日本最古の地層—日立のカンブリア系変成古生層*

The oldest formations in Japan—Metamorphosed Cambrian System in Hitachi, Ibaraki Prefecture

田切美智雄¹ 廣井美邦²
足立達朗³

Michio Tagiri¹,
Yoshikuni Hiroi²
and Tatsuro Adachi³

受付: 2011年3月22日

受理: 2011年7月12日

* 日本地質学会第118年学術大会(2011年・水戸)
見学旅行(A班)案内書

1. 日立市郷土博物館
Hitachi City Museum, Hitachi 317-0055, Japan.
2. 千葉大学大学院理学研究科地球科学専攻
Department of Earth Sciences, Chiba University,
Chiba 263-8522, Japan
3. 九州大学比較社会文化研究院
Graduate School of Social and Cultural Studies,
Kyushu University, Fukuoka 819-0395, Japan

Corresponding author: M. Tagiri

E-mail: michio_tagiri220130@nifty.com

概要

茨城県多賀山地の日立変成古生層は、産出化石により前期石炭紀以降の地層とされてきた。しかし最近広範に SHRIMP 年代が測定され、多賀山地に日本最古のカンブリア系が 60 km² 以上にわたって広く分布することが明らかになった。A 班では、原岩構造のわかるカンブリア系のうち、枕状構造や発泡構造、急冷組織などがみられる火山岩を原岩とする赤沢層と、堆積構造を残す砂泥質堆積岩や礫岩を原岩とする西堂平層、さらに赤沢層に貫入するカンブリア紀花崗岩類を見学する。また、赤沢層を不整合で覆う石炭系大雄院層基底部の礫岩などを見学する。今後、これらの露頭は日本におけるカンブリア系の模式地となることが予想される。今回は当初の研究成果に基づくものであり、今後さらに多くの研究者によってより深く研究され、日本列島形成の初期の様子が明らかになるであろう。

Key Words

カンブリア紀、日立変成古生層、不整合、堆積構造、基底礫岩、火山岩組織、古生代化石

Cambrian, Hitachi metamorphosed Paleozoic formations, unconformity, sedimentary structure, basal conglomerate, volcanic texture, Paleozoic fossils

地形図

1:25,000 「日立」「町屋」「常陸太田」

見学コース

[1日目] 8:00 水戸駅北口→日立北インター→小木津山自然公園→東連津川→宮田川→17:20 ホテル

[2日目] 8:00 ホテル→向陽台駐車場→御岩山山頂→向陽台駐車場→日立市東河内コンビニで休憩→常陸太田市長谷、西堂平林道→17:20 バス→18:00 水戸駅北口

見学地点

注意事項: 模式的露頭で岩石を採取しないこと。模式的露頭を壊さないこと。岩石の採取は指示された所で行うこと。「可」は採取可能箇所、「禁」は採取できない箇所を示す。模式的露頭以外の場所での採取は可能である。

- Stop 1 (36° 38' 12" N, 140° 39' 53" E) 日立市小木津山自然公園入口、微文象組織と球果組織をもつ 505 Ma の変成ポーフイリー。「可」
- Stop 2 (36° 38' 36" N, 140° 39' 40" E) 日立市東連津川、赤沢層を貫くポーフイリー岩脈「禁」
- Stop 3 (36° 38' 32" N, 140° 39' 32" E) 同、赤沢層の火山砕屑岩を原岩とする緑色片岩「可」
- Stop 4 (36° 38' 36" N, 140° 39' 25" E) 同、赤沢層枕状溶岩を原岩とする角閃岩「禁」
- Stop 5 (36° 38' 45" N, 140° 39' 09" E) 同、不動滝をつくる 5 億年前の花崗岩類「可」
- Stop 6 (36° 38' 45" N, 140° 38' 55" E) 同、5 億年前花崗岩類と 3.5 億年前大雄院層基底礫岩との間の 1.5 億年間の不整合「禁」
- Stop 7 (36° 36' 58" N, 140° 38' 07" E) 日立市宮田町新楓橋、大雄院層石灰岩中の化石とクロリトイド片岩「可」
- Stop 8 (36° 37' 26" N, 140° 36' 37" E) 日立市宮田川不動滝、赤沢層変成火山岩と大雄院層含礫千枚岩との間の不整合「可」
- Stop 9 (36° 37' 06" N, 140° 37' 36" E) 日立市大雄院、5 億年前花崗岩類と 3.5 億年前大雄院層基底礫岩との間の 1.5 億年間の不整合「禁」
- Stop 10 (36° 37' 57" N, 140° 35' 36" E) 日立市御岩山、赤沢層流紋岩岩類を原岩とする紅柱石含有白雲母片岩「可」
- Stop 11 (36° 33' 36" N, 140° 33' 51" E) 常陸太田市長谷、コートランド岩「可」
- Stop 12 (36° 33' 46" N, 140° 33' 49" E) 同長谷西堂平林道、西堂平層雲母片麻岩「可」
- Stop 13 (36° 33' 47" N, 140° 33' 51" E) 同、西堂平層雲母片麻岩と花崗岩質組成の岩脈「禁」
- Stop 14 (36° 33' 48" N, 140° 33' 52" E) 同、級化構造と荷重痕をもつ西堂平層変成砂岩と変成砂岩岩脈「可」
- Stop 15 (36° 33' 48" N, 140° 33' 52" E) 同、白亜紀ハンレイ岩と花崗岩の貫入「可」
- Stop 16 (36° 33' 49" N, 140° 33' 52" E) 同、級化構造と荷重痕をもつ西堂平層変成砂岩「禁」
- Stop 17 (36° 33' 51" N, 140° 33' 57" E) 同、西堂平層 AKS 片麻岩「可」
- Stop 18 (36° 33' 55" N, 140° 34' 03" E) 同、級化構造と荷重痕と斜交層理をもつ西堂平層変成凝灰岩 (510 Ma) と変成砂岩・変成礫岩の互層「禁」
- Stop 19 (36° 33' 56", 140° 34' 05" E) 同、地層境界に貫入した蛇紋岩類「可」

はじめに

日立変成古生層の研究史を Fig. 1 にまとめた。日立変成岩類の一部に石炭紀やペルム紀の化石を産することから（藤本, 1924; Minato, 1955; 杉山, 1972）, 日立変成岩類中に古生界が含まれていることは古くから知られていた。それ故、かつては西堂平層を除く日立変成岩類を日立古生層と称した（Kuroda, 1959）。しかし、化石を産しない地層の層序関係については、研究者毎に見解が異なっていた（Fig. 1）。Tagiri et al. (2011) の年代測定によって西堂平層も古生界となったので、日立変成岩類全てが日立変成古生層となった。変成作用については、約 120 ~ 105 Ma の K-Ar 年代が得られてからも（植田ほか, 1969）, 複変成作用と一連の変成作用という二つの見解が提示され、決着はついていない。特に、西堂平変成岩類は先カンブリア紀の基盤岩で、複変成作用を受けたものという仮説（加納ほか, 1977）は一時代を風靡した。廣井・小林（1996）の紅柱石—藍晶石—珪線石片麻岩（以下 AKS 片麻岩と略称）の詳細な研究によって複変成作用については明らかになったが、先カンブリア紀基盤岩という仮説の当否については不明のままであった。

地質

阿武隈山地の地質概要図を示す（Fig. 2; Tagiri et al., 2011）。括弧の中は原岩の堆積時期を示す。阿武隈山地の東縁部には松ヶ平変成岩類や古生層が分布し、阿武隈東縁帯として区分されている（Kuroda & Ogura, 1963）。阿武隈山地中央部にはジュラ系の堆積岩類を含む御蔵所—竹貫変成岩類が分布する（Hiroi et al., 1987, 1998）。日立変成岩類は阿武隈山地南部に分布する。Fig. 2 で明らかなように、阿武隈山地は東縁帯と南部に古い地質体が含まれている。また、双葉、畑川、棚倉の断層帯が阿武隈山地を区分している。

