

自然公園における湖の水質の向上に関する研究

吉澤一家¹, 高橋一孝², 池口仁³, 芹澤 (松山) 和世³, 御園生拓⁴, 平田徹⁴, 森一博⁴,
宮崎淳一⁴, 芹澤如比古⁴, 永坂正夫⁵

(¹山梨県衛生環境研究所, ²山梨県水産技術センター, ³山梨県環境科学研究所, ⁴山梨大学,
⁵金沢星陵大学)

要約 自然湖沼での水質管理に適した浄化システムを構築するための、水生植物及び貝類を用いた水質管理手法の検討を2008年度から開始した。最終年である2010年度は、山中湖の通称平野ワンドにて広範囲な現地植栽及び飼育実験などを行い、次の諸点が明らかとなった。

- 1) 水生植物調査により2010年には新たに水草1種、大型藻2種が確認され、本プロジェクトによる調査期間（2007年7月～2011年1月）に確認された水生植物は30種（水草17種、大型藻13種）となった。2010年の水生植物の現存量や種数は9月に最大となる季節変化を示し、年間の現存量は2009年には水位低下により増大し、2010年にも水位が上昇したにもかかわらず増加した。
- 2) 植栽実験水域での沈水植物現存量を推定したところ、自生種であるホザキノフサモが湿重量で見えた場合、植物量の50%を超えていた。このため植栽種であるセキシヨウモ、クロモのみの水質浄化効果は推定できなかったが、草体の50%を刈取った場合、実験水域では窒素を1.0g/m²、りんは0.3g/m²を系外に取り出すことができるものと試算された。
- 3) タテボシガイを用いて、貝の飼育実験を10ヶ月行った結果、生存率は約70%であった。またほとんどの個体で重量増加が認められ、重量成長率は4～10%の個体が多かった。

Studies on the Managements of Water Quality of the Lake Located in Nature Reserves.

Kazuya YOSHIKAWA¹, Kazutaka TAKAHASHI², Hitoshi IKEGUCHI³, Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA³, Taku MISONOU⁴, Tetsu HIRATA⁴, Kazuhiro MORI⁴, Jun-ichi MIYAZAKI⁴, Yukihiro SERISAWA⁴ and Masao NAGASAKA⁵ (¹Yamanashi Institute for Public Health, ²Yamanashi Fisheries Technology Center, ³Yamanashi Institute of Environmental Sciences, ⁴University of Yamanashi, ⁵Kanazawa Seiryō University).

Abstract We investigated the appropriate methods of improving the water quality of Lake Yamanaka located in nature reserves. In 2010, the last year of this project, vegetation of water-plants and cultivation of bivalves were carried out in Lake Yamanaka from May, 2010 to March, 2011. Several facts were revealed from these experiments; i.e.

- 1) In 2010, one waterweed and two macroalgae were newly found. Therefore 30 hydrophytes (17 waterweeds and 13 macroalgae) were observed in this project survey period from July 2007 to January 2011. The biomass and the number of species for hydrophytes in 2010 showed the maximum in September. The annual biomass of hydrophytes was increased in 2009 due to decrease of water level, and in 2010 also increased in spite of increase in water level. As an environmental factor, monthly turbidity measurements clarified that turbidity of Hirano Wando was higher than northern coast and southern coast through the year in 2010. The water temperature was high in 2010 than in 2009.
- 2) In vegetation area for experiments, biomass of *Myriophyllum spicatum* which grew naturally was more than 50% of whole water-plants. Therefore we could not estimate the effect of vegetated water-plants, such as *Vallisneria spiralis* and *Hydrilla verticillata*, for water purification.
- 3) Approximately 70% of *Unio douglasiae* bivalves survived during an experiment period in the lake. The weight of most survived bivalves increased 4-10%.

1. 緒言

特に生態系、景観の保全に配慮が必要な自然公園内の湖沼での水質管理に適した浄化システムを構築するために、水生植物及び貝類を用いた手法の検討を試みた。

2008年度には、浄化システムを構成するために必要な基礎データの収集を行なった。また湖底泥を焼成した基物を用いることで、水生植物を簡単に植栽できることを室内実験で確認し、焼成条件を確立した。一方、貝類を用いた水

質浄化能の室内実験では、二枚貝のろ過作用により濁度が低下することが確認された。

2009年度には、対象水域の特性をより明らかにするために生態系調査を継続して行なうとともに、現地での植栽、飼育実験を行なうなど、現地での応用を視野に入れた各実験を行なった。

水生植物調査では、沈水植物が11種（うち1種は交雑種）浮遊植物が1種、浮葉植物が2種、抽水植物が1種、アオミドロ属の一種、大型藻類が9種の計24種を確認するこ

とができ、9月に現存量が最大となった。コイを用いた食害実験からは、大型より小型のセキショウモの方が捕食されやすいことが示唆された。また現地植栽・飼育実験からセキショウモ及びタテボシガイを利用できる可能性が高いことが明らかとなった

本年度は山中湖での植栽及び飼育実験を中心に、次のサブテーマについて研究を実施した。

- ・湖内調査
 - 1) 水草・大型藻類とその生育環境の周年変化
 - 2) トラップ採取法およびタモ網採取法による水生生物調査
 - 3) 山中湖における貝類の生息分布調査
 - 4) 水草造成帯内外における生息生物調査
 - 5) 山中湖平野ワンド湖岸の漂着水草調査
- ・生物利用浄化法研究
 - 1) 山中湖での沈水植物の植栽及び二枚貝の飼育実験
 - 2) 植栽水域での水質浄化評価方法の検討
 - 3) 沈水植物の管理方法の検討
 - 4) セキショウモの栽培に及ぼすコイの影響
 - 5) 植生浄化モデルの構築
- ・バイオマスの有効利用方法の検討
 - 1) 生産バイオマス利用方法の検討

2. 調査・研究方法

2-1 湖内調査

2-1-1 水草・大型藻類とその生育環境の周年変化

山中湖に生育する水草・大型藻類の種組成と現存量の周年変化を明らかにするとともに、湖水環境、特に濁度と水温の周年変化を明らかにすることを目的として現地調査を行なった。

1) 山中湖に生育する水草・大型藻類の調査

2010年2月～2011年1月まで毎月1回(2月17日, 3月15日, 4月7日, 5月18日, 6月28日, 7月23日, 8月24日, 9月22日, 10月20日, 11月10日, 12月7日, 1月14日)行った。山中湖の3区域(北岸, 平野ワンド, 南岸)にそれぞれ3, 3, 5ヶ所の定点を設け, その計11定点で胴長を着用して水深70cm程度まで湖内に入り, ロープを付けた自作の採集器3種類を陸側を背に3回ずつ投げ入れ, 2種類の採集器は10m程度, 1種類の採集器は20m程度岸まで湖底を引き摺る方法で沈水植物と大型藻を採集した。また, 目視確認による徒手採集も随時行い, 採集器では得られない浮遊植物や浮葉植物なども採集した。採集物は定点毎に種類別に分けて湿重量を測定し, 2日程度室内で扇風機の風を当て予備乾燥させた後に紙に包んで乾燥機に入れ80°Cで48時間以上乾燥させ, 乾重量を測定した。また, 採集した植物の押し葉標本を作成した。

2) 山中湖の湖水環境調査

濁度, pHについては1)と同様に毎月1回, 湖内に設け

た11定点で胴長を着用して水深70cm程度まで湖内に入った所での表層水において行った。なお, 計器の都合により2月の濁度データが, また結氷により1月の一部の測点のデータが欠測である。水温については2008年9月に平野ワンドに設置した浮子(ブイ)と沈子(建材ブロック)に水温ロガーを取り付け, 数ヶ月毎にロガーを交換してデータを回収した。今回は2009年1月から2010年12月までの2年間のデータ解析を行った。なお, 浮子に付けたロガーは水深約30cmの表層の水温を, 沈子に付けたロガーは水深約2mの底層の水温を1時間間隔で測定した。さらに, 水生植物の分布に大きな影響を与えらるる山中湖の水位については山梨県県土整備部治水課がHP上で公開している過去の水位データ(http://www.pref.yamanashi.jp/chisui/113_006.html)を, 水位に関係する降水量については気象庁がHP上で公開している気象統計情報の過去の気象データ検索(<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>)による山中の降水量データを用いて解析した。

2-1-2 トラップ及びタモ網採取法による水生生物調査

平野ワンド部の水生生物の生息状況把握のため, トラップ採取法, タモ網採取法による魚類, エビ類, トンボ類ヤゴの生息調査を2010年6月から11月の6ヶ月にかけて毎月1回, 各月の中旬に行なった。

調査地としてワンド部北西岸のヨシ密生地を主要な調査地とし, 湖岸東から西のワンド奥部にかけて5調査区(調査区1から調査区5)を設定した。モンドリを用いたトラップ採取法では, ゴルフボール大の練り餌(容積比, サナギ粉:パン粉:小麦粉:イワシ魚粉:アミコマセ=10:8:2:1:1)をモンドリに入れ, 調査区ごとに1トラップを水深40cmの湖底に設置し, 1時間経過後にトラップを回収した。トラップ設置と回収は午前10時から正午12時にかけて行ない, 設置時には時刻, 気温, 水温を記録した。トラップ採取法による調査が終了した後, タモ網採取法による調査を, 調査区3から調査区5の湖岸部を中心にしながら, 3名で1時間実施した。

2-1-3 山中湖における貝類の生息分布調査

1998年夏期に発生したドブガイの大量斃死後の状況を明らかにすることを目的に, 貝桁網と採泥器を用いて貝類の生息分布調査を行った。

調査は2010(H22)年7月31日と10月28日に調査船を用いて, 湖岸9～11地点で貝桁網を実施した(図1)。採集時間は原則3分間とし, 船の速度は毎秒1mを目安とした。採集物は地点毎にビニール袋に入れて持ち帰り, 貝類の種類と湿重量, 殻長(カワニナ類は殻高)を測定した。また, 11月4日にはエクマンバージ採泥器を用いて, 湖岸13地点で底生生物を採集した。1地点あたり2回採集し, 目合い5mmのふるいで濾した後, 採集物の湿重量と個体数を計数した。また, 5mm以下のサンプルも全量あるいは一部, ローゼンガル入り10%ホルマリン液で固定した後,

実態顕微鏡下で観察した。

2-1-4 水草造成帯内外における生息生物調査

平野ワンドの水質浄化策として、セキショウモとクロモを使った水草帯の造成を行ったが、この造成した水域の内外における生息種の違いについて、異なった4種の漁具を用いて採捕し検討した。

調査は2010 (H22) 年9月8～10日, 10月18～19日の2

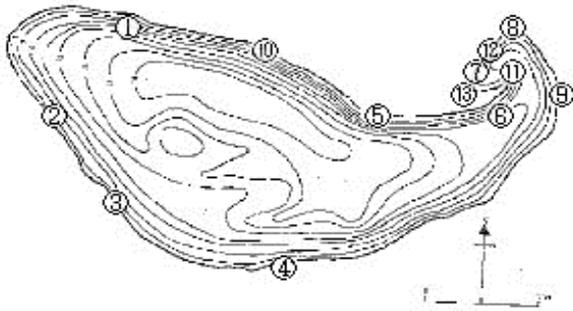


図1 位置図 (数字は採集地点を示す)



図2 漁具 (左からビンドウ, かご, エビカゴ, すくい網)

表1 設置漁具 (9/8, 9)

漁具	沖側 (区域外)	中央 (区域内)	岸側 (区域外)	合計
水深 (m)	1.5~2.2	0.9~1.3	0.5~1.2	
ビンドウ	2	3	3	8
かご	2	2	3	7
エビカゴ	5	5		10
計	9	10	6	25

表2 設置漁具 (10/19, 20)

漁具	沖側 (区域外)	中央 (区域内)	岸側 (区域外)	栈橋下 (区域外)	合計
水深 (m)	2.1~2.4	0.7~1.8	~1.2	~1.0	
ビンドウ	2	3	3	2	10
かご	3	3	3	2	11
エビカゴ	5	5			10
計	10	11	6	4	31



