岡山県北部湯原地域の後期白亜紀～古第三紀侵入岩類*

笹 田 政 克**

Late Cretaceous-Paleogene intrusive rocks in the Yubara area,
Okayama Pref., Southwest Japan

Masakatsu SASADA**

Abstract Various kinds of plutonic and volcanic rocks of Late Cretaceous to Early Paleogene ages are widely distributed in the Yubara area. The volcanic rocks are composed mainly of andesitic to dacitic pyroclastics. Field evidences show that the intrusion of plutonic rocks can be divided into the following five stages.

The intrusive rocks of the first stage are the Inatsu and Tainosaka masses which are small stocks of gabbroic composition, and the intrusives of the second stage are the Yubara South and Kayami masses which are mainly quartz gabbro. The intrusives of the third stage are the Yubara North and Unanji masses which are mainly granodiorite. The intrusives of the fourth stage are leucocratic granophyres. The coarse-grained biotite granite, the Suribachiyama mass, is inferred to have intruded at the third or fourth stage. The last stage of the plutonism is represented by the intrusion of diabase and porphyrite dikes.

The intrusive rocks in the Yubara area are comparable to those in the adjacent Kurayoshi-Okutsu and Neu areas. In these areas the plutonic activity generally began with the intrusion of basic rocks, then the composition of successive intrusions changed to more acid ones. Finally, the dikes of basic to intermediate composition intruded. The leucocratic granophyres in the Yubara area are comparable to those in the Neu area, but are probably different from those of the first stage in the Kurayoshi-Okutsu area.

はじめに

岡山県北部から鳥取県にかけての地域には、後期白亜紀から古第三紀の火成岩類が東西方向に伸びた形で帯状に分布している (ICHIKAWA *et al.*, 1968; 地質調査所, 1973). この時代の火成岩類は中国地方に広く分布しているが、本地域は其中で地質学的、記載岩石学的研究がすすんでいる地域の 1 つである (山田, 1961, 1966; 村山・大沢, 1961; 太田, 1962a-c; 村山ほか, 1963; 服部・片田, 1964; 鳥取県, 1966).

侵入岩類については、詳しい記載に基いて、倉吉・奥津地域 (村山ほか, 1962) および根雨地域 (HATTORI & SHIBATA, 1974) でそれぞれ活動史が編まれている。しかし両地域の間には地質の概略しかおさえられていない

ところもあって、岡山県北部から鳥取県にかけての地域にまともって分布する 侵入岩類全体の活動史を編むには、まだ問題が残されている。

筆者は、倉吉・奥津地域と根雨地域の中間に位置する湯原地域で、後期白亜紀から古第三紀の侵入岩類の岩石学的研究をすすめてきた (笹田, 1975, 1977)。本論文では、湯原地域に分布する各種侵入岩類の産状および相互関係について報告する。また、倉吉・奥津地域と根雨地域の同時代の侵入岩類との対比も行い、そこででてきた問題点もあわせて報告する。

本論文においてカコウ岩質岩類の岩石名は、IUGS の小委員会が提案した分類法 (STRECKEISEN, 1973) に従っているが、他の著者のつけた岩石名を引用する場合および組織の特徴から岩石名をつける場合には、この限りではない。

なお、本研究は筆者が東京教育大学大学院在学中に行ったものである。

1977 年 7 月 20 日 受理

* 第 82 年学術大会で一部講演。

** 地質調査所地殻熱部, Geothermal Research Department, Geological Survey of Japan, Kawasaki, 213 Japan.

地 質 概 説

湯原地域の後期白亜紀から古第三紀の火成岩類の基盤は、石炭～二畳系の古生層（小林，1950；山田，1951；小西，1951，1954 a；長谷，1973）よりなる（Fig. 1）。古生層は砂質、泥質岩、チャート、石灰岩および塩基性火成岩類よりなる。また、蛇紋岩の岩石が古生層中に東西方向に伸びた形で分布している。これら全体は三郡変成作用を被っており、その結果ブドウ石-パンペリー石変グレイワッケ相およびラン閃石片岩相の変成岩になっている（HASHIMOTO, 1968）。

湯原地域では、侵入岩類の絶対年代は求められていないが、周辺地域の侵入岩類は、69～33m. y.（河野・植田，1966；SHIBATA & YAMADA, 1965；HATTORI & SHIBATA, 1974）という後期白亜紀から古第三紀の年代を示す。これらに貫かれる火山岩類については、それらの

分布が侵入岩類と密接であることから、ほぼ同時代のものと考えられている（山田，1951；ICHIKAWA *et al.*, 1968）。なおこれら火山岩類は、層位的には下部ジュラ系の山奥層を不整合に覆うことが、本調査地域の南西方2kmのところで確認されている（小西，1954 b）。

本調査地域の火山岩類は、安山岩質のものから流紋岩質のものまでであるが、そのうち安山岩質から石英安山岩質の溶結組織をもつ火砕岩類が卓越した分布をもつ。火山岩類は東西方向の走向で急傾斜になっている部分が多い（Fig. 1）。また火山岩類は、侵入岩体にはさまれた地域に断片的に分布することが多く、調査地域東部の禾津付近には、延長3.5km、幅～500m、高度差～500mの火山岩類からなるセプタが存在している。

火山岩類の活動にひき続いて、本地域では各種侵入岩類の活動があるが、これらについては後に詳しく述べる。

Fig. 1. Geological map of the Yubara area.

