

第14回助成研究ワークショップ

湖沼の環境改善

開催日時：平成11年11月25日(木)10:00~17:00

会場：琵琶湖研究所ホール

主催：財団法人 日本生命財団

後援：環境庁・滋賀県・石川県

滋賀県琵琶湖研究所・日本水環境学会

日本陸水学会・(財)国際湖沼環境委員会

プログラム

10:00	開会挨拶	日本生命財団 理事長 小林 幹司
10:10	琵琶湖チーム研究報告 代表研究者「琵琶湖北湖の水質形成過程の解明に関する研究」 総括報告	'96, 97助成 京都大学大学院 工学研究科 教授 宗宮 功
10:20	研究報告1「河川による流域から琵琶湖への流入汚濁負荷量の大きさとその流人特性」	摂南大学 工学部 教授 海老瀬潜一
10:50	研究報告2「水質形成に関わる流れの物理過程」	岡山大学 環境理工学部 助教授 大久保賢治
11:20	研究報告3「琵琶湖生態系の動態と生態系管理の課題」	滋賀県立大学 環境科学部 教授 坂本 充
11:50	昼食休憩(60分)	
12:50	河北潟チーム研究報告 代表研究者「河北潟の環境改善－水質と生態系－」 総括報告	'97, 98助成 石川県農業短期大学 教授 井村 光夫
13:00	研究報告1「河北潟における水の収支と栄養塩類の動態について」	石川県農業短期大学 助教授 桶 敏 石川県農業短期大学 講師 皆巳 幸也
13:30	研究報告2「河北潟底質の分解特性と農業利用の可能性」	石川県農業短期大学 助教授 田知本正夫
14:00	研究報告3「トンボ舞う水辺空間の復元のために －トンボの生息場所としてみた水草群落について－」	石川県農業短期大学 教授 上田 哲行
14:30	総合討論の前に 「湖沼環境保全の今後の視点」	大阪大学大学院 工学研究科 教授 村岡 浩爾
15:00	休憩(20分)	
15:20	総合討論(100分)	コーディネイター 大阪大学大学院 工学研究科教授 村岡 浩爾
17:00	閉会	

琵琶湖チーム代表研究者総括報告

「琵琶湖北湖の水質形成過程の解明に関する研究」

宗宮 功 (そうみや いさお) 京都大学大学院工学研究科 教授

(略 歴) 1938年生まれ。京都大学工学部衛生工学科卒業、京都大学大学院修了、
京都大学工学部助手、助教授、教授を経て1996年より現職

(専 攻) 水環境工学

(所属学会) 日本水環境学会、国際水学会、土木学会、環境科学会、国際オゾン学会

(著 書) 「オゾン利用水処理技術」(公害対策同友会)

「自然の浄化作用」(技法堂出版)

「湖沼工学」(山海堂)

「新版オゾン利用の新技术」(三誘書房)

「水質環境工学」(技報堂出版)

「自然の浄化機構と制御」(技法堂出版)

「水環境基礎科学」(コロナ)

「環境水質学」(コロナ)

1. 本研究の着想点と研究展開

平成8年10月から2年間にわたり、表記研究題目の下、財団法人日本生命財団から研究助成を受け、琵琶湖の水質変化に関心を持つ11名の研究者で研究班を形成し、研究を展開してきた。研究の主要着眼点は、琵琶湖の水質が多くの防御対策の実施にも拘らず、年々ゆっくりとだが確実に劣化する過程をたどっているとする環境情報を目にするに付け、“一体、なぜ、どのような反応と過程が中心となって今の変化を押し進めているのか”という疑問が大きくなり、関連する因果関係を明かにし、それを何らかの形で定量把握し、水質保全施策の意義と順序を規定する何らかの規範が見つけられるのではなかろうかと言うところにある。

琵琶湖湖畔では、昭和47年以来25年間にわたり、琵琶湖総合開発事業が事業費約1.8兆円で進められた。新たな40m³/sの水源地開発が進められ、同時に人の生活や生産の場の環境を都市環境や農村環境改善の立場で対策を施し、水源の確保、湖岸の整備、下水道や農村集落排水処理施設、合併浄化槽等々環境浄化のための諸基盤施設の建設などが実施されてきた。この事業成果を環境管理の面から誰がどのように評価しているのだろうか。未だに環境基準点の水質向上に見るべき改善は得られていないのは事実である。湖周辺での人為活動が対策として実施した防御機構を遥かに越えるレベルで大きくなり、汚染の進行を止められずにいるのか、あるいはすでに湖自体が不可逆的な変遷の過程を歩み出しているのか、或いはまた時代と共に汚染の中身、現象が変化し、同じ指標や概念では表示できなくなっているのか判然としない。

いずれにせよ、琵琶湖の水質環境基準であるCODの値は、最近20年間にわたり北湖も南湖も環境基準点で基準値の2~3倍を示し続けたまま、何ら改善の傾向は見られない。設定初期に行政目標として掲げたCOD値自体が高値安定で高止まりしてしまっているのか、あるいは目標値は目標値でしかなく、高い方が浄化対策の動機付けに好都合であるというのか、4半世紀も基準値が満足できないままで、誰も責

任を取ろうとしない。今のままで誰も痛くも痒くもないからであろう。また、一度設定した環境基準値は県の環境審議会でも5年毎に見直されるはずであるが、数値を低下させた行政体は今までわが国内にはないと言われるプレッシャーで何もしないのだろうか。琵琶湖湖畔に生活し、琵琶湖に生きる人たちも、数値目標への適合率などには関心はなく、ただただ日々、年々ゆっくりとだが確実に変化する事態を受け入れ、その変化への対応に忙しく、全体の水体系に関する総合対策を考慮・言及・要求するまでに至っていないし、この慢性的な変化への対策をより強力に県に町に要求することもない。兎に角努力目標が設定されているので、従来どうり同じ場所で、同じ方法で水質を測定し、記録し、適合率を判定し、値が悪いですねと評価し、そうですねと納得することが繰り返されているように見える。

時代が経過し、琵琶湖周辺の自然環境が徐々に変化し、取り巻く陸域や水域の生態系における関連種が低減傾向を示し、琵琶湖の形状が湖岸から小さくなり、気付いたときには沼沢化した場所が増え愕然とするのがおちではなかろうか。環境基準点での基準水質不適合率はむなしく皆に無視され続け、行政だけが実生活上あまり利用価値のない水質値を営々と基準点でとり続ける。もっと琵琶湖の実体を正確に定量的に把握する努力はなぜ、行政レベルで本気で進められないのだろうか？もう一度、1次産業、2次産業並びに3次産業を含め琵琶湖そのものの意義と価値、あるべき姿（水量、水質レベルを含め）、その管理体系を見直すべき時であり、総合的管理へ向けて多くの仕事が積み残されている。今最低限、20世紀末における琵琶湖の姿を明確に把握し、今後の対策へとつなぐ情報をできる限り整理することが必須であると考えます。

