

高月山花崗岩質岩に包有される火成岩及び変成岩 捕獲岩類の Rb-Sr, Sm-Nd 同位体組成

石川 玲*・加々美寛雄**

Isotopic composition of igneous and metamorphic xenoliths within the Takatsukiyama granitic mass

Akira Ishikawa and Hiroo Kagami

はじめに

西南日本外帯には中新世中期の14Ma前後に多数の珩長質火成岩類が貫入している(柴田, 1978)。これらの活動については幾つかの岩体でその成因が議論され、拡大直後の熱い緑海プレートの一時的な沈み込みなどの非定常的な活動と関係づけられている(高橋, 1980)。また、これらの珩長質火成岩体は火成岩、変成岩などの多数の捕獲岩に包有することで知られている。これらの捕獲岩の岩石学的検討から、中新世中期に活動した珩長質火成岩類の成因を探る試みもなされている(中田, 1980ほか)。

これらのうち高月山花崗岩質岩体は四国西部の四万十帯北帯に貫入した典型的なSタイプ花崗岩類であり(中田・高橋, 1979)、これまでに多種の捕獲岩が報告されている(寺岡ほか, 1986; 渡辺・佐藤, 1988ほか)。石川(1992MS)は高月山花崗岩質岩及びそれに含まれる捕獲岩についての岩石学的記載を系統的におこない、付加体として形成された四万十帯深部の広域変成作用の性質を明らかにし、また付加体深部で形成された花崗岩質マグマの成因を考察した。

本小論では、石川(1992MS)が記載した高月山花崗岩類とその捕獲岩類、そして高月山岩体周辺の泥質ホルンフェルスのRb-Sr, Sm-Nd同位体組成を報告する。

高月山花崗岩類とその捕獲岩類

高月山花崗岩質岩体は主に花崗閃緑岩からなり、一

部は花崗岩、トーナル岩、モンゾニ岩からなる。岩体内部での岩相変化の傾向は、中・高標高地域では細粒の花崗閃緑岩が卓越する傾向にあり、低標高地域では中粒の花崗閃緑岩が卓越する傾向にある。また、岩体の一部は文象斑岩状組織を示す。鉱物組合せは以下の通りである。岩体全体にみられる鉱物として石英、斜長石、カリ長石、黒雲母、りん灰石、ジルコン、不透明鉱物、部分的にみられる鉱物として斜方輝石、角閃石、電気石、堇青石、珩線石、紅柱石、柘榴石、スピネル、褐れん石、スフェーン、方解石、そして変質鉱物として白雲母、緑泥石が認められる。

