

## ダム操作よもやま話 その3

### ～洪水前操作について～

まえがき

その2では定水位操作の難しさと対策について書きました。今回は利水補給操作から定水位操作または洪水調節操作へのつなぎとも言うべきすりつけ操作関数を含む洪水前操作について考えてみます。

洪水前操作のあり方について操作規則では以下に示すような表現をしています。

- (1) 洪水の流入量を予測して放流計画を立てること。
- (2) 放流開始にあたっては下流河道に急激な水位の上昇を及ぼしてはならない。
- (3) 洪水調節時以外は貯水位を洪水期制限水位以上にあげてはならない。
- (4) 無効放流とならないようにしなければならない。

(2)～(4)の操作はお互いに干渉し合いますから一体的かつ同時に考えなければなりません。

この様な中で、洪水の発生が予想された場合、操作の現場ではどの段階から放流を開始し、洪水時操作への移行を開始するかの判断と対応に悩まされることになります。

多目的ダムにおいては、洪水が発生する前の段階で、貯水位が洪水期制限水位にあり、放流量が流入量に等しい状態（この状態を「定水位状態」と定義します。以下同じ。）であれば何ら問題は無いのですが、水資源の補給により貯水位が洪水期制限水位より低い状態にあり、しかも、放流量は流入量よりはるかに小さい場合（この状態を「洪水前状態」と定義します。以下同じ。）があります。

洪水の発生前において、貯水位が洪水調節開始水位より高い場合の予備放流の難しさが認識されています。しかしながら、上記(2)～(4)の条件を満足しながら貯水位を洪水期制限水位に近づけ、同時に放流量を流入量に近づけていく操作（洪水前操作）は予備放流に劣らず、意外に難しいものです。

どの様な情報に基づき、どの様に対処すればよいのか、一度、自ら考えて、実際に試行し、実感されては如何でしょうか？

#### 1. 洪水前操作の何が難しいのか

洪水前操作の課題は、「なぜ、どの様に難しいかとの共通認識がダム技術者の中においてさえ共有されていないこと。」につきると言えるでしょう。

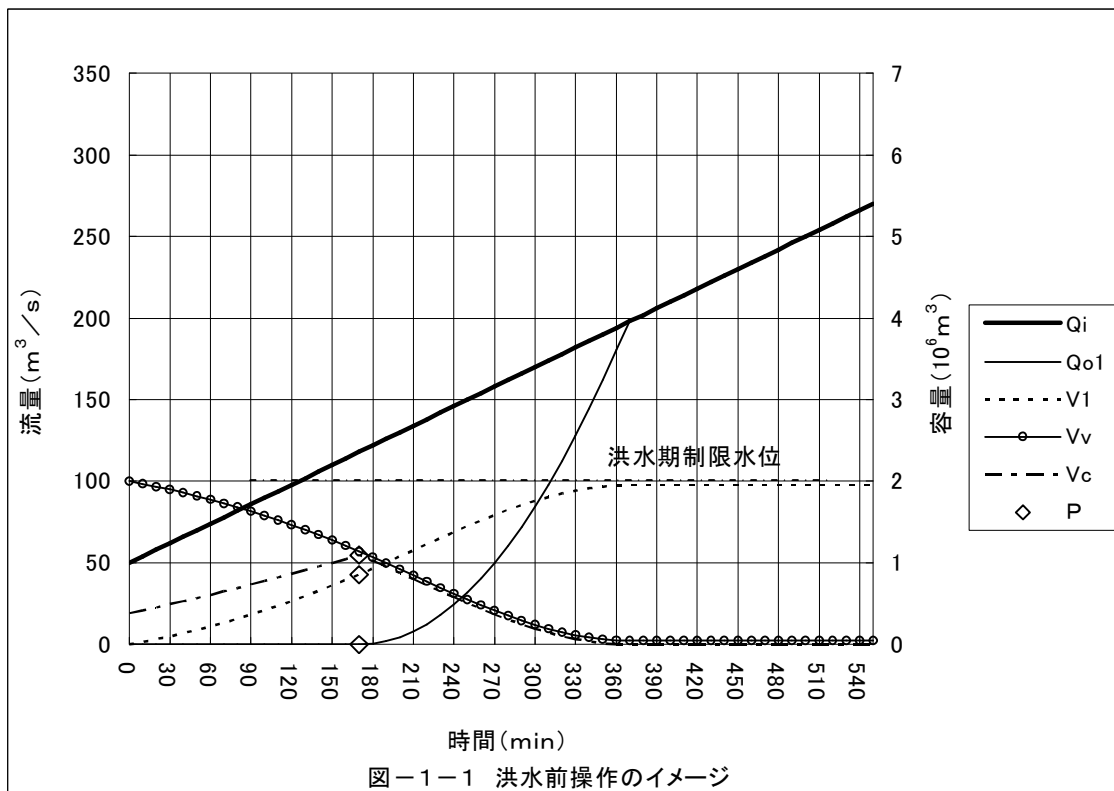
その前に、前記操作規則の表現で(2)～(4)の操作を具体的にどの様に実行すれば良いかについて、もっともオーソドックスな方法で試行してみたいと思います。

図-1-1に洪水前操作の諸量を図示しています。

- ・いま、仮に  $t=0$  で放流量  $Q_{o,1}$  を 0、貯水量  $V_1$  を 0 とします。
- ・つぎに、ある洪水波形  $Q_i$  を想定して(2)の条件を満足するような放流量  $Q_{o,1}$ （後述

の(1)式)の増加計画を考えます。さらに、この放流量が想定した流入量に追いつくまでの貯水量を $V_c$ で示しています。なお、 $V_c$ は想定される流入量と放流量から計算します。

- 次に、現時点における洪水期制限水位以下の空き容量をH—Vカーブから求め、これを $V_v$ で示しています。
- この計算された $V_c$ が空き容量 $V_v$ を下まわる段階では現在の利水放流を継続します。 $V_c$ が空き容量 $V_v$ を上まわることが確実になった段階(図—1—1のPポイント)で流入量 $Q_i$ に向かって放流量 $Q_{o1}$ を下流河道の水位上昇速度を考慮しながら増加させていきます。
- $Q_{o1}=Q_i$ となった段階で定水位操作に移行すれば貯水位は洪水期制限水位を維持することとなります。



図—1—1 洪水前操作のイメージ

この方法の中で、放流開始時点で予測した流入量の時間変化が予測通りであるとすれば、放流量が流入量に追いついた段階で貯水位は洪水期制限水位となっているはずですが。

しかしながら、予測したより洪水が小さい場合に於いて、貯水位は洪水期制限水位に達することは出来ません。逆に、予測したより洪水が大きい場合において、貯水位は洪水期制限水位を超えてしまいます。つまり、この方法では放流開始後の流入量が正確に予測できない限り、貯水位のコントロールが不可能であり、(3)、(4)の条件を満足することが出来ません。

このことは、最も基本的な洪水前操作の特性と課題を示しているものといえます。つま

り、我々は気がつかないところで洪水前操作という名のもとで「神様運転」を強いられていたと言うことに気がつくこととなります。

## 2. 洪水前操作のシナリオと展開

つぎに、洪水前操作は「放流を開始して、放流量が流入量に追いつき、定水位操作を実施した後に洪水調節操作に移行する。」という我々が頭の中に想定しているシナリオどおりには必ずしもなってはくれず、洪水は全く気まぐれに展開します。

したがって、洪水前操作は考えられる流入量、放流量、貯水量などの様々な状況の変化を想定して、適宜、柔軟に対応していく必要があります。

洪水前操作概念図として示したフローチャートをご覧ください。(丸数字で、1桁の数字は判断内容を示し、2桁の数字は操作の種類を示す。)

このフローチャートには利水放流操作⑩の状態から洪水調節操作⑭に至るまでの考えられるすべてのプロセスを示しています。このフローチャートにおいてそれぞれのプロセスの展開を示すと以下の通りです。

- (1) 放流開始の判断に到らないため(図-1-1の場合は $V_c < V_v$ )、利水放流操作を継続する。

$s t \rightarrow \textcircled{10} \rightarrow \textcircled{1} n o \rightarrow s t$

- (2) 放流開始の判断をして( $V_c \geq V_v$ )、利水放流操作から、すり付け操作に移行したものの、流入量が洪水調節開始流量に達しないために水位上昇操作をして利水放流操作へ戻る。

$s t \rightarrow \textcircled{10} \rightarrow \textcircled{1} y e s \rightarrow \textcircled{11} \rightarrow \textcircled{2} n o \rightarrow \textcircled{4} n o \rightarrow \textcircled{5} y e s \rightarrow \textcircled{13} \rightarrow \textcircled{6} y e s \rightarrow s t$

