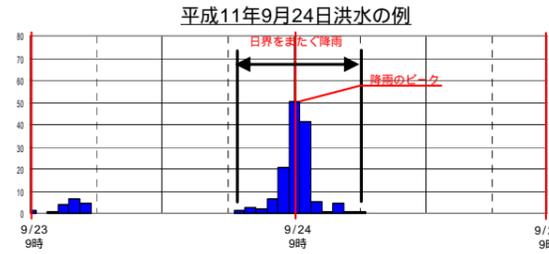


基本高水のピーク流量の検証方法について分かりやすく説明して欲しい
 (1) 雨量データによる確率による検証方法について

小瀬川水系工事实施基本計画の基本高水のピーク流量について、雨量データによる確率から検証
 降雨継続時間 (1 日) については、日界をまたぐ降雨があるため見直し、洪水到達時間や主要な降雨の継続時間などを総合的に検討し9時間と設定
 時間雨量データの存在する昭和30年～平成17年 (51年間) を対象に、水文解析に一般的に用いられる確率分布モデルによる1/100確率9時間雨量の平均値から243mmと設定
 主要な洪水について、9時間雨量を対象に1/100確率雨量243mmまで引き伸ばし、貯留関数法によりピーク流量を算出し、基準地点両国橋において1,500m³/s～5,200m³/sと推定

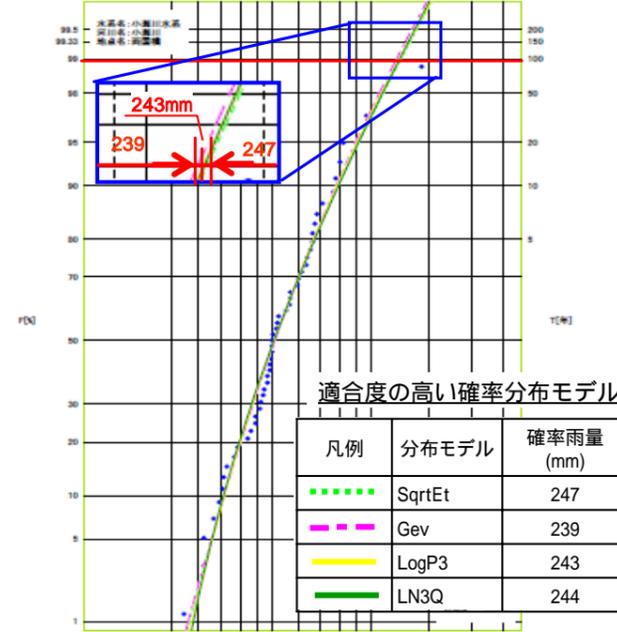
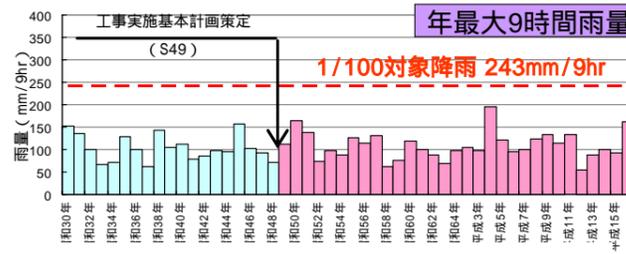
降雨継続時間の見直し

雨量データを解析したところ、降雨のピーク付近の時間帯で日界をまたぎ、日雨量によりその降雨群を適切に評価出来ない場合があったため、降雨継続時間(1日)を見直すことが適切と判断



1/100確率雨量の設定

時間雨量データの存在する昭和30年～平成17年 (51年間) を対象に、水文解析に一般的に用いられる確率分布モデルによる1/100確率9時間雨量の平均値から243mmと設定