結局本研究では、琵琶湖の水環境に関する多くの最新情報を収集整理し、経時的な水質変化を人の活動強度とか活動内容変化と重ね合わせて検討し、最新の分析技術を駆使して必要情報を入手し、定量解析することで、琵琶湖の内外で生じている各種目標物質の拡散、移動、沈殿、形態変化など各種挙動を、生態系の変化をも念頭にしつつ、定量的に評価し現況の正確な記録と今後の水質管理の手順や方向性を提示することを目指している。

2. 研究組織

本研究では、琵琶湖に強い関心を持つ農学、工学、理学及び薬学等の多様な学問分野の研究者に参加を呼びかけ、強力な研究班を組織し、初年度は10名また2年目は11名の研究者が各自の専門分野に関する研究を展開すると共に、それぞれの研究を統合し、有機的に重ね合わせて、20世紀末の今の琵琶湖の水質現況を明確に浮き彫りにし、野外調査のデータ解析、物質収支解析やモデル化手法を駆使して、できる限り定量的に把握する事を心がけてきた。研究代表者並びに分担研究者一覧並びに分担課題は以下のようなものである。

所属	研究者氏名	研究課題
研究代表者		
京都大学大学院工学研究科	教授 宗宮 功	研究総括並びに北湖水質動態の解明
分担研究者		
滋賀県立大学環境科学部	教授 坂本 充	北湖の生態系と水質との関係解明
京都大学大学院工学研究科	教授 津野 洋	水質調査と藻類に関する動態分析・評価
京都大学大学院工学研究科	助教授 藤井滋穂	水質調査と金属類，イオンの動態分析
岡山大学環境理工学部	助教授 小野芳朗	水質調査と微量有機物の分析と生態影響評価
大阪大学薬学部	教授 那須正夫	水質調査とバクテリアに関する動態分析評価
滋賀県立大学環境科学部	教授 国松孝男	農村・山林・路面などからの栄養塩流入負荷の評価
摂南大学工学部	教授 海老瀬潜一	河川からの栄養塩制御
岡山大学環境理工学部	助教授 大久保賢治	河川流入汚濁物質の湖内での拡散・蓄積の評価
大阪府立大学農学部	助教授 渡辺紹裕	水田水量・地下水量の湖内への流出評価
愛媛大学工学部	講師 西村文武	琵琶湖富栄養化における有機物、窒素、リンの動態解析

3. 研究成果

本助成研究の学術的研究成果は、「琵琶湖北湖の水質形成過程解明に関する」最終報告書にまとめられている。さらに、この研究成果をもとにして琵琶湖の現況を示した一般向け単行本「琵琶湖」（技報堂出版）を、財団法人「日本生命財団」のご援助を受け刊行することとなった。本冊子の参考資料には報告書および単行本から抜粋した図表で、琵琶湖の概況を紹介するので、ご参照いただければ幸いです。

参考資料（琵琶湖の過去・未来・現況について）

以下の図表は、「琵琶湖北湖の水質形成過程解明に関する研究」最終報告書と、その成果をもとに一般向けに出版する「琵琶湖」（技報堂出版）中の図表を紹介したものである。図表と共に若干の説明を加えることで、琵琶湖に関する最新情報が理解できるように努めたので、ご参照頂ければ幸いです。なお、他文献より引用したものもあるが、紙面の都合上、詳細は両書を参照して頂きたい。（京都大学宗宮功）

「河川による流域から琵琶湖への流入汚濁負荷量の大きさとその流入特性」

海老瀬 潜一（えびせ せんいち） 摂南大学工学部 教授

（略 歴）1943年生まれ。京都大学大学院工学研究科博士課程中退、

京都大学工学部助手、国立公害研究所水質土壌環境部水質環境計画研究室長を名称変更・組織改正により国立環境研究所水質土壌環境部水環境工学研究室長を経て1995年より現職

（専 攻）水環境工学、水質水文学

（所属学会）日本水環境学会、水文・水資源学会、日本陸水学会、環境科学会、土木学会

（著 書）「環境流体汚染」（森北出版）

「湖沼環境調査指針」（公害対策技術同友会）

「河川汚濁のモデル解析」（技法堂出版）

「湖沼汚染の診断と対策」（日刊工業）

「自然の浄化機構」・「自然の浄化機構の強化と制御」（技法堂出版）

1. 流入河川と集水域の特徴

琵琶湖の流入河川の数は、湖岸全域にかなり均等に分布しているが、集水域面積のウエイトが東岸部の湖東平野に偏在していて、流域面積の大きな河川が多くなるため、流入河川による汚濁負荷量の大きさも東岸部流域に偏る結果となっている。むろん、流入河川の単位面積当たりの汚濁負荷量の大きさでは、市街地面積比率の大きい南岸部河川が土地利用形態の影響を反映して、大きくなることはいうまでもない。北岸部・西岸部・南岸部では、安曇川を除いて長さや流域面積とも小さな河川が多く、上流部に山地を擁して、河川勾配が比較的大きな河川が多い。東岸部の河川も上流部には山地を擁しているが、中・下流部の水田を主とした農地のウエイトも大きく、河川勾配の比較的小きな河川が多い。ちなみに、河川流量の大きさを左右する年間降水量は、集水域の北部で冬季の降雪によって全体的に大きく、集水域の南部で小さい傾向がある。なお、彦根気象台ではこれまでの105年間の降水量観測記録があり、その平均値は1687.2mmであり、10年ごとに更新される平年値の今の値は1653.7mmとなっている。全集水域内にAMeDASの観測地点が10地点あり、これらの年間降水量の平均値に近くて、地理的にも集水域中央部に近い地点が彦根であり、彦根地点の降水量を全集水域の代表値とする。

2. 流入河川汚濁負荷量調査

琵琶湖への流入河川は一級河川だけでも115流ある。流域面積の大きい順に並べてゆくと、3.0km²以上の河川数が67流となり、湖表面を除いた集水域面積3175 km²の84.5%にもなり、残りは非常に小さな流域規模の河川になる。これらの河川を調査対象として西岸部南・西岸部北・東岸部北・東岸部南・南岸部の5ブロックに分けて、灌漑期・非灌漑期を考慮して、春季（5月30日）・夏季（7月26日）・秋季（11月8日）の3回、同一日の午前中から午後前半にかけて一斉に晴天時の負荷量調査を行った。この調査は摂南大学と滋賀県立大学の共同調査として行った。今回の調査では、T-COD、D-COD、T-N、T-P、Inorg-N、TOC、DOC、主要無機イオン、SS、ECなどの水質項目と流量である。

3. 晴天時流出分の総負荷量

2回目調査の終盤に、台風の先触れの降雨流出の影響が調査時間が長めとなる東岸部の2つのブロックの11河川に及んだため、影響の出る前に調査が終了していた5/6の河川の1回目と3回目の平均値と2回目の比率で河川の流量および負荷量を修正して、3回調査の平均値を流域面積当たりの流量・負荷量とし