図3 St. 7の湖岸と栈橋

回, ワンド内St.7 (わかさぎや前) 付近において実施した。生息種の採捕は、ビンドウ, かご, エビカゴ, すくい網の4種の漁具を用いて行った (図2)。漁具の設置場所及びその数は表1, 2に示した。造成した水草帯の面積は30×30m (900m², 水深1.1~2.3m)で、5月21日から9月6日までの間に8回, セキショウモ399株 (葉長20~70cm) とクロモ72株 (葉長20~30cm) を移植した。その外の沖側と内の岸側, 栈橋下の4か所に調査区域を設けた。移植前の水域の水草はホザキノフサモが優占種で、セキショウモとクロモがわずかに混じる程度であった。漁具は船を用いて夕方湖底に設置し、翌朝取り上げた。餌は魚の切身, マス用配合飼料, コイ釣り用配合飼料を用いた。採捕した生物は10%ホルマリンで固定した後、後日一括して魚体測定した。

2-1-5 山中湖平野ワンド湖岸の漂着水草調査

前報では、コイの繁殖や摂餌行動に起因すると考えられるセキショウモの湖岸への打ち上げ現象について報告したが、今年度はワンド内において水草の打ち上げ量の季節変化について調査した。

2010年4月23日から2011年1月17日まで、10日に1回の頻度でSt.7の湖岸50m区間に打ち上げられた水草の種類、数量について調べた (図3)。このうち、セキショウモは根のある株の割合と最大葉長も併せて調べた。また、栈橋の先端 (水深1m) に自記水温計を設置して4月23日から12月1日まで1時間毎に連続測定した。

2-2 生物利用浄化法研究

2-2-1 山中湖での沈水植物植栽実験

沈水植物による物理的および化学的水質浄化効果を測定するために、平野ワンド内の西岸付近に30m×30mの範囲に沈水植物の植栽を行なった (図4)。昨年度の実験結果から植栽にはセキショウモとクロモを用い、湖の底泥を焼成した基物を用いて植栽した。

2-2-2 二枚貝の飼育による水質浄化実験

山中湖に適した水質管理法を提言することを目的とし、二枚貝の濾過摂食活動により、自然水系において透明度を上げる手法の確立を目指す。二枚貝は入水管から水中の微粒子を取り入れ、それを濾して食べる濾過摂食を行う。これを利用する方法は水質改善の手段とし

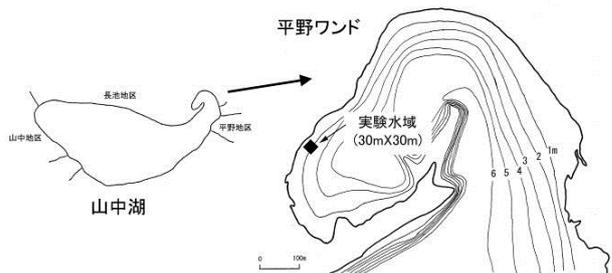


図4 植栽実験水域

て注目されているが、淡水二枚貝の浄化効率を科学的に検討した研究はこれまでにない。

これまでに室温条件で二枚貝の浄化効率を測定してきた。しかし、山中湖は冬季に凍結するほど寒冷であるため、本年度は低水温での水質浄化能力を水槽実験によって調べ、どの二枚貝が山中湖に適しているか検討した。また、水槽実験で使用した鮎物粒子カオリンの粒径が妥当であることを確認するため、湖水の懸濁粒子の粒径を調べた。さらに、水質浄化の指標としてカオリンに代わりクロレラを用いた実験を行った。生物を移入する際には種や、種内に明確に分けられる集団が存在する場合にはそれを記録しておく必要がある。そのため本研究で使った二枚貝のDNA解析による同定を行った。今回は、山中湖と河口湖のイシガイ様の小型二枚貝、山中湖の大型二枚貝の同定を行った。また、琵琶湖の二枚貝を試験的に山中湖に移入した際に、タテボシガイと形態学的に異なる二枚貝が混入しており、これらの個体についてもDNA解析による同定を行った。

その一方で、平野ワンド内の植栽実験水域内にメッシュパネルを用いた飼育網を設置し、昨年度の飼育実験で生存率が高かったタテボシガイを用いて水質浄化実験を行なった。

2-2-3 植栽水域での巻上げ抑制による水質浄化評価

水生植物利用の水質浄化実験ではメソコスム（水域の一部をシートで仕切った隔離水域）を用いて浄化効果を評価する方法が一般的であるが、本研究では湖を隔離せずに植栽を行い、透明度を浄化効果の主な指標として実験を行なっている。この方法はより自然に近い状態での浄化実験ができる反面、メソコスム実験に比して非植栽水域との差が明確に出ないことが予想されたため、測定頻度を高めるとともに、風による巻上げの影響を把握するために、照度測定ロガーを用いて水中照度の連続測定を行ない、浄化効果の評価への適用可能性を検討した。

照度ロガーの設置方法を図5に示した。水面のブイから50cmの水深に上部ロガーを懸架し、それよりさらに100cm下に下部ロガーを懸架した。次式により算出される上下の照度測定値の比を照度透過率とし、湖水の透明度（または透視度）に代わる指標として用いた。

$$\frac{\text{下部照度 (lux)} / \text{上部照度 (lux)} \times 100}{=} \text{照度透過率 (\%)}$$

水草の繁茂が認められた10月中旬から10分間隔で測定を開始し、設置後1～2週間でデータを回収するとともに、ロガー表面の付着物を取除き、再度測定を繰り返した。

2-2-4 沈水植物の刈取りによる水質浄化効果の検証

沈水植物には底泥の巻上げ抑制による、透明度の改善という物理的浄化効果のみならず、湖水からの栄養塩吸収による化学的浄化効果も期待される。

これらを検証するために、次の各実験を行なった。

1) 沈水植物体に含まれる窒素、りん含有量の測定

2) 沈水植物の刈取方法に関する検討

3) 沈水植物の刈取量の推定と窒素、りん除去量の推定

1) 沈水植物体に含まれる窒素、りん含有量の測定

山中湖で栽培したセキショウモとクロモを試験に供した。分析に先立ち、各水草を60℃にて十分に乾燥し、水分含有率を求めた。

a) 窒素含有率の測定

二村の迅速分析法に従い、乾燥した草体を適量分取し、ペルオキシ二硫酸カリウム分解－紫外線吸光度法を用いて測定を行なった。測定の詳細は工場排水試験方法 (K0102) によって行なった。

b) リン含有率の測定

衛生試験方法により、乾燥した草体を白金るつぼに入れて550℃で24時間灰化し、3N塩酸にて溶解したものの適量を、ペルオキシ二硫酸カリウム分解－吸光度法を用いて測定を行なった。測定の詳細は工場排水試験方法 (K0102) によって行なった。

2) 沈水植物の刈取り方法に関する検討

植物体を湖水の系外に取り出すことにより、窒素、りん等の富栄養化原因物質を除去することができるが、多年草である水草を根から完全に抜き取ってしまうと、再び植栽する必要があり、水草利用の効率が悪くなる。そこで成長した葉のみを刈取る方法を試みた。市販のエンジン刈払い機先端に、大型バリカンを取り付け、水面から50cm程度の深さで刈取りを試みた。使用した機器を次に示した。

マキタ エンジン刈払い機 MEM427

ニシガキ工業 L型バリカン500

3) 沈水植物の刈取量の推定と窒素、りん除去量の推定

植栽したセキショウモとクロモの現存量を調べるために、植栽区域内外で自作アンカーによる掻き取り試験を行なった。さらに、エクマンバジ採泥器（口径15cm×15cm）で10回引抜き試験を行い、採取量から水草の現存

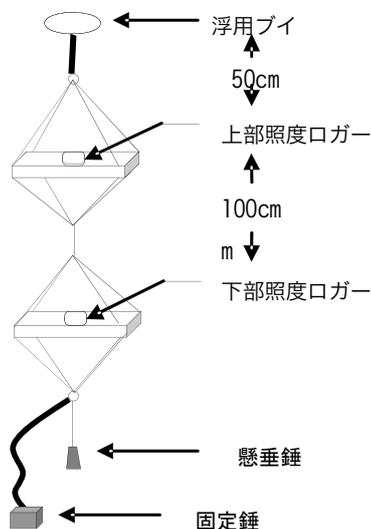


図5 照度ロガーの設置方法

量を推定した。また刈取りにより除去される窒素、リン量の推定を行なった。

2-2-5 セキショウモの栽培に及ぼすコイの影響

野外での水草の移植を前提に、直植え方式に代わり、吉澤らが開発した付着基材（焼成土）を用いて、昨年度に引き続きセキショウモの培養に及ぼすコイの影響について検討した。

実験期間は2010年5月31日から6月10日までの10日間で、山中湖産セキショウモを、屋外のFRP製角型水槽（270L）4基に、8株（平均葉長5.83cm）ずつ焼成土（但し4区は直植え）を用いて植えた（表3、図6）。焼成土は山中湖から採取した底泥を整形しマッフル炉で焼いたもので、平均の大きさは直径5.5cm、27.4gであった。中央部に直径1cmの穴を開け、ドーナツ状にしてあり、1株のセキショウモを穴に通して使用した（図7）。水槽には予め山中湖産砂礫土と黒土1袋（10kg）を入れ、地下水を注水し、水深を30cmにしてエアリフトで水槽内に水流をつけた。また、全長13.1cm（小型魚）と31.0cm（大型魚）の2種類のコイをそれぞれ10尾、1尾水槽に投入した。6月10日に取り上げし、コイの体重、尾数、消化管内容物、セキショウモの湿重量、株数について測定した。また、期間中2回、水質を測定するとともに、浮上したセキショウモの測定も行った。なお、コイは無給餌とした。

2-2-6 植生浄化モデルの構築

表3 試験区の設定

試験区	植栽方法	コイの収容
1	焼成土	なし
2	焼成土	小
3	焼成土	大
4	直植え	あなし

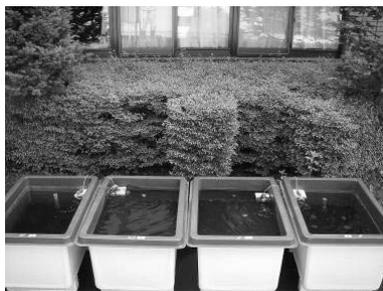


図6 屋外水槽の外観



図7 水中の水草と植栽基材の様子

植物を用いた水質浄化は、太陽エネルギーにより稼働し、植物による栄養塩吸収と根圏部に生息する微生物による酸化還元作用から、広く無機と有機の汚濁物質の除去に効果を示す手法である。植物の生育に伴いバイオマスの回収が必要となるが、バイオエタノールをはじめとする利用技術が急速に向上していることから、近年改めて注目されている。しかし、植物利用の浄化施設の計画、施設設計、維持管理を合理的に行うための知見が乏しく、現状では試行錯誤による経験に依存しており、このことが広く用いるための障壁の一つとなっている。そこで、本研究では浄化対象

水域の温度、光、水質などの環境条件から各種の植物が示す浄化効果を予測するためのモデルの構築を試みた。本年度は、昨年度までに構築した生育モデルに組み合わせて栄養塩吸収量を把握するための単位バイオマス中の栄養塩含有量推定モデルを、抽水植物について検討した。

各種栄養塩濃度条件下で供試植物（ヨシ、マコモ）を人工気象器を用いて栽培し、得られた植物バイオマスを分析することで水質濃度と単位バイオマス中の栄養塩含有量との関係を検討しモデル化した。これを昨年度までに検討した水生植物の生長モデル（ロジスティックモデルに光（steel式）、温度（Yin and colleagues式）、栄養塩類濃度（Michaelis-Menten式）の各環境要因項より構成）に組み合わせて、栄養塩吸収モデルを作成した。このモデルと気象並びに水質データから求めた栄養塩吸収固定量を、野外池で栽培した時の実測値と比較することで本モデルの有効性を評価した。

2-3 バイオマスの有効利用方法の検討

2-3-1 バイオマスの有効利用方法の検討

水質改善に用いる生物としては水草および二枚貝が想定されているが、そこで生産されるバイオマスをそのまま水中に放置しておいたのでは、さらなる水質汚染をもたらされてしまう。そこで、これらのバイオマスを適正に処理するために、生物を用いた水質浄化過程で生産されるバイオマスの有効利用法についての検討を継続した。本テーマでは、バイオマスの処理法として好気性発酵による堆肥化の可能性を探った（図8）。

3. 結果

3-1 湖内調査

3-1-1 水草・大型藻類とその生育環境の周年変化

1) 山中湖に生育する水草・大型藻類の調査



図8 バイオマス堆肥化フロー

表4. 山中湖で本調査期間中に確認された水草・大型藻類と月別の種数と、昨年までの本プロジェクト期間で確認された水草・大型藻類.

