

2008.04.24

淀川水系流域委員会 宮本博司委員長殿

小松好人  
長野市高田

## 基本高水流量の算出法に関する一提言

小松好人

## 1. はじめに

私に関心をもって2004年秋以後検討を続けている長野市浅川の基本高水流量（以下一般的な用法で基本高水と表現する。正確には基本高水はハイδροグラフで、基本高水流量はそのピーク流量を指す。）に関しては、治水安全度1/100における基本高水450m<sup>3</sup>/sは過大であり、流出計算に使用される貯留関数法の飽和雨量が50mmであっても流量確率1/100におけるピーク流量は270m<sup>3</sup>/s～280m<sup>3</sup>/sであることが明らかになっている。基本高水を引き下げれば、穴あきダムを建設せずに河川改修だけで外水災害対策が立てられる。

中小河川である浅川に限らず、河川整備基本方針検討小委員会で検討されている一級水系河川の基本高水に関しても、治水安全度に見合う基本高水は過大に決定されていることが多く、その基本高水に基づいて河川整備計画を立案するとダムの建設が避けられないものになりがちである。全国的な注目を集めている川辺川ダム、淀川のダム群の建設などをめぐる論争においても、河川整備基本方針検討小委員会で過大に決定された基本高水が前提になっているので、河川の実情に基づいた正確な議論がなされていない現状であると認識している。

一級水系河川の基本高水は河川整備基本方針検討小委員会で決定され、各地の流域委員会ではその基本高水を前提とした河川整備計画についての議論しかできない現河川法の枠組みのなかにおいては、流域委員会で基本高水の見直しは不可能であることは承知の上で、現在の河川砂防技術基準に基づき雨量から基本高水を決定する方法が適正でないこと、そしてその改善策について一つの提言を行うものである。

浅川のごとき長野県知事が河川管理者である地方の一級河川については、その基本高水は実質的に長野県土木部（現建設部）が決定し、それに基づく河川整備計画は関東地方整備局によって認可される。国交省大臣が河川管理者である一級水系の河川に関して、純粋な外部機関とは言えないものも河川整備基本方針検討小委員会において検討がなされるが、浅川のような地方の一級河川に関しては外部機関の検討なしで基本高水が決定されてしまう問題が付随している。河川整備計画案が決定されて後に学識経験者の意見を聴取することで外部機関の検討に準ずるとされても、基本高水についての検討は実質的にはなされない。

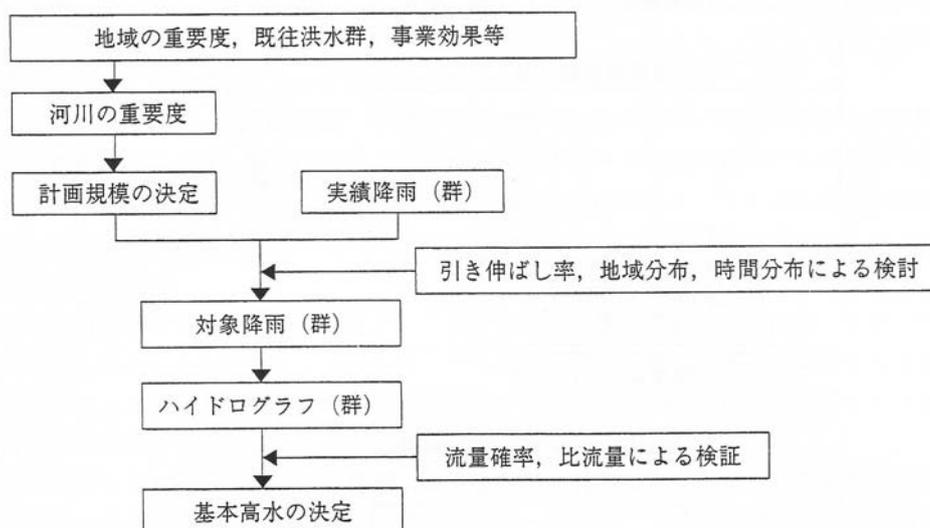
一級水系河川の基本高水は何故か過去の工事实施基本計画の基本高水を踏襲するかそれを上回ることが多いが、合理的なピーク流量が計算できれば、既に決定された基本高水を