1: Alluvial deposits, 2: Alkali basalt (Pliocene to Pleistocene), 3: Diabase, 4: Suri-bachiyama biotite granite mass, 5: Leucocratic granophyre masses (Abbreviations: Yu: Yubarako mass, Am: Amagoisen mass, Sh: Shijumagari mass, Ha: Hani mass), 6: Unanji granodiorite mass, 7: Yubara North granodiorite mass, 8: Otokoro quartz gabbro mass, 9: Kayami quartz gabbro mass, 10: Yubara South quartz gabbro mass, 11: Kanayama quartz gabbro mass, 12: Tainosaka gabbro mass, 13: Inatsu gabbro mass, 14: Volcanic rocks (3-14: Late Cretaceous to Early Paleogene), 15: Palaeozoic, 16: Foliation of welded tuff.

Locality numbers correspond to those in Table 1.

Fig. 2. Intrusive relation of the plutonic rocks in the Yubara area.

なお本地域では、後期白亜紀から古第三紀にかけての一連の火成活動が終了した後、しばらくの間火成活動は休止し、その後鮮新世から更新世にかけての時期にアルカリ玄武岩の活動がみられる（応地・応地，1966）．宮座山（山田，1951；応地・応地，1966）および竜神山には、カコウ閃緑岩の上にアルカリ玄武岩のドームが形成されている．

進 入 岩 類

湯原地域の侵入岩類は、少なくとも5つの時期のものに区分することができる（Fig. 2）．具体的にどのように推定したかは、後にそれぞれ詳述する．

第1期の侵入岩体は、ハンレイ岩質の岩株状の大井ノ坂岩体で、類似した岩相をもつ禾津岩体も同時期のものと考えられる．

第2期の侵入岩体は、石英ハンレイ岩質～カコウ閃緑岩質の湯原南岩体である．石英ハンレイ岩質の小岩体である茅見岩体は、周囲との関係は不明であるが、岩相の類似性から湯原南岩体に対比される．

また、以上の各岩体と相前後した時期に侵入したと考えられるのが、鉄山岩体と大所岩体で、これらはいずれも石英ハンレイ岩質の岩相が主体となっている．

第3期の侵入岩体はカコウ閃緑岩を主体とする湯原北岩体で、類似した岩相をもつ宇南寺岩体もこの時期のものではないかと考えられる．

第4期に区分される侵入岩類は優白質文象斑岩類で、これは湯原湖・四十曲・羽仁・雨乞山の各岩体を形成するほか、小岩株および岩脈として第3期以前の侵入岩類およびそれらの母岩中に産する．

そのほか第3期から第4期にかけての時期に活動したと考えられ、前述の各岩体と岩相の異なるものとして、粗粒黒雲母カコウ岩からなる摺鉢山岩体がある．

そして最後の第5期の侵入岩類は、塩基性～中性の岩脈で、本調査地域では輝緑岩質のものが卓越している．

これら侵入岩類の岩体相互の関係については、Fig. 2にまとめてある．またそれぞれの岩体の代表的な岩石の主化学組成については Table 1 に、またモード分析の結果については Fig. 3 に示してある．

A. 大井ノ坂岩体

大井ノ坂岩体は古生層中に侵入した細粒の急冷周縁相をもつ岩株状の岩体である．本岩体のかなりの部分には湯原南岩体による熱変成作用と考えられる再結晶組織が

Fig. 3. Modal quartz(Qz)-potash feldspar(Kf)-plagioclase(Pl) diagram.

- 1: Suribachiyama biotite granite mass,
- 2: Leucocratic granophyres, 3: Unanji granodiorite mass, 4: Otokoro quartz gabbro mass, 5: Yubara North granodiorite mass, 6: Yubara South quartz gabbro mass.

Table 1. Chemical composition and CIPW norms of the intrusive rocks in the Yubara area.

	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO ₂	46.72	50.77	53.05	55.13	67.52	76.66	47.77	51.05
TiO ₂	0.34	0.63	0.91	0.87	0.50	tr	1.12	1.32
Al ₂ O ₃	18.56	16.27	16.43	18.78	15.26	12.90	16.32	18.45
Fe ₂ O ₃	3.27	3.74	4.48	4.71	2.57	0.96	3.68	3.70
FeO	4.12	5.84	5.54	3.04	1.31	0.29	6.79	6.44
MnO	0.11	0.14	0.24	0.07	0.06	0.01	0.14	0.17
MgO	10.14	7.38	5.65	3.09	1.13	0.32	8.08	4.92
CaO	12.34	10.69	7.94	7.58	3.19	0.67	8.52	8.37
Na ₂ O	1.20	1.96	2.03	3.45	3.84	3.69	2.41	2.98
K ₂ O	0.28	0.38	1.04	0.40	2.35	3.95	0.48	0.42
P ₂ O ₅	0.05	0.13	0.15	0.20	0.15	0.01	0.21	0.26
H ₂ O(+)	2.26	2.07	2.60	1.66	1.59	0.58	4.25	2.20
H ₂ O(-)	0.85	0.40	0.35	1.31	0.74	0.58	0.52	0.26
Total	100.24	100.40	100.41	100.29	100.21	100.62	100.29	100.54
Qz		5.07	11.03	13.38	28.79	38.19	0.44	5.24
Or	1.67	2.23	6.12	2.39	13.19	23.33	2.84	2.51
Ab	10.80	16.58	17.15	29.22	32.47	31.21	20.41	25.23
An	44.42	34.48	32.67	34.54	14.92	3.31	32.28	35.71
C					0.93	1.35		
Wo	6.88	7.44	2.42	0.79			3.45	1.80
En	21.51	18.38	14.08	7.70	1.60	0.79	20.13	12.26
Fs	3.85	6.86	5.42	0.38			7.85	6.91
Fe	2.63							
Fa	0.51							
Mt	4.74	5.41	6.50	6.83	2.99	0.95	5.35	5.37
Hm					0.51	0.30		
Il	0.65	1.20	1.73	1.65	0.96		2.12	2.50
Ap	0.12	0.28	0.34	0.43	0.34	0.03	0.47	0.56

