

自然公園における湖の水質管理に関する総合研究

山梨県衛生公害研究所¹・山梨県水産技術センター²・山梨県環境科学研究所³・山梨大学⁴、金沢星陵大学⁵
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

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

Yamanashi Institute for Public Health¹, Fisheries Technology Center², Institute of Environmental Science³,
University of Yamanashi⁴, Kanazawa Seiryō University⁵
Kazuya YOSHIZAWA¹, Kazutaka TAKAHASHI², Hitoshi IKAGUCHI³, Kazuyo MATSUYAMA-SERISAWA³,
Taku MISONOU⁴, Tetsu HIRATA⁴, Kazuhiro MORI⁴, Jun-ichi MIYAZAKI⁴,
Yukihiko SERISAWA⁴ and Masao NAGASAKA⁵

要 約

特に生態系や景観の保全に配慮が必要な区域内にある、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に、富士五湖の1つである山中湖を対象水域として、水生植物及び貝類を用いた手法の検討を試みた。平成20年度は1年目にあたり、浄化システムを構成するために必要な、浄化能及び対照水域の生態系に関する基礎データの収集を行ない、次の諸点が明らかとなった。

- 1) 数種の水草でバイオマス生産のシミュレーション結果は、野外池での植物の生育を十分に再現していた。
- 2) 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。
- 3) 生態系の実態調査では、魚類：11分類群、水生昆虫・底生動物：6分類群、水生植物：20分類群が確認された。

Abstract

We investigated the appropriate methods of improving the water quality of Lake Yamanaka located in nature reserves. To avoid the serious influence to ecosystem and landscape of the lake, we decided to use the ecological engineering techniques, such as vegetation of hydrophytes and cultivation of bivalves. In 2008, fundamental data about both the purification abilities of plants and bivalves, and the ecosystem of the lake were accumulated; i.e.

- 1) Simulation about the growth of several kinds of aquatic plants vegetated in experimental ponds corresponded to the actual growth.
- 2) Turbidity of the water with bivalves decreased while cultivating.
- 3) Eleven taxa of fishes, 6 taxa of benthic animals or insects, 20 taxa of hydrophytes were observed in this lake.

1. 緒 言

富士山を臨む富士五湖のひとつである山中湖の周辺は、古くから観光地化されてきたが、湖水の水質の悪化や、透明度の低下が報告されており、“湖”という優れた観光資源への影響が懸念されている。特に山中湖の平野ワンドと呼ばれる水域はこの傾向が顕著であり、周辺自治体の努力により、下水道の整備が急速に進められてきたが、湖水環境保全のためには、さらに積極的な水質浄化手法が求められている。

本研究では山中湖をモデルとして、自然公園内に立地

し、景観上あるいは生態系の保持の面から、大規模な人工的浄化装置を設置できない湖に対し、生物（水生植物及び底生動物）を利用した適用可能な水質管理方法を提言することを目的とした。

植物を利用した水質浄化法は太陽エネルギーを利用する低エネルギー消費型であり、近年、湖水等の直接浄化にも利用されてきている。本研究では山中湖の平野ワンド水域において様々な環境条件を想定し、浄化に最適な植物を選定するとともに、その維持管理方法までを検討する。また一方で、底生動物である二枚貝は捕食時のろ過機能により透明度を上げることが知られているが、そ

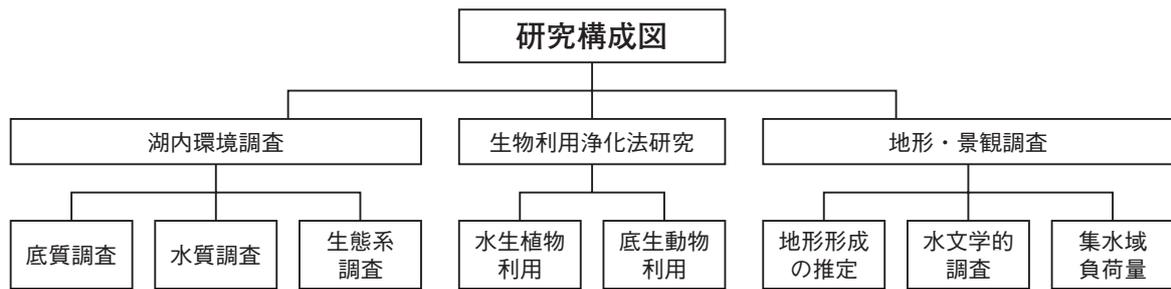


図1 研究構成図

の効果は自然水系では充分実証されていない。山中湖では以前は二枚貝が豊富に生息したことがわかっており、水生植物に加えて二枚貝を併用した場合の水質浄化効果も検討する。

2. 調査・研究方法

本研究で調査対象とした山中湖の平野ワンドを図2に示す。本研究ではまず平野ワンド内や山中湖全域に生育する水生生物の現状把握調査を行い、次に生物を利用した浄化方法を室内実験で検証するとともに、本湖の景観や平野ワンドの集水域を解析し、平野ワンドにおける水質環境や湖内流の調査を行なった。

