

## 北部北上帯南西縁部, ジュラ紀付加体中玄武岩の地球化学的特徴と起源

内野 隆之<sup>1,\*</sup>

UCHINO Takayuki (2021) Geochemical features and origin of basalt within the Jurassic accretionary complex in the southwestern margin of the North Kitakami Belt, Northeast Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 72 (2), p. 109–118, 4 figs, 1 table, 2 appendices.

**Abstract:** Basalt within an accretionary complex is generally considered to be part of fragments scraped from a subducting oceanic plate. Regarding the basalt within the North Kitakami Belt in Northeast Japan, although it is also thought to be of oceanic islands, there have been few geochemical studies of the basalt. In this report, whole-rock geochemical analyses were preliminarily conducted on six basalt samples from the Early–Middle Jurassic accretionary complexes in the southwestern margin of the North Kitakami Belt to determine their origins. As a result, four samples showed a geochemical signature consistent with MORB, whereas two samples were alkaline oceanic island basalt, according to geochemical discrimination diagrams and trace-element spider-diagrams. Notably, a certain amount of basalt indicating the MORB signature is recognized within the North Kitakami Belt.

**Keywords:** basalt, whole-rock analysis, Jurassic, accretionary complex, MORB, oceanic island, North Kitakami Belt, Northeast Japan

### 要 旨

付加体中の玄武岩は沈み込む海洋地殻断片の一部であると一般に考えられている。北上山地の北部北上帯ジュラ紀付加体中の玄武岩も、主に海洋島起源と考えられているが、その研究は少ない。本研究では北部北上帯南西縁部に分布する前期～中期ジュラ紀付加体中の玄武岩6試料の全岩化学組成を分析し、その起源を推定した。地球化学判別図や微量元素のスパイダー図から、4試料が中央海嶺玄武岩(MORB)の特徴を、2試料が海洋島アルカリ玄武岩の特徴を示す。つまり、北部北上帯南西縁部には海洋島型のみならず、MORB型の玄武岩が一定量存在することが明らかになった。

### 1. はじめに

奥羽山脈おううの東方に位置する北上山地は、主に南半部の南部北上帯と北半部の北部北上帯によって占められている。南部北上帯は中生代の島弧陸棚層からなる一方、北部北上帯は主にジュラ紀付加体からなる。ジュラ紀付加体は秩父帯、美濃帯、丹波帯、足尾帯あしむね、渡島帯などに分布するが、その中でも北部北上帯には最も広範囲にかつまとまって分布する。北部北上帯のジュラ紀付加体は、上記地帯の付加体と同様に、陸源性砕屑岩のほか、チャー

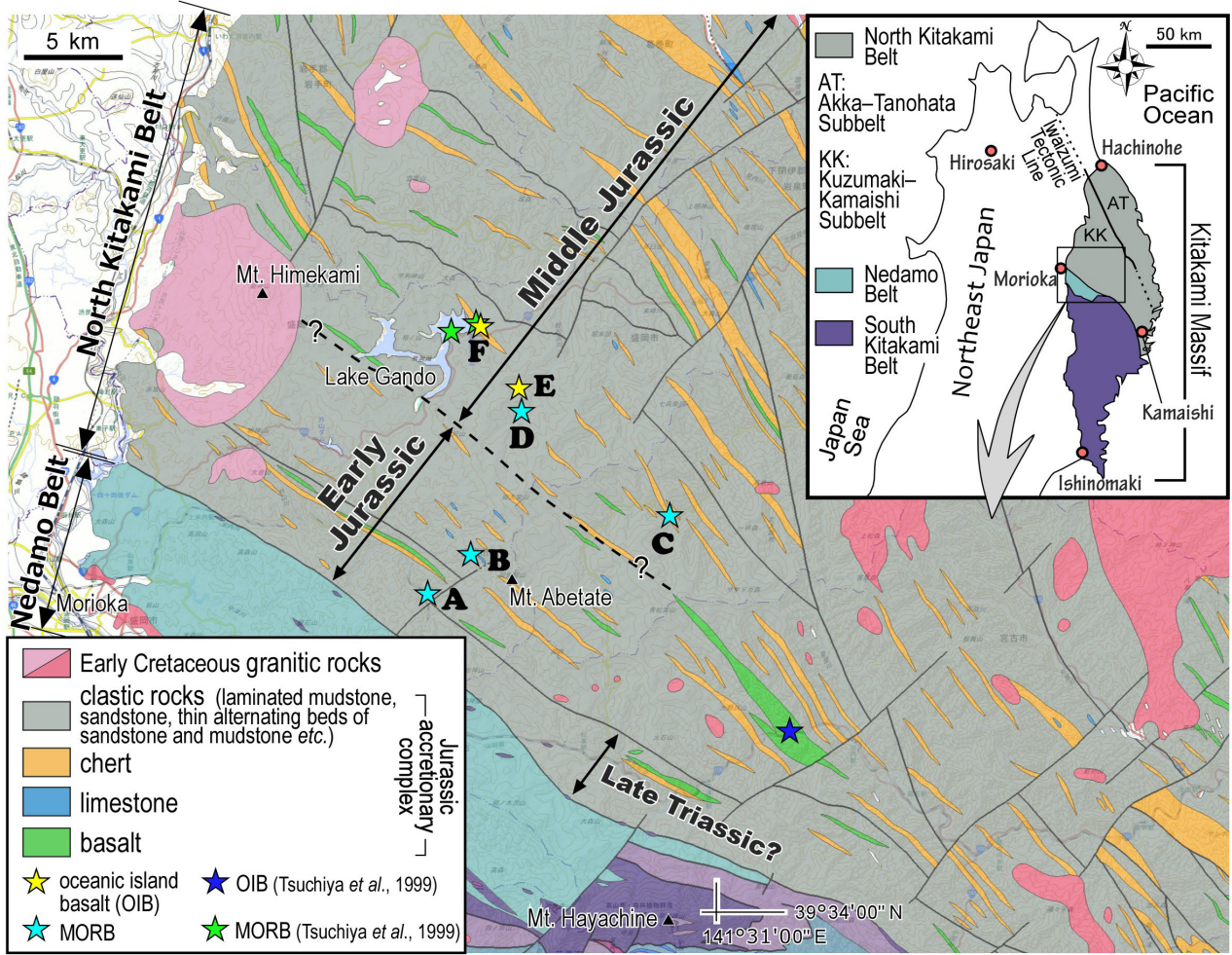
ト・石灰岩・苦鉄質岩を含んでおり、そしてこの苦鉄質岩は海洋島玄武岩(OIB)や中央海嶺玄武岩(MORB)などの海洋地殻断片であると考えられている(例えば、Isozaki *et al.*, 1990)。しかし、北部北上帯の付加体における苦鉄質岩の性状については極めて報告が少なく、古くはKawabe *et al.* (1979)によって海洋性玄武岩の特徴が示唆されたことがあるが、微量元素組成まで含めた地球化学的見地から議論されたものは土谷ほか(1999)や三浦・石渡(2001)などに限られる。本研究では、北部北上帯南西縁部の付加体中玄武岩の性状を把握するために、予察的に6試料について全岩化学組成を分析したのでここに報告する。

