

高濃度酸素溶解水による底泥からの栄養塩溶出抑制とその簡易的評価手法

○岡貴稔*・井芹寧**・郝愛民*・劉玉賢*・張明揚*・久場隆広*

1. はじめに

現在、中国では閉鎖性水域における富栄養化が社会問題となっている。中国五大湖の一つである太湖においても、富栄養化によってアオコが異常発生し、水質汚濁を招くなど、早急な対策が望まれる。その対策の一つとして、底水層への人工的な酸素供給の促進も検討される。特に、従来のマイクロバブル法に代わる高濃度酸素溶解法の開発を目標としている。

本研究では、高濃度酸素溶解水の将来的な導入効果を検討する上で必要となる、種々の条件下で底泥からの栄養塩溶出を簡易的に評価できる実験手法を提案し、その妥当性を検討した。それと同時に、底水層への酸素供給による栄養塩溶出抑制の効果についても検討した。

2 事例紹介

山本ら¹⁾は、2004年に海の中海水淡水化センター（まみずピア）が稼働し博多湾海底のDOが変化したことによる底生生物の生態系変化を調査した。

これまでの研究から、混合放流水は比較的高い溶存酸素（DO）を持ち、密度も湾内の海水より高く、排出口から海底を這うように広がっていることが分かっており、混合放流水が海底の生物へ影響を与えていることが考えられている。

底生生物の種類・個体数変化の調査の結果、淡水化施設の周辺において、これまで採取されることのなかったアサリやタイラギなど水質が比較的良好な場所に生息するとされる二枚貝の存在が確認された。このことから、底層の好気化が生息種の多様化など生態系に影響を及ぼしている可能性が示された。

3 内容

3.1 酸素供給の方法とその効果に関する考察

富栄養化にともない底水層が嫌気化すると、一般的には、底泥からの栄養塩の溶出といった種々の水質汚濁問題が発生し、水・底泥中の生態系に大きな影響を及ぼす。本研究では、栄養塩溶出の主な原因が底水層での貧酸素水塊の形成であると考え、人工的な酸素供給によってその溶出抑制を目指す。同時

に、底水層を好氣的に維持することで、生態系の多様性の確保や水質・底質改善も期待できる。

底水層に酸素を供給する様々な手法が提案されている。気泡を微細化することで酸素の溶解能を高める、あるいは、底水層において微細な気泡を発生させるマイクロバブル法が代表例である。その一例として、宇美町上原調整池および須恵町中柱田貯水池にYJシステム（株式会社ジオテック）が導入されている。浄水用調整池であることから貧酸素水塊の形成といったものは見られないものの、現地での聞き取り調査から、マイクロバブル装置を導入して以降、植物プランクトンの発生が明確に低下し、水質が改善されていることが分かった。

マイクロバブル法においては、一般に、空気をノズルの微細孔から高圧で押し出す方法が主流であり、運転コストが高いものとなる。また、たとえ底層水中でマイクロバブルを発生させても、上昇流速が大きいために大気中にすぐさま揮散してしまうことが懸念される。そこで、本研究では、高濃度酸素溶解装置（nano-2L-00, PMT社）の利用を試みた。純酸素ガス混合水が本装置を通過する際に、比較的低水圧の下で超微細化（平均径約500nm）ないしは完全溶存化されて高濃度酸素溶解水が製造される仕組みである。図1に、水温16℃、有効容量20Lの水槽において、装置稼働時の高濃度酸素溶解水の生成状況、ならびに、装置停止後の酸素ガスの揮散状況を示す。およそ30分程度で平衡状態となり、DO（溶存酸素）濃度は短時間で飽和濃度の約500%にまで達した。一方、酸素の揮散速度はかなり遅く、このことは酸素ガスが超微細化ないしは完全溶存化されていることを示唆している。

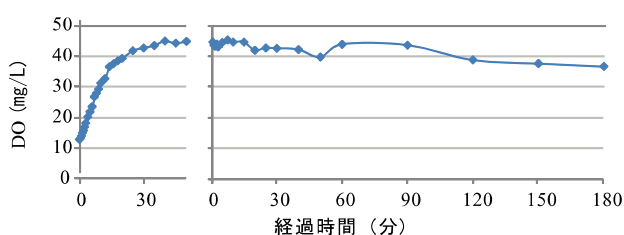


図1 高濃度酸素溶解水の生成状況及び酸素ガスの揮散状況

3.2 瑞梅寺川の底泥を用いた栄養塩溶出試験

底泥を用いた酸素消費速度試験と栄養塩溶出試験を行った。試料として、福岡市西区を流れる瑞梅寺川河口の底泥を使用した。採泥は、2009 年 12 月に行い、干潮時における表層 0.5-1cm を採取した。

