

## 伊那領家帯，吉瀬花崗閃緑岩の年代学的，同位体岩石学的研究

柚原 雅樹\*・宮崎 隆\*\*・加々美 寛雄\*\*\*

(平成15年11月30日受理)

## Geochronological and isotope geological study of the Kise Granodiorite in the Ina district of the Ryoke Belt, Southwest Japan Arc.

Masaki YUHARA\*, Takashi MIYAZAKI\*\* and Hiroo KAGAMI\*\*\*

(Received November 30, 2003)

### Abstract

The Kise Granodiorite is exposed only in the area around the Kise Dam in the Tenryu River, because this body is covered by the Quaternary terrace deposits. This is medium-grained massive hornblende bearing biotite granodiorite to granite, and intruded by medium-grained massive biotite granite dykes. Dark inclusions are often included in the granodiorite. The content of SiO<sub>2</sub> in the Kise Granodiorite ranges from 68.4 to 70.9 wt%, while that of the dark inclusion is 54.2 and 64.0 wt%. That of the biotite granite ranges from 74.9 to 76.6 wt%. Chemical compositions of the Kise Granodiorite are similar to that of the Ichida Granite in the Ina district. Biotite, felsic fractions and whole-rock samples from the body give Rb-Sr isochron ages of  $58.4 \pm 0.1$ ,  $59.8 \pm 0.2$ ,  $59.0 \pm 0.4$  and  $61.3 \pm 0.5$  Ma. The former two samples give K-Ar hornblende ages of  $67.0 \pm 0.8$  and  $67.9 \pm 0.7$  Ma, respectively (Yuhara et al., 2000). These ages are in the range of chonological data of the Ryoke granitoids in the Ina district, and may indicate timing that the body cooled down to about 300°C and 500°C, respectively. Based on cooling rate calculated by these ages, the timing of emplacement of the Kise Granodiorite was older than 75Ma. The initial Sr and Nd data of the Kise Granodiorite are in the range of the Ryoke granitoids shown by Yuhara et al. (2000), and are similar to that of the Ichida Granite.

Key words : Kise Granodiorite, Ryoke Belt, Ina district, Rb-Sr whole-rock and mineral isochron age.

---

\* 福岡大学理学部地球圏科学科, *Department of Earth System Science, Fukuoka University, Fukuoka 814-0180, Japan*

\*\* 海洋科学技術センター, *JAMSTEC, Beppu 874-0903, Japan*

\*\*\* 新潟大学大学院自然科学研究科, *Graduate School of Science and Technology, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan*

地球惑星科学関連学会2002年合同大会にて発表.

## はじめに

領家帯は、高温低圧タイプの広域変成岩類と花崗岩類から構成されるが、変成岩に比べ花崗岩類の露出量が極めて大きい。したがって、これら花崗岩類の活動の時空分布、花崗岩質マグマの生成・分化過程、起源物質の変遷の解明は、領家帯の形成過程、さらには、白亜紀における大陸地殻の成長プロセスを考える上で重要な役割を果たす。

そこで、筆者らは、伊那領家帯 (Fig.1) を中心に、花崗岩類の岩石学的、年代学的研究 (柚原, 1994; Yuhara, 1995; 柚原・加々美, 1995, 1999; 柚原ほか, 2000) を進めてきた。

長野県駒ヶ根市北方の吉瀬ダム周辺には小規模な花崗閃緑岩の露出が認められる (Figs.1, 2)。本岩体についての研究は、村山・片田 (1957) による若干の岩石記載があるのみで、それ以降報告はなく、その岩石学的特徴や化学組成は明らかに

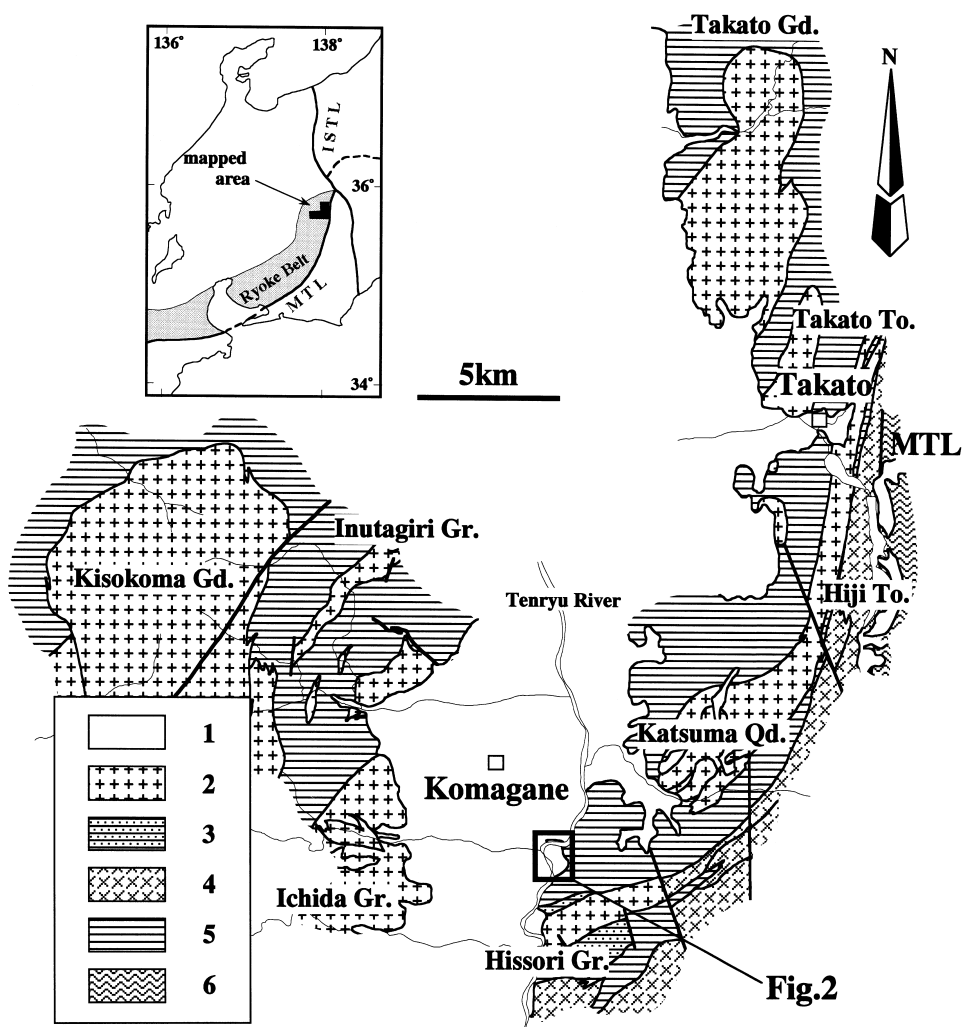


Fig. 1. Geological map of the Ina district of the Ryoke Belt.

1 : Quaternary system, 2 : Younger Ryoke granitoids, 3 : Migmatite, 4 : Older Ryoke granitoids, 5 : Ryoke metamorphic rocks, 6 : Sanbagawa metamorphic rocks.  
MTL : Median Tectonic Line, ISTL : Itoigawa-Shizuoka Tectonic Line.

されていない。筆者らは，伊那領家帯における研究を進める中で，本岩体についての地質調査と岩石学的検討も行った。本報告では，本岩体を吉瀬花崗閃緑岩と呼び，岩石記載，全岩化学組成，同位体比組成，同位体年代について述べる。

### 地質概説

吉瀬ダム周辺の地質は，領家変成岩類と花崗閃緑岩，これを不整合に覆う段丘堆積物からなる

(Fig. 2)．本地域の地質については，村山・片田（1957）による研究がある。

領家変成岩類は，泥質～砂質堆積岩源変成岩からなり，泥質変成岩は，堇青石－黒雲母，珪線石－堇青石－黒雲母などの鉱物組み合わせをもつ（Yuhara, 1995など）．なお，伊那領家帯の天竜川東岸部では，変成度は北西から南東に向かって増加する（Hayama, 1964a, b；Morikiyo, 1986など）．