### 2. 北部北上帯南西縁部の付加体

北上山地の北部北上帯は、北北西–南南東方向の岩泉構造線を境に、南西側の葛巻–釜石垂帯くずまきと北東側の安家–田野畑垂帯あつかに区分されている(永広ほか, 2005; 第1図)。付加体の苦鉄質岩は、後者地帯には比較的大規模岩体として産することがあるが(例えば、杉本, 1979)、前者地帯には小規模なものしか産しない。土谷ほか(1999)は葛巻–釜石垂帯の5地区(一戸, 葛巻, 岩洞, 達曾部口, 釜石)と安家–田野畑垂帯の2地区(沢山川, 白人)の苦鉄質岩の分析を行い、前者地帯南西縁部に位置する岩洞地区

<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)

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



第1図 玄武岩試料地点を示した北部北上帯南西縁部の地質図。地質図は産総研地質調査総合センター（2019）の20万分の1日本シームレス地質図V2を引用した。新生代の地質体は表現されていない。また、根田茂帯の凡例は省略してある。

Fig. 1 Geological map of the southwestern margin of the North Kitakami Belt, showing sampling locations of basalt. Geological map was referred from the Seamless Digital Geological Map of Japan (1:200,000) V2 of the Geological Survey of Japan, AIST (2019). Cenozoic geologic bodies are not painted, and legends of the Nedamo Belt are omitted.

の試料がMORBの特徴を示すことを除き、ほかすべての試料が海洋島アルカリ玄武岩(OIA)を示すことを報告した。三浦・石渡(2001)は安家-田野畑垂帯の八戸付近(北上山地最北端)に産する苦鉄質岩(島守層)を分析し、一部OIAを示すものの大半が海洋島ソレライト(OIT)を示すことを報告した。Suzuki *et al.* (2007)は葛巻-釜石垂帯南部(宮古市西部-大槌町)の苦鉄質岩を分析し、そのほとんどが海洋島(OIB)起源であることを示した。また、永広ほか(2010)は同垂帯の一戸南方に産する苦鉄質岩を予察的に分析し、OIAを示すことを報告した。以上のように、知られる限り北部北上帯の苦鉄質岩はほとんどがOIB起源である。

葛巻-釜石垂帯に属する北部北上帯南西縁部の付加体は、葉理泥岩、砂岩、砂岩泥岩互層及びチャートを主体とし、少量の玄武岩と極めて僅かの石灰岩を伴う(第1

図)。特に葉理泥岩は、炭質物や粘土鉱物の発達する暗灰色の泥質層と、それらが少なく微細な石英を主体とする灰白色の珪質層がミリオーダーで互層するもので、泥質層優勢の場合から珪質層優勢の場合までである。チャートは通常単層厚が数cmの成層構造を示すが、こちらもしくはミリオーダーで泥質層と互層することがあり、吉田(1981)は上記の葉理泥岩も含め“チャートラミナイト”と呼称した。葉理泥岩は葛巻-釜石垂帯の付加体の特徴付ける岩石であり、本岩中にはしばしばチャートや砂岩が、またまれに玄武岩が、数mm~数10cmのシート状あるいはレンズ状岩塊として挟み混在岩となっている。付加体は全体に剪断変形を受けており、特に葉理泥岩には非対称変形構造などが顕著に認められる。地層は、全体的に北西-南東の走向で、大局的には南西に中~高角度で傾斜している。ただし、層理面に平行な軸面を持

つ、半波長100～200 mで翼間隔の閉じた小規模のシンフォーム・アンチフォームが本地域南西縁部を中心に局所的に発達する。

同帯南西縁部の付加体については、陸源性碎屑岩からの化石報告がなく付加体の年代は不明であったが、内野(2019, 2021)によって砂岩の碎屑性ジルコンU-Pb年代が測定され、従来から知られていた中期ジュラ紀だけでなく、最南西縁部に前期ジュラ紀の付加体が分布していることが示された。ただし、両者の岩相の差異は明瞭ではなく、第1図で示した境界断層の位置は5 km以下の誤差を含んでおり、またその東西延長部については良く分かっていない。

### 3. 玄武岩の全岩化学分析

#### 3.1 採取試料

採取された玄武岩は6試料(A-F)で、A, Bの2試料が前期ジュラ紀付加体分布域の、C-Fの4試料が中期ジュラ紀付加体分布域のものである(第1図)。詳しい試料採取地点は付図1に示した。

Aは中津川最上流部右岸側の林道沿い(本田沢との出合より北に1 km地点: 39° 42' 28.99" N, 141° 20' 44.41" E)に産する厚さ約50 mの暗赤紫色の塊状玄武岩である。周辺には葉理泥岩が産する。玄武岩は、無斑晶質で、針状の斜長石の間を細粒の赤鉄鉱・単斜輝石・チタン石・アルバイト・緑れん石・隠微晶質な鉱物が充填し、インターグラニューラー組織を示している(第2図a)。また、石英、緑泥石、緑れん石、白雲母、方解石からなる細脈が発達する。

Bは甲子又沢支流の河床(阿部館山より北西に2.5 km地点: 39° 43' 30.45" N, 141° 22' 45.42" E)に産する厚さ約30 mの緑色の玄武岩であり、弱い剪断変形を被っている。周辺には層状チャートが産する。玄武岩には、もとはかんらん石と推測される長柱状～六角形状の仮像が認められ、現在は緑泥石と細粒な緑れん石や赤鉄鉱によって置換されている(第2図b)。石基は、チタン普通輝石、斜長石、リューコキシン、赤鉄鉱などからなり、二次鉱物として細粒の緑れん石やパンペリー石も産している。また緑泥石と緑れん石からなる細脈もしばしば認められる。

