

令和 2 年 7 月 3 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K05690

研究課題名(和文) 中・古生代放射虫生層序とU-Pb年代の統合：年代尺度としての確立と応用

研究課題名(英文) Integration of Paleozoic-Mesozoic radiolarian biostratigraphy and U-Pb ages: establishment as a geologic timescale and its application

研究代表者

栗原 敏之 (Kurihara, Toshiyuki)

新潟大学・自然科学系・准教授

研究者番号：10447617

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本課題では、放射虫化石帯にジルコンのU-Pb年代を入れ、地質現象を統一的時間軸上に配列する年代尺度として確立することを目的に、古生代デボン紀・ペルム紀、中生代白亜紀等について研究を行った。その結果、これらの時代の複数の重要な放射虫化石産出層において、ジルコン粒子の組織・形状の評価と統計学的手法(ピーク分離)を用いて信頼度の高い堆積年代値を得ることができた。また、複数地域の同じ生層準で測定した年代値が一定に収束することを確認することで、その妥当性を検証した。このような放射虫化石帯とU-Pb年代の統合により、化石産出層と広域的な火成岩の形成年代を直接比較し、地史を議論することが可能となった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、中・古生代の放射虫化石帯の一部にジルコンのU-Pb年代を入れることができた。中・古生代では未だに年代値が大きく変更される階境界がある中で、本研究で化石帯に信頼性の高い堆積年代値を入れたことは、現行の年代値を独立した視点から検証することに繋がる。また、デボン紀については、日本と東アジアの堆積岩と火成岩形成の年代を統一的時間軸上に載せて直接比較し、東アジア規模で形成史を再解釈した。これは、複合的な地質現象においても個々の事象を1つの時系列上に適切に配列させえる尺度があれば、物質科学と古生物学は融合して諸現象の因果関係に新しい解釈を与えることができることを示す本研究の成果である。

研究成果の概要(英文)：We conducted radiolarian biostratigraphic and geochronologic studies for the integration of Paleozoic-Mesozoic radiolarian zones and zircons U-Pb ages, with the aim of establishing a useful timescale that can arrange geological events on a unified time axis. As a result, we obtained reliable sedimentation ages from U-Pb dating of zircons in several important radiolarian-bearing strata such as the Devonian, Permian, and Cretaceous ages, by using analyses of the texture and shape of zircon crystals and statistical methods (peak separation). In addition, the validity of the sedimentation ages was verified by confirming that the age values measured in the same biohorizons of several areas are converged to a constant value. These findings provided from the integration of radiolarian zones and U-Pb ages make it possible to discuss geologic history based on the direct compilation of the formation ages of fossil-bearing strata and tectonic events such as generation of igneous rocks.

研究分野：地質学・微生物学

キーワード：放射虫 生層序基準面 ウラン-鉛年代 ジルコン 年代尺度

1. 研究開始当初の背景

地質学が対象とする地球表層の火成活動や造構運動、古環境・古生物が関わる諸々の現象は、複雑な因果関係をもって絡み合っている。これらを総合的に捉え地史を編纂することは、通常、多くの困難が伴う。しかし、数億年前という古い時代であっても、個々の事象を1つの時系列上に適切に配列させえる尺度があれば、物質科学(岩石学、構造地質学)と古環境・古生物学は融合し、諸現象の因果関係に新しい解釈を与えることができる。

数値年代という観点では、火成岩は含有する鉱物で放射年代測定が可能である。一方、化石のみによる年代尺度は相対的な順序を示すに過ぎない。新生代では古地磁気年代層序を仲立ちとして生層序基準面に数値年代を付与し、汎用性の高い年代尺度を実現している。しかし、中・古生代では、異なる分類群・地域間の化石帯の対比が主要な課題という期間も少なくない。これは中・古生代の年代層序の研究が未だ“地域的な化石帯の枠組み”の中に留まっているものが多いことを示しているが、この状況は逆に、古地磁気年代層序のような種々の化石帯を対比し放射年代も挿入できるものがあれば、中・古生代でも新たな展開が拓けることを意味する。

