地質学論集 第57号 107-117 ページ, 2000年9月 *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 57, 107-117, September 2000

四国西部の白亜系四万十累層群の砂岩化学組成と四万十帯北帯における 岩石相ユニットの対比

Chemical composition of sandstones from the Cretaceous Shimanto Belt, western Shikoku, Japan, and correlation of petrofacies units in the Northern Shimanto Belt

Abstract

君波和雄* 小柳津篤* 石濱茂崇* 三浦健一郎**

Kazuo Kiminami* Atsushi Oyaizu* Shigetaka Ishihama* and Kenichiro Miura**

1999年7月1日受付.

- 2000年1月15日受理.
- * 山口大学理学部地球科学教室.
 Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Yamaguchi University, 1677-1, Yoshida, Yamaguchi 753-8512, Japan
- ** 基礎地盤コンサルタンツ株式会社. Kisojiban Consultants Co. Ltd., 51 Naganumaharamachi, Inage, Chiba 263-0001, Japan

The Cretaceous Shimanto Belt in western Shikoku can be divided into two petrofacies units on the basis of sandstone geochemistry. The two petrofacies units are geochemically similar to and are chronologically correlative with KS I (younger) unit and KS II (older) unit in eastern Shikoku, respectively, although there are some differences in chemical signature. So we designate the two units in western Shikoku as KS I' and KS II'.

Sandstones from the Cretaceous Shimanto Supergroup in eastern Kyushu are geochemically similar to those in western Shikoku, and those in the Akaishi Mountains to those of eastern Shikoku, respectively. This means that the Cretaceous Shimanto Belt in eastern Kyushu can also be divided into KSI' and KSII' units, and the belt in Akaishi Mountains into KSI and KSII units. The boundary between KSI'-II' units and KSII-II units is supposed to be around central Shikoku. The ages of the boundaries between KSI' unit and KSII' unit, and between KS I unit and KSII unit become younger eastward from Kyushu to the Akaishi Mountains.

Keywords: Cretaceous, geochemistry, petrofacies, sandstone, Shikoku, Shimanto Supergroup

はじめに

白亜系四万十帯における砂岩モード組成の年代的な相違 がこれまでに多数報告されている(寺岡ほか,1974;寺 岡,1977,1979;公文,1981;Kumon,1983,1985;鹿島, 1992). 寺岡・奥村(1992)は、九州から赤石山地の白亜 系四万十帯が砂岩モード組成の特徴から年代的に古い佐伯 亜帯とより若い蒲江亜帯の2つに分けられることを指摘し ている.また、両亜帯の境界年代は、チューロニアン~コ ニアシアン付近であり、東側により若くなるとしている.

一方, 寺岡ほか(1995, 1996)は、九州東部と赤石山地 の四万十帯白亜系砂岩がモード組成と同様に化学組成から も佐伯亜帯と蒲江亜帯に区分されるとしている.また,君 波ほか(1998)は、四国東部の白亜系四万十帯を化学組成 の特徴から3つの岩石相ユニット(I, IおよびII)に区 分し、各ユニットの岩石学的・地球化学的特徴と西南日本 内帯の白亜紀火山活動史との関連を議論している.さら に、石濱・君波(2000)は、四国東部の秩父累帯南帯〜白 亜系四万十帯に分布する砂岩と頁岩の化学組成を検討し、 新たな岩石相ユニット区分を試みている. 本論では以上の研究経過を踏まえ,四国西部の白亜系四 万十帯(Fig. 1)に分布する砂岩の化学組成上の特徴に基 づき,岩石相ユニット区分を試みるとともに,四国東部や 九州,赤石山地から報告されている砂岩化学組成との比較 検討を行う.

各層の岩相と堆積年代

試料採集地域の地質や年代については、平ほか(1980a, b)や岡村(1980),田代ほか(1981),Okamura(1992), 三浦ほか(1997)などの報告,および筆者らの未公表資料 がある.試料採集地域の白亜系四万十帯は,北側から堂ヶ 奈路層,新土居層,半山層,須崎層,横波メランジ,下津 井層,久礼メランジ,野々川層,興津-大用メランジおよ び中村層に区分されている(Fig. 2).新土居層と横波メラ ンジを除く各層から砂岩試料を採集した.これら各層の岩 相的特徴を平ほか(1980a)や筆者らの資料に基づき説明 する.また,地質年代に関しては,北側の堂ヶ奈路層~横 波メランジまでは過去の資料に基づき,南側の下津井層~ 中村層までは筆者らによる放散虫化石の検討結果に基づき 説明する.下津井層~中村層の放散虫化石年代を推定する

© The Geological Society of Japan 2000

108



Fig. 1. Index maps and tectonic divisions of Shikoku. MTL: Median Tectonic Line, BTL: Butsuzo Tectonic Line, ATL: Aki Tectonic Line, NTL: Nakasuji Tectonic Line.

にあたり, Riedel and Sanfillipo (1974) やPessagno (1972, 1973, 1976), Foreman (1975, 1977, 1978), Sanfillipo and Riedel (1985), 山崎 (1987), 竹谷 (1995) などを参考にした.

堂ヶ奈路層:頁岩や頁岩優勢~等量互層を主とし,礫岩 や礫質砂岩を伴う.互層中の砂岩は,ときに厚さ数mに 達する.田代ほか(1981)は,本層中から後期バレミアン ~前期アプチアンのアンモナイト化石を報告している.

新土居層:砂岩や砂岩優勢互層を主とし,頁岩を伴う. 砂岩は一般に白色を呈し,ローモンタイト脈が発達している.これまでに化石の報告がないため,堆積年代は不明である.

半山層:砂岩優勢互層を主とし、頁岩優勢互層を伴う. 砂岩は、一般に淘汰がよく、あまり変質を被っていない. 松本(1980)は、本層中から後期アプチアン~アルビアン のアンモナイト化石を報告している.

須崎層:頁岩優勢互層や砂岩優勢互層を主とし,塊状砂 岩や頁岩,赤色頁岩,緑色頁岩を伴う.塊状砂岩は,とき に厚さ10数mに達する.松本(1980)は、本層中から前 期アルビアン~セノマニアンのアンモナイトを,岡村 (1980)は本層の頁岩からセノマニアンの放散虫化石を報 告している.

横波メランジ:剪断された頁岩を主とし、チャートや玄 武岩のブロック・スリバーを含む. 岡村(1980)は放散虫 化石から本層の堆積年代をコニアシアン~カンパニアンと しているが、坂口ほか(1992)ではやはり放散虫化石から マーストリヒチアンと推定している.

下津井層:砂岩優勢互層を主とし,頁岩や頁岩優勢互層 を伴う.頁岩中には数層の赤色・緑色頁岩を挟在する. 緑色頁岩は,上位に向かってしばしば黒色の陸源性頁岩 へ漸移する.赤色頁岩や緑色頁岩,黒色の頁岩から多く の放散虫化石を産するが、岩相の違いによる放散虫化石 群集の相違は認められない. 久礼北方における本層南部 の黒色の頁岩からは Alievium gallowayi, A. praegallowayi Dictyomitra koslovae, Praeconocaryomma cariforniaensis, P. universa, Orbiculiforma monticelloensis, Pseudoaulophacus lenticulatus, P. aff. pargueraensis, P. praefloresensis, P. venadoensis などの放散虫化石を産出する. これらの種 の出現・消滅年代とともに、カンパニアンに出現する Amphipyndax enesseffi やA. tylotus を産出しないことから、 本層の堆積年代は、コニアシアン~サントニアンと推定さ れる. しかし、本層の北部については今回放散虫化石を検 討しておらず、年代が不明である. 四万十帯が北側に古く なることを考慮すると、チューロニアンを含む可能性もあ る.