Cは岩泉町釜津田地区岩ノ渡に流れる大川の河床(39° 44' 34.18" N, 141° 29' 21.05" E)に産する厚さ約30 mの緑色の玄武岩である。構造的下位にはチャート・玄武岩火山碎屑岩を含む葉理泥岩が、上位には層状チャートが産する。玄武岩は強い剪断変形を被っており、微細なリューコキシン、緑泥石、アルバイトからなる黒色シームが発達する。もとはかんらん石と推測される四角形～六角形の斑晶が頻りに認められ、現在は、緑泥石と細粒の緑れん石、チタン石、方解石に置換されている(第2図c)。石基は針状の斜長石、細粒の単斜輝石、リューコ

キシン、その他隠微晶質な鉱物からなり、二次鉱物として細粒の緑れん石、緑泥石、アクチノ閃石が発達している。また、石英、方解石、緑泥石、黒雲母、パンペリー石からなる細脈が認められる。

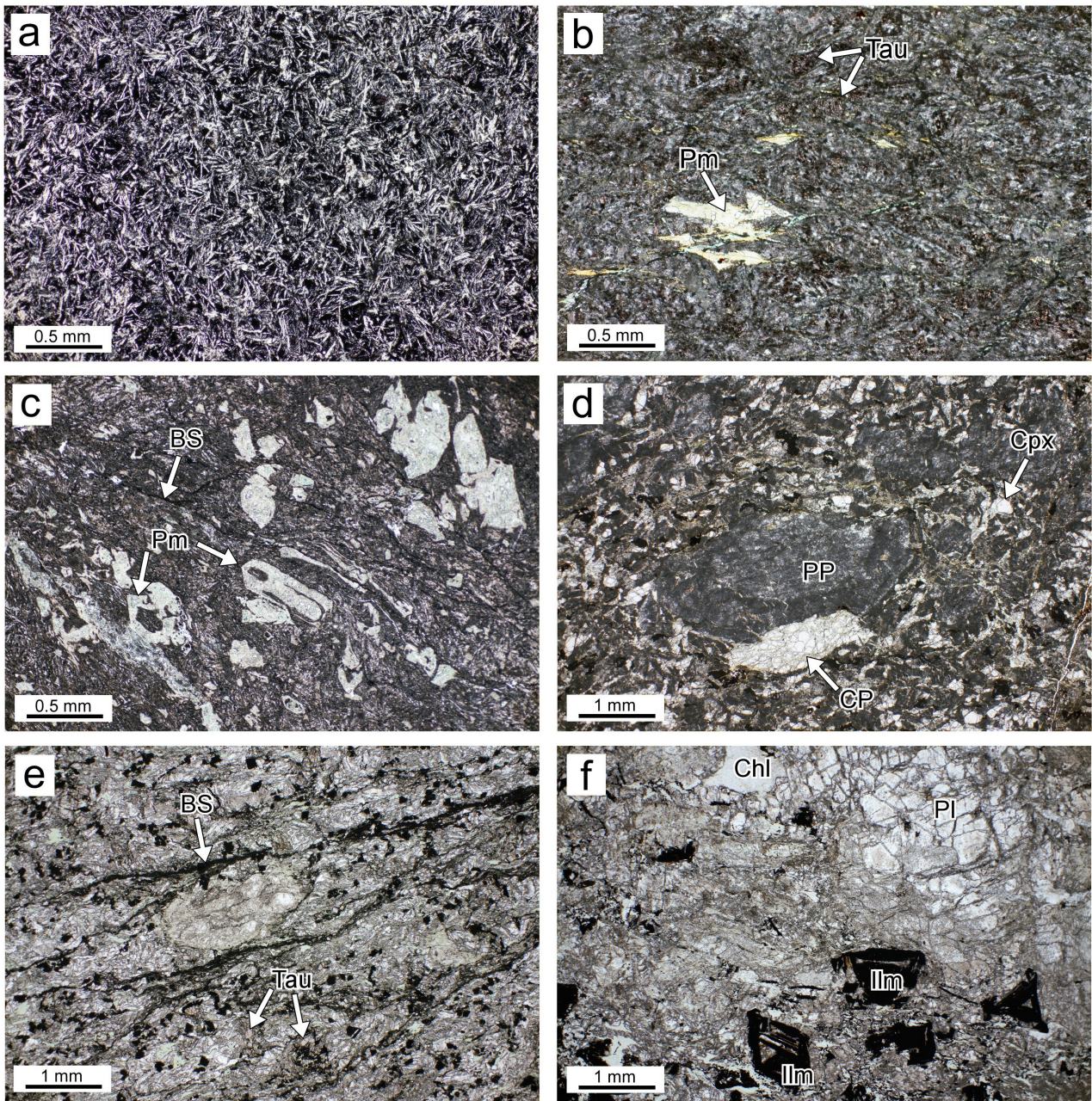
Dは軽松沢川中上流の河床(大間ヶ沢との出合より200 m上流地点: 39° 47' 22.82" N, 141° 24' 07.02" E)に産する厚さ約30 mに及ぶ緑色のやや粗い玄武岩である。周辺には層状チャートが産する。玄武岩は斜長石及び単斜輝石の斑晶を含み、石基は完晶質で斜長石、単斜輝石、チタン石のほか細粒の赤鉄鉱が認められる(第2図d)。斜長石はソーシュライト化しており、緑泥石、セリサイト、アルバイト、アクチノ閃石、パンペリー石に置換されている。また、緑泥石、セリサイトからなる細脈もしばしば認められる。

Eは軽松沢川支流の庄ヶ久保沢の河床(軽松沢川との出合より800 m上流地点: 39° 48' 01.62" N, 141° 24' 00.11" E)に産する厚さ約160 mに及ぶ淡緑色のやや粗い塊状玄武岩でありDの層準の構造的下位にあたる。周辺には泥岩珪質岩互層が認められる。玄武岩は剪断変形を被っており、微細なリューコキシンからなる黒色シームが発達する。やや粗いチタン普通輝石、斜長石、ケルスート閃石、チタン鉄鉱からなる(第2図e)。チタン鉄鉱の一部はチタン石に、またソーシュライト化した斜長石は細粒の白雲母、緑泥石、チタン石、アルバイトに置換されている。少量ではあるが、細粒のスティルプノメレンや赤鉄鉱が産しているほか、チタン普通輝石及びケルスート閃石のリムに青緑色の微細なアルカリ角閃石が産している。また、緑泥石からなるプール、及び細粒の白雲母とアルバイトからなるプールも認められる。

