

科学の 峰々

102

取材日：2019年10月10日
東京科学機器協会会議室

琉球大学 理学部 海洋自然学科生物系 教授

いけだ ゆづる

池田 譲先生に聞く

脳の大きさは脊椎動物レベル! イカの社会性を探る

下

聞き手：南 明則 日本科学機器協会 広報副委員長
 富山 裕明 ツ 広報委員
 外嶋 友哉 ツ ツ
 夏目 知佳子 ツ ツ
 岡田 康弘 ツ 事務局長
 (取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

池田 譲先生のプロフィール



1988年 北海道大学水産学部水産増殖学科卒業
 1993年 北海道大学大学院水産学研究科水産増殖学専攻博士課程修了
 1993年 財団法人水産科学研究奨励会 奨励研究員
 1994年 スタンフォード大学 客員研究員
 1995年 日本学術振興会 特別研究員(於:京都大学)
 1998年 京都大学 研修員
 1999年 理化学研究所脳科学総合研究センター 研究員
 2003年 琉球大学理学部海洋自然学科 助教授
 2005年 琉球大学理学部海洋自然学科 教授

専門分野：動物行動学、水産増殖学、頭足類学
 研究分野：頭足類の社会性を中心とした行動学、頭足類の自然史、頭足類の飼育学



NHKブックス出版
イカの心を探る
知の世界に生きる海の霊長類
池田 譲



産学官との連携

米国スタンフォード大学 ホプキンス臨海実験所で ヤリイカの生態を研究

前号で、イカは無脊椎動物なのに大きな脳を持つ例外的な生き物であることが分かりました。池田先生の「イカ、タコ研究」との出会いはいつ頃からですか。

池田 本格的に関わるようになつたのは、北海道大学の大学院時代です。大阪生まれの東京育ちですが北海道大学水産学部の水産増殖学科に進学し、そのまま北海道大学の大学院に進みました。イカを研究対象にするようになったきっかけは研究室の恩師が「魚のことは随分解明されてきたが、イカのことはわからないことだらけだ」と勧めてくれたことです。恩師の本音は、イカの研究を一緒にやる人間を探していたのかもしれません。

大学院ではスルメイカが精子や卵子を作るプロセスや産卵の仕組みを明らかにすることなど、主に生殖をテーマに取り組み、博士号を取得しました。

その後、海外で学びたい希望を持っていましたので色々な所へ手紙を送っていました。なかなか研究する先が見つからず苦心したのですが、アメリカのスタンフォード大学のホプキンス臨海実験所からお誘いを頂きました。そこでは海洋生物全般の受精や発生などの生化学的な研究が行われていて、ちょうどイカを研究対象にし始めた頃であり、イカに詳しい人材を探していました。

スタンフォード大学・ホプキンス臨海実験所では、どのような研究をされたのでしょうか。

池田 私が赴任したホプキンス臨海実験所は、スタンフォード大学の本部とは少し離れています。同じカリフォルニア州内であり、モントレー湾に隣接する風光明媚なアメリカ有数の観光地で、パシフィックグローブという街にありました。カリフォルニア州沿岸でよく漁獲されるのがツツイカ目のカリフォルニアヤリイカで、モントレー湾はその一大産卵場です。余談ですが、モントレーを舞台としたジョン・スタインベックの著名な小説に、海洋生物を研究していた研究者と地元漁師たちとの日常を描いた『キャナリー・ローー缶詰横丁』があります。それくらい水産業が根付いた土地柄です。

私を受け入れて下さったデイビット・エペール先生の研究テーマは「イカと細菌の共生」でした。研究対象のイカはカリフォルニアヤリイカです。ヤリイカの卵はカエルのようにゼリー状の袋に包まれて数百個が産卵されますが、ゼリー状の袋にはたくさんの細菌が存在しています。一方、メスの体内には細菌を貯留する器官があります。

