

足尾山地のジュラ紀付加体の地質と対比：5万分の1地質図幅「桐生及足利」地域の検討

伊藤 剛^{1,*}

ITO Tsuyoshi (2021) Geology and correlation of Jurassic accretionary complex in the Ashio Mountains, central Japan: Investigation on the Kiryu and Ashikaga District (Quadrangle series 1:50,000). *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 72 (4), p. 201–285, 22 figs, 6 tables, 26 plates, 1 appendix.

Abstract: Jurassic accretionary complex of the Ashio belt is exposed in the Ashio Mountains, central Japan. Lithology, stratigraphy, fossil age and geologic structure are summarized in this article, on the basis of the geological survey of the Kiryu and Ashikaga District (Quadrangle series 1:50,000) and previous studies in adjacent districts. The Jurassic accretionary complex in the Ashio Mountains comprises four tectonostratigraphic units, namely the Kurohone–Kiryu, Omama, Kuzu and Gyodosan (newly named) complexes. The Kurohone–Kiryu Complex presents broken to coherent facies and is composed mainly of mudstone and chert and moderate amounts of siliceous claystone, with small amounts of basaltic rocks, carbonate rocks, siliceous mudstone, sandstone and pelitic mixed rock. This complex is characterized by dominant of pelitic rock that cleavage develops. This complex is subdivided into the Upper and Lower parts. The Omama Complex presents broken to mélangé facies, and consists mainly of basaltic rocks, chert and mudstone, with small amounts of carbonate rocks, siliceous mudstone, sandstone and pelitic mixed rock. This complex is subdivided into the Upper and Lower parts, and the pelitic mixed rock are dominant in the Upper part. The Kuzu Complex is subdivided into three units (Units 1, 2 and 3). Units 1 and 3 are characterized by coherent facies of chert–clastic sequence comprising chert, siliceous mudstone, mudstone, alternations of sandstone and mudstone and sandstone, in ascending order. Unit 2 comprises basaltic rocks and carbonate rocks with conglomerate, siliceous mudstone and mudstone. The Gyodosan Complex presents mélangé facies and is composed mainly of pelitic mixed rock and chert, with siliceous mudstone, mudstone and sandstone. Three faults as complex boundaries were recognized: the Kiryugawa Fault (between the Kurohone–Kiryu and Omama complexes), Kanma Fault (newly named: between the Kurohone–Kiryu and Kuzu complexes) and Oiwa Fault (newly named: between the Kuzu and Gyodosan complexes). Geologic structure of the Jurassic accretionary complex is characterized by several folds (e.g. Umeda Syncline, Hikoma Anticline, Kuzu Syncline) having NE–SW axial trace. On the basis of radiolarian fossils from pelitic rock of each complex, the accretionary age of the Omama and Gyodosan is after the middle Middle Jurassic, and that of the Kurohone–Kiryu Complex and Unit 2 of the Kuzu Complex is after the late Middle Jurassic. The accretionary age of units 1 and 3 of the Kuzu Complex is after the early Late Jurassic. Based on the comparison with tectonostratigraphic units of the Mino belt, the Kurohone–Kiryu Complex can be correlated to the Nabi and Shimashima complexes; the Omama Complex is correlated to the Funafuseyama and Shirahone complexes; the Kuzu Complex is correlated to the Kamiaso and Sawando complexes. The Gyodosan Complex resembles the Kuze Complex in including Permian chert: however, the Kuze Complex includes basaltic rocks and carbonate rocks whereas the Gyodosan Complex lacks these rocks.

Keywords: Jurassic accretionary complex, ocean plate stratigraphy, Kurohone–Kiryu Complex, Omama Complex, Kuzu Complex, Gyodosan Complex, Ashio belt, Kiryu and Ashikaga District, Gunma Prefecture, Tochigi Prefecture

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: Ito, T., Central 7, 1-1-1 Higashi, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan. Email: ito-t@aist.go.jp

要 旨

足尾山地には足尾帯に属するジュラ紀付加体が分布する。5万分の1地質図幅「桐生及足利」の調査結果及び周辺地域の先行研究に基づき、足尾帯ジュラ紀付加体の岩相・層序・化石年代・地質構造を総括する。足尾山地のジュラ紀付加体は、黒保根-桐生コンプレックス・大間々コンプレックス・葛生コンプレックス・行道山コンプレックス(新称)の4つのコンプレックスに区分される。黒保根-桐生コンプレックスは破断相から整然相を示し、泥岩とチャートが主体とし、珪質粘土岩を含む。また、玄武岩類・炭酸塩岩類・珪質泥岩・砂岩・泥質混在岩を伴う。泥岩に劈開が発達することで特徴づけられる。本コンプレックスは上部と下部に区分される。大間々コンプレックスは破断相から混在相を示し、玄武岩類・チャート・泥岩を主体とし、炭酸塩岩類・珪質泥岩・砂岩・泥質混在岩を伴う。本コンプレックスは上部と下部に区分され、泥質混在岩は上部で卓越する。葛生コンプレックスはユニット1・ユニット2・ユニット3に区分され、ユニット1及びユニット3はチャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩泥岩互層・砂岩が順に累重するチャート-碎屑岩シーケンスの整然相を主体とする。ユニット2は、玄武岩類と炭酸塩岩類からなり、礫岩・珪質泥岩・泥岩を伴う。行道山コンプレックスは混在相を示し、泥質混在岩及びチャートを主体として、珪質泥岩・泥岩・砂岩を伴う。コンプレックス境界として3条の断層を認めた：桐生川断層(黒保根-桐生コンプレックスと大間々コンプレックスの境界)・閑馬断層(新称：黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックスの境界)・大岩断層(新称：葛生コンプレックスと行道山コンプレックスの境界)。地質構造としては、北東-南西に伸びる軸跡を持つ複数の褶曲(梅田向斜・飛駒背斜・葛生向斜など)によって特徴づけられる。泥岩の放射虫年代に基づくそれぞれのコンプレックスの付加年代については、大間々コンプレックス及び行道山コンプレックスが中期ジュラ紀の中期以降、黒保根-桐生コンプレックス及び葛生コンプレックスのユニット2が中期ジュラ紀の後期以降、葛生コンプレックスのユニット1及びユニット3が後期ジュラ紀の前期以降である。美濃帯ジュラ紀付加体の地質体と比較すると、黒保根-桐生コンプレックスは那比コンプレックスや島々コンプレックスに対比可能である。大間々コンプレックスと葛生コンプレックスは、それぞれ舟伏山コンプレックス・白骨コンプレックスと上麻生コンプレックス・沢渡コンプレックスに対比できる。行道山コンプレックスについては、ペルム系チャートを含む点などでは久瀬コンプレックスと類似する。しかし久瀬コンプレックスが玄武岩類や炭酸塩岩類を含むのに対し、行道山コンプレックスはこれらを欠く。

1. はじめに

日本列島には古生代から新生代まで幅広い年代の付加体が露出する。関東平野の北に位置する足尾山地には足尾帯のジュラ紀付加体が広範に露出しており(第1図)、丹波帯や美濃帯のジュラ紀付加体の東方延長が分布すると捉えられている(例えば、中江, 2000b)。

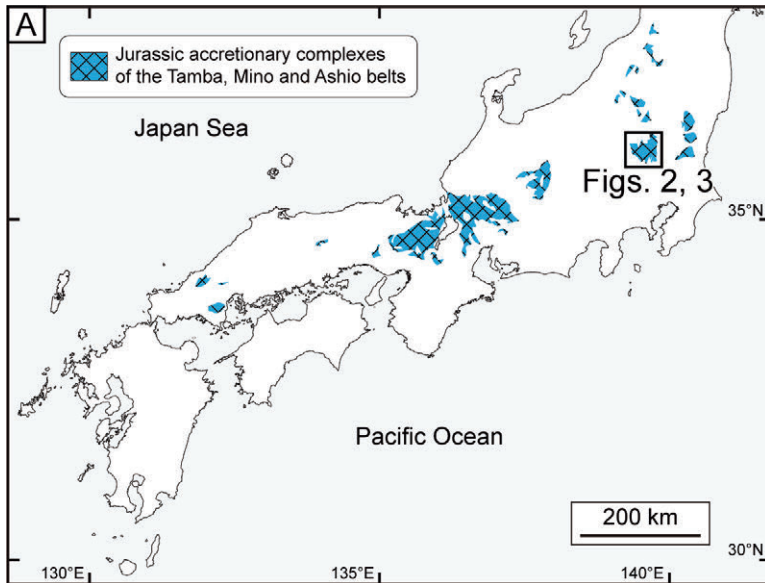
足尾山地のジュラ紀付加体は、当初は炭酸塩岩類から発見された古生代フズリナ化石などに基づく年代論と地向斜論に基づいて、いわゆる秩父古生層として認識された。その後1960年代から1970年代において主にチャートや炭酸塩岩類からコノドントが発見され、林・長谷川(1981)や林ほか(1990)により大まかに年代論が構築され、岩相層序区分が示された。そして、Kamata(1996)により放射虫に基づき年代が決定されるとともに、付加体地質学的観点に基づく構造層序区分が行われ、足尾山地のジュラ紀付加体は黒保根-桐生コンプレックス・大間々コンプレックス・葛生コンプレックスに区分された。しかしながらKamata(1996)の研究以来、足尾山地南西部の栃木県足利市から群馬県桐生市にかけての地域におけるジュラ紀付加体の研究例は限られている。

筆者は「桐生及足利」地域の5万分の1地質図幅作成に伴い、足尾山地南西部及び八王子丘陵に分布する足尾帯ジュラ紀付加体の地質調査を行っている。本論では、この調査結果と主要な先行研究に基づき、足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体の地質概要(岩相・層序・化石年代・地質構造)についてまとめる。その上で、各コンプレックスの海洋プレート層序(OPs)の復元とコンプレックス間の構造累重関係の検討ならびに美濃帯のジュラ紀付加体との対比を行う。

本論文で示したルートマップ・柱状図・露頭・薄片の位置を付図1に示す。また、本論で5万分1地形図の地域を示す場合には、鉤括弧を用いて例えば「桐生及足利」や「栃木」などと表す。

2. 先行研究における足尾山地ジュラ紀付加体の年代と層序区分

足尾山地のジュラ紀付加体を対象とした研究は古くから行われてきた。ここでは、1) 最初期の古生代化石の報告から1960年代までのフズリナを中心とした年代論と地向斜論に基づく岩相層序区分、2) 1960～1980年代のコノドントや放射虫などの微化石による年代の見直しとそれを踏まえた岩相層序区分、3) 1990年代以降の付加体地質学的観点に基づく構造層序区分の3つに分けて述べる。なお、足尾山地東方の八溝山地は八溝山塊・鷺子山塊・鶏足山塊からなり、この山地にもジュラ紀付加体が広く露出する。八溝山地の付加体については、足尾帯ジュラ紀付加体の延長あるいは相当層と判断されているため(例えば、Masuda *et al.*, 1980; Aono, 1985)、本節で



第1図 丹波帯・美濃帯・足尾帯ジュラ紀付加体の分布(産総研地質調査総合センター, 2018に基づく).

Fig. 1 Distribution of Jurassic accretionary complexes of the Tamba, Mino and Ashio belts (based on Geological Survey of Japan, AIST, 2018).

は八溝山地の研究についても述べる。加えて、これらの研究史を踏まえた上で本論における構造層序単元の取り扱いなどについて記述する。

2.1 古生代化石の発見と地向斜論に基づく岩相層序区分(主に1960年代以前)

河田・大澤(1955)の記述に基づく、足尾山地では足尾銅山の開発が1610年に始まり、19世紀後半にはそれに伴い足尾山地の地質学的研究が開始された(例えば、原田, 1886; 伊木, 1896; 鈴木, 1898a, b)。原田(1886)は、足尾銅山周辺の1万4千分の1地質図とともに、その地質と鉱床について記述した。この地質図では、足尾帯ジュラ紀付加体の粘板岩に花崗岩が貫入している様子が示されている。鈴木(1898a, b)は、足尾銅山周辺の地質について、水成岩類として古生層・第三紀層・第四紀層を、火成岩類として花崗岩・石英斑岩・石英粗面岩・英閃安山岩・輝石安山岩を認識している。現在の足尾帯ジュラ紀付加体に相当する古生層については、粘板岩(Clayslate)・硬砂岩(Graywacke sandstone)・角岩(Hornstone)・アヂノール板岩(Adinole slate)などからなると記述している。また、鈴木(1898a, b)はこの角岩(現在のチャートに相当)から放射虫を認めている。

1900年頃には炭酸塩岩類から産出する化石により、足尾帯ジュラ紀付加体は古生界であるとされた(例えば、清水, 1896; 矢部, 1899; Yabe, 1903)。清水(1896)及び矢部(1899)は、栃木県佐野市戸室とむらに分布する炭酸塩岩類(葛生コンプレックスのユニット2に属する)からフズリナを発見した。矢部(1899)は、戸室のフズリナについて、*Fusulina japonica* Gümbelに同定(現在では*Parafusulina japonica*と同定される)した。これ以降も複数の研究により、主に中期ペルム紀を示すフズリナの産

出が炭酸塩岩類から報告された(例えば、藤本, 1938; Morikawa and Horiguchi, 1956; Morikawa and Takaoka, 1961)。またYabe(1903)は、足尾帯ジュラ紀付加体の炭酸塩岩類から複数属のフズリナとともに軟骨魚類である*Helicoprion bessonowi* Karpinskyを発見した。Yabe(1903)は詳細な産出地点を明示していなかったが、現在では桐生市の黒保根町八木原の石灰岩(大間々コンプレックスの下部に属する)から産出したと推測されている(例えば、林, 1997; 群馬県立自然史博物館, 1999; 桐生市教育委員会, 2012)。Hayasaka(1926, 1933)、藤本(1932)及び早坂(1944)は腕足類を石灰岩から報告し、その種構成を示した。これらの腕足類の年代は石炭紀とされ、足尾山地における石炭系の存在が示唆された。ただし、その後フズリナなどの年代からペルム紀とされ、近年の腕足類の研究においてもペルム紀のものとして捉えられている(例えば、Tazawa *et al.*, 2012; 田澤, 2018)。

足尾山地の広域な地質図を伴う包括的な地質学的研究については、1950年代から行われるようになる。1950年代から1970年代までの岩相層序区分を第1表に示す。河田(1950)は、講演要旨の中で、足尾山地西部地域の足尾帯の層序や地質構造について検討した。なお、以降のいくつかの研究において、河田(1950)の研究を引用する形で足尾山地西部地域の足尾帯の岩相層序区分が示されている。例えば、新井(1964)は河田(1950)の研究を引用し、足尾山地西部地域の足尾帯について福岡層群と飛騨層群からなるとしている。しかしながら、河田(1950)は学会発表の講演要旨であり、そこには岩相層序区分は記されていない。おそらく学会で口頭発表した内容がその後も引用されていると思われる。河田・大澤(1955)は、「桐生及足利」地域北隣の「足尾」地域の地質図幅を刊行した。この図幅には足尾山地西部の足尾帯ジュラ紀付加体

第1表 足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体の層序対比(1950年代～1970年代). 波線は不整合を示す. Fm.: Formation.

Table 1 Stratigraphic correlation of the Jurassic accretionary complex of the Ashio belt in the Ashio Mountains (1950s–1970s). Wavy lines indicate unconformity. Fm.: Formation.

Kawata and Ozawa (1955) 1:50,000 "Ashio"	Yoshida (1956)	Watanabe <i>et al.</i> (1957)	Fujimoto (1961) 1:50,000 "Tochigi"	Hatori (1965)	Yanagimoto (1973)	This study
Paleozoic Ashio Formation	Paleozoic Nabeyama Group Mikagura Formation Maki Formation Aoyama Formation Nabeyama Formation Upper limestone Middle dolostone Lower limestone Aisawa Formation	Paleozoic Ashikaga Group chert sandstone and shale chert Kuzu Group limestone (Nabeyama Formation) Upper limestone Middle dolostone Lower limestone schalstein sandstone and shale Awano Group chert limestone schalstein sandstone chert slate and sandstone	Permian-Carboniferous(?) Aso Group Mikagura Formation Maki Formation Aoyama Formation Karasawa Limestone Member Hanetsuru Dolostone Member Yamasuge Limestone Member Izuru Formation Aizawa Formation Nakatsuma Formation Hiroto Formation Ohirayama Formation	Permian Aso Group Nabeyama Formation Karasawa Limestone Member Hanetsuru Dolostone Member Yamasuge Limestone Member Izuru Formation Aisawa Formation Sano Group Nakazuma Formation Yamanaka Formation Hata Formation Osawa Formation Iwade Formation Ohirayama Formation	Triassic Maki Fm. Aoyama Formation Nabeyama Formation Izuru Formation Aisawa Formation	Gyodosan Complex
						Unit 3
						Unit 2
						Unit 1
						Omama Complex
						Kurohone-Kiryu Complex

(大間々コンプレックスに相当)が含まれており、古生界の足尾層とされた。一方、吉田(1950)は足尾山地東部の佐野市葛生町及びその周辺地域(本節では、以降葛生地域と表す)の足尾帯ジュラ紀付加体(葛生コンプレックスに相当)について岩相層序区分を行い、これらの地層を秩父古生層に属するとしたうえで、會澤層・鍋山層・アド山層・牧層・御神楽層に区分した。また、佐野市葛生町や栃木市鍋山町にみられる炭酸塩岩類については、鍋山石灰岩と命名した。吉田(1950)についても学会の講演要旨であり詳細は示されていないが、その後吉田(1956, 1957)により地質図などが公表された。吉田(1956, 1957)は葛生地域の足尾帯ジュラ紀付加体を古生界の鍋山層群と命名し、下位より会沢層・鍋山層・アド山層・牧層・御神楽層に区分した。鍋山層はさらに下部石灰岩・中部苦灰岩・上部石灰岩に細分される。渡部ほか(1957)は足尾山地全体の地質図を刊行した。彼らは、足尾帯ジュラ紀付加体を栗野層群・葛生層群・足利層群に区分した。藤本(1961)は「桐生及足利」地域の東隣である「栃木」地域の地質図幅を刊行した。藤本(1961)は、同地域の足尾帯ジュラ紀付加体の年代を石炭紀?～ペルム紀とし、栃木層群と安蘇層群に区分した。栃木層群は下位より大平山

層・広戸層・中妻層・会沢層からなり、安蘇層群は下位から出流層・鍋山層・アド山層・牧層・御神楽層からなる。藤本(1961)の安蘇層群は吉田(1956, 1957)の鍋山層群にほぼ一致するが、会沢層の最上部の輝緑凝灰岩が出流層として区分される点と、それより下位の会沢層が栃木層群に含まれる点で異なる。また、吉田(1956, 1957)は鍋山層を下部石灰岩・中部苦灰岩・上部石灰岩に細分していたが、藤本(1961)はこれらをそれぞれ山菅石灰岩部層・羽鶴苦灰岩部層・唐沢石灰岩部層と命名した。羽鳥(1963, 1965)は、葛生地域の足尾帯ジュラ紀付加体を栃木層群・佐野層群・安蘇層群に区分した。この区分について、安蘇層群については藤本(1961)の区分を踏襲しているが、藤本(1961)の栃木層群の上部を佐野層群として分離している。この根拠として羽鳥(1965)は、佐野層群最下部の羽田層の基底部に礫岩層がみられることや、その下位の大沢層との走向傾斜の差異などを挙げている。また羽鳥(1965)は、佐野層群と安蘇層群についてはペルム系と捉え、最下部の栃木層群については石炭系と推定している。なお、群馬県及び栃木県は1950年代から1960年代にかけて複数回20万分の1地質図を刊行している(群馬県立農業試験場, 1952; 栃木県, 1953; 栃木県, 1963; 新井,

1964). 栃木県(1953)は県内の足尾帯ジュラ紀付加体を鍋山層群としている。また栃木県(1963)の区分は、渡辺ほか(1957)と藤本(1961)の見解に基づいている。群馬県立農業試験場(1952)は石炭系～ペルム系の秩父古生層としており細分は行っていない。新井(1964)も同様に石炭系～ペルム系の秩父古生層としており、地質図上では岩相層序区分を行っていない。ただし、先述の通り、説明文では河田(1950)の研究を引用して区分している。

上記のように、次節で述べる1960年代の三畳紀コノドントの発見までは、足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体は古生界と捉えられてきた。一方、足尾山地東方の八溝山地ではそれ以前から中生界とみなす見解があった。八溝山地の八溝山塊と鷺子山塊ではフズリナを産出する炭酸塩岩類に乏しく年代について決定的な証拠がなかったが、藤本(1932)が鷺子山塊の暗緑色砂岩から放散虫を見出した。そして、その構成種が当時は中生界と考えられていた四万十川統と似ることから、八溝山地を構成する地質体が中生界である可能性を指摘した。その後、鶏足山塊では藤本・島山(1938)がペルム紀のフズリナやサンゴを発見し、このフズリナの産出などに基づき、Kawada(1953)は八溝山地の地質体は古生界であると推定した。一方、Kanomata(1961)は八溝山塊・鷺子山塊・鶏足山塊の構成岩類の薄片中に含まれる放散虫の量比に着目し、四万十層群との類似性を指摘した。そして、八溝山塊と鷺子山塊はジュラ系であり、鶏足山塊の北部が中生界であると結論付けた。

2.2 中生代のコノドント・放散虫の発見とそれに基づく岩相層序区分の見直し(主に1960年代～80年代)

1960年代に入り、日本各地からコノドントの産出が報告されるようになった(例えば、林, 1963, 1964a, b, 1968a, b; 猪郷・小池, 1963; Igo and Koike, 1964, 1965; 坂上ほか, 1969)。足尾山地では、林(1963)が足尾山地西部の粘板岩やチャートなどから初めてコノドントを発見した。林(1964b)は鳴滝岩と呼ばれる砥石(本論での珪質粘土岩に相当)に含まれるコノドントを報告している。林(1968a, b)はアド山層(葛生コンプレックスのユニット3下部に相当)のチャートから、三畳紀のコノドントを発見した。この時点ではアド山層の年代はフズリナの産出に基づいてペルム紀とされていたため、林(1968a)は、コノドントにおける古生代型から中生代型への群集変化がペルム紀の中頃には既に起きていたと結論付けた。これに対し小池ほか(1970, 1971b)は、これらのコノドントの年代は三畳紀であり、アド山層も三畳系であると主張した。斎藤・加藤(1971)は鍋山層の下位の粘板岩相中に含まれる炭酸塩岩類レンズから、ペルム紀最後期の小型有孔虫を見出した。コノドント団体研究グループ(1972)は、斎藤・加藤(1971)の結果も示しつつ、小池ほか(1971b)の主張に対して疑問を呈した。しかし、コノドント団体

研究グループ(1974)はその後の放散虫の結果も合わせ、アド山層は三畳系であると結論づけた。1977年に出版された栃木県の15万分の1地質図ではこれらの研究結果が反映され、アド山層・牧層・会沢層は三畳系とされている(栃木県, 1977)。

林(1968a, b)によるコノドントの報告以降、鍋山層やアド山層などの調査が精力的に行われてそれぞれの年代が見直されるとともに、1970年代初頭に両層の間での不整合が相次いで報告された(小池ほか, 1970, 1971b; 庄司・久保, 1970; Koike *et al.*, 1971a; 久保, 1971; 柳本, 1973)。これらの関係については以下のような様々な考え方がなされた。庄司(1971)は鍋山層の炭酸塩岩類やアド山層のチャートなどを地向斜堆積物と捉え、堆積輪廻の基底がチャートであるという考えを示した。Koike *et al.* (1971a)はこの境界を不整合と捉え、関東山地や木曾山地などを例に出し、ペルム系炭酸塩岩類を三畳系チャートが覆うという関係が日本各地でみられるとした。小池ほか(1971b)は、ペルム系と考えられていた安蘇層群の構造的な下位にアド山層が位置することから、幾つかの地点における境界部での断層の観察結果を合わせて、これらの間に衝上断層の存在を推定し葛生衝上断層と命名した。またこれらの断層の推定に伴い、アド山層・牧層・御神楽層を含む三畳系を足利層群として、安蘇層群を鍋山層と出流層のみからなるペルム系として再定義した。柳本(1973)は岩相に基づいて大きく区分を見直した(第1表)。出流層については葛生地域の中中部ペルム系炭酸塩岩類の基盤をなし、同層に整合に覆われる主として塩基性溶岩及び凝灰岩からなる地層と定義された。従来の出流層のほか、従来のアド山層や御神楽層に含まれる塩基性火山岩も出流層に含められた。鍋山層については葛生地域に分布する中期ペルム紀の炭酸塩岩類を鍋山層と定義し、従来の鍋山層に加え、アド山層や御神楽層に含まれる炭酸塩岩類のレンズも鍋山層とした。そして、衝上断層により出流層と鍋山層が繰り返して表れると捉えた。露頭は確認していないものの、出流層や鍋山層の基底部に2条の衝上断層の存在を推定し、中仙波衝上断層及び宇津野衝上断層と命名した。また、アド山層については主としてチャートからなる地層と定義し、従来のアド山層及び御神楽層に含まれるチャートをアド山層とした。牧層については主に厚い砂岩からなる地層と定義し、従来のアド山層及び牧層に含まれる砂岩を牧層とした。また会沢層については藤本(1961)の定義を踏襲しているが、牧層と同一である可能性を指摘している。猪郷ほか(1976)は会沢層・出流層・鍋山層の関係を検討し、柳本(1973)と同じく2条の衝上断層によって出流層と鍋山層が繰り返して分布すると捉え、また会沢層が鍋山層の山菅石灰岩部層を不整合に覆うとした。

上記のようにコノドントによる検討に基づいて、従来古生界とされた足尾山地の構成岩類の年代が見直され

第2表 足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体の構造層序対比(1980年代～2000年代).

Table 2 Tectonostratigraphic correlation of the Jurassic accretionary complex of the Ashio belt in the Ashio Mountains (1980s–2000s).

Hayashi and Hasegawa (1981)	Aono (1985) Sato and Aono (1985)	Sudo <i>et al.</i> (1991) 1:200,000 "Utsunomiya"	Kamata (1996)	Kamata (1997a)	Takayanagi <i>et al.</i> (2001)	This study			
Permian–Jurassic	Mesozoic	Jurassic	Middle–Late Jurassic	Middle–Late Jurassic	Middle Jurassic	Gyodosan Complex			
						Unit III	Complex B	Kuzu Complex	Unit 3
						Unit II	Complex A		Unit 2
	Unit 1								
	Unit I					Kurohono–Kiryu Complex	Kurohono–Kiryu Complex	Upper	
	Omama Complex							Lower	
									Upper
			Lower						

た。林・長谷川(1981)は足尾山地の広範囲からコノドントを報告するとともに地質構造をまとめ、これまで足尾山地で古生界とされていた大部分が三畳系であることを示した。その後、放散虫産出が報告され、足尾山地におけるジュラ系の存在も明らかになった。足尾山地からの放散虫の明瞭な報告は市川・八尾(1979)に始まる。彼らは、「日本化石集」の中で葛生町唐沢の緑色頁岩及び層状チャートから産出した放散虫について、透過型顕微鏡で撮影した写真を掲示した。彼らはこの放散虫の年代を全て“三畳紀新世”としていたが、今日の化石年代に基づけば、緑色頁岩と層状チャートから産出した放散虫はそれぞれジュラ紀と三畳紀の群集の構成種に同定される。その後、指田ほか(1982a)及びSashida *et al.* (1982b)により同地域から放散虫群集が報告された。指田ほか(1982a)は関東地方のジュラ紀放散虫を広く報告し、その中の1つとして、ペルム系炭酸塩岩類とアド山層の境界付近の泥岩から中期ジュラ紀放散虫が産出することを述べた。その後、荒川(1986)や増田(1989)によってもジュラ紀放散虫が報告され、足尾山地やその周辺にジュラ系が広範に存在することが示された。なお、八溝山地においては、鈴木・佐藤(1972)により鶏足山塊からジュラ紀のアンモナイトが発見されており、足尾山地に比べると早い段階でジュラ系の存在が認識されていた。

また、この時期には足尾山地のチャートの研究も行われた。木村(1962)は葛生地域のチャートにみられる小褶曲と葛生向斜の構造的関係を検討した。Shoji (1967)は足尾山地西部のチャートの産状や岩石学的特徴をまとめ、その産状により板状チャート・縞状チャート・塊状チャート・団塊状チャートの4種に区分した。斎藤(1972)

は、足尾山地の層状チャートの薄片やエッチング面を観察し、放散虫が含まれることや葉理状構造を報告している。鈴木ほか(1974)は、葛生地域のチャートについて、層ごとの産状や色の比率を検討した。Saito (1977)はアド山層のチャートを観察し、チャートの形成に関しては放散虫よりも珪質海綿骨針の寄与の方が大きい可能性を指摘している。Iijima *et al.* (1989)はアド山層のチャートに含まれる珪化木の産出を報告するとともに、チャート内のスランプ褶曲の方向などを検討した。Kakuwa (1991)は、丹波帯・美濃帯・足尾帯のジュラ紀付加体に含まれるチャートについて広域に検討を行い、その特徴に基づくチャートの分類を行った。

2.3 付加体地質の導入と構造層序区分(1990年代以降)

既に述べたように、林・長谷川(1981)はコノドントにより足尾山地の構成岩類の年代を大幅に見直した。しかし、ジュラ紀付加体に含まれる炭酸塩岩類の岩体などは現地性と捉えるなど、地向斜論に基づく見解を保持していた。その後、複数の見解が示された後、足尾山地の構成岩類については付加体として捉える考え方が主流となった。林・長谷川(1981)の検討以降の主な区分を第2表に示す。

1980年代には、堆積構造や褶曲構造に着目して、足尾山地や八溝山地の地質体の形成に重力流の影響を求めた仮説が提案された。Masuda *et al.* (1980)は足尾山地と八溝山地の検討を行い、リップルやタービダイトなどの堆積構造を記載した。彼らは、特に八溝山地の地質体については浅海性堆積構造がみられることから、これらは三畳系～ジュラ系の浅海性堆積物であるとした。佐藤

(1981)は足尾山地と八溝山地の形成史について議論した。その中で沈み込み過程に触れているものの、これらの産地の構成岩類については地すべり岩体の存在が主であると捉えた。狩野(1982)は、美濃帯での自身の先行研究データ(例えば、Kano, 1979)に足尾山地の葛生地域周辺の褶曲構造などの検討結果を加え、これらの地層が南方の隆起帯からの地層の重力滑動により形成されたと結論付けた。佐藤・青野(1985)及びAono(1985)は、足尾山地の葛生地域からその北方の^{かぬま}鹿沼市の周辺にかけて検討を行い、同地域の地質体を3つのユニット(Unit I・Unit II・Unit III)に区分した。そしてその形成については地すべり起源のオリストストロームであると結論した。荒川(1986)は葛生地域の“頁岩卓越相”について、スランプ堆積物であるという見解を示した。林ほか(1990)は、足尾山地の地質体について“本州地向斜の典型的な岩石から構成される”として、地向斜論に基づく形成史を議論した。一方で、丹波帯や美濃帯においても、放散虫やコノドントによる年代の見直しを経て地質体の見直しが同時期に行われており、その東方延長の足尾帯についても付加体であるという見方が提唱された(例えば、小沢ほか, 1985; 松岡, 1989)。小沢ほか(1985)は、西南日本の美濃帯・丹波帯・領家帯・三波川帯・秩父帯などは、いずれもジュラ紀～白亜紀に形成された付加体であると捉えた。松岡(1989)は秩父帯・丹波-美濃-足尾帯・北部北上帯などのジュラ系の岩相や年代などについてまとめ、これらをジュラ紀テレーンと呼称して付加体として捉えた。

上記のような状況で、足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体において、現地でのデータも含めて付加体地質学的な観点を明確かつ肯定的に示したのは、Sashida *et al.* (1992)が初めてだと思われる。彼らは栃木県佐野市^{ぼんやま}飛駒町の万山に分布する“砥石型頁岩”(本論における珪質粘土岩)から見出したコノドントを記載するとともに、その海洋プレート層序内における層序的意義についても議論している。またSashida *et al.* (1992)は、Matsuda and Isozaki (1991)の海洋プレートの移動と層序の関係を引用して中生代チャートが遠洋域で形成されたことを示した。そしてMoore *et al.* (1988)の研究に基づいて、“砥石型頁岩”がペルム紀-三疊紀境界付近の年代に当たることと、付加過程においてデゴルマ面として機能した可能性を指摘した。Kamata (1996)は、足尾山地を特に東西にわたり広く検討し、足尾山地のジュラ紀付加体を黒保根-桐生コンプレックス・大間々コンプレックス・葛生コンプレックスに区分した。また、それぞれのコンプレックスの海洋プレート層序を復元した。さらに鎌田(1997a)は葛生コンプレックスをユニット1・ユニット2・ユニット3に分けた。鎌田(2000)はスラストシートとして、葛生コンプレックスのユニット1内をIからIIIに、ユニット3内をIVからVIに細分した。高柳ほか(2001)は足利周

辺の足尾帯ジュラ紀付加体の調査を行い、コンプレックスAとコンプレックスBに区分した。そしてコンプレックスAを黒保根-桐生コンプレックスに、コンプレックスBを大間々コンプレックスに対比した。葛生コンプレックスのユニット間については、ユニット2とユニット3の境界において断層露頭が発見・記載されている(鎌田, 2007; 鈴木・鎌田, 2009; 鎌田・鈴木, 2011)。ユニット2の珪質泥岩と礫質石灰岩からなる下盤の上位に、ユニット3の三疊系チャートが上盤として重なり、断層岩は最大層厚40 cmのカタクレ-サイトもしくはウルトラカタクレ-サイトである(鎌田・鈴木, 2011)。鎌田・鈴木(2011)は、この境界断層は海山の付加に伴って形成された序列外スラストあるいはその分岐断層であると推定している。

Sashida *et al.* (1992)による前期三疊紀コノドントの報告以来、足尾山地において、ペルム紀-三疊紀境界付近の層序についても検討が行われた。鎌田(1995b)は、葛生地域の珪質頁岩及びその直上のチャートから前期三疊紀放散虫を報告し、境界絶滅後の回復期と岩相の変化について触れている。Kamata and Kajiwara (1996)は、大間々コンプレックスの中に含まれるペルム紀-三疊紀境界セクションを見出し、岩相層序や化石年代に加え、硫黄の同位体などの変化を検討した。元木・指田(2004)は足尾山地の“砥石”(本論における珪質粘土岩)について、複数地点からコノドントや放散虫を報告するとともに、その岩石学的特徴に基づき珪質粘土岩を2種類に区分した。

前述のとおり、足尾帯ジュラ紀付加体は美濃帯や丹波帯のジュラ紀付加体の東方延長と捉えられている(例えば、小沢ほか, 1985; 松岡, 1989; 中江, 2000b)。1999年代後半から2000年代初頭にかけて、付加体地質学的な観点からのこれらの対比が試みられている(例えば、大塚, 1999; 中江, 2000b; 山北・大藤, 2000)。詳細については、8.2.1節で記述する。

2.4 本論における構造層序单元名などの取り扱いについて

付加地質体における帯・地帯(belt)やテレーン(terraneあるいはterrain)の説明は中江(2000a)によりまとめられている。足尾山地や八溝山地のジュラ紀付加体については、先行研究では足尾帯(例えば、鎌田, 1995a, b, 1997a, b, 2000; Kojima *et al.*, 2016a; Muto *et al.*, 2018)と足尾テレーン(例えば、松岡, 1989; Ichikawa, 1990; Kamata, 1996; Kamata and Kajiwara, 1996; 中江, 2000a, b, c; Nakae, 2006; 佐野・小嶋, 2000; Suzuki *et al.*, 2002; 小泉ほか, 2006; Komuro *et al.*, 2006; Kojima *et al.*, 2016b; Wallis *et al.*, 2020)がともに一般的に用いられている。「帯」は周囲の地域などに対してある特別な性質や内容によってはっきりと区別される帯状の地域とされており(地学団体研究会, 1996)、「テレーン」は固有の地史をもつ地質体を指すとされる(例えば、Jones *et al.*, 1983)。

本論では「帯」を用いて、例えば「足尾帯ジュラ紀付加体」のように表現する。この「足尾帯ジュラ紀付加体」は「足尾テレーン」と同義として用いる。

ジュラ紀付加体の構造層序単元名としては、コンプレックス(Complex)やユニット(Unit), 層群・層(Group・Formation)が用いられ, その使用法についての議論がなされている(例えば, 松岡ほか, 1998; 中江, 2000a; 山北・大藤, 2000)。足尾帯ジュラ紀付加体においては, 1970年代以前は「層群・層」が使われた(第1表)。1980年代～1990年代には, 「ユニット」がAono (1985)や荒川(1996)によって用いられ(第2表), 大塚(1999)による広域対比においても使用された。しかしこれらの例を除けば, 足尾帯ジュラ紀付加体ではKamata (1996)による構造層序区分以降は「コンプレックス」が一般的に用いられている(第2表)。International Stratigraphic Guide (Murphy and Salvador, 1999)によれば, コンプレックスは様々な岩石から構成される単元であり, 不規則に混ざり合った岩相あるいは複雑な構造関係によって特徴づけられる(A lithostratigraphic unit composed of diverse types of any class or classes or rocks (sedimentary, igneous, metamorphic) and characterized by irregularly mixed lithology or by highly complicated structural relations)とされる。本論で取り扱う足尾帯ジュラ紀付加体の構成岩類については, 様々な岩石から構成され, 複雑な構造関係を持つ。また上述のように, コンプレックスの名称は一般的に用いられてきた。したがって, 本論では先行研究を踏襲し, 構造層序単元として「コンプレックス」を使用する。なおInternational Stratigraphic Guideによれば, 層序単元としてのコンプレックスは細分できないため, コンプレックスの下位の構造層序単元として「ユニット」は用いない。ただし, 鎌田(1997a)により定義された葛生コンプレックスのユニット1・ユニット2・ユニット3については, 以降の研究でも一般的に用いられており, また主要分布域は調査範囲外の「栃木」地域でありその改称や再定義に足る著者自身のデータは不足している。したがって, 本論では葛生コンプレックスのユニット細分については鎌田(1997a)を踏襲して用いる。

各コンプレックスにおける岩相間の集積形態については, 中江(2000b)に従い整然相(coherent facies)・破断相(broken facies)・混在相(mélange facies)の3相に分類する。中江(2000b)の定義では, 整然相は地層の初生的な堆積関係及び上下・側方関係の連続性が保持されている形態, 破断相は地層としての連続性が部分的あるいは全体的に破断している形態, 混在相は地層としての連続性が完全に欠如して岩体とそれを包有する混在岩からなる形態を指す。本論における岩体・岩塊については, 地質図上で表現可能な規模(見かけの層厚が50 m以上)のものを岩体と, 50 m未満のものについては岩塊と表記する。

3. 足尾山地の地形・地質概説

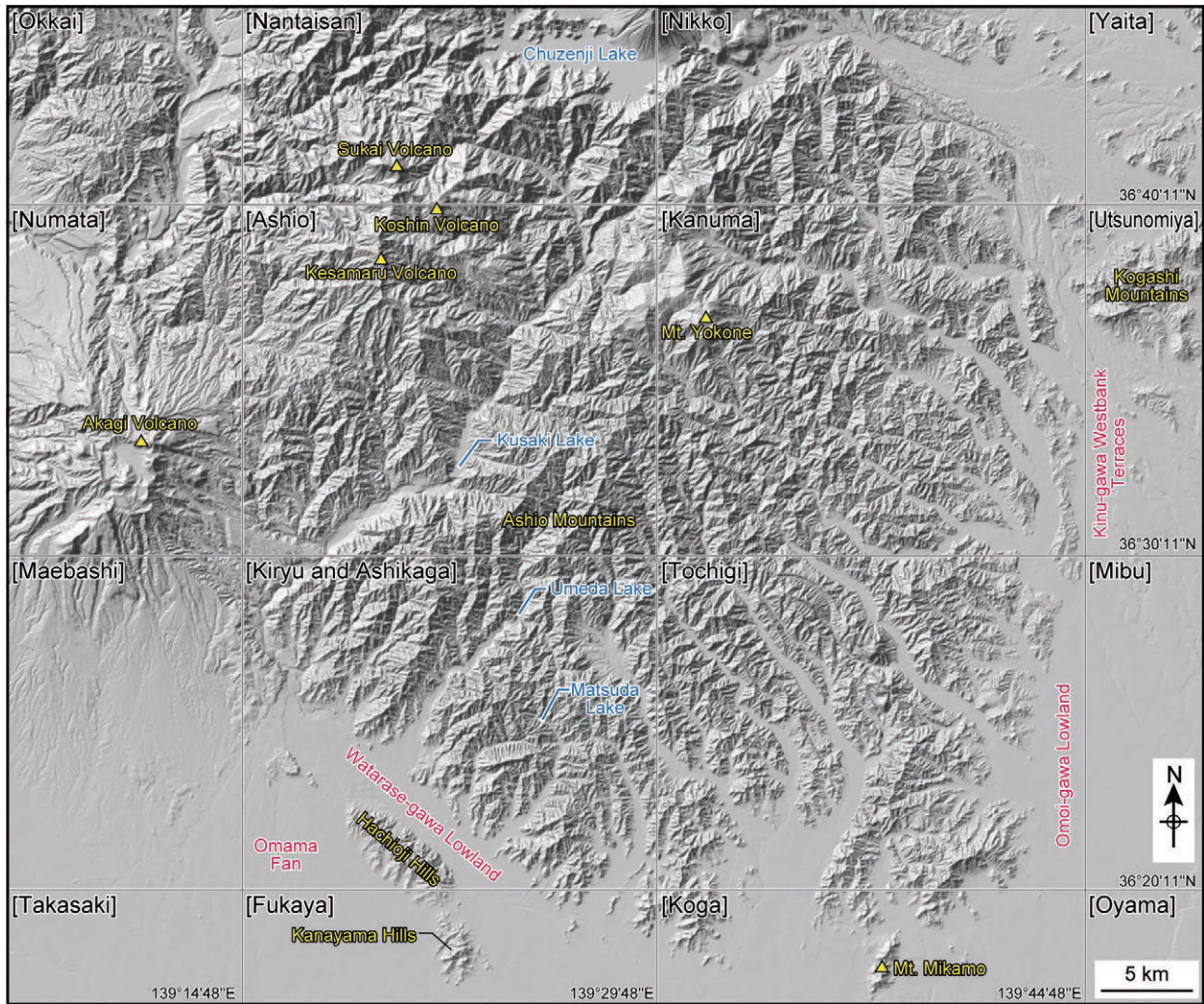
足尾山地は関東平野の北方に位置する。栃木県と群馬県に跨って分布しており, 市町村としては, 栃木県の足利市・佐野市・鹿沼市・日光市ならびに群馬県の桐生市・みどり市の行政区域内にあたる。国土地理院発行の5万分1地形図としては, 「足尾」・「鹿沼」・「桐生及足利」・「栃木」の4地域の広範囲を占める。

地形の概要を, 貝塚ほか(2000)に基づいて述べる(第2図)。足尾山地の北部には, 皇海・庚申・袈裟丸火山が連なる。渡良瀬川を挟んで西側には赤城火山が存在する。南側では大間々扇状地と渡良瀬川低地に, 東側では鬼怒川西岸段丘群と思川低地に臨む。渡良瀬川低地には八王子丘陵や金山丘陵などの丘陵地や三轟山などの低山が点在する。鬼怒川西岸段丘群の北部には古賀志山などの低山が連なり, 古賀志山地とも呼ばれる。

足尾山地は, 北部に位置する横根山(標高1373 m)の周辺から, 南東部に向かって標高が低くなる地形を特徴とする。横根山の北西部には前述の皇海火山などが連なり山岳地帯をなす。山地を流れる河川沿いにも段丘地形はあまり発達しない(鈴木, 2000)。足尾山地南西部の「桐生及足利」地域を流れる河川は整然として平行状の水系パターンを示し, 渡良瀬川と桐生川を除く多くの河川が北東から南西方向に平行に流下する(鈴木, 2000)。足尾帯ジュラ紀付加体の炭酸塩岩類には洞窟や石灰岩地形が発達し, 洞窟からは第四紀の脊椎動物の化石が産出している(例えば, Shikama, 1949; 直良, 1952; 長谷川ほか, 2009, 2013a, b)。

足尾山地のその周辺地域の地質概略を第3図に示す。足尾山地には足尾帯ジュラ紀付加体が広範囲に露出する。足尾山地の北部には, 白亜紀から古第三紀の珪長質火成岩類が分布する(例えば, Shibata and Miller, 1963; 河野・植田, 1964, 1966; 矢内, 1972, 1973; Uto *et al.*, 1997; Sudo *et al.*, 1998; Ogasawara *et al.*, 2013)。主に火山碎屑岩・珪長質火成岩・堆積岩からなる古第三系～新第三系が, 足尾山地東方や南方の丘陵地や段丘などに露出しており(例えば, 高橋ほか, 1991; 吉川ほか, 2001; 高橋・柳沢, 2003; Tanaka *et al.*, 2010, 2012), 一部ではこれらが足尾帯ジュラ紀付加体を不整合で覆う。古第三系～新第三系は, 足尾山地北西方の沼田市周辺にも広く露出する。赤城火山・皇海火山・庚申火山・袈裟丸火山といった第四紀火山の噴出物はこれらの火山の周辺に広くみられ(例えば, 鈴木, 1990; 坂田・中澤, 2010; 高橋ほか, 2012; 山元, 2016), 足尾山地やその周辺で足尾帯ジュラ紀付加体などを覆う。沖積層や段丘堆積物などの第四系堆積物が低地などにみられ, 段丘堆積物は山間部にも点在する。

足尾帯ジュラ紀付加体は, 足尾山地のほか, その南西部の八王子丘陵や北西部の古賀志山地などにも露出



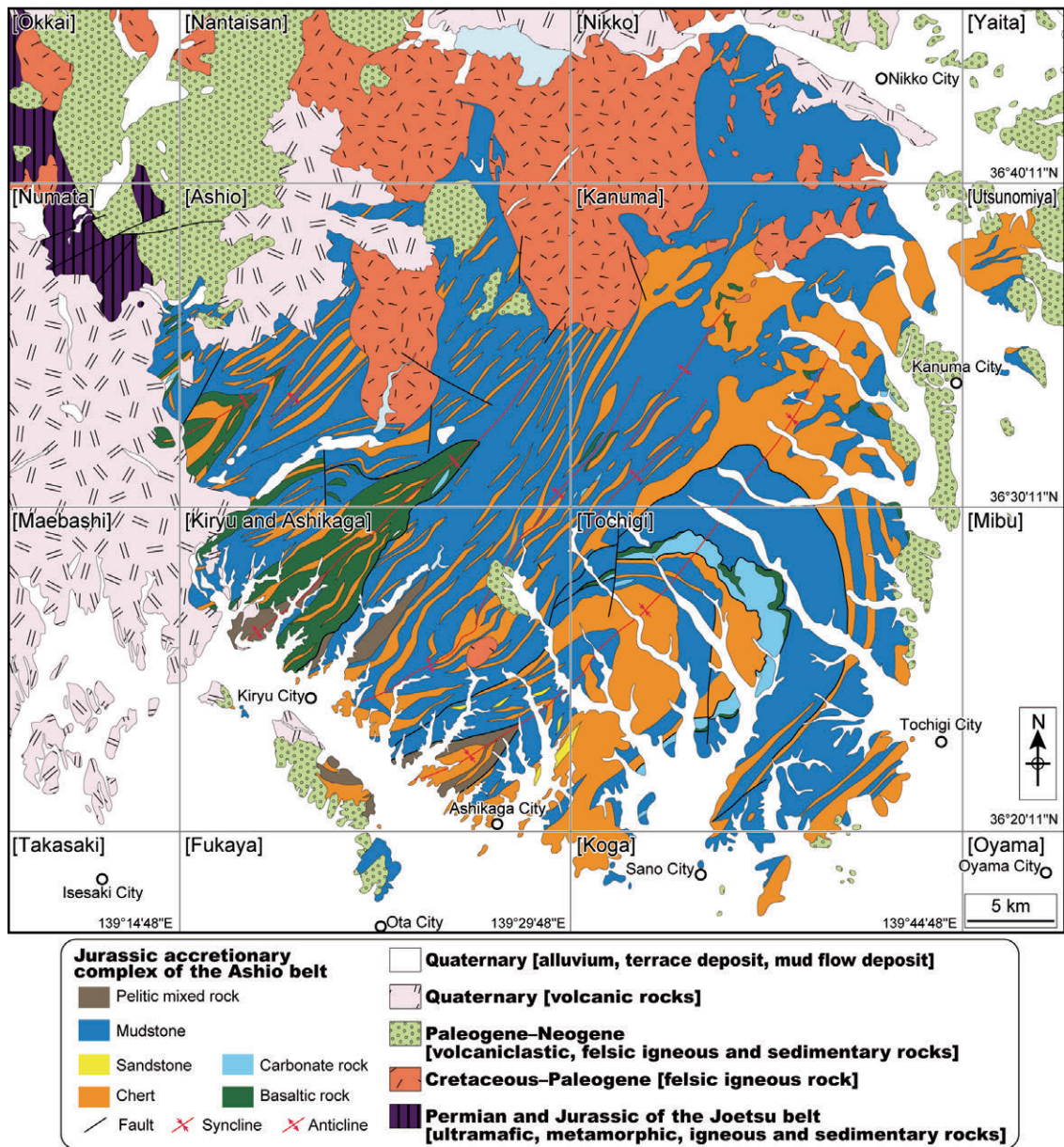
第2図 足尾山地周辺の地形陰影図。国土地理院の発行する地形陰影図 (<https://maps.gsi.go.jp/>) を加工して作成。地形の名称は貝塚ほか(2000)に基づく。

Fig. 2 Shaded-relief map of the Ashio Mountains, modified from shaded-relief map published by Geospatial Information Authority of Japan (<https://maps.gsi.go.jp/>). Topographic names are based on Kaizuka *et al.* (2000).

する。本論では、足尾帯ジュラ紀付加体を黒保根-桐生コンプレックス (Kamata, 1996)・大間々コンプレックス (Kamata, 1996)・葛生コンプレックス (Kamata, 1996)・行道山コンプレックス (新称) の4コンプレックスに区分した。黒保根-桐生コンプレックスは破断相から整然相を示す。劈開の発達した泥岩とチャートを主体とし、珪質粘土岩を伴う。また、少量の炭酸塩岩類・珪質泥岩・砂岩・泥質混在岩を含む。岩相の違いと層序関係から、下部と上部を認識した。大間々コンプレックスは破断相から混在相を示す。玄武岩類・チャート・泥岩を主体とし、少量の炭酸塩岩類・珪質泥岩・砂岩・泥質混在岩を伴う。岩相の違いと層序関係から、下部と上部を認識した。葛生コンプレックスは、構造的な下位よりユニット1・ユニット2・ユニット3に三分される。ユニット1とユニット3はチャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩互層・砂岩

が順に累重するチャート-碎屑岩シーケンスの整然相を主体とする。ユニット2は玄武岩類と炭酸塩岩類からなり、礫岩・珪質泥岩・泥岩を伴う。「桐生及足利」地域内の葛生コンプレックスではユニット3が主体であり、ユニット1がわずかに分布する。行道山コンプレックスは泥質混在岩及びチャートを主体とし、珪質泥岩・泥岩・砂岩を伴う。

足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体は、向斜と背斜を繰り返す(第3図)。主な褶曲は、北西から、黒保根向斜・渡良瀬背斜・梅田向斜・飛駒背斜・葛生向斜である。構造的には黒保根-桐生コンプレックスが最下位に位置し、飛駒背斜より北西では大間々コンプレックスが上位に累重する。飛駒背斜より南東では、構造的な下位より、黒保根-桐生コンプレックス・葛生コンプレックス・行道山コンプレックスの順に累重する。



第3図 足尾山地周辺の地質概略図。鍵括弧内の地名は国土地理院発行の5万分1地形図の名称を示す。主に須藤ほか(1991)、山元ほか(2000)及び吉川ほか(2010)に基づく。「桐生及足利」地域については本論の結果(第4図)を反映している。

Fig. 3 Simplified geologic map of the Ashio Mountains. Geographical names in brackets indicate 1:50,000 topographic maps published by Geospatial Information Authority of Japan. The geological map is mainly based on Sudo *et al.* (1991), Yamamoto *et al.* (2000) and Yoshikawa *et al.* (2010); that of the “Kiryu and Ashikaga” District is based on this study presented in Fig. 4.

