

元素組成比 Si/Al と P/Si を基にした琵琶湖水中懸濁粒子の分類とその分布の季節変動
○長井正博^{a)}、杉山雅人^{b)}、堀 智孝^{a)} (^{a)}京大院 人環、^{b)}京大 総人)

【はじめに】我々は湖沼で進行する自然浄化機構の1つとして、縮合ケイ酸あるいはアルミノケイ酸による各種化学成分の吸脱着現象に注目してきた。この取り組みの一環として、本研究では琵琶湖水中の懸濁粒子を、アルミノケイ酸を主成分とする陸起源粒子と縮合ケイ酸を主成分とする珪藻起源粒子に分別することを試みた。これと併せて、珪藻以外の生物起源粒子を他の懸濁粒子から分別した。

本研究において我々が提案する懸濁粒子の分別法は、懸濁粒子態のアルミニウム、ケイ素、リン量及び、陸起源粒子中の Si/Al 比と珪藻起源粒子中の P/Si 比を基礎とするものである。琵琶湖水中の懸濁粒子を上述のように3種類に分別し、その種類ごとに粒子の分布と移動を1ヶ月間隔で33回観測した(1992年7月~1995年3月)結果、それぞれの粒子の動きと自然浄化に対する作用の特徴を捉えることができた。

【試料採取及び分析方法】湖水試料:琵琶湖に配した9つの観測地点において試料を採取した。孔径 0.4 μm のヌクレポアフィルター[®]で濾過して懸濁粒子を除いた濾過試水及び、未濾過試水(原水)の両者についてアルミニウム、ケイ素、リンを定量した^{1),2)}。両者における定量値の差から、懸濁粒子態のアルミニウム、ケイ素、リン濃度[原水中の濃度であって、それぞれを Al^p 、 Si^p 、 P^p と略記する]を得た。

珪藻試料:珪藻が繁茂する時期を選び(1997年3月、4月、5月)、北湖 Ie-1 で孔径 20 μm のプランクトンネットを用いて採取した。氷冷して持ち帰った試料は、孔径 40 μm と 70 μm のネットを用いて分離し、20~40 μm と 40~70 μm の2分画を得た。分画後、試料の一部をホルマリンで固定し、顕微鏡下で種の同定と計数を行った。残りの試料は 110 $^{\circ}\text{C}$ で一昼夜乾燥し、前報^{1),2)}に従ってケイ素とリンを、CHN コーダを用いて炭素と窒素を定量した。

【懸濁粒子を陸起源粒子、珪藻起源粒子、珪藻以外の生物起源粒子に分別する方法】1. Al^p の全体を陸起源粒子態アルミニウム [$\text{Al}(\text{terr})$] とした。式(1)はこのことを表している。

$$\text{Al}(\text{terr}) = \text{Al}^p \quad (1)$$

2. 琵琶湖にもたらされる陸起源粒子中の Si/Al 比を定めるため、9つの観測地点の各々について、 Si^p を Al^p (= $\text{Al}(\text{terr})$) に対してプロットした。岸や底泥の影響が大きいと思われる南湖の観測点では、 $\text{Si}^p/\text{Al}^p = 2.6$ の直線にほぼ沿っていた。この比はこの水域で採取した堆積物中の Si/Al 比 2.64 によく一致していた。他方、岸から離れた北湖の観測点と、極度に富栄養化している南湖の観測点では、 Al^p の 2.6 倍を超える Si^p がしばしば観測された。本研究では南湖で観測された Si^p/Al^p 比 2.6 を琵琶湖にもたらされる陸起源粒子中の Si/Al 比とした。

3. 陸起源粒子中の Si/Al 比 = 2.6 を Al^p に乗ずると、陸起源粒子態ケイ素濃度 [$\text{Si}(\text{terr})$] を求めることができる。この $\text{Si}(\text{terr})$ を Si^p から差し引いて、珪藻起源粒子態ケイ素濃度 [$\text{Si}(\text{diat})$] を得る [式(2)]。

$$\text{Si}(\text{diat}) = \text{Si}^p - \text{Si}(\text{terr}) = \text{Si}^p - 2.6 \cdot \text{Al}(\text{terr}) \quad (2)$$

4. 琵琶湖で採取した珪藻の組成比 Si/P は 120 ± 70 の範囲内にあった。また、北湖 Ie-1 について、 $\text{Si}(\text{diat})$ を P^p に対してプロットした結果、2件を除くすべての点が $\text{Si}(\text{diat})/120 \leq \text{P}^p$ に集まっていた。本研究では琵琶湖における珪藻起源粒子中の P/Si 比を 1/120 に定めた。

5. 珪藻起源粒子中の P/Si 比 = 1/120 を $\text{Si}(\text{diat})$ に乗ずると、珪藻起源粒子態リン濃度 [$\text{P}(\text{diat})$] を求めることができる。この $\text{P}(\text{diat})$ を P^p から差し引いて、珪藻以外の生物起源粒子態リン濃度 [Phosphorus due to particles originated from microorganisms except for diatom, $\text{P}(\text{moed})$] を得る [式(3)]。

$$P(\text{moed}) = P^p - P(\text{diat}) = P^p - \text{Si}(\text{diat}) / 120 \quad (3) \quad \downarrow$$

