

実施内容報告書

課 題 名：日本最古の化石コノドントを求めて

－岐阜県産オルドビス紀コノドントの謎－

交 付 番 号：20009

機 関 名：岐阜県博物館

氏 名：高津 翔平

事業補助者：上松 佐知子（筑波大学生命環境系）

福島 佑一（筑波大学生命環境科学研究科）

報告概要

I. 事業の目的

本事業の目的は、現在日本最古の化石として知られる約 4 億 5000 万年前のコノドント化石について再検討し、その科学的価値をより明確にすることと、その内容を広く公表することである。具体的には、以下の 3 点にまとめられる；

- ① 岐阜県高山市奥飛騨温泉郷一重ケ根地域から見つかったオルドビス紀コノドント化石について、追加サンプルを採取し、新たな化石群集を獲得する
- ② 得られた化石の再同定と群衆解析を行うことで、年代論以外の分類、古生態及び古生物地理に関する付加価値を見出す
- ③ 「日本最古の化石」の何が重要であり、どう面白いのかを地域社会に伝え、岐阜県の地質・古生物に関心と誇りを持ってもらう

II. 事業の実施場所及び実施期間

実施場所：岐阜県高山市奥飛騨温泉郷一重ケ根地域

※分析等の室内作業は岐阜県博物館及び筑波大学で実施

実施期間：令和 2 年 4 月 1 日～令和 3 年 3 月 31 日

III. 事業の実施結果

<はじめに>

岐阜県飛騨地方北部には、飛騨外縁帯が飛騨帯の南側に沿って数 km から 30 km の幅で東西に帯状に分布している。その構成岩類は変化に富み、古生界の非変成砕屑岩類や結晶片岩類、蛇紋岩やかんらん岩等の塩基性岩類などがある（例えば、東田ほか, 2004；小井土, 2011）。なかでも同県高山市奥飛騨温泉郷に分布する飛騨外縁帯には古生代カンブリア紀を除くすべての時代の地層が含まれており、同地域からは三葉虫・サンゴ・フズリナ・介形虫・放散虫など様々な化石が発見されている。特に同地域の「福地化石産地」は国の天然記念物に指定されており、同地域は日本有数の古生代化石産地となっている（小井土, 2011）。

1996 年、本地域の岩坪谷に分布する一重ケ根層からコノドント化石が発見された。このコノドント化

石は絶滅したウナギ様の海棲動物の摂食器官であり、その形態から *Periodon aculeatus* に分類された。*P. aculeatus* のレンジはオルドビス紀中期～後期を示していることから、同化石標本は日本最古の化石として現在認知されている（東田・小池, 1997）。一方で、東田・小池（1997）により見出された標本数は僅かであったこと、また化石産出地の露頭（地層断面）がコンクリートで覆われ追加サンプルを得られなかったこともあり、このコノドント化石に関する研究は以後全く行われていない。そんな中、2019年に飛騨山脈ジオパーク推進協議会や地元の方々の働きかけにより、露頭を覆っていたコンクリートの一部が剥がされ、化石産出露頭の岩相観察や岩石試料の採集が可能な状況となった（写真 1）。

本研究では、同化石産出露頭においてオルドビス紀コノドント化石の追加サンプル採取を試み、分類学・古生態学・古生物地理学的検討を行うとともに、コノドント化石を用いた地域振興と教育普及活動への貢献を目指した。

<調査研究結果>

① オルドビス紀コノドント化石産出層準の推定

岐阜県高山市奥飛騨温泉郷一重ヶ根地域は、同県北部東端の長野県との県境付近に位置しており、南と東をそれぞれアカンダナ山と焼岳に囲まれている（図 1）。東田（1997）によると、同地域の新平湯温泉エリア東側に位置する岩坪谷では、主に玄武岩質岩石を主体とする岩坪谷層と凝灰岩質岩石を主体とする一重ヶ根層で構成されている飛騨外縁帯や苦鉄質貫入岩が確認されている（図 2）。先行研究によるオルドビス紀コノドント化石が採取されたのは、岩坪谷下流域の左岸沿いに露出する一重ヶ根層露頭であり、同研究報告以降 20 年以上コンクリートで覆われていた。2019 年に東田和弘氏（名古屋大学博物館）指導のもとコンクリートの剥ぎ取り作業が行われ、コノドント産出層準と推定される露頭の一部分（幅約 320 cm、高さ約 240 cm）が約 20 年ぶりに露わとなった（写真 1）。東田・小池（1997）によると、岩坪谷下流部の左岸には珪長質凝灰岩や凝灰質砂岩、凝灰質泥岩、砂岩、および泥岩の互層が連続的に露出しており、単層の厚さは数 mm～数 m と様々である。走向は N60°E～E-W で、傾斜は 60°～90°N を示している。特にコノドント化石の産出層準あたりでは、単層厚が数 mm の珪長質凝灰岩と凝灰質泥岩が細かく互層している。本研究ではコンクリート剥ぎ取り作業により露わとなった露頭部分の柱状図（図 3）を作成し、東田・小池（1997）により示されたコノドント化石産出層準との比較検討を行った。

