

ダムの排砂

片野尚明

1. ま え が き

ダム貯水池の堆砂現象は、上流より流下する土砂をダムという構造物によって阻止するため、多かれ少なかれ必然的に派生する現象である。そのことが問題となるのは、堆砂が急速に進行したり、ダム頂部におよぶような状態になる時、防災面からは洪水調節能力の低下や上流の河床上昇等、資源・経済面からは貯水能力低下による水資源や電気エネルギーの損失等、さらに環境面からは濁水の長期化や下流河床の低下等へ影響をおよぼすことになるからである。

わが国の国土面積37万 km^2 のうち、約%が山地を形成しているため地形が急峻な条件にあり、しかも台風や集中豪雨によって降雨強度が大きい気象条件にあるため、土砂の生産・流出が極めて大きい特徴を有する。一方、築造された貯水池の大部分が山地にあり、ダム規模も欧米にくらべて比較的小規模なものが多いため、堆砂による貯水池機能の減少速度は大きく、かつ深刻である。そこで、堆砂の防除および排除（排砂）対策が近年関係機関で真剣に検討されてきているが、その負荷要因が自然現象や地形・地質条件に左右されるために多種多様であること、および対策法が経済的・環境的条件を満足させることが必要なため抜本的な対策が難しく、またそれらを反映して対策手法に関する研究事例も少ないのが現状である。

本文では、まず2で最新の堆砂の現況と堆砂に伴う問題点、3では排砂対策の方法および事例について紹介し、つづいて4、5では排砂対策の中でも現在有望と考えられる排砂路方式と浚渫方式のそれぞれについて計画例または検討例を示す。

2. 貯水池における堆砂の現状

2.1 堆砂の現況

昭和51年度末の建設省河川局資料によれば、総貯水容量5百万 m^3 以上のダム数は現在267カ所であり、総貯水容量122億 m^3 となっている。貯水池の堆砂量は7.3億 m^3 であって、総貯水容量の6%に達している¹⁾。また、最新の昭和58年度末の資源エネルギー庁の資料によれば、堤高15m以上で総貯水容量100万 m^3 以上の貯水池・調整池311カ所の合計総貯水容量103億7千5百万 m^3 に対して堆砂量8億2千万 m^3 、堆砂率8%である²⁾。

表-1には発電用ダムを対象とした地域別の堆砂量の実態を示すが、ダムの堆砂量は地域、水系によって大きく異なり、中部地方がもつとも大きく、続いて北陸地方で、両者合わせて全国の約55%を占

めている。この傾向は発電用以外の貯水池を加えても変化しないものと思われる。また、表-2は土砂堆積量1千万 m^3 以上の貯水池・調整池11カ地点の堆砂現況を示したものである。ここに示した堆砂量の多いダムは、流入土砂量の多い天竜川、大井川および木曾川水系に位置するダムに集中しており、特

表-1 昭和58年度地域別堆砂量

堆砂量調査地域分担表

地 域 名	ダ ム 数	貯水容量 (×10 ⁴ m ³)		堆砂容量 (×10 ³ m ³)		堆砂率(%)		全地域 に対する 割合 (%)
		総貯水容量	有効容量	総容量内	有効 容量内	総容 量内	有効 容量内	
北海道	24	579,869	429,109	53,440	12,982	9.2	3.0	6.5
東北(東)	7	137,566	100,317	5,668	267	4.1	0.3	0.7
東北(西)	57	2,328,739	1,508,066	105,690	23,483	4.5	1.6	12.9
関東	24	850,556	736,448	37,439	16,436	4.4	2.2	4.5
中部	47	1,319,759	849,541	337,354	108,692	25.6	12.8	41.1
北陸	38	1,870,838	1,403,353	110,494	30,200	5.9	2.2	13.4
近畿	21	890,267	554,100	37,645	12,880	4.2	2.3	4.6
中国	32	875,119	701,693	19,419	8,501	3.0	1.2	2.4
四国	25	752,513	623,171	49,900	27,656	6.6	4.4	6.1
九州	36	769,486	496,956	64,150	17,444	8.3	3.5	7.8
計	311	10,374,712	7,402,754	821,199	258,543	7.9	3.5	100

地域名	分担県名
北海道	全地域
東北(東)	青森、岩手、宮城、福島
東北(西)	秋田、山形、新潟
関東	栃木、群馬、千葉、茨城、東京、神奈川、山梨
中部	静岡、愛知、岐阜、長野
北陸	富山、石川、福井
近畿	大阪、奈良、和歌山、兵庫、三重、京都、奈良
中国	全地域
四国	全地域
九州	全地域

