

# 文献調査による我が国の岩石の 物理的特性に関するデータの収集

佐藤稔紀  
石丸恒存  
杉原弘造  
清水和彦

1992年6月

動力炉・核燃料開発事業団  
中部事業所

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせ下さい。

〒509-51 岐阜県土岐市泉町定林寺園戸959-31  
動力炉・核燃料開発事業団  
中部事業所 技術開発課

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation) 1992

## 文献調査による我が国の岩石の 物理的特性に関するデータの収集

佐藤稔紀\* 石丸恒存\* 杉原弘造\* 清水和彦\*

### 要旨

我が国の地質環境特性を把握するために、土木建設、地質、鉱山、水資源、地熱開発等の学会誌や一般刊行物等の文献を調査し、岩石の物理的特性に関するデータを収集した。収集対象データは、熱伝導率、有効間隙率、一軸圧縮強度などで、文献数は179、収集データは3671件におよんだ。収集したデータを解析した結果、密度、弾性波速度（縦波）、一軸圧縮強度等の一部の物理的特性については、岩種別にその範囲を大まかに捉えることが出来た。しかし、その他の物理的特性については、岩種別の傾向を論ずるに十分なデータ数を得ることが出来なかった。また、地下数100m以深についての情報はほとんど得られなかった。今後は地下深部におけるデータの取得・収集が課題である。

\* 環境地質課

公開資料

PNC TN7410 92-018  
1992年 6月

Data Collection by Literature Survey  
on Rock Physical Properties in Japan

Toshinori SATO\*, Kohson ISHIMARU\*, Kozo SUGIHARA\* and Kazuhiko SHIMIZU\*

Abstract

This report describes results of survey of the existing literature on civil engineering, geology, mining, geothermal exploitation and so on, in order to analyse the physical properties of geological environment in Japan. We collected 3671 data from 179 literature, and obtained the ranges of the values of some physical properties such as p-wave velocity, density and uniaxial compression strength, and these values were classified on the basis of each rock type. Data collection of the other physical properties are still necessary to determine their ranges and tendencies.

Physical properties of the rocks at several hundred meters depth or deeper are less well documented, and remains to be obtained.

# 目次

	頁
1. はじめに	1
2. 調査方法	2
2. 1 収集データの種類	
2. 2 調査対象文献	
2. 3 調査対象地域および対象地質	
2. 4 データの収集	
2. 5 データの処理	
3. 調査結果	5
3. 1 データの整理	
3. 2 岩種別の物理的特性の特徴	
3. 2. 1 熱伝導率	
3. 2. 2 吸水率・含水比・有効間隙率	
3. 2. 3 超音波速度および地山弾性波速度	
3. 2. 4 密度	
3. 2. 5 ポアソン比	
3. 2. 6 弾性係数	
3. 2. 7 一軸圧縮強度・圧裂引張強度	
3. 2. 8 せん断強度	
3. 3 深度と物理的特性	
4. おわりに	36
5. 謝辞	37

## 1. はじめに

我が国の地質環境の特性を把握することは、地下利用を進めていく上で重要である。例えば、地熱開発においては、岩石の水理特性や熱特性値が必要となる。また、地下構造物の設計、建設等の施工条件を検討する上では、岩盤の強度や変形性、クリープ特性等の力学的特性値が必要となる。

本調査は、岩石の物理的特性に関する文献調査を全国規模で行ない、物理的特性が岩種別にどのような範囲を持つのかを把握すること、さらに、今後どのような物理的特性に関するデータの収集が必要となるかを検討することを目的として実施した。

## 2. 調査方法

### 2. 1 収集データの種類

岩石の物理的特性の収集データは、以下に示す各特性値を対象とした。

- ・熱特性（熱伝導率等）
- ・水理特性（有効空隙率等）
- ・力学特性（弾性波速度，一軸圧縮強度，圧裂引張強度等）
- ・その他（地温，深度等）

### 2. 2 調査対象文献

岩石の物理的特性に関するデータは、国立国会図書館，東京大学地震研究所，各大学図書館，（財）土木学会図書館の蔵書を閲覧することにより収集した。調査対象文献は土木建設，地質，鉱山，水資源・地熱開発の政府関係機関および財団法人刊行物，大学紀要，学会誌，一般刊行物等の中から、原則として1959年から1989年までの過去30年間に作成された資料を対象とした。調査対象文献を表-2.1に示す。

### 2. 3 調査対象地域および対象地質

収集するデータは、日本全国の新生代第四紀を除く全地質（岩種）を対象とした。

### 2. 4 データの収集

新第三紀以前の地質（岩石）の岩石試験および原位置試験・計測等による岩盤の物理的特性データを記載した文献資料について、次の原則により収集した。

#### （1）データの質について

- ① 岩盤区分がE，DまたはC<sub>1</sub>を主体とする試料，風化花崗岩（マサ土）の試料，断層・破碎帯や強風化岩など、非常に風化・変質が進んでいることが明らかな試料のデータは省いた。
- ② 土木建設物の設計値など、試験結果や計測結果をある目的をもって取りまとめた値は省いた。
- ③ 自然状態，湿潤状態，乾燥状態での試験値が記載してあるものは自然状態のものを採用した。
- ④ 同じデータの値が重複している場合は1データとして取り扱った。
- ⑤ 範囲を持ったデータは、原則として新鮮な岩石を表す値を採用した。すなわち、

含水比, 吸水率, 有効間隙率については最小値、その他については最大値を採用した。

(2) 地層名 (岩種名) について

- ① 原文献のままの名称を用いた。ただし、産地や物性値から岩種や地層名が推定で  
ものについてはこれらの名称を付した。
- ② 地層名や岩種が不明なものは省いた。

2. 5 データの処理

データはパーソナルコンピューターを用いて整理し、統計的な処理を行った。



表-2. 1 岩石物性データ調査対象文献と調査件数

調査対象文献	件数	調査対象文献	件数
地質調査所月報	3	岩盤力学に関するシポジウム講演概要	10
電力中央研究所報告	5	土質工学会研究発表会概要集	18
日本工業会誌・大会資料	5	岩の力学国内シポジウム講演概要	19
鉄道技術研究報告	2	農業土木学会誌	1
熊本大学工学部研究報告	1	電力土木	1
応用地質	18	大ダム	1
地質学会誌	1	地熱エネルギー	3
物理探鉱	16	地質ニュース	1
土木学会論文集	1	トンネルと地下	10
土木学会学術講演概要集	22		
土と基礎	20	その他（ダム工事誌等）	21

### 3. 調査結果

#### 3. 1 データの整理

収集データを表-3. 1に示す岩種別に整理し、岩種別物理的特性データシートとしてまとめた。収集データの個数を表-3. 2に示す。各特性値データの最大値, 最小値, 平均値および標準偏差等の統計量とデータ個数を記録した岩種別物理的特性値データシートを表-3. 3および3. 4に示す。なお、平均値および標準偏差は以下の方法で求めた。

$$\text{平均値} : \bar{x} = \Sigma x / n$$

$$\text{標準偏差} : \sigma_x = \left( (\Sigma x^2 - n\bar{x}^2) / n \right)^{1/2}$$

ここで、nはデータの個数、 $\Sigma x$ はデータの総和、 $\Sigma x^2$ はデータの2乗の和、 $\bar{x}$ はデータの平均値である。

特性値別では、超音波速度(縦波)や密度に関するデータは多く得られたが、熱伝導率や含水率に関するデータは少なかった。また、地熱やクリープに関するデータは得られなかった。岩種別では、花崗岩類, 玄武岩類, 先新第三紀堆積岩, 新第三紀堆積岩は500以上の試料のデータが得られたが、斑レイ岩類や石灰岩は100個前後の試料のデータしか得られなかった。

表-3. 1 岩種区分とそれに相当する主な岩石名

「岩種」	「主な岩石名」
1. 「花崗岩類」	花崗岩, 花崗閃緑岩, 花崗斑岩, 石英斑岩, 石英閃緑岩, 石英閃長岩, 片麻岩
2. 「斑レイ岩類」	斑レイ岩, 閃緑岩, 角閃岩 超塩基性岩 (超苦鉄質岩)
3. 「流紋岩類」	流紋岩, デイサイト
4. 「玄武岩類」	玄武岩, 安山岩
5. 「新第三紀堆積岩」	砂岩, 泥岩, 礫岩, 凝灰岩
6. 「先新第三紀堆積岩」	砂岩, 泥岩, 礫岩, チャート
7. 「石灰岩」	石灰岩
8. 「片岩」	結晶片岩, 千枚岩

表-3. 2 岩石の特性値のデータ数

岩 種	深度	地熱	空 隙・水			弾 性 波 速 度					密 度			強 度					総計	
		熱伝導率	吸水率	含水率	有効間隙率	超音波速度		動ポアソン比	動弾性係数	地山弾性波速度	飽和密度	自然密度	乾燥密度	一軸圧縮強度	静ポアソン比	静弾性係数	圧裂引張強度	三軸圧縮試験		
						縦波	横波											せん断強度		内部摩擦角
花 崗 岩 類	26	0	132	13	144	320	46	34	83	27	50	303	88	172	38	145	58	23	10	566
斑 レ イ 岩 類	27	0	33	0	13	74	12	11	27	10	6	78	15	43	1	26	8	12	6	116
流 紋 岩 類	25	22	57	8	46	93	6	5	11	6	31	95	32	50	4	24	18	19	13	131
玄 武 岩 類	13	11	367	3	178	523	142	138	249	116	96	382	192	373	32	302	183	158	23	733
新第三紀堆積岩	238	154	100	134	299	590	85	6	26	13	247	736	286	398	76	195	71	112	121	976
先新第三紀堆積岩	99	0	321	10	99	549	129	72	143	55	84	424	150	417	9	280	75	94	75	819
石 灰 岩	0	0	16	2	28	51	0	0	0	0	4	20	6	42	7	31	27	13	6	68
片 岩	23	1	125	1	31	189	14	6	21	21	86	98	101	125	17	112	83	116	37	262
総 計	451	188	1151	171	838	2389	434	345	545	248	604	2136	870	1620	184	1115	523	547	291	3671

表-3.3 岩種別物理的特性値データシート(統計量, その1)

岩 種		地熱	空 隙・水			弾 性 波 速 度					密 度			強 度					
		熱伝導率 W/m/K	吸水率 %	含水率 %	有効間隙率 %	超音波速度		動ポアソン比	動弾性係数 GPa	地山の弾性波速度 km/s	飽和密度	自然密度	乾燥密度	一軸圧縮強度 MPa	静ポアソン比	静弾性係数 GPa	圧裂引張強度 MPa	三軸圧縮試験	
						P波 km/s	S波 km/s											せん断強度 MPa	内部摩擦角 (deg)
花 崗 岩 類	個 数	0	132	13	144	320	46	34	83	27	50	303	88	172	38	145	58	23	10
	最大値		8.5	1.5	23.5	9.30	3.44	0.42	82.3	6.00	2.87	2.90	2.85	281.5	1.12	77.5	94.2	35.0	61.0
	最小値		0.1	0.2	0.0	2.60	0.05	0.03	0.03	0.33	2.43	1.05	2.16	15.8	0.06	0.00	0.2	3.7	43.0
	平均値		1.0	0.5	2.4	4.81	2.55	0.23	46.4	3.02	2.65	2.63	2.62	139.1	0.29	24.1	11.9	20.0	52.0
	標準偏差		1.2	0.3	3.2	0.91	0.57	0.08	22.6	2.24	0.07	0.15	0.10	59.5	0.17	18.1	17.3	9.4	6.1
斑 点 岩 類	個 数	0	33	0	13	74	12	11	27	10	6	78	15	43	1	26	8	12	6
	最大値		2.3		2.2	7.60	3.57	0.32	95.9	4.00	2.99	3.37	2.99	333.5	0.17	81.6	18.8	48.1	55.0
	最小値		0.2		0.5	3.42	2.12	0.21	0.60	0.50	2.70	2.46	2.68	15.7	0.17	0.04	5.0	4.3	35.0
	平均値		0.5		1.1	5.44	3.00	0.25	30.4	1.37	2.83	2.85	2.81	127.0	0.17	29.0	11.3	22.9	43.9
	標準偏差		0.4		0.4	1.09	0.51	0.04	29.9	1.02	0.13	0.20	0.11	58.2		24.2	4.1	12.4	7.3
流 紋 岩 類	個 数	22	57	8	46	93	6	5	11	6	31	95	32	50	4	24	18	19	13
	最大値	3.66	27.9	38.7	58.2	7.00	2.88	0.30	51.6	3.50	2.65	2.77	2.67	327.7	0.46	97.1	22.9	48.7	62.0
	最小値	1.25	0.2	1.2	0.1	1.61	1.79	0.18	1.81	0.91	1.76	1.32	1.48	1.2	0.18	0.18	0.5	0.0	27.0
	平均値	2.55	2.5	20.0	15.0	4.57	2.20	0.25	19.3	1.52	2.36	2.41	2.28	109.1	0.29	16.6	7.7	16.4	43.9
	標準偏差	0.72	4.8	13.1	14.7	1.24	0.41	0.05	17.9	0.99	0.27	0.31	0.34	88.8	0.12	22.8	6.4	15.2	8.3
玄 武 岩 類	個 数	11	367	3	178	523	142	138	249	116	96	382	192	373	32	302	183	158	23
	最大値	3.46	11.5	7.7	23.2	8.08	4.13	0.34	124	3.69	3.07	3.10	3.06	437.9	0.50	161	23.2	53.7	45.4
	最小値	1.34	0.1	1.1	0.1	1.96	1.16	0.10	0.03	0.14	2.15	1.56	1.84	12.2	0.08	0.00	2.1	1.0	20.0
	平均値	1.97	1.8	5.5	6.6	4.72	2.38	0.25	23.6	1.16	2.66	2.60	2.59	141.9	0.30	25.0	10.9	23.6	35.4
	標準偏差	0.57	1.7	3.8	4.7	1.15	0.57	0.05	24.6	0.71	0.22	0.21	0.23	68.7	0.09	28.4	4.4	9.4	7.4

