

ノート

「土砂貯留関数」を用いた貯水池堆砂量推定モデルの更新と検証
—熊本県緑川ダム貯水池と山形県寒河江ダム貯水池を対象として—高橋 大地¹ 石川 忠晴² 道奥 康治³

Revision of Reservoir Sedimentation Model Using a “Sediment Storage Function”

Daichi TAKAHASHI Tadaharu ISHIKAWA Kohji MICHIOKU

豪雨頻度・規模の経年的増加にともなう貯水池堆砂の加速が懸念されている。物理モデルによる堆砂量の推定では多くの観測情報を要しパラメータの同定が容易ではない。前報ではダム管理への適用性を念頭におき、流域の土砂収支を包括的に表すための「土砂貯留関数」を導入して堆砂量推定モデルを提案した。本報ではさらに降雨量だけで堆砂量を推定できるようにモデルを更新し流域特性が異なる二つのダム貯水池へ適用してその妥当性を検証した。

キーワード: 貯水池堆砂, 崩壊地モデル, 溪流モデル, 土砂貯留関数

1. はじめに

わが国のダム計画では、観測資料に基づいて100年間の堆砂量を経験的に推算し、総貯水容量から差し引くことにより有効貯水容量が決定される^{1,2)}。しかし、堆砂量の推定に必要な観測資料は必ずしも十分ではなく、また当然のことながら流入土砂量の経年変動が大きく不規則であるため堆砂量の正確な予測は難しい。実際のところ、筆者がダム等フォローアップ資料^{例えは³⁾}を収集し分析した結果、国土交通省が管理しているダム100基（完成後3年未満を除く）のうち50基では堆砂の進行がすでに計画で想定されたペースを上回っている。この事実だけで現行の堆砂量推算手法の妥当性を判断することはできないが、地球温暖化にともなう豪雨頻度・規模の増加を背景に土砂生産と貯水池堆砂の加速が懸念されていることを勘案すると^{4,6)}、長期的かつ正確な堆砂量の予測が喫緊の課題であることは間違いない。

近年、ダム流域の土砂生産と、ダムに至るまでの河道区間における流砂現象を物理的に記述するために、ダム流域の分布型流出モデルと河道区間の土砂水理モデルを組み合わせた貯水池堆砂量の予測がさまざまに

試みられている^{7,8)}。しかし、ダム流域の土砂動態は多くの素過程からなる複雑系であり、流域時空間を補間する観測情報を収集して多数のモデル・パラメータを同定することは容易ではない。

前報⁹⁾において筆者らは、崩壊地の消長を降雨時系列から再現して土砂生産量を推定する崩壊地モデルと、溪流区間の土砂収支を「土砂貯留関数」で記述する溪流モデルを組み合わせ、熊本県緑川ダム貯水池における45年間の堆砂量を再現した（以降、「前報モデル」と記す）。前報モデルはダム流域の土砂収支を包括的に記述する集中定数型モデルであり、物理モデルよりもパラメータが格段に少なくダム管理への実装可能性は高い。一方、溪流堆積土砂の粒度変化を推定するために降雨量と流量時系列をともに用いているが、ダム流域の流量が必ずしも多くのダムで収集・整理されていない現状を鑑みると、降雨量だけで堆砂量を予測できる方が望ましい。本報では、溪流区間の流砂過程を降雨量だけで推定できるようにモデルを改良し（以降、「更新モデル」と記す）、緑川ダムと山形県寒河江（さがえ）ダム貯水池に適用してその妥当性を確認した。

