

ダム操作よもやま話 その4

～洪水時の対応（利水ダムを通して見た洪水調節ダムの洪水処理）～

まえがき

近年、利水ダムの洪水時対応が話題になることがあります。もともと利水ダムには洪水調節機能が設定されていませんから洪水処理に当たっては「流入量を超えて放流しなければよい。」との認識があります。

しごく当然の考え方であるといえます。しかしながら、洪水時において、その操作のあり方が問題とされることがあります。

ダムの設置後、ダムの下流域においては洪水時「ダムが放流したから被害が増大した。」と言った趣旨の報道がなされることがあります。

また、「あまりに急激に河川の水位が上昇したので逃げる時間もなかった。」といった趣旨の発言を聞くこともあります。

これら2つのケースにおいては、それぞれ異なる背景があると言えます。

「ダムが放流したから…」というケースにおいては、ダムが設置されて、それが小さな洪水であった場合、殆どの流入量はダム貯水池にのみ込まれて下流部では洪水は発生しなくなります。

その上で当該ダムの貯水池でのみ込み切れない程度の洪水が発生して、それを放流すれば、洪水の少なくなったことに慣れた下流の住民にとっては「ダムが放流した。」という感覚になってしまいます。

「急激に河川の水位が上昇した…」というケースにおいては、以下のようなことが想定されます。つまり、ダムを建設することによって、水を貯めるということはとりもなおさず、流入量と放流量にこれまでになかった大きな差を生ぜしめることとなります。

しかしながら、ダム構造物の安全上の理由から、貯水位はその上限値を超えることは許されませんから、放流量は流入量を追いかけていき、最後には流入量＝放流量の状態ですべて貯水位を許容値以下に維持して行く必要があります。このようなことから、放流量が流入量に追いついていく過程で、自然の流入量の状態より当然ダムからの放流量による河道の水位上昇速度は大きくならざるを得ません。

従って、下流河道の水位上昇速度の上限値を定めて、この範囲内で急激な河道の水位上昇による弊害を回避するような操作を行うこととなります。

この際、下流河道の水位上昇速度の上限値を何らかの理由で守ることができない状況が発生したとき、様々な下流地域からの問題提起がなされることが予想されます。

このような場合において、河川の法制としてどのように規定されているか、さらには、これらの法制の主旨をどのように受け止めて操作の上で実現していくかという2つの面からの考え方を整理しておく必要があります。

1. 利水ダム管理の法制

もともと、河川管理者以外の者が、河川区域内において施設を設置して河川の流水を排他独占的に利用しようとするれば河川法23条、24条、26条等の許可を必要とします。

さらにこれらの水利使用に当たっては、特定あるいは不特定の関係河川使用者に支障を及ぼさないように様々な条件付けがなされることとなります。

大規模な河川の利用に関する様々な開発がなされるにつれ、ダムの設置が関係河川使用者に及ぼす影響が、さまざまな形で顕在化することになりました。

このような中で、昭和40年新河川法が制定されました。新河川法の制定は、我が国の社会経済の近代化に伴い河川に求められる以下に示すような、新しい要請に対応すべくなされていると言われています。

- 1) 旧河川法が治水を中心としたものから、水利用の拡大にともない、新たに水資源としての河川の流水の管理思想を導入する必要があった。
- 2) それまでの県単位の河川の管理に対して流域一貫管理の考え方を導入する必要があった。
- 3) 利水ダムの適正な管理を実行する必要があった。

といったものです。

つまり、利水ダム管理の適正化が新河川法制定の重要な柱の一つであったことがうかがえます。河川法の第4章「ダムに関する特則」がそれです。以下、その一部を紹介します。

(河川の従前の機能の維持)

河川法第44条 「ダム（河川の流水を貯留し、又は取水するために第26条第1項の許可を受けて設置するダムで、基礎地盤から堤頂までの高さが15メートル以上のものをいう。以下同じ。）で、政令で定めるものを設置するものは、当該ダムの設置により河川の状態が変化し、洪水時における当該河川の従前の機能が減殺されることとなる場合においては、河川管理者の指示に従い、当該機能を維持するために必要な施設を設け、又はこれに代わるべき措置をとらなければならない。

- 2 前項の河川管理者の指示の基準は、政令で定める。」

(河川の従前の機能を維持するために必要な措置をとらなければならないダム)

政令第23条 法第44条第1項のダムで、政令で定めるものは、次の各号の一に該当するものとする。

- 一 洪水吐きゲートを有するダムで、当該ダムにかかる湛水区間の総延長（湛水区域内に存する湛水前の河川の延長総和をいう。以下この条において同じ。）が10キロメートル以上であるもの。

- 二 河川に沿って30キロメートル以内の間隔で存する2以上のダムに係る湛水区間の

総延長の和が15キロメートルである場合における当該2以上のダムのうち、洪水吐きゲートを有するもの。

三 前2号に掲げるダム以外のダムで基礎地盤から越流頂までの高さが15メートル以上であるもの。

(河川管理者の指示の基準)