表-3.4 岩種別物理的特性値データシート(統計量, その2)

岩種		地熱	空隙・水			弾性波速度					密度			強度					
		熱伝導率 W/m/K	吸水率 %	含水率 %	有効空隙率 %	超音波速度		動ポアソン比	動弾性係数 GPa	地山の弾性波速度 km/s	飽和密度	自然密度	乾燥密度	一軸圧縮強度 MPa	静ポアソン比	静弾性係数 GPa	圧裂引張強度 MPa	三軸圧縮試験	
						P波 km/s	S波 km/s											せん断強度 MPa	内部摩擦角 (deg)
新第三紀堆積岩	個数	154	100	134	299	590	85	6	26	13	247	736	286	398	76	195	71	112	121
	最大値	4.74	125.0	118.4	71.9	6.85	3.51	0.31	61.5	5.30	2.64	2.99	2.78	378.0	0.67	54.3	54.8	98.1	60.0
	最小値	0.35	0.2	0.6	0.1	0.70	0.25	0.21	0.04	0.41	1.35	1.05	0.62	0	0.07	0.01	0.2	0.1	7.0
	平均値	1.63	13.9	22.8	18.2	2.68	1.41	0.28	16.2	2.95	2.24	2.10	2.00	27.1	0.31	6.45	5.7	5.0	27.9
	標準偏差	0.84	18.9	16.4	14.1	1.12	0.73	0.04	12.3	1.17	0.28	0.37	0.42	38.5	0.11	8.24	7.7	11.6	10.4
先新第三紀堆積岩	個数	0	321	10	99	549	129	72	143	55	84	424	150	417	9	280	75	94	75
	最大値		3.4	4.7	8.9	7.80	4.22	0.45	92.8	5.60	2.93	2.98	2.95	359.0	0.29	151	31.9	78.5	61.6
	最小値		0.0	0.0	0.0	1.08	1.39	0.14	0.61	0.50	1.23	1.60	2.08	0.3	0.06	0.03	1.0	0.1	1.2
	平均値		0.6	1.3	1.9	4.97	3.01	0.29	38.6	2.53	2.63	2.62	2.65	138.5	0.17	27.4	12.1	22.0	37.5
	標準偏差		0.6	1.3	2.1	1.16	0.69	0.06	24.2	1.52	0.24	0.18	0.11	74.0	0.07	26.3	6.1	15.4	10.1
石灰岩	個数	0	16	2	28	51	0	0	0	0	4	20	6	42	7	31	27	13	6
	最大値		0.8	0.2	1.8	8.01					2.73	2.72	2.73	220.7	0.49	103	10.1	22.0	44.5
	最小値		0.1	0.2	0.0	1.80					2.72	1.75	2.67	32.7	0.33	4.6	1.7	1.0	26.5
	平均値		0.3	0.2	0.6	5.41					2.73	2.62	2.70	82.7	0.40	51.5	5.7	13.3	37.1
	標準偏差		0.2	0.0	0.4	1.57					0.01	0.23	0.02	33.7	0.07	27.1	2.3	7.0	5.9
片岩	個数	1	125	1	31	189	14	79	6	21	86	98	101	125	17	112	83	116	37
	最大値	2.11	2.0	11.0	13.2	7.80	4.03	0.50	74.5	5.50	3.12	3.32	3.11	406.1	0.47	136	22.5	52.3	45.0
	最小値	2.11	0.1	11.0	0.5	1.50	1.71	0.02	3.10	1.07	2.56	2.41	2.41	0.4	0.05	0.3	0.2	0.5	4.6
	平均値	2.11	0.4	11.0	1.3	5.73	2.36	0.27	30.4	4.34	2.78	2.77	2.77	85.1	0.30	47.6	7.3	12.9	32.1
	標準偏差		0.4		2.3	1.14	0.64	0.13	26.7	1.11	0.12	0.16	0.11	60.2	0.12	33.0	5.5	8.3	10.4

### 3. 2 岩種別の物理的特性の特徴

各物理的特性が、「岩種」毎にどのように異なるかを把握するため、各物理的特性の分布を図-3. 1~18にまとめた。

#### 3. 2. 1 熱伝導率

熱伝導率については、新第三紀堆積岩、玄武岩類、流紋岩類のデータが収集された（合計188件）。いずれの岩種についても、0.5~3.5 W/m・Kの範囲でばらつきが見られる。

#### 3. 2. 2 吸水率・含水比・有効間隙率

吸水率、含水比、有効間隙率についてはそれぞれ1151件、171件、838件のデータが収集された。吸水率、含水比は、各岩種ともおおむね0.1~70%の範囲でばらつくが、最頻値に関しては、新第三紀堆積岩が他の岩種に比べて一桁程度大きい傾向が認められる。有効間隙率も、各岩種ともおおむね0.1~50%の範囲でばらつくが、花崗岩類や先新第三紀堆積岩では0.1%を下回るものがあった。また、新第三紀堆積岩では50%を上回るものがあった。

#### 3. 2. 3 超音波速度・地山弾性波速度

超音波速度（縦波・横波）と地山弾性波速度については、それぞれ2389（縦波）、434件（横波）、248件のデータが収集された。超音波速度（縦波）は0.6~8km/sの範囲で、超音波速度（横波）は0.3~4.2km/sの範囲でばらつきが見られた。いずれについても、新第三紀堆積岩が他の岩種に比べて低い傾向が明瞭に認められる。地山弾性波速度は各岩種とも0.2~6km/sの範囲でばらつき、岩種による差も不明瞭である。

#### 3. 2. 4 密度

自然密度、飽和密度、乾燥密度について、それぞれ2136件、604件、870件のデータが収集された。自然密度は、おおむね1.5~3.0g/cm<sup>3</sup>の範囲でばらつくが、新第三紀堆積岩では、1.5g/cm<sup>3</sup>を下回るものがある。また、斑レイ岩類、玄武岩類、片岩では、3g/cm<sup>3</sup>を上回るものがある。飽和密度、乾燥密度についても同様の傾向が認められる。

### 3. 2. 5 ポアソン比

静ポアソン比、動ポアソン比については、それぞれ184件、345件のデータが収集された。静ポアソン比は、おおむね0.1~0.5の範囲にある。動ポアソン比は、おおむね0.1~0.4の範囲でばらつくが、花崗岩類および片岩はさらにばらつきが大きい。静ポアソン比は動ポアソン比に比べてばらつきが大きい。

### 3. 2. 5 弾性係数

静弾性係数、動弾性係数について、それぞれ1115件、545件、のデータが収集された。静弾性係数は、0.1~200GPaの範囲でばらつく。静弾性係数は動弾性係数に比べてばらつきが大きい。動弾性係数は、おおむね1~100GPaの範囲でばらつくが、花崗岩類および玄武岩類では、1GPaを下回るものもある。

### 3. 2. 6 一軸圧縮強度・圧裂引張強度

一軸圧縮強度、圧裂引張強度について、それぞれ1620件および523件のデータが収集された。一軸圧縮強度は、おおむね10~300MPaの範囲にあるが、新第三紀堆積岩、先新第三紀堆積岩、流紋岩類および片岩では、0.1~10MPaの範囲のデータも多い。圧裂引張強度はおおむね1~30MPaの範囲にあるが、花崗岩類、新第三紀堆積岩および片岩ではその範囲外にばらつく。

### 3. 2. 7 せん断強度・内部摩擦角

せん断強度、内部摩擦角については、それぞれ547件、291件のデータが収集された。せん断強度は、主に1~60MPaの範囲にあるが、新第三紀堆積岩および先新第三紀堆積岩については、1MPaを下回るデータも多い。内部摩擦角は、主に20~60°の範囲にあるが、新第三紀堆積岩、先新第三紀堆積岩、片岩については20°を下回るデータも多い。



