県胆沢郡胆沢村愛宕を西端とし、水沢市を横切り同県気仙郡住田町八日町にわたる東西約56kmの測線長を有している。発破点位置は、No. Iを胆沢愛宕に設け、No. IIを水沢市東方北上川敷地内に、No. IIIを赤金鉱山南南西2.5kmの地点伊手に、No. IVを住田町字八日町気仙川内にそれぞれ設置している。

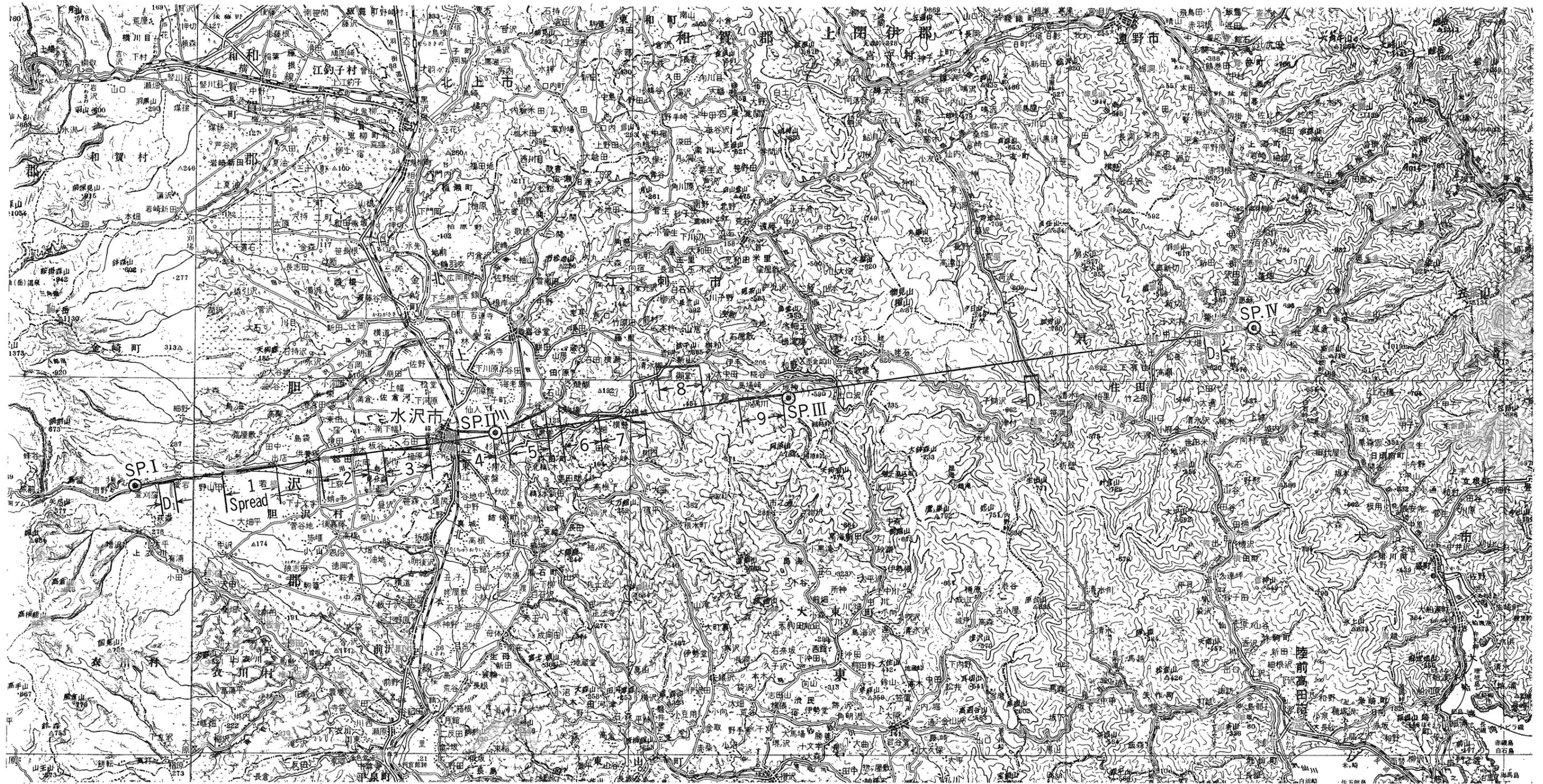
調査地に至るには、東北本線水沢駅があり、測線沿いの道路にはバスの便もある(第1図b参照)。

3. 地形および地質

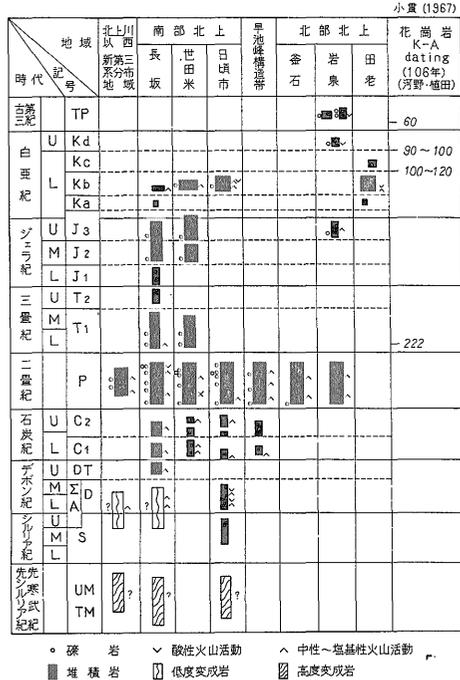
本地帯は測線を北上川が南北に交叉し、北上川は北から南に蛇行して流れ、その沿岸には平地が河沿いに続いている。この北上川を境にした西域は、測線西方の石淵ダム地点を頂点とした胆沢川扇状地が、水沢方向に緩傾斜あるいは平坦な地形で広がる。その東方は標高200m前後の丘陵地になり東方に向かって逐次標高を増し、物見山(871m)、加勢山(730m)、高森山(718m)などを擁する北上山地に漸移する。