て、調査をしなかった残流域分にも適用し、琵琶湖全集水域の晴天時分の総流入負荷量とした。滋賀県立大学国松らが2～3日間かけて実施した1980年以前の9回の主要河川調査結果の平均値と比べて、総流入流量ではほぼ同じ流量レベルの73.6m³/sであったが、総流入負荷量ではT-CODが232kg/s、T-Nが78.7kg/sで、これらの2つともが80%弱と少なく、T-Pが7.7kg/sで50%以上少ない結果となった。国松らの1980年以前の調査時と比べて、集水域人口はかなり増加しているにもかかわらず、一方で、下水道の普及率がかなり上昇し、1983年前後の合成洗剤の無リン化があったことによる汚濁負荷の削減効果の影響が大きいと考えられる。

4. 降雨時流出分の総負荷量

降雨時流出負荷量調査は、琵琶湖流入河川と摂南大学が地理的かつ時間的に遠いため、今回は平均的な琵琶湖流入河川の特徴と似た淀川中流部左岸側支川の天野川中流地点で降雨時流出負荷量調査を7回実施した。しかし、7回のうちの2回の降雨量は少なく、日変動範囲内に埋没する程度の影響しか出現しなかった。このため、筆者らが過去に南部湖岸の4河川について実施した降雨時流出負荷量調査結果や、霞ヶ浦流入河川で実施した同様の降雨時流出負荷量調査の結果も援用することにして、降雨時流出負荷量算定のための「ひと雨」降雨の総流量・総負荷量関係の回帰モデル式で降雨時流出分負荷量を推定した。

5. 総流入負荷量

河川の1年間の流出状態を晴天時流出と降雨時流出に分けて、平年的な降雨状況のモデル年を設定して、その「ひと雨」降雨ベースでの降雨構成で年間総流出負荷量を推定する方法を選んだ。晴天時流出分の負荷量に増分としての降雨流出分の負荷量が加算されて年間総流出負荷量が算定できるモデルを利用した。晴天時流出分の負荷量は晴天時流出の3回の負荷量調査の平均値を残流域にも適用して推定し、降雨時流出分の負荷量は降雨時流出の調査データをもとにした正味流量・正味負荷量の回帰モデル式から推定した。降雨時流出分が直接流出率を30%と推定した場合の琵琶湖全集水域からの総流入負荷量の推定値は、T-CODで17,350t/年、T-Nで4,967t/年、T-Pで1,228t/年の値となった。この推定値をブロック別でも算定すれば、総量では琵琶湖東岸部で大きく、単位面積当たりの負荷量では南湖ブロックで大きい結果となる。同様の推定を霞ヶ浦の流入河川でも行っているので比較すると、琵琶湖では霞ヶ浦と比べて相対的に単位面積当たりの負荷量で小さく、T-CODやT-Pと比べてT-Nのウエイトがかなり小さいことがわかる。

表－1 調査河川の総流入流量と負荷量（単位：流量m³/s、負荷量10³kg/d）

調査日	流量	T-COD	T-N	T-P	TOC
5月30日	54.9	15.41	4.47	0.546	13.64
7月26日	121.1	54.62	13.57	2.237	56.93
11月8日	21.2	3.25	1.76	0.090	6.83
平均	65.7	24.4	6.6	0.958	25.8

表－2 直接流出率の差による総流入負荷量の相違

	T-COD			T-N			T-P		
	25%	30%	35%	25%	30%	35%	25%	30%	35%
直接流出率									
降雨時分負荷量	8141	10050	11830	2070	2484	2897	817	1004	1195
晴天時分負荷量	7303			2483			224		
総流入負荷量	15444	17353	19133	4553	4967	5380	1041	1228	1419

「水質形成に関わる流れの物理過程」

大久保 賢治 (おおくぼ けんじ) 岡山大学環境理工学部 助教授

(略 歴) 1954年生まれ、京都大学工学部交通土木工学科卒業、京都大学大学院工学研究科修士課程
修了、京都大学防災研究所助手、1995年より現職

(専 攻) 環境水理学、陸水物理学

(所属学会) 土木学会、水文・水資源学会、日本陸水学会、国際水理学会

(著 書) 「Dense Bottom Currents」(AGU : Lake Biwa, Japan)

「湖沼の水環境の再生」(岩波講座：地球環境学7)

1. 研究の目的

琵琶湖は浅い南湖と深い北湖から成り流系は多様である。北湖は自転の効く最小規模の1回循環湖、南湖は典型的な浅水湖で昼に成層し夜に混合する多循環性がある。弱い日成層は数cm/sの流れで安定度が低下、日没後に完全混合する。基礎式は共通でも場の渦動粘性係数は湖毎に異なり、地形や気象・水文学的境界条件に支配され、水文・水理学的な履歴すなわち初期条件にも依存する。そのため単独の観測結果は挿話的 (episodic) で、完全に同じ物理過程は二度測れない。複数の挿話を集めて得られる湖の平均的状态は必ずしも代表的でなく、洪水や渇水の状況を含めて総観的 (synoptic) なものになる。本研究は北湖南部水域に限ったが、1997年毎月の観測から底質移動・堆積に関わる濁水貫入に着目し北湖における物質輸送過程を検討した。

2. 琵琶湖の湖流

湖流は河川流量による恒流、風の運動量を受ける吹送流、それに熱対流を含む密度流の三流系になる。吹送流は基本的に鉛直循環であり、地形性環流や地形性・自転性二次流を伴い、その強さは風波で識別され、また多くは冷却をうける。湖水密度は水温と溶存・懸濁物濃度で変化し、その成層は湖水の安定状態を示す。砕波する粗面下で成層は破壊され密度流は吹送流に遷移する。こうして気象条件により密度流と吹送流は頻りに遷移する。成層が重要なのは鉛直拡散係数の変動で流れ構造が変化するためである。大湖の流動、とくに環流や内部静振のような現象は自転効果を受ける。以上の強流系に対し濁質濃度の弱い密度差が熱塩対流ならぬ温濁対流をもたらし、水質因子や低活性の生物粒子はこの二重拡散対流に対し受動的であり、その移流 (沈降) を受ける。

3. 観測の結果

春の受熱で躍層が形成され藻類が増殖する。4月下旬浅い日躍層下に珪藻ブルーム後の濁りの極大層と、沈降した生物粒子を含む濁水の深い貫入をみた。5月下旬、淡水赤潮の濁りは翌日の雨で野洲川の濁りにかき消された。夏は成層が浅く強化し混合が抑制される。6~8月の観測は降雨の影響が少なく濁度は低いが複数の薄い層状の濁りが季節躍層より上方に離れて存在した。秋は冷却に転じ水温差は減少、躍層は深化する。台風の後には流入したシルトで沈降が促進される。9月は台風後さらにその1週間後の貫入をみた。10月下旬は22m層に希薄だが厚い貫入があった。晩秋は浅水起源の下層密度流が発生する。11月下旬、12月中旬の密度流はそれぞれ25m及び35m層に貫入した。弱成層・大振幅の内部静振が湖の内部を荒れ模様にする。冬は季節躍層が消え岸沖の水平濃度勾配が顕著になる。1月上旬に水深50m点で湖底高濁層、2月下旬には河川水の潜込みによると思われる別種の成層をみた。3月下旬の観測も小雨で決行したが、濁度分布は前年4月と酷似し、続いて98年4月および5月下旬にもブルーム後の沈降過程を確認した。

