

化石研究会50周年に際して創設の頃を振り返る

秋山雅彦*

Retrospective on the early history of the Fossil Research Society of Japan
on the occasion of the 50th anniversary of its foundation

AKIYAMA, Masahiko*

Abstract

The Society was established in 1959 with 86 members belonging to the various fields not only of geology and paleontology but also of anatomy, biology, biochemistry and dentistry and with the intention of studying fossils using biological techniques and methodology. The Society's activities during its early stages are described from the viewpoint of my own personal research history and recent progress in paleobiology, which has outgrown the classical paleontological limits of morphological description and classification, is discussed. Finally some suggestions are made as to how the Society may continue to flourish in the future.

Key words: early history, paleobiochemistry, organic geochemistry, molecular paleontology, paleobiology

1. はじめに

化石研究会は1959年11月4～5日資源科学研究所で開催された設立総会において産声を上げた。当時、東京教育大学の大学院生で新しい古生物学研究を渴望していた私は、86名の賛同会員の一人として加わり、微細構造グループに参加することになった。通称「化石研」とよばれてきたこの研究会の歴史については、すでに他の論説（秋山、2002；Akiyama 2005；化石研究会HP）で解説されているので、ここでは、私の個人史を中心に据えながら当時の化石研究がどのように行なわれていたのか、述べてみたい。

2. 創設期の化石研究会とわたくし

1951年シカゴ大学のH.C.Ureyのグループは酸素同位体の分析から、白亜紀のベレムナイトが生息していた古海水温を推定するという画期的な研究を公表した（Urey *et al.*, 1951）。Ureyは重水素の発見で、1934年にノーベル化学賞を受賞している著名な科学者である。私の在学していた東京教育大学では当時、3年生の必須科目（ゼミナール）で外国語の論文紹介が義務付けられていた。図書室でUreyらの論文を見つけ、

酸素同位体分析から古環境の解析が可能になることに興奮を覚え、この論文を理解すべく努力した。それが刺激となって、大学院では化学の手法を使って、化石の研究を進めたいという希望を強く抱いていた。しかし、当時の日本の大学では、そのような研究は不可能であった。指導教官の薦めもあって、まずはオーソドックスな古生物研究を進めることとして、「ホタテガイの系統進化」をテーマとして取り組むことになった。

Ureyらの論文の共著者の一人であったLowenstam（図1）とは、1977年（賢島）と1990年（小田原）に開催された「石灰化のシンポジウム」、そして1989年のIGC（ワシントンDC）で逢うことになる。

化石の有機物研究の先駆者として、カーネギー研究所のP.H.Abelson博士を挙げることに誰もが異論はないだろう。彼は、1954年にデボン紀をはじめとして各種の化石からアミノ酸を検出し（Abelson, 1954）、新たな研究分野としてのPaleobiochemistry（古生化学）を提唱した（Abelson, 1955）。わが国では、化石研究会誕生の年とその前年に、マンモスゾウの臼歯化石からコラーゲンの発見（Ijiri and Fujiwara,

2009年8月28日受付, 2009年10月31日受理

2009年6月13日, 化石研究会50周年記念総会（鶴見大学）にて講演

*〒005-0040 札幌市南区藻岩下4-5-5 e-mail: mhakiyama@nifty.com



図1 H.A. Lowenstam 博士 (1912~1993) を囲んで、左から島本昌憲・大森昌衛・秋山雅彦・小林巖雄。1990年小田原での第6回国際生鉱物シンポジウム (小林巖雄氏提供)。



図2 東京教育大学の古生化学実験室 (1967年頃)。
化石試料の脱塩のためのカラム、ペーパークロマト法による展開、定量のためのデンストメータなどが見られる。当時の記録写真はこの1枚だけしかない。