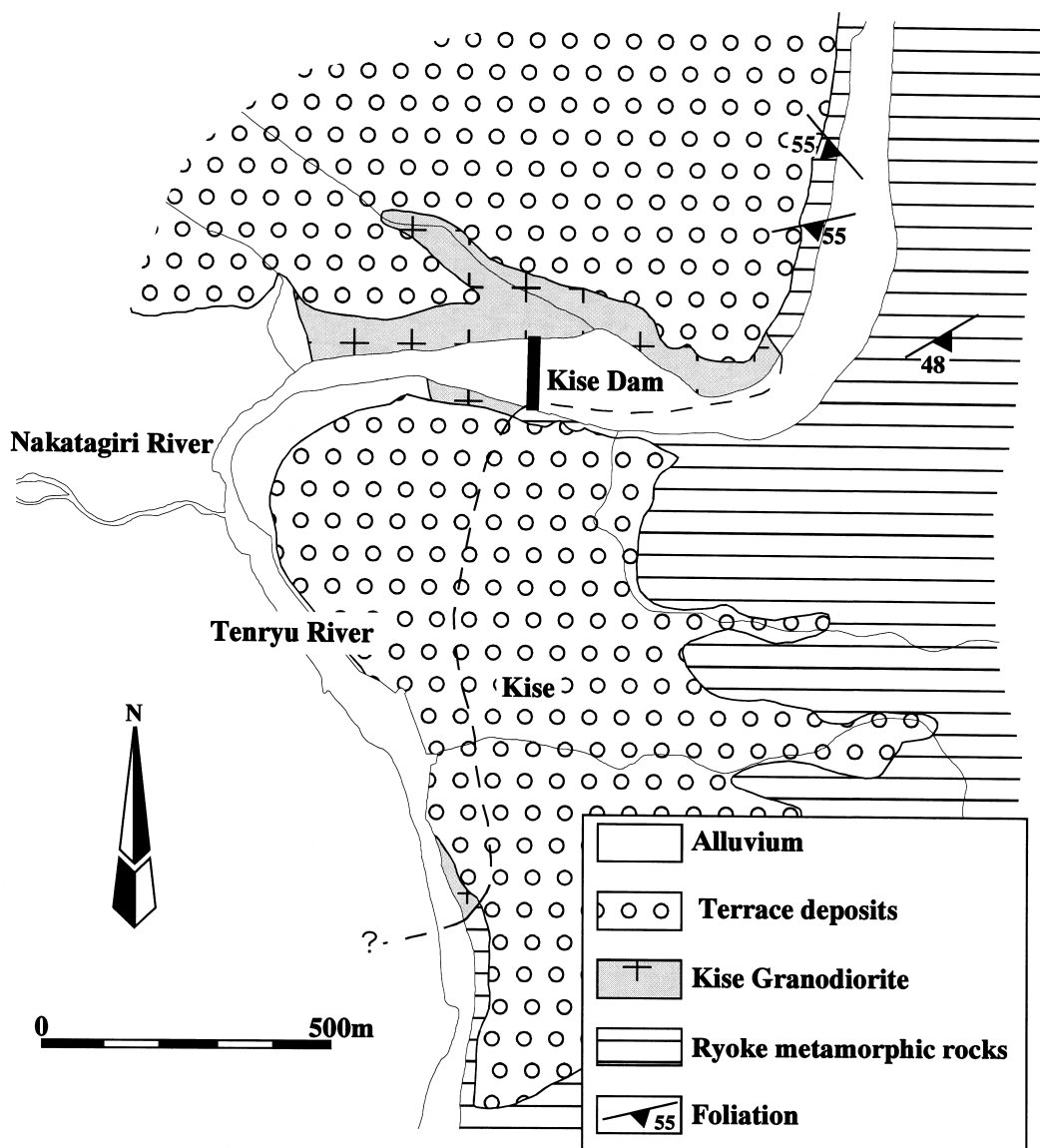


Fig. 2. Geological map of the area around the Kise Dam.

吉瀬ダムのダムサイト周辺には、中粒の花崗閃緑岩が分布する。村山・片田（1957）では、本花崗閃緑岩は、小岩体をなす花崗岩類とされ、簡単な記載しかされていない。本論文では、この花崗閃緑岩を吉瀬花崗閃緑岩と呼ぶ。

領家変成岩類と吉瀬花崗閃緑岩を不整合に覆う更新世の段丘堆積物は、砂質の基質中に花崗岩類および変成岩類からなる最大 3 m に達する円～亜円礫を含む礫層からなる。本調査地域を含む上伊那南部地域の更新統は、下位から東伊那礫層、東伊那粘土層、田切礫層<sup>たぎり</sup>、鳥居原礫層<sup>とりいはら</sup>に区分される（松島・寺平，1987）が、調査地域に分布する礫層は、田切礫層に相当すると考えられる。

### 吉瀬花崗閃緑岩の産状および岩石記載

本岩体は、大部分を段丘堆積物に覆われているため、露出は天竜川周辺に限られ、岩体の大きさは不明である（Fig. 2）。変成岩類との境界は確認できないが、変成岩類のフォリエーションを切って岩体は分布している。本岩は、中粒塊状の普通角

閃石含有黒雲母花崗閃緑岩～花崗岩であり（Fig. 3）、暗色包有物をしばしば含む（Figs. 4A-C）。暗色包有物は楕円形で、長径 1 ～ 35 cm である。母岩である吉瀬花崗閃緑岩との境界は、明瞭なものから不鮮明なものまであり、急冷縁は認められない。さらに、本花崗閃緑岩は幅 1 ～ 80 cm の中粒黒雲母花崗岩の岩脈に貫かれる（Figs. 4D-F）。

吉瀬花崗閃緑岩は、鏡下では、半自形粒状組織を示し（Fig. 5）、主に斜長石、石英、カリ長石、黒雲母とごく少量の普通角閃石からなり、副成分鉱物として、褐れん石、燐灰石、ジルコン、チタン石、不透明鉱物を伴う。斜長石（最大 3.5 mm）は累帯構造を示し、自形から他形で、斜長石、石英、黒雲母を包有する。斜長石とカリ長石の境界部には、ミルメカイトが認められる場合がある。斜長石の中心部は、一部セリサイト化している。石英（最大 3.8 mm）は他形で、斜長石、黒雲母、普通角閃石を包有し、波動消光を示す。カリ長石は他形で、他鉱物間を充填し、時に大きく成長しボーキリティックに斜長石、石英、黒雲母、普通