- (3) すりつけ操作に移行するものの定水位操作に移行しないまま放流量が洪水調節計画放流量に追いついたために洪水調節操作に移行する。

$s t \rightarrow \textcircled{10} \rightarrow \textcircled{1} y e s \rightarrow \textcircled{11} \rightarrow \textcircled{2} n o \rightarrow \textcircled{4} y e s \rightarrow \textcircled{14}$

- (4) 定水位操作に移行して流入量が洪水調節開始流量を超えたため洪水調節操作に移行する。

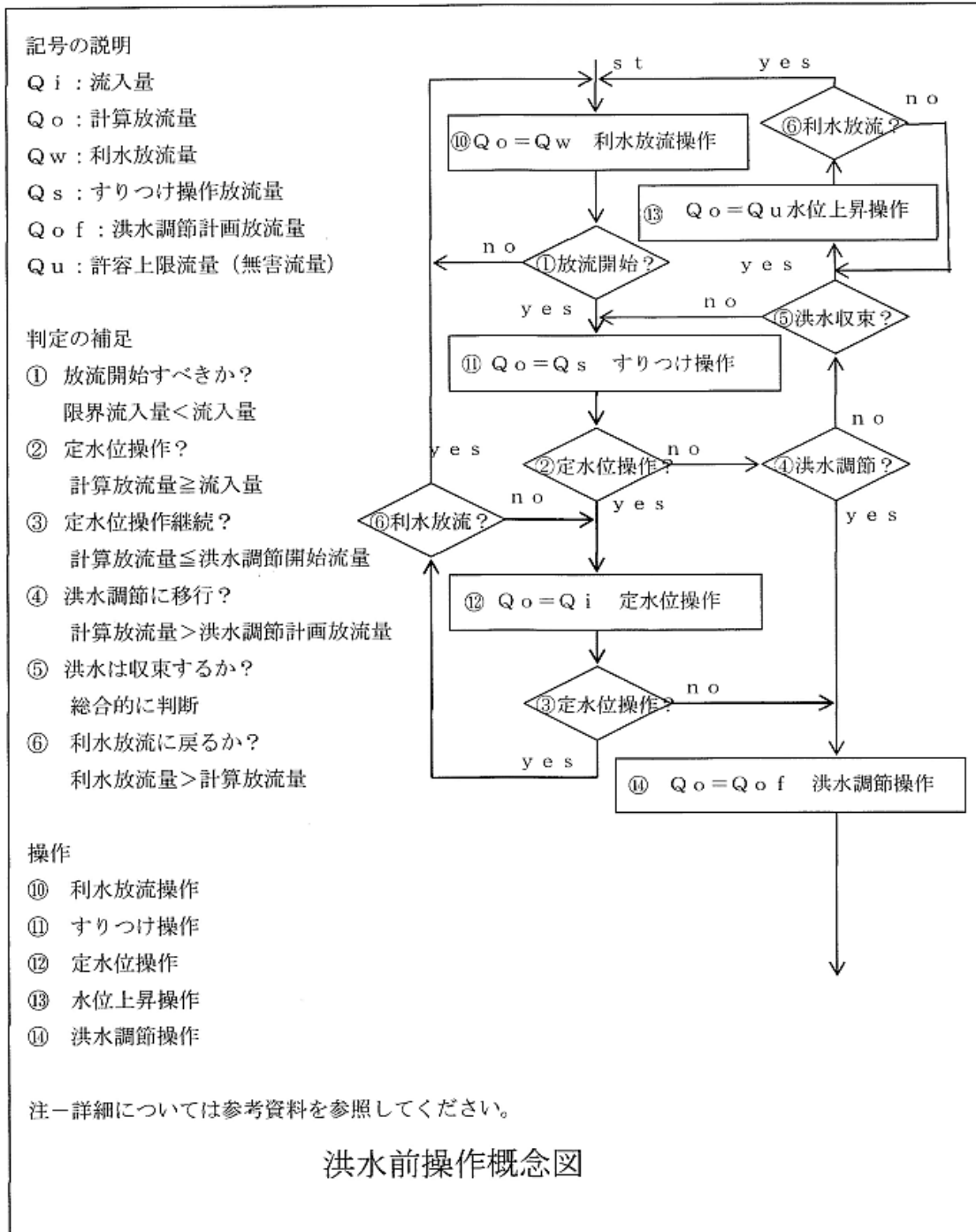
$s t \rightarrow \textcircled{10} \rightarrow \textcircled{1} y e s \rightarrow \textcircled{11} \rightarrow \textcircled{2} y e s \rightarrow \textcircled{12} \rightarrow \textcircled{3} y e s \rightarrow \textcircled{7} n o \rightarrow \textcircled{3} n o \rightarrow \textcircled{14}$

- (5) 定水位操作に移行するが流入量が洪水調節開始流量を超えないため、洪水調節操作に移行することなく、利水放流操作へ戻る。

$s t \rightarrow \textcircled{10} \rightarrow \textcircled{1} y e s \rightarrow \textcircled{11} \rightarrow \textcircled{2} y e s \rightarrow \textcircled{12} \rightarrow \textcircled{3} y e s \rightarrow \textcircled{7} y e s \rightarrow s t$

それぞれ5つのプロセスをフローチャートと見比べながら洪水前操作の展開を考えてみてください。

このフローチャートの中で洪水流量に達する前に放流量が流入量に追いつき定水位状態になり、その上で洪水調節操作へ移行する、我々が通常想定している典型的な洪水前放流とも言える、ケース(4)は洪水前操作全体の展開の一部に過ぎないことがわかっていただけたものと思います。



ここで、最も現場で苦勞することは、⑩の利水放流操作状態から⑪のすりつけ操作状態へ移行するか否かについての①の判断です。(図-1-1の場合は $V_o$ と $V_v$ の比較による。)

⑩の利水放流操作状態から⑪のすりつけ操作状態への移行が遅れば洪水調節操作へ移行する前に洪水期制限水位を超える可能性があり、逆に、早すぎれば仮に流入量が洪水量に達しない場合には無効放流となってしまいます。

次に、仮に放流を開始したとしても、我々は、⑪すりつけ操作→⑫定水位操作→⑭洪水

調節操作といった、定まった（４）のケースのみを想定しがちですが、洪水調節操作に移行する展開としては必ずしも⑫定水位操作を経由しない（３）のケースがあることも認識しておく必要があります。

つまり、上記（４）のケースのみを想定していて、その他の（２）、（３）、（５）のケースを想定していない場合、いわゆる想定外の展開に対して対応不可能となり、本番の洪水調節前に混乱が生じる場合があるので注意が必要です。

従って、洪水前操作といえども、起こりうるすべての展開されるケースを想定してあらかじめ操作上の対処方針を準備しておく必要があるというわけです。

これら、洪水前操作の段階で混乱が生じれば、次に続く正常な洪水調節操作の実行に支障を及ぼすことになります。

アメリカにおいては、まず、水資源の確保を優先しつつ下流で必要とする水量のみを放流して貯水位の上昇をはかり、水資源の確保を確認した後、下流河道の水位上昇速度を守りながら放流量を増加することとし、その結果、貯水位が洪水期制限水位を超えることを許容しています。

こうすることにより洪水前操作の煩雑さを回避しているわけですが、貯水池容量の大きいアメリカにおいてはこのような対応が可能となるものの、比較的貯水池容量の小さい日本のダムにおいて、この考え方を適用するには無理があるように感じられます。

以上、洪水前操作は結果的に神様運転であることを説明し、さらには、その難しさの背景の１つと考えるべき様々な対応の展開があることについても説明しました。

これら２つの側面からの課題について共通認識が得られた上で次の考察へ移っていきたいと思います。

### ３．すりつけ操作関数について

フローチャートにおいて⑩の利水放流操作から①の放流を開始すべきか否かの判断を経て、①のすりつけ操作に移行する過程を考えてみたいと思います。もっともオーソドックスな方法として図－１－１に示すような方法を紹介しました。しかしながら、洪水前操作は神様運転であり、放流量が流入量に追いつくまでの流入量が正確に予測されない限り貯水位のコントロールが不可能であることを説明しました。

なお、すりつけ操作についてはダム管理用制御処理設備標準設計仕様書（案）同解説（以下、「仕様書（案）」という。）においては、定水位操作の中の水位偏差方式として紹介されています。

また、貯水位と放流量を関係づける表を作成し、これに基づき放流量を決定することとされており、しかしながら、貯水位と放流量の関係表をどのような特性を持つものとして設定すればよいかの説明は全くなされておられません。そして冒頭より貯水位との関係において放流量の決定方法の解説がなされております。

さらに、すりつけ関数の運用としては、フローチャートの①に示すような、どのような貯

水池の状態と流入量、放流量の関係において、どのような段階からこの関数による放流を開始するべきかと言った判断が先ずなされる必要があります。しかしながら、このような観点からの考察が十分になされているとは考えられません。これらのことが、ダム操作の現場感覚と乖離しており、説明をわかりにくいものになっているように考えられます。

