

## えびの・吉松地域岩石の高圧変形実験

井波和夫

地質調査所

### Compressional Characteristics of Rocks in the Ebino-Yoshimatsu Earthquake Area

By

Kazuo Inami

Geological Survey of Japan, Tokyo

#### Abstract

Elastic wave velocities of fourteen specimens of andesite and two specimens from the Shimanto formation in the Ebino earthquake area were measured by means of the ultrasonic method. Compressional characteristics of several specimens were clarified at the pressures of 1 bar, 500 bars and 1,000 bars.

Results obtained are as follows:

1. There are differences between the densities, porosities, elastic wave velocities and compressional characteristics of specimens of andesite and those of specimens from the Shimanto formation.
2. There are differences in the compressional characteristics of andesites.
3. There are differences between the porosities, elastic wave velocities and ultimate strengths of mudstone of the Shimanto formation and those of sandstone of the same formation.
4. All the specimens are brittle at the pressures of 1 bar and 500 bars, and at 1,000 bars some of them become ductile or transitional.
5. Mudstone and sandstone from the Shimanto formation are more brittle than andesite.
6. After the yield point of stress-strain relations, the phenomena of vibration were observed in a specimen of andesite and two specimens from the Shimanto formation at the pressure of 1,000 bars.

#### 1. まえがき

えびの・吉松地区地震に関連して同地域に分布する主な岩石のうち、霧島火山岩類、加久藤安山岩類および四万十層群の砂岩、けつ岩について常圧における弾性波速度を測定した。

また一部試料について、三軸高圧下における変形破壊実験も併せて行なった。

#### 2. 実験試料

実験試料のための岩石は、すべて地表から採取したもので、霧島火山岩類4種類、加久藤安山岩類10種類および四万十層群2種類である。試料名を表-1に示す。

#### 3. 岩石の整形および弾性波速度測定

採取した岩石は、使用した高圧三軸岩石試験機

用の規格(19.5mm $\phi$ ×39.0mm)に整形し、岩石試料の速度測定要綱に従い弾性波速度を測定した。試料は自然乾燥状態のものを、また測定器は開発電子測器研究所製SLS1001型を使用した。伝走時はボライドカメラで、距離はノギスでおの測定し、弾性波速度を計算した。

また試料の自然乾燥重量、飽和状態の空中重量および乾燥重量から計算により飽和密度、自然乾燥密度、粒子密度および孔けき率をもとめた。結果は表-1に示す。

#### 4. 結果および考察

密度

飽和密度は2.47から2.78で、安山岩のみの平均は2.63である。四万十層群の砂岩、けつ岩の2.70は、安山岩のみの平均よりやや大きい。粒

表-1 弾性波速度測定結果

Table 1. Physical properties of the tested rocks.

試料名	岩層名	岩石名	飽和密度	自然乾燥密度	粒子密度	孔げき率	縦波速度 (自然乾燥状態)	横波速度 (自然乾燥状態)
			gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	%	km/sec	km/sec
飯盛	霧島火山岩類(新規)	安山岩	2.47	2.43	2.56	5.16	3.63	1.98
飯岳	"	"	2.68	2.65	2.74	3.54	3.34	1.92
白鳥	"(旧期)	"	2.61	2.58	2.66	3.05	4.13	2.33
白鳥 701	"	"	2.78	2.76	2.84	3.29	5.07	2.98
加久藤 714	"	"	2.57	2.57	2.69	6.85	3.60	2.11
高野	加久藤安山岩類	"	2.64	2.60	2.74	5.71	4.61	2.46
黒園	"	"	2.70	2.69	2.73	2.09	5.39	3.02
牧場	"	"	2.66	2.63	2.75	5.28	4.23	2.20
牧の原	"	"	2.58	2.53	2.70	7.45	3.84	2.19
百貫	"	"	2.67	2.64	2.73	3.72	4.23	2.41
魚野	"	"	2.59	2.57	2.65	3.14	4.16	2.37
飯野	"	"	2.70	2.68	2.77	4.25	4.73	2.57
内山	"	"	2.57	2.51	2.69	7.09	4.15	2.27
加久藤 711	"	"	2.63	2.58	2.72	5.44	4.34	2.54
EO24	四万十層群	頁岩	2.70	2.69	2.75	2.25	4.73	2.83
EO14	"	砂岩	2.70	2.69	2.71	0.78	5.45	3.02
安山岩の 平均値			2.63	2.60	2.71	4.36	4.25	2.38

