

気候変動に伴う SS 負荷量の変化に着目した貯水池水質予測

八千代エンジニアリング株式会社 鈴木伴征 小林真之 工藤将志 山本茂友
 国立研究開発法人土木研究所 櫻井 寿之^{*} 中西 哲 對馬 育夫

^{*}現一般財団法人ダム技術センター

1. はじめに

近年、気候変動による干ばつや大雨頻度の増加、河川流量の減少や増加により、貯水池及び湖沼の水位や水質に変化が生じ、それにより量的・質的な問題が生じることが示唆されている。そのため、気候変動を考慮した貯水池や湖沼の水質予測に関する研究が多数行われているが、流入負荷量の設定方法に着目した研究は少ないと思われる。一般的に貯水池の水質計算では、境界条件として負荷量と流量の関係式 (L-Q 式) を用いて設定される。この場合、気候変動による影響は流量のみで決定することになり、降雨特性 (時間的変化, 空間的変化等) による影響は十分反映されない可能性がある。

そこで本研究では、水質の中でも降雨の影響を強く受ける SS (濁り) に着目し、農学分野で広く用いられる土壌流出量の経験式 (USLE 式) を用いて降雨の空間分布や降雨強度の違いを直接的に流入 SS 負荷量に反映させ、気候変動に伴う貯水池水質予測を実施し、L-Q 式による予測との違い等について検討した。

2. 現在と将来予測データの概要

本研究では環境省が公表している RCP シナリオに基づいた地域気候モデル (MRI-NHRCM20: 水平格子間隔 20 km) を使用した。現在気候は 1984 年 9 月～2004 年 8 月、将来気候は 2080 年 9 月～2100 年 8 月の期間で出力されている。本研究では現在気候・将来気候 (RCP4.5・RCP6.0・RCP8.5) の 4 シナリオについて実施した。

(1) 気象データ

気候変動モデルの出力結果は観測値との差異があるためバイアス補正を行った。気温については月毎に観測値とモデル出力

値の差分を補正し、降水量については月別に累積分布関数を作成し補正を行った。その他の気象条件については風速は観測値の月平均値を使用し、湿度・日射量・雲量は降水量との関係式を作成した後、バイアス補正後の降水量を用いて作成した。

(2) 流入量・放流量

作成した気象データを用いて分布型流出モデルによる流出計算を行い流入量を作成した。一方、放流量は実績のダム運用を踏まえた利水モデルを構築し設定した。

3. USLE 式によるダム流入負荷量の推定

USLE 式¹⁾は 5 種類の係数の積から土壌流出量を算出する経験式である。この式は降雨・地形・土壌・土地利用といった土壌侵食の要因と土壌侵食との関係性について、現地実験を重ねて算定されたものである。

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot P \cdot C$$

ここで、 A : 単位面積当たりの流出土砂量 (t/ha), R : 降雨係数 (t \cdot m²/ha/h), K : 土壌係数 (h \cdot m²), LS : 地形係数, C : 作物係数, P : 保全係数 (1.0) である。各係数の設定方法を表 1 に示す。

本研究では、ダム流域の流域情報の分布に着目し、「森林」を主とする流域と「農用地」を主とする流域が区別されるよう、8 つの流域区分を設定し、流域毎に USLE 式の係数を算定した (図 1)。USLE 式を用いて算出した A ダム流域の流出土砂量を図 2 に示す。崩壊地の発生等により流入土砂量が大きくなった可能性がある年がみられるが、1984 年～2004 年の堆砂実績から算定した流出土砂量の傾向を概ね良く再現することができた。

