

平成 23 年度 (社)日本水環境学会中部支部講演会 プログラム

日時 平成 23 年 8 月 9 日 (火) 13:40~16:10

場所 AOSSA (アオッサ) 7 階 706・707 研修室
〒910-0858 福井市手寄 1 丁目 4-1

挨拶 廣石 伸 互 中部支部長 (福井県立大学海洋生物資源学部 教授)

座長 高島 正 信 (福井工業大学原子力技術応用工学科 教授)

講演

I 福井県三方湖の自然再生を支援する総合的環境研究
吉田 丈人 (東京大学総合文化研究科 准教授)

II 三方湖再生-基礎生産構造と食物網構造
杉本 亮 (福井県立大学海洋生物資源学部 助教)

III 三方湖植生護岸
久保 光 (福井県雪対策・建設技術研究所 研究員)

I. 福井県三方湖の自然再生を
支援する総合的環境研究

東京大学総合文化研究科
准教授 吉田丈人

福井県三方湖の自然再生を支援する総合的環境研究

東京大学総合文化研究科 吉田丈人

自然共生型社会の実現は重要な社会目標であり、自然再生は、劣化した自然を再生することはもとより、人と自然との新たな共生関係を地域に築くためのアプローチとして期待される。私達は、湖沼とその周辺環境を含む水辺生態系の自然再生に寄与する総合的な環境研究を、福井県三方湖とその周辺流域を対象にして実施してきた（図1）。

三方湖は、ラムサール条約登録湿地三方五湖の最上流に位置する淡水の湖である。天然ウナギや希少なコイ科魚類を含む多様な魚類相は、三方五湖の生物多様性を特徴づけている。しかし近年、魚類をはじめとした水辺生態系の生物多様性が顕著に低下しつつあり、富栄養化などの水環境の劣化、および水田圃場整備や河川整備による湖と用水路や水田の間をつなぐ水系連結の分断化が、主要な要因として考えられている。

自然再生の具体的な計画立案をささえる科学的情報を整備するため、私達は、生息環境や水系連結再生の総合的かつ詳細な評価を行ってきた。これまでの研究で、湖内の環境にとって浮葉植物のヒシの存在が大きく影響していることが明らかとなった。植物プランクトンによる一次生産から動物プランクトンや魚の高次生産へとつながる物質生産のあり方が、ヒシ帯の存在に大きく影響を受けていた。ヒシにより引き起こされる湖内の環境変化は、水中の溶存酸素濃度や栄養塩濃度などにも明瞭に表れていた。また、人工衛星によるリモートセンシングにより、ヒシの繁茂が近年になって飛躍的に増加したことや、湖内のヒシ分布に塩分濃度や流入河川が影響することもわかった。

コイ科魚類は、主な生育場所である湖だけでなく、その周辺の河川・水路・水田などを産卵場所や仔稚魚の生育場所として利用する。しかし、近年になって、湖と周辺の水系の連結性が失われてきた。その水系連結を再生するため、水田魚道と呼ばれる小規模の魚道を設置することを、地域の農業者と協力しながら進めている。効果的な設置場所を見極めるため、産卵場所や生育場所として好適な環境条件を調べ、その科学的情報に基づいて水田魚道を設置し、さらにその効果を検証するという順応的管理

を実践してきた。

地域の生態系の自然再生にとって、人と自然との密接な関わりは重要な鍵となる。逆に、その関わりの希薄化は自然再生を進めるにあたって大きな課題となり得る。三方湖と地域の人々の関わりを調べてみると、湖に対する多様な価値観が見えてきたほか、湖の様々な歴史を確認することができた。地域の多様な主体が湖とその周辺の水辺生態系との関わりを再認識し、積極的に自然再生に取り組むきっかけを提供するために、伝統的漁法や子-親-祖父母とつながる世代間の対話を用いた「協働参加型調査」も実施している。

研究プロジェクトは継続中であるが、湖とその周辺の生態系の自然再生にとって重要な課題が、自然科学だけでなく人文社会科学も含めた総合的な視点から明らかとなりつつある。平成23年5月には、福井県や地元の若狭町・美浜町が事務局となり、三方五湖自然再生協議会が設立された。今後は、研究プロジェクトで得られた成果を統合し、地域による主体的な自然再生の取り組みが実施されることを継続的に支援していきたい。

