

計測用標準岩石の整備にむけて

奥山 康子¹⁾・楠瀬勤一郎²⁾・長 秋雄²⁾・雷 興林¹⁾
二宮 芳樹¹⁾・富樫 茂子¹⁾・今井 登¹⁾

1. はじめに

日本列島は世界的に見ても「地球科学的によくわかった」島弧の代表であり、様々な研究の積み重ねによって複雑な地質が明らかになってきている。しかし、その平均像はどういったものであろうか？日本列島の平均的力学特性を知ることは、プレートテクトニクスのもとでの1個の変動帯としての挙動を考えるとときに必要なことかもしれない。たとえば放射性廃棄物地層処分問題では、10⁵年をこえるタイム・スケールでの検討が必要であり、力学的に見た日本列島の平均的地殻モデルを立てることが重要になるであろう。また日本列島の平均的化学組成は、地球化学図における元素の濃集度を規格化するという実用的見地から必要であろう。

1個の島弧としての日本列島の「平均像」は必ずしも明確ではない。日本列島はまさらな海洋地殻のうえにできた新しい島弧ではなく、古生代・中生代の地層・岩石からできた土台をもっている。このような複雑な地質を持つ日本列島について「平均像」を求めることには、地球科学的な意義があるかもしれない。

地質調査総合センターは、その前身である地質調査所が120年にわたる研究活動の過程で収集した膨大な地質試料(岩石・鉱物・化石など)を引継ぎ、それらは地質標本館において登録・管理されている。登録標本は地質学的性格が明らかである上に、岩石だけでも70,000点を超える点数をほこる。これら収蔵標本から日本列島を代表する岩石を選び出し、日本列島の平均像を描くことができないだろうかというのが、長年あたためてきた課題であった。「日本の岩石と鉱物」(豊ほか, 1992)およ

びTogashi *et al.* (2000)による日本列島平均化学組成の研究は、このような見方で得られた成果である。これら先行する研究で用いられた試料について、固体地球科学的ないろいろの計測を統一基準で行ない、計測データをデータベース化し、標準岩石試料にしようという試みが進んでいる。本稿ではこの固体標準試料開発の試みについて紹介したい。

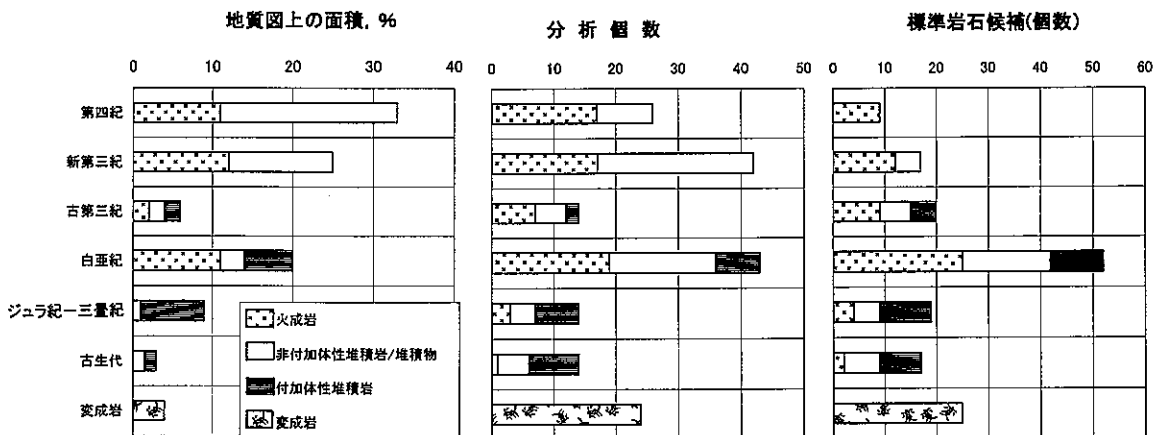
2. 代表となる岩石をどう選ぶ？

計測用標準岩石についてはじめに考えなければならぬのは、試料をどのように選ぶかということである。選び方によっては、計測値の分布や、求めた平均像が大きく左右される可能性もある。地球化学的平均組成を求めるためのサンプリングの一般論は、富樫ほか(2001)に紹介されている。日本列島の平均化学組成を求めた際には、その中から「戦略的サンプリング」という方法を用いた。すなわち、地表地質を反映したサンプリングを行い、それを正確に分析し、地質単元分布の重みをつけて平均化するという方法である。