このような状況において、本課題では、年代指標としては後発組である放散虫の特性に注目し、その化石帯を数値年代が付与された汎用性の高い年代尺度として確立することを着想した。その理由は、現在広く用いられている Geologic Time Scale 2012 (引用文献)における中・古生代の階区分の多くはコノドントとアンモナイトで定義されているが、これらの分類群には幾つか根本的な問題点があるためである。具体的には、次のような問題としてまとめられる:<1> 化石産出の岩相依存性。コノドントは堆積速度の遅い細粒な炭酸塩岩からよく産出するが、泥岩・砂岩などの陸源砕屑岩からは通常産出しない。アンモナイトも層相に応じ産出頻度が極端に異なる。また、生物地理区を超えた地域間の対比が困難な場合もある。<2> 凝灰岩層の挟有頻度。これらの化石帯は一般に安定大陸の陸棚浅海相で設定されるが、安定した大陸であるため堆積場近傍での火山活動が沈み込み帯に比して少ない。

このような特性ゆえ、コノドント・アンモナイトは示準種が産出しない岩相では対比ができず、直接年代測定を行える層準も少ない。これに対して放散虫は、次のような特性をもつ:<1> 多様な岩相(チャート、泥岩、タービダイト、炭酸塩岩)から産出し、コノドント・アンモナイトとも共産する。地理的分布も広い。<2> 沈み込み帯・島弧近傍の堆積盆で多数の研究があり、凝灰岩層を用いて生層序基準面にジルコンのウラン-鉛(U-Pb)年代を入れることが容易である。このような特性を活かし、放散虫をそれぞれの弱みを補える仲介者とするすることで、誰もが使いやすい中・古生代の年代尺度を構築しようというのが本課題を着想した背景である。

2. 研究の目的

このような背景において、本課題では、中・古生代の含放散虫岩に U-Pb 法を用いてジルコンにより年代値を与えることで、放散虫化石帯を統一的な時間軸上に様々な地質現象を配列できる汎用性の高い年代尺度として確立することを目的として研究を行った。研究対象には、日本列島に分布する中・古生代の半遠洋性珪質岩・陸源砕屑岩層を用いた。これらは、活発な海洋プレートの沈み込み・島弧火成活動により多量の火山起源物質の供給を受けているため、ジルコンの U-Pb 年代の挿入という観点において世界的にみても高いポテンシャルを有するからである。主に検討した時代は古生代のシルル紀-デボン紀、ペルム紀、中生代のジュラ紀-白亜紀で、研究代表者が検討してきたセクションから重要な生層準および保存良好な放散虫化石を産出する地層を選定し、ジルコンの U-Pb 年代の測定から堆積年代の推定を行った。

また、本課題では日本列島の放散虫化石を産するシルル系・デボン系堆積岩に多くの年代値を加えることになった。このようなデータは、近い時代に形成された火成岩や後背地からその形成場を推定する手掛かりになる。よって、年代尺度の応用として、古生代初期の東アジアのテクトニクスを再解釈することを目的に、年代値に基づく日本のシルル系・デボン系の形成場を考察した。

3. 研究の方法

(1) 研究対象

シルル紀-デボン紀: 西南日本の飛騨外縁帯と黒瀬川帯では、上部シルル系~下部デボン系で放散虫化石帯が設定されている。本課題では、重要な生層準を選定し、ジルコンの抽出と年代の検討を試みた。

ペルム紀: 飛騨外縁帯・黒瀬川帯の下部ペルム系、黒瀬川帯の中~上部ペルム系付加体半遠洋性珪質岩・砕屑岩および舞鶴帯の中部ペルム系舞鶴層群において、放散虫化石産出層についてジルコンを抽出し、年代の検討を行った。なお、研究成果では、本課題においてより意義の深い結果が得られた中期~後期ペルム紀について記述する。

ジュラ紀-白亜紀: 後期ジュラ紀/前期白亜紀境界付近については、福島県南相馬地域に分布する相馬中村層群にて、放散虫化石産出層準と凝灰岩の層位関係を確認し、ジルコンの抽出と年代の検討を試みた。白亜紀については、北海道蝦夷層群における白亜紀放散虫化石産出層について、ジルコン年代の検討を行った。