将来の目標にして、今本博健氏が主張するように向こう 20 年より 30 年の近い将来においては、できる範囲の河川改修で治水の安全性を高める河川対策を採用することは、現実的な方法であると思うものである。未だ基本高水が決定されていない河川については、現在の河川砂防技術基準における不都合な点を改善し、信頼性のある基本高水の算定法を至急再構築し、その基本高水に基づく河川整備計画を検討すべきである。

## 2. 現状の河川砂防技術基準の問題点

「河川砂防技術基準（案）計画編」は平成 16 年 3 月に改定され、「河川砂防技術基準 計画編」になった。その内容においては改善された点も見られるが、改悪と思われる点もある。

基本高水の決定についての流れ図は「河川砂防技術基準 同解説 計画編」にしたがうと以下の通りになっている。



この流れ図を参考に検討すべき問題点を列挙する。

### (1) 引き伸ばし率、地域分布、時間分布による検討

計画規模の超過確率年に相当する降雨は現実にはほとんど観測されないので、降雨の超過確率年に相当する計画雨量(浅川の例では 130mm/日)まで引き伸ばした対象降雨を選び、その対象降雨について流出計算をしてピーク流量群を求める。その際の引き伸ばし率は 2 倍程度にするように解説がなされている。現実的に 2 倍程度の制約があると、対象降雨の数が限られてきて、「改定新版 河川砂防技術基準（案）同解説 調査編」に記載されている、「試料の大きさ（サンプルサイズ）はできるだけ大きいこと」の記述が生かされない。結果引き伸ばされた対象降雨群は実際発生が予想される降雨群のよきサンプルとはならないことになる。いわゆる標本空間と母集団空間が同じにならない結果になるのである。従来ピーク流量群の最大値を基本高水に決定してもそれほど過大にならない例も発生してき

た経緯があり、それほどの違和感なしに最大値を基本高水に決定してきたものである。しかし試料の大きさが適切になり標本空間と母集団空間が近づくと、最大値を基本高水に決定するとその基本高水は過大となり、超過確率年とかけ離れた治水安全度を与えてしまう。

「河川砂防技術基準（案）計画編」においては、ピーク流量群のどの流量を基本高水に決定するかについて、カバー率なる概念を採用していた。カバー率は近似的には非超過確率と理解できるもので、この概念には統計的な考慮が加えられていた。サンプル数にもよるがカバー率 60%前後が平均値となり、その超過確率は 0.5 になる。「河川砂防技術基準 計画編」が改悪されていると言う理由の一つがこれである。

更に「河川砂防技術基準 計画編」においては、引き伸ばされた対象降雨が時間分布、地域分布から異常と思われた際にはその対象降雨を棄却し、その後流出計算されたピーク流量群の最大値を基本高水に決定するとしているが、これも改悪以外の何者でもない。確かに引き伸ばしをすることで、時間分布が変わり短時間の雨量の超過確率が小さくなることはあるが、その理由から棄却とするのはピーク流量群につき統計的な検討をする際にはなしてはならない処理である。あくまでも発生の確率は極めて小さいが無視してよいと判断しないのが統計的な考察である。時間分布の異常からの棄却基準は短時間の降雨の超過確率であるが、そのような基準を採用するならピーク流量群の最大値の基本高水の超過確率年の議論もする必要がある。

地域分布からの異常からの棄却基準は更に曖昧であり、どの程度の地域分布の偏りがあれば棄却かの明確な基準はない。地域分布に偏りある降雨の超過確率は小さいものの無視はできないと判断する方が正常である。

そもそも時間分布、地域分布の異常からの棄却は、ピーク流量群の最大値を基本高水に決定した際に、その基本高水の過大さを希釈するねらいがあるのではないかと考える。すなわちピーク流量群がある種の確率分布を与えること、そしてそれぞれのピーク流量の発生確率が異なることを過去において否定してきた苦しい立場を放棄できない様子が見取れる。