第1表 水沢付近古生層の層序
(小貫義男・磐沢聡史ほか)

時代	層序	岩質
二疊紀	登米層 1,200m (遊衣礫岩)	粘板岩 石灰岩
	米谷層 700~1,500	石灰岩 粘板岩 砂
石炭紀	竹沢層 150~300	火山岩 粘板岩 石灰岩
	唐梅館層 600	砂質粘板岩 砂質粘板岩
デボン紀後期	高ヶ森層 800+	粘板岩 礫岩
	母体層 800	泥質岩源弱 変成岩
群	下伊手層 1,500~2,000	火山岩源弱 変成岩
	黒田助層 1,200	泥質岩源弱 変成岩
先シルル紀 あるいは先カンブリア紀	鶴ノ木変成岩	黒雲母片岩 角閃片岩



第1図b 水沢周辺地震探査測線位置図



第2図a 北上山地における古第三紀以前の地質概況 (小貫編)

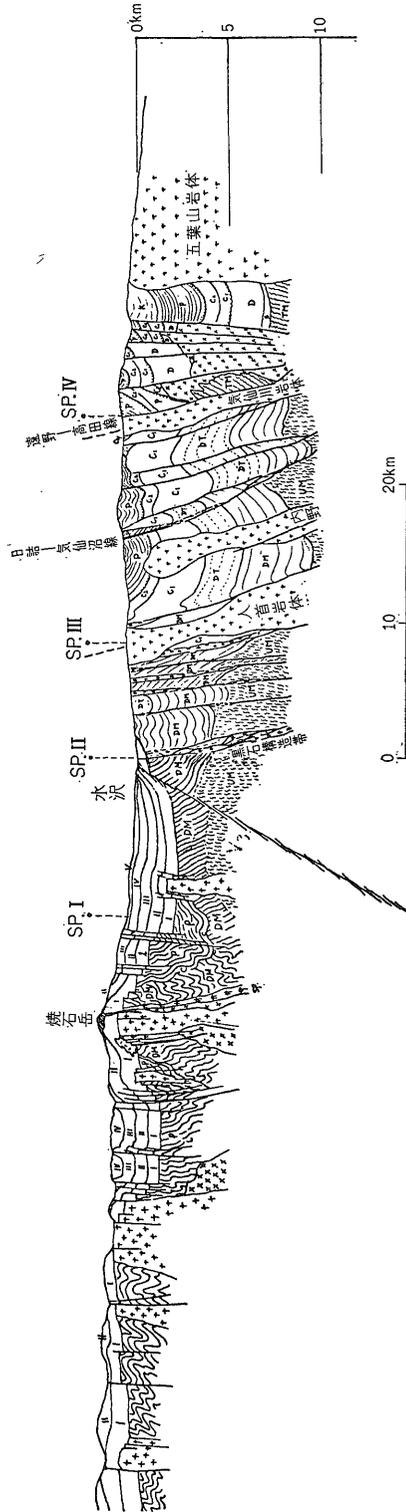
本地域の地表地質に関しては小貫など (1962), KANI SAWA (1964) らによってすでに詳しく報告されているが、簡単に述べると、測線付近の地表には北上川沿岸に第四紀層が発達し両岸の丘陵部には砂岩、泥岩、凝灰質泥岩からなる、第三紀層が存在する。

また北上川東方では北上山地の古生層最下部と考えられる母体変成岩が地表に分布し、その岩質は絹雲母石英片岩、藍閃石片岩、緑泥石片岩、泥質千枚岩、チャートなどからなる。基盤岩の一部と目されている鶺ノ木変成岩は北上川沿岸部に小規模に露出し、その岩質は主として黒雲母片岩、角閃岩からなる (第1表は水沢付近古生層の層序を示し、第2図a、第2図cおよび第2図bは、それぞれ北上山地における地質概況および地質断面図を示す)。

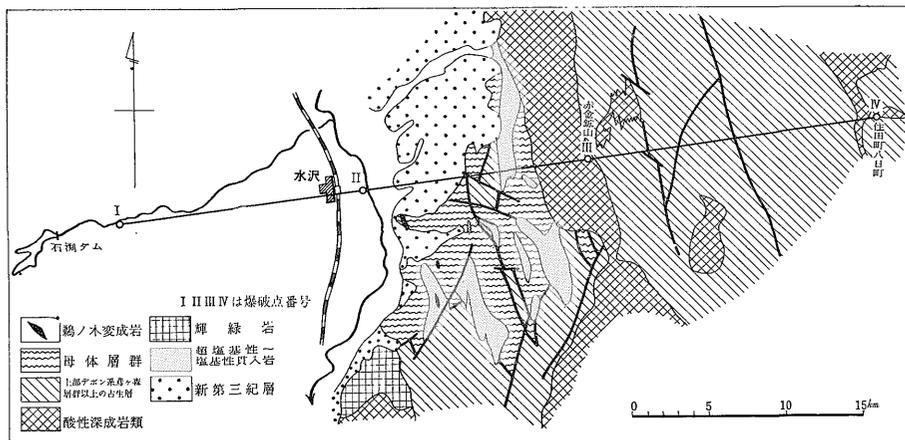
4. 調査目的

本地帯における地震探査の目的は、U. M. P., A帯における地殻の上部断面をつかみ、深層試錐のねらう北上山地古生層下位に存在する基盤岩類の分布状態を明らかにすることである。

測線付近の地表には、日本では最も古い地層とされているシルル、デボン紀層の変成相と推定される母体層群および非変成古生層が分布し、この下部には、南部北上山地古生層下位の基盤岩 (先シルル~カンブリア紀と推



第2図b A-zone地質構造断面図 (小貫義男・北村 信, 1967)



第2図c 水沢付近地震探査測線周辺の地質図(小貫, 1962; 蟹沢, 1964; 広川・吉田, 1954から)

