

ダム貯水池内上下流における栄養塩と植物プランクトンの挙動に関する研究

中央大学理工学部 正会員 ○山田 正 水資源開発公団 正会員 佐藤 直良
中央大学大学院 学生員 河上 智行 水資源開発公団 正会員 工藤 勝弘

1. はじめに：滞留時間の長いダム貯水池や湖沼などの閉鎖性水域では，水中の無機態栄養塩を利用して浮遊性の植物プランクトンが発生する．一方，滞留時間の短い河川では，増殖速度が追いつかず，浮遊性の植物プランクトンの発生はきわめて少ない．このことから，滞留時間が長いほど植物プランクトンが増殖し，水質が悪化するとの概念が広く一般にあるが，実際のダム貯水池における植物プランクトン状況をみていくと，滞留時間の長いダムほど現存量が多いとは限らない．本研究は，水資源開発公団（水公団）が管理するダム貯水池の中で，上下流方向に長い比較的単純な貯水池形状をした6ダムにおける総リン濃度，クロロフィル a 濃度の貯水池上層部における上下流分布の実績をもとに，栄養塩（リン）及び植物プランクトンの発生量（クロロフィル a 現存量）と滞留時間の関係から，貯水池内の流下過程における植物プランクトンの挙動について考察した．

2. 調査対象ダム：対象としたダムは，下久保ダム，草木ダム，高山ダム，室生ダム，早明浦ダム，寺内ダムである．各ダムの位置を図-1 に，表-1 に各ダムの諸元を示す．

3. 対象ダムの水質概況 a) **リンと窒素の比：**植物プランクトンが増殖するためには，多くの種類の栄養塩類が必要であるが，支配的に働くのは窒素とリンであるとされている．また，窒素とリンのいずれが制限因子として働くかについては，両者の比， N/P で表すことが多い．坂本(1987)は，夏期の表層水中の総リン濃度および総窒素濃度とクロロフィル a 濃度の関係から， N/P が 10 以下の湖では窒素がより強い制限栄養塩として働き， N/P が 20 以上ではリンが制限的に働くとしている．一方 OECD(1982)では， N/P が 10 以下のところでは窒素制限であり，17 以上ではリン制限であるとしている．これに対して，ここに挙げた6ダムにおけるダムサイト地点水深 0.5m の表層の N/P は，表-2 に示すとおりいずれのダムにおける N/P も平均で 30 を超えておりリン制限と見なしてよいと考えられる．

b) **各ダムにおける水質概況：**図-2，図-3 は各ダムにおける 1980～1999 年の 20 年間の貯水池表層上下流における総リン濃度，クロロフィル a 濃度の時系列を示したものである．また，以下に各ダムにおける水質概況を示す．
下久保ダム：春先に流入端付近で *Peridinium penardii* による淡水赤潮がほぼ毎年のように発生するが，それ以外には特に問題は発生していない．
草木ダム：1990 年当初まで総リン濃度，クロロフィル a 濃度とも上昇傾向にあったが，それ以降は比較的安定した水質状況を示している．
高山ダム：公団が管理する特定ダム（治水機能を有するダム）の中では最も栄養塩濃度が高く，春には淡水赤潮，夏以降はアオコが発生し，景観の悪化が大きな問題となっている．
室生ダム：管理当初から *Phormidium* によるカビ臭およびアオコが発生し，利水上大きな問題となっていたが，栄養塩濃度およびクロロフィル a 濃度は低減傾向を示しており，1992 年以降カビ臭障害の発生は無い．また，1993 年以降にはアオコの発生も少なく，現在のところ目立った水質問題は生じていない．
早明浦ダム：栄養塩の水準は貧 - 中栄養であり，ここで扱う6ダムのうち最もリン濃度が低いダムである．しかし，流入端付近では淡水赤潮が毎年のように発生している．
寺内ダム：公団管理当初から淡水赤潮，*Phormidium* によるカビ臭障害が発生し，景観障害ならびに利水障害が問題になった．しかし，1992 年以降カビ臭障害や淡水赤潮の発生が無くなり，代わってアオコの発生



図-1 対象ダムの位置

表-2 6 ダム貯水池表層における総リン濃度，総窒素濃度および N/P

ダム名	総リン濃度 (mg/l)	総窒素濃度 (mg/l)	N/P
下久保ダム	0.017	1.30	76.5
草木ダム	0.015	0.74	49.3
高山ダム	0.052	1.76	33.8
室生ダム	0.023	1.03	44.8
早明浦ダム	0.008	0.25	31.3
寺内ダム	0.024	0.99	41.3

