

琵琶湖沿岸の自然再生と生態系の現状評価

石川可奈子・酒井陽一郎・蔡吉・井上栄荘・木村道徳・東善広・西野麻知子¹⁾

1. 目的

琵琶湖沿岸では、自然環境の保全・再生にあたり多様な活動が実施されてきたが、その長期化により、人材・費用・モニタリング体制の継続的な確保が課題となっている。そこで、生態系管理を効果的・効率的に実施するための技術と仕組みを、水草の大量繁茂対策、侵略的外来水生植物の管理、二枚貝等の生息環境改善に適用し、実質的な生物多様性の再生に向けた課題整理と現状評価を行う。

2. 研究内容と結果

【サブテーマ① 水草除去と生態系モニタリング（琵琶湖南湖における水草繁茂面積自動算出プログラムの開発）】

琵琶湖南湖では、近年、水草の繁茂状況が年ごとに大きく変化しており、その動態を客観的に把握することが求められている。従来は魚探による調査を行ってきたが、衛星画像を用いた手法の適用も可能であることがわかってきた。水草の繁茂面積の推定は、QGIS上で手動計算によりNDVI (Normalized Difference Vegetation Index) を算出していたが、作業量が多く、時間を要するといった課題があった。そこで、衛星画像を自動処理し、NDVIを効率的に算出できるPythonとQGISを使ったプログラム「南湖水草繁茂面積自動算出プログラムMM-LBSB (Macrophyte Mapper for Lake Biwa Southern Basin)」を開発した。

《使用データと環境》衛星データ：Sentinel-2 L2A (大気補正済み)、空間解像度：10 m、データ取得サイト：Copernicus Browser または EO Browser、開発環境：QGIS + Python (PyQGIS コンソール実行)

《解析手順》

1. 衛星画像の取得・解凍：雲量30%以下を条件にダウンロードし、「Sentinel images」フォルダに保存。
2. 解析対象領域の設定：コンソールの実行ボタンのクリックで、琵琶湖南湖域のポリゴン (Shapefile) を使って、衛星画像が自動で切り抜かれる (図1)。
3. NDVI 計算： $(B8 - B4) / (B8 + B4)$ によりNDVIを自動算出。
4. 自動分類処理：PythonスクリプトによりNDVI値を0.05刻みで再分類し、水域・陸域を自動的に識別。
5. 出力と可視化：各クラスのピクセル数をCSVに自動出力し、QGISでGeoTIFFを視覚化。1ピクセル=100 m²で面積換算可能。

本プログラム作成による自動処理化により、作業時間を大幅に削減できた。解析結果はNDVIクラス別の面積をExcelで集計、QGISで分布を即座に視覚化できるようになった。今後、大量繁茂に対する対応計画のための現状把握や、湖岸生態系モニタリング、水草除去の評価において定量的指標として活用する。なお、本プログラムは、県庁、水草対策チーム、希望者への無料配布を行う。

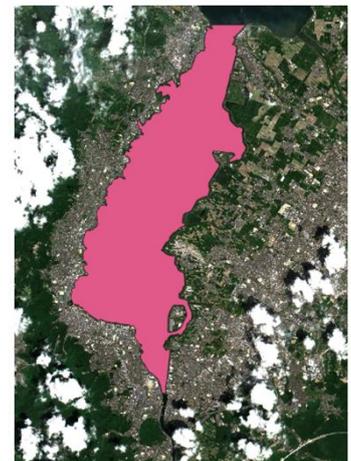


図1 MM-LBSB 解析対象範囲 (衛星画像からポリゴン部分を切り抜く)

1) 元びわこ成蹊スポーツ大学

【サブテーマ② オオバナミズキンバイが生育しにくい照度条件の把握】

侵略的外来水生植物のウスゲオオバナミズキンバイ（以下、オオバナ）の生育が抑制される光量条件を明らかにするため、光量を操作した水槽でオオバナの飼育実験を行った。実験は、琵琶湖環境科学研究センターの屋外に設置したコンクリート水槽（縦横約1m、水深15cm：10個）を用い、寒冷紗を用いて相対的な光量を0.6、6.4、14.7、15.2、19.8、27.9、38.8、44.7、59.0、100%の10段階に調節した。それぞれの水槽には、直射日光下で2週間培養したオオバナのポット苗を8株設置し、7月～9月の約3か月間培養した。培養期間中は、シュート長、葉数、葉の大きさ、茎の太さ、葉緑素量などを毎週測定した。

