

長安ロダムにおける 貯水池機能保全に向けた取組みについて

高橋 恵理

四国地方整備局 那賀川河川事務所 開発工務課 (〒774-0011 徳島県阿南市領家町室ノ内390)

長安ロダムでは、上流から大量の土砂が流入し、ダム貯水池への堆砂の進行が有効貯水容量の適正な確保において大きな課題となっている。全国的にも貯水池機能保全対策の必要性が認識されており、貯水池特性に応じた対策事例が蓄積されつつあるなかで、長安ロダムにおける貯水池機能保全に向けて、各年の堆砂変動量を許容し、持続的管理を行う管理型堆砂計画を導入したシミュレーションにより、長期的堆砂対策施設の検討を行った。

キーワード ダム、堆砂対策、管理型堆砂計画

1. はじめに

長安ロダムは、河川延長125km、流域面積874km²の一級河川那賀川の中流部に位置している(図-1)。

また長安ロダムの上流域は、台風の常襲地帯である四国山地の南東斜面に位置するため、特に台風接近通過時に集中的に大雨が降る傾向がある。那賀川流域の海川(那賀町)で日雨量1,317mmと日本記録を更新するなど、日本でも有数の多雨地帯であることと、剣山をはじめとした比較的急峻な地形で、地すべり発生の危険がある地質的構造であることが相まって、時折大規模な土砂崩壊が生じている。

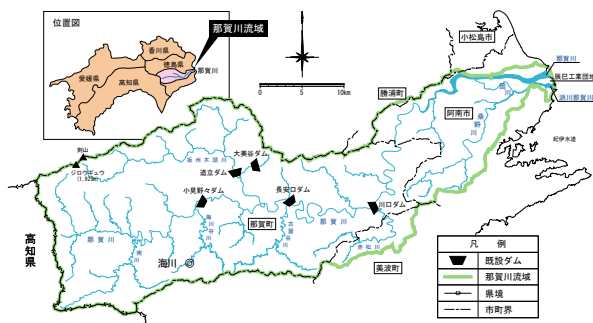


図-1 那賀川水系流域図

2. 現状の長安ロダム堆砂対策について

(1) 長安ロダムの堆砂特性

長安ロダムの堆砂量は昭和49年には計画堆砂量の5,294千m³を超過し、平成26年度時点では計画堆砂量の約3倍にあたる堆砂が進行している(図-2)。経年的な堆砂の進行に加え、平成16年には過去最大流入量2,083千m³を記録するなど、大規模土砂崩壊による急激な堆砂

量の増加により、有効貯水容量が大きく減少している。

長安ロダムの各容量の粒径集団別堆砂量を図-3に示す。洪水調節容量内の堆砂量は578千m³(礫分69%、砂分27%、WL分4%)、有効貯水容量内の堆砂量は12,047千m³(礫分31%、砂分43%、WL分26%)であり、礫分・砂分の粒径集団が多い。また那賀川本川5.4kmよりも坂州木頭川との合流点付近5.0kmの方が河床高が高いことから、坂州木頭川からの土砂流入量が卓越していることが分かる。