## (2) ハイドログラフ

計画雨量まで引き伸ばされた対象降雨からのピーク流量群の流出計算には貯留関数法が利用されることが多いが、多くのパラメータのなかでも重要な飽和雨量について、計画雨量に相当する降雨の際の実測流量がほとんど観測されていないので、ピーク流量群の流出計算に利用される飽和雨量の値の信頼性に問題が多い。

浅川の例では飽和雨量は 50mm とされているが、平成 16 年 10 月 23 号台風、平成 18 年 7 月豪雨の際の実測流量から 75mm～100mm に訂正されるべきであるとの結果も得られているが、いったん決定された飽和雨量を訂正することができないことが問題である。

## (3) 流量確率、比流量による検証

決定された基本高水が治水安全度に相当しているか検証をする必要がある。実測の年最大流量の測定が 20 年程度あれば、それから求めた流量確率より検証は容易にすることでき

る。しかし問題は一級水系河川は別として年最大流量の実測値がそれほど収集されていないケースが多いことである。また比流量による検証については、対照の河川の基本高水がピーク流量群の最大値から求めているので、それで検証することには同意ができないのは言うまでもない。

#### (4) 基本高水の決定

既に(1)引き伸ばし率、地域分布、時間分布による検討で述べたところと重複をするが、最大の問題点であるので議論する。

端的に表現すれば、ピーク流量群からの基本高水の決定において統計的な考察を欠いていることである。最近まで、ピーク流量群の発生は同じ確率であるとの間違った理解が一般的であった。すなわちピーク流量群は一様分布している判断されていた。さらに各ピーク流量の発生確率は計画規模の降雨の雨量確率と同じであるとしてきた。結果雨量確率1/100の際のピーク流量群の最大値を基本高水にしてもその治水安全度は1/100であるとの誤解が広まっていた。

一様分布していても超過確率は存在するとの考えがあり、その考えはカバー率の考えにつながるものである。

ピーク流量群は正規分布のごとき確率分布をしているので、超過確率の定義からピーク流量群の最大値を基本高水に決定する方法は、平成9年10月16日に改定されていた「改定新版 河川砂防技術基準(案)同解説 調査編」の確率年の定義を無視していることになる。「改定新版 河川砂防技術基準(案)同解説 調査編」の記述にしたがい確率年を考慮に入れて基本高水を決定していたら、既に治水安全度に見合う過大な基本高水の決定は存在しなかったはずである。

「改定新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説 調査編」に記載されている確率年の算定式は、洪水の場合には、

$$T_u = 1/(m \cdot P(X_u)) = 1/(m \cdot (1 - F(X_u)))$$

ここにおいて、

$T_u$  は水文量の特定の値に対応する確率年、この場合は最大流量が対象である。

$P(X_u)$  は水文量が  $X_u$  に等しいか、それを超える値が生起する確率(これを  $X_u$  の超過確率とよぶ)。

$F(X_u)$  は水文量が  $X_u$  に等しいかそれを超えない値の生起する確率(これを  $X_u$  の非超過確率または累積確率とよぶ)。

$m$  は算定に用いた試料の年間平均生起度数である。

確率年の逆数とその洪水の流量確率になり、決定された基本高水の流量確率が治水安全度になるのは言うまでもない。

### 3. 合理的な基本高水の決定法

以下問題点の列挙に対応して合理的な基本高水の決定法を提案する。

## (1) 引き伸ばし率、地域分布、時間分布による検討

引き伸ばし率にこだわらない、段階的サンプリング法とよぶ方法を提案している。この方法は引き伸ばし率を 2 倍程度に制限せず、徐々に引き伸ばし率を増加させ引き伸ばされた対象降雨から流出計算してピーク流量群を求め、その最小値、最大値、平均値、標準偏差、ひずみ、とがり、変動係数の値の変化を参考にして、順次にサンプリングの数を増やすものである。元来サンプリングはランダムに実行するのが定法であるが、いったん数十年分の年最大雨量を引き伸ばしそれからランダムサンプリングする方法と比較すると、手間が省けるとの目的は合理的と考えられる平均値の最大値を求めると言えるので、段階的なサンプリングが現実的であると思うものである。

