

B-30

貯水池底質からの栄養塩溶出について

独立行政法人土木研究所 ○和田順之輔 津森ジュン 田中宏明、同済大學 李建華、
横河電機株式会社 田中克知 柴田省三、松江土建株式会社 福井真司

1. はじめに

湖沼やダム貯水池では、夏の成層期に深層水が嫌気化することにより底質からの栄養塩類の溶出が促進されることが知られており¹⁾、この嫌気的な底層環境を改善するために、従来は深層曝気や、密度流拡散による嫌気層の解消等が試みられてきた。土木研究所では、従来の深層曝気とは異なり、夏季の成層を破壊せずに底層の嫌気化を改善する新技術として「高濃度酸素注入システム」を用いて国土交通省東北地方整備局三春ダムの牛楨前貯水池で現地実験を行った。^{2),3)} 本報告は、現地観測以前並びに現地観測中に採取した底泥コアサンプルを用いて実施した室内実験（溶出試験並びに底泥酸素消費速度試験）の結果を報告する。

2. 室内実験

2. 1 試料採取並びに実験期間、実験装置

溶出速度試験並びに酸素消費速度に用いた試料は、図-1、2 に示した国土交通省東北地方整備局三春ダムの牛楨前貯水池の調査点 A と調査点 D にて、平成 14 年は 2 回（6 月 17 日⁴⁾、8 月 18 日）、平成 15 年は 3 回（5 月 7 日、6 月 30 日、7 月 28 日）HR 型柱状採泥器を用いて、10 cm φ×高さ 50 cm の円筒アクリル製実験装置に試料を採取した。

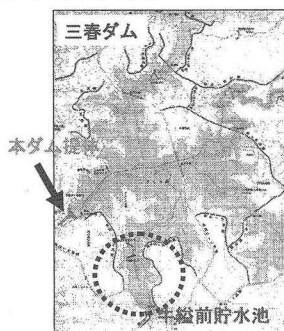


図 1. 調査区域

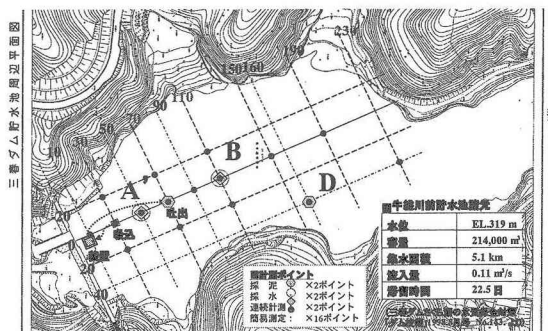


図 2. 調査点位置

採取試料は、20℃の恒温室へ持ち帰り、速やかに試験に供した。試験に用いた直上水は、貯水池の湖底下 0.5m から採水した現地水を用い、窒素曝気により嫌気条件（DO 2mg/l 以下）として実験を開始した。実験中は水温計、DO 計並びに ORP 計の自動記録を実施した。分析用試料の採取は、実験開始日を 0 日として、原則 0,1,3,5,7,10 日目に実施した。採水した試料を用い、オートアナライザにて $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、DTN、TN、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、DTP、TP、TOC 計により DOC の分析を行った。酸素消費速度試験用の装置では DO 計の自動記録により酸素濃度変化を記録した。

2. 2 試験結果

試験結果は、調査点 A の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 並びに DO の変化について示す。

1) 底泥溶出試験

底泥溶出試験についてみると、図-3 に示すように、実験装置の直上水濃度は、平成 14 年では、6 月の $\text{PO}_4\text{-P}$ は 0.01mg/l 未満であり、 $\text{NH}_4\text{-N}$ についても 3mg/l 未満であった。8 月になると、 $\text{PO}_4\text{-P}$ は 0.3mg/l まで到達し、 $\text{NH}_4\text{-N}$ も 6 mg/l 未満とみかけ濃度は 6 月の倍となった。この結果から求めた溶出速度を表-1 に

