

論文

## 岡山県中央部柵原地域の白亜紀コールドロン

石川 敦代\*・小室 裕明\*

### Cretaceous cauldron in the Yanahara district, Central Okayama Prefecture, SW Japan

Nobuyo Ishikawa\* and Hiroaki Komuro\*

#### Abstract

Cretaceous volcanic rocks (volcanic, pyroclastic and lesser sedimentary rocks) are distributed in the Yanahara area, Okayama Prefecture, eastern Chugoku, SW Japan. Low gravity anomalies concordant with the thick Cretaceous volcanic rocks (Ishikawa *et al.*, 2014) suggest a concealed caldera (cauldron), the infilling of which consists of siltstone, welded tuff, crystal tuff, rhyolite lava, tuffaceous sandstone, andesite lava, lapillistone and lapilli tuff, in ascending order. The rhyolite lavas laterally attenuate and change to well-bedded rhyolitic lapillistones and tuffaceous sandstones. These volcanic, pyroclastic and epiclastic tuffaceous rocks, which gently incline northward in the main part, shows nearly vertical attitude along the cauldron margin. Namely, they form a half basin plunging north. Some ring dikes of quartz porphyry and andesitic porphyry are also found along the margin, and some fracture zones intercalating fault breccias are observed in the peripheral basement rocks. These structures suggest syn-eruptional subsidence along the boundary faults. The vertical displacement of the marginal fault is estimated more than 1 km by the borehole evidence (MMAJ 1980).

**Key words:** Cretaceous volcanic rocks, ring dike, cauldron, caldera collapse

#### はじめに

西南日本内帯には、白亜紀から古第三紀にかけて活動した火山岩類が広く分布している。これらのうち、古第三紀の火山岩類や山口県・兵庫県の白亜紀火山岩類については、岩相と地質構造がかなり詳細に明らかにされ、それらの多くがコールドロン埋積層であることが解明されてきた(村上, 1973; 村上ほか, 1982; 益田団研, 1982; 今岡, 1986; 今岡ほか, 1992; 村上・小室, 1993; Yamamoto, 2003; 西田ほか, 2005; Komuro *et al.*, 2006; 井川・今岡, 2001; 岸ほか, 2007; 小室ほか, 2014)。一方、広島県・岡山県に分布する白亜紀火山岩類については、噴出量が多く分布が膨大であるため、新見地域(佐藤・今岡, 1992)以外ほとんど情報が無い。

岡山県久米郡柵原地域に分布する白亜紀火山岩類は、既存の重力異常データ(地質調査所編, 2000; Shichi and Yamamoto, 2001)から、狭い範囲に厚い火山岩類が分布しているとみられ、コールドロンの存在が予想された。石川ほか(2014)および Ishikawa *et al.* (2014) は、稠密な重力観測にもとづいてコールドロン底が深さ1~3 kmに存在すると推定した。しかし地質については、岡山県内地質図(岡山県内地質図作成プロジェクトチーム, 2009)や広域調査報告書・津山地域(金属鉱業事業団, 1980)に報告されているのみで、地質構造の詳細は不明である。

本研究では、岡山県久米郡柵原地域に存在を示唆される白亜紀コールドロン南東部の縁辺に当たる地域について地質調査を行い、その地質構造やコールドロンの有無について考察する。

#### 地質概説

調査地域は、岡山県久米郡美咲町<sup>だいとくみ</sup>大戸上を中心とした南北8 km、東西6 kmの範囲内である(第1, 2図)。

本地域の地質は、南東部に分布する上部石炭系~ペルム系舞鶴層群、南部に分布する石炭系の真庭層群、東部に分布する夜久野コンプレックスを基盤として、流紋岩~安山岩質の火山岩・火砕岩からなる白亜紀火山岩類が分布する。白亜紀火山岩類と基盤岩類とは、確認できるかぎりでは断層関係で接している。白亜紀火山岩類の層序は、下位からシルト岩、流紋岩質溶結凝灰岩、流紋岩質結晶凝灰岩、砂泥を含むガラス質凝灰岩、流紋岩溶岩、流紋岩質強溶結火山礫凝灰岩、凝灰質砂岩、安山岩溶岩、流紋岩質火山礫岩、流紋岩質火山礫凝灰岩に区分される。これらの火山岩類に、石英閃緑岩のやや大きな岩体、および中~酸性の小規模な岩脈類が貫入している。石英閃緑岩からは、 $79.8 \pm 1.8\text{Ma}$ の角閃石 K-Ar 年代が得られた。

\* 690-8504 島根大学総合理工学研究科地球資源環境学教室  
Department of Geoscience, Shimane University, Matsue 690-8504, Japan



第1図 中国地方の白亜紀火山岩類分布図と地質調査範囲位置(地質調査所, 1992を簡略化)

