

巡検案内書：足尾山地南西部「桐生及足利」地域のジュラ紀付加体

伊藤 剛^{1,*}

ITO Tsuyoshi (2022) Field excursion guide: Jurassic accretionary complex in the Kiryu and Ashikaga District, southwestern Ashio Mountains, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, vol. 73 (4), p. 143–192, 7 figs, 27 appendices and English summary.

Abstract: Jurassic accretionary complex of the Ashio Belt is widely exposed in the Kiryu and Ashikaga District, southwestern Ashio Mountains, central Japan. The Jurassic accretionary complex in the district comprises the Kurohone–Kiryu, Omama, Kuzu and Gyodosan complexes. The Ashikaga body, composed of Late Cretaceous granodiorite, is intruded in Nagusa, Ashikaga City. This field excursion guide introduces 14 sites including outcrops and routes where the characteristic lithology and stratigraphy of an accretionary complex can be observed.

Keywords: Permian, Triassic, Jurassic, radiolarian, conodont, biotite granodiorite, accretionary complex, Ashio Belt, Gunma Prefecture, Tochigi Prefecture

要 旨

足尾山地南西部「桐生及足利」地域には、足尾帯に属するジュラ紀付加体が広く分布する。同地域内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の各構造層序単元からなる。また、足利市名草周辺では、後期白亜紀の花崗閃緑岩からなる足利岩体が貫入している。本案内書では、付加体の特徴的な岩相や層序が観察できる露頭やルートとして14地点を紹介する。

1. はじめに

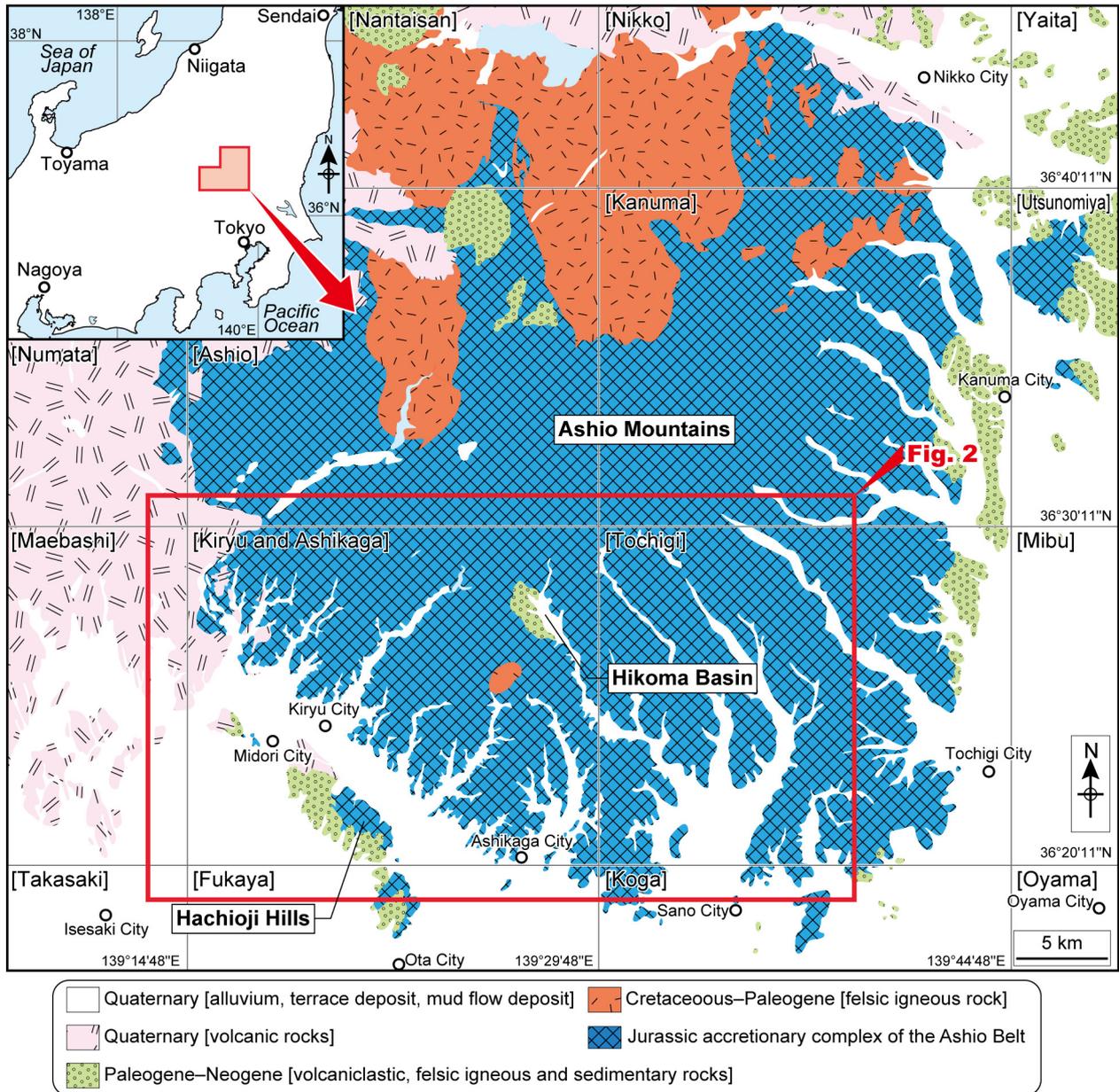
付加体は日本列島の基盤をなす地質体の1つで、北海道から沖縄まで広い範囲で分布している(例えば, Kojima *et al.*, 2016)。付加体に特徴的な岩相や層序として泥質混在岩や海洋プレート層序などが挙げられるが、これらを直接観察できる露頭やルートはそれほど多くない。泥岩の放散虫年代などから付加時期が後期三畳紀から白亜紀最前期と推定される付加体は一般的にジュラ紀付加体と呼ばれ、秩父帯や丹波帯、美濃帯、足尾帯、北部北上帯などに分布する。その研究はプレートテクトニクスが導入され始めた1980年代から盛んに行われ、巡検案内書も秩父帯(例えば, Hisada *et al.*, 1992; Ogawa *et al.*, 1992; 坂, 1999; 八尾, 2012; 尾上・西園, 2014; 久田ほか, 2016; 村田・高橋, 2017; Ito and Matsuoka, 2017)や美濃帯(例えば, Adachi *et al.*, 1992; Matsuoka *et al.*, 1994; Onoue *et al.*, 2017; 佐野・山縣, 2020)、丹波帯(例えば, Musashino *et al.*, 1992; Sano *et al.*, 1992; Ishiga, 1994; 菅森ほか, 2012)において数多く作成されたほか、北部北上帯(例えば, Mori *et al.*, 1992; 永広ほか, 2008)のものもある。

一方で、主に足尾山地に分布する足尾帯ジュラ紀付加体を対象とした巡検案内書はKamata (2005)などに限られる。足尾山地は関東平野の北部にあたり、アクセスも比較的容易であるため、ジュラ紀付加体の学習・研究の端緒としての見学や巡検に適した地域である。

筆者は、足尾山地南西部「桐生及足利」地域の5万分の1地質図幅(伊藤ほか, 2022)の作成に伴い、足尾帯ジュラ紀付加体の調査・検討を行った。その過程で泥質混在岩や海洋プレート層序など付加体に特徴的な岩相や層序が認識できる露頭やルートを発見した。既に公表した筆者の論文(Ito, 2019, 2020a, b, 2021c; 伊藤, 2021a, b, d, e; 伊藤・中村, 2021; 伊藤・草野, 2021; Ito *et al.*, 2021a; 伊藤ほか, 2021b; Ito and Ichizawa, 2022a; 伊藤・市澤, 2022b)のデータを中心に再整理して、同地域の巡検案内書としてここに公表する。また、内容の理解を助けるために、海洋プレート層序(oceanic plate stratigraphy: OPS)、序列外断層(out-of-sequence thrust: OST)、泥質混在岩(変形相も含む)について解説した。各見学地点の案内図については、付図として巻末にまとめた。各見学地点でみられる岩相や産出した化石などの情報は付表1に記した。

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



第1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)、吉川ほか(2010)及び伊藤(2021b)に基づく。

Fig. 1 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), Yoshikawa *et al.* (2010) and Ito (2021b).

2. 地質概説

関東平野北方に位置する足尾山地は、栃木県と群馬県に県境周辺に分布する。第1図は足尾山地の周辺の地質概略図である。足尾山地には足尾帯に属するジュラ紀付加体が広く分布しており、山地北部では白亜系～古第三系珪長質火成岩類がジュラ紀付加体に貫入する(例えば、矢内, 1972, 1973)。足尾山地周辺、主に東方や南方の

丘陵地や段丘には、火山碎屑岩・珪長質火成岩・堆積岩を主体とする古第三系～新第三系が露出する(例えば、高橋ほか, 1991; 吉川ほか, 2001; 高橋・柳沢, 2003)。また、主に足尾山地の北西方～西方では、赤城火山などの第四系火山噴出物がジュラ紀付加体や古第三系～新第三系を覆っている(例えば、山元, 2016)。平野部や山間部では、沖積層や段丘堆積物といった第四系堆積物がみられる。

3. 足尾帯ジュラ紀付加体

3.1 研究史概要

足尾山地は銅を始めとする鉱山を多く擁し、特に足尾銅山が著名である。この足尾銅山を含めた足尾山地を対象とした地質学的研究は19世紀後半に始まった(例えば、原田, 1886)。足尾山地のジュラ紀付加体の研究史については、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散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つの時期に大きく分けられる(伊藤, 2021b)。1) 最初期には、炭酸塩岩類からペルム紀化石(フズリナや腕足類など)が発見され(例えば、Yabe, 1903a; 矢部, 1903b; Hayasaka, 1933; 早坂, 1944)、その炭酸塩岩類を含む地層が全体として古生界と考えられた。また、「栃木」地域に広く分布している、現在の葛生コンプレックスに相当する地層については、整然相を主体とすることもあり、詳細に岩相層序学的検討が行われてきた(例えば、吉田, 1956, 1957; 羽鳥, 1965; 柳本, 1973)。2) 1960～1980年代になると、足尾山地において中生代の微化石(三畳紀コノドントや三畳紀～ジュラ紀放散虫)が見い出され、従来は古生界と考えられていた地層が中生界であることが明らかとなった(林, 1968; 小池ほか, 1970; 指田ほか, 1982a; Aono, 1985; 荒川, 1986; 増田, 1989)。このような微化石に基づいて年代が見直されたが、その形成過程については地向斜論に基づく理解が一般的であった(例えば、林ほか, 1990)。3) 1990年代以降には、プレートテクトニクスに基づく付加体地質学的検討が行われた(例えば、Sashida *et al.*, 1992; Kamata, 1996)。Kamata (1996) は、足尾山地のジュラ紀付加体の構造層序区分を行い、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を定義した。鎌田(1997)は葛生コンプレックスをさらにユニット1・ユニット2・ユニット3に細分した。伊藤(2021b)はこれらの層序単元の他に、新たに行道山コンプレックスを認定した。第2図は構造層序区分と褶曲や断層を示す。第3図は桐生及足利地域の地質図及び断面図を、第4図は各コンプレックスの海洋プレート層序復元図を示す。

3.2 黒保根-桐生コンプレックス

黒保根-桐生コンプレックス(Kamata, 1996)は、主に破断相から整然相を示し、一部は混在相を示す。劈開の発達した泥岩とチャートを中心として、珪質粘土岩・炭酸塩岩類・珪質泥岩・泥質混在岩を伴う(伊藤, 2021b)。また、わずかに玄武岩類や砂岩も含まれる。

黒保根-桐生コンプレックス中の珪質粘土岩からは前期三畳紀コノドントが(Sashida *et al.*, 1992; 元木・指

田, 2004; Muto and Ito, 2021)、炭酸塩岩類からは後期三畳紀コノドントが産出している(猪郷, 1985; Koike *et al.*, 1991)。チャートからはペルム紀と三畳紀のコノドントならびに三畳紀とジュラ紀の放散虫が(Aono, 1985; Kamata, 1996; 高柳ほか, 2001; 元木・指田, 2004; Ito, 2020b, 2021c; Ito *et al.*, 2021a; 伊藤・中村, 2021)、珪質泥岩からは中期ジュラ紀(バジジョシアン期～前期バトニアン期及び後期バトニアン期～カロビアン期)の放散虫が(Kamata, 1996; Ito *et al.*, 2021a)、泥岩からは中期ジュラ紀(バジジョシアン期～前期バトニアン期)の放散虫が産出している(Kamata, 1996; Ito *et al.*, 2021a)。泥岩の放散虫年代から、本コンプレックスの付加年代は中期ジュラ紀の後期以降と考えられる。

3.3 大間々コンプレックス

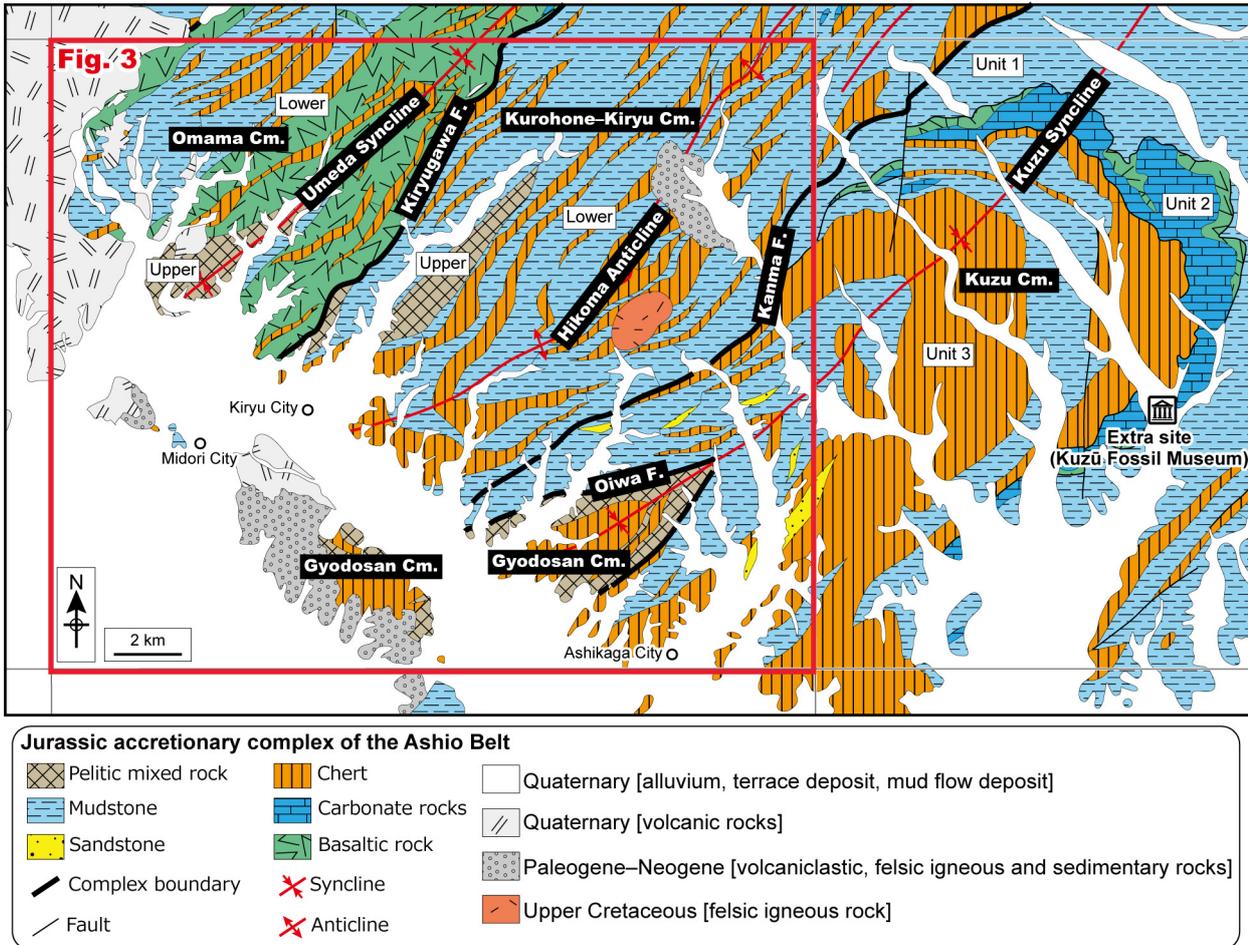
大間々コンプレックス(Kamata, 1996)は、破断相から混在相を示す。主に玄武岩類・チャート・泥岩からなり、炭酸塩岩類・砂岩及び砂岩泥岩互層・泥質混在岩を伴う(伊藤, 2021b)。珪質粘土岩と珪質泥岩もわずかに含まれる。

大間々コンプレックス中の化石として、炭酸塩岩類からはコノドント・フズリナ・腕足類・サンゴ・三葉虫・軟骨魚類などのペルム紀化石が産出している(例えば、Yabe, 1903a; Reif and Goto, 1979; 林・長谷川, 1981; 大間々町誌編さん室, 1996; 高乗・岡部, 2011; Tazawa *et al.*, 2012; 伊藤ほか, 2021b)。珪質粘土岩からは前期三畳紀コノドントが(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(例えば、林・長谷川, 1981; 大間々町誌編さん室, 1996; Kamata, 1996; Ito *et al.*, 2021a; 伊藤ほか, 2021b)。珪質泥岩からは前期ジュラ紀(プリンスバッキアン期)を示す可能性のある放散虫の(伊藤ほか, 2021b)、珪質泥岩及び泥岩からは中期ジュラ紀(バジジョシアン期～前期バトニアン期)の放散虫の産出が報告されている(Kamata, 1996; Ito *et al.*, 2021a)。泥岩の放散虫年代から、本コンプレックスの付加年代は中期ジュラ紀の中期以降と考えられる。

3.4 葛生コンプレックス

葛生コンプレックス(Kamata, 1996)は、整然相を主体とする。構造的下位からユニット1・ユニット2・ユニット3に三分され(鎌田, 1997)、ユニット1及びユニット3は、珪質粘土岩・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-碎屑岩シーケンスを主体とするのに対し、ユニット2は大規模な炭酸塩岩類とそれに伴う玄武岩類が主体である。また、ユニット2には、この炭酸塩岩類を覆う礫岩及び珪質泥岩がみられる。

ユニット1及びユニット3の珪質粘土岩からは、前



第2図 「桐生及足利」地域及び「栃木」地域におけるジュラ紀付加体の構造層序区分。伊藤ほか(2022)に基づく。
Cm.: コンプレックス; F.: 断層。

Fig. 2 Tectonostratigraphic division of Jurassic accretionary complex of the Kiryu and Ashikaga District and Tochigi District (based on Ito *et al.*, 2022). Cm.: complex; F.: fault.

期三畳紀のコノドントと放散虫が産出している(鎌田, 1995; Kamata, 1999; Muto *et al.*, 2018). チャートからは三畳紀及びジュラ紀の放散虫産出が報告されているほか(猪郷・西村, 1984; Kamata, 1996; 鎌田, 1997; 五十川ほか, 1998; 大高ほか, 1998; 高柳ほか, 2001; Suzuki *et al.*, 2002; Ito, 2020a, 2021c), 珪化木も発見されている(Iijima *et al.*, 1989). 珪質泥岩と泥岩からは, 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ドイアン階)の放散虫が産出している(Kamata, 1996; 荒川, 1997; 鎌田, 1997; 高柳ほか, 2001). 泥岩の放散虫年代から, ユニット1及びユニット3の付加年代は後期ジュラ紀の前期以降と考えられる。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。石灰礫岩からは, 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発見されている(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). 石灰礫岩中に含まれる泥岩礫から, 前期ジュラ紀トアルシアン期のアンモナイトが見つまっている(中島ほか, 2001; 鎌田・溝部, 2001; Kamata *et al.*, 2003). 珪質泥岩とこれに挟まれる二酸化マンガノ

ジュールからは、JR4（中部ジュラ系バジジョシアン階～下部バトニアン階）の放散虫の産出が報告されている（Sashida *et al.*, 1982b；Kamata, 1996；鎌田, 1997；荒川, 1998；五十川ほか, 1998；Kamata *et al.*, 2003）。珪質泥岩の放散虫年代から、ユニット2の付加年代は中期ジュラ紀の後期以降と考えられる。

3.5 行道山コンプレックス

行道山コンプレックス（伊藤, 2021b）は、混在相を示す。主に泥質混在岩とチャートからなり、珪質泥岩・泥岩・砂岩を岩塊として伴う。

チャートからはペルム紀・三畳紀・ジュラ紀の放散虫が（増田, 1989；林ほか, 1990；高柳ほか, 2001；指田, 2008；Ito, 2019, 2020a, 2021c）、珪質泥岩からは中期ジュラ紀（バジジョシアン期～前期バトニアン期）の放散虫が産出している（指田, 2008；Ito, 2019）。また、泥岩中に挟在するマンガンジュールからは、中期ジュラ紀（バジジョシアン期～前期バトニアン期）の放散虫が報告されている（増田, 1989）。泥岩の放散虫年代から、本コンプレックスの付加年代は中期ジュラ紀の中期以降と考えられる。

3.6 地質構造

「桐生及足利」地域では、3つのコンプレックス境界断層（桐生川断層・^{かんま}閑馬断層・大岩断層）が認識されている（伊藤, 2021b）（第3図）。桐生川断層は黒保根-桐生コンプレックスと大間々コンプレックスの、閑馬断層は黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックスの、大岩断層は葛生コンプレックスと行道山コンプレックスの境界である。これらの断層の断層面の姿勢は北東-南西走向で中角の傾斜角をもつ。

また、ジュラ紀付加体中の褶曲として、梅田向斜・^{ひこま}飛駒背斜・葛生向斜が認識されている（伊藤, 2021b）（第3図）。これらの褶曲は、いずれも北東-南西方向の軸跡をもち、南西に低角でブランチする。

4. 用語解説

海洋プレート層序（OPS）

海洋プレート上で形成された堆積岩や火山岩が、海洋プレートの移動に伴う形成場の変化により一定の岩相変化を示すことから、この層序は海洋プレート層序（oceanic plate stratigraphy：OPS）と呼ばれる（例えば、Isozaki *et al.*, 1990；脇田, 2000）。丹波-美濃-足尾帯や秩父帯のジュラ紀付加体の場合、海嶺で形成されたペルム紀の玄武岩、遠洋域で堆積したペルム紀のチャート、ペルム紀-三畳紀の境界で堆積した珪質粘土岩、遠洋域で堆積した三畳紀～ジュラ紀のチャート、半遠洋域で堆積した珪質泥岩、海溝を充填する泥岩や砂岩という順序が模式的である（例えば、脇田, 2000；中江, 2000a, b）（第5図）。

なお、海洋プレート上に海山が存在する場合は、玄武岩の上に石灰岩が累重する。海洋プレート層序は海嶺での海洋地殻の誕生から海溝での沈み込みと付加までの海洋プレートの形成場を反映している（例えば、Matsuda and Isozaki, 1991）。

実際に陸上に露出している付加体の場合では、付加時やそれ以降の変形により初生的な層序が残っていない場合も多いが、放散虫やコノドントなどの示準化石による年対決定と岩相との関係の検討に基づいて復元される。

海洋プレート層序のうち、特に珪質粘土岩より上位の層序（チャート・珪質泥岩・泥岩・砂岩泥岩互層・砂岩）はチャート-砕屑岩シーケンス（chert-clastic sequence：CCS）とも呼ばれる。本案内書で紹介した地点としては、Site 9とSite 12で観察できる。

序列外断層（OST）

上盤側の地層や岩体が下盤側に対してずり上がる変位をもつ低角断層は一般的に衝上断層（スラスト）と呼ばれる。付加体については、付加作用で衝上断層が形成されることが多く、形成過程を考えるうえで重要である。序列内スラスト（in-sequence thrust：IST）は付加体内の先端部の剥ぎ取り付加で形成され、大局的には地層の姿勢と調和的である（第6図）。これに対し、序列外スラスト（out-of-sequence thrust：OST）は陸側で形成され、ISTやそれによって繰り返すOPSを切断しており、その姿勢とは調和的ではない（第6図）。Site 9で観察できる閑馬断層については、OSTであると推定されている。

変形相及び泥質混在岩

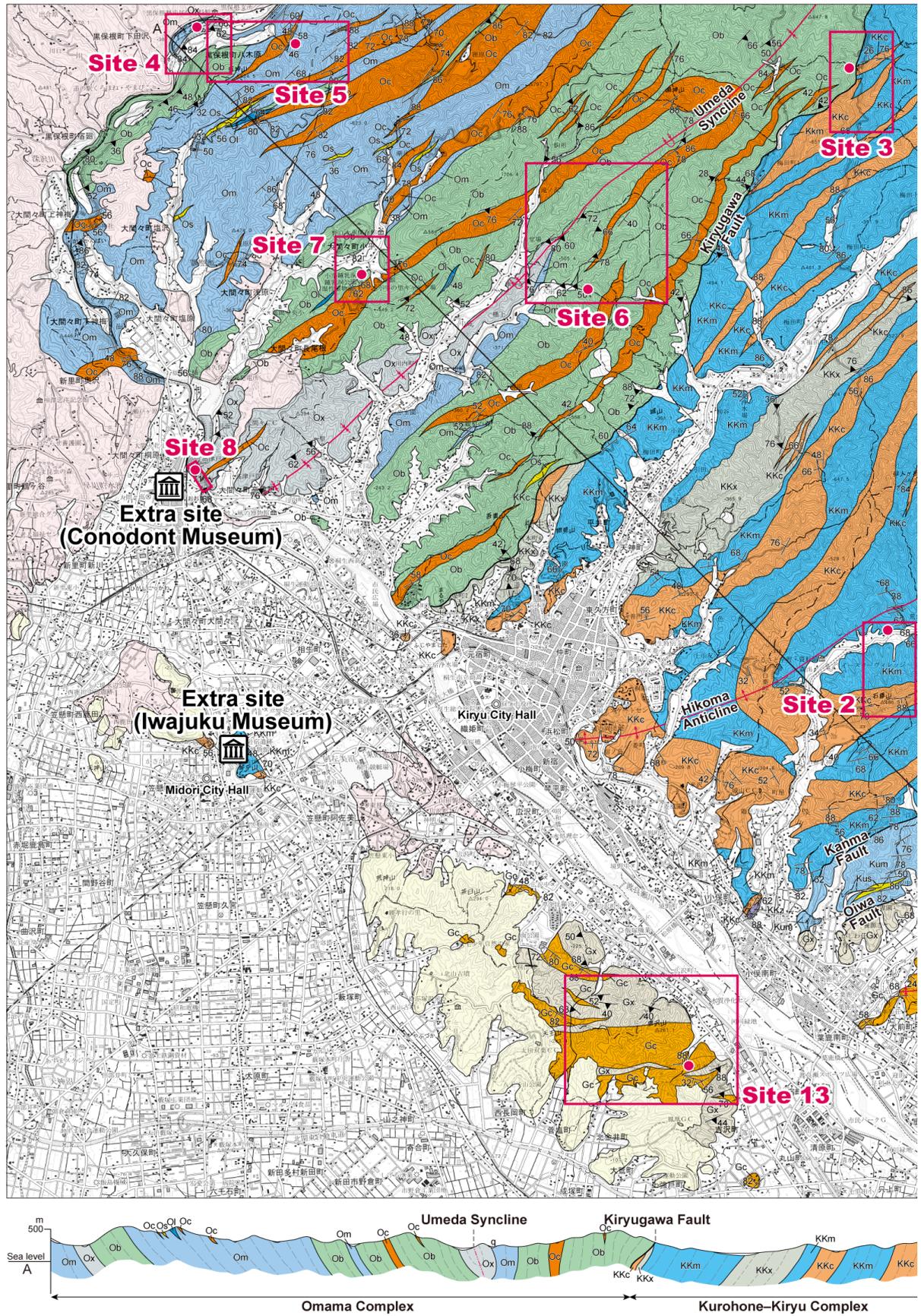
陸上でみられる付加体では、付加時や付加後の構造運動により、地層が変形や破断していることが多い。これらの地層は、単層の連続性などに基づいて区分が行われている。地層が連続しており変形構造による分断などがみられないものを整然相（coherent facies）、断層などにより地層の連続性は破断されているものの成層構造が残っているものを破断相（dismembered facies）、地層が不連続で初生的な成層構造などがみられないものを混在相（mixed facies：mélange）と区分する（例えば、中江, 2000a）（第7図）。

混在相は、破断した泥質基質の中に玄武岩・石灰岩・チャート・砂岩などを岩塊として含む。また、本相を示す岩石の名称については、一般に泥質混在岩という用語が用いられる（例えば、脇田, 2000）。本案内書の中では、Site 8において泥質混在岩が特に明瞭に観察できる。

5. 見学地点

Site 1 ^{ぼんやま}万山：黒保根-桐生コンプレックスの下部三畳系珪質粘土岩

位置：36°27'10" N, 139°26'15" E（栃木県佐野市飛駒



第3図 「桐生及足利」地域の地質図及び断面図ならびに見学地点 (Site) の位置. 伊藤 (2021b) に基づく.