¹ 株式会社東京建設コンサルタント 東京本社流域施設本部砂防部（法政大学大学院デザイン工学科 博士後期課程）

² 東京工業大学 名誉教授（元法政大学客員教授）

³ 法政大学 デザイン工学部教授

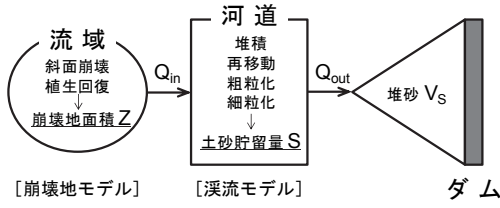


図-1 貯水池堆砂モデルの構成

2. 貯水池堆砂モデルの更新

2.1 前報モデル⁹⁾の概要

前報モデルは、降雨時系列から流域の全崩壊地面積を推定する(1)「崩壊地モデル」と、河道ネットワークを単一の仮想空間に集約し「流域-ダム」間の土砂収支を「土砂貯留関数」で包括的に記述する(2)「溪流モデル」からなる。モデルの構成を図-1に示す。

(1) 崩壊地モデル

ある時刻 t における崩壊地面積 $Z(t)$ は主に土壌水分、降雨強度、植生回復とともに変動する。まず、地盤が飽和に至る降雨継続時間 T_{sa} とその累積雨量 R_{sa} を雨量・流出高時系列から求め、 R_{sa} を越える降雨イベントの中からさらに j 時間雨量強度 $\widetilde{R}_j(t)$ がある閾値 R_{jc} を越える降雨事象を抽出して $Z(t)$ の経時変化を式(1)であらわす。

$$Z(t+\Delta t) = Z(t) \cdot e^{-\alpha \Delta t} + \beta \cdot \widetilde{R}_j(t) \quad (1)$$

ここに、 α は植生回復にともなう $Z(t)$ の減少率、 β は降雨 $\widetilde{R}_j(t)$ による $Z(t)$ の増加率、 Δt は積分時間間隔である。

$\widetilde{R}_j(t) \geq R_{jc}$ の時に斜面が崩壊して式(1)右辺第2項にしたがい $Z(t)$ は増加するが、 $\widetilde{R}_j(t) < R_{jc}$ の場合には、 $\widetilde{R}_j(t) = 0$ であり式(1)右辺第1項のように植生回復にともない $Z(t)$ は指数関数的に減少する。

(2) 溪流モデル

「流域-ダム」をつなぐ河道システムを仮想的な一つの溪流区間に集約し、ある年 τ における溪流土砂貯留量 $S(\tau)$ を流域の年間生産土砂量 $Q_{in}(\tau)$ と溪流区間からの年間流出土砂量 $Q_{out}(\tau)$ により次式であらわす。

$$\frac{d}{dt} S(\tau) = Q_{in}(\tau) - Q_{out}(\tau) \quad (2)$$

ここに、 Q_{in} は式(1)の $Z(t)$ と年間土砂流出高 k [m/year] を用いて次式で与えられる。

$$Q_{in}(\tau) = k \int_t^{\tau+1} Z(t) dt \quad (3)$$

$Q_{out}(t)$ は、溪流貯留土砂量 $S(\tau)$ の代数関数（「土砂貯留

関数」として次式であらわされる。

$$Q_{out}(\tau) = C_1 \cdot f(\tau) \cdot S(\tau)^p \quad (4)$$

ここに、 (C_1, p) はモデル定数である。

貯水池堆砂量 $V_s(\tau)$ は次式から算出される。

$$V_s(\tau) = \int_{t_0}^{\tau} Q_{out}(\tau) d\tau \quad (5)$$

ここに、 t_0 はダム管理の開始年である。

式(4)の $f(\tau)$ は当概年 τ の降雨・流量履歴に応じて0~1の範囲で変化する次の重み係数である。

$$f(\tau) = \frac{\tanh\{a(r_1(\tau) - r_c(\tau))\} + 1}{2} \quad (6)$$

ここに、 $r_1(\tau)$ は土砂輸送をもたらす時間降雨強度の年間累積値であり、 $f(\tau) = 0.5$ に相当する $r_1(\tau)$ を $r_c(\tau)$ とおく。

