



三方湖総合研究プロジェクト

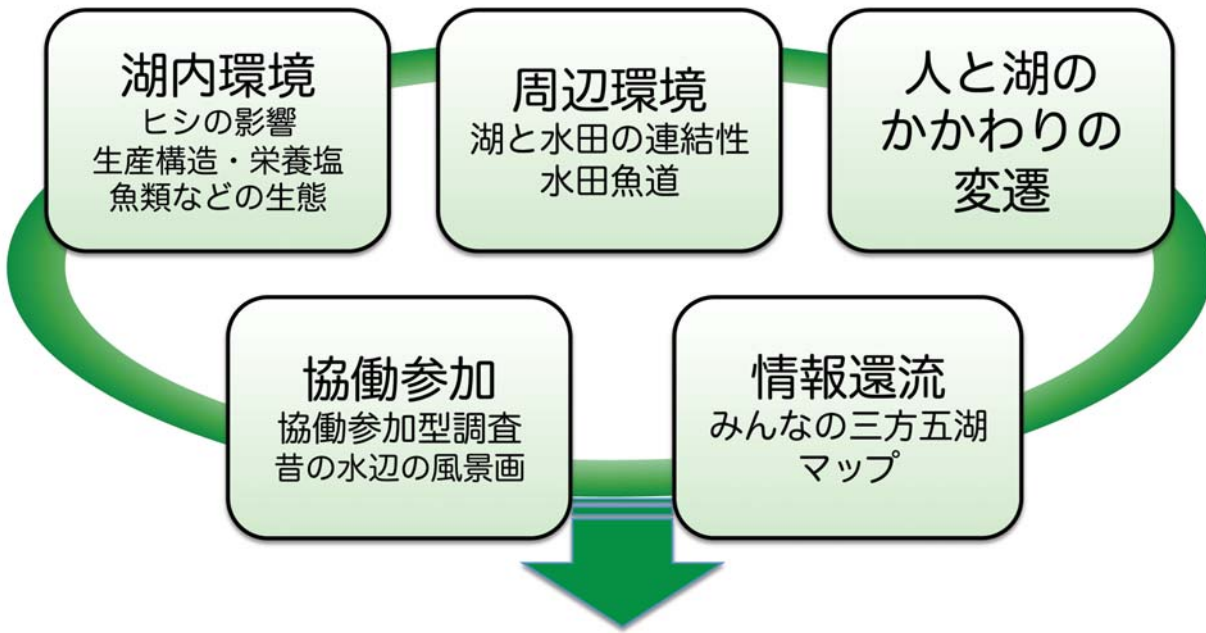
3年間のまとめ



目次

三方五湖の自然再生を支援する総合的環境研究	・・・ 1
三方湖のヒシは いつ どこに 繁茂したのか？	・・・ 2
繁茂したヒシは、三方湖をどう変えたのか？	・・・ 3
三方湖の一次生産構造から富栄養化の原因を探る	・・・ 4
三方湖の食物網から生き物のつながりをみる	・・・ 5
三方湖における湖沼沿岸帯復元の取り組み	・・・ 6
三方湖周辺の水路・小河川に生育する沈水植物	・・・ 7
三方五湖に生息するウナギの成長と生息域利用	・・・ 8
遺伝分析から見た三方湖周辺水域におけるフナの種内系統構成	・・・ 9
ヤリタナゴはどんな場所にいる？	・・・ 10
三方湖流域の淡水魚の減少要因 ～魚の産卵条件が鍵～	・・・ 11
湖と水田をつなげて魚を増やす	・・・ 12
三方湖畔田井島新田にみる人と自然のかかわり	・・・ 13
「昔の水辺の絵画」募集から見える水辺と人のかかわり	・・・ 14
協働参加型調査：生物多様性モニタリング	・・・ 15
自然再生に向けた情報プラットフォーム「みんなの三方五湖マップ」	・・・ 16
三方湖総合研究プロジェクトチーム	

三方五湖の最上流にあり環境改変の顕著な三方湖を主な対象



- 目標 ① 地域主体の自然再生を支援する
- 目標 ② 水辺生態系再生の研究モデルを提示する

三方湖総合研究プロジェクトの概要。三方湖を主な研究対象とし5つのテーマからなります。湖内や周辺の環境において現在進行中の現象を科学的に評価するほか、水田魚道など有効な再生技術の開発を行っています。また、人文社会学的視点から地域の人と湖のかかわりの変遷を調べています。さらに、地域の多様な人々と共に調査や取組みを行うほか、地域と双方向に情報還流する仕組みをつくっています。これらの研究により、地域主体の自然再生を科学的に支援するほか、他の地域にも適用できる研究モデルを提示することを目標としています。

持続可能な自然共生型社会

将来の世代にわたって生態系の恵みを十分に享受し続けられる「持続可能な自然共生型社会」の実現が求められています。健全な生態系や豊かな生物多様性の保全や再生がなされてこそ、人と自然とが密に関係する地域社会が豊かであり続けられるのではないのでしょうか。地域社会における自然再生の取組みには、地域で培われてきた知と、科学が積み上げてきた知を融合させ、地域に適合した科学的基盤をもつことが有効です。

三方五湖の現状と課題

違う環境をもつ五湖からなる三方五湖は、多くの種類の魚類や鳥類など、豊かな生物多様性を育んできました。しかし近年、生態系の健全性が劣化し、生物多様性の顕著な低下が見られます。これには、富栄養化など水環境の劣化、湖と用水路・水田間の水系連結の分断化、水草の繁茂する自然湖岸

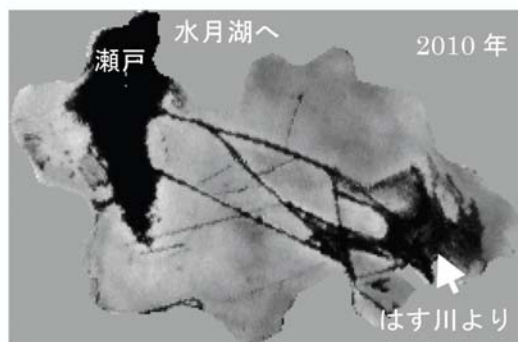
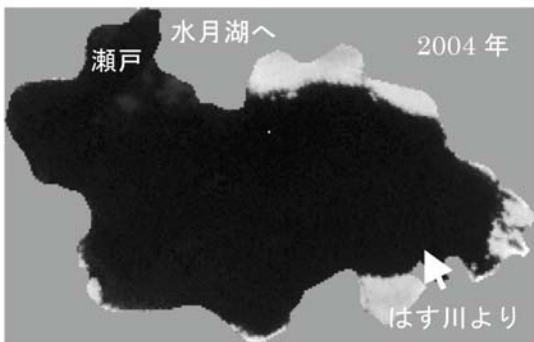
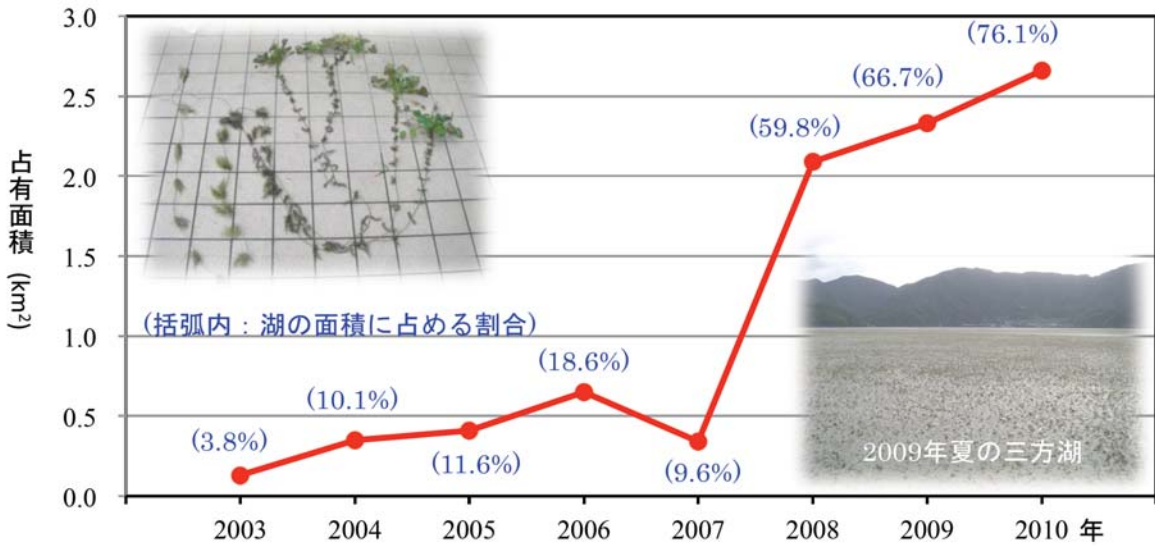
の消失、在来種を駆逐する外来種の侵入などが、主要な原因として考えられます。

三方湖総合研究プロジェクト

三方五湖の自然再生を支援する総合的な環境研究を、最上流にある環境改変がもっとも顕著な三方湖を対象として、平成21年度に開始しました(図)。生息環境や水系連結の評価を行い、人と自然のかかわりの変遷を解明し、再生の必要性が高い環境要因を明らかにしようとしてきました。また、有効と考えられる再生策を実験的に行い、順応的な取組みのきっかけを提供してきました。さらに、地域の多様な人たちが積極的に参加する自然再生の実現を目指して、協働参加型調査も行ってきました。このあとに続くページでは、今後の三方五湖の自然再生に活かされることを期待して、過去3年間で私たちが調べてきた調査結果や実験的取組みを紹介いたします。

