

## 第1章 ダム操作の何が問題か

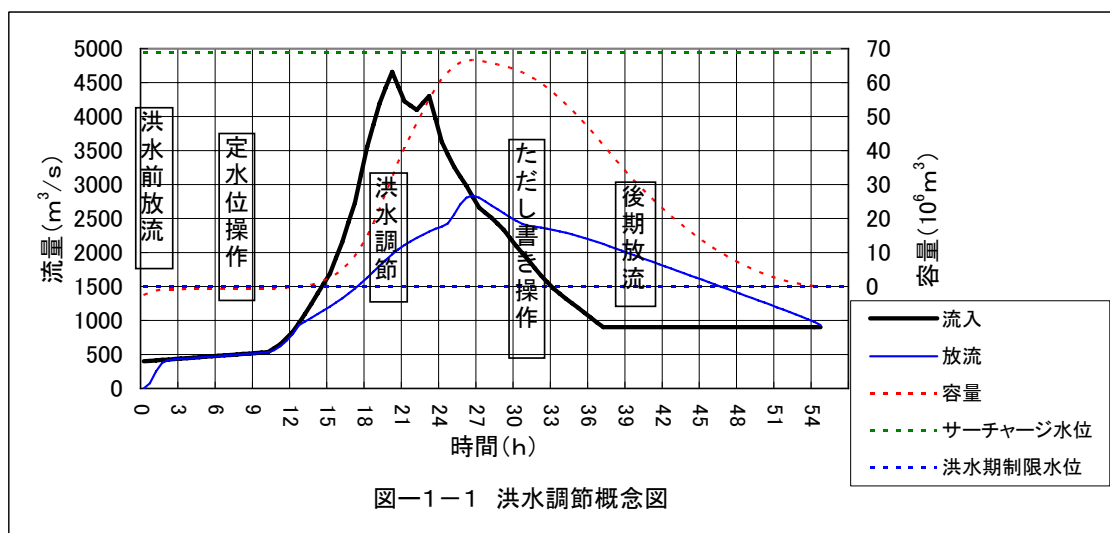
はじめに

ダム操作について議論するとき、本論に入る前の入り口で疲れてしまう場合が多い。ダムの操作上解決すべき多くの課題があるにもかかわらず、これらに関する共通認識が関係者の間で得られないことによるものと言える。

これは、同じダム技術に携わる者同士においても言えることであり、同じ課題について社会一般の人々との間において共通認識を得ることはさらに難しい状況であると言わざるを得ない。このような中では、社会一般のダムの効用に対する理解はなかなか得られにくい。

ダム操作を議論するに当たり、ダムの洪水時操作とはどのような行動様式から成り立っているかについての共通認識を整理しておく必要がある。

ダム操作とは何か？「流入量の一部を貯水池のため込み流入量より少ない量を下流に放流すること。」と考えている人が大半ではなかろうか。これも必ずしも間違いとは言えないであろう。しかしながら、洪水時のダム操作とは、図一1-1に示すように、洪水が始まりそれが終わるまでのすべての操作を考えなければ問題の解決にはつながらない。基本的には以下のような操作から成り立っている。



①洪水前放流 ②定水位操作 ③洪水調節操作 ④ただし書き操作 ⑤後期放流操作（水位低下操作）がある。（図一1-1）

洪水調節操作がもっとも中心的な操作に変わりはないが、これらのすべての操作が同じ重みで連続して実施されない限り洪水調節操作が期待通りに実行することができないことを念頭に置いておくべきである。

### ①洪水前放流

洪水がはじまり、洪水調節操作、または、定水位操作に移行するまでの操作である。洪水調節操作体制に遅れないように放流を開始して放流量を流入量に近づけておく必要がある。