出水履歴に応じて溪流区間の貯留土砂粒度が変化することを考慮し、小さな出水イベントが継続する年では $r_c(\tau)$ を小さく設定して、大きな出水イベントが顕著な年には $r_c(\tau)$ を大きく設定する。これにより、前者の場合には貯留土砂の粗粒化が進み Armor Coat が発達するため $f(\tau)$ が小さく土砂流出 Q_{out} は抑制されるが、後者の場合には Armor Coat を含む貯留土砂が大量に流送され Q_{out} は増加する。以上のように、 $r_c(\tau)$ は貯留土砂の粒度を反映した溪流貯留土砂の移動限界をあらわすパラメータであり、流量時系列を反映した粗粒化指数 $A_1(\tau)$ を用いて次式のようにモデル化される。

$$r_c(\tau) = (r_{c-max} - r_{c-min}) \{ 1 - e^{-A_1(\tau)} \} + r_{c-min} \quad (7)$$

前報モデルでは、 $100 \text{ m}^3/\text{s}$ 以上の流量時系列 $Q(t)_{>100}$ より年間流量 $V_Q(\tau)$ を算出し、貯留土砂の粒度変化を規定する $V_Q(\tau)$ の上下限閾値 (V_{Q1}, V_{Q2}) との比較から、(i) $V_Q(\tau) < V_{Q1}$ (小規模出水年) の時、粒度組成は変化せずに $A_1(\tau)$ は前年と同一値をとり、(ii) $V_Q(\tau) > V_{Q2}$ (大規模出水年) では、粗粒層とともに貯留土砂が流失して細粒化が進み $A_1(\tau)$ の前年値に比率 γ_2 ($0 < \gamma_2 < 1$) を乗じて $A_1(\tau)$ は減少する。さらに、(iii) $V_{Q1} \leq V_Q \leq V_{Q2}$ (中規模出水年) では粗粒化が進むために $A_1(\tau)$ は前年度値の γ_1 倍 ($\gamma_1 \geq 1$) に増加すると設定した(表-1(a))。

2.2 溪流モデルの更新

以上のように前報モデルでは降雨量・流量時系列を要するが、ダム流域の流量は収集されていない場合も

表-1 粗粒化指数 $A_r(\tau)$ の変化の仮定

(a) 前報モデル		
条件	A_r 値の変化	数式
$V_Q(\tau-1) < V_{Q1}$	A_r 不変	$A_r(\tau) = A_r(\tau-1)$
$V_{Q1} < V_Q(\tau-1) < V_{Q2}$	A_r 増加	$A_r(\tau) = \gamma_1 A_r(\tau-1) \quad \gamma_1 > 1$
$V_{Q2} < V_Q(\tau-1)$	A_r 減少	$A_r(\tau) = \gamma_2 A_r(\tau-1) \quad 0 < \gamma_2 < 1$
$V_Q(\tau)$: 100m ³ /s以上の流量時系列の年間積算値		
(b) 更新モデル		
条件	A_r 値の変化	数式
$V_R(\tau-1) < V_{R1}$	A_r 不変	$A_r(\tau) = A_r(\tau-1)$
$V_{R1} < V_R(\tau-1) < V_{R2}$	A_r 増加	$A_r(\tau) = \gamma_1 A_r(\tau-1) \quad \gamma_1 > 1$
$V_{R2} < V_R(\tau-1)$	A_r 減少	$A_r(\tau) = \gamma_2 A_r(\tau-1) \quad 0 < \gamma_2 < 1$
$V_R(\tau)$: 8mm/h以上の降雨時系列の年間積算値		

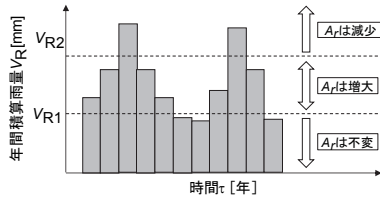


図-2 年間雨量積算値 V_R と粗粒化指数 A_r の変化

多いことから、降雨量だけで溪流貯留土砂の粒度変化を記述し溪流モデルを簡素化する。表-1 (b) および図-2 のように年間積算流量 $V_Q(\tau)$ の代わりに年間積算雨量 $V_R(\tau)$ を説明変数とし、その上下限閾値 (V_{R1} , V_{R2}) を設定して流量履歴にともなう粗粒化指数 $A_r(\tau)$ の変化を降雨量履歴によりあらわす。

