

ペルーの温泉から新種のヨコエビを発見

New Species of hyalellid amphipod from an ancient hot spring in Peru

広島大学教育学部・大学院人間社会科学研究所 富川 光 (Tomikawa, Ko)

ヨコエビという生き物をご存知だろうか。多くの方は名前も聞いたことがないかもしれない。エビヤカニ、ミジンコなどと同じ甲殻類に分類されるが、彼らとは違いヨコエビは一般的にはマイナーな動物である。しかし、生態系では重要な役割を果たすなど、じつは人間生活を支える縁の下の力持ちのような存在なのである。ヨコエビは基本的に冷水性の分類群であるため、高温環境にはほとんどみられない。ところが最近、私たちの研究グループは水温50℃を超える高温に生息するヨコエビを新種として発表した。本稿では、この興味深いヨコエビについて紹介したい。

ヨコエビとは

ヨコエビは名前に「エビ」と付けられているが、じつはエビとはあまり近縁ではなく、ダンゴムシやワラジムシなどに近いなかまである。体の左右どちらかを下にして水底などを素早く移動する姿からヨコエビとよばれるようになったようだ(富川2023)。

一般的にはあまり馴染みがなさそうなヨコエビであるが、生態系では動植物の枯死体などを食べる分解者として重要な役割を果たしている。また、サケやマス、ヒラメやタイなど水産上重要な魚類の餌生物としても欠かせない存在である。つまり、私たちの食卓はヨコエビに支えられているといっても過言ではないのである。

ヨコエビは、これまでに世界で1万種以上が知られている。これはエビヤカニなどが含まれる十脚類に匹敵する種数である。このことから、ヨコエビが大きな分類群であることがお分かりいただけるだろう。日本からは約400種が報告されている(Tomikawa 2017)。しかし、日本におけるヨコエビの分類学的

研究は不十分であり、未発見の種が多く残されていると考えられている。調査が進めば日本産種は1,000種を超えると思われている(石丸2001)。

ヨコエビはどこに生息しているのだろうか。ヨコエビの種多様性が最も高いのは海域である。浅海から深海まで、幅広い深度に適応した多様な種がみられる。マリアナ海溝のような水深1万メートルを超える深さにまで出現するから驚きである。河口などに形成される汽水域から河川の中・上流、湖沼などの淡水域にも多くの種が出現する。洞窟などには暗黒環境に適応して眼や体の色素が退化した地下水性種がみられる。さらに乾燥耐性を獲得することで陸域に進出したグループもある。このように地球上のあらゆる環境に適応し繁栄しているヨコエビであるが、基本的に冷涼な環境を好む分類群である。寒さにはめっぽう強く、氷に閉じ込められても、氷が解けるとふたたび元気に泳ぎ出したという記録もある。いっぽう暑さには弱く、特に淡水性の種は湧水や溪流などの冷たくてきれいな水に出現する傾向がある。

ペルーの温泉でヨコエビが見つかる

ところが、驚くべきことに高温の温泉に生息するヨコエビがいるのである。ペルー北部のカハマルカという都市に「インカの温泉(Baños del Inca)」とよばれる温泉がある。インカ帝国最後の皇帝アタワルパも好んで利用したというこの温泉からヨコエビが見つかったのだ(図1, 2)。

1989年、川崎義巳氏(健康と温泉フォーラム)らはインカの温泉の調査中に温水中を活発に泳ぐ小さな甲殻類を発見した。川崎氏らの調査により、この甲殻類はヒアレラ属(*Hyalella*)のヨコエビであることが突き止められた。2000年に静岡県で開



図1 インカの温泉から見つかった新種ヒアレラ・ヤシュマラ *Hyalella yashmara* (デーザ教授ご提供)。



図2 インカの温泉の冷却プール (川崎義巳氏ご提供)。

催された「世界温泉ミュージアム&メッセ」においてペルーから空輸された生きた個体が展示されると、高温に生息する珍しい生き物ということで大きな話題になったという。高温水にすむこのヨコエビの生体の輸送は困難を極めたが、特製の輸送用保温瓶を開発するなど大きな苦勞を経て、ペルーから日本への輸送を実現したという。この経緯については川崎氏のご著書『アチチ君の温泉教室』(民事法研究会, 2002年)に詳しい。

インカの温泉に生息するヨコエビは、現地では古くから「皇帝のエビ」とよばれていたらしい(川崎 2002)。このヨコエビがヒアレラ属であることまでは明らかにされたが、残念ながら当時は種レベルの同定までは至らなかった。ヒアレラ属には100種近くが知られており、どの種も形態的によく似ているため、種の特定は極めて困難だったのである。

分類学的研究のスタート

2021年、著者は大森氏(東京海洋大学名誉教授)のご著書『エビとカニの博物誌—世界の切手になった甲殻類』(築地書館, 2021年)でインカの温泉に生息するこのヨコエビについて知った。正確には、大森氏からの依頼で出版前の原稿を拝見する機会をいただいたのであった。お送りいただいた原稿を拝読して驚いた。温泉という高温環境に生息するヨコエビがいるとは想像もしていなかったからである。

