

気候変動が全国の貯水池の洪水時濁水現象に及ぼす影響に関する研究

東北大学大学院 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に断水が起こるなどの問題も顕著になりつつある。

気象条件の変化による貯水池内水温分布の変化は貯水池内の浮遊懸濁物質(SS)の挙動と密接な関わりがあるとされているため、これまでに気候変動が貯水池内濁水現象に与える影響を評価した研究がいくつか行われてきた¹⁾が、それらは1つもしくは少数の貯水池のみを対象としている。しかしながら、浮遊懸濁物質(SS)の生産機構は流域ごとに大きく異なることが知られており、また貯水池内のSSの挙動は、貯水容量や年間湖水回転率などの貯水池特性によっても異なる可能性がある。以上を踏まえて本研究では日本全国の35のダムを対象に、気候変動による気象条件の変化を考慮した貯水池内濁水現象に関する数値解析を行なった。

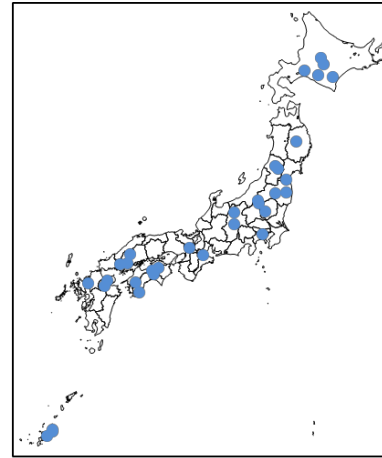


図-1 計算対象貯水池の分布

2. 研究対象地域

本研究では、気候変動に対する応答の地域特性・貯水池特性を明らかにするために、全国に分布している35の貯水池を計算対象として選定した。貯水池の分布図を図-1に示した。

3. 解析方法

基準期(1981~2000)および将来期(2081~2100)について、気象条件の将来変化のみを考慮した365日間の貯水池内濁水挙動の解析を行なった。

3.1 貯水地内モデル

本研究で用いた鉛直一次元モデルについて述べる。貯水量の収支式は以下の式で表される。

$$\frac{dV}{dt} = Q_{in} - Q_{out} \quad (1)$$

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。(1)式により貯水位が計算される。各層の水温変化は以下の拡散方程式によって表される。

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

ここで、 T は水温($^{\circ}C$)、 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(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)で表現した。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + w_{sf} \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{K_z}{A} \frac{\partial^2 AC}{\partial Z^2} + S_{inout} + S_{sed} \quad (3)$$

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(4)で表される。

$$S_{sed} = \frac{Cw_{sd}}{A} \frac{\partial A}{\partial z} \quad (4)$$

w_{sd} は堆積するSSの沈降速度(m/s)である。

3.2 入力条件

気象条件(気温、日射量、風速、湿度、雲量)のうち貯水池内水温分布に大きく寄与する変数は気温および日射量である²⁾ことを踏まえ本研究ではこの2変数の将来変化を考慮した。基準期の気象条件は1981年~2000年の観測値、将来期の気象条件はGCM MIROC5.0の高位参照シナリオ(RCP8.5)による出力結果を元に作成した。水文条件に関して、流入・放流条件は2003年~2010年の中から洪水の発生した1年をダムご

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

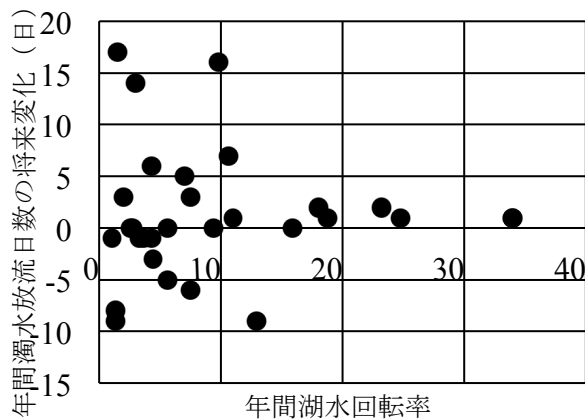


図-2 年間濁水放流日数の将来変化と年間湖水回転率の関係(回転率が 50 以下のダムのみ記載. 50 を超える 3 ダムについては, 濁水放流日数の将来変化は無かった)

とに選択し, その年の流況データを用いた. 流入水温の推定には, 過去の観測値から作成したダムごとの水温-気温の線形回帰式を用いた.