100万分の1日本地質図第3版(1992)では、日本列島は165の地質単元に区分されている。これを年代・岩石種・地質区分・地質図に占める割合により37のグループにまとめ、グループごとに代表的試料を選んだ。この中心部分を、「日本の岩石と鉱物」掲載のものをはじめとする地質標本館登録標本や、地球化学標準試料の岩石が占めている。付加体の堆積岩類については収蔵標本では追いつかず、追加のサンプリングを行った。日本列島平均化学組成の研究では、こうして最終的に166試料をえ

1) 産総研 地球科学情報研究部門
2) 産総研 地質資源環境研究部門

キーワード: 計測用標準岩石, 地殻モデル, データベース



第1図 年代・岩石種ごとの地質図上の分布割合と日本列島平均地殻組成にて分析した試料数および、計測用標準試料候補の数。地質図上の分布割合は村田・鹿野(1995)、分析試料数はTogashi *et al.* (2000)による。

らんでいる(詳しくは、富樫ほか, 2001を参照)。その年代と岩石種別の頻度分布を、第1図に示す。

計測用標準岩石も、平均化学組成の研究のために選定した岩石試料を基本とする。しかし、平均組成のための試料をそのまま転用すればよいわけではない。100万分の1日本地質図第3版(1992)によると、日本列島の平野部や丘陵地帯は新生代第四紀の未凝固堆積物や、新第三紀後期のいわゆる「軟岩」で占められており、その割合は村田・鹿野(1995)によると25%以上にのぼる。日本列島全体の力学的挙動を考える際には、これら表層部の構成要素は無視しても差し支えないだろう。このため、平均組成の研究で用いられた166試料から44個を標準岩石試料の検討からはずした。一方、モデルの精度を上げるためには、より深部を構成する可能性のある岩石を増やすことが必要かもしれない。つまり、深成岩・変成岩類と付加体の物を中心とする先第三紀堆積岩類の試料を追加する必要がある(第1図)。こうして現在検討を進めている標準岩石試料の候補は、約150個にのぼる。

3. なぜ「岩石データベース」?

ところで、なぜいまさら「岩石データベース」なのだろうか? いわゆる岩石物性データベースは、すでに世の中に何種類もある。そのほとんどは、膨大な文献からデータをまとめて作成されている。第1表は、核燃料サイクル開発機構による「地層処分研究

開発第2次取りまとめ」(1999)で作成された「岩石データベース」での物性値一覧表である。このデータベースで収録された文献データは、5,378個の多きに上っている。

文献によるデータベースには、もとの試料に戻ることができないという弱点がある。採用された以外の項目についての計測値が必要になっても、データベースの作成者がとりあげていなければ、元の文献に戻らなければならない。採用された計測値に疑問があったり、元の文献にて必要な計測が行われていない場合でも、もとの試料に戻って計測することはまずできない。

たとえば、第1表における「結晶質岩」の物性値をみてみよう。「結晶質岩」という呼び方は日本ではあまり一般的ではないが、大陸地域の地質を記述する際には非変成の堆積岩に相対する概念としてしばしば用いられる。たとえば、北アメリカ、大西洋岸のアパラチア山脈について、古生代の堆積岩からなる“sedimentary Appalachians”にたいして、変成岩と花崗岩を中心とする深成岩類からなる山麓地域を“crystalline Appalachians”と呼ぶような使い方である(都城, 1979)。このような使用例からの類推では、このデータベースに言う「結晶質岩(酸性岩)」には広い意味の花崗岩類や片麻岩、珪長質結晶片岩などが含まれていると考えられる。こういった種類の岩石の密度(自然密度)は、厳密に計測しなくてもだいたい2-3g/cm³の範囲内にあるとみるのが「常識」だ。しかしこのデータベースで

第1表 核燃料サイクル開発機構第2次取りまとめ(1999)にて作成された「岩石データベース」、第2次取りまとめ「総論レポート」表3.3-2(岩盤の諸特性統計量一覧)を転載。

