

意見書：基本高水流量の決定についての論点整理

武庫川流域委員会 松本 誠委員長殿

平成 17 年 3 月 14 日

委員 奥西一夫

第 14 回流域委員会で基本高水流量の決定についての議論がかなり本格的に展開され、流出解析の基礎データを専門的にチェックするワーキングチームを設置することも決まった。また川谷委員から論点整理を含む意見書が提出され、説明が行われた。しかしまだ整理し切れていない論点があるように思うので、私なりの論点整理を意見書の形で行いたい。

1．基本高水とは

基本高水とは治水計画上考慮すべき洪水ハイドログラフを指す。治水計画において、どのような対策を考えるかによって、基本高水の具体的な姿はいろいろである。例えば堤防改修だけを見ると、ピーク流量の上限値だけが問題になり、ダム計画においては、貯水容量決定のためにハイドログラフの形が、またダムの治水効果を算定するためにピーク流量の上限値が必要である。さまざまな治水対策を組み合わせる総合治水のためには可能なあらゆる形状のハイドログラフのセット（専門的にはアンサンプルと呼ぶ）が必要になるが、実用上は、いくつかの基本形状を網羅するサンプルが選ばれる。ただし、流域委員会では専らピーク流量が議論されてきたので、ここでは基本高水のピーク流量に論点を絞る。

ピーク流量の確率論的な回帰年数を計画規模とする。また基本高水に対応できる特定の治水対策を選択した場合、その治水対策は計画規模に等しい治水安全度を持つとされる。基本高水を超える洪水（超過洪水）は、頻度を別にすると将来必ず起こるので、治水対策は計画規模（それ以下のものも含む）の洪水と超過洪水の両方に対応する必要がある。従来、河川管理者は計画規模の洪水に対してのみ責任を持つという考え方があり、基本高水流量の決定が河川の安全に直結するものと見なされてきたが、現在ではむしろ超過洪水対策が河川の安全性を決定するものとなっており、基本高水流量をできるだけ高く取ることよりも、統計的に妥当な値を取ることが最適の治水対策を立案する上で必要だと考える（私見）。

2．基本高水流量の直接決定と計画降雨による計算

基本高水は定められた生起確率（専門的には超過確率）の洪水として決定されるものである。これは本来的には流量統計から求められるものであるが、多くの場合、流量統計の期間が短く、上記の方法では正確な値が出ないとして、計画規模に対応する確率の雨量を求め、それに流出解析を適用して計算した流量ハイドログラフを基本高水としている。その場合、雨量（総雨量）を定めても雨量の時間・空間分布にはバリエーションが起こるので、それをどのように考慮するかによって基本高水決定法にもバリエーションが生じる。また総雨量は降雨の継続時間の設定によっても変化する。そのなかで、決定された基本高水の生起確率が当初設定された確率から乖離する場合がある（雨量の生起確率だけが問題にされ、流量の生起確率は問題にされないと言うべきか）。

例えばダムによって洪水調節を行う場合、ダムが満水または満水に近くなると、流量調節能力が失われるので、上述のようにハイドログラフの形のバリエーションを考慮する必要がある。カバー率を高く、あるいは降雨の引き伸ばし率を高くすることは、このような観点から上記の乖離が生じては認められる場合がある。しかし、ゼロベースを標榜する武庫川の治水大綱を検討するときに、特定の治水対策だけを想定した基本高水の決定方法は不適當である。

端的に言って、ダム建設を前提とした基本高水決定法を採用した上で、治水方針を審議することは、基本高水がどんな計画規模の洪水であるかを曖昧にし、治水方法の合理的選択を困難にする（私見）。

3．極値分布

100年に一度の雨量、流量という場合、各年の最大値をその年の標本として抽出して統計分析をする。兵庫県提出の資料では同じ年の複数の豪雨が抽出されているので、これとは少し異なるが、原理的には同じと見なせる。通常の統計分析では母集団からランダムに標本抽出し、標本の平均値、標準偏差などから母集団のそれらを推定する（標準偏差の場合は自動的に一致する）が、上記は極値を抽出しているので、極めて特殊な標本であり、通常極値分布と呼ばれる統計分布に当てはめて処理する。雨量や流量に関する極値分布としていろいろなものが提案されているが、先験的にどれが正しいかを定めることはできず、実際のデータに当てはめて、適合度が高いものを選ぶことになる。県委託の武庫川ダム設計調査（平成7年度）では、対数正規分布を機械的に当てはめていたので適合度が悪い上、限られた範囲のデータだけから100年確率雨量を算出していた（国土研報告書）。今回県から提出された解析結果は3つの統計分布のうち、最も適合度が高いものを選んでおり、信頼性が高い。具体的には適合度指標(SLSC)とjackknife法による推定誤差が最も小さいものを選んでいいる。直感的に適合度を調べるには、それぞれの統計分布式を変数のある関数と発生確率（正しくは非超過確率）の別の関数が直線関係になるように書き換え、得られている統計データをプロットして、理論的に予測されるように直線関係が成り立っているかどうかを確認すればよい。ただし、この方法では、どの分布を採用しても直線関係に近かったり、データに大きなばらつきが生じたりする場合には最適のものを選び出すことが難しく、上記のような指標値による判断が必要になる。

