

兵庫県北部矢田川花崗岩体の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代

飯泉 滋*・中村 利奈*・大平 寛人*

Rb-Sr whole rock isochron age of the Yadagawa granite in northern Hyogo Prefecture, SW Japan

Shigeru Iizumi*, Rina Nakamura* and Hiroto Ohira*

Abstract

The Yadagawa granite in the northern part of Hyogo Prefecture is a stock composed mainly of medium- to coarse-grained biotite granite, granite porphyry and aplitic granite. Fine-grained hornblende biotite quartz diorite and medium-grained hornblende biotite granodiorite are minor rock types. The stock intrudes the late Cretaceous Yadagawa Group, which consist of andesite to rhyolite lavas and pyroclastics. Seven granites and a granite porphyry give a well-defined Rb-Sr whole rock isochron of 69.3 ± 3.6 Ma with an initial Sr isotope ratio of 0.70603 ± 0.00016 . This indicates that the Yadagawa granite can be assigned to the latest Cretaceous to Paleocene Inbi Intrusives, which are widely distributed in the San'in district. The Yadagawa granite has a slightly higher initial Sr isotope ratio than most of the Inbi Intrusives. This is consistent with the concept that sources of Cretaceous felsic magmas in the eastern San'in and northern Kinki districts had higher $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios than those in the central and western San'in districts.

Key words: San'in, Hyogo Prefecture, Yadagawa granite, Cretaceous, Rb-Sr age

はじめに

山陰地方における白亜紀-古第三紀珪長質火成活動は、大きく3時期の火山-深成活動に区分される(飯泉ほか, 1985; 猪木ほか, 1987等)。第1期のものは、山陽側に広く分布する白亜紀後期の吉舎安山岩類や高田流紋岩類(吉田, 1961)に対比される火山岩類と、それに引き続いて活動したと推定される、80 Ma前後の年代を示す用瀬花崗岩や智頭花崗岩等(柴田, 1979; 本間, 1986)の進入岩類の活動である。第2期のものは、白亜紀末期から古第三紀初期にかけての活動で、江津火山岩類(今岡ほか, 1982)や八雲火山岩類(西田・飯泉, 1999)等の火山活動、および山陰に広く分布する因美進入岩類の活動である。第3期は、しばしば陥没体を構成する火山-深成活動で、始新世を中心とした古第三紀火山岩類と鉛山進入岩類(笹田ほか, 1979; 飯泉ほか, 1985)である。このうち、火山岩類は進入岩類に比べ、年代学的データに乏しく、特に第1期および第2期の火山岩類の区分が明確でない場合があるが、山陰地域では白亜紀後期から古第三紀後期にかけて、中性~酸性の火山-深成火成活動が断続的に続いたことは確実である。

山陰東部に当たる兵庫県北部地域にも、中性~酸性の火山岩類からなる矢田川層群(弘原海・松本, 1958)やそれを貫く花崗岩類を主体とした多くの進入岩類が分布する。進入岩

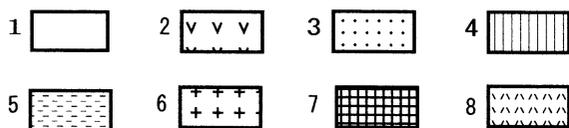
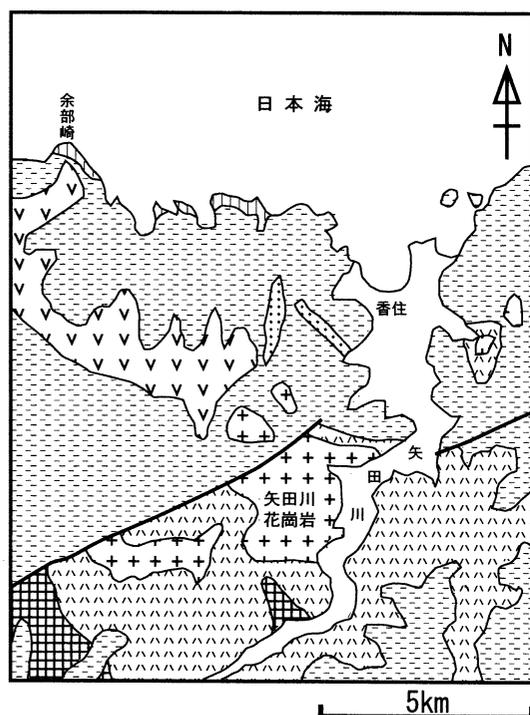
類は一部に古第三紀中期の鉛山進入岩類に対比される岩体も含まれるものの、その多くは因美進入岩類に対比されている(田結庄ほか 1985; 中沢ほか, 1987; 先山・田結庄, 1995)。しかし、隣接する鳥取県東部地域には、上記3時期の進入岩類が錯綜して分布していること(笹田ほか, 1979; 本間, 1986)から、兵庫県北部の進入岩類にも、因美進入岩類以前の80 Ma前後の花崗岩類が含まれる可能性がある。兵庫県北部に分布する進入岩類に対する年代学的データは極めて限られていることもあって、今回本地域の火成活動史をより明確にする目的で、兵庫県北部、香住南方約10 km付近に分布する矢田川花崗岩体(先山・田結庄, 1995)についての岩石学的記載およびRb-Sr法による年代学的研究を行った。