1958) とともに、そのコラーゲンが未だに石灰化能を有しているという画期的な研究が公表されている (Ijiri and Fujiwara, 1959)。

化石研の創設時には、大学院博士課程で学位論文「ホタテガイの系統発生の研究」に取り組んでいた私は、化石研究の近代化を目指すという目標に向かって進みたいという希望のもと化石研に参加し、古生化学研究の創設者であった藤原隆代研究室 (資源科学研究所) に通って、ペーパークロマトグラフ法によるアミノ酸分析を学ぶことになった。化石研誕生後間もなく、東京教育大学では大森昌衛研究室に所属する大学院生やポスドクの研究生などが集まって、毎週金曜日に夜遅くまで「化石研ゼミ」と称する勉強会をもった。ポスドクの研究生として正式のポストは得られず、アルバイトによる苦しい生活を余儀なくされながらも、新しい化石研究の手法を取り入れるべく、まっしぐらに突き進んでいた当時が懐かしく思い出される。

大森研究室には電子顕微鏡が設置されるとともに、古生化学実験室 (図2) の設置も実現した。私たちの古生化学実験室では、ペーパークロマトグラフ法による新生代の貝化石中のアミノ酸分析が主流で、1964年になって、化石のアミノ酸分析の第一報が公表されることになる (秋山, 1964)。その後は、アミノ酸の分析は藤原研究室から東京教育大学の大森研究室へとバトンタッチされることになり、藤原博士はゾウ臼歯を構成するアパタイト結晶のX線回折による構造解析へと研究法をシフトしていった (象研研グループ, 1968)。

当時、粘土鉱物学で著名な須藤俊男教授の研究室には、海外から多くの研究者の訪問があった。その頃の

東京教育大学の地質学鉱物学教室の設備は決して立派とはいえなかったものの、来訪者に主だった設備を見学してもらうことが多かった。それらの研究者の中に、Washington 大学 (ミズーリー州 St.Louis) の粘土鉱物学者 W.D.Johns 教授がおられた。堆積岩中の有機物の研究を計画していた Johns 教授は私のアミノ酸研究を覚えておられ、須藤教授を通してポスドクとして研究をしないかという誘いをかけてくれた。1968年に渡米する契機はこのようにして生まれた。

アミノ酸の分析とはいっても、手法は当時の私が手がけていたペーパークロマト法ではなく、ガスクロマトグラフ法 (GC) とのことであった。幸いなことに、京都の島津製作所三条工場で中央研究部主催の「生化学への応用」という GC 講習会が開催されることを知った。早速、申し込みを行い、1968年2月に4日間の講習を受けることができた。この講習会で得た手法が Johns 研究室での「白亜紀の Pierre Shale 中から検出されるアミノ酸」 (Akiyama and Johns, 1972) の研究を可能にした。ここでの研究生生活のスタートがその後の研究に大きな影響を与えてくれることになった。このときの講習会で使われたアミノ酸分析は C.W.Gehrke のテキストがもとになっていた。Washington 大学滞在中に同じ州のコロンビアにある Missouri 大学の Gehrke 教授の研究室を訪ね、直接に GC 分析について教えることができるなど、当初は思いもよらぬことであった。

Johns 教授との契約は1年間であったが、更に半年間の延長が許可された。当時の東京教育大学では、ポストは自転車操業 (出張中の教員を休職とし、そのポストで他の教員を採用) であったため、なるべく長期に海外滞在をせよ、との指示がきていた。そこで、い



図3 Ralph W. G. Wyckoff 教授 (1897~1994) と夫人, 1970年 Arizona 大学のキャンパスにて。

くつかの大学や研究所にポストの獲得のための売り込みの応募をした。幸いなことに当時、化石有機物研究の大御所であった Arizona 大学 (アリゾナ州 Tucson) の R.W.G.Wyckoff 教授 (図3) による化石アミノ酸の研究プロジェクトに1969年10月から参加させてもらえることになった。ここでまた、次の夢が実現することになったわけである。

契約は6ヶ月であったが、1970年8月の帰国まで期間の延長をしてもらった。1972年に出版された Wyckoff 教授の著書 (Wyckoff, 1972) には、化石研究会会誌の創刊号に掲載された日本語の論文 (象研研グループ, 1968) を含め、私の論文8編が引用されている。1960年代の中ごろ東京で開催された「化石の歯のカラーゲン」の講演会で、この著名な研究者の講演を憧れの気持ちで傾聴したことを覚えていたが、数年後にその研究室に滞在する機会に恵まれようとは思っていなかった。9ヶ月という短い期間ではあったが、充実した研究生活を過ごすことができた。滞在中に、彼の文献がファイルされているロッカーを秘書に見せていただいた。そこには、私の論文もきちっとファイルされていたのを発見し、感激したことを覚えている。

