

## 高知県馬路地域, 四万十帯白亜系付加コンプレックスのチャートから産する放射虫化石

原 英俊<sup>1,\*</sup>・原 康祐<sup>2</sup>

Hidetoshi Hara and Kousuke Hara (2019) Radiolarians from chert of the Cretaceous Shimanto accretionary complex in the Umaji district, Kochi Prefecture, Southwest Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 70 (1/2), p. 117-123, 4 figs.

**Abstract:** The Cretaceous Shimanto accretionary complex, which is composed of the Taniyama, Hiwasa, and Mugi units, is distributed in the Umaji district, Kochi Prefecture, Southwest Japan. The Taniyama and Mugi units are characterized by mélangé units including blocks of sandstone, chert and basalt. We report radiolarian fossils from cherts of the Taniyama and Mugi units, indicating a latest Barremian to early Aptian age and a late Santonian to early Campanian age, respectively. These ages obtained in the Umaji district are coincident with the chert radiolarian ages reported from the both units distributed in surrounding area of eastern Shikoku. A clear gap of chert ages clarified from both units supports that subducted oceanic slabs between the Taniyama and Mugi units were changed from the old Izanagi Plate to the young oceanic plates with ridge.

**Keywords:** radiolaria, chert, Shimanto accretionary complex, Cretaceous, Umaji, Shikoku

### 要 旨

四国東部の馬路地域には、四万十帯白亜系付加コンプレックスの谷山ユニット・日和佐ユニット・牟岐ユニットが分布する。谷山ユニットと牟岐ユニットは、砂岩、チャート及び玄武岩を含む混在岩(メランジュ)を特徴とする。これらのユニットのチャートから、放射虫化石を見出した。チャートの放射虫化石年代は、谷山ユニットではバレミアン期末～アプチアン期前半であるのに対し、牟岐ユニットではサントニアン期後半～カンパニアン期前半と異なる2つの年代が得られた。これらの年代は、四国東部の谷山ユニット及び牟岐ユニット相当層から、これまでに報告されているチャート年代の範囲に収まる。両ユニットに含まれるチャート年代の違いは、谷山ユニットと牟岐ユニットにて沈み込む海洋プレートが、古いイザナギプレートから海嶺を伴う若い海洋プレートへと変化したことを支持する。

### 1. はじめに

四国東部の四万十帯白亜系付加コンプレックスは、岩相層序及び放射虫化石年代により構造層序区分が行われ

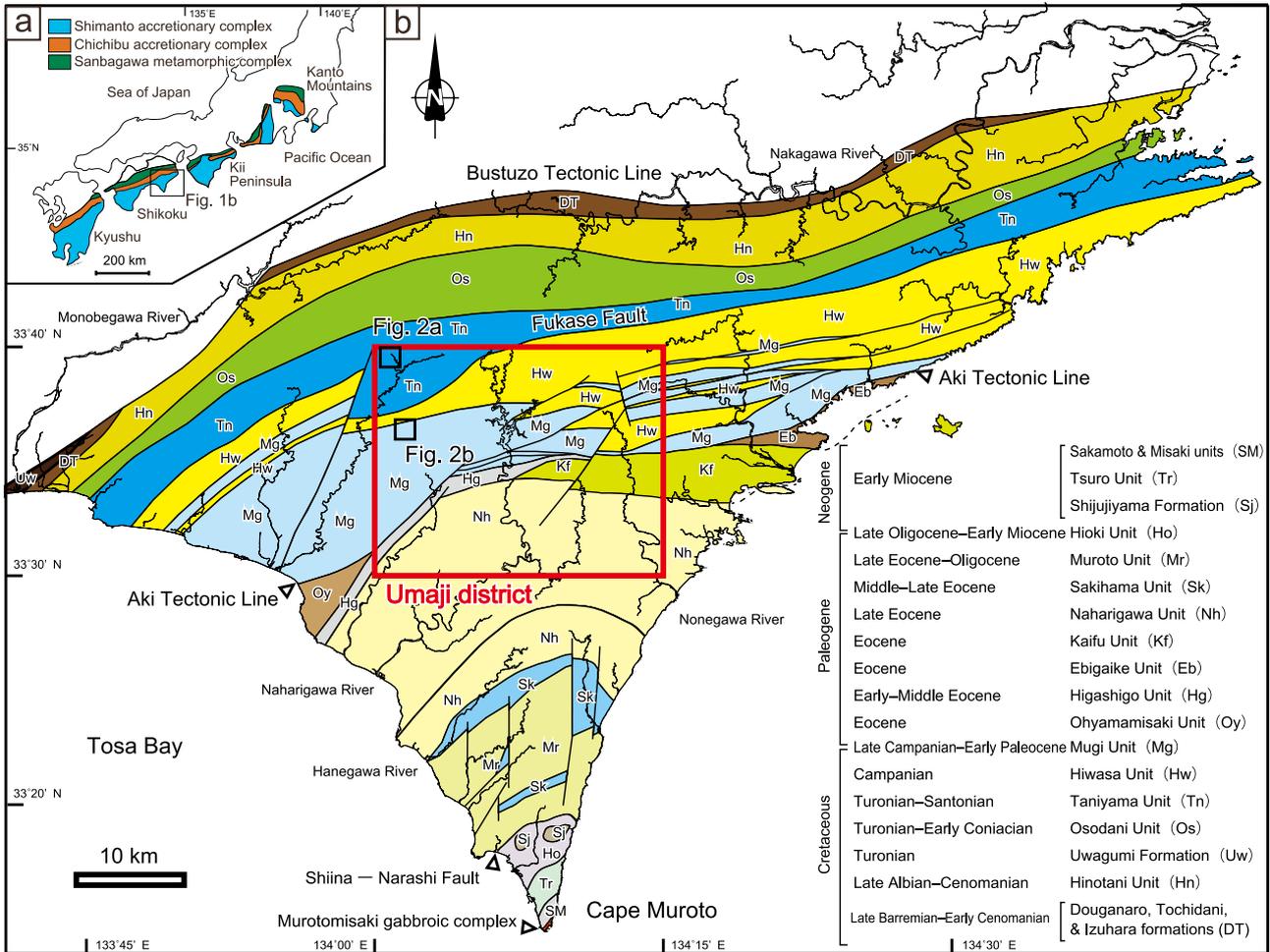
ている(石田, 1998; 君波ほか, 1998; 原ほか, 2014)。そして、地層の破断や混在化の程度の違いによる整然相・破断相・混在相の識別や、北から南に向かい地質年代が若くなる年代極性が求められ、付加コンプレックスとしての特徴が良く調べられている。四国東部の中央部に位置する馬路地域には、構造的上位より、谷山ユニット、日和佐ユニット・牟岐ユニットが分布する。このうち、谷山ユニットと牟岐ユニットが、砂岩・チャート及び玄武岩の岩体・岩塊を泥質岩中に伴う混在相(混在岩・メランジュ)によって特徴づけられ、これらのユニットのチャートから前期及び後期白亜紀放射虫化石が産出した。一方、日和佐ユニットは、厚層理砂岩や砂岩泥岩互層の整然相からなり、遠洋性のチャートを含まない。一般に、海洋プレート層序に基づけば、付加コンプレックス中に産するチャート及び半遠洋性の多色泥岩は、海洋プレートが中央海嶺玄武岩の噴出により誕生してから、海溝に運ばれ沈み込み消失するまでの深海底の情報を保持していると考えられている(Matsuda and Isozaki, 1991; Wakita and Metcalfe, 2005)。さらに、そのチャートや多色泥岩から産する放射虫化石によるその年代幅は、海溝に沈み込んだ海洋プレートの年齢を近似している。そこで今回、