本稿草稿中、本教室の中山勝博助教授が遠くケニアの地で急逝された。訃報に愕然とし、数ヶ月を経た現在においても信じられない思いで一杯である。ほんの一瞬のケニアの隙間風が最愛のご家族に、そして苦楽を共にしてきた我々に、こんな大きな悲しみと痛手をもたらしたとすれば、悔やんでも、悔やみきれない、まさに痛恨の極みである。中山さんの、これまで果たされてきた活力あふれる熱心な教育・研究姿勢、そして優れた研究業績に対し、心から敬意を表する次第である。今となっては、中山さんのご冥福とご家族のご多幸・ご発展をお祈り申し上げるばかりである。

地質概略

兵庫県北部城崎郡香住南方地域には白亜紀最末期から古第三

*島根大学総合理工学部
Department of Geoscience, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan



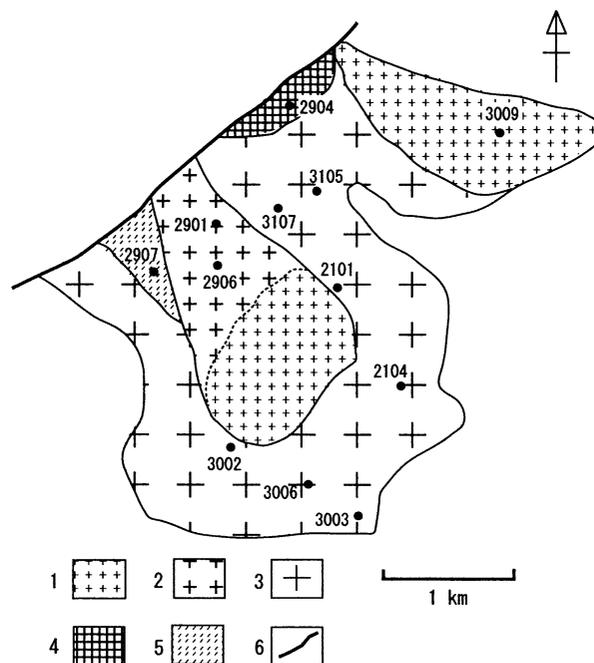
第1図 兵庫県北部香住南方地域の地質図。上村ほか(1974)を一部改編。

1. 沖積層, 2. 安山岩(鮮新世), 3. 貫入岩類(新第三紀), 4. 照木層群(中新世), 5. 北但層群(中新世), 6. 花崗岩(白亜紀), 7. 斑れい岩(白亜紀), 8. 矢田川層群(白亜紀)

紀前期(中沢ほか, 1987)にかけての矢田川層群(弘原海・松本, 1958), それらを貫く白亜紀-古第三紀の花崗岩類を主体とする進入岩類, 中新世北但層群・照来層群, および鮮新世の安山岩が分布する(上村ほか, 1974)(第1図)。

矢田川層群は兵庫県東部の出石南方地域および本調査地域である, 香住南方地域の2地域に分かれて分布する。香住南方地域の矢田川層群は, 主に安山岩質~流紋岩質火砕岩類から構成され, まれに流紋岩溶岩を挟む。火砕岩類は一般に塊状で, 結晶質凝灰岩および火山礫凝灰岩を主体とする。地質構造は明確ではないが, 全体として東西方向の走行でやや北に傾斜した同斜構造を示すことが指摘されている(弘原海・松本, 1958)。矢田川層群はデイサイト溶岩の活動で始まり, その後東西性の大断裂に伴う大規模な火砕流の活動によって形成されたと考えられている(中沢ほか, 1987)。Terakado and Nohda (1993)は, 出石南方に分布する矢田川層群の溶結凝灰岩に対して Rb-Sr 鉱物アイソクロン法により, 62.6 ± 1.6 Ma の古第三紀暁新世の年代を報告している。

矢田川花崗岩体(先山・田結庄, 1995)は兵庫県北部に散在して分布する進入岩類の一つで, 矢田川層群を貫く露出面



第2図 矢田川花崗岩体の岩相図および化学分析に用いたサンプルの採取地点

1. アプライト質花崗岩, 2. 花崗斑岩, 3. 中粒-粗粒等粒状花崗岩, 4. 中粒等粒状花崗閃緑岩~石英モンゾ閃緑岩, 5. 細粒等粒状石英閃緑岩~花崗閃緑岩, 6. 断層