## 地質各説

### 1. 基盤岩類

#### (1) 頁岩

〈分布〉本地域東部血洗の滝<sup>ちあらい</sup>～深山<sup>みやま</sup>に分布する。

〈岩相〉黒色の泥質片岩・頁岩からなる。全体的に細粒であり、径0.1 mm以下～0.3 mmの波状消光を示す石英粒子と、0.1 mm以下～0.4 mmの黒雲母、0.1 mmの緑泥石、0.1 mm以下～0.3 mmの不透明鉱物からなる。

#### (2) 変閃緑岩

〈分布〉本地域東部に分布する。

〈岩相〉暗灰色の変閃緑岩であり、場所により石英脈が観察できる。顕微鏡下では等粒状組織を呈し、径0.3～0.7 mmの自形～半自形の一部アルバイト双晶を示す斜長石、0.3～0.8 mmで半自形～他形を示す黒雲母、0.3～0.6 mmで半自形～他形の角閃石である。

#### (3) 砂質片岩

〈分布〉本地域南部に分布する。

〈岩相〉全体的に黒色で、径1 cm程度の礫が見られる。細粒な泥質片岩部と粗粒な砂質片岩部からなる。顕微鏡下では、微小な黒雲母の泥質部分と、石英粒子の多い砂質部分となっている。0.1 mm以下の石英と0.1 mm以下の黒雲母が主である。礫の部分は石英の集まりが観察できるため、砂質部分であると推定できる。

#### (4) 変斑レイ岩

〈分布〉本地域北部書副<sup>かいぞえ</sup>に分布する。

〈岩相〉黒色と白色の鉱物が層状になっている変斑レイ岩

からなる。顕微鏡下ではグラノプラスチック組織を呈し、径0.3～3 mmで他形の単斜輝石、0.6～3 mmで他形、一部双晶を示す斜長石からなる。

### 2. 白亜紀火山岩類

#### (1) シルト岩

〈分布〉本地域南部大深山池付近に分布する。

〈層厚〉110 m<sup>+</sup>

〈岩相〉灰色～暗灰色の凝灰質シルト岩～泥岩および白色～明灰色の凝灰質極細粒砂岩～シルト岩からなる。斜交葉理は認められず、厚さ数 mm～数 cmの明瞭な平行葉理・級化構造や、これを切る小断層がいくつか見られる。流れの弱い静穏な堆積環境であったと推測でき、湖成層である可能性が高い。

#### (2) 流紋岩質溶結凝灰岩

〈分布〉本地域中央部に広く分布する。南部にも薄く分布している。

〈層厚〉25～485 m

〈岩相〉主に溶結凝灰岩からなるが、中央部では結晶凝灰岩・安山岩溶岩を挟む。溶結凝灰岩には幅1 cm、長さ2 cm前後のフィアメが見られ、鮮明なユータキシティック構造が観察できる。しかし、石英閃緑岩と接している付近では、基質部が微細な石英や長石などに再結晶しているため、ユータキシティック構造は肉眼では認められない場合がある。本地域南部に見られる溶結凝灰岩は、中央部に分布するものと比べ、岩片の量が多く、0.5～1.5 cmのスレート・シルト岩・砂岩などの異質岩片や軽石の岩片を含む。顕微鏡下では、径0.3～1 mmで融食形の石英や0.2～0.7 mmの累帯構造・アルバイト双晶がある斜長石の結晶片、および不透明鉱物が観察できる。