<sup>1</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation)

<sup>2</sup> 産業技術総合研究所 地質調査総合センター 地質情報研究部門 リサーチアシスタント (Research Assistant, 2015 ~ 2016, AIST, Geological Survey of Japan, Research Institute of Geology and Geoinformation), 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)

現所属: クニミネ工業株式会社 (present: Kunimine Industries CO., Ltd, Iwaki, Fukushima 972-8312, Japan)

\* Corresponding author: H. Hara, Central7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: hara-hide@aist.go.jp



第1図 四国東部の四万十帯付加コンプレックス。地質図は、公文・井内(1976)、平ほか(1980b)、公文(1981)、君波ほか(1998)、石田(1998)、Taira *et al.* (1988)、溝口ほか(2009)、Hara *et al.* (2017)、及び原ほか(2018)に基づき編纂した。

Fig. 1 Geological map of the Cretaceous Shimanto accretionary complex in eastern Shikoku. The geological map is based on Kumon and Inouchi (1976), Taira *et al.* (1980b, 1988), Kumon (1981), Kiminami *et al.* (1998), Ishida (1998), Mizoguchi *et al.* (2009), and Hara *et al.* (2017, 2018).

馬路地域及び周辺地域のチャート年代から、四国東部における四万十帯白亜系付加コンプレックスに沈み込んだ海洋プレートの年齢について検討を行う。

## 2. 地質概略

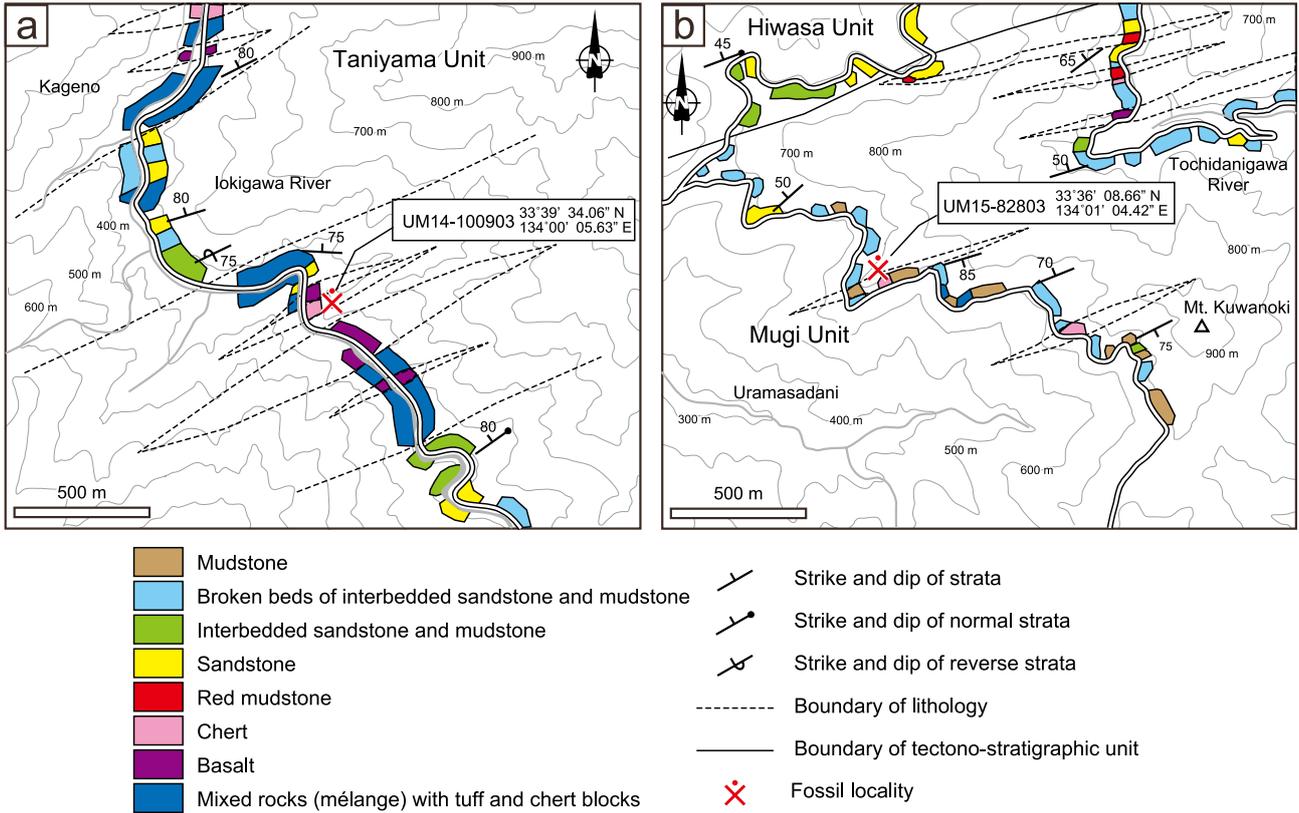
四国東部の四万十帯白亜系付加コンプレックスは、君波ほか(1998)、石田(1998)、原ほか(2014)により、岩相層序及び放散虫化石年代により構造層序区分が行われている(第1図)。本報告では、原ほか(2014)に従い、馬路地域の四万十帯白亜系付加コンプレックスを谷山ユニット・日和佐ユニット・牟岐ユニットに区分した。

谷山ユニットは、玄武岩・チャート・多色泥岩の岩体を伴う混在岩、砂岩・泥岩・砂岩泥岩互層からなる。砂岩泥岩互層は頻繁に破断相を呈する。泥岩・珪長質凝灰

岩・緑色泥岩から、コニアシアン期～サントニアン期の放散虫化石が報告されている(君波ほか, 1998)。碎屑性ジルコンの最若ピークの加重平均U-Pb年代は、放散虫化石年代よりやや若いカンパニアン最前期まで示す(Hara *et al.*, 2017)。そのため碎屑岩の堆積年代は、コニアシアン期～カンパニアン期最前期といえる。

日和佐ユニットは、厚層理砂岩及び砂岩泥岩互層からなり、整然相によって特徴づけられる。また君波ほか(1998)は、本ユニット南部の泥岩からカンパニアン期後半の放散虫化石を報告し、日和佐ユニットの堆積年代は北部と南部をあわせカンパニアン期と推定した。碎屑性ジルコンの最若ピークU-Pb年代は、カンパニアン期後半を示す(Hara *et al.*, 2017)。

牟岐ユニットは、玄武岩・チャート・砂岩の岩体を伴う混在岩を特徴とする。またしばしば砂岩泥岩互層の破



第2図 放射虫化石産出地点のルートマップ。 a: UM14-100903. b: UM15-82803.

Fig. 2 Route map around the occurrence points of radiolarians. a: UM14-100903. b: UM15-82803.

断相を伴う。泥岩よりカンパニアン期後半～マーストリヒチアン期前半の放射虫化石が得られている(君波ほか, 1998; Hara *et al.*, 2017)。また凝灰岩のジルコンU-Pb年代や碎屑性ジルコンの最若ピークU-Pb年代が前期暁新世を示すことから、牟岐ユニットの堆積年代はカンパニアン期後半～前期暁新世とされる(Shibata *et al.*, 2008; Hara *et al.*, 2017)。

