

南湖生態系の順応的管理方法に関する研究

— 2011 年度水草除去実験および沿岸域における流れ藻と水草の分布現況 —

井上栄壮・永田貴丸・東 善広・石川可奈子・西野麻知子¹⁾

要約

南湖の順応的管理方法を検討するため 2011 年度に実施した以下の調査について次のような結果が得られた。①大量に繁茂した水草の効率的な根こそぎ除去の (i) 時期と (ii) 強度を検討するため、雄琴沖に設定した実験区において除去区・非除去区の比較対照実験を行った。(i) 除去の前後も魚群探知機により水草群落高を測定した結果、2月に水草を除去した区画の群落高は、6月においても非除去区の群落高より低かった。(ii) 作業船1隻/4haの除去強度では2月においては群落高の低下が認められたのに対し、6月では群落高の低下が認められなかった。作業船3隻/4haの強度では6月でも群落高が低下したことから、夏季に水草を除去する場合、冬季よりも除去強度を高くする必要があることがわかった。②台風接近・通過後に漂着流れ藻の分布調査を実施した。その結果、7月の台風通過後には南湖沿岸で流れ藻の大量漂着がみられ、ほぼコカナダモ1種で構成されていた。一方、9月の台風通過後には多くの地点で目立った漂着はなく、流れ藻を構成する水草種はさまざまであった。③航空写真撮影による南湖沿岸域における水草およびその流れ藻の広域の分布特性の把握を試みた。撮影時は、漂着流れ藻は顕著ではなかったが、沿岸水域における水面直下まで繁茂していた水草分布域の地理的分布が把握できた。この結果は、景観保全、魚貝類の生息環境改善などの目的に応じた対策地域の選択に利用できると考えられる。

1. はじめに

周囲に人口密集地が広がる南湖では、水産振興や水質保全、生態系保全、景観保全、レジャー利用など多面的な要件を満たすことが求められ、①住民が安心して湖岸域を利用でき、②利水面で望ましい水質を確保しつつ、③有用魚介類の漁獲量拡大や観光資源等としての有効活用を図る場となっている。これらがバランスよく成立する南湖の再生に向けて政策展開を図っていくためには、南湖全体を見据えた対策が必要である。

南湖では、自然的湖岸の減少による生物生息環境の悪化や特定外来生物の分布域拡大、水草の大量繁茂(図1)などが課題となっている。例えば、大量繁茂している水草については表層刈り取りおよび根こそぎ除去事業が実施されているが、これらが生物生息環境の改善など長期的視点で南湖再生に最も効果的な事業であるかどうかの科学的評価は十分に実施されてこなかった。南湖生態系の再生を図っていくためには、長期的な視点で、生態系の複雑な機能や生物間相互作用に理解を深めつつ、全体を見据えた湖沼生態系保全の評価指標の検討とそれに基づく総合的な評価が必要である。

また、生態系の機能について明らかになったことを施策等に活かしていくためには、生態系の変動予測の不確実性を前提に生物多様性保全の視点や対策事業の進捗状況などを勘案しながら管理する「順応的管理」という発想の導入が重要となってきている。

滋賀県としては、南湖の特性と現状を踏まえ、これまで個々の課題に対する短期的な対症療法として行われがちであった生態系保全施策を最適化し、真の南湖再生につながる施策への転換を図ることが必要である。

本稿では、喫緊の課題である水草大量繁茂と関連して、2011年度に実施した水草根こそぎ除去の比較対照実験、沿岸域における漂着流れ藻と水草の分布現況の把握の結果について報告する。

1) 現・びわこ成蹊スポーツ大学

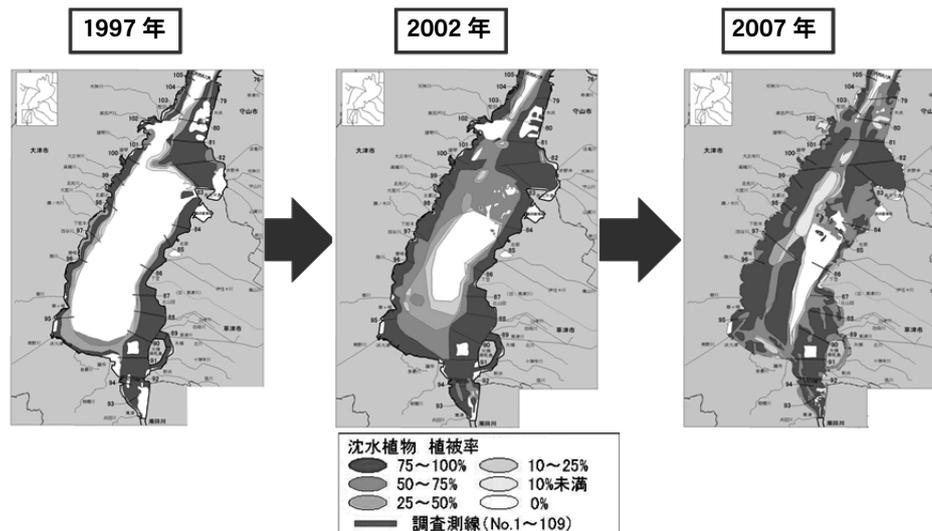


図1 南湖における水草繁茂状況の変遷(水資源機構 琵琶湖開発総合管理所ホームページより: 1 ページにカラー掲載)

2. 沈水植物（水草）除去の比較対照実験

2.1 はじめに

現在、南湖では沈水植物（水草）が大量に繁茂しており、船の航行障害、湖流の妨げによる湖底の低酸素化など、さまざまな悪影響をもたらしている（芳賀、2009、2012; 金子ほか、2012）。水草の除去を要望する声が滋賀県内各地から出てきていることから、水草の大量繁茂による悪影響を早急に軽減し、水草を適正に管理する必要がある。