子密度は2.56から2.84で、安山岩のみの平均は2.71である。白鳥701の2.84および飯盛の2.47は、平均より大きくはなれている。四万十層群の2.70は、たい積岩の粒子密度を2.65とすると、それよりやや大きく、むしろ安山岩に近い値となっている。

孔げき率

孔げき率は0.78から7.2%で、安山岩のみの平均は4.36%である。四万十層群のEO14およびEO24はそれぞれ0.78、2.25%で安山岩に比較して非常に小さい。

弾性波速度

縦波速度は安山岩で3.34から5.39km/s、安山岩のみの平均は4.25km/sである。四万十層群のEO14およびEO24はそれぞれ5.45km/s、4.73km/sで安山岩に比較して大きな値を示している。図-1は縦波速度と飽和密度の関係図である。ほぼ密度に比例して速度が増加しているようである。また図-2は縦波速度と孔げき率の関係図である、これ

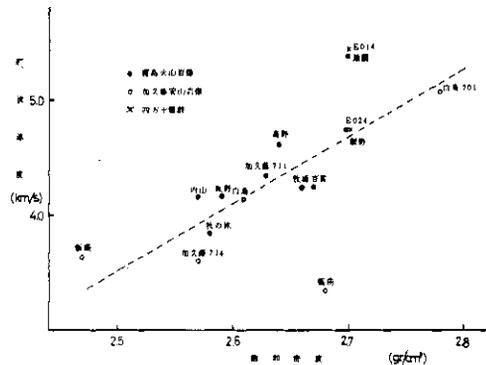


図-1 縦波速度・飽和密度関係図

Fig. 1. Compressional wave velocity versus saturation density.

はばらつきが大きい、ほぼ孔げき率に逆比例の関係にあるようである。

5. 三軸高圧圧縮試験

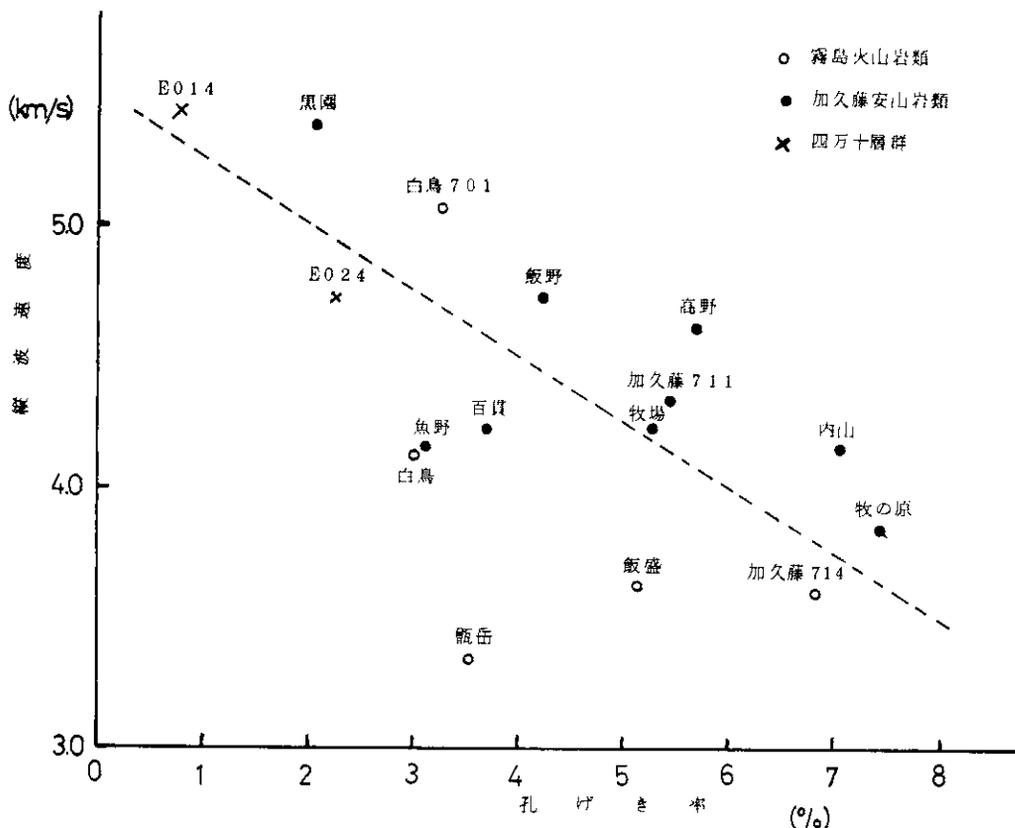


図-2 縦波速度・孔隙率関係図

Fig. 2. Compressional wave velocity versus porosity

安山岩7種類、四万十層群2種類について1, 500および1000barsの封圧下で三軸高圧圧縮試験をおこなった。

使用した器械は、三菱原子力工業K・K製高圧三軸岩石試験機<sup>(注2)</sup>で、最大封圧4000bars、軸圧50tonの性能がある。

試料のひずみ速度は、 $3.5 \times 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$ である。