総リン濃度および総窒素濃度は，6 ダム貯水池のダムサイト地点，水深 0.5m の位置において，おおむね月 1 回の頻度で観測された 1992～2001 年の平均値である．

表-1 対象ダムの諸元

ダム名	総貯水容量 ($\times 10^6 m^3$)	集水面積 (km^2)	満水時湛水面積 (km^2)	平均貯水容量 ($\times 10^6 m^3$)	年間平均流入量 ($\times 10^6 m^3$)	平均回転率 (回/年)
下久保ダム	130,000	322.8	3.3	92.641	235.414	2.54
草木ダム	60,500	254.0	1.7	43.257	373.629	8.64
高山ダム	56,800	615.0	2.6	31.117	537.333	17.27
室生ダム	16,900	100.0	1.1	10.658	113.848	10.68
早明浦ダム	316,000	417.0	7.5	158.298	852.942	5.39
寺内ダム	18,000	51.0	0.9	8.819	66.859	7.58

平均貯水容量は 1982～2001 年の各年平均貯水位に対応する貯水量の 2 ヶ年の平均値であり，年間平均流入量は 20 ヶ年の単純平均値である．また，年平均回転率は平均貯水容量を年間平均流入量で割って得られた値である．

キーワード 滞留時間，植物プランクトン，栄養塩，富栄養化，ダム貯水池

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部 TEL 03-3817-1805 FAX 03-3817-1803

が目立つ
ようになって
きた。

4. 貯水池内におけるリンの挙動：

図-4 は、6 ダムにおける1980～1999年の各年について、貯水池上下流で観測された平均表層総リン濃度の比と貯水池平均滞留時間の関係を示した散布図である。 P_d 、 P_u はそれぞれダムサイト、貯水池上流地点に

における表層総リン濃度である。また、滞留時間 t は、各ダム各年の年間平均貯水位に対応する貯水池容量と各年の年間総流入量から算出した平均滞留時間である。 P_d/P_u は、ほとんど1以下の値となっており、貯水池内を流下する間にリン濃度が消失していることがわかる。さらに滞留時間が長くなると、消失するリン濃度の量も大きくなる傾向があることがわかる。

5. 貯水池内における植物プランクトンの挙動：図-5 は、貯水池上下流で観測されたクロロフィル a 濃度の比と滞留時間との関係を示したものである。 Chl_d 、 Chl_u はそれぞれダムサイト、貯水池上流地点における表層クロロフィル a 濃度である。 Chl_d/Chl_u の値が1を上回っていれば、貯水池内を流下する間に植物プランクトンが増加したことを、一方1を下回っていれば減少したことを意味している。図-5 は右下がりの傾向を示し、滞留時間の長い貯水池では上流部で増殖した植物プランクトンが貯水池内を流下する間に減少していると考えられる。以上より、大規模ダム貯水池では貯水池内を流下する過程で植物プランクトンが最大増殖し、その後捕食、死滅、沈降などの減少要因が卓越して次第に消失していくと考えられ、つまり滞留時間が長いほど植物プランクトンの現存量が減少していくことがわかる。また図-5 から、植物プランクトンが最大となる滞留時間は、平均滞留時間で概ね0.05～0.1年の間に存在するもの推定される。ここで求めた平均滞留時間が年間の平均水位に対応する貯水容量を年間総流入量で割って得られた値であることを考慮すると、実際に植物プランクトンの存在量が最大になるのに要する時間はさらに短いものと考えられる。

6. まとめ：本研究より得られた知見を以下に示す。貯水池を流下する間にリン濃度は消失する。滞留時間が長くなるとリン濃度の消失量が大きくなる傾向がある。滞留時間の長い貯水池では上流部で増殖した植物プランクトンが貯水池内を流下する間に減少する。滞留時間が長いほど植物プランクトンの現存量が減少する。植物プランクトンが最大となる滞留時間は平均滞留時間で0.05～0.1年である。