但し、2地域を流れる水系については河口のある地域とする。

表-2 土砂堆積量1千万 m^3 以上の貯水池・調整池

貯水池又は調整池	水系	所有者	所属発電所	出力 (kW)	竣工年月	総貯水容量 ($\times 10^3 m^3$)	土砂堆積量 ($\times 10^3 m^3$)	58年度総貯水容量内堆砂率 (%)
佐久間	天竜川	電源開発	佐久間	350,000	S 31.4	326,848	91,428	28.0
平岡	"	中部電力	平岡	75,000	S 27.1	42,425	37,726	88.9
井川	大井川	"	井川	62,000	S 32.8	150,000	32,564	21.7
九山	木曾川	関西電力	九山	125,000	S 29.2	59,350	30,110	50.7
畑畑第一	大井川	中部電力	畑畑第一	137,000	S 37.9	107,400	28,543	26.6
黒部貯水池	黒部川	関西電力	黒部川第四	258,000	S 36.11	199,285	23,367	11.7
大井	木曾川	"	大井	48,000	T 15.3	29,400	22,476	76.4
祖山	生川	"	祖山	54,000	S 5.12	33,850	19,559	57.8
上推葉	耳川	九州電力	上推葉	90,000	S 30.5	91,550	14,418	15.7
秋葉	天竜川	電源開発	秋葉第一	45,000	S 33.1	34,703	14,054	40.5
秋葉第二	"	"	秋葉第二	34,900	"	"	"	"
奥只見	阿賀野川	"	奥只見	360,000	S 35.12	601,000	11,800	2.0

に貯水容量の大きいダムに顕著に認められる。

2.2 堆砂問題

ダムの築造は、自然河道の土砂収支の平衡状態を変化させ、その上流側では流入水や輸送土砂量の力

学的関係を変化させて堆砂現象が生じる。この堆砂は当然貯水容量を減少させ、貯水池の本来機能（治水、農業・上水道・工業用水、発電等）を低下させるとともに、ダム付属構造物の機能低下や消失、さらには貯水池上流の河床上昇による洪水災害や、貯水池下流の河床低下による河川構造物の被害をもたらすことがある。

昭和53年度建設省調査において、既設ダムを対象として堆砂に係わる現状の問題点のアンケート調査を実施し、堆砂問題の具体的事項を抽出している¹⁾。表-3はその問題事項と件数についてまとめたものである。その中で、貯水池内および流入河道に関する問題が圧倒的に多いことが特徴的である。

3. 堆砂排除の方法

表-3 堆砂問題事項と件数

3.1 排砂対策

貯水池排砂対策を考える上で、貯水池の環境条件はもとより目的と規模・形態、貯水池の水利特性と水位変動および流入土砂特性等を十分把握して、それぞれの条件に応じて有効な排砂対策を計画することが必要である。一般に、貯水池の堆砂・水利特性により、貯

問題の箇所	具体的問題事項	件数
貯水池内 流入河道区間	有効貯水量の減少	9
	河床上昇等	11
	推定と実態との相違	8
ダム堤体付近	発電損失、取水口の摩耗・閉塞 放水口の閉塞	4
その他	濁りの発生、下流河床の低下等	—

水池末端上流域からダム堤直下までを4つの領域に分けて取り扱っている^{2),3)}（図-1参照）。

(I) 貯水池上流領域：この領域は、貯水池上流域の土砂供給源および輸送河道に相当し、主な対策としては、土砂生産制御のための計画的な管理、土壌保全対策および流出土砂調節のための治水・治山事業がある。

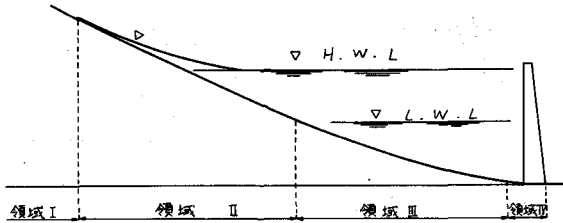


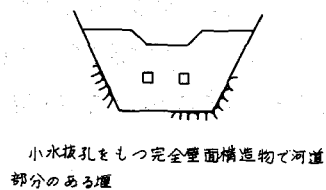
図-1 排砂対策から見た領域区分

(II) 貯水池末端領域：ダム築造に伴う

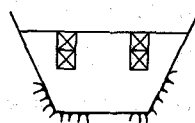
背砂区域から貯水池の水位操作により一時的に地床が露出する範囲である。対策工としては、貯砂用堰、スクリーン堰、スリット堰および掘削工法等がある（図-2参照）。ただし、堰を用いた場合は堆砂土石を排除できることが前提となる。

(III) 貯水池内領域：この領域は(II)領域から堤体直上流までの範囲であり、常に水面域にある。対策としては浚渫工法が有効とされている。

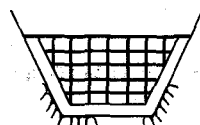
(IV) 堤体および直上流領域：直上流領域を含めた堤体近傍領域であり、対策工としては排砂門および排砂管等の設備対応が有効とされている（図-3、4参照）。



