

## 根田茂帯のドレライトから見出された Na-Ca 角閃石

内野隆之<sup>1,\*</sup>・川村信人<sup>2</sup>

Takayuki Uchino and Makoto Kawamura(2010) Sodic-calcic amphiboles found from dolerite in the Nedamo Terrane, Northeast Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 61 (5/6), p. 209-216, 6 figs, 1 table.

**Abstract:** Sodic-calcic amphiboles (winchite and richterite) occur in dolerite in the Nedamo Terrane, Early Carboniferous accretionary complex. Sodic-calcic amphiboles occur generally in high-P/T metamorphic terranes such as the Sambagawa Terrane, the Suo Terrane *etc.*, whereas they also occur in manganese ore deposits and alkali igneous rocks. Sodic-calcic amphiboles of a high-P/T metamorphic type tend to show the feature of high-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and low-TiO<sub>2</sub>. The sodic-calcic amphiboles of the dolerite in the Nedamo Terrane are difficult to be recognized as the high-P/T metamorphic type because they do not show the feature of high-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and low-TiO<sub>2</sub>, that is they contain quite low glaucophane component. However, the sodic-calcic amphiboles could be formed as a metamorphic mineral in a subduction zone considering that some sodic-calcic amphiboles which show low glaucophane component occur certainly in high-P/T metamorphic rocks, bulk chemistry of the dolerite shows the feature of within-plate tholeiite, occurrence of the sodic-calcic amphiboles is different from that of sodic-calcic amphiboles in alkali igneous rock or contact aureole, and the dolerite does not undergo alteration or metasomatism.

**Keywords:** sodic-calcic amphibole, winchite, richterite, Nedamo Terrane, Early Carboniferous accretionary complex

### 要 旨

前期石炭紀付加体よりなる根田茂帯の付加体メンバーであるドレライトから Na-Ca 角閃石 (ウィンチ閃石及びリヒター閃石) を見出した。Na-Ca 角閃石は三波川帯や周防帯など高圧型変成帯中に一般的に見出されているが、マンガン鉱床やアルカリ火成岩でも産することがある。一般に高圧型変成帯中の Na-Ca 角閃石は高 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・低 TiO<sub>2</sub> の特徴を示す傾向にある。本ドレライトの Na-Ca 角閃石は低 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・高 TiO<sub>2</sub> という藍閃石成分に乏しい特徴を持つ。したがって、化学組成的には高圧変成タイプを示すとは言い難い。しかし、高圧型変成帯には藍閃石成分に乏しい Na-Ca 角閃石を含むことがあること、本ドレライトの全岩化学組成は海山型ソレライトを示すこと、Na-Ca 角閃石の産状は火成鉱物や接触変成帯中の交代鉱物の特徴とは異なること、本ドレライトから変質・交代作用の痕跡は特に見出されていないことを考慮すると、本ドレライト中の Na-Ca 角閃石が沈み込み帯における変成作用を被った可能性は否定できない。

### 1. はじめに

東北日本の北上山地に分布する根田茂帯 (Fig. 1) は前期石炭紀付加体からなり (内野ほか, 2005), ぶどう石-パンペリー石相・パンペリー石-アクチノ閃石相・緑色片岩相の変成作用を受けているとされている (大貫ほか, 1988)。今回、根田茂帯の付加体メンバーであるドレライトから、ウィンチ閃石をはじめとする Na-Ca 角閃石を見出した。Na-Ca 角閃石はアルカリ火成岩やマンガン鉱床をはじめ、三波川帯や周防帯など高圧型変成帯中の岩石にしばしば見出される鉱物の一つである。これまで、根田茂帯から Na-Ca 角閃石は報告されたことがなく、本論ではドレライト及び Na-Ca 角閃石を記載するとともに、その産出の意義について若干の考察を行う。

