

## 山陰西部浜田地域における古第三紀コールドロン群の地質： 多角形コールドロンの例\*

今岡照喜\*\*・松本俊雄\*\*\*・山崎博史\*\*\*\*

Geology of the Paleogene nested cauldrons in the Hamada area,  
western San-in district, Southwest Japan : Examples of polygonal cauldrons\*

Teruyoshi Imaoka\*\*, Toshio Matsumoto\*\*\* and Hirofumi Yamasaki\*\*\*\*

**Abstract** The Paleogene igneous activity occurred mainly in the Inner Zone of Southwest Japan. The activity was intensive during Eocene to Oligocene in the Hamada area, western San-in district, where a cluster of three cauldrons, *i. e.*, the Atsuta, Shimokoh and Sunago cauldrons were discovered.

The Atsuta cauldron has a polygonal outline with an extent of about  $12 \times 8 \text{ km}^2$ . The andesitic lavas and pyroclastic rocks with intercalation of rhyodacite pyroclastic rocks are exposed broadly in the southern to western areas, while in the northern area, rhyodacite lavas and pyroclastic rocks are exposed. They are intruded by the plagiortholite. The quartz diorite and granite were intruded along the boundary fault between the cauldron and the basement forming a volcano-plutonic complex. The volcanic formations have gently dipping monoclinical structure toward the north, but in the central part, resurgent doming took place by the intrusion of plagiortholite.

The Shimokoh cauldron measuring 3 by 2 km shows half-basin structure tilted to the north. Main component rocks of the formations are andesitic lavas and pyroclastic rocks and rhyodacitic pyroclastic rocks, all of which resemble those of the Atsuta cauldron in radiometric age and lithology.

The Sunago cauldron of about  $4.5 \times 2.0 \text{ km}$  in size is also characterized by the basin structure and is separated from the Atsuta cauldron by the arcuate fault. The lower horizon is largely occupied by basaltic andesite and andesite. They are overlain by rhyolitic and rhyodacitic welded tuffs.

These three cauldrons show polygonal outline in plan, and they are considered to have been formed through at least two stages of surface depression.

**Key words** : Paleogene, cauldron, volcanism, plutonism, caldera-collapse breccia

1991年9月9日受付, 1992年2月28日受理.

\* 日本地質学会第96年学術大会(1989年, 茨城大学)にて一部講演.  
\*\* 山口大学教養部地学教室. Institute of Earth Science, Faculty of Liberal Arts, Yamaguchi University, Yamaguchi 753, Japan.

\*\*\* 八千代エンジニアリング九州支店, Kyushu Branch, Yachiyo Engineering Co., Ltd. (YEC), Tenjin-Twin Bldg., 1-6-8, Tenjin, Chuo-ku, Fukuoka 810, Japan.

\*\*\*\* 琵琶湖博物館開設準備室. Lake Biwa Museum Project Office, Shiga Prefecture Board of Education, 14-15, Uchidehama, Otsu 520, Japan.

## はじめに

日本列島のように繰り返し変動を受けてきた地域においては、時代により異なった地殻応力分布や、マグマの規模や化学組成の差で代表されるマグマ溜りの進化過程のちがいが等によって多様な構造をもつカルデラあるいはコールドロンの形成が期待される(荒牧, 1983). 平面的形態だけを見ても、コールドロンは環状コールドロンと多角形コールドロンに二分される(Komuro, 1987 a). 国内では前者の典型例として四国の中期中新世石鎚コールドロン(Yoshida, 1984), 九州の中期中新世大崩山コールドロン(Takahashi, 1986)などが、後者の典型例としては群馬県の本宿コールドロンの一次陥没(藤田ほか, 1970)や福島県の砂子原コールドロン(Komuro, 1987 b)などのグリーンタフ地域の中新世コールドロンが知られている.

さて日本列島においては西南北海道から男鹿, 佐渡, 山陰, 北九州にかけて日本海側には古第三紀の火山岩類が分布し, ひとつの火山帯を形成している(雁沢, 1982; 今岡・板谷, 1989). このうち山陰西部地域にはこの火山帯に属するコールドロン群が海岸線に沿って約 20 km 間隔で分布している(Fig. 1; 今岡・村上, 1979; 今岡, 1986; Imaoka *et al.*, 1988). これらのコールドロンは, ほぼ円形ないし楕円形の輪郭を有し, 火山岩類と深成岩類よりなる火山-深成複合岩体を形成している. これらのコールドロンの形成時代は, 日本列島がアジア大陸縁から切り離されて島弧となる前段階にあたる重要な時期に相当し, 火成活動やテクトニクスに大きな変革が期待される時期である(Imaoka & Nakashima,

1983; 今岡, 1986).

最近, 筆者らは島根県浜田地域に分布する国府火山岩類(Imamura, 1957)の層序・構造・放射年代について検討したところ, それらが山陰西部地域における古第三紀コールドロン群を構成する火山岩類の一員であること(今岡ほか, 1990), さらにそれらは形成時期を異にする3つのコールドロンから構成されていることが明らかとなった. そこでこの小論においては, これらのコールドロンの層序・構造について報告するとともにその形成過程について考察する. なお, 「コールドロン」の用語は Smith & Bailey(1968)に従い, 形態, 規模, 侵食レベルなどに関わりなくすべての火山性の陥没体に対して用いる.

## 地質概説

島根県浜田市周辺地域には, 三郡変成岩および白亜紀~古第三紀の火成岩類を基盤として, 44-35 Ma の K-Ar 年代値を示す(今岡ほか, 1990)中性~珉長質火山岩類が広く分布している. これらは, 下府川沿いに分布する基盤の高まりを境として, 南西側の主地域に分布する熱田累層と砂子累層, 北東側の縁辺地域に分布する下府累層に区分できる(Fig. 2). これらの火山岩類は各分布域の中央部や縁辺部に貫入岩体を伴い, 始新世~漸新世火山-深成複合岩体を形成している. また, 基盤岩と高角の断層またはアバットで接しており, 火山岩層は基盤に対して相対的に沈降(陥没)していることなどから, 上記3累層は関連貫入岩類とともにのおおのこールドロンを構成しているものと考えられる. 本論文では, それらを熱田コールドロン, 砂子コールドロンおよ

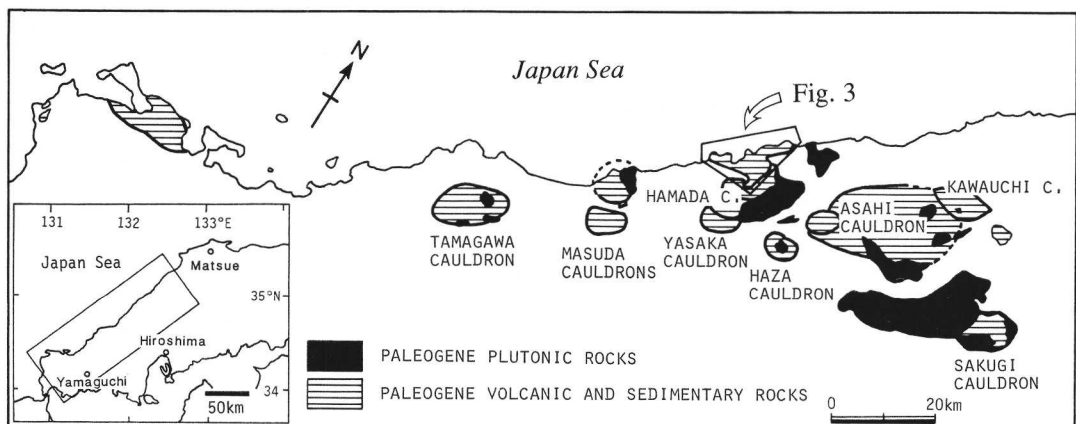


Fig. 1. Map showing the distribution of the Paleogene cauldrons in the western San-in district, Southwest Japan and the location of the investigated area. Abbreviation: C=Cauldron.

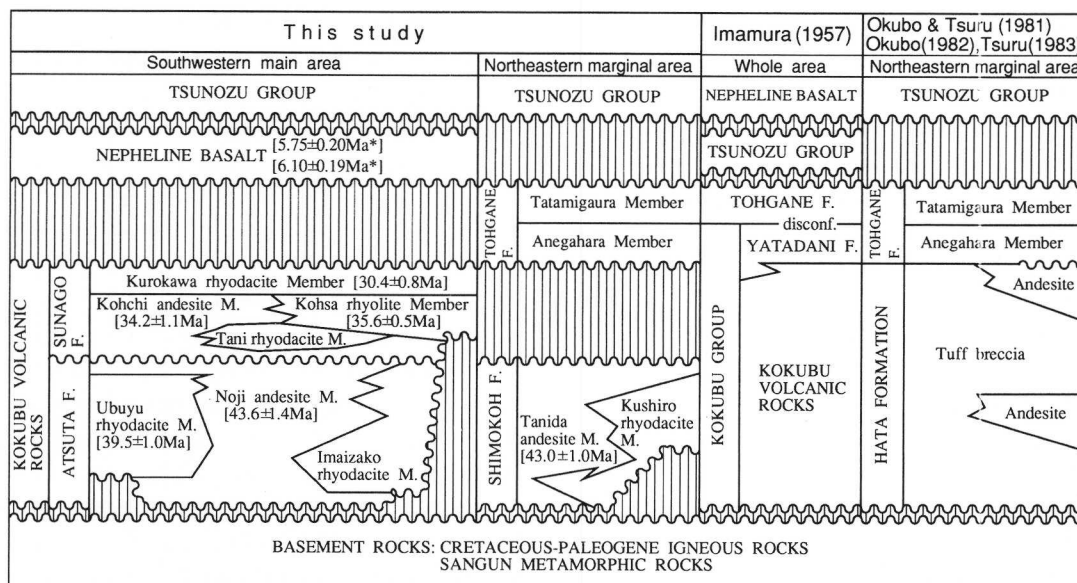


Fig. 2. Stratigraphic division of the Paleogene strata in the Hamada area, Shimane Prefecture, Southwest Japan. K-Ar age data without asterisk shown in brackets from Imaoka *et al.*(1990).