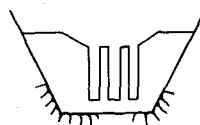
固定堰



可動式



スクリーン堰



スリット堰

図-2 貯水池末端における排砂対策

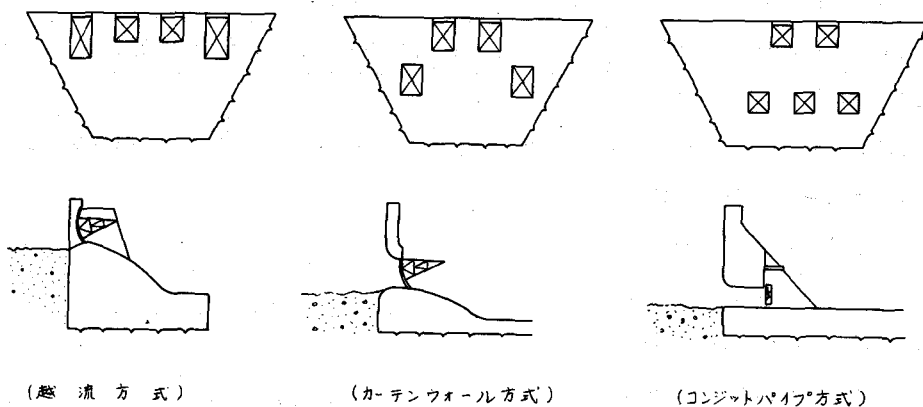


図-3 排砂門の形式

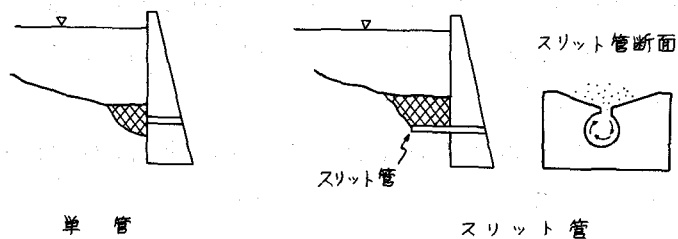


図-4 排砂管の形式

さて、領域Ⅳでの排砂対策を実施する場合に、貯水池に堆砂した土砂をダム下流へ直接排砂することが可能であるかの検討が必要となる。その検討項目としては、排砂面が排砂施設の呑口敷高までおよぶこと、および排砂を行うに必要な水量が、貯水池の運用計画と整合がとれていることである。これらが満足されてないと、排砂設備を設けることが無意味となる。その場合には、貯水池上流の(Ⅰ)、(Ⅱ)領域での対策に頼らざるを得なくなる。

つぎに、土砂粒径に着目した工法の抽出を行うことが必要で、表－４に工法と対応できる土砂の粒径範囲を示す³⁾。これより、領域Ⅲでの河道に設けた各種の堰による対策工法は、砂、礫に対応したもの

表－４ 土砂粒径に着目した工法の抽出

適合する範囲

土砂区分 対応地区 と工法	土質工学的区分		粘 土	シルト		砂		砂 利		礫			
	水 理 学 的 区 分		ウォッシュロード				浮 遊 砂		掃 流 砂				
	粒 径 (mm)		0.005	0.01	0.05	0.1	0.5	1	5	10	50	100	500
領 域 Ⅱ	スクリーン堰												
	スリット堰												
	貯砂用堰												
領 域 Ⅲ	グラブ浚渫施設	グラブ浚渫船											
		デッパ バックホウ浚渫船											
		バケット浚渫船											
		タワーエクスキャベーター											
		ポンプ浚渫船											
		潜水ドレッジャー											
領 域 Ⅳ	排砂門	越流式											
		カーテンウォール式											
		コンジットパイプ方式											
	排砂管	単管方式											

であり、領域Ⅲでの各種浚渫工法は、砂、砂利および礫の一部を取り扱うことができ、領域Ⅳでの排砂門および排砂管は粘土から礫に至る広い粒径範囲に対応できることを示している。

3.2 排砂対策の事例

国内の貯水池で実施している既存の代表的対策例の二、三を以下に紹介する^{4),5)}。

(1) 余水吐の利用

満砂状態になったダムの排砂方法は、洪水時にクレスト余水吐を利用して排砂しているのが実情である。この方法は、堆砂量の多い大井川水系に位置する千頭ダム、大間ダムおよび寸又川ダム等に代表される。その一例として、図－５に大間ダムの余水吐設備の概要を示す。当ダムは昭和１０年に建設された重力

式コンクリートダムで、上流での山腹崩壊等により年平均約4万 m^3 の流入土砂量によって昭和37年に満砂となり、ダム付近に約13mの河床上昇をもたらした。現在ダムクレスト余水吐に設けられているゲートを操作することにより、洪水時の余水を利用して排砂を行っている。