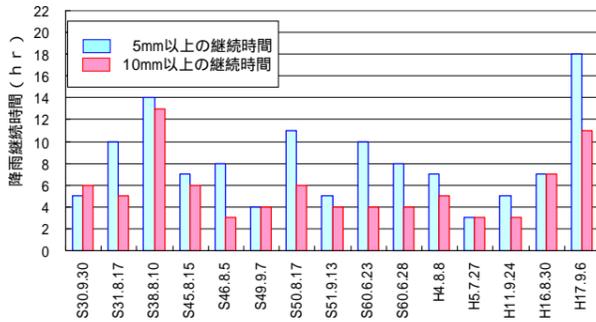
降雨継続時間の検討

時間雨量データの存在する昭和30年～平成17年 (51年間) の主要な洪水 (15洪水) を対象に、洪水到達時間や強度の強い降雨の継続時間等から、総合的に判断して降雨継続時間を9時間と設定

Kinematic Wave法による洪水の到達時間	1.0～20.0時間、平均 7.9時間
角屋式による洪水の到達時間	4.7～7.8時間、平均 6.3時間
強度の強い降雨の継続時間	9時間程度で、5mm以上または10mm以上の強い強度の降雨の継続時間をカバーできる洪水が多い
両国橋ピーク流量とn時間雨量との相関から見て必要な降雨継続時間	6時間を超えると十分な相関関係が確認できる

強度の強い降雨の継続時間の検討

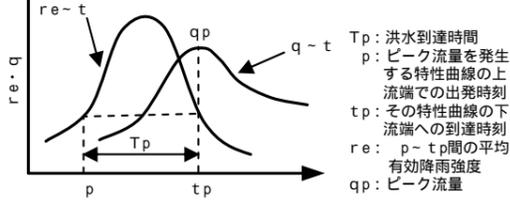
実績雨量からの必要な降雨継続時間は、5mm以上の継続時間で平均8時間、10mm以上の継続時間で平均6時間程度であり、これらの降雨をカバーできる9時間が妥当



Kinematic Wave法及び角屋の式による洪水到達時間の検討

Kinematic Wave法による洪水到達時間は平均8時間と推定
 角屋の式による洪水到達時間は平均6時間と推定

Kinematic Wave法: 矩形斜面上の表面流にKinematic Wave理論を適用して洪水到達時間を導く手法。実績のハイトとハイドロを用いて、ピーク流量発生時刻以前の雨量がピーク流量発生時刻 (t_p) の雨量と同じになる時刻 (p) により T_p = t_p - p と推定する

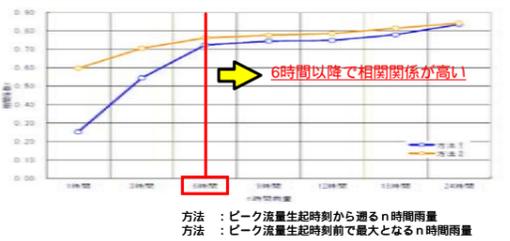


角屋の式: Kinematic Wave理論の洪水到達時間を表す式に、河道長と地形則を考慮した式

$$T_p = C A^{0.22} r e^{-0.35}$$

Tp: 時間 (min)
 A: 流域面積 (km²)
 re: 時間当たり雨量 (mm/hr)
 C: 流域特性を表す係数
 丘陵山林地域: C = 290
 放牧地: C = 190～210
 粗造成宅地: C = 90～120
 市街化地域: C = 60～90

両国橋ピーク流量とn時間雨量との相関

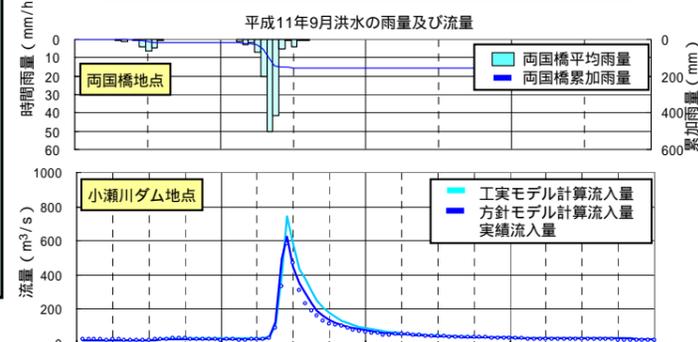


流出計算モデル

降雨から流量を算定する流出計算モデルの作成には、その流域の流出特性が反映されるよう、複数の実績洪水で降雨と流出量の関係を確認したモデルの定数を決定
 工事实施基本計画策定時の流出計算モデルについて、平成11年9月洪水、平成17年9月洪水等の再現性が悪いことを踏まえ、モデル定数を見直し、近年洪水による適合性を確認