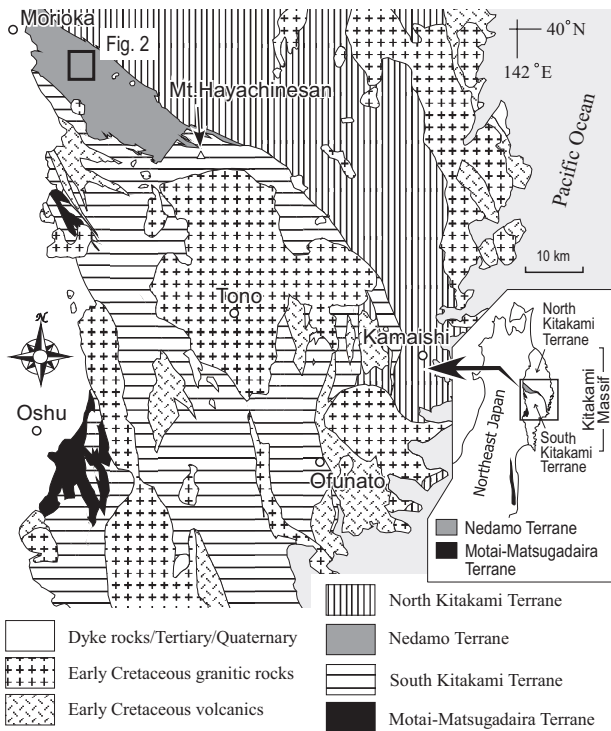
### 2. 地質概説

根田茂帯は、ジュラ紀付加体からなる北部北上帯と主に古生代島弧からなる南部北上帯との境界部に位置

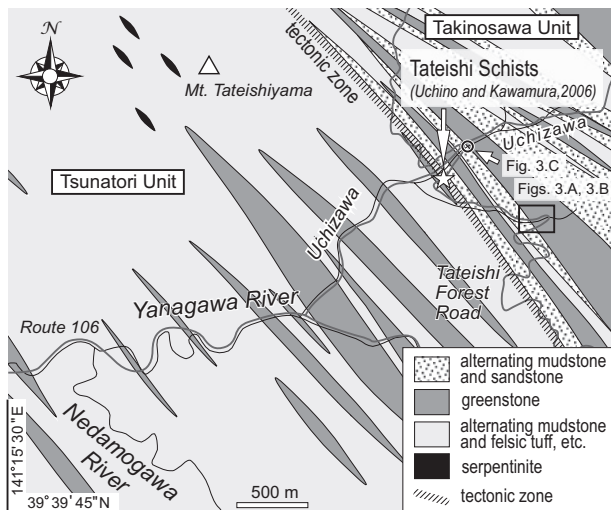
<sup>1</sup>産業技術総合研究所地質情報研究部門 (AIST, Geological Survey of Japan, Institute of Geology and Geoinformation)

<sup>2</sup>北海道大学大学院理学研究院自然史科学専攻 (Department of Natural History Sciences, Graduate School of Science, Hokkaido University, N 10 W 8, Kita-ku, Sapporo 060-0810, Japan)

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



第1図 根田茂帯の地質概略図 (川村ほか, 1996を改変)  
 Fig. 1 Index map showing the location of the Nedamo Terrane (simplified from Kawamura *et al.*, 1996).



第2図 岩手県盛岡市南東部における根田茂帯の地質図  
 Fig. 2 Geologic map of the Nedamo Terrane in the area to the southeast of Morioka, Iwate Prefecture.

する (Fig. 1). 根田茂帯は、泥岩珪長質凝灰岩互層・珪長質凝灰岩・海洋性緑色岩類が卓越し、泥岩・砂岩・砂岩泥岩互層・礫岩・塊状チャート・斑れい岩などを伴う根田茂コンプレックスからなる。緑色岩には一般的に緑泥石、パンペリー石、ぶどう石、アクチノ閃石、緑れん石が生じている。火山性碎屑岩においても変成

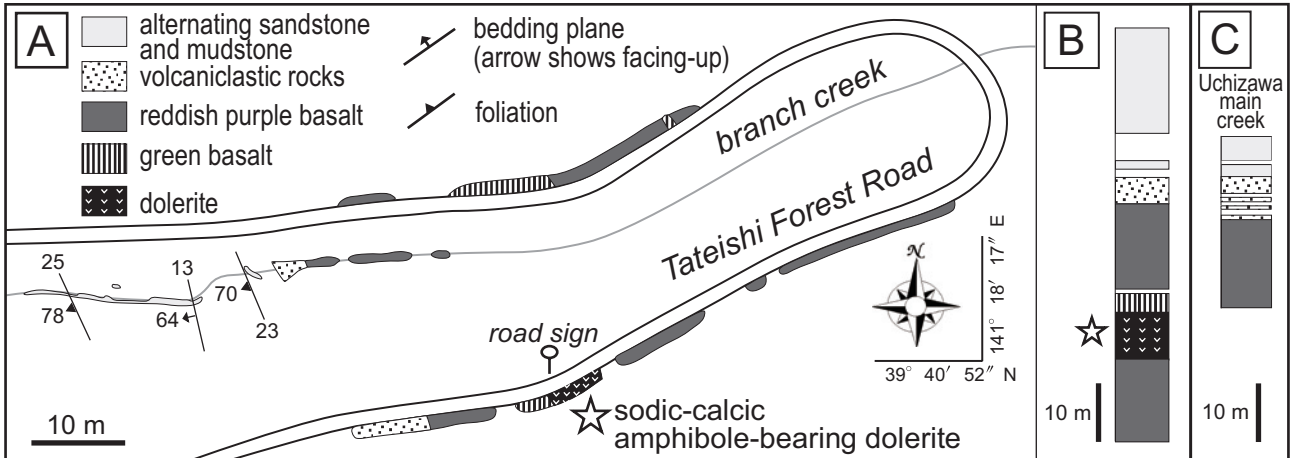
鉱物として、緑泥石、パンペリー石、ぶどう石、緑れん石、白雲母が見られることがある。根田茂帯中にはまれに径約 2 km 以内の白亜紀花崗岩が貫入しており、接触変成作用を被っている緑色岩や碎屑岩中には、緑色ホルンブレンドや黒雲母を産する場合がある。

