

自然環境モニタリングと環境科学の総合化

荒木正夫・渡辺隆一・吉田利男・清水建美

各研究者が常日頃、環境問題によせられる関心とアイデアをここに集録した。

提示された問題の中には、研究の経過報告や、研究進行中のメモ、更には長年、心の中であたためながらも、都合により、実証へのスタートをみない意見も含まれている。いずれも今後の研究を進める上で貴重な資料であると考えられる。

湖沼汚濁防止対策の一環としての 湖流解析研究

信州大学工学部 荒木正夫

近年我国の湖沼の汚濁化は著しいものがあり、信州高原の美しい湖沼も諏訪湖を初め白樺湖、女神湖など多くの湖沼で急速に汚濁化が進行しつつある。現在は清澄な湖水をたたえている野尻湖や青木湖、木崎湖なども将来は汚濁化が進む不安が感ぜられる。

信州の代表的な湖である諏訪湖においては既に富栄養化が極端に進行し、毎年夏場にアオコが大発生し湖水は緑色に染まる状況である。この状態の改善を目指して、長野県では昭和47年から諏訪湖流域下水道事業を着工し、54年10月には全体規模の1割程度であるが一部供用を開始している。しかしながら現行の下水処理方式によれば、放流水のCODは20 ppm程度残留し、また湖沼の富栄養化の主因となるN、Pは30%程度除去されるにとどまるであろうと推定される。諏訪湖の現況のCODは季節によって大きく変動するが3~15 ppmの範囲であり、またその環境基準の湖沼類型A (COD 3 ppm)であることを考慮すると、下水処理水をそのまま湖内に放流し続けられれば、湖水の富栄養化を進め環境基準を満足させることは絶望的である。このために長野県では、学識経験者、関係行政機関責任者等による諏訪湖流域下水道三次処理調査委員会を発足させて、湖水の汚濁化を防止するのに最適な高度水処理方式を鋭意検討中であるが、現在の所決め手となるような技術的名案を見出すことはむずかしく、豊田終末処理場内に実際に三次処理施設を設置するまでには、まだかなりの長年月を要するものと思われる。

上述のように、現行の下水処理方式からの放流水は湖の富栄養化を助長するおそれがあるから、釜口水門直下流で天竜川に放流する案も当然考えられたが、これは天竜川の水質を更に劣悪化するということで下流住民の同意を得ることが困難であった。この難問に対処するために、長野県は筆者の研究室との共同研究に基づき、湖の

汚濁防止と下流河川水質保全の兼合いを考慮して、処理水放流口の位置と形状を次のように計画した。すなわち豊田処理場の処理水を釜口水門の直上流まで導水し、湖岸に対して斜めの特定開度に開口させた放流口から、秒速14cm程度の低流速で放流すれば湖内への循環流は著しく減少し、大部分の放流水は釜口水門から天竜川へ流出することを、水理計算と模型実験によって確かめることができた。このように計画すれば湖水の富栄養化防止対策にもなるし、また下流河川に対しても、BODの高い処理水を直接放流するよりは若干薄められた水が流出することになるはずである。これは勿論応急的対策であって、将来三次処理が実施されるまでのつなぎでしかないが、当面ではやむを得ぬ方策と思われる。

筆者等の研究室ではここ数年来、このような解析にも適用できる有限要素法による湖流解析を進めているが、53年度特定研究報告に述べた解析モデルについて、更に精度を高めるよう努力している。ところでFEMによる湖流の三次元解析について、現行の解析モデルをタイプ別に分類すると、(1)鉛直方向に多層に分割し層内で二次元解析を行なう多層モデル、(2)鉛直方向粘性項、圧力項、コリオリ項の釣合いとして鉛直流速分布を利用するエクマンタイプモデル、(3)三次元メッシュを用いた三次元モデルがあげられる。しかし多層モデルでは各層間のせん断応力をいくらにするかという点で問題があり、エクマンタイプモデルではRossby数の大きい湖には適用できず、また三次元モデルでは節点数が多くなり計算時間・記憶容量の点で問題がある。以上(1)、(2)、(3)のモデルの難点を解決する手法として、試験関数に水平方向には区分的多項式を、鉛直方向には境界条件を考慮した余弦関数を用いた。これによって少ない節点数で三次元解析を行なうことが可能となった。

数値解析結果によれば、皿型形状の諏訪湖については鉛直方向の試験関数の項数 $m=2$ で以てほぼ満足すべき近似精度解が得られたが、境界が複雑で水深も深い野尻湖に適用した場合には、 $m=2$ では不足で $m=3$ とすることにより表面流速が実測値と大体一致する結果が得られた。このように項数 m の数を僅か1項増やすだけで解

