

水草の世界にどっぷりと—進化、そして保全

国立科学博物館筑波実験植物園

田中法生

私は千葉大学を卒業後、東京都立大学の大学院、そして国立科学博物館筑波実験植物園に赴任してからもずっと水草の研究を行ってきました。花卉園芸学研究室で野生植物の多様性に感化され、軽い趣味で栽培していた水草も研究対象として面白そうだと気づき、博士論文のテーマにトチカガミ科を選びました。それ以来、水草の世界にどっぷりと浸かってしまったというわけです。

水草の定義はとても曖昧です。Cook(1974)は、「栄養器官が常にまたは年数ヶ月以上水中または水面にあるシダ植物および種子植物」としていますが、コンセンサスの得られた明確な定義はありませんし、いろいろなグループからの寄せ集めです。しかし、水草が陸生植物から水環境によく適応進化した植物群であることは確かで、その平行進化した寄せ集めの植物群が同じような適応を起していることが水草の面白さの根源なのです。

園芸とはずいぶん離れてしまいましたが、私がやっていることを中心に興味深い水草の世界を紹介し、現在水草がおかれている状況にも触れたいと思います。

水草の受粉の進化

水草の受粉はどのように行われるかご存知でしょうか？陸上植物の7~8割を占める被子植物が、現在のように多様化し繁栄したのは、送粉機構があらゆる場に適応できた結果と考えられています。そのほとんどは風媒(全種子植物の20%)もしくは動物媒(80%)です。実は水草の多くも風媒か動物媒です。しかし一部にはこれを放棄して、水を受粉手段とするように進化した種類が存在します(0.06%) (写真1~3)。このような水媒受粉は11科31属約150種に知られており、ほとんどが単子葉類のオモダカ目ですが、淡水、汽水、海水のいずれの水域にも進出しています。詳しくは述べませんが、その仕組みは実に巧妙にできています(遺伝53巻5号(1999)参照)。この水媒受粉が、どのような祖先から、どのような進化の道筋をたどってきたのかということに興味を持ち、トチカガミ科という



写真1 セキショウモ(トチカガミ科)の受粉。雄性花水面媒一水面に浮かんだ雄花から花粉がはじけ飛んだ後水面を漂って雌花(中央)の柱頭に‘漂着’して受粉する。

写真2 クロモ(トチカガミ科)の受粉。花粉水面媒一水面に浮かんだ雄花から花粉がはじけ飛んだ後水面を漂って雌花に受粉する(写真は雄花と飛び散った花粉)。

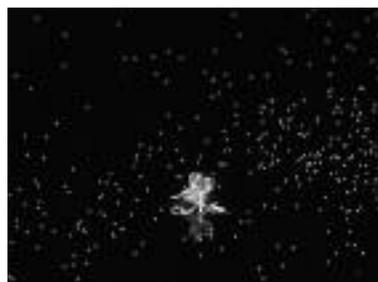


写真3 ウミヒルモ。水中媒一水中に雄花と雌花が咲き、花粉は水中を漂って受粉する。写真の細長い糸のような部分が柱頭。

グループに着目しました。

DNAと花粉などの形態を詳しく調べた結果、地球上の植物の中でトチカガミ科にだけ見られる花粉水面媒と雄性花水面媒はともに一度きりではなく何度も平行進化していることがわかりました(写真4)。しかも花粉の形は各送粉機構によく相関して進化していたのです。つまり、水面媒・水中媒が水草にとって適応的なしくみであること、一般的には各グループでよく似ている(変わりにくい)とされる花粉の形も、水環境ではダイナミックに変化することが

