

2章 ダムの維持管理コスト

「ストック・メンテナンスの時代」といわれる21世紀にあつて、ダムに関しても、高度経済成長期を通じて急速に整備が進められてきたストックを貴重な資産として有効に活用し、良質なものとして後世に引き継いでいくための技術が極めて重要なものとなっている。

国土交通省が平成13年7月に公表した『新しい時代のダム管理のあり方』においても、「管理ダム数の増加および供用期間の経過とともに確実なメンテナンス技術や基準の整備の必要性が高まっている」と指摘した上で、点検・検査体制や管理基準の一層の充実とともに、コスト管理面においても、計画的な維持管理投資を行うことにより、長期的なダムの維持管理コストの低減を図っていくことの重要性を強調している。

この命題に答えるには、ダムの維持管理コストを抑える各種の技術開発とともに、長期的な視点から各種施設の補修工事や設備更新の実施箇所やタイミングを適切に選定し、計画的で効率的な維持管理投資を実現していく、いわゆるライフサイクルマネジメントの考え方が不可欠となる。

そこで、ダムのライフサイクルマネジメントを考える上で必要となる基礎的情報として、ダムの維持管理コストの実態を明らかにするため、全国の直轄・公団管理ダムを対象とした調査を実施した。本稿ではその結果を紹介するとともに、これをもとにダムの維持管理コストの発生特性等に関する分析について併せて述べることとする。

2-1. ダムの維持管理投資の現状

全国調査の結果をみる前に、わが国の管理ダムの現状およびダムの維持管理投資の状況を眺めておきたい。なお、本稿で取り扱う「ダム」とは、『河川管理施設等構造令』に規定されるダムとし、堤高15m未満のものやいわゆる砂防ダムは含まない。

図2-1-1にわが国における現在の管理ダムの構成、図2-1-2に戦後の管理ダム数の推移をそれぞれ示す。図2-1-1によれば、国土交通省が所管する管理ダムは、ダム数では2割弱であるが有効貯水容量では5割を超え、大規模なダムが多いことがわかる。また、図2-1-2によれば管理ダム数は年々増え続けていることがわかる。これまでに国内のダムの総数は3,000近くに達し、うち国土交通省が所管するダム(河川総合開発事業のダム)は約500ダム(20年前の約2倍の水準)となっている。

では、このような管理ダム数の増

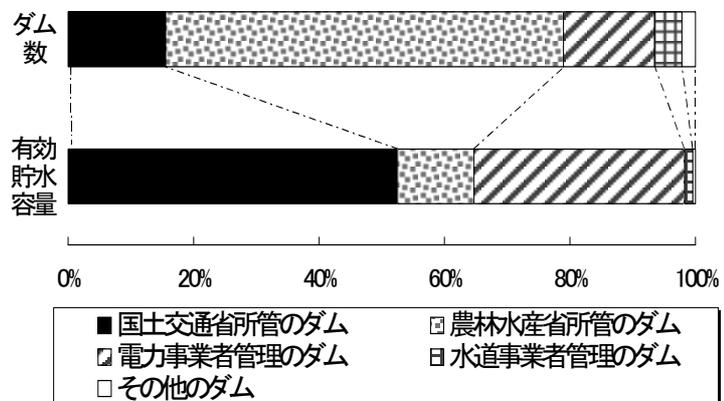


図 2-1-1 国内の管理ダムの状況 ¹⁾をもとに作成

加に対して維持管理に対する投資額はどうなっているかを見るために、戦後の国土交通省所管のダム事業（河川総合開発事業）の投資額の推移を図 2-1-3 に示す。なお、同図における金額は物価変動の影響を考慮し、建設デフレーター（河川総合開発）を用いて平成 13 年度（2001 年度）価格に換算したものである（以下、本稿における過年度のデータ（金額）については全て同様の換算を行っている）。

図 2-1-3 より、新規のダム建設に対する投資額は 1980 年代末ごろをピークに減少傾向にあるのに対し、維持管理に対する投資額の割合は年々増え続けていることがわかる。また、全投資額に対する維持管理投資の割合は現在全体の 20% 近くに達している。これは 10 年前の約 2 倍、20 年前の約 4 倍の水準である。