(2) 排砂トンネル方式

排砂トンネル方式の一例として泰阜ダムの例を図-6に示す。当ダムは、天竜川本川に

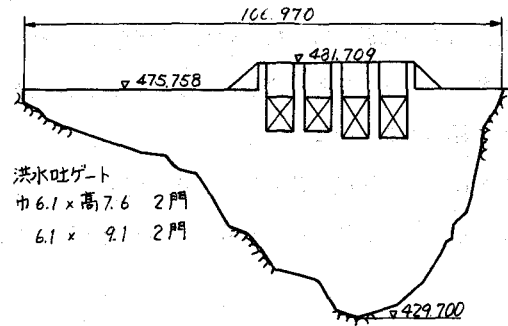


図-5 大間ダムの余水吐設備

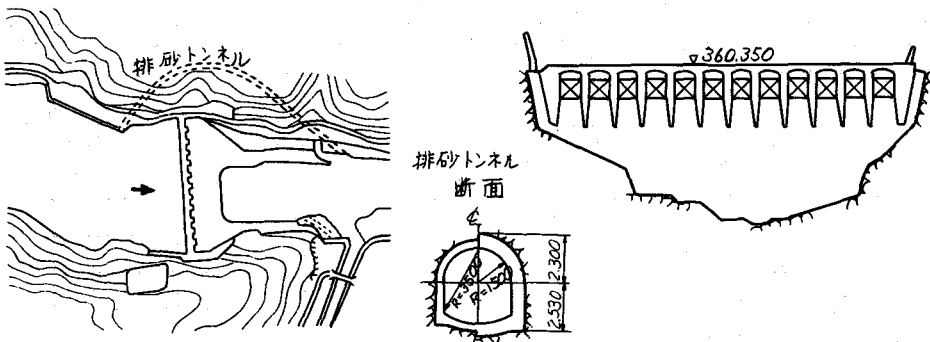


図-6 泰阜ダムの排砂トンネル設備

昭和11年建設された重力式コンクリートダムで、年平均約103万 m^3 の流入土砂量により昭和19年にはほぼ満砂状態となった。昭和24年に排砂トンネルを設け、年末年始の発電停止時に1回当たり13万 m^3 程度の土砂排除に努めたが、ダム直上部には一定の効果が認められても、排砂トンネルの規模に対して流入土砂量があまりに大きいため、有効貯水量の快復や上流の河床低下を促進するような効果は期待できなかった。さらに、昭和32年に取水路内への土砂流入防止のためのバケット容量1.5tのクラムシェルを設置し、年間2万 m^3 程度の浚渫を実施している。さらに、当ダムは洪水時の土砂排砂に伴うダム堤体のエプロン部の摩耗損傷やダム基礎部の洗掘等が問題となり、大掛りな修復対策をも施している。

(3) 浚渫方式

浚渫方式の成功例としてもっとも有名な美和ダムの例を紹介する。美和ダムは、昭和34年に天竜川水系三峰川に建設された多目的ダムで、流入土砂量は堆積土砂量の実績から500 m^3/s 程度の洪水で約100万 m^3 と堆定され、そのうち30万 m^3 の堆積を仮定すると、昭和60年で計画堆砂量の2倍になると予測された。そこで、貯水容量の確保と堆積土砂のコンクリート骨材への利用の両面を考え、陸上掘削方式によってダム建設以来昭和48年度まで約185万 m^3 の排砂を行ってきた。しかし、この方法だ

けでは計画堆砂量を制御できないため、昭和48年度にポンプ船による浚渫を開始し、現在に到るまで予定通りの成果をあげている。

4. 排砂路方式による排砂対策

ここに述べる排砂路方式は、前述の3.1で示した排砂対策法のうち、水流の掃流力を利用した排砂門および排砂管に位置づけられるものであるが、排砂領域としては、堤体および直上流域から貯水池内領域までを包含する積極的な排砂対策を想定している⁶⁾。以下に、排砂路方式の概要、水理設計方法およびそれらの適用設計例について概略を紹介する。

4.1 排砂路方式の概要

排砂路方式が成立する地点としては、比較的小規模な自流量が多い調整池、ならびに浚渫等の工法が困難で排砂対策を施さないと貯水池機能にとって致命的になるような場合に限定される。現在、成立性が存在するであろう排砂路規模の概要は以下の通りである。

- 1) 断面：直径3～5mを必要とする。3m以下では流木等で閉塞される懸念があり、5m以上になると経済性の面で成立が困難となる。
- 2) 勾配：1/30～1/80の範囲と考えられ、1/30以上では排砂路の摩耗損失が激しくなり、1/80以下では局所的な堆砂の恐れが生ずる。
- 3) 水路長：最大400～500m程度までで、それ以上の長さになると、経済的成立性は難しくなる。また、途中の曲りは偏流により流砂の局所堆砂現象や摩耗損失が生じるため、できる限り直管とする方が望ましい。
- 4) 呑口敷高：池内の堆砂面を下げることもおよび排砂量を大きくするため、できる限り低い程有利となる。
- 5) 運用上の留意点：洪水終了時をねらって水位を下げた運用すること、ならびに土砂を排砂路付近に引き寄せておくために設備の使用頻度を高める配慮が必要である。