#### (3) 流紋岩質結晶凝灰岩

〈分布〉本地域南部～中央部に広く分布する。金刀比羅山<sup>ことひらさん</sup>では溶結凝灰岩に挟まれる形で分布する。

〈層厚〉350 m<sup>+</sup>

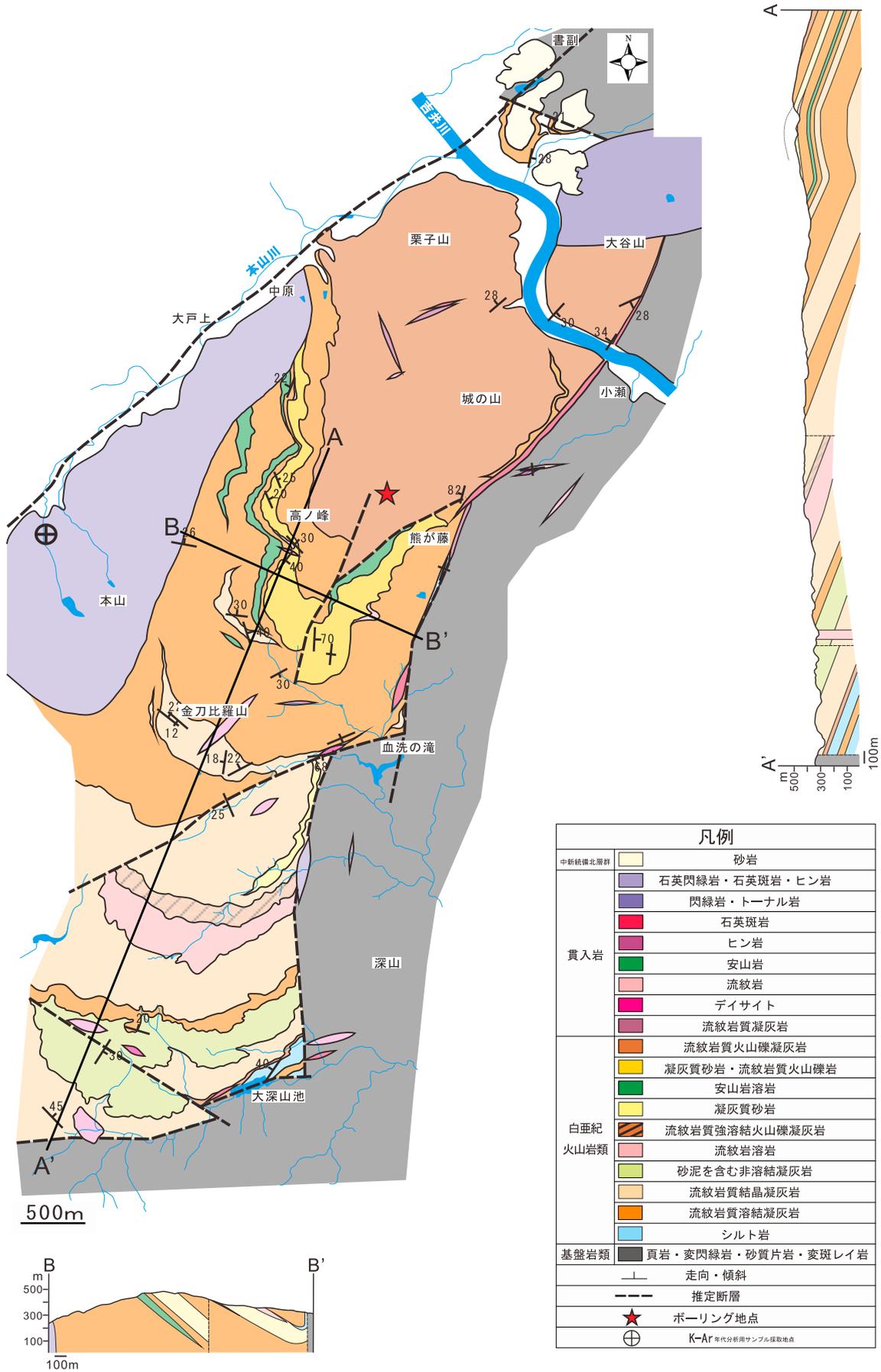
〈岩相〉主に結晶凝灰岩からなる。部分的に溶結凝灰岩を挟むものもある。肉眼でははっきりと識別できる1～1.5 cmほどの石英の結晶が特徴である。ユータキシティック構造は、顕微鏡下では観察できるが、肉眼では判別できないものもある。約1 cmの泥質片岩・シルト岩の岩片を含むことがある。顕微鏡下では微小な石英・ガラスからなるフェルシティック組織やユータキシティック構造を示し、結晶片は、径0.2～1 mmの一部波状消光を示す石英、0.2～2 mmの一部アルバイト双晶を示す斜長石、0.3～0.7 mmの不透明鉱物である。

#### (4) 砂泥を含むガラス質凝灰岩

〈分布〉本地域南部～深山付近にかけて分布する。

〈層厚〉160 m

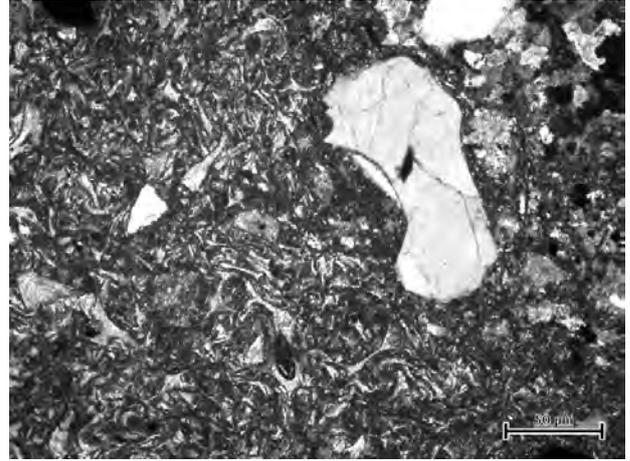
〈岩相〉主として白色～明灰色のガラス質凝灰岩からなり、



第2図 調査地域地質図と地質断面図.



