

京都大学工学部 正員 ○松尾直視

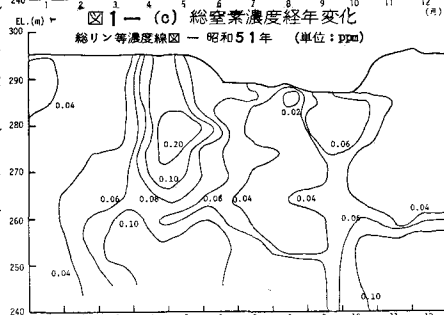
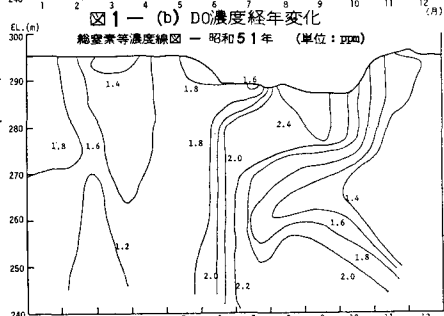
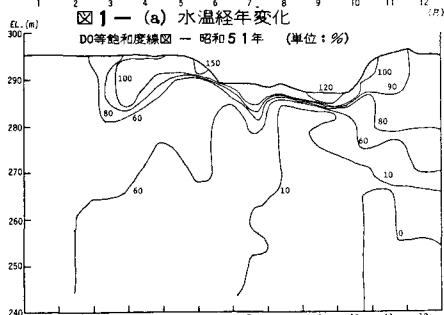
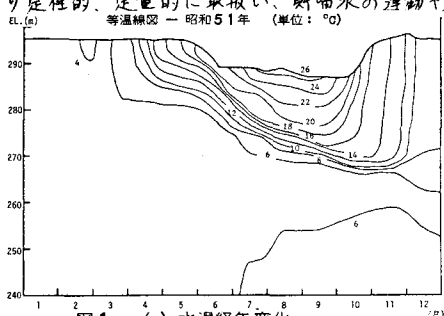
京都大学工学部 正員 岩佐義朗

京都大学大学院 松原 肇

1. はじめに; 貯水池における貯留水の質的管理に関する緊急研究課題は、冷水、濁水長期化、ならびに富栄養化である。筆者らは数年来、主に冷水、濁水長期化の問題について、実測資料をもとに水理学的な考察、研究を進めるとともに、そのシミュレーション尝试の開発に努めてきた。^(2,2) 本研究では、これらの成果をもとに、富栄養化の問題を、実測資料の整理、ならびにシミュレーション解析により定性的、定量的に取扱ひ、貯留水の運動や水温、濁度といった物理的要素の挙動との関連から水理学的に考察する。

2. 貯水池における水質変化特性と富栄養化; 木津川支川、宇陀川中流部に位置する室生貯水池を対象に、貯水池における富栄養化を水温、DO、窒素、リンといった水質指標の変化特性から定性的に考察する。室生貯水池は成層型の貯水池に分類され、その流域では木材関連産業、皮革製造業、畜産業が盛んである。又、貯水池中央部にある取水塔から上水用の取水がなされているのが特徴である。

図1(a)~(d)は、昭和50年における室生貯水池の水温、DO、窒素、リンの経年変化を示したものである。これらの図から、水温成層の発達に伴い、DOは表層で過飽和となり底層では逆にDOが少いに減少し、10月には0となるのみみられ、水温とDOの変化は非常に密接に関連していることがわかる。これに対し、窒素、リンの変化は、水温成層の発達した期間において水深方向の変化が顕著となる傾向がみられるが、DOほど激しくはなく、水温変化との関連はこれらの図からは明らかではない。こうした水質変化特性から、富栄養化現象について次のようなことが考えられる。室生貯水池では貯留水は表層放流されるため、水温成層が表層に形成されると、流入水は表層を流下する形となり、変水温層以下では貯留水の交換はほとんど行なわれない。このため、表層ではDOが豊富で植物プランクトンが増殖し易く、さらに窒素、リンなどの栄養塩が加わると増殖は促進され、ときには、水の華の発生などの問題を生じることもある。一方、変水温層以下では、DOの豊富な水の供給がほとんど行なわれないため、DOの消費が一方的に進み、ついにはその消耗を招いて還元状態となり、底泥からの鉄、マンガンの溶出を生ずようになる。又、窒素、リンなどの栄養塩は、一たん流入すると容易に放流され蓄積されることになり、貯水池の富栄養化が進行する結果となろう。こうした富栄養化過程において、水温は貯留水の運動と相互に関連するとともに、水質の物理的、化学的、生物的变化に大きく影響し、重要な要素であると考えられる。



3. 富栄養化のシミュレーション；富栄養化の指標も、水温

、濁度の場合と同様に連続性を有する要素として取扱うことができるので、その変化は、濃度収支則を適用することにより計算される。富栄養化の直接的な指標である窒素やリンの挙動については、未だ明確ではなく数学的なモデル化が困難であるとともに、資料も乏しいため、ここでは、DO濃度を富栄養化の一つの指標として取り上げる。シミュレーションは、筆者らの二次元モデルを用いて行うが、DO濃度収支則以外の基礎式の表示は、すでに前報で記している

$$\frac{\partial O}{\partial t} = -\frac{1}{A} \left[O \cdot U \cdot B \right]_{x_i}^{x_{i+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left[O \cdot W \cdot A \right]_{y_n}^{y_{n+1}} + \frac{1}{A} \left[D_{ox} \cdot B \cdot \frac{\partial O}{\partial x} \right]_{x_i}^{x_{i+1}} + \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left[D_{oy} \cdot A \cdot \frac{\partial O}{\partial y} \right]_{y_n}^{y_{n+1}} - \frac{1}{A \cdot \Delta y} \left[O_b \cdot W_n \cdot A_b - k_1 L + k_2 D + P - R \right] \quad (1)$$

