



私の研究

いきものの不思議をしらべる

～いわきの魚メヒカリの謎を探る～

岩田 恵理 (いわた えり)

いわき明星大学大学院 物質理学専攻
教授



1. はじめに

私の専門は「動物行動学」といいます。簡単に言うと、動物の行動について「なぜそんなことをするのか？」(理由)と「どういうメカニズムで引き起こされるのか？」(仕組み)について研究する学問です。私は中でも環境、特に社会環境が動物の行動に与える影響について、興味を持って研究を行っています。たとえば、捕食者の目の前で隠れもせずうろうろしていたら、たちまち食べられてしまいますし、自分より上位の仲間がいるところで偉そうにしていたら、みんなから「ぼこぼこ」にされ、下手をすると群れを追い出されてしまいます。つまり周りの状況を適確に判断し、状況に応じた行動をすることは、動物たちにとって生きるか死ぬかの大問題なのです。ですから、私たち人間が思っているよりもずっと、動物たちはうまく立ち回っているわけで、それを見ている私は、いつも感心することしきりなわけです。

今、主に研究対象としているのはカクレクマノミという海水魚です(図1)。カクレクマノミを含むクマノミの仲間は、非常に複雑な社会行動を持つ魚の一種で、群の中には厳格な社会順位が存

在します。社会順位の高い個体は、自分より下位の個体へ威嚇行動を行います。社会順位の低い個体は、威嚇されると降参のポーズ(安寧行動と言います)をとって、敵意が無いことを示します。群れの中では、このような社会行動が半ば儀式的に繰り返されており、それが群れの社会順位の維持に大事な役割を果たしています。何故クマノミたちが社会順位の維持に夢中になっているのかというと、実は行動様式のみならず、性別までもが社会順位によって決定されるからなのです。私たち哺乳類と違って、クマノミたちの性別は遺伝子

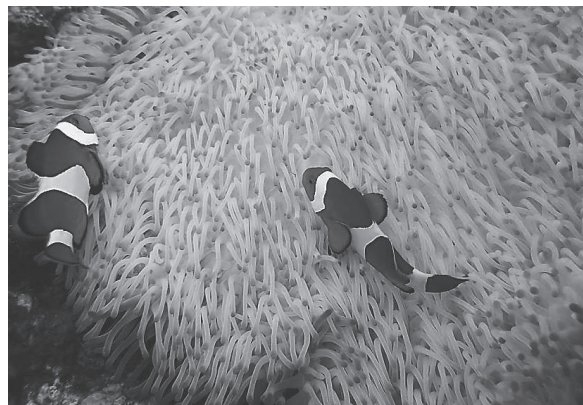


図1. 沖縄県慶良間諸島の野生のカクレクマノミ。社会順位のある群でイソギンチャクと共生して暮らしています。

では決まりません。そもそも性染色体を持たないのではないかと考えられています。クマノミの場合、一番強くて身体の大いな個体が雌、次に強くて大いな個体が雄になってゆき、この上位2匹が繁殖ペアを形成し繁殖行動を行います。一夫一婦制の繁殖戦略を持つ魚の場合、卵の方が精子より生産コストがかかるため、雌の方が大いな体をしている方が有利なのです。3位以下の個体はというと、未熟な精巣と卵巣の混在する生殖腺をもったまま、どちらでもない状態で過ごします。ただし、もし1位の雌個体は何らかの理由でいなくなってしまうと、2位の雄個体が雌へと性転換し、3位の未成熟個体が雄へと性分化して新たな繁殖ペアを形成することが知られています。

普段、私はカクレクマノミの社会構造と性決定のメカニズムについて研究を行っています。この話も充分面白そうだと思うので、今回は地元福島県の魚についての研究をご紹介しますことにいたします。

2. いわき市の魚「メヒカリ」の生態

クマノミの仲間は熱帯魚ですので、残念ながら常磐沖には生息していません。ですから、クマノミの野外調査をする時は、近くは静岡の伊豆半島、遠くは沖縄まで足を延ばしていました。可能であれば、地元の魚を研究対象にしたいと思っていましたところ、アクアマリンふくしまの飼育員さんから興味深い話を伺いました。