積約 8 km^2 のストックである。岩体の北西縁は中新世北但層群の八鹿累層や豊岡累層と断層で接する(上村ほか, 1974)。中粒ないし粗粒の等粒状黒雲母花崗岩を主体とするもの, 花崗斑岩やアプライト質花崗岩, および小規模ながら中粒角閃石・黒雲母花崗閃緑岩~石英モンゾ閃緑岩等を伴う。本花崗岩体との接触部付近の矢田川層群は, 矢田川花崗岩由来のアプライトやアプライト質花崗岩の脈によって貫かれ, ホルンフェルス化している。

本地域の北但層群は安山岩~デイサイト質凝灰角礫岩および火山礫凝灰岩, 礫岩, 砂岩等から構成され, 矢田川層群を不整合に覆う。

岩石記載

矢田川花崗岩体は中粒等粒状花崗閃緑岩~石英モンゾ閃緑岩, 細粒等粒状石英閃緑岩~花崗閃緑岩, 中粒~粗粒等粒状花崗岩, 花崗斑岩, アプライト質花崗岩から構成される(第2図)。中粒等粒状花崗閃緑岩~石英モンゾ閃緑岩は岩体北西縁に小規模に産する。風化が著しく, また露頭に乏しいことから, 他岩相との相互関係は不明である。主要鉱物は, 単斜輝石, 角閃石, 黒雲母, 斜長石, 石英およびカリ長石で, 燐灰石, アパタイト, チタナイト, 鉄鉱を少量含む。単斜輝石は角閃石の核部に産する。

細粒等粒状石英閃緑岩~花崗閃緑岩は岩体西縁部に花崗斑岩やアプライト質花崗岩~アプライトに脈状あるいは網目状に貫かれて分布し, しばしば混成作用を受けている。岩質・

岩相は不均質で、漸移的に花崗閃緑岩、石英モンソ閃緑岩、石英閃緑岩に移行する。角閃石、黒雲母、斜長石、石英、カリ長石、アパタイト、チタナイト、鉄鉱から構成される。角閃石は一般に針状で、自形柱状の斜長石と共に、弱い斑状を呈することがある。

矢田川花崗岩体の主要部分を構成する中粒～粗粒等粒状花崗岩は、岩体の中央部および北部を除く地域に産し、岩体の露出面積の約60%を占める(第2図)。粗粒相では、径7-8mm(最大1cm)の自形ないし半自形の斜長石の粒間を他形のカリ長石と石英が充填する。カリ長石は間隙充填状で最大径2cm、石英は一般に径5-6mmで粒状である。黒雲母は径1-2mmで板状の単独結晶として散在する。全体としてカリ長石および石英が卓越し、優白質である。副成分鉱物として、アパタイト、ジルコン、チタナイト、鉄鉱を含む。

花崗斑岩は岩体北西部に分布し(第2図)、主岩相の中粒～粗粒黒雲母花崗岩とは一部漸移、一部貫入関係で、花崗斑岩がやや遅れて貫入したと判断される。斑状鉱物は、最大長径1cmの卓状斜長石が卓越し、次いで最大長径7-8mmの粒状石英、および径3-4mmの黒雲母からなる。長径2-3mmの少量のカリ長石も含まれる。石基は主に細粒の石英およびカリ長石から構成される。副成分鉱物として、アパタイト、ジルコンおよび鉄鉱を含む。

アプライト質花崗岩およびアプライトは岩体北部および岩体中央部から南部にかけての地形的高所に、中粒～粗粒等粒状黒雲母花崗岩や花崗斑岩を貫いて分布する。また、アプライトは岩体随所で他岩相を脈状あるいはプール状に貫く。岩体北部のアプライト質花崗岩(第2図)は斑状結晶をほとんど含まず、主に細粒半自形のカリ長石、石英、斜長石および径1mm以下の黒雲母から構成される。一方、岩体中央部から南部にかけて分布するアプライト質花崗岩は、径2-3mmの斜長石、1-2mmの粒状石英および同程度の黒雲母の斑晶を少量含む斑状アプライトで、基質は極めて細粒である。

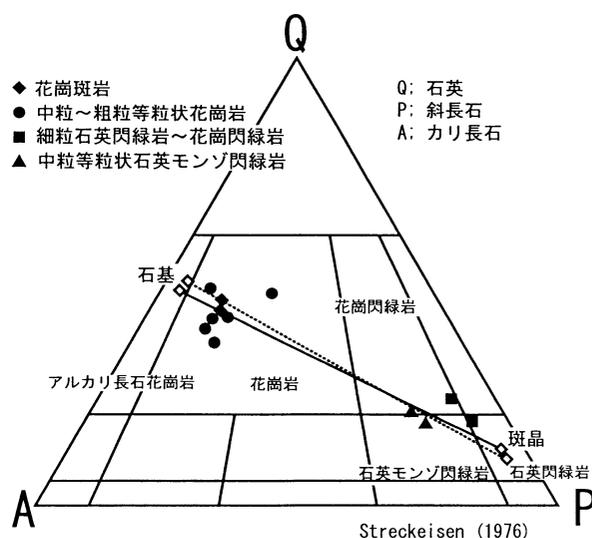
本岩体の中粒～粗粒黒雲母花崗岩、花崗斑岩および中粒花崗閃緑岩のモード組成を第3図に示す。多くの中粒～粗粒黒雲母花崗岩はアルカリ長石花崗岩のフィールドに近い花崗岩のフィールドにプロットされ、カリ長石および石英に富む特徴を示す。中粒花崗閃緑岩は花崗閃緑岩～石英モンソ閃緑岩のフィールドにまたがってプロットされる。2個の花崗斑岩については、石基と斑晶とを区分してモード組成を示した(第3図)。斑晶は斜長石に富み、石英閃緑岩のフィールドにプロットされるが、石基はほとんどカリ長石と石英から構成される(第3図)。

