

シノニム・データベース PaleoTax for Windows に基づく放射虫研究の現状

鈴木紀毅

東北大学大学院理学研究科地学専攻

The statistic information on radiolarian studies based on PaleoTax for Windows, a synonym database

Noritoshi Suzuki

Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Tohoku University, 6-3 Aramaki Aoba, Aoba-ku, Sendai City, Miyagi, 980-8578 Japan (*norinori@m.tohoku.ac.jp)

Abstract. A radiolarian taxonomic database with synonymy relationship was created by PaleoTax for Windows that was developed by Hannes Löser. All the taxonomic names published by March, 2015, have been completely entered, reaching 2,780 genera and 15,040 species. In consideration of taxonomic unavailable names and junior synonyms, a total of 13,590 species are regarded as available names. These available names, however, also include the species impossible to be applied for actual specimens due to lack of illustrations and less-characteristic name-bearing type specimens. Excluded such problematic species, a total of 9,870 species are considered to be practically existing. A total of 2,780 genera were established so far, and 1,450 of 2,780 genera are practically usable. Although this database is unable to be in public due to authorships to the illustrations of the name-bearing specimens, it is useful to subjectively search variable information such as the most cited species names (e.g. *Cyrtocapsella tetrapera*), very rarely cited names (one or twice) (58%), the number of samples (not localities) in the selected geologic time intervals (e.g. 113 samples in Cambrian and Ordovician), the species diversity changes through the geologic time, and other scientific supports. Users to database, however, must aware of the interpretation and quality of the search results.

Key words: database, diversity, information paleontology, PaleoTax for Windows, Radiolaria

はじめに

微古生物学が有意な点は、膨大な化石データが時間・空間記録とともにあることである。化石のサイズが顕微鏡レベル（数マイクロ～数ミリメートル）と小さいことから一握り～数グラムの岩石・堆積物試料から数千、数万の個体を得ることができる。また、試料を単層ごとに数センチ間隔で採取し、検討する時間間隔を数千年～数百年と大型化石ではできないような高解像度の分析をすることもできる。これらの利点は微化石を用いて研究するうえで強調される点であるものの、情報量が膨大になりすぎて活用し切れていないのも事実である。また、情報が膨大になれば、信頼性が異なるデータが集まることにもなり、そこから導き出される結果の確度が低下する可能性が生じるし、分析に必要な情報を探すのにも時間がかかるようになってしまう。須藤ほか（2016, 本特集号）にも述べられている通り、様々な微生物化石の分類学的研究が進み、それらの情報がまとめられたデータベースが作成されている。同様に、海洋性単細胞プランクトン原生生物である放射虫でも、世界中で6,120編の公表論文・関連書籍（2015年11月現在）があり、カンブリ

ア紀から現生までに2,780属15,040種が記載されているが、これだけの情報量を短時間で使いこなすためにはデータベースが欠かせない。

筆者は2000年頃から、速やかな種の同定とシノニム関係の把握のためにシノニム・データベースの構築を無料配布ソフトウェアのPaleoTax for Windows (<http://www.paleotax.de/>)を使って続けている。正しい種の同定を行うには、坦名タイプ標本（またはそれに相当する標本写真）を確かめる必要があるが、原典を探すのに時間がかかるようになったのと、既知種の見落としの危険が出てきた。シノニム関係については、膨大な公表論文があるため、最新の分類体系に合わせた学名を把握するのに労力が大きくなった。そのような動機でシノニム・データベースの構築を始めた。2015年3月までに登録対象とした文献は、1834年のMeyenから1985年～1986年までに出版された論文は全ての論文、ならびに新種記載のない論文が急増する1986年以降の文献については分類の実用的利用を優先するために新種・新属記載が行われている文献である。このような作業により、このデータベースには、1,720編の論文に9,320試料から60,020件の種名引用があり、2,780属15,040種が記載されていることが分

かるまでになった。これだけのデータが集積されたことにより、放散虫研究の現状について、客観的に理解することができるようになった。ここでは、このデータベースをもとに、その入力情報を紹介しつつ放散虫研究の現状をまとめたい。なお、本稿では様々な統計値を示すが、データベースは数十分から数時間単位で随時更新しているため下一桁は検索時期がわずかに違うだけで微妙にずれてくる。そこでこれらは“誤差”と見なして本稿の表記では値を丸めたりしている。そのため示した数字を差し引きすると若干のずれがでている場合があるので注意されたい。

PaleoTax for Windows

PaleoTax for Windowsは、Hannes Löser（メキシコ大学）が1999年3月からMS-DOSで動くシノニム管理ソフトとして開発をはじめ、2001年8月からHdb2Winの名前で無料配布が行われるようになった（Löser, 2004）。2015年11月現在はマイクロソフト社製オペレーティングシステムであるMS-Windows上で動くプログラム・ソフトウェアである。このソフトウェアには分類情報、試料の産地情報、層位情報、文献を記録でき、それらをデータ・ソースとして、自分が知りたい種についての坦名タイプ

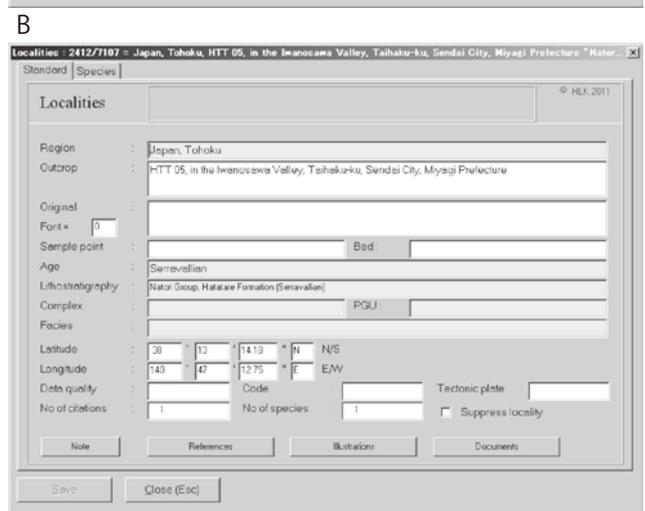
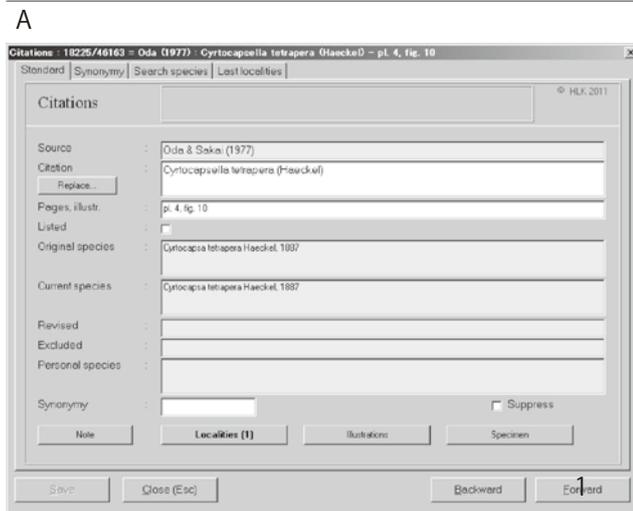
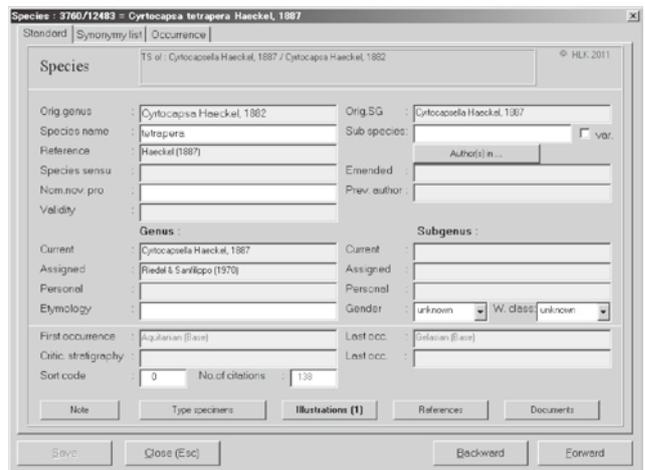
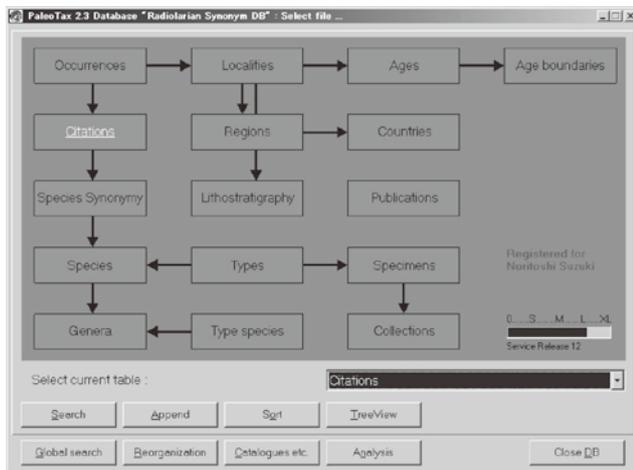


図1. PaleoTax for Windowsの主要な入力画面。(A) メニュー画面。16個のサブメニューが用意されているおり、ここから [Species] などのサブメニューを選択し、“Search”や“Append”からサブメニューを開いていく。ほかにも [Family] など数多くのサブメニューがあり、“Global search”を使ってそのサブメニューにアクセスできる。(B) サブメニュー [Species]。“戸籍台帳”にあたり、上段の入力枠・表示枠 (“Orig. genus”) が原記載、下段の入力枠 (“Current” など) が現在の用法に関する記録となる。薄い灰色の表示枠は、ほかのサブメニューとリンクしており、そのリンク先が“基本台帳”となっている。下段の“First occurrence”と“Last occ.”は、該当種の産出記録から自動算出される。(C) サブメニュー [Citations]。個々の文献に記録される引用情報。[Citations] 中の“Citation”が文献中に記された学名を記入するところであり、“Original species”が原典中で採用している学名を、“Current species”は現在の分類水準にもとづく“正しい”学名である。データベースの検索対象から除外する場合、右下の“Suppress”をオンにする。(D) サブメニューの [Localities]。[Citations] とのリンクづけられることで [Species] 単位での産出地質年代を算出や、産出地点をプロットが行える重要な入力画面。このデータベースでは年代精度を地質年代尺度の“期”単位として“Age”を入力しているが、より細かく分けることは可能である。“Age”はさらにいくつかのリンクが張られ、数値年代で管理されている。