根田茂コンプレックスは全体的に著しい剪断変形を受けており、泥岩珪長質凝灰岩互層中の珪長質凝灰岩層などはブーダン状・レンズ状に破断変形している。根田茂コンプレックス中の緑色岩・チャート・珪長質凝灰岩は側方への連続性が悪く、幅数 m~1 km、長さ数十 m~数 km の岩体として分布している。また、しばしば蛇紋岩の小岩体が断層沿いに分布する。根田茂コンプレックスは、砂岩泥岩互層で特徴づけられる滝ノ沢ユニットと、泥岩珪長質凝灰岩互層で特徴づけられる綱取ユニットとに区分される (内野ほか, 2008b)。滝ノ沢ユニットと綱取ユニットの境界には北北西-南南東方向の構造ゾーン (内野ほか, 2008b) が発達し、含藍閃石苦鉄質片岩をはじめとする建石片岩類が超苦鉄質岩・変斑れい岩を伴うテクトニックブロックとして分布している (Fig. 2; 内野・川村, 2006; 内野ほか, 2008b)。また、Kawamura *et al.* (2007) によって、建石片岩類の  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年代測定段階加熱法による白雲母冷却年代が、根田茂帯の付加年代 (約 359-318 Ma のいずれか) よりも有意に古い約 380 Ma であることが示され、建石片岩類のテクトニックブロックは、その産状から中生代以降の衝上断層や横ずれ断層などの構造運動によって、おそらく母体-松ヶ平帯 (Fig. 1) から定置させられたと考えられている。滝ノ沢ユニットの礫岩からは、 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年代測定スポット加熱法にて得られた約 347-317 Ma の白雲母冷却年代を持つ含ざくろ石泥質片岩礫が見出されている (内野ほか, 2008a)。

### 3. ドレライトの露頭記載

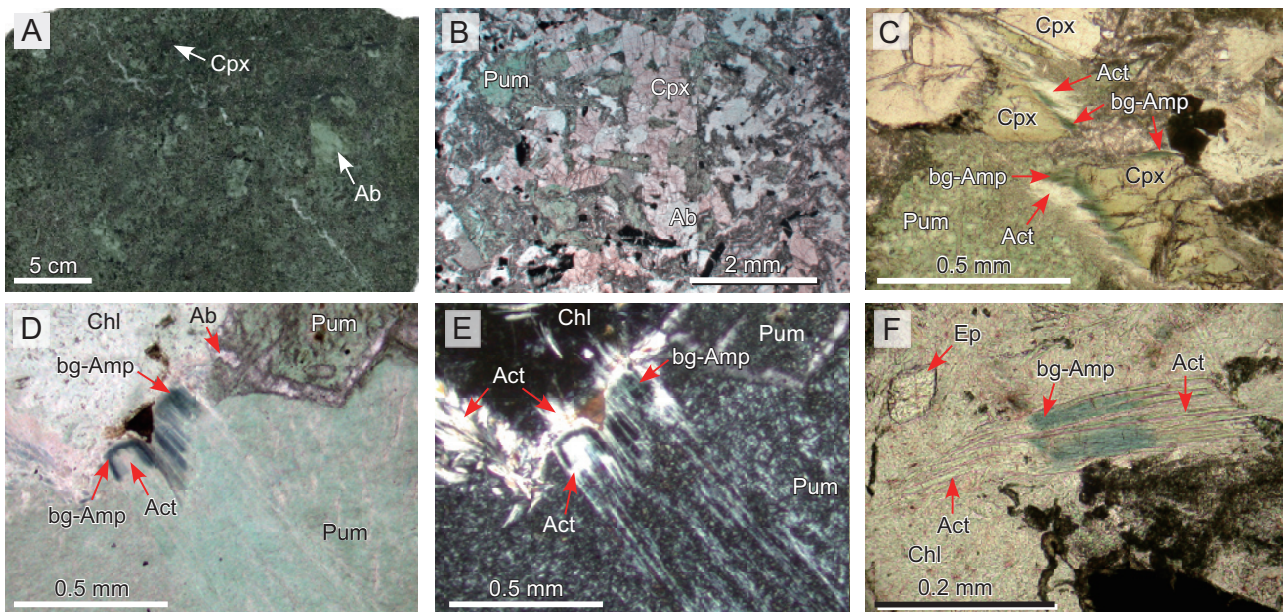
ドレライトは岩手県盛岡市薬川水沢地区の建石林道沿いに分布する緑色岩体 (北緯 39 度 40 分 53 秒, 東経 141 度 18 分 14 秒) 中から見出された (Figs. 2, 3)。ドレライトは曹長石斑晶を含み全体的に濃緑色を呈している (Fig. 4.A)。変形作用をまったく受けておらず、片理が発達していない (Fig. 4.B)。ドレライト露頭周辺のルートマップを Fig. 3.A に示す。ドレライトの層厚は約 6 m であり、その両側で緑色の斑状玄武岩に漸移している。緑色の玄武岩は東側で赤紫色の斑状玄武岩に漸移しているが、西側では露頭欠如で直接の関係は確認できない。ドレライトと玄武岩を合わせた緑色岩体の見かけの厚さは約 70 m に達し、岩体の西側では玄武岩質火砕岩に漸移する。火砕岩の西側には非変成の砂岩泥岩互層が分布しており、砂岩泥岩互層の級化成層は西側上位を示すことから、緑色岩体を含めた全





第3図 (A) Na-Ca 角閃石を含むドレライト露頭周辺のルートマップ. (B) ドレライトを含む緑色岩体から碎屑岩までの分布を示す見かけの柱状図. (C) 内沢本流における緑色岩体から碎屑岩までの分布を示す見かけの柱状図.

Fig. 3 (A) Route map along the Tateishi Forest Road showing the locality of the sodic-calcic amphibole-bearing dolerite. (B) Apparent columnar section from greenstone containing the dolerite to clastic rocks. (C) Apparent columnar section from greenstone to clastic rocks observed at the Uchizawa main creek (Fig. 2).