先生の説は「ゼリーの中の細菌が捕食者の嫌がる物質を出し、卵を防御する役目をしているのではないか?」というものです。実際、ヤリイカが産出した卵は孵化までに1か月ほどかかりますが、その間に捕食されずに済むこと

がほとんどなのです。私に課せられたミッションは、卵を防御する細菌がどこからやってきたものか、つまりメスの体内に貯留された細菌の起源を探ることでした。予想として、イカの赤ちゃんが孵化するときに、卵を包むゼリーの袋を通して、そのときにその中にいる細菌が赤ちゃんの体内に入るのではないかというものがでした。

検証の手段は、ひたすらヤリイカを孵化させて、その体内にいつ頃からバクテリアが存在するのかを顕微鏡で細かく見ていくというものでした。その時、光学顕微鏡も電子顕微鏡も性能の良いものはほとんどが日本製で、日本のテクノロジーは優れていると思ったことを記憶しています。そうした緻密な調査を重ねて、予測とは異なりましたが、防御細菌をイカが体内に取り込む過程をおおよそ立証することが出来ました。

私は数年間アメリカにいるつもりでしたが、渡米前に日本学術振興会の特別研究員に申請をしていたものが受理されました。そこで、半年ほどのアメリカ滞在で帰国し、京都大学へ移りました。



スタンフォード大学時代：ウルトラミクロトームで電子顕微鏡標本を作成している池田先生（米国・ホプキンス臨海実験所）

产学官との連携



無菌海水でカリフォルニアヤリイカの卵を育成しているところ。防御細菌の起源を探る実験（米国・ホブキンス臨海実験所）

イカの年輪と微量元素からイカの回遊経路を解明する

京都大学では、またイカの特性を研究されたのでしょうか。

池田 はい。京大では「スルメイカの回遊経路を探る」プロジェクトに携わりました。スルメイカは東シナ海や日本の南西部から北上し、北海道やオホーツクに至って、また南へ戻っていく大回遊をしますが、詳しい回遊経路は分かっていませんでした。

私が取り組んだ回遊経路解明の手法は、イカの平衡感覚や聴覚を担う「平衡胞」の中にある1ミリ程度の「平衡石」の分析です。平衡石を磨いていくと木の切り株のような同心円の模様があるのですが、これは1日1本増えていくもので、数えると日齢が分かります。

あわせて平衡石の成分を分析し

ます。主成分はカルシウムで、その中にストロンチウムという元素が非常に微量に混じっているのですが、カルシウムとストロンチウムの比が棲息水温と相關があります。この比から、どういう水温の場所にいたのかが推測できます。

これら両者をあわせると、平衡石はイカの生活履歴の記録計のようなものになり、回遊ルートの分析が可能になるわけです。元素の解析は京都大学にあった巨大な加速器を使用して行っていました。

京都大学には4年ほど在籍しました。この頃は、先輩方の例でいくとそろそろポストに就けるかなと思っていたものの、そう上手くはいきませんでした（笑）。そして、大学院時代の恩師の紹介で、理化学研究所で研究員を務めることになりました。ここではイカを飼育する能力を買われました。

解散となりました。その時に進路を模索する中で、琉球大学の助教授の募集を見つけました。それまで研究の場に沖縄を思い描いたことはありませんでしたが、イカもいるし良いかなと思って応募し、採用されたわけです。

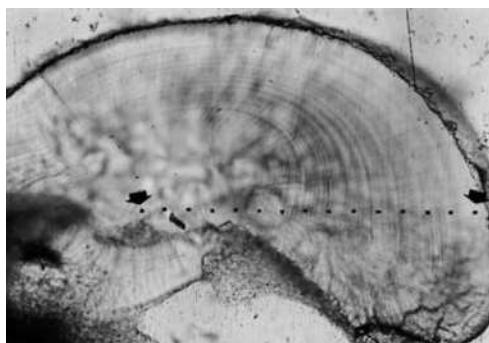
何かひとつのことに秀でるものを持っていた方が良いだろうと思い（笑）、琉球大学でもイカの研究を続けることにしました。

