

湖岸水生植生による水質浄化効果の検討～宍道湖を例に～
(Examination on the effect of water control by lake shore aquatic vegetation
– The case of Lake Shinji.)

小室 隆

要旨

近年、湖沼水中のリン削減を目的に、生態系機能を用いた様々な浄化対策が行なわれるようになった。その一つとして全国的に展開されているのが、水生植物ヨシによる浄化方法である。しかしヨシは枯死後に溶存有機炭素が水中に溶出することから、水質に与える影響が大きい。ヨシ同様、かつては地域での管理によって、植生が水質浄化につながっていた例がある。それは「モバ刈り」などと呼ばれる沈水植物の採草作業である。この作業により湖沼に流入した栄養塩を吸収した沈水植物が刈り取られ、湖沼の外に持ち出されることにより、栄養塩の除去が行われていた。1950年代半ばまでは肥料目的として、全国の湖沼で採草が行われており、宍道湖でも同様なことが行われていた、これにより湖沼内に有機物が蓄積することなく、循環型社会が形成されていた。

本研究では採草されるほど沈水植物が豊富であった島根県の宍道湖を対象に水生植物（沈水植物）によるリン削減効果を検討する。具体的には、宍道湖の高度経済成長期以前の水生植物の優占種を同定するために、サンプル採取法の改良を行った。その上で種子分析による絶滅種の同定、その分布域の推定、当時のリン溶出量を推定し、水生植物によるリン吸収量を推定することで宍道湖における人間と水生植物の関わりを通じたリン削減効果の定量化を試みた。

第2章では宍道湖の全様を記録した最も古い1947年の米軍空中写真を用いて、高度経済成長期以前の環境が激変する以前の水生植物相の復元を行った。米軍空中写真は1947年に占領した日本全国の主要都市近郊の状況を把握することを目的に撮影された。この写真を、国土地理院国土変遷アーカイブにて印刷解像度200dpiで一般に公開されているデジタル画像から選択条件を設定し、使用可能な画像を選択して入手した。選択条件は①湖面に波が立っていない、②湖面に光の反射がない、③雲で湖面が隠れていない、④湖底まで透過可能、とした。これらから、本研究では1947年10月3日に縮尺約1/16000で撮影された米軍空中写真16枚を選定した。選定した米軍空中写真はGISソフトのArc GIS 10 (ESRI Inc.)を用い、幾何補正を施した後に、モザイク図を作成した。幾何補正には1962年測量の湖沼図とシェープファイル形式の国土数値情報(国土交通省)を用いた。また、この写真から水草類以外に、湖沼図に記載されている等深線を空中写真の上に重ね合わせた。これにより、当時の透明度と沈水植物の分布深度を判定した。沈水植物の分布図は湖沼図に記載されている沈水植物、底質、水深、そして沈水植物の見え方のパターンから画像を可能な限り拡大して目視判断をし、作成した。結果は1947年当時には少なくとも水深0.5～3mの範囲に約3km²の沈水植物が繁茂していることが確認できた。さらに透明度は最大で4mにまで達していることが確認できた。またこの繁茂していた沈水植物は現在のようなオオササエビモなど葉が水面まで達するタイプではなく、湖底をマット状に匍匐するタイプであることが明らかとなった。

第2章により、1947年当時は湖底を匍匐するタイプの沈水植物であることがわかったが、空中写真からでは種までは判読できない。そこで、第3章では堆積物中に存在する水生植物の種子・卵胞子を採取・

同定することで当時の優占種の特定を試みた。当時繁茂していた植物の種名まで記載した資料は残っておらず、住民への聞き取りではトリゲモカシャジクモ類に似た水草であった程度しか分かっていない。そこで、湖心部において堆積速度が分かっている地点 St.1-St.7 (2011年7地点、2013年3地点) から堆積物を採取し、高度経済成長期以前の部分を対象に堆積物中に含まれる植物の種子から種子分析を行った。対象とする種子・卵胞子の大きさは、維管束植物では 1~2mm, シャジクモ類の卵胞子では 200~400 μm である。これらのサイズの粒子を多量の堆積物から効率的に篩い分けるために、目合 500 μm 以上の粗大粒子を篩いで除去し、これ以下の粒子を袋状にしたナイロン製のプランクトンネット (目合 100 及び 250 μm) で大量に篩う装置を開発した (小室・山室, 2012)。目合 500 μm の篩いは内径 30cm, 高さ 10cm のステンレス製で、この篩の内側には壁面と網の接合部分に砂等の細粒物質が詰まらないように、ハンダで接合部を埋める加工を施したものをを用いた。ナイロン製のプランクトンネットは重ね合わせてステンレスホースバンドでステンレス篩に固定した。2回のサンプリングの結果、維管束植物の種子は採取されず、シャジク類の卵胞子が 49 粒採取された。同定の結果、それらの卵胞子は *Chara corallina* Willdenow 35 粒, *Chara braunii* C.C. Gmelin 11 粒, *Chara fibrosa* C. Agardh ex Bruzelius. 2 粒, *Chara* sp. 1 粒であったことから、高度経済成長期以前はシャジク類が優占し、中でも *C.corallina* が優占種であったことが考えられた。