岩石化学および Rb-Sr 全岩アイソクロン年代

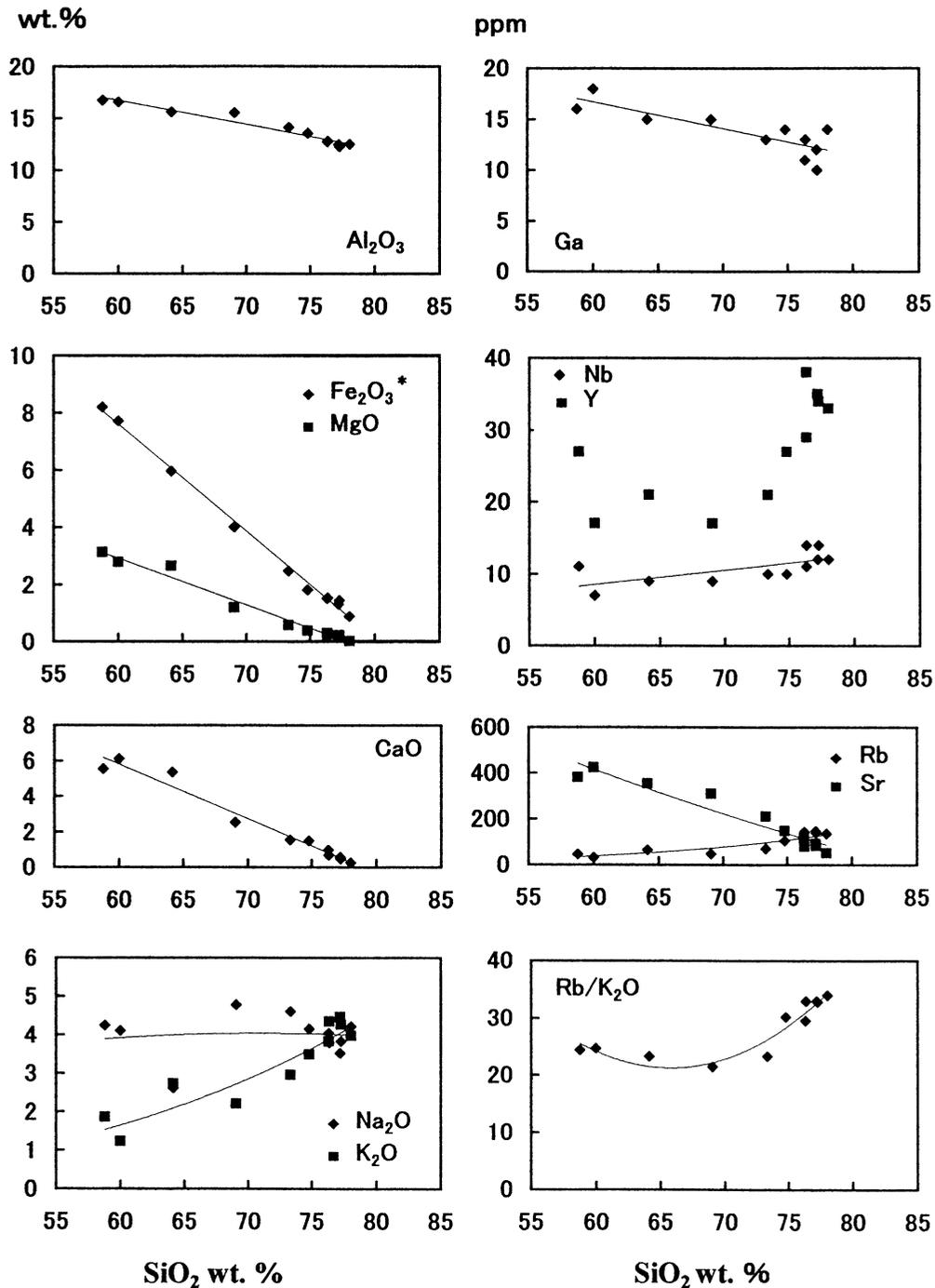
矢田川岩体から、中粒花崗閃緑岩1個、細粒石英閃緑岩～花崗閃緑岩2個、中粒～粗粒黒雲母花崗岩7個および花崗斑岩1個について全岩化学分析を行った。化学分析は当教室の蛍光X線分析装置(リガク RIX-2000)を用いた。分析結果を第1表に示す。ハーカー図(第4図)では、 Al_2O_3 、 $Fe_2O_3^*$ 、 MgO 、 CaO 、 Ga 、 Nb および Sr は SiO_2 の増加と共に減少し、