比較生化学の権威で、化石の有機物研究を精力的に行っていたベルギーの Liege 大学の M.Florkin 教授とは、1968年来日された機会に会うことができた。彼の著書を化石研究会の有志の会員とともに翻訳・出版することが決まっていたためでもあった。翻訳書は1969年に築地書館から出版された (Florkin, 1969)。

Florkin 教授の在職中には、Liege 大学の研究室訪問は実現しなかったが、1989年に Florkin 教授の後継者でケラチンの研究で著名な Ch. Jeuniaux 教授を訪ね、古生化学の研究者であった Foss-Foucart 博士を含めてセミナーを持つことができた (図4)。また、1997年にはその研究室で招待講演をさせてもらう機会



図4 Ch. Jeuniaux 教授 (～1998) (右から2人目) と M.-F. Voss-Foucart 博士 (右側)、そして3人の研究スタッフ。1989年 Liege 大学にて。

にも恵まれた。化石研創設時から憧れていた研究室での研究交流という願いを実現することができた。

3. 古生化学と有機地球化学

化石のアミノ酸の研究から古生化学という新しい研究分野を提唱したのは Abelson 博士であった。1955年以降、古い岩石からのアミノ酸の検出競争が始まり、ついには35億年前のチャートからもアミノ酸が検出されるようになった。タンパク質を構成するアミノ酸はすべてL型であるが、続成作用のもとでD型への変化が生じ、ついにはラセミ体になることが分かってきた。ラセミ化反応速度を使って、年代測定が可能になるとともに、汚染かどうかを立証する手段にも利用されることになる。化学化石と考えられていた先カンブリア時代のチャート中のアミノ酸がL型から構成されていることが、その研究の火付け役であった Abelson 博士らによって明かにされ、すべて汚染の産物であるとされてしまった (Abelson and Hare, 1969)。そのため、古い地質時代の岩石由来のアミノ酸研究は途絶えてしまうことになる。

P.E. Hare 博士は Carnegie 研究所 Geophysical Lab. でマイクロカラムを使ったアミノ酸自動分析機を開発し、アミノ酸の微量分析を可能にしたことで著名である。1978年には Hare 博士らによって *Advances in Biochemistry of Amino Acids* という会議が開催され、その結果は1980年に単行本として出版されている (Hare *et al.* eds., 1980)。

その会議の直後、Maryland大学のC. Ponnampelum 教授の研究室で、生命の起源に関する研究に携わることになったが、Geophysical Lab. は Maryland 大学から車で30分と近い距離にあったため、何回か彼の研究室を訪ね、議論する機会を持つことができた (図5)。



図5 アミノ酸分析に関して討議する P.E.Hare 博士 (右), C. Ponnamperna 教授(1923~1994)と2人の大学院生。1978年 Carnegie Institute の Geophysical Lab.にて。

私が Johns 教授のもとで研究を進めていた時期に、当時米国 NASA のエームズ研究センターで Appoll11 によって採取された月の土壌の主席研究者として知られていた Ponnamperna 博士のもとにポストクの研究員としての売込みを図った。この計画は実現しなかったが、1970年に Wyckoff 教授の研究室から帰国する際に、その研究センターを見学させてもらうことができた。Ponnamperna 教授は翌年1971年には Maryland 大学へ移り、同大学化学部に Laboratory of Chemical Evolution を設置した。Oparin Gold Medal 第1号の荣誉に輝き、国際誌 *Origin of Life* の編集長として国際的にもその名は高かった。1977年に京都で生命の起源の国際会議が開催された折に、彼の研究室に所属していた下山 晃博士のお世話でゆっくり会談することができ、それが契機となって Ponnamperna 教授の研究室で先カンブリア時代のアミノ酸研究が実現することになった。チャートのような岩石中のアミノ酸はラセミ化反応速度がきわめて小さいことを加熱実験で明かにし、その結果をもとに先カンブリア時代のように古い地質年代の岩石であっても、チャート中では化石アミノ酸が残されている可能性を明らかにすることができた (Akiyama *et al.*, 1982)。これは Abelson and Hare (1969) の研究に対するアンチテーゼである。