2-1 湖内生物調査

2-1-1 水草・大型藻類の調査

山中湖全域における水草・大型藻類の水平・垂直分布の現状について明らかにすることを目的に、山中湖の平野ワンドに4定線、北岸に5線、南岸に6定線の計15定線を設け、2008年9月18-19日に船外機付き小型ボートで、各定線上で水深1m毎に採集物が得られなくなるまで船上よりロープを付けた採集器による水草・大型藻類の採集を行った。また、各定線で透明度の測定を行った。

山中湖における水生植物の水深別現存量の現状を明らかにするため、種類数が多く、最も深くまで水草・大型藻類が分布していた北岸の1地点で、2008年9月29日に潜水により採集物が得られなくなるまで水深1m毎に1辺50cmの方形枠3個の坪刈り採集を行った。

水生植物の生育に影響を与える環境要因について明らかにするため、平野ワンド内で2008年7~12月まで毎月、光量、pH、水温などの測定を行った。

2-1-2 魚類相の調査

山中湖には、2003年の調査によるとコイ・フナをはじめとして12種の魚類が生息していることが明らかになっている。こうした調査は地曳網を使って主に南岸を中心に行われ、平野ワンドでは調査が殆どなされておらず、魚類の生態には不明な部分が多い。魚類の産卵の場

・稚仔魚の成育の場といわれる水草帯の魚類相を調査し水草との関係を明らかにすることを目的とした。

2008年7月22日(WT28.2℃)と10月28日(WT16.0℃)に、山中湖村平野地区のワンド内において調査した。魚類の採捕は、小型地曳網(目合10節;2.5m×8m,袋18節;直径4m)を用いて行った。地曳網は6名の採捕者により5~6回実施した。



図2 調査対象水域 (山中湖 平野ワンド)

2-1-3 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2008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調査区1から調査区5を設定した(調査区1:水際にヨシ生育せず;調査区2:水際に散在してヨシ生育;調査区3から調査区5:水際に密生してヨシ生育、湖面にヒメビシ生育)。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1m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。

2-2 生物利用浄化法研究

2-2-1 植生モデルの構築

植物を活用した水・土壌浄化法は、低コスト・低エネルギー消費型の処理法として近年新たに注目されているが、年間の気候変化が大きい地域では植物の生育と物質吸収が大きく変化するため、バイオマス生産とこれに伴う浄化作用の予測や適正な維持管理が工学的に進めにくい。そこで、様々な環境要因を組み入れた水生植物生育基本モデルを構築し有効性検討を行った。

水生植物の生長モデルは、ロジスチックモデルに光(steel式)、温度(Yin and colleagues式)、栄養塩類濃度(Michaelis-Menten式)の各環境要因項並びに生育後期に見られる生育速度の低下項を各々乗じて作成した。必要なパラメータは、供試植物(ウキクサ、ヨシ、クロモ)をハトナー人工無機栽培液にて種々の条件で栽培することで算出した。さらに、野外池における栽培試験を継続的に行い、5月～9月までの5ヶ月間にわたるバイオマス湿重量を測定し、モデルによる予測結果と比較した。

2-2-2 二枚貝による水質改善法の検討

底生動物である二枚貝に注目し、捕食時のろ過機能により透明度を上げる手法の確立を目的とし水槽を用いた室内実験を行なった。

水質改善の基準として濁度に注目し、人工的に濁度を上げた水槽内に貝を入れた場合と、貝を入れない場合を比較した。実験には6種の二枚貝を用いた。45cm水槽に24lの水と濁度が30FTU前後になるように粒径0.2 μ m、2 μ m、4 μ mの鉱物粒子であるカオリンを入れた。カオリンの沈澱を防ぐためにエアポンプで一定の空気を送った。濁度変化の測定は、HANNA社の濁度計(HI93703-B)を用い、実験開始から24時間後まで3時間ごとに、また1.5日後の36時間後に行った。開始時、24時間後、36時間後にはデジタルカメラで水槽の撮影を行った。

2-3 地形・景観調査

2-3-1 平野ワンド部の概況調査による特性把握

平野ワンド部の水環境の変動をもたらしている要因と、平野ワンド部の山中湖湖岸における保全生物学的な位置づけを行うため、空中写真判読と地形図の分析、現地調査により、ワンドに水が流れ込む集水域の変化を調査した。

現行地形図DEM(デジタル標高地図)よりGISソフトウェアTNTMipsにより集水域を自動的に計算し、空中写真立体視および現地調査による補正を加え、1965年以前の集水域と現在の集水域を推定した。資料調査、

現地概況調査を行った。

山中湖は国立公園として保護される自然地域であり、その自然性は国民共有の財産とされている。従って、本研究のように植物群落への適切な介入によって良好な効果を得ようとする場合には、介入の対象となるワンド部分がどのような自然であり、どのような価値を持ち、どのような保全策を要求するかを知る事は非常に重要と考えた。

そこで、湖岸の植生について、現在、分布を拡散しつつある要注意外来種であるオオブタクサの山中湖全体での分布から平野ワンド部の状況について考察を加える事を試みた。そのため、山中湖湖岸のオオブタクサの結実期に当たる2008年10月～11月に、山中湖岸全域において種子をつけているオオブタクサ群落の位置と概ねのサイズを記録した。