(2) 年代測定試料と測定方法

測定する岩石試料をスタンプミルにて粉碎し、得られた粉末に対し、水簸、椀掛け、ネオジウム磁石による磁選およびヨウ化メチレンによる重液分離を行い、ジルコンを濃集させた。ハンドピックしたジルコン粒子をペトロポキシでマウントし、結晶表面部を研削した後、鏡面研磨した。分析前には走査電子顕微鏡 (JEOL JSM-5600, Gatan Mini CL) を用いて、ジルコンのカソードルミネッセンス像によって結晶内の構造を観察した。ジルコンの U-Pb 年代の測定は、新潟大学の 213nmNd-YAG レーザーアブレーションシステム (New Wave UP-213) および四重極型誘導結合プラズマ質量分析計 (Agilent 7500a) を用いた。測定と補正は引用文献の方法に基本的に従った。年代値の誤差についても引用文献に従い算出した標準誤差 (2SE) で評価した。年代値の正確度は Plešovice ジルコン (238U-206Pb 年代 337.13 ± 0.37 Ma) の分析値で評価した。なお、これらジルコンの U-Pb 年代の測定手法は、引用文献に詳述した。

4. 研究成果

(1) シルル紀 - デボン紀

飛騨外縁帯の福地 - 一重ヶ根地域と九頭竜湖 - 伊勢川上流地域では、研究代表者により放散虫化石の生層序と系統分類が検討され、7つの化石群集帯が設定された (引用文献)。このうち、*P. ishigai-D. furutani* 群集帯と *P. intermedia-P. igoi* 群集帯の境界付近の層準にてジルコンの年代測定を試みた。九頭竜湖 - 伊勢川上流地域の2試料 (子馬巣谷, 床の洞で採取) は、子馬巣谷試料が加重平均年代値 414.0 ± 3.6 Ma (MSWD = 6.9), Isoplot の Unmix Ages ルーティンを用いてピーク分離を行い得られた最若モデルピーク年代値が 396.9 ± 2.7 Ma (図1), 床の洞試料の加重平均年代値が 402.8 ± 2.8 Ma (MSWD = 7.1), 最若モデルピーク年代値が 394.95 ± 1.6 Ma となった。また、福地 - 一重ヶ根地域のカナシロザコから得られた試料は、加重平均年代値 405.9 ± 7.2 Ma (MSWD = 0.15) となった。すなわち、この生層序学的に推定された約 397 Ma ~ 395 Ma が推定される。両群集帯は、生層序学的には前期デボン紀 Emsian と推定されており、その年代は 407.6 ± 2.6 Ma ~ 393.3 ± 1.2 Ma である。得られた年代はこの期間に相当し、生層序学的推定と矛盾のない結果となった。また、同じ群集帯が得られる3地域の地層のうち、測定数を多く確保できた2地域から非常に近い最若モデルピーク年代値が得られたことにより、その信頼性を検証することができた。