一方、流入量が洪水流量以下で、貯水位が洪水期制限水位に至らない場合には無効放流が発生しないように放流量を控えて貯水量を確保する必要がある。

洪水の規模を想定しながら「洪水に出遅れないように」また、逆の場合には「無効放流を生じないように」するための難しい判断が必要である。

言い換えれば、いつ放流を開始すれば適切な洪水調節操作につながるかと言うことになる。

### ②定水位操作

放流量が流入量に追いつき、貯水位が洪水期制限水位になった場合、流入量が洪水調節開始流量になるまでの間は貯水位を一定に保つ必要がある。

「放流量＝流入量」の操作をすればよいと認識されている人が多いのであるが、この操作が意外に難しいと言うのがダム操作の現場の一般的な認識である。「何故難しいか？」について本論で解析的に考察することとする。

また、貯水位と流入量の状況によっては定水位操作を行うことなく洪水調節操作に移行するケースも出てくる。どの様なプロセスで洪水前放流から定水位操作を飛び越えて洪水調節操作へ移行するかを的確に判断して対処出来ない場合において洪水調節操作に移行する前に混乱が生じる危険性がある。

### ③洪水調節操作

流入量の一部を貯留して放流量を低減させるという洪水時操作の中ではもっとも中心的な存在である。一定率一定量放流、一定量放流、自然調節方式、

水位放流方式などがある。洪水時操作の安定性、確実性、洪水調節効果などの諸点を勘案しながらダム の立地条件に見合った適切な操作方式を選定することとなる。

洪水調節操作中には、ただし書き操作に移るべきか、このまま洪水調節を継続することができるかを常にチェックしながら慎重な対応を行っていくこととなる。

#### ④ただし書き操作

計画より大きな洪水が発生して計画通りの洪水調節を継続すれば貯水位がサーチャージ水位を超える可能性がある場合に計画より放流量を流入量に近づけて、貯水位の過上昇を抑え、ダムからの予期しない越流を回避するための操作である。

もちろん、ダムからの越流を回避してダムの越流破壊を防止するための操作であるから水位の上昇を抑えることが最優先されるべきであるが、相応の洪水調節効果を維持しながら、下流河道に急激な水位上昇が起きないように総合的な立場からの配慮も必要である。

このような観点から無理なく放流量が流入量に迫いつくまでの放流量のコントロールが要求されることとなる。

#### ⑤後期放流操作

洪水調節が終了し、放流量が流入量に追いついた段階から下流河道に支障のない範囲で流入量に対して放流量を上積みしながら貯水池水位を低下させ、次の洪水に備える必要がある。このための操作を後期放流操作と呼ぶ。

以上、洪水の始まりから終わりまでの洪水時操作の全体を眺めてみた。洪水時操作を単純に「流入量の一部を貯留して放流量を低減する。」と言うとらえ方から、それぞれのステージに対応した様々な態様の操作の組み合わせによって洪水調節操作が実行されているということがわかった。

また、それぞれのステージの操作はステージごとの目的に対応した操作を確実に実行しながらつぎの操作への体制を整える必要がある。さらに、これらス

ステージごとの操作相互間の移行をどのような情報でどのような判断にもとづいて実行していくかと言うことが重要である。たとえば、いつ放流開始をするか、いつただし書き操作に移行するかと言った課題である。

このような観点から、それぞれのステージの操作について流入量、放流量、貯水量の相互関係について水理的に分析して、よりよい操作を指向する必要がある。さらには、それぞれのステージ間の移行をどのような情報に基づいて判断していくかを工学的な観点から考察していくことも重要な課題であるといえる。

このような2つの側面から洪水時操作全体を個々の要素に分解し整理していけば操作全体を科学的に解明していくことが可能であると考えている。

以上、洪水時操作全般について俯瞰してみた。それぞれのステージごとの特性分析とステージごとの移行判断の方法を中心に考察を展開していかなければならない。

以上のような観点から見て、ダム操作におけるダム管理所長としての悩みは、それぞれのダムの特性に応じて様々であるが、操作に関しての共通する主要な課題としては、次のようなものがある。

- I. 貯水量を推定するという目的で、貯水池の静水位を正確に測定するのは難しい。(言い換えると、正確な流入量の把握が難しい。)
- II. いつから放流を始めるかの判断が難しい。
- III. ただし書き操作に入ったものの、ダム容量が余っているとの住民からの不満がある。(いつからただし書き操作に移行するかの判断が難しい。)

