

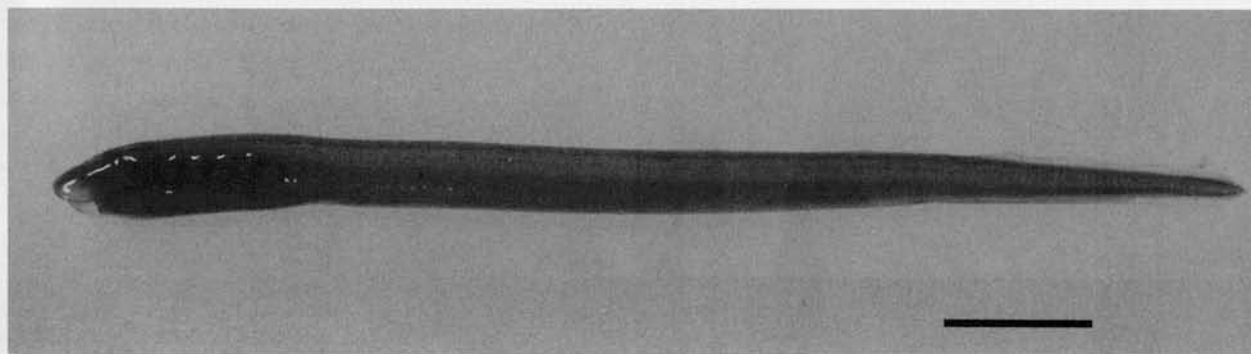
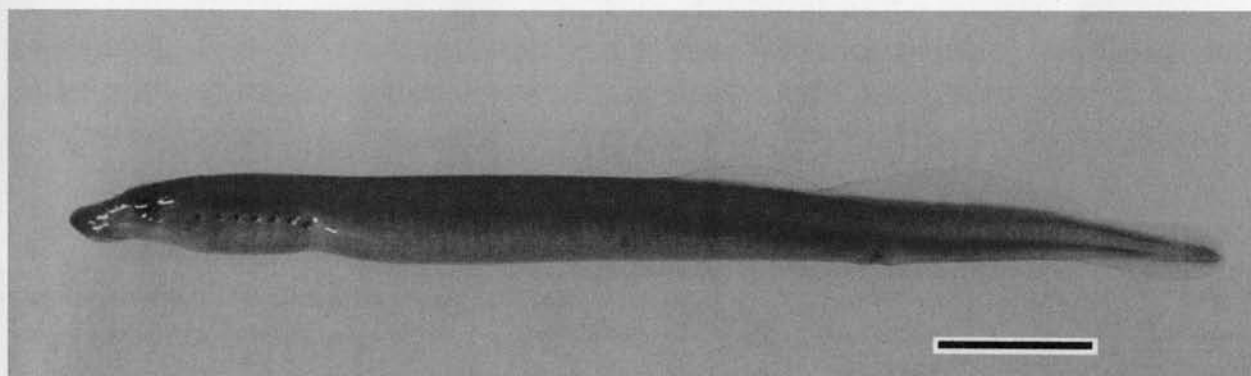
とやまと自然

第25巻 春の号 2002

富山に住む生きた化石 ヤツメウナギー
「わくわく宇宙展～"きぼう"の世紀へ～」を開催

／山崎 裕治 2

／林 忠史 8



富山で採集されたスナヤツメ。上は成熟雄、下は幼生。黒棒は1 cm。(撮影：山崎裕治氏)

富山に住む生きた化石 -ヤツメウナギ-

山 崎 裕 治

はじめに

みなさんは「生きた化石」と聞くとどのような生き物を思い浮かべるでしょうか。イチョウやソテツといった植物や、海の中に潜むシーラカンスやカブトガニでしょうか。このうち町中にも多く植林されているイチョウは身近な存在といえますが、それ以外の生き物たちはいずれも本やテレビの中でしか出会う機会がありません。

ところが、よくよく探してみると、実は私たちのすぐ近く、この富山の川の中にも「生きた化石」であるヤツメウナギが生活しているのです。多くの謎を秘めた生物であるヤツメウナギについて紹介しましょう。