Fは岩洞ダム下、丹藤川左岸の大規模な崖露頭(Mori *et al.*, 1992のStop 1 (同Fig. 4b): 39° 49' 41.11" N, 141° 22' 40.93" E)に産する葉理泥岩に挟まれる厚さ4 mの緑灰色の粗い玄武岩である。土谷ほか(1999)で分析された“岩洞試料”採取地点(Mori *et al.*, 1992のFig. 4a)の約150 m北にあたる。周辺には層状チャートや砂岩泥岩互層が産する。玄武岩は剪断変形を被っており、微細なリューコキシン、緑泥石、方解石からなる黒色シームが発達する。完晶質で、斜長石とチタン鉄鉱からなる(第2図f)。チタン鉄鉱の一部はチタン石に、ソーシュライト化した斜長石はアルバイト、方解石、白雲母、緑泥石に置換されている。また、しばしば緑泥石プールが認められるほか、全体的に細粒の方解石が発達している。

#### 3.2 測定手法と結果

分析はカナダのActivation Laboratories (Actlabs)社に依頼した。主要元素及び微量元素は、誘導結合プラズマ発光分光分析装置(ICP-OES)、誘導結合プラズマ質量分析装置(ICP-MS)でそれぞれ測定を行った。分析に際しては、試料を粉碎し、粉末は四ホウ酸リチウムとともに



第2図 分析された玄武岩試料の薄片写真。(a) A試料, 中津川上流の林道。(b) B試料, 中津川支流の甲子又沢。(c) C試料, 釜津田地区の大川。(d) D試料, 軽松沢川中流部。(e) E試料, 軽松沢川支流の庄ヶ久保沢。(f) F試料, 岩洞ダム下の大規模崖。

BS: 黒色シーム, Chl: 緑泥石, Cpx: 単斜輝石, CP: 単斜輝石斑晶, Ilm: チタン鉄鉱, Pl: 斜長石, Pm: 斑晶仮像, PP: 斜長石斑晶, Tau: チタン普通輝石。全薄片が単ポーラー。

Fig. 2 Photomicrographs of thin sections of the analyzed basalt (plane-polarized light). (a) Sample A from forest road along upper stream of Nakatsu River. (b) Sample B from Kinemata Stream, branch stream of Nakatsu River. (c) Sample C from Okawa River in Kamatsuda hamlet. (d) Sample D from middle stream of Karumatsuzawa River. (e) Sample E from Shogakubo Stream, branch stream of Karumatsuzawa River. (f) Sample F from large cliff below the Gando Dam.

BS: black seam, Chl: chlorite, Cpx: clinopyroxene, CP: clinopyroxene phenocryst, Ilm: ilmenite, Pl: plagioclase, Pm: phenocryst pseudomorph, PP: plagioclase phenocryst, Tau: titan augite. All samples are under the open polarized light.

第1表 北部北上帯南縁部付加体中玄武岩の全岩化学組成値.

Table 1 Whole-rock major- and trace-element geochemical data for basalt in the southwestern margin of the North Kitakami Belt. Major- and trace-element units are wt.% and ppm, respectively. FeO\*: total Fe as FeO, L.O.I.: loss-on-ignition.

Sample No.	A	B	C	D	E	F
Rock type	MORB	MORB	MORB	MORB	OIB	OIB
(wt.%)						
SiO <sub>2</sub>	51.10	46.19	42.92	47.47	46.57	47.03
TiO <sub>2</sub>	1.31	1.99	1.35	1.44	2.78	1.98
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.12	17.18	18.38	16.39	16.28	18.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.22	12.05	11.23	10.48	12.64	9.88
MnO	0.11	0.18	0.18	0.17	0.21	0.18
MgO	1.83	5.06	4.53	6.93	6.23	6.22
CaO	2.91	9.03	14.02	9.28	4.74	4.80
Na <sub>2</sub> O	6.35	2.57	2.47	3.72	3.77	4.43
K <sub>2</sub> O	1.28	2.82	0.16	0.25	2.38	1.68
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.17	0.14	0.11	0.14	0.60	0.50
Total	97.39	97.22	95.35	96.27	96.20	94.72
L.O.I	1.84	3.03	5.16	4.06	3.76	5.82
FeO*	12.80	10.84	10.10	9.43	11.37	8.89
FeO*/MgO	6.99	2.14	2.23	1.36	1.83	1.43
Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	4.96	0.91	15.44	14.88	1.58	2.64
(ppm)						
Sc	42	45	48	36	15	15
V	191	323	351	249	179	173
Cr	250	350	680	220	<20	<20
Co	46	47	38	35	22	26
Ni	70	110	210	70	<20	<20
Cu	30	40	30	70	20	30
Rb	20	46	3	3	33	51
Zn	200	180	110	110	140	100
Sr	145	153	190	35	340	216
Y	30	36	32	24	35	25
Zr	72	114	81	93	265	183
Nb	2.6	2.6	<0.2	6.3	64.9	48.3
Ba	64	190	140	40	325	290
Pb	<5	<5	<5	<5	<5	<5
Th	0.3	0.2	<0.05	0.5	5.5	4.2
Ga	11	21	21	14	23	18
Hf	1.8	3.0	2.1	2.1	5.9	4.3
Ta	0.2	0.2	0.0	0.4	4.0	3.0
U	0.2	0.1	0.2	0.2	1.5	1.1
La	3.7	5.1	2.6	6.0	51.4	30.7
Ce	6.9	11.1	8.4	14.7	101.0	65.4
Pr	1.4	2.2	1.6	2.2	11.5	8.0
Nd	6.7	12.9	9.5	10.4	45.3	31.3
Sm	2.6	4.6	3.2	3.2	9.7	6.8
Eu	1.0	1.7	1.3	1.2	3.1	2.0
Gd	3.7	6.0	4.7	4.2	8.6	5.8
Tb	0.7	1.1	0.9	0.7	1.3	0.9
Dy	5.0	6.7	5.6	4.5	7.0	5.2
Ho	1.1	1.4	1.2	0.9	1.4	1.0
Er	3.1	3.9	3.6	2.5	3.6	2.7
Tm	0.5	0.6	0.5	0.4	0.5	0.4
Yb	2.9	3.6	3.6	2.4	3.1	2.4
Lu	0.4	0.5	0.6	0.4	0.5	0.4

FeO\* and MgO of FeO\*/MgO, and Na<sub>2</sub>O and K<sub>2</sub>O of Na<sub>2</sub>O/K<sub>2</sub>O are the vaules normalized to anhydrous 100 % in total.