1 : Gabbro from the Inatsu mass, 2 : Gabbro from the Tainosaka mass, 3 : Quartz gabbro from the Kanayama mass, 4 : Quartz gabbro from the Kayami mass, 5 : Granodiorite from the Unanji mass, 6 : Granite from the Suribachiyama mass, 7 & 8 : Diabase dike. Numbers correspond to those in Fig. 1. Analyst : M. SASADA.

認められる。主岩相は中粒のハンレイ岩（分析試料2）より構成されており、周縁部は細粒な輝緑岩より構成されている。

主な構成鉱物は斜方輝石・単斜輝石・普通角閃石・斜長石で、それに少量の黒雲母・磁鉄鉱・チタン鉄鉱・石英が含まれる。岩石の組織は本来オフィティックであったと推定されるが、現在は普通角閃石および黒雲母のモザイク状の再結晶組織が発達している（Fig. 4-b）。斜長石は著しい累帯構造を示し、核部で亜灰長石～曹灰長石、縁部で中性長石の組成をもつ。色指数は 30 前後である。

B. 禾津岩体

禾津岩体は径 1km 程度の大きさをもつ岩株状の岩体で、湯原南岩体の東北部に分布している。本岩体の周囲には火山岩類からなるセプタ・湯原南岩体・摺鉢山岩体が分布しているが、これらとの関係は野外では確認されていない。

本岩体は主として中粒のハンレイ岩（分析試料1）より構成されており、一部にはこれを貫く石英および斜長石からなる優白質の岩脈が存在する。

主岩相の主な構成鉱物はカンラン石（±）・斜方輝石・単斜輝石・普通角閃石・黒雲母・斜長石・石英（±）で、色指数は 20～60 の範囲にわたる。斜長石は累帯構造の微弱な亜灰長石が多いが、中には縁部が曹灰長石まで変

化する部分もある。

禾津岩体中には全体にわたって繊維状のアクチノ閃石の集合体が鏡下で観察される（Fig. 4-a）。これは輝石類および普通角閃石の一部が再結晶したものと考えられる。その成因については同岩体形成時の自変成という可能性と湯原南岩体あるいは摺鉢山岩体による熱変成作用という可能性が考えられ、現在のところこの再結晶組織から同岩体の進入時期を決めることはできない。なおそのほかの記載岩石学的性質からみると、本岩体は前述の大井ノ坂岩体に対比される。

C. 湯原南岩体

湯原南岩体は、古生層および後期白亜紀火山岩類を不調和的に貫く約 26km² の露出面積をもつ岩体で、周囲に約 150m の幅（泥質岩中に黒雲母が生じている範囲）で熱変成作用を与えている。

本岩体の上部にはホルンフェルス化した火山岩類のルーフがのっており、現在露出している部分は岩体の上部と推定される。本岩体においてはその周辺部に斑状岩相（Fig. 5-b）が、その内部に等粒状岩相（Fig. 5-a）が分布している。等粒状岩相は主として中粒の石英ハンレイ岩より構成されており、主な構成鉱物は斜方輝石・単斜輝石・普通角閃石・黒雲母・磁鉄鉱・チタン鉄鉱・斜長石・カリ長石・石英である。一方斑状岩相はトータル岩

Fig. 4. Sketches showing the texture of basic plutonic rocks.

a : Inatsu gabbro. Actinolite is often present as aggregate of fibrous crystal.
 b : Tainosaka gabbro. Hornblende is often present as polygonal crystal. c :
 Kanayama quartz gabbro. Biotite and hornblende are present as polygonal crystal.
 Abbreviations : Opx : Orthopyroxene, Hb : Hornblende, Ac : Actinolite, Bt : Biotite,
 Op : Opaque minerals, Pl : Plagioclase, Q : Quartz, Kf : Potash feldspar.

