

三重県志摩半島, 御荷鋳緑色岩類のドレライト質岩から見出されたアルカリ角閃石

内野 隆之^{1,*}・山崎 徹¹

UCHINO Takayuki and YAMASAKI Toru (2020) Alkali amphibole from doleritic rock in the Mikabu Greenstones, Shima Peninsula, Mie Prefecture. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 71 (2), p. 77-83, 5 figs, 1 table.

Abstract: Purple to pale-blue amphibole regarded as alkali amphibole ubiquitously appears in the Mikabu Greenstones of the Sambagawa Belt in the Shima Peninsula, Mie Prefecture. The amphibole was proved to be magnesio-riebeckite of Na-amphibole and ferri-winchite of Na-Ca-amphibole based on chemical compositions measured using the EPMA system. Judging from the mineral assemblage of these alkali amphiboles and the other metamorphic minerals such as chlorite, epidote, albite, actinolite, hematite, etc., the dolerite probably underwent the metamorphism of the transitional zone facies between the blueschist facies and pumpellyite-actinolite facies or greenschist facies.

Keywords: Mikabu Greenstones, metamorphism, alkali amphibole, magnesio-riebeckite, ferri-winchite, dolerite, Shima Peninsula

要 旨

三重県志摩半島に分布する三波川帯の御荷鋳緑色岩類中にはアルカリ角閃石と推測される紫～青色角閃石が普遍的に産する。ドレライト質岩中の角閃石の化学組成をEPMAにて測定した結果, ナトリウム角閃石のマグネシオリーベック閃石とナトリウム・カルシウム角閃石のフェリウィンチ閃石であることが判明した。これらのアルカリ角閃石と緑泥石, 緑れん石, アルバイト, アクチノ閃石, 赤鉄鉱の共存から, 本ドレライトはパンペリー石-アクチノ閃石相ないし緑色片岩相と青色片岩相の漸移相程度の変成を被っていると考えられる。

1. はじめに

西南日本外帯に属する三重県志摩半島には, 北から, 沈み込み変成作用を被った白亜紀付加体を主体とする三波川帯, ジュラ紀付加体を主体とする秩父累帯(秩父帯北帯, 黒瀬川帯, 秩父帯南帯), 非変成の白亜紀付加体を主体とする四万十帯がそれぞれ帯状に分布している(第1図)。志摩半島の三波川帯には, 主に苦鉄質岩類からなる御荷鋳緑色岩類が特に同帯南部に広く分布し, それは関東から四国まで約800 kmにわたって断続する。

この御荷鋳緑色岩類は, 下部マントル起源のブルームによって形成された後期ジュラ紀の海台あるいは大規模海山の断片と一般に捉えられているが(例えば, Isozaki

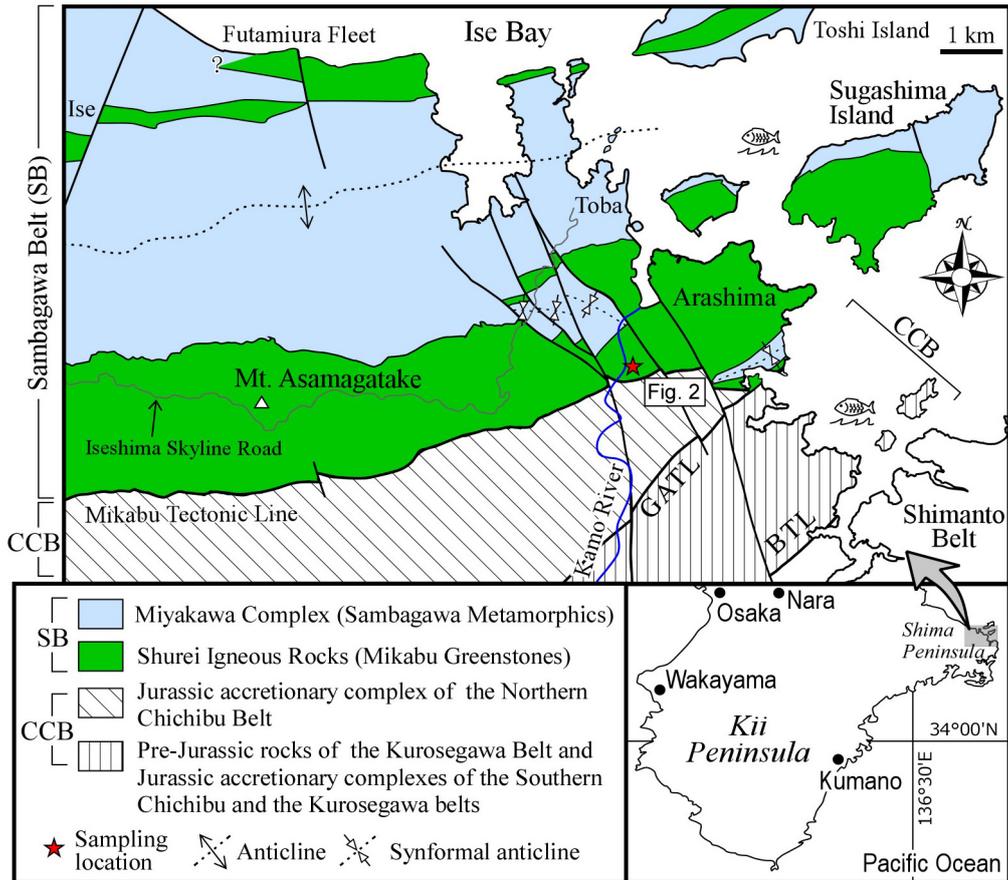
et al., 1990; 小澤ほか, 1997, 1999; Ichiyama *et al.*, 2014; Sawada *et al.*, 2019), その化学組成的特徴は一樣ではなく, 幾つかの岩型のものが混在しているとみられる(小澤ほか, 1999; 石田ほか, 2007; Ichiyama *et al.*, 2014)。