熱伝導率,  $W/m \cdot K$

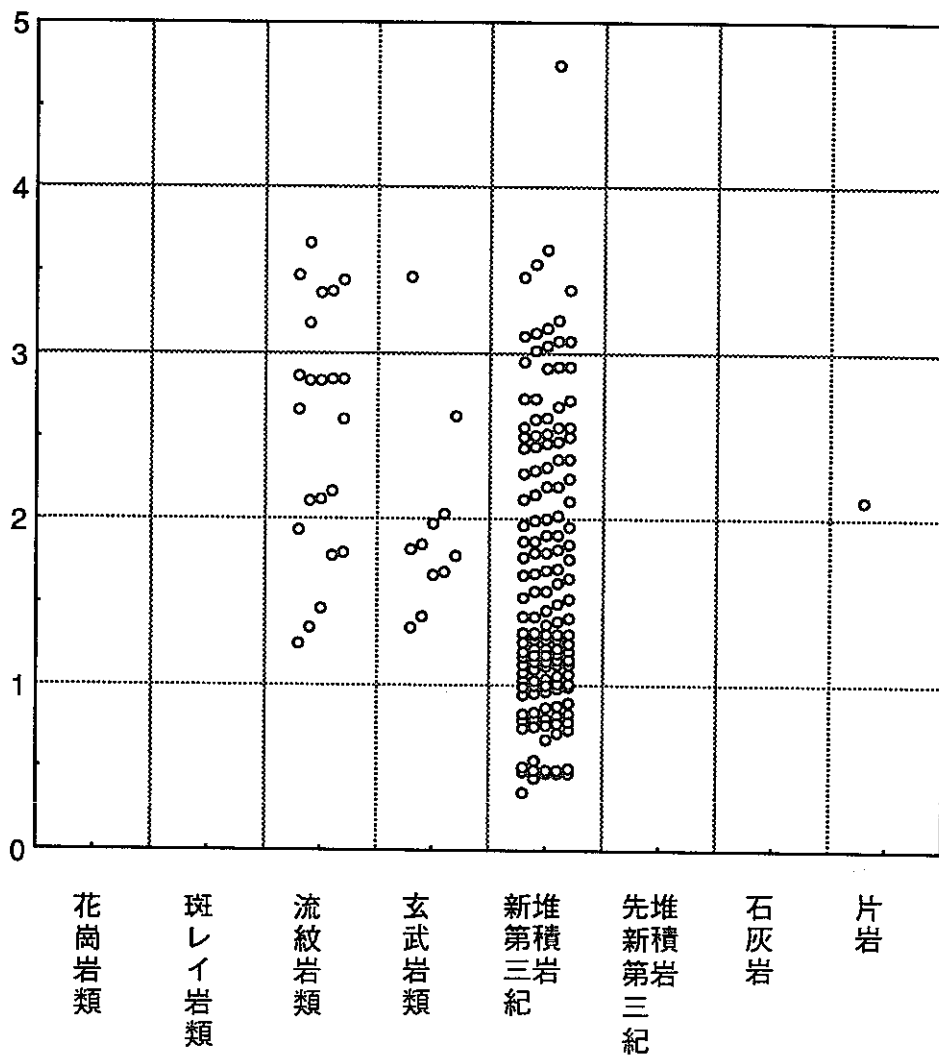


図-3.1 熱伝導率と岩種の関係

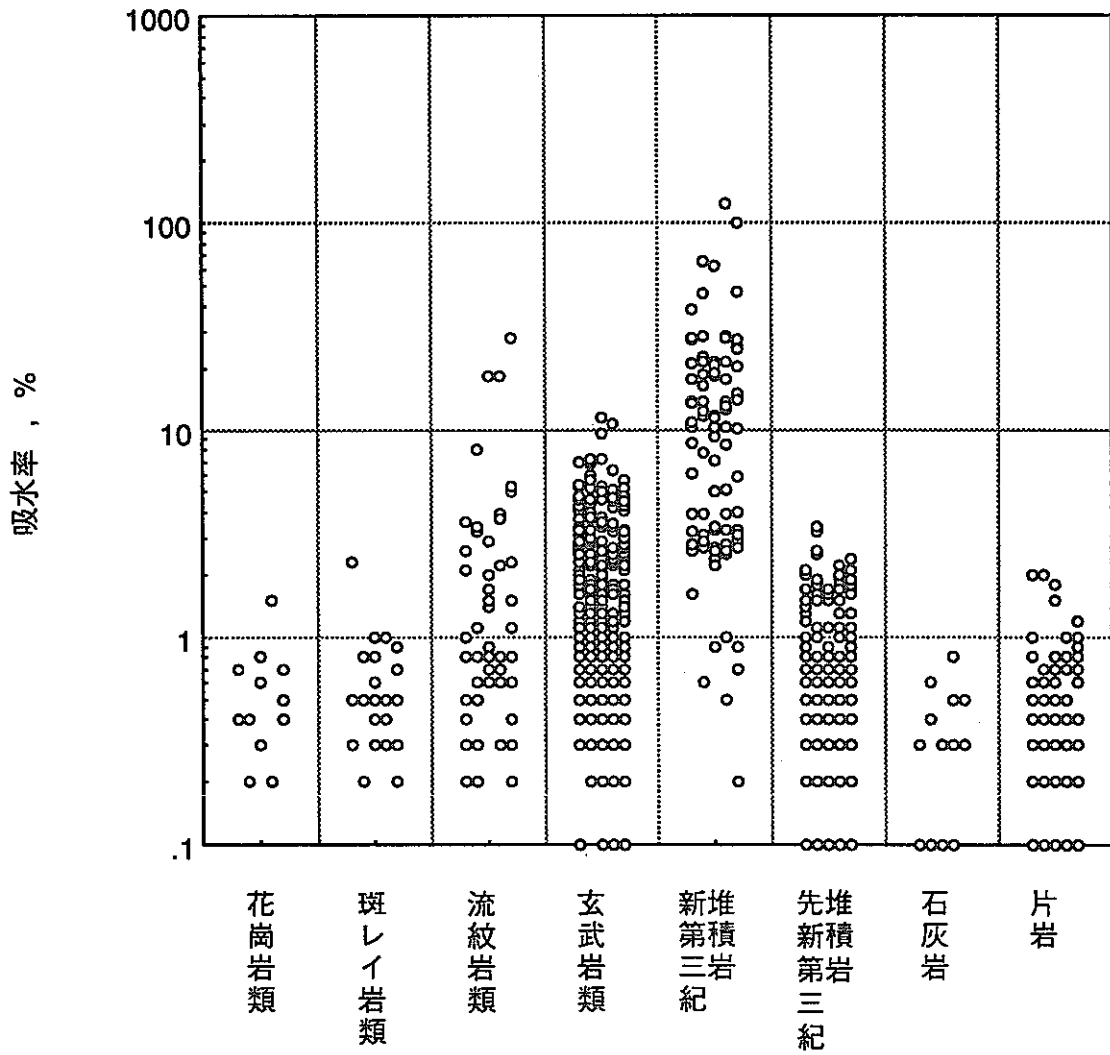


図-3.2 吸水率と岩種の関係

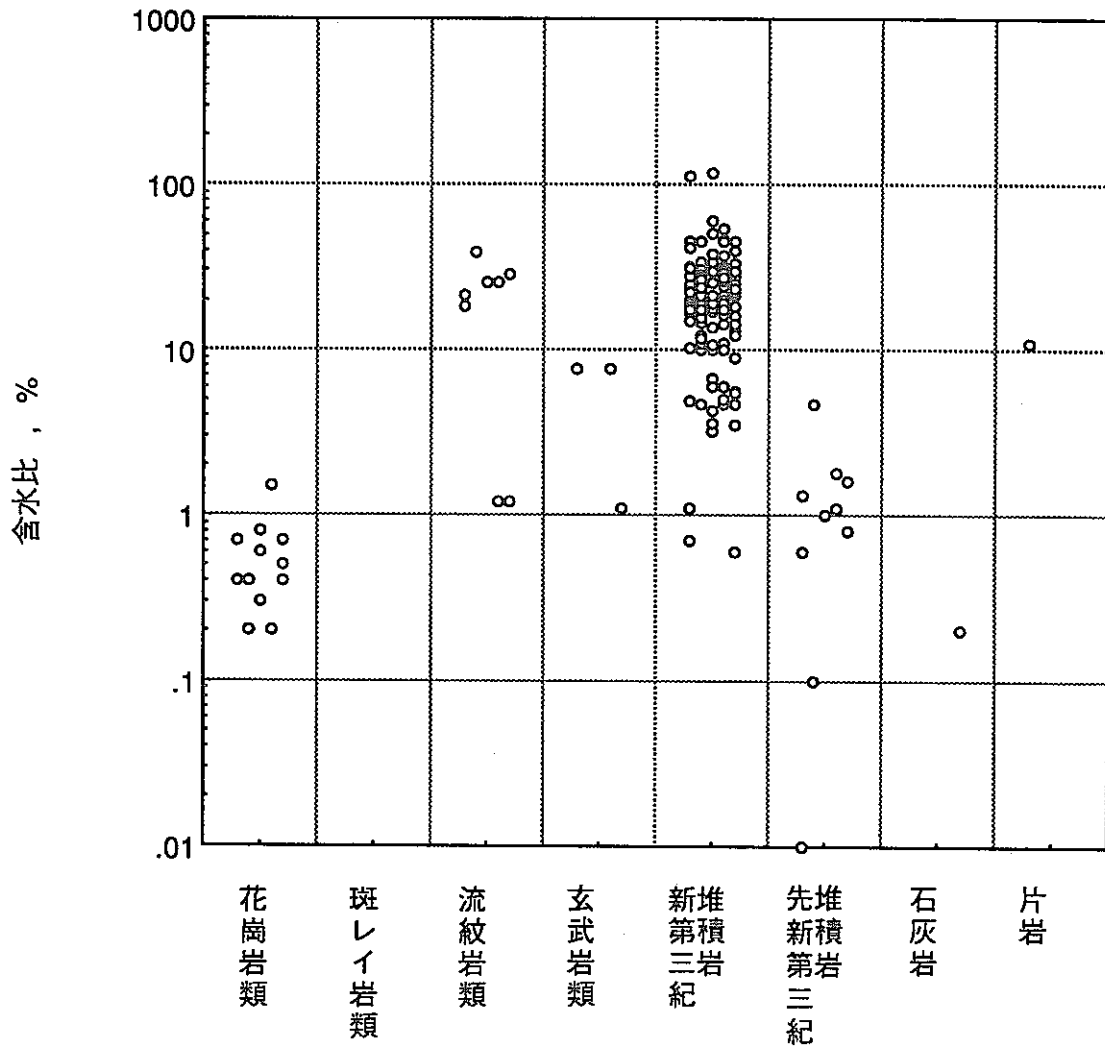


図-3.3 含水比と岩種の関係

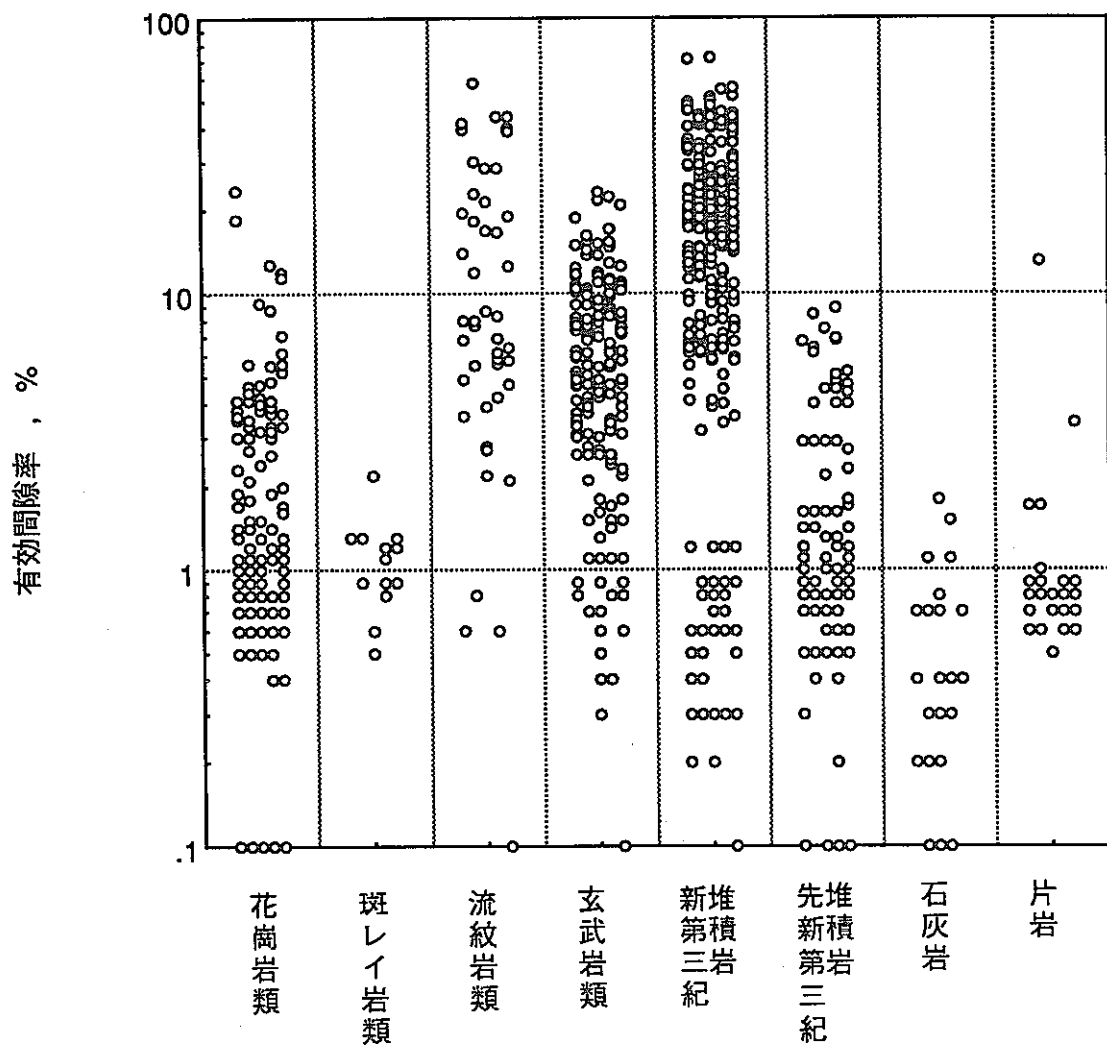


図-3.4 有効間隙率と岩種の関係

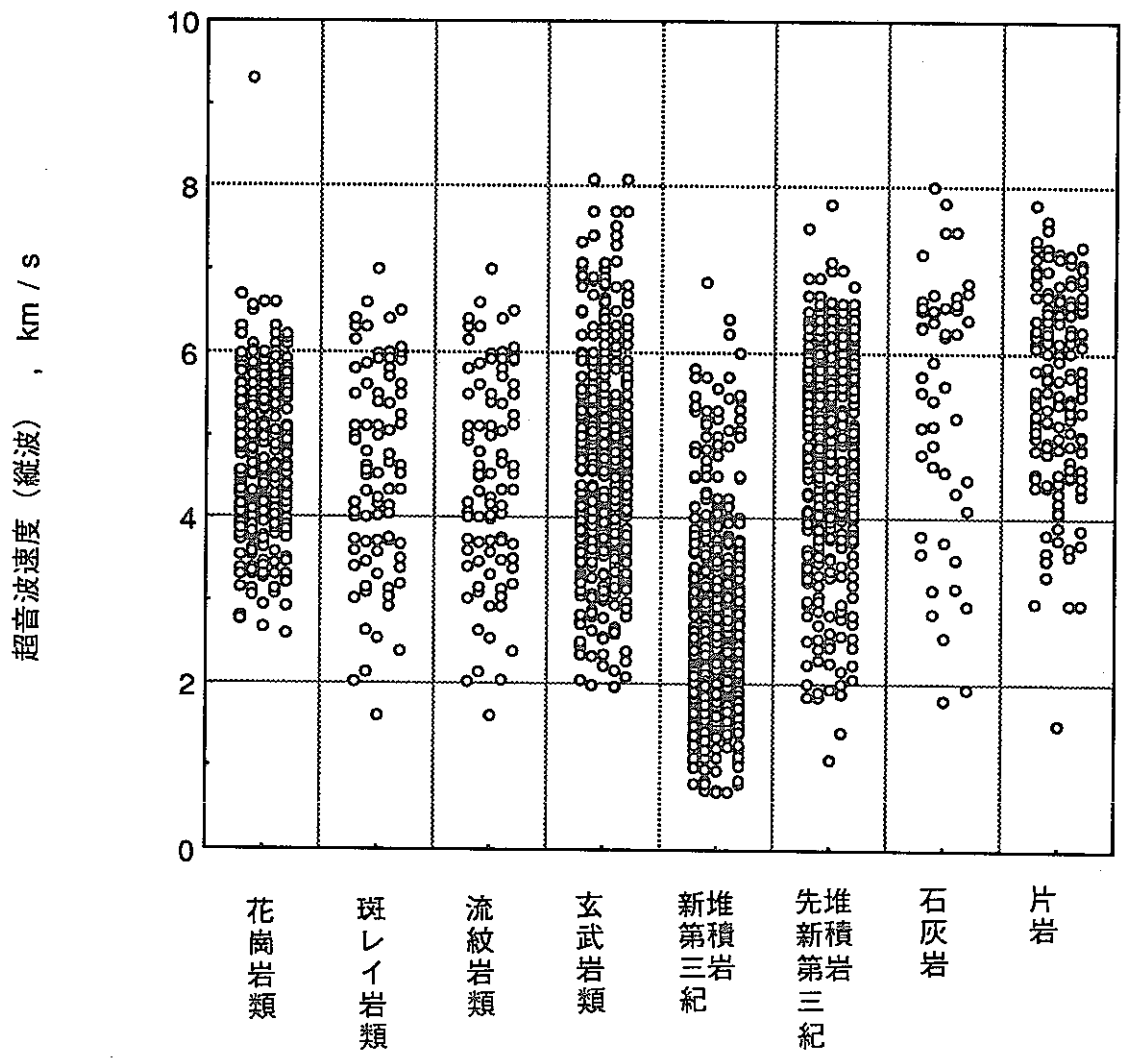


図-3.5 超音波速度 (縦波) と岩種の関係

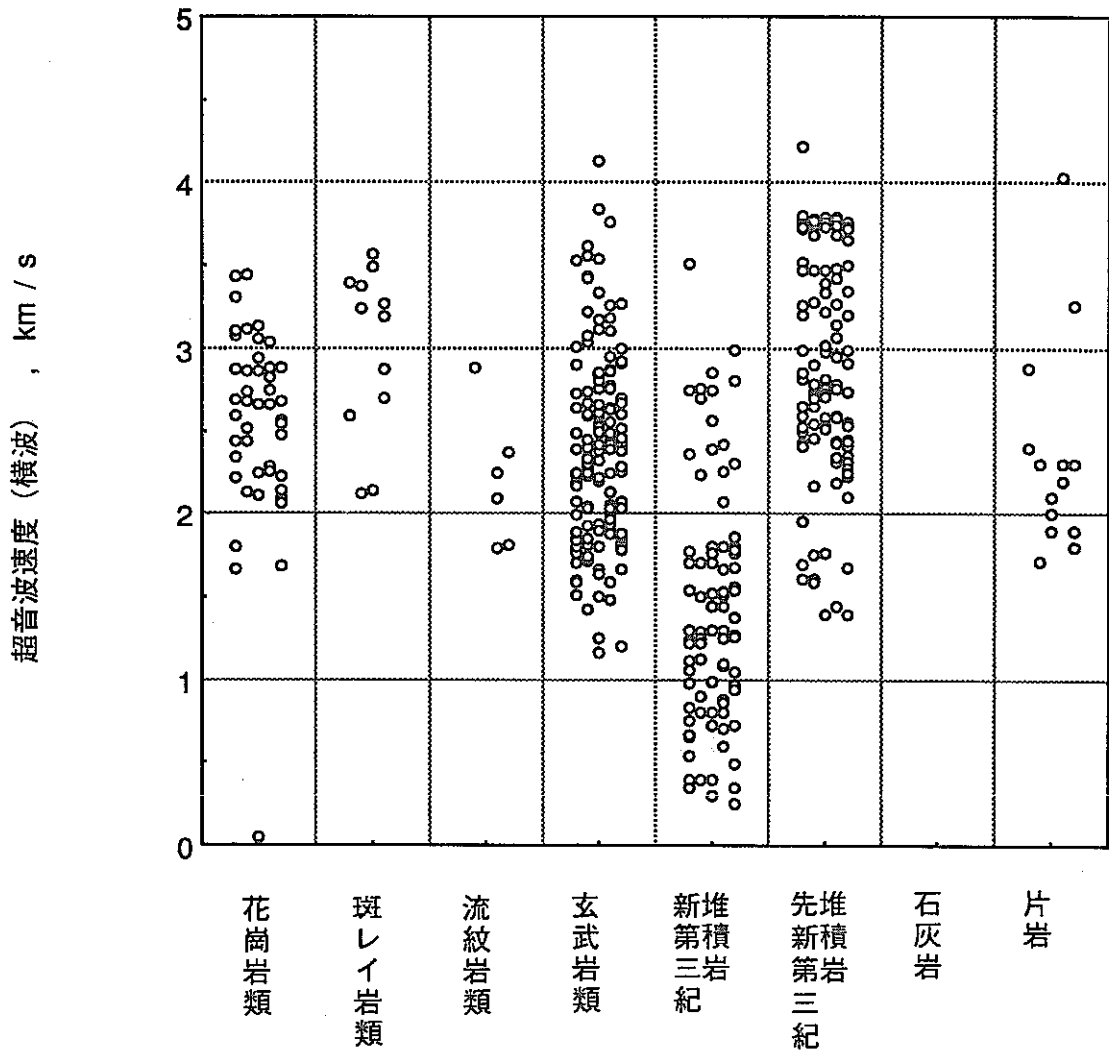


図-3.6 超音波速度 (横波) と岩種の関係

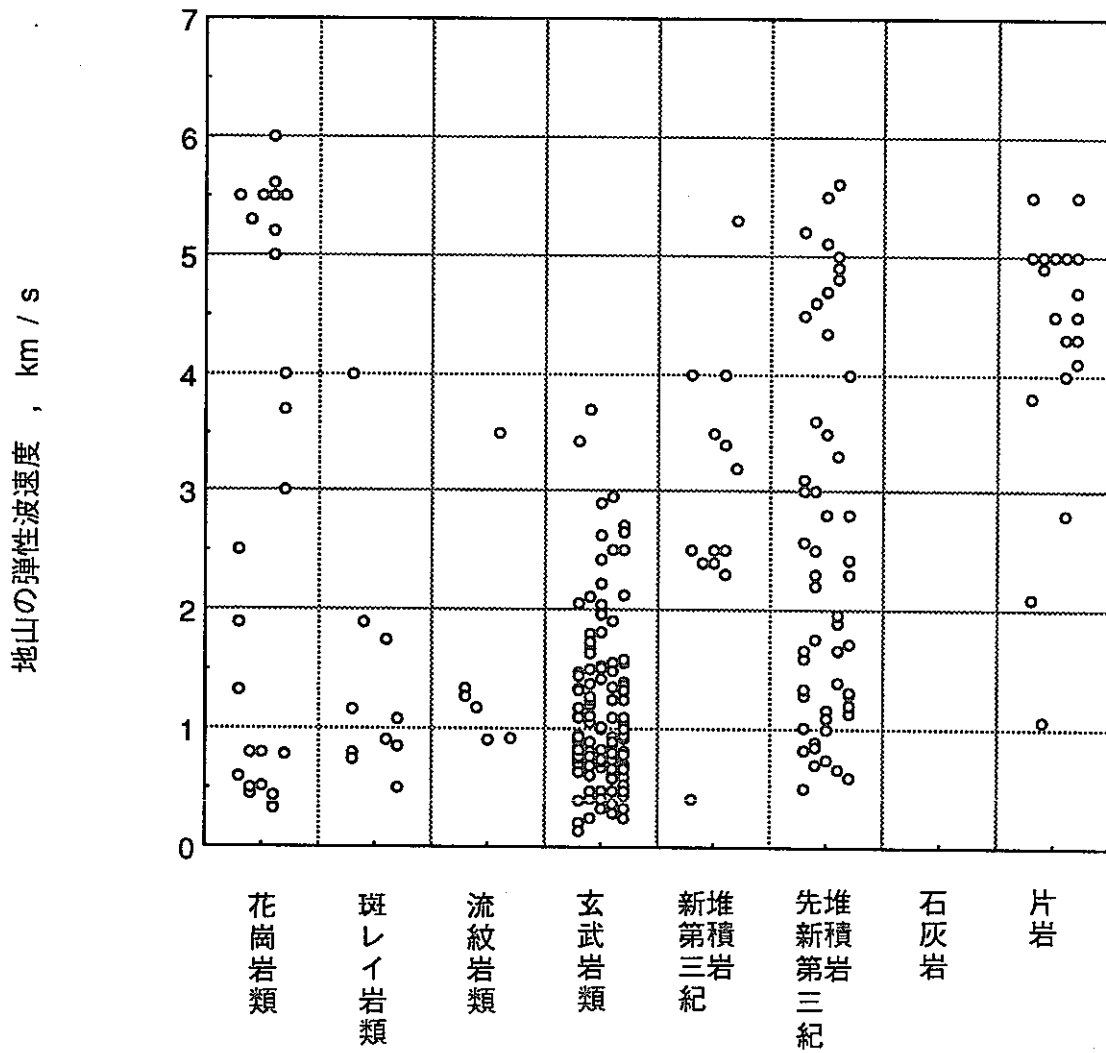


図-3.7 地山の弾性波速度と岩種の関係

自然密度， g / cm<sup>3</sup>

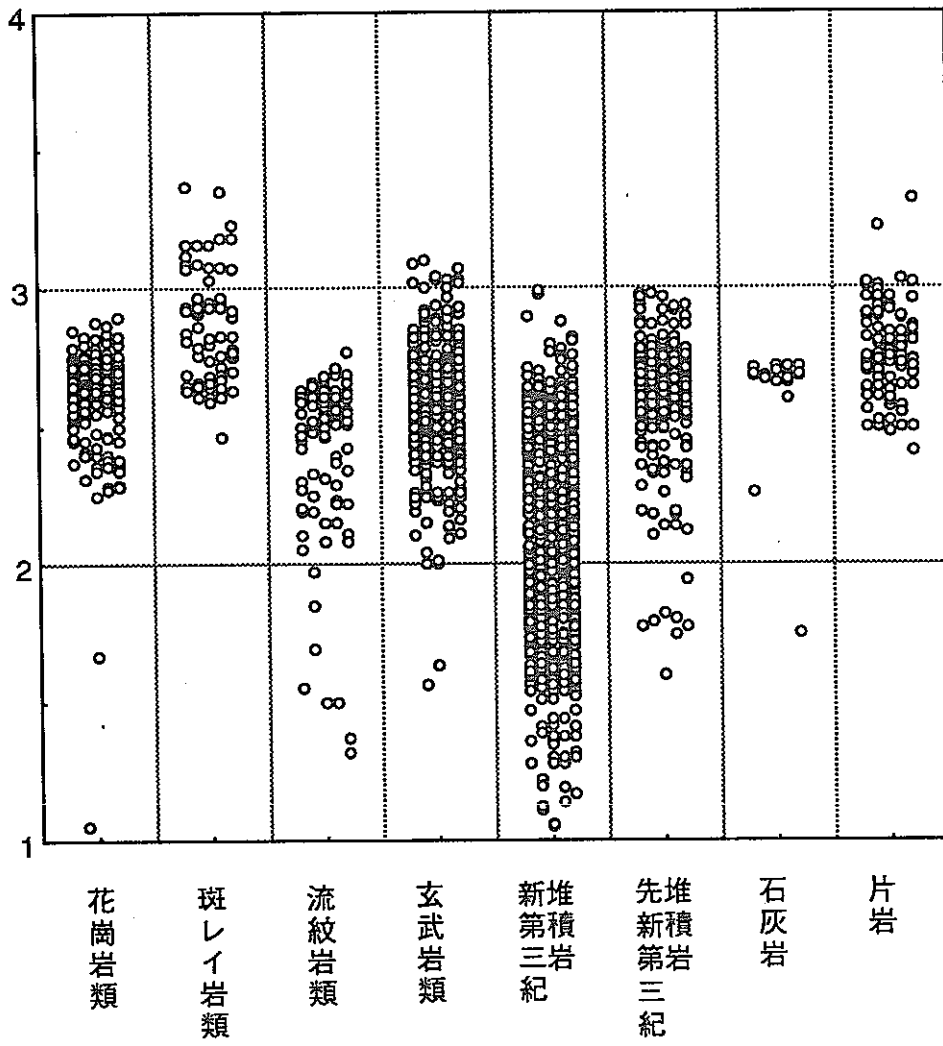


図-3.8 自然密度と岩種の関係



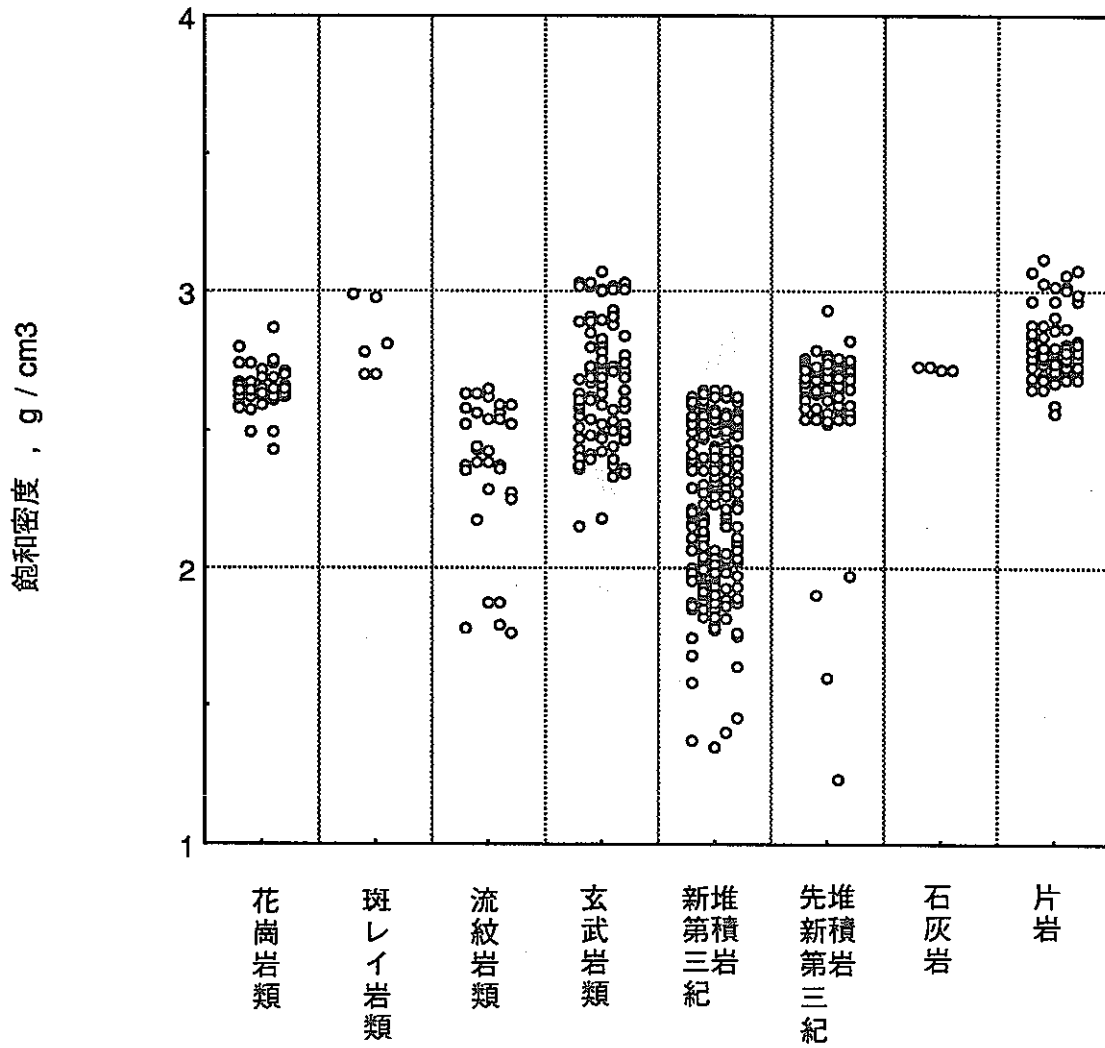


図-3.9 飽和密度と岩種の関係

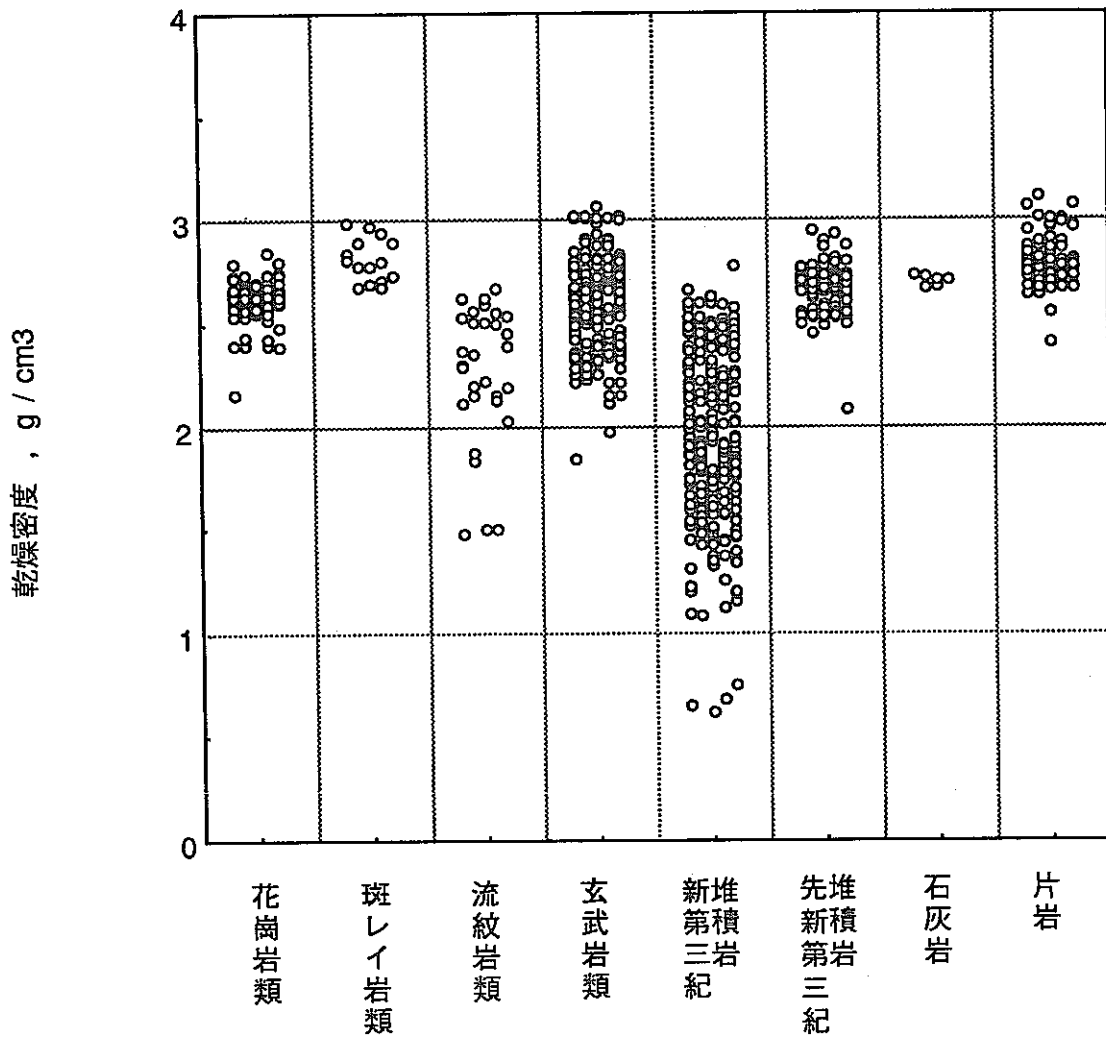


図-3.10 乾燥密度と岩種の関係

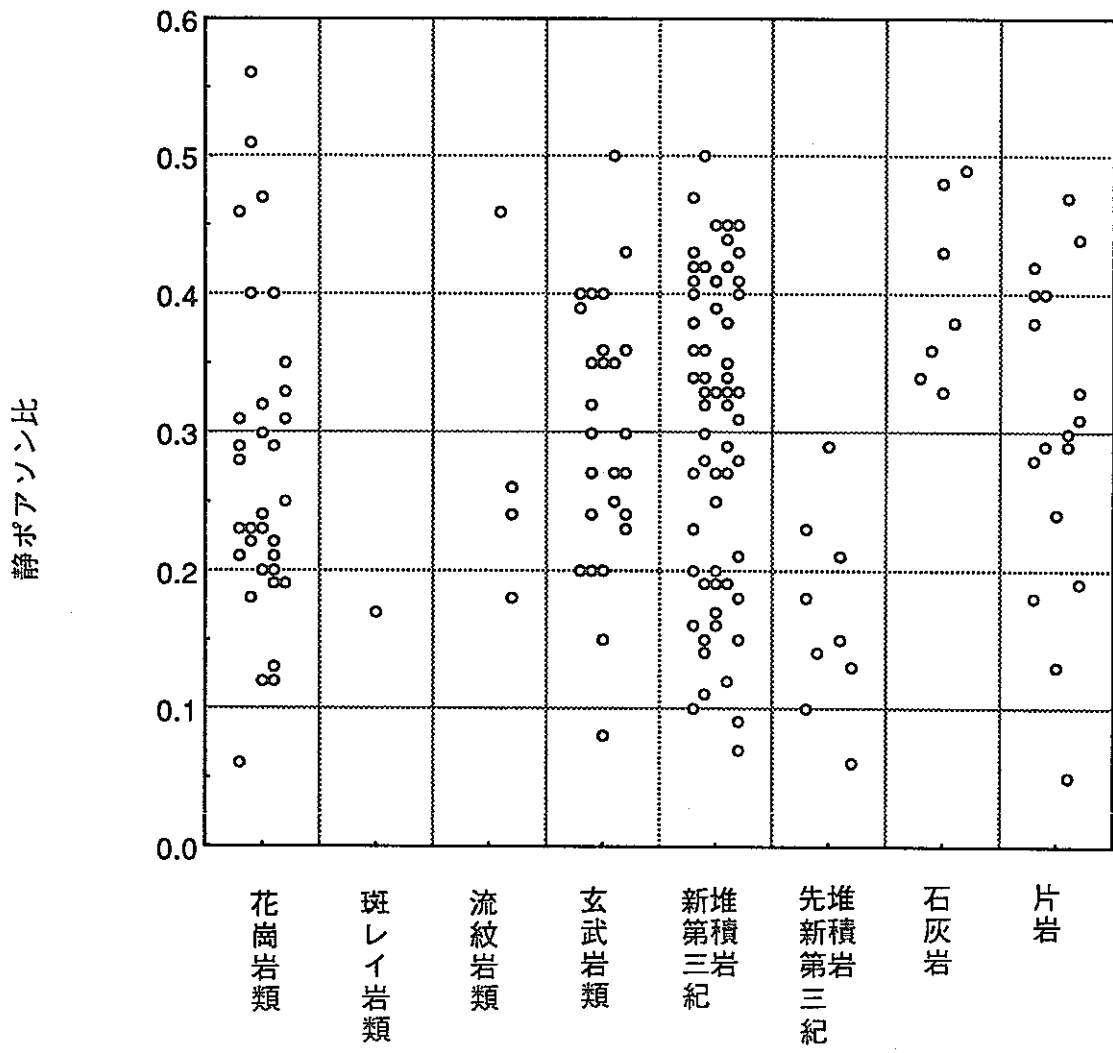


図-3.11 静ポアソン比と岩種の関係

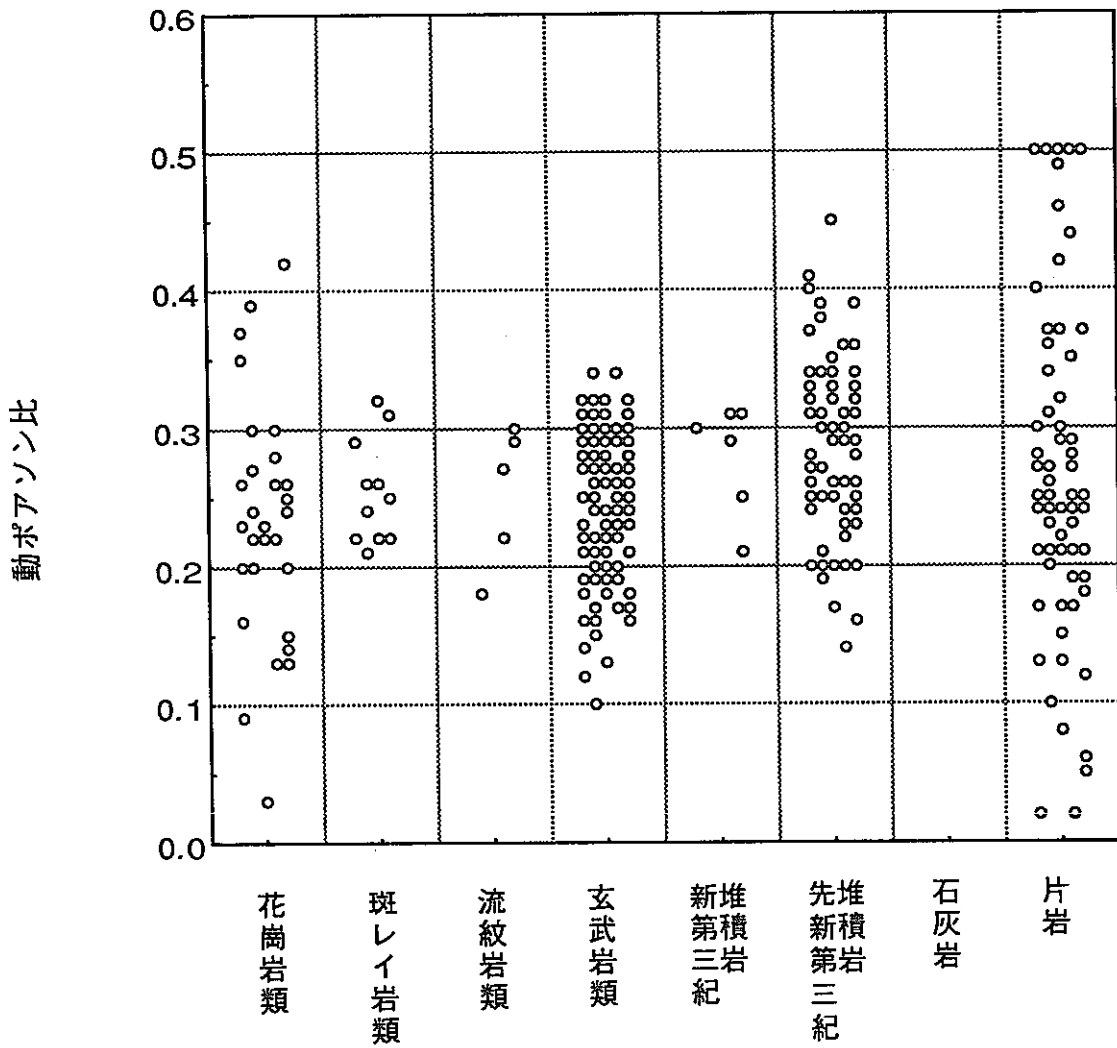


図-3.12 動ポアソン比と岩種の関係

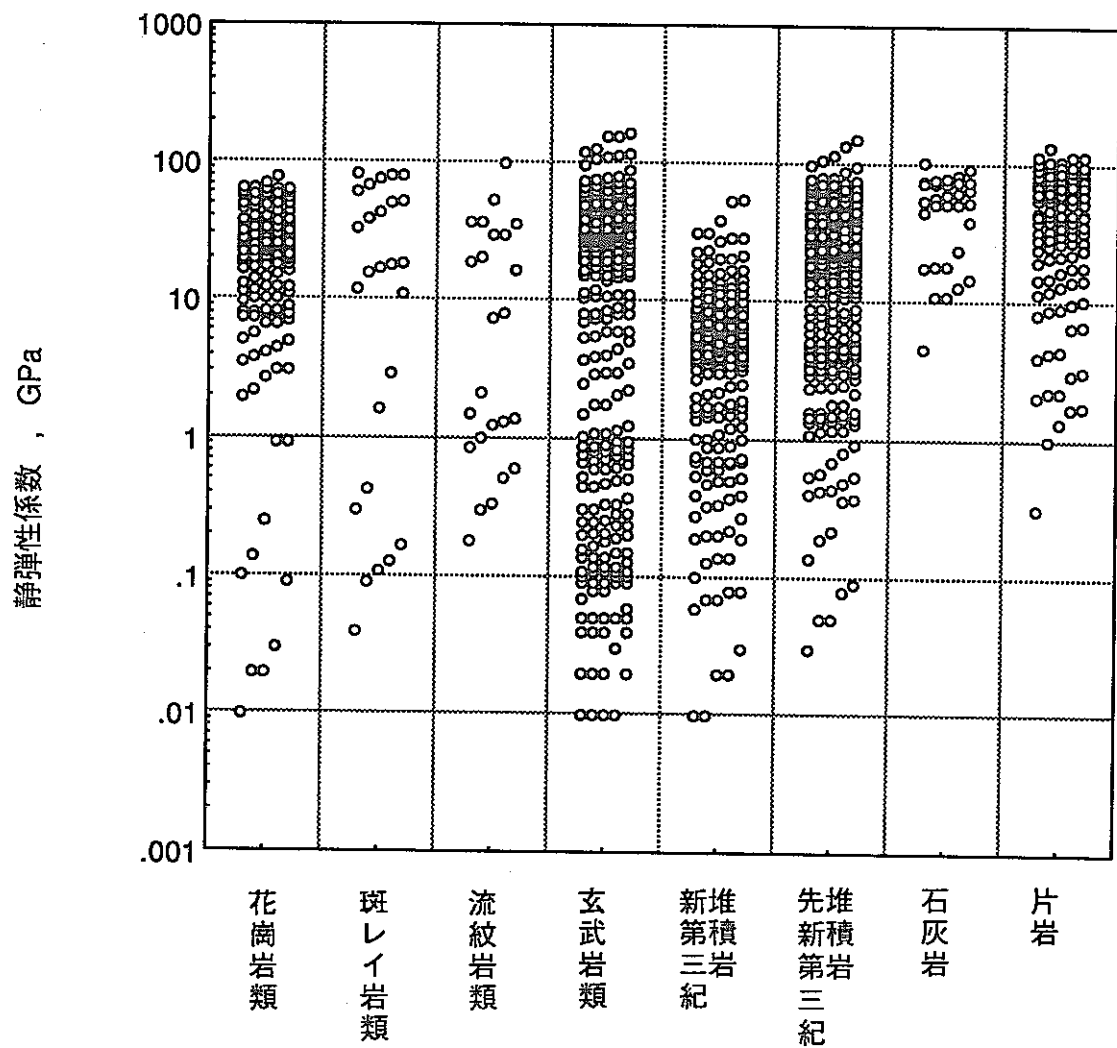


