

特集・琵琶湖の沈水植物(水草)問題の現状と課題

## 琵琶湖の水草の順応的管理と有効利用への挑戦

川崎竹志\*

キーワード：水草，表層刈取り，根こそぎ除去，有効利用，順応的管理

### 要 旨

琵琶湖で大繁茂する水草は、生活環境や自然環境に大きな影響を与えており、これを緩和するため、滋賀県では、水草の繁茂要因や生態について調査検討を行うとともに、効果的な除去方法や有効利用方法について試行錯誤を積み重ねてきた。

こうした滋賀県の取り組みを紹介する。

### 1. はじめに

琵琶湖では、昭和38年に北湖一円でコカナダモが繁茂し始め、昭和48年には琵琶湖全体でオオカナダモが大繁茂することとなった。

平成6年には、異常渇水により琵琶湖の水位が観測史上最低を記録したが、これをきっかけに、南湖において水草の繁茂がさらに進み、平成19年には南湖のほぼ全域が水草に覆われるようになった。このような中、平成26年には南湖において観測史上最大量の水草の繁茂が確認された。

水草の大繁茂は、船舶航行の障害や悪臭発生など県民生活に大きな影響を与えることから、滋賀県では、これまでから様々な水草対策を実施してきた。

### 2. 水草の大量繁茂による影響

適度に繁茂した水草の群落は、魚類等の産卵や生育の場となり、また、水質の浄化にも寄与するなど、重要な役割を担っている。しかし、現在の水草の大量繁茂は、自然環境や生態系に大きな影響を与えると同時に、漁業や船舶航行の障害、腐敗に伴う臭気の発生など生活環境にも様々な悪影

響を与えている<sup>1)</sup>。

水草の大量繁茂による影響を以下に示す。

#### ①漁業障害

- ・漁船の航行障害，エリヤ刺し網への付着
- ・魚類等の生息空間の物理的減少
- ・外来魚の優占への寄与
- ・底層環境の悪化による貝類への悪影響

#### ②船舶の航行障害

- ・水草の吸入やスクリューへの絡まり

#### ③生活への悪影響

- ・漂着した水草の腐敗による悪臭発生
- ・漂着した水草による景観悪化

#### ④取水施設における機能低下

#### ⑤琵琶湖におけるレクリエーション的価値の低下

#### ⑥湖沼環境への悪影響

- ・湖底の溶存酸素濃度の低下
- ・微細粒子の沈降による湖底の泥化
- ・枯死した水草の堆積による湖底の泥化
- ・枯死した水草の分解による栄養塩の湖水への回帰
- ・湖水の流通障害
- ・生態系への影響
- ブルーギル等の外来魚の優占への寄与
- 在来魚の個体数減少
- 湖底環境の悪化や植物プランクトンの減少による二枚貝の減少

### 3. 水草対策の黎明期

昭和40～50年代からのコカナダモやオオカナダモの大量繁茂に対処するため、滋賀県ではこれまでから水草の除去を行ってきた。昭和52年度からの水草除去量の記録を見ると、当時は年間約250

t (湿重量)の水草が除去されている。昭和62年、県は水草刈取り専用船を購入し、機械による刈取りを開始した。翌年、刈取り船は「スーパーかいつぶり」と命名され、盛大な命名式が琵琶湖畔で開催されている。刈取り船の導入により、刈取り量は年間約3,000 t (湿重量)と飛躍的に増大した。この時代は主に北湖沿岸における水草の大量繁茂が問題となっていた。

平成6年9月、少雨により琵琶湖基準水位から-123 cmに達する記録的な大渇水が発生した。この年の水草除去量は7,576 t (湿重量)と過去最高を記録している。これは、渇水による水位低下によって、水草が大繁茂したことに加え、湖岸に露出したり漂着した水草の回収量の増大によるものと考えられる。平成6年は水草繁茂の分布にとってもターニングポイントになっており、これ以降、南湖の水草の繁茂面積は増加が続き、平成14年には南湖の約8割を水草が占めるようになった。この頃から水草対策は南湖が中心となっていく。以降の章では、主に南湖における水草対策について述べる。

#### 4. 水草繁茂に関する調査研究等の推進

南湖の水草の増大に対応するため、県では、水草の除去工法および繁茂要因の調査研究とともに、関係機関の連携強化を推進してきた。

平成14年度から17年度にかけて県では、水草の生態に関する知見整理、除去技術の比較検討および水草の有効利用に関して、継続的な調査検討を行った<sup>2-4)</sup>。