政令第24条 法第44条第2項の河川管理者の指示の基準は次の通りとする。

一 当該ダムの設置に伴う上流における河床又は水位の上昇により災害が発生するおそれがある場合において、必要に応じ、堤防の新築又は改築、低地の盛土、河床のしゅんせつ、貯水池末端付近における自然排砂を促進させるための予備放流その他これに類する措置を行わせること。

二 前条第1号又は第2号に掲げるダム設置に伴い下流の洪水流量が著しく増加し、災害が発生する場合においては、当該ダムの設置者にサーチャージ方式、制限水位方式または予備放流方式のうちいずれか1以上の方式により、当該増加流量を調節することが出来ると認められる容量を確保させること。

とされております。

政令第24条の一は貯水池のバックウォーターや堆砂に対する対策であり、第24条の二は貯水池の設置によって生ずる洪水の流量変化に対する対策であります。

政令第24条の二については、図-1に示すように対応する洪水波形と対応の方法が指示されています。

考え方の基本は貯水池の設置により洪水の伝搬速度が速くなり、その事によって生じる下流の洪水量の増加を防止するためと説明されています。

したがって、洪水の増加過程では所定の時間の遅らせ操作を行い、減少過程では流入量をそのまま放流することとしています。なお、この時の対象とする洪水量の最大値は当該ダム地点の設計洪水流量とされています。

つぎに、さらに進んで利水ダムの有する洪水調節機能を積極的に活用して、河川管理者が利水ダムの管理者に洪水調節を指示して災害の防止に寄与させようとする以下のような規定があります。

(洪水調整のための指示)

河川法第52条 河川管理者は、洪水による災害が発生し、又は発生するおそれが大きいと認められる場合において、災害の発生を防止し、又は災害を軽減するため緊急の必要があると認められるときは、ダムを設置する者に対し、当該ダムの操作について、その水系に係る河川の状況を総合的に考慮して、災害の発生を防止し、又は災害を軽減するために必要な措置をとるべきことを指示することが出来る。

河川法第44条では「河川の従前の機能の維持」として、ダム設置者がとるべき措置について規定されていますが、河川法第52条では緊急時の措置として洪水による災害の防除または軽減のため、河川管理者が利水ダムの設置者に対し、一定規模以上のダムに対して必要な措置をとるよう指示することが出来ることを規定しています。

これは、河川管理上の支障を排除するだけでなく、緊急時において、より積極的に利水ダムを利用して災害の発生を防止し、または軽減をはかろうとするものです。

本来、洪水調節目的を持たない利水ダムに洪水調節を実行させるわけですから、河川法第44条とともに重要な規定の一つであるといえます。

この規定の運用に関して、昭和40年8月17日付けで以下のような通達がなされています。(利水ダムに係る防災対策について 建設省河川局長通達)

「相当の洪水調節効果を期待できる利水ダムについては、河川法第52条の指示が有効かつ適切に行われるよう、利水ダムの設置者と協議してあらかじめ緊急時を予想した具体的な洪水調節の方法等を予定しておくこと。」

また、別の通達(昭和41年5月17日)では具体的に当該時点における幾つかの対象となるダム名も挙げられています。(河川法第2章第3節第3款(ダムに関する特則)等の規定の運用について 建設省河川局長通達 最終改正 昭和51年10月26日)

河川法第52条の具体的な指示の内容としては、

- (1) 予備放流の指示
- (2) 貯留制限の指示
- (3) 洪水調節の指示
- (4) 解除の指示

などが考えられますが、これらについては、事前に具体的な方法を定めておく必要があり、当然のことながら利水ダムの設置者の了解も得ておく必要があると判断されます。

なお、利水ダム設置者が本条の指示に従って予備放流等の措置を行なった結果、当該利水ダムの使用上の損失を蒙った場合における河川管理者の補償責任は本法に規定されていませんが、これは、利水ダム設置者として、公共用物である河川を大規模に利用する権利を特っている者がその河川の災害防除に協力することが当然の社会的責務であるとする考えがあります。

しかしながら、一方では、河川管理者がその洪水予測に基づいて指示を行ない、その結果貯水位が回復せず終わったときには、河川管理者に国家賠償責任が生ずるとされる考え方もあり、本条の適用には種々の課題が想定されるため、さらなる検討が必要とされているといえるでしょう。(以上はダム管理の例規集解説を参考)

なお、利水容量の一部を河川管理者が買収して権利関係を明確にした上で、これによって洪水調節を行っている事例はありますが(鶴田ダムの例)、これまでに利水ダムの管理者に対して河川法第52条にもとづく洪水調節の指示がなされた事例はないということです。