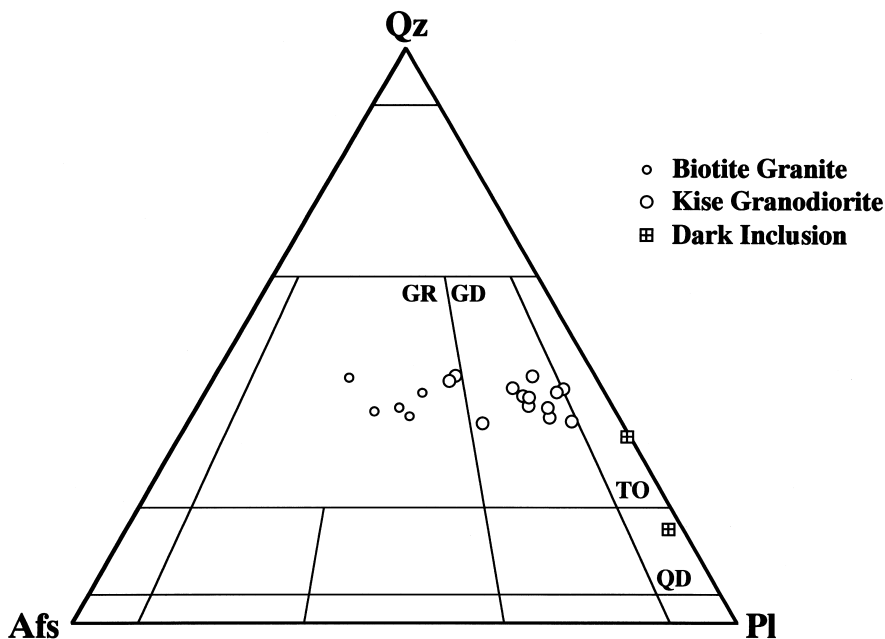
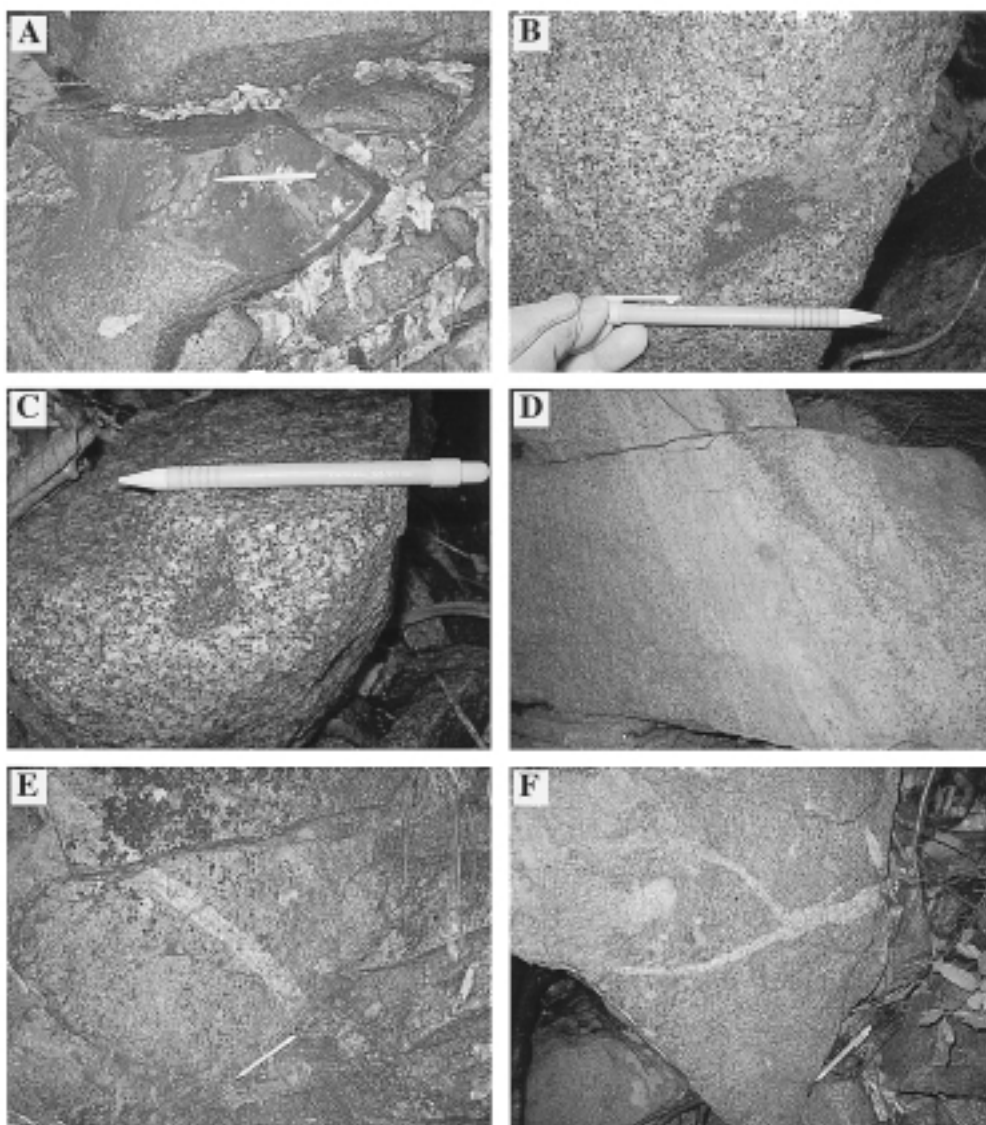


Fig. 3. Modal quartz - plagioclase - alkali-feldspar triangular diagram of the Kise Granodiorite and related rocks.

Qz : quartz, Afs : alkali-feldspar, Pl : plagioclase.

GR : granite, GD : granodiorite, TO : tonalite, QD : quartz diorite.



**Fig. 4.** Photographs of the Kise Granodiorite and related rocks.

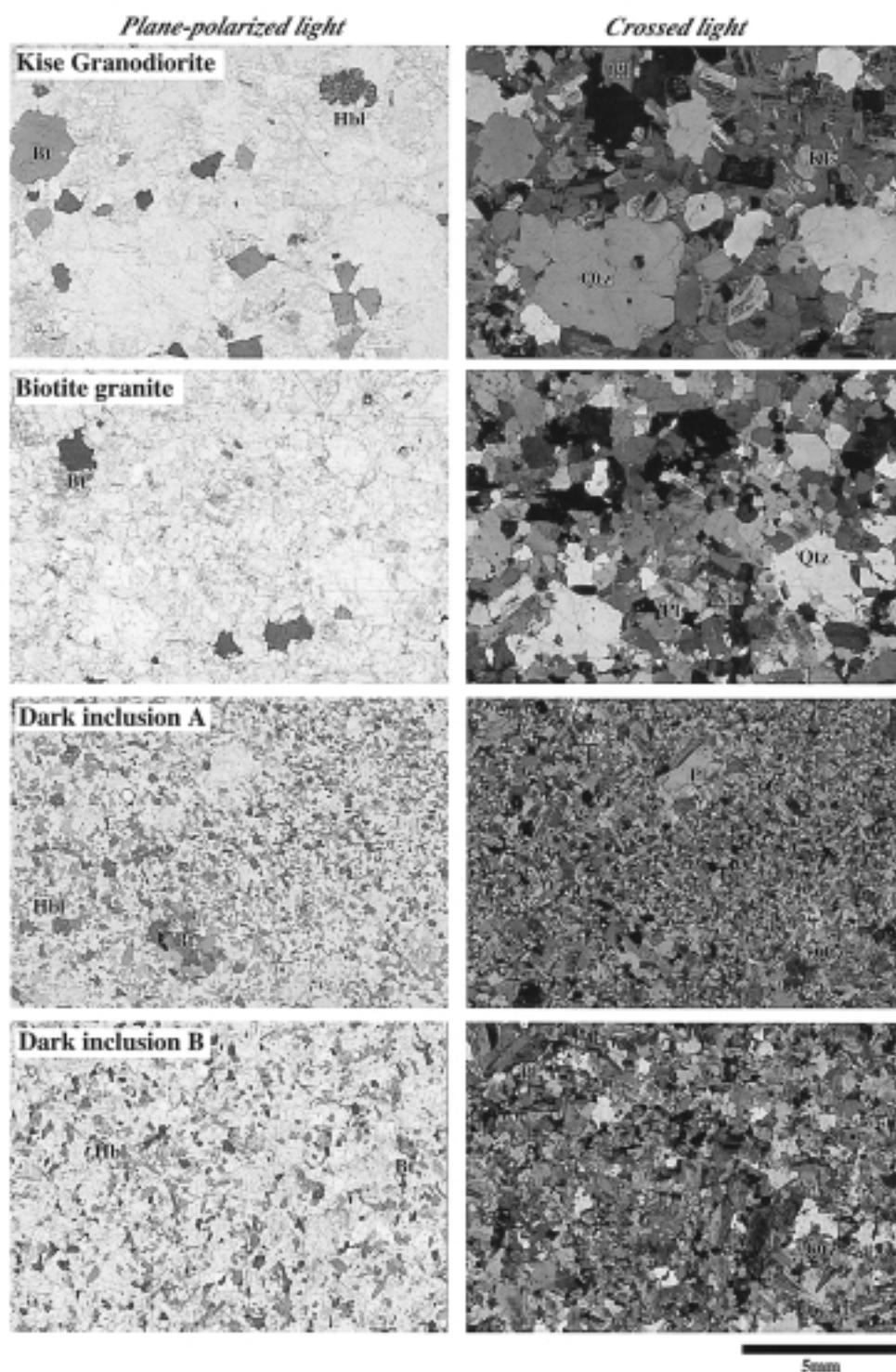
A-C : dark inclusions in the Kise Granodiorite, D-F : biotite granite dykes intruding into the Kise Granodiorite.

The width of biotite granite dyke in D is 30 cm.

角閃石を包有する。黒雲母（最大2.3mm）は赤褐色，自形から他形で，一部緑泥石化している。普通角閃石（最大2mm）は青緑色，半自形から他形で，一部緑泥石化している。

黒雲母花崗岩は，石英-斜長石-アルカリ長石図で花崗岩の領域にプロットされる（Fig.3）。本

岩は，鏡下では半自形粒状組織を示し（Fig.5），主に石英，カリ長石，斜長石，黒雲母からなり，副成分鉱物として，燐灰石，ジルコン，不透明鉱物を伴う。石英（最大2.5mm）は他形で，斜長石，黒雲母，カリ長石を包有し，波動消光を示す場合がある。カリ長石（最大2mm）は他形で，



**Fig. 5.** Photomicrographs of the Kise Granodiorite and related rocks.  
 Bt : biotite, Hbl : hornblende, Pl : plagioclase, Kfs : K-feldspar, Qtz : quartz.