### 3. 放射虫化石年代

#### 3.1 抽出処理方法

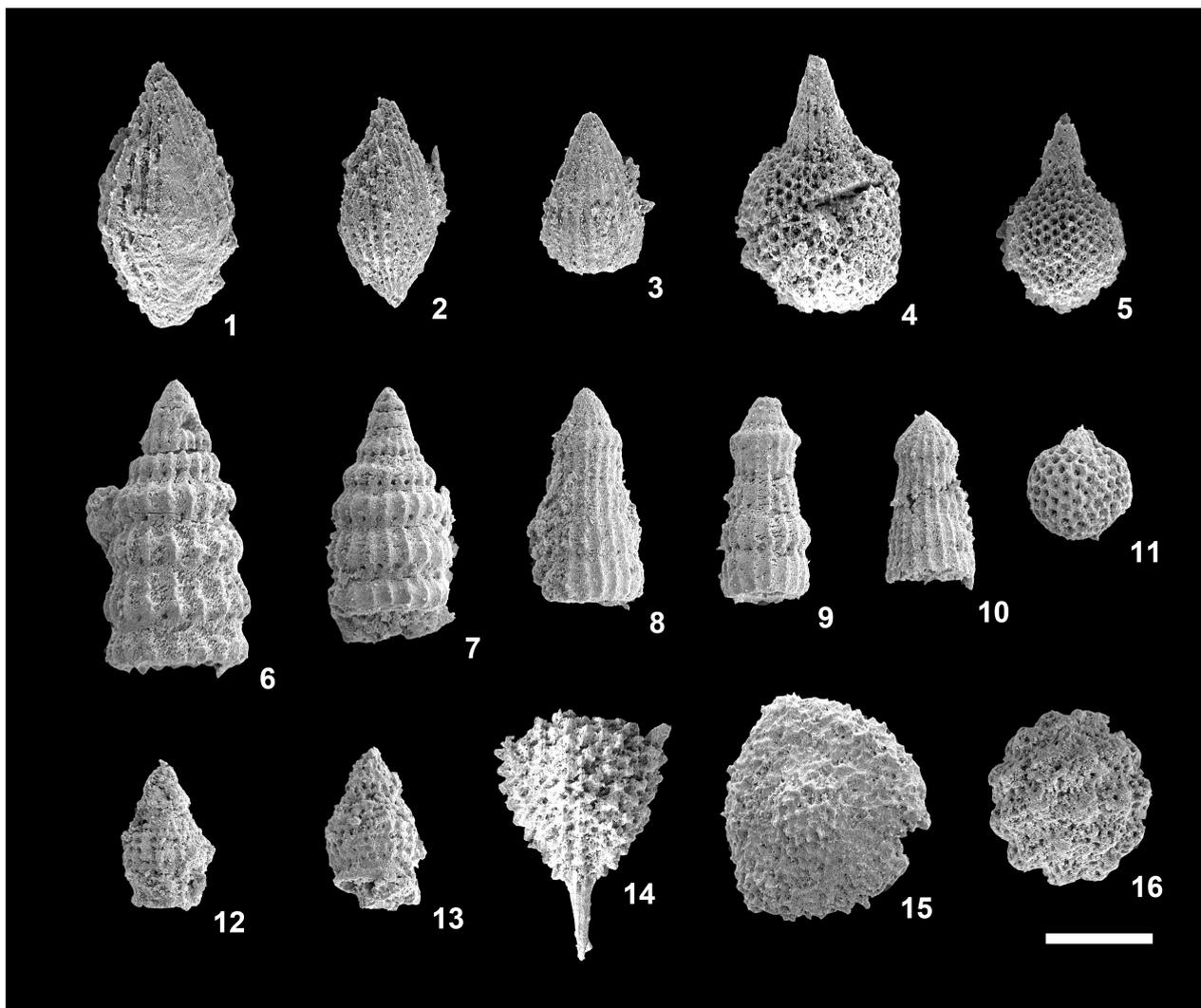
試料は洗浄した後、ポリビーカー内で約5%のフッ化水素酸溶液に10～20時間浸した。試料を水洗しながらステンレス篩(開孔63 μm)を用いて、残渣試料を回収した。この作業を数回繰り返した。回収された残渣試料は、蒸発皿にてエタノール洗浄し、その後ホットプレートにて乾燥させた。実体顕微鏡下で、残渣試料中に放射虫化石が認められた試料について、放射虫化石を残渣からピックアップし、走査型電子顕微鏡(JEOL JSM-6610LV)を用いて画像を撮影した。今回、谷山ユニットのチャート(UM14-100903)及び牟岐ユニットのチャート(UM15-

82803)より年代決定に有効な放射虫化石を見出した。これら化石の採取地点及び周辺のルートマップを第2図に示す。

#### 3.2 谷山ユニットのチャート

放射虫化石を産する谷山ユニットのチャート(UM14-100903)は、伊尾木川上流の影野に分布する(33°39' 34.06" N, 134°00' 05.63" E)。やや泥質な赤色チャートで、層厚約100 mである。また層厚200 mの赤色な玄武岩に付随して分布する。玄武岩は、枕状溶岩ないし塊状溶岩からなり、一部片理面の発達が見られる。これらチャートと玄武岩は、混在岩中の岩体として産する。

本試料からは、*Hiscocapsa asseni* (Tan), *Thanarla brouweri* (Tan), 及び*Thanarla lacrimula* (Foreman)の放射虫化石が得られた(第3図)。O' Dogherty (1994)による放射虫化石の分類及びUnitary Association (UA)法による年代決定に基づけば、*H. asseni*はUA1～UA10, *T. brouweri*はUA1～UA11, *T. lacrimula*はUA1～UA6に生存期間がある。これらの種が重複する期間はUA1～UA6であり、O' Dogherty and Guex (2002)に従えば、その年代はパレミアン期末～アプチアン期前半である。