4.2 水理設計方法

排砂路方式の水理設計のための検討項目および手順のフローを図-7に示す。排砂路の設計に当たっては、まず当該地点の水文資料、流入土砂資料を収集するとともに、河床変動や流入する土砂の粒度分布を把握し、貯水池の運用とを勘案して排砂に利用できる流量および計画排砂量をあらかじめ定めて、排砂路設備の規模の大略を設計する。つぎに、計画排砂路を十分安全に流下できるように排砂路の勾配、排砂路設置高さおよび排砂路の平面的位置・形状を検討し、貯水池の本来機能である取水設備の正常な運用の確保、ならびに背水端の水位上昇を引き起さないことを確認して排砂路設備の最終的な水理設計案を固める。なお、排砂路勾配の設定に当たっては水路壁の摩耗損傷の対策を考えておくことが肝要である。

さらに、これらの検討フローを進めるに当たっては、概略設計においては既存の水理学的知見⁷⁾、なら

びに詳細設計に当たっては新たな水理模型実験等が必要であり、貯水池の運用条件と排砂過程の詳細な検討は、流入点、貯水池内および排砂路を一貫としたシステムとして取り扱い、貯水池内の流況、池内の堆砂面の変化および排砂路の掃流土砂量などを予測できる数値モデルによるシミュレーション解析手法に頼らざるを得ない。しかし、この手法はまだ未解決な点を残しているため、今後の研究開発に期待するところが多い。

4.3 適用設計例

(1) 出し平ダムの場合

関西電力株式会社は

黒部川に高さ 7.67 m 、貯水容量 $9,010\text{ 千}\text{ m}^3$ 、有効貯水容量 $1,660\text{ 千}\text{ m}^3$ の出し平ダムの築造を進めている。黒部川は流出土砂の多い河川で、当調整池への年間流入土砂量は、既設ダムの比堆砂量から推定し約 $400\text{ 千}\text{ m}^3$ と見込まれている。調整池の有効貯水量を確保するとともに、背水端に位置する既設の猫又ダム地点の河床上昇を防止するため、当ダムには流水のエネルギーを利用した大規模な排砂路（高さ 5 m 、幅 5 m ）を2条設け、予測される堆砂土砂を排除する計画である（図-8参照）。

本排砂路の効率的な運用方法について縮尺 $1/50$ の水理模型実験を用いて検討した結果、排砂量は流量が増加する程多くなるが、もっとも効率的な流量は $80\text{ m}^3/\text{s}$ の場合と予測された。また、2条の排砂路を用いて年間流入土砂量を排除するためには、流量 $80\text{ m}^3/\text{s}$ で約4～5日、流量 $160\text{ m}^3/\text{s}$ で約4日、流量 $320\text{ m}^3/\text{s}$ で約3日と予測され、本ダムの排砂は十分可能であるとの結論を得ている。なお、流量が $320\text{ m}^3/\text{s}$ 以上になると、調整池内の水位が上昇し、排砂路呑口部の流速は減少して排砂はほとんど行われなくなる。

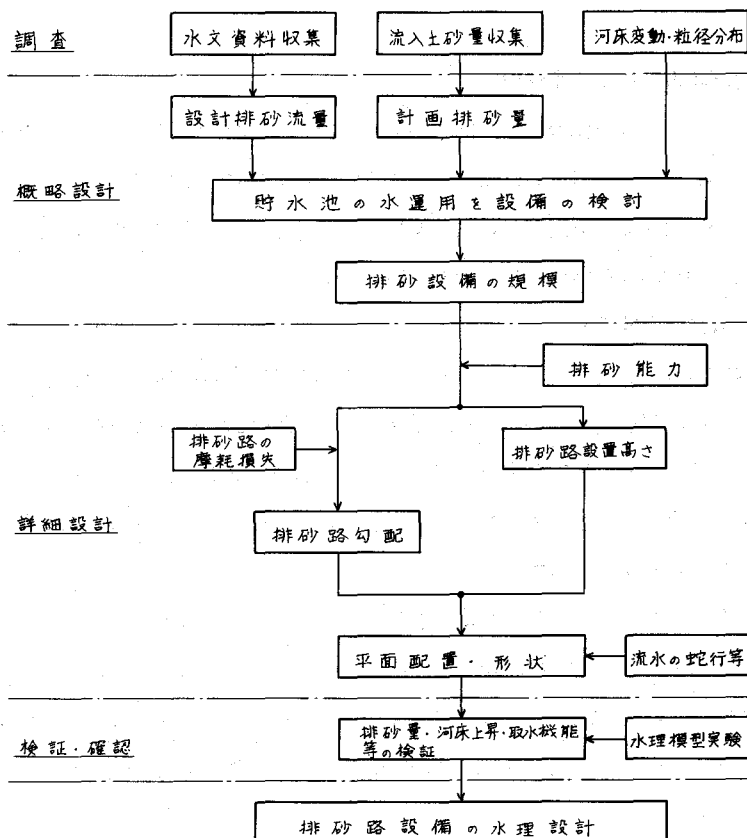


図-7 排砂路設備の水理設計検討フロー

当貯水池は天然の池を利用したもので、発電所は昭和3年に建設され、その当時の貯水容量は720千 m^3 を有していたが、上流からの土砂流入によって現在約80千 m^3 にまで減少するとともに湛水面積も $\frac{1}{2}$ 程度に減少している。そこで、貯水容量、取水機能の確保ならびに上流部の河床上昇の低減のために昭和52年より毎年(10月～11月)約30千 m^3 の浚渫工事を実施しているが、浚渫工法に替えて流水の掃流力を利用した排砂方法として排砂路方式が検討された。検討方法は3.2で述べた方法に従い、経済的な成立条件も考慮して以下のような排砂路案が提案された(図-9参照)。



