

日立変成地域，大雄院層のクロリトイド片岩： その原堆積物と背斜褶曲との関係について*

田切美智雄**・鈴木保光***・小池 渉****

(2016 年 10 月 8 日受理)

Chloritoid Schist of Paleozoic Daiouin Formation in the Hitachi Metamorphic District: Nature of Parent Sediments and Relationship to Anticlinal Folding*

Michio TAGIRI **, Yasumitsu SUZUKI *** and Wataru KOIKE ****

(Accepted October 8, 2016)

Abstract

Thin layers of chloritoid schist occur in recrystallized limestone beds of the Carboniferous Daiouin Formation throughout the Hitachi metamorphic district. The Cambrian Hitachi volcano-plutonic complex, along with the schist and limestone, is folded into a large anticline. The chloritoid schist is distributed symmetrically about the fold axis. The whole-rock chemical composition of the chloritoid schist is similar to that of lateritic sediments that originated from weathered sandstone. The lateritic sediments were sourced from a sandy hinterland area rather than the Cambrian Hitachi volcano-plutonic complex.

Key words: chloritoid schist, Cambrian Hitachi volcano-plutonic complex, anticline, Carboniferous limestone, whole-rock composition, lateritic sediments.

はじめに

茨城県日立市から常陸太田市にかけて日立変成岩類が分布し，その中にクロリトイド斑状変晶を含むクロリトイド片岩が産する．本地域のクロリトイド片岩の研究は，鈴木（1927a, b）によるオットレライト片岩の研究に始まり，関（1956）によってクロリトイドの結晶化について，Iwao（1978）によって原岩の化学的

特徴と堆積環境がまとめられた．しかし，これらの研究では，その産状と地質構造との関係については明らかにしていない．

これらの研究を基として，2015 年度から始まった茨城県自然博物館による総合調査として，茨城県産鉱物がまとめられる過程で新たなクロリトイド片岩の露頭が発見されたことや，田切ほか（2011）や田切・小池（2011）で明らかにされたカンブリア系と石炭系と

* 本研究は茨城県自然博物館総合調査の一部として実施された．

** 日立市郷土博物館 〒317-0055 茨城県日立市宮田町 5-2-22 (Hitachi City Museum, 5-2-22 Miyata-cho, Hitachi, Ibaraki 317-0055, Japan)．

*** 日立市役所 〒317-8601 茨城県日立市助川町 1-1-1 (Hitachi City Office, 1-1-1 Sukegawa-cho, Hitachi, Ibaraki 317-8601, Japan)．

**** ミュージアムパーク茨城県自然博物館 〒306-0622 茨城県坂東市大崎 700 (Ibaraki Nature Museum, 700 Osaki, Bando, Ibaraki 306-0622, Japan)．

の間の不整合や大規模な横臥褶曲の存在によって、クロリトイド片岩の産状に地質学的な意味づけが可能となった。クロリトイド片岩は石灰岩に挟まれて、もしくは石灰岩層に接して産出しており、石灰岩採掘によって失われたと思われる露頭も多数あることから、これまでのクロリトイド片岩の産状の調査結果を総括して、新たな視点からクロリトイド片岩の原岩の後背地の地質と、クロリトイド片岩の産状と地質構造との関係を論じることとした。

地質と産状

クロリトイド片岩は肉眼的には黒灰色～緑灰色片状の岩石で、クロリトイドの斑状変晶が多数含まれる。日本産クロリトイド片岩の産状と全岩組成については、Iwao (1978) にまとめられている。日立変成地域のクロリトイド斑状変晶は露頭によって黒緑色から緑灰色まであり、約 1 mm の粒径の斑状変晶が集合した片岩から、約 5 mm の粒径の斑状変晶が集合した片岩まである。共存する主成分鉱物は、緑泥石、白雲母、斜長石、石英で、鉄鉱物、炭質物を伴う。灰長石を含むものや、角閃石を含むものもある。クロリトイド片岩は Fe-Al に富んだ岩石である。