三方湖のヒシはいつどこに繁茂したのか？

西廣 淳・加藤義和・吉田丈人（東京大学）



上のグラフは三方湖におけるヒシの生育範囲と面積の変化を示しています。下の白黒の画像は、人工衛星画像を用い、正規化植生指標（波長組成の値を用いて植物を識別する指標）に基づいてヒシの葉が白く表現されるようにした分布図です。2004年と2010年の例を示しました。

湖を覆うヒシ

2008年夏、三方湖の湖面は水草「ヒシ」に覆われました。水面が見えなくなり、例年とは大きく表情を変えた湖の様子は、新聞でも取り上げられました。

ヒシは湖の底に根を張り、長い茎で水面まで葉を到達させる「浮葉植物」です。4月頃に発芽して茎をのびし、6月頃に水面に到達し、夏の間は葉で水面をびっしりと覆います。秋には枯れ、種子で越冬する一年生植物です。

ヒシの繁茂は、湖の景色を変えてしまっただけでなく、船の航行障害などの影響をもたらします。そのため、三方湖ではヒシの刈り取り管理が行われています。

ヒシはいつから増えた？

私たちは、人工衛星から撮影された画像と、現地調査の結果を照合することにより、湖全体でのヒシの生育範囲を比較的容易に把握する手法を開発しました。

夏季に撮影された人工衛星画像の解析の結果、2007年までは、ヒシが繁茂する範囲は、湖の北側など、局所に限られていたことがわかりました。しかし、その

後、生育範囲が突然拡大し、2008年以降は湖の面積の半分以上を覆うようになったことがわかりました（グラフ）。

このような急増の原因は、まだよくわかっていません。しかし、三方湖の中でのヒシが繁茂する場所の条件を分析することで、ヒントが得られてきました。

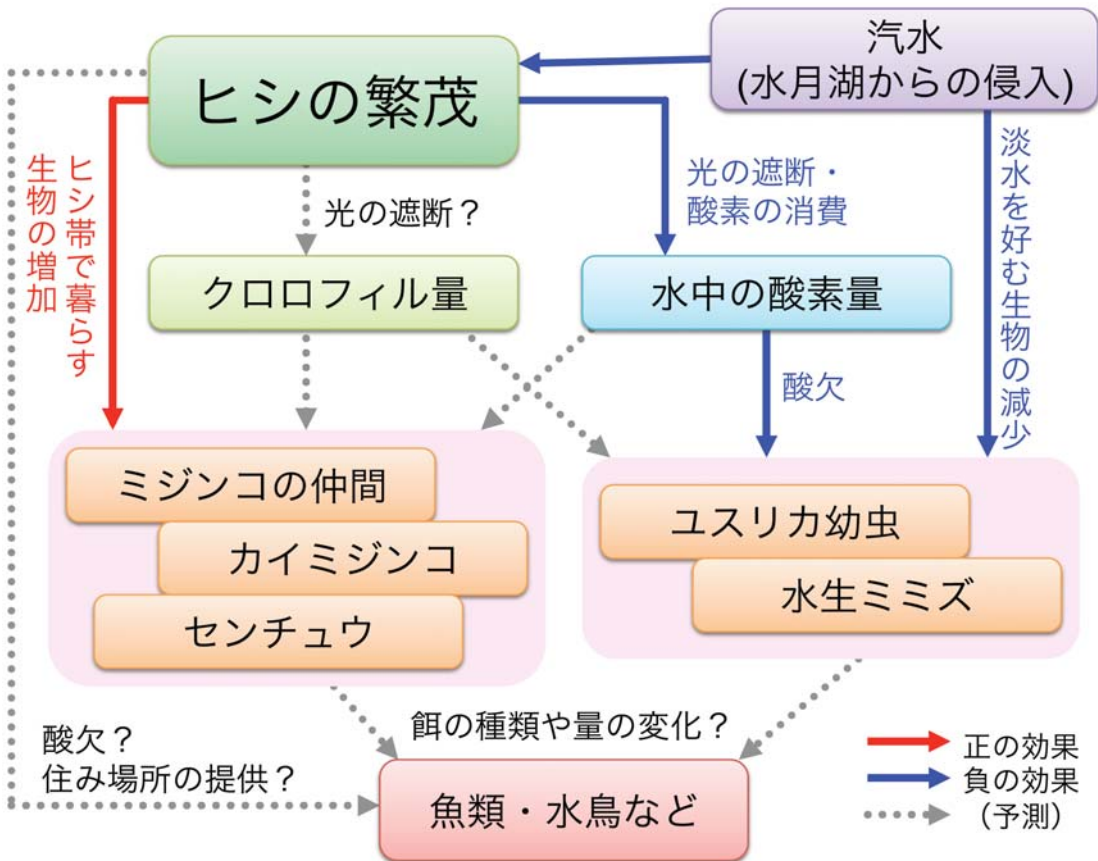
ヒシが繁茂する場所

ヒシが湖の広範囲を覆った年でも、はず川の河口付近と、水月湖につながる「瀬戸」付近は、ヒシがほとんど生育していません。はず川の河口では、大雨が降ると流速の速い水の流れが生じます。このため、ヒシの種子が安定して湖底に維持されないようです。このことは、ヒシの種子を網袋に入れて設置する実験から示唆されました。一方、瀬戸付近は、現地での測定と実験の結果、時々水月湖から塩分を含んだ水が流入することと、ヒシの生育が阻害されていることがわかりました。

ヒシの繁茂には、ヒシの種子を押し流す力の強さや、下流の湖からの塩水の逆流量といった「水の動き」が、他の要因とともに影響しているのかもしれない。

繁茂したヒシは、三方湖をどう変えたのか？

加藤義和・西廣 淳・吉田丈人（東京大学）



繁茂したヒシが三方湖に及ぼす影響をまとめた図。生物の数を増やすような影響を“正の効果”（赤い矢印）、逆に生物の数を減らすような影響を“負の効果”（青い矢印）として示してあります。また、これまでの研究ではまだ確かめられていないものの、想定される影響を“（予測）”（灰色の矢印）で示しました。さらに、三方湖特有の現象として、水月湖から不定期に侵入する汽水の影響も加えてあります。

繁茂したヒシの影響

三方湖では、2008年の夏からヒシが湖面を覆うようになり、その風景を一変させました。このとき、湖の中では、どのような変化が起きていたのでしょうか？ 私たちはこれまでに、季節を通じて湖内の調査を行ってきましたが、水質や動物プランクトン、小型のベントス（湖底で生活する動物）などの調査から、さまざまな変化が明らかになってきました。

夏になってヒシが湖を覆うと、水中に届く光が少なくなり、クロロフィル量（植物プランクトン量の指標）も少なくなりました。また、水中の酸素量が少なくなり、特に湖底では、魚が住めないほどの酸欠が起きていました。さらに、ユスリカの幼虫や水生ミミズ（水中で生活するミミズの仲間）など、酸素の多い場所を好む動物は、ヒシに覆われた場所ではほとんど見られませんでした。

秋になってヒシが枯れると、湖の中は再び酸素の豊富な環境に戻り、ユスリカの幼虫や水生ミミズ

ズが湖の広い範囲で見られるようになりました。このような状態は、翌年に再びヒシが成長し、水面が覆われるまで続きました。一方、ミジンコやカイミジンコの仲間、センチュウはヒシに覆われた場所で数多く見つかり、ヒシのない場所やヒシが枯れている時期にはほとんど見つかりませんでした。これらの動物は、ヒシの茂った環境を好んで利用していると考えられます。