び下府コールドロンと命名する。各コールドロンは、いずれも不規則な多角形の輪郭を有し、内部の火山岩層は盆状あるいは北に開いた半盆状の地質構造を呈している。

これらのコールドロンは調査地域北東側の縁辺地域では中新統唐鐘累層に不整合に覆われる(今岡ほか, 1990)。前生湯では中新世の前生湯石英閃緑岩に貫かれる。また、熱田南方では本火山岩類を覆って後期中新世(5.75 ± 0.20, 6.10 ± 0.19 Ma, 宇都ほか, 1984)の霞石玄武岩が溶岩平頂丘を形成している。また鮮新世～更新世の都野津層群がこれらを不整合に覆って各所に分布する。

地質各説

基盤岩類

1. 三郡変成岩

本地域の三郡変成岩は、中国帯北東ユニット(早坂, 1987)または智頭地帯(柴田・西村, 1989; Nishimura, 1990)の西端部に位置する。調査地域の北東部および南西部に主として分布するほか、今井迫・谷・福井東方にも小規模に分布する(Fig. 3)。主として泥質片岩からなり、砂質片岩、珪質片岩・石墨片岩を伴う。

2. 小角流紋岩(今岡, 1986)

中国地方西部の阿武層群に対比される白亜紀火山岩類で、谷～本郷にかけて分布するほか、熱田東方にも小規模に分布する(Fig. 3)。三郡変成岩とは断層または高角不整合で接する(Fig. 4)。主に流紋岩質～流紋デイサイト質の溶結凝灰岩からなり、始新世～漸新世の珪長質火山岩類中にしばしば礫として含まれる。カリ長石の斑晶状結晶を多く含む点で、岩相上始新世～漸新世の珪長質火山岩類とは容易に区別できる。

3. 大麻山深成複合岩体(今岡, 1985)

調査地域西部の牛谷南方のものは古第三紀大麻山深成複合岩体として知られ、三郡変成岩および小角流紋岩を貫く。主に花崗閃緑岩からなる。周布南方にも類似した岩相の花崗閃緑岩が小規模に分布する。

4. 浜田層群(今岡, 1986)

報告地域の東部から南部にかけて広く分布する(Fig. 2)。三郡変成岩および小角流紋岩とは断層あるいは不整合関係にある。主として流紋デイサイト質溶結凝灰岩からなり安山岩を伴う。始新世～漸新世の珪長質火山岩類中にしばしば礫として含まれる。

始新世～漸新世火山-深成複合岩体

Imamura(1957)は、島根県浜田市周辺の“下部～中部中新統”を国府層群と唐鐘累層に区分した(Fig. 2)。国府層群は更に下位の国府火山岩類と上位の家田谷累層に二分された。その後、大久保・都留(1981)、大久保

(1982)は Imamura(1957)による家田谷累層と唐鐘累層を一括したものを唐鐘累層と呼び、それを下位より姉ヶ浜部層と覺ヶ浦部層に二分した(Fig. 2)。国府火山岩類からは台島型の植物化石 *Sassafras Yamanei* Imamura が記載され、その時代は前期中新世～中期中新世初期とされてきたが(Imamura, 1957), 今岡ほか(1990)は、放射年代の測定結果(Fig. 2)からその時代を始新世～漸新世と結論している。この始新世～漸新世火山岩類は、関連深成岩類とともに熱田、下府および砂子の3つの火山-深成複合岩体を形成している。以下、岩体ごとに記述する。

### A. 熱田岩体

調査地域中-西部の熱田を中心とする径約 12×8 km の陥没状火成岩体で、熱田累層、三階山斜長流紋岩、長沢深成複合岩体、珪長岩およびひん岩の小岩脈から構成される。

#### 1. 熱田累層(新称)

熱田岩体の主体をなす始新世～漸新世の火山岩類(今岡ほか, 1990; Fig. 2)で、下位より、野地安山岩層、今井迫流紋デイサイト層および生湯流紋デイサイト層に細分され、野地安山岩層と今井迫流紋デイサイト層および生湯流紋デイサイト層は指交関係にある(Fig. 2)。

##### a. 野地安山岩層(新称)

報告地域の西部に広く分布し、熱田累層の最下部層を構成する。基盤岩とは高角の断層あるいはアバットで接する部分が多いが、報告地域南部の谷南方～西岡では低角の不整合で覆うところもある。模式地は福井から青川に至る海岸。最大層厚は調査地域西部の熱田～青川付近で約 900 m(Figs. 5, 6)。本層は主として玄武岩質安山岩～安山岩溶岩および同質火砕岩類からなる(Figs. 3, 6)。

玄武岩質安山岩～安山岩溶岩は暗灰色～暗緑色を示す。しばしば後述の同質火砕岩類と指交する。下位の層準にはしばしば水冷自破碎構造が認められる。溶岩は無斑晶質ないし斑状のカンラン石-オーゾライト安山岩・オーゾライト安山岩からなる。鏡下ではピロタキシティック・インターサータル・毛織状などの組織を示し、斑晶としてオーゾライト・カンラン石(仮像)(±)・斜長石・磁鉄鉱・イルメナイトが、石基には斜長石・オーゾライト・磁鉄鉱・イルメナイトが認められる。後述の河内安山岩層に比較し、一般に変質が進んでおり、緑泥岩・緑レン石・炭酸塩鉱物・沸石などの変質鉱物が含まれることも多い。

玄武岩質安山岩～安山岩質火砕岩類は、褐色～赤紫色

を呈する。非溶結の凝灰岩～凝灰角礫岩を主体とし、下位の層準には火山円礫岩～礫岩・凝灰質砂岩・凝灰質シルト岩などの碎屑岩を挟むことが比較的多い。一般に岩相や層厚の側方変化が著しく、連続性に乏しい(Fig. 6)。火山円礫岩～礫岩は暗紫色～暗褐色で、安山岩溶岩をはじめ、珪長質～中性凝灰岩の円礫～亜円礫に富む。凝灰質砂岩・シルト岩はしばしば成層し、級化構造も認められる。

##### b. 今井迫流紋デイサイト層(新称)

報告地域中央部の今井迫から西部の青川・熱田にかけて広く分布する(Fig. 3)。模式地は今井迫から野地に至る道路沿い。野地安山岩層とは指交関係にあり(Fig. 6)、一部は基盤岩にアバットする。模式地付近では層厚は約 400 m に達するが、側方へは急速に減じ、野地安山岩層中に尖滅する(Fig. 6)。構成岩石は灰緑色～淡紫色を呈する流紋デイサイト質の火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩であり、凝灰岩および凝灰質砂岩・泥岩を伴う。火山礫凝灰岩にはしばしば灰緑色の偏平な軽石片と径数 mm～数 cm の岩片が認められ、溶結構造を示す。岩片の構成岩は安山岩溶岩・同質凝灰岩・流理構造の発達した流紋デイサイト・泥質片岩・微文象花崗岩などである。鏡下では、斑晶状結晶として石英・斜長岩・黒雲母が認められ、マトリックスはガラス質ないし隠微晶質で、ユータキシティック組織を示す。変質によりセリサイト・緑泥岩・緑レン石・赤鉄鉱・沸石などが生じている。

##### c. 生湯流紋デイサイト層(新称)

報告地域の北部に広域的に分布する(Fig. 3)。基盤岩類とは断層関係にあり、下府付近では野地安山岩層を整合に覆うが、黒川西方では野地安山岩層を貫く場合と野地安山岩層に覆われる場合もある。したがって、野地安山岩層と指交関係にあるものと考えられる。模式地は前生湯の海岸沿い。最大層厚は約 630 m。主岩相は斜長石の自形斑晶が顕著な流紋デイサイト質溶岩で、これと同質の火砕岩が互層をなす。溶岩は青灰色～灰白色を呈し、顕著な流理構造が観察される。また瀬戸ヶ島付近などでは柱状節理が見られる。前生湯の西海岸や馬島などでは、溶岩は顕著な水冷自破碎構造を呈し、成層した同質の火砕岩を伴っているのが観察される。鏡下では、斑晶として自形の斜長石・角閃石(仮像)が観察される。石基は微晶質～隠微晶質で、流理構造が認められる。緑泥石・緑レン石・セリサイトなどの変質鉱物も識別される。

火砕岩は主として灰白色の火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩より構成され、白色の泥質・砂質凝灰岩を伴う。岩片の



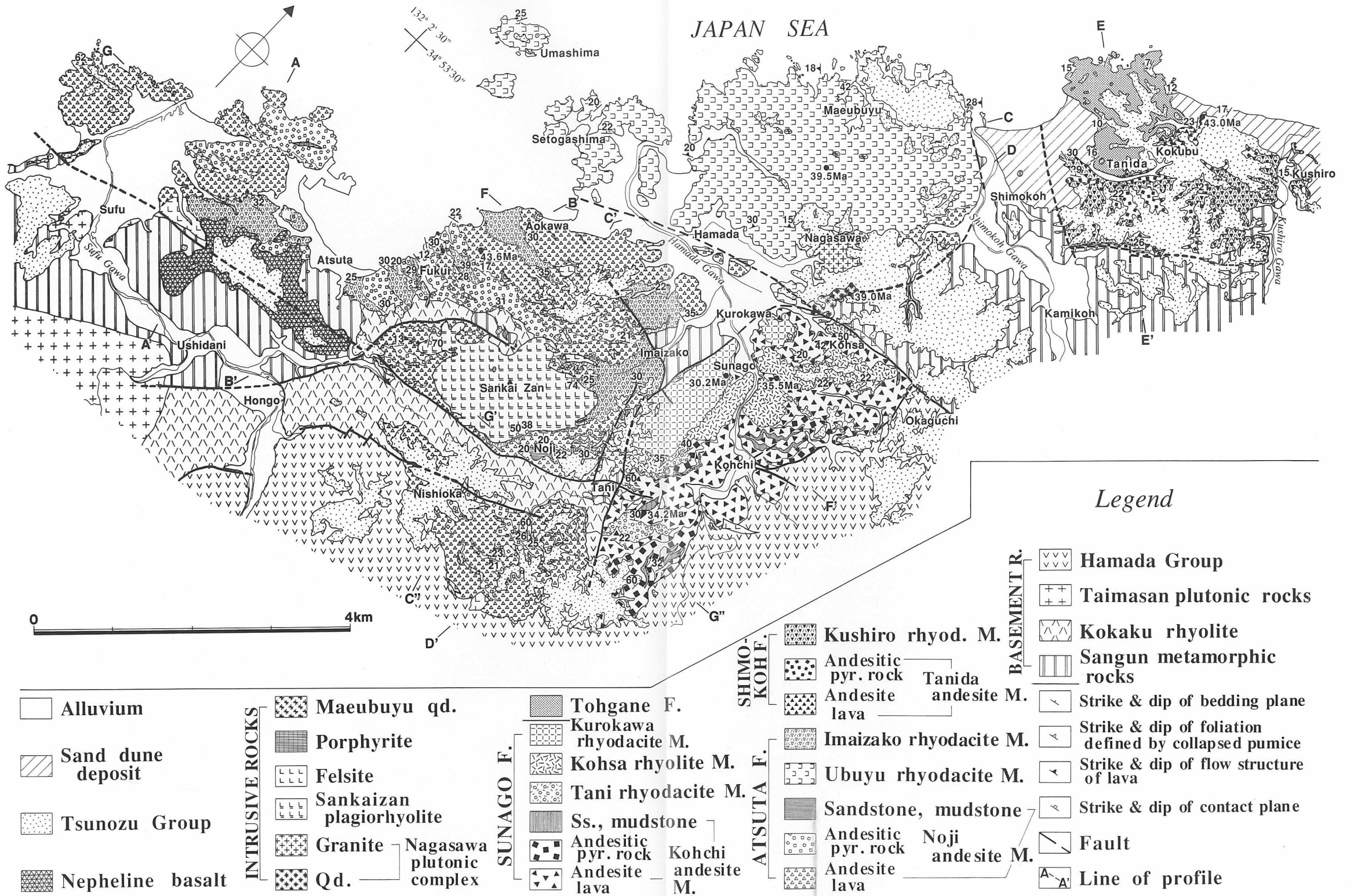


Fig. 3. Geologic map of the Hamada City and adjacent area, Shimane Prefecture, Southwest Japan. K-Ar age data from Imaoka *et al.* (1990). Abbreviations: qd = quartz diorite, F = Formation, M = Member, rh = rhyolite, Ss = Sandstone, pyr = pyroclastic, rhyod = rhyodacite, R = rock.

