

機関番号：12102

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21740368

研究課題名(和文) 自然集合体に基づくペルム紀 - 三畳紀コノドントの分類, 進化, 古生態

研究課題名(英文) Classification, evolution, and paleoecology of the Permian to Triassic conodonts based on a natural assemblage

研究代表者

上松 佐知子 (AGEMATSU SACHIKO)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・准教授

研究者番号：50466661

研究成果の概要 (和文)：岐阜県舟伏山地域に分布する黒色粘土岩層から前期三畳紀Induanの最前期を示す*Hindeodus parvus*および*Hindeodus typicalis*の自然集合体を得られた。これらの集合体にもとづき*Hindeodus*属コノドントの器官復元を行ったところ、これらの器官は合計13個のエレメントから構成されることが明らかとなった。また堆積課程の考察から、これらのコノドントは遠洋・深海域の海底面近くに生息し、死後直接堆積物中に埋没したことが明らかになった。栃木県秋山川上流地域における研究では、前期三畳紀Olenekianのコノドントエレメントが密集したコノドント集積層が発見された。コノドントの古生態および岩相解析にもとづく考察から、前期三畳紀の遠洋域では貧酸素状態が生じ、しばしば深海あるいは中層まで発達していたことが結論づけられた。

研究成果の概要 (英文)：Natural assemblages of *Hindeodus parvus* and *Hindeodus typicalis*, the earliest Induan (Early Triassic) conodonts, were recovered from the black claystone beds distributed in the Funabuseyama area, Gifu Prefecture. I reconstructed the skeletal architecture of these species with 13 elements. It was found from the result of this study that these conodonts dwelt near a deep sea floor and were buried directly in the sediments after their death. Conodont-accumulated layers in the siliceous claystone beds distributed in the Akiyamagawa area, Tochigi Prefecture, were also investigated in this study. The layer bears the Olenekian (Early Triassic) conodont species. On the basis of the conodont paleoecology and lithology, it was concluded that an anoxic condition was often produced in a pelagic deep sea or pelagic intermediate water.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学・層位・古生物学

キーワード：コノドント、三畳紀、自然集合体、生層序、分類、ペルム紀

1. 研究開始当初の背景

コノドントは原始的な脊索動物に分類される絶滅動物であり、脊椎動物の進化を解明する上で重要な分類群と考えられている。またオルドビス紀から三畳紀までの多くの系、統、階を定義する示準化石として生層序学的にも重要である。しかしコノドント化石はほとんどの場合部分化石として産し、硬組織からなる器官全体を保存した「自然集合体」の産出数がきわめて少ないため、分類や古生態等の研究が遅れている。日本のジュラ紀付加体中に含まれる珪質粘土岩からは自然集合体の産出が期待されるため、これを研究することによりコノドントの生物学的研究が大きく前進すると考えられる。また珪質粘土岩層は一般的に顕生代最大の絶滅事件があったペルム紀/三畳紀境界 (Permian/Triassic Boundary, PTB) 層を含むことから、これを調べることで当時の古環境の解明に繋がると考えられる。

2. 研究の目的

本研究ではジュラ紀付加体中からコノドント自然集合体を発見・記載し、コノドントの系統、分類、進化および古生態を考察することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究の基礎は野外における資料採取と試料の顕微鏡観察である。これまでの研究から自然集合体の産出が見込まれる地域に焦点を絞り、さらに後期ペルム紀～前期三畳紀の珪質粘土岩分布域のみにおいて試料採取を行った。採取した粘土岩試料は数 mm～数 cm 大に砕いて観察した。本研究では当初の予定である実体顕微鏡と走査型電子顕微鏡による観察に加え、X線マイクロCTを用いたX線画像の取得も試みた。またコノドント化石と同時に岩石試料の酸処理による放散虫化石の抽出を行った。これによりより詳細な年代決定を行うことが可能である。

4. 研究成果

調査地域は栃木県足尾山地の秋山川上流地域、カナダ西部のブリティッシュコロンビア州カシェクリーク、茨城県八溝山地の鶏足山塊および岐阜県舟伏山地域を選定した。このうち岐阜県および栃木県の調査によって以下の成果が得られた。

