

多目的ダムの建設と河川環境

荒木正夫*

1. ダムの必要性和特徴

第二次世界大戦後、荒廃した国土の復興と産業の再建発展のために、洪水を制御して水害を防ぐと共に用水を確保し、さらに輸入によらない自産のエネルギーとして水力発電が重視されるに伴い、アメリカのTVA(テネシー河流域開発公社)などをモデルにして各地にダム建設が活発に進められた。昭和30年代から40年代にかけて全国に多目的ダム、発電ダム等が数多く築造され、現在では実施調査中のものも含め高さ15m以上のダムで2,744(うち昭和55年3月までに竣功したもの2,233)、高さ80m以上の大ダムで約160に達する。

このような大規模なダム建設は我国の発展に大きな貢献をした反面、ダムの持つ自然環境に対するデメリットのために、ダム災害として一部の人々からきびしい指弾を浴びつつあり、なかにはダムの大きな効用に目をつぶって、ダム建設そのものを罪悪であるかのような論議をする人すらあることは、遺憾の極みである。

世のすべての文明の産物には、プラスの面とマイナスの面があることは当然であって、ダムもまた大きなメリットの反面、相当のデメリットを伴うのは避けられないのであるから、その両面を慎重かつ詳細に調査した後にダム建設計画を決定すべきである。

1.1 治水上の必要性

河川とは、もともと陸地に降った降水を、土砂と共に海まで運搬するために自然に発生した水路であって、沖積平野はこの河川が絶えず変遷移動することによって形成された地形の一種である。このように、沖積平野は繰返される河川の氾濫によって造られたものであるから、この平野に人間が安全に住むためには、天然の河川を人工的に制御することが必要であった。治水の歴史とは、河道を一定の場所に固定しかつ洪水氾濫の害を防ごうとする人間と、それを破ろうとする自然との絶えざる戦いの歴史といって差支えないであろう。

さて、このような沖積平野において、昔は人々は自然の小高い所に住んでいたが、人口が増え、次第に低地に住居を造らざるを得なくなるにつれて、集落を水害から護るために輪中堤などを築造するようになった。現在でも堤防の内と外すなわち堤内地、堤外地という場合、河

川が流れる方を堤外地と呼ぶのは、むかし輪中堤の内側を堤内とした習慣の名残りといわれる。

この輪中堤から更に進んで堤防は、下流が連続していない霞堤(かすみでい)形状のものが築造され、農耕地には頭水(あたまみず、上流から流入する勢いの強い流れ)を避けて、裾あきの堤防の下流からじわじわと浸水させ、堤内に湛水させるような治水方式が各地にとられた。このようにすれば、たとえ2、3日は湛水しても、農作物等に決定的な被害を避けることができる場合が多く、集落は湛水区域内には存在しないようにされた。

さらに、江戸時代から明治時代になって、平野に人口が増加し、集落・田畑・工場等の湛水被害を防ぐ必要性が高まるにつれて、連続堤方式が本命となり、水を堤内に滞らせることなく河道にとじこめて、なるべく速やかに、海まで排出するように導くことが社会の要請となった。かくして、従来の水害から守られた低平な土地の人口と生産力は飛躍的に増大することになる反面、一旦破堤した場合の被害程度も又破滅的に増大していった。

ところで、このような連続堤方式による河川改修は、人口密度の高い下流平野部から始められ、次第に上流部に及んで行くと共に、かつての遊水池も次第に開発のため消滅して行く宿命にある。そのために、これまで上流部で少しずつ停滞していた洪水は、河川改修の進展と共に漸次出足が早くなり、かつ下流部の洪水量が增大する傾向となることは避けられない。我国の大河川では、ほとんど例外なく明治以降、計画高水流量の改訂を何度か行っており、例えば利根川では栗橋地点の計画高水流量は、明治33年 $3,750 \text{ m}^3/\text{s}$ から $5,570 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $9,200 \text{ m}^3/\text{s}$ を経て $14,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と3度にわたり流量改訂を行っている。実際、昭和22年のカスリン台風の洪水流量は、昭和10年洪水の約1.7倍、明治43年洪水の約2.5倍、明治29年洪水の約4倍と算定されている。つまり後年になるほど洪水流量は増大しているが、この傾向は全国の河川で広く認められている。

しばしば引用される表現としては、これまで水を歩かせていたのが、改修工事の進展にともない、水を走らせるようになったといわれる名文句がある。

筆者は1977年、インドネシア国東部ジャワにあるプランタス川改修工事の現地指導に出張したが、参考のためプランタス川の河況について少しく説明したい。プランタス川の流域面積は $11,800 \text{ km}^2$ で信濃川とほぼ同じ流