1. 多賀山地の地質

田切ほか（2010）と Tagiri et al. (2011) をもとに多賀山地の地質を説明する（Fig. 3）。断面図を Fig. 4 に、岩相と年代値を Table 1（Tagiri et al., 2011）に示す。日立変成古生層の

定義は Tagiri (1973) にしたがう。日立変成古生層のうち、玉簾層、赤沢層、大雄院層、鮎川層、大甕層の 5 層の走向は北東—南西であるが、西堂平層の走向は北西—南東である。西堂平層、玉簾層、赤沢層のカンブリア系 3 層はそれぞれ断層で画され、累重関係は不明であるが、年代値をもとに古い方から西堂平層、玉簾層、赤沢層と推定されている（Tagiri et al., 2011）。多賀山地北部には白亜紀に貫入した入四間花崗閃緑岩体（90 Ma; 植田ほか, 1969）が分布し、日立変成古生層に接触変成作用を与えている。西堂平層にはコートランド岩と片麻状花崗岩（SHRIMP 119 Ma; Tagiri et al., 2011）が貫入しており、西堂平層に接触変成作用を与えている。

2. 日立変成古生層

西堂平層 山地南西部に、赤沢層及び玉簾層と蛇紋岩帯を介し、西堂平層が分布する。岩相と地質構造を Fig. 5 に示す（廣井・小林, 1996）。西堂平層の走向・傾斜は北北西—南南東、東約 30° で、赤沢層や玉簾層の走向・傾斜（北北東急傾斜）と大きく異なる。層厚は 300 m 以下である。西堂平層はカンブリア紀後期の泥岩、石英長石質な粗粒～細粒の砂岩、花崗岩質な礫岩、流紋岩質凝灰岩、塩基性火山砕屑岩と少量の石灰岩を原岩とし、変成作用によって、雲母片麻岩、雲母片岩、長石質片岩、角閃岩などとなっている。なお、礫岩層は雲母片麻岩や雲母片岩、角閃岩中に含まれる。角閃岩相の変成作用を受けているにもかかわらず、原岩の組織がよく残っており、堆積構造も観察できる。堆積構造には、斜交層理、綫化構造、荷重痕、漣痕などが見られる。一部に正常部もあるが、多数の逆転部があり、特に分布域の東部（見かけ上上位層）は全体に逆転している可能性が高い。詳細は見学地点説明に譲る。

凝灰岩を原岩とする長石質片岩について SHRIMP 年代を測定し、510 Ma を得た（Tagiri et al., 2011）。上流部の西堂平層は変成作用による粗粒化が進んでおらず、化石を産出する可能性がある。

玉簾層 山地西端には、後述する赤沢層の西側に蛇紋岩帯を介して玉簾層が分布する。走向は北東—南西である。層厚は不明である。原岩の組織は不明瞭である。角閃石片麻岩を

Watanabe (1920)	Kinoshita (1935)	Kuroda (1959)	Shimada (1961)	Tagiri (1971)	This study
Omika eruptive rocks	Ayukawa Fm	Omika basic volcanics	Omika Fm	Ayukawa Fm upper lower Early Permian	Ayukawa Fm Early Permian
Ayukawa Fm		Daiouin Fm Early Carboniferous	Ayukawa Fm	Daiouin Fm Early Carboniferous	Daiouin Fm (Omika Fm) Early Carboniferous
Akazawa Fm	Akazawa Fm Early Carboniferous	— fault — Akazawa Fm	Upper Akazawa Fm Early Carboniferous Lower Akazawa Fm	part. unconform. Akazawa Fm upper middle lower	Akazawa Fm Upper Lower Cambrian +
Tamadare Fm	Ikuta Fm	? Western Hitachi gneisses	Tamadare Fm	? Tamadare Fm	— fault — Tamadare Fm Cambrian
Nishidohira Gneisses			Nishidohira Fm	Nishidohira Fm	Nishidohira Fm Cambrian

~ ~ ~ unconformity + meta-granitoids

Fig. 1 Historical review of the stratigraphic research on the Hitachi metamorphosed Paleozoic formations (Tagiri et al., 2011).
第 1 図 日立変成古生層の層序研究の変遷。

Fig. 2 Geological division of the Abukuma Mountains (Tagiri et al., 2011). T.L.: Tectonic Line.

第2図 阿武隈山地の地質区分。

主とするが、これと互層する黒雲母片麻岩が存在する。しかし、両岩相の関係は、分布範囲が狭いことと露出が少ないため、詳細は不明である。角閃石片麻岩は閃緑岩が原岩であると推定されている（小林ほか，1992）。角閃石片麻岩からは507 MaのSHRIMP年代が得られている（Tagiri et al., 2011）。

赤沢層 山地中央部に赤沢層が分布する。走向は北東—南西である。複数の向斜背斜が推定されており、層厚は不明である。赤沢層の堆積構造は不明瞭であるが、広域変成作用の変成度が北西方向に強くなることから、南東側が上位と推定されている（Tagiri, 1973）。Tagiri (1973)は西北部の角閃岩を主体とする部分を下部赤沢層とし、より東側の緑簾石角閃岩を主体とする部分を上部赤沢層と区分した。赤沢層の原岩は塩基性火山岩（溶岩や岩脈）と火山砕屑岩からなり、少量の凝灰質堆積岩を挟む。ポーフィリー岩脈や流紋岩も赤沢層のメンバーである。赤沢層は変成作用を受け、緑色片岩、角閃岩、雲母片岩、長石質片岩などになっている。玄武岩質溶岩には枕状溶岩があること、凝灰質堆積岩には層理の発達したものが頻繁に見られること、流紋岩には岩頸の部分があり、その部分では発泡した赤色酸化部が発達することなどから、堆積場は主に海中であったと思われる。赤沢層は化石が未発見で、時代が不明であったが、赤沢層の火山砕屑岩に貫入するポーフィリーのSHRIMP年代が505 Ma、赤沢層の安山岩

質溶岩のSHRIMP年代が507 Ma（Tagiri et al., 2011）であるので、カンブリア紀の地層である（Tagiri et al., 2011）。低変成度の凝灰質堆積岩には化石産出の可能性がある。

地域北東部の赤沢層には花崗岩類が貫入している。黒田（1951）やTagiri（1973）はペルム紀から白亜紀の間の貫入と推定したが、Sakashima et al. (2003)によって貫入固結年代が491 Maとされ、カンブリア紀の花崗岩類であることがわかった。黒田（1951）はこの花崗岩類を圧砕花崗岩類と弱圧砕花崗岩類に区分したが、Tagiri et al. (2011)により、それぞれ変成花崗岩北部岩体と変成花崗岩南部岩体に再区分された。変成花崗岩類は赤沢層の火成活動と密接な関係にあることから、今回は赤沢層の一部として扱っている。

赤沢層の変成火山岩類と変成花崗岩類の活動場を推定するため、全岩化学組成を示した（Fig. 6: 田切ほか，2010）。変成花崗岩類と変成流紋岩類のほとんどはカルクアルカリ系列のもので、火山弧花崗岩（VAG）の特徴をもっている。赤沢層の変成安山岩や変成玄武岩の組成はソレライト系列からカルクアルカリ系列までの広い組成をもつが、Tiの含量からは島弧型玄武岩の特徴を示し、MORB的なものは少ない。以上から、赤沢層のマグマ活動は火山弧における活動と推定される。

大雄院層 大雄院層は山地東部に分布する。大雄院層は下

Fig. 3 Geological map of the Hitachi Paleozoic formations in the Tama Mountains (Tagiri and Koike, 2011). The numbers ①~④ indicate the outcrops of unconformity.

第3図 多賀山地，日立変成古生層の地質図。

Fig. 4 Geological cross sections of the Tama Mountains (Tagiri et al., 2011). The legend is the same as Fig. 3. The symbol of strike-dip indicates the direction and angle of inclination.

第4図 多賀山地の地質断面図。

Table 1 SHRIMP ages with mineral assemblage of the Hitachi Cambrian formations in the Taga Mountains (Tagiri et al., 2011; Sakashima et al., 2003). Mineral abbreviations follow Editorial committee of the Geological Society of Japan (2000).