2-3-2 平野ワンド部の湖流調査

平野ワンドでは、透明度やCODの値が他の水域と異なり、富栄養度が高いとされている。また夏季成層期に行なった、湖底直上水の分析でも他の水域とは異なる傾向を示していた。これは、この水域のみに存在する河川の流入負荷によるものが主因と考えられるが、湖水が滞留しやすいことも一因ではないかと考えられた。そこで、この水域の湖流を明らかにすることを目的として、湖流調査を実施した。

調査では、水深1m、に水流抵抗版を懸架した、GPS端末内蔵流動ブイ各4基を放流し、10分毎に位置情報を取得した。同時に砂嘴で、風向と風速を連続観測した。

1) 使用機器

GPS通信端末：NTT FOMA CTG-001G

漂流ブイ：ZTB-P1-A(ゼニライトブイ)

ドップラー流向流速計(ADP)：River Surveyor

1.5MHz(YSIナノテック)

気象観測機：Weather Station(DAVIS)

水流抵抗版：52cm×80cm×4枚、3.3kg

2) 調査年月日

平成20年10月8日12:00～15:30

3. 結果

3-1 湖内生物調査

3-1-1 水草・大型藻類の調査

定線採集調査では水草類12種(うち1種は交雑種)、大型藻類7種が採集された。また非常に少ないながらもフジマリモが現存することを再確認した。さらに山中湖の新産種としてフタマタシオグサ、キヌフラスコモを確認した。出現頻度と現存量はセキショウモ、ホソバミズヒキモ、ホザキノフサモ、クロモの4種が高かった。また、平野ワンド内にはホザキノフサモが卓越した

群落を形成しており、コオニビシによる浮葉植物群落も認められた。透明度は平野ワンドで3.4-4.3m、北岸で5.4-6.1m、南岸で4.7-5.8mであり、採集量が大きかった水深帯は、平野ワンドで1-2m、北岸で3-4m、南岸で2-3mであった。また、平野ワンドでは4m以深、北岸と南岸では6m以深で水生植物は採集されなかった。

潜水坪刈り調査から北岸の現存量は水深3-4mが2.4kg生重/m²と最大であり、次いで水深2m (0.8kg/m²)、水深1m (0.6kg/m²)、水深5m (0.1kg/m²)であった。

相対光量は水深1mで25.6-57.6%、水深5mで0.9-8.1%であり、夏に高く、冬に低い傾向がみられた。また相対光量は調査期間中、同一水深では平野ワンドの湾奥に行くほど低下する傾向がみられた。pHは7.4-8.5で、調査期間中、平野ワンドの湾奥に行くほど上昇す

る傾向がみられた。水温は6.8-26.9℃であり、平野ワンドの湾奥に行くほど夏は高く、冬は低い傾向がみられた。

3-1-2 魚類相の調査

1) 地曳網による採捕 (表1)

採捕魚はオオクチバス、ナマズ、モツゴ、オイカワ、ヌマチチブ、ワカサギ、フナ、タモロコ、ヨシノボリ、ニゴイ、コイの11種で、うち7月はモツゴ、オイカワ、ヌマチチブ、10月はオイカワ、オオクチバス、ニゴイの順に多かった。2007年と比較するとナマズ、ヨシノボリが新たに採捕されたこと、モツゴ、タモロコが減少し逆にオイカワが急増するという優占種の交代が見られたことが特徴として挙げられた。

オオクチバスは小型魚の採捕数が多く、放流サイズ

表1 地曳網による採捕

魚種名	2003.10.15		2007. 8.24		2008. 7.22		2008.10.28	
	尾数	%	尾数	%	尾数	%	尾数	%
オオクチバス	54	46.2	51	12.2	19	4.9	77	31.6
ブルーギル	4	3.4						
ナマズ					1	0.3		
モツゴ	4	3.4	117	28.0	149	38.5	5	2.0
オイカワ	18	15.4	1	0.2	60	15.5	129	52.9
ヌマチチブ	33	28.2	17	4.1	89	23.0	1	0.4
ワカサギ			1	0.2	33	8.5	12	4.9
フナ	2	1.7	22	5.3	3	0.8	1	0.4
タモロコ			142	34.0	26	6.7	6	2.5
ヨシノボリ					3	0.8		
ニゴイ			60	14.4	2	0.5	13	5.3
コイ	2	1.7	7	1.7	2	0.5		
合計	117	100.0	418	100.0	387	100.0	244	100.0

表2 捕食率

単位：%

	魚種	調査尾数	胃内容物組成							空胃個体率	
			魚類	ユスリカ	ミジンコ類	デトリタス	ケンミジンコ	コケムシ体芽	植物プランクトン		水生昆虫
2008. 7.22	オオクチバス	8	12.5		25.0		25.0				37.5
	ナマズ	1									100.0
	モツゴ	11		18.2	72.8	9.1					
	オイカワ	11			36.4	36.4		9.1			18.2
	ヌマチチブ	11		18.2	63.6		9.1			9.1	
	ワカサギ	14	7.1		85.7						7.1
	フナ	3							100.0		
2008.10.28	オオクチバス	18	11.1	11.1	5.6					5.6	66.7
	モツゴ	5			100.0						
	オイカワ	12				16.7		66.7		16.7	
	ヌマチチブ	1			100.0						
	ワカサギ	5			100.0						
	フナ	1							100.0		
	タモロコ	6			83.3	16.7					
ニゴイ	10		50.0	10.0	20.0		10.0			10.0	