	2010年											2011年		本研究	2007年7月～ 2009年12月
	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月			
ホザキノフサモ	○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
クロモ				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
セキショウモ				○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
センニンモ					○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
オオササエビモ						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ホソバミズヒキモ					○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
エビモ×センニンモ						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
コカナダモ					○	○	○	○	○	○	○		○	○	○
ヒロハノエビモ						○	○	○	○	○	○		○	○	○
コオニビシ					○	○	○	○					○	○	○
エビモ						○	○	○		○			○	○	○
イトトリゲモ						○		○					○	○	○
コウキクサ							○	○	○			○	○	○	○
エゾヤナギモ								○		○			○	○	○
イチョウウキゴケ												○	○	◎	○
ヒルムシロ															○
ヘラオモダカ															○
オトメフラスコモ	○				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
アオミドロsp.	○			○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ヒメフラスコモ				○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
シャジクモ						○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
キヌフラスコモ								○	○	○	○	○	○	○	○
ヒビミドロsp.				○	○		○						○	◎	○
アミミドロ								○	○		○		○	○	○
サヤミドロsp.		○			○								○	○	○
ツルギミドロ				○									◎		○
カタシャジクモ															○
フタマタシオグサ															○
フジマリモ															○
ブルボケーテsp.															○
水草出現種数	1	1	0	3	6	10	12	13	10	11	10	5	15	16	16
大型藻出現種数	2	1	0	4	4	2	5	6	6	5	5	5	9	11	11
合計出現種数	3	2	0	7	10	12	17	19	16	16	15	10	24	27	27

○は生育が確認されたもの、◎は今回はじめて生育が確認されたもの

調査期間中にクロモ、ホザキノフサモ、ホソバミズヒキモ、センニンモ、セキショウモなど沈水植物を12種（うち1種は交雑種）、浮葉植物を1種（コオニビシ）、浮遊植物を2種（コウキクサ、イチョウウキゴケ）、オトメフラスコモ、シャジクモ、キヌフラスコモなど大型藻を9種の計24種を確認した（表4）。現存量（採集器による湖底1m当たりの採集量，乾重）は0 mg（4月）～315mg（9月）であり（図9），出現種数は0種（4月）～19種（水草13種，大型藻6種）（9月）で（表4），いずれも4月から9月にかけて徐々に増加し，その後減少した。調査期間中の毎月の現存量（湿重）を合計した年間の総現存量に占める優占種の割合はクロモが36%，ホザキノフサモ31%，ホソバミズヒキモ15%で，この3種で8割を超えた。

2) 山中湖の湖水環境調査

定点調査による調査期間中の濁度とpHの月平均値は2.43NTU（12月）～4.66NTU（4月），7.2（3月）～8.6（8月）であった。区域別で比較すると，午前10時までに測

定を終える北岸でpHはやや低い傾向を示し，濁度は平野ワンドで多くの月で最も高い値を示した（図10）。水温ロガーで測定した月平均水温は2009年には表層で2.4℃（1月）～25.2℃（8月），底層で3.6℃（1月）～24.4℃（8月），2010年には表層で3.2℃（2月）～26.9℃（8月），底層で4.1℃（2月）～25.7℃（8月）で，最高，最低は表層，底層ともに2010年の方が2009年より高かった

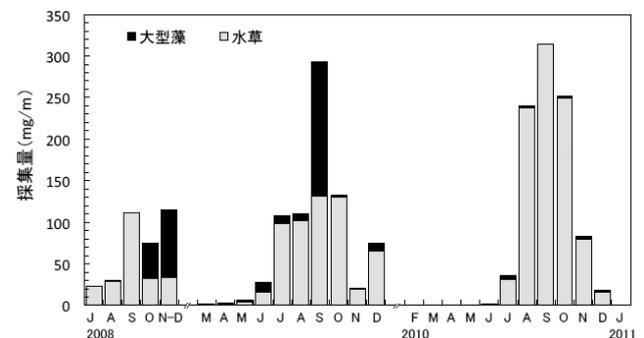


図9 山中湖における2008年7月～2011年1月までの水草・大型藻類の月別採集量の変化.

表5 山中湖平野ワンドにおける表層と底層の月平均水

	2009年												2010年											
	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
表層の月平均水温	2.4	5	7	12.2	16.5	20.4	23.1	25.2	22.1	17.1	12.1	6.9	3.5	3.2	7.1	10.2	15.6	20.6	25.2	26.9	24.8	18.3	12.2	7.7
標準偏差	1.3	1	1.5	2	1.8	1.9	1	1.1	1.4	1.8	1.5	2.1	0.6	1.4	1.7	1.4	1.6	2	2.1	1.3	2.7	1.9	1.5	1.7
1) 日最高水温の月平均	3.4	5.7	7.9	13.6	17.8	21.5	23.9	26.2	23	17.8	12.7	7.3	4.1	4	9.1	11.4	16.8	21.7	26.3	27.9	25.8	18.9	12.6	8.2
2) 日最低水温の月平均	1.6	4.4	6.2	11.1	15.4	19.4	22.4	24.3	21.3	16.4	11.6	6.5	2.9	2.4	5.8	9.2	14.7	19.6	24.2	26.1	24	17.8	11.9	7.4
1) -2)	1.8	1.3	1.6	2.5	2.4	2.1	1.5	1.8	1.7	1.4	1.1	0.9	1.1	1.5	3.3	2.2	2.1	2.2	2.1	1.8	1.7	1.1	0.8	0.9
底層の月平均水温	3.6	4.9	6.7	11.4	15.4	19.5	22.5	24.4	21.7	16.9	12	6.9	4.2	4.1	7.1	9.7	14.5	19.1	23.5	25.7	24.4	18.4	12.9	8.7
標準偏差	0.4	0.8	1.4	1.7	1.4	1.6	0.7	0.9	1.1	1.8	1.4	2	0.5	1.2	1.3	1.1	1.4	1.7	1.6	1	2.2	1.5	1.3	1.4
1) 日最高温度の月平均	4	5.3	7.3	12.1	16.1	20.1	22.9	25	22.1	17.3	12.4	7.3	4.7	4.8	8.1	10.4	15.1	19.6	24.1	26.1	24.8	18.6	13	8.8
2) 日最低温度の月平均	3.4	4.5	6.3	10.7	14.8	18.9	22.1	23.9	21.2	16.5	11.6	6.7	3.9	3.6	6.1	9	14.1	18.7	23	25.4	24	18.3	12.8	8.6
1) -2)	0.6	0.9	1	1.4	1.3	1.2	0.8	1	0.9	0.9	0.8	0.6	0.8	1.3	2.1	1.4	0.9	0.9	1.1	0.6	0.7	0.3	0.2	0.3

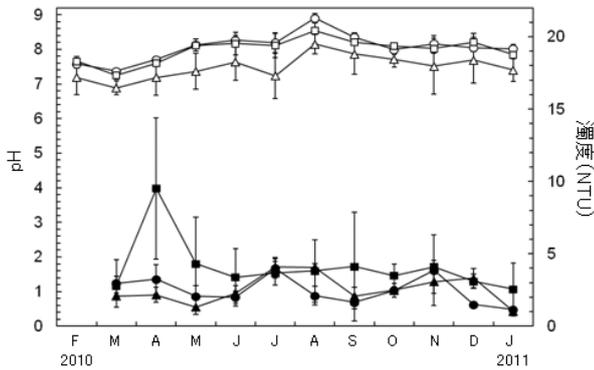


図10 山中湖における区域別の濁度とpHの周年変化。(四角は平野ワンド、三角は北岸、丸は南岸、中実は濁度、中空はpH)

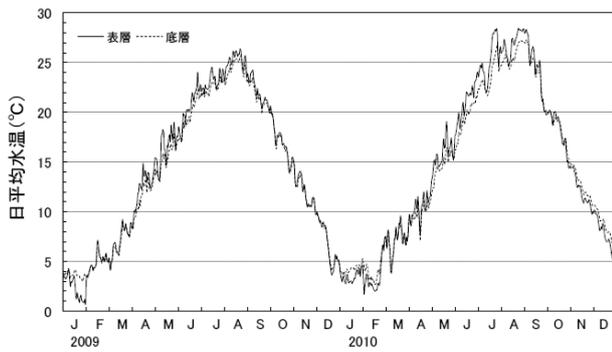


図11 山中湖平野ワンドにおける2009～2010年の日平均水温の変化

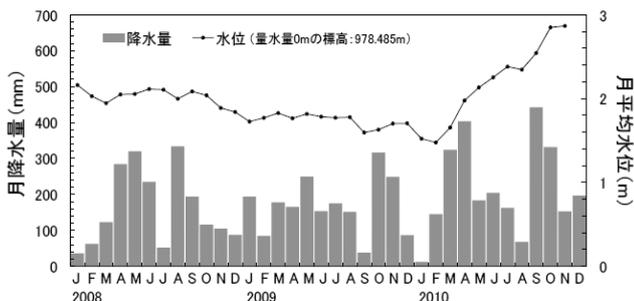


図12 山中湖における2008年1月～2010年11月までの水位と降水量の変動

表6 トラップ採取法による魚類の月別採取個体数

		6月	7月	8月	9月	10月	11月	計
タモロコ	調査区1			18	3		1	22
	調査区2		7	5	57			69
	調査区3				31			31
	調査区4		6		7			13
	調査区5		4	1				7
計		0	17	24	98	2	1	142
モツゴ	調査区3	2						2
	調査区4		1					1
	調査区5		1					1
計	2	2	0	0	0	0	0	4
ヌマチチ	調査区1			1				1
	計	0	0	1	0	0	0	0
種数		1	2	2	1	1	1	3
個体数合計		2	19	25	98	3	1	147

採取は毎月調査区1から調査区5までなされたが、採取があった調査区のみを示す。

(表5) . また、特に夏季の日平均水温は2010年の方が表層、底層ともに顕著に高かった(図11) . いずれの年も底層では表層に比べ1日の水温変化が少なく、したがって底層水温の日平均値、月平均値はともに表層のそれよりも冬季ではやや高く、夏季にはやや低いという様に温度変化の幅が小さかった(表5) . 水位は2008年から2009年にかけては徐々に減少したが、2010年には11月にかけて大きく上昇した(図12) . また降水量も2010年は2008～2009年に比べ増大していた。

3-1-2 トラップ及びタモ網採取法による水生生物調査

1) トラップ採取法による調査結果

トラップ採取法では、魚類のみ、2科3種147個体を採取した(表6) . このうち採取個体数の多い魚種はタモロコで、採取個体数全体の96.6%を占め、モツゴ、ヌマチチブはそれぞれ2.7%、0.6%を占めた . 調査区ごとにデータをプール化して比較した場合、調査区1、調査区2、調査区3、調査区4、調査区5では、それぞれ種数は、2種、1種、2種、2種、2種、個体数は23個体、69個体、33個体、14個体、8個体を示し、種数の多い調査区は特定できず、個体数の多い地点は調査区2となった . 月ごとにデータをプール化した場合、種数は6月から11月にかけて1種、2種、2種、1種、1種、1種と大きな相違はなく、個体数は2個体、19個体、25個体、98個体、3個体、1個体を示し、最も多くの個体を9月に採取した。