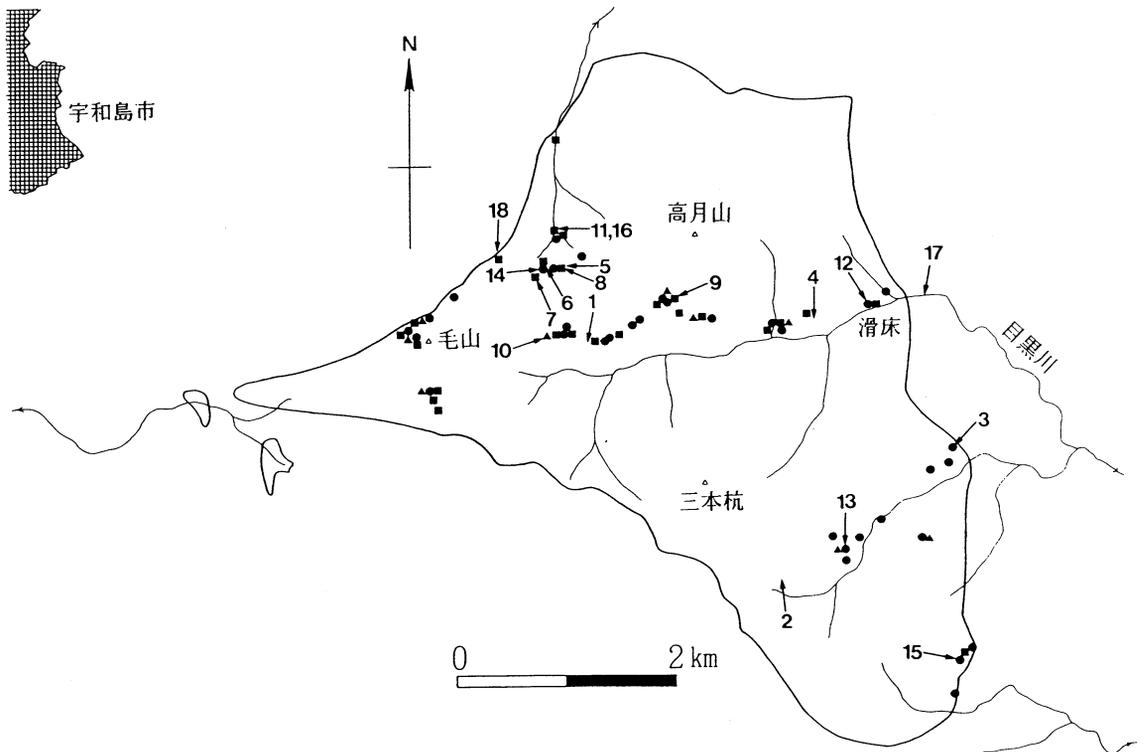
捕獲岩類は変成岩捕獲岩と火成岩捕獲岩に大別できる。さらに岩石組織、鉱物組合せから変成岩捕獲岩は広域変成岩とホルンフェルス(泥質及び珩質)に、火成岩捕獲岩はトーナル岩、安山岩、はんれい岩質岩に分類される。広域変成岩捕獲岩にはブラストマイロナイト、ブラストマイロナイト質片麻岩、片麻岩(泥質及び苦鉄質)、ミグマタイト質片麻岩の4種類がある。採取された変成岩捕獲岩はミグマタイト質片麻岩と片麻岩(泥質)が大部分を占める。火成岩捕獲岩はトーナル岩の比率が高い。

分析試料

1. 分析試料採取地点

同位体組成を測定した18試料(高月山花崗岩類5試料、火成岩捕獲岩のうちトーナル岩4試料とはんれい岩質岩1試料、変成岩捕獲岩のうちブラストマイロナイト、ブラストマイロナイト質片麻岩、片麻岩(泥質)、ミグマタイト質片麻岩、片麻岩(苦鉄質)、ホルンフェルス各1試料、そして四万十帯のホルンフェルス2試料)の採取地点を第1図に示した。

* 島根大学大学院
現所属 秩父石灰工業㈱ 開発部
〒368 埼玉県秩父郡横瀬町大字横瀬7番地
** 岡山大学地球内部研究センター



第1図 分析試料採取地点 (岩体の境界は寺岡ほか, 1986による)

2. 分析試料の記載

以下に同位体組成を測定した試料の記載をおこなう。(各試料の番号は第1図の採取地点の番号を示す)

(1) 花崗岩類

1) 中粒等粒状花崗閃緑岩 (132°37'36" E, 33°11'50" N)

岩体中央部付近から採取した。主に斜長石, 石英, カリ長石と黒雲母からなる。柘榴石や堇青石, その他珪線石が変質してできたと考えられるスピネルなどのAlを含む鉱物をもつ。その他微量成分鉱物として方解石, りん灰石, ジルコン, 不透明鉱物を含み, 変質鉱物として緑泥石を多数含む。

斜長石 (< 3 mm) は自形, 石英 (< 3 mm) やカリ長石 (< 3 mm) は他形, 黒雲母 (< 1 mm) は自形を示す。

2) 中粒花崗閃緑岩 (132°38'49" E, 33°10'33" N)

岩体南部に産する。主にカリ長石, 石英, 斜長石, 黒雲母からなる。微量成分鉱物として方解石, スフェーン, りん灰石, ジルコン, 不透明鉱物を含み, 変質鉱物として白雲母, 緑泥石を含む。

カリ長石 (< 1 mm) は自形, 石英 (< 5 mm) や斜長石 (< 5 mm) は他形, 黒雲母 (< 1 mm) は自形を示す。

3) 中粒等粒状花崗岩 (132°39'46" E, 33°11'14" N)

