

堆砂対策に着目したダムにおける アセットマネジメントの適用性検討

A STUDY ON THE APPLICABILITY OF THE ASSET MANAGEMENT OF DAM
FOCUSED ON THE SEDIMENT MANAGEMENT MEASURES

小林 潔司¹・角 哲也²・森川 一郎³

Kiyoshi KOBAYASHI, Tetsuya SUMI and Ichiro MORIKAWA

¹正会員 工博 京都大学教授 大学院経営管理研究部/工学研究科(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂4)
²正会員 工博 京都大学准教授 大学院経営管理研究部/工学研究科(〒615-8540 京都市西京区京都大学桂4)
³正会員 工修 (独)水資源機構関西支社(〒540-0005 大阪府中央区上町A番 12 号)

In recent years, sediment management measures have been considered and, actually, taken for the dams facing heavy sediment inflow, where various sedimentation problems have emerged. At the same time, sedimentation for the other dams are also progressing steadily, so it could pose a intensive financial burden on stakes holder with investment on sediment measures in 40 or 50 years, especially for the dams built during the years of steep economic growth. In this paper, we clarified the problems with application of the asset management approach to this issue, and the importance of managing sediment regarding reservoir capacity as assets in order to sustain their function over a hundred year and to reduce life cycle cost, and to equalize maintenance costs.

Key Words: reservoir sedimentation management, asset management, life cycle cost

1. はじめに

近年, 中部地方をはじめとする土砂流入量の多いダムにおいて堆砂問題が顕在化し, 様々な堆砂対策が検討され実施されてきている。そして, 土砂流出がそれほど顕著でない水系のダムにおいても堆砂は着実に進行しており, 水需要の増大に対処するため高度成長期に建設された多くのダムにおいて, 今後 40~50 年には堆砂量が計画値に達し, 集中的な堆砂対策投資を余儀なくされることも想定される (図-1)。

わが国の社会資本全般については, 今後, 維持管理費用が急激に増大すると想定されており, 道路をはじめ, 多くの分野で社会資本のストックを「資産」(アセット)とみなし, 説明責任を果たしつつ効率的・効果的に運営・管理するためのアセットマネジメントの導入が始められている¹⁾。

しかし, ダムにおいては, 耐用年数の短い機械設備についてアセットマネジメントの導入が検討されているものの, アセットマネジメントの適用性や有効性が明らかになっていないのが現状である。

本研究は, ダムが 100 年以上にわたりその機能を果た

すとともに, 維持管理の負担を後の世代に集中させないために, 耐用年数, 機能等が異なる様々な構成要素からなるダムについて, アセットマネジメントを適用する際の課題を明らかにし, 建設, 管理, 更新にわたる費用の総和としてのライフサイクルコスト (LCC) の低減と維持管理費用の平準化を図ることを目的としている。

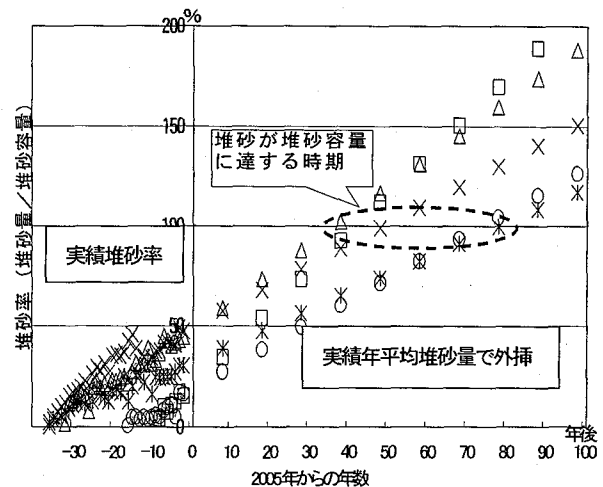


図-1 淀川水系水資源機構ダムの堆砂推移予測

2. ダムのアセットマネジメントの現状

(1) わが国の状況

社会資本ストックの増大に伴う維持管理費用の増大と財政難を背景に、舗装や橋梁、港湾、上下水道等の広い分野でアセットマネジメントの導入が試みられている。

その目的は、効率性向上のために、民間的な手法を導入し、ライフサイクルコストの低減と費用負担の平準化を図るとともに、維持管理費用の確保とサービス水準との関係を明らかにし、説明責任を果たすことであると考えられる。