御荷鋳緑色岩類が低温高压型変成作用(いわゆる, 三波川変成作用)を被っていることは古くから知られ, その変成度はパンペリー石-アクチノ閃石相の高压部に及ぶとされる(例えば, Suzuki and Ishizuka, 1998)。特に, 普遍的に認められるアルカリ角閃石については, 共存する鉱物組み合わせで決定される変成相解析の重要な指標の1つにもなっており(例えば, Maruyama *et al.* 1986; Otsuki and Banno, 1990), 例えば四国ではその化学組成から(フェロ)藍閃石～(マグネシオ)リーベック閃石であることが示されている(例えば, Maruyama and Liou, 1985; 村田・前川, 2007; Endo and Wallis, 2017)。

志摩半島の御荷鋳緑色岩類にもアルカリ角閃石と推測される紫～青色角閃石が普遍的に認められる(内野ほか, 2017)。ただし, その化学組成については, 石英片岩岩塊中のものが1例報告されているのみで(坂野・藤原, 1993), 御荷鋳緑色岩類の主体をなす苦鉄質岩中のものは全く報告されていない。そこで今回, 苦鉄質岩中の紫～青色角閃石の化学組成分析を実施したところ, ナトリウム角閃石であるマグネシオリーベック閃石とナトリウム・カルシウム角閃石のフェリウィンチ閃石の存在

¹ 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)

* Corresponding author: UCHINO, T., Tsukuba Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: t-uchino@aist.go.jp



第1図 志摩半島の地質概略図及び試料採取地点(内野ほか, 2017を改変). BTL: 仏像構造線, CCB: 秩父累帯, GATL: 五ヶ所-安楽島構造線, SB: 三波川帯.

Fig. 1 Geologic index map in Shima Peninsula showing the sampling location (simplified from Uchino *et al.*, 2017). BTL: Butsuzo Tectonic Line, CCB: Chichibu Composite Belt, GATL: Gokasho-Arashima Tectonic Line, SB: Sambagawa Belt.