岩体東端部の藤生付近に産し, 文象斑岩状組織が発達する。主に石英, カリ長石, 斜長石, 黒雲母からなる。他に斜方輝石を含む。微量成分鉱物としてスフェーン, りん灰石, ジルコン, 不透明鉱物を含み, 変質鉱物として緑泥石を含む。

石英 (< 1 mm) やカリ長石 (< 1 mm) は他形, 斜長石 (< 1 mm) は自形から他形, 黒雲母 (< 2 mm) は自形を示す。

4) 中粒等粒状花崗岩 (132°39' E, 33°11'49" N)

岩体東部の滑床付近に産する。主に斜長石, カリ長石, 石英, 黒雲母からなり, その他に斜方輝石, 角閃石, 電気石を含む。微量成分鉱物としてりん灰石, ジルコン, 不透明鉱物を含み, 変質鉱物として緑泥石を含む。

斜長石 (< 4 mm) は自形から他形, カリ長石 (< 4 mm) は他形, 石英 (< 1 mm) は他形, 黒雲母 (< 1

mm) は自形から他形を示す。角閃石は多色性をもたない。

5) 斑状花崗閃緑岩 (132°37'30" E, 33°12'10" N)

岩体中北部の成川林道沿いに産する。斑晶としてカリ長石, 斜長石, 石英をもつ。その他に黒雲母を含むほか, 堇青石, 斜方輝石, 電気石, 珪線石を含む。微量成分鉱物としてスフェーン, りん灰石, ジルコン, 不透明鉱物と含み, 変質鉱物としてセリサイト, 緑泥石を含む。

カリ長石は<6 mm の斑晶, 斜長石, 石英は<4 mm の斑晶である。

2 捕獲岩類

a. 変成岩

6) プラストマイロナイト (132°37'19" E, 33°12'05" N)

主な構成鉱物は柘榴石, 斜方輝石, 黒雲母, 石英, 斜長石である。黒雲母の定向配列による片理が発達し, 片理に沿って伸長した斜方輝石が線構造を形成する。斜長石や石英も片理に沿ってやや伸長している。柘榴石のポーフィロクラスト, リボン状石英をもつ。

柘榴石 (長径<6 mm) は紡錘形をしたものが多く, 一部は<0.1mm 以下の他形粒状のものが単独, あるいは集合体として認められる。斜方輝石 (<1 mm) は自形で, 黒雲母を置換あるいは包有する場合がある。黒雲母 (<1 mm) は自形, 斜長石 (<1 mm), 石英 (<1 mm) は楕円形を示す。

7) プラストマイロナイト質片麻岩 (132°37'13" E, 33°12'02" N)

主な構成鉱物は柘榴石, 黒雲母, 斜方輝石, 斜長石, 石英である。黒雲母の定向配列によって片理が発達し, 片理面上の斜方輝石が線構造を形成する。斜方輝石は大部分が変質して緑泥石になっている。リボン状の石英が認められる。

柘榴石 (<0.1mm) は他形粒状を示す。斜方輝石 (<0.1mm) や黒雲母 (<0.1mm) は自形を示す。基質の石英 (<0.1mm), 斜長石 (<0.1mm) は他形を呈する。

8) 片麻岩 (泥質) (132°37'30" E, 33°12'10" N)

主な構成鉱物は柘榴石, 斜方輝石, 黒雲母, 斜長石, 石英である。黒雲母の定向配列によって片理が発達し, 片理面上の斜方輝石が線構造を形成する。

黒雲母 (<2 mm) は自形から他形で, 斜方輝石に置換あるいは包有される場合が多い。斜方輝石 (<2 mm) は自形を示す。石英 (<0.5mm) や斜長石 (<

0.5mm) は他形粒状を示す。柘榴石 (<1 mm) は他形粒状を示す。

9) ミグマタイト質片麻岩 (132°38'03" E, 33°11'59" N)

主要構成鉱物は柘榴石, 黒雲母, 堇青石, 珪線石, 石英, カリ長石, 斜長石である。その他にコランダム, 電気石, スピネルを含む。主に石英, カリ長石, 及び少量の斜長石, 黒雲母からなる花崗岩質相 (幅<3 mm) と, 主に黒雲母, 堇青石, 珪線石, 柘榴石からなる優黒質相 (幅<1 mm) からなる。定向配列する黒雲母によって片理が形成され, 珪線石によって線構造が明瞭である。