標本図、記載されている論文、試料、層位、文献、産地なども検索、地図上に表示したりすることもできる。このデータベースでは、新種情報を“戸籍台帳”として、様々な情報とリンクして必要な情報が検索できる構造になっている。その概要は以下の通りである。

記録情報

記録できる情報は多岐にわたるが(図1A)、[Species]、[Citations]、[Localities]、[Publications]の4つが入力情報の基本である。この『[]』は、それぞれの入力あるいは表示の画面を示す。

“戸籍台帳”となる新種の記載情報は、[Species]という入力画面で登録(図1B)する。この画面では、原記載時の属名(original genus)と現在使用されている属名(current genus)を登録できることから、原記載での属名か現行の属名かで該当種を検索できる。画像ファイルも

登録することができるので、学名を頼りに坦名タイプ標準画像を検索できる。

個々の論文に引用された学名とその出典情報は、[Citations]に入力され(図1C)、原典での学名と“正しい”学名の双方をリンクづけできる。PaleoTaxを使ったさまざまな集計作業は、この“正しい”学名が集計対象となるので本項目の入力は重要である。

微古生物学で重要なのは、ある種について、産出する地質年代範囲を特定したり、産出地点を時代毎に分けて集計したりすることである。PaleoTaxではこのような集計作業の自動化を[Localities]という情報が登録されていることにより実現させている(図1D)。ある種の産出場所、層位、地質年代の情報を登録する画面で、[Citation]を介して[Species]へとリンクが張られているので、ある種の産出する地質年代範囲を算出したり、産出地点を集計できる。[Species]は[Genus]や[Family]へとリ

Species Synonymy : 6427/15034 = Spongocore puer Campbell & Clark, 1944

Standard | Species Synonymy Senior synonym is TS of Spongurus Haeckel, 1861 © HLK 2011

Species	: Spongocore puer Campbell & Clark, 1944
Senior synonym	: Spongurus cylindricus Haeckel, 1861
Assigned by	: Dumitrica (1973a)
Remark	:
Pers. synonym	:

Note

Save Close (Esc)

図2. シノニム関係を管理する [Synonymy] 画面。“Species”の欄にある学名が対象とするもの。“Senior synonym”に表示されている学名が有効名を示す。この“Species”と“Senior synonym”はともに [Species] からリンクで表示されている。“Assigned by”がその有効名を判断した論文を示す。

ンクされているので、種からのボトムアップ手法で属や科単位でも同様な集計が可能となっている。とくに基本入力項目である [Species], [Citation], [Localities], [Publications] に情報が入力されれば、最低限の作業が PaleoTax で可能となる。

PaleoTax は国際動物命名規約下にある学名を扱うことを前提として作られ、シノニム関係や同定の是非について高い融通が利くデータベース構造となっている。学名は、科学的に新種記載されたと見なすことができる適格名 (available name) と、シノニム関係などを整理して使うべき学名である有効名 (valid name) に整理される。PaleoTax において、適格名を管理するのが [Species] であり、有効名を管理するのは [Synonymy] という入力画面になる (図2)。後者では、古参異名 (senior synonym) と新参異名 (junior synonym) を結びつけることができ、新参異名と見なされた [Species] は、PaleoTax 上の処理において古参異名に名寄せされたと見なされて処理される。この [Synonymy] による自動処理が、PaleoTax がシノニム・データベースと称する所以である。各種の生存期間、分布、リストなどは全て有効名で集計される。

放散虫シノニム・データベース

2015年3月現在で、[Species], [Citation], [Localities], [Publication] には、それぞれ15,040種、60,020件、9,320試料、1,720文献の入力が終わっている。網羅的検索や集計を目指してシノニム・データベースを構築しようとしているので、入力対象は、分類学的に必要な文献と、分類学的な見解を検証可能な文献 (標本写真・図が掲載されている文献) すべてである (以下、「分類学的に意味のある文献」と呼ぶ)。この入力済みの文献数から、どれくらいの文献が分類、あるいは分類学的に品質を検証できる資料であるかの割合を求めることが出来る。筆者のデータベースの入力対象は、1986年以降は新しい学名を扱った文献に絞られるので、その前の1985年までの文献として登録した959編を使うとその年までの放散虫関連文献全体2,433編に占める文献比率は39.4%と計算できる。逆にいえば、60.6%の文献は分類学的に無関係か分類学的に品質を検証できない文献とも言える。世の中に出版されている放散虫の文献総数は、6,120編 (2015年11月現在) と膨大なため、入力作業は中途半端な状況となっている。そのような状況でデータベースを利用するため、厳格な入力細則を定めて (表1)、“一定の条件制約において” 情報集計を行えるようにしてある。

登録情報を利用した放散虫の種多様性

このPaleoTax for Windowsを利用して入力した1,720文献から登録した15,040種、60,020件の引用数、9,320試料、どのような各種統計を示すことができるだろうか。

ここで言う“引用数”とは、記載論文におけるシノニムリストの“一行”におおむね該当する。

実在する放散虫の種数

先に述べたように、国際動物命名規約に杓子定規に従えば、有効名 (valid name) に基づいて種多様性を議論することになる。しかし、現実的に“存在する”といえる種について議論するべきという観点にたてば、有効名だけで議論するのは現実乖離になりかねない。有効名には、事実上“使えない”ものが少なくない。例えば、(1) 記載文はあるが図や坦名タイプ標本が無くて現実の標本と照合が不可能な有効名、(2) 図示されているが岩石薄片に基づいて記載されたため分類形質を把握することが困難な有効名、(3) 原記載以外に報告がない有効名、がある。とくに (1) から (3) のような検証できない学名は、杓子定規に言えば“有効名”であることに注目したい。このような有効名を公式に除外するには、動物命名法国際審議会規則に提案して、学名毎に審議して決定しなければならないが、放置してあっても研究上大きな支障にはならない。これらの学名は有効であるということは命名規約上では適格である。PaleoTax においては適格名を除外する機能を持ち合わせていない。そこで筆者はダミーの属として、図が無い種には “No_illustration”, 分類形質を十分に捉えられない標本で記載された種には “Nomen_dubium” を与えている。属名についても新参異名、疑問名、図が無い種を属のタイプと指定したため実体が分からない属、などがあり、それらを除外する機能はPaleoTax には無い。そこで除外すべき属名はダミーの科名 “ICZN” (国際動物分類命名規約の略号からとったが深い意味は無い) というデータベース管理上の“分類名”を与えて、集計・検索上で除外できるように調整している。

データベース上に登録している種数には、管理上の観点で入力してある不適格名38種、放散虫ではないのちに判明した6種、[Synonym] に登録した新参異名は1,400種、のそれぞれを適格名に含む。これらを総種数から差し引くと、有効名は13,590種となる。

記載文はあるが図が無く、現実の標本と照合が不可能な適格名は、ほとんどがH.M.S. Challenger号の採集品を使って新種記載したHaeckel (1887) に掲載されている学名である。国際動物命名規約では坦名タイプ標本があるか、坦名タイプ標本の採集地点から再採集したトポタイプ標本を入手できる限り、その新種記載は実質的な適格であり、代替地の標本でも適格である。そこですくなくとも「現実の標本と照合が不可能な適格名」と決定するために、Ernst Haeckelが検討した顕微鏡スライドなどの探査を行った (相田ほか, 2009b; Tanimura *et al.*, 2009)。Haeckelが検討したスライドや手記があると予想された、イギリス・ロンドンの自然史博物館微古生物学

表1. 放散虫シノニム・データベースの登録基準. ある一定の制約条件のもとで情報を網羅的かつ効率よく検索・集計できるように, 登録基準を策定してある. データベースの構築にかかる労力を考慮しつつデータの質を一定以上に維持するための登録基準もある.

文献の公表年	入力細則	備考
1834~	原則的に命名規約に厳格に従っている	慣用的に流布している学名であっても, データベース上は規約上正しい学名が検索用学名となっている
1834~	サンプルの緯度経度は, Google Earth, 国土地理院の国土情報ポータル, BGN, 地図帳からの読み取りなどで行っている. 旧ソ連で発行された文献など, 地図が掲載されていないものは正確性に保障無し	産出地点の情報を集計するため. およその位置であっても数値で入力せざるを得ないため, この情報を元に試料採集を行うことは危険である
1834~	原典を確認していない文献は, non visoと明記	原則として原典から入力している
1834~1960	新しい分類名について, 命名規約に従い, "variation" は新亜種扱い	ICZN 条15への対応
1834~1900	図版の有無に関係なく, すべて入力	1900年までの分類情報が漏れなく検索できる
1834~1930	記載文がなくても図つきで新種を掲載している場合は適格名として入力	ICZN 条12への対応
1834~1985	分類学的に意味のある文献はすべて入力し, 原則として出版年の順に登録する	情報集計の質を向上させるため
1839~1876	Ehrenbergの文献は, 本文中もふくめすべて入力	Ehrenbergの分類情報を漏れなく詳細検索できる
1900~	リストにしか現れない学名は入力除外	ICZN 条23.9への対応
1900~	分類名上の抜き書きやレビューから構成される文献は入力除外	ICZN 条23.9への対応
1931~	新しい学名について, 当時の国際動物命名規約の適格名が登録対象	ICZN 条13への対応
1931~	分類学的記述がある場合, 図がなくても登録	データベースの情報管理のため
1931~	タイプ種を指定しない新属, タイプを指定しない新種は不適格名	ICZNへの対応
1961~	図示されている個体が産出している試料とその地質年代のみを[Occurrences]に入力している. 同定に誤りがある場合, [Citations]をあらたに作り, 自動で算出される産出地質年代の精度を上げるように配慮している	情報集計の質を向上させるため
1971~	岩石薄片をつかって放散虫を同定している文献のうち, 種名まで特定していない文献は, 記載文があっても登録除外	分類形質が見えないことが多く, 情報集計にあたりデータの質を悪化させるので除外
1972~	現在の分類水準から判断し, 許容しがたい同定やシノニム関係には従わない(集計対象から除外)	情報集計の質を向上させるため
1986~	新種や新しい分類名を提唱している文献をすべて入力対象とし, 原則として出版年の順に登録する	重要な新種の記載が増えたため, 現状の入力状態でもこのデータベースを実際的に運用するための措置
1986~	新しい分類名を提唱していない文献は, 1986~1990年, 1991年~1995年などブロックを作って, ブロックを単位として出版の早い順に登録する	文献数が多くて, 年単位で一括登録することが困難となってきたため

部門やドイツ・イエナのエルンスト・ヘッケル博物館を調査した結果, Haeckel (1887) を執筆する際に用いた顕微鏡スライドは行方不明と断言できるにいたった (Aita *et al.*, 2009; Sakai *et al.*, 2009). 堆積物の生試料はイギリスで見つかったもので検討を行ったものの, Haeckel (1887) で記述しない放散虫のほとんどは該当個体をこれらトポタイプ試料からは特定できなかった. Haeckel (1887) を含め, 別の著者による文献にも図版なしの新種記載があり, あわせると1,640種が図なしで使用不可能な「有効名」となっている.