久礼メランジ:剪断された頁岩を主とし、チャートや玄 武岩のブロック・スリバーを含む. 放散虫化石は、黒色の 頁岩1 試料から産出したのみであり、産出種も少ない. Alievium gallowayi, Archaeodictyomitra squinaboli, Pseudoaulophacus cf. lenticulatus, P. cf. praefloresensis などの放散 虫化石がみいだされた. これらの種の出現・消滅年代を考 慮すると、サントニアンもしくはその前後と考えられ、コ ニアシアンやカンパニアンを含む可能性がある.

野々川層:塊状砂岩や砂岩優勢互層を主とし、頁岩や酸 性凝灰岩、赤色・緑色頁岩を伴う、本層北縁部(久礼南方 の海岸)の緑色頁岩や赤色頁岩から保存のよい放散虫化 石が産出する.緑色頁岩は上位に向かって黒色の陸源性 頁岩にしばしば漸移する.この緑色頁岩からはAlievium gallowayi, Dictyomitra formosa, D. koslovae, Praeconocaryomma universa, Pseudoaulophacus lenticulatus などの放 散虫化石が産出する.これらの種の出現・消滅年代から 野々川層北縁部の堆積年代は、サントニアン~前期カンパ ニアンと推定される.しかし、カンパニアンに特徴的な Amphipyndax enesseffi や A. tylotus を産出しないことから, その年代はサントニアンに限定される可能性もある.一 方,本層分布域の南部にあたる興津周辺や大用周辺のい くつかの黒色~灰緑色頁岩からAfens liriodes, Alievium gallowayi, Amphipyndax enesseffi, A. aff. tylotus, Archaeospongoprunum hueyi, A. stocktoensis, Artostrobium urna, Dictyomitra densicostata, D. formosa, D. koslovae, D. cf. multicostata, Orbiculiforma monticelloensis, Praestylosphaera cf. pusilla, Pseudoaulophacus lenticulatus, P. pargueraensis, P. praefloresensis, Rhopalosyringium cf. magnificum, Theocampe altamontensis などの放散虫化石がみいだされた.こ れらの種の出現・消滅年代から野々川層南部の堆積年代は, 前期~中期カンパニアンと推定される。すなわち、野々川 層の堆積年代は、サントニアン~中期カンパニアンと考え られる.

興津-大用メランジ:興津周辺および大用周辺にそれぞ れ分布する興津メランジと大用メランジは,岩相的特徴や 構造層序的位置から,同層準のメランジと推定される.主 に頁岩から構成され,多くの緑色岩や赤色頁岩を挟在する.



少量の砂岩や砂岩頁岩互層,酸性凝灰岩を含む.大用メラ ンジ中の黒色の頁岩2試料から放散虫化石が抽出された. この2試料はActinomma (?) cf. douglasi, Afens liriodes, Amphipyndax aff. tylotus, Archaeospongoprunum hueyi A. stocktoensis, Clathrocyclas cf. gravis, Cornutella californica, Crucella espartoensis, Dictyomitra densicostata, D. aff. koslovae, Praeconocaryomma universa, Praestylosphaera pusila Pseudoaulophacus praefloresensis などの放散虫化石を産 出する.これらの種の出現・消滅年代から頁岩の堆積年代 は、中期~後期カンパニアンと推定される.

中村層:砂岩や砂岩優勢互層から主に構成され,頁岩や 頁岩優勢互層を伴う.少量ながら緑色・赤色頁岩や緑色岩 を含む.スランプ層や砂岩と頁岩との混在岩が発達す る.興津地域および大用地域の数個の黒色~灰緑色の頁岩 からActinomma (?) cf. douglasi, Afens liriodes, Alievium gallowayi, Amphipyndax enesseffi, A. tylotus, Archaeospongoprunum stocktoensis, Dictyomitracf. koslovae, D. lamellicostata, D. multicostata, Praeconocaryomma cf. universa, Pseudoaulophacus lenticulatus, P. pargueraensis, P. vielseitigus などの放散虫化石が抽出された.これらの種の出現・ 消滅年代から中期~後期カンパニアンの堆積年代が推定さ れる. Fig. 2. Geologic outline map of the sampling area (modified from Taira et al., 1980b) and sampling locations of sandstones for chemical analyses. BTL: Butsuzo Tectonic Line, Do: Doganaro Formation, Sn: Shindoi Formation, Ha: Hayama Formation, Su: Susaki Formation, Yo: Yokonami melange, Sm: Shimotsui Formation, Ku: Kure melange, No: Nonokawa Formation, Ok: Okitsu melange, Oy: Oyu melange, Na: Nakamura Formation.

四国西部白亜系四万十帯の砂岩化学組成

主に泥質岩から構成される横波メランジと大用-興津メ ランジ,および砂岩の変質が著しい新土居層を除く各層か ら中粒砂岩を採集し,61個の砂岩について主成分および微 量成分の化学分析を行った.分析にあたっては,岩石粉末 試料をLi₂B₄O₇で5倍希釈し,ビードサンプラーによりガ ラス円盤とし,山口大学機器分析センターの蛍光X線分析 装置(理学社 RIX 3000)を用いた.分析方法は,山崎ほ か(1999)に従った.試料採集地点をFig.2に示す.ま た,無水状態で100%に換算した値をTable 1に示す.な お,分析値に基づいて作成したダイアグラム上では,久礼 メランジの分析数が4個と少なく,組成上の諸特徴が野々 川層と基本的に同じなので,両者を一括して表示する.

まず,SiO₂といくつかの主成分元素との関連(Fig.3) に基づき,四国西部の白亜系四万十帯砂岩の化学組成上の 特徴を検討する.SiO₂含有量は,全体としておよそ70~ 78%であり,北側の堂ヶ奈路層~須崎層が南側の下津井層 ~中村層に比べて相対的に低い傾向を示す.SiO₂-TiO₂相 関図では,堂ヶ奈路層~須崎層と下津井層~中村層とがそ れぞれ1つのまとまりを形成し,異なったトレンドを示 す.MgO含有量は,堂ヶ奈路層~須崎層が下津井層~中 村層に比べて相対的に高い傾向を示し,SiO₂-MgO 相関図 Table 1. Major (oxides: wt %) and trace (in ppm) element analyses of sandstones from the Cretaceous Shimanto Supergoup in western Shikoku. Abbreviations in the first column are identical with those of Fig. 2

