

第3章 貯水池計画

第1節 洪水調節計画

1 降雨解析

(1) 雨量資料の収集

洪水調節計画に高い精度で行うために、基礎となる雨量資料はできるだけ長期間集める必要がある。直接の対象地域内で十分そろえることができない場合には、対象地域を広げて類似する近傍地域の資料も収集する。

(2) 記録の検証と補正

記録資料を解析に用いる場合には、あらかじめ記録の誤りの検証、均質性等の検証を行う必要がある。偶発的な誤り、疑わしい値は再調査し、または欠測として処理する。観測法や観測機器などに原因する系統的誤りが明らかになった場合には、資料全体を補正する。

(3) 欠測値の補填

記録の誤りや短期間の欠測は補填がある程度可能である。これには関連する他の資料を用いた相関解析が最も一般的である。

この場合、解析対象観測所間のすべての組合せについて相関解析を行い、相関の最もよい観測所間で欠測地を補填する。（原則的に相関係数で0.8以上とする。）

(4) 流域平均雨量の算定

ダム流域からの流出を推算する場合、流域内及び周辺観測地点の降雨観測記録から流域平均雨量を求める。この代表的算出方法としては、算術平均法、ティーセン法、等雨量線法等があるが、一般的にはティーセン法を用いる。

(5) 確率雨量の算定

ダム計画のような比較的長い年数を対象として年単位で生起確率を検討する場合には、資料の抽出法は各年1個宛抽出とし、毎年最大値を抽出するのが適当である。

確率雨量の算定法には対数確率紙法（ハーゼン・トーマス）、ガンベル法、岩井法等があるが、複数の手法で検討し、最も適合度が高いものを採用するものとする。

なお、この場合年超過確率は、 $1/30$ 、 $1/50$ 、 $1/80$ 、 $1/100$ を標準としてそれぞれ算定する。各手法については、「多目的ダムの建設」等を参照のこと。

(6) 年超過確率の決定

年超過確率は、計画対象地域の洪水に対する安全度を表すものであり、それぞれの河川の重要度に応じて、既往洪水による被害の実態、経済効果等を総合的に考慮して、 $1/30$ ～ $1/100$ の間に定めておく。

(7) 対象降雨の継続時間

決定に当たっては、流域の大きさ、降雨の特性、洪水流出の形態、計画対象施設の種類、過去の資料の得難さ等を考慮する。

県内ダムでは1日、24時間ないし2日を採用するが多いが、降雨の特性を考慮し、実績降雨に対してどの程度充足しているか検討し決定する。

(8) 対象降雨量の決定

対象降雨量は、年超過確率によって規模を定め、更に降雨継続時間を定めることによって決定する。

(9) 対象降雨（群）の決定

対象降雨（群）は既往洪水等を検討して選定した降雨について、対象降雨継続時間に相当する時間内の降雨量を対象降雨量に等しくなるように引き伸ばすものとする。ただし、対象降雨継続時間外の降雨は引き伸ばしは行わず、実績をそのまま用いる。

また、引き伸ばし後の時間雨量及び到達時間内雨量が著しく大きくならないようにする。

2 高水流出解析

高水流出解析（計画降雨の流量への変換）の方法には単位図法、貯留関数法、タンクモデル法、等価粗度法、流出関数法等がある。

これらは流域の流出機構をモデル化して得られたものであるから、そのモデル化の方法によってそれぞれ特徴をもっている。解析方法の選定に当たっては、その特徴についてよく検討するとともに、対象流域の特性等も考慮するものとする。また一方法だけでなく異なった手法による結果と比較してみることが必要であり、実績に対する検証も必要である。

3 基本高水流量の決定

治水計画の基準として、ある基準地点のハイドログラフをもって基本高水と定義している。

基本高水を決定するには本章 1 で定める計画降雨について、適当な洪水流出モデルを用いて洪水のハイドログラフを求め、これを基に既往洪水、安全度と重要度、事業の経済効果を総合的に判断しなければならない。