国際動物命名規約では, 疑問名 (nomen dubium) については審議会に坦名タイプの地位剥奪とネオタイプの指定を認めるよう要求することになっている (条75.5). したがって疑問名であることを理由に新種を形成するこ

とは規約違反である (なぜなら, 疑問名と新種が同一種と判断していることは疑問名ではないことが自明となるため). さらに分類形質の取り扱い次第で学名が疑問名になったりならなかったりする. 良く知られた一例は, *Stylosphaera lanceola* Parona, 1890と *Pantanellium riedeli* Pessagno, 1977である. Pessagno (1977) は「疑問名」であることを理由にこの新種を提唱した. 一方, Foreman (1978) は, Parona (1890) の図で同定できることから "*Stylosphaera lanceola*" を使うべきとした. Parona (1890) は岩石薄片による新種記載であり, そのようにして記載されたほとんどの放散虫は現在の分類水準では種レベルでの特定が不可能である. 20世紀前半まではスケッチによる記載が行われているものの, 図から分類形質が判別できない新種も多く含まれる. これらの種は, タイプ標

表2. 引用回数の多い放散虫種小名. データベース上の検索結果を分かりやすいように整理したもの. データベースの管理の制約のためラテン語の文法上の性が不一致となっていることに注意. また, 国際動物命名規約を厳格に適用しているため, よく使われる *Didymocyrtis tetrathalamus* (Haeckel) が *Didymocyrtis didymocyrtis* (Haeckel) となっているように, 慣用名と異なる表記があることに注意.

Rank	Registered name in database			Author	Citations
	Current genus	Species	Subspecies		
1	<i>Cyrtocapsella</i>	<i>tetrapera</i>		(Haeckel)	146
2	<i>Didymocyrtis</i>	<i>didymocyrtis</i>		(Haeckel)	138
3	<i>Cycladophora</i>	<i>davisiana</i>		Ehrenberg	115
4	<i>Botryostrobos</i>	<i>aurita</i>		(Ehrenberg)	99
5	<i>Protostichocapsa</i>	<i>stocki</i>		(Campbell and Clark)	95
6	<i>Dictyomitra</i>	<i>multicostata</i>		Zittel	90
7	<i>Pantanellium</i>	<i>riedeli</i>		Pessagno	86
8	<i>Dictyocoryne</i>	<i>profunda</i>		(Ehrenberg)	84
9	<i>Stichocorys</i>	<i>delmontense</i>		(Campbell and Clark)	81
10	<i>Dicerosaturnalis</i>	<i>trizonalis</i>		(Rüst)	78
11	<i>Tethysetta</i>	<i>boesii</i>		(Parona)	76
	<i>Ishigaconus</i>	<i>scholasticus</i>		(Ormiston and Babcock)	
13	<i>Lamprocyclas</i>	<i>maritalis</i>		Haeckel	75
14	<i>Eucyrtidiellum</i>	<i>unumaense</i>		(Yao)	74
15	<i>Lithocircus</i>	<i>reticulata</i>		(Ehrenberg)	73
	<i>Eucyrtidium</i>	<i>calvertense</i>		Martin	
17	<i>Striatojaponocapsa</i>	<i>plicarum</i>		(Yao)	72
18	<i>Spongaster</i>	<i>tetras</i>		Ehrenberg	71
	<i>Stichocorys</i>	<i>elongatum</i>	<i>peregrinum</i>	(Riedel)	
20	<i>Pseudodictyomitra</i>	<i>pseudomacrocephala</i>		(Squinabol)	70
21	<i>Siphocampe</i>	<i>lineatum</i>	<i>arachneum</i>	(Ehrenberg)	68
22	<i>Eucyrtidium</i>	<i>acuminata</i>		(Ehrenberg)	66
23	<i>Spongurus</i>	<i>cylindricus</i>		Haeckel	65
	<i>Xiphosphaerantha</i>	<i>angelina</i>		(Campbell and Clark)	
	<i>Eucyrtidiellum</i>	<i>ptyctum</i>		(Riedel and Sanfilippo)	
26	<i>Holocryptocanium</i>	<i>barbui</i>		Dumitrica	64
27	<i>Choenicosphaera</i>	<i>hirsuta</i>		(Ehrenberg)	63
28	<i>Theocorythium</i>	<i>trachelius</i>		(Ehrenberg)	62
29	<i>Dictyocoryne</i>	<i>muelleri</i>		(Haeckel)	61
	<i>Praexitus</i>	<i>spicularia</i>		Aliev	
	<i>Pseudodictyomitra</i>	<i>carpatica</i>		(Lozyniak)	
32	<i>Acaeniotype</i>	<i>umbilicata</i>		(Rüst)	60
	<i>Podobursa</i>	<i>acanthophorum</i>	<i>triacanthus</i>	(Fischli)	
34	<i>Cornutella</i>	<i>clathrata</i>	<i>profunda</i>	Ehrenberg	58
	<i>Stichomitra</i>	<i>communis</i>		(Squinabol)	
36	<i>Pseudodictyophimus</i>	<i>gracilipes</i>		(Bailey)	57
	<i>Lithopera</i>	<i>bacca</i>		Ehrenberg	
	<i>Anthocyrtidium</i>	<i>ophirensis</i>		(Ehrenberg)	
39	<i>Mirifusus</i>	<i>dianae</i>		(Karrer)	56
	<i>Spongopyle</i>	<i>osculosa</i>		Dreyer	
	<i>Thanarla</i>	<i>brouweri</i>		(Tan)	
	<i>Cyrtocapsella</i>	<i>japonicum</i>		(Nakaseko)	
44	<i>Dictyomitra</i>	<i>torquata</i>		Foreman	55
	<i>Tricolocapsa</i>	<i>papillosum</i>		(Ehrenberg)	
	<i>Ishigaconus</i>	<i>porrectus</i>		(Rudenko)	
	<i>Japonocapsa</i>	<i>fusiformis</i>		(Yao)	
	<i>Triassocampe</i>	<i>deweveri</i>		(Nakaseko and Nishimura)	
48	<i>Collosphaera</i>	<i>huxleyi</i>		Müller	54
	<i>Thyrsocyrtis</i>	<i>triacantha</i>		Ehrenberg	
	<i>Palaeoscenidium</i>	<i>cladophorum</i>		(Deflandre)	
	<i>Paracanoptum</i>	<i>kamoensis</i>		(Mizutani and Kido)	

本調査が十分とは言えないが、現時点では“使えない”として除外せざるを得ない。このような疑問名は2,080種にのぼる。以上から、図示されていないか(1,640種)、図示されているも分類形質を把握できず事実上存在しないと見なさざるを得ない有効名(2,080種)を足し合わせると3,720種となり、最終的に、9,870種が実質的に存在する種数である。

実在する記載属群数

国際動物命名規約では、上属、属、亜属、族などのことを属階級群と呼ぶが、放散虫では属と亜属に限られるので、ここでは「属群」との呼び方をする。放散虫では該当属群が不明な種が多々あり、少なくない新属群が今後提唱されていくだろう。そのため単純に「実在する」属群数は誤解を与えるため、「記載属群数」と呼ぶ。記載された属および亜属は2,780属群ある。そのうち、同じ種を模式種にした客観新参異名(objective junior synonym)、模式種が同じ属群と解釈した事による主観新参異名(subjective junior synonym)、模式種の図がないか疑問名のために実質的に使えない属群、同名(homonym)は、合計で1,330属群ある。PaleoTax for Windowsには属のシノニム関係をリレーションする機能を持たないので、その内訳は区別できない。データベース上で実在する記載属群数は1,450属群となる。

主な放散虫の種数と稀な放散虫の種数

主な放散虫はどれかというのは極めて多い質問であるが、何を持って「主な放散虫」と見なすかを定義することなしには答えようがない。しかし、「論文でよくみかける」種を「主な放散虫」とするならば、種毎の被引用回数を[Citations]で計数すれば大局を把握できる。PaleoTaxでは、そのような統計値を簡単に得ることができる。

データベース上で実質的に存在するとして抽出できる9,870種の被引用回数を集計すると、文献に出てくる回数が多い種(表2)や、稀な種などを知ることができる。被引用回数が多い上位5種は、*Cyrtocapsella tetrapera* (Haeckel) (146回)、*Didymocyrtis tetrathalamus* (Haeckel) (138回)。データベース上は*Didymocyrtis didymocyrtis*、*Cycladophora davisiana* Ehrenberg (115回)、*Botryostrobus auritus* (Ehrenberg) (= *Botryostrobus aurita*) (99回)、*Amphipyndax stocki* (Campbell and Clark) (= *Protostichocapsa stocki*) (99回)である。表2に示した上位48位51種には、地質年代決定や環境指標種として重要な種、あるいは重要な種だが同定上の見解が研究者間で異なるために図示しなければならない種、頻繁に見つかる種などからなり、研究遂行上同定できなければ仕事にならない種ばかりである。検索されたリストをみると上位200~250種が研究遂行上、必要不可欠

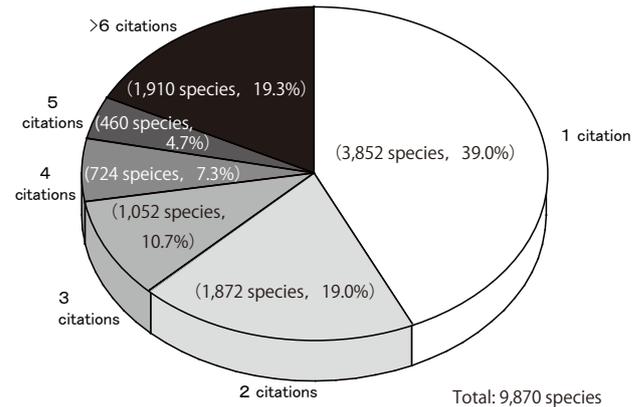


図3. 種ごとの引用回数の違い。1~2回しか引用されていない種が6割を占めることが分かる。3回しか引用されていないものに稀な種が見られるようになる。引用回数を降順に整理したデータを見ると、引用回数が上位200~250種が研究を遂行する上で最低限知っておくべき種で、本格的な研究を行うには被引用回数が6回の1,910種を同定できる必要があるだろうなどの教育上の目安も得られる。