岩種	熱						空隙・水			弾性波速度				密度			強度				
	熱伝導率 W/m・K	比熱 kJ/kg・K	膨張係数 ×10 ⁻⁵ /K	吸水率 %	含水率 %	有効間隙率 %	超音波速度		ポアソン比	弾性係数 GPa	地山の弾性波速度 km/s	総密度 g/cm ³	自然密度 g/cm ³	乾燥密度 g/cm ³	一軸圧縮強度 MPa	ポアソン比	弾性係数 GPa	比引張強度 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)	
結晶質岩 (酸性岩)	個数	117	54	51	402	105	348	781	193	243	226	55	210	597	267	487	165	469	249	211	114
	最大値	5.38	1.06	7.64	27.90	38.70	58.20	9.30	4.03	88.69	6.00	3.12	3.60	3.11	405.72	0.56	136.22	94.08	52.23	62.00	
	最小値	0.18	0.73	0.10	0.10	0.02	0.00	1.04	0.05	0.02	0.03	0.33	1.76	1.05	1.48	0.39	0.04	0.00	0.15	0.00	4.60
	平均値	2.78	0.94	1.24	1.19	2.61	4.17	4.99	2.33	0.27	37.50	3.40	2.65	2.62	2.62	115.15	0.25	34.40	8.14	14.44	37.82
	標準偏差	2.74	1.00	1.17	0.50	0.42	1.13	5.01	2.37	0.27	36.03	4.10	2.68	2.65	2.67	107.80	0.23	27.46	6.96	12.74	40.00
結晶質岩 (塩基性岩)	個数	167	30	30	420	24	234	648	176	169	128	112	505	217	517	56	436	225	190	59	
	最大値	4.48	1.06	1.46	12.25	11.53	25.19	8.08	4.13	4.42	123.38	4.00	3.07	3.37	3.06	437.47	0.50	160.72	23.13	53.61	55.30
	最小値	0.68	0.75	-4.53	0.10	0.12	0.10	1.50	0.67	0.10	0.03	1.14	2.15	1.56	1.84	3.87	0.07	0.00	0.51	0.98	5.53
	平均値	2.36	0.96	0.50	1.77	3.61	6.56	4.82	2.40	0.26	25.43	1.20	2.69	2.65	2.62	135.22	0.26	26.46	10.11	22.76	36.26
	標準偏差	2.40	1.03	0.90	1.10	1.75	5.05	4.90	2.39	0.26	19.50	0.98	2.70	2.65	2.65	127.40	0.24	20.63	9.80	20.83	39.00
新第三紀 堆積岩 (砂質岩)	個数	77	3	3	16	22	110	220	31	1	8	5	87	277	108	78	23	70	15	30	31
	最大値	4.74	1.07	0.10	24.40	53.60	55.10	6.85	2.99	0.25	68.60	3.40	2.64	2.98	2.78	205.80	0.45	82.17	31.36	29.99	62.10
	最小値	0.47	0.90	0.47	0.20	1.10	0.10	0.70	0.25	0.04	0.41	1.74	1.28	1.09	0.20	0.11	0.01	0.11	0.10	0.10	22.00
	平均値	1.54	1.00	0.68	7.25	21.18	17.88	2.83	1.49	0.25	30.69	2.22	2.27	2.20	2.01	31.21	0.32	11.01	7.95	5.25	35.78
	標準偏差	1.28	1.04	0.56	4.05	18.80	16.05	2.70	1.25	0.25	23.62	2.40	2.29	2.25	1.98	17.15	0.33	3.19	6.66	3.53	32.00
新第三紀 堆積岩 (泥質/凝灰岩)	個数	84	0	0	91	106	203	413	57	5	21	3	155	537	183	380	61	364	93	132	149
	最大値	3.63	—	—	125.00	60.00	55.40	33.30	3.51	0.31	20.29	5.30	2.62	2.99	2.66	377.59	0.50	58.84	54.78	98.00	60.00
	最小値	0.35	—	—	0.70	0.60	0.20	0.70	0.30	0.21	1.93	2.30	1.40	1.05	0.68	0.00	0.07	0.01	0.11	0.07	7.00
	平均値	1.66	—	—	14.86	21.66	20.04	2.66	1.38	0.28	14.97	3.37	2.23	2.02	1.99	25.81	0.27	6.67	3.65	5.11	25.81
	標準偏差	1.41	—	—	10.30	19.90	20.00	2.32	1.30	0.30	17.54	2.50	2.29	1.98	2.01	9.07	0.28	4.09	1.78	1.09	26.00
先新第三紀 堆積岩 (砂質岩)	個数	0	0	0	215	9	124	420	102	47	82	35	48	333	95	355	25	493	72	124	
	最大値	—	—	—	3.40	4.70	40.00	7.00	4.22	0.45	87.51	5.40	2.79	2.98	2.80	414.54	0.32	150.92	22.05	78.00	61.55
	最小値	—	—	—	0.10	0.00	0.00	1.08	1.39	0.17	0.06	0.50	1.23	1.60	2.45	0.29	0.10	0.03	0.53	0.05	14.00
	平均値	—	—	—	0.69	1.31	6.47	4.57	3.05	0.28	35.12	2.15	2.58	2.52	2.61	134.35	0.20	18.59	8.67	16.93	38.44
	標準偏差	—	—	—	0.50	1.10	3.07	4.61	3.21	0.26	42.97	1.90	2.63	2.58	2.56	127.40	0.20	13.73	7.64	15.83	39.00
先新第三紀 堆積岩 (泥質/凝灰岩)	個数	3	0	0	58	3	53	202	26	19	68	16	18	214	35	178	16	321	40	85	78
	最大値	3.65	—	—	2.60	0.90	46.00	21.30	3.96	0.39	97.71	5.50	3.05	3.05	3.04	343.98	0.39	105.84	24.70	98.00	45.00
	最小値	2.19	—	—	0.10	0.60	0.40	1.07	1.46	0.20	1.83	0.90	1.90	1.41	2.08	1.46	0.06	0.19	0.12	0.39	7.00
	平均値	2.69	—	—	0.57	0.77	7.70	4.67	2.69	0.30	42.94	2.82	2.69	2.48	2.72	104.92	0.26	17.82	7.57	15.93	25.54
	標準偏差	2.23	—	—	0.40	0.80	1.81	5.00	2.53	0.29	45.57	2.26	2.73	2.66	2.74	89.67	0.30	8.24	5.36	1.78	25.50
				0.52	0.15	11.41	2.01	0.60	0.05	24.32	1.60	0.25	0.38	0.19	76.40	0.09	19.97	6.59	20.79	10.85	