以上のような現地の課題に対して、行政からも研究部門からも現場からも、これまで殆ど有効な対応策が講じられる事はなかったといわざるを得ない。

昭和39年に新河川法が制定されたが、これはダムに関する河川管理者の行政責任と権限を明確にすることが、柱の一つであった。

この段階でダムの操作規則に関するいくつかの通達が出されているが、40年以上も前に作成されたもので、それらが課題を有するものでありながら、十分に議論もなされないまま、その当時の状態のまま運用されている部分もある。

さらには、その後の操作を取り巻く技術の進歩ならびに時代の変化に対しても十分に整合していないと思われる部分も認められる。

私は30余年の間ダム操作に関するいくつかのテーマについて、その分析と改善の方策に取り組んできたが、その間、行政も研究部門もこれまで認識することのなかった幾つかの課題があることを確認することができた。

ダム操作において何が課題であるかについて、それぞれの立場の人が共通の確固たる認識の上に立つことが重要である。このような観点から、まず、操作規則ならびに操作細則に規定されている事項について、先に挙げた現場担当者から見たいくつかの課題を絡めながら紹介することとしたい。

#### 1-1. ダム貯水池への流入量を把握するのは大変難しい。

ダム貯水池への流入量は操作上最も重要な諸量の一つである。このダム貯水池への流入量の把握についてはダムの標準操作細則の解説に「流入量は貯水位の上昇又は低下の時間的割合から算出するものとする。」と記述され、計算式も示されている。(第2章、(2-1)式参照)

これらの方法によると、まず、貯水位の上昇又は下降の時間的変化量の把握の仕方がどの様になっているかという課題から考察することが必要である。このためには貯水池内の水面の挙動、その把握の仕方、得られた観測値の整理の仕方等々を個別にかつ科学的に分析し、それぞれの結果が流入量計算に当たってどの様な形で影響を及ぼしているかについて考察する必要がある。

このような中で最も重要な現象の一つとして、貯水池内においては、風、流入量の変化、ゲートの開閉などにより貯水面は常に攪乱されているという事実を挙げることができる。これらは正確な貯水池への流入量の把握を妨げ安全確実な流量の制御において支障となっている。

これらの攪乱要因を排除して貯水位の上昇又は下降の時間的割合を純粹に流入量と放流量の水の連続性を踏まえた関係として抽出することが正確な貯水池への流入量を把握するための方法論であるということが出来る。

また、ダムの操作を改善するに当たって、流入量の把握精度の向上のみによる対応に限界があるとすれば、貯水位から直接放流量を決定する方法など貯水位の攪乱による影響の少ない操作方法等についても考察すべきであろう。なぜ

なら、流入量を計算する過程を省略して貯水位から直接放流量を決定すれば流入量をもとに放流量を決定するより遥かに水位観測誤差による放流量決定の際の誤差が小さくなることが確認されているからである。

ちなみに、アメリカにおいては貯水池面積が大きいいため流入量把握の誤差が大きく（実質的に後述する（2-1）式で示したような方法による流入量の計算は不可能と考えられる。）、そのため貯水位から直接放流量を決定しているケースが多いようである。（図-1-2）

**Operation**

When predictions indicate that anticipate runoff from a storm will appreciably exceed the storage capacity remaining in the reservoir when operated under Schedule A, release rates will be made in accordance with the following schedule:

<b>Pool Elev.</b>	<b>Outflow cfs</b>
775	30,000
776	35,000
777	40,000
778	45,000
779	50,000
780	60,000
780.5	80,000
781	100,000
781.5	115,000
782	130,000
783	130,000
784	130,000
785	130,000

785 Open spillway tainter gates as necessary to maintain reservoir elevation 785 until uncontrolled spillway and outlet conduit discharge prevails, then allow reservoir to continue risin with uncontrolled spillway & outlet conduit discharge.

