

山口県北西部における 45 Ma 火山岩の発見

馬場園 明^{*1}・今岡照喜^{*1}・八木公史^{*2}・板谷徹丸^{*3}

Finding of 45 Ma volcanic rocks from the northwestern part
of Yamaguchi Prefecture, Japan

Akira Babazono^{*1}, Teruyoshi Imaoka^{*1}, Koshi Yagi^{*2} and Tetsumaru Itaya^{*3}

はじめに

西南日本内帯には、白亜紀-古第三紀に形成された火山岩類とその地表下における固結体である花崗岩類が広く分布している。これらの火成岩類についての層序・構造、火成活動史と併せ、多くの放射年代が蓄積されてきた。これらの時空変遷を明らかにすることは火成活動とテクトニクスの関係を明らかにする上で重要である。中国地方の白亜紀-新第三紀火成岩類の放射年代については今岡ほか(1994)や飯泉・今岡(2009)によって、山口県内の放射年代については西村・今岡(1995 a, b)によって総括されてきた。

西中国地域の火山岩類は、下位から関門層群、しゅうなん周南層群、匹見層群、阿武層群および田万川層群

^{*1} 山口大学大学院理工学研究科, 〒753-8512
山口市吉田 1677-1
Graduate School of Science and Technology,
Yamaguchi University,
Yamaguchi 753-8512, Japan

^{*2} 株式会社蒜山地質年代学研究所, 〒703-8252
岡山市中区中島 2-5
Hiruzen Institute for Geology and Chronology
Co., Ltd., 2-5 Nakashima, Naka-ku, Okayama
703-8252, Japan

^{*3} 岡山理科大学自然科学研究所, 〒700-0005
岡山市北区理大町 1-1
Research Institute of Natural Sciences,
Okayama University of Science, 1-1, Ridai-
cho, Kita-ku, Okayama 700-0005, Japan
2014年1月29日受理

に層序区分されてきた(図1:村上・今岡, 1986; 今岡・飯泉, 2009)。しかし、それらの放射年代については、上記火山岩層の大半が火砕岩類で構成されること、普遍的に変質作用が進んでいること、およびしばしば花崗岩類によって接触変成作用を受けていることから放射年代測定に適した試料を得がたく、一部を除いて(Imaoka et al., 1993; 弓削ほか, 1998; 井川ほか, 1999; 今岡ほか, 2000; 岸ほか, 2007) 必ずしも明らかではない。

最近、西村ほか(2012)によって15万分の1山口県の地質図第3版が出版された。今回の地質図は県内地質学の今後の発展に伴う改訂作業を容易にするためにすべて電子情報化されている。その説明書の中で火成活動が総括されたが(今岡, 2012)、その後、筆者らの野外調査や年代測定によって、山口県北西端部において従来白亜紀火山岩とされたものの中から新たに古第三紀の火山岩が見出された。そこで、今後予定されている地質図改訂のための基礎資料とするため、測定された岩石や年代の詳細を報告する。

山口県北西端の地質概要

山口県北西端の島戸地方からこっとい特牛周辺地域の地質図を図2に示す。筆者らの調査によれば、この地域の地質は下位から関門層群、阿武層群、珪長岩、花崗岩、阿川ひん岩、飯塚花崗斑岩、特牛火山岩(新称)、日置層群(早坂, 1994)、下関火山岩および第四系に区分される。関門層群は調査地域南部に分布し、黒色頁岩、砂岩、および礫岩からなる。阿武層群は下位の豊北層と上位の長門層

