気候変動による全国のダム湖に対する水質影響評価

東北大学大学院工学研究科　学生員　○落合雄太
東北大学大学院工学研究科　正会員　　梅田　信

１．序論

地球温暖化の影響は世界的に顕在化しつつあり，様々な分野への影響が懸念されている．特に水資源に対しては，生活用水や飲料水の供給に対する影響だけでなく，農業，産業，健康などの多くの分野に対しても影響が現れると考えられる．そのため，水資源に対する温暖化の影響を検討しておくことは重要である．一方，ダム湖は日本における水道水源のほぼ半分を担っている．しかし河川などとは異なり，閉鎖的な環境をもつため，ダム湖で生じた水質悪化の影響は解消されにくいと考えられる．そのため，水質悪化の兆候について検討し，予測しておく必要がある．

近年では，水理解析モデルに GCM の出力結果を入力することにより，ダム湖に対する気候変動の影響を予測する研究が取り組まれている（例えば，Komatsu et al[1]）．しかしながら，このような研究は単一のダム湖を対象として行われている場合が多く，複数を対象とした研究は稀である．そこで本研究では，全国的な多数のダム湖を対象に，気候変動による水質変化の予測を目標としている．本研究の手法により，温暖化に対して脆弱なダム湖の条件あるいは特性を示すことができる可能性がある．このような目標に対して，本稿では，GCM の出力結果を用い，全国の多数のダム湖を対象に，水温に対する影響を検討した結果を示す．

２．対象ダム

本研究では，国土交通省および水資源機構が管理し，利用目的に上水道がある多目的ダムから対象を選定した．37 のダム湖を検討対象とした．

３．解析方法

本研究では鉛直 1 次元の解析モデルによる水温分布の再現性を検討する．モデルの詳細に関しては既往の研究[2]を参照されたい．

水温と水質問題の発生に関連づける指標に表層水温勾配 K（℃/m）がある．これは水面から水深 3m 程度までの鉛直方向の水温の変化を表わすもので，

$$K = \frac{T_1 - T_2}{3} \tag{1}$$

と定義される．ここで，T_1 は表層水温（℃），T_2 は水深 3mにおける水温（℃）である．K≧0.5 のとき，アオコの発生の恐れが高まるという知見がある[4]．本研究では，水温の評価指標の 1 つとして用いた．

４．解析条件

用いた GCM の出力結果は MIROC3.2 (hires)の気温と日射量の月別データである．排出シナリオは SRES - A1B である．LARS-WG を用いて統計的ダウンスケーリングを行い，日データへと変換した．LARS-WG の詳細に関しては Semenov et al.[3]を参照されたい．解析対象期間は，1980 年～1999 年，2046 年～2065 年，2080 年～2099 年の 3 期間とした．その他の気象条件はダム湖に最も近い気象台もしくはアメダスの各日ごとの 20 年分の平均値を用いた．毎日の流入量，放流量はダム諸量データベース（http://www2.river.go.jp/dam/）からダム湖ごとに過去数年から数十年分を抽出し，平均流入量が中央値である年のデータを用いた．放流は全て表層放流とした．流入水温は過去数年の流入水温と気温のデータから以下の関係式を作成し，設定した．

$$T_w = aT_a + b \tag{2}$$

ここで，T_w は水温（℃），T_a は気温（℃），a，b は定数である．1 年分の助走計算を実施し，1 月 1 日における初期条件を得た．検討対象とする計算期間は 1 年間である．鉛直方向の格子間隔は 0.5m，計算時間ステップは 60s とした．

５．解析結果

アオコの代表的な原因種である *Microcystis* 属は，表層水温が 20℃以上になると，高濃度に増殖したケースが急激に増加するということが報告されている[6]．ダム湖に流入するリン濃度も植物プランクトンの発生に大きく影響している．表層水温が 20℃以上であり，表層水温勾配が 0.5℃/m 以上になる日数 N, 流入 TP の濃度 P（mg/l）を説明変数，藻類の存在量の指標の 1 つ

キーワード：貯水池，水温構造，気候変動，数値シミュレーション
連絡先：〒980-8579　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 & Fax 022-795-7453