ダムについても、耐用年数の短い機械設備等についてアセットマネジメントの適用が試みられ、また、水カダムの劣化診断や²⁾、ダムの維持管理費の実態調査³⁾が実施されている。しかし、ダム本体を含めたアセットマネジメントの全体像についてはまだ明確になっていない。これは、ダム本体が、特定することが困難なほど超長期の寿命を有しており、比較的新しいダムでは最適な補修計画を議論する必要性が一般的に低いとめと考えられる。

(2) 諸外国の状況

1980年代から、公的部門に民間企業の経営手法を幅広く取り入れようとするニュー・パブリック・マネジメント(NPM)の導入を行った諸国において、社会資本の管理のためにアセットマネジメントが実施されている⁴⁾。

水資源のような内政に関する責任を州が有するオーストラリアでは、1994年に州政府の協議会(Council of Australian Governments: COAG)が、水に関する改革に合意し、NSW州では2004年にダム・水路の建設・管理及び水供給を実施する部門を、20ダムを管理する州有企業State Waterとして州政府から分離した。

State Waterは、州政府のトータル・アセットマネジメント・ガイドラインに基づき、サービス水準の確保と費用の最小化を図るトータル・アセット・マネジメント・プラン(TAMP)を作成し、ダムのリスク評価を行うとともに、ライフサイクルマネジメントにより、毎年、5年及び30年の事業計画を立案し、水価格の根拠としている。しかし、200年を超える寿命を有し、標準的な劣化曲線のない主要施設に対し最適更新決定手法を適用することが困難であることも認めている⁴⁾。

米国では、2004年の大統領令(E013327)に基づき、連邦政府資産のアセットマネジメントを実施している。348貯水池を管理する内務省開拓局では、使命への貢献度でみた施設の優先順位、維持補修の繰延率(Facility Condition Index: FCI=繰延維持補修費/現在取替価値)でみた施設状態、維持管理費用等を指標とし、財務・業務管理システムや施設維持管理システムを構築している。しかし、重要なダムではFCIではなく、貯水池や操作の制限、安全勧告と対応状況、調査・監視・訓練の状況等を指標化した施設信頼性指標(Facility Reliability

Rating: FRR)で状態を評価している⁵⁾。

堆砂については、世界銀行が、持続可能なライフサイクル管理アプローチを目標とした、貯水池維持管理の実現可能性を評価するRESCONモデルを作成している⁶⁾。

3. ダムへのアセットマネジメント適用について

(1) 施設の区分とマネジメントの重点

インフラ資産(生活基盤資産)は、一般に、半永久的な使用を予定しており耐用年数が高いという特性を有している⁷⁾。ダムについても、最大の資産である本体は超長期の寿命を有すると考えられるが、本体の劣化は重大な結果を招くことから、信頼性の評価が重要となる。

また、通常の維持管理費は、金銅らの研究⁸⁾によると、「操作・制御設備関係」が20%強、「放流・取水設備関係」「営繕その他管理用諸設備関係」及び「貯水池対策関係」がそれぞれ10~15%程度と、耐用年数の比較的短い機械設備、電気設備等が維持管理費の中心であり、アセットマネジメントによるコスト縮減が期待される。

一方、堆砂については、計画上の堆砂容量として100年間の容量を定めている。しかし、適切な堆砂対策の実施による長寿命化は可能であり、ダムのライフサイクルコストを考える上で堆砂対策が重要となる。

以上のように、施設により、耐用年数の期間の長短とともに、マネジメントの重点が異なると考えられ、それらに応じて、アセットマネジメントを適用していく必要があると考える(表-1)。