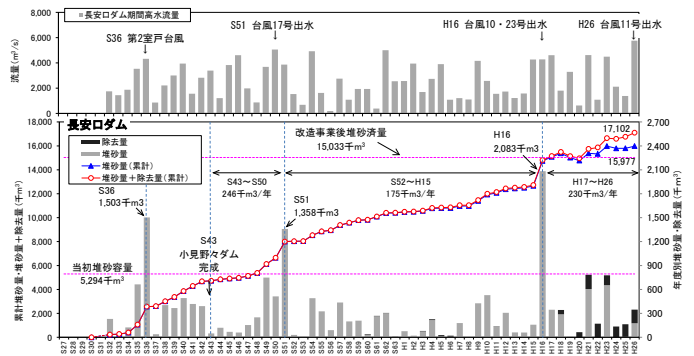


図-2 長安ロダムの堆砂状況

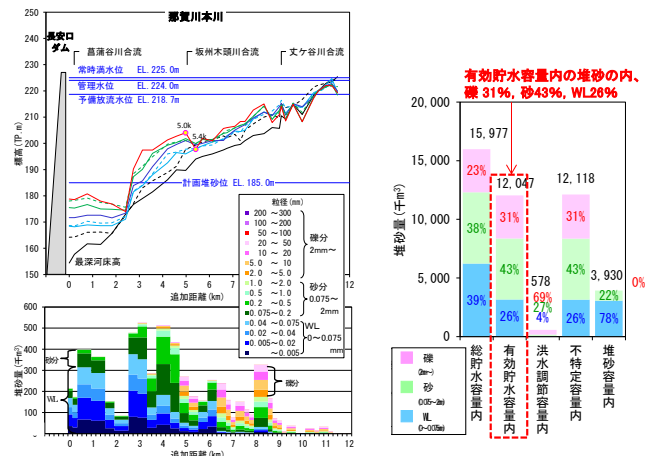


図-3 長安ロダムの堆砂縦断分布と容量別堆砂量

(2) 長安ロダム事業における堆砂対策の概要

長安ロダムでは洪水調節及び流水の正常な機能の維持などのダムの機能強化を目的として、長安ロダム改造事業を平成19年度に着手した。洪水調節能力の増強や堆砂対策などを柱に、平成31年度の完成を目指している。

長安ロダム改造事業の堆砂対策では、河川整備計画の整備期間を念頭に、30年後の有効貯水容量を36,800千 m^3 確保することを目的としている。現況の対策は、ダム上流の陸上掘削が可能な地区で礫分・砂分を掘削除去し、河川環境の復元に資するべく、主に置土によりダム下流河道へ土砂還元している(図-4)。

堆砂除去箇所から土砂還元地点までの土砂運搬はダンプトラックにより実施しているが、幹線道路沿いに集落があるため運搬時間は8:00~17:00に制限されている。

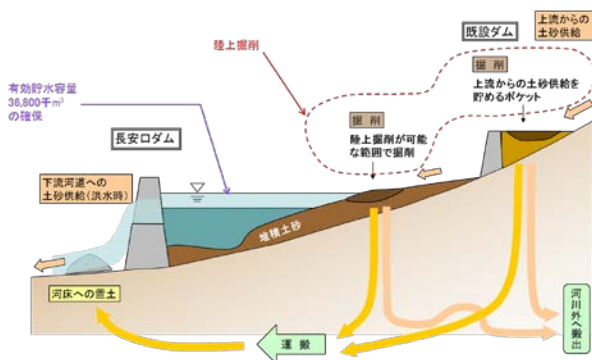


図-4 長安ロダム改造事業の堆砂対策の概要

(3) 貯水池機能保全に対する現況の対策の効果

平成18年度~平成26年度のダム貯水池の堆砂除去量と各容量別の推移を図-5に示す。現状では120~300千 m^3 /年の土砂を掘削除去しており、各容量とも改造事業後の容量を概ね横ばい状態で維持している状況である。

これまで、長安ロダム改造事業着手後に大規模な土砂流入が無かったことに加え、長安ロダム貯水池上流の追立ダム箇所の掘削による流入土砂の抑制や、貯水池内の掘削除去により一定の効果が得られたため、有効貯水容量内の堆砂量をかろうじて維持している状態であり、余裕量はほとんどないと言える。今後大規模な土砂流入が発生した場合には、現在の対策では堆砂除去が間に合わず、有効貯水容量の維持が困難になる可能性が高い。

(4) 現状の堆砂対策の課題

上流の貯砂ダムである追立ダムは、すでに越流頂付近まで堆砂が進行しているが、現状の土砂運搬方法であるダンプ運搬は地域住民や環境への配慮から運搬能力に限界があり、堆砂除去量は120~300千 m^3 /年に限定されている。今後の堆砂対策を検討するうえでは、大規模土砂流入が生じた場合に対応できるように、堆砂除去量を増強すること、一時的に各容量内への堆砂が進行してもダム機能が維持できる堆砂容量を確保することなど、貯水池機能の保全に向けた柔軟な対応が必要である。