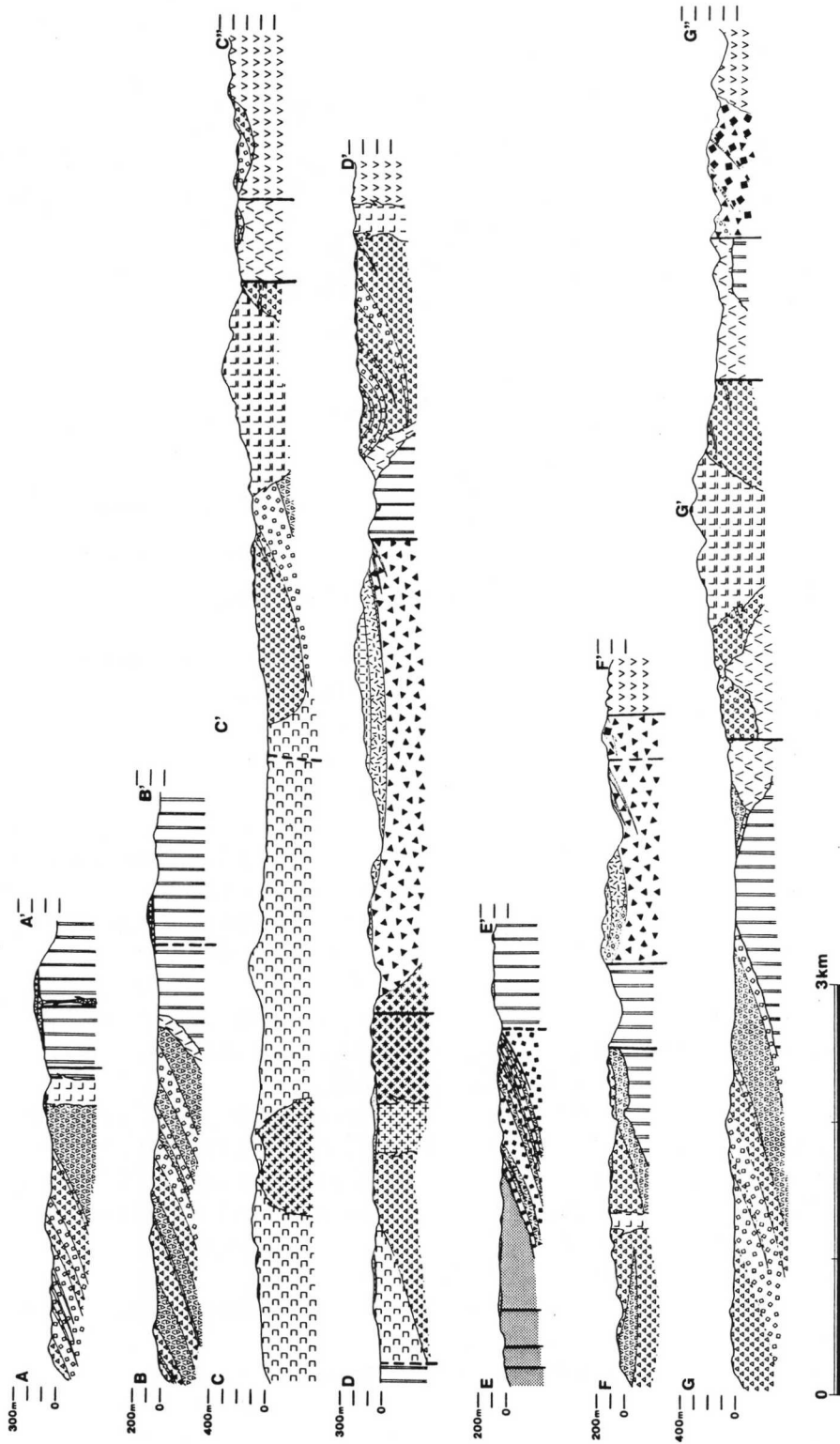


Fig. 4. Geologic profiles of the Hamada City and adjacent area, Shimane Prefecture, Southwest Japan. Legend same as in Fig. 3.

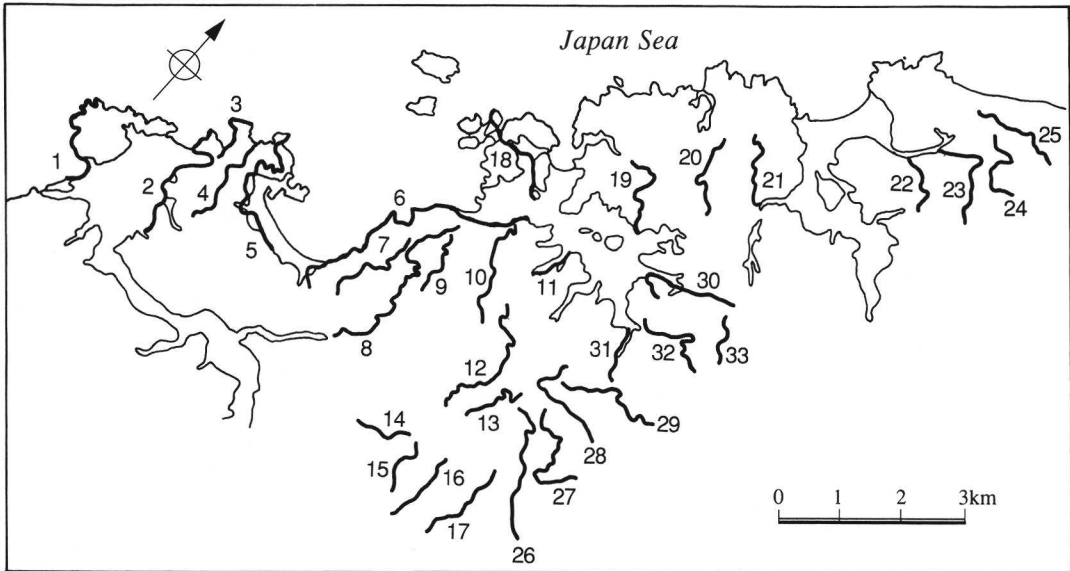


Fig. 5. Index map showing the routes along which the columnar sections were obtained.

ほとんどは溶岩と同質のものであり、岩片の含有率は70~80%に及ぶ場合もある。これら火砕岩はしばしば成層構造を示し、級化層理が認められる場合もあるが側方への連続性は極めて乏しい。馬島では細粒凝灰岩中に軟泥礫、碎屑岩脈、火山豆石、armored lapilli (Waters & Fisher, 1971)が認められる。

## 2. 貫入岩類

熱田累層分布域には、本累層に密接に伴われて各種貫入岩類が分布している。これらの貫入岩類は、三階山斜長流紋岩・長沢深成複合岩体・珪長岩およびひん岩に分類される。

### a. 三階山斜長流紋岩(新称)

調査地域中央部の三階山の山体を形成し、径2.3×1.5 kmの規模を有する(Fig. 3)。基盤岩類・野地安山岩層・今井迫流紋デイサイト層を貫く。一般に灰白色~白色を呈する。流理構造が発達している場合とそれがまったく見られない場合がある。母岩と接するところでは、貫入面に平行な流理構造が生じ、母岩に珪化作用を与えている。鏡下では、石基は石英・長石および黒雲母からなるマイクロフェルシティック組織を示し、自形の斜長石斑晶が認められる。

### b. 長沢深成複合岩体(新称)

本岩体は石英閃緑岩と花崗岩からなる。石英閃緑岩は長沢の東南に分布する径300×700 mの大きさを有する岩体で、黒川から高佐に至る道路沿いの露頭では生湯流

紋デイサイト層を貫いているのが観察される。また貫入の部位は基盤岩と国府火山岩類の断層接触部にほぼ相当する。斑状組織の著しい部分と完晶質等粒状の部分からなる。主に斜長石・石英・オーゾライト・角閃石・磁鉄鉱・イルメナイトからなり、少量のアルカリ長石・スフェン・アパタイト・ジルコンを含む。

花崗岩は長沢に分布し、径600×700 mの規模を有する。野地安山岩層・生湯流紋デイサイト層に貫入している。細粒の黒雲母花崗岩で、半自形粒状~微文象組織を示す。一般に変質が進んでいる。主に石英・斜長石・アルカリ長石・黒雲母・磁鉄鉱からなり、イルメナイト・スフェン・黄鉄鉱・ジルコンを少量含む。石英閃緑岩とは累帯深成複合岩体をなすものと推定される。

### c. 珪長岩

岩株状の小岩体あるいは岩脈として各地に散在する。岩質的に三階山斜長流紋岩に類似したもののほかに石英と斜長石の斑晶を有する石英斑岩もこれに含めた。周布付近では比較的大きな岩体(径数100 m)が、熱田岩体と基盤岩との境界部に見られる。

### d. ひん岩

ひん岩・角閃石安山岩などが小岩脈として熱田、三階山北西などに産する。

## B. 下府岩体

報告地域東部の下府以東に分布する径約3×2 kmの小規模な陥没状火成岩体で、下府累層と珪長岩、ひん岩

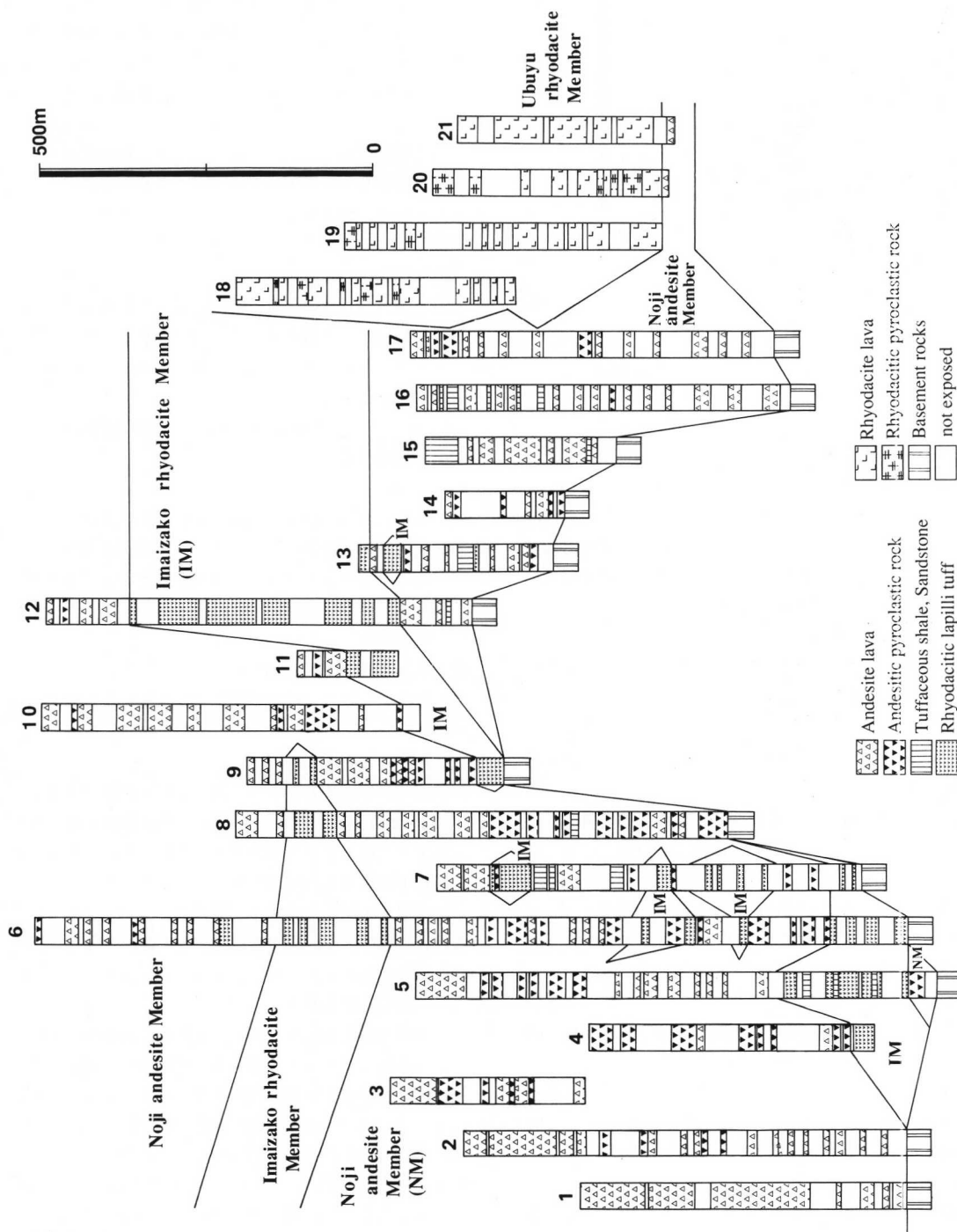


Fig. 6. Columnar sections of the Atsuta Formation.