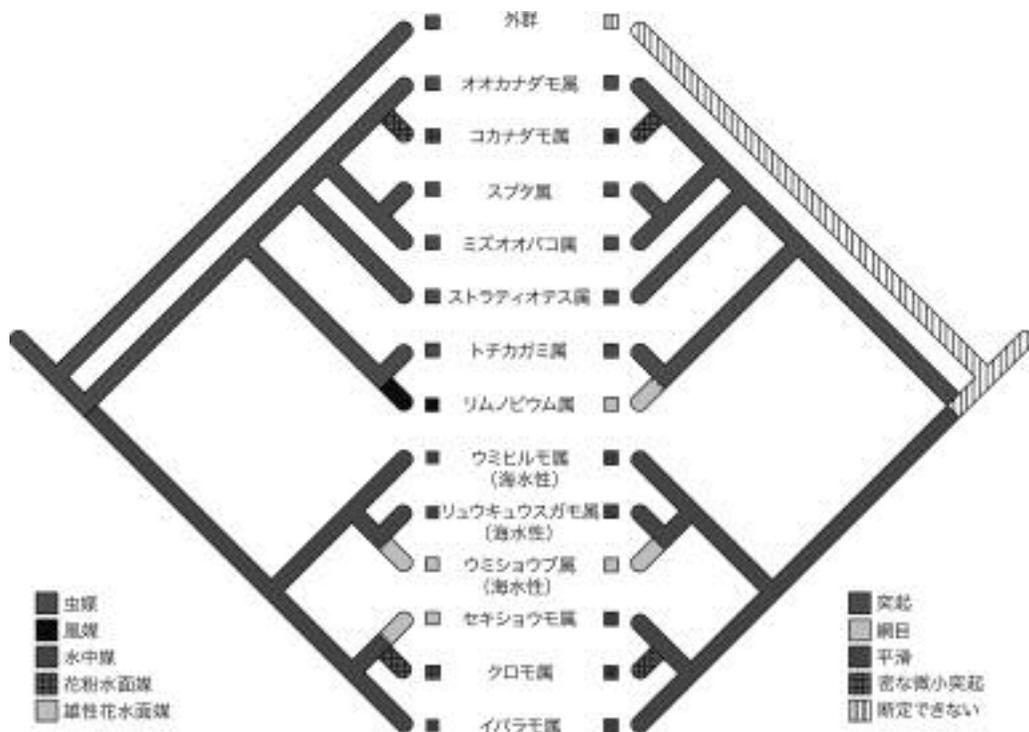


写真4 トチカガミ科の分子系統樹と受粉機構および花粉形態の進化過程

わかったのです。水草が水環境によく適応していることをよく示す例といえるでしょう。

水草の種子はどのように運ばれるのか

自ら動くことの出来ない植物にとって種子をいかに運ぶかは重要な課題です。水草では、一般的な風散布の他に、水流(海流)や鳥による散布が多く見られます。そうした特有の種子散布が、分布や種分化、遺伝的な構造に与える影響について2つの例から紹介します。

北半球温帯の浅い海に生育するアマモ(アマモ科)(写



写真5 アマモ

真5)は、種子が葉の鞘に包まれた状態で海面を移動すると考えられていますが、実際にはよくわかっていませんでした。そこで海流などの海洋環境と種子の移動がどのような関係があるのかを明らかにするために、日本全国のアマモ集団の遺伝的な関係を調べました。その結果、おおよそは地域ごとにまとまる、つまり近くにある集団の間では種子がよく行き来をしているという、至極当たり前の動きが示されました(写真6)。しかし、データをよく見るとい

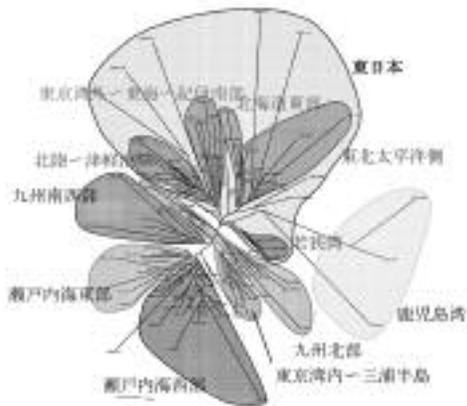


写真6 マイクロサテライトによる遺伝子分化係数に基づくアマモ137集団の系統樹

くつかの面白いこともわかりました。例えば、紀伊半島南部には5つのアマモ集団がありますが、南端にある潮岬の東側の3集団は東北・北海道・北陸と種子の行き来がある一方で、西側の2集団は瀬戸内海や房総とよく交流をしており、東西の集団間では交流が非常に弱いことがわかりました。東西の最も近い集団は10kmくらいしか離れていないにも関わらずなのです。はじめはデータのミスだと思いましたが、この地域の海流を知ると疑問が水解除します。日本列島を北上する黒潮は、九州、四国、紀伊半島まで陸地に近接して進みますが、紀伊半島の潮岬から急激に南下し、その後房総半島周辺へ近づきます。そのため、紀伊半島の西側から東側へは種子が移動せず、むしろ遠くはなれた東京湾へは黒潮に乗って交流が強く見られたのでしょ。紀伊半島の例だけでなく、総じて私が想像していたよりもずっと海流によってアマモの種子が強く影響されていることがわかったのです。

河口などの汽水域に生育する水草は、そこを訪れる渡り性の水鳥によって種子が運ばれると言われてきましたが、渡り鳥はすぐに糞を排泄してしまうともいわれ、実際に遠距離を運ばれるのかどうか疑問視されてきました。そこで、汽水生水草のカワツルモ科(写真7)について世



写真7 カワツルモ

界各地のサンプルを対象にDNA解析などを行いました。その結果、これまでのカワツルモ科の分類は大きく変更する必要があることがわかりましたが、最も興味深い結果は、日本の北部に生育するカワツルモは本州などのものとは別種で、はるか5000km離れたオーストラリアのカワツ

