

テーゲル湖（ドイツ）における気泡循環対策の間欠運用による水温成層への影響

埼玉大学大学院理工学研究科 正会員 ○古里 栄一
 埼玉大学大学院理工学研究科 学生会員 Jayatu Kanta Bhuyan
 Federal Environment Agency, Germany Ingrid Chorus
 Federal Environment Agency, Germany Jutta Fastner
 独立行政法人水資源機構 総合技術センター 正会員 今本 博臣

1. 目的

富栄養化貯水池における有害藍藻類の抑制対策として、国内外で広く気泡循環対策が用いられており、成功例も多い。実用の観点からは、効果を確実に確保して便益を向上させるだけではなく、維持管理費を削減して費用対効果を向上させることが求められる。一般的に気泡循環対策を藍藻類増殖抑制対策として用いる場合には、当該藍藻類の生態学的競合戦略である安定成層要求性を無効化するために受熱期初期から放熱によりほぼ完全に鉛直混合が生じる秋季まで半年前後通年運用されることが多い。しかしながら、気象あるいは水理状況に応じて間欠的に運用を行うことができれば、コスト削減につながる。ところが実運用においては間欠運用の実施は藍藻類増殖の危険性があるために現地では実施しにくいことに加え、数値解析では水面付近の詳細な水温成層形態の表現や、藍藻類の競合特性、混合状態と増殖量との関係解析は困難である。このため、間欠運用の効果などの検討を実施することは困難である。

欧米ではわが国よりも早い時期から湖沼や貯水池の水質問題発生機構の解析や対策技術の開発が実施されており、様々な先進的取組例が存在する。ドイツの首都ベルリンの北方に位置するテーゲル湖は、1980年代まで富栄養化に伴う有害藍藻類の異常増殖が例年発生していたため、気泡循環対策や流入リン濃度の除去施設等の対策が1980年代から実施されている。特に、中規模攪乱仮説を考慮した循環対策の効果も検討されていることから、世界で最も先進的な事例の湖沼と言える。本研究は、近年わが国で開発、適用されている気泡循環対策の設計、管理手法に基づき、テーゲル湖における気泡循環対策の効果を解析することを目的として実施するものである。

2. 材料と方法

テーゲル湖は、ドイツの首都ベルリンの北西に存在する湖沼であり、ベルリン市内の水辺環境としての自然資源であるとともに、ベルリン市の上水道の約2割(給水人口約70万人)を供給する水源として重要な役割を担っている。表-1にテーゲル湖の概要を示す。本湖では、1985年頃より、流域の下水処理場からの処理水に主に由来する流入リン負荷量を削減するために、PEP(Phosphorus Elimination Plant)が稼動している。平水流入量の全量(約3m³/s)が処理されており(出水時は湖沼下流へバイパスし、無処理水は全く流入しない)、流入河川のリン濃度は処理前の0.8mg/Lから0.02mg/Lまで約1/40に、湖内リン濃度も約0.8mg/Lから約0.03mg/Lまで低下し、以前の極度の有害藍藻類の増殖は抑制された(Chorus and Schlag, 1993)。気泡循環対策(表-2)は1980年から稼動し、2004年まで様々な運用方法で実施されたが、現在はPEPが十分な効果を発揮していること、浅い水域で沈水植物群落が復活したこと(Hilt et al. 2009)などから撤去されている。

表-1 テーゲル湖の概要*1

項目	数値	単位
湛水面積	3.1	Km ²
最大水深	16	m
平均水深	6	m
湖水容量	2.46	千万m ³
滞留時間	約60	日

*1, Chorus and Schlag (1993)より

表-2 気泡循環対策の概要

要素	数量	単位
基数	15	基
空気量*1	4,200	NL/min/基
吐出水深	12~16	m
施設規模(k値)*2	240(490*3)	-

*1, Lindenschmidt and Hamblin(1997)における総空気量91,000m³/dと基数から算定

*2, (古里ら2007)

*3, 約1/2の面積を占める浅い水域を除いた値

キーワード k値, 浮力周波数, 水温成層, 運用方法, 中規模攪乱仮説

連絡先 〒338-8570 さいたま市桜区下大久保255 TEL 048-858-3561

3. 結果と考察

表-2 に示すとおり Tegel 湖における気泡循環対策の施設規模は、 k 値として 240 あるいは 500 弱(浅場を除く深い水域のみで算出)に相当する。これは、わが国で近年適用されている気泡循環対策において、有害藍藻類増殖制御において有効な規模とほぼ同様である(後藤ら, 2009)。図-1 に Tegel 湖における水温鉛直分布を循環対策の稼動条件の異なる年について示す。なお、最も水温成層が形成される 7 月のデータを用いた。図中には、参考として表層と水深 10m の水温から算出した浮力周波数も示した。図よりわかるとおり、稼動強度に応じて浮力周波数および水温成層形態は混合状態に近い傾向がある。図-2 に図-1 と同じ年の浮力周波数の年間変化を示す。