前章では洪水前操作の展開について説明致しましたが、従来実施されている方法も含めて、フローチャートの⑩で示す、すりつけ関数として適用可能な放流関数を選択して、以下の3つについて、それぞれの特性について考えてみたいと思います。

### 3-1. すりつけ関数 その-1 (従来の方法、時間の関数、図-1-1)

$$Q_{o1} = K (\Delta H t + h_0)^2 \dots\dots (1)$$

- 1).  $\Delta H$ は下流河道の水位上昇速度の設定値
- 2).  $K$ は下流河道のH-Qカーブの定数
- 3).  $t$ は放流開始後の経過時間
- 4).  $h_0$ は観測所の零点高

これは本稿の冒頭で説明した方法で、(1)式に示すような下流の基準点のH-Qカーブから下流河道の水位上昇速度(例えば30分30センチ等)を守る流量を設定してこれを放流する方法です。

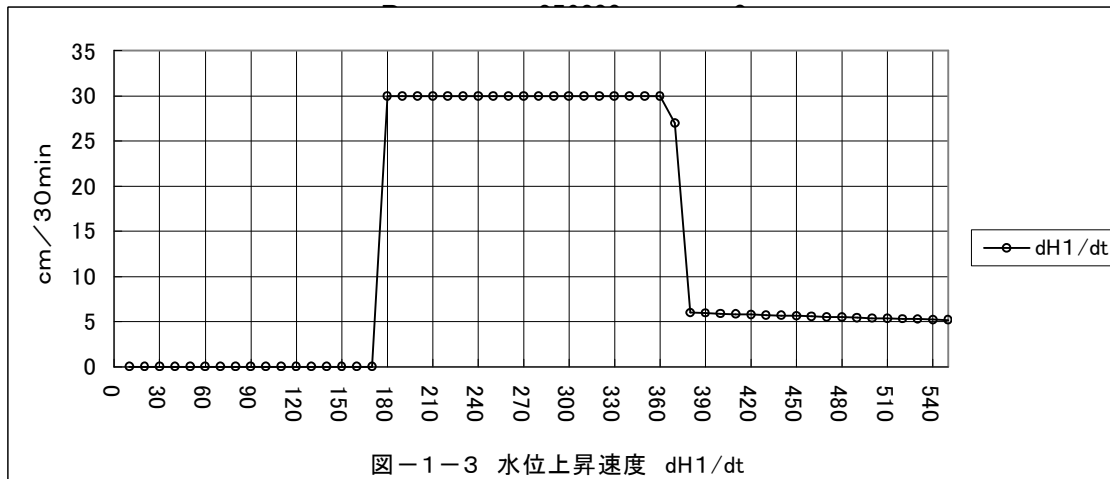
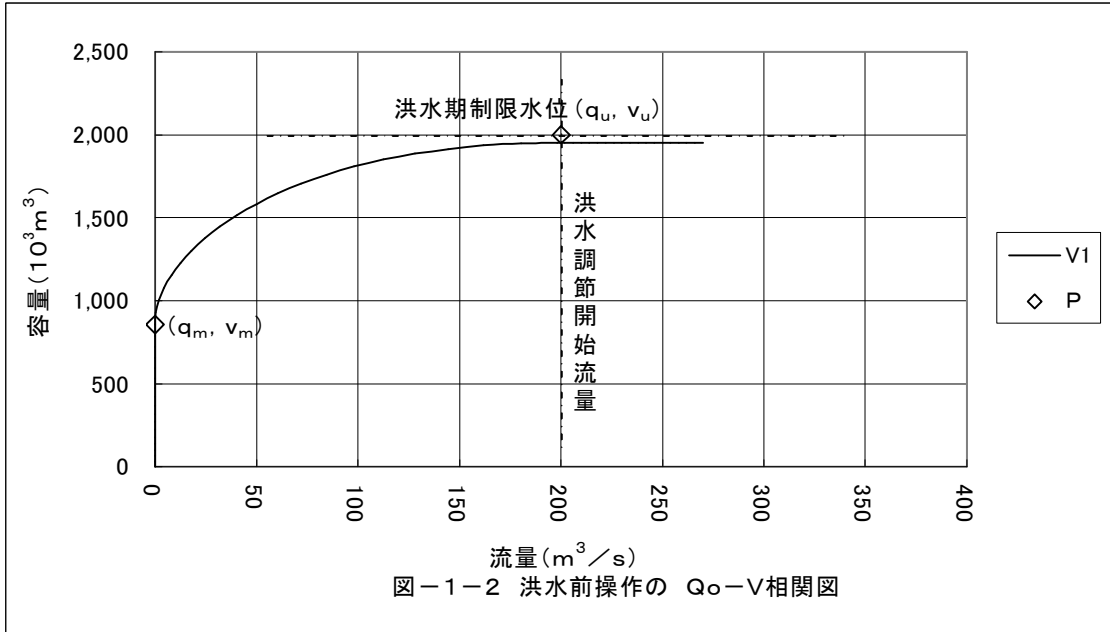
多くのダムで従来から実施されているオーソドックスな方法で、特定の下流基準点の水位上昇速度は確実にコントロールされます。

この操作関数へ移行するか否かのフローチャートにおける①の判断は $V_c$ と $V_v$ を比較しながら行います。こうすることにより、放流開始のタイミングを出来るだけ遅らせることにより貯水位の上昇をはかり、結果として、無効放流を防止することとなります。しかしながら、放流量が流入量に追いつくまでの間の流入量が正確に予測されない限り、 $V_c$ を正確に計算することが出来ないため、貯水位を確実に洪水期制限水位にコントロールしていくことは不可能です。このことにより、多くの現場所長は何時からこの①の操作に移行するかの①の判断で悩んでいるようです。

つぎに、仮に流入量の予測が外れて貯水位が目標貯水位から外れた場合、どのような方法で貯水位を洪水期制限水位に確実にコントロールしていくかについては、これまで言及されることは無かったようです。

(1)式による放流を試行した結果を図-1-1に示しています。これらの結果をもとに放流量 $Q_{o1}$ と貯水量 $V_1$ の相関図を図-1-2に $V_1$ として示してみました。この放流量と貯水量の相関関係から、逆に貯水量をもとに放流量を決定するとすれば好ましい放流量の設定が可能ではないかと考えてみました。いわゆる水位放流方式の発想です。

この様な観点から見ると図-1-2の放流量と貯水量の相関図は貯水量 $V_1$ の2次関数に近い関数として見る事が出来るのではないかと考えた次第です。



3-2. すりつけ関数 その一 (貯水量の2次関数、図-2-1)

放流量  $Q_{o2}$  を (2) 式で示すような貯水量の2次関数として計算するものです。

$$Q_{o2} = A (V_2 - B)^2 + C \dots \dots \dots (2)$$

ただし、 $V_2$  は貯水量、 $A$ 、 $B$ 、 $C$  は定数で次の条件を満足するように設定します。

- 1) . (2) 式は、現在の放流量  $q_m$  と貯水量  $v_m$  の関係を満足する。
- 2) . (2) 式において、貯水量が洪水期制限水位  $v_u$  のとき、放流量は洪水調節開始流量  $q_u$  であるとする。
- 3) . 放流開始時点の下流河道の水位上昇速度を設定値 ( $H_c$ ) にコントロールする。

この関数に基づき洪水期制限水位以下の空き容量の状況、流入量  $Q_i$  と放流量  $Q_{o2}$  の関係、下流河道の水理特性などを反映して、(2-1) に示すような限界流入量 ( $Q_{ic2}$ ) なる指標を定義し、流入量  $Q_i$  が限界流入量  $Q_{ic2}$  を上回る直前 (図-2-1 の P 点) に (2) 式

に基づいて放流を行えば下流河道の水位上昇速度の初期値は所定の値 $H_c$ にコントロールできるようにしています。この手続きは、フローチャートに示す①の判断に相当します。

$Q_{ic2}$ は次式によって計算することができます。

$$Q_{ic2} = H_c \sqrt{\frac{K}{A} \sqrt{\frac{Q_{o2}}{Q_{o2} - C}} + Q_{o2}} \dots \dots (2-1)$$

ここで、 $H_c$ は水位上昇速度の上限値です。

(2)式ならびに(2-1)式に関する放流関数の詳細な定式化とその特性の評価ならびに限界流入量の適用方法については参考文献(3)、(4)に記述していますから参考として下さい。

