

1. はじめに 近年、わが国のダムにおいて、堆砂による河床上昇、それに伴うダムの有効貯水量の減少という問題がクローズアップされてきている。堆砂によるこれらの現象により、洪水調節、工業・都市用水の確保というダムの機能が大きく損なわれ、特にダム近隣の水害は重要な問題となっている。これらの問題を解決するために、新たに建設されるダムには整った排砂機構を装備すればよいが、在来ダムの堆砂をいかに排除また防除するかが重要な課題であると思われる。

2. 在来方法 ダムの堆砂防除としては、土砂生産地での対策、土砂輸送河道における対策がある。前者としては、土壌侵食の防止が考えられ、後者では流送・流入土砂の調節・防止・利用が考えられる。また後者の代表的な具体的対策としては、砂防ダム（貯砂ダム）による土砂輸送の制御が挙げられる。

ダムの堆砂防除は、ダム貯水池内およびその付近に堆積した土砂を排除するもので、損なわれたダムの機能を早急に回復させるためにはこれが最も重要となる。本研究の焦点も、この堆砂の排除というところにあてられている。堆砂排除の方法としては次のようなものがある<sup>1)</sup>

①掘削・浚渫による堆砂の排除・利用

これは、渇水期における掘削、浚渫船による浚渫を行い、排除した土砂を骨材として製品化しようとするもので、現在美和ダムではこの方法により採算性の面でも実績をあげている（表-1, 2）。

②排砂管方式による堆砂防除法

従来ダムに設置した排砂門を利用しての排砂法である。この排砂門は、堆砂や沈木により”開かずの門”となっている事が多いが、井川ダムでは図-1に示すように非常用としてリングホロアゲート、常用としてリングシールゲートを採用した直径2.3mの排砂管が設置されている。

取水口が固定されたこのような点排砂方式では、時間とともに排砂濃度が減少し、長時間能率的な排砂を行うことはできない（図-2）。すなわち排砂管方式による場合は、取水口を移動させて排砂能力を上げる必要がある。

この点を解決するために、”漏動管排砂工”を用いた線排砂システムが考案されている。これは、図-3に示すように、スリット流入・ラセン流送砂によって排砂を行おうとするものである。しかしこの方法は、堆積土砂底部においては土砂のスリット管への流入・ラセン流による流出は難しく、堆積土砂上部では点排砂の場合と同じように能率的に排砂を行うことはできない。

3. サイフオンの採用 しかしながら、ポンプ浚渫船の場合は採算性の面から規模を大きくする事が困難で排砂量もある程度限られ、排砂管方式においても、点排砂では非能率的であり、線排砂は先述したように実用化が難しい。そこで本研究では、低費用でしかも能率的な排砂方法としてサイフオンの原理を応用した排砂管方式について考察した。サイフオン式では、ダムの落差が主動力となり、ポンプ浚渫船のような大きな動力を必要とせず、また吸込口は容易に移動させる事ができるので点排砂方法における非能率的であるという欠点もある程度補うことができる。このような事から、サイフオン形式による土砂輸送について実験を行った。

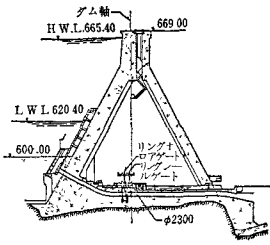
4. 実験の目的と方法 パイプによる土砂輸送については、Durandが（1）式を実験により導出し、多くの研究者によってその妥当性が確認されている（図-3）<sup>2)</sup>。

$$i = i_w(1 + C\psi)$$

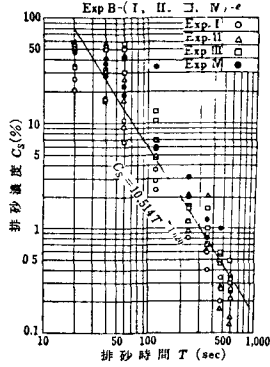
$$\psi = \frac{i - i_w}{C i_w} = 81 \left[ \frac{V^2 \sqrt{C_D}}{gD(\rho_s/\rho - 1)} \right]^{-1.5} \dots (1)$$