4. 物理過程の季節変化

北湖の水質形成とは、物理過程に対応する生物・化学過程と理解される。春（3～6月中旬）は、冬に濁りの高い浅水域で受光受熱した沿岸水中で増えた生物粒子が表層密度流から大量に沈降し底泥に入る。初期の躍層は水温差も小さく濁質の通過で容易に深化し、日々の熱量は躍層に貯えられていく。早春の河川水は融雪の影響もあり湖水より低温だが後半には逆転する。夏（6～9月中旬）の雨で多量のシルトが流入するが、晴天が続けば躍層は浅く安定し、生物粒子が混合層内にシートを形成する。そこでは日周鉛直移動する光合成系が維持され一部生物は分解・脱落する。この消失を補う形で沿岸で巻上げられた懸濁物から生物が湖心に補給される。秋（9～12月中旬）は河川水温も低下しシルトが沈降を促す。混合層は深化し内部静振は振幅を増大させて明瞭な濁水貫入がみられる。晩秋の下層密度流は、貫入に移行する。冬（12～翌3月中旬）は表面静振や吹送流により深水底に高濁層が現れるが、濁りが一様となるのは浅水部であり水平濃度勾配を伴う水塊構造、弱い温濁フロントが形成される。このように岸沖物質輸送を担う対流循環に注目すると、春のブルームを境に循環は縮小し夏に最小となる。輸送の向きは表層を湖心に向う表層密度流と同じである。一方、下層を湖盆に向う循環が秋に拡張し冬は全湖規模に拡大する。こうして年間ほとんど完全混合しない深水湖の水質形成は成層や生物過程に応じて極めて緩慢に推移していくと考えられる。

「琵琶湖生態系の動態と生態系管理の課題」

坂本 充 (さかもと みつる) 滋賀県立大学環境科学部 教授

(略 歴) 1930年生まれ。都立大学理学部生物学科卒業、同大学大学院博士課程修了、名古屋大学理学部助手、助教授、同大学水圏科学研究所助教授、教授、同大学大気水圏科学研究所教授を経て、1995年より現職

(専 攻) 水圏生態学

(所属学会) 日本生態学会、日本陸水学会、環境科学会、国際理論応用陸水学会

(著 書) 「水域の富栄養化と水産増養殖」(恒星社厚生閣)

「生態遷移Ⅱ」(共立出版)

「淡水赤潮」(恒星社厚生閣)

「藻類の生態」(内田老鶴圃)

「自然の浄化機構」(技報堂出版)

「自然浄化機構の強化と制御」(技報堂出版)

「メソコスム、湖沼生態系の解析」(名古屋大学出版会)

1. 本研究の検討課題と目的

本研究で私に与えられた課題は、琵琶湖の環境管理に必要とされる水質モデル構築の問題点を生態学的立場から検討し、今後の研究方向を示すことにある。このため、既存の湖沼富栄養化水質モデルの問題点を検討するとともに、対象としての琵琶湖における水質形成に関わる湖内の主要な生物生態過程の知見を整理検討し、必要項目については調査と実験を行い、今後の研究課題を明らかにすることに努めた。研究対象は、湖の富栄養化をもたらす窒素とリンの循環に影響する過程として4植物プランクトンの量・質の変動と水質の関係、および底泥有機物分解無機化の検討をすすめた。これらの結果から、琵琶湖の生態系モデルの構築において、今後検討が必要とされる課題を論じる。

2. 既存の富栄養化水質モデルの問題点

湖沼の富栄養化水質モデルには2つの流れがある。その一つは、流入負荷に対する湖内応答に焦点を絞ったinput-outputモデルで、OECD(1982)のリン負荷モデルで代表される。このモデルは、湖内の過程として、底泥への堆積と希釈のみを考慮した単純モデルであり、湖内の年平均リン濃度、クロロフィル濃度を指標にして、平均値的水質予測を目指している。外国の湖沼データをもとにしているため、日本では適用できない例も多く見出されている。もう一つのモデルは、湖内主要過程を組入れた数値モデルで生態モデルと言われる。複数の湖内主要過程を、支配因子の関数として捉え、それらの総合において系全体の動きが決まるとの理解で、汚染負荷に対する水質変化の予測を試みている。経時変化を予測できることから、湖沼の環境管理策立案における水質予測に広く使われている。しかし、現有の生態モデルで素過程に採用されている知見の多くは、観測や実験で得られた断片的データであり、現実の湖沼における多様な相互作用による変動を考慮に入れていないため、生態系の変化予測には限界がある。現在開発されているモデルの多くは、生態系を構成する生物種の変化を予測する段階に達していないと見て良い。

3. 琵琶湖生態系の変化

琵琶湖の水質とプランクトンについては、昭和60年代の始めの琵琶湖生物資源総合調査以来、豊富な

資料が提出されて来ている。これらの資料の検討から、ここ30年近くにわたり、湖水のリン濃度、クロロフィル濃度、植物プランクトンの一次生産には大きな変化がないが、植物プランクトンの種構成には顕著な変化が起きていることが分かる。琵琶湖の元来の特色である緑藻の優占度が弱まり、珪藻や褐色鞭毛藻の優占度が高まりつつある。細胞サイズの大きい種が減り、小さい種の優占度が高まりつつある。

琵琶湖研究所の熊谷（1993）の解析によると、琵琶湖では、近年、湖表面と湖底水温が高まり、上下の水温差が小さくなりつつある。植物プランクトンの生長は有光層中における細胞の滞留時間に依存し、細胞サイズは沈降浮遊に影響するので、水温による湖水安定度の変化は、細胞サイズの異なる植物プランクトンに選択的に働く可能性がある。又、水温差は生理特性の異なる種選別に働く可能性がある。前田（1999）は、夏期末に採取した北湖水について温度と窒素、リン添加の影響を検討したところ、夏条件の高温では小型緑藻が優占し、秋の低温条件では珪藻が優占化し、水温が、琵琶湖プランクトンの種構成に影響する重要な要因でないかと推察された。

有光層で動物プランクトンに捕食されなかった植物プランクトンは、深水層中を分解しながら下方に沈降し、湖底に堆積する。植物プランクトン種構成の変化は、湖底の有機物堆積に影響する可能性がある。村瀬（1998）は、琵琶湖全体をカバーする多数の地点から採取した底泥コアの分析から、底泥有機物堆積量は、植物プランクトンの生産の5%前後であり、琵琶湖生物資源の総合調査時と大きく変わって無いことを見出した。沈降中、さらに湖底沈降後に分解無機化された窒素、リンの大部分は、有光層に回帰され植物プランクトンの生産に利用される。表水層中の硝酸イオンが激減する夏期成層期では、分解無機化による回帰が植物への主要な栄養塩供給ルートであり、沿岸域や内湖では底泥からの回帰栄養塩が高水温とともに特定種の優占化に与っているのではないかと考えられる。

