

貯水池堆砂の処理対策

Removal of Sediment in a Dam Reservoir

久保直也* 塩田 洌** 佐藤 まこと***

1. ま え が き

ダム建設による堆砂は、貯水池末端部の河床上昇による冠水被害を助長する点で、大きな社会問題を呈している。また、貯水容量の減少をもたらし、貯水池に本来期待される貯水機能を徐々にむしばんでいくため、発電、治水などの機能を低下させる。

既に一部の貯水池では、堆砂の排除が保守管理上の最重要課題となっており、この傾向は今後ますます強まるものと考えられる。ダムの寿命は、構造的には、100年以上と目され、ひとたびダムが建設されると、半永久的に、その機能を維持していくことが期待されているため、長期的視野に立って堆砂処理を検討する必要がある。

本報告では、一般に貯水池の堆砂の現況、堆砂処理の方法を簡単に述べ、電源開発㈱の所有する北海道十勝川水系仙美里調整池および天竜川の佐久間貯水池について、堆砂状況とその対策の実施例を概括する。また、最後に、堆砂処理の問題点を述べる。

2. 貯水池の堆砂の現況

我が国は、世界有数のダム保有国である。しかし、国土の約三分の二が山地で占められ、地形が急峻なうえに激しい地盤運動の影響を受けて複雑な地質構造を有している。更に降雨量も多く、梅雨・台風に伴う豪雨のような連続的あるいは集中的な降雨形態をとることが多いため、表地・地盤の侵食速度は大きい。このため貯水池に流入してくる土砂量は多く、貯水池の堆砂の進行を速めている。

発電用ダム 328 地点（ダム高 15m 以上、総貯水容量 100 万 m³ 以上）についての堆砂状況調査結果（通産省資源エネルギー庁、昭和60年度調査）を表一1、表一2および表一3に示す。総貯水容量 106 億 32 百万 m³ に対し、堆積している総堆砂量は、8 億 30 百万 m³ で平均堆砂率は、7.8 % である。年間堆砂量は大洪水の有無によって左右され、年により大差がある。また、堆砂は地域ごとに見た場合、中部・北陸地方に集中し、この地方だけで全国の約54%を占めている。この原因は、これらの地方には、標高 3 000

表一1 年度別総堆砂量

年 度	ダ ム 数	総 貯 水 容 量 内	
		堆 砂 量 (10 ³ m ³)	増分堆砂量 (10 ³ m ³)
50	280	702 987	16 146
51	289	707 599	4 612
52	292	715 368	7 769
53	298	720 124	4 756
54	306	731 142	11 018
55	306	747 329	16 187
56	306	760 595	13 266
57	307	787 341	26 746
58	311	821 199	33 858
59	323	830 191	8 992
60	328	853 220	23 029
平 均	—	—	15 125

表一2 昭和60年度地域別堆砂量

地 域 名	ダ ム 数	総貯水容量内堆砂量 (10 ³ m ³)	全地域に対する割合 (%)
北 海 道	26	55 887	6.6
東 北(東)	7	5 784	0.7
東 北(西)	58	109 918	12.9
関 東	25	38 388	4.5
中 部	47	347 690	40.7
北 陸	41	115 225	13.5
近 畿	22	39 604	4.6
中 国	37	20 534	2.4
四 国	28	53 121	6.2
九 州	37	67 039	7.9
計	328	853 220	100

表一3 総貯水容量内堆砂率の分布

堆 砂 率 (%)	総貯水容量 10×10 ⁶ m ³ 以下		総貯水容量 10×16 ⁶ m ³ 以上	
	地 点 数	構成比率(%)	地 点 数	構成比率(%)
0≤~< 10	70	43.0	107	64.9
10≤~< 20	16	9.8	34	20.6
20≤~< 30	22	13.5	11	6.7
30≤~< 40	6	3.7	3	1.8
40≤~< 50	19	11.7	3	1.8
50≤~< 60	10	6.1	2	1.2
60≤~< 70	10	6.1	2	1.2
70≤~< 80	3	1.8	1	0.6
80≤~< 90	3	1.8	2	1.2
90≤~< 100	4	2.5	0	0
計	163	100.0	165	100.0

m級の山々があり急峻な地形であること、地質的には中央構造線やフォッサマグナがあることによると思われる。総貯水容量内堆砂量が1千万 m³ 以上の貯水池は12あるが、

*電源開発㈱ 建設部 部長補佐
 **電源開発㈱ 建設部 設備運営課課長代理
 ***電源開発㈱ 建設部 設備運営課

その中で佐久間貯水池の堆砂量が最大である。

3. 堆砂処理の方法

貯水池における堆砂は、一般的には上流部に玉石や礫が堆積し、中流部からダムにかけては粗砂・細砂・シルトと順次粒径の小さいものが堆積する。貯水池内堆砂の処理は、このような堆積物の粒径分布、貯水池の地理的条件、貯水池の運用方法、採取後の利用目的等により様々な対策、工法が検討された上で実施されている。貯水池内堆砂の処理方法を表一4に示す。