質からカコウ閃緑岩質の岩石が主体で、主な構成鉱物は等粒状岩相とほぼ同じであるが、それらの産状が異なり、これらのうち輝石類および斜長石は斑晶状に含まれる。両岩相に含まれる斜長石には共通した累帯構造のパターンが見られ、核部の組成はともに曹灰長石質のものが卓越している。一方縁部の組成は等粒状岩相で中性長石、斑状岩相で灰曹長石である。

本岩体中には、量的には僅かであるが径数 cm 程度の種々の包有物が含まれている。それらは砂質、泥質の変成岩類・安山岩質火山岩類・各種ハンレイ岩類・超塩基性岩からなる。

なお本岩体および後述の湯原北岩体については、改めて詳細を報告する予定である。

D. 鉄山岩体

鉄山岩体は湯原北岩体の北縁部に分布するゼノリス状の岩体で、全体にわたって顕著な再結晶組織が認められる。

本岩体は主に斑状の石英ハンレイ岩質の岩石（分析試料 3）より構成されている。主な構成鉱物は普通角閃石・黒雲母・斜長石・石英・カリ長石で、このうち斜長石の一部は斑晶状に含まれる。斜長石は累帯構造が著しく、核部が曹灰長石、縁部が中性長石から灰曹長石の組成をもつ。石英とカリ長石はしばしば微文象組織をつくっている。一方苦鉄質鉱物は全般に再結晶しており、小結晶のモザイク状の集合体をつくっている (Fig. 4-c)。

色指数は 30 前後である。

野外での産状および再結晶組織をもつことから判断すると、本岩体は湯原北岩体に先立って侵入した塩基性小岩体で、湯原北岩体により熱変成作用を被ったものであると推定される。

E. 茅見岩体

茅見岩体は径 0.5km 程度の小岩体で、周囲に火山岩類および宇南寺岩体が分布するがそれらとの関係は不明である。

本岩体は主として中粒の石英ハンレイ岩（分析試料 4）より構成されるが、岩体内に岩相変化があり、ハンレイ岩質の部分やカコウ閃緑岩質の部分もある。

主岩相の主な構成鉱物は単斜輝石・普通角閃石・黒雲母・磁鉄鉱・チタン鉄鉱・斜長石・カリ長石・石英で、色指数は 20～30 である。斜長石は柱状結晶で、核部に複雑な累帯構造をもつ。組成は核部が曹灰長石、縁部が中性長石である。また斜長石はしばしば clouding している。石英およびカリ長石の一部は相伴って微文象組織をつくっている。

本岩体は記載岩石学的性質から湯原南岩体に対比される。

F. 大所岩体

本岩体は調査地域の南西部の大所付近に分布する小岩体で、その内部にホルンフェルス化された安山岩のゼノリス状ブロックをもつ。本岩体を構成する岩石と類似し

Fig. 5. Sketches showing the texture of intrusive rocks in the Yubara area.

a : Equigranular facies of the Yubara South mass, b : Porphyritic facies of the Yubara South mass, c : Pyroxene-bearing biotite hornblende granite of the Yubara North mass. Abbreviations are the same as those in Fig. 4.

た岩石は、周辺の宇南寺岩体中にゼノリス状に含まれる。また岩体北部の湯原北岩体との接触部付近では、苦鉄質鉍物がモザイク状に再結晶した組織が認められ、湯原北岩体の侵入による熱変成作用を推定させる。

本岩体は主として細粒から中粒の石英ハンレイ岩より構成されている。主な構成鉱物は普通角閃石・斜長石・石英・カリ長石・鉄チタン酸化物で、このうち普通角閃石と斜長石は長柱状の晶癖をもち、特徴ある組織をつくっている (Fig. 8-a)。また副成分として含まれているリン灰石も針状の特徴ある晶癖を示す。斜長石は核部が曹灰長石、縁部が中性長石である。石英とカリ長石は間隙充填状に産し、その一部は微文象組織をつくっている。

G. 湯原北岩体

湯原北岩体は約 50km² の露出面積をもつ東西方向に伸びた形をした岩体で、火山岩類および湯原南岩体を貫いている。湯原南岩体との進入関係は美甘南方の国道 181 号線沿いの露頭でよく観察できる (Fig. 6-a)。

本岩体は中粒のトーナル岩、カコウ閃緑岩およびカコウ岩より構成されており、それぞれの岩相は岩体内に帯状に分布する。これらのうちカコウ閃緑岩 (色指数 10~20) が岩体の主部を構成しており、カコウ岩 (色指数 5~10) は岩体の周辺部に外形に沿って分布し、トーナル岩 (色指数 20~30) は岩体の東北部に分布する。

どの岩相にも径数 cm の卵形の細粒な暗色包有物が含まれており、それらは岩体の形に調和的に配列している。また塩基性クロットも岩体全体にわたって含まれている。

主な構成鉱物は斜方輝石 (±)・単斜輝石 (±)・普通角閃石・黒雲母・磁鉄鉱・チタン鉄鉱・斜長石・カリ長石・石英で、本岩体の場合、カコウ岩中にも輝石類がしばしば含まれている (Fig. 5-c)。斜長石は核部・縁部とも岩相により組成が異なり、トーナル岩およびカコウ閃緑岩では、核部が曹灰長石、縁部が中性長石から灰曹長石で、カコウ岩では核部が中性長石、縁部が灰曹長石となっ

Fig. 6

a : The intrusive relation between the Yubara South mass (Ys) and the Yubara North mass (Yn) at the outcrop to the south of Mikamo.

b : The intrusive relation between the Yubara North mass (Yn) and the leucocratic granophyre (Yubarako mass (Yk)) at Ishiuchi.

c : The intrusive relation between the Suribachiyama mass (S) and the Yubara South mass (Ys).