第3図 ガラス質凝灰岩中の火山豆石.



第4図 ガラス質凝灰岩の薄片写真. 基質には、カスプ状のガラスシャードや発泡したパミスシャードが観察できる.

赤褐色～明灰色凝灰質砂岩および暗灰色凝灰質泥岩が挟在している。ガラス質凝灰岩は空隙のあるものが多く、推定断層より北で観察できる露頭では部分的に径1.5～4 cmの火山豆石がみられる（第3図）。顕微鏡下では、パブルウォールの破片を示すカスプ状のガラス片や、破断した軽石片が基質部に多くみられ、内部ではセリサイトが生成している（第4図）。結晶片は径0.1～0.8 mmの石英である。挟在する凝灰質砂岩は礫が多く含まれる礫質砂岩で、一部軽石質火山礫凝灰岩が認められる。泥岩は塊状で、露頭表面はスレーキングにより破碎している。これらの堆積岩類は、推定断層より南側では広く分布するが、北側ではガラス質凝灰岩の中に薄く挟在するのみである。また、泥岩には堆積時のスランプ構造が観察できる。

#### (5) 流紋岩溶岩

〈分布〉本地域中央部に分布する。

〈層厚〉160 m

〈岩相〉白色の流紋岩溶岩からなる。流紋岩質強溶結火山礫凝灰岩を伴う。本地域中央部で見られる流紋岩溶岩には流理構造がみられ、また大部分で径数cm程度の球顆が数多く認められる。顕微鏡下では球顆構造が主として観察できるが、一部真珠状構造も確認できる。斑晶は、0.4～0.6 mmで半自形～他形のアルバイト双晶が見られる斜長石、0.2～0.9 mmの石英である。斜長石のうち一部はカリ長石に変質しているものがあり、熱水変質を受けていると考えられる。高ノ峰山頂で見られる流紋岩溶岩は、塊状・白色を呈し肉眼で斜長石の斑晶が見られる。顕微鏡下では斑晶として0.5～2 mmで自形～半自形の一部アルバイト双晶を示す斜長石が見られる。石基は0.1 mm以下の石英、斜長石である。中央部のものと違い、球顆は見られない。

#### (6) 流紋岩質強溶結火山礫凝灰岩

〈分布〉本地域中央部に分布する。

〈層厚〉20 m

〈岩相〉主に火山礫凝灰岩からなり、流紋岩溶岩を伴う。火山礫は、径0.3～2.2 cmの角礫～亜角礫の岩片であり、礫種は凝灰岩やシルト岩である。顕微鏡下では、0.2～0.6 mmの石英、0.2～0.7 mmで一部アルバイト双晶と累帯構造を示す斜長石が結晶片として観察できる。岩片である溶結凝灰岩の内部には安山岩～デイサイトや泥質片岩の岩片が含まれる。基質は微小な石英・ガラスからなり、ユータキシティック構造を示す。

#### (7) 凝灰質砂岩

〈分布〉本地域東部血洗の滝付近に分布する。

〈層厚〉15 m

〈岩相〉主に青灰色～明灰色の凝灰質砂岩～凝灰質シルト岩からなる。中粒～極細粒砂の凝灰質砂岩部では級化構造や小断層がみられる。凝灰質シルト岩部は白色～明灰色で級化層理が発達している。これらに斜交葉理は認められず、厚さ数mm～数cmの平行葉理が認められることから、流れの弱い静穏な堆積環境であったと推測でき、湖成層であると推定できる。

#### (8) 安山岩溶岩

〈分布〉本地域中央部高ノ峰に分布する。

〈層厚〉65 m<sup>+</sup>

〈岩相〉灰色～暗青色を呈する安山岩溶岩からなる。一部石英脈が認められる地点もある。肉眼では斜長石の斑晶が認められる。顕微鏡下ではハイアロピリティック組織を呈し、斑晶は、0.3～1.3 mmの半自形～他形で一部アルバイト双晶を示す斜長石、0.4～1 mmの半自形～他形の単斜輝石である。単斜輝石が変質して緑泥石化しているものもあるが、変質程度は弱い。石基部は1 mm以下の斜長石の間をガラスや微結晶が埋めている。



第5図 流紋岩質火山礫岩. 基質部が少なく, ほとんどが火山礫からなる.



第6図 火山礫岩の細粒部. 級化層理が認められる.

### (9) 流紋岩質火山礫岩

〈分布〉本地域中央部高ノ峰.