表7 タモ網採取法による魚類、ヤゴ類とエビ類の月別採取個体数

	6月	7月	8月	9月	10月	11月	計
魚類							
ヌマチチブ	2	8	14	7	35	37	103
ギンブナ		55	11				66
ドジョウ	1	3	2	2	3	2	13
タモロコ	1	4	3		1	1	10
オオクチバス		2	4	3			9
モツゴ	3			1		2	6
ヨシノボリ	1	2		1			4
ブルーギル				1		1	2
コイ					1		1
種数合計	5	6	5	6	4	5	9
個体数合計	8	74	34	15	40	43	214
ヤゴ類							
クロイトトンボ	4	11	72		9	53	149
コフキトンボ	6	6	3	27	30		72
ギンヤンマ			11	7	8	29	55
シオカラトンボ		1	2	19	3	12	36
オオヤマトンボ			2		1	1	4
ウチワヤンマ			1	1			2
ホンサナエ		1					1
種数合計	2	4	6	4	4	3	7
個体数合計	10	19	91	54	51	95	319
エビ類							
テナガエビ	25	11	2	0	24	28	90

2) タモ網採取法による調査結果

タモ網採取法では、魚類、エビ類、トンボ類ヤゴを採取した(表7)。うち魚類では4科9種214個体を採取した。全体では、採取個体数の多い魚種はヌマチチブ、ギンブナで、それぞれ採取個体数全体の48.1%、30.8%を占

め、ドジョウ、タモロコ、オオクチバスが6.1%、4.7%、4.2%と続き、他の4種(モツゴ、ヨシノボリ、ブルーギル、コイ)は9個体以下であった。毎月のデータを比較した場合、6月から11月では、種数は、5種、6種、5種、6種、4種、5種、個体数は8個体、74個体、34個体、15個体、40個体、43個体を示し、採取種数は4種から6種であったが7月と9月に高く、採取個体数は7月、11月に多かった。エビ類については、テナガエビのみ1種、計90個体を採取し、採取個体数は6月、10月と11月に多かった。トンボ類ヤゴについては、5科7種90個体を採取した。データをプール化したとき、月毎の種数は1種から6種、8月に多くの種類を採取し、月毎の採取個体数は8月と11月に多くの個体を採取した。このうち採取個体数が多い種はクロイトトンボの149個体で全体の47%を占めた。

3-1-3 山中湖における貝類の生息分布調査

1) 7月31日の調査

貝桁網は、底質が砂礫の場合3分間の設定時間どおり曳けたが、泥質の場合はうまく曳けず、途中で中止した。生貝が採集された地点はSt.3,5の2地点で、他地点では採集されなかった。生貝はカワニナ類3個体とタテボシガイ6個体の2種9個体で、その大きさは、カワニナは3cm前後、タテボシガイは5~6cmであった(表8)。タテボシガイは南岸のSt.3のみで、カワニナ類は北岸のSt.5のみで

表8 貝類の採集結果(7月) 単位:g

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6	St.7	St.8	St.9	St.3②	St.3③	合計	割合(%)
地先	長池	一ノ橋	二ノ橋	京王の浜	ママの森	岬キャンプ場	わかさぎや前	赤芝荘前	東電沖	二ノ橋	二ノ橋		
水深(m)	11.4	4.5	4.8	10.6	3.8	7.3	3.8	5.2	4.8	1.8	3.8		
曳航方向(岸に)	垂直	平行	平行	平行	平行	平行	平行	平行	平行	平行	平行		
離岸距離(m)	240	135	300	160	120	72	40	132	108	132	177		
採集時間(分)	3	3	3	3	3	1	1	2	3	3	7.5		
貝類採集	無	無	有	無	有	有	無	無	無	無	有		
底質	泥	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	泥	泥	泥	砂礫	砂礫	砂礫		
水草の混獲	無	多	少	少	少	多	無	無	無	少	多		
カワニナ生貝					8.6							8.6	1.5
イシガイ生貝			130.2									130.2	22.9
シジミ死貝(殻)			72.4		279.6	6.0					23.0	381.0	67.0
カラスガイ死貝(殻)			7.4		30.1							37.5	6.6
カワニナ類死貝(殻)			3.2		8.3							11.5	2.0
合計			213.2		326.6	6.0					23.0	568.8	100.0
コケムシ類			○										

表9 貝類の採集結果(10月) 単位:g または個体

	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.6-1	St.6-2	St.9	St.10	St.11	合計	割合(%)
地先	長池	一ノ橋	二ノ橋	京王の浜	ママの森	岬(南)	岬(南)	東電沖	親水公園	岬(北)		
水深(m)	3.7	6	4.2	11	2	7.3	3.1	10.7	3.8	4.5		
曳航方向(岸に)	平行	平行	平行	平行	平行	平行	平行	平行	平行	平行		
採集時間(分)	3	3	3	3	3	3	1.5	0.5	3	3		
貝類採集	有	有	有	有	有	有	有	有	有	無		
底質	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫	砂礫		
水草の混獲	多	多	多	少	多	少	少	無	多	少		
カワニナ生貝					12.6						12.6	0.9
イシガイ生貝	1.2										1.2	0.1
カラスガイ生貝	418.9							513.8			932.7	66.5
シジミ死貝(殻)	3.4	128.8	0.8	29.5	2.0	3.6			127.2		295.3	21.0
カラスガイ死貝(殻)			2.9								2.9	0.2
ドブガイ死貝(殻)	95.2	23.2		26.2		8.9	4.2				157.7	11.2
カワニナ類死貝(殻)				1.2							1.2	0.1
合計	518.7	152.0	3.7	56.9	14.6	12.5	4.2	513.8	127.2	0	1,403.6	100.0
テナガエビ	1				1						2	
ヌマチチブ					4						4	
淡水カイメン		○	○									
コケムシ類						1			2		3	

※貝類以外は個体数を示す。○印は有無を示す。

表10 貝類の採集結果 (11月) 単位: g または個体

	St. 1	St. 1	St. 2	St. 2	St. 3	St. 3	St. 4	St. 4	St. 5	St. 5	St. 6	St. 6	St. 7
地先名	長池	長池	一ノ橋	一ノ橋	二ノ橋	二ノ橋	京王の浜	京王の浜	ママの森	ママの森	岬 (南)	岬 (南)	わかさぎや前
採集水深 (m)	2	6	2	5	2	5	2	5.7	2.5	6	2	6.7	2
底質	細砂	細砂	細砂	中礫	細礫	中礫	細砂	中礫	中礫	粗礫	中礫	中礫	シルト
水草の混獲	有	無	無	有	無	無	無	無	有	無	無	無	無
タイワンシジミ生貝													0.1
モノアラガイ生貝													
シジミ死貝 (殻)				2.5		2.3			0.3		0.3	5.5	
カワナ類死貝 (殻)								0.5				0.1	
合計	0	0	0	2.5	0	2.3	0	0.5	0.3	0	0.3	5.7	0
ヒラマキガイ生貝													
二枚貝仔貝						1個							

	St. 7	St. 8	St. 8	St. 9	St. 9	St. 10	St. 10	St. 11	St. 11	St. 12	St. 13	St. 13	合計	割合 (%)
わかさぎや前	4	2	5	2	5	2	5.2	2	5	わかさぎや東	2	1.5	0.1	0.4
シルト	有	無	無	有	無	無	有	無	無	無	有	無	0.1	0.4
			1.1				4.2						16.2	63.0
			1.0		1.4		0.1			3.0	3.2		9.3	36.2
0	0	2.1	0	1.4	0	4.4	0	0	3.0	3.2	0	25.7	100.0	
	1個							2個					3個体	
													1個体	

表11 採捕した生物 (9/8, 10)

種名	沖側 (区域外)	中央 (区域内)	岸側 (区域外)	合計 (尾)
タモロコ	26	56	40	122
コイ	3	1	1	5
モツゴ			1	1
ヌマチチブ			1	1
テナガエビ	3	2	1	6
合計	32	59	44	135
比率 (%)	23.7	43.7	32.6	100.0

表12 採捕した生物 (10/19, 20)

漁具	沖側 (区域外)	中央 (区域外)	岸側 (区域外)	棧橋下 (区域外)	合計
タモロコ			1		1
モツゴ			2		2
ヌマチチブ				1	1
ブルーギル		1			1
テナガエビ	1				1
合計	1	1	3	1	6

採集された。生貝・死貝を合わせた湿重量では、セタシジミ死貝が67%と最も多かった。

2) 10月28日の調査

生貝が採集された地点はSt. 1, 5, 9の3地点で、他地点では採集されなかった。生貝はタテボシガイ1個体、カワナ類6個体、カラスガイ2個体の3種9個体で、その大きさは、タテボシガイは1.8cm、カワナ類は2~3.6cm、カラスガイは16~19cmであった (表9)。タテボシガイはSt. 1のみで、カワナ類はSt. 5のみで、カラスガイはSt. 1, 9で採集された。生貝・死貝を合わせた湿重量では、カラスガイ生貝が67%と最も多かった。

3) 11月4日の調査

5mm以上の大型サンプルでは、生貝が採集された地点はSt. 6, 10の2地点で、他地点では採集されなかった。生貝はタイワンシジミ1個体とモノアラガイ1個体の計2種2個

体であった (表10)。その大きさはタイワンシジミ9.6mm、モノアラガイ3.8mmであった。タイワンシジミは北岸のSt. 6で、モノアラガイは北岸のSt. 10で採集された。生貝・死貝を合わせた湿重量では、セタシジミ死貝が63%と最も多かった。5mm以下の小型サンプルでは、ワンド内のSt. 8, 11でヒラマキガイ、南岸のSt. 3で二枚貝仔貝 (種不明) が採集された。

4) その他の貝類

平野ワンド (St. 7) において貝採りジョレンでタテボシガイ、マルタニシ、ドブガイが採集された。採集は行わなかったが、ワンド内奥部の湖岸にはヒメタニシが広く分布していた。

3-1-4 水草造成帯内外における生息生物調査

1) 1回目採捕

9月8, 10日の採捕種は、タモロコ、コイ、モツゴ、ヌマチチブとテナガエビの計5種135尾であった (表11)。優占種はいずれの区域でもタモロコであった。沖側で採捕されたタモロコは、区域内や岸側の個体より有意に大きかった。

2) 2回目採捕

10月19, 20日の採捕種は、タモロコ、モツゴ、ヌマチチブ、ブルーギルとテナガエビの計5種6尾であった (表12)。優占種は採捕尾数が少なく判断できなかった。入網した漁具はビンドウのみで、カゴ、エビカゴには入らなかった。前回の採捕以降降水量が多かったため、水位が60cm以上上昇し、陸上の面積が著しく減少していた。

3-1-5 山中湖平野ワンド湖岸の漂着水草調査

50m区間の湖岸に打ち上げられた水草の年間総湿重量は118kgであった。種類はホザキノフサモ、セキシウモ、ホソバミズヒキモ、オオササエビモ、クロモ、センニン

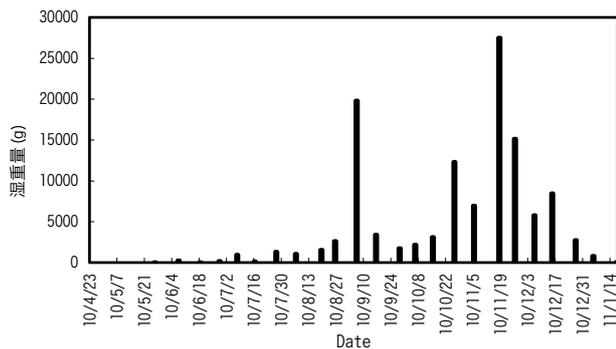


図13 漂着水草の重量の経日変化



図14 セキショウモ優占(11/18)

表13 漂着水草調査結果

調査日	4月23日	5月6日	5月15日	5月26日	6月7日	6月18日	6月28日	7月7日	7月16日	7月27日
天候	小雨	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	曇り	晴れ	雨	晴れ	曇り
水温 (°C)	10.4	19.8	15.3	18.8	21.3	23.2	25.6	25.0	23.8	29.5
ホザキノフサモ	1.6	0.15	3.2	4.4	167.0	20.1	164.9	653.9	132.3	800.4
セキショウモ			0.2	0.55	47.9	0.14	17.0	89.3	3.0	97.8
ホソバミズヒキモ							4.5	64.6	0.9	289.9
クロモ							0.8	25.8	0.5	22.7
オオササエビモ								92.2		45.4
センニンモ										
コオニビシ				8.5	39.3		7.2	15.3	1.1	40.4
合計	1.6	0.15	3.4	13.45	254.2	20.24	194.4	941.1	137.8	1,296.6
セキショウモ根割合 (%)			100	100	100	100	64.1	100	100	31.8