は、結晶質酸性岩の密度として1.05から3.60g/cm³にわたる値を取めている。常識的な範囲をこえた密度は、一体どういった試料から記録されたのであろうか?

結晶質岩(酸性岩)の一軸圧縮強度はもつと問題含みで、487個のデータを集めながら、最大値405.72MPa、最小値0.39MPa、標準偏差70.82MPaと、著しく散らばった結果になっている。最小値は、まともな「岩石」について計測されたとはとても信じられない値である。他の岩型についても押しなべていえないことは、一軸圧縮強度の場合、多数のデータを集めても説得力のある代表値が求められていないということである。

残念ながらこの種のデータベースでは、問題のあるデータをさかのぼって検討することが難しい。そして問題のあるデータが混入することで、代表値あるいは平均値の劣化につながる危険性があるといえる。

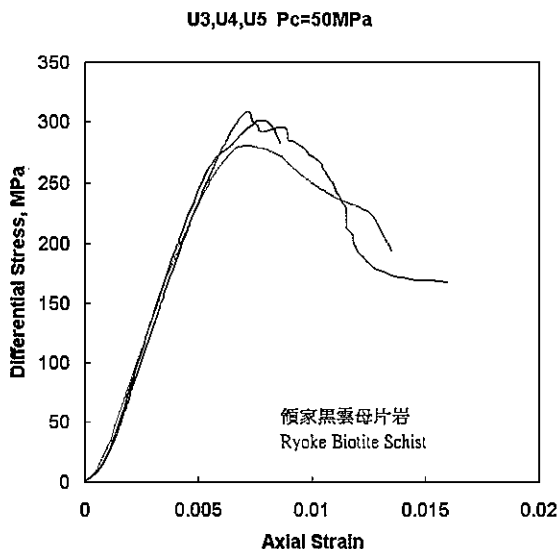
岩石データベースが検証に堪えるためには、もと

の試料に戻れるかどうかが重要である。文献値を集めたデータベースすべてに追跡可能性を求めることは現実的ではないし、その必要もないにしても、参照試料が保証された岩石データベースがどこかに存在する必要がある。ここに計測用標準岩石試料と、標準岩石データベースの意義がある。

4. 何を計るか?

日本列島の平均像を描くことは、日本列島の地殻モデルを計測可能なさまざまな「量」を用いて描くということである。岩石試料を仲立ちに地質情報とその他の地球科学的情報を結びつけるためには、地質学的性格の明らかな試料についての岩石学的・造岩鉱物学的キャラクター化が欠かせない。このような岩石を対象に計測を行うことで、計測データを用いた地殻モデルと地質学が結びつくであろう。

先に候補として選定した岩石試料を対象に実際



第2図 三軸圧縮試験における差応力(軸応力と封圧の差)と軸歪の関係。最大差応力(約300MPa)到達後の変形も計測している。試料は領家変成岩黒雲母片岩(R57024)。

に計測を進めている量は、見かけ比重・空隙率などの岩石物性、力学試験における変形特性、全岩主成分および微量成分組成、そして赤外分光特性である(第1表)。全岩組成については、Togashi *et al.* (2000) および富樫ほか(2001)にすでに解説されている。岩石物性、力学特性および赤外特性の計測について、以下に記したい。