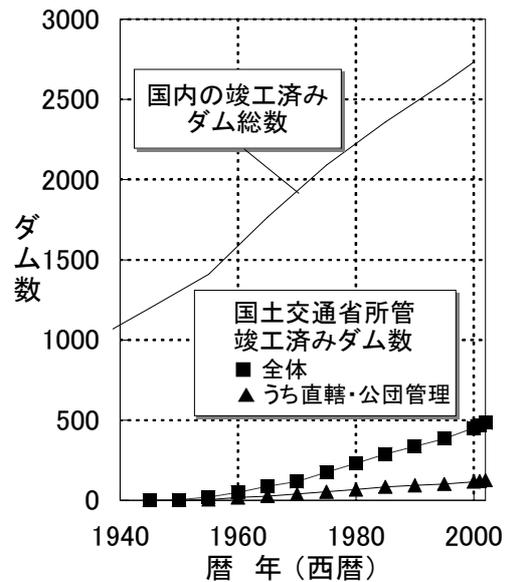


図 2-1-2 管理ダム数の推移 ^{1) 2)}をもとに作

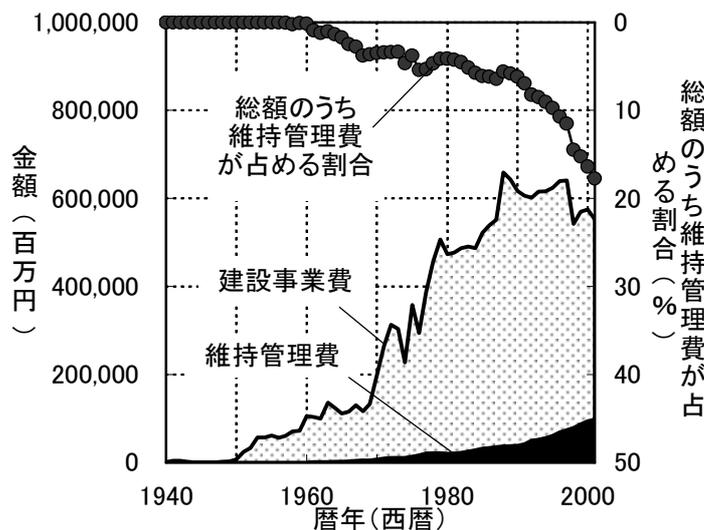


図 2-1-3 国土交通省所管ダム事業（河川総合開発事業）による年間投資額の推移 ²⁾をもとに作成

2-2. ダムの維持管理費に関する調査

1) 調査の概要

ダムの維持管理費に関する調査は、平成 13 年度末時点で管理中の国土交通省（北海道開発局および各地整備局）、内閣府（沖縄総合事務局）および水資源開発公団のダムを対象として実施し、計 98 ダムから回答を得た。調査対象ダムの母集団としての特性を見るために、供用年数、ダム規模（堤高）についての内訳をそれぞれ図 2-2-1 および図 2-2-2 に示す。なお、ダム形式別にみた内訳は、重力ダム 59%、アーチダム 16%、ロックフィルダム 16%、その他 9%であった。

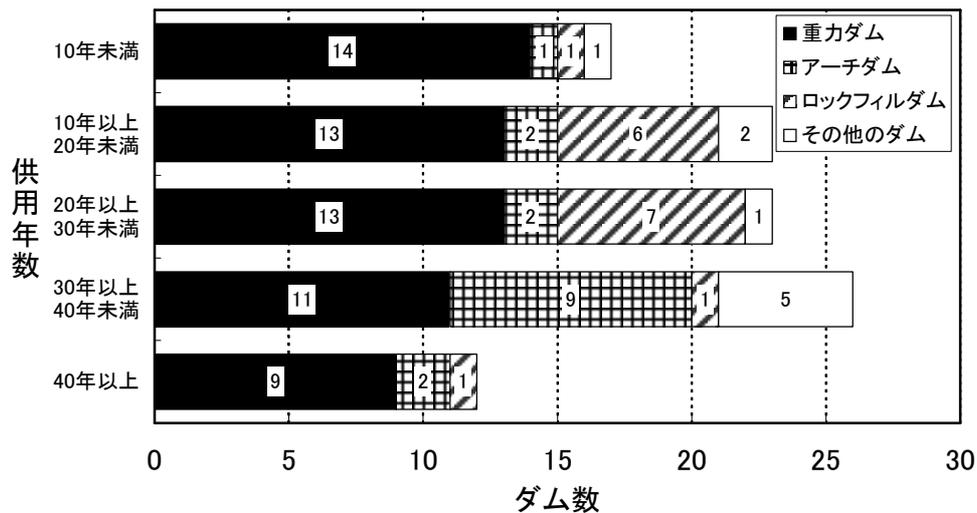


図 2-2-1 調査対象ダム内訳(供用年数別)

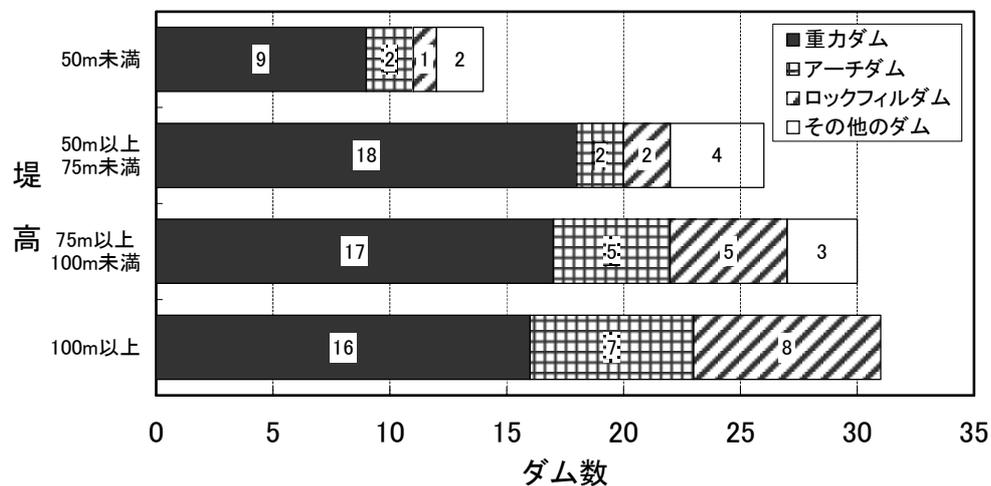


図 2-2-2 調査対象ダム内訳(堤高別)