8月6日	8月19日	8月26日	9月6日	9月16日	9月28日	10月6日	10月15日	10月26日	11月5日
晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	雨	曇り	晴れ	曇り	曇り	曇り
29.5	27.2	28.7	29.1	24.0	20.4	20.5	19.8	17.3	15.6
815.2	1,286.6	1,964.8	15,770.0	2,066.5	1,385.3	1,622.5	1,839.8	5,416.0	3,065.3
95.8	110.5	318.4	1,344.0	1,177.0	296.0	423.0	1,129.8	2,166.5	310.5
106	74.3	268.7	2,209.0	32.0	47.5	43.8	35.8	4,548.5	0.3
8.4	9.9	27.7	135.5	47.3	5.3	47.8	53.3	142.5	3,540.5
19.5	29.2	16.9	288.0	29.3	8.0	28.3	39.8	0.5	48.5
		8.3	30.5				10.5	32.0	1.8
7.3	38.5	16.5	42.5	60.8	0.3				
1,052.2	1,549.0	2,621.3	19,819.5	3,412.9	1,742.3	2,165.3	3,108.8	12,306.0	6,966.8
38.0	15.3	12.5	4.0	1.6	1.4	1.3	0.0	0.6	5.7

11月18日	11月26日	12月6日	12月15日	12月27日	1月5日	1月17日	合計	出現頻度
曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ		
11.3	11.3	10	9.2	6.6	4.3	3.2		
8,910.0	4,355.0	3511.8	4,793.5	2,677.0	664.0	49.5	62,140.6	52.6
18,530.0	10,777.0	2265.3	3,634.0	55.0	124.4	1	43,014.1	36.4
							7,725.7	6.5
47.0	1.0		20.5				4,136.4	3.5
	21.0	4.8	6.8			3.5	681.6	0.6
5.0		1.5	1.5	11.3	10.2		112.6	0.1
		4.8					282.5	0.2
27,492.0	15,154.0	5,788.2	8,456.3	2,743.3	798.6	54.0	118,093.2	100.0
0.5	1.2	0.4	1.2	0.0	0.0	0.0		

モ、コオニビシの7種で、優占種はホザキノフサモ (52%)、次いでセキショウモ (36%) であった (表13)。吉澤らはワンド内の水草調査で8種の生息を確認しているが、本調査の7種とは一致していた。打ち上げ量は年間を通して11月18日が最も多かった (図13, 14)。

3-2 生物利用浄化法研究

3-2-1 山中湖での沈水植物植栽実験

沈水植物の植栽は、2010年5月21日から9月6日までの間で8回に分けて行い、セキショウモを399株、クロモを83

株植えた。9月中旬には、水面からの目視及び水中カメラの映像から、植栽水域内でセキショウモのパッチ状の群落をいくつか確認することができたが (図15)、クロモについては視認することができなかった。

植栽による水質浄化効果を測定するために、植栽水域外に水深の異なる2地点 (St.1, St.2) を、水域内に1地点 (St.3) を設定し、透明度や栄養塩類の測定を行なった (図16)。

透明度の測定結果を表14に示したが、7月16日のSt.1を除き、全て湖底まで透明度板が見える全透の状態にな

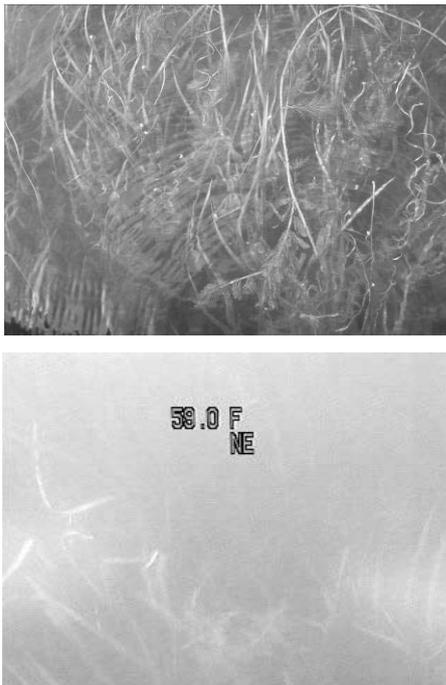


図15 植栽水域内沈水植物群落
(上：湖水面, 下：湖底面)

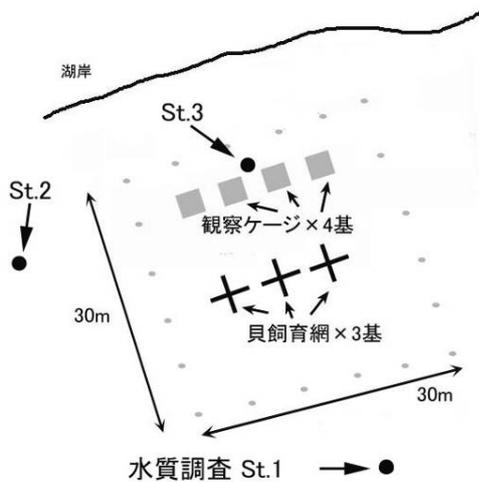


図16 植栽水域での水質調査地点図
(植栽水域外：St. 1, 2 植栽水域内St. 3)

表14 植栽実験水域内外での透明度測定結果 単位：m

	H22.6.22	H22.7.6	H22.7.16	H22.9.30	H22.12.17	H23.1.6
St. 1	2.3(全透)	2.3(全透)	1.8	3.1(全透)	3.0(全透)	3.5(全透)
St. 2	1.1(全透)	1.0(全透)	1.5(全透)	2.2(全透)	1.5(全透)	1.7(全透)
St. 3	1.3(全透)	1.2(全透)	1.4(全透)	2.3(全透)	1.8(全透)	1.7(全透)

り、測定地点差の比較ができなかった。

また同時に全窒素、全りん濃度と、CODを測定した。その結果を図17～19に示した。これらの図から各測定値に地点間の差は認められず、水質浄化効果を確認することはできなかった。

3-2-2 二枚貝の飼育による水質浄化実験

水槽実験：低水温条件下（10℃）での結果から、河口湖タテボシガイが水質浄化に最も有効であることがわかった。しかし、湖水の懸濁粒子の粒径の分布や二枚貝の外套膜、鰓の構造の違いから、実際に山中湖に移入する際は数種の二枚貝を用いた方がよいと考える。山中湖では水深1～3mにおいて年間を通して粒径4μm以下の懸濁粒子が大多数を占めており、本研究で使用したカオリンの粒径は湖水の懸濁粒子の粒径を反映していた。カオリンの代わりにクロレラを用いた場合、湿重量当たりの浄化効率、ヨコハマシジラガイ、河口湖タテボシガイが高かった。

二枚貝類の同定：山中湖、河口湖の小型二枚貝はイシガイに近縁だが独立した単系統群を形成した。山中湖の

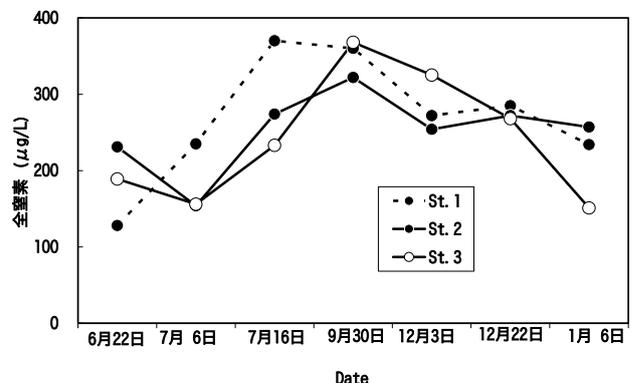


図17 植栽水域内外での水質測定結果（全窒素）

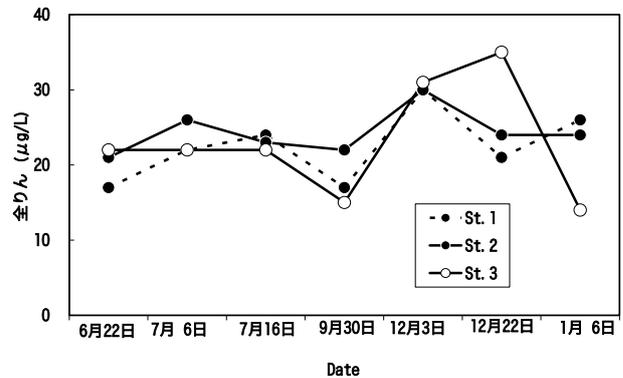


図18 植栽水域内外での水質測定結果（全りん）

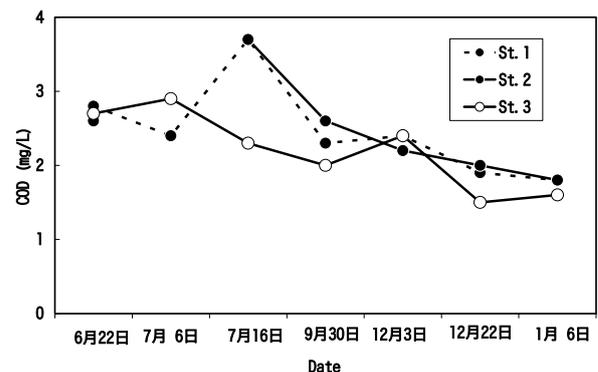


図19 植栽水域内外での水質測定結果（COD）



図20 二枚貝飼育用メッシュ

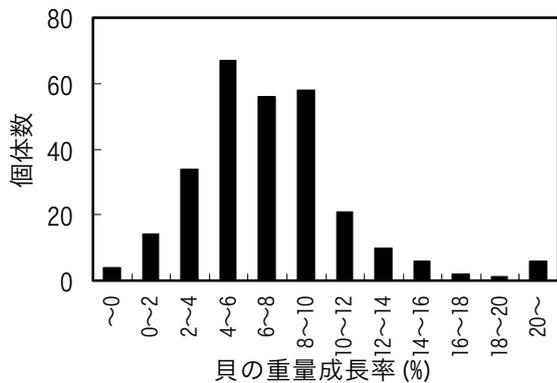


図21 飼育実験での貝の重量成長率のヒストグラム

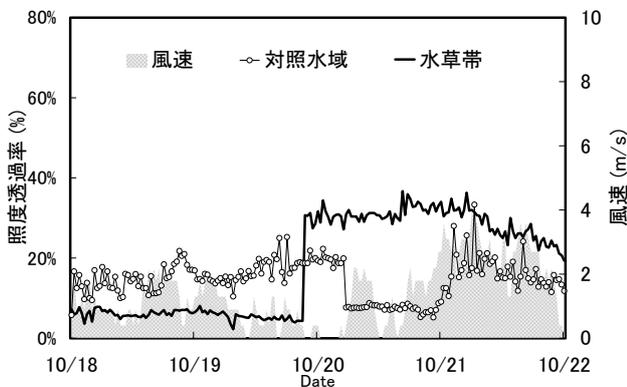


図22 水草繁茂期の照度透過率

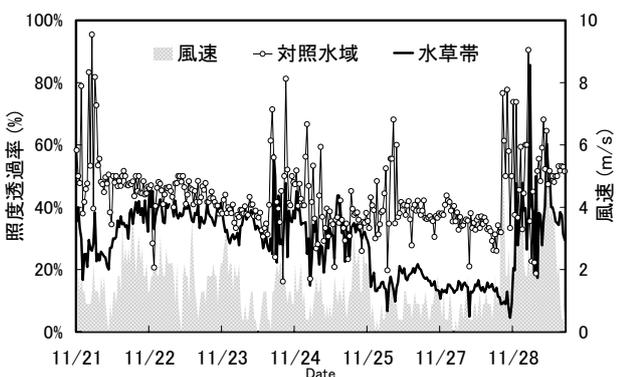


図23 水草衰退期の照度透過率

大型二枚貝はカラスガイであることがわかった。山中湖に試験的に二枚貝を移入した際にみられた、タテボシガイと形態学的に異なる二枚貝は、トンガリササノハガイと近縁な単系統群を形成した。

一方、山中湖での飼育実験は2010年5月10日から2011年3月10日の10ヶ月間行なった。図20に示したとおり、十字型に組んだメッシュポケットの中にタテボシガイ402個体を数個体ずつ入れ、浮ブイに垂直懸架して飼育を行なった。