溶解させた後、測定に供した。灼熱減量(L. O. I)については、試料2 gを1,000 °Cで2時間加熱した後に測定した。なお、詳しい分析条件等についてはActlabs社のウェブサイト (<http://www.actlabs.com/>) で参照できる。また、標準試料の分析値を付表1に示した。

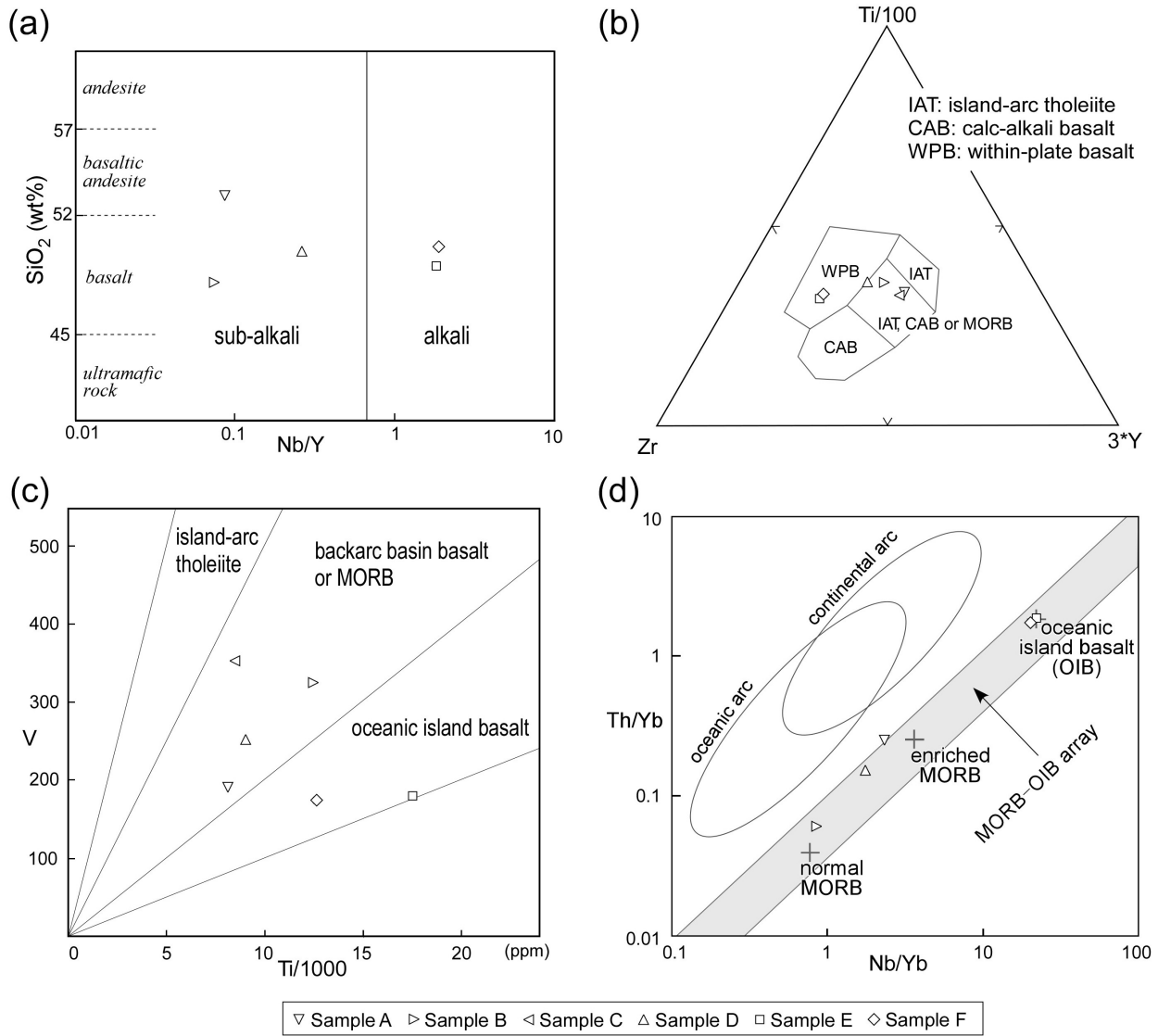
分析結果を第1表に示す。SiO<sub>2</sub>含有量は43 ~ 51 wt.%であり、変質による多少の元素移動があることを考慮すると、概ね玄武岩組成を示すといえる(第3図a)。灼熱減量は1.8-5.8 wt.%である。C, Dの試料はK<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O比が15程度と他の試料に比べて高く、アルカリ元素のある程度の移動が示唆される。特にCのやや低いSiO<sub>2</sub>含有量や他よりも高いCaO含有量は、剪断変形時の流体移動が影響していると考えられる。AはFeO\*/MgOが7と高いが、これは赤紫色の原因でもある赤鉄鉱が大量に産していることによる。また、AのSiO<sub>2</sub>やNa<sub>2</sub>Oの含有量が他よりも高い理由も元素移動による可能性がある。微量元素に着目すると、A-Dの試料とE, Fの試料との間に大きな差異が認められる。例えば、A-Dの試料はSc・V・Cr・NiがE, Fの試料より高い値を示すが、Zr・Nb・Ba・Th・Hf・Ta・U・La・Ce・Pr・Nd・Sm・Euに関してはE, Fの試料より低い値を示す。

#### 4. 玄武岩の起源

付加体中の玄武岩のように、少なからず変質・変成を被っている岩石の形成場を判定するには、二次的作用によって移動しにくいTi・P・Zr・Y・Nbなどのようなイオン価の高い不適合元素(HFS元素)を用いた地球化学判別図が有効である(例えば, Cann, 1970; Hart *et al.*, 1974; Pearce and Norry, 1979; Meschede, 1986; Bienvenu *et al.*, 1990)。

アルカリ/非アルカリ岩を区分するSiO<sub>2</sub>-Nb/Y図(Winchester and Floyd, 1977)においては、EとFの2試料がNb/Y比0.67以上のアルカリ岩領域にプロットされる(第3図a)。Ti-Zr-Y図(Pearce and Cann, 1973)の地球化学判別図では、前図でアルカリ岩に相当するEとFの試料はプレート内玄武岩(WPB: OIBに相当)領域に、それ以外は島弧玄武岩(カルクアルカリ岩(CAB), 島弧型ソレライト(IAT))またはMORB領域にプロットされる(第3図b)。Ti-V図(Shervais, 1982)では、EとFの試料はOIBに、それ以外の試料は、背弧玄武岩あるいはMORBの領域にプロットされる(第3図c)。Nb/Yb-Th/Yb図(Pearce, 2008)でも、EとFの試料はOIBに、それ以外の試料はnormal MORB (N-MORB)からenriched MORB (E-MORB)の領域にプロットされる(第3図d)。なお、図には示していないが、E, FはTiO<sub>2</sub>-MnO-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>図(Mullen, 1983)でもやはりOIAの領域にプロットされる。