4. 仙美里調整池堆砂処理対策

4.1 仙美里調整池の概要

仙美里ダムは、十勝川水系利別川の中流部に位置している。この地域は、標高100～200mの丘陵地帯で川沿いには、数段の段丘がある。仙美里調整池の概要を表一5に示す。

4.2 堆砂状況

仙美里調整池の堆砂は、昭和37年の竣工以来年々増加の傾向にあり、昭和60年までの22年間で総貯水容量の約33%に相当する106万m³に達している。全堆砂量の約80%が調整池下流部に堆積しており、ダム直上流部の洪水吐ゲート付近ではクレスト付近まで、非越流部付近ではそれ以上に堆積している。下流部では堆砂により中州が形成されており、ダム水位低下時は中州が広範囲にわたって露出し、そこに葦類が繁殖して調整池一面に広がり景観を損っている。また、下流部堆砂が増加傾向にあり、これにより中州の下流端は年々、取水口に接近してきており、低水位運転時に取水口へ堆砂を引き込むことが懸念されている。

仙美里調整池への年間流入土砂量は、実績堆砂量、濁度測定値などにより、約100万m³/年で、そのうち約15%が貯水池に捕捉されると推定される。

堆積土砂は、図一1に示すように、上流部では細礫で粒径は大きい、中流部で粗砂、下流部でシルト・砂質土と順次粒径が小さくなっている。ダムより上流500～1000mの間にある中州部は砂質土であり、上層(深度0.5～0.9m)の方が下層(深度1.2～1.6m)よりやや粒径が大きい傾向にある。

4.3 堆砂処理状況

昭和56～58年度にかけて中・上流部の堆砂を陸掘工法により約7.5万m³処理してきたが、前述したように、中州部が環境上好ましくないこと、また、低水位運転時に堆砂を取水口に引き込む懸念があること等の理由により、昭和59年度から下流部の堆砂処理を行っている。

下流部の堆砂処理は、中・上流部で実施した陸掘工法を採用する場合、その大部分が水中作業で重機類のトラフィカビ

表一4 貯水池内堆砂処理方法

自然の流水力を利用	土砂吐・洪水吐による洪水時堤外フラッシュ掃砂
	排砂路・排砂管等による貯水池外排砂
	貯水池低水位運用による湖内掃砂
機械力を利用	掘削・浚渫による貯水池外堆砂排除
	掘削・浚渫による死水容量内への湖内移動

表一5 仙美里調整池概要

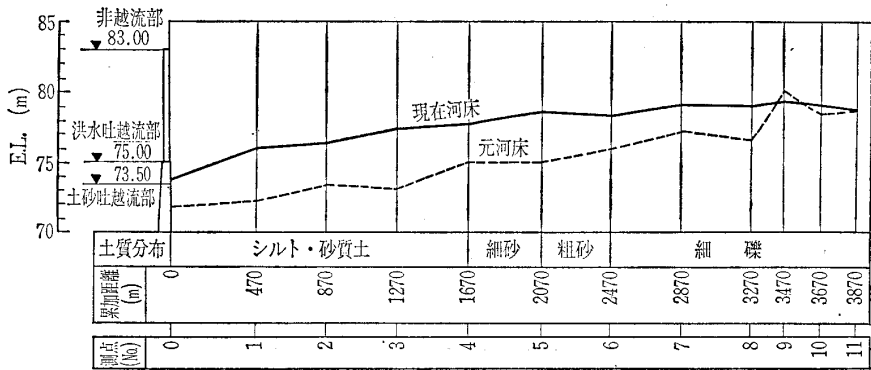
項 目		諸 元
ダ ム	型 式	(右岸越流部) コンクリート重力式 (左岸非越流部) フィルタイプアースダム
	高 さ	11.7m
調 整 池	集 水 面 積	2 464 km ² (内、間接 94.2 km ²)
	満 水 位	標高 80.90m
	利 用 水 深	0.70m
	総 貯 水 容 量	(竣工時) 3 100×10 ³ m ³ (昭和60年11月現在) 2 040×10 ³ m ³
	有効貯水容量	(竣工時) 750×10 ³ m ³ (昭和60年11月現在) 854×10 ³ m ³
	年間総流入量	1 530×10 ⁶ m ³
	設計洪水量	2 000 m ³ /s
発 電	最大使用水量	90 m ³ /s
	最大出力	25MW
運 用 開 始		昭和37年 9 月

表一6 気温および降雪状況

(S.55～59年データーによる)

	平均気温 (℃)	最高気温 (℃)	最低気温 (℃)	合計降雪量 (cm)	備 考
12月	- 6.5	+1.2	-10.1	17	
1 月	-12.1	-1.7	-16.1	35	
2 月	-10.3	-1.5	-17.1	21	
3 月	- 4.1	+3.7	- 9.5	40	