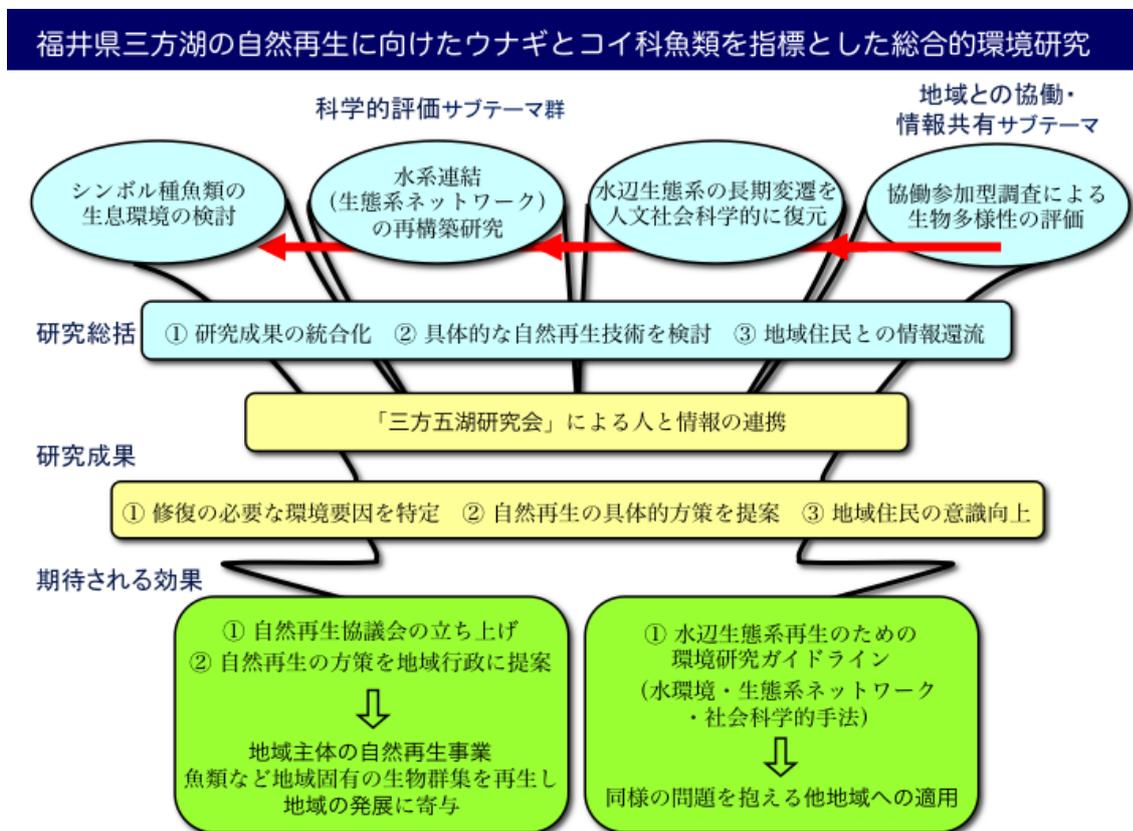


図1. 研究プロジェクトのサブテーマと研究成果やアウトプットとの関連

Ⅱ. 三方湖再生

-基礎生産構造と食物網構造

福井県立大学海洋生物資源学部

助教 杉本 亮

三方湖再生 - 基礎生産構造と食物網構造

福井県立大学 海洋生物資源臨海研究センター 杉本 亮

1. はじめに

三方五湖は、ラムサール条約にも登録されるほど多様な生物を育む生態系である一方、生活排水の流入に伴う水質の悪化、なぎさの消失による湖岸環境の悪化、ヘドロの堆積による底質の悪化など数多くの環境問題を内包している生態系でもある。また、湖内の漁獲量も年々減少の一途をたどっている。三方五湖の豊かな生態系を持続的に利用していくためにも、湖内環境を改善することは急務の課題である。

本研究が対象とする三方湖は、五湖で唯一の淡水湖であり、三方五湖の生物多様性を特徴付ける生物群であるコイ科魚類の生息域として特に重要な場所である。しかしながら近年、アオコの減少に伴うヒシの異常繁茂の問題が生じるなど、基礎生産構造が大きく変化している。植物プランクトンや水生植物であるヒシは、水中の栄養塩類を取り込んで成長する基礎生産者である。生態系の根幹をなす基礎生産構造の変化は、食物連鎖を通じて高次の動物にも影響を及ぼし、湖内の生態系を根底から変化させてしまう可能性がある。

