

京都大学工学部 正員 井上 頼輝

天ヶ瀬湖は琵琶湖から流出する瀬田川の、流出量より下流24 kmの所にある高さ約78 mのダム湖で、洪水調節の他に喜撰山発電所の揚水発電に使用されるなど、多目的に使用されている。有効貯水量は $2 \times 10^7 m^3$ 、水面積は1.88 km²である。このダム湖も、都市化の進展による都市廃水の増加や下水処理放流水の流入による流入水質の変化により、富栄養化が促進されるに配がて来た。揚水発電所の存在が湖内の水流を複雑にする欠点があるが、湖の水質を観測し、将来の富栄養化を予測する上で適当な規模であると考え、研究の対照とすることにした。

1. 水質の現状 代表的な水質として、昭和47年8月21日における天ヶ瀬ダム地裏表層の水質を表-1に示す。津田¹⁾が明らかにしたように、富栄養化の起る限界を、全窒素0.2 ppm, 全リン0.015 ppm, 透明度2 mとすると、天ヶ瀬湖の富栄養化はかなり進みつつあることがわかる。なお、そのときの水温は図-2のようであると推定され、水深30 mのあたりに弱い水温躍層を形成している。

2. 将来の栄養塩濃度 天ヶ瀬湖の栄養塩濃度が最大となるのは渇水時である。琵琶湖からの流出は疏水と、宇治発電所取水、天ヶ瀬放流水であるが、過去の最大渇水時は図-3のような流量配分となる。琵琶湖流域の富栄養化に關係する栄養塩発生原因として、家庭下水、工業廃水、家畜、農耕地、山林、湖面降下物、地下水を考慮、土木学会琵琶湖・将来水質小委員会で行ったのと同じ手法で、天ヶ瀬湖内の栄養塩濃度を求めると図-4のようになる。

3. 湖へ将来水質のシミュレーション 湖沼において、栄養塩の濃度が変化した場合、どのように生物相が変化し、富栄養化するかわかることはさきわめて困難であるが、アプローチの仕方としては、次の三つの方法がある。すなわち

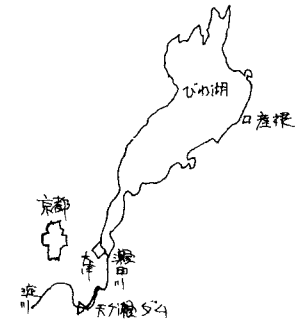


図-1 天ヶ瀬ダムの位置

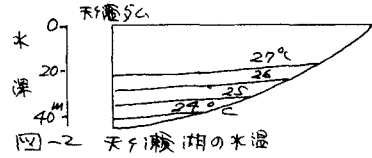


図-2 天ヶ瀬湖の水温

図-4 天ヶ瀬湖の渇水期水質

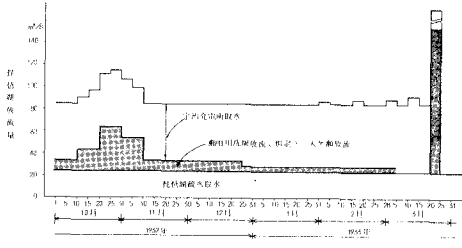
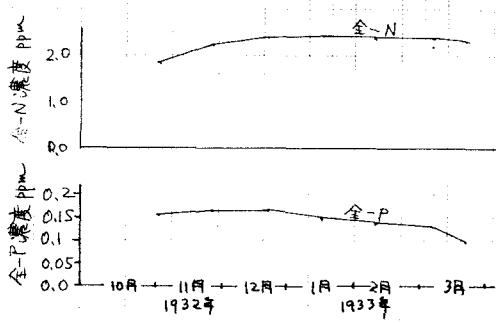


図-3 瀬田川の渇水期流量

項目	
水温	27.8℃
気温	24.5℃
濁度	2.5度
色度	10度
pH	7.6
酸水還元電位	220mV
COD	1.5 ppm
DO	6.9 ppm 88.5%
NO ₂ -N	0.008 ppm
NO ₃ -N	0.007 ppm
NH ₄ -N	0.05 ppm
Org-N	0.38 ppm
全-N	0.51 ppm
PO ₄ ³⁻	0.04 ppm
全PO ₄	0.09 ppm
透明度	2.9 m