4. 今後の課題

従来、湖沼の富栄養化管理では、全窒素、全リン、クロロフィルなど、マクロな水質項目について設定した環境基準達成を目標に、排出規制など環境対策が講じられている。富栄養化管理モデルも、この目的に沿ったレベルでの開発が多い。しかし、琵琶湖で見られるように、植物プランクトンの種構成が大きく変化し、ウログレナの淡水赤潮の発生、ラン藻のアオコ発生、ピコプランクトンの異常増殖など、特定種の異常増殖が頻発している。特に、らん藻アオコの発生は、ミクロキスチンなど毒性物質を生産するので、これら特定種の発生制御をも可能にする生態系モデルの開発と、それにもとづく総合的な生態系管理の必要性を示唆する。植物プランクトン増殖の栄養塩への依存性は種により大きく異なると考えられるが、琵琶湖の植物プランクトンについては、この知見は極めて乏しい現状である。琵琶湖で見られる優占種の大きな変遷や、特定種の異常増殖など生物的な水質変動に対応するためには、水質はマクロな捉え方でなく、重要種の特性と、それに影響する他種、および環境との相互作用を考慮した生態系モデルの開発が必要である。

河北潟チーム代表研究者総括報告 「河北潟の環境改善－水質と生態系－」

井村 光夫 (いむら みつお) 石川県農業短期大学 教授

(略 歴) 1947年生まれ。京都府立大学農学部農学科卒業、岡山大学大学院修士課程修了。

農学博士 (東北大学)、石川県農業試験場、石川県農業短期大学助教授を経て、1995年より現職

(専 攻) 作物学

(所属学会) 日本作物学会、日本雑草学会

(著 書) 「稲学大成」(農山漁村文化協会)

「コシヒカリ」(農山漁村文化協会)

「コシヒカリの直播栽培」(農山漁村文化協会)

1. 研究の背景と目的

湖沼や閉鎖性水域の水質悪化が問題となっている。水質には用途に応じた環境基準が設定されている。金沢市北部にある河北潟には農業用灌漑用水の基準が設けられている。近年そのCOD等が基準を上回るなど、水質の悪化が進行している。汚染の主たる原因は周辺人口の増加による事業所、家庭からの下水や生活排水および干拓地や周辺農地からの排水である。発生源対策として、下水道整備や干拓地内の畜産廃棄物処理施設の建設が開始され大きな効果が期待されている。これらの完成によって流入負荷の半分ほどが軽減されると考える。一方で、水質浄化の試みが、周辺自治体等で取り組まれている。

本研究では、河北潟の「環境改善」を目的に河北潟の現状を把握することにある。環境改善は水質改善にとどまらず、水・地圏と生物圏という生態学的な観点でシステムチックに解析し、地域住民に豊かな湖沼環境を提供するための方策の参考となることを目指す。

2. 研究方法

水、土壌、生物、作物、畜産、農業環境、環境経済の各専門家からなる研究チームを組織した。

桶と皆巳は水系水量および水質について、田知本は底質土壌、上田と井村および遠藤はトンボや水生植物等の生物相、井村および遠藤と宇佐川は干拓地および周辺の農畜産業、そして市原は環境経済の分野を担当した。

3. 河北潟の概況と豊かな水辺空間のための提言

金沢駅から車で20分、金沢市の北部近郊にある河北潟は、かつては水域22.5km²わが国第9位の広さを誇り、内水面の漁業および水運に利用されてきた。戦後の食料増産期に、岡山県の児島湾、秋田県の八郎潟に続いて、昭和38年から昭和60年の23年間をかけて干拓事業が行われた。2/3が農用地に干拓され、1/3 (7.8km²) が洪水調節および灌漑用の潟湖となった。

水系および水質については桶・皆巳が報告する。総流量はまだ解析中であるが、汚染物質の流入負荷との関係で言えば、軽減対策の成果が現れれば農業用水質基準の達成は困難ではない見通しである。今後は下水道整備、畜産廃棄物処理以外の例えば農業分野では、干拓地内農地の施肥の合理化や周辺水田の代かき汚泥対策などが望まれる。底質土壌の特性と利用については田知本が報告する。干拓以前には周辺農地は低湿水田で、3年に1回は洪水に遭っており、地上げ用のまた肥料効果のある客土として利用されてきた。現在は流入河川とくに森下川の河口に堆積して形成されるデルタは数年に一回浚渫され、建設や農地の嵩上げ用土とされている。また、県は農業用水の水量確保および水質浄化の観点から残存

水域全体の浚渫を計画している。

生物圏についてはトンボを指標とした考察を上田が報告する。残存水域の植生の貧困さが大きな問題であることが報告されるが、汽水から淡水への変化はあっても水生植物とくに藻などの水中植物およびヒシ、ミズアオイ等の浮遊植物やコウホネ等の水中性の挺水植物が全く見られなくなったことが特徴である。従前からのアシ、マコモに加えて新たにヒメガマが挺水植物群落を形成している。それら自体は無視できない水質浄化の役割を担っているが、豊かな水辺環境を形成するには多様性が欠如している。このような植物相になった理由は1つは残存水域の年間とくに夏期の濁りであり、もう1つは護岸堤の工法にある。すなわち、アスファルトの法面および潟湖側に張り出した根固め部分とその先の鉄板矢板で形成された護岸堤では矢板の先はいきなり水深が1m余りになっている。現在、堤防の嵩上げが議論されているようであるが、水生植物が豊かに生育するに適した工法を提案する。

石川県には白山や能登半島のみならず近郊農山漁村にも豊かな自然がある。県民が自然に触れる機会も多い。一方では、近郊の都市化と相まって風景を形成してきた中山間や農漁村の第一次産業の経済的な危機は深く進行しており、豊かな山里、田園、水郷などの風景は様々に破壊されてきている。とくに、大型の事業が行われた地域で顕著である。しかし、河北潟はガン・カモ類を始め野鳥の宝庫でもある。また、干拓農地では厳しいながらも牛乳やレンコン、スイカ、ダイズ等の食料生産基地としての大切な役割も担ってきている。生き残りをかけた農家の人たちは直接販売や消費者との交流事業にも取り組み始めた。しかし売れ残っている農地にセイタカアワダチソウやブタクサが繁茂してはせつかく訪れた街の人たちもどう思うだろう。水辺で遊び、トンボを追い、釣った魚を持ち帰って食卓に出せるような空間を創出することができるように願う。この願いに異論はないと考えるので、今後もそのための方策を提案していきたい。

河北潟チーム研究報告1

「河北潟における水の収支と栄養塩類の動態について」

桶 敏 (おけ さとし) 石川県農業短期大学農業工学科 助教授

(略 歴) 1959年生まれ。神戸大学農学部農業工学科卒業、神戸大学大学院修了。石川県農業短期大学農業工学科助手、講師を経て、1997年より現職

(専 攻) 農業機械

(所属学会) 農業機械学会、計測自動制御学会

(著 書) 「ファイトテクノロジー植物生産工学」(朝倉書店)