一方、水草はさまざまな水生動物にとっての生息場所（産卵、餌場、隠れ場など）になっており、水圏生態系の重要な構成員である（e.g. Brönmark and Vermaat, 1998; Jeppesen et al., 1998）。そのため、人間のためだけでなく、水生動物の保全を考慮に入れた水草の管理が必要である。このような視点から、これまで多くの研究者により、人間と水生動物にとっての適切な状態を探るための研究が行われてきた。芳賀（2012）によると、富栄養化以前であった1936年の南湖では、水草の現存量は近年（2007年）の約1/3であり、水草の種組成も背丈の低い種（コウガイモやネジレモなど）が多くみられた。当時は、水産資源が豊富で、人間活動にも悪影響がなかったことから、南湖の水草繁茂については富栄養化以前の1930年代から1950年代の状態が望ましいと考えられた（芳賀ほか、2006; 芳賀、2009・2012; 水草繁茂に係る要因分析等検討会、2009）。

滋賀県では、こうした検討経過を踏まえ、琵琶湖総合保全整備計画「マザーレイク21計画第2期改定版」において南湖の水草管理目標を定めており（1930年代から1950年代の繁茂状態）、これに向けた水草の根こそぎ除去事業や表層刈り取り事業を実施している（滋賀県、2012）。水草の根こそぎ除去は、作業船により貝曳き漁具（マンガン）を曳航して実施しているが、作業には多大な労力を要し、ま

た予算に限りがあるため、除去作業の効率化が大きな課題である。そこで本研究では、水草の除去の効率化を図るために、除去の時期と省力化について検討した。

2.2 実験方法

2.2.1 実験区の設定

水草の除去については、県琵琶湖政策課の協力により、2011年6月に南湖の雄琴沖（約600m沖）に実験区を設置した（総面積0.64 km²）。実験区として、4つの小区画（縦×横、200 m×200 m; 1小区画の面積4 ha）からなる大区画を4つ設け、その大区画をA・B・C・D、小区画は、それぞれA1-A4・B1-B4・C1-C4・D1-D4とした（図2）。また、B1-B4およびC1-C4については、南北方向の湖流確保を目的として同年2月に滋賀県漁業協同組合連合会が水草の除去事業を実施した区域内に設定した。

また2012年2月には、前年に設置した雄琴沖の実験区に加え、4つの小区画（縦×横、200 m×200 m; 1小区画の面積4 ha）からなるE区画を新たに設けた（図3）。

2.2.2 水草の除去時期と群落高観察

水草の除去を、表1に示すとおり2011年6月と8月、2012年2月と6月に実施した。なお、本稿では、水草の除去の度合いを示す指数として「除去強度」を用いる。これは、単位時間当たり一定面積の水草除去を行う際に投入される船の数として定義する（なお船1隻・単位時間当たりの除去量は全て等しいものと仮定する）。本稿では中間報告として結果の一部を示し、本稿に関連する水草除去の時期・強度は以下のとおりである。

表 1 水草除去実験区における各区画の除去時期および除去強度

除去区域		A				B				C				D				E				
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
除去時期	①	2011年2月					除去(強度不明)				除去(強度不明)											
	②	2011年6月		除去(1隻/4ha)			除去(1隻/4ha)				除去(1隻/4ha)				除去(1隻/4ha)							
		2011年8月																				
	③	2012年2月																	除去(1隻/4ha)			
	④	2012年6月																	除去			
		2012年8月																	(3隻/4ha)			

- ① 2011年2月に、B1-B4およびC1-C4を含む区域において、滋賀県漁業協同組合連合会が水草の除去事業を実施した(2.2.1項で前述)。
- ② 2011年6月に、A2-A4・B2-B4区画内の水草について作業船1隻/4haで除去した。水草除去の効果を調べるため、除去前2週間と除去後2週間ではAとB区画の各小区画をまたぐように東西に調査船を航走させ、調査船に設置した魚群探知機(Lowrance HDS-10, Lowrance Electronics)により水草群落の鉛直断面画像を撮影した。撮影した画像からはimage J ver. 1.46r(U. S. National Institutes of Health)を用いて水草の群落高を求め、除去の前後で比較した。
- ③ 2012年2月に、冬季の水草除去効果の有効性を検証するため、Eの全小区画において作業船1隻/4haの強度により除去を実施した。そして除去前1週間と除去後2週間における水草の群落高を、2011年6月と同様の方法で求めて比較した。
- ④ 同年6月に除去強度の違いによる夏季の除去効果を調べるため、E2とE3区画内の水草をそれぞれ作業船3隻/4haで除去した(本除去強度は2011年6月実施時の3倍)。除去前2週間と除去後2週間における水草群落高を、上記と同様に測定した。