本研究において観察できた露頭の全層厚は約 320 cm である（写真 2）。柱状図は作成する都合上、露頭全体を便宜的に Unit1（基底～約 74 cm 上位）、Unit2（約 74 cm～150 cm 上位）、そして Unit3（約 150 cm～320 cm 上位）の 3 ユニットに区分した（図 3B）。このうち、Unit1 内部は小断層によって画されるため、断層上位側を Unit1A、下位側を Unit1B と細分した（図 3B）。柱状図はユニットごとに作成し、これらを連続化した（図 3A）。また、岩相を細粒凝灰岩、凝灰質泥岩、および比較的粗粒な凝灰岩に区分した。細粒凝灰岩と凝灰質泥岩は黒色または暗灰色を呈する。いずれも単層厚が数 mm～5 cm 程度であり、互層をなしている。一部の黒色凝灰質泥岩は、基質がほとんど均質であり、チャートのような見かけを呈する。これらと比べ、粗粒な凝灰岩は暗灰色、緑灰色、および灰白色を呈する。単層厚は 5～10 cm 程度であるが、層理が不明瞭な層準も多い。

東田・小池（1997）によれば、コノドント化石産出層準は「安山岩岩脈 A の北方、約 10.5 m の地点」の珪長質凝灰岩・凝灰質泥岩互層と示されている。また同柱状図では、この層準の基底付近には露欠があり、下位側には層厚約 50 cm の珪長質凝灰岩が存在するとされる。このことから、東田・小池（1997）において示されたこの珪長質凝灰岩層を本調査において定義した Unit1B（層厚約 54 cm）とみなし、断

層上位側の Unit1A および Unit2 下部の細粒凝灰岩・凝灰質泥岩互層中にコノドント化石層準が含まれるものと推定した。つまり、東田・小池（1997）により示されたコノドント化石産出層準は、この度コンクリート剥ぎ取り作業により露わとなった露頭のうち、Unit1A の基底より約 44 cm～116 cm 上位の範囲に位置する細粒凝灰岩・凝灰質泥岩互層にあたるものと考えられる。

② オルドビス紀コノドント化石の追加サンプル採取の試み

本露頭では、推定されるオルドビス紀コノドント化石産出層準を含め、計 33 層準（IW-001～033）から岩石試料のサンプリングを行った（図 3A）。サンプリング試料は 1 層準あたり 2～3 kg 採集した（写真 3）。コノドント化石の抽出には、フッ化水素酸による酸処理法を用いた。細かく砕いた試料は 5～20 % フッ化水素酸水溶液に浸し、12～36 時間反応させた（写真 4）。特に、コノドント化石産出層準と推定される試料（IW-003～016）は複数回の処理を行った。酸処理後に得られた残渣からは、実体顕微鏡で観察しながら、筆を用いて化石標本の拾い出し（写真 5）を試みており、本作業には実験分析のアルバイトとして岐阜県博物館サポーターも従事している（別添積算費目を参照）。すべての資料からコノドント化石を得ることができなかった。この原因として、より大量の岩石を溶解する必要があると考える。東田・小池（1997）においても、「641 個の岩石試料を採取し、微化石が含まれていそうな試料 271 個をルーペ観察によって選択し、フッ酸処理を行った」とあり、結果、1 試料からわずか 4 点のコノドント標本を得るにとどまっている。

