

溶存態有機物と底質の酸化状態が嫌気的条件下の水質動態に及ぼす影響 Influence of Dissolved Organic Matter and Oxidation State of Bottom Sediment on Water Quality Dynamics under the Anaerobic Condition

○原田昌佳*・秋庭広大**・平松和昭*・田畑俊範*

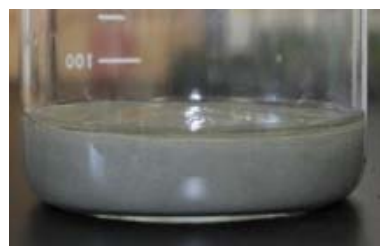
Masayoshi Harada*, Koudai Akiba**, Kazuaki Hiramatsu* and Toshinori Tabata *

1. はじめに 閉鎖性水域の無酸素化による栄養塩溶出や硫化物生成などの有機汚濁現象の定量的評価を目指し、嫌気的有機物分解に関する基礎的知見を得るための室内実験を行った。とくに農地・森林域からの過剰な腐植酸の外部負荷と嫌気性微生物の活動による内部負荷に着目し、高濃度 DOC と底質の酸化還元状態が水質動態に及ぼす影響を検討した。

2. 実験概要 高濃度の腐植酸を含む流入水約 500ml とその負荷によって有機汚濁が顕在化する貯水池の底泥約 50cm³ を 500ml トールビーカに取りサンプルを準備した。流動パラフィンで大気と遮断したサンプルを 20℃の恒温暗所室内で管理することで、ビーカ内の試料水は無酸素状態となる。一つの実験条件につき約 70 個のサンプルを準備し、そのうち 1 個で DO と ORP の連続観測を、残りのビーカを用いて 3~7 日間隔の定期観測として 1 回につき 3~5 連の水質分析を約 2 ヶ月間行った。主な分析項目は無機態窒素・リン、硫化物、全鉄 (Fe²⁺と Fe³⁺の合計)、腐植酸などの溶存態有機物量の指標として用いられる波長 254nm の紫外線吸光度 (E254) である。本研究では約 17.0mg/l の高濃度 DOC の試料水を用いて、底質が還元状態 (Case D_{HR}) と酸化状態 (Case D_{HO}) の実験条件を設定した (Photo. 1)。後者は 2 週間の曝気によって酸化状態にしたものである。また、底質が還元状態の低濃度 DOC (3.96mg/l) に対する同様な実験結果 (鬼木ら, 2015) を Case D_{LR} として参照した。

3. 高濃度 DOC の影響 Fig. 1 に Case D_{HR} の DO・ORP の連続観測結果と水質の定期観測結果を示す。Case D_{HR} の ORP の低下過程は、Step 1 (DO=0 を起点とする直線的な低下)、Step 2 (概ね 0mV での変曲点)、Step 3 (還元的状態での急激な低下)、Step 4 (緩やかな減少)、Step 5 (約 -400mV の平衡状態) の 5 段階で特徴づけられ、これは Case D_{HR} の結果 (鬼木ら, 2015) と一致した。ただし、実験開始と同時に DO は減少したものの、Step 1 の ORP 低下と Step 5 の ORP の平衡状態に至るまでの時間が Case D_{HR} で早い結果となった。

この相違点より、高濃度 DOC によって酸素消費が促進され、無酸素状態への移行速度が速まったと考えられる。ところで、両ケースで DO の低下とともに NO₃-N はゼロまで直線的に減少したが、Case D_{HR} の減少率は Case D_{LR} のそれに比べて大きい。その理由として、急速的な無酸素化による脱窒の進行の加速と高濃度 DOC による脱窒菌の酸化半反応の促進が考えられる。また、Case D_{HR} では速やかに脱窒が終了した結果、より電位の低い還元半反応への移行が早まった



(1) Reductive state of Case D_{HR}



(2) Oxidative state of Case D_{HO}

Photo. 1 Initial states of sediments of Cases D_{HR} and D_{LR}

*九州大学大学院農学研究院/Faculty of Agriculture, Kyushu University **九州大学大学院生物資源環境科学府/Graduate School of Bioresource and Bioenvironmental Sciences, Kyushu University

キーワード：有機汚濁，無酸素化，溶存酸素，酸化還元電位，閉鎖性水域

ため Step 5 への到達時間が短くなったと考察できる。つぎに、Case D_HR の PO₄-P の経時変化を NO₃-N, 全鉄, E254 の結果と関連付けて考察した。まず, NO₃-N が概ねゼロとなった時点以降, 全鉄の濃度上昇とともに, PO₄-P と E254 も増大した。これより, 嫌気的条件下での PO₄-P は, 脱窒直後の鉄還元によって底質から溶出し, 腐植酸などの溶存態有機物の生成も伴うことが分かる。ただし, 全鉄の単調な増大にも関わらず実験開始から 25 日以降で PO₄-P は緩やかに増加した。この理由の一つとして, 溶出した PO₄³⁻の一部と溶存態有機物との錯体形成が考えられる。