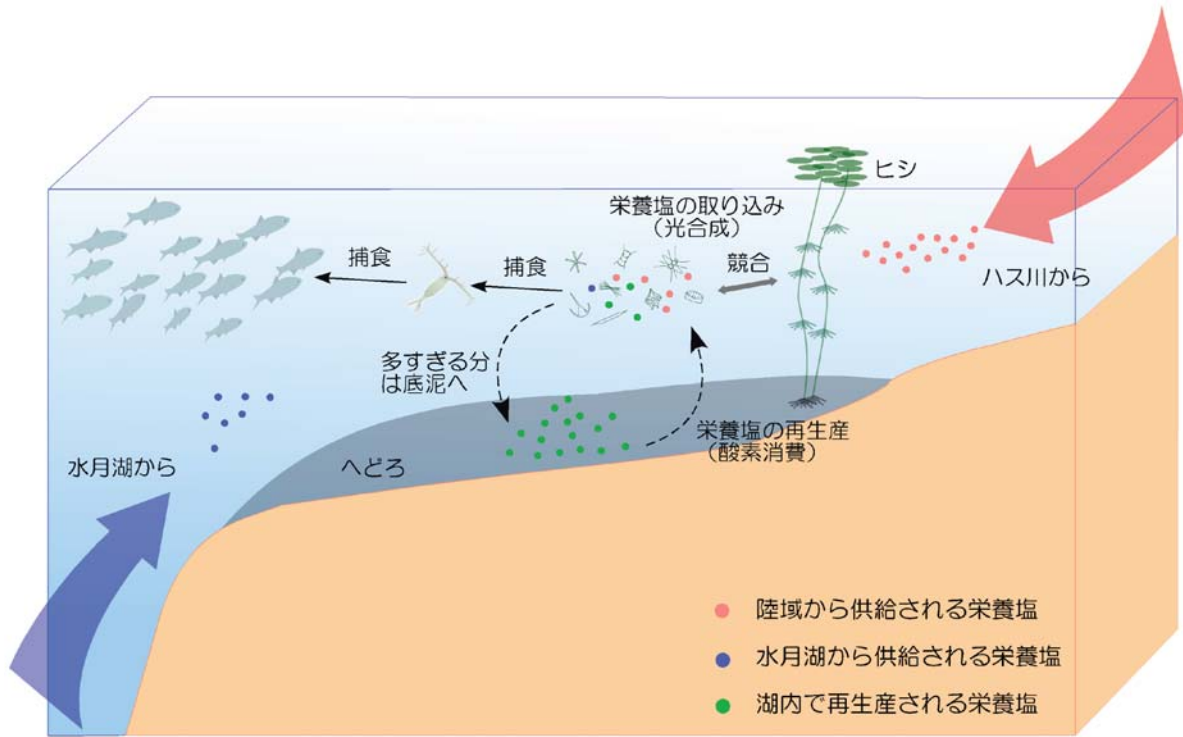
ヒシどうまくつき合うには

繁茂したヒシが三方湖に与える変化はさまざまであり、まだ十分にわかっていないものもあります。魚類や水鳥といった、より大きな動物への影響も明らかにする必要があります。

ヒシは三方湖にもともとあった植物であり、今後どうまくつき合っていく必要があります。繁茂したヒシがどのような変化をもたらすのかをよく知ることで、その答えが得られるはずです。

三方湖の一次生産構造から富栄養化の原因を探る

杉本 亮・草野 充・佐藤専寿・小北智之・青海忠久・富永 修（福井県立大学）



上図は、本研究により明らかになった三方湖の一次生産構造をまとめたものです。三方湖の植物プランクトンは、図のように多様な起源の栄養塩を取り込んで増殖します。また、植物プランクトンとヒシは、どちらも栄養塩を取り込んで増殖する一次生産者ですから、栄養塩を巡る競争関係が春から夏にかけて起こっています。栄養塩を取り込んだ植物プランクトンは、動物プランクトンなどの高次消費者に捕食されることで、最終的には魚などの重要な餌源となっています（5ページ参照）が、まだまだ過剰な増殖が起こっているのが現状です。

はじめに

少し前まで三方湖と言えばアオコの湖でした。アオコは悪臭を放ち、見た目も悪いことから発生しなくなったことは良いことかも知れませんが、アオコが発生しなくなった三方湖では今、湖面を覆い尽くすほどに繁茂するヒシが大きな問題となっています。なぜ三方湖ではアオコにしてもヒシにしても異常とも言えるほどに大増殖するのでしょうか。異常増殖の背景には、湖の富栄養化が大きく関係しています。

富栄養化を診断する

アオコやヒシは水中の栄養塩を取り込んで成長する一次生産者です。異常増殖の原因を考えるには栄養塩の起源を考える必要があります。そこで、安定同位体比というツールを使って、三方湖の一次生産者が利用する栄養塩の起源を調べたところ、大きく三つの起源が重要であることが分かりました。一つは、陸域から排出

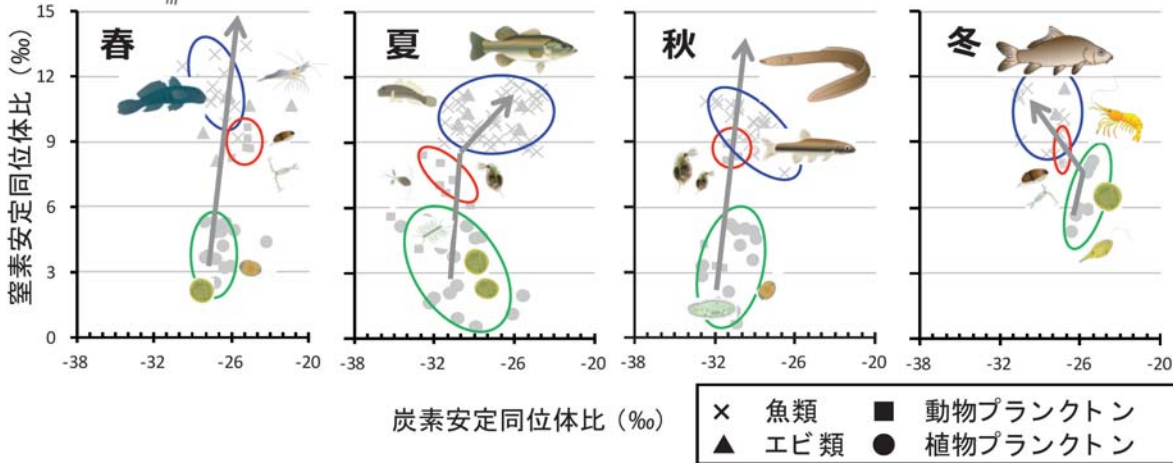
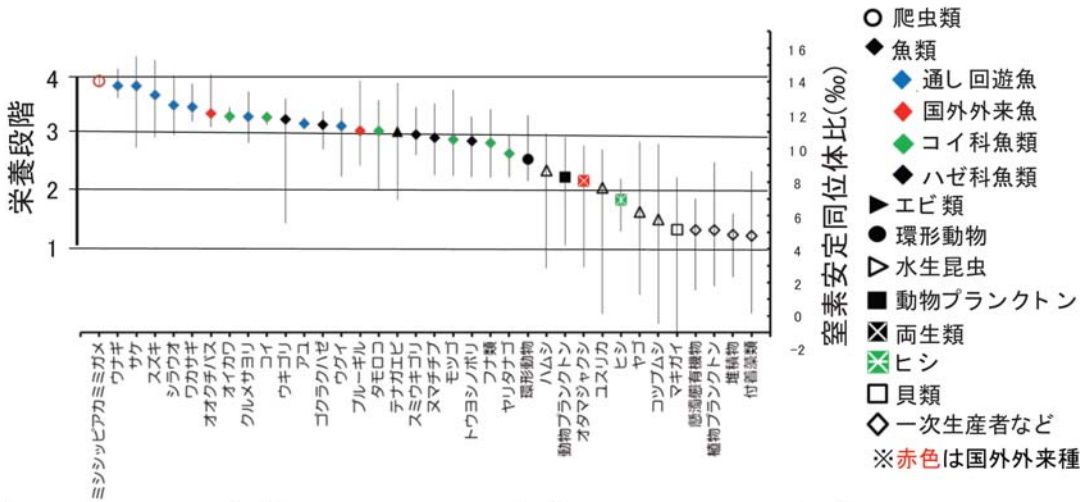
される栄養塩です。これには生活排水や農業排水が含まれます。次に、湖底のヘドロから分解される栄養塩があります。これは水温の上昇する夏場に特に大きな影響を与えています。また、隣接する水月湖からも栄養塩が供給されていることが分かってきました。

再生産する栄養塩

現在の三方湖は、まだまだ富栄養化がひどく、季節的には過剰な一次生産が起こっている状態です。これまで陸域から人為的に排出される栄養塩の削減は下水処理を普及させるなど積極的に進められてきましたが、湖内で再生産される栄養塩はそれほど重要視されていませんでした。ヘドロの多くは、過去に陸域から排出された人為起源の栄養塩や有機物です。今後は、陸域から排出される栄養塩だけでなく、ヘドロから再生産される栄養塩の対策も、湖内の富栄養化を抑えていく上では欠かせない課題と言えます。

三方湖の食物網から生き物のつながりを見る

富永 修・草野 充・佐藤専寿・小北智之・青海忠久・杉本 亮（福井県立大学）



三方湖ではウナギ、コイ科、ハゼ科、外来魚のブルーギルなど 30 種をこえる魚類が採集されました（上図）。また、植物プランクトン（緑楕円）と動物プランクトン（赤楕円）の安定同位体比は、春から夏にかけて左方向に移り、秋から冬にかけては、右上方向に変化します。上位の栄養段階の魚類（青楕円）は、少し遅れて同じように移動します。しかし、上下の移動は春にやや高くなるものの、あまり変化しません。これは、魚のように相対的に大きな生き物は、餌の同位体比を反映するために時間がかかるからです。また、冬から春は水温が低く、同化速度が低下することが考えられます。安定同位体比の挙動からみて、多くの魚類が食物源を植物プランクトンに依存しているようです（下図）。

三方湖の食物網を乱す問題

食物網とは、ある場所で生活する生き物の「食う・食われる」の関係を包括的に捉えたものです。食物網の解析は、捕食・被食関係をみるだけでなく、種間競争や餌生物のさらにその餌との相互作用を理解するうえでも重要です。種間の相互関係が乱されると、食物網構造が変化し、生物多様性が脅かされることがあります。三方湖では、この関係を乱す二つの問題が、ほぼ同時に発生しました。一つ目はヒシの大繁殖、二つ目は、2009年に初めて確認され、急増している特定外来魚ブルーギルの侵入です。問題が生じてからの時間が短いために、どのような影響がでるのか、まだよくわかりません。そのため、まず網羅的に食物網構造を調べて、現状を把握することから始めました。