	No	SiO2	TiO ₂	Al2O3	Fe2O3*	MnO	MaO	CaO	Na ₂ O	K20	P2O5	Ba	Cr	Nb	Ni	Bb	Sr	V	Y	Zn	7r
<u> </u>	52001	73.87	0.40	13.87	2.72	0.04	0.72	1.52	3.79	3.03	0.05	632.7	20.7	8.7	15.7	77.4	289.7	58.0	30.2	42.7	137.6
	52002	72.72	0.43	14.29	3.37	0.05	0.94	1.43	3.88	2.85	0.05	579.6	23.3	9.7	15.2	79.7	292.5	63.6	36.1	46.3	132.7
Na	92401	73.73	0.41	13.26	3.67	0.05	1.28	1.61	3.43	2.50	0.05	541.9	18.4	9.9	15.2	67.9	272.7	66.4	32.0	48.7	133.0
1	92402	72.51	0.46	14.12	3.57	0.05	1.19	1.17	3.88	3.00	0.04	666.7	23.0	10.3	15.0	81.7	308.0	68.1	40.2	48.1	190.6
	92403	74.34	0.39	13.23	2.84	0.05	0.89	1.20	4.22	2.80	0.04	577.9	16.4	8.7	14.0	67.4	288.8	59.3	30.6	42.0	132.6
	92404	73.30	0.36	13.67	3.35	0.05	1.11	0.96	4.00	3.16	0.04	589.9	16.4	8.2	13.1	84.4	260.1	56.5	35.6	47.7	130.0
	51512	71.89	0.43	13.78	3.59	0.07	1.46	1.41	4.62	2.71	0.04	696.2	26.4	8.4	16.7	63.2	291.9	77.3	31.2	51.0	148.6
	51513	72.87	0.40	14.26	3.49	0.05	1.14	0.91	3.93	2.91	0.04	568.5	21.2	8.1	14.2	76.5	277.8	63.8	33.0	49.6	132.0
	92113	76.65	0.33	12.20	2.75	0.03	0.88	0.87	3.79	2.46	0.05	562.4	16.9	7.8	18.1	67.6	203.8	49.3	33.0	47.8	98.1
	92201	77.32	0.35	11.91	2.24	0.04	0.77	1.32	3.48	2.52	0.05	479.5	16.7	8.5	17.8	73.4	197.0	52.4	28.9	37.2	110.8
No	92202	73.32	0.48	14.23	3.31	0.02	1.04	0.97	3.37	3.20	0.05	5 9 0.2	32.3	10.6	17.3	92.7	203.3	71.5	44.6	76.3	203.7
	92203	75.47	0.37	13.46	2.31	0.03	0.78	0.90	3.40	3.23	0.03	558.7	17.1	8.8	18.4	97.5	287.5	48.9	36.6	59.6	135.4
	92204	77.53	0.33	12.67	2.17	0.02	0.58	0.31	3.75	2.61	0.03	508.2	10.5	8.8	13.1	69.3	229.8	49.6	34.8	42.9	171.3
	92205	76.19	0.26	13.12	2.08	0.03	0.63	0. 94	3.55	3.16	0.02	596.3	11.1	7.8	11.7	90.2	209.1	37.2	30.0	37.6	99.0
	92206	74.02	0.38	13.34	3.20	0.05	0.80	1.46	4.09	2.60	0.04	504.7	14.6	7.8	12.2	65.3	293.6	59.6	27.7	46.0	142.8
	92207	73.60	0.44	13.71	3.01	0.05	0.98	1.06	4.59	2.51	0.05	606.5	19.3	7.1	12.8	65.6	274.8	62.5	31.9	42.3	157.9
	51508	72.70	0.48	14.60	3.87	0.03	1.25	0.94	3.20	2.89	0.04	500.7	28.2	9.3	18.9	93.8	223.1	84.3	43.4	59.9	106.4
	51509	73.47	0.42	14.18	3.01	0.03	0.93	1.81	3.38	2.71	0.05	522.2	22.8	6.1	17.6	82.7	250.6	57.7	33.0	48.6	123.5
	51510	73.36	0.47	14.19	3.18	0.03	0.96	1.18	3.66	2.94	0.05	541.3	27.2	8.2	15.7	80.4	290.6	69.9	38.8	49.4	163.5
	51511	74.31	0.39	13.51	3.00	0.04	0.90	1.50	3.92	2.32	0.04	059.1	15.6	6.4	14.1	67.9	2/8.3	54.2	32.3	46.3	147.1
	51401	70.68	0.43	10.11	3.40	0.04	1.12	1.42	4.21	3.30	0.04	560 P	10.7	0.4	10.3	87.3	345.5	58.1	43.7	58.6	148.8
	51402	72.00	0.42	14.00	201	0.04	0.01	2.00	4.00	1 74	0.04	285.7	20.0	0.0	16.0	49.0	304.4	50.5	35.7	49.0	102.4
	51404	72.06	0.52	15 23	3.10	0.04	1.03	1.63	3.45	2 9 9 9	0.00	578.3	20.0	7.0	15.5	90.5	281.0	74.0	20.1	40.4	144.0
	51405	71.08	0.02	14 92	447	0.00	1.00	1.00	3.52	2.32	0.05	585.8	20.0	7.0	18.6	77.0	301.9	80.0	30.0	60.7	1/4.9
Sm	51406	74.39	0.40	14.08	290	0.03	0.90	1 28	3.09	2.89	0.05	534.0	20.5	86	17.9	84.1	287.7	61.0	38 /	58.5	131.1
	51407	74 50	0.44	13.91	2.65	0.02	0.86	1 41	3.32	2.84	0.05	551.8	24 4	81	16.6	80.1	318 1	61.4	35.3	53.5	159.8
	51503	73 17	0.41	13.77	3 20	0.04	0.98	1.68	3.80	2.91	0.05	574 7	17.9	68	14.9	78.2	330.5	50.8	32.7	47 9	141.6
	51504	71 95	0.44	14.09	2.96	0.07	0.95	2 49	4 14	2.88	0.04	607.6	20.1	7.3	12.4	74.8	350.7	56.4	25.8	43.5	171.5
	51505	74.06	0.39	14.09	2.45	0.03	0.88	1.65	3.60	2.81	0.05	576.7	18.3	7.2	16.6	77.3	347.0	52.1	30.3	128.8	138.9
	51506	73.93	0.46	13.70	2.88	0.04	0.89	1.30	4.04	2.72	0.04	555.5	22.9	7.8	15.3	69.4	307.3	72.0	32.7	43.9	190.2
	51507	73.62	0.48	14.06	2.69	0.03	0.86	1.13	4.15	2.93	0.04	616.3	28.1	8.0	15.3	71.6	320.7	72.3	35.1	43.4	191.0
	51308	71.12	0.45	14.32	3.31	0.04	1.59	2.11	4.11	2.91	0.05	623.5	48.6	8.0	20.7	74.3	420.5	76.6	27.7	45.8	128.1
	51309	71.17	0.44	14.42	3.32	0.05	1.51	2.01	4.22	2.82	0.05	610.2	89.1	7.3	883.5	69.3	428.2	70.1	25.5	43.0	135.5
	51310	72.15	0.44	14.31	3.05	0.04	1.30	1.15	4.83	2.68	0.05	614.2	50.4	8.4	22.7	60.5	372.2	74.9	32.7	46.2	134.1
	51312	72.72	0.40	13.33	3.10	0.05	1.39	2.40	4.93	1.63	0.05	311.3	50.2	5.8	18.5	39.5	291.9	73.0	18.9	40.1	133.0
Su	51313	71.68	0.50	13.59	3.71	0.06	1.67	2.20	4.90	1.64	0.05	316.5	68.7	6.9	21.0	38.3	295.5	87.3	24.5	42.6	166.9
Ì	51408	70.28	0.44	14.98	3.47	0.04	1.68	1.69	4.37	3.01	0.05	624.8	52.0	7.6	25.2	74.3	474.9	72.4	30.2	47.6	115.3
	51409	70.29	0.48	15.01	3.62	0.05	1.53	1.41	4.65	2.91	0.05	614.8	41.1	8.3	18.0	72.4	451.3	83.6	33.5	51.1	152.6
	92106	71.61	0.46	14.28	3.58	0.06	1.50	1.89	4.68	1.88	0.06	491.9	36.5	7.1	20.8	50.3	327.0	79.6	27.2	48.7	165.1
	92108	72.37	0.40	14.90	2.25	0.05	0.89	2.10	5.61	1.39	0.05	387.0	29.1	7.9	22.7	39.9	403.9	55.8	21.5	44.8	137.8
	51214	70.83	0.42	14.45	3.15	0.05	1.39	2.31	4.59	2.78	0.05	669.8	33.8	7.3	17.5	62.8	410.4	64.0	24.4	44.1	132.4
	51010	71 00	0.40	13.5/	3.45	0.05	1.40	2.09	4.09	2.03	0.07	431.0	31.3	7.0	17.0	50.1	314.7	66.8	21.5	42.5	132.3
	51210	73.07	0.41	19.04	3.32	0.03	1.44	1.00	4.00	2.00	0.05	570 F	34.9	0.9	10.1	02.2 56.0	393.9	00.1	20./	45.0	138.2
	51217	72 20	0.39	14.97	3.35	0.04	1.29	1.33	4.34	2.49	0.06	5/0.5 619.1	31.2	0.0	17.0	- 00.0 - 67.0	353.1 402.6	64.0	29.7	41.3	135.6
На	51219	71.09	0.00	14.69	2.07	0.05	1.10	1.15	4.27	2.70	0.05	810.1	21.2	1.1	17.2	69.0	403.0	69.7	24.0	41.0	149 5
1 10	51301	72 17	0.40	13.46	4 14	0.00	1.51	2.16	3.80	0.00	0.05	474 1	22.5	7.0	16.0	50 Q	2410.2	66.0	04.9	47.0	143.5
	51303	71 81	0.42	14 37	3.46	0.04	1.31	1 49	4 22	2.81	0.00	678.5	31.0	81	17.1	67 B	4025	74.8	30.7	40.5	130 5
	51304	72.30	0.36	14 08	3 13	0.04	1 18	1.88	4 28	271	0.05	690.4	24.1	7.9	17.7	64.2	389.3	63.7	22.9	43.2	119.0
	51305	72.31	0.38	13.90	2.86	0.04	1.12	1.94	4.77	2.65	0.05	642.7	29.7	7.0	17.1	56.4	375.2	61 1	22.5	43.0	123.3
	51306	73.39	0.36	14.20	3.03	0.03	1.21	1.10	3.99	2.63	0.06	1456.9	32.8	6.9	19.4	68.8	257.7	65.5	27.4	46.4	119.0
	51307	71.37	0.39	14.09	3.65	0.05	1.87	1.82	4.32	2.41	0.05	586.9	39.2	5.9	17.9	57.8	303.9	71.0	26.5	44.7	142.3
	51201	73.97	0.32	13.42	2.49	0.03	0.93	1.63	4.49	2.66	0.05	653.5	15.8	7.2	14.7	51.6	375.6	54.7	20.5	37.1	119.7
	51202	72.46	0.39	13.87	2.84	0.04	1.02	1.99	4.81	2.53	0.06	650.1	18.7	8.2	13.7	50.9	369.6	60.0	23.6	39.8	166.4
	51203	73.00	0.44	14.06	2.72	0.04	0.94	1.49	4.77	2.47	0.06	5 9 2.4	21.8	9.2	14.3	48.8	403.0	68.5	28.1	37.9	175.5
Do	51204	73.12	0.35	13.88	2.95	0.06	1.06	1.63	3.99	2.89	0.06	699.4	13.9	7.8	15.0	63.0	382.0	67.3	23.1	40.9	112.1
	51205	71.37	0.39	14.85	3.21	0.04	1.21	1.29	4.34	3.25	0.05	716.0	19.3	6.5	13.6	71.8	428.6	66.9	32.3	48.7	128.9
	51206	70.26	0.44	14.51	3.48	0.06	1.15	3.25	4.04	2.75	0.06	643.7	23.6	5.4	13.5	62.5	402.4	77.3	19.3	46.7	164.8
	51208	70.89	0.42	14.49	3.53	0.05	1.21	2.48	3.95	2.91	0.06	614.0	23.8	8.0	14.5	68.4	408.8	73.8	24.8	43.2	156.7
	51209	72.10	0.33	13.58	3.78	0.06	1.22	2.61	3.89	2.38	0.06	540.6	16.1	4.8	13.5	52.8	347.5	61.0	18.2	40.2	108.4

