

# 東邦大学審査学位論文(博士)の要旨

# サラサエビ科エビ類(甲殻亜門:軟甲綱:十脚目)の分類学的研究

千葉県立中央博物館 分館海の博物館 奥野淳兒

## 1 背景と目的

サラサエビ科は十脚目コエビ下目のエビ類で、これまでに 2 属 24 種が記載されており、その多くは地中海を除く世界中の熱帯と暖温帯の浅海岩礁に生息するが、4 種は西部太平洋の深海域に分布する。日中は岩の亀裂内や海底洞窟などに潜み、夜間岩の表面で摂餌する生態を示す。本科の分類学的研究は、H. Milne Edwards (1837) が *Rhynchocinetes typus* を新種記載したことに始まり、その後 Gordon (1936) が本科の初めての分類学的再検討を行ったが、その時に認められたのは 1 属 6 種にすぎない。最初の発見から約 100 年を経てもわずか 6 種しか記載されなかったのは、本科エビ類の標本が磯採集や漁具、ドレッジなどの調査機器では容易に収集できないためである。しなしながら、1970 年代以降、スクーバ潜水が海洋生物の採集に導入されるようになり、従来の方法では標本を入手し難かった浅海性生物の分類学的研究が飛躍的に伸びた。本科においても、潜水採集された標本に基づき新種として記載されたものがこの 30 年間だけで 11 種に達し、従来考えられていたよりも多くの種が浅海域に存在することが明らかになった。

コエビ下目各科の類縁関係を形態情報に基づいて類推した研究によれば、サラサエビ科は浅海域に適応した分類群であるにもかかわらず、深海性のミカワエビ科やイトアシエビ科などとともに入アシエビ上科に含まれる (Chace, 1992)。また、近年の分子系統解析によれば、サラサエビ科は浅海域で同所的に生息するテナガエビ科やモエビ科などで構成されるクラスターには属さず、ミカワエビ科やイトアシエビ科、ヒオドシエビ科、オハラエビ科といった深海性エビ類からなるクラスターに含まれる (Li *et al.*, 2011)。

サラサエビ科は今日までに 2 属 24 種しか知られていない小群であるが、地理的分布範囲は上述のようにほぼ全世界に広がり、しかも 2 属間で分布パターンに相違が認められる。すなわち、アカモンサラサエビ属では、インド・太平洋ばかりでなく大西洋の熱帯浅海域にも分布するが、サラサエビ属ではインド・太平洋だけに分布し、各地の非熱帯浅海域に固有種が見られ、深海種も知られる。このように本科は汎世界的に分布するため、科という高次階級に位置付けられる分類群内のすべての既知種を直接比較して系統進化の全体像を把握できる可能性が高い。これが実現すれば、生物学の基盤となる形態学的研究の分野では、十脚甲殻類を通じて初となる。さらに、本科エビ類には化石記録が見られないため、現生種の分布パターンを明確にすることが、本科の起源や種分化の過程を推定するための大きな手がかりとなる。

以上のように、サラサエビ科は小群であることから地球規模での比較形態学によって形態形質に基づく種を正確に同定できるという利点を持つ。そのため、各種の正確な分布範囲を生物地理学的に検討して種分化プロセスを推察するモデルとして最適である。本研究で

は本科を対象とし、全既知種の標本調査に基づいて種や属の標徴形質の再評価などの分類学的再検討を徹底して行い、種多様性の全貌を把握し、分類体系を全面的に再検討することを第一の目的とする。さらに、これによって詳細に把握された属や種の分布パターンとユースタティック運動などの地学的イベントとを併せて総合的に議論することによって本科の起源と種分化の経路を推定し、浅海性生物の系統進化学の進展に貢献したい。

## 2 材料および方法

日本沿岸産標本は、潮間帯での徒歩および浅海でのスクーバ潜水によって収集した。担名タイプ標本を含む多数の海外産標本は、ビショップ博物館(ハワイ)、国立台湾海洋大学附属博物館、ラッフルズ博物館(シンガポール)、オーストラリア博物館を訪れて調査した。さらに、フランス国立自然史博物館、オランダ国立自然史博物館、スミソニアン博物館、オーストラリアのノーザンテリトリー博物館、クイーンズランド博物館、南オーストラリア博物館、ニュージーランド自然史博物館など計 12 館から標本を借用して精査した。