【流出計算モデルの設定】
 降雨をハイドログラフに変換するため流出計算モデル (貯留関数法) を作成し、流域の過去の主要洪水における降雨分布特性により、モデル定数 (K, P 等) を同定

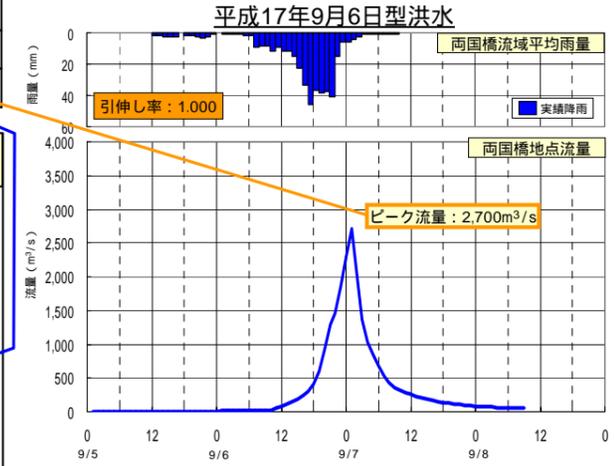
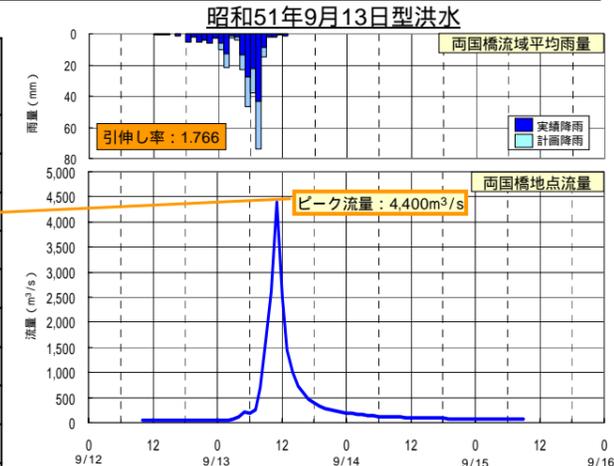
貯留関数法の基礎式
 $dS/dt = r - Q$ $S = k \cdot Q^P$
 Q: 流出量 r: 降雨量 S: 貯留量



引き伸ばし計算

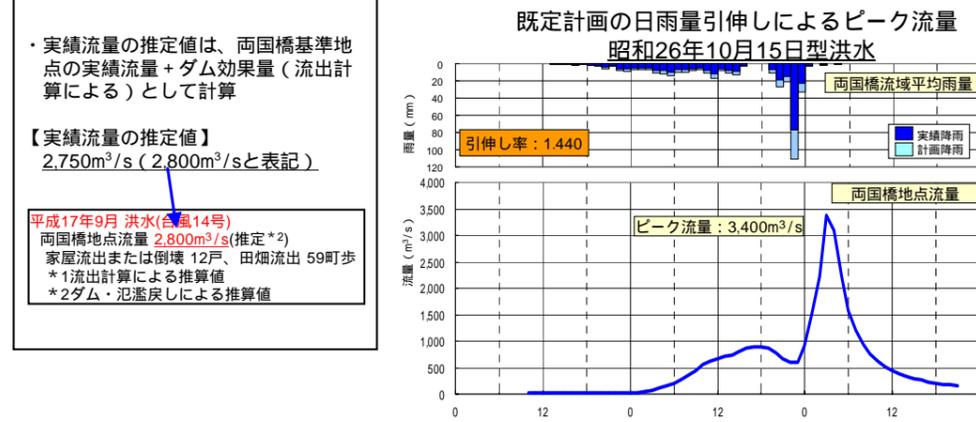
主要洪水を対象に、1/100確率9時間雨量となるような引き伸ばし降雨波形を作成し、見直した流出計算モデルにより流出計算を行い、基準地点両国橋において1,500m³/s～5,200m³/sと推定
 平成17年9月洪水については、9時間雨量(285mm)が1/100確率雨量(243mm)よりも大きいため、引き伸ばし (引き伸ばし率 < 1) は行わず、実績雨量を用いて流出計算