図-3.13 静弾性係数と岩種の関係

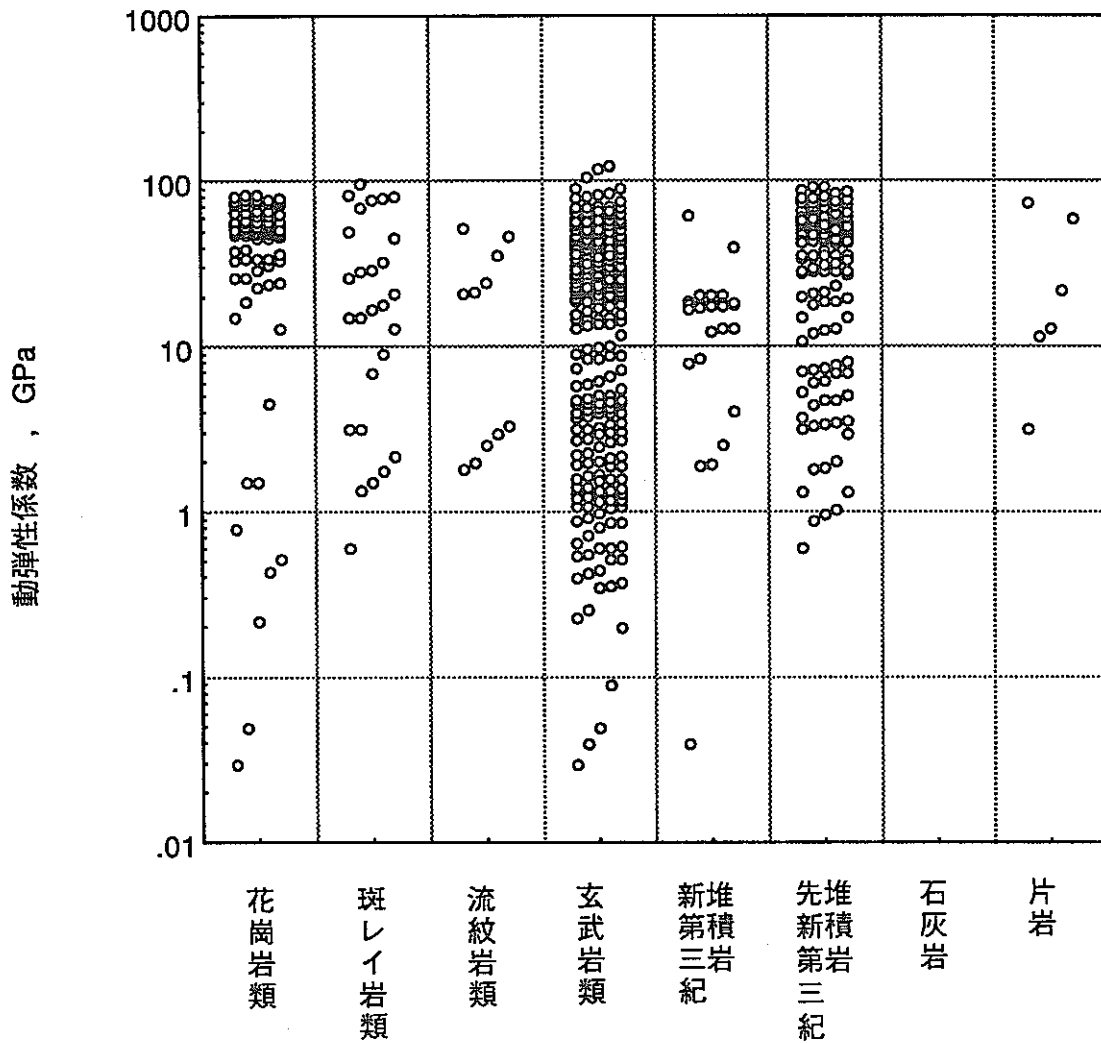


図-3.14 動弾性係数と岩種の関係

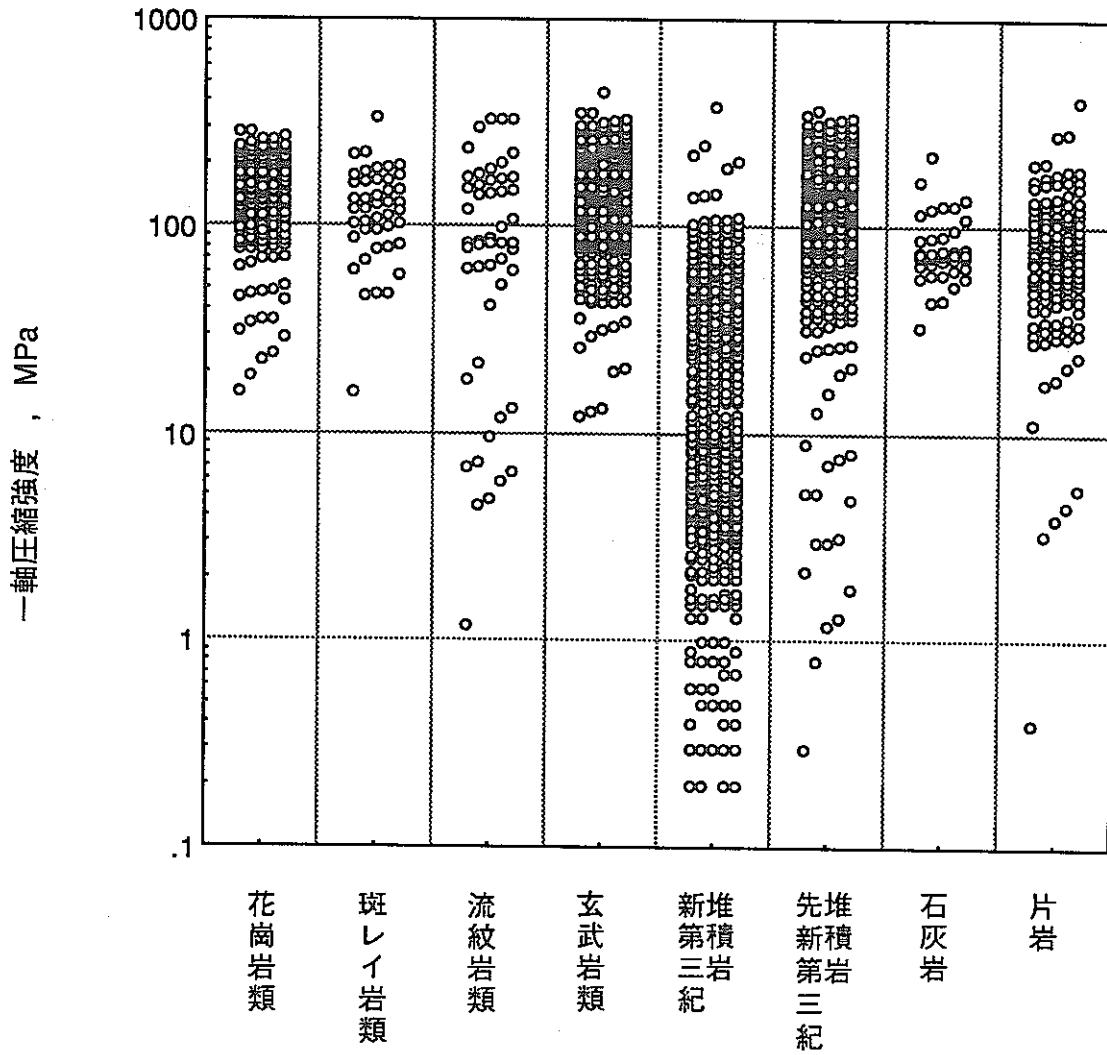


図-3.15 一軸圧縮強度と岩種の関係

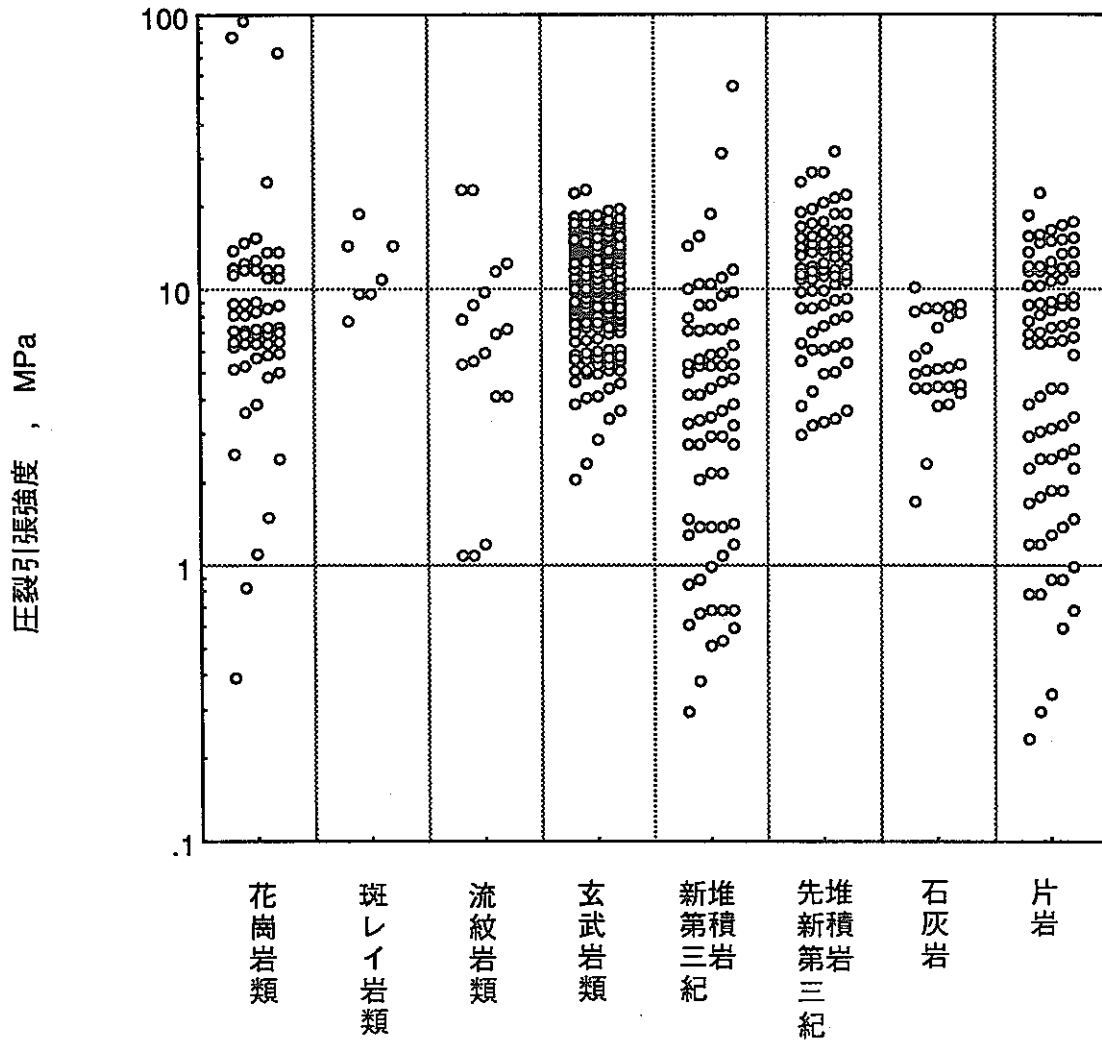


図-3.16 圧裂引張強度と岩種の関係



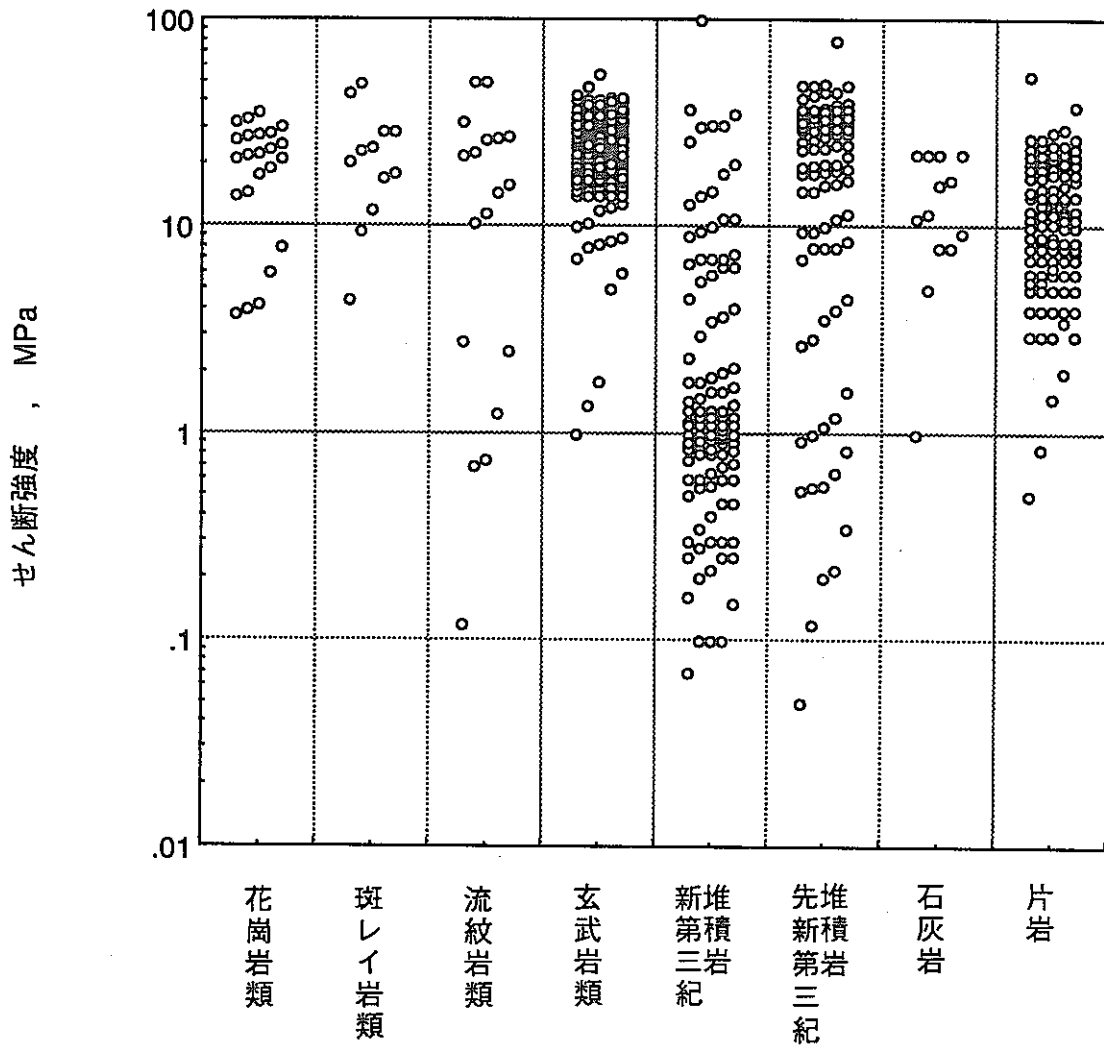


図-3.17 せん断強度と岩種の関係

内部摩擦角, °

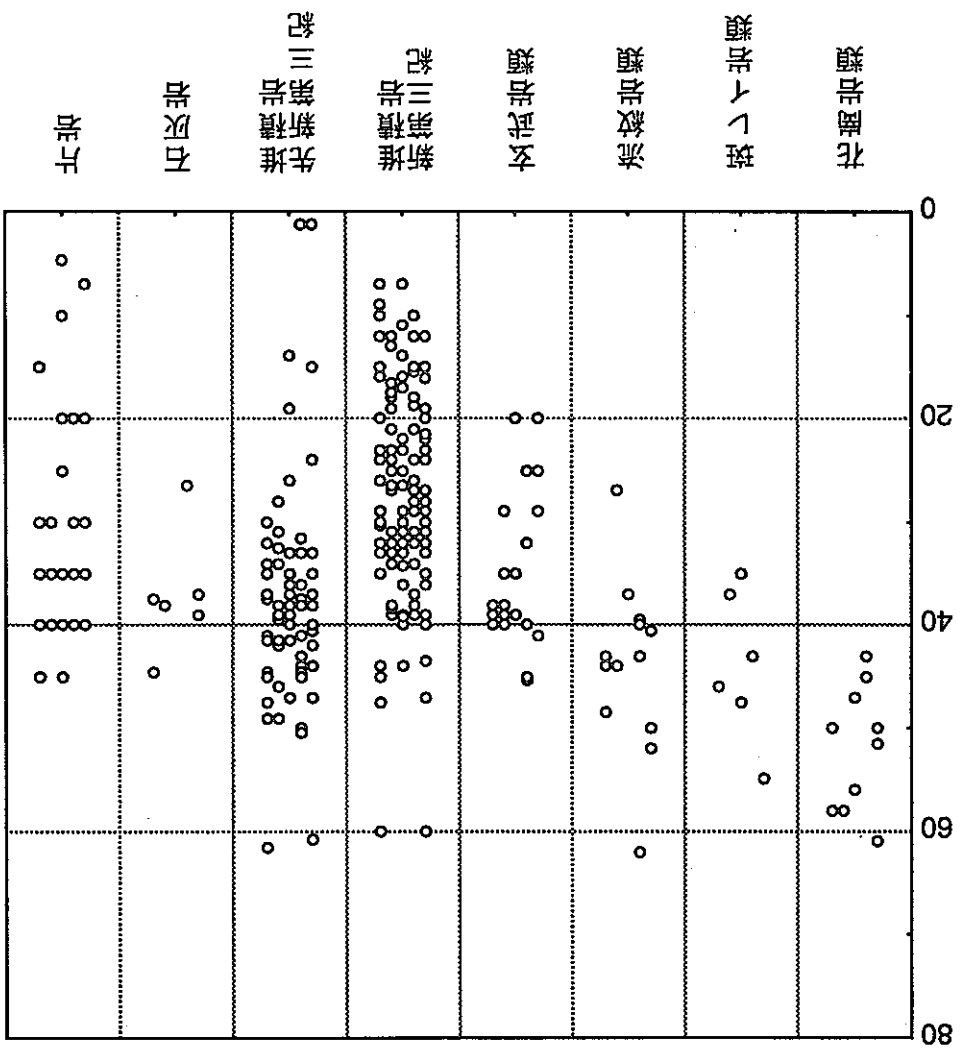


図-3.18 内部摩擦角と岩種の関係

### 3. 3 深度と物理的特性

採集深度が記載されている試料は17文献、451個であった。表-3.5に深度が記載されている試料の物理的特性のデータ数を示す。各岩種ごとの試料の個数は、新第三紀堆積岩が238個、先新第三紀堆積岩が99個と多く、その他の岩種については30個以下で、石灰岩は深度が記載されている試料のデータは得られなかった。文献の内容としては、トンネル・ダム建設のための調査データが合計8文献、186試料、地熱開発のための調査データが3文献、193試料、封圧下の変形挙動等を知るための封圧三軸試験のデータが3文献、38試料、残りの2文献、36試料のデータは密度・間隙率と超音波速度を測定したものである。

深度については、トンネル・ダムの調査では、地下数10m以浅から採取された試料が多く、地熱の調査では数100mの深度から採取された試料のデータが得られた。深度別のデータ数を表-3.6に示す。深度500mを超えるとデータ数が極端に少なくなる。表-3.7に500m以深で採取された岩石の各物理的特性のデータ数と統計量を示す。岩種別では流紋岩、玄武岩、新第三紀堆積岩の3岩種しかデータが得られなかった。物理的特性では有効間隙率、超音波速度、密度が流紋岩と玄武岩については数個のデータが、新第三紀堆積岩では数個から数十個のデータが得られたのみであった。