実験の結果、相対光量を0.6%にした対照区では1か月ほどですべての個体が枯死した。また、相対光量が6.4%の処理区では、他の処理区よりも葉が小さく、葉数が少なく、茎が細くなり、実験終了時の湿重も低くなった（図2）。これらのことは、漂着する湖岸を低光量環境となるよう操作することで、流出したオオバナの定着・生育を抑制できる可能性を示す。しかしながら、野外のヤナギの木陰と同程度である相対光量（14.7～19.8%）にした処理区では、他の処理区と比べて葉面積が大きく、葉緑素の値が高く成長した。物理・生物攪乱を受ける野外と比較して、攪乱が少ない飼育環境下では、野外でのオオバナが生育しない光量（相対照度で15～20%程度）よりも低い値でないと、オオバナが生育してしまうことがわかった（図2、3）。

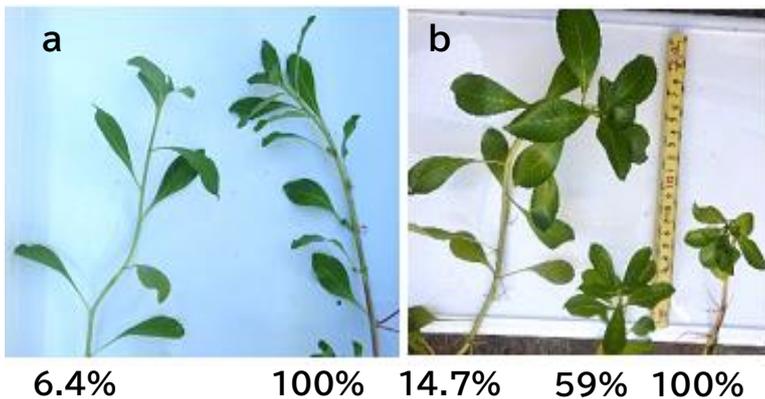


図2a, b 実験開始約1か月後の葉サイズの違い。a：相対光量6.4%、100%区。b：相対光量14.7%、59%、100%区

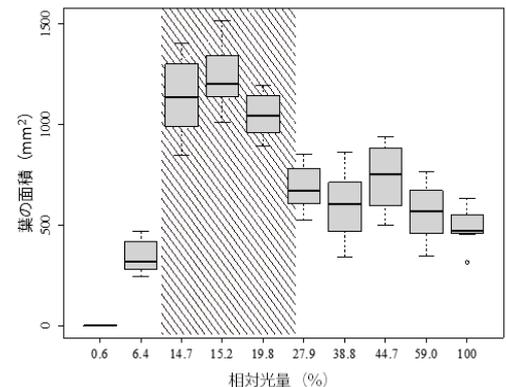


図3 各相対光量の処理区における実験終了時の平均葉面積。網掛けは野外のヤナギの木陰での相対照度（正午時）を示す

【サブテーマ③ 二枚貝の保全再生に向けた住民活動支援のあり方検討】

琵琶湖南湖の湖辺における二枚貝の生息環境改善活動は、住民参加により2017年7月から2023年3月までセンターで実施された。その後、2023年4月から同活動の参加者による任意団体「里湖（さとうみ）シジミの会」に引き継がれた。そこで、住民が自発的かつ持続的に生息環境改善活動を実施できるようにするため、活動の支援や促進の手法を実践的に検討した。センターでは、活動用具の提供や設備の使用等の物的支援、活動の統括支援等を行いつつ、参加者の主体性の醸成を図った。