定)が、深さ数 km に存在することが考えられているがまだ確認されていない。

大爆破地震動グループ(1953)が釜石付近で行なった結果では、基盤岩類と推定される速度層は、釜石鉾山付近で上昇し、水沢方面へ下降を示していた。しかし一方では、地表に現われている古生層などの状態から、基盤岩は、逆に水沢付近で上昇しているのではなかろうかとの考えもあった。そこで地震探査によってこれらの解明にあたり深層試錐候補地の資料を得ようとしたものである。

5. 測線配置および調査方法

本探査は、深層試錐の位置選定のための調査を主としたので、あらかじめその深度も4~5 km までの速度層を検出するよう計画した。測線配置は、本地帯の地層、断層等の走向が、ほぼ南北に走っているものが多いことから、測線はこれと交叉するようほぼ東西方向に設けた。また受振点は、やや測線沿いに道路があることからおもに道路沿いに設置するようにした。

水沢周辺には、基盤岩の、一部とみられる鵜ノ木変成

第2表 主要観測器および火薬類

探 鉱 器	S I E社製磁気録音式24成分探鉱器..... 2台 応用地質社製屈折用24成分探鉱器..... 1台 ソニー社製3成分データーレコーダー..... 1台
受 震 器	M I社製 4.4cps 探鉱用地震計.....72個 データーレコーダー用4cpsおよび1cps 受震器..... 3個
J J Y 受 信 器	菊水電機社製 J J Y 受信器..... 6台 受信周波数レンジ2.5, 5, 10, 15MC
発 火 器	S I Eおよび目黒電波社製地震探鉱用発火器..... 2台
電 気 雷 管	日本化薬社製物理探鉱用8号電気雷管
爆 薬	日本化薬社製物探用新桐ダイナマイト
1 本 の 薬 量	85mmφ × 4.5kg
測 線 長	56, 136 m
爆 破 回 数	屈 折 16回 拡 底 10回 合 計 26 回
消 費 爆 薬 量	屈 折 2551.7 kg 拡 底 52.5 kg 合 計 2604.2 kg

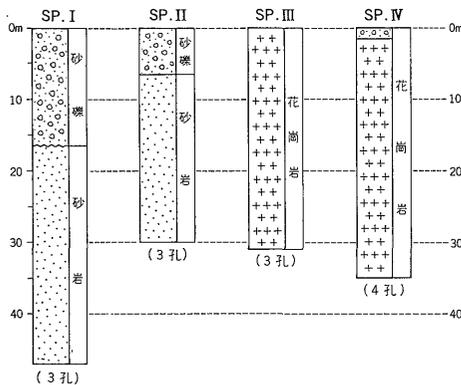
第3表 水沢周辺地震探査火薬使用一覧表

昭和42年9月

観測用使用火薬									備考
日付	時・分・秒	スプレッド	S P. 番号	深度 (m)	消費量 (kg)	薬長 (m)	雷管	S P. 消費料計 (kg)	
9月5日	01-01-05	1・2・3	Ⅱ-A	30.30	45.0	7.20	4	135.0	}テスト兼本番観測
"	"	"	Ⅱ-B	30.30	45.0	7.20	4		
"	"	"	Ⅱ-C	30.30	45.0	7.20	4		
9月6日	23-01-05	1・2・3	Ⅰ-A	45.00	40.0	3.60	2	120.0	}本番観測
"	"	"	Ⅰ-B	45.00	40.0	3.60	2		
"	"	"	Ⅰ-C	45.00	40.0	3.60	2		
9月7日	02-41-05	1・2・3	Ⅲ-A	29.50	90.0	14.20	3	255.0	}"
"	"	"	Ⅲ-B	26.80	67.5	10.60	3		
"	"	"	Ⅲ-C	29.50	97.5	14.10	3		
"	01-09-05	"	Ⅳ-A	29.30	42.75	6.70	1	450.0	}"
"	"	"	Ⅳ-B	27.45	135.0	13.55	1		
"	"	"	Ⅳ-C	30.90	137.25	13.75	1		
"	"	"	Ⅳ-D	35.50	135.0	17.60	1		
							11		雷管処理
9月10日	02-41-05	4・5・6	Ⅰ-A	45.00	0	2.50	6	225.0	}本番観測
"	"	"	Ⅰ-B		0				
"	"	"	Ⅰ-C		225.0				
"	01-01-05	4・5・6	Ⅱ-A	27.00	0	5.60	2	54.0	}"
"	"	"	Ⅱ-B	24.00	18.0				
"	"	"	Ⅱ-C	27.00	36.0				
9月9日	23-01-05	4・5・6	Ⅲ-A	18.00	0	11.6	3	148.5	}"
"	"	"	Ⅲ-B	22.50	76.5				
"	"	"	Ⅲ-C	21.00	72.0				
9月13日	02-41-05	7・8・9	Ⅰ-A	35.00	0	2.50	9	301.5	}"
"	"	"	Ⅰ-B	43.00	0				
"	"	"	Ⅰ-C	26.00	301.5				
"	01-01-05	7・8・9	Ⅱ-A	27.00	72.0	11.20	5	126.0	}"
"	"	"	Ⅱ-B	21.00	27.0	17.00	2		
"	"	"	Ⅱ-C	22.00	27.0	18.00	2		
9月12日	23-01-05	"	Ⅲ-A	18.00	40.5	6.30	1	67.5	}"
"	"	"	Ⅲ-B	12.50	13.5	21.0	1		
"	"	"	Ⅲ-C	12.00	13.5	2.10	1		
9月15日	23-01-05	"	Ⅲ-A	9.00	11.6	2.00	3	35.0	}"
"	"	"	Ⅲ-B	12.00	11.7	2.00	3		
"	"	"	Ⅲ-C	11.00	11.7	2.00	3		
9月16日	01-01-05	7・8・9	Ⅳ-H	19.00	58.5	4.00	1	292.5	}"
"	"	"	Ⅳ-I	19.50	72.0	5.00	1		
"	"	"	Ⅳ-J	26.00	162.0	13.00	1		
"	"	"					12		
									雷管処理
9月20日	01-01-05	4・5・6	Ⅳ-E	17.00	108.0	10.00	1	337.5	}本番観測
"	"	"	Ⅳ-F	16.50	184.5	4.00	1		
"	"	"	Ⅳ-G	32.00	45.0	20.00	1		
"	"	"					50		
9月9日		6	W ₁	1.50	2.0	0.2	10	4.2	}表層発破
"	"	"	W ₂	1.50	2.0	0.2	10		
"	"	"	W ₂ '	1.70	0.2	0.2	1		
合計使用量							177	2551.7	