*信州大学工学部土木工学科

域面積を有する。流域平均年雨量は2,100 mm 位で、我国の平均年雨量1,800 mm より少し多い程度であるが、日本と異なり雨期と乾期がはっきりしていて、年雨量の80%以上は11月から4月までの雨期に連日スコールとなって降るので、雨の降り方は大分違う。プランタス川の最下流部約50 kmをポロン川と呼ぶが、その計画高水流量は1,500 m³/s (50年確率)である。筆者ははじめてこの流量を聞いたとき、信ずることができなかった。日本の河川の感覚で考えれば10,000 m³/s 程度と考えられるからである。しかし現地を調査するに及んで、計画高水流量1,500 m³/s が必ずしも過少ではないことが理解されて来たが、要するにプランタス川の中流部には、天然の遊水池が数ヶ所に広大な面積を占めていて、自然の洪水調節を行っているのが主原因である。しかし、もしも将来この中流部の開発が進んで来て、遊水池をつぶして連続堤方式をとるようになれば、下流部は大変な洪水の脅威にさらされる危険性が予測されるので、遊水池機能を十分に保持し続けるよう河川改修当局に要請して帰国した。

本邦の河川でも、連続堤方式をとり遊水効果が小さくなるにつれて、下流河道の洪水流量増加が生じて来ているが、これに対して破堤を防ぎ河川の安全を護るためには、どのような対策がとられて来たかを次に列挙する。

(1) 下流部では新たに放水路(分水路ともいう)を開削して、余分の流量をこれに流す。例えば荒川放水路、淀川放水路、信濃川の大河津分水路などである。しかしこの方式は、現在では広大な用地を必要とするために、一般に容易ではなくなっている。

(2) 河川の堤防を引堤して河積を増大する。この方式が最もオーソドックスな方法であるが、引堤には往々にして人家密集地に広い用地を求めなければならない、住民の同意を得るのがなかなか困難である。

(3) 堤防を嵩上げて計画高水位を高くする。この方式は洪水水位が高くなって支川堤防高も高くなり、また多くの橋梁を架け替えなければならない。加えて内水排除も困難度を増すし、万一破堤した場合の被害は激甚となる。かつ堤防の裏腹付をする場合には、堤内地に相当の用地を必要とするなど問題が多いので、この方式はあまり取られない。

(4) 高水敷高をできるだけ低くして河積を増大し、かつ高水敷の凹凸を少くして洪水の疎通をよくする。この方式は有効な方法の一つであって、高水敷の公園利用等かねて整正がなされているが、高水敷にしばしば水が乗るほど低くすることはできないし、その効果には限度がある。

(5) 低水路の河積を大きくするためにその幅を著しく広げるとは、低水路乱流を生ずるために好ましくない

ことが多いが、河床をしゆんせつして水深を深くすることは有効な方法である。ただしこの方法をとる場合、欠点として、低水路河床が掃流土砂により埋まりやすいので、しゆんせつを反復する必要があること、及び河口近くでは塩水遡上の範囲が上流に拡大するので、河口堰設置などの対策を必要とすることがある。

以上、大別して河道工事による洪水疎通能力増大には五つの方式及びこれらの組合せが考えられ、各河川では現地の状況に応じて改修につとめているが、これらの方式だけではどうにも対応し切れない時、残された方法といえるのが、上流山間部の適当な地点に洪水調節用ダムを建設することである。多目的ダムはこの治水をその主要目的の一つとするものであって、そのほかに治水専用のダムも数は少ないが各地に建設されている。

1.2 ダムによる洪水調節の特徴

(1) 築造場所の選定に多少の融通性がある。河川堤防と異なり、特定地点に必ず建設しなければならないということはなく、経済効果を考慮しながら、水を貯えることができる適当な地点を選定することができる。

(2) ダム方式では必ずしも単一ダムでなく、幾つかのダムを本川及び支川に分散配置して洪水調節を行うことができるが、複数ダムの場合、各ダムの調節コントロールに十分配慮しなければ、所期の効果を発揮できないことがある。

(3) ダム地点が上流に設置されるほど、下流での洪水調節効果が減殺されるという現象がある。これは洪水流の河道調節効果にもとづくものであって、図-1に示すように狭い洪水波形ほど河道貯留によるピーク低下が著しいから、洪水調節をしない波形の方が、河道貯留効果の効きがよいことになる。この効果を見逃すことは、危険側の誤差を伴うことになる。すなわち、ダム地点での洪水調節効果は、下流に行くほど次第に減って行くものである。

(4) 河川堤防の場合には全延長にわたって築堤が完成しなければ、計画の洪水疎通能力を発揮せず、部分的にでも築堤未完成の所があれば、そこが弱点となって溢水

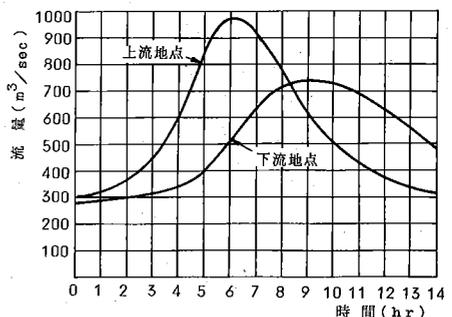


図1. 河道流下による洪水波のピーク低下

破堤するおそれがある。しかし全区間の築堤完成には予算や用地取得の制約等がある、非常に長い歳月を必要とすることが多い。これに対してダム築造の場合は、着工から数年を以て竣功すれば、直ちにその治水効果を完全に発揮する。従って河川改修の進展が用地取得等の関係で遅くなる場合にも、ダムによる洪水調節は極めて効果的であるといえる。

