

# 貯水池の土砂管理に関する考察

宮本博司<sup>1</sup> ・ 鈴木德行<sup>2</sup>

<sup>1</sup>工修 国土交通省淀川工事事務所長（〒573-1191 枚方市新町二丁目2-10）

<sup>2</sup>フェロー 工博 名城大学大学院理工学研究科教授（〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口1-501）

日本の河川は土砂の生産量が多く、流出土砂量が極めて多い。そのため一部のダムでは堆砂により貯水量が減少し、下流では河床低下や海岸侵食などが生じている。従来の排砂対策は、ダム毎の排砂対策であった。そこで本研究においては、水系一貫した土砂管理、早期の土砂管理の必要性、既往の排砂対策などについて明らかにするものである。次に、貯水池の土砂管理に関する総合的な対策を提案すると共に、最近の土砂管理について考察するものである。

**Key Words:** *comprehensive sediment control, sediment control, flushed discharge, flushing sand*

## 1. はじめに

日本の河川は、標高2,000から3,000m級の山々から短距離で低地に流下するため、非常に急峻な地形で急流河川が多い。地質的には中央構造線、糸魚川静岡構造線と2つの大断層があり、この地域は特に風化が進行している。また、他の地域でも風化が進行している地域が多い。年平均降雨量は、1,700mm程度で、場所により時間雨量100mm、日雨量200～500mmと多いところもあり、土砂の生産量、流出土砂量が極めて多い。このためダム建設後、年数の経過とともに堆砂が進行している。日本では、堤高15m以上のダムが約3,100建設されており、ダム計画では、100年間の堆砂量を設定することにより対応している。しかしながら一部のダムでは、貯水容量の減少、貯水池末端付近での堆砂による河床上昇、濁水の長期化などが起こっている。また、ダム下流河川では河床低下、海岸侵食などの問題も生じている。

このため、筆者らは堆砂に対する対策について古くから検討してきた。平成10年7月には、河川審議会総合政策委員会の総合土砂管理小委員会報告「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」<sup>1)</sup>が出されている。この中では、流域の安全確保、利活用、環境の保全を適正に実施していくため、森林を含む山地部から海岸域までの土砂の移動領域の全体を「流砂系」という新しい概念で捉えた総合的な土砂管理の推進が謳われている。これは、土砂を止める対策に重点を置いてきた従来の土砂管理の考え方を改め、適切な土砂移動の必要性を上げ、具体的には、新設・既設ダム、砂防ダム等における新たな土砂管理・排砂システムの構築が挙げられている。最近になって、計画以上の土砂が堆積した一部のダムにおいては、有効容量内の堆砂の掘削・浚渫や、排砂門・排砂バイパス等

の設置による恒久的排砂対策が計画・実施<sup>2) 3) 4)</sup>されている。本文では、水系一貫した総合土砂管理と早期の土砂管理対策の必要性、日本におけるダム貯水池の堆砂状況、既往の排砂対策などについて明らかにした。次いで、貯水池の土砂管理に関する総合的な対策を提案すると共に、最近の土砂管理対策について考察する。

## 2. 水系一貫した土砂管理

図-1に示したように、土砂に関する問題は、山地部、平野部、河口・海岸部などのそれぞれの領域毎に様々な問題が発生している。

山地部では、荒廃山地からの流出土砂の渓流河道部での堆積や山腹崩壊、地すべり、土石流による災害発生の問題、一部地域における著しいダムの機能低下の問題等が、平野部では、河床低下等による問題が、河口・海岸部では、河口閉塞、海岸線の後退等に起因する問題が発生している。

そこで、上流から下流まで水と土砂を一貫してコントロールすることが必要である。日本の砂防工事でも貯砂する砂防ダムから、スリット式・大暗渠式等により土砂を調節し、土砂を適度に流す砂防工事になってきている。

従来のダム計画では、堆砂するものと考えて来たが、これからは大洪水時の異常土砂は調節して許容流砂量を流下させ、中小洪水時の大部分の土砂と異常土砂は中小洪水によって下流に流下させることが必要である。このようにすれば、ダムは半永久的に利用でき、下流の河床低下による問題、海岸侵食防止等に役立ち、良好な自然環境を保つことになるものと考えられる。