クロリトイド片岩は日立変成地域の太雄院層に産出する。太雄院層は不整合を介してカンブリア系日立火山深成複合岩体に重なり、上位は整合的にペルム系鮎川層に覆われる(田切・小池, 2011; 田切ほか, 2016)。クロリトイド片岩の産出地を、露頭と転石による確認地点に分けて図 1 に示す。同図に鈴木(1927a)に示されたクロリトイド片岩の産出地も示した。鈴木(1927a)にも記載されていない新たな露頭や転石による確認地が多数あるが、鈴木(1927a)に記載された金沢林道や桜川奥の露頭は現在確認できない。クロリトイド片岩は全てが石炭系の石灰岩層に挟まれた 0.3 ～ 1 m の厚さの地層として産している(例えば、Iwao, 1978)。セメント原料のため石灰岩は古くから採掘されており、多くのクロリトイド片岩露頭が既に失われたと考えられる。その一例が宮田川稲荷橋付近のクロリトイド片岩である。石灰岩の採掘が始まった当初は良好な露頭が確認できたが、現在は採掘が進んでほとんど失われている。このため、周辺の転石が分布を判断する重要な証拠になる。

クロリトイド片岩産出地の分布(図 1)をみると、

この片岩は層位的に 2 層以上の複数の層準から産していると推定される。太雄院層分布域北部の中央にはカンブリア系日立火山深成複合岩体(田切ほか, 2016)が不整合を介して帯状に分布している。その一部は田切・小池(2011)が示したように過褶曲によって見かけ上大雄院層の上に重なっており、クロリトイド片岩がカンブリア系日立火山深成複合岩体の両側に産するのは、大規模背斜が存在しているからである(図 1)。鈴木(1927a)の記載にある金沢林道や大久保林道奥の産出地西側には変成花崗岩類が分布している。この岩石の放射年代は未測定であるが、分布は、上述した鮎川と宮田川の間にある帯状カンブリア紀変成花崗岩類(田切・小池, 2011)の南方延長にあつて、太雄院層がつくる背斜の軸部に位置する。

以上のように、太雄院層内には石灰岩と互層して複数層のクロリトイド片岩が南北に連続しており、恒常的に石灰岩と同時に Fe-Al に富んだ堆積物が形成された。クロリトイド片岩は、カンブリア系日立火山深成複合岩体と太雄院層の背斜構造に支配されて分布している。

クロリトイド片岩の全岩組成と特徴

表 1 に示すように、クロリトイド片岩の全岩化学組成は鈴木(1927a)と関(1956)によって 6 件報告され、いずれも Fe-Al に富む泥質岩であることが明らかにされている。化学組成の特徴については Iwao(1978)により詳細に検討されている。今回、蛍光 X 線分析(XRF)による分析値を 2 件追加した(表 1 の 1 と 2)。一方は鈴木(1927a)と同じ露頭の岩石(表 1 の 3)、他方は新たに発見された稲荷橋の露頭の岩石である。

酸化鉄は各研究者間で FeO と Fe_2O_3 、全 FeO または全 Fe_2O_3 などと表記が異なっているので、全 Fe_2O_3 に統一して表記した。MnO については後述するラテライトの分析値と比較するため、 Mn_3O_4 で表記した。 H_2O と CO_2 については分離して分析されておらず、灼熱減量(ig.loss)で表した。分析手法や対象元素に違いはあるものの、クロリトイド片岩はいずれも Al と Fe に富んでいる。1 と 2 の同じ露頭からのクロリトイド片岩の組成は、Mn, Ti, Ca, K の含量比で 50% 以上変動している。試料番号 6～8 は同じ露頭からのものである。関(1956)の記載では、No.6 はクロリトイド片岩層中心部、No.7 はその縁部、No.8 はクロ