〈層厚〉80 m<sup>+</sup>

〈岩相〉軽石・凝灰岩・流紋岩・黒色シルト岩の径1~20 cmの岩片からなり, 基質部の少ない岩片支持の礫岩である. 上部に向かって凝灰質砂岩~凝灰質シルト岩と漸移していくのが観察できる(第5,6図). 高ノ峰山頂付近では, 白色の凝灰質砂岩~シルト岩が挟在している. 結晶片は約0.2~0.7 mmの石英, 約0.2~1 mmで一部アルバイト双晶を示す斜長石, 約0.3~0.7 mmの不透明鉱物である. 基質部は微小なガラス・石英からなる. 上部になると極粗粒~細粒な凝灰質砂岩と極細粒~シルトの凝灰質シルト岩へと遷移する. これらには, 厚さ数cmの平行葉理が発達し, 級化層理も認められる.

### (10) 流紋岩質火山礫凝灰岩

〈分布〉本地域北部栗子山~城の山に広く分布する.

〈層厚〉160 m<sup>+</sup>

〈岩相〉主に火山礫凝灰岩からなる. 部分的に溶結凝灰岩を伴う. 火山礫凝灰岩は肉眼で幅数mm, 長さ1~3 cmほどのフィアメが見られるものが多い. 0.5~3 cmほどの角礫~亜角礫状のスレート~泥岩岩片や軽石片を含む. 顕微鏡下では, 結晶片として0.4~0.6 mmで他形の石英, 0.2~0.7 mmで半自形~他形の一部アルバイト双晶を示す斜長石, 0.3~0.7 mmの不透明鉱物が観察できる. 基質は微小な石英・ガラスからなる.

## 3. 貫入岩類

### (1) 石英閃緑岩

〈分布〉本地域中原~本山にかけてNE-SW方向に貫入する. 調査地域で最大の岩体である.

〈岩相〉主に石英閃緑岩だが, 岩相変化として石英斑岩・ヒン岩が見られる. 肉眼では白色~灰白色を呈し, 斜長石や石英, 針状の角閃石や半自形の黒雲母が見られる.

顕微鏡下では, 等粒状組織を示す. 主成分鉱物は石英・斜長石・黒雲母・角閃石である. 石英は0.4~0.8 mmの他形で, 波状消光が見られるものがある. 斜長石は0.7~1.3 mmの自形~半自形, 長柱状である. 一部アルバイト双晶が見られ, 結晶内に細粒な鉱物や不透明鉱物を包有しているものもある. 黒雲母は0.1~0.4 mmで板状の自形である. 一方向の劈開が見られ, 淡褐色~濃褐色の多色性を示す. 角閃石は0.6~2 mmで, 板状~針状の自形~半自形である. 消光角は10~40°, 2方向の劈開が見られ, 淡褐色~褐色の多色性を示す. 不透明鉱物は0.2~0.5 mmの不定形である.

本岩体の中央部付近から採取した試料を用いて, 角閃石を分離しK-Ar年代測定を行なった. 測定は(株)山形地質年代学研究所に依頼した. 試料採集地点は第2図に(⊕)で示す. 分析結果は第1表のようになり, 本岩体の年代値として79.8±1.8Maが得られた.

### (2) 閃緑岩

〈分布〉本地域北東部に貫入する.

〈岩相〉主に閃緑岩だが, 岩相変化としてトータル岩が見られる. 流紋岩質火山礫凝灰岩を貫いている. また, 火山岩類と基盤岩との境界付近にも見られる. この境界付近に貫入している閃緑岩は, N3E走向で貫入しており, コールドロンの推定断層の走向と調和的であることから, コールドロン縁に貫入した環状岩脈の1つであると推定できる. 肉眼では灰色を呈し, 粗粒で, 斜長石, 角閃石の斑晶が見られる. 顕微鏡下では, 等粒状組織を呈する. 主成分鉱物は石英・斜長石・角閃石である. 石英は0.3~0.7 mmで他形である. 斜長石は0.4~1.5 mmの自形~半自形, 一部アルバイト双晶や累帯構造がある. 角閃石は0.3~0.7 mmの板状の半自形~他形で, 消光角は10~40°, 2方向の劈開が見られ, 淡緑色~褐色の多色性を示す.

第1表 K-Ar年代測定結果. 分析者は(株)蒜山地質年代学研究所.