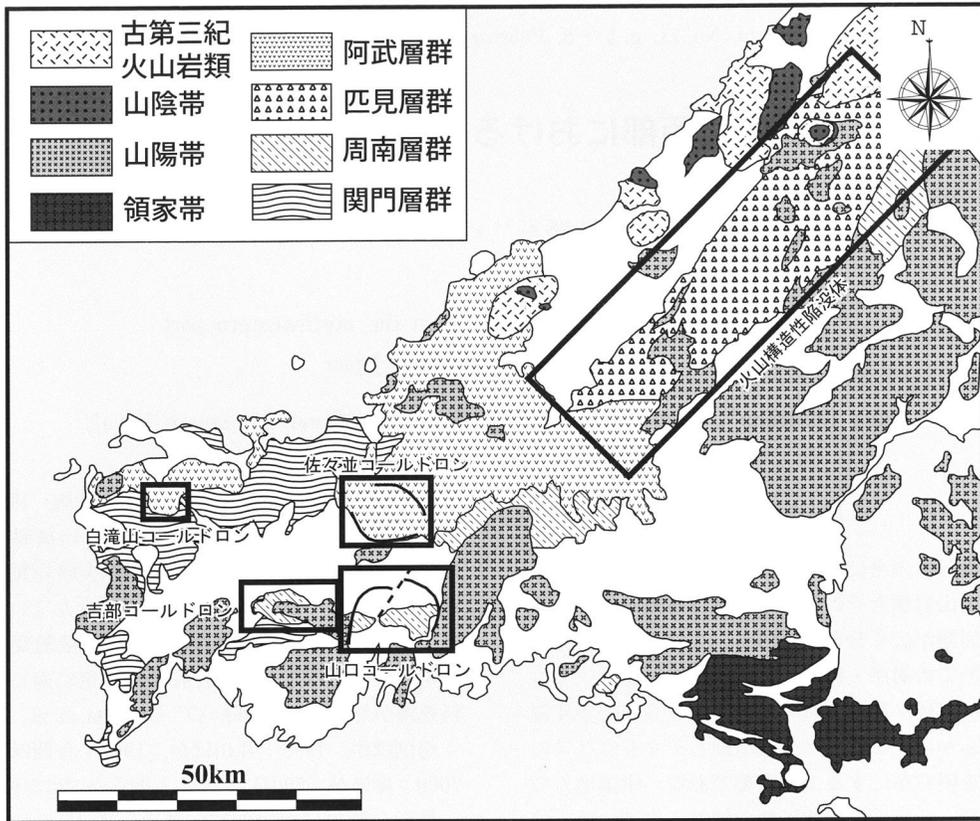


図1 山口県およびその周辺における白亜紀～古第三紀火山岩類の分布
(今岡ほか, 2000 を一部改変).

に区別される (今岡・井川, 2006)。前者は下位から栗野礫岩砂岩部層, 宝蔵山火山礫凝灰岩部層, 大藤山凝灰岩部層に, 後者は熊野岳流紋岩質凝灰岩部層に対応する。栗野砂岩礫岩部層は阿川北部に分布し, 宝蔵山火山礫凝灰岩部層は島戸地方および姥ヶ谷山周辺に点在する。大藤山凝灰岩部層は調査地域中央部に南北に連続的に分布するほか調査地域西部の和久に分布する。熊野岳流紋岩質凝灰岩部層は調査地域中西部に南北に連続的に分布するほか姥ヶ谷山北方に分布する。これは調査地域南部では基盤の関門層群と断層で接し, 特牛火山岩と日置層群に不整合に覆われる。杓子山花崗岩は鳴滝東方で関門層群を貫いて小規模に分布する。阿川ひん岩は調査地域の中東部の阿川に広く分布し, ひん岩からなるが, 一部閃緑ひん岩の岩相を示す。飯塚花崗斑岩は調査地域の南部の姥ヶ谷山南方で関門層群と阿武層群の境界に沿って

貫入しており, 北東-南西方向に細長い分布を示す。日置層群は漸新統の堆積岩層で, 響灘に沿って調査地域の西部に分布する。下関火山岩は島戸地方から神田, 鳩島, および長羽山に分布し, おもにアルカリ玄武岩からなる。

特牛火山岩の概要

特牛火山岩は本州最西端の下関市特牛に分布する小規模な火山岩で, 南北 5.6 km, 東西 3.3 km の範囲に分布する (図2)。白亜紀阿武層群長門層の熊野岳凝灰岩部層 (今岡・井川, 2006) を不整合に覆い, 日置層群に不整合に覆われる。

構成岩石は流紋岩質凝灰岩, デイサイト質凝灰岩-同質火山礫凝灰岩, 安山岩溶岩および同質火砕岩からなる。流紋岩質凝灰岩は肉眼では緑灰色を呈し, 石英結晶 (1-5 mm) を多く含み (図3 a), 斜長石や黒雲母も含まれる。鏡下では, 湾入