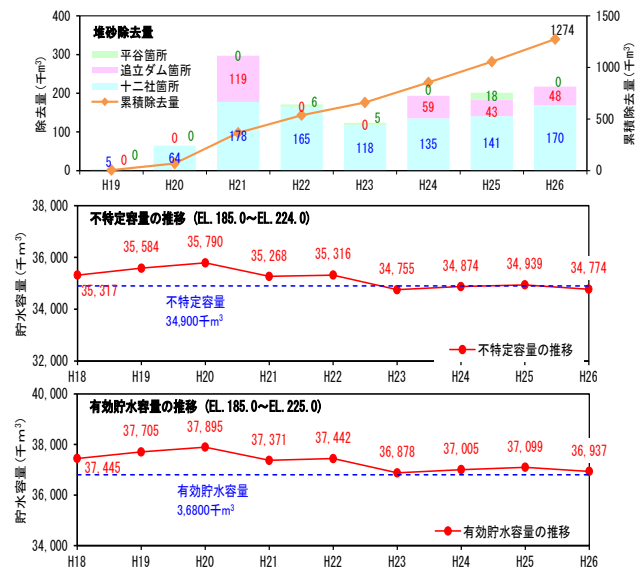


図-5 堆砂除去量と各容量の推移 (H18~H26)

3. 長安ロダムの貯水池機能保全対策の検討

(1) 長安ロダムの貯水池機能保全対策の前提条件

2章の内容を踏まえた長安ロダムの貯水池機能保全のための長期的堆砂対策の前提条件は以下のとおりである。

- ①長安ロダムの洪水調節容量には礫分69%・砂分27%・WL分4%が、有効貯水容量には礫分31%・砂分43%・WL分26%が堆積しており、礫分・砂分の粒径集団が堆砂対策の主な対象となる(図-3)。
 - ②貯水池への土砂流入の87%が坂州木頭川から流入する礫分・砂分であることから、坂州木頭川の礫分・砂分への対策が重要である(図-3)。
 - ③有効貯水容量への土砂の堆積範囲から、堆砂対策の必要範囲は坂州木頭川、那賀川本川2.6km地点より上流及び丈ヶ谷川を対象とする(図-3)。
 - ④大規模崩壊の発生による流入土砂量は昭和43年~平成26年の47年間で約500千 m^3 以上が4回、約1,000千 m^3 以上が2回、約2,000千 m^3 以上が1回発生するなど変動幅が大きい(図-2)。そのため、長期的堆砂対策ではこの変動幅に柔軟に対応できる対策が必要となる。
- 以上の観点から、長安ロダムの礫分・砂分の流入土砂量の変動幅に柔軟に対応し、長安ロダム改造事業後の有効貯水容量36,800千 m^3 を維持する対策が必要である。

(2) 長安ロダムへの適用性のある堆砂対策工の組合せ

一般的な堆砂対策方法は、「貯水池への土砂の流入を抑制する対策」、「貯水池を通過させて土砂の堆積を軽減する対策」、「貯水池に堆積した土砂を除去する対策」に大別される。長安ロダム長期的堆砂対策では、既存施設である長安ロダムの洪水調節や利水機能に影響を及ぼさないような対策でなければならない。たとえば、構造物の設置により洪水吐の放流能力に影響がでるような対策や、水位低下運用が必要な対策の適用は困難であ

ると考えられる。

長安口ダムへの適用可能性が確認された堆砂対策工は、貯砂ダム、排砂バイパス、貯水池内掘削・浚渫であった。

長安口ダムの長期的堆砂対策として運用する際には、対策実施以前に有効貯水容量や貯水池内に堆積している土砂の除去を行う必要がある。これを前提として、上記対策を組合せ、選出した3案の概要を以下にまとめる。

A-1) ダンプ運搬案 (貯砂ダム+貯水池内掘削・浚渫+ダンプ運搬)

