

資料5

利根川水系の基準点八斗島上流における  
新たな流出計算モデルの構築(案)について

平成23年3月28日

# 新たな流出計算モデルの構築

1. 流域分割
2. 流出成分の分離
3. 流域定数解析洪水
4. K、P、Tlの設定
  - ①K等解析地点より上流の小流域におけるK、P、Tlの設定
  - ②K等解析地点より上流以外の小流域におけるK、P、Tlの設定
5.  $f1$ 、 $Rsa$ の設定
6. 河道定数の設定
7. 流出計算モデルの再現性の検討

※ 現在、新たな流出計算モデルの構築と並行して、雨量及び流量データの点検を進めてきており、本資料(別添資料1～4を含む。)はこれまで(平成23年3月28日時点)の雨量及び流量データの点検結果を用いて作成している。

# 1. 流域分割

■ 流域分割に当たっては、流域面積のバランス、地形(勾配)や降雨の傾向、河道状況を勘案しつつ、次の(1)及び(2)の観点等から39の小流域に分割した。

(1) 観測所が整備され、データが蓄積されてきていることを踏まえ、より多くの地点で流量データと計算値の適合性の検討を行うことにより、精度の高い計算値が得られるよう、既設ダム地点、水位・流量観測所等が下流端となるように分割すること。

○ 既設ダム地点	…	6箇所
○ 水位・流量観測所	…	20箇所
○ 水位観測所	…	3箇所
	計	29箇所

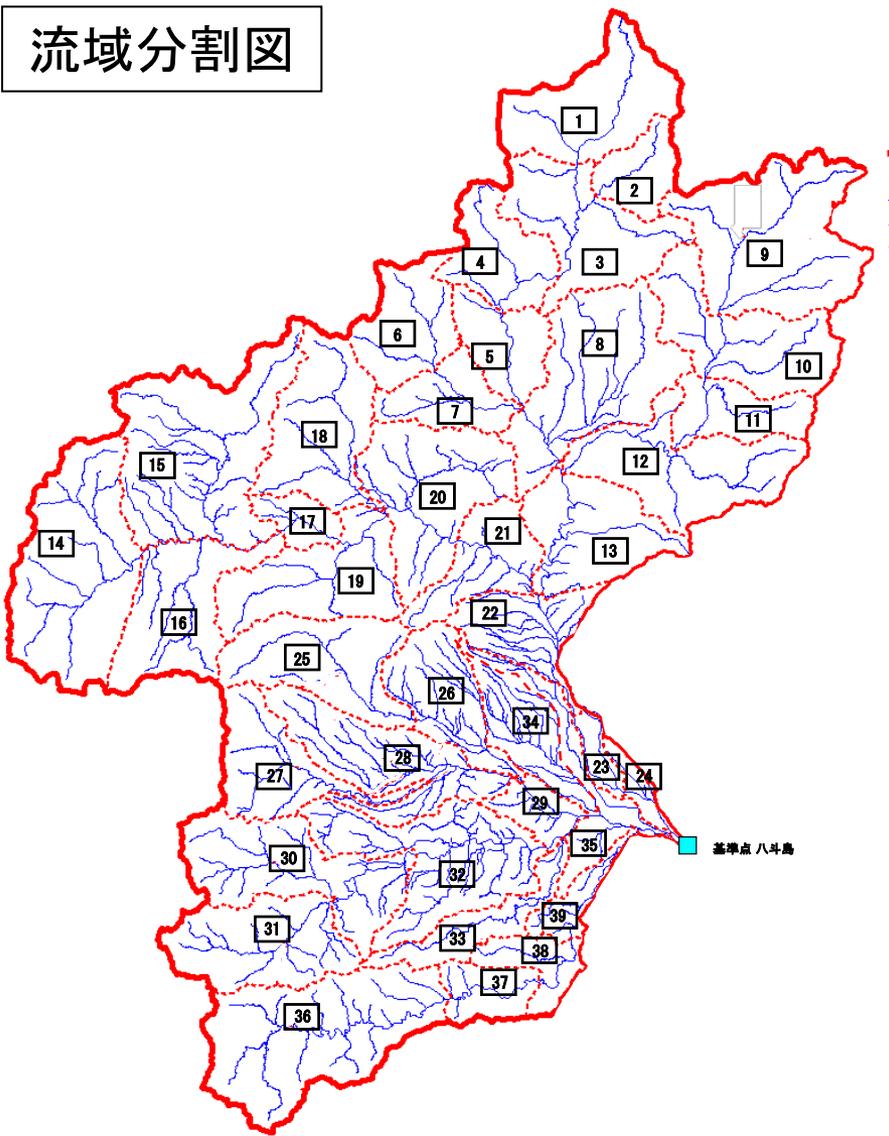
(2) 大きな支川の合流点において、本支川の流量を算出できるよう、合流地点が下流端となるように分割すること。 … 18箇所