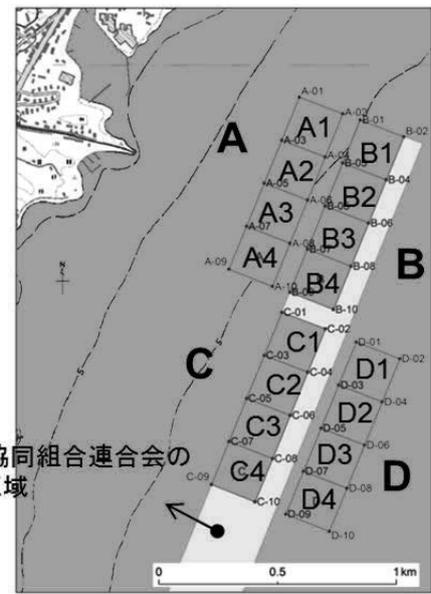


図 2 2011年の水草除去実験区

2.3 結果と考察

水草の除去調査の結果の概要を表2に示す。

2.3.1 冬季における除去効果検証

2月における水草除去効果がどの程度継続するかについて考察するため、2011年2月に除去が行われなかったA区画と、同時期に除去を行ったB区画の群落高を、2011年6月の除去を行う2週間前に比較した。同年の2月に滋賀県漁業協同組合連合会が除去を実施したB区画の方は、除去なしA区画の約1/2程度に高さが低くなっていた(図4)。この結果から、除去事業によって水草群落高を低下させることができ、また調査は除去の約4ヶ月後であったことから、約4ヶ月後の6月まで除去効果が継続する可能性が示された。

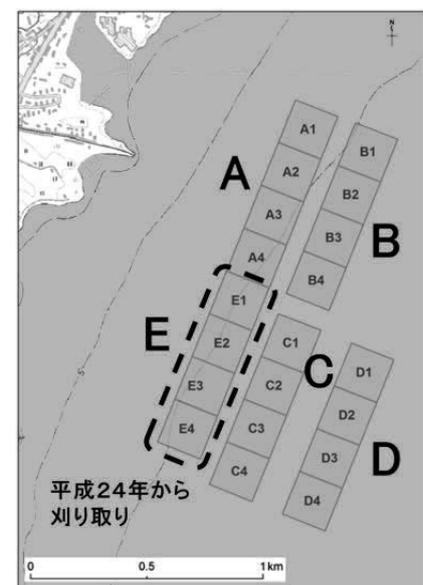


図 3 2012年の水草除去実験区

表 2 水草除去実験区における各区画の比較方法と検証結果の概要

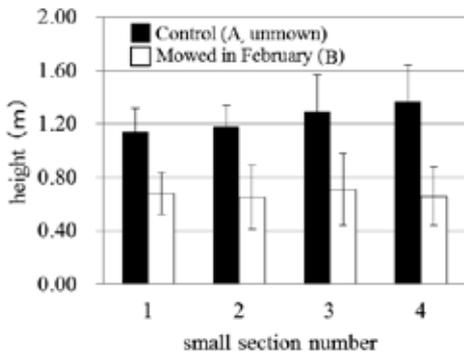
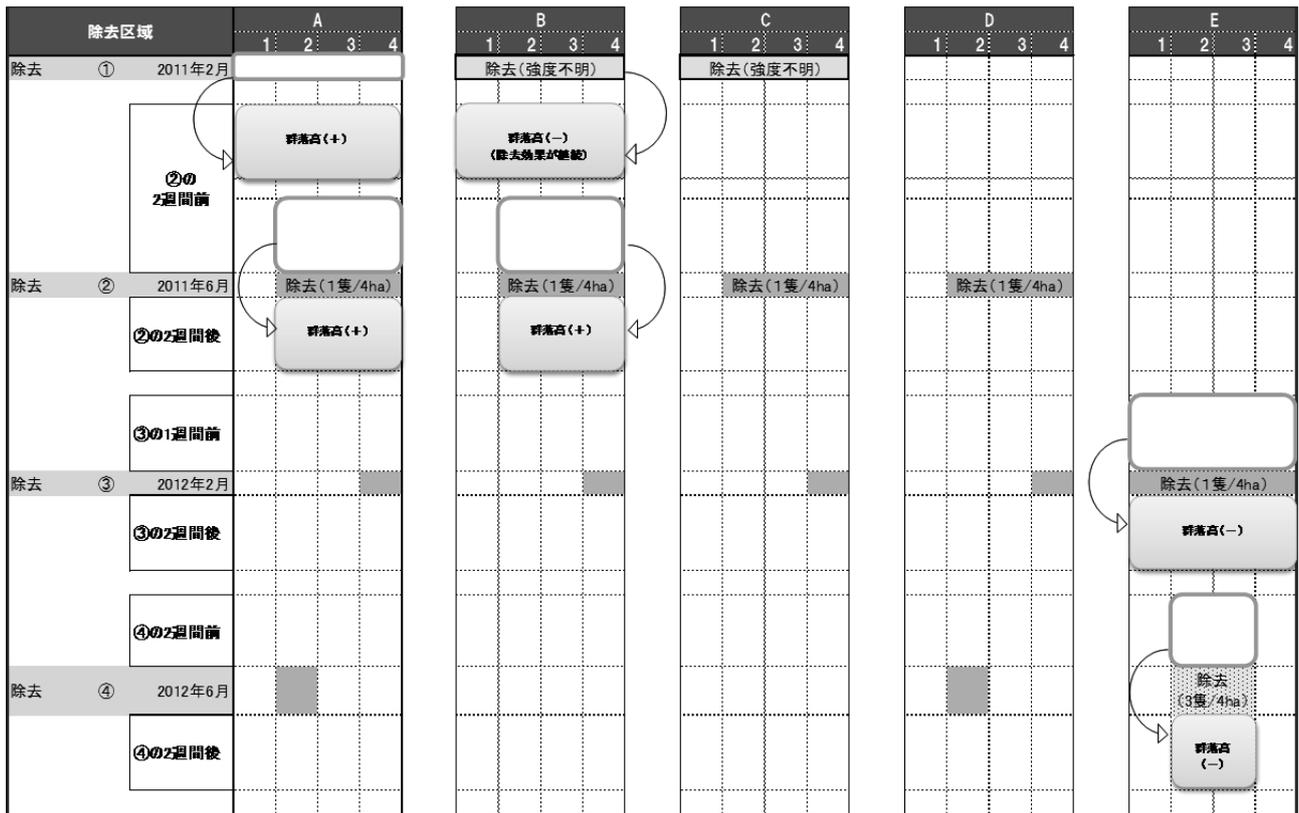