析精度が上がった理由として、余弦関数が境界条件を盛り込んだモードとしての役割を果たしているためと考えられる。この点で従来行われている三次元解析モデルより、少ない節点数や条件で解析精度を向上させ得たものと思う。

以上のようにFEMによる湖流解析は数値実験としての精度が十分に期待でき、湖流の流動特性を予測し得るに有効であると思われる。今後更に解析精度を上げるために検討を進めて行くつもりである。

自然と環境と教育と

信州大学教育学部 渡辺 隆 一

自然、環境、教育、この三つのテーマは環境問題研究懇談会の中心的なものであろう。志賀自然教育研究施設での自然教育実習を担当しながら考えたいろいろについて述べたい。

人間と自然とは全く別な世界を持っているように思われる。それは人けのない原生林に入り、そこでの自然のあれこれを説明する時に強く感じることである。現代の人間はもはや自然とはひどくかけ離れた独自の環境といわれるものの中に生活するものである。そこには自然から水や大気が入りこみ、環境の一部となるが、そこでは人間の影響をうけて汚染されてしまい、元の自然にはないような新しい質のものに変化してしまう。それは本来の自然だけを対象とする科学ではやっかいなものであり、そこにこそ環境の科学が必要とされる所以があろう。

このように大古以来の本来の自然と、現代の人間の環境とが全く別個のものとすると、それぞれの教育も又異なったものであるだろう。前者においては、人間をも生みだしてきた本来の自然、多大の生命に満ち維持されてきている自然が理解されねばならない。後者においては、現代の人間をつつむ環境、それも主に公害や汚染と言われる劣悪化する環境の問題が理解されねばならない。そしてこの自然と環境の問題は自然教育（言葉は別のものであってもよいと思うが）上では統合されたものでなければならないだろう。つまり、自然科学、環境科学、教育科学の三領域の重複した部分がそれである。

自然教育において、人間の世界と、本来の自然とが別個のものであることを考える時、ぐくわずかの生き物（ドブネズミ等の）だけを友としてその母体をとびだしてきた孤独な人間の存在を知らう。そして現代の人間存在の基盤を、自然からの進化、特にその精神進化的な観点と、又それに反するかのような現代の環境の物理的な観点との両面から考えてゆかねばならないだろう。この両方の基盤の上に人間の文化的、社会的なものが成立

しているのだから。

自然教育について私の考えている事の粗い骨組みだけを書いてみました。今後このような論点について研究会の皆様と議論を深めてゆきたいと考えております。

上高地のイワナの行くえ

信州大学教養部 吉田 利男

地域的な問題ではあるが、信州の上高地を流れる梓川で、人為的な力によって、在来種のイワナがその姿を消そうとしている。そのあらましを紹介する。イワナはサケ科のイワナ属の一種で、背鰭に斑紋がなく、背側に円い白点が見られ、側線より下に瞳孔大の赤色または橙色の斑点がある。ヤマメとならび溪流魚の代表である。上高地はイワナの宝庫として知られていたが、近年、乱獲が激しく、1973年より梓川水系の中之湯から上流域を半永久的に禁漁とし、地元の漁業組合がイワナ・カワマス・アマゴなどの稚魚の放流を行ない、その保護に努力をはらっている。ところが、坂田（1973）は上高地のイワナに雑種がいることを報告、さらに上原（1977）はこの雑種がイワナとカワマスによるものであることを報告した。移植されたカワマスはサケ科のイワナ属で、イワナと同属で、イワナの繁殖期の終りが、カワマスの繁殖期のはじめと若干一致し、生理的隔離が不完全で、自然の河川でも容易に雑種形成が可能である。イワナとカワマスの雑種の人工飼育の結果では、雑種の生存力は、一代雑種ではイワナよりも成長がすぐれ、カワマスよりも耐病性が強く、雑種強勢により孵化・成育期の生存率・成長ともにすぐれているが、二代雑種および、もどし交雑になると、イワナの生存率の $\frac{1}{2}$ ないし $\frac{1}{4}$ になる（鈴木・福田、1971）。とれた雑種を外部形態・内部形態などで比較して、上原はこれらの雑種がイワナとカワマスの単一な交雑種ではなく、両者のいろいろな組み合わせによる交雑種であると結論している。表1でもわかるように、イワナやカワマスの純粋種の数少なく、雑種イワナが約半数を占めている。過去に放流したニジマス・ヤマメ・アマゴも河川水温が低いため定着できていない。たしかに、放流事業や禁漁によって魚影は濃くなったが、その大半が雑種イワナであるのは何故か。カワマスの人工的移植という人為的な力のほかに、もう一つの見逃せない事実がある。ニジマスは人工養殖が可能だが、イワナはいまだに人工養殖ができない。ところが、放流事業の一環として、1971年からイワナの放流が行なわれている。このイワナの放流は漁業組合が養殖業者から稚魚を購入して河川放流を行なったものである。イワナの純粋な養殖ができないのに、稚魚の放流とはどういうことか。先述の