3. 緑川ダム貯水池における更新モデルの検証

前報モデルの適用性が確認された緑川ダム貯水池に対し更新モデルを適用する。なお、崩壊地モデルに変更はない。前報と同じ工程でパラメータを同定し表-2 の結果を得た。式(5)から推定される貯水池堆砂量 $V_S(\tau)$ と前報モデルによる推定値ならびに実績値を図-3 に比較する。なお、ここで示す実績値には後述する寒河江ダム堆砂量と同様の補正を加えている。同図より降雨量だけで堆砂過程を再現できることが確認される。

4. 寒河江ダム貯水池への適用

4.1 流域の概要

寒河江ダム (山形県) は最上川水系寒河江川に1990年11月に竣工した堤高112.0m、総貯水容量 10.9×10^6 m³ の多目的ダムであり、国土交通省により管理されている。流域面積は231.0 km² であり、月山山麓に属する流域北部には安山岩や火山砕屑物が広く分布し、開析が

表-2 更新モデルのパラメータ (緑川ダム)

パラメータ	検討範囲	刻み	最終値	前報値
S_{1971}	$1.2 \times 10^6 \sim 2.0 \times 10^6$	0.1×10^6	1.7×10^6	1.7×10^6
C_1	0.001 ~ 0.100	0.001	0.008	0.008
p	1.1 ~ 1.4	0.1	1.4	1.4
V_{R1}	80 ~ 140	10	120	※
V_{R2}	200 ~ 280	10	290	※
A_{r0}	0.5 ~ 1.5	0.1	1.0	1.1
γ_1	1.2 ~ 1.5	0.1	1.3	1.3
γ_2	0.1 ~ 0.9	0.1	0.6	0.4
a	0.001 ~ 0.010	0.001	0.004	0.004
$r_{c \cdot \max}$	600 ~ 1200	20	1070	1100
$r_{c \cdot \min}$	0 ~ 300	10	290	250

※前報では流量を使用していたため、空欄としている

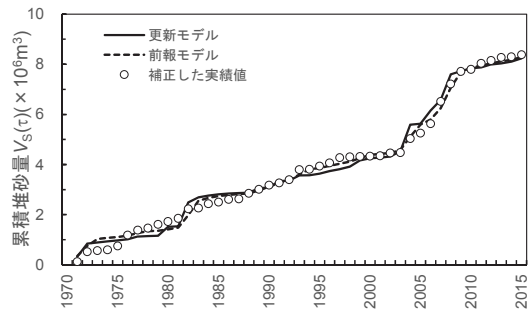


図-3 前報モデル、更新モデルによる堆砂量 $V_S(\tau)$ の推定値と実績値との比較 (緑川ダム)

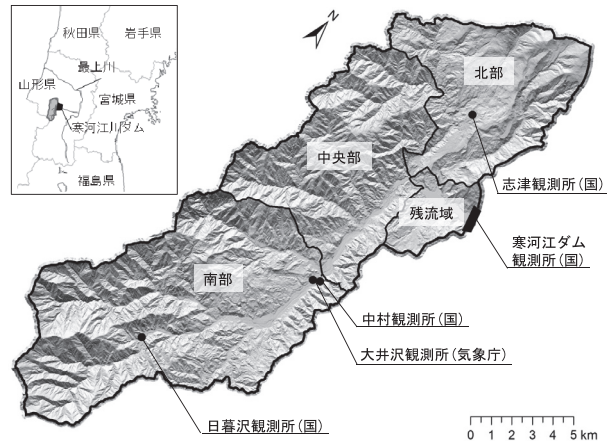


図-4 寒河江ダムの流域概要

進んだなだらかな地形である。流域南部は急峻な朝日連峰であり、花崗岩を主体とする起伏に富んだ地形である。

寒河江ダム流域の雨量観測所は水管理・国土保全局管理の4地点 (寒河江ダム, 志津, 中村, 日暮沢) と気象庁管理の1地点 (大井沢) である (図-4)。寒河江ダム雨量観測所における平均年降水量は約2,530 mm であり、東北地方6都市の平均年降水量 (1990~2020年) の約1,350 mm¹⁰⁾ に比べてかなり多い。同流域は日本有数の豪雪地帯であり、積雪期間の11月から4月にかけて大井沢雨量観測所での最大積雪深は平均250 cmにも達する。