上において両グループがそれぞれ1つのまとまりを形成す るが、一部の領域で重複が認められる.しかし、堂ヶ奈路 層~須崎層のグループの中でも、堂ヶ奈路層はより低い値 を示しているのに対し、須崎層はより高い値を示す. Na₂O や P₂O₅も SiO₂との相関図上において堂ヶ奈路層~須 崎層と下津井層~中村層とがそれぞれ1つのまとまりを形 成し,あまり重複することなく2つの領域に分かれる.以上の主成分化学組成の特徴は,この地域の白亜系砂岩が年代の相違によって2つに区分されることを示している.

いくつかの微量成分と SiO₂との相関を Fig. 4に示す. Cr 含有量は、須崎層が最も高く、半山層がこれに次ぐ. ほか の地層は、ほぼ同じ含有量である. Rb やY は、堂ヶ奈路



Fig. 3. SiO₂ versus TiO₂, MgO, Na₂O and P₂O₅ diagrams of sandstones from the Cretaceous Shimanto Supergroup in western Shikoku.

層~須崎層が下津井層~中村層に比べて全般的により低い 値を示し,SiO₂との相関図上においてそれぞれ1つのまと まりを形成する.Sr含有量は、堂ヶ奈路層~須崎層が久 礼メランジ~中村層に比べてより高い傾向を示し、それぞ れが1つのまとまりを形成する.そして、下津井層は両グ ループの中間的な特徴を示す.上にのべた微量成分のうち Rb やYは、主成分の場合と同様に、この地域の白亜系砂 岩が基本的に年代の相違によって2つに区分されることを 示している.このような傾向は、Zn や Zr においても認め られる.

四国東部の白亜系四万十帯との比較

1. 年代と岩相に基づく対比

Fig. 5に四国西部と四国東部の白亜系四万十帯の層序区



Fig. 4. SiO₂ versus Cr, Rb, Y and Sr diagrams of sandstones from the Cretaceous Shimanto Supergroup in western Shikoku.

分と堆積年代を示す.下部白亜系に関しては,放散虫化石 年代が不充分であり,一部の地層については散点的に産出 する大型化石に基づいて堆積年代が推定されているため, 化石種に基づく西部と東部との正確な地層対比が難しい.石 田(1987)は,四国東部の四万十帯北縁部に分布する栩谷 累層から*Thanarla conica や Holocryptocanium barbui*, *H.* geysersensis などの放散虫化石を報告し,その年代をアルビ アン~セノマニアンと推定した.これらの化石種は, Okamura (1992)により堂ヶ奈路層からも報告されてい る.君波ほか(1998)は,四国東部の古屋累層から *Thanarla conica*の産出を報じている.また,君波ほか (1998)は,成瀨累層砂岩の岩石学的な特徴から,その堆 積年代をアルビアンと推定している.地層の分布位置や堆 積年代,産出放散虫化石種を考慮すると,四国西部の四万



Fig. 5. Depositional ages of the formations from the Cretaceous Shimanto Supergroup in western and eastern Shikoku. The Shindoi Formation and Yokonami melange in western Shikoku do not shown in the figure because of their undecided ages and no sandstone samples.

十帯北縁部に分布する堂ヶ奈路層・新土居層・半山層は, 四国東部の栩谷累層・成瀬累層・古屋累層に対比される可 能性が高いが,個々の地層がどのように対応するのか不明 である.

四国西部の須崎層からはH. barbui やH. geysersensis, Pseudodictyomitra pseudomacrocephala などが産出している (岡村, 1980) が, Thanarla conica は報告されていない. P. pseudomacrocephala が報告されていないものの,四国東 部の日野谷累層からは, H. barbui や H. geysersensis ととも に H. aff. tuberculatum が報告されている (君波ほか, 1998).須崎層と日野谷累層の放散虫化石群集は、両者が 主にセノマニアンであることを示している.両者は、とも にタービダイトを主体とした岩相から構成されるが、須崎 層に比べて日野谷累層はより砂岩に富んでいる。チューロ ニアン(?)~サントニアンの下津井層は、年代的に四国 東部のオン谷累層や谷山累層に対比され、放散虫群集も類 縁性が高い. 岩相的には、下津井層とオソ谷累層とが類似 する.サントニアンもしくはその前後の久礼メランジは、 岩相的特徴を考慮すると四国東部のコニアシアン~サント ニアンのメランジ相である谷山累層に対比される.砂岩が 卓越し、みかけ上厚い地層を形成する野々川層は、サント ニアン~中期カンパニアンと推定され、岩相的特徴からカ ンパニアンの日和佐累層(君波ほか,1998)に対比され る.両者は年代的にかなり重複するものの、日和佐累層の 方が野々川層よりも全体として若干若い可能性が高い. 中 期~後期カンパニアンの興津-大用メランジと後期カンパ ニアンの牟岐累層とは、岩相および地質年代から対比が可 能である. 中期~後期カンパニアンの中村層は, 堆積年代 から日和佐累層や牟岐累層に対比が可能であるが、再堆積 性の地層を多く含む点が日和佐累層と異なり、緑色岩に非 常に乏しく,砂質岩に富む点が牟岐累層と異なる.