標本の調査には実体顕微鏡を使用し、形態形質の不連続性に基づき種を認識した。さらに各種の形質の共有状態から、属、亜科の高次分類群を認めた。

本論文では、国際動物命名規約第 4 版条 8.2 により、新タクソン設立その他の新しい命名法的行為を棄権する。これにともない、新亜科を Subfamily A、3 つの新属を *Aus*、*Bus* ならびに *Cus*、3 新種を *Bus* spp. 1~3 として扱った。

## 3 結果

形態学的検討に基づき、サラサエビ科は以下の 2 亜科 5 属 27 種で構成されることが分かった。科を 2 亜科に二分する体系は本研究で初めて採用されたもので、そのうちのひとつは新亜科である。さらに、3 新属と 3 新種が含まれる。

Family Rhynchocinetidae Ortmann, 1890 サラサエビ科

Subfamily A subfam. nov. アカモンサラサエビ亜科(仮称)

Genus *Cinetorhynchus* Holthuis, 1995 アカモンサラサエビ属(10 種)

Genus *Aus* gen. nov. サンゴサラサエビ属(仮称)(1 種)

Subfamily Rhynchocinetinae Ortmann, 1890 サラサエビ亜科

Genus *Rhynchocinetes* H. Milne Edwards, 1837 和名未提唱(1 種)

Genus *Bus* gen. nov. サラサエビ属(14 種)

Genus *Cus* gen. nov. 和名未提唱(1 種)

## 4 考察

### 新亜科、新属、新種の設立を含む新分類体系の提唱

本科のすべての既知種標本を調査した結果、額角と頭胸甲が関節によって連結、頭胸甲や腹節、第 2 触角柄部に細かい溝が横走、第 1 および第 2 胸脚は鉗脚を呈し、それぞれの

腕節は分節せず、第 1 胸脚は第 2 胸脚よりも頑強、などの形質を共有し、形態的にはコエビ下目の中でよくまとまった群を形成している。それを裏打ちするように、近年のコエビ下目各科レベルでの分子系統解析では、本科の単系統性が強く示唆されている (Bracken *et al.*, 2009; Li *et al.*, 2011)。

本研究では、形態形質に基づき、サラサエビ科に以下のような新たな分類群を認める。

*Aus* gen. nov.: 従来 *Cinetorhynchus* に含まれていた *C. hendersoni* (Kemp, 1925) は、第 1 および第 3 胸脚の基節に角質突起を有する。これは本科全体の中で特異な形質であることから、*C. hendersoni* に対して新属 *Aus* を創設する。これによって狭義の *Cinetorhynchus* には残りの 10 種が含まれる。

*Bus* gen. nov.: *Rhynchoicnetes* を構成していた既知種 13 種のうち、*Rhynchocinetes* のタイプ種である *R. typus* は、頭胸甲の剛毛の有無、胸節の構造、第 1 胸脚腕節の構造、第 1 腹肢内肢の形態、第 2 腹肢の内突起と雄性突起の長さなどの相違によって、従来 *Rhynchocinetes* に含まれてきた 11 種とは明瞭に異なる。特に胸節の構造は本種のこれまでの研究で調べられてこなかったが、コエビ下目の他科では属の特徴形質となるものである。従って、これら 11 種に対して新属 *Bus* を創設し、狭義の *Rhynchocinetes* は *R. typus* のみを含む単型属として再定義する。

*Cus* gen. nov.: *Rhynchocinetes ikatere* Yaldwyn, 1971 に見られる眼上棘が鈍く瘤状、触角上棘が眼窩腹縁の先端に直結、という形態形質は、*Rhynchoicnetes* および *Bus* とは属レベルで異なる標徴と判断される。従って本種に対して新属 *Cus* を創設する。

*Bus* spp. nov. 1–3.: *Bus balssi* (Gordon, 1936) は、第 3 顎脚と第 1 胸脚だけに関節鰓があるという形態的特徴を持ち、原記載以降詳細な記載がなされていなかった。本研究でこの鰓式を持つ標本を精査したところ、真の *B. balssi* はチリ沖からニュージーランドまでの太平洋南東部に分布し、他の水域で採集されたものは以下の 3 未記載種であることが明らかになった。*Bus* sp. 1 は、小笠原諸島を含むインド・西太平洋熱帯域に広く分布する; *Bus* sp. 2 は、New South Wales からタスマニアにかけてのオーストラリア南東部に分布する固有種である; *Bus* sp. 3 は、オーストラリア東岸沖にあるノーフォーク島とロードハウ島だけから知られている。