ダンプ運搬案は、掘削・浚渫した土砂をダンプトラックで長安口ダム下流まで運搬し、置土する案である。

ダンプ運搬案では、大規模な施設の新設を必要とせず、掘削位置の変更や掘削・浚渫機械の増強が可能であるものの、通行する国道の機能維持や地元地域への配慮といった社会的制約条件により、運搬能力が制限される。ダンプ運搬能力及び堆砂除去量は、長安口ダム改造事業の過去の実績から、210千 m^3 /年が上限と考えられる。

A-2) ベルトコンベア案 (貯砂ダム+貯水池内掘削・浚渫+ベルトコンベア運搬)

ベルトコンベア案は、掘削・浚渫した土砂をベルトコンベアで下流まで運搬し、置土する案である。

ダンプ運搬案とは異なり、運搬距離が土砂運搬能力に与える影響がほとんどないため、長距離でも大量の土砂運搬が可能である。また、トンネル内にベルトコンベアを設置することにより、騒音等の影響が小さく、24時間運転による運搬能力の増強が可能であるため、土砂の流入状況や堆砂状況に応じて柔軟な対応が可能である。

B) 排砂バイパス案 (排砂バイパス+貯水池内掘削・浚渫+ダンプトラック運搬)

排砂バイパス案は、流入土砂を排砂バイパスによりダム下流に流下させ、分派できずに貯水池に流入した土砂を対象に掘削・浚渫する案である。

排砂バイパス案はランニングコストが低いというメリットがあるが、規模の大きいトンネルが必要となることから、延長が長い場合にはイニシャルコストが大きくなる。また貯水池内に堆砂した土砂は掘削・浚渫し、下流へダンプ運搬するが、A-1案と同様にダンプ運搬能力には210千 m^3 /年の上限がある。

(3) 運用シミュレーションによる対策効果の検証

各堆砂対策案において、堆砂除去による堆砂容量の維持管理を行うことを想定した将来100年間の堆砂対策運用シミュレーションを行い、堆砂量の変化等により堆砂対策の効果を評価する(図-6)。

A-1 ダンプ運搬案は、55年後に将来の堆砂量2,445千 m^3 を超過するため、有効貯水容量の確保に必要な運搬能力を有していない。大規模土砂流入の発生が連続した場合や平成16年を超過する土砂流入には対応できないことから、適用可能性は低いといえる。

A-2 ベルトコンベア案は土砂運搬能力が十分大きく、

将来100年間の有効貯水容量を維持し、平成16年度のような大規模土砂流入時にも十分な対応能力を有している。

B 排砂バイパス案は、単独の運用では堆砂量の最大値が10,660千 m^3 となるため有効貯水容量を維持するのに十分な能力を有していない。不足分は掘削除去・ダンプ運搬による対策の増強が必要となるが、A-1 ダンプ運搬案と同様にダンプ運搬能力に課題がある。

