

水資源の持続的 management のための貯水池土砂管理の推進

(14)

京都大学大学院工学研究科

角 哲也

1. はじめに

水資源開発や洪水調節を目的として建設されてきた貯水ダムの将来における最大の課題はダム堆砂による貯水容量の減少である。2003年3月に開催された第3回世界水フォーラムにおける分科会「流域一貫の土砂管理（貯水池土砂管理に向けた挑戦）」では、従来の有限な設計寿命の考え方に対して持続可能なライフサイクル管理の考え方が提案された。水資源の持続的 management のための貯水池土砂管理を推進する上での課題と日本の役割について考察する。

2. ダム堆砂の現状と見通し

全世界の貯水容量に対して毎年 0.5~1.0%の堆砂が進行しており、21世紀半ばまでに総貯水容量の30%以上が堆砂によって失われる可能性があると指摘されている。日本の堤高15m以上の約2,730ダム、総貯水容量230億m³のうち、2001年3月現在、総貯水容量100万m³以上の877箇所のダム、総貯水容量約183億m³に対する総堆砂量は約13.5億m³、1ダム当たりの総貯水容量に占める堆砂量の平均割合（全堆砂率）は約7.4%（国土交通省所管371ダム全体の平均では5%）、また、年間容量損失は0.2~0.5%程度である。これらの値は世界平均よりも率は低いものの、主要な構造線地帯、特に中部地方などは他に比べかなり高い率となっている。なお、1957年の建設省河川砂防技術基準（案）以降、堆砂容量の考え方が導入されたことが、総貯水容量ベースで見た場合の堆砂率を抑えることに貢献していると考えられる。

図-1にダム建設後の経過年別の総貯水容量に対する貯水池堆砂率を示す。戦前に建設され50年以上経過したダムのうち、水力発電ダムでは60~80%以上も堆砂が進行しているものがある。同様に、戦後復興から高度経済成長期の1950~1960年頃に建設され、30年以上経過した発電ダムにおいても40%以上の堆砂率のダムが多く見られる。水力発電ダムは発電形式により堆砂による影響度には相違がある。一方、この時期から数多く建設されるようになった多目的ダムでは、水力発電ダムほどではないものの、中には堆砂率20~40%以上となっているダムもある。これらのダムでは、貯水容量の維持が洪水調節をはじめとするダム機能の維持に直結するため、堆砂による影響度は大きく、これらに対する貯水池土砂管理の長期戦略策定こそが大きな課題である。

図-2は、総貯水容量に対する年容量損失を示している。当然のことながら総貯水容量が大きくなると年容量損失は小さくなり寿命が長くなる。これを各ダム地点における流域面積を加味した相当容量（mm）で評価したものを図-3に示す。多目的ダムの多くは相当容量50~1000mm、年間容量損失1.0~0.1%程度であり、言い換えれば、総貯水容量に対する寿命が100~1000年程度であることがわかる。一方、本川に設置された水力発電ダムの場合には、一般に貯水容量に対する流域面積が非常に大きく、相当容量50mm以下で年間容量損失が極めて高い例が見られる。以上を考慮すれば、今後は、概ね相当容量100mm程度以下であり、貯水容量の維持が必須な多目的ダムを中心として適切な貯水池土砂管理が求められることが予想される。