(1) 岐阜県舟伏山地域より得られた最前期コノドント自然集合体について

岐阜県舟伏山地域和井谷には美濃帯舟伏山ユニットを構成するペルム紀海洋性堆積岩類が分布する。調査セクションは下位より灰色層状チャート、暗灰色～黒色チャートおよび黒色粘土岩から構成され、全体の層厚は3.7 m である (図 1)。上部の黒色粘土岩について上述の手法でコノドントの観察を行い、黒色粘土岩層最下部より上位5 cmと10 cmの層準で採取した2試料から化石を得ることができた。コノドント化石は岩石試料表面に散在し、一部は保存良好な自然集合体として産出する。いずれの標本も化石本体が消失した印象化石であるため、実体顕微鏡、走査型電子顕微鏡およびX線マイクロCTを用いて岩石表面を撮影し、種の同定を行った (図 2)。その結果、自然集合体標本は *Hindeodus parvus* および *Hindeodus typicalis* と同定された。

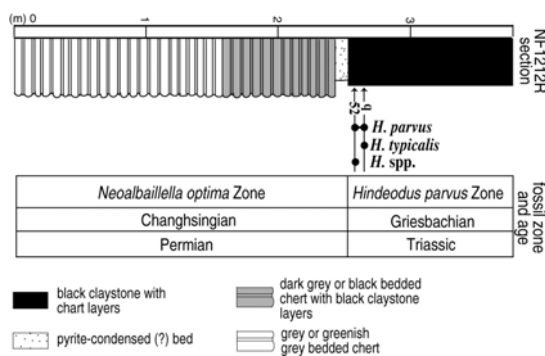


図 1. 舟伏山地域の調査セクション柱状図と産出化石。

PTB は *H. parvus* の初産出層準によって決定され、最下部三畳系のコノドント化石帯は世界的に *H. parvus* 帯と定義されている (Yin et al., 2001)。本研究地域からは *H. parvus* および後期ペルム紀から最前期三畳紀の産出レンジを持つ *H. typicalis* が産出することから、*H. parvus* 帯に対比されると考えられる。また調査セクション下部および中部の層状チャートからは、上部ペルム系 Changhsingian の *Neoalibaillella optima* 帯を代表する放散虫化石が産出する。したがって、層状チャート層と黒色粘土岩層の境界付近が PTB であると考えられる。

H. parvus および *H. typicalis* の自然集合

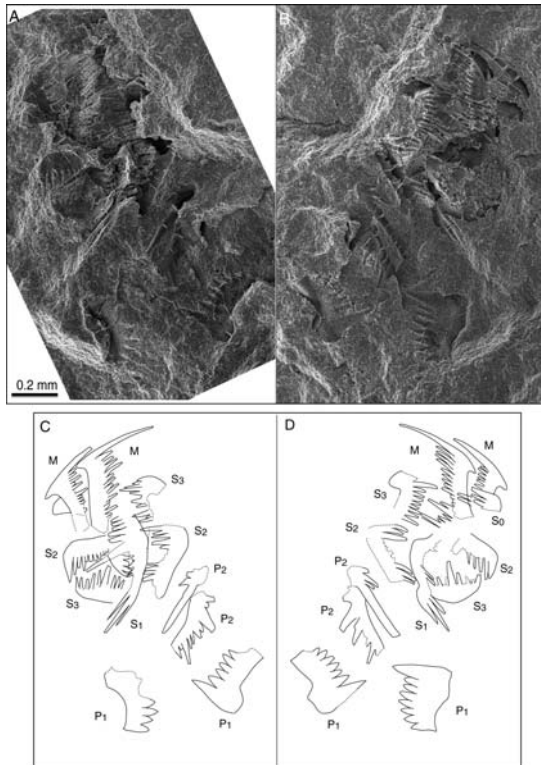


図 2. *Hindeodus parvus* の自然集合体写真（走査型電子顕微鏡）とそのスケッチ。A、C はそれぞれ B、D と対を成す。

体標本（図 2）から *Hindeodus* 属コノドントの器官復元を行った。標本写真にもとづくと、この属のコノドント器官は 13 エLEMENT、すなわちふたつずつの M、S1、S2、S3、P1、P2 エLEMENT とひとつの S0 エLEMENT から構成される。紙粘土を用いてこれらの模型を作成し、Purnell and Donoghue (1998) および Agematsu et al. (2008) の手法にもとづいて 3 次元的な構造を決定した。*Hindeodus* 属コノドントの持つ器官は、前方・上方に対の M エLEMENT、中央下部に S0 エLEMENT、その両翼に S1~S3 エLEMENT を備え、S エLEMENT 群の後方に P2 および P1 エLEMENT 対が並ぶ（図 3）。この結果は、これまで数値的に求められていた *Hindeodus* 属コノドントの器官と一致する。