泥岩の放射虫年代から推定される各コンプレックスの付加年代は、大間々コンプレックス及び行道山コンプレックスが中期ジュラ紀の中期以降、黒保根-桐生コンプレックス及び葛生コンプレックスのユニット2が中期ジュラ紀の後期以降、葛生コンプレックスのユニット1及びユニット3が後期ジュラ紀の前期以降である。

「桐生及足利」地域の地質図を第4図に示す。この地域内では、栃木県足利市名草上町において、黒雲母花崗閃緑岩体からなる上部白亜系足利岩体(矢内, 1972; 伊藤・

中村, 2021)が楕円形状に露出する。足利岩体は黒保根-桐生コンプレックスに貫入しており、黒保根-桐生コンプレックスは接触変成を被っている(矢内, 1972; 伊藤・中村, 2021)。また八王子丘陵では、暁新統金山溶結凝灰岩や時代不詳の広沢礫岩が行道山コンプレックスを覆う(高橋ほか, 1991; 高橋・柳沢, 2003; 大澤ほか, 2016; Ito, 2019)。さらに西部では、赤城火山噴出物(山元, 2016)が広く露出するほか、大間々コンプレックスを直接覆う例が数地点で確認できる。

4. 構造層序区分と岩相

一般的な地質体においては、層序的下位のより古い地質体から順に記述される。しかし、本論で記述するコンプレックスについては、それぞれの年代の順番と構造的な位置関係が必ずしも一致しない。そのため本節では、構造的な下位から上位に向かい、黒保根-桐生コンプレックス・大間々コンプレックス・葛生コンプレックス・行道山コンプレックスの順番で記述する。

4.1 黒保根-桐生コンプレックス

4.1.1 名称及び特徴

Kamata (1996) は、桐生市北部と同市黒保根町(旧黒保根村)を中心に露出する多数のチャート・珪質泥岩の岩体を含む混在岩で特徴づけられる付加体について、Kurohone-Kiryu Complex (黒保根-桐生コンプレックス)と命名した。本論でもこの名称を用いる。ただし、名称の初出自体は鎌田(1995a, b)である。

黒保根-桐生コンプレックスは、主に破断相から整然相を示し、わずかに混在相を呈する。層理面に平行もしくはやや斜交する劈開の発達した泥岩とチャートを主体として珪質粘土岩を伴うことにより特徴づけられる。また、玄武岩類・炭酸塩岩類・珪質泥岩・砂岩・泥質混在岩を伴う。

本論での黒保根-桐生コンプレックスは、河田・大澤(1955)の足尾層の大部分、渡辺ほか(1957)の栗野層群の一部・藤本(1961)の栃木層群の一部・羽鳥(1965)の栃木層群の大部分に対比される。また、Aono (1985)や佐藤・青野(1985)のユニット I の大部分とユニット II の一部に対比される。

4.1.2 分布及び層厚

群馬県の桐生市の桐生地域北部と黒保根町地域(旧黒保根村)及びみどり市ならびに栃木県足利市北部・佐野市・鹿沼市などに広く分布する。足尾山地のジュラ紀付加体の中では構造的な最下位に位置する。構造的な上位の大間々コンプレックスと葛生コンプレックスとは、それぞれ桐生川断層と閑馬断層を介して接する。主に足尾山地北部では、黒保根-桐生コンプレックスに白亜紀から古第三紀の珪質火成岩類が貫入し、貫入岩体周辺では接触変成作用を受け、また境界部の一部には破碎帯が認められる(矢内, 1972, 1973)。「桐生及足利」地域では足利市名草において長径2 km程度の楕円状に足利岩体の黒雲母花崗閃緑岩が貫入しており、岩体の周辺では接触変成作用が認められる(伊藤・中村, 2021)。

本コンプレックスは構造的な最下位に位置するため下限は不明であるが、桐生及足利地域内での見かけ上の層厚は少なくとも4 kmに及ぶ。

4.1.3 層序

岩相と層序関係から、本論では黒保根-桐生コンプレックスを下部と上部に区分する。下部はチャートに富み、また珪質粘土岩が比較的多い。上部は下部と比較すると泥岩が多いことと珪質粘土岩に乏しいことにより特徴づけられ、またチャートや砂岩の岩塊を含む泥質混在岩がみられる。下部の見かけ上の層厚は3 km以上、上部の見かけ上の層厚は最大で約1 kmである。

飛駒背斜北西翼側の黒保根-桐生コンプレックスでは、下部は最大層厚が500 m以上の厚い泥岩とチャートが基底部付近にみられ、100～200 m程度の泥岩とチャートが繰り返す(第5図)。上部では、基底部付近に数10 mの層厚のチャートを挟む泥質混在岩がみられ、その上位には泥岩とチャートが累重する。北西翼側の黒保根-桐生コンプレックスでは泥質混在岩の分布が明瞭であり、上部が広く分布する。一方、飛駒背斜南東翼側では大規模な泥質混在岩を欠き、上部は明瞭に識別できない(第6図)。層厚最大200 m程度の泥岩とチャートが繰り返し、層厚50 m以下の珪質粘土岩や砂岩が挟まれる。

4.1.4 岩相

(1) 玄武岩類

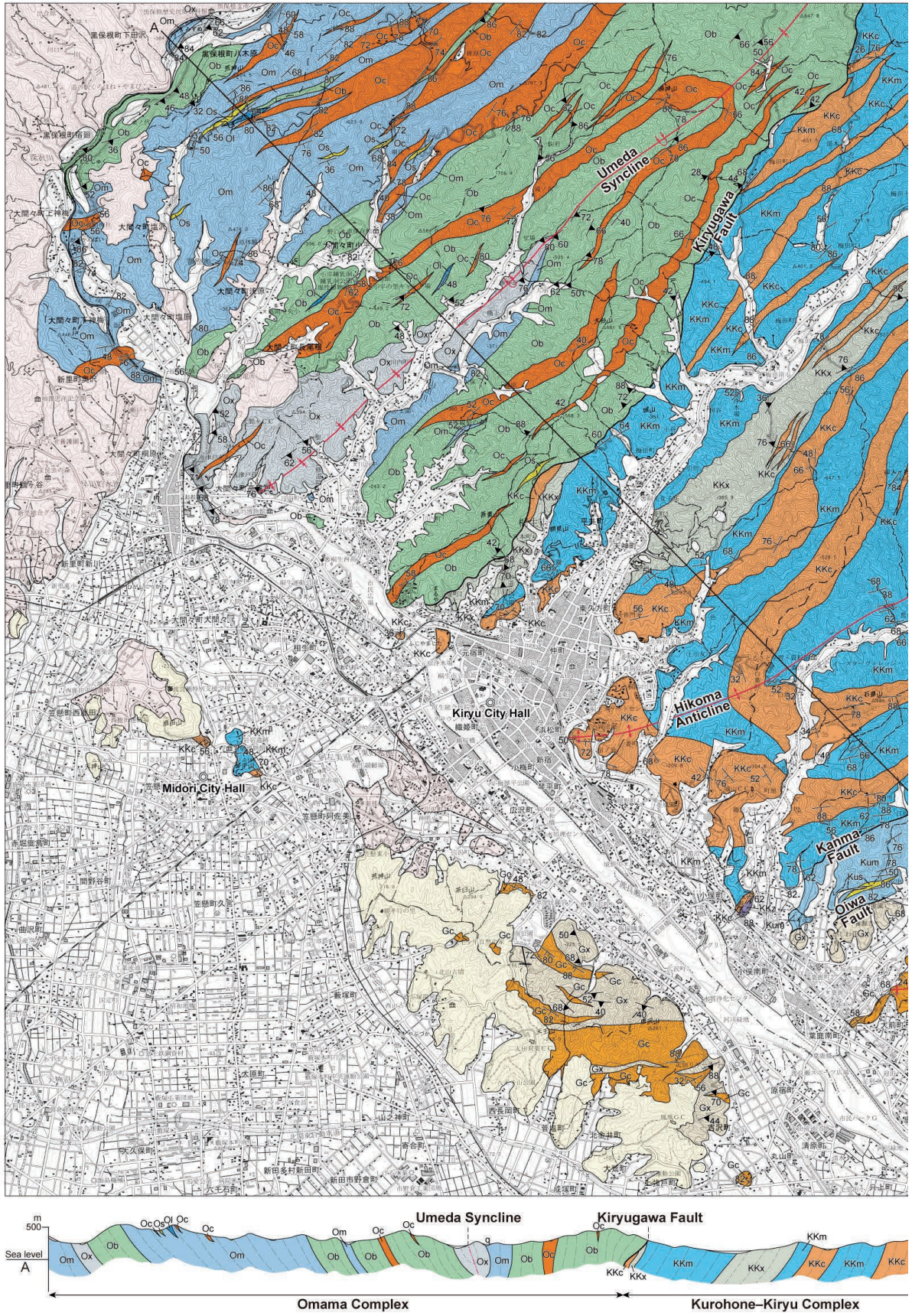
「桐生及足利」地域内での玄武岩類の分布域は極めて狭く、忍山川沿いなどの数地点で厚さ10 m程度の岩塊としてわずかに露出するのみである。一方、いくつかの先行研究で示された地質図(例えば、須藤ほか, 1991)によれば、「鹿沼」地域では、鹿沼市石裂山と日光市鳴蟲山の間などに地質図に表現できる規模の比較的大きな玄武岩類の岩体が点在する。

「桐生及足利」地域内でみられる玄武岩類は玄武岩溶岩である。忍山川沿いの露頭ではチャートとともに産し、チャートの層理面と平行に接する(図版1A)。

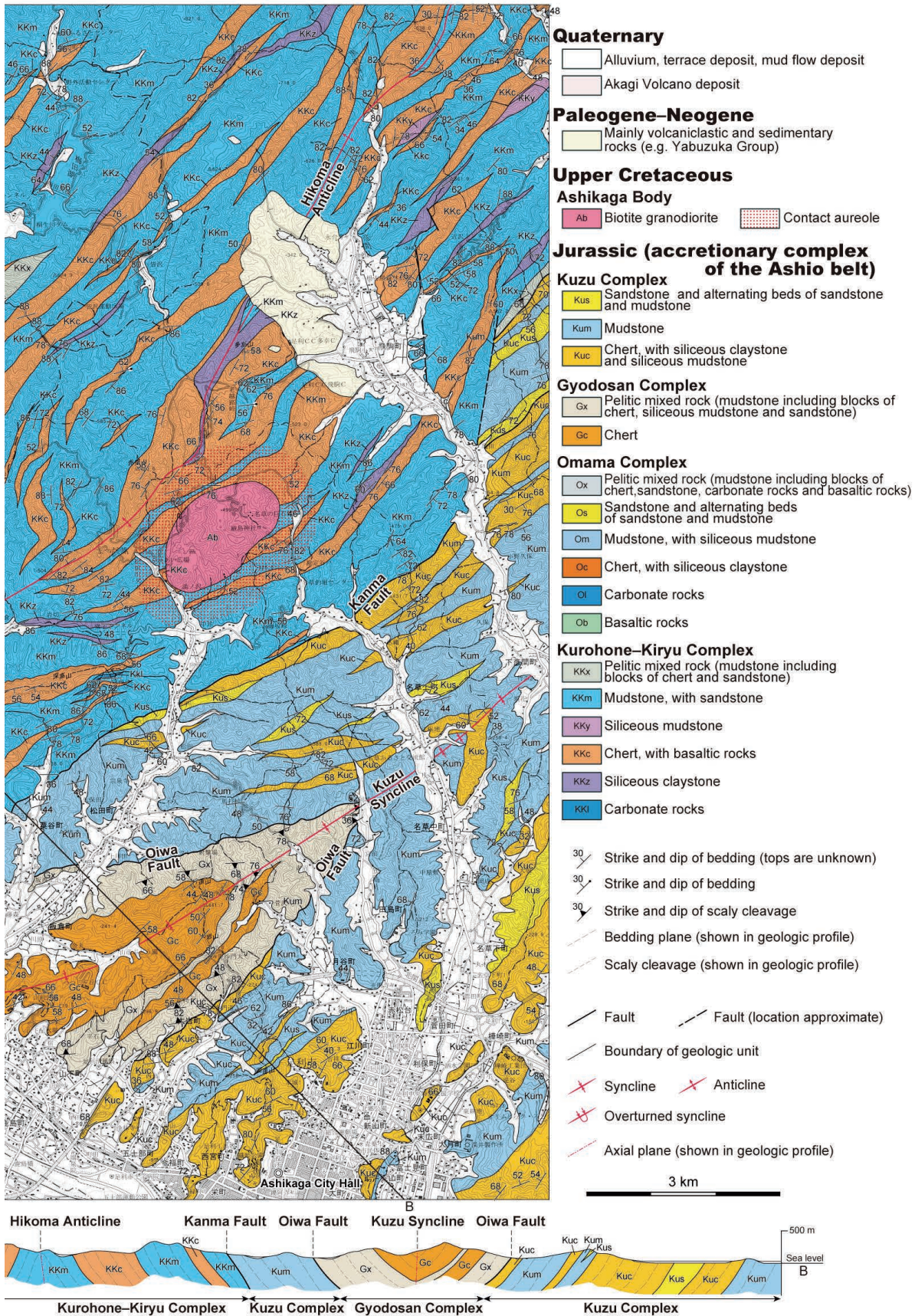
鏡下では、主に斜長石の斑晶がみられる(図版1B)。斜長石は最大径がおおよそ1 mmの短柱状～短冊状の自形あるいは半自形結晶である。多くがアルバイト式双晶を示す。斑晶として単斜輝石も稀に含まれる。直径は0.2～1 mm程度である。斜長石・単斜輝石・不透明鉱物が石基として含まれる。

(2) 炭酸塩岩類

炭酸塩岩類の分布は限られており、「桐生及足利」地域内で最大の炭酸塩岩類岩体は、猪子峠南の道路沿いで観察される。露頭での層厚は最大で10 m程度であるが、複数地点で確認できることから、地質図上では厚さ50 m程度のレンズ状小規模岩体として表した。一方、「鹿沼」地域南西部の秋山川沿いの佐野市秋山町深堀周辺には、比較的大きな炭酸塩岩類の岩体が存在する(猪郷, 1985; Koike *et al.*, 1991)。猪郷(1985)の記述によれば、深堀周辺の炭酸塩岩類は、層厚が約25 mで成層する暗灰色石灰

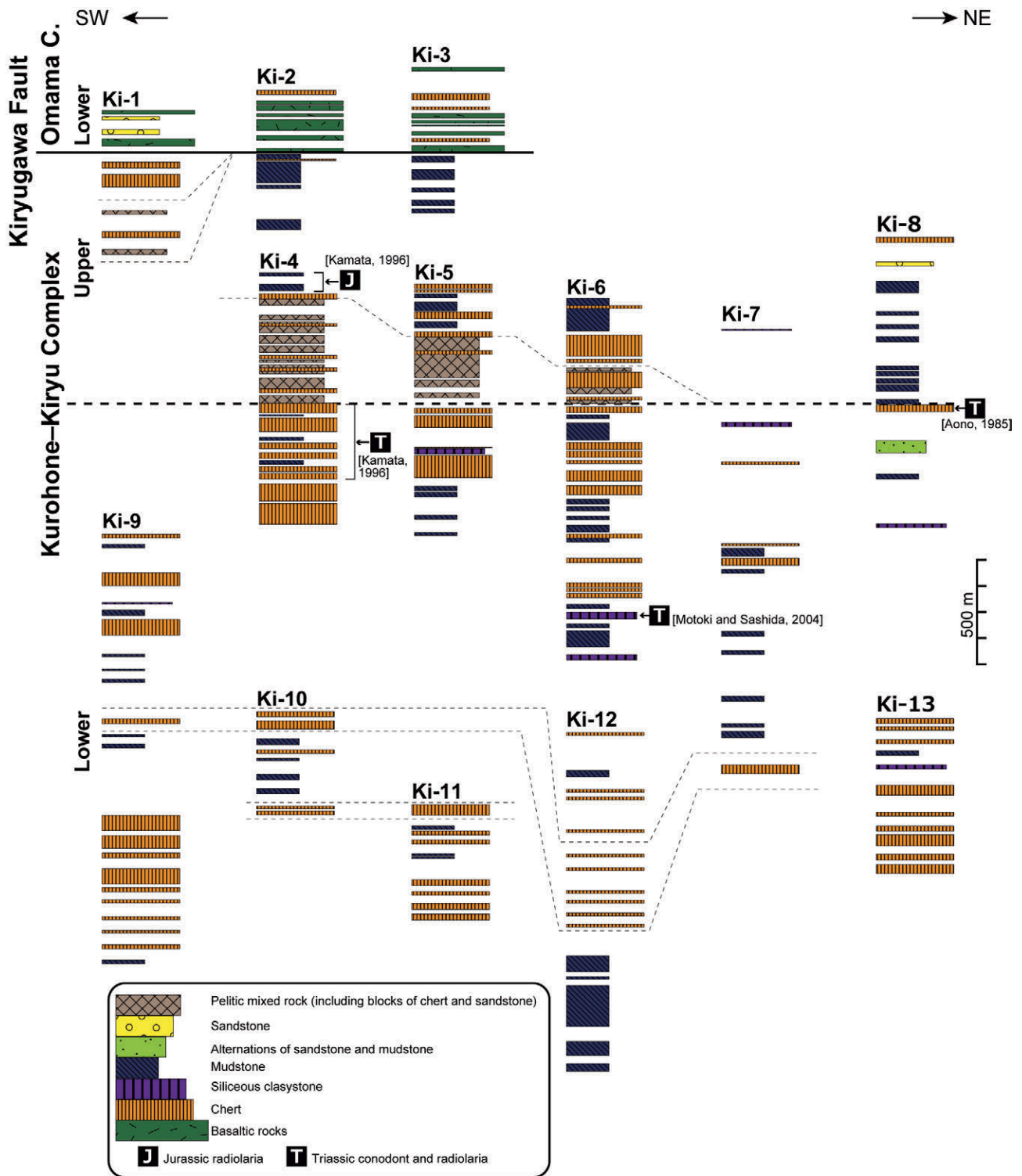


足尾山地のジュラ紀付加体の地質と対比 (伊藤)



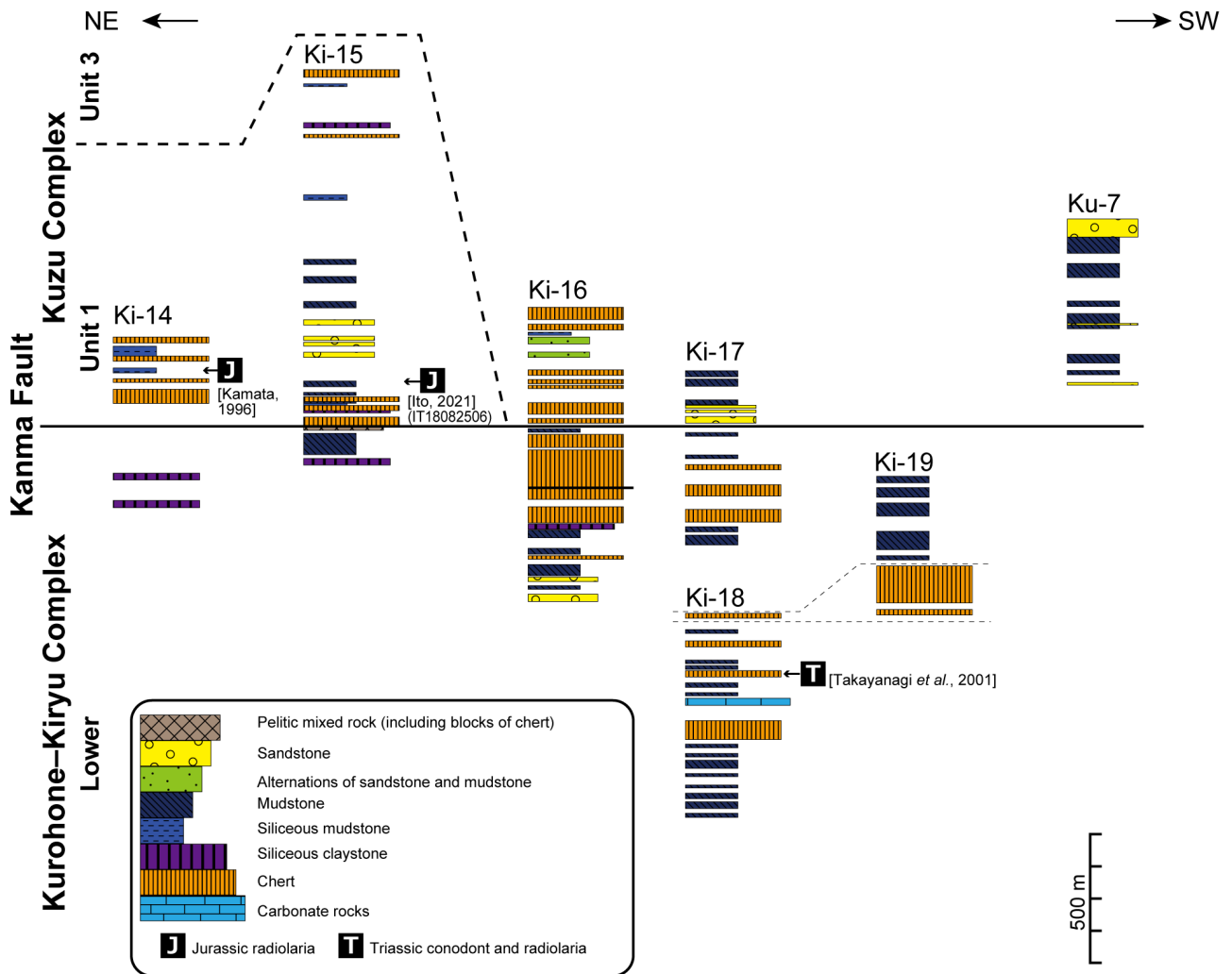
(p. 212, 213) 第4図 「桐生及足利」地域の地質図及び断面図。

Fig. 4 Geologic map and section of the Kiryu and Ashikaga District.



第5図 飛駒背斜北西翼部の黒保根-桐生コンプレックスの柱状図。柱状図の作成ルートは付図1に示す。
C.: Complex.

Fig. 5 Columnar sections of the Kurohono-Kiryu Complex in northwestern wing of the Hikoma Anticline.
Locations of the columnar sections are shown in Fig. A1. C.: Complex.



第6図 飛駒背斜南東翼部の黒保根-桐生コンプレックスの柱状図. 柱状図の作成ルートは付図1に示す.
 Fig. 6 Columnar sections of the Kurohone-Kiryu Complex in southeastern wing of the Hikoma Anticline. Locations of the columnar sections are shown in Fig. A1.

岩である. この石灰岩からは三疊紀のコノドントが報告されている.

「桐生及足利」地域で見られる炭酸塩岩類は、灰白色から明灰色を呈し、塊状である(図版1C). 方解石を主体とする石灰岩である. 方解石は再結晶化しており化石は確認できない. 最大長径1 mm程度の大きな方解石の結晶と、細粒な方解石の集合体から構成されている(図版1D). 方解石には双晶がみられることもある.

(3)珪質粘土岩

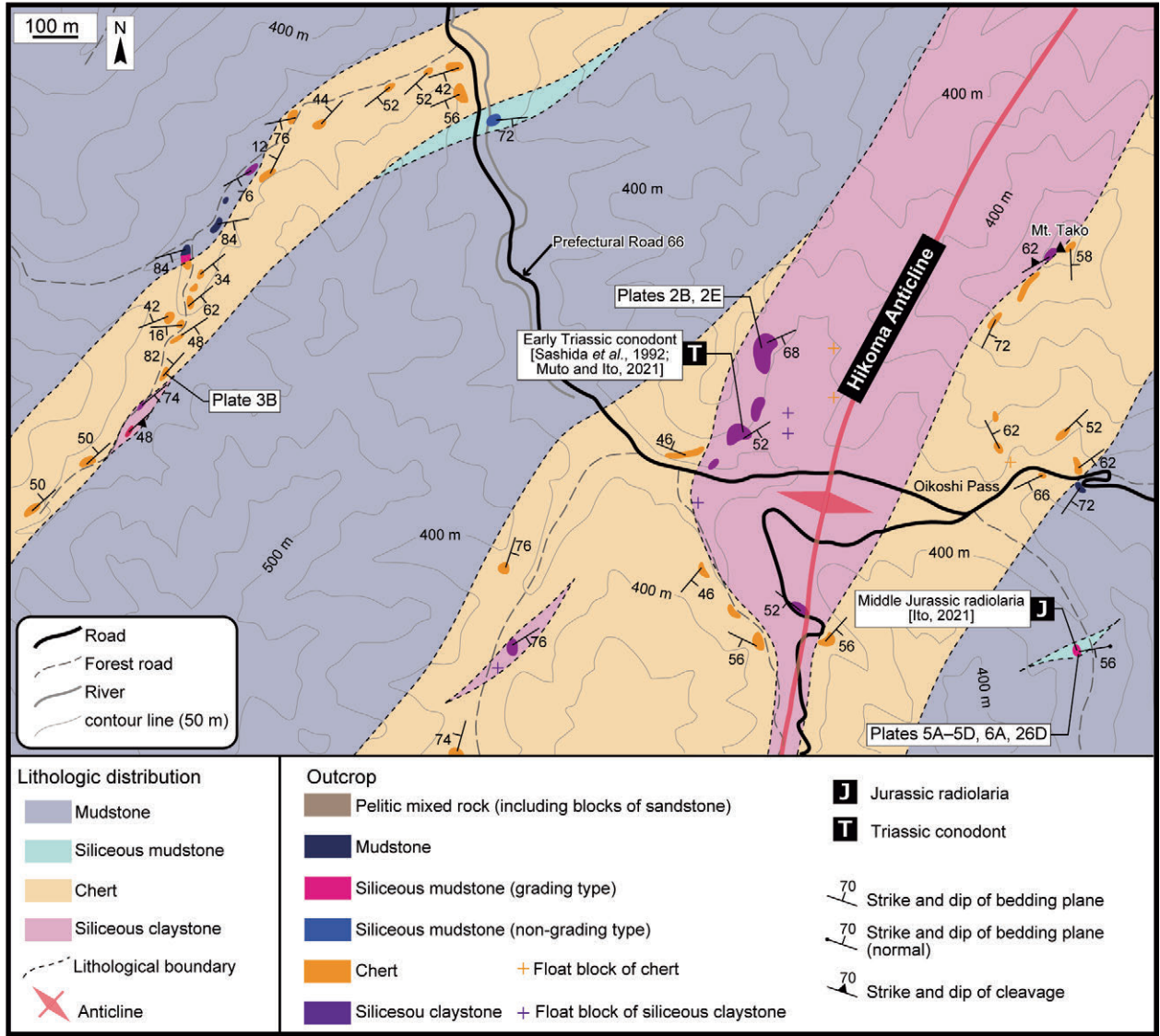
黒保根-桐生コンプレックスでは、他のコンプレックスと比較して、珪質粘土岩が多く含まれる. 珪質粘土岩はチャートの近傍に産出することが多い. 厚さはおおよそ1~20 mで、側方へは数100 mほど連続する. 栃木県佐野市飛駒町の万山(老越峠付近)で典型的な珪質粘土岩が観察できる(第7図).

珪質粘土岩は灰白色から明灰色で、層状をなす(図版2A, 2B, 2C). 単層の厚さは5~15 cmであり、単層内には薄い平行葉理がみられる. 層理面や葉理面に沿って剥離する. 砂岩岩塊を含む珪質粘土岩もみられる(図版2D).

鏡下では、粘土鉱物とそこに点在する石英などのシルトサイズの碎屑粒子が観察される(図版2E). 狭長な粘土鉱物は互いに平行な定向配列をなす(図版2F).

(4)チャート

黒保根-桐生コンプレックスは、チャートの分布を特徴とする. 露頭規模でも地質図規模でも側方への連続性が良く、数100 mにわたり追跡できる. 層位的には、黒保根-桐生コンプレックスの下部において卓越する. 上部では、下部に比べると量比は少ないが、チャートは主要な構成要素である. 上部では、泥質混在岩に長径1~20



第7図 佐野市飛駒町万山の飛駒背斜付近に露出する黒保根-桐生コンプレックスのルートマップ。

Fig. 7 Traverse map of the Kurohone-Kiryu Complex around the Hikoma Anticline in Hikoma-cho Ban-yama, Sano City.

cmの岩塊として含まれるほか、側方への連続性の良い岩体としても存在する。

チャート岩体はしばしば急な崖や尾根を形成している。仙人ヶ岳・赤雪山・多高山などの山頂ではチャートが露出する。石尊山から深高山の山稜はチャートの走向に沿った方向に伸びる。

チャートは、珪質層と泥質薄層との互層により明瞭な成層構造を呈することが多い(図版3A)。泥質薄層を欠き層理が不明瞭なチャートも認められる。珪質層の層厚が1~15 cm程度なのに対し、泥質薄層の層厚は通常5 mm以下である。穴切峠東方など数地点において、厚い泥質層を挟む層状チャートがみられる(図版3B)。珪質層の色調は、暗灰色・灰色・明灰色を呈する例が多い。赤色や灰緑色を呈するチャートもわずかに存在する。節

理が発達し、その多くが層理面に直交する。泥質薄層は主に灰色~暗灰色を呈する。上述の厚い泥質層の色調は主に明灰色であり、また弱い葉理構造がみられる。チャートは隠微晶質石英を主体とし、わずかに粘土鉱物を含む。放散虫とみられる石英で充填された球状体もみられるが(図版3C)、極めて稀である。

チャート角礫岩は白葉峠などでわずかに観察される。長径が1 mmから5 cm程度のチャート角礫で、基質支持である。チャート礫は主に隠微晶質石英からなり、基質は淘汰の悪い石英粒子と少量の粘土鉱物からなる(図版3D)。

黒沢西川や小俣町付近などの数地点では、ストライプチャートがみられる。本論で述べるストライプチャートについてはIto (2020b) の定義に基づく。チャート単

層中の1本のピンストライプ状構造を指すストリーク (Streak) とその間のスペーシング (Spacing) からなる (図版3E)。ストリークは、スペーシングに比べて暗い色を示す。ストリークは粘土鉱物からなり、スタイロライト化していることが多い (図版3F)。スペーシングは、隠微晶質石英からなる。

(5) 珪質泥岩

本論では、級化の有無により珪質泥岩を非級化型と級化型の2種類に区分する。

非級化型珪質泥岩は、老越路峠 (第7図) や赤雪山西方など数地点でわずかに観察される。直接の接触関係は観察されていないが、桐生市の忍山川上流 (第8図) では、チャートから珪質泥岩に移化するとみられる。

非級化型珪質泥岩は、暗灰色で、明瞭な成層構造を示す (図版4A)。単層の層厚は3～10 cmで、厚さ1 mm程度の粘土岩をはさむ。黒保根-桐生コンプレックスのチャートに比べると節理の発達程度はやや弱いが、葛生コンプレックスや行道山コンプレックスの珪質泥岩に比べると節理が発達している (図版4A)。

粘土鉱物と隠微晶質石英からなり、放散虫とみられる球状体を含むこともある (図版4B)。これらの球状体の多くは、その内部が石英で充填されている (図版4B2)。後述の級化型珪質泥岩に比べると放散虫とみられる球状体の分布は散逸的である。

級化型珪質泥岩は、佐野市の飛駒町万山 (第7図) や作原町小戸などの数地点でわずかに観察される。淡緑色から明灰色で、成層構造を示す (図版5A)。単層の層厚は3～5 cmで、厚さ1 mm程度の粘土質岩をはさむ。万山でみられる珪質泥岩には節理が発達する (図版5A)。

鏡下では、級化型珪質泥岩はシルトサイズの石英、隠微晶質石英及び粘土鉱物が観察される。粘土鉱物は互いに平行な定向配列をなすが、剥離性は弱い。粗粒部と細粒部が認められる (図版5B)。細粒部は隠微晶質石英が卓越するのに対し、粗粒部では放散虫とみられる球状体が多く含まれる (図版5C, 5D)。この球状体の内部は石英で充填されている (図版5D)。球状体が密集する箇所では、これらの球状体の周辺に沿うような狭長な形状の粘土鉱物がみられる (図版5D)。この粗粒部と細粒部により級化成層をなす。

級化型珪質泥岩をフッ酸処理して得られた残渣には、石英や黄鉄鉱の鉱物片と再結晶化した放散虫とみられる球状体が見られる (図版6A)。

(6) 泥岩

黒保根-桐生コンプレックスでは、泥岩が広くみられる。層位的には、飛駒背斜北西翼側では、上部において卓越する。桐生市の忍山川上流 (第8図) では、直接的な接触関係は観察されないが、チャートから移化した珪質

泥岩がさらに泥岩に移化するとみられる。

泥岩は、黒色から暗灰色を呈するが、風化して灰白色から白色を示す例も多い。層理面に平行な劈開が発達しており、これに沿って薄く剥離する (図版7A)。

鏡下では石英や斜長石などの碎屑粒子と粘土鉱物が観察され、微細な粘土鉱物は互いに平行な定向配列をなす (図版7B)。稀に、石英で充填された球状体を含む泥岩がみられる (図版7C)。放散虫とみられるこれらの球状体は真円より楕円に近く、放散虫であれば変形していると考えられる。劈開があまり発達しない泥岩も稀にみられる (図版7D)。

(7) 砂岩

砂岩は主に2～3 m程度の岩塊として泥岩の近傍に産する。また、後述の泥質混在岩の中に1 m以下の岩塊として含まれる。

灰色、暗灰色あるいは明灰色を呈する。中粒～粗粒で、淘汰は悪い。塊状の無構造で、明瞭な成層構造は観察できない (図版8A)。他のコンプレックスの砂岩に比べると節理の発達程度は弱い。

碎屑粒子としては石英と岩片が多く、長石・雲母類を伴い、基質に乏しい (図版8B, 8C)。石英は、その多くが単結晶石英であるが、わずかに多結晶石英を含む (図版8B)。碎屑粒子の円磨度は一般的にはやや低いが、一部では円磨されやや丸くなった外形を示す。岩片に富み、特にチャートや火山岩の岩片を多く含む (図版8D)。モード組成からは、石英と岩片に富む石質と判断され (第9図)、基質に乏しい石質アレナイトである。

(8) 泥質混在岩

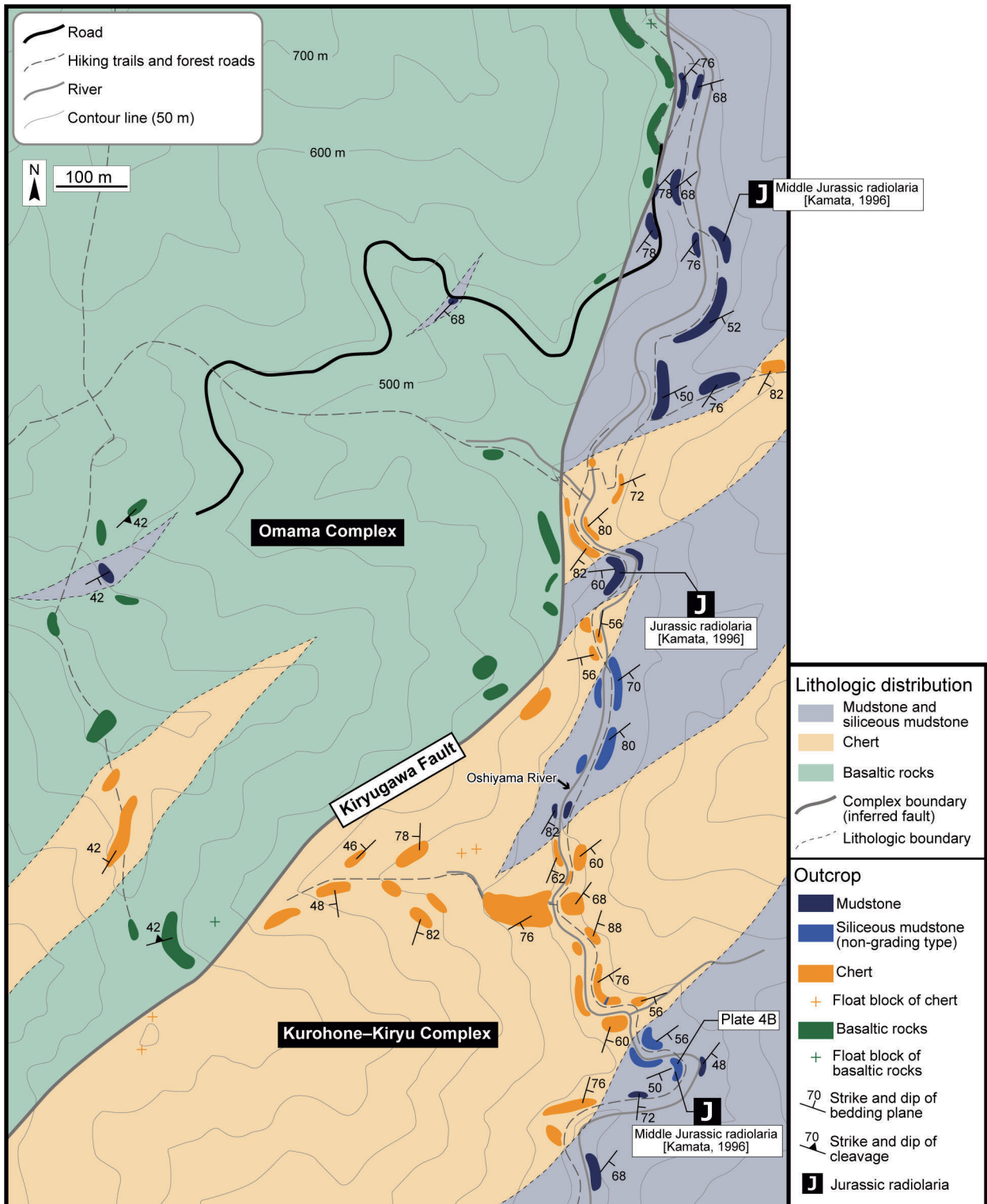
「桐生及足利」地域において、泥質混在岩は黒保根-桐生コンプレックスの上部で比較的多くみられる。一方で、下部での泥質混在岩の分布はわずかである。また鎌田・久布白 (2008) や大藤ほか (2007) によると、詳細な分布は示されていないが、「鹿沼」地域の黒保根-桐生コンプレックスの分布域では泥質混在岩が比較的広く分布するとみられる。葛生コンプレックスとの境界付近にもみられる。

基質となる泥岩は、黒灰色や暗灰色で、鱗片状劈開が発達する。泥岩基質中には、チャートや砂岩のレンズ状岩塊が含まれる (図版8E)。チャートは主に暗灰色あるいは灰色で、およそ1～10 mの層厚を持つ。砂岩は灰色～明灰色を呈し、中粒～粗粒である。強い変形を被り、砂岩岩塊に非対称構造がみられることもある (図版8F)。

4.2 大間々コンプレックス

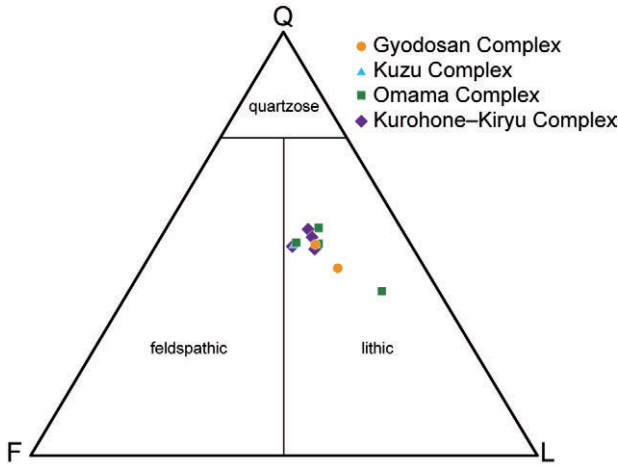
4.2.1 定義と名称

Kamata (1996) は、みどり市大間々町 (旧大間々町) の渡良瀬川・小平川・山田川沿いに露出する、チャー



第8図 桐生市梅田町忍山川沿いに露出する黒保根-桐生コンプレックスと大間々コンプレックス境界周辺のルートマップ。

Fig. 8 Traverse map around the boundary between the Kurohone-Kiryu and Omama complexes along Oshiyama River, Umeda-cho, Kiryu City.



第9図 足尾帯ジュラ紀付加体の砂岩のモード組成。区分はOkada (1971) に基づく。Q: 石英。F: 長石。L: 岩片。
Fig. 9 Modal composition of sandstone in Jurassic accretionary complex of the Ashio belt. Classification is based on Okada (1971). Q: quartz. F: feldspar. L: Lithic fragments.

ト・玄武岩類・炭酸塩岩類の大規模岩体を伴う混在岩をOmama Complex (大間々コンプレックス)と定義した。本論においてもこの名称を用いる。ただし、名称の初出自体は鎌田(1995a, b)である。

大間々コンプレックスは、破断相から混在相を示し、玄武岩類・チャート・泥岩を主体として炭酸塩岩類・珪質泥岩・砂岩・珪質粘土岩・泥質混在岩を伴う。本論での大間々コンプレックスは、河田・大澤(1955)の足尾層の一部・渡辺ほか(1957)の栗野層群の一部・藤本(1961)の栃木層群の一部・羽鳥(1965)の栃木層群の一部と佐野層群の一部に対比される。

4. 2. 2 分布及び層厚

みどり市大間々町の山地部分の広範囲に分布し、桐生市黒保根町地域(旧黒保根村)にもわずかに分布する。構造的低位に位置する黒保根-桐生コンプレックスとは、桐生川断層で接する。須藤ほか(1991)の地質図の分布から判断すると、みどり市の草木湖周辺で上部白垂系沢入岩体(矢内, 1972, 1973)の花崗閃緑岩と接する。

大間々コンプレックスの見かけ上の層厚は、梅田向斜の南東翼側では2 km以上、北西翼側では10 km以上に及ぶ。

4. 2. 3 層序

岩相の違いと層序関係から、本コンプレックスを下部と上部に二分した。下部は側方へ連続する大規模な玄武岩類とチャートを主体とする(第10, 11図)。これに対して上部は、玄武岩類・チャート・砂岩・炭酸塩岩類などの岩塊を含む泥質混在岩からなる。下部の見かけ上の層厚は2~5 kmで、上部の見かけ上の層厚は200 m以上で

ある。

梅田向斜南東翼部の大間々コンプレックスの基底部では最大層厚200 m程度の玄武岩類がみられる(第11図)。最大層厚50 m以下のチャートがこの玄武岩類に付随する。海洋プレート層序(OPS)の基底部をなす玄武岩類とチャートが繰り返して分布する。

4. 2. 4 岩相

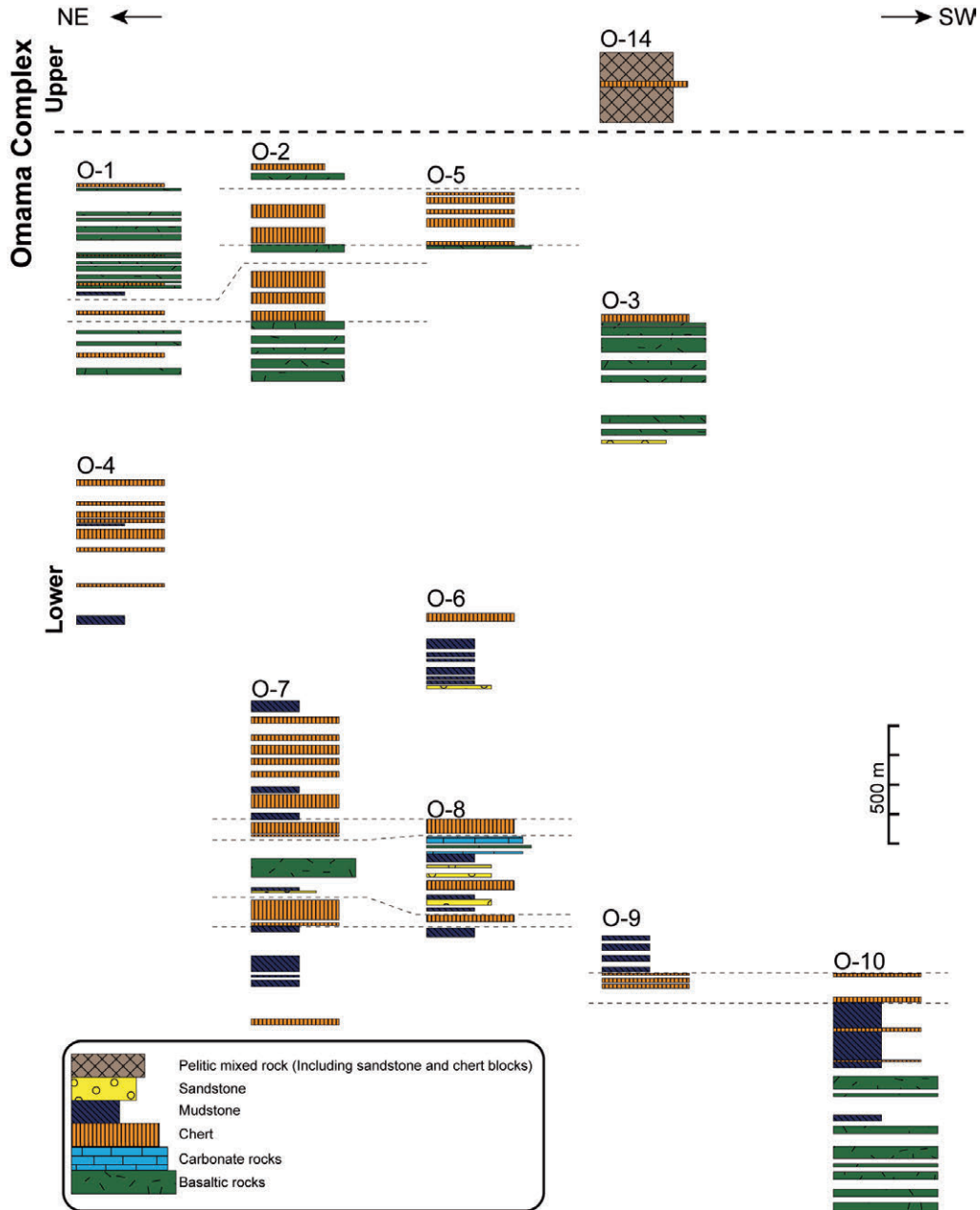
(1) 玄武岩類

玄武岩類は、大間々コンプレックスの主要構成岩類であり、広く分布する(第8, 10, 11, 12図)。大間々コンプレックスの下部においては、地質図規模でも2~3 kmにわたり連続するシート状岩体として産し、特に最下部付近に卓越する(第8, 10, 11図)。一方で、上部においては泥質混在岩に岩塊として含まれるが、その規模は小さく側方への連続性も乏しい。

玄武岩類は玄武岩溶岩や玄武岩火山碎屑岩からなるが、一般に著しく風化しており、原岩の判定は困難であることが多い。玄武岩溶岩は枕状(図版9A)あるいは塊状である。枕状溶岩は最大で長径50 cm程度の枕状構造からなる。玄武岩火山碎屑岩として最大長径が30 cm程度の角礫を含む自破碎溶岩もみられる(図版9B)。しばしば著しい剪断変形を被っており、混在相を呈することもある(図版9C)。この混在相を呈する玄武岩類は剪断された火山碎屑岩を基質とし、比較的剪断を受けていない玄武岩溶岩を含むほか、炭酸塩岩類や砂岩を岩塊として含む。

鏡下では、石基中に散在する斜長石と単斜輝石の斑晶が観察される。斜長石の斑晶は最大径1 mm程度の短柱状~短冊状で、自形あるいは半自形結晶である。多くの斜長石がアルバイト式双晶を示し。一部ではソーシユライト化している。単斜輝石の斑晶の直径は0.2~1 mm程度であり、自形~半自形結晶が多い。丸みを帯びた融食形を呈する単斜輝石もみられる。稀に直径0.2 mm以下のかんらん石を含むが(図版9D)、蛇紋石に置換されている場合が多い。石基は、斜長石・単斜輝石・不透明鉱物からなり、インターグラニューラー組織を呈する。枕状溶岩には厚さ1~2 mmの急冷周縁部がみられる(図版9E)。急冷周縁部に近い玄武岩溶岩は細粒で、枕の中心部に行くほど粗粒になる。自破碎溶岩は火山ガラスと直径1 mm程度の角礫岩片からなる(図版9F)。

伊藤・草野(2021)により、大間々コンプレックス下部の玄武岩類の地球化学組成が検討されている。主要元素及び微量元素組成に基づく、形成場として中央海嶺領域と海洋島領域が推定される2種類の異なる玄武岩類の存在が示唆された。伊藤・草野(2021)の観察と地球化学的検討に基づく、形成場が中央海嶺領域と推定される玄武岩類は、玄武岩溶岩及び玄武岩凝灰角礫岩である。一方、形成場として海洋島領域が推定される玄武岩類は



第10図 梅田向斜北西翼部の大間々コンプレックスの柱状図. 柱状図の作成ルートは付図1に示す.

Fig. 10 Columnar sections of the Omama Complex in northwestern wing of the Umeda Syncline. Locations of the columnar sections are shown in Fig. A1.

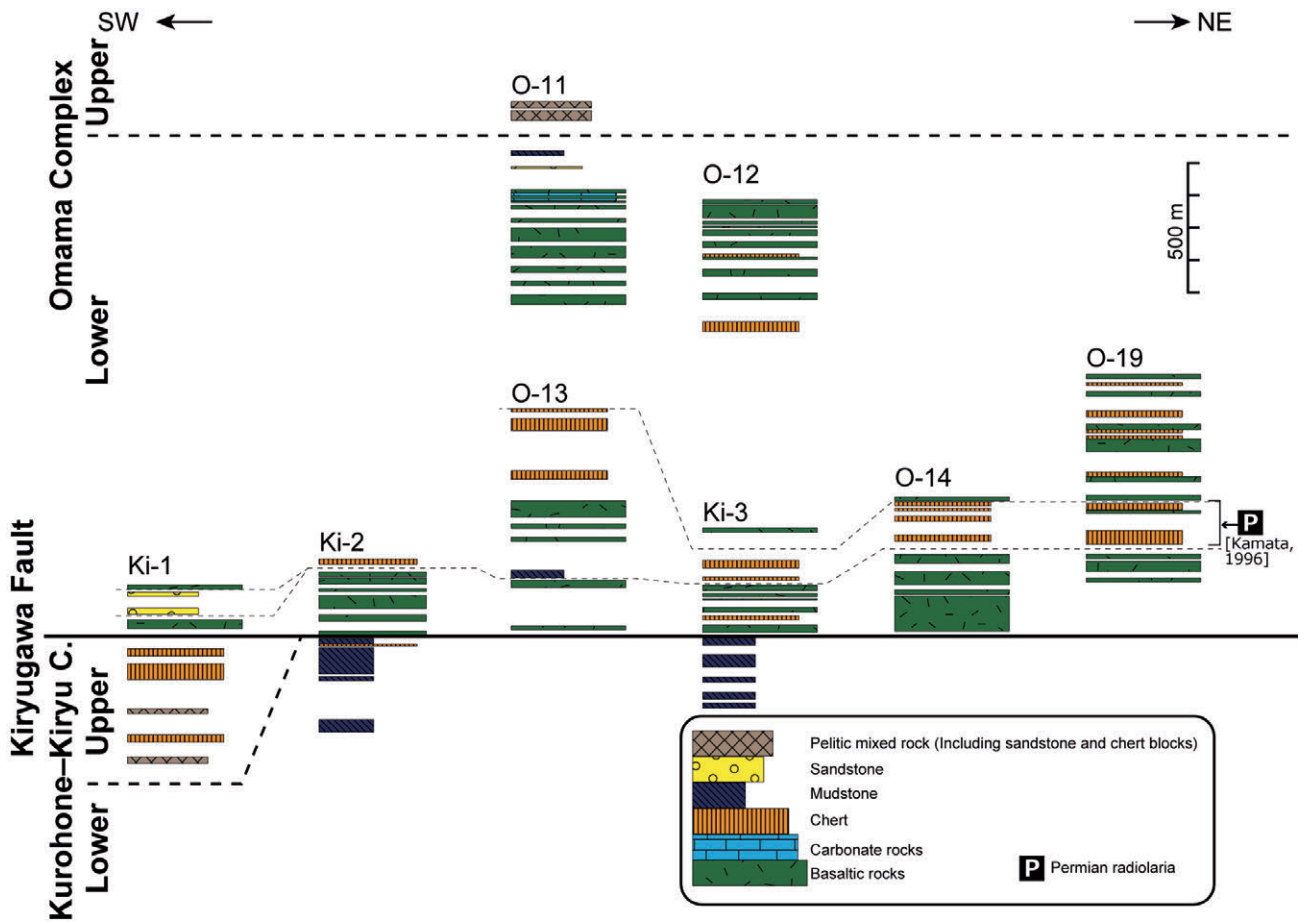
玄武岩溶岩である.

(2) 炭酸塩岩類

みどり市大間々町小平^{おだいら}では、小平鍾乳洞と呼ばれる比較的大規模な炭酸塩岩類の岩体の存在が確認できる。地表に露出する面積自体は限られるものの、鍾乳洞の全長は93 mに及ぶ(みどり市, 2020)。また、桐生市黒保根町八木原^{こうじんやま}の荒神山南西部には炭酸塩岩類の転石が分布しており(図版10A)、露頭自体はわずかであるが比較的

大きな炭酸塩岩類の未確認岩体が存在していると思われる。なお、林(1997)や群馬県立自然史博物館(1999)などによれば、Yabe (1903)の報告した軟骨魚類*Helicoprion bessonowi* Karpinskyは、この八木原の近辺から産出したとされる。

炭酸塩岩類は一般に灰白色から明灰色を呈し、塊状あるいは層状(図版10B)である。結晶質で方解石を主体とする石灰岩が多い(図版10C)。方解石の最大長径はおよそ1 mmで他形である。方解石にはしばしば双晶がみら



第11図 梅田向斜南東翼部の大間々コンプレックスの柱状図。柱状図の作成ルートは付図1に示す。C.: Complex.

Fig. 11 Columnar sections of the Omama Complex in southeastern wing of the Umeda Syncline. Locations of the columnar sections are shown in Fig. A1. C.: Complex.

れる。また、フズリナ石灰岩など(図版10D)、化石に富む石灰岩が存在する。これらの石灰岩は主に生砕屑性で、パックストーンやグレインストーンがみられる。ペロイドを粒子として多く含み、フズリナやウミユリなどの化石を伴う。これらの化石は、本来の形状を保っているものと破碎されているものがみられる。化石粒子の間隙は、方解石とミクライトやスパーライトにより充填されている。加えて、ドロストーンも存在する。

炭酸塩岩類は玄武岩類の中にも小規模な岩塊ないし挟在して認められる。また、炭酸塩岩類が玄武岩類を挟む例もみられる(図版10E, 10F)。炭酸塩岩類に挟まれる玄武岩類の見かけ上の厚さは主に数10 cmで(図版10E)、数100 μmオーダーでも認められる(図版10F)。これらの炭酸塩岩類は結晶質で、方解石を主体とする(図版10F)。

(3)珪質粘土岩

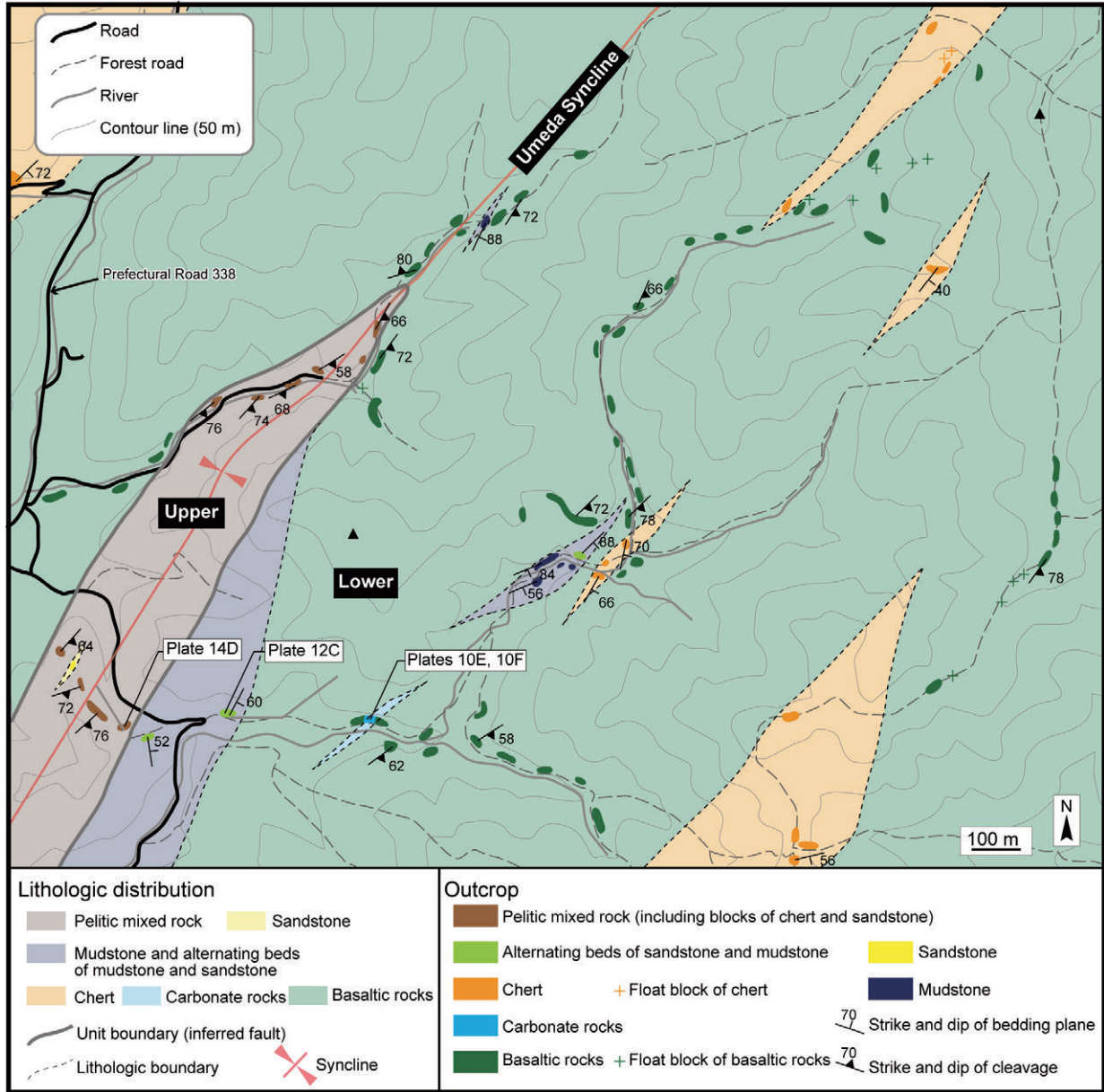
珪質粘土岩は、灰白色あるいは明灰色で、層状をなす。単層の厚さは5 cm程度で、層理面に沿って剥離する。強

い変形を被り、また、風化を受けていることが多い。珪質粘土岩はわずかに分布するのみで、黒保根-桐生コンプレックスでみられる厚い珪質粘土岩は観察できない。

Kamata and Kajiwara (1996)はみどり市大間々町小平茂木の林道沿いで、本コンプレックスのペルム系チャート-有機質泥岩-珪質粘土岩-三疊系チャートのペルム紀-三疊紀境界を含むシーケンスが認められるセクションを記載している。しかし、このセクションは既にコンクリートなどで覆われており、現在は露出していない。Kamata and Kajiwara (1996)によれば、この珪質粘土岩は灰色で、単層の層厚は1~5 cmであり、粘土鉱物と微晶質石英からなる。

(4)チャート

チャートは主に大規模な岩体として露出する。大間々コンプレックスの下部では、岩体としてはおよそ10~300 mにわたり側方へ連続する。細かく分断されてレンズ状をなして側方への連続性を示さないチャートもみ



第12図 桐生市河内町大崩の梅田向斜付近に露出する大間々コンプレックスのルートマップ。

Fig. 12 Traverse map of the Omama Complex around the Umeda Syncline in Kawauchi-cho Okuzure, Kiryu City.