実験期間中のタテボシガイの生存率は約70%であり、そのほとんどで重量増加が認められた。重量の増加率を図21に示したが、4~10%の成長率を示した貝が多かった。

3-2-3 植栽水域での巻上げ抑制による水質浄化評価

ロガーへの付着物による影響を避けるため、設置後1週間の照度データのみ用いるとともに、太陽光の入射角度が低くなる朝夕のデータを除外し、9時から16時までの数値を比較に用いた。水草の繁茂期と衰退期の水草帯と外部（対照水域と表記）のそれぞれの透過率を風速とともに図22、23に示した。

繁茂期では水草帯の透過率が対照水域より高かったが、前半（10/18~10/20）では水草帯の透過率が非常に低かった。これは繁茂する水草により光が遮られたものと考えられた。今後ロガーの周囲のみ水草を刈り取るか、メッシュ等で囲うなどして水草の影響を排除できれば、安定したデータ収集が可能と考えられ、水質（透明度）の比較に用いることができると思われた。一方、水草衰退期では両測定点での差が見られず、外部の透過率が高い期間もあった（11/25~11/28）。ただし風速が高くなると透過率の振幅が大きくなった。これは底泥の巻上げなどによる攪乱も考えられたが、特に上部ロガー面の角度が風波により乱れた影響が大きかったとも考えられ、懸垂錘の重量を増すなどして、測定面の安定性を改良する必要があった。

3-2-4 沈水植物の刈取りによる水質浄化効果の検証

1) 沈水植物体に含まれる窒素、りん含有率の測定

セキショウモ及びクロモの含水率は、それぞれ96%、93%であった。

a) 窒素含有率の測定

セキショウモを1.8mg-dry, 5.4mg-dry, クロモは3.0mg-dry, 6.0mg-dryを分析に供した。その結果セキショウモについては窒素含有率が3.1~3.8%, クロモについては3.3~3.4%となった。大阪大学の資料によれば沈水植物のフサモで4.8%, コカナダモで4.4%となっており、それらよりはやや低い値であったが、抽水植物のセリや浮葉植物のホテイアオイでは3.3%とされており、本測定値を用いても問題ないと思われた。

b) りん含有率の測定

セキショウモを201mg-dry, クロモは151mg-dryを分析

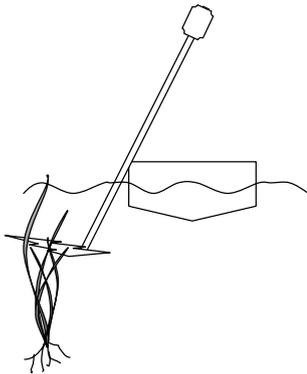


図24 沈水植物刈取り方法

表15 エクマンバージ採泥器による水草採取結果

沈水植物	湿重量(g)	乾重量(g)	現存割合(湿重量%)
ホザキノフサモ	116	7.9	54
セキショウモ	62.2	4.3	29
クロモ	3.8	0.27	1.8
エビモ	29.3	1.8	14
ホンバミズヒキモ	2.4	0.28	1.1

表16 実験水域内水草推定現存量と窒素・りん量

実験水域内の推定現存量(kg)	50%刈取り時の乾重量(kg)	窒素除去量(kg)	りん除去量(kg)
460	15.7	0.52	0.17
250	8.6	0.29	0.10
15	0.5	0.02	0.01
120	3.7	0.12	0.04
10	0.6	0.02	0.01

表17 実験水域内外の水草掻き取り量

採取地点		ホザキノフサモ(g)	セキショウモ(g)
実験水域外	St. 1	460	-
	St. 2	180	-
	St. 3	760	-
実験水域内	St. 1	1100	110
	St. 2	1000	99

表18 セキショウモの浮上数

調査日	経過日数	1区	2区	3区	4区
6月1日	1		1		
6月4日	4		1		
6月7日	7		4		
合計		0	6	0	0
取上数		8	0	5	8
不明数		0	2	3	0
活着率(%)		100	0	62.5	100

に供した。その結果セキショウモについてはりん含有率が1.0~1.1%、クロモについては1.2%となった。大阪大学の資料によれば沈水植物のフサモで2.0%、コカナダモで1.1%となっており、概ね一致すると思われた。

2) 沈水植物の刈取り方法に関する検討

2010年11月9日に実験水域で刈取り試験を行なった。すでに沈水植物の繁茂期は終了していたため、抽水植物であるヨシを刈取り対象とした。船の側面から水面下にバリカンを入れて刈取ったが、問題なく作業を行なうことができ、刈取った葉はタモ網などですくい取ることで回収すれば、実際に使用できると考えられた(図24)。

3) 沈水植物の刈取量の推定と窒素、リン除去量の推定

エクマンバージ採泥器を用いた定量的な沈水植物の採取を2010年11月9日に行った。10回採取した結果を表15に示した。湿重量の割合では、実験水域に自生したホザキノフサモが50%以上を占め、ついでセキショウモが30%程度となっていた。採取面積と植栽水域の面積比から、水域内の沈水植物量を求めると、850kg程度と推定された。

田中からは沈水植物の刈取り法として、草体の50%(根元から50%を残す)、および90%での刈取りによる植物体への影響を検討している。その中では50%を刈取っても、その後の成長に支障がないと報告している。

仮に50%の長さで刈取りを行なった場合、先に求めた窒素含有率(3.3% dry weight)とりん含有率(1.1% dry weight)を用いると、実験水域内でおよそ0.9kgの窒素と0.3kgのりんを系外に取り出すことができると試算された(表16)。

これとは別に実験水域の内側2地点、外側3地点で各3回ずつ自作アンカーで採取実験を行なったところ、表17に示したとおり、外側では自生種のホザキノフサモのみ採取されたが、実験水域内では湿重量で約10%の割合でセキショウモが採取され、植栽の効果がある程度認められた。

3-2-5 セキショウモの栽培に及ぼすコイの影響

期間中の水温は11.6~19.3°C(平均13.1)であった。水質測定結果によると、コイを収容した水槽(2区、3区)では、直後から粒子の細かい黒土の影響により水槽内が濁り、透視度は4~8cmと著しく低下した。一方、収容しなかった1区、4区は30cm以上と高く透明であった。全体的には、飼育期間が10日間と短く、コイも無給餌であったため、透視度以外の水質項目に大きな違いはなかった。

セキショウモの活着率は1,4区100%、2区0%、3区62.5%と、コイを収容しない区の方が高かった。小型コイを収容した2区では8株中6株が浮上し、2株が不明であった(表18)。浮上した5株は葉の先端が捕食された様相を呈していた。大型コイを収容した3区では浮上はなかったが、取り上げ時には3株が不明であり、葉も収容時の半分

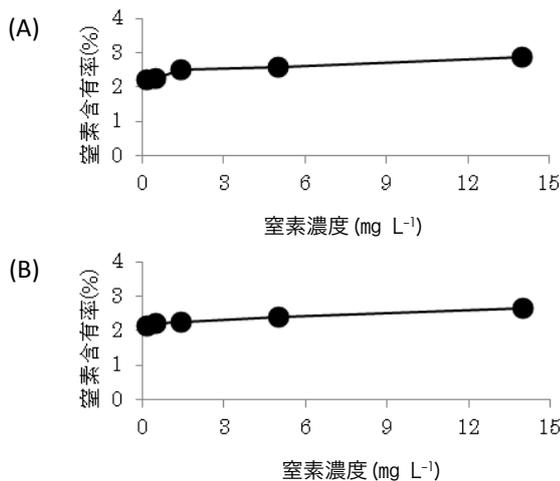


図25-a 全窒素濃度含有量の関係
(A) : ヨシ (B) : マコモ

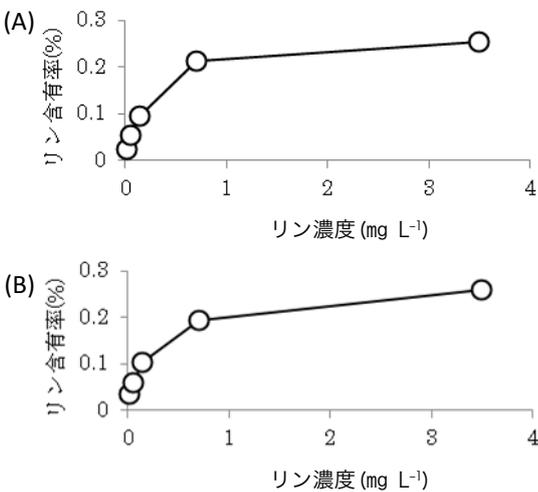


図25-b 全りん濃度含有量の関係
(A) : ヨシ (B) : マコモ

の大きさとなっていた。浮上は毎日確認したため、両区の不明株はいずれもコイの捕食によるものであり、浮上率の差から小型コイの方がより多く捕食したものと考えられた。1,4区のセキショウモは収容時より明らかに成長しており、両区の大きさには有意差がなかった。付着基材とした焼成土は、活着率や成長からみてセキショウモの培養に有効であることが判明した。

最終日のコイの生残率は各区とも100%であった。コイは無給餌のため両区とも平均体重はやや減少したが、平均肥満度は有意に低下していた。最終日のコイの消化管内容物は2区、4区とも空で、セキショウモは直接確認できなかった。

3-2-6 植生浄化モデルの構築

1) 植物体中栄養塩含有量と栽培液中濃度との関係

人工気象器内で栽培した際に得られたヨシとマコモ植物体の窒素及びリン含有量(乾燥重量比)と栽培水中の濃度との関係を図25-a・bに示した。いずれの植物においても栄養塩含有量は、栽培液中の栄養塩濃度に依存し、

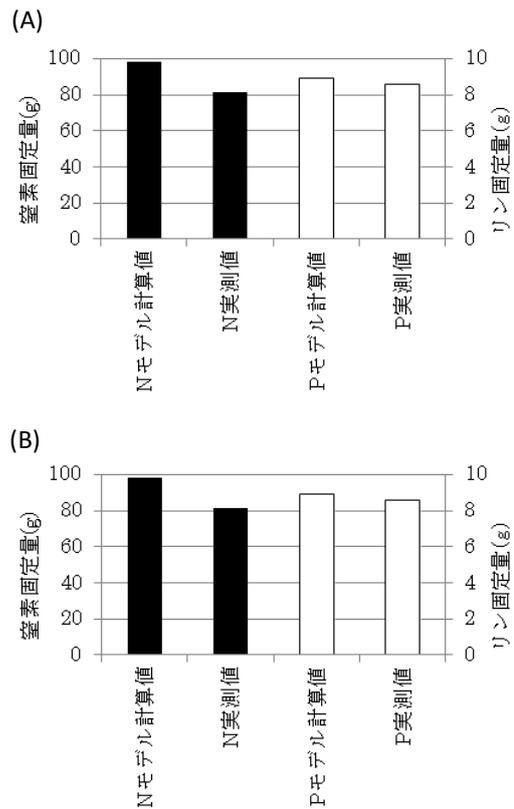


図26 野外池における栄養塩固定量モデル計算値と実測値の比較 (A) : ヨシ, (B) : マコモ

特にリン含有量は栽培液濃度により大きく変化していた。これより、両者の間にMichaelis - Menten型の関係を見だし、Lineweaver-Burkプロットによりヨシの窒素最大含有率2.65%、半飽和定数0.118 mg-N/L、リン最大含有率0.18%、半飽和定数0.094 mg-P/Lを、またマコモの窒素最大含有率2.41%、半飽和定数は0.020 mg-N/L、リン最大含有率0.16%、半飽和定数0.056 mg-P/Lを得た。

2) 栄養塩吸収モデルを用いた浄化作用の予測

栄養塩吸収モデルの有効性を検討するため、野外池に設置した植栽基盤ユニットにて経年栽培しているヨシとマコモに固定される窒素とリン量をモデルにより計算し実測値と比較した。この植栽基盤は基盤(0.51 m²)にヤシマットを用いており、4月頃発芽し10月には地上部の刈り