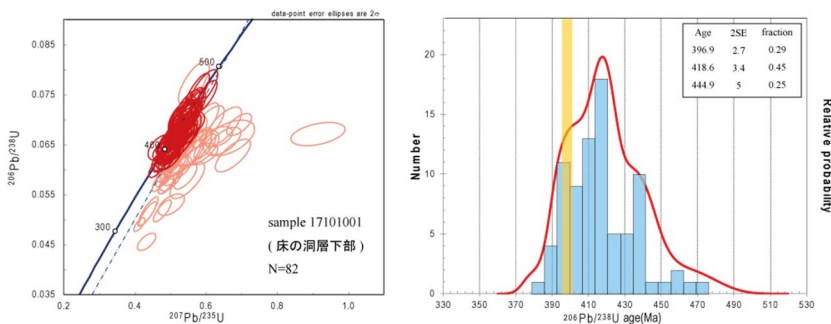


図1. 子馬巣谷試料のコンコーディア図とヒストグラム。黄色が最若モデルピーク年代。

黒瀬川帯の鴻ノ森地域と横倉山地域では、横倉山層群の上部シルル系 ~ 下部デボン系上流層・中畑層において5つの化石帯が設定されている (引用文献)。特に、中畑層の *F. solidus* 帯と *Trilonche* (?) sp. A 帯は、多くの未記載種が含まれているとともに、科レベルでの大きな種群の入れ替わりがあった期間で、放散虫化石による年代尺度の構築には大きな意味を持つ層序区間である。まず放散虫化石について再検討した結果、最下位の試料で Inaniguttidae 科の *Zadrappolus* 属と *Futobari* 属が卓越し、その上位の試料では Inaniguttidae 科に加え *Praespongocoelia* 属と属種未定的小型球状放散虫が増加する。また、これらより上位の試料では、Palaeosceniidiidae 科の *Deflantrica* 属が卓越する。すなわち、*F. solidus* 帯 ~ *Trilonche* (?) sp. A 帯では、種構成が明瞭に異なる3つの群集が認められることが明らかになった。本課題では中畑層の含放散虫岩であるタービダイト性の珪長質凝灰岩層について複数の層準でジルコンの抽出を試みたが、ジルコンを得ることはできなかった。凝灰岩には火山ガラスの仮像が多く含まれ、流紋岩質の火山岩を噴出する火成活動を起源とするものであることは明らかである。おそらく重力流としての運搬過程でジルコンは含まれなくなったと考えられるが、この結果は、今後の含放散虫岩中のジルコンを検討する際に重要となる知見である。なお、上記の群集において、最下位の群集が産出する層準より 408.9 ± 7.6 Ma のジルコン U-Pb 年代が報告されている (引用文献)。さらに、最上位の群集と同じ種構成の群集は飛騨外縁帯でも産出し (*P. intermedia-P. igoi* 群集), 上述の通り約 397 Ma ~ 395 Ma の年代が得られている。これらの層位関係と年代は矛盾がなく、本課題で初めて前期デボン紀の主要な放散虫の年代に複数の信頼できる年代値が挿入されたといえる。

(2) ペルム紀

黒瀬川帯の中 ~ 上部ペルム系として、徳島県北川地域に分布する付加体半遠洋性珪質岩・碎屑岩 (檜曾根ユニット) を対象に検討を行った。このユニットを構成する珪質頁岩と頁岩について放散虫化石の検討を行ったところ、珪質頁岩では *A. cavitata* を主体とする群集、黒色頁岩では *A. protolevis* が多数含まれ *A. levis* を随伴する群集が得られた。珪質頁岩と黒色頁岩の年代はともに後期ペルム紀 Lopingian の初頭であり (引用文献に従う), 珪質頁岩より黒色頁岩の方がやや

若い．黒色頁岩に伴う砂岩について，ジルコンの U-Pb 年代の検討を行った．その結果，最も若いピークの加重平均年代値として 261.4 ± 3.1 Ma (MSWD = 10.6) が得られた．Lopingian 基底の年代値は 259.1 ± 0.5 Ma であり，加重平均年代値はそれよりやや古い年代を示すが，砂岩には堆積年代よりやや古い砕屑性のジルコンも含まれるため，年代値としては生層序と大きく矛盾しない妥当な値と評価できる．

舞鶴帯では，新潟県佐渡島に分布する舞鶴層群相当層の砕屑岩において，ペルム紀の放散虫化石産出層を新たに見出し，随伴する複数の砂岩層においてジルコンの U-Pb 年代を測定した．なお，この砕屑岩層の一部からは，*F. charveti* が卓越する群集が報告されている（引用文献）．この群集を再検討したところ，後期ペルム紀に出現する *Albaillella* 属放散虫は含まれておらず，年代は中期ペルム紀 Capitanian 後期に相当する（引用文献 に従う）．また，別の層準の泥岩より *F. porretus* , *F. scholasticus* , *F. ventricosus* が得られ，これらも Capitanian 後期を示す．