表 1 多賀山地日立カンブリア系の SHRIMP 年代と鉱物組合せ (Tagiri, et al., 2011; Sakashima et al., 2003).

Sample	Sample No.	Latitude	Longitude	Rock facies	Formation	Conc age (Ma)	Instru	Pl	Kfs	Qtz	Hbl	Cum	Bt	Ep	Chl	Cal	texture	
1*	06050305	36°38.75' N	140°39.08' E	m-granit bould	Daioin	499.6±5.6	NIPR	++	+	++	+			+	+	+	+	myr
2*	01082802	36°38.19' N	140°39.88' E	granit m-porphy	Up Akazawa	505.1±4.4	NIPR	++	+	++					+	++	+	mi-gra, sphe
3	07111802	36°36.20' N	140°33.82' E	ma m-andesite	Lo Akazawa	506.6±3.4	NIPR	++		+	++			+				porphyritic
4	07111801	36°37.67' N	140°33.19' E	hbl gneiss	Tamadare	506.7±3.4	NIPR	++	+	+	++			+				granoblastic
5	08081402	36°33.88' N	140°33.99' E	felsic schist	Nishidohira	510.0±4.0	NIPR	+++	+	+++	+	++						f-grain, lepi
6	05042919	36°33.13' N	140°33.86' E	gneis granite	Nishidohira	119.1±1.1	ANU	++	+	++				+				granit, myr
Sakashima et al. (2003)		36°38.75' N	140°38.77' E	meta-granito	Up Akazawa	490.8±6.1	Hiroshima											

The age data of samples 1 and 2 are from Tagiri et al. (2010), and those of samples 3–6 are from Tagiri et al. (2011). NIPR, National Institute of Polar Research, Japan; ANU, Australian National University; Hiroshima, Hiroshima University; Mineral abbreviations follow Journal of Geological Society of Japan (2000). Conc; Concordia, Instru; instrument, m-; meta, granit; granitic, bould; boulder, porphy; porphyry, granito; granitoid, ma; massive, gneis; gneissose, myr; myrmekite, mi-gra; micrographic, sphe; spherulitic, f-grain; fine-grained, lepi; lepidoblastic, +; common, ++; much+, +++; abundant.

位の赤沢層とは不整合関係にある。走向は北東—南西である。層理以外の堆積構造は不明瞭であるが、層理面の走向・傾斜の変化から向斜背斜を繰り返しているものと推測され (Fig. 4; Gusokujima, 1983), 層厚は不明である。層状石灰岩を主とする地層で、砂泥互層や凝灰岩と互層し、それらは、大理石、千枚岩、緑色片岩、珪質片岩となっている。石灰岩層と互層してラテライト土壌を原岩とするクロリトイド片岩 (Iwao, 1978; 萩谷, 1996) が 3 層挟まれる。カンブリア紀の花崗岩体を直接覆う所もあり、その場合は基底礫岩が存在する (田切ほか, 2010; 田切・小池, 2011)。石灰岩には化石を産する箇所があり、前期石炭紀の珊瑚化石が報告されている (藤本, 1924; Minato, 1955)。

大甕層 山地南端に分布する。走向は北東—南西で、岩層の連続性が悪く、層厚は不明である。大甕層は緑色岩と火山碎屑岩および少量の石灰岩からなる (田切・大倉, 1979)。大甕層は見かけ上、鮎川層の上位に分布するが、大雄院層と同様の化石を多産する石灰岩層を挟むこと、変成花崗岩塊を含むこと、変成花崗岩体と接することから、大雄院層の同時異相と推測された。

鮎川層 最上位の鮎川層は山地東部に分布する。鮎川層は整合関係で大雄院層の上に堆積している。黒色粘板岩や硬砂岩を主とする地層で、堆積構造が顕著に認められる。走向は北東—南西であるが、逆転部も認められ、向斜背斜を繰り返しているものと推測される。砂岩粒子は火山岩片を主としており、凝灰質である。石灰岩レンズも頻繁に挟まれており、前期ペルム紀のフズリナがこのレンズ中から産した (杉山, 1972)。

変成作用

変成作用の研究はあまり進んでいないので、今回は Tagiri (1973) を中心に解説する。およそ 1 億年前 (119 ~ 101 Ma; 植田ほか, 1969; K-Ar 法) の白亜紀前期の広域変成作用が日立変成古生層全体に及んでいる。鉱物組合せの変化を Fig. 7 に、変成分帯を Fig. 8 (田切・廣井, 2008) に示す。東側の地層ほど変成作用が弱く、A 帯が緑色片岩相、B 帯が緑簾石角閃岩相、C 帯は角閃岩相～グラニュライト相である。西堂平層はグラニュライト相から角閃岩相程度の変成作用を受け

ている。見かけ上下位 (西側) ほど変成温度が高く、角閃岩相高温部に達しており、珪線石—カリ長石の共生が見られる。ざくろ石も普通に出現する。上流部 (東側) に向かって変成度は低くなり、最上流部では、アクチノ閃石をホルンブレンド核部に残す角閃岩が出現する。見かけの中部層準には、 Al_2SiO_5 多形鉱物である紅柱石—藍晶石—珪線石が共生する岩石も出現する。西堂平層の変成経路は廣井・小林 (1996) の AKS 片麻岩の研究によって明らかにされた (Fig. 5b)。紅柱石は成長形態が空晶石タイプであり、変成作用初期の接触変成作用時のものである。その後圧力と温度の上昇により藍晶石が結晶化し、その後の温度上昇で珪線石が生じた。この経路は竹貫変成岩類の変成経路 (Hiroi et al., 1998) と似たものである。

変形構造の研究は Gusokujima (1983) によって行われたが、新しい層序関係から見直す必要がある。カンブリア紀の花崗岩類には変形や変成再結晶による線構造や面構造が複数発達し、より詳しく研究する必要がある。カンブリア紀花崗岩類の線構造を Fig. 9 に示す。

日立カンブリア系の地質史

日立変成古生層の形成史は次のようにまとめられる。

- (1) カンブリア紀後期に大陸縁辺の陸棚堆積物として花崗岩質礫岩を伴う石英長石質砂泥互層からなる西堂平層が堆積した。
- (2) 同時期に、この大陸への沈み込み帯ができ、プレート収束型の火山活動にともなう、火山岩や火山碎屑岩などからなる玉簾層と赤沢層が堆積し、同時に花崗岩類も貫入した。
- (3) その後、日立カンブリア系は陸化し、約 1.5 億年の不整合が生じた。
- (4) 石炭紀になって、日立カンブリア系の陸地周辺の海底に、主に石灰岩からなる大雄院層が堆積した。
- (5) 石炭紀には赤沢層とそこに貫入した花崗岩類は陸上で風化浸食を受け、花崗岩類は礫となって、大雄院層の基底礫岩の一部を構成した。陸上では熱帯性土壌が生成し、化石土壌となって大雄院層のラテライト質泥岩 (クロリトイド片岩) のもととなった。

Fig. 5 (a) Geological map of Nishidohira metamorphics, showing the sample localities of the specimens petrographed in detail and analyzed with an EPMA (underlined samples are AKS gneisses) (Hiroi and Kobayashi, 1996). (b) Metamorphic PT-path of the Nishidohira metamorphics (Hiroi and Kobayashi, 1996). GASP: garnet-aluminosilicate-silica-plagioclase geobarometer.