第4図 (A) 建石林道から採取されたドレライト標本の研磨面写真. (B) 非変形ドレライトの薄片写真. 単ポーラー. (C) 単斜輝石のリムに成長する青緑色角閃石の薄片写真. 単ポーラー. (D, E, G) リムにアクチノ閃石が生じている青緑色角閃石の薄片写真. D図とE図は単ポーラー. G図は直交ポーラー. Ab: 曹長石, Act: アクチノ閃石, bg-Amp: 青緑色角閃石, Chl: 緑泥石, Cpx: 単斜輝石, Ep: 緑れん石, Pum: パンペリー石.

Fig. 4 (A) Polished specimen of the dolerite of the Nedamo Complex, Tateishi Forest Road. (B) Photomicrograph of the non-deformed dolerite. (C) Photomicrograph of bluish green amphibole occurring at the rim of clinopyroxene. (D, E, G) Photomicrographs of the bluish green amphibole whose rims were replaced by actinolite. Ab: albite, Act: actinolite, bg-Amp: bluish green amphibole, Chl: chlorite, Cpx: clinopyroxene, Ep: epidote, Pum: pumpellyite. (C-E): open-polarized lights, (G): cross-polarized lights.

体が西上位であると考えられる (Figs. 3.A, 3.B). 緑色岩体 (火砕岩 + 玄武岩 + ドレライト) と非変成碎屑岩の関係は、それらの延長部が分布する内沢本流で確認することができ (Fig. 2 の○の地点), そこでは弱い剪断すべり面を介して密着接触している (Fig. 3.C). 建

石林道沿いルートでは、ドレライトと玄武岩、緑色岩体と非変成碎屑岩との境界には顕著な断層は存在しない。

#### 4. ドレライトの記載岩石学的特徴

ドレライトは火成鉱物として斜長石・単斜輝石・不透明鉱物からなり、細粒のケルスート閃石～パーガス閃石をわずかに含む。原岩火成組織が良く保存されており、単斜輝石が斜長石や不透明鉱物を取り巻いて晶出するオフィティック組織が観察される。斜長石の多くは短柱状であるが、しばしば粗粒な斑晶としても産し、最大径2 cmに達する。単斜輝石は半自形で最大径約4 mmに達し、内部には多数のクラックが発達している。単斜輝石は全体的に淡褐～淡桃色を呈しており、EPMA分析によれば透輝石～オージャイトである。不透明鉱物は鏡下観察の限りでは赤鉄鉱ではない。

このドレライト中には、変成鉱物として青緑色角閃石・ヘデン輝石・曹長石・石英・緑泥石・緑れん石・アクチノ閃石・パンペリー石・チタン石が生じている。ヘデン輝石は透輝石～オージャイトのリムに産し、淡緑色を呈する。ヘデン輝石のアクマイト成分は0.00～0.15である。斑晶も含め斜長石は全体的に曹長石・パンペリー石・緑泥石に置換されている。また斜長石中に発達するクラックは、パンペリー石・緑泥石・アクチノ閃石・石英・方解石に充填されている。石英はマトリクス中に産する場合と、緑れん石・パンペリー石・方解石を伴った1.5 mm以下の脈として産する場合がある。青緑色角閃石は単斜輝石のリムに産する場合 (Fig. 4.C) と、緑泥石・パンペリー石のプール中に針状・長柱状結晶として生じる場合がある (Figs. 4.D, 4.E)。全体的に細粒で、最大径は0.6 mmである。鏡下ではX' = 淡黄褐色～淡青紫色・青紫色、Z' = 淡青緑色～青緑色・濃緑色を呈する。青緑色角閃石のリムにはアクチノ閃石が発達している場合が多い (Figs. 4.C-4.F)。なお、ドレライト周辺に露出する玄武岩の鉱物組み合わせは、曹長石+緑れん石+緑泥石+方解石+りん灰石±白雲母±チタン石±赤鉄鉱であり、青緑色角閃石は認められない。なお、本ドレライトの全岩化学組成が内野・川村 (2009) によって報告されており (内野・川村, 2009のTable 1に記述されているTK5のドレライトサンプル)、それによると海山型ソレアイト (WPT) を示している。

#### 5. 青緑色角閃石の化学組成

青緑色角閃石の化学分析には産業技術総合研究所地質情報研究部門の波長分散型EPMA (JEOL SUPERPROBE-8900) を使用した。加速電圧を15 kV、照射電流を12 nA、ビーム径を2 μmとし、補正計算はZAF法を用いた。隣り合った異なる組成を持ったサブミクロンサイズの角閃石同士を同時に分析しないように、事前に後方散乱電子 (BSE) 像を取得し (Fig.

5.A)、より均質な部分への照射を心がけた。元素マッピングは15 kV、照射電流を50 nAの測定条件で行った。角閃石におけるFe<sup>2+</sup>・Fe<sup>3+</sup>の見積もりはDale *et al.* (2005) の方法に従った。

分析の結果、青緑色角閃石はNa-Ca角閃石であることが判明した (Fig. 6.A)。代表的なNa-Ca角閃石の化学組成をTable 1に示す。Na-Ca角閃石値全体を概観すると、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は0.8 wt.%未満と全体的に低く、FeO\*は17.49～30.50 wt.%と幅を持つ。Naは最大6.35 wt.%に達する。測定した各Na-Ca角閃石粒子の分析点をNa<sub>[B]</sub> (酸素イオン数を23とした場合のB席を占めるNaイオン数)-Si図にプロットすると、Si値は7.93-7.99 p.f.uとまとまった分布を示し、Na<sub>[B]</sub>値は0.64から1.34 p.f.uまで連続した分布を示す (Fig. 6.A)。Leake *et al.* (1997) による角閃石の分類に従えば、Na-Ca角閃石の多くはウィンチ閃石あるいはフェロウィンチ閃石であるが、AサイトのNa+Kが0.5以上を示すものがいくつかあり、それらはリヒター閃石あるいはフェロリヒター閃石である (Figs. 6.B, 6.C)。