2024（令和6）年度の活動では、人力による湖底耕耘・水草除去を、水草伸長期の7～9月は毎月2回、その他の月は毎月1回、計15回実施した（図4）。また、活動の効果を評価するため、2024年4月から3か月毎に、活動を実施した耕耘区と、隣接する対照区において、貝類調査の実施を支援した。



図4 湖辺環境改善活動試験地の位置（左）（大津市柳が崎：耕転区・対照区；画像 ©2017 Google、地図データ ©2017 Google、ZENRIN）および活動実施の様子（右）

貝類調査で採取されたシジミ類の殻長分布は6-7mmと11-12mmの2つのピークがみられ、生後0-1年と生後1-2年の個体が混在していると推定された。このため、耕転区と対照区のそれぞれの殻長分布に、混合正規分布を当てはめて比較した。その結果、耕転区で採取されたシジミ類は、対照区より満1~2歳と推定される個体が多いと推定され（図5）、耕転区では稚貝の生残が改善したことが示唆された。各回の活動後に参加者を対象として行った自由記述式アンケート調査の結果、湖底の砂や水草の繁茂状況、シジミの生息の有無、水位の高さ等の活動の中心的な対象への関心が強く、活動の目的や意義の浸透により活動が継続していると考えられた。

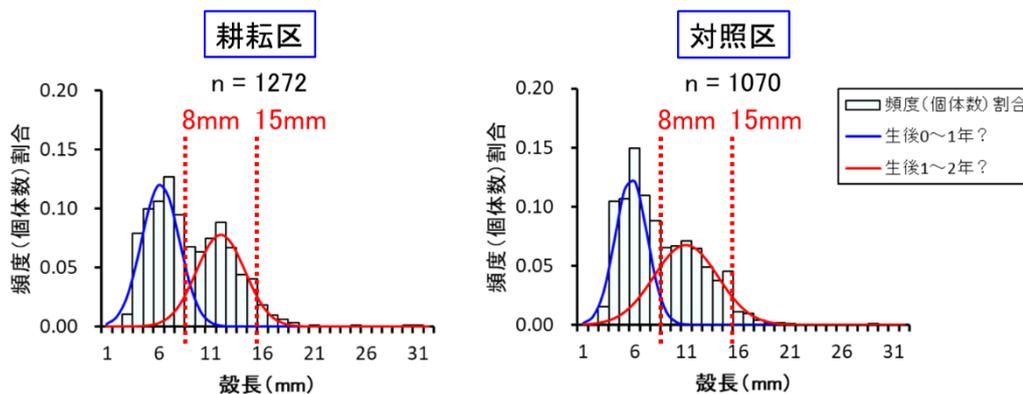


図5 湖辺環境改善活動試験地（大津市柳が崎）の耕転区（左）・対照区（右）におけるシジミ類の殻長分布（2017年7月～2025年1月累計）

【サブテーマ④ 滋賀県生きものデータバンクを活用した生きものの生息状況長期変遷の把握】

滋賀県生きものデータバンクは、生物分布情報の集約と長期変遷解析を通じて、環境変動や保全効果の評価に資する情報基盤として整備を進めており、現在は研究者などの専門家が調査したデータ、行政が業務として把握しているデータ、そして県民の皆様から提供いただいた観察データの3種類を収集

し運用している。

2024（令和6）年度は、琵琶湖および周辺地域の生物について、専門家および琵琶湖博物館との協力により約3,500種の琵琶湖の生物リストを作成・整理、また、湖岸の底生動物の標本の同定・整理を進めた。WEBページ「琵琶湖生物多様性画像データベース」では、鳥類10種、寄生動物7種、分類説明文1件、原稿の更新17件を新たに公開した。

県民参加型調査では、環境省の「いきものログ」を活用し、2件の観察会でデータバンクの紹介とチラシ配布を行い、141件の生物分布情報が投稿された。そのうち、オオバナ26件、ナガエツルノゲイトウ（以下、ナガエ）50件の投稿が確認された。