4.2 崩壊地面積と降雨時系列の相関

(1) 崩壊地面積の推移

秋山ら¹¹⁾は寒河江ダム流域の崩壊地モデルを提案し、航空写真から取得された崩壊地面積(図-5)との比較によりモデルの妥当性を検証した。これをさらに発展させた前報の崩壊地モデル⁹⁾を寒河江ダム流域にも適用しその妥当性を検証する。同流域では全層雪崩による崩壊が発生しているが、降雨起因の表層崩壊に比べて規模が小さく経時変動もわずかである。そのため、雪崩の土砂生産への影響は限定的であると考え¹¹⁾、堆砂量解析の対象から除外する。

(2) 崩壊地モデル

前報モデルからの変更点はなくモデル・パラメータの同定のみとする。まず、表層崩壊を規定する飽和雨量 R_{sa} と雨量強度限界値 R_{jc} を求めるためにダム竣工以降に観測されたピーク流入量が $300\text{ m}^3/\text{s}$ を越える47件の出水イベントを対象に、累積時間 $T_{sa}=6, 12, 24, 48\text{ hr}$ の「降雨量-流出高」の相関性を調べた。その結果、図-6に示すように $T_{sa}=48\text{ hr}$ の場合に最も高い相関性が得られ飽和雨量 $R_{sa}=120\text{ mm}$ を得た。次に、表層崩壊を誘発する雨量強度限界値 R_{jc} を定めるために、1, 3, 6, 12, 24 hrの時間雨量時系列 $R_j(t)$ に対し、図-5の $Z(t)$ の実績値と式(1)による推定値が最も適合するモデル・パラメータの組み合わせ $[j=3\text{ hr}, R_{jc}=35\text{ mm}, \alpha=1.0\times 10^{-3}, \beta=1.4\times 10^{-3}]$ が得られ、その再現値と実績値との比較を図-7に示す。

4.3 貯水池堆砂量の再現

(1) 更新モデルの適用

本報で更新した溪流モデルを寒河江ダムに適用する。まず、式(3)の年間土砂流入高 k と溪流土砂貯留量 $S(\tau)$ の初期値 S_{1991} を同定する(ダム竣工の1990年11月以降で積雪期間を除く1991年5月が解析開始時)。前報と同様に、溪流区間における土砂の流入量 Q_{in} と流出量 Q_{out} が長期的につりあうという動的平衡状態を仮定し、解析終了年の溪流土砂貯留量 S_{2020} と S_{1991} がおおむね等しくなる条件として $k=5.07\times 10^{-3}[\text{m}/\text{year}]$ を得た。

次に、解析期間内で $S(\tau)\geq 0$ (溪床面が地山基盤面よりも低くならない)を維持する $S(\tau)$ の初期値 S_{1991} として $S_{1991}\geq 791,090\text{ m}^3$ を得た。同定された k と S_{1991} を用いて算出された $S(\tau)$ の経年変化を図-8に示す。

この崩壊地モデルを用いて、まず土砂貯留関数のパ

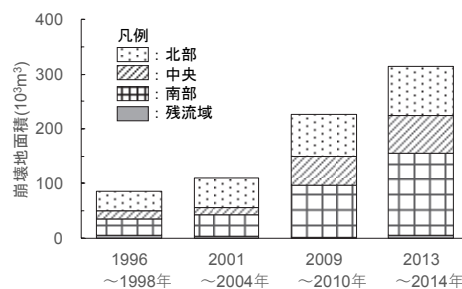


図-5 寒河江ダムにおける崩壊地面積 $Z(t)$ の実績値(秋山ら¹¹⁾に基づき再整理)