次に、HFS元素や希土類元素について、それぞれN-MORBとコンドライトで規格化されたスパイダー図(第4図)でそれらのパターンを見てみる。EとFの



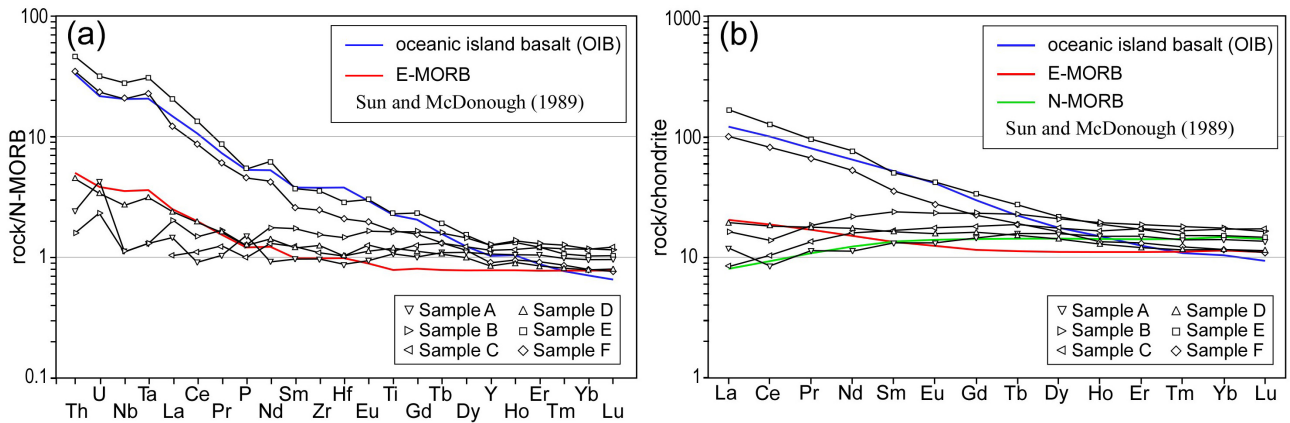
第3図 玄武岩の起源判定に使用された地球化学判別図. (a)  $\text{SiO}_2$ -Nb/Y図 (Winchester and Floyd, 1977). (b) Ti-Nb-Y図 (Pearce and Cann, 1973). (c) Ti-V図 (Shervais, 1982). (d) Th/Yb-Nb/Yb図 (Pearce, 2008). 島弧の領域はPearce and Peate (1995) のデータによる. なお, a図及びd図では, 十分なNb値が検出されなかったC試料が除外されている.

Fig. 3 Geochemical discrimination diagrams of data from basalt in the southwestern margin of the North Kitakami Belt. (a)  $\text{SiO}_2$ -Nb/Y discrimination diagram, after Winchester and Floyd (1977). Sample C without the sufficient Nb value was omitted. (b) Ti-Nb-Y discrimination diagram, after Pearce and Cann (1973). (c) Ti-V discrimination diagram, after Shervais (1982). (d) Th/Yb-Nb/Yb discrimination diagram, after Pearce (2008). Sample C without the sufficient Nb value was omitted. The oceanic arc and continental arc fields, which include basalt compositions from various modern and ancient oceanic and continental arc settings, are from Pearce and Peate (1995).

試料は第4図aではDyからThにかけて, 第4図bではDyからLaにかけて急な左上がりを示す. これは, Sun and McDonough (1989)で示された典型的なOIBのパターンと類似する. それ以外の試料については, Dは第4図aでPrからThにかけて左上がりを示し, 第4図bではSmからLaにかけて僅かに左上がりを示す. これは, Sun and McDonough (1989)で示された典型的なE-MORBのパターンと類似する. その他(A-C)は第4図aでは幾つかの試料

においてUとPで正異常を示すもののそれを除けば概ね水平のパターンを示し, また第4図bではSmからLaにかけて緩やかに左下がりのパターンを示し, N-MORBのものと類似する.

以上から, 北部北上帯南西縁部に分布する前期~中期ジュラ紀付加体中の玄武岩は, A-C試料がN-MORBを, D試料がE-MORBを, E, F試料がOIAの特徴を示すことが判明した. したがって, これらの玄武岩は付加時に取



第4図 スパイダー図に示された北部北上帯南縁部付加体中玄武岩の微量元素組成。(a) N-MORBで規格化されたスパイダー図。(b) コンドライトで規格化されたスパイダー図。規格化に使用されたN-MORB及びコンドライト値、並びに図中の典型的なOIB, E-MORB, N-MORBのパターンはSun and McDonough (1989)による。

Fig. 4 Spider-diagrams showing trace-element patterns of the basalt in southwestern margin of the North Kitakami Belt. (a) Spider-diagram showing N-MORB-normalized trace-element patterns. (b) Spider-diagram showing chondrite-normalized rare-earth-element patterns. Standard N-MORB and chondrite values for the normalization are from Sun and McDonough (1989). Patterns of the typical oceanic island basalt, E-MORB and N-MORB are also after Sun and McDonough (1989).

り込まれた海洋地殻断片と判断される。また、これまで北部北上帯ジュラ紀付加体中の玄武岩はほとんどが海洋島起源とされてきたが、土谷ほか(1999)の岩洞試料の結果も含め、南西縁部においては中央海嶺起源と考えられるものも一定量存在することが明らかになった。

### 5. まとめ

北部北上帯南西縁部に分布する前期～中期ジュラ紀付加体中の玄武岩6試料の全岩化学組成を分析した。その結果、4試料が中央海嶺玄武岩(MORB)の特徴を、2試料が海洋島アルカリ玄武岩(OIA)の特徴を示すことが明らかになった。

謝辞：地質情報基盤センター地質標本館室地質試料調製グループの諸氏には薄片を作製いただいた。査読者の草野有紀博士(活断層・火山研究部門)には、原稿改善に当たり有益なご意見をいただいた。本研究にはJSPS科研費16K00947の一部を使用した。記して感謝の意を表す。

### 文 献

Bienvenu, P., Bougault, H., Joron, M. and Dmitriev, L. (1990) MORB alteration: rare-earth element/nonrare-earth hygromagmaphile element fractionation. *Chemical Geology*, **82**, 1–14.