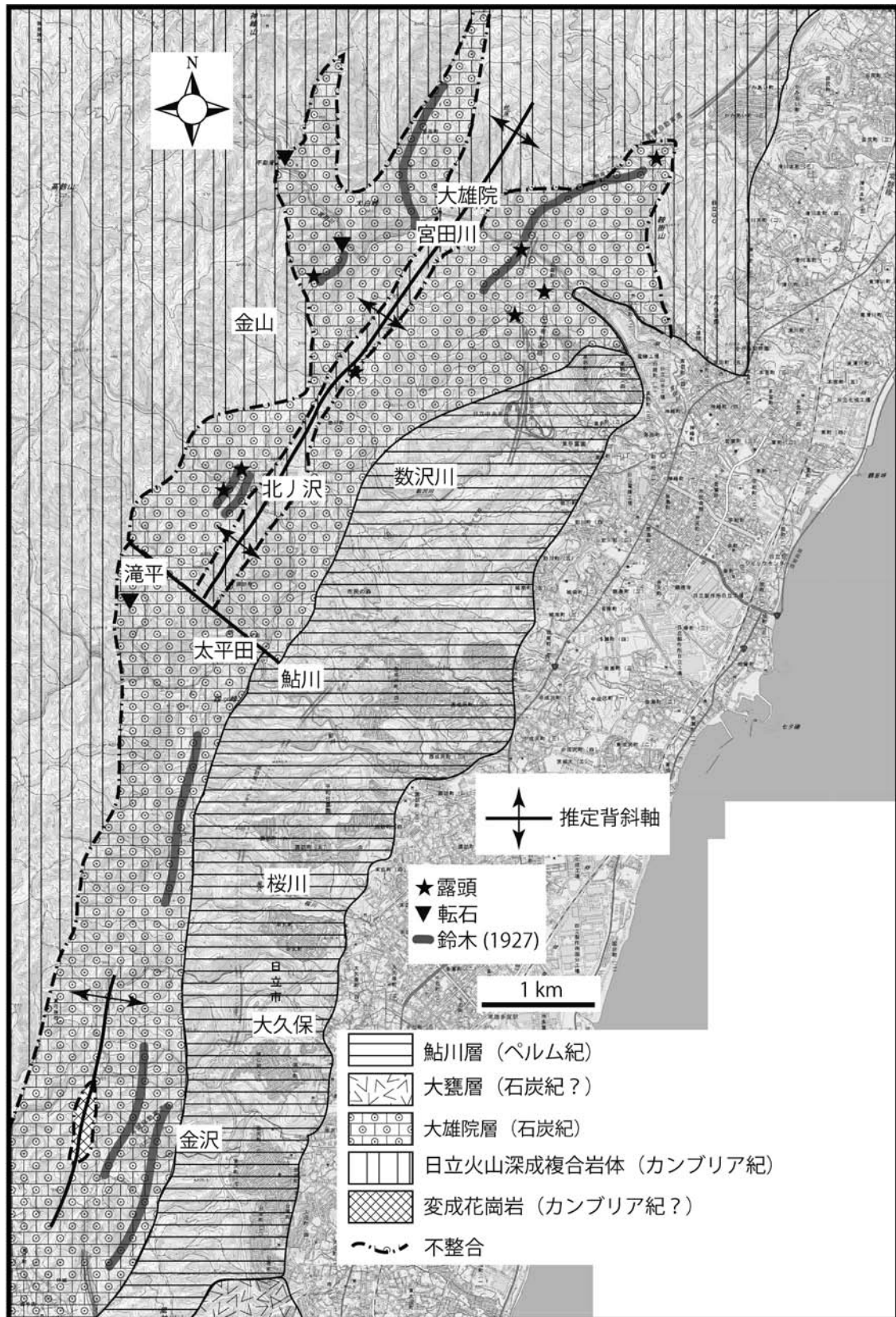


表 1. 日立産クロリトイド片岩および琉球マージの全岩化学組成.