若干不均質ではあるが大局的にはコア-マントル部分に高密度元素が集まるというBSE像での特徴 (Fig. 5.A) は、元素マッピングによると、ほぼFeの含有量 (Fig. 5.B) と対応している。実際にFeの高濃度部分はフェロウィンチ閃石・フェロリヒター閃石というFeの多いNa-Ca角閃石からなる (Fig. 5.B)。Caの含有量を見ると、リムに高い濃度を示し、リムがアクチノ閃石からなることを示している (Fig. 5.C)。Na含有量はCaの濃度と反転してコア-マントル部分に高濃度を示している。しかし、コア-マントル部分におけるNa含有量は均質ではなく、よりNa含有量の高い部分がしばしば存在する。Na含有量が特に高い部分はおもりにリヒター閃石及びフェロリヒター閃石からなる (Fig. 5.D)。

### 6. 考察

#### 6.1 ドレライトの帰属

本ドレライトは、テクトニックブロックとして分布する、超苦鉄質岩・変斑れい岩を伴う建石片岩類とは異なり、マイロナイト～カタクレサイト化をまったく被っていない。周囲の玄武岩とは漸移関係にあり、またドレライト～玄武岩・火砕岩からなる緑色岩体と周囲の非変成碎屑岩とは弱い剪断すべり面を介しているが基本的には密着関係である。したがって、ドレライト岩体は大規模な断層によって母体-松ヶ平帯のような他の構造位置からもたらされたテクトニックブロックではなく、前期石炭紀の沈み込み帯で付加した海洋地殻断片、つまり根田茂コンプレックスそのものであると考えられる。

第1表 代表的なNa-Ca角閃石のEPMA分析値. FeO\*:全鉄を2価で計算した値. f-Rht:フェロリヒター閃石, f-Wnc, フェロウィンチ閃石, Rht:リヒター閃石, Wnc:ウィンチ閃石.

Table 1 EPMA analyses of the representative sodic-calcic amphiboles from the dolerite. FeO\*: total Fe as FeO. f-Rht: ferrorichterite, f-Wnc: ferrowinchite, Rht: richterite, Wnc: winchite.

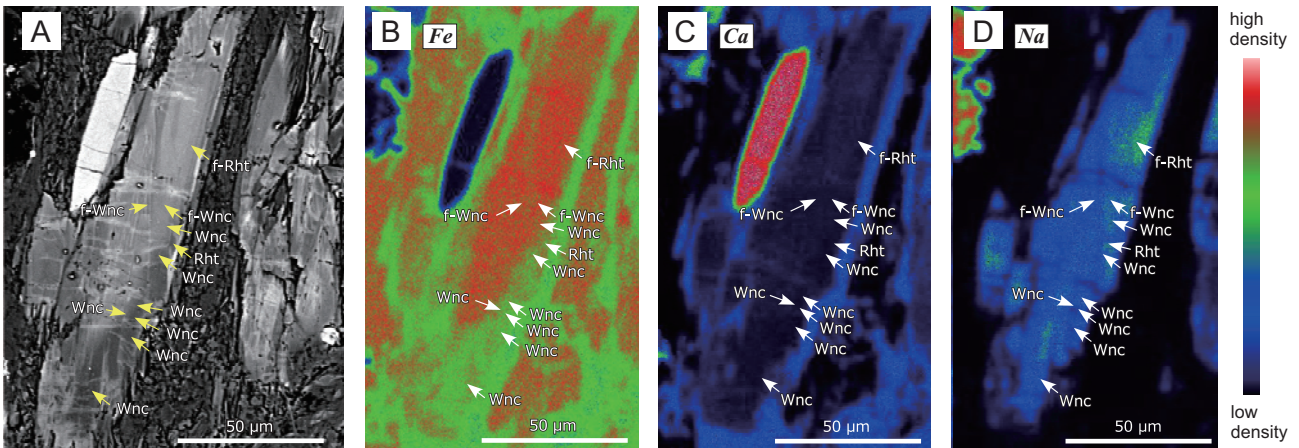
wt.%	Wnc	Wnc	Wnc	f-Wnc	f-Wnc	f-Wnc	Rht	Rht	Rht	f-Rht	f-Rht	f-Rht
SiO <sub>2</sub>	52.91	54.86	52.96	53.08	52.12	52.01	52.56	52.51	52.92	51.80	52.69	50.79
TiO <sub>2</sub>	0.99	0.84	0.98	0.32	0.79	0.88	0.66	1.19	1.36	0.35	0.33	0.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.50	0.47	0.47	0.36	0.56	0.54	0.42	0.52	0.50	0.39	0.34	0.71
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.04	0.02	0.00	0.04	0.04	0.00	0.00	0.05	0.03	0.04	0.00
FeO*	20.77	18.20	22.43	24.94	25.45	24.87	19.40	20.74	17.49	26.10	25.36	26.90
MnO	0.28	0.44	0.44	0.58	0.46	0.43	0.45	0.47	0.36	0.45	0.52	0.38
MgO	12.13	14.82	11.50	9.16	7.89	8.64	12.91	12.01	13.14	8.33	9.25	6.56
CaO	2.43	2.24	2.77	2.52	2.54	2.48	2.82	1.90	2.81	2.45	2.55	2.95
Na <sub>2</sub> O	4.91	4.28	3.73	5.06	5.27	5.32	5.50	5.36	5.70	5.53	5.27	6.35
K <sub>2</sub> O	0.64	0.66	0.61	0.58	0.86	0.76	0.57	0.66	0.87	0.73	0.59	0.91
Total	95.56	96.84	95.92	96.59	95.97	95.98	95.29	95.35	95.19	96.17	96.93	96.53
Si	7.96	7.96	7.96	7.97	7.95	7.95	7.96	7.95	7.96	7.96	7.97	7.93
Al <sup>IV</sup>	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07
ΣT	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
Al <sup>VI</sup>	0.04	0.04	0.04	0.03	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.03	0.07
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00
Ti	0.11	0.09	0.11	0.04	0.09	0.10	0.08	0.14	0.15	0.04	0.04	0.11
Fe <sup>3+</sup>	0.39	0.58	0.46	0.89	0.77	0.53	0.12	0.25	0.17	0.51	0.57	0.13
Mg	2.43	2.81	2.26	1.90	1.69	1.82	2.62	2.41	2.71	1.75	1.90	1.44
Fe <sup>2+</sup>	1.98	1.43	2.07	2.08	2.34	2.45	2.10	2.11	1.87	2.61	2.40	3.20
Mn	0.03	0.05	0.05	0.07	0.06	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05
ΣC	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Fe <sup>2+</sup>	0.23	0.20	0.29	0.17	0.14	0.21	0.24	0.27	0.16	0.24	0.24	0.19
Mn	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
Mg	0.29	0.40	0.31	0.15	0.10	0.15	0.30	0.31	0.23	0.16	0.19	0.08
Ca	0.39	0.35	0.45	0.40	0.42	0.41	0.46	0.31	0.45	0.40	0.41	0.49
Na	1.09	1.05	0.95	1.27	1.34	1.23	1.00	1.11	1.15	1.19	1.16	1.23
ΣB	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Na	0.34	0.16	0.14	0.20	0.22	0.35	0.62	0.46	0.51	0.46	0.39	0.69
K	0.12	0.12	0.12	0.11	0.17	0.15	0.11	0.13	0.17	0.14	0.11	0.18
ΣA	0.47	0.28	0.26	0.31	0.38	0.49	0.73	0.59	0.67	0.60	0.51	0.87
Total	15.47	15.28	15.26	15.31	15.38	15.49	15.73	15.59	15.67	15.60	15.51	15.87