珪線石はフィブロライトの形態を示し, 主に堇青石, 柘榴石, 一部は斜長石中に包有される。堇青石 (<5 mm), カリ長石 (<4 mm) は自形から他形を示す。黒雲母 (<1 mm) は自形を呈する。石英 (<3 mm) は他形で楕円形から粒状の形態を示す。斜長石 (<0.5mm) は他形を呈する。柘榴石 (<2 mm) は他形から他形粒状の外形をしている。

10) 泥質ホルンフェルス (132°37'22" E, 33°11'48" N)

主に黒雲母, 斜長石, カリ長石, 石英, 斜方輝石, 堇青石からなる, 塊状で均質の岩石である。

黒雲母 (<0.5mm) は自形, 石英 (<0.5mm), 斜長石 (<0.5mm), カリ長石 (<0.5mm), 堇青石 (<0.5mm) は他形を示し, 斜方輝石 (<1 mm) は自形を示す。

11) 片麻岩 (苦鉄質) (132°37'23" E, 33°12'20" N)

主要構成鉱物は斜方輝石, 黒雲母, 単斜輝石, 角閃石, 石英, 斜長石である。ポーフィロブラストとして単斜輝石を含む。単斜輝石と斜方輝石は線構造をもつ。黒雲母は明確な方向性をもたない。

単斜輝石 (<1 mm) は自形で, ポイキロブラスティックに多数の斜長石, 石英を包有する。角閃石 (<0.5mm) は自形で赤褐色(Z)~淡褐色(X) の多色性をもつ。斜長石 (<1 mm), 石英 (<1 mm) は他形粒状を示す。斜方輝石 (<0.5mm) は自形から他形を示す。黒雲母 (<1 mm) は自形から他形を示すものが少量含まれる。この一部は斜方輝石に置換あるいは包有されている。

b. 火成岩

12) トーナル岩 (132°39'20" E, 33°11'57" N)

完晶質で斜長石の斑晶をもつ斑状の岩石。主に斜長石, 石英, カリ長石からなる。有色鉱物として斜方輝

石，単斜輝石，黒雲母を含む。微量成分鉱物として褐れん石，りん灰石，ジルコン，不透明鉱物を含む。

斜長石 (< 3 mm) は自形短柱状，石英 (< 0.1 mm)，カリ長石 (< 0.1 mm) はこれらの間を埋める他形を示す。斜方輝石 (< 2 mm)，単斜輝石 (< 2 mm)，黒雲母 (< 2 mm) は自形を示す。

13) トーナル岩 (132°39'04" E, 33°10'46" N)

完晶質細粒で一部に斜長石の斑晶をもつ岩石。主に斜長石と，その間を埋める石英からなる。有色鉱物として黒雲母，斜方輝石を含む。単斜輝石も集斑状に少量含む。微量成分鉱物として方解石，りん灰石，ジルコン，不透明鉱物，緑れん石を含む。

斜長石 (< 2 mm) は自形長柱状，石英 (< 1 mm) はその間を埋める他形を示す。黒雲母 (< 1 mm) は柱～板状，斜方輝石 (< 1.5 mm) は融食形を示す長柱状である。

14) トーナル岩 (132°37'19" E, 33°12'05" N)

長柱状の斜長石，針状の不透明鉱物が多く，それらをポイキリティックに包有する石英，黒雲母の結晶が多数みられる完晶質の岩石。微量成分鉱物としてスフェーン，ジルコンを含み，針状のりん灰石を多数含む。

斜長石 (< 1 mm) は自形，石英 (< 3 mm) は他形，黒雲母 (< 1 mm) は他形を示す。斜方輝石 (< 2 mm) は自形から他形を示す。

15) トーナル岩 (132°39'48" E, 33°10'12" N)