いわき明星大学はその名の通りいわき市にあります。いわき市の「市の魚」はメヒカリです(図2)。メヒカリは、平成13年の市民投票により、サンマとデットヒートを繰り広げたすえ、いわき市の「市の魚」に指定されました。このように、いわき市民に親しまれているメヒカリですが、実はメヒカリの生態にはわからないことが多いのです。「メヒカリ」という名は通称で、いわきのあたりに生息するメヒカリは、正式にはマルアオ

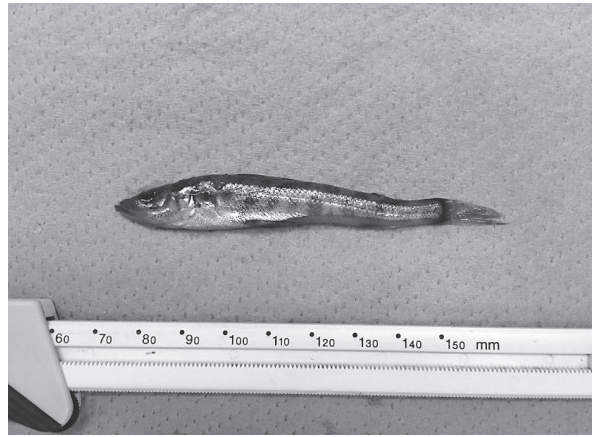


図2. いわき明星大学で外部計測中のメヒカリ。この個体は小型で、漁場に来たばかりの若い個体と考えられます。

メエソ(学名は *Chlorophthalmus borealis*) と言います。水深100m以上の深海に生息する深海魚で、底曳網によって漁獲されています。しかし、漁獲され食卓に上るメヒカリは、実はすべて未成熟個体、つまり若魚で、性成熟個体、つまり成魚を見た人は誰もいないのです。常磐沖に現れてから2年以上たつと、メヒカリは常磐沖から忽然と姿を消してしまうのです。つまり稚仔魚も成魚も、どこで何をしているのかはよく判らない、若魚だけが日本列島の太平洋岸で確認されている、というのがメヒカリなのです。稚仔魚は一度だけ、九州の屋久島の近くで採集されています。採集地点には黒潮が流れていますから、メヒカリの稚仔魚は海流に乗って徐々に大きくなりながら流され、日本列島の太平洋岸にやってきた後、2年ほどそこで過ごして大きく育ってから、どこかへ移動していってしまう、というわけです。稚仔魚の採集場所から考えると、メヒカリの繁殖場所は日本のるか南であるようです。つまり、メヒカリは、ウナギも顔負けの大回遊をしている可能性があるのです。

アクアマリンふくしまでは、国内で唯一、生きたメヒカリを飼育していますが、これが何故か、何年飼育しても性成熟しないそうです。もし、飼育下でメヒカリの繁殖に成功することができたら、

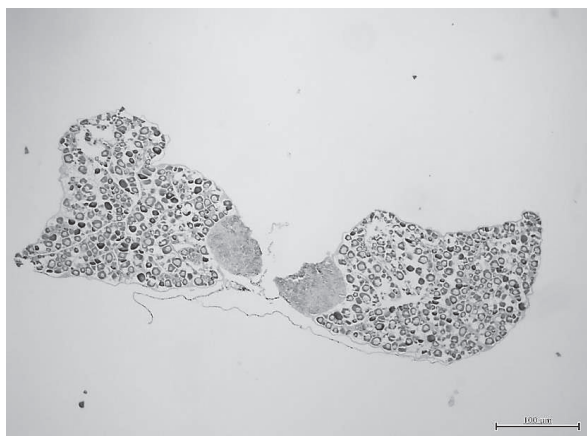


図3. 常磐沖産メヒカリ生殖腺の組織像。粒状の細胞の認められる左右の構造物が卵巣組織、中央のもやっとしたところが精巣組織で、両組織とも未成熟です。

メヒカリの生態の謎についての何らかの答えが得られるかもしれません。さらに、生殖腺組織の顕微鏡写真を見せていただいて驚きました。確かに生殖腺は未成熟、それも未熟な卵巣と精巣、両方を持っているではありませんか！（図3）つまりメヒカ리는雌雄同体魚、私の研究しているカクレマノミと同じ、一生のうちに性別を変える性転換魚かもしれないのです。いわき在住で性転換魚の研究者なら、メヒカ리를研究しない理由はありません。元々アクアマリンと協同研究をされていた、東大大気海洋研究所を中心としたメヒカリ研究チームに参加させていただくことになりました。