生きた化石

ヤツメウナギは無顎類むがくるいあるいは円口類えんこうるいと呼ばれ、今日では、世界中におよそ40種類、日本に4種類生息します。ヤツメウナギの起源は古く、今からおよそ5億年前にヤツメウナギの子孫が誕生したといわれています。そして、2億5000万年前には、現在とほとんど同じ形をした「ヤツメウナギ」が生息していたことが、化石から分かっています。つまり2億5000万年以上の間、ヤツメウナギは今と変わらない姿を保ち、悠久ゆうきゆうの時を過ごしてきたのです。まさに生きた化石と呼べるでしょう。

名前の由来

みなさんはヤツメウナギ（表紙写真）を見たり聞いたりしたことがあるかもしれません。ではヤツメウナギと聞いたとき、どのようなイメージを持つでしょうか。目が八つ、ウナギの仲間などでしょうか。

ヤツメウナギという名前の由来は確かに「八つの目を持つウナギ」です。ではウナギの仲間なのでしょうか。これに答えるためには、なぜ無顎類と呼ばれるかを説明する必要があります。

ヤツメウナギが無顎類むがく（あるいは円口類えんこう）と呼ばれる理由は、読んで字のごとく「顎あごを持たない（あるいは円い口の）」仲間です。では、顎を持たない

いとはどのような生き物でしょうか。思い浮かべてみますと、我々ヒトはもちろん、犬や猫、鳥、カエル、そしてウナギやコイといった魚たちはみんな顎（上顎と下顎）を持っています。実は生物の進化の歴史の中で、顎を持つ仲間と持たない仲間は大きく異なっており、一般には顎を持たない仲間から持つ仲間が生まれてきたといわれています。顎を持たない仲間は今からおよそ5億～3億5千万年前に地球上に多く生息していましたが、今ではそのほとんどは絶滅してしまい、現在生き残っているのはヤツメウナギと海に住むヌタウナギの仲間だけになってしまいました。

つまりヤツメウナギは、「ウナギ」という名がつき水の中に住んでいますが、実は我々がふつうに考える魚たちとは全く別の仲間なのです。見た目が似ているからウナギという名がついたのでしょうか。

では、目は八つもあるのでしょうか。さすがにそのようなことはありません。目は左右一対だけです。ただ、本当の目の後ろに片側7つの穴が開いています。これは水の中で呼吸するための穴です。この穴があたかも目のように見えるため、本当の目と合わせて「八つ目」という呼び名がついたのです。

