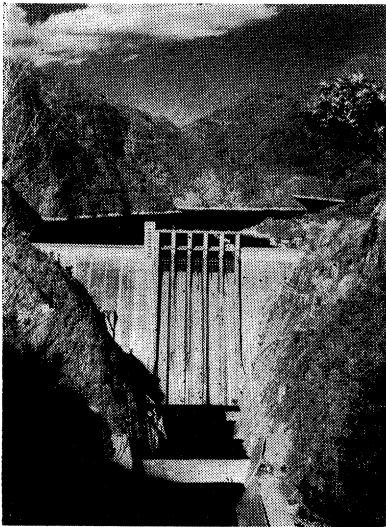


天龍川の洪水予測

西畑 勇夫*

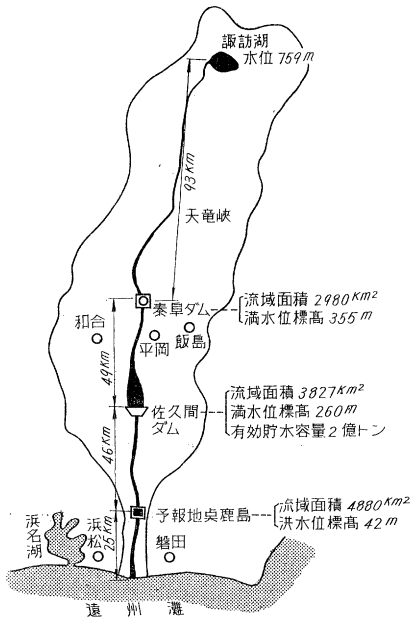


(佐久間ダム近影)

1. はしがき

天龍川は、流域面積 5 094 km²、流路延長 213 km の中部地方で屈指の大河である。標高 759 m の諏訪湖から流れでて、伊那七谷の水を合わせて一直線に南下し、遠州灘（太平洋）に注いでいる。流域全体は、南北に細長い羽状をなしている。河道は中流部でぐっと締めつけられた恰好になっており、上流部は、典型的な河成段丘をなしている。この狭さく部に、有効貯水容量 2 億 t の佐久間ダムがある。これより下流河口まででも、勾配

図-1 天龍川流域図
流域面積 5 094 km² 流路延長 213 km



1/500 から 1/1 000 という急流になっている。

天龍川は昭和 36 年 6 月の梅雨前線豪雨により大災害をうけたこともあり、洪水予報の実施を望む声が高くなっている（図-1）。しかし名にしおう急流であり、中間に大容量の発電単一目的ダムを有しているという関係もあり、その予測はなかなか困難である。

以下、天龍川下流の洪水予測について、現状に立脚した一つの試案を述べようと思う。

2. 前提条件

天龍川下流部（天龍市二俣町以南）に対し、洪水予報を必要とする者が洪水予報を受けとってから、予報された現象が起きるまで、最小限 2 時間の余裕があること。これを前提条件として、それに適合するような、洪水予測を考えたわけである。

3. 入手できるデータ

いま、予測担当者が最小限度必要とするもので入手でき、利用可能なデータについて考えてみる。

洪水予報のために行なう洪水予測には、一般の流出解析と違って、どんなに水文学上、水文学上、重要なデータであっても、所定の時間以内に入手できなければ使うことはできない。

所定の時間内に安定確実に入手できること、これがデータ撰定の際の根本条件である。これらは、ほとんど通信施設と組織の問題であって、安定した通信施設と必要などきいつでも活動しうる組織が必要である。

天龍川の現状をみると、電力会社の送電線を利用した通信施設（電力搬送線）と建設省の無線施設のみが、これに該当するわけである。ほかの通信施設によるものは台風とか崖崩れとか倒木とかの原因で、非常時にはすぐ不通になる可能性があって、常に期待するわけにはゆかない。これによって予測作業者が、30 分以内に確実に入手できるデータは次のように限定される。