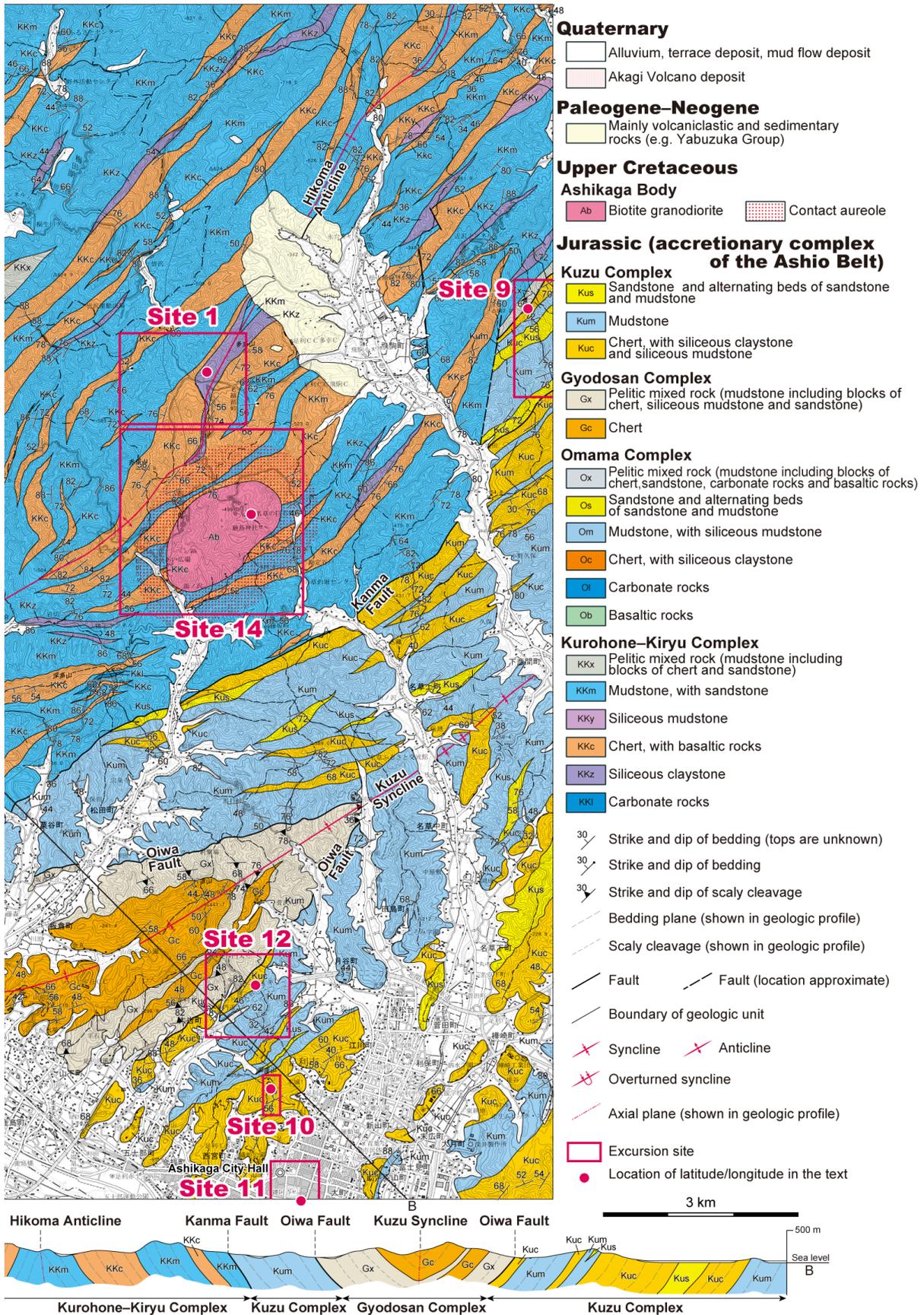
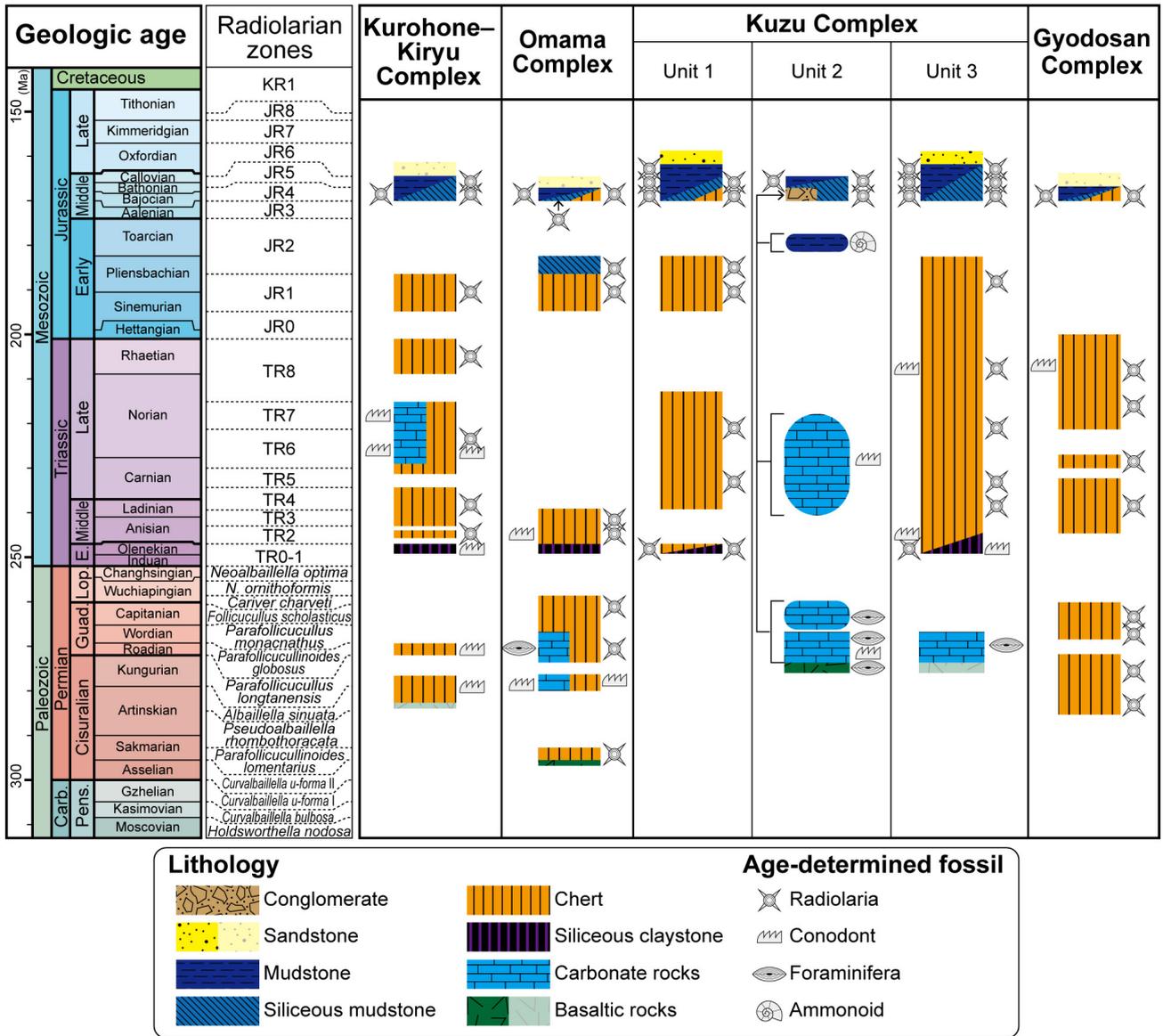
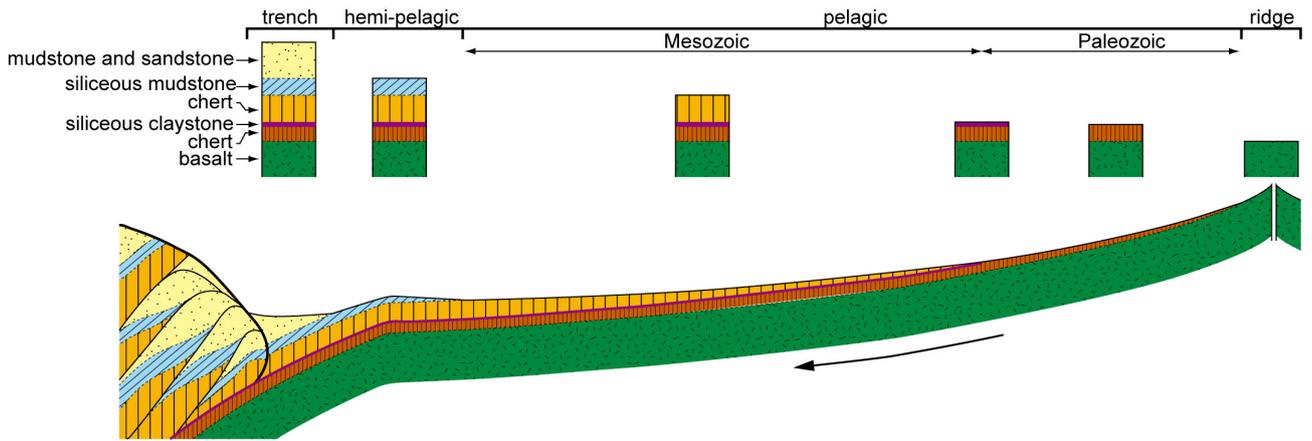


Fig. 3 Geologic map and section of the Kiryu and Ashikaga District with excursion sites (based on Ito, 2021b).



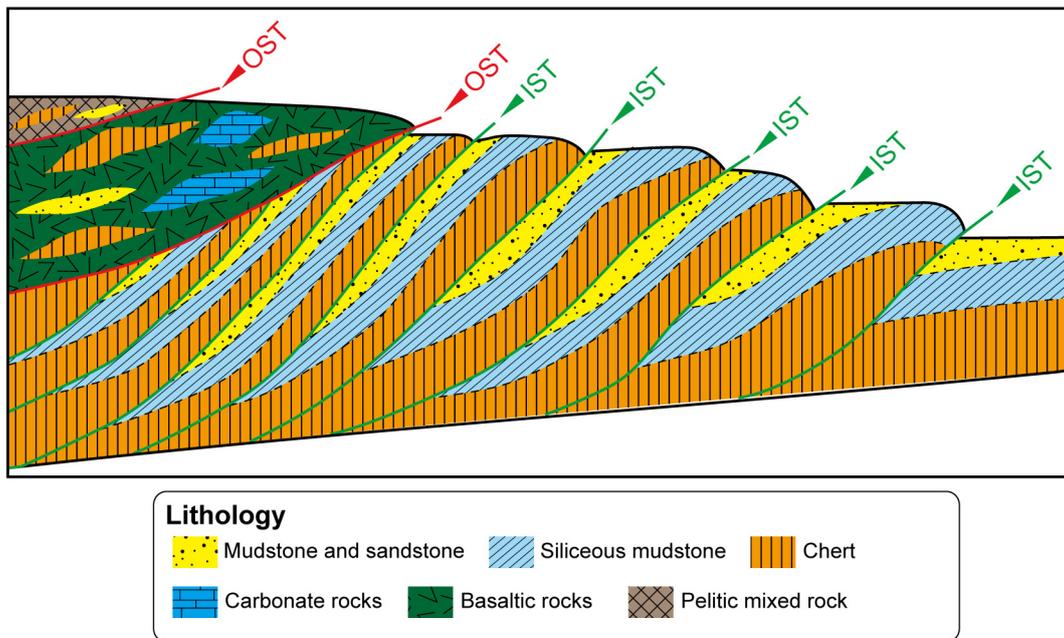
第4図 足尾帯ジュラ紀付加体の各コンプレックスの海洋プレート層序復元図。伊藤 (2021b) 及びIto (2021c) に基づく。地質年代はOgg *et al.* (2016) に、放散虫化石帯はIshiga (1986, 1990), Sugiyama (1997), Kuwahara *et al.* (1998), Zhang *et al.* (2014) 及びMatsuoka and Ito (2019) に基づく。なお、ペルム紀放散虫化石帯については、Xiao *et al.* (2020, 2021) の分類見直しに伴い名称を変更した。産出した化石によって年代が限定されている岩相、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。Carb. : 石炭紀 ; Pens. : ペンシルバニアン亜紀 ; E. : 前期 ; Lop. : ローピンジアン世 ; Guad. : グアダルピアン世。

Fig. 4 Reconstruction of ocean plate stratigraphy of the Jurassic accretionary complex of the Ashio belt (based on Ito, 2021b, c). 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). 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. Carb. : Carboniferous ; Pens. : Pennsylvanian ; E. : Early ; Lop. : Lopingian ; Guad. : Guadalupian.



第5図 海洋プレートの移動に伴い形成される海洋プレート層序 (OPS). 炭酸塩岩類は示していないが、通常は玄武岩海山に累重する。

Fig. 5 Oceanic plate stratigraphy (OPS) formed by the movement of oceanic plates. Carbonate rocks are not shown, but they generally accumulate on basaltic seamounts.



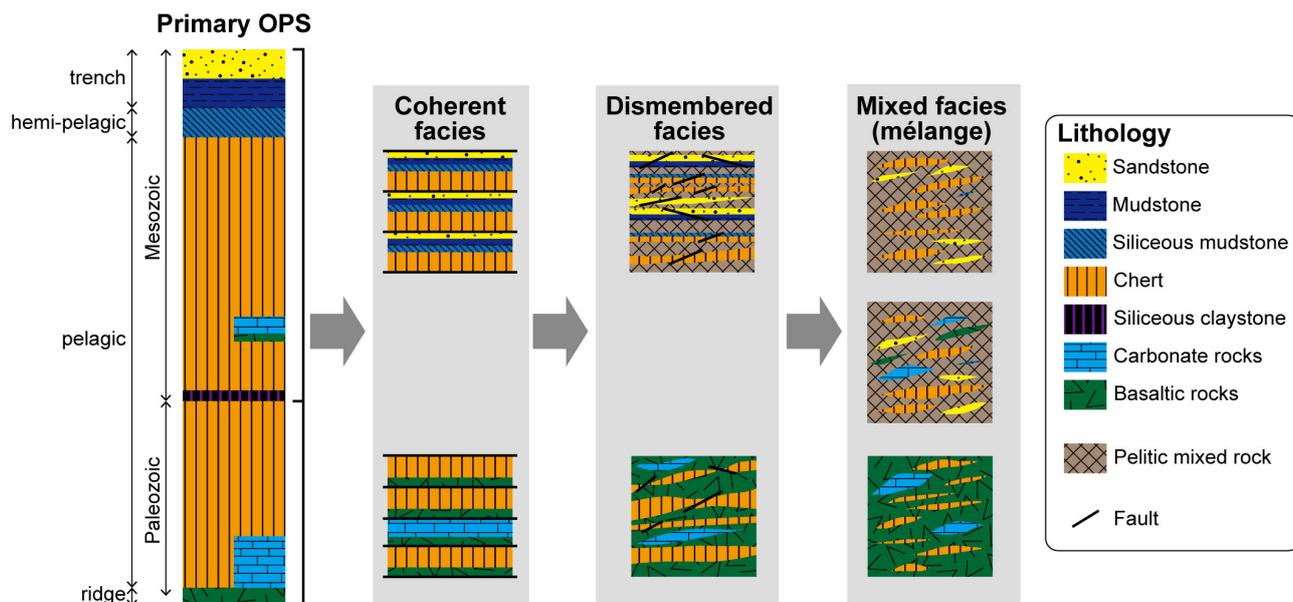
第6図 付加体中の序列外スラスト (out-of-sequence thrust : OST) と序列内スラスト (in-sequence thrust : IST) の発達の概略図. 緑線がISTを、赤線がOSTを示す。

Fig. 6 Schematic figure of the development of out-of-sequence thrust (OST) and in-sequence thrust (IST) in an accretionary complex. Green lines indicate IST and red lines indicate OST.

町万山)

解説：本地点は、佐野市飛駒町おいこしの老越路峠周辺である (付図1)。万山鉱山と呼ばれた碎石場跡地で、砥石として採掘された下部三疊系珪質粘土岩がみられる。西南日本ジュラ紀付加体のOPSの特徴として、ペルム紀最後期から前期三疊紀においてチャートの堆積が限定的になったこと、いわゆるチャートギャップが挙げられる。この

時期には、チャートの代わりに珪質粘土岩などが特徴的にみられ (例えば, Isozaki, 1997 ; Muto *et al.*, 2018), その成因はペルム紀-三疊紀境界に起きた絶滅事変による放散虫の生物生産性減少に求められてきた (例えば, 石賀・山北, 1993)。近年では、詳細な岩相やコノドント年代の検討により、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必ずしも低いと



第7図 付加体における整然相～混在相の区分. OPS：海洋プレート層序.

Fig. 7 Classification of coherent facies to mixed facies in an accretionary complex. OPS: oceanic plate stratigraphy.

いう訳ではなく、陸源性碎屑物（風成塵）の供給量の増加により珪質粘土岩が堆積した可能性が指摘されている (Muto *et al.*, 2018, 2020 ; Muto, 2021).

黒保根-桐生コンプレックスは、他のコンプレックスと比較して珪質粘土岩を多く含んでおり、同コンプレックスの特徴的な岩相である。特に、万山鉱山では、厚い珪質粘土岩がみられる。本地点の珪質粘土岩は灰白色から明灰色を呈し、単層の厚さは5～15 cmで成層する(付図2A)。層理面や葉理面に沿って容易に剥離する。鏡下観察に基づくと、粘土鉱物を主体として、その中に石英などのシルトサイズの碎屑粒子が点在する(付図2B)。

万山の珪質粘土岩からコノドント (*Neohindeodella benderi* (Kozur and Mostler)) が報告されている (Sashida *et al.*, 1992 ; Muto and Ito, 2021) (付図2F)。この種は下部三疊系オレネキアン階～中部三疊系アニシアン階の石灰岩や遠洋性珪質岩からの産出が知られている (Koike, 1981 ; Agematsu *et al.*, 2008 ; Muto *et al.*, 2018, 2019)。

また、本地点では厚い泥質層を挟むチャートと級化型珪質泥岩が観察できる。黒保根-桐生コンプレックスのチャートの多くは珪質層と泥質層の互層からなる層状で、一般的に泥質層は薄く通常5 mm以下である。一方、本地点南西部の沢沿いでは、厚い泥質層を挟むチャートが観察できる(付図2C)。黒保根-桐生コンプレックスの珪質泥岩については、級化の有無により非級化型と級化型の2種類に区分されている (伊藤, 2021b)。本地点南東部では、級化型珪質泥岩が観察できる。この級化型珪質泥岩は淡緑色から明灰色で、明瞭な成層構造を呈する(付図2D)。単層の層厚は3～5 cmで、厚さ1 mm程度の粘

土質岩を挟む。褶曲をしており、節理が発達する。鏡下観察によると、シルトサイズの石英、隠微晶質石英及び粘土鉱物が認められ、隠微晶質石英が卓越する細粒部と、放散虫とみられる球状体が多く含まれる粗粒部により級化をなす(付図2E)。この珪質泥岩からは、再結晶により保存は不良であるが、中生代から新生代にかけて産出する閉球状ナッセリアが発見されている (Ito, 2021c) (付図2G)。

Site 2 鳴石：伝承の残るチャート巨礫

位置：36°24' 56" N, 139°23' 54" E (栃木県足利市小俣町鳴石)

解説：足利市小俣町鳴石(付図3A)には、鳴石と呼ばれるチャート巨礫がある。この鳴石については、大同3年(西暦808年)にその南方の鳴動山(現在の石尊山)から猿によって運ばれたという伝承がある。伊藤(2021d)はこの伝承について地質学的観点から検討している。

鳴石は、長径4 m程度の楕円球状の明灰色チャートで(付図3B)、再結晶化が著しく、成層構造は弱い。

石尊山周辺に分布するチャート(付図3C)は、鳴石の最も近傍に露出する灰色～明灰色のチャートであり、岩相としては鳴石のものと類似する。鳴石が周辺から自然現象により運ばれたとすれば、伝承のように石尊山周辺のチャートからもたらされたと考えられる。石尊山周辺の稜線から北に向かって複数のV字谷があり、その谷の地形断面をみると、少なくとも一定の距離は運ばれ得る地形をしており(付図3D)、石尊山に由来するという伝承は妥当であるといえる。

Site 3 忍山川：大間々コンプレックスの玄武岩類

位置：36°28'59" N, 139°23'28" E (群馬県桐生市梅田四丁目湯本)

解説：本地点は、桐生市梅田町周辺を流れる忍山川の河川沿いである。本地域では、黒保根-桐生コンプレックスの構成岩類がみられるほか、大間々コンプレックスの基底部の玄武岩類がみられる(付図4)。玄武岩類はその形成場所の違いなどが化学組成に反映されることが知られている。足尾帯の西方延長と考えられる丹波帯や美濃帯では玄武岩類の地球化学組成の検討が行われていたが、足尾帯の検討例は限られており、「桐生及足利」地域ではこれまで知られていなかった。伊藤・草野(2021)は本地点の玄武岩類を含めた数試料の地球化学的検討を行い、その化学組成を丹波帯(Hashimoto *et al.*, 1970; 佐野・田崎, 1989; 中江, 1991)や足尾帯の他地域(中島ほか, 1992; Tagiri and Kasai, 2000; 草野ほか, 2010)の玄武岩類と比較した。

玄武岩類は全般的に風化が著しいが、幾つかの場所では溶岩が認められる。薄片観察では、玄武岩溶岩は斜長石・単斜輝石・かんらん石の斑晶と、斜長石・単斜輝石・不透明鉱物の石基からなる(付図5D)。

本地点では2つの玄武岩溶岩の試料(Om-1及びOm-4)の地球化学分析を行った(伊藤・草野, 2021)。これらの組成から、忍山川周辺の試料(Om-1及びOm-4)のような海洋島玄武岩的な特徴を持つものと、荒神山西方の試料(Om-2及びOm-3)のようにEタイプ中央海嶺玄武岩的な特徴を持つものの、少なくとも2種類が大間々コンプレックスには含まれる。

大間々コンプレックスは、先行研究において、岩相などの特徴に基づいて丹波帯の灰屋コンプレックスあるいは同帯の雲ヶ畑コンプレックスに対比されていたが(Kamata, 1996; 中江, 2000b)、化学組成からみても類似しており、これらの先行研究の見解と調和的である。一方、足尾帯内での対比として、大間々コンプレックスと葛生コンプレックスのユニット2を対比する見解があったが(山北・大藤, 2000)、少なくとも化学組成の面からは類似点に乏しい。

また、本地点には黒保根-桐生コンプレックスの構成岩類であるチャート(付図5A, B)や放散虫を含む珪質泥岩(付図5C)、泥岩も分布しており、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にあたる。断層露頭は発見されていないが、大間々コンプレックスの厚い玄武岩類の基底部によって境界断層(桐生川断層)が推定される(伊藤, 2021b)。

Site 4 水沼：大間々コンプレックスの枕状玄武岩溶岩

位置：36°30' N, 139°16'49" E (群馬県桐生市黒保根町水沼)

解説：本地点は、水沼駅周辺である(付図6)。露頭及

び転石で大間々コンプレックスの枕状玄武岩溶岩が観察できる。枕状溶岩は、溶岩が海底で噴出したときに急冷・固結することにより生じる。玄武岩溶岩の転石は、渡良瀬川右岸にみられる直径2 m程度のものである(付図7A, B)。玄武岩溶岩の露頭は、左岸にみられる(付図7C)。両枕状溶岩において、最大で長径50 cm程度の枕状構造がみられる。