Table 1. Whole-rock compositions of Hitachi chloritoid schist and Ryukyu marge.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
採取地	楓橋	稲荷橋	楓橋	大雄院精 錬所北方	大雄院小 学校北方	諏訪 北ノ沢	諏訪 北ノ沢	諏訪 北ノ沢	沖縄本島 中部
試料名	クロリト イド片岩	クロリト イド片岩	クロリト イド片岩	クロリト イド片岩	クロリト イド片岩	クロリト イド片岩	含灰長石 クロリト イド片岩	含灰長石 クロリト イド片岩	琉球 マージ
SiO ₂	57.00	49.72	51.07	51.08	52.84	50.25	52.54	32.44	69
Al ₂ O ₃	24.42	27.14	25.14	27.41	25.93	25.62	27.17	39.37	16
Fe ₂ O ₃	12.51	14.28	17.97	14.23	13.8	17.34	9.53	3.1	9
Mn ₃ O ₄	0.045	0.046	0.24	n.d.	0.33	0.35	n.d.	n.d.	tr
TiO ₂	1.76	1.50	0.74	0.62	0.89	0.8	n.d.	n.d.	tr
CaO	0.57	2.31	0.26	0.92	0.54	0.28	6.29	20.55	0.53
MgO	0.69	1.87	0.76	0.81	0.6	0.85	0.96	0.42	0.99
Na ₂ O	1.38	0.43	0.88	0.66	1.31	0.74	0.9	2.54	0.22
K ₂ O	0.74	1.06	0.32	0.59	0.61	0.64	1.08	0.92	2.92
P ₂ O ₅	0.008	0.005	tr	tr	tr	tr	n.d.	n.d.	tr
Ig. loss	0.03	0.04	3.72	4.36	3.77	4.12	3.00	1.36	n.d.
Total	99.15	98.40	101.1	100.68	100.62	100.99	101.47	100.7	98.66

3,4,5,6: 鈴木 (1927a) より. 7,8: 関 (1956) より. 9: 齊藤・山口 (2003) より

Ig. loss: 灼熱減量. tr: 微量. n.d.: 未分析

リトイド片岩層と石灰岩層との境界部となっている. この露頭では SiO₂ をはじめ多くの元素で変動幅が大きい. 特に変動の大きい Ca 含量について, 関 (1956) は変成反応による Ca の移動濃集によると考えた.

以上の結果から, クロリトイド片岩は Al や Fe に非常に富んでいるが, 他の元素については変化に富んでいる.

原岩についての考察

Iwao (1978) は日本産クロリトイド片岩と十字石片岩の原岩について考察し, ラテライトやボーキサイト, 鉄に富むカオリン粘土層と類似していると結論した. 本報告では, 日立変成地域のクロリトイド片岩原岩の後背地について検討する.

ラテライト質堆積物は熱帯地方の環境で原岩から Na, K, Ca, Mg 成分が溶脱され, Al や Fe に富む風化残留物として生成される. 残留堆積物は後背地の地質により化学的特徴が異なっている. Tardy (1997) はラテライト質堆積物の原岩の風化過程における化学成分の変化とその残留堆積物組成の詳細な検討を行った (図 2). ラテライト質堆積物は, 図 2 のように SiO₂ 成分と Al₂O₃+Fe₂O₃+TiO₂+Mn₃O₄ 成分の比によって, Lithomarge → Carapace → Cuirasse → Bauxite と分類される. Tardy (1997) によれば, 花崗岩や砂岩を原岩とする場合は SiO₂ 成分に富み, 塩基性岩を原岩とする場合はより Al, Fe, Ti, Mn の成分に富む残留

物となる. 図 2 には, それぞれの原岩の溶脱に伴う組成変化傾向が矢印で示されている.

同じ 3 成分図に日立産クロリトイド片岩の組成を示した (図 3). 比較のため, 表 1 と図 3 には日本産ラテライト質土壌の琉球マージの組成 (斎藤・山口, 2003) も示した. 現世の土壌である琉球マージ (表 1 の 9) は, 砂岩地帯を後背地とする Lithomarge である. 沖縄本島は沿岸部の琉球石灰岩を除くと内陸部は砂泥質岩の地質からなり, 琉球マージはこれらの岩石の風化堆積物として生成されたと考えられる.

