

岡山大学大学院 学生員○松本豊久 岡山大学環境理工学部 正員 河原長美
 (株)建設技術研究所 正員 山良英作 岡山大学大学院 学生員 藤井 忍

1. はじめに

近年、旭川ダム貯水池においては、富栄養化に伴い植物プランクトンが異常発生し、夏期にはアオコ、冬期には淡水赤潮などが形成され、ダム貯水池の環境資源としての質の低下が著しい。そこで、質の改善を目的として貯水池内でのばっ気が採用されている。

本研究では、ダム貯水池の富栄養化に着目し、旭川ダム貯水池を対象として、数年間の現地調査結果と既存調査資料をもとに、ダム貯水池のプランクトンの増殖速度と滞留時間について検討する。特に、理論的な増殖速度と観測結果から得られた増殖速度との関係について検討を加えた。

2. 調査地点と調査方法

調査地点を図1に示す。調査地点は、旭川ダム貯水池内の3地点である。旭川ダム貯水池は、旭川中流部に位置する典型的な本川ダムであり、その総貯水容量は約5700万 m^3 、平均水深は約13.6mである。年平均水質濃度は、全窒素濃度が0.7~1.0(mg/l)、全リン濃度が0.03~0.07(mg/l)である。

調査は1993年、1994年、1995年の3年間の春から初冬にかけて行った。調査水質項目は、クロロフィルa、SS、COD、窒素およびリンの各濃度である。

3. プランクトンの増殖速度と滞留時間

旭川ダム貯水池におけるクロロフィル濃度の観測値と水温成層を考慮した滞留時間との関係を図2に示す。いま、物質収支式において完全混合を仮定して、プランクトン濃度 P を表すと次のようになる。

$$V(dP/dt) = Q(P_{in} - P) + V(g - d)P - AWP \quad (1)$$

ここで、 P_{in} は流入プランクトン濃度、 Q は流量、 V はダムの容量、 g は栄養塩濃度や気象条件によって決まるプランクトンの増殖速度、 d は捕食を含めたプランクトンの死滅速度、 W はプランクトンの沈降速度、 A はダム貯水池の水面積である。定常状態を仮定し、プランクトンの沈降速度 $W=0$ として(1)式から P を求めると

$$P = P_{in} / (1 - \tau G) \quad (2)$$

となる。ここに、 $G (= g - d)$ は正味の増殖速度、 $\tau (= V/Q)$ は滞留時間である。

図2の曲線は、(2)式に流入クロロフィル濃度 P_{in} の観測値と正味の増殖速度の仮定値を代入して得られたクロロフィル濃度と滞留時間との関係を表す。ここで、滞留時間は水質を測定した日より逆算して、各日流量の総和がダム容量(水温成層を考慮して、成層上部の容量を用いる)に一致する日数を滞留日数とした。図2より、(2)式は大胆な仮定をおいて得られた式ではあるが、比較的良好に旭川ダム貯水池におけるプランクトンの増殖と滞留時間との関係が再現されている。旭川ダム貯水池においては、プランクトンが十分増殖するまでに、2週間程度の滞留時間が必要と考えられる。また、図2において大きくはずれている値は、秋季と冬季であり、原因として水温と藻類の種類とが考えられる。

観測結果から得られた増殖速度(G_0)とこれらを回帰して得られた実験式との比較を図3に示す。実験式の値は、

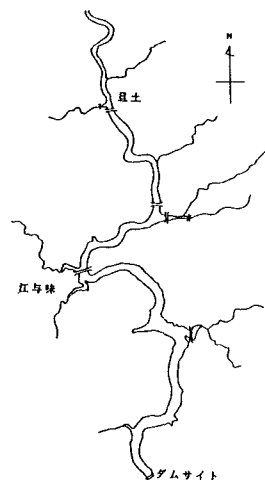


図1 調査地点

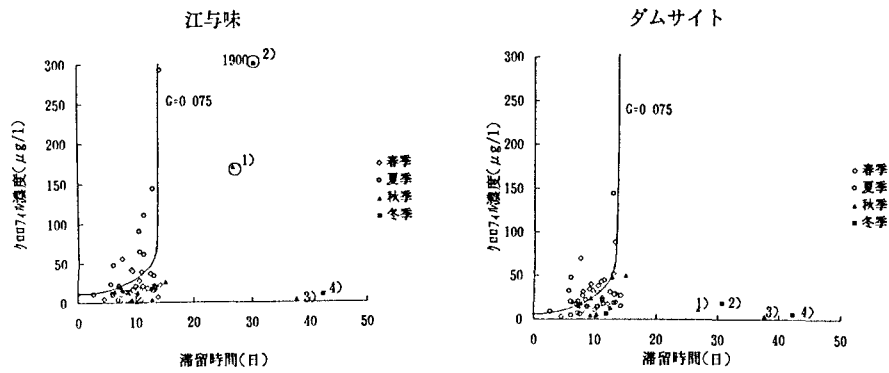
最小二乗法により決定されたパラメータ($\mu_{\max}$ 、 K_N 、 K_P 、 K_E 、 K_M 、 ξ)を、(3)、(4)式に代入して求めた。なお、渦鞭毛藻のデータは除いた。

$$G = \mu_{\max} \left(\frac{N_D}{K_N + N_D} \right) \left(\frac{P_D}{K_P + P_D} \right) \left(\frac{E}{K_E + E} \right) K' - K_M \times T \quad (3)$$

$$K' = \left\{ \frac{T}{T_s} \exp \left(1 - \frac{T}{T_s} \right) \right\}^{\xi} \quad (4)$$