また、調査項目は表 2-2-1 のとおりである。今回の調査では大きく分けて、①年間維持管理費の構成と②年間維持管理費の経年変化の2点について尋ねている。そのねらいは、①についてはコスト管理上、今後特に重点的に検討すべき費用を抽出することであり、②については発生コストの将来予測を行うための基礎データを得ることである。

なお、②の調査では、経年的な発生費用を一般管理費に相当する費用と維持補修費に相当する費用に区分して調べた。これは前者がおもにいわゆるランニングコストに相当する定常的費用にあたるのに対し、後者は補修工事や設備更新などの必要に応じて支出される一時的または周期的な費用を主体とするものであり、両方で発生傾向が異なると思われることから、コスト分析上区分して把握おく必要があると考えたためである。

表 2-2-1 調査項目

調査項目		回答の対象となる内容
①年間維持管理費の構成*	ダム全体に係る点検・調査等	定期点検、総合評価、堤体挙動解析等、ダム全体の状況把握のための調査等の費用
	ダム堤体関係	堤体上下流面、天端、監査廊等、ダム本体に係る費用
	堤体付属構造物・設備関係	減勢工、天端橋梁、照明、エレベータ、排水装置、水位計等に係る費用
	放流設備・取水設備関係	常用・非常用放流設備、取水設備、導水設備等に係る費用
	操作・制御設備関係	放流制御装置(ダムコン)、放流設備操作盤、放流警報装置、監視装置(CCTV,ITV)、電源装置等に係る費用
	安全管理用計測設備関係	堤体変位、漏水量、揚圧力等の各種堤体挙動計測装置、地震観測装置等に係る費用
	水文観測設備関係	雨量、水位等の気象・水文情報の観測・予測装置(情報端末を含む)に係る費用
	営繕その他管理用設備関係	管理所、宿舎、広報施設、船舶、車両、流木対策、管理用道路等に係る費用
	貯水池対策関係	流入土砂対策(堆砂測量を含む)、水質管理、法面保護、除草・伐採等に係る費用
	自然環境調査関係	「河川水辺の国勢調査」ほか各種自然環境調査に係る費用
その他	管理補助業務委託等の人件費、電力費、燃料費等	
②年間維持管理費の経年変化	年間維持管理費の経年変化	供用開始時からの年間維持管理費の経年変化 (一般管理費、維持補修費、災害復旧費等の別に調査)
	これまでの特に大きな発生費用	大規模な補修や設備更新、改修工事、災害復旧工事等、特に大きな費用発生の時期と内容等

*「①年間維持管理費の構成」については平成13年度実績を対象としている。

2) 調査結果とその分析

(1) 維持管理コストの大きさと構成

各ダムからの回答をもとに平成13年度の年間維持管理費の大きさとその構成(内訳)について、ダム形式および供用年数別に集計した結果を図2-2-3に示す。

図2-3-3より、①維持管理コストの大きさ ②維持管理コストの構成 についてそれぞれ以下のような特徴が読みとれる。

① 維持管理コストの大きさ

まず、調査対象ダム全体の平均として、1ダムあたり年間総額約3.4億円の維持管理コストがかかっていることがわかる。ダム規模や管理設備構成の違いがあるため、必ずしも単純な比較はできないものの、供用年数別にみた場合、比較的多くのデータが得られた供用年数10年未満のダム～供用年数30年以上40年未満のダムでは、供用年数が長いほど大きくなる傾向にある。比較的古いダム

では、管理開始後間もないダムではほとんど必要がない補修工事や設備更新のほか、ダム管理の高度化やニーズの変化に応じた機能向上のための改良工事が行われていることが原因として考えられる。