水草は多くの種類が混在した状態で生育しており、水草除去に適切な時期を定めるためには、各種類の成長期を把握する必要がある。

琵琶湖の水草は最盛期と冬季の状態から、次の4つのグループに大別できる。

##### ①在来種Ⅰ群

夏から秋にかけて最も成長し、冬は枯れる

##### ②在来種エビモ

春に最も成長し、冬は枯れる

##### ③在来種Ⅱ群+オオカナダモ

夏から秋にかけて最も成長し、冬も枯れない

##### ④コカナダモ

初夏に最も成長し、冬も枯れない

このような水草の生態を踏まえ、水草除去は、水草が成長する前の早春および休眠状態であり除去量も少なくなる冬季の実施が効果的であると考えられた。

次に、水草刈取り除去技術は以下の3つに大別できる。

##### ①機械的手法

水草刈取り船などの機械を用いて物理的に除去する方法。

##### ②生物学的手法

水草の天敵生物を用いて水草の制御を行う方法。天敵生物をリリースするため、生態系への影響が大きく、琵琶湖での適用は困難。ただし、琵琶湖の固有魚であるワタカは水草を旺盛に食することが知られており、適用の可能性はある。

##### ③化学的手法

農薬により水草を制御する方法。海外で行われているが、琵琶湖での適用は困難。

これらを踏まえ、刈取り除去については、生態系への影響および琵琶湖が上水道水源であることから、琵琶湖では機械的手法とワタカによる生物学的手法の適用が適切であるとされた。

機械的手法については、従来から行ってきた水草刈取り船に加え、マンガンによる根こそぎ除去の導入を検討することとなった。この方法は、漁船に備付けの巻上機に、マンガンと呼ばれる熊手状の貝曳き漁具を取付け、それを湖底に沈めて漁船の移動により湖底部から水草を引き上げる手法である。

刈取り船は、水深1.5 m程度の水草の先端部を刈り取るのに対し、根こそぎ除去は、水深4 m程度の湖底から水草を除去することができるという違いがある。根こそぎ除去は、数年間の試験施工を行った後、平成23年度から南湖で本格的に実施されることとなった。

次に水草の有効利用については、過去には琵琶湖の湖岸の農地等において、自給肥料として水草が盛んに利用されてきた。しかし、近年は購入肥料の利用や農地の減少により、農地での利用はあまり行われていない。

水草の肥料以外の有効利用方法として、メタン発酵、エタノール発酵、炭化、飼料化などがあるが、実用レベルに達しているものはなかった。

## 5. 関係機関の連携強化

技術的な調査研究と並行して、水草対策に関する機関の連携強化を図るため、いくつかの会議が設置された。平成13年度には「琵琶湖生態系検討会」、平成18年度には「水草に関するワーキンググループ」が設置され、調査研究と情報交換を行っている。平成21年度には「水草対策実施検討会」が設置され、土木交通部が主となり水草除去の具体的な方法について検討が行われた。平成20年度には国土交通省と滋賀県により「水草繁茂に係る要因分析等検討会」が設置され、学識経験者、漁業者ほか関係者による議論が行われ、南湖における水草繁茂の要因と水草管理の基本的な考え方が取りまとめられた。その要点は次のとおりである<sup>1)</sup>。

### ○水草繁茂の要因

平成6年の大洪水が引き金となり水草が活性化し、繁茂量の増大により琵琶湖の透明度が上昇し湖底の光量が増大。これによりさらに繁茂するというスパイラルが形成されたものと考えられる。

### ○水草管理の基本的な考え方

南湖の水草の望ましい状態を1930年代から50年代とし繁茂面積を20~30 km<sup>2</sup>とする。

繁茂面積を縮小するため貝曳き漁具による除去、生活影響の軽減のため刈取り船による表層刈取りを行う。併せて在来草食性魚類や貝類資源を回復させるための種苗放流に努める。

事業実施に当たっては、国や県等関係機関が連携を密にし、実施方法等を適時見直しながら順応的に行う。

現在は、この検討会の報告を基本にして、水草対策を進めているところである。

## 6. 県の計画への水草対策の位置づけ

滋賀県では、琵琶湖の総合保全を図るために、平成23年10月に「マザーレイク21計画第2期」を策定している。この計画では、「琵琶湖流域生態系の保全・再生」と「暮らしと湖の関わり再生」を2つの柱とし、2050年頃の琵琶湖のあるべき姿を念頭に、2020年の琵琶湖を次世代に継承する姿としてそれぞれ計画目標を設定している。