表-1 更新期間による施設の区分とマネジメントの重点

更新期間	施設等	マネジメントの重点	備考
短期 数年~数十年	機械設備 電気設備 建築物	点検、整備、補修、 更新のトータル費用の低減	サービス水準向上 技術革新対応
長期 数十年~数百年	貯水池(堆砂)	長寿命化 ライフサイクルコストの低減	適切な対策をすれば 更新時期を延びる
超長期 (不明)	ダム堤体	点検 維持管理費用の低減 リスクアセスメント	適切な管理をすれば 更新が超長期不要となり 更新費用の現在価値が 評価できない
偶発的	貯水池水面 地すべり 地震対応等	点検 緊急時対応	一定レベルまでは 建設時に対応

(2) 意志決定レベルの区分

通常、資産を維持管理するサービス水準はニーズに応じて変更される。特に、超長期を対象とする場合には、ニーズの設定が課題となるが、意志決定レベルは表-2のように分けられると考える。

表-2 意志決定レベルによる区分

	政策決定レベル	実施主体レベル
主体	政府・公共団体等の政策決定部門	政府・公共団体等の実施部門 (水資源機構)
サービス水準	サービス水準の変更を伴う判断 新設、機能向上、廃棄の判断	政策に定められたサービス水準を確保 計画に定められた物の建設、維持管理
説明責任を果たす場	河川整備計画 水資源開発基本計画 政策評価	年次報告 評価委員会、事業評価 実施計画、維持管理計画 ユーザー説明等
主な評価尺度	政策の有効性	サービス水準確保の効率性

したがって、本研究において、実施部門である水資源機構が対象とするアセットマネジメントのサービス水準としては、計画等に定められたサービス水準を確保することとする。

4. アセットマネジメントの堆砂対策への適用

(1) 堆砂対策の状況

ダムの堆砂量は定期的な測量で把握されている。そして、通常、堆砂量の増大によりダムの機能に支障が生じる場合に堆砂対策が実施される。このため、大規模な堆砂対策は土砂流入に対する災害復旧、容量確保のための再開発等として実施されることが多い。支障の発生していないダムでは測量を実施しているのみである。

しかし、大規模な堆砂対策では、一般に土捨場の確保が課題となり、土砂の有効活用や河川の掃流力の利用によるコストの縮減が求められる。

また、環境の面からも、ダムによる土砂の連続性遮断が河川及び海岸・海洋に与える影響が問題となっており、土砂の下流還元が試みられているところである。しかし、環境上必要な下流還元量や、下流還元を実施することによる環境上の便益を評価するには至っていない。

このため、堆砂対策にアセットマネジメントを適用し、費用の面からも継続的に堆砂対策を実施することが有利となるケースを明らかにすることによって、ライフサイクルコストの縮減と併せてダムによる環境影響の軽減を図ることが可能になると考える。

(2) 堆砂対策費用

長野県西部地震（1984）により大規模な土砂が流入した牧尾ダムでは、延べ9ヶ年、約300億円の総事業費で、約548万 m^3 の堆砂を除去する堆砂対策を実施した⁹⁾。

a) 仮に1 m^3 あたりの事業費を牧尾ダムと同一と仮定すると、木津川ダム群の堆砂容量分（各ダム190～760万 m^3 ）の土砂を一括して除去するためには、各ダム約100～400億円の事業費が必要となる。

b) 都市近郊のダムのように、ダム近傍に土捨場が確保できない場合に、最大、海まで運搬するコストが発生すると仮定すると、大矢ら¹⁰⁾による運搬距離 L (km) に対する単位体積あたりの土処理コストから式(1)で表せる。

$$C = p \cdot L + q \quad (1)$$

ここに、 C : 土砂処理コスト、大矢らの研究より、 $p = 75$ 円/ m^3 /km、 $q = 3,000$ 円/ m^3 とする。木津川上流ダムから大阪湾まで、おおむね $L = 100$ km であることから、各ダムの堆砂容量分の一括処理費用は、約200～800億円と増大する。