本研究では、東田・小池（1997）の報告後、長らく埋没してしまったコノドント化石産出露頭について、初めてその産出層準を推定し、より詳細な柱状図を作成することができた。一方で、コノドント化石抽出のための岩石試料のサンプリング量が不十分であったことから、今後もコノドント化石産出層準と考えられる IW-003～016 において試料サンプリングと酸処理を集中的に行い、引き続きコノドント化石の抽出を試みる。

③ “日本最古の化石”の分類学的再検討

1913 年に初めて記載された *Periodon* は中期および後期オルドビス紀を代表するコノドントの属であり、その模式種として *Periodon aculeatus* が定義されている。本種は過去 100 年以上にわたり世界各地から産出が確認されてきた。*Periodon* の種では一般的に *Periodon flabellum*, *P. aculeatus*, *Periodon grandis* の 3 種がよく知られ、特に 1900 年代における研究で多様な形態がこれらの種に振り分けられた。このためこの 3 “種”は通常考えられるよりも大きなグループを形成し、結果として *P. aculeatus* は「オルドビス系中部から上部」という長い層序学的レンジを持つに至った。しかし 2000 年代以降に *Periodon* の系統で種の整理が進み、現在では約 10 種が記載あるいは再認識されている。東田・小池（1997）によって一重ケ根層から報告されたコノドント化石は、当時 *P. aculeatus* に同定されたが、現在の基準では分類が変更される可能性が高い。本研究ではこの点に着目し、一重ケ根標本の分類学的再検討を行った。

東田・小池（1997）で報告されたコノドント化石は 4 個（4 エレメント）である。*Periodon* に属するコノドントは 1 個体中に 7 種類のエレメントを持つと考えられ、その配置によって P₁, P₂, M, S₀, S₁, S₂ および S₃ エレメントに分類されている。東田・小池（1997）の図 4-1, 4-2 および 4-4 に示された化石は、その形態からそれぞれ S₁, S₂, M エレメントに相当し、図 4-3 は *Periodon* 以外の種に属すると考えられる。*Periodon* に関する近年の研究（Rasmussen, 2001; Stouge, 2008）を参照して一重ケ根標本の形態を検討した結果、以下の点が明らかになった。（1）一重ケ根標本の M エレメントは前方に 1 本

の小歯を備え、基底縁の長さの主歯の長さの比が約 3:4 である；(2) 一重ケ根標本の S_2 エLEMENT は、後枝上の最大の小歯と主歯の間に 4 本の小歯を持ち、基底縁前方と後枝の下縁とのなす角度が約 90 度である。(1) について、現在の定義によれば *P. aculeatus* の前方小歯は 3~6 本であり、基底縁と主歯の長さの比が 1:1 である。また (2) について、現在の *P. aculeatus* では当該小歯が 6~8 本であり、基底縁と下縁の角度が 40~60 度とされている。以上から、一重ケ根標本は現在の定義による *P. aculeatus* には該当しないと考えられる。本標本は *P. flabellum*, *Periodon macrodentata* あるいは *Periodon zgierzensis* など、中期オルドビス紀の前期 (Dapingian) あるいは同後期 (Darriwilian) の種に同定される可能性が高く、さらに検討が必要である。

④ 教育普及・地域振興における貢献

一般的に、コノドント化石は摂食器官とされる ELEMENT のみが見つかることがほとんどであり、コノドント動物自体の復元にはいまだ多くの謎が残されている。一部の印象化石の報告などから、おおよそウナギ様の海生動物であったと考えられており、例えばヤツメウナギなどを参考にしばしばその復元像が描かれる (例えば, Briggs et al., 1983; Barhamnes, 2015)。日本最古の化石が岐阜県産のコノドント化石であることの認知度の低さも、その具体的な復元像がないことが 1 つの要因と考えられる。そこで本研究では、教育普及観点から見た「ふるさと岐阜の持つ自然史の魅力発信」を目的に、岐阜県産の日本最古の化石であるコノドント「*Periodon*」の動物像の復元を試みた。復元画製作はイラストレーターの小田 隆 氏 (京都精華大学/教授) に依頼した。ELEMENT の形態復元は一重ケ根標本や近年の *Periodon* に関する研究報告 (Rasmussen, 2001; Stouge, 2008) を参考とし、ELEMENT の配列は同じ複歯状 ELEMENT を持ち、かつ自然集合体 (ELEMENT の密集化石) が見つかった *Hibbardella* の研究例 (例えば Johnston and Branes, 2000; Donoghue et al., 2008) を参考とした。全体の様子は Briggs et al. (1983) と Barhamnes (2015) を参考にした。