※捕食率；ある餌（優先種）を捕食した尾数/調査尾数

と異なることから湖内で再生産しているものと推察された。また、コいの稚魚は全く見られず、聞き取り調査結果とも併せるとワンド内では再生産していないものと推察された。また、国内各地で水草減少の一因になっているソウギョは採捕されず、過去の調査結果からみてもワンド内の水草減少の原因ではないものと判断された。

2) 胃内容物 (表2)

魚食性の強いオオクチバスは、成魚は魚類、小型魚はミジンコ類、ケンミジンコを捕食していた。雑食性のニゴイ、ヌマチチブ、タモロコ、ヨシノボリ、オイカワはデトリタスやユスリカ、水生昆虫 (カゲロウ)、ミジンコ類を捕食していた。プランクトン食性のモツゴ、ワカサギはミジンコ類を捕食していたが、ワカサギはゾウミジンコ、モツゴはシカクミジンコを優占して捕食していた。今回の調査魚の中には水草を食している個体は見られず、水草の減少に直接的な影響を与えている魚種はなかった。

3-1-3 トラップ及びタモ網採取法による水生生物調査

1) トラップ採取結果

トラップ採取法では、魚類のみ、2科4種108個体を採取したが、5調査区中、調査区1では1個体も採取されなかった。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97.2%を占め、他の3種 (モツゴ、オイカワ、ヌマチチブ) においては1個体ずつを採取した。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2、調査区3、調査区4、調査区5では、それぞれ種数は、2種、2種、2種、1種、個体数は15個体、29個体、35個体、30個体を示し、種数の多い地点は調査区2から調査区4、個体数の多い地点は調査区4となった。したがって、種数、個体数がともに多い地点は調査区4であり、タモロコとオイカワがここに出現した。6月から11月の毎月のサンプリングでは、9月と11月には1個体も採取されなかったが、サンプリング月ごとにデータをプール化して比較した場合、6月、7月、8月、10月では、それぞれ種数は、2種、1種、3種、1種、個体数は36個体、2個体、39個体、31個体を示し、8月に最も多くの種数、個体数を示した。うち採取個体数の多い魚種タモロコの体長は6月から9月までは小サイズ個体出現のため減少傾向を示し、10月からは成長にともない増加した。

2) タモ網採取結果

タモ網採取法では、魚類、エビ類、トンボ類ヤゴを採取した。魚類では4科7種228個体を採取した。すべてのデータをプール化したとき、採取個体数の多い魚種はヌマチチブ、タモロコ、ギンブナで、それぞれ採取個体数全体の67.5%、16.7%、9.6%を占め、オオクチバスが3.1%と続き、他の3種のヨシノボリ、ドジョウ、ブ

ルーギルではそれぞれ3個体、3個体、1個体であった。出現頻度では、ヌマチチブ、タモロコがすべての月に出現し、ギンブナ、オオクチバスは、出現時期はまったく同じではないが3ヶ月間継続して出現し、ヨシノボリ、ドジョウは断続的に2回、ブルーギルは1回だけ出現した。毎月のデータを比較した場合、6月、7月、8月、9月、10月、11月では、それぞれ種数は、2種、5種、4種、4種、3種、5種、個体数は12個体、29個体、31個体、58個体、48個体、50個体を示し、採取種数は7月と11月に高く、採取個体数は6月から8月よりも9月から11月にかけて多くなった。最も多く採取したヌマチチブにおいては、採取個体数は9月から増加し、体長は小サイズ個体出現のため急激に減少した。

エビ類については、テナガエビのみ1種、計111個体を採取した。採取個体数は6月、7月は11個体以下、8月から10月は14個体以上、11月は12個体を示した。このうち最も多くの個体を採取した月は8月と10月、ともに34個体を示し、8月に抱卵個体は多く、体長は8月から9月にかけて減少した。

トンボ類ヤゴについては、5科5種50個体を採取した。種数は、6月から8月に2種から3種 (総計では4種)、9月に1種、10月、11月に3種 (総計では4種) を示した。このうち採取個体数が多い種はクロイトトンボの27個体で全体の54%を占めた。他の4種のホンサナエ、ギンヤンマ、コフキトンボ、オオヤマトンボにおいては、それぞれ9個体、7個体、6個体、1個体を採取した。

クロイトトンボは10月を除き、毎月1個体から11個体を採取し、6月は2個体、7月から9月にかけては5個体から11個体を採取したが、11月には1個体のみとなった。ホンサナエは7月から10月にかけて9月のみ採取されなかったが1個体または7個体の採取を示し、8月に7個体の採取がなされた。6月から9月にかけてまったく採取されなかったギンヤンマまた1個体のみしか採取されなかったコフキトンボの両種における採取個体数は、10月と11月に2個体から5個体を示した。オオヤマトンボの採取は7月に1個体のみであった。