(5) 堤防方式であれば、例えば $2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の計画高水流量で河道工事が完成したとすれば、堤防が不良でない限り、たとえ何日間 $2,000 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水が続いても大丈夫であるが、その代りに計画高水流量を大きく上回る洪水が短時間でも流下すれば、一挙に越流破堤する危険性が高い。これに対してダムによる洪水調節の場合には、ピーク流量が計画高水流量を越える洪水波であっても、鋭い波形の洪水であれば効果的に調節できる反面、ピーク流量は計画高水流量より小さくても、長時間続く洪水波の場合には貯水池が満杯になってしまうために、それ以後は洪水調節不能に陥ることがある。このことを卑近な例でいえば、底に穴があいたバケツに水を注ぐようなものであるから、バケツが一杯になるまでは、底から出る水量は注水する水量と無関係に少量であるが、バケツが一杯になればその後は流量調節機能を全く失い、注入水量が全部あふれてしまうことになる。つまり貯水池による洪水調節は、その全体の洪水波形と貯水容量との関係が問題なのであって、ピーク流量の大小は本質的な問題ではないのである。このことが往々にして、ダムによる洪水調節効果に対する異常な過信と、一旦裏切られた場合の極端な不信の原因になるものである。

以上の考察の実例として、昭和36年6月28日（天竜川36災害）、天竜川支川三峰川にある美和ダムをあげることができる。美和ダムの計画高水は $1,200 \text{ m}^3/\text{s}$

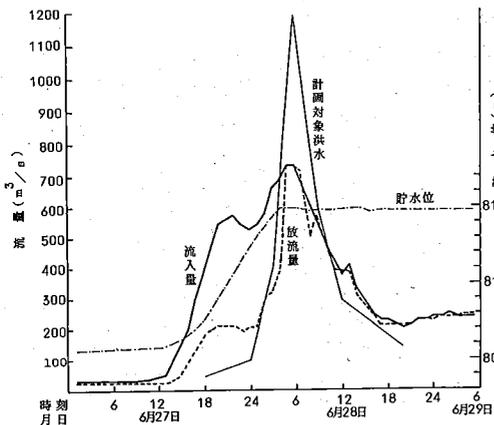


図2. 天竜川・美和ダムにおける昭和36年6月28日洪水

のピーク流量を持つシャープな波形であった。ところが36年6月洪水のピーク流量は、約 $700 \text{ m}^3/\text{s}$ と計画高水流量よりはるかに小さいが、その波形が偏平なため、図-2に示すように、完全に洪水調節不能に陥ったのである。

上記記述したように、堤防方式とダム方式による洪水処理には本質的な相違があることを、治水当局者は住民に十分PRしておく必要があると思う。このことを怠り、例えば $1,500 \text{ m}^3/\text{s}$ の洪水を $500 \text{ m}^3/\text{s}$ に調節放流するとだけ広報すれば、一般住民は、如何なる洪水波形であろうと放流量は $500 \text{ m}^3/\text{s}$ 以下になると思いこむ。従って例えば $1,200 \text{ m}^3/\text{s}$ の偏平な洪水波のとき貯水池がパンクして調節不能になれば、住民を一挙にダム不信に追いこむことになるおそれがある。

上述の論議に基づき、私見として次のことを結論的に述べたいと思う。すなわち洪水処理のオーソドックスな方式は、できるだけ遊水効果を生かした河道改修方式によるべきであって、それでも洪水疎通能力が足りないときに、ダムによる洪水調節を併用することを計画すべきであろう。折角の遊水池をつぶしたり、また堰堤などをことごとく連続堤防方式に切り替え、それによる洪水流量増加分をダムによる洪水調節に振り替える計画には、賛成することができない。

1.3 利水の必要性

日本は温帯モンスーン地帯に属しており、世界でも有数の雨の多い国である。日本の国土総面積約37万km²に降る雨の量は、平水年で1,800mm程度であり、諸外国にくらべて一見豊かに見えるが、これを別の指標として人口1人当たりの降水量で単純に比較すると、狭い国土に人口の多い我国では、全世界平均の1/5以下となり、決して水に恵まれているということとはできない。水資源として利用可能な絶対限界量は、降水量から蒸発による損失量を差引いたもの、すなわち水資源賦存量が基本となる。それは表-1の通りで、降水量は年によってかなり変動するが、渇水年では我々が利用できる絶対限界は年間約3,300億m³で、昭和50年における水使用量876億m³はこれの27%に相当する。しかし渇水年でも、雨は年間を通して平均して降るものではない。夏季や冬季には河川流量は年間平均の1/3以下に減少するので、流況安定化のために貯水池を充実しないと、全国平均の27%というのは、既に相当厳しい数値であるといえる。