物理的特性に関しては、全般的に超音波速度や密度のデータが多い。個別には、トンネル調査では強度、弾性係数のデータが多く、ダムの調査では有効間隙率のデータが多い。地熱の調査では熱伝導率が測定される。また、封圧三軸試験を行った文献では、変形挙動や破壊形態等について議論されているが、せん断強度や内部摩擦角のデータは得られなかった。

採集深度が記載されている試料で、比較的多くのデータが得られた新第三紀堆積岩の弾性波速度（縦波）、自然密度、有効間隙率、熱伝導率と深度との関係を図-3.19～22に示す。いずれの物理的特性も浅部のデータのばらつきが大きく、深部のデータが少ないために傾向を論ずることが出来ない。

表-3. 5 深度が記載されている試料の特性値のデータ数

岩 種	深 度	地熱	空 隙・水			弾 性 波 速 度					密 度			強 度					
		熱伝導率	吸水率	含水率	有効間隙率	超音波速度		動ポアソン比	動弾性係数	地山弾性波速度	飽和密度	自然密度	乾燥密度	一軸圧縮強度	静ポアソン比	静弾性係数	圧裂引張強度	三軸圧縮試験	
						縦波	横波											せん断強度	内部摩擦角
花 崗 岩 類	26	0	0	0	0	15	9	0	9	0	0	9	0	9	0	9	0	0	0
斑 レ イ 岩 類	27	0	0	0	0	13	1	0	1	0	0	27	0	12	1	0	0	0	0
流 紋 岩 類	25	22	2	2	22	17	1	0	0	0	22	23	22	2	0	2	2	0	0
玄 武 岩 類	13	11	0	0	11	10	2	0	0	0	11	13	11	0	0	0	0	0	0