参考文献：1) OECD：Eutrophication of Water, Monitoring, Assessment and Control, 1982。

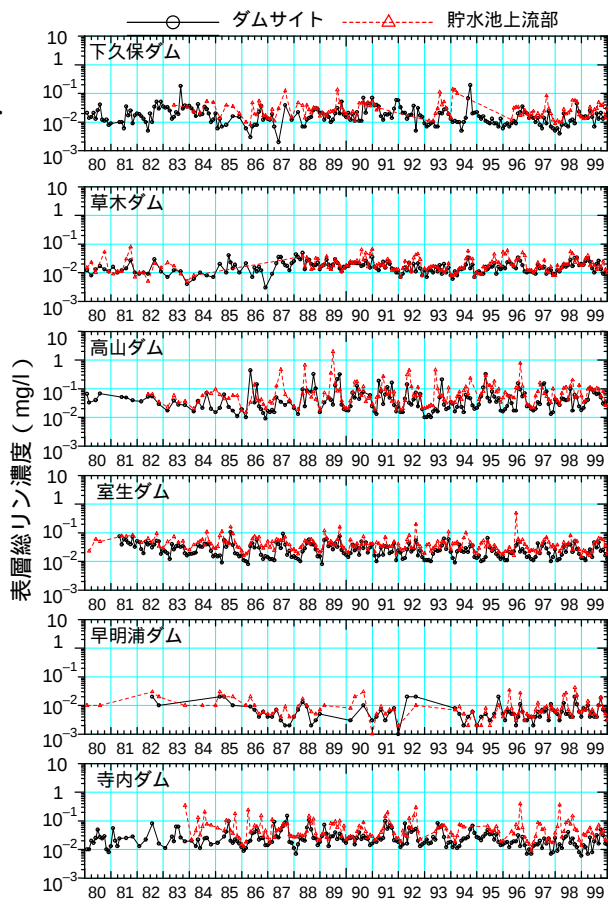


図-2 各ダム貯水池における表層リン濃度の観測結果

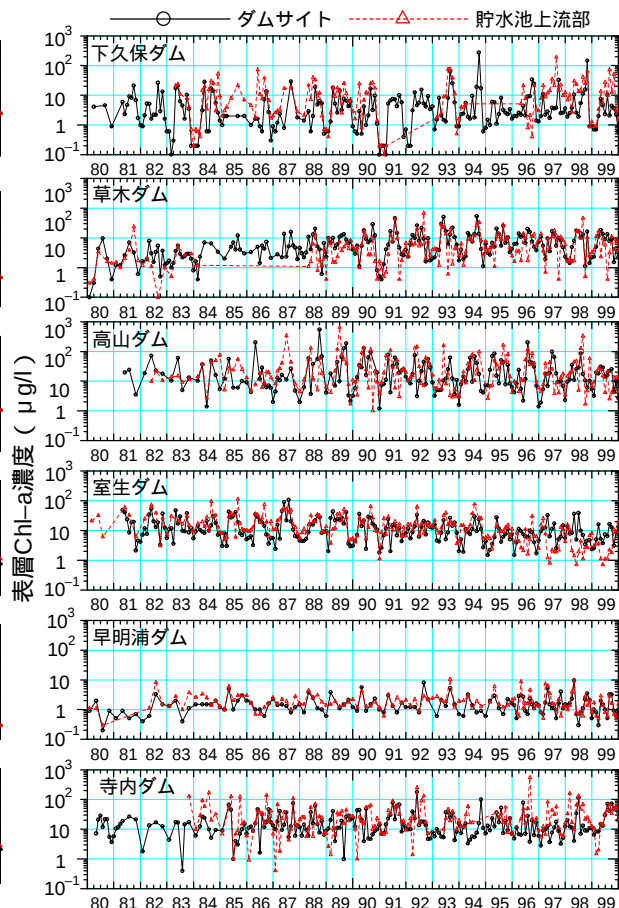


図-3 各ダム貯水池における表層クロロフィルa濃度の観測結果

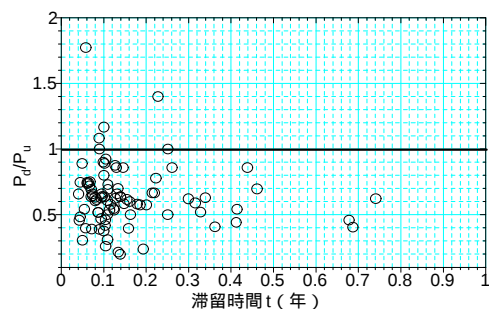


図-4 ダム貯水池内における滞留時間と表層総リン濃度との関係

貯水池内を流下する間にリン濃度が消失しており、また滞留時間が長くなると消失するリン濃度の量も大きくなる傾向がある。

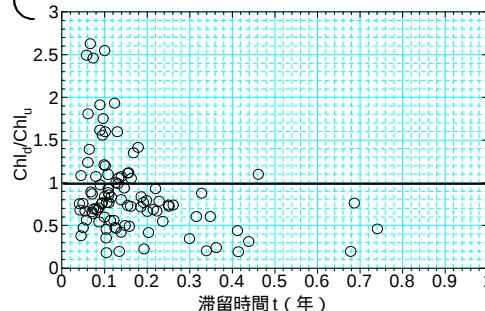


図-5 貯水池上下流の表層クロロフィルa濃度と滞留時間の関係

滞留時間の長い貯水池では植物プランクトンが貯水池内を流下する間に減少している。