## 6.2 Na-Ca 角閃石の意義

ウィンチ閃石などのNa-Ca角閃石は一般にフランシスカン帯・三波川帯・常呂帯・周防帯など高圧型変成帯中に見出されている(例えば, Maruyama and Liou, 1988; Otsuki and Banno, 1990; Sakakibara, 1991; Nishimura, 1998). そして, 例えば三波川帯では, Na-Ca角閃石+曹長石+緑泥石+赤鉄鉱+石英という鉱物組み合わせにおいて, ウィンチ閃石は緑色片岩相よりやや高圧の条件下で形成されたものと考えられている(Otsuki and Banno, 1990). 一方, ウィンチ閃石は高圧型変成岩以外にマンガン鉱床やアルカリ火成岩でも産

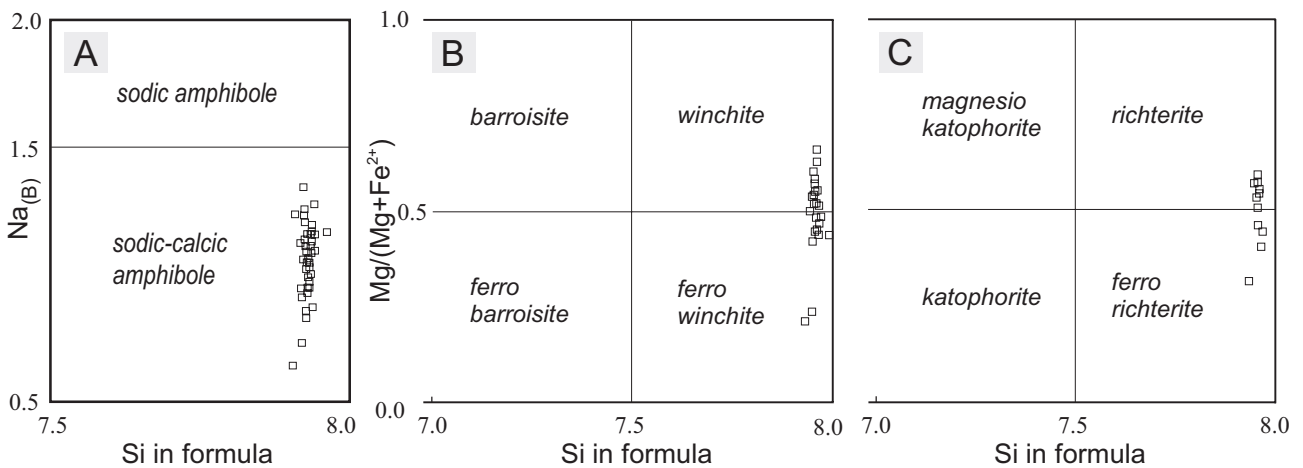
し, 高圧型変成岩では高Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・低TiO<sub>2</sub>を, マンガン鉱床では高MnOを, アルカリ火成岩では低Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>・高TiO<sub>2</sub>の特徴を示す傾向にある(Hirajima *et al.*, 2000). 例えば, 三波川帯の緑泥石帯に分布する緑色岩中のCa-Na角閃石のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は1.43~2.77 wt.%を, TiO<sub>2</sub>は0.01~0.08 wt.%を示す(Higashino *et al.*, 1981). マンガン鉱床中のCa-Na角閃石のMnOは1.92~15.38 wt.%を, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は0.00~2.29 wt.%を, TiO<sub>2</sub>は0.00~1.49 wt.%を示す(南部ほか, 1980; 石田, 1984). アルカリ火成岩のCa-Na角閃石のAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は0.02~2.39 wt.%を, TiO<sub>2</sub>は0.32~2.21 wt.%を示す(Strong and Taylor,