## 6. 結果および考察

### 応力-ひずみ特性

図-3, 4および5は封圧1, 500および1000barsにおける応力-ひずみ特性である。1barにおいては、いずれの岩石もぜい性的である。とくに四万十層群のEO14およびEO24はきわめてぜい性的なようである。飯岳・白鳥701, 魚野などがこれについてぜい性的である。500barsにおいても、全体的にぜい性的であるが、EO14

はや、延性的となっている。これは1および1000barsの結果と比較して異状であり、試料内部のき裂によるものとおもわれる。EO24は1barと同様にきわめてぜい性的なのが特徴的である。1000barsにおいては、白鳥701, 飯岳および百貫がぜい性的、牧場がや、延性的、その他は漸移的となっているようである。白鳥701と飯岳は、500および1000barsにおいて最大強度、ひずみともほぼひとしい値を示し、力学的に似た性質であるのが特徴的である。<sup>(注3)</sup>また1000barsにおいてEO14, EO24および飯盛山は、降伏点をすぎたのちに不規則な振動現象をおこなっているが、内部に発生したき裂によるものと思われる。

### 延性度

1, 500および1000barsにおける延性度<sup>(注4)</sup>を図-6に示した。縦軸が延性度で破壊点のひずみを $\epsilon$ で示した。一般に封圧の増加で延性度も増加する。EO24, 飯盛および魚野の延性度の増加は

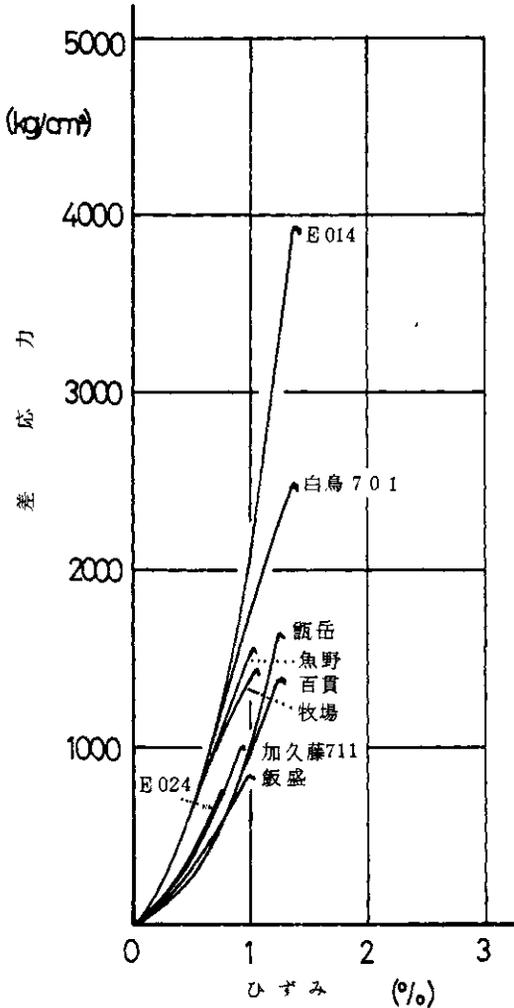


図-3 応力・ひずみ特性 (封圧 1 bar)  
Fig. 3. Stress-strain curve at the confining pressure of 1 bar.

顕著でないが、その他ははっきりした増加傾向が認められる。とくに百貫および加久藤711が著しい。

モール包絡線

モール円および包絡線を図-7に示した。包絡線は百貫、EO 14および加久藤711がほぼ直線関係に、その他は下方に彎曲しているようである。とくに魚野、牧場、飯盛およびEO 24はその傾向が著しい。EO 14は凝集力が大きく、内部摩擦角が小さいのが特徴的である。

