



## 農業用貯水池の堆砂の除去による再生技術 (その1)

— 堆砂はなぜ起こる, 堆砂の防除 —

小 樽 康 雄\*

### はじめに

わが国の農業用貯水池, 一般に「溜池」と称するものの歴史は古く, 水田稲作を始めた弥生時代に既に築造されたといわれる。水田の灌漑水源は天水のほか, 河川からの取水が貯水池によるものが大部分である。

貯水池は, 2,000 年来, 人口が多く, 大河川の少ない近畿, 瀬戸内を中心に発達し, 現在全国で二十数万カ所, 総貯水量23億 5,000万 m<sup>3</sup>, 貯水池による灌漑面積は110万 ha とされている。(農業土木史)

農業用貯水池が現在までに果たしてきた役割は農業水利はもちろん, 多くの農村地域における重要な社会資本ストックの中核をなしてきた。しかしながら, 最近における農業をめぐる社会経済環境の変化は, 農業用貯水池に, 農業水利の効用に加えて, さらに多面的な効用を期待するまでに至っている。これらの貯水池の, 主として農業水利の側面からの, 果たしてきた役割とこれからの方向についての概観と池の若返り再生による効果等に関して, 平成元年3月, (財)農業土木総合研究所ため池等施設整備検討委員会で, 報告書としてまとめられ, 所管部局に提出された。今回, 本講座を始めるに当り, その前提となる上記総研報告の要点を以下に再録し, 参考に供する。

#### (1) 老朽溜池の問題点

溜池は水田稲作と共に発展してきたが, 従来からその管理面では十分とはいえない難い部分があった。溜池は小規模なもので, しかも築造の古いものが多く, 75%は100年以上経過し, 構造の不備, 老朽化のため早急に整備しないと災害を引き起こす危険のあるものが少なくない。

Re-functioning Techniques of Agricultural Water Impounding Dams by Removing Sediment.

\* 農用地建設協業組合 (Yasuo Kogure)

キーワード

老朽溜池, 堆砂防止, 野池, 麓池, 山池, 農民意識, 農村環境, 植生条件, 排砂管

このため, 昭和28年以来, 老朽溜池整備事業を制度化し, 堤体, 取水装置, 余水吐等の改修整備が進められている。しかし, 整備が必要と思われる池が35,000に上るのに対し, 年間の着工は1,000カ所と少なく, なかなかままならないのが実情である。

従来, 受益農家の賦役によって行われてきた堆砂の浚渫も, 昭和59年度から上記の防災に合せて補助の対象として認められ, 昭和62年度からその浚渫土による公共用地の造成が, さらに昭和63年度から, 農業水利施設等の高度利用として植栽等環境施設も認められるようになった。

このように, 制度面でも, 貯水池の整備が逐次前進しつつある。しかし米作をめぐる厳しい状況下の現在, 規模拡大, 生産コストの低下等経営の合理化を図る施策の一環として水利施設の整備を進めることはもちろん, 場合によっては, 水利組織の再編成, 水利秩序の再構築を大胆かつ積極的に進めることが要請されるものと思われる。

(2) 溜池の今後の方向に対する地域農民の意識調査  
溜池の将来についての住民の意識は地域ごとに異なり画一的な方向を定めることはできない。昭和63年3月全国土地改良事業団体連合会で, 瀬戸内地帯のいくつかの市町村において溜池の方向に対する地域農民の意識調査を行ったが, そのうちの代表的なものを以下に挙げる。

a) 大阪府泉佐野市 この地区は地先海中で国際空港の工事中であり, 水田は一部そ菜畑を残して転換されると思われる。130カ所の池のうち32カ所は廃止され, 公共用地, 道路敷となった土地の代替地等となった。受益者減による管理費負担増は37%に及んでいる。残存する池に対しては, 汚水, ゴミ, ヘドロ対策を徹底し, 緑地空間を設置する等の再編成を検討している。