No.	洪水年月日	両国橋流量 (m ³ /s)
1	S45.8.15	2,500
2	S50.8.17	1,500
3	S51.9.13	4,400
4	S55.5.20	1,500
5	S57.8.27	3,100
6	H4.8.8	2,700
7	H8.8.14	2,100
8	H9.6.28	2,300
9	H11.9.21	2,200
10	H11.9.24	5,200
11	H16.8.30	2,200
12	H17.9.6	2,700



前回の小委員会での指摘事項

平成17年9月洪水について引き伸ばし計算流量が実績流量の推定値を下回ることに
 引き伸ばし計算値は、実績降雨が1/100確率降雨を上回るため、実績雨量を用いて計算
 【引き伸ばし計算値】
 2,715m³/s (2,700m³/sと表記)



実績流量の推定値は、両国橋基準地点の実績流量 + ダム効果量 (流出計算による) として計算
 【実績流量の推定値】
 2,750m³/s (2,800m³/sと表記)

平成17年9月洪水(台風14号)
 両国橋地点流量 2,800m³/s(推定*2)
 家屋流出または倒壊 12戸、田畑流出 59町歩
 *1流出計算による推定値
 *2ダム・氾濫戻しによる推定値

基本高水のピーク流量の検証方法について分かりやすく説明して欲しい
(2) 1/100確率規模モデル降雨波形による検証方法について

基本高水のピーク流量の検証方法について分かりやすく説明して欲しい
(3) 流量データによる確率からの検証において、37年間のデータから1/100確率流量を推定する方法について

小瀬川水系工事实施基本計画の基本高水のピーク流量について、1/100確率規模モデル降雨波形による流出計算を行い検証

小瀬川水系工事实施基本計画の基本高水のピーク流量について、流量データによる確率から検証
具体的には、年最大流量標本は、基準地点両国橋の実績流量データがある昭和44年～平成17年(37年間)を対象に小瀬川ダム及び弥栄ダムによる両国橋地点の効果量を加えた値を採用

具体的には、降雨期間内のn時間雨量が1/100確率規模となるような降雨波形を作成し、主要な洪水についてモデル降雨波形となるような引き伸ばし計算を行い、ピーク流量は洪水により1,700m³/s～3,900m³/sと推定

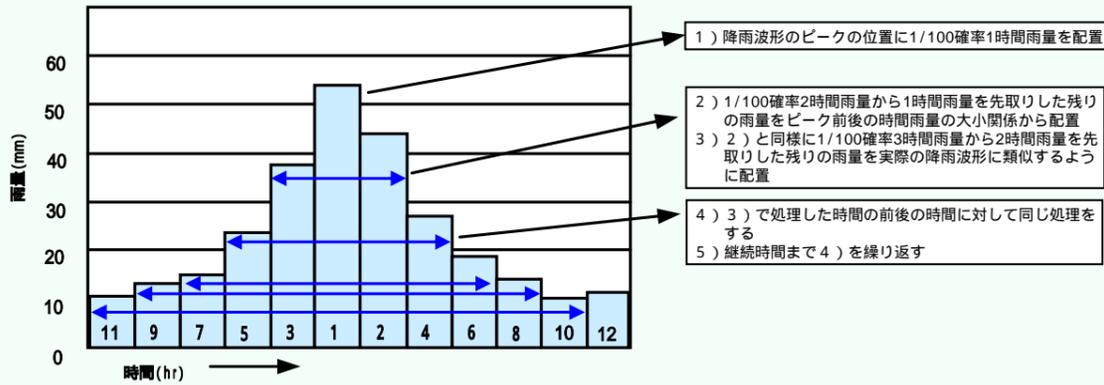
各年最大流量を水文解析に用いられる一般的な確率分布モデルにより検証
第1回委員会資料において標本値の取扱いに誤りがあり、改めて両国橋地点における1/100規模の流量を検証したところ、2,500m³/s～2,900m³/sと推定