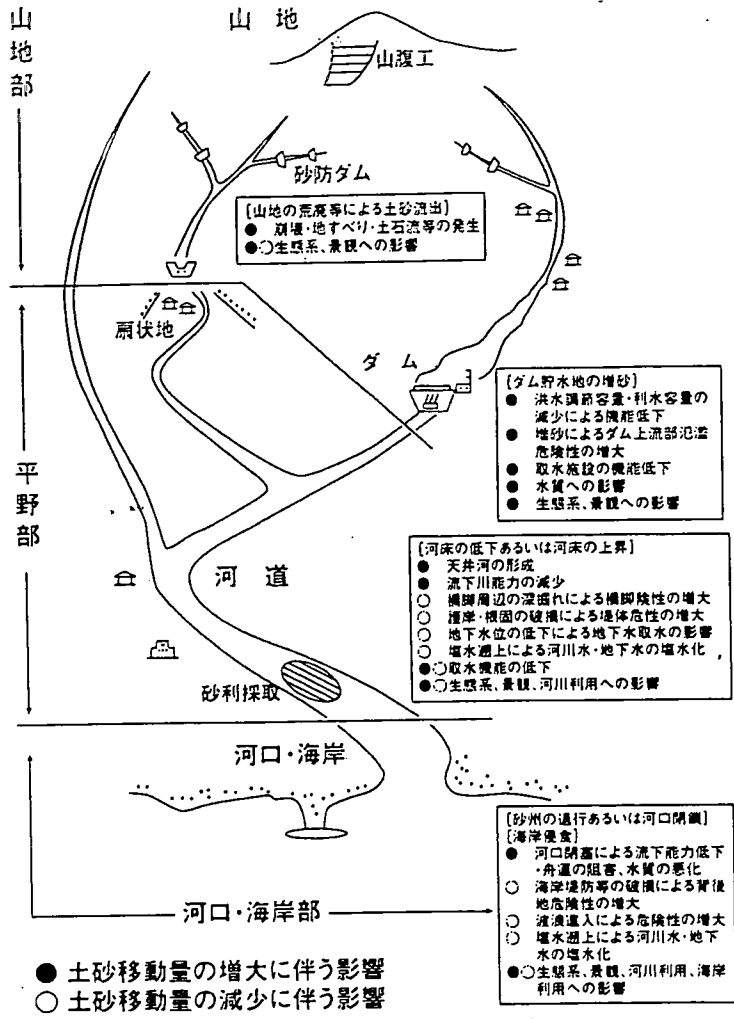


図-1 水系における土砂問題<sup>1)</sup>

### 3. 早期の土砂管理対策の必要性

特に流出土砂の多い地域で、堆砂の進行している美和ダム、横山ダム、松川ダムでは、貯水容量の回復と、恒久的排砂対策によるダム再開発が計画されている。

この計画は、貯水池末端に堰を2箇所建設し、上流の堰では流入砂利を貯砂し、これを採取して骨材として利用し、下流の堰からウォッシュロードを取水して、排砂トンネルを通してダム下流に排出する計画である。また貯水池にすでに堆砂した土砂は、浚渫を行い捨土する計画である。しかし、この土砂量が多量で広大な捨て場を必要とし、実現には大きな課題が残されている。一方、新たなダムサイトの適地は少なくなっているため、この

ようなダム再開発がますます必要となるものと考えられる。

また、流出土砂が多い黒部川に、最近建設された出し平ダム、宇奈月ダムは、堤体に排砂門を設置している。流出土砂の多い河川に、これから建設する堤体の高いダムでは、堤体の排砂門では粒径の大きな土砂は排砂できない。そこで、貯水池末端付近に堰を設置し、ここからダム下流まで、ダム建設時に仮排水路も併用したバイパストンネルを建設し、掃流砂、浮遊砂を含めた排砂を行う方法が考えられる。また洪水吐きを少し下げ、ここから浮遊土砂の排砂も考えられている<sup>5) 6) 7)</sup>。

このようにして、流出土砂の多い河川では、新しく建設するダムは建設するときに、すでに建設され堆砂の間

題が生じているダムでは早期に、排砂対策を行う必要がある。

一般に、ダム堆砂計画は100年間を考えているが、ダムの機能は永久に保全すべきであって、100年後に堆砂によって利用不能にしてはならない。また、土砂の適正な供給は、河川、海岸の生態系など、環境の観点からも重要であることが注目されている。このように様々な問題が顕在化している。

#### 4. 日本のダム貯水池の堆砂

日本の地質は中央構造線、糸魚川静岡構造線の断層があり、地質も変化に富んでいる。地震も多発している。また、年間の降水量も多い。このため、崩壊地が多く、流出土砂も多く、ダム貯水池の堆砂が進行している。

100万 $m^3$ 以上の貯水容量を有する729ダムについて調査した結果、1994年3月末現在、総貯水容量約173億 $m^3$ に対する総堆砂量は約12億 $m^3$ で、1ダム当たりの総貯水容量に占める堆砂量の平均割合(全堆砂率)は6.9%である。これを1ダム当たりに換算すると、総貯水容量2,376万 $m^3$ に対し、163万 $m^3$ の土砂が堆積している。また、図-2は、全国729ダムの堆砂量を竣工後、経年別に区分してまとめたものであるが、1940年以前に建設されたダムでは、完成年の経過以上に全堆砂率が大きくなっている<sup>2)</sup>。

次に、上述のダムから、①各河川の最上流に設置し、間接流域を含まない、②流域面積が50 $km^2$ 以上であること、③経過年数が10年以上であること、④総貯水量が1,000 $\times 10^3 m^3$ 以上あること等の条件をクリアした40ダムを基に各ダムの実績比堆砂量と計画比堆砂量の関係(図-3)、実績比堆砂量の地方別平均値(図-4)等を求めた。

図-3は、実績比堆砂量と計画比堆砂量の関係を示したが、図中のラインよりはるか上にあるダムは計画している堆砂量をかかなり上回っており、ラインに近いダムは堆砂が計画どおりであることがわかる。地方で見ると多少ばらついてはいるが中部・中国地方は比較的計画通り

に堆砂している。また、関東・北陸・九州は計画よりも多く堆砂しているダムが多い。

図-4に示した実績比堆砂量の地方別平均値から中部地方が1,007.9( $m^3/年/km^2$ )と最も多く、次いで北陸・関東・近畿・九州・東北・四国・北海道の順に少なく、中国地方が106.9( $m^3/年/km^2$ )と最も少ない。流出土砂(ダムの堆砂)は様々な因子が複雑に絡み合っていることに起因し、流出土砂量(ダムの堆砂量)の大小もそれぞれの因子から受ける影響の大小に関係していると考えられる。

#### 5. 日本の既住の排砂対策

昭和初期から建設された発電ダムで、土砂流出の多い黒部川、大井川、天竜川等の満砂したダムの排砂方法は、建設前、または建設後に排砂門を設置し、満砂後は洪水時に排砂を行っている例が大半を占め、排砂門を設けていないものでも、クレスト余水吐きよりオーバーフローで排砂しているのが実情のようである。

これに対して満砂していない貯水池においては、その主力を陸上掘削、ならびに浚渫により機能回復を行っている例が多い。また、井川ダムのように、排砂操作により堆積土砂、ならびに流木、沈木などを排出している例もある。