特に、目標の達成に大きく寄与し、部局間で連

携することにより、さらに効果を高められると考えられる施策(事業)について、テーマを定め重点プロジェクトとして集中して取り組むことにしている。そのプロジェクトの一つとして「琵琶湖の生きものにぎわい再生プロジェクト」を設定し、その中に「南湖の水草対策」を位置づけている。

県の計画に位置づけることにより、県全体として、水草の繁茂状況を望ましい状態に近づけ、ニゴロブナ・ホンモロコ・セタシジミなどの漁獲量が回復することを目指している。

## 7. 水草対策チーム

「水草繁茂に係る要因分析等検討会」の報告を踏まえ、平成22年12月に部局を横断した水草対策チームを設置した。これにより、事業間の連携を図るとともに、メンバーである滋賀県漁業協同組合連合会の経験や助言、さらに研究機関の研究成果や知見も水草対策に反映しながら、南湖の水草対策を順応的な管理のもとでより効果的・効率的に進めることに取り組んでいる。

チームの組織は、以下に示すように水草対策部会と水草有効利用部会に分かれており、事務局は琵琶湖政策課が担当している。

### ○水草対策チームの組織

#### 水草対策部会

環境政策課、琵琶湖政策課、下水道課、自然環境保全課、琵琶湖環境科学研究センター、琵琶湖博物館、水産課、水産試験場、河川港湾室、滋賀県漁業協同組合連合会、淡海環境保全財団  
水草有効利用部会

琵琶湖政策課、循環社会推進課、下水道課、農業経営課、畜産課、水産課、農業技術振興センター、河川港湾室、淡海環境保全財団

水草対策部会では、平成24年12月に「南湖における水草対策全体計画」を策定し、この計画に基づき対策を進めている。

会議は年3回程度開催している。年度初めにはその年の事業内容や実施時期の調整を行い、年度途中には中間報告を行うとともに効果や課題を共有し翌年度予算に向けた調整を行う。年度末には年間の事業結果報告と評価を行い、翌年度の対策計画を見直す。このようにPDCAサイクルを回すことにより順応的な水草管理を行っている。

水草有効利用部会では、平成23年11月に「水草有効利用推進計画」を策定し、当面は水草をたい肥化することで、資源循環を図ることとしている。

部会では、より効率的で高品質なたい肥化の手法の検討、たい肥成分の確認や肥効の評価、作物ごとの適用性などを議論している。

## 8. 水草の刈取り除去の実施

県が行っている水草の刈取り除去の方法について具体的に説明する。

### 8.1 目標や方針の決定

「南湖における水草対策全体計画」において今後3年間の短期目標、水草除去方針、役割分担等を決めている。現在の短期目標と除去方針は次のとおりである。なお、具体的な対策場所等については毎年のチーム会議において検討を行い、必要な修正を加えている。

#### ○平成27年度から29年度の短期目標

「2015～2017年度の3年間で水草の繁茂が激しい約6.2 km<sup>2</sup>（継続水域6.1 km<sup>2</sup>、新規水域0.1 km<sup>2</sup>）で根こそぎ除去を実施し、コカナダモ、オオカナダモ、センニンモなど背の高くなる水草の除去を継続する。これにより湖流のルートが確保され、湖底の溶存酸素濃度が改善された状態が継続するとともに、根こそぎ除去を実施した水域を在来魚介類が利用していることが継続して確認できる。」

#### ○水草除去方針

##### ・第1地帯（水深0～2 m）

水深の浅い湖岸近くはもともと水草が繁茂していた場所であり、ネジレモ等の貴重種が存在することや、魚類や水鳥等の生息場所でもあることから、生活環境への支障を改善することを主眼とし、夏季の流れ藻対策として、表層刈取りを実施する。

##### ・第2地帯（水深2～4 m）

この地帯は、南湖東部と西部で漁業活動や沿岸土地利用状況が大きく異なることから、区別して対応する。西部は、背の高いセンニンモ等が繁茂しており、湖流の阻害による水質悪化や湖底の泥質化を改善するために、根こそぎ除去を実施する。東部は、かつて貝曳き漁業が行われていた場所であり、湖底が攪乱され結果的に水草繁茂が抑制されていた。よって、漁場改善を目的とした湖底耕耘に併せてホンモロコヤシジミ、草食性魚類ワタ

