

# ダムリハビリテーションに関わる環境保全技術の開発

Development of Environmental Friendly Dam-Rehabilitation Technology

大矢通弘 Michihiro OYA\*

## 要 旨

### 1. 本研究の背景

わが国における最初のコンクリートダムの完成からすでに100年が経過し、その間多くのダムが築造されてきた。しかし、最近の環境問題や経済の低成長時代への変化から、これまで通りのペースで新規ダムの建設を進めることは困難となっており、既存施設のリハビリテーション（機能回復、長寿命化）が重要な政策課題となっている。特に、1997年の河川法改正や2001年の脱ダム宣言に象徴されるように、今後は環境配慮の重要性が増し、既存ダムのリハビリテーションにおいても環境保全技術の開発が求められる。既存ダムのリハビリテーションに関連する事象の一つに堆砂現象があげられる。ダムの堆砂現象は経年に伴い確実に進行するものであり、ダム堆砂による貯水池容量の減少、上流河床の上昇、下流河床の低下や海岸線の後退、生物環境への影響などが顕在化・深刻化しつつある。特に、ダム堆砂に伴う長期的な貯水池容量の損失は世界的にも重大な課題であり、21世紀半ばまでに全世界の貯水池容量の30%以上が堆砂によって消失するといわれる。

ダムの堆砂問題は古くから指摘されているが、これまではダムの新規開発をいかに進めるかに重点が置かれてきており、通常は100年堆砂容量を確保することからただちに問題とならなかったことや、比較的歴史の古い発電専用ダムでは貯水容量が致命的な影響を及ぼす事例が少なかったことなどから、将来の課題として本格的に議論されて来なかったものと考えられる。しかしながら、完成後半世紀を越えるダムが増えてきたことや多目的ダムのように貯水容量の維持が不可欠なダムが多くなってきていること、さらには上述の環境意識の高まりなどから、改めてダムの堆砂問題がクローズアップされてきている。

ダムの堆砂対策の必要性は、①取水設備の埋没やダム直上流の背砂を防止し、ダムおよび河道管理上の安全を確保すること、②ダムの貯水機能を維持し、次世代に渡る洪水調節および水資源の持続的管理を実現すること、③流砂系における総合的な土砂管理を目的に土砂を流すダムを実現すること、の3つに集約できる。このうち、①はダムの安全性確保、②はダムの長寿命化の問題であり、両者ともダムおよび貯水池自体の機能維持に関するものである。これに対し、③は流域管理の視点から、当面①、②に示すダムおよび貯水池自体での問題がない場合でも、下流域のために最低限必要な土砂をダム下流に積極的に供給しようとするものである。このように、ダムの堆砂問題は今や万国共通の課題であり、その放置は次世代に対する負の遺産の継承を意味する重要な課題であるといえる。

### 2. 本研究の目的と方法

本研究においては、環境に配慮したダムリハビリテーションという側面からダムの堆砂問題を取り上げる。ダム堆砂という堤外地の事象を扱う訳であるが、人間生活の場である堤内地との関連を常に意識して研究を進めるものとし、ダム堆砂を貯水池から取り出した場合の環境に配慮した処理方法や有効利用（リサイクル）の手法を主な研究対象とする。本研究は、利用面から見たダムの堆砂性状と河川還元材利用における環境影響を明らかにし、ダム堆砂リサイクルの事業化を推進するための方策を具体的に提案することを目的としている。

利用面から見たダム堆砂の性状把握は、既存のダム堆砂ボーリング調査で得られたデータの整理・分析により行う。データの整理・分析は、縦断方向および鉛直方向の堆砂性状、細粒分含有率と他の特性との相関、堆砂性状に影響を与える要因、堆砂区分と利用法・処理法などに着目して行う。一方、ダム堆砂の河川還元材利用における環境影響は、実際の粘土・シルト分主体のダム堆砂を用いた室内実験により確認する。水中でのすりへり試験・流水による侵食試験・静水への溶出試験などを行い、これらの試験結果をもとに、実際にダム堆砂を河川還元する場合の条件等について考察する。また、ダム堆砂リサイクルの事業化検討は、近年研究が進んでいるPFIやリスク・マネジメントの考え方を取り入れる形で、文献や事例に対する考察を中心に行う。考察は、常に、経済性・リサイクル・貯水池土砂管理の3つの視点を念頭において行うものとする。