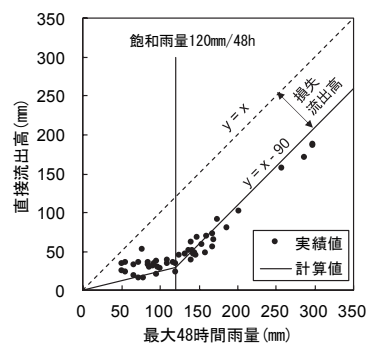


図-6 飽和雨量 R_{sa} の同定(寒河江ダム)

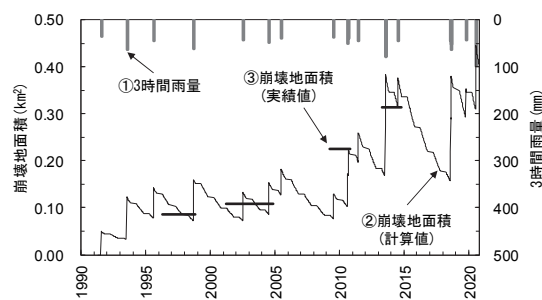


図-7 崩壊地モデルによる崩壊地面積 $Z(t)$ の再現(寒河江ダム、左縦軸は $Z(t)$ 、右縦軸は3時間雨量強度)

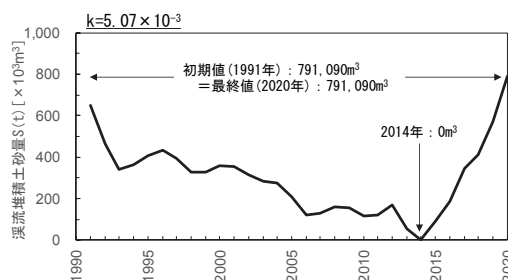


図-8 溪流土砂貯留量 $S(\tau)$ の推定値

ラメータ (C_1, p) が取り得る範囲が $0.001 \leq C_1 \leq 0.1$ 、 $1.1 \leq p \leq 1.4$ に絞り込まれ、次に前報と同様に溪流モデルのパラメータ群が表-3のように同定された。

(2) 寒河江ダムにおける貯水池堆砂量の再現

図-9に寒河江ダムの単年堆砂量(灰色のヒストグラム)とその経年累積値(実線)を示す。2003年、2008

表-3 更新モデルのパラメータ (寒河江ダム)

パラメータ	検討範囲	刻み	最終値
S_{1991}	$8 \times 10^5 \sim 20 \times 10^5$	2×10^5	10×10^5
C_1	0.001 ~ 0.100	0.001	0.004
p	1.1 ~ 1.4	0.1	1.4
V_{R1}	40 ~ 80	10	60
V_{R2}	90 ~ 150	20	90
A_{t0}	0.5 ~ 1.5	0.1	1.3
γ_1	1.2 ~ 1.5	0.1	1.3
γ_2	0.1 ~ 0.9	0.1	0.7
a	0.001 ~ 0.010	0.001	0.005
$r_{c \cdot \max}$	600 ~ 1000	20	640
$r_{c \cdot \min}$	0 ~ 100	10	70

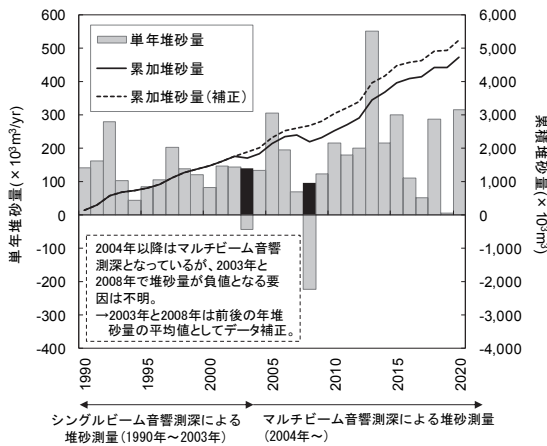


図-9 実績堆砂量の推移 (寒河江ダム)