図-1-2 アメリカにおける操作規則の例(一部)

貯水位の波動特性の評価、その除去対策の方法などの詳細については、第2章において言及する。また、貯水池内の波動の影響を少なくするための対応方策については第5章及び第6章において言及する。

## 1-2. 洪水前の対応について

多目的ダムにおいては、洪水を迎えるときは、その直前が渇水の場合が多く、貯水位は洪水期制限水位よりはるか下の方にある場合が多い。極端な例としては、平成17年9月の台風14号洪水の際は早明浦ダムの利水容量は殆どゼロの状態に洪水を迎えることとなったことは記憶に新しい。

このような場合において、何時から放流を開始してどの様にして洪水調節操作に移行するか、その方法をあらかじめ設定しておく必要がある。

操作規則には、洪水警戒時における管理所の仕事として「流入量を予測して放流計画を立てること」と規定されている。また、放流を開始して、放流量を流入量に近づけていくときの条件として

- 下流河川に急激な水位の上昇を生じないようにすること。
- 無効放流をしないようにすること。
- 洪水調節時以外において、貯水位は洪水期制限水位を越えてはならないこと等が示されている。

試みに、上記3つの条件のうち、例えば、2番目と3番目の条件を考えてみよう。余裕を持って無効放流をしないということは、貯水位が洪水期制限水位を超える可能性があることであり、逆に、余裕を持って洪水期制限水位を超えないということは無効放流に繋がることである。このような、真っ向から対立する2つの条件のみを満足する方法を考えてみただけでもその難しさが想像できる。これに加えて、下流河川に急激な水位の上昇をしないようにと言う足かせが加わっているのである。したがって、これらの全て、3つの条件を満足して洪水を迎える体制を整えるのは大変難しい課題である。

標準操作規則には上で紹介した3つの条件のみが示されているが、この状況にどの様に対処すればよいか、具体的方法は殆ど示されていない。

放流量が流入量に追いつくまでの将来流入量が正確に予測できない限り、この3つの条件を満足した操作を実行することが不可能であることは基礎的な水理学の知識があれば誰にでも理解できることである。

これは、貯水位と流入量、放流量は水の連続式により密接に関連しているにもかかわらず、それぞれ独立した指標がごとく扱われ、それぞれの指標毎に独立した形で条件付けがなされていることに起因するものと言える。

つぎに、この課題は河川の計画論と無関係ではない。

すなわち、通常、ダムを計画する場合、貯水位は当然のごとく洪水期制限水位が初期水位として考えられており、それより貯水位が低位置にある場合は「治水上の余裕である。」という、安易な判断のもとで受け止められることが多い。

しかしながら、洪水期制限水位に貯水位を近づけながら放流量を流入量に近づけていく操作を、様々な制約の中で放流量のコントロールのみで実行することは、単純に頭の中で考えるよりはるかに難しいということを認識する必要がある。

このような状態で下流河道の水位上昇速度に留意しながら放流量を増加していけば貯水位は洪水期制限水位をオーバーすることとなったり、逆に、洪水期制限水位をオーバーしないように放流量を増加させれば下流河道の水位上昇速度を制限値以内に収めることができなくなったりする。

つまり、多目的ダムであれば、洪水前期であるとはいえ、先ず、水資源の確保の立場から水位を制限水位にまで上昇させ、水資源の確保に留意した操作を行う必要がある。これは放流開始の段階で必ずしも洪水になるという保証のない洪水に対して放流を開始した場合においても、結果として水位が制限水位に達しない場合においては無効放流との非難を受けることになるからである。逆に、水資源の確保を優先させ、水位を上昇させることだけに専心して放流量を抑えた場合、それが洪水調節に繋がるような洪水となれば、貯水位が洪水期制限水位になった段階で放流量は流入量に届いていない可能性がある。

したがって、ダム操作の現場においては、何時から放流すればよいか、また、放流を開始して洪水調節にいたるまでの間にどの様にして放流量を流入量に近づけていくかと言う点において精力を使い果たしてしまうことが多い。

同じ流入ハイドログラフに対するものでも、初期水位の違いによって放流量のハイドログラフはさまざまに変化することとなる。また、初期水位が低い場合、計画上定められた放流量に近づけて行くための操作が長時間に及ぶケースが多い。