以上、利水ダムの洪水時操作の法制的概要について説明しました。

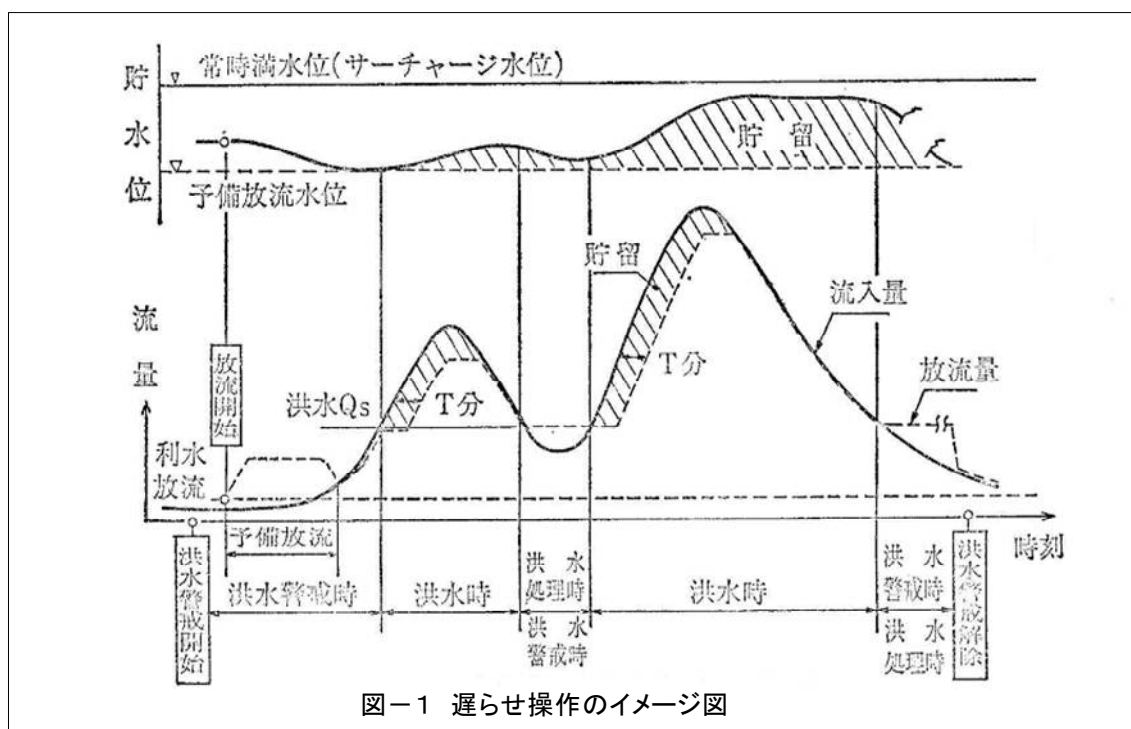
利水ダムの洪水時の操作については、河川法第44条に関連した遅らせ操作、同第52条に関連した洪水調節操作があることを説明しました。

河川法第52条に関連した洪水調節操作については操作特性的には洪水調節ダムのそれと同じですから、洪水調節ダムの操作のあり方に譲るとして、ここでは河川法第44条に関連した利水ダムの遅らせ操作を中心にした操作の実務についてまず考えて、つぎに、洪水調節ダムにおける河川の従前の機能の維持についても利水ダムのあり方の延長上で考えて見たいと思います。

2. 利水ダムの洪水処理（遅らせ操作）

利水ダムの本来の目的は、その目的とする利水に最も適切な流量を貯水池で調整しながら放流することであり、洪水時の流入量を安全に放流するということは、その利水目的を達成するための前提条件であると言えるでしょう。この前提条件を実行するにあたって、河川法第44条の河川の従前の機能の維持が定められているということになります。

河川の従前の機能の維持を実現するための具体的方法として、政令24条の一と24条の二が示されていますが、ダムの操作という立場から見ると後者の規定に対して、図-1に示すような遅らせ操作を、いかに実行するかということになります。



遅らせ操作と言えば、洪水の波形について流入量を把握して、これを単純に遅らせるだけと言ってもしまえば簡単な操作のように考えられますが、実務的に流入量の把握には様々な課題があります。(その1、流入量の把握に関する課題を参照。)

さらに、その2において定水位操作の課題を考えました。定水位操作は流入量を把握してそれと同じ量を放流するという最も簡単な操作の1つと考えられていますが実務上の様々な課題があることを説明しました。

定水位操作と遅らせ操作の特性の関係を解析的に考えると、定水位操作は遅らせ操作における遅らせ時間が0の状態であると説明することもできます。従って、遅らせ操作も定水位操作と似たような課題があると言ってもよいのかも知れません。

その2においては、定水位操作の改善策の一つとして貯水位情報のみによって放流量を決定する方法を提案しました。遅らせ操作についても同様に貯水位情報のみによって放流量を決定する方法を考えてみました。

いま、(1)式を考えてみます。

$$Q_o = (1/T_1) \times (V - v_m) + q_m \dots \dots (1)$$

ただし、 Q_o = 計算放流量、 T_1 = 遅らせ時間 (sec)、 V = 任意の貯水量、 v_m = 遅らせ操作へ移行時の貯水量、 q_m = 遅らせ操作へ移行時の放流量