早速、大森氏を介して前述の川崎氏をご紹介いただき、温泉ヨコエビについての情報収集を始めた。川崎氏によると、ペルーから日本へ輸送された個体については展示後の行方は分からなく、おそらく標本も残っていないだろうとのことであった。そこで、川崎氏の温泉研究の共同研究者であるペルーのカハマルカ大学のニルトン・デーザ教授(Nilton Deza)に連絡を取ったところ、現在でもインカの温泉にはヨコエビが多数生息していることが分かった。川崎氏とデーザ教授のご協力をいただき、インカの温泉に生息する「皇帝のエビ」の正体を確かめる共同研究がスタートした。

温泉ヨコエビは新種だった

ヒアレラ属は、北米大陸と南米大陸の淡水域に広く分布する分類群である。地表水だけではなく地下水性種も知られており、さまざまな淡水環境を生息地として利用している。この属は100種以上を含む大きなグループで、特に南米大陸での種多様性が高い。そのため、ヒアレラ属は南米大陸起源と考えられてきた(Väinölä et al. 2008)。インカの温泉の種が既知種のどれ

にあたるのか、あるいは名前の付けられていない未記載種なのか、これを判断するためには、この属に含まれるすべての既知種との比較が必要不可欠であった。

デーザ教授のご協力を得て、インカの温泉から新たにヨコエビを得ることができた。折しも新型コロナウイルス Covid-19の世界的流行により国際的な物流が制限される中で、何とか無事にペルーから日本へヨコエビの標本を輸送することができたことは幸運であった。

ヨコエビの分類には体のさまざまな部位の形質が使われる。しかも、ヒアレラ属のヨコエビは体長5mm前後とかなりサイズが小さい。そのため、各部の細かい形態、とりわけ付属肢(触角や脚などをまとめてこうよぶ)に生えた刺毛の数などの微細な特徴は顕微鏡でなければ観察が難しい。そこで、顕微鏡下で解剖して付属肢を外し、これをスライドガラス上に封入剤で封入してプレパラートを作成した後、光学顕微鏡を用いて観察を行った。

詳細な形態観察の結果、インカの温泉の種はペルーに分布する *H. meinerti* という種と形態的に最も類似することが分かった。しかし、インカの温泉の種は付属肢の形態などにより明確に区別できることが分かった。そこで新種記載論文を執筆し、2023年に新種ヒアレラ・ヤシュマラ *Hyaella yashumara* として公表した(Tomikawa et al. 2023)。

この新種ヨコエビについては、形態形質に基づく分類学的検討を行うとともに、DNAの塩基配列データを用いた分子系統解析を行い、進化史の解明を目指した。系統解析の結果、ヒアレラ・ヤシュマラは南米ペルーに分布するにもかかわらず、北米大陸に分布する複数の種と近縁であることが分かった(図3)。このことから、ヒアレラ属はヒアレラ・ヤシュマラに近縁な南米大陸の系統が北米大陸に侵入することで分布を拡大した可能性が高いことが明らかになった。ヒアレラ・ヤシュマラはヒアレラ属の進化を解明する上でも重要な種だったのである。

高温環境への適応

温度は生物の代謝に大きな影響を及ぼすため、高温環境に生息できる分類群は限られる。多細胞動物の場合、50℃以上の環境に出現する種は非常に少ない。

甲殻類は水中から陸上まで様々な環境に適応した多様な種がみられる分類群である。甲殻類のなかで最も高温に生息するのは、マレーシアの温泉から見つかったイデユソコミジンコ(*Thermomesochra reducta*)である。イデユソコミジンコの生

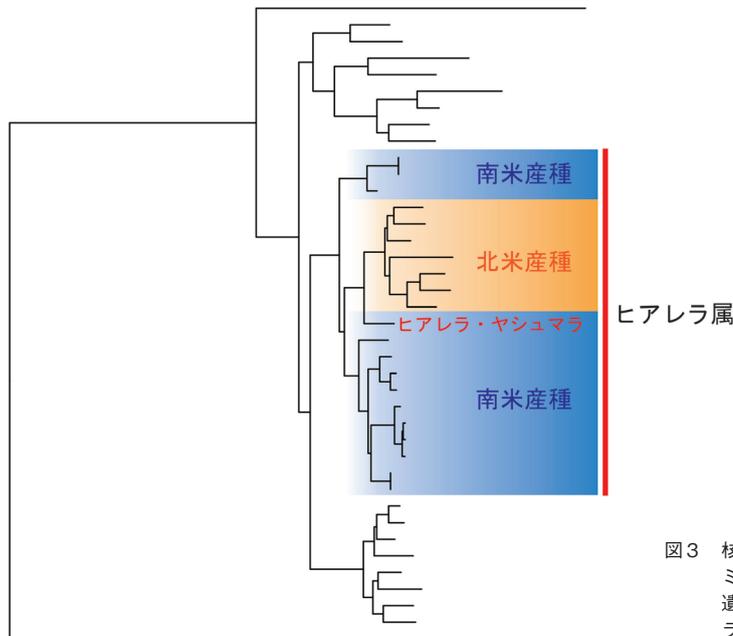


図3 核の28S rRNA およびミトコンドリアのCOI遺伝子に基づくヒアレラ属の系統樹。

息地の水温は38~58℃と報告されている (Itô and Burton 1980)。これに匹敵する高温に生息するのが、アフリカはコンゴの水温55℃の温泉から発見されたテルモสบアエナ的一种である (Baker 1959)。このほか貝形虫やムカシエビ、等脚類といった分類群で高温環境に生息する種が知られている。