られる。また、後述のように泥質混在岩中の岩塊としても産する。

チャートが崖や尾根を形成している場所もあるが、他のコンプレックスのチャートと比較するとその例は少ない。

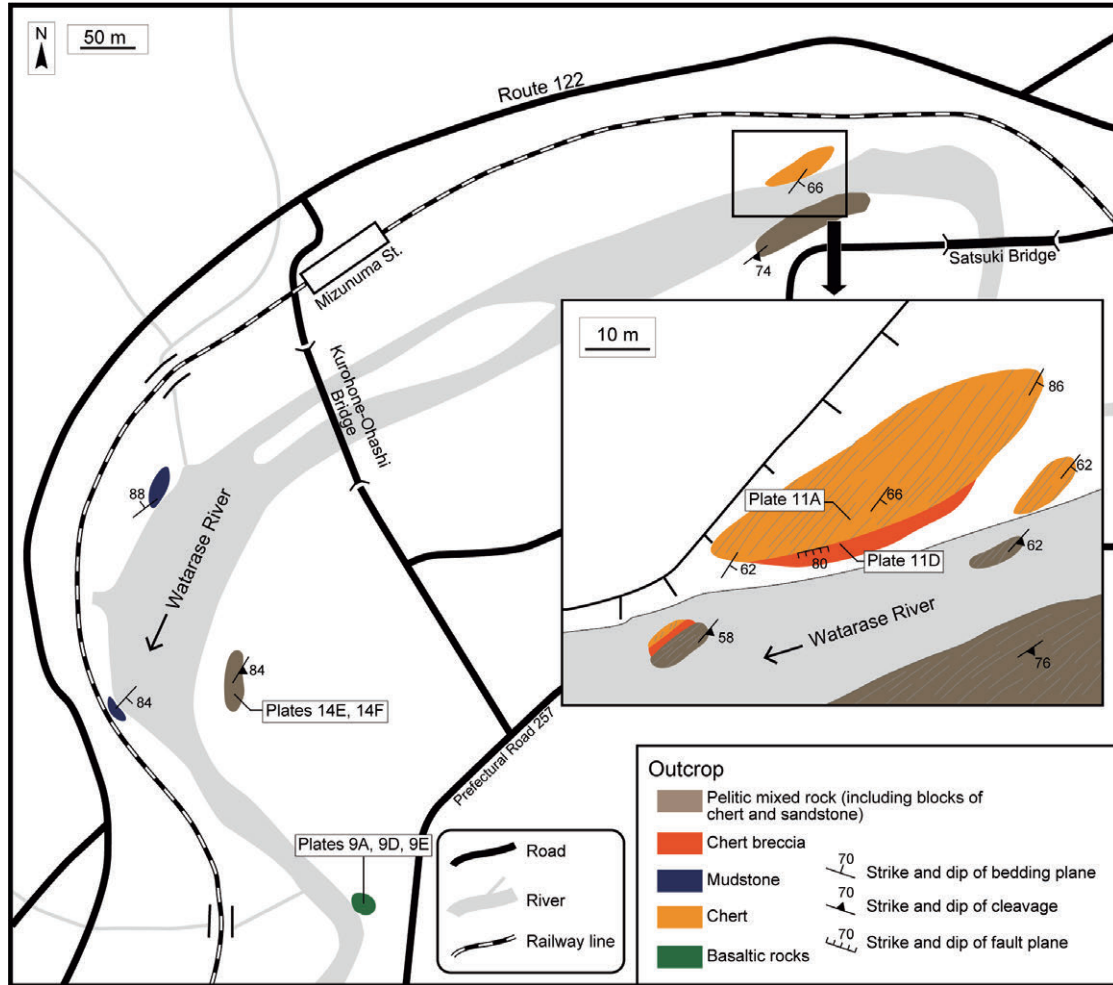
チャートは、黒色・灰色・暗灰色・赤色を呈する。珪質層と泥質薄層との互層により成層構造を呈する(図版11A)。珪質層は層厚1～15 cm程度であるのに対し、泥質薄層は通常5 mm以下である。一方、単層を破断する形の多くの小断層により細かいレンズ状をなすチャートもみられる(図版11B)。層理面に斜交する節理が発達する。鏡下観察では、隠微晶質石英と少量の粘土鉱物内に

放散虫が認められる(図版11C)。なおこれまでに、黒保根-桐生コンプレックスや葛生コンプレックスでみられるストライプチャートは見つかっていない。

水沼駅付近では、チャート及びチャート角礫岩が分布する(第13図)。チャート角礫岩は、長径が最大10 cm程度のチャート角礫で、基質支持である。この露頭のチャート角礫岩は、層理面に斜交する断層を介して層状チャートに接する(図版11D)。

(5) 珪質泥岩

珪質泥岩の分布域は限られており、厚さ10 m程度で渡



第13図 桐生市黒保根町八木原の水沼駅付近に露出する大間々コンプレックスのルートマップ。チャート内の灰色線は層理面を、泥質混在岩内の灰色線は劈開面を示す。

Fig. 13 Traverse map of the Omama Complex around the Mizunuma Station, Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City. Gray lines in chert and pelitic mixed rock indicate bedding and cleavage, respectively.

良瀬川沿いなどの数地点で観察される。主に暗灰色を呈し、塊状から非常に弱い成層構造を示す(図版12A)。単層の層厚は10～20 cm程度である。級化は認められない。

鏡下では、シルトサイズ以下の碎屑粒子と粘土鉱物が観察される。放散虫を多く含む珪質泥岩もみられる(図版12B)。放散虫の内部に関しては、石英で充填されていることが多い。

(6) 泥岩及び砂岩泥岩互層

泥岩は、大間々コンプレックスでは一般的にみられる。下部ユニットでは玄武岩類に挟まれて分布する。砂岩泥岩互層は、層厚30 cm～1 m程度の泥岩と10～30 cm程度の砂岩からなり、一般的に泥岩が優勢であるが、一部で砂岩と泥岩が等量の例もみられる。砂岩がレンズ状に泥岩の中に含まれることが多い(図版12C)。

泥岩は、暗灰色や灰色を呈する。弱い成層構造を持つ。

シルトサイズ以下の碎屑粒子と粘土鉱物からなる(図版12D)。

(7) 砂岩

砂岩は、泥岩や玄武岩類の近傍に産することが多い。また、後述の泥質混在岩中に主に長径3 m以下の岩塊として含まれる。

灰色・暗灰色・明灰色を呈する。細粒～中粒で、淘汰は良い。一般に塊状無構造で、明瞭な成層構造は観察できない(図版13A)。

碎屑粒子としては石英・長石・雲母類を含む(図版13B)。石英の多くが単結晶であるが、わずかに多結晶石英も含まれる(図版13B)。碎屑粒子の円磨度は一般的にはやや低い、一部では円磨されやや丸くなった外形を示す。岩片としてチャートや火山岩を多く含む(図版13C)。碎屑粒子の外縁には圧力融解による再結晶粒子が集積しており、これらの碎屑粒子の輪郭がやや不明瞭

になっている(図版13D)。モード組成に基づくと石英や岩片に富む石質であり(第9図)、基質に乏しいアレナイトが主体である。同一試料の中で部分的に基質が卓越し、石質ワッケ様になるところもある。

(8) 泥質混在岩

泥質混在岩は、大間々コンプレックス上部の主要構成岩類であり、一方で大間々コンプレックス下部における量は少ない。桐生市川内町大崩^{おおくずれ}周辺(第12図)や桐生市黒保根町八木原の水沼駅^{みづのえき}周辺(第13図)でみられるほか、みどり市大間々町^{たかかづと}高津戸の高津戸峡で典型的に露出する(第14図)。

基質となる泥岩は、黒灰色・暗灰色・灰色を呈し、鱗片状劈開が発達する。泥岩基質中には、玄武岩類・炭酸塩岩類・チャート及び砂岩の岩塊が含まれる。泥質混在岩が広く露出する高津戸峡での観察に基づくと、1)玄武岩類・炭酸塩岩類・チャート・砂岩の岩塊を含む泥質混在岩、2)玄武岩類・チャート・砂岩の岩塊を含む泥質混在岩、3)チャート・砂岩の岩塊を含み、特にチャート岩塊が多く含まれる泥質混在岩、そして4)チャート・砂岩の岩塊を含み、泥質基質が卓越する泥質混在岩に区分される(第14図)。玄武岩類はレンズ状から不定形をなす(図版14A)。炭酸塩岩類は灰白色で、楕円球状の岩塊として含まれる(図版14B)。長径は最大でも3 m程度である。チャートは岩塊としては最も一般的に含まれ、暗灰色や灰色を呈して主にレンズ状をなす。チャート内には層理面がみられることがあり、その多くは泥質混在岩の劈開面に平行だが、劈開面と層理面が斜交するチャート岩塊もみられる(図版14C)。また、基質の泥岩中に破断した小規模なチャート岩塊を伴う泥質混在岩もみられる(図版14D)。砂岩は灰色～明灰色の中粒～粗粒のレンズ状岩塊である。長径10 cmを超える砂岩岩塊は少ないが、長径3 mに及ぶ例もある。剪断変形により、非対称に尾を引く形態の砂岩岩塊がみられる(図版14E)。

鏡下では、粘土鉱物を主体としてシルトサイズ以下の碎屑粒子を伴う基質と、砂岩からなるレンズ状岩塊が観察される(図版14F)。剪断変形により複合面構造が観察されることもある。

4.3 葛生コンプレックス

4.3.1 定義及び名称

Kamata (1996)は、栃木県の佐野市葛生町(旧葛生町)を中心に分布するチャート-碎屑岩シーケンスが繰り返す整然相及びそれに伴う大規模な玄武岩類-炭酸塩岩類岩体を、Kuzu Complexと定義した。本論でもこの名称を用いる。ただし、名称の初出自体は鎌田(1995a, b)である。なお、発音としては「くずう」であることから、英語表記がKuzuuとされることもあるが(例えば、Koike *et al.*, 1991; Muto *et al.*, 2018)、本論ではKamata (1996)に従い

英語表記としてKuzuを使用する。

鎌田(1997a)は、「栃木」地域内の葛生コンプレックスを構造的低位からユニット1・ユニット2・ユニット3に三分した。ユニット1及びユニット3は、チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩泥岩互層・砂岩が順に累重するチャート-碎屑岩シーケンスの整然相を主体とすることにより特徴づけられる。ユニット1は比較的碎屑岩に富むのに対し、ユニット3はチャートに富む。これらと比べてユニット2は大きく岩相が異なり、大規模な炭酸塩岩類とそれに伴う玄武岩類を主体とし、礫岩及び珪質泥岩が炭酸塩岩類を覆う。さらに泥岩が珪質泥岩の上位に存在する。

鎌田(1997a)のユニット1は、主に先行研究における会沢層の大部分あるいは一部と中妻層の一部に対比される(吉田, 1956; 藤本, 1961; 羽鳥, 1965; 柳本, 1973)。また、Aono (1985)と佐藤・青野(1985)のユニットIIの一部に対比される。中江(2010)は、「宇都宮」地域の古賀志山地周辺に分布するチャートを主体とする地層を栃木コンプレックスと命名し、葛生コンプレックスのユニット1に対比している。

鎌田(1997a)のユニット2に関しては、玄武岩類と炭酸塩岩類は先行研究(藤本, 1961; 羽鳥, 1965; 柳本, 1973)における出流層と鍋山層にそれぞれ対比される。また、炭酸塩岩類の上位の礫質石灰岩や珪質泥岩についてはアド山層の最下部とされていたが、鎌田(1997a)はユニット2に含めた。

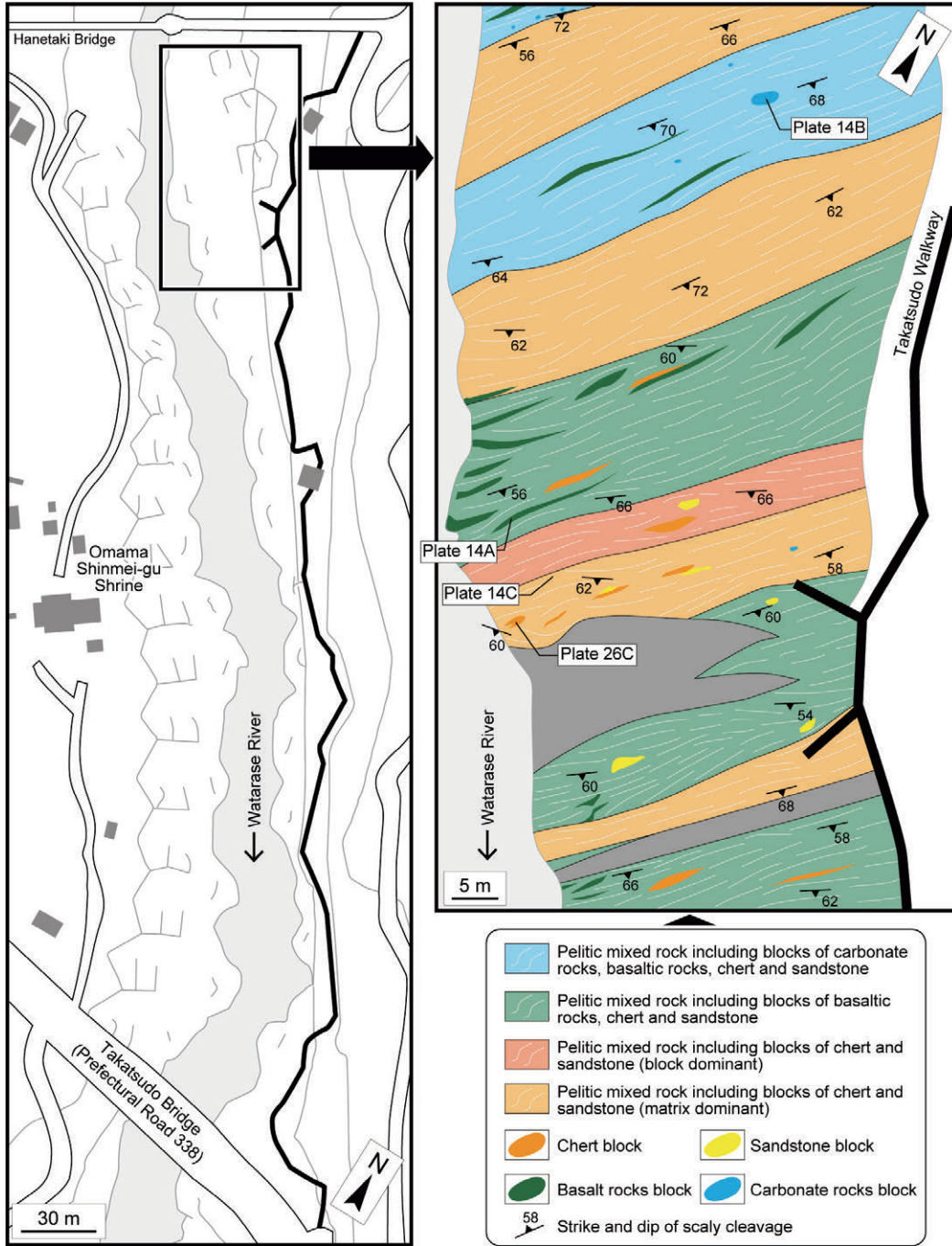
鎌田(1997a)のユニット3は、藤本(1961)・羽鳥(1965)・柳本(1973)のアド山層の上部・牧層・御神楽層に対比される。また、Aono (1985)と佐藤・青野(1985)のユニットIIの一部に対比される。また、高柳ほか(2001)のコンプレックスAはユニット3の一部に対比される。

「桐生及足利」地域の葛生コンプレックスは整然相を主体とし、チャート-碎屑岩シーケンスをなすチャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩などからなる。大部分が鎌田(1997a)のユニット3に対比され、一部がユニット1に対比される。本地域では大規模な炭酸塩岩類や玄武岩類は分布しておらず、ユニット2に相当する地層は分布していない。本論では、岩相の類似性からユニット1とユニット3を区分せず、葛生コンプレックスとして一括して扱う。

4.3.2 分布及び層厚

栃木県の足利市南部・佐野市南部・栃木市・鹿沼市の一部に分布する。黒保根-桐生コンプレックスと行道山コンプレックスとは、それぞれ閑馬断層と大岩断層を介して接する。葛生コンプレックスは黒保根-桐生コンプレックスの構造的上位に位置する。

コンプレックス全体の見かけ上の層厚は少なくとも4 kmに及ぶ。各ユニットの見かけ上の層厚については、鎌田(1997a)によれば、ユニット1の北部は約1 km、北東



第14図 みどり市大間々町高津戸の高津戸峡に露出する大間々コンプレックスのルートマップ。泥質混在岩内の灰色線は劈開面を示す。

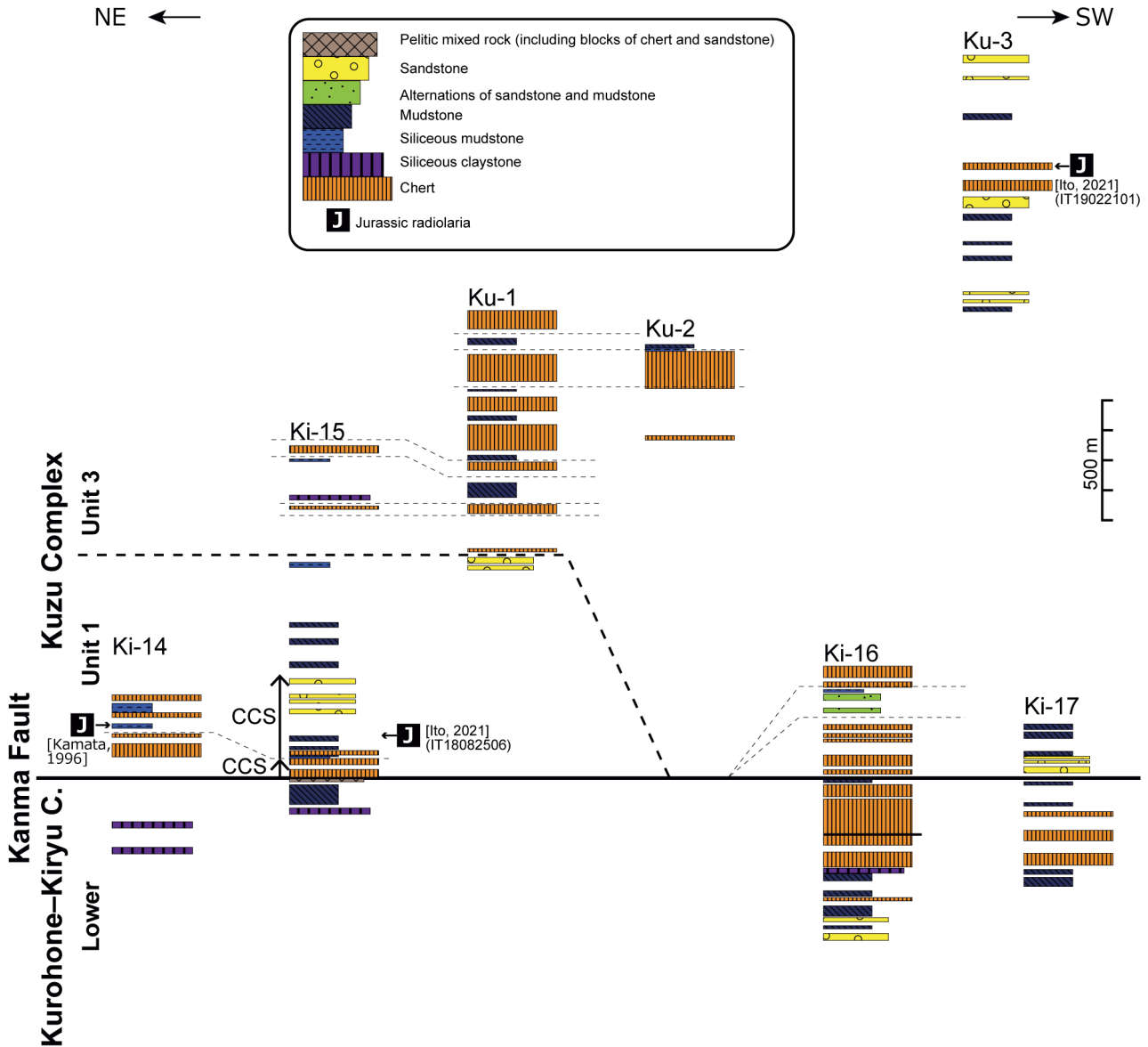
Fig. 14 Traverse map of the Omama Complex in the Takatsudo Gorge, Omama-machi Takatsudo, Midori City. Gray lines in pelitic mixed rock indicate cleavage surfaces.

部及び南部は約2 km, ユニット3は1 km以上とされている。ユニット2の玄武岩類と炭酸塩岩類はともに膨縮が激しいが、藤本(1961)の地質断面図からは全体の層厚は最大で500 m程度であると推測される。また、Kobayashi(2006a)によれば、ユニット2の玄武岩類(出流層)の最大層厚が400 m以上、佐野市山菅町周辺に分布するユニッ

ト2の炭酸塩岩類(鍋山層)の最大層厚が約300 mとされている。

4.3.3 層序

「桐生及足利」地域の葛生コンプレックスは、ユニット3が地域の南東部に広く分布するのに対し、ユニット



第15図 葛生向斜北西翼部の葛生コンプレックスの柱状図。柱状図の作成ルートは付図1に示す。CCS：チャート-碎屑岩シーケンス。C.：Complex.

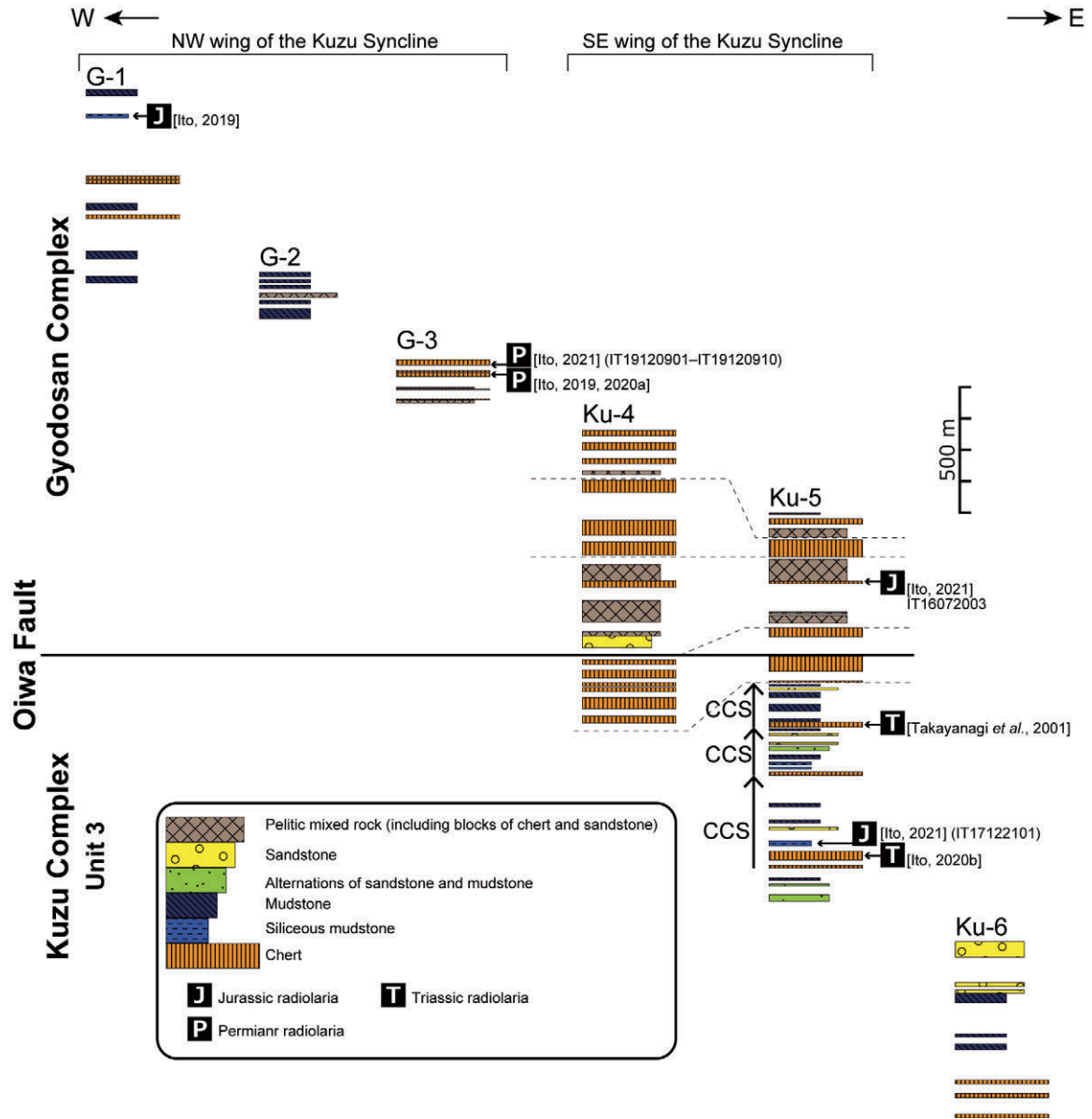
Fig. 15 Columnar sections of the Kuzu Complex in northwestern wing of the Kuzu Syncline. Locations of the columnar sections are shown in Fig. A1. CCS: chert-elastic sequence. C.: Complex.

1が東部にわずかに分布する。ユニット2は分布しない。ユニット1はチャートと泥岩が繰り返す、一部で砂岩を挟む(第15図)。ユニット3も同様にチャートと泥岩が繰り返す泥岩や砂岩などを挟む(第15, 16図)。前述の通り、葛生コンプレックスでは明瞭なチャート-碎屑岩シーケンスが認められる。閑馬川かまがわのルートでは、少なくとも2枚のチャート-碎屑岩シーケンスが認められる(第15, 17図)。大岩月谷線のルートでは、少なくとも3枚のチャート-碎屑岩シーケンスが認められる(第16, 18図)。

4. 3. 4 岩相

(1) 玄武岩類

「桐生及足利」地域では玄武岩類の分布は確認されていないが、その東隣の「栃木」地域では、栃木市出流町などにユニット2に属する大規模な玄武岩類が露出する。この玄武岩類は藤本(1961)により出流層と命名され、中島ほか(1992)、Kamata (1996)、鎌田(1997a)及びKobayashi (2006a)などによって記載が行われている。ここでは、これらの先行研究による記述に基づいて記す。また、筆者が栃木県佐野市の吉澤石灰工業の採石場内で採取した試料の写真を付す(図版15A, 15B)。



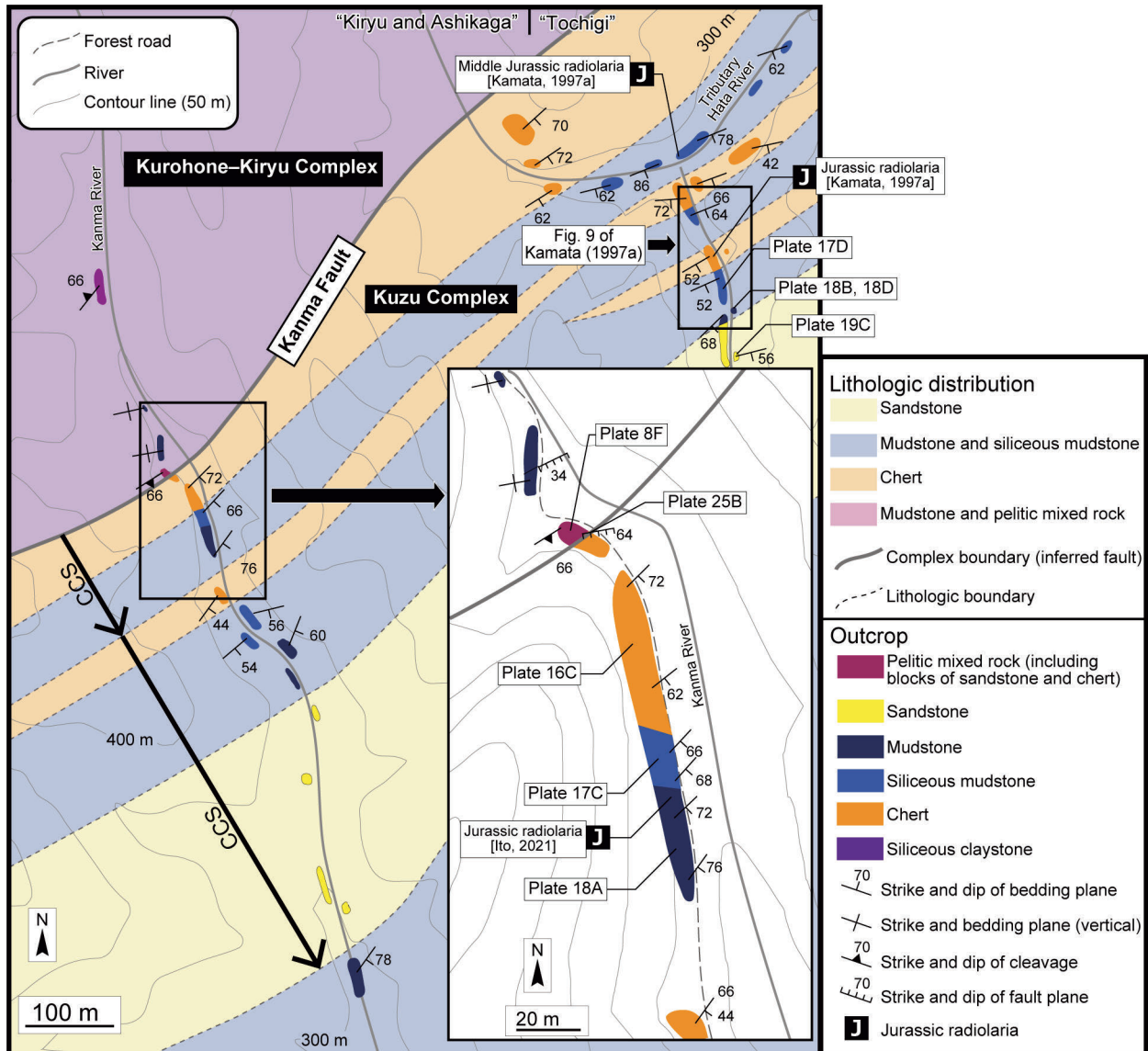
第16図 葛生向斜南東翼部の葛生コンプレックス及び行道山コンプレックスならびに葛生向斜北西翼部の行道山コンプレックスの柱状図。柱状図の作成ルートは付図1に示す。CCS：チャート-碎屑岩シーケンス。

Fig. 16 Columnar sections of the Kuzu and Gyodosan complexes in southeastern wing of the Kuzu Syncline, and the Gyodosan Complex in northeastern wing of the syncline. Locations of the columnar sections are shown in Fig. A1. CCS: chert-clastic sequence.

玄武岩類は、塊状溶岩・枕状溶岩・凝灰岩からなる(鎌田, 1997a)。玄武岩溶岩は灰黒色を呈し、斑晶は少ない(中島ほか, 1992)。斑晶は斜長石と単斜輝石からなり、石基には斜長石と単斜輝石に加え、かなり多くの磁鉄鉱を伴う(中島ほか, 1992)。玄武岩類の上部、炭酸塩岩類との境界付近ではレンズ状の石灰岩が含まれ、この石灰岩にはフズリナをはじめとした多くの化石が含まれる(Kobayashi, 2006a)。また、玄武岩凝灰岩自体にも腕足類などの化石が含まれる(Kobayashi, 2006a; 図版15A, 15B)。

中島ほか(1992)は葛生コンプレックスユニット2の玄武岩類の地球化学組成を検討している。主要元素の組成に基づくと、このユニットの玄武岩溶岩はアルカリ玄武岩に区分され、形成場としては海洋島領域と推定される。

これに加えて、おそらく「鹿沼」地域内にあたるユニット1の分布域において珪質粘土岩及びチャートに貫入する玄武岩類が観察されている(佐野ほか, 2016, 2017; 中江ほか, 2017)。これらの研究によると、この玄武岩類は海洋島起源と判断され(中江ほか, 2017)、中期三畳紀に貫入したシルであると考えられている(佐野ほか,



第17図 佐野市閑馬町の閑馬川及び旗川支流に露出する黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックス境界周辺のルートマップ。

Fig. 17 Traverse map around the boundary between the Kurohone-Kiryu and Kuzu complexes in the Kanma River and tributaries of the Hata River, Kanma-cho, Sano City.

2017). また佐野ほか(2016)は、同地域から玄武岩礫岩を報告している。

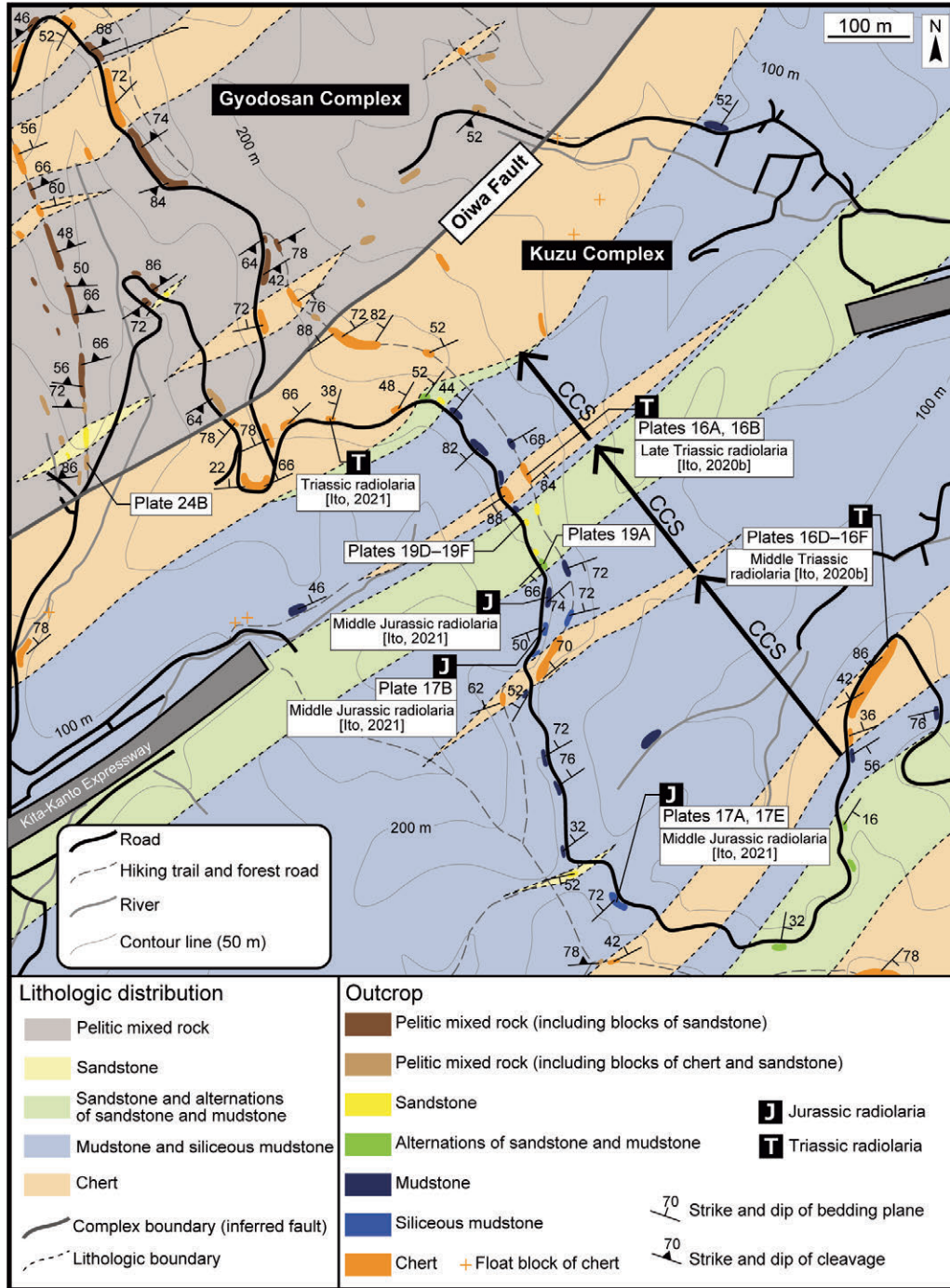
(2)炭酸塩岩類

「桐生及足利」地域の葛生コンプレックスには、炭酸塩岩類は含まれない。「栃木」地域内では、ユニット2においてまとまった分布を示しており、研究例も多い。この炭酸塩岩類は、吉田(1956)により鍋山層と命名され、藤本(1961)は鍋山層を、下位より山菅石灰岩部層・羽鶴苦灰岩部層・唐沢石灰岩部層に三分した。ここでは、主に小林(1979)・中島ほか(1992)・Kamata(1996)・鎌田(1997a)・Kobayashi(2006a, b)に基づいて記述し、吉澤

石灰工業の採石場内で採取した試料の写真を付す(図版15C-15F)。

山菅石灰岩部層は、数10 cmの層理の良く発達した層状石灰岩を主体とする。黒色～暗灰色を呈し、ドロストーンの薄層を挟む(中島ほか, 1992)。直径が数cmから30 cmの黒色チャートノジュールを含む(鎌田, 1997a)。山菅石灰岩部層の炭酸塩岩類は、フズリナ・ウミユリ・石灰藻などの化石を豊富に含む(図版15C)。基質は方解石を主体とする(図版15D)。

羽鶴苦灰岩部層は、灰色～青灰色の結晶化した塊状ドロストーン(苦灰岩)からなり、均質で不純物を含まない(中島ほか, 1992)。これらのドロストーンはドロマイト



第18図 足利市大岩町及び月谷町の大岩月谷線に露出する葛生コンプレックスと行道山コンプレックス境界周辺のルートマップ。CCS：チャート-碎屑岩シーケンス。

Fig. 18 Traverse map around the boundary between the Kuzu and Gyodosan complexes in the Oiwa-Tsukiya Road of Oiwa-cho and Tsukiya-cho, Ashikaga City. CCS: chert-clastic sequence.

を主体とする(図版15E)。下位の山菅石灰岩部層との整合境界は明瞭である(中島ほか, 1992)。中島ほか(1992)によれば上位の唐沢石灰岩部層との境界は漸移的であると記されているが, 明瞭な整合境界も観察される(図版15F)。唐沢石灰岩部層は主に灰白色~灰色の塊状石灰岩から

成り, 部分的に黒色石灰岩を伴う。またドロマイトを含む部分もある(中島ほか, 1992)。化石としてはフズリナが卓越し(小林, 1979), フズリナ石灰岩がみられる(図版15F)。

上記の炭酸塩岩類を, 礫質の炭酸塩岩類が覆う。こ

の礫質の炭酸塩岩類について、小池ほか(1974)や鎌田(1997a)は礫質石灰岩と、小林(1979)はアド山層基底堆積物と呼称している。先行研究の記載に基づくと、この礫質の炭酸塩岩類は黒色で有機質な石灰岩基質中に、最大で数mの石灰岩及びドロストーンの礫を含む(鎌田, 1997a)。

(3)珪質粘土岩

「桐生及足利」地域の葛生コンプレックスでは、珪質粘土岩はチャートに付随してわずかに産出する。灰白色を呈し、単層の厚さは5 cm程度である。黒保根-桐生コンプレックスでみられるような厚い珪質粘土岩は観察できない。

「栃木」地域に露出する珪質粘土岩については、鎌田(1995b, 2000)により記載されている。鎌田(1995b, 2000)によると、珪質粘土岩は灰緑色または灰色で、一般に単層の厚さが数cmの明瞭な層理を呈する。有機物に富んだ黒色珪質粘土岩と互層する珪質粘土岩も多い。劈開の発達が顕著である。

(4)チャート

チャートは葛生コンプレックスの主要構成岩相である。露頭規模でも地質図規模でも側方への連続性が良く、数100 mにわたり追跡できる。ユニット1に比べ、ユニット3は多くのチャートを含む(鎌田, 1997a)。

チャートは、崖や尾根を形成している。「桐生及足利」地域では、両崖山などの山頂やその周辺の尾根はチャートからなる(図版16A)。

珪質層と泥質薄層との互層により明瞭な成層構造を呈することが多い(図版16B)。珪質層の層厚が1～10 cm程度であるのに対し、泥質薄層は通常5 mm以下である。珪質層の色調は、黒色・暗灰色・灰色・明灰色を呈する。節理が発達し、その多くが層理面に直交する。隠微晶質石英を主体とし、わずかに粘土鉱物を含む(図版16C)。

行道山の南方など複数地点において、ストライプチャートが観察された(図版16B)。足尾山地のジュラ紀付加体の中では、葛生コンプレックスがストライプチャートを最も多く含む。ストライプチャートは側方への連続性が良い(図版16D)。ストライプチャートでは、ストリークはスペーシングに比べて暗い色を示す。ストリークは粘土鉱物からなり、スペーシングは隠微晶質石英を主体とする(図版16E, 16F)。黒保根-桐生コンプレックスでみられるストライプチャートではストリークがスタイロライト化しているのに対し(図版3F)、葛生コンプレックスではスタイロライト化している例は少ない。

フッ酸処理を行った残渣を観察すると、三疊系チャートでは骨針やナッセラリア目の放散虫、球状放散虫、鉱物片がみられる(図版6B)。ジュラ系チャートでは骨針が少ない。

(5)珪質泥岩

珪質泥岩は、多くの場合、チャートに付随して産する。特に、佐野市の閑馬川上流(第17図)・旗川^{はたがわ}の上流(鎌田, 1997a; Kamata, 2005)・足利市大岩の林道大岩月谷線(第18図)では、チャートから珪質泥岩に移化する様子が観察できる。

弱い成層構造を持ち(図版17A-17C)、単層の層厚は10～15 cmである。級化は認められない。シルトサイズ以下の碎屑粒子と粘土鉱物からなり、放散虫を含む(図版17D, 17E)。放散虫の多くは、その内部が石英で充填されている(図版17E2)。

ジュラ紀放散虫を産する珪質泥岩からフッ酸処理により得られた残渣を観察すると、石英の鉱物片と閉球状ナッセラリア目放散虫が多くみられる(図版6C)。閉球状ナッセラリア目放散虫の内部は充填されており、薄片の鏡下観察と同様の特徴を示す。

東隣の「栃木」地域に分布する葛生コンプレックスの珪質泥岩からは、マンガンノジュール及びマンガンスフェリュールの産出が報告されている(荒川, 1998, 2009; 荒川・相田, 2012)。荒川(1998)によると、マンガンノジュールは紡錘形状や層状の形状で含まれ、黒色～茶褐色を呈する。マンガンスフェリュールは長径0.3～0.7 mmの球状あるいは紡錘状で、白色～茶褐色を呈する(荒川・相田, 2012)。

(6)泥岩及び砂岩泥岩互層

泥岩は珪質泥岩の近傍にもみられる。閑馬川上流(第17図)・旗川上流(鎌田, 1997a; Kamata, 2005)・林道大岩月谷線(第18図)では、チャートから移化した珪質泥岩がさらに泥岩に移化する様子が観察できる。泥岩は灰色あるいは暗灰色を呈し、弱い成層構造を持つ(図版18A, 18B)。単層の層厚は10～15 cmである。単層中に厚さ5 mm程度の葉理がみられる珪質泥岩もある。チャートに比べると節理の発達は弱い。

シルトサイズ以下の碎屑粒子と粘土鉱物からなり、放散虫を含む(図版18C, 18D)。放散虫の量は、珪質泥岩(図版17D, 17E)に比べると少ない。泥岩では、内部が石英ではなく碎屑粒子や粘土鉱物により充填されている放散虫が多い(図版18C2)。一方で、珪質泥岩に含まれる放散虫(図版17E2)と同様に、その内部が石英で充填されている例もある(図版18D2)。

砂岩泥岩互層は泥岩の近傍にみられる。層厚5～10 cm程度の泥岩と砂岩からなり、砂岩と泥岩は等量である(図版19A)。泥岩から砂岩に移化する級化成層がみられることもある(図版19B)。砂岩がレンズ状を呈する破断した砂岩泥岩互層も認められる。

(7)砂岩

砂岩は、主に泥岩の近傍にみられる。厚い砂岩では見

掛け上の層厚は100 mに至る。

色調は灰色・暗灰色・明灰色で、粒度は細粒～中粒である。淘汰は良い。一般的には塊状で成層構造が不明瞭だが、厚さ1 mm程度の泥岩を挟んで、成層構造を呈することもある。成層構造を持つ場合、単層の層厚は10～30 cmであり、単層内には葉理がみられることがある(図版19C)。

砕屑粒子としては石英や岩片が多く、長石・雲母類を含み、基質に乏しい(図版19D, E)。石英は、その多くが単結晶石英であるが、わずかに多結晶石英を含む(図版19D)。砕屑粒子は、一般的に円磨度がやや低く、やや角ばった外形を示す。岩片が多く、特にチャートや火山岩の岩片を多く含む(図版19E, F)。モード組成によると、石英や岩片に富み石質であり(第9図)、基質の少ない石質アレナイトである。

Kamata (2005)は、「栃木」地域の栃木市尻内町に分布する厚い泥岩や砂岩を含むタービダイトシーケンスを記載し、砂岩優勢砂岩泥岩互層中から様々な葉理(平行葉理・斜交葉理・波状葉理・コンポリュート葉理)や生痕化石を報告した。また、同地点の中粒～粗粒砂岩中には偽礫がみられる。

(8) 礫岩

「桐生及足利」地域の葛生コンプレックスでは、礫岩は未確認である。一方、「栃木」地域の葛生コンプレックス分布域においては、藤本(1961)が広戸層(ユニット1の一部に相当)のチャート礫が卓越する角礫岩層を記述している。また、鎌田(1997b)は、ユニット1の分布域においてチャート角礫岩の転石を発見している。藤本(1961)及び鎌田(1997b)の記載によると、これらの角礫岩は、チャート及び珪質泥岩の角礫を含み、基質は隠微晶質石英からなる。また、不透明鉱物・火山岩片・鉄質の鉱物の層状濃集岩片・ドロマイトなどが基質中に散在する。先述の黒保根～桐生コンプレックスで観察されるチャート角礫岩は、チャート角礫と隠微晶質石英の基質からなる(図版3D)。その基質中には火山岩片やドロマイトなどはみられず、葛生コンプレックスのチャート角礫岩とは特徴が異なる。

4.4 行道山コンプレックス(新称)

4.4.1 定義及び名称

足利市の行道山付近から八王子丘陵にかけて分布する泥質混在岩とチャートを主体とする地質体を行道山コンプレックスとして定義・命名する。また、本コンプレックスの泥質混在岩は、珪質泥岩・泥岩・砂岩の岩塊を含むことにより特徴づけられる。地理的名称については行道山に由来する。

行道山コンプレックスの一部は、Aono (1985)と佐藤・青野(1985)のユニットIII及び高柳ほか(2001)のコンプレックスBに対比される。

レックスBに対比される。

4.4.2 模式地

模式地を、栃木県足利市の行道山に設定する。行道山の南には葛生コンプレックスと行道山コンプレックスの境界がみられ(第18図)、ここから北方の行道山山頂にかけて、行道山コンプレックスの典型的な岩相である砂岩やチャートの岩塊を含む泥質混在岩とチャート岩体が露出する。

4.4.3 分布及び層厚

行道山コンプレックスは行道山付近から八王子丘陵の北東部にかけて分布する。行政区分上は、栃木県足利市から群馬県の太田市吉沢町及び桐生市広沢町にあたる。大岩断層を介して葛生コンプレックスに接する。行道山コンプレックスは足尾帯ジュラ紀付加体の中では構造的に最上位に位置する。そのため上限は不明であるが、見かけ上の層厚は1 km以上である。

4.4.4 層序

行道山コンプレックスの全体的な傾向としては、厚いチャート岩体と泥質混在岩が下位層準に卓越し、上位層準では泥岩が卓越する(第16図)。

八王子丘陵の行道山コンプレックスは、古第三系の礫岩や凝灰岩に不整合関係で覆われる(例えば、高橋・柳沢, 2003)。八王子丘陵でみられるジュラ紀付加体を覆う礫岩については、河井・山田(1960)は藪塚凝灰角礫岩・凝灰質岩層の滝之入凝灰角礫岩部層としたが、須藤ほか(1976)及び高橋・柳沢(2003)は古第三系暁新統の金山溶結凝灰岩とみなした。

桐生市広沢町の^{もみやまとうげ}初山峠周辺などの露頭観察に基づくと、行道山コンプレックスのチャートを覆う礫岩は、凝灰岩・チャート・砂岩などの円礫～亜円礫を主体とする金山溶結凝灰岩の基底礫岩である(図版20A, B)。Ito (2019)は不整合直下のチャートから三疊紀放射虫を報告している(図版20A)。また、金山溶結凝灰岩の上位に位置する時代不詳の広沢礫岩(大澤ほか, 2016)が行道山コンプレックスを直接覆う箇所もある(大澤ほか, 2015, 2016)。

4.4.5 岩相

(1) チャート

チャートは行道山コンプレックスでは主に大規模な岩体や泥質混在岩中の岩塊として産出する。特に大規模な岩体は、地質図規模でも側方への連続性が良い。

行道山コンプレックスの分布域での崖や尾根は、主にチャート岩体からなる。行道山付近では広く露出し、大岩山と行道山との間の尾根を形成しているほか、八王子丘陵の唐沢山の山頂にも露出する。

一般に、層厚1～10 cm程度の珪質層と層厚5 mm以下

の泥質薄層との細互層により成層構造をなす(図版21A)。多くが黒色・灰色・暗灰色を呈するが、赤色チャートも存在する。赤色チャートは他の色調のチャートに比べて単層が厚く、最大で30 cm程度の層厚のチャート単層もみられる(図版21B)。チャートは隠微晶質石英を主体とし、わずかに粘土鉱物を含む(図版21C)。放散虫とみられる石英で充填された球状体を含む(図版21D, 21E, 21F)。本コンプレックスからは、ストライプチャートはこれまでのところ未確認である。

残渣を観察すると、ペルム系チャートには骨針やアルバイレラリア目の放散虫、球状放散虫、鉱物片がみられる(図版6D, E)。三疊系チャートでは、ペルム系チャートに比べると骨針が多くみられる(図版6F)。

(2) 珪質泥岩

群馬県太田市吉沢町の林道沿いでは、厚さ数m以上の珪質泥岩が観察される。この珪質泥岩は弱い成層構造を示し、単層の層厚は5～10 cmである(図版22A)。級化は認められない。色調は暗灰色である。シルトサイズ以下の碎屑粒子と粘土鉱物からなり、放散虫を含む(図版22B)。内部が石英で充填されている放散虫が多いが、粘土鉱物で充填されている例もみられる。

珪質泥岩は泥質混在岩の中に岩塊としても含まれる。岩塊の形状は主にレンズ状であるが、厚さ数cmに対して長さは20 cmを超える扁平な薄層状を呈することもある(図版22C)。鏡下観察においてもレンズ状の岩塊が観察され、岩塊中にも放散虫が認められる(図版22D)。

ジュラ紀放散虫を産する珪質泥岩からフッ酸処理により得られた残渣を観察すると、石英の鉱物片と閉球状ナッセラリア目放散虫が多くみられる。多くの閉球状ナッセラリア目放散虫はその内部が充填されている。

(3) 砂岩

砂岩は、泥質混在岩の中の岩塊として産出する(図版23A)。最大で層厚10 m程度であり、地質図に表現できる大きな岩体はみられない。

一般に灰色あるいは明灰色を示す。細粒～中粒で、淘汰は悪い。塊状無構造で成層構造は不明瞭である。節理はみられるが、他のコンプレックスの砂岩に比べると発達していない。

碎屑粒子としては石英や岩片が多く、長石・雲母類を伴い、基質に乏しい(図版23B-D)。石英は、その多くが単結晶石英であるが、わずかに多結晶石英を含む(図版23B)。碎屑粒子は、一般的に円磨度が低く角ばった外形を示す。また、チャートや火山岩の岩片を多く含む(図版23D)。方解石の脈がみられる(図版23B)。モード組成に基づくと、石英と岩片に富む石質であり(第9図)、基質に乏しい石質アレナイトである。

(4) 泥質混在岩及び泥岩

泥質混在岩は、行道山コンプレックスの主要構成岩類として広く分布する。砂岩岩塊のみを含む泥質混在岩と砂岩・チャート・珪質泥岩の岩塊を含む泥質混在岩がみられる。また、露頭規模では明瞭な岩塊を含まない、強い剪断変形を被った泥岩もみられる。

基質となる泥岩は、黒灰色・暗灰色・灰色を呈し、鱗片状劈開が発達する(図版24A)。チャートは暗灰色や灰色を呈し、主にレンズ状の岩塊として含まれる。砂岩は灰色あるいは明灰色の中粒～粗粒砂岩で、レンズ状の岩塊として最も一般的に含まれる(図版24B)。一部では変形をあまり被っておらず、砂岩泥岩互層をなす例もある(図版24C)。砂岩泥岩互層の岩塊は、砂岩と泥岩の層厚が10～30 cm程度の等量互層である。珪質泥岩は暗灰色で露頭規模では最大10 cm程度のレンズ状岩塊として含まれるほか(図版24D)、薄層状に含まれる珪質泥岩もある(図版22C)。

泥質混在岩の基質はシルトサイズの石英や長石などの碎屑粒子と粘土鉱物からなり、剪断変形が観察される。珪質泥岩岩塊中に放散虫が観察できたほか(図版22E)、泥岩基質の中にも放散虫が認められる(図版22F)。

なお増田(1989)は、八王子丘陵の行道山コンプレックス分布域において泥岩中のレンズ状マンガンノジュールの存在を記している。増田(1989)はこのマンガンノジュールの特徴については記述していないが、脇田(1982)が九頭竜最上川流域-郡上八幡西方地域から報告したマンガンノジュールと同質であるとしている。ただし、行道山コンプレックスには厚い泥岩層が乏しいことや増田(1989)の示したルートマップによるチャートとの関係などに基づくと、このマンガンノジュールは珪質泥岩に含まれていた可能性もある。

5. 化石年代

本節では、各コンプレックスの主な産出化石とそれに基づく年代について述べる。詳細についてはIto (2021)及びMuto and Ito (2021)で述べているため、ここでは各コンプレックスの概要の記述を行う。加えて、特にコンプレックスの区分や対比に関わるペルム紀及びジュラ紀の化石産出については、化石名やその年代についてやや詳しく述べる。

5.1 黒保根-桐生コンプレックス

5.1.1 概要

黒保根-桐生コンプレックスからの化石産出は、後述の葛生コンプレックスや行道山コンプレックスに比べると乏しいが、ペルム紀～ジュラ紀の化石が報告されている。特に、他のコンプレックスに比べると珪質粘土岩からのコノドントの産出報告が豊富である。

炭酸塩岩類の岩体から三疊紀コノドントの産出が報告

されている(猪郷, 1985; Koike *et al.*, 1991). 珪質粘土岩からはコノドントが(Sashida *et al.*, 1992; 元木・指田, 2004; Muto and Ito, 2021), チャートからは三畳紀の放散虫及びコノドントならびにジュラ紀放散虫が産出している(Aono, 1985; Kamata, 1996; 高柳ほか, 2001; 元木・指田, 2004; Ito, 2020b, 2021; Ito *et al.*, 2021a; 伊藤・中村, 2021).