##### (1) 開水路による排砂例

###### a) 千頭ダム、大間ダム、寸又川ダム

千頭ダムは、排砂路によって洪水時に増水期70 $m^3/s$ ～減水期40 $m^3/s$ の間で効果的な排砂を実施している。大間ダムは、ダムクレスト余水吐きに設けたテンターゲートの操作により、排砂を行っている。また、寸又川ダムも同様に、クレストゲートの操作により排砂を行っている。

###### b) 平岡ダム、泰阜ダム

平岡ダムでは、排砂施設は特にないが、洪水時にダムの洪水吐きゲートを全開することにより排砂を行い、

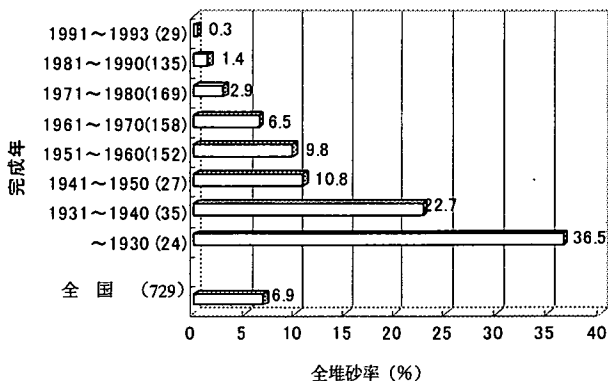


図-2 竣工年別ダム堆砂状況<sup>2)</sup>

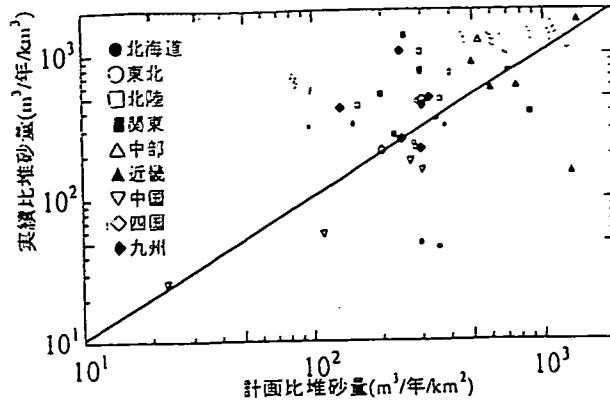


図-3 実績比堆砂量 (m³/年/km²) ²)

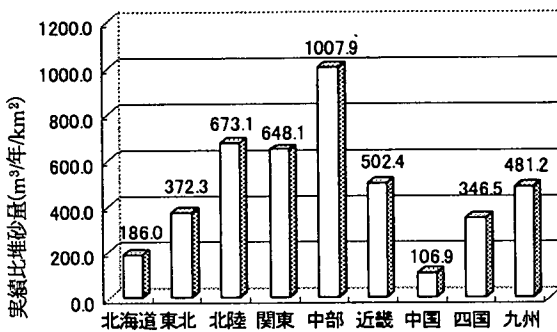


図-4 実績比堆砂量の地方別平均値 ²)

また、貯水池上流で砂利採取を行っている。泰阜ダムは、排砂隧道を取水口の近くに設け、1回当たり130,000m³の排砂をしている。なお、排砂隧道のインバート、側壁の破損が生じ、またダム本体越流部のコンクリートが摩耗している。

c) 小屋平ダム、仙人ダム、猫又ダム

これらは黒部川中流域の重力式コンクリートダムで、排砂門から洪水時に排砂を行っているが、排水路は摩耗している ²) ³)。

(2) 排砂管による排砂例

大井川水系井川ダムには、φ230mの排砂管が設置されている。年1回程度の操作機器点検による操作で、時間も短時間であったが、次のようなことが明らかになっている。

- ①流域の地質は、硬砂岩、粘板岩で、岩石の粒子が沈殿したもので、緻密で硬く、粘着力があり、水中で膠結する性質がある。
- ②このような沈殿土砂が排砂管、放水管全面のコンクリート天端まで堆砂し、スクリーン機能を完全に麻痺させる。

③排砂管、発電取水口付近に流木が引き込まれ、スクリーンにかかり、シルト層が圧密される。

このようなことから、2~3年に1回の操作が必要である。排砂時には泥土水、沈木、浮遊物が多数流出した。なお、実測による排砂量は300,000m³であったが、浮遊物を含めると、倍以上の土砂を排出したものと考えられる ⁹) ¹⁰)。

以上のように排砂管によって、相当量の土砂の排砂が可能であるものと考えられる。

(3) 掘削、浚渫による排砂例

a) 小洪ダム

小洪ダムは、高さ105mのアーチ式コンクリートダムである。この川は南アルプスの急峻な地形で、中央構造線を横切っているため、我が国でも有数の土砂河川である。計画堆砂量も2,000万m³であるが、計画より実績堆砂量がわずかに多い。このため、貯水池末端で掘削を行っているが、新たに貯水池末端に高さ10m土砂止堰堤を建設し、ここで土砂を堆砂させ、掘削することとしている。現在までの土砂掘削は堆砂対策とし大いに役立っている。

b) 美和ダム

美和ダムも天竜川支川、三峯川に建設された、高さ60mの多目的ダムである。小洪ダムと同様の状況で、陸上掘削、浚渫によって、昭和34年から48年までに185万m³の排砂を行ってきた。その後の検討で、水深10mまではポンプ船を導入し、排砂を行っている。

6. 日本の近年の土砂管理

(1) ダムの総合土砂管理対策

a) 総合土砂管理対策

土砂管理対策は流域の特性、および、ダムの特性に

応じた方法で実施している。また、既設ダム、新規に建設するダムによっても対策が異なっている。

しかし、ダムの土砂管理対策は一つの方法で解決できるものではなく、堆砂に関連する多くの負荷要因を究明し、それぞれに対応した総合的な土砂対策を立案することが重要である。すなわち、効果的な土砂管理対策を究明するためには、まず貯水池で発生する問題として、地域別にかけて、その実態を把握する必要がある。