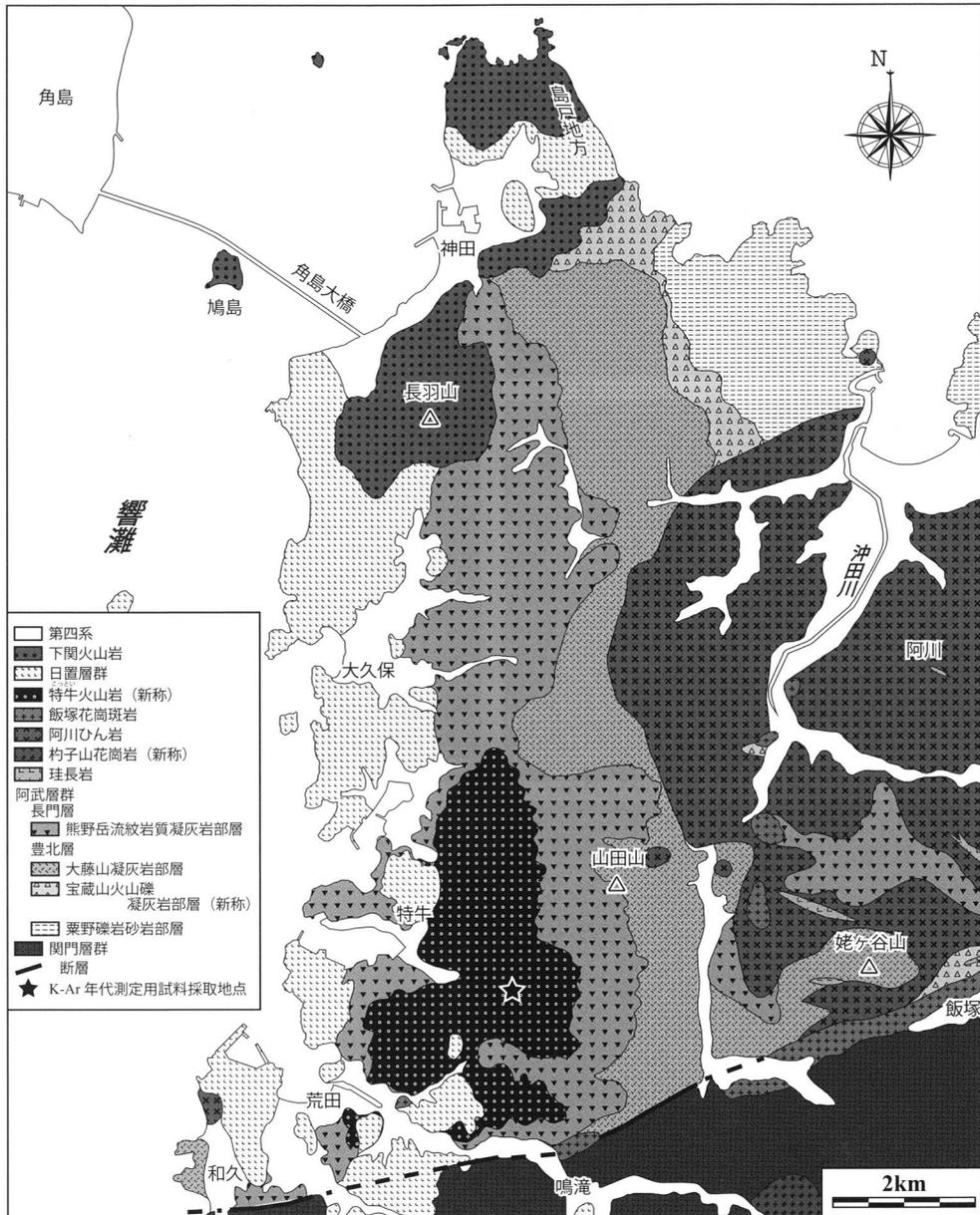


図2 山口県下関市豊北町島戸地方—特牛地域の地質図（本研究）。

状の融食を受けた石英，自形の斜長石および変形や変質を受けた黒雲母が見られる。

デイサイト質火山礫凝灰岩は肉眼では緑白色—灰白色を呈し，泥岩，安山岩および花崗岩などの円礫～亜角礫の岩片（0.1～1.0 cm）を多く含む（図 3 b），溶結構造が発達している。鏡下では，微細な火砕物が粒間を充填しており，安山岩礫に