これは、100年間の単純平均でみると、各ダム、a) の場合1～4億円/年、b) の場合2～8億円/年となる。

今後50年後に必要となる対策のために毎年積み立て

ると考えると、毎年の必要額は式(2)で表せる。

$$C_r = C_i \cdot r / \{(1 + r)^n - 1\} \quad (2)$$

ここに、 C_r : 毎年必要額、 C_i : 対策事業費、割引率 $r = 0.04$ 、積立期間 $n = 50$ 年である。

a) の場合、0.7～2.7億円/年、b) の場合、1.3～5.2億円/年となる。

一方で、現状のダムの維持管理費用は、金銅らの研究⁸⁾によると、年間維持管理費用の大きさは調査対象ダムの平均で約3億円強であり、その20%強を占める「操作・制御設備関係」の割合が最も高いとされている。したがって、100年以上ダムを機能させることを前提とすると、堆砂対策費用の割合がこれを上回る可能性がある。

現在維持管理費用の中心となっている電気設備関係、機械設備関係だけでなく、堆砂対策についてアセットマネジメントを適用することが重要となる。

(3) 資産管理上の位置づけ

では、アセットマネジメント適用にあたり、貯水池容量や堆砂は資産管理上どのような扱いであるのか。

ダム本体は、構築物である固定資産として耐用年数を基に減価償却され、現在価値を把握されている。管理所等の建築物、機械設備、電気設備等も同様に資産額の現在評価がなされている。これは、公営企業である水道ダム、電気事業である水力発電ダムも同様であり、減価償却により、投資と料金収入の比較が可能となっている。

水資源機構は、料金収入制度ではないが、固定資産税の評価、事業体としての財政の健全性の評価等のために、資産の現在価値の評価を行い、財務諸表を公表している。

しかし、貯水池容量は固定資産ではないため、堆砂に伴う損失は財務会計上で把握することはできない。貯水池の測量を実施することにより堆砂量を把握し、公表しているが、堆砂対策として浚渫・掘削等を実施しないかぎり費用としては意識されない。このため、堆砂が進行してから対策の必要性や費用が意識されることとなり、次世代に負担を集中させる原因ともなる。

したがって、貯水池容量は会計上の資産ではないが、資産ととらえて、堆砂対策をサービス水準確保にかかる費用として意識し、LCCの低減と世代間の衡平を図ることが必要であると考ええる。

(4) 堆砂対策のシナリオ

100年を超える超長期にわたりダムを機能させることを前提に、その方策を単純化させると、無対策でサービス水準に支障が生じるようになってから、流入土砂均衡対策を実施する（シナリオ1）、無対策でサービス水準に支障が生じるようになってから大規模回復策により当初計画の100年堆砂容量を確保する（シナリオ2）、そして、当初から土砂堆積抑制策を行うことにより、大規

横な回復策の回数を減らす（シナリオ3）が考えられる（図-2）。

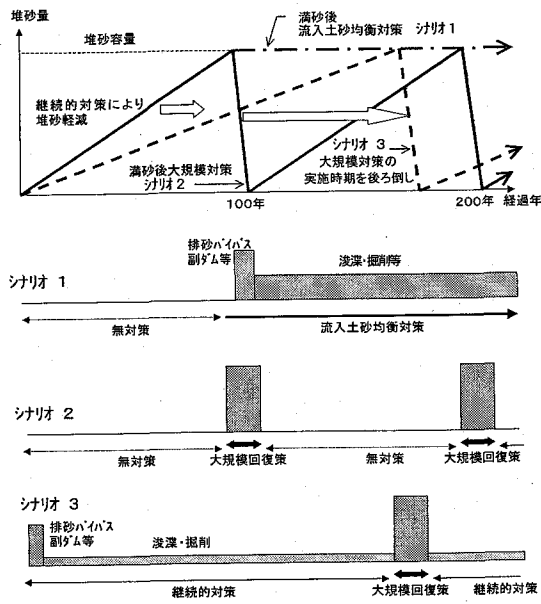


図-2 堆砂対策のシナリオと費用のイメージ

継続的対策では、河川の掃流力を利用し下流還元することにより、ダムによる土砂遮断の軽減を図ることが可能であり、客土、骨材等に土砂を有効活用するための需給調整が容易となる。一方、大規模回復策を実施するためには、大規模な土捨て場や運搬手段が必要となり、コストで評価できない環境への影響が課題となる（表-3）。