計画上の基準地点としては、水系全体計画と関係するが、支川の合流点、改修末端、将来の高水管理上の主要な基準地点となりうる地点などであって、既往資料が豊富である地点を選ぶ必要がある。

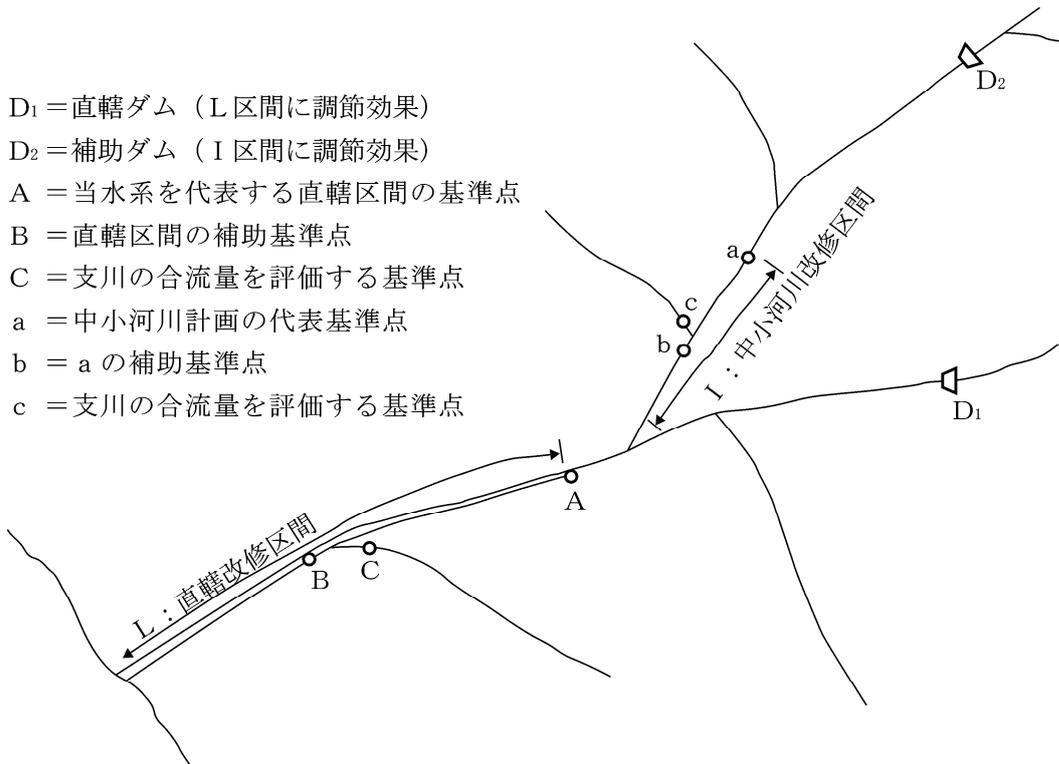


図 3-1 高水計画のための基準地点設定例

4 流量配分

高水計画においては、基本高水を合理的に河道、洪水調節ダム等に配分して、各地点の河道、洪水調節ダム等の計画の基本となる高水流量、いわゆる計画高水流量を決定する必要がある。

ただし、洪水調節ダムの洪水調節容量の決定にあたっては、高水流量だけでなく、ハイドログラフの形状、貯水池容量確保の可能性、ダムの操作ルール等が関係するため、これらの要素を総合的に検討して計画を立てる必要がある。

また、流量を配分するといえ、ピーク流量の配分であると考えられやすいが、一つ又は複数の基本高水から算出される計画基準点等での河道流量は、河道特性やダム等の洪水調節施設の規模などの水文学的条件により異なるものであり、算出されたこれらの流量を上下流、本支川間のバランスに配慮しつつ、河道とダム等に配分することをいう。