砂岩層のジルコンの U-Pb 年代は，7～8 億年前の先カンブリア時代の砕屑性ジルコンから堆積同時的なペルム紀の年代を示すジルコンまで，幅広い分布を示す．個々のジルコン粒子の組織や形状の評価とともにピーク分離等の統計学的手法を併用し，測定した砂岩 2 試料のうち，1 試料の最若ピークの加重平均年代値が 274.8 ± 5.6 Ma (MSWD=2.1) ，もう 1 試料の最若ピークの加重平均年代値が 262.9 ± 3.0 Ma (MSWD=4.0) という結果が得られた．約 275 Ma の加重平均年代値は前期ペルム紀の後期を示すため，これはやや古い砕屑性ジルコンの混入の影響を強く受けていると判断される．Capitanian の年代が $265.1 \pm 0.4 \sim 259.1 \pm 0.5$ であるため，約 263 Ma の年代がこの *F. charveti* から *F. ventricosus* を含む化石産出層の堆積年代として適用できる．この結果より，中期ペルム紀，特に Capitanian の放散虫化石帯に年代値を導入できる見通しが得られたといえる．

(3) ジュラ紀 - 白亜紀

ジュラ紀 / 前期白亜紀境界付近については，相馬中村層群にて研究分担者（松岡 篤）とともに地質調査を行い，放散虫の重要な生層準の確認と凝灰岩からのジルコンの抽出を進めた．その結果，アンモナイトや放散虫により前期白亜紀とされる層序区間中の凝灰岩からジルコンの U-Pb 年代として Valanginian に相当する約 140 Ma の年代値が得られた．ジルコンについては検討数を増やす必要があるものの，化石から推定されるよりやや新しい年代となることが明らかになった．これにより，前期白亜紀の放散虫化石帯についても，U-Pb 年代を挿入することによって年代尺度の改訂を行うことの有効性が示された．

白亜紀における Albian 最末期～Coniacian（前期白亜紀最末期～後期白亜紀）については，北海道に分布する前弧海盆堆積物である蝦夷層群の含放散虫岩を対象に研究を行った．特に，研究分担者（植田勇人）が検討を行ってきた新冠地域の蝦夷層群は，大型化石を多産する同層群に比べ沖合相で放散虫化石に富む傾向があり，また，複数の凝灰岩層を挟有することも特徴であるため，同地域の放散虫化石が多産するセクションにて放散虫生層序と凝灰岩中のジルコンの U-Pb 年代の検討を行った．これらの地層から採取した泥岩計 238 試料のうち，9 試料から保存良好な放散虫化石が得られ，含まれる種の組み合わせから 4 つの群集に区分した．群集 1 は *C. triangulare* , *P. paronai* ，群集 2 は *D. silviae* , *H. barbui* , *P. spinosa* , *P. pentacolaensis* , *P. tiara* ，群集 3 は *P. pentacolaensis* , *Stichomitra sp.* , *S. stocki* ，群集 4 は *A. superbum* , *A. bipartitum* , *D. formosa* , *H. polyhedra* , *P. putahensis* , *P. lipmanae* , *P. urna* 等から構成される．これらの群集の年代は，群集 1 が後期 Albian～前期 Cenomanian ，群集 2 が Cenomanian ，群集 4 が後期 Turonian～Coniacian となる（文献 等に従う）．群集 3 は，群集 2 と 4 との層序関係から後期 Cenomanian～Turonian と考えられる．

このような放散虫化石が得られたセクションにおいて，泥岩に挟在する 4 層準の凝灰岩についてジルコンの U-Pb 年代を測定し，堆積年代を求めた．その結果，下位から，試料 895 は 100.5 ± 0.85 Ma ，試料 931-02 は加重平均年代値 100.38 ± 0.31 Ma (MSWD = 1.5) ，試料 916-27 は 93.25 ± 0.47 Ma ，試料 906 は 90.23 ± 0.45 Ma の年代が得られた（試料 931-02 を除き最若モデルピーク年代値）．これらの年代は，試料 895 と 931-02 が Albian 最末期～Cenomanian 最前期，試料 916-27 が Turonian 最前期，試料 906 が Turonian 最末期に相当する．これら放散虫群集から推定された年代と各層の凝灰岩の数値年代を比較すると，両者はよく一致する．

