貯水池土砂対策のためのGUI付き土砂動態解析ツールの開発

（一財）電力中央研究所　太田 一行，小林 大祐，佐藤 隆宏

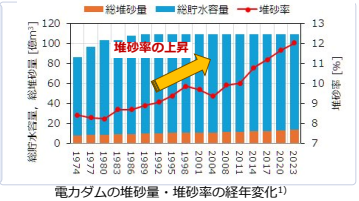
① 背景・目的

国内の水力発電所の多くは貯水池や水路で堆砂問題を抱え、電力会社が管理するダムの堆砂率は全国的に上昇傾向にある。

全国の水力発電所の数

1950地点

（2024年3月31日現在，経済産業省HP参照）



電力ダムの堆砂量・堆砂率の経年変化[1)]



ダム堆砂



取水口の埋没



水車の土砂摩耗

堆砂対策を検討するときの障壁

- 中小規模の発電用ダム・堰では、要員・コスト面で対策検討のハードルが高く、土砂動態の把握ができていない
- 水路（利水設備）への土砂流入量の評価手法が確立されていない

研究の目的

中小規模も含めたダム堰・利水設備の堆砂対策の検討に資するべく、ダム堰と利水設備の土砂動態を総合的に評価できる**GUI付き土砂動態解析ツール**を開発する。

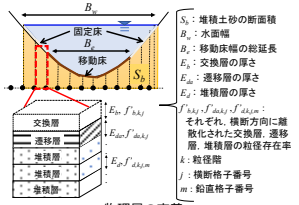
② 解析手法

広域かつ長期（数十年）にわたる
河川・利水設備の土砂動態を総合的に評価

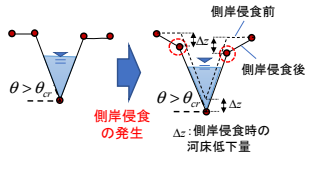
具体的には、以下の河床変動解析と流砂分派計算で構成される[2)]。

(1) 河床変動解析

一般断面形状に対応した一次元不定流・混合粒径モデル。掃流砂・浮遊砂、移動床／固定床、側岸侵食を考慮し、TVD-MacCormack法（時間・空間2次精度）で解く。



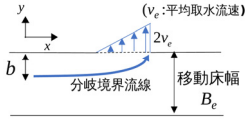
物理量の定義



側岸侵食計算の概念図

(2) 流砂分派計算

取水口・土砂バイパス水路への流砂の分派を計算。浮遊砂は流量配分比、掃流砂は川合ら[3)]の手法に則り、分岐部の河床付近流れ（二次流）を考慮したポテンシャル理論により分派率を評価。



掃流砂の分派計算に用いる物理量

③ GUI の開発

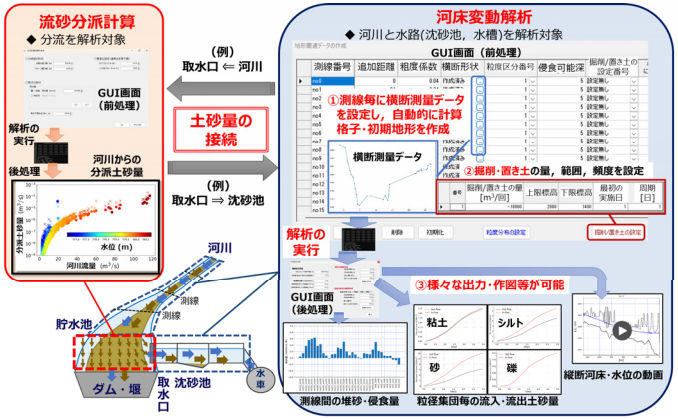


図-1　本解析ツールの概念図（前処理・解析・後処理）

システム構成

前処理（地形データ作成・条件設定）／解析（河床変動・流砂分派）／後処理（作図・動画化）で構成。河床変動解析と流砂分派計算の間で土砂量を連携する。

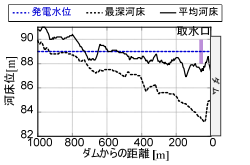
他ツール（iRIC・TELEMAC等）との違い

- ダム堰・利水設備の長期・広域の土砂動態を評価
- 深浅測量・流入量・ダム水位(1時間毎)など、**現地のダム堰で標準的に取得されているデータを初期条件・境界条件に利用可**。設備管理のデジタルツインとしても活用できる。
- 河床変動解析に精通しない技術者でも扱えるよう前処理・後処理を含めた汎用化

