

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

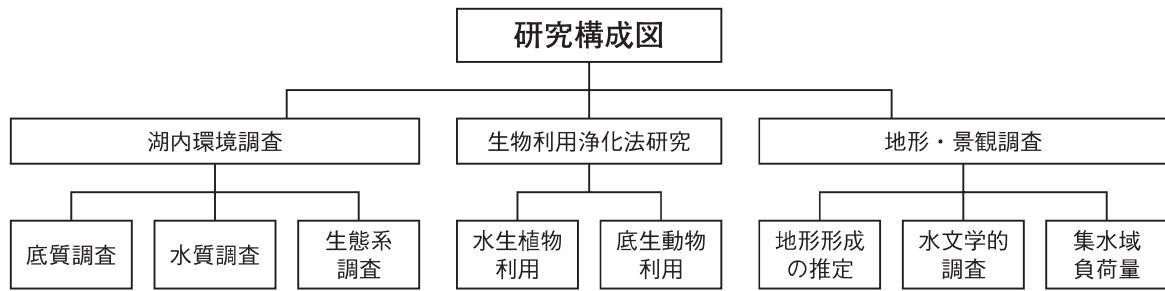


図1 研究構成図

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。

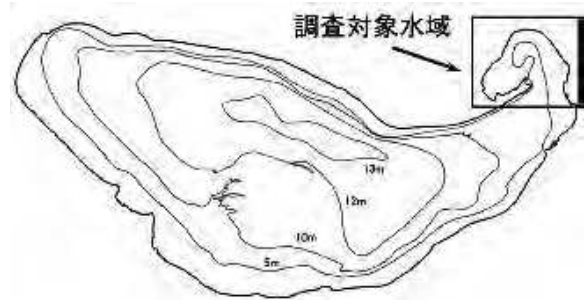


図2 調査対象水域 (山中湖 平野ワンド)

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の湖岸部を中心に行な

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	コケムシ休芽	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		
	タモロコ	10				70.0		10.0		20.0	
2008.10.28	ヨシノボリ	1	100.0								
	ニゴイ	2				100.0					
	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