この方法にしたがうと平均値が母集団の平均値よりも大きくなる可能性はあるが、決定された基本高水が多少安全側に振れていると許容することにしたらい。

実際に浅川の例で 1976 年から 2005 年までの 30 年間の年間最大雨量を計画雨量まで引き伸ばして得られた段階的なサンプリングによるピーク流量群について正規分布を想定して計算した結果を以下に示す。単位は  $m^3/s$  である。

範囲	最小値	最大値	平均値	標準偏差	ひずみ	とがり	N
1.0~2.0	178.79	362.39	263.09	60.51	0.383	-0.708	9
1.0~3.0	159.98	592.89	299.89	127.51	1.134	0.184	21
1.0~4.0	158.98	592.89	294.92	122.73	1.267	0.589	23
1.0~5.0	118.06	592.89	280.27	119.53	1.307	1.036	28
1.0~5.0 超	118.06	592.89	285.05	118.13	1.185	0.744	30

この結果からは引き伸ばし率 1.0~3.0 までで平均値は飽和に達していると判断できよう。

また武庫川流域委員会で公開されている時間的・地域的な棄却を一切行わない 60 ケのモデル洪水から得られた甲武橋におけるピーク流量群について、正規分布を想定して計算した結果は次の通りであった。

範囲	最小値	最大値	平均値	標準偏差	ひずみ	とがり	N
1.0~1.5	2457	4897	3611.5	970.6	0.440	-1.608	6
1.0~2.0	2315	6755	3567.0	1093.9	1.456	2.740	19
1.0~2.5	1573	6755	3453.9	1199.8	1.085	0.741	35
1.0~3.0	1568	7904	3839.0	1585.3	0.879	-0.105	60

平均値、最小値、最大値が飽和しているかどうか、更に 1.0~3.5 のデータがあればより明らかになると思われるが段階的サンプリングの有用性を示している。

この二つの計算結果から段階的サンプリングを実施することで、引き伸ばし率、地域分布、時間分布による検討に関する問題点が解決できることが明らかになったと思う。

### (2) ハイドログラフ

貯留関数法における飽和雨量については、降雨量、降雨波形、地表の湿潤状態による複雑なパラメータであることを理解の上、なるべく沢山の計画雨量に近い降雨の際の実測流量から正確に降雨量と流出量のグラフを求め、あくまで平均的な飽和雨量であるとの理解で納得できる値を選定すべきである。計画雨量に近い降雨があった際に、実測流量が基本高水に見合う数値にならないことがあったとしても、その数値は起こりうるものとして飽和雨量の計算に織り込まなければならない。降雨波形の関係でそのような実測流量もあり得るとの理解だけで済まされてはならない。

### (3) 流量確率、比流量による検証

過去の年最大雨量からの再現流量から流量確率を求める際には、できれば年最大雨量に加えて第二第三の最大雨量からの再現流量を計算する必要がある。言うまでもなく降雨波形の影響で、第二第三の最大雨量が年最大流量を与える可能性は否定できない。

浅川の 1976 年より 2005 年の 30 年間の年最大雨量から求めた流量確率を、飽和雨量 50mm の場合で示すと次の通りとなる。流量は千曲川合流点のピーク流量である。計算は国土技術研究センターから配布されている水文統計ユーティリティを利用した。主な確率分布の SLSC(99%) 0.04 以下を採用した。単位は m<sup>3</sup>/s である。

確率年	Exp	Gumbel	SQRTET	GEV	Iwai	LN3Q	平均値
2	53	61	55	57	54	53	55.5
3	75	82	74	78	75	73	76.2
5	103	106	99	102	101	100	101.8
10	142	136	134	135	141	141	138.2
20	179	165	171	170	184	188	176.2
30	202	181	195	192	212	218	200.0
50	230	202	226	221	250	259	231.3
80	256	221	256	249	287	300	261.5
100	268	229	271	264	306	320	276.3
150	291	246	299	290	341	360	304.5
200	306	257	320	310	368	390	325.2
400	345	285	372	361	436	468	377.8
SLSC(99%)	0.029	0.031	0.032	0.030	0.034	0.035	