3-2 生物利用浄化法研究

3-2-1 植生モデルの構築

これまでに生育基本モデルは概ね生育量を再現することに成功したが、生長率が低下する生育後期における再現性と一部植物種で見られた各種定数値の信頼性に課題を有していた。そこで、各植物の計算結果を解析した結果、環境要因の中では、特に光の要因項が過度に影響していたため、これに関連する定数値を再考した。さらに生育後期の生育速度低下項についても、実測値に基づき修正を加えた。

その結果、浮遊植物のウキクサ、抽水性のヨシ、沈水

性のクロモについて、日々の気象並びに水質データを入力し算出されたバイオマス生産のシミュレーション結果は、半年にわたる野外池での植物の生育を十分に再現していた。

3-2-2 二枚貝による水質改善法の検討

二枚貝を入れた水槽では、対照の水槽よりも濁度の低下率が高かった。これは二枚貝の捕食のろ過作用によるものであると考えられた。

粒径 $2\mu\text{m}$ や $4\mu\text{m}$ のカオリン粒子を用いた実験では、高い濁度低下がみられたが、粒径 $0.2\mu\text{m}$ のカオリンを用いた実験では、可視的には明らかな差をみることができなかった。これは二枚貝の外套膜や鰓の構造に関係しており、懸濁粒子の中には、それらにとらえられやすい大きさがあると思われた。殻長が 50mm 前後のタテボシガイ、ヨコハマシジラガイ、ヌマガイ、カワシシユガイの方が、殻長が大きなイケチョウガイやカラスガイより高い浄化効率を示した。

3-3 地形・景観調査

3-3-1 平野ワンド部の概況調査による特性把握

1) 資料調査による平野ワンド部の水環境の変動要因の解明

ワンド最奥部はヘドロ様の堆積物が深くつもり、水深の変化が少ない事を確認した。2007年に実施した現地調査で、ヘドロの下に微小な谷地形が分布し、谷部分で最も堆積が深くなる事を確認した。この事は、平野ワンド最奥部の流況が比較的短期間で変化した事を示すと考えられた。

1950年代以降の空中写真にはワンド最奥部の水底に掃流の痕跡が写っており、現地調査でヘドロの堆積が激しい箇所一致した。ワンド内に水が流入する小流域は5つに区分され、砂嘴先端部より時計回りにNo.1からNo.5までの番号をつけた。ワンド最奥部の集水域はNo.2である。両年代の各集水域の面積を求めた。集水域面積の変化が、水量に与える効果を見積もるため、山中湖の平均降水量との積から集水量を求めた、また、活発に掃流があると考えられる集中豪雨時の連続降雨量 400mm から 100mm を減じた 300mm を表流量と仮定して流入水量を推定した(表3)。

その結果、ワンド全体の集水量は10%強の減少となっていた。

ワンド最奥部を流入口とするNo.2の集水域は、現在は谷の痕跡が残るのみで、ほとんど水が流入していないが、過去には降雨時に大量の水が流れ込む箇所であったと考えられ、ワンド奥部の堆積の進行には集水域の変動が大きく関わっていると推定された。

2) 山中湖岸の外来種分布から見た平野ワンドの植物群落の位置づけ(図3)。

平野ワンド部(図の平野B)は湖岸 100m あたりの出現頻度では、長池A地区に次いで2位であるが、ワンド部においてオオブタクサの個体サイズ、群落のサイズが大きく、分布が連続しているため群落数は少ないが、オオブタクサの現存量、種子生産量では、山中湖岸で最も集中する地区であると言える。山中湖全体において湖岸の汀線が後退した痕跡にそって多くのオオブタクサ群落分布する事から、水流によって運ばれた種子が定着するケースが多い事がうかがわれた。現況はワンド部にオオブタクサが侵入、定着し、大規模群落として大量の種子を供給して山中湖全体にオオブタクサが広がりつつある段階と考えられた。

以上から、平野ワンド部は外来種の侵入を受けやすく、また外来種の定着が山中湖岸全体へとつながりうる区域であると考えられ、定期的な監視と適切な人為的な介入のもとで管理されるべきと結論づけられた。

表3 推定された1960年代と現況の集水域の面積と水量への換算

	元の集水域面積	水量換算(年降水量)	水量換算(300mm)
No.1	7549 m^2	16902t	5071t
No.2	42346 m^2	94768t	28430t
No.3	39136 m^2	87626t	26228t
No.4	14022 m^2	31396t	9414t
No.5	313227 m^2	701315t	210394t
計	416260 m^2	932006t	279602t

	現況の集水域面積	水量換算(年降水量)	水量換算(300mm)
No.1	7549 m^2	16902t	5071t
No.2	2999 m^2	6715t	2014t
No.3	39136 m^2	87626t	26288t
No.4	14022 m^2	31396t	9414t
No.5	313227 m^2	701315t	210394t
計	376933 m^2	843953t	253186t

