

## 北野 潤 特任准教授

トゲウオ科の魚「イトヨ」は、世界各地に生息し、生息地によって非常に形態や行動が違ふ。日本各地で、美しい水に住むふるさとの魚として親しまれており、生物学者にはニコラス・ティンバーゲンのイトヨの行動研究(ノーベル賞受賞)でも知られている。

北野研究室は、このイトヨを研究対象に、フィールドワークから遺伝子解析、行動実験など多面的にアプローチ。様々な行動の違いや、種の分化は分子的にどのように起こるのか?そのしくみに迫っている。



### PROFILE

■きたの じゅん / 1972年生まれ

京都大学大学院医学研究科博士課程修了、京都大学大学院生命科学研究所助手、フレッドハッチソン癌研究所(アメリカ)博士研究員、東北大学大学院生命科学研究所助教。2011年より現職。

受賞歴 / 2010年日本動物学会奨励賞、2010年日本進化学会研究奨励賞、2011年文部科学大臣若手科学者賞

趣味 / 研究

# 野生生物「イトヨ」の行動はどんな遺伝子で決まるのか？

## 野外でたくましく生きる生き物たち その行動を決めている分子は何か？

北野特任准教授は医学部出身。脳内の化学物質によって様々な行動が変化する、その分子機構の研究をしていた。しかし研究しているうちに、野生生物に興味を持つようになった。

「野外の生き物には、攻撃的なもの、穏やかなもの、テリトリー意識の強いやつもいれば弱いやつもいる。そういう社会的な行動で成り立っている生き物に惹かれました。その行動の違いを生み出す分子機構を研究したいと思ったんです。

7,8年前、そういう研究はあまりなかった。分子をやっている人は分子だけに興味があるし、逆に魚が好きだから魚の生態を研究しているというふうに、両方をやっている人はあまりいない。でも僕はそこに興味があったし、誰もやってないので、思い切って分野を変えたほうが楽しいかなと考えたんです。」

文献をあたり、研究対象に適した野生生物を調べていくうちに、「イトヨ」を見つけた。「イトヨ」は、サケやマスと同じく、川で生まれて海へ下り成長する。海へ行かずに湖などで生息するものもある。産卵期には川にやってくるので、網やトラップで簡単に捕れる。世界各地に生息していて、日本での生息数も多い。体長5cmほどで実験室で飼いやすいなど、研究に向いていると北野特任准教授は思った。遺伝子という視点からも魅力的な魚だった。

「イトヨは、学名は同じでも生息場所によって全然違う。これとこれを別種にするべきか、と長年議論されているものもある。同じ種の中のものすごいバリエーションがある。そういう特徴のある魚を実験室に持ってきて、野外で起こっていることを再現して解析し、遺伝的な手法を取り入れたら面白いんじゃないかと思いました。」

文献で知ったイトヨ。初めて野生のイトヨを見たのは福井県大野市「イトヨの里」だった。

「見てみると、ちいちゃくて可愛い魚だし、実際その池で行動している魚が見える。それまではケージの中で飼われているマウスとかしか扱ってなかったのが、野外の池の中で繁殖したり、けんかしたり、食べ物を探したりしている魚を見たわけです。これがどういうホルモンや遺伝子によって制御されているのか？理解したいと強く思いました。」

## 古典的手法と最先端技術を組み合わせる

北野特任准教授の研究方法は、まず野外に出かけ、いろいろな所からイトヨを捕まえてくる。そして生息環境と同じ低温に保った水槽でイトヨを飼育し、それぞれの集団について、形の違い、血液中のホルモン量の違い、行動の違いなどを記録する。

次に、異なる集団のイトヨを掛け合わせて、生まれてくる子の遺伝子を連鎖解析していく。

「連鎖解析によって、染色体上のどこに形やホルモンの違いを決める遺伝子があるかがわかります。ある意味メンデルの実験ですね。しわのある豆と丸い豆を掛け合わせた実験と同じです。