新第三紀堆積岩	238	153	2	2	165	143	32	0	0	7	158	205	173	8	15	15	0	2	2
先新第三紀堆積岩	99	0	0	0	0	3	3	1	2	8	0	20	0	19	1	25	0	0	0
石 灰 岩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
片 岩	23		0	0	0	4	0	0	0	1	0	8	0	0	0	10	0	0	0
合 計	451	186	14	4	198	205	48	1	12	16	191	305	206	50	17	61	2	2	2

表-3.6 深度別の物理的特性値データ数

	総データ 数	深度明示 データ数	0 ~ 100m	100 ~ 200m	200 ~ 500m	500 ~ 1000m	1000m 以深
花崗岩類	566	26	9	13	4	0	0
斑レイ岩類	116	27	19	8	0	0	0
流紋岩類	131	25	2	2	11	9	1
玄武岩類	733	13	1	1	4	5	2
新第三紀堆積岩	976	238	66	32	93	20	27
先新第三紀堆積岩	819	99	93	3	3	0	0
石灰岩	68	0	0	0	0	0	0
片岩	262	23	22	0	1	0	0
合計	3671	451	212	59	116	34	30

表-3.7 500m以深の岩種別物理的特性値データシート(統計量)

岩種		地熱	空隙・水			弾性波速度				密度			強度						
		熱伝導率 W/m/K	吸水率 %	含水率 %	有効間隙率 %	超音波速度		動ポアソン比	動弾性係数 GPa	地山の弾性波速度 km/s	飽和密度	自然密度	乾燥密度	一軸圧縮強度 MPa	静ポアソン比	静弾性係数 GPa	圧裂引張強度 MPa	三軸圧縮試験	