- 泰阜ダム放流量
- 佐久間ダム流入量
- 飯島、和合、平岡の 3 地点の時間雨量

4. 予測の基本的な方法

佐久間ダムは 2 億 t という有効貯水容量を有している

* 正員 工博 名古屋大学教授 工学部土木工学教室

図-2 佐久間ダム断面図

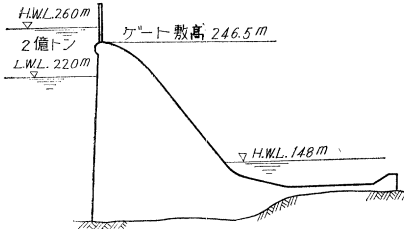


図-3 昭和32年6月佐久間ダム地点
(流入・放流・ダム水位と時間相関図)

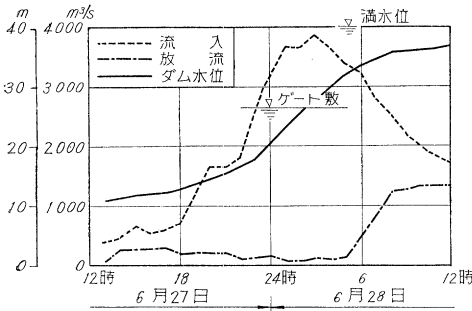
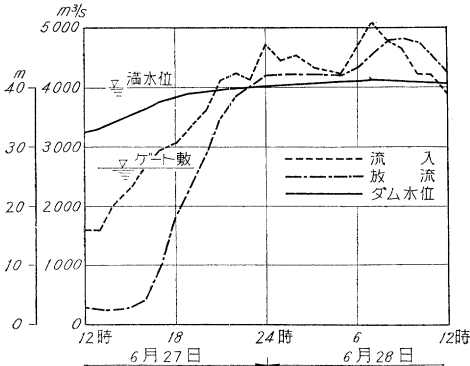


図-4 昭和36年6月佐久間ダム地点
(流入・放流・ダム水位と時間相関図)



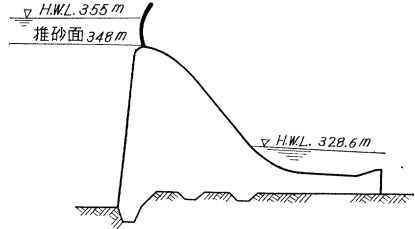
(図-2)。このため、洪水はこの地点で人為的に大きく変形される可能性を有している(図-3, 4)。

したがって、佐久間ダム下流の洪水予測は佐久間ダムの放流計画が確立しないと、なし得ないという特殊の条件が加わる。したがって、天龍川下流部の洪水予測には天然の水文現象の解析のみではなく、ダムの放流計画の樹立ということが必要で、佐久間ダムの流入予想にもとづいて放流計画を立て、その放流計画にもとづいて、下流の洪水予測を行なうという手順となる。

5. 予測作業の手順

- 第1段階 データの入手完了 (30分)
- 第2段階 泰阜ダムの2時間後の流量予測
- 第3段階 佐久間ダムの3時間後の流入量予測
- 第4段階 佐久間ダムの3時間後までの放流計画の策定
- 第5段階 下流予報地点の4時間後の洪水予測作業終了 (60分)

図-5 泰阜ダム断面図



第6段階 洪水予報として関係機関に伝達一般への周知 (30分)

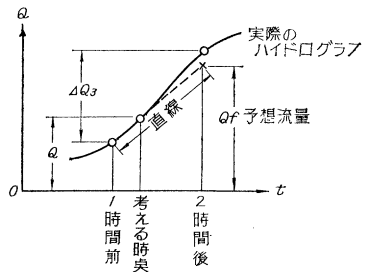
たとえば、10時現在のデータによって14時の下流地点の水位を予測すれば、12時に一般に知らせることができ、したがって、末端では予報を受け取ってからその現象が起きるまで2時間の余裕をもつという、前述の前提条件が満足されることになる。