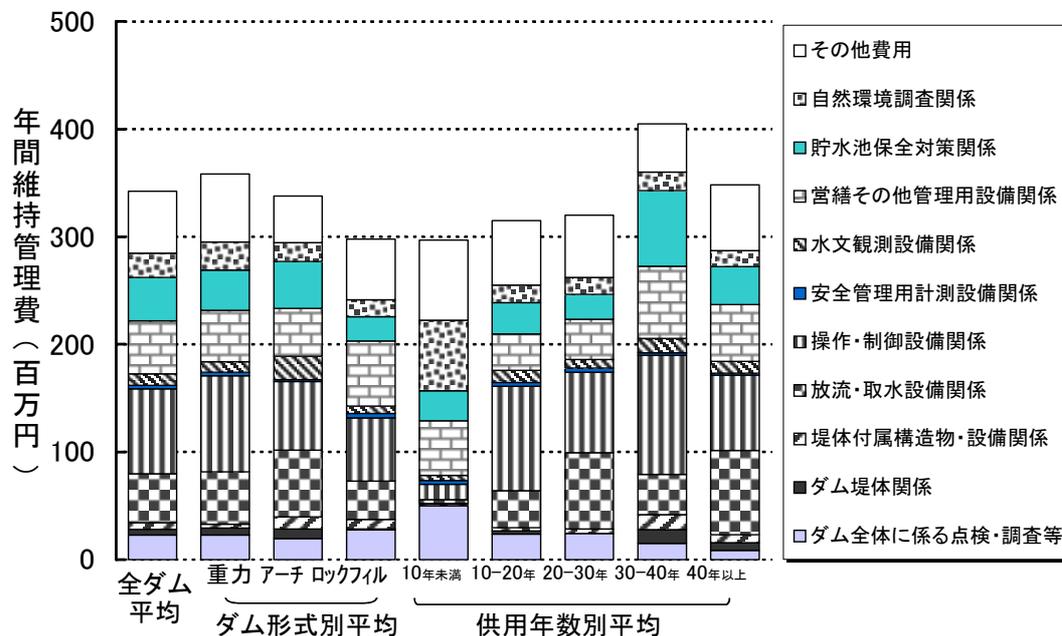


図 2-2-3 ダムの年間維持管理コストの大きさ（平成 13 年度実績）

②維持管理コストの構成

全般的に年間維持管理費用全体に占める割合が最も高いのは、「操作・制御設備関係」のコストである。大きな設備更新等がまだ行われていないとみられる供用年数 10 年未満のダムを除いて年間維持管理費用全体の 20%強を占めている。次いで大きな割合を占めるのが「放流設備・取水設備関係」、「営繕その他管理用諸設備関係」、および「貯水池対策関係」のコスト(それぞれ年間維持管理費用全体の 10~15%程度)である。また、「その他」に計上されてはいるが、人件費や電力費などもランニングコストとして重要なものである。一方、ダム本体(堤体)自体のメンテナンス費用は、付属構造物(放流設備は除く)を含めても全体に占める割合は比較的小さい。供用年数別では、10 年未満のダムでは「操作・制御設備」や「放流設備・取水設備等」に係る費用の割合は 10 年以上のダムに比べて明らかに小さい。逆にいえば、これらの設備の補修や更新が供用開始後 10 年を越えた頃から発生してくることを示している。

以上、維持管理コストの大きさや構成についておおよその特徴が明らかになったが、このうち特に年間維持管理費用全体に大きな割合を占めるなど、重点的な分析が必要と思われるものについては加えてやや詳しい分析を行ったのでその結果を次に述べる。

a. 「放流設備・取水設備関係」のコスト

図 2-2-3 に示したように、維持管理費全体のうち、放流設備・取水設備関係の費用は年間維持管理費総額の中でも大きな割合を占めるもののひとつであり、その全ダム平均額は年間 5,000 万円弱であった。これを供用年数別で見ると、10 年未満のダムで 300 万円程度と小さいものの、10 年以上のダムで

は3,000～8000万円程度に上っている。

図2-2-4にこの放流設備・取水設備関係コストの支出目的別にみた発生額の内訳(補修、塗装、改良・増設の別)を示す。

複数目的での発生費用等その内訳を特定できないものも多いが、補修(修理や部品交換など)や塗装(塗り替え)といった設備の機能維持あるいは回復のためだけでなく、設備改良や増設のためにも一定の投資が行われていることがわかる。

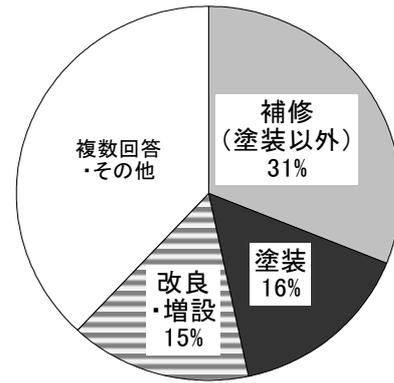


図2-2-4 「放流設備・取水設備関係」費用内訳

b. 「操作・制御設備関係」のコスト

今回の調査で維持管理費全体に占める割合が最も大きかったのは「操作・制御設備関係」のコスト(放流制御装置(いわゆるダムコン)、操作盤、放流警報装置、監視装置、電源装置などに要した費用を計上)であり、全ダム平均額は年間約8,000万円であった。これを供用年数別にみると、10年未満のダムで約1,000万円と小さいものの、10年以上のダムでは7,000万円～1.1億円程度に上っている。

その各設備・機器別の内訳を調べた結果を図2-2-5に示す。複数回答で機器別内訳が分離できないものを除くと、最も大きなものは「放流制御装置」(ダムコン)に係る費用で、調査ダム全体の「操作・制御設備」に係る費用の約1/3を占めている。これは管理ダムの年間維持管理費用全体額の1割弱に相当する。