それとともに、実際にヤツメウナギにはビタミンA

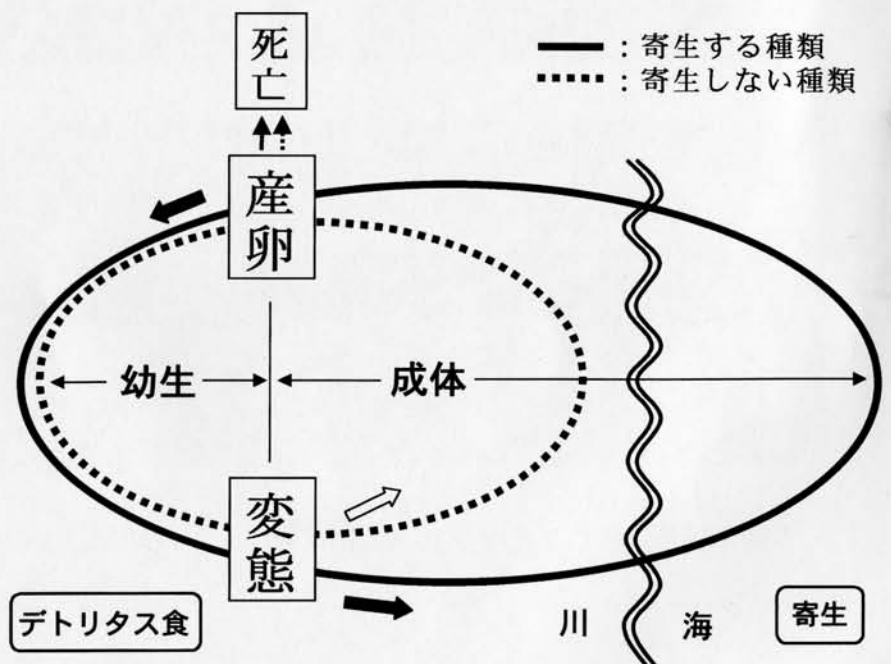


図1. ヤツメウナギの一生

やDといった目に効く成分が他の魚より多く含まれていることから、この名が定着したようです。

ヤツメウナギと聞いて抱くもう一つのイメージとしては、「血を吸う生き物」ではないでしょうか。確かにヤツメウナギの中には他の魚の血を吸って大きくなる種類もあります。これは寄生生活と呼ばれ、円い吸盤状の口で魚に吸い付き、血を吸ったり、肉を食べたりします。しかし、それは一生のうちの一時期でしかなく、またすべての種類が寄生生活を送るわけではありません。

もう一つの大きな特徴として、ヤツメウナギは「変態」をします。変態^{へんたい}という、オタマジャクシがカエルになったり、イモムシがチョウになったりすることをイメージしますが、それと同じで、子供の時期^{せうせい}（幼生）と大人の時期^{せいだい}（成体）を持ちます。それでは次に、ヤツメウナギの一生についてまとめておきたいと思います（図1）。

ヤツメウナギの生活 -幼生-

まず、今も書きましたように、ヤツメウナギには寄生する種類としない種類の二つに大別できます。両方で共通する点として、産卵は一般に春に川で行われます。川の流れの中で、山から平地に差しかかるあたりにできる砂利底を選び、たくさんの個体が集まって卵を産みます（図2）。このとき、川底の砂利を尾で勢いよくはじき飛ばしたり、あるいは吸盤状の口で石に吸い付き、それを持ち上げて動かします。時には自分の頭より大きな石を持ち上げることもあります。このようにして川底にすり鉢状のくぼみを掘り、この中に

卵を産み落とすのです。

卵はそこでふ化して、アンモシーテスと呼ばれる幼生になります。このアンモシーテス幼生は成体と体のつくりで異なる部分をいくつか持っています。まず、成体と違って目がありません。通常、幼生は川の底や岸よりにたまった砂や泥に潜り込んで生活するため、この時期には目が必要ないのです。

また口も吸盤状ではなく、円い口にフード^{かぶ}が被さった形をしています。そのため、ものに吸い付けず、成体のように魚の血を吸うことができません。その代わり、微生物に分解された木の葉などの有機物^{ゆうきぶつ}（デトリタスと呼ばれます）や川底の藻類^{そうるい}を吸い込んで食べます。

このような幼生生活を2～4年間送り、体の大きさが10～20cm程度に成長した年の秋に、成体へと変態します。この変態を境に、寄生する種類としない種類の生活が大きく分岐します。

ヤツメウナギの生活 -成体-

寄生する種類のヤツメウナギでは、変態した年の秋から冬にかけてはそのまま川にとどまりますが、翌春の雪解けの増水とともに、海へ降ります。そしてこの海で寄生生活を送ります。

寄生するヤツメウナギとして有名なのは、北アメリカの五大湖に生息するウミヤツメと呼ばれる種類です。このヤツメウナギは、海の代わりに湖に降り、そこで寄生生活を送りますが、これが1900年代はじめに大発生してサケ・マス類に寄生したため、当時五大湖の生物資源に多大な影響を及ぼしました。皮肉なことに、

これをきっかけとしてヤツメウナギに関する研究が飛躍的に発展したのです。

しかし、海での生活がどのようなものであるかは、よくわかっていません。サケ、タラソしてカレイなどの魚に寄生するといわれていますが、たとえば川から海へ降ったヤツメウナギがどこまで泳いでいくのか、あるいは海で何年過ごすのか、など未だ不明な点が多くあります。今後の研究が待たれるところです。

いずれにせよ、このような寄生生活を送りながら成長し、



図2. スナヤツメの産卵（撮影：桑原禎知氏）

やがて産卵のために川に遡ってきます。その季節は秋のはじめから翌春の産卵直前までと長い期間にわたります。

一方、寄生しない種類のヤツメウナギでは、秋に変態した後、そのまま川に留まり、翌年の春には産卵します。この間、何も餌を食べないことが知られています。つまり、変態する時まで体の中に蓄えた栄養をつかって、産卵の準備をするのです。このため、産卵の時期には体はやせ細り、体長も縮んでしまいます。