ところで、1969年になると M. Calvin 教授は、堆積岩から抽出される有機化合物をもとに、分子レベルで古生物学の研究という意味から、分子古生物学 (Molecular Paleontology) という分野を提唱した (Calvin, 1970)。そこでは堆積岩中に比較的多量に含まれ、そして安定性の高い炭化水素分子が主たる研究対象とされている。27億年前の堆積岩から 2-methylhopane や C28-C30sterane などの分子化石が検出され、光合成生物や真核生物の存在が立証され

た。このような生物進化研究への貢献は、まさに有機地球化学からの成果といえよう。

堆積岩の有機物は石油地質学への貢献という側面をもつことから、その研究は有機地球化学として大きく発展することになる。Abelson (1963) によって石油のケロジェン成因説が復活し、その後 Tissot *et al.* (1971) による有機地球化学的研究からケロジェン成因説が確固たる地位を占めることになる。その後の分析機器のめざましい発展に支えられ、有機地球化学は大きく発展することになった。

海外では1977年に国際誌 *Organic Geochemistry* が刊行された。しかし、わが国ではそれより早く、1972年に有機地球化学談話会が結成され、その後は有機地球化学研究会そして日本有機地球化学会へと発展し今日に至っている。学会の会員数は170名で化石研よりも規模は小さいものの、そのうち学生会員が45名という構成から考えると、これからの一層の発展の可能性が大きい。

4. 分子古生物学

それでは、生物体を構成する重要な分子である DNA やタンパク質の研究はどのような発展を遂げてきたであろうか。分子古生物学についてはすでに、遠藤 (1991) の詳細で適切な論説が公表されているので、それを参照していただくとし、その後の発展についてふれてみたい。

1990年には米国の中新世 *Clarkia* 植物群のモクレンの葉化石から820塩基対からなる DNA が検出されたという驚くべき論文 (Golenberg *et al.*, 1990) が公表された。タンパク質よりも更に安定性の低いとされる DNA が1000万年以上も古い地層に保存されているなどとは予想もできないことであった。極微量の DNA 分子をもとに分析にかかる量にまで人工的に増幅させる PCR 法を利用した研究であった。ところが、残念ながら、だれもその追試には成功していない。

その後、アミノ酸の中でも特にラセミ化反応速度の大きなアスパラギン酸の D/L 値が0.08以上の試料では、DNA は分解してしまうことが明らかにされ、*Clarkia* 植物群の場合はアスパラギン酸の D/L 値から化石 DNA が検出されるはずはない、と否定されてしまった (Poinar *et al.*, 1996)。残念ながら、この画期的な研究は否定されたが、次の研究へのステップとして重要な役割を果たしたものと、私は評価している。

還元環境の泥岩中に安定に保存されていた *Clarkia* 植物群であっても、化石 DNA の存在は否定されてしまったが、その後、コハクという特殊な保存条件では DNA や RNA は安定に保存されていたことが分かってきた。白亜紀のコハク中のゾウムシからリボゾーム

RNAの350塩基対 (Cano *et al.*, 1993) が検出されたことで、分子古生物学の新たな期待が浮上することになる。コハクの中ではDNAの分解とアスパラギン酸のラセミ化反応の速度は同一で、白亜紀から1億3000万年もの間、安定に保存されることが立証された (Bada *et al.*, 1994)。

次に、ごく最近の話題となった分子古生物学の研究についてもふれておきたい。それは恐竜の骨化石 (*Brachilophosaurus*) から骨細胞が発見され、その化石の Tandem Mass Spectrometer (LC/MS/MS) 分析によってハイドロキシプロリンを含むペプチドが検出されたという研究である。そして、このペプチドがコラーゲン $\alpha 1$ 化石分子に由来するという (Schweitzer *et al.*, 2009)。Schweitzer *et al.* (2007) はすでに *Tyrannosaurus rex* の骨からコラーゲンを検出、という論文を公表していた。彼らは恐竜の骨から化石分子検出の研究に執念を燃やし続けている。