三方湖の生き物の食物関係

私たちは、食物源と栄養段階を推定することができると安定同位体

比分析という手法を用いて食物網を調べました。三方湖の生き物の栄養段階は、植物プランクトンなどの一次生産者を1とすると、水生昆虫や動物プランクトンなどが2、モツゴやタナゴ、ブルーギルは3、最も高い生き物は、アカミミガメとウナギでした。また、植物プランクトンと魚類の安定同位体比の季節的挙動から、三方湖の多くの魚類が、食物源として植物プランクトンに依存していることがわかってきました。

生き物の連関を保つために

初夏にヒシは植物プランクトンと栄養塩を奪い合うことになりました。また、ブルーギルはモツゴやタナゴと餌を巡る競争が生じています。しかし、ヒシの存在により増加する線虫やカイムシなどもいます。今後、食物網を通して種間相互の関係を詳細に分析することで、在来種の個体群動態に与えるヒシの功罪やブルーギルの定着を可能にしている要因を検討する事が課題といえます。

三方湖における湖沼沿岸帯復元の取り組み

久保 光（福井県雪対策・建設技術研究所）ほか

「水質浄化」＋「生物多様性」

モニタリング調査結果

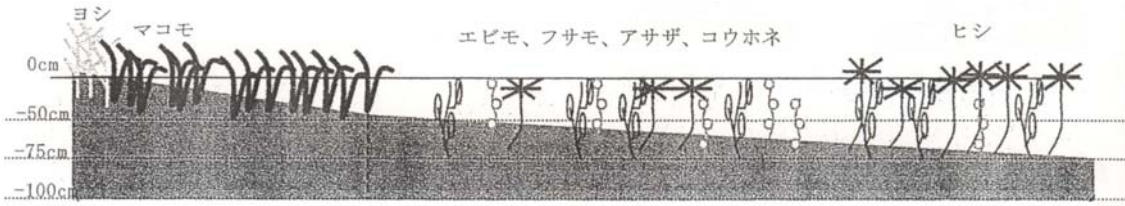


図1 復元する植生の目標

三方湖周辺で過去に記録されている絶滅危惧種（イバラモ、トチカガミ等）は多いですが、多くは護岸工事のときに激減し、その後は水質悪化等の影響もありほぼ壊滅状態となっているのが現状です。そこで、コンクリート護岸整備前（S20～35年頃）の岸辺の植生状況を聞き取り調査し、その結果を基にして復元する植生の目標設定（図1）を行いました。

植生護岸整備における基本方針（抜粋）

- ①水質の悪化している三方湖の浄化と失われた生物多様性の再生を目的とした植生護岸を計画する。
- ②植生計画には失われた自然植生の回復を盛り込む。
- ③植生護岸は現在の水深よりも浅くし、植生が可能となるように盛土する必要があるが、その水深ははず川の事例をもとに、最大水深を1mとする。
- ④盛土の勾配は、波高との関係から1:30とし、盛土材料は流域内のはず川の浚渫土を使用する。
- ⑤施工前後の植生状況を調査し、今後の植生護岸計画に反映していく。



図2 植生護岸整備箇所

植生護岸タイプ1は、捨石により法尻を保護し、背面を安定勾配の1:30で水深50cmまで盛土しました。また、はず川で採取したヨシを植栽しました。図2に示すようにK1～G2～K2の位置に植生護岸タイプ1を整備しました。また、植生護岸タイプ2は、捨石により法尻を保護し、背面を安定勾配の1:30で水深100cmまで盛土しました。表面には三方湖のはず川河口部の底泥を敷き均し、シードバンクからの発芽を期待しました。

植生護岸のタイプ

近年、霞ヶ浦の「アサザプロジェクト」に代表されるように、植生帯を用いた「水質浄化」のみならず「生物多様性」にも配慮した植生護岸が注目を集めています。このような背景から、三方湖の実情に詳しい専門家とワーキンググループを形成し、生物多様性に配慮した植生護岸の工法を検討し、工事を行い、モニタリング調査を実施しました。

今後の課題

植生護岸タイプ1では、ヨシ帯での魚類数が増加していましたが、この原因は、植生護岸タイプ1を設置したことにより、既存植生地とつながり、魚類の生息環境が良くなったためと考えられます。また、ホソバミズヒキモやクロモは、植生護岸タイプ2のシードバンクから発芽・生育した可能性があります。

施工した植生帯のモニタリング調査を引き続き行うとともに、これまでのモニタリング調査結果を基に適切な植生護岸を検討し目標とする湖岸植生を回復する必要があります。また、新たな生物多様性の指標として、ヨシ帯等での魚類の産卵や孵化を捉えることも必要と考えられます。ヨシ帯による水質浄化は、ヨシの刈り取り作業が必要となることから、官民協働の実施体制の構築が必要です。

三方湖周辺の水路・小河川に生育する沈水植物

久保 優・照井 慧・西廣 淳・鷺谷いづみ（東京大学）

三方湖の沈水植物

沈水植物、すなわち茎や葉を水中に展開する水草は、フナやテナガエビなどの様々な水生動物の生息場所となるなど、水中の生態系において重要な役割を持っています。

三方湖では、湖岸域の改変や水質悪化などの影響で、沈水植物はほとんど消失してしまいました。しかし、周辺の水田を流れる水路には、まだ沈水植物が残されています。

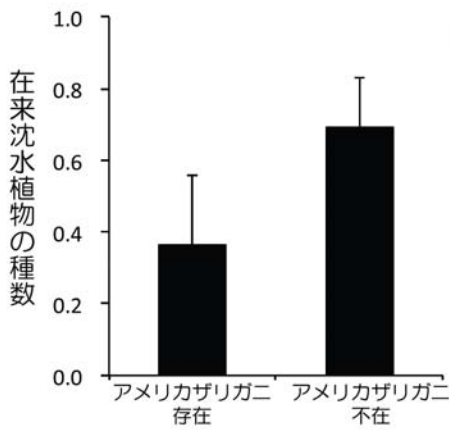
水路に生育する沈水植物

三方湖周辺の水路や小河川における沈水植物の生育状況を調査した結果、クロモをはじめとする4種の在来沈水植物が確認されました。しかし、最も広い範囲で認められた種は、侵略性の高い外来沈水植物として知られるオオカナダモでした。また、この地域では、植物体を切断することで沈水植物の生育に影響を及ぼすことが知られている外来種アメリカザリガニも確認されました。在来沈水植物を保全するためには、これらの外来種による影響を明らかにする必要があります。

外来生物が在来沈水植物の分布に与える影響は？

三方湖周辺の水路59地点で調査したところ、在来沈水植物だけが生育する地点では、複数種の沈水植物が混在していたのに対し、オオカナダモが優占する場所では、オオカナダモ以外の沈水植物はほとんど認められませんでした。オオカナダモは高密度なマット状の群落を形成するため、在来沈水植物が生育しにくくなっていると考えられます。

また、統計解析により、在来沈水植物はアメリカザリガニが存在すると出現しにくくなるのに対し、オオカナダモは、逆に出現しやすくなる傾向が認められました。オオカナダモは、切断されてもすぐに根を出し、「切れ藻」によって増える性質が強いため、アメリカザリガニがプラスに働くのかもしれない。また、オオカナダモは在来沈水植物とは異なり冬でも枯れないので、アメリカザリガニにとっても生息しやすい環境を作り出していることも考えられます。そのため、在来沈水植物を守るためには、これらの外来生物を、同時に、丁寧に排除することが重要です。



調査対象とした水路・小河川

アメリカザリガニが在来沈水植物クロモと外来沈水植物オオカナダモに与える影響。アメリカザリガニは在来沈水植物の生育には負の効果、外来沈水植物には正の効果を与えている可能性が考えられました。棒グラフは、アメリカザリガニが確認された地点と、確認されなかった地点における、在来沈水植物の種数（平均値）を示しています。

三方五湖に生息するウナギの成長と生息域利用

海部健三・塚本勝巳（東京大学）ほか

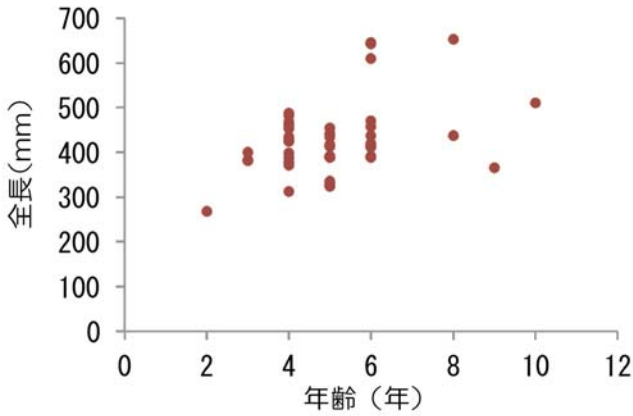
成長

ウナギの頭骨の中には、耳石と呼ばれる炭酸カルシウムの塊があります。耳石には、季節による成長の変化に伴って、輪紋が形成されるため、この輪紋の数を読み取ることによって、ウナギの年齢を知ることができます。年齢と捕獲時の全長、シラスウナギの平均全長（60mm）から、年間の成長速度を求めることができます。