を確認することができた。1試料のみの分析ではあるが、本データは志摩半島における御荷鉾緑色岩類のより正確な変成相解析や、他地域との対比に資するものである。

2. 志摩半島の御荷鉾緑色岩類

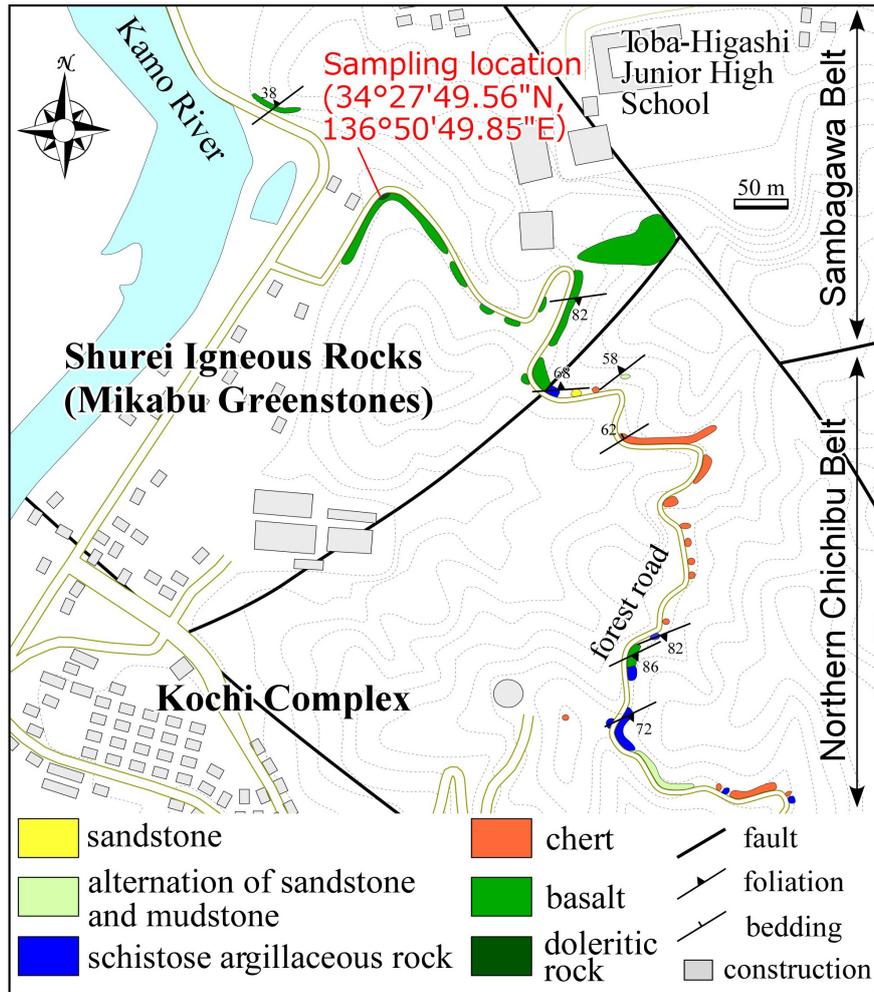
志摩半島の御荷鉾緑色岩類は、御荷鉾構造線を挟んで秩父帯北帯のすぐ北側に、西は鳥羽市の菅島から東は度会郡度会町の中之郷まで長さ約30 km、幅最大3 kmで広く分布する。この地域の御荷鉾緑色岩類について、内野ほか(2017)は鷲嶺火成岩類と命名した。また、三波川帯の北部(例えば、答志島や二見ヶ浦)に最大幅700 mで狭長に分布する苦鉄質岩体に対しても鷲嶺火成岩類と認定し(第1図)、南側の岩体を「朝熊ヶ岳岩体」、北側の岩体を「二見岩体」と命名した。

鷲嶺火成岩類は、超苦鉄質岩(かんらん岩、蛇紋岩及び少量の角閃石岩)、斑れい岩、ドレライト質岩及び玄武岩からなり、僅かに角閃岩や斜長岩を伴う。分布割合としては、玄武岩(火山砕屑岩及び溶岩)～ドレライト

質岩が約8割を占め、斑れい岩が約1割、超苦鉄質岩等が残りの約1割を占める。各岩相の詳細については内野ほか(2017)の5万分の1地質図幅「鳥羽」に記載されている。なお、本論ではドレライト質岩という用語を粗粒玄武岩の意味で用い、完晶質・中粒でオフィティック組織を示す狭義のドレライトに限定しない。

鷲嶺火成岩類の形成年代については、小澤ほか(1997)が角閃石岩及び角閃石斑れい岩の普通角閃石から153–141 MaのK-Ar年代を報告しているほか、最近Sawada *et al.* (2019)が透角閃石緑泥石岩(原典では変苦鉄質岩)中のジルコンから、 154.6 ± 1.6 Ma (2σ)のU-Pb年代を報告している。

苦鉄質岩中の二次的な変成鉱物としては、一般にアルバイト、緑泥石、緑れん石、チタン石が産するほか、一部にアクチノ閃石、紫～青色角閃石(後述するナトリウム角閃石及びナトリウム・カルシウム角閃石)、パンペリー石、スティルブノメレンなどが産する。なお、苦鉄質岩の中で紫～青色角閃石が含まれる試料の割合は15



第2図 含アルカリ角閃石ドレライト質岩採取地点付近のルートマップ
Fig. 2 Route map around sampling location of the alkali amphibole-bearing doleritic rock.