更に、計画高水流量を決定する際には、以下の事項について十分検討する必要がある。

- ア 各施設の技術的、経済的、社会的及び環境保全の見地からの検討
- イ 流域の現在及び将来の地域開発や河川に関連する他事業計画との調整に係る問題
- ウ 著しく市街化が予想される区域については、将来における洪水流出量の増大の見通しとその対処方針
- エ 超過洪水に対する対応の技術的、経済的、社会的検討
- オ 事業実施の各段階における施設の効果の検討
- カ 維持管理の難易についての検討

5 洪水調節計画

(1) 洪水調節方式

ダムによる洪水調節方式は、基準地点に対し目標とする洪水調節効果を確実にあげることが目標として、河川の状態、洪水流出の水文学的特性、貯水容量、放流設備、調節の目的、調節効率、操作の確実性、維持管理の容易性などに応じて最も確実かつ効率的な方式を採用する。

ダムによる洪水調節の方式には、以下のものがある。(図3-2)

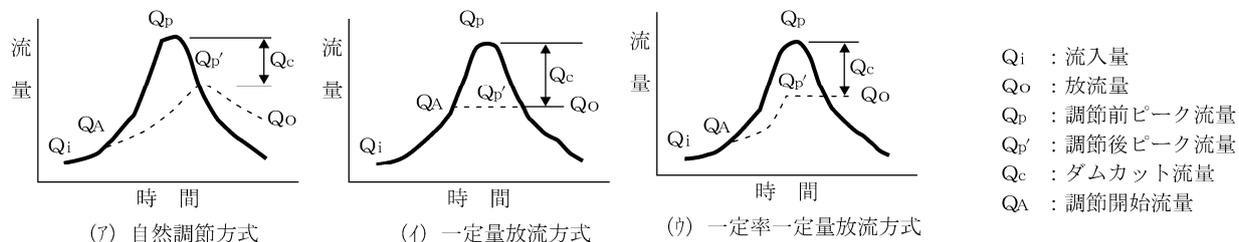


図3-2 主な洪水調節方式

ア 自然調節方式

洪水調節ゲートを有さないが、若しくはゲートはあっても一定開度保持等により調節操作を行わない方式である。必要な洪水調節容量は大きい、人為的な操作がないため流出の速い小流域のダムでも所定の効果が発揮できる。また、管理が容易な方式である。

イ 一定量放流方式

洪水波形等にかかわらず一定量の放流を行う、いわゆるピークカット方式で、河道整備の進んだ河川では高い調節効果を発揮できる。中小洪水には相対的に調節効果は小さい。

ウ 一定率一定量放流方式

洪水調節開始流量以上の流入量に対し、ピーク流量に達する流量までは流入量の一定割合を、ピーク流量に達した流量以降は一定量を放流する調節方式で、中小洪水にも大きな調節効果が期待できる。ダム下流の洪水量が下流基準地点の洪水量の大部分を占めるような河川、河道の整備が余り進んでいない河川等に適している。

エ 不定率調節方式

洪水の前半部あるいは後半部において特に調節を要する場合や最大流量付近を特に貯留する必要がある場合に採用される。

なお、流出の速い小流域のダム、相当雨量（洪水調節容量／流域面積）が小さく、かつ、洪水調節容量の小さいダムでは、洪水処理を確実にを行うため、自然調節方式とすることが望ましい。

なお、治水施設の整備にあたっては、さまざまな制約条件から段階的な目標を定め事業を進めていくのが通常であるが、ダムは段階的にその施設規模を大きくすることは現実的ではないことから、各水系の将来目標に対して整備するのが一般的であり、その操作ルールについても将来目標を前提として定められる例が多い。

しかしながら、下流河川を将来目標の水準まで整備するには長時間を要することから、ダムの洪水調節方式を決定するにあたっては、下流河川の整備状況も勘案して、当面の整備状況に対して十分な洪水調節効果が得られるよう、検討することが必要である。