以上より、A-2案が最も大規模土砂流入時に柔軟な対応が可能であり、適用可能性が高いと考えられる。

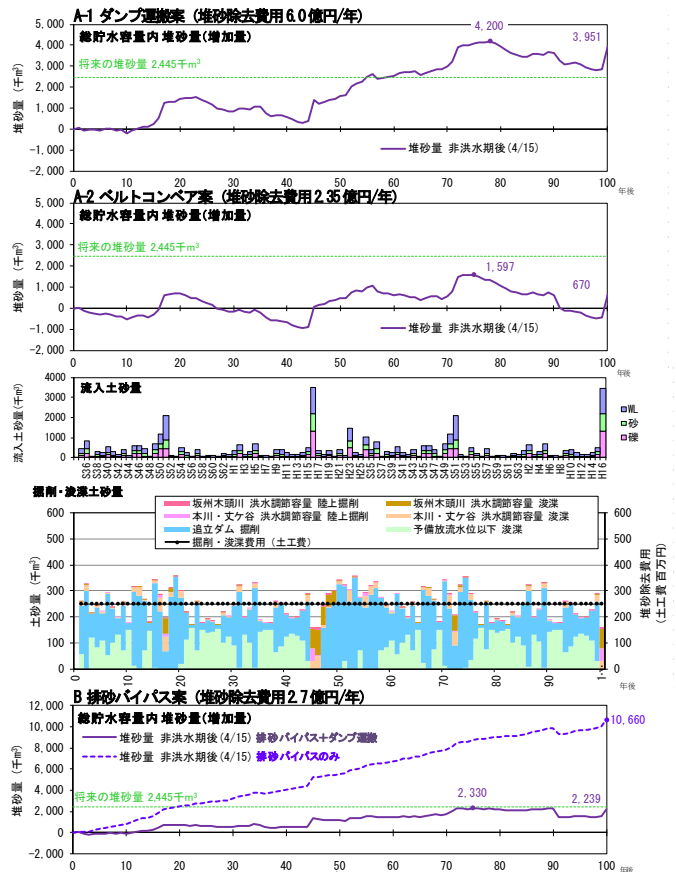


図-6 運用シミュレーションによる堆砂量の変化

(4) 計画規模を超過した土砂流入への適用性

(3)で適用可能性が最も高かったA-2 ベルトコンベア案について、計画規模を超過した土砂流入に対応可能かを確認するため運用シミュレーションを実施した。計画規模を超過した土砂の流入条件は、①既往最大流入土砂量、②設計洪水流量確率年と同じ確率規模の流入土砂量、③想定最大洪水からQ-Qs式で求められる流入土砂量、のうち、最大値をとることとした。検討の結果、③が最大値となったため、昭和45年8月洪水波形を引き延ばした1/1000年確率の想定最大洪水波形(ピーク流量19,500 m^3/s)を作成し、平成17年~平成26年のQ-Qs式を適用して想定最大流入土砂量を5,690千 m^3 とした。ここでは掘削・浚渫費用を変化させた運用シミュレーションの感度分析により、有効貯水容量36,800千 m^3 を100年間維持できる最小費用2.35億円/年を想定した解析において、堆砂が最も増加する75年後に想定最大洪水19,500 m^3/s 、想

定最大流入土砂量5,690千 m^3 を発生させた。有効貯水容量を超過している期間に緊急的な増強措置として500千 m^3 /年の堆砂除去を行うと設定した結果、想定最大土砂流入後2年目の洪水期に洪水調節容量が回復する結果となった。また、想定最大土砂流入後から7年後に有効貯水容量が回復した(図-7)。

このようにA-2 ベルトコンベア案では、運搬能力が十分確保されていることから、想定最大土砂流入時においても適用性が高く、大規模土砂流入などの事象にも柔軟に対応できる可能性が確認された。

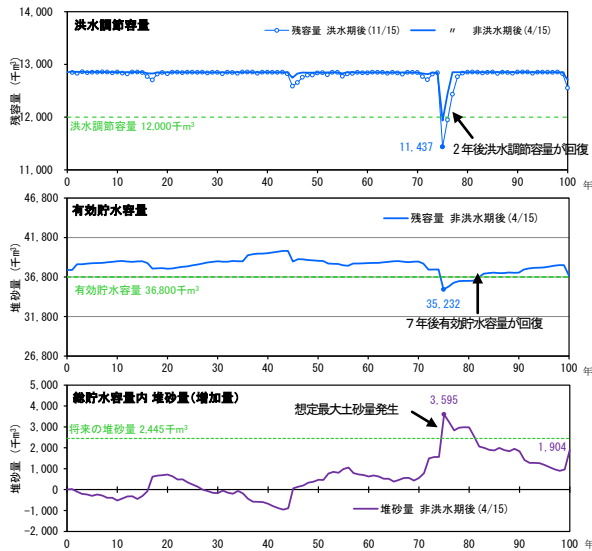


図-7 計画規模を超過した土砂流入を含む堆砂量の変化

(5) 管理型堆砂計画(長安口ダム方式)

長安口ダムでは、有効貯水容量の継続的確保のために、大規模な土砂流入時の堆砂も想定し、従来のように100年分の堆砂容量を確保するのではなく、持続的な有効貯水容量の確保を目的として、掘削・浚渫を前提とした「管理型堆砂容量」を設ける。また、上流の貯砂ダムにて流入土砂を補足し、掘削を容易に行える容量を設けて堆砂進行を抑制する(図-8)。