第5図 (a) 西堂平変成岩類の地質図と記載及び EPMA 分析した試料位置図 (下線を付した試料は AKS 片麻岩) (廣井・小林, 1996), (b) 西堂平変成岩類の温度圧力経路 (廣井・小林, 1996)。

(6) ペルム紀前期に大陸棚上に陸棚堆積物 (火山碎屑岩, 砂泥互層, 石灰岩など) として鮎川層が堆積した。新しく定義された層序では, 赤沢層 (カンブリア系) と大雄院層 (石炭系) の間に大規模な不整合が存在する (Fig. 1)。

1.5 億年に及ぶ不整合は日本国内では例がなく, 南部北上山地の古生層にも存在しない。他方, 中国大陸と韓半島では「Great Hiatus (大欠層)」としてよく知られている。日本と中国, 韓半島の層序比較を Fig. 10 に示す。このような大きな

Fig. 6 Chemical characteristics of meta-granitoids and meta-rhyolites (a~d) and Hitachi meta-volcanics (e~f) (Tagiri et al., 2010). (a) K_2O - SiO_2 diagram, (b) SiO_2 - FeO^*/MgO diagram (Miyashiro, 1974), (c) Rb - $Y+Nb$ diagram (Pearce et al., 1984), (d) Rb - Y diagram (Pearce et al., 1984), (e) SiO_2 - FeO^*/MgO diagram (Miyashiro, 1974), (f) TiO_2 - FeO^*/MgO diagram (Glassley, 1974). Chemical compositions of Hitachi meta-volcanics are quoted from Tagiri (1973) and Tagiri and Okura (1979). CAB: calc-alkali basalt, MORB: mid-oceanic ridge basalt, ORG: ocean-ridge granite, Syn-COLG: syn-collisional granite, VAG: volcanic-arc granite, WPG: within-plate granite.

第6図 変成花崗質岩類と変成流紋岩類 (a~d) 及び日立変成火山岩類 (e, f) の化学組成の特徴 (田切ほか, 2010). (a) K_2O - SiO_2 図, (b) SiO_2 - FeO^*/MgO 図 (Miyashiro, 1974), (c) Rb - $Y+Nb$ 図 (Pearce et al., 1984), (d) Rb - Y 図 (Pearce et al., 1984), (e) SiO_2 - FeO^*/MgO 図 (Miyashiro, 1974), (f) TiO_2 - FeO^*/MgO 図 (Glassley, 1974). 日立変成火山岩類の化学組成は Tagiri (1973) と田切・大倉 (1979) を引用.

Metamorphic facies	transitional zone	epidote amphibolite	amphibolite	
Metamorphic zone	A	B	C1	C2
albite				
oligoclase				
andesine				
epidote				
actinolite				
hornblende				
cummingtonite				
anthophyllite				
chlorite				
calcite				
biotite				
diopside				
rutile				
garnet				
chlorite				
muscovite				
biotite				
epidote				
garnet				
andalusite				
sillimanite				
kyanite				
staurolite				
K-feldspar				
plagioclase				
chloritoid				
cordierite				

Fig. 7 Mineral assemblages of Hitachi metamorphic rocks (revised after Tagiri (1973)).

第7図 日立変成岩類の鉱物組合せ(Tagiri (1973)に修正加筆).

不整合を生じるには、大陸地塊の変動が関与していることが推測され、日立変成古生層の生成も同じような変動に伴って生じた可能性がある。2010年に中国とロシア国境にまたがる佳木斯—ハンカ地域の SHRIMP 年代が多数報告された（例えば、Wilde et al., 2010）。同一の研究グループによる報告であるが、この地域に広く5億年の地層が広がっていることがわかり始めた。これから多くの議論が行われることになろう。Fig. 11に対比される地質体を示す。層序比較に用いた引用文献については、Tagiri et al. (2011)を参照されたい。以上のことから、日立カンブリア系の基盤が北中国地塊や佳木斯—ハンカ地塊にあった可能性が指摘される。

見学地点

1. 東連津川ルーツ見学地点：往復約4km (Fig. 12)

Stop 1 小木津山自然公園入口：赤沢層変成ポーフイリー「可」

[地形図] 1/25,000「日立」

[位置] 36° 38' 12" N, 140° 39' 53" E

[解説] Fig. 13aは年代測定した変成ポーフイリーを採取した露頭である。本案内書では、この変成ポーフイリーも赤沢

Fig. 8 Metamorphic zonation of the Hitachi metamorphic district (modified after Tagiri and Hiroi (2008)). The boundary among the Hitachi Paleozoic formations is drawn with fine line.

第8図 日立変成地域の変成分帯(田切・廣井(2008)を改編).

Fig. 9 Multiple lineation structure of the north body of metagranitoids in the Torentsu-gawa river-floor. The arrows indicate the direction of the lineation.

第9図 東連津川河床で見られる変成花崗岩類北部岩体の複数の線構造。

層に含める。この岩石中のジルコンから 505 Ma という SHRIMP ウラン-鉛年代が得られ、壁岩の赤沢層が日本最古の地層であることが初めて明らかになった(田切ほか, 2010)。岩石の表面は風化が激しいが、内部は新鮮なままである。Fig. 13b と c のような球果組織や微文象組織が観察されており、火山岩岩脈であることが明らかである。緑色片岩相の変成作用を受け、緑泥石、黒雲母、白雲母などが片理面に生じている。

Stop 2 東連津川林道入口：5 億年前のポーフリー岩脈が赤沢層を貫く「禁

〔地形図〕 1/25,000 〔日立〕

[位置] 36° 38' 36" N, 140° 39' 40" E

【解 説】露頭の左下から右上にポーフィリー岩脈が出ている (Fig. 14a)。岩脈の周囲の岩石は層理にはほぼ平行な片理が発達しており、赤沢層の緑色片岩である。この赤沢層に塊状のポーフィリー岩脈が貫入している。ポーフィリーは壁岩と同じ緑色片岩相の變成作用を受けているが片理はほとんど発達していない。この岩脈は Stop 1 の小木津山自然公園入口のものと同じ岩相である。したがって、この岩脈に貫かれる赤沢層は 5 億年より古い地層と判断される。岩脈の周囲に石英脈があるが、年代は不明である。

Stop 3 東連津川と小木津山自然公園登山道交差地点：層状で片状の赤沢層緑色片岩「可」

[地形図] 1/25,000 [日立]

[位 置] $36^{\circ} 38' 32''$ N, $140^{\circ} 39' 32''$ E

〔解説〕 Stop 3 には、層状で片理の発達する緑色片岩が露出している (Fig. 14b). 各層は灰緑色や濃緑色を呈し、単層ごとに少しずつ色が違っている。この地層はカンブリア紀の

	North China Craton		Korea Peninsula		Central–South Abukuma Mts		Eastern Margin Abukuma Mts		Southern Kitakami Mts	
	Stratigraphy	Igneous Activity	Stratigraphy	Igneous Activity	Stratigraphy	Igneous Activity	Stratigraphy	Igneous Activity	Stratigraphy	Igneous Activity
Cretaceous	Zhidan G	Granite	Kyongsang SG	Bulguksa Gr		Abukuma Gr	Futaba G	Takakura Vol Abukuma Gr	Oshima G	Kitakami G
Jurassic	Anding Fm Zhiluo Fm Yan'an Fm	Granite	Taedong SG	Daebo Gr	Gosaisho-Takanuki Series		Soma G		Hashiura G	Arc Vol
Triassic	Ermaying Fm Heshangou Fm	Granite		Songnim Gr					Shizugawa G	Vol
Permian	Shihezi Fm Shanxi Fm Taiyuan Fm	Granite	Pyongan SG		Ayukawa Fm		Takakura-yama G Seitaro-sawa Fm		Inai G	Arc Vol
Carboniferous	Benxi Fm Qingshuijian Fm	Arc Vol							Tome Fm Kanokura Fm Sakamotozawa Fm	
Devonian				Hongjesa Gr	Daioin Fm	Arc Vol	Ainosawa Fm		Nagaiwa Fm Onimaru Fm Hikoroichi Fm Tobigamori Fm Nakazato Fm Ono Fm	
Silurian	Great Hiatus		Great Hiatus		Great Hiatus				Senjogataki Fm Kawauchi Fm Yakushigawa Fm Koguro Fm	
Ordovician	Majiagou Fm Liangjiashan Fm Yeli Fm		Hoedongri Fm							Hikami Gr
Late Cambrian	Fengshen Fm Changshan Fm Gushan Fm		Choson SG		Akazawa Fm Tamadare Fm Nishidohira Fm	Arc Vol	Matsugadaira Metamorphics		Motai Metamorphics

unconformity

Fig. 10 Stratigraphic correlation among North China area, the northern part of the Korean Peninsula and Eastern Japanese Islands (Tagiri et al., 2011).