4．降雨パターンの引き伸ばし

100年確率の雨量（例えば24時間雨量）が決定されたとして、それから洪水ハイドログラフを計算するためには、降雨パターンが必要である。100年確率の24時間雨量が実測されている場合はその降雨パターンをそのまま使えばよいが、通常はなかったり、数が少なかったりするので、既往の100年確率よりも少ない雨量の観測地を引き伸ばして使用する。しかし、使用するデータの雨量パターンによっては引き伸ばされた降雨パターンが統計的、あるいは気象学的に極めて起こりにくいようなものになっていることがある。そういうものを棄却する方法として次の3つが考えられる。

（1）引き伸ばし率の制限

引き伸ばし率が1に近いほど実際に起こった降雨パターンに近いので、引き伸ばし率が低いものだけを採用する。引き伸ばし率を低く取ると対象降雨数が少なくなるので、河川砂防技術基準（案）では10個程度の対象降雨を取ることとし、引き伸ばし率を2程度に抑えるとしている。引

引き伸ばし率を高くするとサンプル数が増えるが、同時により起こりにくい形態の豪雨を想定することになるので、必ずしも信頼度の高い結果を得られない。武庫川流域の場合、引き伸ばし率を2以下にしても19個の対象降雨が得られ、第14回流域委員会で奥西が示したように、統計的にかなり安定した分布となるので、引き伸ばし率をさらに小さくして、対象降雨を10程度にしたほうが信頼度を上げることができるのではないかと（私見）。

（2）短時間雨量が極端に大きい場合を棄却

対象降雨数を大きくするため、引き伸ばし率を高く設定する方法であるが、短時間雨量（1時間雨量、3時間雨量など）の値や雨量の空間分布がまれにしか起こらないようなものになるものを棄却するものである。具体的に県から出されている資料では上下流の雨量差が大きい場合と、1/500規模を超える短時間雨量（3時間雨量と6時間雨量）が生じる場合は棄却となっているが、この基準の妥当性は客観的に証明されていない。また基準はともかくとして、このような棄却作業が「必要」であることは理解できるが、これで「十分」という証明がまだなされていないようである。私見では24時間雨量を超過確率1/100に設定し、3時間雨量と6時間雨量については超過確率1/500に設定する（超過確率1/500以下のものを棄却して、最大値を取るの、超過確率を1/500に設定するのと理論的に同じである）のは極めて不合理である。それならば24時間雨量についても1/500に設定して、500年規模の基本高水と称する方が首尾一貫している。なお、12時間雨量について棄却を行わない理由は明らかにされていない。

（3）降雨の継続時間の適正化

対象降雨の主要部分の継続時間が短い場合（例えば12時間だとする）、これを100年確率の24時間雨量に引き伸ばすと、12時間雨量としては100年確率を超えてしまう。この場合は100年確率の12時間雨量になるように引き伸ばすのが統計的に妥当ではないかと考えられる。この考え方を敷衍すると、超過確率1/100の1時間雨量、2時間雨量、・・・を満たすようなモデル降雨を考えることに帰着する。このようなモデル降雨は洪水調節池の設計に多く使われている。ただし、極めて起こりにくいような降雨パターンを棄却する方法は確立されていないようである。

5．流出解析法の選択

県の資料では貯留関数法と準線形貯留型モデルが比較されている（合理式、単位図法などの古いものは論外とする）が、武庫川流域のように、本流と支流で勾配が著しく異なり、また土地利用がモザイク状分布を呈するような流域で準線形貯留型モデルが通常の貯留型モデルよりも適合度が高いかどうかを検証する必要がある。土地利用が年々変化して行っている武庫川流域の治水を考える上では、流出モデルが土地利用を正しく反映しているかどうかは極めて重要だからである。また、貯留関数法と準線形貯留型モデルの違いもまだ明確に説明されていないが、土地利用形態別のパラメータ値を面積率で重み平均するのであれば、流出プロセスの中で最も非線形性の顕著な部分を線形近似することになり、モザイク状の土地利用と傾斜分布が関連している武庫川流域に適用する流出モデルとしては致命的欠陥になっているのではないかと（私見）。

6．得られたハイドログラフ群からの選択

兵庫県から提出された基礎データ、すなわち100年規模の24時間雨量をもつ（引き伸ばされた）雨量データ（ハイトグラフと呼ばれるもの）から計算された洪水はすべて100年に1度起こる程度のものである。その中から、100年規模の基本高水ハイドログラフを選び出さなくては

いけない。議論を基本高水のピーク流量に限れば，計算されたピーク流量の値のセットから最尤 (maximum likelihood) の値を求めることになる。直感的には中央値を選択することが考えられるが，明確な根拠はないので実際には中央値よりも少し高い値を取ることが普通とされている（河川砂防技術基準案では 60～80%）。最近ダム建設を前提とした基本高水量の決定においては対象ハイドログラフのうち，最も大きいピーク流量を与えるものが採用されていることが多いが，異常降雨を棄却した後に残ったものの中の最大値を採用するという考え方もある（最近国土交通省で最も多く採用）。さいわい，引き伸ばし率 2.5 以下の場合の降雨群とそれらに対応するピーク流量の計算値が兵庫県から提出されており，上述のように統計的にも安定しているので，これらの統計的性質を吟味した上で，1/100 規模の洪水として最尤のものを選ぶべきである（私見）。