2. 砂岩化学組成の比較

君波ほか(1998)は、四国東部に分布する白亜系四万十 帯砂岩の化学組成を検討し、岩石相ユニット区分を行うと ともに、砂岩組成と西南日本内帯の白亜紀火山活動との関

連を議論した. 君波ほか(1998)では,砂岩化学組成の相 違に基づき,白亜系四万十帯を年代的に古い順に3つの岩 石相ユニット(Ⅰ, ⅡおよびⅢ)に区分している. 一方, 石濱・君波(2000)は、四国東部の白亜系四万十帯から秩 父累帯南帯にかけての砂岩および頁岩の化学組成を検討 し、白亜系四万十帯を年代的に古い KSI とより新しい KS Ⅱの2つの岩石相ユニットに大別するとともに、KSIユ ニットを KS Ia, KS Ib および KS Ic の 3 つのサブユニッ トに細分した. 君波ほか(1998)のⅠ. ⅡおよびⅢは. 石 濱・君波(2000)のKS Ib, KS Ic およびKS Ⅱ にそれぞれ 相当する.石濱・君波(2000)のKS Iaは、君波ほか(1998) では秩父累帯南帯としてあつかわれており、岩石相ユニッ ト区分が行われていない.ここでは、四国の西部と東部に おける白亜系の年代的な対応関係も考慮しながら、石濱・ 君波(2000)により報告された四国東部四万十帯の岩石相 ユニットとの比較・検討を行う.

いくつかの主成分元素に関して、四国の西部と東部の平 均値と標準偏差をFig.6に示す.四国西部の久礼メラン ジ、野々川層および中村層については、化学組成から区別 が困難であるため、一括してあつかった.また、四国東部 は石濱・君波(2000)によって設定された岩石相ユニット を用いた.四国西部のSiO₂含有量の平均値は、堂ヶ奈路層 から須崎層に向かって減少し、さらに久礼メランジー中村 層に向かって増大する.四国東部のSiO₂含有量の平均値 は、KSIbが非常に低く、KSIbをのぞくと全体的に四国 西部と類似した変化傾向を示す.堂ヶ奈路層〜須崎層の SiO₂含有量は、KSIaやKSIcのそれにほぼ一致する.年 代的にほぼ対応し、それぞれの地域で最も高いSiO₂含有量 を示す久礼メランジー中村層とKSIIを比較すると、 KSIIの方が有為にSiO₂に富む.

西部の MgO 含有量平均値は、堂ヶ奈路層から須崎層に 向かって増大し、下津井層と久礼メランジー中村層におい て最も低い.東部の KS Ib における MgO は、両地域を通 じて最も高い平均値を示す. KS Ib をのぞくと KS Ia から KS Ic に増大し、KS Ic から KS II に減少する.堂ヶ奈路層 の MgO 平均値は、KS Ia の平均値とほぼ一致する.また、

SiOn	→- Ku-Na -→- Sm -→ Su -→ Ha -→ Do	W.Shikoku	→ Ku-Na → Sm → Su → Ha → Do	ΜαΟ	
0.01	KSII → KSIc KSIb KSIb KSIa 70 80	E.Shikoku	← KSII KSIc ← KSIb ← KSIa 1 2 %		
Na 2O	→ Ku-Na → Sm Su → Ha → Do →	W.Shikoku	→ Ku-Na → Sm → Su → Ha → Do	P2O5	
	$ \begin{array}{c} & & \text{KSII} \\ & & \text{KSIc} \\ & & \text{KSIc} \\ & & \text{KSIa} \\ & & \text{KSIa} \\ & & \text{SIa} \\ & & \text{SIa} \\ & & \text{SIa} \\ \end{array} $	E.Shikoku	← KSII ← KSIc KSIb ← KSIa ← 0.04 0.07 0.1 [%]		

Fig. 6. The average values with standard deviations $(\pm 1 \sigma)$ of SiO₂, MgO, Na₂O and P₂O₅ in sandstones from western and eastern Shikoku. Abbreviations for western Shikoku are identical with those of Fig. 2.

半山層と須崎層のMgO平均値は,KSIaとKSIcとの中間 的な値である.両地域において最も低い平均値を示すの は、下津井層・久礼メランジー中村層とKSIである.

西部の Na₂O 平均値は、堂ヶ奈路層~須崎層で高く、4 %以上であり、下津井層・久礼メランジ~中村層でより低 い. 堂ヶ奈路層から須崎層にかけては若干の増大傾向を示 す. 東部では、KS Ia ~ KS Ic において高く、ほぼ4%以 上であり、KS II がより低い. Na₂O 含有量に大きなギャッ プが認められるのは、須崎層と下津井層の間、および KS I と KS II の間である.

西部の P_2O_5 平均値は、堂ヶ奈路層から久礼メランジー中 村層に向かって減少する.東部のKSIbは、両地域を通じ て著しく高い P_2O_5 平均値を示す、堂ヶ奈路層〜須崎層の平 均値は、KSIaの平均値に近く、下津井層と久礼メランジ 〜中村層の平均値は、KSIaとKSIEとの中間的な値であ る.しかし、それぞれの地域で下津井層・久礼メランジ〜 中村層とKSIIが最も高い値を示す点は共通している.

Fig. 7に Cr, Rb, Sr および Y の平均値と標準偏差を示 す.西部の Cr 平均値は、堂ヶ奈路層から須崎層に向かっ て増大し、さらに須崎層から久礼メランジー中村層に向 かって減少する.須崎層の平均値が非常に高く、標準偏差 も大きい.これは同層中の2試料がほかの試料に比べてと くに高い含有量を示すためである.この2つの試料をのぞ くと、須崎層の平均値は約44 ppm になる.須崎層中の2 試料をのぞいた平均値を適用すると、西部の変化傾向は、 東部の変化傾向とほぼ一致する.平均値の比較では、堂ヶ 奈路層と KS Iaとがほぼ一致し、半山層・須崎層が KS Ib・KS Ic に対応し、さらに年代的に若い下津井層・久 礼メランジー中村層と KS II とがより低い値を示す.

西部の Rb 平均値は、堂ヶ奈路層~須崎層が低く、下津 井層・久礼メランジ~中村層が高い.東部では KS Ia ~ KS Ic が相対的に低く、KS II がより高い.しかし、全般的 に西部よりも東部でより高い傾向を示す.

Cr	⊷ Ku-Na	W.Shikoku	— — Ku-Na — — Sm — — Su — Ha — ● Do	
	KSIc KSIc KSIb KSIa ppm 20 40 60	E.Shikoku	KSII	Rb
Sr	- ← Ku-Na - ← Sm - ← Su - ← Ha - ← Do	W.Shikoku	→Ku-Na →Sm -→Su -→Ha -→Do	Y
	KSII KSIc KSIb KSIc KSIa ppm 200 400 600	. E.Shikoku	KSII	

Fig. 7. The average values with standard deviations $(\pm 1 \sigma)$ of Cr, Rb, Sr and Y in sandstones from western and eastern Shikoku. Abbreviations for western Shikoku are same as those of Fig. 2.

西部の Sr 平均値は、堂ヶ奈路層~須崎層がほぼ同じ値 を示し、須崎層から久礼メランジ~中村層に向かって減少 傾向を示す.東部の KS Ib の平均値は、両地域を通じて著 しく高い値を示す. KS Ia や KS Ic の平均値は堂ヶ奈路層 ~須崎層の平均値とほぼ一致する.それぞれの地域で最も 低い値を示すのは、久礼メランジ~中村層と KS II であり、 両者の平均値は類似している.

Y 平均値は両地域とも年代が若くなるのにしたがって増 大する傾向を示す.しかし,下津井層と久礼メランジ〜中 村層の平均値は類似している.堂ヶ奈路層〜須崎層の平均 値は KS Ia や KS Ib の平均値と類似しており,下津井層・ 久礼メランジ〜中村層と KS Ic・KS II の平均値はそれぞれ の地域でより古い地層・ユニットに比べて有為に高い.