K_2O 、 Y および Sr は増加する。 Na_2O は全岩相をとおして大きな変化を示さない。 Y は一部に例外があるが、 SiO_2 75%以上の岩相では30ppm以上の比較的高い値を示す。 Rb/K_2O 比は多くは20-25前後の値を示すが、 SiO_2 75%以上の岩相では30以上の値を示す。

今回、本岩体の中粒～粗粒等粒状花崗岩から7個、花崗斑岩から1個、および細粒石英閃緑岩～花崗閃緑岩から2個のサンプルについて、 Sr 同位体組成を測定した。結果を化学分析値と共に第1表に示す。 Sr 同位体分析は当教室の MAT 262 表面電離型質量分析計で行った。岩石からの Sr の抽出法および同位体測定方法は飯泉(1996)に従った。測定された $^{87}Sr/^{86}Sr$ 比は、 $^{87}Sr/^{86}Sr=0.1194$ でノーマライズし、その結果を第1表に示す。同時に測定した標準試料、NBS 987は 0.710248 ± 0.000009 を示した。年代はYork(1966)に従って求めた。中粒～粗粒黒雲母花崗岩7個および花崗斑岩1個の合計8サンプルによるRb-Sr全岩アイソクロン年代と Sr 同位体初生値を求めた。中粒～粗粒黒雲母花崗岩および花崗斑岩は野外において漸移関係が認められることから、同一マグマからの分化作用で形成されたものと判断される。アイソクロンは $69.3 Ma \pm 3.6 Ma$ の年代と 0.70603 ± 0.00016 の Sr 同位体初生値を示す(第5図A)。本岩体に密接に伴って産する、細粒石英閃緑岩は本岩体を構成する花崗斑岩やアプライト質花崗岩～アプライトに貫かれる産状を示すことから、必ずしもこれらが花崗岩や花崗斑岩と同一マグマから形成された、とは言えない。しかし、分析された2個の細粒石英閃緑岩は、上記アイソクロンに近接した位置にプロットされる。従って、本岩体を形成した珪長質マグマからの早期晶出相である可能性もあり、これら2個の石英閃緑岩を含めて参考値として求めた全岩アイソクロンは、 $66.9 \pm 4.2 Ma$ の年代と 0.70618 ± 0.00016 の初生値を示す(第5図B)。両者の年代および初生値は誤差範囲で一致するが、細粒閃緑岩との成因関係が十分に明らかにされていない現状に於いては、矢田川花



第3図 矢田川花崗岩のモード組成。



第4図 ハーカー図。

崗岩の年代および Sr 同位体初生値は前者の値をとるべきであろう。

討 論

1. 矢田川花崗岩の年代

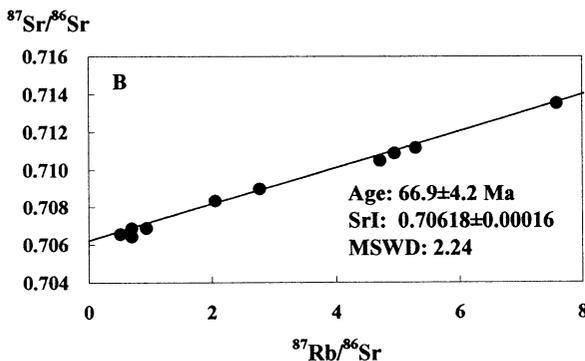
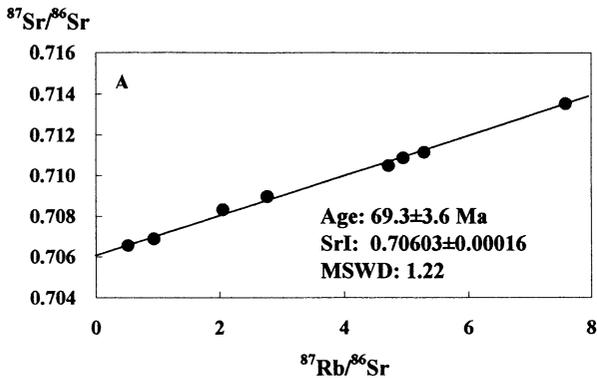
前述のように、矢田川花崗岩は 69.3 Ma ± 3.6 Ma の Rb-Sr 全岩アイソクロン年代を示す。