3-3-2 平野ワンド部の湖流調査

1) 風向・風速データ

湖流の形成要因として、本湖のように流量の大きな河川がなく、水深が浅く扁平な湖盆形態の湖沼では、湖上風の影響が強いことが、漂流ブイ調査により明らかとなってきた。

調査中の風向・風速を図4に示したが、13時45分を境界として、前半は北～北西風が卓越しており、風速も 1.5m/s 前後の緩やかな風であった。しかしその後は東～南東風に変わり、風速も $2\sim 4\text{m/s}$ と強まった。

2) 漂流ブイの流向・流速

4基のブイの流跡図を図5に示した。流向は図中に矢印で示したように、期間の前半は南南東方向へ流動したが、後半は南西方向へと変化した。流速についても、前半は $1.6\sim 1.8\text{cm/s}$ であったが、後半は $2.3\sim 2.6\text{cm/s}$ へと約1.5倍速くなった。この流向・流速の変化は、湖上風の変化と一致しており、表層 1m の水塊は湖上風によ

り強く影響を受けていることが明らかとなった。

3) ドップラー流向流速計 (ADP) 計測結果

ADPによる水深0.9m及び2.9mの流向・流速の測定結果からは、水深2.9mでは基本的に南方向に流れる傾向があると思われたが、0.9mでは傾向を掴むことができなかった。これは観測中に大きく風向が変化してしまったことにより、湖流も変化したことによるものと考えられた。その一方で漂流ブイによる測定は連続した変化を捉えることが可能なため、正確な湖流の観測には、両者を併用することが必要であると考えられた。

4. 考 察

4-1 山中湖の水草・大型藻類

本調査で山中湖から確認された水草類はコオニビシを含め13種、大型藻類は7種であり、現在の優占種はセキショウモ、ホソバミズヒキモ、ホザキノフサモ、クロモであることが明らかになった。また、過去の文献との比較により本湖における水草・大型藻類の種組成と優占度は数年といった短い期間でも大きく変遷していることがわかった。

本調査による水生植物の分布中心となる水深は、北岸で3-4m、南岸で3m、平野ワンドで1-2mであり、生育限界水深も北岸や南岸では水深5m、平野ワンドでは水深3mであることが明らかになった。透明度も概ね北岸、南岸、平野ワンドの順であり、透明度(光量)によって、生育限界水深が規定されていると考えられ、生育水深を調査することで、次年度以降の浄化実験による効果を検証できる可能性がある。

平野ワンドの水生植物を取り巻く環境要因については、湾の奥部に行くにしたがって、透明度、光量は低下し、pHは上昇し、水温は夏に高く、冬に低い傾向がみられることが分かった。また、平野ワンドでは湾奥に行くにしたがって浮泥が堆積しており、浮泥中には豊富な栄養塩が蓄積されていることが予想される。これらのことから、平野ワンドでは湾口部から湾奥部にかけて環境

勾配があり、現時点では生育している水生植物の種数は少ないが(表4)、今後、環境が改善されることにより、多様性が増すことが期待される。

4-2 平野ワンドの魚類

地元の漁業協同組合では、オオクチバス、ワカサギ、フナ、コイ、ウナギ、ウグイ、オイカワの7種を放流しているが、このほか不定期にシジミ(2004, 2005年)、モロコ(2003年)を放流している。コイは2003年以降魚病対策のため殆ど種苗放流していないという。また、聞き取り調査によると、最近ではワンド内でのコイ、フナの自然産卵が見られないという。この原因として産卵基質である水草の減少によるものと危惧する声もあるが、現時点では不明である。コイの場合水草の直接的な捕食というより、摂餌行動の際底泥の攪拌による水草への悪影響が報告されていることから、今後観察の容易な実験室レベルでの解明が必要である。

今回の野外調査により、ワンド内における魚類相が明らかになったが、魚類と水草の関係について、食物連鎖以外の観点からもさらに検討する必要がある。

4-3 平野ワンドの水生生物

本調査では、トラップ採取法で2科5種108個体、タモ網採取法で4科7種228個体を採取し、両採取法を合わせると4科9種336個体となった。富士北麓生態系調査会(2007)では山中湖役場前で地引き網調査が行われ、本調査で採取されなかったコイ、ニゴイを含む3科6種の生息が報告されており、その結果山中湖には4科11種が生息するが、放流記録があり現存を確認できるウナギ、ワカサギを含めると6科13種が生息していることになる。地引き網、潜水調査に基づく富士北麓生態系調査会(2007)の魚類調査結果では、最も多くの種が確認されたのは河口湖(14種)、次いで本栖湖(12種)、西湖(5種)、精進湖(3種)であり、よって種数のみから判断すると、山中湖ではオオクチバス、ブルーギル、ワカサギ、ウナギなどの放流経緯があるが、比較的多くの魚種が生息していることになる(オオクチバスについては2008年だけで約5000kg放流)。トラップ調査を行った調査域の両端と中間部の採取結果を比較すると中間部の調査区2から調査区4では種数、個体数は多かった。この中間部の湖岸には、ヨシ、イグサ、カヤツリグサが繁茂し、ヒメビシも分布しており、このような湖岸の生息環境が多種の生息とともに多くの個体の生息を可能にしているように思われ、ワンド部の水質改善の問題はあるが、ワンド部の湖岸に形成されているヨシを代表とする湖岸植生は、魚類の多様性維持にとり重要であることを示唆した。