年に出現する負の堆砂量は深浅測量法やデータ処理法などに起因すると推察される (掘削・浚渫の開始は2012年で2008年に堆砂量が負となる要因がない)。また、音響測深法が1990~2003年のシングルビームから2004年以降のマルチビームへと変更されたが、測深法の異なるデータ間の相互換算に関する記録は残されていない。本研究は自然条件下でのダム貯水池における堆砂量の推定を目的としているため、このような不規則因子が残る元データをそのまま用いてモデルを検証することは適切ではない。そこで、負の堆砂量を示す当該年を欠測とみなし2003年については2002年と2004年の平均値を、2008年については2007年と2009年の平均値を、それぞれとることにより堆砂量を補正した(図-9の黒塗りヒストグラム)。これらを反映した累積堆砂量補正值(同図の点線)と式(5)から推定される堆砂量を図-10に比較する。

5. 気候変動が貯水池堆砂量に及ぼす影響

二つのダム貯水池の堆砂動向が本モデルによりおお

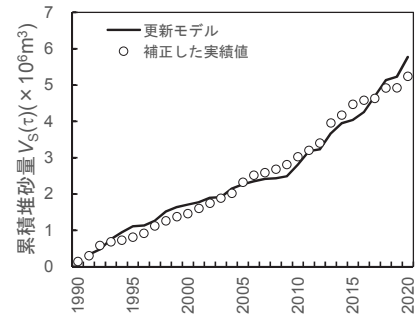
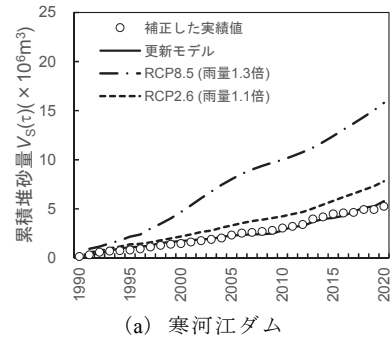
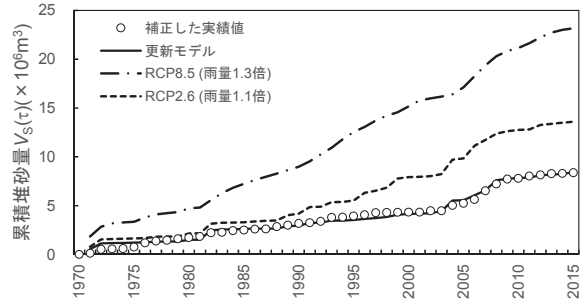


図-10 更新モデルによる堆砂量 $V_s(\tau)$ の推定値と実績値との比較 (寒河江ダム)



(a) 寒河江ダム



(b) 緑川ダム

図-11 気候変動が堆砂量に及ぼす影響

むね再現されたことから、貯水池堆砂に及ぼす気候変動の影響を推算する。前報では、IPCC-AR5のRCP2.6とRCP8.5に基づく降雨強度・流量の将来倍率¹²⁾を実績値に乗じて緑川ダム貯水池の堆砂量に及ぼす将来気候の影響を検討した。本報では溪流モデルの更新を反映して降雨情報だけを用いることとし、緑川・寒河江の両ダム貯水池の堆砂に及ぼす気候変動の影響を検討する。なお、ここでの検討は前報と同様に、降雨強度の増加が貯水池堆砂に及ぼす影響程度を概算することを目的としており、将来気候の降雨時系列を用いた堆砂量シミュレーションには至っていないことを付記する。

図-11(a)に示すように、2020年の寒河江ダムにおいて、RCP2.6では実績値の1.5倍、RCP8.5では3.0倍の堆砂量が予測されている。一方、図-11(b)の緑川ダム

では、2015年における両シナリオの堆砂量がそれぞれ実績値の1.6倍、2.8倍となっている。寒河江ダムでは、竣工後31年で堆砂量がすでに100年計画値の47.6%にまで達しているのが現実である。もし過年度の降雨がRCP8.5にしたがい増加していれば、実績値の4.6倍の速度で堆砂が進行し、わずか22年で計画堆砂容量に到達することになる。緑川ダムでも同様に100年計画堆砂量への到達に要する年限が21年に短縮される。