示した。PO₄-P は、6 月で 2.4mg/m²/day、8 月で 7.6mg/m²/day であり、NH₄-N は、6 月で 74 mg/m²/day、8 月 159 mg/m²/dayであった。PO₄-P で約 3 倍、NH₄-N で約 2 倍の差がみられた。平成 15 年では、5 月の PO₄-P は 0.1mg/l 程度であり、NH₄-N については 6mg/l 未満であった。7 月になると、PO₄-P は 0.1mg/l 未満となるが、NH₄-N は 6 mg/l 未満とみかけ濃度は 6 月とあまり変わらなかった。8 月の PO₄-P は 0.1mg/l 程度であり、NH₄-N については 5mg/l 未満で、5,7 月よりやや低かった。この結果から求めた溶出速度を表 - 1 に示した。PO₄-P は、5 月で 3.0mg/m²/day、7 月で 8.0 mg/m²/day、8 月で 7.7mg/m²/day であり、NH₄-N は、5 月で 87 mg/m²/day、7 月で 105 mg/m²/day、8 月で 123 mg/m²/dayであった。PO₄-P は 5 月に比べ 7、8 月で約 2 倍であったが、NH₄-N では 7,8 月も 5 月の 2 倍未満であった。

2) 底泥酸素消費速度

底泥酸素消費速度試験についてみると、図 - 3 に示すように、平成 14 年では、

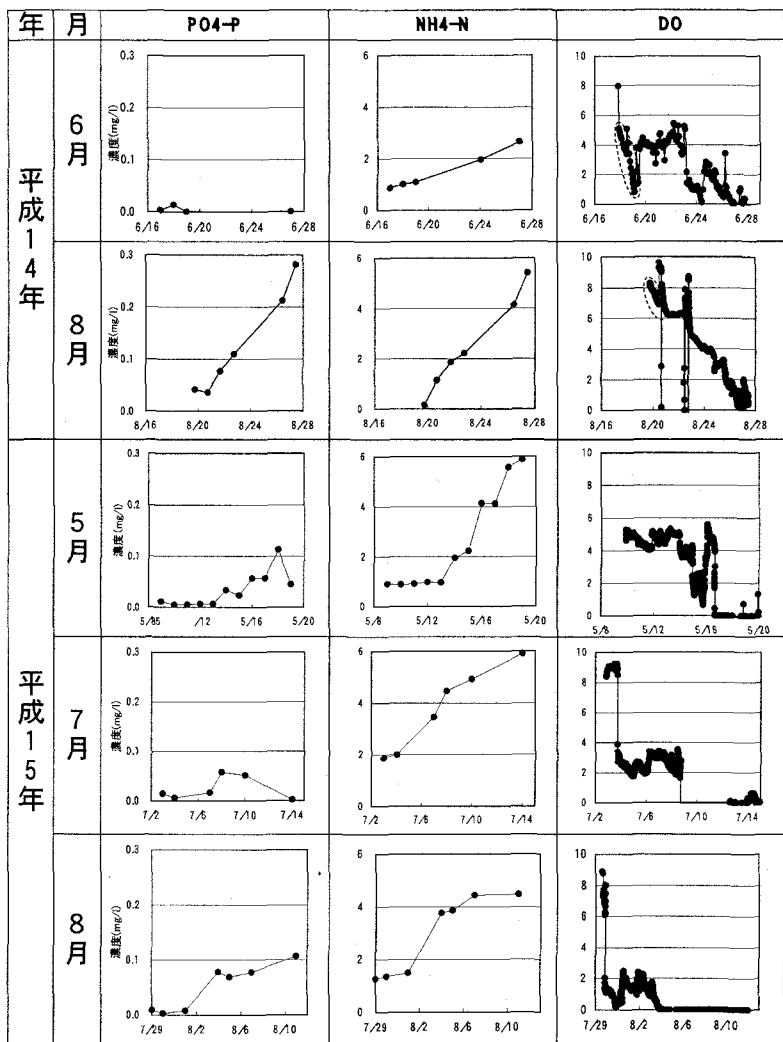


図 - 3 溶出試験、酸素消費試験の経過

表 - 1 溶出量、酸素消費速度の結果 (単位:mg/m²/day)

年	月	底泥からの溶出量		底泥の酸素消費速度 (SOD)	直上水の酸素消費速度
		PO ₄ -P	NH ₄ -N		
平成14年	6月	2.4	74	860	—
	8月	7.6	159	1240	—
平成15年	5月	3.0	87	1720	—
	7月	8.0	105	1300	524
	8月	7.7	123	1650	—