b) 広島市 442カ所の溜池は, 管理強化, 汚水対策を図ると共に洪水調節を除いて廃止を期待している。この

地域では、都市化と就農人口の減少が著しい。

c) 香川県綾南町 瀬戸大橋、高松新空港という状況変化があるが、農業を継続したいという考えであり、723カ所の溜池は原則として廃止しないで、町内の香川用水の機能向上、水質改善、パイプライン化、ヘドロ除去等を待望している。

d) 兵庫県稲美町 都市とは比較的近いが、東播用水の受益地であり、この調整池として、池の浚渫による強化、親子池、重ね池の整理が検討されている。すでに、公園、グラウンド、釣り堀に転化したものもある。この地域には119の池があり、その面積は水田の26.5%にも及んでいる。

### (3) 貯水池整備によるメリット

1) 水資源の増強、貯水機能の復活 規模の大きい山池(ダム)については、貯水機能と、堆砂の内容によっては、分級により骨材の供給源として考えられるが、効率の悪い野池については、近代的な技術による大規模な農業水利、たとえば、愛知用水、紀ノ川用水のようなものとの連繫により、水利系統の整理統合を行う契機となることが期待される。

また、野池のうち拡大改良可能なものは、堆砂のみならず、池敷の掘下げ、堰堤のかさ上げを行って積極的に貯水量の増大を図る。これは、本講でも述べる豊川総合用水の芦ヶ池において実施されている。

2) 親水公園の造成等、農村における「憩いの場」を設け、環境改善に役立たせる。

このためには、貯水池そのものの整備以外に、住宅地からの生活排水、雑用水、畜産による汚水等の下水処理施設が併行しなければならない。

3) 防災、洪水調節機能を増大させる。

(4) 溜池の地域別個所数

全国土地改良事業団体連合会の昭和63年度調査によると次のようになる。これ以外に堤高15m以上のいわゆるダムについては、1,580となっている(1889年ダム年鑑)。

北海道	159	近畿	98,578
東北	21,780	中国四国	72,642
関東	7,236	九州	18,492
北陸	13,153	沖縄	57
東海	14,061	計	246,158

(5) その他

農業用貯水池の堆砂除去と整備の研究に当っては、古くから平野部に築造された、小規模な皿池「野池」と、河川溪流を締切って建設した、「山池」、「麓池」—主に近代的技術による一とを区別して考えなければならない。後者のダムといわれるものについては、吉良八郎神戸大

学名誉教授が、「ダム堆砂と防除」(森北出版、昭和62年)および「ダム計画と堆砂」—堆砂問題の重要性—[本誌50巻(1)~51巻(4)]に研究結果を発表されている。本講の対象としては「野池」を重点に検討したいと考えるが、もちろん「山池」、「麓池」(大規模なダム)も含まれる。そこで、「ダム堆砂の要因とその防除」は重要な課題であり、筆者の研究の出発点であると考え、吉良教授の論文の要点を記載させていただくこととする。

次に、溜池整備のうち、堤体、樋管、余水吐等の老朽、または改修を要する防災工については、昭和28年以来実施され、技術的にも確立普及したと思われるので、今回はこれを省き、堆砂除去を中心にする事とした。しかし、この整備の実施に際しては防災工と併行することが多い。

〔注〕 貯水池の分類(山池、麓池、野池)は、故前川忠夫氏による。〔香川大学農学部学術報告 13(1) 1961〕  
山池：河川の本流、主要支流を山間渓谷で締切ったもの。  
麓池：山麓の小溪流または丘陵の窪地を締切ったもの。  
野池：平野の窪地とか、わずかの高低を利用したもの。

## I. 貯水池の堆砂とその主な原因

### 1. 堆砂と水資源

わが国の平均雨量は1,788 mm、量にして6,749億 $m^3$ で、世界平均の973 mmからすれば水資源は豊富に見える。しかし、狭い国土と高密度の人口から、1人当りにすると7,380 $m^3$ で世界平均の約1/10に過ぎない(イギリス等24カ国平均)。