ただし、 P^p に占める陸起源粒子態リンの量は無視できると考えた。また、底層でリン酸鉄等の無機粒子態リンが生成すると、このリンが $P(\text{moed})$ としてこの値に合算される不都合が生ずることに留意しなければならない。

6. 式(1)~(3)によって陸起源粒子、珪藻起源粒子、珪藻以外の生物起源粒子はそれぞれ、それを構成するアルミニウム濃度 $[\text{Al}(\text{terr}) / \mu\text{mol } l^{-1}]$ 、ケイ素濃度 $[\text{Si}(\text{diat}) / \mu\text{mol } l^{-1}]$ 、リン濃度 $[P(\text{moed}) / \mu\text{mol } l^{-1}]$ で表現されることになる。しかしこの表現では、これらの粒子の多寡を共通の尺度で比較できないという欠点がある。これを解消するために、起源を異にする3種類の粒子が湖水 1l 当たりに含まれている重量を $\text{SS}(\text{terr})$ 、 $\text{SS}(\text{diat})$ 、 $\text{SS}(\text{moed})$ と記し、 $\text{mg } l^{-1}$ 単位で求めた [式(4)~(6)]。

$$\text{SS}(\text{terr}) = \text{Al}(\text{terr}) \cdot 27.0 / 0.111 / 1000 \quad (4)$$

$$\text{SS}(\text{diat}) = \text{Si}(\text{diat}) \cdot 28.1 / 0.313 / 1000 \quad (5)$$

$$\text{SS}(\text{moed}) = P(\text{moed}) \cdot 31.0 / 0.00886 / 1000 \quad (6)$$

ここで、式(4)に用いた乗数 27.0 はアルミニウムの原子量、除数 0.111 は陸起源粒子中のアルミニウム含有率 [ここでは南湖の堆積物組成を採用した] である。式(5)の乗数 28.1 はケイ素の原子量、除数 0.313 は珪藻中のケイ素含有率 [ここでは琵琶湖で繁殖する珪藻の組成を採用した] である。式(6)の乗数 31.0 は P の原子量、除数 0.00886 は水生生物中の P 含有率 [ここでは Redfield *et al.*³⁾に従って水生生物の組成を $(\text{CH}_2\text{O})_{106}(\text{NH}_3)_{16}\text{H}_3\text{PO}_4$ とした] である。なお、式(6)~(8)に共通する除数 1000 は単位を $\mu\text{g } l^{-1}$ から $\text{mg } l^{-1}$ に換算するためのものである。

【各懸濁粒子の垂直分布とその季節変動】北湖 Ie-1 の各深度 (0~73m) で観測される $\text{SS}(\text{diat})$ 、 $\text{SS}(\text{terr})$ 、 $\text{SS}(\text{moed})$ の値を縦軸に水深 (m)、横軸に時間 (採水月) をとった図面に記録し、等濃度線図を作成した。この地点では、これら3種の懸濁粒子の中で $\text{SS}(\text{moed})$ 濃度が最も高く、このことは表層において特に顕著であった。水深 0~30 m における $\text{SS}(\text{terr})$ 、 $\text{SS}(\text{diat})$ 、 $\text{SS}(\text{moed})$ の平均月濃度はそれぞれ 0.2、0.2、0.5 $\text{mg } l^{-1}$ であった。各懸濁粒子の分布のその他の特徴は次のようにまとめることができる。

$\text{SS}(\text{terr})$ と $\text{SS}(\text{diat})$ の分布の特徴は、等濃度線で示された山の尾根と谷が、水深を示す縦軸方向に沿って表層から中・底層まで伸びていることである。いいかえれば、 $\text{SS}(\text{diat})$ と $\text{SS}(\text{terr})$ については、表層におけるその月変動と中・底層におけるそれが一致している。

$\text{SS}(\text{moed})$ の分布は先の二者と大きく異なっている。高濃度の領域は表層に集中し横軸 (時間軸) 方向に伸びていて、低濃度の領域は中・底層に広がっている。すなわち、 $\text{SS}(\text{moed})$ については、表層におけるその月変動が、中・底層のそれに直接関わっていない。

$\text{SS}(\text{diat})$ と $\text{SS}(\text{moed})$ の垂直分布に見られた相異の主原因は、両者の分解性の難易にあると考えられる。表層で繁殖した珪藻は枯死しても分解を免れたまま、中・底層に沈降する。これに対して、珪藻以外の生物は繁殖と成長の場である表層において枯死した後、分解が速やかに起こっていて、表層で形成されたこの種の懸濁粒子は、中層や底層に容易には到達しないと考えられる。

参考文献

- ¹⁾ T. Hori, M. Sugiyama, T. Fujinaga; *Human Environ. Stud.*, Kyoto Univ., 1, 23(1992)
- ²⁾ T. Hori, Y. Sugiyama, M. Kanao, M. Nagai, N. Taniguchi, M. Sugiyama, T. Fujinaga; *Jpn. J. Limnol.*, 57, 183(1996)
- ³⁾ A. C. Redfield, B. H. Ketchum, F. A. Richards; '*The Sea*', Vol. 2, M. N. Hill, ed., Interscience Publ., John Wiley & Sons, New York, pp. 26-27(1963)