T_1 は遅らせ時間です。例えば、(1)式で $T_1 = 1800$ とすれば、計算される放流量は流入量に対して30分(1800秒)遅れの放流量となります。この場合、 v_m と q_m は流入量 Q_i との関係において、現時点で所定の時間遅れとなっていることが望ましいのですが、仮に、正しく放流量 q_m が設定されていない場合でも、時間経過とともに正しい放流量に収束していくという優れた特性を持っていることが解析的に確認されています。

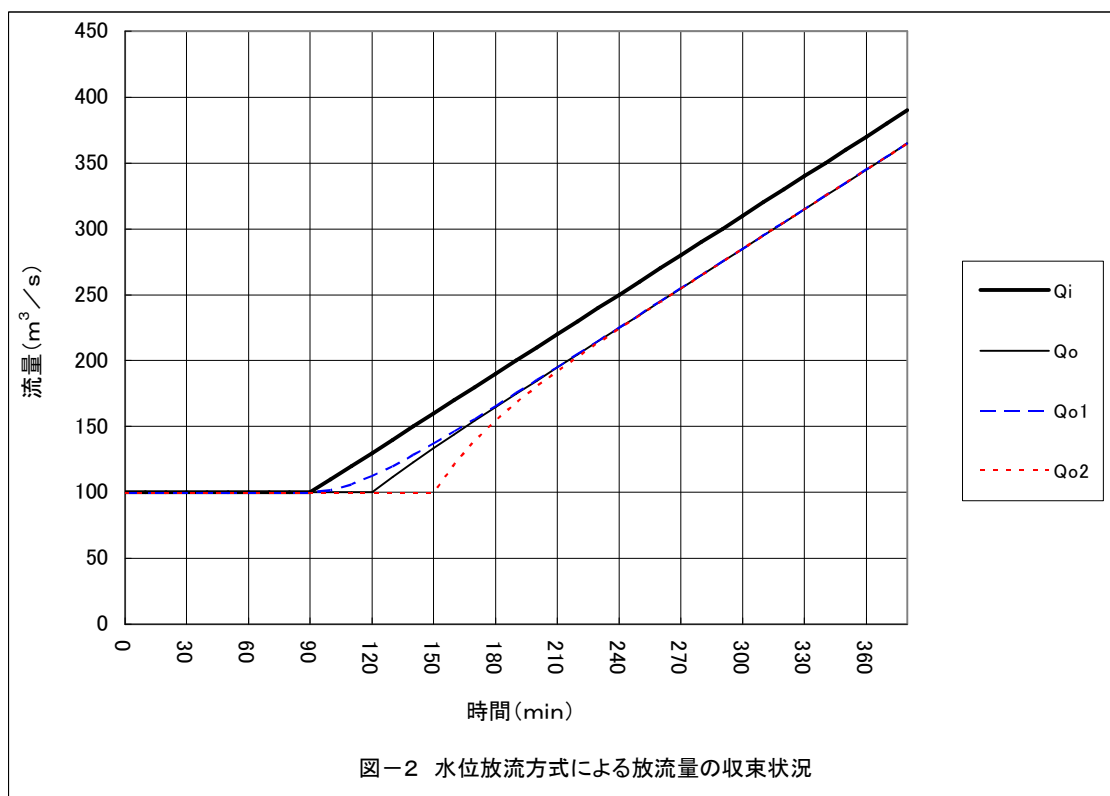


図-2 水位放流方式による放流量の収束状況

図-2においては、(1)式において $T_1 = 1800$ secとして、 Q_{o1} は Q_i に対して0

分おくれ、 $Q_{o,2}$ は Q_i に対して60分遅れで計算をスタートしています。

しかしながら、それぞれのケースにおける放流量は約60分後においては30分遅れの本来のかたちである Q_o に収束していることが判ります。

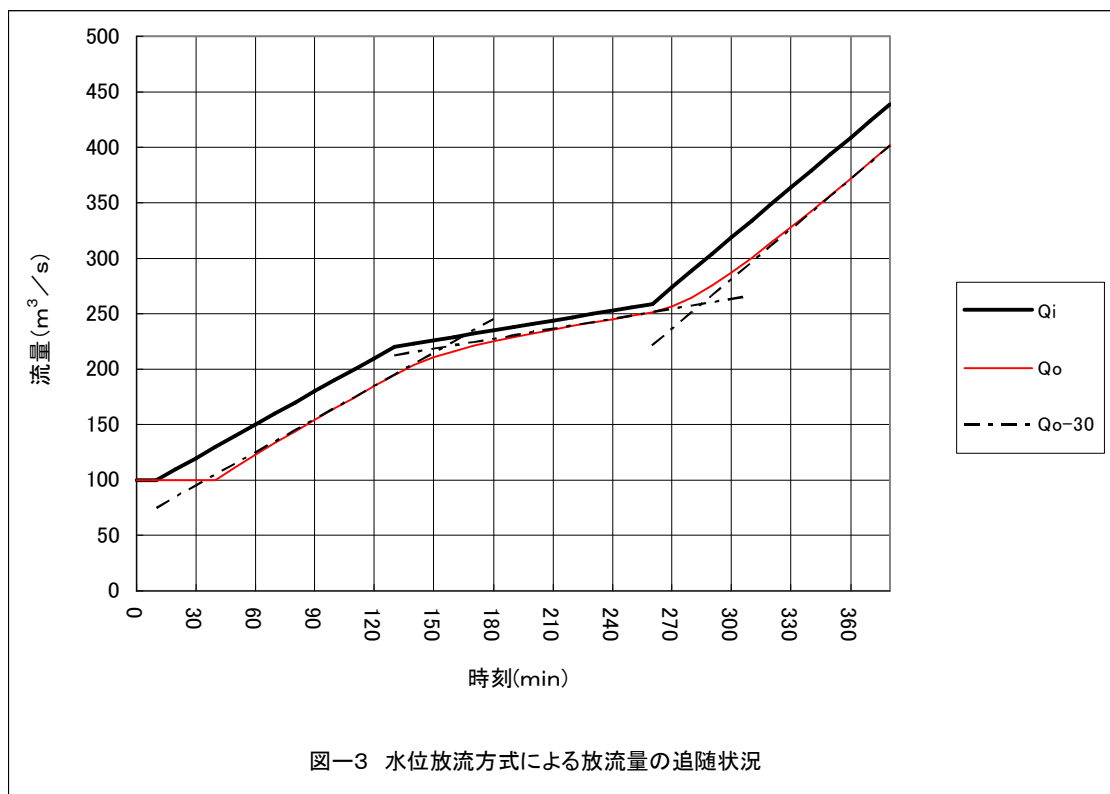


図-3には、折れ線状の流入量 Q_i に対して幾何学的に30分遅れの折れ線 Q_{o-30} を示しています。これに対して、(1)式により放流量を計算した結果を Q_o として示しています。計算放流量が適切にコントロールされている状況が明確に示されています。蛇足ですが、 Q_{o-30} より Q_o の方がハイドログラフとして見た場合、より顕著に水理学的特性を示しているように感じられます。

また、流入量の計算過程では貯水池の波動が計算精度に影響を及ぼしますが、(1)式によれば、はるかに小さい波動の影響で収まることも確認され、すぐれた操作特性を有していることが解析的に確認されています。具体的解析手法については参考文献(3)、(4)を参照して下さい。

このように(1)式は優れた特性を有する関数ですが、この関数の特性を正しく把握して効果的に活用していく必要があると思います。

これらの考えに基づき正しく放流を行えば放流量は河川の従前の機能を維持することが出来るものと判断されます。

このような考察を踏まえつつ、常日頃から放流の在り方について適切に情報を公開しダム管理者と関係地域との間で共通認識の確立をはかっておく必要があるといえるでしょう。