また、わが国の開発可能な河川水量は年間1,350億 $m^3$ とされるが、このうち660億 $m^3$ がすでに開発され、残りは今後の開発にまたなければならない。このためには、貯水池の建設が必要であるが、適当なダムサイトは今日では数が少なくなり、また近年とくに水没補償が非常に難しくなってきた。一方、ダム群を通じて堆砂のために毎年1%の貯水量が減少しつつあるといわれ、さらに背砂上昇に伴う洪水の危険性が問題になりつつある。

そこで、いまずぐに効果を上げるためには、完成された貯水池の機能を十分に維持し、またより効果を上げることを考えなければならない。このことから、貯水池の堆砂除去、あるいはさらに一歩進めて池敷の掘下げ、堰堤のかさ上げ等が大きな意義をもつことになる。

わが国は国土の53%が山地であり、その生産、生活の場は河川扇状地や海岸地域に集中しているため、土砂収支の面からみると、河川流域からの土砂の流送、運搬に伴う自然環境は、ダムの建設、宅地、観光開発によって大きく変化した。

これはまた、河床変動、海岸浸食を助長し、さらに河川における砂利採取を不能に陥らせた一因ともなっている。

発電用ダムの資料によると、全国の総堆砂量は 6,830 万 m<sup>3</sup> となり、総貯水量 99 億 m<sup>3</sup> の 6.9% を占める。

地域的にみると、堆砂指標は中部、北陸地方が最も多く、全堆砂量では山岳の多い中部地方が全国の 1/2 を占める。比堆砂量は台風常襲地帯である四国、次いで東海地方が多く、北陸、近畿でも平均以上を示している。

山岳の多いわが国は地形急峻で地殻変動が激しい上に局地的雨量が大きいので、山地の浸食速度が世界平均の約 4 倍以上といわれる。したがって、土砂収支の面から年間約 1 億 m<sup>3</sup> の土砂が生産される。そして、その 1/3 程度が主なダムに堆砂として捕捉され、残りは山腹や溪床に貯留される(表-1)。

表-1 年間比堆砂量の大きい河川(昭和39年:500 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>/年以上のもの)

河川名	ダム	比堆砂量	経年
大井川	千頭	1,504	22
飛騨川	朝日	1,036	5
吉野川	大橋	1,036	19
王滝川	三浦	941	15
天竜川	平岡	837	6
江合川	鳴子	571	3

わが国においては、灌漑用の貯水池は古代から多数築造され、その総数は前に述べたように24万カ所に及ぶといわれ、しかもその大部分は野池いわゆる皿池であり、河川にダムを築造した近代的な貯水池は少ない。

ダムは、農業の他に発電、上水道、工業用水、洪水調節のものが建設され、多目的に利用されているものが多い。1989年版ダム年鑑の全国水系別ダム一覧によると、堤高 15 m 以上のダムは2,959に上り、このうち農業用(多目的を含む)は1,580と、数において54%を占める。

なお、施工中85、未着工76、計画中53を加えると1,794カ所となる。そこで、まず農業用を含め、ダムの堆砂についてその要因等問題を検討してみたい。

2. ダムの堆砂要因

貯水池の堆砂は流域内に生じた堆積物が河水によって運ばれ、池に沈殿するのであるが、その要因は複雑で一概に決めたり、あるいは予測することは困難である。

堆積物は、雨による浸食、河水による洗掘、地すべり、地震、雪崩による山崩れ等が考えられ、地形、地質、水文、樹木の状況等が、その原因となる。

以下、要因を列挙すると次のようになる。

(1) 流域面積の広狭と形状 堆砂供給源としての流域面積は、降雨量や流出量の大きさを表す重要な因子であ

る。

これを表した経験式として、 $Q_s = \alpha F^\beta$  がある。アメリカ南部のダムを対象として求めたもので、

$Q_s$ : 年堆砂量(エーカー・ft),  $F$ : 流域面積(平方マイル),  $\alpha$ : 堆積係数(0.43~4.8),  $\beta$ : 地域による係数(0.77)