第3図 谷山ユニット及び牟岐ユニットのチャートから産出した放散虫化石。1, 2: *Thanarla lacrimula* (Foreman). 3: *Thanarla brouweri* (Tan). 4, 5: *Hiscocapsa asseni* (Tan). 6, 7: *Dictyomitra formosa* Squinabol. 8, 9: *Dictyomitra koslovae* Foreman. 10: *Dictyomitra* aff. *koslovae* Foreman. 11: *Cryptamphorella conara* Dumitrica. 12, 13: *Artostrobium urna* Foreman. 14: *Alievium superbum* (Squinabol). 15: *Pseudoaulophacus* cf. *praefflorens* Pessagno. 16: *Praeconocaryomma universa* Pessagno. スケールバーは、100 μmを示す。

Fig. 3 Radiolarians from chert of the Taniyama and Mugi units. 1, 2: *Thanarla lacrimula* (Foreman). 3: *Thanarla brouweri* (Tan). 4, 5: *Hiscocapsa asseni* (Tan). 6, 7: *Dictyomitra formosa* Squinabol. 8, 9: *Dictyomitra koslovae* Foreman. 10: *Dictyomitra* aff. *koslovae* Foreman. 11: *Cryptamphorella conara* Dumitrica. 12, 13: *Artostrobium urna* Foreman. 14: *Alievium superbum* (Squinabol). 15: *Pseudoaulophacus* cf. *praefflorens* Pessagno. 16: *Praeconocaryomma universa* Pessagno. Scale bar is 100 μm.

### 3.3 牟岐ユニットのチャート

放散虫化石を産する牟岐ユニットのチャート (UM15-82803) は、加勝林道から分岐する裏正林道沿いの桑ノ木山西方に分布する (33°36' 08.66 N, 134°01' 04.42" E)。砂岩泥岩互層の破断相ないし砂岩岩塊を含む混在岩中に、約10 mの層厚を持つ岩体として産する。チャートは赤色ないし淡灰色を呈し、赤色泥岩と互層する。

本試料からは、*Alievium superbum* (Squinabol), *Artostrobium urna* Foreman, *Cryptamphorella conara* Dumitrica, *Dictyomitra*

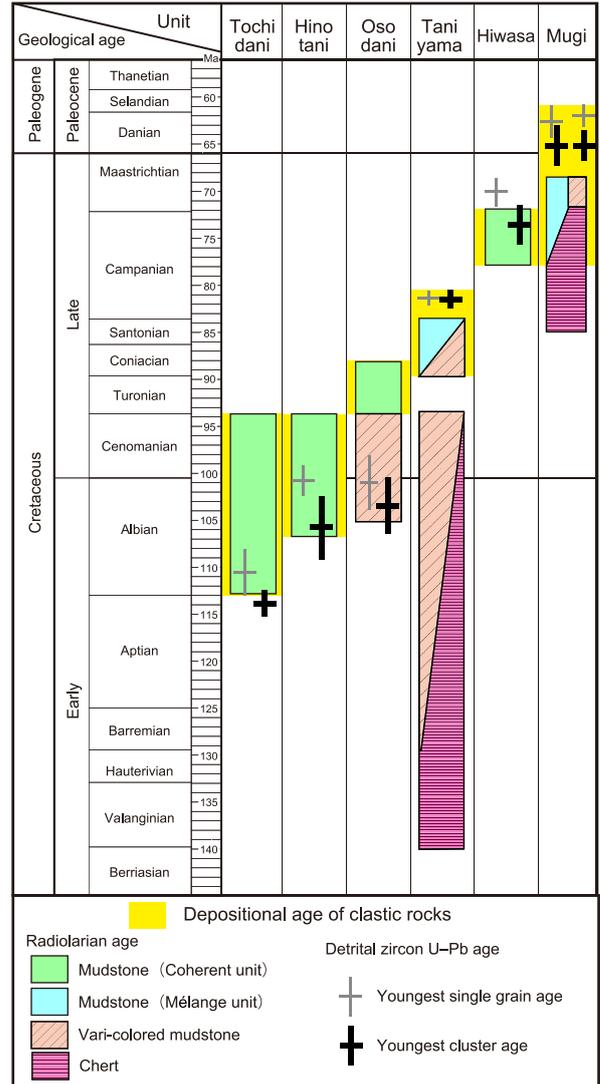
*formosa* Squinabol, *Dictyomitra koslovae* Foreman, *Dictyomitra* aff. *koslovae* Foreman, *Praeconocaryomma universa* Pessagno, 及び *Pseudoaulophacus* cf. *praefflorens* Pessagno の放散虫化石が得られた。Hollis and Kimura (2001) による年代決定に基づけば、*A. urna* は Tu 帯 ~ Dk2 帯, *D. formosa* は Tu 帯 ~ At 帯, *D. koslovae* は Tu 帯 ~ Pa 帯, *P. praefflorens* は Dk1 帯後半 ~ Pa 帯に生存期間がある。これらの種が重複する期間は、Dk1 帯後半 ~ Dk2 帯であり、その年代はサントニアン期後半 ~ カンパニアン期前半である。

#### 4. チャート及び多色泥岩の堆積年代と海洋プレートの年齢

馬路地域の谷山ユニットと牟岐ユニットのチャートは、それぞれバレミアン期末～アプチアン期前半とサントニアン期後半～カンパニアン期前半と異なる年代を示すことが明らかとなった。四国東部、四万十帯白亜系付加コンプレックスの海洋プレート層序を第4図にとりまとめた。