第4表 発破孔および孔数

発破孔名	掘さく長および孔数	孔径(内径)	延米数	主要岩種
I	47m×2	10cm	142m	砂 砂礫および砂岩
	48m×1			
II	30m×2	10cm	91m	砂礫および砂岩
	31m×1			
III	30m×1 31m×2	10cm	92m	花崗岩
IV	32m×1	10cm	137m	硬質花崗岩
	35m×3			
	16m×6			
計	19 孔		558m	



第4図 水沢周辺地震探査発破孔柱状図

岩が小規模に現われていることから、基盤岩類が同周辺に浅く存在しているのではなからうかとの考えがあったので、特に本地帯を重点的にして、測線配置を考慮した。

測線計画は、はじめに下記のような速度層を推察して、仮定走時曲線を作成し、測線配置を考えた。これは東北大小貫義男、北村信、A-Zone 地質構造断面図(1967)の資料を参考に当周辺の模式構造図を画き、北上川付近を境にし、西方に新第三紀層が堆積されていることから、新第三紀層の速度を平均2.5km/secと仮定し、さらに水沢東方に古生層が分布していることからその速度を5.0~5.3km/secとおき、その下位の基盤岩の速度は6.0km/secとして、仮想走時曲線を作成してみた。仮定走時曲線を作成してみると、基盤岩上位に仮定した古生層の層厚が厚いことと、基盤岩との速度差が少ないこと、また水沢西方の新第三紀層の予想傾斜等から、短い測線では基盤岩の速度が表われないので計画も慎重にし測線長も50km以上設けなければならないと考え、さらに発

破点も5-6点は設けたいと考えた。実際には経費等の都合もあって発破点は4点とし、測線長は56kmとした。

第3図は、胆沢郡胆沢村から気仙郡住田町の間に設けた受振点の位置を示す。

観測方法は、地震探査屈折法とし、24成分式地震探鉱器3台と3成分式データレコーダー1台を用い、全器使用して3回移動とした。

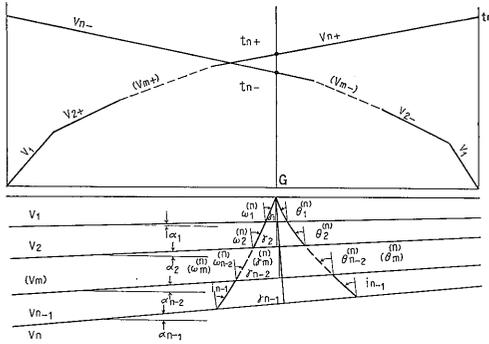
上記の測点間隔、地震探鉱器展開数、展開地域は次の通りである。24式探鉱器においては約100m間隔、9展開を発破点I~III間の範囲に、またデータレコーダーは約300m間隔で、胆沢村愛宕、住田町うね畑、および八日町に分け3展開した。したがって一度に観測し得る範囲は、24成分式で約7km、3成分式においては約0.6kmである。

第2表および第3表は、探査に用いた主要観測器、測線長および火薬使用量等を示し、第4表は、発破孔数等を示す。また第4図は発破孔柱状図を示す。

爆破班は2班設け、1班は観測点近傍の爆破点2点を担当し、SP.IVは一度に500kg近い大量な火薬量を毎回挿入のため1班常駐した。爆破作業は毎回ほとんど法規的な大発破作業となるので、付近の人家等に注意し、また発破孔の保持も考え、拡底発破を実施して火薬の挿入を行なった。しかし拡底発破は、SP.I, II, の第四紀層、新第三紀層の地層地点では予想以上の効を奏したが、SP.III, IV発破点の花崗岩地点では効果を示さなかった。また爆破観測は、雑振動をさけるため夜間実施した。さらに爆発観測にともなう時刻の取り決めは、列車時刻表から列車の通過時間を選択し、あるいは赤金鉱山が行なう夜間発破時刻も変更してもらい、これらから爆破時刻表を作製して限定発破を行なった。爆破符合のチェックは遠距離観測のためJ J Y電波(標準無線時報)を基準とする照合方式を採用した。したがって爆破班は定時刻まで火薬の挿入と、爆破時刻記録装置の調整が完了していなければならない、また発破時において、爆破時刻の失敗は許されないわけである。

6. 調査結果

以上述べたような調査方法により、得られた地震記録から走時曲線を作成した。構造解析は零走時による数値解析法(栗原, 1960)を第1段階として採用し、第2段階として図式解析法を用いて最終的構造を算出した。計算に当たっては電子計算機 UNIVAC-1050を使用した。解析に使用された計算式は次のようになる。



第5図 計算説明図

$$\alpha_1 = \frac{1}{2} \left(\text{Sin}^{-1} \frac{V_1}{V_{2-}} - \text{Sin}^{-1} \frac{V_1}{V_{2+}} \right)$$

$$i_1 = \frac{1}{2} \left(\text{Sin}^{-1} \frac{V_1}{V_{2-}} + \text{Sin}^{-1} \frac{V_1}{V_{2+}} \right)$$

$$V_2 = V_1 \text{Cosec } i_1$$

$$\theta_1^{(n)} = \text{Sin}^{-1} \frac{V_1}{V_{n-}} - \alpha_1$$

$$\omega_1^{(n)} = \text{Sin}^{-1} \frac{V_1}{V_{n+}} + \alpha_1$$

$$\theta_m^{(n)} = \text{Sin}^{-1} \left(\frac{V_m}{V_{m-1}} \text{Sin} \theta_{m-1}^{(n)} \right) - \alpha_m + \alpha_{m-1}$$