さらに、環境省の「いきものログ」では種同定ができないと投稿できないという課題の解消が可能な調べるため、AIによる種同定機能がついた民間アプリの生物投稿データを購入した。その結果、2019年6月～2024年11月の5年5か月間に、55名の投稿者から86件のデータ（オオバナ36件、ナガエ50件）を取得した。これにより、従来課題とされていた種同定の難しさは一部解消されたが、解析を進めるために十分なデータ量には至らず、継続的な収集方法の検討が必要である。

また、1980年代から蓄積された底生動物データのGIS整理を進めており、データの一貫性確保のため、まずは在不在情報に基づく長期的な動向把握から解析を開始した。その一例として、環境省レッドリストの準絶滅危惧(NI)のカゴメカワニナの分布変化を図6に示す。解析の結果、複数の底生動物種で生息地の減少が推察された。

今後、生物多様性の評価を進めるにあたり、長期的な生物モニタリングの重要性は高いものの、継続的な実施には課題がある。特に、専門家の高齢化に伴う形態分類技術の継承が困難となっており、遺伝子分類・環境DNAを活用した新たなモニタリング手法への移行が求められている。このような背景をふまえ、固有種や絶滅危惧種の遺伝子解析を含む研究を国立環境研究所や大学等と連携しながら重点的に推進する必要があると考えられた。

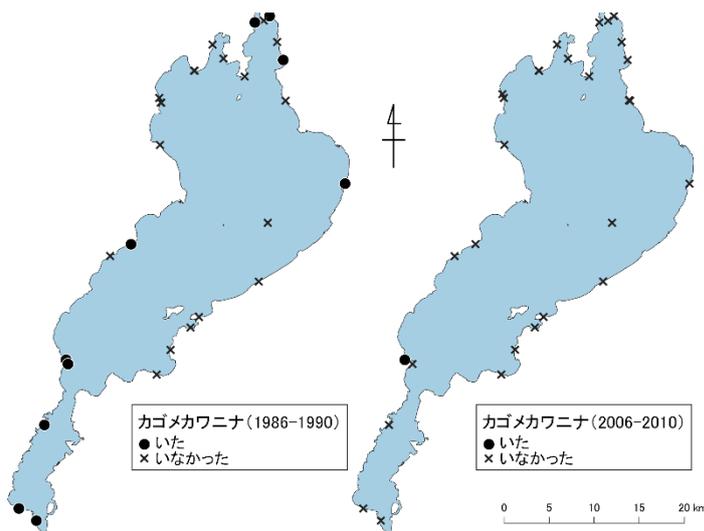


図6 同一調査地点におけるカゴメカワニナの1986年から1990年における採集状況（左）および2006年から2010年における採集状況（右）

3. まとめ

- ・琵琶湖南湖の水草繁茂状況を効率的かつ定量的に把握するため、衛星画像と QGIS・Python を用いた水草繁茂面積自動算出プログラム (MM-LBSB) を作成し、分布と面積把握の作業時間の大幅削減と年度間比較・視覚化を可能にした。今後の水草大量繁茂の対応計画や長期解析のための現状把握に活用する。
- ・光量を操作した飼育実験により、オオバナの生育が抑制される低光量条件の可能性は示されたが、生育不能となる光量の下限値は特定できなかった。次年度はさらに低照度に調整した実験を行う。
- ・二枚貝等の生息環境改善：耕耘区で稚貝の生残率上昇が示唆されたため、2025 (令和 7) 年度も活動を継続する。生後 2 年以上の大型個体が増加しないため、今後、生残阻害要因について検証する。
- ・2024 (令和 6) 年度、滋賀県生きものデータバンクは、約 3,500 種の生物リスト作成や底生動物標本の整理、画像データベースへの新規 17 件公開、県民調査による 141 件の投稿 (うちオオバナ 26 件・ナガエ 50 件)、AI アプリによる 86 件のデータ取得を行った。1980 年代からの GIS 解析の開始などを通じて、生物分布情報の集約と長期変遷解析を進めた。生物多様性評価には長期モニタリングが必須だが、継続が困難であることも考慮して、環境 DNA など新技術への移行を見据えた外部連携が必要と考えられた。