5. 1. 2 ペルム紀放散虫及びコノドント

「桐生及足利」地域内では, ペルム系チャートの報告は限定的である. 林ほか(1990)は後期石炭紀とされるコノドント, *Neogondolella cf. clarki* (Koike) を「Omama Town, Atago-jinjya」から報告している. この「Omama Town, Atago-jinjya」はみどり市笠懸町阿左美の愛宕神社であると推定される. 林ほか(1990)が掲示しているコノドントの写真からMuto and Ito (2021)が再検討を行い, *Mesogondolella sp. cf. M. gujioensis* (Igo)に再同定した. *Mesogondolella gujioensis*はペルム系下部シスウラリアン統アーティンスキアン階上部〜クングーリアン階下部から産出する. 愛宕神社の敷地内にはチャートが露出しており, 地質構造などから黒保根-桐生コンプレックスの分布域に当たると推定される. 一方, 「沼田」地域及び「足尾」地域内にあたる桐生市黒保根町周辺では, 林ほか(1990)により複数地点からペルム紀コノドントが報告されている(Muto and Ito, 2021). したがって, 現時点では本コンプレックスにおける石炭系チャートの存在を示す確実な証拠は無い.

5. 1. 3 ジュラ紀放散虫

ジュラ紀の可能性のある放散虫として, 化石写真が掲示されていないものの, Kamata (1996)がチャート1試料から*Acanthocircus sp.*を見出ししている. O'Dogherty *et al.* (2009)によると, 同属は中期ジュラ紀バトニアン期に現れる. 黒保根-桐生コンプレックスのチャートの上限が中部ジュラ系に及ぶ可能性がある.

珪質泥岩からは, Matsuoka and Ito (2019)のJR4 (*Striatojaponocapsa plicarum*帯: 中部ジュラ系バツジョシアン階〜下部バトニアン階)及びJR5 (*Striatojaponocapsa conexa*帯: 中部ジュラ系上部バトニアン階〜カロビアン階)の放散虫が報告されている(Kamata, 1996; Ito *et al.*, 2021a). 泥岩からは, JR4の放散虫が産出している(Kamata, 1996; Ito *et al.*, 2021a).

5. 2 大間々コンプレックス

5. 2. 1 概要

大間々コンプレックスからは, 炭酸塩岩類とチャートからコノドントが豊富に報告されている. また, 炭酸塩岩類からはフズリナをはじめとして様々な化石が産出している. 加えて, 珪質粘土岩からはコノドントが, 珪質

泥岩及び泥岩からは放散虫が報告されている.

炭酸塩岩類からは, フズリナ(林・長谷川, 1981; 大間々町誌編さん室, 1996; 伊藤ほか, 2021b)・腕足類(林・長谷川, 1981; 大間々町誌編さん室, 1996; Tazawa and Takakuwa, 2009; Tazawa *et al.*, 2012)・サンゴ(Fujimoto, 1960; 大間々町誌編さん室, 1996; Igo *et al.*, 2000)・三葉虫(小泉ほか, 1988; 大間々町誌編さん室, 1996)・軟骨魚類(Yabe, 1903; Reif and Goto, 1979; Goto, 1994; 高乗・岡部, 2011; 高乗, 2021)などの様々なペルム紀の化石産出が報告されている. 珪質粘土岩からは前期三畳紀のコノドントが(Kamata and Kajiwara, 1996), チャートからはペルム紀・三畳紀のコノドントならびにペルム紀・三畳紀・ジュラ紀の放散虫が産出している(Kamata, 1996; Ito *et al.*, 2021a; 伊藤ほか, 2021bなど).

5. 2. 2 ペルム紀放散虫及びコノドント

大間々コンプレックス分布域からは, デボン紀や石炭紀の炭酸塩岩類やチャートの存在が記述されてきた. 例えば, Fujimoto (1960)は, 化石の写真を掲示していないが石灰岩より石炭紀サンゴの産出を報告しており, これに基づいて以降も石炭系の存在が記されている(例えば, Igo, 1978). 林ほか(1990)はチャートや石灰岩から産出したコノドントの写真を掲示し, それらを石炭紀の分類群であると同定した. 大間々町誌編さん室(1996)は林ほか(1990)で示されたコノドントと同じ写真を示し, いくつかのコノドントの年代についてはデボン紀?と示した. このうち, コノドントについては, Muto and Ito (2021)により再検討が行われている. それによると, 多くのコノドントが後期三畳紀の種に再同定され, 幾つかはペルム紀の種に類似するという結果となった. したがって, 少なくとも現時点では, 大間々コンプレックスのチャートや炭酸塩岩類からの石炭紀やデボン紀のコノドントの産出を示す確実な根拠はないと考えられる. なお, Fujimoto (1960)が示したサンゴについてはミシシッピアン亜紀後期ビゼーアン期の年代を示す“Kawamo Formation”^{かわも}から産したと記述されており, 現みどり市大間々町川面の高津戸峡周辺が産出地点と判断される. 高津戸峡は大間々コンプレックス上部の泥質混在岩の分布域にあたり(第14図), このサンゴ化石を含む石灰岩は泥質混在岩中の岩塊と思われる. 現時点では詳細は不明であるが, 大間々コンプレックス上部には石炭系炭酸塩岩類が存在する可能性もある.

ペルム系チャートの中で最も古い放散虫記録としては, Kamata (1996)が大間々コンプレックスの基底部分近の玄武岩類の近辺から報告した*Parafollicucullinoides lomentarius* (Ishiga)である. 同種はペルム系下部シスウラリアン統サクマーリアン階の*Parafollicucullinoides lomentarius*帯(Ishiga, 1990)の特徴種である. また, Muto and Ito (2021)は林ほか(1990)の示したコノドント写真を再検討し,

Neogondolella cf. clarki (Koike) を下部ペルム系シスウリアン統上部アーティンスキアン階～下部クングーリアン階から産出する*Mesogondolella gujoensis*に再同定した。

5. 2. 3 ジュラ紀放散虫

ジュラ紀の放散虫として、伊藤ほか(2021b)はチャートから*Archaeodictyomitra* sp. cf. *A. exiguum* Blomeや*Protunuma* sp. cf. *P. fusiformis* Ichikawa and Yaoなどを報告した。*Protunuma fusiformis*は、JR4(中部ジュラ系バジジョシアン階～下部バトニアン階)の特徴種である*Striatojaponocapsa plicarum* (Yao)と共産する。また、*Archaeodictyomitra exiguum*は、中部ジュラ系カロビアン階からの産出が報告されている。このチャートの年代は、この試料の年代は中期ジュラ紀バジジョシアン期～カロビアン期のどこかであると考えられる。

珪質泥岩からは、*Eucyrtidiellum* sp. aff. *E. omanojaponicum* Dumitrica, Goričan and Horiが産出している(伊藤ほか, 2021b)。*Eucyrtidiellum omanojaponicum*は下部ジュラ系プリンスバッキアン階から産出するため(Hori, 1990, 1997), この珪質泥岩の年代はプリンスバッキアン期を示す可能性がある。また、珪質泥岩からはJR4を特徴づける放散虫が報告されている(Kamata, 1996)。泥岩からも同様にJR4から産する放散虫が得られている(Ito *et al.*, 2021a)。

5. 3 葛生コンプレックス

葛生コンプレックスは、足尾帯ジュラ紀付加体の中では最も多く化石の産出が報告されている。ユニット1やユニット3からは豊富な放散虫やコノドントが産出し、その保存も良好な例が多い。そのため、年代についても詳細に明らかになっている。また、ユニット2の炭酸塩岩類からはコノドントやフズリナなどの豊富な化石産出が報告されている。

5. 3. 1 ユニット1

(1) 概要

珪質粘土岩からは前期三畳紀のコノドント及び放散虫が報告されている(鎌田, 1995b; Kamata, 1999)。チャートからは、三畳紀及びジュラ紀の放散虫が産出している(Kamata, 1996; 荒川, 1997; 鎌田, 1997a)。Ito (2020b)はストライプチャートから三畳紀放散虫を報告している。

(2) ジュラ紀放散虫

最も若いチャートとしては、JR4(中部ジュラ系バジジョシアン階～下部バトニアン階)の特徴種である*Striatojaponocapsa plicarum*などがチャートから報告されている(Kamata, 1996; 鎌田, 1997a)。

珪質泥岩からは、JR4の特徴種である*Striatojaponocapsa plicarum*及びJR5(中部ジュラ系上部バトニアン階～カロビアン階)の特徴種である*Striatojaponocapsa conexa*

(Matsuoka)などが得られている(Kamata, 1996; 荒川, 1997; 鎌田, 1997a)。泥岩からは、上記のJR4及びJR5の特徴種に加え、Matsuoka and Ito (2019)のJR6(*Kilinora spiralis*帯: 中部ジュラ系カロビアン階最上部～上部ジュラ系オックスフォーディアン階)の特徴種である*Kilinora spiralis* (Matsuoka)などが得られている(Kamata, 1996; 荒川, 1997; 鎌田, 1997a)。

5. 3. 2 ユニット2

(1) 概要

ユニット2の炭酸塩岩類からは、腕足類(Hayasaka 1926; 早坂, 1944; Tazawa *et al.*, 2016)・有孔虫(矢部, 1899; 藤本, 1938, 1961; Hanzawa, 1942; 吉田, 1956, 1957; Morikawa and Horiguchi, 1956; Morikawa and Takaoka, 1961; Igo, 1964; 羽鳥, 1965; 斎藤・加藤, 1971; コノドント団体研究グループ, 1972, 1974; 猪郷ほか, 1976; Igo and Igo, 1977; 小林, 1979; Kobayashi, 2006a, b, 2013; Muto *et al.*, 2021)・コノドント(林, 1971; コノドント団体研究グループ, 1972, 1974; 小池ほか, 1974; 猪郷ほか, 1976; Muto *et al.*, 2021)・三葉虫(藤本, 1961; 小泉ほか, 1979)・サンゴ(Yamagiwa and Tsuda, 1980)・脊椎動物(後藤, 1975, 1984; Reif and Goto, 1979; Goto, 1994)など、豊富かつ多様な化石が産出している。

(2) ペルム紀フズリナ及びコノドント

Kobayashi (2006a, b)は、ユニット2の玄武岩類(出流層)に挟在する炭酸塩岩類ならびにこの玄武岩類の上位に累重する炭酸塩岩類(鍋山層)に含まれるフズリナ類を検討し、下位より*Parafusulina nakamigawai*帯・*Parafusulina yabei*帯・*Parafusulina tochiensis*帯からなる生層序を構築した。出流層の下部～中部は*Parafusulina nakamigawai*帯に、出流層の最上部から鍋山層の下部は*Parafusulina yabei*帯に、鍋山層の中部～上部は*Parafusulina tochiensis*帯に対比される。Zhang and Wang (2018)によれば*Parafusulina yabei*帯はペルム系シスウリアン統クングーリアン階の中ごろに対比される。

石灰岩礫岩からは、ペルム紀フズリナならびにペルム紀及び三畳紀のコノドントが産出している(例えば、Morikawa and Takaoka, 1961; コノドント団体研究グループ, 1974; Igo and Igo, 1977)。

(3) ジュラ紀アンモナイト及び放散虫

石灰岩礫岩中に含まれる泥岩の中礫から、前期ジュラ紀トアルシアン期のアンモナイトが発見されている(中島ほか, 2001; 鎌田・溝部, 2001; Kamata *et al.*, 2003)。Kamata *et al.* (2003)は、このアンモナイトを含む礫岩層の上位と下位の珪質泥岩層から、JR4(中部ジュラ系バジジョシアン階～下部バトニアン階)の放散虫を見つけている。JR4の年代は中期ジュラ紀バジジョシアン期～前

期バトニアン期であり、含アンモナイト礫はそれよりも若い年代である。同様にJR4の年代を示す放散虫が、珪質泥岩(Kamata, 1996; 鎌田, 1997a)及び珪質泥岩に挟まれる二酸化マンガンノジュールから得られている(荒川, 1998)。泥岩からも同じくJR4の年代を示す放散虫の産出が報告されている(Sashida *et al.*, 1982b; 五十川ほか, 1998)。

5.3.3 ユニット3

(1) 概要

吉田(1957)や藤本(1961)はユニット3の分布域にみられる石灰岩からペルム紀フズリナを報告した。

珪質粘土岩からは前期三畳紀のコノドントが報告されている(Muto *et al.*, 2018)。

チャートからは三畳紀～前期ジュラ紀の放散虫の産出が数多く報告されている(猪郷・西村, 1984; Kamata, 1996; 鎌田, 1997a; 五十川ほか, 1998; 大高ほか, 1998; 高柳ほか, 2001; Suzuki *et al.*, 2002; Ito, 2020a, 2021)。また, Iijima *et al.* (1989)はチャートに含まれる珪化木を報告した。

(2) ジュラ紀放散虫

珪質泥岩からは、JR4(中部ジュラ系バジジョシアン階～下部バトニアン階)・JR5(中部ジュラ系上部バトニアン階～カロビアン階)・JR6(中部ジュラ系カロビアン階最上部～上部ジュラ系オックスフォーディアン階)の特徴種が産出している(Kamata, 1996; 鎌田, 1997a)。泥岩からも同様に、JR4・JR5・JR6の特徴種の産出が報告されている(Kamata, 1996; 鎌田, 1997a; 高柳ほか, 2001)。

5.4 行道山コンプレックス

(1) 概要

行道山コンプレックスでは、チャート及び珪質泥岩などから放散虫が得られている。黒保根-桐生コンプレックスや大間々コンプレックスに比べると、概して化石の保存は良好である。

チャートからはペルム紀・三畳紀・ジュラ紀の放散虫が産出している(増田, 1989; 林ほか, 1990; 高柳ほか, 2001; 指田, 2008; Ito, 2019, 2020a, 2021)。

(2) ペルム紀放散虫

ペルム紀で最古の放散虫化石として、*Haplodiacanthus sakmarensis* (Kozur) などを含む群集が見出されている(Ito, 2019, 2020a)。Ito (2020a)の年代位置付けに基づく、この放散虫群集の年代は前期ペルム紀シスウリアン世クングーリアン期であると考えられる。

(3) ジュラ紀放散虫

最も若いチャートとしては、増田(1989)がJR4(中部

ジュラ系バジジョシアン階～下部バトニアン階)の放散虫群集を報告している。珪質泥岩からも、JR4の放散虫群集が見ついている(指田, 2008; Ito, 2019)。また、増田(1989)は泥岩中に挟在するマンガンノジュールから放散虫を報告しており、その群集が上述のチャートから見つかったJR4とみられる群集と類似すると記している。これらに基づくと、行道山コンプレックスでは、チャート・珪質泥岩・泥岩がともにJR4に相当する中期ジュラ紀バジジョシアン期～前期バトニアン期を示す。

6. 地質構造

6.1 コンプレックス間の境界断層

6.1.1 桐生川断層(黒保根-桐生コンプレックスと大間々コンプレックスとの境界断層)

黒保根-桐生コンプレックスと大間々コンプレックスは断層で接する。桐生川に沿って伸びるNE-SW走向のこの断層について、大間々町誌編さん室(1996)は桐生川断層と呼称している。詳細な位置や定義は示されていないが、本論ではこの名称を用いる。

大間々コンプレックスの基底には厚い玄武岩類がみられ、側方へ追跡可能である。本論では、この玄武岩類の基底をもって桐生川断層と定義する。「桐生及足利」地域では、桐生川断層は忍山川から(第8図)から高沢川、城山(柄杓山)の北を経て、物見山と吾妻山の間を通る。岩相の分布から推測されるこの断層の走向はN30～60°Eである。傾斜角は、岩相分布からは中角と推測される(第8図など)。

明瞭な境界断層を確認できる地点は限られるが、城山西部で断層が確認できる(図版25A1)。ここでは、著しい剪断変形を被った泥岩と塊状の玄武岩溶岩が接している。前者は黒保根-桐生コンプレックス、後者は大間々コンプレックスである。明瞭な断層ガウジは認められない。断層面の走向傾斜はN76°E78°Nである。断層に沿った泥岩には複合面構造がみられる。R1面やP面との関係から、上盤側が南東方向に衝上する逆断層であると判断される(図版25A2)。

岡村・鎌田(2000)は、大間々コンプレックスと黒保根-桐生コンプレックスのイライト結晶度を比較している。それによると、黒保根-桐生コンプレックスのイライト結晶度は0.19-0.28 (n=55, mean=0.2, 1σ=0.27)ののに対し、大間々コンプレックスは試料数が限られるものの0.22-0.38 (n=5, mean=0.27, 1σ=0.58)である。イライト結晶度からみると、大間々コンプレックスに比べて黒保根-桐生コンプレックスのほうが変成度は高いといえる。

6.1.2 閑馬断層(黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックスとの境界断層)

黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックスの境界断層を閑馬断層と命名する。「桐生及足利」地域では、

閑馬断層は閑馬川上流から(第17図)から藤坂峠の南や粟谷町を経て、小俣町に至る。岩相の分布から推測されるこの断層の走向はN20～50°Eである。傾斜角は、岩相分布からは中角と推測される。

閑馬断層の露頭は佐野市閑馬町の閑馬川上流で観察できる(第17図)。ここでの閑馬断層では、黒保根-桐生コンプレックスの泥質混在岩と葛生コンプレックスの層状チャートが接する(図版25B1)。断層には最大で15 cmほどの厚さのガウジが認められる。ここでの断層の走向傾斜はN70°E 56°Nである。断層ガウジ内には複合面構造がみられ、R1面やP面の関係から上盤側が北北西方向に上がる逆断層であると判断される(図版25B2)。上位の葛生コンプレックスに比べ、下位の黒保根-桐生コンプレックスに小断層や剪断変形が発達している。

岡村・鎌田(2000)によれば、葛生コンプレックスのイライト結晶度は0.22-0.44 ($n=18$, $mean=0.30$, $1\sigma=0.5$)である。黒保根-桐生コンプレックスのイライト結晶度(0.19-0.28; 岡村・鎌田, 2000)とは閑馬断層を挟んで明瞭な差がみられ、葛生コンプレックスに比べて黒保根-桐生コンプレックスのほうが変成度は高いといえる。岡村・鎌田(2001)は、閑馬断層について、序列外スラスト(Out-of-sequence-thrust)に相当するとしている。

6.1.3 大岩断層(葛生コンプレックスと行道山コンプレックスとの境界断層)

葛生コンプレックスと行道山コンプレックスの境界断層を大岩断層と命名する。足利市大岩町及び月谷町の大岩月谷線の境界部付近(第18図)では、大岩断層を境して、構造的な下位(南東側)では葛生コンプレックスの整然相を示す珪質泥岩や泥岩が分布するのに対し、構造的な上位(北西側)には行道山コンプレックスの混在相を示す泥質混在岩がみられる。広域の岩相分布においても、大岩断層の下位の葛生コンプレックスでは整然相が卓越するのに対し、上位の行道山コンプレックスでは混在相が卓越する。放散虫に基づく年代の観点からも、行道山コンプレックスではペルム系チャートが含まれるのに対して葛生コンプレックスには含まれず、また泥岩の年代も異なる。

境界部周辺のルートマップ(第18図)や広範囲の岩相分布からは、境界断層の姿勢は、境界付近の両コンプレックスの層理面の姿勢と調和的で、両者は大きく斜交しないと推定される。後述の葛生向斜に参加しており、向斜の北西翼側では南東に、南東翼側では北西側に傾斜する。傾斜角は中角が卓越すると推定される。

6.2 褶曲構造

足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体は、複数の向斜と背斜が繰り返す褶曲構造をなす。地質図規模の褶曲については、西側から、黒保根向斜・渡良瀬背斜・梅田向

斜・飛駒背斜・葛生向斜と呼ばれる(例えば、林・長谷川, 1981)。その西方の黒保根町地域には、さらに^{にれさか}榎沢背斜と^{あか}赤面向斜が存在する(林, 1986; 群馬県地質図作成委員会, 1999)。赤面向斜については、大間々町誌編さん室(1996)は利根向斜と呼称している。いずれの褶曲軸も、北東-南西方向の軸跡を持ち、低角で南西にプランジする。本論では、「桐生及足利」地域と「栃木」地域の梅田向斜・飛駒背斜・葛生向斜について詳しく述べる。コンプレックスとこれらの褶曲構造の簡略を第19図に示す。なお、渡良瀬背斜・黒保根向斜・榎沢背斜・赤面向斜については、研究地域外であり、また研究例が乏しいことから本論では取り扱わない。

6.2.1 梅田向斜

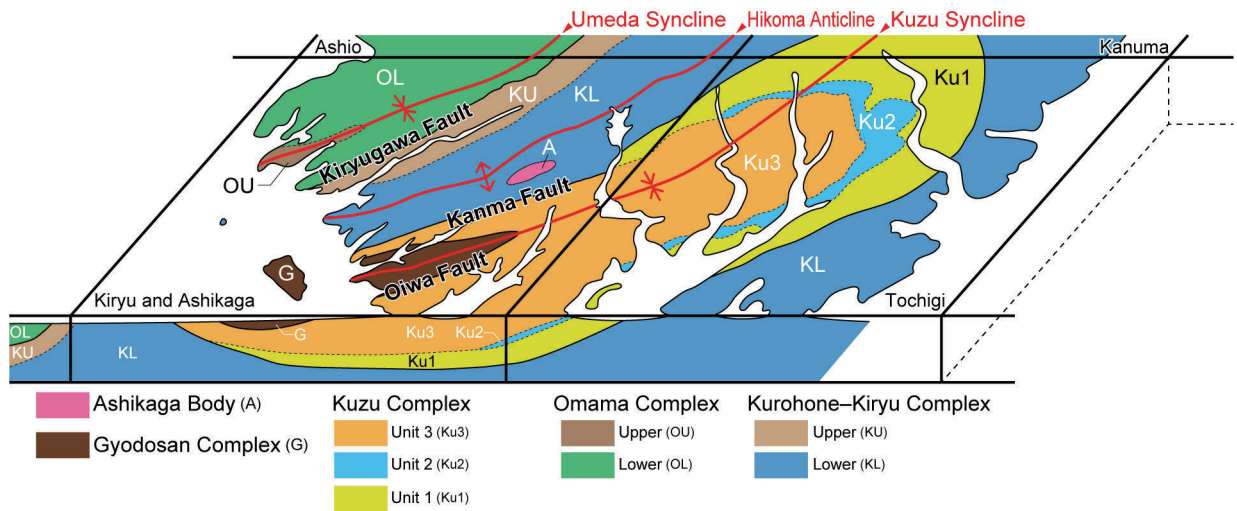
梅田向斜は栃木県と群馬県の県境に位置する根本山周辺から(須藤ほか, 1991)、高津戸峡周辺に至る。林・長谷川(1981)により命名された。軸跡は「桐生及足利」地域では大間々コンプレックスの分布域を通り、北隣の「足尾」地域では黒保根-桐生コンプレックスの分布域も通る。岩相の姿勢や分布から梅田向斜の存在が推定されるほか、大局的に玄武岩類の上位にチャートが位置する(第10, 11図)ことも梅田向斜の存在を支持する。

「桐生及足利」地域内での検討では、両翼での地層層理面の傾斜角はともに70～90°の高角である。両翼側で南東へ傾斜する姿勢の層理面が卓越し(第20図A)、褶曲軸周辺においても褶曲軸の両翼側で傾斜角と傾斜方向に明瞭な違いがみられない(第7図)。これらの姿勢から、この褶曲の翼間角はほぼ0°の等斜褶曲である。またその褶曲軸面は南東に傾斜するため、梅田向斜は等斜転倒褶曲であるといえる。下半球等積投影図にプロットした層理面の姿勢による π ダイアグラム^πの最適大円より推定される梅田向斜の褶曲軸は、トレンドがS50°Wでプランジは4°である(第20図C)。葛生向斜や飛駒背斜に比べるとプランジは低角である。

6.2.2 飛駒背斜

飛駒背斜は栃木県と群馬県の県境に位置する^{おでやま}尾出山と^{たかはらやま}高原山の間から(須藤ほか, 1991)、栃木県飛駒地域西部の多高山付近を通り(第7図)、桐生市菱町に至る。林・長谷川(1981)により命名された。軸跡は黒保根-桐生コンプレックスの分布域を通る。岩相の姿勢や分布から飛駒背斜の存在が推定されるほか、「足尾」地域で見られるチャート-碎屑岩シーケンスの上下方向(例えば、Komuro *et al.*, 2006; 第7, 8図)も飛駒背斜の存在を支持する。

「桐生及足利」地域内では、両翼側ともに60～90°の高角の姿勢の地層が卓越する。翼間角は70°以下であり閉じた褶曲である。第4図の断面線の周辺では、北西翼側の層理面の方がわずかに高角であり、この周辺では褶曲



第19図 足尾山地足南部の足尾帯ジュラ紀付加体の地質構造とその構造関係を示した概略図。注記：黒保根-桐生コンプレックスの分布は林・長谷川(1981)及び須藤ほか(1991)の示した地質図に基づいて推定した。しかし8.1.4節で論じたように、黒保根-桐生コンプレックスの分布については検討の余地がある。

Fig. 19 Simplified scheme showing geologic structure of the Jurassic accretionary complex of the Ashio belt in the southern Ashio Mountains its structural relations. Note: Distribution of the Kurohone-Kiryu Complex is speculated based on the geologic maps shown by Hayashi and Hasegawa (1981) and Sudo *et al.* (1991); however, it is necessary to further study as discussed in section 8.1.4.

軸面はわずかに南東に傾斜する。また、下半球等積投影図にプロットした層理面の姿勢による π ダイアグラムの最適大円より推定される褶曲軸は、 $S45^\circ W$ のトレンドであり 26° でプランジする(第20図B)。

6.2.3 葛生向斜

葛生向斜は、栃木県の三峰山^{みつみねさん}の西から佐野市の中央部を通り(須藤ほか, 1991), 八王子丘陵に至る。藤本(1961)が葛生向斜の名称を用いており、本論でもこれを使用する。軸跡は「桐生及足利」地域では葛生コンプレックスと行道山コンプレックスの分布域を通り、「鹿沼」地域では黒保根-桐生コンプレックスの分布域を通る。葛生向斜の存在は、岩相の姿勢や分布から推定されるほか、葛生コンプレックスでみられるチャート-碎屑岩シーケンスの上下方向(例えば、鎌田, 1997a; Kamata, 2005; 第17, 18図)や葛生コンプレックスの炭酸塩岩類内で構築されたフズリナ生層序による上下方向(例えば、Kobayashi, 2006a)あるいは行道山コンプレックスのペルム系チャート内で放散虫年代による上下方向(Ito, 2020a, 2021)によって支持される。

「桐生及足利」地域では、北西翼側の層理面は $40 \sim 80^\circ$ で南東に傾斜する姿勢が卓越するのに対し、南東翼側では $30 \sim 70^\circ$ で北西に傾斜する姿勢の層理面が多い。この層理面の違いからは、褶曲軸面がわずかに北西に傾斜する傾斜褶曲であると判断される。また、この傾斜の差から翼間角は 90° 前後であり開いた褶曲である。

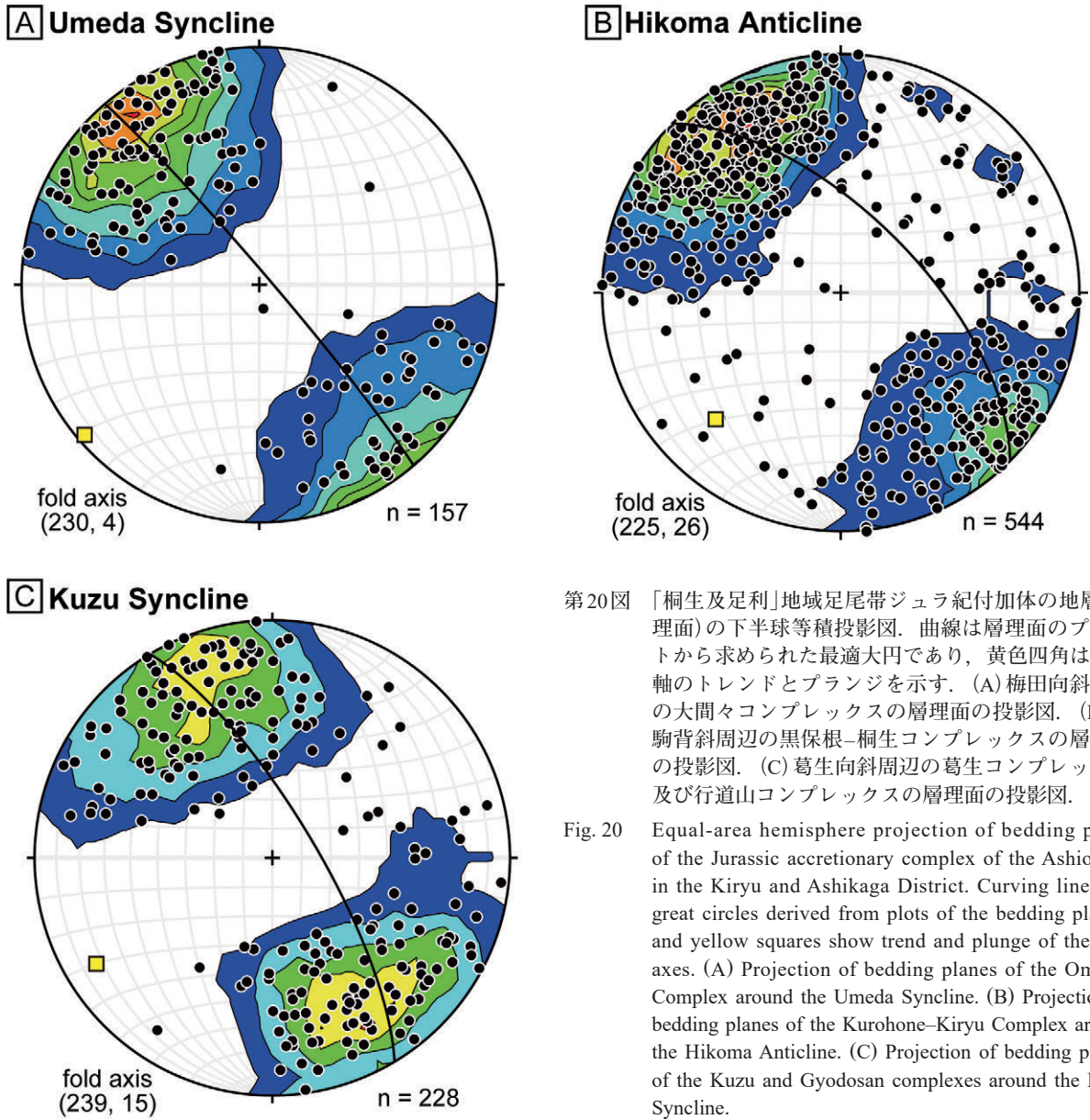
下半球等積投影図に層理面の姿勢をプロットした。 π ダイアグラムの最適大円より推定される褶曲は、トレンドが $S59^\circ W$ で、プランジは 15° である(第20図C)。「桐生及足利」地域の東隣である「栃木」地域において下半球等積投影図により求められる褶曲軸は、トレンドが $S48^\circ W$ でプランジは 45° である(Kamata, 1996; 鎌田, 2000)。これらの先行研究と本論で示した褶曲軸の姿勢からは、葛生向斜の褶曲軸のプランジは北東側ではより高角であり、南西に向かうにつれ低角になるといえる。

なお、大藤ほか(2007)は葛生向斜について、ほぼ鉛直な軸を持つ円錐状褶曲であるため、葛生円錐状褶曲と改称すべきという見解を示している。

6.2.4 小褶曲

上述の大局的な褶曲構造に加え、露頭規模の小褶曲も観察される。小褶曲はチャートに多く発達し、特に黒保根-桐生コンプレックスにおいて顕著である。飛駒背斜周辺では、閉じた褶曲(図版26A)や開いた褶曲(図版26B)がみられる。梅田向斜の軸部周辺にあたる高津戸峡の大間々コンプレックスの泥質混在岩中には、等斜褶曲を呈するチャート岩塊がみられる(図版26C)。

黒保根-桐生コンプレックスの珪質泥岩においてもしばしば褶曲がみられる。飛駒背斜付近の万山に露出する節理が発達する級化型珪質泥岩では、開いた褶曲がみられる(図版26D)。



第20図 「桐生及足利」地域足尾帯ジュラ紀付加体の地層(層理面)の下半球等積投影図。曲線は層理面のプロットから求められた最適大円であり、黄色四角は褶曲軸のトレンドとプランジを示す。(A)梅田向斜周辺の大間々コンプレックスの層理面の投影図。(B)飛駒背斜周辺の黒保根-桐生コンプレックスの層理面の投影図。(C)葛生向斜周辺の葛生コンプレックス及び行道山コンプレックスの層理面の投影図。

Fig. 20 Equal-area hemisphere projection of bedding plane of the Jurassic accretionary complex of the Ashio belt in the Kiryu and Ashikaga District. Curving lines are great circles derived from plots of the bedding planes, and yellow squares show trend and plunge of the fold axes. (A) Projection of bedding planes of the Omama Complex around the Umeda Syncline. (B) Projection of bedding planes of the Kurohone-Kiryu Complex around the Hikoma Anticline. (C) Projection of bedding planes of the Kuzu and Gyodosan complexes around the Kuzu Syncline.

7. 白亜系～古第三紀の珪長質火成岩類の貫入に伴う接触変成作用

足尾山地の北部には白亜系～古第三紀の珪長質火成岩類が広く分布し、足尾帯ジュラ紀付加体に貫入する。矢内(1972, 1973, 2008)は、これらの珪長質火成岩類について、年代と特徴により松木型花崗岩類・^{そうり}沢入型花崗岩類・中禅寺型酸性岩類に区分している。松木型花崗岩類は石英閃緑岩や花崗閃緑岩を、沢入型花崗岩類は花崗閃緑岩を主体とする。中禅寺型酸性火成岩類は、溶結凝灰岩・流紋岩・花崗岩・アダメロ岩などを主体とする。K-Ar年代などに基づく形成年代は、松木型花崗岩類は前期白亜紀の最後期、沢入型花崗岩類は後期白亜紀、中禅寺型酸性岩類は後期白亜紀の最後期から古第三紀始新世で

ある(矢内, 1972)。これらの珪長質火成岩類に接する足尾帯ジュラ紀付加体の岩石は、接触変成作用あるいは破碎を被っている(矢内, 1972)。

「桐生及足利」地域では、足利市名草上町周辺の黒保根-桐生コンプレックス分布域において、沢入型花崗岩類に区分される上部白亜系足利岩体(矢内, 1972)が貫入する。足利岩体は楕円形状に露出し、黒雲母花崗閃緑岩体からなる(伊藤・中村, 2021)。伊藤・中村(2021)によれば、岩体周辺の黒保根-桐生コンプレックスは接触変成作用を被り、岩体の近傍ではチャートは変成チャートに、泥岩は変成泥岩となっている。この変成泥岩には、変成鉱物として黒雲母・ざくろ石・紅柱石などが認められる。変成鉱物の分布からは、変成帯の幅は約500 mと推定される。

「足尾」地域においても、貫入する花崗閃緑岩の近傍で接触変成作用を被ったチャートや泥岩などが記載されている(河田・大澤, 1955). 河田・大澤(1955)によれば、変成帯の幅は約1 kmで最大で2 kmとされ、変成鉱物として堇青石・紅柱石・黒雲母などが認められている。

8. 議論

8.1 足尾山地のジュラ紀付加体の海洋プレート層序の復元

8.1.1 海洋プレート層序の一般的特徴

海嶺で誕生した海洋プレートは、海洋底として遠洋域から半遠洋域まで水平に移動した後、海溝に到達して沈み込む(例えば, Isozaki *et al.*, 1990; Matsuda and Isozaki, 1991). この形成場や堆積場の変遷の過程を反映した海洋プレート上の層序は、海洋プレート層序(OPS: Ocean Plate StratigraphyあるいはOceanic Plate Stratigraphy)と呼ばれる(例えば, Isozaki *et al.*, 1990; Matsuda and Isozaki, 1991; 中江, 2000a; Wakita and Metcalfe, 2005). 陸上の付加体では、OPSの構成岩類が一連あるいは断片的に露出する。これら構成岩類の観察に基づき、一連ないし断片的な情報を統合し、日本の各時代の付加体においてOPSの復元が行われている(例えば, 秋吉帯付加体: Sano and Kanmera, 1988; 秩父帯ジュラ紀付加体: 松岡ほか, 1998; 四万十帯白亜紀-新第三紀付加体: Taira *et al.*, 1988). 丹波帯や美濃帯などのジュラ紀付加体のOPSは、一般的に玄武岩類・炭酸塩岩類・チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩からなる(例えば, 中江, 2000a; Wakita, 2015).

玄武岩類は、海嶺で形成された玄武岩と海洋島として形成された玄武岩に大別され(例えば, 小川・谷口, 1989; Safonova *et al.*, 2015), 前者は中央海嶺玄武岩(MORB: Mid-Ocean Ridge Basalt)と、後者は海洋島玄武岩(OIB: Oceanic Island Basalt)と呼ばれる。MORBはOPSの基底をなし、その年代は海洋地殻の形成時期を示す。丹波帯や美濃帯のジュラ紀付加体では、OPSで最も古い年代を示す石炭系~ペルム系のチャートや炭酸塩岩類の下位に伴って、MORBとみられる玄武岩類が露出する。一方、OIBの年代は海洋プレート上に海洋島が形成された年代を示し、必ずしもOPSの基底ではない。実際に、丹波帯や美濃帯のジュラ紀付加体では、それぞれの地質体内で最も古いチャート(石炭紀~ペルム紀)よりも若い炭酸塩岩類(主に中期ペルム紀~三畳紀)の基底に玄武岩類が伴うことがある。一般的なOPSから判断すれば、これらの玄武岩類はOIBであると考えられる。

遠洋性堆積物としてのチャートは、一般に生物源であり、その年代は海洋プレートが遠洋域に位置していた時期を反映している。丹波帯や美濃帯のジュラ紀付加体のチャートでは、その年代は石炭紀からジュラ紀を示す(例えば, 中江, 2000b). これらのチャートは主に放

散虫からなるが、珪質海綿骨針を多く含む例もある(例えば, 佐野ほか, 1987; 井本・西條, 1993; 桑原・角和, 2004).

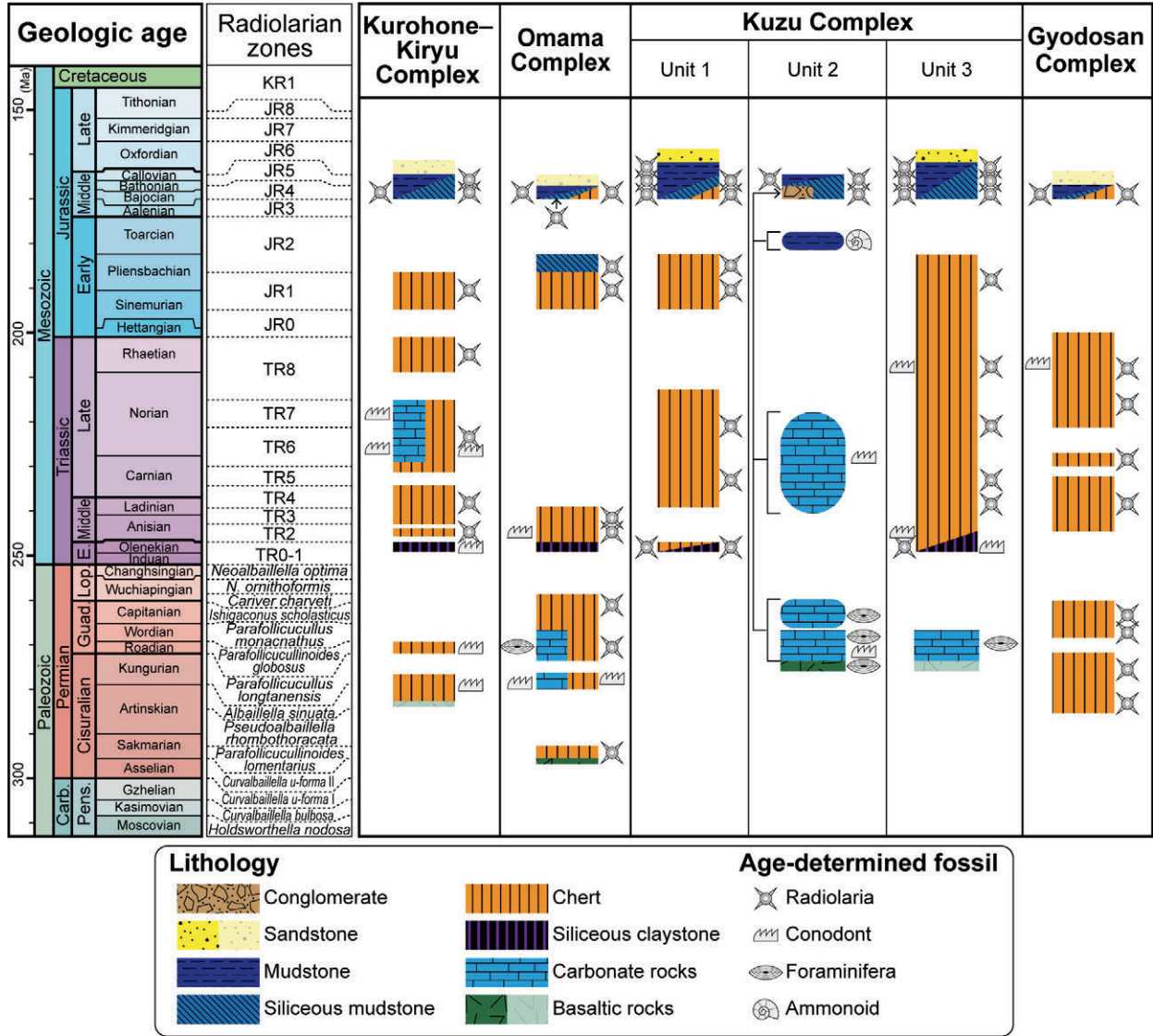
一方、秩父帯も含めたジュラ紀付加体のOPSの特徴として、ペルム紀最後期から前期三畳紀におけるチャートギャップが挙げられる。チャートギャップは、この時期にはチャートの堆積が限定的であることを指しており、その代わりに珪質粘土岩などが特徴的にみられる(例えば, Isozaki, 1997; Muto *et al.*, 2018). このチャートギャップが生じた原因については、ペルム紀-三畳紀境界に起きた絶滅事変により放散虫の生物生産性が減少したことにより求められてきた(例えば, 石賀・山北, 1993). しかし近年、下部~中部三畳系の珪質粘土岩及びチャートの岩相やコノドント年代の詳細な検討が行われており、少なくともチャートギャップ期間の後半においては放散虫の生物生産性は低くなく、陸源性碎屑物の供給量の増加が珪質粘土岩の堆積に大きく寄与した可能性が指摘されている(Muto *et al.*, 2018, 2020; Muto, 2021).

海溝に近い半遠洋域では、陸源性碎屑物の供給量が増加し、珪質泥岩が堆積する。そして海洋プレートが海溝に到達すると、海溝充填堆積物として泥岩や砂岩が堆積する。陸源性碎屑物の増加を反映して層序的には泥岩・砂岩泥岩互層・砂岩の順に重なり、最上部に礫岩が認められる例もある。泥岩の年代は、海洋プレートが海溝へ到達した年代を示すとともに、堆積後すぐに付加したとする仮定の元で付加時期に近似される。丹波帯や美濃帯のジュラ紀付加体でみると、泥岩は三畳系がわずかに知られるが(例えば, 菅森, 2006), ジュラ系を含む地質体が最も多く(中江, 2000b), 最下部白亜系も一部で報告されている(Wakita, 1988a).

8.1.2 各コンプレックスの海洋プレート層序

岩相と化石年代との関係及び層序関係に基づいて、各コンプレックスのOPSを復元する。第21図にOPSの復元図を示す。

黒保根-桐生コンプレックスのOPSは、玄武岩類・炭酸塩岩類・珪質粘土岩・チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩からなる。チャートの年代はペルム紀~ジュラ紀で、珪質粘土岩は前期三畳紀である。炭酸塩岩類からは後期三畳紀の年代が得られている。珪質泥岩及び泥岩からは中期ジュラ紀の年代が得られている。玄武岩類と砂岩については直接的な年代が得られておらず、また周辺の岩相との層序関係も不明であるため、ここでは年代不詳とする。ただし、前述のジュラ紀付加体の一般的なOPSから考えれば、玄武岩類についてはペルム系チャートの基底に伴うMORBと上部三畳系炭酸塩岩類の基底に伴うOIBが想定される。また、砂岩は泥岩と同時期もしくはそれ以降の中期ジュラ紀後期以降が推定される。黒保根-桐生コンプレックスのOPSの特徴としては、以下の



第21図 足尾帯ジュラ紀付加体の各コンプレックスの海洋プレート層序復元図。地質年代はOgg *et al.* (2016)に、放射虫化石帯はIshiga (1986, 1990), Sugiyama (1997), Kuwahara *et al.* (1998), Zhang *et al.* (2014)及びMatsuoka and Ito (2019)に基づく。なお、ペルム紀放射虫化石帯については、Xiao *et al.* (2020, 2021)の分類見直しに伴い名称を変更した。Carb.: Carboniferous; Pans.: Pennsylvanian; E.: Early; Lop.: Lopingian; Guad.: Guadalupian。産出した化石によって年代が限定されている岩相、あるいは層序的上下の地層との関係により推定可能である岩相については、海洋プレート層序上では濃い色で示す。岩相から化石が産出せず且つ層序的上下との地層との関係が不明で年代が推定できない岩相については淡色で示す。角丸四角形の炭酸塩岩類及び泥岩は、葛生コンプレックスのユニット2にみられる礫岩中の礫を示す。

Fig. 21 Reconstruction of ocean plate stratigraphy of the Jurassic accretionary complex of the Ashio belt. Geologic ages are after from Ogg *et al.* (2016). Radiolarian zonation is based on Ishiga (1986, 1990), Sugiyama (1997), Kuwahara *et al.* (1998), Zhang *et al.* (2014) and Matsuoka and Ito (2019). Names of Permian radiolarian zones are changed according to taxonomic reevaluation by Xiao *et al.* (2020, 2021). Carb.: Carboniferous; Pans.: Pennsylvanian; E.: Early; Lop.: Lopingian; Guad.: Guadalupian. Deep-colored lithology indicates that its age is determined by fossil or can be speculated based on stratigraphical relationships with overlying and underlying rocks. Pale-colored lithology indicates that its component rock has never yielded age-determined fossil and its age cannot be speculated by stratigraphical relationships. Carbonate rocks and mudstone of rounded rectangle indicate carbonate clast within conglomerate of Unit 2 of the Kuzu Complex.

点が挙げられる。三畳系炭酸塩岩類を含む点は他のコンプレックスではみられないが、この炭酸塩岩類の分布域は限定的である。また、ペルム系チャートが含まれるが、その量比は少なく年代も限定的である。

大間々コンプレックスは、OPS下位より玄武岩類・チャート・炭酸塩岩類・珪質粘土岩・珪質泥岩・泥岩・砂岩からなる。チャートからはペルム紀～ジュラ紀の年代が得られている。玄武岩類からは直接的な年代は得られていないが、チャートの下位に伴うという層序関係からその年代は前期ペルム紀以前と推定される。炭酸塩岩類の年代は三畳紀である。ただし5.2.2節で記したように、石炭紀サンゴ化石がコンプレックス上部の炭酸塩岩類から報告されており、上部では石炭系炭酸塩岩類を含む可能性もある。地球化学的検討からは、大間々コンプレックスにはMORBとOIBそれぞれに類似する玄武岩類が存在している(伊藤・草野, 2021)。ジュラ紀付加体の一般的なOPSを考えると、大間々コンプレックスにはチャートの基底に伴うペルム系MORBと炭酸塩岩類の基底に伴う三畳系OIBが存在している可能性がある。珪質粘土岩からは前期三畳紀の化石が産出している。珪質泥岩は前期及び中期ジュラ紀が、泥岩からは中期ジュラ紀の化石が得られている。砂岩については化石年代及び周辺の岩相との層序関係が不明でその年代は不詳であるが、ジュラ紀付加体の一般的なOPSによれば泥岩と同時期もしくはそれ以降に堆積したと推定される。大間々コンプレックスの特徴としては、玄武岩類・炭酸塩岩類・チャートなどの海洋プレートを構成する岩体を含む泥質混在岩、いわゆるOPS mélange (Wakita, 2015)がまとまった分布域を示す点が挙げられる。また、ペルム系チャートとペルム系炭酸塩岩類を含むが、前者は一定の規模を持つのに対して後者の分布域は限られる点と、三畳系チャートの分布域や年代幅は、他のコンプレックスに比べると限られる点も特徴である。

葛生コンプレックスのユニット1は、OPS下位より珪質粘土岩・チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩からなる。珪質粘土岩からは前期三畳紀の、チャートからは三畳紀～ジュラ紀の化石が得られている。珪質泥岩及び泥岩の年代は中期～後期ジュラ紀である。砂岩は泥岩と互層するかあるいはその層序的上位に位置するため、その年代は後期ジュラ紀かそれ以降と推定される。

葛生コンプレックスのユニット2は、OPS下位より玄武岩類・炭酸塩岩類・珪質泥岩及び礫岩・泥岩からなる。地球化学的検討からは、炭酸塩岩類の基底に伴う玄武岩類はOIBに類似する(中島ほか, 1992)。また、玄武岩類に挟まれる炭酸塩岩類から前期ペルム紀の化石が得られている。岩体としての炭酸塩岩類からはペルム紀の、炭酸塩岩類の礫からはペルム紀～三畳紀の化石が産出している。また泥岩礫からは前期ジュラ紀の化石が得られている。礫岩層を挟む珪質泥岩からは中期ジュラ紀の年代

を示す化石が得られている。泥岩からも同じく中期ジュラ紀の化石が得られている。

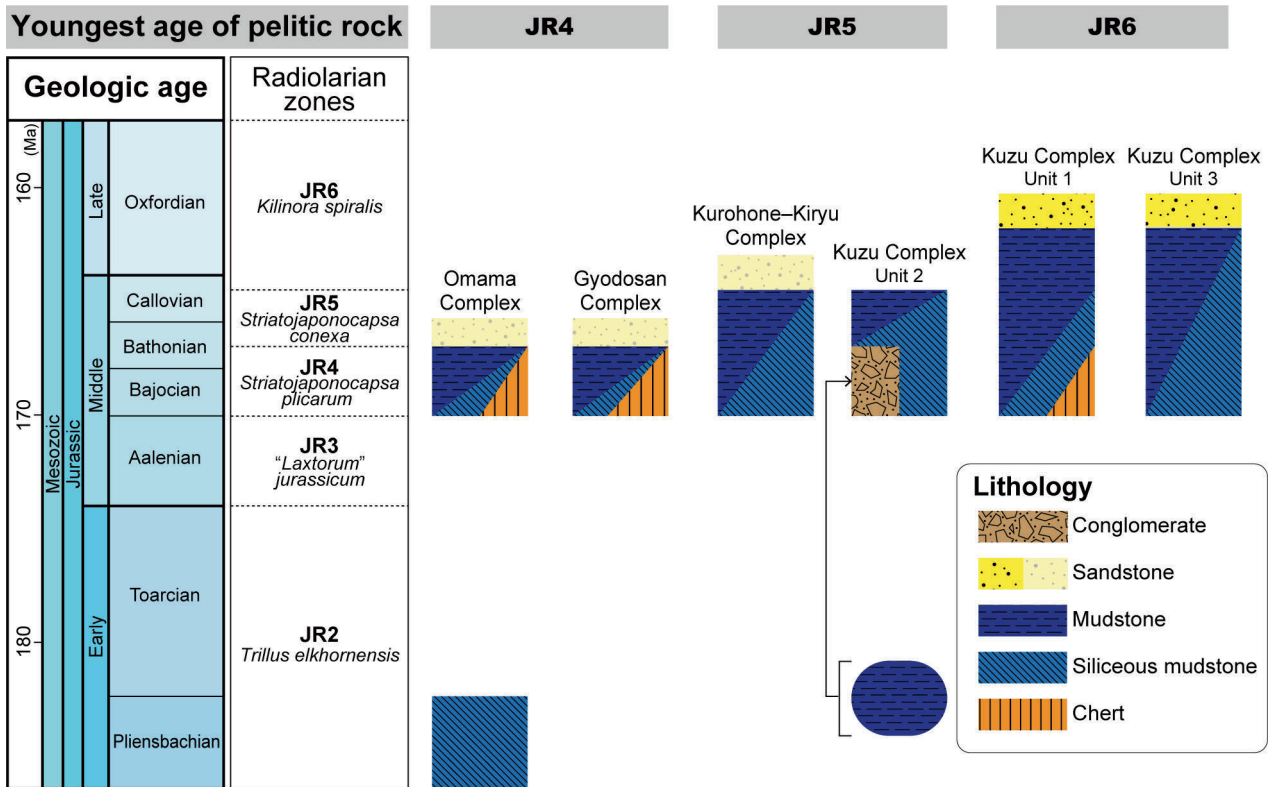
葛生コンプレックスのユニット3は、OPS下位より珪質粘土岩・チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩からなり、玄武岩類と炭酸塩岩類を伴う。珪質粘土岩からは前期三畳紀の、チャートからは三畳紀～ジュラ紀の化石が得られている。珪質泥岩及び泥岩の年代は中期～後期ジュラ紀である。砂岩は泥岩との互層として産するあるいはその層序的上位に位置するため、その年代は後期ジュラ紀あるいはそれ以降と推定される。炭酸塩岩類からはペルム紀フズリナ化石が報告されている(吉田, 1957; 藤本, 1961)。この炭酸塩岩類やそれに伴う玄武岩類については、ユニット3の構成要素と捉えられているが(例えば、吉田, 1957; 鎌田, 1997a)、ユニット2の構成要素が断層による繰り返しなどでユニット3の分布域に断片的に露出しているとする見解もある(例えば、藤本, 1961; 柳本, 1973)。第21図では暫定的にユニット3のOPSの構成要素として示した。

行道山コンプレックスは、OPS下位よりチャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩からなる。チャートからはペルム紀～ジュラ紀の化石が報告されている。珪質泥岩及び泥岩からは中期ジュラ紀の年代が得られている。砂岩の年代は不明であり、他の岩石との層序関係も不明である。ペルム系チャートを一定の規模で含む点で、黒保根-桐生コンプレックスや葛生コンプレックスと異なる。大間々コンプレックスとは、ペルム系チャートを含む点では共通するが、玄武岩類・炭酸塩岩類・珪質粘土岩を欠く点で異なる。

8.1.3 OPS最上部(最も若い岩石)の年代

8.1.1節で示したように、泥岩の堆積年代は付加年代に近似される。足尾山地のジュラ紀付加体の各コンプレックスに含まれる泥岩の中で最も若い年代に着目して、付加時期を推定する。それぞれのコンプレックスの付加時期については、これまで報告されている放散虫に基づく以下の通りである。大間々コンプレックス及び行道山コンプレックスから報告されている確実な放散虫の中で最も若い報告としては、JR4(中部ジュラ系バツジョシアン階～下部バトニアン階)の放散虫が泥岩から見つかっている(Kamata, 1996; Ito *et al.*, 2021a; 伊藤ほか, 2021b)。黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックスのユニット2では、JR5(上部バトニアン階～カロビアン階)の放散虫が泥岩から得られている(Kamata, 1996; 五十川ほか, 1998)。葛生コンプレックスのユニット1及びユニット3の泥岩からは、JR6(中部ジュラ系カロビアン階最上部～上部ジュラ系オックスフォーディアン階)に至る放散虫が産出している(Kamata, 1996; 鎌田, 1997a)。

上記に基づいて、各コンプレックスのジュラ系を第22



第22図 足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体のジュラ系の放射虫年代。地質年代はOgg *et al.* (2016)に、放射虫化石帯はMatsuoka and Ito (2019)に基づく。角丸四角形の泥岩は、葛生コンプレックスのユニット2にみられる礫岩中の礫を示す。

Fig. 22 Radiolarian ages of the Jurassic accretionary complexes of the Ashio belt in the Ashio Mountains. Geologic ages and its age assignment are after from Ogg *et al.* (2016). Radiolarian zonation is based on Matsuoka and Ito (2019). Mudstone of rounded rectangle indicates clasts within conglomerate of Unit 2 of the Kuzu Complex.