このような場合においては、初期水位が高いか低いかによるが、一定率一定量放流方式などによる洪水調節ルールは殆ど適用されないまま洪水が終わる



こともあり得るということを確認する必要がある。

このような課題をダム技術者同士においても共有することが困難な場合があり、極端な場合、このような課題の存在すら否定する人もいる。

アメリカにおける場合、まず、貯水位が洪水期制限水位になるまで貯水位の回復を優先させて放流量をおさえることとして、貯水位が洪水期制限水位に達した後下流の河道の状況を考慮しながら放流量を増加させることとしている。

従って放流量が流入量に追いつくまでの間の水位上昇は許容されることとなる。つまり、上記放流開始に当たっての3つの条件のうち3番目の条件は除外されているということである。

図-1-3でFGL (Flood Guide Line) は我が国では洪水期制限水位に相当するが、その上部でドットした部分までは水位の上昇を許容している。

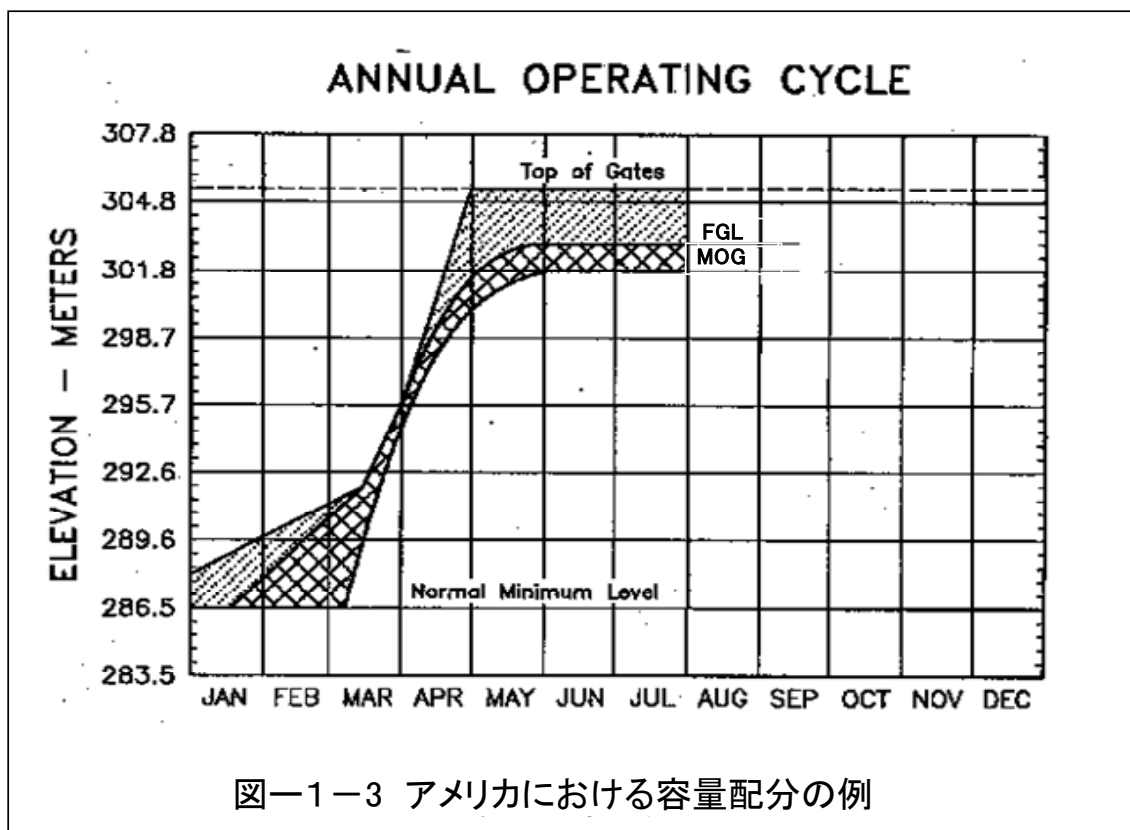


図-1-3 アメリカにおける容量配分の例

アメリカにおいては、流入量に比較して貯水池容量が比較的に大きいためこのような対応が可能であるといえるが、我が国においては同様のシステムを適用すれば解決出来るという単純なものではない。これらの課題が如何に難しい