カの放流を行う。

##### ・第3地帯（水深4 m以深）

オオカナダモ等の背の高い水草による湖流の阻害が生じている。もともと水草があまり繁茂していなかった場所であり、根こそぎ除去を実施する。

### 8.2 モニタリング調査

水草の繁茂状況は年によって、また月ごとにも大きく変化する。水草対策の場所、時期、優先順位等を決めるため、年間を通じて関係機関によるモニタリング調査を実施している。

#### ・琵琶湖博物館

魚群探知機を用いた、水草群落高の面的な把握および湖中の水草湿重量の推計

#### ・淡海環境保全財団

南湖16定点における水草繁茂量、水草種類、底層DO等の月ごとの把握

湖岸における水草の繁茂と漂着の状況、悪臭発生状況の週ごとの把握

#### ・琵琶湖環境科学研究センター

底質分析および底生生物等の調査

### 8.3 表層部の刈取り

7月から9月にかけて、琵琶湖南湖では広い範囲で水草が水面まで成長し、水草が絡み合った浮き島状のかたまりが湖面に点在するようになる。

また、風波や船の航行等により水草がちぎれたり、コカナダモが繁殖のために一斉に自切し漂流することで、これらが流れ藻となって湖岸に大量に漂着する。これが、漁船やプレジャーボートの航行障害、湖岸の漂着水草の腐敗による悪臭など生活環境への影響を引き起こし、県民や市などから多くの刈取り要請が県に寄せられる。この影響を早期に解決するために、県が所有する水草刈取り専用船「スーパーかいつぶりII」と「げんごろう」により表層刈取りを実施している(写真1)。

刈取りは、週2回の目視調査による繁茂状況や悪臭の状態を基に、緊急性と公共性および県民等からの要請を加味して、1週間ごとに刈取り計画を決定しており、計画は県HPで公表している。

「スーパーかいつぶりII」は、バリカン状の歯を水中で作動させ、水深1.5 mまでの表層部分の水草を切除し、これをベルトコンベアーですくいあげながら回収を行う自走船である。広範囲を機動的に刈り取ることができ、日20 t程度の刈取り



写真1 表層刈取りの作業風景  
手前が「げんごろう」、奥が「スーパーかいつぶりII」



写真2 貝挽き漁具 (マンガン)

能力を有する。

「げんごろう」は、ブームの先に取り付けたクラムレイキで、絡み合った水草をつかみ取り、除去する方式の自走船である。湖岸に漂着し、かたまり状になった浅瀬の水草の除去に威力を発揮する。

刈取り船で除去した水草は、小型の運搬船に積み替えて、近くの漁港等まで運び、クレーンで陸揚げする。これをトラックに積み替え、有効利用地へ搬入している。

#### 8.4 根こそぎ除去

南湖における水草の大繁茂による湖流の阻害、底層 DO の低下、枯死水草の堆積による湖底の泥化を改善するため、水深 4 m 以深の区域を対象に、水草を基底部から除去する根こそぎ除去を実施している (図 1)。

根こそぎ除去は平成 14 年ごろから試行的に行われてきた方法であり、当初はバックホウを台船に乗せて行う方法も検討されたが、漁船と貝挽き漁具による方法が最も有効となった。

貝挽き漁具は「マンガン」と呼ばれ、湖底の貝類を採取するため、熊手状の櫛歯と網かごが合わさった形状をしている漁具である (写真 2)。こ

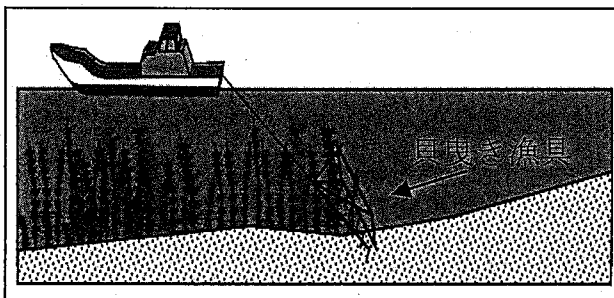


図 1 根こそぎ除去のイメージ

の櫛歯を荒くし網かごを取り外して水草用に改良したものを漁船のウインチに取り付け、湖底を引きずるようにして水草を根こそぎ除去する。除去作業は、まず 40 ha 程度の実施区域をブイで設定し、30~40 隻の漁船により除去を行う。この作業は 1 日に 5 時間程度を要する (写真 3)。

除去する場所は、もともと水草がなかった水深 4 m 以深を対象にしており、この面積は南湖で約 30 km<sup>2</sup>になる。現在は、このうち、南湖の中央部に水みちをつけるような格好で南北方向に幅 200~300 m の帯状の除去区域を設定し、ここを集中的に年間 3 回除去している。

