

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 9 日現在

機関番号：32661

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25281052

研究課題名(和文) 生物多様性と生態系機能への影響を考慮した湖沼沿岸植生管理に関する研究

研究課題名(英文) Conservation ecological study toward a wise management of lake vegetation considering the impact on biodiversity and ecosystem function

研究代表者

西廣 淳(NISHIHIRO, Jun)

東邦大学・理学部・准教授

研究者番号：60334330

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：近年、日本各地の浅い湖沼において、ヒシ類をはじめとする浮葉植物が繁茂し、湖面の広範囲を覆う現象が報告されている。賢明な生態系管理のため、浮葉植物の繁茂が湖沼生態系におよぼす影響を検討した。

高密度な浮葉植物群落は、溶存酸素濃度の低下を引き起こすことが示された。一方、印旛沼での調査から、オニビシ群落が動物プランクトン、甲殻類、魚類、鳥類の重要な生息環境になっていることが示唆された。生態系管理においてはこれら正負両面を評価し、合意形成の場に提供することが重要である。

研究成果の概要(英文)：In recent years, floating leaved plants such as *Trapa* spp. have grown abundantly in many shallow lakes of Japan. Toward wise ecosystem management, we examined the influence of floating plant growth on lake ecosystems.

It was shown that dense bed of floating leaved plant causes decrease of dissolved oxygen concentration. On the other hand, investigations at Lake Inba suggested that the beds of *Trapa natans* provided important habitats for zooplankton, crustaceans, fish and birds. In ecosystem management, it is important to evaluate both positive and negative aspects.

研究分野：保全生態学

キーワード：生態系管理 ヒシ オニビシ 三方湖 印旛沼

1. 研究開始当初の背景

湖沼生態系は、人間社会との結びつきがきわめて強く、集水域での土地利用等の影響を鋭敏に受けるとともに、利水、治水、風景、水面利用などへの影響を介して人間社会に強い影響を与える。また多くのステイクホルダーがかかわり、管理者には明瞭な説明責任が求められる。そのため、科学的根拠に基づく適切な生態系管理を行う必要がある。

近年、日本各地の浅い湖沼において、ヒシ類(ヒシ *Trapa japonica* あるいはオニビシ *Trapa natans*)を代表とする浮葉植物が繁茂し、湖面の広範囲を覆う現象が報告されている。広範囲にわたる浮葉植物の繁茂は、湖沼生態系の生物多様性や生態系機能に対し、様々な影響を与える可能性が指摘されている。

これらの影響は、湖沼生態系をとりまく環境や、浮葉植物群落の規模や形状により、その大きさや正/負の方向が変化しうる。しかし、実際の管理は、生物多様性や生態系機能への多面的な影響が十分に評価されることなく、航路の確保や景観(風景)の維持等を主眼として、予算に応じて「刈り取れるだけ刈り取る」事業が進められている場合が多い。

科学的根拠に基づく生態系管理は、科学的知見を現場に適用するという一方向的な流れではなく、科学的仮説に基づく計画を立案し、実験的な管理を地域の関係者が合意して実践し、事後評価の結果に基づいて事業を改善するという、順応的管理の手順で進める必要がある。さらに、管理で得られた知見を整理し、類似した特徴をもつ別の生態系に応用できる科学的知見としてまとめることも、急速に増加する課題に対応するうえで不可欠である。

2. 研究の目的

生物多様性と生態系への影響を考慮した浮葉植物管理に資するため、本研究では以下の個別の課題にこたえる。

1) 日本国内において浮葉植物の広範囲での繁茂や急激な増加が生じている湖沼を把握し、その原因を考究する。

2) 三方湖(福井県)を対象に、ヒシの分布範囲を規定する要因とその年変動を把握し、ヒシ繁茂のメカニズムを明らかにする。

3) 三方湖および印旛沼(千葉県)において、ヒシ類が繁茂している場所の環境条件や動物相の特徴を明らかにし、ヒシ類の繁茂が生態系に与える影響を明らかにする。

4) 三方湖および印旛沼において、ヒシ類の刈り取りが生態系に及ぼす影響を検討する。

これらの成果を総合し、浮葉植物管理における生物多様性と生態系機能の考慮のポイントを整理する。

3. 研究の方法

1) ヒシ類の増加しやすい条件の整理

ヒシ属植物の生態に関する先行研究をレビューするとともに、日本国内でヒシ属植物の増殖が顕著な湖沼の情報を文献調査および都道府県の環境研究所への聞き取りにより収集し、ヒシ類が増加しやすい条件についての仮説を整理した。