また、本地点では、大間々コンプレックスのチャート及びチャート角礫岩や泥質混在岩がみられる。チャートとチャート角礫岩は右岸側で観察でき、長径が最大10 cm程度のチャート角礫からなる基質支持のチャート角礫岩が、層理面に斜交する断層を介して層状チャートと接する(付図7D)。泥質混在岩は、左岸側に広く分布する。泥質混在岩は砂岩の岩塊を含み(付図7E)、鏡下でも主に粘土鉱物と少量のシルトサイズ以下の碎屑粒子を伴う基質と、レンズ状の砂岩岩塊が観察できる(付図7F)。後述のSite 8の泥質混在岩と比較すると、含まれる岩塊の種類は乏しい。

Site 5 八木原：ヘリコプリオンを産した大間々コンプレックスのフズリナ石灰岩

位置：36°29'52" N, 139°17'45" E (群馬県桐生市黒保根町八木原)

解説：本地点は桐生市黒保根町八木原の^{こうじんやま}荒神山南西部にあたり(付図8A)、大間々コンプレックスの炭酸塩岩類の転石がみられる(付図8B)。露頭自体はわずかであるが比較的大きな炭酸塩岩類の岩体が伏在していると考えられる。野外や薄片の観察からは、フズリナ化石を含む石灰岩が認められる(付図8D, E)。

世界的に貴重な化石である軟骨魚類(*Helicoprion bessonowi* Karpinsky)が足尾山地から産出しているが(付図8C)、その産出地点はこの場所だと考えられている(例えば、林, 1997; 群馬県立自然史博物館, 1999; 伊藤, 2021e)。ヘリコプリオン属(*Helicoprion* Karpinsky)は軟骨魚綱に属し、下顎正中に螺旋状に巻いた接合歯列を持つことによって特徴づけられ(Karpinsky, 1899; Tapanila *et al.*, 2013)、その特異な形状から注目度が高い。その一方で、日本からの報告は限定的であり、Yabe (1903a)の他には宮城県気仙沼市で発見された2例の報告(荒木, 1980; 後藤ほか, 2010)のみである。

1900年頃に、足尾山地のフズリナ石灰岩からヘリコプリオンが発見され(神保, 1900; 佐川, 1900)、Yabe (1903a)により*Helicoprion bessonowi*と同定された。Yabe (1903a)は、その産出地点を花輪(現みどり市東町花輪)としていたが、岩相分布などに基づく、ヘリコプリオンの産出地点はその対岸の黒保根町八木原とみるのが妥当である(例えば、伊藤, 2021e)。

Site 6 大崩：大間々コンプレックスの玄武岩類と炭酸

塩岩類

位置：36°27' 52" N, 139°20' 31" E (群馬県桐生市川内町五丁目)

解説：本地点では、大間々コンプレックスの玄武岩類と炭酸塩岩類が観察できる(付図9)。大間々コンプレックスの炭酸塩岩類は、主に玄武岩類の中に小規模な岩塊ないし挟在する例が多いが、本地点では炭酸塩岩類が玄武岩類を挟む。炭酸塩岩類に挟まれる玄武岩類の見かけ上の厚さは、露頭では約20 cmである(付図10A)。鏡下では厚さ数100 μmの岩片として含まれる(付図10B)。炭酸塩岩類は結晶質で、方解石を主体とする。

また、本地点では、大間々コンプレックスの構成岩類として、剪断された玄武岩類(付図10C)、レンズ状砂岩を含む泥岩(付図10D)、破断されたチャート岩塊を含む泥質混在岩(付図10E, F)も観察できる。

Site 7 小平鍾乳洞：大間々コンプレックスの石灰岩からなる鍾乳洞

位置：36°27' 56" N, 139°18' 21" E (群馬県みどり市大間々町小平)

解説：大間々コンプレックスには炭酸塩岩類が含まれるが、大規模な岩体の分布は限られる。小平鍾乳洞周辺には、比較的大規模な炭酸塩岩類の岩体が存在する。地表の露出面積自体は限られるが、鍾乳洞の全長は90 mを超える(付図11A, B)。鍾乳洞内では、主に塊状の石灰岩が観察できる(付図11C)。

Site 8 高津戸峡：大間々コンプレックスの泥質混在岩

位置：36°26' 17" N, 139°16' 44" E (群馬県みどり市大間々町高津戸)

解説：名勝地である高津戸峡では、遊歩道において、大間々コンプレックスの泥質混在岩が広く露出している(付図12)。この泥質混在岩では、様々な種類の岩塊が観察できる(付図13A, B)。

基質の泥岩は、黒灰色・暗灰色・灰色を呈し、鱗片状劈開が発達する。伊藤(2021b)は、泥岩基質中に含まれる岩塊の種類や量比に基づいて、以下の4種類に区分した。それは、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、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である。玄武岩類はレンズ状から不定形をなす(付図13C)。炭酸塩岩類は灰白色で楕円球状であり(付図13D)、長径は最大でも3 m程度である。チャートは最も一般的な岩塊であり、暗灰色や灰色を呈してレンズ状をなすことが多い。層理面が認められるチャート岩塊は多くみられ(付図13E)、褶曲構造が観察されるものもある(付図13F)。砂岩は灰色～明灰色の中粒～粗粒のレンズ

状岩塊であり、小規模なことが多いが(付図13C)、長径3 mに及ぶものもある。

Site 9 閑馬川：葛生コンプレックスのチャート-碎屑岩シーケンス及び閑馬断層

位置：36°27' 38" N, 139°29' 34" E (栃木県佐野市閑馬町)

解説：本地点では、葛生コンプレックスのチャート-碎屑岩シーケンスが観察できる(付図14)。閑馬川の右岸側にある林道沿いで、北北西から南南東に向かって、チャート、珪質泥岩(付図15A, B)、泥岩(付図15C, D)と岩相が変化する様子が観察できる。このようなチャート-碎屑岩シーケンスが少なくとも2回繰り返すことが認められ、2回目のシーケンスでは泥岩の層序的上位に位置すると考えられる砂岩(付図15E)も露出している。泥岩からはジュラ紀と考えられる放散虫が産出している(付図15F)(Ito, 2021c)。付図14の北東側にある旗川支流沿いでは、同様にチャート-碎屑岩シーケンスの繰り返しを鎌田(1997)により報告されている。

また、本地点では、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である閑馬断層が観察できる。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しており(付図16A1)、最大で15 cmほどの厚さの断層ガウジが認められる(付図16A2)。一般的な付加体においては、構造的な下位の地質体ほど若いという累重関係が知られており、丹波帯や美濃帯のジュラ紀付加体においても同様の関係が認められている(例えば、木村, 2000; 中江, 2000b)。足尾山地のジュラ紀付加体の場合、閑馬断層を境として、西側では黒保根-桐生コンプレックスと大間々コンプレックスが、東側では葛生コンプレックスと行道山コンプレックスが分布する。これらを比較すると、構造的な上位の地質体(大間々コンプレックスと行道山コンプレックス)がそれぞれの構造的な下位の地質体(黒保根-桐生コンプレックスと葛生コンプレックス)よりも、泥岩の年代が古く、混在相が卓越し、ペルム紀の海洋性岩石を多く含む。つまり、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的累重関係からなる。これに対し、閑馬断層によって接する葛生コンプレックスと黒保根-桐生コンプレックスでは、構造的な上位の葛生コンプレックスの方が泥岩の年代が若く、また整然相が卓越する。これは、閑馬断層が付加作用以降に形成された足尾山地のジュラ紀付加体の再配列などに関わる後生的な断層であることを示唆している(伊藤, 2021b)。岡村・鎌田(2000)は、閑馬断層を挟んで、葛生コンプレックスと黒保根-桐生コンプレックスではイライト結晶度に明瞭な差があることを示しており、岡村・鎌田(2001)は同断層を序列外スラスト(out-of-sequence-thrust)に相当するとみなしている。閑馬断層

を序列外スラストとみなした場合の、各コンプレックスの断層関係を付図16Bに示す。

Site 10 両崖山：葛生コンプレックスのチャートを利用した足利城跡

位置：36°21′13″ N, 139°26′53″ E(栃木県足利市本城一丁目)

解説：Ito and Ichizawa (2022a)は、「桐生及足利」地域の地質と城郭の分布を検討し、山城がチャートの上に築城される例が多いことを示した。足利城は、足利市の両崖山周辺に位置し、チャートの上に築城された典型的な山城の1つである。

足利城の縄張り内はほぼチャートからなり(付図17A)、本丸周辺(両崖山山頂)から山稜に沿ってチャートが露出している(付図17B, D)。本丸南東部の堀切に当たる部分では、珪質泥岩・泥岩・砂岩泥岩互層(付図17C)が認められる。一般的にチャートは緻密で固く急峻な地形を作るため、その特徴が築城に利用されたと考えられる。これに対して堀切は、チャートと比べて柔らかい泥質岩の分布域に作られている。地質とそれによる地形的な特徴が築城に利用された例と言える。

Site 11 足利学校：チャートを使用した庭石

位置：36°20′10″ N, 139°27′13″ E(栃木県足利市昌平町)

解説：足利市にある足利学校(付図18A)は日本最古の教育機関として知られており、1921年(大正10年)3月3日に国指定の重要文化財に指定され、2015年(平成27年)4月24日には日本遺産に認定された。1668年(寛文8年)に創建された学校門(付図18B)や1990年(平成2年)に復元された方丈と庭園(付図18C)が参観できる。庭園には庭石としてチャートが置かれている(付図18D, E)。これらのチャートは主に灰色～暗灰色の層状チャートであり、褶曲構造もみられる。足尾山地のジュラ紀付加体を使用していると思われる。

Site 12 大岩：葛生コンプレックスのチャート-碎屑岩シーケンス及びストライプチャート

位置：36°21′57″ N, 139°26′41″ E(栃木県足利市大岩町)

解説：本地点では、葛生コンプレックスのチャート-碎屑岩シーケンスが観察できる(付図19)。林道大岩月谷線沿いにおいて、チャート(付図20A)・珪質泥岩(付図20B)・泥岩・砂岩泥岩互層(付図20C)・砂岩の順で露頭がみられ、チャート-碎屑岩シーケンスが少なくとも3回繰り返すのが確認できる(付図19)。珪質泥岩や泥岩からはジュラ紀放散虫が産出している(付図20E-G)。Site 9とは葛生向斜を挟んで逆翼側に当たるため、Site 9で観察されたチャート-碎屑岩シーケンスは南東方向が上位

であるのに対し(付図14)、本地点では逆に北西側が上位となる(付図19)。

ルートマップの北西部では行道山コンプレックスの泥質混在岩とチャートが分布する。この泥質混在岩は砂岩岩塊を含む(付図20D)。このように岩相が異なることから、この範囲に葛生コンプレックスと行道山コンプレックスを境する大岩断層を認定した。

また、本地点では2か所においてストライプチャートが観察できる(付図21A, B)。ストライプチャートとは単層内に葉理様構造を呈するチャートを指し、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(付図21C-G)(Ito, 2020b)。

登山道沿い(ルートマップ中央部)の大岩セクションでは、多くのストライプチャート層が認められ、後期三畳紀の放散虫が産出している(付図21A)。登山道沿い林道大岩月谷線沿いの月谷セクションでは5枚のストライプチャート層が認められ、コノドントや中期三畳紀の放散虫が産出している(付図21B)。Ito (2020b)は、丹波帯・美濃帯・足尾帯のジュラ紀付加体の先行研究(例えば、Kakuwa, 1991; Nikaido and Matsuoka, 2009)との比較から、これらの地質体ではストライプチャート層が卓越する層準は、上部三畳系のカーニアン階～下部ノーリアン階に対比できる可能性を示唆した(付図22)。

Site 13 八王子丘陵：行道山コンプレックスのペルム系チャートのセクション

位置：36°21′19″ N, 139°21′53″ E(群馬県太田市吉沢町)

解説：本地点は八王子丘陵の唐沢山の南方に位置する(付図23A)。林道沿いに行道山コンプレックスの主要構成岩類であるチャートとして、赤色層状チャート(付図23B, E, F)や灰色～暗灰色～明灰色層状チャート(付図23C, D)、チャート角礫岩が露出している。

層状チャートからは、ペルム紀シスウラリアン世～グアダルピアン世の放散虫が多く産出している(Ito, 2020a, 2021c)(付図24)。放散虫の年代からは、層序的上位は南西側であると考えられ、逆転はしていない。Ito (2020a)は、この中では最も古い赤色チャートのセクション(八王子セクションと呼称)から、新種の放散虫(*Latentibifistula clathrata* Ito)を記載した。日本においてペルム系の下部～中部の良好なセクションは限られており、そういった点でも貴重な露頭である。

Site 14 名草：足利岩体の黒雲母花崗閃緑岩

位置：36°25′55″ N, 139°26′42″ E(栃木県足利市名草上町)

解説：本地点は足利市名草上町に位置し、「名草の巨石群」として知られる足利岩体の黒雲母花崗閃緑岩がみ

られる。また、この岩体の周辺に分布する黒保根-桐生コンプレックスの構成岩類は接触変成を被っている。

足尾山地北部の珪長質火成岩類については、岩石の特徴や年代に基づいて、松木型花崗岩類・^{そりり}沢入型花崗岩類・中禅寺型酸性火成岩類の3種類に区分されている(矢内, 1972)。名草でみられる黒雲母花崗閃緑岩は足利岩体と呼ばれ(矢内, 1972, 1973)、沢入型花崗岩類に区分される。

足利岩体の分布範囲は、北東-南西方向に長軸を持つ楕円形状である(付図25)。「名草の巨石群」では、最大で直径数mに及ぶ黒雲母花崗閃緑岩のコアストーンが点在しており(付図26A)、名草巖島神社周辺では直径数m以上の大規模な黒雲母花崗閃緑岩が存在する(付図26B)。鏡下では、黒雲母花崗閃緑岩は細粒~中粒で、等粒状組織を示す(付図26C)。主要構成鉱物として石英・斜長石・カリ長石・黒雲母を含み、副成分鉱物としてはアパタイト・ジルコン・磁鉄鉱・白雲母が認められる。なお、矢内(1972, 1973)によるK-Ar年代に基づけば、足利岩体の年代は85 Ma(後期白亜紀)である。

足利岩体周辺の黒保根-桐生コンプレックス構成岩類は接触変成を被っており、変成したチャートや泥岩が観察できる。変成チャートは暗灰色から明灰色を呈し、塊状あるいは層状である。岩体の近傍では、100 μmを超える粗粒な石英からなる変成チャートもみられる(付図26E)。変成泥岩は、暗灰色から灰色を呈し、層理が不明瞭で塊状のものが多く(付図26D)。鏡下では白雲母から構成する片理面が形成され(付図26F)、この片理面を切断するようにランダムな方位で白雲母が形成されているものもある。

Extra sites : 博物館

足尾山地周辺では複数の博物館が存在し、地質や古生物に関する展示がみられる。群馬県みどり市大間々町大間々のコノドント館(大間々博物館)では、同市周辺で発見された化石や鉱物が展示されており、その名の通りコノドントに関する展示も多い(<https://www.city.midori.gunma.jp/conodont/>, 閲覧日: 2022年5月18日)。みどり市笠懸町阿左美の岩宿博物館は、日本における旧石器時代の存在が初めて立証された岩宿遺跡に関する博物館である。同遺跡で発掘された考古学的な展示が主であるが、旧石器時代に生息していた生物の化石(マンモスゾウなど)も展示されている(<https://www.city.midori.gunma.jp/iwajuku/>, 閲覧日: 2022年5月18日)。栃木県佐野市葛生の葛生化石館は主に佐野市内で発見された化石を展示している。また、同市内の葛生コンプレックスのユニット2の炭酸塩岩類に関連して、足尾山地を含めた国内外の炭酸塩岩類が展示されている(<https://www.city.sano.lg.jp/sp/kuzuukasekikan/>, 閲覧日: 2022年5月18日)。

6. 終わりに

本案内書では、足尾山地南西部「桐生及足利」地域に分布するジュラ紀付加体について、14の見学地点を設定した。これらの地点には、泥質混在岩や海洋プレート層序など付加体に特徴的な岩相や層序が認識できる露頭やルートのほか、伝承や史跡といった歴史的な要素を含む場所や観光に適した景勝地なども含まれている。広範な地域内に見学地点が点在していて短期間で全てを回することは難しいため、数日間の時間をかけた巡検や特定のテーマを設定したツアーに利用されることを想定している。例えば、海洋プレート層序の構成岩類を層序の下位から辿る(Site 4→Site 5→Site 7→Site 13→Site 1→Site 12)や足利市の史跡や歴史を巡る(Site 2→Site 11→Site 10)、ペルム紀フズリナ・三畳紀コノドント・ペルム紀~ジュラ紀放射虫といった化石を産出する岩相を観察する(Site 5→Site 13→Site 12→Site 1)といった旅程が考えられるであろう。付図1に各見学地点で観察できる岩相や産出した化石などの情報をまとめたので、旅程を検討する際の資料や索引として利用されたい。

足尾山地は関東や信越からはアクセスが容易であり、さらに本案内書では道路沿いなどアプローチがしやすい場所を中心に見学地点として設定した。本案内書がジュラ紀付加体の学習・研究の端緒として活用されることを望む。

謝辞: 編集委員長の鈴木 淳博士(地質情報研究部門)及び担当編集の藤井孝志博士(地圏資源環境部門)ならびに査読者の内野隆之博士(地質情報研究部門)には、建設的な意見や提案をいただき、原稿の内容は改善された。

文 献

- Adachi, M., Kojima, S., Wakita, K., Suzuki, K. and Tanaka, T. (1992) Transect of central Japan: From Hida to Shimanto. *In* Adachi, M. and Suzuki, K., eds., *29th IGC Field Trip Guide Book Vol. 1, Paleozoic and Mesozoic terranes: Basement of the Japanese Island Arcs*, Nagoya University, Nagoya, 143-178.
- Agematsu, S., Orchard, M. J. and Sashida, K. (2008) Reconstruction of an apparatus of *Neostrachanognathus tahoensis* from Oritate, Japan and species of *Neostrachanognathus* from Oman. *Palaeontology*, **51**, 1201-1211.
- 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.
- 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 (1997) 足尾帯葛生地域の珪質泥岩から産出したジュラ紀放射虫化石群集 (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射虫化石群集. 栃木県立博物館紀要, **15**, 51-76.
- 荒木英夫 (1980) 宮城県気仙沼市より軟骨魚類ヘリコプリオン属化石の発見. 地質学雑誌, **86**, 135-137.
- 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—あど山層基底のコノドントフォーナの再検討—. 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ド山層の層序とフォーナ—. 地球科学, **28**, 86-98.
- 永広昌之・山北 聡・高橋 聡・鈴木紀毅 (2008) 日本地質学会第115年学術大会 見学旅行案内書, 安家一久慈地域の北部北上帯ジュラ紀付加体. 地質学雑誌, **114** (補遺), 121-139.
- 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.
- 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.
- 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.
- 後藤仁敏・高泉幸浩・庄子 裕・荒木英夫・永広昌之 (2010) 宮城県気仙沼市の黒沢層 (ペルム紀) から発見されたヘリコプリオン *Helicoprion* の正中歯列化石について. 日本古生物学会第159回例会講演予稿集, 21.
- Hanzawa, S. (1942) *Parafusulina yabei* n. sp. from Tomuro, Simotuke Province, Japan. *Japanese Journal of Geology and Geography*, **18**, 127-131.
- Hashimoto, M., Kashima, N. and Saito, Y. (1970) Chemical composition of Paleozoic greenstones from two areas of Southwest Japan. *The Journal of the Geological Society of Japan*, **76**, 463-476.
- 原田慎治 (1886) 足尾銅山地質略説. 地質要報, **1**, 192-197.
- 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) 栃木縣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 (1968) 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 (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 (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—大型化石およびコノドントによる年代論 (その2) —. 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.
- Hisada, K., Igo, Hy. and Arai, S. (1992) Paleozoic melanges and associated rocks in the kanto Mountains. In Adachi, M. and Suzuki, K., eds., *29th IGC Field Trip Guide Book Vol. 1, Paleozoic and Mesozoic terranes: Basement of the Japanese Island Arcs*, Nagoya University, Nagoya, 115-141.
- 久田健一郎, 富永紘平, 関根一昭, 松岡喜久次, 加藤 潔 (2016) 巡検案内書: 第123年学術大会 (2016年東京・桜上水大会) 関東山地秩父帯北帯の地質. 地質学雑誌, **122**, 325-342.
- 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畳紀—前期ジュラ紀放射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・細井さち系 (1976) 栃木県葛生町東方における二畳系と三畳系の境界について. 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.
- 猪郷久義 (1985) 足尾山地秋山川上流深堀付近の三畳紀石灰岩. 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.
- 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.
- 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.
- Ishiga, H. (1994) Late Paleozoic bedded cherts and Permian and Triassic boundary in the Tanba Terrane, Southwest Japan. *Guide Book for INTERRAD VII Field Excursion*, Organizing committee of INTERRAD VII, Osaka, 1–18.
- 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.
- 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疊紀放射虫化石. 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**, 100407.
- Ito, T. (2020b) Radiolarian age of striped chert within the Jurassic accretionary complex of the Tamba-Mino-Ashio belt in the Ashikaga area, Tochigi Prefecture, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **71**, 297–312.
- 伊藤 剛 (2021a) 巻頭言：5万分の1地質図幅「桐生及足利」地域の足尾帯の地質. 地質調査研究報告, **72**, 191–200.
- 伊藤 剛 (2021b) 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. 地質調査研究報告, **72**, 201–285.
- Ito, T. (2021c) Radiolarians from Jurassic accretionary complex of the Ashio belt in the Kiryu and Ashikaga District (Quadrangle series 1:50,000), central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **72**, 287–324.
- 伊藤 剛 (2021d) 鳴石：猿が運んだチャート巨礫. GSJ地質ニュース, **10**, 218–220.
- 伊藤 剛 (2021e) 一螺旋状に配列した歯を持つヘリコプリオン—足尾山地における産出地点をめぐって. GSJ地質ニュース, **10**, 276–281.
- Ito, T. and Ichizawa, Y. (2022a) Castellations incorporating geology and geography: Tenth–Sixteenth century castles on chert of a Jurassic accretionary complex in central Japan. *Geoheritage*, **14**, 17.
- 伊藤 剛・市澤泰峰 (2022b) 地質学からみた城郭：足尾山地南西部，5万分の1地質図幅「桐生及足利」の例. GS地質ニュース, **11**, 119–126.
- 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**, 371–382.
- Ito, T. and Matsuoka, A. (2017) Permian–Cretaceous radiolarians from Ie Island, Okinawa Prefecture, Japan. *Science Reports of Niigata University (Geology)*, no. 32 (supplement), 125–136.
- 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射虫及び有孔虫. 地質調査研究報告, **72**, 359–370.
- 伊藤 剛・高橋雅紀・山元孝広・水野清秀 (2022) 桐生及足利地域の地質. 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, 101p.
- 神保小虎 (1900) 「ヘリコプリオン」魚の化石. 地質学雑誌, **7**, 26–29.
- 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 (1995) 足尾帯葛生地域の黒色珪質頁岩，黒色