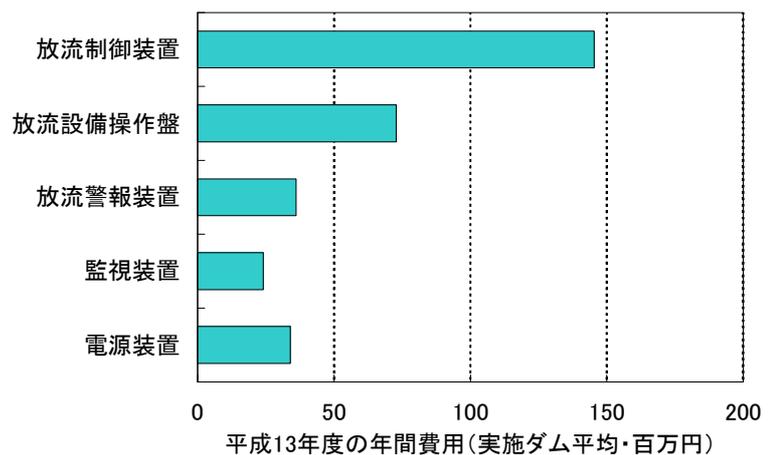


図2-2-5 「操作・制御設備関係」費用内訳

一方、「操作・制御設備」に要した費用をその支出目的(修理、更新(入替え)、新設・増設、改良等)別に調べた結果では、全体の約半分が更新、1/4が新設・増設のための費用であり、修理費用は数%程度であった。「操作・制御設備」の維持管理においては、機械設備のような従来品の修理や補修による長期供用ではなく、ダムコンの入替えに代表されるように更新や購入が主体となっていることがわかる。なお、例えばダムコンでは、経年化による補修部品の入手困難化等を契機として従来設備の更新が行われることが多いが、その際、従来設備より高い機能が付加されるケースが多いため、更新費用は機能向上のための投資分も含んだコストとなる。機械設備の修理や部品交換のように経年使用に伴う故障や機能低下分の回復を目的とした投資とはやや意味合いが異なる。

なお、平成13年度に「操作・制御設備」の設備更新を実施したダムを対象に設備・機器別にその更新費の平均費用を求めた。結果は図2-2-6のとおりで、ダムコン更新時の平均費用は1.5億円程度となっている。

c. 「貯水池対策関係」の費用

ダム本体とは別に、ダムの管理上重要な要素となるのが貯水池対策関係のコストである。平成 13 年度の年間維持管理費におけるその内訳を図 2-2-7 に示す。同図によれば、堆砂対策、水質対策、法面保護に要するコストが大きいことがわかる。なお、ここで計上されている堆砂対策の費用は、平成 13 年度に構造物(貯砂ダム等)の工事を実施したダムに限られていたため、大部分が堆砂測量に伴うものである。

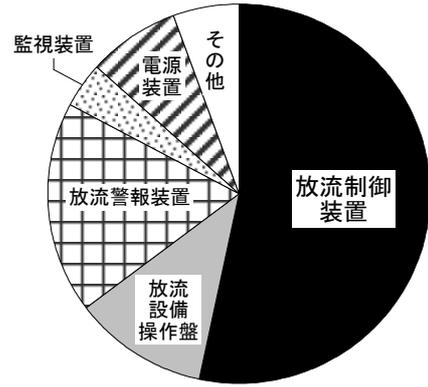


図 2-2-6 「操作・制御設備」の更新費用

(2)維持管理費の経年変化

今回の調査では、各ダムの管理開始以降の毎年の維持管理費の推移についても調べた。事例としてある直轄管理ダムでの実績を図 2-2-8 に示す。横軸は供用年数、縦軸は各費目別維持管理の年間費用である。大規模な補修工事や近年整備が進んでいる光ケーブル設備等の設備増強、また定期的なダムコンの更新等が実施された年度については、一時的な維持補修費の増加により維持管理費全体額が押し上げられている。

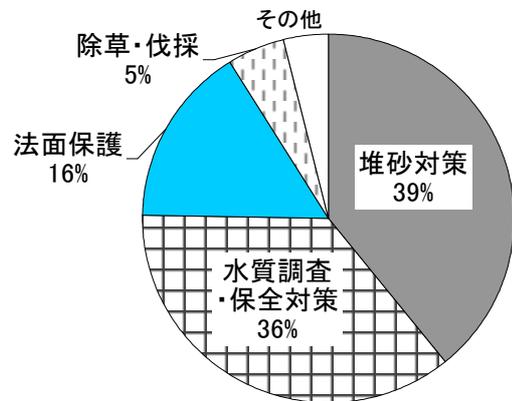


図 2-2-7 「貯水池対策関係」費用内訳

なお、図 2-2-8 に示した事例を含む多数の調査ダムについてのデータを調べた結果、一般管理費は管理開始当初から一定の支出があり、その後少しずつ増加傾向にあるのに対し、維持補修費は管理開始当初は一般管理費に比べて小さいものの、以降増減を繰り返しながら長期的には明らかに増大する傾向がみられた。また、短期的な変動(年変動)にみると、一般管理費は年変動が小さいのに対して、維持補修費は必要に応じて支出される費用であることから容易に推測されるように非常に年変動が大きいことがわかった。