第5図 (A) Na-Ca 角閃石の後方散乱電子 (BSE) 像. (B) Na-Ca 角閃石における Fe の組成カラーマップ. (C) Ca の組成カラーマップ. (D) Na の組成カラーマップ. f-Rht: フェロリヒター閃石, f-Wnc, フェロウィンチ閃石, Rht: リヒター閃石, Wnc: ウィンチ閃石.

Fig. 5 (A) Backscattered electron image of sodic-calcic amphibole. (B-D) Color compositional map of the sodic-calcic amphibole for Fe (B), Ca (C) and Na (D). f-Rht: ferrichterite, f-Wnc: ferrowinchite, Rht: richterite, Wnc: winchite.



第6図 (A)  $Na_{[B]}$ -Si 図にプロットされた青緑色角閃石の値. (B)  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ -Si 図にプロットされた, A サイトの  $Na + K$  が 0.5 未満の Na-Ca 角閃石の値. (C)  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ -Si 図にプロットされた, A サイトの  $Na + K$  が 0.5 以上の Na-Ca 角閃石の値. すべての図における角閃石の分類は Leake *et al.* (1997) に従った.

Fig. 6 (A) Data of the bluish green amphibole plotted in  $Na_{[B]}$  vs. Si diagram. (B) Data of the sodic-calcic amphibole plotted in  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  vs. Si diagram.  $Na_{[A]}+K_{[A]} \geq 0.5$ . (C) Data of the sodic-calcic amphibole plotted in  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$  vs. Si diagram.  $Na_{[A]}+K_{[A]} < 0.5$ . Classification of the amphibole in all the figures followed after Leake *et al.* (1997).

1984). また, 接触変成帯中の砂質ホルンフェルスからは,  $Al_2O_3$  が 0.6~1.1 wt.%,  $TiO_2$  が 1.5~2.3 wt.% の低  $Al_2O_3$ ・高  $TiO_2$  を示す角柱状のウィンチ閃石が見出されている (Hirajima *et al.*, 2000). アルカリ超苦鉄質岩コンプレックス中のバーミキュライト鉱床からは  $Al_2O_3$  が 0.01~0.46 wt.%,  $TiO_2$  が 0.04~0.23 wt.% の低  $Al_2O_3$ ・低  $TiO_2$  を示す Na-Ca 角閃石が産する (Meeker *et al.*, 2003).

したがって, 高  $Al_2O_3$ ・低  $TiO_2$  を示さない, すなわち藍閃石成分に乏しい特徴を持つ本ドレライト中の

Na-Ca 角閃石 ( $Al_2O_3$ : 0.33~0.74 wt.%,  $TiO_2$ : 0.31~1.36 wt.%) は化学組成的には高压変成タイプを示すとは言い難い. しかしながら, 伊豆小笠原弧の蛇紋岩海山中の青色片岩相を示す低温高压型変成岩には  $Al_2O_3$  が 0.26~0.35 wt.%,  $TiO_2$  が 0.03 wt.% と藍閃石成分に極めて乏しいウィンチ閃石が分布すること (Maekawa *et al.*, 1995), 本ドレライトの全岩化学組成は海山型ソレライトを示すこと, Na-Ca 角閃石が単斜輝石のリムに細粒針状結晶として発達する産状 (Fig. 4.C) は, 比較的自形をなして産する火成鉱物や接触変成帯の交代

鉍物の特徴とは異なること、本ドレライトから接触変成や石英長石脈に伴う流体による変質・交代作用の痕跡は特に見出されていないことを考慮すると、本ドレライト中のNa-Ca角閃石が沈み込み帯での変成作用を被った可能性は否定できない。その場合、沈み込み帯において少なくともNa-Ca角閃石が産出するような高圧型変成深度領域（緑色片岩相～緑れん石青色片岩相とパンペリー石-アクチノ閃石相の漸移相程度）に達していた可能性が考えられる。

内野・川村 (2006) は根田茂帯から含藍閃石苦鉄質片岩 (建石片岩類; Fig. 2) を見出し、根田茂帯の一部が高圧型変成相を示すことを明らかにした。しかし、その後、Kawamura *et al.* (2007) によって、建石片岩類は他の地質帯から定置させられたテクトニックブロックであることが明らかにされ、根田茂コンプレックスの一部が高圧型変成を被ったという考えは白紙に戻されている。したがって、今後、根田茂コンプレックスから高圧型変成作用を示すような確実な鉍物組み合わせが見つかる可能性もあり、変成鉍物の詳細な検討は重要な研究課題である。