そして、いずれの種類のヤツメウナギも、産卵で力を使い果たし、一生を終えます。

富山とヤツメウナギ

みなさんの中には、富山でヤツメウナギを見たり、あるいは食べたりしたことがある人がいるでしょう。富山県にも寄生する仲間と寄生しない仲間が住んでおり、それぞれカワヤツメとスナヤツメと呼ばれています。

寄生するカワヤツメを知っている人に話を聞くと、^{さかのぼ}海から遡ってくる大きなヤツメウナギというイメージが強いようです。もちろんその通りで、晩夏から翌春にかけて川を遡り、そのときの大きさは、大きいものでは60cmにも達します。しかしこの種類も、他のヤツメウナギ同様に、幼生期を川で過ごした後、海で寄生生活を送っているのです。つまり、目立たないだけで、川の中でもしっかりと生活をしているのです。この種類は、富山に限らず、多くの地域で古くから食用や薬として用いられています。

このカワヤツメは海を越えて生息地を拡げることが可能なことから、広い地域に生息しています。日本列島では、^{さんいん}山陰地方を日本海側の、^{かんとう}関東地方を太平洋側のそれぞれ南限として、それより北方に広く生息します。また、国外でも、韓国の日本海側から、遠くはロシアの北極海側や北アメリカのアラスカにまで生息しています。

もう一つの種類であるスナヤツメは、寄生しない仲間です。大きさも20cmを越えることは希で、一生の大半を川岸の砂や泥の中に潜って生活しているため、目立たない存在といえます。また体の大きさから、このスナヤツメがカワヤツメの子供と間違えられることがあります、まったく異なる種類です。

このように富山に生息するヤツメウナギは2種類です。図鑑を見てもこのように書いてあると思います。ところが最近の研究により、スナヤツメが、さらに2つのグループに分けられることが明らかになってきま

した。それも見た目では区別が出来ず、DNA（デオキシリボ核酸^{かくさん}）を調べることで初めてその違いがわかってきました。そこで次に、スナヤツメについて詳しく見ていきましょう。

DNAから生物をさぐる

ここからの話は、学問的な要素が強まりますので、予め多少の説明をしておきたいと思います。

生物を扱う上で、種類（「種」）を正確に区別することが必要になります。殊に学術的な研究の分野ではなおさらです。一般に「種」を区別する際には、見た目、すなわち形の特徴に着目します。^{おおざっぱ}大雑把に言えば、同じ形を持つものが「同じ種」であり、形が異なれば「別々の種」です。しかし、この基準ですと混乱が生じることがあります。例えば、生物の中には親と子で形が全く異なったり、雄と雌とでも見た目が違うことが多々あります。実際に、生物学の歴史を紐解くと、このことが原因で「種」を見誤ってきた例は枚挙に暇がありません。

このような間違いの原因は、成長や性別によって、形が変化する（別々の特徴を持つにいたる）ためです。そこで、このような間違いを少しでもなくそうと、最近では成長段階や性別の違いでは変化しない特徴が着目されています。その際に用いられる特徴がDNAです。

生き物の体は、^{さいぼう}細胞とよばれる小さな構造体が無数に集まって出来ています。この細胞の中心にある核^{かく}とよばれる袋の中にDNAは入っています。DNAは直径およそ2nm（ナノ・メートル：1ナノ・メートルは10億分の1メートル）の細い糸のような形をしています。この中に、体の形といった生き物の持つ特徴に関する情報が詰まっています。またDNAは体内で行われる様々な調節機能を支配しています。この情報の詰まったDNAが親から子へ、子から孫へと受け継がれていきます。

この受け継ぎにおいて、DNAが変化を起こすことがあります（突然変異といいます）。

このような変化が生じた場合に生物はどうなるのでしょうか。時には独自の形を持ち、時には独自の体内^{ちようせつきのう}調節機能を有するに至ります。つまり、DNAが変わることで、異なる生物が生まれる、すなわち進化するようになります。ただし、DNAが変化することは非常に希で、またこの変化は通常小さなものです。生物は、太古の昔から長い年月をかけて、このようなDNAの変化とそれによる進化を繰り返して、今の形に至っ