皆巳 幸也 (みなみ ゆきや) 石川県農業短期大学生物生産学科講師

(略 歴) 1965年生まれ。気象大学校卒業、名古屋大学大学院理学研究科修了1996年より現職

(専 攻) 大気・水環境学

(所属学会) 日本水環境学会、日本環境化学会、大気環境学会など

(著 書) 「地球環境ハンドブック」(朝倉書店) 「水の百科事典」(丸善)

1. はじめに

日本海に通ずる汽水湖であった河北潟が、干拓事業に伴う防潮水門の設置で淡水化されてから約30年を経た現在、富栄養化が問題となっている。本研究では、栄養塩の一つである窒素、特に溶存態の無機成分 (NH_4^+ 、 NO_3^- など) を中心に潟の水質を調べ、その動態について考察した。一般的には、窒素成分の供給源として、多い順に生活排水、肥料の流出、畜産排水が挙げられる。河北潟でも、底泥からの回帰も含めて、これらの負荷をいずれも考慮する必要があると思われる。

2. 河北潟への水の出入り

河北潟には、主なもので6つの河川が流入している。地図(図1)で北から時計回りに、宇ノ気川、能瀬川、津幡川、森下川、柳橋川、金腐川である。最初の3河川は干拓前の潟の北岸および東岸にあたる東部承水路を通して、残りの3河川は現在の残存水面に直接、それぞれ流入している。また、干拓前の潟の西岸にあたる西部承水路が東部承水路を経由して、更に、干拓地のほぼ中央を南流する中央排水路が残存水面の西端にあたる内灘大橋付近から流入している。

流出河川は、平常時は大野川のみである。この川は、潟を出てから約6km下流に金沢港が位置する感潮河川である。潟と大野川とは、防潮水門で仕切られている。こめ水門は、局・大野川の水位および設定水位に応じて自動的に開閉し水を流出させている。また、内灘大橋から西方に延びる河北潟放水路は日本海に通じているが、その水門は大雨による異常増水時に緊急放流するためのもので、殆んどの場合には閉鎖されている。

3. 調査の内容

調査は、1997年11月から1998年10月まではほぼ毎月1回、1999年は夏季を中心として、潟内と東部・西部の承水路、および流入・流出河川で行った。これら地点では、表層水について調査する事を基本とし、それに加えて一部の地点では下層の水も採取した。現場では、pH, EC, DOを水温と共に測定した。採水して持帰った試料は、孔径 $0.45\mu\text{m}$ のセルロースアセテートメンブランフィルターで濾過後、イオンクロマトグラフ法による無機イオン成分 (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Cl^- , NO_2^- , NO_3^- , ΣPO_4^{3-} , SO_4^{2-}) の定量まで冷蔵保存した。

4. 結果と考察

まず、調査時の水の流れについて記す。大野川と接する防潮水門は、干潮時の前後にのみ開放して水を排出していたが、川の水位が高い時は、少量ではあるが間欠的に流入する場合があった。承水路および流入河川からは、流速に差は有るものの、ほぼ連続して潟へ流入していた。潟内の流れは極めて緩やかであり、浮遊物により肉眼で流れが確認できた場合も、その速さは辛うじて判る程度であった。次に、表層水の組成の特徴を記す。防潮水門での水の出入りや、その付近での Na^+ 濃度が最大でも 23.7mg/L であったことから、少なくとも表層では、潟内への海水の影響は殆んど無いと思われる。無機態の窒素成分では、 NO_3^- が常に卓越していた。これに次いで NH_4^+ が多かったが、季節によって、あるいは一日の中でも時間の経過によって大きく変動した。 NO_2^- は、殆んど試料でごく微量であった。

表層水の窒素成分濃度の水平的な分布について、潟（残存水面）のそれぞれ東端と西端に位置する才田大橋および内灘大橋での結果から考察する（図2）。 NO_3^- は、季節や時間帯を問わず内灘大橋の方が高濃度であり、その付近での負荷源の存在を示唆した。一方、 NH_4^+ は、逆に才田大橋で濃度が高い事が多かったが、内灘大橋で平常の数倍の濃度となって才田大橋より高濃度を示す事例も見られた。従って、 NH_4^+ の供給源としては、潟の東側の定常的なものと、西側の間欠的なものが有ると推定される。1998年9月2日の日中に、才田大橋付近で表層水と底層水（1.7m深）における溶存成分濃度の時間変化を調べた（図3）。 NH_4^+ を除く全ての成分では、 NO_3^- も含めて、表層と底層で濃度差が殆んど無く、また時間的変動も似通っていた。これは、底層まで湖水が鉛直混合されているためであると考えられる。一方、 NH_4^+ については、底層水では他の成分と同様の時間的変化が見られたが、表層水では時間を追って急激な減少を示した。その一因には、現場での生物生産による NH_4^+ の消費が考えられる。

「河北潟底質の分解特性と農業利用の可能性」

田知本 正夫 (たちもと まさお) 石川県農業短期大学 助教授

(略 歴) 1951年生まれ。京都大学農学部農芸化学科卒業、京都大学大学院修了、

石川県農業短期大学附属農業資源研究所助手、講師を経て1995年より現職。

(専 攻) 土壌肥料学、土壌微生物学

(所属学会) 日本土壌肥料学会、土壌微生物学会、微生物生態学会、医学生物学電子顕微鏡技術学会

(著 書) 「石川の農業と土壌肥料」(石川県土壌肥料懇話会)

「農業技術体系土壌肥料編」(農文協)

1. 底質の農業利用

湖沼の水底堆積物(底質)は湖沼の環境、水質にとって重要な因子であり、水質悪化の原因とも結果とも考えられる。一方、河北潟の底質は近年まで、栄養分に富む土壌、客土資材として利用されてきた歴史があり、単に底質を邪魔物として除去するのではなく積極的に利用することが期待される。また、加賀平野に位置する河北潟は周辺を水田地帯で囲まれているため、田植え時の代かき等に伴い懸濁物質として河川に流出された土壌粒子が潟に流入し、堆積している可能性も高い。したがって底質の利用は貴重な水田土壌のリサイクルという面からも重要である。本研究では河北潟底質を農業利用する際の問題点について主にその分解特性の面から調べた。

2. 底質の主な理化学性

河北潟の主な地点(A:森下川河口、B:東部承水路、C:金腐川河口、D:潟中央、E:放水路付近)から底質を採取し、その主な理化学的性質を調べた。その性質は採取地点により大きく異なり、A、Bは砂質の底質であり、粘土含量、陽イオン置換容量は低く、有機物含量も比較的少なかった(3~5%)。一方、C、Eは重粘質の底質が堆積しており、粘土分は60~80%近くに達した。また有機物含量も他地点底質の2倍以上の8~11%であった。可給態のリン酸濃度は3.5~141mg/100g程度であり、亜鉛、銅、鉛等の重金属濃度については問題となるような濃度ではなかった。