関 (1956) の灰長石を含むクロリトイド片岩 (表 1 の 8) は超塩基性岩からの堆積物の範囲に示される. CaO に富む No.8 は, SiO₂ に乏しいが Fe₂O₃ と MgO にも乏しく, 超苦鉄質岩石ではない. No.8 の SiO₂ 成分は灰長石のそれより乏しく, 方解石が一定量含まれていると考えられる. 通常の灼熱減量で求まるのは水分のみで, CO₂ 分は含まれていない. つまり, No.8 は石灰岩成分を多量に含む岩石であり, SiO₂ に乏しく, 化学組成的には超塩基性岩に属する. No.8 のクロリトイド片岩は石灰岩との境界部から採取されていることから (関 (1956) を参照), この岩石はラテライト質土壌と石灰質堆積物の両方に由来するものと推定される.

表 1 の 1~7 のクロリトイド片岩は, 砂岩由来の堆積物 Carapace から Fe-Al 成分が 40% 以下の Cuirasse の範囲にプロットされる. クロリトイド片岩を産する大雄院層は, カンプリア系日立火山深成複合岩体に不整

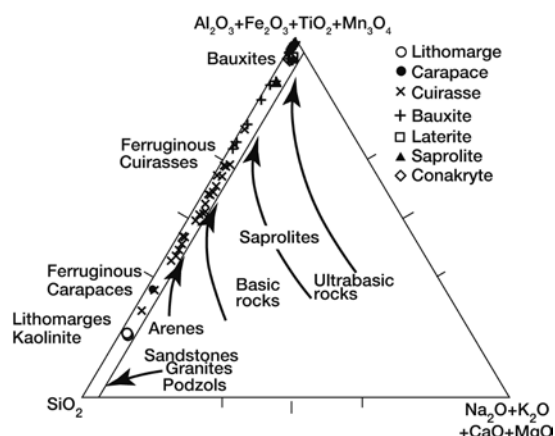


図 2. Tardy (1997) によるラテライト質堆積物の化学組成分類と母岩との関係。分析値は Tardy (1997) を参照。

Fig. 2. The chemical classification of lateritic sediments and their parent rocks (Tardy, 1997). The compositional data are referred to Tardy (1997).

合で重なっている。カンブリア系日立火山深成複合岩体は、塩基性の火山岩類や深成岩類から構成されている（田切ほか，2011）ので，これを後背地として生成されるラテライト質堆積物は，Fe-Al 成分が 50% を超える Cuirasse となるはずである。しかし，クロリトイド片岩の組成は Fe-Al 成分が 40% 以下の Cuirasse や Carapace であり，砂質岩地帯を後背地としていたことを示している。大雄院層は礁性石灰岩由来の堆積物と砂質堆積物の互層からなる。金光ほか（2011）による大雄院層砂質片岩の U-Pb 年代測定によれば，390-420 Ma と 500-550 Ma，670-900 Ma，1020-1500 Ma に碎屑性ジルコン年代のピークがある。これらの年代値をも一つ一つまたは複数の後背地から碎屑物がもたらされ，Carapace 質から Fe-Al に乏しい Cuirasse 質の堆積物が生成されたと推定される。

まとめ

クロリトイド片岩の分布を露頭と転石および文献のデータから示した。クロリトイド片岩は，大雄院層石灰岩中に南北に連続して，複数枚挟在している。大雄院層はカンブリア系日立火山深成複合岩体に不整合を介して重なり，過褶曲を含む背斜構造を形成している。クロリトイド片岩はこの褶曲構造と調和的に，背斜中軸部のカンブリア系日立火山深成複合岩体を挟んで両翼に対照的に分布している。