- この設計案に基づいて、過去 10 年間の水文資料から得られた年平均的な洪水波形と流入土砂量を与え、検証のための水理模型実験を行った。その結果、現状の貯水容量は維持できるものの、背水端の河床上昇および水面積の減少が予測された。もし、現状の水面積を確保するためには排砂路規模を同一にして、提案の流入部敷敷高をさらに 2 m 下げることが必要と結論された。

通産省資源エネルギー庁は、ダム堆積土砂および流入土砂を有効に排除するための「発電ダム排砂総合システム開発」を4カ年計画（昭和55年～58年度）で実施した。調査検討内容の主なもの、現在堆砂が進行している天竜川水系の平岡ダム、佐久間ダムならびに大井川水系の畑薙第1ダム、井川ダ

ムの4ダムをケーススタディとして取り上げ、各ダム地点の堆砂土砂の性状分析、流入土砂や排砂対策の現状、骨材等の需要、排砂量の適性規模、土砂採取・輸送・精製の方法とコスト見積り、および地域波及効果等についてである。以下に、昭和56年度および57年度の調査報告書⁸⁾より、排砂対策に関連した事項を中心にその内容の一端を紹介する。

5.1 4ダムの堆砂・排砂対策の現況

(1) 天竜川水系(図-10参照)

1) 平岡ダム：当ダムは昭和27年に完成した高さ62.5m、総貯水容量42,425千 m^3 、有効貯水容量4,829千 m^3 の発電用ダムで、その流域面積は約3,650 km^2 である。ダム完成後から昭和55年度末までの28年間における堆砂量は38,216千 m^3 であり、総貯水容量内の堆積率は約90.1%に達している。また、有効貯水容量内の堆積率は約55%である。過去28年間における年間平均堆砂量は1,364.9千 m^3 であるが、昭和41年度末でほぼ満砂状態となり、41年度までの14年間の平均堆砂量は2,815.3千 m^3 と非常に大きかったことが特徴的である。

現在、排砂対策は特に実施していないが、出水時にダムの洪水吐ゲートを全開することによって排砂を行っているが、流入土砂が多いため堆砂の減少効果は認められない。また、上流対策としては、ほとんどの支川に山腹工、谷止工、砂防ダム等が建設され、特に流出土砂量の多い遠山川と和知野川では治山、治水事業も着々と進み、高さ30mを越える大型砂防ダムも建設され、流入土砂の減少に効果をもたらすものと予想されている。

2) 佐久間ダム：当ダムは昭和31年に完成した高さ155.5m、総貯水容量326,848千 m^3 、有効貯水容量205,444千 m^3 の発電用ダムで、その流域面積は約3,827 km^2 である。ダム完成後から昭和55年度末までの24年間における総堆砂量は76,294千 m^3 で、総貯水容量に対する堆積率は23.3%、また有効貯水量内における堆砂率は14.3%となり、現在堆砂が進行中のダムに分類される。排砂対策として、目下ダム管理者が土砂のスラリー輸送方式を検討中であるが、貯水池内では年間約100千 m^3 程度の砂の採取を行っている。

当ダムに直接流入する大きな支川は、右岸側に早木戸川等、左岸には小沢川等があるが、このうち早木戸川が土砂流出の大きい河川であり、この流域では大規模な治山・治水計画は今のところ予定されていない。

(2) 大井川水系(図-10参照)

1) 畑薙第1ダム：当ダムは昭和36年に完成した高さ12.5m、総貯水容量107,400千 m^3 、有効貯水容量80,000千 m^3 の発電用ダムで、その流域面積は約318 km^2 である。ダム完成後から昭和55年度末までの19年間における総堆砂量は20,163千 m^3 であり、総貯水容量に対する堆砂率は18.8%、また有効貯水容量内の堆砂率は14%となっており、佐久間ダムと同様に堆砂が進行中のダムである。また、現在のところ堆砂対策は行われていない。

ダムに流入する大きな支川は右岸に西俣、奥西河内、赤石沢および信濃河内などがあり、左岸には倉

沢、所の沢等がある。
大井川上流の地質は古生層および中生層の砂岩や粘板岩が主体であるが、一般に亀裂が多く、風化も激しいため各所に大きな崩壊地も見られ大量の流出土砂の生産源となっている。このため、治水事業は大規模に行われており、砂防ダムの他に谷止工、床固工および山腹工事が実施されている。この治山事業が引き続いて行われるため、土砂の流出防止に大きな効果があると思われる。