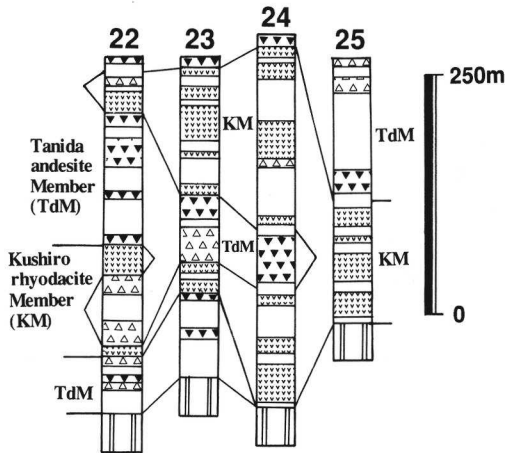


Fig. 7. Columnar sections of the Shimokoh Formation. Legend same as in Fig. 6.

などの小岩脈から構成される。

### 1. 下府累層 (新称)

下府から久代にかけて分布し、<sup>たにだ</sup>谷田安山岩層と<sup>くしろ</sup>久代流紋デイサイト層に二分される。本累層は熱田累層とは基盤で隔てられるが、層序、岩相や放射年代の類似(今岡ほか, 1990)から同累層に対比可能である。

#### a. 谷田安山岩層 (新称)

報告地域北東部の谷田北方および南東方地域に小規模に分布する。基盤岩とは南部で断層で接する。模式地は国分北部の海浜公園の道路沿い。本層は主として安山岩溶岩および同質火砕岩類からなる(Figs. 3, 7)。最大層厚は約 285 m。

安山岩溶岩は暗灰色～暗灰紫色で、後述の同質火砕岩類と指交する。溶岩には弱い流理構造が認められる。鏡下では、ピロタキシティック組織を示し、斑晶として斜長石・オージャイト・磁鉄鉱が含まれる。石基には斜長石・オージャイト・磁鉄鉱・イルメナイトが認められる。斜長石斑晶の一部はセリサイト化している。

安山岩質火砕岩は非溶結の火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩からなり、火山円礫岩や凝灰質砂岩を伴う。暗褐色～暗紫色で、安山岩溶岩、珪長質凝灰岩などの岩片を含む。塊状のことが多いが、一部では成層構造を示すこともある。岩相の上では安山岩溶岩および同質火砕岩ともに野地安山岩層に極めてよく類似している。

#### b. 久代流紋デイサイト層 (新称)

報告地域北東部の谷田から久代にかけて分布する。谷田安山岩層とは指交関係にある。基盤岩とは高角のアバットで接する。模式地は久代南西久代川沿いの道路切

割。最大層厚は約 200 m。構成岩石は灰緑色～淡赤紫色を呈する流紋デイサイト質の火山礫凝灰岩～凝灰角礫岩であり、凝灰岩を伴う。緑色で偏平な軽石片のほか、安山岩溶岩・同質凝灰岩・流理構造の発達した流紋デイサイト・泥質片岩・砂質片岩などの岩片が含まれ、一部溶結構造が認められる。鏡下では、斑晶状結晶として石英・斜長石・黒雲母が認められ、マトリックスはガラス質ないし隠微晶質で、ユータキシティック組織を示す。変質によりセリサイト・緑泥石・緑レン石・赤鉄鉱などが生じている。岩相の上では今井迫流紋デイサイト層によく類似している。

### 2. 貫入岩類

下府累層堆積盆地の縁辺部付近には、小規模な貫入岩類が伴われる。いずれも地質図上には表現できない小規模なもので、珪長岩とひん岩に分類される。

#### a. 珪長岩

幅数 m 以下で、下府累層と基盤との境界部付近に比較的よく発達する。

#### b. ひん岩

同じく幅数 m 以下のひん岩・安山岩からなり、下府累層および基盤に貫入する。また岩体南縁部の基盤の三郡變成岩との境界部には、かなり連続性のよい岩脈が観察された。

### C. 砂子岩体

報告地域中部の砂子を中心とする径約 4.5×2.0 km の陥没状火成岩体で、砂子累層と斜長流紋岩などの小岩脈からなる。

### 1. 砂子累層 (新称)

報告地域の中部に分布する。熱田累層とは断層関係にあるが、放射年代値(36-30 Ma:今岡ほか, 1990)より、熱田・下府累層より新期の火山岩層と考えられる。本累層は下位より河内安山岩層・<sup>たにだ</sup>谷流紋デイサイト層・高佐流紋岩層・黒川デイサイト層に細分され、河内安山岩層と高佐流紋岩層、河内安山岩層と谷流紋デイサイト層はおのおの指交関係にある(Fig. 2)。

#### a. 河内安山岩層 (新称)

報告地域の南東部に分布する。基盤岩とは高角の断層あるいは高角のアバットで接する。野地安山岩層および今井迫流紋デイサイト層とは断層関係である。模式地は河内より谷に至る道路沿いの切割。最大層厚は約 790 m(Fig. 8)。本層は主として安山岩溶岩および同質火砕岩類からなり、流紋デイサイト質火砕岩類や凝灰質砂岩、シルト岩などの砕屑岩類を挟在する(Figs. 3, 8)。

安山岩溶岩は暗緑色～暗紫色を呈し、一般に塊状で、時に弱い流理構造が認められる。本層の最下部層の露出

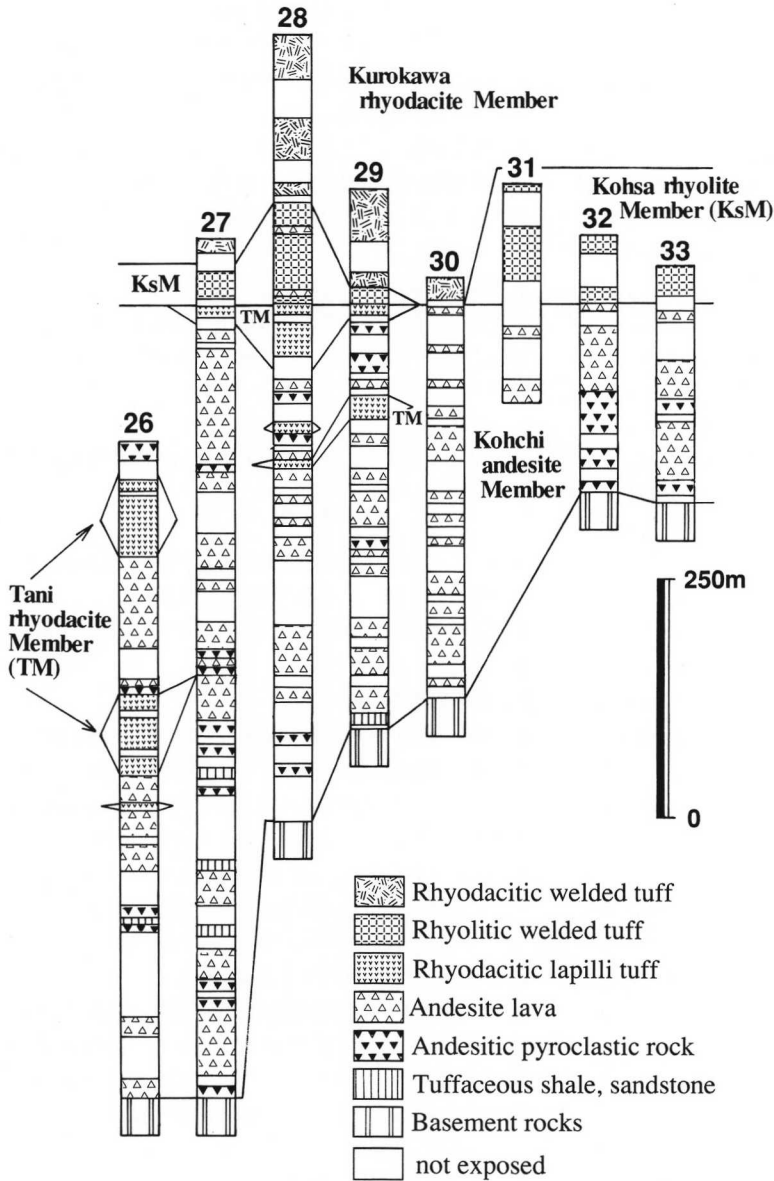


Fig. 8. Columnar sections of the Sunago Formation. Legend same as in Fig. 6.

する南東部ではしばしば水冷自破碎構造が認められ、火山円礫岩や凝灰質砂岩を伴う。溶岩は無斑晶質ないし斑状で、カンラン石-オーザイト安山岩・オーザイト-ハイパーシン安山岩からなる。鏡下ではピロタキシティック・ハイアロオフィティック・インターサタル組織を示し、斑晶としてオーザイト・ハイパーシン(土)・カンラン石(仮像)(土)・斜長石・磁鉄鉱・イルメナイトが、石基には斜長石・オーザイト・磁鉄鉱・イルメナイトが認められる。

安山岩質火砕岩類は、褐色～暗紫色を呈する非溶結の凝灰岩～凝灰角礫岩を主体とし、安山岩溶岩と指交しながら主として本層の下の層準に発達する。火山円礫岩～礫岩・凝灰質砂岩・凝灰質シルト岩などの水底碎屑岩を伴う。一般に岩相や層厚の側方変化が著しく、連続性に乏しい(Fig. 8)。火山円礫岩～礫岩は赤紫色～暗褐色で、安山岩溶岩をはじめ、珪長質～中性凝灰岩の円礫～亜円礫に富む。凝灰質砂岩・シルト岩は、しばしば成層し、級化構造も認められる。まれに細粒部には火山豆石



が含まれることがある。スランブ構造も認められる。

#### b. 谷流紋デイサイト層(新称)

谷北方および谷南東に分布する。模式地は谷南東の沢(Fig. 5の26番)。最大層厚は約80m。構成岩石はデイサイト質～流紋デイサイト質凝灰角礫岩～火山礫凝灰岩～同質凝灰岩とそれらに伴われる凝灰質シルト岩～砂岩である。凝灰角礫岩～火山礫凝灰岩は灰色～淡褐色を呈し、塊状のことが多いが、一部弱い溶結構造を示す。安山岩溶岩、流紋岩などの火山岩片を含むが、その含有率は比較的高い。安山岩は径1m+に達するものもある。凝灰岩は後述する凝灰質シルト岩に伴われて発達し、成層構造を示すことが多い。凝灰質シルト岩～砂岩は本部層の下部層準に発達し、顕著な成層構造を示す。シルト岩～砂岩が互層することもある。鏡下では、斑晶状結晶として、斜長石・石英・角閃石・不透明鉱物が認められる。マトリックスはガラス質ないし隠微晶質で、ユータキシティック組織を示す。変質により、セリサイト・緑泥石・緑れん石・沸石などが生じている。