な種である。

逆に、「稀な種」を引用回数が少ない種とすると、図3のような内訳となる。原記載以外の報告がない種は3,850種ある。この数には記載されて間もないものも多いことから、2015年を基準に50年間再発見されていない(つまり、1964年以前に記載されたもの)に絞ると1,070種となる。2回しか引用されていない種は原記載以外に著者本人が再録したものや図鑑再録などが含まれるので、実質的に「原記載外に報告がない種」も多い。それは「図なし」が80種、疑問名320種が2回引用されていることからもうかがえる。実質的に有効名で2回しか引用されていないのは1,870種である。2回しか引用がない実質的な有効名と、過去50年間に再発見されていない種は総計2,950種で、データベース上の実在種数の29.8%にあたる。引用回数が少ない種には、原著者以外に報告がない種、実在するが本当に滅多に見つからない種、該当地域とその近傍で唯一の検討された種、検討例が少ない地質年代に産出する種、記載されて間もない種、などが含まれるので、その科学的意味合いは一つ一つ確認しなければ分からない。3回引用されている種になると稀に見つかる種が含まれるようになる。被引用回数が6回以上になると、放散虫化石を用いた研究をするうえで知っておくべき種名(デボン紀の*Popofskyellum pulchrum* Deflandreなど)が含まれる。カンブリア紀から現生種まで扱った放散虫の研究を専門的にする場合、データベース上の実在種のうち、19.3%の1,910種を適確に同定できる必要があるといえる。

登録情報を利用した放散虫の地理的分布

筆者が構築している放散虫シノニム・データベースには9,320試料の情報が登録されている。そのうち、93.2%の8,230試料が採集地点の緯度・経度が割り出せていてかつ、地質年代尺度の“期”レベルで地質年代が判明している(図4, 5)。PaleoTaxでは、個々の試料で構成種と放散虫化石年代を管理しており、種レベル、あるいは属レベルで産出地点を地図上に産地を記すことができる。

この放散虫シノニム・データベースでは、原則として同定の検証が可能な種のみを登録している(表1)ため、地点数は少ないが質の高い地理分布図の作成が可能である。

微古生物の膨大な情報を蒐集・整理して作られるデータベースは、放散虫の古地理分布の解明やその変遷を明らかにするのに適している。しかし、同定結果が研究者間で異なるような分類群や、種区分がその後の研究で深刻な変更が加えられている場合、文献に添えられている標本写真を検証して適切な学名に置き換える必要がある。

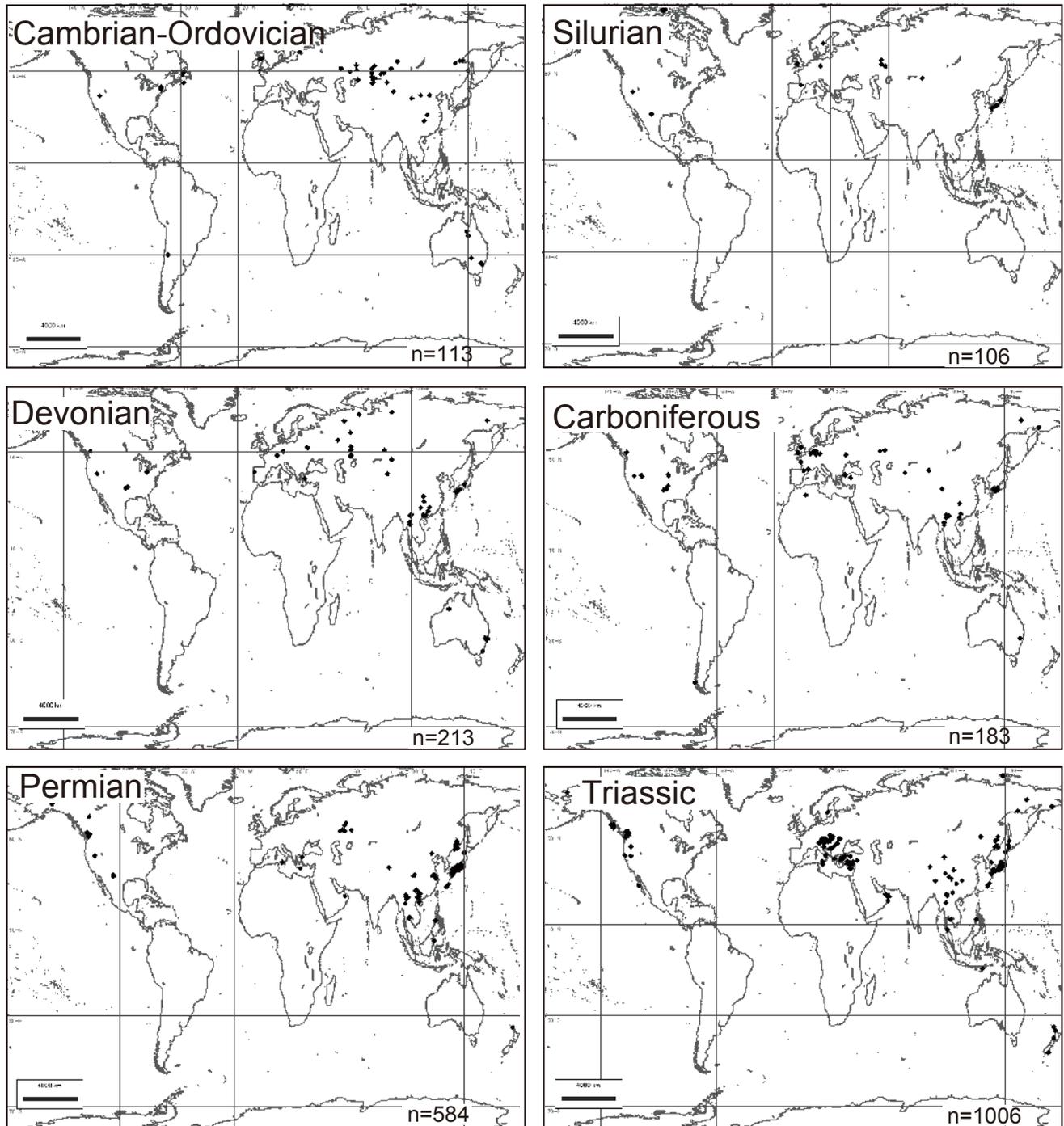


図4. 地質年代ごとに検討されている試料数(カンブリア紀～三畳紀).

放散虫では、種の区分方法が大きく変更されたり、属が変更されたりすることは日常茶飯事であり、シノニム・データベースがこのような作業で重要な役割を持つ。

時代毎の産地の地理的分布

古地理分布を検討する際に、重要なのは多様な古地理的位置の試料を扱っている公表文献のデータを用いることである。地質年代尺度の“紀”単位で試料数をまとめると(図4, 5), カンブリア系~石炭系では106~183試

料, ペルム系試料は584試料, 三畳系~第四系では913~1,440試料と, 検討試料数の差は“紀”間で大きい。カンブリア系~石炭系は, 三畳系~第四系にくらべて一桁試料数が少ない。産地が同一地点でも試料が異なる場合はデータベース上では独立した試料として扱われているので, 実際の地点数はもっと少なくなる。さらに, 一部の試料を除いて, 古地理的に低緯度で堆積したものがほとんどであり, その地点も散点的となる。

試料数が多くても, 三畳系(1,006試料)やジュラ系

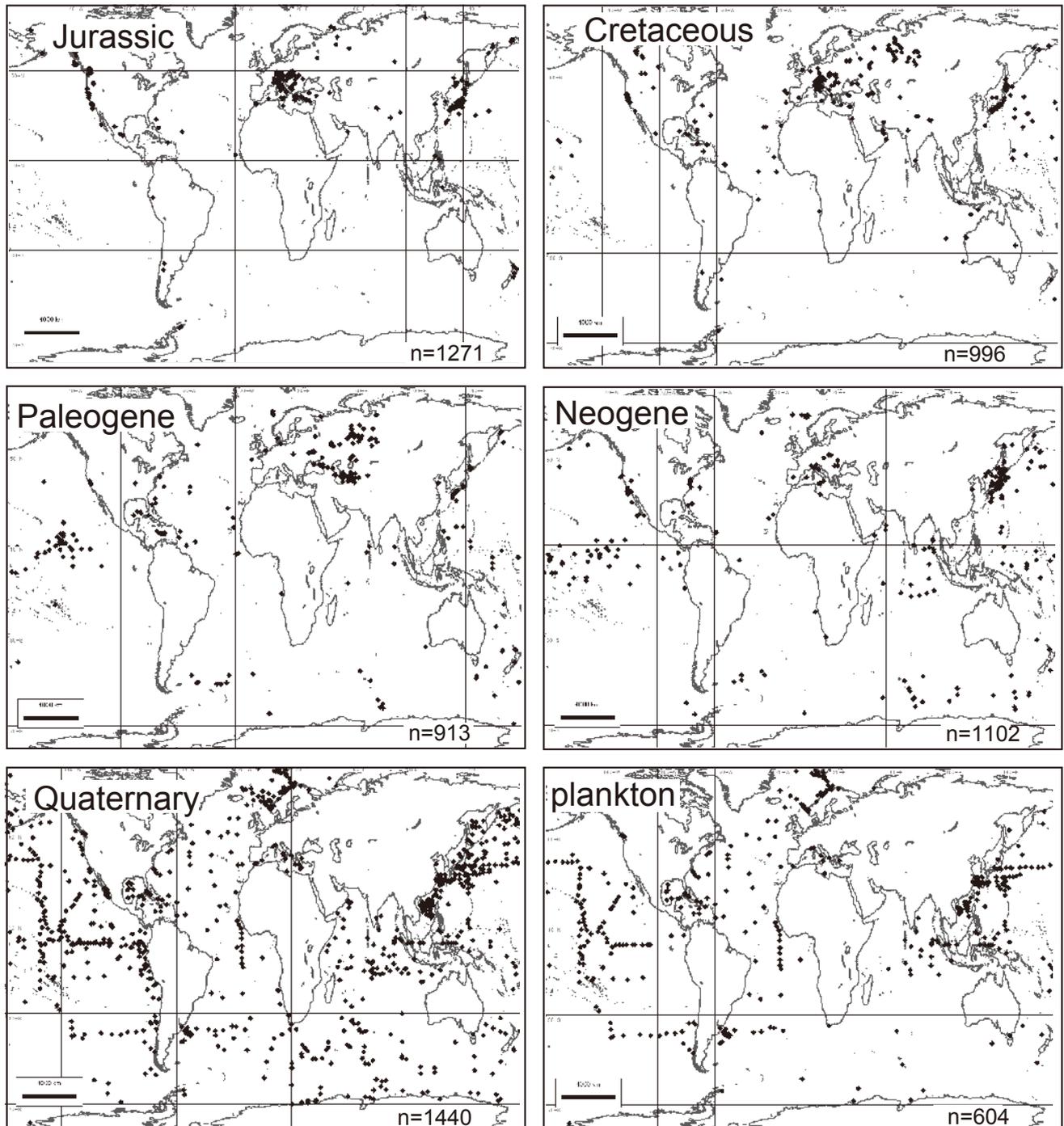


図5. 地質年代ごとに検討されている試料数(ジュラ紀以降)。

(1,271試料)のように、産地が限定されていると、ごく偏ったわずかな地点での議論をしているに過ぎないことになる。DSDP, IPOD, ODP, IODPのような深海掘削は、始新世以降の放散虫の情報を世界各地からもたらすことに貢献した。しかし、図5の“Neogene”を見ると、南北大西洋と南太平洋全域には文献から検証可能な地点がほとんど無く、北太平洋も中央部の情報が欠けていることが分かる。地点数の粗密は情報の質とは関係ないが、ゼロか否かという違いは大きく、公表されている情報から言えることの限界を正しく認識する必要を指摘したい。