最新技術を使うと、次世代シーケンサーで全ゲノムを読み取って比較することもできる。マイクロアレイを使えば、実際に発現している遺伝子の違いもわかる。

古典的な手法と最先端のものを組み合わせて、形や行動の違う集団の遺伝子を調べる。今はこの段階です。」



## 日本海型イトヨで見つけた、求愛行動の違い

これまでにわかった大きなトピックを紹介しよう。

日本海に生息する日本海型イトヨは、世界中のイトヨと比べて違う点が多い。日本海は氷河期に海面が下がり、海と分離したとされており、そうした環境の変化が日本海型イトヨの特殊性を生んだと考えられている。「僕がずっとフィールドワークしている北海道の厚岸には、日本海型と太平洋型の両方がいます。

しかし、交わってしまわない。同じ場所で生息しているのになぜこれらが交配しないのか？

まず、求愛ダンスが全く異なっているんです。太平洋型はジグザグにすばやく泳ぐ。ところが日本海型はゆっくり近づいて体を左右に傾けて、全然違う泳ぎ方をする。

さらに、ダンスの後にオスが背中のとげでメスを突っつくんですけど、日本海型はそれがすごく強力です。日本海型のメスは、その強力な突っつきは当然平気です。でも太平洋型のメスはびっくりして逃げちゃうんです。」

では、染色体上のどこに行動の違いを生み出す遺伝子があるのか？連鎖解析してみると、思いがけない発見があった。

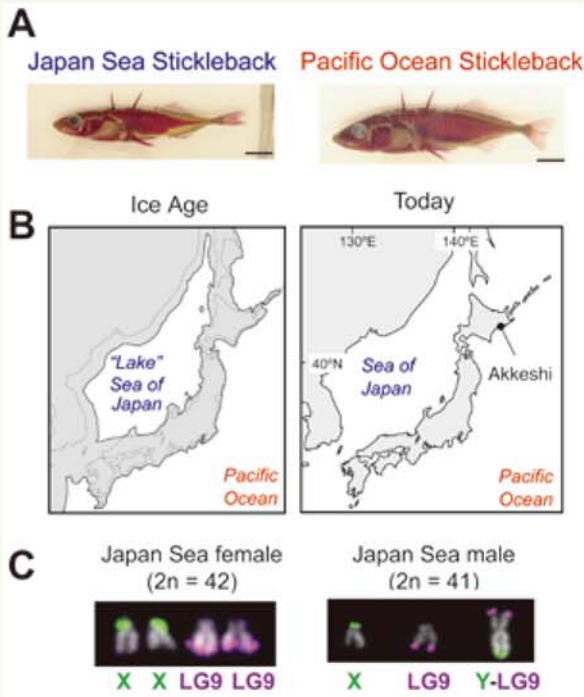


「染色体9番に、その遺伝子があることがわかったんですが、不思議なことに日本海型のオスだけで、この9番染色体がY染色体とくっついてるということが偶然見つかったんです。」

常染色体と性染色体の融合。これが起こると人の場合は病気になったりするが、野生の魚類では20数種類そういう報告がある。

「今回の結果から、性染色体の転座と求愛行動に関係があって、そういうものが別種が交わらないメカニズムになっているのかもしれない。これはまだ仮説の段階です。証明するためには、イトヨ以外でY染色体と常染色体がくっついているものを見つける必要があります。」

北野特任教授が今注目しているのは、イトヨの近縁種「トミヨ」という魚だ。トミヨも日本だけで多様化している。トミヨでも同じような事が起こっているか？今後の研究に期待がかかる。



図一(A)日本に生息するイトヨ二型。(B)氷河期の地理的隔離が二型の種分化に関わっていると考えられている。現在、北海道東部で2型は同所に存在する。(C)日本海オスではY染色体(連鎖群19)と連鎖群9が融合している。