一連の器官復元過程で、コノドントの堆積時における埋没方向のパターンが明らかになった。パターン 1 は海底面に対してコノドントの体の前後軸がほぼ垂直の方向で埋没したものである。パターン 2 は前後軸が海底面に対してほぼ平行であり、前後軸を中心に体が 40~50 度回転している。パターン 3 は海底面に対し前後軸が斜めに交わる方向に埋没する。いずれの場合も埋積後に予想される ELEMENT 配置と実際の集合体の配列に

大きなずれはなく、コノドントが死後直接海底の堆積物中に埋没したことが示唆される。したがってコノドントは遠洋・深海域の海底面近くに生息していたと考えられる。また岩石薄片の検討によれば、当時の海底を覆っていた堆積物は極細粒の粘土粒子および有機物質である。前後軸がほぼ垂直の方向を持つ自然集合体の存在は、コノドントの体が“縦方向”に落下し軟体部が腐敗するまでの間堆積物中で体勢を保つことが可能であったことを示すものであり、当時の海底堆積物はある程度の粘性を持つ“スープ状”堆積物（Purnell and Donoghue, 1998）であったことを示唆している。

以上の研究成果は後述の〔学会発表〕②、③および〔雑誌論文〕①として公表されている。また *Palaentology* に筆頭著者として、*Paleontological Research* に第 4 著者として論文を投稿し、現在査読を経て修正中である。

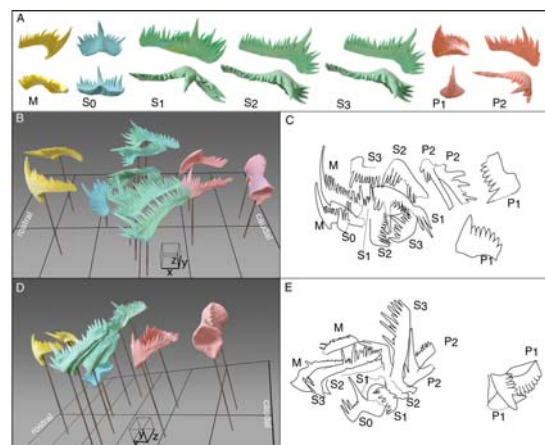


図 3. コノドント器官を構成する ELEMENT と器官の 3 次元構造. A: *Hindeodus* 属コノドントの持つ ELEMENT の種類. B、D: ELEMENT 模型を用いた器官モデル. C: *H. parvus* の自然集合体のスケッチ. E: *H. typicalis* の自然集合体のスケッチ. B と D の x、y、z 軸は、それぞれ C と E のコノドントが埋没した時の方向を示している。

(2) 栃木県秋山川上流域から発見されたコノドント集積層について

栃木県秋山川上流の森沢地域には足尾帯のペルム紀および三疊紀海洋性堆積岩類が分布する。調査セクションは層厚約 3 m の灰色珪質粘土岩からなる。採取した粘土岩試料を細かく砕き、実体顕微鏡を用いて観察した結果、ほとんどの試料にコノドント化石が含

まれることが明らかになった。化石の多くは櫛型エレメントであり、稀に *Neospathodus* の P エレメントと *Neostrachanognathus tahoensis* の P エレメントを含む。*N. tahoensis* にもとづく、本珪質粘土岩層の年代は前期三疊紀後期 Olenekian の後期と考えられる。

採取した試料の中に、コノドントエレメントが他の層よりも多く凝集したコノドント集積層が確認された。集積層の厚さは約 2 mm であり上下の層と比較してやや暗色であるため肉眼で識別することができる。含まれるコノドントは主に *N. tahoensis* の S エレメントと考えられる櫛型エレメントおよびツノ型の P エレメントで、不規則に重なり合って産出する (図 4)。エレメントの配列に自然集合体のような方向性は見られない。岩石試料の薄片観察によると珪質粘土岩の構成粒子は主に粘土鉱物と放散虫殻である。コノドント集積層では暗色の粘土鉱物と思われる物質が増加し、放散虫殻は級化構造を示しつつ上部に向かって減少する (図 5)。このような堆積構造から、森沢地域に分布する珪質粘土岩の堆積場は、海山のような地形的高まりからしばしば堆積物が流入する遠洋・深海域であったと考えられる。