$$\omega_m^{(n)} = \text{Sin}^{-1} \left(\frac{V_m}{V_{m-1}} \text{Sin} \theta_{m-1}^{(n)} \right) + \alpha_m - \alpha_{m-1}$$

$$V_n = V_{n-1} \text{Cosec } i_{n-1}$$

$$\alpha_{n-1} = \frac{1}{2} \text{Sin}^{-1} \left(\frac{V_{n-1}}{V_{n-2}} \text{Sin} \theta_{n-1}^{(n)} \right) - \frac{1}{2} \text{Sin}^{-1} \left(\frac{V_{n-1}}{V_{n-1}} \text{Sin} \omega_{n-2}^{(n)} \right) + \alpha_{n-2}$$

$$i_{n-1} = \frac{1}{2} \text{Sin}^{-1} \left(\frac{V_{n-1}}{V_{n-2}} \text{Sin} \theta_{n-1}^{(n)} \right) + \frac{1}{2} \text{Sin}^{-1} \left(\frac{V_{n-1}}{V_{n-1}} \text{Sin} \omega_{n-2}^{(n)} \right)$$

$$\gamma_{n-1} = \frac{V_{n-1}}{2} \text{Sec } i_{n-1} \left[t_{ngo} + \sum_2^{n-1} \frac{\gamma_{m-1}}{V_m} \left\{ \cos \left(\theta_m^{(n)} + \alpha_m - \alpha_{m-1} \right) + \cos \left(\omega_m^{(n)} - \alpha_m + \alpha_{m-1} \right) \right\} - \sum_1^{n-2} \frac{\gamma_m}{V_m} \left(\cos \theta_m^{(n)} + \cos \omega_m^{(n)} \right) \right] \dots (1)$$

ただし $\theta^{(n)}$, $\omega^{(n)}$ は第 n 層で屈折し上向きとなる波線の入射角および屈折臨界角であり,

$$\theta_{n-1}^{(n)} = \omega_{n-1}^{(n)} = i_{n-1}$$

$$m = 2, 3, 4, \dots, n$$

t_{ngo} : 測点 G における第 n 層の零走時

$$t_{ngo} = t_{(n+)} + t_{(n-)} - t_n$$

の関係が成立つ。

地下構造は、(1)式から算出される法線深度を半径とした円弧の包絡面として求められる。以上のように数値解析および図式解析法によって、次の速度層を得た。

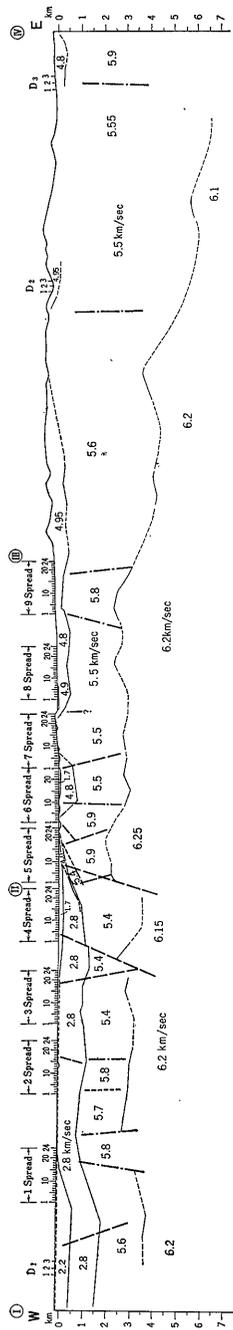
- 第1層……………1.7km/sec
 - 第2—1層……2.2km/sec
 - 第2—2層……2.8km/sec
 - 第3—1層……4.8~4.95km/sec
 - 第3—2層……5.4~5.9km/sec
 - 第4層……………6.1~6.25km/sec
- 以下観測結果について説明する。

6.1 得られた走時曲線

第6図 a は、零走時による数値解析に使用した走時曲線であり、第6図 b はこれを整理し、図式解析法で行なうために示した走時曲線および構造解析断面図である。この第6図 b の走時曲線をみると発破点 II から I 方向へ第1層の速度を示す 1.7km/sec がみられ、次に第2—2層面 (2.8km/sec) の降りを示す 2.75km/sec の見掛け速度が現われ、3 spread 付近から急に速さを増している。

本解析は同地点から I 方向に現われた走時を 5.4~5.8 km/sec 層面の見掛け速度とした。またこれと交叉する発破点 S P. I (Shot Point を以下略して、S P. と記す) からの走時曲線は、地表近くの層を示す 2.2km/sec から 2—2層面を表わす 2.75km/sec の見掛けの速度がみられ、見掛け速度 6.6km/sec の第3—2層面を示す速度に変わっている。本地帯の第3—2層の計算は同地点から始めた。またこれを過ぎた見掛け速度は急に変化し、先の方が速く到達している。この傾向は断層状、あるいは高速をもった別な速度層が垂直状に挿入しているような現象を示している。この記録を現地で観測したときは瞬間的に器械のカップリングかと思ったほどであった。また S P. I からの走時曲線は、この地点を過ぎて 5.5km/sec 層の見掛け速度を示し、再び S P. II 付近において前記同様の変速する状態を走時曲線に示している。この付近は 8.6km/sec の見掛け速度が現われ基盤岩の隆起等も併せて推察させる。また本地帯は各 S P. からの走時曲線が物語るように複雑な速度変化を示し、地下構造の複雑さを反映している。S P. I からの走時曲線はさらに D—2 観測点近くにかけて基盤岩 (6.2km/sec ±) の見掛け速度が現われているようであるが、以下東方に向かって 5.5km/sec の見掛け速度に変わっている。このことは基盤面が東方 S P. IV 側へ一般に傾斜していることを意味しているものと解釈している。