3. 洪水調節ダムの洪水処理（ただし書き操作）

利水ダムは河川の流水を排他独占的に占有するものであり、そのためには、他の河川使用者への影響を回避するために、河川法44条に基づき、様々な制約条件が加えられていることを説明いたしました。洪水調節ダムといえどもダム設置に伴う河川の従前の機能の維持に関する河川管理者の責務は同じであると考えべきでしょう。

洪水調節ダムによる洪水処理についても、計画を超える洪水に対して洪水調節が計画通り継続できなくなった場合、河川の従前の機能を維持しながら洪水を安全に流下させる必要があると考えべきです。このような観点から考えるとさしずめ「計画規模を超える洪水時のただし書き操作（以下、ただし書き操作と言う。）」が洪水調節ダムにおける洪水処理にあたるということが出来るでしょう。

ただし書き操作については昭和53年に通達がなされています。昭和50年前後に多目的ダムの数が増えるとともに計画規模を超える洪水の発生事例が続き、ただし書き操作の重要性が議論され始めました。

この段階では、洪水調節の延長上の操作といった認識はあるものの、河川の従前の機能の維持という観点から、ただし書き操作が議論されたことはなかったように記憶しています。

改めて、ただし書き操作を河川法第44条の河川の従前の機能の維持という観点から考えると、これまでのただし書き操作の考え方からは少なからず異なった対応が必要となってくるのではないかと思います。

利水ダムにおける河川の従前の機能の維持におけるダム操作では遅らせ操作が基本となっています。

遅らせ操作を放流特性的に見れば、放流量は流入量以下であること、下流河道の水位上昇速度は流入量と同等以下であること、ということが出来ます。

一方、ただし書き操作は、その具体的方法については以下のような表現になっています。

- 1) ただし書き操作開始水位になった段階で計画最大放流量を放流するようゲート開度を設定すること。
- 2) サーチャージ水位になった段階で計画洪水流量を放流するようゲート開度を設定すること。
- 3) 設計洪水水位でゲートは全開となるようにすること。
- 4) 1)の状態から、2)の状態までのゲート開度は、8割水位からの貯水位差の2乗に比例する関係とすること。
- 5) サーチャージ水位から設計洪水水位に至るまでのゲート開度は、サーチャージ水位からの貯水位差と1次関数の関係として決定すること。