復元したコノドント *Periodon* の動物像を図 4 に示す。全体的に細長い体制とし、全長は 40 mm 程と考えられる。頭部には大きく張り出した眼を 2 つ持ち、眼の下には大きな口と摂食器官が存在する。摂食器官は複歯状 (1 本の主歯と多数の小歯が並ぶ形態) の ELEMENT であり、おおよそ前方に位置する S ELEMENT と両頬上方に位置する M ELEMENT、そして後方に位置する P ELEMENT から成る。分類学的な位置づけとして、コノドントが仮に脊索動物であることを前提とした場合、「原始的な無顎類」や「有頭動物より更に基幹的な脊索動物」などと考えられる傾向があるため、復元した動物像に「顎」は想定していない。一方で ELEMENT の動きを再現した研究 (Donoghue and Purnell, 1999; Goudemand et al., 2011) からは、ELEMENT が摂餌時に互いに複雑に動き合って機能している様子が復元されている。このため、従来ありがちであった“大きく開けた口の壁面に ELEMENT が並ぶ”イメージを払拭し、肉質の口~咽頭に生えた ELEMENT が閉口時に密着し合うような復元を行った。頭部の後方には印象化石に残された痕跡から、7 つの鰓構造を配置した。胴体には脊索の痕跡を反映させ、尾方の開く V 字型の筋節が連なっている。尾部には鰭条によって支えられた尾鰭を復元した。体の底面には、ヤツメウナギを参考にカウンターシェーディングを採用した。

本研究で復元したコノドント動物は *Periodon* としては世界初の復元像となる。今後は研究面における学術的利用はもちろん、岐阜県博物館において展示に反映するだけでなく、コノドント化石の産出する自治体や観光協会等に画像データを提供し、地域振興も含めてより多くの方々に見ていただけるよう公開していく。

IV. まとめと今後の展望

本研究では、岐阜県高山市奥飛騨温泉郷一重ケ根地域から見つかったオルドビス紀コノドント化石について、約 20 年ぶりに現地調査とその分類学的再検討を行った。地質調査においては、産出露頭の推定からより詳細な柱状図を作成できた一方で、採取した岩石サンプルからコノドント化石の追加標本を得ることはできなかった。また既存の一重ケ根標本の分類学的再検討を行った結果、種同定の見直しという課題を見出した。今後は、さらなる現地調査と岩石サンプルからの同化石の追加標本抽出を試みるとともに、一重ケ根標本報国時の未同定標本の再確認も合わせて、改めて日本最古の化石である一重ケ根地域のオルドビス紀コノドント化石の分類学的同定と、より正確な産出年代の特定に注力し、学術誌での成果報告を目指す。加えて、今回復元したコノドント *Periodon* の動物像は、*Periodon* 属としては世界初の復元となる。復元作業は近年の研究報告を基にしたことから、本復元画の学術的利用が可能である。また「日本最古の化石は岐阜県から見つかったオルドビス紀のコノドント」という事実の認知度を高めるために大きく貢献することが期待され、地元自治体等への復元画像の無料提供を通して、地域振興を見据えた教育普及活動への積極的な利用を進めていく。