この年代論に基づくと，前期 Turonian の群集 3 はこの時代の特徴種が認められず，特にテチス地域で OAE2 後の前期 Turonian に繁栄する *Rhopalosyringium* 属が見られないことは注目される．*Rhopalosyringium* 属は，OAE2 時にテチス海の無酸素水が発達した表層以深の水塊が徐々に酸化環境に回復していく過程において，その空いたニッチに適応して進化放散した日和見種である．蝦夷層群が堆積した北西太平洋において前期 Turonian にこのグループが産出せず，Turonian 末期の群集 4 で世界的に共通性の高い群集になるというコントラストは，前期 Turonian においてテチス海と北西太平洋で表層以深の水塊の交流が絶たれており，Turonian 末期にかけて徐々に混合が進んでいったことを示す．これまでであれば，群集 3 は，放散虫や他の化石で詳細

な年代を決めることができなかつたが、凝灰岩の数値年代を導入することで、このような古環境的な考察が可能になったといえる。

(4) 含放散虫岩の年代値に基づく日本のシルル系・デボン系の形成場

本課題にて検討した飛騨外縁帯や黒瀬川帯のシルル系・デボン系は、パンサラサ西縁の前期～中期古生代における沈み込み帯 - 島弧近傍の地質進化を記録する貴重な地質体である。また、近年、北東アジアから東南アジアの古生代の変動帯（例えば、ジュンガル、モンゴル、内蒙古、南中国東・南部、ベトナム、タイ）でも年代測定と地球化学的な研究から、沈み込み帯 - 島弧のセッティングを復元する試みが活発に行われている。それらを総合すると、おそらく日本列島の古生界は北東アジアと東南アジアの中間的な位置に存在したであろう。しかし、東アジアの諸変動帯が係わる造山運動にその発達過程がどのように組み込まれるのかについては、まだまだ議論の余地がある。

本課題を進める上で得られた前期デボン紀の含放散虫岩のジルコンによる堆積年代は約 400 Ma であり、岩相的には火山性の砕屑物を豊富に含んでいるため、活発な火山活動が生じていた後背地が想定される。また、研究成果では述べていないが、これらの年代値を測定した岩石には堆積年代より有意に古い砕屑性のジルコン粒子が多数含まれており、いずれの試料でも約 440 Ma と約 480 Ma に顕著なピークを示す。このようなピークの年代は、南部北上帯や黒瀬川帯で検討されているカンブリア紀～オルドビス紀の島弧の火成岩の年代と一致している（引用文献

など）。これに基づけば、日本のシルル系・デボン系は、このような時期に、パンサラサ西縁の沈み込み帯で形成された島弧周辺にて発達したことが推定できる。さらに、約 440 Ma～約 400 Ma の年代を示す花崗岩類は、日本列島の他、南中国東部からインドシナ半島東部にかけて分布している（例えば、南中国東部の Kwangsi 花崗岩類：引用文献）。これらの花崗岩における現在の位置関係と年代の類似性は、日本のシルル系・デボン系の発達に関わった島弧との、形成時の強い関連性を示している。すなわち、これは、日本列島の古期岩類の起源が南中国地塊東縁部～インドシナ地塊に求められることを意味している。

以上、ここではデボン系堆積岩に記録された年代データと火成作用を統一的な時間軸上に配列することで、このような推定を試みた。今後、より多くの年代値を加えることでさらに汎用性の高い年代尺度が確立できれば、島弧とその近傍の堆積盆の発達過程、付加体の形成およびそれらに関わった沈み込み帯の実体を含めた包括的な構造発達史を考える際に有用となるであろう。