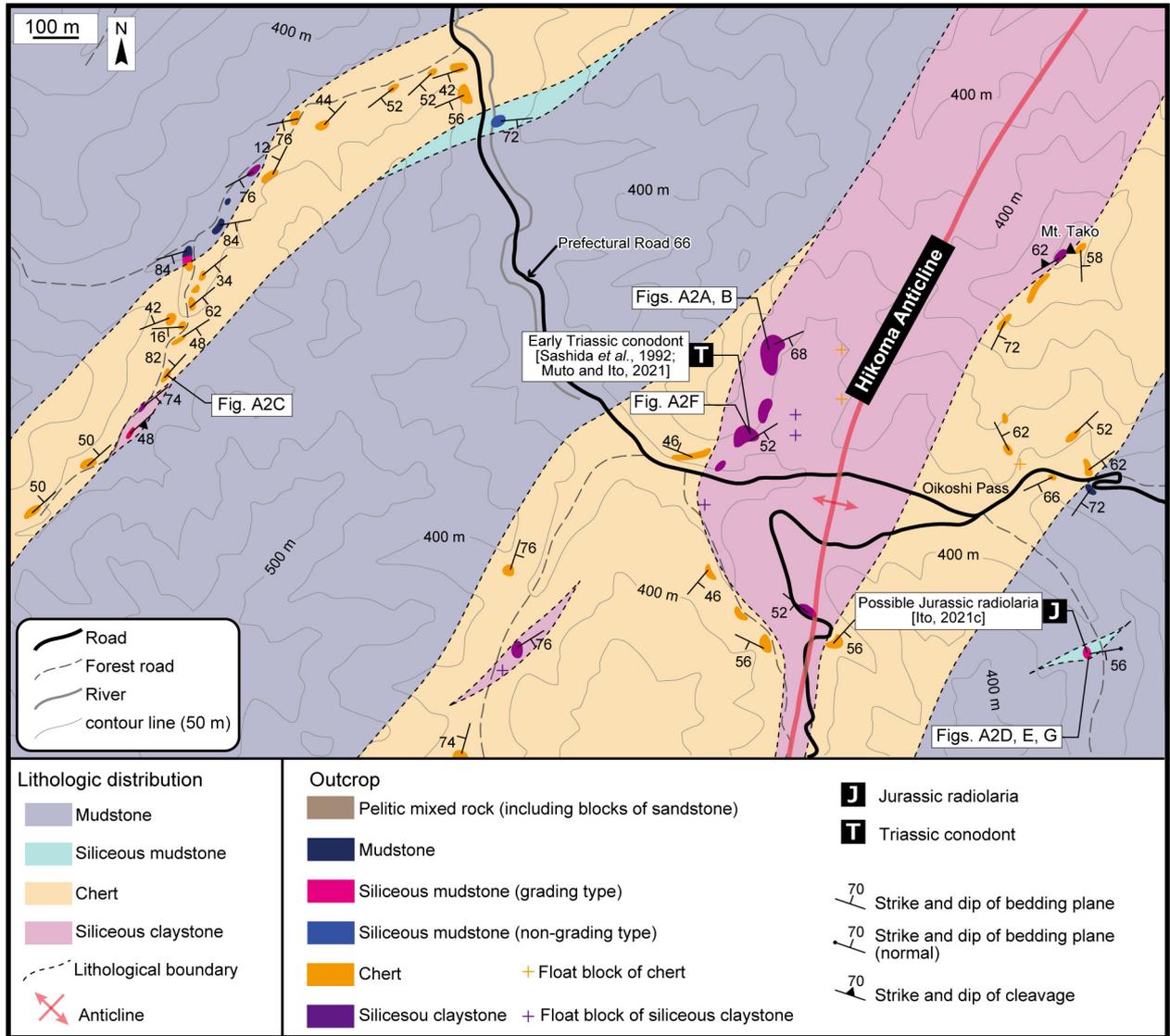
- チャートから産出する前期三畳紀放散虫。化石, **59**, 23–31.
- Kamata, Y. (1996) Tectonostratigraphy of sedimentary complex in the southern part of the Ashio Terrane, central Japan. *Science reports of the Institute of Geoscience, University of Tsukuba. Section B, Geological Sciences*, **17**, 71–107.
- 鎌田祥仁 (1997) 足尾帯葛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.
- Kamata, Y. (1999) Lower Triassic (Spathian) radiolarians from the Kuzu area (Tochigi Prefecture, central Japan). *Geodiversitas*, **21**, 657–673.
- 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.
- Kamata, Y. and Kajiwara, 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*, Gakujuytsu Tosho Insatsu Co. Ltd., Tokyo, 19–27.
- 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.
- 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.
- Karpinsky, A. P. (1899) Ueber die Reste von Edestiden und die neue Gattung *Helicoprion*. *Verhdlungen der Kaiserlichen Russischen Mineralogischen Gesellschafft zu St. Petersburg*, **36**, 1–111 (in German).
- 木村克己 (2000) 丹波帯ジュラ紀付加コンプレックスのストラスト系と運動像。地質学論集, no. 55, 181–202.
- 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. (1981) Biostratigraphy of Triassic conodonts in Japan. *Science reports of the Yokohama National University. Section 2, Biology and geology*, **28**, 25–46.
- 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.
- 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・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.
- 小泉 斉・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.
- Kojima, S., Hayasaka, Y., Hiroi, Y., Matsuoka, A., Sano, H., Sugamori, Y., Suzuki, N., Takemura, S., Tsujimori, T. and Uchino, T. (2016) Pre-Cretaceous accretionary complexes. In Moreno, T., Wallis, S. and Gibbons, W., eds., *The Geology of Japan*, Geological Society of London, London, 61–100.
- 草野有紀・宮下純夫・池田和也 (2010) 新潟県五泉市早出川周辺の足尾帯緑色岩の岩石学的研究。地質学雑誌, **116**, 270–282.
- Kuwahara, K., Yao, A. and Yamakita, S. (1998) Reexamination of Upper Permian radiolarian biostratigraphy. *Earth Science (Chikyu Kagaku)*, **52**, 391–404.
- 増田慎治 (1989) 八王子丘陵におけるジュラ紀放散虫化石。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.
- Matsuoka, A. (1983) Middle and late Jurassic radiolarian biostratigraphy in the Sakawa and Adjacent areas, Shikoku, Southwest Japan. *Journal of Geosciences, Osaka City University*, **26**, 1–48.
- 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.
- Matsuoka, A., Hori, R., Kuwahara, K., Hiraishi, M., Yao, A. and Ezaki, Y. (1994) Triassic–Jurassic radiolarian-bearing sequences in the Mino terrane, central Japan. *Guide Book for INTERRAD VII Field Excursion*, Organizing committee of INTERRAD VII, Osaka, 19–61.
- Mori, K., Okami, K. and Ehiro, M. (1992) Paleozoic and

- Mesozoic sequences in the Kitakami Mountains. In Adachi, M. and Suzuki, K., eds., *29th IGC Field Trip Guide Book Vol. 1, Paleozoic and Mesozoic terranes: Basement of the Japanese Island Arcs*, Nagoya University, Nagoya, 81–114.
- 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.
- 元木葉月・指田勝男 (2004) 足尾山地の「砥石」に関する年代学の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.
- 村田明広・高橋 司 (2017) 黒瀬川構造帯の模式地と四国西部の秩父帯を巡る: 四国西予ジオパーク. 地質学雑誌, **123**, 585–597.
- Musashino, M., Imoto, N., Shimizu, D. and Ishiga, H. (1992) Mesozoic accreted terranes of northwestern Kyoto. In Adachi, M. and Suzuki, K., eds., *29th IGC Field Trip Guide Book Vol. 1, Paleozoic and Mesozoic terranes: Basement of the Japanese Island Arcs*, Nagoya University, Nagoya, 205–212.
- 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., Soda, K. and Onoue, T. (2019) Conodont-based age calibration of the Middle Triassic Anisian radiolarian biozones in pelagic deep-sea bedded chert. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, **70**, 43–89.
- 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.
- 中江 訓 (1991) 化学組成からみた丹波帯緑色岩の起源. 岩鉱, **86**, 487–496.
- 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散虫化石の共存: 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.
- Nikaido, T. and Matsuoka, A. (2009) Radiolarian biostratigraphy and striped chert of the Sakahogi section in the Mino Terrane, Japan. *Abstracts of Japan Geosciences Union Meeting 2009*, J236-P003.
- 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.
- 尾上哲治・西園幸久 (2014) 日本地質学会第121年学術大会 巡検案内書, 九州西部に分布するジュラ紀付加体と海溝斜面堆積物. 地質学雑誌, **120** (補遺), 1–17.
- Onoue, T., Hori, R. S. and Kojima, S. (2017) Triassic and Jurassic radiolarian response to global catastrophic events in the Panthalassa Ocean, as recorded in the Mino Belt, central Japan. *Science Reports of Niigata University (Geology)*, no. 32 (Supplement), 29–69.
- Ogawa, Y., Nishiyama, T., Obata, M., Nishi, T., Miyazaki, K., Ikeda, T., Yoshimura, Y. and Nakagawa, K. (1992) Continental margin tectonics in Kyushu, Southwest Japan—Mesozoic paired metamorphic belts and accretionary complexes. In Adachi, M. and Suzuki, K., eds., *29th IGC*

- Field Trip Guide Book Vol. 1, Paleozoic and Mesozoic terranes: Basement of the Japanese Island Arcs*, Nagoya University, Nagoya, 261–315.
- 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 (現みどり市).
- 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畳系層状チャート層の放散虫化石層序. 大阪微化石研究会誌特別号, no. 11, 95–113.
- Reif, W. E. and Goto, M. (1979) Placoid scales from the Permian of Japan. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, **4**, 201–207
- 佐川栄次郎 (1900) 日本及ロシアに出でし最古魚類遺骸, 地学雑誌, **12**, 290.
- 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 幸恭 (1999) 志摩半島の秩父帯と黒瀬川帯. 日本地質学会第106年学術大会見学旅行案内書, 163–186.
- 佐野弘好・山縣 毅 (2020) 巡検案内書：第128年学術大会 (2021名古屋大会) 舟伏山地域の美濃帯海洋性岩石の層序と年代. 地質学雑誌, **126**, 365–381.
- Sano, H., Wakita, K., Kojima, S. and Yamagata, T. (1992) Late Mesozoic accretionary complex: Mino terrane, central Japan. In Adachi, M. and Suzuki, K., eds., *29th IGC Field Trip Guide Book Vol. 1, Paleozoic and Mesozoic terranes: Basement of the Japanese Island Arcs*, Nagoya University, Nagoya, 197–203.
- 佐野 栄・田崎耕市 (1989) 丹波帯の緑色岩. 地質学論集, no. 33, 53–67.
- 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・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散虫について. 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.
- 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・小泉奈緒子・竹村静夫 (2012) 日本地質学会第119年学術大会 2012年 巡検案内書, 兵庫県南東部, 川西一猪名川地域の超丹波帯と丹波帯. 地質学雑誌, **118** (補遺), 21–36.
- 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.
- 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.
- Tagiri, M. and Kasai, K. (2000) Nature of greenstones in the Mesozoic Yamizo Super Group, Keisoku Massif in the Yamizo Mountains, eastern Japan. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences*, **95**, 48–56.
- 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.
- Tapanila, L., Pruit, J., Pradel, A., Wilga, C. D., Ramsay, J. B., Schlader, R. and Didier, D. A. (2013) Jaws for a spiral-tooth whorl: CT images reveal novel adaptation and phylogeny in fossil *Helicoprion*. *Biological Letters*, **9**, 20130057.
- 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

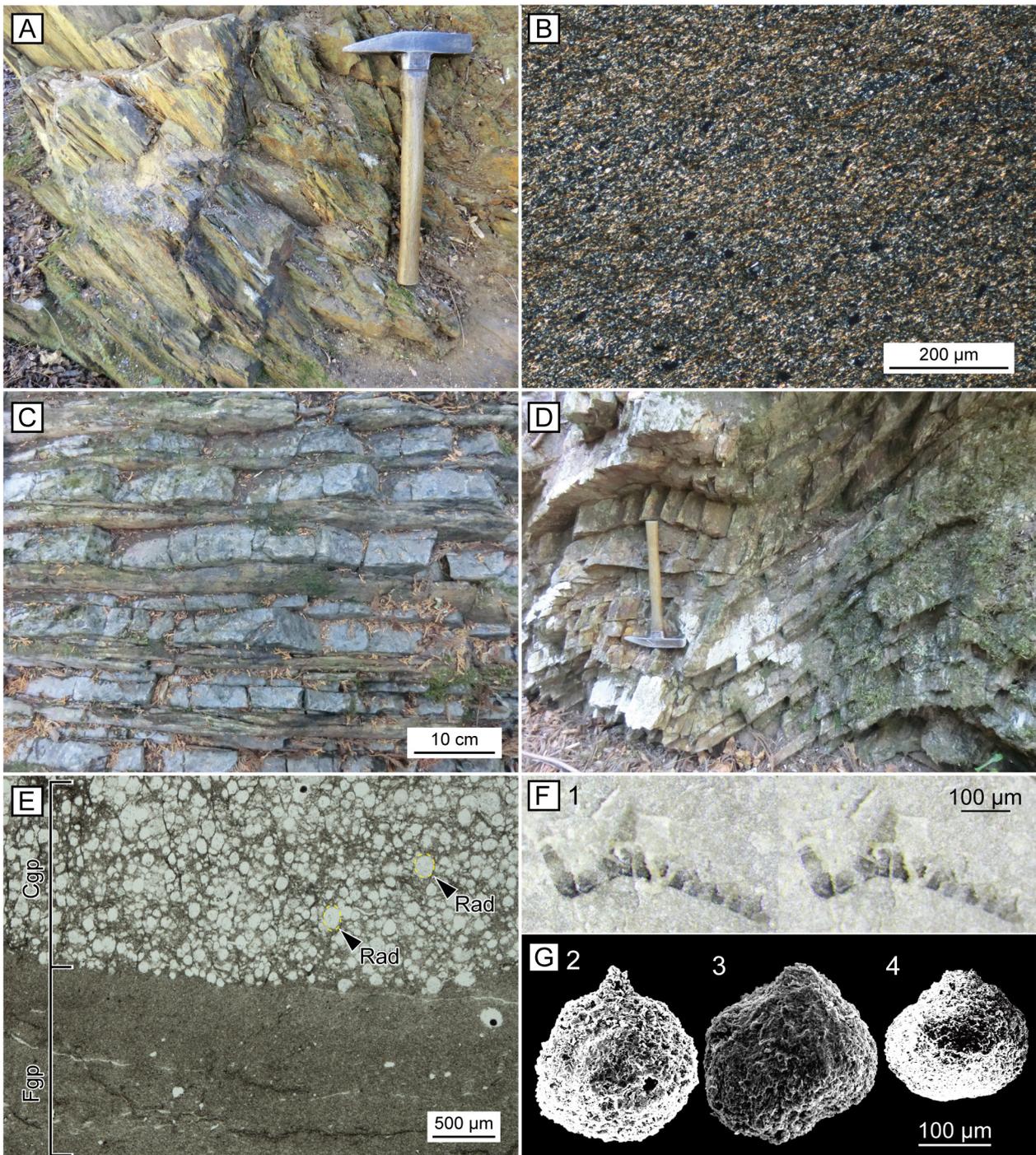
- Texas, USA. *Paleontological Research*, **20**, 367–384.
- 脇田浩二 (2000) 美濃帯のメラングジュ. 地質学論集, no. 55, 145–163.
- Xiao, Y. F., Suzuki, N., He, W. H., Benton, M. J., Yang, T. L. and Cai, C. Y. (2020) Verifiability principle of genus-level classification under quantification and parsimony theories: a case 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.
- 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.
- 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. (1903a) A fusulina-limestone with *Helicoprion* in Japan. *Journal of the Geological Society of Japan*, **10**, 1–13.
- 矢部長克 (1903b) 下野國北部古生代石灰岩層 (第二及三版). 地質学雑誌, **10**, 62–71.
- 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.
- Yamashita, D., Kato, H., Onoue, T. and Suzuki, N. (2018) Integrated Upper Triassic conodont and radiolarian biostratigraphies of the Panthalassa Ocean. *Paleontological Research*, **22**, 167–198.
- 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.
- 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.
- 八尾 昭 (2012) 日本地質学会第119年学術大会 巡検案内書, 紀伊半島西部の秩父帯・黒瀬川帯. 地質学雑誌, **118** (補遺), 90–106.
- 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.

(受付 : 2022年5月18日 ; 受理 : 2022年10月4日)



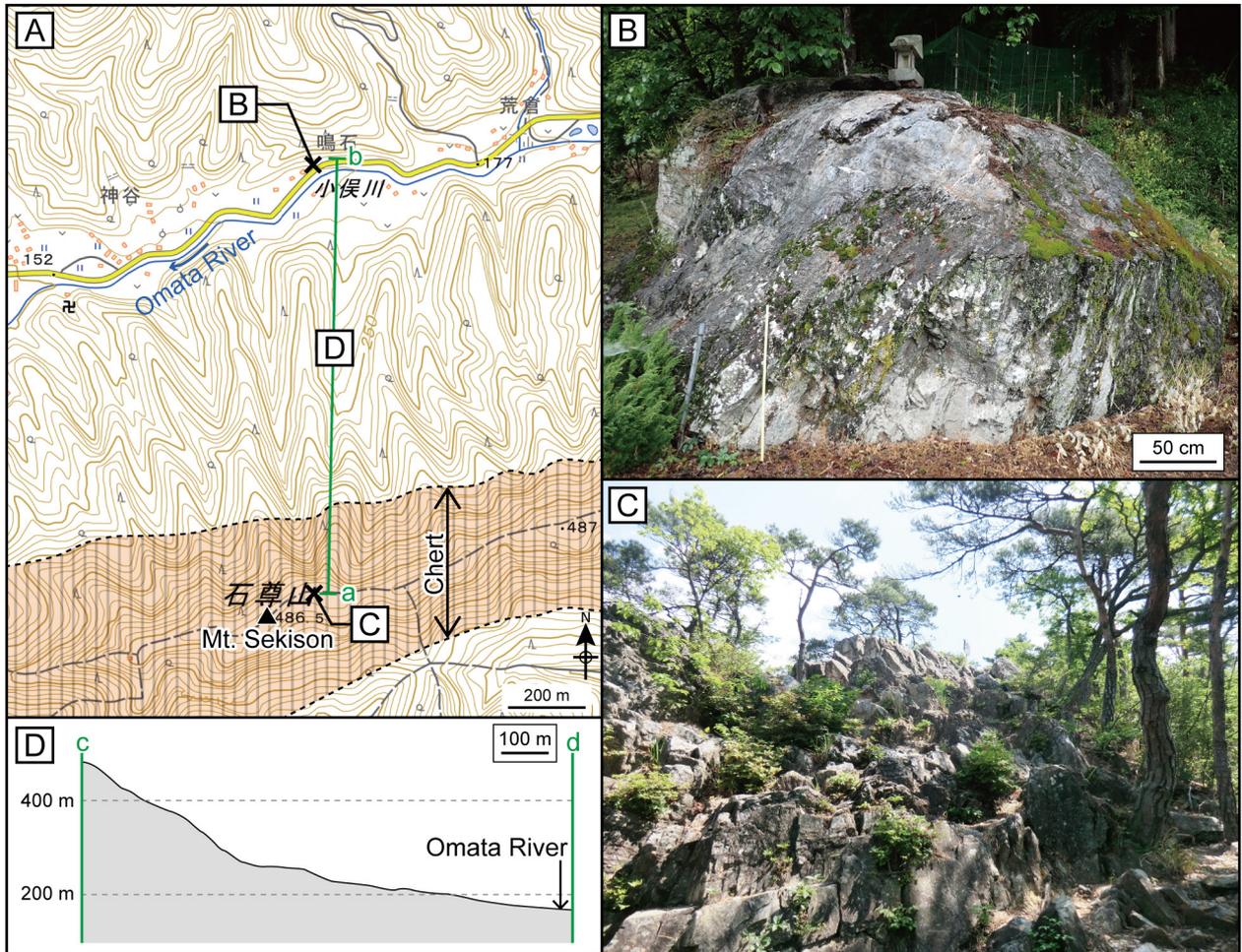
付図1 Site 1のルートマップ(佐野市飛騨町万山)。伊藤(2021b)に基づく。

Fig. A1 Traverse map of Site 1 (Hikoma-cho Ban-yama, Sano City) (based on Ito, 2021b).



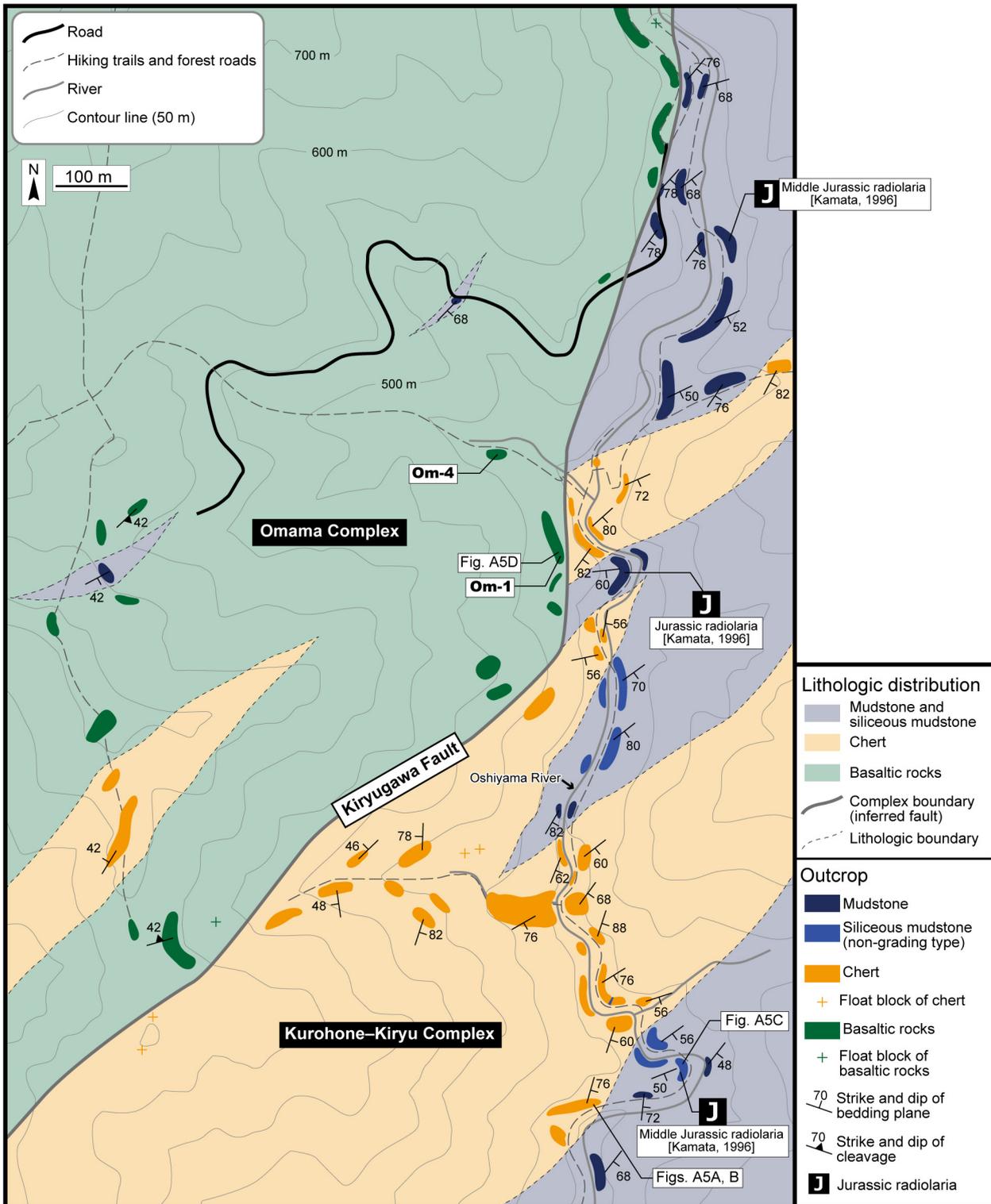
付図2 Site 1で観察できる岩相と産出した化石。伊藤 (2021b), Ito (2021c) 及びMuto and Ito (2021) に基づく。(A) 層状珪質粘土岩。(B) 層状珪質粘土岩の薄片写真。クロスニコル。(C) 厚い泥質層を挟むチャート。(D) 成層構造を呈する級化型珪質泥岩。(E) 級化型珪質泥岩中の粗粒部と細粒部の境界の薄片写真。下方ニコルのみ。(F) 珪質粘土岩から産出した前期三畳紀コノドント。(G) 級化型珪質泥岩から産出したジュラ紀と考えられる放散虫。Fgp: 細粒部; Cgp: 粗粒部; Rad: 放散虫。微化石: 1: *Neohindeodella benderi* (Kozur & Mostler); 2-4: 閉球状ナッセラリア。

Fig. A2 Lithology observable in Site 1 and occurrence fossils (based on Ito, 2021b, c and Muto and Ito, 2021). (A) Bedded siliceous claystone. (B) Thin section photomicrograph of siliceous claystone. Crossed polars. (C) Chert interbedding thick mudstone layers. (D) Bedded grading type siliceous mudstone. (E) Thin section photomicrograph of boundary between fine- and coarse-grained parts. Lower polarizer only. (F) Early Triassic conodont from siliceous claystone. (G) Possible Jurassic radiolarians from grading type siliceous mudstone. Fgp: fine-grained part; Cgp: coarse-grained part; Rad: radiolarian. Microfossils: 1: *Neohindeodella benderi* (Kozur & Mostler); 2-4: Closed nassellarian.



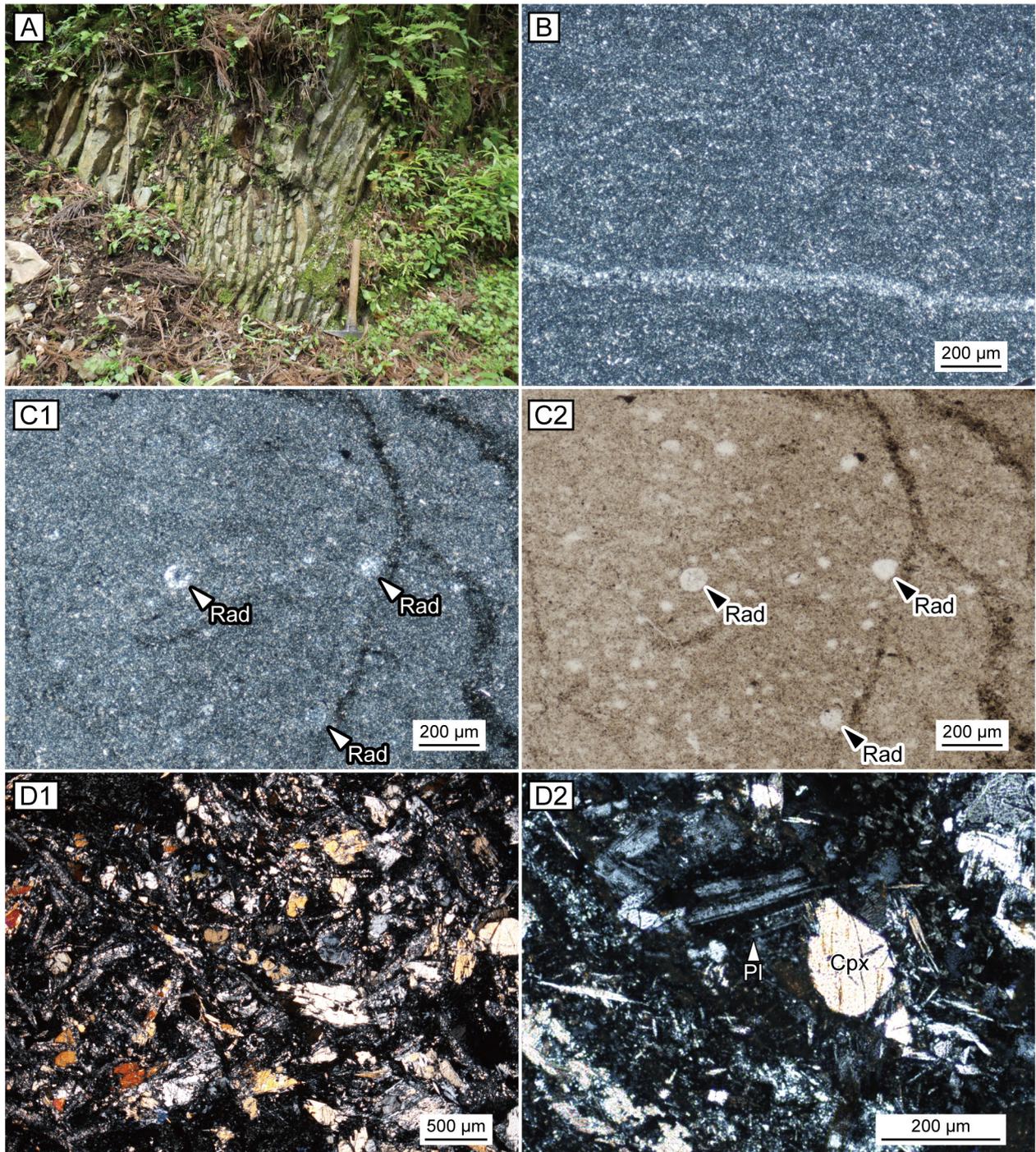
付図3 Site 2の位置図及び観察できる岩相(足利市小俣町鳴石). 伊藤(2021d)に基づく. (A)国土地理院発行の地形図を使用した位置図. (B)鳴石. (C)石尊山山頂東方の稜線沿いに露出するチャート. (D)石尊山-小俣川(a-b)の地形断面図.