である。

わが国における例として、大井川水系の発電用の千頭ダム(堤高 64 m, 貯水量 495 万 m<sup>3</sup>)は、築造後 45 年間で貯水量の95%が埋没した。

また、香川県の満濃池(貯水量約 1,500 万 m<sup>3</sup>)は築造後 1,200 年、災害による復旧改修はあったが、今日なお機能を失うことなく使用されている。

この二つの池の直接流域  $F$  と、貯水量  $C$  の比  $C/F$  をみると、満濃池 0.609 に対し、千頭ダムは 0.037 と小さい。

(2) 流域の地質 母岩の生成機構、種類、性質、風化分解の難易、断層線、破砕帯等の地質構造、さらに、これらに基づいた風化土壌の種類などにより、崩壊、浸食の程度が異なり、これらの地質土壌の特性が貯水池の堆砂現象に及ぼす影響は非常に大きい(表-2)。

表-2 貯水池の堆砂原因となりやすい地質条件とその例

項目	地質条件	例
1	岩石を構成する鉱物因子が大なるため風化作用が促進される場合	阪神地方六甲山麓や恵那山山麓の押出土砂
2	節理、はく離面の発達が著しいため風化が促進される場合	大井川、熊野川、那賀川水系のダム群
3	岩石として固結度が低いため風化が促進される場合	大淀川第一ダム、姫川の大綱ダム、天竜川の泰阜ダム、木曾川水系常盤、落合、大井、笠置ダム
4	岩石の特殊性のため風化が促進される場合	姫川の平岩、小滝付近の蛇紋岩
5	断層線の影響によるすべり、山崩れによる場合	姫川第二ダム
6	第三紀層地すべり、温泉地すべり等による場合	犀川流域、西谷川流域、火山地方地すべり地帯の砂防ダム群

(田中治雄:電力中央研究所技術研究報告)

(3) 流域の植生条件 植生指標に基づく降雨遮断の浸食防止機能については、降雨の衝撃力減殺と雨量の量的遮断の両面から土壌流亡を抑制するものとされている。その防食効果は植生の種類より、むしろ被覆度によるものと考えられる。一般に、治山治水の最も有効な方法として植林が挙げられる。しかし、その降雨遮断能は豪雨とか、深いすべり面をもった時の崩壊防止にはあまり期待できない。

(4) 水文気象因子 堆砂に影響を与える主要な因子としては、年雨量、降雨強度、最大洪水量、年最大比流量、年流出水量、年流入水量などで、それらの関係は重回帰分

析法によって直線型または指数型の経験式で表される。

(5) **河道の水理学的特性** 流域山地で生産された土砂は、その流出、流送の過程で溪間堆積したり、土石流となって押し出したり、または河道形状に応じて洗掘堆積部を形成する等複雑な様相を呈しながら流下する。この際、流水による河道浸食作用や土砂の運搬作用は、搬入する土砂の質的量的性質を支配する主要な因子となる。

(6) **人為的諸作用** 流域における森林の乱伐、無計画な土地造成、道路建設、観光開発、過度の放牧、森林火災、鉱工業による煙など環境破壊は流出土砂の助長ひいては堆砂を促進することになる。しかし、人為的防除対策を積極的に進めれば貯水池の寿命を延長し、砂利資源や客土等による効果も期待できる。

(7) **貯水池の経過年数** 一般的には急速型、中間型、緩慢型に分類できる。

また、工事に伴う堆砂量経年変化の傾向は、付替道路のゾリの他、工事に伴う流出が大きい、その速度は逐次緩慢になる。

長期間の堆砂現象をみると、その他の土砂災害にみられるように、連続現象を示すよりもむしろ期間中の不連続で偶発的な異状現象（山腹崩壊や土石流）を示す場合に支配される。