7. まとめ

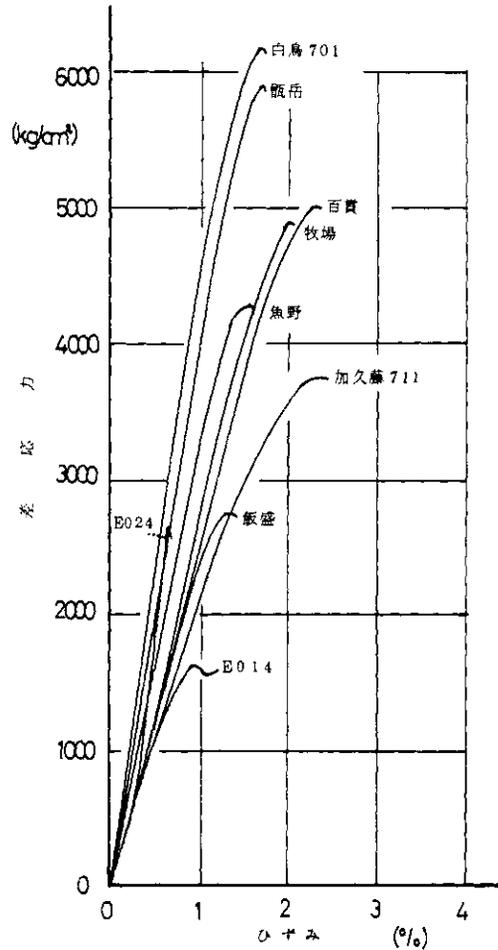


図-4 応力・ひずみ特性 (封圧 500 bars)  
Fig. 4. Stress-strain curve at the confining pressure of 500 bars.

えびの地域の安山岩および四万十層群岩石の常圧下における弾性波速度測定および三軸高圧圧縮試験の結果をまとめると次の通りである。

1. 安山岩と四万十層群岩石は密度、孔けき率、弾性波速度、応力-ひずみ特性などで差が認められた。
2. 安山岩の力学的性質に大きな差がある。
3. 四万十層群のけつ岩部と砂岩部で孔けき率、弾性波速度、最大強度などで大きな差がある。
4. 封圧1および500 barsで全部の岩石がゼイ性的、1000 barsで一部の岩石は延性的または漸移的となる。

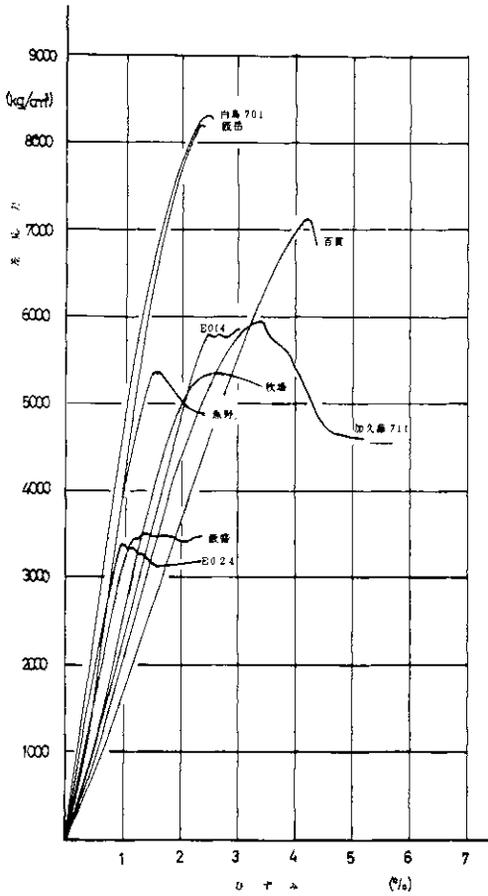


図-5 応力・ひずみ特性 (封圧 1000bars)  
Fig. 5. Stress-strain curve at the confining pressure of 1000 bars.

5. 四万十層群岩石は安山岩に比べて、きわめてぜい性的のようである。

6. 1000bars の応力-ひずみ特性で一部の岩石は降伏点のあと振動現象を示した。内部に発

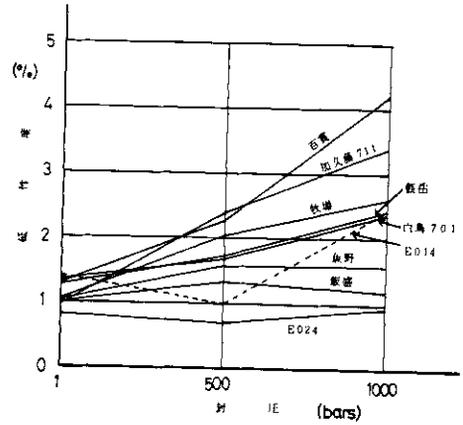


図-6 延性度・封圧関係図  
Fig. 6. Confining pressure versus ductility.