%程度であるが，紫～青色角閃石は苦鉄質岩の種類，分布域，変形度に関係なく産している。

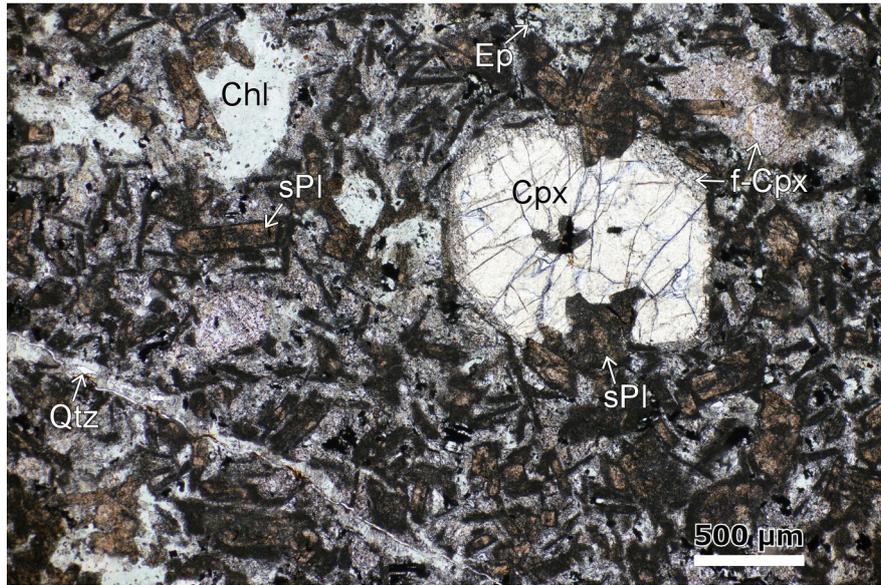
本地域の御荷鋅緑色岩類の地質構造について，内野ほか(2017)及び内野(2018)は，朝熊ヶ岳岩体の枕状溶岩に認められる逆転相や三波川結晶片岩中の大規模背斜(第1図)などを基に，御荷鋅緑色岩類と構造的上位の三波川結晶片岩が共に横臥褶曲をなし，朝熊ヶ岳岩体は横臥褶曲の逆転した下翼部に相当すると報告した。

3. ドレライト質岩と紫～青色角閃石の記載

化学分析した紫～青色角閃石は，鳥羽市村山地区の林道沿い(北緯34度27分49.56秒，東経136度50分49.85秒)に露出するドレライト質岩中のものである(第2図)。露頭の幅は約3 mで暗緑色を呈し，周囲には玄武岩溶岩が産している。

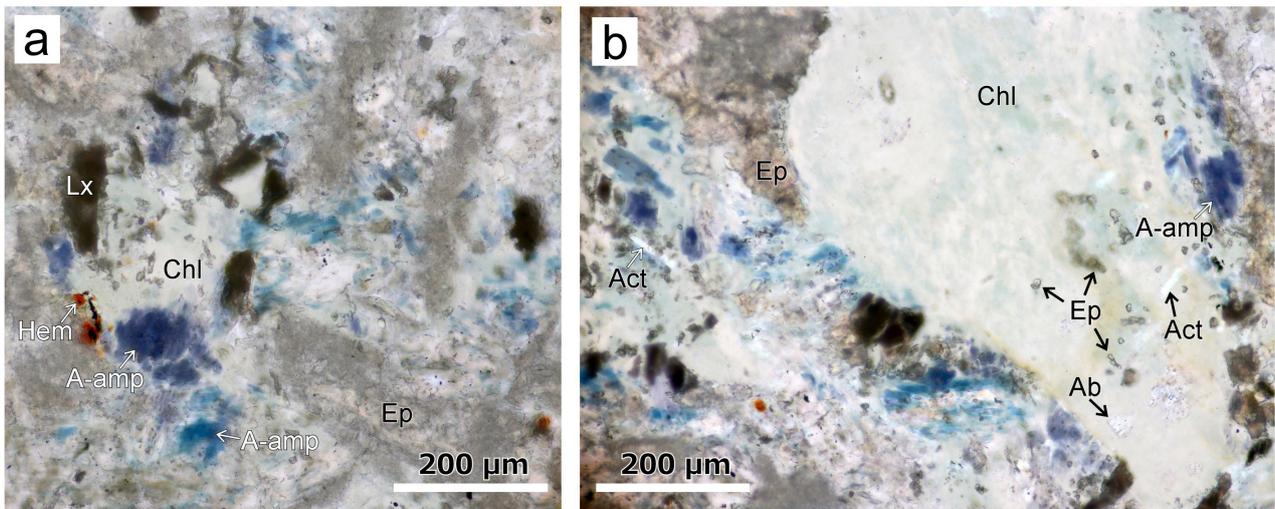
本ドレライト質岩は単斜輝石の斑晶を含んだ斑状組織を示す。単斜輝石斑晶は自形ないし半自形で最大長径が