表-1 日本の降水量

	年降水高 mm/年	年降水量 億m ³ /年	年降水量から蒸発を 引いた値 億m ³ /年
渇水年	1,480	5,587	3,333
平水年	1,788	6,749	4,494
豊水年	2,131	8,044	5,791

いま水利用の現況を調べるに、前記の876億 m^3 うち上水道から供給される生活用水が約120億 m^3 、鉱工業の生産に使用される工業用水が約180億 m^3 、さらに農業生産に使用される農業用水が約570億 m^3 と推定される。

さらに、昭和53年7月発表の国土庁試算による長期水需要計画によると、昭和65年の需要量は生活用水が204億 m^3 、工業用水が274億 m^3 、農業用水が667億 m^3 と見込まれている。かくして日本全国で必要とされる水の総需要量は、50年に876億 m^3 であったのが、65年には1,145億 m^3 となると予測される。

以上の試算のように急増する需要に対して、ダムによらない河川水の利用可能状況はどうであろうか。

自然の河川で雨のない日が相当続いても、この量だけは必ず流れているという水量を基礎流量とすれば、このような基礎流量の値は、本邦の大多数の河川ではだいたい $1\text{m}^3/\text{s}/100\text{km}^2$ とみて大過ないといわれ、これをmmに換算すると0.864mm/日、1年では315mmということになる。すなわち、年間降水量1,800mmに対して約 $1/6$ であって、残りの量は蒸発分を除き豊水期に流出するのである。この基礎流量に国土面積37万 km^2 を乗ざると、1日当り3.16億 m^3 、年間流出は1,150億 m^3 ということになる。昭和65年の総需要水量1,145億 m^3 と比較すると大体同じで、一見ダムなど造らなくてもよさそうに見えるがそうはいかない。何故ならば、第一に1,150億 m^3 は日本全体の水量であって、水が欲しい所は偏在しているから、実際に使用できるのはその一部に過ぎない。第二に農業用水が主に使用されるのは、季節的に夏の3ヶ月に限られることである。かんがい期間中の全水需要量は約470億 m^3 と推定されており、この量を100日で均等に割ると全国の水需要は4.7億 m^3 /日となる。この値は日本全体の基礎流量3.16億 m^3 よりも若干多いのである。すなわち、河川の基礎流量は夏場にはほとんどかんがい用水に利用しつくされて、しかも少々不足気味である。

このように河川の基礎流量は、農業用水の慣行水利権によってほとんど占められていると考えられるから、都市用水に対しては、地下水利用以外には、新たにダム、河口堰、湖沼開発などによって生み出す以外に、有効な手段はないことになる。

前記の国土庁の試算によれば、昭和65年までに現在建設中のものを含めて、合計677ダムの建設が予定されているが、これらが全部完成しても65年時点で関東臨海で6.9億トン、近畿臨海で1.1億トン、北九州で1.0億トン、計9億トンの水が不足すると予想される。実際には用地問題がネックとなって、これほど沢山のダム建設が可能であるかどうか疑わしいことを考慮するとき、

将来の都市用水不足は一層深刻化するおそれが大いといわなければなるまい。

昭和53年夏は全国的に異常猛暑にみまわれ、梅雨も気象観測史上前例がないといわれるほど短かった。首都圏、近畿圏を含め各地で給水制限が行われたが、なかでも福岡市の水不足は深刻で、給水制限は5月20日開始以来287日間継続という日本新記録を出した。とくに、6月1日からの19時間断水の第3次給水制限には市民は疲れ果て、実家へ湯水疎開する人々が増え、九大などの大学においては相ついで臨時休校すら行われた。この原因について、異常な降雨の少なさが直接原因であることは言うまでもないが、大河川を近くに持たない福岡市の弱点は早くから指摘されていた所で、筑後川等の水資源開発の緊急重要性が分っていたにもかかわらず、関係各県の利害対立のため、ダム建設が遅々として進まなかったことも大きな遠因と考えられる。

また、昭和48年は全国的にも記録的な渇水で、合計47ヶ所の上水道が制限給水或いは断水を余儀なくされた。なかでも高松市では、7月から9月にかけて90日にも及ぶきびしい給水制限で市民は不自由な生活を強いられ、水をめぐって殺水事件まで発生し、豊作物の枯死、工場の生産縮小、ホテル・飲食店の営業停止等の大変な被害を受け、保健衛生上憂慮すべき事態が起った。その後高松市の水供給については、昭和48年11月に有効貯水量2.89億 m^3 の早明浦ダムが竣工し、吉野川の水が讃岐山脈を貫く香川導水路により、慢性的水不足に悩む香川平野に合計 $12.5\text{m}^3/\text{s}$ 供給されるようになって著しく改善されたのである。この香川用水の恩恵は福岡市の場合と対比して明確であり、もしも早明浦ダムが完成してなかったならば、昭和53年夏場の高松市は、福岡市と同様、又はそれ以上に深刻な水不足に苦しめられたことであろう。