図にまとめた。まず、前期バトニアン期以降に、大間々コンプレックス及び行道山コンプレックスがそれぞれ付加した。その後、後期バトニアン期～カロビアン期以降に葛生コンプレックスのユニット2及び黒保根-桐生コンプレックスがそれぞれ付加した。最後に、後期ジュラ紀の前期オックスフォードイアン期以降に、葛生コンプレックスのユニット1及びユニット3が付加したと考えられる。

8. 1. 4 各コンプレックスの構造累重関係

一般的に付加体においては構造的上位により古いコンプレックスが位置しており、丹波帯や美濃帯のジュラ紀付加体においても泥岩の年代は構造的下位の地質体に向かって若くなる傾向が認められている(例えば、木村, 2000; 中江, 2000b)。また、形成時期の古い地質体では混在相が卓越するとともに玄武岩類や炭酸塩岩類の岩体を多く含み、形成時期が新しい地質体ほど整然相の割合が増えることが指摘されている(例えば、中江, 2000 b)。

足尾山地のジュラ紀付加体では、構造的上位の大間々コンプレックスは黒保根-桐生コンプレックスに比べ、泥岩の年代が古く、混在相の分布域が広く、また玄武岩

類やペルム系チャートの岩体の割合が大きい。行道山コンプレックスと葛生コンプレックスにおいても、構造的上位の行道山コンプレックスは葛生コンプレックスに比べ、泥岩の年代が古く、混在相が卓越し、且つペルム系チャートを多く含む。これらの関係からは、大間々コンプレックスと黒保根-桐生コンプレックスならびに行道山コンプレックスと葛生コンプレックスでは、それぞれジュラ紀付加体の一般的な構造累重関係と同様の傾向を示す。

一方で、葛生コンプレックスと黒保根-桐生コンプレックスとの関係はこれとは異なっており、構造的上位の葛生コンプレックスにおいて整然相が卓越し、また泥岩の年代が若い。これは付加作用だけでは説明できない構造累重関係であり、これらのコンプレックスを境する閑馬断層は付加作用以降に形成された両コンプレックスの再配列などに関わる断層であると推定される。第19図では、足尾山地南部に分布するジュラ紀付加体の構造関係の概略を示している。「桐生及足利」の範囲外の分布については林・長谷川(1981)や須藤ほか(1991)に基づく推定であり、これによれば閑馬断層以東にも黒保根-桐生コンプレックスが広く分布している。しかし上記のよ

第3表 大塚(1999)による丹波帯・美濃帯・足尾帯のジュラ紀付加体の構造層序対比. 注: 大塚(1999)は「コンプレックス」を「ユニット」の包括的な単元として定義し, 黒保根-桐生コンプレックス・大間々コンプレックス・葛生コンプレックスの地質単元「コンプレックス」は「ユニット」に置き換えた.

Table 3 Tectonostratigraphic correlation of the Jurassic accretionary complex of the Tamba, Mino and Ashio belts by Otsuka (1999). Note: Otsuka (1999) defined “complex” as a comprehensive unit of “Unit” and regarded the Kurohone-Kiryu Complex, Omama Complex and Kuzu Complex as the Kurohone-Kiryu Unit, Omama Unit and Kuzu Unit, respectively.

Tamba area		Western Mino area		Eastern Mino area		Ashio area		Keisoku area		Yamizo area	
Nakae (1993)		Wakita (1988b) Suzuki <i>et al.</i> (1999)		Otsuka (1988)		Kamata (1996)		Hori and Sashida (1998)		Nakae and Takizawa (1996)	
Complex	Unit	Complex	Unit	Complex	Unit	Cm.	Unit	Complex	Unit	Cm.	Unit
	Unit A Unit B	Otaki Complex									
		Oshimatadani Complex	Imajo Unit Takakura Unit								
		Samondake Complex	Hisazawa Unit Kawauchidani U.								
	Unit C Unit D	Ibukiyama Complex	Funafuseyama U. Kuze Unit	Hirayu Complex	Shirahone U. Dayoshi Unit		Kuzu Unit? Omama Unit				
			Kanayama Unit								
	Unit E Unit F	Hidagawa Complex	Nabi Unit Kamiaso U.	Azusagawa Complex	Sawando Unit Shimashima U.		Kurohone-Kiryu U. Kuzu Unit?				
Complex G		Misogawa Complex		Misogawa Complex					Ayuta Unit Takatori Unit Kunimiyama U.		SCH Unit SGM Unit
				Yabuhara Complex				Kasama Complex			

Structural upper
↑
↓
Structural lower

うに閑馬断層がコンプレックスの再配列に関わる断層であるとすれば, 閑馬断層以東の葛生コンプレックスの構造的下位の地質体は黒保根-桐生コンプレックスとは異なる可能性もある. 実際いくつかの先行研究では, 閑馬断層の延長とみられる断層が北東に長く伸び, 黒保根-桐生コンプレックス相当層の分布を遮るように描かれている例もある(例えば, Aono, 1985; 中江, 2010). この地質体が広範に露出する「栃木」地域やその北隣の「鹿沼」地域を対象とした広域な検討が必要である.

8.2 美濃帯のジュラ紀付加体との比較

8.2.1 先行研究における対比

1990年代後半から2000年代初頭にかけて, 足尾帯ジュラ紀付加体の対比に関していくつかの見解が示された(例えば, 大塚, 1999; 中江, 2000b; 山北・大藤, 2000). 丹波帯ジュラ紀付加体については, 構成岩類やその年代から一般的にI型とII型に区分されてきた(例えば, 石賀, 1983). II型は構造的上位に位置し, 石炭系~ペルム系のチャートを伴うのに対し, 構造的下位のII型のこれらのチャートは含まれず, 三畳系~下部ジュラ系のチャートを含む.

Kamata (1996) は, 足尾帯ジュラ紀付加体について, Nakae (1993) の示す丹波地域の地質体及びWakita (1988b) の美濃地域の地質体, そしてOtsuka (1988) の木曾地域の地質体と比較している. 黒保根-桐生コンプレックスを美濃地域の那比ユニット及び丹波地域のEコンプレックスに対比している. また, 大間々コンプレ

ックスは丹波地域のDコンプレックス・美濃地域の舟伏山ユニット・木曾地域の白骨コンプレックスと対比されている. 葛生コンプレックスについては, 丹波地域のFコンプレックス・美濃地域の上麻生ユニット・木曾地域の沢渡コンプレックスに対比した.

大塚(1999) は, 岩相組み合わせ・構造・年代などの特徴に基づいてまとめられるものを「ユニット」とし, さらに複数の「ユニット」によって構成される上位の概念として「コンプレックス」を用いた. そして, 丹波地域・美濃地域・足尾地域・鶏足地域・八溝地域の先行研究(Nakae, 1993; Wakita, 1988b; Otsuka, 1988; Kamata, 1996; 中江・滝沢, 1996; 堀・指田, 1998; 鈴木ほか, 1999)に基づき, 地域間での対比を行った(第3表). なお, 大塚(1999) は足尾地域の黒保根-桐生コンプレックス・大間々コンプレックス・葛生コンプレックスの地質単元「コンプレックス」を「ユニット」に置き換えて用いた. 大塚(1999)によると, 大間々ユニットはOtsuka (1988) の平湯コンプレックスの白骨ユニットに, 黒保根-桐生ユニットは梓川コンプレックスの沢渡ユニットに対比される. また, 葛生ユニットは, ?マーク付きで平湯コンプレックスの駄吉ユニットあるいは梓川コンプレックスの島々ユニットに対比されている.

中江(2000b) は, 西南日本のジュラ紀付加体について総括を行い, 各地域の地質体について岩相組み合わせや堆積年代, 地質構造に基づいて構造層序単元を区分した(第4表). また, コンプレックスの類似性に基づいて, 11種類の型(a-ç)に認識した. 足尾山地の地質体につい

第4表 主に中江(2000b)に基づく丹波帯・美濃帯・足尾帯のジュラ紀付加体の構造層序対比。

Table 4 Tectonostratigraphic correlation of the Jurassic accretionary complex of the Tamba, Mino and Ashio belts, mainly based on Nakae (2000b).

Type	Nakae (2000b)						Kamata (1996)	Hara and Kashiwagi (2004); Hara and Sakai (2004)	This study
	Tamba area	Tsuruga-Nanjo area	Mino area	Takayama-Kiso area	Ashio area	Yamizo area	Ashio area	Kuromatagawa area	Ashio area
α1				Misogawa Complex		Takatori Complex / Kasama Complex			
α2	Yuragawa Complex								
α3			Kanayama Complex	(Yabuhara Complex)		(part of the Kasama Complex)			
β1		Imajo Complex	Samondake Complex						
β2			Kamiaso Complex	Sawando Complex	Kuzu Complex		Kuzu Complex		Kuzu Complex
β3	Tsurugaoka Complex	Arihara Complex	Nabi Complex	Shimashima Complex	Kurohone-Kiryu Complex		Kurohone-Kiryu Complex	Kamigongendoyama complex	Kurohone-Kiryu Complex
γ1		(Tone Complex)	Kuze Complex	(Hirayu Complex)					(Gyodosan Complex)
γ2	Haiya Complex	(Suganami Complex)	Funafuseyama Complex	Shirahone Complex			Omama Complex	Kuromatagawa Complex	Omama Complex
δ	Kumogahata Complex	Kasugano Complex	Sakamotoyama Complex		Omama Complex				
ε	Shuzan Complex								
ζ	Izuriha Complex							Oshirakawa Complex	

ては、Kamata (1996)の区分を踏襲しつつ、大間々コンプレックスについては丹波地域の雲ヶ畑コンプレックスなどと対比した。原・柏木(2004)は新潟県黒又川周辺に分布する足尾帯ジュラ紀付加体について検討し、中江(2000b)の構造層序区分と対比した(第4表)。原・柏木(2004)は、上権現堂山層群を黒保根-桐生コンプレックスに対比し、黒又川コンプレックスと大白川コンプレックスについては足尾山地の地質体とは対比できないとしている。なお、上権現堂山層群については、原・酒井(2004)により上権現堂山コンプレックスに改称された。

一方、山北・大藤(2000)は、美濃帯のジュラ紀付加体を丹波帯(石賀, 1983; Imoto, 1984; 木村ほか, 1989, 1998; 井本ほか, 1989; 中江, 2000b; 木村, 2000)及び足尾帯(Kamata, 1996; 鎌田, 1997a; 堀・指田, 1998, 1999; 笠井・天野, 1999; 指田・堀, 2000)のジュラ紀付加体と比較した。この対比については、中江(2000b)などとは大きく異なる見解を示している(第5表)。大きな点として、葛生コンプレックス、特にユニット2の扱いが挙げられる。Kamata (1996)の葛生コンプレックスは鎌田(1997a)により3つのユニットに区分されたが、山北・大藤(2000)は、玄武岩類及び炭酸塩岩類からなるユ

ニット2を葛生コンプレックスから分離し、美濃地域の舟伏山層に対比可能とした。また大間々コンプレックスについては、葛生コンプレックスのユニット2とほぼ同じ構造層準にあることや、炭酸塩岩類には乏しいものの玄武岩類及びチャートを含む混在相であるという特徴などから、同じく舟伏山層に対比できるとした。すなわち、葛生コンプレックスのユニット2と大間々コンプレックスは同一であるという見解を示している。また、葛生コンプレックスのユニット1を上麻生層に、ユニット3を今庄層に対比している。黒保根-桐生コンプレックスは金山層に対比されている。なお八溝山地の地質体については、黒保根-桐生コンプレックスと鳥山ユニットとを対比している。

8. 2. 2 黒保根-桐生コンプレックス

黒保根-桐生コンプレックスと類似した地質体としては、美濃地域の那比コンプレックスや高山-木曾地域の島々コンプレックスが挙げられる(Kamata, 1996; 中江, 2000b)。これらの地質体とは、大規模なチャートが卓越するなどの岩体の規模のほか、破断相を含む点でも共通する(第6表)。また、泥岩の年代はともに中期ジュラ紀

第5表 山北・大藤(2000)による丹波帯・美濃帯・足尾帯のジュラ紀付加体の構造層序対比.

Table 5 Tectonostratigraphic correlation of the Jurassic accretionary complex of the Tamba, Mino and Ashio belts by Yamakita and Otoh (2000).

Tamba belt						Mino belt	Ashio belt			
Ishiga (1983) Imoto (1984)	Kimura <i>et al.</i> (1989)	Imoto <i>et al.</i> (1989)	Kimura <i>et al.</i> (1998) Nakae (2000b) Kimura (2000)		Yamakita and Otoh (2000)	Yamakita and Otoh (2000)	Kamata (1996, 1997a)	Hori and Sashida (1998)	Hori and Sashida (1999) Sashida and Hori (2000)	Kasai and Amano (1999)
	North wing of Haccho Anticline	Shuzan Syncline	North wing of Haccho Anticline	Shuzan Syncline Sakurai Syncline			Ashio area		Yamizo area	
	Yamaga Complex Kamanowa Complex	Shuzan Complex	Shuzan Complex Kumogahata Complex	Izuriha Complex Shuzan Complex	Shuzan Formation	Kasugano Formation				
II-type Suite		Kumogahata Complex		Kumogahata Complex	Hirose Formation	Imajo Formation	Unit 3 of Kuzu Complex			
	Wachi Complex		Haiya Complex		Wachi Formation	Funafuseyama Formation	Unit 2 of Kuzu Complex Omama Complex			
		Haiya Complex		Haiya Complex			Unit 1 of Kuzu Complex			
I-Type Suite	I-Type Suite	I-Type Suite	Tsurugaoka Complex		Kuroi Formation	Hidagawa Group	Kurohone-Kiryu Complex		Karasuyama Unit	Karasuyama Complex
			Yuragawa Complex			Kanayama Formation Nabi Formation Kamiaso Formation				
			Furuya Formation	Hieizan Complex	Furuya Formation	Misogawa Formation		Ayuta Unit Takatori Unit	Takatori Unit	Torinokoyama Complex
						Yabuhara Formation	Kunimiyama Unit Kasama Unit		Kasama Unit	Yamizoyama Complex

であり、ほぼ一致する。

一方で、那比コンプレックスとは、砂岩の量比に違いがみられる。那比コンプレックスでは砂岩や砂岩優勢の砂岩泥岩互層の量比が多く、地質図上でもこれらが一定の規模で分布する(例えば、Wakita, 1988b; 脇田, 1995)。これに対し、黒保根-桐生コンプレックスにおいては砂岩の量は少なく、地質図上でまとまった分布を示す場所も限られる(第3, 4図)。また、黒保根-桐生コンプレックスでは劈開が発達した剥離性に富む泥岩が特徴的にみられるが、那比コンプレックスの先行研究(例えば、Wakita, 1988b; 脇田, 1995)では同コンプレックスの泥岩についてそのような特徴は少なくとも強調されていない。

島々コンプレックスは断層や剪断などの顕著な変形が発達しており、泥質混在岩が一般的にみられる(大塚, 1985; Otsuka, 1988)。これに対し、黒保根-桐生コンプレックスでは典型的な泥質混在岩が部分的には含まれるものの、破断相の方がより一般的である。また、劈開が発達した剥離性に富む泥岩の存在は少なくとも島々コンプレックスでは強調されていない(大塚, 1985; Otsuka, 1988)。Otsuka (1988)の島々コンプレックスは大塚(1985)のA帯・B帯・C帯を統合した地質体であるが、大塚(1985)の記述によれば著しい変形構造が発達するA帯及びC帯に比べ、B帯では変形構造が発達していない。変形構造などの観点からみれば、黒保根-桐生コン

プレックスの下部は島々コンプレックスのB帯と特に類似するといえる。

8. 2. 3 大間々コンプレックス

大間々コンプレックスと類似した地質体としては、美濃地域の舟伏山コンプレックスや高山-木曾地域の白骨コンプレックスが挙げられる(Kamata, 1996)。玄武岩類や炭酸塩岩類を含むといった構成岩類について、これらのコンプレックスは共通点を持つ(第6表)。また、舟伏山コンプレックスではコンプレックス内の構造的下部に大規模岩体が分布し、構造的上部に泥質混在岩が分布する傾向がある(中江, 2000b)。これは本論における大間々コンプレックスの下部と上部の区分と類似する。なお中江(2000b)は、大間々コンプレックスについては岩体と泥質混在岩の量比が全体としては等量であるとして、丹波地域の雲ヶ畑コンプレックスや美濃地域の坂本峠コンプレックスなどに対比した。しかしながら、大間々コンプレックスでは岩体の量比が泥質混在岩に比べて多いことと、上述のように泥質混在岩と岩体の量比が上部と下部で異なる点から、Kamata (1996)と同様に舟伏山コンプレックスや白骨コンプレックスに対比した。

一方で、舟伏山コンプレックスや白骨コンプレックスでは長径が最大で数kmに及ぶ大規模な炭酸塩岩類岩体が存在するのに対し(例えば、Otsuka, 1988; Wakita, 1988b)、大間々コンプレックスの炭酸塩岩類岩体の規模

第6表 足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体の各コンプレックスに対比する美濃帯のジュラ紀付加体の地質体との類似点や相違点.

Table 6 Similarities and differences between the Jurassic accretionary complex of the Ashio belt in the Ashio Mountains and possibly correlatable geologic units of the Mino belt.

Ashio belt	Similar geologic units of the Tamba and Mino belts		
	Name	Similarities	Differences
Gyodosan Complex	Kuze Complex	1: Dominant of mélangé facies 2: Inclusion of Permian chert	Presence or absence of basaltic rocks and carbonate rocks The Gyodosan Complex lacks blocks of basaltic rocks and carbonate rocks.
Kuzu Complex	Kamiaso Complex Sawando Complex	1: Dominant of coherent facies of chert-clastic sequence 2: Age of mudstone	Size of blocks of basaltic rocks and carbonate rocks Unit 2 of the Kuzu Complex contains large blocks composed of basaltic rocks and carbonate rocks.
Omama Complex	Funafuseyama Complex Shirahone Complex	1: Structural division into lower and upper parts 2: Dominant of mélangé facies in upper part 3: Age and characters of base of chert	Amount of carbonate rocks The Omama Complex includes fewer amount of carbonate rocks.
Kurohone-Kiryu Complex	Nabi Complex	1: Inclusion of broken facis 2: Age of mudstone	Amount of sandstone The Kurohone-Kiryu Complex includes fewer amount of sandstone.
	Shimashima Complex	3: Inclusion of large blocks	Amount of pelitic mixed rock The Kurohone-Kiryu Complex includes fewer amount of pelitic mixed rock.

は小さい(第3, 4図)。「桐生及足利」地域では小平鍾乳洞の地下に伏在する炭酸塩岩類岩体が比較的大きいが、それでも100 m前後であると推定される。

8. 2. 4 葛生コンプレックス

葛生コンプレックスの特徴は、美濃地域の上麻生コンプレックスや高山-木曾地域の沢渡コンプレックスと類似する(Kamata, 1996; 中江, 2000b)。

上麻生コンプレックス及び沢渡コンプレックスはともにチャート-碎屑岩シーケンスが繰り返す整然相によって特徴づけられ(Otsuka, 1988; Wakita, 1988b), 葛生コンプレックスのユニット1及びユニット3の特徴と一致する(第6表)。上麻生コンプレックスの泥岩の年代範囲はJR4 (*Striatojaponocapsa plicarum*帯: 中部ジュラ系バジジョシアン階~下部バトニアン階)からJR6 (*Kilinora spiralis*帯: 中部ジュラ系カロビアン階最上部~上部ジュラ系オックスフォードイアン階)を示し、葛生コンプレックスや沢渡コンプレックスの泥岩の年代と一致する。

相違点としては、ユニット2の存在が挙げられる。ユニット2はベルム系の玄武岩類とその上位の大規模な炭酸塩岩類を主体とし、これらを覆う中部ジュラ系の珪質泥岩や炭酸塩岩類礫岩がみられる。上麻生コンプレックスや沢渡コンプレックスには、ユニット2に対比される岩相はみられない。ユニット2の存在は、海洋プレートの位置の違いや付加過程の差を反映した足尾帯の特異性を示している可能性がある。一方山北・大藤(2000)が提案したように、葛生コンプレックスの3つのユニットがそれぞれ異なる地質体に対比される可能性もあり、さらなる検討を要する。

なお、山北・大藤(2000)は葛生コンプレックスのユニッ

ト2と大間々コンプレックスについて、玄武岩類と炭酸塩岩類を含む点などを理由に、両地質体を同一とみなしている。しかし、葛生コンプレックスのユニット2では腕足類などの化石片を含む玄武岩質火山碎屑岩(例えば、中島ほか, 1992; 鎌田, 1997a; 図版15A, 15B)・三畳系炭酸塩岩類を含む礫(例えば、小池ほか, 1974; 鎌田, 1997a)・炭酸塩岩類を覆う中部ジュラ系珪質泥岩(鎌田, 1997a)が存在するが、大間々コンプレックスではこれらの岩相はみられない。加えて玄武岩類の地球化学的特徴として、葛生コンプレックスのユニット2はOIBに類似するのに対し(中島ほか, 1992), 大間々コンプレックスではOIB及びMORBそれぞれの特徴に類似する玄武岩類がみられる(伊藤・草野, 2021)。したがって、少なくともこれまでに判明している岩相と地球化学的特徴からは、葛生コンプレックスのユニット2と大間々コンプレックスは異なる地質体として取り扱うのが妥当であると思われる。

8. 2. 5 行道山コンプレックス

先行研究では行道山コンプレックスに相当する地質体は識別されておらず、そのため葛生コンプレックスとまとめて上麻生コンプレックスや沢渡コンプレックスに対比されていた(Kamata, 1996; 中江, 2000b)。行道山コンプレックスは、チャート及び泥質混在岩を主体とすることにより特徴づけられる。特にその分布域は他のコンプレックスに比べると狭いにもかかわらず、複数の地点でベルム系チャートが発見されている(高柳ほか, 2001; Ito, 2019, 2020a, 2021)。したがって、同コンプレックスのチャートにおけるベルム系は一定の規模を持つと考えられる。また、少なくとも調査した範囲においては、

行道山コンプレックスには玄武岩類や炭酸塩岩類が含まれない。

足尾帯の中では、行道山コンプレックスと大間々コンプレックスにはいくつかの共通点がみられる。これらのコンプレックスはともにペルム系チャートを含み、泥質混在岩が一定の規模でみられる。また、JR4(中部ジュラ系バジジョシアン階～下部バトニアン階)のチャート・珪質泥岩・泥岩を含む点でも共通する(第22図)。一方で、大間々コンプレックス下部で卓越する玄武岩類は行道山コンプレックスではみられない。泥質混在岩が卓越する点では行道山コンプレックスと大間々コンプレックス上部は特に類似するが、大間々コンプレックス上部の泥質混在岩は玄武岩類や炭酸塩岩類の岩塊を多く含むのに対し、行道山コンプレックスではそれらの岩塊は認められない。美濃帯においても、ペルム系チャートを多く含むにもかかわらず玄武岩類や炭酸塩岩類を欠く地質体は珍しい。例えば、すでに述べた舟伏山コンプレックスのチャートからは比較的多くのペルム紀放射散虫が報告されているが(例えば、Sano, 1988)、同コンプレックスは玄武岩類や炭酸塩岩類の大規模な岩体を含む。

行道山コンプレックスは、例えば美濃地域の久瀬コンプレックスのように玄武岩類に比較的乏しいコンプレックスに対比される可能性がある(第6表)。しかしながら、久瀬コンプレックスの場合でも、玄武岩類は少量ながらも含まれており、特にペルム系チャートのごく近く(数10～100 m)に玄武岩類や炭酸塩岩類が分布する(例えば、斎藤, 1989)。行道山コンプレックスは、丹波帯や美濃帯には対比可能な地質体が存在せず、足尾帯固有の地質体である可能性が考えられる。

9. まとめ

足尾山地南西部の「桐生及足利」地域における調査及び周辺地域の先行研究に基づき、同山地に分布するジュラ紀付加体の岩相・層序・化石年代・地質構造を検討した。

- 1) 足尾山地の足尾帯ジュラ紀付加体は、構造的低位より黒保根-桐生コンプレックス・大間々コンプレックス・葛生コンプレックス・行道山コンプレックス(新称)の4つに区分される。これらは、梅田向斜・飛駒背斜・葛生向斜などの複数の褶曲が繰り返す構造をなす。また、これらのコンプレックスの境界は断層であり、黒保根-桐生コンプレックスと大間々コンプレックスとの境界断層を桐生川断層と呼称する。黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックスとの境界断層及び葛生コンプレックスと行道山コンプレックスとの境界断層については、それぞれ新たに閑馬断層と大岩断層と命名した。
- 2) 黒保根-桐生コンプレックスは、玄武岩類・炭酸塩岩類・珪質粘土岩・チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩・泥質混在岩からなる。主に破断相から整然相を示し、

劈開の発達した泥岩とチャートを主体として珪質粘土岩を伴うことにより特徴づけられる。黒保根-桐生コンプレックスは、大規模なチャートが卓越する点や破断相を含む点などで、美濃帯の那比コンプレックスや島々コンプレックスに対比可能である。

- 3) 大間々コンプレックスは、玄武岩類・炭酸塩岩類・珪質粘土岩・チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩・泥質混在岩からなり、破断相から混在相を示す。玄武岩類が卓越することにより特徴づけられる。大間々コンプレックスは、玄武岩類や炭酸塩岩類を含むといった点において、美濃地域の舟伏山コンプレックスや高山-木曾地域の白骨コンプレックスに類似する。一方で、これらのコンプレックスに比べて大間々コンプレックスに含まれる炭酸塩岩類の岩体の規模は小さい。
- 4) 葛生コンプレックスは、珪質粘土岩・チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩泥岩互層・砂岩からなるチャート-碎屑岩シーケンスが繰り返す整然相を主体とするユニット1及びユニット3と、玄武岩類・炭酸塩岩類・礫岩・珪質泥岩・泥岩からなるユニット2に区分される。葛生コンプレックスは、チャート-碎屑岩シーケンスの繰り返す整然相を主体とする点で、美濃地域の上麻生コンプレックスや高山-木曾地域の沢渡コンプレックスと類似する。一方で、大規模な玄武岩類-炭酸塩岩類(ユニット2)を含む点は葛生コンプレックスの特異性である。
- 5) 行道山コンプレックスは、チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩・泥質混在岩からなる。泥質混在岩とチャートが卓越し、特に一定の規模のペルム系チャートを含む点が大きな特徴である。行道山コンプレックスは、混在相が卓越する点やペルム系チャートを含む点では、美濃地域の久瀬コンプレックスと共通点がある。しかし、久瀬コンプレックスでみられる玄武岩類や炭酸塩岩類は行道山コンプレックスには含まれない。行道山コンプレックスは、足尾帯固有の地質体である可能性がある。

謝辞 地質調査にあたり、明盛宏産(広沢工場・太田リサイクルセンター)・イズム鉱業(小俣工場)・キンケン石産(小平砕石工場)・貴船工業・吉澤石灰工業(大叶鉦区西山)が所有するそれぞれの採石場や鉦区などにおいて、露頭の観察や岩石試料の採取をさせていただいた。吉澤石灰工業の鉦区での観察に関しては、佐野市葛生化石館の奥村よほ子氏に手配していただいた。足利市松田町の足利常設射撃場(足利アップル射撃場)の場内に立ち入り、露頭の観察や岩石試料の採取をさせていただいた。筑波大学の鎌田祥仁博士には、足尾帯の地質についてご教示いただき、関連する文献についてご紹介いただいた。また、原稿について査読していただき、本稿の内容は大

きく改善された。群馬県立自然史博物館の高桑祐司博士には、ヘリコプリオン類(*Helicoprion bessonowi*)の産出地点についてご教示いただいた。地質情報研究部門の原英俊博士には、本原稿の編集担当として内容について精読いただき、種々の指摘により内容が大きく改善された。同部門の武藤 俊博士には、コノドントの年代的位置付けについてご教示いただいた。大間々コンプレックスの玄武岩類の記載については、活断層・火山研究部門の草野有紀博士にご助力いただいた。地質情報研究部門の高橋雅紀博士には、八王子丘陵に分布する古第三系～新第三系の地質についてご教示いただいた。岩石薄片は、地質情報基盤センター地質試料調製グループの皆様にて作成していただいた。記して感謝申し上げます。なお、第4図及び付図1の基図については、国土地理院長の承認を得て、同院発行の2万5千分の1地形図を使用した(承認番号: R2JHs 66-GISMAP44702号)。地形図は北海道地図株式会社GISMAP50000R+「桐生及足利」による。また、ルートマップ(第7, 8, 12, 13, 14, 17, 18図)の等高線などは国土地理院の地理院地図(<https://maps.gsi.go.jp>)に基づく。

文 献

- Aono, H. (1985) Geologic structure of the Ashio and Yamizo Mountains with special reference to its tectonic evolution. *Science reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba. Section B, Geological Sciences*, **6**, 21-57.
- 新井房夫(1964) 群馬県の地質と地下資源, 20万分の1地質図説明書。内外地図株式会社, 東京。64p.
- 荒川竜一(1986) 足尾山地南東部の中・古生界(I)。栃木県立博物館紀要, **3**, 1-37.
- 荒川竜一(1996) 足尾帯葛生地域の碎屑岩相の放散虫化石年代(生層序)。日本地質学会第103年学術大会講演要旨, 141.
- 荒川竜一(1997) 足尾帯葛生地域の珪質泥岩から産出したジュラ紀放散虫化石群集(I)。栃木県立博物館紀要, **14**, 1-19.
- 荒川竜一(1998) 足尾帯葛生地域の二酸化マンガンノジュールより算出した中期ジュラ紀放散虫化石群集。栃木県立博物館紀要, **15**, 51-76.
- 荒川竜一(2009) 足尾山地南部から産出するマンガンスフェリュールの放散虫化石年代。日本地質学会関東支部第3回研究発表会, 日本地方地質誌「関東地方」刊行記念シンポジウム, 関東地方の地質—研究の進展と今後の課題—講演資料集, 25-28.
- 荒川竜一・相田吉昭(2012) 足尾帯葛生地域から産出したマンガン小球体包含層の形態分類と放散虫群集。日本地質学会第119年学術大会講演要旨, 123.
- 地学団体研究会(1996) 新版地学事典。平凡社, 1443p.
- コノドント団体研究グループ(1972) 本邦の二畳系と三畳系の境界におけるコノドントについて—あど山層基底部のコノドントフォナーの再検討—。地質学雑誌, **78**, 355-368.
- コノドント団体研究グループ(1974) 本邦の二畳系と三畳系の境界におけるコノドントについて—唐沢地域における鍋山層とアト山層の層序とフォナー—。地球科学, **28**, 86-98.
- 藤本治義(1932) 関東の地質。中興館, 東京。
- 藤本治義(1938) 足尾山地の紡錘蟲石灰岩の研究(豫報)。地質学雑誌, **45**, 379-382.
- Fujimoto, H. (1960) *Carboniferous Systems of Japan*. Geological Survey of Japan, Report Special Number (D), Geological Survey of Japan, 65p.
- 藤本治義(1961) 5万分の1地質図幅「栃木」及び説明書。地質調査所, 62p.
- 藤本治義・畠山久重(1938) 茨城縣鶏足山塊産上部古生代化石(豫報)。地質学雑誌, **45**, 377-379.
- 後藤仁敏(1975) 本邦のペルム系および三畳系からの魚類化石群の発見—栃木県葛生町唐沢より産出したサメ類の皮歯および魚類の歯について—。地球科学, **29**, 72-74.
- 後藤仁敏(1984) 栃木県葛生町の鍋山層(ペルム紀中期)から軟骨魚類ペタロダスの歯化石の発見。地球科学, **38**, 141-142.
- Goto, M. (1994) Palaeozoic and early Mesozoic fish faunas of the Japanese Islands. *The Island Arc*, **3**, 247-254.
- 群馬縣立農業試験場(1952) 群馬県20万分の1地質図説明書。内外地図株式会社, 千葉。
- 群馬県地質図作成委員会(1999) 群馬県10万分の1地質図解説書。内外地図株式会社, 東京。114p.
- 群馬県立自然史博物館(1999) 群馬県天然記念物(地質・鉱物)緊急調査報告書。群馬県教育委員会, 162p.
- 原 英俊・柏木健司(2004) 新潟県黒又川周辺地域に分布する足尾帯ジュラ紀付加コンプレックス。地質学雑誌, **110**, 348-362.
- 原 英俊・酒井 彰(2004) 須原地域の地質, 第5章。足尾帯ジュラ紀付加コンプレックス。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, 25-50.
- 原田慎治(1886) 足尾銅山地質略説。地質要報, **1**, 192-197.
- Hanzawa, S. (1942) *Parafusulina yabei* n. sp. from Tomuro, Simotuke Province, Japan. *Japanese Journal of Geology and Geography*, **18**, 127-131.
- 長谷川善和・奥村よほ子・立川裕康(2009) 栃木県葛生地域の石灰岩洞窟堆積物より産出した*Bison*化石。群馬県立自然史博物館研究報告, **13**, 47-52.
- 長谷川善和・岡部 勇・宮崎重雄・高桑祐司・木村敏之

- (2013a) 群馬県桐生市蛇留淵洞から産出したトラとニホンザル化石. 群馬県立自然史博物館研究報告, 17, 55-60.
- 長谷川善和・奥村よほ子・片柳岳巳・北川博通・田中源吾 (2013b) 栃木県佐野市出流原片柳石灰採石場産の狼と象化石. 群馬県立自然史博物館研究報告, 17, 61-70.
- 羽鳥晴文 (1963) 南部足尾山地の層位について. 地質学雑誌, 56, 340.
- 羽鳥晴文 (1965) 足尾山地南東部の層位学的研究. 地質学雑誌, 71, 247-256.
- Hayasaka, I. (1926) On a new Carboniferous brachiopod fauna from the Ashio Mountains, Japan. *Proceedings of the Imperial Academy*, 2, 551-553.
- Hayasaka, I. (1933) On the upper Carboniferous brachiopod fauna from the Nabeyama Region, Totigi Prefecture, Japan. *Memoirs of Faculty of Science and Agriculture, Taihoku Imperial University*, 6, 9-44.
- 早坂一郎 (1944) 栃木県鍋山附近腕足類層の時代について. 地質学雑誌, 51, 154-156.
- 林 信悟 (1963) 足尾山地より発見したコノドントについて. 地球科学, no. 68, 9-12.
- 林 信悟 (1964a) 奥秩父よりコノドントの発見. 地質学雑誌, 70, 184.
- 林 信悟 (1964b) 本邦産砥石鳴滝岩よりコノドントの発見. 地質学雑誌, 70, 596.
- 林 信悟 (1968a) 栃木県葛生町のあど山層から産出したコノドントについて. 地球科学, 22, 9-12.
- 林 信悟 (1968b) 「栃木県葛生町のあど山層から産出したコノドントについて」の追記. 地球科学, 22, 305.
- 林 信悟 (1971) 鍋山層から産したコノドントについて. 地球科学, 25, 251-257.
- 林 信悟 (1986) 足尾山地. 日本の地質3「関東地方」, 共立出版, 48-54.
- 林 信悟 (1997) 第一章 地形・地質, 二 化石, (一) ヘリコプリオン. 黒保根村誌編纂室編, 黒保根村誌1 総論・自然・原始古代・中世・近世編, 朝日印刷工業株式会社, 前橋, 126-128.
- 林 信悟・長谷川美行 (1981) 足尾帯の秩父系一大型化石およびコノドントによる年代論(その2) 一. 中生代構造作用の研究, no. 3, 232-249.
- 林 信悟・飯島静男・石井逸雄・中島照雄・沢口 宏・田中宏之・吉田 尚 (1990) 足尾山地南西部の中・古生界. 群馬県立歴史博物館紀要, 11, 1-34.
- Hori, R. (1990) Lower Jurassic radiolarian zones of SW Japan. *Transactions and Proceedings of Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 159, 562-586.
- Hori, R. S. (1997) The Toarcian radiolarian event in bedded cherts from southeastern Japan. *Marine Micropaleontology*, 30, 159-169.
- 堀 常東・指田勝男 (1998) 八溝山地鶏足山地の中生界. 地質学雑誌, 107, 493-511.
- 堀 常東・指田勝男 (1999) 八溝山地鷺子山塊ジュラ紀堆積岩コンプレックスのユニット区分. 日本地質学会第106年学術大会講演要旨, 89.
- Ichikawa, K. (1990) Pre-Cretaceous Terranes of Japan. In Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I. and Yao, A. (eds), *Pre-Cretaceous Terranes of Japan*. Publication of IGCP Project No. 224: Pre-Jurassic Evolution of Eastern Asia. IGCP Project 224, Osaka, Japan, 1-12.
- 市川浩一郎・八尾 昭 (1979) 日本化石集第55集, 日本の中生代放散虫化石. 築地書館, 24p.
- 伊木常誠 (1896) 足尾銅山. 地質学雑誌, 3, 216-219.
- 猪郷久治・西村はるみ (1984) 栃木県安蘇郡葛生町唐沢における後期三疊紀—前期ジュラ紀放散虫化石の層位的分布. 東京学芸大学紀要. 第4部門, 数学・自然科学, 36, 173-193.
- 猪郷久治・青木利枝子・細井さちゑ (1976) 栃木県葛生町東方における二疊系と三疊系の境界について. 東京学芸大学紀要. 第4部門, 数学・自然科学, 28, 226-236.
- Igo, Hy. (1964) Fusulinids from the Nabeyama Formation (Permian), Kuzu, Tochigi Prefecture, Japan. *Memoirs of the Mejiro Gakuen Woman's Junior College*, 1, 1-28.
- Igo, Hy. (1978) 2.1 The Carboniferous in the Kwanto and Ashio Mountains. In Editorial Committee for the Carboniferous Lexicon of Japan, ed., *The Carboniferous Lexicon of Japan*. Geological Survey of Japan, Report, no. 258, 16-17.
- 猪郷久義 (1985) 足尾山地秋山川上流深堀付近の三疊紀石灰岩. 総合研究「上越帯・足尾帯」研究報告, no. 2, 99-102.
- Igo, Hy. and Igo, Hh. (1977) Upper Permian fusulinaceans contained in the pebbles of the basal conglomerate of the Adoyama Formation, Kuzu, Tochigi Prefecture Japan. *Transaction and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 106, 89-99.
- 猪郷久義・小池敏夫 (1963) 青海石灰岩からコノドントの発見, 69, 519.
- Igo, Hy. and Koike, T. (1964) Carboniferous conodonts from the Omi Limestone, Niigata Prefecture, central Japan (Studies of Asian conodonts, Part I). *Transaction and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 53, 179-193.
- Igo, Hy. and Koike, T. (1965) Carboniferous conodonts from Yobara, Akiyoshi Limestone, Japan (Studies of Asian conodonts, Part II). *Transaction and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 59,

- 83–91.
- Igo, Hy., Koizumi, H. and Kaniwa, T. (2000) A Permian rugosa *Yatsengia kuzuensis*, from north of Kiryu in the Ashio Mountains, Gunma Prefecture, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Series C, Geology & paleontology*, **26**, 79–86.
- Iijima, A., Kakuwa, Y. and Matsuda, H. (1989) Silicified wood from the Adoyama Chert, Kuzuh, central Honshu, and its bearing on comparison and depositional environment of radiolarian bedded chert. In Hein, J. R. and Obradović, J., eds., *Siliceous Deposits of the Tethys and Pacific Regions*. Elsevier, Amsterdam, 151–168.
- Imoto, N. (1984) Late Paleozoic and Mesozoic cherts in the Tamba belt, Southwest Japan (part 1). *Bulletin of Kyoto University of Education, Series B*, **65**, 15–40.
- 井本伸広・西條裕一(1993) 丹波帯におけるペルム紀及び三畳紀チャートの構成要素について. 地質調査所月報, **44**, 547–554.
- 井本伸広・清水大吉郎・武蔵野 実・石田志郎(1989) 京都西北部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 84p.
- 石賀祐明(1983) “丹波層群”を構成する2組の地層群について—丹波帯西部の例—. 地質学雑誌, **89**, 443–454.
- 石賀祐明・山北 聡(1993) 遠洋性堆積物中のP/T境界研究の紹介. 地質調査所月報, **44**, 419–423.
- Ishiga, H. (1986). Late Carboniferous and Permian radiolarian biostratigraphy of southwest Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **29**, 89–100.
- Ishiga, H. (1990) Paleozoic radiolarians, in Ichikawa, K., Mizutani, S., Hara, I. and Yao, A. (eds), *Pre-Cretaceous Terranes of Japan*. Publication of IGCP Project No. 224: Pre-Jurassic Evolution of Eastern Asia. IGCP Project 224, Osaka, Japan, 285–295.
- 五十川淳一・相田吉昭・酒井豊三郎(1998) 栃木県葛生町箕輪地区の層状チャートから産出する前期三畳紀放散虫化石. 大阪微化石研究会誌特別号, no. 11, 81–93.
- Isozaki, Y. (1997) Permo–Triassic Boundary Superanoxia and stratified superocean: Records from lost deep sea. *Science*, **276**, 235–238.
- Isozaki, Y., Maruyama, S. and Furuoka, F. (1990) Accreted oceanic materials in Japan. *Tectonophysics*, **181**, 179–205.
- Ito, T. (2019) A report of Permian, Triassic, and Jurassic radiolarian occurrences from the Ashio terrane in the Hachioji Hills, eastern Gunma Prefecture, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **70**, 225–247.
- Ito, T. (2020a) A Cisuralian (early Permian) radiolarian assemblage and a new species of *Latentibifistula* Nazarov and Ormiston from central Japan. *Revue de Micropaléontologie*, **66**, 100406.
- Ito, T. (2020b) Radiolarian age of Triassic striped chert within the Jurassic accretionary complex of the Ashio terrane in the Ashikaga area, Tochigi Prefecture, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **71**, 297–312.
- Ito, T. (2021) Radiolarians from Jurassic accretionary complex of the Ashio belt in the Kiryu and Ashikaga District (Quadrangle series 1:50,000), Gunma and Tochigi prefectures, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **72**, 287–324.
- 伊藤 剛・草野有紀(2021) 足尾山地のジュラ紀付加体大間々コンプレックスに含まれる玄武岩類の地球化学的特徴. 地質調査研究報告, **72**, 371–381.
- 伊藤 剛・中村佳博(2021) 栃木県足利市名草に分布する足利岩体の黒雲母花崗閃緑岩及び接触変成岩. 地質調査研究報告, **72**, 383–396.
- Ito, T., Nakamura, K., Hinohara, T. and Kurihara, T. (2021a) Occurrence report of Triassic and Jurassic radiolarians from the Jurassic accretionary complexes of the Ashio belt in eastern Mt. Narukami, Ashio Mountains, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **72**, 345–358.
- 伊藤 剛・鈴木紀毅・指田勝男(2021b) 足尾山地のジュラ紀付加体大間々コンプレックスから産出した放散虫及び有孔虫. 地質調査研究報告, **72**, 359–370.
- Jones, D. L., Howell, D. G., Coney, P. J. and Monger, J. W. H. (1983) Recognition, character, and analysis of tectonostratigraphic terranes in western North America. In Hashimoto, M. and Uyeda, S., eds., *Accretion tectonics in the circum-Pacific regions*. Terra Scientific Publishing Company, Tokyo, 21–35.
- 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦(2000) 日本の地形4 関東・伊豆小笠原. 東京大学出版会, 東京, 349p.
- Kakuwa, Y. (1991) Lithology and petrography of Triassic–Jurassic bedded cherts of the Ashio, Mino and Tamba belts in Southwest Japan. *Scientific Papers of the College of General Education, University of Tokyo*, **41**, 7–57.
- 鎌田祥仁(1995a) 放散虫化石層序に基づく足尾帯堆積岩コンプレックスの年代と層序. 日本地質学会学術大会講演要旨, 第102年学術大会(広島), 83.
- 鎌田祥仁(1995b) 足尾帯葛生地域の黒色珪質頁岩, 黒色チャートから産出する前期三畳紀放散虫. 化石, **59**, 23–31.
- Kamata, Y. (1996) Tectonostratigraphy of sedimentary complex in the southern part of the Ashio terrane, central Japan. *Science reports of the Institute of Geoscience*,

- University of Tsukuba. Section B, Geological Sciences*, **17**, 71–107.
- 鎌田祥仁(1997a) 足尾帯葛生地域におけるチャート—碎屑岩シーケンスの復元. 地質学雑誌, **103**, 343–356.
- 鎌田祥仁(1997b) 足尾山地葛生地域の砂岩・チャート角礫岩の転石から得られた後期ペルム紀～後期三畳紀の放散虫(予察). 大阪微化石研究会誌特別号, no. 10, 97–107.
- Kamata, Y. (1999) Lower Triassic (Spathian) radiolarians from the Kuzu area (Tochigi Prefecture, central Japan). *Geodiversitas*, **21**, 657–673.
- 鎌田祥仁(2000) 足尾帯白岩地域における葛生コンプレックスのチャート—碎屑岩シーケンスの覆瓦構造. 地質学論集, no. 55, 203–221.
- Kamata, Y. (2005) Overview of Jurassic accretionary complex of the Ashio belt in the Ashio Mountains, central Japan. *Field Trip Guidebook (IGCP516), Tsukuba, Japan*. 1–16.
- 鎌田祥仁(2007) ジュラ紀付加体における地震性断層岩の発見. 日本地質学会第114年学術大会講演要旨, 257.
- Kamata, Y. and Kajiwarra, Y. (1996) Sulfur isotopic data from the Permian/Triassic boundary in a chert sequence at Motegi, Gunma Prefecture, in the Ashio terrane, central Japan. In Noda, H. and Sashida, K. eds., *Professor Hisayoshi Igo Commemorative Volume on Geology and Paleontology of Japan and Southeast Asia*, Gakujyutsu Tosho Insatsu Co. Ltd., Tokyo, 19–27.
- 鎌田祥仁・久布白健太郎(2008) 足尾帯南西部黒保根—桐生コンプレックスの変形構造と混在岩. 日本地質学会第115年学術大会講演要旨, 206.
- 鎌田祥仁・溝部真一(2001) 足尾帯葛生コンプレックスにおけるジュラ紀古世アンモナイトとジュラ紀中世放散虫化石の共存とその層序学的意義. 大阪微化石研究会誌特別号, no. 12, 191–201.
- 鎌田祥仁・鈴木孝明(2011) 足尾帯ジュラ紀付加体におけるユニット境界断層の性状と付加過程における役割. 日本地質学会第118年学術大会講演要旨, 494.
- Kamata, Y., Mizobe, S. and Sato, T. (2003) An Early Jurassic ammonite from a limestone conglomerate in the Kuzu Complex of the Ashio belt. *Paleontological Research*, **7**, 185–194.
- Kano, K. (1979) Giant deckenpaket and olistostrome in the eastern Mino District, central Japan. *Journal of the Faculty of Science, the University of Tokyo, Section 2, Geology, Mineralogy, Geography, Geophysics*, **20**, 31–59.
- 狩野謙一(1982) 美濃—領家帯の中生層の重力滑動とそれに伴う地質構造. 静岡大学地球科学研究報告, **7**, 9–33.
- Kanomata, N. (1961) The geology of the Yamizo, Torinoko and Toriashi mountain blocks and their geologic age. *Journal of the College of Arts and Sciences, Chiba University*, **3**, 351–367.
- 笠井勝美・天野一男(1999) 八溝, 鷲子山塊の付加コンプレックスの区分. 日本地質学会第106年学術大会講演要旨, 89.
- 河田喜代助(1950) 足尾山塊西南部の地質構造. 地質学雑誌, **56**, 291.
- Kawada, K. (1953) Geologic studies on the Yamizo, Torinoko and Toriashi Mountains Block and their neighborhood in the northeastern Kwanto District. *Science reports of the Tokyo Bunrika Daigaku, Section C*, **2**, 217–307.
- 河田清雄・大澤 穰(1955) 5万分の1地質図幅[足尾]及び説明書. 地質調査所, 57p.
- 河井興三・山田 博(1960) 群馬県太田・大間々地域の第三系と後期中新世における関東西北部の古地理について. 石油技術協会誌, **25**, 67–75.
- 河野義礼・植田良夫(1964) 本邦火成岩のK-Ar dating (I). 岩鉱, **51**, 127–148.
- 河野義礼・植田良夫(1966) 本邦火成岩のK-Ar dating (IV) 東北日本の花崗岩類. 岩鉱, **56**, 41–55.
- 木村克己(2000) 丹波帯ジュラ紀付加コンプレックスのスラスト系と運動像. 地質学論集, no. 55, 181–202.
- 木村克己・牧本 博・吉岡敏和(1989) 綾部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 104p.
- 木村克己・吉岡敏和・井本伸広・田中里志・武蔵野 実・高橋裕平(1998) 京都東北部地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 89p.
- 木村敏雄(1962) 葛生地方のチャートの小褶曲構造について. 地質学雑誌, **68**, 399.
- 桐生市教育委員会(2012) 桐生の地誌. 株式会社上昌, 桐生, 137p.
- 小林文夫(1979) 栃木県葛生地域の鍋山石灰岩の岩相と堆積環境について. 地質学雑誌, **85**, 627–642.
- Kobayashi, F. (2006a) Middle Permian foraminifers of the Izuru and Nabeyama formations in the Kuzu area, Tochigi Prefecture, Japan Part 1. Schwagerinid, neoschwagerinid, and verbeekinid fusulinoideans. *Paleontological Research*, **10**, 37–59.
- Kobayashi, F. (2006b) Middle Permian foraminifers of the Izuru and Nabeyama formations in the Kuzu area, central Japan Part 2. Schubertellid and ozawainellid fusulinoideans, and non-fusulinoidean foraminifers. *Paleontological Research*, **10**, 61–77.
- Kobayashi, F. (2013) Morphologic variation of five species of Parafusulina from the Middle Permian Nabeyama Formation in the Kuzu area, Tochigi Prefecture, Japan.