2 mmに達する。しばしば鉱物縁において自形の斜長石と共晶状に産し，部分的にオフィティック組織様の産状を呈する(第3図)。単斜輝石斑晶の周縁部には，しばしば細粒の単斜輝石が集合体として産することがあり，またそれが斑晶全体を占める場合もある(第3図)。石基は粗粒な斜長石，単斜輝石，不透明鉱物からなる。斜長石は短～長柱状をなし，最大長径は1 mmに及ぶ。そのほとんどがソーシユライト化し，微細な緑れん石・緑泥石・アルバイトの集合体に置換されている。単斜輝石は火成鉱物として残存しているが，前述した細粒単斜輝石の集合体となっていることが多い。また，褐色を呈する細粒の普通角閃石が少量認められる。石基中には変成鉱物の集合体が，しばしば斜長石を取り囲むようにプール状に産する。そのプールは，もともとかんらん石(一部は斑晶)あるいはガラスであったと思われるが，現在は緑泥石や緑泥石+アクチノ閃石に置換されている(第3図)。その他，石基部分に産する細粒の変成鉱物として，緑泥石，



第3図 含アルカリ角閃石ドレライト質岩の薄片写真. 単ポーラー. Chl: 緑泥石, Cpx: 単斜輝石, Ep: 緑れん石, f-Cpx: 細粒単斜輝石, Qtz: 石英, sPl: ソーシュライト化した斜長石.

Fig. 3 Photomicrograph of alkali amphibole-bearing doleritic rock. Open-polarized lights. Chl: chlorite, Cpx: clinopyroxene, Ep: epidote, f-Cpx: fine clinopyroxene, Qtz: quartz, sPl: saussuritized plagioclase.



第4図 (a, b) アルカリ角閃石の薄片写真. 単ポーラー. Act: アクチノ閃石, A-amp: アルカリ角閃石, Chl: 緑泥石, Ep: 緑れん石, Lx: リューコキシソ, Hem: 赤鉄鉱.

Fig. 4 (a, b) Photomicrograph of alkali amphibole. Ab: albite, Act: actinolite, A-amp: alkali amphibole, Chl: chlorite, Ep: epidote, Lx: leucoxene, Hem: hematite.

緑れん石, チタン石, アルバイト, 赤鉄鉱, アクチノ閃石, 紫~青色角閃石, 石英がある. また, 幅0.2 mm以下の緑泥石と石英からなる細脈が, 少量のアルバイトや緑れん石を伴いながら産する.

紫~青色角閃石は, 粒状あるいは柱状の細粒結晶として偏在し, 大きいものでも長径0.1 mm程度である(第4

図). 鏡下での伸長は正と負の両方を示し, 前者の場合は無~青色を, 後者の場合は紫~青色を呈する. 針状~長柱状結晶が集まり束状になることが多く(第4図a), その集合体中には色の濃い部分と薄い部分が共存する. 本地域の御荷鉾緑色岩類全般を通して, 1試料内における紫~青色角閃石の産出頻度は低く, 本試料でのモード比は

第1表 ドレライト中のアルカリ角閃石のEPMA分析値。FeO*：全鉄を2価で計算した値。Feの2価・3価の見積もりは、角閃石のFeの2価・3価の見積もりは、Oの陰イオン数を23としたとき、Ca・Na・Kを除いたすべての陽イオン数が13になるように計算した(Schumacher, 1991)。Mrbk：マグネシオリーベック閃石，f3-Wnc：フェリウィンチ閃石。

Table 1 EPMA analyses of alkali amphibole in dolerite. FeO*: total Fe as FeO. Estimation of Fe²⁺ and Fe³⁺ is based on the assumption of 13 cations (O=23) excluding Ca, Na and K (Schumacher, 1991). Mrbk: magnesio-riebeckite, f3-Wnc: ferri-winchite.