Cann, J. R. (1970) Rb, Sr, Y, Zr and Nb in some ocean floor basaltic rocks. *Earth and Planetary Science Letters*, **10**, 7–11.

永広昌之・川村信人・川村寿郎(2005) II. 1.1 東北地方, 中・

古生界, 概説および構造帯区分. 日本の地質増補版編集委員会編, 日本の地質増補版, 共立出版, 東京. 49–50.

永広昌之・小守一男・土谷信高・川村寿郎・吉田裕生・大石雅之(2010) 北部北上帯付加体中の海山石灰岩からの石炭紀アンモノイド・サンゴ化石. *地質学雑誌*, **116**, 219–228.

Hart, S. R., Erlank, A. J. and Kable, E. J. D. (1974) Sea flow basalt alteration: some chemical and Sr isotopic effects. *Contributions to Mineralogy Petrology*, **44**, 219–230.

Isozaki, Y., Maruyama, S. and Furuoka, F. (1990) Accreted oceanic materials in Japan. *Tectonophysics*, **181**, 179–205.

Kawabe, I., Sugisaki, R. and Tanaka, T. (1979) Petrochemistry and tectonic settings of Paleozoic–Early Mesozoic Geosynclinal volcanics in the Japanese Islands. *Journal of the Geological Society of Japan*, **85**, 339–354.

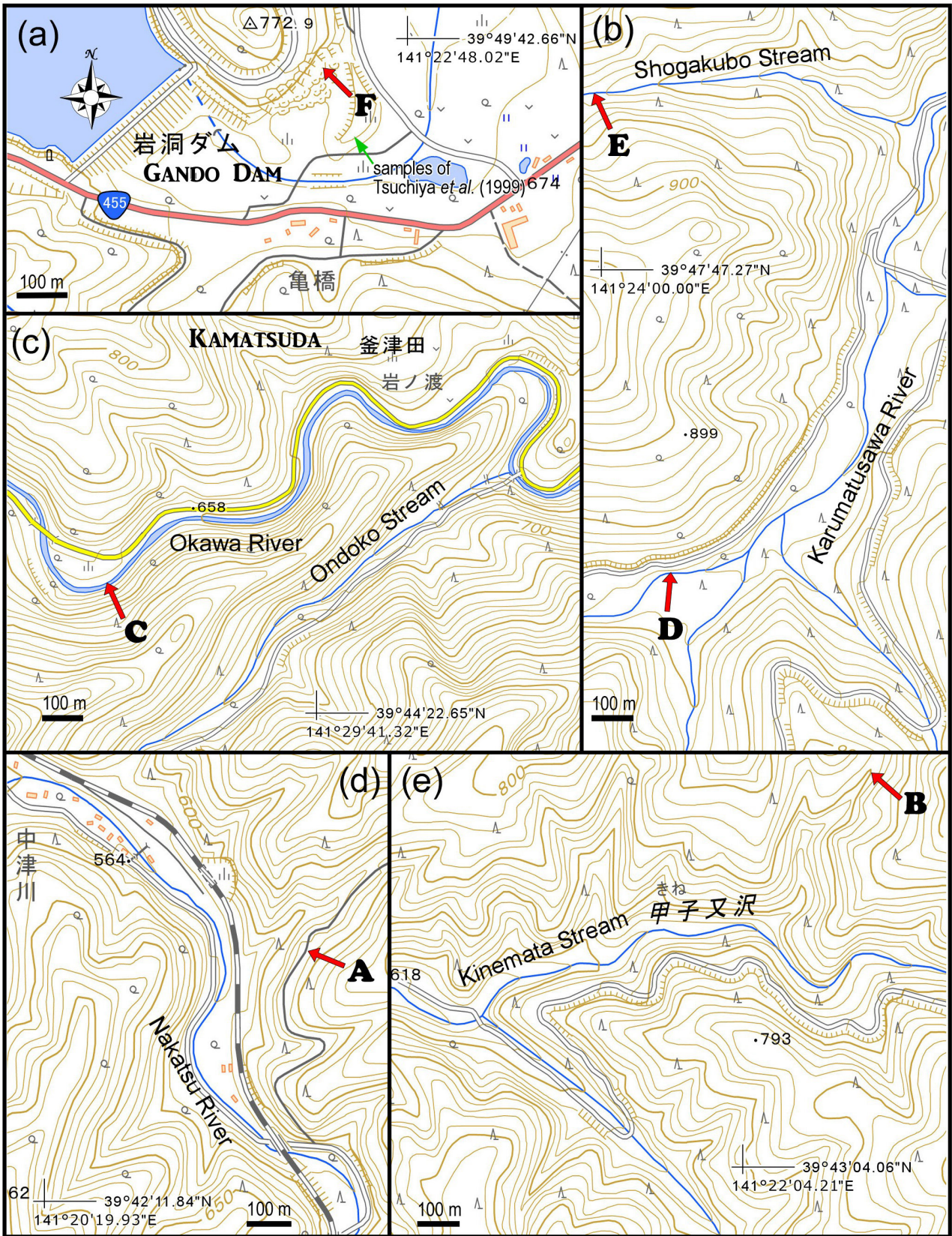
Meschede, M. (1986) A method of discrimination between different types of Mid-Ocean Ridge Basalts and continental tholeiites with the Nb-Zr-Y diagram. *Chemical Geology*, **56**, 207–218.

三浦 亮・石渡 明(2001) 北部北上帯, 島守層に産する海洋島ソレアイト起源緑色岩の岩石学. *岩石鉱物科学*, **30**, 12–16.