この結果から長野県土木部（現建設部）が浅川の治水安全度 1/100 における基本高水 450m<sup>3</sup>/s の計算で利用した主要 10 洪水より正規分布を想定して求めたピーク流量群の平均

値 320m<sup>3</sup>/s の流量確率が 1/200 であることは検証されたと考える。

「河川砂防技術基準 同解説 計画編」には、再現流量による流量確率による方法は記述されていないが、実測流量が利用できない場合は再現流量が代替できることを明記すべきである。雨量からの流出計算により流量を計算することは、ピーク流量群の計算でも再現流量の計算でも精度的に同等である。

#### (4) 基本高水の決定

計画規模の雨量まで引き伸ばした対象降雨からのピーク流量群からどのピーク流量を基本高水に決定するかはいわゆる選択の問題である。しかしその選択は治水安全度を目安にして決定されなければならない。雨量確率はそのまま治水安全度であるとの間違った説明に納得してはならない。

ピーク流量群の確率分布については、簡便には正規分布または対数正規分布を採用すれば十分であるが、国土技術研究センターから配布されている水文統計ユーティリティを利用するのが便利である。

長野県土木部（現建設部）が公表している浅川の主要 10 洪水のピーク流量群について、水文統計ユーティリティにより解析した結果は次の通りである。確率年の計算は、「改定新版 建設省河川砂防技術基準（案）同解説 調査編」の  $T_u = 1/(m \cdot P(X_u))$  によった。m は雨量確率に同じで 1/100 であり、P(X<sub>u</sub>)は超過確率である。SLSC(99%) は 0.04 以下を採用した。単位は m<sup>3</sup>/s である。

確率年	Gumbel	SQRTET	GEV	Lp3Rs	Logp3	Iwai	Ishi-Taka	LN3Q	L3PM	LN2LM	LN2M	平均値
200	309	308	312	319	313	315	313	314	313	315	315	313.3
300	341	338	344	349	343	345	343	342	343	347	345	343.6
400	361	358	364	367	362	363	362	360	361	366	363	362.5
500	376	373	378	379	376	377	375	373	374	380	377	376.2
600	388	385	389	388	387	387	385	383	385	391	387	386.8
800	406	405	407	402	403	402	401	398	401	408	402	403.2
1000	420	420	420	412	415	414	413	409	412	420	414	415.4
1500	445	447	442	428	437	434	433	428	433	441	433	436.5
2000	462	466	457	439	452	448	447	442	447	456	447	451.2
SLSC(99%)	0.031	0.034	0.030	0.033	0.030	0.031	0.031	0.036	0.031	0.028	0.031	