3. 有機態窒素の無機化とその解析

底質中の有機態窒素の無機化量(25℃)をフラスコ培養法によって経時的に調べ、反応速度論的手法によって畑状態および湛水状態における可分解性窒素量の推定を試みた。有機態窒素無機化推定量は底質の採取地点により大きく異なり、畑状態では4~65mg/100g、湛水状態では4~96mg/100gの窒素が無機化放出され、窒素養分の高い底質が堆積していることが判明した。

4. 栽培試験

底質を一般の畑土壌に混合し(50%, 25%, 10%)、ポットに詰めてコマツナを約1ヶ月間栽培し、発芽率、生育量に対する影響を調べた。砂質のA、Bでは植物生育に対する阻害作用はほとんどみられなかったが、C、D、Eでは50%混合の場合、著しい初期生育阻害が現れ、特にCでは10%混合でも生育阻害が現れた。これは底質中の有機物の急激な分解に伴う生育阻害と考えられ、その内容について目下検討中である。

5. 底質の分解とサーモグラム

微生物熱量計を用い、底質の分解過程を発熱の面から検討した。畑土壌に底質を50%混合し、畑状態水分における発熱を数日にわたって測定した結果、生育阻害の大きいC、D、Eは対照土壌の発熱が収

まった後も緩慢な発熱が継続し、積算発熱量も大きかった。本測定法は底質中の有機物の安定性あるいは分解性をトータルに推定する上で実用的かつ簡便な方法と考えられる。

6. 結論および今後の課題

河北潟の底質を農業利用する際の注意点として次のことが挙げられる。

- 1) 採取地点により、その性質が大きく異なる。
- 2) 有機物含量の多い底質は肥料的価値も高いが、有機物の分解に伴う植物生育阻害作用に配慮する必要がある。
- 3) 底質の利用にあたっては堆積処理等による十分な分解が必要であり、他の有機性廃棄物と共に堆肥化することも検討したい。

河北潟チーム研究報告3

「トンボ舞う水辺空間の復元のために ートンボの生息場所としてみた水草群落について」

上田 哲行（うえだ てつゆき） 石川県農業短期大学教授

（略 歴）1950年生まれ、東京教育大学理学部生物学科卒業、京都大学大学院修了、
石川県農業短期大学講師、助教授を経て、1997年より現職

（専 攻）動物生態学

（所属学会）日本生態学会、日本動物行動学会、British Ecological Societyなど

（著 書）「水辺環境の保全生物群集の視点から」（朝倉書店）

「京都深泥池氷期からの自然」（京都新聞社）

「小動物の四季3．夏」（朝日新聞社）

「小動物の四季4．秋冬」（朝日新聞社）

「朝日週刊百科動物たちの地球6．群れる離れる」（朝日新聞社）

1. はじめに

トンボ類は、その幼虫時代を水中の食物連鎖の比較的上位に位置する肉食昆虫として過ごすため湖沼の生態系の中で重要な位置を占めている。同時に、成虫時代には私たちにもっとも身近な生きものとして、人と自然の接点としての役割も果たす昆虫である。この研究は、トンボを中心として河北潟における生物多様性の維持機構の一端を解明すること、その成果を元に身近な水辺環境としての河北潟の環境改善のあり方を検討することを目的として行われたものである。

2. 河北潟のトンボ相

今回の調査で河北潟から21種のトンボを記録した。調整池からは11種、東部承水路からも同じく11種、西部承水路からは20種を記録した。21種という数字は1つの池沼のトンボの種類数としては多い方ではない。ただ、もともと潟や湖のように大きな水面を持つ水塊では、波浪の影響が強く、トンボ類幼虫の主要な生息場所である水深の浅い湖岸が安定しないことなどから、一般にトンボの種類数は多くない。しかし、それにしても河北潟本体である調整池の11種は余りにも少ないといわざるを得ない。そもそも、波浪の問題はいわゆる「移行帯」の存在と関連して問題になるのであり、移行帯がほとんど存在しない河北潟でそれを論じることは、実は意味がない。移行帯が存在しないこと、そのこと自体が種数の少なさの大きな原因だと思われる。

3. 水草群落とトンボ群集

では、河北潟水系の中では、なぜ西部承水路にトンボが多く生息し、調整池では少なかったのであろうか。一般に、トンボの種類数や個体数は周辺の樹林の状態や水草群落の在り方に大きく影響されることが知られている。周囲の樹林の状態という点では、調整池も西部承水路もあまり大差なく、いずれも貧弱である。水草群落に注目すれば、調整池では岸辺にヨシ、マコモ、ヒメガマといった大型の抽水植物群落が発達しているものの、浮葉植物や沈水植物はほとんどみることができない。これは東部承水路においても同様である。これに対して、西部承水路は抽水植物群落に加えて、チクゴスズメノヒエ、ヒシ、アサザ、トチカガミなど浮標・浮葉植物が豊富に見られ、沈水植物も存在する。このように浮葉植物、沈水植物の量という点では、圧倒的に西部承水路が豊富であり、そのことがトンボの種類数、個体数の多さの主要な原因と考えられる。とりわけ、チクゴスズメノヒエ群落とヒシ群落の存在が重要であ

り、幼虫のサンプリングでも、これらの水草群落から多くの個体が採集された。同じ西部承水路でも、ヒメガマ群落からはほとんど幼虫を採集することが出来なかった。

トンボ幼虫の採集と併せて、動物プランクトンなどほかの小動物の採集も行ったが、チクゴスズメノヒエ群落で明らかに種類数、個体数ともに多く、ヨシやヒメガマ群落ではいずれも少なかった。チクゴスズメノヒエ群落内には多数の稚魚も生息し、海洋生物にとっての「藻場」のような役割を果たしているようである。

興味深いのは、西部承水路の一部に、浮葉植物が存在しないにもかかわらず、トンボの豊富な場所があったことである。そこでは、ヒメガマとマコモの混在群落内に多数のマコモの地下茎の断片が浮遊しており、それが浮葉植物の代わりを果たしているものと考えられた。基本的に水中で歩行生活をするトンボの幼虫にとって水草は足場を提供してくれることになるが、ヨシやヒメガマなどの抽水植物は、垂直方向に直線・的な足場を提供するのに対して、浮葉植物やマコモ地下茎の浮遊断片は、水表面近くで水平方向に複雑な足場を提供することになる。水表面近くは水温も高く、溶存酸素量も多いことから、幼虫の成育に好適な場所である。それを提供することで、浮葉植物群落はトンボの多様性に重要な貢献していると考えられる。