V. 参考文献

- 小井土由光, 2011. みの ひだ地質 99 選. 岐阜新聞社; 231 p.
- 束田和弘, 1997. 岐阜県上宝村一重ケ根地域の古生界の層序と構造. 地質学雑誌 103 (7), 658–668.
- 束田和弘・小池敏夫, 1997. 岐阜県上宝村一重ケ根地域より産出したオルドビス紀コノドント化石について. 地質学雑誌 103 (2), 171–174.
- 束田和弘・竹内誠・小嶋智, 2004. 飛騨外縁帯の再定義. 地質学雑誌 110 (10), 640–658.
- 原山智, 1990. 上高地地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅). 地質調査所, 175 p.
- Barham, M., 2015. Comprehending conodonts. *Geology Today* 31, 74–80.
- Briggs, D.E., Clarkson, E.N. and Aldridge, R.J. 1983. The conodont animal. *Lethaia* 16, 1–14.
- Donoghue, P.C.J. and Purnell, M.A., 1999. Mammal-like occlusion in conodonts. *Paleobiology*, 25, 58–74.
- Donoghue, P.C.J., Purnell, M.A., Aldridge, R.J. and Zhang, S., 2008. The interrelationships of ‘complex’ conodonts (Vertebrata). *Journal of Systematic Palaeontology*, 6, 119–153.
- Goudemand, N., Orchard, M.J., Urdu, S., Bucher, H., and Tafforeau, P., 2011. Synchrotron-aided reconstruction of the conodont feeding apparatus and implications for the mouth of the first vertebrates. *PNAS*, 108, 8720–8724.
- Johnston, D.I. and Barnes, C.R., 2000. Early and Middle Ordovician (Arenig) conodonts from St. Rauls Inlet and Martin Point, Cow Head Group, western Newfoundland, Canada, 2. Systematic paleontology. *Geologica et Palaeontologica*, 34, 11–87.
- Rasmussen, J.A., 2001. Conodont biostratigraphy and taxonomy of the Ordovician shelf margin deposits in the Scandinavian Caledonides. *Fossils and Strata* 48, 1–179.
- Stouge, S., 2012. Middle Ordovician (late Dapingian–Darriwilian) conodonts from the Cow Head Group and Lower Head Formation, western Newfoundland, Canada. *Canadian Journal of Earth Science* 49, 59–90.



