

## 湖沼の成層化が水交換に及ぼす影響に関する試算

日本大学工学部土木工学科 学生会員 ○塩田龍太郎  
 日本大学工学部土木工学科 正会員 金山 進  
 国立環境研究所 生物・生態系環境研究センター 野原精一

### 1. はじめに

植物プランクトンなどの一次生産によって生態系に取り込まれる可能性がある水中のセシウムは、土粒子に吸着されて底質に取り込まれ、次第に生態系から離脱していくといわれており、ヒメマスなどの汚染が時間とともに解消していった主因といわれている。セシウムの底質への移行は中禅寺湖および集水域でも進んでいると思われるが、野原ら(2016)の調査によれば、以下の知見が得られている。2014年7月には、中禅寺湖の底質に含まれるセシウム40%程度（溶存態：18%，懸濁態：22%）が水中に存在していた。つまり水中にはまだセシウムが残っているということになり懸濁態セシウムが全て湖底に沈殿するには22年を要する。沈殿するまで待つことは合理的ではないため、流入・流出による湖水交換が重要である。沿岸環境研究室では密度流シミュレーションを用いて対象サイトである中禅寺湖における湖水交換状況について検討する。

### 2. 解析方法

計算領域と出力断面を図-1に示す。数値解析には静水圧近似の準3次元モデル密度流モデルを用いた。格子感覚 $\Delta x$ 、 $\Delta y$ は共に200mとし、深度分割 $\Delta z$ は水表面から湖底80m以浅を1m間隔、80m以深を4m間隔とし、出力断面をトレーサーとして30m以深を出力とした。

流入出流量は、平成26年度から平成28年度までの3年間の中禅寺湖水文データの中で最も大きな流出流量が現れた2014年8月8日2時から2014年8月11日10時までのデータを与え、成層化された湖沼の場合と非成層化の湖沼の場合の2通りを行った。ここで計算期間を3日間にした理由として中禅寺湖は漏水が多いうえに、放流量は中禅寺ダムで制御されており、通常は流入量と流出量が一致せずシミュレーションが難しい。しかし洪水時に限り流入量と放流量が同程度となるため、流動シミュレーションによる検討が可能である。8月の水温を初期データとして与え、図-2に示す。 $\Delta x$ を水温(°C)とし $\Delta y$ を深さ(m)とした。

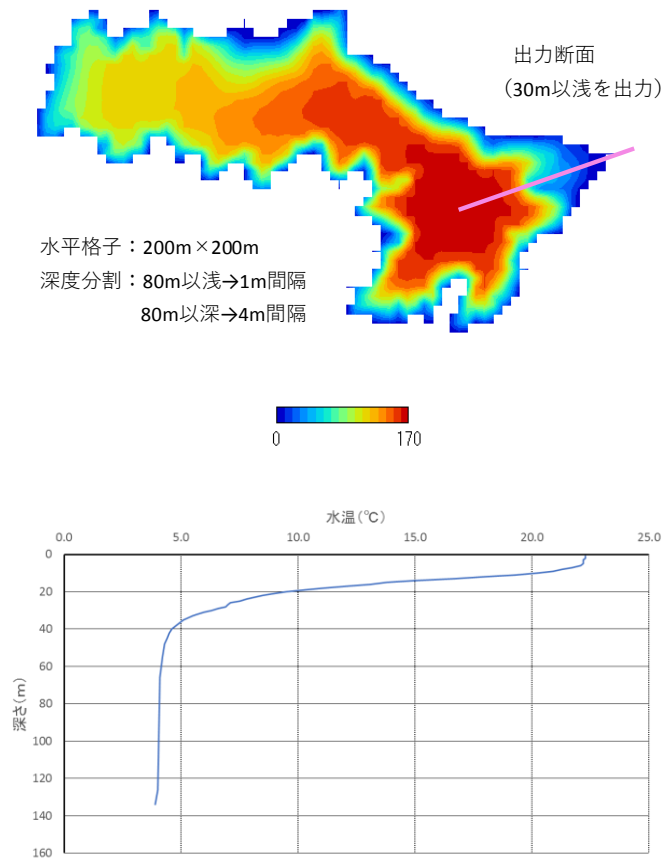


図-2 8月の初期水温

キーワード: 鉄分施肥, 河川水の海域拡散, 密度流, コリオリ力

連絡先: 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1, kanayama@civil.ce.nihon-u.ac.jp

