

# 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

上

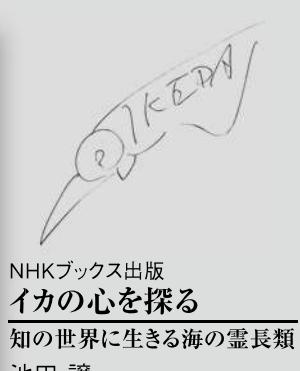
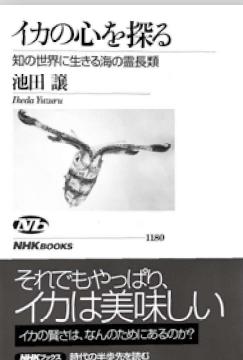
聞き手：南 明則 日本科学機器協会 広報副委員長  
 富山 裕明 ハ 宣傳委員  
 外嶋 友哉 ハ  
 夏目 知佳子 ハ  
 岡田 康弘 ハ 事務局長  
 (取材・撮影・編集協力：クリエイティブ・レイ(株) 安井久雄)

### 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



## 产学官との連携

**イカやタコは、視覚や脳が発達した無脊椎動物**

池田先生はイカやタコの「知性」や「社会性」などを研究されていますが、とても珍しく、面白い研究テーマですね。

**池田** そもそもイカやタコが「知性を持った考える動物である」というイメージを持つ方は、非常に少ないと思います。かく言う私もかつてはそうでした。

イカは背骨を持たない無脊椎動物に分類され、その中の頭足類というグループに属します。頭足類にはイカ、タコ、オウムガイ、さらに絶滅しているアンモナイトが属しています。現生するイカは450種類、タコは250種類ほどで、私はこれらの現在生息しているイカ、さらにはタコを中心に研究してきました。

俗に、ヒトが属する脊椎動物がより高等な知能を持ち合わせています。それに対して無脊椎動物は比較的下等な生き物であるということが言われますが、イカやタコは少し例外的なのです。なぜかというと1つは眼の作り、もう1つは脳の大きさが違うのです。



アオリイカの頭部（点線内が脳）と眼。

無脊椎動物は昆虫の眼のように複眼であることがほとんどなのですが、イカやタコの「眼」は私たち人間と構造が非常によく似ていて、レンズを持つ単眼なのです。実際、非常に精度の高い視覚を有するであろうということが、解剖学的にも分かっています。



アオリイカの眼は単眼で大きい

そしてイカの「脳」の大きさは、脊椎動物と比べてもそん色のないレベルです。脊椎動物の中では鳥類・哺乳類の方が、魚類・爬虫類よりも体重に占める脳の比重が高くなっていますが、イカとタコの脳の比重を測定してみると鳥類・哺乳類と魚類・爬虫類のほぼ中ほどにあります。これはかなり大きな脳で、情報処理能力にも長けていえると言えます。こうしたことは1950年～60年代に主にイギリスの研究者によって発表されました。

さらにもう1つ「神経」に関係した巧みな能力を持っています。イカやタコは体の表面を、ある時はしま模様、ある時は一瞬で全身を真っ黒にするといったように、体色パターンを変えます。この変化を、細胞内にある色素の顆粒が詰まつた袋を神経細胞がつながった筋肉で伸び縮みさせることで発生させています。一瞬で伸び縮みさせるスピードは動物界で最も速いとも言ってよく、非常に特異的です。

**近年までは飼育不可能な最後の海洋生物**

イカやタコが優れた能力や構造を持つ動物とは知りませんでした。それは早い段階から研究が進んでいたのです。

**池田** 昔からタコの研究は比較的数がありましたが、イカ、特に筒状の体をしたツツイカ類の研究例はものすごく少ないのでした。今でもイカに関しては謎のことばかりなのです。

日本近海で一番獲れるイカがスルメイカで、皆さんもよく食べていると思います。水産業でも非常に重要な食源なのですが、私がイカの研究を始めた頃、とても身近な生き物であるのに、その生態は全くと言っていいほど分かっていませんでした。未だにどこで産卵しているかなど正確な生態は分かっていないのです。