5. 岩石物性と力学特性

この研究での岩石力学試験は、(1) 一軸試験ではなく封圧をかけた三軸圧縮試験であること、(2) 最大軸圧到達後の歪をも計測していること、の2点に特徴がある(第2図)。通常の一軸圧縮試験では、岩石の中にある微小クラックの影響で歪量や強度の値が広い範囲にばらつくことが知られている。封圧をかけることにより微小クラックが閉じるため、その影響を取り除くことができる(長, 1993)。力学モデルのための基礎データとしては、封圧下の実験で計測されたデータを用いるべきだろう。また、最大軸圧に到達し破壊面ができたあとの試料の変形データからは、摩擦強度を求めることができる。摩擦強度は、震源過程を論ずる際に必要な量である。

これまで実験に用いてきた岩石試供体は、直径と高さの比が1:2の円柱形で、通常は直径30mmで高さが60mmのものを、一部、直径50mmで高さ100mmのものを用いている。試供体数は5個を標準とし、そのすべてについて非破壊の物性計測を行い、さらにその過半を圧縮試験に用いた。花崗斑岩、黒色泥岩、緑色凝灰岩についての計測結果を、例として第2表および第3表に示す。

(1) 見かけ比重および空隙率の測定

試供体を真空デシケータ内で24時間減圧・乾燥した後、純水にひたし、10日間減圧状態において水を浸透させる。試供体の湿潤した状態での重量(M_w)と、水置換法による見かけの体積(V_a)を計る。その後真空デシケータ内で30℃を超えない程度に加熱して乾燥させ、重量変化がなくなったことを確認して乾燥重量(M_d)を測定した。見かけ比重と空隙率は、次のように求められる；

$$\text{見かけ比重} = M_d / V_a$$

$$\text{有効空隙率} = (M_w - M_d) / V_a$$

(2) 弾性波速度の測定

P波およびS波トランスデューサ、パルス発生器、デジタルストレージオシロスコープ(最小サンプリング間隔10nsec)および、測定フレームからなる弾性波測定装置を用い、試供体の軸方向の弾性波速度を測定した。測定は、室温・大気圧下で行なった。試供体の動ヤング率と動ポアソン比は、P波速度、S波速度、見かけ比重から計算で求められる(第2表)。

(3) 三軸圧縮試験

物性を測定した後の乾燥した試供体を用いて、封圧50MPaでの三軸圧縮試験を行なっている。試供体の両端面に鋼鉄製エンドピースを取り付け、フッ素系熱収縮チューブで覆ったのちに、試験装置(MTS815岩石試験装置)の圧力容器に設置する。試供体の軸方向の変形量は軸変位計で、同じく周方向の変形量は試供体中央に取り付けた周変位計で測定した。軸荷重は圧力容器内に設置した荷重計で測定する。

三軸試験では、それぞれ2種類の条件の軸応力一定制御(100MPa/hと1MPa/sec)とCASCADE

第2表 3標準岩石試料の物性測定結果.

岩石	見かけ比重	空隙率 %	P波速度* km/sec	S波速度* km/sec	動ヤング率* GPa	動ポアソン比*
熊野酸性岩 (花崗斑岩)	2.563 ± 0.001	3.806 ± 0.059	4.155 ± 0.029	2.392 ± 0.008	36.7 ± 0.3	0.252 ± 0.004
熊野層群大沼層黒色頁岩	2.746 ± 0.001	0.704 ± 0.081	5.259 ± 0.141	3.180 ± 0.057	67.2 ± 2.1	0.210 ± 0.028
大石層下部層緑色凝灰岩	2.682 ± 0.007	0.942 ± 0.198	5.564 ± 0.084	3.154 ± 0.025	67.4 ± 0.9	0.262 ± 0.263

* 強制乾燥状態での測定結果

第3表 3標準岩石試料の封圧50MPaでの物性測定結果.

岩石	圧縮強度 MPa	強度破壊点におけるひずみ量*			静ヤング率** GPa	静ポアソン比**
		軸ひずみ %	周ひずみ %	体積ひずみ %		
熊野酸性岩 (花崗斑岩)	422 ± 19	1.282 ± 0.041	-0.684 ± 0.092	-0.086 ± 0.165	44.8 ± 0.6	0.289 ± 0.016
熊野層群大沼層黒色頁岩	373 ± 47	0.872 ± 0.143	-0.260 ± 0.099	0.352 ± 0.081	57.1 ± 2.2	0.237 ± 0.049
大石層下部層緑色凝灰岩	378 ± 59	0.925 ± 0.160	-0.215 ± 0.058	0.495 ± 0.064	53.2 ± 1.1	0.247 ± 0.020

* 正值は縮みを、負値は伸びを表す.