移るにあたって、それまで使っていたイカを飼育する水槽を琉球大学でも使えるように、理化学研究所が移管の手続きをサポートしてくれるなど、周囲の手助けにも恵まれながら、琉球大学に移ってスムーズに研究が始められ、非常に感謝しております。

先生のイカの研究に対して、海外の反応はいかがでしょうか。

池田 非常に驚かれることが多いですね。というのも、従来はイカやタコが社会性を持つどころか、他の個体を意識しながら生きているという発想自体がほぼ持たれていたのです。

その考えが広がっていた理由の1つに、イカやタコ全体の生態を論じた研究がヨーロッパを中心に生息する一部の種類の特徴を根拠にして、正確さを欠いていたことがあると思われます。イカ、タコの研究は歴史的にはイタリアやイギリスの研究者が中心に行ってきて、特にイタリアのナポリがその大きな拠点でした。その場所柄、地中海やヨーロッパ近辺に棲息するイカ



スルメイカの平衡石断面：平衡石を研磨して電子ビームを照射し、元素を分析する。2つの矢印の間にビームを当てる。中央の点はビームの照射位置。（京都大学）

現在の琉球大学・理学部海洋自然学科生物系へ移られたきっかけを教えていただけますでしょうか。

池田 理研で所属していた研究室のリーダーであった松本元先生がご病気で亡くなられ、研究室が

産学官との連携



琉球大学時代：アオリイカを飼育水槽に移している
池田先生(琉球大学池田研究室)

やタコの種類だけを対象にして、生態が定義づけられていたように思いました。

例えば、長らく「コウイカは単独で棲息するものだ」とされていましたが、それは地中海に多く棲息するヨーロッパコウイカを観察した結果のみから、コウイカ全体を語ってしまったものでした。しかし、私の研究室の水槽ではコウイカの一種であるトラフコウイカが複数個体一緒に飼育されていて、その姿を見て海外の研究者は非常に驚くわけです。

タコに関する、長らく、タコは群れを作らない単独性と言われてきたのですが、そう言い切れないことが分かってきました。オーストラリアにはたくさんのタコが密生している“タコの都市”という意味の“オクトポリス”という場所があることが分かり、また沖縄の海にも20種類近いタコが同所的に生息しています。

この先も研究が進むほど、旧来常識とされていたものは、色々と変わっていくと思っています。

イカ・タコの生態は近年になって分かってきたことが多いのですね。先生がイカの“脳”を研究する中で、特徴的なことを教えていただけますか。

池田 ツツイカ類の仲間であるアオリイカを孵化させて、成長と共に脳の発達を調べた研究があります。ツツイカ類は飼育が難しいことから、私達が行うまで前例がないものでした。

すると、脳の中でも学習記憶に関わるところは孵化後急激に大きくなり、運動機能に関わるところは最初から大きいことが分かりました。生まれた時から泳がないといけないので運動機能は最初から発達しているのだと考えられます。そして、学習記憶に関わるところが成長することにリンクして、群れを作るようになるようだという関係が見受けられました。一方で、イカを砂地や岩、サンゴなどが配置された豊かな環境と、このようなものを欠く貧相な環境で育てて比較したところ、学習や記憶、地物に化ける隠蔽の能力、奥行きの知覚の発達が、後者の環境で育ったイカで遅れることが分かりました。つまり、イカの

知的能力の発達に生育環境が関係するというものです。ただ、その後もイカを飼育してよく見ると、貧相な環境で育てたイカもある時点になると、豊かな環境で育てたイカと同じく知的能力を発達させることも分かりました。つまり、生育環境はイカの知性の発達に不可逆的な影響は及ぼしているようです。

イカは、産卵後に親は死んでしまうので、その卵は全く世話をされません。そして孵化後、すぐに独立で生きないといけませんし、寿命も1年しかありません。そういうことを考えると、生きるのに必要なことを成長しながら習得していくは問