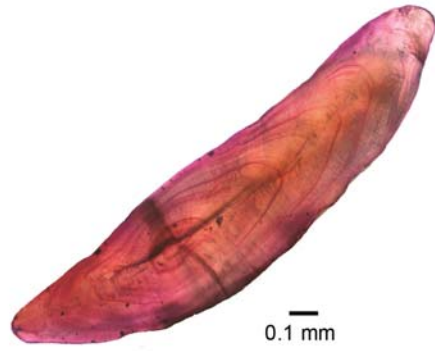
成長速度 = (全長 - 60) / 年齢

三方湖で2010年に採集されたニホンウナギ43個体について、年齢、全長、成長速度を求めました。

これらのウナギが天然加入群であると仮定した場合、1年あたりの成長速度の最大値は113mm、最小値は34mm、平均は77mmでした。採集されたウナギが、1年程度養殖されたのちに放流されたと仮定すると、成長速度の最大値は79mm、最小値は14mm、平均は46mmとなります。

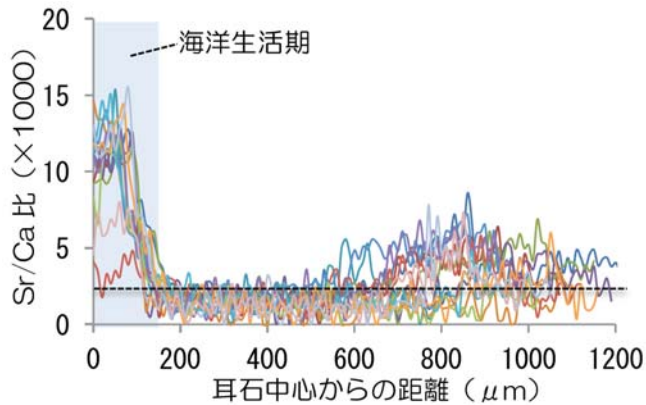


三方湖で採集されたウナギの年齢と全長の関係



ニホンウナギの耳石（研磨・染色済）
岡山県児島湾で2008年に採集
5歳、455mm

生息域利用



三方湖汽水域（左図）で採集されたウナギのSr/Ca比。破線より下の値が淡水生活期、上の値が汽水生活期を示す。若齢期にSr/Ca比が低く、その後高くなっていることから、淡水域から汽水域へ移動したことが分かります。



三方湖汽水域（右図試料採集水域）

耳石の主成分は、おもに炭酸カルシウム（CaCO₃）です。カルシウム（Ca）と物理化学的性質が似たストロンチウム（Sr）が環境水中にあると、カルシウムと同じように耳石に取り込まれます。淡水中にはストロンチウムが少なく、汽水・海水中に多いため、耳石中のSrとCaの比（Sr/Ca比）を測定することにより、ウナギが淡水で成育したのか、汽水・海水中で成育したのか、調べることができます。

三方湖で採集された上記の43個体について、Sr/Ca比より、汽水・淡水の生息域利用履歴を推測しました。その結果、すべてのウナギに、淡水経験があることが判明しました。

他水域では、淡水経験のない個体や、汽水から淡水へと移動する個体がある程度の割合存在します。本水系に生息するウナギの場合、淡水から汽水、上流から下流へと、一定の方向へ移動している傾向が示されました。

遺伝分析から見た三方湖周辺水域におけるフナの種内系統構成

武島弘彦（東京大学）ほか

日本のフナの種内系統

三方湖水域のフナの系統構成

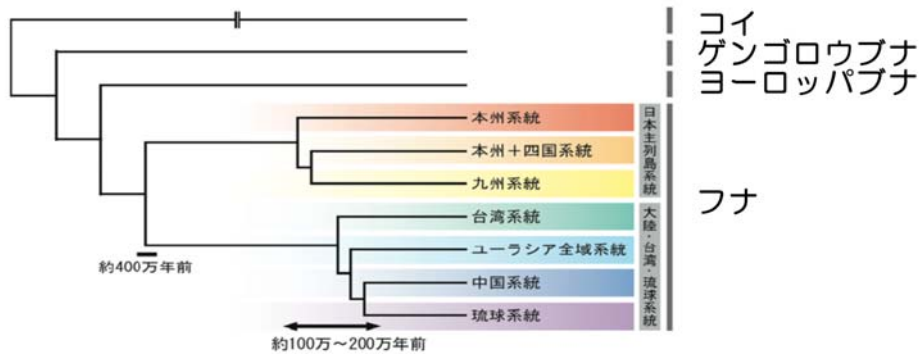


図1：遺伝分析により明らかになったフナの地域系統の関係。Takada et. al. (2010) を改編。

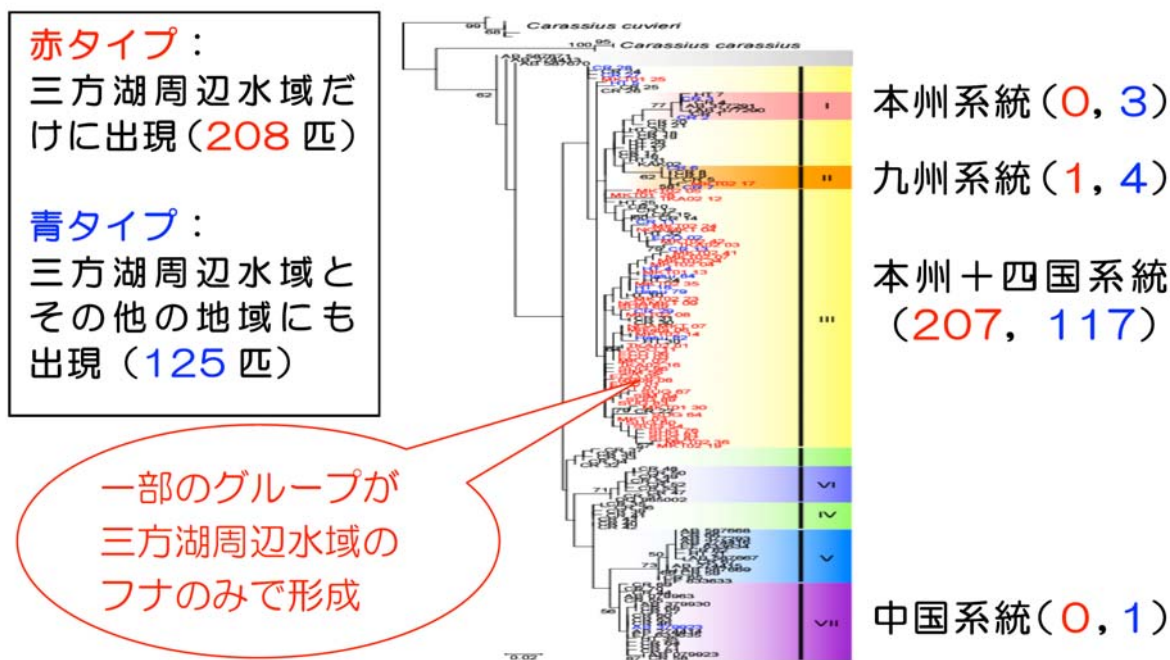


図2：本研究により明らかになった三方湖周辺水域に生息するフナの種内系統構成。

フナは、田んぼや小川さえあれば日本中どこでも普通に見られる魚で、私たちにとってたいへん身近な存在です。遺伝的な分析による最近の研究から、フナは、2つの大系統から成り、一方は日本列島に固有で、他方は大陸・台湾・琉球列島に固有であることが明らかになりました（図1）。また、前者の日本のフナは、本州、本州+四国、九州の、大きく3つの地域固有系統から成ることもわかってきました（図1）。さらに、これらの3系統は、日本に在るとされてきた、キンブナ・ギンブナ・ナガブナ・ニゴロブナ・オオキンブナと呼ばれるフナとは対応しないこともわかってきました。

お互いに遺伝的に大きく違うこれらの地域固有系統は、数百万年という長い時間を経て形成されたもので、進化的に重要な単位として認識されます。各々の地域において、地域固有系統の保全が望まれますが、各地域における系統構成自体がまだよくわかっていません。

三方湖周辺水域でもフナは普通に見られる魚ですが、河川改修などの影響により、その数が減ってきています。また、漁業のための増殖を目的とした、移植放流の影響もあるかもしれません。このような現状のなかで、三方湖周辺水域に生息するフナの系統構成自体がまだよくわかっていません。そこで私たちは三方湖周辺水域に生息するフナの効果的な保全を目指して、種内系統構成の実態把握を試みました。

漁協の皆さんのご協力により集められた300匹を超えるフナの遺伝分析を行ったところ、三方湖周辺水域のフナのほとんどは、本州+四国系統に含まれました（図2）。注目は、その内一部のグループが、三方湖周辺水域のフナのみで形成されていたことで、三方湖周辺水域に固有の小系統がいることが示唆されます。一方で、ごく少数、九州ならびに中国大陸系統のフナもいることがわかりましたが、これらについては人為的移植の可能性が考えられました。