以上実例を以て説明したように、我国の都市用水・農業用水を支障なく供給するためには、主としてダム建設による以外に目下の所有効な方策はないのである。一方水資源節約のため、使用水の再生反復利用も積極的に進めるべきで、この方面の試験研究や小規模事業も盛んに行われてはいるが、一部の工業用水や住宅団地内の中水道等を除き、水コストが高つくため、本格的な利用可能状態にはなっていない。

1.4 水力発電

電力の安定供給が国民生活及び産業にとって重要なこととは言うまでもないが、電気を発生するのに(1)火力発電(重油、LNガス、石炭)(2)原子力発電(3)水力発電(4)地熱発電(5)その他がある。その他には、太陽熱、風力、潮力、潮流、波力、水温差発電等が含まれるが、遠い将来は別として、目下の所我国では大した電力を生じそうも

ない。また地熱発電については、火山国である我国ではイタリア、ニュージーランド、アメリカ等と並んで、将来開発の余地は大きいといえるが、その発生電力量はそれほど大きくはなるまい。結局大部分の電力量は火力、原子力、水力に依存することになる。

次に、水力資源の重要性について簡単に指摘しよう。まず第一に水力発電は地熱発電と共に、純国産のエネルギーということである。重油火力、原子力はその燃料のほとんどを輸入に依存しており、一朝国際緊張が生ずれば、燃料輸入が円滑に行かなくなる不安があることは否定できない。この点、水力発電は国土に降った水を使用するという枯渇するおそれのない循環永久資源であり、一度貯水池を建設すれば、埋没しつくさない限り、永続的に発電できるものである。従って、未利用水力資源を開発することは国家的重要事といわなければならない。一方、民生の安定、産業の最低操業、保安電力の確保等の見地から、電力需要の40%は、国産エネルギーを中心とする安定エネルギーでまかなうべきであるといわれ、そのためには毎年50万KW程度の水力開発を実行する政策を推進すべきであろう。

第二に、水力発電は電力使用の負荷変動に対する適応性に優れている点である。火力発電や原子力発電は一定の出力を続けることが効率的であり、急速な負荷変化には追従することができない。これに反して、水力発電ではほとんど瞬時に発電を止めたり、出力を急増したりすることが可能である。この特徴を生かして、ベース負荷を火力及び原子力発電で受持たせ、電力のピーク負荷時には水力を活用することが合理的であり、更に揚水式発電では、深夜の余剰電力を以て上池に揚水して、次回のピーク発電に備えるのである。

以上の2点よりして、電力需要の伸びに対応して、水力発電も増強して行かなければ、円滑な電力供給に支障を来すことになることは明らかである。従って今後とも国家的見地において、発電用ダム建設を積極的に進めると共に、他の目的のために建設されるダムであっても、折角の水落差を利用して電力を生み出すことに活用すべきである。

2. 多目的ダムの合理性

前章で述べたように、ダムには洪水調節、各種用水、発電と種々の目的のものがあり、単独目的のときには治水専用ダム、利水専用ダムと呼ばれる。一方、多目的ダムとは治水と、これに相反する貯水池使用目的を有する幾つかの利水目的の間を調整して、全部の目的を満足するように、貯水容量の配分と操作方法を決定しておき、それに従って操作するものである。故にそれぞれの専用ダムと同等な機能を有するが、操作が複雑となるので操

作規則は厳格に定めておかねばならない。この多目的ダムを建設する費用は、それぞれの単独目的のダムを個別に建設する場合の合計事業費よりも、一般にかなり割安となるメリットを有する。

なお、多目的であっても、洪水調節Fと「特定目的」と呼ばれる水道W、工業用水I、発電Pのうち何れかの目的を含まなければ、法的には多目的とはいわない。例えばFとかがんがい用水A、あるいはFを含まないWとIとPとの組合せでは、法律上は多目的ではない。多目的ダムの貯水池容量配分図の1例を図-3に示す。