Mori, K., Okami, K. and Ehiro, M. (1992) Paleozoic and Mesozoic sequences in the Kitakami Mountains (29th IGC Field Trip A05). In Adachi, M. and Suzuki, K., eds., *Paleozoic and Mesozoic Terranes: Basement of the*

- Japanese Island Arcs*, 29th IGC Field Trip Guide Book 1, 81–114.
- Mullen, E. D. (1983) MnO/TiO<sub>2</sub>/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a minor element discriminant for basaltic rocks of oceanic environments and its implications for petrogenesis. *Earth and Planetary Science Letters*, **62**, 53–62
- Pearce, J. A. (2008) Geochemical fingerprinting of oceanic basalts with applications to ophiolite classification and the search for Archean oceanic crust. *Lithos*, **100**, 14–48.
- Pearce, J. A. and Cann, J. R. (1973) Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth and Planetary Science Letters*, **19**, 290–300.
- Pearce, J. A. and Norry, M. J. (1979) Petrogenetic implications of Ti, Zr, Y, and Nb variations in volcanic rocks. *Contributions to Mineralogy Petrology*, **69**, 33–47.
- Pearce, J. A. and Peate, D. W. (1995) Tectonic implications of the composition of volcanic arc magmas. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, **23**, 251–85.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2019) 20万分の1日本シームレス地質図V2. <https://gbank.gsj.jp/seamless/> (閲覧日: 2020年4月1日) .
- Shervais, J. W. (1982) Ti-V plots and the petrogenesis of modern and ophiolitic lavas. *Earth and Planetary Science Letters*, **59**, 101–118.
- 杉本幹博(1979) 北上外縁帯の緑色岩類一層序位置と産状一. *地質学雑誌*, **85**, 287–292.
- Sun, S. S. and McDonough, W. F. (1989) Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: Implications for mantle composition and processes. In Saunders, A. D. and Norry, M. J., eds., *Magmatism in the Ocean Basins*, Geological Society of London, Special Publication, **42**, 313–345.
- Suzuki, N., Ehiro, M., Yoshihara, K., Kimura, Y., Kawashima, G., Yoshimoto, H. and Nogi, T. (2007) Geology of the Kuzumaki–Kamaishi Subbelt of the North Kitakami Belt (a Jurassic accretionary complex), Northeast Japan: Case study of the Kawai–Yamada area, eastern Iwate Prefecture. *Bulletin of the Tohoku University Museum*, no. 6, 103–174.
- 土谷信高・和田元子・木村純一(1999) 北部北上帯に産する緑色岩の岩石化学的特徴. *地質学論集*, no. 52, 165–179.
- 内野隆之(2019) 岩手県外山地域の北部北上帯に分布するジュラ紀付加体中砂岩の碎屑性ジルコンU–Pb年代. *地質調査研究報告*, **70**, 357–372.
- 内野隆之(2021) 岩手県岩泉町釜津田の北部北上帯付加体砂岩から得られた中期ジュラ紀ジルコン年代: 大川試料を含む付加体の年代検証. *地質調査研究報告*, **72**, 99–107.
- 吉田鎮男(1981) チャートラミナイト: 岩石学的記載と本邦地向斜における産状. *地質学雑誌*, **87**, 131–141.
- Winchester, J. A. and Floyd, P. A. (1977) Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements. *Chemical Geology*, **20**, 325–343.
- ( 受付: 2020年5月21日; 受理: 2020年7月17日 )  
( 早期公開: 2021年1月22日 )





付図1 玄武岩試料採取地点. 地形図は地理院地図(<http://maps.gsi.go.jp/>)を使用.

Fig. A1 Sampling locations showed on topographic map, from the GSI Map (<http://maps.gsi.go.jp/>) of the Geospatial Information Authority of Japan.

付表1 標準試料の全岩化学分析結果. 「measured」及び「certified」は、それぞれ実測値、既知値を示す。  
 Table A1 Whole-rock major- and trace-element geochemical data for standard samples (certified reference materials). "Measured" and "certified" indicate the values analyzed in this study, and the known certified values, respectively.

Standard sample	NIST 694		DNC-1		GBW 07113		TDB-1		W-2a		DTS-2b		SY-4		BIR-1a	
	measured	certified	measured	certified	measured	certified	measured	certified	measured	certified	measured	certified	measured	certified	measured	certified
SiO <sub>2</sub>	11.67	11.2	47.96	47.15	69.33	72.8			52.63	52.4			50.13	49.9	47.82	47.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.85	1.8	18.45	18.34	12.46	13			15.49	15.4			21.03	20.69	15.83	15.5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.72	0.79	10.01	9.97	3.18	3.21			10.98	10.7			6.27	6.21	11.45	11.3
MnO	0.01	0.016	0.15	0.15	0.14	0.14			0.17	0.163			0.11	0.108	0.17	0.175
MgO	0.34	0.33	10.05	10.13	0.15	0.16			6.32	6.37			0.52	0.54	9.63	9.7
CaO	41.92	43.6	11.68	11.49	0.62	0.59			11.21	10.9			8.23	8.05	13.76	13.3
Na <sub>2</sub> O	0.89	0.86	1.91	1.89	2.4	2.57			2.27	2.14			7.01	7.1	1.82	1.82
K <sub>2</sub> O	0.54	0.51	0.23	0.234	5.41	5.43			0.66	0.626			1.72	1.66	0.02	0.03
TiO <sub>2</sub>	0.12	0.11	0.48	0.48	0.27	0.3			1.12	1.06			0.29	0.287	0.98	0.96
(wt.%) P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	30.32	30.2	0.05	0.07	0.02	0.05			0.12	0.14			0.12	0.131	0.01	0.021
Sc			31	31	5	5			36	36			1	1.1	44	44
Be					4	4			<1	1.3			3	2.6	<1	0.58
V	1637	1740	153	148	<5	5	250	251	273	262			8	8	332	310
Cr																
Co									90	92	>10000	15500				
Ni							90	92	44	43	131	120	2	2.8		
Cu							330	323	70	70	3610	3780				
Zn							160	155	120	110			100	93	16	18
Ga									80	80			36	35		
As									19	17						
Sb									<5	1.2						
Bi									0.8	0.99			1.5	1.5		
Ba							20	23	185	182			352	340	9	6
La							17	17	11.1	10			60.7	58		
Ce							39.7	41	24.4	23			129	122		
Pr													15.3	15		
Nd							23.9	23	13.2	13			59.3	57		
Sm							2.02	2.1	3.39	3.3			13.4	12.7		
Eu													2.09	2		
Gd													14.7	14		
Tb									0.63	0.63			2.77	2.6		
Dy									3.9	3.6			19.3	18.2		
Ho									0.79	0.76			4.45	4.3		
Er									2.27	2.5			14.7	14.2		
Tm									0.324	0.38			2.33	2.3		
Yb							3.22	3.4	2.08	2.1			15.4	14.8		
Lu									0.326	0.33			2.23	2.1		
Hf									2.4	2.6			10.8	10.6		
Ta									0.4	0.5			0.8	0.9		
Pb							2.7	2.7	9	9.3			10	10		
Th									2.3	2.4			1	1.4		
U									0.5	0.53			1	0.8		