以上の記述から、ただし書き操作において、ダムからの洪水の越流を回避するという姿勢は汲み取れますが、下流河道の水位上昇速度をコントロールすることを明確に指示するような表現項目を確認することはできません。

つまり、ただし書き操作要領では、ダム設計洪水流量以下で貯水位を設計洪水水位以下にコントロールすることは出来ますが、下流河道の水位上昇速度をすべての超過洪水において制限値以下にコントロールすることは出来ません。

さて、ただし書き操作に移行した操作において「急激に水位が上昇したので逃げる時間もなかった。」と言った苦言を聞くケースを紹介いたしましたが、これはただし書き操作要領に河道の水位上昇速度コントロールの機能が考慮されていないことも一つの要因ではないかと考えられます。

このような状況では、現況のただし書き操作要領は河川法第44条に規定する河川の従前の機能を維持しているとは言いがたいのではないのでしょうか？

また、別の角度から考えますと、ただし書き操作は操作規則の特定条項における例外規定ではありますが、操作規則の枠の中で規定されたものであるという考え方をすれば、ただし書き操作は操作規則に定められた放流の原則の適用まで除外されているという解釈にはならないのではないかと考えられます。

以上の実情を踏まえると、ただし書き操作においても下流河道の水位上昇速度のコントロール機能を設定する必要があるのではないかと結論に至ります。

下流河道の水位上昇速度をコントロールするについては、貯水池の空き容量、流入量と放流量の差との関係を総合的に考慮する必要があります。

従って、ただし書き操作要領もただし書き操作への移行の判断は貯水位（ただし書き操作要領では8割水位）のみならず、流入量と放流量の差をも判断要素として追加して考慮する必要があるといえます。

つまり、流入量と放流量の差が小さい場合の状態では、貯水位が8割水位を越えたとしても、必ずしもただし書き操作に移行する必要はありません。逆に、大きな洪水であれば8割水位以下でもただし書き操作に入らなければ下流河道の水位上昇速度を適切にコントロールすることが出来ません。

下流河道の水位上昇速度をコントロールしながら、放流量を流入量に近づけていく操作方法については、その3「洪水前操作」の2次関数ならびに漸近関数として紹介しました。

その3においては、放流関数において、目標とする貯水位 v_u を洪水期制限水位、目標放流量 q_u を洪水調節開始流量としましたが、ここでは、 v_u を設計洪水水位、 q_u をダム設計洪水流量とすれば、ただし書き操作における放流関数としても適用することが可能となります。

図-4-1～図-4-3に2次関数によるただし書き操作の試算結果を示しました。

ただし書き操作を行わない場合の放流量を Q_0 、貯水量を V として、ただし書き操作への移行のタイミングについて、限界流入量 $Q_{i,0}$ が流入量に変わった段階をただし書き操作への正しい移行時間と仮定し、それより1時間早い移行の場合、またそれより1時間遅い移行の場合を加えて、3通りのただし書き操作への移行時間を設定してただし書き操作を試行して見ました。

そして、正しい移行時間の結果を (Q_{o0}, V_0) 、1時間早い場合の結果を (Q_{o-1}, V_{-1}) 、1時間遅い場合を (Q_{o+1}, V_{+1}) として図-4-1に示しています。