1/100確率規模モデル降雨波形による基本高水のピーク流量の検証

- 1/100確率規模モデル降雨波形は、全ての継続時間において1/100となるように設定するとともに、実際の洪水の降雨波形に類似するように設定
- 主要な12洪水について、1/100規模モデル降雨波形による流量を計算した結果、基準地点両国橋における流量は1,700m³/s～3,900m³/s

【モデル降雨の作成方法】

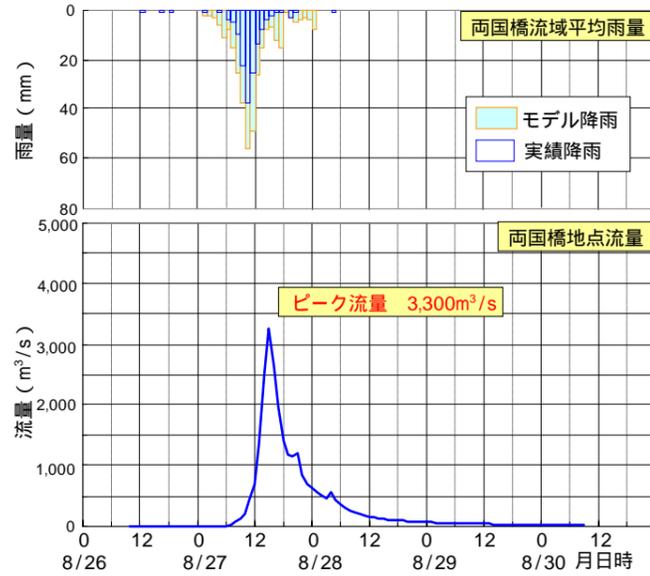
- 1)モデル降雨波形は全ての継続時間において、1/100となるように設定するとともに、実際の洪水の降雨波形に類似するように設定
- 2)具体的には、1/100確率n時間雨量 (n=1,2,3,...,24) を算出し、対象洪水の降雨波形のピークの位置に1/100確率1時間雨量を配置。さらに1/100確率2時間雨量から1時間雨量を先取りした残りの雨量を、ピークの前後の時間雨量の大小関係から配置。同様に1/100確率3時間雨量から2時間雨量を先取りした残りの雨量を実際の降雨波形に類似するように配置



1/100確率規模モデル降雨波形による検証結果

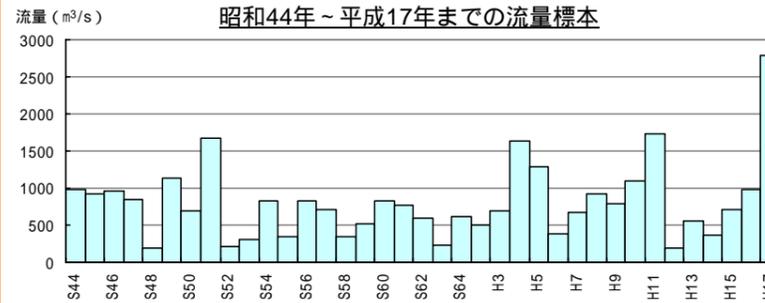
No.	洪水年月日	両国橋流量 (m ³ /s)
1	S45.8.15	3,200
2	S50.8.17	2,200
3	S51.9.13	3,800
4	S55.5.20	1,900
5	S57.8.27	3,300
6	H4.8.8	2,600
7	H8.8.14	1,900
8	H9.6.28	3,100
9	H11.9.21	3,700
10	H11.9.24	3,900
11	H16.8.30	2,300
12	H17.9.6	1,700

昭和57年8月27日型洪水を対象とした1/100モデル降雨波形による流出計算結果



年最大流量標本

- 年最大流量の標本値は、基準地点両国橋において高水流量観測が行われている、昭和44年～平成17年(37年間)の実測流量データを対象に、上流ダム(小瀬川ダム、弥栄ダム(H3～))による両国橋地点の効果量を流出計算モデルにより推定して加えた値を採用