** 圧縮強度の40%~60%の領域での値.

制御(強度破壊点まで100MPa/hと1MPa/sec)の、4種の試験を行なった。4種の試験で、圧縮強度、弾性定数に有意な差は認められなかった。試供体の静ヤング率と静ポアソン比は、軸応力が圧縮強度の40-60%の範囲での応力-歪関係から求めた(第3表)。

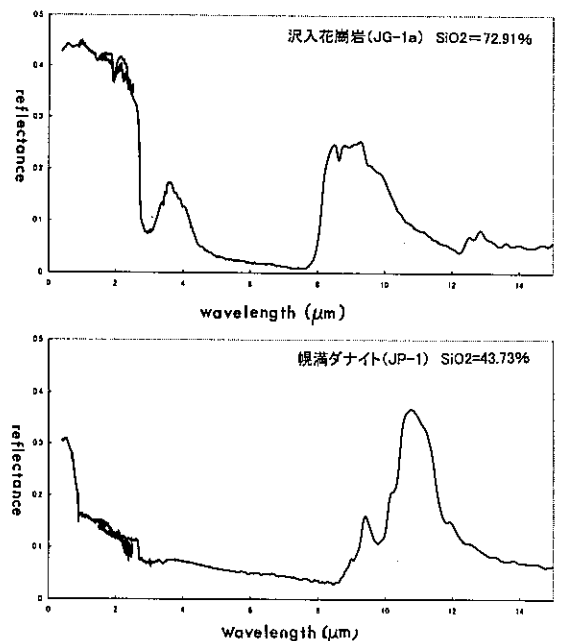
なお、「岩の力学国際連合」(ISRM)では、力学試験用の試供体の縦横比を1:1.25とするよう勧告している。旧来の縦横比1:2の条件での実験結果と新しい条件のもとでの実験結果にどのような系統的な違いがあるか、現在検討を進めている。

6. 赤外分光特性

岩石の赤外反射スペクトルには、岩石の構成鉱物や全岩化学組成によるはっきりした特徴が認められるため、人工衛星からのリモートセンシングの基礎データとして研究されている。リモートセンシングにむけては可視帯域から熱赤外域にかけて測定を行なうが、ここでは可視~近赤外域(0.34~2.5 μm)と近赤外~熱赤外波長域(1.5~15 μm)でことなる計測法を採用している。

可視~近赤外域での反射率スペクトルの測定は、

内蔵ハロゲンランプを光源とする回折格子方式による分光光度計を使用して計測している。鉛直に近い入射光に対する、鉛直に近い別の方向(本装置では鏡面方向)への反射エネルギーを分光測定



第3図 花崗岩およびかんらん岩について本研究のシステムで計測した赤外反射スペクトル.



第4図 標準岩石データベースのプロトタイプにおけるGeomapZのインターフェイスと、組み込まれた標準岩石試料情報の一覧(奥山, 2000)。

している。分解能は、測定データのS/N比を考慮すると、可視域において $0.5 \mu\text{m}$ 、近赤外域において $2 \mu\text{m}$ である。

一方、近赤外～熱赤外波長域については、高温セラミックを光源として内蔵するフーリエ変換赤外分光光度計 (FTIR) で計測を行なっている。FTIRでは方向半球測定を採用しており、試料の表面形状等の要因によらない、反射率パターンのみならず反射率値そのものに意味のあるデータが得られる。本研究で用いたFTIRは測定領域を大きく(38mm)設計したため、深成岩をはじめとする比較的鉱物粒径の大きな試料についても、試料全体を代表するデータを得ることができる。FTIRでは波長方向の分解能は波数(波長の逆数)で与えられ、波数分解能を 8cm^{-1} として測定を行った。波長分解能は波長によって変化するが、 $10 \mu\text{m}$ において $0.08 \mu\text{m}$ である。