他鉱物間を充填し, 時に大きく成長し (最大 4 mm) ボイキリティックに斜長石, 石英, 黒雲母を包有する場合もある. 斜長石 (最大 3 mm) は累帯構造を示し, 半自形から他形で, 石英, 黒雲母を包有する. 斜長石とカリ長石の境界部には, ミルメカイトが認められる場合がある. 斜長石の一部は, 中心部がセリサイト化している. 黒雲母 (最大 1.3 mm) は赤褐色, 自形から他形で, 一部緑泥石化している. 黒雲母は石英, 斜長石, 燐灰石, ジルコンを包有する.

暗色包有物は, 石英-斜長石-アルカリ長石図で, 石英閃緑岩領域にプロットされるものとトータル岩領域にプロットされるものがある (Fig. 3). 前者を暗色包有物A, 後者を暗色包有物Bとする. 暗色包有物Aは, 鏡下では斑状組織を示し (Fig. 5), 斑晶は斜長石, 黒雲母からなる. 石基は0.8mm以下と細粒で, 半自形粒状組織を示し, 主に斜長石, 石英, 普通角閃石, 黒雲母とごく少量のカリ長石からなり, 副成分鉱物として, 燐灰石, ジルコン, チタン石, 不透明鉱物を伴う. 斑晶の斜長石は累帯構造を示し, 最大 2 mmに達する. 半自形で, 普通角閃石, 黒雲母を包有する. この斜長石の一部は, 中心部がセリサイト化している. 斑晶の黒雲母は最大1.5mmに達し, 赤褐色, 自形から半自形である. 不透明鉱物をしばしば包有する. 石基を構成する鉱物のうち斜長石は, 累帯構造を示し, 半自形から他形で, 普通角閃石, 黒雲母を包有する. 石英は他形で, 他鉱物間を充填し, 斜長石, 普通角閃石, 黒雲母を包有する. 普通角閃石は青緑色, 自形から他形で, 黒雲母を包有する. 黒雲母は赤褐色, 自形から他形である. カリ長石は他形で, 他鉱物間を充填する. 暗色包有物Bは, 鏡下では, 半自形粒状組織を示し (Fig. 5), 主に斜長石, 石英, 黒雲母, 普通角閃石とごく少量のカリ長石からなり, 副成分鉱物として, 燐灰石, ジルコン, チタン石, 不透明鉱物を伴う. 斜長石 (最大2.5mm) は半自形から他形で, 累帯構造を示し, 他形で角の取れた輪郭を持つ普通角閃石, 黒雲母を多量に包有することが多い. 斜長石の一部は, 中心部がセリサイト化している. 石英 (最大 2 mm) は他形で, 他鉱物間を充填し, 斜長石, 普通角閃石, 黒雲母を包有する. 普通角閃石 (最大2.5mm) は青緑色, 自形から他形で, 黒雲母を包有する. 黒雲母 (最大 1 mm)

は赤褐色, 半自形から他形で, 一部緑泥石化している. カリ長石は他形で, 他鉱物間を充填する.

## 岩石の化学組成

吉瀬花崗閃緑岩体から採取した20試料 (Appendix 1) について, 主成分および微量元素の測定を行った. このうち, 吉瀬花崗閃緑岩が14試料, 黒雲母花崗岩が4試料, 暗色包有物が2試料である. 主成分および微量元素の測定には, 福岡大学理学部の蛍光X線分析装置 (ZSX100e) を用いた. 試料調製および測定方法は, 柚原・田口 (2003a, b), 柚原ほか (2004) に従った. FeOは, 過マンガン酸カリ溶液により滴定した. 測定結果をTable 1 に示す.

吉瀬花崗閃緑岩は SiO<sub>2</sub> 含有量が, 68.4~70.9wt%という狭い組成範囲を持つ (Table 1). 他の元素についても変化幅は小さい. 岩石の化学組成の変化を SiO<sub>2</sub>-酸化物図 (Fig. 6) でみると, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO\*, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O は, SiO<sub>2</sub> の増加とともに減少する. これに対し, K<sub>2</sub>O は SiO<sub>2</sub> の増加とともに若干増加する. 微量元素では (Fig. 7), 変化量が小さいものの, Rb, V, Zn は, SiO<sub>2</sub> の増加とともに減少する傾向にある. Sr, Y, Zr は, ほぼ一定であり, Ba, Nb は明瞭なトレンドは示さない. 黒雲母花崗岩の SiO<sub>2</sub> 含有量は74.9~76.6wt%であり, 吉瀬花崗閃緑岩のそれよりも高い (Table 1). また, 暗色包有物の SiO<sub>2</sub> 量は, 54.2 (暗色包有物A) と64.0wt% (暗色包有物B) である (Table 1).

## Sr および Nd 同位体比組成

### 1. 分析方法

吉瀬花崗閃緑岩の4試料について, アイソダイナミックセパレーターおよび重液を用いて, 普通角閃石・黒雲母・フェルシックフラクションを分離精製し, Sr および Nd 同位体比組成の分析を行った. 全岩および鉱物試料の Sr・Nd 同位体比は, 新潟大学理学部の MAT-262 型質量分析計と同大学院自然科学研究科の MAT-261 型質量分析計を用いて測定した. 測定方法は, Miyazaki and Shuto (1998) に従った. <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr 比および <sup>143</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd 比は <sup>86</sup>Sr/<sup>88</sup>Sr = 0.1194, <sup>146</sup>Nd/<sup>144</sup>Nd = 0.7219でそれぞれ規格化した. Sr・Nd 抽出におけるブランクは, Rb が<sup>0</sup>.25ng, Sr が<sup>0</sup>.52ngで,

**Table 1.** Whole-rock chemical compositions of the Kise Granodiorite and related rocks.

Sample No.	TN-69IN	TN-82	TN-52	TN-72	TN-51	TN-71	TN-81	TN-77	TN-48	TN-69
	D.I.A	D.I.B	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.
SiO <sub>2</sub> (wt%)	54.17	63.99	68.36	68.65	68.75	69.45	69.00	69.62	69.99	70.11
TiO <sub>2</sub>	0.95	0.63	0.52	0.49	0.49	0.48	0.53	0.41	0.46	0.49
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.25	15.88	15.31	15.12	15.42	15.10	15.02	14.99	14.98	14.78
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.17	0.86	0.38	0.05	0.24	0.74	0.62	0.13	0.40	0.33
FeO	8.22	4.37	2.70	2.90	3.16	2.62	3.03	2.68	2.81	2.88
MnO	0.26	0.13	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.06
MgO	3.30	2.11	1.08	0.92	0.92	0.94	1.00	0.81	0.89	1.04
CaO	5.97	5.65	3.54	3.51	3.49	3.27	3.35	3.34	3.19	3.45
Na <sub>2</sub> O	3.99	3.72	3.59	3.59	3.91	3.70	3.60	3.52	3.70	3.52
K <sub>2</sub> O	2.41	1.35	2.51	2.58	2.15	2.33	2.35	2.80	2.19	2.28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.20	0.13	0.12	0.13	0.12	0.12	0.13	0.11	0.12	0.12
L.O.I.	0.54	1.09	0.41	0.55	0.58	0.74	0.72	0.69	0.48	0.36
Total	99.34	99.91	98.89	98.88	99.65	99.56	99.42	99.16	99.59	99.74
Ba(ppm)	514	335	640	609	533	506	577	634	513	587
Co	37	63	11	68	7	73	88	88	70	82
Cr	44	34	13	9	10	9	15	7	8	13
Cu	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	6	<4	n.d.	n.d.	7	n.d.
Ga	23	18	19	19	20	19	19	18	19	18
Nb	22	9	10	11	12	11	11	9	11	9
Ni	<4	5	7	5	6	<4	5	<4	<4	5
Pb	16	15	17	16	16	15	16	18	16	17
Rb	81	41	67.9*	71	84.9*	67.5*	69	73.7*	61	59
S	32	106	12	8	21	10	14	16	47	11
Sr	317	399	387*	364	361*	353*	358	359*	352	363
Th	<4	<4	5	5	6	5	6	5	6	5
V	130	73	31	25	28	29	30	26	25	34
Y	75	23	16	18	22	19	24	18	21	17
Zn	174	97	68	70	74	73	73	60	68	64
Zr	157	137	171	304	212	190	203	167	176	161