当初は、アクアマリンで飼育中のメヒカ리를何とか性成熟させようと考えました。アクアマリンの水槽では、水温を下げ、灯りを暗くしてメヒカ리를展示していますが、元々深海魚の彼らにはそれでもかなり明るく感じられるはずです。水圧も深海に比べ非常に低いわけですから、飼育環境は自然環境とは色々異なるところがありました。かといって真っ暗にしてお客さんがメヒカリを見ることができなくなります。そこで、裏側の予備槽で飼育されているメヒカ리를対象に、性成熟を誘導できるような飼育条件の検討を行うことにしました。また、ホルモン剤を投与して強制的に性成熟を誘導することも計画しました。しか

し、これらの計画を実行することはできませんでした。東日本大震災が起これ、アクアマリンもいわき明星大学も被災してしまったからです。その後長い間、常磐沖での漁ができなくなり、研究に用いる個体の入手が困難となってしまいました。

3. メヒカリの回遊開始のきっかけを探す

飼育個体を用いた研究がとん挫してしまい、やむなく研究計画の変更をすることになりました。飼育個体が入手できないなら、野外調査を行うしかありません。しかし、大海原のどこにいるのかわからない成魚を探すには、我々の研究グループはあまりにも（予算的に）こじんまりとしていましたから、漁場で漁獲される個体を研究対象にすることになりました。実はメヒカリの漁場は常磐沖だけではなくありません。他に、静岡県駿河湾と宮崎県の延岡沖が有名な漁場です。福島県のスーパーでも、「メヒカリ（宮崎産）」と書かれた商品を目にした方もおいでと思います。静岡や宮崎のメヒカリは常磐沖のマルアオメエソとは別種のアオメエソ（学名は *Chlorophthalmus albatros*）だと言われていますが、判っている生態はマルアオメエソとほとんど同じです。そこで、駿河湾のメヒカ리를研究対象にして、研究を続けることになりました。

メヒカリは、性成熟の開始が引き金となり、はるか南の繁殖場所へ移動するために漁場から姿を消すという仮説を立て、その検証を行うことにしました。そのためには、漁場から出てゆく直前のメヒカリをなるべくたくさん調べて、わずかな変化を検出しなくてはなりません。生殖腺を確認しても性成熟の兆候が認められないのなら、性ホルモンの血液中濃度の測定と、魚類の性転換において雌化への引き金のような働きを持つ事が判明している遺伝子（*cyp19a1a*）の転写活性の測定を試みることにしました。まず、メヒカリの肝臓の細胞を材料に、*cyp19a1a* 遺伝子の塩基配列を決

