

# ダム貯水池内の地形変化および底質変化を考慮した水質予測モデルの構築とその有用性についての考察

解析事業部 防災情報部 水圏環境課

加藤 伸悟

迫田 祥哉

## 1. はじめに

ダム貯水池内の水質保全検討を行う際、底泥からの栄養塩溶出は水質改善を遅れさせる要因として認識されていることから<sup>1)</sup>、水質改善を検討する際に、貯水池内の水中と底泥の相互関係によって栄養塩類のソース又はシンクとなる底泥の質および量の変化を考慮することは重要であると考えられる。

流入河川からの栄養塩類負荷のうち、粒状形態のものは沈降速度が大きいため、ダムから放流されることなく貯水池底面に堆積し、底泥の一部となる。水中に溶存している形態のものは、植物プランクトンに摂取されることにより粒状物形態となり、植物プランクトンの枯死にともない沈降し、底泥の一部となる。富栄養化した貯水池において、このような過程による栄養塩類堆積は、出水等による掃流巻上げや人為的な底泥浚渫等を除けば、ほぼ恒常的に進行し、底泥質悪化(ヘドロ化)の一因となる。

貯水池内底泥が含有する栄養塩類や有機物は、「溶出」や「巻上げ」により水中に回帰する。溶出は、温度や底泥直上水の溶存酸素量等に依存するが、その量を大きく左右するのは底泥内のそれら物質の含有量である<sup>2)</sup>。底泥の巻上げは、巻上げられた底泥が栄養塩類や有機物を含有していることから、水中への回帰要因となる。さらに、巻上げられ

る底泥量は、貯水池底面の掃流力の大小に依存し、その掃流力は湖底形状変化(河床変動)に影響を受けることから、長期的・短期的な湖底形状変化は巻上げによる水中回帰量を左右する重要な要素であると考えられる。

現在、貯水池水環境問題への対策検討には鉛直一次元および二次元モデルが多く用いられているが、それら貯水池モデルは底泥からの栄養塩類回帰を溶出としてほぼ一定条件で与えている。また、堆積や巻上げによる貯水池地形変化(ブロック容量・数の増減)は考慮されていない。

そこで本稿では、貯水池鉛直二次元モデルに底泥モデルを結合し、土砂収支変化にともなう河床変動、底質の時空間変化を表現できるモデルを構築した。そして、「貯水池内の堆積・巻上げによる水質変化」、「底質変化をともなう貯水池水質変化」について解析を行い、モデルの有効性を考察した。

## 2. モデル構築

貯水池内の水中および底泥中のブロック分割イメージを図1に示す。底泥ブロックは貯水池底面から元河床までを分割し、巻上げおよび堆積による河床高変化(ブロック変化)を考慮する。土砂の堆積および巻上げにともなう河床高変化は、各ブロックの土砂収支により求めることとし、計算ブロッ

ク容量の変化を水質計算に引き継ぐこととする。

$$\text{河床高変化} = \text{河床に堆積する土砂量} - \text{浮遊砂浮上量} - \text{掃流砂量}$$

底泥中の各ブロックは図 2 に示す物質変化過程を考慮する。水中から有機態の栄養塩類が底泥最上層に沈降・含有される。有機態栄養塩類は水中への巻上げおよび分解、底泥下層への堆積により減少する。間隙水中の溶存物質は、底泥中の有機態分解により増加し、脱室や無機化、下層への拡散、底泥への吸脱着、水中への溶出により減少する。

このような底泥モデルを貯水池内水質モデルに結合することにより、底泥層の地形的および質的な変化と水質の変化を計算ステップごとに計算する。なお、モデルの基本となる水質モデルは、植物プランクトンおよび栄養塩類を中心とした低次生態系モデルとした。

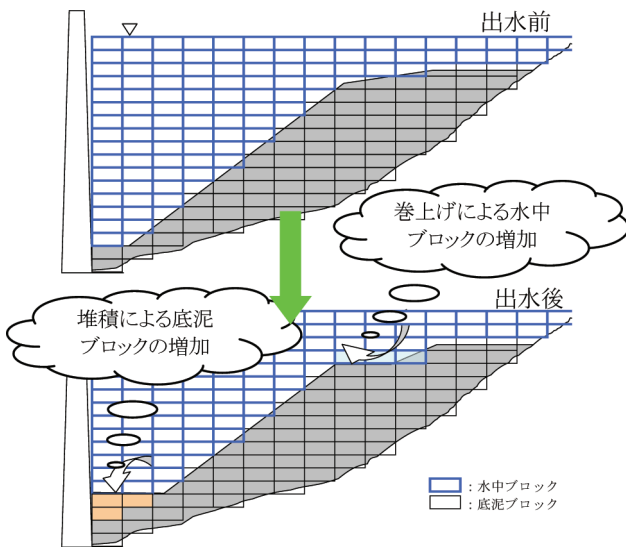
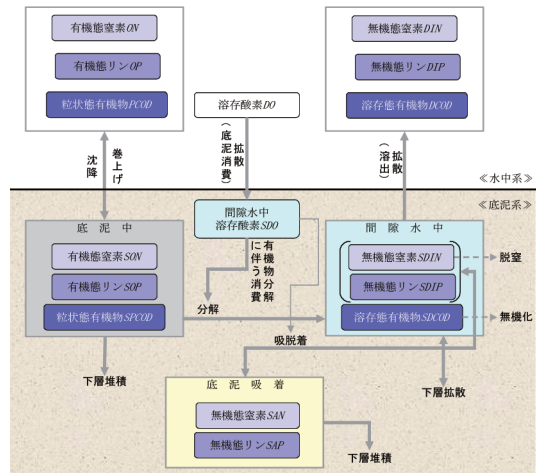


