HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	滝里ダムにおける懸濁態栄養塩の動態
Author(s)	前川, 卓哉; 福島, 智彦; 橘, 治国
Description	第9回衛生工学シンポジウム（平成13年11月1日（木）-2日（金） 北海道大学学術交流会館） . 2 環境保全 . P2-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 99-103
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7152
Type	departmental bulletin paper
File Information	9-2-4_p99-103.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

2－4

滝里ダムにおける懸濁態栄養塩の動態

○前川　卓哉、福島　智彦、橘　治国、（北海道大学大学院工学研究科）

1．研究背景と目的

洪水の調整、灌漑・水道用水の安定供給、水力発電による周辺地域への電力の供給などを目的として、河川中流域においてダムを建設するケースが増加している。しかし河川中流域に作られるダム湖は、周囲の農地や都市域からの栄養塩流入などにより富栄養化しやすいといわれている。植物プランクトンの異常増殖は、湖水の飲料水・工業用水・農業用水への利用を妨げる等の問題を引き起こす。

この富栄養化と藻類発生は、その水域における生態系の複雑な変化を包含し、栄養塩量、光量、水温や溶存酸素量、湖の形状など様々な要因に支配される。とりわけ水中の懸濁物質は多量の栄養塩類を含み、また微生物の生息の場でもあるため、その動態・組成の解明は藻類発生機構を明らかにするために重要である。

本研究では、懸濁物質や栄養塩類の動態に着目してダム湖内の水質変化を明らかにすることを目的とした。本論文では、植物プランクトンが発生しやすい夏季の懸濁態栄養塩類の動態について報告する。

2．研究方法

2．1研究対象水域

調査対象水域は北海道空知川中流に建設された滝里ダムによってできた人造湖である。滝里ダムは富良野市と芦別市の間に位置する滝里地域に建設された、洪水調節・灌漑用水や水道用水の補給・発電を目的とした多目的ダムである。1983 年に着工され、1999 年 3 月 1 日より試験堪水を開始した。ダム湖の総貯水量は $108\times10^6\,m^3$、堪水面積は $6.8\,km^2$、流域面積は $1,662\,km^2$である。本ダムは堪水 3 年目の新しいダムである。

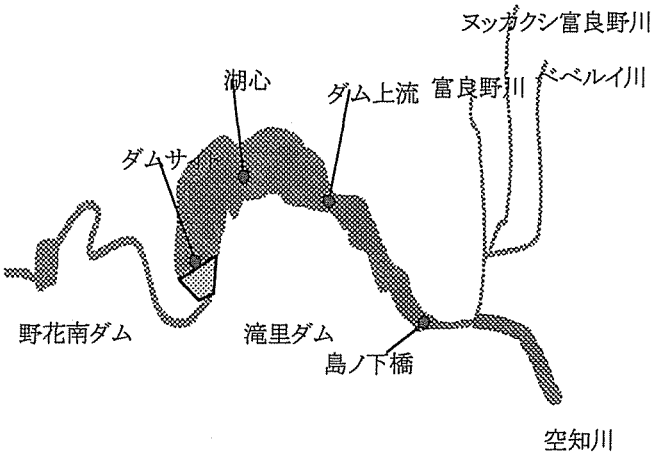

図1　調査対象地点

本調査対象水域の特色は、河川の中流に建設されたため流域の農地や市街地（富良野市）等からの栄養塩負荷の影響を受け、富栄養化しやすいことである。調査対象水域の概況と調査地点を図 1 に示した。主な流入河川は空知川と富良野川で、富良野川はダム湖への流入直前にヌッカクシ富良野川、ペベルイ川と合流している。滝里ダムの下流には野花南ダムが、上流には金山ダムが存在する。空知川の島ノ下橋を滝里ダムの流入口調査地点とした。湖内ではダム上流地点、湖心地点、ダムサイト地点を調査地点とした。ダムサイト調査地点はダム放流点付近で、ダム湖の最深部である。調査は 1999 年 3 月から 2000 年 11 月にかけて行った。