リティーの確保が不可能であることから、冬の厳寒期(12月中旬～3月中旬)にダム水位を発電運用可能限度まで低下して堆砂を露出凍土化させ、重機類のトラフィカビリティを確保する凍結陸掘工法により行うこととなった。これにより、中州部を10万m³処理し、また、本工法で処理できない中州外周部は、浚渫船工法により8万m³処理す



図一1 仙美里調整池堆砂分布

ることとなっている。

4.4 凍結工法

(1) 工事概要

i) 気象条件 仙美里調整池は、北海道の中でも特に酷寒地に位置しており、1月～2月では最低気温が -30°C にも達することがある。この厳しい気象条件が本工法を成功させる鍵となっている。工事中の積雪は10 cm～30 cm程度であり、2～3回の除雪を必要とするが、工事に影響を与える要因とならない。12月～3月の気温および降雪状況を表-6に示す。

調整池の結氷は12月初旬から始まり、その厚さは最大50 cmに達する。水位制約を開始し堆砂が露出した直後から土壌凍結は進行し、その凍結深さは、2月中旬から3月初旬にピークを迎え、50～80 cmに及ぶ。

ii) 工事概要 凍結工法による施工範囲は、図-2に示すとおりダム直上流のA地点(70 000 m^3)、右岸堤防沿いのB地点(20 000 m^3)およびダム左岸最下流部のC地点(10 000 m^3)の3箇所において、合計100 000 m^3 を3か年で処理する。59年度処理したA地点の横断を図-3に示す。また、工事概要を図-4および以下に示す。

- ① 進入路造成 有効幅員 4.5m, 延長 582m
- ② 堆砂処理 処理量 32 000 m^3 , 処理面積 21 700 m^2
- ③ 工 期 着工 昭和59年12月15日
竣工 昭和60年3月15日

(2) 施工

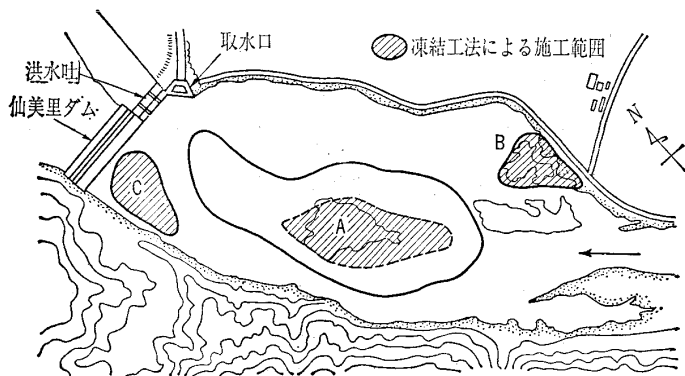


図-2 仙美里貯水池平面

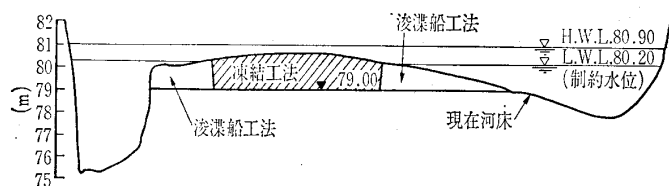


図-3 A地点横断

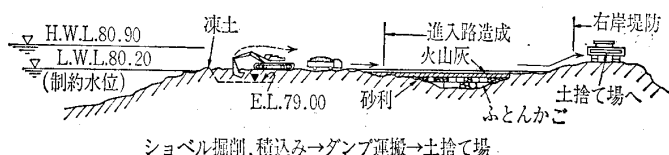


図-4 凍結工法概要

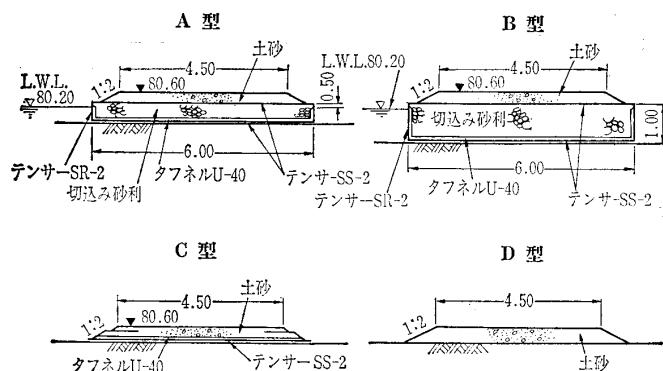


図-5 進入路標準断面

i) 進入路造成 堆砂処理箇所までの進入路は、現地地形により図-5に示すように4種類の構造で造成している。

センサー基礎マットレスは、高強度・低伸度で耐候性の良好なプラスチック素材ネットであるセンサーをセルに組み立て、その中にフィルターとして不織布を敷設し、切込み砂利を積み込んだものである。盛土荷重や不等載荷などの局部応力をマットレス内で再配分し、水平方向に分散させるため、凍結の期待できない水中部の軟弱地盤上でも大きな上載荷重を支持することができる。工事中、1日最大300台のダンプトラックが走行したが、センサー基礎マットレス部には、何ら障害はなかった。