ように、イワナとカワマスを人工的に交配させ、稚魚をニジマスと同じように人工飼料で飼育・成長させることができる。養殖業者は、成長した雑種に純粋なイワナをかけあわせ、できた稚魚のうち、外部形態がイワナに近いものをイワナと称して市販していたのである。イワナと称して放流していたのは実は「偽せのイワナ」＝雑種だったのである。このようなたび重なる人為圧によって、上高地のイワナはその姿を消されつつある。上高地は国立公園の特別保護地区でもあり、さらに全面禁漁と放流事業とによって河川の魚影は濃くなったが、在来イワナはいまや幻の魚となりつつある。イワナとカワマスの雑種は年を追ってその子孫保存力が弱まっていくので、放流魚種は今後イワナ一種に限るべきだ。それも、梓川水系固有のイワナ群を用いるべきだ。

大正池における魚種別捕獲数と捕獲率(上原, 1977)

魚種	昭和50年		昭和51年		合計尾数	%
	9月	10月	5月	7月		
イワナ	5	3	3	6	17	20.7
カワマス	6	1	0	10	17	20.7
雑種(イワナ×カワマス)	10	2	0	24	36	43.9
ニジマス	4	0	0	0	4	4.9
ブラウントラウト	1	0	0	4	5	6.1
アマゴ	0	3	0	0	3	3.7
合 計	26	9	3	44	82	100

研究センターをつくろう

信州大学教養部 清水 建 美

生物の分布状況を常に正確に記録しておくことは、フロラやフォナの研究や生物地理の研究のみならず、自然保護の施策のためにも基本的に重要な事柄である。

わが国では地形が非常に複雑なことや面積に比して生物の種類が非常に多く、かつ種類相が複雑なこともあって、詳しい分布調査は高等植物に関してさえもなかなか進んでいない。ところが、欧米諸国におけるこの種の調査記録の蓄積や調査システムには驚くべきものがある。たとえば、イギリスでは全国8ヶ所に自然保護研究所を擁する一方、Huntingdonには生物分布記録センター Biological Record Centreがあり、ここでは1954年以来、高等動植物のみならず、生物全体を対象として分布記録を集め、コンピューターを駆使し特製タイプライターと連動させながらいつでも最新の生物分布図を描かせて、分布の実情を直ちに知り得る態勢をつくり上げている。ヨーロッパ大陸では、ヘルシンキ大学を中心にヨーロッパ全体の植物分布図を描く試みが、1972年以来進

行中である。

このような試みも態勢づくりも、わが国では残念ながらまだ程遠い話である。最近訪れたタイ国は、後進国とはいへながら全国に23区の野生生物保護区 Wildlife Sanctuaryを設定、5ヶ所に研究施設を設置、予算は倍増をめざし、保護区の面積は国土の10%にすべしと鋭意自然保護施策を展開中である。わが国には生物分布記録センターはおろか、自然保護研究所に類する施設もまだほとんどできていないのは不思議なくらいである。

ところで、現在、信州大学教養部生物学教室では、「信州の自然環境モニタリング」のプロジェクトにのっとり、国立科学博物館植物研究部および長野県植物研究会と提携しながら、まず信州を対象地域にして、高等植物のできるだけ遠い過去から現在に至る分布記録を収集し、かつ永久保存する方法を探索中である。確実な記録が年代を追って完全に保管できれば、それらのデータを駆使することによって新しい自然の理解が可能となるだろうし、環境モニタリングのための有力な武器となるにちがいない。幸い、長野県はすでにこの仕事の意義を認め、昭和53年度から継続して若干の資金の援助をしてくれているし、今後も一定の援助は惜しまないだろう。

私は、かねがね信州大学に「自然保護研究センター」あるいは「自然環境総合研究センター」をつくるべしとの提唱を続けているが、生物の分布情報を時と所を問わず任意に入手できる態勢づくりは、こうしたセンターにこそふさわしい。日本の生物分布記録センターが信大の研究センターとして芽生え、成長していく夢の実現を、心底願っているこの頃ではある。