管理型堆砂容量の管理方法としては、貯水池内及び貯砂ダムに設けた堆砂容量などを毎年の堆砂除去により確保し、変動して流入する土砂に対して維持管理費用を平準化する。土砂流入が多い年は掘り残し、少ない年は過掘削することを許容することとなるが、毎年一定程度の掘削を行うことで、有効貯水容量を確保し続ける方針である。毎年の堆砂の維持掘削・浚渫は機能性確保とコスト縮減を図るため、以下の優先順位をつけて実施する。

- ① 洪水調節容量内(EL218.7面より上位)の堆砂
- ② 貯砂ダムの堆砂容量における堆砂
- ③ 予備放流水位(EL218.7面)以下の堆砂

ただし、堆砂シミュレーションに基づく堆砂管理計画、管理堆砂面は現時点の最適案であり、堆砂進行の実績を踏まえながら、「ダム等管理フォローアップ委員会」で計画を見直すなど、順応的管理を行っていく必要がある。

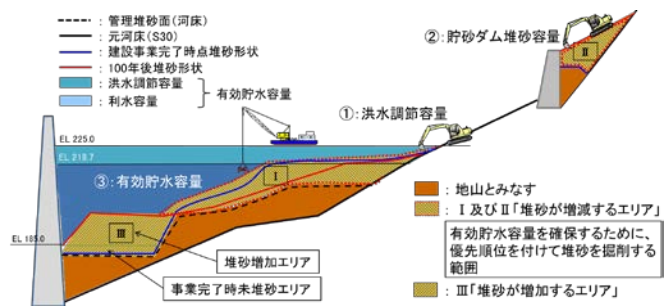


図-8 管理型堆砂容量 確保方式

4. 今後の長安口ダム堆砂対策の影響について

(1) 堆砂対策実施時の下流河道への影響

今後長安口ダムにおける長期的堆砂対策を実施した際には、ダム上流に堆積していた砂礫が下流河道に供給されるようになる。流量が増加し土砂の堆積が進行することで、河床の上昇や樹林化の進行、河床の細粒化といった変化が生じる一方で、滞筋が流動化し、樹林化の抑制や局所洗掘の緩和といった変化も生じる。

現状の土砂還元では悪影響は確認されていないが、今後も環境が激変することがないように、モニタリング調査の継続や、柔軟な運用が可能な仕組みの構築等が必要と考えられる。

(2) 今後の那賀川流砂系・漂砂系の土砂問題に関して

長安口ダムでは有効貯水容量確保のため、上流での堆砂の掘削除去を行い、堆砂除去土砂の下流河川還元を実施してきた。その間にも、効果的・効率的な貯水池機能の保全対策について検討を進めるとともに、下流河川還元のモニタリング調査を実施し、学識者等からなる「長安口ダム貯水池機能保全技術会議」を開催した。会議では、長安口ダムの堆砂対策の課題や貯水池機能保全手法の適用性などについて意見をうかがってきた。

土砂移動現象は広域的・長期的であり、各領域の管理者の対策だけでは課題の根本的な解決には至らない状況にある。その解決を図るためには、山地から海岸までの一貫した土砂の移動領域を「流砂系・漂砂系」という概念で捉え、関係する機関が連携して土砂移動に関する課題解決に取り組むと共に、個別領域の特性を踏まえつつ、土砂の移動による災害の防止、生態系・景観等の環境保全、河川・海岸の適正な利活用等を総合的に図ることのできる土砂管理が必要である。

長期的堆砂対策の実施により那賀川流域における土砂動態は大きく変化することが予想されるため、問題解決に向けて那賀川流域の関係機関がより一層の連携強化を図る必要が生じている。そこで、那賀川の山地から海岸までの関係機関から構成する「那賀川総合土砂管理検討協議会」を平成27年度に設置し、今後は那賀川総合土砂管理計画の策定及び総合土砂管理の実現に向けたモニタリング計画の実施を目指していく。