試料採集地点 緯度	試料採集地点 経度	岩石名	鉱物名	カリウム量(wt%)	放射性起源 <sup>40</sup> Ar (10 <sup>-8</sup> cc STP/g)	K-Ar年代 (Ma)	非放射性起源 <sup>40</sup> Ar (%)
34°57.0813'	134°0.2026'	石英閃緑岩	角閃石	0.459±0.009	145.3±1.6	79.8±1.8	7.8

## (3) 石英斑岩

〈分布〉本地域北東部大谷山東方～熊が藤、血洗の滝にかけてみられる。全体的に細長く弧状に貫入している（第2図）。

〈岩相〉主に白色～明灰色の石英斑岩からなる。火山岩類と基盤岩類との境界付近に連続して見られる。下谷～熊が藤に見られる石英斑岩は連続性がよいが、最大幅1mほどと細く地形に関係なくゆるい曲線状に貫入している。血洗の滝で見られる石英斑岩は、狭長な岩脈ではないが、流紋岩質溶結凝灰岩と基盤岩類との境界付近に貫入している。これらの岩体は、岩相の類似性とその分布域から、環状岩脈を形成していると推定することができる。肉眼では石英、斜長石の結晶が見られる。顕微鏡下では、斑状組織を呈し、斑晶は0.4～1mmで他形の石英、0.6～1mmで自形～半自形の一部アルバイト双晶をなし方解石に変質している斜長石がみられる。

## (4) ヒン岩

〈分布〉本地域東部熊が藤、北部栗子山付近に分布する。

〈岩相〉主に暗灰色を呈するヒン岩からなる。火山岩類と基盤岩類との境界付近に連続して見られる。熊が藤で見られるヒン岩は、流紋岩質溶結凝灰岩と基盤岩類との境界付近で200～300m幅を有し500mほど連続していることから、環状岩脈の1つであると推定できる。肉眼では、斜長石の結晶が見られる。顕微鏡下では、斑晶は0.2～0.7mmで自形～半自形、一部アルバイト双晶を示す斜長石がある。これは一部変質し、方解石となっている。0.1～0.6mmの不透明鉱物も見られる。石基は隠微晶質である。

## (5) 安山岩

〈分布〉金刀比羅山北方に小規模岩脈として貫入する。

〈岩相〉主に暗灰色の安山岩からなる。肉眼では斜長石の結晶が見られ、顕微鏡下では、石基は、斜長石の間をガラスが埋めるハイアロピリティック組織を呈する。斑晶は0.2～0.6mmで自形～半自形の一部アルバイト双晶を示す斜長石、0.4～0.7mmで他形の単斜輝石が見られる。

## (6) 流紋岩

〈分布〉本地域北部栗子山付近や金刀比羅山付近に小規模岩脈として産する。

〈岩相〉主に白色～暗灰色流紋岩からなる。大深山池付近に見られる流紋岩はN60W20Nの流理構造がみられ、小瀬付近で見られるものにはアミグデュールがみられる。

顕微鏡下では、斑晶として0.2～0.7mmの他形で波動消光する石英、0.1mm以下～0.4mmの不透明鉱物が見られる。石基は再結晶しており、微小な石英・ガラスからなる。また、小瀬付近で見られる流紋岩岩脈は一部ホルンフェルス化している。

## (7) デイサイト

〈分布〉本地域北東部・南西部に小規模な岩脈として貫入する。

〈岩相〉主に斜長石の斑晶の多いデイサイトからなる。栗子で見られるデイサイトにはアミグデュールがみられる。顕微鏡下では、斑晶として0.2～0.7mmの自形～半自形の斜長石が見られる。石基は隠微晶質である。

## (8) 流紋岩質凝灰岩岩脈

〈分布〉本地域南部の深山付近の基盤岩中に小規模な岩脈として貫入する。

〈岩相〉主に流紋岩質凝灰岩からなる。貫入方向は、推定断層に沿うようにN3Eである。径約2mmの泥質片岩の岩片がみられる。顕微鏡下では、結晶片として0.2～1.6mmで一部アルバイト双晶が見られる斜長石、0.2～1mmの石英が観察できる。

## 地質構造

## 1. 火山岩類の構造

本地域に分布する火山岩類は、20～40°の北傾斜を示すものが多い（第2図）。このため火山岩類は、南に下位層が分布し、北に向かって順次上位層が露出する。基盤岩類との境界では、境界に平行～斜交する走向を示し、垂直ないし70～80°で基盤岩類とは反対側に急傾斜するが、基盤から離れるにしたがって緩傾斜となる。したがって全体としては、北にプレンジした半盆状構造をなしている。

## 2. 推定断層

本地域の白亜紀火山岩類と基盤岩類は、境界線が地形に支配されていないことから、ほぼ垂直の境界で接しているものと判断される。北東・南東部では基盤岩中に断層角礫岩が認められ、付近に分布するシルト岩や流紋岩質火山礫凝灰岩・流紋岩質溶結凝灰岩の傾斜もほぼ垂直を示すことから、境界部には断層があると判断した。また、高ノ峰中腹で火山岩類がほぼ垂直に傾斜していることや、層序の不連続から、NNE-SSW方向に断層が推定される。