Poinar *et al.* (1996) は *Tyrannosaurus rex* の骨からアミノ酸を検出しているが、ラセミ化の程度はアスパラギン酸よりも安定性の高いアラニンの方が大きいという。したがって、その標本では汚染の可能性が高い。しかし、Schweitzer *et al.* (2007) が取り扱った試料とは同一の化石ではないことから、それらの結果を同一視することはできない。確かに Schweitzer *et al.* (2009) の研究では、分析上の問題は皆無であるが、なぜ白亜紀のように古い化石骨にコラーゲン由来のペプチドが保存されていたのであろうか。その理由が明らかにならないと、地層に埋没している間の汚染 (Geological contamination) の可能性を捨て切れない。

5. 化石研究会と古生物科学

創設当初の化石研には、古生態・微細構造・進化の3つの研究グループがつくられ、会員は必ずいずれかのグループに属して研究を進めることが課せられた。研究会の目的は研究活動だけに閉じて、研究以外の普及・条件づくりといった活動はしないことになっていた。化石の研究法などの著書の出版は普及のためではなく、近代的な研究手法が化石の研究にどのように適用されてきたかという、研究法の総括であり、次の研究発展の糧にするための著作であった。また、次世代の研究者への指導や研究条件の獲得などは、化石研究会の組織活動で取り組んだものではなかった。

化石の研究法 (化石研究会編, 1971) は41名の執筆者によって執筆された著作である。2000年版の化石の研究法 (化石研究会編, 2000) では30年の進歩を踏まえて完全に新しい内容となって登場している。執筆者

は83名を数えるが、旧版と重複している執筆者は7名に過ぎず、年代の経過を感じざるを得ない。

化石研も1983年の総会で研究会組織 (Fossil Club) から学会組織 (Fossil Research Society of Japan) へと発展することになった。会員構成も創設当時には古生物学や地質学の研究者とともに、歯学・水産学・動物学・生化学・微生物学などの多くの研究者が会員として加わっていた。しかし、現在200名を超す会員の構成は、創設当初とは違って、ほとんどが古生物学・地質学の会員で占められている。会員構成が変化し、学会組織とはなったものの、研究会の目的は大きくは変更されていない。学会としての普及活動、条件づくりなどの多面的な活動は必要ないと考えてよいのか。明確にしておく必要があろう。

近代的な科学の手法を導入して発展を目指した古生物学は古生物科学 (Paleobiology) というネーミングが相応しいと考えられる。すでに1938年には歯学・生物学の手法を取り入れ、デスモスチルスの研究で成果を挙げていた井尻 (1937a, b) はまさに古生物科学の創始者といえよう。井尻 (1961) は、「化石の記載や分類は古生物学の大切な基礎となっている。そして、このこと自体については、誰も異存がないであろう」とし、古生物学の近代化については、「ごく要約していえば、古生物を現代生物学の研究手段で研究すること」と述べている。

化石を生物学として取り扱う Paleobiology は国際的にも認知され、1975年から Paleobiology という名称の国際誌が米国 Paleontological Society から出版され、2009年には35巻が出版されている。Palaeobiology-A Synthesis という単行本は1990年の出版である (Briggs and Crowther eds., 1990)。化石の分類・記載を超えて、過去の生物の進化・生態・タフノミーのすぐれた話題が網羅され、120人の執筆者によって書かれている。まさに、当時の古生物科学研究の集大成であったといえよう。このような中で、化石研の先見性は大いに評価されるべき、と考えている。

有機地球化学からの古生物科学への貢献も大きい。かつて、私は化石有機物を対象とする分野を有機地質学として、その研究の重要性を指摘した (秋山, 1995)。最近になって、有機地球化学研究の大御所であった、英国 Bristol 大学の G. Eglinton がフィクション作家らと共著で有機地球化学からの古生物研究についての著書を出版している (Gaines *et al.*, 2009)。その著書のキーワードとしては、生命の起源・石油バイオマーカー・分子古生物学・古環境解析などの語を挙げることができる。古生化学から追求する古生物科学を有機地球化学的手法で捉えている著作としては注目に値する、と考えている。