第10図 北部中国、韓半島北部、東日本列島間の層序比較 (Tagiri et al., 2011).

赤沢層で、原岩は凝灰岩である。このあたりの赤沢層は変成度が弱く、細粒で変形も弱い片岩であるため、カンブリア紀の化石を含む可能性がある。

Stop 4 東連津川：道路脇赤沢層の枕状溶岩と石英脈「禁」

[地形図] 1/25,000「日立」

[位置] $36^{\circ} 38' 36'' \text{ N}, 140^{\circ} 39' 25'' \text{ E}$

[解説] 林道脇に赤沢層の枕状溶岩を原岩とする角閃岩と石英脈の露頭がある。Fig. 15a が枕状溶岩の部分である。図

Fig. 11 Tectonic relation of the present Japanese Islands with East Asian continental blocks (Tagiri et al., 2011). The arrangement of continental blocks is mainly based on Wilde et al. (2010).

第11図 東アジア大陸と現在の日本列島との構造的関係。大陸地塊の配置は Wilde et al. (2010) による。

に枕1個の輪郭を白線で示した。川の中にもその続きが見える (Fig. 15b)。このことから、赤沢層の火山活動の一部は水中で起こっていた。日立変成古生層中には多数の石英脈が発達しているが、その生成年代は不明である。多賀山地にはかつてこれらの石英脈を対象にした多数の金山があり、東連津川流域にも鉱山跡が多数残っている。石英を採掘していた鉱山もあった。

Stop 5 不動滝：5億年前の変成花崗岩「可」

[地形図] 1/25,000「日立」

[位置] $36^{\circ} 38' 45'' \text{ N}, 140^{\circ} 39' 09'' \text{ E}$

[解説] 案内道標にしたがって林道から左へそって登山道に入ると、左手に不動滝がある (Fig. 15c)。不動滝は5億年前の変成花崗岩でできている。南部岩体に属しており変形構造は不明瞭である。不動滝の脇には2基の不動尊がまつられ、現在でも、修験者が滝行をする。NHK 大河ドラマ「武蔵」の撮影にも使われた。

Stop 6 不動滝上流：500Ma 花崗岩と 350 Ma 大雄院層と間の不整合「禁」

[地形図] 1/25,000「日立」

[位置] $36^{\circ} 38' 45'' \text{ N}, 140^{\circ} 38' 55'' \text{ E}$

[解説] 不動滝を巻いて登山道を上り、滝の上に出る。ここから30mほどは登山道が川の中を通るため、川水が多い時は徒渉できないことがある (尾根を通るルートもある)。ここを抜けると再び登山道が続き、50mほどで平坦な場所になり、左手が開ける。左手の川の方へ入る踏み分け道を通り、再び川岸へ出る。そこが不整合露頭の場所である。

Fig. 16a は、左側が上流である。図手前側の右岸に5億年

Fig. 12 The location map of the stop-points along the Torentsu-gawa river route.

第12図 東連津川ルートの見学地点図。

Fig. 13 (a) Outcrop at Stop 1, (b) and (c) thin section photographs of Cambrian meta-porphry at Stop 1.

第13図 (a) Stop 1の露頭、(b)と(c) Stop 1のカンブリア紀変成ポーフリーの薄片写真。

Fig. 14 (a) Cambrian porphyry dyke intruding into greenschist of the Akazawa Formation at Stop 2, (b) greenschist of the Akazawa Formation at Stop 3.

第14図 (a) Stop 2の赤沢層緑色片岩に貫入するカンブリア紀ポーフリー岩脈、(b) Stop 3の赤沢層緑色片岩。

前の花崗岩が露出し、対岸には石炭系の大雄院層変成礫岩が露出する。礫部分を拡大したのが、Fig. 16bである。礫は円礫の巨礫～大礫で、下位の花崗岩由来と考えられる花崗岩礫を主体とする。砂質の基質は雲母片岩 (Fig. 16c) となっている。この花崗岩巨礫の SHRIMP 年代として 500 Ma が得られている (田切ほか, 2010)。5 億年前の花崗岩と石炭系 (350 Ma) の大雄院層との間に不整合がある。Fig. 16a で、川水が流れているところが不整合境界である。この露頭は大変貴重なので壊さないこと。

2. 宮田川ルート見学地点 (Fig. 17abc)

Stop 7 日立市宮田町新楓橋^{かえで}: 大雄院層石灰岩中の化石とクロリトイド片岩「可」

〔地形図〕 1/25,000 「日立」

〔位置〕 36° 36' 58" N, 140° 38' 07" E

〔解説〕 宮田川新楓橋^{かえで}たもとの駐車場の南側斜面の鉱山電車軌道跡に上る (Fig. 17a)。大雄院層の石灰岩が軌道跡に露出している。この付近から前期石炭紀のサンゴ示準化石 (藤本, 1924; Minato, 1955) や海ユリの化石を産する。直径 5 mm

Fig. 15 (a) Metamorphosed pillow lava of the Akazawa Formation at Stop 4. The white line indicates one pillow, (b) metamorphosed pillow lava on the river-floor at Stop 4, (c) metamorphosed Cambrian granitoids of the Fudotaki Fall, Torents-gawa river at Stop 5.

第15図 (a) Stop 4, 道路脇の赤沢層の変成枕状溶岩, (b) 同地点河床の変成枕状溶岩, (c) Stop 5, 東連津川不動滝のカンブリア紀変成花崗岩類。

から2cm程度の楕円形の形をした化石で、石灰岩転石の風化面で見ると発見しやすい。この石灰岩層の中に熱帯性風化土壌(ラテライト)を起源とするクロリトイド片岩が挟まっ

Fig. 16 (a) Stop 6, the unconformity outcrop between meta-granitoids and meta-conglomerates at the base of the Daioin Formation, (b) boulders in meta-conglomerate, (c) pebbles in the mica-schist of the matrix of meta-conglomerate (Tagiri and Koike, 2011).

第16図 (a) Stop 6, 変成花崗岩と大雄院層基底の変成礫岩との不整合露頭, (b) 変成礫岩中の巨礫, (c) 変成礫岩基質の雲母片岩中の中礫(田切・小池, 2011)。

ているところがある(Iwao, 1978; 萩谷, 1996)。軌道跡の少し高い位置に露出しており、転石が多数ある。クロリトイド片岩は南西方向の大雄院層に追跡でき、少なくとも4ルートで観察できる。このような事実から、石炭系大雄院層が堆積した基盤が、風化の進んだ大きな陸地となっていたことが推測される。日立カンブリア系もこの陸地の一部を構成していたと考えられる。

Stop 8 日立市宮田川不動滝：赤沢層変成火山岩と大雄院層含礫千枚岩との間の不整合「可」

[地形図] 1/25,000「町屋」

[位置] 36° 37' 26" N, 140° 36' 37" E

[解説] カンブリア系赤沢層と石炭系大雄院層の間の不整合境界は北東—南西方向に連続している(Fig. 3)。この境界部を調査し、新たに4カ所の不整合露頭(Fig. 3の①～④)を見だし、地質図上にそれらの位置を示した(田切・小池, 2011)。Stop 8はFig. 3の②である(Fig. 17b)。不動滝を挟んで北側に赤沢層の変成流紋岩が露出する(Fig. 18a)。直線的な境界で下流側の大雄院層千枚岩と接している。大雄院層の片理面の走向・傾斜はN40° E, 90°で、不整合境界部には礫質部は認められないが、1～2m離れた部分には礫質部が発達する。Fig. 18bはFig. 18aの黒四角部の拡大写真である。礫は花崗岩質の中礫で、礫は変形していて円磨度は判定

Fig. 17 (a) The location map of Stop 7, (b) Stop 8, and (c) Stop 9 along the Miyata-gawa river route.

