

## 【5-1304】湖沼のブラックボックス負荷「底泥溶出」の定量評価に関する研究 (H25~H27)

今井 章雄 ((独)国立環境研究所)

### 1. 研究計画

浅い湖では供給源として底泥溶出は重要である。しかし、底泥自体はブラックボックスとして扱われているため、底泥溶出メカニズムの知見は極めて乏しい。本研究の目的は、底泥溶出負荷量を数値で捉え、溶出メカニズムの科学的理解を進展させ、その変動要因を明らかにすることである。

底泥では酸化還元境界深度が年間サイクルで顕著に変動して、結果、底泥溶出は泥温、有機物分解性、微生物群集組成および鉄やイオウ等に関する着想した。

具体的な研究仮説を立てた：(1)底泥は呼吸している、冬季に電子受容体（溶存酸素、硫酸イオン）が底泥に侵入、春・夏季に消費される、結果として溶出量は季節変動する。(2)有機物、窒素、リンの溶出メカニズムは異なる、リンの溶出は鉄、イオンとリンの存在比に、窒素溶出は有機物分解に関係する。(3)浅い湖沼では気温上昇の影響は冬季の水温・泥温に現れる。

上記の研究仮説を検証するために、変化の激しい霞ヶ浦等を対象として、底泥コア（柱状）サンプル等を採取して、底泥間隙水の有機物、窒素、リンの鉛直濃度プロファイルから底泥溶出量を算出して、その季節的・地点別変動を明らかにする。さらに、底泥溶出を制御する因子として、(1)有機物の分解性、(2)湖水・底泥微生物群集、(3)底泥・間隙水中の元素の組成・濃度（有機物の組成・分子サイズ、窒素・リン・鉄・イオウ等の形態・濃度等）、(4)堆積物の量と質、(5)底泥温、等に注目する。当該因子の季節変化に係る詳細なデータや室内実験等の結果から、溶出メカニズムを明らかにする。さらに、湖沼モデル解析によって、溶出由来の寄与を定量算定する。最終年度に、底泥溶出に係る効果的な対策・管理の在り方について提言を行う。

新規性の高い多くの研究手法・アプローチを統合的に駆使する：溶存有機物分画手法、全有機炭素検出の分子サイズ測定、糖類組成分析、核磁気共鳴によるリンの形態分析、放射性同位体を使わない藻類一次生産測定、特異的プライマーを使った特定藻類の定量計数、底泥微生物群集構造解析、湖沼物質循環・生態系モデルの適用等。

本研究の成果は、これまでブラックボックスとして扱われていた底泥溶出負荷に対して、溶出メカニズムの理解を飛躍的に高め、具体的な調査アプローチ・方法論と数値情報を提供する。

### 2. 研究の進捗状況

本年度は以下の業務を実施した。

- ①霞ヶ浦3地点において、毎月、底泥コア（柱状）サンプルを採取するとともに、底泥コアを深さ方向に切り、深さ別の底泥と間隙水サンプルを得た。また、間隙水中の溶存態有機物、窒素、リンの深さ方向濃度プロファイルから底泥溶出量（フラックス）を定量的に算定した。さらに、底泥と間隙水中の溶出に関連する物質の濃度・組成を深さ方向に分析して、溶出フラックスと当該物質濃度や組成との関係を検討した。（本年度は、主に、凍結保存サンプルを対象として溶出フラックスを算定した。）
- ②底泥の有機炭素・窒素、糖類濃度・組成、リンの形態（有機態とリン酸）、イオウ・鉄含量、炭素・窒素安定同位体比等、間隙水の溶存態の有機物（濃度と分子サイズ）、糖類濃度・組成、窒素（有機態とアンモニア）、リン（有機態とリン酸）、鉄、イオウ（硫酸イオンと溶存態イオウ）等について評価した。（鉄[2価と3価]と硫黄[硫化物イオン]の形態分析は従来法では感度不足のため、現在、分析法等を検討中。）
- ③深さ別の底泥サンプルから分子生物学的手法によって微生物群集構造の深さ方向の季節変動を評価する。底泥・堆積物中のアオコ形成藍藻類の分子生物学的定量法を検討した。
- ④熱収支モデル解析用入力データを収集した。湖沼モデルに生態系モデルと底泥モデルを組み込み

作業を開始した。

⑤上記①～④を踏まえ、研究の方向性について検討した。

### 3. 環境政策への貢献（研究者による記載）

本研究の成果（研究終了時まで）の活用について以下に述べる：

- ① [湖沼保全計画・対策] 霞ヶ浦における底泥溶出負荷量（有機物・栄養塩等）が明確に算定され、地点別・季節別の底泥溶出の寄与が算定される。湖沼水質保全計画の作成や保全対策の実施に大いに活用される。具体的な数値に基づくため、保全計画・対策案の選択肢が増える。
- ② [底泥溶出] 底泥溶出の科学的知見が顕著に高まるため、湖沼、特に浅い湖沼における底泥溶出抑制・底質環境改善対策に係る方向性が明確になる。例えば、溶出対策は冬季に実施した方が効果的という知見が出てくる可能性は高い。
- ③ [底層 DO] 湖沼の新しい環境基準として底層 DO が注目されている。底層 DO を制御するのは、恐らく、表層底泥の分解活性であろう。この活性は底泥溶出とも密接に関係しているため、環境基準項目である底層 DO に対する対策として底泥溶出抑制対策が代替となるだろう。
- ④ [気候変動] 気候変動の影響が最も発現しやすい水環境として湖沼が注目されている。特に浅い湖では温暖化影響は冬季に顕著に出てくると推測される。泥温変化の影響は底泥溶出に直接的な影響を及ぼす。気候変動の影響として溶出現象が注目を集める可能性が高い。
- ⑤ [リン回収] 底泥からのリン溶出は浅い湖では富栄養化の原因のひとつであるが、リンを貴重な資源と捉えれば、底泥はリンの貯蔵庫と言える。リン溶出に係るメカニズムが具体的に明らかになれば、富栄養化を抑制しつつ、リンを資源として環境に優しく回収する方向が見えてくる。湖沼環境政策に係る選択肢が増えることになる。

### 4. 委員の指摘及び提言概要

地道にデータを取っており、湖沼の底泥溶出メカニズムに関する多くの新しい知見も得られている。本研究の成果は底質で起こっている現象の解析に有効であるが、今後は、より正確な溶出量の把握とその湖内物質循環や生態系に及ぼす影響の評価などを期待したい。一方、行政に役立つ成果につなげるための戦略が必要であろう。

### 5. 評点

総合評点：A