完晶質細粒の岩石で，主に斜長石と石英からなる。微量成分鉱物として針状のりん灰石を多数含むほか，不透明鉱物を含む。

斜長石 (< 1 mm)，石英 (< 0.5 mm)，黒雲母 (< 0.5 mm)，斜方輝石 (< 0.5 mm) は自形から他形を示す。単斜輝石 (< 0.5 mm) は半自形のものが少量含まれる。角閃石 (< 0.5 mm) は他形で淡い褐色の Z 軸色をもつ。

16) はんれい岩質岩 (132°37'23" E, 33°12'20" N)

完晶質中粒の岩石で，主に黒雲母，白雲母，角閃石，斜長石からなり，少量の単斜輝石，石英を含む。微量成分鉱物としてりん灰石，ジルコン，不透明鉱物を含む。

黒雲母 (< 1 mm) は自形，白雲母 (< 2 mm) も自形で多数存在する。角閃石 (< 2 mm) は他形で一部で淡い褐色の多色性をもつ。単斜輝石 (< 2 mm) は他形を示す。斜長石や石英 (< 0.5 mm) は有色鉱物の間を埋める他形を示す。

3 高月山岩体周辺の堆積岩類

17) 四万十帯の泥質ホルンフェルス (132°39'34" E, 33°12'02" N)

主に石英，斜長石，黒雲母，斜方輝石，堇青石からなり，微量成分鉱物として方解石，りん灰石，ジルコン，不透明鉱物を含む。細粒完晶質等粒状で塊状の岩石。

黒雲母 (< 0.1 mm) や斜方輝石 (< 0.1 mm) は自形を示す。石英 (< 0.05 mm)，斜長石 (< 0.05 mm) は他形を示す。堇青石 (< 0.1 mm) はピナイト化している。

18) 四万十帯の泥質ホルンフェルス (132°37'07" E, 33°12'15" N)

主に石英，斜長石，黒雲母，斜方輝石，カリ長石からなり，微量成分鉱物としてりん灰石，ジルコン，不透明鉱物を含む。細粒完晶質等粒状で塊状の岩石。

黒雲母 (< 0.1 mm) は自形から他形を示す。斜方輝石 (< 0.2 mm) は自形を呈する。石英 (< 0.1 mm)，斜長石 (0.1 mm)，カリ長石 (0.1 mm) は他形を示す。

3. 分析試料の準備と分析方法

花崗岩については油圧ジャッキで 2～3 cm 角にし，タングステンカーバイト乳鉢で 5 cm 以下の粒度にした後，四分法で分けた少量の試料を再びタングステンカーバイト乳鉢により極細粒にした。自動めのう乳鉢で約 30 分間細かくした後，さらにめのう乳鉢に 10～15 分かき，粉末試料とした。捕獲岩の試料については，著しく小さい試料以外は花崗岩との境界部から可能な限り離れた場所をチップとして岩石カッターで切り出し，80 井のカーボラダムでカッターの切断面を削った後，まず水道水で，続いて純水で数回づつ超音波洗浄をした。その後タングステンカーバイト乳鉢により極細粒にした。以下，花崗岩の場合と同様にして粉末試料を作成した。

本研究での試料は柘榴石，スピネル，ジルコンなどの難溶性の鉱物が含まれているため，テフロン容器中で粉末試料を溶解させる際には試料に HCl(6N)，HClO₄，HF を加えた上でこの容器にステンレス製のジャケットを被せ，これを 180℃ の恒温乾燥器中で 3～7 日間放置した。完全に溶けた試料を遠心分離した後にイオン交換樹脂に通して Sr，Rb，REE を抽出し，REE をさらにイオン交換樹脂に通して Sm，Nd を抽出した。試料からの Sb，Sr，REE の抽出と，REE からの Nd，Sm の抽出，及び Nd，Sm の定量，