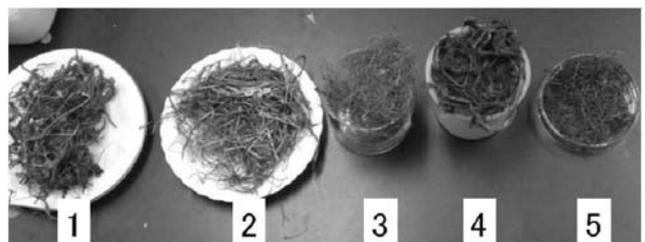


図27 堆肥化実験乾燥試料
1:オオササエビモ, 2:セキショウモ,
3:ホソバミズヒキモ, 4:ホザキノフサモ,
5:クロモ

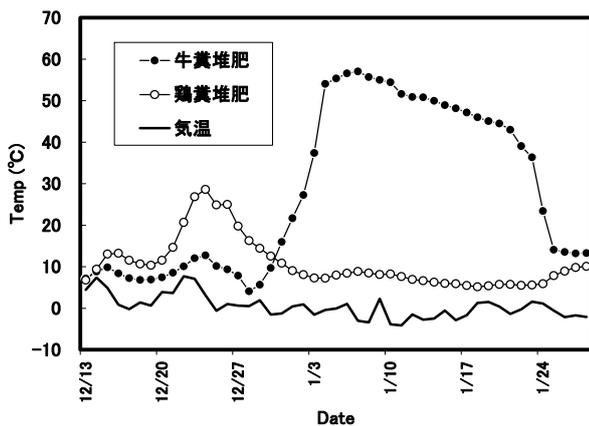


図28 水草堆肥の熟成過程

表19 水草試料の灰分含有量 (乾燥重量比%)

試料	灰分(%)
オオササエビモ	22.7
セキショウモ	8.7
ホソバミズヒキモ	9.4
ホザキノフサモ	23.0
クロモ	18.0

取りを行っている。モデル計算に用いる温度と光のデータは気象庁より公表されている日ごとの値を、水質データは実測値を用いた。本モデルでは、日ごとの生育並びに栄養塩固定量を計算し、これを日ごとに積算していくことで栽培期間中の総量を予測している。2010年4月～10月の計算値と実測値の比較を図26に示した。窒素固定量は実測値よりも17-19%程度過大な値を示したが、リン固定量はほぼ実測値に近い値を示しており、概ね本手法により野外環境で生育する抽水性の水生植物のバイオマス生産に伴う栄養塩固定量を予測できることが分かった。

3-3 バイオマスの有効利用方法の検討

3-3-1 バイオマスの有効利用方法の検討

昨年度は山中湖村クリーンセンターの排熱を利用したバイオマスの乾燥処理法について検討したが、今年度は水草バイオマスの堆肥化を試みた。すなわち、乾重量測定のために採取された水草試料を用いて実験を行った(図27)。

それぞれの水草乾燥試料について、まずその有機物含有量を調べるために、灰分量を測定した。試料を量りつつ後、マッフル炉にて500°C、20分間の処理を行い、有機物を完全に除去した。処理後の試料重量を測定し、灰分量とした(表19)。灰分含有量比は種によって異なり、8.7%から23%までの値をとった。いずれも有機物がかなり含まれていることが示されたが、このほとんどは多糖類等の糖質であることが考えられる。

次に、乾燥水草試料の堆肥化を試みた。水草単体では

発酵資材として有機物量が不十分であることから、北杜市の株式会社白州郷牧場において、鶏糞および牛糞の堆肥製造時に試料を加え、堆肥化の状態を調査した。その結果、水草バイオマスを加えても畜糞の堆肥化は順調に進行し、熟成した堆肥が作れることがわかった(図28)。水草バイオマス、あるいはさらに二枚貝バイオマスをどの程度まで負荷することができるか等については、今後の調査が必要である。

4. 考察

4-1 湖内調査

4-1-1 水草・大型藻類とその生育環境の周年変化

本年度の調査では、これまでに山中湖では未確認であったコケ植物門のイチョウウキゴケ(浮遊植物)、緑藻植物門のツルギミドロとヒビミドロ属の一種を確認することができた(表4)。本プロジェクトにより調査を開始した2007年7月から2011年1月までに確認された水草・大型藻類は、沈水植物が12種(クロモ、ホザキノフサモ、セキショウモ、ホソバミズヒキモ、センニンモなど)、浮遊植物が2種(コウキクサ、イチョウウキゴケ)、浮葉植物が2種(ヒルムシロ、コオニビシ)、抽水植物が1種(ヘラオモダカ)、大型藻が13種の計30種となった。水草・大型藻類の現存量は2009年には2008年に比べ増加しており、水草については2010年にもさらに増加したが、大型藻では2010年には減少していた(図9)。琵琶湖南湖などでは水位の低下後に水草の現存量が増大することが報告されており、山中湖の水位が2008年に比べ2009年には低下したため(図12)、光量増大などの影響で2009年には水草・大型藻類の現存量が増加したものと考えられる。また、大型藻の中で2008～2009年に現存量が大きかったアオミドロ属の一種は山中湖では水草帯よりも深い場所に多く生育しているため、2010年の水位上昇による光量不足で生育量が少なくなったものと推察される。2010年には突如としてクロモの現存量が2008年や2009年に比べ顕著に増加し、ホザキノフサモに代わって最優占種となったが、一般にクロモやコカナダモなどの多年生種では1年目に地下茎に養分を蓄えて2年目以降に大きく伸張生長することが知られている。クロモのような多年生種が水位低下のあった2009年に養分を蓄えたことで、2010年にも水草の現存量増加が生じたのかもしれない。

また、2010年は2009年に比べ水温も高かったことが本研究により明らかになった(図11, 表5)が、発芽期や成長期の水生植物に水位上昇や水温上昇がどのように影響したのかは大変興味深い。今後、培養による生長実験により、光量や光質、温度の違いによる水生植物種それぞれの生長の違いなどを比較する必要がある。平野ワンドでは今回の濁度測定により濁度が周年高いことが明らか

かとなり (図10), 昨年度の調査から光量の減衰率が大きいことが分かっている。しかし平野ワンドは水深が浅いため湖底まで光量が到達していたのか, 水草の現存量は2008年, 2009年と3区域の中で最大であった。ところが2010年には南岸や北岸に比べ調査期間中の総現存量は大きく減少し, 3区域の中で最低となった。これは水位の上昇により光量が不足したために平野ワンドで卓越して生育していたホザキノフサモやアオミドロ属の一種の生育量が低下したためであろう。このように水生植物の生物量は水位に大きく影響されるので, もし水位のコントロールが可能となれば, 山中湖全体での水生植物の生物量管理も可能となり, そのバイオマスを有効利用する水質浄化の近道となり得るかもしれない。

4-1-2 トラップ及びタモ網採取法による水生生物調査

昨年度は湖面水位の下降のため湖岸にヨシの根周り部分がない状況があり, 本年度は一転し湖面水位の上昇のため湖岸にヨシの根周り部分が冠水した状況下でのサンプリングであったが, 昨年度までの調査結果と比較すると, 魚類では採取総種数は一昨年度の9種, 昨年度の7種から本年度の9種と推移し大きな変動はなく, 採取総個体数はトラップ採取法では一昨年度の108個体, 昨年度の850個体から本年度の147個体となり, 濁水状況の昨年度において5倍から8倍程度多く採取されたが, タモ網採取法では, 1名当たりの捕獲数として, 一昨年度の76個体, 昨年度の69個体から本年度の71個体に推移し, 大差はなかった。

エビ類では, 1名当たり捕獲数は, 一昨年度の37個体, 昨年度の45個体から本年度の30個体となり, 濁水状況の昨年度に若干多く採取された。ヤゴ類では, 採取総種数は一昨年度の5種, 昨年度の9種から本年度の7種となり, 1名当たりでの捕獲数は一昨年度の17個体, 昨年度の70個体から本年度の106個体に増加した。

トラップ採取法において, 調査区1では一昨年度に魚類をまったく採取できなかったが, 昨年度には7月に近辺の水表面に植栽構造体, 水中に貝類飼育構造体の設置を行ったためか, 8月以降に総計で148個体 (タモロコ135個体, モツゴ6個体, オイカワ2個体) を採取したが, 本年度は昨年度と同様に8月以降に総計で23個体 (タモロコ22個体, ヌマチチブ1個体) を採取した。調査区1でのこのような採取は8月以降にのみであることから, これらの人工構造体の設置が魚類の生息を恒常的にもたらしめているとはいえないが, 魚類の生息を季節的に高める効果があることを示唆させた。

4-1-3 山中湖における貝類の生息分布調査

セタシジミは過去に琵琶湖から移植されたもので, 地元漁協が不定期に放流を繰り返した結果, その後自然繁殖していたものである。本種は, 高橋らは1998年の貝桁網による採集で優占種であった報告している。また, 黒住は2004~2005年の調査で, St. 5のママの森でのみ本種

表20 貝類の生息密度

採集日	採集地点	種類	水深 (m)	生息密度 (g/m ²)	生息密度 (個体/m ²)
7月31日	St. 3	イシガイ	4.8	2.19	0.10
	St. 5	カワニナ類	3.8	0.14	0.05
10月28日	St. 1	イシガイ	3.7	0.02	0.02
	St. 1	カラスガイ	3.7	7.05	0.02
	St. 5	カワニナ類	2.0	0.21	0.10

表21 区域別採捕数

種名	沖側 (区域外)	中央 (区域内)	岸側 (区域外)	合計 (g)	割合 (%)
コイ	3	1	1	5	3.6
モツゴ			3	3	2.1
ヌマチチブ			1	1	0.7
タモロコ	26	56	41	123	87.9
ブルーギル		1		1	0.1
テナガエビ	4	2	1	7	5.0
合計 (g)	33	60	47.0	140	100
割合 (%)	23.6	42.9	33.6	100	

表22 区域別採捕重量

種名	沖側 (区域外)	中央 (区域内)	岸側 (区域外)	合計 (g)	割合 (%)
コイ	112.2	25.9	32.9	171	32.0
モツゴ			8	8	1.5
ヌマチチブ			0.15	0.15	0
タモロコ	86.4	146.2	96.1	328.7	61.6
ブルーギル		0.8		0.8	0.1
テナガエビ	20.1	2.2	2.8	25.1	4.7
合計 (g)	218.7	175.1	140.0	533.8	100
割合 (%)	41.0	32.8	26.2	100.0	

の生貝をわずかに採集している。しかし, 漁協関係者からの聞き取りによると, 2年前 (2008年頃) に主な生息場所であったSt. 2, 3, 5で採集を行ったが, 生貝は確認できなかったという。そして, 今回の調査でも生貝は全く採集されなかったことから, セタシジミは消滅した可能性が考えられた。代わりに外来種のタイワンシジミが1個体確認されているが, 黒住の調査によると2004~2005年の調査時には既に確認されていることから, 今後定着するかを含めてその動向を注目する必要がある。

船の速度 (1m/秒), 採集時間 (3分), 貝桁網の開口 (33cm) から採集面積 (59.6m²) を求め, 大まかな貝類の生息密度を推定すると, 表20のようになった。タテボシガイの生息密度は0.02~0.10個体/m² (0.02~2.19 g/m²), カワニナ類は0.05~0.10個体/m² (0.14~0.21 g/m²), カラスガイは0.02個体/m² (7.05g/m²) であった。琵琶湖では平均的なセタシジミの漁場では1~3個体/m²と報告されている。ちなみに前報から1998年の山中湖の状況を計算すると1.75個体/m²であったので, 当時の山中湖は琵琶湖並の生息密度であったといえる。

一方, 琵琶湖のタテボシガイ (タテボシガイ) の生息密度は0.01~1.14 (平均0.42) 個体/m², 諏訪湖のそれは0.05個体/m²であるので, 現在の山中湖の状況は琵琶湖より少なく, 諏訪湖と同じくらいの密度であることが判明した。前述した1998年の山中湖の場合は0.02~0.10個体/m²と, 現在の状況と大差なかった。

4-1-4 水草造成帯内外における生息生物調査

区域別に9月・10月の採捕魚の合計を表21, 22に示した。採捕数は中央(区域内)が、魚種数は区域外の岸側が多い傾向にあった。優占種はいずれの区域でもタモロコであった。採捕重量ではコイ採捕の影響を受け沖側が最も多く、中央及び岸側はタモロコが、沖側はコイが優占した。水草帯の造成効果については不明瞭であった。