この年代は兵庫県中北部の山陰帯に産する侵入岩類に対して従来報告されている年代と類似する。兵庫県北部から京都府にかけて分布するバソリス状の宮津花崗岩は、55-68 Ma の K-Ar 黒雲母年代 (河野・植田, 1966), 60 Ma および 62 Ma の Rb-Sr 全岩-鉍物年代 (Terakado and Nohda, 1993) を示す。Terakado and Nohda (1993) による宮津花崗岩からの2個のサンプルに対する Rb-Sr 全岩-鉍物アイソクロン年代はほぼ一致した値を示すが、両者の Sr 同位体初生値はそれぞれ、

第1表 岩石の化学組成と Sr 同位体比

No.1：中粒等粒状花崗閃緑岩，No.2：細粒等粒状石英閃緑岩，No.3：細粒等粒状花崗閃緑岩，No.4-10：中粒～粗粒等粒状花崗岩，No.11：花崗斑岩，Fe₂O₃*:total Fe₂O₃.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Sp. No.	2904	2907	2901	2101	3105	3107	3006	2104	3003	3002	2906
Major element(wt.%)											
SiO ₂	57.34	59.19	67.27	63.18	71.17	75.48	76.09	76.17	77.36	77.48	75.00
TiO ₂	1.04	0.98	0.47	0.67	0.29	0.19	0.17	0.17	0.15	0.07	0.22
Al ₂ O ₃	16.33	16.37	15.11	15.37	13.70	12.59	12.07	12.75	12.49	12.40	13.57
Fe ₂ O ₃ *	8.01	7.63	3.91	5.88	2.40	1.51	1.43	1.54	1.32	0.89	1.82
MnO	0.15	0.19	0.09	0.11	0.05	0.05	0.05	0.03	0.03	0.01	0.07
MgO	3.06	2.75	1.17	2.62	0.57	0.30	0.21	0.26	0.23	0.03	0.39
CaO	5.41	6.03	2.46	5.26	1.49	0.96	0.46	0.68	0.58	0.25	1.50
Na ₂ O	4.15	4.05	4.66	2.57	4.47	4.00	3.77	3.79	3.53	4.19	4.16
K ₂ O	1.81	1.21	2.15	2.69	2.87	3.78	4.21	4.34	4.48	3.95	3.5
P ₂ O ₅	0.27	0.26	0.13	0.16	0.07	0.04	0.03	0.04	0.03	0.01	0.06
LOI	1.71	1.09	1.39	1.77	1.23	0.44	0.52	0.46	0.66	0.61	0.61
Total	99.28	99.75	98.81	100.28	98.31	99.34	99.01	100.23	100.86	99.89	100.90
Trace element(p.p.m.)											
Ba	479	323	507	540	514	454	366	398	384	318	510
Ce	82	42	56	56	60	58	76	74	81	97	77
Ga	16	18	15	15	13	11	10	13	12	14	14
Nb	11	7	9	9	10	11	14	14	12	12	10
Rb	45	30	48	64	69	113	140	143	148	136	105
Sr	381	423	310	355	211	117	82	79	91	52	148
Th	6.8	4.5	8.0	7.6	9.1	15.1	17.7	13.5	20.9	14.7	13.3
Y	27	17	17	21	21	29	34	38	35	33	27
Zr	471	122	195	185	162	114	113	95	100	72	126
Isotope ratios											
⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr		0.208	0.444	0.520	0.944	2.773	4.945	5.287	4.713	7.587	2.059
⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr		0.706428	0.706856	0.706556	0.706879	0.708983	0.710888	0.711164	0.710490	0.713533	0.708330
±2σ		0.000014	0.000013	0.000014	0.000007	0.000026	0.000010	0.000009	0.000012	0.000009	0.000036