ここに、 $\mu_{\max}$ は最大比増殖速度(=0.223/d)、 K_N は窒素飽和定数(=0.007mg/l)、 K_P はリン飽和定数(=0.002mg/l)、 K_E は光飽和定数(=300cal/cm²/d)、 T_s は最適水温(夏期:25℃、冬期:10℃)、 N_D は溶存態窒素濃度(観測値)、 P_D は溶存態リン濃度(観測値)、 E は日射量(観測値)、 K_M は係数(=0.0001)、 T は水温(観測値)、 ξ は係数(=3.0)である。また、増殖速度の観測値は、(2)式を変形した次式に、クロロフィル濃度の観測値と滞留時間を代入して求めた。なお、渦鞭毛藻のデータは除いた。

$$G_o = \frac{1}{\tau} \left(1 - \frac{P}{P_{in}} \right) \quad (5)$$



○印:渦鞭毛藻、注1):1991年11月25日、注2):1992年12月3日、注3):1994年11月7日、注4):1994年12月7日

図2 クロロフィル濃度と滞留時間(江与味、ダムサイト)

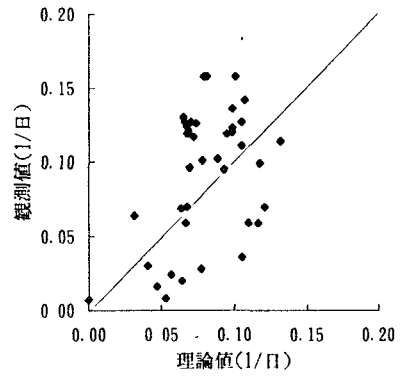


図3 増殖速度の実験式の値と観測値(ダム貯水池)

図3に実験式の値と観測値との適合性を示す。これより、図2において大きくはずれた値も含めて、(3)、(4)式を

用いることにより、観測値をある程度の誤差の範囲内で推測が可能と言える。

つぎに、旭川ダム貯水池においてプランクトンの異常増殖で問題となっている夏期と冬期の増殖速度について検討した。図4は、夏期および冬期の観測結果から得られた増殖速度(G_0)と実験式との比較を示す。また、最小二乗法により決定されたパラメータを表1に示す。なお、渦鞭毛藻のデータは除いた。図4より、夏期において観測値と実験式の値との誤差は大きく、適合しているとは言えない。これは、藻類が増殖するための気象条件や栄養塩濃度等は、期間平均値的には十分満たされているにも関わらず、増殖速度の観測値が小さいためである。旭川ダム貯水池では、江与味やダムサイトにおいて藻類が増殖することが現地調査等で明らかとなっているので、経日的な気象条件、水文条件等のより詳細な検討が必要である。

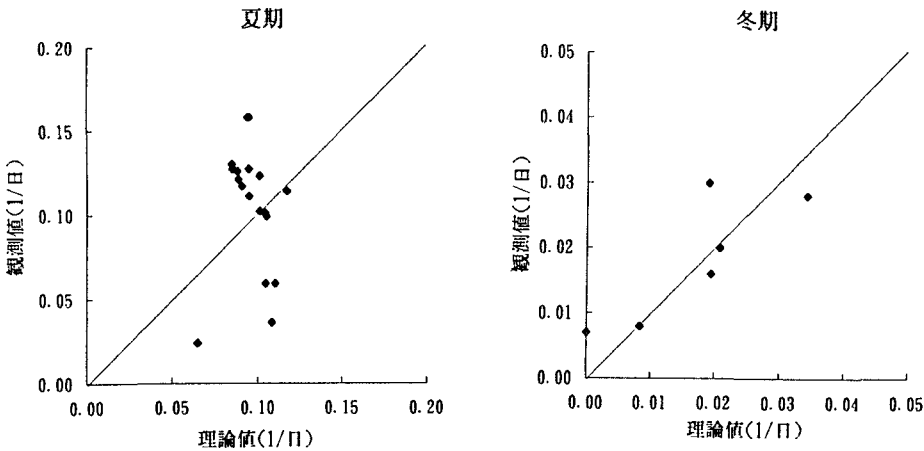


図4 増殖速度の理論値と観測値(夏期、冬期)

表1 理論的な増殖速度のパラメータ値(夏期、冬期)

	夏期	冬期
μ_{max}	0.1504	0.1080
K_N	0.0100	0.20
K_P	0.0024	0.0010
K_E	50	50
K_M	0.0001	0.0023
ξ	3	3

4. 結論

- (1)旭川ダム貯水池では、プランクトンが十分増殖するには、2週間程度の滞留時間が必要である。
- (2)水温、日照、窒素濃度、リン濃度からダム貯水池でのプランクトンの増殖速度が推定できる。
- (3)増殖条件が整っているにも関わらず藻類が増殖しない場合が認められた。

本研究を進めるにあたって、岡山県河川課および旭川ダム管理事務所には調査の便宜と資料提供を受けた。ここに記して謝意を表す。