写真1：岩坪谷におけるコノドント化石産出露頭のコンクリート剥ぎ取り作業の様子。

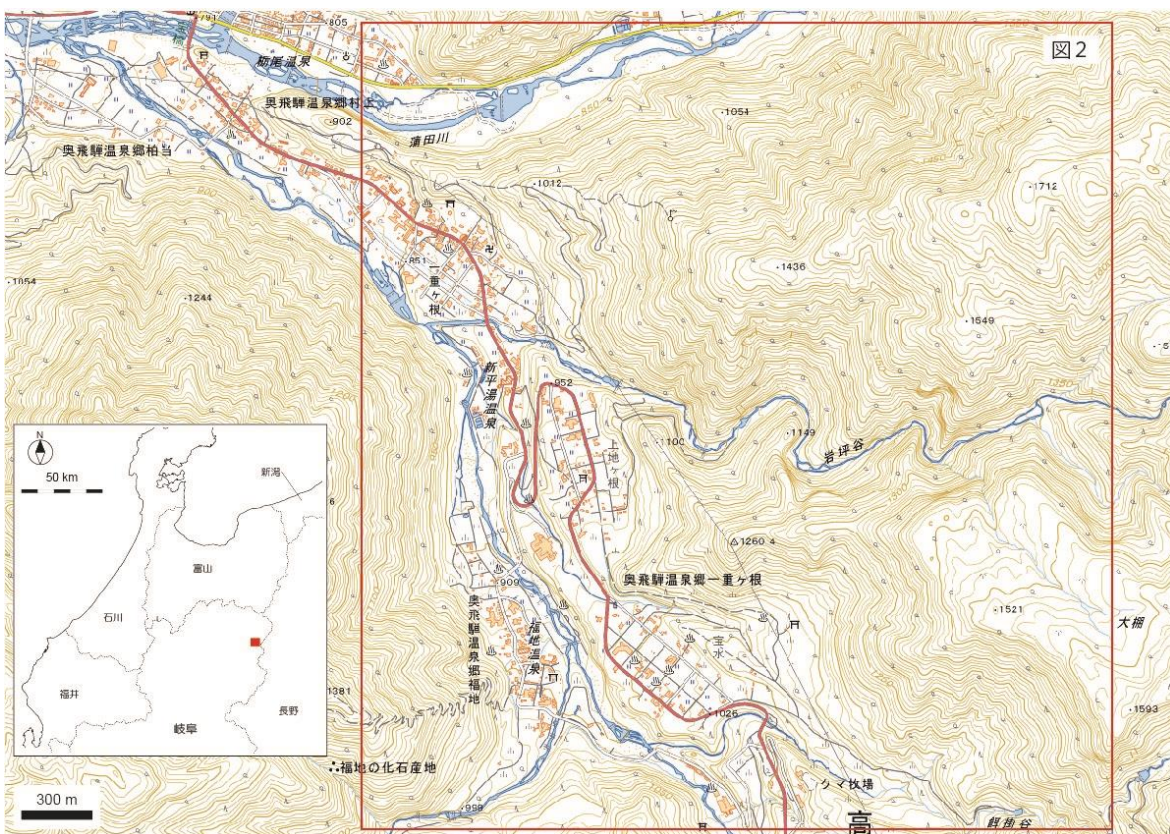


図1：岐阜県高山市奥飛騨温泉郷一重ヶ根地域の位置図。原山（1990）をもとに作成。

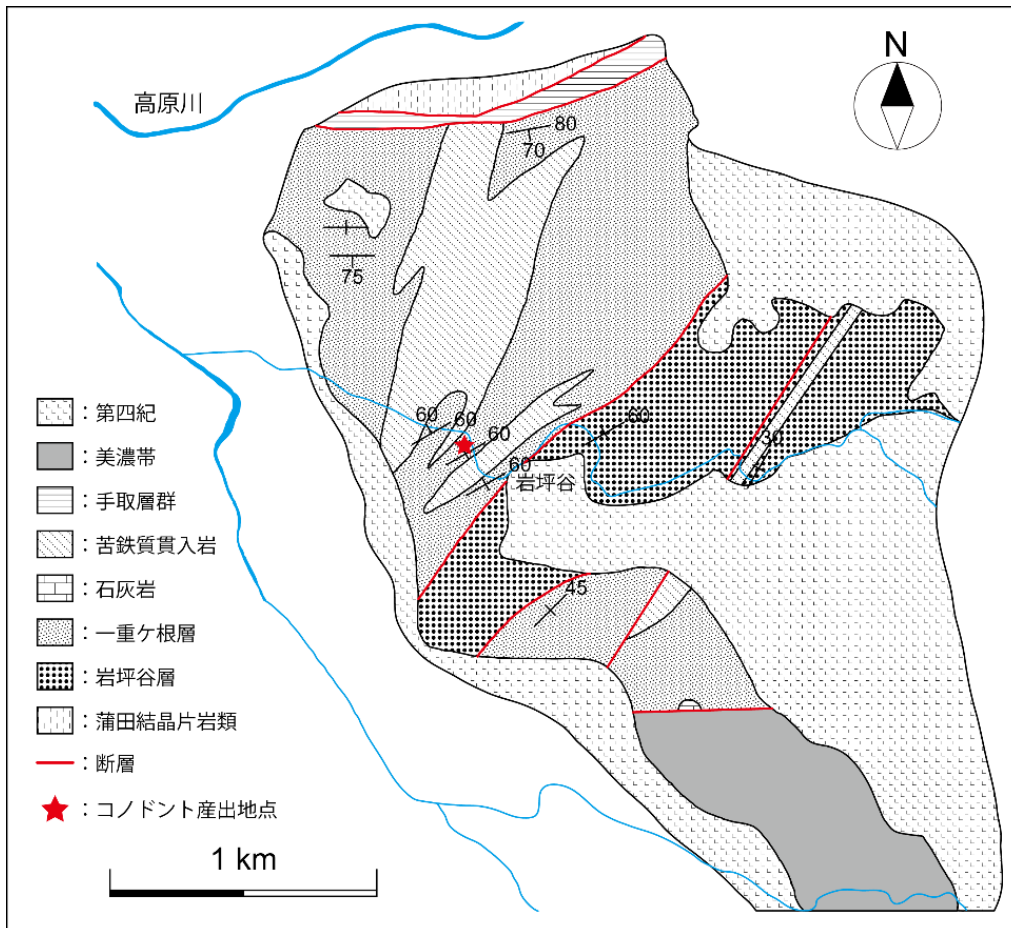


図 2：一重ヶ根地域の地質図. 東田 (1997)をもとに作成.



写真 2：コノドント化石産出地点の露頭写真.