ii) 堆砂処理 凍結した地盤は、ダンプトラックの走行、バックホーの掘削作業に十分なトラフィカビリティを確保することができた。掘削は、0.7 m^3 級バックホー2台で行った。1月初旬から掘削作業は開始されたが、凍土の凍結深さは約30 cmであり、バケットの振りおろして凍土は破壊され、掘削は比較的容易であるが、1月下旬には凍結深さが40～50 cmになり、2月の中旬には、凍結深さはさらに進行し、80 cmにも達したためバックホーのバケットでは破壊が困難となり、1台を1本爪のリッパーに取り替えて凍土破壊専用とした。凍土の下は、100～200%の含水比を持つ軟弱土であり、容易に掘削ができた。運搬は、ピーク時には10～11 t 積みのダンプトラック12台により行った。1日の処理量は、1月中旬の工事最盛期でバックホー2台により1900 m^3 /日であったが、凍結深さが進むにつれて能率は低下し、工事末期にはバックホー1台、リッパー破壊1台となり、700 m^3 /日であった。

iii) 環境面に対する対策 下流部の堆砂は大部分がシルト・砂質土であり、掘削中の濁水発生が予想されるため、濁水流出防止対策として図-3に示すように湖面に接する中州の周辺を取り残して掘削した。さらに掘削工事終了後も約10日間水位制約を継続し、中州掘削部の濁りを沈降させた。この結果、調整池水位回復時における掘削箇所の濁りは、ほとんど発生しなかった。

iv) 経済性 凍結工法は、通常の掘削工法と比較した

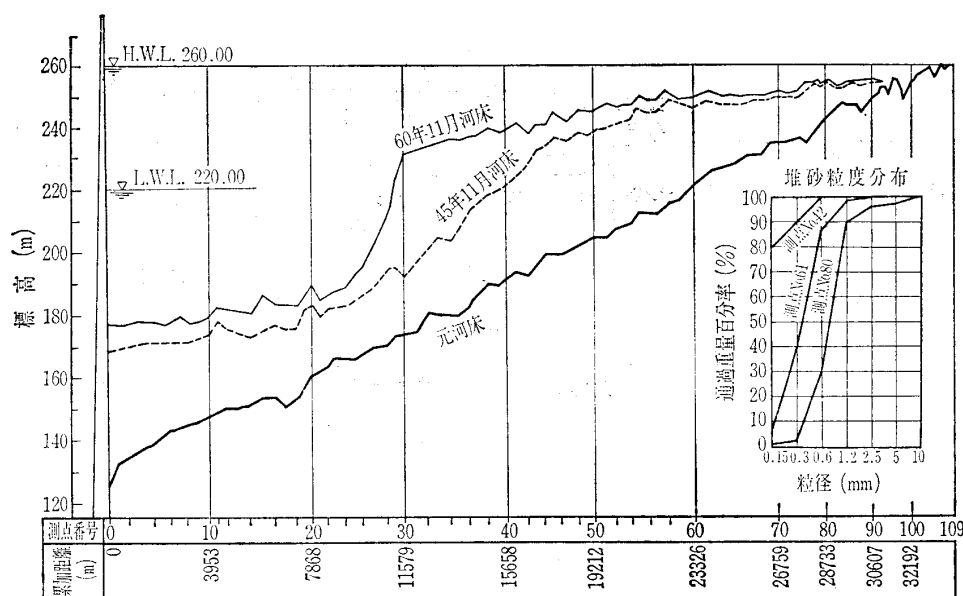


図-6 佐久間貯水池堆砂分布

場合、凍土破碎等のため多少高くなるが、浚渫工法と比較すると経済性では、非常に有利である。

5. 佐久間貯水池堆砂処理対策

5.1 佐久間貯水池の概要

佐久間貯水池の概要を表-7に示す。

5.2 堆砂状況および堆砂量予測

佐久間貯水池の堆砂形状および粒度分布(表層)を図-6に示す。佐久間ダムは昭和31年竣工以来既に30年を経過したが、堆砂量の累積増加に伴って貯水池上流部元河床が上昇し前部堆積層が形成され、最近では、この突端部標高が貯水池運用上の最低水位と一致したまま次第に前進する傾向を示している。

測線 No. 50 より下流では、シルトが表層に 1 m 以上堆積しており、下流に行くほどその厚さは増加する。下層は、

表-7 佐久間貯水池概要

項 目		諸 元
ダ ム	型 式	コンクリート重力式
	高 さ	155.5m
貯 水 池	集 水 面 積	4 157 km ² (内、間接 330 km ²)
	満 水 位	標高 260m
	利 用 水 深	40m
	総貯水容量	(竣工時) 326.8×10 ⁶ m ³ (昭和60年11月現在) 230.3×10 ⁶ m ³
	有効貯水容量	(竣工時) 205.4×10 ⁶ m ³ (昭和60年11月現在) 162.4×10 ⁶ m ³
	年間総流入量	5 240 ×10 ⁶ m ³
	設計洪水量	7 700 m ³ /s
発 電	最大使用水量	306 m ³ /s
	最大出力	350MW
運 用 開 始		昭和31年 4 月