6. おわりに

降雨量から貯水池堆砂量を推定できる実用可能性の高いモデルを提案し、流域特性が異なる緑川ダムと寒河江ダムに適用して堆砂量が合理的に再現されることを確認した。本モデルを用いて将来気候における堆砂動向を推算した結果、いずれのダムにおいても堆砂の進行が実績より顕著に加速することを確認した。寒河江ダムのような積雪地帯のダム流域では温暖化にともない積雪期間が短縮するため、土砂生産量はここでの推定値以上に大きく堆砂を促進する可能性が高い。地形地質特性や水文特性がさまざまなダム流域にも同様の堆砂量予測を実施し、気候変動にともなう貯水容量の減少とダムのハイブリッド運用を視野に入れたダム管理戦略を進める必要がある。

本研究を行うにあたり国土交通省東北地方整備局から資料を提供して頂いた。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局監修 社団法人日本河川協会編：国土交通省 河川砂防技術基準 同解説 計画 編，山海

- 堂，pp.134-135，2005
- 2) Gregory L. Morris, Jiahua Fan 著，角 哲也，岡野真久監修：貯水池土砂管理ハンドブック—流域対策・流砂技術・下流河川環境—，技報堂出版，pp.31-51，2010
- 3) 国土交通省九州地方整備局：令和2年度九州地方ダム等管理フォローアップ委員会緑川ダム定期報告書（案）【概要版】，2021
- 4) 河田暢亮：貯水池堆砂量予測のための流域土砂動態モデルの開発に関する研究，京都大学，2016
- 5) 河田暢亮，藤田正治，竹林洋史，吉野秀樹，平林桂：貯水池堆砂量予測のための土砂動態モデルの開発とその適用，土木学会論文集 B1（水工学），72(4)，I_703-I_708，2016
- 6) 寺田和暉，角 哲也，竹門康弘，佐藤嘉展：気候変動を考慮したダム堆砂進行による牧尾ダムの長期的便益評価，京都大学防災研究所年報，第58号B，2015
- 7) 江頭進治，松木 敬：河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法，水工学論文集，735-740，1999
- 8) 高秀秀信，九津見生哲，藤沢 寛：水系における土砂動態システムについて，第27回水理講演会論文集，767-772，1983
- 9) 高橋大地，石川忠晴，道奥康治：貯水池堆砂量推定モデルの構築と気候変動に伴う堆砂速度増大率の推定—熊本県緑川ダム貯水池を対象として—，ダム工学，32(2)，141-152，2022
- 10) 気象庁 過去の気象データ・ダウンロード：<https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/>（参照 2022-09-27）
- 11) 秋山浩一，高橋大地，石川忠晴，道奥康治：豪雨イベントおよび土壌の湿潤性を考慮したダム貯水池上流域の崩壊地面積予測モデルの構築，土木学会論文集 B1（水工学），75(2)，I_823-I_828，2019
- 12) 石田卓也，前田裕太：気候変動を踏まえた計画・基準類の見直しに向けた検討，河川，No.890，15-19，2020

（2022年10月7日 受理）

Since the global climate change will accelerate sediment yield from watersheds with increasing intensity and frequency of precipitation, many dams will more significantly suffer in future from losing their storage capacities with reservoir sedimentation. In this study, a conceptual model of reservoir sedimentation was proposed, where the sediment yield was estimated from land failures in the catchment and the sediment balance in the channel system was parameterized by a “sediment storage function”. The present model consisting of a couple of concentrated parameters is considerably simplified than so-called physical mechanistic models. Additionally, this has an advantage that reservoir sedimentation is successfully reproduced without using discharge dataset. By using the model, further discussion was made how much reservoir sedimentation will be accelerated in future climate.

Key words : reservoir sedimentation, land failure, sediment yield, storage function