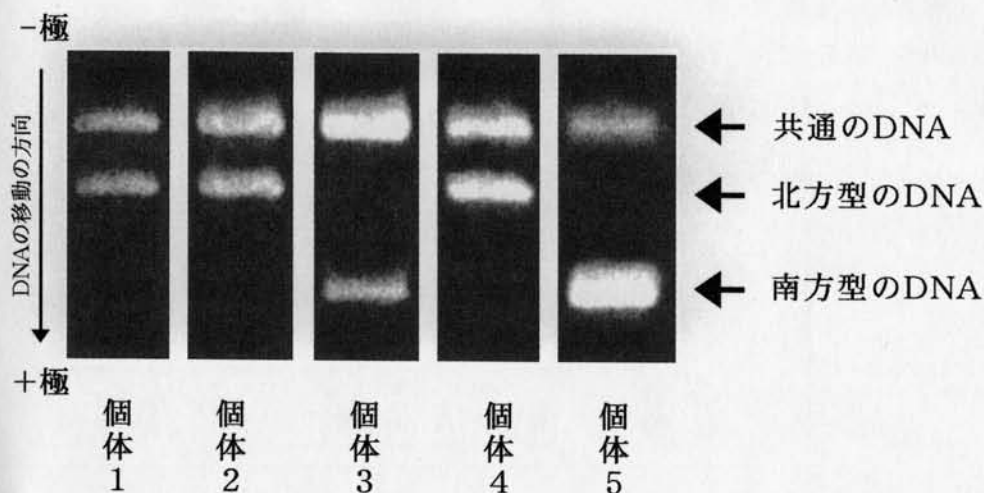


図3. 電気泳動法により示されたスナヤツメ二型のDNAパターン
DNA (白い固まり) の位置関係により、種類がわかる
個体1、2、4が北方型、個体3、5が南方型

い地域に生息しています。日本列島では、北海道から本州、四国、そして九州の北部まで。大陸では、朝鮮半島からロシアのアムール川、そしてカムチャッカ半島からも記録があります。このように広い生息域を持つことは、スナヤツメが古くからこの地域に生息しており、長い年月をかけて徐々に生息地を拡大してきたのだろうと解釈されてきました。

ところが、最近私たちの研究グループがスナヤツメのDNAを調べたところ、意外な事実が判明してきました。こ

ているのです。

ですから、私たちが捉えることの出来る今このときのDNAの特徴はその生物がもつ本来の特徴ということができ、このDNAの特徴を捉えることが出来れば、たとえ形が似ていようが、似ていまいが、正確に「種」の判別が出来るわけです。

もちろん、ひとくちにDNAを調べるといっても、見た目で見分けるように簡単にはいきません。高度な技術と様々な装置が必要とされ、その操作は大学や各種の研究機関などでしか行うことが出来ないのが現状です。しかし、最近ではDNAを用いた様々な研究が盛んに行われており、テレビや新聞のなかですら、「DNA」や「遺伝子」という単語を見聞きするようになってきました。これから少しずつ馴染みのある方法になるでしょう。

DNAからみたスナヤツメ

さて、スナヤツメに話を戻しましょう。繰り返しになりますが、スナヤツメは一生を川の中で過ごします。ですから、カワヤツメのように海を越えて生息地を拡げることは出来ません。ところが、それに関わらず、スナヤツメは広

れまで一つの仲間と考えられたスナヤツメが、DNAの特徴が全く異なる2つのグループ（遺伝的二型）に分かれたのです（図3）。なお、「型」とは「種」をさらに細分するときの便宜的な呼び方の一つです。

これら2つの「型」をその生息域の特徴から、北方型と南方型と呼ぶことにします。北方型は、その名の



図4. スナヤツメ二型の生息が確認された地点

通り比較的北側に生息しており、北海道と本州の中部以北から採集されました（図4）。一方の南方型は、本州のほぼ全域と、四国、九州そして韓国で確認されました。つまり、「スナヤツメ」という一つの種が広い生息域を持つのではなく、その中には全く異なる2つの「型」が存在していたのです。