土砂供給源である流域では、①流域の規模、②地質、③地形、④地覆状態、⑤降雨、⑥土地利用による生産土砂量などの要因が考えられ、河道では、①勾配、②川幅の変化、③河道堆砂量、④洪水流量頻度などの要因が考えられる。また、貯水池では、①流入土砂量、②流入土砂の粒径、③貯水池の水位変動、④貯水池の規模、⑤貯水池の利用目的、⑥貯水池の水理特性など

の要因が考えられる。

以上のように、堆砂に関連する多くの要因があるため、土砂管理対策は図-5のように、ダムの堆砂の実態、影響の実態調査、土砂管理地区区分の検討、土砂管理負荷要因の検討などを行って総合的な土砂管理の検討が必要である。

b) 土砂管理対策からみた地区区分

1) 地区区分

総合的な土砂管理対策を考える上で、ダム堤体直下流から貯水池末端上流域までを、次の①～④に示す地区として考える(図-6)

①貯水池上流地区

主に貯水池上流域の土砂供給源、ならびに輸送河道における区域で、その主な対策としては、土砂生産抑制としての集水域の計画的保全管理、土壌保全対策、および治山治水面からの流出土砂抑止システムの確立

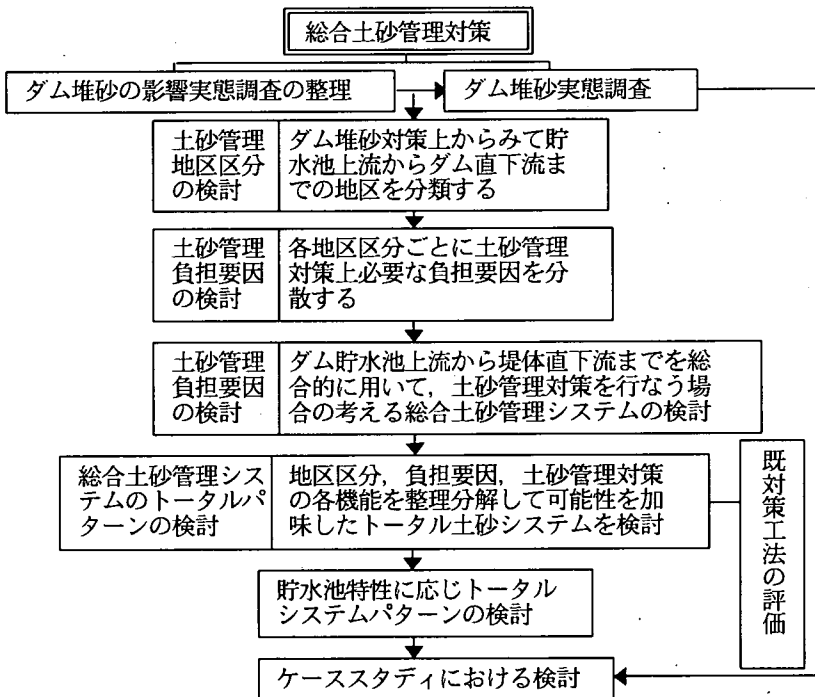


図-5 総合土砂管理システムフロー

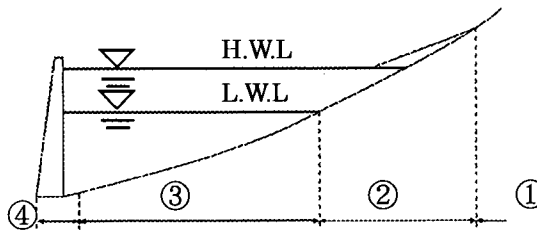


図-6 排砂対策区分

が必要である。

②貯水池末端地区

ダム建設により影響を及ぼす堆砂地域を含め、貯水池操作により一時的に河床の露出する区域について考える。

③貯水池内地区

堤体上流から②区域までの範囲として、常に水面域の地域である。

④堤体および堤体直上流地区

直上流を含めた堤外地区とし、主に排砂管、排砂門などの施設がその対策となる。

2) 負荷区分

土砂管理に関する区分は、主に水と土砂に加えて木材、ならびに雑廃棄物も考慮する必要があり、次のようになる。

- 水……………流量に関する負荷要因
- 土砂……………土砂に関する負荷要因
- 木材……………流出に関する負荷要因
- 雑廃棄物…ビニールなど、生活雑廃棄物の負荷要因

3) 土砂管理システムパターン

地区ならびに負荷区分を想定し、ここにおける排砂システムを想定する必要な項目は、主に次のものである。

a. 分級

土砂管理対策を考える上で重要なものとして、土砂の粒度構成が挙げられ、シルト、砂および、礫にわけられ、それぞれによって土砂管理も異なってくる。すなわち、砂礫部分が多い河川であれば、これを除くことにより容量もかなり確保されると同時に、建設資材としての効用も考えられる。シルトでは水とシルトの分級、ならびに

その処理の困難性と貯水池の濁りの発生要因となるが、排砂管、排砂門による排砂が可能である。

b. 移送

生産土砂地域①で発生した土砂は、主に河水の掃流によって河道を流下し、貯水池末端②に達し、貯水池内③へと移動する。その移動形態も、礫砂、シルト、により異なり、礫および粗砂については、掃流形式、細砂およびシルトにおいては、浮遊形式の密度流を示す。

c. 除去

排砂対策における一般的手法としては、土砂を堤体を通して排砂、貯水池内の浚渫および掘削などで対処するが、排出土砂の粒径により、その排出方法も当然異なったものとなる。

c) 土砂管理に関する負荷要因と個別排砂対策

土砂管理対策地区区分ごとに関連する負荷要因を抽出すると、表-1に示すとおりで、極めて多くの因子に支配される。これらの多くの因子と、それぞれのダム特性と関連を検討し、土砂管理対策に関連の大きな因子を究明することが重要である。