ている。またカコウ岩中の斜長石にはアンチパーサイトが観察される。

なお調査地域の南東約 50km にある妙見山カコウ閃緑岩質複合岩体 (白川, 1975) は、産状および岩石学的特徴が本岩体と類似している。

H. 宇南寺岩体

宇南寺岩体は大所岩体を構成する岩石をゼノリス状に含み、優白質文象斑岩類 (羽仁岩体) に貫かれる。これらの侵入関係については大所付近の新庄川の河床でよく観察できる (Fig. 7)。本岩体は主として中粒のカコウ閃緑岩 (分析試料 5) より構成されている。岩体内部における岩相変化は少ない。

主な構成鉱物は普通角閃石・黒雲母・斜長石・カリ長石・石英・不透明鉱物である。普通角閃石は淡緑色長柱状で、長さ 1.5cm に及ぶものもある。斜長石は核部が中性長石、縁部が灰曹長石である。カリ長石は正長石 ($2V_x=58-68^\circ$) でパーサイト組織をもつ。また石英とカリ長石の一部は微文象組織 (Fig. 8-b) をつくっている。色指数は 5~10 である。

I. 優白質文象斑岩類

湯原地域で優白質文象斑岩類は、湯原湖・四十曲・羽仁・雨乞山の各岩体を構成するほか、小さな岩株および岩脈として産する (Fig. 1)。

湯原湖岩体は延長約 17km の東北から南西方向に伸びた形をした岩体で、火山岩類および湯原北岩体を貫いている (Fig. 6-b)。同岩体の北部は山田 (1961), 太田 (1962b) により既に記載されている。

Fig. 7. The intrusive relation of the plutonic rocks at the outcrop in the vicinity of Otokoro. Abbreviations : O : Otokoro quartz gabbro mass, U : Unanji granodiorite mass, L : Leucocratic granophyre (Hani mass), D : Diabase.

四十曲岩体は分布が西方の根雨地域にまで広がっており、根雨地域では 65 m. y. という K-Ar 年代が得られている (HATTORI & SHIBATA, 1974)。

羽仁岩体は宇南寺岩体を貫き (Fig. 7), 調査地域の南西方にまでその分布が広がっている。また雨乞山岩体は火山岩類を貫く径 2km 程度の岩株状の岩体である。

上記の 4 つの岩体を構成している岩相はたいへんよく似ている。すなわちこれらの主岩相は斜長石・石英・黒雲母を斑晶としてもち、石基部には石英と長石類の微文象組織が認められる優白質の斑状岩 (Fig. 8-c) よりなり、色指数は 5 以下の場合が多い。岩質はカコウ岩質からカコウ閃緑岩質である (Fig. 3)。

斜長石は反復累帯構造をもつが組成に大きな変化はな

Fig. 8. Sketches showing the texture of the intrusive rocks in the Yubara area.

a : Otokoro quartz gabbro, b : Unanji granodiorite, c : Leucocratic granophyre (Yubarako mass). Abbreviations are the same as those in Fig. 4.

く、全体が灰曹長石の組成範囲におさまるものが多い。カリ長石は正長石 ($2V_x=58-65^\circ$) でパーサイト組織をもつ。また磁鉄鉱および褐レン石が、少量ずつではあるが、各岩体とも全体にわたって含まれている。

また各岩体とも岩体内に主として柱状の角閃石と斜長石からなる包有物が含まれている。

J. 摺鉢山岩体

摺鉢山岩体は約 25km^2 の露出面積をもつ岩体で、その南東部は光野ほか (1959) により分布がおさえられている。本岩体は湯原南岩体を貫いており、その関係は牧付近の国道 313 号線沿いの露頭 (Fig. 6-c) および旭川の河床でよく観察できる。

本岩体の主岩相は粗粒黒雲母カコウ岩 (分析試料 6) であるが、そのほかに中粒黒雲母カコウ岩、周縁相としてのカコウ斑岩が分布する。本岩体の進入をうけた湯原南岩体では、接触部付近に熱変成組織が認められ、また接触部から約 300m の範囲で斜長石の clouding が認められる。

主岩相の主な構成鉱物は石英・カリ長石・斜長石・黒雲母である。色指数は 2~3 程度である。斜長石は反復累帯構造をもつが、組成は灰曹長石の範囲におさまる。カリ長石は正長石 ($2V_x=64-68^\circ$) で、比較的幅の広いパーサイト組織をもつ。また 2 つのカリ長石の結晶が隣接する場合は、粒界に長径 0.1mm 程度の大きさの曹長石の小結晶が並んでいる。

K. 輝緑岩岩脈

湯原地域には前述のカコウ岩質岩類を貫く塩基性~中性の岩脈が広範囲に発達している。本地域ではそのうち輝緑岩 (分析試料 7, 8) の占める割合が大きい。

これらの岩脈は数 10cm から数 m の幅をもち、いずれもかなりの急傾斜で貫入している。社付近では $N20\sim 30^\circ W$ 方向のものが、また美甘付近では $N50\sim 60^\circ W$ 方向のものが卓越している。

主な構成鉱物は単斜輝石と斜長石で、それに普通角閃石が加わる場合がある。斜長石は長柱状の結晶で中性長石程度の組成をもつ。組織はオフィティックである。

湯原地域周辺の進入岩類

本調査地域を含む中国山地東部脊梁地帯のカコウ岩質岩類は、小島・吉田 (1957) によりはじめて大きく区分された。それによると同地域の進入岩類は中央深成岩群と因美カコウ岩複合体に区分され、前者は小岩体として岩相変化が著しいという特徴をもち、後者はバソリス状