かといった証としてここで紹介するものである。

これら放流開始に当たっての課題については第4章において言及する。

### 1-3. 定水位操作について

定水位操作は「放流量」＝「流入量」によって貯水位を一定に保つ操作方法である。一般的にはダム操作の中でも最も単純な操作の一つであるとの認識がある。しかしながら、ダム操作の現場においては難しい操作のひとつであると言える。洪水の前に、洪水期制限水位を越えていると上位機関から指摘を受けるダムもあれば、洪水期制限水位を越えないように計画値より低めの貯水位を設定した操作をして、利水者から「無駄な放流である。」とクレームをつけられるダムもある。

標準操作細則に示された(2-1)式によって流入量を計算する限り、貯水位の攪乱によって正確な流入量の把握が出来ないということ以外の理由によって、貯水位を一定に保つことが出来ないことが現地の体験からも工学的観点からも明らかになっている。

従って、あらかじめ洪水期制限水位より低めの操作水位を設定して対処しているダムもあるが、水需給の逼迫した地域では水資源管理者との調整が難しい状況にある。

定水位操作の詳細については、第5章において言及する。

### 1-4. ただし書き操作について

近年、完成ダムの増加、異常降雨の多発とともに、ただし書き操作に入るダムのケースが多くなってきている。

そのような中で、「急激な放流量の増加があった。」とか「ただし書き操作に入ったものの十分に治水容量を活用していない。」といった、より高度なダム操作を求める一般の声が聞かれるようになった。

もともと、ただし書き操作への移行は流入量、放流量、空き容量の3つの要素から判断されるべきものであるが、現在のただし書き操作要領では8割容量が前面に出すぎており、現場はこの8割容量に振り回されている嫌いがある。

8割水位に振り回されず、気象予測に頼らない状態で、より適切なただし書

き操作への移行方法は実現可能である。また、ダム操作にかかる貯水位、流入量、放流量などその時点で得られる情報を最大限に活用しながら、ただし書き操作に至っても洪水調節効果を発揮できるような操作は工学的立場から実現可能であると考えられる。そのためには、これまでの操作規則の既成概念からの脱却が必要である。

つまり、ただし書き操作に当たっては、「空き容量がいかに小さくならうとも放流量が流入量に同じであれば貯水位は絶対に上昇しない。」という事実を踏まえたいうえで対処することによって、その回答が得られることを認識しておく必要がある。

ただし書き操作の詳細については第7章で言及する。

#### 1-5. 洪水時操作の始まりから終わりまでを眺める

以上、放流の開始から、定水位操作を経由して、洪水調節操作に移行し、必要であればただし書き操作へ移行する。洪水時のダム操作は、これで終了するのではなく、状況に応じて貯水位の低下をはかり、水資源の補給操作に戻るまでの一つのルーチンとして捉える必要がある。

従って、操作全体を眺めた場合、①洪水前放流 ②定水位操作 ③洪水調節 ④ただし書き操作 ⑤後期放流操作（水位低下操作） ⑥定水位操作 ⑦水資源の補給操作などがある。

操作システムとは、これら、それぞれの目的に応じた放流量の決定方法とそれぞれの放流量の決定方法間の移行をどの様な情報と判断にもとづいて実施するかということに尽きる。

このような点から洪水時操作の全体を定式化することが操作の自動化を可能にするための入り口であると言える。

繰り返しになるが、我々は洪水時のダム操作を考える場合、水位は洪水期制限水位にあらかじめセットされた状態で計画洪水が発生したという限定された場合の事を中心に考えることが多かったようである。

しかしながら、洪水にならない洪水にどの様に対処すれば水資源を有効に活用できるか、また、逆に計画を超えるような洪水に対して限られた容量でいかに対処すればダムの洪水調節容量を有効に活用できるかといった網羅的な現象

を常に念頭に置きながらそれぞれの状況に対処すべきであると言える。

#### 1-6. 気象予測とダム操作

近年気象予測技術の向上とともに気象予測をダム操作に活用すべきであるとの意見が当然のことのように語られている。

確かに近年の降雨予測技術の進歩は観測技術の進歩と相まってめざましいものがある。しかしながら予測の精度が向上したのは降るか降らないかの予測であり、何ミリ降るかの予測には程遠いものがあると言わざるを得ない。