分類群毎の産出地点図

データベースに登録されている試料情報の地理的な粗密さや空白地域を十分に認識しているのであれば、データベースから作成されたタクサ毎の産出地点図は強力な情報源となる。例えば、経験的に低緯度の第四系でよく見つかる *Botryocyrtis scutum* (Harting) をプロットすると、実際に低緯度の報告に限られる(図6の左)。また、従来、南極周辺の固有タクサとされる第四紀放散虫の *Antarctissa* 属の産地をプロットすると、1地点を除いて南大洋から見つまっていることが分かる(図6の右)。この1地点はカリフォルニア沖にプロットされ、この奇異な産出についてはその是非も含めて検討が必要なが分かり、もし本当に *Antarctissa* であるならば、なぜ飛び地になるのかの検討を通して海洋構造の発達を知る手がかりになるかもしれない。

種多様性の時代変遷

Raup and Sepkoski (1982) による多様性の時代変遷の図は、5大大量絶滅の存在をはっきりと知らせた。放散虫はカンブリア紀から連続と続く、種多様性が高い有殻海洋性原生生物であるため、そのような時代変遷の検討が行われている (Vishnevskaya and Kostyuchenko,

2000)。しかし、元データには種概念の考え方の違いをどのように補正したのかや、産出試料の地質年代の検証などが不明なこともある (須藤ほか, 2016)。本稿のPaleoTaxを使った放散虫シノニム・データベースには、試料単位で放散虫化石年代情報が登録されているため、試料単位から種、そして種単位から属へとボトムアップ形式で多様性の時代変遷を抽出することができる。ここでは、PaleoTaxで機械的に種多様性の時代変遷を整理して、変遷図を作成してみた(図7)。図7をもとに、“みかけの多様性の変遷”と“議論しうる多様性の変遷”について、論じてみたい。

全体の顕著な“傾向”の実態

図7をみてすぐに気がつくのが、古生代とそれ以降での顕著な種多様性の違いである。このような明瞭な差ができるのは、古生代では例外を除いて、保存が悪い放散虫化石しか得られないチャートや珪質泥岩などの岩石類から放散虫が記載されていること、古生代試料から得られる放散虫の9割以上の個体を球状放散虫が占めるが、内部構造を検討できないために未記載のまま放置されていることなどが要因である。したがって古生代については実際の種数を概算することすら不可能な状態にある。

種多様性のピーク

図7をみると、上部デボン系ファミニアン～上部石炭系バシキーリアン、中部三疊系ラディニアン～上部三疊系カーニアン、上部ジュラ系チトニアンに目立った種多様性のピークが認められる。これらは本当に多様性が高い時期と解釈して良いのだろうか。

古生代の種多様性の研究は、先に「例外を除いて、チャートや珪質泥岩など」と書いたが、その例外とした含放散虫ノジュールを使って古生代の放散虫の記載が行われている (たとえばCheng, 1986)。炭酸塩ノジュールやリン酸塩ノジュールから現世放散虫遺骸群集に匹敵す

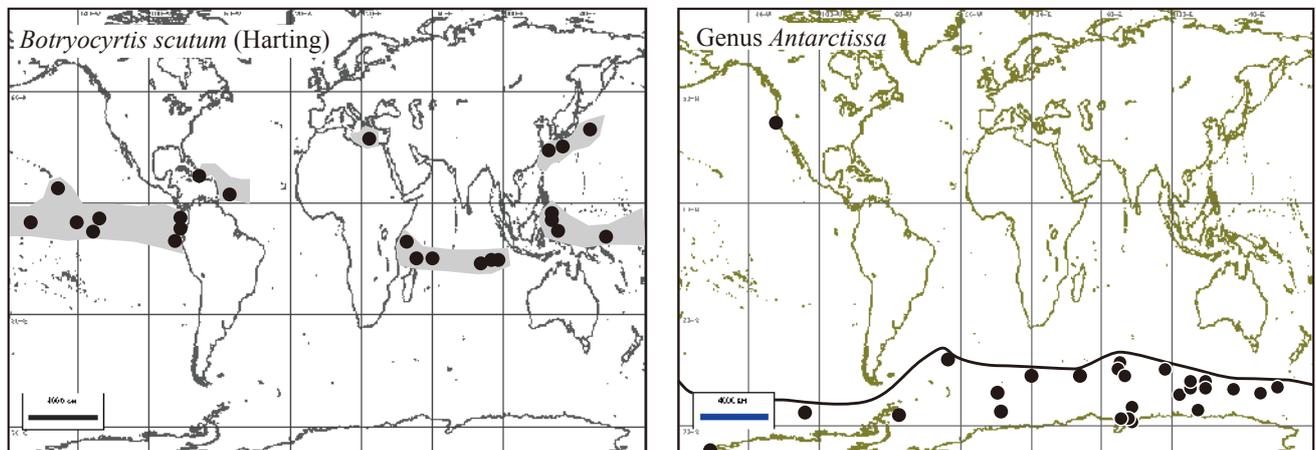


図6. シノニムデータベースを用いて種(図6左)や属(図6右)で産地の地理分布を作図した例。

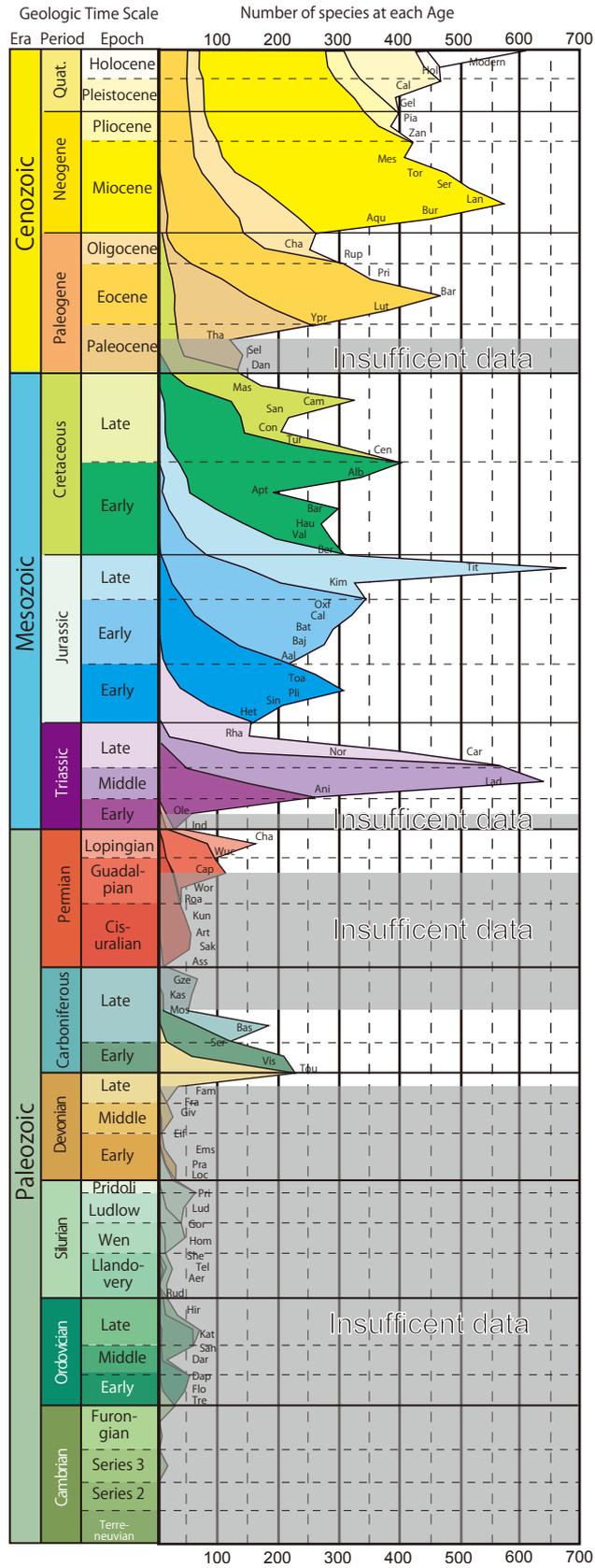


図7. 放散虫の種多様性の変遷。1834年以降2015年3月までに記載された全種（15,040種）のうち、実質的に実在する9,870種の地質年代変遷を“期（Age）”ごとにまとめ、“世（Epoch）”ごとに表示した図。黒い線で区切った山は、ある時代（期）に出現した種がどの時代（期）までいたかを表現している。図には、標準的地質年代尺表にはない「Modern」を追加してある。これは、プランクトンサンプルでは見つかるが、堆積物では見つからない放散虫（150種弱）があることに対処するためである。このグラフには様々なバイアスがかかっているため、単純に特徴を読み取ると誤った結論を導きかねない（本文参照）。

る保存の良い放散虫化石群集を得ることができるからである。そのようなノジュールが見つかる地層は極めて限られているため、その時代だけ種数が多くなる。その一例は上部デボン系ファメニアン～上部石炭系バシキリアンである。