Sample No.	TN-70	TN-49	TN-68	TN-74	TN-44	TN-45	TN-83	TN-79	TN-80	TN-78
	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Kise Gd.	Bio.Gr.	Bio.Gr.	Bio.Gr.	Bio.Gr.
SiO <sub>2</sub> (wt%)	70.12	70.23	70.33	70.38	70.43	70.92	74.89	75.62	75.83	76.61
TiO <sub>2</sub>	0.42	0.46	0.45	0.42	0.44	0.44	0.10	0.12	0.07	0.05
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.81	14.64	14.49	14.78	14.61	14.25	13.68	12.92	13.22	13.29
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.42	0.58	0.13	1.05	0.36	0.30	0.02	0.04	0.02	0.02
FeO	2.48	2.61	2.81	1.94	2.70	2.74	0.60	0.89	0.53	0.30
MnO	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.01	0.02	0.02	0.01
MgO	0.83	0.87	0.89	0.80	0.85	0.87	0.21	0.25	0.16	0.08
CaO	3.06	2.92	3.31	2.94	3.07	3.22	1.46	1.18	1.25	1.27
Na <sub>2</sub> O	3.44	3.26	3.40	3.48	3.44	3.37	2.75	2.69	2.79	3.92
K <sub>2</sub> O	2.92	3.04	2.61	2.75	2.69	2.42	5.57	5.26	5.37	3.85
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.11	0.12	0.12	0.11	0.12	0.12	0.02	0.02	0.01	0.00
L.O.I.	0.40	0.40	0.49	0.54	0.46	0.38	0.39	0.40	0.30	0.28
Total	99.35	99.48	99.40	99.47	99.53	99.39	99.70	99.41	99.57	99.68
Ba(ppm)	882	843	548	644	874	622	885	1100	1706	64
Co	64	88	82	75	10	9	61	80	80	76
Cr	8	5	12	9	8	9	8	11	10	8
Cu	<4	n.d.	n.d.	<4	<4	<4	6	12	10	8
Ga	18	17	18	18	18	18	14	13	13	15
Nb	9	10	9	9	10	10	<5	5	<5	<5
Ni	4	<4	5	4	8	8	7	6	7	8
Pb	18	18	18	18	16	16	33	30	32	32
Rb	69	74	64	76.3*	65.1*	61.2*	79	81	78	63
S	12	7	14	13	9	30	23	29	44	9
Sr	359	347	349	346*	368*	359*	241	205	249	71
Th	5	6	7	8	5	7	5	6	<4	9
V	24	25	26	26	27	27	6	7	7	<4
Y	17	20	15	19	18	18	15	13	9	12
Zn	61	65	61	62	64	64	15	20	14	10
Zr	175	178	177	174	203	181	37	47	24	41

L.O.I.: loss on ignition, n.d.: not detected, D.I.: dark inclusion, Gd.: granodiorite, Bio.: biotite, Gr.: granite.

\*determined by isotope dilution.



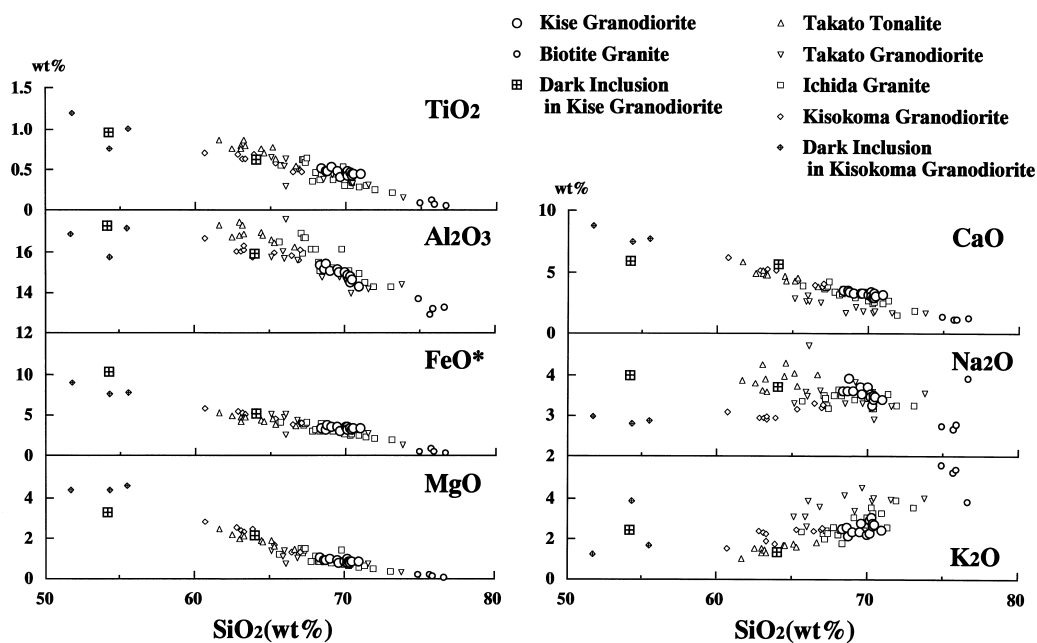


Fig. 6. SiO<sub>2</sub>-oxides diagrams of the Kise Granodiorite and related rocks.  
FeO\* is total iron as FeO.  
Data sources : Yuhara (1994), Yuhara and Kagami (1999).

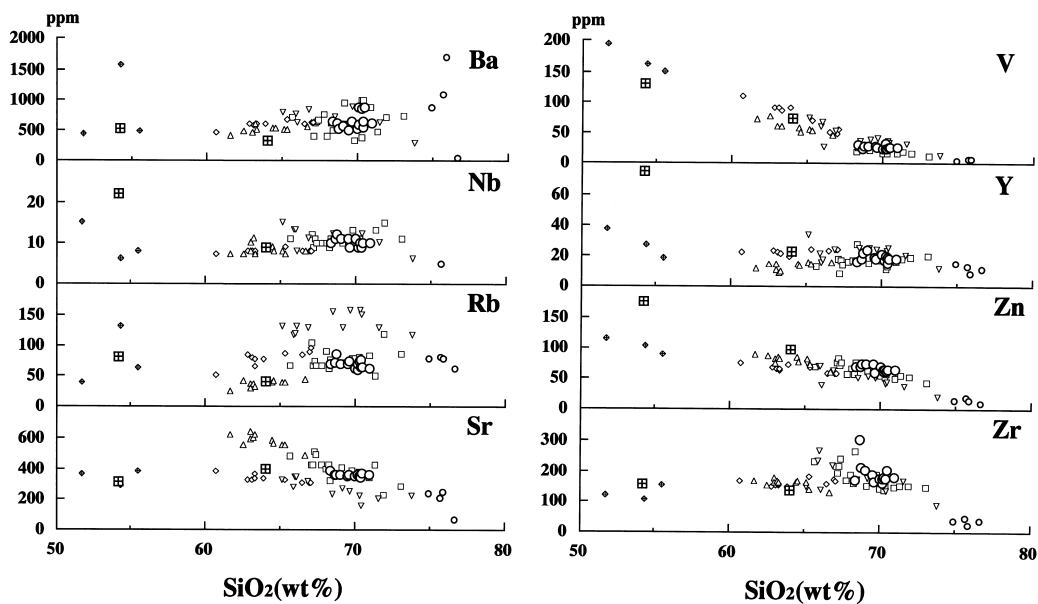


Fig. 7. SiO<sub>2</sub>-minor element diagrams of the Kise Granodiorite and related rocks.  
Symbols are the same as those in Figure 6.

Sm が $0.025\text{ng}$ , Nd が $0.22\text{ng}$  であった. 各試料の  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比および  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  比は, 同じ測定期間中に測定した Sr 同位体比標準試料 NBS-987 の Sr 同位体比および JB-1a の Nd 同位体比を, それぞれ $0.710241$  (柚原, 1994; 柚原・加々美, 1995) と $0.512784$ に補正した値である. JB-1a の $0.512784$ という値は, USGS の標準試料の BCR-1 の $0.512638$ に相当する (Kagami et al., 1989). Rb, Sr, Sm, Nd の定量は,  $^{87}\text{Rb}$ - $^{84}\text{Sr}$  ミックススパイクおよび  $^{149}\text{Sm}$ - $^{150}\text{Nd}$  ミックススパイクを用いた同位体希釈法により測定した. 測定結果を Table2 に示す.