は発泡痕が見られ，黄鉄鉱も含まれる。デイサイト質凝灰岩（図 3 c）は肉眼では赤灰色を呈し，礫はほとんど含まれず，結晶として石英（0.13～3.0 mm），斜長石（0.2～3.7 mm）および黒雲母結晶（0.5～2.0 mm）が含まれるが，斜長石や黒雲母は多くが変質している。鏡下では，石英結晶が多く見られ，粒間は 0.1～0.5 mm の石英や斜長石

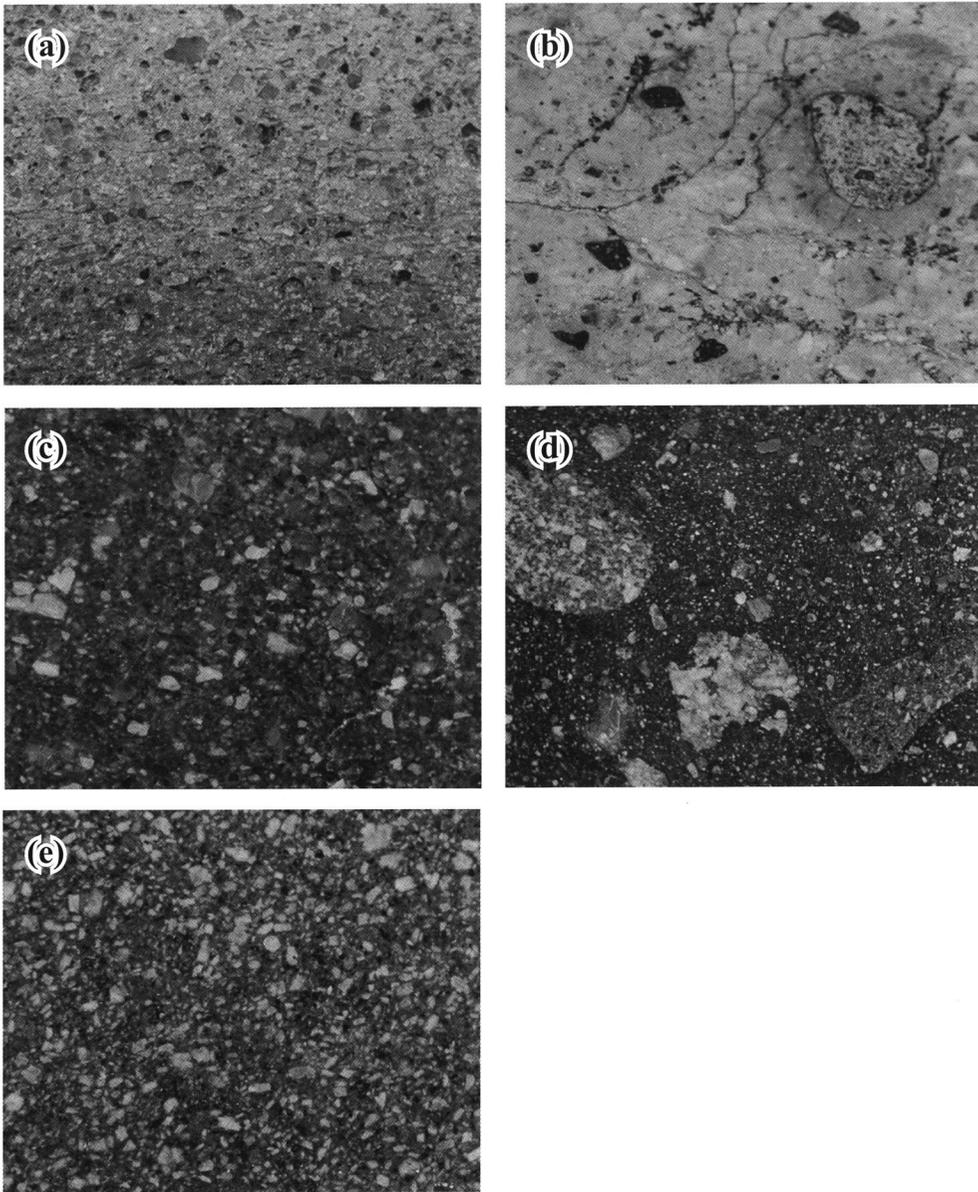


図3 特牛火山岩の岩石スラブ写真.