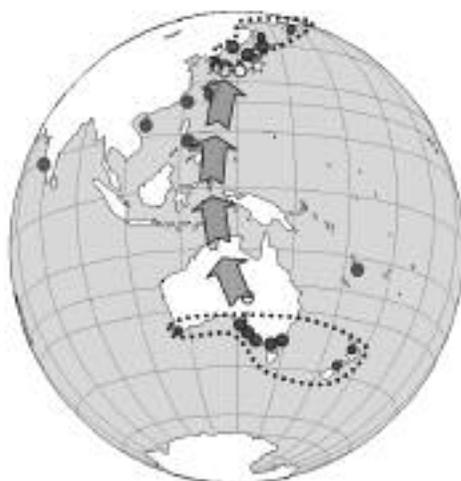


写真8 カワツルモ科の隔離分布の様子。点線で囲んだものが同種と考えられる。

ルモと同種の可能性が高いということです(写真8)。シベリアからアジア、オセアニアは一つの渡り鳥ルートに含まれること、両地域の遺伝的多様性の状況などから、渡り鳥が日本とオーストラリアの間を種子散布してこの隔離分布が生じたと考えられました。

カワツルモで見つかったこの現象は、種の形成に関わる大スケールの散布でした。他の汽水生水草種についても同様なアプローチをすることで、種分化と渡り鳥との関係がより明確になると考えています。さらにアマモなど海流散布の種類との比較も興味深いところです。

絶滅する水草を救う

ここまで水草に特有な特性を断片的に紹介しましたが、実はこのような特殊な進化を遂げた水草には絶滅の危機に瀕している種類が多いのです。日本には230種類ほどの水草が見られますが、その40%は絶滅危惧種(環境省 2007)となっています。維管束植物全体では絶滅危惧種は24%ですから、水草は特に危機的状況にあることがわかります。

ある植物を保全するには、その分類学的位置づけ、生態、遺伝的構造などを理解する必要があります。私が以前に取り組んだガシャモク(ヒルムシロ科)(写真9)という植物は、日本で1カ所の自生地だけが残る絶滅寸前の水草ですが、過去に自生していた手賀沼周辺の堆積層の種子(埋土種子)から発芽し復活しました。研究を進めた結果、現存する個体群よりも堆積層の種子群の方が遺伝



写真9 ガシャモク

的多様度が高いことが示され、埋土種子の利用が保全の重要な材料となることがわかりました。また、近縁種との間に生じる種間雑種とは見た目だけでは完全には区別がつかないこともわかり、保全活動にはDNA解析を併用して同定する必要性も見いだされました。元々の自生地の環境改善が行われた後には、これらの研究成果を指針にして、植物園で保存している埋土種子由来の個体が再生に役立つと期待しています。

さらに一歩踏み込んだのが、現在取り組んでいるコシ

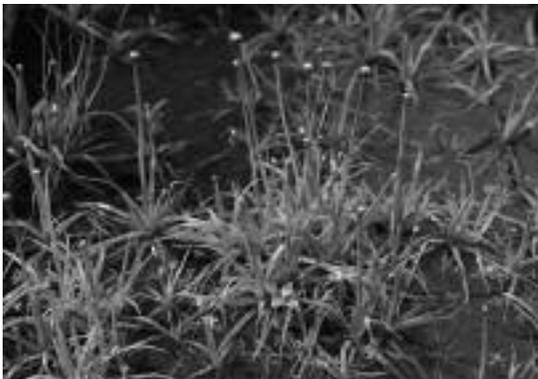


写真10 コシガヤホシクサ

ガヤホシクサ(写真10)です。野生からは絶滅してしまった稀少な水草ですが、最後の自生地への野生復帰を目指して保全研究を行っています。植物園での株と種子の長期的保存実験と並行して、絶滅の原因となった水位の問題を水利関係者と合意形成を行い、絶滅前の状態に戻すことができました。現在(2009年9月)は、現地に播種をして発芽した個体が生存しており、現地で生活史を全う

できる条件を探っているところです。‘植物版トキ’のようなものですが、何とか成功させたいと考えています。

水草を研究し保全する新しい試み

水草に関する断片的な話をしてきましたが、全てに通じて「水草の面白さを追求し、それを保全する」ことが自分のキーワードであり、今後もそれを続けていきたいと考えています。そして、これを欧米の植物園と比肩できるレベルで実現したいと考え、2007年に「水草保全ネットワーク」(<http://www.bgtym.org/aquatic-plant/>)を設立しました。水草の保全や研究を行っている複数の植物園でネットワークをつくり、巨大水草植物園を作ろうという構想です。まだ始まったばかりで、日々の仕事に埋もれがちではありますが、少しずつでも理想の形に近づけるようにしたいと思っています。



写真11 水草保全ネットワーク