同じような事情は、中部三畳系ラディニアン～上部三畳系カーニアンにもいえる。これらの時代の地層には保存の良い放散虫をとまなうノジュールが集中している。一方でその前後、すなわち中部三畳系アニシアンと上部三畳系ノーリアンとの比較には注意を要する。しかし、上部三畳系レーティアン～下部ジュラ系トアルシアンでは保存の良い放散虫を含むノジュールの群集組成が詳しく検討されており、「中部三畳系ラディニアン～上部三畳系カーニアン」と「上部三畳系レーティアン～下部ジュラ系トアルシアン」との比較は意味がある。

上部ジュラ系チトニアンも保存の良い放散虫をとまなうノジュールが集中している時期にあたる。実在する放散虫は650種超となっているのに対し、中部ジュラ系では250～350種である。しかし、八尾（1997）が行った炭酸マンガノジュールの全群集解析を参照すると、中部ジュラ系バジジョシアンには未記載種を含めて530種あまりが識別されており、データベース上の約280種の2倍弱にあたる。一方、下部白亜系ベリアシアン～パレミアンはチトニアンの半分程度の300種程度しかデータベース上にないが、この時期も保存の良い放散虫をとまなうノジュールが少ない。

種多様性の低下期

本データベースを用いると、種多様性が顕著に低い時期も識別できる（図7）。古生代については、中部オルドビス系、下部～上部デボン系境界付近、石炭系～ペルム系境界で種数がほぼ0種に近い。しかしその前後も記載種数が多くても50種程度なので信頼性は低いとみるべきである。

ペルム系～三畳系境界では放散虫の種数が圧倒的に減っている。ペルム紀末の大量絶滅期～三畳紀インドゥアンにかけては、古生代型放散虫であるエンタクチナリア目（Entactinaria）が激減し、アルバイレラリア目（Albaillellaria）とラテンティフィシュトラリア目（Latentifistularia）が事実上絶滅し、代わりにスプメラリア目（Spumellaria）とナセラリア目（Nassellaria）が繁栄するようになる（鈴木ほか, 2012）。これは、未記載種も含めた詳細な検討が行われており、ペルム紀末の大量絶滅期～三畳紀インドゥアンにかけて相対的に種数が減っている。ただし種多様性の数値そのものが当時に概ね反映しているとは保存から見て言い難い。

中生代には、下部白亜系アプチアン、上部白亜系コニアシアン～サントニアンに種数の落ち込みが認められる。この時期の放散虫化石は似たような保存なので、相対的

な変動は事実を反映していると思われる。暁新統では放散虫の種数が少ないが、これは単純に放散虫を産地が限られていることが原因である。しかし、数地点のデータで白亜紀型放散虫が白亜紀～古第三紀境界を生き延びたという相対的な種数の減少は正しいと思われる。

始新統以降についてはIODPなどの海洋掘削コアのデータが圧倒的に増え、未記載種も大量に見つかることもないので、種数の変動は概ね事実を反映していると思われる。経験的に古第三紀型放散虫と新第三紀型放散虫は群集を一目見れば判断できるが、漸新世で種数がおおきく落ち込んでいることがデータベースから見て取れる。

試料あたりの種数の取り扱い

一般的に検討した試料数が多ければ種の多様性が増加する傾向にあるので、収集・整理した古生物学情報を扱うときには特に補正を行う必要がある。これは二項分布という統計分布の考えが基礎にあり、試料数が増えれば見つかる種数も増えるという考え方である。この場合の二項分布が成り立つには、1試料（あるいは1地点）あたりの種数が等しいことを前提とする。ところが、岩石の種類によって含有する放散虫の個体数や種数には極端な差があることが普通である。たとえば中部ジュラ系ではノジュール1個からは150～250種が得られ、ノジュールの母岩である珪質泥岩からは30～50種しか見つからない。異なる母岩を採集すればまったく共通種がない試料を得られると仮定しても、ノジュール1個は母岩3～5個に相当することになる。これでは機械的に“試料数補正”を施しても補正に意味をなさないことになる。またデータベースにはほかの問題もある。1試料に含まれる放散虫の種数が多く未記載種も数多く含まれるため、得られた放散虫群集の中から年代指標種や環境推定指標種だけを扱うなど、全群集解析が行われていないことが普通である。全群集解析を行ったと明記していない文献は、限定的な放散虫群集のみを扱っていると見なした方がよい。このようなことを踏まえ試料あたりの取り扱い種数をデータベースでみてみると9,320試料のうち、1試料あたり100種を超えるのは26試料（全体の0.28%）に過ぎないが、データベースをみると例えば“Aeg Meer 6900”と呼ばれる放散虫軟泥試料には、270種が実在種数である。一方、1試料から10種以下しか報告していないのは8,310試料で登録試料数の89.2%を占める。

研究支援としてのデータベース

PaleoTaxで構築したデータベースはどのような利便性があるのだろうか。研究支援としてのデータベースについて触れてみたい。

過去の研究成果の再発見と簡単検索

放散虫関連の文献数は、6,120編（2015年11月現在）であり、筆者が所蔵しているのは4,850編で79.3%に過ぎない。もちろん、これら全てを読んでいるわけでもなく、読んだ文献に限っても全てを記憶しているわけでも、記録で整理しきっているわけでもない。データベースの良い点は、一度登録すれば、消えることがないことである。文献には、1行にも満たない分量で、個々のタクサの重要な情報が書き込まれていることも少なくない。とくに、科レベルの所属は二転三転を繰り返すため、データベース上に記録を残すことで、どういう分類の経緯がそのタクサにあったかをすぐに分かるようになる。たとえば、*Haliommilla*属は*Actinosphaera*属の一次古参同物異名であることを分類学的に整理した論文（Suzuki *et al.*, 2009a）など、見つけにくい論文も確実に辿りつける。

同定補助

この放散虫シノニム・データベースの構築を始めたきつ

かけは、正確な同定を行うために必要な原典や近縁種の原典、主要な解釈を載せている情報が、多数の文献にちりばめられていて、時間が膨大にかかるようになった現状を解消しようとしたところからである。さらに、誰かの論文に載っている標本写真と同じ種と判別できた時に、その学名が原典と照らし合わせて適切かどうかをすぐに判断できれば便利であると考えたことにある。PaleoTaxには、分類形質をデータベース化し、検索する機能は一切ない。しかし、ある程度の分類の経験を積んでいる研究者にとって、原記載の情報と担名タイプ標本写真があれば、分類形質の標徴を思い出しやすいので、同定はかなり容易になる。PaleoTaxでは、html形式で分類情報をアウトプットでき、科名、属名（原記載時の属名と現行属名の双方）、種名、試料情報（国名、地域、地層名）、文献、地質体区分名などから簡易に検索できる（図8、9の左上の6項目）。図8に示すように、最終的には、種レベルでは、原記載時の属名、有効な属名とその属を使うことを提唱した文献名、登録試料から産出した産出地質

Web Catalogue

Species / Arten

Follow the links ... Folgen Sie den Verbindungen ...

Home		
Families	Genera	Species
Publications	Localities	Lithostratigraphy

Haliommilla capillaceum

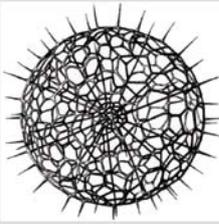
Author : [HAECKEL 1861a](#)
 Original genus : [Haliomma \(Haliomma\)](#)
 Current genus : [Haliommilla](#)
 Current genus assigned : [CAMPBELL 1954](#)
 Range : Pleistocene, "Ionian" (base) - Present, Base
 Etymology of the name :
 Grammatical gender : unknown
 Word class : unknown

Cited in

1861	Haliomma (Haliomma) capillaceum n. sp. -- HAECKEL , p. 814
1861	Haliomma (Haliomma) erinaecum n. sp. -- HAECKEL , p. 814
1862	Haliomma capillaceum Haeckel -- HAECKEL , p. 426, pl. 23, fig. 2
1862	Haliomma erinaecus Haeckel -- HAECKEL , p. 427, pl. 23, figs. 3, 4
1879	Haliomma erinaecus Haeckel -- HERTWIG , p. 41-42, 46, pl. 4, fig. 1
1887	Haliomma (Haliommilla) capillaceum Haeckel -- HAECKEL , p. 236
1887	Haliomma (Haliommilla) erinaecum Haeckel -- HAECKEL , p. 236
1910	Haliomma erinaecum Haeckel -- MAST , p. 164
1912	Haliomma erinaecum Haeckel -- POPOFSKY , p. 102, pl. 4, fig. 1
1960	Actinosphaera capillaceum Haeckel [sic] -- HOLLANDE & ENJUMET , p. 109, pl. 20, fig. 1, pl. 24, fig. 2, pl. 52, figs. 1-4
1964	Actinosphaera capillaceum (Haeckel) -- CACHON , pl. 12, fig. 10
1972	Actinosphaera capillaceum Haeckel [sic] -- CACHON & CACHON , pl. 11, fig. a
1972	Actinosphaera capillaceum Haeckel [sic] -- CACHON & CACHON , pl. 36, fig. c
1974	Haliomma erinaecum Haeckel -- RENZ , p. 793, pl. 14, fig. 11
1977	Haliomma erinaecum (Haeckel) [sic] -- MOLINA-CRUZ , p. 333
1984	Actinosphaera capillacea (Haeckel) group -- NISHIMURA & YAMAUCHI , p. 22-23, pl. 9, figs. 1-10, pl. 48, figs. 7a, 7b
1985	Haliomma erinaecum Haeckel -- BOLTOVSKOY & JANKILEVICH , pl. 1, fig. 23
1985	Actinosphaera capillaceum Haeckel [sic] -- CACHON & CACHON , p. 288, fig. 43c
1987	Actinosphaera capillaceum (Haeckel) -- BJORKKLUND & DE RUITER , fig. 2.15
1990	Haliomma capillaceum Haeckel -- FUJIOKA , pl. 39, fig. 6
1990	Haliomma erinaecum Haeckel -- YEH & CHENG , pl. 3, fig. 14
1991	Actinosphaera capillacea (Haeckel) -- TAKAHASHI , p. 68, pl. 9, figs. 4, 5
1993	Haliomma erinaecus Haeckel -- TAN , p. 196-197, pl. 6, figs. 2, 3
1996	Haliomma erinaecus Haeckel -- CHEN & TAN , p. 172, pl. 40, figs. 1, 2
1998	Haliomma erinaecus Haeckel -- TAN , p. 158-159, text-fig. 147
1999	Actinosphaera capillacea (Haeckel) -- SASHIDA & KURIHARA , fig. 9.4 (only)
1999	Haliomma erinaecus Haeckel -- TAN & CHEN , p. 170, text-fig. 5.78