測定にあたっては、可視～近赤外域に対しても近赤外～熱赤外波長域に対しても、参照物質を用

いている。参照物質は両帯域で異なるが、ともに反射率が1に近く平坦な特性をもち、かつ、反射方向特性がほぼ均一である性質を持つものである。

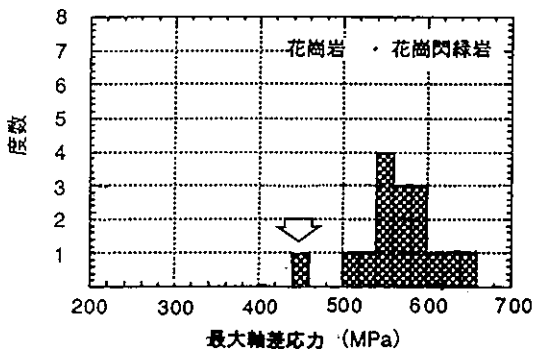
以上の方法で、火成岩を主とする試料約50点について反射率スペクトルの測定を実施してきた。花崗岩およびかんらん岩について測定した反射スペクトルを、第3図に示す。上記二種類の装置での測定データは、波長域 $1.5 \sim 2.5 \mu\text{m}$ において重なる。ここでは2つのシステムの光学系が幾何学的にことなるため反射率値に違いがあるが、スペクトルパターンは互いに非常によく似ている。

反射スペクトル特性と化学組成との関係を見よう。火成岩の赤外スペクトルには、熱赤外域の $8 \sim 12 \mu\text{m}$ に著しいピークがあり、その位置は岩石が珪長質から苦鉄質になるにつれ、つまり全岩 SiO_2 が減るにつれ、長波長側に移動する性質がある。図からはこの性質をはっきり見て取ることができる。このように赤外反射スペクトルは、岩石のキャラクター化にとって有効な手段である。

7. データの統合

以上の計測データを統合された形で、しかも日本列島の地質情報とともに提供できれば、「日本列島の地球科学的平均像を描く」ためには都合がいい。この研究では簡易GISソフト“GeomapZ”をもちいたデータの統合を試みている。

Windows専用の簡易GISソフト“GeomapZ”は、DLG形式のベクトル・データファイル、DEM形式の標高データファイル、BMP/TIF形式のメッシュ化したラスター画像ファイルおよび、ユーザーの作成したテキスト形式データファイルなどを読むことができ、CD-ROMによる地質情報データベースの作成に優れている(雷ほか, 1999)。これまでに計測データの整備が終わっている15種類の岩石について、GeomapZを用いて記載データ、試料画像データおよび各種試験データをファイリングし、データベースのプロトタイプを作成した。とりあげた15種類の岩石は広い意味の花崗岩類を中心とし、変成岩・火山岩を交えている。岩石記載・標本画像・赤外特性および岩石破壊特性は、GeomapZに付加情報として組み込んだ。岩石記載はテキスト・ファイル、その他はBMP形式の画像ファイルである。これらの情報は、GeomapZに組み込まれた数値地質図(地質調査所, 1995)の上に表示された岩石産地を、マウスでクリックすることにより閲覧可能である。全岩組成および岩石物性データは、別の一覧表としてExcelファイルの形で作成し、組み込んだ(第4図)。



第5図 花崗岩・花崗閃緑岩を対象として行なってきた三軸圧縮試験における強度分布。栗橋花崗閃緑岩のデータを矢印で示す。

8. 不均質性の問題

さて、たとえ地質学的見方で良好とされるものでも、岩石が天然のものである以上、不均質性の問題をさけることはできない。地質調査所時代から定評を得ている地球化学標準試料は粉体で供されており、これほどの均質性は固体試料のままでは得られないのではないかと予想するのが自然である。不均質性は計測結果の再現性を確保するうえでは問題になるかもしれない。

しかし、岩石記載がなされた一連の試料を繰り返し測定するにつれ、岩石学的に「しっかりした」試料を使えば案外に再現性のよいデータが得られることがわかってきた。記載的に良好と認められる岩石は各種計測でも納めできるデータが取れるのに対し、記載データとして変質などの影響がみとめられる試料では、他の試験でもそれを裏付けるようなデータが出るということでもある。第5図に、広い意味での花崗岩類についての三軸圧縮強度を示す。図のように栗橋花崗閃緑岩(釜石鉱山産)を除く9試料についての強度データはよく集中するが、栗橋花崗閃緑岩(釜石鉱山産)だけが例外的に弱い事がわかる。栗橋花崗閃緑岩には、斜長石が濁り苦鉄質鉱物が一部分解するなど、鏡下で明らかな変質が認められた。力学試験データは岩石学的な所見と矛盾しなかったのである。このような経験からわれわれは、岩石学的な検討を行なうことで、計測結果を占うことができるのではないかという見通しを持っている。すなわち、試料をあらかじめ記載岩石学的に検討することが、不均質性の影響を抑える有効な方法ではないかと考えられるのだ。

9. おわりに

岩石を対象にした各種分析および計測試験には破壊的なものが多く、またもとの試料がオープンに参照できないために、残試料(複標本)がある場合でもクロスチェックや別種の計測を行なうことがむずかしいという問題があった。この研究では多数のいわゆる「手標本」のほかに、物性計測をおこない破壊試験に供しなかった成形試料を意図的に残している。これらは、ここで取り上げたのと同様の非破壊的物性値などの計測において、参照試料とし