(2) ダム地点の計画高水流量と必要治水容量

ダムによる洪水調節計画を立てるには、貯水池への流入ハイドログラフを与えなければならない。このハイドログラフのピーク流量がダム地点の計画高水流量である。

ダム地点の計画高水流量は、ダムによる洪水調節計画の基本量であり、ダムごとに決められるものであり、下流の基準地点の基本高水に対するダムの効果、ダム地点直下の河道に対するダム効果及び水系全体の洪水調節施設計画との均衡等を総合的に検討し決定される。

具体的にダム地点の計画高水流量を決定するには、

ア 基本高水決定に用いた各種高水に対応するダム地点の高水のピーク流量が最大となる高水及び洪水調節容量が最大となる高水

イ ダム流域の対象降雨より求められるダム地点の各種高水のピーク流量が最大となる高水及び洪水調節容量が最大となる高水

を検討し、ピーク流量が最も大きいもので決定するのが一般的である。

洪水調節容量は、下流の基準地点に対し目標とする洪水調節効果を確実にあげることができる容量を設定し、ダム地点の流入ハイドログラフを所定の調節方式で貯留して得られた容量に2割の余裕を見込んだものを洪水調節容量としている。

必要となる洪水調節容量は、採用される調節方式によって異なるが、相当雨量をおおむね100mm以上とするのが望ましいとされている。また、限られた貯水容量をより効率的に活用する観点から、洪水の発生が予想された時点で、あらかじめ放流を行い貯水池の水位を下げ洪水調節容量を確保する予備放流方式を採用する場合には、操作の確実性、下流河道への影響等に対する十分な検討が必要である。

なお、ダムに必要な洪水調節容量については、河川整備基本方針で対象とする洪水と河川整備計画で対象とする洪水の双方を考慮して定める必要がある。

(3) 洪水調節計算

貯水池の条件（貯水容量曲線）と対象洪水（貯水池の流入ハイドログラフ）が与えられれば、洪水調節容量、貯水池容量、貯水池水位等の関係を知るための洪水調節計算を行う。

流入量、流出量、貯留量の間には次の関係式が成り立つ。

$$\frac{I_1 + I_2}{2} \Delta t = \frac{Q_1 + Q_2}{2} \Delta t + (S_2 - S_1)$$

$$\int_{t_1}^{t_2} I dt = \int_{t_1}^{t_2} Q dt + (S_2 - S_1)$$

ここに、 I_1 ：時間 t_1 における流入量

I_2 ：時間 t_2 における流入量

Q_1 ：時間 t_1 における流出量

Q_2 ：時間 t_2 における流出量

S_1 ：時間 t_1 における貯留量

S_2 ：時間 t_2 における貯留量

いま、 I_1 、 Q_1 、 S_1 及び I_2 がわかればそれらの値を上式に代入し、 t_2 における貯水位を仮定することによって Q_2 と S_2 が求められるから、これらを上式に代入し成り立つかどうかをチェックする。貯水位を種々に仮定して上式が成り立つようにしたときの S_2 、 Q_2 が求める値である。

第2節 利水計画

1 水需要の予測

水需要の予測に当たっては、その対象ごとにできるだけ多くの資料を収集し分析することが必要である。一般に生活用水、工業用水、農業用水等の需要用途別に計画目標年次における必要水量を算定する。また、水需要の発生する地域の関係者を含め、関係行政機関との調整をとることも必要である。

なお、ダム等水質資源開発施設には長期間の工期と多額の建設費が必要である。したがって需要が発生してから水資源開発施設の建設に着手するのではなく、長期的な水需給の展望に基づき、先行的、計画的に水資源開発を推進していく必要がある。

2 利水計画の基本

利水計画は水資源の利用増進をはかるために行う河水の需給計画であるが、河川計画としての利水計画の内容は各種用水の需要に応じて策定される河水の配分及び補給の計画である。