Occurrence

[Open oceans, Indian Ocean, DSDP Leg 27, Hole 262, Core 1, 2315 m water depth, Timor Trough](#) -- Ionian (Middle Pleistocene)
[Open oceans, Mediterranean Sea, Core P 46, 3482 m water depth, Tyro Basin, anoxic sediments](#) -- Holocene
[Open oceans, Mediterranean Sea, Messina \(Haeckel's collection\), sea water](#) -- Live
[Open oceans, North Pacific, Off the coast of Shimoda, 33 - 65 m water depth, sea water](#) -- Live
[Open oceans, North Pacific, Ohshima Strait, between Amami-Oshima and Kakeroma Islands, Kagoshima](#) -- Live
[Open oceans, North Pacific, PARFLUX sediment trap station P1, 4280 m trap depth, seawater](#) -- Live
[Open oceans, North Pacific, Sample NPNT 10-1, northernmost edge of the Nankai Trough](#) -- Ionian (Middle Pleistocene)
[Open oceans, North Pacific, Sample NPNT 14-1, northernmost edge of the Nankai Trough](#) -- Ionian (Middle Pleistocene)
[Open oceans, North Pacific, Sample NPNT 17-1, northernmost edge of the Nankai Trough](#) -- Ionian (Middle Pleistocene)
[Open oceans, North Pacific, Sample NPNT 18-1, northernmost edge of the Nankai Trough](#) -- Ionian (Middle Pleistocene)
[Open oceans, North Pacific, Sample NPNT 21-1, northernmost edge of the Nankai Trough](#) -- Ionian (Middle Pleistocene)
[Open oceans, North Pacific, Station at 15 50 N - 16 30 N, 111 22 E - 112 E, on May 1974, Xinsha Islands, Guangdong Province](#) -- Live
[Open oceans, North Pacific, Station at 16 N, 112 E, on April 1975, Xinsha Islands, Guangdong Province](#) -- Live
[Open oceans, equatorial Pacific, PARFLUX sediment trap station PB, 3791 m trap depth, seawater](#) -- Live
[Open oceans, equatorial Pacific, Pleiades Expedition sample 398, filtering water](#) -- Live
[Open oceans, equatorial Pacific, Sample OR-89-197-08, 502.2 m water depth, Luzon Strait, SW of Taiwan, mud](#) -- Holocene



This database was created using [PaleoTax](#).

Updated 04.11.2015 - © nm.

図8. PaleoTaxで作成したhtml形式検索画面（種レベル）。*Haliommilla capillacea* (Haeckel) の例。原記載論文 (Author)、原記載時の属 (Original genus)、現行属名 (Current genus)、現行属名に移した論文 (Current genus assigned) がリンクつきで表示される。本種の生存期間を調べた論文は無いが、産出記録 (Occurrence) には試料ごとの産地と堆積年代の情報を有するので、これらの記録から最古・最新年代を読み取り、生存期間 (Range) を導き出している。Cited inには本種と同定されるシノニムリストが列記されている。

Web Catalogue

Genera / Gattungen

Follow the links ... Folgen Sie den Verbindungen ...

Home		
Families	Genera	Species
Publications	Localities	Lithostratigraphy

Antarctissa

Author : [PETRUSHEVSKAYA 1967](#)
 Superfamily : [Plagiacanthoidea](#)
 Family : [Lophophaenidae](#)
 Subfamily : [Lophophaeninae](#)
 Type species : [Lithobotrys denticulata EHRENBERG 1844b](#)
 Designated : [PETRUSHEVSKAYA 1967](#)
 Range : Langhian, Base - Present, Base
 Etymology of the name :
 Grammatical gender : unknown
 Word class : unknown

Petrushevskaya (1971a): Plagiacanthidae, Lophophaeninae.
 Petrushevskaya (1981a): p. 114, Acropyramidoidea, Lampromitridae, Ceratocystinae.
 Petrushevskaya (1986): p. 191.
 Lazarus (1990): p. 713.

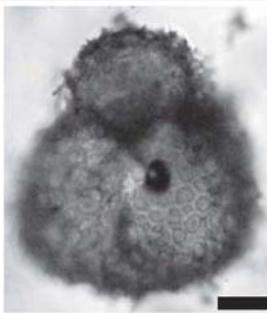
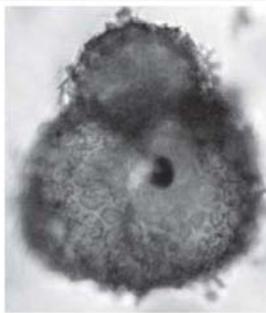
Species originally assigned to the genus

- [Antarctissa antedenticulata CHEN 1974](#)
- [Antarctissa ballista RENAUDE & LAZARUS 2012](#)
- [Antarctissa conradae CHEN 1974](#)
- [Antarctissa cylindrica PETRUSHEVSKAYA 1975a](#)
- [Antarctissa evanida RENAUDE & LAZARUS 2013](#)
- [Antarctissa ewingii CHEN 1974](#)
- [Antarctissa robusta PETRUSHEVSKAYA 1975a](#)
- [Antarctissa strelkovi PETRUSHEVSKAYA 1967](#)
- [Antarctissa whitei BJÖRKLUND 1976b](#)

Species currently assigned to the genus

- [Antarctissa antedenticulata CHEN 1974](#)
- [Antarctissa ballista RENAUDE & LAZARUS 2012](#)

- [Antarctissa cylindrica PETRUSHEVSKAYA 1975a](#)
- [Botryopera deflandrei PETRUSHEVSKAYA 1975a](#)
- [Lithobotrys denticulata EHRENBERG 1844b](#)
- [Antarctissa ewingii CHEN 1974](#)
- [Helotholus histicosa clausa POPOFSKY 1908](#)
- [Helotholus longus POPOFSKY 1908](#)
- [Antarctissa robusta PETRUSHEVSKAYA 1975a](#)
- [Antarctissa strelkovi PETRUSHEVSKAYA 1967](#)

5a
5b

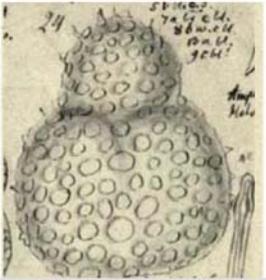


図9. PaleoTaxで生成したhtml形式検索画面（属レベル）. 属についても種レベルのhtml画像（図8）と似たような情報を提示できる. 属の生存期間（Range）は、本属に含まれる種の生存期間から作成している. この画面の特徴は、原記載時に本属とした種小名（Species originally assigned to the genus）と現行分類で本属となる種小名（Species currently assigned to the genus）のリストが表示されることである. なお、属が移ると文法的性によって種小名も語尾変化しうるが、それには対応していない.

年代の区間、学名の由来、坦名タイプ標本画像、シノニムリストとそのリストの原典、産出した試料を知ることができる. 属レベルでは、図9のように原記載時点で属するとした種のリスト、該当する属に含まれると現在考えられている種のリスト、学名の由来、所属する科とそれを提案した文献、タイプ種と坦名タイプ標本画像をhtml形式でコンピュータ上に表示できる. 所属する種の一覧図を作る機能があるともっと便利なものの、現状でも同定作業がかなり楽である.

生存期間の粗見積り

新生代を対象とした研究では、ある種の出現時期や消滅時期を万年～千年単位の精度で決定する作業が進められている. しかし、そのような作業ができる分類群は、産出する層位範囲を明瞭に決定できるような状況に限られている. この放散虫シノニム・データベースでは、カンブリア紀から現世まで扱っているため、ある統一した基準で機械的に地質年代（生存期間）をデータベースに

入力しないと、データ抽出や統計を算出するときに不便になる. そのため、本データベースでは、試料の放散虫化石年代の精度を地質年代尺度の“期”レベル程度と粗く設定している. このように設定したことにより、原典では議論することが難しかった種についても情報を蓄積されたことで、生存期間を地質年代尺度の“期”レベルで特定することが可能となった. たとえば、散点的に見つかり被引用回数が55回の *Tricolocapsa papillosa* (Ehrenberg) (表2) の生存期間をデータベースで割り出すと、チャッティアン～完新世（プランクトン）となり、妥当な生存期間である. チャッティアン中のどのタイミングで出現したかは、試料に戻って検討すればよいことになる.

試料の放散虫化石年代推定

中・古生代の試料では年代指標種が含まれずに曖昧に年代を推定せざるを得ない事もある. 地質年代尺度の“期”レベルの決定精度で十分な場合、このシノニム・

虫の分類群数の積算については、本論文の Table S2 にあるとおり、筆者がPaleoTaxを使って情報を提供している。また、2011年から、国際放散虫研究者協会 (INTERRAD) で、古生代の属の統一化事業が進められているが、有効な属名の選定にあたり、この放散虫シノニム・データベースが重要な根拠を与え、Paleozoic Genus Working Group として最終原稿をまとめている最中である。Suzuki and Not (2015) には、現世放散虫の総種数を600~800種と書いたが(化石に残らないアカンタリア目・タクソポディア目 [Taxopodia] を含む)、これもPaleoTaxのシノニム・データベースに基づく統計値である。最近では、DSDP~IODPの放散虫学名データを蓄積している Neptune と JANUS のメンテナンス作業を行うのに、この放散虫シノニム・データベースを提供し、1,192の分類群にデータを整理し Lazarus *et al.* (2015) として公表した。

シノニム・データベースのあり方

データベース構築に高尚な目的は必要か？

コンピュータの高性能化、大容量化、ソフトウェアの使い勝手が改善し、データベース・ソフトウェアの選択肢が増加している。生物・古生物をはじめとして各種情報をデータベース化をしようという機運が世界的に高い。そして、数多くの計画が立案されては消えていった。実際、筆者はこれまでに海外の5~6団体のデータベース構築プログラムから参画の打診を受けた。しかし、そこで語られた「データベースのあり方」とは、間違いや同定の問題を修正した完璧なデータベースを作る理想実現型や、つねに修正が必要であるとして Wikipedia のように登録者が随時改訂できる仕組みを組み入れた弾力運用型など、いずれも高い理想を掲げていた。ところが肝心の入力が始まらず、一つを除いて自然消滅していった。