馬路地域より北東側、北川地域及び桜谷地域に分布する谷山ユニットからは、オーテリビアン期～アルビアン期のチャート(中川ほか, 1980; 公文, 1981), バレミアン期～アルビアン期の赤色泥岩(公文, 1981)が報告されている。また谷山ユニットは、高知県の夜須町及び芸西村に分布する手結メランジュ(平ほか, 1980a)に対比される。手結メランジュからは、バラングニアン期～オーテリビアン期及びアプチアン期～セノマニアン期のチャート, アルビアン期～セノマニアン期前半の赤色泥岩が報告されている(平ほか, 1980a)。またわずかであるが後期ジュラ紀のチトニアン期を示すチャートも知られている(青木, 1982)。なお泥岩と同様の年代を示すコニアシアン期～サントニアン期の赤色泥岩も報告されている(平ほか, 1980a)。以上のことから、谷山ユニットのチャートは少なくともバラングニアン期～セノマニアン期を、赤色泥岩はバレミアン期～セノマニアン期の年代を示し、その時代幅は約45 m.y.に達する。西南日本の後期白亜紀島弧では、約89～85 Ma頃に、沈み込む海洋プレートがイザナギプレートからクラプレートに変化したとされる(Engebretson *et al.*, 1985; Onishi and Kimura, 1995; Tokiwa, 2009)。この時期は、谷山ユニットが堆積したコニアシアン期～サントニアン期に相当する。そのため谷山ユニットには、イザナギプレート上に堆積していたチャートが付加されたと考えられる。なお石田・橋本(1998)は、谷山ユニットに対比される彼らの谷山累層より、カンパニアン期後半のチャートとマーストリヒチアン期前半の泥岩からなるセクションを見出した。これらの年代は、谷山ユニットのチャート及び泥岩の年代より有意に若く、後述の牟岐ユニットの年代に近い。そのため、このセクションの帰属については検討が必要であると考えられる。

牟岐ユニットのチャートから放射虫化石の報告は少ない。石田・橋本(1998)は、徳島県牟岐町の海岸沿いに分布する牟岐ユニット(彼らの赤丸メランジュ)のチャートからカンパニアン期後半、珪質粘土岩からマーストリヒチアン期前半の放射虫化石を報告した。そのため、牟岐ユニットのチャートはサントニアン期後半～カンパニアン期、珪質泥岩はマーストリヒチアン期前半の年代を示し、これらの年代幅は約15 m.y.に相当する。牟岐ユニットは、碎屑岩の堆積年代(カンパニアン期後半～前期漸



第4図 四国東部、四万十帯白亜系付加コンプレックスの海洋プレート層序。放射虫化石年代の取りまとめ及び碎屑性ジルコンU-Pb年代は、Hara *et al.* (2017)に基づく。

Fig. 4 Ocean plate stratigraphy of the Cretaceous Shimanto accretionary complex in eastern Shikoku. Compiled radiolarian ages and detrital zircon U-Pb ages are based on Hara *et al.* (2017).

新世)に近いもしくは重複する年代を示す主にカンパニアン期のチャートを含み、前期白亜紀のチャートを含まない特徴を持つといえる。また牟岐ユニットの玄武岩は、その化学組成が中央海嶺玄武岩(N-MORB)や島弧ソレアイトを示すことが指摘されている(君波ほか, 1992; 麻木・吉田, 1998; 中村ほか, 2000)。そして一部の玄武岩は、陸源堆積物である泥質岩と急冷縁を伴って密接に産出すること、玄武岩中に黒色泥岩のゼノリスを含むことなどから、現地性の中央海嶺玄武岩として解釈されている(君波ほか, 1992)。この碎屑岩中に含まれる現地性の中央

海嶺玄武岩の成因として、クラ-太平洋海嶺が海溝付近にて活動していた説(君波ほか, 1992; Kiminami *et al.*, 1994), 前弧域で海洋プレートの沈み込みによる島弧火成活動が生じていた説(麻木・吉田, 1998)が考えられている。またSakaguchi (1996)では、四万十帯白亜系付加コンプレックスが、クラ-太平洋海嶺の沈み込みに伴い90°C/kmの非常に高い地温勾配を保持したことを示した。また一般に西南日本では、カンパニアン期以降に、海嶺の沈み込みにより、大規模な花崗岩バソリスが形成されたとされる(Kinoshita, 1995; Nakajima *et al.*, 1990; Iida *et al.*, 2015)。また, Seton *et al.* (2012, 2015)は, 55 ~ 50 Ma頃にイザナギ-太平洋海嶺が沈み込んだモデルを提唱している。この様に、カンパニアン期以降は、海嶺を伴う若い海洋プレートが沈み込んでおり、牟岐ユニットに含まれるチャートは海嶺の近傍からもたらされたと考えられる。そして海嶺がすぐに海溝に達したため、チャートの堆積期間が短くなっているといえる。