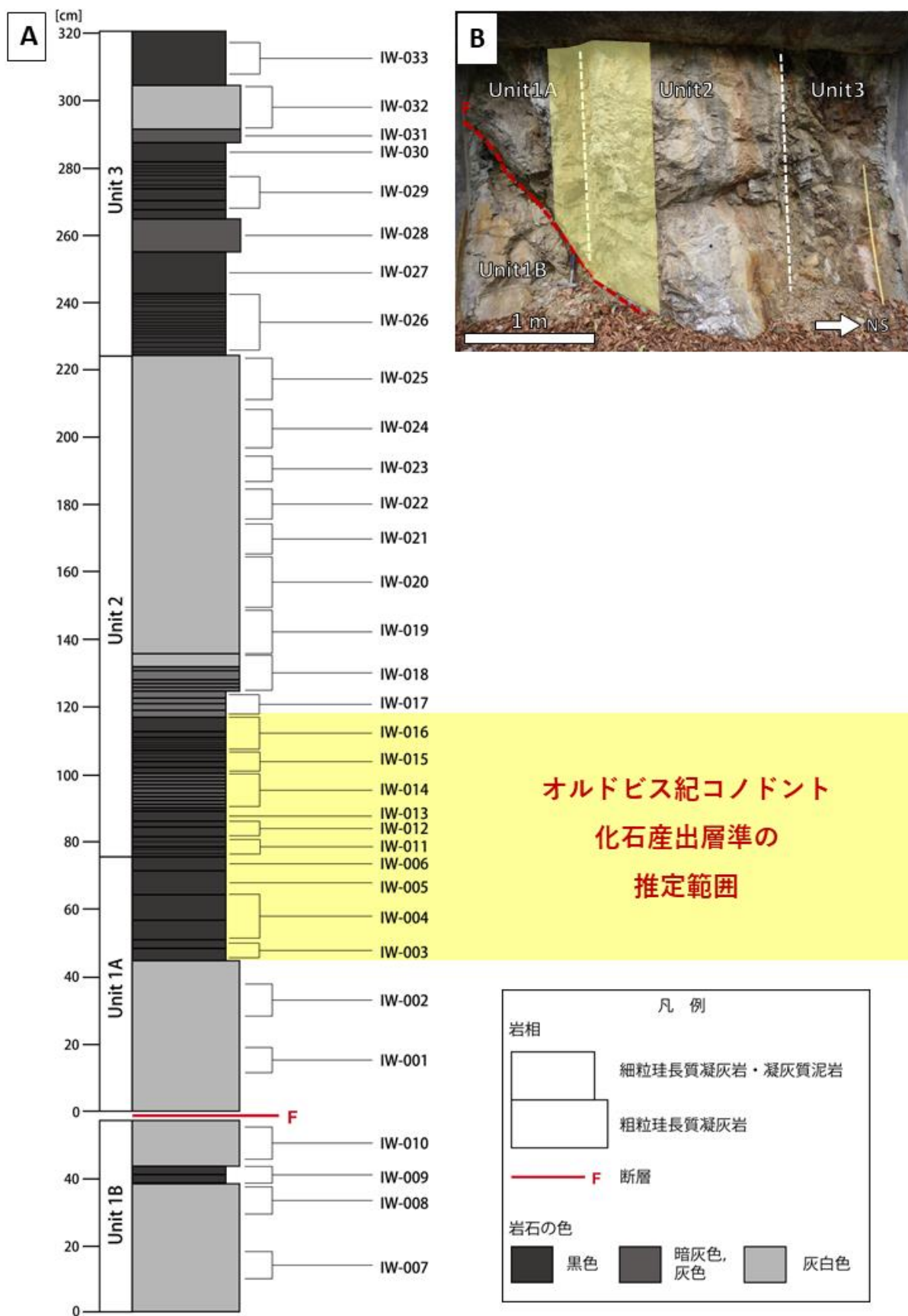


図3：コノドント化石産出露頭の柱状図（A）および露頭のユニット区分（B）。

ユニット区分内に推定されるコノドント化石産出層準の存在範囲を黄色で示す。



写真 3：採集した岩石サンプル.



写真 4：フッ化水素酸による酸処理の様子.