Subfamily A subfam. nov.: これまでに広義の *Rhynchocinetes* と *Cinetorhynchus* の 2 属を区別する標徴とされていた、額角と頭胸甲をつなぐ関節の発達状態、頭胸甲背中線上の棘数、眼上棘の有無、ならびに歩脚の座節と長節の棘列の数といった識別形質は、それぞれの属から新属が独立したことにより、より高次分類群における相違点となった。従って、本研究では 2 属を亜科レベルに昇格させ、名義タイプ亜科の *Rhynchocinetinae* と新亜科 Subfamily A を認める。

## 生物地理学的考察に基づく系統進化仮説

本科現生種の分布パターンを見ると、アカモンサラサエビ亜科はインド・太平洋と大西洋に

分布し、熱帯域に広く分布する種が多く含まれる。一方、サラサエビ亜科はインド・太平洋にしか分布せず、オーストラリア南部や日本から台湾までの北西太平洋、ペルー・チリ沿岸、ハワイ、紅海などの非熱帯域に固有種が認められており、インド・西太平洋熱帯域に広く分布するのはわずか3種である。これらの分布パターンから、以下のように本科の起源と種分化についての仮説を初めて提唱する。

上述のとおり本科は深海種によって構成される別科と近縁の分類群であるが、浅海に種数、個体数が多産することから、その起源は浅海性生物の種分化が活発に行われていたと考えられるテチス海であり、始新世中期(4500万年前)から中新世中期(1500万年前)の間に出現したものと推察される。アカモンサラサエビ亜科はインド・太平洋と大西洋に共通するが、このような分布パターンを示す汎熱帯性浅海生物は一般にテチス海の遺存分類群と考えられるからである。本亜科では多くの種が海底洞窟などに隠蔽するが、これは幾多の地質学的変動にも影響されることなく、両大洋にまたがって今日まで存続してきたものと思われる。

他方、サラサエビ亜科は、現生種の種多様性が温帯域において高いことから判断して、祖先種の一部がテチス海からアフリカ大陸に沿って南下し、オーストラリア南部の冷温帯域に侵入し、鮮新世後期(300万年前)以降に盛んに種分化したものと推察される。これは、本亜科現生種の多様性および形質の異質性が最も高いオーストラリア南部冷温帯域をその種分化の中心と推定し、また、本亜科現生種が大西洋に分布していないことから、種分化が始まったのはインド・太平洋と大西洋を分断する最新の障壁であるパナマ地峡が形成された後とするのが妥当と考えるからである。パナマ地峡の成立以降、3万年～1万年前までの間の最終氷期最盛期には海水面が現在よりも140mほど下降して低緯度地方も現在の温帯域に近い海水温となったとされるので、この期間に分化の中心であるオーストラリア南部から各地に拡散したものと推察される。なお、4種の深海性種は海面上昇以降も浅海域に戻らず、海面上昇前の生息場所にそのまま残留した結果深海性種となったものと推察され、また熱帯性3種は海面上昇後に新たに熱帯域に進出して分布域を広げた本亜科では異端的な種と見なしうる。