同じ種か別の種か

では、ここで見つかったスナヤツメの2つのグループはそれぞれを単独の「種」とみなして良いのでしょうか。それを解く鍵が富山にありました。

先に述べましたように、スナヤツメの北方型と南方型の生息域はそれぞれ南北に偏る傾向があります。しかし、本州の中部域では、両者の生息域が重なり、いくつかの川では両者が共存していました。そのような川の一つが富山にあります。そこで、その川から採集したスナヤツメのDNAを詳しく調べてみました。

その結果、同じ川の、同じ場所に住んでいても、やはり全く異なるDNAの特徴を有する北方型と南方型が存在しました。そして両者間のいわゆる「雑種」は一個体も見あたりませんでした。つまり、この結果は、北方型と南方型のそれぞれが独自のDNAの特徴を持つグループであることを示しており、それぞれが独立した「種」であることを意味しています。

ここで素朴な疑問が生じてきます。スナヤツメの北方型と南方型はこんなにも異なるDNAを持っているにもかかわらず、なぜこれまでその違いが発見されなかったのでしょうか。

その答えは、「形」にありました。と言いましてもこの場合は、形が全く同じである、ということです。私たちの研究グループが、DNAの特徴に従って予め分けた北方型と南方型の形態を比較したところ、両者を区別する特徴が全く見いだせなかったのです。つまり、従来通りに「形」を基準に種類を識別していたのでは、スナヤツメ二型を見つけることが出来ないということです。

形が全く同じであるにも関わらず、別の種ということが本当にあり得るのでしょうか。実は、昆虫をはじめとする無脊椎動物や、カエルなどの一部の脊椎動物では、いくつかの事例が知られており、そのような種の集まりは、同胞種あるいは隠蔽種と呼ばれています。

ヤツメウナギの仲間は何億年も形を変えずに過ごしてきたことは、はじめに述べました。そのようなヤツ

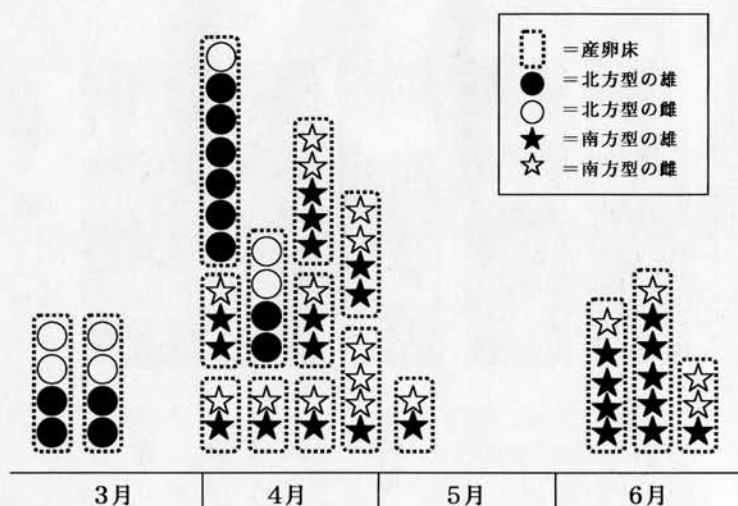


図5. スナヤツメ二型の共存河川における産卵床の種組成と時期
一つのマークが一個体を示す

メウナギの中に形では見分けがつかない別種がいても、実は何も不思議ではないのかもしれませんが。いずれにしても、ヤツメウナギは進化を考える上で貴重な生き物といえましょう。

仲間を認識するメカニズム

これまで述べてきましたように、スナヤツメ二型を人間の「目」で見分けることは出来ません。ところが、二型間の雑種が存在しないことを考えると、スナヤツメ自身は、互いを見分けているわけです。では、どのような方法で、見分けているのでしょうか。ここでも私たちの研究グループによる調査の結果を紹介したいと思います。

まず、幼生の生活に着目しました。スナヤツメが潜んでいると思われる川の砂底に1m四方の枠を置き、その中の個体を捕まえて、種類分けをしました。もちろん、この際にも見た目から種類分けをすることは不可能ですので、研究室に持ち帰り、DNAを調べました。