これまでイカの研究が成されていなかった理由は、何といってもイカを飼うことが難しかったためです。意外に思うかもしれません、イカは「飼育不可能な最後の海洋生物」と言っていたほどで、水槽で飼おうとしてもすぐ死んでしまいます。

そんな中、1970年代に世界で初めてイカの長期飼育に成功したのは日本人の松本元博士（通産省電子技術総合研究所、後に理化学研究所へ異動）で、実際に3年半もの歳月をかけ、海の水を出し入れしたりすることがない閉鎖系の水槽で「飼育記録1週間」という世界初の快挙をヤリイカで達成しました。

## 産学官との連携

私は、北海道大学大学院生の時に恩師からスルメイカの飼育の手ほどきを受け、現在勤めている琉球大学の前に勤務していた理化学研究所の松本先生の研究室で研究員を務めまして「閉鎖系水槽で孵化させたヤリイカを2か月間飼育」という世界初記録となる飼育をメンバーと共に達成しました。

全国では現在もイカの飼育機関はそんなに多くありませんが、私はさまざまなノウハウを積んだおかげで、琉球大学の研究室に水槽システムを構えてイカの研究が継続的に出来ており、イカ飼育機関の末席に加えさせていただいています。



理化学研究所時代にイカを人工飼育する池田先生

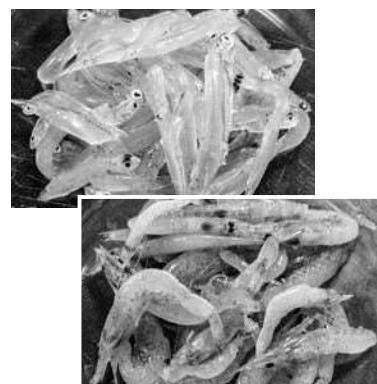
イカを飼うことが近年まで不可能とされていたことには驚きました。ちなみにイカにはどんな餌を与えていいのでしょうか。

**池田** イカは非常に贅沢なのです。魚用の人工飼料を与えると見向きもせず、また、最初のうちは人が魚を与えると一向に食べないので。さらには食べ方も贅沢なのです。人間と同じように魚の身だけ食べて、食後に頭と骨をきれいに残します。

大学院時代は、餌付けをするための棒に魚肉を挟み、イカにそ

ろそろと近づけて一尾一尾に与えて慣れさせていくということを繰り返しました。また、イカのために普段やったことのない魚の三枚おろしを毎日せっせと行っていたことが思い出されます（笑）。

これほどにイカの飼育には手間もコストもかかり、ビジネスとしては費用対効果が見合わないことからイカの養殖は行われていないのです。



餌は、贅沢な生シラスや生サクラエビ

### イカに鏡を見せる実験でイカの「知性」がわかる

餌のえり好みなどを聞いていると、イカに知性があるように思えます。先生はどんな方法でイカの知性を明らかにしたのでしょうか。

**池田** 理化学研究所では「脳科学総合研究センター」という組織に在籍していました。つまり「脳」を研究するところでした。それまでイカの生態や発生、生殖などの研究に取り組んでいましたが、イカの知能に目を向けてみようと思ったのです。

そのきっかけは、ある学生から「イカに自意識ってあるんですか?」とふと投げかけられた質問でした。

その答えを模索する中で出会つ

たのが、京都大学の板倉昭二先生（現・同志社大学）による『自己の起源 比較認知科学からのアプローチ』という一冊の本でした。この本と出会いながら、イカの知性を考える今の研究を行うことはなかったと思います。