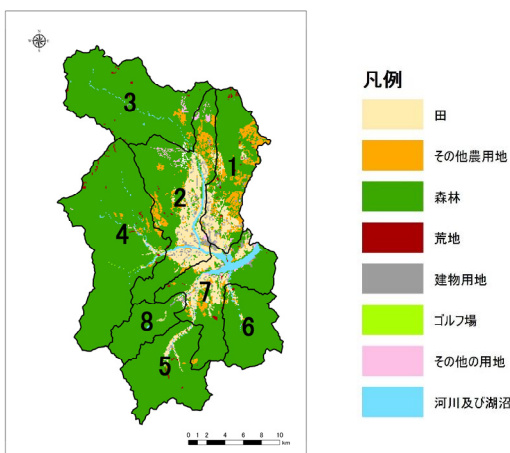


図 1 A ダム流域の流域区分と土地利用

表 1 USLE 式の係数設定方法

項目	使用するデータ	係数の設定方法
降雨係数	・観測データ ・気候変動シナリオ	降雨の分布を考慮して、流域区分毎に降雨係数を算出する
土壌係数	・国土交通省発行の 20 万分の 1 の土地分類基本調査 (土壌図)	既往文献を基に土壌係数を設定する ²⁾
地形係数	・国土数値情報	流域区分毎に地形係数を算出する ³⁾
作物係数	・国土数値情報	既往文献を基に作物係数を設定する ⁴⁾

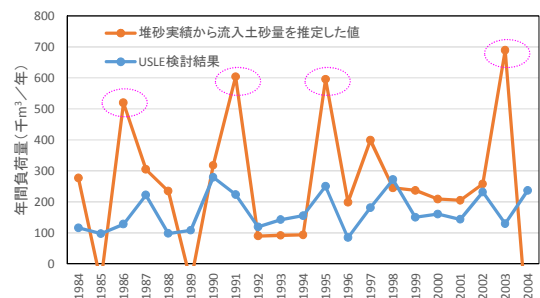


図 2 USLE 式による A ダム流域の流入土砂量推定結果

4. USLE 式を用いた貯水池水質再現計算

A) 水質計算概要

貯水池の水質計算は鉛直 2 次元モデルを使用し、連続式、ブシネスク近似した運動方程式及び、相対密度差と SS の輸送方程式から構成されたモデルを使用した。

USLE 式より得られた年間負荷量は土壌を対象としており砂分を含む量である。そのため、粘土・シルト分 (SS を対象とした粒径) に換算する必要がある。換算方法は堆砂ボーリングデータなどをもとに、実績の粒径別流入土砂量の比率を算出し、換算した。また、SS の流入条件は年間負荷量を日流入量の 2 乗で配分し日平均の SS 濃度を作成し境界条件とした。

B) 計算結果

1984 年～2004 年の期間で年最大時間流入量 (1,375 m³/s) が発生した 1990 年のダムサイト 3 深度の SS 濃度時系列変化を図 3 に示す。8 月中旬頃をみると、出水後の貯水池 SS 濃度の観測値を比較的良く再現していた。

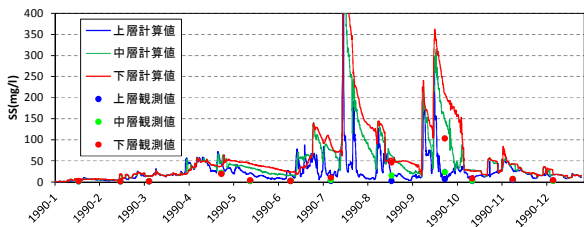


図 3 ダムサイト 3 深度の SS 濃度の計算と観測の比較

5. 気候変動を考慮した貯水池水質計算

A) 現在気候・将来気候の USLE 係数

現在気候および将来気候の降雨データを用いて、流域毎の降雨流出係数を算出した結果を図 4 に示す。図 4 の赤丸をみると、流域 1 における降雨流出係数の年最大値が RCP6.0 で 700 を越える高い値となっている。流域 1 は農地利用が多い流域であり、土壌流出が活発な流域となるため、多くの降雨が生じることで RCP6.0 における 2099 年は高い SS 負荷量が生じる結果となった (図 5 の赤丸)。なお、降雨流出係数以外の各係数については、再現計算時の係数をそのまま使用した。