定しました (図4)。次に船上でのメヒカリからの速やかな採血と、その血液を材料として血液中性ホルモン濃度が正確に測定できるかどうかを検証しました。

準備ができたのでスクリーニングの開始です。

```

cgtgggaccactgctgctctatctgagttcatctggaccggcgtgggaacggcgtgtaa
ctactacaacaagaagtatggagacatogtcagagctctgatgatggagtagagacct
cattatcagcaggtctgctgctgctgaccacgtgctgaaacacggacactatacctctcg
ttttgggagtaagcaggggctcagctgctctgggatgaocgagagagcgcacatattcaac
M N E R G I I F N
aacaacatctctctttggaagaagtgcgcacctatcttgcacaaagcctgacaggtcct
N N I S L W K K L R T Y F A K A L T G P
gggttcagcagacactggaagtgtgtctctccacacagactcacctggacaactctg
G L Q Q T L E V C V S S T Q T H L D N L
aggagttccagccggacagagtagcaggtgcccgtgttggtcaggtggacattctgagt
R E F Q P D R V A S A G V G Q V D I L S
ctctgcttgacattgtagtgacatctccacagactgttctgggggtacctctcaac
L L R G I V V D I S N R L F L G V P L N
gaggaggagctgctgctgaagataggcaagtacttcgacacgtggcagacggtgtgatc
E E E L L L K I G K Y F D T W Q T V L I
aaaccagacatctacttcaagttcagctggatccaccagacgcacaagaagcagcgag
K P D I Y F K F D W I H Q T H K K A A Q
gagctgcagatgccatagagtgctgatagagcagaagaggagagcgtgcaagaggcg
E L Q D A I E C L I E Q K R R A L Q E A
gagagactggacacatcaactcaccgctgacctcatcttcgacagaccocggggag
E R L D D I N F T A D L I F A Q T H G E
ttgtctgctgagcagctgagacagtggtgttggtgagatggtgatcgcagccccggacact
L S A E D V R Q C V L E M V I A A P D T
ctgtccatcagcgtgttctctcatgctctctctccagcagaaccctggcgtggagctg
L S I S V F F M L L L L Q Q N P G V E L
cagattctgcaggagatagcgtgctcataggtgagaggagcttcagaactcagacgtg
Q I L Q E I D A V I G E R E L Q N S D L
cacatgttcggcgtgctggagactcatcaacgaatctctacgcttccatctgtgtg
H M L P V L E S F I N E S L R F H P V V
gacttcacatgocgaagccctgctgctgatgacatcatagatggctacagggctgccaag
D F T M R K A L S D D I I D G Y R V P K
ggaacaacatcattctgaagctggaogcatgcaccggacagagttcttctcaaaccc
G T N I I L N V G R M H R T E F F L K P
aacgaattcactctggacaacttgagaaaaatgttctcaaaccttacttccagccgttt
N E F T L D N F E K N V P N R Y F Q P F
ggctcagccctcgtctctgtgtggcaaacacatcgccatggtgatgatgaatctatc
G S G P R S C V G K H I A M V M M K S I
ctggtggtgctgtgtgcacagtactgtgtgccccaccaggcgttgacactgaaagc
L V V L L S Q Y S V C P H Q G L T L E S
ctccacagaccaatgacatcacagcagccctgtagaggaggagcagggcctatcact
L P Q T N D L S Q Q P V E E E A G P I T
atgagattcattccagacatacaaccaggaagctgctatagagcaggactctgacactc
M R F I P R H T T R K L S
aggttgtgttattatactgtaagtatgtataaacactgactgtacaaagctaaattat
attttttatgtattaagcatttatagaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaaa
    
```

図4. メヒカリ *cyp19a1a* 遺伝子の塩基配列と推定アミノ酸配列。マイナーな生物を研究する場合、ツールとなる塩基配列から決定しなくてはならず、かなり手間がかかります。

禁漁期を除き概ね月に一度、駿河湾で出漁する漁船に乗船させていただき、メヒカリを採集しました。この作業は東大大気海洋研究所が行って下さり、いわき明星大学は試料の解析が担当です。酷い船酔いをしてしまう私は本当に助かりました。サンプルがクール宅急便で届くと (中身は漁獲されたメヒカリなので、送り状の品名は「食品」です)、まずは学生と総出で計測を行いました。体重と体長を測定し、解剖して肝臓と生殖腺の重量を測定します。肝臓の重さは栄養状態の指標に、生殖腺の重さは性成熟の指標になるからです。念のため、生殖腺の組織切片を作製して顕微鏡で確認を行いました。