この調査を30箇所くらいで行いましたが、結局どの場所でも北方型と南方型は一緒に住んでいました。つまり、幼生の頃は互いを意識することなく、共存しているわけです。

では、産卵の時期ではどうでしょうか。ヤツメウナギでは産卵の時に、複数の雌雄が川の砂利底に産卵床を作り、群れて産卵します。そこで我々の調査では、この産卵のために集まった群れをまとめて捕まえて、先と同様にDNAを調べてみました。するとどうでしょう、ある群れは決まって北方型の個体だけ、またある

群は南方型の個体だけから成っているではありませんか(図5)。20近い産卵床を調べてみましたが、この特徴が変わることはなく、北方型と南方型の個体が同時に一つの産卵床で捕獲されることは一度もありませんでした。時期や場所が違うかという、そうでもなく、同じ日の同じ時に、1~2m程度しか離れていない場所に北方型の個体から成る産卵床と南方型のそれとが並んで形成されていることもありました。

これらの結果が意味することは、見た目では区別が出来なくても、スナヤツメ自身はしっかりと自分と同じ仲間(種類)を認識して、その上で産卵床を形成しているということです。

ではどのようなメカニズムで、自分と同じ仲間を認識しているのでしょうか。残念ながら、この答えは未だでていません。他の同胞種では、ホタルの発光パターン、カゲロウやカエルの鳴き声などが、仲間を認識するためのメカニズムとして知られています。ヤツメウナギでは、いくつかある可能性のうちの一つとして、「臭い」^{げん}ではな^みいかと^{きゆうかく}考えられています。もう少し厳密に言うと、嗅覚を刺激する物質のことで、いくつかの生物でも知られているフェロモンと呼ばれるものです。ヤツメウナギでも産卵の時にフェロモンが関与することは知られています。ですから、それぞれの種類が独自のフェロモンを有しているならば、それを識別することによって、自分たちの仲間を認識することが出来るわけです。ただ今のところ、これは推測にすぎません。今後の研究が待たれるところです。

ヤツメウナギのこれから

ここまで紹介してきましたように、ヤツメウナギはとても不思議な生き物です。そして未だ多くの謎に包まれた生物でもあります。そして忘れてはならないことは、そのようなヤツメウナギが私たちの身近に住んでいるということです。

しかし、このヤツメウナギはいつまでも私たちと共に生活をしていけるのでしょうか。最近、富山でもヤツメウナギが減ったという話をよく耳にします。その大きな原因として、川の流れやその周辺が、人間の手によって変えられていることが挙げられます。

川を見てください。よほど山の中へ入らない限り、私たちが見る川はその両側を、あるいは底までもコンクリートで囲まれています。それと共に、川がまっす

ぐに流れていることに気がつくかもしれません。確かに見た目はきれいになっているかもしれませんが、それは川の中に住む魚たちにとって住みやすい環境なのでしょうか。

残念ながら、ヤツメウナギに限ってもそれは良好な状態とは呼べません。例えば、川の両側がコンクリートで固められたり、あるいは川が直線化されることによって、砂や泥がたまる場所が形成され難く、そのような場所を生活の場とするヤツメウナギの幼生にとっては、住みかを失うことに成りかねません。

また逆に、流れ出た砂は川の砂利底に積もり、これを埋めてしまいます。そのため、ヤツメウナギにとっての産卵場所が失われてしまうのです。

これと共に、川岸に生えていた草木が無くなることにより、川の水が直接太陽に温められて水温が上昇したり、餌となる木の葉やそれを分解する微小な生物が減少してしまうことも知られています。もちろん、生活排水などの流入による水質の悪化もあるでしょう。

このようなことが、多くの河川で起きており、ヤツメウナギの生息を脅かしているのが現状です。いつまでもこのままですと、ヤツメウナギが富山からいなくなってしまうかもしれません。ここで誤解しないいただきたいことは、ヤツメウナギだけを考えればよいというわけではないことです。川の中やその周辺に住むあらゆる生物に目を向けなければなりません。また、ヤツメウナギを始め、数が少なくなった生物を水槽で飼い繋げばよいのではなく、元来それを取り巻いていた環境も含めて守っていくことが大切ではないでしょうか。