図 4 2011年6月除去前の水草の群落高 平均±標準偏差

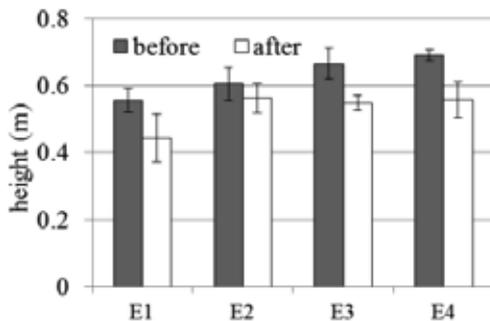


図 5 2012年2月の除去前後の水草群落高 平均±標準偏差

また 2012 年 2 月の除去前後の水草群落高を E1 - E4 区画で比較した結果、除去前よりも除去後の方が低くなった (図 5)。この結果より、冬季の除去は水草の群落高を低下させることが明らかになった。除去前後の各小区画の体積を算出し (各小区画の平均の高さ× 200m × 200m)、水草の除去効果を求めると、体積で 7-20% の水草を除去できていたことが分かった。本除去の強度は、低強度の作業船 1 隻 /4ha であり、滋賀県内の通常の事業での除去強度 (作業船 3 隻 /4ha) に単純に換算すると、除去区画内の水草を 21-60% 除去できる見込みとなる。ただし、実際の除去作業においては複数の作業船の航跡が一部重複するため、下方修正が必要と考えられる。

2.3.2 2011 年 6 月の除去効果検証

夏季にかかる除去効果について考察するため、2011 年 6 月の除去 (1 隻 /4ha) の 2 週間前と除去 2 週間後における、A2-A4・B2-B4 区画の水草群落高について比較した。比較結果を除去後の方が高くなっている区画 (灰色で示す)、除去後の方が低くなっている、または、両者に差がない区画 (白色で示す) の 2 パターンに色分けした (信頼区間の差の検定; 図 6) とすると、水草の除去が行われた点線枠内 (A2-A4・B2-B4 区画) の水草群落高は、ほとんど灰色に分類され、除去前に比べて高くなっていた。

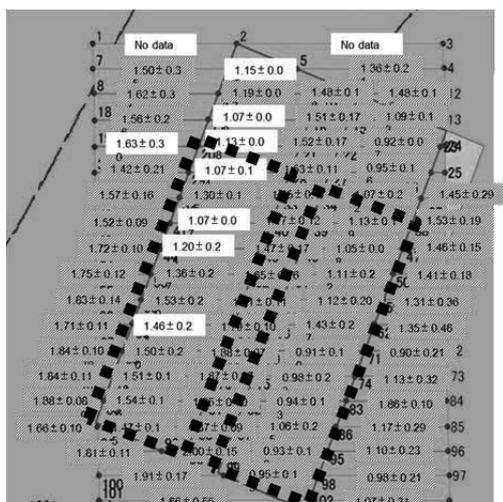


図6 2011年6月除去後の水草群落高(m)
(1ページにカラー掲載)

平均±標準偏差 点線枠：水草の除去を実施した区画
除去前と比較して、除去後の方が高い区画を灰色で、
除去後の方が低いか両者に差がない区画を白色で示した。

南湖の水草は、ほとんどの種が20℃前後で高い成長率を示すことがわかっており、今本ほか(2008)によると、琵琶湖に生息する数種の水草の成長と水温との関係を調べた結果、南湖で優占するセンニンモなどの水草種は春から夏にかけて相対成長速度(RGR: Relative growth rate)が高くなり、夏季に最大の現存量に達するとされている。このことから、2011年6月には水草の成長速度が高かったため、除去に用いたマンガンでは効率的に水草を除去できていなかった可能性がある。

2.3.3 夏季における除去強度と効果の検証 (2011年6月と2012年6月の比較)

続いて、夏季における水草除去強度と除去効果の関係を見るため、2012年6月の除去(3隻/4ha)の2週間前と2週間後でのE2-E3区画での水草群落高について比較を行った。その結果、除去を行った後では、水草の群落高が、除去前の約1/3程度まで低くなった(図7)。これにより、夏季に顕著な除去効果を出すためには、2011年の除去強度(作業船1隻/4ha)では十分ではなく、2012年のように作業船3隻/4ha以上の除去強度が必要であると考えられた。

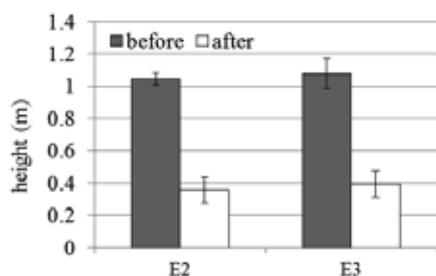


図7 2012年6月の除去前後の水草群落高 平均±標準偏差

また、2012年は夏季であっても例年に比べて南湖全域で水草の繁茂量が少なかった(芳賀、未発表; 井上、未発表)。これは、①現在までの除去事業の成果、②気象(降水量や気温など)の影響、③南湖の水位変動の影響、これらが複合して水草の生育に影響したためと考えられるが、それぞれの要因がどの程度寄与していたのかは明らかになっていない。しかし、冬季のように繁茂量が少ない時期には、水草の除去効果が認められるため(図4、6)、本年6月の高い除去効果は少なからず南湖全域において水草繁茂が減少した影響を受けている可能性があり、過大評価になったかもしれない。

