

氏名	小室 隆
学位の種類	博士 (理学)
学位記番号	総博乙第 10 号
学位授与年月日	平成 28 年 9 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項
文部科学省報告番号	乙第 333 号

学位論文題目 湖岸水生植物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-)

論文審査委員	主査	島根大学教授	清家 泰
		島根大学教授	小俣 光司
		島根大学教授	半田 真
		島根大学准教授	宮崎 英敏
		島根大学教授	大谷 修司

論文内容の要旨

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。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か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。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 ($0.19 - 1.7 \text{ g m}^{-2}$) を米軍写真から得られた群落面積 (約 3km^2) (i) と水深 $0.5\text{-}3\text{m}$ (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。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 $0.56\text{-}25.5 \text{ t P}$ 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 t P 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。

論文審査結果の要旨

1950 年代半ばまでは、肥料目的として、全国の湖沼 (宍道湖を含む) で「モバ刈り」と呼ばれる沈水植物の採草が行われ、これにより湖沼に流入した栄養塩を吸収した沈水植物が湖沼の外に持ち出されることにより、結果的に栄養塩の除去が行われていた。

本論文は、採草されるほど沈水植物が豊富であった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・評価した斬新なものである。小室氏は、宍道湖の高度経済成長期以前の水生植物の優占種の同定、絶滅種の同定とその分布域の推定、当時のリン溶出量の推定、及び水生植物によるリン吸収量の推定により、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、その効果を評価している。以下にその内容 (第 2 章～第 4 章) の概要を示す。

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前の水生植物相を復元するという斬新な方法により、1947 年当時には少なくとも水深 $0.5\text{~}3 \text{ m}$ の範囲に約 3 km^2 の沈水植物が繁茂していたこと、透明度は最大で 4 m にまで達していたことを見出している。さらに、種の判読はできないまでも、繁茂していた沈水植物は、葉が水面まで達するタイプではなく、湖底を被覆するタイプであることを明らかにしている。

第 3 章では、1947 年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いないことから、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

特定を試みている。湖心部において堆積速度の分かっている地点 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ている。その結果, 維管束植物の種子は採取されず, シャジクモ類の卵胞子が49粒採取され, それらの卵胞子は *Chara corallina* Willdenow 35粒, *Chara braunii* C.C.Gmelin 11粒, 他3粒であったことから, 高度経済成長期以前はシャジクモ類が優先し, 中でも *C. cororallina* が優占種であったことを見出している。

第4章では, シャジクモ類による湖底から水中に溶出するリンに対する吸収効果を検討している。既知のシャジクモ類のリン吸収量 ($0.19\sim 1.7\text{ g m}^{-2}$) を用い, 米軍航空写真から得られた群落(面積: 約 3 km^2) において水深 $0.5\sim 3\text{ m}$ までシャジクモ類が繁茂していたと仮定して, 溶出量に対するシャジクモ類群落によるリン(DIP)吸収量を見積もり, そのシャジクモ群落には $0.56\sim 25.5\text{ tP}$ のリンを貯蓄する能力があったことを推算している。

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することで, 水中リン濃度が低下し(富栄養化の抑制), 植物プランクトンの増殖抑制に波及する。近年, 湖沼水中のリン削減を目的に, 全国的に展開されているのが, 水生植物ヨシによる浄化法である。しかし, ヨシは枯死後に溶存有機物や栄養塩(N, P)の溶出等, 水質に与える影響の大きいことを問題視する意見も多い。本研究により, 1947年当時, 宍道湖の透明度が高かったのは, 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収していたことが大きな要因として浮上した。これを受けて, 小室氏は沈水植物のシャジクモ類を用いた浄化方法の検討を提唱している。

以上の通り, 本論文は, 優れた研究成果に基づきまとめられたものであり, 博士の学位に十分値する内容であると審査委員全員一致で判定した。