の岩体をつくる特徴をもつ。

その後、人形峠を中心にした倉吉・奥津地域 (Fig. 9) (村山・大沢, 1961; 山田, 1961, 1966; 村山ほか, 1962, 1963), および根雨地域 (Fig. 9) (服部・片田, 1964; HATTORI & SHIBATA, 1974) でそれぞれ進入岩類のステージ区分が行われた。

それによると、倉吉・奥津地域では進入岩類は 3 つのステージに分けられる。第 1 期はハンレイ岩・閃緑岩・斜長石玢岩・細粒黒雲母カコウ閃緑岩~カコウ岩・文象斑岩・アプライト質カコウ岩・カコウ斑岩・カコウ閃緑岩・石英閃緑岩からなり、これらは岩相変化に富む小岩体として産する。第 2 期は中粒角閃石黒雲母カコウ閃緑岩・粗粒角閃石黒雲母カコウ閃緑岩・中粒黒雲母カコウ岩・角閃石含有斑状黒雲母カコウ岩よりなり、これらはバソリス状に産する。第 3 期は粗粒黒雲母カコウ岩を主体とし、それにアプライト質カコウ岩・ペグマタイト・アプライトを伴うバソリス状のものである。そしてその後、玢岩~輝緑岩の岩脈の活動がある。

その後、この分類で第 1 期とされた文象斑岩とハンレイ岩の中には、より新しい時期のものがあることが報告されている。すなわち、本間 (1975 a) は人形峠付近で第 2 期のカコウ岩質岩類を貫く文象斑岩を見出し、また第 1 期に区分されたハンレイ岩体の中には、第 3 期のカコウ岩類を貫く小岩体があることも報告された (本間, 1975 b)。

以上は野外での関係に基づいた区分であるが、絶対年代の研究からも第 1 期として区分した細粒の黒雲母カコウ岩に、K-Ar 年代で $33\sim 39\text{m. y.}$ の値をもつものが報告されている (SHIBATA & YAMADA, 1965; 河野・植田, 1966)。

第 2 期と第 3 期のカコウ岩質岩類の進入関係については、対立した見解が出されている。杉山 (1964, 1965) および相馬 (1959) は、人形峠付近のカコウ岩質岩類の成因を別にするなら、上記と似た見解をもっているが、柴田・猿山 (1959) は野外および化学組成の研究から上記の進入関係とは逆の結論を導いている。この問題も重要であるが、湯原地域の進入岩類と周辺地域のそれらとを対比する上ではあまり関係しないので、これ以上触れないことにする。

一方根雨地域においては、進入岩類ははじめ 8 つのグループに分けられた (服部・片田, 1964)。その後年代測定も行われ、これらは大きく 2 つのグループにまとめられた。すなわち、ハンレイ岩~閃緑岩・黒雲母角閃石カコウ閃緑岩 (69 m. y.), 細粒アダメロ岩 (文象斑岩)

Fig. 9. Geological map of the igneous rocks of the Late Cretaceous to Early Paleogene in northeastern Chugoku, modified from GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN (1973).

1 : Biotite granite (Tottori Granite), 2 : Hornblende biotite granite, 3 : Biotite granite, 4 : Granophyre, 5 : Granodiorite, 6 : Gabbro, diorite, quartz diorite and quartz gabbro, 7 : Volcanic rocks.

(64.7 m. y.) の順に進入したものを進入岩類Ⅰとし、また次の時期の鳥取カコウ岩 (鳥取県, 1966) と呼ばれる細粒～粗粒黒雲母カコウ岩に優白岩類を伴うものを進入岩類Ⅱ (59～64 m. y.) としてまとめた (HATTORI & SHIBATA, 1974). 同地域においても、その後玢岩～輝緑岩の活動があり、それで後期中生代の一連の火成活動が終わる (服部・片田, 1964).

また湯原地域の北方の大山周辺地域では、黒雲母角閃石カコウ閃緑岩・角閃石黒雲母カコウ岩・文象斑岩～カコウ斑岩・粗粒～中粒黒雲母カコウ岩・アプライト質カコウ岩が分布し、このうち角閃石黒雲母カコウ岩が文象斑岩～カコウ斑岩およびアプライト質カコウ岩に捕獲されていることと、アプライト質カコウ岩が粗粒～中粒黒雲母カコウ岩を貫いているという関係が報告されている (太田, 1962a-c).

以上、湯原地域の周辺に分布する進入岩類についていままでなされた研究を概括した。次にこれらと湯原地域の進入岩類との対比を行う。

周辺地域との対比

湯原地域では、第1期および第2期に塩基性岩体の形成があり、これは倉吉・奥津地域および根雨地域でたてられた進入岩類の活動史と共通する (Fig. 10).

第3期のカコウ閃緑岩を主体とする岩体は、倉吉・奥津地域の第2期のカコウ閃緑岩類および根雨地域の進入岩類Ⅰのうちのカコウ閃緑岩類と、以下に述べる共通する特徴をもつ。まずこれらの分布をみると、どの岩体も東西方向に伸びた形をしており、これらは中国山地背梁地帯の北緯35度10～15分付近に分布している (Fig. 9). またどの岩体においても、卵形をした暗色包有物や塩基性クロットが岩体全体にわたってみられる。

しかしそれぞれの地域のカコウ閃緑岩類を同じ時期のものとして対比すると、文象斑岩類の活動時期が、湯原および根雨地域と倉吉・奥津地域とで異なるという問題が生じる (Fig. 10).