ヤリタナゴはどんな場所にいる？

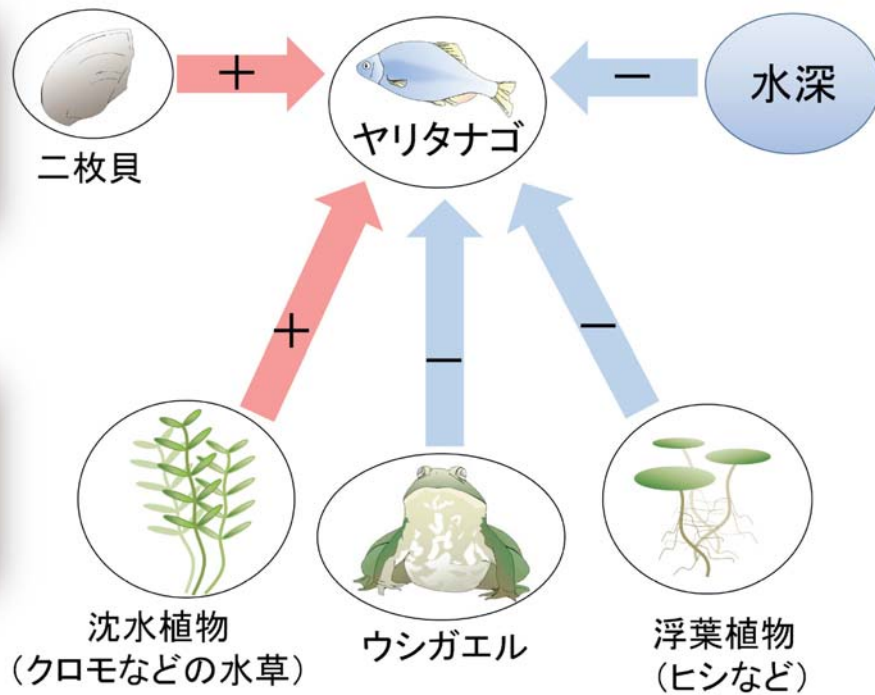
照井 慧 (東京大学)・松崎慎一郎 (国立環境研究所)・児玉晃治・多田雅充 (福井県)・鷲谷いづみ (東京大学)



ヤリタナゴの幼魚



タナゴ類の産卵床となる
イシガイ類
(写真はマルドブガイ)



ヤリタナゴの出現に影響を与えていた要因。赤色の矢印はプラス、青色の矢印はマイナスの影響を示しています。例えば、二枚貝から赤色の矢印が出ていますが、これは二枚貝のいるところではヤリタナゴがよく出現することを示しています。反対に、ウシガエルからは青色の矢印が出ていますが、これはウシガエルのいるところではヤリタナゴがあまり出現しないことを示しています。

タナゴ類の危機

タナゴ類は、日本では14種が確認されており、淡水二枚貝(イシガイ類)に産卵するという特殊な繁殖生態をもっています。かつては水田などで一般的に見られる身近な魚種でした。しかし、近年、開発や外来種などの影響を強く受け、全国的に著しく減少してしまいました。現在では、9割を超える種(13種)が環境省レッドリストにおいて、絶滅危惧種あるいは準絶滅危惧種として記載されています。このような現状にも関わらず、タナゴ類の生息にとって重要な要素はよくわかっていません。

三方湖のタナゴ類

三方湖周辺の水路や小河川では、現在でもヤリタナゴ(準絶滅危惧種)が生息しています。ヤリタナゴは国内でもっとも分布域の広い種でしたが、現在では多くの地域で姿を消しつつあります。三方湖流域は、そのようなヤリタナゴ

にとって貴重な生息地となっています。

ヤリタナゴはどんな場所にいる？

私たちは、三方湖のヤリタナゴがどのような場所によく出現するかを調べました。その結果、産卵床となる二枚貝が生息している水路において、水草が繁茂し、水深の浅い場所でもよく出現することがわかりました。ヤリタナゴは、二枚貝から出てきた後、あまり動いていないのかもしれませんが、水草の繁茂していた場所は、天敵からの隠れ場や餌場として利用していたのでしょう。

一方、ウシガエルがいる場所やヒシが極端に繁茂している場所にはあまり出現しないこともわかりました。ウシガエルは、様々な生物を捕食します。ヤリタナゴも食べられていたのかもしれませんが、三方湖のヤリタナゴを保全するためには、水田水路の二枚貝を保全すると同時に、ウシガエルの排除を進めることが重要です。

三方湖流域の淡水魚の減少要因

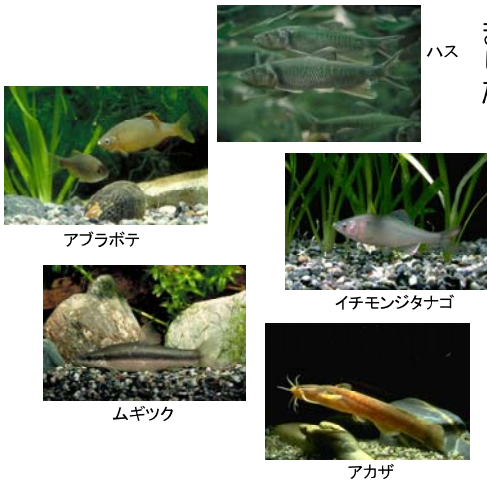
魚の産卵条件が鍵

松崎慎一郎（国立環境研究所）ほか

淡水魚類に迫る危機

淡水生物のなかでも、一生を淡水で過ごす純淡水魚類は、生息地の減少や分断化、水質汚染、侵略的外来種の侵入、温暖化など人間活動の様々な影響を受け、絶滅のおそれのある種が劇的に増加しています。淡水魚類の減少をくいとめるためには、種数や分布の現状を把握し、減少をもたらす要因を特定することが重要です。

私たちは、三方湖では、どのような魚が減っているのかについて調べてみました。きつと、むやみやたらに減っているのではなく、減っている魚は、何か共通の特徴（たとえば、体が大きいなど）があるのではないかと仮説を立てて、過去の記録と現場調査から検証しました。



写真：様々な調査データを収集した結果、三方湖流域で、消失もしくは著しく減少していることが明らかとなった純淡水魚。写真は、電子図鑑「滋賀のさかな」(<http://www.lbm.go.jp/emuseu/m/zukan/gyorui/speciesname.html>)より使用。

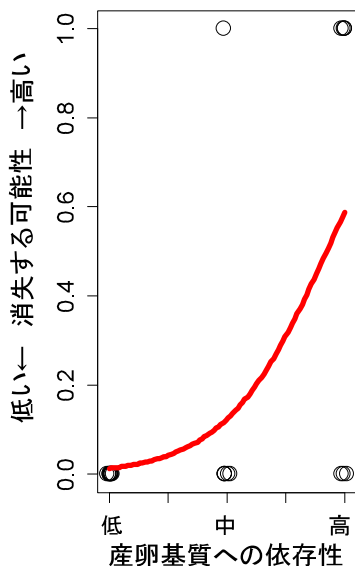
三方湖の淡水魚の現状

福井県には、幸いにも様々な調査データが長きにわたり蓄積されています。これらのデータを収集・整理することに加えて、約2年間の魚類調査を続けることによって、1980年代後半以降に三方湖流域から消失または減少した魚種（以後、減少種とよぶ）を探しました。

その結果、ハス、ムギツク、アブラボテ、イチモンジタナゴ、アカザの5種が減少種であることが明らかになりました（左上の写真参照）。

減少要因と今後の課題

減少種の5種に共通した特徴はあるのでしようか？その疑問に答えるために、これまで三方湖でみられた全ての魚種のあらゆる特徴を調べて詳細に比較しました。統計解析の結果、ひとつだけ共通した特徴が見つかりました。それは、いずれの減少種も、産卵の際に特定の基質（礫や貝など卵を産みつけるもの）が必要な種であることがわかりました（下図）。アカザは、瀬の礫下に卵を産みつけます。ハスも砂礫の底質環境が必要といわれています。ムギツクは、大きな石の下面、岩盤の割



図：産卵基質への依存度と消失（絶滅）する確率（○は魚種）。依存度が高い魚ほど、消失しやすいことがわかります。

れ目などに卵を産むことや、ドンコやオヤニラミの巣に托卵します。また、タナゴ類は卵を生きた二枚貝の鰓内に産みつけます。こうした特殊な産卵生態をもつ種ばかりが減少しているということは、魚にとつて適した産卵環境が失われてしまったことを示しています。河川改修による河床環境の変化、護岸化による湖岸環境の変化などが大きな要因と考えられます。私たちが考えている以上に、産卵環境の喪失は在来魚への強い脅威となっているのかもしれない。

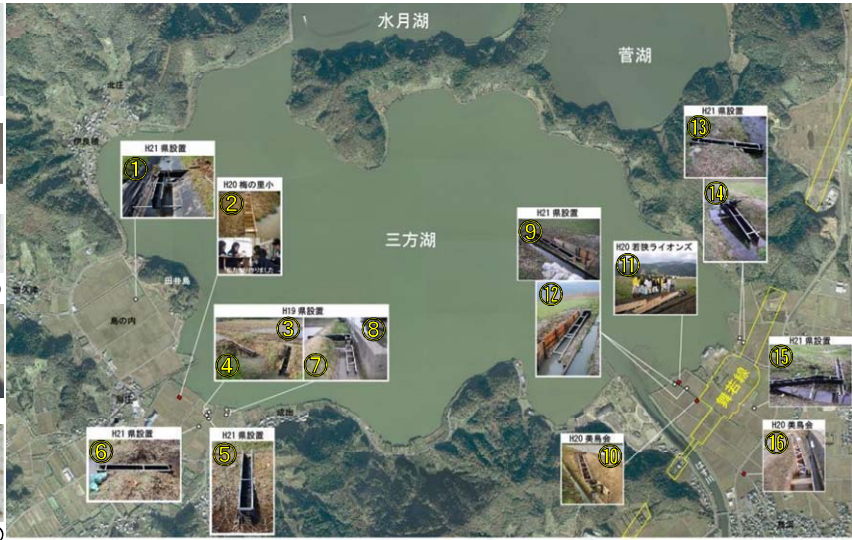
今後、淡水魚類の保全・再生にむけて、産卵環境の調査やモニタリングが必要です。また、産卵に適した場所を維持したり、産卵場所を人工的に造成することもこれからの自然再生の大きな課題となるかもしれません。