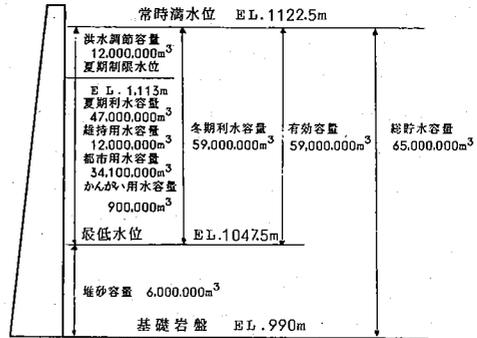


図3. 貯水池容量配分図

多目的ダム事業費が、複数の専用ダム建設よりも、一般に経済的になる場合が多い理由を次に説明する。一般にダムの堤高が大きくなると、防水池容量は急速に増大するものであるが、これは標高が高くなるに伴い谷幅が急に広くなることと、貯水池末端が上流へ伸びて行くからである。このために堆砂量を除いた有効貯水量2,000万m³のダムを2つ造るよりも、地形・地質が許せば、有効貯水量4,000万m³の1ダムを造る方が一般に経済的である。かつ又、治水専用ダムは洪水期以外には役に立たないが、多目的ダムでは非洪水期には、治水用の貯水容量を他の利水目的に使用することができる。さらに、各種用水目的にとって水落差は無用のものであるが、この落差を発電に利用することができる。

多目的ダムは、この共同利用の利点を合理的に生かしたもので、それぞれの単独目的でダムを造る費用よりもはるかに少い費用を、それぞれの妥当投資額又は身替り建設費に応じて適正に負担すればよい。そのために、共同施設である多目的ダムの共同費用の振分け(コスト・アロケーション)計算を行う。この方法は前出のTVAにおいて発案されたのが始まりであって、我国では昭和27年電源開発促進法制定の時振分け方式が一応確立された。その後昭和42年に全面改訂され、現在では一般に新アロケーション方式「分離費用身替り妥当支出法」が用いられている。

3. 貯水池の堆砂と背水

我国は地形が急峻で、地質も複雑である上に豪雨も多いから山地崩壊が起り易く、出水ごとに多量の土砂を河川に流出している。ダム貯水池が築造されると、上流からの流送土砂が阻止されるために貯水池が埋没しはじめると共に、貯水池上流の河床は上昇する傾向を持つ。

堆砂による貯水容量の減少は、第一に貯水池の寿命を短縮してその機能を失わせることになり、第二に堆砂が進行すると、貯水池末端及びその上流では河床が上昇することによって、農耕地や家屋の浸水、排水不良化による農作物の減収、さらに大出水時における河川堤防の決壊等の大きな社会問題となる場合がある。

天竜川の泰阜（やすおか）ダム（昭和10年12月竣功）の建設によって、上流天竜峡の河床が上昇し、川路村、竜江村（何れも現在飯田市内）の、日本三大桑園の一つといわれた天竜川河川敷の桑園は、度重なる氾濫によって遂に潰滅させられた。とくに昭和36年6月28日の大水害では、水害を十分考慮に入れて設計されたはずの国鉄飯田線も完全に水没し、川路村の中心の街並はほとんど流失してしまった。地元で「36災害」と呼んでいるこの大水害は、改めてダム災害の恐しさを雄弁に物語るものである。もし泰阜ダムが建設されていなかったならば、天竜峡の著しい河床上昇も生ぜず、36災害の際にも川路・竜江地区はあれ程の被害は受けなかったであろうと推測されている。

我国で築造された貯水池の堆砂実績を見ると、諸外国に比して堆砂量は極めて多いようである。建設省河川局の資料によると、総貯水容量500万 m^3 以上のダムは昭和51年末で267ヶ所で、その合計貯水容量は約122億 m^3 である。これらの貯水池に流入する土砂量は毎年4,200万 m^3 となっており、昭和51年末の貯水池堆砂量は約7.3億 m^3 で、総貯水池容量の6%に達している。なかでも、中部地方の堆砂率は約19%で、我国でも最も多い地方となっている。天竜川を例にとると、年流出土砂量約830万 m^3 、平均比流砂量1,848 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ となっていて、全国平均年間堆砂量503 $\text{m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ の約3.6倍に達する。

このように、自然条件が極端に劣っている我国でダムを築造することは、貯水池の埋没を短時間に招来する結果となり易いのであるから、貯水池堆砂防止については各ダムごとに早急な検討を行い、有効な対策を積極的に推進する必要がある。

貯水池機能維持対策として実際に行われているものをあげると、次の二つに大別される。その一つは貯水池への流入土砂を少なくする方法であり、他の一つは、すでに貯水池に流入している土砂を除去する方法である。勿

論、実際のダムでは、これらのうち幾つかの有効な方法を組合わせて実施することが多い。

(1) 流入土砂を減少させる方法

- イ. 水源地域の植林と砂防工事
- ロ. 貯水池の上流に貯砂ダムの設置
- ハ. 流入土砂をバイパスさせる

(2) 堆砂を排除する方法

- イ. 排砂管、排砂門、排砂トンネルによる排砂
- ロ. 陸上掘削
- ハ. しゅんせつ

流送土砂が群を抜いていた天竜川では、堆砂防止対策を積極的に実施しているダムが多く、植林や数多くの砂防ダムによる土砂流出の制御に加えて、小沢ダムでは貯砂ダムによる排砂、泰阜ダムでは排砂トンネルによる排砂、美和、泰阜、佐久間及び秋葉ダムではしゅんせつ船による排砂等が実施されている。これにより、当初計画をはるかに上回る割合で堆砂が進んでいた美和ダムでは、昭和51年末の総堆砂量837.5万 m^3 をピークとして、53年末には771.6万 m^3 と着実に減少しはじめ有効貯水量が増加しており、貯水池の回春には一応成功しつつある。