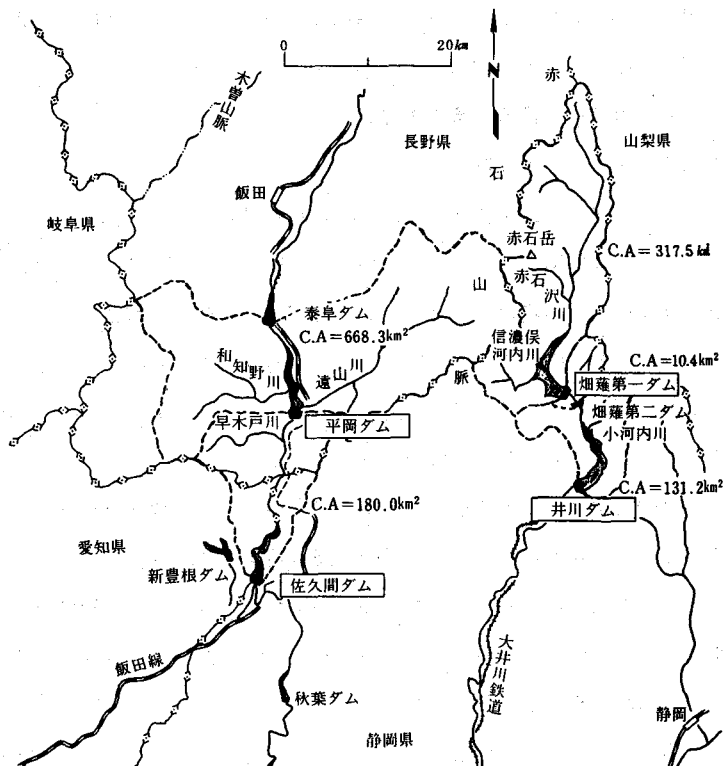


図-10 天竜川・大井川水系における対象ダムの位置

2) 井川ダム：当ダムは昭和32年に完成し

た高さ103.6 m、総貯水容量150,000千 m^3 、有効貯水容量125,000千 m^3 の発電用ダムでその流域面積は約459 km^2 である。ダム完成後から昭和55年度末までの23年間における堆砂量は27,689千 m^3 であり、総貯水容量に対する堆積率は18.5%、また有効貯水容量内での堆砂率は13.5%となっており、前述の2ダムと同様に堆砂が進行中のダムと判断される。排砂対策は特に行われてないが、貯水池終端付近で年間約30千 m^3 の砂利採取を行っている程度である。

当ダムに直接流入する大きな支川は、右岸に明神谷、左岸に東河内および小河内等があり、いずれも土砂生産量が大きく、砂防ダム、谷止工、床固工等の工事が各所で実施されており、畑薙第1ダムと同様に土砂流出量はかなり減少してゆくものと期待されている。

5.2 掘削・浚渫工法と排砂の有効利用

5.1で述べたように、天竜川水系の平岡ダム、佐久間ダム、大井川水系の畑薙第1ダム、井川ダムの4ダムは、表-2にも示したようにいずれも年平均堆砂量の多いダムで、現在のところ積極的な排砂対策を実施してない。そこで、今後考えられる排砂対策としては、以下に述べる掘削・浚渫方式がもっと

も有望と考えられる。

貯水池末端付近での堆砂の排除は、ドライワークで行えるため、一般の陸上土で用いているショベル系（パワーショベル、バックホー、ドラグイン等）の掘削機械をそのまま用いることができる。一方、貯水池内部の堆砂排除は水中掘削が大部分となるため、浚渫工法をとらざるを得ない。浚渫船にはグラブ船、ポンプ船、バケット船等があるが、総合的に見てポンプ浚渫船の使用が有利とされている。表－5に4ダムの掘削・浚渫可能量および堆砂土砂の構成分布等を示す。

さて、一旦排除した土砂の処理は、通常周辺が山間部であるため土捨場の確保が難しいこと、また有効利用の場合には、一般に需要地と遠く離れているため輸送コストが高くつくなどの問題点がある。しかし、骨材や盛土材としての河川砂利の利用は従来河川下流部から採取してきたが、河床低下等の問題が生じてきているため、今後供給源として貯水池内の堆積土砂に頼らざるを得ない現状にきている。幸いなことに、上記4ダムの堆積物の構成は、平岡ダムでは砂、佐久間ではシルトを含む砂、畑薙第1では砂を多量に含む礫、井川では礫分を含む砂が主体となっており、各種の試験結果によればコンクリート骨材として適正であると判断されている。