ここに、 $i$ ：砂水混合体を流送している時の動水勾配、 $i_w$ ：混合体の平均流速と同一の流速で清水のみを流した場合の動水勾配、 $C$ ：流送された混合体の中で砂の占める体積混合率、 $D$ ：輸送管の直径、 $V$ ：混合体の平均流速、 $g$ ：重力加速度、 $C_D$ ：砂粒の抗力係数、 $\rho_s$ ：砂の密度、 $\rho$ ：水の密度。ただし、（1）式は、水平に設置された管における実験式であり、サイフオン式におけるパイプの入口と出口付近の粒子の運動の相違は考慮されていない。そこで、サイフオン式の場合には、Durandの（1）式がどのようになるかを検討した。

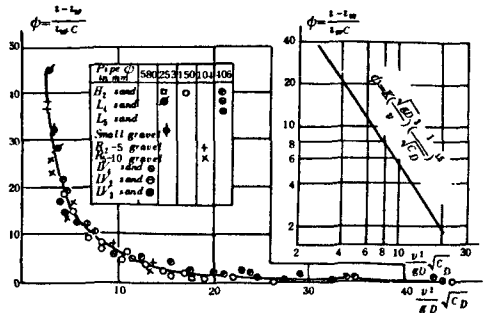
実験としては、粒径3種類（0.0105cm, 0.0400cm, 0.0870cm）、管径4種類（0.5cm, 1.0cm, 1.5cm, 2.0cm）、高度水頭3種類（50cm, 100cm, 150cm）を準備し、排砂を行い流量と濃度を測定した。その際、取水口と堆砂面との距離  $Z_0$  は、実用化における排砂能力を考えると  $Z_0 = 0$  cmとした。なお、結果については講演時に述べる。



図一 井川ダムの排砂管



図二 排砂時間と排砂濃度の関係



図三 Durandによる実験結果の表示

表一 美和ダムにおける1965年以降の砂利等採取状況と1973年以降の砂利採取基本計画表

年次	河床変動に伴う変化量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	河床変動に伴う採取可能量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	許可量 (掘削量)		製品量 (掘削量×0.6) (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	掘削可能地の残量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	総堆砂量の変化 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )
			陸上 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	水中 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )			
1973	250	4,700	300	150	270	4,500	9,500
1974	250	4,500	300	150	270	4,300	9,300
1975	250	4,300	300	300	360	3,950	8,950
1976	250	4,950	300	300	360	3,600	8,600
1977	250	3,600	300	300	360	3,250	8,250
1978	250	3,250	300	300	360	2,900	7,900
1979	250	2,900	300	300	360	2,550	7,550
1980	250	2,550	300	300	360	2,200	7,200
1981	250	2,200	300	300	360	1,850	6,850
1982	250	1,850	300	300	360	1,500	6,500

注) 1975年よりポンプ船2隻

年次	採取可能地への成入量 (堆砂量) (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	採取可能量 (採取実績量) (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	採取可能地 (陸上) 残量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	総堆砂量 (10 <sup>3</sup> m <sup>3</sup> )	備考
1965	—	—	2,015	6,400	
1966	152	87	2,080	6,924	
1967	167	43	2,204	7,583	
1968	44	128	2,120	8,002	
1969	4346	286	1,488	7,606	
1970	4419	324	745	8,249	
1971	90	228	607	7,891	
1972	63	350	320	9,491	
1973	4395	410(水中含)	250	9,183	△印は流入土砂量の減少を示すが、測点約200m間隔の横断断面結果によるものである。

表二 美和ダムにおけるポンプ船稼働実績、計画と実績の比較 (1973年11月～1974年8月)

	1か月平均稼働日数 (日)	1日平均稼働時間 (時間)	1か月当たり総吹き上げ量 (m <sup>3</sup> )	1か月当たり製品量 (m <sup>3</sup> )
計画	22	7	150,000+12=12,500	12,500×0.6=7,500
実績	20.4	6.7	9,004	8,525

【参考文献】

- 1) 吉良八郎：「ダムの堆砂とその防除」, 1982, p.340-371
- 2) 那須浩平：管水路による砂れき輸送に関する理論的研究, 第22回水理講演会論文集, 1978