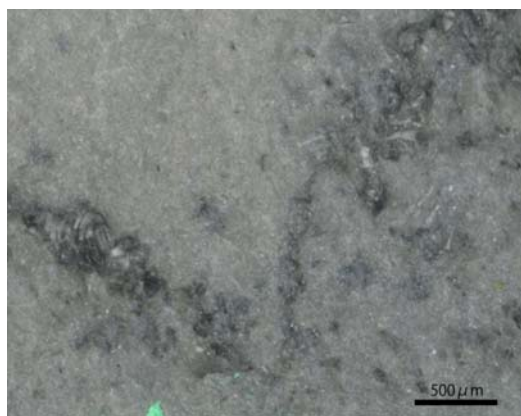


図 4. 珪質粘土岩中のコノドント集積層。層理面に対してやや斜めに剥離した面。

Agematsu et al. (2008) が熊本県五木村の折立地域から報告した同時代の珪質粘土岩は、*N. tahoensis* の自然集合体を多く含むことから、当時の海底面近くにコノドントが生息していたことが示唆されている。また愛媛県の田穂石灰岩からはやはり同時代のコノドント化石が多数報告されている (Koike, 1998)。Takahashi et al. (2009) は愛知県犬山地域において珪質粘土岩とチャートからなる前期および中期三疊紀桃太郎神社セクションの化学分析を行っている。これによ

ると PTB の後、中期三疊紀前期の Anisian にかけて遠洋・深海域では断続的に貧酸素状態が生じ、このような水塊は時に中層域まで達していた。以上から、森沢地域の粘土岩堆積時には深海域が酸素欠乏状態であり、コノドントは中層以浅に生息していた可能性が高い。一方で折立地域の粘土岩堆積時には深海の貧酸素状態が緩和され、また海山上の堆積物とされる田穂石灰岩の堆積時には多くのコノドントが浅海域に生息していた。いずれの地域からも共通して *N. tahoensis* が産出することから、本種は海洋環境の変化に応じて生息場を変えていたと考えられる。

以上の研究成果は後述の [学会発表] ①として公表されている。

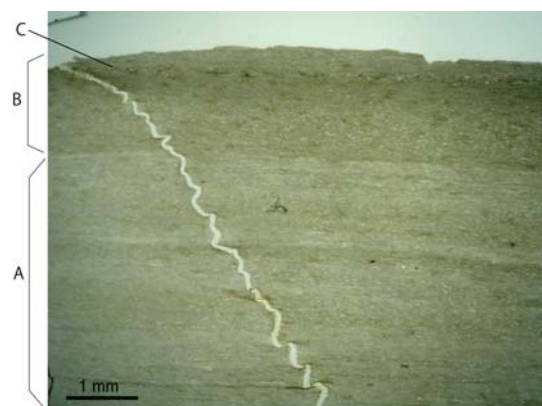


図 5. 珪質粘土岩を垂直方向に研磨した薄片写真。A: 灰色珪質粘土岩。放散虫殻が多く含まれる。B: 粘土粒子の増加した暗灰色層。放散虫殻は下部で級化を示す。C: コノドント集積面。

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.

Koike T., 1998. Triassic coniform conodont genera *Aduncodina* and *Neostrachanognathus*. *Paleontological Research*, 2, 120-129.

Purnell M. A. and Donoghue P. C. J., 1998. Skeletal architecture, homologies and taphonomy of ozarkodinid conodonts. *Palaeontology*, 41, 57-102.

Takahashi S., Yamakita S., Suzuki N., Kaiho K., and Ehiro M., 2009. High organic carbon content and a decrease in radiolarians at the end of the Permian in a newly discovered continuous pelagic

section: A coincidence? Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 271, 1-12.

Yin H., Zhang K., Tong J., Yang Z., and Wu S., 2001. The global stratotype section and point (GSGP) of the Permian-Triassic Boundary. Episodes, 24, 102-114.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

① Sano H., Kuwahara K., Yao A., and Agematsu S., Panthalassan seamount-associated Permian-Triassic boundary siliceous rocks, Mino terrane, central Japan, Paleontological Research, 査読有, vol. 14, 2010, 293-314.

[学会発表] (計3件)

① 上松佐知子、佐野弘好、指田勝男、最前期三畳紀コノドント *Hindeodus* のアパレイタス復元、日本古生物学会 2010 年年会、2010 年 6 月 13 日、筑波大学 (茨城県)

② 佐野弘好、桑原希世子、八尾昭、上松佐知子、美濃帯西部、舟伏山地域岩井谷で見出されたペルム紀・三畳紀境界珪質岩、日本古生物学会 2010 年年会、2010 年 6 月 13 日、筑波大学 (茨城県)

③ 上松佐知子、指田勝男、栃木県佐野市秋山川上流の珪質粘土岩中に見られるコノドント集積層、日本古生物学会 2009 年年会、2009 年 6 月 28 日、千葉大学 (千葉県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

上松佐知子 (AGEMATSU SACHIKO)

筑波大学・大学院生命環境科学研究科・准教授

研究者番号 : 50466661