さて、ヨコエビにおける生息水温については、アメリカのエローストン公園の温泉にすむヨコエビ属 (*Gammarus*) の一種 *G. limnaeus* の38℃が最高記録であった。しかし、インカの温泉から見つかった新種ヒアレラ・ヤシュマラは、これを大きく上回る水温の環境に出現する。インカの温泉は源泉が約78℃と高温であるため、冷却用のプールで湯温を下げた後に入湯に利用される。ヒアレラ・ヤシュマラが見つかったのは冷却プールと周辺の小さな小川で、水温は35~50℃であった。実験室における予備的な実験では、本種が生存可能な水温は19.8~52.1℃であった。このことから、ヒアレラ・ヤシュマラは高水温環境に適応進化しており、およそ20℃以下の水温では生存できなくなってしまったと考えられる。本種の発見は、ヨコエビ類の生息可能な高水温記録を大きく更新したのである。

今後の展望

近年の温暖化による水温の上昇は、冷水環境を好む淡水生物の生存に対する脅威となっている。今後、ヒアレラ・ヤシュマラの生態や生理を詳しく調べることで、甲殻類における高温耐性のしくみが明らかにできることが期待される。これらの知見は、ヨコエビ類はもちろんのこと、トゲウオ科魚類やサンショウウオ類などの冷水性淡水生物の保全のための基礎的情報として非常に重要である。

ヒアレラ・ヤシュマラの発見により、南米大陸北部の種の生物地理学的重要性が浮かび上がってきた。いっぽう、ヒアレラ属は北米大陸と南米大陸のほぼ全域に分布し、これまでに100種以上が知られている大きな分類群であるが、今回、人間生活に近いインカの温泉からも新種が見つかったことから、ペルーにおける種多様性はまだ十分に解明されていないことが明らかになった。未調査地域におけるフィールドワークと分類学的研究を進めることで、ヒアレラ属の真の種多様性を明らかにすることができるだろう。さらに、新たに発見される種を含めた詳細な遺伝子解析を行うことにより、本属の南米大陸から北米大

陸への分布域拡大過程がより明確に示され、種多様化の理解が進むことが期待される。

謝辞

本研究をスタートさせる重要なきっかけを与えてくださった故大森信氏 (東京海洋大学名誉教授) に厚くお礼申し上げます。共同研究者の川崎義巳氏 (健康と温泉フォーラム) とニルトン・デーザ教授 (カハマルカ大学) には、研究の計画段階からサンプルの収集と輸送、そして論文作成まで親身になってサポートいただいた。公益財団法人水産無脊椎動物研究所の片山英里氏には本稿の執筆の機会をいただくとともに、原稿のとりまとめまで大変お世話になった。心から感謝申し上げます。

引用文献

- Baker D. (1959) The distribution and systematic position of the Thermosbaenacea. *Hydrobiol.* 13: 209-235.
- 石丸信一 (2001) ヨコエビの分類学の発展—近年の動向。月刊海洋, 号外, vol. 26: 15-20.
- Itô T. and Burton J.J.S. (1980) A new genus and species of the family Canthocamptidae (Copepoda, Harpacticoida) from a hot spring at Dudun Tua, Selangor, Malaysia. *Zool. Jahrb., Abteilung Syst.* 107: 1-31.
- 川崎義巳 (2002) アチチ君の温泉教室—そこが知りたい温泉の見方、利用の仕方。民事法研究会, 223 pp.
- 大森信 (2021) エビとカニの博物誌—世界の切手になった甲殻類。築地書館, 208 pp.
- Tomikawa K. (2017) Chapter 9, Species diversity and phylogeny of freshwater and terrestrial gammaridean amphipods (Crustacea) in Japan, 249-266. Motokawa M. and Kajihara H. (eds.), *Species Diversity of Animals in Japan*, Springer.
- 富川光 (2023) ヨコエビはなぜ横になるのか。広島大学出版会。
- Tomikawa K., Kawasaki Y., Leiva A.M. and Deza N.A. (2023) Description of a new thermal species of the genus *Hyaella* from Peru with molecular phylogeny of the family Hyaellidae (Crustacea, Amphipoda). *Invertebr. Syst.* 37: 254-270.
- Väinölä R., Witt J.D.S., Grabowski M., Bradbury J.H., Jazdzewski K. and Sket B. (2008) Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:241-255.