採取した魚種のうちタモロコとヌマチチブではその体長の季節変化から繁殖がなされていることは明らかであ

表4 定線調査で採集された水草類と透明度

区域・定線・頻度 種名	平野ワンド				湖北岸					湖南岸						出現 定線数	頻度 (%)
	H1	H2	H3	H4	N1	N2	N3	N4	N5	S1	S2	S3	S4	S5	S6		
1 セキショウモ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15	100
2 ホソバミズヒキモ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	15	100
3 ホザキノフサモ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	14	93
4 クロモ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	13	87
5 セニンモ				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	11	73
6 オオササエビモ				○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	9	60
7 コカナダモ							○		○		○	○		○	○	7	47
8 エゾヤナギモ	○			○			○		○		○					5	33
9 オオトリゲモ							○	○					○	○		4	27
10 エビモ		○														1	7
11 ヒロハノエビモ														○		1	7
12 エビモ×セニンモ																1	7
出現種数	5	5	3	7	6	8	8	9	6	4	8	7	7	7	6		
透明度(m)	(2.0)	(3.0)	3.4	4.25	5.5	6.05	5.45	5.8	5.4	(5.0)	5.0	(5.0)	4.7	5.8	5.7		

() 内の数値は全透

り、他魚種でもそのサイズから繁殖は成立しているようである。よって、ワンド部での特有な湖岸植生は、オオクチバス、ブルーギルにおける繁殖成立の問題を含むが、稚仔魚にとっても重要な環境条件であると思われた。

エビ類についてはテナガエビの1種のみを確認した。富士北麓生態系調査会(2007)の調査結果では、山中湖、河口湖、精進湖ではテナガエビ属のみ、0西湖、本栖湖ではテナガエビ属の生息は確認されていないがスジエビとヌカエビの生息は確認されている。テナガエビにおいては抱卵個体の存在とともにその体長の季節変化から繁殖は成立しているようであり、魚類同様、ワンド部のヨシを代表とする湖岸植生は、テナガエビの生息に重要であることを示唆した。

トンボ類ヤゴについては、本調査では5種を認め、富士北麓生態系調査会(2007)の調査結果では8種を認め、総計では10種が生息していることになる。富士北麓生態系調査会(2007)が明らかにした他の4湖の6種と比べると、山中湖では多くの種が生息しており、トンボ類ヤゴにとっても、ワンド部のヨシを代表とする湖岸植生は多様性の維持にとり重要であることを示唆した。

4-4 植生モデルの構築

今後は、植物ごとの環境要因への応答特性を表すパラメータの信頼性向上に向けた栽培試験の継続と、より多様な植物での同様の検討を進め、これらの情報をデータベース化することが望まれる。これにより、地域特性と汚染条件を加味した植物浄化効果の推定に基づく植物選択による計画と設計、並びにバイオマスの維持管理手法の最適化が可能となり、植生浄化手法の工学的な汎用化を図ることができると期待される。

4-5 二枚貝による水質改善法の検討

山中湖へ貝類を移植する際は、より正確な種の同定が必要であり、特に二枚貝の同定は困難であるため、今後遺伝子解析により種の同定をすることが必要であると考えられた。また、ヌマガイ、ヨコハマシジラガイなどは広く分布するため移入には適していると考えられたが、移入方法としては二枚貝をそのまま湖水に放流するのではなく、網を使い、浄化終了後には、二枚貝を外に取り出す方法が望ましいと考えている。

5. 結言

特に生態系、景観の保全に配慮が必要な区域内の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に、水生植物及び貝類を用いた手法の検討を試みた。

平成20年度は1年目にあたり、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。その中で、浮遊植物のウキクサ、抽水性のヨシ、沈水性のクロモについて、バイオマス生産のシミュレーション結果は、野外池での植物の生育を十分に再現していた。来年