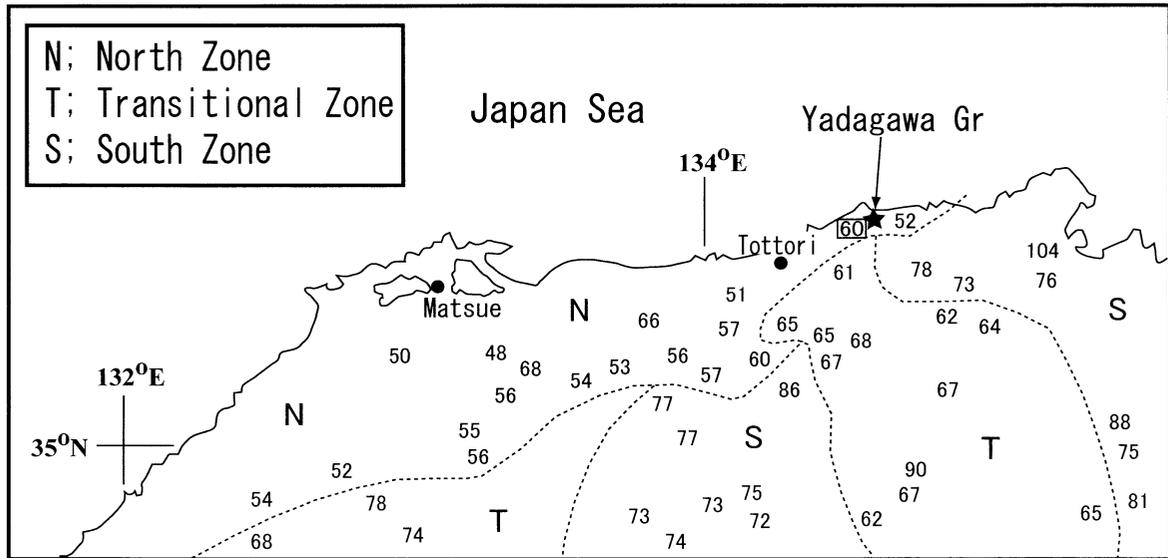


0.70769 および 0.70725 で、若干異なっている (Terakado and Nohda, 1993). このような Sr 同位体初生値の違いや K-Ar 年代に認められる大きな年代間隔等から判断して、バソリス状の宮津花崗岩はマグマソース・活動時期を若干異なる複数のマグマの活動によって形成された複合岩体である可能性が強く、今後の地質学的・岩石学的検討が必要であろう。また、兵庫県中西部の波賀町付近に分布するストック状の波賀花崗閃緑岩は、66.3 ± 2.2 Ma の K-Ar 黒雲母年代 (柴田, 1979)、鳥取県東部の沖山花崗閃緑岩体は 68.3 ± 2.9 Ma の K-Ar 黒雲母年代を示す (柴田, 1979)。矢田川花崗岩はこれらの花崗岩の活動とほぼ同時期で、これらの進入岩類と共に、山陰に広く分布する因美進入岩類の活動時期に相当する。

矢田川花崗岩はその周辺に分布する矢田川層群を貫き、熱変成作用を与えている。従って本地域に分布する矢田川層群は因美進入岩類に先行する火山岩類であるとする見解 (田結庄ほか, 1985) と一致する。Terakado and Nohda (1993) は、

第5図 Rb-Sr 全岩アイソクロン。

A：中粒～粗粒等粒状花崗岩および花崗斑岩によるアイソクロン。
B：上記サンプルに細粒等粒状石英閃緑岩および花崗閃緑岩を加えて求めた参考的アイソクロン。



第6図 山陰中東部地域の白亜紀-古第三紀花崗岩類の Sr 同位体初生値. 数値は小数点4桁表示のうち, 最後の2桁あるいは3桁を示す(例: 0.7054→54).
データの出典: Kagami et al. (1992) および本研究.

本地域南東方約 40 km の出石町周辺に分布する矢田川層群の溶結凝灰岩から角閃石, 斜長石およびカリ長石を分離し, Rb-Sr 鉱物アイソクロン年代を報告している. 分離された3種の鉱物によるアイソクロンは, $62.6 \text{ Ma} \pm 1.6 \text{ Ma}$ の年代と 0.70793 ± 0.00003 の Sr 同位体初生値を示すが, 全岩サンプルはこの鉱物アイソクロン上にプロットされない (Terakado and Nohda, 1993). Terakado and Nohda (1993) は, その要因として溶結凝灰岩が酸性岩および安山岩質物質の混合によって形成された可能性を指摘している. この鉱物アイソクロン年代は今回求めた矢田川花崗岩より誤差範囲を超えて若い, 本研究地域の矢田川層群の活動時期が出石地域の矢田川層群と同一であったという保証はなく, 今後本地域の矢田川層群についての年代学的検討が必要である. いずれにしても, 矢田川層群は近畿地方山陽帯に分布し, 110–80 Ma の年代を示す相生層群, 生野層群, 有馬層群等の火山岩類(中沢ほか, 1987 等)よりは明らかに若く, 山陰帯中西部の因美侵入岩類に先行して活動した, 60–75 Ma の年代を示す江津火山岩類(今岡ほか, 1982)や上島火山岩類(西田・飯泉, 1999)に対比される可能性が高い.

2. Sr 同位体初生値の地域変化

Kagami et al (1992) は西南日本の白亜紀-古第三紀花崗岩類についての Sr および Nd 同位体組成の広域変化について検討し, 山陰中西部には山陽側より Sr 同位体組成が低く, Nd 同位体組成が高い花崗岩類が分布することを明らかにし, このような花崗岩類が分布する地域を North Zone と呼んだ(第6図). North Zone の花崗岩類は一般に 0.706 以下の Sr 同位体初生値, -2 より高い ϵNd 初生値を示す. また, Kagami et al. (1992) は瀬戸内地域や中国地方東部の山陽側には Sr 同位体初生値が一般に 0.707 より高く, ϵNd 初生値が -3 より