アイソクロン年代および初生値は, York (1966) の方法により,  $^{87}\text{Rb}$  の崩壊定数:  $1.42 \times 10^{-11}/\text{y}$  (Steiger and Jäger, 1977),  $^{147}\text{Sm}$  の崩壊定数:  $6.54 \times 10^{-12}/\text{y}$  (Lugmair and Marti, 1978) を用いて計算した. 計算には, 川野 (1994) のプログラムを使用した. この際,  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  の測定誤差は $0.5\%$  ( $1\sigma$ ),  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  は $0.01\%$  ( $1\sigma$ ) として計算した. 得られた年代の誤差は,  $2\sigma$  で示した.

## 2. Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代

全岩試料では,  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  および  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比の変化範囲が狭いため, アイソクロン年代は得られなかった.

全岩, 黒雲母, フェルシチックフラクションによる Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代として

$58.4 \pm 0.1$ ,  $59.0 \pm 0.4$ ,  $59.8 \pm 0.2$ ,  $61.3 \pm 0.5$  Ma を得た (Fig. 8).

## 考 察

$\text{SiO}_2$ -酸化物図および微量元素図 (Figs. 6, 7) において, 伊那領家帯に分布する吉瀬花崗閃緑岩を含む花崗閃緑岩体 (高遠花崗岩体, 木曽駒花崗閃緑岩, 市田花崗岩: Fig. 1) の変化傾向をみると,  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Ba}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{V}$ ,  $\text{Zr}$  では, これらの花崗岩体間の違いは認められない. 高遠花崗岩体の一部をなす高遠花崗閃緑岩 (柚原・加々美, 1999) は, 他の花崗岩体のトレンドからはずれる傾向が強く,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Sr}$ ,  $\text{Zn}$  に乏しく,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Rb}$ ,  $\text{Y}$  に富む傾向がある. また, 木曽駒花崗閃緑岩は  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Sr}$  に乏しい傾向がある. 吉瀬花崗閃緑岩の組成変化トレンドは, 市田花崗岩のそれに良く一致している. 黒雲母花崗岩は, 吉瀬花崗閃緑岩よりも高い  $\text{SiO}_2$  含有量を有するが, ほとんどの元素で, 吉瀬花崗閃緑岩の組成変化トレンドの延長上にはない. したがって, 黒雲母花崗岩は吉瀬

花崗閃緑岩の分化物ではないと考えられる. また, 暗色包有物のうち, 暗色包有物 A は  $\text{SiO}_2$  含有量が $54.2\text{wt}\%$ で, 木曽駒花崗閃緑岩の暗色包有物の  $\text{SiO}_2$  含有量の変化範囲内にあるが, これらとは組成が異なり,  $\text{FeO}^*$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{Nb}$ ,  $\text{Y}$ ,  $\text{Zn}$  に富み,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{V}$  に乏しい傾向があり, これ

**Table 2.** Rb, Sr, Sm and Nd concentrations and isotopic data of the Kise Granodiorite and related rocks.

Sample No.	Rb(ppm)	Sr(ppm)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(2\sigma)$	$\text{SrI}^*$	Sm(ppm)	Nd(ppm)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}(2\sigma)$	NdI*
TN-44	65.1	368	0.5121	0.70901(1)	0.70846	3.87	19.3	0.1214	0.512351(9)	0.512291
Biotite	403	7.05	167.5	0.84882(2)		1.96	3.81	0.3101	0.512324(12)	
Felsic fraction	22.6	359	0.1820	0.70867(1)		0.330	1.37	0.1454	0.512314(16)	
TN-45	61.2	359	0.4936	0.70898(1)	0.70845	4.82	26.4	0.1102	0.512353(10)	0.512243
Biotite	405	6.86	173.3	0.85272(2)						
Felsic fraction	17.3	324	0.1543	0.70869(1)						
TN-51	84.9	361	0.6805	0.70901(1)	0.70828	4.36	21.3	0.1241	0.512316(11)	0.512255
Biotite	452	3.96	340.2	1.00474(4)						
Felsic fraction	15.2	354	0.1241	0.70861(1)						
TN-52	67.9	387	0.5077	0.70895(1)	0.70841	3.60	19.5	0.1115	0.512296(10)	0.512241
Biotite	387	53.2	214.3	0.89056(1)						
Felsic fraction	15.8	366	0.1254	0.70859(1)						
TN-74	76.3	346	0.6385	0.70902(1)	0.70834	4.22	19.4	0.1314	0.512272(13)	0.512208
TN-77	73.7	359	0.5935	0.70899(1)	0.70836	4.20	20.8	0.1220	0.512317(23)	0.512257
Average					0.70838					0.512249
TN-69IN	81	317	0.7394	0.70910(1)	0.70831					

\*corrected by 75Ma.

らとは起源が異なると考えられる。暗色包有物 B は  $\text{SiO}_2$  含有量が 64.0wt% で, 暗色包有物 A と吉瀬花崗閃緑岩の間にある。暗色包有物 A と暗色包有物 B は, 鉱物組み合わせや組織も大きく異なることから, 起源, 成因が異なると考えられる。Ga, Pb, S, Th については, 他の領家花崗岩類のデータが少ないため, 比較することができない。今後これらの元素の分析を進める必要があろう。

全岩試料では,  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  および  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比の変化範囲が狭いため, アイソクロン年代は得られない。さらに, その配列は Yuhara (1995) で示されている市田花崗岩の全岩アイソクロンとは斜交する。しかし, これは  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  および  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比の変化幅が狭いためであり, 両者に有意な差があるとはいえない。本岩体の 4 試料からは 58.4~61.3Ma の Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代を得た。さらに, このうち 2 試料については,  $67.0 \pm 0.8$  (TN-45),  $67.9 \pm 0.7$  Ma (TN-52) の K-Ar 普通角閃石年代が報告されている (Yuhara et al., 2000)。これらの年代値は, 伊那領家帯の花崗岩類の鉱物年代 (Yuhara et al., 2000) の範囲 (48.8~74.2Ma) 内に入り, 本岩体が約 300°C および約 500°C に冷却した時期 (Wagner et al., 1977; Harrison, 1981; Harrison et al., 1985

; Nishimura and Mogi, 1986) を示すと考えられる。

Rb-Sr 全岩-鉱物アイソクロン年代と K-Ar 普通角閃石年代から見積もられる冷却速度は, 25 および 23°C/Ma である。これは伊那領家帯の花崗岩体の冷却速度の範囲内にあり (Fig. 9), これらの岩体と同様に, 伊那領家帯における火成活動の終了と変成帯の上昇に伴って冷却したと考えられる (Yuhara et al., 2000)。鉱物年代と冷却速度から吉瀬花崗閃緑岩の活動時期は, 少なくとも 75Ma よりも古いと考えられる。75Ma で年代補正した本岩体の Sr および Nd 同位体比初生値の平均値は, 0.70838 と 0.512249 である (Table 2)。この値は, 領家花崗岩類の Sr・Nd 同位体比初生値 (Yuhara et al., 2000, 2003) の範囲内にあり (Fig. 10), 市田花崗岩の同位体比初生値に近い。これは, 主成分および微量元素組成の特徴と矛盾しない。暗色包有物 A の Sr 同位体比初生値は 0.70831 であり (Table 2), 吉瀬花崗閃緑岩のそれとほぼ一致する。したがって, 主成分・微量元素組成, Sr・Nd 同位体比組成から, 吉瀬花崗閃緑岩は市田花崗岩のメンバーである可能性が高い。市田花崗岩の露出域から本岩体までは 5 km 程度離れている (Fig. 1) が, 市田花崗岩は本曾

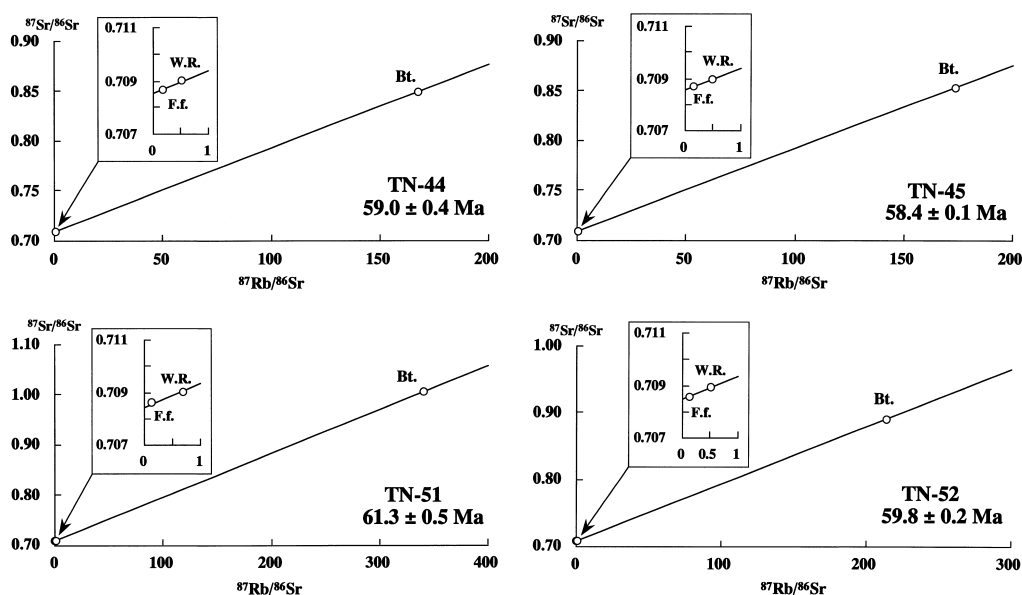


Fig. 8. Rb-Sr whole-rock and mineral isochron diagrams of the Kise Granodiorite.