2.3.4 水草の繁茂特性を考慮した除去方法

現在の南湖では、センニンモ *Potamogeton maackianus*、クロモ *Hydrilla verticillata*、マツモ *Ceratophyllum demersum*、オオカナダモ *Egeria densa*、コカナダモ *Elodea nuttallii* など、さまざまな種が混在している(芳賀、2012)。各水草種の生育最適温度や生活史は大きく異なるため、それぞれの水草種に特異的な対処方法を考案することは困難である(浜端、2005)。しかし、琵琶湖でみられるほとんどの水草種は水温11℃で生育する(今本ほか、2008)。この水温は南湖では3月や4月の値である(滋賀県琵琶湖環境科学研究センターHP)。すなわち南湖の水草種の多くは3月には生育し始め、夏季には現存量が最大に達するため、効率的に水草を除去するためには夏季以前の冬季から春季に水草を除去する必要があるだろう。

2.4 まとめ

本研究の結果から、水草の群落高を効果的に低下させるためには、除去時期や除去強度を考慮して実施することが必要であることが分かった。大きな除去効果を出すためには、水草の現存量が最大に達する夏季以前の冬季から春季に除去を行う方が良く、その時の強度は作業船1隻/4haであると体積あたり最大で約20%、作業船3隻/4haでは最大で60%ほど4ha内の水草を除去できると想定された。近年、水草は人間活動にとっては悪影響を与える印象が強いと思われるが、魚などの水生動物が利用する重要な存在である。特に多くの水生動物は春季から秋季の間に産卵のために水草帯を利用する。このことから、冬季に適切に水草を除去することは、さまざまな水生動物の保全に有効かもしれない。人間と水生動物が共存するためにも、時期や強度を慎重に判断して水草除去を実施していく必要があるだろう。

3. 沿岸域における漂着流れ藻の分布調査

3.1 はじめに

南湖では、大量に繁茂した水草が景観を悪化させたり、流れ藻となって湖岸に漂着した水草が腐敗により悪臭を発生させることがある。この問題の対策として、水面まで達するほどに繁茂する水草の表層刈り取りや根こそぎ除去、湖岸に漂着する流れ藻の回収があるが、生態系保全、費用対効果の観点から、その対策行為は必要最小限にとどめることが求められる。そのためには、沿岸域における水草繁茂および流れ藻の地理的分布を把握する必要がある。

流れ藻の漂着規模は、水草の繁茂状況、気象条件、地形等、さまざまな要因と関連すると考えられるが、南湖沿岸における漂着流れ藻の分布については、これまで実態が把握されていなかった。本章では、南湖沿岸で漂着流れ藻の分布について現地調査を実施した結果について報告する。

3.2 方法

沿岸域における流れ藻の漂着は、台風の接近・通過後に実施した。図8に示す各調査地点において漂着流れ藻が集積した場所を選び、流れ藻が集積した区域の水際から沖側末端までの距離を測定した。また、流れ藻を構成する水草種の割合を目視で判定した。