(a) 流紋岩質凝灰岩, (b) デイサイト質火山礫凝灰岩, (c) デイサイト質凝灰岩,
 (d) 安山岩質凝灰岩, (e) 安山岩溶岩 スケールはいずれも縦4 cm×横5 cm.

結晶が充填している。斜長石はセリサイト化しているものが多く、黒雲母の多くが変形や変質している。

安山岩質火砕岩(図3 d)は肉眼では暗赤色を呈し、泥岩、安山岩および花崗岩などの円礫～亜角礫の岩片(0.1-2.0 cm)を多く含み火山性礫

岩と言えるものを含む。それらにはしばしば成層構造の明瞭な凝灰質砂岩や泥岩を伴う。鏡下では、含まれる礫中の斜長石の多くがセリサイト化しており、石英はあまり見られない。礫の粒間は微細な石英や斜長石結晶およびガラス片が充填している。安山岩溶岩(図3 e)は肉眼では暗灰色～暗

青色を呈し、岩相は均質で、完晶質斑状組織を示し、安山岩質火砕岩に漸移的に移化し、水冷自破砕組織を示す場合がある。主要構成鉱物は、斜長石 (0.3–3.3 mm)、単斜輝石 (0.3–0.8 mm) からなり、副成分鉱物として磁鉄鉱 (0.1–0.8 mm)、ジルコン (0.03–0.13 mm) が含まれる。鏡下では、斑晶としての斜長石 (0.4–3.0 mm)、の単斜輝石 (0.5 mm 程度)、石基には短冊状の斜長石 (0.1–0.2 mm)、自形の磁鉄鉱 (0.5–0.8 mm) が含まれ、ピロタキシティック組織を示す。

化学組成

年代測定を行った安山岩試料 (no. HK-247) について主成分および微量元素含有量の測定を行った (表1)。分析は山口大学機器分析施設の XRF

表1 安山岩 (特牛火山岩) の主成分および微量元素含有量

SiO ₂ wt %	61.27	ICP-MS (ppm)	
TiO ₂	0.67	Zr	103
Al ₂ O ₃	16.59	Nb	4.9
FeO*	5.86	Sn	2
MnO	0.12	Sb	1.6
MgO	2.57	Cs	6.5
CaO	5.92	Ba	202
Na ₂ O	3.25	La	16.9
K ₂ O	1.37	Ce	33.9
LOI	3.30	Pr	3.76
P ₂ O ₅	0.09	Nd	14.1
Total	101.00	Sm	3.2
		Eu	0.857
		Gd	3.19
		Tb	0.55
		Dy	3.4
		Ho	0.69
		Er	2.03
		Tm	0.302
		Yb	2.1
		Lu	0.35
		Hf	2.9
		Ta	0.3
		Tl	1.17
		Bi	0.2
		Th	6.75
		U	1.78
XRF (ppm)			
V	121		
Cr	15		
Co	21		
Ni	2		
Cu	0		
Zn	135		
Pb	10.9		
ICP-MS (ppm)			
Ga	16		
As	10		
Rb	59		
Sr	294		
Y	18.8		