試料番号	R b (ppm)	S r (ppm)	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$ $\pm 2\sigma$	S m (ppm)	N d (ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ $\pm 2\sigma$	Initial Sr(14Ma)	Initial ϵ S r	Initial ϵ N d	Sr/Nd
1	196	191	2.9693	0.708824(14)	5.41	27.3	0.1200	0.512324(17)	0.708234	53.23	-6.03	7.00
2	158	200	2.2856	0.707319(17)	5.31	27.3	0.1174	0.512412(19)	0.706865	33.80	-4.31	7.33
3	164	187	2.5374	0.707631(26)	5.28	26.0	0.1229	0.512385(21)	0.707127	37.52	-4.84	7.19
4	175	190	2.6647	0.707261(14)	4.55	22.0	0.1250	0.512386(17)	0.706731	31.90	-4.83	8.64
5	146	197	2.1445	0.708825(12)	5.13	26.6	0.1164	0.512317(20)	0.708399	55.57	-6.16	7.41
6	116	198	1.6949	0.706672(12)	7.81	41.3	0.1143	0.512448(15)	0.706335	26.28	-3.60	4.79
7	109	181	1.7423	0.707693(19)	8.36	34.5	0.1465	0.512406 (6)	0.707347	40.64	-4.48	5.25
8	136	285	1.3804	0.705876(24)	5.46	25.9	0.1276	0.512462(18)	0.705602	15.87	-3.35	11.00
9	52.3	316	0.4788	0.705505(20)	3.00	16.2	0.1118	0.512492(10)	0.705410	13.15	-2.74	19.51
10	150	15.6	27.8250	0.709628(19)	2.06	7.59	0.1642	0.512543(12)	0.704096	-5.50	-1.83	2.06
11	80.4	233	0.9982	0.706551(21)	4.83	16.3	0.1798	0.512874(18)	0.706353	26.53	4.60	14.29
12	188	74.5	7.3028	0.710043(22)	7.41	32.8	0.1366	0.512440(14)	0.708591	58.31	-3.79	2.27
13	89.8	249	1.0434	0.707568(19)	3.75	17.2	0.1319	0.512514(19)	0.707361	40.84	-2.34	14.48
14	215	178	3.4955	0.710116(13)	5.59	31.6	0.1069	0.512295(10)	0.709421	70.09	-6.57	5.63
15	211	144	4.2395	0.707988(17)	3.70	16.6	0.1347	0.512500(10)	0.707145	37.78	-2.62	8.67
16	29.2	212	0.3986	0.708970(21)	3.92	17.1	0.1387	0.512495(18)	0.708891	62.56	-2.73	12.40
17	158	153	2.9885	0.710122(21)	2.96	15.0	0.1197	0.512418(18)	0.709528	71.60	-4.19	10.20
18	220	161	3.9545	0.709932(18)	3.23	16.0	0.1219	0.512413(18)	0.709146	66.18	-4.29	10.06

1～5…高月山花崗岩類 6～16…捕獲岩類 (6～9…トータル岩 10…はんれい岩質岩 11…ブラストマイロナイト
12…ブラストマイロナイト質片麻岩 13…泥質片麻岩 14…ミグマタイト質麻岩 15…泥質ホルンフェルス
16…苦鉄質片麻岩) 17, 18…四万十帯泥質ホルンフェルス
同位体比の 2σ は小数点以下5ケタと6ケタのみを示した。

第1表 高月山花崗岩類と捕獲岩類の Rb, Sr, Sm, Nd 量と Sr, Nd 同位体比の測定結果

Rb, Sr の同位体比測定については加々美ほか(1982), Kagami et al. (1987, 1989) の方法にしたがっておこなった。測定は岡山大学地球内部研究センター設置のフィニガン・マット社製 MAT261 表面電離型質量分析計を用いた。Rb, Sr の定量については島根大学理学部地質学教室設置の日本電子社製蛍光 X 線分析装置 JXA-60S7 を用いた。分析は小林ほか (1981), 市川ほか(1987)にしたがい, ガラスビードを作成しておこなった。粉末試料と融剤(Li₂B₄O₇, メルク社製)の混合比は 1 : 5 とした。測定に際しては地質調査所の JG-1a 及び JB-1a を標準試料としてあわせて分析した。

⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比は ⁸⁶Sr/⁸⁸Sr=0.1194 で規格化した。

¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 比は ¹⁴⁶Nd/¹⁴⁴Nd=0.7219 で規格化した。

測定期間中における標準試料 NBS987 の ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 比の平均値は 0.710233 ± 0.000013 (2σ, N = 2), 標準試料 JB-1a の ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 比は 0.512758 ± 0.000012 (2σ, N = 2) であった。