< 引用文献 >

- Gradstein, F. M., Ogg, J. G., Schmitz, M. and Ogg, G. M., 2012, The geologic time scale 2012. Elsevier, 1144 p.
- Ueda, H., Takazawa, E., Kato, R. and Adachi, Y., 2018, Evaluation of time-resolved mean-of-ratios reduction for laser ablation zircon U-Pb dating using quadrupole ICPMS. *Geochem. J.*, 52, 241–254.
- 鈴木敬介・栗原敏之・植田勇人, 2019, 岐阜県高山市本郷地域における飛騨外縁帯の砕屑岩層から得られた砕屑性ジルコンの U-Pb 年代とその意義: 森部層およびジュラ系堂殿層(新称)の堆積年代. *地質学雑誌*, 125, 307–322.
- 栗原敏之, 2004, 飛騨外縁帯のシルル系・デボン系放散虫生層序. *地質学雑誌*, 110, 620–639.
- Umeda, M., 1998, Upper Silurian - Middle Devonian radiolarian zones of the Yokokurayama and Konomori areas in the Kurosegawa Belt, southwest Japan. *Island Arc*, 7, 637–646.
- Aitchison, J. C., Hada, S., Ireland, T. and Yoshikura, S., 1996, Ages of Silurian radiolarians from the Kurosegawa terrane, southwest Japan constrained by U/Pb SHRIMP data. *Jour. SE. Asian Earth Sci.*, 14, 53–70.
- Nishikane, Y., Kaiho, K., Takahashi, K., Henderson, C. M., Suzuki, N. and Kanno, M., 2011, The Guadalupian-Lopingian boundary (Permian) in a pelagic sequence from Panthalassa recognized by integrated conodont and radiolarian biostratigraphy. *Marine Micropaleontology*, 78, 84–95.
- 鈴木寿志・桑原希世子, 2003, 佐渡島小佐渡地域から産したペルム紀放散虫. *地質学雑誌*, 109, 489–492.
- Xiao, Y., Suzuki, N. and He, W., 2018, Low-latitude standard Permian radiolarian biostratigraphy for multiple purposes with Unitary Association, Graphic Correlation, and Bayesian inference methods. *Earth-Science Reviews*, 179, 168–206.
- O'Dogherty, L., 1994, Biochronology and paleontology of Mid-Cretaceous radiolarians from northern Apennines (Italy) and Betic Cordillera (Spain). *Mém. Géol. (Lausanne)*, 21, 1–415.
- Isozaki, Y., Ehiro, M., Nakahata, H., Aoki, K., Sakata, S., Hirata, T., Cambrian plutonism in Northeast Japan and its significance for the earliest arc-trench system of proto-Japan: New U-Pb zircon ages of the oldest granitoids in the Kitakami and Ou Mountains. *Jour. Asian Earth Sci.*, 108, 136–149.
- Wang, Y., Fan, W., Zhang, G. and Zhang, Y., 2013, Phanerozoic tectonics of the South China Block: Key observations and controversies. *Gondwana Research*, 23, 1273–1305.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Vandenbroucke, T. R. A., Hints, O., Williams, M., Wallis, S., Velleman, J., Kurihara, T., Tanaka, G., Komatsu, T., Mannik, P., Siveter, D. J., De Backer, T.	4. 巻 28
2. 論文標題 Chitinozoans and scolecodonts from the Silurian and Devonian of Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Island Arc	6. 最初と最後の頁 1-13
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/iar.12294	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 鈴木敬介・栗原敏之・植田勇人	4. 巻 125
2. 論文標題 岐阜県高山市本郷地域における飛騨外縁帯の碎屑岩層から得られた碎屑性ジルコンのU-Pb 年代とその意義：森部層およびジュラ系堂殿層（新称）の堆積年代	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地質学雑誌	6. 最初と最後の頁 307-322
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5575/geosoc.20180071	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 内野隆之・栗原敏之	4. 巻 70
2. 論文標題 根田茂帯根田茂コンプレックスの礫岩から見出された中期デボン紀～前期石炭紀放射虫化石	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 地質調査研究報告	6. 最初と最後の頁 109-115
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Hara, H., Hirano, M., Kurihara, T., Takahashi, T., Ueda, H.	4. 巻 151
2. 論文標題 Permian arc evolution associated with Panthalassa subduction along the eastern margin of the South China block, based on sandstone provenance and U-Pb detrital zircon ages of the Kurosegawa belt, Southwest Japan	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Asian Earth Sciences	6. 最初と最後の頁 112-130
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.jseaes.2017.10.025	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ueda, H., Takazawa, E., Kato, R., Adachi, Y.	4. 巻 52