2．2実験方法

湖内 4 地点で採水を行い、主に「水の分析」に準じて化学分析を行った。夏季以降は各地点においてアレック電子製メモリー内蔵型クロロフィル測定装置クロロテックモデル ACL220 により鉛直方向の水質分布を測定した。湖水中の水深、溶存酸素、電気伝導度、水温、Chl-a 量、濁度、光量子の鉛直方向 10 cmごとの測定が可能である。また懸濁物質は、プランクトンネットにより採取後、ホルマリンを添加後、光学顕微鏡により検鏡した。

３．結果と考察

３．１滝里湖の水質概況

表１　全窒素・全リン濃度

	1999 年平均（n＝6）	2000 年平均（n＝7）
全リン濃度(mg/l)	0.045	0.056
全窒素濃度(mg/l)	1.098	1.367
TN/TP（－）	24.4	24.4

表１に湖内の全窒素・全リン濃度を示した。これによると滝里湖は、TN/TP 比が大きいため窒素過多の富栄養湖であるといえる。また、Chl-a 濃度は 2000 年７月に最大値 23.6μg/l を示し、植物プランクトンの増殖が顕著にみられた。2000 年春季はプランクトン総数が少なく、珪藻類が優占種であった。2000 年夏季はプランクトン総数が多く、原虫・緑藻類が多くみられ、湖水汚染の原因となる種が多かった。

３．２滝里湖内の水質変化

河川水の貯留による水質変化を、下記の変化率から考察した。

変化率＝（流入濃度－１ヶ月後のダムサイト表層濃度）／流入濃度

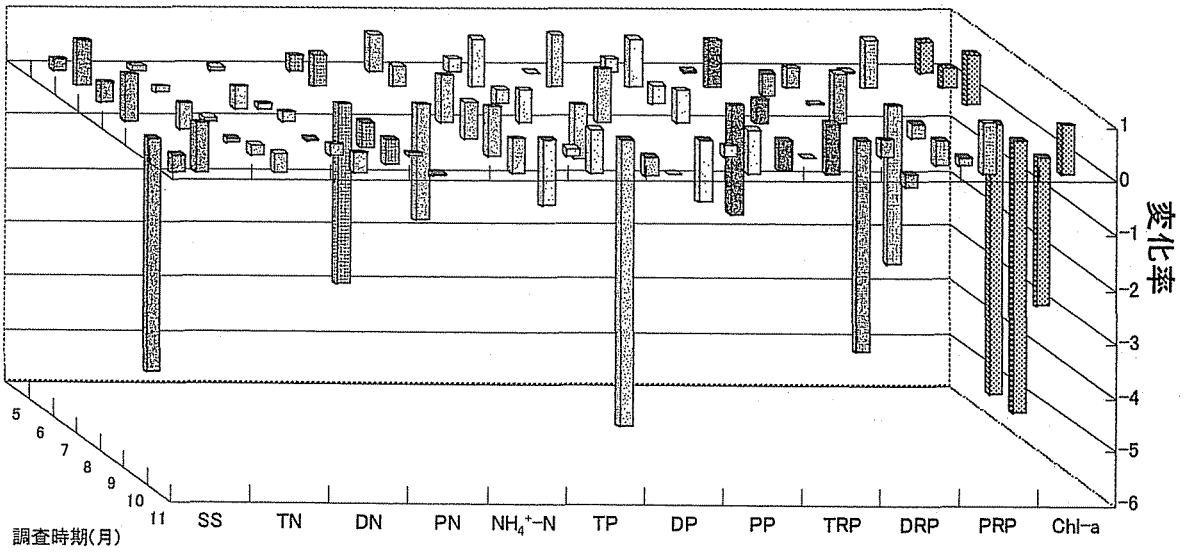

図2 変化率

当ダム湖の滞留時間が 20 日前後であるため、ダムサイト濃度として１ヶ月後のものを用いた。上式において、変化率が正の方向に大きいと、湖内へ蓄積、もしくは湖内で消費されていることになる。図２からは、NH_4^+-N、PP は総じて変化率が正であることから、前者は湖内で消費、後者は湖内へ蓄積されたと考えられる。窒素成分よりもリン成分のほうが貯留による影響が大きかった。Chl-a は夏期の変化率が負であることから夏期に湖内で生産され、SS は変化率が正であることから湖内で沈降していたということも推察される。