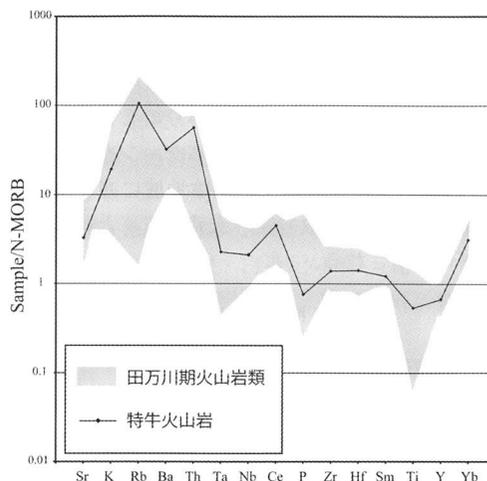


図4 特牛火山岩および古第三紀火山岩類 (田万川期) のスパイダー図。

を使用した。微量元素の分析はカナダの Actlabs に依頼し、ICP-MS により分析された。

図4は安山岩 (特牛火山岩) を N-type MORB (Sun and McDonough, 1989) で規格化したスパイダー図である。同図には山陰地域に産する古第三紀の流紋岩質～玄武岩質火山岩類のデータ (Imaoka et al., 2011) の領域を併せ示している。安山岩は古第三紀火山岩類の領域内にプロットされ、ともに Ta-Nb の負の異常を示し、K, Rb, Ba Th などのインコンパチブル元素に富む。

図5は安山岩 (特牛火山岩) の REE 含有量をコンドライト (Anders and Grevesse, 1989) で

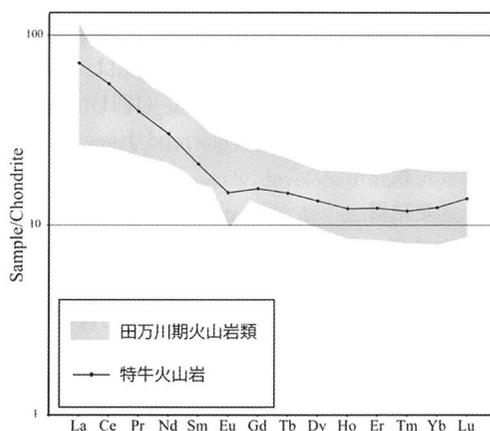


図5 特牛火山岩および古第三紀火山岩類 (田万川期) の REE パターン図。

規格化した REE パターンである。同図には山陰地域に産する古第三紀の流紋岩質～玄武岩質火山岩類のデータ (Imaoka et al., 2011) の領域を併せ示している。安山岩は右下がりの LREE に富み、ほぼフラットな HREE パターンを示す。若干の Eu の負異常を示す。山陰地域に産する古第三紀火山岩類 (流紋岩質～玄武岩質) と同じ領域にプロットされる。

K-Ar 年代

1. 測定試料

特牛安山岩 1 試料 (no. HK-247) について年代測定を行った。測定試料の採取位置を図 2 に示す。測定した試料は先述したように肉眼では暗灰色～暗青色を呈し、岩相は均質でガラス質斑状組織・ピロタキシティック組織を示す。鏡下では、斑晶として斜長石 (0.4–3.0 mm) と単斜輝石 (0.5 mm 程度) が見られ、石基には短冊状の斜長石 (0.1–0.2 mm)、自形の磁鉄鉱 (0.5–0.8 mm)、ジルコン (0.03–0.13 mm) が含まれる。この試料から斑晶の斜長石 (150–235 メッシュ) を分離し、測定に供した。斜長石は新鮮である (図 6)。

2. 測定試料の調整と測定方法

測定試料とした斜長石の分離は、まず岩石の新鮮な部分を切り取り、それをステンレスの鉢で小さく砕き、その後旋回粉碎机を用いてさらに細かくした。その粉末のサイズを標準篩で 150–235 メッシュに整えた (表 2)。そして、混在している不純物を取り除くために電磁分離と重液分離を繰り返した。分離の精度は 98% 以上である。年代測定は岡山理科大学自然科学研究所において行った。K および Ar の分析法と年代計算法は、長尾・板谷 (1988) および Itaya et al. (1991) に従った。年代値の算出には Steiger and Jager (1977) の壊変定数を用いた。