4. ダム下流の地形変化

貯水池が築造されると、上流から運搬される土砂が阻止されるため、ダムから排出される放流水には土砂が著しく減少する。このため、その掃流力に見合うだけの土砂が下流河床から洗掘され、河床は低下しはじめる。この河床低下が著しい場合には、(1)かんがい用水等の取水が困難となる。(2)橋脚、橋台、護岸等の基礎が浮き上り破壊の危険が生ずる。(3)地下水面の低下による井戸水の枯渇や農耕地の減収をもたらす。等の種々なる被害を与え、国民生活に大きな影響を及ぼすことがある。

この河床低下の影響はダムから数km下流に及び、河床低下量は数10cmから数mに達することもある。ただし、下流河床低下進行に伴い、河床材料のうち小さい粒径のものが選別的に流送され、大粒径のものが残留して行くアーミング現象といわれる作用があって、ある期間経過後は河床低下速度が目立って遅くなり、遂には停止するものである。

ダム湖による流送土砂阻止の結果、河口まで供給される土砂が減少し、河口付近の三角州が後退しはじめる例も多い。故ナセル大統領がエジプトの威信をかけて、ナイル川に建設した高さ120m、ダム堤頂長3,600mのアスワンハイダム（1971年1月竣功）の完成後、河口デルタ付近の侵食が目立ちはじめている。もともと河口付近の海岸線は、川の上流から運ばれてくる土砂供給と、波浪・潮流による侵食とのバランスでその地形が維持されているはずである。ところがナイル川では、上流から

の土砂供給が大幅に減少したため、年に20~30mの速度でデルタ地帯の海岸線後退が進んでいるという。このまま進めば、アレキサンドリアからポートサイドにかけて、デルタ地帯に大きい湾入ができてしまうのではないかと心配されている。

我国でも、海岸砂の減少による海岸侵食の進行は全国的に見られる現象である。この原因については色々あり、砂利採取の影響が大きい場合もあるが、ダムによる流送土砂の阻止が大きな原因となっている事例も多いと言われている。

5. 水質と水温等の問題

ダム湖のような停滞水は、上流から多量のリン、窒素等の栄養塩が流入する場合には、流水の場合よりはるかに急速に富栄養化が進行し、プランクトンの異常発生が生じたりして水質が悪化することがある。各地の富栄養化が進んだ貯水池で、とくに夏季雨量が少く高温の日が続くとき、プランクトンの大增殖により、この水を取水している水道水が臭い水となり、大騒ぎを起す事例がしばしば発生する。

長野市でも、昭和53年7月26日から約10日間、夏目ヶ原浄水場給水区域で臭い水が供給されたため、市民の抗議が続出し新聞紙面を賑わしたことがある。原因は裾花川上流の裾花ダム湖に異常発生したオツシラトリア・クオシペルフォラタによることが判明した。同年8月7日には臭気が自然消滅したが、貯水池中のリンがほとんど消費しつくされたからであると見られている。

また、近年貯水池ができたために、下流の水温が低下して水稻の生育に悪影響を及ぼしている例、あるいは洪水後長期間にわたって濁水が続く例、などが社会問題として注目されており、最近ではダム建設に当っては、これらを阻止できる機能を有する取水設備を設置することが一般的になりつつある。

この水温低下による冷害は決して新しい問題ではないが、従来このような被害に対する認識が十分でなかったために、有効な防止対策を取らなかったダムが多かったのである。

貯水池内の水は、出水期である夏季には、水温又は濁度分布により、図-4に示すような密度成層が形成される。従って、表層の暖い水層から放流する表層取水設備を設ければ、低水温の被害を防止することは大抵可能である。また、任意の深さの水層から取水できる放流設備を設置すれば、洪水後、長期間にわたる濁水放流の悪影響を相当軽減できる場合が多い。