#### c. 高佐流紋岩層(新称)

高佐および砂子南方に比較的小規模な分布を示す。河内安山岩層と指交関係にある(Figs. 3, 8)。模式地は砂子東方の浜田川沿い。最大層厚は約145m。構成岩石は赤紫色を呈する比較的新鮮な溶結凝灰岩で、黒雲母の自形結晶と粗粒の石英粒を特徴的に含む。一般に均質で、岩相変化はほとんど認められない。岩片としてはごく少量の安山岩溶岩が含まれるにすぎない。鏡下では、斑晶状結晶として石英・斜長石・黒雲母・磁鉄鉱が認められる。石英および斜長石は破片状あるいは融食形で、黒雲母(X=淡黄緑色、Z=赤褐色)は湾曲しているものもみられる。磁鉄鉱は自形～半自形で、すべて赤鉄鉱化している。マトリックスはガラス質～隠微晶質で、ユータキシティック組織を示し、球顆構造も認められる。

#### d. 黒川流紋デイサイト層(新称)

黒川の東方および南方に局所的に分布する。三郡変成岩とは断層関係にあり、河内安山岩層および高佐流紋岩層を整合に覆う(Fig. 3)。模式地は黒川南方の沢沿い。最大層厚は約180m。構成岩石は褐色～黒色の流紋デイサイト質溶結凝灰岩で、新鮮なものは黒色のガラス質光沢を示す。一般に岩相変化に乏しい。鏡下では石英・斜長石・角閃石・磁鉄鉱・イルメナイトの斑晶状結晶が認められる。石英および斜長石は破片状あるいは融食他形を示す。角閃石(X=淡黄色、Z=褐緑色)は自形のものも見られるが、破片状のものが多く、磁鉄鉱およびイルメナイトは自形～半自形結晶で、おのおの単独結晶として産する。量的には磁鉄鉱の方がイルメナイトよりや

や多い。マトリックスはガラス質で、顕著なユータキシティック組織を示す。脱ハリはあまり進んでいない。岩片は少なく(～5 vol.%)、その構成岩は安山岩溶岩・石英斑岩・黒雲母花崗岩などである。

## 2. 貫入岩類

砂子累層は小規模ながら、貫入岩類を密接に伴う。それらは珪長岩とひん岩に大別される。

#### a. 珪長岩

岩株状岩体または岩脈として高佐、河内、谷などに分布する。高佐・河内の岩体は砂子累層堆積盆地の縁辺部付近に発達し、特に前者は基盤との境界断層に沿うように貫入する。

#### b. ひん岩

谷付近に小規模に分布し、河内安山岩層に貫入する。

## 地質構造

Fig. 4に報告地域の地質断面図を、Fig. 9に各岩体の地質構造図を示す。国府火山岩類の分布はいくつかの断層や基盤岩類の露出によりいくつかのブロックに分断される。

### 1. 熱田岩体の構造

北側には主に生湯流紋デイサイト層が、南側には主に野地安山岩層と今井迫流紋デイサイト層が分布し、両者は後述のように東西性の断層で境される。生湯流紋デイサイト層中の溶岩の示す流理構造や火砕岩の走向はほぼ東西で、北西に開いた盆状構造をしているものと推定される。一方、野地安山岩層と今井迫流紋デイサイト層は大略的には北側に向かってより上位の地層が分布し、北に緩傾斜した単斜構造を基本構造とする。すなわち火山岩層の走向は、西部では北東-南西方向であるが、熱田付近における基盤の張り出し部を境として東西ないし西北西-東南東方向に転じる。このような北側への単斜構造を基本構造としながらも、以下のような特徴的な構造がみられる。注目すべきは、三階山斜長流紋岩体を中心としてドーム構造を呈していることである。すなわち、三階山斜長流紋岩体の西部では火山岩層は北西に、北東部では北東に傾斜し、南東部では接触部付近で南東に傾斜している。このため三階山斜長流紋岩体の南東部では、基盤岩付近の北に傾斜する火山岩層との間に向斜構造が形成されている。さらに三階山の北西には三階山斜長流紋岩を取り巻くように基盤岩が露出している。また、三階山斜長流紋岩体と周囲の火山岩層との接触面は、岩体の内側に向かって50°～70°の高角で傾斜している。このことから、本岩体はロート形状態を有するものと判断される。このほか、今井迫北方においても向斜

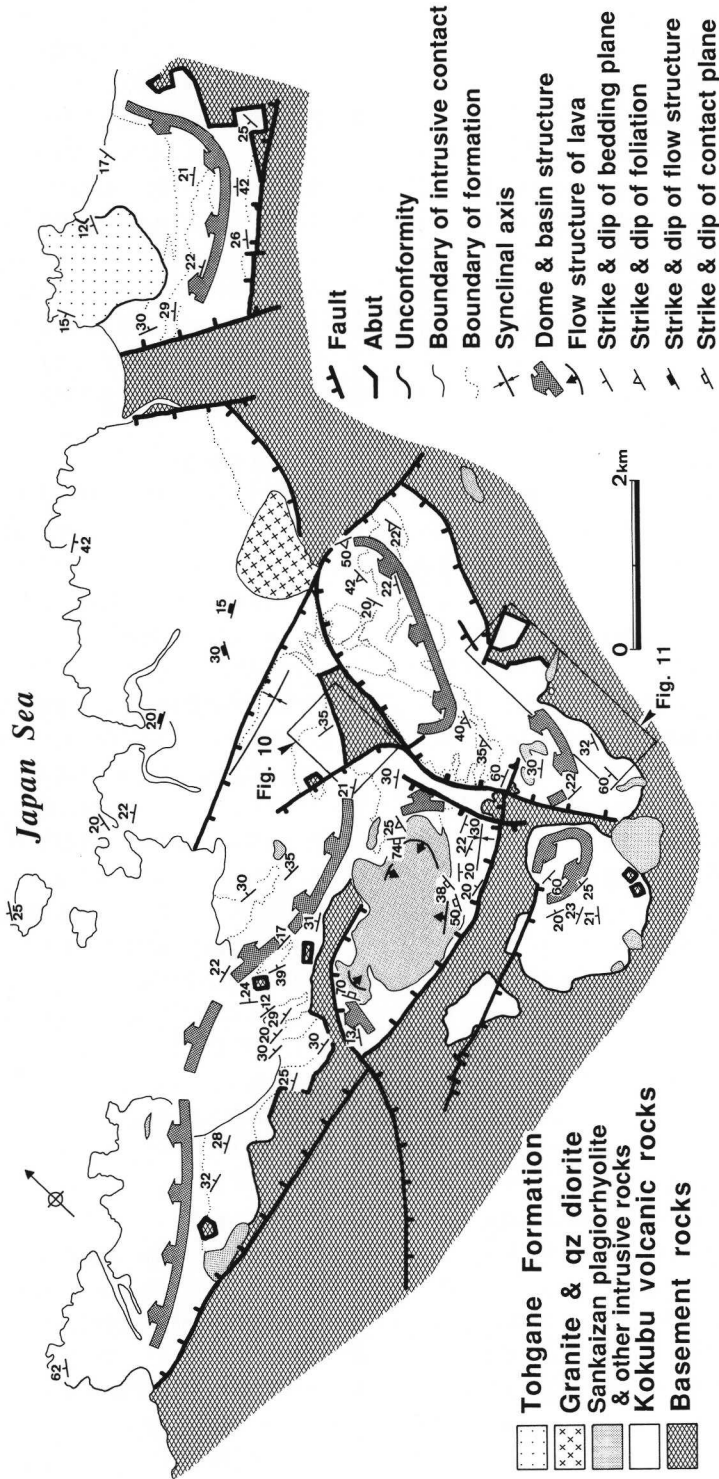


Fig. 9. Structural map of the Paleogene nested cauldrons in the Hamada area, Shimane Prefecture, Southwest Japan. Locations of Figs. 10 and 11 are also shown.

構造が認められる。

報告地域南部の西岡東方の張り出し部にも基盤岩を不整合で覆って野地安山岩層が分布している。火山岩層ここでは堆積盆の北より中心をもつ盆状構造を呈する。

基盤岩とは北東側では、北西-南東方向および南北性の正断層によって接する。基盤岩との境界部(東西性および南北性の断層の交差部)には長沢深成複合岩体が貫いている。南側では周布から熱田南方を経て谷に至る東西約 9 km にわたって連続する東西性の断層によって画されている。野地南方および周布付近においては、この断層に沿って幅数 m にわたる断層角礫帯が認められる。角礫帯とその周辺は著しい熱水変質を受け、幅 10 数 m にわたる白色変質帯が形成されている。また、野地安山岩層は北側では瀬戸ヶ島南方から岡口に至る東西方向の断層によって生湯流紋デイサイト層と接する。高佐西方においては、生湯流紋デイサイト層中に幅数 m にわたる断層角礫帯が識別される。また、熱田西方や三階山の北西および南部に張り出している部分は比較的低角の不整合で基盤岩を覆う。

今井迫付近、三階山の北西、福井、熱田では周囲を国府火山岩類で囲まれて、基盤が多角形ブロック状に露出している。今井迫付近では、北側を除く周囲を国府火山岩類で囲まれて三郡変成岩が露出する(Fig. 9)。基盤の東側では断層で砂子岩体の黒川流紋デイサイト層と接し、南側では西北西-東南東方向の断層で今井迫流紋デイサイト層と接する。また西側では今井迫流紋デイサイト層とアバット関係にある。Fig. 10 の A 地点では、三郡変成岩にアバットする角礫岩が認められる。礫は主として三郡変成岩と珪長岩の不淘汰角礫からなり、これに少量の安山岩溶岩・ひん岩・流紋岩質凝灰岩・凝灰質頁岩を混じえる。マトリックスは主として三郡変成岩の破砕物よりなり、ラミナ等の堆積構造もまったく見られない。以上の事実から、これは火山活動中あるいは火山活動後のカルデラ形成に伴って陥没壁が崩壊した堆積物で、Lipman(1976)による caldera-collapse breccias の mesobreccia と同じものと考えられる。なお、本宿グリーンタフ団研グループ(1968)や Fujita(1972)による巨角礫を含む淘汰の悪い基底礫岩、山陰グリーン・タフ団体研究グループ(1973)の定義した崖錐性基底礫岩は、陥没壁の崩壊による産物という点では類似しているが、火山活動に先立つ陥没によって形成されたものであるという点において本地域のものとは成因を異にする。なお、珪長岩礫の K-Ar 年代は  $40.5 \pm 0.5$  Ma(今岡・板谷、未公表資料)である。

以上のように、① 熱田累層の堆積盆は東西性の断層

とそれに直交ないし斜交する断裂系の交差によって 2 つの不規則な多角形ブロックに分割されている。② おのおのブロックはいずれも基盤に対して高角の正断層あるいはアバットで接し、ブロックは基盤に対して相対的に沈下(陥没)している。③ 断層に沿って貫入岩が見られる。④ 基盤との接触部付近には主として近接基盤に由来する不淘汰角礫岩が見られ、それは陥没壁の崩壊による産物と考えられる。⑤ 火山岩層に囲まれて多角形ブロック状に露出する基盤は落ち残ったカルデラ底と考えられる。以上のことから、熱田累層は長沢深成複合岩体や三階山斜長流紋岩体などの貫入岩類とともに陥没構造を形成しているものと考えられる。そこで本岩体を西岡東方の小ベースンも含めて熱田コールドロンと命名する。