表－5 4ダムの骨材利用可能性の検討結果

ダムの堆砂量		平岡ダム	佐久間ダム	畑薙第一ダム	井川ダム
	総堆砂量(千 m^3)	39,414	75,031	18,898	25,813
	有効貯水池内堆砂量(千 m^3)	2,702	28,221	10,285	15,333
ダムへの流入量	湛水開始後の平均堆砂速度(千 m^3 /年)	2,815	3,900	1,050	1,173
	最近10カ年間の平均堆砂速度(千 m^3 /年)	67	2,200	611	479
	流入土砂量年平均堆砂量(20～27年間の算定量)(千 m^3 /年)	2,930	4,060	830	1,000
堆砂の含有率 (総堆砂量に対して)	礫 (%) (千 m^3)	(10.0) 3,941	(10.0) 7,503	(50.0) 9,449	(24.0) 6,195
	砂 (%) (千 m^3)	(80.0) 31,531	(55.0) 41,267	(45.0) 8,504	(66.0) 17,037
	シルト・粘土 (%) (千 m^3)	(10.0) 3,941	(35.0) 26,261	(5.0) 945	(10.0) 2,581
陸上、水中別掘削可能量 (単位:千 m^3)	総堆砂量	38,200	76,300	20,100	27,700
	陸上掘削可能量	4,500	—	4,900	3,700
	水中掘削可能量	21,100	12,000	6,700	6,100
	排砂不可能量	12,600	64,300	8,500	17,900
粒度分布試験の結果	粒度分布の適否	適	適	適	適
材料試験の結果	骨材強度の適否	適	適	適	適
コンクリート強度試験の結果	製品強度の適否	適	適	適	適

5.3 適正排砂規模と輸送手段

天竜川水系および大井川水系の地理的・行政的条件より定まる骨材の供給先、河川砂利のシェアの推移ならびに今後の骨材の需要予測を勘案すると、採取量の適正規模は、天竜川水系で計1,300千 m^3 、その内訳は平岡ダムで300千 m^3 、佐久間ダムで1,000千 m^3 、一方、大井川水系で計1,000千 m^3 、その内

訳は畑薙第1ダムで600千 m^3 、井川ダムで400千 m^3 となった。

採取された堆積土砂の輸送手段としては、従来技術であるトラック、ベルトコンベア、鉄道およびそれらの複合方式、新技術としての新交通およびパイプ輸送方式等について、輸送可能量、単価、地域振興に寄与する波及効果等を考慮に入れて検討した結果、以下のような一応の結論が得られている。

- 1) 天竜川水系：トラック方式は既設道路の改良案および専用道路案ともに輸送単価が高くつき、ベルトコンベア方式は輸送コストがもっとも安い、地域振興への波及効果が少なく、既設鉄道輸送案も輸送量に限度があることが明らかとなった。そこで、現在のところ成立性の高い案としては、ベルトコンベアと鉄道、船舶とベルトコンベアと鉄道の複合方式が単価および地域振興の面で有利と考えられる。また、新技術であるパイプ輸送方式案等はいずれも単価が高いと結論されている。
- 2) 大井川水系：大井川水系については、同様にトラック輸送は割高で公害問題を生じるため採用が困難であるが、ベルトコンベア方式を道路に布設する案が単価および地域振興の面で有望と結論されている。

6. あとがき

ダム貯水池の排砂に関して、堆砂の現状、堆砂排除方法、現在関係機関で検討されている排砂路方式の設計例および浚渫方式を基本とする排砂総合システムの検討例について、現状認識の意味から多くの事例を紹介してきた。排砂対策は水理学的な技術面のみならず、治山・治水に関連する地質や砂防工学、さらには資源や環境工学的な面までを有しているため、その解決には総合的な視点による検討が不可欠と考えられる。今後の水理学的な検討課題ならびに精度向上を図る項目として以下のものがあげられる。

- 1) 河川上流域の土砂発生量および流入土砂量の予測
- 2) 貯水池内における堆砂・排砂過程の挙動の予測
- 3) パイプ輸送路における局所堆砂・摩耗損傷の対策
- 4) 水流の掃流力等を利用した新排砂方法

最後に、本拙文を書くに当たって資料の提供ならびに討議をいただいた財電力中央研究所土木研究所環境部の丸岡計次長、石橋毅（現㈱CRS部長）、磯部明久、五十嵐由雄研究員の諸氏に感謝するしだいである。

参 考 文 献

- 1) ダムの総合排砂対策について、昭和53年2月、建設省河川局開発課
- 2) 昭和58年度発電用貯水池・調整池土砂堆積状況、資源エネルギー庁公益事業部水力課、電力土木No.192、昭和59年9月
- 3) 排砂対策工法検討要領、財国土開発技術センター、昭和55年3月
- 4) 貯水池の堆砂に関する研究、電気事業連合会ダム保守研究会、発電水力No.143、昭和51年7月

- 5) 多田尚夫：ダム貯水池の堆砂問題の展望と対策，(社)日本大ダム会議，第11回ダム技術講演討論会テキスト，昭和54年3月
- 6) 吉良八郎著：ダムの堆砂とその防除，森北出版
- 7) 昭和60年版水理公式集，第3編河川編，5. 流砂，6. 土砂生産と流出，7. 河床変動等の項，(社)土木学会
- 8) 昭和56年度および昭和57年度発電ダム堆砂排除総合システム開発調査報告書，通産省資源エネルギー庁，財新エネルギー財団