6. 泰阜ダムの2時間後の流量予測

泰阜ダムは堆砂が進んでおり、貯水容量はほとんどない(図-5)。したがって、泰阜ダムのハイドログラフは大きな洪水では自然形状をなしている。

いま、前1時間

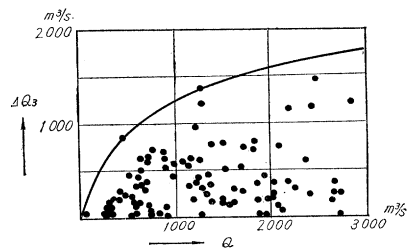
図-6



間の流量変化と同じ変化が、あと2時間続くと仮定する。すなわち、連続する3時間の間の流量は直線変化すると仮定するわけである(図-6)。

次に連続3時間に各流量の大きさによって、実際にどれだけ流量が変化しているかを統計的に調べる(図-7)。

図-7



この2つの関係を組合わせて、泰阜ダムの2時間後の流量を予測するわけである。すなわち、前1時間の流量増加を3倍にしたとき図-7の上限線より下にあれば、そのままの値を上限線を越えるときは、その上限の値を1時間前の流量に加えたものを泰阜ダムの2時間後の流量であるとする。この仮定は一般の流出解析から考えて

大たんにすぎりかもしれない。しかし、

(1) 泰阜ダムより上流の天龍川においては2時間後の泰阜流量を予測するのに都合のよいデータを与える地点が少ないこと。

(2) 現状では天龍川下流部の洪水予測担当者への通報施設が比較的不便であり、不安定であること。

(3) 前記の仮定を過去の洪水に適用した結果は、比較的精度が高いと考えられること。

(4) 作業がきわめて簡単で、間違いをおこすことがないこと。

以上の理由で、あえてこの新しい試みによって泰阜ダムの2時間後の流量を予測することとしたわけである。

図-8, 9 は、この方法を実際に応用した例である。

図-8 昭和36年6月洪水泰阜地点ハイドログラフ
(泰阜流量は中部電力資料による)

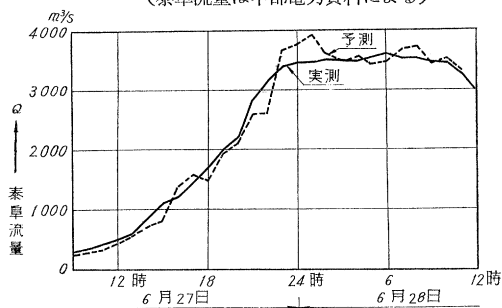
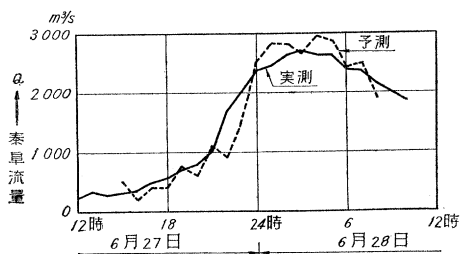


図-9 昭和32年6月洪水泰阜地点ハイドログラフ
(泰阜流量は中部電力資料による)



7. 佐久間ダムの3時間後の流入量の予測

泰阜ダムと佐久間ダムの間は流路延長49km, 中間流域847km²ある。泰阜ダム直下の洪水水位は図-5に示すとおり328.6mであり、佐久間ダムの満水位は260mである。

したがって、洪水の際の水位差は68.6mであり、中間の平岡ダムを考えずに平均水面勾配をとれば約1/700である。いま、泰阜ダムの放流量が佐久間ダムに到達する時間を検討せねばならない。この到達時間の検討に対して、

