

(VII-15) 浅い貯水池におけるリン溶出量に関する検討

国土交通省土木研究所環境部環境計画研究室 正会員 鈴木 宏幸
正会員 天野 邦彦
李 建華
正会員 安田 佳哉

1. はじめに

埼玉県の北東部に位置している渡良瀬貯水池は、流入水のリン、窒素濃度が高く、藻類の大量増殖等の問題が起こっている。同貯水池は比較的水深が浅く、年間最大水深は約 7m である。同貯水池は、河川との水のやりとりをポンプと水門操作で行っており、夏期においては制限水位（約 3 m）まで水位を落とし、河川からの流入が非常に少ないという状態にある。そのため夏期には、外部から供給される栄養塩類は極めて少ない。しかし、過去において夏期制限水位中に栄養塩の濃度上昇が認められたため、底泥からの栄養塩の回帰が重要と考えられる。よって、貯水池底泥に溶出試験機を 2 機設置し、直上水中溶存酸素濃度の違いによるリン溶出量の比較、変化等について検討を行った。

2. 実験方法

木幡により開発された直列多槽式溶出測定装置¹⁾（図-1）を貯水池の水底に設置し、槽内の条件を変えることによって酸素濃度によるリン溶出量の変化を測定した。実験は平成 12 年 9 月に行った。本装置設置により攪乱された底泥を沈降させるため、1 日静置した後、検体槽（図中 S-Tank）よりポンプを用いて水を排出することによって、槽外の水を検体槽、対照槽（図中 R-Tank）両槽に導入し、実験開始時の水質を槽外とほぼ同等に整えた。

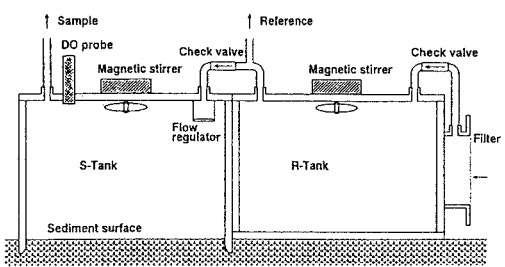


図-1：直列多槽式溶出測定装置

実験には 2 台の測定装置を用いた。1 台は実験開始時に水を入れ替えた後にチューブを付け替えて、検体槽に接続したチューブを通してポンプで水面上に設置した曝気槽に水を循環させ、検体槽の環境を常に好氣的に保った（1 号機）。もう 1 台は排水後、採水時以外は系を閉じて水質変化を測定した（2 号機）。実験期間中は 2 号機については 1 回の水の総入れ替えをはさんで約 1 日間の水質変化 2 回を測定した。1 号機については 2 日間循環を続けて 2 台共合計 6 回採水を行い、変化を確認した。

このように 1 台については曝気による好気条件、もう 1 台については系を閉じることで、槽内の酸素濃度を変化させて各層内の水質測定を行った。表-1 に本実験の手順を示す。

表-1：実験手順

ケース	1				
	9月18日	9月19日（注1）	9月20日		9月21日
I 槽	16:00(17:10)	9:00	15:00	9:00	17:00
	500ml/分吸引	採水	採水	採水	採水
採水後終了時までバッキ留置（200ml/min前後の流量）					
ケース	2				
	9月18日	9月19日	9月20日		9月21日
II 槽	16:00(17:10)	9:00	15:00	9:00	17:00
	500ml/分吸引	採水	採水	採水	採水
吸引なし					
槽外	9月18日	9月19日	9月20日		9月21日
	9:00	15:00	9:00	12:00	17:00
採水					

キーワード：底泥、溶出、富栄養化
連絡先：〒305-0804 茨城県つくば市大字旭 1 番地 Tel:0298 (64) 2269 Fax:0298 (64) 7221

3. 結果

図－2に実験期間中における各槽内の DO（溶存酸素）量を示す。1号機に比べ、2号機の方は検体槽において溶存酸素量が時間経過と共に下がっていることを示している。また、図－3は同装置内の PO₄-P の測定結果である。DO の低下している 2号機の方が PO₄-P の濃度が増加していることがわかる。