## 地質年代

調査地域北部に貫入する石英閃緑岩から  $79.8 \pm 1.8\text{Ma}$  の年代値が得られた (Table 1). したがって火山岩類の時代は、約 80Ma よりも古いことになる。一方で、この貫入岩体は、Ishikawa *et al.* (2014) によって重力異常から推定されたコールドロンのほぼ中央に貫入しており、コールドロンに関連した central intrusion の可能性がある (Lipman, 1984). そうだとすれば、コールドロンの火山活動もこの年代にきわめて近いと推定される。

## 考察

### 1. 柵原コールドロン

柵原地域の白亜紀火山岩類は、以下の根拠からコールドロンを構成していると考えられる。

既述のように、白亜紀火山岩類と基盤岩類は断層関係で接していると判断される。なお、基盤岩を白亜紀火山岩類が覆う不整合の露頭は確認されていない。

白亜紀火山岩類の積算層厚は 1,580 m 以上であり、断層で区切られた内側のみに分布する。また、断層から水平距離で 1 km 離れた地点 (第 2 図の ★ 地点) でのボーリング試料によれば、白亜紀火山岩類の層厚は 1,000 m 以上あり、孔底は基盤岩に達していない (金属鉱業事業団, 1980)。また、本地域に分布する岩脈類は、多くが白亜紀火山岩類と基盤岩類との境界付近に貫入する。このことは、白亜紀火山岩類活動時に境界付近がマグマの貫入しやすい剪断帯であったことを意味している。中でも久米郡美咲町下谷～熊が藤に、推定断層に沿って貫入した石英斑岩は、連続性が良く、コールドロン縁辺にしばしば見られる環状岩脈 (Bonin, 1986) を形成しているとみなせる (第 2 図)。また、白亜紀火山岩類は、縁辺の断層に沿った盆状構造をなしている。断層近傍では垂直に近い急傾斜を示す。このことは、この断層が火山岩類堆積中も活動を続けていたことを意味している。

以上のことから、本地域に分布する火山岩類は、基盤が断層により 1,500 m 以上陥没することにより形成された盆地 (陥没カルデラ) を埋積したものと考えられる。火山活動中も陥没が続く syn-eruptional subsidence (Komuro *et al.*, 2006) によって盆状構造が形成された。そして火山活動終了後には、残渣マグマが陥没時の剪断帯に沿って環状岩脈として貫入した。

### 2. カルデラ湖の存在

本地域最下位のシルト岩層には厚さ数 mm の平行葉理が連続して見られ、また級化層理も発達している。凝灰質砂岩層や火山礫岩層でも級化層理が見られる。斜交葉理はほとんどみられない。したがってこれらの堆積岩類は、流れの弱い水中の堆積物あるいは小規模なタービダイト堆積物であると推定できる。このことから、火山活動の合間に何度か、流れの弱い湖水のような堆積環境すなわちカルデラ湖が出現したことが示唆される。

このシルト岩が有機物を含んだ黒色シルト岩であることから、流入河川のない閉鎖的なカルデラ湖というよりは、カルデラ壁がある程度開析されて周囲から河川が流入するような環境のカルデラ湖であったかもしれない。

また、砂泥を含むガラス質凝灰岩に火山豆石が産することから、浅い地表水とマグマが激しく反応する火砕サージのような噴火が発生した可能性がある。つまり、カルデラ湖内の浅瀬で噴火が起こったのではないかと推定できる。

噴火は、この後溶結凝灰岩を伴う噴火に移行し、カルデラ湖は消滅して厚い火山礫凝灰岩を堆積した。この火山礫凝灰岩には基盤のスレートなどの岩片がかなり含まれていることから、最後の噴火はカルデラ底の破壊を伴うような破局的噴火であったと考えられる。

## まとめ

- (1) 岡山県柵原地域に分布する白亜紀火山岩類の層序は下位から、シルト岩、流紋岩質溶結凝灰岩、流紋岩質結晶凝灰岩、砂泥を含むガラス質凝灰岩、流紋岩溶岩、流紋岩質強溶結火山礫凝灰岩、凝灰質砂岩、安山岩溶岩、流紋岩質火山礫岩、流紋岩質火山礫凝灰岩に区分される。
- (2) これらの火山岩類は、南に下位層が分布し、北に向かって順次上位層が重なっている。さらに、これらは基盤岩類との境界付近で急傾斜を示し、北にプランジした半盆状構造をなす。
- (3) 白亜紀火山岩類と基盤岩類との境界には、石英斑岩・ヒン岩・閃緑岩などの細く長く続く岩脈が貫入しており、コールドロン縁にしばしばみられる環状岩脈とみなされる。
- (4) 火山岩類にはしばしば epiclastic な火砕岩が挟在し、溶結凝灰岩を堆積した火山活動の合間に複数回にわたって湖水が出現したことを示している。
- (5) 本地域の白亜紀火山岩類は、盆状構造と環状岩脈を伴う火山性陥没盆地すなわち陥没カルデラを埋積したものであり、貫入岩類と合わせてコールドロンを構成しているといえる。