四国の西部と東部における砂岩化学組成の以上の比較か ら,両地域の共通性と相違が指摘できる.まず,西部の 堂ヶ奈路層と東部の KS Ia とは, SiO₂や MgO, P₂O₅, Cr, Sr, Y などの含有量がよく一致しており, 年代的にも対比 される可能性がある.このほかに両者は、TiO2(堂ヶ奈路 層平均値:KS Ia 平均値=0.38:0.39%) や Fe₂O₃*(3.13: 3.21%), V (66.2:63.5ppm) などにおいてもよい一致を 示す.半山層は全体的に堂ヶ奈路層と似た組成を示してお り、SiO₂やP₂O₅,YなどにおいてKSIaとの類縁性が高い。 また, TiO₂(半山層平均値:KS Ia 平均値=0.39:0.39%) $\text{Pre}_{2O_{3}^{*}}$ (3.31:3.21%), Nb (7.38:7.34 ppm), V (66.8 :63.5ppm) などにおいてもよい一致を示している. しか し、半山層の MgO や Cr は、KS Ia と KS Ib との中間的な 特徴を示している. 東部の KS Ib は、多くの元素 (SiO2や MgO, P₂O₅, Sr とともに TiO₂や Fe₂O₃*, V) において西部 のどの地層とも対応しない.須崎層は、SiO₂に乏しく、 MgO に富むといった点や Sr 含有量および V 含有量(須崎 層平均値: KS Ic平均値=74.8:73.8ppm) においてKS Ic と類似する. 下津井層と久礼メランジ~中村層とは, 組成 的に類似しており、西部において SiO2や Rb, Y に最も富

114

み, MgO や Na₂O, P₂O₅, Cr, Sr に乏しいといった点が東 部における KSⅡと共通している.しかし, KSⅡに比べる と SiO₂や Rb, Y に乏しく, MgO や Na₂O, P₂O₅, Cr に富む といった相違点もある.

四国東部の白亜系四万十帯においては、 $Fe_2O_3^*/MgO-Sr$ 図を用いると各岩石相ユニットをうまく識別することがで きる(石濱・君波,2000). $Fe_2O_3^*/MgO-Sr$ 図に四国西部の 分析値をプロットすると、堂ヶ奈路層が KS Iaの、半山層 と須崎層が KS Icの、久礼メランジー中村層が KS II の領 域に入る(Fig. 8). 下津井層は、約半数が KS Iaの領域 に、残りの半数が KS II の領域にプロットされる.また、 KS Ib の領域にプロットされる砂岩は存在しない.

四国の西部と東部の白亜系四万十帯を砂岩化学組成から 比較すると、堂ヶ奈路層〜須崎層が東部のKSIユニット に、下津井〜中村層がKSIIユニットに対比可能である.し かし、いくつかの元素の含有量に相違も認められる.そこ で、ここでは前者をKSI'ユニット、後者をKSII'ユニッ トと命名する.また、堂ヶ奈路層と須崎層は、その組成上 の特徴からそれぞれ東部のKSIaとKSIcに対比される可 能性が高いと考えられる.半山層は、全体的にKSIaと類 似しており、KSIaに含まれる可能性が高いが、一部の元 素含有量がKSIaとKSIcとの中間的な、もしくはKSIc の特徴を示す.東部のKSIbに対応する地層は西部には存 在しない.

四国、九州および赤石山地の白亜系四万十帯砂岩の比較

寺岡ほか(1995)は九州東部の,寺岡ほか(1996)は赤 石山地の白亜系四万十帯の砂岩化学組成を報告している. これらの砂岩の化学分析は,筆者らとは異なった研究室に おいて異なった分析手法で行われている.このため,寺岡 ほか(1995,1996)の分析値と筆者らおよび石濱・君波 (2000)による四国の分析値とを直接比較することは多少 問題があると考えられる.とくに,いくつかの微量成分 (たとえば, Cr や Ni)については,分析手法等の違いに起 因する分析値の相違があると推定される.しかし,いくつ かの主要元素や含有量の年代的な変化傾向に関しては,比 較が可能であろう.

寺岡ほか(1995)は、九州東部の白亜系四万十帯を佐伯 亜帯(亜層群)と蒲江亜帯(亜層群)に区分し、組成を議 論している。佐伯亜帯はバランギニアン~セノマニアン、 蒲江亜帯はサントニアン~カンパニアンであり、両者の境 界年代はチューロニアン~コニアシアンである(寺岡ほ か、1994).佐伯亜帯の砂岩は、蒲江亜帯の砂岩に比べて SiO₂に乏しく、TiO₂やMgO、Fe₂O₃*,P₂O₅に富む.しかし、 これらの元素の両亜帯における含有量分布は、MgO をの ぞきかなり重複する。両亜帯の砂岩のSiO₂含有量(68~ 74%)は、幅広い分散を示す四国東部の砂岩よりも四国西 部の砂岩に類似している。TiO₂やFe₂O₃*において年代的な 相違が小さく、MgO に年代的相違が比較的明瞭に現れて いる点も四国西部の砂岩と類似している。また、Fe₂O₃*が 2~4%の、MgO がほぼ0.7~2%の範囲に含まれる点も



Fig. 8. Fe₂O₃*/MgO-Sr diagram of sandstones from the Cretaceous Shimanto Supergroup in western Shikoku. The fields of petrofacies units KS Ia, KS Ib, KS Ic and KS II are from Ishihama and Kiminami (2000). Fe₂O₃* means total Fe as Fe₂O₃.

四国西部の砂岩と似ている. 佐伯亜帯と蒲江亜帯,四国西部の KSI と KSII がおよび四国東部の KSI と KSII の境界 年代は,四国東部で若干若いもののほぼ一致している. こ れらの境界付近における MgO量は,それぞれ1.25%,0.95 ~1.25%,1.20%前後とほぼ共通している. 佐伯亜帯と蒲 江亜帯では,Sr含有量に顕著な相違が認められ,前者は 270 ppm 以上,後者は270 ppm 以下である. 四国西部の KS I'と KSII との境界の Sr 量はほぼ300 ppm,四国東部の KSIと KSII との境界の Sr 量はほぼ310 ppm であり,九州 から四国にかけて類似した値を示す.

赤石山地の白亜系四万十帯は、北から南へ、後期アルビ アン~チューロニアンの赤石層群、コニアシアン~カンパ ニアンの白根層群、後期カンパニアン~マーストリヒチア ンの寸又川層群および後期マーストリヒチアン~暁新世 (?)の犬居層群に区分されている(川端, 1984;村 松, 1986, 1990; Kano and Matsushima, 1988). 寺岡ほか (1996)によれば、 寸又川層群と犬居層群とは多くの元素 において類似した含有量を示し,組成上区分が困難であ る.赤石層群から寸又川・犬居層群に向かい,SiO2が増大 し、TiO₂やMgO, Fe₂O₃*, P₂O₅が減少する. 白根層群は, 赤石層群と寸又川・犬居層群との中間的な特徴を示す. SiO2含有量は、およそ67~82%の範囲にあり、九州や四国 西部よりも分布幅が明らかに広い.このSiO2の分布範囲 は、四国東部における65~80%の分布範囲と類似してい る. また, MgO 含有量は, 0.25~2%の範囲に入り, 四 国西部や九州東部に比べてより低い含有量の砂岩を含む. 赤石山地における MgO 量の範囲は、四国東部の KS Ib を のぞいた KSIと KSIの範囲に近い。Fe₂O₃*含有量も MgO と同じように、四国東部との類縁性を暗示している。しか し、四国東部の KS Ib に対応する組成的特徴をもった地層 は存在しない.