流入量が限界流入量に追いつくまで放流を遅らせるということが貯水位を上昇させ、結果として、水資源の無効放流を回避することに繋がります。

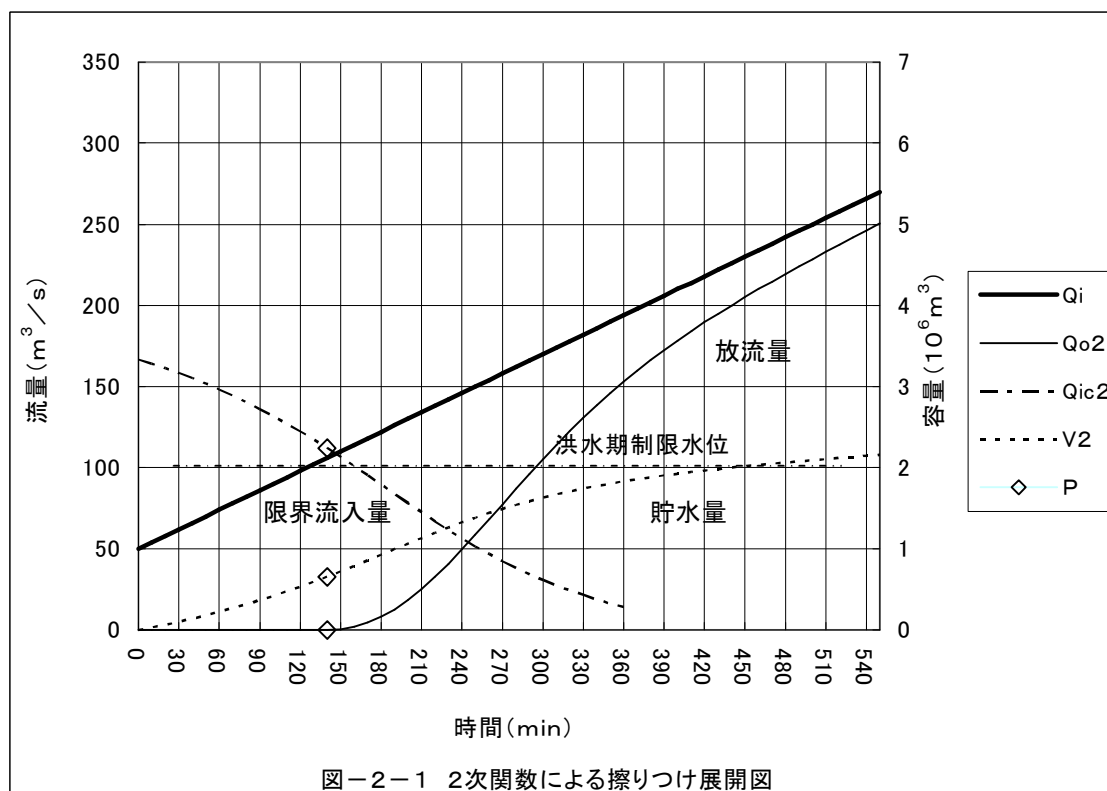


図-2-1 2次関数による擦りつけ展開図

これらの考え方に基づいて放流を試行してみました。その結果は図-2-1、図-2-2、図-2-3に $Q_{o2}$ 、 $V_2$ 、 $Q_{ic2}$ 、 $dH_2/dt$ として示しています。

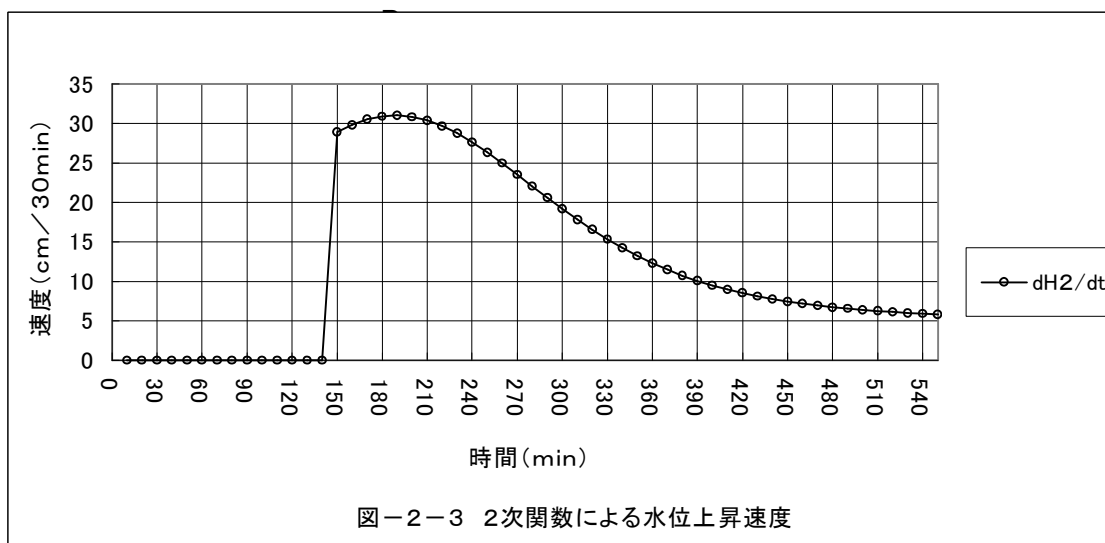
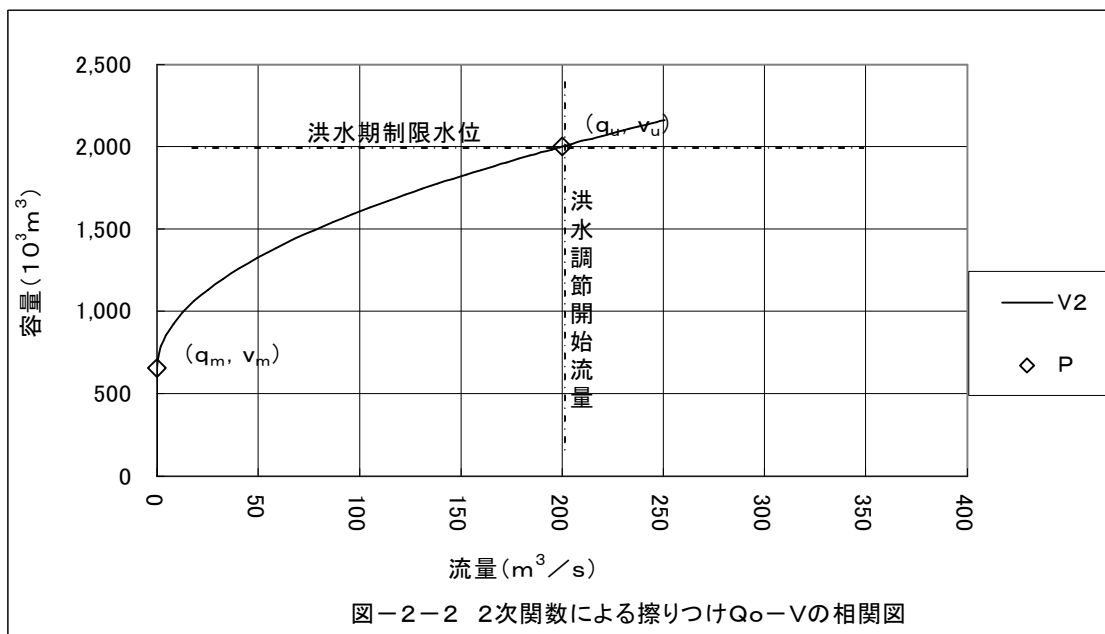
図-2-1の放流量 $Q_{o2}$ と貯水量 $V_2$ の関係を相関図として示したものが図-2-2の $V_2$ になりますが、この図はとりもなおさず(2)式の放流関数をグラフにしたものと一致することになります。

放流量は貯水位が洪水期制限水位 $v_u$ となった段階で洪水調節開始流量 $q_u$ となります。

これに基づいて下流河道の水位上昇速度を計算すると図-2-3の $dH_2/dt$ の通り



です。スタート時点では30 cm/30 minを守っていますが、時間経過とともに若干のズレが生じています。放流量は流入量に漸近して行きますから、放流による河道の水位上昇速度も流入量のそれに漸近していくこととなります。



### 3-3. すりつけ関数 その-3 (漸近関数、図-3-1)

放流量 $Q_{o3}$ を(3)式で示すような貯水量と流入量の関数として示すものです。

$$Q_{o3} = q_m + (Q_i - q_m) \frac{(V_3 - v_m)}{(v_u - v_m)} \dots (3)$$

ここで、 $Q_i$ は流入量、 $V_3$ は貯水量、 $q_m$ は放流開始時の放流量、 $v_m$ は放流開始時の貯水量、 $v_u$ は洪水期制限水位時の貯水量です。

この関数、(3)式の特性は以下の通りです。

- 1). 現在の放流量  $q_m$  と貯水量  $v_m$  の関係を満足する。(  $V_3 = v_m$  で、  $Q_{o3} = q_m$  となる。)
- 2).  $V_3 = v_u$  で  $Q_{o3} = Q_i$  となる。つまり、貯水位が洪水期制限水位になると自動的に  $Q_{o3} = Q_i$  となる。
- 3). 放流開始時点の下流河道の水位上昇速度を設定値  $H_c$  以下にコントロールすることが出来る。