さて、結果ですが、先行する研究と同様に、生

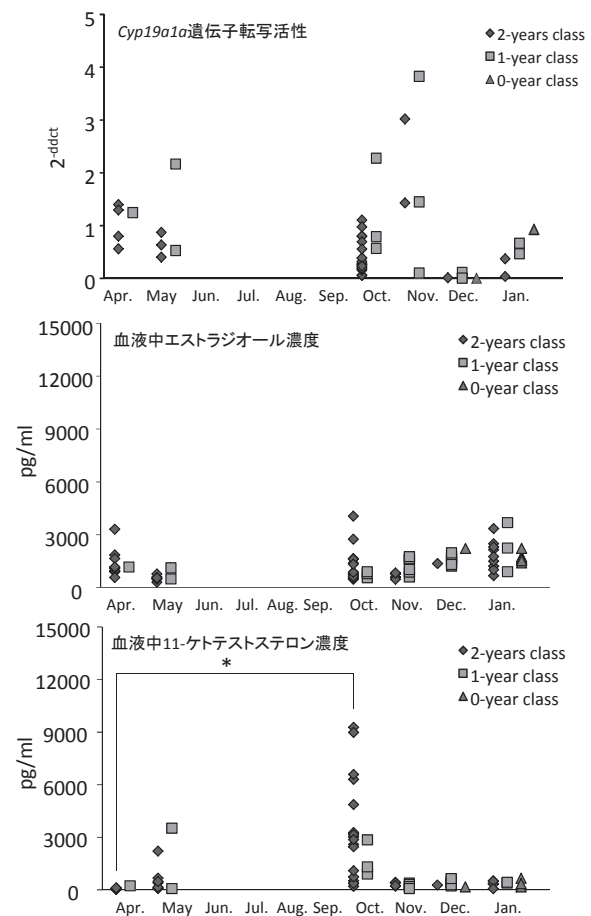


図5. 上から、メヒカリ *cyp19a1a* 遺伝子の転写活性、血液中エストロジオール濃度、血液中11-ケトテストステロン濃度の推移。漁場に来て0年目、1年目、2年目の個体を分けて示してあります。

殖腺の発達度合いや組織像からは、駿河湾で漁獲されたメヒカリに性成熟の兆候は発見できませんでした。駿河湾では、秋から冬にかけて、漁場に来て2年目の個体が一斉になくなるのですが、この2年目の個体の秋のサンプルにおいて、雌性ホルモン（魚ではヒトと同じエストラジオールという化合物です）の血液中濃度と、*cyp19a1a* 遺伝子の転写活性が低下する傾向が認められました。逆に血液中雄性ホルモン（魚では11-ケトテストステロンという化合物です）の濃度は上昇傾向を示しました（図5）。メヒカリの漁場からの移動開始には、雌性生殖腺の成熟抑制と雄性生殖腺の成熟開始が引き金になっていることが示されたわけです。つまり、メヒカリの若魚は、まず雄として成熟を開始することが推測できました。

しかし、漁場を離れ繁殖場所へと旅立った後のメヒカリがどうなっているのか、残念ながらこれ以上の追跡はできません。アクアマリンのメヒカリの飼育も、依然として展示用個体の維持で手一杯、飼育下の研究の再開もめどが立ちません。繁殖場所ですらまず雄になったメヒカリが繁殖に参加し、歳をとってから雌に性転換するのか、もしくは繁殖場所への移動の途中で卵巣も発達をはじめ雌雄同体となり、相手に応じて雄役雌役を使い分けて繁殖に参加するのか、他の魚種の事例を参考にすると、本当に様々な可能性が考えられます。南の方の深海でメヒカリがどのように子孫をつないでいるのか、遠くいわきの海岸から色々と想像を

膨らませています。

4. おわりに

いわき市の魚として親しまれているメヒカリですが、その生態にはまだ未解明の部分が多くあることをお話ししました。自然相手の研究には、思いがけない事が色々と起こり、それがまた研究の面白さにもつながるのです。実は身近ないきものたちの事で判っていないことはまだまだたくさんあります。福島県は本当に自然が豊かで、他にも面白い研究が沢山あるのですが、ページ数の関係で今回は泣く泣く割愛いたしました。ここまでお読みくださったみなさまも、これを機に福島のいきものたちにもっと興味と愛着を持っていただけたらうれしく思います。

最後に、本稿でご紹介させていただいた研究についての参考文献をあげさせていただきます。

- 1) 岩田恵理 魚類における社会順位とホルモン, 水澤寛太, 矢田崇 (編) ホルモンから見た生命現象と進化シリーズ第7巻 生態防御・社会性, 裳華房, 2016, pp191-202.
- 2) Eri Iwata, et al. The use of RNA transcription rates to assess the onset of sexual maturation in the hermaphroditic greeneye *Chlorophthalmus albatrossis*. DNA Polymorphism, 2016, 24, 8-16.
- 3) 猿渡敏郎他「特集：メヒカリという魚」, 海洋と生物, 2008, 30, 727-775.

<プロフィール>

1964年 生まれ。1986年 東京農工大学農学部獣医学科卒業、1988年 東京大学大学院農学研究科獣医学専攻修士課程修了。(株)よみうりランド海水水族館勤務の後、2001年 東京大学大学院農学生命科学研究科獣医学専攻博士課程修了。東京大学大学院農学生命科学研究科リサーチアソシエイト、(独)農業生物資源研究所非常勤職員等を経て、2004年よりいわき明星大学に勤務。専門は動物行動学、神経内分泌学。博士(獣医学)、獣医師。



フィリピン、モアルボアルにて。クマノミそっちのけでタイマイと記念写真。