河水の配分のうちには、河川の現況の利用形態や維持流量を位置づけした低水計画も含まれ、この低水計画をベースとして新規需要量（新たに河川に依存しようとする水量）の開発計画を立てることが利水計画である。

3 利水計画の基礎資料

(1) 水文資料の収集整理

利水計画は、過去の流量資料をもとにして策定されるものであり、この資料により計画の安全度が左右されるので、できるだけ長期間、少なくとも最近10～20カ年の資料は整えなければならない。

実測資料が少ない場合は低水流出解析を行うか、地域の状況が類似した他の河川の資料を使用することも考慮しなければならないが、この場合でも単にそのまま流域換算のみを行うだけでなく、できるだけ同時観測を行って相関関係を確認することや、あるいは大きな降雨の影響などについても十分検討しなければならない。

流量資料は一般に半旬流量が使用され、ダム地点、基準地点で作成する必要があるが、各地点の作成された流量がどのような方法で作成されたか、既得用水や既設ダムの取水や還元及び貯留などの影響がどのように処理されているかを明確にしておくことが重要である。

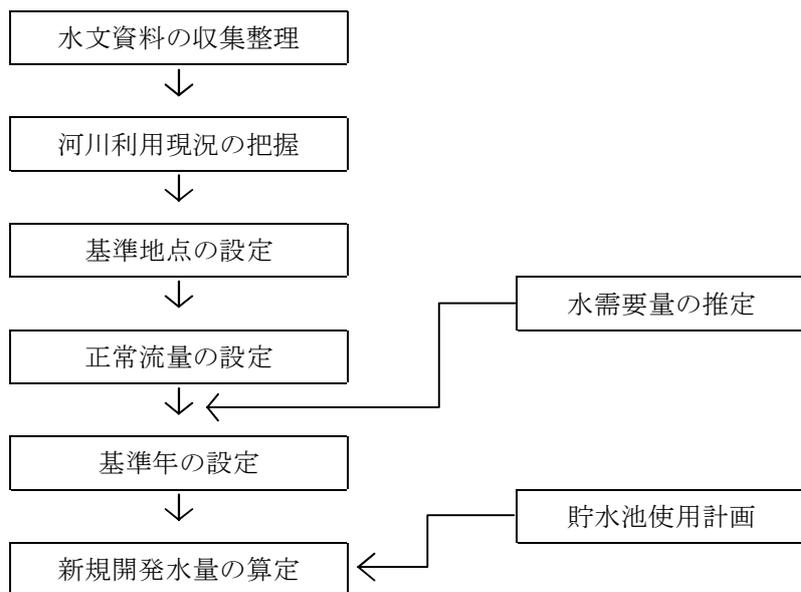


図 3-3 利水計画の手順

(2) 河川利用現況の把握

河川利用状況の把握は、現在どのような形態で水が使われているかを明確にし、後出の正常流量の検討に対応できる資料としておくことである。

調査しておくべき項目としては、現在既に使用している各種用水（かんがい用水、上水道用水、工業用水、水力発電用水など）について①取水排水系統図の作成、②許可水利権及び慣行水利権の調査、③取水量の実態調査などがある。

4 低水流出解析

利水計算を行うにあたって、十分な期間の流量資料が得られない場合には低水流出解析を行うものとし、原則としてタンクモデル法により補填するものとする。なお、実測流量との検証も行っておく。

（相関係数は0.8以上が望ましい。）

5 基準地点の設定

基準地点は、水管理上の要点であることが第一である。具体的には大きな取水地点や、支川の合流点または分派点、新規取水地点であることと同時に観測所の位置であることも大きな条件である。しかし利水計画においてこれらの各取水地点ごとに基準地点を設けて過不足計算をしても、実際のダム管理においては多くの基準地点をみつめた操作は困難なので、これらの用水をある程度まとめて基準地点とし、補給計画を立てるようにすることが現実的である。