に合わないので、イカの能力は生得性が強く、環境の影響はあまりないのかなと私は考えています。この点については、まだ各研究者の中でも論が定まっていませんし、さらなる検証が必要です。

タコのすぐれた学習能力とイカにはない触覚

イカのことを中心に伺ってきましたが、タコの知性や知能についても教えていただけますか。

池田 タコはイカと違い、以前から「飼育出来る」ことからイカに比べると研究は進んでいました。水から揚げるとイカがすぐに死んでしまうのに対し、タコは長く生きていて、実験操作がしやすい動物でもあります。今は倫理規定があるので制限があるものの、タコの脳や神経の一部を切り取って研究することも行われてきました。

そうした中で、タコの“賢さ”は、観察学習が出来ることでも解明されています。1992年のサイエンス誌に報告されたマダコを使った有名な実験があります。

水槽にいるマダコに、赤いボールと白いボールが目の前に出てきたら赤いボールを触りに行くように人が学習をさせます。これはすぐに覚えます。そして、その触りに行く様子を、透明な板を隔てた別のマダコに見せます。「見せる」と言いましたが、タコは非常に好奇心が強く、人が何もしなくてもじっと見ます。そしてお手本役になっていたマダコを水槽から取り除いたうえで、

産学官との連携

今度は見ていたマダコの目の前に赤と白のボールを出すと同じように赤いボールを触りに行くのです。

実はこうした“マネをする”観察学習はチンパンジーでも難しいと言われています。“サルマネ”という言葉があるのですが、実際のサルはマネをしません（笑）。

この観察学習はイカでは実証に至っていません。しかし脳の仕組みなどを見ると、私としては同じような能力があるようになっています。とはいえ、これもイカの種類ごとの検証が必要になってくるとは思います。例えば、巨大なことで知られるダイオウイカは体のサイズに対して脳はそんなに大きくありません。また、大きくなれば賢くないかと言ったら、それは調べてみないと分からぬ事もあります。

タコでこれから研究したいことなどはございますか。

池田 私達がイカにないタコの特徴として注目しているのは「触覚」です。タコの場合、脳に送られている神経よりも腕に送られている神経の方が多いです。吸盤が触覚器官なのですが、そこからかなりの情報を得ているのではないかと見ることが出来ます。イカは圧倒的に視覚から情報を取り入れるのでイカにはない特徴です。タコは視覚も発達しているので、視覚と触覚などを複合させた多感覚で対象のイメージを形づくっているのではないかと予想が出来るのです。

人間もある対象物に対峙した場合、それが空き瓶だとすると視覚

だけでも空き瓶だと分かり、触覚だけでも空き瓶だと予想できますよね。こうした多感覚を使い分けることをクロスマーダルと言いますが、タコにそれがあるのではないかということを、私の研究室の学生がテーマに据えて研究に取り組んでいます。タコがどういう世界に生きているのか、非常に興味深いです。



行動実験で用いるウデナガカクレダコ
(琉球大学池田研究室)

先生が今後重点的に取り組んでいきたいテーマはございますか。

池田 いくつかあり、1つはイカの「表情」を研究していきたいと思っています。動物の表情は霊長類や犬などでは色々と研究されていますが、イカを含めて海洋生物はほとんど手がつけられていません。イカが何かに反応する時に、体の色を変えるボディパターンがあることに触れたが、それを表情と捉えると新しいことが見出せるのではないかと考えています。

そう思った理由は、イカは捕食者を認知した時など、生存の危機に関する時の反応がものすごく速いのです。餌を見つけた時の反応よりもものすごく敏感です。そうした時に体色もえますが、この変化を思わず出してしまった表情だとみる