(1) 平岡ダムは貯水容量約400万m³で洪水時には全開放流であること。

(2) 昭和31年以降の洪水資料を検討してみるに、中間流域面積が大きいため対応関係が不明確である。

(3) 昭和36年6月洪水のピークの時差は1時間である。

以上の点からここでは、1時間で泰阜ダムの放流の実質は佐久間ダムに到達すると仮定する。したがって、泰阜ダムの放流量と、1時間後の佐久間ダムの流入量の差 ΔQ は、両ダム間の中間流域847km²の降雨による中間流入と考えるわけである(図-10)。

そこで中間流入量の検討であるが、いま予想雨量を使わないものとすれば、図-10の“考える時点”より以前に降った雨を用いなければならぬ。これは洪水予測の時間的制約からそれ以後の降雨データが利用しにくいからであって、将来、量的・時間的な降雨予想ができるとか、あるいは制約時間を短縮できれば、より近似した流入量を求めるであろう。

以上の方によって、与えられるデータを求めなければならない現象との間に、どのような統計的相関があるかを、いろいろ過去の記録について、トライアルアンドエラーした結果、飯島・和合・平岡の雨量の算術平均値を用いて考える、時点以前の8時間の雨量を算出し、それと ΔQ との間の相関を求めたものが図-11である。

この相関関係と前に求めた泰阜ダムの時間後の流量予測値とを組合わせて、3時間後の佐久間ダムの流入量を予測する。すなわち、いま考える時間までの8時間に降った中間流域の平均降雨を算出し、図-11によって ΔQ を求める。この ΔQ に前に求めた2時間後の泰阜ダムの流量予測値 Q_T を加えれば、それは考える時間から3時間後の佐久間ダムの流入量であるとする。

図-11 中間流入の雨量相関図

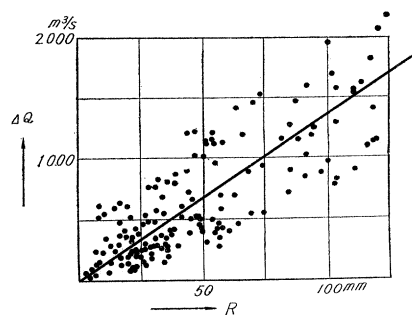


図-12 佐久間流入量予測計算適用例(1)
(昭和36年6月洪水)

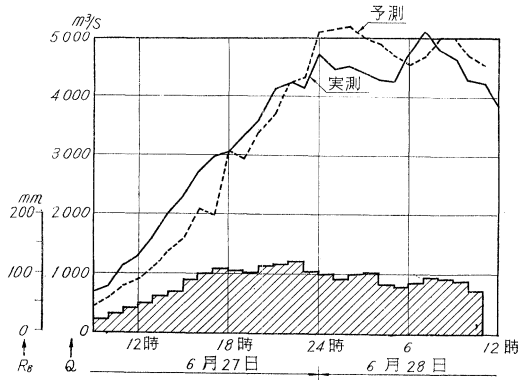
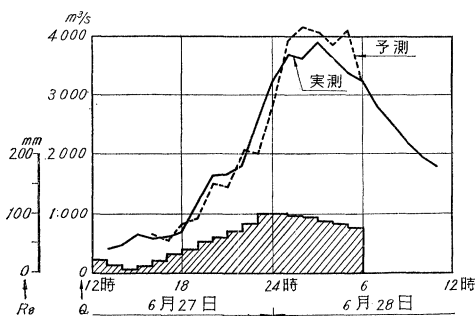


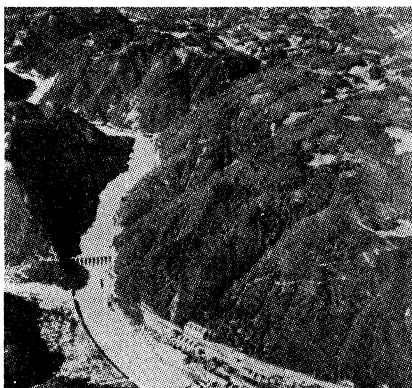
図-13 佐久間流入量予測計算適用例(2)
(昭和32年6月洪水)