私が着目したのは「鏡像自己認知」の能力でした。これはイカに鏡を見せた時に映っているのが自分だとわかる能力があるのかどうかを調べるものなのです。「鏡像自己認知」はチンパンジー、オランウータン、さらに2000年以降になるとゾウや鳥のカササギ、イルカに存在することが分かってきました。しかし私から見ると、これらはいずれも脊椎動物の例で、無脊椎動物ではまだ例がありません。これらはすぐに実験が出来るということもあって、鏡像自己認知をイカで調べることにしました。すると非常に興味深い、イカの「心の内」が見えるような現象が、観察されたのです。

実験には水槽で卵からかえして成長させたアオリイカを使いました。水槽内でアオリイカに鏡を見せるとき、ほどなく10本ある腕を伸ばしてちょんちょんと触れるような素振りを見せたのです。

これは餌を食べる時の動きとは明らかに異なります。摂餌の時は腕をびゅんと長く伸ばします。それに対して、捕まえようという意図や動作もなく、いかにも映っている自分の姿に关心があるというようにそっと触れているという様子でした。

## 産学官との連携

水槽内のイカは鏡を見て、それが自分だと分かったのでしょうか。

**池田** 今お話した鏡の実験だけでは「鏡の像は、自分ではなく仲間のアオリイカと思って興味を示したのではないか」といった疑問も残りましたので、理化学研究所から琉球大学に移った後、条件を変えて実験を行いました。

一尾のアオリイカがいる水槽の片側で鏡を見せ、別の側では透明な板の向こうにいる別のアオリイカを見せたのです。すると鏡像の方に近寄っていきました。仲間だけを見せた時は仲間の方に近寄って行くことが明らかになっていたので、のことから鏡像に対する関心が強いのではないかと考えられます。

しかし、鏡像を自分と分かっているのか?ということを証明する必要があります。そこでマークテストというものを行いました。これはイカが自分では直接見ることが出来ない体の場所に塗料をつけて、鏡を見せた時にマークを触ったりする反応があると、鏡像を自分だと認識していると分かるというものです。

マークは麻酔を打って眠っている状態の時に施します。そしてアオリイカでマークテストを行ったのですが、観察上、明らかに自分に興味を持っている素振りがうかがえたものの、統計的に有為な差を認めるまでにはいきませんでした。

そこでさらに策を考え、鏡を見ているアオリイカの背後に、餌の魚を入れた透明な筒を置いたらどうなるかを実験しました。鏡に餌が映るので、もしアオリイカが鏡像を自分

だと分かっていれば自分の後ろに餌があるのだと認識して、振り向くのではないかと考えたのです。餌を置いた場所は鏡がなければアオリイカには死角となる位置です。その際、雑音などが影響しないように配慮を凝らしました。

すると、餌が鏡に映ると、ほぼすぐにくるりと振り向き、鏡の中の餌ではなく本物の方に近寄って行きました。

こうした結果を見るとアオリイカには鏡像自己認知の能力があると思われるのですが、確定するためにもう少し何らかの決定打が必要だと思っています。現在さまざまな実験でその外堀を埋めていっている状況です。



鏡像自己認知の実験  
写真中央の鏡に近よる、研究室で孵化した亜成体のアオリイカ(胴長7~8cm)

鏡像自己認知の実験映像を見せていただきましたが、確かに自分が分かっているように我々にも見えます。その証明が進むことを期待しています。

**池田** ありがとうございます。今まででは自己を認識しているかの話をできましたが、一方でイカは他者

の認識はどうだろうかということも調べてきました。そもそもイカは群れで行動しますから、そこには同種個体の仲間への意識があるのではないか?さらにはイカの中での社会的な意識があるのではないかと想像出来ます。

そこで、もともと仲間と生活していたアオリイカを一尾だけ別の水槽に移した隔離状態にして1か月間飼育し、そこで鏡を見せるとどうなるかを調べました。1か月間、イカが目にした生物は、餌の生き物か私だけということになります。