確率分布

- 確率分布については水文学の頻度解析に用いられる13モデルを採用
- プロットングポジションは、全ての確率分布モデルに適用可能とされるカナン公式 ($\alpha=0.4$) を採用
- SLSC(最小二乗評価基準)による適合度評価 ($SLSC \leq 0.040$) を行い、適合度の良い確率分布を採用

(確率分布モデル : 13手法)

指数分布(Exp)、ガンベル分布(Gumbel)、平方根指数型最大値分布(SqrtEt)、一般化極値分布(Gev)、対数ピアソン 型分布(実数空間法)(LP3Rs)、対数ピアソン 型分布(対数空間法)(LogP3)、岩井法(lwai)、石原・高瀬法(ShiTaka)、対数正規分布3母数クォンタイル法(LN3Q)、対数正規分布3母数(Slade) (LN3PM)、対数正規分布2母数(Slade、L積率法)(LN2LM)、対数正規分布2母数(Slade、積率法)(LN2PM)、対数正規分布(Slade、積率法)(LN4PM)

(プロットングポジション)

$$P_i = \frac{i}{N+1-2}$$

P_i : 非超過確率
N : 標本の大きさ
i : i番目の順位標本値
i : 0 ~ 1

(適合度評価)

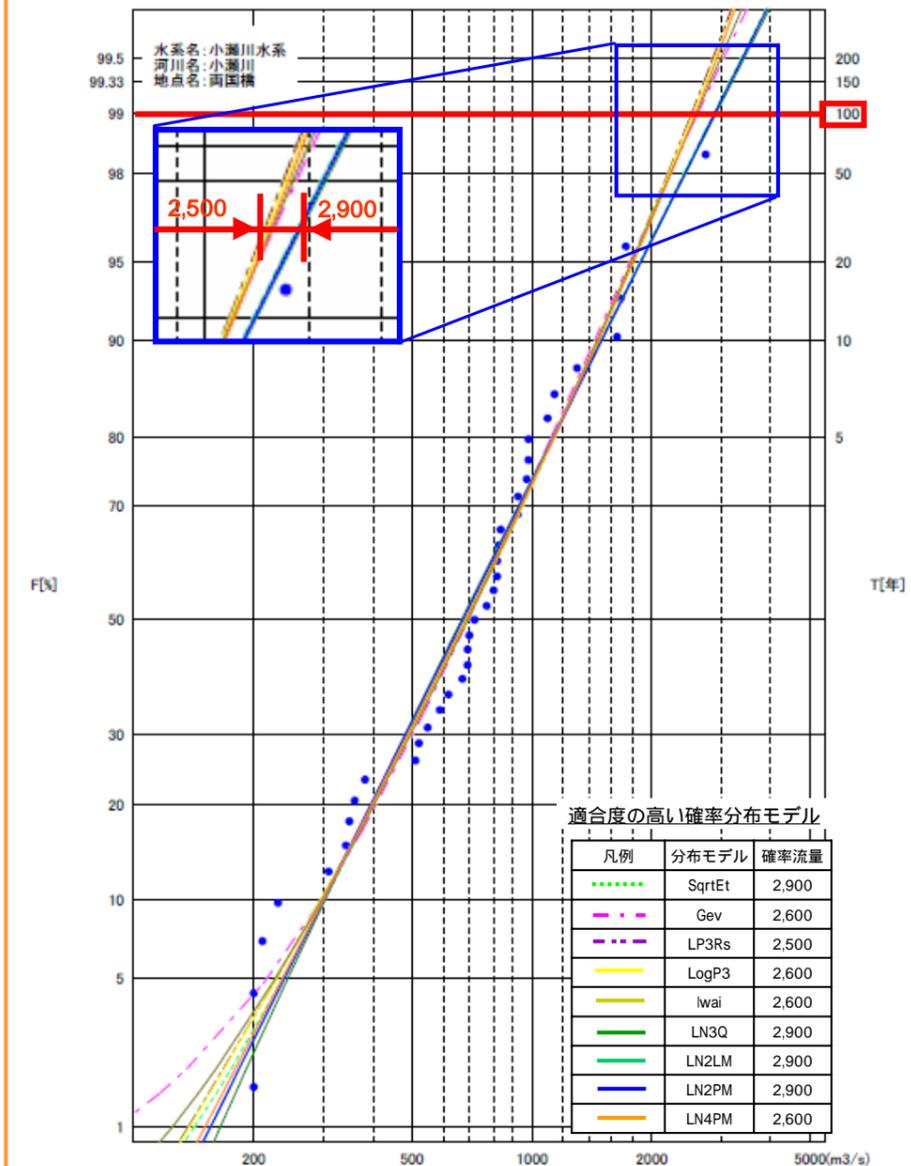
$$SLSC = \frac{\sqrt{2}}{|S_{0.99} - S_{0.01}|} \quad \sigma^2 = \frac{1}{N} (S_i - S_i^*)^2$$