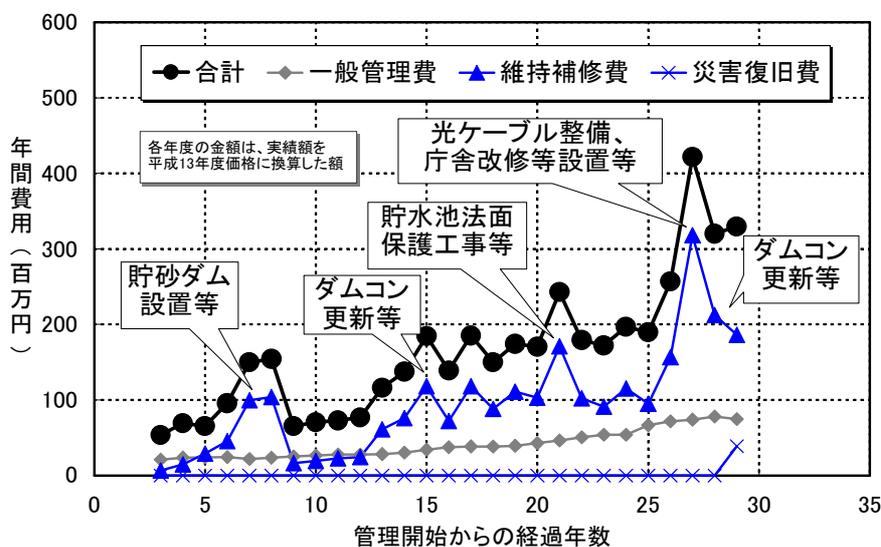


図 2-2-8 年間維持管理費の推移(あるダムの事例)

次に、調査対象ダム全体としての維持管理費の経年変化傾向をみるため、各ダムのデータを集計して一般管理費と維持補修費の別にそれぞれ示したものが図 2-2-9 および図 2-2-10 である。なお、これまでの分析から供用年数の違いにより維持管理コストの発生动向が異なると考えられるため、両図では、全調査対象ダムを供用年数別にグループ化した上で、供用開始時からの経過年数ごとに支出された費用を同一グループのダムについての平均値として求めた結果を示している。

まず、一般管理費について示した図 2-2-9 によれば、一般管理費が高くなっているダムは供用年数の短いダム(比較的最近建設されたダム)に多いことがわかる。これは、近年のダム管理の高度化に伴う各種管理設備の充実が一因と考えられる。また、年間一般管理費の大きさ(額)についてその経年変化をみると、管理開始からの年数に対して長期的にはどの供用年数のダムもほぼ一定の割合で増大傾向にあることがわかる。定常的コストに相当する一般管理費は、管理すべき施設や設備が不変であればほぼ一定額で推移するものと考えられるが、ここでの結果が増加傾向を示しているのは、初期につくられたダムを含め、その後の情勢に応じて少しずつ管理設備の増強やそれに伴う管理体制や点検整備の充実が図られてきたことを反映した結果とも考えられる。

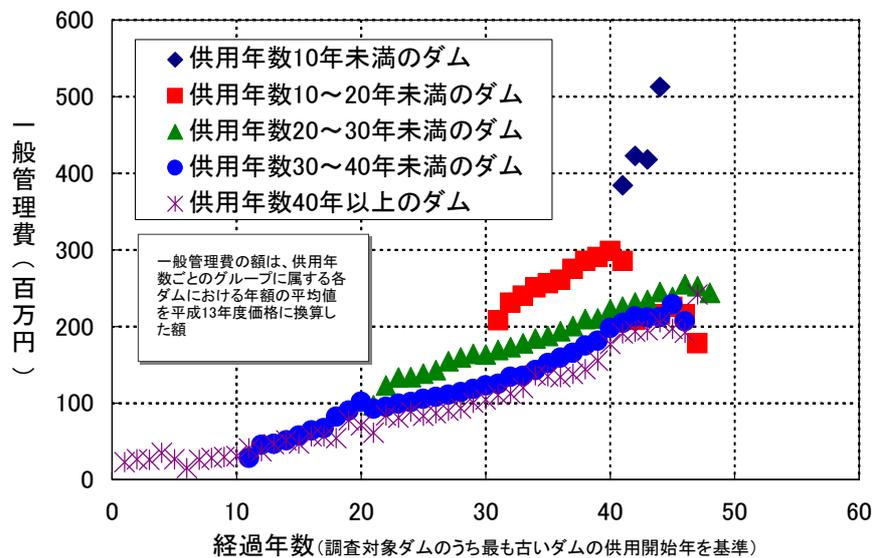


図 2-2-9 年間一般管理費の経年変化

一方、維持補修費について示した図 2-2-10 をみると、まず、供用年数の短いダム(10 年未満のダム)では、維持補修費が小さいことがわかる。また、長期的な変動としては全体的に増加傾向にあることが明らかである。これは、供用年数の増加に伴い補修工事など従前の施設機能を回復するために必要となる費用が次第に増加してきていることのほか、管理設備の増強や改良によるダムの機能向上を目的とした投資が行われていることも要因と考えられる。