6 月に 5mg/l から 1mg/l、8 月に 9mg/l から 6mg/l へそれぞれ初期の 1 日間で低下しており、この間で主な消費が起こったことが確認された。この結果から求めた酸素消費速度は、表 1 に示すように、6 月が 860 mg/m²/day、8 月が 1,240 mg/m²/day であり、8 月は 6 月の 2 倍以内 (1.44 倍) であった。平成 15 年では、5 月に 8mg/l から 0mg/l、7 月に 9mg/l から 2mg/l、8 月に 7mg/l から 0mg/l へそれぞれ初期の 1 日間程度で低下しており、この間で主な消費が起こったことが確認された。この結果から求めた酸素消費速度は、表 - 1 に

示すように、5 月が 1,720 mg/m²/day、7 月が 1,300 mg/m²/day、8 月が 1,650 mg/m²/day であり、最も差がみられた 7 月と 5 月を比べても 1.3 倍程度で差は小さかった。なお、平成 15 年に実施した直上水の酸素消費試験では 4 日間で 10 から 0mg/l へ緩やかに低下し、これより求めた酸素消費速度は 524 mg/m²/day であった。

3. 水質調査結果から推定した変化量との比較

平成 14 年に実施した水質調査結果⁵⁾の内、高濃度酸素水注入システムの稼動時と停止 1 日後を比較し、底泥溶出の影響を含むと考えられる水質変化を、面積当たり、日当りに換算し、室内実験結果と比較し表 - 2 に示した。水質へ変化から求めた変化量は、NH₄-N で 210 mg/m²/day、PO₄-P で 13 mg/m²/day であった。これは、室内実験結果、NH₄-N (74~159 mg/m²/day)、PO₄-P (2.4~8.8 mg/m²/day) とほぼ対応しており、高濃度酸素水注入システムの停止後の水質変化は、概ね底泥からの溶出に負っているものと推定された。

表 - 2 水質調査結果から推定した変化量と室内実験による溶出量の比較
(単位 : mg/m²/day)

項目	水質調査結果から推定した変化量 (平成14年8月19日~20日) 【5m、5.5m、6mの水質値による】	室内実験による溶出量
NH ₄ -N	210	74~159
PO ₄ -P	13	2.4~8.8

3. 結論

今回の室内実験の結果から明らかになった事項は以下の通りである。

牛糞前貯水池の平成 14 年、平成 15 年の試料では、

- 1) 溶出試験の結果から、PO₄-P の溶出速度は、2.4~8.0mg/m²/day の範囲にあり、最大 4 倍程度のひらきで、10⁰ 程度であることが確認された。NH₄-N の溶出速度は 74~159 mg/m²/day の範囲にあり、約 2 倍程度のひらきで、10¹~10² 程度であることが確認された。
- 2) 酸素消費速度試験の結果から、860~1,720 mg/m²/day の範囲にあり、約 2 倍程度のひらきで、10³ 程度であることが判明した。
- 3) 水質調査結果からの試算と室内実験の結果は、オ・ダ - でほぼ一致したことから、高濃度酸素水注入システムの停止後の水質変化は、概ね底泥からの溶出に負っていると考えられた。

謝辞

今回の実験に関しては、国土交通省東北地方整備局三春ダム管理所の方々に多大なるご協力を頂きました。記して感謝します。

参考文献

- 1) 岩佐芳郎編著：湖沼工学、山海堂、p.279. 1990
- 2) 佐々木稔、田中宏明、李建華、和田順之輔、中村圭吾、柴田省三、田中克知、福井真司、底層環境改善のためのモニタリング技術と活用、環境システム制御学会誌、第 7 巻、pp. 237-240.
- 3) 田中克知、柴田省三、福井真司、田中宏明、佐々木稔、底質改善への気体溶解装置への適用 (I) 「気体溶解装置の適用とその制御」、第 37 回日本水環境学会年会講演集、p. 119、2003
- 4) 李建華、和田順之輔、田中宏明、佐々木稔、三春ダムにおける異なる前貯水池の底泥から栄養塩類の溶出特性、第 68 回日本陸水学会講演要旨集、pp.110-110、2002
- 5) 和田順之輔、李建華、佐々木稔、田中宏明、底質改善への気体溶解装置への適用 (III) 「DO 制御に伴う水質変化に関する検討」、第 37 回日本水環境学会年会講演集、p. 121、2003