第17図 (a) Stop 7の位置図, (b) Stop 8の位置図, (c) Stop 9の位置図。いずれも宮田川ルート。

できない。中粒砂岩（千枚岩）は層厚約10 cmの変成した花崗岩質粗粒砂岩と互層する。

Stop 9 日立市大雄院：500 Ma 花崗岩類と石炭系大雄院層基底礫岩との間の不整合「禁」

〔地形図〕 1/25,000 「日立」

〔位置〕 36° 37′ 06″ N, 140° 37′ 36″ E

〔解説〕 この見学地点は JX 日鉱日石金属(株) の管理地なので、見学にあたっては事前に許可が必要である (Fig. 17c)。斜面は浮き石が多く、落石の恐れがあるので、登坂の際は十分注意する。

Fig. 18 (a) Stop 8, the unconformity outcrop between the Akazawa and Daioin formations at the Fudotaki Fall on the Miyata-gawa river, (b) the enlarged photo of the rectangular part of Fig. 18a (Tagiri and Koike, 2011).

第18図 (a) Stop 8, 宮田川不動滝における赤沢層と大雄院層との間の不整合露頭, (b) a 中の四角部の拡大写真 (田切・小池, 2011)。

Stop 9 は Fig. 3 の①にあたる。露頭は大雄院橋の南側駐車場の南西側の山腹にある。露頭の高い位置に変成花崗岩が露出する (Fig. 19a と b)。この変成花崗岩は北方の小木津町方面から連続する変成花崗岩南部岩体の延長部で、田切ほか (2010) の報告した不整合基盤の花崗岩体から続くものである。弱い片状構造をもつ境界部の片岩を挟んで、変成礫岩が下位側にある。不整合境界面の走向・傾斜はおよそ N10° E, 25° E で、礫岩層序は上下逆転していることになる。礫は花崗岩質巨礫の円礫で、基質部が少なく、礫支持の礫岩である。花崗岩体から 2～3 m の変成礫岩層を挟んで、みかけ下位側に層厚約 20 m の千枚岩が露出し、そのさらにみかけ下

位側に大理石質石灰岩が厚く露出する。この石灰岩は N30° W, 30° E の走向・傾斜で主要地方道日立山方線の道路脇に広く露出している。

3. 御岩山ルート見学地点：往復約 2 km (Fig. 20a)

Stop 10 日立市御岩山：赤沢層流紋岩岩頭を原岩とする紅柱石含有白雲母片岩「可」

[地形図] 1/25,000 「町屋」

[位置] 36° 37' 57" N, 140° 35' 36" E

[解説] 本山トンネルの向陽台駐車場から高鈴山登山道をたどって、御岩山に登る。本山トンネルの北側には白亜紀の入間花崗閃緑岩体が広く分布する。トンネルの南側には赤沢層が分布する。日立鉾山の藤見鉾床は本山トンネル西出口付近にあった。このあたりの赤沢層では白雲母片岩と角閃岩が頻繁に互層する。硫化鉾床の露頭もあり、日立鉾山の主要な鉾床はこのあたりに集中している。

御岩山 (492 m) は麓にある御岩神社の霊場で、山中には賀毘礼神社、御嶽神社、天の岩戸大神などが祀られている。

現在はロッククライミング場として多くの登山者が訪れる。御岩山流紋岩岩頭はロッククライミング場となっている岩峰全体を構成している。流紋岩は、平板状緻密な流理構造が発達する部分と、流理とはほぼ平行で、しばしば流理を不規則に貫く発泡部から構成されている (Fig. 20b)。緻密部は黄色からクリーム色の頻互層で、流紋岩の主要な部分である。発泡部は数 cm から 30 cm 程度の厚さで、赤褐色から濃褐色の層である。破碎礫状のものと粉状の物質で充填されているが、発泡部は隙間が残っている。付近の赤沢層が北東―南西走向で西急傾斜であるのに対し、御岩山流紋岩の分布は東西走向で北傾斜であること、限られた範囲にしか分布しないこと、流理構造が複雑に波打っていること、発泡部に破碎部があるなどから、赤沢層の火山碎屑岩に貫入した流紋岩岩頭であると推測される。

御岩山流紋岩は角閃岩相の変成作用を受け、白雲母片岩と長石質片岩となっている。鏡下では流紋岩の組織は残っていない。両方の岩石とも鉾物量比に違いはあるが、長石、石英、白雲母、紅柱石を主成分とする。鉾物組み合わせは緻密部と発泡部で違いはなく、発泡部にも紅柱石が含まれる。長さ数 mm の紅柱石も珍しくない。白雲母片岩の平均的全岩化学組成を Table 2 に示す。過アルミナ質、中アルカリ質な流紋岩である。

Fig. 19 (a) the 1/1500 scale route map at Stop 9 (drawn based on the 2011 Zenrin Data Com). (b) Stop 9, the unconformity outcrop between meta-granitoids and meta-conglomerates at the base of the Daioin Formation (Tagiri and Koike, 2011).

第 19 図 (a) Stop 9 付近の 1/1500 地形図とルート図 (ゼンリン 2011 を基に作成), (b) Stop 9, 変成花崗岩と大雄院層基底の変成礫岩との不整合露頭 (田切・小池, 2011)。

Fig. 20 (a) The location map of Stop 10 along the Mt. Oiwa-san route, (b) typical occurrence of meta-rhyolites at Stop 10 near the Iwa-goya.

第 20 図 (a) 御岩山ルートの Stop 10 の位置図, (b) Stop 10, 岩小屋近くの流紋岩の代表的産状。

Table 2 Average chemical composition of 20 white mica-schists of Oiwa-san rhyolites (Kuroda, 1959).

表 2 御岩山流紋岩の白雲母片岩 20 個の平均化学組成 (Kuroda, 1959).

oxides	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total
weight%	75.98	0.48	10.02	4.82	0.98	0.44	0.3	0.89	1.62	95.53
Norm minerals	Mag	Im	En	Hem	Crn	An	Ab	Or	Qtz	
%	3.5	0.6	1.3	2.6	7.9	2.4	2.3	2.9	76.5	100.03

4. 西堂平層長谷ルート見学地点：往復約 3 km (Fig. 21)

Stop 11 常陸太田市長谷：西堂平層に貫入するコートランド岩「可」

[地形図] 1/25,000「常陸太田」

[位置] 36° 33′ 36″ N, 140° 33′ 51″ E

[解説] 西堂平林道入口の橋の下に露頭がある (Fig. 22a). コートランド岩 (Fig. 3 を参照, Fig. 5 では gabbroic rocks となっている) は、ポイキリテックに単斜輝石を包有する極めて粗粒な角閃石を主成分とするのが特徴である。黒色の部分が角閃石で、10 cm を越える極めて粗粒な単結晶もある。白色の部分は斜長石である。コートランド岩は西堂平層に貫入して、接触変成作用を与えている (Tagiri, 1973).

Stop 12 常陸太田市長谷西堂平林道：西堂平層雲母片麻岩「可」

[地形図] 1/25,000「常陸太田」

[位置] 36° 33′ 46″ N, 140° 33′ 49″ E

[解説] 林道に入って最初の橋を渡った沢の対岸に雲母片麻岩の露頭がある (Fig. 22b). 片麻岩の片理面は東に緩く傾斜している。比較的粗粒の岩石で、濃褐色の部分と白色の部分が平行な縞を作っている。濃褐色の部分は黒雲母の多い部分、白色の部分は長石と石英の多い部分である。この場所では堆積構造は不明瞭である。白雲母も多量に含まれる。

Stop 13 同西堂平林道：雲母片麻岩とそれを貫く花崗岩質砂岩岩脈「禁」

[地形図] 1/25,000「常陸太田」

[位置] 36° 33′ 47″ N, 140° 33′ 51″ E

[解説] 右岸に雲母片麻岩の大きな露頭がある (Fig. 22c). 足下が不安定なので、少し離れて見学する。片麻岩には泥岩が原岩の濃褐色部と砂岩が原岩の白色部の縞状構造が明瞭である。しかし、堆積構造は不明瞭である。露頭の左半分には花崗岩質組成の脈が片麻岩の片理を切って貫入している。この花崗岩質組成の脈にも片麻岩と平行な片理が発達している。この花崗岩質組成の脈の成因として2つ考えられ、一方は「花崗岩マグマが貫入した」、他方は「砂岩岩脈が貫入した」の二つである。どちらが真実かは今の所不明であるが、案内者は砂岩岩脈と考えている。

Stop 14 同西堂平林道：砂泥互層と砂岩岩脈を原岩とする雲母片岩「可」

[地形図] 1/25,000「常陸太田」

[位置] 36° 33′ 48″ N, 140° 33′ 52″ E

Fig. 21 The location map of the stop-points along the Nishidohira route.