するとその結果は、普通に泳いでいた状態から、鏡を水槽に入れるとピタッと止まって完全に動かなくなりました。いわゆるフリーズ状態となつたのです。鏡の存在に気づいてじっと鏡像を見ているようですが、前の時のように近寄っていつて腕を伸ばすわけではない、鏡像に対して非常に緊迫したような雰囲気を漂わせていた感じが見られました。同じ実験を別の個体でも行ったのですが、同じようにフリーズ状態になりました。

この結果を見ると、アオリイカは同種個体から引き離されて社会環境がはぐ奪されると、体は傷ついたりしないのですが、心的なものが正常ではなくなるのではないかと感じました。

また「フリーズしてしまった」イカですが、その後、毎日鏡を見ることを続けていくと、フリーズしていた呪縛が徐々に解けていき、鏡像の自分を段々と触るという普通のアオリイカと同じ反応を取り戻したのです。群れに返す実験までは

## 産学官との連携

行っていないませんが、現時点の予想では、群れに返すと少しづつ正常な状態を取り戻すのではないかと思っています。

イカは仲間がないと、生きていけないということですか。

池田 イカは社会的な生き物なのかな、ということがうかがえます。

イカの群れを別の観点から見ることも行い、群れの中に社会的順位があるのか?つまり偉い、偉くないという上下関係があるのかもしれないという疑問をいただき、大学院生と調べました。

実験では数十尾に及ぶイカの個体をひとつひとつ識別するため、魚を放流して観察する時に使われる人工塗料を各個体に付けました。肉眼で識別出来ればよいのですが、イカはどれも顔が似ていて、長年観察してきた私でも、哺乳類のように区別することは困難だったので(笑)。

ただ、人工塗料を施す作業は先ほどのマークテストと同じように麻酔を打って行うのですが、実はイカ用の麻酔は市販されていませんので、私たちで工夫しました。これだけでもなかなか苦労したのですが、エタノールを特定の割合で使うと、麻酔になりました。

さて、アオリイカの群れにおける社会的順位をどうやって調べるかという時に、餌を取りにくる順番に着目しました。飼育しながら、餌を与えた時にすぐに捕りにくる個体もいれば、捕ろうとしてやめる個体もいる、しかも個体どうしで餌を奪い

合うことをしないことを飼育しながら感じていたのです。その“餌捕りの順位付け”を改めて調べてみたわけです。

そうすると、餌を最初に食べる個体、その次、またその次、そして最後に食べる個体という風にある程度の順位付けが出来ました。あたかも、相撲部屋で番付が上位の力士からちゃんと鍋を食べるようなイメージですね(笑)。

結果を俯瞰すると体の大きな個体が食べる順番が早く、小型の方が後になることが多いのですが、完全にそのパターンをたどるわけでもなく、途中では小型の個体の方がより大型の個体よりも先に餌を食べているなども混じっていました。

### イカ同士が持つソーシャルネットワーク

イカが群れで活動すると言っても、ただ集まっているわけではなく、ある種の規律のようなものが感じられますね。

池田 この個体同士の関係性をもっと深めて分析したいと考え、「ソーシャルネットワーク」というものを使って現わしてみました。大学院生の博士論文になった研究です。

ソーシャルネットワークはフェイスブックなどで皆さんご存知のように、ある人からのつながりに、また別の人気が加わる、という風に、つながりを示すものです。このアイディアの発端は2007年にカナダで開かれた動物行動学の国際学会に出席した時に、ソーシャルネットワークを動

物に適応して、動物同士のつながりを調べていく手法があると知り、非常に面白い研究と感じてイカに適用してみました。

イカ同士の“つながりの親密度”は、個体と個体の距離の近さを根拠としました。その理由にはイカは眼が発達しているということがあります、好まない相手が視界に入れば近くにいないと思われます。反対に、距離が近いということは相手を許容していて、親密な間柄と見ることが出来ると仮定したわけです。加えて、近距離にいる時間の長さも親密度を測る材料として考慮しました。