湖と水田をつなげて魚を増やす

多田雅充・前田英章（福井県海浜自然センター）

魚道で湖と水田をつなぐ

三方湖周辺の水田魚道



水田を利用した主な魚



三方湖周辺の水田は、かつては湖にすむ魚にとって格好の産卵場になっていました。その理由は、水田は水がよどんでいるので、卵や泳ぐ力の弱い稚魚が流されず、また水が温かいのでエサとなるプランクトンが豊富なためです。特にドジョウやフナ等は、水の張られた水田で産卵し、ふ化した魚は水田の中で大きくなります。しかし、近年ではほ場整備が進み、水田と水路の高低差が大きくなり、魚が遡上できません。

そこで、魚が産卵のために水田へ遡上していた昔の水田環境に再生することを目的に、三方湖周辺で水田魚道を設置しています。水田魚道とは、魚が田んぼへ自由に入り出ることができるように、水田と水路との間に付けた階段のようなものです。設置することにより、魚が昔のように水田に入って産卵できるようになります。現在、三方湖周辺では、16基の水田魚道が設置されており、11種類の魚が利用し、特にドジョウやフナ等は、水田で育った多くの稚魚が確認されています。

シュロに産みつけられた卵



水田で育った魚を捕まえる



シュロで湖と水田をつなぐ

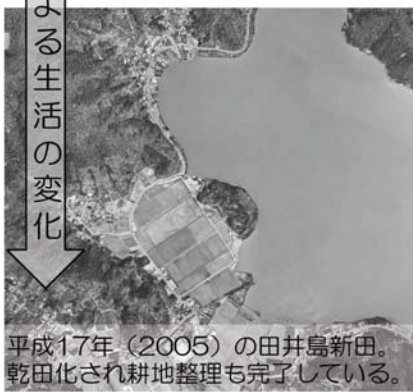
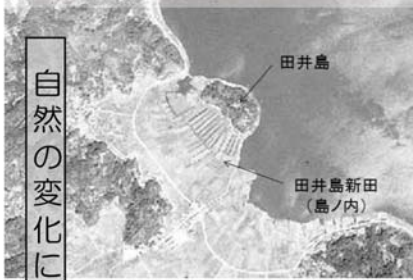
水田魚道は水路と水田の段差をなくすものであり、様々な魚が水田を利用する効果的な手法です。しかし、水路に魚がいない場合や水田魚道に水がうまく流れない場合等には、水田を魚が利用できません。そこで、産卵時期になるとコイやフナが水路に侵入し水草に卵を産みつける習性を利用して、水草の代わりにシュロ（採卵床）に採卵させ、その卵を人の手で水田に移しました。その結果、水田で育った多くの稚魚が確認され、シュロを用いて採卵し、水田でコイやフナを増やすことができることが分かりました。

人が湖と水田をつなぐ

湖と水田をつなげて魚を増やすには、現状に合わせて様々な取り組みが可能です。どの方法も地域の人の力が必要不可欠です。今後とも協力しながら取り組んでいきたいと考えています。

Lake HistoryとLake Storyの対照作業例：田井島新田

昭和23年(1948)の田井島新田。楡状のドブ田と堀溝れのクリークが交互に並ぶ。



自然の変化による生活の変化

「この道から下は全部田んぼだった…五月になると雨が降るわね。そうするとフナの産卵期やね。ヒラフナといってね。それが今の岸もこんなきちっちとした岸じゃないから、ほれ、マコモだとか。そういう土手だから。それで水が増すと、そこへ子を産みに来る。そうすると田んぼのなかへじょろじょろ。そうすると夜になるとな、このぐらいな籠の底が抜けたようなな。そしてちゅっと張ってフナを捕って。まあそのフナも面白くてな。…嫁に来てからの話。けどそれが好きでな。面白かったね。ヘラブナから、それから、ほれ、ナマズも入ってたし、コイもたまには。…そんな夢今でも見ますもん。うん。それだけこの湖は魚やいろいろなもの宝庫だった。」(成出、女性)



文化6年(1809)の田井島新田の絵図(世久津・武長宗兵衛家文書)



現在の田井島新田。水田魚道などの試みも行われている。

右上の文章は、湖畔に生活してきたある女性が記憶する昭和20年代の魚捕りに関する語りです。昭和30年代まで田井島新田では、春の田植えの後、雨が降ると水田にフナやコイ、ナマズなどが産卵のために遡上していました。それを、湖畔の人びとは、手づかみや、あるいは底の抜けた籠で伏せて捕らえていました。それは人びとにとって、魚だけではなく、楽しみを享受できる活動でした。

「不完全」がもたらす
苦難とめぐみ

三方湖畔・島ノ内の田井島新田は、数百年にわたる自然と人間との相互作用によって創り上げられました。当初は、自然の脅威に手を拱いていた人間も、徐々にその力を発揮して水面の陸地化を進行させてきました。ただし、その技術はまだ自然を完全に支配できるような力をもっておらず、そのため、昭和30年代までは水田としては「不完全」な低湿地水田として、水損の脅威に常にさらされてきました。しかし、一方で、そのような「不完全」な水田のおかげで、普段は得られない魚を捕ることができ、また魚を捕る楽しみを得ることができていたのである。

この「不完全」な状況は、昭和30年代の土地改良、そして、昭和50年〜57年にかけてのコンクリート護岸化、さらに昭和50年代後半の第二次土地改良によって、大きく変化しました。それによって、島ノ内の田井島新田は、水害の常襲からは免れることができるようになり、稲の安定的な生産が可能になりました。

一方、そこで行われていた自然と人間との緩やかな関係性、そして人間と人間との緩やかな関係性は失われることとなり、そこで多様な活動や思い出は、今では古者たちの記憶の奥底に沈潜するのみとなっています。

「不完全」を受け入れる心性

いつの間にか周りの事物の完全化が普通となった完全偏重の時代に生きる人びとにとって、偶然やリスク、不確実性を受け止め、「不完全」なあり方からときに恩恵を得て、またときにそれを楽しんだ人びとの心持ちを理解することは容易ではありません。

しかし、「不完全」に苦しみながらも、その「不完全」を享受し、「不完全」を楽しむ、「不完全」によって救われた人びとの姿は、自然と人間との、いまの関係性をとらえ直す、古くて新しい心性を私たちに教えてくれます。

「昔の水辺の絵画」募集から見える水辺と人のかかわり

富田涼都（静岡大学）・ハスプロジェクト推進協議会 ほか



場所：久々子湖
年代：昭和50年頃
夏になるとたくさんの
テナガエビがいて、夜に
すくったよ。



場所：別所川下
年代：昭和40年頃
産卵に来たフナを底の
抜けたバケツで押さえ
てつかまえたよ。



場所：梅ヶ原
年代：昭和20年頃
ホンドジョウ(シマドジ
ョウはダメ)でウナギを
釣ったよ。



場所：成願寺
年代：昭和10年頃
夏は毎日、魚とり。竹の
ザルでフナやムツなん
かをとったよ。

場所：太良庄
年代：昭和60年頃
夏の夜、田んぼで懐中電
灯をつけてケガニを
さがしたよ。



場所：天徳寺
年代：昭和50年頃
田んぼの水路にホタル
がいっぱいでいたよ。

場所：北川
年代：昭和30年頃
川にはアユがいて、毎日泳ぎ
に行っておアユをとったよ。

「昔の水辺の絵画」募集とは

「昔の水辺の絵画」募集とは、小学生を対象に、おじいさん・おばあさん、おとうさん・おかあさん、近所の方などの大人の方に、昔の水辺の様子を自由に聞き取りをして、絵にしてみようという取り組みです。5年前から、ハスプロジェクト推進協議会によって行われていましたが、3年前よりこの研究プロジェクトと協働で絵画と、そのエピソードについてのアンケートを行い、展示会などのほか「みんなの三方五湖マップ」やワークショップなどを開いてきました。

かつての身近な水辺の姿とは

これまでに、若狭町全体から延べ700枚近くの絵画が寄せられています。その絵画からは、かつての思い出深い水辺の姿が活き活きと描かれていました。そのうち半分以上がはす川、北川、別所川やその支流などの「川」の絵でした。ここから、多くの人びとに

とってもっとも身近でかわりが濃い水辺がこれらの「川」であることがわかります。また、ウナギ、ドスマン、フナなどの「魚とり」の話は昭和50年代までは数多くみられるものの、「泳いだ」話は昭和30年ごろまでしか見られません。これはプールの普及などの時期とも関係ありそうです。