次にこれと対応する S P. IV からの走時曲線は始めに地表近くの 4.8km/sec の速度が現われ、次に 5.5km/sec



第7図 SP. IおよびSP. III から基盤岩 (6.2km/sec) を計算した解析構造断面図

に変わり、SP. II 近くまで 5.5km/sec ± 層の見掛けの速度を示しているようである。しかし、これと SP. IIIからSP. II方向の走時が 5.5km/sec 層面を現わしているとすれば、SP. IIIで爆破したSP. II方向の走時曲線 (7spread から SP. II 間) と理論的に一致しなければならないが、前者と後者の見掛け速度は多少違うようにみられる。これは近距離SP. IIIから爆破した記象の方が明確であり、SP. IV から爆破したものは遠距離のため記象読取りの誤差等もあって多少マスクされているが、走時曲線に現われた見掛けの平均速度は両者とも同一で 5.5km/sec を示している。これを過ぎたSP. IV からの走時曲線は、SP. II 付近から西方へ基盤面の状態を示す見掛けの速度を現わしているため、以下基盤速度として計算した。

次にSP. IIIからSP. I方向の走時曲線の基盤速度は、最終点近くの走時曲線に現われたものと解釈して行なった。しかしSP. IIIからI方向の走時曲線(II—I間)の傾向は、SP. IV からの走時曲線に多少類似した型をしているので、SP. III からこの地点で基盤岩が現われたら、との仮定のもとに再解析してみた(第7図参照)。その結果、大勢はほとんど変わらないが、基盤岩までの深度が、約250m~300mほど浅くなって来る。

次にSP. IIおよびSP. IIIから東方に向かう走時曲線は、ほとんど3—2層の状態を示しているものとみなした。

6.2 解析構造断面図について

以上の走時曲線から地下構造を求めると、第1層(1.7 km/sec)は、SP. II 付近に比較的厚く分布し、東と西方向にその層厚を変化させながら次第に薄化している。東方に向かうこの第1層は 7spread 付近まで続くものと推察され、またSP. II 付近から西方に向かう第1層は、4 spread No. 5 付近で一たん薄くなる傾向を示すが最終的には3 spread 付近から薄れて、さらに西方に約50m ± ほどで分布されるものと予想される。

第2—1層 (2.2km/sec) は SP. I 付近に厚く現われその層厚は約600m ± を示し、1 spread 方向に層厚を急に薄くしている。しかしこれはD—1観測点に記録されたもので、その点、観測点数が少ないうえに多少明確度を欠くが、D—1の記録は2.2の見掛け速度を表わしているため速度層は2.2km/sec からあまり離れていないと思われる。

第2—2層 (2.8 km/sec) は、SP. II 付近の走時に現われ、その層厚は、SP. II から西に向かって厚さを急に増し、水沢市付近 (3 spread ~ 4 spread 間) で約1,250m ± となり、その上限は3 spread で地表近くに上

昇し、さらに西に向かって1 spread 付近まで続いているものと思われる。1 spread を過ぎた西方は一旦下降し再び西へやや上昇するようである。S.P. IIから東方に向かう第2—2層は、走時曲線には顕著に現われず、もっとも薄れた5 spread No. 7 付近を境とし、以下東方には走時曲線から同層を現わすことは困難である。

第3—1層(4.8km/sec~4.95km/sec)は、第2—2層と逆にS.P. IIを境とし、東方の地表近くに現われ、その層厚はもっとも厚い個所で約600mほどを示している。

第3—2層(5.4~5.9km/sec)は、全般に厚く分布し、その層厚は5 spread 付近を境とし、西側と東側では層厚が違うようであり西方では平均約2,200m±で分布するが、東方は、S.P. IV側へ層厚を増し2,000mからもっとも厚い個所で約6,500mとなっている。また西方に向かう同層の状態は5 spread 付近から西側へ急傾斜し、2.8km/sec層の下に分布する。地表から同層面までの深度は4 spread No. 1 付近で約1,200mほどとなり、水沢市地点(3~4 spread 間)で約1,400mを示し、さらに西へ約1,100m±の深度で多少上下しながら1 spread 付近まで続き、1 spread 付近から西方は再び傾斜し、D—1付近で地表下1,600mほどの深度となった。また3—2層が隆起を示している5 spread 以東の同層の傾向は、前般は4.8~4.95層の下に分布するものが多くS.P. III以東では、ほとんど地表に現われる部分が多いようである。

次に3—2層内に、別の速度層の貫入あるいは挟み込みの状態を示している地点が推定されたが、これは1~2 spread 間と、5~6 spread 間および9 spread にみられ、またS.P. IV付近にもみられる。これは同地帯の走時曲線の組合わせから計算されたものであり、S.P. IV付近に現われたものは、同上に示されたS.P. II, IIIからの片走時から推定したものである。

第4層面(基盤岩と推定)の状態は全般に凹凸して現われたが、もっとも隆起した地点は、5 spread 付近である。同地点の深度は地表下約2,000mともっとも浅くなっているが、同地点はその上部に累重される速度層あるいは地層の複雑さ等も考慮すると同層の一部はもっと上方、いわゆる断層状に挟み込まれているのではないかとの疑念も浮ぶ。また隆起を示した同地帯を境とする4層面は東、西に分かれてその深度を増して行くが、西方より東方が一般に深度を増し、もっとも深いD—2~S.P. IV間で約6,500mほどとなっている。西方に向かう4層面はS.P. II付近から急激に深度を増し、4 spread No. 10直下で約3,700mとなり、3~4 spread 間で再び

上昇して深度約2,700mほどを示した。3 spread から西方は2 spread に向かって一旦下降するが、さらに西方には多少上下しながらもやや平坦に進み1 spread 付近において再び傾斜を示す。1 spread を過ぎた地点の深度は約3,500mほどとなるが、さらに西方に上昇する傾向が推定される。

次に東方のS.P. III~D—2間の4層面の上昇は地表下約4,100m±の深度となったが、これはS.P. Iから爆破した同区間の走時曲線から算出したものであり、D—2観測点で走時は押えられているので同地点の深度はこれ以上大きく上下することは考えられない。次に第4層(基盤)面を切っている推定断層線は、走時曲線の上からやや確実と思われるものは数少ないが、例をあげると、西落ちのものでは4 spread, No. 5 付近のもの、5 spread, No. 8 付近からのもの、9 spread, No. 1 付近のものであり、垂直状あるいは東落ちを推定するものは、6 spread のもの、3 spread のものである。その他の推定断層は第3層面の情報からやや明確に得られたものを基盤面まで推定したものである。