2) ヒシの分布範囲の規定要因

ヒシの繁茂が顕著な三方湖において、湖内の分布面積と範囲の経年変化を把握するとともに、分布に影響している要因を検討した。

航空写真(2009年以降)および人工衛星画像(Landsat 2008年以前)を用いて、三方湖内のヒシの分布範囲を把握し、面積を算出した。

湖内全体をカバーするように設定した地点において、発芽より前の時期(3月)に鋤簾を用いて湖底のヒシ種子を採取し、種子密度を求めた。調査は2010年以降毎年実施した。

ヒシの分布に対する種子分散の不均一性と環境条件の不均一性の寄与を区別して評価するため、湖内の上流部、中央部、下流部のそれぞれに種子を入れた網袋(シードバッグ)を設置し、定期的回収し、種子の生存、発芽、休眠状態を把握した。

三方湖は下流側の汽水湖(水月湖)から汽水が逆流して流入することがある。汽水の流入がヒシの分布に影響する可能性を検討するため、三方湖の上流部、中央部、下流部のそれぞれに塩分濃度計を設置して連続測定するとともに、採取した種子を用いて、塩分濃度と発芽率および発芽ごとの生存率の関係を検証した。

3) ヒシ類の繁茂が生態系に与える影響

印旛沼において、オニビシの繁茂が生態系に与える影響を把握するため、オニビシ群落内と開放水面の両方で、水質(溶存酸素、栄養塩類の濃度、クロロフィル濃度)、底生生物、魚類、昆虫・クモ類、鳥類を調査し、比較した。

三方湖においても、ヒシの繁茂が生態系に与える影響を把握するため、水質と動植物プラントン、底生生物の調査を行った。

4) ヒシ類の刈り取りの効果

印旛沼において、千葉県の協力の下、オニビシ群落を実験的に刈り取り刈取部、境界部、刈残部(刈り取りを行わない対照区)において、水質と動物相を比較した。

4. 研究成果

1) ヒシ類の増加しやすい条件の整理

日本国内でヒシ類の増加が顕著な湖沼として、達古武沼、シラルト口湖、大沼（北海道）、伊豆沼、内沼（宮城県）、諏訪湖（長野県）、印旛沼（千葉県）、三方湖、北潟湖（福井県）、湖山池（鳥取県）などが該当した。

ヒシ類は水生植物の中でも種子が顕著に大きく、そのため光や酸素が不足しがちな有機物や細粒土砂が堆積した底質の条件への耐性が多種に比べて高い。ヒシ類の増加が顕著な湖沼では、過去のアオコの発生などを反映し、底質の「ヘドロ化」が指摘されている場合が多い。そのような底質の変化は、多くの水生植物にとっては強いストレスとなるが、ヒシ類への負の影響は相対的に弱く、ヒシ類の優占をもたらしている可能性がある。

また印旛沼では水位の季節変動パターンを検討したところ、印旛沼開発事業により水位が人為的に操作される以前は、冬季には夏季よりも水位が0.8~1.2 m程度低下する大きな水位変動があったことが示唆された。ヒシ類は湖底に根を張りつつ水面に葉を浮かべる浮葉植物であるため、水位変動に対しては脆弱である。利水や治水を目的とした水位の安定化は、ヒシ類の繁茂しやすさに寄与したものと考えられる。

さらに底質への有機物・細粒土砂の堆積（ヘドロ化）は、水位の安定化と強く関連していると考えられる。すなわち水位が大きく変動する条件では、水位が低下した時期に、風波の影響が底質におよび、比重の軽い有機物・細粒土砂が湖沼から排出されると考えられる。実際、印旛沼では2009年に冬季に湖沼の水位を低下させる実験的水位操作を実施され、その際には下流河川への印旛沼底質の流出が確認された。

本研究の成果は、これまで湖沼の環境変化で注目されてきた水質に関する要因だけでなく、特に浮葉植物の植生管理では、底質の状態と水位条件についてのモニタリングや管理が重要であることを示唆している。