6 正常流量の設定

流水の正常な機能の維持のための流量は「維持流量」と「水利流量」とに分け、これを合せて「正常流量」としている。

水利計画で特に考慮しなければならないことはこの正常流量の設定である。このうち既得水利権は新規の水利使用に対しては当然先取権として優先すべきであるから、新規水利計画によってこれが侵害されることのないよう常に注意しなければならない。現状における既得水利権の大部分は慣行に基づく農業水利権ではあるが、河川の公利を保持するたてまえからしても、慣行水利権であってもこれを考慮すべきは当然のことである。

これら既得水利量は、期間の明確でないものや期別取水量が不明なものが多いので、利用現況調査により定量化しその数量をもって法定化することによって同意書を水利権者より得て、計画的に決めていかなければならない。

維持流量は、既得水利権と違って具体的な数量の把握が困難であるため軽視されがちであるが、日常生活あるいは地域社会にとって豊かな美しい河川環境を提供することは非常に重要な河川の目的の一つであり、そのため一定量の維持流量の確保が不可欠である。

なお、正常流量の設定にあたっては、当該河川がおかれている社会的状況、動植物の生息状況、河道特性及び水文特性等の河川特性を十分把握して検討する。

なおこれらに対する確保容量を不特定容量といい、補給計算に当っては基準地点の流量から先取的に確保され、費用負担は治水容量とともに公共負担となる。

7 基準年の設定

水利計画を立てるにあたっては計画の安全度を考慮のうえ計画基準年を設定する。安全度としては原則として10カ年第1位相当の計画基準年において所定の確保流量（正常流量＋新規利水量）が確保できることとしている。

具体的には既往の水文資料からできるだけ長時間（20～30やむを得ない場合でも最近10カ年）の資料を収集し、原則として10カ年第1位相当（20カ年第2位、30年第3位、または近年10カ年第1位）の渇水年を採用する。ここでいう渇水年の順位は所定の流量を確保するのに必要なダムの補給容量の大きさの順位であり、確保流量によつて変わりうるのである程度将来の開発も考慮して決めるべきである。

8 新規開発水量の算定

正常流量が求められ新規需要量が与えられれば、ダム貯水容量との関連において新規需要量（新規開発水量）が取水可能かどうかを計算することができる。

新規開発水量を取水するために必要な補給水量を算定するには、取水地点において必要な確保流量（正常流量と新規開発水量との和）を確保するのに必要な貯水池よりの放出量を日毎に算出し、貯水池への流入量と放流量との差引きにより、各日における所要水量を求めれば、各日において必要な貯留量が定まり、これを累加して最大値をとれば必要補給容量が求められる。このような計算によって各期別に確保すべき貯水量がわかるので、必然的に各期別の必要貯水位（確保水位）も定まってくる。

補給計算では正常流量に対する補給量と新規開発水量に対する補給量とを分離できるようにしておく必要がある。貯水池使用計画では前者を不特定容量としており、後者は新規利水容量で正常流量を確保した後の流量をもとに補給計算をすることになり、これをさらにかんがい用水、上水道用水、工業用水への容量配分は取水容量比でよいことになっている。