本発表では、環境研究総合推進費「福井県三方湖の自然再生に向けたウナギとコイ科魚類を指標とした総合的環境研究」の一環として行っている生物生産構造（基礎生産と食物網）に関する調査から得られた成果について報告する。

2. 三方湖の基礎生産構造

三方湖におけるヒシの異常繁茂の問題は、湖内の植物プランクトンの動態に大きな影響を及ぼしている。三方湖では、水温が 15°C 以上になるとヒシが成長し始めるため、植物プランクトンの増殖は大きく制限される。実際、高水温期よりも低水温期に水中のクロロフィル a 濃度が高くなる傾向が認められている。これは、栄養塩の獲得競争において、ヒシの方が植物プランクトンよりも有利であるからだと考えられる。また、植物プランクトンの炭素安定同位体比 ($\delta^{13}\text{C}$) を調べた結果、高水温期の夏に低く、低水温期の冬に高い傾向を示すなど、他の温帯域の湖沼と比べ、季節性が逆転していることが明らかになった。

次に、三方湖の基礎生産過程が、どこに起源をもつ栄養によって支えられているのかを窒素安定同位体比 ($\delta^{15}\text{N}$) から調べたところ、三方湖内には陸域（主に河川）から供給される窒素と湖内で再生産される窒素以外に、隣接する水月湖から供給される

窒素も無視できないことが明らかになった。これら3つの窒素が植物プランクトンに及ぼす影響は、湖内の物理環境に大きく支配されていた。つまり、湖内が淡水で占められている時は、河川由来の窒素および湖内で再生産された窒素が主な供給源となる。特に、春先から夏季にかけては、貧酸素水塊の発達に伴って再生産窒素の影響が強くなる。一方、秋季から冬季にかけては、湖内の塩分が高くなり、隣接する水月湖から供給されるアンモニウムイオンが植物プランクトンの重要な栄養源となる。三方湖の富栄養化を軽減するためには、湖内での栄養塩の再回帰量、水月湖からの栄養塩供給量を考慮した上で、陸域からの負荷削減を行っていく必要がある。

3. 食物網構造

2009年8月から2010年7月の間に採取された三方湖内の基礎生産者および消費者の安定同位体比から、三方湖に出現する生物の平均的な栄養段階(TL)を推定したところ、三方湖のシンボル種魚類であるコイ科魚類は、ヤリタナゴの2.3からコイの2.9の範囲内であった。しかしながら、三方湖内に出現した魚種の中で最もTLの高いウナギでも3.5程度であり、食物連鎖長は極めて短かった。このことは、淡水魚から海水魚、また外来生物に至る多種多様な生物がこの短い食物連鎖長の中に生息していることを意味しており、高い基礎生産力、また基礎生産者と魚類を繋ぐ一次消費者が豊富に存在していることが示唆される。

そこで、ヒシの繁茂期と非繁茂期における食物網構造を比較したところ、湖内の栄養源に強く依存していると考えられるコイ科魚類に明瞭な違いが見られた。つまり、ヒシが繁茂している時は、ヒシ帯を中心として局所的に生産される餌源（水生昆虫や動物プランクトンなど）への依存度が強くなるため、コイ科魚類間の栄養段階の差が小さくなるが、ヒシが繁茂していない時には、栄養段階の差が大きくなった。ヒシの繁茂に伴う局所集中的な生物生産構造の仕組みが、現在のコイ科魚類の餌環境において重要である可能性を示唆している。

4. おわりに

現在の三方湖の生物生産構造は、ヒシ繁茂の影響を強く受け始めていることが明らかになってきた。また、ヒシ繁茂の影響は公共用水域水質調査のCOD値にも明瞭な結果として現れはじめている。今後は定性的な側面に加えて、基礎生産力や捕食者の現存量なども含めたモニタリング調査を続けていくことが生態系の転換期にある三方湖の自然再生を行う上で重要な知見を提供することになるであろう。

Ⅲ. 三方湖植生護岸

福井県雪対策・建設技術研究所

研究員 久保 光

三方湖植生護岸の概要

福井県雪対策・建設技術研究所 久保 光

キーワード：水質浄化、生物多様性、自然再生

1. はじめに

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る。このような背景から、福井県職員の中で三方湖の実情に詳しい専門家で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たので報告する。