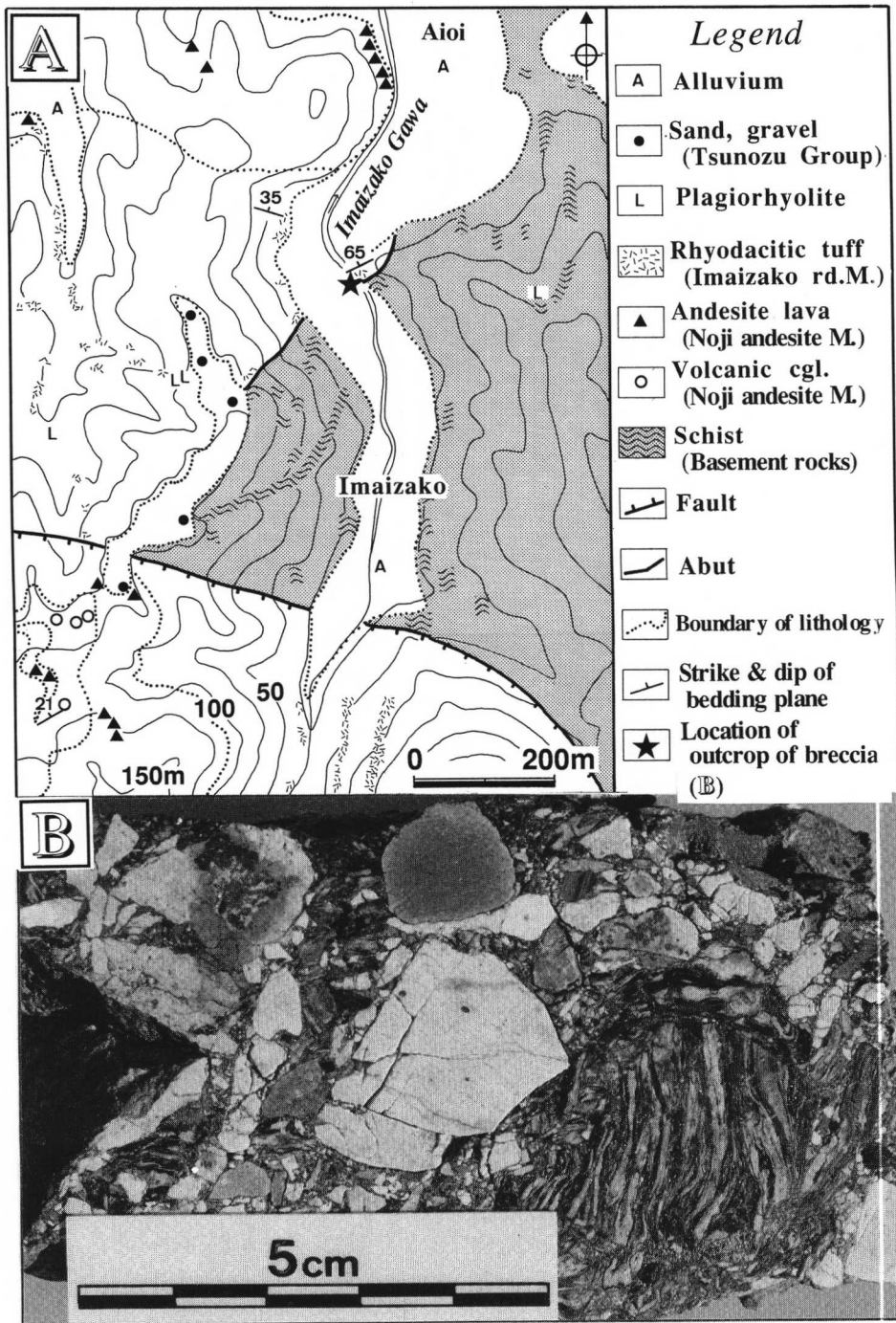
## 2. 下府岩体の構造

本岩体は上府-下府付近の基盤岩類の高まりの東側に分布する。このブロックは東西約 3 km、南北約 2 km の比較的小規模なもので、本累層は北側で中新統唐鐘累層に不整合に覆われる(今岡ほか、1990)。火山岩層の走向は西部では北西-南東であるが、東部に向かって東西から北東-南西方向に変化し、北に緩傾斜する。全体的には火山岩層は北西に開いた半盆状構造を呈する。基盤岩とは西部および南部では高角の断層で接し、東部では入り組んだ高角のアバットで接する。

以上のように、① 下府累層の堆積盆は東西性の断層とそれに直交ないし斜交する断裂系の交差によって径数 km の不規則な多角形ブロックをなす。② 火山岩層はいずれも基盤に対して高角の正断層あるいはアバットで接し、基盤に対して相対的に沈下(陥没)している。③ 断層に沿って貫入岩がみられる。④ 基盤との接触部付近には主として近接基盤に由来する不淘汰角礫岩が見られ、それは熱田岩体におけるのと同様に陥没壁の崩壊による産物と考えられる。以上のことから、本累層は熱田累層と同様に貫入岩類とともに陥没構造を形成しているものと考えられる。そこで本岩体を下府コールドロンと命名する。

## 3. 砂子岩体の構造

本岩体は東西約 2 km、南北約 4.5 km の南北にやや細長いブロック状の分布を示す。熱田累層の基本構造を北北西-南南東方向の断層で切って、砂子累層が独自の盆状構造を形成している。熱田累層との境界には三郡変成岩や小角流紋岩などの基盤岩がセブタ状に見られる(Fig. 9)。本累層の北側は三郡変成岩と東西性の断層で接し、この断層に沿って珪長岩の岩脈が貫入しているのが観察される。



**Fig. 10.** Route map (A) of the Imaizako area showing the relationship between the Imaizako rhyodacite Member and the basement rocks together with the photograph of the caldera collapse breccia (B) abutting to the basement Sangun metamorphic rocks at the point ★. Note that the rock fragments are poorly sorted, and the matrix consists of the same material as the fragments. Abbreviations : M=Member, Rd=Rhyodacite, Cgl=Conglomerate.

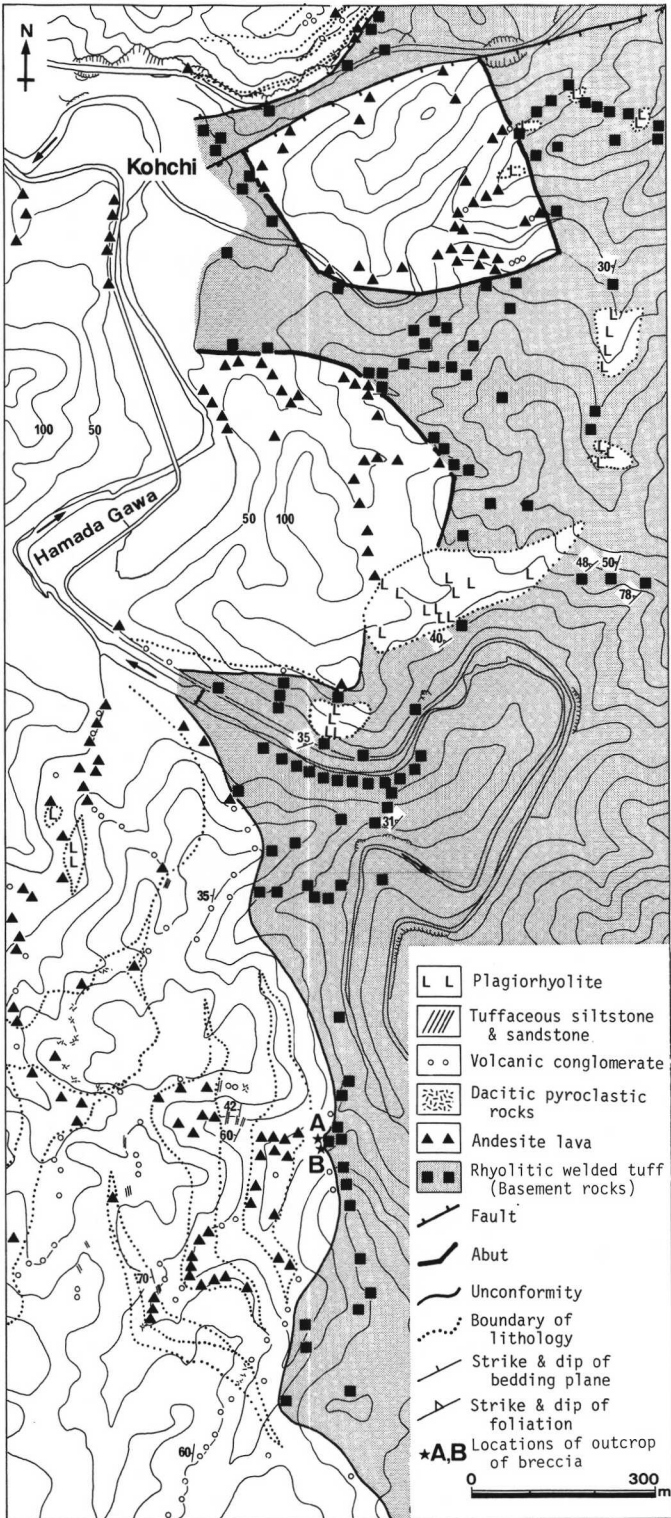


Fig. 11. Route map of the Kohchi area.



本累層と基盤の浜田層群の関係を示すために、河内付近のルートマップを Fig. 11 に示す。このルートマップの北側では、火山岩類は東北東-西南西方向の断層で接する部分を除けば基盤岩と高角のアバットで接する。また、河内の東方では火山岩類は高角の基盤壁にアバットして島状に分布する。さらに南部では、火山岩層は全体的に比較的高角度で西側に傾斜し、基盤岩を高角の不整合で覆う。Fig. 11 の A 地点では、礫岩層が約 70° 盆地側に傾斜した基盤の高角度面にアバットしている。礫岩は淘汰が悪く、最大径約 1 m の近接基盤(浜田層群)に由来する流紋岩質凝灰岩の角礫~亜角礫を多量に含む。マトリックスは、赤紫色の砂岩からなる。淘汰は不良で、ラミナや堆積構造はまったく認められない。アバット面より西方約 5 m 地点では、比較的淘汰のよい赤紫色の成層した砂岩~礫岩に移化する。なお、基盤岩中には不整合面に平行な幅 70~80 cm の固結破砕帯が認められる。B 地点では、基盤との直接の境界は不明であるが、境界部近くでは赤紫色を呈し、砂岩からなるマトリックス中に径約 3.5 m 大の近接基盤岩(浜田層群の流紋岩質凝灰岩)のブロックをはじめ、大礫~中礫が多く含まれる。礫は角礫~亜角礫で、流紋岩質凝灰岩や安山岩などからなる。これらのブロックや不淘汰角礫岩はその産状や岩相より熱田・下府コールドロンで記載されたものに類似し、陥没壁の崩壊による産物と考えられる。B 地点の西隣の露頭では、このような層相は赤紫色の砂岩へと急速に移化する。砂岩中には最大径約 50 cm の基盤岩礫が含まれ、礫の一部はやや水磨されている。砂岩にはラミナが発達することもある。

以上のように、① 砂子累層は東西約 2 km、南北約 4.5 km の南北に細長いブロック状の形態を示す。② この岩体は基盤とは高角の断層あるいは高角のアバットで接し、断層接触部には固結破砕帯が見られる。③ 北側の三郡変成岩との断層接触部では、断層に沿って珪長岩の岩脈が見られる。④ 火山岩層は北西よりに中心をもつ半盆状構造を呈している。⑤ 基盤との接触部付近には主として近接基盤に由来する巨大ブロックや不淘汰角礫岩が見られ、それは陥没壁の崩壊による産物と考えられる。以上の事実から、砂子累層は貫入岩類とともに陥没構造を形成しているものと考えられる。そこで本岩体を砂子コールドロンと命名する。