2) ヒシの分布範囲の規定要因

航空機および人工衛星によるモニタリングから三方湖における2003年以降の分布範囲の変遷が明らかになった。分布面積について集計した結果、2008年に急増したものの、その後も大きな年変動を示している実態が明らかになった（図1）。

またヒシが広範囲に分布する年でも、三方湖の上流部と下流部は密度が顕著に低いことが明らかになった。

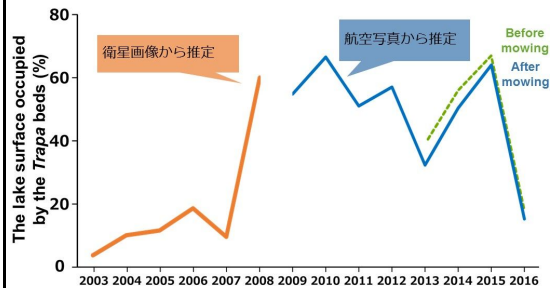


図1 三方湖におけるヒシ分布面積の変遷
2013年以降は刈り取り管理の実施前と後のそれぞれについて推定した。

発芽時期直前における種子の分布は、前年の個体分布に強く規定されていることがわかった。ヒシの種子分散範囲は狭く、ほとんどの種子が親個体の下に散布されていることが示唆された。

ヒシの種子を入れたシードバッグを、発芽時期直前にあたる2016年4月に設置し、発芽時期終了後にあたる同年6月に回収する実験を行った結果、種子の運命は湖内の上流、中央、下流で大きく異なっていることが示された。すなわち流入河川の河口部では発芽した種子はあったものの（9%）、それよりも高い確率（35%）で休眠状態を維持していた。中央部では、休眠種子の割合（18%）よりも発芽種子の割合（25%）が高かった。下流部では発芽はまったく認められず、過半数（54%）の種子が休眠状態であった。それ以外の種子は死亡していた。

三方湖では、海水面と流入河川（最大の流入河川であるハス川）の水面の標高差が小さくなると下流からの汽水の逆流が生じやすくなる。海水面と流入河川の水面の標高差と、三方湖におけるヒシの占有面積の間には不の相関が認められ、汽水の逆流が多い年はヒシの分布面積が小さくなることが示唆された（図2）。

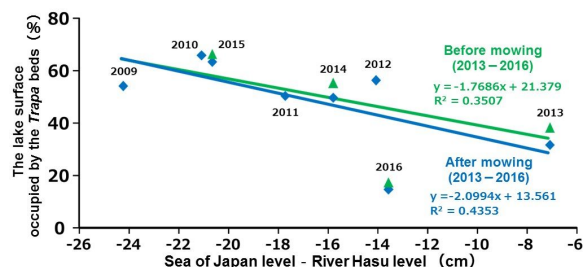


図2 汽水の流入とヒシの分布面積の相関。刈り取り管理の実施前と後のそれぞれについて推定した。

室内実験ではヒシの発芽は約10%のNaCl濃度から低下を示すこと、発芽後の実生に対しては3%以上の濃度でも生存率の有意な低

下をもたらすことが示された(図3)。NaCl 3‰相当の汽水の三方湖内への流入は頻繁に生じることが観測され、汽水の逆流が分布の制限要因となりうることを示された。

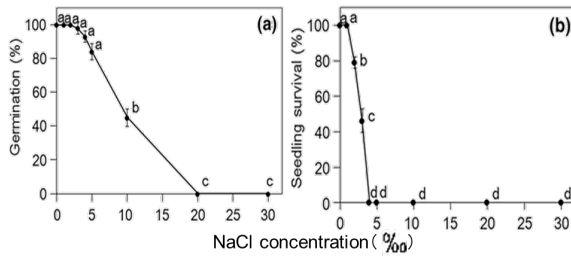


図3 塩分濃度とヒシの発芽および実生生存の関係

3) ヒシ類の繁茂が生態系に与える影響

印旛沼での調査の結果、オニビシ群落の内部の方が、特に夏季において溶存酸素濃度が大幅に低下することが示された。オニビシ群落内の夜間では0%にまで低下する場合があることが確認された(図4)。また濁度についてはオニビシ群落内のほうが有意に低いことが確認された。