シルト層と砂層がほぼ互層に堆積している。No. 50 より上流では、シルト層は、ほとんどなく大部分が砂層であり、上流に向かって次第に粗粒化していく。

佐久間貯水池の堆砂量(堆砂排除分を除く)の推移を図-7に示す。昭和60年11月時点における総堆砂量は、 $96.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ で当初総貯水容量 $326.8 \times 10^6 \text{ m}^3$ の 29.6% に達し、有効貯水容量内堆砂率は、当初比21.0%である。今のところ発電機能上の損失は小さく、またダム背面の堆砂面も計画堆砂面より十分低いため、ダムの安定上問題となることもない。実際上問題となるのは、貯水池末端部の河床

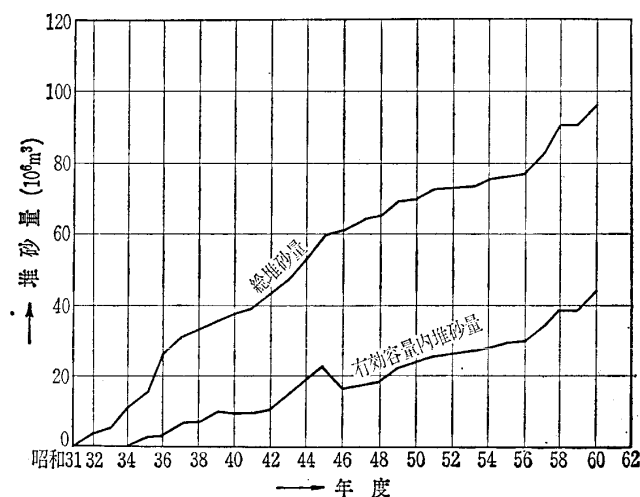


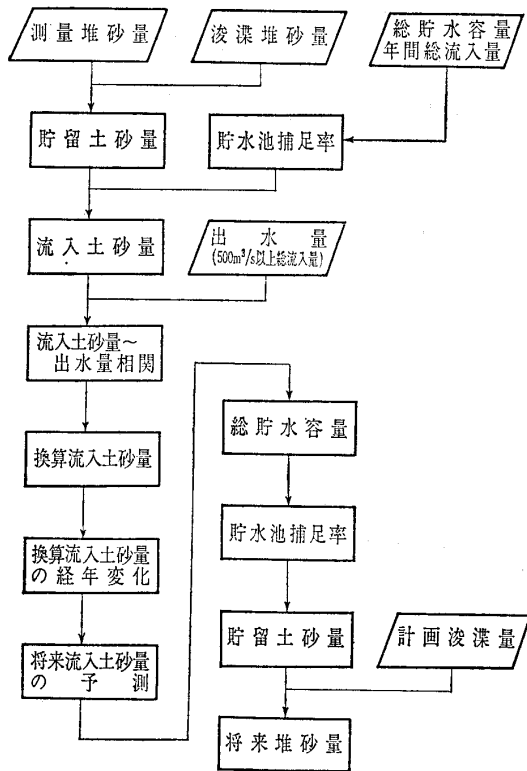
図-7 佐久間貯水池堆砂量の推移

上昇である。

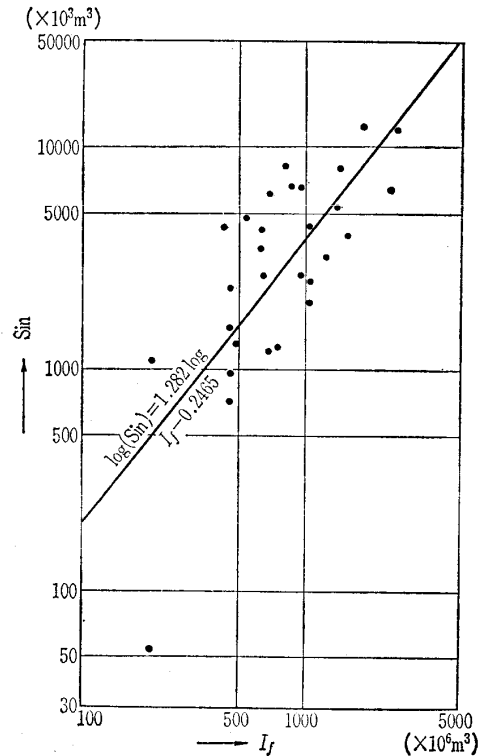
堆砂実績に基づいた堆砂量の将来予想検討フローを図-8に示す。年間流入土砂量は、その年の出水量に大きく依存し変動する。500 m³/s 以上の出水時の総流入量が年間流入土砂量の相関を調べてみると図-9のとおりである。ちなみに

$$\text{流入土砂量} = \text{貯留土砂量} / \text{捕捉率} \\ = (\text{堆砂量} + \text{堆砂排除量}) / \text{捕捉率}$$