生した微小き裂によるものともわれる。

- 注1) 岩石試料の速度測定要綱. 物理探鉱第15巻第1号, P. 46-53.
- 注2) 星野一男: 動き始めた高圧岩石変形試験機. 地質ニュース, 144号, P. 30-31.
- 注3) 柴田秀賢他: えびの地震被災地域に関する防災上の参考意見: 鹿児島大学 (昭和43年3月).
- 注4) 星野一男: 岩石変形の基礎理論と地質構造要素. 地質学雑誌, 72巻3号 P. 105-116.

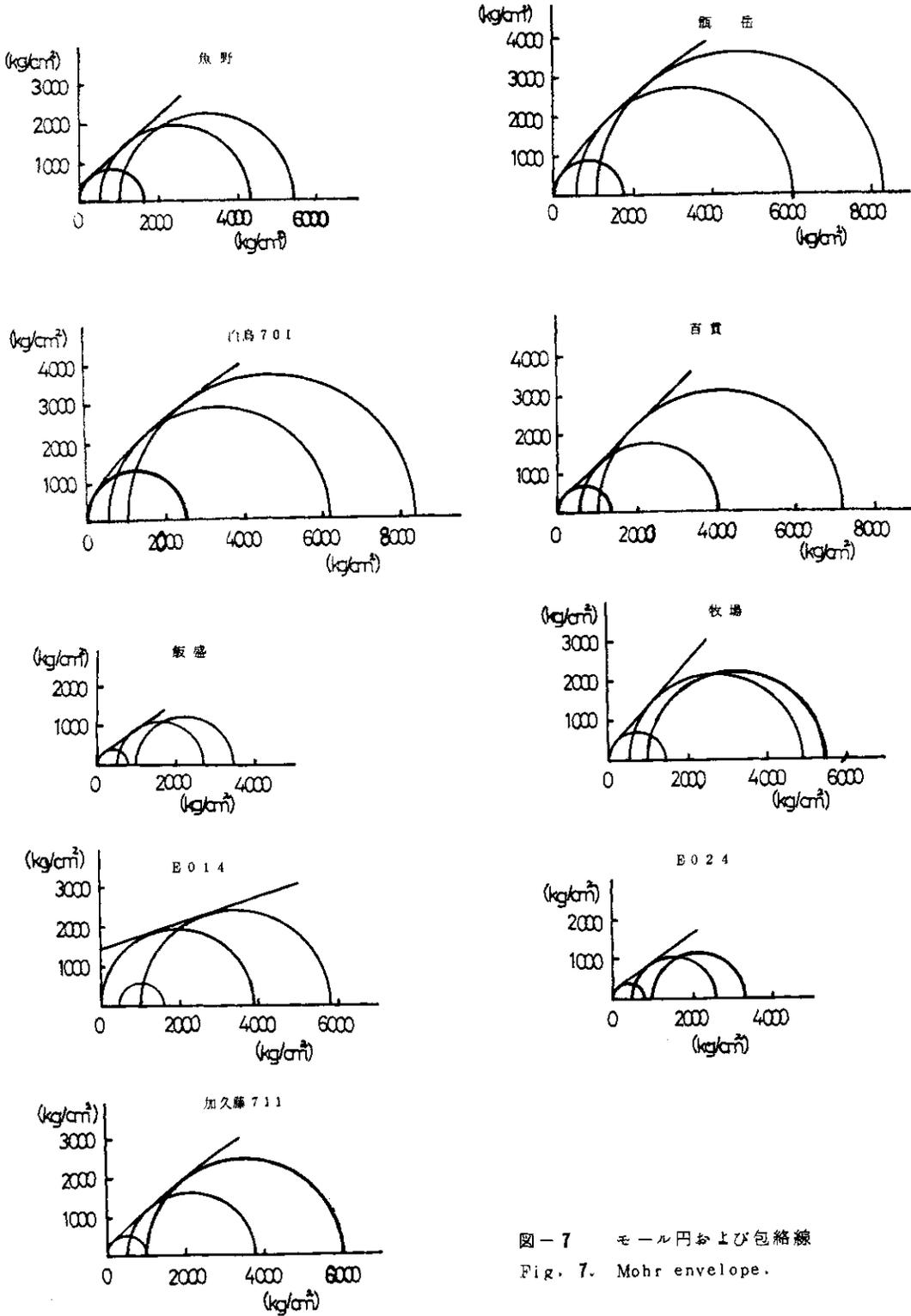


図-7 モール円および包絡線  
Fig. 7. Mohr envelope.