7. 解析結果に対する考察

第8図は、1965年~1966年の2年間にわたって爆破地震動グループが行なった気仙沼一門前間の結果であるが、これをみると、第1層に6.1km/sec層が約10kmほどの厚さで分布している。周知のごとく爆破グループが行なう受振点間隔は約5km~10km±で配置して主として深部構造の大勢を把握することを目的としている。そのため地表近くの構造にはあまり重点をおかず地表近くの速度層を剥ぎ取って解析する機会が多い。この図は地表近くの層をカットして行なったものと考えられる。したがって水沢周辺の基盤岩を構成する速度層は爆破グループが得た6.1km/secの速度層と相当するとみてよいと思われる。

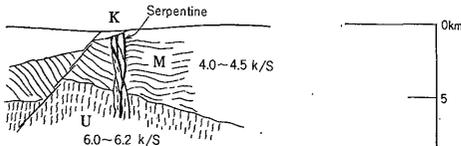
また村内必典ら(1967)によって行なわれたほぼ北緯39.5°線沿いの結果では、第1層に5.5km/sec層が約3km±ほど分布され、その下部に6.0~6.2km/sec層がみられる(第9図参照)。したがって両者からいえる陸地の基盤岩の速度は6.0~6.2km/sec±ほどで分布しているようである。

今回、水沢周辺で行なった地震探査の結果5.5km/sec±層の下部に6.2km/sec±の速度層を得たが、前記の結果等から水沢周辺に現われた6.2km/sec層も前記基盤岩と同一のものだろうと考えられる。したがって水沢地区の6.2km/sec層が、日本列島A帯を構成する基盤岩とすれば、その上位は累重される5.5km/sec±層は地

第5表 北上山地岩石資料速度測定

		自然乾燥				強制湿潤			
		B	A	C	平均	B	A	C	平均
(U) 鶺ノ木 変成岩・ 深成岩	磁鉄鉱緑れん石角閃片岩	5.7	5.3	5.1	5.3	5.7	5.6	5.5	5.6
	片状角閃岩	6.2	5.9	5.6	5.9	6.0	5.6	5.8	5.8
	角閃石片岩	6.0	6.0	5.1	5.7	6.0	6.0	4.8	5.6
	アプライト質片麻岩	5.1	5.1	5.0	5.1	5.3	5.2	5.2	5.2
	変閃緑岩	5.6	5.6	5.6	5.6	5.8	5.7	5.7	5.7
	変はんれい岩(大田氏)	6.1	5.9	5.6	5.9	6.2	6.1	5.8	6.0
	" "	6.0	5.7	5.6	5.8	5.9	5.7	5.6	5.7
角閃石片岩	5.9	5.6	4.7	5.4	5.9	5.6	4.9	5.5	
蛇紋岩	工 法 寺	4.9	4.3	—	4.6	5.0	4.5	—	4.9
(M) 母体 層群	黒色片岩	5.4	4.5	4.4	4.89	5.2	4.7	4.4	4.8
	緑色片岩	4.9	3.8	3.8	4.2	4.9	4.2	4.0	4.4

(昭和42年5月, 秋田大学物理探鉱研究室測定)



K 黒石構造帯
M 母体層群(弱変成)
U 鶺ノ木変成岩および塩基性深成岩類



(秋田大学 加納博, 1967による)

第6表 水沢周辺岩石試料 Vp 測定(単位: km/sec)

岩石 No.	自然乾燥状態				備 考
	A	B	C	平均	
1	5.6	5.8	4.4	5.3	かなり風化している 鶺ノ木変成岩, 角閃石片岩(用水路わき露頭)
2	6.5	6.9	6.0	6.5	鶺ノ木変成岩, 角閃石片岩(川原) A,Bは任意
3	6.7	6.7	6.9	6.8	大田代, 古期侵入岩, 角閃石斑輝岩 A,B,C不明
4	5.9	7.2	6.9	6.7	鶺ノ木変成岩, 角閃石片岩(小川の中)
5	6.3	6.5	6.6	6.5	同 上
6	4.1	5.0	3.1	4.1	風化がはげしい 母体変成岩, 堆積岩源(北ウノ木, 川岸の露頭)
7	6.5	6.7	6.6	6.6	母体変成岩, 火山岩源(分根域) A,B,C不明
8	6.8	6.6	6.8	6.7	蛇紋岩(鏡山ふもと) A,B,C不明
9	6.1	6.1	6.0	6.1	蛇紋岩(正法寺) A,B,C不明
10	5.5	5.9	5.8	5.7	花崗岩(下伊手) A,B,C不明
11	6.5	6.7	6.3	6.5	輝緑凝灰岩(種山牧場) A,B,C不明
12	6.7	6.8	6.1	6.5	粘板岩(種山牧場下方)



表で確認された北上山地のシルル紀~二疊紀層までの古生層と考えられる。

これらのことから次のように速度層と地質層序を対比させることができる。

- 第1層..... 1.7km/sec..... 第四紀層
- 第2-1層..... 2.2km/sec..... } 新第三紀層
- 第2-2層..... 2.8km/sec..... }
- 第3-1層..... 4.8~4.95km/sec..... 古生層あるいは花崗岩の風化層
- 第3-2層..... 5.4~5.9km/sec..... 古生層, 母体変成岩および貫入岩類
- 第4層..... 6.1~6.25km/sec..... 基盤岩類(先シルル~カンブリア紀層)

以上の中で5.4~5.9km/secのうち, 5.4~5.6km/sec層はこの地帯に賦存する古生層(母体変成岩あるいは非変成岩)の, 平均速度を示していると思われ, 同層内の5.8~5.9km/sec層の存在は, 分布する古生層に挟まった変成岩類あるいは火成岩類の速度が現われたものと推察される。