次に、各地区の負荷要因に対する個別土砂管理対策として考えられる方法は、①-④でそれぞれ異なり、表-2に示す対策が考えられる。すなわち、①地区の貯水池上流では砂防対策による方法が考えられる。②地区の貯水池末端では、貯砂ダムを設置し、これにより掘削する方法、また浚渫、掘削する方法が考えられる。③地区の貯水池内では浚渫、掘削、密度流、貯水池水位操作、貯池周辺バイパス水路等による方法が考えられる。④地区の堤体および直上流では、排砂門、排砂管、スリット式、ゲート操作による土砂管理方法等が考えられる。

表-1 排砂対応地区区分に関連する負荷要因

		負 荷 要 因			
		①水	②土砂	③木材	④雑廃棄物
排砂対策地区	① 貯水池上流	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計画対象洪水ハイドログラフ</li> <li>・洪水流量頻度</li> <li>・洪水流量時系列</li> <li>・洪水水位</li> <li>・掃流力分布</li> <li>・水温</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・裸地、崩壊地分布</li> <li>・生産土砂、粒径分布</li> <li>・溪床堆積量</li> <li>・流域植生、植林状況</li> <li>・河床砂礫の堆積状況と粒度分布</li> <li>・流下土砂量と粒度分布 (年平均、一洪水、計画洪水)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一洪水の流木量</li> <li>・年間の流木量</li> <li>・流木の特性 (形状、比重など)</li> <li>・発生原因 (雪崩、地すべり、伐採、風倒木)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・廃棄物の種類 (形状分布、物理特性)</li> <li>・一洪水流下量</li> </ul>
	② 貯水池末端	<ul style="list-style-type: none"> <li>・同上</li> <li>・流入位置</li> <li>・貯水位変動</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・流入土砂量と粒度分布 (年平均、一洪水、計画洪水)</li> </ul>		
	③ 貯水池内	<ul style="list-style-type: none"> <li>・水位変動</li> <li>・水温分布</li> <li>・直接流入量</li> <li>・摩擦速度分布</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆砂量</li> <li>・堆砂形状</li> <li>・堆砂密度</li> <li>・粒度分布</li> <li>・直接流入土砂量粒度分布</li> <li>・貯水池平面形状</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・浮遊</li> <li>・沈木</li> </ul>	
	④ 堤体及び直上流	<ul style="list-style-type: none"> <li>・放流量とそのパターン</li> <li>・水位変動</li> </ul>			

(2) 近年の土砂管理対策に関する考察

土砂管理対策を選定するためには、前述の土砂管理対策のような方法で、多くの要因を分析して、その地域に最適な方法を選定することが重要である。

近年、多くのダムで採用されている土砂管理対策は、高いダムで利水容量の多い場合と低いダムで利水容量の少ない場合で異なっている。利水容量の多い場合には、貯水池の水位低下と利水容量確保が困難であるため、水位低下による排砂が不可能である。

そこで、貯水池末端付近に貯砂ダムと分派堰を設けて、貯砂ダムで掃流砂を貯砂して、これを掘削して排出し、分派堰からバイパスを設けて掃流砂の一部とウォッシュロードを排砂する方法としている。

利水容量の少ないダムでは、貯水位の低下と利水容量の回復が可能であり、ダムに排砂門を設け洪水時に水位低下をして排砂する方法としている。また、治水ダムでは、水位低下が可能であるため、ダムの低部に排砂門を設けて、洪水時に自然調節方式として、洪水と土砂を自然に調節する方法が計画されている。この方法によれば、計画堆砂量も非常に少なく洪水調節も自然調節であるため、経済的である。

この他、種々の方法が考えられており、これらの土砂管理対策を図-7に示し、それぞれについて考察した。

図-8に土砂管理実施ダムの位置を示した。

a) 貯水池上流

貯水池への土砂軽減対策として、貯水池上流の山腹・

表-2 個別土砂管理

個別対策	①貯水池上流	②貯水池末端	③貯水池内	堤体及び直上流
	対策名称	対策名称	対策名称	対策名称
	・土砂生産、流出量の軽減工法 ・砂防ダム	・スクリーン ・貯水池末端貯砂用固定堰 ・貯水池末端貯砂用可動堰 ・浚渫 ・掘削 ・貯水池末端スリット堰 ・貯水池利水用補助ダム	・浚渫 ・掘削 ・密度流 ・貯水池運用(貯水位操作) ・貯水池周辺対策(水路)	・排砂門 ・排砂管 ・スリット式 ・サイホン式 ・ゲート操作(フラッシュ)