<実験方法>

100mL のフラン瓶 (2×7×2=28 本) に乾燥質量 5.6g、11.2g に相当する底泥を加え、予め空気曝気しておいた純水 (曝気水) および高濃度酸素溶解水で満たした。その後 20℃の恒温室に静置し、15 分、1 日、3 日、5 日、7 日、10 日、15 日後にそれぞれ DO 濃度を測定し、ガラス繊維ろ紙 (GF/C, Whatman) にてろ過した後、ろ液を用いて水質分析を行った。分析項目は、DO、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NO}_x^{-}\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ とした。 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NO}_x^{-}\text{-N}$ の濃度の定量には分光光度計 (DR/2400, HACH) を使用し、 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ の測定は下水道試験法に準じて行った。

<結果および考察>

乾燥質量 5.6g の底泥を加えた時の $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ および $\text{NO}_x^{-}\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ 、DO の経時変化を図 2 に示す。

DO 濃度は、実験開始 15 分後において曝気水では 7.6mg/L、高濃度酸素溶解水では 23.9mg/L であった。どちらも実験開始から 1 日で急速に DO 濃度が減少し、初期 DO 濃度が高いほど、DO 濃度の減少速度も大きくなる傾向が見られた。また、実験 15 日後において曝気水では 0.6mg/L、高濃度酸素溶解水では 2.7mg/L であり、実験期間内においては常に高濃度酸素溶解水の方が曝気水よりも DO 濃度が高かった。

$\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ は実験開始 15 分後では、曝気水、高濃度酸素溶解水ともにおよそ 0.1mg/L であり、15 日後においては、曝気水では 2.0mg/L、高濃度酸素溶解水では 0.8mg/L となり、時間経過とともに底泥から溶出する傾向が見られた。また、高濃度酸素溶解水においては曝気水と比べて溶出量が小さいことから、高濃度 DO 条件下における $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ の溶出抑制が確認された。

$\text{NO}_x^{-}\text{-N}$ の濃度について、10 日後までは曝気水、高濃度酸素溶解水ともに 0.06mg/L 程度であったが、15 日後には両者とも 0.20mg/L 程度になった。これは、硝化反応が起こったものと思われた。

$\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ の濃度については、曝気水と高濃度酸素溶解水とで比較した場合、15 分後ではそれぞれ 2.0mg/L と 1.9mg/L でほぼ等しいが、10 日後においてはそれぞれ 6.8mg/L と 4.7mg/L の違いとなった。このため高濃度 DO 条件下においては、 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ と同様、 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ の溶出抑制が見られた。

4. 結論

- 1) フラン瓶を用いた栄養塩溶出試験が、底泥からの栄養塩溶出を簡易的に評価できる手法であることが示唆された。
- 2) 高濃度酸素溶解水を用いた場合、曝気水を用いた場合よりも、底泥からの $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ の溶出が抑制された。

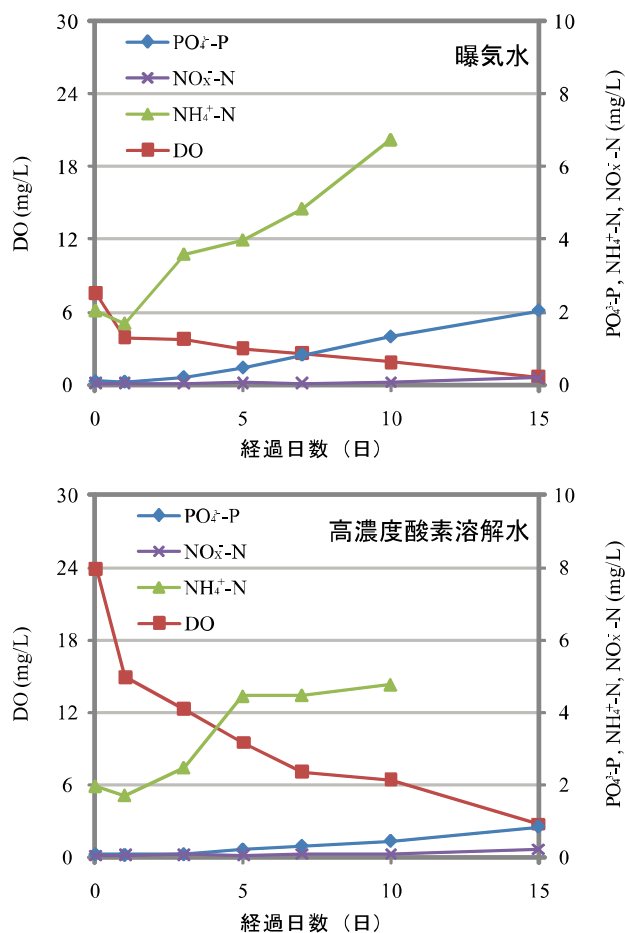


図 2 $\text{PO}_4^{3-}\text{-P}$ 、 $\text{NO}_x^{-}\text{-N}$ 、 $\text{NH}_4^{+}\text{-N}$ 及び DO の経時変化

参考文献

- 1) 山本達也, 山崎惟義, 渡辺亮一, 伊豫岡宏樹: 博多湾湾奥における混合放流水と底生生物の変化に関する研究, 平成 21 年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集 VII-73