もっとも身近な生き物とは

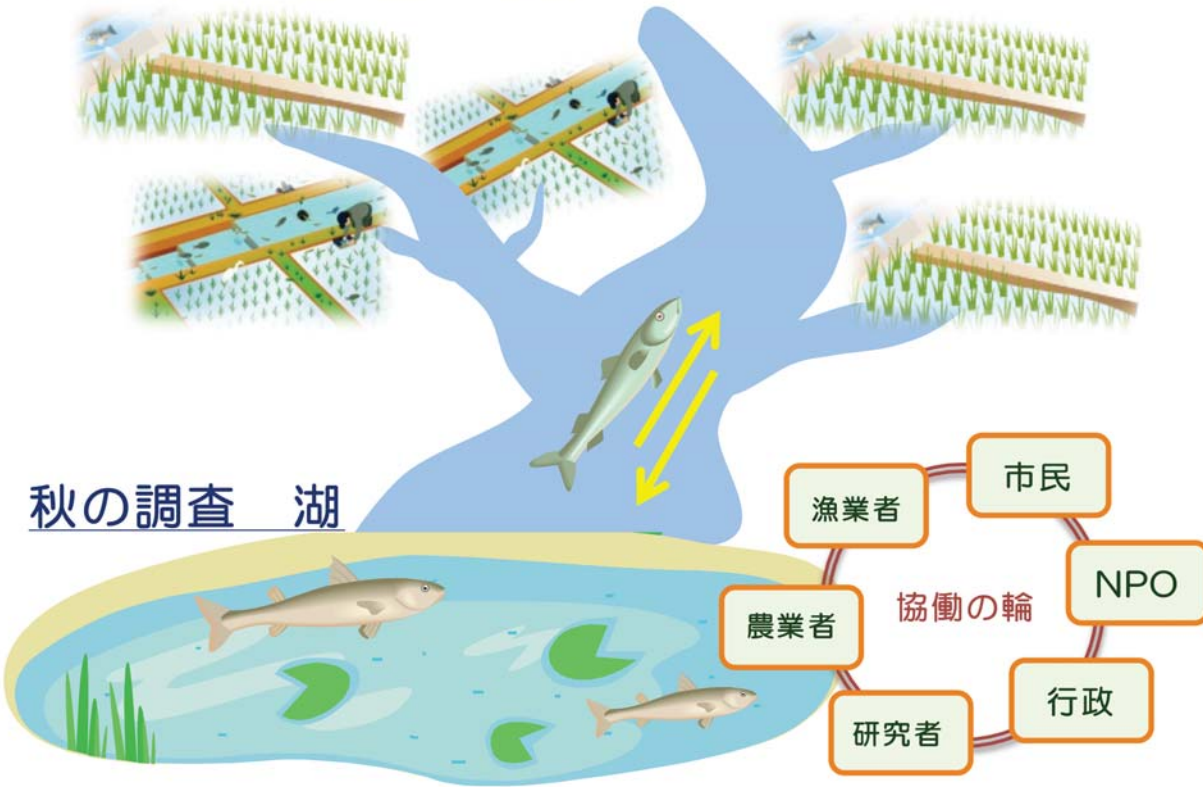
また、最も多く登場した生き物は「フナ」でしたが、描かれる生き物にも地域性があり、「エビ」が三方五湖沿岸、「ウナギ」と「ドスマン」がはす川流域、「ホタル」「トンボ」などの昆虫が「水田」にほぼ限定されました。

一方、ズカニなど「カニ」は若狭町全体でまんべんなく描かれていて、「フナ」と並んで若狭町内でもかなり身近な生き物と言えるでしょう。自然再生においても、こうした身近な生き物とのかわりを取り戻していくことが、大きな力となりそうです。

協働参加型調査…生物多様性モニタリング

海部健三・鷲谷いづみ（東京大学）ほか

春の調査 田んぼ・水路



協働参加型調査の概要。継続的なモニタリング（＝監視）による、生物多様性の現状と生態系の変化の把握は、順応的な取り組みの要です。また、参加主体間の適切な情報共有は、自然再生事業を効率的・効果的に進めるために欠かせません。この2つの目的を果たすために開発されたプログラムが、協働参加型調査です。協働参加型調査では、三方五湖とその周辺地域の漁業者・農業者を含む住民の方と、NPO、行政、研究者らが協働して調査を行います。ともに調査を行うことによって、地域の生物多様性の現状を把握するとともに、その情報を参加者で共有することができます。

春の協働参加型調査

春の協働参加型調査は、農業の現場である田んぼと、その周辺の水路で行われました。

近年、農業用水路のコンクリート化と、田んぼと水路の高低差の拡大のために、田んぼを産卵場所として利用していたフナやコイが、田んぼに進入することが難しくなりました。現在、県や漁協、NPOなどが協力し、水田魚道を設置したほか、シュロの束を利用して田んぼにフナやコイの卵を導入する努力が続いています。

春の協働参加型調査では、シュロを用いてフナやコイの卵を田んぼに導入する方法について、参加者全員で実際にその効果を確かめました。

秋の協働参加型調査

秋の協働参加型調査は、農業の現場である三方湖で行われました。

三方湖では2000年以降、侵略的外来種であるオオクチバスやブルーギルが確認されるようになりました。特にブルーギルは2007年に初めて記録されて以来、爆発的にその数を増やしています。漁協を中心にオオクチバスとブルーギルの駆除が行われていますが、一度侵入した魚を排除することは難しいようです。

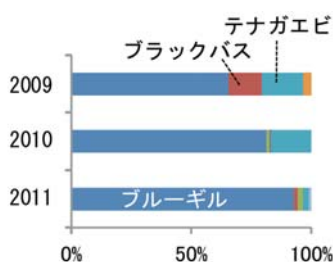
秋の協働参加型調査では、三方湖の伝統的漁法であるヌクミ漁を見学し、参加者全員で漁獲物の種類と数を確認しました。



卵導入の調査



伝統漁法「ヌクミ」の見学



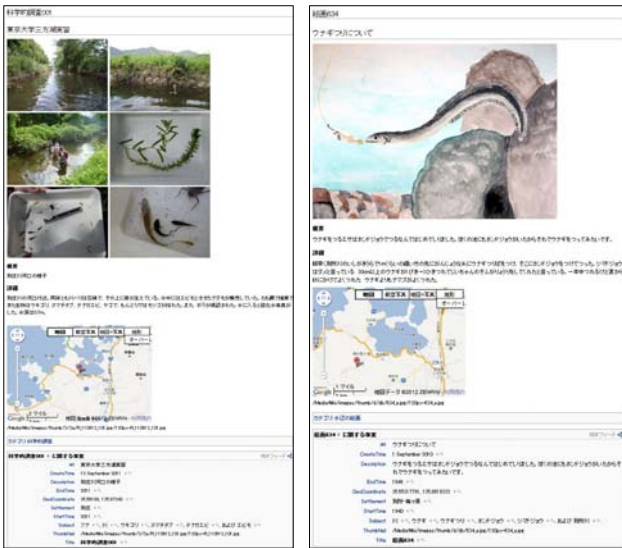
秋の参加型調査で確認された生物

自然再生に向けた情報プラットフォーム「みんなの三方五湖マップ」

熊谷 潤・柴崎亮介（東京大学）



「みんなの三方五湖マップ」(<http://www.mikatagoko.jp/>)



各記事の詳細表示

三方五湖の自然・文化・歴史などの様々な情報をインターネット上で共有し、三方五湖の自然再生に向けて役立てるためのウェブサイトです。

「みんなの三方五湖マップ」とは

三方五湖の情報の整理・視覚化・環流

共有されたデータは、データの種類、エリア、年代、フナやウナギなどの対象物によって整理されます。また位置情報を元に地図上にマッピングされ、必要な情報を検索、検索結果をデータ出力や印刷していただくことが可能です。

若狭町子どもたちによる
「昔の水辺の風景」 絵画作品

ハスプロジェクト推進協議会と三方五湖総合研究グループの協働で企画した、若狭町内子どもたちによる「昔の水辺の風景」絵画作品331点をサイト上でご覧いただけます。

また絵画の他にも東京大学三方五湖実習などの調査データなどもご確認いただけます。

ぜひ一度「みんなの三方五湖マップ」にアクセスいただき、ご覧下さい。



「ウナギ」に関する記事のマッピング結果

三方湖総合研究プロジェクトチーム

東京大学

吉田丈人
鷺谷いづみ
柴崎亮介
菅 豊
塚本勝巳
西廣 淳
熊谷 潤
海部健三
武島弘彦
加藤義和
照井 慧
久保 優
塚原伸治
松崎慎一郎
(現 国立環境研究所)
富田涼都
(現 静岡大学)

福井県立大学

青海忠久
富永 修
小北智之
杉本 亮
草野 充
佐藤専寿

福井県

多田雅充
松村俊幸
久保 光
前田英章
児玉晃治
坊 栄二
鈴木聖子

若狭町

辻 靖明
木下忠幸
山名彰心
山口 勉
小島秀彰

研究協力

鳥浜漁業協同組合
美しい鳥浜を創る会
ハスプロジェクト推進協議会
福井県自然環境課
福井県海浜自然センター
福井県衛生環境研究センター
福井県内水面総合センター
福井県雪対策・建設技術研究所
若狭町

上記のほか、学校関係者、漁業関係者、農業関係者、NPO、福井県および若狭町の関係諸機関の皆様にご協力いただきました。



三方湖総合研究プロジェクト 3年間のまとめ

三方湖総合研究プロジェクト

2012年3月