### 3. 平野部の溜池における堆砂

農業用貯水池は全国で24万余カ所という多数に上るが、これらのうち多くは平野部にある「野池」である。これらは、堤高が数m以下で、堤長の長い皿池であり、間接流域からの導水によるものが大部分である。これは、昔の技術では河川を締切った安定した堰堤を築造しえなかったためと思われる。しかし、河川溪流にかなりの規模の「山池」もある。また、野池の中には山池と連結した親子池もある。

山池の堆砂の要因は前項のダムと同じと考えてよい。しかし野池の場合は、豪雨、地すべり等による河川導水路の破堤のような災害の他、長年にわたる流域の耕地等からの土の流入、池畔の崩落がまず考えられる。また、最近の農家の生活様式の変化、農村への非農家の混住等により、これら住宅からの家庭排水流出によって水質汚染が顕著になった。このため富栄養化から、アオコの異常繁殖、水草の増大、汚泥の堆積の急増が甚だしい場合、ゴミの投棄による埋没さえ現れている。

一方、米作をはじめとする農業事情の変化は、耕作休止、宅地化、労力不足等から、溜池の管理不良となっているものもあり、水量確保以前に環境悪化対策を望む声も出ている。

溜池に運搬される土砂は、流速によって粒子の大きさ

が異なっている。

微細粘土、泥土	0.07 m/s
微細土、シルト	0.15
粗粒砂	0.30
小粒径礫	0.60
大粒径礫	0.90
小石	1.20
岩塊	1.50

したがって、ダム（山池）においては上流から順に岩塊、小石、礫、粗砂、シルトが、野池ではシルト、泥土が堆積することが多い。

## II. 堆砂の防止

貯水池の建設を計画するに当たっては、できるだけ堆砂を生じないようにしなければならない。

しかし、I. 2 で述べたように、堆砂の要因は多く、また複雑であり、一方ダムサイトは、たとえば農業用の場合は受益地の位置により、また、さらに地形地質、気象条件により決められる。したがって、堆砂の条件を完全に除去できない場合が多く、また長期的には当然堆砂が起こるものと考えなければならない。そこで、ダム建設後の対策として、貯水池への流入防止のため、上流に砂防ダムのほか、床固め工、護岸工、水制工などの設置を考え、次にダムに設置した排砂管により、流水による堆砂排除を図るのが普通である。

### 1. ダム建設と堆砂防除

(1) **砂防ダム** 河川の縦浸食、横浸食の防止、溪床を高め、溪岸の傾斜を緩やかにして崩壊を防止し、流出土砂の貯留調節を目的として築造する。構築材料は、通常コンクリートか粗石コンクリートである。わが国の従来の砂防ダムはいわゆる貯砂ダムが多く、堆積した土砂を

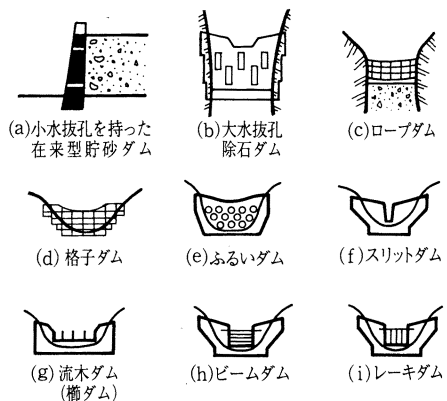


図-1 貯砂工の分類 (Lays)

積極的に流下させる、あるいは掘削除去する考えはあまりないようである。しかし最近では、砂防効果の助長、土砂を分級してコンクリート骨材への活用も考えられるようになり、また透過性除石ダムの採用もみられる。

図-1の(a)は在来型の貯砂ダムであり、(b)以下は除石ダムすなわち土砂調節ダムで、平時は流砂を自由に流下させ、洪水時には過剰な土砂を抑止する。(d)格子ダム、(f)スリットダム、(h)ビームダム等は近代的なものである。

(2) 植生柵等 貯水池の背水終端付近で水位低下時に堆砂を掘削除去することは各所で行われているが、これをさらに積極的に行うため、植生柵、パイリング、貯砂工で阻止し、掘削する。