ここに、O：DO濃度、D：DOの飽和濃度からの不足量、L：BOD濃度、 D_{ox}, D_{oy} ：流下方向、水深方向のDO濃度分散係数、 k_1 ：脱酸素反応係数、 k_2 ：再曝気係数、P：光合成作用による酸素生成量、R：呼吸、分解作用による酸素消費量、 O_b ：水平面要素側面のDO濃度、 W_n ：同じく側面法線方向の流速成分、 A_b ：同じく側面の面積であり、その他の記号は前報と同様である。 k_1, k_2 の値は、水温のみに影響されると仮定し、次のように与えた。

$$k_1 = 0.2 \times 1.065^{T-20} \quad (\text{1/day}) \quad (2)$$

$$k_2 = 0.4 \times 1.047^{T-20} \quad (\text{1/day}) \quad (3) \quad (T: \text{水温})$$

PとRの数式化は、現在のところ困難ではあるが、日射量、水温、植物プランクトン量に主として関係するものとし、さらに植物プランクトン量、栄養塩濃度、BOD濃度の間の線形関係を仮定して次のように与えた。

$$P = Y_P \cdot (B \text{ 射量}) \cdot (\text{水温}) \cdot (BOD \text{ 濃度}) \quad (4), \quad R = Y_R \cdot (\text{水温}) \cdot (BOD \text{ 濃度}) \quad (5) \quad Y_P, Y_R: \text{Y値係数}$$

こうして、DO濃度を、BOD濃度、水温、濁度とともに数値計算により求めるが、このとき、 Δx は1km、 Δy は1mとし、流入DO濃度は、飽和濃度と仮定し、初期条件も飽和濃度で与えた。又、流入BOD濃度(L_{in})については、図2に示すような流入濁度(C_{in})との関係から、 $L_{in} = C_{in} \times 0.06 + 1.0 \text{ (PPM)}$ として与えた。計算は昭和50年1月1日から1年間について行なった。図3、4はその結果得られた、水温、濁度、DO濃度分布の一例を、実測値とともに示したものである。これらの図から、計算結果は実測値と比較的良好な一致を示していることがわかる。とくに、10月21日においては、氾濫の高密度水の流入により取水塔地史の成層が消滅し、底層のDO濃度の上昇がみられるが、ダム直上流にはこうした変化が及んでいないことが、計算結果でもよく表されているといえよう。以上から、上述のシミュレーションモデルは、DOの化学的、生物的变化に大膽な仮定を用いているものの、水温、濁度、DOの変化を把握する上で妥当なものと考えられ、貯水池の富栄養化の問題を水理学的に取扱うのに有効な手法といえよう。計算結果の詳細については講演時に述べることにする。

4. おわりに；今後、貯水池内における化学的、生物的水質変化の過程の明確化が望まれるとともに、富栄養化指標として何が適当かを検討し、富栄養化と貯水池における他の水理特性との関係をさらに明らかにする必要があらう。参考文献；1) 岩佐、萩原、遠藤；貯水池の水温予測について、第31回年講。2) 岩佐、萩原、遠藤；洪水による貯水池の成層変化とその予測、第32回年講。

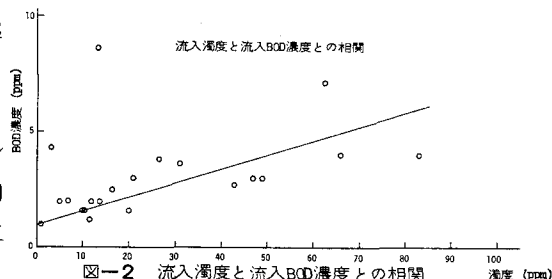


図-2 流入濁度と流入BOD濃度との相関

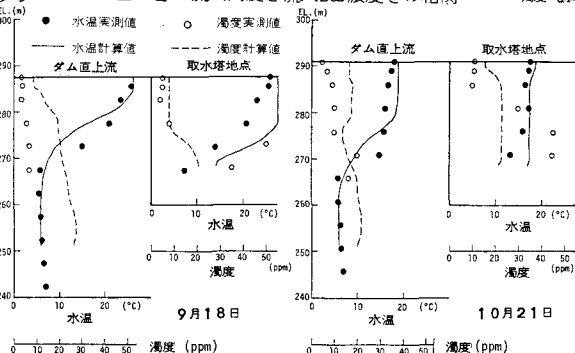


図-3 水温、濁度分布の計算結果と実測値

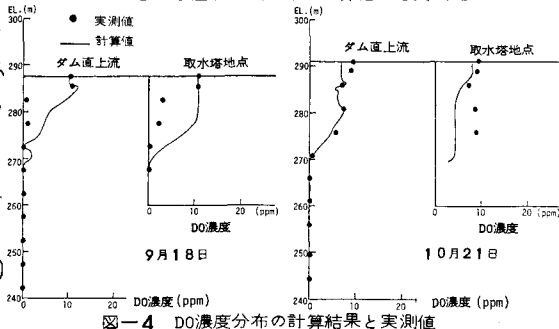


図-4 DO濃度分布の計算結果と実測値