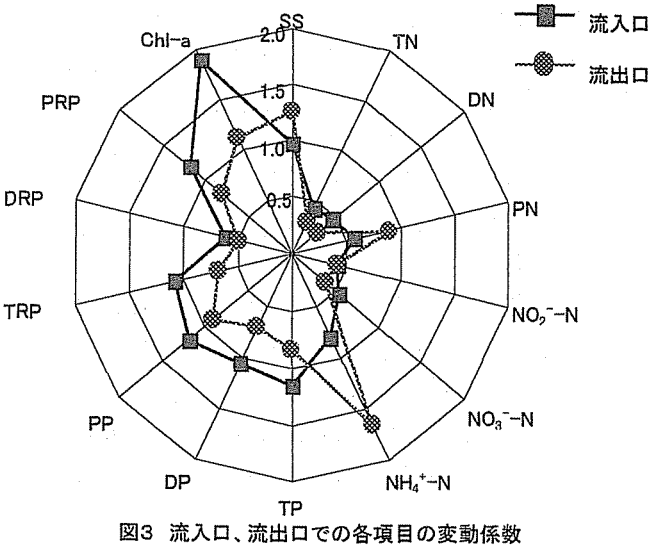

図3 流入口、流出口での各項目の変動係数

また、各成分の季節的な変動を知るために、流入口（島ノ下橋）、流出口（ダムサイト）での各成分の変動係数（変動係数＝標準偏差×100／平均値）を図３に示した。図３によると、変動係数が流入口＞流出口となっているものがほとんどであり、貯留により水質が安定化されていることがわかる。また、リン成分は変動係数が窒素成分より高く、リン成分の季節的な変動が大きいことがわかった。

３．３夏季の湖内水質の鉛直分布

ここでは植物プランクトンの増殖が顕著であった2000年の夏季の水質について考察する。

３．３．１水温（図４）

７月に湖心、ダムサイトにおいて水温躍層が形成され、それは８月にも継続してみられたが、９月になると、水温躍層が壊れ、上流からダムサイトまでほぼ一様な水温分布になった。