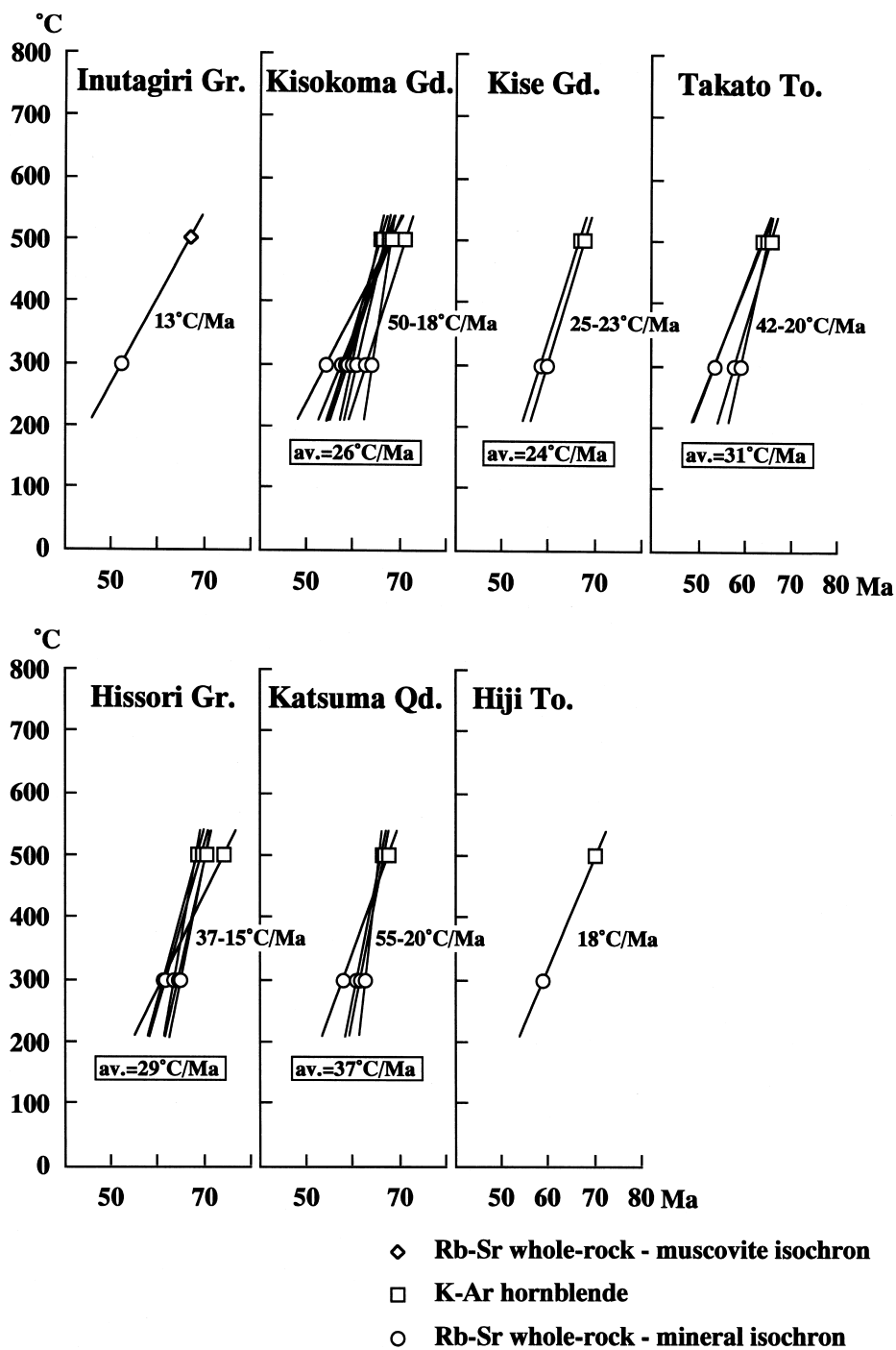


Fig. 9. Cooling rate of the Ryoke granitoids in the Ina district.  
Data sources : Yuhara et al. (2000) and this study.

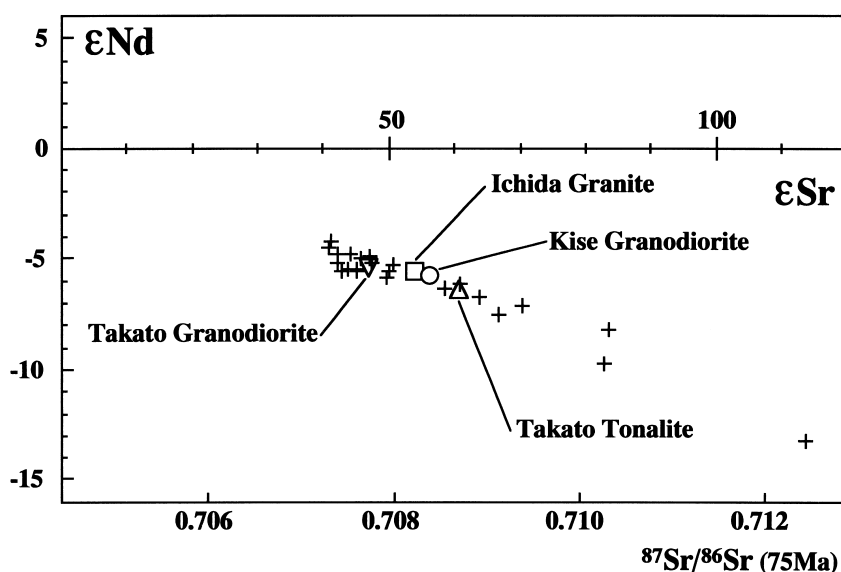


Fig. 10. Initial  $\epsilon$  Sr vs.  $\epsilon$  Nd diagram of the Ryoke granitoids.

Symbols are the same as those in Figure 6. The small crosses are other Ryoke granitoids.

CHUR parameters for calculation of initial  $\epsilon$  Sr and  $\epsilon$  Nd values are :

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  (present) = 0.7045,  $^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$  (present) = 0.0827,

$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  (present) = 0.512638,  $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$  (present) = 0.1966.

Data sources : Kagami et al. (1988, 1992, 1995), Yuhara (1994, 1995), Yuhara and Kagami (1995, 1999), Yuhara et al. (1998, 2003), Fujii et al. (2000), Morioka et al. (2000) and this study.

山地東麓に南北約20km, 東西約5 kmにわたって露出しており, その一部もしくは派生岩体が本調査地域に分布していると考えられる。

## 謝 辞

野外調査の際には, 長野県駒ヶ根市の佐野 栄氏にお世話になった。佐賀大学文化教育学部 of 川野良信助教授には粗稿を読んでいただき, 有益な討論をいただいた。福岡大学理学部の鮎沢 潤博士には査読をしていただき, 有益な助言をいただいた。以上の方々に心から感謝いたします。

## 文 献

Fujii, H., Tainosho, Y., Kagami, H. and Kakiuchi, T., 2000, Sr-Nd isotopic systematics and geochemistry of intermediate plutonic rocks from Ikoma Mountains, Southwest Japan: evidence for a sequence

of Mesozoic magmatic activity in the Ryoke Belt. *The Island Arc*, **9**, 37-45.