$S_{0.99}$ 、 $S_{0.01}$: それぞれの非超過確率0.99及び0.01に対する標準変量
N : 標本の大きさ
 S_i : 順序統計量を推定母数で変換した標準変量
 S_i^* : プロットングポジションに対応した理論クォンタイルを推定母数によって変換した標準変量

名称	式	
Weibull (ワイブル)	$\frac{i}{N+1}$	0
Blom (ブロム)	$\frac{i-3/8}{N+1/4}$	3 / 8
Cunnane (カナン)	$\frac{i-0.4}{N+0.2}$	2 / 5
Gringorten (グリンゴートン)	$\frac{i-0.44}{N+0.12}$	0.44
Hazen (ハーゼン)	$\frac{i-0.5}{N}$	1 / 2

基本高水のピーク流量の検証

- 適合度が比較的高い確率分布 (9手法) から、得られる1/100相当の流量は手法により2,500～2,900m³/sと推定 (第1回委員会資料では標本値の取扱いに誤りがあり修正)



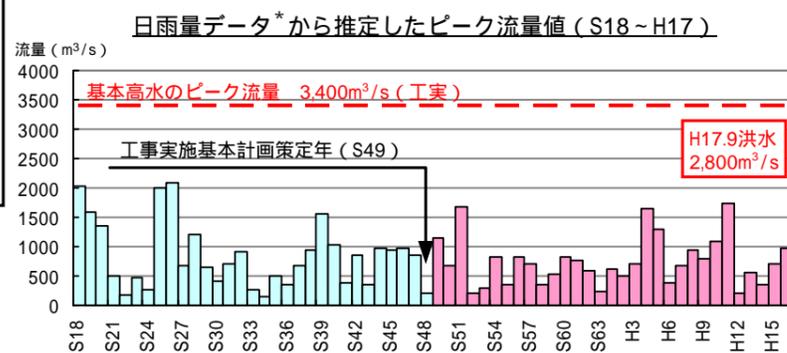
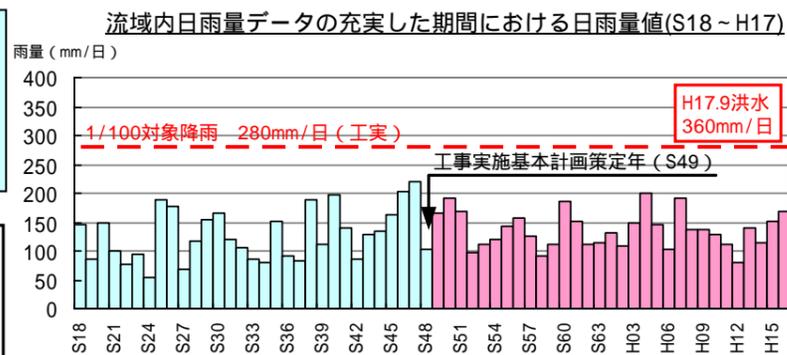
補足説明資料 基本高水のピーク流量の検討 (3) 小瀬川

平成17年9月洪水を考えたとき、計画を変更するような洪水が発生していないとして基本高水のピーク流量を3,400m³/sとすることでのいいのか

ルース台風(S26)等の流量観測開始前の大きな洪水も評価を行うため、流域内の日雨量観測が比較的充実してきた期間(S18~)の日雨量や、その日雨量を用いて推定したピーク流量などとの比較を行ったところ、平成17年9月洪水は最大規模と推定
これらも含めた総合的な検討や、平成17年9月洪水におけるピーク流量は基本高水のピーク流量を超えていないと推定されることなどから、基本高水のピーク流量を3,400m³/sとする。