とし、捕捉率は、総貯水容量・総流入水量比に対するBruneの曲線¹⁾の上限値を採用した。流入土砂量の経年変化をみる場合、出水の影響をできるだけ補正して考えるのが分かりやすい。水文上、特に経年変化の傾向がみられないことから、図-9を基に平均的な出水総流入量に対応する流入土砂量に換算した換算流入土砂量として経年変化をみたのが図-10である。これによると流入土砂量は、減少傾向にあり、現時点で約 220 万 m³ 程度の年間流入土砂量(捕捉率を考慮した貯留土砂量約 180 万 m³/年)があると考



図—8 堆砂量の予測検討フロー

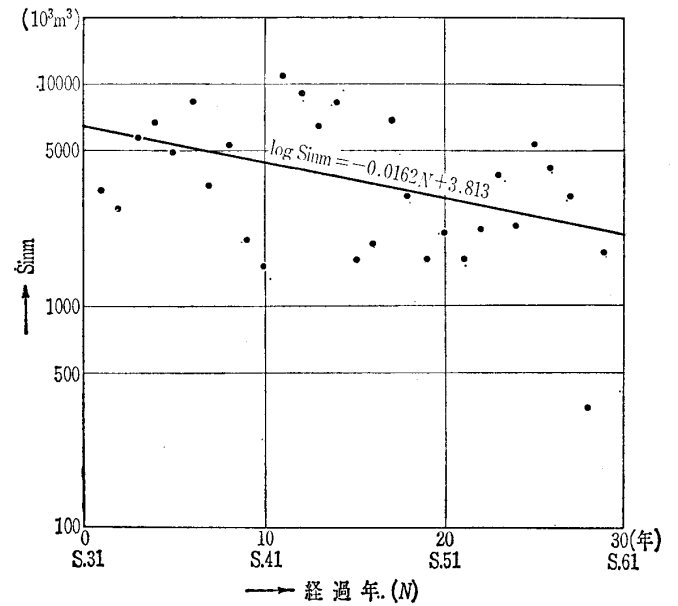

図—9 流入土砂量 (S_{in})～出水量 (I_f)

えられる。この減少傾向は、流域内の治山治水事業の進展によるところが大きいと思われるが、全堆砂量の概略30%程度含まれていると予想されるシルト分の経年圧密による見かけの減少という影響も無視できないものと推察される。治山治水事業にも限界があるのは当然で、流入土砂量を皆無にするのは到底期待できるものではなく、この減少傾向もある量に落ち着いていくものと考えられるが、厳密な予

表—8 佐久間湖内掃砂実績

測量年月	最低水位 (m)	水位 245 m 以下の日数 (日)	同左期間 総流入量 (10^6m^3)	掃砂量 (10^3m^3)	水位低下の理由
S46.4	212.50	141	1069	8460	新豊根放水口新設工事
47.4	216.50	133	1215	3630	"
54.3	231.99	61	491	1830	水路構造物補修点検
59.5	230.82	100	659	2650	"
61.5	231.06	100	622	3720	"
56.4	236.72	75	495	701	通常貯水池運用
57.5	240.74	29	258	434	"
58.5	236.45	39	323	817	"
60.5	243.45	7	52	1021	"

注) 掃砂前測量月 11月


図—10 経過年 (N)～換算流入土砂量 (S_{inm})

測は難しい。今後、流入土砂量は、200万 m^3 /年を下回るようになるとしても150万 m^3 /年程度以下を期待するのは難しいものと考えられる。

5.3 低水位運用による湖内掃砂

最近の堆砂形状をみると、上流部の河床が安定勾配に近づき、前部堆積層が進行しながら、中下流部への堆砂割合が増加してきている。上流部の冠水被害を起こさないためには、これ以上、上流部の河床を上昇させないことが必須の要件である。佐久間貯水池の堆砂排除は、昭和46年ころから実施され、最近では上流部で年間約13万 m^3 程度が排除され、主としてコンクリート骨材として利用されている。現在、本格的な大量浚渫計画を検討中であるが、貯水池運用による湖内掃砂も有効な方法である。これは、低水位時に貯水池上流部堆積層が露呈し、流水の掃流力が増加するのに期待するものである。現在までのところ、堆砂の湖内掃砂のみを目的とした低水位運用は実施されていないが、通常の貯水池水位運用、および補修工事等に伴う低水位運用による湖内掃砂の実績は、表—8のとおりである。表中の掃砂量とは、前部堆積層の上流側での堆砂量の減分であり、流水の掃流力により前部堆積層突端より下流に押し出

表-9 砂スラリー輸送実証試験諸元

項 目	仕 様
スラリー重量濃度	$C_{50}=35\%$
流 速	$V=2.72\text{ m/s}$
圧 力	発ステーション 50 kgf/cm^2 中継ステーション 60 kgf/cm^2
輸送管の内径	$D=98.5\text{ mm}$ (ポリウレタンライニング厚=3mm)
管路の長さ	$L=3468\text{ m}$
管路の高低差	$H=236\text{ m}$ (上り)