表-3 継続的対策と大規模回復策の比較

	継続的対策	大規模回復策
運搬・土捨	河川の掃流力の利用が可能	大規模な土捨て場・運搬手段が必要
環境影響	下流還元による土砂遮断の軽減が可能	土捨て場・運搬路の環境影響が課題
有効活用	資源としての有効活用が容易	資源としての有効活用が困難

土砂流入量が少ないダムや河川の水量が多く土砂流入排出均衡対策が容易なダムではシナリオ1が、土砂処分場の確保や運搬が容易なダムではシナリオ2が有力となる。しかし、ダムの設置により掃流力が低下することとあわせ、淀川水系のようにダム周辺地域も市街化し、土砂処分や運搬が困難な地域のダムでは、堆砂抑制策により、大規模回復策をできるだけ後ろ倒しして、その回数を減らすシナリオ3を基に、対策の組合せと実施時期を検討することが必要となる。

また、シナリオ3は、初期投資の有無及び時期実施、継続対策の有無及び実施開始時期を変更することにより、シナリオ1及び2にもなる。したがって、計画堆砂量の100年という期間を超えることを前提とした場合の一般化した投資シナリオでもある。

通常、ライフサイクルコストを考える場合は廃棄費用までを考慮するが、200年を超えるような将来の投資は、

通常の割引率4%を基にした現在価値がほぼゼロとなり評価することはできない。

したがって、超長期にわたり機能を果たさせることを前提とすると、ライフサイクルコストは式(3)で表すことができる。

$$LCC = \sum C_i + \sum C_m + \sum C_r \quad (3)$$

ここに、LCC：堆砂対策のライフサイクルコスト、 C_i ：初期投資、 C_m ：継続的対策費用、 C_r ：大規模回復策費用のそれぞれを現在価値化したものである。これにより、堆砂対策は道路や橋梁等にみられる施設の更新（旧施設の廃棄と新設）ではないが、大規模回復策を他の施設の更新と類似する形でLCCを表すことができる。

5. まとめ

本研究は、近年公共施設に適用されつつあるアセットマネジメントをダムに適用するための課題を明らかにするとともに、ダムの長寿命化を図るためには、貯水池容量を資産として認識し、アセットマネジメントを実施していくことにより、計画的に投資費用を確保し、維持管理を実施していくことが重要であることを明らかにしたものである。今後の課題としては下記のとおりである。

- ・ダムのアセットマネジメントの全体像の検討
- ・継続的対策の制約と費用設定手法
- ・大規模回復策の設定手法
- ・土砂有効利用量の設定手法
- ・環境影響の評価

参考文献

- 1) 土木学会編：アセットマネジメント導入への挑戦，技報堂出版，2005。
- 2) 片岡，梅崎，木村：関西電力における水力土木設備劣化診断の運用，電力土木，No. 322，pp. 23-27，2006。
- 3) 金銅，川崎：ダムの維持管理コストとライフサイクルマネジメント：土木技術資料，45-6，pp. 46-51，2003。
- 4) State Water Corporation：TOTAL ASSET MANAGEMENT PLAN tamp2004，2004。
- 5) 前田，他：第13回海外研修報告<アメリカのダム施設管理等>，ダム技術，No. 235，pp. 24-27，2006。
- 6) The World Bank: Reservoir Conservation Volume I The RESCON Approach, 2003.
- 7) 筆谷勇，他：公会計原論，東京リーガルマインド，2004。
- 8) 金銅，谷田，川崎：ダムの維持管理コスト，ダム技術，No. 204，pp. 52-53，2003。
- 9) 愛知用水総合事業部：愛知用水二期事業の牧尾ダム堆砂対策について，水とともに，No. 41，pp. 4-7，2007。
- 10) 大矢，角，嘉門：ダム堆砂リサイクルのコスト分析とPFIによる事業化検討，ダム工学，Vol. 13，No. 2，pp. 90-106，2003。

(2007.4.5受付)