中間流入の降雨よりの推定は、もちろんユニットグラフによるのが普通であろう。しかし、いま佐久間ダム
の貯水池内に流入する降雨の3時間帯内の面積を考
えてみるに、それは中間流域総面積の58.6%を占める。

すなわち、降雨予測が行なわれないうえに、いくら精密な解析を行なったとしてもその精度には限りがあるわけである。したがって、本方法をあえて採用したわけである。中間流域の全体流域(佐久間ダム地点の)に占める比率は面積にして20%であって、全流域に降雨がある大洪水の場合では、この方法による中間流入の誤差が

天龍川平岡ダム付近



50% 生じるとしても、全流量に対しては10%に収まることになり洪水予報の手段として利用しようと考えたものである。図-12, 13はこの方法を実際に応用した例である。

8. ダム放流計画の策定

3時間後までのダム流入の予想にもとづいて、同じ3時間後までのダムの放流計画をどのようにして樹立するかは、大きな問題点をふくんでいる(実際には手順所要時間からみて2時間後の放流計画となるであろう)。洪水の全体の規模が予測されれば、問題はもちろん、よほど軽減される。しかし洪水全体の中の、ほんの一部の見とおしを与えられてダム放流を実施することは、大きな危険をとまなっている。

利水専用ダムにおけるダム放流の方法には次の両極端が考えられる(もちろんこの場合、治水のために予備放流を行なうということは考えていない)。

(1) 第1の方法

洪水の初期から発電使用水量以上の流入量を全部貯めこむ。この方法は利水のことのみにから考えれば、一番確実な方法であるが、ダムが満水になると急激な流量増加を下流に与えることになる。

(2) 第2の方法

最初は発電使用水量以上の流入量を全部放流して、貯水を行なわない。洪水のピークをはっきりつかんだのちに貯水を開始する(もちろん洪水初期にゲート数高までの貯水はやむを得ない)。

ピーク以降に期待される洪水流出量は、ピークの流量がわかっていたら案外正確に把握できる。すなわち、自然のハイドログラフのてい減曲線には、そう不規則のものはないからである。この場合に問題となるのはピーク以降の発電使用水量以上の洪水量をすべて貯めこんでも、ダムが満水にならなかった場合である。この場合、立上がりからピークまでのゲート操作による貯水可能な洪水をむだに流してしまったという結果になるわけである。

利水担当者としては、このことを非常におそれるわけである。そしてこのために、第1の方法、すなわち、立上がり期に貯めこんでピーク付近あるいは、減衰期に満水放流するという第1の方法を取るのが普通である。

治水利水上もっとも妥当なダム放流計画の策定について後日、解析を進めて行くつもりであるが、これにつき一つの考え方として検討したいのは、第2の方法である。3時間後の流入予想が与えられるとき、それがもしピークであったとしてもそのピーク以降、どれだけの流入量が保障されるかを、洪水流出資料より求めると図-15のとおりである。

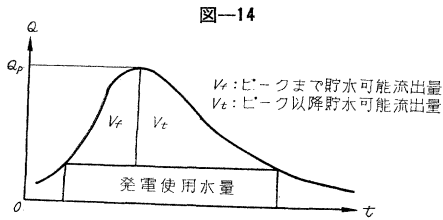
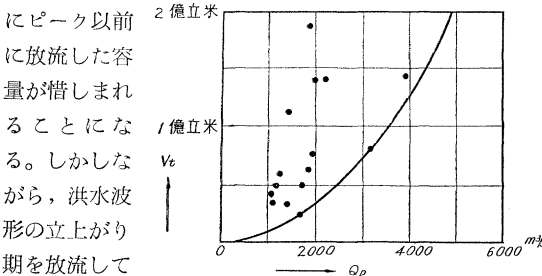