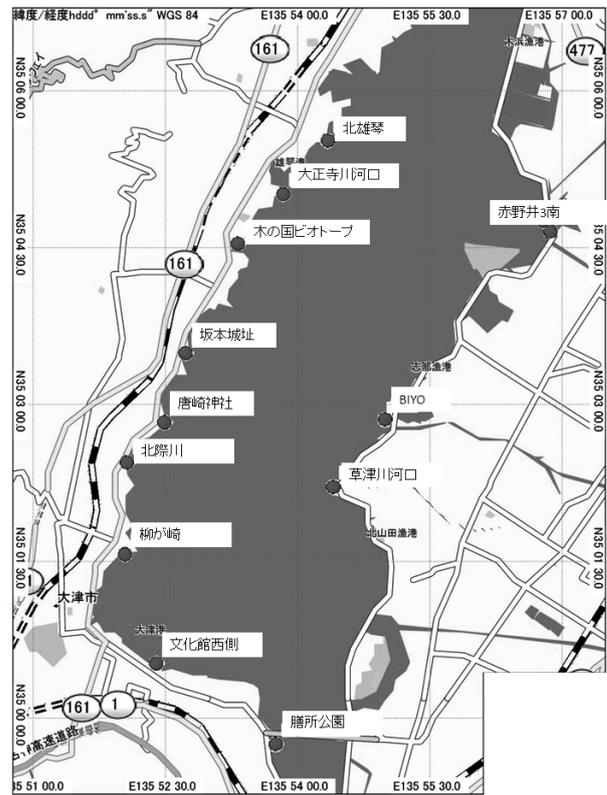


図8 流れ藻分布調査地点

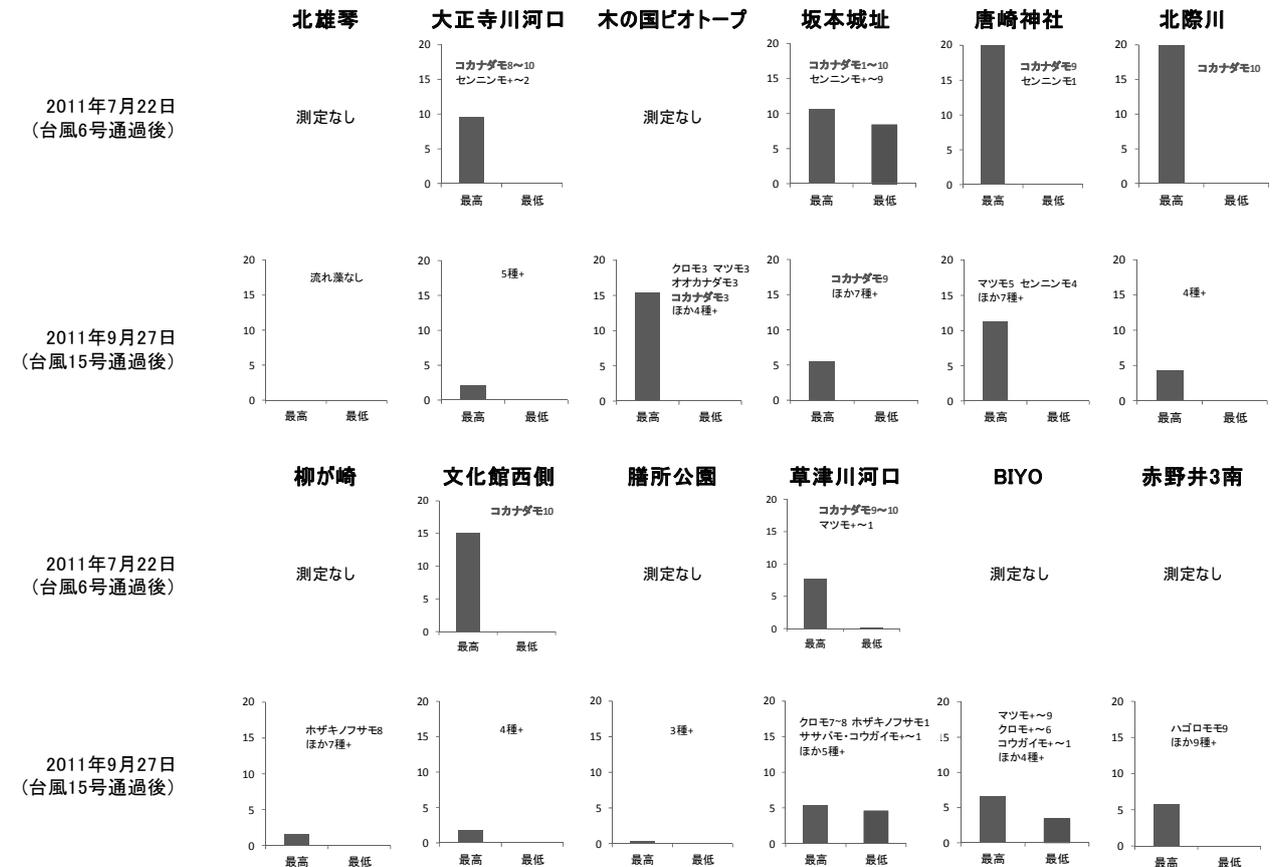


図9 2011年台風6号・15号通過後の流れ藻分布(集積部分の水際から沖側末端までの距離:m)と種構成
種構成については、全体を10としたときのそれぞれの種の割合を数字で示した。なお割合が1割に満たない場合は+と表記した。なお流れ藻の量が少なかった場合については、全体を10としていないものもある。

3.3 結果と考察

2011年の大型台風としては、7月20日に台風6号が、9月21日に台風15号が、それぞれ最も接近した。

7月の台風6号通過後には、各地で流れ藻の大量漂着がみられ、一部の地点では水際から沖側約20mまで流れ藻が集積する状況が広範囲にわたっていた(図9)。また、漂着流れ藻の大部分がコカナダモ1種で構成されており、その他の水草種は稀であった。これは、コカナダモが夏季に「切れ藻」となって栄養生殖する時期に大型台風が接近したことが原因と推測される。

一方、9月の台風15号通過後には、一部の地点で漂着流れ藻の集積がみられたが、多くの地点で目立った漂着はなかった(図9)。また、漂着流れ藻はさまざまな水草種で構成されており、種構成も地点によってさまざまであった。

2011年は2例だけであったが、漂着流れ藻の分布や漂着規模は、台風の時期によっても変化することが示唆された。今後も調査を継続し、漂着流れ藻が集積しやすい場所や地域を明らかにする必要がある。

4. 航空写真による沿岸域における水草の分布調査

4.1 はじめに

南湖における水草の大量繁茂による景観悪化や漂着流れ藻の腐敗による悪臭などの問題について、その対策を必要最小限にとどめるため、沿岸域における水草繁茂および流れ藻の地理的分布を把握する必要がある。本章では、航空写真撮影により沿岸域における水草分布を把握した結果について報告する。

4.2 方法

沿岸域における水草繁茂および漂着流れ藻の広域分布を写真判読するために、航空機による写真撮影を行った。撮影時期は、例年水草の大量繁茂および流れ藻漂着が観測される晩夏から初秋の間にするように計画した。実際の撮影は、今年の水草繁茂状況の時期と撮影に適した気象条件を考慮し、2011年10月4日に実施した。撮影は、デジタル式の航空測量カメラで行い、得られた航空写真画像から歪みを取り除いた地上分解能12cmのオルソ画像データを作成した。撮影範囲は、図10に示す南湖沿岸域である。

第3章で示すように、本年における流れ藻の状況は、7月の台風(6号)接近後、コカナダモの抜ける時期とも重なり、湖岸への漂着が見られていたが、9～10月は少なくなっていた。10月4日の航空写真撮影を実施した時には、航空写真で確認できる規模での漂着流れ藻の分布は顕著ではなかった。しかしながら、航空写真を詳細に見ると、沿岸水域には水面直下まで繁茂していたと考えられる水草分布域が確認できたため、カラー画像をヒストグラム平坦化法で補正して水草分布を判読した。