wt. %	Mrbk	Mrbk	Mrbk	Mrbk	f3-Wnc	f3-Wnc	f3-Wnc	f3-Wnc	f3-Wnc	f3-Wnc
SiO ₂	54.40	54.04	54.05	53.87	53.59	53.92	53.60	54.07	55.14	54.13
TiO ₂	0.04	0.05	0.18	1.32	0.08	0.04	0.07	0.11	0.11	0.18
Al ₂ O ₃	3.09	3.20	3.58	3.14	2.40	2.34	2.22	1.52	1.42	2.43
Cr ₂ O ₃	0.06	0.03	0.09	0.03	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01
FeO*	23.48	22.28	22.46	22.10	22.15	21.81	21.40	20.09	20.29	22.74
MnO	0.09	0.06	0.08	0.04	0.09	0.10	0.24	0.07	0.07	0.08
MgO	9.04	9.74	8.86	8.88	10.52	10.73	10.23	11.73	11.75	10.64
CaO	1.35	2.64	1.54	2.34	3.69	3.95	5.44	4.21	3.54	3.27
Na ₂ O	6.33	5.60	6.20	6.09	4.81	4.76	3.87	4.69	5.00	5.19
K ₂ O	0.02	0.03	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03
Total	97.91	97.66	97.06	97.81	97.36	97.69	97.10	96.51	97.35	98.70
Si	7.75	7.71	7.76	7.75	7.68	7.70	7.77	7.78	7.84	7.64
^{IV} Al	0.25	0.29	0.24	0.25	0.32	0.30	0.23	0.22	0.16	0.36
∑ T-site	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
^{VI} Al	0.26	0.25	0.37	0.29	0.08	0.09	0.15	0.04	0.08	0.05
Cr	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ti	0.00	0.01	0.02	0.14	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.02
Fe ³⁺	1.81	1.66	1.62	1.25	1.75	1.67	1.27	1.54	1.60	1.86
Mg	1.92	2.07	1.90	1.90	2.25	2.28	2.21	2.52	2.49	2.24
Fe ²⁺	0.98	1.00	1.08	1.41	0.90	0.93	1.32	0.88	0.81	0.82
Mn	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01
∑ C-site	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Fe ²⁺	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ca	0.21	0.40	0.24	0.36	0.57	0.60	0.85	0.65	0.54	0.49
Na	1.75	1.55	1.73	1.64	1.34	1.32	1.09	1.31	1.38	1.42
∑ B-site	1.95	1.95	1.96	2.00	1.90	1.92	1.93	1.96	1.92	1.91
Na	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
K	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
∑ A-site	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Total	14.96	14.96	14.97	15.06	14.91	14.92	14.94	14.96	14.92	14.92

1 %未満である。紫～青色角閃石は、基本的には単斜輝石、普通角閃石、緑泥石プール、アクチノ閃石の周縁部あるいは内部に散点的に産する。なお、あまり変質していない斜長石を含む他の試料では、その斜長石中に産する場合もある。

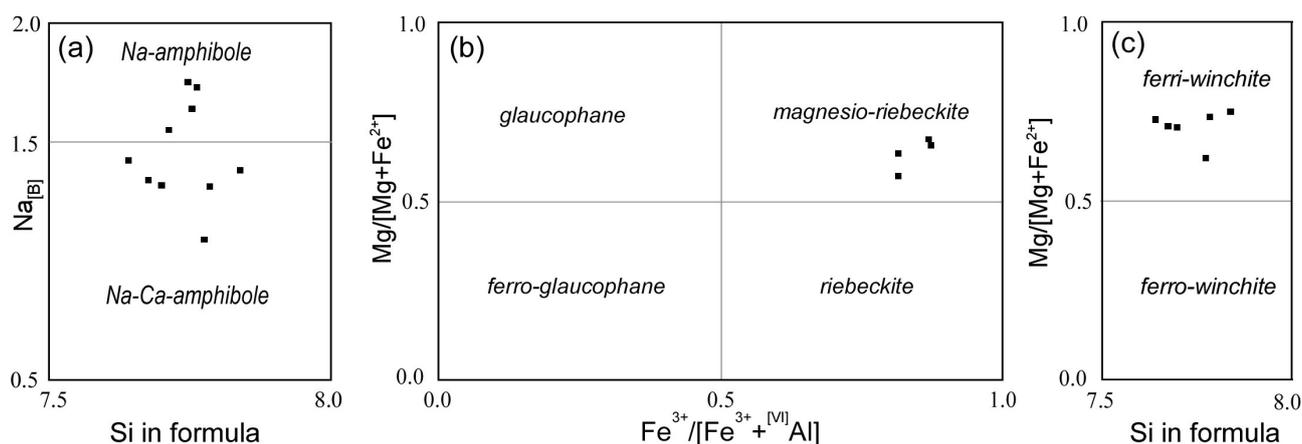
紫～青色角閃石の多くが緑泥石プール中に産することから、同様に緑泥石プール中に産する他の変成鉱物が紫～青色角閃石と共存関係にあると仮定すると、紫～青色角閃石は、少なくとも緑泥石、緑れん石、アルバイト、アクチノ閃石、赤鉄鉱、チタン石と共存する。