3. 測定結果

測定結果を表 2 ならびに図 2 に示す。年代は

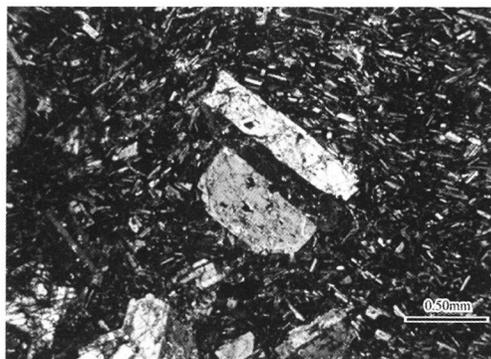


図 6 年代測定した安山岩 (特牛火山岩) の鏡下写真。

45.7±1.9 Ma を示す。この値は中期始新世で従来報告されている田万川期火山岩類の年代値 (約 45–30 Ma; Imaoka et al., 2011) のうち古い方に比較される。

考 察

このたび、下関市特牛地域に新たに古第三紀の火山岩類を見出し、その年代も明らかとなったので、特牛火山岩と命名した。これらは従来阿武層群として塗色されていた (西村ほか, 2012)。構成岩石は、安山岩溶岩および火砕岩、デイサイト質凝灰岩～ラピリ凝灰岩、流紋岩質凝灰岩からなり、その岩石構成や岩相は山陰地域に分布する古第三紀田万川コールドロン (村上, 1973)、益田コールドロン (益田団研グループ, 1982)、浜田コールドロン (今岡, 1986) などを構成する火山岩のそれに酷似する。田万川期火山岩の年代に関しては 45–30 Ma の鉍物 K-Ar 年代が報告されていたが (Imaoka et al., 1993)、今回 45.7±1.9 Ma の斜長石 K-Ar 年代が得られたことによって田万川火山岩に属すると考えられる。さらに年代測定を行った安山岩 (特牛火山岩) は REE パターン、スパイダー図両者ともに山陰地域に産する古

表 2 K-Ar 年代測定結果

試料番号	採取地点 (緯度, 経度)	サイズ (メッシュ)	K 含有量 (wt.%)	放射性 ^{40}Ar (10^{-8}ccSTP/g)	K-Ar 年代 (Ma)	非放射性 ^{40}Ar (%)
HK-247	34°18' 53.3" N 130°54' 12.4" E	#150-235	0.365±0.007	65.5±0.9	45.7±1.9	27.5

$$^{40}\text{K}_{\lambda\beta} = 4.962 \times 10^{-10}/\text{y}, \quad ^{40}\text{K}_{\lambda\epsilon} = 0.581 \times 10^{-10}/\text{y}, \quad ^{40}\text{K}/\text{K} = 0.01167 \text{ atm.}\%$$

第三紀火山岩類の組成範囲内にプロットされることから、同様の岩石区で形成されたと考えられる。REE パターンからは、軽希土類元素に濃集し、重希土類元素に乏しいことがわかり、Eu に負の異常があることから、斜長石の分別結晶があったと考えられる。またスパイダー図からはインコンパチブル元素に富み、Nb-Ta に負の異常を示すなど島弧に特徴的に見られるパターンを示すことが明らかであり、特牛火山岩は田万川火山岩のメンバーであると結論される。山陰地域には田万川火山岩に対比される古第三紀の火山岩類が点在分布しており、これらはコールドロンを形成しているものやそれが明瞭でないものもある (Imaoka et al., 2011)。特牛火山岩は本州における分布では最西端となり、その延長は東シナ海リフト盆へと延長されていく。

結 論

山口県下関市特牛周辺に新たに古第三紀の年代の斜長石 K-Ar 年代 (45.7 ± 1.9 Ma) を示す火山岩を見出し、特牛火山岩と命名した。特牛火山岩は流紋岩質凝灰岩、デイサイト質凝灰岩-火山礫凝灰岩、安山岩溶岩および同質火砕岩からなる。その岩石構成や岩相、化学組成および年代の類似から田万川火山岩の 1 メンバーと結論された。

謝辞 XRF 分析では山口大学理工学研究科地球科学分野の大和田正明教授にお世話になりました。山口地学会の高橋文雄氏には本稿の編集で大変お世話になりました。記して上記の方々から感謝の意を表します。

文 献

Anders, E., Grevesse, N., 1989, Abundances of the elements: Meteoritic and solar. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 53, 197-214.