- Humans and Nature*, **24**, 85–122.
- Koike, T., Igo, H., Takizawa, S. and Kinoshita, T. (1971a) Contribution to the geological history of the Japanese Islands by the conodont biostratigraphy part II. *Journal of the Geological Society of Japan*, **77**, 165–168.
- 小池敏夫・木下 勤・猪郷久治・滝沢 茂(1971b) 栃木県葛生付近の栃木層群産コノドントと衝上断層の発見. 地質学雑誌, **77**, 221–222.
- 小池敏夫・猪郷久義・猪郷久治・木下 勤(1974) 栃木県葛生地域の二畳系鍋山層と三畳系アド山層の不整合とその地質学的意義. 地質学雑誌, **80**, 293–306.
- Koike, T., Kodachi, Y., Matsuno, T. and Baba, H. (1991) Triassic conodonts from exotic blocks of limestone in northern Kuzuu, the Ashio Mountains. *Science reports of the Yokohama National University section II*, no. 38, 53–69.
- 小池敏夫・渡辺耕造・猪郷久治(1970) 日本産三畳紀コノドントによる新知見. 地質学雑誌, **76**, 267–269.
- 小泉 齊・吉野俊彦・小島英彦(1979) 栃木県葛生町山菅からペルム紀三葉虫*Pseudophillipsia*の産出. 地球科学, **33**, 353–354.
- 小泉 齊・林 信悟・田中宏之(1988) 足尾山地・桐生川地域からのペルム紀放射虫*Pseudophillipsia* (s.s.)の産出. 群馬県立歴史博物館紀要, **9**, 99–109.
- 小泉一人・中江 訓・石渡 昭(2006) 茨城県大子地域のドレライト・斑れい岩の化学分析値. 地質調査研究報告, **57**, 191–195.
- Kojima, S., Hayasaka, Y., Hiroi, Y., Matsuoka, A., Sano, H., Sugamori, Y., Suzuki, N., Takemura, S., Tsujimori, T. and Uchino, T. (2016a) Pre-Cretaceous accretionary complex. In Moreno, T., Wallis, S. R., Kojima, T. and Gibbons, W., eds., *The Geology of Japan*. The Geological Society of London, London, 61–100.
- Kojima, S., Tsukada, K., Otoh, S., Yamakita, S., Ehiro, M., Dia, C., Kirillova, G. L., Dymovich, V. A. and Eichwald, L. P. (2016b) Geological relationship between Anyui Metamorphic Complex and Samarka terrane, Far East Russia. *Island Arc*, **17**, 502–516.
- Komuro, K., Yoshida, M. and Kajiwara, Y. (2006) Chemistry and sulfur isotopes of the chert–clastic sequence surrounding the Kajika Massive Sulfide Ores at the Ashio Copper Mine, Ashio terrane, central Japan. *Resource Geology*, **56**, 433–445.
- 久保重明(1971) 栃木県葛生町周辺の石灰岩および苦灰岩中の燐の賦存状態. 鉱山地質, **21**, 434–451.
- 桑原希世子・角和善隆(2004) 丹波帯大森セクションにおけるペルム紀層状チャートの放射虫と海綿骨針の量比. 大阪微化石研究会誌特別号, no. 13, 13–20.
- Kuwahara, K., Yao, A. and Yamakita, S. (1998) Reexamination of Upper Permian radiolarian biostratigraphy. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **52**, 391–404.
- Masuda, F., Katsura, Y., Sato, T., Aono, H., Makino, Y. and Igo, Hy. (1980) Shallow marine deposits of Triassic–Jurassic age in the Yamizo and Ashio Mountains, Northern Kanto, Japan. *Annual Report of Institute of Geosciences, University of Tsukuba*, no. 6, 62–69.
- 増田慎治(1989) 八王子丘陵におけるジュラ紀放射虫化石. 足利工業大学研究集録, no. 15, 207–214.
- Matsuda, T. and Isozaki, Y. (1991) Well-documented travel history of Mesozoic pelagic chert in Japan: from remote ocean to subduction zone. *Tectonics*, **10**, 475–499.
- 松岡 篤(1989) ジュラ紀テレーンをつなぐ鍵—チャート・碎屑岩シーケンス—. 構造地質, **34**, 135–144.
- Matsuoka, A. and Ito, T. (2019) Updated radiolarian zonation for the Jurassic in Japan and the western Pacific. *Science Reports of Niigata University (Geology)*, no. 34, 49–57.
- 松岡 篤・山北 聡・榊原正幸・久田健一郎(1998) 付加地質の観点に立った秩父累帯のユニット区分と四国西部の地質. 地質学雑誌, **104**, 634–653.
- みどり市(2020) 小平の里鍾乳洞公園. <https://www.city.midori.gunma.jp/www/contents/1000000000997/index.html> (閲覧日: 2020年12月16日)
- 元木葉月・指田勝男(2004) 足尾山地の「砥石」に関する年代学および層序学的検討(予報). 大阪微化石研究会誌特別号, no. 13, 47–57.
- Moore, J. C., Mascle, A., Taylor, E., Andreieff, P., Alvarez., F., Barnes, R., Beck, C., Behrmann, J., Blanc, G., Brown, K., Clark, M., Dolan, J., Fisher, A., Gieskes, J., Hounslow, M., McLellan, P., Moran, K., Ogawa, Y., Sakai, T., Schoonmaker, J., Vrolijk, P., Wilkens, R. and Williams, C. (1988) Tectonics and hydrogeology of the northern Barbados Ridge: results from Ocean Drilling Program Leg 110. *Geological Society of America Bulletin*, **100**, 1578–1593.
- Morikawa, R. and Horiguchi, M. (1956) *Parafusulina nakamigawai* n. sp. from the Adoyama Formation in the Neighborhood of Kuzu City, Tochigi Prefecture. *Saitama University, Science Reports, Section B*, **2**, 261–264.
- Morikawa, R. and Takaoka, Y. (1961) Two new species of the *Parafusulina yabai* type from Tomura, Totigi Prefecture, central Japan. *Transaction and Proceedings of the Palaeontological Society of Japan, New Series*, no. 41, 33–40.
- Murphy, M. A. and Salvador, A. (1999) International Stratigraphic Guide—An abridged version. *Episodes*, **22**, 255–271.
- Muto, S. (2021) Recurrent deposition of organic-rich sediments in Early Triassic pelagic Panthalassa and its

- relationship with global oceanic anoxia: New data from Kyoto, Southwest Japan. *Global and Planetary Change*, **197**, 103402.
- Muto, S. and Ito, T. (2021) Conodont fossils from the Kiryu and Ashikaga District (Quadrangle series 1:50,000), central Japan with emphasis on the reexamination of “Carboniferous” conodonts from the Ashio Belt. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **72**, 325–344.
- Muto, S., Takahashi, S., Yamakita, S., Suzuki, N., Suzuki, N. and Aita, Y. (2018) High sediment input and possible oceanic anoxia in the pelagic Panthalassa during the latest Olenekian and early Anisian: Insights from a new deep-sea section in Ogama, Tochigi, Japan. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **490**, 687–707.
- Muto, S., Takahashi, S., Yamakita, S. and Onoue, T. (2020) Scarcity of chert in upper Lower Triassic Panthalassic deep-sea successions of Japan records elevated clastic inputs rather than depressed biogenic silica burial flux following the end-Permian extinction. *Global and Planetary Change*, **195**, 103330.
- Muto, S., Okumura, Y. and Mizuhara, T. (2021) Late Kungurian conodonts of the pelagic Panthalassa from seamount-capping limestone in Ogama, Kuzuu, Tochigi Prefecture, Japan. *Paleontological Research*, **25**, 105–119.
- Nakae, S. (1993) Jurassic accretionary complex of the Tamba terrane, Southwest Japan, and its formative process. *Journal of Geosciences, Osaka City university*, **36**, 15–70.
- 中江 訓 (2000a) 付加複合体の区分法と付加体地質学における構造層序概念の有効性. 地質学論集, no. 55, 1–15.
- 中江 訓 (2000b) 西南日本内帯ジュラ紀付加複合体の広域対比. 地質学論集, no. 55, 73–98.
- 中江 訓 (2000c) 八溝山地大子地域の足尾テレーンに見られる3種類の中期—後期ジュラ紀泥質岩. 地質調査所月報, **51**, 113–128.
- Nakae, S. (2006) Stratigraphy and structure of the Jurassic accretionary complex in the Daigo district, northern Ibaraki and eastern Tochigi Prefectures, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **57**, 29–50.
- 中江 訓 (2010) 宇都宮地域の地質, 3. 足尾帯ジュラ系. 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, 10–13.
- 中江 訓・滝沢文教(1996) 八溝山地ジュラ紀堆積岩コンプレックスの層序・地質構造: 「大子」図幅地域. 日本地質学会第103年学術大会講演要旨, 102.
- 中江 訓・佐野弘好・指田勝男・上松佐知子・奥村よほ子(2017) 足尾帯の中部三疊系珪質岩に貫入した堆積同時性玄武岩シル(2): 全岩化学組成から推定される起源. 日本地質学会第124年学術大会講演要旨, 129.
- 中島大輔・溝部真一・鎌田祥仁・佐藤 正(2001) 足尾帯葛生コンプレックスにおけるジュラ紀古世アンモナイト化石とジュラ紀中世放射虫化石の共存: アンモナイト礫の供給源について. 日本地質学会第108年学術大会講演要旨, 219.
- 中島 裕・内田悦生・今井直哉・今井浩人・大野 仁(1992) 栃木県葛生地域の鍋山炭酸塩岩層中に産する含ブルーサイト白色岩とその生成に関与した玄武岩岩脈について. 岩鉱, **87**, 445–459.
- 直良信夫(1952) 栃木県葛生發見洪積世人類の遺骸. 人類学雑誌, **62**, 115–120.
- O'Dogherty, L., Carter, E. S., Dumitrica, P., Goričan, Š., De Wever, P., Bandini, A. N., Baumgartner, P. O. and Matsuoka, A. (2009) Catalogue of Mesozoic radiolarian genera. Part 2: Jurassic–Cretaceous. *Geodiversitas*, **31**, 271–356.
- 小川勇二郎・谷川英嗣(1989b) 微量元素組成と産状からみた本邦の付加体および構造帯中の玄武岩類の起源とエンプレイスメントのプロセス. 地学雑誌, **98**, 118–132.
- Okada, H. (1971) Classification of sandstones: analysis and proposal. *Journal of Geology*, **79**, 509–525.
- 岡村俊明・鎌田祥仁(2000) イライト結晶度からみた足尾帯ジュラ紀付加体の古地温構造. 日本地質学会第107年学術大会講演要旨, 271.
- 岡村俊明・鎌田祥仁(2001) 足尾山地秋山川流域の地質構造とイライト結晶度. 日本地質学会第108年学術大会講演要旨, 106.
- Ogasawara, M., Fukuyama, M., Horie, K., Sumii, T. Takehara, M. and Sudo, M. (2013) SHRIMP U–Pb age of SoriZ93 zircon from the Sori Granodiorite, Northeast Japan: a potential reference zircon of Late Cretaceous age. *Island Arc*, **22**, 306–317.
- Ogg, J. G., Ogg, G. M. and Gradstein, F. M. (2016) *A Concise Geologic Time Scale 2016*. Elsevier, Amsterdam, 234p.
- 大間々町誌編さん室(1996) 大間々町誌「基礎資料Ⅷ」大間々町の地形・地質. 大間々町誌刊行委員会, 群馬県大間々町(現 桐生市).
- 大高真由美・相田吉昭・酒井豊三郎(1998) 足尾山地, 葛生町箕輪地区の中部三疊系層状チャート層の放射虫化石層序. 大阪微化石研究会誌特別号, no. 11, 95–113.
- 大澤澄可・矢島祐介・中島啓治・宮崎重雄(2015) 群馬県南東部八王子丘陵で発見された球顆およびそれを含むデイサイト礫について. 群馬県立自然史博物館研究報告, no. 19, 121–130.

- 大澤澄可・矢島祐介・中島啓治・宮崎重雄(2016) 群馬県南東部八王子丘陵において発見された食い違い礫を含む陸成礫岩層について. 群馬県立自然史博物館研究報告, no. 20, 121-128.
- 大藤 茂・村田雅俊・柏木健司・山北 聡(2007) 栃木県鹿沼地域の足尾帯の地質構造—葛生"向斜"の再検討一. 日本地質学会第114年学術大会講演要旨, 269.
- 大塚 勉(1985) 長野県美濃帯北東部の中・古生界. 地質学雑誌, **91**, 583-598.
- Otsuka, T. (1988) Paleozoic-Mesozoic sedimentary complex in the eastern Mino terrane, central Japan and its Jurassic tectonism. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **31**, 63-122.
- 大塚 勉(1999) 丹波—美濃—足尾—八溝地域のジュラ紀付加体の「コンプレックス」および「ユニット」区分と対比. 日本地質学会第108年学術大会講演要旨, 106.
- 小沢智生・平 朝彦・小林文夫(1985) 西南日本の帯状地質構造はどのようにしてできたか. 科学, **55**, 4-13.
- Reif, W. E. and Goto, M. (1979) Placoid scales from the Permian of Japan. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, **4**, 201-207
- Safonova, I., Kojima, S., Nakae, S., Romer, R. L., Seltmann, R., Sano, H. and Onoue, T. (2015) Oceanic island basalts in accretionary complexes of SW Japan: Tectonic and petrogenetic implications. *Journal of Asian Earth Sciences*, **113**, 508-523.
- 斎藤 眞(1989) 美濃帯西部岐阜県谷汲村地域のジュラ紀メラランジュ. 地質学雑誌, **95**, 579-594.
- 斎藤靖二(1972) 層状チャートの堆積組織: 足尾山地の例: 堆積. 日本地質学会第79年学術大会講演要旨, 175.
- SaItO, Y. (1977) Petrogenesis of bedded chert of the Triassic Aoyama Formation. *Bulletin of the National Science Museum, Series. C (Geology)*, **3**, 151-156.
- 斎藤靖二・加藤 昭(1971) 足尾山地葛生長梅木西方の石灰岩レンズから得られた小型有孔虫化石. 地質学雑誌, **77**, 675-676.
- 坂上澄夫・南川純夫・川島幹雄(1969) 北海道渡島半島上磯石灰岩のコノドントとその地質時代の考察. 地質学雑誌, **78**, 415-421.
- 坂田健太郎・中澤 努(2010) 赤城火山起源の後期更新世テフラの記載岩石学的特徴. 地質調査研究報告, **61**, 465-475.
- Sano, H. (1988) Permian oceanic rocks of the Mino terrane, central Japan. Part I, Chert facies. *The Journal of Geological Society of Japan*, **94**, 607-709.
- Sano, H. and Kanmera, K. (1988) Paleogeographic reconstruction of accreted oceanic rocks, Akiyoshi, southwest Japan. *Geology*, **16**, 600-603.
- 佐野弘好・小嶋 智(2000) 丹波—美濃—足尾テレーンの石炭—ジュラ系海洋性岩石. 地質学論集, no. 55, 123-144.
- 佐野弘好・指田勝男・上松佐知子・奥村よほ子(2016) 玄武岩質岩を伴う下部—中部三疊系珪質岩. 日本地質学会第123年学術大会講演要旨, 157.
- 佐野弘好・指田勝男・中江 訓・上松佐知子・奥村よほ子(2017) 足尾帯の中部三疊系珪質岩に貫入した堆積同時性玄武岩シル(1) —産状. 日本地質学会第124年学術大会講演要旨, 128.
- 産総研地質調査総合センター (2018) 20万分の1日本シームレス地質図V2. 産業技術総合研究所地質調査総合センター. <https://gbank.gsj.jp/seamless/v2full/> (2018年1月26日確認)
- 指田勝男(2008) 2.3 足尾山地, 2.3.1 足尾山地の中・古生界, c. 八王子丘陵の足尾帯相当層. 日本地質学会編, 日本地方地質誌3 関東地方, 朝倉書店, 東京, 99-100.
- 指田勝男・堀 常東(2000) 八溝山地の中生界とユニット区分. 地質学論集, no. 55, 99-106.
- 指田勝男・猪郷久治・猪郷久義・滝沢 茂・久田健一郎・柴田知則・塚田邦治・西村はるみ(1982a) 関東地方のジュラ系放射虫について. 大阪微化石研究会誌特別号, no. 5, 51-66.
- Sashida, K., Igo, Hy., Igo, Hh., Takizawa, S. and Hisada, K. (1982b) On the occurrence of Jurassic radiolarians from the Kanto Region and Hida Mountains, central Japan. *Annual Report of Institute of Geosciences, University of Tsukuba*, no. 8, 74-77.
- Sashida, K., Kamata, Y. and Igo, Hy. (1992) "Toishi-type shale" in the Ashio Mountains, central Japan. *Annual Report of Institute of Geosciences, University of Tsukuba*, no. 18, 59-66.
- 佐藤 正(1981) 足尾山地・八溝山地における中生代構造運動の特徴. 中生代構造作用の研究, no. 3, 251-254.
- 佐藤 正・青野宏美(1985) 足尾山地・八溝山地の地質構造. 総合研究「上越帯・足尾帯」研究報告, no. 2, 85-96.
- Shibata, K. and Miller, J. A. (1963) Potassium-Argon age of the Sori Granodiorite, Ashio Mountain Block. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **14**, 102.
- Shikama, T. (1949) The Kuzuu ossuaries: Geological and Palaeontological studies of the limestone fissure deposits, in Kuzuu, Totigi Prefecture. *The Science Reports of the Tohoku University, Second Series, Geology*, **23**, 1-201.
- 清水* (1896) 下野國「フズリナ」化石産地. 地質学雑誌, **3**,

- 194-195. *姓のみの記載であり名は不明.
- Shoji, R. (1967) Occurrence and petrological studies of Paleozoic chert of the western Ashio Mountain, Japan. *Jubilee Publication in the Commemoration of Professor Yasuo Sasa, Dr. Sc. Sixtieth Birthday*. Jubilee Publ. Commem. Prof. Sasa, 60th Birthday, 171-189, Yamafuji Insatsu Publication, Sapporo.
- 庄司力偉(1971) 栃木県葛生地区における地向斜堆積物. 地質学論集, no. 6, 179-180.
- 庄司力偉・久保重明(1970) 栃木県葛生地域に発達する古生層の堆積学的研究. 日本地質学会学術大会講演要旨第77年学術大会(1970静岡), 81.
- Sudo, M., Uto, K., Anno, K., Ishizuka, O. and Uchiyumi, S. (1998) SORI93 biotite: A new mineral standard for K-Ar dating. *Geochemical Journal*, **32**, 49-58.
- 須藤定久・田島順子・木崎善雄(1976) 群馬県太田～大間々地域の第三紀火砕岩類. 地質学論集, no. 13, 241-249.
- 須藤定久・牧本 博・秦 光男・宇野沢 昭・滝沢文教・坂本 亨・駒澤正夫・広島俊男(1991) 20万分の1地質図幅「宇都宮」, 地質調査所.
- 菅森義晃(2006) 京都西山地域の上部ペルム系高槻層, 中部三畳系島本層及び三畳紀堆積岩複合体. 地質学雑誌, **112**, 390-406.
- Sugiyama, K. (1997) Triassic and Lower Jurassic radiolarian biostratigraphy in the siliceous claystone and bedded chert units of the southeastern Mino terrane, central Japan. *Bulletin of the Mizunami Fossil Museum*, **24**, 79-193.
- 鈴木陽雄・佐藤 正(1972) 鶏足山地からジュラ紀菊石の産出. 地質学雑誌, **7**, 213-215.
- 鈴木毅彦(1990) テフロクロノロジーからみた赤城火山最近20万年間の噴火史. 地学雑誌, **99**, 60-75.
- 鈴木毅彦(2000) 2-4 足尾山地と渡良瀬川—典型的な傾動山地. 貝塚爽平・小池一之・遠藤邦彦・山崎晴雄・鈴木毅彦編, 日本の地形4 関東・伊豆小笠原, 東京大学出版会, 東京, 82-87.
- Suzuki, N., Akiba, N. and Kanoh, H. (2002) Late Olenekian radiolarians from bedded chert of Ashio terrane, northeast Japan, and faunal turnovers in western Panthalassa during Early Triassic. *Journal of China University of Geosciences*, **13**, 124-140.
- 鈴木 敏(1898a) 足尾銅山. 地学雑誌, **10**, 183-195.
- 鈴木 敏(1898b) 足尾銅山地質調査報文(前々号ノ續). 日本鑛業會誌, **14**, 318-324.
- 鈴木舜一・加藤健一・奈良坂 孝(1974) 栃木県葛生地区のチャート組織に関する研究. 岩石鉱物鉱床学会誌, **69**, 181-192.
- 鈴木孝明・鎌田祥仁(2009) 足尾帯ジュラ紀付加体におけるユニット境界断層の性状とその地質学的意義. 日本地質学会第116年学術大会講演要旨, 450.
- 鈴木洋平・大塚 勉・八尾 昭(1999) 美濃帯西部の泥岩から産出したトリアス紀新世放散虫化石群集. 地質学雑誌, **105**, 456-459.
- Taira, A., Katto, J., Tashiro, M., Okamura, M. and Kodama, K. (1988) The Shimanto belt in Shikoku, Japan -Evolution of Cretaceous to Miocene accretionary prism-. *Modern Geology*, **12**, 5-46.
- 高木秀雄・小林健太(1996) 断層ガウジとマイロナイトの複合面構造: その比較組織学. 地質学雑誌, **102**, 170-179.
- 高橋雅紀・柳沢幸夫(2003) 群馬県太田地域, 丘陵に分布する海成中新統の層序と年代. 地質学雑誌, **109**, 648-660.
- 高橋雅紀・大友育也・斎藤和男(1991) 群馬県東部金山地域に分布する溶結凝灰岩のK-Ar年代. 地質調査所月報, **42**, 167-173.
- 高橋正樹・関 慎一郎・鈴木洋美・竹本弘幸・長井雅史・金丸龍夫(2012) 赤城火山噴出物の全岩化学組成—分析データ381個の総括—. 日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, **47**, 341-400.
- 高桑祐司(2021) 日本における軟骨魚類化石研究—現状と展望—. 化石, **109**, 5-17.
- 高桑祐司・岡部 勇(2011) 群馬県桐生市の足尾帯のペルム系からクテナカントゥス科サメ類の新産出. 群馬県立自然史博物館研究報告, **15**, 153-159.
- 高柳充志・堀 常東・指田勝男(2001) 栃木県足利北部地域における足尾帯堆積岩コンプレックスの構造層序と放散虫化石. 大阪微化石研究会誌特別号, no. 12, 113-127.
- Tanaka, G., Takakuwa, Y. and Ishihara, K. (2010) Three-dimensionally preserved *Triops* sp. (Crustacea, Branchiopoda) from a Miocene volcanoclastic sediment in Ota City, Gunma Prefecture, central Japan. *Bulletin of Gunma Museum of Natural History*, **14**, 95-98
- Tanaka, G., Nomura, S. and Hasegawa, Y. (2012) Miocene ostracods from the Midorimachi Formation, Ota City, Gunma Prefecture, central Japan. *Bulletin of Gunma Museum of Natural History*, **16**, 31-40.
- 田澤純一(2018) 日本の古生代腕足類の古生物地理学的研究とその構造地質学的意義: 総括. 地質学雑誌, **124**, 655-673.
- Tazawa, J. and Takakuwa, Y. (2009) *Eolyttonia* (Lyttonioidea, Branchiopoda) from Kiryu, central Japan. *Bulletin of Gunma Museum of Natural History*, **13**, 29-33.
- Tazawa, J., Hayashi, S., Nakamura, K., Shimizu, M. and Takakuwa, Y. (2012) Early Permian brachiopods from Kiryu, Ashio belt, central Japan. *Bulletin of Gunma*

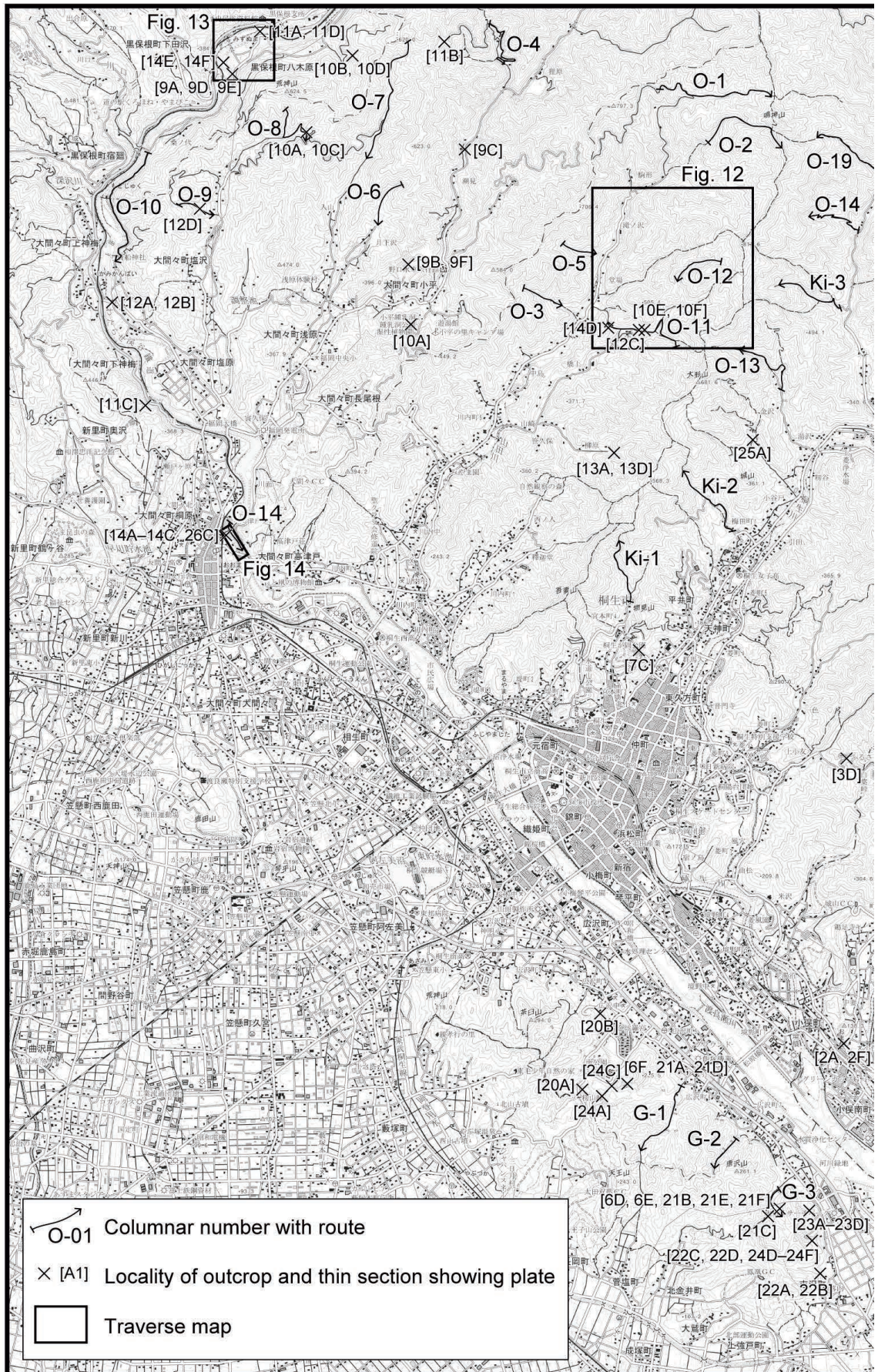
- Museum of Natural History*, **16**, 41–48.
- Tazawa, J., Okumura, Y., Miyake, Y. and Mizuhara, T. (2016) A Kungurian (early Permian) brachiopod Fauna from Ogama, Kuzu area, central Japan, and its palaeobiogeographical affinity with the Wolfcampian–Leonardian (early Permian) brachiopod fauna of West Texas, USA. *Paleontological Research*, **20**, 367–384.
- 栃木縣(1953) 栃木縣地質説明書. 内外地図株式会社, 東京. 52p.
- 栃木県(1963) 栃木縣地質説明書. 内外地図株式会社, 東京. 64p.
- 栃木県(1977) 栃木縣地質説明書. 内外地図株式会社, 東京. 81p.
- Uto, K., Ishizuka, O., Matsumoto, A., Kamioka, H. and Togashi, S. (1997) Laser-heating $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating system of the Geological Survey of Japan: System outlines and preliminary results. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **48**, 23–46.
- 脇田浩二(1982) 九頭竜川最上流地域—郡上八幡西方地域に産するジュラ紀放射虫化石. 大阪微化石研究会誌特別号, no. 5, 153–173.
- Wakita, K. (1988a) Early Cretaceous mélange in the Hida–Kanayama area, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **39**, 367–421.
- Wakita, K. (1988b) Origin of chaotically mixed rock bodies in the Early Jurassic to earliest Cretaceous sedimentary complex of the Mino terrane, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **39**, 675–757.
- 脇田浩二(1995) 美濃地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所, 36p.
- Wakita, K. (2015) OPS mélange: a new term for mélanges of convergent margins of the world. *International Geology Review*, **57**, 529–539.
- Wakita, K. and Metcalfe, I. (2005) Ocean Plate Stratigraphy in East and Southeast Asia. *Journal of Asian Earth Science*, **24**, 679–702.
- Wallis, S. R., Yamaoka, K., Mori, H., Ishiwatari, A., Miyazaki, K. and Ueda, H. (2020) The basement geology of Japan from A to Z. *Island Arc*, **29**, e12339.
- 渡辺武男・向山 広・兼平慶一郎・浜田隆士(1957) 足尾山地地質説明書. 内外地図株式会社, 千葉. 40p.
- Xiao, Y. F., Suzuki, N., He, W. H., Benton, M. J., Yang, T. L. and Cai, C. Y. (2020) Verifiability principle of genus-level classification under quantification and parsimony theories: a case study of follicucullid radiolarians. *Paleobiology*, **46**, 337–355.
- Xiao, Y. F., Suzuki, N., Ito, T. and He, W. H. (2021) New Permian radiolarians from east Asia and the quantitative reconstruction of their evolutionary and ecological significances. *Scientific Reports*, **11**, 6831.
- 矢部長克(1899) 戸室のフズリナに付て. 地質学雑誌, **6**, 189–194.
- Yabe, H. (1903) A fusulina-limestone with *Helicoprion* in Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, **10**, 1–13.
- 山北 聡・大藤 茂(2000) 丹波—美濃—足尾帯付加堆積岩コンプレックスの構造層序区分と北部秩父帯・南部秩父帯との比較. 構造地質, **44**, 5–32.
- Yamagiwa, N. and Tsuda, H. (1980) A new coral species from a pebble in the basal limestone conglomerate of the Triassic Adoyama Formation at Karasawa in the Kuzu area, Tochigi Prefecture, Japan. *Bulletin of the National Science Museum, Series C, Geology and Paleontology*, **6**, 251–257.
- 山元孝広(2016) 赤城火山軽石噴火期のマグマ噴出率と組成の変化. 地質学雑誌, **122**, 109–126.
- 山元孝広・滝沢文教・高橋 浩・久保和也・駒澤正夫・広島俊男・須藤定久(2000) 20万分の1地質図幅「日光」, 地質調査所.
- 柳本 裕(1973) 栃木県葛生地域の中・古生層の層序と地質構造の再検討. 地質学雑誌, **79**, 441–451.
- 矢内桂三(1972) 足尾山地北部の後期中生代酸性火成岩類 その1 地質. 岩石鉱物鉱床学会誌, **67**, 193–202.
- 矢内桂三(1973) 足尾山地北部の後期中生代酸性火成岩類 その2 岩石並びに造岩鉱物の記載とその考察. 岩石鉱物鉱床学会誌, **68**, 6–29.
- 矢内桂三(2008) 2.3 足尾山地, 2.3.2 日光周辺の珪長質火成岩類. 日本地質学会編, 日本地方地質誌3 関東地方, 朝倉書店, 東京, 101–104.
- 吉田三郎(1950) 栃木縣安蘇郡葛生町附近の石灰岩に就いて. 地質学雑誌, **56**, 291.
- 吉田三郎(1956) 栃木縣安蘇郡葛生町附近の地質(1). 北海道地質要報, **32**, 1–10.
- 吉田三郎(1957) 栃木縣安蘇郡葛生町附近の地質(2). 北海道地質要報, **34**, 1–5.
- 吉川敏之・高橋雅紀・岡田利典(2001) 足尾山地東縁部に分布する中新世火山岩のK–Ar年代. 地質学雑誌, **107**, 41–45.
- 吉川敏之・山元孝広・中江 訓(2010) 「宇都宮」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, 79p.
- Zhang, L., Ito, T., Feng, Q. L., Caridroit, M. and Danelian, T. (2014) Phylogenetic model of *Follicucullus* lineages (Albaillellaria, Radiolaria) based on high-resolution biostratigraphy of the Permian Bancheng Formation, Guangxi, South China. *Journal of Micropaleontology*, **33**, 179–192.
- Zhang, Y. C. and Wang, Y. (2018) Permian fusuline

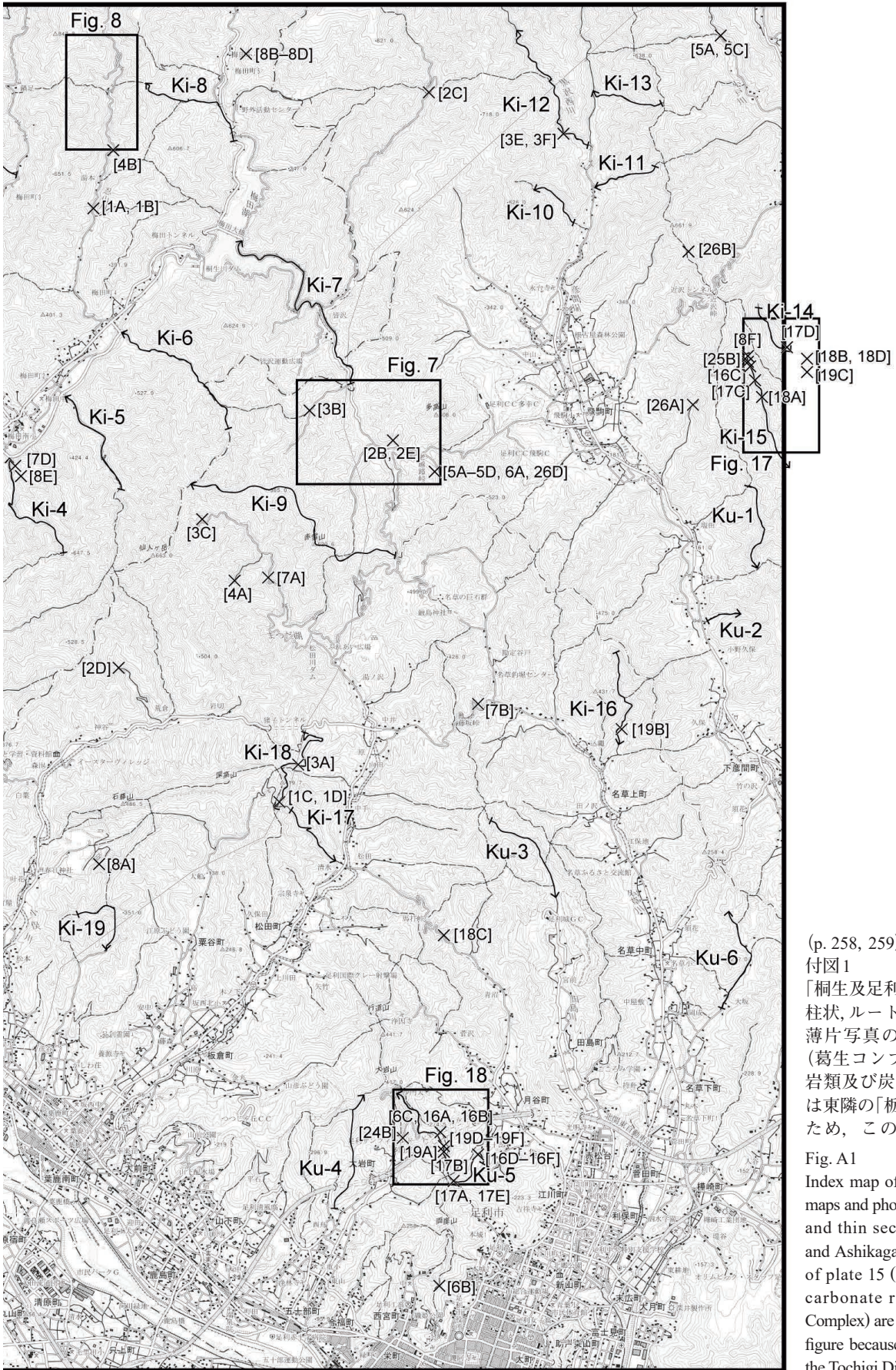
足尾山地のジュラ紀付加体の地質と対比（伊藤）

biostratigraphy. In Lucas, S. G. and Shen, S. Z., eds.,
The Permian Time Scale, Geological Society, London,
Special Publication, **450**, 253–288.

（ 受 付：2020年7月28日； 受 理：2021年7月9日 ）

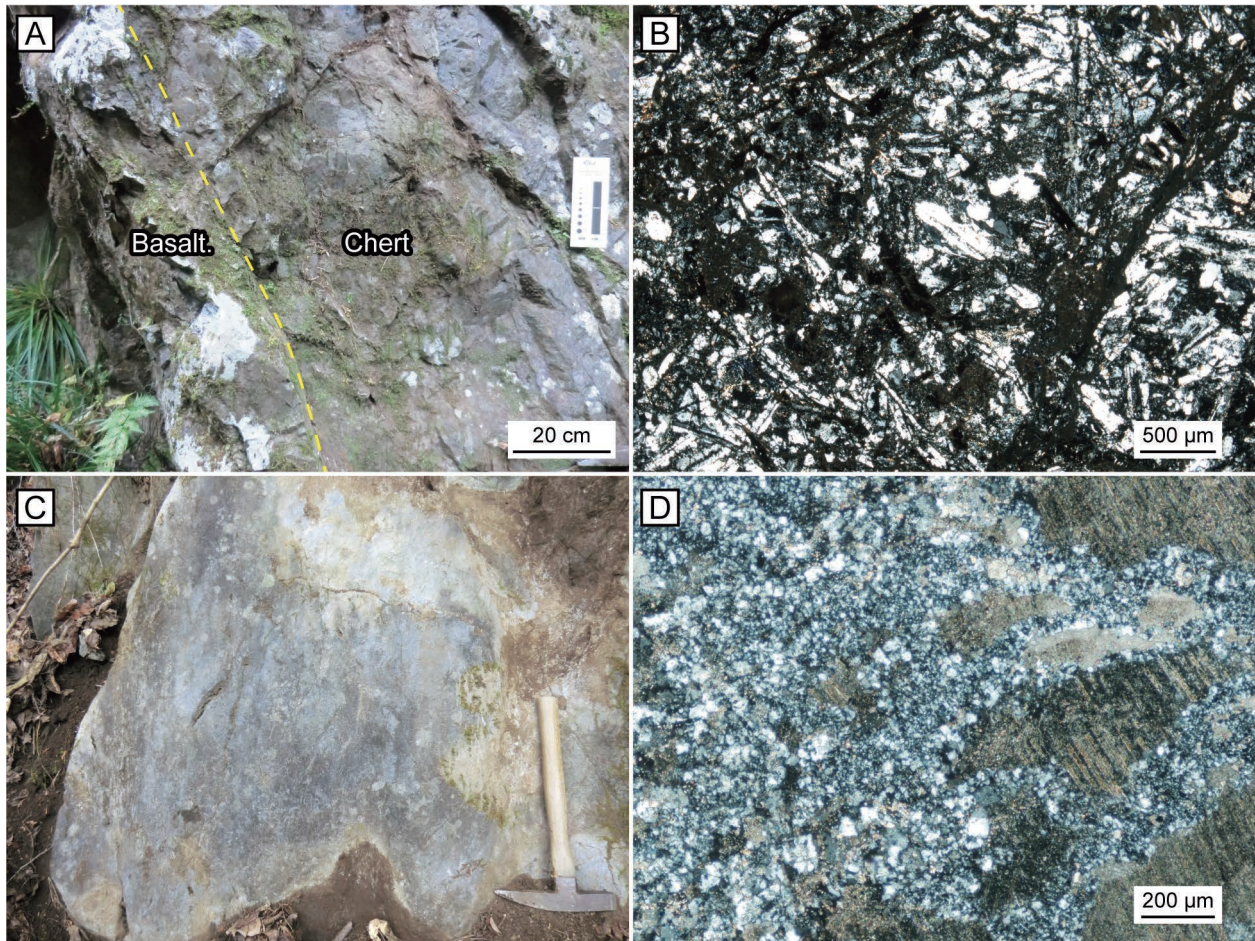
付録
Appendix





(p. 258, 259)
 付図1
 「桐生及足利」範囲内のルート柱状、ルートマップ及び露頭・薄片写真の位置図。図版15 (葛生コンプレックスの玄武岩類及び炭酸塩岩類)の位置は東隣の「栃木」範囲内であるため、この図には示さない。

Fig. A1
 Index map of columns, travers maps and photographs of outcrops and thin sections in the Kiryu and Ashikaga District. Localities of plate 15 (basaltic rocks and carbonate rocks of the Kuzu Complex) are not presented in this figure because they are located in the Tochigi District.



図版1 黒保根-桐生コンプレックスの玄武岩類及び炭酸塩岩類。

(A) チャートと接する玄武岩溶岩。桐生市梅田町，忍山川。Basalt.: 玄武岩溶岩。

(B) 玄武岩溶岩の薄片写真。クロスニコル。桐生市梅田町，忍山川。試料番号：IT19120404。

(C) 塊状結晶質石灰岩。足利市松田町，林道粟谷松田線。

(D) 結晶質石灰岩の薄片写真。クロスニコル。足利市松田町，林道粟谷松田線。試料番号：IT18011903。

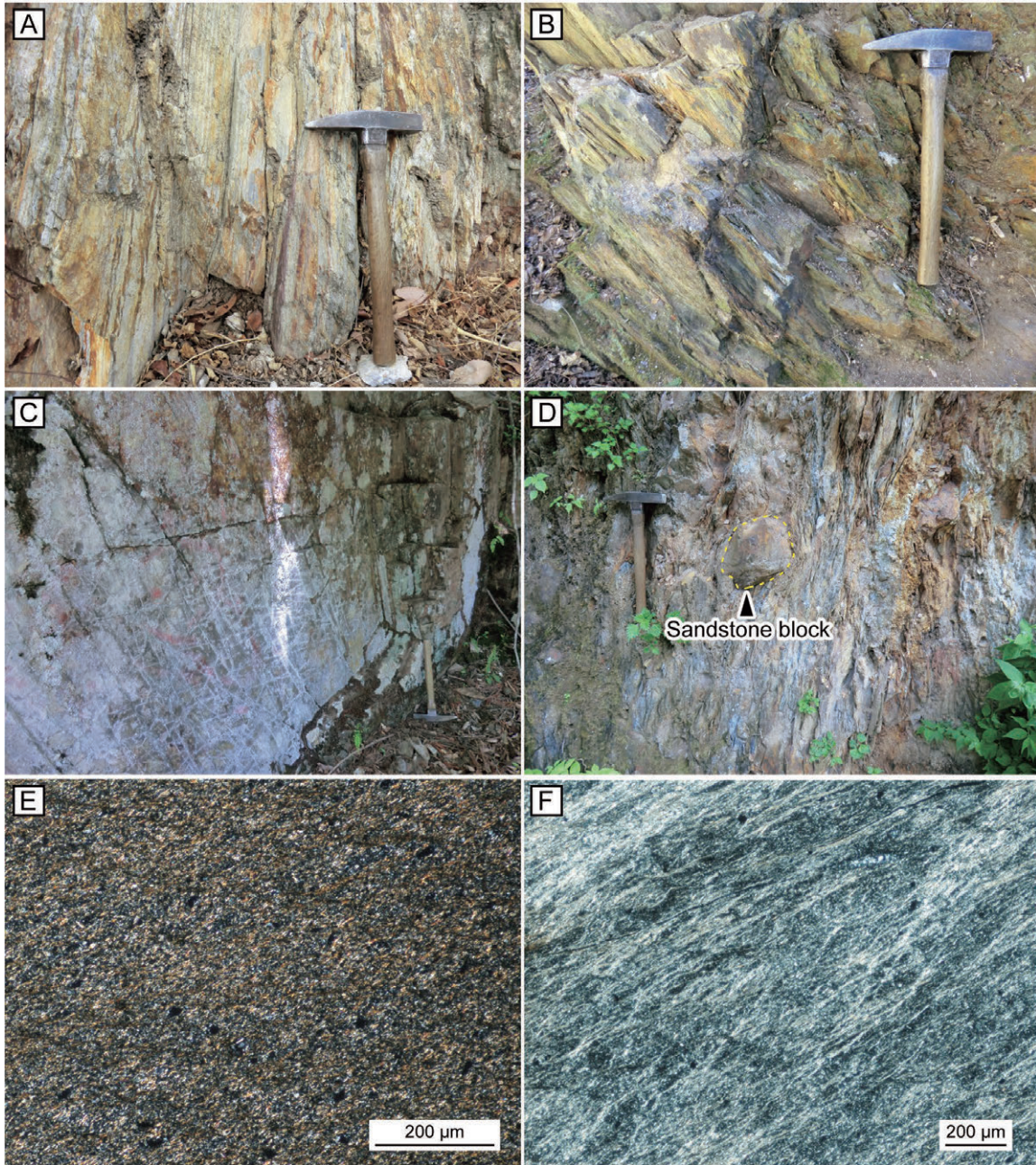
Plate 1 Basaltic rocks and carbonate rocks of the Kurohone-Kiryu Complex.

(A) Basaltic lava contacting chert. Oshiyama River, Umeda-cho, Kiryu City. Basalt.: basaltic lava.

(B) Thin section photomicrograph of basaltic lava. Crossed polars. Oshiyama River, Umeda-cho, Kiryu City. Sample number: IT19120404.

(C) Massive crystalline limestone. Awanoya-Matsuda Forest road, Matsuda-cho, Ashikaga City.

(D) Thin section photomicrograph of crystalline limestone. Crossed polars. Awanoya-Matsuda Forest road, Matsuda-cho, Ashikaga City. Sample number: IT18011903.

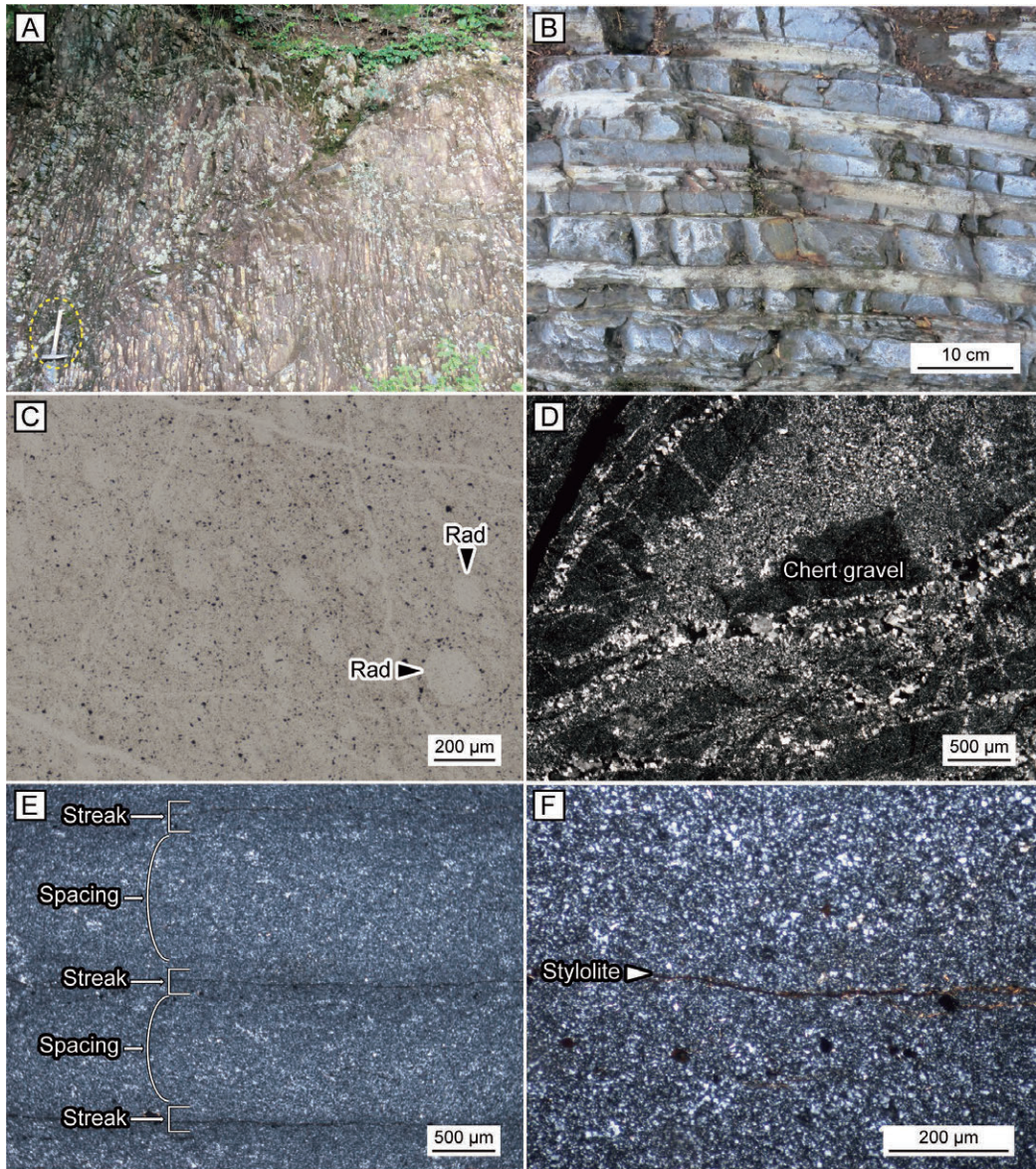


図版2 黒保根-桐生コンプレックスの珪質粘土岩.

- (A) 層状の珪質粘土岩. 足利市小俣町, 熊野神社南.
 (B) 層状の珪質粘土岩. 佐野市飛駒町万山. 周辺から前期三畳紀コノドントが産する.
 (C) 層状の珪質粘土岩. 佐野市飛駒町中川.
 (D) 砂岩岩塊を含む, 剪断された珪質粘土岩. 足利市小俣町, 鳴石北.
 (E) 珪質粘土岩の薄片写真. クロスニコル. 佐野市飛駒町万山. 試料番号: IT19021702.
 (F) 珪質粘土岩にみられる劈開の薄片写真. オープンニコル. 足利市小俣町, 熊野神社南. 試料番号: IT18021302.

Plate 2 Siliceous claystone of the Kurohone-Kiryu Complex.

- (A) Bedded siliceous claystone. South of Kumano-jinja Shrine, Omata-cho, Ashikaga City.
 (B) Bedded siliceous claystone. Hikoma-cho Ban-yama, Sano City. Early Triassic conodont occurred in the surrounding area.
 (C) Bedded siliceous claystone. Hikoma-cho, Nakagawa, Sano City.
 (D) Sheared siliceous claystone including sandstone blocks. North of Naruishi, Omata-cho, Ashikaga City.
 (E) Thin section photomicrograph of siliceous claystone. Crossed polars. Hikoma-cho Ban-yama, Sano City. Sample number: IT19021702.
 (F) Thin section photomicrograph of cleavage of siliceous claystone. Open polars. South of Kumano-jinja Shrine, Omata-cho, Ashikaga City. Sample number: IT18021302.

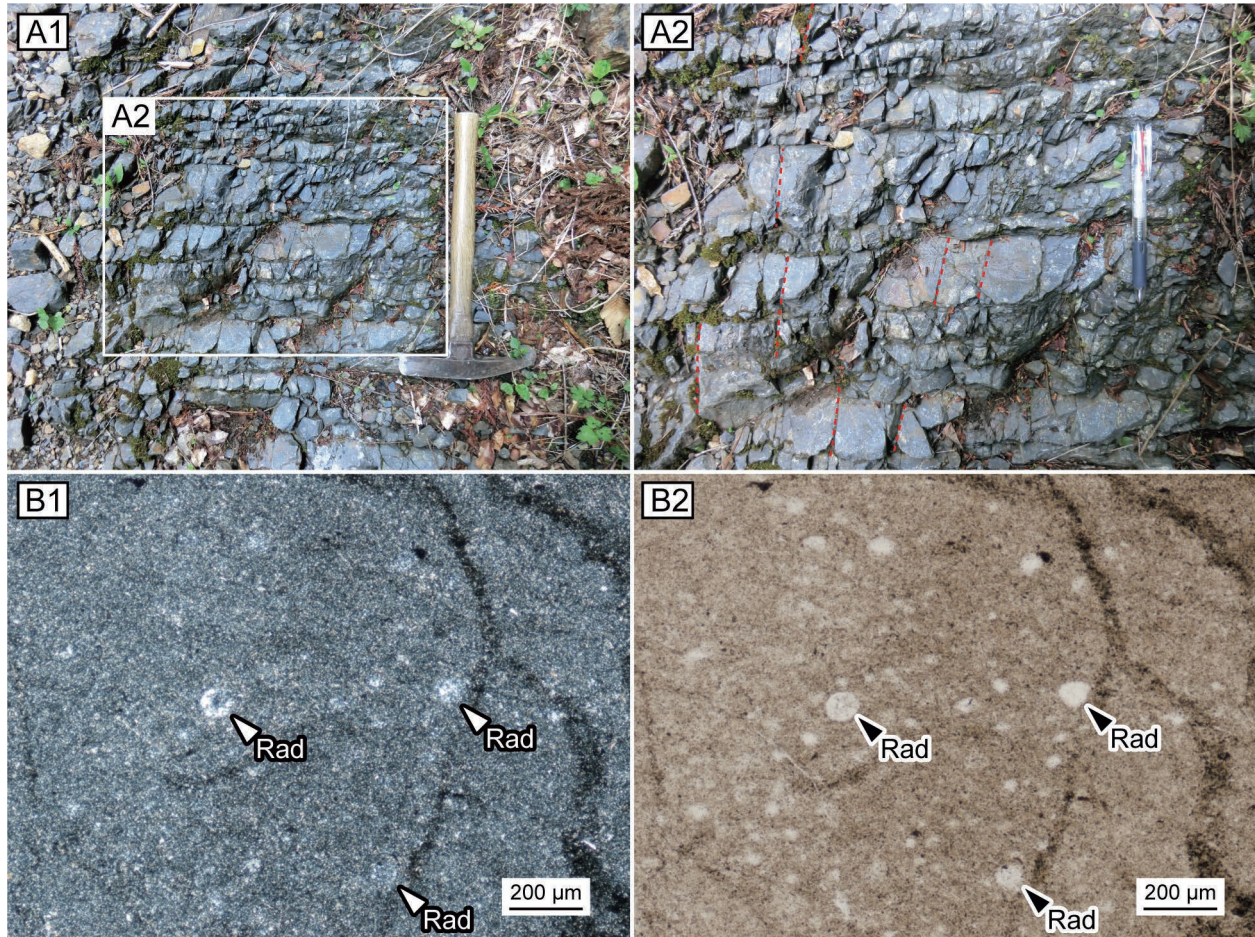


図版3 黒保根-桐生コンプレックスのチャート。

- (A) 層状チャート。足利市松田町，林道粟谷松田線。周辺から三疊紀放射虫が産する。
 (B) 厚い泥質層を挟むチャート。佐野市飛駒町万山。
 (C) 放射虫を含むチャートの薄片写真。オープンニコル。足利市松田町，林道野山線。試料番号：IT16051510。Rad：放射虫。
 (D) チャート角礫岩の薄片写真。クロスニコル。桐生市菱町，白葉峠の西方。試料番号：IT16051603。
 (E) ストリークとスペーシングから成るストライプチャートの薄片写真。クロスニコル。佐野市飛駒町，黒沢西川付近。試料番号：IT18101404。
 (F) ストライプチャート中のスタイロライト化したストリークの薄片写真。クロスニコル。佐野市飛駒町，黒沢西川付近。試料番号：IT18101404。Ito (2020b) のfig. 7E1 から転載。

Plate 3 Chert of the Kurohane-Kiryu Complex.

- (A) Bedded chert. Awanoya-Matsuda Forest road, Matsuda-cho, Ashikaga City. Triassic radiolarians occurred.
 (B) Chert interbedding thick mudstone layers. Hikoma-cho Ban-yama, Sano City.
 (C) Thin section photomicrograph of chert including radiolarians. Open polars. Noyama Forest road, Matsuda-cho, Ashikaga City. Sample number: IT16051510. Rad: radiolarian.
 (D) Thin section photomicrograph of chert breccia. Crossed polars. West of Shiroppla Pass, Hishi-machi, Kiryu City. Sample number: IT16051603.
 (E) Thin section photomicrograph of striped chert. Crossed polars. Kurosawa-nishikawa River, Hikoma-cho, Sano City. Sample number: IT18101404.
 (F) Thin section photomicrograph of stylolitic streak of striped chert. Crossed polars. Kurosawa-nishikawa River, Hikoma-cho, Sano City. Sample number: IT18101404. Reprinted from fig. 7E1 of Ito (2020b).



図版4 黒保根-桐生コンプレックスの非級化型珪質泥岩.

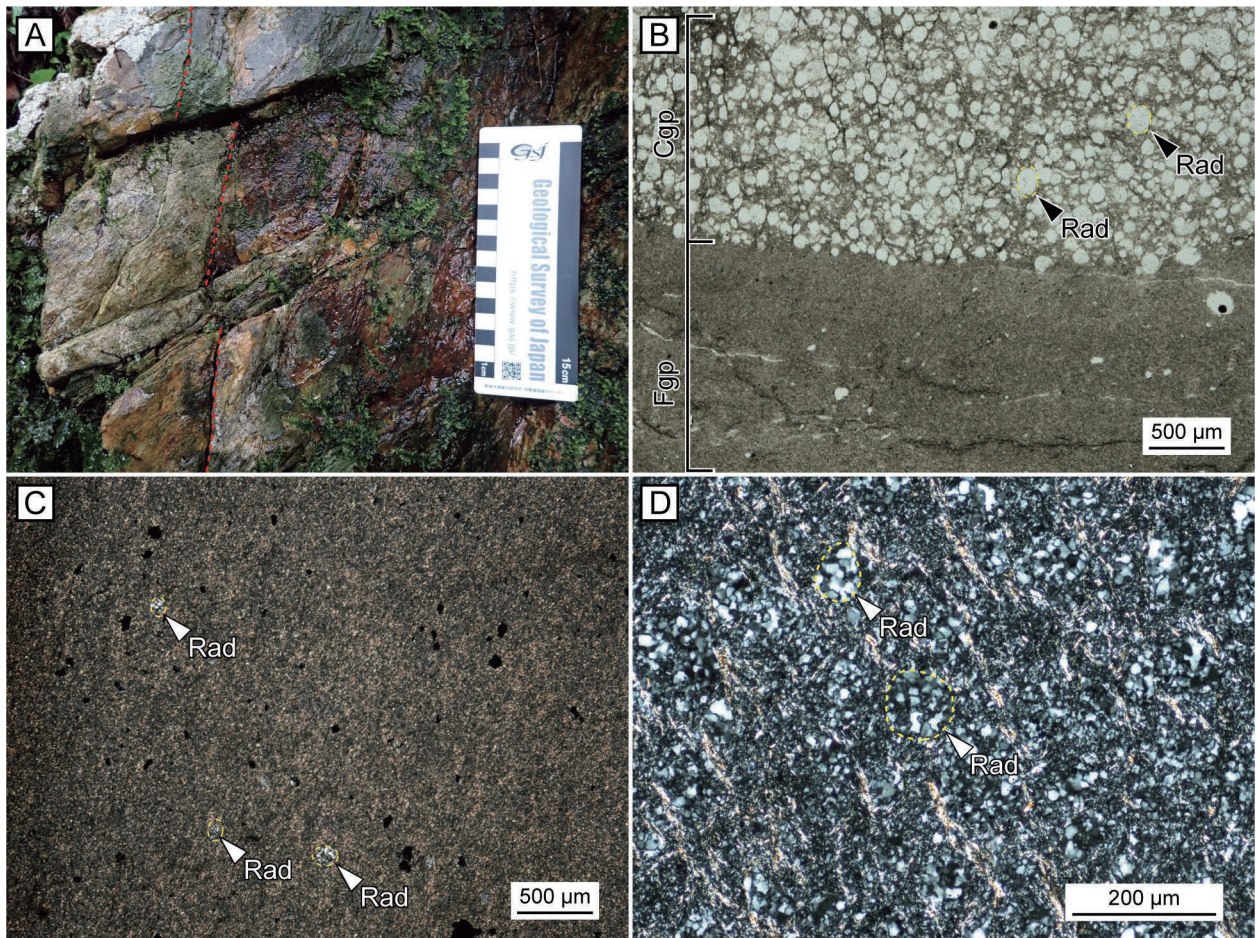
(A) 成層構造を呈する非級化型珪質泥岩. 足利市松田町林道. 赤線は節理を示す.