### 自然環境を再現するのは難しい!

野外環境を再現する行動実験はなかなか難しい。苦労話として、アメリカでの実験の話が出てきた。

「湖の濁りと、天敵がイトヨを捕まえる効率の関係を調べるため、水槽に天敵とイトヨを入れ、水の濁り具合を変えて比較したかったんです。ワシントンサケマス孵化場にプールを借りて、まず天敵の大型の魚を捕りに行き、思いのほかいっぱい捕れたのでそこで飼いはじめました。次にイトヨを捕りに行ったら、なぜかほとんど捕れなくて。仕方ないからずっと毎日毎日、天敵にエサをやりに行つて。次の年の春になって、いよいよイトヨが捕れる、となったら、天敵の魚の繁殖が始まって、夜明けごろになるとジャンプする。ある日行ったら水槽からほとんど飛び出して、個体数が減って。(笑)

濁りをつくる実験も論文で読んだ粘土をプールに放り込んで溶かしたんですが、入れた直後は濁っても、次の日行ったら全部沈んでる。攪拌したら魚がびっくりするし、どうしたらいいんだ?!という話で。結局、水の濁りと捕食圧の関係は証明できなかったんです。」

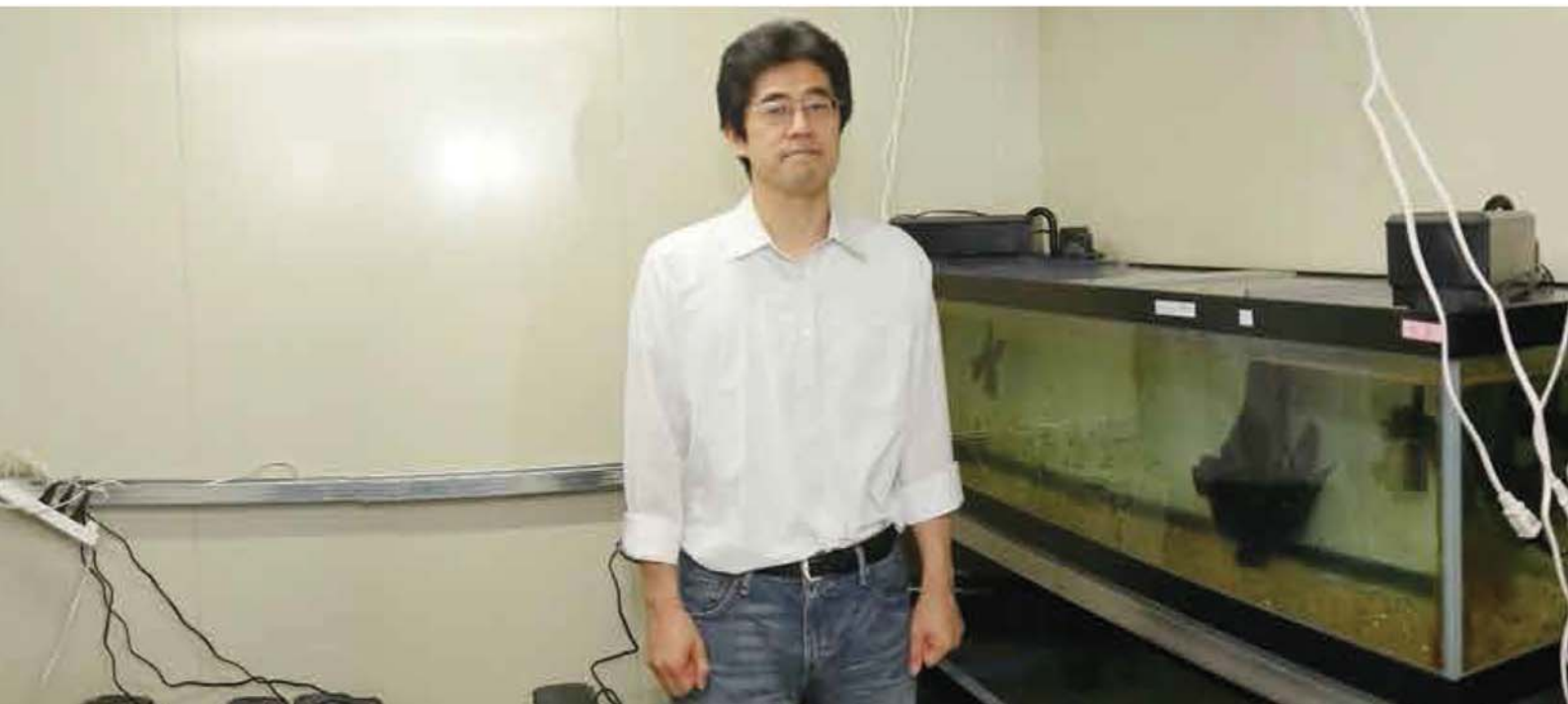
### 津波による環境変化についても調査中

研究室では、東日本大震災で被害を受けた宮城県大槌町のイトヨも調査している。大槌町には美しい湧水があり、湧水が育んだ魚、イトヨを地域の人が大事に守っている。

「大槌町の人たちにとって、イトヨは町の誇り、湧水のシンボルとも言える存在だったのかもしれませんが、川にはイトヨ観察デッキがあるんですが、津波でひどく破壊され、がれきに埋もれました。こうした環境の変化がどんな影響を与えるのかも見ていきたい。」

日本海型と太平洋型が生息している日本で研究することはアドバンテージがあるし、日本の生き物で日本発の成果を出していくことは意識しています。

大槌町のイトヨにしても、日本人が中心になって、町や人のことも理解しつつ、最先端の成果をあげていきたいです。」



## 種分化と適応進化の遺伝機構を解明する

どうやって新たな種が生まれるのか。生き物がどのようにして新たな環境に適応していくのか。生物多様性進化を巡るこれらの問いに対して、トゲウオ科魚類をモデルとして用いながら迫ります。

トゲウオ科魚類は、わずか数百万年の間に適応放散を遂げたことから、進化研究の格好のモデル系です。生態学、生理学、ゲノミクスなどの種々の手法を統合して以下の研究を行っています。

### ●種分化のメカニズム

近縁種間の交雑を妨げる生殖隔離機構の進化機構の解明を目指します。

### ●適応進化と表現型可塑性のメカニズム

新規環境への適応進化、及び、可塑的変化の分子遺伝機構について追求します。

### ●人為的急速進化のメカニズム

人為的な環境変化が生物の進化に与える影響について、生息環境が改変させられた集団や異なる環境へ移植された集団を用いて解明します。

