ダム貯水池の堆砂問題の対策

日大生産工（院）　○高吉　亮二
日大生産工　　和田　明
日大生産工（院）　　太田　吉陽

1 はじめに

近年、日本経済の発展と人口増加により、水やエネルギーに対する需要が著しく増加した。これに伴い水資源開発の重要性が再認識され、我々の生活向上の為これまでに数多くのダムが建設されてきた。

しかし、現在ではダム貯水池の上流側で生産された土砂が流入する事によって引き起こされる堆砂問題が、多くのダム貯水池で発生している。

ダム貯水池における堆砂は、貯水容量を減少させダムの治水･利水機能を低下させるだけでなく、貯水池上流の河床の上昇や、ダム下流での河床低下など、河川に与える影響も少なくない。また、洪水時には土砂だけではなく､微粒土砂を含んだ大量の濁水が流入し、下流河川における長期濁水が問題になっているダムもある。

日本の河川は、世界的に見ても土砂の生産量が多いという特性を有しているため､通常､ダム貯水池計画では堆砂対策として約100年分の堆砂容量を確保する事としているが、多くのダム貯水池で予想を上回る速さで堆砂が進行している。

ダムの持続的使用を実現するために、河川流域の総合的な土砂管理を踏まえた、ダム貯水池内における堆積土砂の適切な管理が求められている。ここでは堆砂の現状と現在行われている対策を挙げ、その効果と周辺環境を考慮した今後のダムのあり方を考察する。

2　ダム貯水池の堆砂の現状

2001年度にダムの管理者が実施した調査のうち、国土交通省に対して報告があった国土交通省所管の398ダム、発電専用の313ダム、その他利水専用の200ダム、合計911のダムにおける堆砂率（堆砂量/総貯水容量）の調査結果[1)] を地方別に図-1に示す。

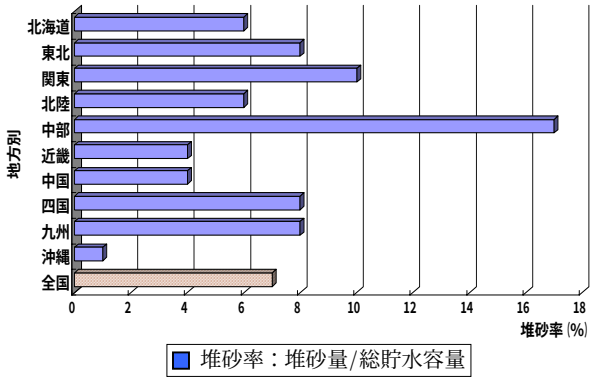

図-1　地方別堆砂率（2001年度調査）

2001年時点で、日本における総貯水容量は約204億m^3であり[2)]、**図-1**の全国の堆砂率から換算すると、約14.2億m^3もの土砂が貯水池内に堆砂していることになる。10年前の1991年と比較[3)] すると、当時に比べ23.5%増加している。ダム建設により10年間で総貯水容量は約38億m^3増加したが、その内の7%に相当する約2.7億m^3もの土砂がすでに堆積しており、堆砂の進行の早さが見て取れる。

地方別の堆砂状況をみると、中部地方と関東の堆砂率が10%を超える高い値となっている。続いて、東北地方、四国地方、九州地方、北海道、北陸地方が6～8%となっており、こちらも決して低い値とはいえない。

ダム貯水池における堆砂の進行速度には地域要因が強く影響し、特に中央構造線など、日本列島を縦断する地質構造線の周辺地域に存在するダム貯水池においては、上流での法面崩壊などにより多くの土砂が貯水池に流入する傾向がみられ、これらの地域での堆砂対策が急がれている。

Countermeasures of Sedimentation Problem on Dam Reservoir

Ryouji Takayoshi, Akira Wada and Yoshiharu Ota

3　堆砂対策

日本における堆砂対策は、貯水容量の回復、貯水池末端部での流入土砂軽減、取水設備の機能回復などを目的として実施されているが、抜本的かつ標準的な工法の確立までは現在でも至っていない。この事は、貯水池における堆砂が、流域の地形、地質的要因、気象・水文学的要因などを受けること、さらに、堆砂は地域性の影響を受ける現象であると共に、貯水池周辺の状況によって選定できる対策が全く異なってくる為である。従って、堆砂対策はダム貯水池で個別の対策を実施しているのが現状である[4]。

