

気候変動下での貯水池内濁水現象に関する研究

東北大学工学部 学生会員 ○安松 陸史
東北大学大学院 正会員 梅田 信

1. はじめに

近年、気候変動の影響により局所的豪雨が頻発するようになり、貯水池内の濁度の上昇や高濁度現象の長期化が問題となっている。いくつかの地域では、集中豪雨により濁度が短期間に急激に上昇した結果、浄水施設の処理能力が追いつかず断水が起こるなどの問題も顕著になりつつある。よって、特に水源となる貯水池における濁水現象の発生状況に関する将来予測を行うことは、今後の安定した水供給の実現のために必要である。

ところで、貯水池内での濁質挙動は水温成層の状態により大きな影響を受けることが知られている。また流入水に含まれる浮遊懸濁物質(SS)の沈降速度は粒度や濁質の組成によって異なるが、これを考慮した予測計算は難しい。そこで本研究では鉛直一次元モデルを用いて、気候変動下における将来の貯水池内の水温構造の変化を考慮した貯水池内濁水現象に関する将来予測を行った。

2. 研究対象地域

本研究は、秋田県皆瀬ダムを対象とした。皆瀬ダムは秋田県雄勝郡に位置し、雄物川の支川である皆瀬川上流部のダム湖である。総貯水容量は $3.16 \times 10^7 \text{ m}^3$ である。皆瀬ダムの平面形状を図1に示す。皆瀬ダムでは、オリフィスゲート及びクレストゲート（2門）から放流を行っているほか、発電用の取水も行っている。

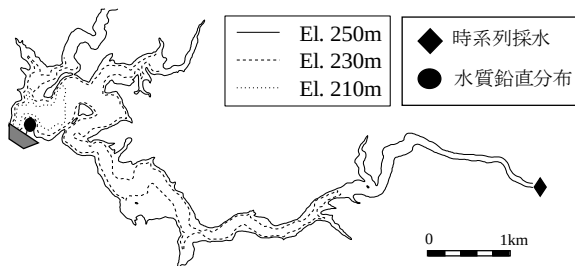


図-1 皆瀬ダムの平面形状

3. 解析方法

3.1 解析モデル

本研究で用いた鉛直一次元モデルの基礎方程式について、貯水量の収支式は式(3.1.1)で表される。

$$\frac{dV}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (3.1.1)$$

ここで、 V は貯水量 (m^3)、 Q_{in} は流入量 (m^3/s)、 Q_{out} は放流量 (m^3/s) である。各層の水温変化は以下の式(3.1.2)の拡散方程式によって表される。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{K_z}{A} \frac{\partial^2 AT}{\partial z^2} + S \quad (3.1.2)$$

ここで、 T は水温 ($^{\circ}\text{C}$)、 K_z は各層の拡散係数 (m^2/s)、 A は各層の面積 (m^2) である。 S は生成項で、流入出に伴う収支、気象条件から受ける熱収支を表す。

SSの動きについては、式(3.1.2)に表した拡散に加えて、下層への沈降および湖底への堆積を考慮する必要があるため、以下の式(3.1.3)で表現した。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + w_{sf} \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{K_z}{A} \frac{\partial^2 AC}{\partial z^2} + S_{inout} + S_{sed} \quad (3.1.3)$$

ここに、 C は各層の SS (mg/L)、 w_{sf} は堆積せずに下層へ移動する SS の沈降速度 (m/s)、 S_{inout} は流入出にともなう SS の収支を表す。 S_{sed} は湖底への堆積による湖水中からの SS の減少を表す項で、以下の式(3.1.4)で表される。

$$S_{sed} = \frac{C w_{sd}}{A} \frac{\partial A}{\partial z} \quad (3.1.4)$$

w_{sd} は堆積する SS の沈降速度 (m/s) である。SS の沈降速度の与え方に関しては、湖水中を浮遊している間の沈降速度と堆積する際の沈降速度に異なった値を仮定した。浮遊している際の SS の沈降速度 w_{sf} については、現地で計測された濁水の鉛直挙動をもとに $w_{sf} = 3.80 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ と設定した。堆積する SS の沈降速度 w_{sd} については、流入する SS の粒径の大きさに応じて3つの沈降速度を、ストークスの沈降速度式を用いて設定した。