て用いることができる。データのファイリングが終了した試料は地質標本館と地質標本研究グループが管理しており、計測用参照試料としての利用も近い将来始まるであろう。

高レベル放射性廃棄物地層処分が地下1,000m、二酸化炭素の地中貯蔵が地下1,000mから2,000mの大深度を想定するように、開発行為が深部に及ぶにつれ、サイト選定のため多くの文献値を集めたデータベースの用途が広がっていく。それとともに、検証可能な実試料とリンクした岩石データベースの必要性が高まっているとわれわれは考える。このような課題に国立研究所時代からの蓄積を生かして取り組むことが、今、求められているのではないだろうか。

引用文献

豊 遙秋・奥山(楠瀬)康子・中野 俊・渡部芳夫・青木正博 (1992):日本の岩石と鉱物. 東海大出版会, 150p.
 地質調査所 (1992): 100万分の1日本地質図(第3版), 地質調査所.
 地質調査所 (1995): 100万分の1日本地質図(第3版) CD-ROM版, 地質調査所.
 長 秋雄 (1993): 岩石の破壊強度から求められた地殻強度と地殻での高圧型破壊の可能性, 地学雑, 102, 279-287.

核燃料サイクル開発機構 (1999): 「地層処分研究開発第2次取りまとめ第2ドラフト」総論レポート, 核燃料サイクル機構.
 雷 興林・長谷川 功・野呂春文・脇田浩二 (1999): 地質情報表示・解析用簡易GISソフト-GeomapZの開発, 情報地質, 10, 247-255.
 都城秋穂 (1979): 北アメリカ, 都城ほか, 「世界の地質」, 岩波書店, 99-142.
 村田泰章・鹿野和彦 (1995): 「100万分の1日本地質図(第3版) CD-ROM版」から求めた日本列島を構成する岩石の分布面積, 地質ニュース, no.493, 26-29.
 奥山(楠瀬)康子・二宮芳樹・雷 興林 (2000): 日本列島地殻モデル構築のための計測用標準岩石の整備とデータベース化, 地質調査所速報「放射性廃棄物地層処分に関する解析・評価」平成11年度報告書, 9-10.
 Togashi,S., Imai,I., Okuyama-Kusunose,Y., Tanaka,T., Okai,T., Koma,T. and Murata,Y. (2000): Young upper crustal chemical composition of theorogenic Japan Arc Geochem. Geoph. Geosys.,1. (電子ジャーナル).
 富樫茂子・今井 登・奥山(楠瀬)康子・田中 剛・岡井貴司・柏武・村田泰章・青山秀喜 (2001): 日本列島の「クラーク数」-若い島弧の上部地殻の元素存在度, 地質ニュース, no.558, 25-33.

OKUYAMA Yasuko, KUSUNOSE Kinichiro, CHO Akio, LEI Xing-Lin, NINOMIYA Yoshiki, TOGASHI Shigecko and IMAI Noboru (2002): Toward the development of standard rock specimens for geoscientific measurements.

< 受付: 2002年1月21日 >

お知らせ

特別展示「切手の鉱物」
および講演「鉱物の世界」

地質標本館の行事

「鉱物の切手-世界の鉱物切手コレクションから-」

期間: 4月16日(火)~6月16日(日)

秋田大学丸山教授が世界中から収集した鉱物切手コレクションと鉱物標本と一緒に展示します。

また、下記の通り特別講演も行います。

「特別講演: 鉱物の世界」 4月18日(木)

第1回: 10時から12時, 第2回: 13時から15時
演題は,

「鉱物の名前とその由来」
地質標本館長 豊 遙秋

「温泉から生まれる鉱物」
地圏資源環境研究部門総括研究員 青木 正博
場所: 地質標本館映像室

科学技術週間の地質標本館
 【特別展示】4月16日(火)~6月16日(日)
切手の鉱物
 ー世界の鉱物切手コレクションからー
 【特別講演: 鉱物の世界】4月18日(木)
鉱物の名前とその由来
 地質標本館長 豊 遙秋
温泉から生まれる鉱物
 地圏資源環境研究部門総括研究員 青木正博
 第1回: 10時~12時
 第2回: 13時~15時
 COLOMBIA \$110
 産業技術総合研究所 地質標本館
 つくば市要1-1-1
 TEL: 0293-61-3750/3751
 http://www.aist.go.jp/muse/