この場合、河床や洪水水位の上昇への対策が必要である。

(3) バイパス 背水終端付近にバイパスを建設し、貯水池の外に放出する。この場合、その立地条件、したがって工事費は問題であるが、流入土砂の防止、背砂の調節に役立ち、また洪水吐も兼用できる(図-2)。

2. 排砂管による除去

流水のエネルギーを利用して、堆砂を排出するのはよい方法であり、この排砂管を設置した例は少なくない。しかし実態は、ほとんど効果を発揮できず、「開かずの扉」といわれてきたところである。その原因として、①点排砂法によるため、堆砂の一部しか排除できない、②ダムサイトの浮流堆砂が密で固く膠結している、③土砂、流木等によって、閉鎖不能となる恐れがある。

図-3の井川ダムは、1957年発電用として大井川に設置

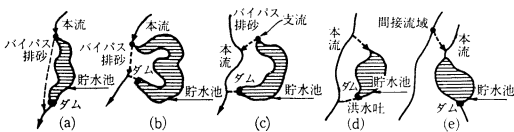


図-2 立地条件によるバイパス排砂の例（吉良）

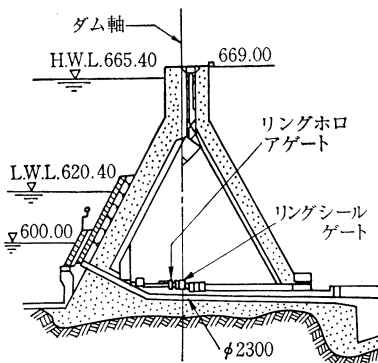


図-3 井川ダムの点排砂法

された。貯水量は1億5,000万 m<sup>3</sup> のホログラビティダムである。

堆砂対策として、リング・シール・ゲート(常用)、リング・ホロア・ゲート(非常用)を備えた径2.3mの排砂管が設置されている。堆砂が膠結する前に排砂する必要があるが、実際には完全な排砂ができない。

計画的に点排砂を繰返している例として、ゲビデムダム(スイスのロヌ川支流メッサ川、発電用、堤高120m、貯水量900万 m<sup>3</sup>)がある。ここでは、ダム上流に堆積した堆砂を下流に流下させるのであるが、半円錐漏斗状の堆砂が低水位以下に残る(図-4(a))。

もう一つの線排砂法は点排砂法より有効と思われる。この方法は、池底の縦断方向に渦動排砂管を延長したものであり、この場合、渦動管延長線上の堆砂がスリットに流入し、らせん流送砂によって短時間に効率的な排砂が可能になる。この方法により、水深4~5m、長さ20~30mの堆砂は通水しながら完全に排砂できるということが吉良教授の実験結果によって確かめられた。

貯水池全域の排砂を行う場合は、図-4(c)に示すように、渦動管は有効渦動管長の範囲で延長し、洪水前に渦動管上部の堆砂部分をいったん排除し、低水位付近まで貯水位を下げておき、洪水の際その渦動管始端付近から