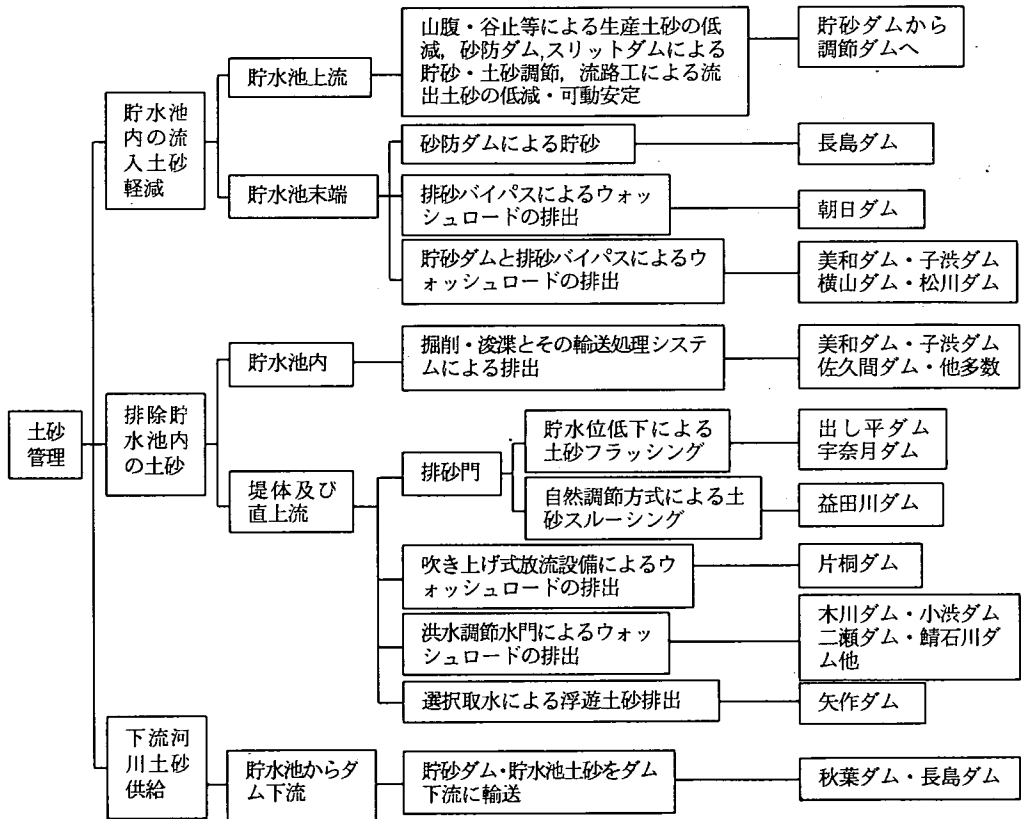


図-7 土砂管理対策

谷止等により土砂の生産の抑止を図り、土砂ダムで貯砂を行い流入土砂を軽減している。従来の砂防ダムは、貯砂を重点にしていたが、最近の砂防ダムは、土石流・過剰の土砂流に対してはスリット式、大暗渠式等による土砂調節を重要視する方向に変わってきている。すなわち、貯砂を行う砂防から、流す砂防に変わっている。これにより、上流河川でも速度の流砂量を供給するようになり、これらがダムにも流入してくる。

#### b) 貯水池末端

常時満水位の貯水池末端付近に低い貯砂ダムを建設し、掃流砂を貯砂して、これを掘削し、回転使用して、ウォッシュロードは排砂パイパスにより排砂する方法である。この方法は美和ダム、小波ダム、松川ダム、横山ダムで計画されている。貯砂ダムは美和ダム、小波ダムですでに建設されている。これらのダムはウォッシュロードの排出が主であるが、下流の河床低下防

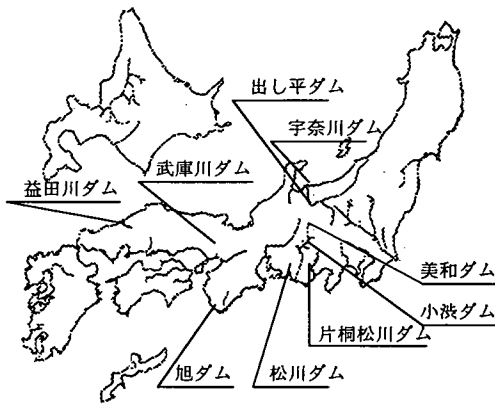


図-8 土砂管理実施ダムの位置

止、海岸侵食防止、礫・玉石に藻類を発生させるためには、掃流土砂も排出することが必要と考えられる。長島ダムでも貯砂ダムを建設しているが、この貯砂は採取し骨材として利用することと下流土砂供給に用いることにしている。

これらのダムの排砂方法は、ほぼ同様の方法であるので、図-9に示した美和ダムについて考察する。

美和ダムでは、年平均流入土砂量  $685 \text{ km}^3$  であり、この土砂を貯砂ダムで  $160 \text{ km}^3$  貯砂して採取し、分派堰からバイパストンネルを通してウォッシュロードを  $399 \text{ km}^3$  流下させ、 $126 \text{ km}^3$  は分派堰から貯水池に流入する計画である。また、貯水池に流入する  $126 \text{ km}^3$  の内、補助システムで  $79 \text{ km}^3$  排砂し、ダムから洪水と共に  $21 \text{ km}^3$  排砂し、貯水池の堆砂は  $26 \text{ km}^3$  となる計画である。

この計画で問題と考えられることは、異常洪水時に貯砂ダムから掃流砂が越流し、バイパストンネルを掃流砂が流下し、トンネル底部の摩擦が大きいと考えられるので、この対策を十分考慮しておく必要があることである。

旭ダムの排砂バイパストンネルは、1998年に日本で最初に建設された。この排砂バイパストンネルは、美和ダム等と異なって貯砂ダムがなく、直接バイパストンネルに流入するため、浮遊砂・ウォッシュロード・掃流砂が流下している。