第 21 図 西堂平ルートの見学地点の位置図。

[解説] 少し上流の左岸に砂泥互層を原岩とする雲母片岩が露出する (Fig. 23a). 砂岩層から泥岩層へ正級化となっている (Fig. 23b). 砂岩層底面には荷重痕も認められる。川の流れに近い所に、砂泥互層を貫く花崗岩質組成の脈がある (Fig. 23c). この脈は雲母片岩と同程度の粒度で、しかも雲母片岩と同じ片理をもっている。この脈は石英長石質砂岩岩脈を原岩とするものと考えている。

Stop 15 同西堂平林道：白亜紀ハンレイ岩と花崗岩の貫入「可」

[地形図] 1/25,000「常陸太田」

[位置] 36° 33′ 48″ N, 140° 33′ 52″ E

[解説] 砂泥互層中に白亜紀のハンレイ岩と花崗岩が貫入している。礫岩のようにみえるが、SHRIMP 年代を新たに測定した結果、約 116 Ma の貫入岩であることがわかった。薄い板状の貫入岩で、母岩との接触部で接触変成作用や、貫入岩の急冷組織は観察されない。

Fig. 22 (a) Cortlandite at Stop 11, (b) mica gneisses at Stop 12, (c) mica gneisses and granitic sand-dyke at Stop 13.

第22図 (a) Stop 11のコートランド岩, (b) Stop 12の雲母片麻岩, (c) Stop 13の雲母片麻岩と花崗岩質砂岩岩脈。

Stop 16 同西堂平林道：級化構造と荷重痕をもつ砂岩層を原岩とする砂質片岩「禁」

〔地形図〕 1/25,000「常陸太田」

〔位置〕 36° 33' 49" N, 140° 33' 52" E

〔解説〕 礫岩層の少し上流に厚さ約15cmの中粒砂岩が露出する (Fig. 25a)。この砂岩層は上下を石英長石質粗粒砂岩で挟まれているが、見かけ上の上位に向かって連続して粗粒

Fig. 23 (a) Stop 14, Graded bedding of meta-sandstone, the arrow indicates viewpoint, (b) load cast on the bottom of a meta-sandstone base, and (c) sand-dyke intruding into meta-sandstones at Stop 14.

第23図 (a) 級化成層する変成砂岩, 矢印は観察点を示す, (b) 変成砂岩下底の荷重痕, (c) 変成砂岩に貫入する砂岩岩脈。いずれも Stop 14。

化する (Fig. 25b)。下の粗粒砂岩層から中粒砂岩に荷重痕が入り込んでいる。下の粗粒砂岩は下方に向かって細粒化し、ラミナイトに漸移する。堆積構造から層序が逆転している。

Fig. 24 (a) Meta-conglomerate at Stop 15, (b) close-up view of (a).
第 24 図 (a) Stop 15 の変成礫岩, (b) (a) の近接写真.

Stop 17 同西堂平林道：紅柱石—藍晶石—珪線石の共在する雲母片麻岩「可」

〔地形図〕 1/25,000 「常陸太田」

〔位 置〕 36° 33′ 51″ N, 140° 33′ 57″ E

〔解 説〕 小さな滝の上流部に川の流向と地層の走向が平行になっている雲母片麻岩の露頭がある (Fig. 25c). この厚さ約 1m の部分に紅柱石—藍晶石—珪線石が共在する. 紅柱石は接触変成作用で生じており, 斑状変晶となっている. したがって, この 3 つの多形を採取するには, 紅柱石斑状変晶を探せばよい. 西堂平層では, この狭い層準にのみ 3 つの多形がそろって出現する (Fig. 5).

Stop 18 同西堂平林道：凝灰岩を原岩とする長石質片岩と砂泥互層を原岩とする雲母片岩「禁」

〔地形図〕 1/25,000 「常陸太田」

〔位 置〕 36° 33′ 55″ N, 140° 34′ 03″ E

〔解 説〕 河岸に露頭がある. 長石質片岩は露頭では突出し, 雲母片岩と頻互層する (Fig. 26a). 長石質片岩の原岩は流紋岩質凝灰岩で, ざくろ石を含むものとカミングトン閃石を含むものがあり, ジルコンは後者から得られた. 長石質片岩のジルコンを年代測定し, 510Ma が得られている (Tagiri et al.,

Fig. 25 (a) Overturned bedding of meta-sandstones at Stop 16, (b) close-up view of (a), graded bedding of a overturned medium-grained sandstone bed, (c) the scenery of the AKS gneiss at Stop 17.

第 25 図 (a) Stop 16 の逆転した変成砂岩, (b) 級化成長する中粒砂岩層 (a) の近接写真, (c) Stop 17 の AKS 片麻岩の産出風景.

2011). 砂泥互層を原岩とする雲母片岩には斜交層理がみられる (Fig. 26b と c). 斜交関係からは地層は逆転している. 砂岩には級化構造があり (Fig. 26c), これも逆転を示してい

る。長石質片岩には荷重痕 (Fig. 27a) や漣痕 (Fig. 27b) があり, これらも逆転を示している。互層中には細礫を含む薄い礫岩層もあり, 細礫は原形をとどめている。礫種は花崗岩と石英砂岩である。このように, 堆積岩は雲母片岩や長石質片岩に変成しているが, 変形は少なく, 大型の化石なら残る

可能性が高い。

Stop 19 同西堂平林道: 断層に沿って貫入した蛇紋岩

[地形図] 1/25,000 「常陸太田」

[位置] 36° 33' 56" N, 140° 34' 05" E

Fig. 26 (a) The alternation of felsic schists and mica schists at Stop 18, (b) close-up view of the rectangular part of (a), (c) close-up view of cross-bedding and graded bedding of the rectangular part of (b).
第 26 図 (a) Stop 18 の長石質片岩と雲母片岩の互層, (b) (a) の四角部の拡大写真, (c) (b) の四角部の斜交層理と級化を示す部分の拡大写真。

Fig. 27 (a) Load cast of the top plane of a felsic schist bed near Stop 18, and (b) ripple mark of the top plane of a felsic schist bed on the road side near Stop 18, (c) serpentinites at Stop 19.
第 27 図 (a) Stop 18 付近の長石質片岩上面の荷重痕, (b) Stop 18 付近の道路脇にみえる長石質片岩上面の漣痕, (c) Stop 19 の蛇紋岩露頭。

[解 説] 西堂平層と赤沢層の間は断層である。この断層に沿って蛇紋岩が貫入している (Fig. 27c)。この露頭の下流側で、蛇紋岩と西堂平層の長石質片岩が接している。蛇紋岩には再結晶鉱物として、カンラン石、透閃石、蛇紋石、滑石、緑泥石、炭酸塩鉱物などが生成している。緑泥石片岩には正八面体の粗粒磁鉄鉱が含まれる。西堂平層や赤沢層の変成作用との関係は明らかでない。原岩生成時代も明らかでない。この蛇紋岩中に変閃緑岩が包有されているが、研究されていない。ここにはかつて長谷鉱山があり、滑石を採掘していた。

謝 辞

巡検の機会を与えていただき、日本地質学会及び茨城大学の関係者の皆様に感謝いたします。研究は D. Dunkley 氏および国立極地研究所との共同研究による。巡検の準備では日立市、日立市郷土博物館、JX 日鉱日石金属(株)、日鉱記念館のご協力を得た。御岩山流紋岩岩頭の記載では茨城大学の藤縄明彦氏と長谷川健氏のご協力を得た。不整合露頭の調査では茨城県自然博物館の小池渉氏と共同調査を行った。堆積構造の調査では茨城大学の安藤寿男氏のご協力を得た。以上の方々と各機関に感謝の意を表します。