かくして、水槽内のイカの群れに何日間もビデオを回し続けて、動画および切り出した静止画をひとつひとつ見て、個体同士のすべてのつながりを検証していきました。これは大変膨大な数に上ったのですが、最終的な結果は、各個体を点で描き、関係が深い、つまり親密であると見られた個体同士を線で結ぶという単純な図に集約されます。



イカのソーシャルネットワークを調べる。  
研究室で卵から飼育したアオリイカ亜成体の群れ。頭部（左右の眼の間）に赤色や緑色の人工塗料でマークをつけて個体を識別して、これらを観察。

## 産学官との連携

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。  
イカの心には、人と通じるようなところも感じられ、  
社会性を持ちながら生きています。



その結果、個体AはBとのみ親密、個体CはDとEとFとGとも親密というように、少數のつながりしかない個体、逆にたくさんのつながりがある個体と特徴が見られたのです。人間のSNSで言うと「ともだちが多い個体」逆に「ともだちが少ない個体」の差があつたわけです。なおかつ友だちが多い個体が、直接つながりを持たない個体の仲立ちをする「ハブ」になっていることが見てとれました。

ただ意識なく寄り集まっている集団ですと、このようなネットワークにはならずに、どの個体からもランダムなつながりだけが見られるので、アオリイカの群れには個体同士が意識し合うようなものがあると感じました。

皆さんは「ハブになった個体は、たまたまそうなったのではないか」と思うかもしれません。そこで、ハブになっていた個体を水槽から抜き取ったらどうなるのかも調べてみると、前回ハブの役割に近かった個体が、ハブの位置づけを果たす役割をしていたという結果になりました。

会社で言うと、社長がいて一般社員は直接接しないけれども、間

をつなぐ役職が仲立ちになり、同じ目的を共有して動く組織のようですね。

池田 イカにそもそもリーダーなどの役割があるのか?ハブの位置にいたイカが高い順位だと言えるのかなどは検証の余地が必要ですが、イカの群れはランダムに動いているのではなくソーシャルネットワークを持っているのであろうということは、少なくとも実験をしたアオリイカでは言えると思います。

またアオリイカの別の実験では、人間の学校社会でスクールカーストと言われることが社会問題になっていますが、こうした階層のようなものがあることがうかがえました。

水槽に入れた10数尾のアオリイカの群れに鏡を見せたところ、皆が鏡に興味を示して少し近づくのですが、そのまま近づいて鏡の中の自分に触れるのが3個体ほどで、残りは動きを止めてその様子をじっと見ているのです。触りに行った個体には体のサイズが小さなものもいました。

次に鏡を2つに増やすと、触りに行く個体は少し増えますが、やはり後ろでじっと見ている個体がいて、さらに鏡を3つに増やしても、

触りに行かずに他の個体が触りに行くのをじっと見ている個体が存在しました。全ての個体が鏡に関心があることは明らかなのに、そのような結果になったのです。

実験後、各個体が鏡に触った回数と、個体同士のソーシャルネットワークを照らし合わせてみました。すると最も鏡に触りに行った回数が多かった上位2個体は群れでハブの位置にありました。3番目に多かったのは最も体が大きな個体で、そして4番目に多かったのが実は体が最も小さな個体だったのですが、この4番目は鏡を最も多く触ったハブ個体との関係がとても親密だったのです。

つまり“虎の威を借る”という例えが最適かは分かりませんが、ハブ個体の子分のようにくっついていることで、体が小さいのに何度も鏡を触りに行くことが出来ていたのかな?などということも感じました。色々なことからイカ同士が何かしらの社会的関係を持ちながら生きていると言えると思います。

次号「科学の峰々」も、  
琉球大学 理学部 海洋自然科学科  
**池田 譲先生**にお話を伺います。