貯水池流入水中の SS 濃度の推定には以下の L-Q 式を用いた.

$$L = \alpha Q^{\beta} \quad (5)$$

ここに L は比負荷量($\text{mg} \cdot \text{m}^3/\text{s} \cdot \text{L}/\text{km}^2$), Q は比流入量($\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$), α, β はパラメータである. 本来 L-Q 式は各貯水池に固有の式を作成すべきだが, SS の観測データ, 特に洪水時の採水データがある貯水池は非常に少ない. そこで本研究では, 皆瀬ダムおよび七ヶ宿ダムでの観測値から L-Q 式を作成し, この式に貯水池の平均比堆砂量を考慮した貯水池固有の係数 k を掛けることで得られる(6)式(修正 L-Q 式)を用いて, 流入 SS 濃度の流域特性を考慮することを試みた.

$$L = k g 68.53 Q^{2.39} \quad (6)$$

ここで, 係数 k は, 以下のように求められる.

$$k = \frac{\text{平均比堆砂量}(\text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr})}{\text{皆瀬} \cdot \text{七ヶ宿ダム平均比堆砂量}(\text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr})}$$

4. 結果と考察

本検討では河川における SS の環境基準である 25mg/L を超える SS 放流を濁水放流と考え, 濁水長期化現象への気候変動の影響を考察した. 基準期と比較した年間濁水放流日数の将来変化(日)を, 濁水放流があった全ダム($n=33$)に対して計算した. 15 の貯水池で年間濁水放流日数は増加し 10 の貯水池で減少した. 濁水放流日数の将来変化の全ダム平均値は 1.1 日であり微増となったが, 標準偏差が 6.0 であったことから貯水池

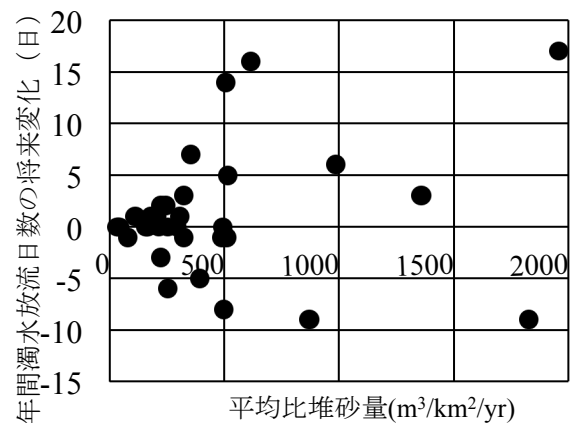


図-3 年間濁水放流日数の将来変化と平均比堆砂量の関係

ごとのばらつきが非常に大きいことがわかる.

貯水池特性と将来変化との関係を調べるために, 年間濁水放流日数の将来変化と, 貯水池の年間湖水回転率(以下回転率)との関係を図-2 に示した. ばらつきが大きい, 回転率が 10 より大きくなると年間濁水放流日数の将来変化が小さくなる傾向があるように見える. この結果は, 湖水の循環が遅い貯水池ほど気象条件が湖内水温分布に強い影響を与え, したがって貯水池内濁水現象も大きな影響を受けたことを示唆している.

次に, 流域特性が将来変化に与える影響を考察するために, 年間濁水放流日数と流域の平均比堆砂量の関係を図-3 に示した. 結果からは, 流域の土砂生産量の大小も, 気候変動によるダム湖での濁水現象に対して, 明確な傾向を持った影響を及ぼすとは言えない.

本研究では気候変動による気象条件の変化に対する応答は貯水池ごとに異なるため, その傾向は貯水池特性や流域特性によって系統的に評価することが難しく, 個別性が大きいことが分かった. 今後の詳細な解析が必要である.

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.

参考文献

- 1) 崔貞圭, 矢島啓, 谷口健司, 馬籠 純: 浦山ダムにおける気候変動に伴う長期間の将来水質予測, 土木学会論文集B1(水工学), Vol70, No.4, I_1633-I_1638, 2014.
- 2) 落合雄太, 気候変動によるダム湖水質に対する全国的影響評価, 東北大学大学院修士論文, 2012