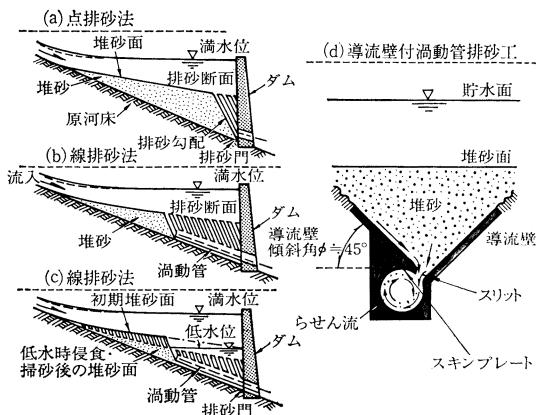


図-4 貯水ダムにおける点排砂法と線排砂法の比較（吉良）

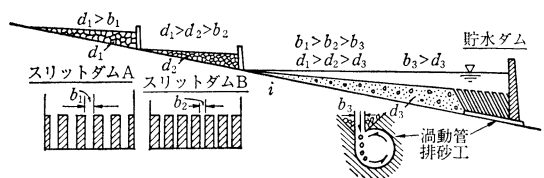


図-5 スリットダムと渦動管排砂工を併用した場合の堆砂制御システム（吉良ら）

表-3 排砂ゲート計画概要

項目	上流ゲート	中間ゲート	下流ゲート
型式	鋼製スライドゲート	鋼製脚付ローラーゲート	鋼製揺動式ラジアルゲート
寸法	純径間 5.000 m 純高 5.500 m	純径間 5.000 m 純高 4.900 m	純径間 5.000 m 純高 5.100 m
水密方式	後面4方ゴム水密	底部メタルタッチ	前面4方ゴム水密
開閉方式	電動ワイヤロープ巻取式	油圧シリンダ式	揺動型油圧シリンダ式
開閉速度	1.0 m/min	0.3 m/min	0.3 m/min (垂直高さ平均)
操作条件	上下流水圧バランス	操作水位 HWL 345.4 m 以下, 下流側は水深なし	操作水位 HWL 345.4 m 以下, 下流側は水深なし
操作手順	常時は全開 補修時は全閉	常時は, 中間ゲート, 下流ゲートとも全閉。 開操作は, 下流ゲート全開のうち中間ゲート全開とする。 閉操作は, 中間ゲート全閉のうち下流ゲート全閉とする。 ただし, 中間ゲート故障のときは下流ゲートのみで全閉。	

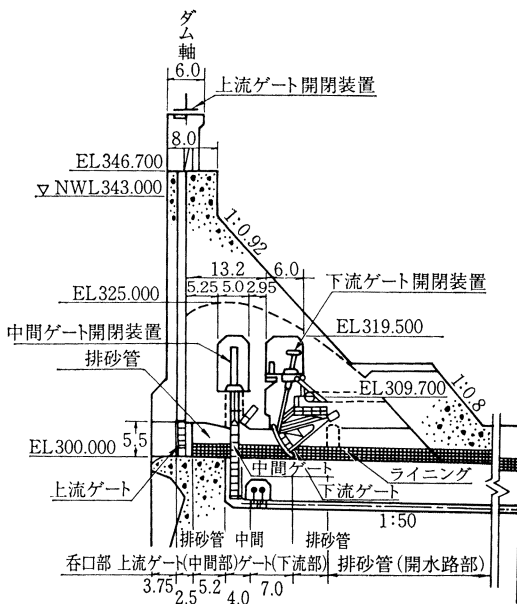


図-6 排砂設備縦断面図 (関西電力 出し平ダム)

上流側の露出デルタ部分を浸食掃砂させて、死水領域に引込む操作を行う。さらに、次回の出水時に排砂操作を繰返せば、渦動管より上流側のデルタ堆積部分も相当量の排砂が可能になる。このように排砂管による場合は操作がかなり複雑であり、一方、排砂ゲートは確実な効果を実証したものは現在見当たらない。

最近、関西電力(株)が富山県黒部川(河口から30km)に建設した「出し平」ダム(堤高77m, 貯水量900万 $m^3$ , 発電用124,000kW)においては、とくに流砂が多く、年間50万 $m^3$ に達すると見込まれることから、大規模な排砂設備を設置した。

その実績は詳しくはないが、計画概要を表-3に、設備図を図-6に示した。

瀬戸内地帯等に古くから造成されている溜池はすべて土堰堤であり、排砂管のようなものはないが、取水用の樋管に連結して上流側斜面先に土砂吐ゲートが設置されている。これは非灌漑期に養殖魚の捕獲を兼ね落水排砂を行うためのものであるが、1年~2年ごとの一時的な操作では排砂効果は期待できない。

[1990. 6. 19. 受稿]