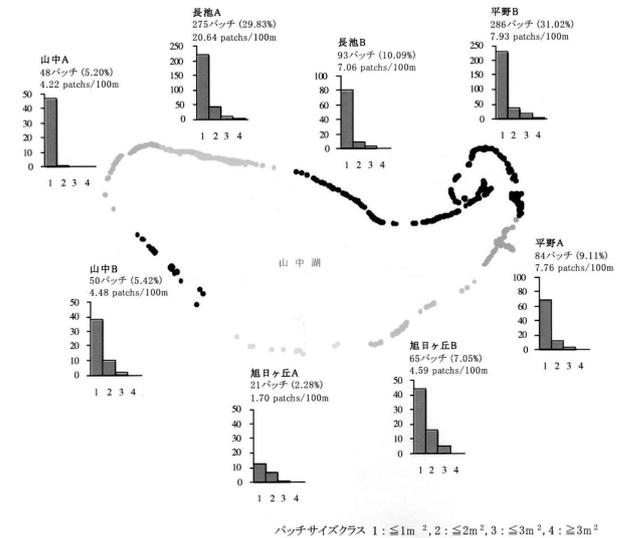


図3 オオブタクサ群落の位置と概ねのサイズ

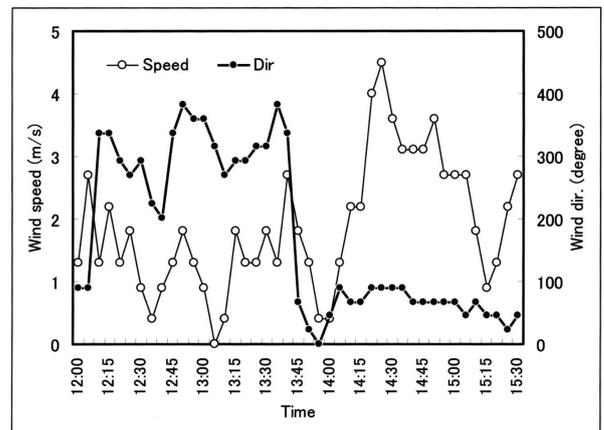


図4 湖上風の風向・風速の時系列変化(2008年10月9日)



図5 GPS搭載ブイの流跡図

度以降は平野ワンドあるいは気候が似た地域での野外実験を行い、水生植物の成長量の予測精度を上げていきたい。植物の成長に伴う水質変動に関するデータも蓄積する予定である。

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。今後は野外飼育実験を行い、生態系保持に配慮しつつ、平野ワンドに最も適した貝種の検討を行う予定である。

また、平野ワンドでの生態系の実態調査も併せて行い、魚類、底生動物、水生植物に関する多くのデータ収集を行なった。

魚類ではオオクチバス、ナマズ、モツゴ、オイカワ、ヌマチチブ、ワカサギ、フナ、タモロコ、ヨシノボリ、ニゴイ、コイの11種が確認され、モツゴ、タモロコが減少し逆にオイカワが急増するという優占種の交代が見られた。また捕食物の観察から水草を食している魚は見られず、平野ワンド内の水草減少の原因ではないものと判断された。

底生動物などはテナガエビ1種と、トンボ類ヤゴ5種が確認され、いずれもワンドのヨシを代表とする湖岸植生が重要な生息場所であることが明らかとなった。

水生植物については、山中湖全体で水草類13種（うち1種は交雑種）、大型藻類7種の生育を確認した。また平野ワンドの中ではホザキノフサモが優占種となっていた。水草の現存量と湖水環境、特に光量に大きくかわる透明度の関係を明らかにすることは、今後植栽を行なう上で重要であると考えられた。

また既存の空中写真などのデータとの比較の中で、平野ワンドに降雨などの流入口が一部失われ、その結果として集水量が10%強減少し、水の動きが弱くなった可能性が示唆された。このことにより、ワンド奥部の泥の堆積が加速した可能性があったことが明らかとなった。

来年度以降はこれらの成果をふまえ、平野ワンドでの植栽あるいは飼育実験を行い、水質管理に適した生物種の選定とその管理方法の検討を行なう予定である。

謝 辞

調査にあたり、ご協力を頂いた山中湖漁協及び(株)富士汽船の皆様に感謝の意を表します。

原著論文

- 1) 芹澤(松山)和世, 安田泰輔, 中野隆志, 芹澤如比古: 山中湖におけるフジマリモの再発見. 富士山研究3: (印刷中), 2009

学会発表

- 1) 芹澤(松山)和世, 中野隆志, 安田泰輔, 加藤将, 野崎久義, 吉澤一家, 芹澤如比古: 山中湖に生育する大型藻類の現状, 特にフジマリモとシャジクモ類について, 日本藻類学会第33回大会, 沖縄, 2009
- 2) 芹澤如比古, 夏目雄貴, 松野安純, 土屋佳菜, 吉澤一家, 芹澤(松山)和世: 山中湖の水草類の生態, 特に透明度と分布の関係—2008年—, 日本藻類学会第33回大会, 沖縄, 2009
- 3) 芹澤(松山)和世, 中野隆志, 安田泰輔, 加藤将, 野崎久義, 吉澤一家, 夏目雄貴, 松野安純, 土屋佳菜, 芹澤如比古: 富士五湖の水生植物植生—2008年の山中湖の水平・垂直分布—, 第10回富士山セミナー, 山梨, 2008
- 4) 芹澤如比古, 夏目雄貴, 松野安純, 土屋佳菜, 吉澤一家, 高橋一孝, 永坂正夫, 芹澤(松山)和世: 山中湖の水生植物・大型藻類の水平・垂直分布について—2008年—, 日本陸水学会甲信越支部会第34回研究発表会, 長野, 2008
- 5) 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古, 中野隆志, 安田泰輔, 吉澤一家: 山中湖における水草・大型藻類—2007年—, 水草研究会第30回全国集会, 千葉, 2008
- 6) 芹澤(松山)和世, 芹澤如比古, 吉澤一家: 最近の山中湖における水草・大型藻類, 日本藻類学会第32回大会, 東京, 2008
- 7) 吉澤一家, 小田切幸次: 山中湖における漂流グイによる湖流調査, 第42回日本水環境学会年会, 名古屋, 2008
- 8) 吉澤一家, 小田切幸次: 山中湖の閉塞的な水域での湖流と湖上風, 日本陸水学会甲信越支部会第34回研究発表会, 長野, 2008