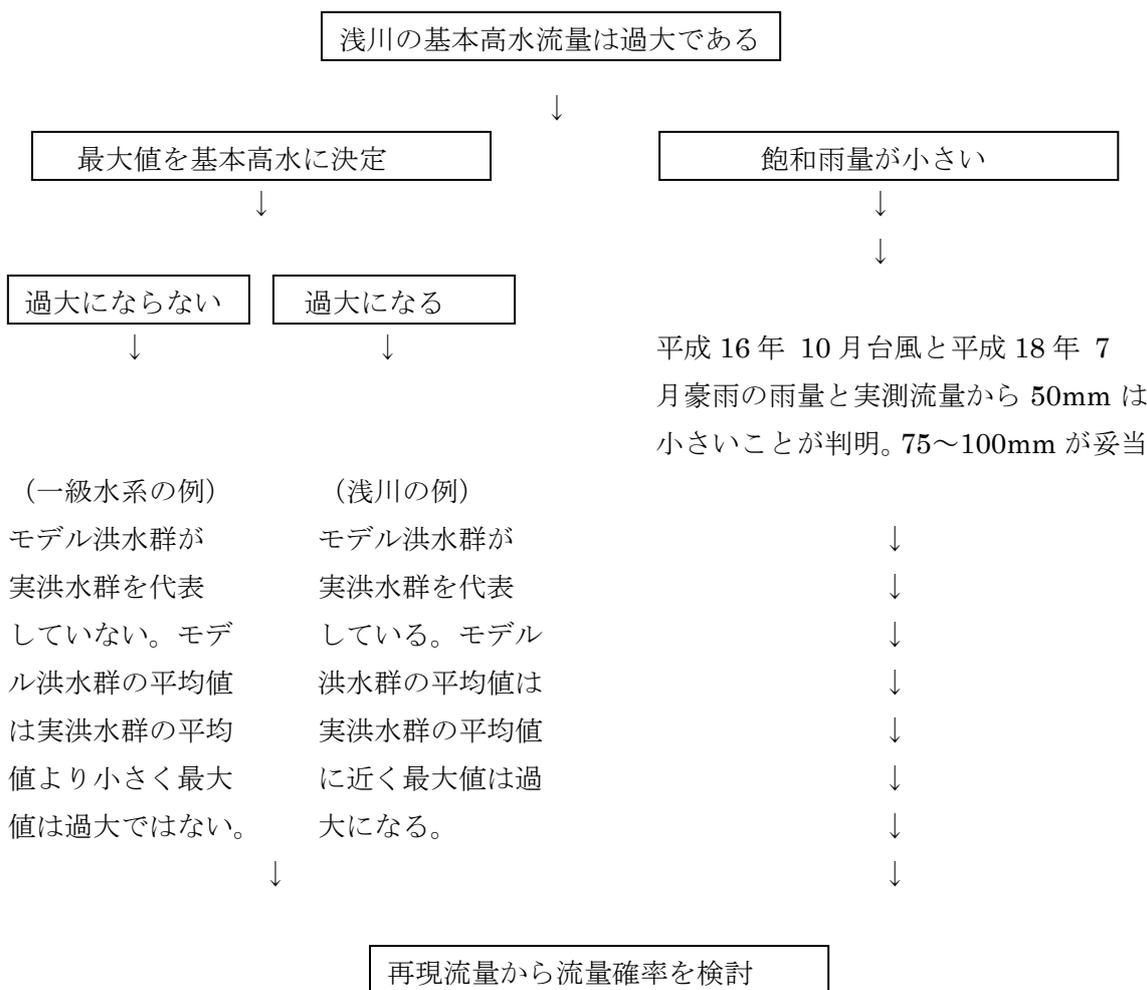
確率年の逆数はすなわち流量確率になる。治水安全度は基本高水の流量確率であるから、ピーク流量が 313.3m<sup>3</sup>/s を基本高水に決定したらその治水安全度は 1/200 になる。浅川の 30 年間の年最大雨量から水文統計ユーティリティを用いて求めた流量確率よりの治水安全度 1/200 におけるピーク流量 325.2m<sup>3</sup>/s との一致は良好である。

また主要 10 洪水からのピーク流量群より計算された基本高水 450m<sup>3</sup>/s の治水安全度は実

は 1/2000 年程度であることが明らかになった。確率分布は右裾に長く尾を引くものであるから、流量の大きな洪水の治水安全度はどのような確率分布を採用するかによって変わるが、いままで 1/1000 以下であると発表してきた結果は大きく矛盾するものではない。

(5) 何故浅川の基本高水は過大であるか

ここでここまでのまとめの意味で、何故浅川の基本高水は過大であるかについて、簡単な流れ図を付しておく。



適切な飽和雨量をパラメータにして年最大雨量から年最大流量を計算しその再現流量から流量確率を求め、流量確率 1/100 のピーク流量を求める。河川砂防技術基準では実測流量による流量確率で検証することになっている。

4. 終わりに

従来の河川砂防技術基準にしたがって雨量から基本高水を決定する方法では、治水安全度に見合う基本高水は過大になりがちである。河川整備基本方針でいったん過大に決定さ

れた基本高水を前提にすると、ダムの建設につながる河川整備計画を立てなければならぬ  
い公算が大である。統計的考察に立った合理的な基本高水を決定すれば、治水安全度を切  
り下げずに基本高水を低く決定できる。各地方の流域委員会で河川整備計画の議論をする  
際に、改めて基本高水の見直しを河川管理者に申し出ることができるような法的な整備、  
河川法の見直しが必要であると思うものである。

以上