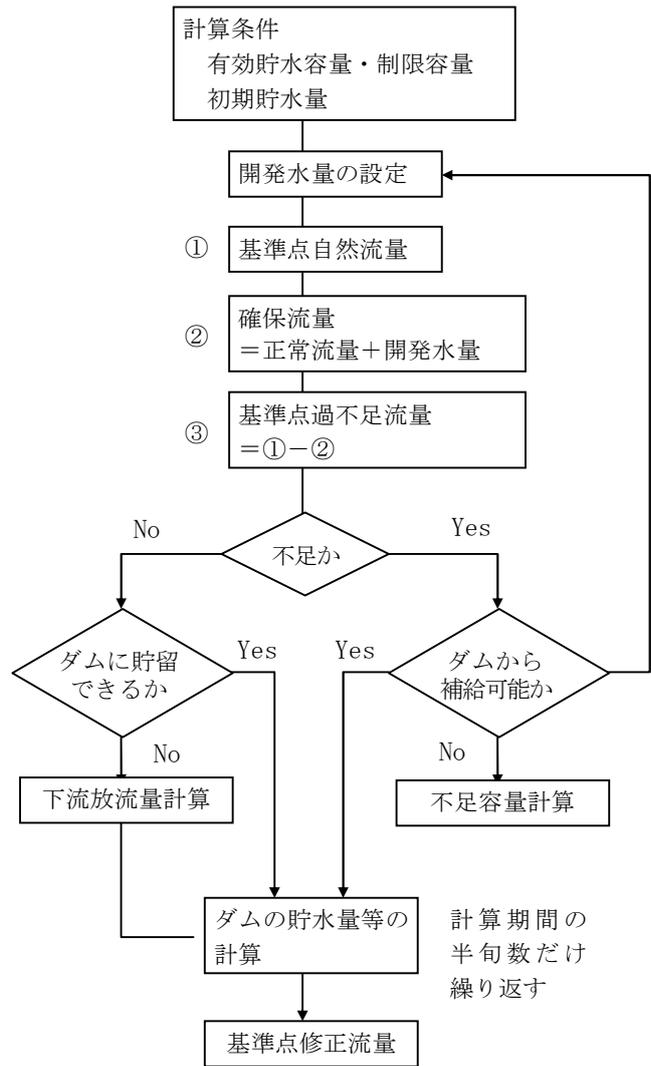


図 3 - 4 開発水量の計算手順

9 新規用水計画

(1) かんがい用水

かんがい用水については通常不特定と特定に分けて考えているが、不特定は前述のように既得用水の中に含まれる。特定かんがいとは、新設される多目的ダムによる流水の貯留を利用する目的で取水施設を新設、拡張又は改築するものとしている。特定かんがい計画については、調査及び計画の段階で用水名、地区名、対象面積、水利権量、地区別の期別必要量などの現況と新規計画を把握する必要がある。

かんがいに必要な用水量は、用水不足の程度、土壌の性質、作付品種、気象条件、水温などによって著しく異なるが、過去の統計資料、減水深調査、降水資料などにに基づき算定する。

一方、不特定かんがい補給のための容量は、多目的ダムの実体を調べてみると、かんがい面積 1 ha 当り $1,000\text{m}^3$ から $3,000\text{m}^3$ の範囲が標準的な不特定かんがい補給であり、全用水量の 10% 程度に

相当するものである。

(2) 都市用水

上水道と工業用水道を一括して都市用水と称するが、上水道の3大要素は水質、水量、水圧であり、工業用水の場合も使用目的により水質は若干異なるがこの3大要素は同様に必要なものである。

水量としては1日最大給水量が上水道の規模をあらわし施設の設計規準となるものである。上水、工水いずれの場合でも導水、配水のために若干の損失を生ずるから、取水量としてはその分だけ割増して考えておく必要がある。損失率は一般には数%から10%程度であるが、同程度の規模や実績を参考とすべきであろう。

補給容量の計算については前出のとおりである。かんがい用水の場合と同じように、水道取水量 $1 \text{ m}^3/\text{s}$ 当りについての貯水容量を調べてみると、年間取水量の10%程度(30~40日間補給)をダムに依存するケースが多いが開発が高度化すればこの率は上昇することとなる。

(3) 発電計画

計画上発電が参加できるかどうかを検討する場合、次の二つのケースが考えられる。一つは当初から発電企業者からの要望があるか、発電参加の可能性が大きいと思われる場合、多目的ダムの一つの目的に取り入れ貯水池使用計画の中に最初から参加させる方法で、立地条件さえ整えば効果的な計画となる。第2は発電を除いた目的だけでダム計画が立案されている場合に発電が参加できるかどうかを検討する方法である。この場合当初の貯水池使用計画に影響のない範囲の貯水池運用で発電が可能か、ダム高をさらに上げることにより参加できるかなどを検討することになる。