(3) 式についても (2) 式と同様に限界流入量  $Q_{ic3}$  を定義して放流開始のタイミング (図-3-1 の P 点) を指示する指標とすることが出来ます。

この手続きも、フローチャートに示す①の判断に相当します。

$Q_{ic3}$  は次式によって計算することが出来ます。

$$Q_{ic3} = q_m + \sqrt{2\sqrt{K} q_m \times H_c \times (v_u - v_m)} \dots (3-1)$$

ここで、 $H_c$  は水位上昇速度の上限値です。

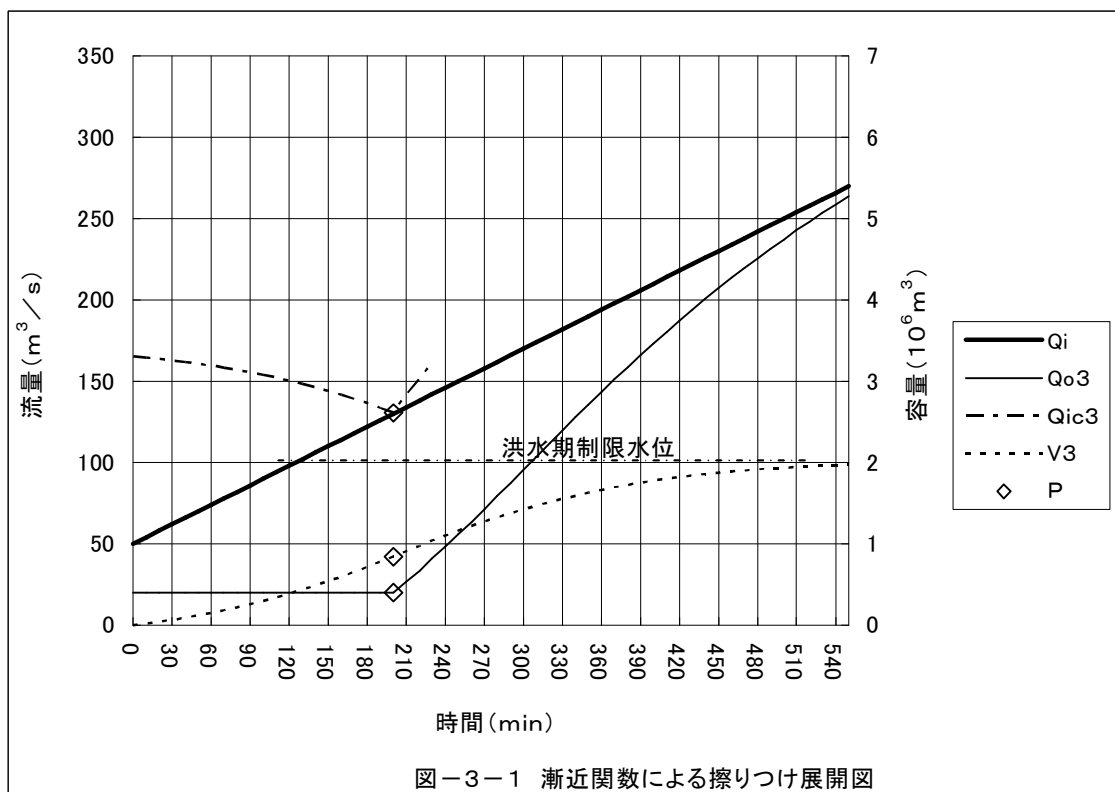
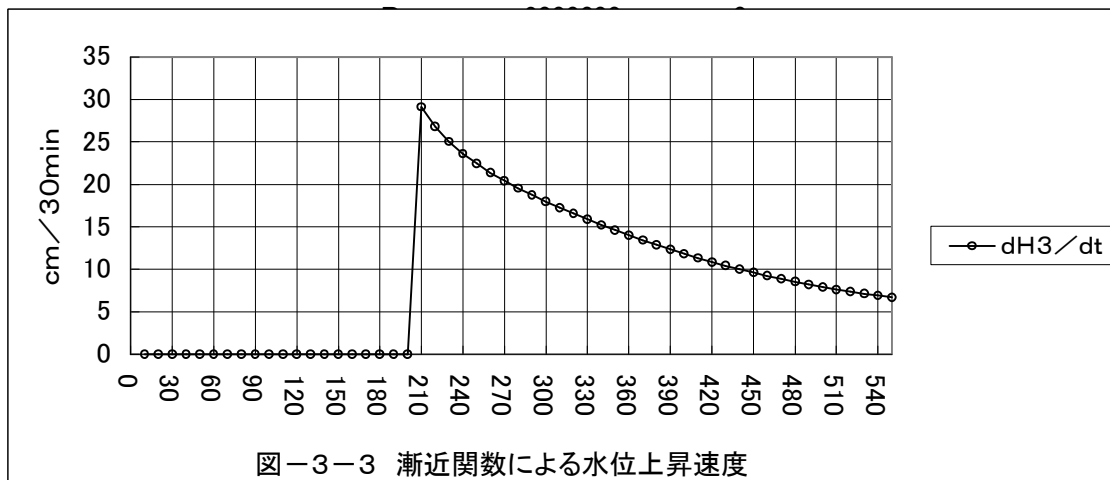
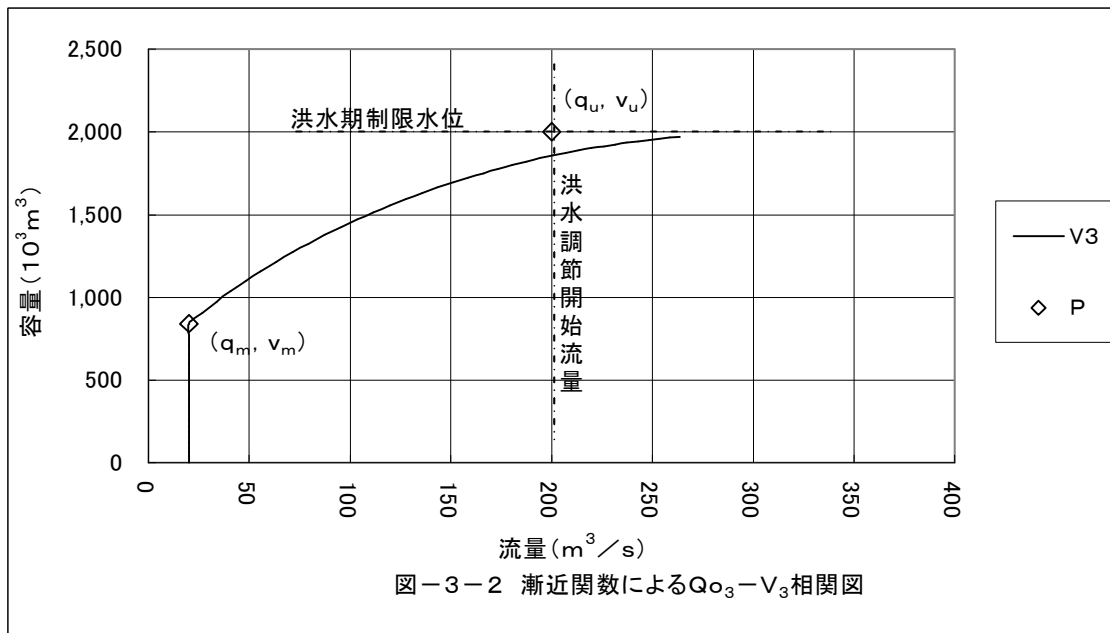


図-3-1 漸近関数による擦りつけ展開図

(3) 式、(3-1) 式に関する放流関数の詳細な定式化とその特性の評価ならびに限界流入量の適用方法についても、(2) 式と同様に、参考文献 (3)、(4) に記述していますから参考として下さい。

(3) 式の無効放流の防止効果については (2) 式の場合と同じ考えにより、流入量が限界流入量に追いつくまで放流を遅らせ、貯水位の上昇をはかり、結果として、水資源の無効放流を回避することに繋がります。

(3) 式ならびに (3-1) 式による処理結果を図-3-1~図-3-3に $Q_{0.3}$ 、 $Q_{ic}$ 、 $V_3$ 、 $dH_3/dt$ として示しました。



これら (1) 式 (2) 式 (3) 式以外にも、図-1-2から見ると、 $V$ と $Q_0$ の関係を楕円関数とする方法で対処することも考えられますが、実務的な面での適用性に課題がありますので、ここでは省略致します。

#### 3-4. すりつけ関数の比較評価

以上3つのすりつけ関数について説明致しましたが、これらの3つのすりつけ関数は、冒頭に掲げた (2) ~ (4) の操作規則の条件を満足する方向で作用するものの、その満足の方法において、それぞれに特徴を有していますが、これらは、以下に掲げるような、それぞれに利点と欠点を有しています。