図 1 ブロック変化イメージ図



注) 沈降・巻上げ・溶出: 底泥最上層のみ

図 2 底質モデル概念図

### 3. 解析結果

構築したモデルは、貯水池底泥の量的・質的な変化と、それによる水質変化を計算することができる。本稿では、①貯水池上流付近の底泥巻上げによる水質変化、②長期的な貯水池形状および底質変化による水質変化、③流入負荷削減対策による水質改善効果、の 3 点について、「底泥変化を考慮したモデル(以降、底泥変化モデル)」と「底泥変化を考慮しないモデル(以降、従来モデル)」とで計算結果を比較し、底泥の変化を考慮することの有用性について検討を行った。なお、底泥内物質変化過程に関する各種パラメータは既往文献<sup>3)</sup>を参照して設定した。また、従来モデルでは、底泥溶出速度を一定値とし、ブロック数は変化しないものとした。

#### 3.1 底泥巻上げによる水質変化解析

流量ハイドログが等しい 2 回の出水が貯水池に流入した場合の栄養塩類巻上げを解析した。2 回の

出水を含む期間の水質の経時変化を図 3、出水前、1 回目出水ピーク時、2 回目出水ピーク時の T-N 濃度断面分布を図 4 に示す。

各物質とも出水時に水質濃度が上昇しており、底泥が巻上げられることによる栄養塩類の水中帰還が確認できる。2 回目の出水時は、1 回目と比べて巻上げによる水質濃度の上昇程度が小さくなっているが、1 回目出水時の地形変化(貯水池水中ブロック容量の増加)による掃流力の低下(巻上げ量の減少)が影響しているものと考えられる。

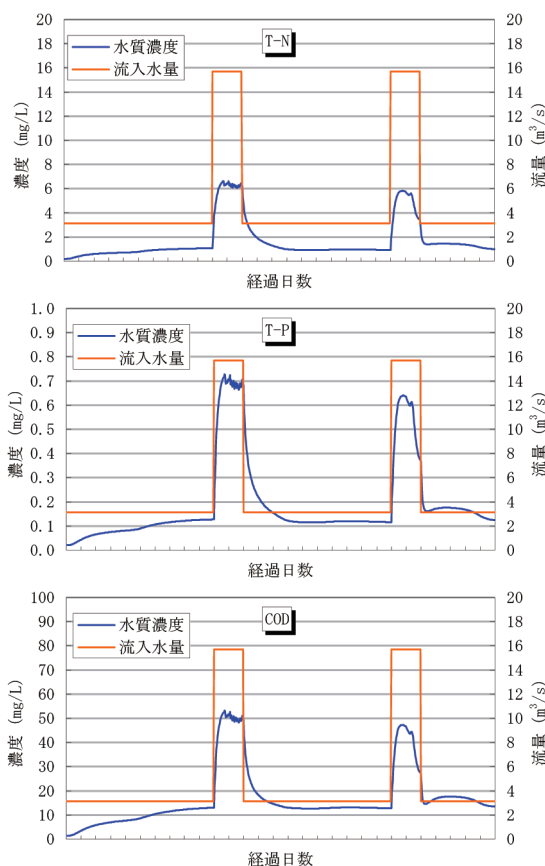


図 3 巻上げ発生時の水質濃度経時変化  
(ダムサイトから 500m地点表層)

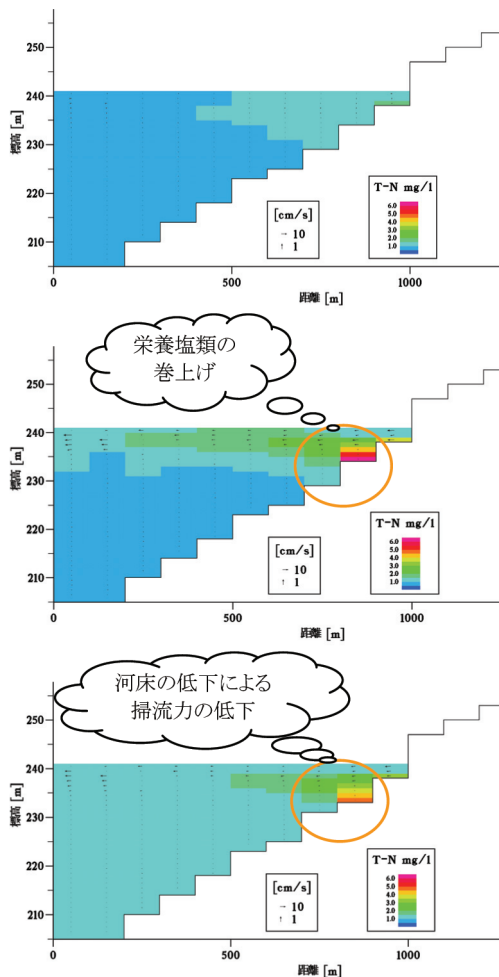


図 4 巻上げ発生時の水質濃度断面分布  
(上段: 出水前、中段: 1 回目出水ピーク時、下段: 2 回目出水ピーク時)

### 3. 2 長期的な貯水池形状および底質変化による水質変化解析

単一年の貯水池流入・流出水量および流入水質、気象を用いて 10 年計算を行い、長期的な貯水池形状および底質変化による水質変化を解析した(1 年目は助走計算期間)。底泥変化モデルの水質経時変化を図 5 に示す。