2. 植生護岸の目標設定

昭和 20～30 年代、三方湖の植生は、風による波浪の違い、湖底の土質、湧水の有無により、多様な水生植物群落が存在したという。このことから、コンクリート護岸前（S20～35 年頃）の岸辺の植生状況を聞き取り調査し、その聞き取り調査結果を基にして復元する植生の目標設定を行った（図-1）。

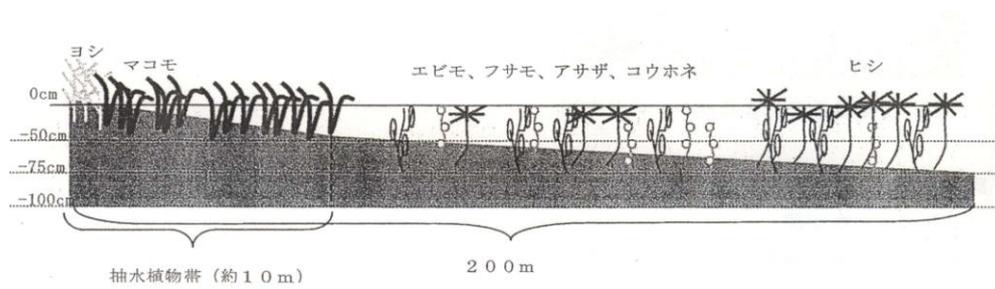


図-1 復元する植生の目標設定

3. 植生護岸

3. 1 基本方針

- 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 盛土の法尻は、捨石で保護を行い、その前面には洗掘防止のため木柵(木工沈床)を設ける。
- ⑥ 植生は、はす川で採取したヨシを植栽するほか、三方湖の浚渫土を利用したシードバンクにより沈水植物群落や浮葉植物群落の再生を期待する。
- ⑦ 積極的な植栽をする場合を除き、シードバンクにより発芽を期待する場合には何らかの消波を行う。
- ⑧ 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。

3. 2 植生護岸のタイプ

護岸 Type1 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 50 cm まで盛土する。また、はす川で採取したヨシを植栽する (図-2)。

護岸 Type2 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 100 cm まで盛土する。表面には三方湖のはす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する (図-3)。