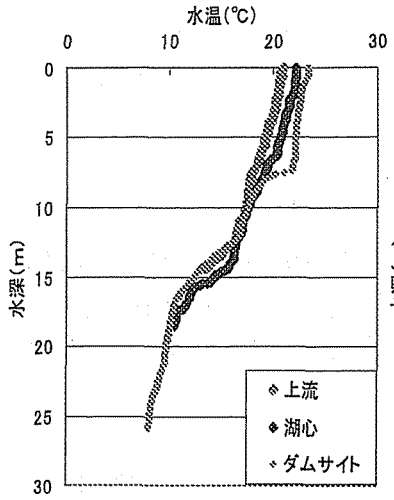

図4-1 7月水温の鉛直分布

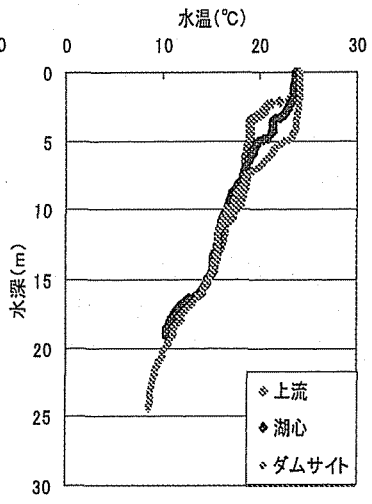

図4－2 8月水温の鉛直分布

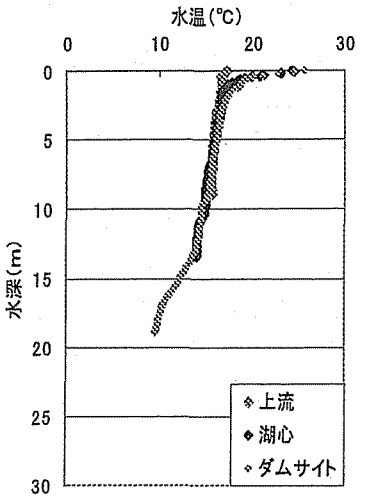

図4-3 9月水温の鉛直分布

３．３．２濁度（図５）

７月、８月ともに水温躍層とほぼ同じ水深において濁度のピークが存在している。７月には水温、濁度共に複数のピークが認められるが、８月にはそのピークが同じ水深に存在していたことから、安定した成層が８月に形成されたといえる。また、ダムサイトにおいて８月には水深15m付近に存在していたピークが９月には水深8～9m付近に上昇していた。またその２点において水温もほぼ等しかったため、成層が表層方向に移動したと思われる。

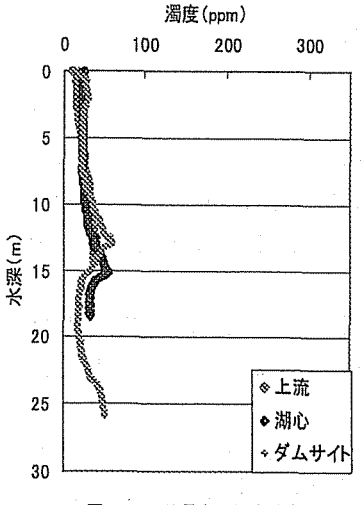

図5-1 7月濁度の鉛直分布

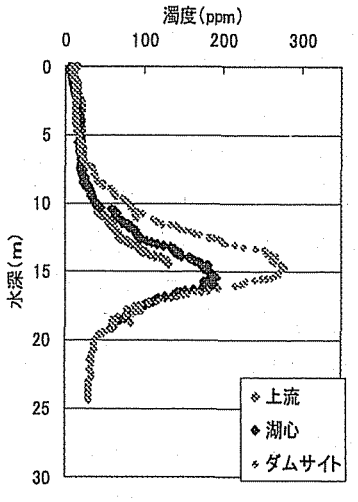

図5-2 8月濁度の鉛直分布

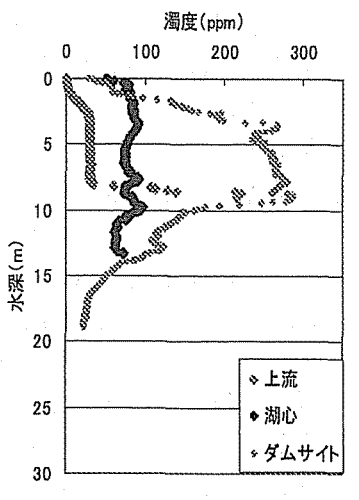

図5-3 9月濁度の鉛直分布

３．３．３Chl-a 濃度（図 6）

7 月のダムサイト表層において 23.6μg/l と最大値を示した。7 月、8 月ともにピークが水温躍層付近にあり、濁度と同じ挙動を示した。水温躍層の水深（15m付近）は補償深度（水面直下の相対照度を 100%としたとき、相対照度約 1%に相当する水深[1]。滝里湖では約 4m…図 7 参照）の下であることから、水温躍層付近には一次生産を行うための十分な光が届いていなかったものと思われる。すなわち、ここでの植物プランクトンはその地点で増殖したものではないと考えられる。