測定結果

測定結果を第 1 表に示した。同位体比初生値の算出にあたっては, 高月山岩体の生成年代は 12 ± 2Ma (Shibata & Nozawa, 1967) とされているが, 今回分析した試料については他の西南日本外帯の珧長質火成岩類と比較検討する場合を考慮し, 生成年代を 14Ma (柴田, 1978) として計算した。

ε Sr および ε Nd 値の算出にあたっては BULK EARTH の Sr と Nd の同位体比現在値, 及び ⁸⁷Rb/⁸⁶Sr 比現在値, ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd 比現在値, ⁸⁷Rb, ¹⁴⁷Sm の崩壊定数 (λ) を以下の値とした。

BULK EARTH ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr(P)=0.7045

BULK EARTH ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr(P)=0.0827

BULK EARTH ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd(P)=0.51264

BULK EARTH ¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd(P)=0.1966

λ⁸⁷Rb = 1.42 × 10⁻¹¹/y

λ¹⁴⁷Sm = 6.54 × 10⁻¹²/y

(P = 現在値)

謝辞

本研究は島根大学理学部地質学科在学中の卒業論文(1989年度)及び島根大学理学部研究科地質学専攻在学中の修士論文(1990~1991年度)としておこなったものの一部である。これらの研究に際しては島根大学理学部地質学教室の沢田順弘博士, 高須 晃博士には終始御指導をいただいた。また, 同位体測定をおこなう

にあたり, 岡山大学地球内部研究センターの技官である河本由美さんには大変お世話になった。以上の方々重ねて御礼申し上げる。

引用文献

- 市川博之・酒井利啓・渡辺暉夫・飯泉 滋, 1987: ガラス円板を使った珧酸塩岩石中の微量元素の蛍光 X 線分析装置 (Rh 管球) による定量分析. 島根大学地質学研究報告, 6, 161-169.
- 石川 玲, 1992MS: 愛媛県南部高月山花崗岩中の捕獲岩からみた四十帯深部の変成作用と花崗岩質マグマの成因. 島根大学大学院理学研究科修士学位論文.
- Kagami, H., Yokose, H. and Honma, H., 1989: ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr and ¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd ratios of GSJ rock reference samples; JB-1a, JA-1 and JG-1a. *Geochemical Journal*, 23, 209-214.
- , Iwata, M., Sano, S. and Honma, H., 1987: Sr and Nd isotopic compositions and Rb, Sr, Sm and Nd concentrations of standard samples. *Tech. Rep. ISEI.*, 4, 1-16.
- 加々美寛雄・岡野 修・須藤 宏・中間弘次, 1982: MAT260 による Sr 同位体比測定及び Rb・Sr 定量分析. 岡山大学温泉研究所報告, 52, 51-70.
- 小林英夫・渡辺暉夫・飯泉 滋, 1981: 珧酸塩岩石主成分元素の蛍光 X 線による全自動分析. *Mem. Fac. Sci., Shimane Univ.*, 15, 114-124.
- 中田節也, 1980: 外帯 S-type 珧長質火成岩類中にみられる I-type 火成岩起源ゼノリクスー尾鈴山岩体の場合—。九大理研報(地質) 13, 163-171.
- ・高橋正樹, 1979: 西南日本外帯・瀬戸内区における中新世の中性~珧長質まぐまの化学組成広域的变化. *地質雑*, 85, 571-582.
- 柴田 賢, 1978: 西南日本外帯における第三紀花崗岩貫入の同時性. *地質調査所月報*, 29, 551-554.
- Shibata, K. and Nozawa, T., 1967: K-Ar ages of granitic rocks from the Outer Zone of South-west Japan. *Geochemical Journal*, 1, 131-137.
- 高橋正樹, 1980: 変動帯における大量珧長質マグマ活動と上部地殻形成. *月刊地球*, 2, 837-845.
- 寺岡易司・池田幸雄・鹿島愛彦, 1986: 宇和島地域の地質. 地域地質研究報告. 高知 (13) 第77号. 地質調査所.
- 渡辺美津子, 1988: 高月山第三紀花崗岩と変成岩捕獲岩. 佐藤信次教授退官記念論文集, 153-154.