早坂竜児, 1994, 山口県西部特牛地域に分布する漸新統日置層群の堆積環境と"芦屋動物群"の古生態. *地質雑*, 100, 331-347.

飯泉 滋・今岡照喜, 2009, 日本地方地質誌 6 中国地方. 放射年代. 朝倉書店.

井川寿之・鬼村雅和・今岡照喜・加々美寛雄, 1999, 山口県中央部白亜紀石洞ヶ岳文象斑岩と随伴流紋岩類の岩石記載と Sr, Nd 同位体比.

地質学論集, no. 53, 333-348.

今岡照喜, 1986, 山陰西部における古第三紀火成活動. *広島大地学研報*, no. 26, 1-109.

今岡照喜, 2012, 4. 白亜紀-古第三紀の火山-深成活動. 西村祐二郎ほか編著 山口県地質図第 3 版 (15 万分の 1) 説明書, pp. 59-88.

今岡照喜・飯泉 滋, 2009, 日本地方地質誌 6 中国地方. 概説・白亜紀-古第三紀の火山-深成活動, 白亜紀-古第三紀の火成活動・概説, 朝倉書店, 2009.

今岡照喜・井川寿之, 2006, 仙崎地域の地質, 第 4 章, 阿武層群. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 産総研地質調査総合センター, 27-37.

Imaoka, T., Kiminami, K., Nishida, K., Takemoto, M., Itaya, T., Kagami, H., 2011, K-Ar age and geochemistry of the SW Japan Paleogene cauldron cluster: Implications for Eocene-Oligocene thermo-tectonic reactivation. *Jour. Asian Earth Sci.*, 40, 509-533.

今岡照喜・永松秀崇・井川寿之・秋山美代・加々美寛雄, 2000, 火山活動と深成活動-西中国の例-. *月刊地球/号外*, no.30, 127-133.

Imaoka, T., Nakajima, T. and Itaya, T., 1993, K-Ar ages of hornblendes in andesite and dacite from the Cretaceous Kanmon Group, Southwest Japan. *Jour. Min. Pet. Econ. Geol.*, 88, 265-271.

今岡照喜・大平 武・沢田順弘・板谷徹丸, 1994, 中国・四国地方における白亜紀~第三紀火成岩類の放射年代. *岡山理大自科研報*, no. 20, 3-57.

Itaya, T., Nagao, K., Inoue, K., Honjou, Y., Okada, T. and Ogata, A., 1991, Argon isotope analysis by a newly developed mass spectrometric system for K-Ar dating. *Mineral. Jour.*, 15, 203-221.

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.

益田団研グループ, 1982, 古第三紀益田陥没体. *地質雑*, 88, 321-35.

- 村上允英, 1973, 古第三紀田万川陥没体の形成に関する一考察. 地質学論集, no. 9, 93-105.
- 村上允英・今岡照喜, 1986, 西中国および周辺地域の酸性～中性火成活動. 山口大学教養部紀要, 村上允英教授記念号, 84-99.
- 長尾敬介・板谷徹丸, 1988, k-Ar法による年代測定. 地質学論集, no. 29, 5-21.
- 西村祐二郎・今岡照喜, 1995 a, 山口県放射年代図 (15 万分の 1). 山口地学会.
- 西村祐二郎・今岡照喜, 1995 b, 山口県の放射年代—1994 年総括. 山口地学会誌, no. 32, 1-13.
- 西村祐二郎・今岡照喜・金折裕司・亀谷 敦, 2012, 山口県地質図 第 3 版 (15 万分の 1). 山口地学会.
- Steiger, R. H. and Jager, E., 1977, Subcommittee on geochronology: convention on the use of decay constants in geo- and cosmochemistry. Earth Planet. Sci. Lett., 36, 359-362.
- Sun, S.-s. and McDonough, W.F., 1989, Chemical and isotopic systematics of oceanic basalt: implications for mantle composition and processes. In Saunders, A.D. and Norry, M.J. (Eds.), Magmatism in the Ocean Basins, pp. 313-345.
- 弓削智子・今岡照喜・飯泉 滋, 1998, 山口県阿武地域における流紋岩類と全岩化学組成および Sr, Nd 同位体比. 地質雑, 104, 159-170.