このように、旭ダムでは流入土砂の大部分が下流に排出されているので、ダム建設以前の河状と同様になり、自然環境も良好となっている。

以上の美和ダム、小波ダム、松川ダム、横山ダム、および、旭ダムの方法は、堤高が高く利水容量が多いため水位低下が困難な場合に採用される方法と考えられる。

#### c) 貯水池内

貯砂量の多いダムでは、有効容量の確保と砂利・砂の利用のため、古くから土砂の掘削・浚渫が行なわれてき

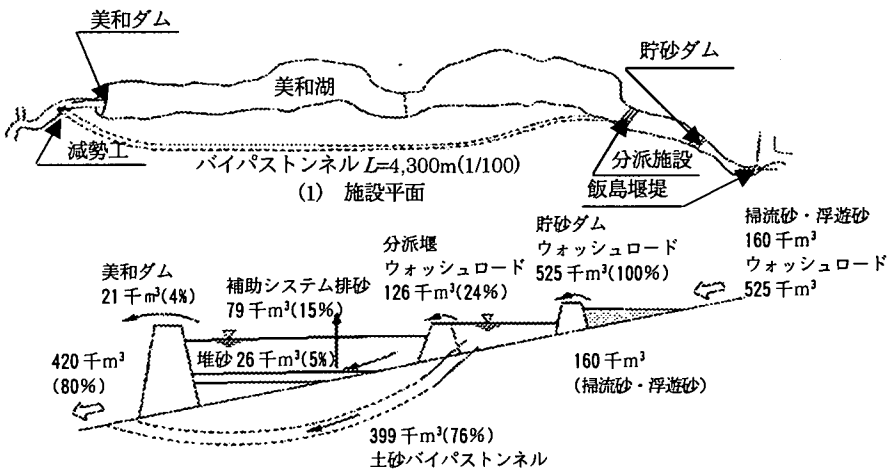


図-9 美和ダムの土砂管理計画<sup>4)</sup>



た。このようなことから美和ダムでは、図-10に示したように約500万 $m^3$ （昭和31年～平成7年）、小洪ダムでは約400万 $m^3$ （昭和44年～平成7年）の掘削・浚渫が行なわれ、美和ダムと同様に有効容量が確保されている。

この他の多くのダムでも掘削・浚渫が行なわれて、砂利資源の確保と貯水池の有効容量の確保に貢献している。この方法は砂利・砂資源の有効利用と貯水池の有効容量を確保するために今後も有効な方法で、流出土砂の多いダムでは、他のバイパス、排砂門等の方法と併用することも考えられる。

#### d) 堤体および直上流

##### ・排水門による方法

黒部川の出し平ダム、宇奈月ダムは、洪水時に水位低下をして排水門から土砂を排砂している。

排砂門は、出し平ダムが堰体の左右に幅5m、高さ5mの2条、宇奈月ダムが図-11に示すように堰体の左側に幅5m、高さ6mの2条設置している。両者のダムは一定の洪水以上について連携運用が行なわれている。それぞれのダムは排砂時に一時的に水位低下を行い、貯水池内の掃流力を大きくし、砂利等の粒径の大きい土砂も同時に排砂し、排砂効果を上げている。

宇奈月ダムの最初の排砂は、貯水後、6年後であったため、落ち葉、流木等のヘドロ化した浮遊物が多量に流出し環境問題となった。その後は、毎年2回程度排出する計画とし環境に対して配慮している。

以上のような排砂門による方法は、流出土砂が特に多い河川で、貯水量が少なく貯水位の低下が可能なダムに適するものと考えられる。

益田川ダム（島根県）、武庫川ダム（兵庫県）は治水ダムで、利水目的の貯水が必要でないため、図-12に示したように自然調節方式により、洪水と共に流入土砂も調節して下流に放流する方法が計画されている。この方法では、従来のような計画堆砂容量の必要がなく、それだけダム高を低くすることが可能となり効果的な方法である。

##### ・吹き上げ式

片桐ダム（H=59.2m、総貯水容量1,680千 $m^3$ ）に設置した吹き上げ式放流設備による細粒分の放流方法である。

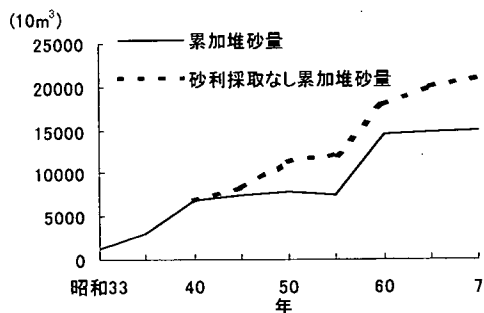


図-10 美和ダムの砂利・砂採取の効果

この方法では、土砂の多い小規模ダムで、堤体に土砂が近づく場合に適するものと考えられる。

##### ・洪水調節水門

洪水調節水門がダムの中位標高以下付近にある場合には、堆砂により水門標高に近づいたり、密度流等により多量の浮遊砂が放流されている。木川ダムでは堆砂が放流水門高と同標高となり、流入土砂の大部分が下流に流出している。また、小洪ダムでは堆砂標高が水門標高に近づき、多くの浮遊土砂が放流されている。洪水調節水門を堤体の低い位置に設置することにより、多くのダムの事例から微粉土砂の排出が可能となるものと考えられる。

##### ・選択取水施設

洪水時における濃度の高い濁水を選択取水施設から密度流を利用して、排出しているダムがある。筆者は以前に矢作ダムで密度流を利用して濁水を排出したが、概算では流入浮遊土砂の約1/3が排出した。

このように密度流を利用して浮遊土砂の排出することも考えるべきだと思う。

##### e) 下流河川土砂供給

天竜川下流部の秋葉ダムでは、貯水池の堆砂を採取し、ダンプトラックでダム下流まで運搬し、下流の高水敷に撒き出し、洪水によって下流にどのように流下するか、また、土砂の流下によって下流河川の環境に与える影響を調査する検討を行っている。

現在まで3回の試験結果では、供給土砂量が2~5万 $m^3$ 程度と少ないこともあり、特に悪影響が明らかになっていない。また、長島ダムでも、同様に試験を行っているが、天竜川と同様に特に悪影響が明らかになっていない。

## 7. 結論

日本における土砂管理は、ようやく一部の地域で実施され、流出土砂の多い地域では本格的に実施されようとしており、本研究では、次の事項が明らかになった。

1. 多量の土砂が堆積すると排出が困難でまた、多額の費用も必要とするので早期の土砂管理対策が必要である。
2. ダム堆砂率は古いダムほど大きくまた、計画比堆砂量より実績比堆砂量が多いダムがわずかに多くなっている。実績比堆砂量は、中部、北陸、関東、近畿、九州の順に小さくなっている。
3. 既往の排砂対策は、発電ダムで取水口附近に排砂管、排砂門等で実施し、総合土砂管理対策は実施していない。
4. 土砂管理対策は、ダム堆砂実態調査、土砂管理区分の検討、土砂管理負担要因の検討、土砂管理システ