(1) 式は水位上昇速度のコントロールが主体となっていますが、流入量が完全に予測されない限り、貯水位を確実に洪水期制限水位にコントロールすることが出来ません。

(2) 式は貯水位が洪水期制限水位  $v_u$  となったときに洪水量  $q_u$  を放流するようになっており、貯水位コントロールにおいて一定の改善がはかられています。(図-2-2)

下流河道の水位上昇速度は放流開始時においてはコントロールできますが、その後は、必ずしも完全な水位上昇速度のコントロールは出来ません。(図-2-3)

(3) 式は貯水位が目標とする貯水位(洪水期制限水位  $v_u$ ) となった段階で  $Q_{o3} = Q_i$  となるように設定されており、貯水位コントロールにおいて更なる改善がはかられました。

下流河道の水位上昇速度のコントロールについては(2)式とほぼ同等の機能を有していると言えます。(図-3-3)

以上、下流河道の水位上昇速度を適切にコントロールしながら、放流量を流入量に近づけるとともに、最終的には貯水位を洪水期制限水位にコントロールするという課題に対して、いくつかの放流関数を提案し、それによる操作を試行し、それぞれについて評価を試みました。

しかしながら、それぞれに特性を有する関数の中の一つをもって、すりつけ操作に要求される複数の課題のすべてに対処することは不可能であることも判りました。

そこで、様々に要求される課題に対して、それぞれ最も適当な関数をつなぎ合せて適用すればどうなるかについて考えてみました。

まず、放流開始時期の判断について、(1)式は3つの式のうちでは最も遅い段階で放流を指示する可能性があります。従って、流入量が小さめに予測された場合において貯水位の過上昇が懸念されます。逆であれば、過放流となり水資源のロスにつながります。また、一旦放流を開始すれば貯水位は放流量と流入量のなすがままであり、これをコントロールすることはできません。

(3)式については、3つの式のうちでは(3-1)式は最も早めに放流開始を指示する傾向があります。

したがって、これら2つの関数の中間的特性を有する、(2)式の限界流入量である、(2-1)式によって放流開始時期を判断するのが適当であると考えました。

次に、下流河道の水位上昇速度のコントロール方法については、(1)式が最も正確にそのコントロールを実現することが出来ます。(図-1-3)

しかしながら、流入量増加量が予想したものより極端に大きくなった場合においても放流量は流入量に関係なく決定されることとなり、最終的には、ダム操作において絶対に許容することが出来ないオーバーフローにもつながりかねません。

一方、(2)式か(3)式によれば水位上昇速度は流入量の急激な変化によっても放流量は自動的に流入量の変化に追随しながら貯水位をコントロールしていく特性を有しています。

以上から、適切に放流開始時期を指示するとともに、下流河道の水位上昇速度をコント

ロールし、同時に貯水位を目標の値にコントロールしていくという条件に対して、総合的な立場から判断すると以下のような組み合わせによって洪水前操作を実施することとしました。

まず、放流開始の判断を3つの式の中で中間的特性を有する(2)式の限界流入量(2-1)式によって行うこととします。

つぎに放流量の増加を初期段階においては従来から実施されている(1)式により確実に実施することとしました。

最後に、最も好ましい状態で、放流量が流入量に漸近していくとともに、貯水位を洪水期制限水位に確実にコントロールしていく(3)式につなぐこととしました。

仮に、すりつけ操作から定水位操作に移行するとした場合、操作状態は可能な限り流入量=放流量、かつ、貯水位=洪水期制限水位にある(定水位状態)ことが、次に続く定水位操作の安定操作を保障することとなります。

この様な考え方に基づいて放流を試行したものを図-4-1に $Q_{o4}$ 、 $V_4$ ((1)式)から $Q_{o5}$ 、 $V_5$ ((3)式)への連続グラフとして併記しています。

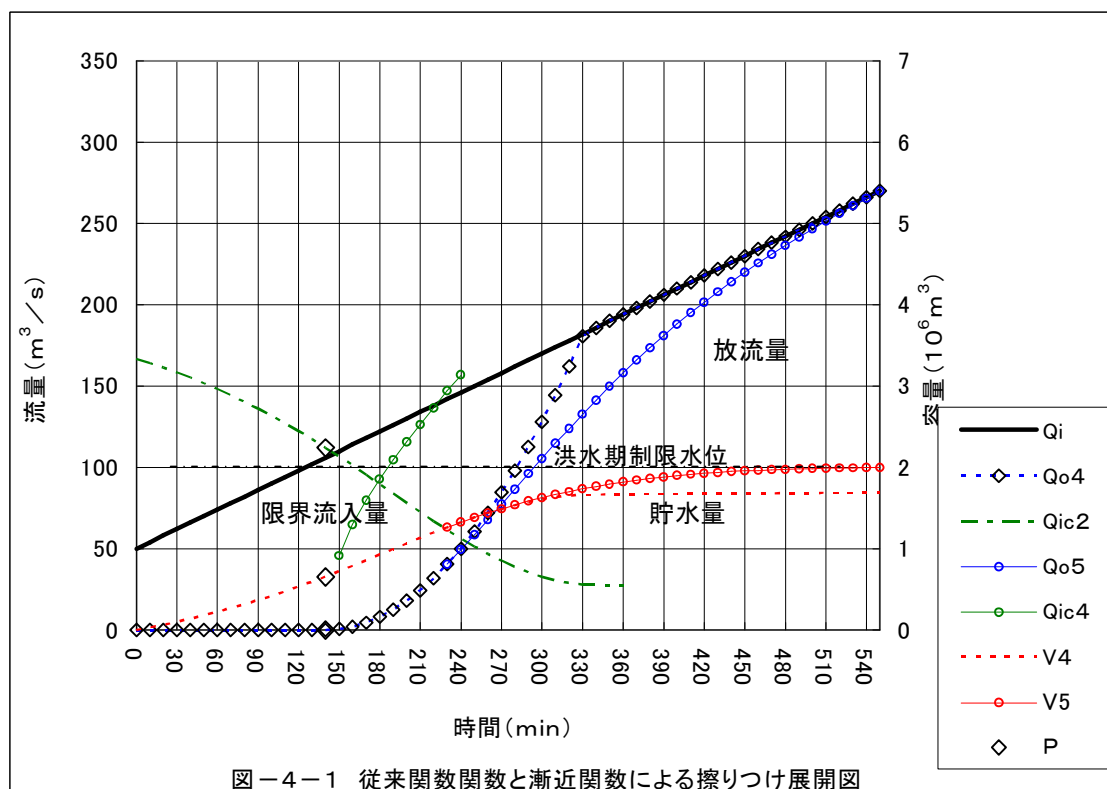
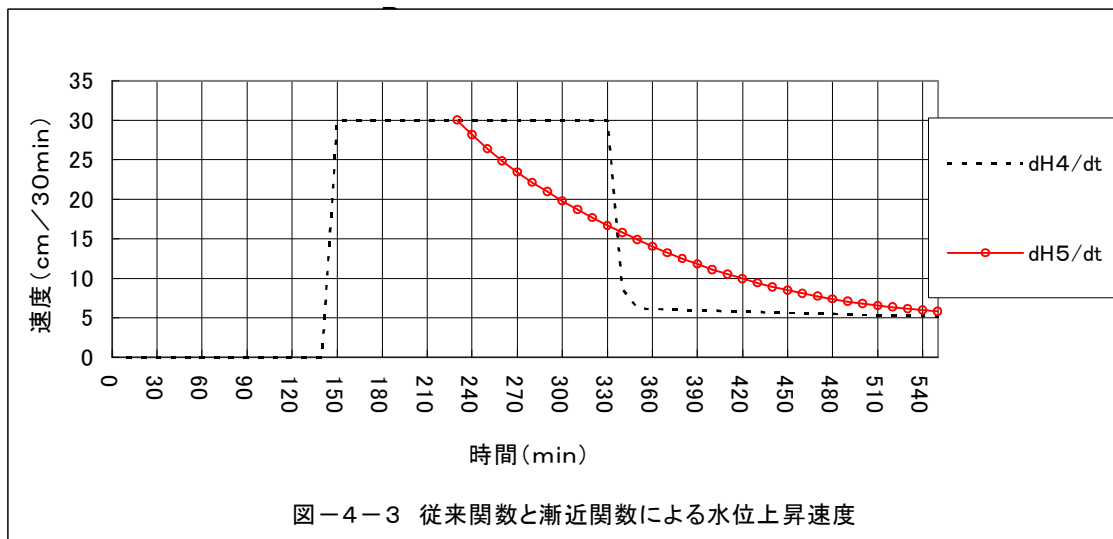
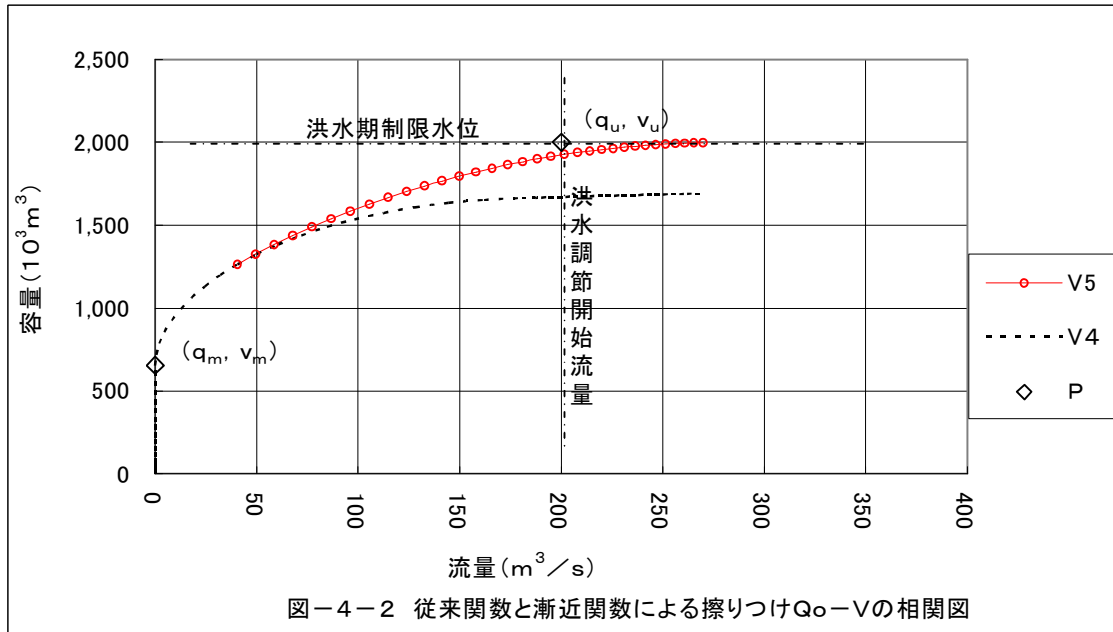