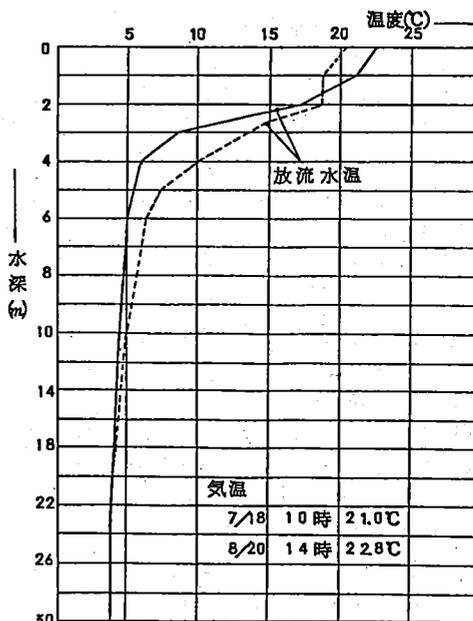


図4. 貯水池の水温分布の実例

6. 水産資源に対する影響

ダムが河川に設置されると、アユ、サケ等が川を遡上したり、産卵ふ化したりするのを物理的にさまたげることになる。このような被害を軽減するために、ダム湖上流に稚魚を放流したり、又低ダムの側方に魚道を設置することもあるが、魚道はその設計が魚類の生態を無視していたり、又管理が悪いために、有効に機能していない場合が多かったことは事実である。魚道については、信州大学繊維学部小山長雄教授が、「よび水式魚道」、「流水式ロックゲート魚道」などユニークな魚道を開発し、現在実用にも供されている。

アスワンハイダムが完成したナイル川では、上流のアピシニア高原等から運ばれた沖積土や腐植土がダム湖に沈殿してしまう結果、河口まで運ばれる栄養塩類が激減した。そのために、河口近くの東地中海のプランクトンが減少し、それらを餌としているイワシ漁業が大打撃を受けているといわれる。

筑後川河口付近の有明海では、福岡市等に対する筑後川の水資源開発の結果として、特産のノリ養殖に対する悪影響が心配されて来た。これは河水に含まれているリンと窒素がノリの育成に不可欠のものであるからであるが、この問題は福岡、佐賀両漁連と九州地建、水資源開発公団等との間に、養殖期間中の確保流量についての協定書が昭和55年12月締結され、一件落着している。

前章に述べたダム湖の濁水放流の影響は、遠い下流、場合によっては河口付近の海域にまで及び、アユの棲息

やノリの成育にまで障害を与えている例もかなりある。

水産資源とは直接関係ないが、ダム湖のために、ある種の魚類の棲息場所が失われることもある。アメリカのノックスヴィルに近いリトル・テネシー河流域にTVAが建設していたテリコ・ダムでは、この川がスネイル・ダーター（7cm位の長さの小さな矢魚）の唯一の棲息地であり、ダムが完成すると絶滅することが判明した。そこで、ダムがほぼ完成に近づいた1977年、「絶滅生物保護法」を盾にとっての工事差止め請求訴訟が提起され、本件は最高裁にもちこまれたが、結局最高裁より建設工事差止め命令が出された。かくしてテリコ・ダムの竣工を目前にして、スネイル・ダーターの絶滅を防ぐことが決定され、TVAの敗北となったが、我国ではとても考えられない事例といえよう。

7. 終 章

以上6章にわたって、多目的ダムの建設が、国民生活の向上と民生の安定にとって不可欠である理由を述べると共に、ダム建設が河川環境に及ぼす主なる影響を略述した。このほか、ダム湛水による地震の発生や、ダム湖岸での地じりの発生などで被害を生じた事例も多い。また大きな被害はないが、放流水による家屋等の振動誘発や、気温によっては濃霧の発生現象もある。

実際のダム建設計画に当っては、これらの各種影響を詳細に調査検討の上、その被害を最小限にとどめるよう配慮しなければならない。

前章まででは論じなかったが、ダムの安全性については勿論万全を期すべきで、絶対にダム事故を発生させてはならない。近年において、我国では大きなダム破壊の例はないが、外国では有名な次の3大ダム事故例のほか10数件の実例がある。

(1) マルパッセダム（フランス）

ダム型式 アーチダム 高さ 66.5 m
竣 功 1954年 破 壊 1959年
死 者 500人
原 因 基礎地盤弱体および過大揚圧力

(2) バイヨントダム（イタリア）

ダム型式 アーチダム 高さ 265.5 m
竣 功 1960年 破 壊 1963年
死 者 2,000人以上
原 因 貯水池周辺地じり（ダム本体は破壊せず）

(3) ティートンダム（アメリカ）

ダム型式 ゾーン型アースフィルダム 高さ 93m
竣 功 1975年 破 壊 1976年
死 者 11人 罹災家屋数 8,000戸
原 因 基礎および堤体基部の内部浸食

我国では第二次世界大戦後、死者を出したダム損傷の例は、かんがい用ダムで数件ほどあるが、アースダム以外では1967年、発電用の和知ダム（京都府）でゲート損傷（死者1名）があるのみである。

本邦における多目的ダムは、既設（1980年3月31日までに竣工）のもの249ダムあるが、ダム損傷事故例が一件もないことは、国や都道府県が如何に安全性を重視して、ダム建設を進めているかを物語るものといえよう。また、発電ダム、農業用ダムも含めて、高さ60 m以上の大ダム（工事中を含む）は300ダムほどあるが、このなかにもダム本体破壊事故例は一件もない。