Harrison, T. M., 1981, Diffusion of  $^{40}\text{Ar}$  in hornblende. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **78**, 324-331.

Harrison, T. M., Duncan, I. and McDougall, I., 1985, Diffusion of  $^{40}\text{Ar}$  in biotite: temperature, pressure, and compositional effects. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **49**, 2461-2468.

Hayama, Y., 1964a, Progressive metamorphism of pelitic and psammitic rocks in the Komagane district, Nagano Pref., central Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo, sec. 2*, **15**, 321-369.

Hayama, Y., 1964b, Progressive metamorphism of basic rocks of the Ryoke metamorphic belt in the Komagane district, Nagano Pref.,

- central Japan. *Japan Jour. Geol. Geogr.*, **35**, 193-204.
- Kagami, H., Yokose, H. and Honma H., 1989,  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  and  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$  ratios of GSJ rock reference samples; JB-1a, JA-1 and JG-1a. *Geochem. Jour.*, **23**, 209-214.
- Kagami, H., Honma, H., Shirahase, T. and Nureki, T., 1988, Rb-Sr whole rock isochron ages of granites from northern Shikoku and Okayama, Southwest Japan: implications for the migration of the Late Cretaceous to Paleogene igneous activity in space and time. *Geochem. Jour.*, **22**, 69-79.
- 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. Mineral. Petrol.*, **112**, 165-177.
- Kagami, H., Yuhara, M., Tainosho, Y., Iizumi, S., Owada, M. and Hayama, Y., 1995, Sm-Nd isochron ages of mafic igneous rocks from the Ryoke Belt, Southwest Japan: remains of Jurassic igneous activity in a late Cretaceous granitic terrane. *Geochem. Jour.*, **29**, 123-135.
- 川野良信, 1994, パーソナルコンピュータを用いたRb-Sr, Sm-Ndアイソクロン計算プログラム. 情報地質, **5**, 13-19.
- Lugmair, G. W. and Marti, K., 1978, Lunar initial  $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ : differential evolution of the Lunar crust and mantle. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **39**, 349-357.
- 松島伸幸・寺平 宏, 1987, 伊那谷の第四紀礫層と火山灰層の年代について. 下伊那教育会自然研究紀要, **9**, 99-110.
- Miyazaki, T. and Shuto, K., 1998, Sr and Nd isotope of twelve GSJ rock reference samples using MAT262 mass spectrometer. *Geochem. Jour.*, **32**, 345-350.
- Morikiyo, T., 1986, Hydrogen and carbon isotope studies on the graphite-bearing metapelites in the northern Kiso district of Central Japan. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **94**, 165-177.
- Morioka, K., Tainosho, Y. and Kagami, H., 2000, Rb-Sr isochron ages of the Cretaceous granitoids in the Ryoke belt, Kinki district, Southwest Japan. *The Island Arc*, **9**, 46-54.
- 村山正郎・片田正人, 1957, 5万分の1地質図福「赤穂」, および同説明書, 地質調査所, 45p.
- Nishimura, S. and Mogi, T., 1986, The interpretation of discordant ages of some granitic bodies. *Jour. Geotherm. Res. Soc. Japan*, **8**, 145-164.
- Steiger, R. H. and Jäger, E., 1977, Subcommission on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochemistry. *Earth Planet. Sci. Lett.*, **36**, 359-362.
- Wagner, G. A., Reimer, G. M. and Jäger, E., 1977, Cooling ages derived by apatite fission-track, mica Rb-Sr and K-Ar dating: the uplift and cooling history of the Central Alps. *Memoirs of Institute of Geology and Mineralogy, University of Padova*, **30**, 1-27.
- York, D., 1966, Least-squares fitting of a straight line. *Can. Jour. Physics*, **44**, 1079-1086.
- 柚原雅樹, 1994, 伊那地方領家帯における太田切花崗岩の貫入時期と領家変形-変成作用: Rb-Sr 全岩アイソクロン年代による検討. 岩鉱, **89**, 269-284.
- Yuhara, M., 1995, *Tectonism, metamorphism and plutonism of the Ryoke belt in the Ina district, Central Japan*. Doctoral Thesis, Okayama University, 226p.
- 柚原雅樹・加々美寛雄, 1995, 勝間石英閃緑岩体の冷却史. 地質雑, **101**, 434-442.
- 柚原雅樹・加々美寛雄, 1999, 伊那領家帯, 高遠花崗岩の年代学的, 同位体岩石学的研究. 地質雑, **105**, 181-192.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2003a, 蛍光X線分析装置 ZSX100eによる珪酸塩岩石の主成分および微量元素の定量分析. 福岡大学理学集報, **33**, 25-34.
- 柚原雅樹・田口幸洋, 2003b, ガラスビード法に

よる珪酸塩岩石のCoおよびSの蛍光X線分析.  
福岡大学理学集報, **33**, 77-81.

柚原雅樹・古川直道・田口幸洋, 2004, 粉末ペレット法による珪酸塩・炭酸塩岩石の微量元素の蛍光X線分析. 福岡大学理学集報, **34**, 43-49.

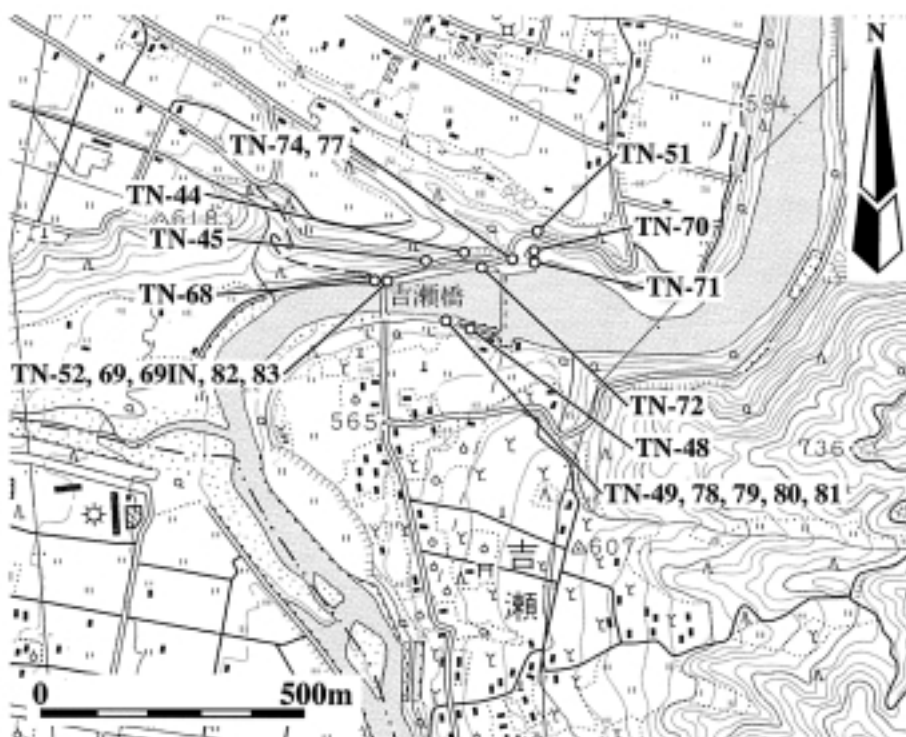
柚原雅樹・原文宏・加々美寛雄, 2000, 非持トータル岩のRb-Sr, Sm-Nd年代とその意義. 地質学論集, no. 56, 241-253.

Yuhara, M., Kagami, H. and Nagao, K., 2000, Geochronological characterization and petrogenesis of granitic rocks in the Ryoke belt, Southwest Japan Arc: constraints

from K-Ar, Rb-Sr and Sm-Nd systematics. *The Island Arc*, **9**, 64-80.

柚原雅樹・高橋 浩・加々美寛雄, 1998, 淡路島の花崗岩類のRb-Sr全岩アイソクロン年代と起源物質. 地質調査所月報, **49**, 477-491.

Yuhara, M., Miyazaki, T., Kagami, H. and Yuhara, M., 2003, Rb-Sr and K-Ar geochronology and petrogenesis of the Aji Granite in the eastern Sanuki district, Ryoke Belt, southwest Japan. *Jour. Mineral. Petrol. Sci.*, **98**, 19-30.



Appendix 1. Sample localities of the Kise Granodiorite and related rocks.  
Topographic map 1 : 25,000 Akaho published by the Geographical Survey Institute of Japan.