図-14

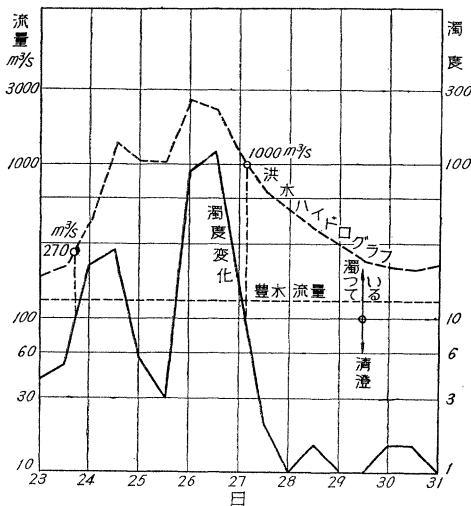
佐久間ダムの場合、ゲート敷高より満水面までの貯水容量は約 8000 万 m^3 であるから、図-15 よりみてピーク流量容量約 3000 m^3/sec 以下の洪水では、満水しないこともありうる。この場合にピーク以前に放流した容量が惜しまれることになる。しかしながら、洪水波形の上上がり期を放流してピーク以降の流出を貯めこむということについての利点は、前にもかかげた自然の流出現象より急激な、流量増加を下流に与えないということのほか、次のようなことがらが考えられる。

図-15 佐久間ダム地点ピーク流入量 Q_p と以降貯水可能流出 V_d の相関図



それは水質の問題である。濁度、浮遊物は、洪水の初期

図-16 洪水時の流量濁度 (長良川南濃大橋地点 昭和 33 年 8 月洪水の資料)



期にはなほだしく大、かつ多い。これらは洪水の減衰につれて、急激に減衰するものである (図-16)。

いままで大貯水池設置にともない、下流の水がいつも濁って困るというトラブルは、案外、洪水の上上がり期の最も汚れた水を貯めこんで、あとからでてくる濁りの少ない水を無効に流してしまっているということに起因しているのではなからうか。したがって、貯水の質の改善に役立つといえる。次にピーク流量のてい減ということにも効果がある。すなわち、ピーク以降のてい減部を切られた洪水流はそうでない洪水流にくらべ、下流地点のピーク流量の値を小さくするというのである。

次の利点は、これは当然のことであるが、洪水継続時間の減少に対する効果である。洪水の威力はピーク流量の絶対値のみではなく、ある程度以上の洪水の継続時間に大きく関係するからである。

9. 下流予報地点の 4 時間後の洪水予測

考える時間から 3 時間後の佐久間ダムへの流入量が予測されると、そのときのダム水位 (貯水余力) と合わせ考えて、3 時間後まで (実際には 2 時間後まで) の放流計画を樹立する。これはもちろん、相当な巾をもった放水計画となるであろう。

佐久間ダムの放流予定が決まれば、泰阜から佐久間を推定したと全く同じ手法によって、4 時間後の下流予報地点の洪水予測を行なう。この場合、作業手順の上では佐久間ダムより予測地点鹿島までの洪水到達時間を、やはり 1 時間と仮定している。

なお、この下流予報地点の予測が算定できる時点においては、洪水予測作業の開始時点よりすでに 1~1.5 時間を経過していることになり、したがって予測担当者は泰阜ダム流量の新しい通報を得ていることになる。これをただちに使用して泰阜ダム予測流量を訂正すれば、下流部洪水予測の精度を高めることができる。

10. むすび

本論において述べた天龍川下流部の洪水予測にともなう二、三の新しい試みは天龍川の現状のままの、バウンダリー コンディションの中で考えてみたものである。

通信施設の改善、観測通報組織の強化などが実現すれば、また新しい方法も考えうるであろう。

(原稿受付: 1962.7.4)

正 誤: 本誌第 47 巻 10 号 22 ページの表題「鋼床版の格子ゲルバー桁への応用」は「鋼床版の格子ゲルバー桁への応用」の誤りにつき訂正するとともにお詫び申し上げます。