### 3. 解析結果及び検討

#### 3.1 排出水の深度の配分の検討

解析地点において図-3のように中禅寺湖を深度ごとに5つに分け、図-1の出力断面を赤のトレーサーとして設定し初期の値を100として示した。C1(深度1m~4m)、C2(深度5m~6m)、C3(深度7m~8m)、C4(深度9m~10m)、C5(深度11m~170m)とし流出口で濃度の解析を行った。

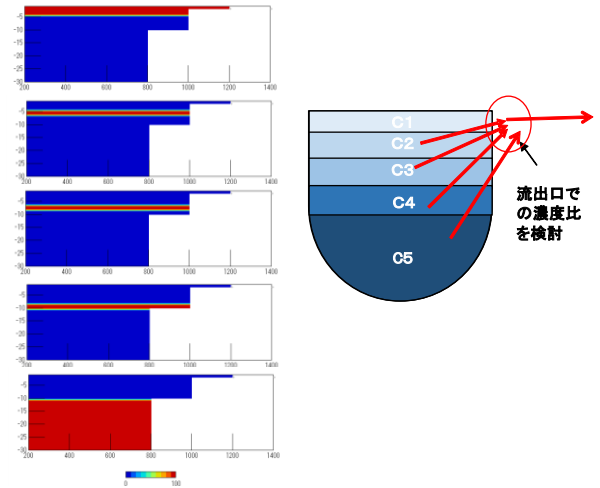


図-3 深度ごとの初期濃度位置

#### 3.2 成層化された湖沼

成層化された湖沼の場合を深度ごとに流出水の濃度組成として図-4のグラフに示した。2014年8月8日2時から2014年8月8日12時までの解析の結果である。計算開始から4時間以降からC1の濃度が約30%減少しC2の濃度が約20%、C3の濃度が約5%増加し、C4、C5の濃度は共に1%未満であり、その後は全体的に濃度が安定した。図-5のグラフは2014年8月8日2時から2014年8月11日10時までの解析の結果であり、それに伴う流出水の濃度組成として示した。10時間後から大きな変化はなく80時間後まで徐々にC3、C4の濃度が増加する結果が得られた。

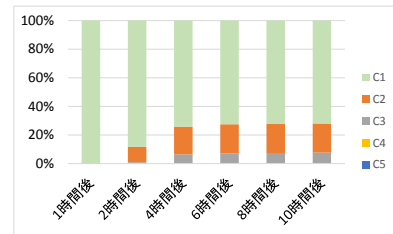


図-4 成層時の流出水の濃度組成(1)

#### 3.3 成層化されていない湖沼

8月の湖沼は基本的に成層化されているが、循環期と想定することでどれだけ水交換がしやすくなるかを検討するため、非成層時の流出水の濃度組成として図-6、図-7のグラフに示し計算期間は成層時と同様に設定した。8時間後にはどの深度も時間が経過するほどC5の濃度が増加しており80時間後には80%で安定化し、まだ少し増加するとみられる。

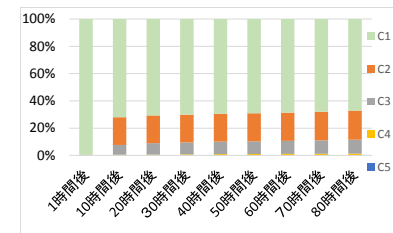


図-5 成層時の流出水の濃度組成(2)

### 4. まとめ

成層化された湖沼では流入量と放流量が同程度であってもC3(深度8m)付近までしか水交換はほぼ行われず、成層化されていない湖沼ではC5の濃度の比率が大きいことから水の交換がしやすい。この解析結果に基づき成層の有無が水の交換に大きな影響を与えるという結果が得られた。

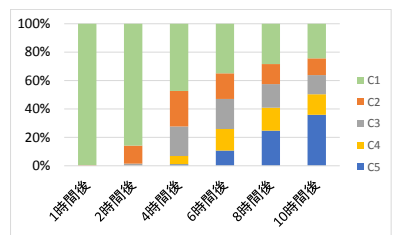


図-6 非成層時の流出水の濃度組成(1)

### 謝辞

本研究において、栃木県より中禅寺湖水文データの御提供を受けました。ここに記して感謝致します。

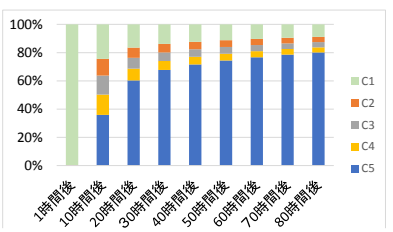


図-7 非成層時の流出水の濃度組成(2)