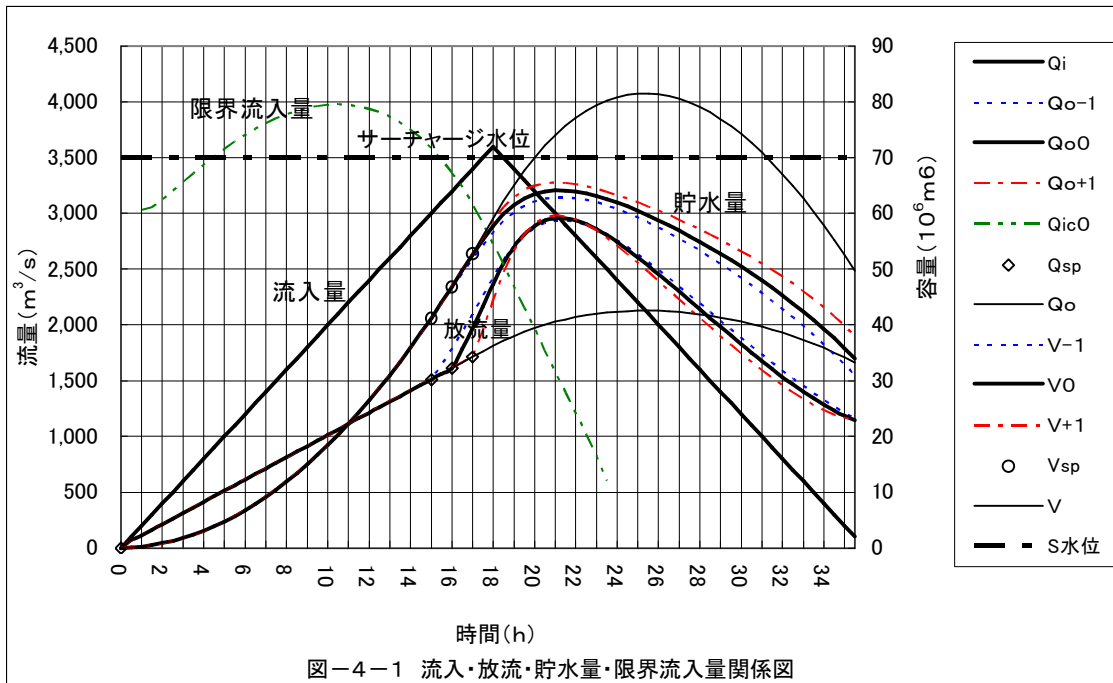
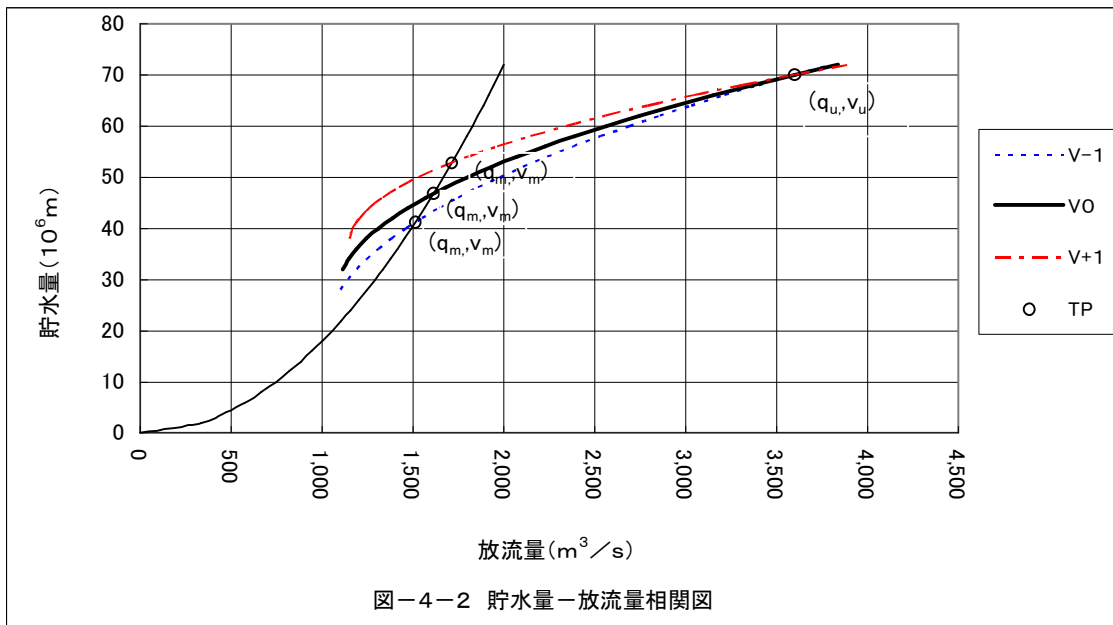
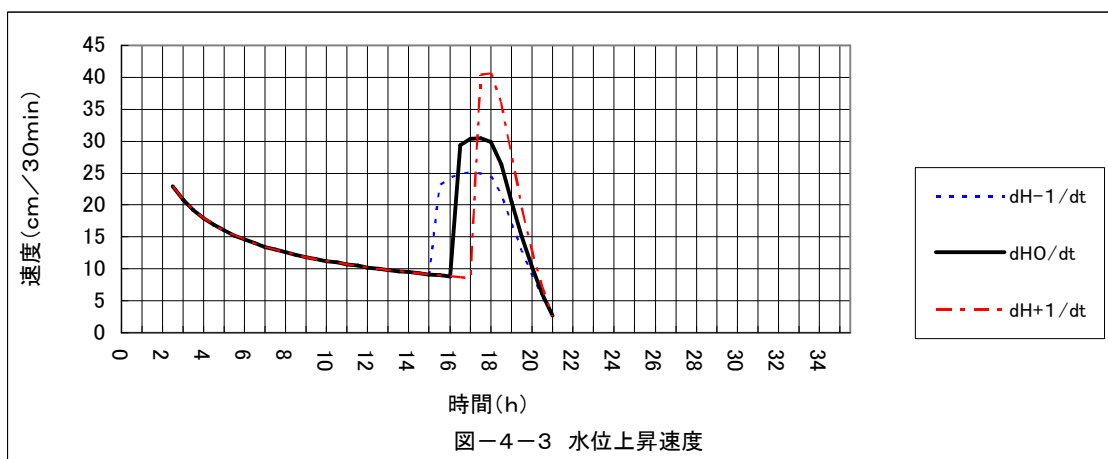