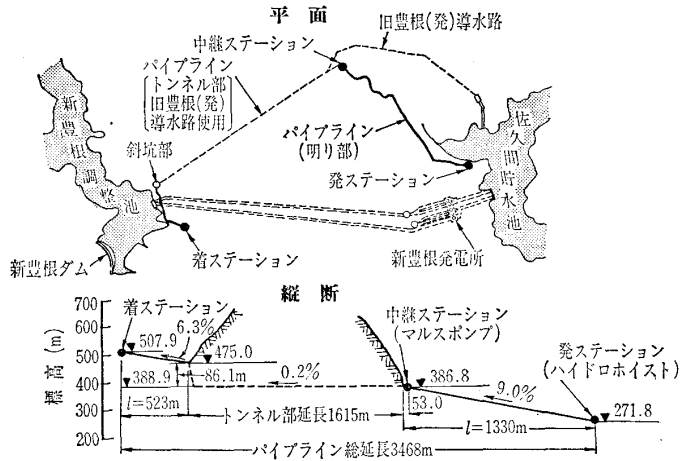


図-11 砂スラリー輸送実証試験設備配管ルート図

された量と考えることができる。湖内掃砂は貯水池運用上、出水期に入る直前の低水位運用によるのが最も現実的で表-8からもある程度の効果が期待できるものと判断される。今後、佐久間貯水池の堆砂処理を考える場合、貯留土砂量のすべてを湖外に排除するのは、現実的に不可能であり、冠水被害を起こさないという前提条件のもとに、大量浚渫排除計画を柱として、貯水池運用を考慮した湖内掃砂を織り込んでいくことが必要となる。

5.4 砂スラリー輸送

(1) 実証試験までの経緯

佐久間貯水池の堆砂排除は、年間数十万 m^3 のオーダーで考えなければならず、このような大量の処理量になると堆砂の輸送手段がとりわけ重要となる。通常、掘削あるいは浚渫後の堆砂は、道路条件の許す限りは、トラック輸送が最も経済的であると考えられる。しかし、佐久間ダム周辺の道路は狭く、拡幅等にも制約があり、大量のトラック輸送は不可能と判断されるため、こうした制約を受ける区間の輸送手段として、大量輸送に適した砂スラリー輸送の適用が考えられた。固液二相を管路で輸送するスラリー輸送技術は、従来から鉱山や浚渫等で使用されていたが、硬質で粒径も比較的大きい砂の高圧高濃度大量長距離輸送の恒常化に際し、種々の問題点が想定され、現在実施されている砂スラリー輸送実証試験に至るまでに、下記のような諸試験が実施された。

i) 室内試験 耐摩耗性に優れた鋼管用ライニング材料を選定する目的の摩耗試験で、ポリウレタンが最も良い

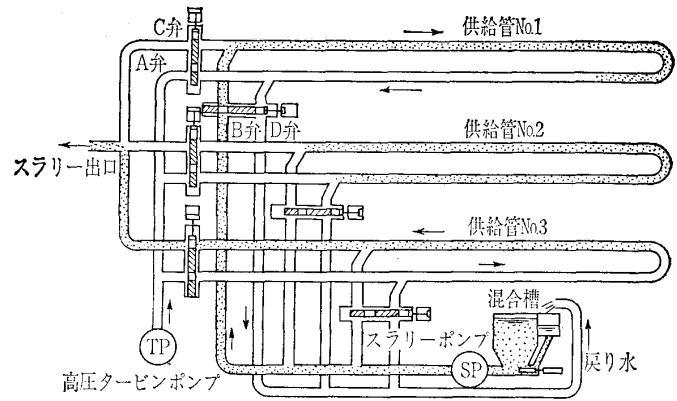


図-12 ハイドロホイスト

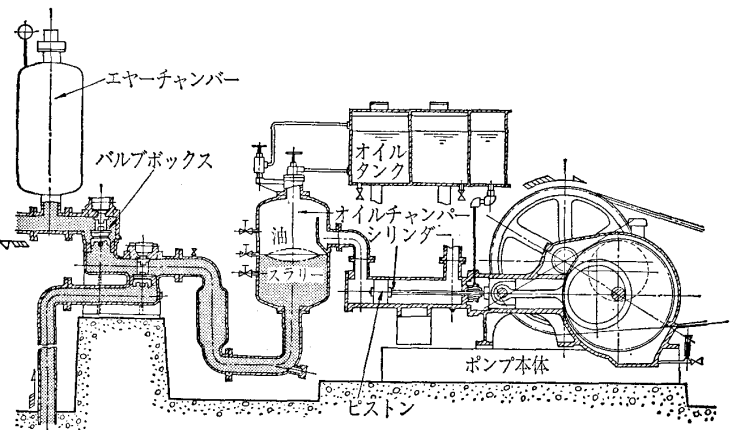


図-13 マルスポンプ

結果を示した。また、小規模循環管路の流送試験により、流動特性の基礎資料を得た。

ii) パイロットプラントによる現場流送試験 実用規模に近い混合・圧送設備と流送条件下の循環管路で3000時間流送試験を実施し、流動特性を解明するとともに、ポリウレタンの耐摩耗性を確認した。また、砂の沈殿による管路の閉そく現象、および再起動方法に関する知見を得た。