Fig. A3 Index map Site 2 and lithology observable (Omata-cho Narushi, Ashikaga City) (based on Ito, 2021d). (A) Index map, modified from geographic map published by the Geospatial Information Authority of Japan. (B) Narushi. (C) Chert exposed along the ridge east of a crest of Mt. Sekison. (D) Topographic cross section in Mt. Sekison-Omata River (a-b).



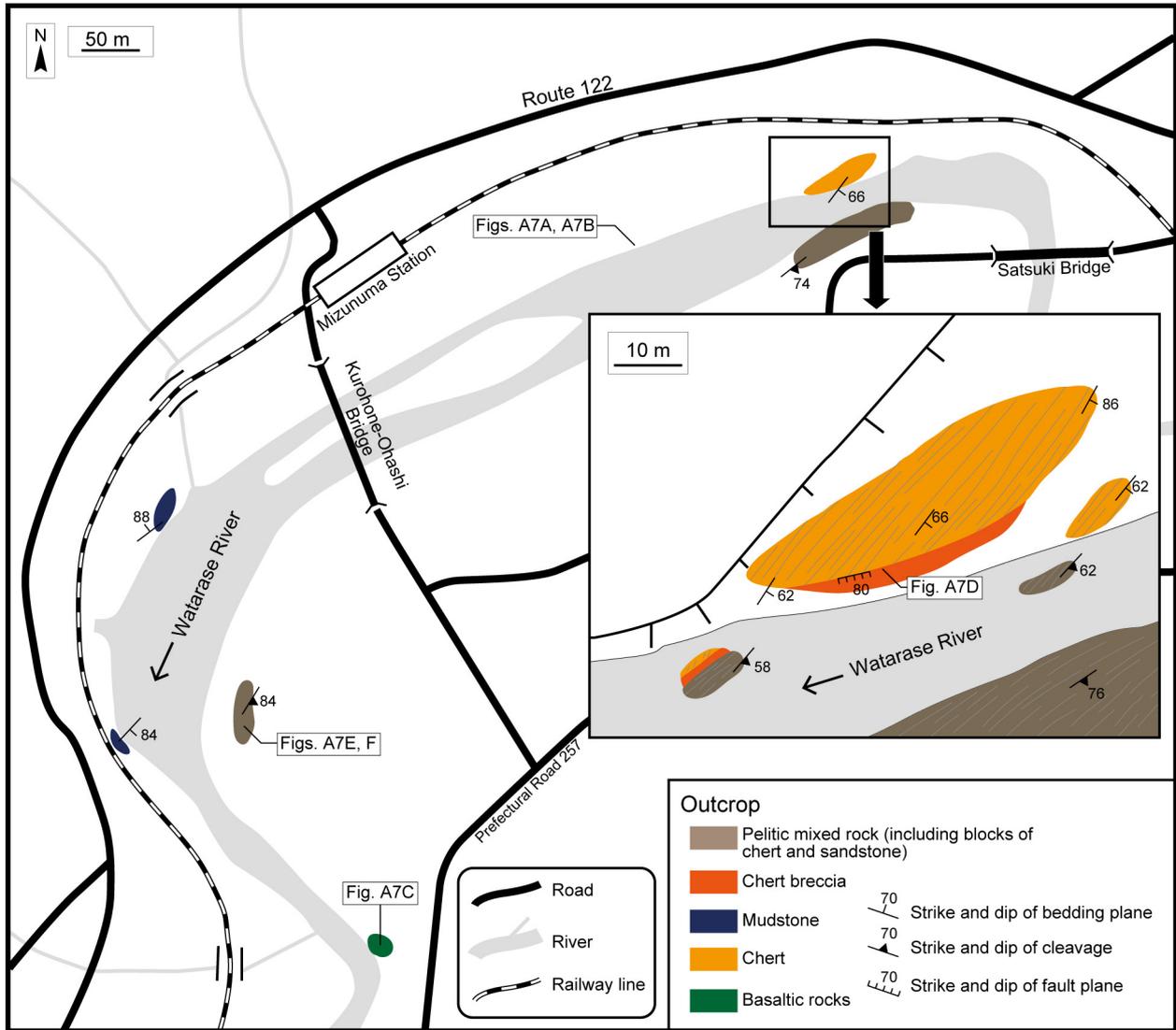
付図4 Site 3のルートマップ(桐生市梅田町忍山川). 伊藤(2021b)に基づく.

Fig. A4 Traverse map of Site 3 (Oshiyama River, Umeda-cho, Kiryu City) (based on Ito, 2021b).



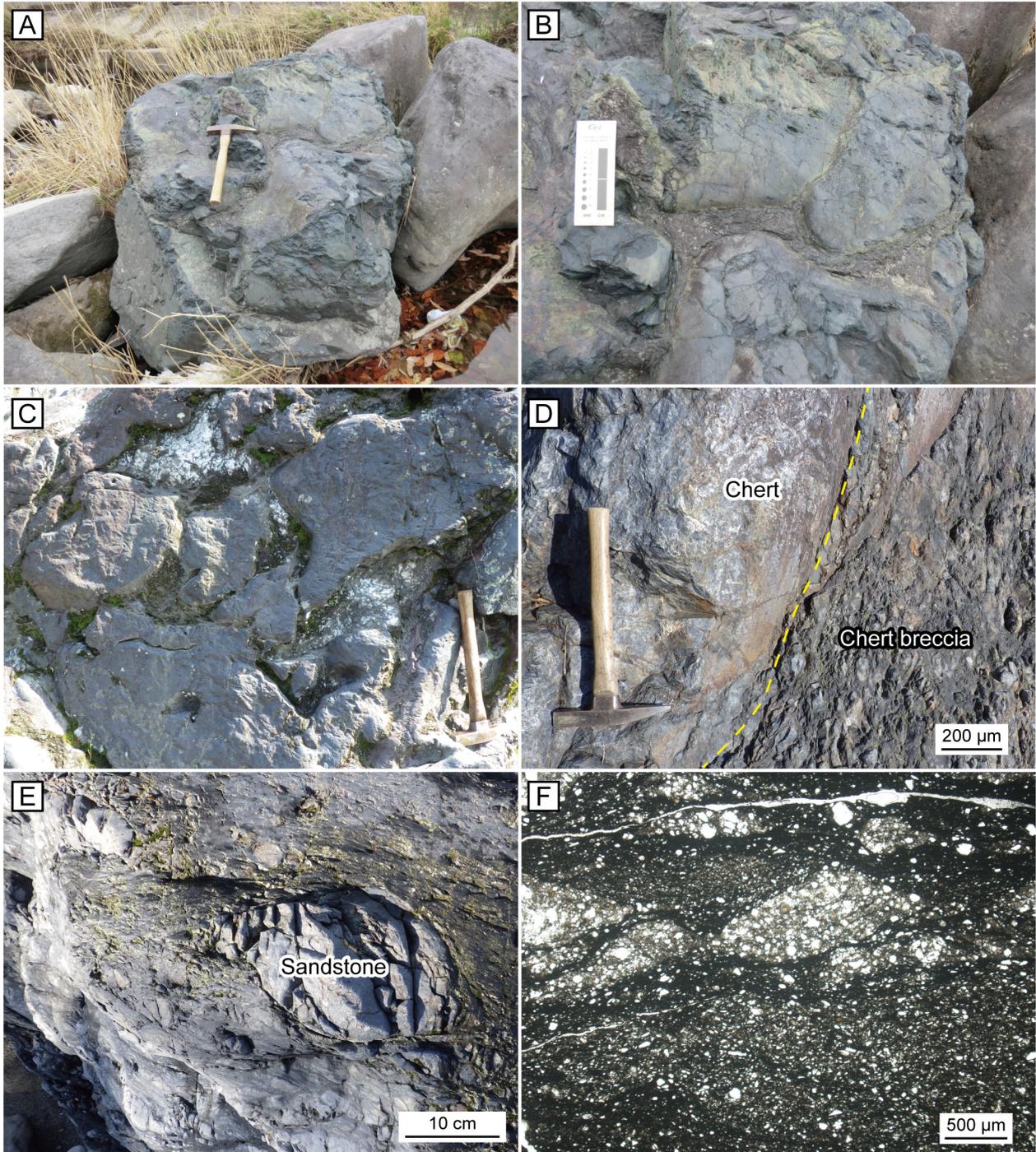
付図5 Site 3で観察できる岩相。伊藤(2021b)及び伊藤・草野(2021)に基づく。(A)黒保根-桐生コンプレックスの層状チャート。(B)黒保根-桐生コンプレックスのチャートの薄片写真。クロスニコル。(C)放散虫を含む非級化型珪質泥岩の薄片写真。C1:クロスニコル;C2:下方ニコルのみ。(D)大間々コンプレックスの玄武岩溶岩の薄片写真。クロスニコル。Rad:放散虫;Pl:斜長石;Cpx:単斜輝石。

Fig. A5 Lithology observable in Site 3 (based on Ito, 2021b and Ito and Kusano, 2021). (A) Bedded chert of the Kurohone-Kiryu Complex. (B) Thin section photomicrograph of the Kurohone-Kiryu Complex. Crossed polars. (C) Thin section photomicrograph of non-grading type siliceous mudstone including radiolarians of the Kurohone-Kiryu Complex. C1: crossed polars; C2: lower polarizer only. (D) Photomicrographs of basaltic lava of the Omama Complex. Crossed polars. Rad: radiolarian; Pl: plagioclase; Cpx: clinopyroxene.



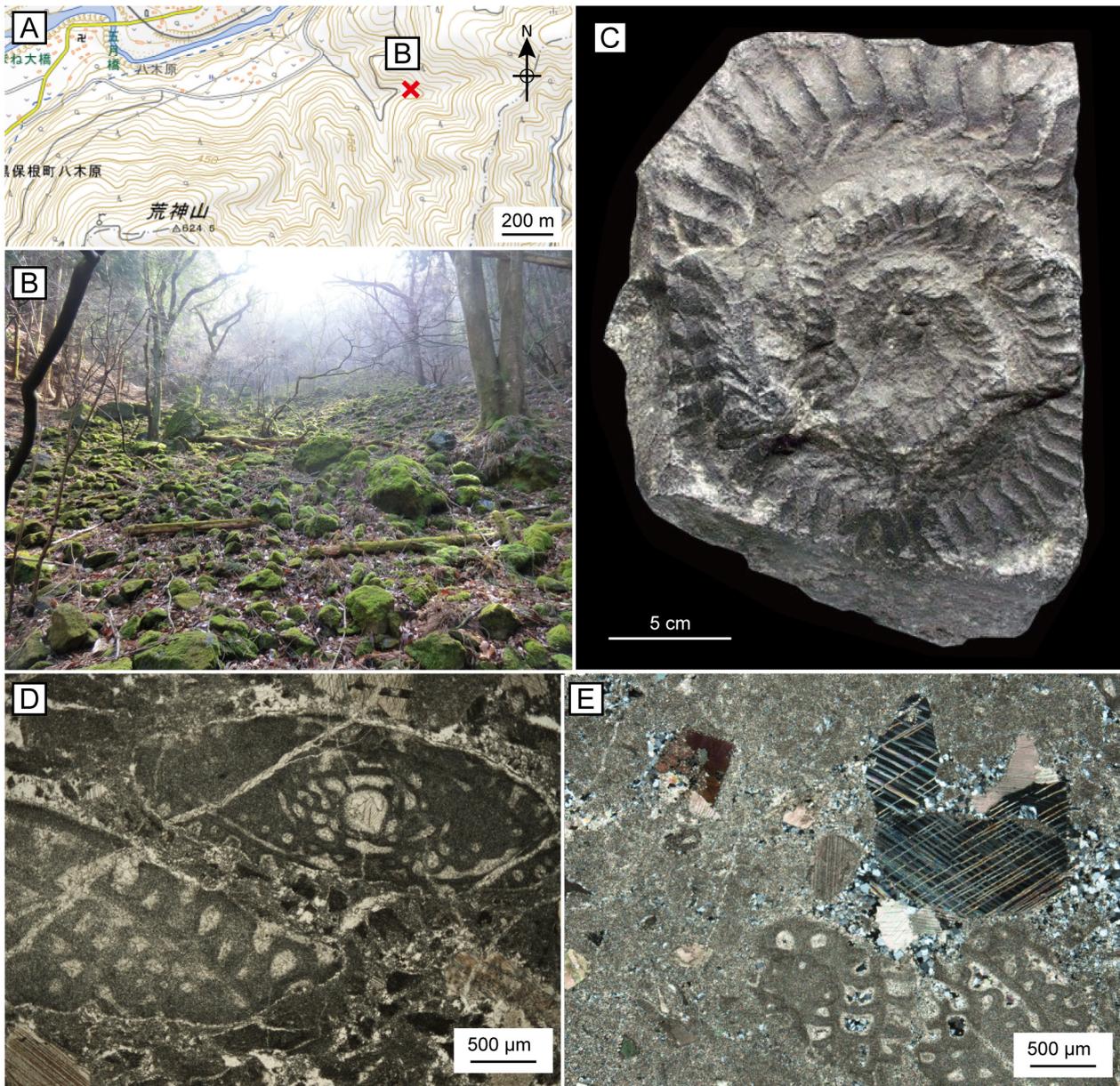
付図6 Site 4のルートマップ (桐生市黒保根町水沼). 伊藤 (2021b) に基づく.

Fig. A6 Traverse map of Site 4 (Kurohone-cho Mizunuma, Kiryu City) (based on Ito, 2021b).



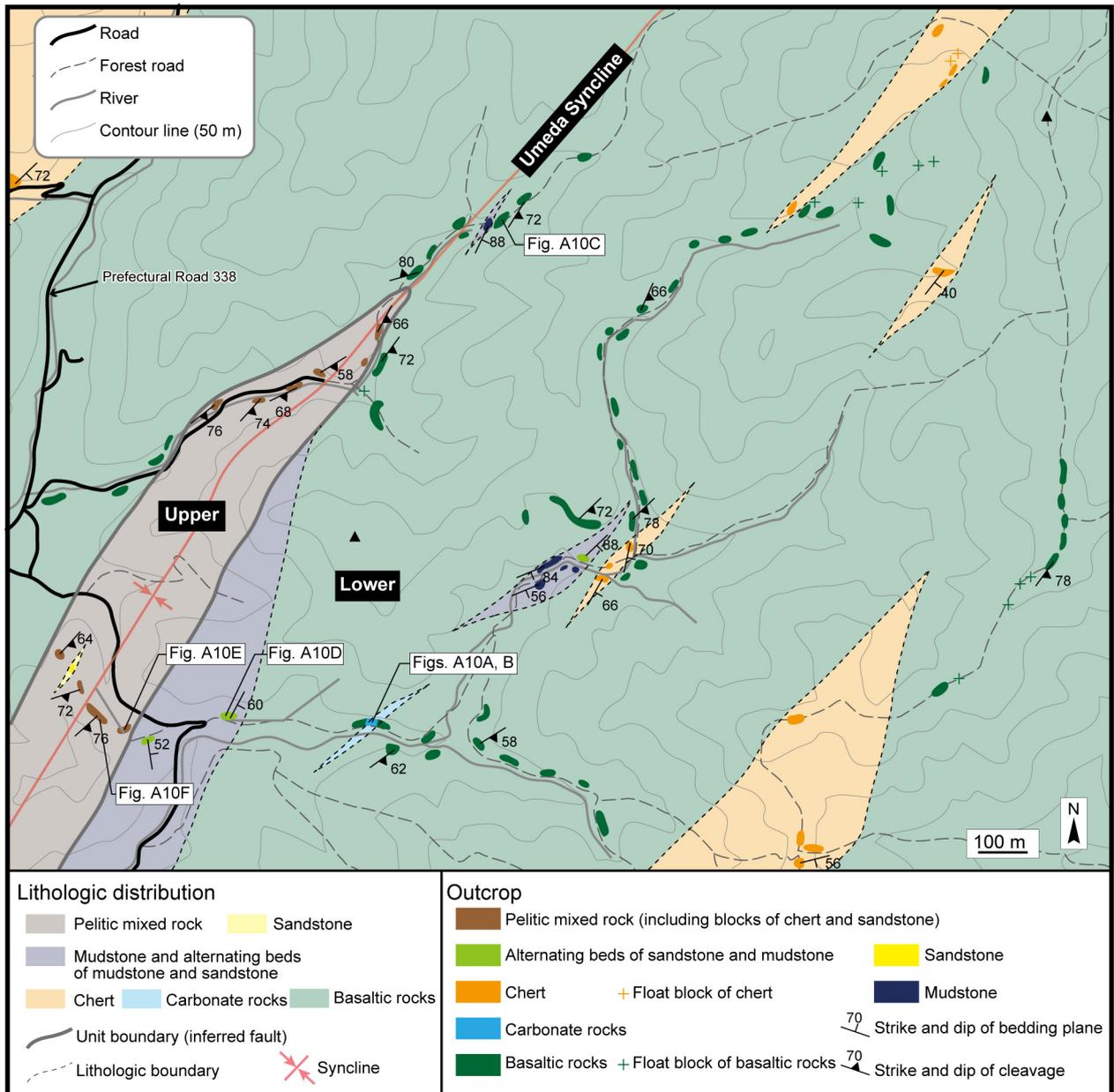
付図7 Site 4で観察できる岩相。伊藤 (2021b)に基づく。(A, B) 枕状玄武岩溶岩の転石。(C) 枕状玄武岩溶岩。(D) 層状チャートとチャート角礫岩。(E) 左右非対称のレンズ状砂岩岩塊を含む泥質混在岩。(F) レンズ状の砂岩岩塊を含む泥質混在岩の薄片写真。クロスニコル。

Fig. A7 Lithology observable in Site 4 (based on Ito, 2021b). (A, B) Float block of pillow basaltic lava. (C) Pillow basaltic lava. (D) Bedded chert and chert breccia. (E) Pelitic mixed rock including lenticular sandstone block. (F) Thin section photomicrograph of pelitic mixed rock including lenticular sandstone blocks. Crossed polars.



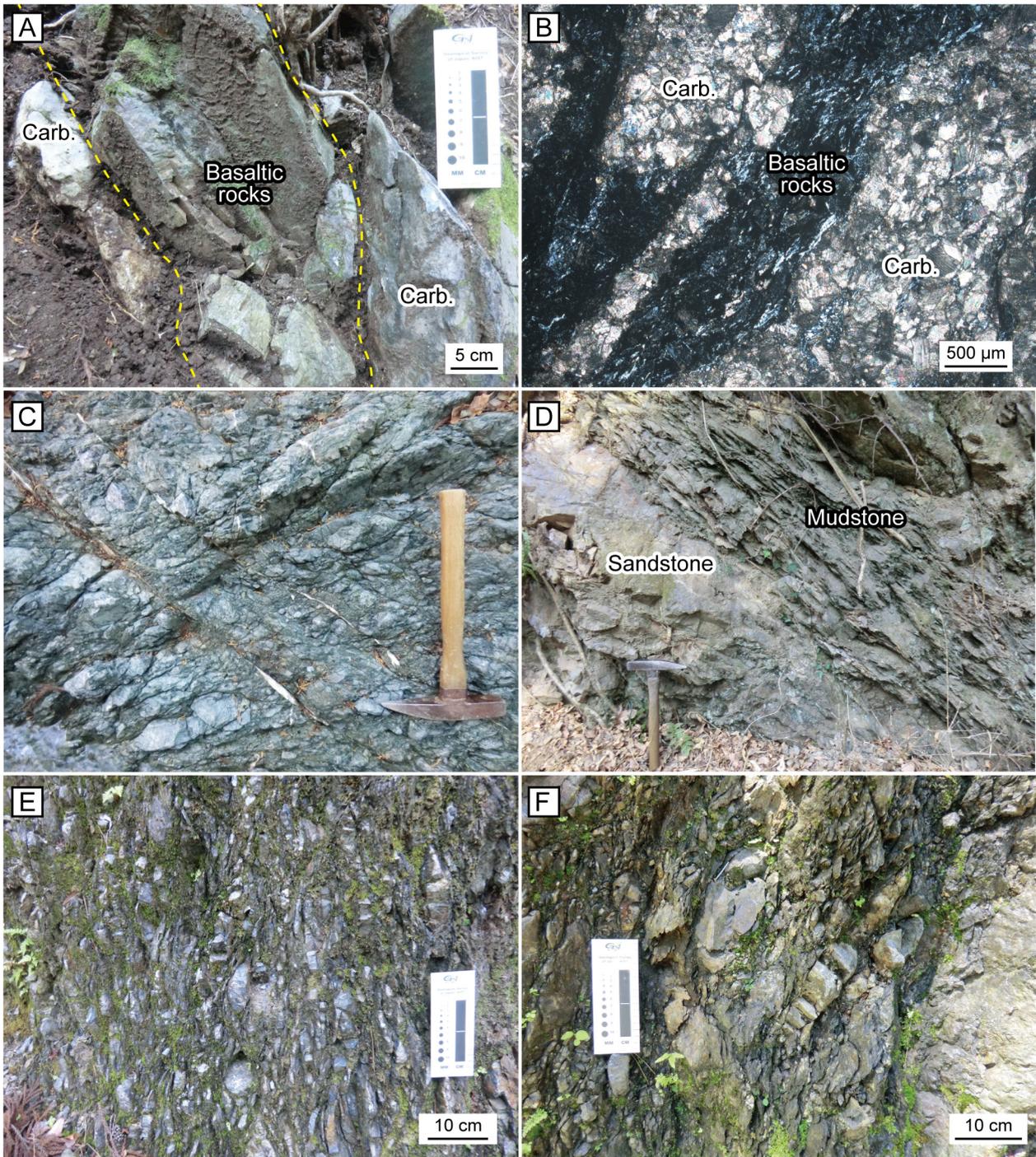
付図8 Site 5の位置図及び観察できる岩相(桐生市黒保根町八木原)。伊藤(2021e)に基づく。(A)国土地理院発行の地形図を使用した位置図。(B)炭酸塩岩類の転石。(C)産総研地質調査総合センターの地質標本館に保管されている*Helicoprion bessonowi* Karpinsky。地質調査総合センターウェブサイト上の地質標本データベースから転載(標本番号:GSJ F7613, <https://gbank.gsj.jp/musee/#F7613>)。(D)フズリナ化石の薄片写真。下方ニコルのみ。(E)フズリナ石灰岩の薄片写真。クロスニコル。

Fig. A8 Index map of Site 5 with observable lithology (Kurohone-cho Yagihara, Kiryu City) (based on Ito, 2021e). (A) Index map, modified from geographic map published by the Geospatial Information Authority of Japan. (B) Float blocks of carbonate rocks. (C) *Helicoprion bessonowi* Karpinsky deposited in the Geological Museum, Geological Survey of Japan, AIST. Reprint from the Geological Specimen Database of the website of the Geological Survey of Japan (Specimen number: GSJ F7613, <https://gbank.gsj.jp/musee/#F7613>). (D) Thin section photomicrograph of fusulinid fossils. Lower polarizer only. (E) Thin section photomicrograph of fusulinid limestone. Crossed polars.



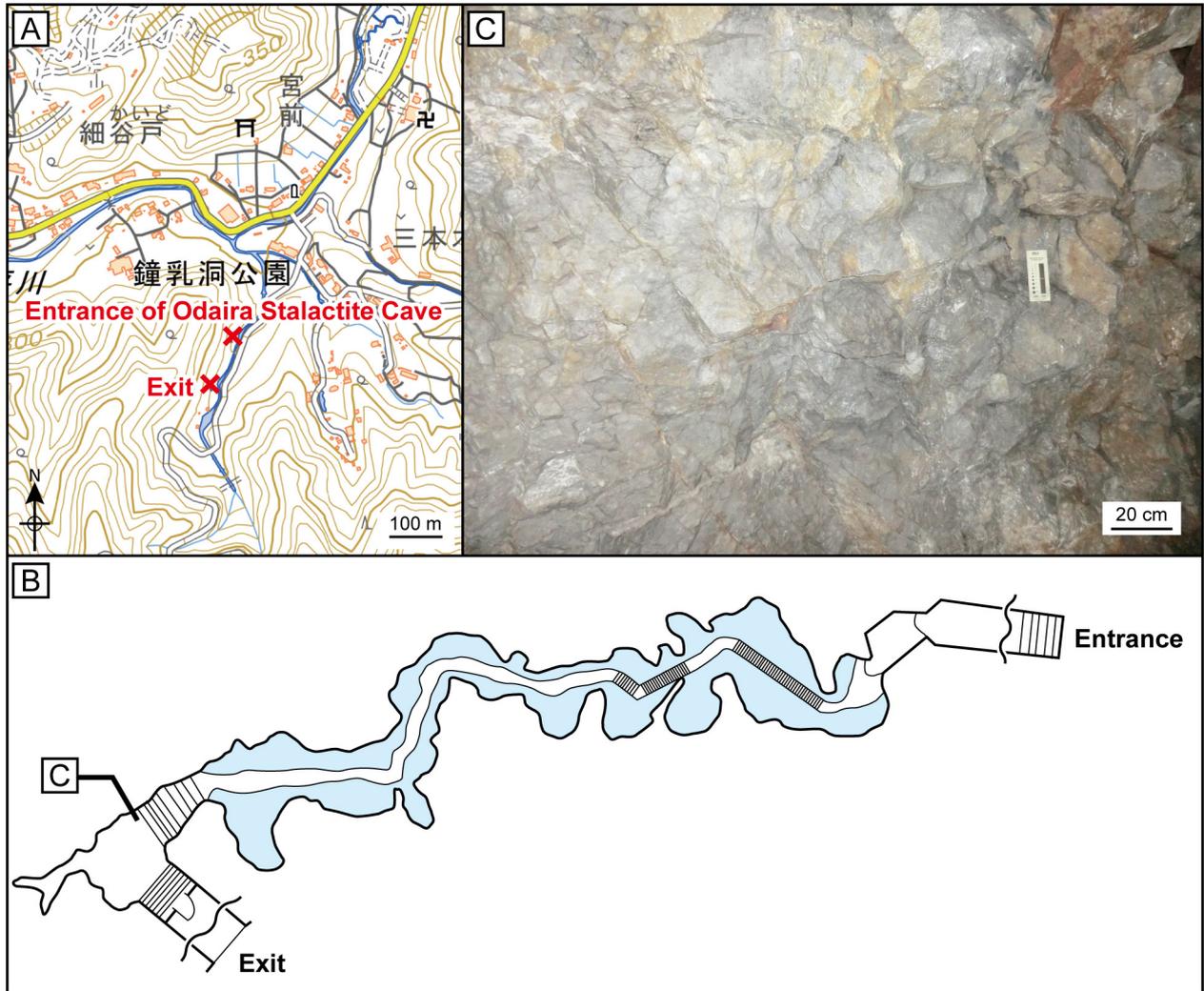
付図9 Site 6のルートマップ (桐生市川内町大崩). 伊藤 (2021b) に基づく.