ここでは、堆砂対策として現在実施・計画されているものを抑制策、排除策の2つに分けて紹介する。

3.1　抑制策

3.1.1　貯砂ダム

貯砂ダムは、貯水池の上流側にダムを設置し、流入土砂を堆積させ本堤への直接の流入を防ぐ目的のダムである。

貯砂ダムに堆砂したものは、洪水時以外はドライ状態で土砂を搬出する事ができ、堆砂を掘削し繰り返して使用すれば、対策として有効な方法である。また、洪水は貯砂ダムを越流し流下するため、貯砂ダム直上流部の河床付近では流速が減少する。この際に土砂が分級され、比較的粒径の大きい土砂は貯砂ダム内に堆積し、小さい土砂は貯水池内に流入することになる。この事からも、本堤の堆砂量減少に有効な働きをする事が分かる。

3.1.2　土砂バイパス

土砂バイパスは、ダム貯水池に流入する土砂を軽減する為に、貯水池の上流側に堰などの分派施設を設け、洪水時に土砂を含んだ流水の全てあるいは一部を、バイパス水路（一般的にトンネル構造）に流し、貯水池を迂回させるものである。この方法は、ダム下流での河床低下を防ぐための最も有効な方法であるが、河床礫の主要な移動時期は洪水時である為、地形条件が恵まれた場所でなければ、バイパストンネルのための水路が大規模なものになるなど、困難である場合が多い。

しかし、将来の堆砂による貯水池機能の低下や、長期にわたる定期的な掘削作業を考えるならば、経済的にも土砂バイパス建設の方が合理的な場合もある。現在では、自然の流れを利用するといった点からも原理的に好ましい方法である為、抑制策として最も期待されている。

3.1.3　グリーンベルト事業

ダム貯水池における堆砂の原因の一つに、貯水池上流の法面崩壊がある。

旧建設省が昭和62年から始めたグリーンベルト事業（特定貯水池総合保全整備事業）は、対象地に植林を行い、法面崩壊を防ぐ目的で実施された事業であるが、大きく分けてⅠ種事業とⅡ種事業に分類されている。Ⅰ種事業は、濁水の原因となっているダム貯水池の湛水線近傍の崩壊地、裸地に対して植栽工、法面保護工、流路工を河川区域で実施するもので、Ⅱ種事業は、濁水の原因となっている湛水線から概ね3㎞内の森林地に存在する崩壊地、裸地に対し分収造林契約による植樹を行う県への補助事業である。[5]

また、グリーンベルト事業で行う植栽工、植林は濁水防止､崩壊地の安定化の観点から、森林の針・広混合林化、複層林化（高木、中高木、低木、下草が混合して育成すること）を図るように樹木の選定を行っている。

3.2　排除策

3.2.1　掘削・浚渫

堆砂の除去策としては、土砂を掘削・浚渫する方法が最も一般的であり、浚渫船などを用いてダム貯水池の底に堆積した土砂を取り除くといったものである。

取り除かれた土砂は、コンクリート用の砂利や盛土材として有効利用されることもある。しかし、貯水池へのアクセス道路を確保する必要がある事、現場周辺の地形・ダム水位による影響、浚渫作業の障害となる沈木等の存在といった多くの問題がある。また、現場周辺の環境にも大きく左右される為、あまり好ましい方法ではない。

3.2.2　フラッシング排砂

フラッシング排砂は、ダム貯水池の水位を低下させ排砂ゲート（低部放流管）から土砂を排出するものである。この方法は、自然の河川の持つ掃流力を利用している事から、有効な堆砂対策とされており、海外でも多くの事例や報告がなされている。[6] その一例として､Evacuation of sediments from reservoirs（Rodney White,2001）がある。この中では実際の排砂成功例や、好ましい排砂手法などが詳細に述べられている。[7]

その一方で、排砂によって下流河川や海域への環境問題が生じる可能性がある[8] ほか、排砂時には多量の土砂を流下させるため、排砂設備の磨耗対策を十分考慮し、ゲートは確実に開閉出来るように土砂の噛み込みなどを

防止できる構造としなければならないなどの問題点がある。排砂設備として十分に機能を発揮している設備も多く存在しているが、設備は相当の損傷を受けており、堤体の安定性を確保するために、下流面や減勢工のコンクリート面等の大規模な補修が頻繁に行われているのが現状である。今後、環境問題や磨耗対策といった課題の解決が求められている。

4　堆砂排除の事例

ここでは、堆砂排除の事例として流域一帯の土砂管理の面から見ても有効な方法である、土砂バイパス、フラッシング排砂を紹介する。対象ダムは、土砂バイパスが長野県天竜川水系三峰川に位置する美和ダム、フラッシング排砂が富山県黒部川に位置する宇奈月ダム・出し平ダムである。