表-1 天ヶ瀬湖の水質

a) 現地における実測 現地における水質と生物相と常に実測して、その関係を把握する。もし現地の水質がその湖の将来水質と異なるときは、近い条件の他の湖について実測し、比較する。この方法は最も確実な情報を与えろが、多くの現地実測が必要とし、かつ適当な条件を備えた他の類似の湖沼を覚えることが困難な場合が多い。

b) 模型 (Microcosm) 実験による方法 できるだけ現地の条件に合わせた湖沼の模型 (Microcosm) を作り、その中の水質を将来水質に合わせて、生物相の変化を追うものであり、比較的实验はやりやすく、まとまったデータが得られるが、模型の相似性に関しては理論的解析がなされておらず、相似率の不確かさが大さな欠点となる。相似性を向上させるために、原型湖の一部を仕切って模型としたり、ビニール袋で水面から湖底まで達する水柱を作り、その中の湖水の水質を変化させて生物相を調べるなどの方法がとられる。

c) 数値模型による方法 生物と水質との関係を数式的にとらえ、その動特性を研究するもので、生物は数式では正確にとらえ切れないう特別な挙動をする面を持つから、相似性は (b) の場合より更に劣る。しかし、環境条件の変化に生物がどのように応答するかを定性的に知るには有効な手段となる。

以上の三つの方法はそれぞれ得失を持つが、ここでは、

(b) の Microcosm を用いて将来水質の推定を行った。

実験方法 天ヶ瀬湖の模型としては、なるべく大型で湖を代表するようなものでなければならない。ここでは図-5に示すような、容量約300ℓのビニール製プールを用い、これに木製保護柵をつけ浮き橋に結びつけることにより、模型を天ヶ瀬湖の湖面に浮置した。

また Detritus を測定するために $10\text{cm} \times 10\text{cm}$ のアクリル樹脂製プレートに模型の底に設置した。この模型6個に、表-2に示すような割合で、ダム湖水と京都府宇治市鳥羽下水処理場処理水とを混合し、総量から300ℓになるように各模型に入れた。模型の設置は昭和47年8月23日で、以後2、6、9、13、16、26日に採水し、水質、クロロフィル濃度、および生物試験を行った。

実験結果 生物相の変遷は図-6のようになり、植物プランクトンと動物プランクトンが交互に出現している。これは Lotka など指摘した被食者-捕食者の関係を示すものである。下水処理水の混入割合が多くなるほど生物数も、またクロロフィル量も増加する。

今回の実験は26日で打ち切り、天ヶ瀬湖湯水時の140日間実験を続けたわけではないが、天ヶ瀬湖に下水処理水が流入し、富栄養化が促進されることは定性的には明らかである。本研究の水質分析には大阪市水道局水質試験所(八木正一所長)の御協力を賜った。謝意を表する。

1) びわ湖の将来水質に関する調査報告書、土木学会、昭和45年

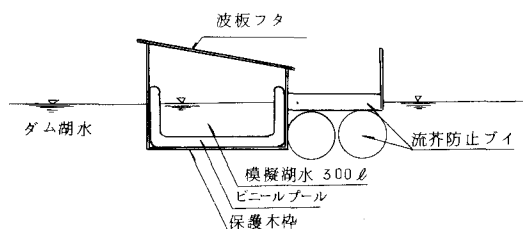


図-5 実験装置

番号	下水処理水	ダム湖水	比率
1	0	300	ダム湖水
2	0	300	ダム湖水
3	19	281	1:15.2
4	35	265	1:7.6
5	63	237	1:3.8
6	63	237	1:3.5

表-2 実験条件

項目	下水処理水	ダム湖水
BOD { ppm }	2.1	1.9
COD { ° }	5.8	1.3
NO ₂ -N { ° }	0.028	0.010
NO ₃ -N { ° }	1.90	0.17
NH ₃ -N { ° }	1.34	0.09
O ₂ -N { ° }	0.96	0.18
全-N { ° }	0.45	4.25
PO ₄ { ° }	0.75	0.02
全PO ₄ { ° }	1.00	0.08
SiO ₂ { ° }	16.32	0.26

表-3 下水処理水とダム湖水の水質

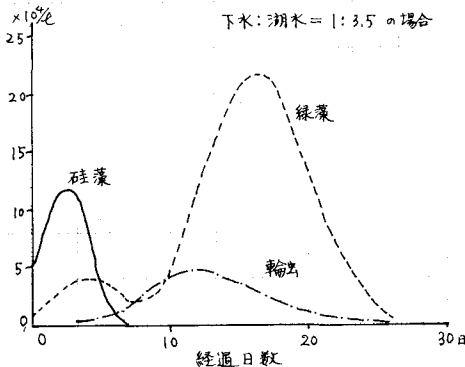


図-6 生物数の消長