図-4-2には、洪水調節操作からただし書き操作へ移る、それぞれ3つのケースにおけるポイントを (q_m, v_m) として放流量と容量の相関図の中で示して見ました。



さらに、図-4-3では、それぞれのケースの河道の水位上昇速度を dH_{-1}/dt 、 dH_0/dt 、 dH_{+1}/dt として示しています。



正しい時間で適切にただし書き操作に移行した場合、放流量による河川の水位上昇速度 dH_0/dt は $30\text{ cm}/30\text{ min}$ にコントロールされています。また、これより早ければ dH_{-1}/dt は $30\text{ cm}/30\text{ min}$ を下回り、これより遅ければ dH_{+1}/dt は $30\text{ cm}/30\text{ min}$ を上回っている様子が図-4-3に示されています。

つまり、ただし書き操作への移行のタイミングを限界流入量 Q_{ic0} は的確に指示していると言うことが言えます。これらの方法論の解析的な詳細については参考文献に掲載していますので参照していただきたいと思います。

この方法によれば、単に設計洪水流量以下で貯水位を設計洪水水位以下に維持するという、従来のただし書き操作方法に比べて以下のような改善が期待できます。

- ① ただし書き操作における放流を下流河道の水位上昇速度をコントロールしながら（河川の従前の機能を維持しながら）実施することが出来ます。
- ② 貯水位が仮にただし書き操作水位（8割水位）を超えたとしても、限界流入量が流入量を上回っておれば、ただし書き操作に移行することなく洪水調節を継続することが出来ます。従って、8割水位以上の容量を洪水調節容量として活用できる可能性があります。さらに付け加えるなら、ただし書き操作は河川法44条に言う河川の従前の機能の維持を図るとともに、仮に、ただし書き操作に移行したとしても、洪水調節操作の延長上の操作として洪水調節機能を継続的に維持行く余地が残されていると言えるでしょう。

洪水調節機能の継続的維持を期待した、ただし書き操作の高度化については参考文献(5)で考察していますから参考として下さい。

なお蛇足ですが、現況ただし書き操作要領の解説において、1)では「ただし書き操作開始水位になった段階で計画最大放流量を放流するようゲート開度を設定する。」とされていますが、実際の操作（洪水継続時間の長い洪水）では必ずしも8割水位で計画最大放流量が放流されることにはなりません。

したがって、洪水調節からただし書き操作に移行する段階で放流量に不連続点が発生する可能性があります。

さらに、サーチャージ水位においては計画洪水流量を放流することとされていますが、

この条件があることにより、サーチャージ水位以下の放流関数である 2 次関数とサーチャージ水位以上の放流関数である 1 次関数が、接続点においてスムーズに繋がらず、不自然に折れることとなります。このことは、ただし書き操作の途中で放流量の水利特性が不自然に変化する場合があるということとなります。したがって、「サーチャージ水位においては計画洪水流量を放流する」という、2) の条件は削除すべきではないかと考えられます。

4. まとめ

以上、利水ダムの洪水処理計画について河川法の立場から整理して、その操作上の改善点について整理してみました。

この結果、利水ダムにおいては、河川の従前の機能を維持するという河川法第 4 4 条の観点からの操作と、緊急時の措置と言う河川法第 5 2 条の観点からの操作の 2 つの対処の仕方があることを紹介しました。

利水ダムにおける河川の従前の機能の維持における遅らせ操作においては、水位放流方式を適用することにより、より確実な操作を行うことが出来る方法を紹介しました。

河川の従前の機能を維持するという利水ダムにおける考え方を洪水調節ダムに投影してみると、ただし書き操作は貯水位の過上昇を防止するための単なる洪水調節操作の例外として見るのではなく、河川法第 4 4 条に規定する利水ダムの従前の機能の維持と言う観点からも併せて対処すべきではないかという考え方に至りました。

このような観点からただし書き操作のあり方を考察した結果、下流における河川の従前の機能の維持と言う立場からの一定の改善をはかることが出来たといえるでしょう。

なお、河川の従前の機能の維持をしながら、洪水調節操作の延長上としての操作を行いつつ、ただし書き操作においても一定の洪水調節効果を追求すべきことは河川管理者に科せられた当然の責務であると言えます。(参考文献 (5) を参照)

このような観点から、さらに進化したただし書き操作のあり方を議論すべきではないかと考えられます。

[ダム操作よもやま話の目次に戻る](#)

参考文献

- (1) ダム管理の例規集 国土交通省河川局河川環境課監修 財団法人 ダム水源地環境整備センター編
- (2) ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書 (案) 同解説 財団法人 ダム水源地環境整備センター編
- (3) HP : <http://www5b.biglobe.ne.jp/~mizu-ima/dam/index.htm>

キーワード ダム操作 今村瑞穂

- (4) ダム操作の理論と実際（未定稿） ダム操作研究会
- (5) ただし書き操作の在り方と改善の方向 ダム技術 n o 286 2010.7 ダム技術センター（参考文献として、文献（4）に掲載しています。）