Fig. A9 Traverse map of Site 6 (Kawauchi-cho Okuzure, Kiryu City) (based on Ito, 2021b).



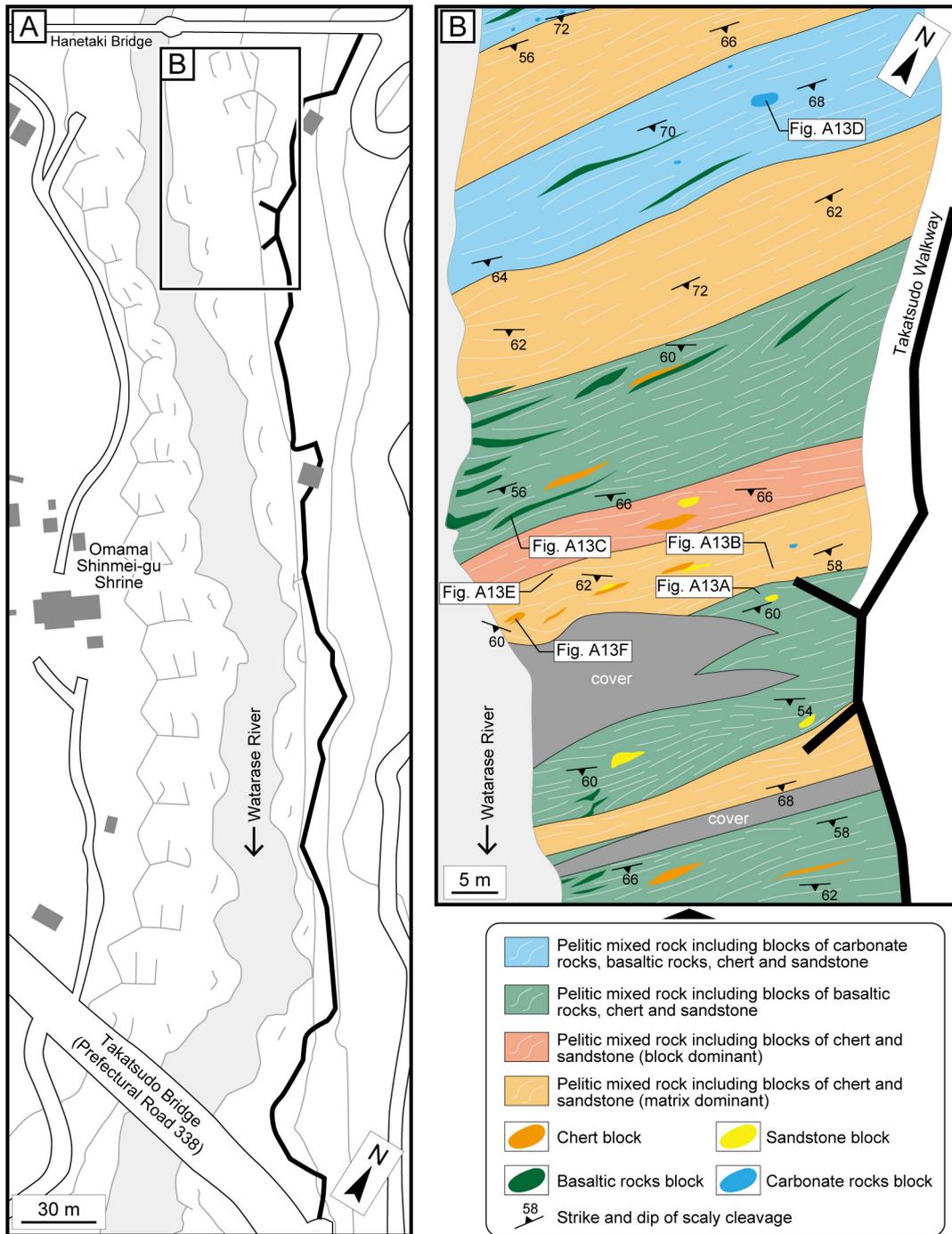
付図10 Site 6で観察できる岩相。伊藤 (2021b)に基づく。(A)炭酸塩岩類に挟まれる玄武岩類。(B)炭酸塩岩類に挟まれる玄武岩類の薄片写真。クロスニコル。(C)剪断された玄武岩類。(D)レンズ状砂岩を含む泥岩。(E, F)破断されたチャート岩塊と泥岩基質。Carb.: 炭酸塩岩類。

Fig. A10 Lithology observable in Site 6 (based on Ito, 2021b). (A) Basaltic rocks interbedded by carbonate rocks. (B) Thin section photomicrograph of basaltic rocks interbedded by carbonate rocks. Crossed polars. (C) Sheared basaltic rocks. (D) Mudstone including lenticular sandstone. (E, F) Broken chert blocks and pelitic matrix. Carb.: carbonate rocks.



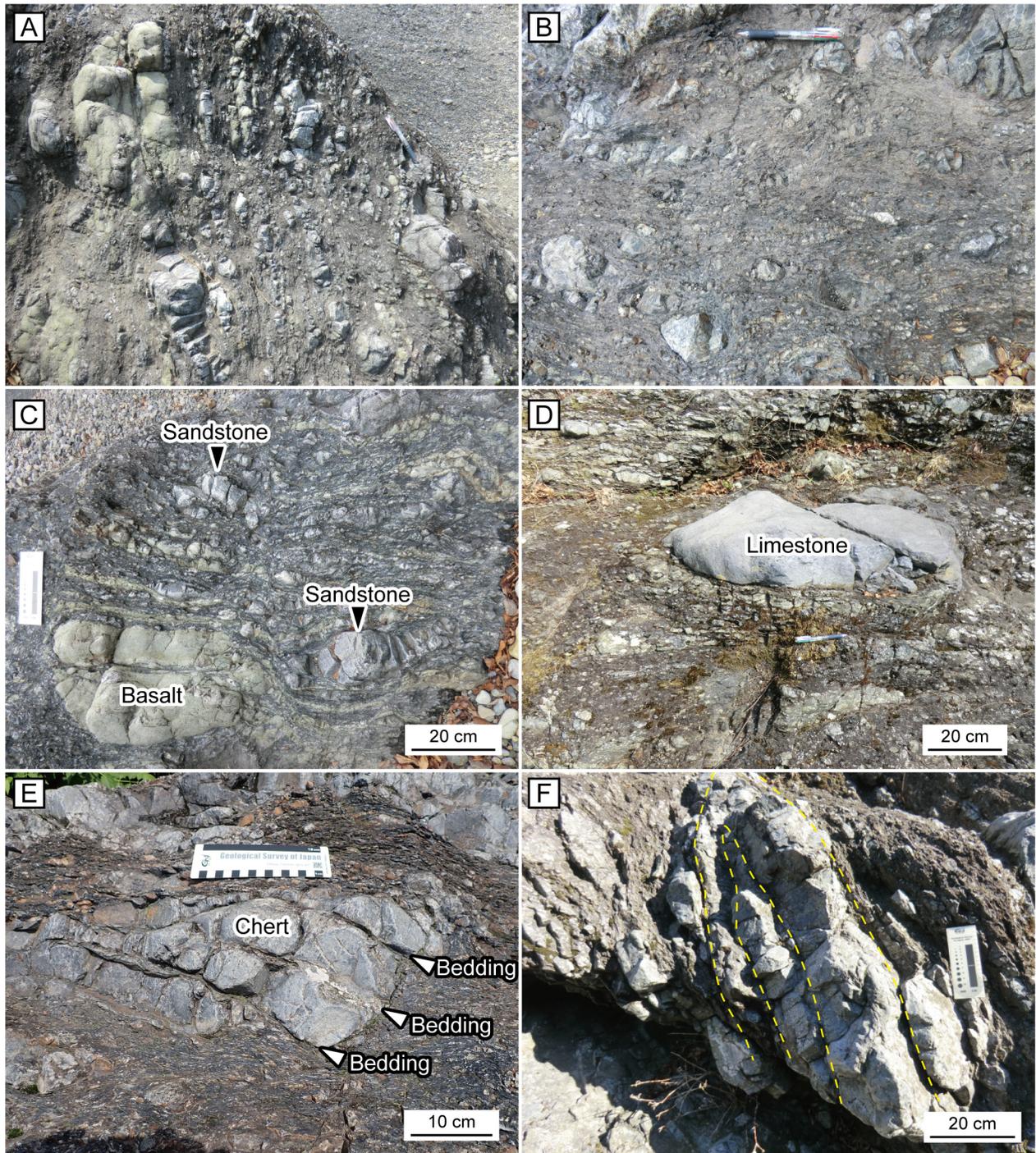
付図11 Site 7の位置図，小平鍾乳洞構内図及び観察できる岩相（みどり市大間々町小平）．（A）国土地理院発行の地形図を使用した位置図．（B）小平鍾乳洞構内図（入場券に描かれた図に基づく）．（C）鍾乳洞の出口付近で観察できる塊状石灰岩．

Fig. A11 Index map of Site 7, map of the Odaira Stalactite Cave and observable lithology (Omama-machi Odaira, Midori City). (A) Index map, modified from geographic map published by the Geospatial Information Authority of Japan. (B) Map of the Odaira Stalactite Cave, based on the figure of the ticket. (C) Massive limestone near the exit of the stalactite cave.



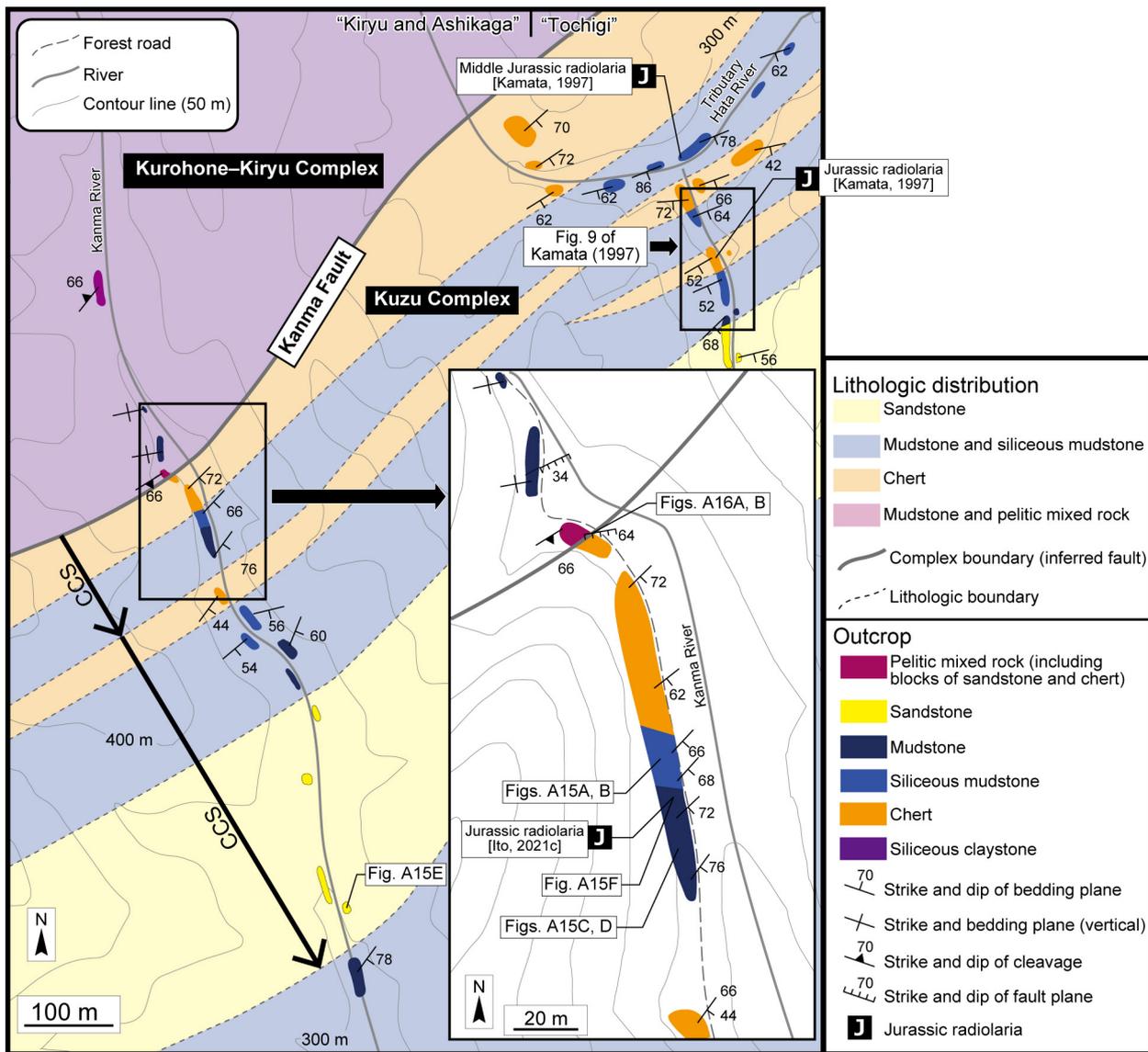
付図12 Site 8のルートマップ(みどり市大間々町高津戸, 高津戸峡). 伊藤(2021b)に基づく.

Fig. A12 Traverse map of Site 8 (Takatsudo Gorge, Omama-machi Takatsudo, Midori City) (based on Ito, 2021b).

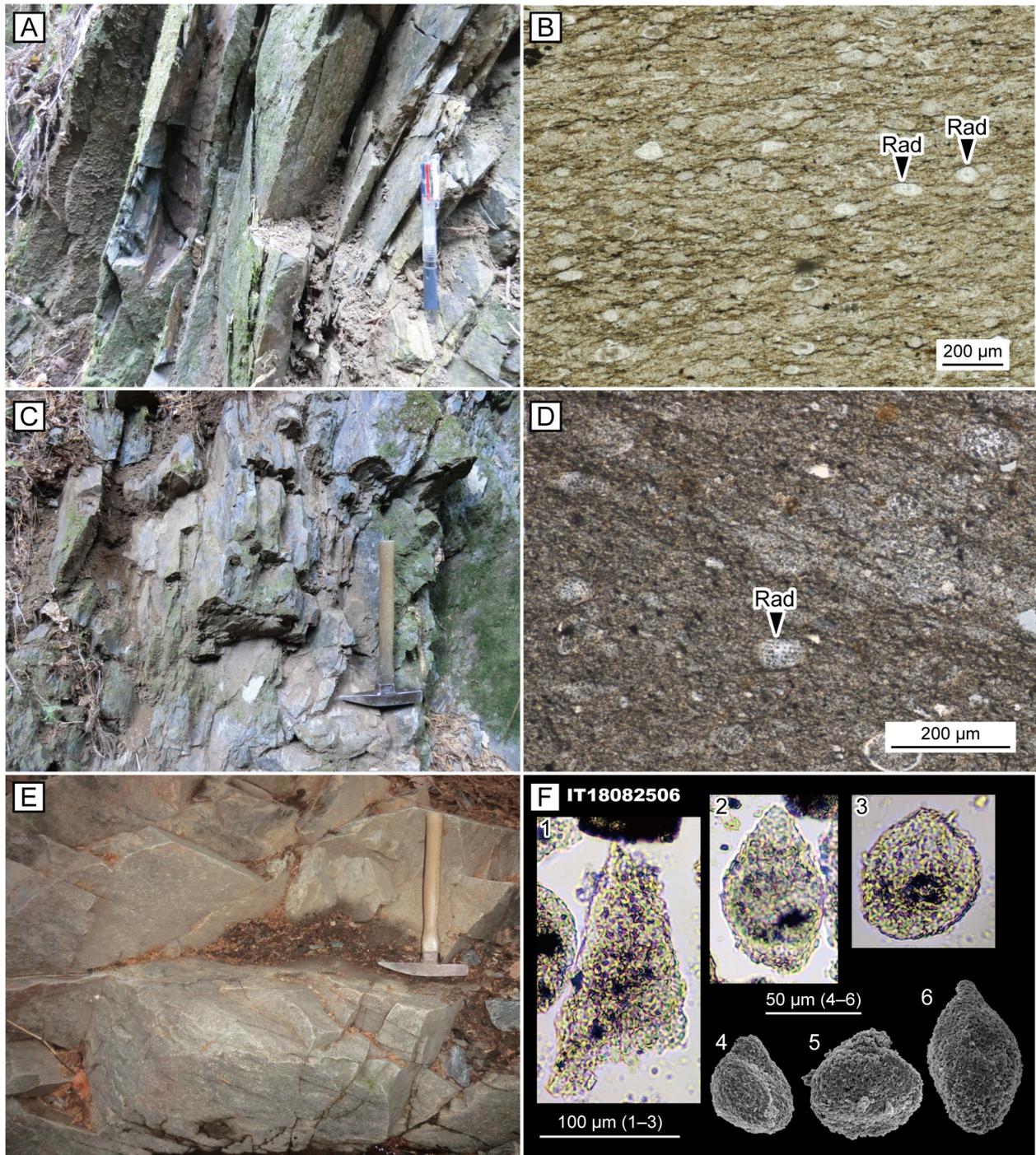


付図13 Site 8で観察できる岩相。伊藤 (2021b)に基づく。(A)大間々コンプレックスの泥質混在岩。(B)基質に富む泥質混在岩。(C)レンズ状～不定形状玄武岩類岩塊を含む泥質混在岩。(D)レンズ状石灰岩塊を含む泥質混在岩。(E)レンズ状チャート岩塊を含む泥質混在岩。(F)泥質混在岩中のチャート岩塊にみられる等斜褶曲。

Fig. A13 Lithology observable in Site 8 (based on Ito, 2021b). (A) Pelitic mixed rock of the Omama Complex. (B) Matrix-dominant pelitic mixed rock. (C) Pelitic mixed rock including lenticular to unshaped basalt blocks. (D) Pelitic mixed rock including a lenticular limestone block. (E) Pelitic mixed rock including lenticular chert blocks. (F) Isometric folds of a chert block within pelitic mixed rock.

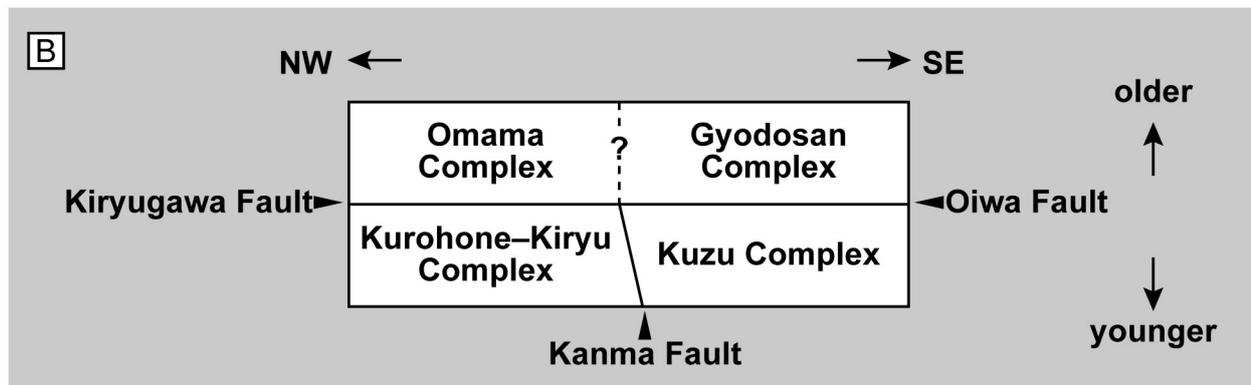
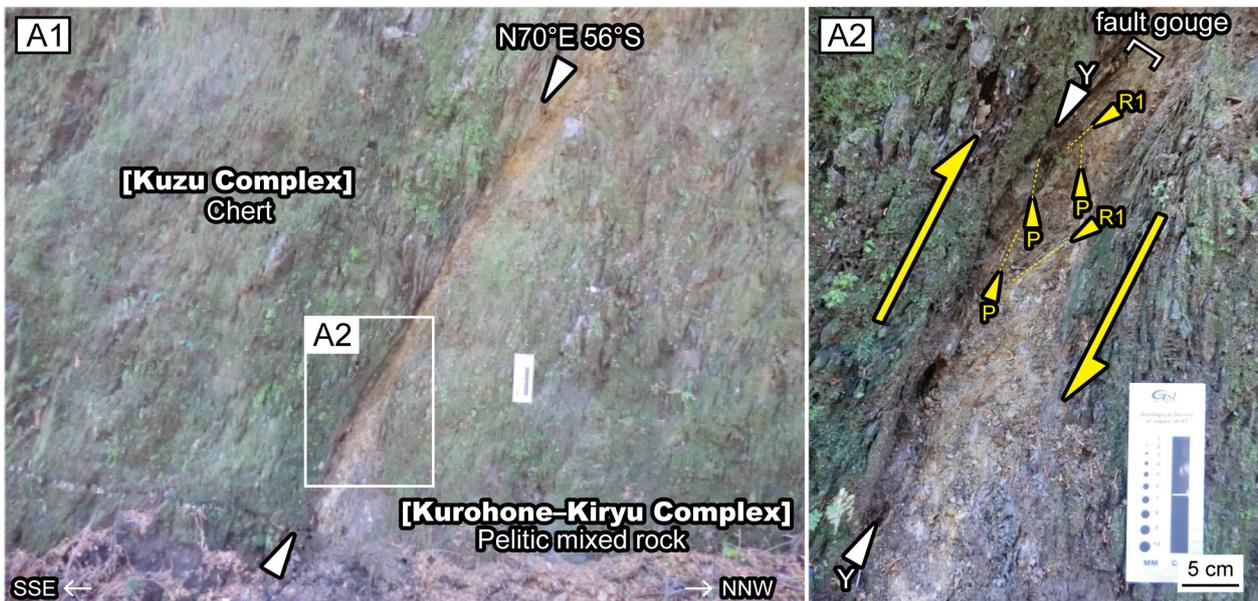


付図14 Site 9のルートマップ (佐野市閑馬町, 閑馬川). 伊藤 (2021b)に基づく. CCS: チャート-碎屑岩シーケンス.
 Fig. A14 Traverse map of Site 9 (Kanma River, Kanma-cho, Sano City) (based on Ito, 2021b). CCS: chert-clastic sequence.



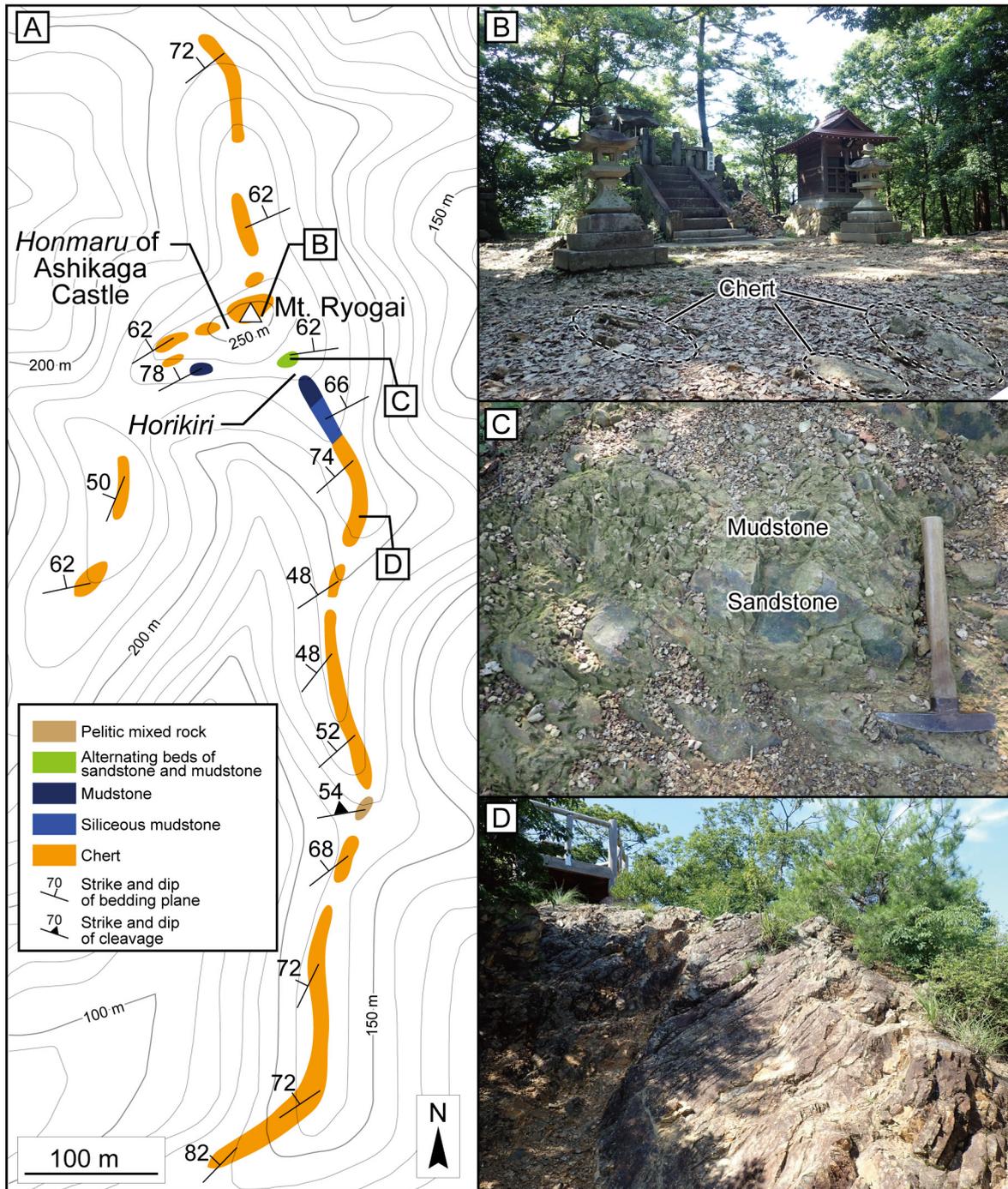
付図15 Site 9で観察できる岩相。伊藤 (2021b) 及びIto (2021c) に基づく。(A) 葛生コンプレックスの弱い成層構造を呈する珪質泥岩。(B) 放射虫を含む珪質泥岩の薄片写真。下方ニコルのみ。(C) 葛生コンプレックスの弱い成層構造を呈する泥岩。(D) 放射虫を含む泥岩の薄片写真。下方ニコルのみ。(E) 葛生コンプレックスの塊状砂岩。(F) 葛生コンプレックスの泥岩から産出したジュラ紀と考えられる放射虫。Rad: 放射虫。微化石: 1: 多節ナッセラリア; 2, 3: 三節型閉球状ナッセラリア; 4-6: 閉球状ナッセラリア。

Fig. A15 Lithology observable in Site 9 (based on Ito, 2021b, c). (A) Weakly-bedded siliceous mudstone of the Kuzu Complex. (B) Thin section photomicrograph of siliceous mudstone including radiolarians. Lower polarizer only. (C) Weakly-bedded mudstone of the Kuzu Complex. (D) Thin section photomicrograph of mudstone including radiolarians. Lower polarizer only. (E) Massive sandstone of the Kuzu Complex. (F) Possible Jurassic radiolarians from mudstone of the Kuzu Complex. Rad: radiolarian. Microfossils: 1: Multi-segmented nassellarian. 2, 3: Three-segmented closed nassellarian. 4-6: Closed nassellarian.