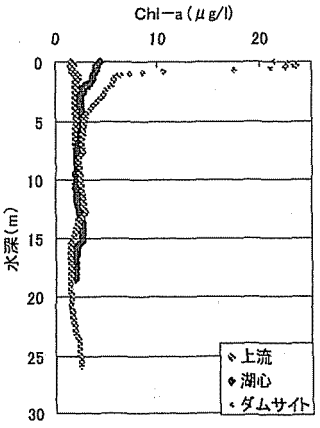

図6－1 7月クロロフィルa濃度

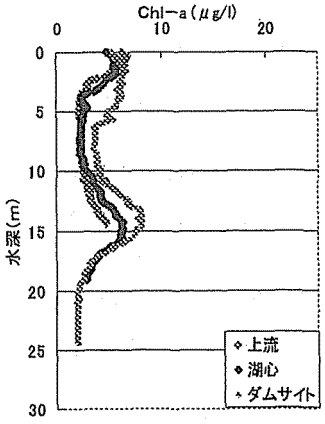

図6－2 8月クロロフィルa濃度

３．３．４全リン濃度（図 8）

8 月の湖心・ダムサイトにおける水深 10m点で全リン濃度が高くなっていた。水深 10m付近から濁度が増加していたことや、9 月の濁度ピーク地点のリン濃度が、全リン 0.139mg/l、懸濁態リン 0.128mg/l と高い値を示したことから、濁質を多く含む水塊中にはリンが豊富に存在していると考えられる。

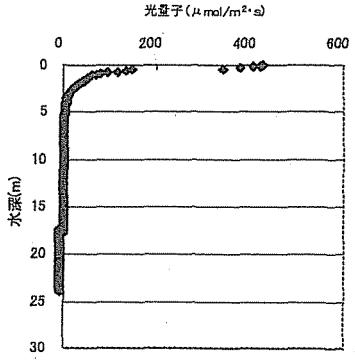

図7 8月ダムサイトにおける光量子の鉛直分布

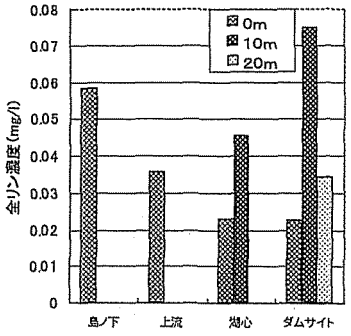

図8 8月全リン濃度

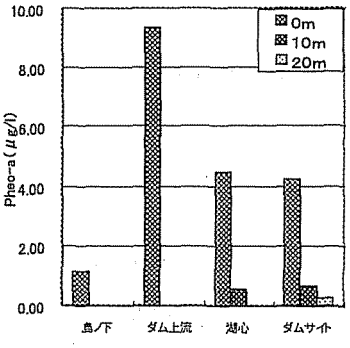

図9 8月Pheo-a濃度

３．４水温躍層付近の懸濁態栄養塩、植物プランクトンの起源の推定

３．４．１Chl-a/SS（懸濁物質中の植物プランクトンの割合、表 2）

7 月のダムサイト表層、8 月の上流、湖心、ダムサイト表層の値が高くなっている。プランクトンの増殖により懸濁物質中に含まれる植物プランクトンの割合が高くなったと考えられる。（これらの地点をグループＡとする。）一方で濁度、Chl-a 濃度が高かった 7 月・8 月の湖心、ダムサイト中層、9 月ダムサイト中層では Chl-a/SS の値が小さかった。またこの値はダムへの流入水のそれに近かった。（これらの地点をグループＢとする。）

３．４．２懸濁態窒素／懸濁態リン（PN/PP）（植物プランクトン中の N/P 比は 10 前後、表 2）

グループＡにおいては高い値を示しているのに対し、グループＢにおいてはそれより低く、ダムへの流入水の値に近かった。

以上のことから、グループＢにおける植物プランクトンを含む濁質は密度流などによりダムの上流から流入したものであると考えられる。また、Pheo-a の値がそれらの地点で小さいため（図 9）、表層から沈降した植物プランクトンの死骸の含有量は少ないと考えられる。