3.2 将来予測の手法

現在期を 1981 年~2000 年、将来期を 2081 年~2100 年に設定し、気候変動が貯水池内の濁質挙動に与える影響を解析した。気象条件の設定には全球気候モデル(GCM)の MIROC5.0 を採用し、温室効果ガス排出シナリオは RCP8.5 を用いた。GCM の出力結果のうち貯水池への影響が大きいと考えられる気温、日射量の出力値を将来期における気象条件の変化として入力した。貯水池への流入条件、放流条件について、現在期では、2001 年の対象貯水池での一年間の観測データを採用した。将来期では、年間降水量の現在期からの増加率 $\alpha = 1.16$ を将来期における流入量の増加率として設定し、流入量が変化しても貯水池内の年間水位変動が現在期と将来期で変化しないように放流条件を設定した。この入力条件で一年間の解析を

keywords : 気候変動, 将来予測, 高濁度化, 浮遊懸濁物質, 貯水池, 鉛直一次元モデル

連絡先 : 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06, 環境水理学研究室, tel 022-795-7453, fax 022-795-7453

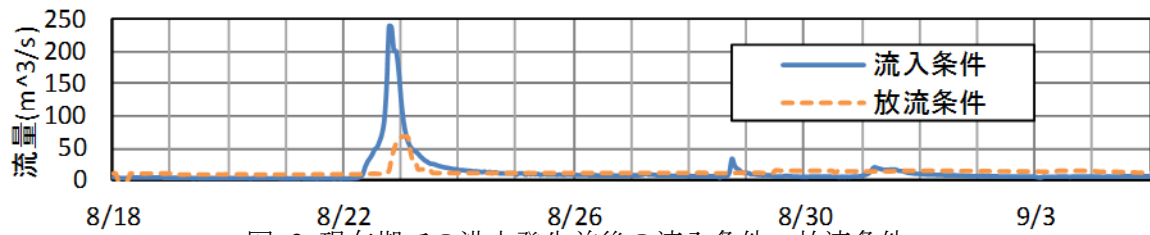


図-2 現在期での洪水発生前後の流入条件，放流条件

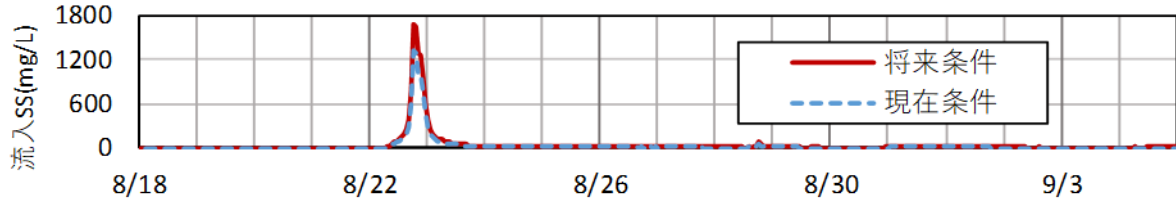


図-3 洪水発生前後の流入 SS

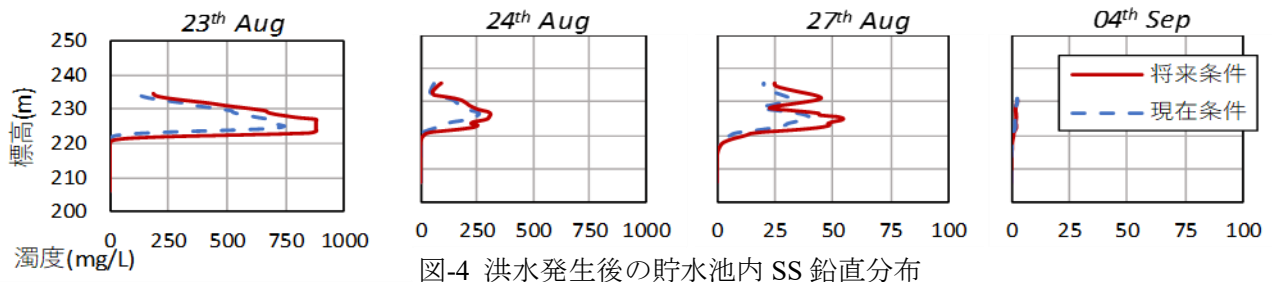


図-4 洪水発生後の貯水池内 SS 鉛直分布

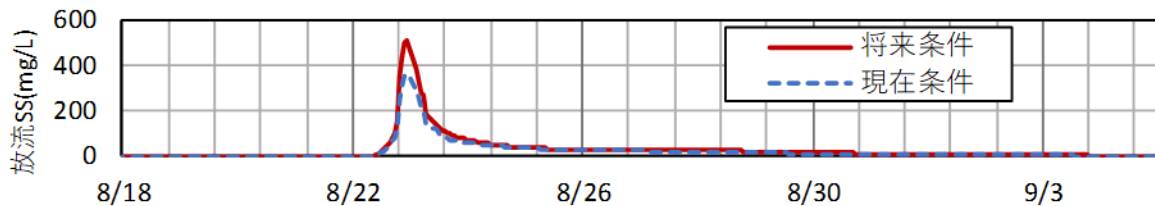


図-5 洪水発生前後の放流 SS

行った。洪水が発生した 8 月後半について、現在期における流入条件、放流条件を図-2 に、現在期と将来期における流入 SS の条件を図-3 に示した。

4. 結果と考察