日立変成地域産クロリトイド片岩の全岩組成を解析

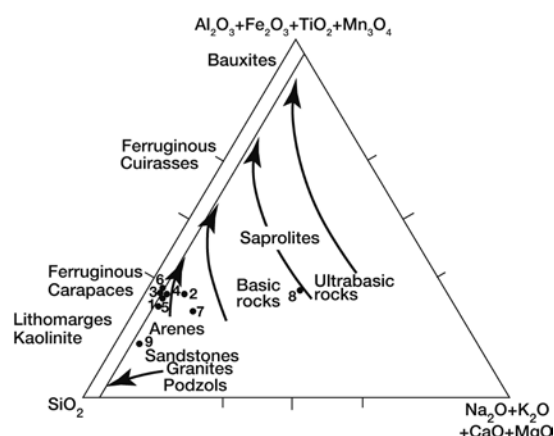


図 3. 日立産クロリトイド片岩および琉球マージの化学的特徴とそのラテライト質堆積物の母岩。

Fig. 3. Chemical characteristics of Hitachi chloritoid schist and Ryukyu marge, and their parent rocks of lateritic sediments.

し，同じ露頭の岩石でも組成幅があることを示した。クロリトイド片岩の原岩は 1 個を除いて全てが砂岩を原岩とするラテライト質堆積物を起源とする。大雄院層はカンブリア系日立火山深成複合岩体に不整合で重なっているが，ラテライト質堆積物を堆積した時期には，その後背地に日立火山深成複合岩体が大規模に露出していたわけではなく，砂質岩が優勢の地帯であったことを示している。

謝 辞

XRF 分析は茨城大学の長谷川 健氏に依頼した。薄片作成にあたっては，茨城大学の藤縄明彦氏のご協力を得た。匿名の 2 名の査読者からは多くのコメントをいただき，原稿の完成に至りました。以上の方々に謝意を表します。

引用文献

- 金光玄樹・下條将徳・平田岳史・横山隆臣・大藤 茂. 2011. 東北日本，日立地域からの新たな碎屑性ジルコン年代とその意義. 地学雑誌, 120: 889-909.
- 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.
- 齊藤和伸・山口晴幸. 2003. 沖縄県赤土の環境化学的性質に関する考察. 土木学会第 58 回年次学術講義要集, 58-3: 349-350.
- 関 陽太郎. 1956. 日立地方のクロリトイド片岩中に発見

- された灰長石. 岩鉱, **40**: 155-162.
- 鈴木 醇. 1927a. 日立鑛山附近のオットレライト千枚岩の成因 (一). 地質雑, **34**: 83-109.
- 鈴木 醇. 1927b. 日立鑛山附近のオットレライト千枚岩の成因 (二). 地質雑, **34**: 113-131.
- 田切美智雄・廣井美邦・足立達朗. 2011. 日本最古の地層－日立のカンブリア系変成古生層. 地質雑, **117**: 補遺, 1-20.
- 田切美智雄・小池 渉. 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, (14): 1-14.
- 田切美智雄・堀江憲路・足立達朗. 2016. 阿武隈山地南部, ジルコン U-Pb 年代値に基づく日立変成岩類層序の再定義と日本海形成前の東北日本列島基盤の復元. 地質雑, **122**: 231-247.
- Tardy, Y. 1997. Petrology of Laterites and Tropical Soils. Translated by V.A.K. Sarma. 408 pp., A.A. Balkema, Rotterdam.

(要 旨)

田切美智雄・鈴木保光・小池 渉. 日立変成地域, 大雄院層のクロリトイド片岩: その原堆積物と背斜褶曲との関係について. 茨城県自然博物館研究報告 第 19 号 (2016) pp. 1-6.

クロリトイド片岩は, 大雄院層石灰岩中に南北に連続して, 薄層として複数枚挟在している. クロリトイド片岩は, カンブリア系日立火山深成複合岩体と大雄院層が形成する背斜構造と調和的に, カンブリア系岩層を挟んで対称的に分布している. クロリトイド片岩の原岩は砂岩に由来するラテライト質堆積物である. 大雄院層のラテライト質堆積物が堆積した時期には, 碎屑物をもたらす後背地は日立火山深成複合岩体ではなく, 砂質岩が優勢であった.

(キーワード): クロリトイド片岩, カンブリア系日立火山深成複合岩体, 背斜褶曲, 石炭系石灰岩, 全岩化学組成, ラテライト質堆積物.