4.1　美和ダム

4.1.1　概要

美和ダムは、昭和34年に完成した総貯水容量3000万m^3、堤高69.1mの大型ダムで、洪水調節、灌漑用水の確保、発電を目的とした国土交通省管理の多目的ダムである。

流域面積は311.1km^2であるが、その内に3000m級の山々が連なる南アルプス西側斜面を含み、中央構造線や断層が南北に走る。このため大規模な崩壊地も多く、貯水池への流入土砂量が極めて多いのが特徴である。

4.1.2　堆砂の現状

平成元年時点での美和ダムにおける現堆砂量は、約1140万m^3であるが過去の堆砂除去分を加算すると32年間での累積堆砂量は、約1860万m^3となる。

美和ダムの堆砂は、大洪水の年に集中しており、年最大洪水流量が600m^3/s以上を記録した昭和34、36年、57年、58年の4年間で全体堆積量の75%に当たる約1000万m^3が堆積した。

美和ダムの計画堆砂容量は40年分の容量とされていたが、完成から6年後の昭和40年には堆砂量がその値を上回ってしまい、掘削・浚渫作業を継続しているものの、堆積量が減少することはなく、ダム機能に支障を生じかねない状況になっている。

4.1.3　堆砂対策

美和ダムにおいては、流入土砂のうち粗粒分を貯水池上流端の貯砂ダムで捕捉し、貯砂ダムの容量を上回る分は分派堰で捕捉する。細粒分は、貯砂ダム、分派堰ではほとんど捕捉されずに、洪水流と共にバイパストンネルを経由して下流へと運搬される。また、細粒分の一部は、分派堰を越流し本堤の貯水池内に流入するが、これは再開発後の計画堆砂容量の範囲内とされている。

4.1.4　年平均計画土砂収支

1989年から実施中である主な再開発事業内容は、堆砂の掘削運搬による貯水容量の確保と、流入土砂を迂回させる土砂バイパスの整備である。関連する施設のうち、貯砂ダムは1993年に完成し、土砂バイパス及び分派堰は2001年に着工している。これらの施設を含む排砂システム概念図を**図-2**に示す。また、再開発事業における年平均計画土砂収支は、流入土砂量が68.5万m^3で、その約76%に当たる52.0万m^3が排出土砂量と試算されている。[9)]

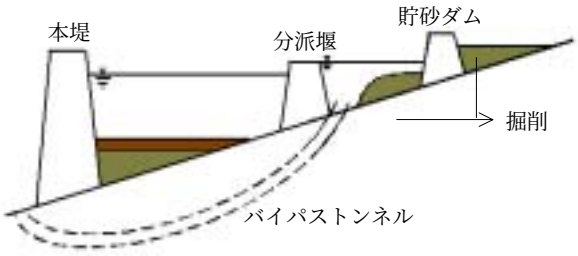

図-2　美和ダム排砂システム概念図

4.2　宇奈月ダム・出し平ダム

4.2.1　概要

平成13年に完成した黒部川の最下流に位置する国土交通省宇奈月ダムは、総貯水容量2470万m^3、堤高97mのダムで、その上流に位置する昭和60年に完成した関西電力出し平ダムは、総貯水容量901万m^3、堤高76.7mのダムである。

両ダムは流入する土砂量を事前に予測し、ダム機能の維持、海岸を含む流域一帯の総合的な土砂管理を行う目的として、国内初の本格的な排砂ゲートを設けたダムである。

平成13年には、両ダムで初めての連携排砂及び連携通砂が実施された。

4.2.2　堆砂対策

宇奈月ダム、出し平ダムの堆砂対策はフラッシング排砂が採用されている。フラッシング排砂については3.2.2で説明した通りであり、その一連の過程を**図-3**に示す。また、排砂後新たに貯水池内に流入する土砂を、排砂と同様の操作でそのまま下流に流す事を通砂