6. おわりに

今回、化石研究会50周年記念の特別講演者の一人として指名されたのは、誠に光栄であった。化石研が他の学会と異なって存在する意義は何処にあるのか、再考する時期に来ているように思えてならなかった。しかし、今回の記念総会での講演内容を聞き、会員による研究の著しい進歩に驚かされるとともに、今回のシンポジウムで示されたラインに沿って研究発展させることが、取りも直さず化石研究会の存在意義であると感じられるようになった。

敢えて指摘させていただくとすれば、今後の改善点は会誌の在り方にある。年会費4000円という今の学会では、会誌の発行頻度を増やすわけにはいかないだろう。だとすれば、編集での工夫でこの問題を克服する必要がある。最近の他学会の活動を見ると、インターネットの活用が活発に行われている。会誌の記事は総説と原著論文に限定し、書評・ニュースなどはホームページに譲ることにしたら如何であろう。最新のトピックスや研究上の討論などはホームページ上で行なえるのではなからうか。「地球温暖化」についてのホットな議論で成功しているエネルギー資源学会や科学のホットなニュースの解説とそれへのコメントの掲載を行なっている AAAS の ScienceNOW Weekly Email Alert などが、そのための参考になるだろう。

最後に、化石研究会の更なる発展を願って筆を擱くことにしたい。

謝辞

東京教育大学入学当初からの長友である赤木三郎氏には、粗稿を読んでもいただき数々の指摘や助言を頂いた。査読の労をとって下さった小林巖雄・神谷英利の両氏からは貴重な指摘を頂いた。また、英文要旨は英国 Sheffield 大学の Martin A. Whyte 氏の校閲を受けた。以上の方々に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- Abelson, P.H. (1954) Organic constituents of fossils. *Carnegie Inst. Year Book* **53**, 97-101.
- Abelson, P.H. (1955) Organic constituents of fossils. *Carnegie Inst. Year Book* **54**, 107-109.
- Abelson, P.H. (1963) Organic geochemistry and the formation of petroleum. *6th World Petroleum Congress, Proceedings*, Frankfurt/Main, Germany, Sec.I, 397-407.
- Abelson, P.H. and Hare, P.E. (1969) Contamination of Precambrian amino acids from the Gunflint chert. *Carnegie Inst. Year Book* **67**, 208-210.
- 秋山雅彦 (1964) 化石ホタテガイ属の殻にふくまれる
アミノ酸の定量分析. 地質学雑誌 **70**, 508-516.
- 秋山雅彦 (1995) よみがえる分子化石—有機地質学への招待. 共立出版, 東京, 120頁.
- Akiyama, M. and Johns, W.D. (1972) Amino acids in the Cretaceous Pierre shale of eastern Wyoming, North America. *Pacific Geology* **4**, 79-89.
- 秋山雅彦 (2002) 古生化学と有機地球化学の半世紀. 地質学史懇話会会報19号, 11-15.
- Akiyama, M. (2005) A historical view of the Fossil Club to the Fossil Research Society of Japan. *Jour. Fossil Res.* **38**, 135-140.
- Akiyama, M., Shimoyama, A. and Ponnamperna, C. (1982) Amino acids from the Late Precambrian Thule Group, Greenland. *Origin of Life* **12**, 215-227.
- Bada, J.L., Wang X.S., Poinar, H.N., Paabo, S. and Poinar G.O. (1994) Amino acid racemization in amber-entombed insects: Implications for DNA preservation. *Geochim. Cosmochim. Acta* **58**, 3131-3135.
- Briggs, D.E.G. and Crowther, P.R. (1990) *Palaeobiology - A Synthesis*. Blackwell Scientific Publications, 583 pp.
- Calvin, M. (江上不二夫ほか訳) (1970) 化学進化. 東京化学同人, 東京, 323頁.
- Cano, R.J., Poinar, H.N., Pieniazek, N.J., Acra, A. and Poinar, G.O. (1993) Amplification and sequencing of DNA from a 120-135-million-year-old weevil. *Nature* **363**, 536-538.
- 遠藤一佳 (1991) 分子古生物学の現状と展望. 化石 51号, 24-45.
- Florkin, M. (江上不二夫監訳) (1969) 分子からみた生物進化. 築地書館, 東京, 201頁.
- Golenberg, E.M., Giannasi, D.E., Clegg, M.T., Smiley, C.J., Durbin, M., Henderson, D. and Zurawski, G. (1990) Chloroplast DNA sequence from a Miocene *Magnolia* species. *Nature* **344**, 656-658.
- Gaines, S.M., Eglinton, G. and Rullkoetter, J. (2009) *Echoes of Life - What Fossil Molecules Reveal about Earth History*. Oxford Univ. Press, New York, 355 pp.
- Hare, P.E., Hoering, T.C. and King, Jr., K. eds. (1980) *Biogeochemistry of Amino Acids*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 558pp.
- 井尻正二 (1937a) 古生物学における歯式の問題 新たに得られた *Desmostylus Japonicus* の Zahnkeim M の分類記載を中心にして. 地質雑誌 **44**, 837-856.
- 井尻正二 (1937b) *Desmostylus japonicus* において発見された新歯牙発生組織 歯嚢骨 (Os sacchli