4. 底質の酸化状態の影響

Fig. 2 に Case D_HO の観測結果を Case D_HR の定期観測結果と併せて示す。

Case D_HO においても DO=0 で ORP は段階的に低下し, -400mV の平衡状態に達したものの, ORP 低下開始までに時間を要し, Step 1, Step 3 の ORP の低下速度が Case D_HR と比べて小さい。これは, 底質の好气的状態が嫌气的微生物の活動を抑制した結果と推測できる。また, Case D_HO の NO₃-N も脱窒により直線的に低下したが, その変化率は Case D_HR よりも小さく, 上記の ORP の低下速度を反映した結果である。PO₄-P は全鉄や E254 とともに直線的に増加し, その変化が 2 段階であった点で Case D_HR と類似した。しかし, Case D_HO では, 脱窒終了に時間を要したため溶出の開始が Case D_HR よりも遅く, また同ケースと比べて PO₄-P の増加率が高い。これより, 初期の底質の酸化状態によって易分解性有機物が増加し, 鉄還元細菌の呼吸基質の増大に起因して鉄還元が促進されたと推察できる。

5. おわりに 嫌気的条件下での水質動態のうち, 鉄還元に伴う PO₄-P や全鉄の増加は, 高濃度 DOC や底質の酸化状態の影響を顕著に受けた。これらの濃度増加は富栄養化の加速や底質のへドロ化と直接的に関係するため, 本研究の知見の意義は高いと考えられる。

参考文献 1) 鬼木彩香・原田昌佳・平松和昭・田畑俊範 (2015) : 硝酸態窒素が嫌气的条件下での水質動態に及ぼす影響, 平成 27 年度農業農村工学会九州沖縄支部講演会要旨集, pp.120-123.

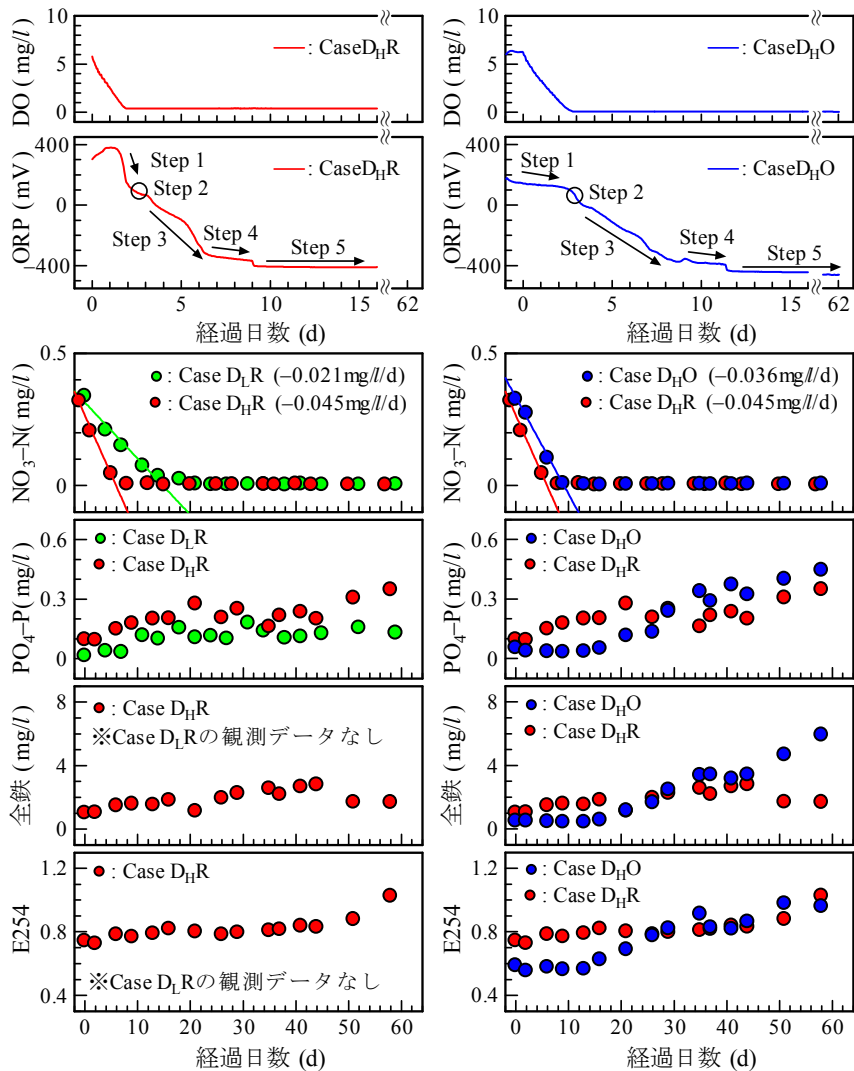


Fig. 1 Results of water quality measurements of Case D_HR with periodical observations of Case D_LR

Fig. 2 Results of water quality measurements of Case D_HO with periodical observations of Case D_HR