B) 気候変動を考慮した貯水池水質計算結果

降雨の空間分布に違いが見られたシナリオ RCP6.0 の計算結果を図 6 に示す。比較的降雨量が多く、流入量の多い 2084 年 (青) や 2093 年 (緑) は USLE 式と L-Q 式はそれぞれ、計算期間 20 年間のうち、7 月の月平均最大濃度と 9 月の月平均最大濃度となっている。一方、USLE 式で SS 負荷量の多い結果となった 2099 年は流入量の比較的少ない年であったため、L-Q 式の計算結果では平年並の濃度となっているが、USLE 式の計算結果では 8 月の月平均 SS 濃度が 20 年間で最大となった。

次に融雪期 (3 月～5 月) をみると、USLE 式の計算結果は融雪出水の影響で、下層の SS 濃度が常に高い値となっている。これは単純に年間負荷量を流入量ベースで配分したことが原因であると考えられる。

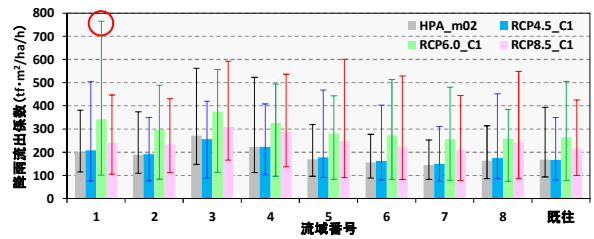


図 4 降雨流出係数の年平均値・年最大値・年最小値

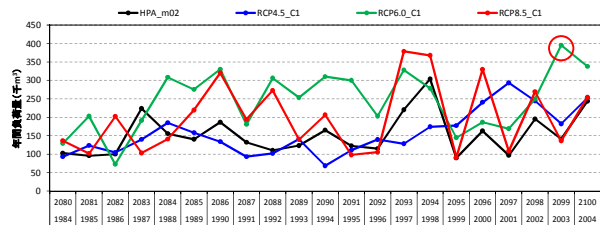


図 5 SS 年間負荷量 (上段: 将来気候年, 下段: 現在気候年)

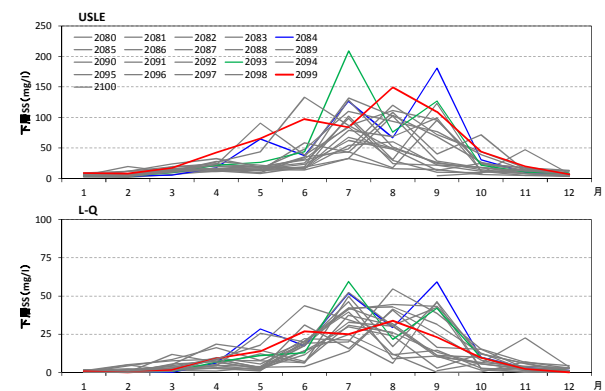


図 6 ダムサイト下層 SS 濃度の月平均値 (RCP6.0)

6. まとめ

検討の結果、L-Q 式では考慮できない降雨の空間分布や強度の違いを USLE 式によって直接的に SS 負荷量に反映することで、気候変動に伴う SS 負荷量の変化をより適切に表現できる可能性を示すことができた。また、USLE 式は水質データの観測結果が少なく、L-Q 式を作成することが困難な貯水池でも SS 負荷量を推定できる可能性があることも示された。なお、融雪期における負荷量は、年負荷量を流量によって単純に按分すると過大となるため、融雪期の負荷量の設定方法が課題としてあげられた。

参考文献

- 1) 鶴木啓二, 子檜山雅之: 汎用土壌流亡予測式による農業流域からの土砂流亡量予測, 寒地土木研究所月報, No.700, pp.13-19, 2011.
- 2) 農林水産省: 「土地改良事業計画指針 農地開発 (改良山成畑工) 平成 4 年 5 月」, 1992.
- 3) 今井啓, 石渡輝夫: 統計資料等を用いて整理した北海道における土壌浸食因子の地域性について, 寒地土木研究所月報, No.640, , 2011.