第5表は1967年秋田大学で行なった北上山地の岩石速度測定(Vp)の結果であるが, 鶺ノ木変成岩の採集位置がいずれも構造帯に位置するものであるため, 深部の基盤を構成する場合は条件が違うだろうとの注意がしてある。

また第6表は地質調査所で最近採集した測線地域の岩石資料を飯塚進が測定した結果であるが、これでは鶺ノ木変成岩は 5.3~6.8km/sec を示し、母体変成岩は 4.1~6.6km/sec を示している。以上両者の測定からいえることは鶺ノ木変成岩でも風化したものから代表的な岩石までの間かなりの幅があるということである。

今回行なわれた地震探査の結果第3-1層として S.P. II 付近から東方にかけて上層に 4.8~4.95km/sec の速度層が現われたが、これは古生層の風化されたものと考えれば一応納得がいくようである。

次に北上川付近に断層線を推定したが、これは東傾斜のものより西傾斜の方が走時曲線に強く現われているようなので、西傾斜のものを重点にし、その落差は約1,200mほどを推定した。

また S.P. III 付近の第3層に現われた 5.8km/sec 層、および S.P. IV 付近の 5.9km/sec 層の挟み込み状は、発破孔柱状図にもみられるように、両孔は花崗岩地帯を掘さくしているの、このことから、両点付近に貫入している花崗岩の速度を示したものと推定される。

8. 結 語

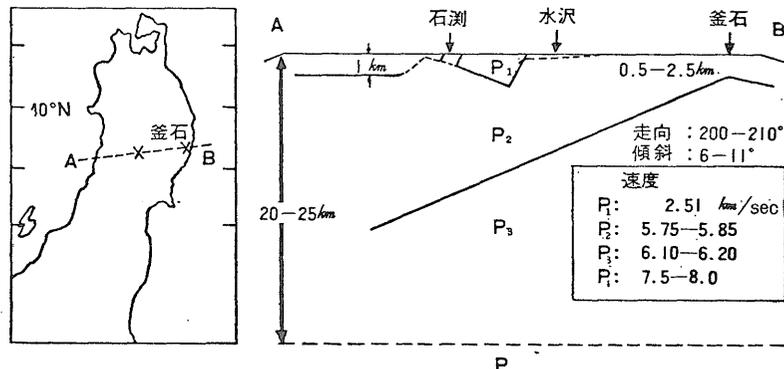
今回の調査により水沢周辺の地下構造の概要を明らかにすることができた。すなわち第1層(第四紀層)は、主として北上川付近の両翼に厚さ 200m 前後で分布されるようである。第2層(新第三紀層)は、北上川付近を境とし主として西方に厚く現われ、東方には薄れるかあるいは消滅するようである。逆に古生層、母体変成岩等

が主体となっている第3層は、同付近を境とし、東方に厚く分布を示し、その上面は大部分にわたって地表まで現われた。また西方に向かう第3層は、地表から1kmほどの新第三紀層の下に潜在して示された。基盤(6.2km/sec)面の状態は、東(S.P. IV)から、水沢方向に向かって上昇し、もっとも隆起した北上川付近では地表から約 2.0kmほどとなった。また基盤岩から、その上層に貫入あるいは挟み込みの状態を推察させる個所は大きく分けて四カ所となり、その1は 1spread 付近(胆沢町)、その2は 5spread 付近(北上川)、その3は S.P. III 付近(伊手)、その4は S.P. IV 付近(住田町)と、部分的に推察されるなかでも第 5spread 付近に現われた構造はその上部速度層が複雑な変動を示し、同構造帯の複雑さを走時曲線が物語っている。さらに同地点では解析図に表現し得ない幾多の断層をも推察させる。同構造帯は地表において黒石構造帯(加納博・蟹沢聰史, 1966)といわれた部分である。また D-2 および D-3 付近の下に速度層の境界線を推定したが、日詰-気仙沼線および遠野-高田線といわれる構造線と大体位置が一致するようである。

以上のように今回地震探査によって同地帯の地下構造の大勢を把握することができたが、さらに深層試錐等によって、同地下に賦存する未解決な基盤岩類の、学術的に重要な資料が得られることを切に願うものである。

最後に(1950~53年)爆破地震動が行なった釜石付近の結果を参考資料として第10図に示す。

(昭和42年9月調査)



第10図 爆破地震動グループが行なった釜石付近の地下構造(地震, 1959)

文 献

- 浅野周三・浅田敏(1968):日本列島の地殻構造,地震
20年号
- 爆破地震動グループ(1967):東北地方の大爆破人工地
震の研究,地質構造部門 A-zone 連絡誌
- 早川正巳(1966):物理探査,(ラティス社発行)
- 広川 治・吉田 尚(1954):5万分の1地質図幅「人
首」および同説明書,地質調査所
- 市川金徳(1968):水沢周辺地震探査について,UMP-
A帯地質構造部門連絡紙, no. 9
- 市川金徳・吉田 尚(1968):国際地球内部開発調査研
究(UMP)深層試錐計画,地質ニュース,第
171号
- KANISAWA, S. (1964): *Metamorphic Rocks of the
Southwestern Part of the Kitakami Moun-
tainland, Japan*, Sci. Rep. Tohoku, Univ.
taser. III, vol. IX
- 加納 博・蟹沢聰史(1966):黒石構造帯について,変
成帯総合研究連絡誌「変成帯」, no. 2
- 栗原重利(1960):屈折走時曲線の選定法並びに零走時
による屈折走時曲線の解析法,九州鉱山学会誌,
vol. 28, no. 4
- 村内必典(1968):日本近海における海洋底地球物理学
の研究,科学, vol. 38, no. 4
- 小貫義男・高橋幸蔵・阿部俊兄(1962):北上山地の貫
体層群について,地質学雑誌, vol. 68
- 小貫義男(1967):北上および奥羽山脈における先第三
系の地質構造概説,早坂一郎先生喜寿記念論文
集
- 小貫義男・北村 信(1967):A-zone 地質構造の総括,
地質学・岩石学部門国内計論会資料