						P波 km/s	S波 km/s											せん断強度 MPa	内部摩擦角 (deg)
						最大値	最小値											平均値	標準偏差
流紋岩類	個数	9	0	0	9	10	1	0	0	0	9	10	9	0	0	0	0	0	0
	最大値	3.66			14.1	4.75	2.24				2.65	2.68	2.62						
	最小値	2.60			2.7	0.53	2.24				2.52	2.15	2.37						
	平均値	3.04			5.8	4.17	2.24				2.59	2.52	2.53						
	標準偏差	0.34			3.3	0.53					0.04	0.14	0.14						
玄武岩類	個数	5	0	0	5	7	2	0	0	0	5	7	5	0	0	0	0	0	0
	最大値	1.82			20.9	4.28	2.32				2.47	2.43	2.36						
	最小値	1.34			11.7	2.44	1.60				2.36	2.23	2.15						
	平均値	1.62			16.6	3.17	1.96				2.41	2.32	2.25						
	標準偏差	0.19			3.26	0.55	0.36				0.04	0.06	0.07						
新第三紀堆積岩	個数	15	0	0	17	42	16	0	0	0	17	45	20	2	0	0	0	0	0
	最大値	3.54			40.5	6.22	2.39				2.55	2.75	2.49	3.3					
	最小値	0.44			0.2	1.11	0.49				1.64	1.28	1.19	1.0					
	平均値	1.34			21.3	2.41	1.35				2.17	2.17	1.92	2.2					
	標準偏差	0.82			13.2	0.91	0.52				0.20	0.31	0.27	1.2					