4. 紫～青色角閃石の化学組成と変成度

紫～青色角閃石の化学組成は産総研地質調査総合センター共同利用実験室(GSJ-Lab.)設置の波長分散型電子

プローブマイクロアナライザ(EPMA: JEOL JXA-8900)によって分析された。加速電圧は15 kV、照射電流は12 nA、ビーム径は約2 μmである。ZAF法により補正計算を行った。角閃石におけるFe²⁺・Fe³⁺の見積もりは、Oの陰イオン数を23としたとき、Ca・Na・Kを除いたすべての陽イオン数が13になるように計算した(“13eCNK”) (Schumacher, 1991)。そして角閃石の分類はHawthorne *et al.* (2012)に従った。

分析の結果、ナトリウム角閃石であるマグネシオリーベック閃石が4点、ナトリウム・カルシウム角閃石であるフェリウィンチ閃石(Leake *et al.*, 1997, 2004の分類ではウィンチ閃石)が6点確認された。それらの角閃石の化学組成を第1表に示す。マグネシオリーベック閃石のAl₂O₃含有量は3.09～3.58 wt.%を、Na₂O含有量は5.60



第5図 (a) $\text{Na}_{[\text{B}]}$ -Si図にプロットされたアルカリ角閃石の値. (b) $\text{Mg}/[\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}] - \text{Fe}^{3+}/[\text{Fe}^{3+}+[\text{VI}]\text{Al}]$ 図にプロットされたナトリウム角閃石の値. (c) $\text{Mg}/[\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}]$ -Si図にプロットされたナトリウム・カルシウム角閃石の値. 角閃石の分類はHawthorne *et al.* (2012)に従った.

Fig. 5 (a) Data of alkali amphibole plotted in $\text{Na}_{[\text{B}]}$ vs. Si diagram. (b) Data of the Na-amphibole plotted in $\text{Mg}/[\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}]$ vs. $\text{Fe}^{3+}/[\text{Fe}^{3+}+[\text{VI}]\text{Al}]$ diagram. (c) Data of the Na-Ca-amphibole plotted in $\text{Mg}/[\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}]$ vs. Si diagram. Classification of the amphibole is after Hawthorne *et al.* (2012).

～6.33 wt.%を、 MgO 含有量は8.86～9.74 wt.%を示す。 $\text{Na}_{[\text{B}]}$ (酸素イオン数を23とした場合のB席のNaイオン数) 値は1.55～1.75 pfu (per formula unit)を示す(第5図a)。 $\text{Fe}^{3+}/[\text{VI}]\text{Al}$ (C席のAlイオン数) + Fe^{3+} は0.81～0.87を(第5図b)、そして $\text{Mg}/[\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}]$ は0.58～0.67を示す(第5図c)。

フェリウィンチ閃石の Al_2O_3 含有量は1.42～2.43 wt.%を、 Na_2O 含有量は3.87～5.19 wt.%を、 MgO 含有量は10.23～11.75 wt.%を示す。 $\text{Na}_{[\text{B}]}$ 値は1.09～1.42 pfuを(第5図b)、 $\text{Mg}/[\text{Mg}+\text{Fe}^{2+}]$ は0.63～0.76を示す(第5図c)。両角閃石とも、T席のSiイオン数は7.64～7.84 pfuの範囲に、 $\text{Na}_{[\text{B}]}$ 値は1.09～1.75 pfuの範囲にまとまる(第5図a)。

また、共存する変成鉱物の組み合わせから、本ドレライトはパンペリー石-アクチノ閃石相ないし緑色片岩相と青色片岩相の漸移相程度の変成作用を被っていると判断される。

5. まとめ

志摩半島の御荷鉾緑色岩類のドレライト中には、ナトリウム角閃石であるマグネシオリーベック閃石からナトリウム・カルシウム角閃石であるフェリウィンチ閃石までの組成をもつ変成アルカリ角閃石が存在することが明らかになった。その他の変成鉱物との共存関係からも、志摩半島以外の他地域で認められる御荷鉾緑色岩類の変成度と大きな差異はない。