以上のように国府火山岩類の堆積盆は、東西性の断層とそれに直交ないし斜交する断裂系の交差によって、径数 km の不規則な多角形のブロックに分割されている。個々のブロックはいずれも基盤に対して高角の正断層あるいはアバットで接し、ブロックは基盤に対して相対的

に沈下(陥没)している。以上述べてきたように、本地域の火山岩類は深成岩や半深成岩とともに、少なくとも 3 つのコールドロンを形成しているものと考えられる。

## 考 察

既述の層序・岩石記載・地質構造に放射年代の測定結果(今岡ほか, 1990)なども含めて熱田・下府・砂子コールドロンの形成史について考察する。さらに山陰西部地域における他の古第三紀コールドロンとの類似点および相違点について比較検討を行う。

### 1. 熱田・下府コールドロンの形成史

熱田コールドロンは周囲のかなりの部分を断層でとり囲まれており、最下部層と基盤の直接の関係を知ることは困難であるが、既述のように数カ所で基盤に対して高角アバットの関係が観察された。この事実は、火山活動の前期に陥没(一次陥没)による堆積凹地と高角傾斜を示す山地がその背後に形成されていたことを示唆している。また、下府コールドロンにもほぼ同様の関係が認められる。

熱田コールドロンにおいては、火山活動はまず約 44 Ma の安山岩質マグマ(野地安山岩層)の噴出によって開始された(Fig. 6)。安山岩質マグマの噴出とあい前後して小規模ながら珪長岩岩脈の貫入が行われていることが mesobreccia の礫構成(Fig. 10)より推定される。約 39 Ma 頃になると流紋デイサイト質マグマの活動(今井迫流紋デイサイト層と生湯流紋デイサイト層)が安山岩質マグマの噴出とほぼ同時期に起こった。このように初期の火山活動は安山岩質マグマと流紋デイサイト質マグマの顕著なパイモーダル型火成活動によって特徴づけられる。火山活動は堆積盆のほぼ全域におよぶ大規模なもので、大量の溶岩や火砕物を噴出させた。

火山岩層と基盤岩との間には断層角礫帯が認められ、火山岩層は基盤に対して相対的に沈降している。このことは火山活動の末期あるいは終了後に火山岩層が 2 度目の陥没(二次陥没)をしたことを物語っている。

その後、盆地中央部付近ではこれらの火山岩層に三階山斜長流紋岩の貫入が行われた。これにより貫入岩の周辺地域はドーム状に隆起し、三階山の南東部には向斜構造が形成された。また三階山の北西部に山体を取りまくように分布する基盤岩については、① 三階山斜長流紋岩の貫入に伴うドーム隆起によって持ち上げられたカルデラ底、② 落ち残ったブロック、の 2 つの解釈が可能である。② の解釈の場合には三階山を中心とした地域に小陥没構造が想定される。筆者らはいずれの解釈が妥当であるのか判断材料を持ち合わせていない。



山陰西部の古第三紀コールドロン群の中でその形成過程において、陥没後にドーム隆起(再生ドーム)が認められているものとしては、波佐コールドロン(村上ほか, 1982)と旭コールドロン(中村, 1979)があげられる。

火山活動と並行して約 39 Ma には石英閃緑岩と花崗岩からなるパイモーダルな深成岩類の貫入が行われた(長沢深成複合岩体)。深成岩類の貫入は基盤岩類と盆地埋積層を画する断層にほぼ沿って行われており、このことは、深成岩類の貫入には堆積盆地と基盤岩とを境するような二次陥没に関連した断層帯が重要な役割を果たしていることを表している。

野地安山岩層の下部には礫岩やラミナの発達した凝灰質砂岩・頁岩などの水底堆積物が卓越していることや、溶岩にも水冷自破砕構造が発達したり、それらが礫岩に移化する場合も認められることから、火山活動の初期にはすでに水域が存在していたらしい。さらにこれらは基盤に高角のアバットで接する部分が認められる。このことは火山活動開始の直前ないし前期に堆積凹地とその背後に高角傾斜を示す山地が存在したであろうという推定とも調和的である。ただし、これらの堆積物には今井迫流紋デイサイト層の溶結凝灰岩の挟みも認められる(Fig. 6)ことからこれらを堆積させた水域はさほど深いものではなく、盆地の埋積の進行によっては、一時的な乾陸が形成されるような深度のものであったであろう。野地安山岩層の上部層は安山岩溶岩の卓越で特徴づけられ、今井迫流紋デイサイト層と指交する(Fig. 6)。安山岩溶岩には水冷自破砕構造も認められるが塊状なことも多く、おそらく陸域、一部水域での堆積が推定される。野地安山岩層の下部を堆積させた比較的広域の水域は、火山活動の進行と噴出物の埋積により次第に縮小し、かわって乾陸域が拡大していったものと推定される。生湯流紋デイサイト層の堆積環境を示唆するような情報は乏しい。一部にはよく成層した火砕岩を挟在したり、水冷自破砕構造が観察され、明らかな水底堆積相を示すが、多くは柱状節理が発達するか、もしくは塊状で、おそらく大部分乾陸域に噴出したものと考えられる。このような明瞭な乾陸性噴出物が堆積したのは、噴出物による初期水域の埋積、斜長流紋岩のドーム状隆起、花崗岩類の貫入を経てほぼ完全に水域が消滅した結果であろう。

一方、下府コールドロンにおいては、その上部が唐鐘累層によって覆われており、火山活動の全容は明らかではないが、それは安山岩質火砕物(谷田安山岩層: 43 Ma)の噴出によって開始された。比較的初期段階から流紋デイサイト(久代流紋デイサイト層)の活動があり(Fig. 7)、熱田コールドロンと同様、パイモーダル火山

活動によって特徴づけられる。またそれらの火山活動は、活動の進行によっては容易に乾陸化するような浅い水域で起こったものと推定される。

## 2. 砂子コールドロンの形成史

本コールドロン形成の最も早期の構造運動については、最下部層が南東側にしか露出していないため不明な点が多い。しかし、既述のように一部では、明らかに基盤と高角アバットの関係にある(Fig. 11)。この事実は、火山活動の前期に高角傾斜を示す山地と凹地が陥没により形成されていたことを示している。これを一次陥没と呼ぶ。約 35 Ma には再び安山岩溶岩および同質火砕物(河内安山岩層)が噴出し、それとほぼ同時期に小規模ながら、流紋デイサイト質の火砕物の噴出も行われた。安山岩質マグマの噴出の末期になると流紋岩質の火砕流(高佐流紋岩層)が発生し、約 30 Ma には流紋デイサイトの火砕流(黒川流紋デイサイト層)がこれを覆った。これらの火山岩層を珪長岩やひん岩の岩脈が貫いた。本コールドロンの西側では、砂子累層最上位の黒川流紋デイサイト層は熱田累層と断層関係にある。このことから、黒川流紋デイサイト層の堆積後に 2 度目の陥没運動があったものと推定される。これを二次陥没と呼ぶ。

河内安山岩層の下部には礫岩や凝灰質砂岩・頁岩などの水底堆積物が卓越していること(Fig. 8)や、溶岩にも水冷自破砕構造が発達したり、それらが礫岩に移化する場合も認められることから、堆積盆地発生直後にはすでに水域が存在していたらしい。高佐流紋岩層と黒川流紋デイサイト層の中には水底堆積物を全く挟在しないこと(Fig. 8)や顕著な溶結構造が見られることから、堆積環境はこの時期までにすでにほぼ完全な乾陸域へと変化していたものと推定される。すなわち、河内安山岩層の最下部を堆積させた水域は、火山活動の進行と噴出物の埋積により次第に縮小し、かわって乾陸域が拡大していったものと推定される。このように本コールドロンは、盆地発生時から存在した水域が次第に埋積され、乾陸域へと堆積環境が変化していく過程を明瞭に記録している。

以上のように、浜田地域においては約 44 Ma から 30 Ma まで火成活動が断続的に行われ、形成時期を異にする 3 つのコールドロンが形成された。いずれのコールドロンにおいても火山活動の初期にはアバット不整合が形成されるような堆積凹地が陥没により形成されていた。下府コールドロンについては、その上限が不明のため、全容が明らかではないが、火山活動は安山岩質マグマの噴出によって開始され、中性～珪長質岩の貫入を受けながら全体的にはより珪長質火成活動へと移行して

いった。これに伴って堆積環境は水域から乾陸域へと変化した。火成活動の進行とともに、火山性陥没によるブロック化が著しく進行し、いくつかの大きな正断層型の断裂によって、国府火山岩類はいくつかのブロックに分断された。ブロック化とともに熱田コールドロンでは、三階山を中心にドーム隆起が行われた。したがって、浜田地域は 44-30 Ma にかけてバイモーダルな火成活動と block faulting の卓越するような、南北方向の伸張性応力場にあったものと推定される。

### 3. 山陰西部地域における他のコールドロンとの比較

報告地域のコールドロンにみられる諸特性と、山陰西部地域における他の古第三紀コールドロンにみられる諸特性(今岡, 1986, Imaoka *et al.*, 1988)を比較した場合、以下のような類似点と相違点が認められる。

類似点: ① いずれも径数 km の規模を有する。② コールドロンは火山岩類と、それに貫入する深成岩から構成され、火山-深成複合岩体をなしている。③ 火山活動は安山岩質マグマの噴出によって開始され、流紋デイサイトの活動を経て、より珪長質になる傾向がある。④ 斜長流紋岩や花崗岩・石英閃緑岩などの貫入岩類の放射年代は、火山岩類のそれと重複する。⑤ 堆積環境は初期の水域から後期の乾陸域へと変化した。⑥ 火山岩層と基盤は正断層で接し、火山岩層側が相対的に沈下(陥没)している。⑦ 浜田コールドロンにおいて安定同位体や微量元素の研究など(今岡ほか, 1977; Matsuhisa *et al.*, 1980)から明らかにされたように、コールドロンの構成岩石はいずれも顕著な変質作用を被っている。

相違点: ① 従来報告されてきた古第三紀コールドロンは、その平面的形態が円形～楕円形である(Fig. 1)のに対し、熱田・下府・砂子コールドロンでは、断裂系の交差によるブロック化が著しく、不規則な多角形を示す。② 前者は基盤と断層接触の関係にあるのに対し、熱田・下府・砂子コールドロンでは、火山岩層が基盤に対しアバットしている部分がしばしば認められる。③ コールドロン内にも小規模ながら基盤岩類がブロック状に分布している。④ 深成岩類の分布面積が狭小である。

以上のように熱田・下府・砂子コールドロンは、その規模、構成岩石、火山活動や堆積環境の変遷、深成岩の存在、火山活動が引き金となった陥没がみられる点など、多くの点で従来報告されてきた古第三紀コールドロンにも類似している。