2. 論文標題 Evaluation of time-resolved mean-of-ratios reduction for laser ablation zircon U-Pb dating using quadrupole ICPMS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Geochemical Journal	6. 最初と最後の頁 241-254
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2343/geochemj.2.0509	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計17件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 栗原敏之、土屋香織
2. 発表標題 黒瀬川帯横倉山・鴻ノ森地域における後期シルル紀・前期デボン紀の放散虫化石群集
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2019年大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木敬介、栗原敏之
2. 発表標題 飛騨外縁帯のペルム系～下部三畳系森部層から復元する後背地の変遷
3. 学会等名 日本地質学会第126年学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki, K., Kurihara, T.
2. 発表標題 Permian-Early Triassic arc development based on detrital zircon U-Pb ages and sandstone provenance of the Hida Gaien belt, central Japan
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kurihara, T.
2. 発表標題 Development of the Middle Paleozoic in Japan and its relationships with East Asia inferred from radiolarian biostratigraphy and U-Pb zircon ages
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木敬介・栗原敏之
2. 発表標題 Development of a Permian-Jurassic active continental margin in East Asia, based on detrital zircon U-Pb ages and sandstone provenance of the Hida Gaien belt, central Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤光毅・栗原敏之
2. 発表標題 U-Pb zircon ages from Devonian tuffaceous clastic rocks in the Kuzuryu Lake-Upper Ise River area of the Hida Gaien belt, central Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 伊藤祐輝・栗原敏之・植田勇人・松岡 篤
2. 発表標題 Late Cretaceous radiolarian assemblages and U-Pb zircon ages of the Yezo Group in the Niikappu area, Hokkaido, Japan
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合2018年大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗原敏之・原 英俊
2. 発表標題 タイ南東部Klaeng地域に分布するパレオテチス海拡大に関連したデボン紀堆積物の岩相と放散虫年代
3. 学会等名 平成30年度（2018年）石油技術協会春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤光毅・栗原敏之
2. 発表標題 飛騨外縁帯伊勢川上流地域におけるデボン紀碎屑岩・石灰岩の層序とジルコンのU-Pb年代
3. 学会等名 平成30年度（2018年）石油技術協会春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木敬介・栗原敏之
2. 発表標題 飛騨外縁帯のペルム系～ジュラ系における碎屑性ジルコンのU-Pb年代と砂岩組成に基づく火星弧と堆積盆地の発達過程
3. 学会等名 平成30年度（2018年）石油技術協会春季講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Suzuki, K., Kurihara, T.
2. 発表標題 Unroofing of a Permian-Jurassic magmatic arc in East Asia, based on detrital zircon U-Pb ages and sandstone provenance of the Hida Gaien belt, central Japan
3. 学会等名 Second International Symposium on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kurihara, T.
2. 発表標題 Development of the Middle Paleozoic in Japan inferred from radiolarian biostratigraphy, U-Pb zircon ages, and relationships with SE Asia
3. 学会等名 Second International Symposium on Geoscience Resources and Environments of Asian Terranes (GREAT 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 鈴木敬介・栗原敏之
2. 発表標題 飛騨外縁帯呂瀬金山地域の下部ペルム系の岩相層序とジルコンU-Pb年代に基づく堆積年代
3. 学会等名 日本地質学会第125年学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 栗原敏之・土屋香織
2. 発表標題 黒瀬川帯鴻ノ森地域の下部デボン系における放散虫化石群集
3. 学会等名 2018年度微古生物学リファレンスセンター研究集会 (MRC) つくば大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木敬介, 堀達裕, 栗原敏之, 原英俊
2. 発表標題 飛騨外縁帯本郷 - 森部地域におけるペルム系の層序, 砂岩組成および碎屑性ジルコンU-Pb年代
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鈴木敬介, 栗原敏之
2. 発表標題 飛騨外縁帯本郷地域における下部ジュラ系の岩相層序と碎屑性ジルコンU-Pb年代による堆積年代
3. 学会等名 日本地質学会第124年学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ito, Y., Hara, K., Kurihara, T., Ueda, H.
2. 発表標題 Transitions in the Cretaceous radiolarian assemblages of the Yezo Group in the Niikappu area, Hokkaido, Japan: age constraints from U-Pb zircon dating of tuffaceous rocks
3. 学会等名 15th INTERRAD (The 15th Meeting of the International Association of Radiolarists) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	植田 勇人 (Ueda Hayato) (70374197)	新潟大学・自然科学系・准教授 (13101)	
研究 分担者	松岡 篤 (Matsuoka Atsushi) (00183947)	新潟大学・自然科学系・教授 (13101)	