論文審査の要旨及び審査結果の要旨

年入学	研究分野 理学	氏名 奥野淳兒
審査委員	(主査) 西川輝昭 (副査) 宮地和幸 (副査) 久保田宗一郎 (副査) 武田正倫	
(論文題目) A Taxonomic Revision on the family Rhynchocinetidae of the World (Crustacea: Decapoda: Caridea) (サラサエビ科エビ類 (甲殻亜門: 軟甲綱: 十脚目) の分類学的研究)		
(論文審査の要旨及び審査結果の要旨) 本論文は、サラサエビ科 Rhynchocinetidae (節足動物門・甲殻綱・十脚目・コエビ下目) の分類学的再検討を網羅的に行った結果をまとめて新たな分類体系を提唱するとともに、本科の起源と系統進化の過程を考察したものである。 本科は、ほぼ全世界の熱帯・亜熱帯のおもに浅海岩礁域に生息する。形態的によくまとまった群であり、また近年なされた初歩的分子系統解析によっても本科の単系統性がよく支持されている。奥野氏は本科で既知の 2 属 24 種のすべてについて、博物館等に保管されている担名タイプ標本を含む多数の標本の形態を実際に精査して細かく比較検討するとともに、新たに採集された資料を調査した。その結果の概要は以下のとおりである。 アカモンサラサエビ属 <i>Cinetorhynchus</i> の既知 11 種のうち <i>C. hendersoni</i> (Kemp, 1925) を、その形態的特異性から新属 <i>Aus</i> (和名: サンゴサラサエビ属、仮称) に移行させた。また、 <i>Rhynchocinetes</i> を構成していた既知 13 種のうち、本属のタイプ種である <i>R. typus</i> は胸節の構造などの相違により、また <i>R. ikatere</i> は頭胸甲の眼窩に見られるユニークな特徴により、それぞれ同属他種と顕著に異なっていることから、属を分けるのが妥当と判断した。その結果、 <i>Rhynchocinetes</i> には <i>R. typus</i> のみを残して本属を再定義するとともに、 <i>R. ikatere</i> に対して新属 <i>Cus</i> 、残りの 11 種に対して新属 <i>Bus</i> (和名: サラサエビ属) を設立した。さらに、 <i>Bus</i> のうち、チリ沖からニュージーランドまでの太平洋南東部に分布する <i>B. balssi</i> と鰓式が一致する 3 未記載種を発見し、新種として記載した。これらの結果、本科が 5 属を含むことになったので、額角と頭胸甲をつなぐ関節の発達状態などにおける明瞭な差異に基づいて、これらを 2 亜科にまとめる体系が適切と判断し、1 新亜科を提唱した。 こうして、新しく設立された 1 亜科、3 属、3 種を含め、2 亜科 5 属 27 種からなる新しい分類体系を以下のように提唱した (新学名は動物命名法上の配慮		

から仮称で表記)。

Family Rhynchocinetidae Ortmann, 1890 サラサエビ科

Subfamily A subfam. nov. アカモンサラサエビ亜科 (仮称)

Genus *Cinetorhynchus* Holthuis, 1995 アカモンサラサエビ属 (10 種)

Genus *Aus* gen. nov. サンゴサラサエビ属 (仮称) (1 種)

Subfamily Rhynchocinetinae Ortmann, 1890 サラサエビ亜科 (仮称)

Genus *Rhynchocinetes* H. Milne Edwards, 1837 和名未提唱 (1 種)

Genus *Bus* gen. nov. サラサエビ属 (14 種、3 新種含む)

Genus *Cus* gen. nov. 和名未提唱 (1 種)

本科の化石は未発見であり、分子系統解析もまだ行われていない。奥野氏は、本科の起源と系統進化の過程を、上記の新分類体系にもとづく現生種の分布パターンを解析して、次のような仮説にまとめた。すなわち、本科の起源を、浅海性生物の種分化が活発だったとされる始新世中期 (4500 万年前) から中新世中期 (1500 万年前) のテチス海とした。これは、アカモンサラサエビ亜科のようにインド・太平洋と大西洋にまたがって熱帯浅海域に広く分布しているパターンは一般に、テチス海の遺存分類群と考えられているからである。他方、サラサエビ亜科では現生種が大西洋に分布していないことから、種分化が始まったのはインド・太平洋と大西洋を分断する最新の障壁であるパナマ地峡の形成後と推定した。さらに、本亜科現生種の多様性および形質の異質性が最も高いオーストラリア南部冷温帯域を、種分化の中心と推定した。そして、パナマ地峡形成後、サラサエビ亜科現生種の最も新しい共通祖先は、今から 3 万年~1 万年前の最終氷期最盛期、海水面が現在よりも 140m ほど下降して低緯度地方も現在の温帯域に近い海水温となったとされるこの時期に、分化の中心であるオーストラリア南部海域からインド・太平洋に広く分散したものと推測した。

本論文は、十脚目として初めて科レベルで網羅的な分類学的整理改訂を行なったもので、その形態的多様性の全貌を詳細に明らかにした成果は高く評価できる。さらに、近年の分子系統解析の結果によれば、本科はコエビ下目としては唯一、深海性のいくつかの科と近縁とされるなど、興味深い系統進化的位置にあることが示唆されている。したがって、精緻な形態解析に基づく新たな分類体系に依拠し、現生種の分布パターンを網羅的に解析して導いた本論文の系統仮説は、十脚目コエビ下目全体の系統進化過程解明に大きく貢献するものである。今後の分子系統解析による検証が待たれる。

以上から、審査委員は一致して、本論文が本研究科の学位 (博士 (理学)) を授与するのに十分な内容をもつものと認め、論文審査に合格と判定した。