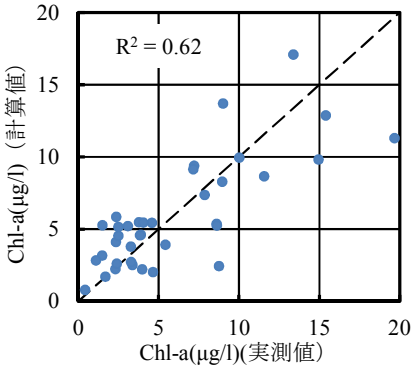

図-1 表層の年平均 Chl-a の実測値と計算値の比較

である表層の年平均 Chl-a 濃度 C（μg/l）を目的変数とし，重回帰分析を行った．重回帰分析より以下の式が得られた．

$$C = 8.134\times10^{-2}\times N + 1.847\times10^{2}\times P \qquad (3)$$

図-1 に Chl-a の実測値と計算値の比較を示す．決定係数は 0.62 であり，多少バラつきがあるものの，概ね計算値が実測値を再現している．

経済協力開発機構（OECD）による栄養度区分によると，湖の年平均の Chl-a 濃度が 2.5μg/l 未満で貧栄養湖，2.5μg/l 以上 8.0μg/l 未満で中栄養湖，8.0μg/l 以上で富栄養湖と分類される．(3)式を用い，表層水温が 20℃以上かつ表層水温勾配が 0.5℃/m 以上になる日数の増加から，各期間の年平均の表層 Chl-a 濃度を計算した．なお，流入 TP の濃度を変化しないと仮定している．図-2 にダム湖の栄養型の分布の変化を示す．全国的に年平均の表層 Chl-a 濃度は増加している．1980 年～1999 年では 10 ダムが富栄養湖に分類されるが，2080 年～2099 年では 18 ダムまで増加している．

６． 結論

37 のダム湖を対象として，GCM の出力結果を用い，3 期間におけるダム湖の鉛直水温分布の計算を行った．表層水温が 20℃以上かつ表層水温勾配が 0.5℃/m 以上になる日数，流入 TP の濃度を用いて，年平均の表層 Chl-a 濃度の予測式を作成した．予測式から将来の年平均の表層 Chl-a 濃度が全国的に増加し，富栄養化する可能性があるダム湖が増加するを示した．

謝辞：本研究は，環境省の環境研究総合推進費（S-8-1（3））の支援により実施された．

参考文献

1) Eiji Komatsu et al：A modeling approach to forecast the effect of long-term climate change on lake water quality, ECOLOGICAL MODELLING, 209, 351-336, 2007.
2) 落合雄太ら：水理学的条件の異なるダム湖における水温分布の再現計算，東北地域災害科学研究，第 47 巻，141-146，2011.
3) Mikhail A. Semenov et al：Use of multi-model ensembles from global climate models for assessment of climate change impacts, Climate Research, vol.41, 1-14, 2010.
4) Nagayoshi G et al：A study on the operation of an aeration destratification system as a measure for controlling algal bloom and musty odors, International Conference on Large Dams, Barcelona, 265-288, 2006.
5) 梅田信ら：貯水池における水質環境要素と藻類増殖の関係，水工学論文集，第 51 巻，1373-1378，2007.

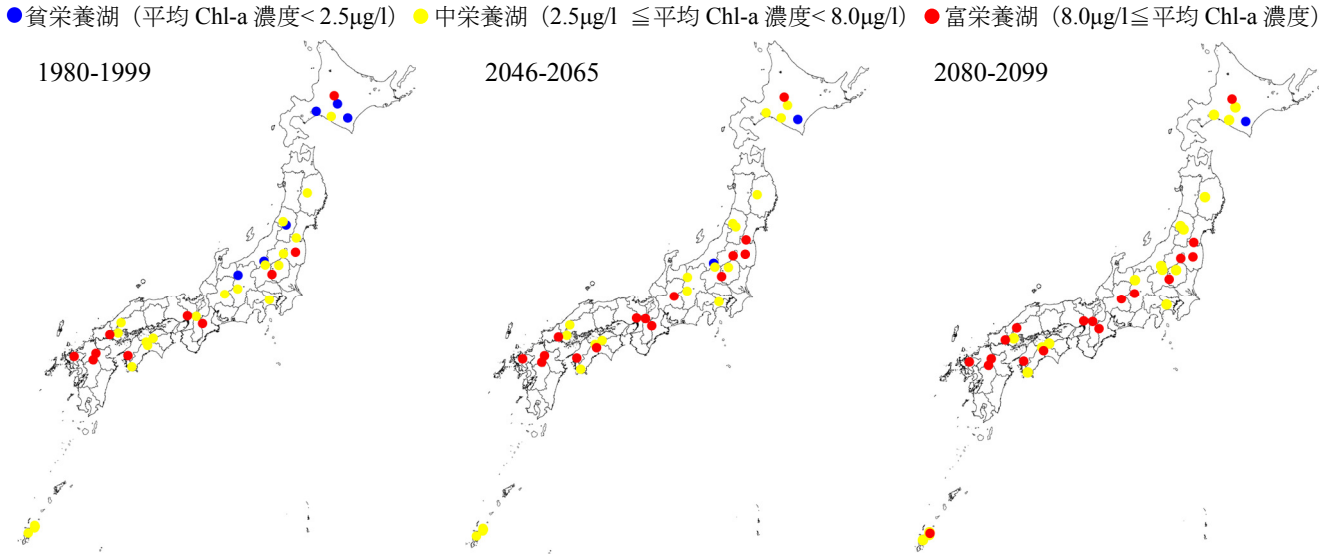

図-2 ダム湖の栄養型の地理的分布の変化