と、意味合いや社会的な連携などを理解する端緒になるのではないかと考えています。

また、沖縄のタコを中心に、タコの社会性を探っていきたいと思っています。もちろんイカの社会のことにも深めていきたいと考えています。

これまでイカの鏡像自己認知の能力や、ソーシャルネットワークについての考察をしてきましたが、現時点はそういうことがあります。どういう現象を捉えているにすぎず、「イカは何のためにそういうことをしているのだろう」という意味合いや目的、実生活でどう活かされているのかなどにはたどり着けていません。群れの中で、各々のイカがやっていることや果たしている役目などを明らかにしていきたいと思っています。

さらにその先に、研究から分かったことを活かして、水産に還元したいと思っています。例えば養殖だったり、ペットとしての水生生物の飼育だったり、何らかの形で社会に還元したいと思っています。

また、研究の内容というわけではないですが、日本がイカやタコの優れた研究の発信基地となるような研究環境や雰囲気を創りたいと思っています。イカやタコの知性など基礎的な面の研究は、必ずしもイカやタコを食べない欧米の研究者がリードしてきた觀があります。でも、日本人はイカとタコを食べる民族で、イカとタコを近しい存在と感じる民族でもあります。

また、日本の近海には多くの種類のイカとタコがいます。日本という国は、実はイカとタコを研究するには理想的なイカタコ先進国です。

産学官との連携



大阪で生まれ東京で育ち、北海道、アメリカ、京都、沖縄へ。
イカ、タコの「心、知性、社会」は未知の魅力だらけです！

このような地理的アドバンテージを活かし、日本にいる私よりも下の若い世代が、今後はイカとタコの謎解きにどんどん参画してくれればと思っています。

学びや研究が広がっていく面白さを先生の言葉から強く感じます。日本の理科教育について思うことや、中高生、さらには若い研究者たちに伝えたいことはございませんか。

池田 まず、これから大学を目指す中高生や学部に在籍している学生には、学ぶ手段はいくつもあるので、志望通りの進路に進めないことがあっても、落胆しないで欲しいと伝えたいです。

私自身、大学受験時は、生物

学をやりたいと思って理学部の生物学科を志望していました。結果的には、色々と考えて志望を変えた水産学部に進んだのですが、進学後に初めて、生物を研究する場所は大学にはいっぱいあるのだと知りました。在籍した水産学部でも随分生物のことを学べましたし、また、生物を学ぶ学部は農学部、獣医学部など色々とたくさんあることも知りました。高校生のうちは、大学から先の学びの形を驚くほど知らなかったわけです。それは今の中高生もあまり変わらないのではないかでしょうか。

ある分野を学びたいと思った時、選択肢はたくさんある、学びの手段はいくつもある、ですからどんな進路に進んでもぜひ希望を持って学んで欲しいと思います。

最後に、科学機器の業界へご要望などはございますか。

池田 私の場合はイカ、タコを飼育する水槽をオリジナルに開発する必要があり、水槽の業者さんに協力をいただいて製造していただいてきました。非常に感謝しております。

今後の研究でも、イカやタコの行動を調べる時の観察装置はオリ

ジナルなものが必要になると思います。ラット用の観察装置はあるのですが、イカやタコでは市販のものはありません。例えばイカの視野を測る装置などがあれば、なども思います。これまで、水槽に鏡を入れたり水中カメラを入れたりなど、言わば手作業で試行錯誤してきましたが、今後、科学機器の業者の方と色々と相談していければ嬉しく思います。そうした水生生物用の計測装置が増えると、イカやタコの研究者もまた増えてくれるかなとも思います。

これからも池田先生のご活躍を期待しております。



池田研究室のメンバー。彼らと共に研究を担う。
(琉球大学理学部)



学生たちとアオリイカを海に放ち、その後の行動を観察する野外実験。網で囲った中にアオリイカがいる。(琉球大学瀬底研究室近くの海)

次号「科学の萌芽」は、
東京大学先端科学技術開発センター
ニュートリオミクス・腫瘍学分野
大澤 肇先生にお話を伺います。