図-4-1 従来関数関数と漸近関数によるすりつけ展開図

図-4-2には放流量と貯水量の相関図をそれぞれ $V_4$ 、 $V_5$ として示しています。この結果、連続するグラフは図-1-2の $V_1$ により近い方たちであると考えられます。

いつの段階で(1)式から(3)式に移行するかについては、図-4-1の $Q_{ic4}$ ((3-1)式による計算)が流入量と交わる瞬間に移行すれば、その時の下流河道の水位上昇速度は設定値以下にコントロールされ、スムーズに移行することが可能となります。



なお、(1) 式は予測が絡みますから、操作を実行する際に予測の差による操作結果へのばらつきが生じます。しかしながら、(2)、(3) 式は予測が絡みませんから、誰がやっても何時やっても同じ答が得られます。

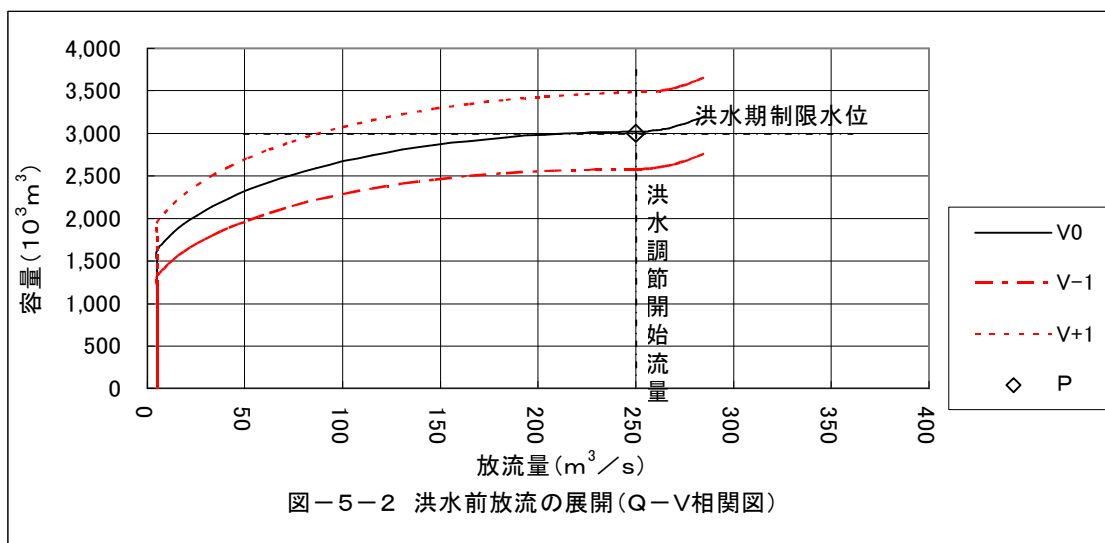
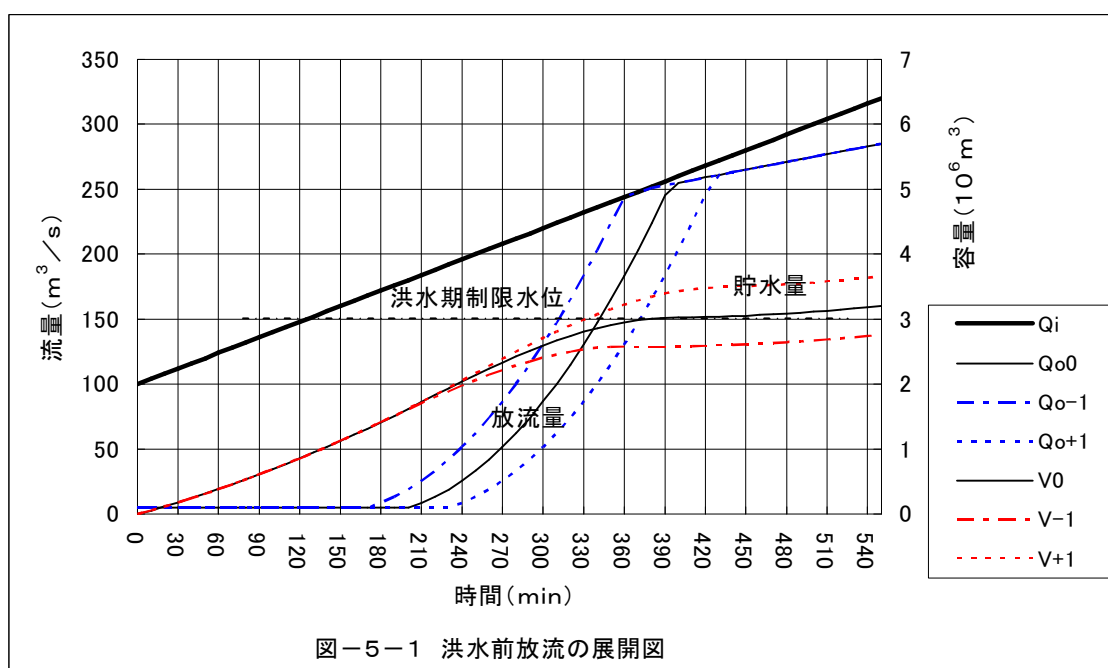
「誰がやっても同じ答え、何時やっても同じ答え」と言うことは、操作結果を多くの人と同じ立場で評価するということですから、操作の信頼性確保という面から不可欠の要件であると言えます。

#### 4. 洪水前操作をどのような視点から評価するか

洪水を迎える前に貯水位が洪水期制限水位より低い位置にあった場合、その放流が適切であったかどうかを、どのような観点から評価すべきかを明らかにしておく必要があります。

常識的に考えれば、初期の貯水位が洪水期制限水位より低い場合、貯水位が洪水期制限水位にある場合と比較すれば、前者の場合の方が空き容量が大きいわけですから、より安全な洪水調節操作を実行できると考えるのが当然だと思います。

洪水前操作の評価としては、初期水位が洪水期制限水位にあったと仮定した場合と、実際の操作結果とを比較して、最大放流量が仮定の状況の最大放流量を超えていないか、貯水位が仮定された状況の最高貯水位を超えていないか、さらには河道の水位上昇速度が適切であるかどうかをチェックすれば明らかになります。その結果は図-5-1に正常な操作を $Q_{o0}$ 、 $V_0$ として、これより早い段階で放流した操作を $Q_{o-1}$ 、 $V_{-1}$ 、遅い段階で放流した操作を $Q_{o+1}$ 、 $V_{+1}$ として示しました。



次に、図-5-2に示すように、それぞれのケースにおける放流量と貯水量の相関図を作成して、それぞれ $V_0$ 、 $V_{-1}$ 、 $V_{+1}$ として示し、Pポイントとの関係をチェックすればその結果と原因はさらに明らかになって参ります。

Pポイントとは、洪水調節開始流量 $250\text{ m}^3/\text{s}$ （横軸）と洪水期制限水位 $3000000\text{ m}^3$ （縦軸）で決まる座標です。