本実験結果を用いて、検体槽中の PO₄-P 溶出速度を算出した。1号機については式（1）を用いることで平均溶出速度を求めることが出来る¹⁾。ただし、今回の実験期間中は検体槽の水を曝気循環しているため、検体槽、曝気槽及び接続されたホースの総体積を V_s とした。2号機は試料採取時において対照槽からの流入があるため、この希釈の効果と採取中に起こっている溶出量を考慮し式（2）を用いて溶出速度を算出した¹⁾。更に2回目、及び4回目の溶出速度測定時においては、試料採取時の検体槽の希釈も考慮した。表－2に PO₄-P の溶出速度計算結果を示す。希釈率は式（3）を用いて算出した。

$$f = \frac{V_s \{ (C_s(t_b) - C_s(t_0)) - (C_r(t_b) - C_r(t_0)) \}}{A_s t_f} \quad t_f = t_r - t_0 \quad (1)$$

$$f = \frac{V_s \{ F_s^{dil} (\bar{C}_m - C_r(t_b)) - (C_s(t_0) - C_r(t_0)) \}}{A_s \{ t_f + V_s (F_s^{dil} - 1) / Q \}} \quad (2)$$

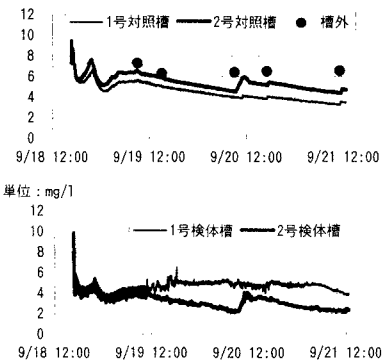
$$F_s^{dil} = \frac{V_m / V_s}{\{ 1 - \exp(-V_m / V_s) \}} \quad (3)$$

t_f：実験期間、 $\bar{C}_m$ ：測定される検体槽濃度、C_s：検体槽の濃度、C_r：対照槽の濃度、V_s：検体槽の体積、A_s：検体槽の底面積、V_m：試料採取量、Q：吸引速度、t_b；t₀：採水時及び実験開始時刻、F_s^{dil}：希釈率
f'；F'：前回計測時の計算結果

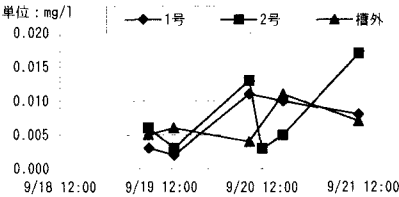
4. 考 察

曝気した機器での平均溶出速度は、しない機器での 1/10 程度で、これは底層における酸素濃度と溶出量には密接な関係があることを示している。平成 11 年に行った実験結果では、検体槽が速やかに嫌気化したこともあり²⁾、今回の 2 号機に比べてもはるかに高い溶出速度（8 月で 22～35mg/m²/d）が得られており、底泥に物理的な攪乱を与えない限り、底層水が嫌気化しないと溶出量の増加は起きないと考えられる。実際の貯水池では、夏期は水深が約 3m と浅いため底層水は嫌氣的にならない。しかし、現地で見られる夏期のリン濃度上昇を考慮すると、今回の実験から得られた溶出速度は小さすぎるため、リン回帰には底層での物理的な攪乱（流れ等）が重要な役割を果たしていると考えられる。

参考文献：1） 木幡ら、霞ヶ浦臨湖実験施設研究発表会 11、国立環境研究所 1997
2） 天野ら、浅い貯水池における底泥からの栄養塩溶出の評価 土木学会 第 55 回年次学術講演会



図－2：装置内の溶存酸素量



図－3：各検体槽と槽外の PO₄-P 濃度

表－2：PO₄-P の溶出速度（単位:mg/m²/d）

	9月19日 9:00-15:00	9月19日 15:00-9:00	9月20日 9:00-17:00	9月20日 12:00-17:00	9月21日 17:00-11:00	平均
1号機 検体槽	-0.893	2.103	0.437		-0.582	0.266
2号機 検体槽	-0.859	2.626	3.173		3.529	2.117