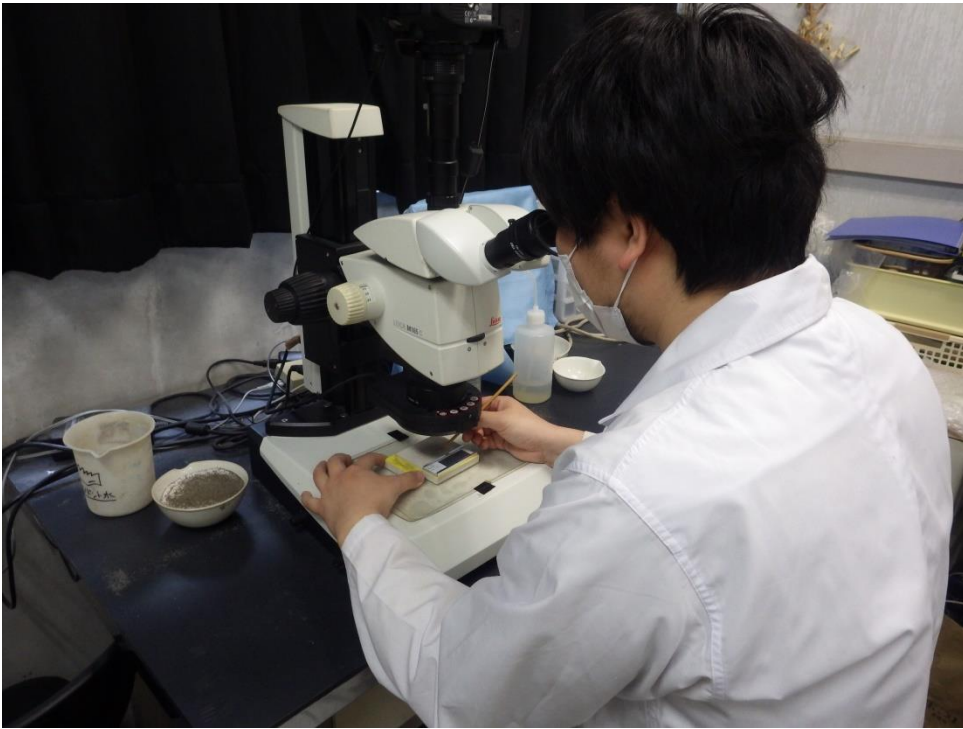


写真 5：筆を用いた残渣からの美化性ピックアップの様子.

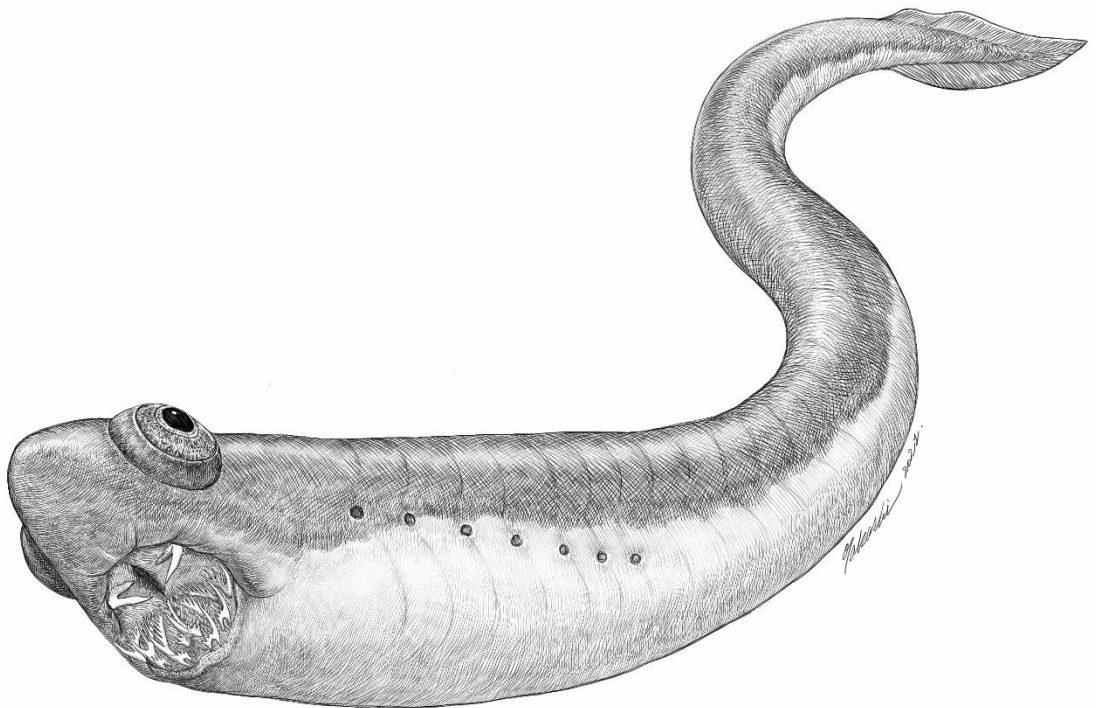


図 4：復元したオルドビス紀コノドント *Periodon* の動物像（画：小田 隆）