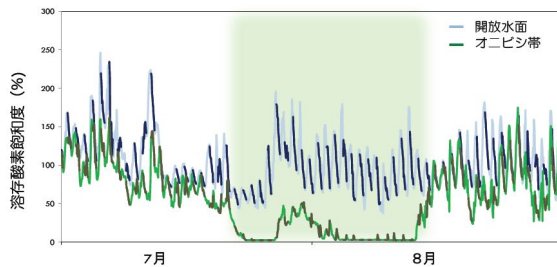


図4 オニビシ群落内外の溶存酸素濃度

かご網を用いた調査の結果、魚類や甲殻類(テナガエビ・スジエビ)はオニビシ群落の辺縁部(開放水面との境界付近)で多いことが示唆された(図5)。

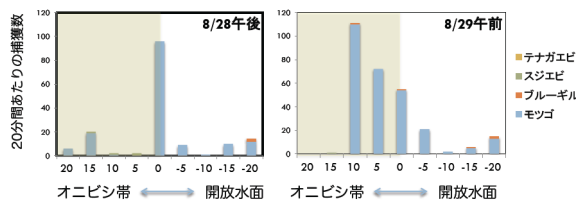
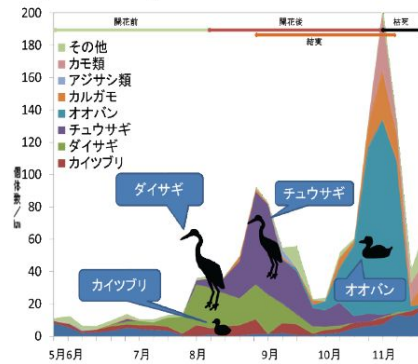


図5 オニビシ群落内外における魚類・甲殻類調査の結果

ラインセンサス法により、オニビシ群落と開放水面の両方を対象に、鳥類相および鳥類個体数を記録した結果、合計39種の鳥類が確認され、個体数、種数ともにオニビシ群落の方が多いことが確認された(図6)。

オニビシ帯



開放水面

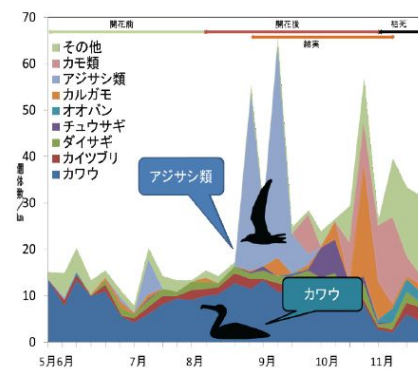


図6 オニビシ群落内外の鳥類の比較

三方湖においても、印旛沼と同様に、ヒシの繁茂による溶存酸素濃度の低下が確認された。これに対応し、底生動物では線虫類など貧酸素条件に適応した生物が優先することが確認された。これらの空間的な不均質性はヒシが繁茂する夏季にのみ成立し、ヒシが枯死する秋季から冬季には失われていた。すなわち、ヒシの繁茂は湖沼生態系の季節変動を大きく変化させることが明らかになった。

以上のことから、ヒシ類の繁茂は貧酸素条件を形成する一方、その辺縁部では魚類や甲殻類に生息場所を提供し、また鳥類の多様性維持にも寄与することが示された。これら動物に対する正の効果は、印旛沼のように人工湖岸化によって水辺の植生帯の多くが失われた湖沼においてヒシ類が代償機能を果たしているものと捉えることができる。

4) ヒシ類の刈り取りの効果

印旛沼でのオニビシ群落の刈り取り実験の結果、刈り取りにより溶存酸素濃度が上昇することが確認された。また動物プランクトンの密度はオニビシを刈り残した部分(オニビシ群落内)においてより高いことが確認された。これはオニビシが付着基質や捕食者からの隠れ場所を提供することの影響だと考えられる。またテナガエビ、スジエビ、モツゴなどの動物も、オニビシを刈り残した部分においてより高密度で認められた。捕食者からの隠れ場所になるとともに、餌資源が豊富であったことを反映している可能性がある。

5) 湖沼の植物モニタリング・管理への提言
本研究の成果を踏まえ、湖沼における生物多様性と生態系機能を考慮した浮葉植物(特にヒシ類)の管理に向けた提言を整理し、以下に挙げる。