これは、多くの管理現場担当者の体験を踏まえた意見である。また、近年の温暖化現象のもとでは従来の気象データに基づく統計的な現象から逸脱したものであるとの評価がなされるに至っては、予測そのものの可能性を否定する何者でもないとの判断に立つ必要があるとも言える。

つぎに、仮に正確な予測が出来たとしても、どの様なかたちでダムの操作の中に組み込んで活用していくかの議論を殆ど聞く事がない。

ダム操作においても、先ず、確実な操作システムを作り上げ、そのシステムの中でいかに予測情報をセットしていくかという考え方はあるが、現状の、先ず、予測ありきの対応のみではダム操作技術の向上・改善を望む事は出来ないことに気がつくべきである。

洪水前放流にしても、ただし書き操作にしても、一定の予測値に基づいて実施されることに変わりはない。例えば、「貯水位が8割水位に達してサーチャージ水位を超えると予測される場合には、ただし書き操作に移行する。」とされているが、このような場合においても必ずしも予測通りの経過をたどることはない。従って、当初の予測から結果がずれた場合、それに伴って操作も途中段階で修正をかける必要がある。予測値より流入量が大きくなれば放流量を増加させて貯水池の安全を確保する必要があり、逆に小さくなれば放流量を減少させて水資源確保の立場から貯水池の利用効率を向上させる必要がある。従って、流入量にもとづいて放流量が決められるのと同じように、新たに得られた水文情報に基づいて直ちに放流量が修正されるような、予測値と操作の相互関係をリンクさせたシステムを確立しておく必要がある。

## 1-7. まとめ

以上、ダム操作上の現場における課題について、その一部を紹介したが、ダム操作全体を見渡すとさらに多くの課題が山積している。

社会的にも関心の高いダムの操作においては、アカウントビリティーが可能なように、「誰が操作をおこなっても同じ答え、何回行っても同じ答えが」得られるような操作規則とするべきであろう。そのためにはダムの操作について、洪水の始まりから終わりまでの全ての段階を定式化することが近道である。

洪水時操作においては、洪水前期の洪水前放流操作、洪水調節操作、場合によってはただし書き操作、洪水後期の事後放流操作等のそれぞれ目的の異なる操作が同じ重みでつなぎ合わされたものであるとの認識が必要である。また、これらそれぞれの操作相互間の移行をどのような情報に基づき判断するかといった形で洪水時操作を組み立てれば比較的工学的・体系的な問題解決が可能となってくるものと考えている。

ところが、現状の操作規則では、洪水調節操作のみに重点が置かれ、計画洪水波形に対して洪水期制限水位を初期水位として洪水を調節するといった、殆ど実施することのないケースを想定したものであり、それ以外は、操作に当たっての管理担当者が遵守すべき条件のみが示されているといったスタイルとなっている。

一方、ダムの管理所の要員は操作規則に書かれたことと異なったことをして失敗すれば、そのことにより咎めを受けることとなる。従って、管理所の要員は操作規則に対して厳しく規制されていると言える。これが行き過ぎると、「操作規則に書いてあることしか実施しない。」、つまり、操作規則を守ることのみが操作の現場の目的となってしまう危険性がある。

この様な状況になれば、まず、操作の現場における課題を改善しようとする意欲は減退し、また、どの様な効果的な提案をしても操作規則に示していない手法は現場では使ってくれないことになる。この様な観点から、ダム操作に関する科学的解明が出来た段階ではそれを適正に評価し速やかに操作規則の中に反映させるような行政的立場からの柔軟な措置が必要であると言えよう。

以上のような取り組みの中から、誰がやっても同じ答え、何回やっても同じ答えが得られるような操作方法の定式化と操作規則が確立されてはじめてダム

の効用が社会的に認知される状況が具現されるものと考えている。

このためには、ダム操作に関する的確な課題の把握と解決策の提示、それに対応した政策の立案、並びに、これを確実に実行するための人材と予算の投入が不可欠である。

[目次に戻る](#)