(B) 放射虫を含む非級化型珪質泥岩の薄片写真. B1: クロスニコル; B2: オープンニコル. 桐生市梅田町, 忍山川沿い. 周辺からジュラ紀放射虫が産する. 試料番号: IT16051505. Rad: 放射虫.

Plate 4 Non-grading type siliceous mudstone of the Kurohone-Kiryu Complex.

(A) Weakly-bedded non-grading type siliceous mudstone. Forest road, Matsuda-cho, Ashikaga City. Red lines indicate joints.

(B) Thin section photomicrograph non-grading type siliceous mudstone including radiolarians. B1: Crossed polars; B2: Open polars. Oshiyama River, Umeda-cho, Kiryu City. Sample number: IT16051505. Rad: radiolarian.



図版5 黒保根-桐生コンプレックスの級化型珪質泥岩。Rad：放散虫。

(A) 成層構造を呈する級化型珪質泥岩。佐野市飛駒町万山。赤線は節理を示す。

(B) 級化型珪質泥岩中の粗粒部と細粒部の境界の薄片写真。オープンニコル。佐野市飛駒町万山。試料番号：IT19021701。Cgp：粗粒部；Fgp：細粒部。

(C) 細粒部の薄片写真。クロスニコル。佐野市飛駒町万山。試料番号：IT19021701。

(D) 放散虫とみられる球状体を多く含む粗粒部の薄片写真。クロスニコル。佐野市飛駒町万山。試料番号：IT19021701。

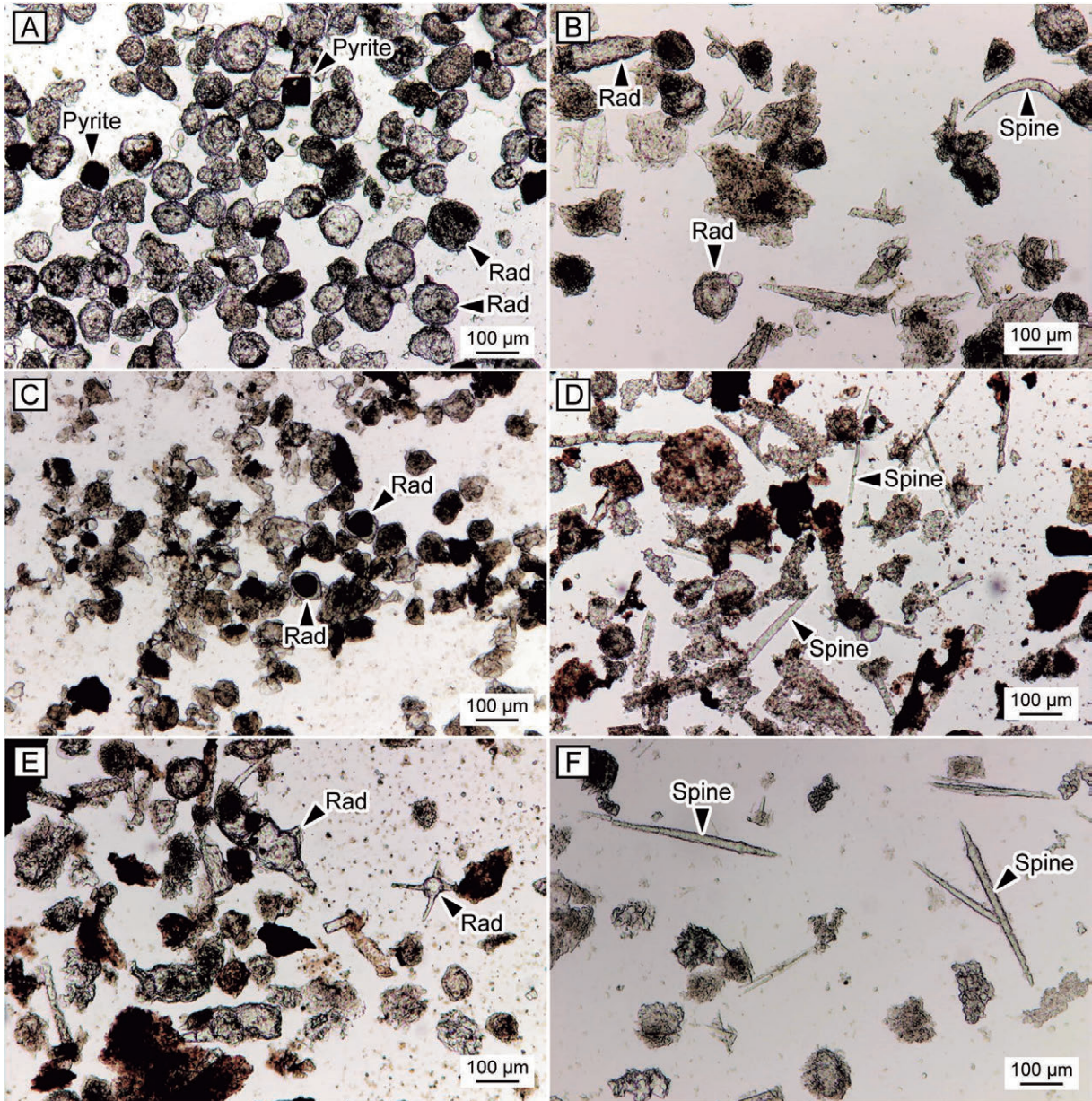
Plate 5 Grading type siliceous mudstone of the Kurohone-Kiryu Complex. Rad: radiolarian.

(A) Bedded grading type siliceous mudstone. Hikoma-cho Ban-yama, Sano City. Red lines indicate joints.

(B) Thin section photomicrograph of boundary between fine- and coarse-grained parts. Open polars. Hikoma-cho Ban-yama, Sano City. Sample number: IT19021701. Cgp: coarse-grained part; Fgp: fine-grained part.

(C) Thin section photomicrograph of fine-grained part. Crossed polars. Hikoma-cho Ban-yama, Sano City. Sample number: IT19021701.

(D) Thin section photomicrograph of coarse-grained part including spheres that are possibly radiolarians. Crossed polars. Hikoma-cho Ban-yama, Sano City. Sample number: IT19021701.

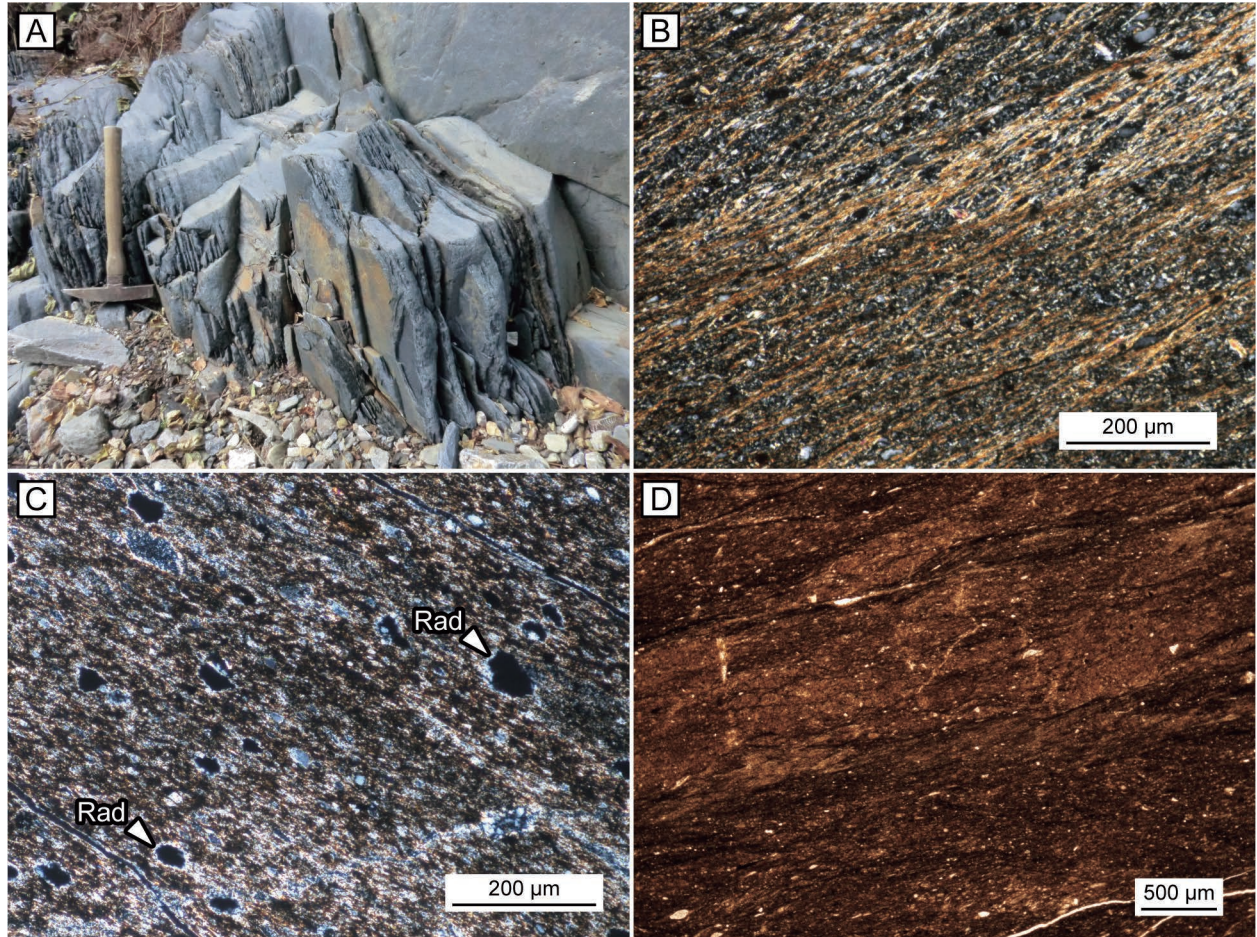


図版6 黒保根-桐生コンプレックス、葛生コンプレックス及び行道山コンプレックスの岩石から得られた残渣を含むプレパラートの顕微鏡写真(透過型顕微鏡により撮影)。Rad: 放射虫。

- (A) 黒保根-桐生コンプレックスのジュラ紀放射虫を含む級化型珪質泥岩。佐野市飛駒町万山。試料番号: IT19021701。
 (B) 葛生コンプレックスの三疊紀放射虫を含むチャート。足利市江川町。試料番号: IT18110702。
 (C) 葛生コンプレックスの中期ジュラ紀放射虫を含む珪質泥岩。足利市大岩町, 大岩月谷線。試料番号: IT16071001。
 (D, E) 行道山コンプレックスのペルム紀放射虫を含むチャート。太田市吉沢町。試料番号: IT16071005。
 (F) 行道山コンプレックスの三疊紀放射虫を含むチャート。桐生市広沢町。明盛宏産構内。試料番号: IT16071403。

Plate 6 Photomicrograph of prepared slide containing residues (taken with transmitted light microscope) obtained from rocks the Kurohone-Kiryu, Kuzu and Gyodosan complexes. Rad: radiolarian.

- (A) Grading type siliceous mudstone of the Kurohone-Kiryu Complex yielding Jurassic radiolarians. Hikoma-cho Ban-yama, Sano City. Sample number: IT19021701.
 (B) Chert of the Kuzu Complex yielding Triassic radiolarians. Egawa-cho, Ashikaga City. Sample number: IT18110702.
 (C) Siliceous mudstone of the Kuzu Complex yielding Middle Jurassic radiolarians. Oiwa-cho, Ashikaga City. Sample number: IT16071001.
 (D, E) Chert of the Gyodosan Complex yielding Permian radiolarians. Yoshizawa-cho, Ota City. Sample number: IT16071005.
 (F) Chert of the Gyodosan Complex yielding Triassic radiolarians. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Hirosawa-cho, Kiryu City. Sample number: IT16071403.



図版7 黒保根-桐生コンプレックスの泥岩.

(A) 劈開が発達した泥岩. 足利市松田町, 林道.

(B) 泥岩中の劈開の薄片写真. クロスニコル. 足利市松田町, 藤坂峠東方. 試料番号: IT16051601.

(C) 放散虫を含む泥岩の薄片写真. クロスニコル. 桐生市宮本町. 試料番号: IT18111001. Rad: 放散虫.

(D) 泥岩の薄片写真. オープンニコル. 桐生市菱町. 試料番号: IT19021604.

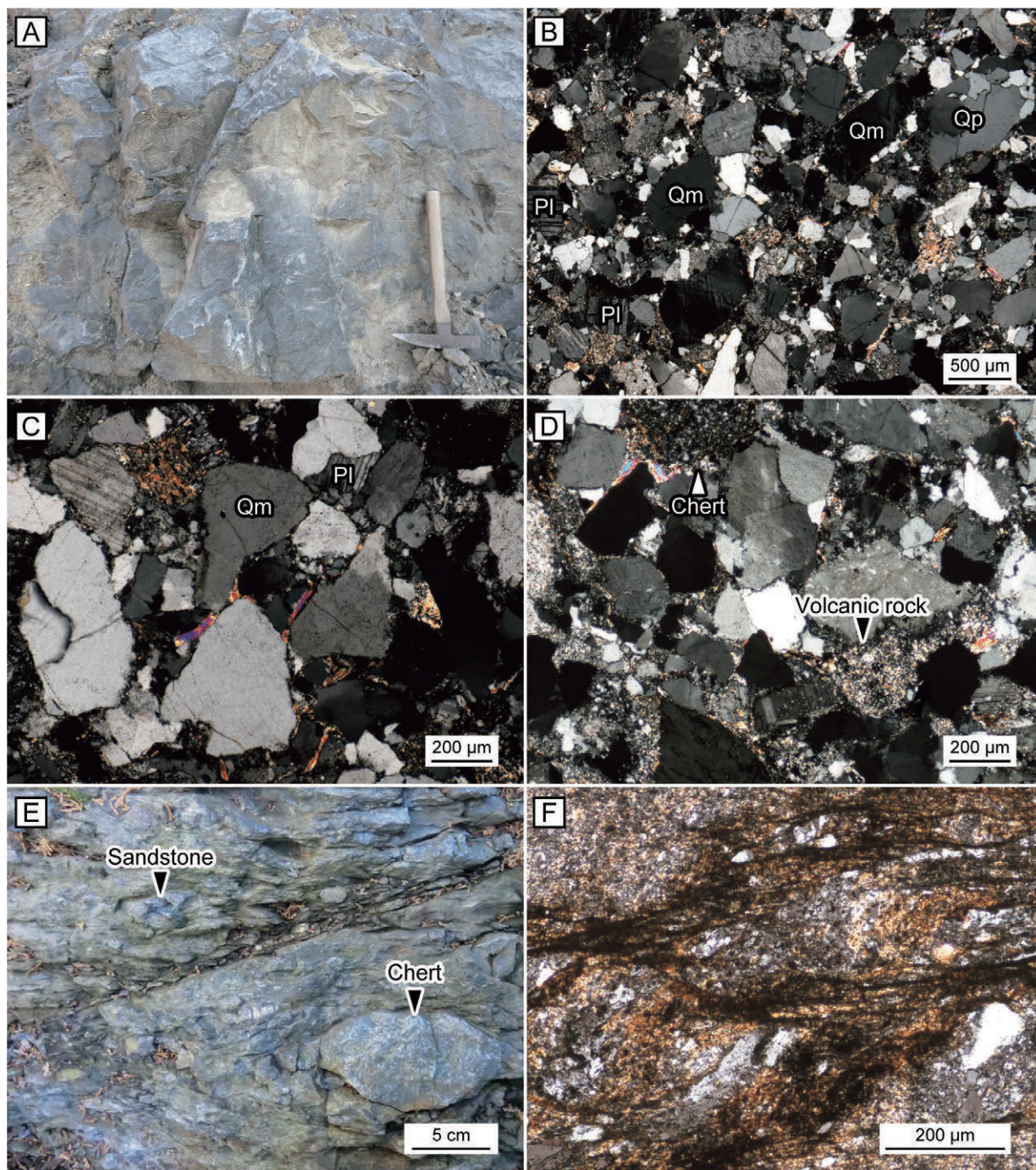
Plate 7 Mudstone of the Kiryu Complex.

(A) Mudstone that cleavage develops. Forest road, Matsuda-cho, Ashikaga City.

(B) Thin section photomicrograph of cleavage of mudstone. Crossed polars. East of Fujisaka Pass, Matsuda-cho, Ashikaga City. Sample number: IT16051601.

(C) Thin section photomicrograph of mudstone including radiolarians. Crossed Miyamoto-cho, Kiryu City. Sample number: IT18111001. Rad: radiolarian.

(D) Thin section photomicrograph of mudstone. Open polars. Hishi-machi, Kiryu City. Sample number: IT19021604.



図版8 黒保根-桐生コンプレックスの砂岩及び泥質混在岩。

(A) 塊状砂岩。足利市小俣町イムズ鉱業構内。

(B-D) 石質アレナイトの薄片写真。クロスニコル。桐生市梅田町^{とづらうり}閉庵里。試料番号:IT18051604。Qm:単結晶石英;
Qp:多結晶石英;Pl:斜長石。

(E) チャート及び砂岩の岩塊を含む泥質混在岩。桐生市菱町。

(F) 泥質混在岩の薄片写真。クロスニコル。佐野市閑馬町, 閑馬川。試料番号: IT18082502。

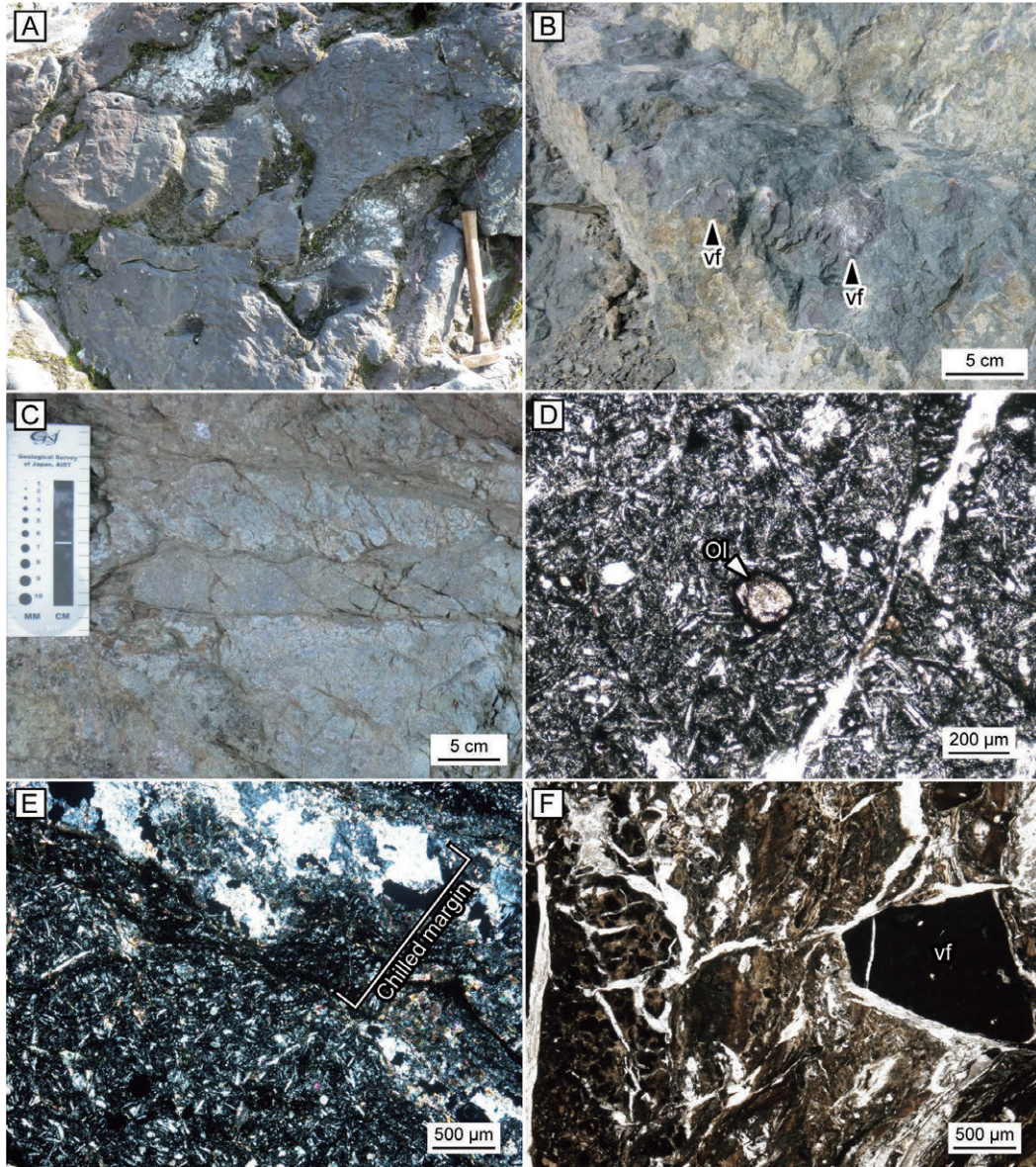
Plate 8 Sandstone and pelitic mixed rock of the Kurohone-Kiryu Complex.

(A) Massive sandstone. Property of Izumu Mining Co. Ltd., Omata-cho, Ashikaga City.

(B-D) Thin section photomicrograph of lithic arenite. Crossed polars. Tozurori, Umeda-cho, Kiryu City. Sample number:
IT18051604. Qm: monocrystalline quartz; Qp: polycrystalline quartz; Pl: plagioclase.

(E) Pelitic mixed rock including blocks of chert and sandstone. Hishi-machi, Kiryu City.

(F) Thin section photomicrograph of pelitic mixed rock. Crossed polars. Kanma River, Kanma-cho, Sano City. Sample
number: IT18082502.

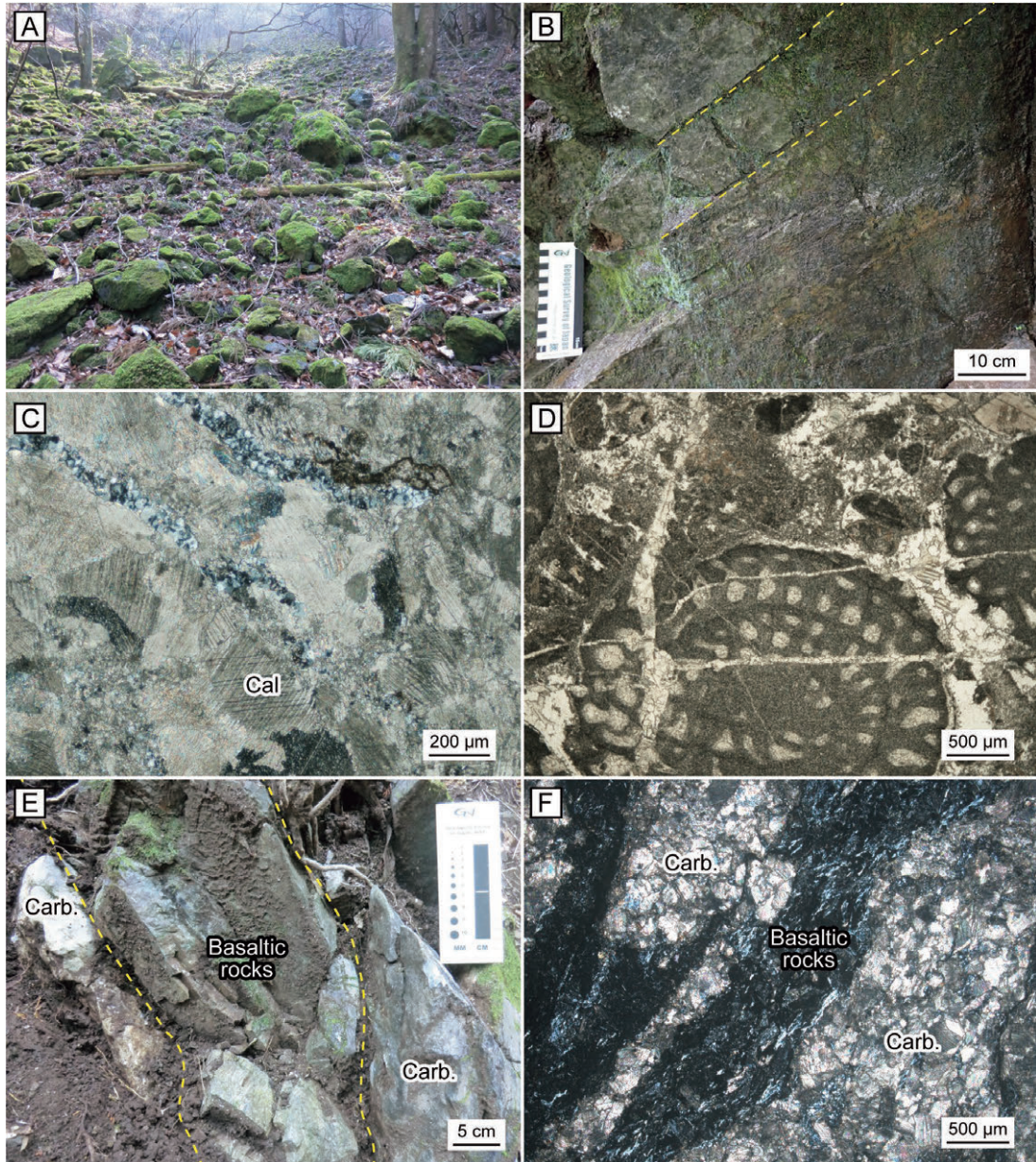


図版9 大間々コンプレックスの玄武岩類。

- (A) 玄武岩枕状溶岩。桐生市黒保根町八木原，渡良瀬川沿い。
 (B) 玄武岩自破碎溶岩。みどり市大間々町小平，キンケン石産鉱内。vf：火山岩岩片。
 (C) 剪断変形を被る玄武岩。みどり市大間々町小平，小平川沿い。
 (D) 玄武岩溶岩中のかんらん石微斑晶の薄片写真。クロスニコル。桐生市黒保根町八木原，渡良瀬川沿い。試料番号：IT19103003。Ol：カンラン石。
 (E) 玄武岩枕状溶岩にみられる急冷周縁部の薄片写真。クロスニコル。桐生市黒保根町八木原，渡良瀬川沿い。試料番号：IT19103003。
 (F) 玄武岩自破碎溶岩中の角礫岩片の薄片写真。オープンニコル。みどり市大間々町小平，キンケン石産鉱内。試料番号：IT19120601。vf：火山岩岩片。

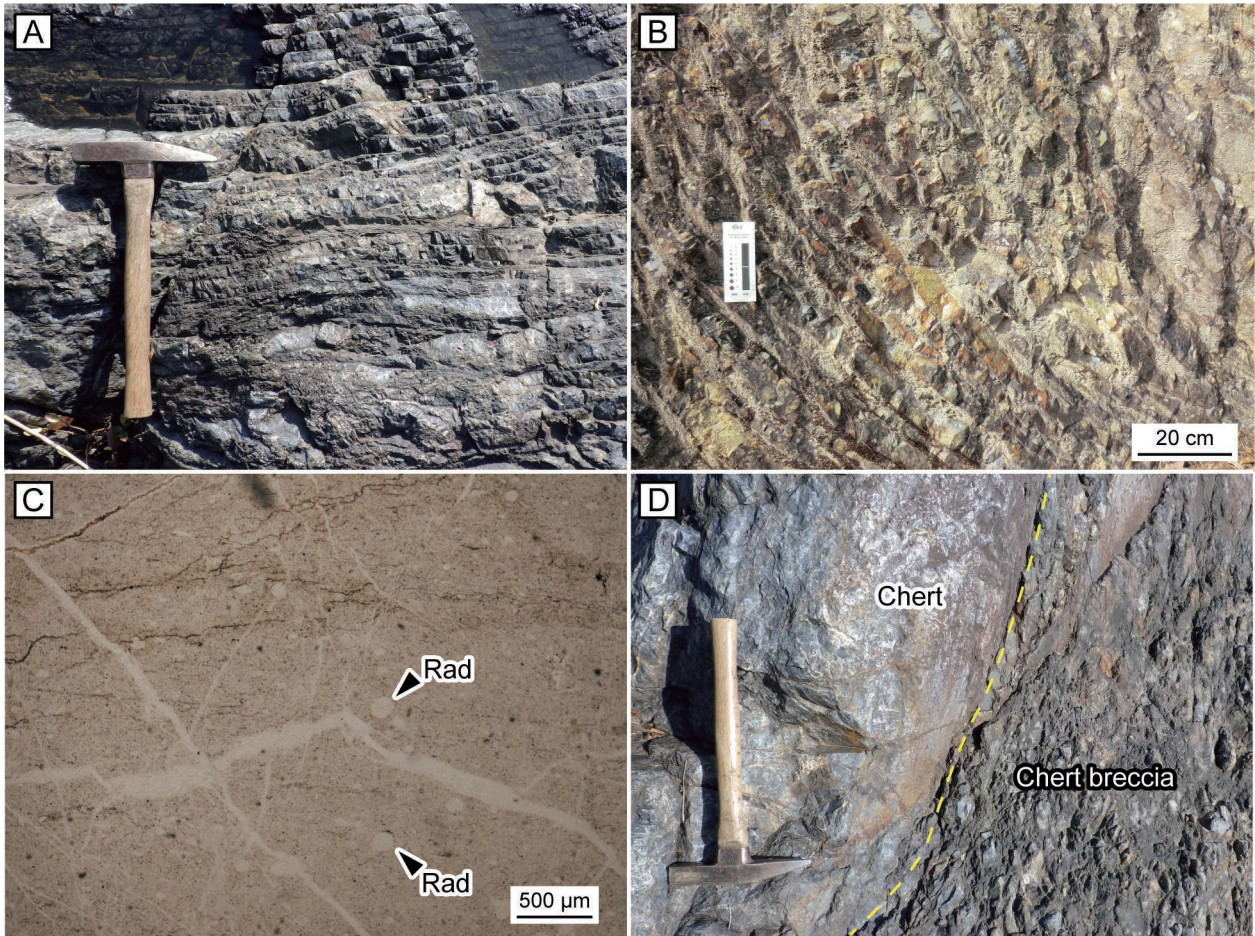
Plate 9 Basaltic rocks of the Omama Complex.

- (A) Basaltic pillow lava. Watarase River, Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City.
 (B) Basaltic autobrecciated lava. Property of Kinken Sekisan Co. Ltd., Omama-machi Odaira, Midori City. vf: volcanic fragment.
 (C) Sheared basalt. Odaira River, Omama-machi Odaira, Midori City.
 (D) Thin section photomicrograph of olivine microphenocryst within basaltic lava. Open polars. Watarase River, Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City. Sample number: IT19103003. Ol: olivine.
 (E) Thin section photomicrograph of chilled margin of basaltic pillow lava. Crossed polars. Watarase River, Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City. Sample number: IT19103003.
 (F) Thin section photomicrograph of breccia fragment within basaltic autobrecciated lava. Open polars. Property of Kinken Sekisan Co. Ltd., Omama- machi Odaira, Midori City. Sample number: IT19120601. vf: volcanic fragment.



図版 10 大間々コンプレックスの炭酸塩岩類。
 (A) 炭酸塩岩類の転石。黒保根町八木原。
 (B) 層状炭酸塩岩類。みどり市大間々町塩沢。黄点線は層理面を示す。
 (C) 結晶質石灰岩の薄片写真。クロスニコル。みどり市大間々町塩沢。試料番号：IT17122001。Cal：方解石。
 (D) フズリナ石灰岩の薄片写真。オープンニコル。桐生市黒保根町八木原。試料番号：IT20021701。
 (E) 炭酸塩岩類に挟まれる玄武岩類。桐生市川内町大崩，林道沿い。Carb.：炭酸塩岩類。
 (F) 炭酸塩岩類に挟まれる玄武岩類の薄片写真。クロスニコル。桐生市川内町大崩，林道沿い。試料番号：IT16051406。

Plate 10 Carbonate rocks of the Omama Complex.
 (A) Float blocks of carbonate rocks. Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City.
 (B) Bedded carbonate rocks. Odaira Limestone Cave, Omama-machi Shiozawa, Midori City. Yellow dotted lines indicate bedding planes.
 (C) Thin section photomicrograph of crystalline limestone. Crossed polars. Omama-machi Shiozawa, Midori City. Sample number: IT17122001. Cal: calcite.
 (D) Thin section photomicrograph of fusulinid limestone. Open polars. Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City. Sample number: IT20021701.
 (E) Basaltic rocks interbedded by carbonate rocks. Forest road, Kawauchi-cho Okuzure, Kiryu City. Carb.: carbonate rocks.
 (F) Thin section photomicrograph of basaltic rocks interbedded by carbonate rocks. Crossed polars. Forest road, Kawauchi-cho Okuzure, Kiryu City. Sample number: IT16051406.



図版 11 大間々コンプレックスのチャート。

(A) 層状チャート。桐生市黒保根町八木原，渡良瀬川沿い。

(B) 破断したチャート。みどり市大間々町浅原。

(C) 放散虫を含むチャートの薄片写真。クロスニコル。みどり市大間々町桐原。試料番号：IT16051401。

Rad：放散虫。

(D) 層状チャートとチャート角礫岩。桐生市黒保根町八木原，渡良瀬川沿い。

Plate 11 Chert of the Omama Complex.

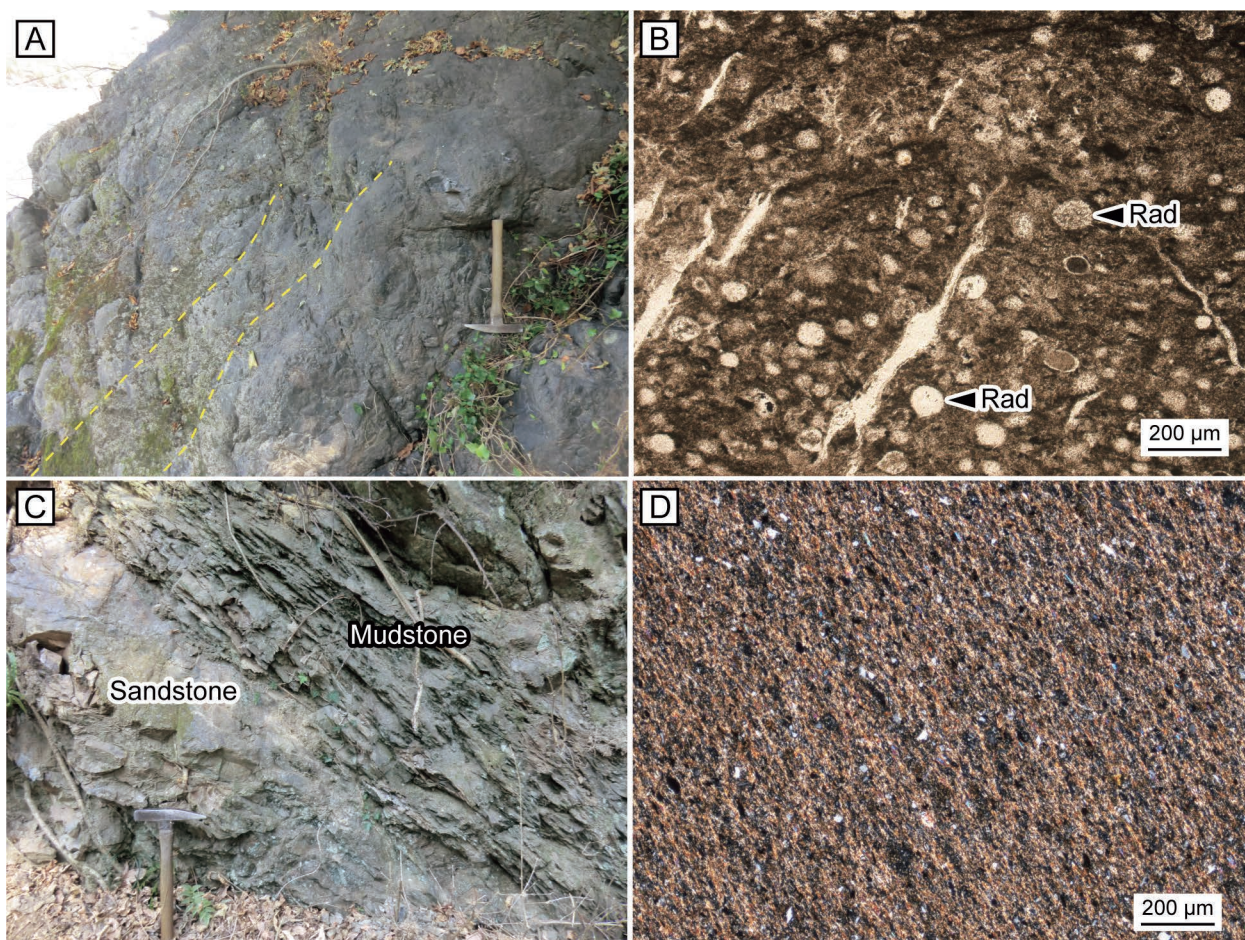
(A) Bedded chert. Watarase River, Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City.

(B) Broken chert. Omama-machi Asahara, Midori City.

(C) Thin section photomicrograph of chert including radiolarians. Crossed polars. Omama-machi Kirihara, Midori City.

Sample number: IT16051401. Rad: radiolarian.

(D) Bedded chert and chert breccia. Watarase River, Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City.



図版 12 大間々コンプレックスの珪質泥岩及び泥岩.

(A) 弱い成層構造を呈する珪質泥岩. みどり市大間々町塩原, 貴船橋. 黄破線は層理面を示す.

(B) 放射虫を多く含む珪質泥岩の薄片写真. オープンニコル. みどり市大間々町塩原, 貴船橋. 試料番号: IT19102801. Rad: 放射虫.

(C) レンズ状砂岩を含む泥岩. 桐生市川内町大崩, 林道沿い.

(D) 泥岩の薄片写真. クロスニコル. みどり市大間々町塩沢. 試料番号: IT18101204.

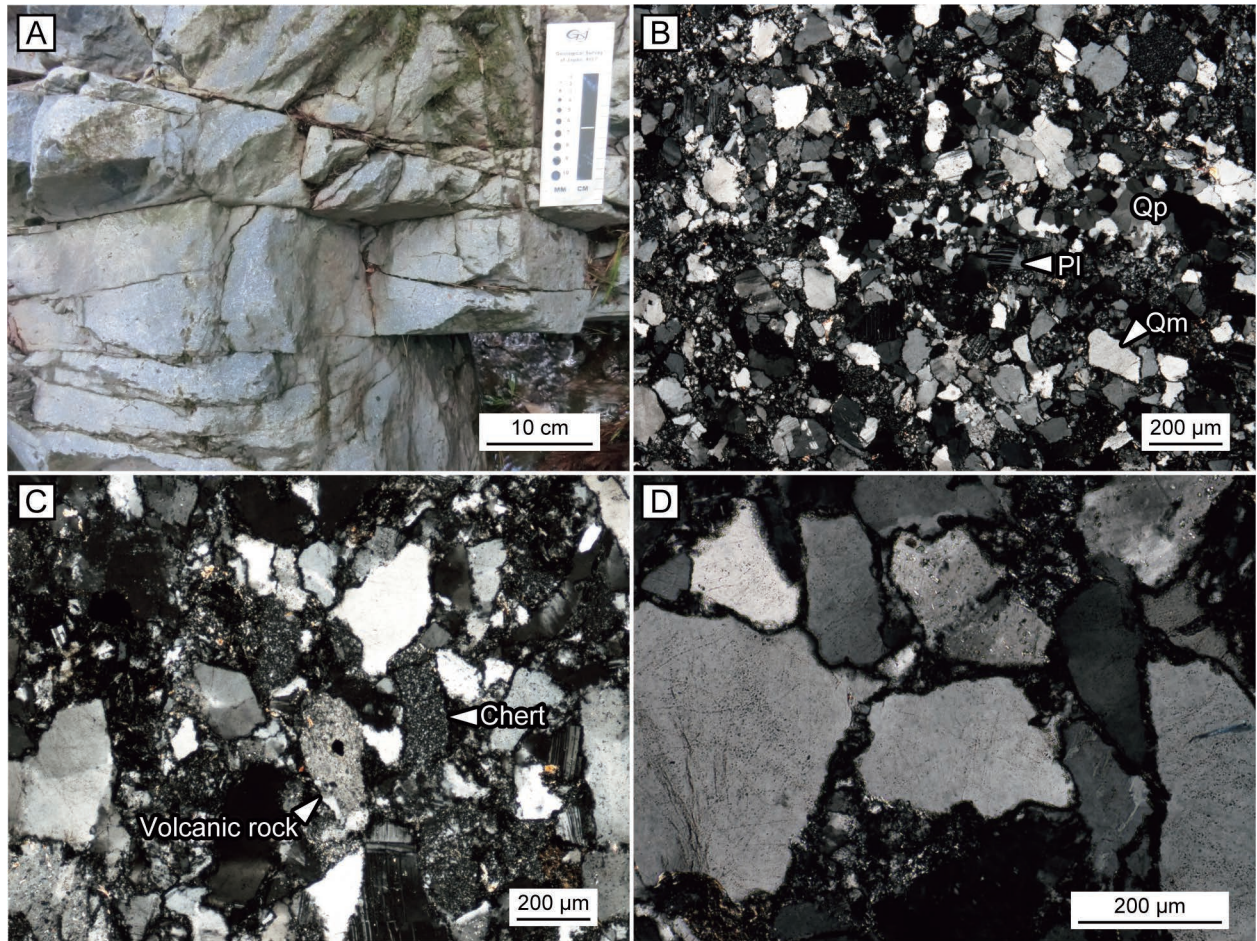
Plate 12 Siliceous mudstone and mudstone of the Omama Complex.

(A) Weakly-bedded siliceous mudstone. Kifune Bridge, Omama-machi Shiobara, Midori City. Yellow broken lines indicate bedding planes.

(B) Thin section photomicrograph of siliceous mudstone including abundant radiolarians. Open polars. Kifune Bridge, Omama-machi Shiobara, Midori City. Sample number: IT19102801. Rad: radiolarian.

(C) Mudstone including lenticular sandstone. Forest road, Kawauchi-cho Okuzure, Kiryu City.

(D) Thin section photomicrograph of mudstone. Crossed polars. Omama-machi Shiozawa, Midori City. Sample number: IT18101204.



図版13 大間々コンプレックスの砂岩.

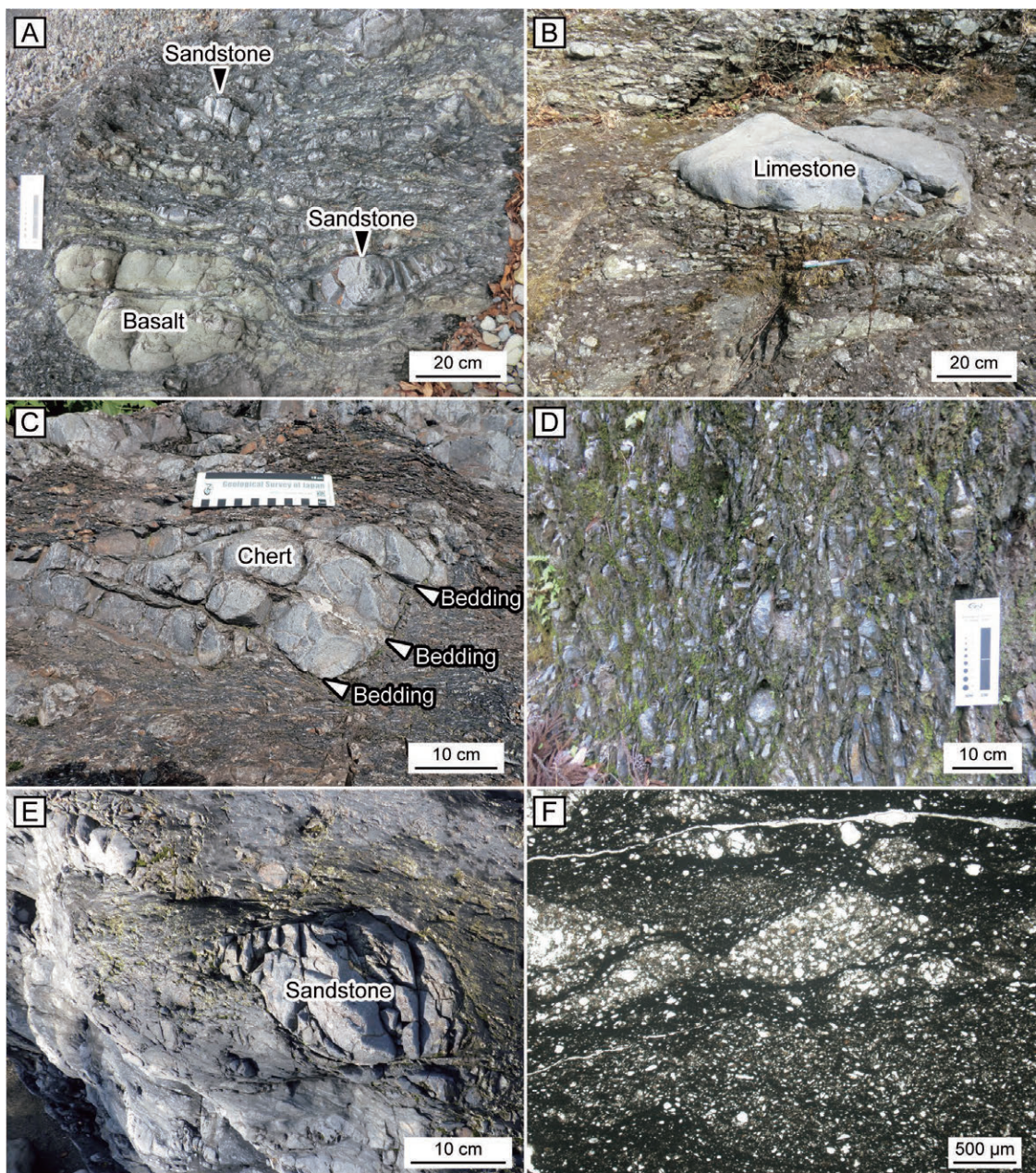
(A) 節理が発達する塊状砂岩. 桐生市川内町柳原.

(B-D) 石質アレナイトの薄片写真. クロスニコル. 桐生市川内町柳原. 試料番号: IT18052102. Qm: 単結晶石英;
Qp: 多結晶石英; Pl: 斜長石.

Plate 13 Sandstone of the Omama Complex.

(A) Massive sandstone that joint develops. Kawauchi-cho Yanahara, Kiryu City.

(B-D) Thin section photomicrograph of lithic arenite. Crossed polars. Kawauchi-cho Yanahara, Kiryu City. Sample number:
IT18052102. Qm: monocrystalline quartz; Qp: polycrystalline quartz; Pl: plagioclase.

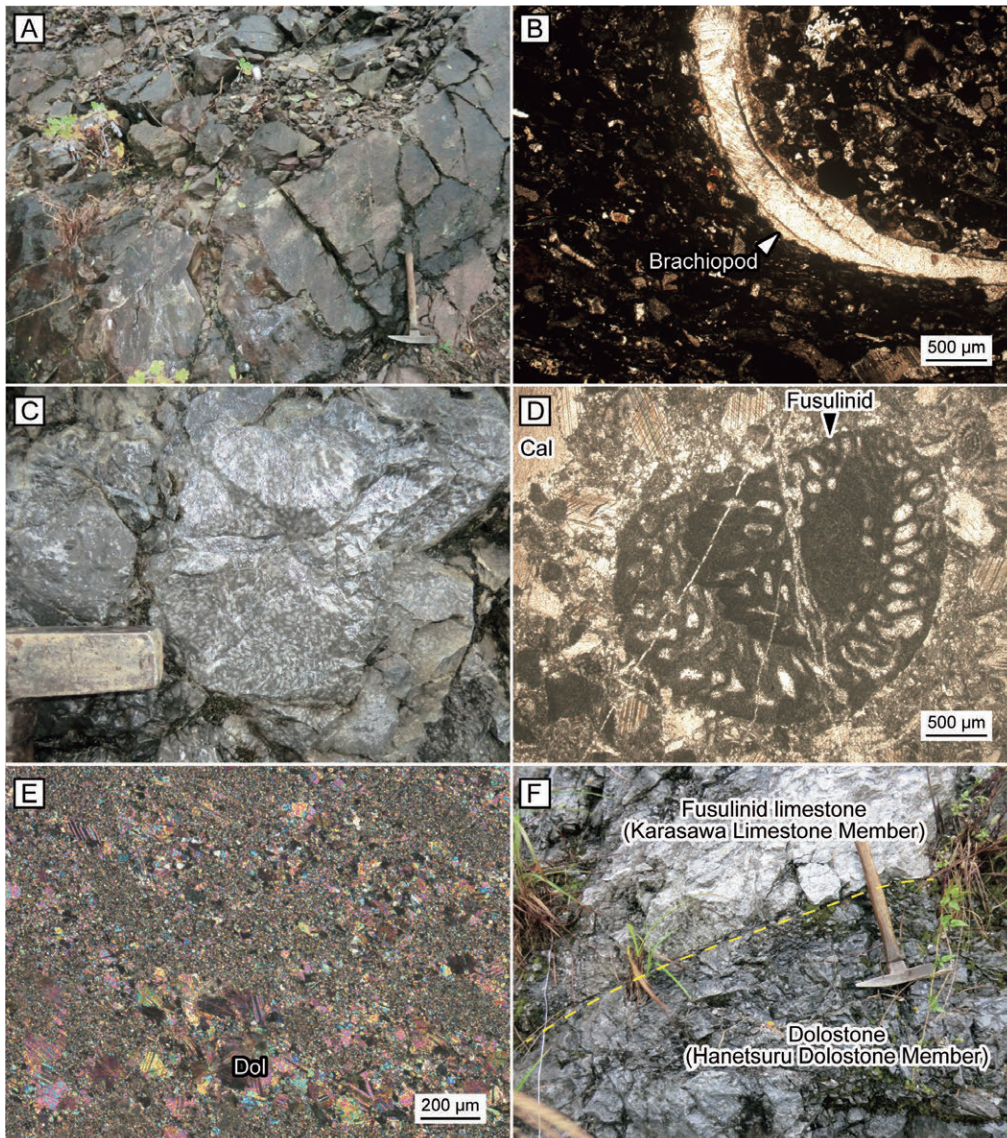


図版 14 大間々コンプレックスの泥質混在岩。

- (A) レンズ状～不定形状玄武岩類岩塊を含む泥質混在岩。みどり市大間々町高津戸，高津戸峡。猪子峠南の林道沿い。
 (B) レンズ状石灰岩塊を含む泥質混在岩。みどり市大間々町高津戸，高津戸峡。
 (C) レンズ状チャート岩塊を含む泥質混在岩。みどり市大間々町高津戸，高津戸峡。
 (D) 破断されたチャート岩塊と泥岩基質。桐生市川内町大崩，林道沿い。
 (E) 左右非対称のレンズ状砂岩岩塊を含む泥質混在岩。桐生市黒保根町八木原，渡良瀬川沿い。
 (F) レンズ状の砂岩岩塊を含む泥質混在岩の薄片写真。クロスニコル。桐生市黒保根町八木原，渡良瀬川沿い。
 試料番号：IT19103002。

Plate 14 Pelitic mixed rock of the Omama Complex.

- (A) Pelitic mixed rock including lenticular to unshaped basalt blocks. Takatsudo Gorge, Omama-machi Takatsudo, Midori City.
 (B) Pelitic mixed rock including a lenticular limestone block. Takatsudo Gorge, Omama-machi Takatsudo, Midori City.
 (C) Pelitic mixed rock including lenticular chert blocks. Takatsudo Gorge, Omama-machi Takatsudo, Midori City.
 (D) Broken chert blocks and pelitic matrix. Forest road, Kawauchi-cho Okuzure, Kiryu City.
 (E) Pelitic mixed rock including lenticular sandstone block. Watarase River, Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City.
 (F) Thin section photomicrograph of pelitic mixed rock including lenticular sandstone blocks. Crossed polars. Watarase River, Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City. Sample number: IT19103002.