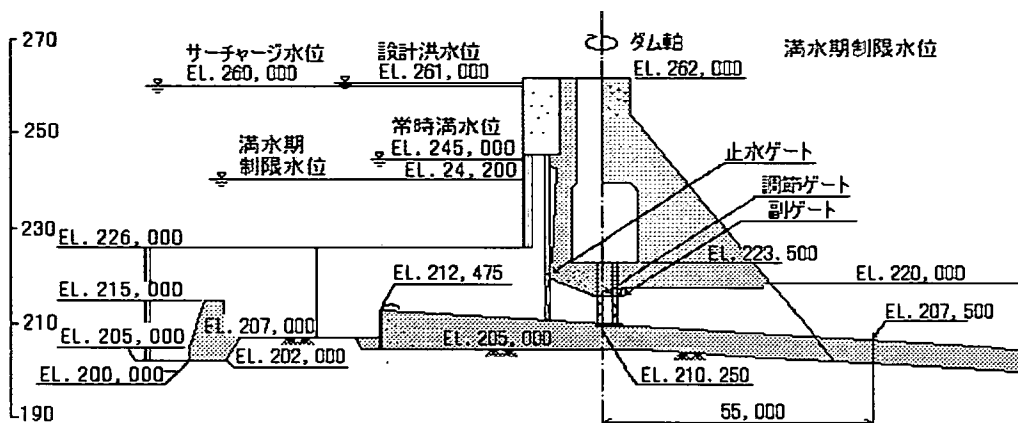


図-11 宇奈月ダムフラッシング施設

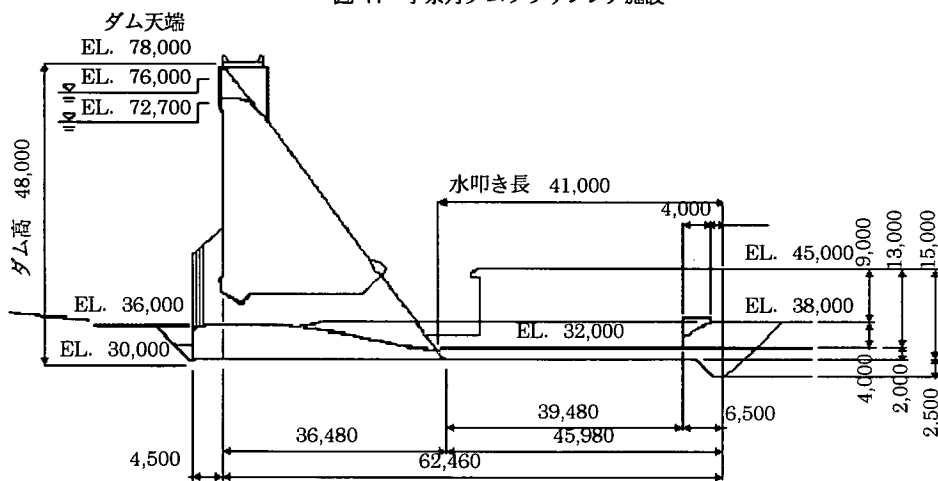


図-12 益田川ダム

ムの検討，総合土砂管理システムのトータルパターンの検討など総合土砂管理対策が必要である。

5. 各ダムには，それぞれに適した排砂対策があり，貯水位低下が可能なダムでは堤体に排砂門を設置し排砂操作を行う方法が適し，治水ダムは自然調節方式が適することが明らかとなった。

また，多目的ダムは水位低下ができないので，バイパストンネル方式が適することが明らかとなった。

### 参考文献

- 1) 建設省河川審議会総合政策委員会土砂管理小委員会報告：流砂系の総合的な土砂管理に向けて，1998. 7.
- 2) 鈴木徳行：ダム堆砂に関する排砂対策について，ダム技術，No. 1, 4-2, pp. 19-30, 1986. 4.
- 3) 竹村公太郎，鈴木徳行：流出土砂量の要因と予測に関する研究，大ダム，No. 621/11-47, pp. 101-109, 1995. 5.
- 4) 竹村公太郎，鈴木徳行：ダムの総合排砂対策に関する研究，大ダム，No. 163, pp. 52-62, 1986. 4.
- 5) 竹村公太郎，新井治，藤田信夫，坂上実：日本におけるダムの堆砂対策について，大ダム，No. 152, pp. 71-79, 1995. 6.
- 6) 寺田昌夫：ダムの排砂設備の計画と設計について，大ダム，No. 152, pp. 71-79, 1995. 6.
- 7) 安藤信夫，寺岡勝二，北詰良平，宮本高行：美和ダムの排砂プロジェクト，大ダム，No. 152, pp. 63-70, 1995. 6.
- 8) 上坂垣雄：貯水池の土砂管理，ダム技術，No. 159, pp. 4-23, 1999. 12.
- 9) 原田稔，森本浩，小久保鉄也：貯水池のバイパス排砂システムに関する実験的研究，ダム工学，No. 24, pp. 65-73, 1996. 12.
- 10) 竹林征三，高須修二，柏井条介：日本における排砂設備の歴史と設計法，No. 152, pp. 53-63, 1995. 6.

(2002. 4. 10 受付)

## SEDIMENT CONTROL OF A WATER RESERVOIR AT DAMS

Hiroshi MIYAMOTO and Noriyuki SUZUKI

Rivers in Japan produce a lot of flow-out sand. This results in an accumulation of inflow sand at dams and a decrease in capacity of water reservoir function of dams. This also causes the decrease of level of riverbed at the lower reaches and increase of seashore erosion. Nevertheless, present sediment controls at dams are carried separately. In this paper, we discussed the present circumstances of sediment control at dams and propose a new comprehensive sediment control of dams including reservoir sediment control.