

琵琶湖における堆積物からの溶存態ケイ素の回帰速度とそれに影響を及ぼす要因

○安積寿幸・後藤直成・三田村緒佐武（滋賀県立大学大学院 湖沼環境実験施設）

<はじめに>

琵琶湖は日本の他の湖沼と比較して溶存態ケイ素濃度が非常に低い(日本の湖沼:160~830 μM , 琵琶湖:8~25 μM)。大山ら(1974)によると, 粘土鉱物のような懸濁物による吸着沈殿作用によって, 琵琶湖の溶存態ケイ素濃度は 30 μM 以下に低下(流入河川水中の濃度は約 160 μM)し, さらに珪藻類による取り込みによって 2 μM と非常に低い濃度まで低下することがあると述べている。そのため, 琵琶湖においてケイ素は窒素やリンと同様に植物プランクトン(特に珪藻類)の成長を制限する因子と考えられている。しかし近年では, 図 1 に示しているように, 溶存態ケイ素濃度が 1960 年代, 1970 年代と比較して約 3~5 倍増加している。このような長期的な溶存態ケイ素濃度の変化は, 植物プランクトン種組成の変化を含む湖沼生態系に影響を及ぼす可能性がある。

本研究では, 特に琵琶湖深層水(深度 40m~湖底直上)の溶存態ケイ素濃度の増加に注目した。深層水でも特に湖底直上付近で溶存態ケイ素の蓄積が見られることから, この蓄積の要因の 1 つとして堆積物からの溶存態ケイ素の溶出について考えた。本研究では湖底堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度およびそれが琵琶湖の溶存態ケイ素濃度の増加に与える影響, さらに湖底堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度に影響を与える要因について評価することを目的とした。

<方法>

— 試料採取 —

2004 年 1 月~2005 年 12 月にかけて, 琵琶湖北湖の最深部付近において, 月に 1 回の頻度で採水を行った。湖水はバンドーン採水器を用いて鉛直的に 15 層で採取した。採取した湖水は孔径 0.45 μm の MF-Millipore メンブレンフィルターで濾過した後, 濾液中の溶存態ケイ素を測定した。さらに 2005 年 4 月から 2005 年 11 月にかけて琵琶湖北湖の水深約 90m, 50m, 30m, 10m 地点で湖底堆積物の採取を行った。堆積物の採取には不攪乱採泥器を用いて長さ約 20 cm の堆積物コアを数本採取した。採取した堆積物コアのいくらかは, 1~2cm 層毎に分割し, それぞれの層毎に間隙水中の溶存態ケイ素濃度と堆積

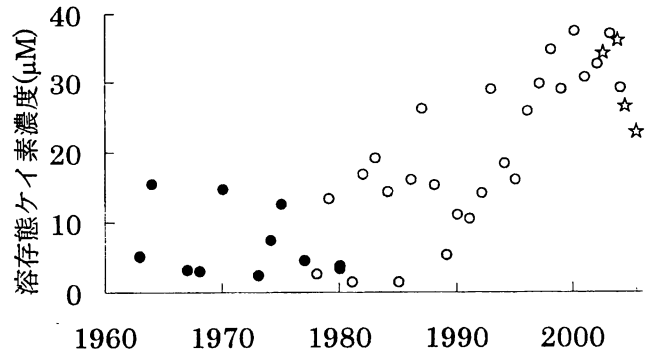


図1. 琵琶湖北湖における溶存態ケイ素濃度の経年変化。●は藤永(1982), ○は滋賀県水産試験場定期観測(1977~2003), ☆は本研究の循環期のデータより作成。

物中の非晶質ケイ素濃度を測定した。残りの堆積物コアはさらに 3 つのサブコアに分け, 直ちに堆積物コアからの溶存態ケイ素の溶出実験に用いた。

— 堆積物からの溶存態ケイ素の溶出実験 —

持ち帰ったサブコアを 8℃・暗条件で 4 日間静置した。そしてコア直上水中の溶存態ケイ素の増加量から堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度を見積もった。さらに溶存酸素濃度が溶存態ケイ素の溶出速度に影響を与えるかどうかの実験を行った。堆積物コア直上水を窒素で通気することで, 直上水の溶存酸素濃度を約 10, 8, 6, 4, 2 $\text{mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ にし, それぞれの条件における溶存態ケイ素の溶出速度を求めた。またスラリー法でも同様の実験を行った。

<結果>

— 堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度 —

水深 90m 地点における溶存態ケイ素の溶出速度は, 成層期間中を通してほぼ一定の値であった(2.1 $\text{mmol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$; 図 2)。ただし, 現場の湖底直上水の溶存酸素濃度が調査期間中で最小値になった 11 月では, 湖底堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度が他の月と比べて高い値を示した。水深 50m, 30m 地点の溶存態ケイ素の溶出速度は水深 90m 地点とほぼ等しい値を示したが(水深 50m 地点:2.4 $\text{mmol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$, 水深 30m 地点:2.3 $\text{mmol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$), 水深 10m 地点の溶存態ケイ素の溶出速度は水深 90m 地点と比較して 2 分の 1 以下の値を示した(1.0 $\text{mmol m}^{-2} \text{ day}^{-1}$)。