4.3 結果と考察

図11に、撮影した航空写真画像の標準画像とヒストグラム平坦化法で補正した画像および判読した水草分布の例を示す。ここでの水草分布は、画像の色相、明度の違いに基づくパターン認識により、「非常に明瞭」、「明瞭」、「やや不明瞭」の3つに分類した。前者の2つは、水草の被覆度が大きく水面直下まで達している領域、後者は、被覆度は大きい、水面直下までは達していない群落が主体であると考えた。

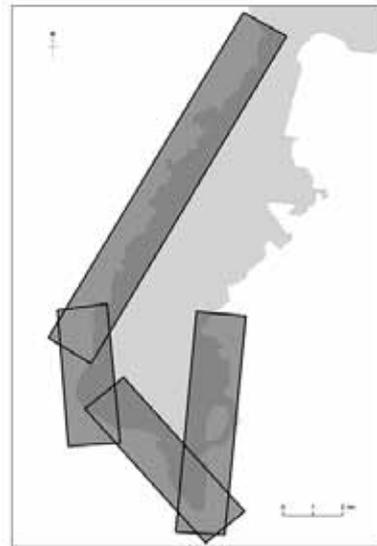


図10 撮影範囲



図 11 純画像（左図）、ヒストグラム平坦化法で濃淡補正した画像（中央図）および判読した水草分布（右図）の例



図 12 航空写真判読により得られた水草分布



図 13 短冊状のブロック水域

ただし、ブロック線は湖岸線を約 1km 間隔で示すが、面積割合の計算においては、この図の各ブロック線を 2 分割した約 500m 間隔の小領域を対象とした。

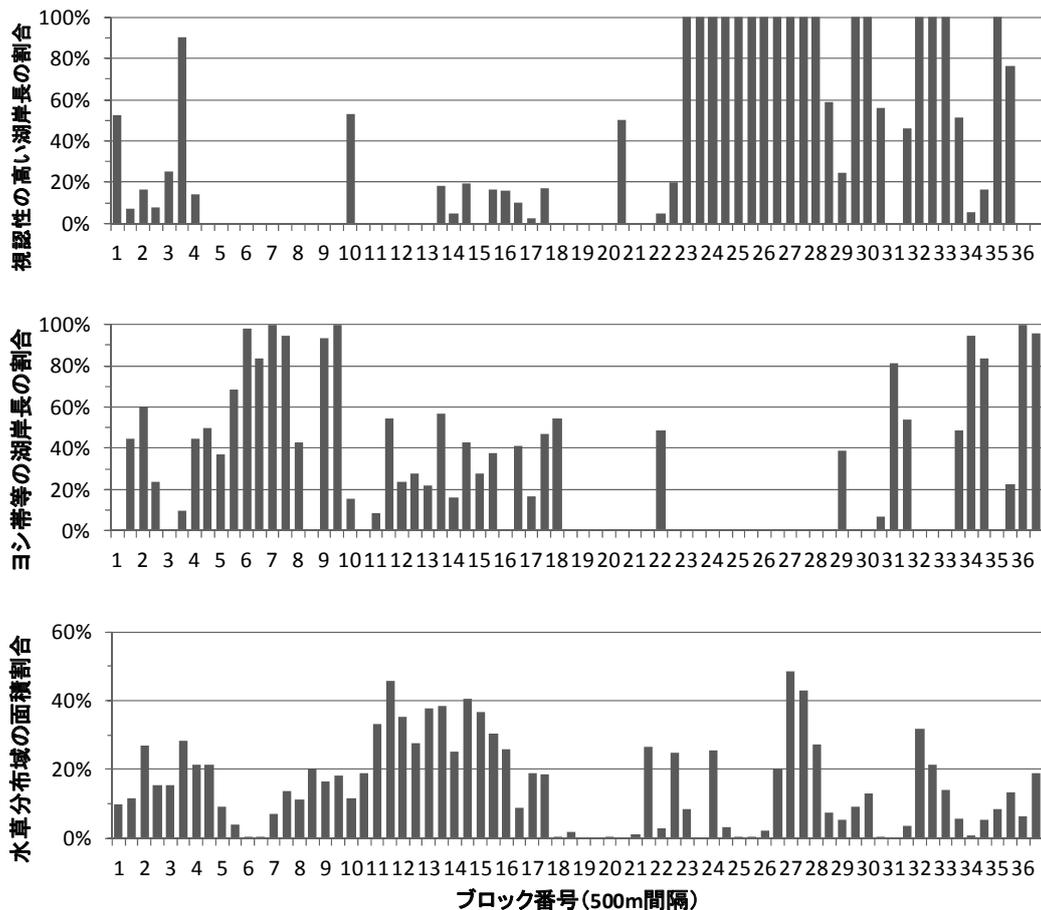


図 14 各ブロック水域における視認性の高い湖岸長、ヨシ帯等の湖岸長および水草分域面積の割合
ただし、水草分布域は「非常に明瞭」および「明瞭」と判読した領域

なお、沿岸水域の一部には、水草群落のほか、浮葉植物（水面に葉を浮かべ、水底に根を張った植物）・浮漂植物（底に固着せず個体全体が水中や水面に浮かんでいる植物）の群落等も存在している。判読では、植物体が水面上に顕著に現れていると考えられる写真像については「浮葉植物・浮漂植物群落等」と認識し、水草分布域データからは除外した。しかしながら、現地調査等による確認を行っていないので、信頼度はやや低いと考えられる。将来的には、浮葉植物・浮漂植物群落に関する現地調査結果を踏まえ、精度を高める必要がある。

図 12 に、すべての撮影範囲で判読した沿岸域における水草分布を示す。特に、西岸の北部で「非常に明瞭」および「明瞭」の領域が連続的に分布していることがわかる。

地域的な違いを詳しく見るため、西岸北部から湖岸線を約 500m 間隔で区切り、沖合いには約 300m までの短冊状のブロック水域を図 13 のとおり定義し、「非常に明瞭」および「明瞭」の水草分布域が占める面積割合を求めた。図 14 には、各ブロック水域におけるその面積割合を棒グラフで示す。これを見ると、面積割合が大きいのは、西岸では、

