

湖水の強制循環に伴う水質変化

東北大学大学院 学生員○鈴木 秀昭

東北大学工学部 正会員 高崎みつる

東北大学工学部 正会員 佐藤 敦久

1. はじめに

湖は、人間の生活に必要な水や食料を供給する資源であるとともに、心の安らぎを与える憩いの場でもある。湖は人間と関わりが深く、長年の調査、観察の成果は蓄積され、湖の特徴を捉えんとする貴重な資料として提供されて来ている。最近では富栄養化対策にかんする研究が進んでおり、水質の汚濁機構についても多く論じられている。一方、従来の情報だけではその特性を理解しきれない事も生じてきた。湖水の強制循環による水質変化もこの一つの例であろう。このような場合は観測調査の積み重ねからその特徴を探る努力を行うことが必要であると考えられる。本報では、強制循環による水質変化を考察するために、特に多くの湖で制限栄養塩となっているリンに着目し検討を行った。

2. 調査対象湖及び水質調査方法

対象とした湖は、千葉県安房郡三芳村で水道専用ダムとして用いられている増間ダムである。このダムは有効貯水量50万 m^3 、最大水深約20mほどの小さなダム湖である。水質調査は1986年7月、12月、1986年6月、7月、11月にそれぞれ約10日間程度の連続調査を行ってきた。採水は6リットル バンドーン採水器を用いた。調査手法は全て上水試験方法及湖沼環境調査指針¹⁾に準じた。

3. 結果及び考察

増間ダムは集水地域内に大きな点源負荷を持たないものの山林などからの面源負荷によって汚濁が進行したダム湖である。栄養塩の平均的な値は調査を開始した1985年7月以降T-Pで概ね0.12mg/l程度、TINでは0.6~1.0mg/lの範囲を示し、またchl-a濃度は表層で10~40 $\mu\text{g/l}$ であった。溶存酸素濃度は夏期成層期間中深水層で枯渇が認められた。また、湖水中には地質に由来するものと考えられる微細な濁質を含み、夏期には流入河川が殆ど枯れてしまうにも拘らず、水色は年間を通して濁った灰褐色を呈し、透明度も50~60cmと小さかった。夏期成層期間中の水温躍層は1~4mに形成され、この期間中には表面水温が27~28℃、5m以深では10~15℃となり、安定した躍層を形成していた。一方、強制循環装置稼働1ヶ月後1986年7月の水温鉛直分布は表層が1m以深に比べ1~1.5℃高いものの1m以深では殆ど変化せず20℃前後を示し循環の効果が大きいことがわかった。また、溶存酸素濃度鉛直分布は表層~2mにかけ10~7mg/l、それ以深は深さ方向に多少の差はあるものの7~6mg/lとほぼ飽和に近い値を示していた。採水地点は循環装置から岬によって隔てられており、直線距離で150mほど離れていたが、循環の効果が十分に表せる地点と言える。図-1にT-Pの夏期成層安定期1985年7月の鉛直分布平均値と夏期成層進行中1986年6月及び循環装置稼働後約1ヶ月を経た1986年7月の平均値を示す。1985年7月と1986年6月の深水層に見られるT-Pの差は、chl-a濃度に差がなかったことから、主にSSの差に依存し