湯原地域の優白質文象斑岩類は、根雨地域では細粒アダメロ岩 (文象斑岩) に対比される。両者はたいへんよく似た鉱物構成および組織をもっており、一つの岩体として10～20km²の露出面積をもつものが多く、また火山岩類中に進入しているものが多い (Fig. 9). これらは岩体相互の関係から同じ時期のものと考えて矛盾は生じない。

一方、倉吉・奥津地域で文象斑岩といわれているものは、以下に述べるように湯原および根雨地域の文象斑岩類と異なる特徴をもっている。すなわち、倉吉・奥津地域では文象斑岩類は露出面積の小さいものが多く、最大

Fig. 10. The correlation diagram of the intrusive rocks in the Neu, Yubara and Kurayoshi-Okutsu areas. Classification of the intrusive rocks in the Neu area is based on HATTORI & SHIBATA (1974) and that in the Kurayoshi-Okutsu area is based on YAMADA (1966). Abbreviations are the same as those in Fig. 4.

の西宇塚の岩体でも約 1km² の露出面積をもつにすぎない (山田, 1966). またそれらの分布をみると岩脈状でハンレイ岩類と密接なものが多い. このような産状のちがいを考慮して両地域の文象斑岩類を別のものと考えれば, その活動時期がカコウ閃緑岩類の前後にくるという問題は解決される. なお, 倉吉・奥津地域の文象斑岩の中には, 前述のように後期白亜紀から古第三紀にかけての一連の火成活動の後に進入したと考えられる岩体が含まれている可能性のあることにも留意する必要がある.

湯原地域の第 3 期～第 4 期の進入岩類のもう 1 つのタイプのものに粗粒黒雲母カコウ岩 (摺鉢山岩体) がある.

この岩石の記載岩石学的特徴は, 北部に広く分布する鳥取カコウ岩 (鳥取県, 1966) に類似する点が多いが, 帯磁率は鳥取カコウ岩に比べて低い (金谷・石原, 1973).

第 5 期の塩基性～中性の岩脈の活動は, 周辺地域に共通してみられる (Fig. 10). 湯原地域ではその活動の上限がおさえられていないが, 倉吉・奥津地域では新第三系の人形峠層の基底礫岩中にこれらの礫が確認されており, また同地域では新第三系以降の岩相にこれらの岩脈が進入していないことから, 後期中生代の一連の火成活動の末期に位置づけられている (山田, 1961). また根雨地域では, これらの岩脈は鳥取カコウ岩の節理・断裂系に沿って貫入しているものが多く, やはり一連の火成

活動の末期に位置づけられている (服部・片田, 1964; HATTORI & SHIBATA, 1974). またこれらの輝緑岩岩脈については, 再結晶した緑色角閃石や緑色黒雲母がみられるところでは, 周囲のカコウ岩の熱が残っている時期に進入したのではないかという考えが出されている (村山・大沢, 1961). 一方これについては自変成による再結晶組織であるという解釈もあり (本間, 1975b), まだ結着をみていない. なお湯原地域の輝緑岩岩脈には, そのような再結晶組織をもつものは見出されていない.

ま と め

岡山県北部湯原地域には, 後期白亜紀～古第三紀の火山岩類および進入岩類がまとまって分布している. 火山岩類は主として安山岩～石英安山岩質の火山碎屑岩類よりなる.

進入岩類は少なくとも 5 つの時期のものに区分することができる. すなわち第 1 期はハンレイ岩質の小岩体である大井ノ坂・禾津の両岩体, 第 2 期は石英ハンレイ岩質の湯原南・茅見の両岩体, 第 3 期はカコウ閃緑岩質の湯原北・宇南寺の両岩体, 第 4 期は優白質文象斑岩類, そして第 5 期は輝緑岩の岩脈の活動である. そのほか石英ハンレイ岩質の鉄山・大所の両岩体は第 1 期から第 2 期にかけてのある時期に, 粗粒黒雲母カコウ岩の摺鉢山

岩体は第3期から第4期にかけてのある時期にそれぞれ進入したものと推定される。

湯原地域の侵入岩類の活動史を周辺地域と比較すると、塩基性の小岩体の活動ではじまり、その後カコウ閃緑岩類・文象斑岩・黒雲母カコウ岩が進入し、最後に塩基性～中性の岩脈の活動があるという大筋は共通している。なお文象斑岩類については、湯原地域のものと根雨地域のものとはよく対比できるが、倉吉・奥津地域のものとはその産状が異なる。後者は同じ活動時期のものと考えるににくい。

謝辞 本研究をすすめるにあたり、東京教育大学来正夫先生には終始御指導をいただき、草稿を査読していただいた。地質調査所山田直利技官および岡山大学温泉研究所本間弘次博士には、調査地域選定にあたり貴重な御意見をいただき、また研究中有益な御助言および御討論をいただいた。筑波大学梶原良道・宮野 敬両博士には不透明鉱物の鑑定を御教示いただいた。国土地理院春川光男・松田博幸両技官には、空中写真閲覧の便宜をはかっていただき、地形の見方について御教示いただいた。村上総研三朝・岡山両グループの方々、地質調査所石原舜三博士および東京教育大学岩石学専攻の大学院の諸兄には、数々の有益な御討論および励ましをいただいた。以上の方々に厚く感謝申し上げる。