第3節 堆砂計画

1 堆砂容量

堆砂容量は通常、年平均流入土砂量の100年分をとる。この100年という数値はダムの耐用年数を考慮して定められたものである。

堆砂量の推定方法は、既に多くの研究者が研究対象として検討を行っているが、未だ統一的な見解が示されていないのが現状である。

現在、実際に貯水池の計画堆砂量の算出に多く用いられているのは、

1. 同一水系あるいは近傍類似水系に設けられている既設貯水池の堆砂実績から類推する。
2. 堆砂量に影響する因子との関係を既設貯水池の実測資料から統計的に処理した結果より求める方法。

であり、両者が実際の堆砂実績に基づくものであり信頼性が高いと考えられていること及び算定が比較的容易であること等にその理由があると考えられる。

河川砂防技術基準の解説においても「貯水池の堆砂量は貯水池計画にあたり、基本的にはできるだけ類似地域における既設ダムの堆砂量から推定することが望ましく」と記述されていることから実際多くの貯水池計画では、上記1の方法が採られている。

2 推砂量の影響因子

貯水池の推砂量に関係する因子は非常に多いが、大別して土砂を生産、運搬する要因（流域及び気象的特性）とこれを受けとめる貯水池捕捉要因（貯水池の特性）とに分けることができ、主なものは次のようである。

(1) 流域及び気象的特性

ア 流域面積

堆砂の供給源としての流域面積の大小は、流砂量の多寡に関係する。

イ 流域の地質的条件

岩石の種類や風化の程度、地質構造などに応じた流域の崩壊状況は堆砂量に及ぼす影響が大である。

ウ 流域の地形的条件

高度、起伏量、傾斜などの地形条件は、流域の崩壊に大きな影響を及ぼす。

エ 流域内の植生

流域内における森林、草地、農耕地などの地目的分布割合、植生種類や被覆土等は土壌侵食に影響を及ぼす。

オ 気象的条件

降雨量、降雨強度、降雨継続時間、降雨の分布、降雨の頻度などの降雨特性は、流域の山地崩壊、土壌侵食に関係するとともに、河川の洪水量を支配するもので堆砂量の直接原因となる。

カ 河川の水理的特定

河岸侵食や土砂の運搬は河川の流量、流速、水深、掃流力、水面及び河床勾配、土砂の性質な

どによって左右され、貯水池の堆砂に対する支配的要因である。

キ 人工的諸作用

森林の乱伐、開墾、道路工事などは土砂流出を助長させるが、植林、砂防工事等は土砂流出を防止する。

(2) 貯水池の特性

ア 貯水池の立地条件

同一河川に連続階段状に設けられたダム群の場合に、上流に位置する貯水池ほど堆砂量が多く埋没速度が急激である。

イ 貯水容量

貯水容量（C）と流域面積（A）あるいは平均年流入量（I）との比 C/A 、 C/I などの貯水能力を表わすindexは、貯水池の堆砂量や、土砂補捉率を支配する重要な要素である。

ウ 人工的諸作用

排砂管、上流側の土砂貯留ダムなどを含んだ堆砂防除施設等の有無とその規模及び能力、浚渫又は密度流等を利用した混濁水の放出などは直接堆砂量を軽減する。

エ 貯水池の水理学的特性（主として密度流）

貯水池の密度流は微細粒子の運動についてはその堆砂形状や堆積土砂の排出に大きな影響を与える。

3 堆砂量の推定法

貯水池の堆砂量には多数の因子が複雑に関連しているのでこれを適確に推定することは困難であるが、これを概略的に求める実用的方法として、少なくとも3手法程度で検討し、決定するものとする。