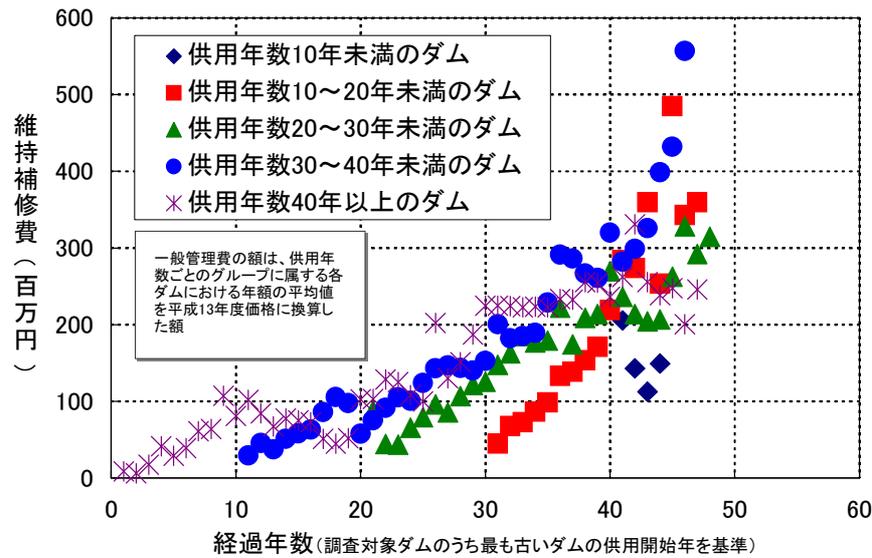


図 2-2-10 年間維持補修費の経年変化

2-3. ダムのライフサイクルマネジメントに向けて

1) ダムの維持管理コストの発生特性

ここまで、全国調査結果をもとにダムの維持管理コストの実態について述べた。しかし、実際のダム管理に長期的な維持管理計画に基づくライフサイクルマネジメントの考え方を導入するには、将来の発生コストの予測・評価が欠かせない。この点に関し、現時点ではその具体的手法を示すには至らないものの、これまでの分析結果を踏まえれば、ダムの維持管理コストはその発生特性に応じ、表 2-3-1 に示すとおり、①定常的コスト、②周期的コスト、③随時的コストおよび④偶発的コストに分けて捉えることが合理的と考えられる。なお、そのイメージを図 2-3-1 に示す。

このような考え方をもとにしてその発生特性を踏まえた維持管理コストの発生予測モデルが構築できれば、ダムのライフサイクルコストの試算結果をもとにコスト面から定量的に長期的な維持管理計画を評価することができ、非常に有用な情報となろう。

表 2-3-1 発生特性に応じたダムの維持管理コストの分類

区分	発生特性	該当する費用の例	特徴等
① 定常的 費用	毎年定常的に発生する費用	<ul style="list-style-type: none"> ・人件費 ・電力費 ・燃料費 ・各種の定期的な点検、調査等の費用 ・その他の日常的な維持費用 など、おもに一般管理費に該当する費用	<ul style="list-style-type: none"> ・基本的にはほぼ一定額と考えられる。(ただし、やや増加傾向が見られるダムも多い。管理体制や設備の充実が一因と考えられる。) ・年変動は小さい。 ・将来の予測は比較的容易。

② 周期的 費用	一定の期間ごとに発生する費用	維持補修費に該当する費用のうち ・ゲート塗装費用 ・ダムコン更新費用 など	<ul style="list-style-type: none"> ・何年かのごとにはほぼ定期的に発生。 (ただし、その発生周期や発生額は、施設・設備の劣化度合いなどにより影響を受ける。) ・次回の実施時期や費用が概ね予測可能。
③ 随時的 費用	必要に応じて随時発生する費用	維持補修費に該当する費用のうち「周期的コスト」以外のもので、 ・堤体補修費 ・機械設備補修費 ・新たな管理設備の増設費用 など	<ul style="list-style-type: none"> ・補修や更新が必要な損傷や機能低下の発生した場合に必要となる。 ・機能向上を目的とした費用も含まれる。 ・個々の施設、設備ごとの発生時期や費用の予測は容易ではないが、従前の検査結果や実績を踏まえた一般的傾向などからある程度は可能。 ・年変動が大きいですが、巨視的にみると供用年数の増加とともに増大傾向にある。
④ 偶発的 費用	事前に予測できない事象により発生する費用	災害復旧費用 など	<ul style="list-style-type: none"> ・偶発的に発生するため発生時期、費用とも予測不可能。 ・計画上考慮するには確率的評価が必要