解析対象期間のうち、洪水の流入によって顕著な濁水現象が生じた 8 月後半に着目した。洪水後の貯水池内における SS の鉛直分布を図-4 に、また洪水前後の放流 SS の計算結果を図-5 に示す。気温や日射の気象条件の変化に伴って、水温成層条件は影響を受けるところであるが、洪水濁水の浸入深度は、将来と現在で大きく変化するほどではなかった。しかし、洪水時の SS 流入負荷の増大の影響もあり、洪水後の 1 週間程度は、将来条件の方が貯水池内の SS が高くなる結果となり、気候変動が洪水後の貯水池内の水環境に影響を与えうると言える。しかし、洪水発生から 2 週間後の 9 月 4 日には、現在条件と将来条件のどちらも貯水池内 SS は大きく低減しているという結果であった。河川環境への影響という点では、ダムの下流へ放流される SS の条件も検討が必要である。図-5 では、洪水直後

のピーク SS にやや差が生じていることが分かる。河川における SS の環境基準である 25mg/L を濁水長期化現象の目安と考えて評価すると、現在条件では 8 月 27 日、将来条件では 8 月 29 日に環境基準を下回っており、将来条件では数日程度濁水が長期化する結果が得られた。

本検討では、気候変動が洪水後の貯水池内の高濁度化、また貯水池下流部での濁水長期化現象に影響を与えることが示された。この結果の妥当性を確認するために、今後は対象ダムを増やして同様の研究を進めていく必要がある。

謝辞: 本研究は、文部科学省気候変動適応技術社会実装プログラム (SI-CAT) の援助を受けて実施された。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 国土交通省湖沼技術研究会：湖沼における水理・水質管理の技術 資料集，第 4 章 湖沼の水理・水質解析技術，2007.
- 2) 梅田信，池上迅，石川忠晴，富岡誠司：ダム貯水池における洪水時濁水挙動に関する数値解析，水工学論文集，第 48 巻，pp1363-1368，2004.