付図16 Site 9で観察できる閑馬断層及び足尾山地のジュラ紀付加体の構造関係。(A) 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の境界断層)。伊藤(2021b)に基づく。Y・R1・Pは複合面構造のそれぞれの面を表す。(B) 足尾山地のジュラ紀付加体の構造関係。

Fig. A16 Kanma Fault observable in Site 9 and structural relationships of the Jurassic accretionary complex of the Ashio Mountains. (A) Kanma Fault (boundary fault between the Kurohone-Kiryu and Kuzu complexes), based on Ito (2021b). Y, R1 and P indicate respective surface in composite planar surface, (B) Structural relationships of the Jurassic accretionary complex of the Ashio Mountains.



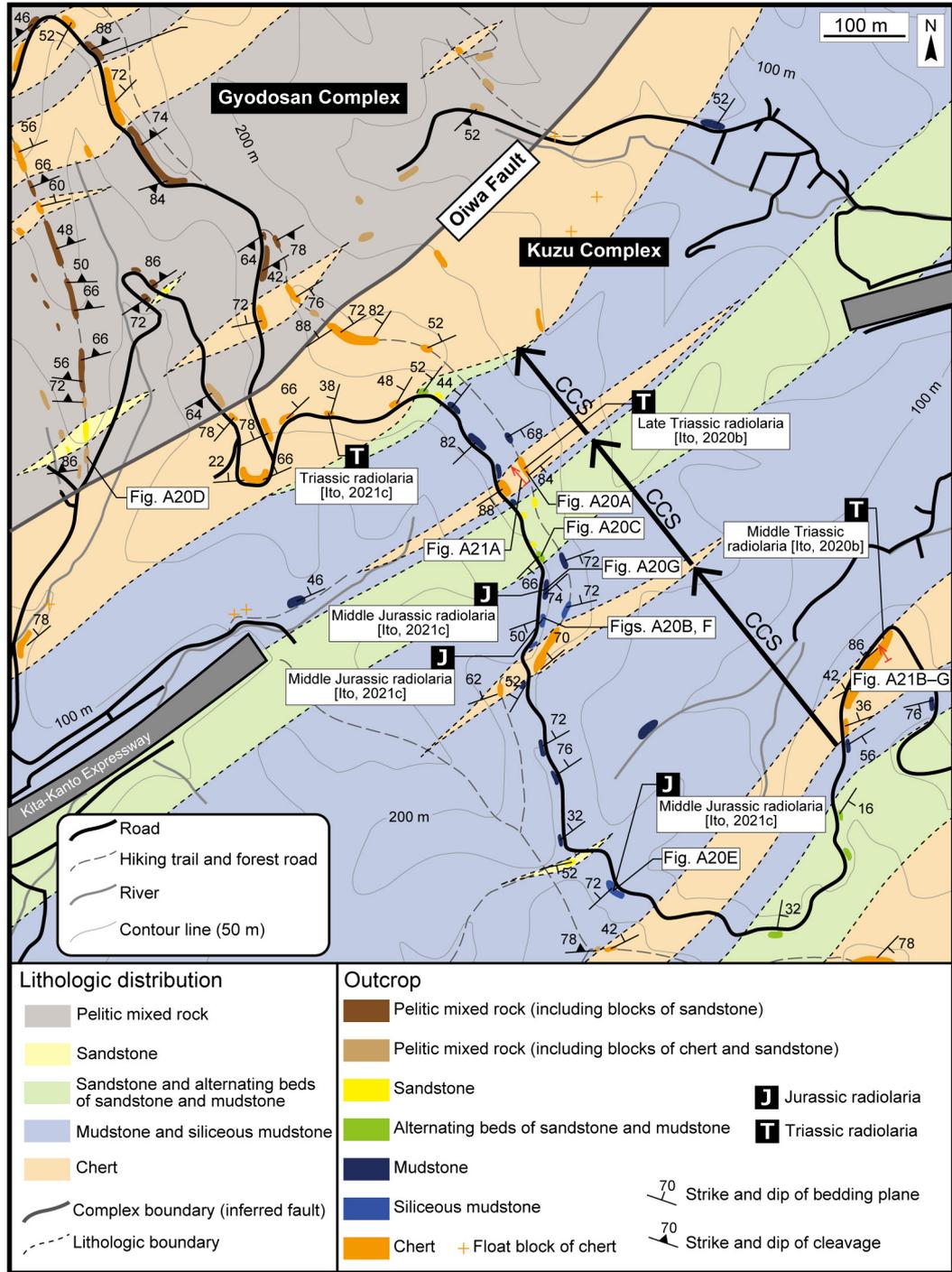
付図17 Site 10のルートマップ及び観察できる岩相（足利市西宮町，両崖山）. Ito and Ichizawa (2022a) 及び伊藤・市澤 (2022b) に基づく. (A) 両崖山周辺の岩相分布. (B) 両崖山山頂部に露出するチャート. (C) 葛生コンプレックスの砂岩泥岩互層. (D). 層状チャート.

Fig. A17 Traverse map of Site 10 and observable lithology (Mt. Ryogai, Nishinomiya-cho, Ashikaga City) (based on Ito and Ichizawa, 2022a, b). (A) Rock distribution around Mt. Ryogai. (B) Chert exposed in ground around a crest of Mt. Ryogai. (C) Alternations of sandstone and mudstone of the Kuzu Complex. (D) Bedded chert of the Kuzu Complex.

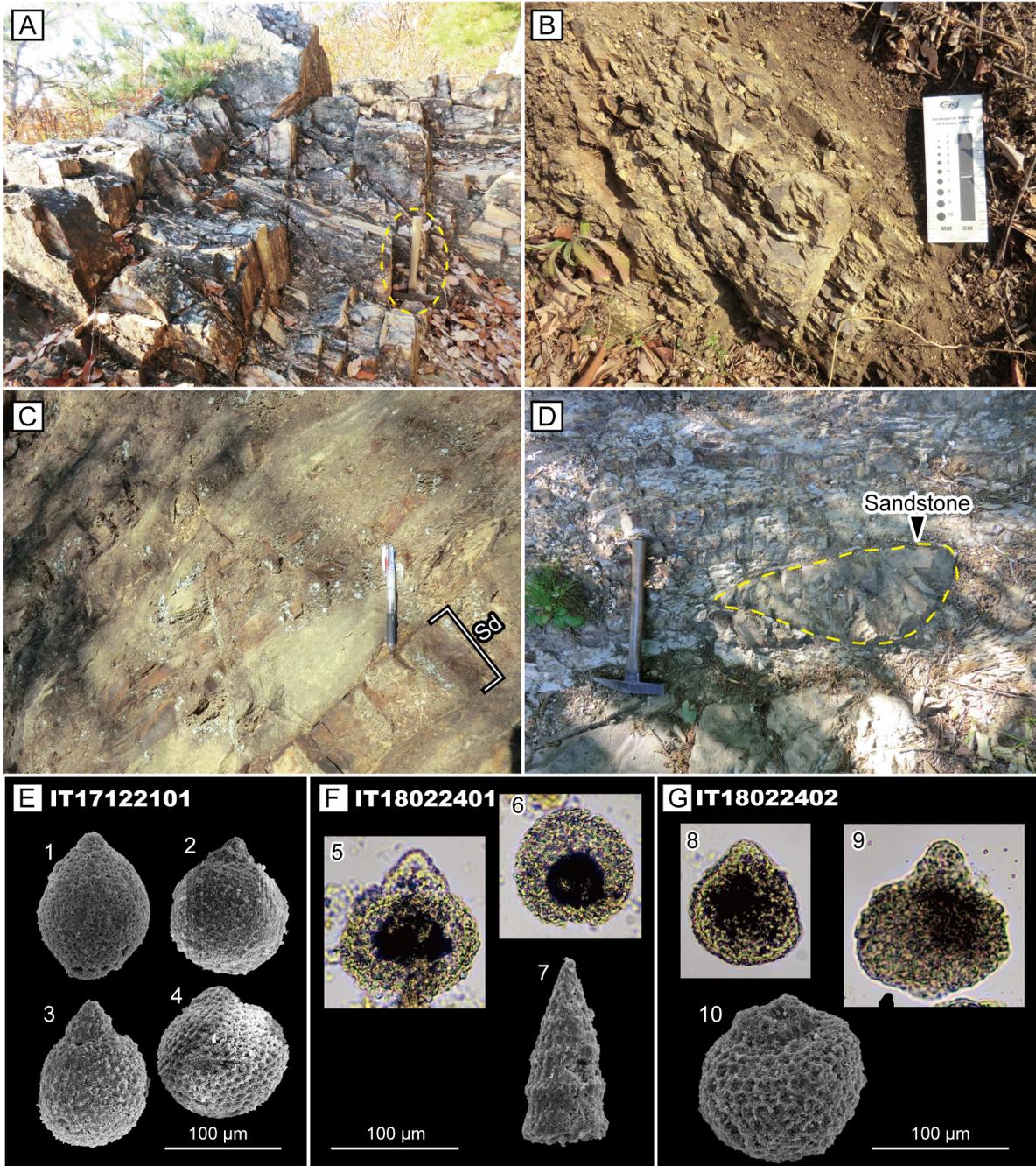


付図18 Site 11の位置図及び写真(足利市昌平町, 足利学校)。(A)国土地理院発行の地形図を使用した位置図。(B)足利学校正門。(C)建物と庭園。(D, E)庭石に使われているチャート。

Fig. A18 Index map and photographs of Site 11 (Ashikaga School [Ashikaga Gakko], Shohei-cho, Ashikaga City). (A) Index map, modified from geographic map published by the Geospatial Information Authority of Japan. (B) Main gate of Ashikaga School [Ashikaga Gakko]. (C) Building and garden. (D, E) Chert used as a garden rock in a garden.

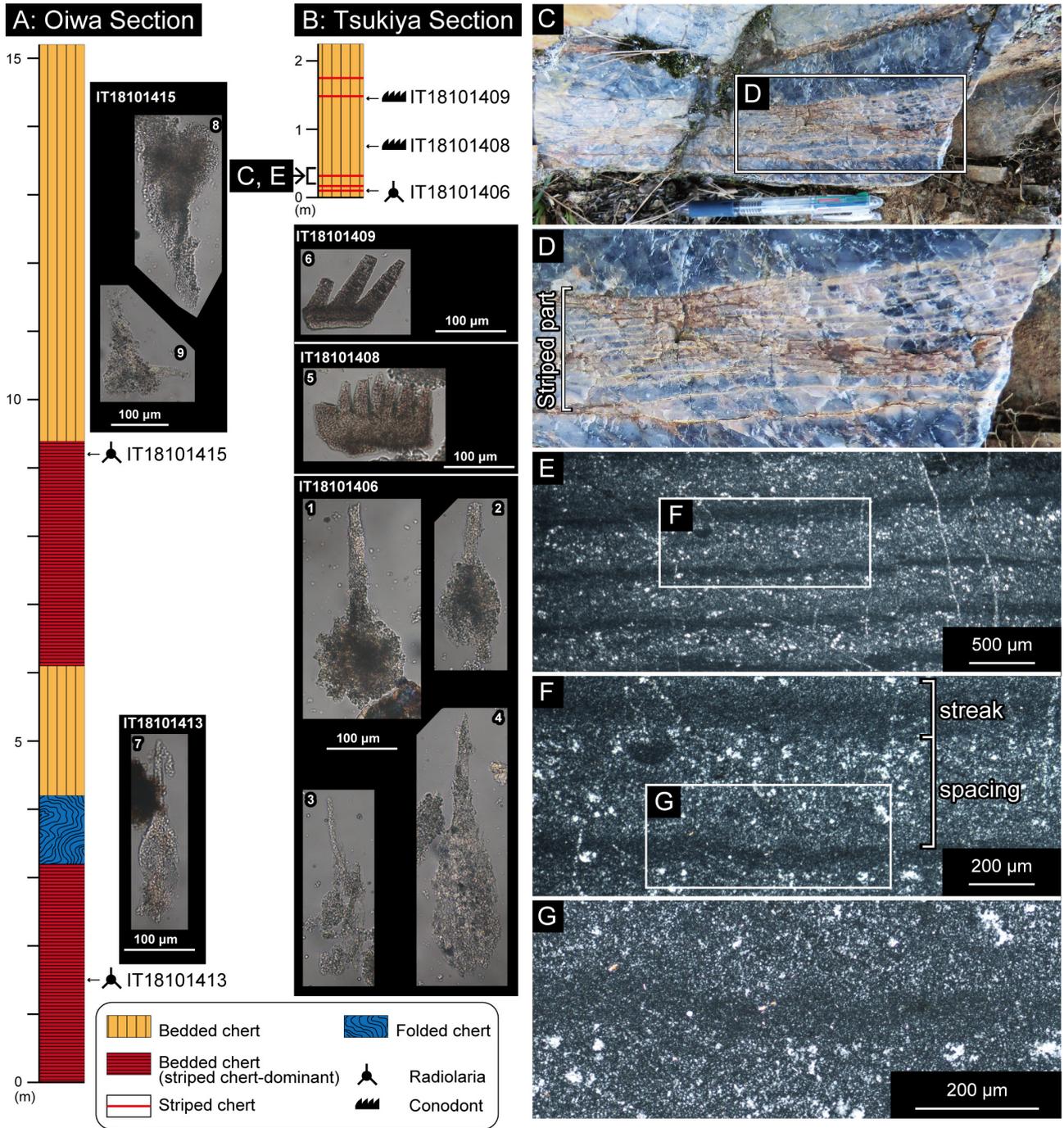


付図19 Site 12のルートマップ(足利市大岩町)。伊藤(2021b)に基づく。CCS:チャート-碎屑岩シーケンス。
 Fig. A19 Traverse map of Site 12 (Oiwa-cho, Ashikaga City) (based on Ito, 2021b). CCS: chert-clastic sequence.



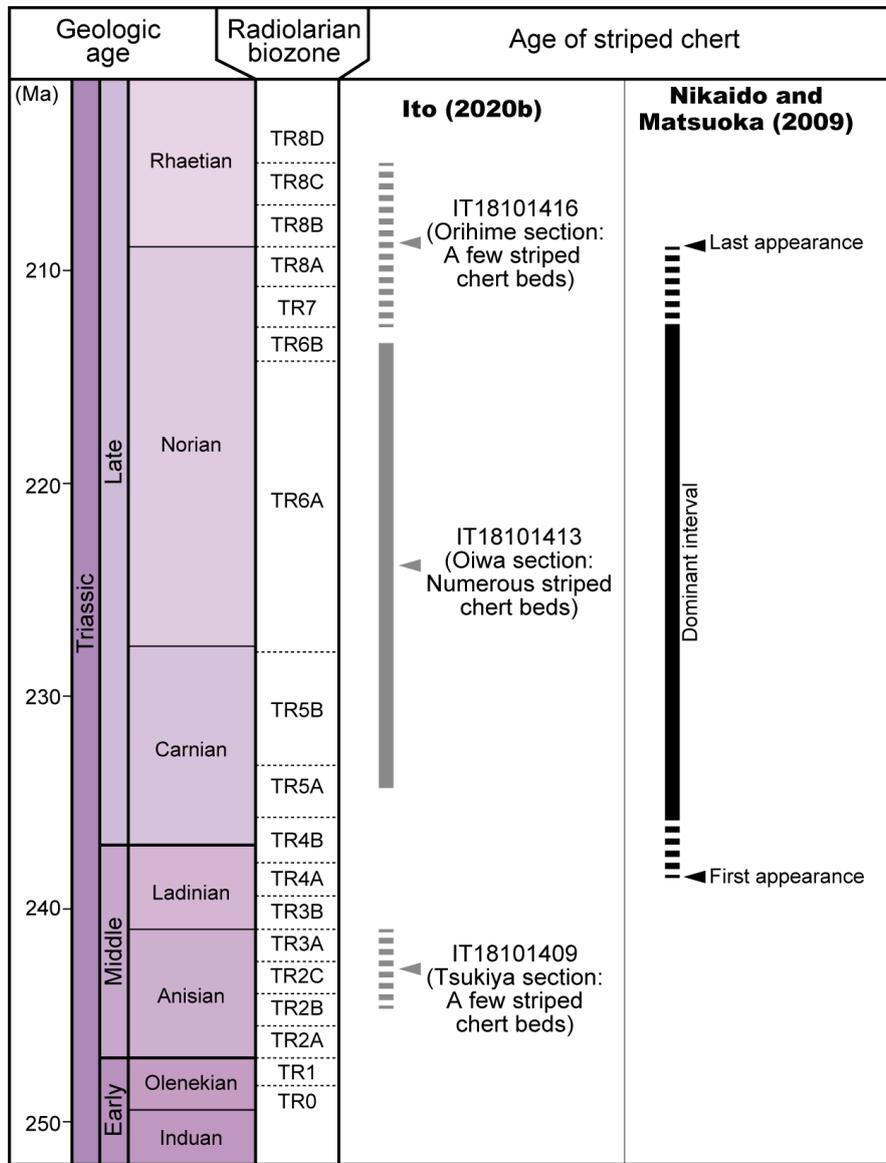
付図20 Site 12で観察できる岩相と産出した化石。伊藤 (2021b) 及びIto (2021c) に基づく。(A) 葛生コンプレックスの層状チャート (B) 葛生コンプレックスの弱い成層構造を呈する珪質泥岩。(C) 葛生コンプレックスの砂岩泥岩互層。Sd: 砂岩層。(D) 行道山コンプレックスの泥質混在岩に含まれるレンズ状砂岩岩塊。(E) 葛生コンプレックスの珪質泥岩から産出した中期ジュラ紀放射虫。(F) 葛生コンプレックスの珪質泥岩から産出したジュラ紀と考えられる放射虫。(G) 葛生コンプレックスの泥岩から産出したジュラ紀と考えられる放射虫。微化石: 1: *Japonocapsa* sp. aff. *J. fusiformis* (Yao) sensu Matsuoka (1983); 2-6, 10: 三節型閉球状ナッセラリア; 7: *Mizukidella?* sp.; 8: *Striatojaponocapsa* sp.; 9: *Williriedellum? marcucciae* Cortese.

Fig. A20 Lithology observable in Site 12 and occurrence fossils (based on Ito, 2021b, c). (A) Bedded chert of the Kuzu Complex. (B) Weakly-bedded siliceous mudstone of the Kuzu Complex. (C) Alternations of sandstone and mudstone of the Kuzu Complex. Sd: sandstone. (D) Lenticular sandstone block within pelitic mixed rock of the Gyodosan Complex. (E) Middle Jurassic radiolarians from siliceous mudstone of the Kuzu Complex. (F) Possible Jurassic radiolarians from siliceous mudstone of the Kuzu Complex. (G) Possible Jurassic radiolarians from mudstone of the Kuzu Complex. Microfossils: 1: *Japonocapsa* sp. aff. *J. fusiformis* (Yao) sensu Matsuoka (1983); 2-6, 10: Three-segmented closed nassellarian; 7: *Mizukidella?* sp.; 8: *Striatojaponocapsa* sp.; 9: *Williriedellum? marcucciae* Cortese.



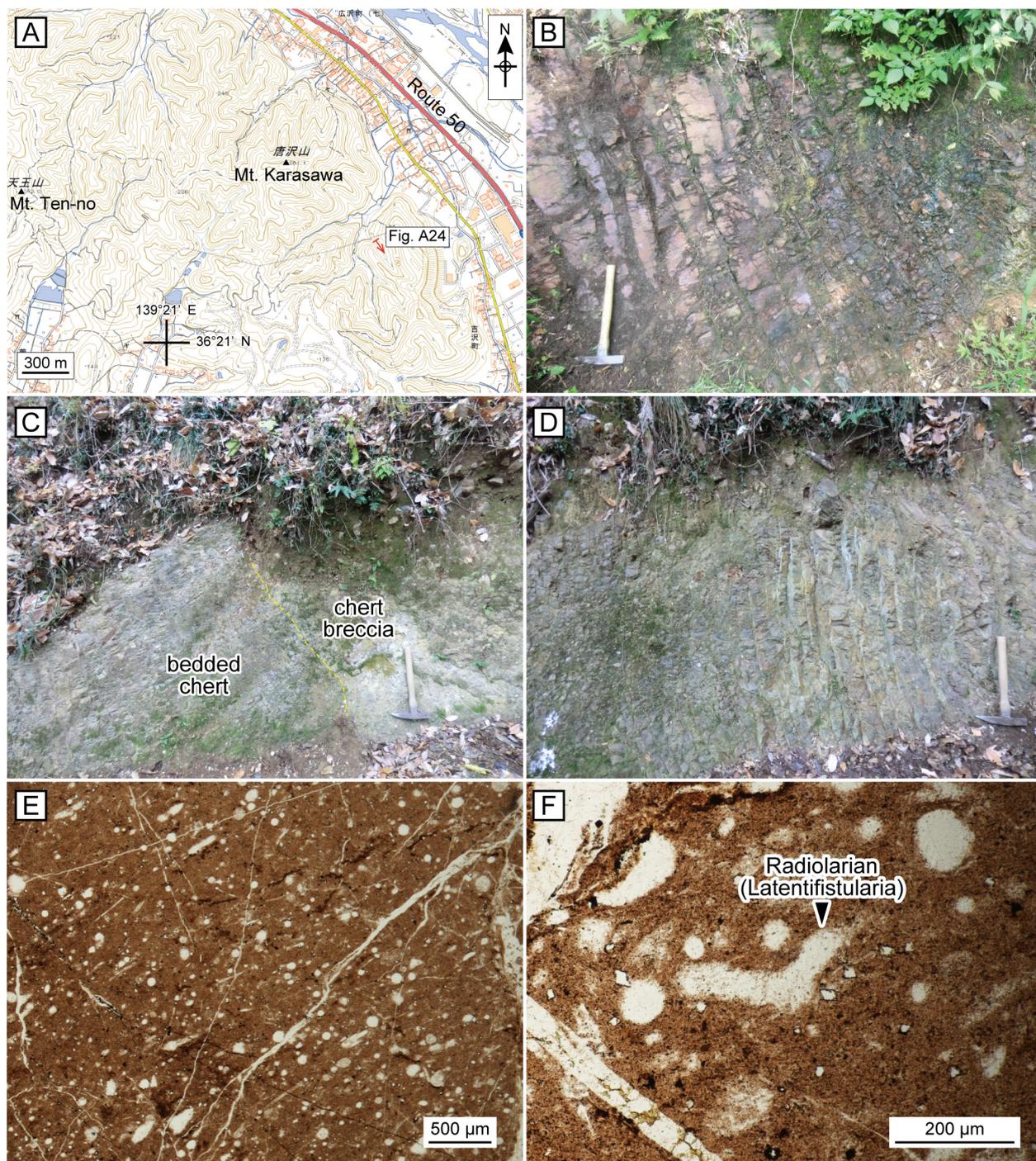
付図21 Site 12でみられるストライプチャートを含むチャートセクションの柱状図と産出した化石。Ito (2020b)に基づく。(A) 足利市大岩町の大岩セクション。(B) 足利市月谷町の月谷セクション。(C-G) 月谷セクションのストライプチャートの露頭写真と薄片写真(クロスニコル)。微化石：1：*Paroertlispongos?* sp.；2：*Pararchaeospongoprimum?* sp.；3, 7：Twisted spine；4：*Spinotriassocampe?* sp.；5, 6：コノドント片；8, 9：Spumellaria gen. et sp. indet. with twisted spine.

Fig. A21 Chert sections including striped chert beds in Site 12 with occurrence fossils (based on Ito, 2020b). (A) Oiwa Section in Oiwa-cho, Ashikaga City. (B) Tsukiya Section in Tsukiya-cho, Ashikaga City. (C-G) Outcrop photographs and thin section photomicrographs (crossed polars) of striped chert in the Tsukiya Section. Microfossils: 1: *Paroertlispongos?* sp.; 2: *Pararchaeospongoprimum?* sp.; 3, 7: Twisted spine; 4: *Spinotriassocampe?* sp.; 5, 6: Conodont fragment; 8, 9: Spumellaria gen. et sp. indet. with twisted spine.