根こそぎ除去の時期は、これまでの調査検討から、以下の 3 つの時期に実施することが効果的と考えている。また、年間を通じ継続して実施することで、繁茂量を低減させ、これを維持することができると思われる。

・春季 (4 月~6 月)

水草の芽吹き of 時期であり、新芽の段階の除去は効率的である。



写真 3 根こそぎ除去の作業風景

#### ・秋季 (10月～11月)

水草繁茂が衰退する時期であり、除去量が少なく済む。夏季は繁茂が激しく除去効果が薄いこと、生物の繁殖期でもあり生態系影響が懸念されることから、除去は避ける。

#### ・冬季 (1月～2月)

湖底に堆積している枯死した水草を除去することで湖底環境の改善を図る。

根こそぎ除去した水草は、漁港に集積し、3日から5日の間そこで水を切ったうえで有効利用地に搬入している。

このように、具体的刈取り除去作業は、それぞれの手法の特性を活かし、計画的に実施しているところであり、平成26年度の除去量は、湿重量で表層刈り取りが約1,200 t、根こそぎ除去が約3,000 tに上る。

### 9. 水草の有効利用

除去した水草は、ほぼ全量をたい肥化し、県民の方々に無料配布している。

たい肥化は有効利用地として、約3 haの土地を借用し、そこで実施している。有効利用地に搬入した水草は、まず薄く広げて水分を飛ばす。その後、山状に堆積し、時々切り返しを行いながら1年間から3年間腐熟させている。

平均的な水草たい肥の成分は、全窒素0.7%、全リン酸0.5%、全カリウム0.3%、含水率30%、C/N比10となっており、肥料取締法に基づく製造業の届出も行っている。

完成したたい肥は、年1回から2回、県内各地で無料配布しており、平成26年度は約300 m<sup>3</sup>のたい肥を約700名の方々に配布させていただいた。

また、配布と同時にアンケート調査を実施しており、その結果90%以上の方が今後も利用したいと回答されており、水草有効利用への理解の広がりを感じられる。

水草はかつて農地で肥料として利用され、水草を介した陸域と琵琶湖との物質循環が形成されていた。これからも、水草がより有効に利活用できるよう、取り組んでいく。

### 10. おわりに

水草の大繁茂は、航行障害や悪臭、湖流停滞や

湖底環境の悪化など、生活環境や生態系に大きな影響を与えている。その一方で、水草群落は、魚類や水鳥の産卵育成の場所であるとともに、植物プランクトンの抑制や透明度の上昇といった水質改善にも寄与する。事実、近年の南湖の透明度は非常に高く、湖底にまで光が届く状況である。また、赤潮の発生もなく、水質としては極めて良好といえる。

また、水草の増加に伴って、水草を餌とする水鳥の個体数が顕著に増加しており、ラムサール条約登録湿地である琵琶湖にとっては好ましい状況であろう。

水草対策については、今後も、関係機関連携しPDCAサイクルにより、調査研究や除去手法に改善を加えながら、順応的な管理に取り組んでいきたい。

また、水草の有効利用については、費用面や利用先の点で、現在はたい肥化が最も有効な方法であると考えている。現在、たい肥は無料で配布しているが、今後は品質改善を図り、販売に向けた取り組みを進めていきたい。

また、たい肥化以外の手法についても並行して検討を進めており、大学や産業界とも連携し、新たな有効利用方法の検討を進めていきたい。

水草大繁茂が問題となっている琵琶湖南湖の面積は約5,000 ha、平均水深約4 mである。この広かつ複雑な生態系を有する南湖生態系の管理を行うには、未知未解明の要素があまりに多く、今の我々の取り組みは見戯に等しいのかもしれない。しかし、30年以上に渡るこれまでの滋賀県の水草への取り組みの経験を活かしつつ、南湖生態系の順応的管理と水草の有効利用を通じた健全な物質循環の再生を目指して、今後も挑戦を続けていきたい。

#### 参考文献

- 1) 水草繁茂に係る要因等分析検討会；水草繁茂に係る要因等分析検討会検討のまとめ, 2009.
- 2) 滋賀県；水草資源循環システム調査, 2004.
- 3) 滋賀県；水草除去試験地調査, 2005.
- 4) 滋賀県；水草除去試験地調査, 2006.
- 5) 滋賀県；琵琶湖の水草問題の現状と課題, 2008.
- 6) 滋賀県；南湖生態系の順応的管理ガイドライン提案集, 2014.