一方、最も大きな相違点は、熱田・下府・砂子コールドロンが断裂系の交差によって特徴づけられる多角形のコールドロンで、基盤との間にアバット関係と断層接触

関係が認められるのに対して、他の古第三紀コールドロンは、基盤と断層接触関係のみからなる円形～楕円形のコールドロンであるという点に集約されよう。

コールドロンの形態は広域的な構造、応力場、カルデラの構造、マグマの貫入、あるいはそれらの相互作用によって支配される(Lipman, 1984), Komuro(1987 a)によれば、多角形コールドロンはマグマ溜りのドーム隆起(上昇・膨張)に伴って地表部に生じた放射状断裂系と同心円状断裂系の交差によって形成される。断裂系は深部に向かって尖滅し、一般に深成岩類を伴わない。一方、環状コールドロンはマグマの大量噴出によるマグマ溜まりの圧力減少や、マグマとマグマ溜まりの天井との密度差によってマグマ溜まりの天井が陥没し、それが地表にまで達したものと考えられる。この種の陥没には噴火や深成岩の貫入が密接に関係する。Komuro(1987 a, b)は多角形コールドロンと環状コールドロンを端成分とする両者の中間型とでもいうべきタイプを考え、これを二重陥没型コールドロンと呼んだ。すなわち、このタイプのコールドロンにはドーム隆起による地表部の多角形陥没とマグマ溜まりの陥没が地表に達した円形陥没の組み合わせが見られ、小規模な深成岩を伴う。本宿グリーンタフ研グループ(1968)は、中新世の本宿陥没盆地でこのタイプの二重陥没構造をすでに報告している。

熱田・下府・砂子コールドロンは、既述の形成過程において火山活動の初期と後期に陥没が認められることや、小規模な深成岩を伴うことから判断して、おそらく二重陥没型に近いものであろう。ただし、本地域のコールドロンには円形の二次陥没は認められない。おそらく一次陥没の断裂が二次陥没の時に再活動したためではなかろうか。二次陥没の断層は、一次陥没を示す不整合に調和的にみえるのはこのためであろう。類似の多角形コールドロンとしては同じ時代の中では西南北海道の漸新世烏頭川コールドロン(雁沢・佐藤, 1989)があげられよう。

### ま と め

1. 島根県浜田市周辺に新しく古第三紀のコールドロン(熱田コールドロン、下府コールドロン、砂子コールドロン)が発見された。これらのコールドロンは、従来山陰西部で記載されてきた円形～楕円形のものと異なり、断裂系の交差により多角形の輪郭を有する。

2. 熱田コールドロンは国府火山岩類下部の熱田累層と各種貫入岩類(長沢深成複合岩体・三階山斜長流紋岩など)から構成される。熱田累層は野地安山岩層・生湯

流紋デイサイト層・今井迫流紋デイサイト層の3部層に区分される。積算最大層厚は1930 m。本累層は北傾斜の同斜構造を基本構造とするが、三階山斜長流紋岩の貫入によるドーム構造も認められる。コールドロンにおける火成活動は44 Maの安山岩質マグマの噴出によって開始され、次第に珪長質な火成活動へと移行していった。これに伴って堆積環境は一部水域から陸域へと変化した。

3. 下府コールドロンは国府火山岩類下部の下府累層と各種岩脈から構成される。下府累層は谷田安山岩層と久代流紋デイサイト層の2部層に区分される。積算最大層厚は385 m。北西に開いた半盆状構造を示す。このコールドロンにおける火成活動は43 Maの安山岩質マグマの噴出によって開始され、比較的早期から流紋デイサイトとのパイモータル火山活動で特徴づけられる。堆積環境は浅水域であった。

4. 砂子コールドロンは国府火山岩類上部の砂子累層と各種貫入岩類からなる。火山岩層は河内安山岩層・谷流紋デイサイト層・高佐流紋岩層・黒川流紋デイサイト層の4部層に区分される。積算最大層厚は1115 m。砂子累層は熱田累層の構造を弓状の断層で切り、独自の盆状構造を形成している。このコールドロンにおける火成活動は約35 Maから30 Maにかけて行われ、熱田コールドロンに類似した火成活動と堆積環境の変遷がみられた。

5. 浜田地域に見られる古第三紀コールドロンは2回の表層陥没と小規模な深成岩を伴うことなどから、二重陥没型コールドロン(Komuro, 1987 a, b)の形成過程を経たものと推定される。

6. 以上の点から浜田地域は44-30 Maにかけて、パイモータルな火成活動とblock faultingの卓越するような伸張性の応力場にあったものと推定される。

7. 山陰西部地域に分布する他の古第三紀コールドロンとの比較検討を行い、類似点と相違点を指摘した。

**謝辞** 島根大学理学部の小室裕明助教授には原稿を査読していただき、有益な討論をいただいた。記して深く感謝の意を表す。

## 文 献

- 荒牧重雄, 1983, 概説: カルデラ. 月刊地球, **44**, 64-72.
- Fujita, Y., 1972, The low of generation and development of the Green Tuff orogenesis. *Pacific Geol.*, no. 5, 89-116.
- 藤田至則・川北敏章・新井 節, 1970, 本宿グリーンタフ形成期における造構運動—とくに, 陥没機構と火山活動について—, 地団研専報, no. 16, 81-95.
- 雁沢好博, 1982, フィッション・トラック法によるグリーン・タフ変動の年代区分 その1—佐渡地域—. 地質雑, **88**, 943-956.
- ・佐藤和平, 1989, 西南北海道奥尻島の漸新世火山性陥没—鳥頭川陥没体—. 地団研専報, no. 36, 1-14.
- 早坂康隆, 1987, 西南日本内帯西部地域における中・古生代造構作用の研究. 広島大地理学研報, no. 27, 119-204.
- Imamura, S., 1957, A new Miocene *Sassafras* from Shimane Prefecture, Japan. *Jour. Sci. Hiroshima Univ., Ser. C*, **2**, 53-61.
- 今岡照喜, 1985, 島根県古第三紀大麻山深成複合岩体の岩石記載. *MAGMA*, no. 73, 117-121.
- , 1986, 山陰西部における古第三紀火成活動. 広島大地理学研報, no. 26, 1-109.
- ・板谷徹丸, 1989, 山陰西部今岬玄武岩の地質とK-Ar年代. 地質雑, **95**, 785-788.
- ・松本俊雄・山崎博史・沢田順弘, 1990, 山陰西部国府火山岩類のK-Ar年代. 地質雑, **96**, 945-948.
- ・松久幸敬・村上允英, 1977, 島根県雲城花崗岩体について—地下水関与の問題によせて—. *MAGMA*, no. 51, 8-14.
- ・村上允英, 1979, 西中国地域の後期中生代—古第三紀火山岩類の岩石化学. 地質学論集, no. 17, 259-272.
- Imaoka, T., Murakami, N., Matsumoto, T. and Yamasaki, H., 1988, Paleogene cauldrons in the western San-in district, Southwest Japan. *Jour. Fac. Liberal Arts, Yamaguchi Univ.*, **22**, 41-75.
- and Nakashima, K., 1983, Temporal and spatial variations of magnetic susceptibility of Cretaceous to Neogene igneous rocks from the central and western Chugoku province, Japan. *Jour. Fac. Sci., Hiroshima Univ., Ser. C*, **8**, 1-30.
- Komuro, H., 1987 a, Experiments on cauldron formation: A polygonal cauldron and ring fractures. *Jour. Volc. Geotherm. Res.*, **31**, 139-149.
- , 1987 b, Mechanism of formation of late Miocene cauldrons in the southern district of northeast Japan. *Mem. Fac. Sci., Shimane Univ.*, **21**, 209-274.
- Lipman, P. W., 1976, Caldera-collapse breccias in the western San Juan Mountains, Colorado. *Bull., Geol. Soc. Amer.*, **87**, 1397-1410.
- , 1984, The roots of ash flow calderas in Western North America: Window into the tops of granitic batholiths. *Jour. Geophys. Res.*, **89**, 8801-8841.
- Matsuhisa, Y., Imaoka, T., Murakami, N., 1980, Hydrothermal activity indicated by oxygen and hydrogen isotopes of rocks and minerals from a Paleogene cauldron, Southwest Japan. *Mining Geol. Spec. Issue*, no. 8, 49-65.
- 本宿グリーンタフ団研グループ, 1968, 群馬県本宿地域のグリーンタフ層内で発見した二重陥没構造とその意義. 地球科学, **22**, 32-36.
- 村上允英・今岡照喜・井筒清貴, 1982, 古第三紀波佐陥没体の地質と構造. 地質雑, **88**, 311-319.
- 中村栄三, 1979, 島根県那珂郡旭町地域の古第三紀火山性陥没構造について. 日本地質学会第86年学術大会演旨, 275.
- Nishimura, Y., 1990, "Sangun metamorphic rocks": Terrane problem. In Ichikawa, K., ed., *Pre-Cretaceous Terranes of*

- Japan*, 63-79.
- 大久保雅弘, 1982, 浜田・豊ヶ浦付近の中新統化石群集. 島根大理学部紀要, **16**, 113-123.
- ・都留俊之, 1981, 浜田・唐鐘層の *Pholadomya* と *Vicarya*. 瑞浪市化石博物館研報, no. 8, 47-53.
- 山陰グリーン・タフ団体研究グループ, 1973, グリーン・タフ積成盆の発生期にまつわる二, 三の問題—山陰・松江湾入部を一例として—. 地質学論集, no. 9, 107-122.
- 柴田 賢・西村祐二郎, 1989, 三郡結晶片岩の同位体年代. 地質学論集, no. 33, 317-341.
- Smith, R. L. and Bailey, R. A., 1968, Resurgent cauldrons. *Mem. Geol. Soc. Amer.* **116**, 613-662.
- Takahashi, M., 1986, Anatomy of a middle Miocene Valles-type caldera cluster : Geology of the Okueyama volcano-plutonic complex, Southwest Japan. *Jour. Volc. Geotherm. Res.*, **29**, 33-70.
- 都留俊之, 1983, 島根県浜田市唐鐘累層産の中期中新世化石群集. 瑞浪市化石博物館研報, no. 10, 41-84.
- 宇都浩三・藤井敏嗣・小屋口剛博, 1984, 山陰西部のいくつかのアルカリ岩の K-Ar 年代. 火山, **29**, 328-329.
- Waters, A. C. and Fisher, R. V., 1971, Base surge and their deposits ; Capelinhos and Taal volcanoes. *Jour. Geophys. Res.*, **76**, 5596-5614.
- Yoshida, T., 1984, Tertiary Ishizuchi cauldron, Southwest Japan arc : Formation by ring fracture subsidence. *Jour. Geophys. Res.*, **89**, 8502-8510.

## (要 旨)

今岡照喜・松本俊雄・山崎博史, 1992, 山陰西部浜田地域における古第三紀コールドロン群の地質 : 多角形コールドロンの例. 地質雑, **98**, 741-759. (Imaoka, T., Matsumoto, T. and Yamasaki, H., 1992, Geology of the Paleogene nested cauldrons in the Hamada area, western San-in district, Southwest Japan : Examples of polygonal cauldrons. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **98**, 741-759.)

島根県浜田市周辺に新たに 3 つの古第三紀コールドロンが発見された。熱田コールドロンは国府火山岩類下部の熱田累層(野地安山岩層・生湯流紋デイサイト層・今井迫流紋デイサイト層)と各種貫入岩類(長沢深成複合岩体・三階山斜長流紋岩など)から構成される。火山岩層は北傾斜の同斜構造を基本とするが, 三階山斜長流紋岩の貫入によるドーム構造も認められる。下府コールドロンは国府火山岩類下部の下府累層(国分安山岩層・久代流紋デイサイト層)と各種岩脈類から構成され, 北西に開いた盆状構造を示す。砂子コールドロンは国府火山岩類上部の砂子累層(河内安山岩層・高佐流紋岩層・黒川流紋デイサイト層)と各種貫入岩類からなる。砂子累層は熱田累層の構造を弓状の断層で切り, 盆状構造を示す。

これらのコールドロンは断裂系の交差により多角形の輪郭を有し, 少なくとも 2 回の表層陥没を経て形成されたものと推定される