おわりに

ここで紹介しましたように、ヤツメウナギは私たちのすぐ近くに住んでいるにもかかわらず、多くの謎を秘めた生き物です。もちろん、学術研究の分野でも注目を集めているため、研究者が果たす役割は多く残っています。しかし、ヤツメウナギやそれを取り巻く環境を守っていくためには、地元の人たちの活動が求められています。

ヤツメウナギに限らず、富山には興味深い多くの生き物が住んでいます。今回の話が、そのような生き物に接するきっかけになれば幸いです。

(富山大学理学部生物学科 やまざき ゆうじ)

「わくわく宇宙展～"きぼう"の世紀へ～」を開催

林 忠 史

平成14年4月13日(土)～5月6日(月・祝)、科学文化センターでは「わくわく宇宙展～"きぼう"の世紀へ～」を行います。この展示は宇宙開発事業団主催で、2月に2号機の打ち上げが成功したH-IIAロケットや国際宇宙ステーションなど、日本の宇宙開発を体験できるイベントです。

国際宇宙ステーションは1998年から建設が始まり、2006年完成予定の大プロジェクトです。日本はここに実験モジュールの「きぼう」接続する予定ですが、今回の展示ではこれの内部の実物大模型があります。宇宙ステーション内部はどのようになっているかや、その狭い空間で宇宙飛行士がどのように仕事をするかを体験できますし、実際の実験装置の部分には、宇宙開発に関するゲームや解説などが所狭しと詰め込まれています。がんばれば将来誰もが宇宙に行ける、そんな時代を思わせる宇宙開発の大きな一歩を感じることができるでしょう。

宇宙開発を楽しく学べるよう、他にもゲームやクイズがたくさんあります。宇宙飛行士に向いているかどうかをためす宇宙飛行士適性ゲームをしたり、種子島

を出発して火星に向かうまでを松本零士のアニメキャラクターを使用してQ&Aで紹介した有人火星飛行クイズに挑戦したりと、楽しい展示がもりだくさんです。

もちろん、今後の活躍が期待されるH-IIAロケットの詳細な解説もあります。

またゴールデンウィーク中の5月3日(金)と4日(土)には、「宇宙まつり」と題して、模擬宇宙服の試着体験やフィルムケースを使ったロケットの工作、宇宙開発事業団の職員が質問に答える宇宙なんでも相談室など、たくさんのイベントを行います。宇宙服は先着順で定員がありますが、親子で宇宙服を着ての記念撮影はいかがでしょう。

5月4日(土)の午後2時から、元種子島宇宙センター所長の菊山紀彦さんによる講演会「守ろう地球、めざそう宇宙」を行います。菊山さんは毛利さん、向井さん、土井さん、若田さんなどの宇宙飛行士たちと一緒に仕事をしてたくさんの話を聞いてこられた経験から、楽しいお話をしてくださいませ。

ゴールデンウィークはぜひ科学文化センターへお越し下さい。

★「わくわく宇宙展～"きぼう"の世紀へ～」

- 期間 平成14年4月13日(土)～5月6日(月・祝)
- 時間 午前9時30分～午後4時
- 場所 科学文化センター特別展示室
- 主な展示物 日本の実験棟"きぼう"の実験装置実物大模型・H-IIAロケット大型模型、ロボットアームシミュレーションゲーム、宇宙飛行士適性ゲーム、毛利宇宙飛行士Q&A、有人火星飛行クイズなど。



★「宇宙まつり」

- 期日 平成14年5月3日(金)・4日(土) 午前9時30分～午後4時
- 主なイベント

講演会「守ろう地球 めざそう宇宙」講師 菊山紀彦氏(5月4日のみ、午後2時から)、宇宙服試着コーナー、ビデオ上映会、工作教室、宇宙なんでも相談室



「とやまと自然」第25巻 第1号(春の号)(通巻97号)平成14年4月1日発行
発行所 富山市科学文化センター 〒939-8084 富山市西中野町1-8-31
TEL 076-491-2123 FAX 076-421-5950 <http://www.tsm.toyama.toyama.jp>
富山市天文台 富山市三熊49番地-4 TEL 434-9098 FAX 434-9228
発行責任者 布村 昇 印刷所 あけぼの企画社 TEL 424-1755