四国西部の白亜系四万十累層群の砂岩化学組成



九州や四国の主要な組成境界(佐伯亜帯と蒲江亜帯の境 界, KSI'と KSⅡ'の境界, および KSIと KSⅡの境界) のMgO量は1.2%付近である.これを赤石山地に適用する と, 白根層群と寸又川層群との境界がほぼこれに相当す る. また,四国東部ではKSIとKSⅡとの境界における SiO2量は、73%である.SiO2量に関しては、赤石層群と白 根層群との境界が70%前後、白根層群と寸又川層群との境 界が約74%であり、SiO2量からは、白根層群と寸又川層群 との境界がKSIとKSIとの境界に相当する.Srでは白根 層群と寸又川層群との境界がおよそ280 ppm であり、白根 層群がより高い. Sr 含有量からも白根層群と寸又川層群 との境界は、佐伯亜帯と蒲江亜帯との、および KSIと KS Ⅱとの境界にほぼ一致している。寺岡ほか(1996)は、 モード組成や化学組成に基づき、赤石層群と白根層群が佐 伯亜帯に, 寸又川層群と犬居層群が蒲江亜帯に属するとし ている.

考察

四国西部の白亜系四万十帯は、化学組成の特徴から年代 的に古い KSI'ユニットとより新しい KSII'ユニットに区 分される.九州東部の白亜系四万十帯は、組成的に四国東 部よりも四国西部の白亜系四万十帯に類似している.また, 赤石山地の白亜系四万十帯は、四国西部よりもむしろ四国 東部のそれに類似している.このことは、四国中央部を境 にして,西側の四万十帯で KSI'と KSII'の区分が,東側 の四万十帯で KSIと KSⅡの区分が大局的に可能であるこ とを示している (Fig. 9). KSI'とKSI, およびKSII'と KSⅡはそれぞれ寺岡・奥村(1992)の佐伯亜帯および蒲江 亜帯にほぼ対応する.しかし、東側については、四国と赤 石山地の間がかなり離れていることから、さらに紀伊半島 地域での検討も必要である.一方,四国東部 (Kumon, 1983;君波ほか, 1998) や紀伊半島 (Kumon, 1983),赤 石山地(村松, 1990)などの白亜系四万十帯のタービダイ ト砂岩からは、東西性の軸流とともに北側からの側方流が 報告されている. 粗粒砕屑岩の構成物質(公文, 1981; Kumon, 1983; 君波ほか, 1998) も考慮すると, その供給 源が北側の内帯であったことは明白である.四国中央部を

Fig. 9. Correlation of petrofacies units among eastern Kyushu, western Shikoku, eastern Shikoku and Akaishi Mountains. Abbreviations for western Shikoku are identical with those of Fig. 2.

境にしてその東西で組成的特徴に若干の相違が認められる 原因として、内帯後背地における岩石構成の違いや砕屑物 が分散する過程での分級が考えられる.しかし、東西方向 での組成的特徴の相違は、四国中央部の比較的限定された 地域を境にしている可能性が高く、後背地の岩石構成の違 いを反映していると推定される.

四国における KS I'と KS I の中での組成的な関連は, KS Ia が堂ヶ奈路層に, KS Ic が須崎層に対比されること を示している.また,半山層は KS Ia に含まれる可能性が 高い.そして, KS Ib に組成的に対比される地層は,西部 には分布しない.君波ほか(1998)は,KS Ib に対応する 岩石相ユニットが関門層群を主要な源岩としている可能性 を指摘している.組成的に KS Ib に対比される地層は,九 州東部や赤石山地にも存在しない.KS Ib がローカルな供 給源の組成を反映しているのか,もしくは KS Ib に対応 する地層がほかの地域で欠如しているのか不明である.

九州東部における KSI'と KSII'との境界年代はチュー ロニアン~コニアシアン(寺岡・奥村, 1992),四国西部 におけるそれはチューロニアン頃,四国東部における KSIとKSIとの境界はコニアシアン頃(君波ほ か,1998),赤石山地におけるそれはカンパニアンと推定 される (Fig. 9). すでに寺岡・奥村 (1992) や寺岡ほか (1996)が指摘しているように、この境界年代は、東に向 かって若くなる.四万十帯の構成要素が diachronous な出 現様式を示して、東に若くなるといった見解は、 Kiminami et al. (1994) や三浦ほか (1997) によっても提 示されている. Kiminami et al. (1994) は、奄美大島から 赤石山地にかけて分布する現地性玄武岩含有層がセノマニ アンから白亜紀-古第三紀境界付近まで東に若くなるとし ており、その原因を海嶺-海溝-海溝三重点の移動と関連づ けて説明している.また、三浦ほか(1997)は、放散虫化 石年代の検討に基づき、KSII'・KSIIユニットに含まれる 現地性玄武岩含有層とその構造的上位(北側)の厚いター ビダイト相が四国西部から紀伊半島に向かって若くなると している. 君波ほか(1998) は, 四国東部の KSⅡ に含まれ る日和佐累層を構成する厚いタービダイト相の堆積が、内 帯における酸性火山活動の活発化と火山活動前縁の海溝側

への張り出しに由来すると推定した.四万十帯における岩 石相ユニットの境界や堆積相における diachronous な出現 様式は,沈み込む海洋プレートの性格や内帯における火成 活動史・造構運動と関連している可能性が高く,その成因 の究明は西南日本の白亜紀テクトニクスを考える上で極め て重要である.

まとめ

- 1. 四国西部の白亜系四万十帯砂岩は,化学組成の特徴か ら堂ヶ奈路層~須崎層と下津井層~中村層の2つのグ ループに区分可能であり,それぞれ四国東部における KSIユニットとKSIIユニット(石濱・君波,2000)に 類似するが,相違点も認められる.そこで,堂ヶ奈路層 ~須崎層をKSI'ユニット,下津井層~中村層をKSI' ユニットとする.KSI'ユニット中の堂ヶ奈路層と半山 層は石濱・君波(2000)のKSIaユニットと,須崎層は KSIcユニットと類似する.四国東部のKSIbユニット に対応する地層は,四国西部には認められない.
- 2. 九州東部の白亜系四万十帯は,四国西部の白亜系四万 十帯と組成的に類似し,KSI'とKSI'に区分可能であ る. それぞれは,寺岡・奥村(1992)の佐伯亜帯と蒲江 亜帯に対応する.また,赤石山地の白亜系四万十帯は, 四国東部の白亜系四万十帯と組成的に類似し,KSIと KSIIに区分可能である.しかし,四国東部のKSIbに 組成的に対応する地層は,九州東部や赤石山地には存在 しない.KSI'-KSI'とKSI-KSIEとの境界は,ほぼ四 国中央部に存在する.
- 3. KSI'とKSII', およびKSIとKSIの境界年代は, 九 州から赤石山地に向かって若くなる.

謝 辞

化学分析では大和田正明博士をはじめとする山口大学理 学部地球科学教室岩石学研究室の諸氏にお世話になった. 宮本隆実博士(広島大学理学部)および石賀裕明博士(島 根大学総合理工学部)には本論文の査読をしていただき, 有意義なご指摘を賜った.また,本研究を進めるにあたり 文部省科学研究費補助金(課題番号:09640546,07304040) を使用した.これらの方々ならびに関係機関に厚くお礼を 申し上げる.

文 献

- Foreman, H.P., 1975, Radiolaria from the North Pacific, Deep Sea Drilling Project, Leg 32. In larson, R.L., Moberly, R., et al., eds., Init. Repts. DSDP, 32, U.S. Govt. Printing Office, Washington, 579-676.
- Foreman, H.P., 1977, Mesozoic radiolaria from the Atlantic Basin and its borderlands. In Swain, EM., ed., Stratigraphic micropaleontology of Atlantic Basin and boderlands. Elsevier, Amsterdam, 305-320.
- Foreman, H.P., 1978, Mesozoic radiolaria in the Atrantic Ocean off the northwest coast of Africa, Deep Sea Drilling Project, Leg 41. In Lancelot, Y., Seibold, E., eds., Init. Repts. DSDP, 41, U.S. Govt. Printing Office, Washington, 739-761.
- 石田啓祐, 1987, 四国東部秩父累帯南帯の地質学的・微化石年代

学的研究. 徳島大学教養部紀要(自然科学), 20, 47-121.