文 献

- 地質学会編集委員会 (Editorial committee of Geological Society of Japan), 2000, 鉱物名などの略号。地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), 106, Nos.10-11 (地質学雑誌投稿の手引きを参照)。
- 藤本治義 (Fujimoto, H.), 1924, 日立鉱山付近の片状岩に伴われる石灰岩中のサンゴ化石。地学雑誌 (Jour. Geogr.), 36, 559-561。
- Glassley, W., 1974, Geochemistry and tectonics of Gressent volcanic rocks, Olympic Peninsula, Washington. Bull. Geol. Soc. Amer., 85, 785-794。
- Gusokujima, Y., 1983, Microstructures of the folded Hitachi metamorphics in the southern Abukuma Plateau, Japan. Sci. Rep. Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, 4, 73-98。
- 萩谷 宏 (Hagiya, H.), 1996, 日立変成岩の内部構造と全岩化学組成。地質学会第 103 年学術大会講演要旨 (Abstr. 103rd Ann. Meet. Geol. Soc. Japan), 299。
- 廣井美邦・小林栄一 (Hiroi, Y. and Kobayashi, E.), 1996, 阿武隈高原南端部に分布する西堂平変成岩中の紅柱石—藍晶石—珪線石集合体の成因と温度—圧力経路。岩鉱 (Jour. Mineral. Petrol. Econ. Geol.), 91, 220-234。
- Hiroi, Y., Kishi, S., Nohara, T., Sato, K. and Goto, J., 1998, Cretaceous high-temperature rapid loading and unloading in the Abukuma metamorphic terrane, Japan. Jour. Metamorphic Geol., 16, 67-81。
- Hiroi, Y., Yokose, M., Oba, T., Kishi, S., Nohara, T. and Yao, A., 1987, Discovery of Jurassic radiolaria from acmite-rhodonite-bearing metachert of the Gosaisyo metamorphic rocks in the Abukuma terrane, Northeastern Japan. Jour. Geol. Soc. Japan, 93, 445-448。
- Iwao, S., 1978, Re-interpretation of the chloritoid-, staurolite- and emery-like rocks in Japan—chemical composition, occurrence and genesis. Jour. Geol. Soc. Japan, 84, 49-67。
- 加納 博・黒田吉益・宇留野勝敏・瀧木輝一・原 郁夫・蟹沢聡史・丸山孝彦・梅村隼夫 (Kano, H., Kuroda, Y., Uruno, K., Nureki, K., Hara, I., Kanisawa, S., Maruyama, T. and Umemura, H.), 1977, 阿武隈変成帯形成史—複変成作用の立場から。秀敬編「三波川帯」(The Sambagawa Belt), 289-296, 広島大学出版研究会 (Hiroshima Univ. Press)。
- 木下亀城 (Kinoshita, K.), 1935, 7 万 5 千分の 1「助川」図幅及び同説明書 (Geological map of Japan, Scale 1:75,000 Sukegawa, and its explanatory text). 地質調査所 (Geol. Surv. Japan), p.96。
- 小林栄一・加々美寛雄・廣井美邦 (Kobayashi, E., Kagami, H. and Hiroi, Y.), 1992, 日立西方に産出する玉簾変成岩の Sm-Nd アイソクロン年代。岩鉱学会個人講演要旨 (Abstract in Assoc. Mineral. Petrol. Econ. Geol.), 87, 135。
- 黒田吉益 (Kuroda, Y.), 1951, 日立地方の所謂壓碎性花崗岩及び角閃片麻岩について—阿武隈高原の地質学的岩石学的研究 (その 1)。地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), 57, 135-142。
- Kuroda, Y., 1959, Petrological Study on the Metamorphic Rocks of the Hitachi District, Northeastern Japan. Spec. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C, 7, 1-70。
- Kuroda, Y. and Ogura, Y., 1963, Epidote-amphibolites from the northeastern Abukuma plateau, Japan. Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C, 8, 245-268。
- Minato, M., 1955, Japanese Carboniferous and Permian corals. Jour. Fac. Sci., Hokkaido University. Series 4, Geology and Mineralogy, 9, 1-202。
- Miyashiro, A., 1974, Volcanic rock series in island arcs and active continental margins. Amer. Jour. Sci., 274, 321-355。
- Pearce, J. A., Harris, N. B. W. and Tindle, A. G., 1984, Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks. Jour. Petrol., 25, 956-983。
- Sakashima, T., Terada, K., Takeshita, T. and Sano, Y., 2003, Large-scale displacement along the Median Tectonic Line, Japan: evidence from SHRIMP zircon U-Pb dating of granites and gneisses from the South Kitakami and paleo-Ryoke belts. Jour. Asian Earth Sci., 21, 1019-1039。
- Shimada, M., 1961, Geology and economic geology of the Hitachi Mine. Tohoku Univ., Inst. Mineral., Petrol. Econ. Geol., Dr. Thesis (M.S.)。
- 杉山新平 (Sugiyama, S.), 1972, 日立地域より紡錘虫化石の発見。地球科学 (Earth Sci.), 26, 173-175。
- Tagiri, M., 1971, Metamorphic rocks in the Hitachi district in the southern Abukuma Plateau. Japan. Jour. Mineral. Petrol. Econ. Geol., 65, 77-103。
- Tagiri, M., 1973, Metamorphism of Paleozoic rocks in the Hitachi district, southern Abukuma Plateau, Japan. Sci. Rep. Tohoku Univ., Ser. III, 12, 1, 1-67。
- 田切美智雄・小池 渉 (Tagiri, M. and Koike, W.), 2011, 日立古生層中のカンブリア系と石炭系境界の 1.5 億年の不整合露頭。茨城県自然博物館研究報告 (Bull. Ibaraki Nature Museum) (印刷中)。
- 田切美智雄・廣井美邦 (Tagiri, M. and Hiroi, Y.), 2008, 阿武隈山地・日立地域。「日本地方地質誌 3, 関東地方」(Abukuma Mountains and Hitachi district, Regional Geology of Japan 3, Kanto Region), 朝倉書店 (Asakura Press), 120-122pp。
- 田切美智雄・大倉智恵子 (Tagiri, M. and Okura, C.), 1979, 日立および鶏足山塊地域の変火山岩類。特にそれらの火成活動場と棚倉構造線について。地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), 85, 679-689。
- Tagiri, M., Dunkley, D.J., Adachi, T., Hiroi, Y. and Fanning, C.M., 2011, SHRIMP dating of magmatism in the Hitachi metamorphic terrane, Abukuma belt, Japan: evidence for a Cambrian volcanic arc. Island Arc, 20, 259-279。
- 田切美智雄・森本麻希・望月涼子・横須賀歩・Daniel J. Dunkley・足立 達朗 (Tagiri, M., Morimoto, M., Mochizuki, R., Yokosuka, A., Dunkley, D.J. and Adachi, T.), 2010, 日立変成岩類—カンブリア紀の SHRIMP ジルコン年代をもつ変成花崗岩質岩類の産状とその地質について。地学雑誌 (Jour. Geogr.), 119, 245-256。
- 植田良夫・山岡一雄・大貫 仁・田切美智雄 (Ueda, Y., Yamaoka, K., Onuki, H. and Tagiri, M.), 1969, 本邦変成岩の K-Ar dating (II) —南部阿武隈山地, 日立変成岩類。岩石鉱物鉱床学会誌 (Japan. Jour. Petrol. Mineral. Econ. Geol.), 61, 92-99。
- 渡邊萬次郎 (Watanabe, M.), 1920, 日立鉱山付近の火成岩と其の鉱床に対する関係に就いて (一)。地質雑 (Jour. Geol. Soc. Japan), 27, 441-450。
- Wilde, S.A., Wu, F.Y. and Zao, G., 2010, The Khanka Block, NE China,

and its significance for the evolution of the Central Asian Orogenic Belt and continental accretion. *Geol. Soc., London, Spec. Pub.*, 338, 117-137.