4-1-5 山中湖平野ワンド湖岸の漂着水草調査

季節変化をみると5月上旬までは水草の打ち上げがほとんどなかった。6月7日に小さなピークが見られたものの少なく推移したが、7月上旬以降徐々に増えていった。コイの産卵は、聞き取りによると5月下旬から6月上旬にかけて見られたが、昨年度報告したセキシウモの大量の打ち上げ現象は、今年度は見られなかった。このため、6月7日のピークとの関連については不明であった。9月6日に大量の打ち上げが見られたが、人為的な影響(船による攪拌)によるものと考えられた。ピークの最大は11月18日で、うちセキシウモが2/3近く占めた。ホザキノフサモは周年を通して打ち上げられたが、9月6日が最も多く、次いで11月18日が多かった。ホソバミズヒキモは10月26日、クロモは11月5日、オオササエビモ・センニンモは9月6日、コオニビシは9月16日と、水草の種類によって打ち上げ時期に若干違いが見られた。

打ち上げられたセキシウモのうち、根のある株の重量割合の変化をみると、7月16日までは概ね100%を示し、底床から何らかの理由で抜け出て浮上し、その後岸へ流れ着いたものと思われる。以降漸減し、8月26日以後は10%以下と、むしろ葉の方が多かった。

4-2 生物利用浄化法研究

4-2-1 山中湖での沈水植物の植栽実験

今回の植栽実験では、植栽による透明度や栄養塩類濃度への効果を実測することができなかった。これは図12にも示したとおり、2010年4月以降山中湖の水位が1m以上急上昇し、透明度もそれに伴って上昇したことが一因と考えられた。また目視によるホザキノフサモの自生範囲の観察結果(図29)から明らかなように、植栽水域外にも沈水植物が広範囲で自生したために、実験水域の内外で差が見られなかった可能性があった。

さらに中村によれば、沈水植物が湖沼の透明度向上に効果を表すのは、容積百分率がある閾値を超える必要がある。およそ15~30%に閾値が存在するとされている。本研究の実験水域の平野ワンドに対する容積百分率は1%未満であったため、実験による浄化効果を明確に検証できなかったと考えられた。しかし一方で、自生したホザキノフサモの容積を考慮すると、閾値に達していた可能性があり、そのため透明度が上昇した可能性も考えられた。

またこの閾値を超えるためには、植栽する植物を多量に準備する必要がある。水草を用いた水質浄化を試みる



図29 ホザキノフサモの自生範囲

ためには、植物の供給体制を整える必要があり、コストのかからない栽培等の技術開発が必要と考えられた。

4-2-2 二枚貝の飼育による水質浄化実験

湖内実験でタテボシガイの生存率が70%であったこと、貝類の生息調査ではシジミ(セタシジミ)がほとんど採捕されなかったことから、この水域での水質浄化にはタテボシガイが最適であることが判明した。今後は1個体当たりの懸濁質ろ過能力を精査し、懸濁質除去率を推定していく予定である。

また実験に用いた貝は全て琵琶尾産の天然種であったが、水質浄化に用いる事例が増えれば貝を安定的に供給する必要が生じると思われるので、今後は貝の飼育と増殖に係る技術を開発していく必要がある。

4-2-3 植栽水域での巻上げ抑制による水質浄化評価

本研究の主題である、沈水植物の物理的効果による透明度を指標とした水質浄化効果の定量化を試みた。しかし前述のとおり、透明度が全透の状態が多かったことに加え、透視度も表層から水深1.5mにかけて100を越え、明確な有意差を観測できなかった。

そのため測定値を記憶できるロガー型照度センサーを用いて、多地点同時に連続測定する方法を考えた。この方法は特に水草による巻上げ抑制効果が顕著になると思われる。強風時のデータを採取できるという利点がある。本研究では、ホザキノフサモが多数自生していたため、水草の繁茂期と衰退期での測定値を比較した。両者の間には光の透過率に多少の差が見られ、水草による巻上げ抑制効果が定量化できた可能性もあるが、成長した水草の影響を受けないよう測定システムを改良して、データの蓄積を行なう予定である。

4-2-4 沈水植物の刈取りによる水質浄化効果の検証

水草が重要な肥料原料であった頃は、「モク採り」と称して、個人で沈水植物を掻き取っていた。最近では専用の刈取り船を用いて行なわれており、根から抜き取られてしまうので、本研究の主旨にはそぐわない。本研究では簡易に水草の葉だけを切り取る方法として、大型バリカンを用いて、一定の成果を得た。今後は水草の繁茂期に刈取り作業を行い、方法を確立する予定である。

表23 追加実験結果

項目	収容株		浮上株	
	葉長 (cm)	湿重量 (g)	葉長 (cm)	湿重量 (g)
平均 (cm)	15.61	0.46	3.27	0.14
標準偏差	2.63		1.31	
測定数	9		6	

※ 60cmのガラス水槽にコイ2尾収容。通気・無給餌。



図30 収容したセキシウモ

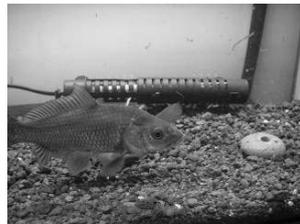


図31 水槽のコイ

また水草の現存量の推定に定面積から抜き取る方法を用いた。これと並行して超音波ソナーによる調査及び水中カメラの画像による調査も行なったが、十分な時間をかけられなかったため、推定の精度を上げるためにも引き続き調査方法の確立を目指す予定である。

4-2-5 セキシウモの栽培に及ぼすコイの影響

付着基材を用いても捕食が見られたことから、野外でのコイ影響の軽減策を考え、次の水槽実験を追加して行った(表23)。すなわち、水草を付着基材から抜けにくくするために、株の太いものを、株数を増やして付着基材にきつく埋め込んで使うことを試みた(図30)。その結果、セキシウモはコイ収容2日目に2株、3日目に4株浮上し、その後浮上することなく付着基材からなくなった。浮上した株は収容時の大きさと比べ有意に小さかった。直接、捕食する様子は確認できなかったが、水槽内にはちぎれた葉片が多数水中を漂っていたことから、捕食された可能性が示唆された(図31)。しかしながら、今回の狭い水槽実験の結果が開放系の自然界(天然湖沼)でもそのまま生じているかどうかについては多少疑問があるので、今後野外調査でも確認する必要がある。場合によっては木崎湖のホシツリモの保護例にあるように、造成した水域を網で囲うことや、コイの駆除の検討も必要となつてこよう。

4-2-6 植生浄化モデルの構築

昨年度までにウキクサの様な浮遊性の水生植物で本手法の有効性が示されたが、新たに抽水性の植物にも応用が可能なことから、広く水生植物を用いた浄化手法の効果を環境条件を考慮して予め把握することが可能であるといえる。今後、水質浄化への応用が期待される他の植物種についても生育モデル並びに栄養塩含有量推定モデルの各種パラメータを明らかにすることや、ここでは考慮していない根圏部に生息する微生物に由来する硝化や脱窒の効果についても検討することで、植生浄化施設の計画を合理的に行えるものと期待される。

5. 結語

工作物の設置制限など規制が多い自然公園内でも利用可能な、景観や生態系にも負荷の少ない水質浄化方法を提言することを目的に、2009年度から3年間山中湖を実験地として研究を進めてきた。その中で主に次の事項が明らかになった。

- 1) 水生植物調査により2010年には新たに水草1種、大型藻2種が確認され、本プロジェクトによる調査期間(2007年7月～2011年1月)に確認された水生植物は30種(水草17種、大型藻13種)となった。2010年の水生植物の現存量や種数は9月に最大となる季節変化を示し、年間の現存量は2009年には水位低下により増大し、2010年にも水位が上昇したにもかかわらず増加した。
- 2) 底生動物調査では、2009年度から2010年度にかけての大幅な水位変動があつたにもかかわらず、魚類種数、エビ類種数、ヤゴ類種数に大きな変動は見られなかった。また植栽実験による底生動物群への影響については、夏季に抽水植物を植栽した浮島や、二枚貝の飼育網付近で魚類捕獲数が増加し、生息場所を創り出した可能性が認められた。
- 3) 植栽実験水域での沈水植物現存量を推定したところ、自生種であるホザキノフサモが、湿重量で見た場合、植物量の50%を超えていた。このため植栽種であるセキシウモ、クロモのみの水質浄化効果は推定できなかったが、草体の50%を刈取った場合、実験水域では窒素を1.0g/m³、りんは0.3g/m³を系外に取り出すことができるものと試算された。
- 4) 本研究の主題である、沈水植物の物理的効果による透明度を指標とした水質浄化効果の定量化の試みでは、透明度の上昇が観察されたため、ほとんど透明度が全透(底まで見える状態)となり、比較検討することができなかった。この透明度の上昇は
 - ①実験実施年度に水位が急激に上昇した
 - ②沈水植物であるホザキノフサモが平野ワンド内で予想外に広範囲で自生したことによると考えられた。そのためロガー型照度センサーを用いて、多地点同時に水中の光透過率を連続測定する方法を考案した。ホザキノフサモが広範囲に自生したため、植栽実験水域の内外での比較が難しく、沈水植物の繁茂期と衰退期での測定値を比較した。両者の間には光の透過率に多少の差が見られ、水草による巻上げ抑制効果が定量化できた可能性もあった。
- 5) 琵琶湖産のタテボシガイを用いて、ワンド内での貝の飼育実験を10ヶ月行った結果、生存率は約70%であった。またほとんどの個体が重量増加が認められ、重量成長率は4～10%の個体が多かった。尚、移入したタテボシガイについては遺伝子解析を行い、山中湖に生

息しているものと同じ種であることを事前に確認した。

- 6) ロジスチックモデルを用いた植物成長予測式を用いたバイオマス発生量の推定に関しては、栄養塩類濃度と水温などの気象データを用いることにより、抽水植物については満足できる方法を確立することができた。しかし沈水植物については予測精度に問題が残った。

における湖の水質管理に関する総合研究～二枚貝による水質改善とDNA解析～. 第52回魚類自然史研究, 2011, 琵琶湖博物館.

- 4) 吉澤一家, 堀内雅人: 照度ロガーを用いた水草植栽浄化効果の測定, 日本水環境学会第45回大会, 2011, 誌上発表.

謝 辞

調査にあたりご協力を頂いた, 山中湖漁協及びわかさぎ屋, (株)富士急リゾートアメニティの皆様には感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 二村和視: 簡便かつ迅速なサガラメ藻体の窒素含有量の測定, 静岡水試研報, 42, 35~37, 2007
- 2) 日本規格協会: 工場排水試験方法 JIS K0102, 168~170, 2008
- 3) 日本薬学会: 衛生試験法・注解, 169-170, 2005
- 4) 日本規格協会: 工場排水試験方法 JIS K0102, 168~170, 2008
- 5) 田中仁志ら: 沈水植物管理のための実験水槽を用いた刈り取り方法の検討, 日本水処理生物学会誌, 別巻30, 90, 2010
- 6) 中村圭吾: 河川・湖沼の水質浄化, ベース設計資料, 139, 53~56, 2009

原著論文

- 1) 高橋一孝 (2011): セキショウモとコイの関係について平成21年度山梨県水産技術センター事業報告書, 38, 60-72.
- 2) 高橋一孝 (2011): セキショウモとコイの関係について. 日本陸水学会甲信越支部会報, 36, 49-50.
- 3) 吉澤一家 (2011): 照度ロガーを用いた湖沼透視度の連続測定. 山梨県衛生環境研究所年報, 54.

学会発表

- 1) 佐藤裕一, 芹澤如比古, 芹澤 (松山) 和世: 富士北麓, 山中湖における水草・大型藻類の種組成と現存量-2008~2010-. 日本藻類学会第35回大会, 富山, 2011.
- 2) 渡邊広樹, 芹澤如比古, 芹澤 (松山) 和世: 富士北麓, 西湖における水生植物とその環境の既往資料解析. 日本藻類学会第35回大会, 富山, 2011.
- 3) 中沢公士, 三森勇太, 吉澤一家, 宮崎淳一: 自然公園