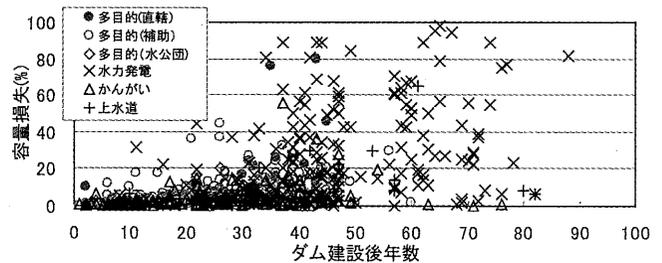


図-1 日本のダムにおける建設後年数と堆砂容量損失

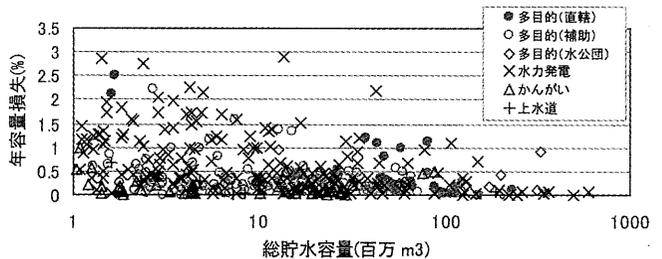


図-2 日本のダムにおける総貯水容量と年容量損失

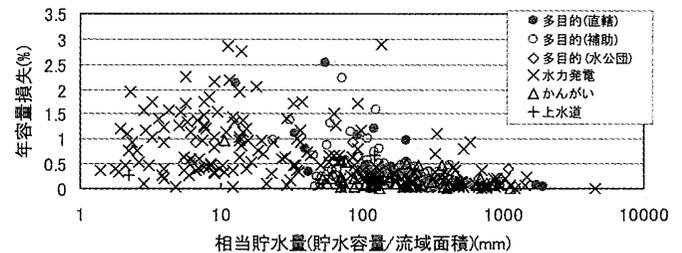


図-3 日本のダムにおける相当貯水量と年容量損失

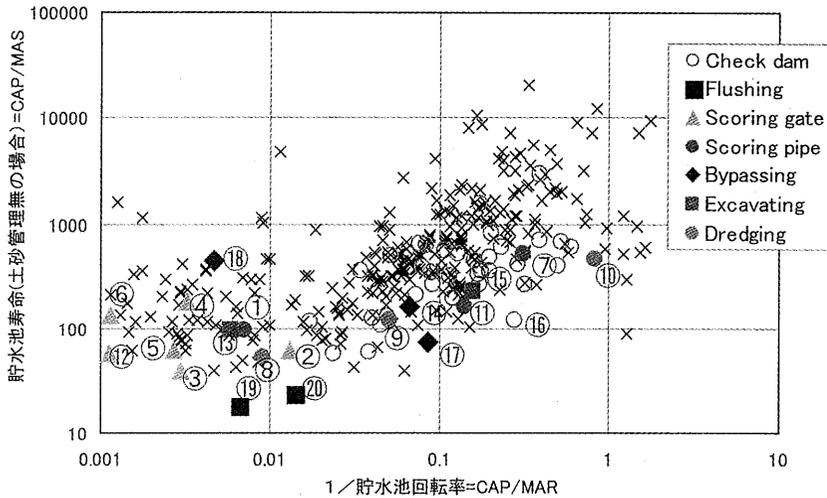


図-5 日本における貯水池土砂管理対策事例

1	大井	D, SP
2	千頭	SG
3	泰阜	SG, D, PF
4	笠原	SG, PF
5	大間	SG, PF
6	常盤	SG
7	三浦	SP
8	平岡	D, PF
9	佐久間	D
10	八久和	E, D
11	井川	SP, E, D, PF
12	山口	SG, PF
13	秋葉	E, D, PF
14	美和	B, E, D, CD
15	牧尾	E, D, CD
16	小浜	E, CD
17	松川	B, E, CD
18	旭	B
19	出し平	F
20	宇奈月	F
CD	貯砂ダム	
F	フラッシング排砂	
PF	洪水吐きフラッシング	
SG	排砂門	
SP	排砂管	
B	排砂バイパス	
E	陸上掘削	
D	浚渫	

3. 貯水池土砂管理戦略の考え方

3.1 ライフサイクルマネジメントの導入

日本の貯水池土砂管理は新たな時代を迎えている。伝統的な予防的対策（100年堆砂容量の確保、上流域対策）及び緊急避難的対策（貯水池内の浚渫・掘削など）に対して、土砂の流入と流出の均衡を図る積極的対策（排砂ゲートを用いたフラッシング排砂や排砂バイパスなど）が本格的に進められてきている。世界水フォーラムでは、持続可能性の目標として、

最低でも500年間、または堆砂の均衡達成のいずれかを想定すべきことが提案された。また、世界銀行は1999年からRESCON（Reservoir Conservation 貯水池保全）プロジェクトを開始している。ここでは、持続可能性や世代間の公平性を得るためのダムの再利用価値を、技術者のみならず政策決定者レベルで検討するための複数の実行可能な土砂管理方策（フラッシング排砂、掘削・浚渫など）の組合せについて、主に経済評価手法を用いて比較分析する手法を検討している。目標とするのは、予定寿命を有する直線的なアプローチではなく、循環型のライフサイクル管理アプローチ（図-4）であり、スリランカのケーススタディには日本も協力している。

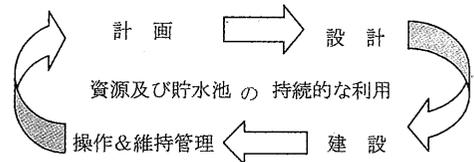


図-4 ライフサイクル管理アプローチ

3.2 貯水池土砂管理方策の選定 図-5に日本における貯水池土砂管理事例を、水および土砂の回転率のパラメータ（ $CAP/MAR = \text{総貯水池容量}/\text{年間総流入量}$ 、 $CAP/MAS = \text{総貯水池容量}/\text{年間総流入土砂量}$ ）で整理したものを示す。これを見ると、概ね、 CAP/MAR の増加（回転率の減少）に伴って、フラッシング排砂、排砂バイパス、貯砂ダム・掘削・浚渫の順に対策が変化していることがわかる。これは、選択可能な土砂管理対策が主に土砂輸送に使用可能な水量に大きく依存しているためである。ここで図-3との関連を考えると、日本の年間平均流出量を既往の知見を参考に1150mmと仮定すれば、相当容量50~1000mmは $CAP/MAR = 0.043 \sim 0.086$ に相当し、排砂バイパスなどが適合する領域に多くのダムが存在する。この領域の対策検討が今後のターゲットとなることが予想され、中国や台湾で実施されている「スルーシング（流入土砂をできる限り通過させるために、洪水期を中心に貯水位を低下させた状態で維持する）」の適用も含めて今後の研究開発が望まれる。

4. おわりに ダム貯水池は重要な国家的社会基盤であり、代替のきかない貴重な資源として大幅な延命・恒久的利用が求められる。世界の年間堆砂量は45億 km^3 と推定され、新規ダム建設に換算すれば年間約130億ドルの出資に相当し、既存施設の持続可能な管理は経済的にも極めて重要とされる。世界水フォーラム分科会では、このような認識のもと、技術者と政策決定者・市民・環境専門家の緊密な連携、さらには、国際的な連携のもと、この世代を超えた課題である貯水池土砂管理に速やかに取り組むべきことが確認された。日本には、土砂管理技術の開発はもとより、堆砂調査・全体計画策定・堆砂対策導入に関する国際貢献も期待されている。

キーワード：貯水池土砂管理、水資源持続的管理、排砂、世界水フォーラム