低い花崗岩類が分布し, それらの分布地域を South Zone と呼び, また North Zone と South Zone の中間的な Sr · Nd 同位体組成を示す地域を Transitional Zone と呼んだ. 同様な Sr や Nd 同位体初生値の広域的变化は花崗岩地域に分布するほぼ同時期の閃緑岩や斑れい岩等にも認められる (Iizumi et al., 2000). 鳥取県東部から兵庫県にかけての日本海側の地域に分布する花崗岩類には, 西から東へ Sr 同位体初生値が高くなり, Nd 同位体初生値が低くなる傾向が認められ, North Zone から, Transitional Zone を経て, South Zone へと移り変わっている(第6図) (Kagami et al., 1992). 矢田川花崗岩は, 0.70603 ± 0.00016 の Sr 同位体初生値を示し, 多くの North Zone に産する花崗岩類の示す範囲の最も高い値に相当する. 矢田川花崗岩は, North Zone と Transitional Zone の境界付近に分布しており, 山陰東部から京都府北部にかけて, 花崗岩類の Sr 同位体初生値が徐々に高くなるという従来の指摘 (Kagami et al., 1992) と一致する.

謝 辞

岩石の化学分析に当たっては, 当教室の澤田順弘教授に, また岩石からの Sr 抽出に当たっては赤坂千秋さんにお世話になった. 記して感謝する次第である.

文 献

- 本間弘次, 1986, 中国地方の花崗岩の成因, 形成機構, 形成年代. 山陰放送学術分化財団レポート, **30**, 11–16.
猪木幸男・村上允英・大久保雅弘, 1987, 日本の地質7「中国地方」. 共立出版.
飯泉 滋, 1996, 表面電離型質量分析計, MAT 262 による岩石・鉱物試料の Sr · Nd 同位体組成の測定. 鳥根大学地球資源環境学研究

- 報告, **15**, 153-159.
- Iizumi, S., Imaoka, T. and Kagami, H., 2000, Sr-Nd isotope ratios of gabbroic and dioritic rocks in a Cretaceous-Paleogene granite terrain, Southwest Japan. *The Island Arc*, **9**, 113-127.
- 飯泉 滋・澤田順弘・先山 徹・今岡照喜, 1985, 中国・四国地方の白亜紀～古第三紀火成活動－火成岩類の対比を中心として－. *地球科学*, **39**, 372-384.
- 今岡照喜・上田 薫・村上允英・山内裕二・松里英雄・魚住誠司・谷本 晃, 1982, 鳥根県江津地域の白亜紀火山岩類. *山口大教養部紀要*, **16**, 43-52.
- Kagami, H., Iizumi, S., Tainosho, Y. and Owada, M., 1992, Spatial variations of Sr and Nd isotope ratios of Cretaceous-Paleogene granitoid rocks, Southwest Japan Arc. *Contrib. Miner. Petrol.*, **112**, 165-177.
- 河野義礼・植田良夫, 1966, 本邦産火成岩の K-Ar dating (V) - 西南日本の花崗岩類 -. *岩鉱*, **56**, 38-48.
- 中沢圭二・市川浩一郎・市原 実, 1987, 日本の地質 6「近畿地方」. 共立出版.
- 西田和浩・飯泉滋, 1999, 山陰帯北部に分布する白亜紀～第三紀珪長質火成岩類の Rb-Sr 年代と Sr 同位体初生値の時代変化. *日本地質学会第 106 年学術大会講演要旨*, 230.
- 先山 徹・田結庄良昭, 1995, 兵庫県下の白亜紀末～古第三紀初期深成岩類の分布と岩石記載. *人と自然*, **6**, 117-147.
- 笹田政克・山田直利・先山 徹・上田 薫, 1979, 東中国, 三朝・奥津・湯原地域の白亜紀後期～古第三紀火成岩類. *地質学論集*, **17**, 19-34.
- 柴田 賢, 1979, 東中国における花崗岩類の K-Ar 年代. *地質学論集*, **17**, 69-72.
- Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rocks its proper name. *Earth-Science Reviews*, **12**, 1-33.
- 田結庄良昭・弘原海 清・正岡邦夫・周琵琶湖花崗岩団体研究グループ, 1985, 近畿地方における白亜紀～古第三紀火成活動の変遷. *地球科学*, **39**, 358-371.
- Terakado, Y. and Nohda, N., 1993, Rb-Sr dating of acidic rocks from the middle part of the Inner Zone of southwest Japan: tectonic implications for the migration of the Cretaceous to Paleogene igneous activity. *Chemical Geol.*, **109**, 69-87.
- 上村不二雄・坂本 亨・山田直利・猪木幸雄, 1974, 1:200,000 地質図「鳥取」. 地質調査所.
- 弘原海 清・松本 隆, 1958, 北但馬地域の新生界層序－近畿北西部の新生界の研究－(その 1). *地質学雑誌*, **64**, 625-637.
- York, D., 1966, Least squares fitting of a straight line. *Can. J. Phys.*, **44**, 1079-1086.
- 吉田博直, 1961, 中国地方中部の後期中生代の火成活動. *広島大学地学研究報告*, **8**, 1-39.

(受付: 2001 年 12 月 3 日, 受理: 2001 年 12 月 10 日)