ヒシ類の繁茂の程度や範囲を予測するためには、水質だけでなく、底質の状態(粒度組成や有機物含量)および水位とその季節変動に着目したモニタリングを行う。また、汽水・海水が流入する可能性がある湖沼では、塩分濃度やそれに影響する要因(潮位や川の水位など)に着目したモニタリングが重要である。

繁茂した浮葉植物の管理においては、群落を生息場所として利用する動物について考慮することが重要である。浮葉植物群落の辺縁部は、溶存酸素濃度の低下もそれほど顕著ではなく、むしろ複雑な物理的構造を形成することで魚類や甲殻類にハビタットを提供する場合がある。また鳥類にとっても重要な採餌環境になる。

貧酸素化による悪影響を軽減し、動物へのハビタット提供機能を有効に活用するには、浮葉植物群落を単純に除去するのではなく、辺縁部が長くなるように複雑な形状に刈り取ることや、水流を考慮し、水の流動性を高めるように刈り取ることが有効であると考えられる。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計14件)

Kato, Y., Nishihira, J. and Yoshida, T. (2016) Floating-leaved macrophyte, *Trapa japonica*, drastically changes seasonal dynamics of a temperate lake ecosystem. *Ecological Research* 31: 695-707. DOI

10.1007/s11284-016-1378-3 (査読有)

Takimoto, G., Suzuki, K. (2016) Global stability of obligate mutualism in community modules with facultative mutualists. *Oikos* 125: 535-540. DOI 10.1111/oik.02741 (査読有)

赤堀由佳・高木俊・西廣淳・鏡味麻衣子 (2016) 印旛沼において浮葉植物オニビシの繁茂が水質に与える影響. *日本陸水学雑誌* 77: 189-200. URL <http://ci.nii.ac.jp/naid/40020864600> (査読有)

Kawatsu, M., Morimoto, G., Kagami, M. (2015) Seasonal changes in the water bird community in Lake Inba, influence of floating-leaved macrophytes on habitat selection. *Aquatic Botany* 126: 32-37. DOI

10.1016/j.aquabot.2015.06.003 (査読有)
Nishihira, J., Kato, Y., Yoshida, T. and Washitani (2014) Heterogeneous distribution of a floating-leaved plant, *Trapa japonica*, in Lake Mikata, Japan, is determined by limitations on seed dispersal and harmful salinity levels. *Ecological Research* 29: 981-989. DOI 10.1007/s11284-014-1186-6 (査読有)

[学会発表](計22件)

石川みくり・石井潤・西廣淳・吉田丈人「三方湖(福井県)におけるヒシ分布範囲の年変動に塩分濃度が影響する可能性の検討」日本生態学会第64回大会. 2017年3月16日. 早稲田大学(東京都新宿区).

館野太一・林紀男・山ノ内崇志・西廣淳「印旛沼の水草再生に向けて～発芽に対するヘドロの影響～」応用生態工学会第19回研究発表会. 2015年9月10日. 日本大学(福島県郡山市).

中西奈津美・高木俊・鏡味麻衣子・西廣淳「湖岸移行帯における昆虫・クモ類の抽水植物利用季節変化」日本陸水学会第79回大会. 2014年9月11日. 筑波大学(茨城県つくば市)

[図書](計7件)

宮下直・西廣淳(編). 東京大学出版会. 「保全生態学の挑戦:空間と時間のとらえ方」. 2015年. 総ページ数252ページ.

西廣淳. 共立出版. 「湖沼近過去調査法:より良い湖沼環境と保全目標設定のために」. 2014年. 総ページ数256ページ(分担執筆「植生の再生に向けた土壌シードバンク調査法」129~136ページ).

[産業財産権]

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

[その他]

湖沼・湿地の植生管理に関する情報共有ページ <https://www.facebook.com/soilseedbank/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西廣淳(NISHIHIRA, Jun)
東邦大学・理学部・准教授
研究者番号: 60334330

(2) 研究分担者

鏡味麻衣子(KAGAMI, Maiko)
東邦大学・理学部・准教授
研究者番号: 20449250

吉田丈人(YOSHIDA, Takehito)
東京大学・大学院総合文化研究科・准教授
研究者番号: 40447321

瀧本岳 (TAKIMOTO, Gaku)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・准教授
研究者番号：90453852