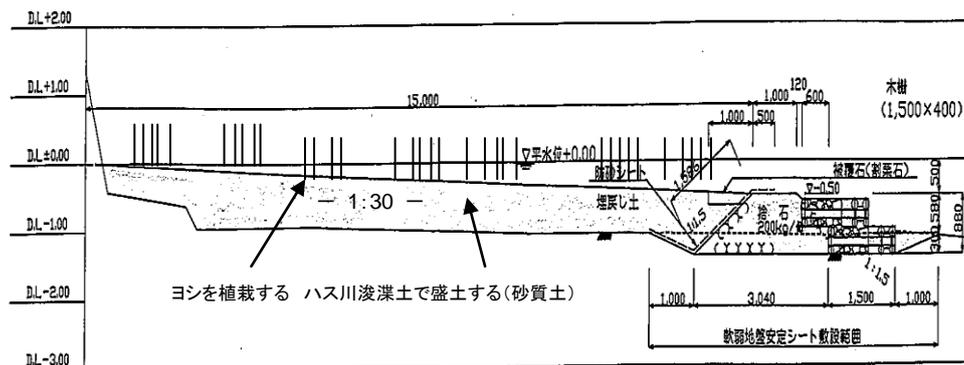


図-2 護岸 Type 1

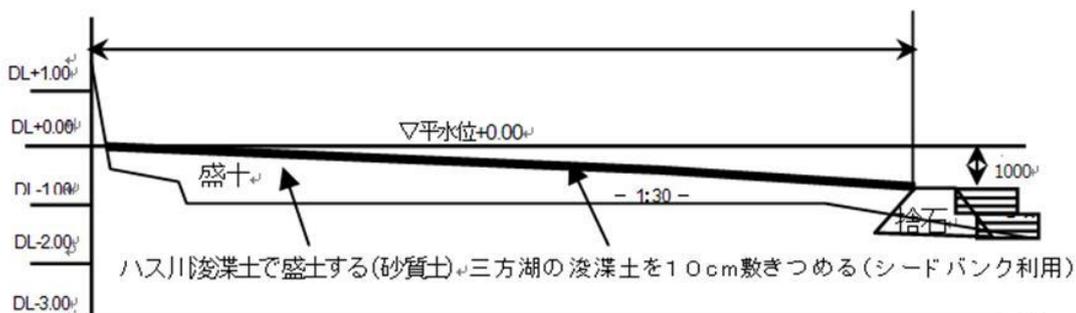


図-3 護岸 Type 2

3. 3 施工

図-4 は、三方湖の植生護岸の整備箇所を示す。平成 17 年 4 月から平成 H19 年 2 月にかけて、K1～G2～K2 の位置に植生護岸 Type 1 を整備し、ヨシを植栽した。また、平成 20 年 11 月から平成 H21 年 3 月に G1 および G3 付近に植生護岸 Type2 を整備し、シードバンクを撒き出した。



図-4 植生護岸整備箇所

3. 4 植生護岸モニタリング

3. 4. 1 調査項目および調査時期

表-1 は、調査項目および調査時期を示す。各調査項目について、夏季（平成 21 年 8 月）、秋季（平成 21 年 11 月）に実施し、底生動物については、冬季（平成 22 年 2 月）にも実施した。

表-1 調査項目および調査時期

調査項目	調査時期			備考
	夏季	秋季	冬季	
植 物	○	○		植物相, 植生, 植生断面
シードバンク	○			植物相, 植生断面, 湖底地形, 光子量
魚 介 類	○	○		
底 生 動 物	○	○	○	定量調査を実施
陸 上 昆 虫	○	○		
底 質		○		pH, EC, 水分率, 強熱減量, 粒度, T-N, T-P, TOC, 硫化物
水 質	○	○		DO, 濁度, pH, SS, COD, T-N, T-P, クロロフィル a
湖 流	○	○		
風 向・風速	○	○		

3. 4. 2 調査地点

図-5 は、調査地点を示す。既存植生地 (K1、K2)、植生護岸整備地点 (G1、G2、G3)、植生護岸整備検討箇所 (G4、G5) の計 7 箇所を対象に魚類、底生動物、昆虫、植物ならびに水質調査を行った。

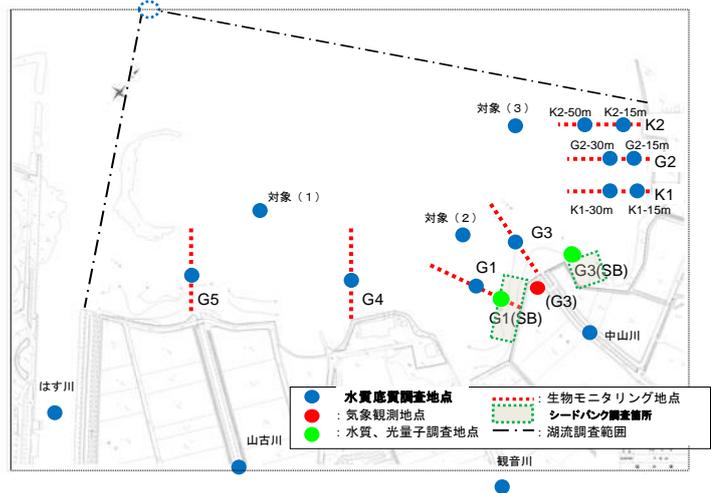


図-5 調査地点

4. まとめ

- ① 植生護岸 Type 1 では、ヨシ帯での魚類数が増加している。この原因は、植生護岸 Type 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と考えられる。
- ② ホソバミズヒキモ、クロモは、植生護岸 Type2 のシードバンクから発芽・生育した可能性がある。

5. 今後の課題

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る。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、孵化を捉えることも必要と考える。

今回、植生護岸 Type2 で用いたシードバンクには、三方湖の自然再生の目標として掲げられている種のうち、コウホネ、アサザ、フサモ、エビモが含まれていない。これについて、底泥の浚渫箇所および浚渫深度の妥当性を検証する必要がある。

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ある。

参考並びに引用文献

- 1) 久保他：三方湖における湖沼沿岸帯復元の取り組み, 雪対策・建設技術研究所年報第 20 号, p. 76-81, 2007
- 2) 久保他：三方湖における湖沼沿岸帯復元の取り組み (その 2), 雪対策・建設技術研究所年報第 20 号, p. 120-127, 2008