**謝辞:** 産業技術総合研究所地質情報研究部門の宮崎一博博士には変成作用に関しての多くのご意見を頂いた。弘前大学教育学部の植田勇人博士には角閃石の同定に関して多くのご教示を頂いた。産業技術総合研究所地質情報研究部門の小笠原正継博士にはBSE像撮影の際に便宜を図って頂いた。北海道大学大学院理学研究院薄片技術室野村秀彦技官には薄片作成の協力を頂いた。京都大学理学部の平島崇男博士及び岡山大学地球物質科学研究センターの辻森 樹博士には本研究に際し有益なご意見を頂いた。産業技術総合研究所地質情報研究部門の青矢睦月博士には査読を通じて、本論改善のための有益なご指摘を頂いた。記して感謝の意を表する。

## 文 献

- Dale, J., Powell, R., White, R.W., Elmer, F.L. and Holland, T.J.B. (2005) A thermodynamic model for Ca-Na clin amphiboles in  $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{FeO}-\text{MgO}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}-\text{O}$  for petrological calculations. *Jour. Metamorphic Geol.*, **23**, 771-791.
- 濱野幸治・岩田圭示・川村信人・北上古生層研究グループ (2002) 早池峰帯緑色岩中の赤色チャートから得られた後期デボン紀コノドント年代. 地質雑, **108**, 114-122.
- Higashino, T., Sakai, C., Otsuki, M., Itaya, T. and Banno, S. (1981) Electron microprobe analyses of rock-forming minerals from the Sanbagawa metamorphic rocks, Shikoku, Part I. Asemi River area. *Sci. Rep. Kanazawa Univ.*, **26**, 73-122.
- Hirajima, T., Nakamura, D. and Shirahata, K. (2000) Winchite from Mt. Hiei contact aureole, Kyoto, Japan. *Jour. Mineral. Petrol. Sci.* **95**, 101-112.
- 石田清隆 (1984) マンガン鉍床産含マンガンアルカリカルシウム角閃石の鉍物学的研究. 鉍物学雑誌, **16**, 353-364.
- Kawamura, M., Uchino, T., Gouzu, C. and Hyodo, H. (2007) 380 Ma  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  ages of the high-P/T schists obtained from the Nedamo Terrane, Northeast Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **113**, 492-499.
- 川村寿郎・井龍康文・川村信人・町山栄章・吉田孝紀 (1996) 南部北上古生界標準層序と“早池峰構造帯”. 日本地質学会第103年学術大会見学旅行案内書, 59-97
- 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.
- Maekawa, H., Shozui, M., Ishii, T., Saboda, K.L. and Ogawa, Y. (1992) Metamorphic Rocks from the Serpentinite Seamounts in the Mariana and Izu-Ogasawara Forearcs. *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, **125**, 415-430
- Maruyama, S. and Liou, J.G. (1988) Petrology of Franciscan Metabasites Along the Jadeite-Glaucophane Type Facies Series, Cazadero, California. *Jour. Petrol.*, **29**, 1-37.
- Meeker, G.P., Bern, A.M., Brownfield, I.K., Lowers, H.A., Sutley, S.J., Hoefen, T.M. and Vance, J.S. (2003) The composition and morphology of amphiboles from the Rainy Creek Complex, near Libby, Montana. *Amer. Mineral.*, **88**, 1955-1969.
- 南部松夫・谷田勝俊・北村 強 (1980) 本邦産含マンガン角閃石の化学組成と分類. 鉍物学雑誌, **14** 特別号, 98-116.
- Nishimura, Y. (1998) Geotectonic subdivision and areal extent of the Sangun belt, Inner Zone of Southwest Japan. *Jour. Metamorphic Geol.*, **16**, 129-140.
- 大貫 仁・柴 正敏・香川浩昭・堀 弘 (1988) 北部北上山地の低温広域変成岩類 I. 区界—盛岡地域. 岩鉍, **83**, 495-506.
- 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.

Sakakibara, M. (1991) Metamorphic petrology of the northern Tokoro metabasites, eastern Hokkaido, Japan. *Jour. Petrol.*, **32**, 333-364.

Strong, D.F. and Taylor, R.P. (1984) Magmatic-subsolidus and oxidation trends in composition of amphiboles from silica-saturated peralkaline igneous rocks. *TMPM Tschermaks Min. Petr. Mitt.*, **32**, 211-222.

内野隆之・川村信人 (2006) 根田茂帯 (旧“早池峰帯”) から発見された藍閃石を含む苦鉄質片岩とその意義. 地質雑, **112**, 478-481.

内野隆之・川村信人 (2009) 根田茂帯緑色岩の化学組成.

地質雑, **115**, 242-247.

内野隆之・栗原敏之・川村信人 (2005) 早池峰帯から発見された前期石炭紀放射虫化石-付加体碎屑岩からの日本最古の化石年代-. 地質雑, **111**, 249-252.

内野隆之・川村信人・郷津知太郎・兵藤博信 (2008a) 根田茂帯礫岩から得られた含ザクロ石泥質片岩礫の白雲母  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年代. 地質雑, **114**, 314-317.

内野隆之・川村信人・川村寿郎 (2008b) 北上山地前期石炭紀付加体「根田茂帯」の構成岩相と根田茂帯・南部北上帯境界. 地質雑, **114** 補遺, 141-157.

(受付: 2009年8月5日; 受理: 2009年11月4日)