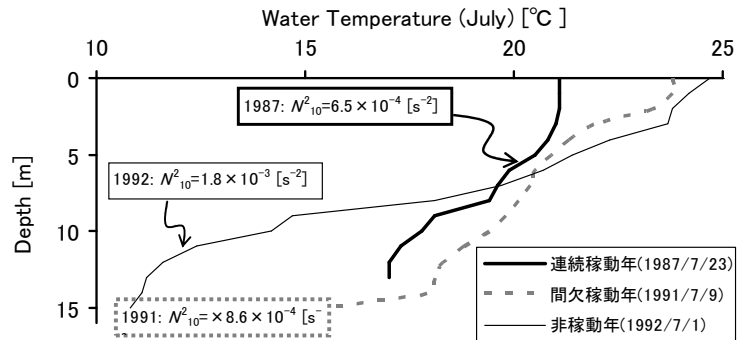


図-1 稼動条件に応じた夏季(7月)の水温鉛直分布の違い

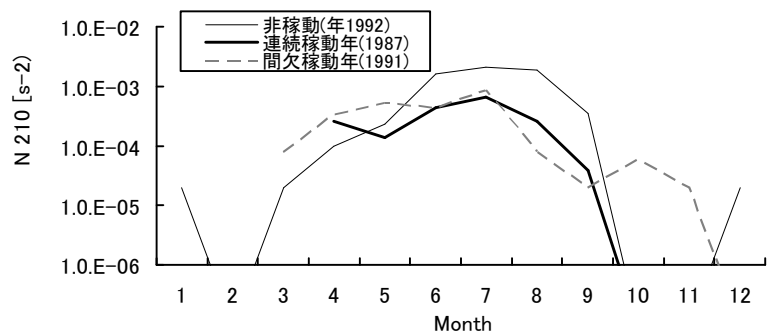


図-2 稼動条件の違いに応じた浮力周波数の年間変化

間欠稼動年においても、6 月以降の成層が強い時期の浮力周波数が連続稼動年と同レベルに維持されている。わが国においては、気泡循環対策は多くの場合成層期(特に受熱期)の連続稼動が実施されているが、水質保全効果の達成という観点においては、必要な効果を確保した上で、間欠運用によりコスト削減を図ること有用である。近年河川環境においては、中規模攪乱仮説に基づいた攪乱管理の生態系管理における重要性が指摘されているが、貯水池においても物理的なハビタットの攪乱に関する時間的不連続性を今後は検討する必要がある。

謝辞

本研究の一部は、埼玉大学 Lab-to-Lab 事業および公益財団法人 河川財団の河川基金助成事業(平成 28 年度 ダム下流の川づくりに資する貯水池水質保全対策の高度化—河床微細付着物と貯水池内一次生産の関係に対する曝気循環対策の影響—, 代表者古里栄一)、公益財団法人 高橋産業経済研究財団(「水資源開発貯水池における戦略的な貯留水品質確保方策の開発—微細藻類のハビタット制御—」, 代表者古里栄一)により行われた。ここに記して謝意を示す。

参考文献

- Chorus, I. and Schlag, G.: Importance of intermediate disturbances for the species composition and diversity of phytoplankton in two different Berlin lakes. *Hydrobiologia*, 249, 67-92, 1993.
- 古里栄一・久納誠・丹羽薫・浅枝隆, 曝気循環対策の施設規模に関する簡易式について, 土木学会平成 19 年度第 62 回年次学術講演会, 7-030, 2007.
- 後藤浩一・古里栄一・浅枝隆, 藍藻類の増殖抑制効果に対する曝気循環対策の施設規模の影響, *水工学論文集*, 52, pp.1297-1302, 2008.
- Hilt, S., Van de Weyer, K., Köhler, A. and Chorus, I.: Submerged Macrophyte Responses to Reduced Phosphorus Concentrations in Two Peri-Urban Lakes, *Restoration Ecology*, 18, No. S2, pp. 452-461, 2009.
- Lindenschmidt, K-E. and Hamblin, P.F., Hypolimnetic aeration in Lake Tegel, Berlin. *Water Res.*, 31, 1619-1628, 1997.