## Publications

Adachi, T., Ishikawa, A., Mori, S., Makino, W., Kume, M., Kawata, M., and Kitano, J. (2012). Shifts in morphology and diet of non-native sticklebacks introduced into Japanese crater lakes. *Ecology and Evolution Volume 2 Issue 6*, 1083–1098.

Kitano, J., Kawagishi, Y., Mori, S., Peichel, C. L., Makino, T., Kawata, M., and Kusakabe, M. (2011). Divergence in sex steroid hormone signaling between sympatric species of Japanese threespine stickleback. *PLoS One* 6, e29253.

Kitano, J., Lema, S. C., Luckenbach, J. A., Mori, S., Kawagishi, Y., Kusakabe, M., Swanson, P., and Peichel, C. L. (2010). Adaptive divergence in the thyroid hormone signaling pathway in the stickleback radiation. *Curr. Biol.* 20, 2124–2130.

Kitano, J., Ross, J. A., Mori, S., Kume, M., Jones, F. C., Chan, Y. F., Absher, D. M., Grimwood, J., Schmutz, J., Myers, R. M., Kingsley, D. M., and Peichel, C. L. (2009). A role for a neo-sex chromosome in stickleback speciation. *Nature* 461, 1079–1083.

Kitano, J., Bolnick, D. I., Beauchamp, D. A., Mazur, M. M., Mori, S., Nakano, T., and Peichel, C. L. (2008). Reverse evolution of armor plates in threespine stickleback. *Curr. Biol.* 18, 769–774.



※2012年度要覧より



大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構

国立遺伝学研究所

National Institute of Genetics

〒411-8540 静岡県三島市谷田1111

<http://www.nig.ac.jp/>