(2) 実証試験の概要

昭和59年5月から試験を開始した砂スラリー輸送実証試験の諸元、配管ルート図は、表-9、図-11のとおりである。また、主な実証試験項目は、下記のとおりである。

- ① 設備全体の運転制御と事故対策
- ② ポリウレタンライニング輸送管の寿命の再確認と継手伸縮対策の検討
- ③ 長距離長時間運転に対する圧送機（ハイドロホイスト、マルスポンプ）の実用性の検証
- ④ 長距離輸送路の閉そく現象の解明と再起動方法の確立
- ⑤ 計測機器の実用性の確認

砂スラリー輸送の設備上の要となる圧送機として、発ステーションでハイドロホイスト、中継ステーションでマルスポンプが使用されているが、その概要を図-12、図-13に示す。ハイドロホイストの操作順序は次のとおりである。

- ① A弁とC弁を閉じ、B弁とD弁を開く

- ② スラリーポンプより、供給管にスラリーを充填する
- ③ スラリー充填後、B弁とD弁を閉じる
- ④ A弁とC弁を開く
- ⑤ 高圧タービンポンプからの清水によって輸送管へ送り出す

この操作を3本の供給管ごとに繰り返すことによって粗粒子に対しても安定した輸送を連続的に行うことができる。これらの動作は制御盤からの指令によって行う。また、マルスポンプは往復動型のピストンポンプであるが、この特徴はピストンおよびシリンダー部が直接スラリーに接触せず、油を介してスラリーを送り出す方式を採用していることである。このためピストン・シリンダー等の摩擦が少なく高圧化が容易であるが、パルプの粗粒子に対する適合性が難しい。なお、実証試験は5000時間運転をめざして、62年秋まで継続して実施し、試験結果の取りまとめを行う予定である。

6. 堆砂処理の問題点

掘削・浚渫による堆砂排除は、特に貯水池末端部の堆砂処理対策として必要欠くべからざるものである。一般に近傍に土捨て場を確保するのは難しく処理費用がかさむため、コンクリート骨材等への有効利用を推進することが極めて大切であり、堆砂処理方法の効率化と大量輸送技術の開発等と合わせ、より一層、経済性の向上が図られねばならない。長期的視野に立って堆砂処理を考える場合、その基本はやはり自然河川への還元であろう。貯水容量が小さく、

堆砂率も高い調整池では、土砂吐または洪水吐運用による洪水時の放流の際に一気に堆砂を流下させる方法により堆砂面の維持を図るのが効果的であり、また最も自然な措置と言えよう。佐久間貯水池のように堆砂がまだダム背面にまで迫っていない場合には、上記の方法は機能しない。貯水池低水位運用による湖内掃砂は当面有効な対策であるが、いずれ遠い将来、同様に堆砂の堤外排除の問題が生ずる。排砂路、排砂管の新設、または改造等により流水の掃流力に期待して堆砂を流下させる試みはその機能の検証を待たねばならない。また一方で、堆砂の流下は常に濁水の発生を伴うという問題を無視できず、適切な運用法の検討が必要となろう。

7. あとがき

ダム建設による発電、治水、利水等の便益は計り知れない。また一方で、貯水池の経年変化による環境問題の一つとして堆砂は古くて新しい問題であり、堆砂処理はダムの保守管理上基本的な必須事項であることを再認識しなければならぬ。本報告は、電源開発株式会社の所有する大小二つの貯水池における堆砂処理の実施例を中心に堆砂問題を紹介したものである。この問題は衆知を集めて、より良い解決が図られねばならないと痛感する次第である。

参 考 文 献

- 1) 吉良八郎：ダムの堆砂とその防除，森北出版，pp. 104～109，1982.

(原稿受理 1986. 11. 4)

訂 正

本誌11月号で下記のような誤りがありました。遅くなりましたが、お詫びとともにここに訂正いたします。

大東・生駒・植下：山岳トンネル掘削に伴う地下水状態変化ならびにトンネル出水の予測

42ページ 図—5の説明の1行目

// 表—1の中の1行目

// 本文の左段上から2行目

の3箇所いずれも“比貯留量”の単位が誤っていました。

誤 i/m → 正 $1/m$

本誌1月号でまとめました61年の総目次で下記のような誤りがありました。お詫びとともにここに訂正いたします。

総目次 4ページ 上から18行目と19行目の著者名を入れかえる。

正しくは

37 岩塊を含んだ盛土の発破による締固め実験……………木下哲生・谷口敬一郎・三笠正人

45 模型砂層地盤の液状化現象……………吉川正昭・荒野政信・山田善一