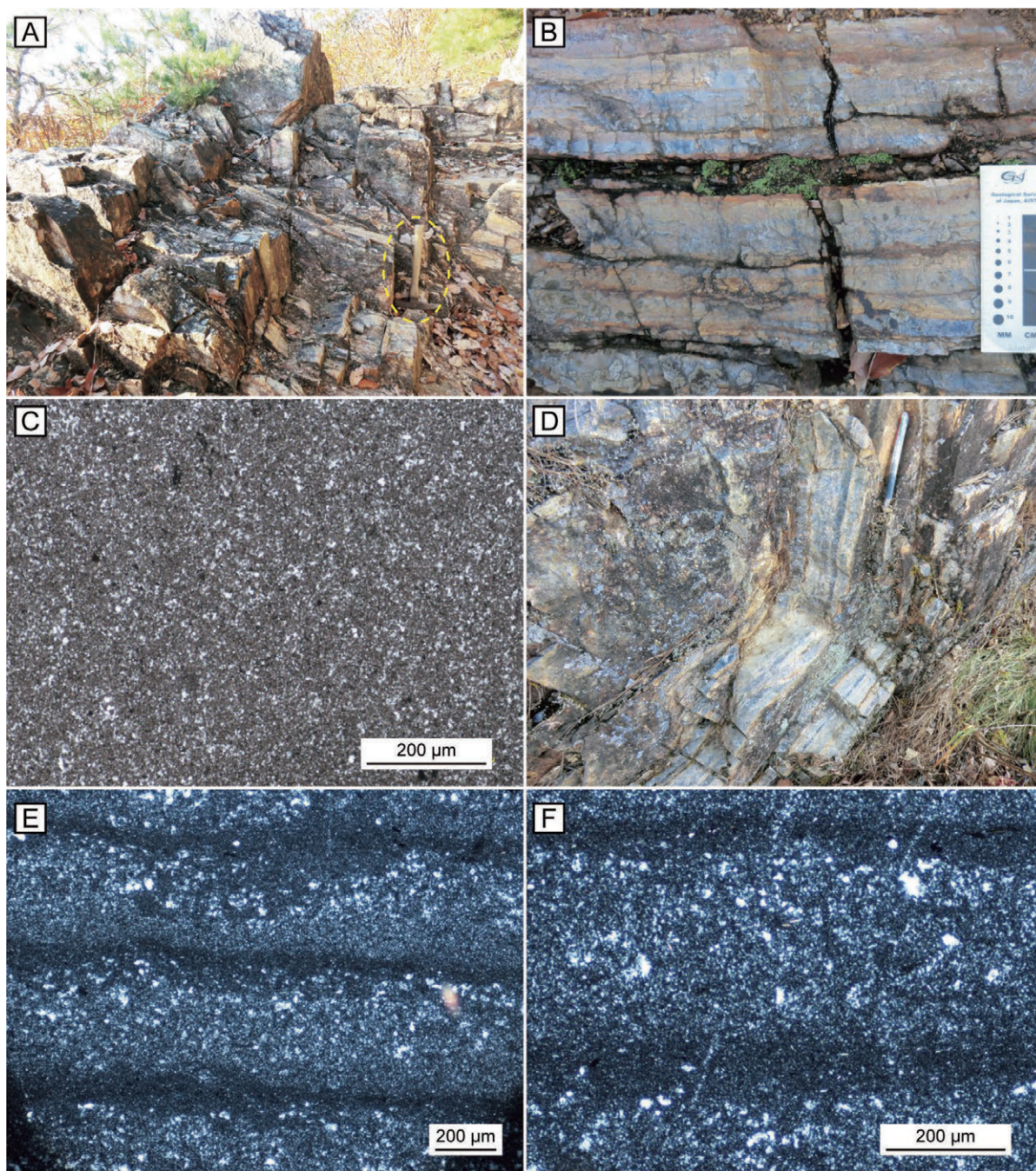


図版 15 葛生コンプレックスの玄武岩類及び炭酸塩岩類。

- (A) 玄武岩火山碎屑岩。佐野市会沢町，吉澤石灰工業構内。
 (B) 腕足類を含む玄武岩火山碎屑岩中の薄片写真，クロスニコル。佐野市会沢町，吉澤石灰工業構内。試料番号：IT19102503。
 (C) 山菅石灰岩部層のフズリナ石灰岩。佐野市会沢町，吉澤石灰工業構内。
 (D) 山菅石灰岩部層のフズリナ石灰岩の薄片写真，クロスニコル。佐野市会沢町，吉澤石灰工業構内。試料番号：IT19102501。Cal：方解石。
 (E) 羽鶴苦灰岩部層のドロマイトを主体とするドロストーンの薄片写真，クロスニコル。佐野市会沢町，吉澤石灰工業構内。試料番号：IT19102502。Dol：ドロマイト。
 (F) 羽鶴苦灰岩部層のドロストーンと唐沢石灰岩部層のフズリナ石灰岩との境界。佐野市会沢町，吉澤石灰工業構内。

Plate 15 Basaltic rocks and carbonate rocks of the Kuzu Complex.

- (A) Basaltic volcaniclastic rock. Property of Yoshizawa Lime Industry Co., Ltd., Aisawa-cho, Sano City.
 (B) Thin section photomicrograph of basaltic pyroclastic rock including brachiopod clast. Crossed polars. Property of Yoshizawa Lime Industry Co., Ltd., Aisawa-cho, Sano City. Sample number: IT19102503.
 (C) Fusulinid limestone of the Yamasuge Limestone Member. Property of Yoshizawa Lime Industry Co., Ltd., Aisawa-cho, Sano City.
 (D) Thin section photomicrograph of fusulinid limestone of the Yamasuge Limestone Member. Crossed polars. Property of Yoshizawa Lime Industry Co., Ltd., Aisawa-cho, Sano City. Sample number: IT19102501. Cal: calcite.
 (E) Thin section photomicrograph of dolostone composed mainly of dolomite of the Hanetsuru Dolostone Member. Crossed polars. Property of Yoshizawa Lime Industry Co., Ltd., Aisawa-cho, Sano City. Sample number: IT19102502. Dol: dolomite.
 (F) Boundary between dolostone of the Hanetsuru Dolostone Member and fusulinid limestone of the Karasawa Limestone Member. Property of Yoshizawa Lime Industry Co., Ltd., Aisawa-cho, Sano City.



図版 16 葛生コンプレックスのチャート.

(A) 層状チャート. 足利市大岩町, 登山道.

(B) ストライプチャート. 足利市大岩町, 登山道.

(C) 隠微晶質石英を主体とするチャートの薄片写真. オープンニコル. 佐野市閑馬町, 閑馬川. 試料番号: IT18082503.

(D) 側方へ連続するストライプチャート層. 足利市月谷町, 大岩月谷線.

(E, F) ストライプチャートの薄片写真. クロスニコル. 足利市月谷町, 大岩月谷線. 試料番号: IT16100101.

Plate 16 Chert of the Kuzu Complex.

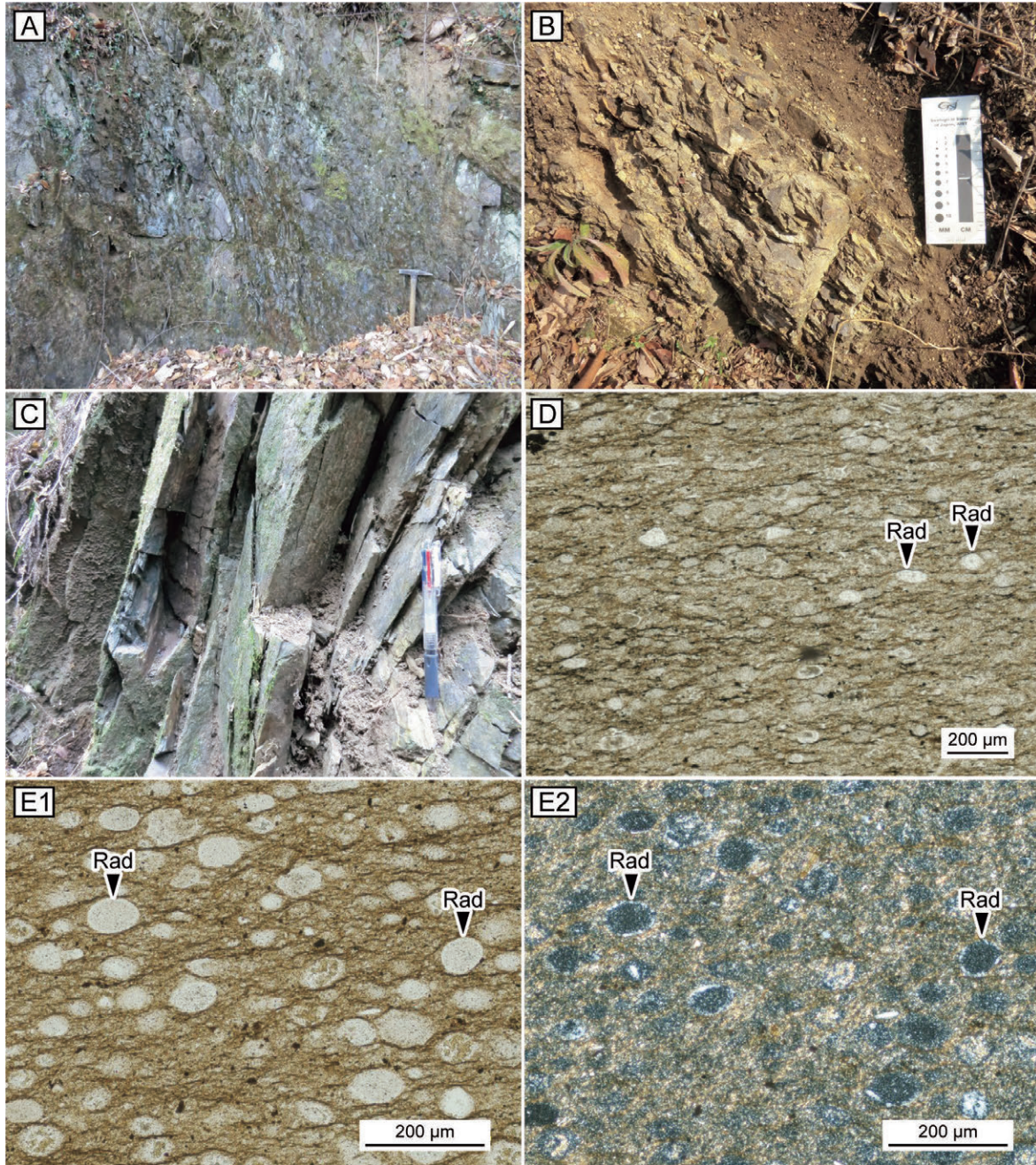
(A) Bedded chert. Climbing road, Oiwa-cho, Ashikaga City.

(B) Striped chert. Climbing road, Oiwa-cho, Ashikaga City.

(C) Thin section photomicrograph of chert composed mainly of cryptocrystalline quartz. Open polars. Kanma River, Kanma-cho, Sano City. Sample number: IT18082503.

(D) Laterally continuous striped chert beds. Road Oiwa-Tsukiya, Tsukiya-cho, Ashikaga City.

(E, F) Thin section photomicrograph of striped chert. Crossed polars. Road Oiwa-Tsukiya, Tsukiya-cho, Ashikaga City. Sample number: IT16100101.



図版17 葛生コンプレックスの珪質泥岩.

(A) 弱い成層構造を呈する珪質泥岩. 足利市月谷町, 大岩月谷線. 中期ジュラ紀放射虫が産出.

(B) 弱い成層構造を呈する珪質泥岩. 足利市大岩町, 大岩月谷線.

(C) 珪質泥岩中にみられる節理. 佐野市閑馬町, 閑馬川.

(D) 放射虫を含む珪質泥岩の薄片写真. オープンニコル. 佐野市閑馬町, 旗川支流. 試料番号: IT18021802. Rad: 放射虫.

(E) 放射虫を含む珪質泥岩の薄片写真. E1: オープンニコル; E2: クロスニコル. 足利市月谷町, 大岩月谷線. 試料番号: IT17122101. Rad: 放射虫. 中期ジュラ紀放射虫が産出.

Plate 17 Siliceous mudstone of the Kuzu Complex.

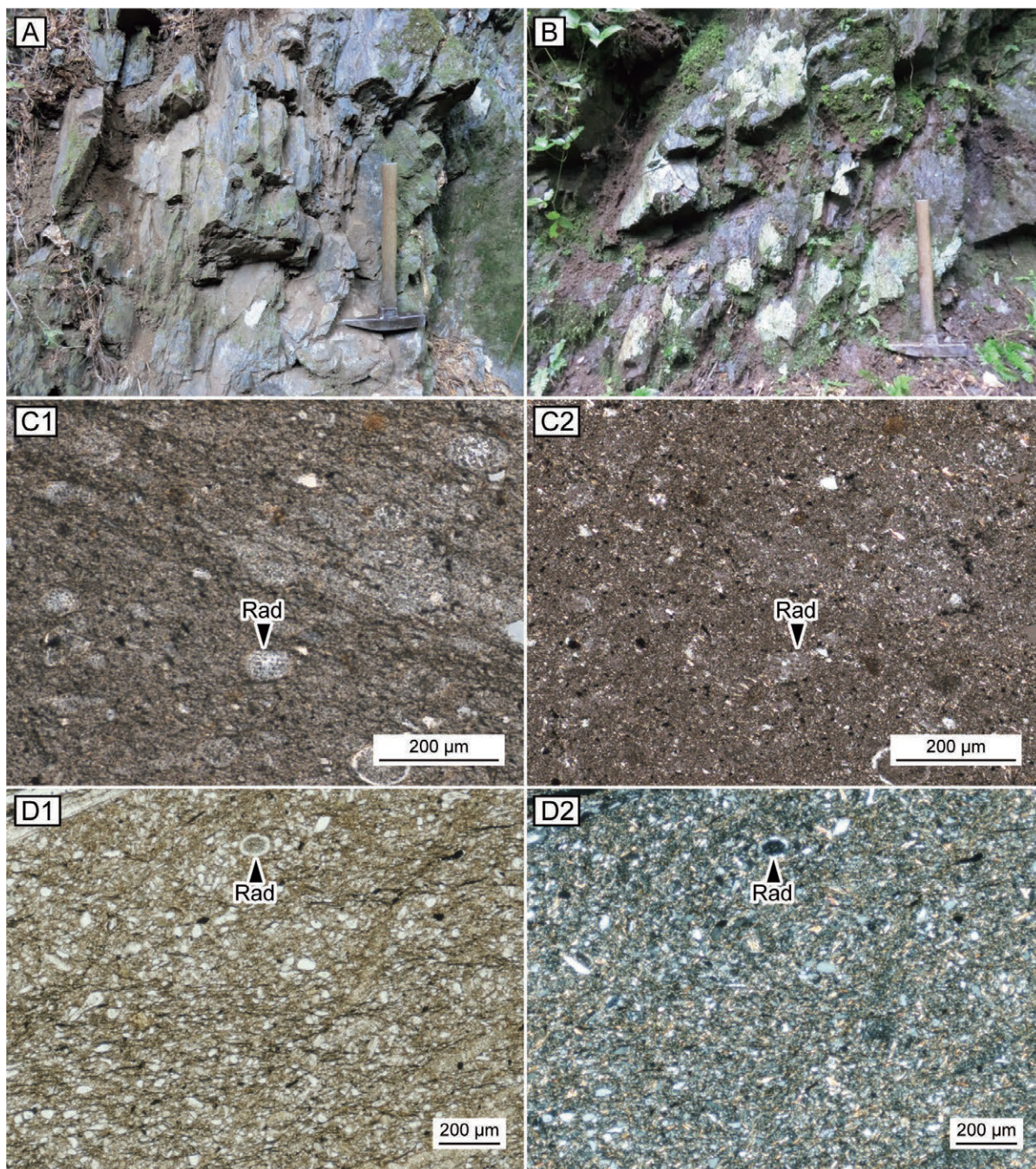
(A) Weakly-bedded siliceous mudstone. Road Oiwa-Tsukiya, Tsukiya-cho, Ashikaga City. Middle Jurassic radiolarians occurred.

(B) Weakly-bedded siliceous mudstone. Road Oiwa-Tsukiya, Oiwa-cho, Ashikaga City.

(C) Joint of siliceous mudstone. Kanma River, Kanma-cho, Sano City.

(D) Thin section photomicrograph of siliceous mudstone including radiolarians. Open polars. Tributary of the Hata River, Kanma-cho, Sano City. Sample number: IT18021802. Rad: radiolarian.

(E) Thin section photomicrograph of siliceous mudstone including radiolarians. E1: Open polars; E2: Crossed polars. Road Oiwa-Tsukiya, Tsukiya-cho, Ashikaga City. Sample number: IT17122101. Rad: radiolarian. Middle Jurassic radiolarians occurred.



図版 18 葛生コンプレックスの泥岩。

(A) 弱い成層構造を呈する泥岩。佐野市閑馬町，閑馬川。

(B) 弱い成層構造を呈する泥岩。佐野市閑馬町，旗川支流。

(C) 放射虫を含む泥岩の薄片写真。C1：オープンニコル；C2：クロスニコル。足利市松田町，松田大月線。試料番号：IT18082904。Rad：放射虫。

(D) 放射虫を含む泥岩の薄片写真。D1：オープンニコル；D2：クロスニコル。佐野市閑馬町，旗川支流。試料番号：IT18021801。Rad：放射虫。

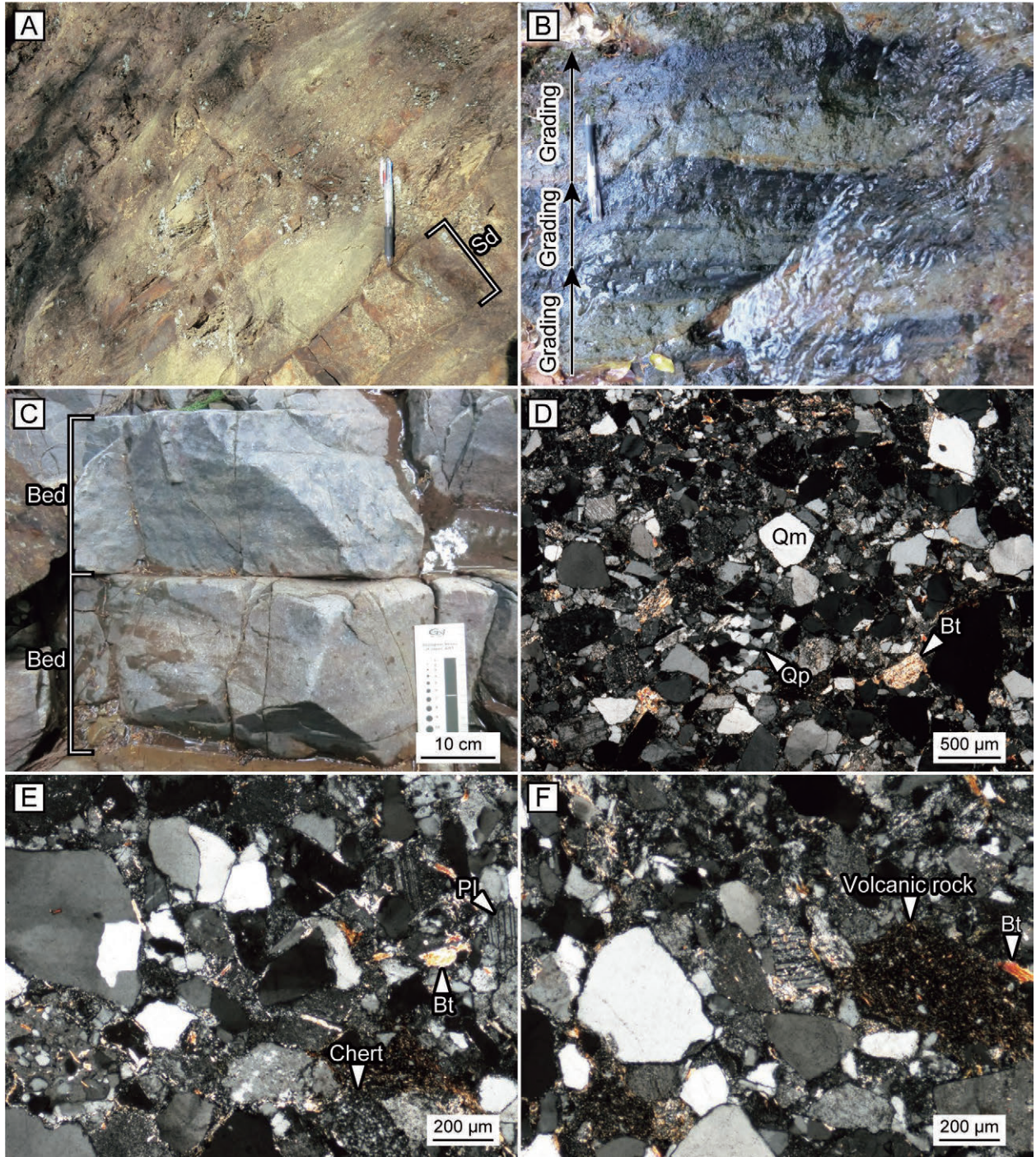
Plate 18 Mudstone of the Kuzu Complex.

(A) Weakly-bedded mudstone. Kanma River, Kanma-cho, Sano City.

(B) Weakly-bedded mudstone. Tributary of the Hata River, Kanma-cho, Sano City.

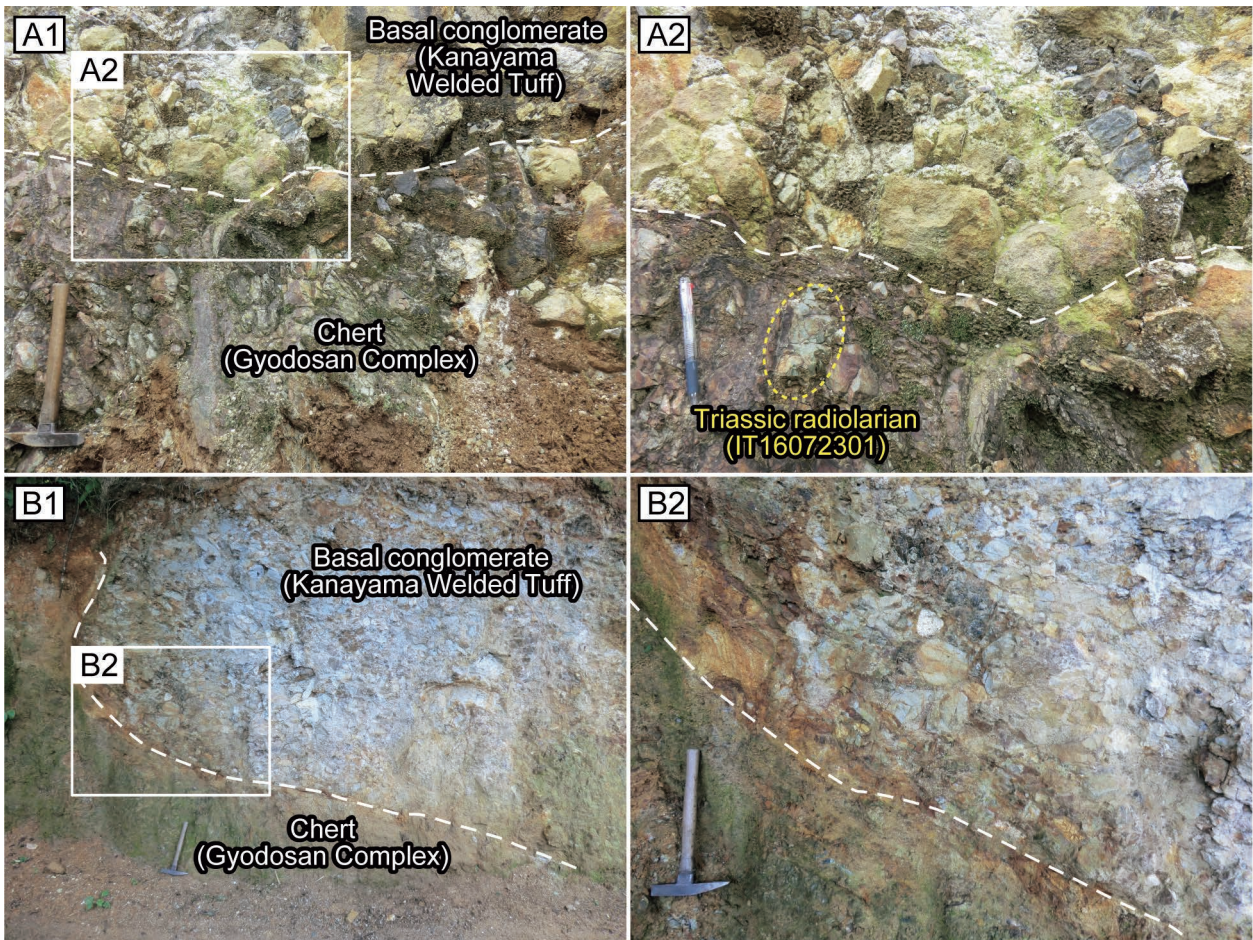
(C) Thin section photomicrograph of mudstone including radiolarians. C1: Open polars; C2: Crossed polars. Road Matsuda-Otsuki, Matsuda-cho, Ashikaga City. Sample number: IT18082904. Rad: radiolarian.

(D) Thin section photomicrograph of mudstone including radiolarians. D1: Open polars; D2: Crossed polars. Tributary of the Hata River, Kanma-cho, Sano City. Sample number: IT18021801. Rad: radiolarian.



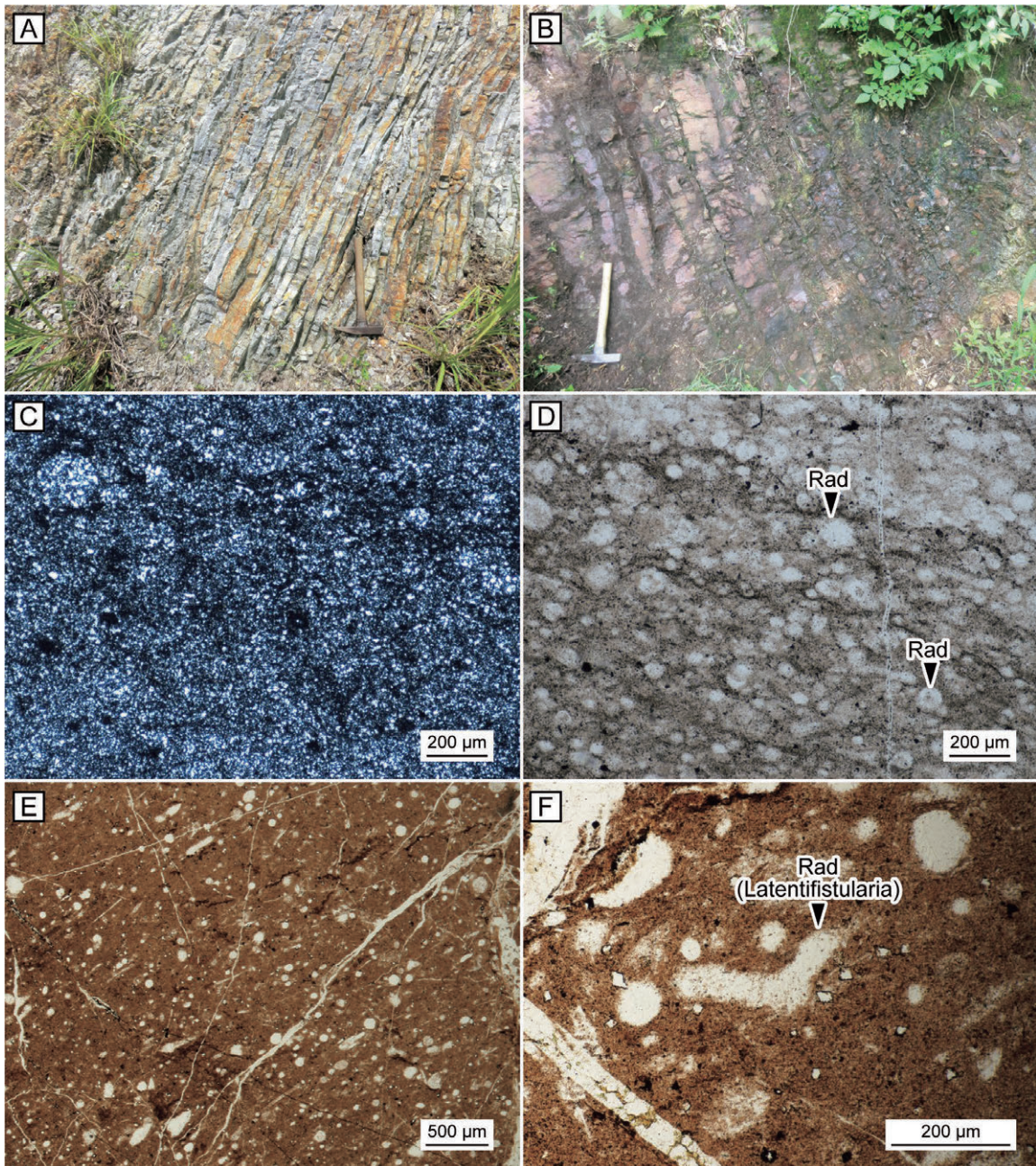
図版 19 葛生コンプレックスの砂岩泥岩互層及び砂岩。
 (A) 砂岩泥岩互層。足利市大岩町，大岩月谷線。Sd：砂岩。
 (B) 砂岩泥岩互層中の級化。足利市名草上町。
 (C) 弱い成層構造を呈する厚層理砂岩。佐野市閑馬町，旗川支流。
 (D-F) 石質アレナイトの薄片写真。クロスニコル。足利市大岩町，大岩月谷線。試料番号：IT18022403。Qm：単結晶石英；Qp：多結晶石英；Pl：斜長石；Bt：黒雲母。

Plate 19 Alternations of sandstone and mudstone and sandstone of the Kuzu Complex.
 (A) Alternations of sandstone and mudstone. Road Oiwa-Tsukiya, Oiwa-cho, Ashikaga City. Sd: sandstone.
 (B) Grading in alternations of sandstone and mudstone. Crossed polars. Open polars. Nagusa-kamicho, Ashikaga City.
 (C) Weakly- and thick-bedded sandstone. Tributary of the Hata River, Kanma-cho, Sano City.
 (D-F) Thin section photomicrograph of lithic arenite. Crossed polars. Road Oiwa-Tsukiya, Oiwa-cho, Ashikaga City. Sample number: IT18022403. Qm: monocrystalline quartz; Qp: polycrystalline quartz; Pl: plagioclase; Bt: biotite.



図版20 行道山コンプレックスの層状チャートと古第三系金山溶結凝灰岩の基底礫岩の不整合境界。桐生市広沢町。

Plate 20 Unconformity boundary between chert of the Gyodosan Complex and basal conglomerate of the Paleogene Kanayama Welded Tuff. Hirosawa-cho, Kiryu City.



図版21 行道山コンプレックスのチャート。

(A) 明灰色層状チャート。桐生市広沢町，明盛宏産構内。Ito (2019)のfig. 5Aから転載。

(B) 赤色層状チャート。太田市吉沢町。ペルム紀放射虫が産出。Ito (2019)のfig. 5Bから転載。

(C) 隠微晶質石英を主体とするチャートの薄片写真。クロスニコル。太田市吉沢町。試料番号：IT16120406。

(D) 放射虫を含むチャートの薄片写真。オープンニコル。桐生市広沢町，明盛宏産構内。試料番号：IT16071206。

(E, F) 放射虫を含むチャート。オープンニコル。太田市吉沢町。試料番号：IT19120902。Rad：放射虫。ペルム紀放射虫が産出。

Plate 21 Chert of the Gyodosan Complex.

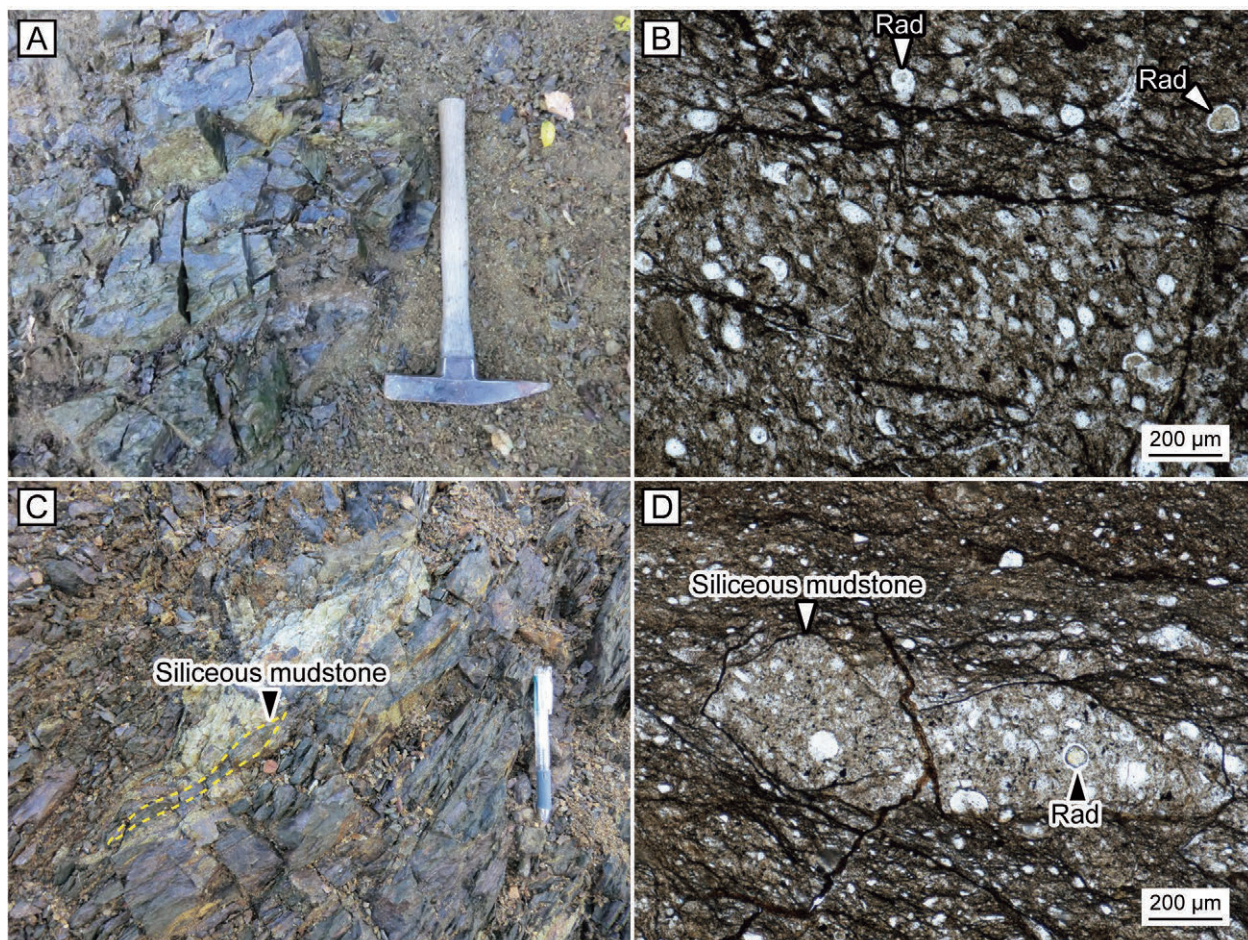
(A) Bright-gray bedded chert. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Hirosawa-cho, Kiryu City. Reprinted from fig. 5A of Ito (2019).

(B) Red bedded chert. Yoshizawa-cho, Ota City. Permian radiolarians occurred. Reprinted from fig. 5B of Ito (2019).

(C) Thin section photomicrograph of chert composed mainly of cryptocrystalline quartz. Crossed polars. Yoshizawa-cho, Ota City. Sample number: IT16120406.

(D) Thin section photomicrograph of chert including radiolarians. Open polars. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Hirosawa-cho, Kiryu City. Sample number: IT16071206. Rad: radiolarian.

(E, F) Chert including radiolarians. Open polars. Yoshizawa-cho, Ota City. Sample number: IT19120902. Rad: radiolarian. Permian radiolarians occurred.



図版22 行道山コンプレックスの珪質泥岩。

(A) 弱い成層構造を呈する珪質泥岩。太田市吉沢町。Ito (2019)のfig. 5Cから転載。

(B) 放射虫を含む珪質泥岩の薄片写真。オープンニコル。太田市吉沢町。試料番号：IT16071406。Rad：放射虫。

(C) レンズ状の珪質泥岩岩塊を含む泥質混在岩。太田市吉沢町、明盛宏産構内。

(D) 泥質混在岩に含まれる珪質泥岩岩塊の薄片写真。オープンニコル。太田市吉沢町、明盛宏産構内。試料番号：IT16112603。Rad：放射虫。Ito (2019)のfig. 6Dから転載。

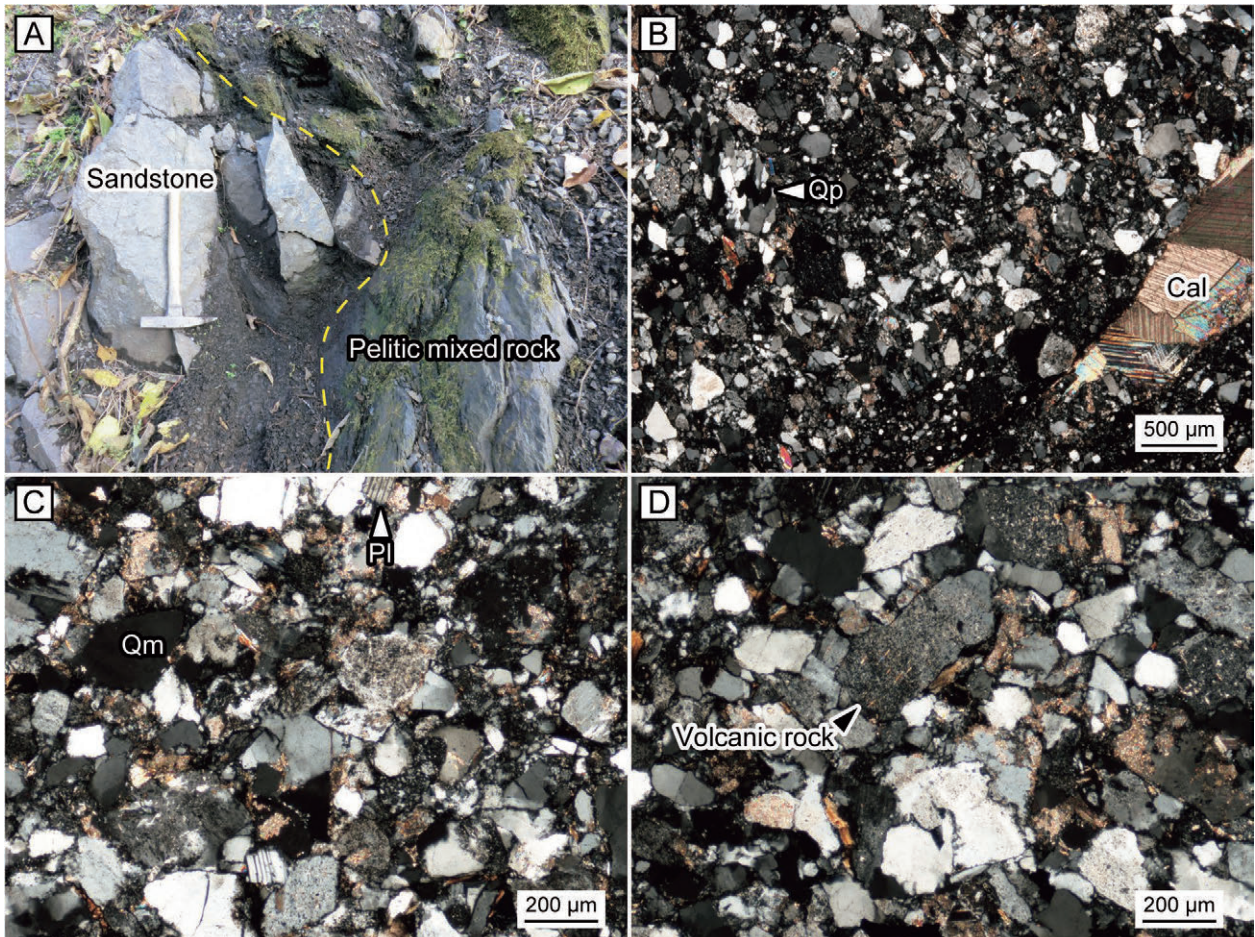
Plate 22 Siliceous mudstone of the Gyodosan Complex.

(A) Weakly-bedded siliceous mudstone. Yoshizawa-cho, Ota City. Reprinted from fig. 5C of Ito (2019).

(B) Thin section photomicrograph of siliceous mudstone including radiolarians. Open polars. Yoshizawa-cho, Ota City. Sample number: IT16071406. Rad: radiolarian.

(C) Pelitic mixed rock containing lenticular siliceous mudstone clasts. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Yoshizawa-cho, Ota City.

(D) Thin section photomicrograph of siliceous mudstone clast within pelitic mixed rock. Open polars. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Yoshizawa-cho, Ota City. Sample number: IT16112603. Rad: radiolarian. Reprinted from fig. 6D of Ito (2019).



図版23 行道山コンプレックスの砂岩.

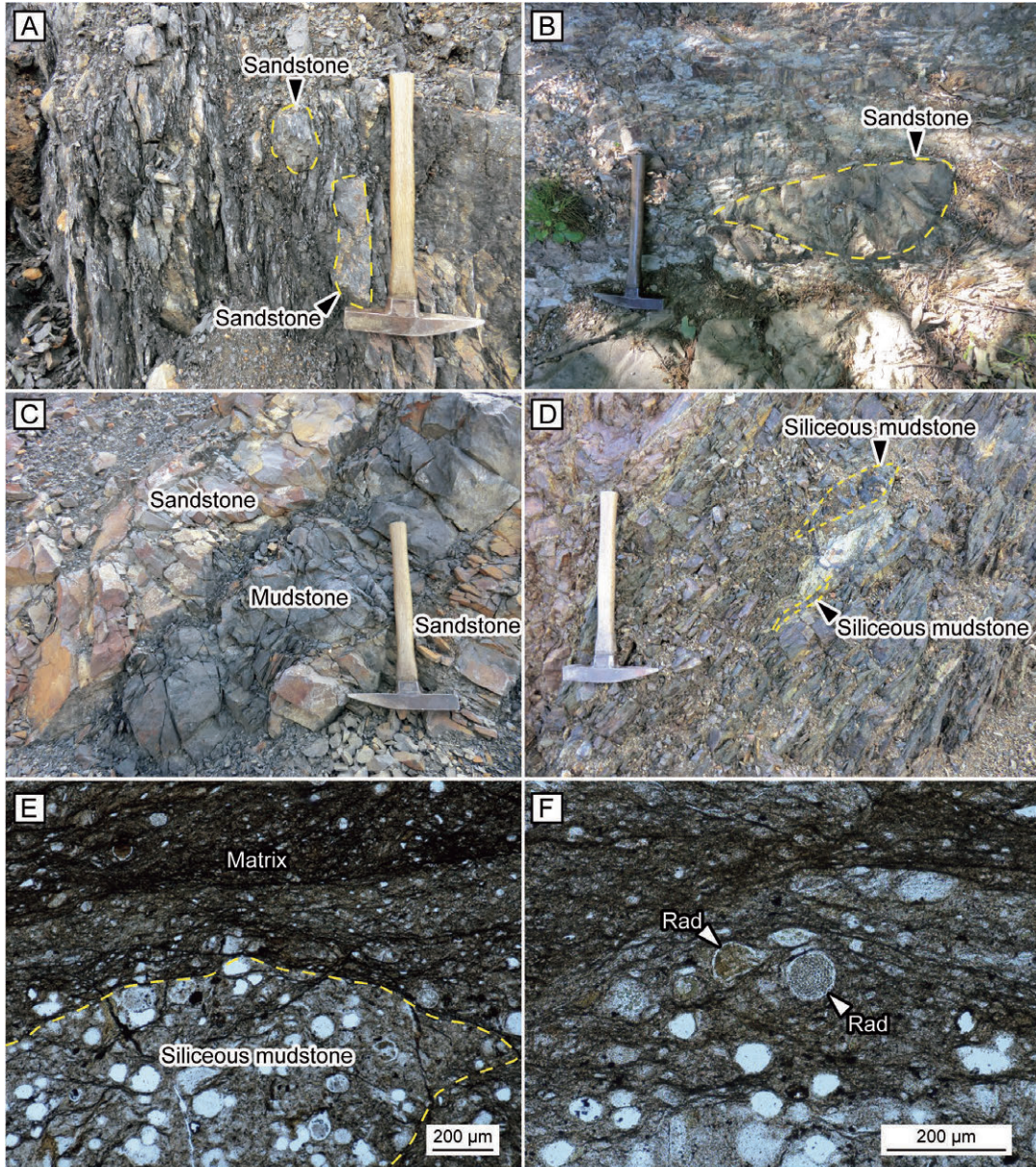
(A) 砂岩岩塊と泥質混在岩. 太田市吉沢町, 明盛宏産構内. Ito (2019)のfig. 5Fから転載.

(B-D) 石質アレナイトの薄片写真. クロスニコル. 太田市吉沢町, 明盛宏産構内. 試料番号: IT16112605. Qm: 単結晶石英; Qp: 多結晶石英; Pl: 斜長石; Cal: 方解石.

Plate 23 Sandstone of the Gyodosan Complex.

(A) Sandstone block and pelitic mixed rock. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Yoshizawa-cho, Ota City. Reprinted from fig. 5F of Ito (2019).

(B-D) Thin section photomicrograph of lithic arenite. Crossed polars. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Yoshizawa-cho, Ota City. Sample number: IT16112605. Qm: monocrystalline quartz; Qp: polycrystalline quartz; Pl: plagioclase; Cal: calcite.

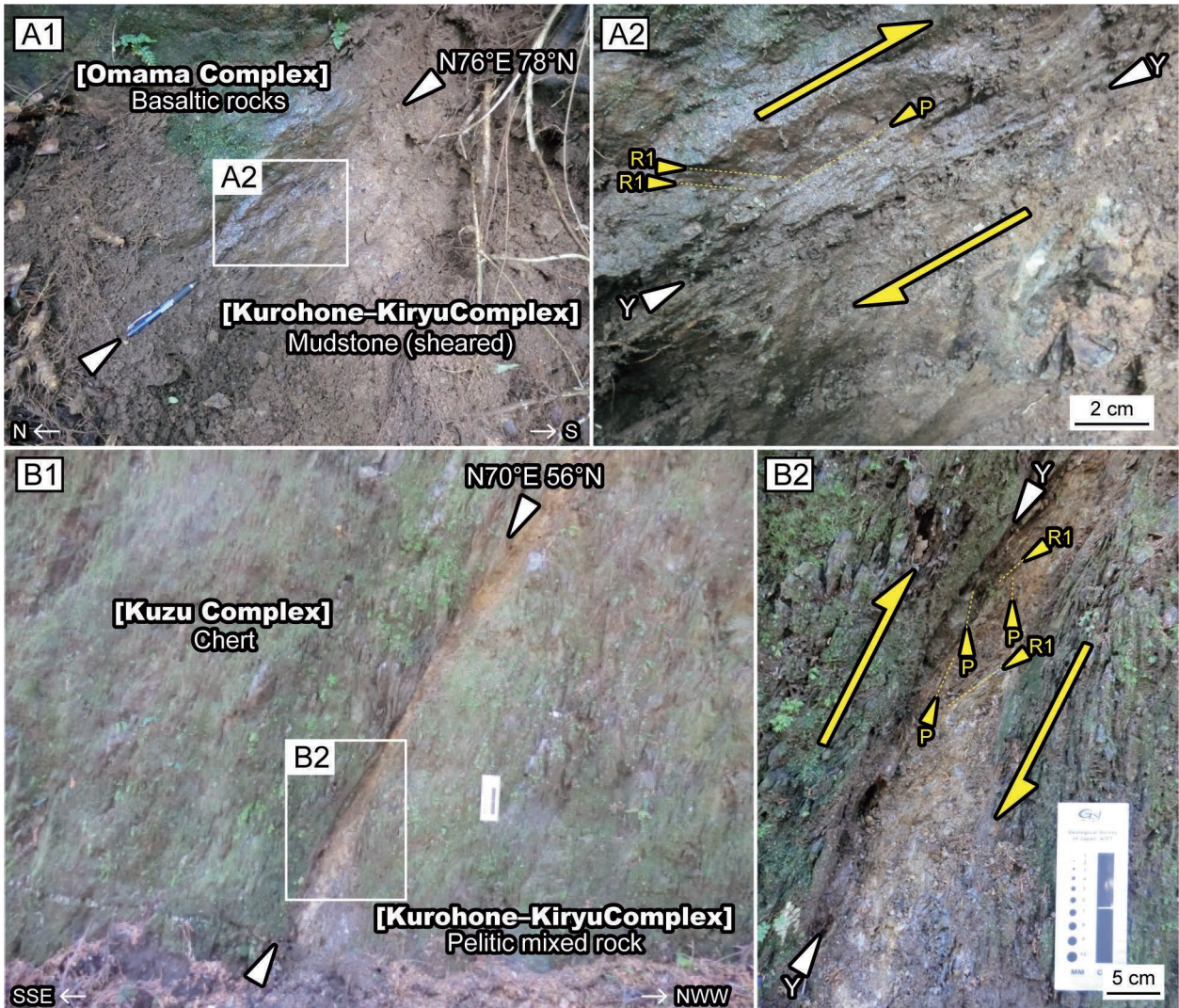


図版24 行道山コンプレックスの泥質混在岩。

- (A) 砂岩の小岩塊を含む泥質混在岩。桐生市広沢町，明盛宏産構内。
 (B) 泥質混在岩に含まれるレンズ状砂岩岩塊。足利市大岩町。
 (C) 砂岩泥岩互層。桐生市広沢町，明盛宏産構内。
 (D) 珪質泥岩を含む泥質混在岩。太田市吉沢町，明盛宏産構内。Ito (2019)のfig. 5Dから転載。
 (E) 泥質混在岩の基質と珪質泥岩岩塊の薄片写真。オープンニコル。太田市吉沢町，明盛宏産構内。試料番号：IT16112603。
 (F) 泥質混在岩の基質中の放散虫の薄片写真。オープンニコル。太田市吉沢町，明盛宏産構内。試料番号：IT16112603。Rad：放散虫。

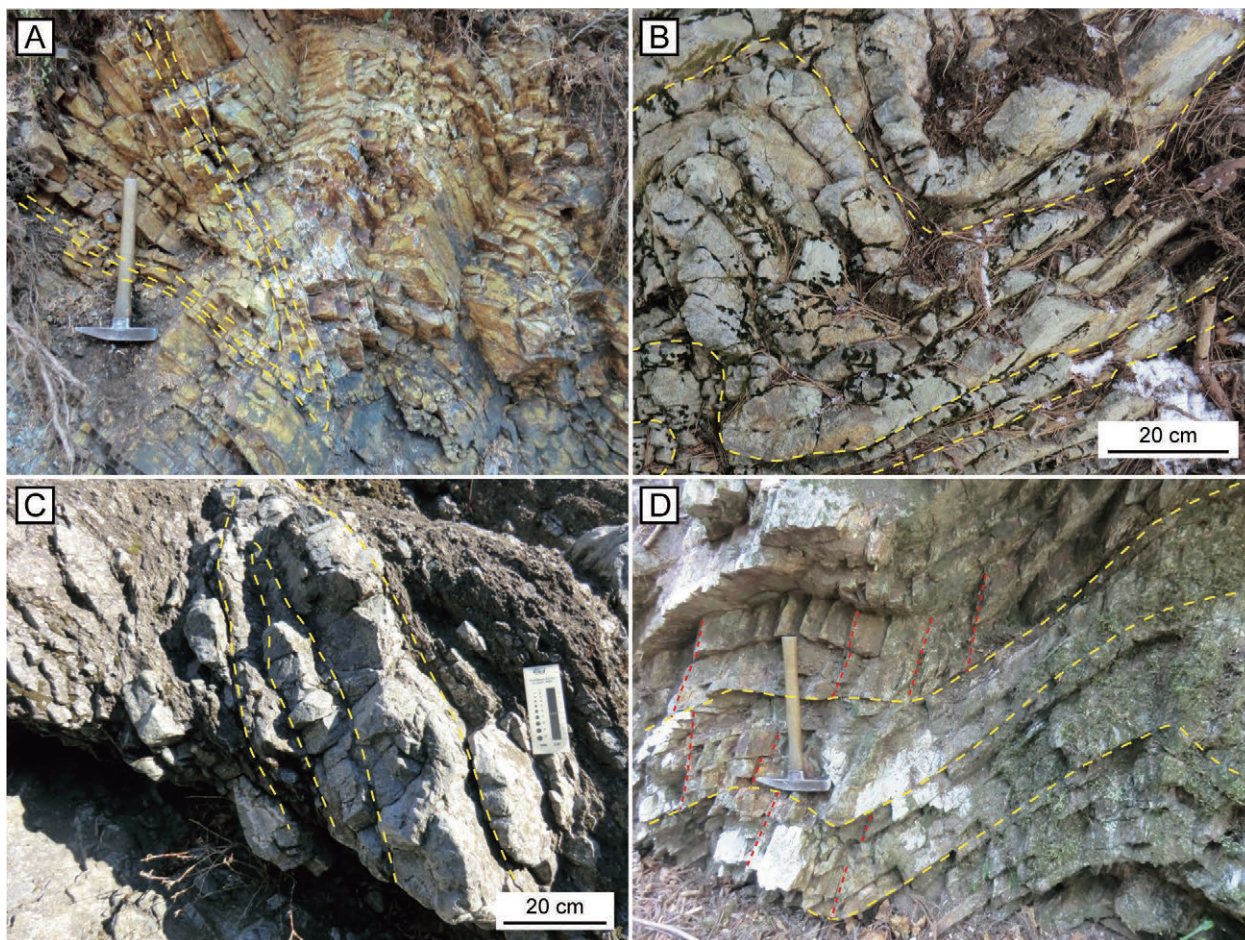
Plate 24 Pelitic mixed rock and mudstone of the Gyodosan Complex.

- (A) Pelitic mixed rock containing small sandstone blocks. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Hirosawa-cho, Kiryu City.
 (B) Lenticular sandstone block within pelitic mixed rock. Oiwa-cho, Ashikaga City.
 (C) Alternations of sandstone and mudstone. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Hirosawa-cho, Kiryu City.
 (D) Pelitic mixed rock containing siliceous mudstone clasts. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Yoshizawa-cho, Ota City. Reprinted from fig. 5D of Ito (2019).
 (E) Thin section photomicrograph of matrix of the pelitic mixed rock and siliceous mudstone clast. Open polars. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Yoshizawa-cho, Ota City. Sample number: IT16112603.
 (F) Thin section photomicrograph of radiolarians within matrix of pelitic mixed rock. Open polars. Property of Meisei Kousan Co. Ltd., Yoshizawa-cho, Ota City. Sample number: IT16112603. Rad: radiolarian.



図版25 コМПレックス境界断層. Y・R1・Pは複合面構造(例えば, 高木・小林, 1996)のそれぞれの面を表す.
 (A) 黒保根-桐生コンプレックスと大間々コンプレックスの境界断層(桐生川断層). 桐生市梅田町.
 (B) 黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックスの境界断層(閑馬断層). 佐野市閑馬町, 閑馬川.

Plate 25 Fault of complex boundary. Y, R1 and P indicate respective surface in composite planar fabric (e.g. Takagi and Kobayashi, 1996).
 (A) Boundary fault (Kiryugawa Fault) between the Kurohono-Kiryu and Omama complexes. Umeda-cho, Kiryu City.
 (B) Boundary fault (Kanma Fault) between the Kurohono-Kiryu and Kuzu complexes. Kanma River, Kanma-cho, Sano City.



図版26 黒保根-桐生コンプレックス及び大間々コンプレックスにみられる小褶曲。黄線は層理面を、赤線は節理面を示す。
 (A) 黒保根-桐生コンプレックスの層状チャートにみられる閉じた褶曲。佐野市飛駒町、彦馬川支流。
 (B) 黒保根-桐生コンプレックスの層状チャートにみられる開いた褶曲。佐野市飛駒町、近沢峠北西。
 (C) 大間々コンプレックスの泥質混在岩中のチャート岩塊にみられる等斜褶曲。みどり市大間々町高津戸、高津戸峡。
 (D) 黒保根-桐生コンプレックスの級化型珪質泥岩にみられる開いた褶曲。佐野市飛駒町万山。

Plate 26 Small folds of the Kurohone-Kiryu and Omama complexes. Yellow and red lines indicate bedding and joint surfaces, respectively.
 (A) Closed fold of bedded chert of the Kurohone-Kiryu Complex. Tributary of the Hikoma River, Hikoma-cho, Sano City.
 (B) Open fold of bedded chert of the Kurohone-Kiryu Complex. Northwest of the Chikasawa Pass, Hikoma-cho, Sano City.
 (C) Isometric folds of a chert block within pelitic mixed rock of the Omama Complex. Takatsudo Gorge, Omama-machi Takatsudo, Midori City.
 (D) Open fold of grading type siliceous mudstone of the Kurohone-Kiryu Complex. Ban-yama, Hikoma-cho, Sano City.