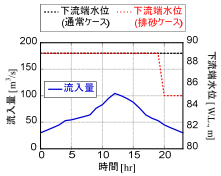
④ ケーススタディ

仮想の貯水池・発電専用ダムを対象に、排砂の有無による2ケースを比較。年最大規模の出水を繰り返し与え長期計算を行った。

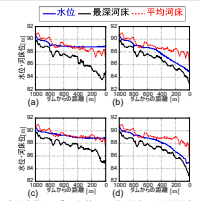
■ **通常ケース**：発電水位を維持して取水　■ **排砂ケース**：減水末期に4時間だけ水位低下



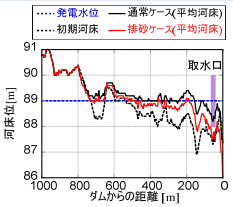
初期地形と取水口位置



出水波形と水位操作（繰り返し与える）

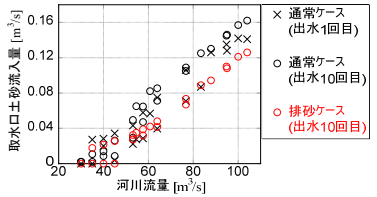


減水末期のダム水位，平均河床，最深河床．
(a)通常ケース，出水１回目，(b)排砂ケース，出水１回目，
(c)通常ケース，出水10回目，(d)排砂ケース，出水10回目



平均河床位の比較（出水10回後）

▶定期的な排砂操作により、取水口の埋没リスクを抑制
▶一方で、背水の末端部では排砂の効果なし（掘削の必要性を示唆）



取水口土砂流入量と河川流量の関係

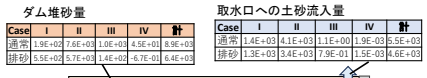
▶ 排砂によって河床が低下し、取水口への土砂流入が軽減

ダム堆砂量

Case	I	II	III	IV	計
通常	1.9E+02	7.6E+03	1.0E+03	4.5E+01	8.9E+03
排砂	5.5E+02	5.7E+03	1.4E+02	-6.7E-01	6.4E+03

取水口への土砂流入量

Case	I	II	III	IV	計
通常	1.4E+03	4.1E+03	1.1E+00	1.9E-03	5.5E+03
排砂	1.3E+03	3.4E+03	7.9E-01	1.5E-03	4.6E+03



貯水池への土砂流入量

I	II	III	IV	計
2.1E+04	6.2E+04	1.0E+03	4.5E+01	8.4E+04

ダムからの通過土砂量

Case	I	II	III	IV	計
通常	1.9E+04	5.1E+04	3.6E+01	1.6E-01	7.0E+04
排砂	1.9E+04	5.3E+04	8.9E+02	4.6E+01	7.3E+04

ダム・取水口における土砂動態マップ
土砂量の単位はm3/年であり、最初の出水10回分(10年分)の結果で平均化

粒径集団（日本統一土質分類）

集団 I 粘土	0.005mm以下
集団 II シルト	0.005~0.075mm
集団 III 砂	0.075~2mm
集団 IV 石礫	2mm以上

利水を考慮した土砂動態マップ

▶土砂動態マップは通常、総合土砂管理の計画策定で作成されるが、ダム・利水設備の堆砂対策の評価にも有用と考えられる。

▶本ツールでは、貯水池・利水設備の土砂動態を粒径集団（I：粘土～IV：石礫）別に整理し、土砂動態マップを作成可。

▶貯水容量確保と水車等の維持管理の観点を総合的に考えて、最適な堆砂対策の選定を支援。

⑤ まとめ・今後の展望

成果

GUI付き土砂動態解析ツールを開発し、河川・利水設備の総合的な土砂動態を評価でき、堆砂対策の効果を定量化できることを示した。

留意点

河床変動解析が一次元モデルのため、湾曲流れ・偏流の影響は考慮しない。

今後の展望

準二次元化などによる横断方向流れの考慮、山地からの土砂流出予測の高精度化。

社会実装

土砂動態シミュレータ Suiric® として2025年度から大手電力会社へ提供開始。

発電用ダム堰の土砂対策評価に活用されている。

（参考文献）
1) 太田一行：水力発電の土砂問題，その難しさとは？，電気新聞ゼミナール，340，電気新聞 2025年9月10日掲載
2) 太田一行，末澤宏一：河川・取水施設の一体的な流砂解析－土砂対策の全体最適化を支援する技術の開発－，電力中央研究所報告，552305，2023.
3) 川合茂，江頭建治，芦田和男：機械流に伴う越砂と河床変動に関する研究，土木学会論文集，Vol.473，pp.7-15，1993.