- dentis). 地質雑 44, 1177-1193.
- 井尻正二 (1961) 古生物学の進路について—とくに、地質学の近代化について—. 地質学の諸問題, 日本地質学会, 40-46.
- Ijiri, S. and Fujiwara, T. (1958) Organic constituents of the fossil teeth in the order Proboscidea. *Proc. Jap. Acad.* **34**, 280-287.
- Ijiri, S. and Fujiwara, T. (1959) Experiment of calcification by organic substance in some fossil teeth. *Proc. Jap. Acad.* **35**, 469-471.
- 化石研究会 (HP) : <http://www.soc.nii.ac.jp/frsj/history.html>
- 化石研究会編 (1971) 化石の研究法. 共立出版, 東京, 710頁.
- 化石研究会編 (2000) 化石の研究法 採集から最新の解析法まで. 共立出版, 東京, 388頁.
- Poinar, H.N., Hoess, M., Bada, J.L. and Paabo, S. (1996) Amino acid racemization and the preservation of ancient DNA. *Science* **272**, 863-866.
- Schweitzer, M.H., Suo, Z., Avci, R., Asara, J.M., Allen, M.A., Arce, F.T. and Homer, J.R. (2007) Analyses of soft tissue from *Tyrannosaurus rex* suggest the presence of protein. *Science* **316**, 277-280.
- Schweitzer, M.H., Zheng, W., Organ, C.L., Avci, R., Suo, Z., Freimark, L.M., Lebleu, V.S., Duncan, M.B., Heiden, M.G.V., Neveu, J.M., Lane, W.S., Cottrell, J. S., Homer, J.R., Cantley, L.C., Kalluri, R. and Asara, J.M. (2009) Biomolecular characterization and protein sequences of the Campanian Hadrosaur *B. canadensis*. *Science* **324**, 626-631.
- Tissot, B.P., Calfet-Debyser, Y., Dero, G. and Oudin, J. L (1971) Origin and evolution of hydrocarbons in Early Toarcian shales, Paris basin, France. *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Bull.* **55**, 2177-2193.
- Urey, H.C., Lowenstam, H.A., Epstein, S. and McKinney, C.R. (1951) Measurement of paleotemperatures and temperatures of the Upper Cretaceous of England, Denmark, and the Southeastern United States. *Bull. Geol. Soc. Amer.* **62**, 399-416.
- Wyckoff, R. W. G. (1972) *The Biochemistry of Animal Fossils*. Sciencetechnica (Publishers) LTD., Bristol, England, 152pp.
- 象団研グループ (1968) ナウマン象 (*Elephas naumanni* Makiyama) の歯牙の組織学的・生化学的研究 (その1). 化石研究会会誌 1号, 35-75.