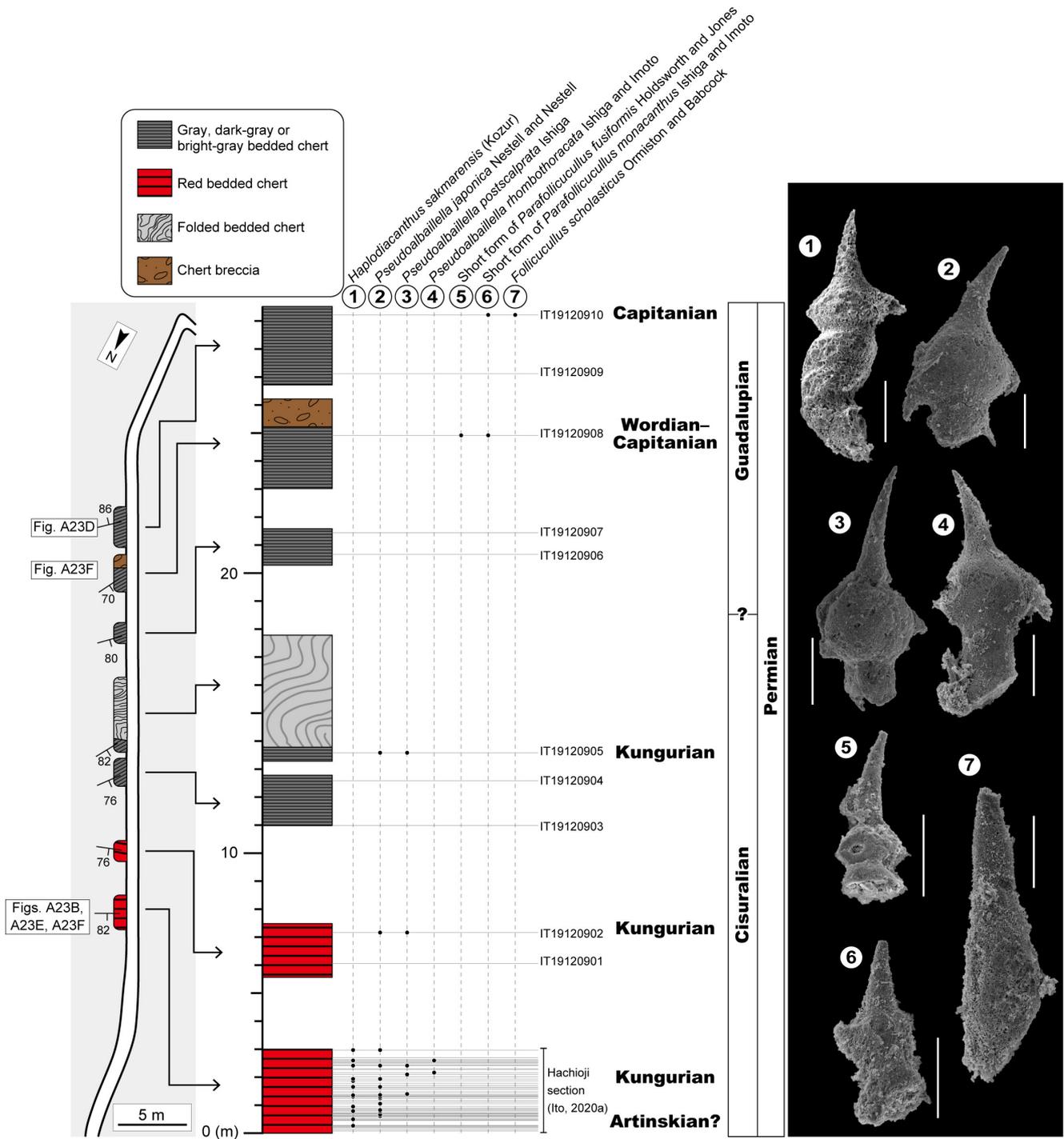
付図22 三疊紀におけるストライプチャート層の分布 (Ito, 2020bに基づく). 地質年代は Ogg *et al.* (2016)に基づく. 放射虫化石帯は Sugiyama (1997)に基づき, 部分的に Yamashita *et al.* (2018)によって校正した.

Fig. A22 Distribution of striped chert beds in the Triassic (based on Ito, 2020b). Geologic time scale is after Ogg *et al.* (2016). Radiolarian biozones are after Sugiyama (1997) and are partially modified based on the calibration by Yamashita *et al.* (2018).



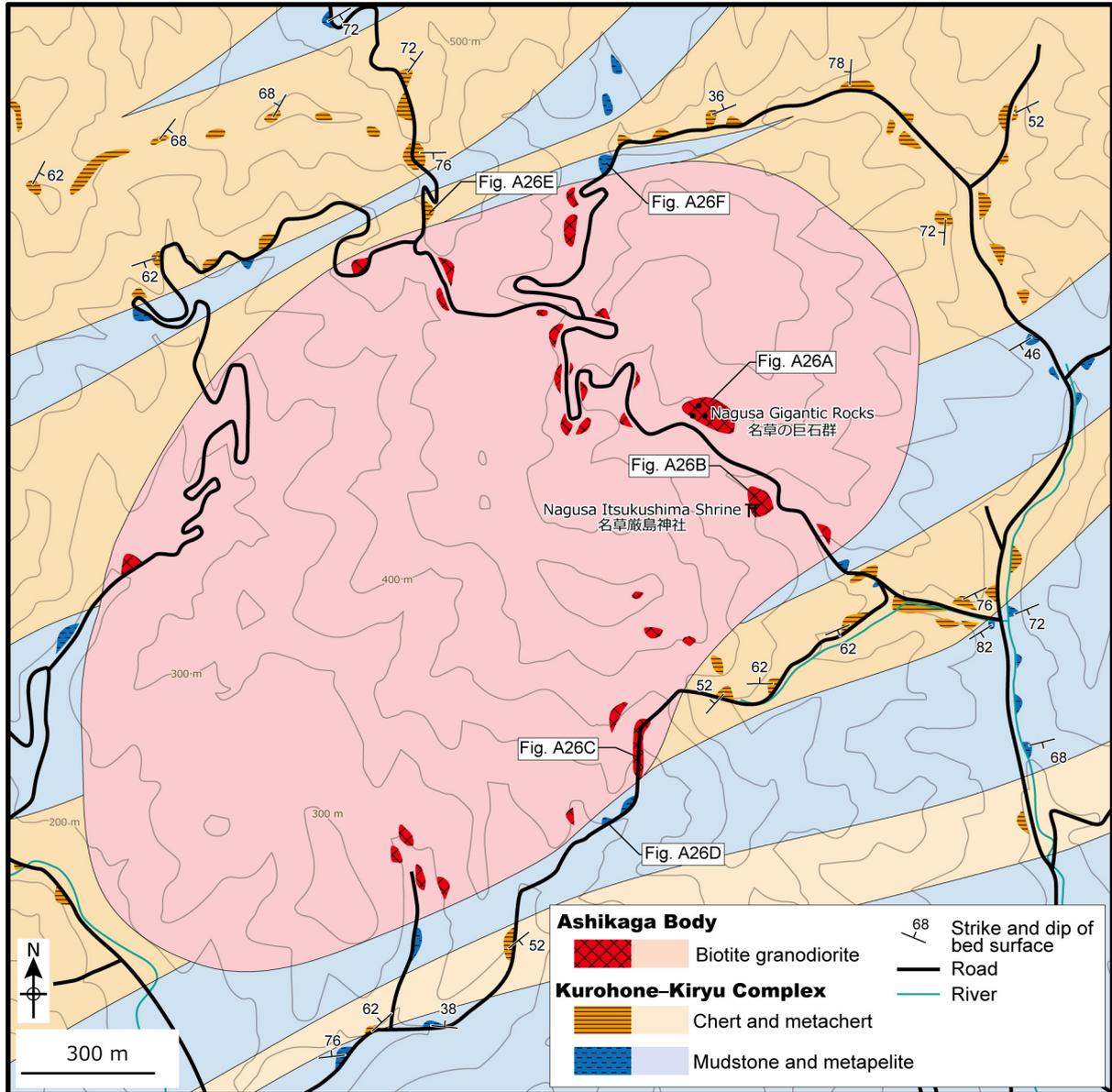
付図23 Site 13の位置図及び観察できる岩相（太田市吉沢町）。伊藤（2021b）に基づく。（A）国土地理院発行の地形図を使用した位置図。（B）赤色層状チャート。（C）灰色層状チャートとチャート角礫岩。（D）明灰色チャート。（E、F）放射虫を含む赤色チャート。下方ニコルのみ。

Fig. A23 Index map of Site 13 with lithology observable (Yoshizawa-cho, Ota City) (based on Ito, 2021b). (A) Index map, modified from geographic map published by the Geospatial Information Authority of Japan. (B) Red bedded chert. (C) Gray bedded chert and chert breccia. (D) Bright-gray bedded chert. (E, F) Red chert including radiolarians. Lower polarizer only.



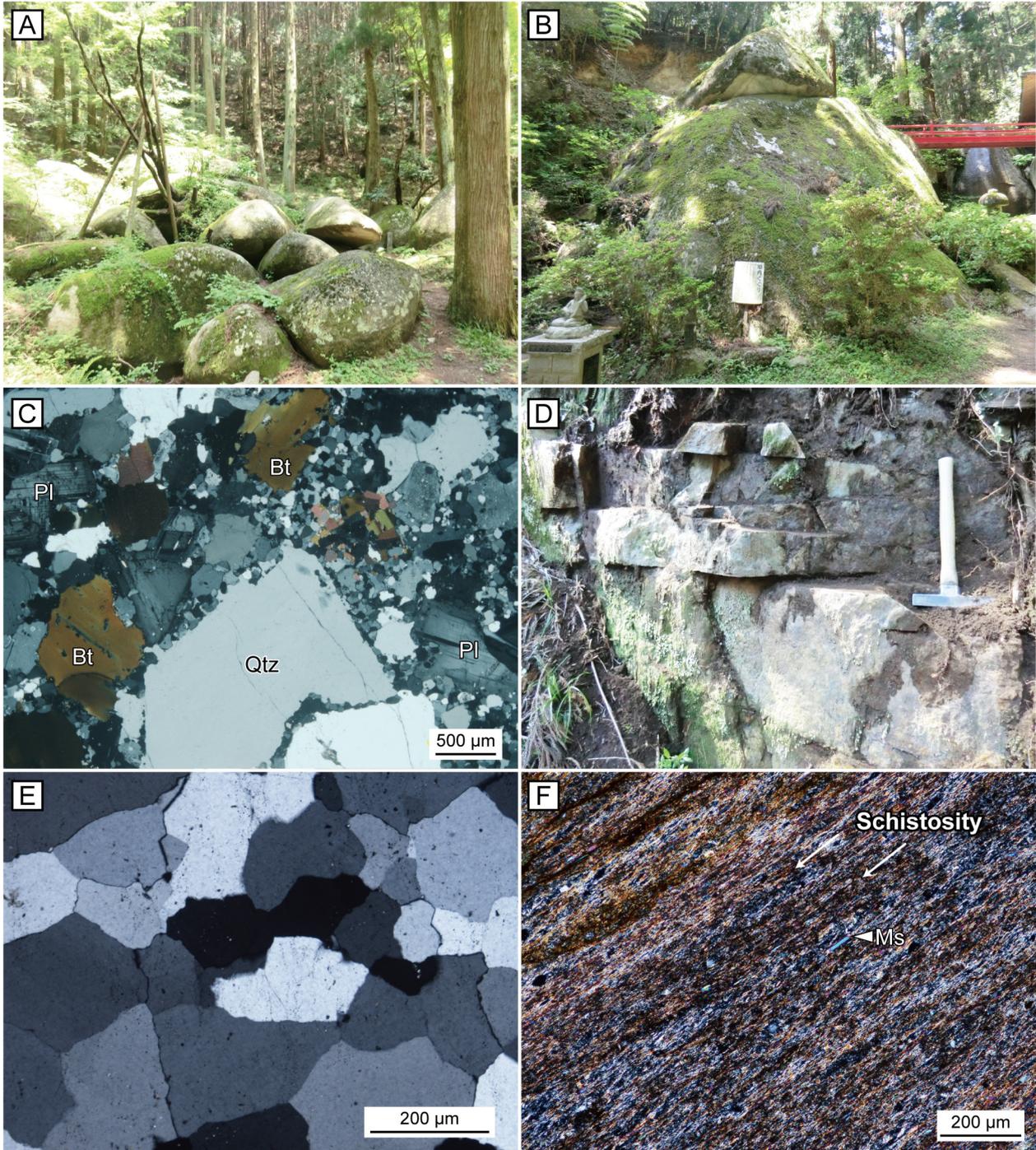
付図24 Site 13でみられるペルム系チャートセクションの柱状図と放射虫化石 (Ito, 2021cに基づいて作成).
スケールバー: 100 µm.

Fig. A24 Permian chert section in Site 13 with radiolarian fossils (based on Ito, 2021c). Scale bars: 100 µm.



付図25 Site 14のルートマップ(足利市名草上町). 伊藤・中村(2021)に基づく.

Fig. A25 Traverse map of Site 14 (Nagusa-kamicho, Ashikaga City) (based on Ito and Nakamura, 2021).



付図26 Site 14で観察できる岩相。伊藤・中村(2021)に基づく。(A)「名草の巨石群」で見られる黒雲母花崗閃緑岩のコアストーン。(B)名草巖島神社にある直径数m以上の大規模な黒雲母花崗閃緑岩。(C)足利岩体の黒雲母花崗閃緑岩の薄片写真。クロスニコル。(D)変成泥岩。(E)粗粒な石英からなる変成チャートの薄片写真。クロスニコル。(F)変成泥岩中の片理面の薄片写真。クロスニコル。Qtz:石英;Pl:斜長石;Bt:黒雲母;Ms:白雲母。

Fig. A26 Lithology observable in Site 14 (based on Ito and Nakamura, 2021). (A) Several corestones of biotite granodiorite in the Nagusa Gigantic Rocks. (B) Large-sized biotite granodiorite (over than several meters) in the Nagusa Itsukushima Shrine. (C) Photomicrographs of thin sections of biotite granodiorite of the Ashikaga Body. Crossed polars. (D) Metapelite. (E) Metachert composed of coarse-grained quartz. Crossed polars. (F) Photomicrographs of thin sections of schistosity in metasediment. Crossed polars. Qtz: quartz; Pl: plagioclase; Bt: biotite; Ms: muscovite.

付表1 本案内書で紹介した各見学地点における情報や観察できる岩相，産出した化石，その他のトピックの一覧表。
Table A1 List of information, observable lithologies, occurrence fossils and other topics of sites introduced by this excursion guide.

No.	Site information		Major observable lithologies			Occurrence fossils	Other topics
	Name	Fig.	Kurohono-Kiryu Complex	Omama Complex	Kuzu Complex		
1	Ban-yama	A1, A2	Siliceous claystone; chert; grading-type siliceous mudstone			Possible Jurassic radiolarian; Early Triassic conodont	
2	Narushi	A3	Chert				Folklore of Narushi carried by wild monkeys
3	Oshiyama River	A4, A5	Chert; siliceous mudstone; mudstone	Basaltic rocks; chert		Middle Jurassic radiolarian	Kiryugawa Fault (direct boundary unobservable)
4	Mizunuma	A6, A7		Pillow basaltic lava; chert breccia; chert; Pelitic mixed rock			
5	Yagihara	A8		Fusulinid limestone		Permian fusulinid	Possible occurrence site of <i>Helicoprion</i>
6	Okuzure	A9, A10		Basaltic rocks; carbonate rocks; chert; mudstone including lenticular sandstone; pelitic mixed rock			
7	Odaira Stalactite Cave	A11		Carbonate rocks			Stalactite cave
8	Takasudo Gorge	A12, A13		Pelitic mixed rock			Scenic spot
9	Kanna River	A14–A16	Pelitic mixed rock; mudstone		Chert; siliceous mudstone; mudstone; sandstone	Middle Jurassic radiolarian	Chert-elastic sequence; Kanna Fault (direct boundary unobservable)
10	Mt. Ryogai	A17			Chert; siliceous mudstone; mudstone; sandstone		Ashikaga Castle
11	Ashikaga School [Ashikaga Gakko]	A18	Chert (belongingness undetermined)				National Important Cultural Property
12	Oiwa	A19–A22		Chert; siliceous mudstone; mudstone; sandstone		Middle–Late Triassic radiolarian; Middle Jurassic radiolarian	Chert-elastic sequence; striped chert; Oiwa Fault (direct boundary observable)
13	Hachioji Hills	A23, 24			Chert	Cisuralian–Guadalupian (early–middle Permian) radiolarian	
14	Nagusa	A25, A26	Chert and metachert; mudstone and metapelite				Biotite-granodiorite of the Ashikaga body; Special National Natural Monument
Extra	Museums	-					Geological and paleontological exhibition

English summary

1. Geological setting

Outline

The Jurassic accretionary complex of the Ashio Belt is distributed over the Ashio Mountains, central Japan (Fig. 1). The Jurassic accretionary complex consists of the Kurohone–Kiryu, Omama, Kuzu and Gyodosan complexes (Figs. 2, 3). Figure 4 shows the reconstructed oceanic plate stratigraphy (OPS) of these complexes. The Ashikaga Body, which consists of biotite granodiorite, intrudes into the accretionary complex around Nagusa, Ashikaga City.

Kurohone–Kiryu Complex

This complex shows broken to coherent facies, and is composed mainly of mudstone and chert, with siliceous claystone, carbonate rocks, siliceous mudstone and pelitic mixed rock. This complex is believed to have accreted after the late Middle Jurassic.

Omama Complex

This complex shows broken to mixed facies, and comprises mainly basaltic rocks, chert and mudstone, with small amounts of carbonate rocks, sandstone and alternating beds of sandstone and mudstone, and pelitic mixed rock. This complex is believed to have accreted after the middle Middle Jurassic.

Kuzu Complex

This complex is subdivided into three units: units 1, 2 and 3. Units 1 and 3 are composed mainly of coherent facies of siliceous claystone, chert, siliceous mudstone, mudstone, alternating beds of sandstone and mudstone and sandstone; these rocks represent chert–clastic sequences. Unit 2 is composed mainly of basaltic rocks and carbonate rocks with conglomerate, siliceous mudstone and mudstone. Units 1 and 3 are believed to have accreted after the early Late Jurassic, while Unit 2 accreted after the late Middle Jurassic.

Gyodosan Complex

This complex shows mixed facies, and is composed mainly of pelitic mixed rock and chert. This complex is believed to have accreted after the middle Middle Jurassic.

Geologic structure

Three NE–SW striking and moderately dipping large faults, which act as tectonic boundaries of the above-mentioned complexes were recognized (Figs. 2, 3): the Kiryugawa Fault (between the Kurohone–Kiryu and Omama complexes), the Kanma Fault (between the Kurohone–Kiryu and Kuzu complexes) and the Oiwa Fault (between the Kuzu and Gyodosan complexes).

Additionally, three major NE–SW striking folds were recognized (Figs. 2, 3): the Kuzu Syncline, Hikoma Anticline and Umeda Syncline. Their fold axes plunge to SW at a low angle.

2. Excursion sites

Site 1 Ban-yama: Lower Triassic siliceous claystone of the Kurohone–Kiryu Complex

This site was located around the Oikoshi Pass in Hikoma-cho, Sano City (Fig. A1). The Ban-yama Mine is a quarry where siliceous claystone was mined as a grinding stone, and it can be observed (Figs. A2A, B). The siliceous claystone is known as a pelagic deposit during the “chert gap” in the latest Permian to Early Triassic (e.g. Isozaki, 1997). Early Triassic conodont, *Neohindeodella benderi* (Kozur and Mostler) (Fig. A2F), has been reported from the siliceous claystone (Sashida *et al.*, 1992; Muto and Ito, 2021).

Site 2 Narushi: Chert boulder with folklore

A chert boulder, called Narushi, was observed in Omata-cho, Ashikaga City (Fig. A3A). According to folklore, this boulder was carried by wild monkeys from the crest of Mt. Meido (currently Mt. Sekison) in the south of Narushi in A.D. 808. According to Ito (2021d), Narushi (Fig. A3B) and the chert outcrops near the crest of Mt. Sekison (Fig. A3C) have similar lithology (recrystallized, weakly bedded, gray to bright gray chert). The similarity and topography of the valley between them (Fig. A3D) indicate that the chert boulder of Narushi could be transported from chert near the crest, as the folklore told.

Site 3 Oshiyama River: Basaltic rocks of the Omama Complex

This site is located along the Oshiyama River in Umeda-cho, Kiryu City, and basaltic rocks of the Omama Complex can be observed here (Fig. A4). According to their geochemical analyses on basaltic lava (Fig. A5D) in this site, the two samples (Om-1 and Om-4) belonged to an oceanic island basalt (OIB) affinity.

Site 4 Mizunuma: Basaltic pillow lava of the Omama Complex

Basaltic pillow lava of the Omama Complex can be observed both in the outcrop and as a float block near Mizunuma Station, Kurohone-cho, Kiryu City (Fig. A6). The float block with a diameter of about 2 m was observed on the right bank of the Watarase River (Figs. A7A, B); the outcrop was exposed on the left bank (Fig. A7C).

Site 5 Yagihara: Occurrence site of *Helicoprion* in the fusulinid limestone of the Omama Complex

Float blocks of carbonate rocks were observed in

Yagihara, Kurohone-cho, Kiryu City (Figs. A8A, B). These rocks, containing fusulinid limestone (Figs. A8D, E), belong to the Omama Complex.

This site is considered to be the fossil locality of ichthyosaur *Helicoprion bessonowi* Karpinsky (Fig. A8C) reported by Yabe (1903a) (e.g. Hayashi, 1997; Gunma Museum of Natural History, 1999; Ito, 2021e).

Site 6 Okuzure: Basaltic rocks and carbonate rocks of the Omama Complex

Basalts and carbonates of the Omama Complex can be observed in Okuzure, Kawauchi-cho, Kiryu City (Fig. A9). At this site, the carbonate rocks interbedded with basaltic rocks in observations of both outcrop and thin section views (Figs. A10A, B).

Site 7 Odaira Stalactite Cave: Carbonate rocks of the Omama Complex

The Odaira Stalactite Cave in Omama-machi, Midori City (Fig. A11A), is composed of carbonate rocks of the Omama Complex. The total length of the cave is >90 m (Fig. A11B). Massive limestone is mainly observed within the cave (Fig. A11C).

Site 8 Takatsudo Gorge: Pelitic mixed rocks of the Omama Complex

The Takatsudo Gorge, Omama-machi, Midori City is known as a scenic spot. It is especially famous for its autumn leaves. Pelitic mixed rock including several types of blocks were observed in the gorge (Figs. A12, A13). Ito (2021b) classified these rocks into four types based on their lithology and matrix to block ratio.

Site 9 Kanma River: Chert–clastic sequences of the Kuzu Complex and the Kanma Fault

Chert–clastic sequences (CCSs) of the Kuzu Complex were observed near the Kanma River, Kanma-cho, Sano City (Fig. A14). Sequences of chert, siliceous mudstone (Figs. A15A, B) and mudstone (Figs. A15C, D) are exposed along the forest road on the right bank of the Kamba River. The CCSs were repeated at least twice, and sandstone (Fig. A15E) was identified in the second sequence. The mudstone yielded possible Jurassic radiolarians (Fig. A15F) (Ito, 2021c).

The Kanma Fault, which is the boundary between the Kurohone–Kiryu and Kuzu complexes, was recognized at this site (Fig. A16A). The Kanma Fault is considered to be a fault related to the rearrangement of the Jurassic accretionary complex in the Ashio Mountains formed after accretion (Ito, 2021b) (Fig. A16B). Okamura and Kamata (2001) considered the fault to correspond to an out-of-sequence-thrust (OST).

Site 10 Mt. Ryogai: Ashikaga Castle remain that utilized chert of the Kuzu Complex

Ito and Ichizawa (2020a) examined the geology and distribution of castles in the Kiryu and Ashikaga District,

and found that many mountain castles were built on chert. Ashikaga Castle, located around Mt. Ryogai in Ashikaga City, is a typical example of the castles built on chert. Chert is exposed around the castle (Figs. A17A, B, D), possibly because of the characteristics of chert (hard, dense and thereby forming an uneven landscape). In contrast, a trench [*Horikiri*] for defense was dug around an area of pelitic rocks (Fig. A17C), which is softer than chert, more easily breakable and more suitable for digging trenches.

Site 11 Ashikaga School [*Ashikaga Gakko*]: Garden rocks of chert

Ashikaga School [*Ashikaga Gakko*] in Shohei-cho, Ashikaga City (Fig. A18A), is known as the oldest educational institution in Japan. It was designated as a National Important Cultural Property on March 3, 1921, and as a Japanese heritage on April 24, 2015. Chert is placed as garden stones (Figs. A18D, E) at the Ashikaga School.

Site 12 Oiwa: Chert–clastic sequences and striped chert of the Kuzu Complex

Chert–clastic sequences (CCSs) of the Kuzu Complex can be observed at this site (Fig. A19) in Oiwa-cho, Ashikaga City. They are composed of chert (Fig. A20A), siliceous mudstone (Fig. A20B), mudstone, alternating beds of sandstone and mudstone (Fig. A20C), and sandstone along the road. Jurassic and possible Jurassic radiolarians were obtained from the siliceous mudstone and mudstone (Figs. A20E–G).

Striped chert beds were observed at two sections (Figs. A21A, B) in this site. The stripe chert has a lamina-like structure within a single layer (Fig. A21C–G). Ito (2020b) implied that the striped chert beds can be used as an alternative age index for the Tamba–Mino and Ashio belts. That is, several striped chert beds likely indicate the Triassic age, with their dominant interval probably being the Carnian–lower Norian, Late Triassic (Fig. A22).

Site 13 Hachioji Hills: Permian chert sections of the Gyodosan Complex

This site is located south of Mt. Karasawa on the Hachioji Hills (Fig. A23A). Permian radiolarian-bearing chert (Figs. A23B–F) of the Gyodosan Complex crops out along the forest road section. Ito (2020a) and Ito (2021c) obtained Cisuralian–Guadalupian (early–middle Permian) radiolarians from the chert (Fig. A24).

Site 14 Nagusa: Biotite–granodiorite of the Ashikaga Body

The Ashikaga Body is exposed at this site in Nagusa-Kamicho, Ashikaga City (Fig. A25). It is composed of biotite–granodiorite, and its corestones can be observed as the Nagusa Gigantic Rocks [*Nagusa-no-Kyosekigun*] (Figs. A26A–C), designated as a special national natural monument in 1939. The chert and mudstone of the

Kurohone–Kiryu Complex near the Ashikaga Body underwent contact metamorphism (Figs. A26D–F).

Extra sites: Museums

Several museums around the Ashio Mountains exhibit geological and paleontological objects. Locations of the

Conodont Museum (Omama Museum) in Omama-cho, Midori City and the Iwajuku Museum Kasagake-machi, Midori City are shown in Fig. 3. Location of the Kuzū Fossil Museum in Kuzuu-machi, Sano City, is shown in Fig. 2.