といい、これらの操作を川の縦断方向に連続する両ダムで行う事が、連携排砂、連携通砂である。

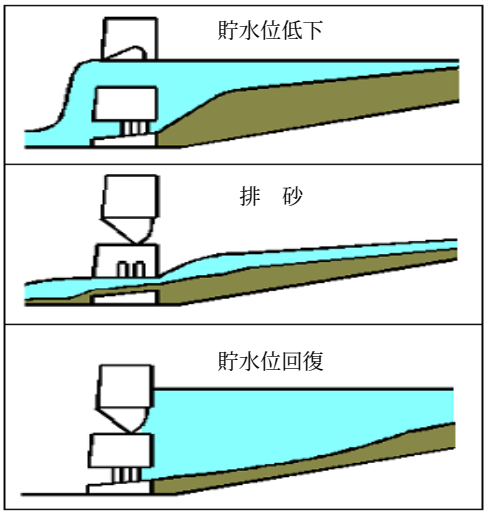

図-3　フラッシング排砂概念図

4.2.3　排砂実績

平成13年に宇奈月ダムが完成し、国内で初めての連携排砂が行われて以来、毎年連携排砂が実施されている。その際の下流域への影響を把握する為の調査として、排砂実施前、実施中、実施後の水質、底質、水生生物の調査が海域、河川、ダム貯水池において行われている。その調査結果は、国土交通省より公開資料として発表されている。資料によると連携排砂による排出量は、平成13年度が59万m^3、平成14年度が6万m^3、平成15年度が9万m^3となっており、排砂により多量の土砂が下流へと流出している。この排出量から見ても、宇奈月ダム、出し平ダムにおける連携排砂は、堆積土砂の排除に有効な事が分かる。**図-4**に排砂によるダム貯水池の河床形状変化の一例として、平成13年度連携排砂終了後の出し平ダム河床形状を示す。

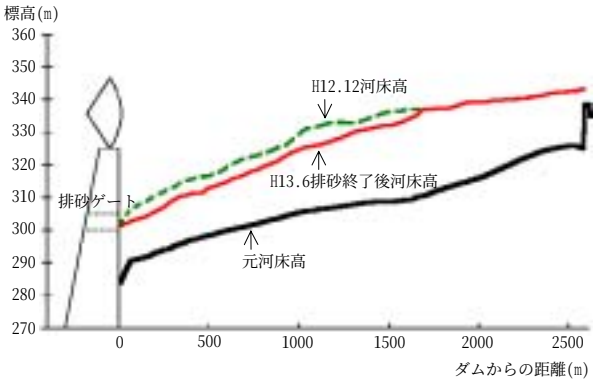

図-4　排砂後の出し平ダム河床形状

5　まとめ

ダム貯水池における堆砂は、流域の特性、ダムの構造など多くの因子に支配されるため、ダム貯水池の堆砂機構やその抑制策、排除策を画一的に把握・確立する事は難しい。

そのため、実際に全国で有効貯水容量内の堆砂除去に取り組んでいるダムは未だにごく僅かだという報告がある。[5)]

堆砂排除の事例として紹介した、土砂バイパス、フラッシング排砂は、河道や海岸の構成材としての土砂だけでなく、河川を流下するあらゆる物質の循環についても、建設以前に近い状態に回復させる可能性を持っている。しかし、フラッシング排砂が行われている宇奈月ダム、出し平ダムにおいて、排出土砂が流れ込む富山湾での、漁獲高の減少や異臭問題[10)]が発生しており、今後は環境に対する様々な角度からのモニタリング及び、海域における土砂の拡散予測が必要とされている。

2000年に開催された「貯水池土砂管理国際シンポジウム」では、欧州の専門家らと共に、今後の土砂管理のあり方についての議論がなされており、貯水池における土砂管理は、ダムの安全確保・水資源の持続的管理・流砂系の総合土砂管理の観点からも極めて重要である事などが確認された。今後とも、周辺環境への影響を最小限に抑える為に、土砂を貯めないダムの技術開発と、必要地域への技術提供の実現に向け、議論を深めていく必要がある。

参考文献

1)国土交通省河川局ホームページ,ダム事業について
2)(財)日本ダム協会ホームページ,宇宙船地球号と日本,ダムの役割
3)安藤信夫,寺薗勝二,北詰良平,美和ダムの排砂プロジェクト,大ダム,No152,1995
4)竹林征三ら,日本における排砂設備の歴史と設計法,第27回ダム技術論文集,pp.55-62,1995
5)岡野眞久,ダム貯水池堆砂排除と環境対策
6)角哲也, 欧州におけるダム排砂の取り組み河川, 11月号, pp.43-49, 1998
7)RodneyWhite, Evacuation of Sediments from reservoirs,2001
8)角哲也,ダム排砂対策における環境水理学的課題
9)岡野眞久ら,微細粒土砂の貯水池内堆砂対策検討への一方多層流モデルの適用,ダム水源地環境技術研究所所報,pp38-45,2002
10)田崎和江,國峯由貴江,森川俊和,脇元理恵ら,富山県出し平ダムの排砂ゲートから排出された黒色濁水の特徴,LAGUNA10,pp1-17,2003