謝辞：地質情報研究部門の宮崎一博博士には鉱物判定に際し、多くの助言をいただいた。また、島根大学の遠藤

俊祐博士には、査読を通じて、本論改善のため有益なご指摘をいただいた。本研究にはJSPS科研費16K05586の一部を使用した。記して感謝の意を表する。

文献

- 坂野靖行・藤原隆雄(1993)三重県伊勢市西部、御荷鉾緑色岩類に伴う含アルカリ角閃石石英片岩。静岡大学地球科学研究報告, **19**, 1-6.
- Endo, S. and Wallis, S. R. (2017) Structural architecture and low-grade metamorphism of the Mikabu-Northern Chichibu accretionary wedge, SW Japan. *Jour. Metamorphic. Geol.*, **35**, 695-716.
- 小澤大成・村田 守・西村 宏・板谷徹丸(1997)造山帯中の緑色岩からみた海洋地域の火成活動—みかぶ帯の火成岩の岩石学的特徴と火成年代—. *火山*, **42**, 231-237.
- 小澤大成・元山茂樹・井上宗弥・加藤泰浩・村田 守(1999)四国東部みかぶ緑色岩類の岩石学的特徴. *地質学論集*, no. 52, 217-228.
- Hawthorne, F. C., Oberti, R., Harlow, G. E., Maresch, W. V., Martin, R. F., Schumacher, J. C. and Welch, M. D. (2012) Nomenclature of the amphibole supergroup. *Amer. Mineral.*, **97**, 2031-2048.
- Ichiyama, Y., Ishiwatari, A., Kimura, J., Senda, R. and Miyamoto, T. (2014) Jurassic plume-origin ophiolites in Japan: accreted fragments of oceanic plateaus. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **168**, 1019. doi:10.1007/s00410-014-1019-1.

- 石田啓祐・西山賢一・中尾賢一・元山茂樹・高谷精二・香西 武・小澤大成(2007) 徳島県祖谷川上流域の御荷鉾帯と秩父帯—地質・地形の総合的研究—。徳島大学総合科学部自然科学研究, **21**, 47–64.
- Isozaki, Y., Maruyama, S. and Furuoka, F. (1990) Accreted oceanic materials in Japan. *Tectonophysics*, **181**, 179–205.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Arps, C. E. S., Birch, W. D., Gilbert, M. C., Grice, F. C., Kato, A., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Linthout, K., Laird, J., Mandarino, J., Maresch, W. V., Nickel, E. H., Rock, N. M. S., Schumacher, J. C., Smith, D. C., Stephenson, N. C. N., Ungaretti, L., Whittaker, E. J. W. and Youzhi, G. (1997) Nomenclature of amphiboles: report of the subcommittee on amphiboles of the International Mineralogical Association, commission on new minerals and mineral names. *Canad. Mineral.*, **35**, 216–246.
- Leake, B. E., Woolley, A. R., Birch, W. D., Burke, E. A. J., Ferraris, G., Grice, J. D., Hawthorne, F. C., Kisch, H. J., Krivovichev, V. G., Schumacher, J. C., Stephenson, N. C. N., and Whittaker, E. J. W. (2004) Nomenclature of amphiboles: additions and revisions to the International Mineralogical Association's amphibole nomenclature. *Amer. Mineral.*, **89**, 883–887.
- Maruyama, S. and Liou, J. G. (1985) The stability of Ca-Na pyroxene in low-grade metabasites of high-pressure intermediate facies series. *American Mineralogist*, **70**, 16–29.
- Maruyama, S., Cho, M. and Liou, J. G. (1986) Experimental investigations of blueschist-greenschist transition equilibria: Pressure dependence of Al₂O₃ contents in sodic amphiboles—A new geobarometer. *Jour. Mem. Geol. Soc. Amer.*, **164**, 1–16.
- 村田明広・前川寛和(2007) 四国中西部，秩父帯北帯の名野川衝上断層。徳島大学総合科学部自然科学研究, **21**, 65–75.
- Otsuki, M. and Banno, S. (1990) Prograde and retrograde metamorphism of hematite-bearing basic schists in the Sanbagawa belt in central Shikoku. *Jour. Metamorphic Geol.*, **8**, 425–439.
- Sawada, H., Isozaki, Y., Aoki, S., Sakata, S., Sawaki, Y., Hasegawa, R. and Nakamura, Y. (2019) The Late Jurassic magmatic protoliths of the Mikabu greenstones in SW Japan: A fragment of an oceanic plateau in the Paleopacific Ocean. *Jour. Asian Earth Sci.*, **169**, 228–236.
- Schumacher, J. C. (1991) empirical ferric iron corrections: necessity, assumptions, and effects on selected geothermobarometers. *Mineral. Mag.*, **55**, 3–18.
- Suzuki, S. and Ishizuka, H. (1998) Low-grade metamorphism of the Mikabu and northern Chichibu belts in central Shikoku, SW Japan: implications for the areal extent of the Sanbagawa low-grade metamorphism. *Jour. metamorphic Geol.*, **16**, 107–116.
- 内野隆之(2018) 5万分の1地質図幅「鳥羽」の概要紹介と地質構造の解説。GSJ地質ニュース, **7**, 91–101.
- 内野隆之・中江 訓・中島 礼(2017) 鳥羽地域の地質。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, 141p.

(受 付 : 2019年11月22日 ; 受 理 : 2020年2月12日)