この様なチャートの堆積年代における時空変遷については、四国西部や紀伊半島西部の四万十帯白亜系付加コンプレックスでも指摘されている。四国西部では、横波メランジュが谷山ユニットに、興津メランジュが牟岐ユニットに対比される。横波メランジュからは、バラングニアン期~セノマニアン期のチャート及び赤色泥岩が報告されている(岡村・宇部, 1982; Taira *et al.*, 1988)。そして, Saito *et al.* (2014)は, 赤道付近で形成された古い海洋プレート(彼らのクラプレート)の横波メランジュへの付加を示唆している。また興津メランジュは、チャートから放散虫化石は見出されていないものの、セノマニアン期~チューロニアン期のチャートを伴う赤色泥岩が報告され(平ほか, 1980a), さらに現地性玄武岩の存在が指摘されている(Kiminami *et al.*, 1994)。紀伊半島西部では、カンパニアン期前半以前の堆積年代を示す花園コンプレックスと美山コンプレックスでは、ベリアシアン期~チューロニアン期のチャートを大量に含むのに対し、カンパニアン期後半以降の竜神コンプレックスでは現地性玄武岩を伴う(Kiminami *et al.*, 1994)もののチャートを欠くという特徴がある(鈴木・中屋, 2012)。鈴木・中屋(2012)は、付加コンプレックス中に含まれるチャートの存在量や年代の違いに関して、沈み込む海洋地殻がイザナギプレート・クラプレート・クラ-太平洋海嶺へと変化したことを指摘している。

以上のように、チャートの堆積年代は、谷山ユニットには約45 m.y.に達する古い年齢を持つイザナギプレートが、牟岐ユニットには15 m.y.以下の非常に若く海嶺を伴う海洋プレートの沈み込み及び付加が生じていたことを支持する。

謝辞: 本報告は、産業技術総合研究所地質調査総合センターが発行する5万分の1地質図幅「馬路」の調査研究の

一部である。安芸森林管理署には、加勝林道及び裏正林道への入林許可を頂いた。山形大学の本山 功氏及び信州大学の常盤哲也氏には、査読を通じて有益なコメントを頂いた。以上の方々に、厚く御礼を申し上げます。

## 文 献

- 青木隆弘(1982)高知県四万十帯北帯の月見山・手結メランジュ中の上部ジュラ系・下部白亜系の放散虫化石。大阪微化石研究会誌, 特別号, no. 5, 339-351.
- 麻木孝郎・吉田武義(1998)徳島県南東部の四万十帯北帯に分布する沈み込み帯型緑色岩。岩鉱, **93**, 83-102.
- Engelbreton, D., Cox, A. and Gordon, R. G. (1985) *Relative plate motions between ocean and continental plates in the Pacific basin. Geol. Soc. Amer., Spec. Pap.*, **206**, Boulder, CO, 59p.
- 原 英俊・植木岳雪・辻野泰之(2014)北川地域の地質。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, 72p.
- Hara, H., Nakamura, Y., Hara, K., Kurihara, T., Mori, H., Iwano, H., Danhara, T., Sakata, S. and Hirata, T. (2017) Detrital zircon multi-chronology, provenance, and low-grade metamorphism of the Cretaceous Shimanto accretionary complex, eastern Shikoku, Southwest Japan: Tectonic evolution in response to igneous activity within a subduction zone. *Island Arc*, **26**. e12218, doi:10.1111/iar.12218.
- 原 英俊・青矢睦月・野田 篤・田辺 晋・山崎 徹・大野哲二・駒澤正夫(2018) 20万分の1地質図幅「高知」(第2版)。産業技術総合研究所 地質調査総合センター。
- Hollis, C. J. and Kimura, K. (2001) A unified radiolarian zonation for the Late Cretaceous and Paleocene of Japan. *Micropaleontology*, **47**, 235-255.
- Iida, K., Iwamori, H., Orihashi, Y., Taeho, P., Jwa, Y. J., Kwon, S. T., Danhara, T. and Iwano, H. (2015) Tectonic reconstruction of batholith formation based on the spatiotemporal distribution of Cretaceous-Paleogene granitic rocks in southwestern Japan. *Island Arc*, **24**, 205-220.
- 石田啓佑(1998)四国東部, 四万十帯累層群の岩相層序と放散虫年代。大阪微化石研究会誌, 特別号, no. 11, 189-209.
- 石田啓佑・橋本寿夫(1998)四国東部, 四万十帯の上部白亜系チャート-碎屑岩シーケンスと放散虫生層序。大阪微化石研究会誌 特別号, no. 11, 211-225.
- 君波和雄・柏木庸孝・宮下純夫(1992)上部白亜系牟岐累層(四国東部)中の in-situ玄武岩類の産状とその意義。地質雑, **98**, 867-883.
- Kiminami, K., Miyashita, S. and Kawabata, K. (1994)