放流量と貯水量の相関図(Q~V相関曲線)がPポイントを通過すれば正しい操作( $V_0$ )、Pポイントの上部を通れば放流の遅れ( $V_{+1}$ )、Pポイントの下部を通れば放流が早すぎて無効放流の可能性があるということになります( $V_{-1}$ )。勿論、下流河道の水位上昇速度が適正であるという別途の条件を満足した上での評価であるということはいまでもありません。一度それぞれのダムの洪水調節実績で試してみても如何でしょうか？

このような角度からダムの操作を評価していくとすれば、逆に、図-5-2の座標軸の上でPポイントを通過する(2)式のような関数をダムの放流関数として採用することの合理性が理解されるものと考えられます。(注、(3)式は式の性格上放流量が洪水調節開始流量より大きい段階で流入量に追いつく場合において、若干、Pポイントの下部を通過する場合があります。)

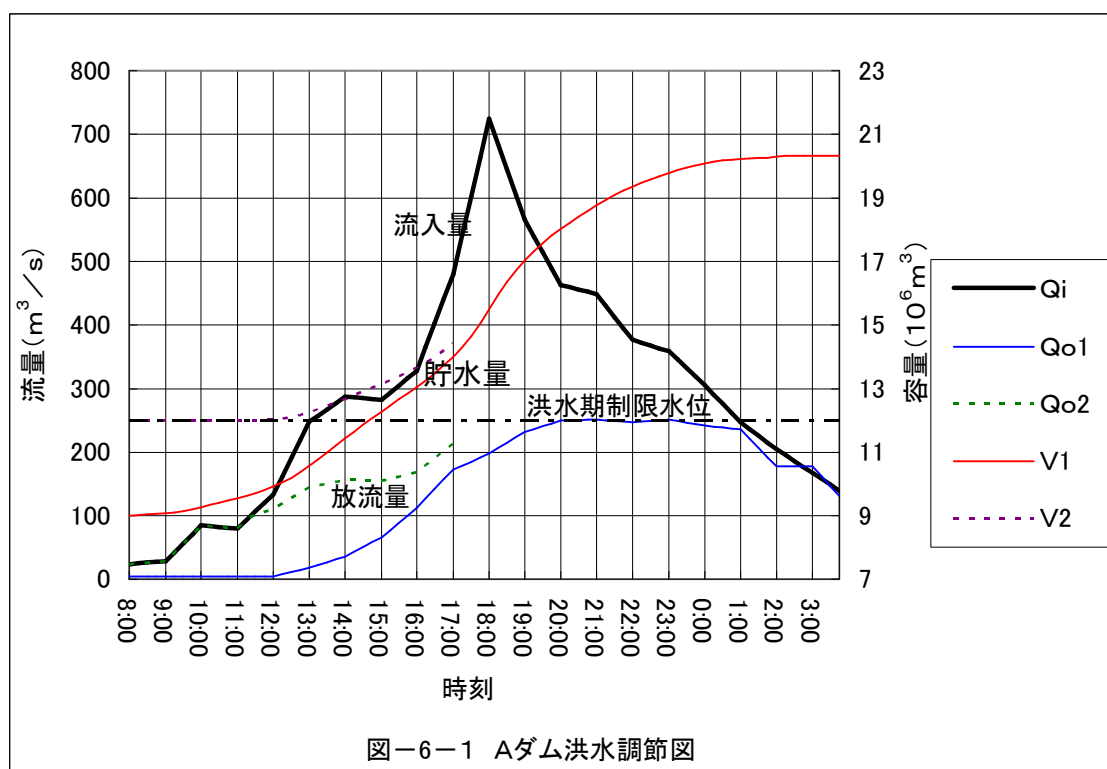


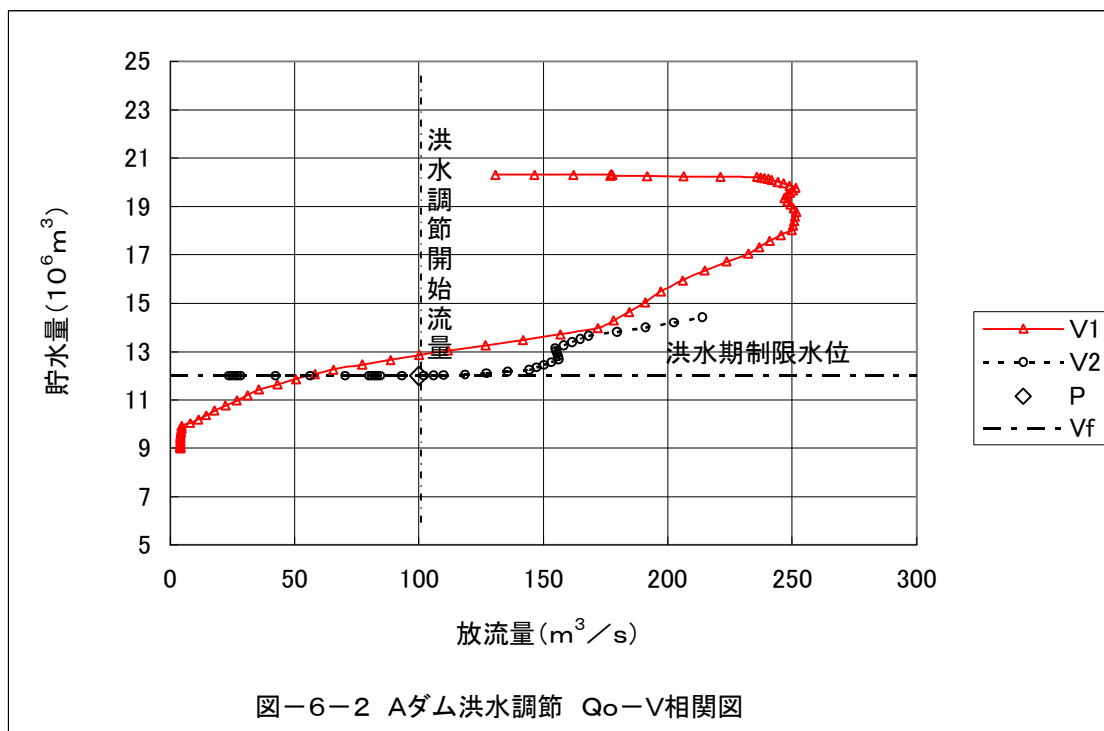
図-6-1は実際の洪水調節を想定して操作を試行したものです。

対象とするケースはPポイントを、洪水調節開始流量 $100\text{ m}^3$ （横軸）、洪水期制限水位の容量 $12 \times 10^6\text{ m}^3$ （縦軸）としています。

$Q_{o1}$ 、 $V_1$ は実際の放流量と貯水量の履歴です。図-6-1のヒドログラフを見ただけ



では簡単にその操作結果を評価することは難しいのですが、図-6-2の放流量と貯水位の相関図である $V_1$ を見ると明らかにPポイントの上部側を通っています。ということは、この放流は出遅れということになります。



同じ図の中に、仮に初期の貯水位が洪水期制限水位にあり、放流量は流入量に等しい、いわゆる定水位状態であった場合の状況を $Q_{0.2}$ 、 $V_2$ で示してみました。

それぞれの操作の結果(図-6-1)と放流量、貯水量の相関図(図-6-2)を比較しながら評価考察して頂ければ有り難いです。

## 5. まとめ

以上、洪水前状態から定水位状態への移行方法について述べました。これらをまとめると以下の通りです。

- 従来方式の洪水前操作は神様運転であるとの認識が必要です。また、洪水前段階から洪水調節操作に移行する過程は、すり付け操作→定水位操作→洪水調節操作等といった型にはまったものではなく、様々なシナリオの展開があることを認識した対応が必要です。

- 洪水前操作はその対応を誤ると、貯水位の過上昇による洪水調節容量の不足、水資源の無効放流、下流下道の異常な水位上昇と言った様々な形でその負の影響を及ぼすこととなります。

- 水位上昇速度をどのような形でコントロールするかについては、いろいろな考え方があります。

ある特定地点における水位上昇速度を守るのみではなく、下流域全体に目配せをすると

ともに貯水位の適切なコントロールにも留意する必要があります。

従って、特定点の急激な水位上昇速度の管理のみに力点が置かれるのみならず、様々な留意点にまんべんなく配慮した形のコントロールが明確な方針に基づき確実に実行されるようなシステムを目指すことが重要であります。このような観点からみるとすりつけ関数として様々な関数を組み合わせ、それぞれの特徴を生かした組み合わせによる洪水前放流はより適切な方法であると言えます。

要は常に操作全体が適切な管理方針の下に置かれながら、これらの方法論は下流住民との間で共有されたうえで操作が実行されることが大切であり、これらの管理のルールを外れることが最も回避すべき状態であることを肝に銘じておく必要があると言えるでしょう。

[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