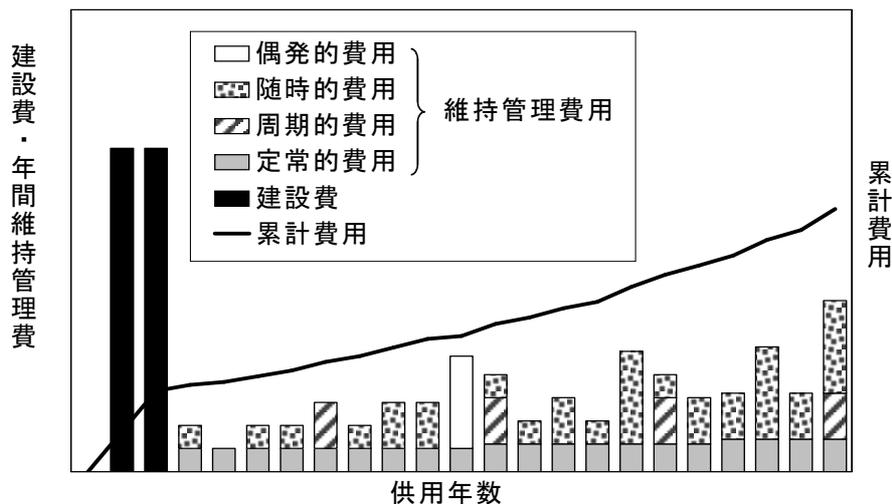


図 2-3-1 各種費用の発生特性を考慮し維持管理コストのモデル化の一例

2) これからのダムの維持管理

これまで、ダムの維持管理コストについて分析してきた。では、その特性を踏まえたダムのライフサイクルマネジメントとは、実際にはどのようなものであろうか。その具体的方法論は今後の検討課題であるが、現時点の知見から想定されるイメージとしてはおよそ以下のようなものではないだろうか。

① 現状把握のための検査

まず第一は、定期的、また必要に応じて当該ダムの各種施設・設備の状態を検査し、その結果により、損傷や劣化などによる機能低下の程度を様々な観点から評価することである。その際、他のダムとの比較や当該ダムにおける点検結果の経年的な動向から対策の優先度や緊急度を判断できるよう、基本的な検査は可能な限り共通の手法で行われること、またその結果は可能な限り共通の尺度で定量的に

評価されることが望ましい。なお、必要に応じて専門家の助言を求めることも重要であろう。具体的には、現在すでに実施されているダム の 定期検査や総合評価などの活用が考えられる。

② 維持管理計画の立案

次の段階は、対策の優先度や適切な実施時期を明らかにすることである。①の評価結果に基づき、必要と思われる補修や設備更新等を含む維持管理計画の代替案を作成する。

③ 比較・分析

作成された維持管理計画の各代替案に基づき、長期的な発生コストを試算する。また、可能であれば当該計画に基づく対策を行った場合の効果についても予測する。そして、これらの結果をもとに、その時点で最適と思われる維持管理計画を選定する。なお、その際、さまざまに機能が異なる各種施設・設備間の関連づけをどのように考えるかが大きな問題となろう。

④ 対策の実施

以上の結果を踏まえ、予算その他の制約条件を勘案して適切な資源配分を行うことにより、各ダムにおいて適切な維持管理投資が実施されるものと期待される。なお、その後のダム の 状態の検査結果やダム管理に対するニーズの変化や技術基準の改定、また技術開発の動向などが維持管理計画に絶えずフィードバックされるような仕組みとしておくことも重要であろう。

なお、このようなライフサイクルマネジメントの考え方に立った合理的な維持管理の仕組みについては、橋梁や道路舗装、また一般建築物等については既にかんがりの検討が行われているほか、ダムについても内外において既に一定の取り組みが始まっている³⁾。

2-4. まとめ

以上、管理ダム の 維持管理コストについての調査結果を示すとともに、おもにコスト面から今後のダム の 維持管理のあり方について論じた。今一度要点を整理すれば以下の通りである。

① ダム の 維持管理コストの大きさと構成

年間維持管理費用の大きさは、調査対象ダム(直轄・公団ダム)の平均で年間 3 億円強であり、概ね古いダムほど大きくなる傾向にある。また、全体費用のうち放流設備・取水設備関やダムコンをはじめとする操作・制御設備などの管理設備、および貯水池対策(堆砂対策、水質対策など)に係る費用が大きな比率を占める。堤体の補修そのものに対する負担は比較的小さい。

② ダム の 維持管理コストの経年変化特性

一般管理費に相当する費用については、定常的なコストであると考えられ、その年変動、経年的変化とも小さいものの、長期的にはやや増大傾向が見られる。管理体制や設備の充実に伴う負担増が可能性として考えられる。

一方、維持補修費に相当する費用については、必要に応じて発生するコストであることを反映して年変動は大きい。そして、長期的には供用年数の増加に伴って増大する。経年化に伴うダム の 機能維持に必要な補修費用の増大とともに、長期供用ダム の 機能向上を目的とした投資もその要因と考えられる。

③ 発生特性によるダムの各種維持管理コストの分類

ダムの維持管理コストは、大きく定常的費用、周期的費用、随時的費用および偶発的費用に区分して捉えることができる。ライフサイクルコストの試算による将来発生コストの予測・評価には、このようなこのような発生特性の違いを考慮したモデル分析が有用と考えられる。

④ ダムの維持管理におけるライフサイクルマネジメントの必要性

「ストック・メンテナンスの時代」にあつて、ダムの一層の長期供用を可能とするには、適時・適切な投資によりライフサイクルコストの低減を図っていく必要がある。そのためには、ダムの現状を的確に把握・評価した上で、その結果をもとに長期的な維持管理計画を立案し、適切な時期に適切な箇所に対し適切な手法で対策を講じていくための仕組みが必要である。

最後に、本稿で紹介した維持管理費の全国調査にあたり、データ提供並びに整理にご協力いただいた関係各位に紙面を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 日本ダム協会：ダム年鑑(2002)
- 2) 国土開発調査会ほか：河川便覧(各年版)
- 3) 金銅将史、川崎秀明：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 Vol.45 No.6,pp.46-51(2003)