- Ridge collision and in situ greenstones in accretionary complexes: An example from the Late Cretaceous Ryukyu Islands and southwest Japan margin. *Island Arc*, **3**, 103–111.
- 君波和雄・松浦卓史・岩田尊夫・三浦健一郎(1998) 四国東部に分布する白亜系四万十累層群の砂岩組成と白亜紀火山活動との関連. *地質雑*, **104**, 314–326.
- Kinoshita, O. (1995) Migration of igneous activities related to ridge subduction in Southwest Japan and the East Asian continental margin from the Mesozoic to the Paleogene. *Tectonophysics*, **245**, 25–35.
- 公文富士夫(1981) 徳島県南部の四万十累帯白亜系. *地質雑*, **87**, 277–295.
- 公文富士夫・井内美朗(1976) 室戸半島北東部, 徳島県穴喰町周辺の四万十累層群古第三系. *地質雑*, **82**, 383–394.
- Matsuda, T. and Isozaki, Y. (1991) Well-documented travel history of Mesozoic pelagic chert in Japan: From remote ocean to subduction zone. *Tectonics*, **10**, 475–499.
- 溝口秀治・君波和雄・今岡照喜・亀井淳志(2009) 室戸岬地域における中新世の海溝近傍火成活動. *地質雑*, **115**, 17–30.
- 中川衷三・中世古幸次郎・川口輝与隆・吉村隆三(1980) 四国東端の四万十帯上部ユラ系及び白亜系放射虫化石の概要. 徳島大学学芸紀要(自然科学), **31**, 1–27.
- Nakajima, T., Shirahase, T. and Shibata, K. (1990) Along-arc variation of Rb-Sr and K-Ar ages of Cretaceous granitic rocks in Southwest Japan. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **104**, 381–389.
- 中村謙太郎・藤永公一郎・加藤泰浩(2000) 四万十帯北帯に分布する現地性玄武岩の希土類元素組成とその起源に関する示唆. *岩鉱*, **29**, 175–190.
- O'Dogherty, L. (1994) Biochronology and paleontology of mid-Cretaceous radiolarians from Northern Apennines (Italy) and Betic Cordillera (Spain). *Mémoires de Géologie (Lausanne)*, no. 21, 1–413.
- O'Dogherty, L. and Guex, J. (2002) Rates and pattern of evolution among Cretaceous radiolarians: relations with global paleoceanographic events. *Micropaleontology*, **48**, 1–22.
- 岡村 真・宇部秀幸(1982) 高知県横波半島に分布する下部白亜系チャート岩体中の放射虫の層位的分布(予察). 高知大学術研報 自然科学編, **31**, 87–94.
- Onishi, C. T. and Kimura, G. (1995) Change in fabric of melange in the Shimanto Belt, Japan: Change in relative convergence?. *Tectonics*, **14**, 1273–1289, doi:10.1029/95TC01929.
- Saito, T., Okada, Y., Fujisaki, W., Sawai, Y., Sakata, S., Dohm, J., Maruyama, S. and Hirata, T. (2014) Accreted Kula plate fragment at 94 Ma in the Yokonami-melange, Shimanto-belt, Shikoku, Japan. *Tectonophysics*, **623**, 136–146.
- Sakaguchi, A. (1996) High paleogeothermal gradient with ridge subduction beneath the Cretaceous Shimanto accretionary prism, southwest Japan. *Geology*, **24**, 795–798.
- Seton, M., Müller, R.D., Zahirovic, S., Gaina, C., Torsvik, T., Shephard, G., Talsma, A., Gurnis, M., Turner, M., Maus, S. and Chandler, M. (2012) Global continental and ocean basin reconstructions since 200 Ma. *Earth Sci. Rev.*, **113**, 212–270.
- Seton, M., Flament, N., Whittaker, J., Müller, R. D., Gurnis, M. and Bower, D. J. (2015) Ridge subduction sparked reorganization of the Pacific plate-mantle system 60–50 million years ago. *Geophys. Res. Lett.*, **42**, doi:10.1002/2015GL063057.
- Shibata, T., Orihashi, Y., Kimura, G. and Hashimoto, Y. (2008) Underplating of mélangé evidenced by the depositional ages: U-Pb dating of zircons from the Shimanto accretionary complex, southwest Japan. *Island Arc*, **17**, 376–393.
- 鈴木博之・中屋志津男(2012) 紀伊半島における四万十付加体の発達史について—付加体の多様性とその起源—. *地団研専報*, no. 59, 273–282.
- 平 朝彦・岡村 真・甲藤次郎・田代正之・斎藤靖二・小玉一人・橋本光男・千葉とき子・青木隆弘(1980a) 高知県四万十帯北帯(白亜系)における“メラングジュ”の岩相と時代. 平 朝彦・田代正之編, 四万十帯の地質学と古生物学(甲藤次郎教授還暦記念論文集), 林野弘済会高知支部, 高知, 179–214.
- 平 朝彦・田代正之・岡村 真・甲藤次郎(1980b) 高知県四万十帯の地質とその起源. 平 朝彦・田代正之編, 四万十帯の地質学と古生物学(甲藤次郎教授還暦記念論文集), 林野弘済会高知支部, 高知, 249–264.
- Taira, A., Katto, J., Tashiro, M., Okamura, M. and Kodama, K. (1988) The Shimanto belt in Shikoku, Japan, evolution of Cretaceous to Miocene accretionary prism. *Modern Geology*, **12**, 5–46.
- Tokiwa, T. (2009) Timing of dextral oblique subduction along the eastern margin of the Asian continent in the Late Cretaceous: Evidence from the accretionary complex of the Shimanto Belt in the Kii Peninsula, Southwest Japan. *Island Arc*, **18**, 306–319.
- Wakita, K. and Metcalfe, I. (2005) Ocean Plate Stratigraphy in East and Southeast Asia. *Jour. Asian Earth Sci.*, **24**, 679–702.

( 受付 : 2018年4月28日 ; 受理 : 2018年9月18日 )