ほとんどのデータベース・プロジェクトが頓挫する中、一つだけ目標に到達したのは、IODPの古生物データベースのメンテナンス作業である。これは、船上でこれまで登録された微化石の学名の書き間違いを直し、属名の移動のように明らかな同一の種を名寄せする作業である。IODP Paleontology Coordinator Group を結成して行ったこのデータベース・プロジェクトが成功した理由は、この作業を Taxonomic Name Lists (TNLs) と称し、理屈抜きで作業に取りかかったことである。作業者をごく少数に絞り、25,000行に及ぶ放散虫の種名チェックは David Lazarus (フンボルト大学自然史博物館) と鈴木の名で行った。TNLs では、珪藻 (担当者: 岩井雅夫, 秋葉文雄, 須藤斎, David Harwood) においても作業が完遂している。TNLs から論文化したことを明示しているのは Lazarus *et al.* (2015) に限られるもののデータベースの作業が論文化までいたったのは、理想や理念を振りかざすより、小さなものでよいからまとまったコンテンツを

入力することが大事だと筆者は思っている。

データベースは完璧でなければならないか？

簡単なシノニム・データベースを Microsoft Excel のような表計算ソフトで作るのは容易であるが、シノニム・データベースを本格的に作るためには、国際動物命名規約 (ICZN) による情報リレーション関係を無視できない。PaleoTax がこれまでの文献データベースや坦名タイプ標準画像集と違うところは、動物命名規約をデータベース構造に反映しているところである。これは、PaleoTax の開発者である Hannes Löser が中生代海洋無脊椎動物化石の分類研究者でもあることで、シノニム管理に適しているソフトウェアになったのだろう。一方、データベースを作ることが筆者にとっての目的ではない。その目的は、短時間に確実に知りたい情報を漏れなく集めることができればいい、それだけである。知りたい情報を漏れなく含みたいという意味では、完璧を求めている。登録対象は、最大で6,120編の文献と有限であるものの、現実には28.0%の1,720編しか登録が終わっていない。仮に「分類学的に意味のある文献」の比率が1986年以後も39.4%としても700編の文献が未登録のままという計算になる。仮に全ての文献データを入力したからといって、自然現象を完璧に入力したデータベースであるかといったら、未記載種が存在する以上、永久に未知な状態で中途半端にあると言えよう。このような考えからは何も生み出されないで、どういう制約条件下で、情報が漏れなく含まれているかを常に意識することが重要である。

本稿では、「1985~1986年までに公表された分類学的に意味のある文献については全てのシノニム情報、ならびに2015年3月までに公表された全ての新属・新種」という制約条件下で、データを抽出したり、統計を表示したりした。つまり、現状では、1987年以降の産出報告は知り得ないということである。これまで繰り返し述べてきたように「データベースの検索対象から漏れる情報が何であるか」を具体的に理解していることが、データベースを用いた研究を正しく行うための必須確認事項であると言えよう。

データベースの公開と維持

PaleoTaxの機能を使えば様々なデータを検索でき、坦名タイプ標準画像付きのhtml形式ファイルを生成できる。しかし、坦名タイプ標準画像には著作権があり、全容は公開できないという問題がある。資金援助なしで本データベースの構築作業を進めているため、現在のところ公開にかかる著作権のような様々な問題を解決する余力はない。データの更新作業も個人でできる範囲(時間的にも、予算的にも)は限られているという問題もある。この放散虫シノニム・データベースの入力は単純作業ではなく、分類学的判断を伴うので、アルバイトを雇って作

業させることはできない。このままでは筆者が新規データの更新作業を止めたときに、このデータベースの維持は困難となる。また、入力にPaleoTaxというソフトウェアに依存しているため、OSのバージョンアップによってPaleoTaxが動作しなくなる事態が生じたら、その時点で更新は不可能となる。本稿で紹介した放散虫シノニム・データベースだけでなく、全てのデータベースの維持と恒久の更新のためにも、分類学を行える研究者の育成と、データベースシステムが更新できる体制をつくるのが必須であろう。

謝辞

本データベース構築には、原典論文の蒐集が欠かせなかった。膨大な文献の入手には、相田吉昭博士（宇都宮大）、故桑野幸夫博士（国立科学博物館）、桑原希世子博士（芦屋大）、酒井豊三郎博士（宇都宮大）、八尾昭博士（大阪市立大学）、E. A. Pessagno, Jr. 博士（テキサス大学ダラス校）、オクラホマ州立大学図書館をはじめ、多くの方々にご協力いただきました。また、PaleoTaxの開発者であるH. Löser博士（メキシコ大学）には筆者の要望に応じてPaleoTaxの大小様々な仕様変更をして頂いたうえ、2008年3月には仙台まで来て頂きPaleoTaxの仕様について要望を聞いていただきました。須藤齋博士（名古屋大学）ならびに2名の匿名査読者には建設的なご意見をいただき原稿は改善されました。以上、厚く御礼申し上げます。

文献

相田吉昭・鈴木紀毅・大金 薫・酒井豊三郎, 2009a. 現世および中生代放散虫の両極性分布. 化石, **85**, 25–42.

相田吉昭・鈴木紀毅・大金 薫・酒井豊三郎・谷村好洋, 2009b. ヘッケル放散虫コレクションの調査と再検討. 化石, **85**, 1–2.

Aita, Y., Suzuki, N., Ogane, K., Sakai, T., Lazarus, D., Young, J. and Tanimura, Y., 2009. Haeckel Radiolaria Collection and the H.M.S. Challenger plankton collection. *National Museum of Nature and Science, Monographs*, (40), 35–45.

Cheng, Y., 1986. Taxonomic studies on Upper Paleozoic Radiolaria. *National Museum of Natural Science, Special Publication*, (1), 1–213.

Decelle, J., Suzuki, N., Mahé, F., de Vargas, C. and Not, F., 2012. Molecular phylogeny and morphological evolution of the Acantharia (Radiolaria). *Protist*, **163**, 435–450.

Foreman, H.P., 1978. Mesozoic Radiolaria in the Atlantic Ocean off the northwest Coast of Africa, Deep Sea Drilling Project, Leg 41. In Lancelot, Y., Seibold, E. et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Volume 41*, 739–761. U.S. Government Printing Office, Washington D.C.

Fujikura, K., Lindsay, D., Kitazato, H., Nishida, S. and Shirayama, Y., 2010. Marine biodiversity in Japanese waters. *PLoS ONE*, **5**, e11836, doi:10.1371/journal.pone.0011836.

Haeckel, E., 1887. Report on the Radiolaria collected by H.M.S. Challenger during the years 1873–1876. *Report on the Scientific Results of the Voyage of H.M.S. Challenger during the Years*

1873–1876, *Zoology*, **18**, 1–1803.

Itaki, T., 2009. Late glacial to Holocene Polycystine radiolarians from the Japan Sea. *News of Osaka Micropaleontologists (NOM), Special Volume*, (14), 43–89.

木原 章・Travaglini, A.・Bentivegna, F., 2016. ナポリ臨海実験所標本データベースの分類データベースとしての役割. 化石, **99**, 33–46.

Lazarus, D., Suzuki, N., Caulet, J.P., Nigrini, C., Goll, I., Goll, R., Dolven, J.K., Diver, P. and Sanfilippo, A., 2015. An evaluated list of Cenozoic-Recent radiolarian species names (Polycystinea), based on those used in the DSDP, ODP and IODP deep-sea drilling programs. *Zootaxa*, **3999**, 301–333.

Löser, H., 2004. PaleoTax—a database program for palaeontological data. *Computer and Geosciences*, **30**, 513–521.

Matsuzaki, K.M., Suzuki, N. and Nishi, H., 2015. Middle to Upper Pleistocene polycystine radiolarians from Hole 902-C9001C, northwestern Pacific. *Paleontological Research, supplement*, **19**, 1–77.

Ogane, K., Suzuki, N., Aita, Y., Sakai, T. and Lazarus, D., 2009. Ehrenberg's radiolarian collections from Barbados. *National Museum of Nature and Science, Monographs*, (40), 97–106.

Parona, C.F., 1890. Radiolarie nei noduli selciosi del calcare giurese di Cittigolo presso Laveno. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **9**, 132–175.

Pessagno, E.A.Jr., 1977. Upper Jurassic Radiolaria and radiolarian biostratigraphy of the California Coast Ranges. *Micropaleontology*, **23**, 56–113.

Raup, D.M. and Sepkoski, J.J.Jr., 1982. Mass extinctions in the marine fossil records. *Science*, **215**, 1501–1503.

Sakai, T., Suzuki, N., Ogane, K., Lazarus, D., Breidbach, O. and Bach, T., 2009. Haeckel's Messina radiolarian collection in the Ernst-Haeckel-Haus. *National Museum of Nature and Science, Monographs*, (40), 47–54.

須藤 齋・岩井雅夫・秋葉文雄, 2016. 化石データベースを用いて生物進化を研究する時の注意点. 化石, **99**, 7–14.

Suzuki, N., Kurihara, T. and Matsuoka, A., 2009a. Sporogenesis of an extracellular cell chain from the spheroidal radiolarian host *Haliomilla capillaceum* (Haeckel), Polycystina, Protista. *Marine Micropaleontology*, **72**, 157–164.

Suzuki, N. and Not, F., 2015. Biology and ecology of Radiolaria. In, Ohtsuka, S., Suzaki, T., Horiguchi, T., Suzuki, N. and Not, F., eds., *Marine Protists: Diversity and Dynamics*, 179–222. Springer, Tokyo.

鈴木紀毅・大金 薫・相田吉昭, 2012. 放散虫. 谷村好洋・辻 彰 洋編, 微化石 顕微鏡で見るプランクトン化石の世界, 76–91. 東海大出版会, 泰野.

Suzuki, N., Ogane, K. and Chiba, K., 2009b. Middle to Late Eocene polycystine radiolarians from the Site 1172, Leg 189, Southwest Pacific. *News of Osaka Micropaleontologists (NOM), Special Volume*, (14), 239–296.

Tanimura, Y., Tuji, A., Aita, Y., Suzuki, N., Ogane, K. and Sakai, T., 2009. Joint Haeckel and Ehrenberg Project “Reexamination of the Haeckel and Ehrenberg Microfossil Collections as a Historical and Scientific Legacy”: A summary. *National Museum of Nature and Science Monographs*, (40), 1–5.

Vishnevskaya, V.S. and Kostyuchenko, A.S., 2000. The evolution of radiolarian biodiversity. *Paleontological Journal*, **34**, 124–130.

八尾 昭, 1997. ジュラ紀古一中世放散虫化石群集の変遷. 大阪微化石研究会誌, 特別号, (10), 155–182.

(2015年9月10日受付, 2015年12月14日受理)