文 献

- 地質調査所, 1973: 50 万分の1地質図幅「岡山」. 地質調査所.
- 長谷 晃, 1973: 長門構造帯の北東延長はどこにあらわれるか—岡山県真庭郡勝山町北部の地質—梅垣嘉治先生退官記念文集, 67—76.
- HASHIMOTO, M., 1968: Glaucophanic metamorphism of the Katsuyama district, Okayama prefecture, Japan. *Jour. Fac. Sci. Univ. Tokyo*, [2], **17**, 99—162.
- 服部 仁・片田正人, 1964: 5 万分の1地質図幅「根雨」および同説明書. 地質調査所.
- HATTORI, H. and SHIBATA, K., 1974: Concordant K-Ar and Rb-Sr ages of the Tottori Granite, Western Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **25**, 157—173.
- 本間弘次, 1975 a: 人形峠附近の文象斑岩類(鉛山石英閃緑岩類)に関する2, 3の新知見. 岡山大温研報告, no. 44, 21—32.
- , 1975 b: 小鴨・倉見両花崗岩中の斑輝岩相を伴う輝緑岩々脈について. 同上, no. 44, 33—40.
- ICHIKAWA, K., MURAKAMI, N., HASE, A. and WADATSUMI, K., 1968: Late Mesozoic igneous activity in the inner side of Southwest Japan. *Pacific Geology*, **1**, 97—118.
- 金谷 弘・石原舜三, 1973: 日本の花崗岩質岩石にみられる帯磁率の広域的变化. 岩鉱, **68**, 211—224.
- 河野義礼・植田良夫, 1966: 本邦火成岩の K-A dating (V)—西南日本の花崗岩類—. 同上, **56**, 191—211.
- 小林貞一, 1950: 日本地方地質誌中国地方. 271p. 朝倉書店.
- 小島丈児・吉田博直, 1957: 中国地方東部の深成岩について. 総合研究「日本の後期中生界の研究」連絡紙, no. 5, 1—3.
- 小西健二, 1951: 中国脊梁山地南縁の地質・構造に関する二三の報告. 地質雑, **57**, 263.
- , 1954 a: 鬼穴衝上一三郡変成岩類と“非変成”古生層との関係. 同上, **60**, 312.
- , 1954 b: 山奥層(岡山県北部の侏羅紀層). 同上, **60**, 325—332.
- 光野千春・多井義郎・大森尚泰, 1959: 表層地質図「津山西部」. 経済企画庁・岡山県.
- 村山正郎・猪木幸男・山田直利・服部 仁, 1962: 中国地方の白亜紀(～古第三紀)火成活動(2)(山陰地方). 地質雑, **68**, 380—382.
- ・一色直記・坂本 亨, 1963: 5 万分の1地質図幅「鳥取北部・鳥取南部」および同説明書. 66p. 地質調査所.
- ・大沢 穠, 1961: 5 万分の1地質図幅「青谷・倉吉」および同説明書. 71p. 地質調査所.
- 応地恭子・応地善雄, 1966: 東山陰地域のアルカリ玄武岩類の岩石学的研究(Ⅳ)—松江・米子地域の玄武岩類—. 岩鉱, **56**, 141—156.
- 太田良平, 1962 a: 5 万分の1地質図幅「米子」および同説明書. 29p. 地質調査所.
- , 1962 b: 5 万分の1地質図幅「湯本」および同説明書. 29p. 地質調査所.
- , 1962 c: 5 万分の1地質図幅「赤碓・大山」および同説明書. 37p. 地質調査所.
- 笹田政克, 1975: 岡山県北部の湯原深成複合岩体について. 日本地質学会第82年大会演旨.
- , 1977: 岡山県北部, 湯原南岩体について. 岩鉱, **72**, 128.
- 柴田秀賢・猿山光男, 1959: 岡山県三朝町付近の地質および岩石. 岡山大温研報告, no. 25, 1—12.
- SHIBATA, K. and YAMADA N., 1965: Potassium-Argon ages of the granitic rocks in the vicinity of Ningyōtōge, Chugoku district, West Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **16**, 437—442.
- 白川頼子, 1975: 岡山県和気北方の妙見山花崗閃緑岩質複合岩体について. 岩鉱, **70**, 107—117.
- 相馬徳蔵, 1959: 三朝温泉地域の花崗岩類に関する岩石学的研究. 地質雑, **65**, 412.
- STRECKEISEN, A. L., 1973: Plutonic rocks; Classification and nomenclature recommended by the IUGS subcommission on the systematics of igneous rocks. *Geotimes*, Oct., 1973, 26—30.
- 杉山隆二, 1964: 山陰の温泉の地質(その2). 温泉工学会誌, **2**, 32—43.
- , 1965: 山陰の地質展望—山陰の基盤花崗岩類—. 岡山大温研報告, no. 35, 85—99.

鳥取県, 1966 : 10 万分の 1 鳥取県地質図 および 同説明書. 109p. 鳥取県.

山田直利, 1961 : 5 万分の 1 地質図幅「奥津」および同説明書. 51p. 地質調査所.

———, 1966 : 5 万分の 1 地質図幅「智頭」および同説明書. 69p. 地質調査所.

山田節三, 1951 : 7 万 5 千分の 1 地質図幅「久世」. 地質調査所.