### 3. 本研究の重要成果

本研究における重要成果は以下のとおりである。

- ① ダム堆砂問題の現状および対策を概観し、環境に配慮したダムリハビリテーションという側面からダム堆砂問題

\* 技術第二部

「京都大学学位論文 2004.1」の要旨を掲載。

を捉えた場合の課題を整理した。

- ② ダム堆砂性状に関する知見として、堆砂の細粒分含有率・自然含水比・間隙比・有機物量・全二価鉄・COD等はダム堤体へ近づくほど大きくなり、土粒子の密度・湿潤密度・砂分等はダム堤体へ近づくほど小さくなること、堆砂の細粒分含有率と自然含水比および強熱減量とは相関関係が認められること、堆砂の肩付近の平均粒径は0.01～1mmの範囲にあり深部ほど細粒になる傾向が認められることなどを得た。
- ③ 堆砂性状を踏まえたダム堆砂の有効利用に関する考察から、貯水池内の上流部・中流部・下流部の3つの区分ごとに適する利用法が異なること、堆砂の性状・量・要求品質等を考慮した適切な処理方法が必要であること、細粒分が堆砂の利用において重要であること、今後は河川供給材としての利用拡大が望まれることなどを明らかにした。
- ④ ダム堆砂を用いた水中すりへり試験・流水による侵食試験・静水への溶出試験から、粒子の破碎形態が濁度やpHの発生状況に影響を与える可能性のあること、流下方向に100mの長さで仮置きして河川還元する際に無処理の場合は約40,000ppmの濁度が発生するのに対し、粒状化や脱水の処理をした場合には濁度発生を大幅に抑制できること、pH10を超えるか否かのレベルが魚類への影響の有無を判断する1つの目安になることなどを示した。
- ⑤ 実際にダム堆砂を河川還元する場合の考察より、河川還元は洪水時の水位上昇と濁度発生に合わせる形で自然流下させる方法が考えられること、簡易な処理により濁度発生が抑制が可能であり対象土砂の範囲や土砂仮置きの位置・形状の選定幅が拡大すること、下流河川への供給や海水のアルカリ緩衝作用の点から粒状化処理材の河川還元材や養浜材としての利用にメリットがあることなどを示した。
- ⑥ 現状の技術レベルで考えられるダム堆砂の採取・処理・運搬の各システムの特徴を整理し、ダム堆砂リサイクルへ適用する場合には、用途・期間・対象物の量と質・運搬距離・周辺環境などの諸条件に合致した最適なシステムの構築が重要であることを示した。
- ⑦ ダム堆砂リサイクルの事業可能性に関連して、河川還元材としての利用がコスト的に最も有利であること、輸入砂と同様に流通コストをいかに低減させるかが利用拡大上の課題であること、貯水容量回復や海岸保全などのダム堆砂リサイクルの事業メリットを明確にすることにより事業可能性が大いに高まることなどを明らかにした。
- ⑧ 現状のダム堆砂リサイクルの事業形態を整理し、その課題を明らかにするとともに、PFIやリスク・マネジメントの考え方や貯水池土砂管理の視点を取り入れた新たな事業枠組みを提案した。

#### 4. 本研究の意義

本研究では、ダム堆砂問題を流域管理やリサイクルの視点から取り上げ、既往の研究をも踏まえて、ダム堆砂の性状や河川還元時の環境影響からダム堆砂リサイクルの事業化方策までを体系的に取りまとめた。

ダム堆砂に関しては、これまで貯水池容量の減少という観点から堆砂形状や堆砂量を中心に研究が行われ、堆砂の質に関する研究は十分ではなかった。総合土砂管理および堆砂の循環利用（リサイクル）においては、堆砂の量に加えて粒径や細粒分などの堆砂の質に関する情報が重要であり、本研究で得られたダム堆砂性状に関する新たな知見は、適切なダム堆砂対策を選択する際の有用な指標となり得る。

また、環境配慮の観点から、ダム堆砂を下流河川へ還元材として利用することが期待されるが、その場合の環境影響についての知見の蓄積は十分ではない。実際のダム堆砂を用いて行った今回の室内実験から得られた知見は、今後、ダム堆砂の河川還元材利用を計画する場合に十分役立つものと考えられる。

さらに、ダム堆砂を貯水池から排除した場合には、その土砂の処分方法が問題となることが多い。ダム堆砂のリサイクルにとってコストが大きな制約条件の一つであるが、これまでコストに関する分析例は少なく、あっても骨材利用に関するものに限定されていた。本研究において、環境利用も含めたダム堆砂リサイクルのコスト分析を行い、その事業可能性を示すとともに、PFIやリスク・マネジメントおよび貯水池土砂管理の視点を取り込んだ新たな事業枠組みの方向性を明示したことは、ダム堆砂リサイクルの事業化を大いに前進させるものと考えられる。

本研究で、ダム堆砂リサイクル推進上のクリティカルとなり得る環境影響と経済性の2つの課題に対して、解決のための一定の方向性を示した。これらの成果は、従来、ダムごとの個別対応であった堆砂問題に対しより普遍的対応を可能とし、ダム堆砂リサイクル事業の推進、さらには環境配慮型のダムリハビリテーションの実現化に少なからず貢献するものと考えられる。ダム堆砂問題に一定の解法を示し、容量回復・機能回復を図りながら既存ダムを末永く使うことは、新規ダムの代替となり地球環境の保全にも資するものである。

**キーワード：**ダム堆砂，貯水池土砂管理，堆砂性状，河川還元，リサイクル

## Summary

Regarding to dam sedimentation, researches have been mainly done on the configuration and the quantity of sediment from the viewpoint of the decrease of reservoir capacity. The systematic study including the quality of dam sediment is much more important from the viewpoint of the effective sediment utilization and the total sediment management. Also, cost is one of the most important factors for dam sediment recycling, however, the analytical study related to the cost so far was limited to aggregates usage.

In this study, firstly, the data obtained from the boring investigation on reservoirs were examined, especially paying attention to the containing rate of small-size particles which is very important for the sediment utilization, and the longitudinal and vertical properties of the dam sediment were clarified. Secondly, environmental impact of fine-grained dam sediment in the usage of material supply to rivers was discussed through laboratory tests, and it is made clear to reduce the degree of concentration of suspended sediment and to raise the possibility of recycling of the fine-grained dam sediment as material supply to rivers by means of simple treatment.

Finally, a cost analysis on dam sediment recycling including not only aggregates usage but also environmental aspects was carried out. Project feasibility of dam sediment recycling was clarified applying the brand-new idea of PFI and risk management. Then, the new project frame for dam sediment recycling jointly promoted by public sector and private sector was proposed, based on the viewpoint of reservoir sedimentation management.