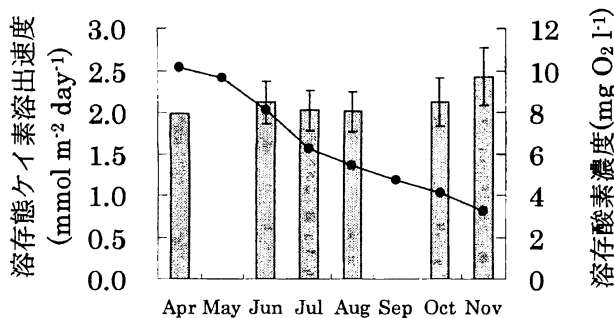


図2. 水深90m地点における堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度と湖底直上水の溶存酸素濃度。棒グラフが溶存態ケイ素の溶出速度，●が溶存酸素濃度を示す。

—深層水中の溶存態ケイ素の蓄積量—

2005年3月~11月にかけて、琵琶湖北湖の深層水中(深度40m~湖底直上)に蓄積した溶存態ケイ素量を見積もったところ 186×10^6 mol と見積もられた。この期間中に湖底堆積物から溶出した溶存態ケイ素量を推定すると 185×10^6 mol となり、琵琶湖深層水中に蓄積した溶存態ケイ素の量とほぼ一致するという結果が得られた。また、2000~2004年のデータから見積もった成層期間中に蓄積した溶存態ケイ素量も、 $174 \times 10^6 \sim 207 \times 10^6$ mol と2005年のデータと比較的近い値を示した。

—堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度に影響を及ぼす直上水の溶存酸素濃度—

直上水の溶存酸素濃度を変えた場合のコア法およびスラリー法による堆積物からの溶存態ケイ素の溶出実験では、それぞれ直上水の溶存酸素濃度が $4 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ 以下になると溶出速度が大きくなる傾向を示した。特にスラリー法による結果は溶存酸素濃度の低下に伴う堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度の増加が顕著に見られた(図3)。

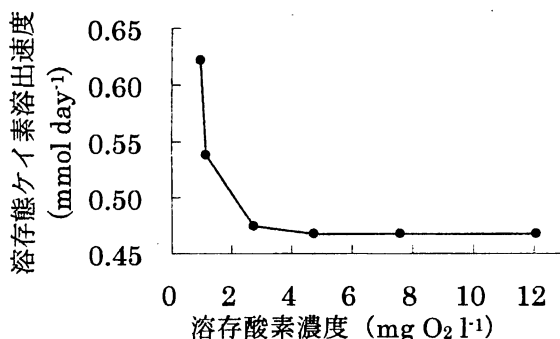


図3. スラリー法による堆積物からの溶存態ケイ素の溶出速度。実験は水深90m地点の湖底直上水250mlに堆積物1mlを加えて行った。

<考察>

以上の結果から琵琶湖北湖において成層期間中深層水に蓄積した溶存態ケイ素量は、堆積物から溶出した溶存態ケイ素量によってほぼ説明できる。ただし、実際に現場では沈降粒子の沈降中に受ける分解作用による溶存態ケイ素の溶出などの影響が考えられる。そのため、深層水に蓄積する溶存態ケイ素のすべてが、堆積物からの溶出の影響であるとは言えない。図4は過去のデータから算出された深層水中に蓄積した溶存態ケイ素量を示す。2000年以降の値と1990年以前の値を比較すると、明らかに2000年以降で値が高くなっている。その原因の1つとして湖底付近の溶存酸素濃度の低下が考えられる。堆積物からの溶存態ケイ素の溶出実験から直上水の溶存酸素濃度が $4 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ 以下になると溶出速度が大きくなった。

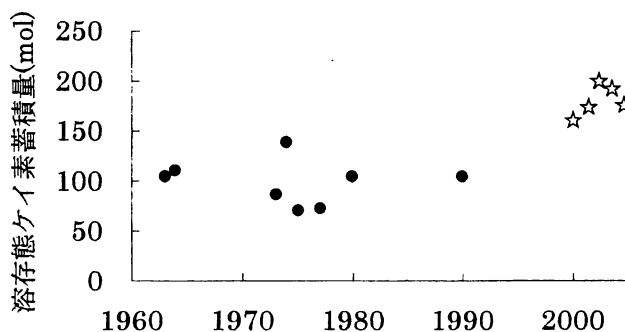


図4. 1960年~2005年における成層期間に深層水中に蓄積した溶存態ケイ素量。●は藤永(1982), ☆は本研究のデータより作成。

琵琶湖北湖の最深部付近において、湖底直上水の年最低溶存酸素濃度が $4 \text{ mg O}_2 \text{ l}^{-1}$ 以下になる年が顕著に見られるようになったのが1980年~1990年であることから、堆積物からの溶存態ケイ素の溶出増加に対して湖底付近の溶存酸素濃度が影響していることが示唆される。

このように琵琶湖において湖底直上水の溶存酸素濃度の減少といった湖底環境の変化は、湖底堆積物からの溶存態ケイ素の溶出量を増加させ、その結果、湖のケイ素循環に大きな変化を与えられ。このケイ素循環の変化は、琵琶湖のような溶存態ケイ素濃度が非常に低い湖において、植物プランクトン(特に珪藻類)の動態を含む湖沼生態系に影響を及ぼすと予測される。