4. トンボ舞う水辺空間の復元のために

トンボの多様性を高めるためには、何よりも水草群落の多様性を作り出すことが重要である。水草の急激な減少は河北潟に限らず全国的に生じており、主要な要因として水質汚濁が考えられている。したがって、トンボ舞う水辺空間を復元するためには水質の改善が求められるということになる。ただ、その場合、わざわざ水質浄化施設を作つてまで水質改善を行う必要があるかどうかは疑問である。河北潟の場合は飲料水としての利用はなく、農業用水としての利用が主である。水質改善は必要だとしても、緊急避難的なものではなく、時間がかかっても湖をして湖を作らせる方法をとるべきであろう。本来の湖の状態を取り戻せば、水質は自ずから改善されるはずだからである。なぜ、何のために水質は改善されなくてはならないのか、それを市民参加の上で改めて考えてみる必要がある。そのような観点からいえば、垂直な護岸堤で湖が取り囲まれている状態を解消し、移行帯を復元することが何よりも優先されるべき課題である。

干拓前の河北潟には「フゴ（不湖）」と呼ばれる入り江が数多く存在し、湖岸線はかなり複雑な形状を持っていたらしい。多様な水草群落を復元するためにも、そのようなフゴの復元も是非考慮すべきであろう。また、絶滅した水生植物のシードバンクとして河北潟の浚渫土壌を利用することは当然のことである。さて、多様な水草が回復し、生息場所が出来上がったとしても、いわゆるビオトープのネットワーク化が出来ていなければ、種の供給源に乏しく、河北潟に多数のトンボが舞うことは難しい。この点に関しては、河北潟からわずか2 km離れた公園の新しく造成された池に開園後わずか5年で33種のトンボが記録されたことから判断して、それほど心配は要らないと思われるが、周辺の水系の在り方についても再検討することは必要である。琵琶湖では、湖そのものからは16種のトンボしか記録されないが、周囲に付帯して様々な水系が存在するため、それらを含めると50種ほどのトンボが生息するという。潟湖は独立して存在するものではない以上、周辺の水系を含めた総合的な検討が、トンボに限らず、メダカをはじめとした魚類などの多様性を復元・維持するために重要である。

以上、トンボの多様性を高めるという立場から意見を述べてきたが、当然、これが唯一の道ではない。河北潟をどのように位置づけるかという議論の中で、トンボ舞う水辺空間の復元も議論されるべきであろう。

総合討論の前に

「湖沼環境保全の今後の視点」

村岡 浩爾 (むらおか こうじ) 大阪大学大学院工学研究科 教授

(略 歴) 1936年生まれ。大阪大学工学部構築工学科卒業、同大学院(修士課程)修了、同大学助手・講師・助教授を経て環境庁国立公害研究所水質土壌環境部室長・部長、1988年より現職

(専 攻) 環境水理学、河川工学

(所属学会) 土木学会、日本水環境学会、水文・水質学会

(著 書) 「水質環境科学」(丸善)

「河川汚濁のモデル解析」(技報堂)

水質汚濁の視点

公害の防止という観点では湖沼の環境基準達成率は低く、日本の湖沼は河川や海域に比べて肩身のせまい存在になっている。その原因は流入負荷量が大きいためであり、従ってその軽減が基本対策だと言える。下水道なり合併処理なりが未整備である以上、この施策は今後も続くだろうが、発生負荷の増加を下水道整備等でカバーしてはだめである。それよりも不思議なことは、この低達成率が続いても、何か事件が起こらない限り、誰も特段の不平を言わないことだ。まるでみんなが容認しているかのようだ。環境基準の達成が地域の最大公約数的目標でありながら、達成されないままにあるのは何か理由があるはずである。それは技術的に無理だからなのか、最近の地域の生活と社会活動からの要望が変貌しているからなのか。

水循環の視点

水に関係する中央6省庁がやおら「健全な水循環」を国土保全の旗印に立ち上がった。水は再生可能な資源であり、エネルギー・鉱物資源が非再生であるのと根本的に違う。水はどこでどれだけ使って汚して捨てても、必ず雨になって戻ってくる。だから循環の過程で不適切な利用をすると、もとの循環系を乱してしまう。湖は水を貯留するから、これを考え琵琶湖とか河北潟が水循環系の中でどんな位置づけになるのか。

かん養域保全の視点

琵琶湖の集水域を見てみよう。特に湖岸地域は「琵琶総」環境保全事業のお陰で人が住みやすくなった。一方で利用水深が増え、ヨシ帯や自然護岸が失われ、琵琶湖固有の生物の生息が淋しくなった。肝心のかん養域である森林は劣化するし水田も減少している。しかしかん養域がいかにも荒れようとも、水は所定量だけ湖に入ってくるという特質がある。河北潟を遠望してみよう。干拓地が発達し、圃場とかんがい施設の整備で農業が発達し居住地も拡大している。しかし新たな農畜産業経営の課題の中で、湖水が孤立しているではないか。湖のかん養域保全を、行動として支えるインセンティブとは何か。

水資源の視点

下流1400万人の飲料水が確保され「琵琶総」は終結した。しかし国土庁は安定供給のためにまだまだ水資源開発は必要という。事実、渇水期に水不足に悩む都市域は多い。大阪湾沿岸はというと、雑用水の利用量は人口の割に少なく、他の大都市圏に比べて最も低い。つまり水に恵まれているのである。このような下流域と琵琶湖流域は、琵琶湖についていかなる共有システムを組むべきか。上下流間の課題は多い。

生態系保全の視点

湖沼生態系は流入物質と自然エネルギーの供給下で、常に平衡状態に向けての動態を組む。その過程は超長期的なものから短期的なものまである。時にはドラスティックな破壊もあり得る。たとえ人為的なインパクトが加わっても、生態系ネットワークの断絶は避けるのが生態系保全の原則だろう。湖沼の生態系の基本的な形成は、境界の在り方のほかに上下流側の流出入特性下で行われる。下流への流出性に大きな変動がなければ、上流側だけに影響を受ける。望ましい生態系レベルが決まれば上流施策も立てやすいが、果たして総合的に練られたレベル目標の設定は可能であろうか。現在のところ、ヨシ群落とか固有生物種の保存とかの単目的の目標が目につく。生物モニタリングがまだまだ充実していないということなのか。

湖の科学的魅力

生態系が安定した湖はまさに「小宇宙」である。湖沼学の創始に係わった欧米の学者は、常に神秘的な魅力を湖に感じてきた。日本の先人も相違しない。何が魅力なのか。それは湖が未知の宇宙だからだ。現在でも少しでも湖の仕事に携わってきた人なら、必ず具象的な発見がある。それらは物理、化学、生物、地学の分野に多く、発見の快感はえもいわれぬ魅力である。

最近、社会学的な課題が増大している。湖が地域の人々の共有物になってきたからだろう。一口に環境保全問題といってもよいかも知れないが、林業、農畜産業、水産業、用水型工業など、一次・二次産業に係わる課題と、生活・教育・文化の健全化に係わる課題などがあって、技術上、制度上の解決が迫られている。一つの事業が終わったとして、それによって自然湖岸が大幅に失われたという例について言えば、自然湖岸の価値と技術力による自然の復元とが天秤にかけられ、結果として技術が勝ってしまったわけである。それは湖の科学的魅力を部分的にでも失ったことにならないか。そしてその敗因は、その魅力を主張する科学の力が足りなかったのだという見方はできないだろうか。