- 石濱茂崇・君波和雄,2000,砂岩と頁岩の化学組成に基づく四国 東部秩父累帯南帯・四万十帯北帯の岩石相ユニット.地質学 論集,no.57,97-106.
- Kano, K. and Matsushima, N., 1988, The Shimanto Belt in the Akaishi Mountains, eastern part of southwest Japan. *Modern Geol.*, 12, 97-126.
- 鹿島愛彦, 1992, 四国西部白亜系の砂岩組成と堆積環境.地質学 論集, no. 38, 291-297.
- 川端清司, 1984, 赤石山地・遠山川地域の四万十帯より産出した 白亜紀放散虫化石とその意義.地球科学, 38, 215-219.
- 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.
- 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. *The Island Arc*, **3**, 103–111.
- 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.
- Kumon, F., 1983, Coarse clastics of the Shimanto Supergroup in eastern Shikoku and Kii Peninsula, southwest Japan. Mem. Fac. Sci., Kyoto Univ., Ser. Geol. & Min., 49, 63-109.
- Kumon, F., 1985, Stratigraphic change of the coarse clastic rocks of the Shimanto Supergroup in eastern, Shikoku, Southwest Japan. In Nasu et al., eds., Formation of active oceanic margins, TERRAPUB, Tokyo, 819-833.
- 松本達郎,1980,高知県四万十帯の頭足類化石.平 朝彦・田代 正之編,四万十帯の地質と古生物学 — 甲藤次郎還暦記念論 文集,林野弘済会高知支部,高知,283-298.
- 三浦健一郎・山口浩司・君波和雄, 1997, 白亜系四万十帯南部に おける diachroneity. 日本地質学会第104年学術大会講演要 旨, 119.
- 村松 武,1986,赤石山地南部の四万十帯(北帯)から発見され た白亜紀後期~古第三紀最初期?放散虫化石.地質雑, 92,311-313.
- 村松 武, 1990, 赤石山地南部の上部白亜系四万十累層群の岩 相・古流向解析. 飯田市美術博物館研究紀要, 1, 1-28.
- 岡村 真,1980,高知県四万十帯北帯(白亜系)の放散虫化石. 平 朝彦・田代正之編,四万十帯の地質と古生物学ー甲藤次 郎還暦記念論文集,林野弘済会高知支部,高知,147-152.
- Okamura, M., 1992, Cretaceous radiolaria from Shikoku, Japan (Part 1). Mem. Fac. Sci., Kochi Univ., Ser. E, Geol., 13, 1– 39.
- Pessagno, E.A., Jr., 1972, Cretaceous radiolaria Part II: Pseudoaulophacidae Riedel from the Cretaceous of California and the Blake-Bahama Basin (JOIDES Leg 1). Bull. Amer. Paleont., 61, 283–314.
- Pessagno, E.A., Jr., 1973, Upper Cretaceous Spumellariina from the Great Valley Sequence, California Coast Ranges. Bull. Amer. Paleont., 63, 49-102.
- Pessagno, E.A., Jr., 1976, Radiolarian zonation and stratigraphy of the Upper Cretaceous portion of the Great Valley Sequence, California Coast Ranges. *Micropaleontology*, *Spec. Publ.*, no. 2, 1–95.
- Riedel, W.R. and Sanfillipo, A., 1974, Radiolaria from the southern Indian Ocean, DSDP Leg 26. In Davies, T.A., Luyendyk, B.P., et al., eds., Init. Repts. DSDP, 26, U.S. Govt. Printing Office, Washington, 771-813.
- 坂口有人・大森琴絵・山本浩士・相原安津夫・岡村 真, 1992, 輝炭反射率からみた四国四万十帯北帯の熱構造 — 高知県中 西部域を例にして —. 高知大学学術研究報告, **41**, 29-47.
- Sanfillipo, A. and Riedel, W.R., 1985, Cretaceous radiolaria. In Bolli, H.M., Saunders, J.B. and Perch-Nielson, K., eds., *Plankton stratigraphy.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, 573-630.
- 平 朝彦・岡村 真・甲藤次郎・田代正之・斉藤靖二・小玉ー

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"メランジェ"の岩相と時代.平 朝彦・田代正之編,四万十帯の地質と古生物学一甲藤次郎還 暦記念論文集,林野弘済会高知支部,高知, 179-213.

- 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 地質と古生物学 — 甲藤次郎還暦記念論文集, 林野弘済会高 知支部, 高知, 319-389.
- 竹谷陽二郎,1995,本邦上部白亜系の放散虫化石層序の再検討 一特に国際対比上有効な層準について一.地質雑, 101,30-41.
- 田代正之・高橋啓史・甲藤次郎, 1981, 高知県四万十帯の堂ヶ奈 路層の地質時代について.地質雑, 88, 203-205.
- 寺岡易司,1977,西南日本中軸帯と四万十帯の白亜系砂岩の比 較一四万十地向斜堆積物の供給源に関連して一.地質雑, 83,795-810.
- 寺岡易司, 1979, 砂岩組成からみた四万十地向斜堆積物の起源. 地質雑, 85, 753-769.
- 寺岡易司・奥村公男, 1992, 四万十帯北帯の構造区分と白亜系砂

岩組成. 地質学論集, no. 38, 261-270.

- 寺岡易司・奥村公男・今井 功, 1974, 九州耳川地域の四万十累 層群砂岩 -- 四万十帯の構造区分に関連して -- ・楠見 久先 生退官記念論文集「地球と人と教育」, 133-151.
- 寺岡易司・柴田 賢・奥村公男・内海 茂, 1994, 九州東部-四 国西部の四万十累層群中の砕屑性カリ長石および白雲母の K-Ar 年代. 地質雑, 100, 477-485.
- 寺岡易司・鈴木盛久・林 武広・奥村公男,1995,九州東部槙 峰-神門地域の四万十累層群における堆積岩化学組成の層序 的変化.広島大学学校教育学部紀要,第Ⅱ部,17,83-97.
- 寺岡易司・鈴木盛久・林 武広・奥村公男,1996,赤石山地四万 十帯の砕屑岩組成.広島大学学校教育学部紀要,第Ⅱ部, 18,83-98.
- 山崎哲司, 1987, 四国・淡路島西部の和泉層群の放散虫群集.地 質雑, 93, 403-417.
- 山崎 徹・大和田正明・今岡照喜・白木敬一,1999, 蛍光X線分 析装置による岩石試料中の主成分および微量成分の定量分 析.山口大学機器分析センター報告, no.7, 22-31.

(要 旨)

君波和雄・小柳津篤・石濱茂崇・三浦健一郎,2000,四国西部の白亜系四万十累層群の砂岩化学組 成と四万十帯北帯における岩石相ユニットの対比.地質学論集,第57号,107-117. (Kiminami, K., Oyaizu, A., Ishihama, S. and Miura, K., 2000, Chemical composition of sandstones from the Cretaceous Shimanto Belt, western Shikoku, Japan, and correlation of petrofacies units in the Northern Shimanto Belt. *Mem. Geol. Soc. Japan*, no. 57, 107-117.)

四国西部の白亜系四万十帯は,砂岩の化学組成上の特徴から2つのユニットに区分される.この2つのユニットは,組成的に四国東部の年代的に古い KSIユニットと新しい KSIIユニットに それぞれ類似するが,相違点も認められる.そこで,四国西部の白亜系四万十帯を KSI'と KS II'に区分した.九州東部の白亜系四万十帯砂岩の化学組成は,四国西部の砂岩のそれに似てい る.また,赤石山地の白亜系四万十帯砂岩は,四国東部の砂岩に似ている.すなわち,九州東部 の砂岩は KSI'と KSII'に,赤石山地の砂岩は KSI と KSII に 区分可能である. KSI'-KSII'と KSI-KSII との境界は,ほぼ四国中央部に存在すると推定される.また,KSI'と KSII',および KSIと KSII との境界年代は,九州から赤石山地に向かい若くなる.