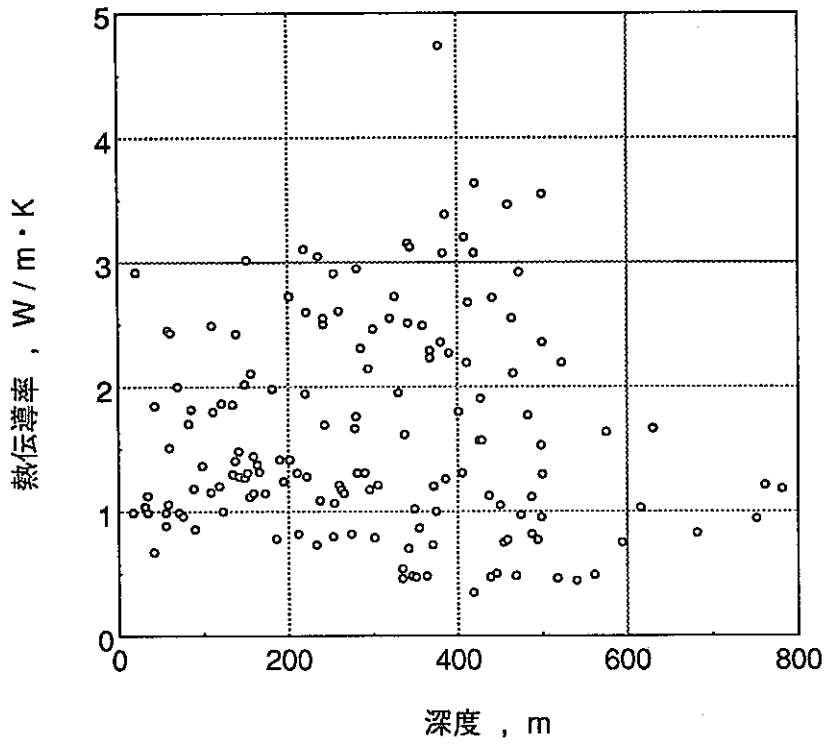


図-3.19 深度と熱伝導率との関係 (新第三紀堆積岩)

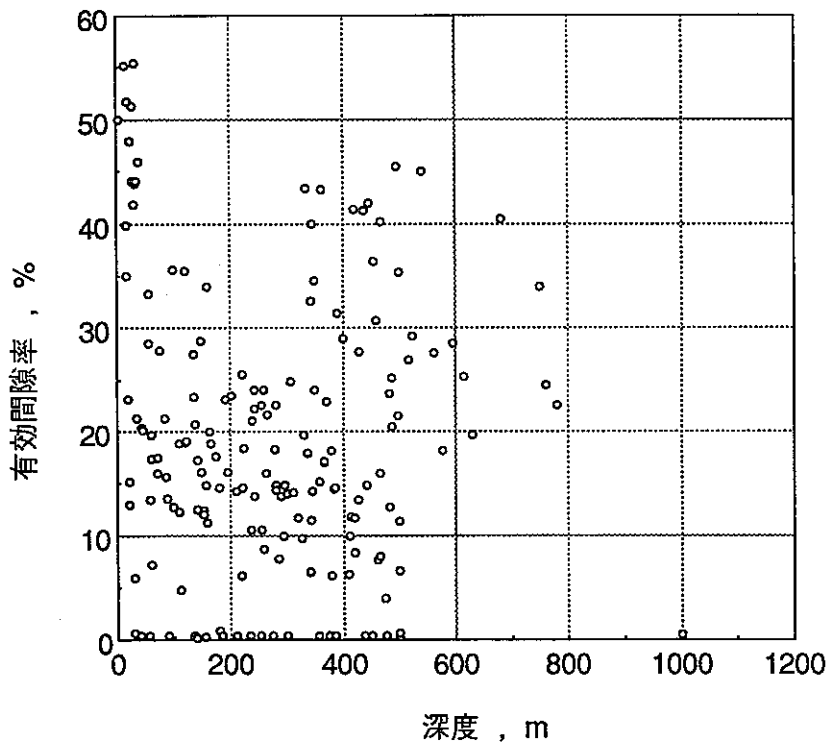


図-3.20 深度と有効間隙率との関係 (新第三紀堆積岩)

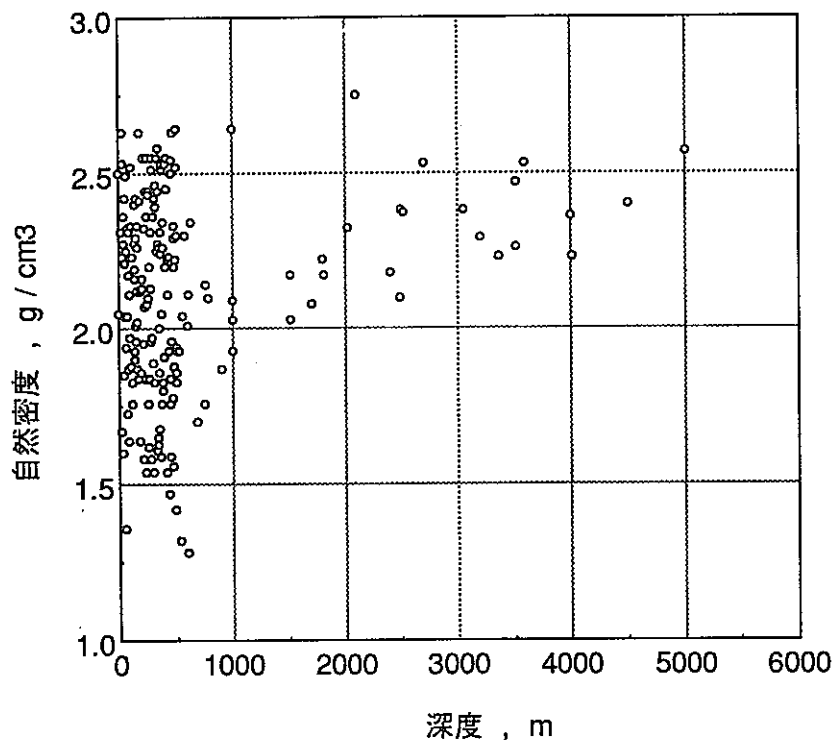


図-3.21 深度と自然密度との関係 (新第三紀堆積岩)

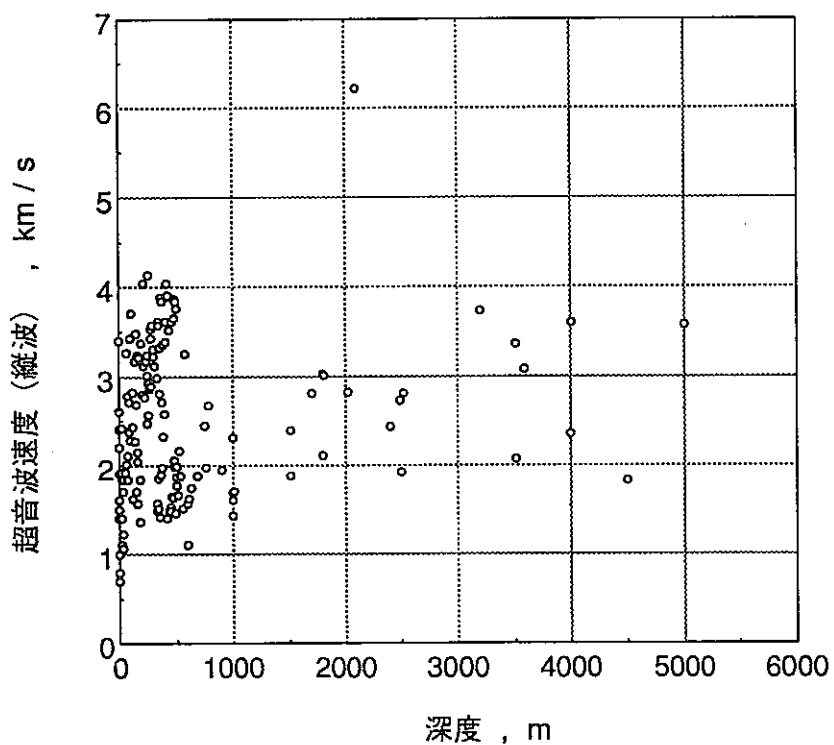


図-3.22 深度と超音波速度 (縦波) の関係 (新第三紀堆積岩)



#### 4. おわりに

文献調査により、我が国の岩石の物理的特性に関するデータを収集し、解析した。その結果、179文献の3671試料のデータが得られた。超音波速度（縦波）、自然密度、静弾性係数、一軸圧縮強度については比較的多くのデータが得られた。しかし、岩種によってはデータ数が少ないものもあり、岩種別の傾向を知るまでには至らなかった。その他の物理的特性についてはデータ数が少なく、評価の対象にはならなかった。さらに、深度が明記されている試料、特に地下100m以深で得られた試料のデータは少なかった。今後は、これらのデータの収集が課題となる。

## 5. 謝辞

本調査は委託研究として応用地質株式会社に委託し実施した。関係者に厚く御礼申し上げます。

— 技術レポートリスト —

- TR/GE 89-01 清水和彦：地質環境データベースシステムの開発研究（基本設計），  
PNC TN7410 89-029
- TR/GE 89-02 仙波毅・尾方伸久・坪田浩二：ボアホールレーダの我が国における  
花崗岩岩盤への適用試験，PNC TN7410 90-003
- TR/GE 89-03 武田精悦（訳）：国際ストリパプロジェクト，PNC TN7410 90-004
- TR/GE 89-04 尾方伸久・大澤英昭：地下水特性調査技術開発の現状，検層技術(1)，  
PNC TN7410 90-005
- TR/GE 89-05 尾方伸久・大澤英昭：地下水特性調査技術開発の現状，検層技術(2)，  
PNC TN7410 90-006
- TR/GE 89-06 大澤英昭・吉田英一：深部花崗岩中の割れ目解析—花崗岩岩盤における  
割れ目特性およびその分布特性に関する研究—，  
PNC TN7410 90-007
- TR/GE 89-07 杉原弘造・二宮康郎：堆積岩盤中における掘削影響評価—掘削による  
緩み領域の計測・評価手法の研究開発—，PNC TN7410 90-009
- TR/GE 89-08 柳澤孝一：広域地下水流動調査の現状について，PNC TN7410 90-021
- TR/GE 89-09 吉田英一：粘土質岩中における核種移行試験・研究—ベルギー・モル  
原子力研究所との共同研究（その1）—，PNC TN7410 90-019
- TR/GE 90-01 今井久・柳澤孝一：3次元飽和不飽和浸透流解析プログラムTAGSACの概要，  
PNC TN7410 90-026
- TR/GE 90-02 野原壯・瀬尾俊弘・落合洋治：ウラン鉱床を利用したナチュラルアナログ  
研究（その1）—ウラン系列核種の放射非平衡について—，  
PNC TN7410 91-030

- TR/GE 90-03 吉田英一：粘土質岩中における核種移行試験研究－ベルギー・モル原子力研究所との共同研究（その2）－, PNC TN7410 91-017
- TR/GE 90-04 柳澤孝一・今井久・斎藤章・大澤英昭・中島誠：立坑掘削影響試験における地下水流動影響予測解析, PNC TN7410 91-013
- TR/GE 90-05 清水和彦：地質環境の長期的隔離能に係わる天然事象について(1)－気候変動と海面変動－, PNC TN7410 91-010
- TR/GE 91-01 Yoshida, H., M. Yui and T. Shibutani: A Study of Influence Factor on Uranium Fixation in the Tono Uranium Deposit, Japan, PNC TN7410 91-061
- TR/GE 91-02 中野勝志・斎藤章・花木達美：難透水性岩石を対象とした室内透水試験装置の開発, PNC TN7410 91-050
- TR/GE 91-03 尾方伸久・大澤英昭・仙波毅・柳澤孝一：多変量統計解析を用いた結晶質岩盤の割れ目解析, PNC TN7410 92-001
- TR/GE 91-04 石丸恒存・清水和彦：地質環境の長期的隔離性能に係わる天然事象について(2)－火山活動－, PNC TN7410 91-031
- TR/GE 91-05 仙波毅・尾方伸久・長谷川健・岩崎浩・渡辺邦夫：ボアホールレーダーによる結晶質岩盤中の割れ目帯調査－釜石鉾山原位置試験場における調査について－, PNC TN7410 92-005
- TR/GE 92-01 柳澤孝一, 古屋和夫, 大澤英昭, 若松尚則, 梅田浩司：我が国における地盤の透水性に関する調査・研究（その1）, PNC TN7410 92-015