・流域内の日雨量観測が比較的充実してきた昭和18年以降の日雨量を比較したところ、平成17年9月洪水における日雨量(360mm/日)は最大規模
・日雨量から流出計算により推定した平成17年9月洪水の両国橋地点におけるピーク流量は、最大規模(2,800m³/s)と推定

計算条件
S18~S29は流域内観測所の日雨量データを、近傍の時間雨量が存在する流域外観測所(広島・立岩ダム)の時間雨量を用いて降雨波形を作成し、流出計算を実施
S30~S43は流域内観測所の時間雨量データが充実したことにより、これを用いて降雨波形を作成し、流出計算を実施
S44~H17は両国橋基準地点の流量観測が開始されたことにより、両国橋基準地点の実績流量に、弥栄ダム・小瀬川ダムの効果量を流出計算により求め加え算出



平成17年9月豪雨の被害状況

・弥栄ダム下流域では、上流ダムの洪水調節により、基準地点両国橋において、ダムがなかった場合に比べ約3.2mの水位低減効果を発揮
・これにより弥栄ダム下流では洪水被害は現在のところ皆無



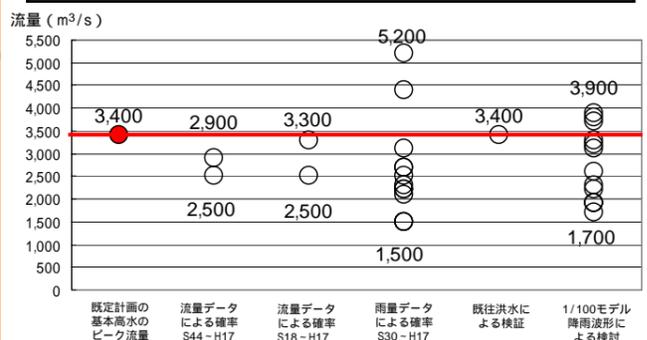
・平成17年9月の台風14号による洪水では、弥栄ダムの中・上流部において、河岸侵食による家屋損壊・道路崩壊等の甚大な被害が発生



洪水名	死者・行方不明者(人)	重軽傷者(人)	家屋流出または全壊(戸)	田畑流出(町歩)
台風14号	0	0	12	59

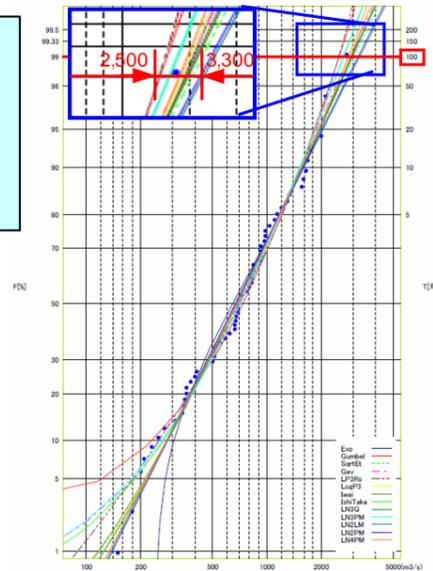
基本高水のピーク流量の設定

・各種手法による検討を総合的に判断して、基本高水のピーク流量を3,400m³/sとする



昭和18年~平成17年の日雨量データによる基本高水のピーク流量の検証

・流域内の日雨量観測所が充実し始めた昭和18年から平成17年(63年間)の日雨量から流出計算により求めた両国橋基準地点の1/100規模の流量は2,500m³/s~3,300m³/sと推定



凡例	分布モデル	確率流量
—	Exp	2,900
—	Gumbel	2,500
—	SqrtEt	3,000
—	Gev	2,800
—	LP3Rs	2,500
—	LogP3	2,900
—	Iwai	2,900
—	IshiTaka	2,700
—	LN3Q	3,000
—	LN3PM	2,600
—	LN2LM	3,300
—	LN2PM	3,200
—	LN4PM	2,800