## 謝辞

本論文の執筆に当たり、島根大学地球資源環境学領域の高須晃教授、亀井淳志准教授には、薄片の顕微鏡観察についてご教示いただいた。(株) 蒜山地質年代学研究所には、K-Ar 年代測定を依頼した。以上の方々に記して厚くお礼を申し上げます。

本論文を、長年にわたり私たちの研究を見守り叱咤激励し続けてくださった赤坂正秀教授に捧げます。

## 文献

- Bonin, B., 1986, *Ring complex granites & anorogenic magmatism*. North Oxford Academic Publishers Ltd., 188p.  
 地質調査所編, 1992, 100 万分の 1 日本地質図第 3 版. 地質調査所.  
 地質調査所編, 2000, 日本重力 CD-ROM, 数値地質図 P-2. 地質調査

- 所.
- 井川寿之・今岡照喜, 2001, 山口県中央部, 白亜紀阿武層群の火山層序・構造と佐々並コールドロンの発見. 地質雑, **107**, 243-257.
- 今岡照喜, 1986, 弥栄陥没体. 山口大学教養部紀要「村上教授記念号」, 248-263.
- 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.
- 石川敦代・小室裕明・山本明彦, 2014, 岡山県柵原地域における白亜紀火山岩類分布地域の重力異常. 日本地球惑星科学連合 2014 年大会, SGL43-P05, 2014 年 5 月 1 日, パシフィコ横浜, 2014 年 4 月 28 日~5 月 2 日.
- Ishikawa, N., Komuro, H. and Yamamoto, A., 2014, Bouguer gravity anomaly related to the Cretaceous volcanic rocks in Yanahara district, the central inner zone of SW Japan. 5th International Workshop on Collapse Calderas, December 7-11, 2014, Taupo, New Zealand.
- 金属鉱業事業団, 1980, 広域調査報告書「津山地域」. 通産省・資源エネルギー庁, 132p.
- 岸 司・今岡照喜・東風平 宏・西村祐二郎・板谷徹丸, 2007, 山口県における白亜紀吉部コールドロンおよび関連岩類の K-Ar 年代: 西中国地域における白亜紀火山-深成活動の時空変遷. 地質雑, **113**, 479-491.
- Komuro, H., Aoyama M. and Arayashiki T., 2006, Collapse mechanism of the Paleogene Sakurae cauldron, SW Japan. *Bull. Volcanol.*, **68**, 631 - 640.
- 小室裕明・亀井淳志・大平寛人・三好未希子・田結庄良昭・引原団体研究グループ, 2014, 兵庫県宍粟市引原に分布する火山岩類および深成岩類の放射年代. 地球科学, **68**, 81-88.
- Lipman, P. W., 1984, The roots of ash flow caldcras in western North America: Windows into the top of granitic batholiths. *Jour. Ceophys. Res.*, **89**, 8801-8841.
- 益田団体研究グループ, 1982, 古第三紀益田陥没体. 地質雑, **88**, 321-335.
- 村上 久・小室裕明, 1993, 作木コールドロン-中国山地中央部の古第三紀火山性陥没構造-. 地質雑, **99**, 243-254.
- 村上允英, 1973, 古第三紀田万川陥没体の形成機構に関する一考察. 地質論集, **9**, 93-105.
- 村上允英・今岡照喜・井筒清貴, 1982, 古第三紀佐佐陥没体の地質と構造. 地質雑, **88**, 311-319.
- 西田和浩・今岡照喜・飯泉 滋, 2005, 山陰中央部における白亜紀~古第三紀火成活動: Rb-Sr アイソクロン年代からの検討. 地質雑, **111**, 123-140.
- 岡山県内地質図作成プロジェクトチーム, 2009, 岡山県内地質図および同説明書, 116p., 西部技術コンサルタント, 岡山.
- 佐藤英一・今岡照喜, 1992, 岡山県北部における白亜紀コールドロン: 予報. 松本徹夫教授記念論文集, 303-312.
- Shichi, R. and Yamamoto, A., 2001, Gravity database of Southwest Japan (CD-ROM). *Bull. Nagoya Univ. Museum, Spec. Rept.*, No.9.
- Yamamoto, T., 2003, Lithofacies and eruption ages of Late Cretaceous caldera volcanoes in the Himeji-Yamasaki district, southwest Japan: Implications for ancient large-scale felsic arc volcanism. *The Island Arc*, **12**, 294-309.

(受付: 2015 年 10 月 26 日, 受理: 2015 年 12 月 15 日)