ブロック番号 2 から 4、11 から 16 である。南岸では、散発的ながら 21 から 24 と 27 から 28 の水域が大きい。東岸では、32 付近の水域が大きい。

この結果から、水草の表層刈り取りや根こそぎ除去、湖岸に漂着する流れ藻の回収は、このような面積割合の大きいブロック水域を候補水域にすることが考えられる。しかしながら、このような候補水域は、広域に及ぶため、費用対効果の観点でも生態系保全の観点でも好ましくなく、より一層限定する必要がある。そのためには、水草分布の地域性だけでなく、目的に応じて候補地を検討することも求められる。

たとえば、景観保全の観点では、公園などがあり、地域住民のレクリエーションが盛んな湖岸域の位置と、景観悪化や悪臭をもたらす可能性がある顕著な水草分布域との関係に注目することが考えられる。また、在来魚の生息環境改善という視点では、あまりにも著しく繁茂した水草帯は、魚類がヨシ帯に移動することを阻害する可能性があるため、ヨシ帯と水草分布域との関係に注目することが考えられる。

5. まとめ

大量に繁茂した水草の効率的な根こそぎ除去の時期と強度を検討するため、雄琴沖に設定した実験区において除去の前後で魚群探知機により水草群落高を測定した。その結果、2月に水草を除去した区画の群落高は、6月においても非除去区の群落高より低く、除去効果が高いことが分かった。また、作業船1隻/4haの除去強度では2月においては群落高の低下が認められたのに対し、6月には群落高の低下が認められなかった。作業船3隻/4haの強度では6月にも群落高が低下したことから、夏季に水草を除去する場合、冬季よりも除去強度を高くする必要があることがわかった。水草の繁茂状況は気象条件等により大きく変動する可能性がある。水生動物の生息環境改善の観点からは、適切な水草繁茂状態と比較して、過剰となった場合にはその部分を除去し、反対に不足した場合には保護する必要がある。したがって、水草除去の時期や除去強度、面積等については、繁茂状況を見極めつつ慎重に判断する必要がある。

沿岸域における水草またはその流れ藻の広域の分布特性を把握するため、現地調査および航空写真撮影を実施した。2011年7月の台風通過後には南湖沿岸で流れ藻の大量漂着がみられ、ほぼコカナダモ1種で構成されていた。一方、9月の台風通過後には多くの地点で顕著な漂着はなく、流れ藻を構成する水草種はさまざまであった。また、航空写真撮影時の10月には漂着流れ藻は顕著ではなかったが、沿岸水域における水面直下まで繁茂していた水草の地理的分布が把握できた。水面直下まで繁茂する著しい水草分布域は、西岸の北部で連続的に広がるほか、南岸と東岸の一部でも見られた。さらに、得られた地理的な水草分布特性と景観保全や魚貝類の生息環境などに関係する分布情報を重ね合わせることによって、目的に応じた水草の表層刈り取りや根こそぎ除去、流れ藻回収に関する候補地の検討に利用できる可能性を示すことができた。しかし、本報告では、例示的に示しただけだが、今後、景観、湖岸利用、生息環境などの視点から水草分布の地域性をさらに詳細に検討したい。

6. 引用文献

Brönmark, C. and Vermaat, J. E. (1998) Complex fish-snail-epiphyton interactions and their effects on submerged freshwater macrophytes. In: *The structuring role of submerged macrophytes in lakes* (eds Jeppesen, E., Søndergaard, M., Søndergaard, M. and Christoffersen, K.) Springer Verlag New York, pp 47-68.

- 芳賀裕樹 (2009) 琵琶湖の水草問題. 水環境学会誌, 32: 22-24.
- 芳賀裕樹 (2012) 南湖の水草 (沈水植物) 繁茂. In: 琵琶湖ハンドブック改訂版 滋賀県琵琶湖環境部環境政策課: 168-169.
- 芳賀裕樹・大塚泰介・松田征也・芦谷美奈子 (2006) 2002年夏の琵琶湖南湖における沈水植物の現存量と種組成の場所による違い. 陸水学雑誌, 67: 69-79.
- 浜端悦治 (2005) 琵琶湖の沈水植物群落. In: 琵琶湖研究所記念誌 (所報 22号) 滋賀県: 105-119.
- 今本博臣・松本潤・古里栄一・鷺谷いづみ (2008) 琵琶湖に生育する6種の沈水植物の光・水温特性. 応用生態工学, 11: 1-12.
- Jeppesen, E., Lauridsen, T. L., Kairesalo, T. and Perrow, M. R. (1998) Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton interactions in lakes. In: *The structuring role of submerged macrophytes in lakes* (eds Jeppesen, E., Søndergaard, M., Søndergaard, M. and Christoffersen, K.) Springer Verlag New York: 91-114.
- 金子有子・東善広・佐々木寧・辰巳勝・橋本啓史・須川恒・石川可奈子・芳賀裕樹・井上栄壮・西野麻知子 (2012) 湖岸生態系の保全・修復および管理に関する政策課題研究. In: 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書 平成20～22年度 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター: 113-149.
- 水草繁茂に係る要因分析等検討会 (2009) 水草繁茂に係る要因分析等検討会検討のまとめ. 滋賀県 (2012) マザーレイク 21計画第2期改定版: 琵琶湖総合保全整備計画. <http://www.pref.shiga.jp/biwako/koai/mother21/top.html>