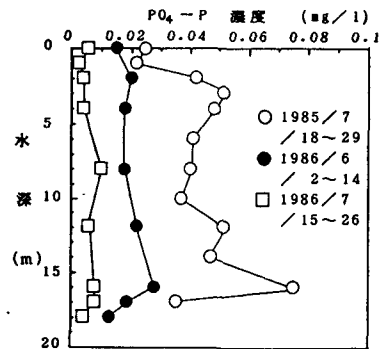


図-2 $\text{PO}_4\text{-P}$ の調査期間中平均鉛直分布

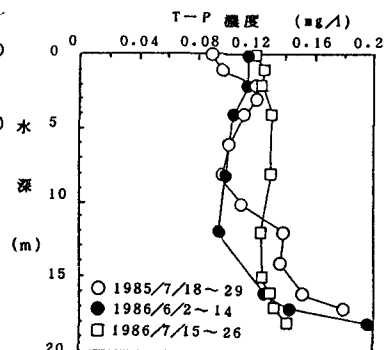


図-1 T-Pの調査期間中平均鉛直分布

ていたと考えられる。また、全体的にみれば、循環開始後1986年7月のT-Pと開始前1985年7月のT-Pに大きな違いがないことがわかる。一方、 PO_4-P 濃度は図-2に示すように循環開始前と開始後で大きく異なり、2m以深では概ね1/10、約0.04mg/l減少していた。このように PO_4-P 濃度の減少に見合うようなT-Pの減少は認められず、それは深層ばっ気をおこなったBengtsson²⁾らの報告と異なっていた。循環装置稼働前後のT-P鉛直分布と PO_4-P 鉛直分布を図-3、図-4に示す。循環開始2日後6月20日と10日後6月28日には8m以深でT-Pが0.02~0.04mg/lの範囲で減少していた。循環開始前に PO_4-P と良く似た成層を示していた NO_3-N は開始後表層を除いてほぼ均一の分布を示していた。この時SSは NO_3-N に比べて殆ど変化しなかったが、 PO_4-P は図から明らかなように8m以深で大きく減少した。 PO_4-P の底泥等への移行を考慮しないならば、 PO_4-P も NO_3-N 同様循環の開始によってほぼ全層均一になると仮定することもできる。その平均的な値を約0.03mg/lとみなせば深水層の PO_4-P の減少とT-Pの減少はあらかた説明できよう。循環による PO_4-P の減少は多くの湖で当然予想されるが、増田ダムに認められた循環開始1ヶ月からの PO_4-P の減少とT-P減少のつながりのなさは循環に伴う巻き上げの結果と推測できる。実際、循環直後の6月20日、6月28日にはSS鉛直分布の変化が殆どなかったものの循環開始1ヶ月後には前年7月に比べSSが10~12m以浅で増加し、図-1に示したT-Pの鉛直分布と似た傾向を示していた。このような循環によるSSの移動は沈降フラックスからも明らかで、循環前後ではSSで概ね3~6倍の増加を示していた。底泥からのSSの回帰による水質負荷と言う観点から、強制循環に伴うSSの増加とT-Pの増加の関係を眺めると1985年7月と1986年7月の関係からだけでは両者の明確な傾向を認めることは難しい。図-5に1986年11月のT-P鉛直分布を示す。この期間中にはSSの値が夏期の2倍以上を示していたが、これは秋期循環による湖水流動が強制循環の效果に相乗されたためと考えられる。しかし、一方のT-PはSSが1/2以下だった夏期の値と大差なかった。このことは、底泥表層の非常に水の動きに敏感なSSにはそれ程多くのT-Pを含んでいないことにつながる。11月に認められた、巻き上げられたSSのT-Pへの寄与の小ささについては、長時間好気条件下に保たれた結果とも考えられるが、このことについては今後の検討が必要と考えられる。

4. おわりに

以上の結果をまとめると強制循環を行うことにより PO_4-P は減少した。又、微細な濁質を多く含む湖で強制循環を行う時、SSの巻き上げが生じる可能性があり、これによってT-Pが減少しない場合も考えられる。＜謝辞＞本研究にあたり多大な協力を戴きました東北大学工学部依田雄二郎君に深く感謝いたします。

＜参考文献＞ 1)日本水質汚濁協会篇；”湖沼環境調査指針”，公害対策技術同友会、1981；2)L. Bengtsson, C. Gelin; "Artificial Aeration and Suction Dredging Method for Controlling Water Quality", Proceeding of a Symposium, The Effect of Storage on Water Quality, 1975, pp313~341

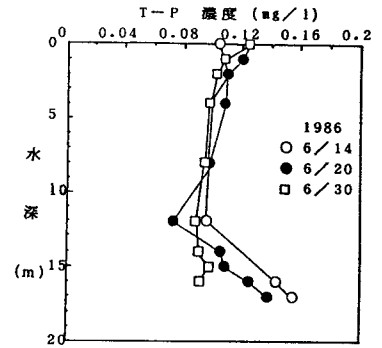


図-3 強制循環装置稼働 (1986.6.18) 前・後のT-P鉛直分布

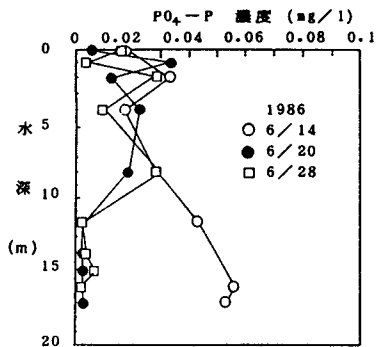


図-4 強制循環装置稼働 (1986. 6.18) 前・後の PO_4-P 鉛直分布

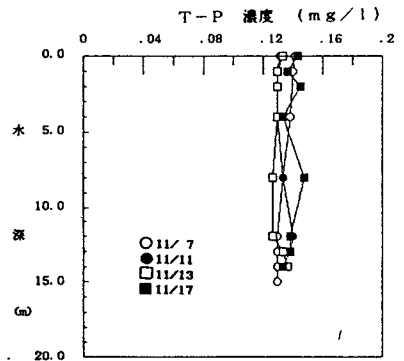


図-5 T-P鉛直分布 (1986年11月)