第 4 章では、高度経済成長期の宍道湖水生植物の優占種がシャジクモ類であったことから、シャジクモ類による湖底から水中へ溶出するリンに対する吸収効果を検討した。シャジクモ類は成長の過程で藻体にカルシウムイオンを沈着させる(石灰化)。この石灰化が起こる際に水中のリンが共沈し、濃度が低下するとともに、植物プランクトンの発生が抑えられる。これにより、湖沼の富栄養化を抑制できる。具体的な方法として、既知のシャジク類のリン吸収量 (0.19 - 1.7 g m^{-2}) を米軍写真から得られた群落面積 (約 3 km^2) (i) と水深 0.5-3m (ii) までシャジク類が繁茂していたと仮定した面積を用いて、溶出量に対するシャジク類群落によるリン (DIP) 吸収量を計算した。リンの溶出量については神谷ほか (2015) の式を使用した (式 1)。宍道湖においてある月の調査月と次の月の調査日との間に Q_0 の淡水が流入し、それに伴い流入負荷量 L_s が宍道湖へ負荷される。ある月の宍道湖のリン濃度を C_{sn} , 次の月のリン濃度を C_{sn+1} , 中海上層も同様にそれぞれ C_{nn} , C_{nn+1} とおき、その間に宍道湖から流出するリン濃度を C_{sn} 及び C_{sn+1} との平均、中海から宍道湖へ流入する水のリン濃度も C_{nn} 及び C_{nn+1} とすれば、次の月の溶出量 A_{sn+1} は、

$$A_{sn+1} = V_s (C_{sn+1} - C_{sn}) + Q_2 * (C_{sn+1} + C_{sn})/2 - Q_1 * (C_{nn+1} + C_{nn})/2 - L_s \quad (1)$$

で表される (神谷ほか, 2015)。また、宍道湖への流入負荷量は宮廻ほか (2014) の以下の二次 LQ 式で表される。

$$\text{Log } L = 0.34(\text{Log } F)^2 + 0.25\text{Log } F - 5.60 \quad (2)$$

L : TP load (kg s^{-1}) F : flow ($\text{m}^3 \text{s}^{-1}$)

また計算した溶出 TP のうち、植物が利用できる DIP に対するシャジクモ類による効果を検討するために、1985-2013 年の底層 TP と底層 DIP (PO4-P) の存在比率をそのまま溶出 TP に掛け合わせ、溶出 DIP を計算した。

シャジクモ類が生息していた当時の溶出量を計算するため、島根県保健環境科学研究所により観測された湖内5地点の1985-2013年の28年間に渡る表層TPと底層TPを用いて表層TP-底層TPの関係式を作成し、相関関係を確認した。次に、同期間の透明度と表層TPの関係式を作成し、1929年、1947年、1961-1962年の透明度をこの式に挿入し表層TPを計算した。なお、透明度及びTPの値は各地点の月平均値を計算し、そこから計算した年平均値である。次に、透明度と表層TPの関係式を用いて計算した表層TPを表層TP-底層TPの関係式に挿入し、当時の底層TPを計算した。そして、この底層TPを式1で計算した溶出量と底層TPの関係式に挿入し、当時の溶出量を計算した。この計算した当時の溶出量を用いて、28年間の最大・最小・平均溶出量の内、シャジクモ類群落吸収していた量について(i)~(ii)の群落面積別に推定値を求めた。なお、当時のTP値はデータ数が限られているため表層年間平均値として扱った。その結果、両面積を有していた場合のシャジクモ群落には0.56-25.5 tPのリン(DIP)を貯蓄する能力があったことがわかった。宍道湖でのシャジクモ類による吸収効果は群落面積が(ii)程度確保されれば効果が出始めるが、群落面積(i)しかない場合でもその最大吸収量は5.02 tPあり、この吸収量は30年間の平均溶出量の15%に相当していた。

「第6期 宍道湖に係る湖沼水質保全計画」の中で湖沼の浄化対策として「浅場造成により植物(ヨシなど)の発達を促すなど、湖岸域の環境改善を行うとともに生物が生息・生育可能な環境を再生し、湖の自然浄化機能の回復を図る」との記載があるが、本研究第2章において、ヨシが一部にしか生息していないにもかかわらず、透明度が高かったことが分かった。その要因は沈水植物のシャジクモ類が優占種となり、湖底から溶出するリンを吸着していたからだと考えられる。そのため抽水植物ではなく沈水植物のシャジクモ類を用いた浄化方法を検討していく必要があると考える。

参考文献

- 神谷宏, 管原庄吾, 嵯峨友樹, 佐藤紗知子, 野尻由香里, 岸真司, 藤原敦夫, 神門利之. (2015): 浅い汽水湖沼における夏季に堆積物から溶出したリンの湖底への再沈降割合とその機構. 陸水学雑誌, 76, 139-148.
- 小室隆, 山室真澄. (2012): 水生植物の種子・卵胞子を含んだ湖底堆積物を船上で篩い分ける装置の開発. 水草研究会誌. 97, 29-33.
- 宮廻隆洋, 管原省吾, 田林雄, 大城等, 小山維尊, 中島結衣, 神谷宏, 清家泰. (2014): 島根県東部を流れる斐伊川における実測負荷と二次LQ式を用いた計算負荷との比較. 陸水学雑誌. 75, 151-159.