表２　懸濁物質組成

2000年度	Chl-a/SS(－)	PN/PP(－)
7月ダムサイト0m	1.24	24.7
8月上流0m	2.78	8.1
8月湖心0m	1.77	13.4
8月ダムサイト0m	2.84	13.3
グループA平均	2.16	14.9
7月湖心10m	0.01	3.1
7月ダムサイト10m	0.02	1.6
8月湖心10m	0.03	4.3
8月ダムサイト10m	0.02	3.5
9月ダムサイト8m	0.00	2.4
グループB平均	0.02	3.0
6月島ノ下橋	0.02	0.6
7月島ノ下橋	0.03	3.5
8月島ノ下橋	0.05	3.5
9月島ノ下橋	0.04	3.7
流入水平均	0.04	2.8

３．５ダム湖における懸濁物質の動態と藻類増殖

懸濁物質は、リンを中心として栄養塩を多く含み、多くの場合には密度流として湖内浅層部から水深方向に流入する。懸濁物質中に含まれる無機態リンは、pHが高くなると溶出する[8)]。今回の調査では多量に溶出するほどのpHは確認されなかったが、富栄養化が進行し、更に植物プランクトンの増殖が起これば、表層部でのpHは無機態リンが溶出するほどに高くなることが予想され、その場合懸濁態リンが植物プランクトンの増殖に使われることになる。8月から9月への移行過程で成層が容易に破壊されていたことから、リンを多量に含んだ懸濁物質が循環により表層部に到達することは十分考えられ、懸濁物質の動態は植物プランクトンを中心とした生態系の変化と密接に関連していると考えられる。

４．結論

本研究では、堪水後 3 年経過した滝里ダム湖の富栄養化とその特徴を、懸濁物質の動態を中心に調査した。

栄養塩については、ダム湖内で窒素成分は存在量が安定しているが、リンはそのほとんどが懸濁態として存在しているため、ダムでの貯留による影響や季節的な変動が大きく、その動態がプランクトン増殖に大きく寄与していると考えられる。

また夏季のダムサイトの水温躍層付近には、クロロテックでの観測によれば、濁度、Chl-a 濃度のピークが存在していた。しかし水温躍層付近の植物プランクトンは、その深度で増殖したものや表層からの沈降によるものではなく、ダムの上流部から水温躍層付近に入り込んだものと考えられた。躍層付近の懸濁物質中にリンが豊富に存在していたが、このことは流下過程において、あるいはダム湖水の循環において藻類を繁茂させる大きな要因になりうるものと考えられる。懸濁態リンを多く含む濁質は、下流生態系に大きな影響を及ぼすものといえるので、選択取水の水深の決定には慎重でなければならない。

ダムの管理というものをダム湖や下流の生態系の望ましい姿への維持にあるとするならば、懸濁物質、特に懸濁態栄養塩の動態を知ることは重要である。

謝辞：本研究を遂行するに当たり、北海道開発局、とりわけ滝里ダム管理所には、たいへんお世話になりました。ここに深く御礼申し上げます。

参考文献

1）　西条八束・三田村緒佐武．新編湖沼調査法．1995．株式会社講談社
2）　水野壽彦．日本淡水プランクトン図鑑．1990．株式会社保育社
3）　佐藤敦久．水環境工学；浮遊物質から見た環境保全．1987．技報堂出版
4）　猪野富秋ら．1981．数理統計入門
5）　下水道試験法．1984．社団法人日本下水道協会
6）　吉村信吉．湖沼学．1934．三省堂
7）　橘治国ら．水環境学会誌．第19巻．第2号．ｐｐ．132-139．1996．
8）　王宝臣．浅い湖沼におけるリンの動態と富栄養化制御．2000年度北海道大学博士論文