その他、ハツ場ダム地点が下流端となるように分割。 … 2箇所

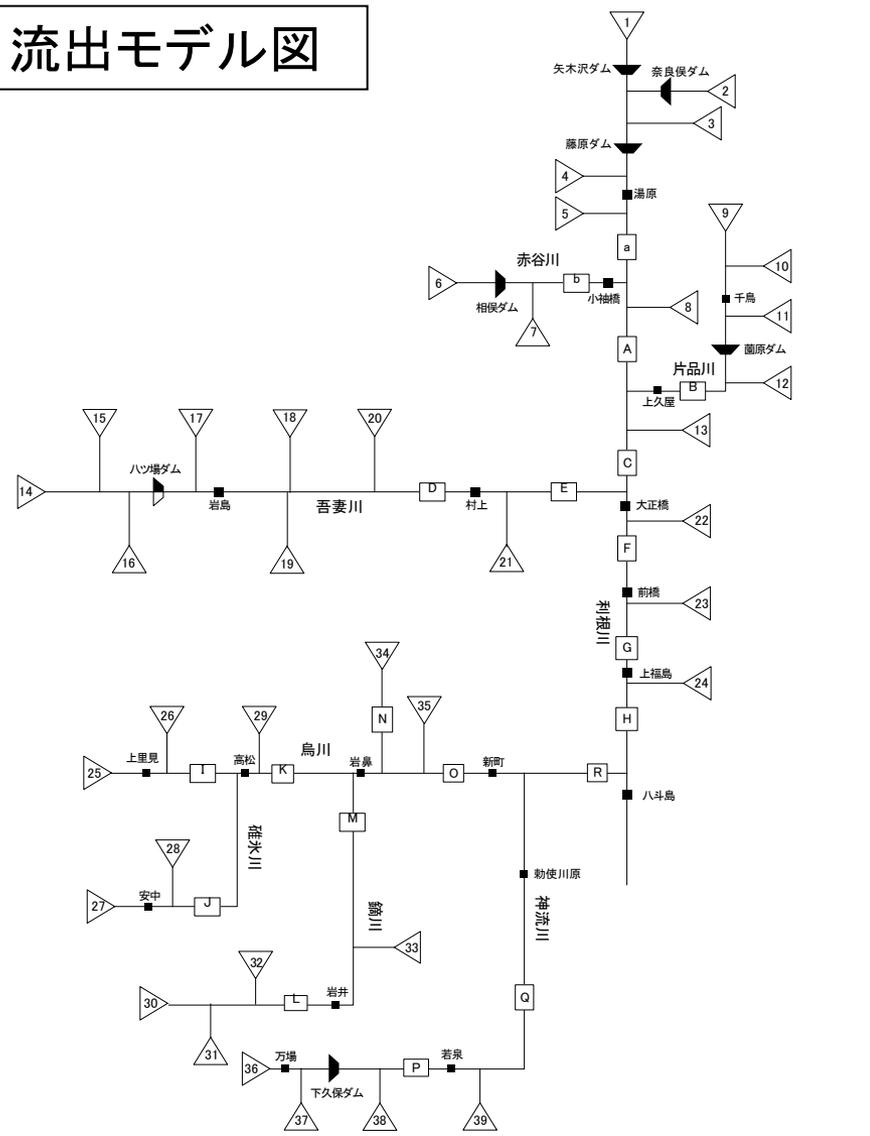
※(1)と(2)の両方の観点で分割している小流域がある。

# 1. 流域分割

流域分割図



流出モデル図



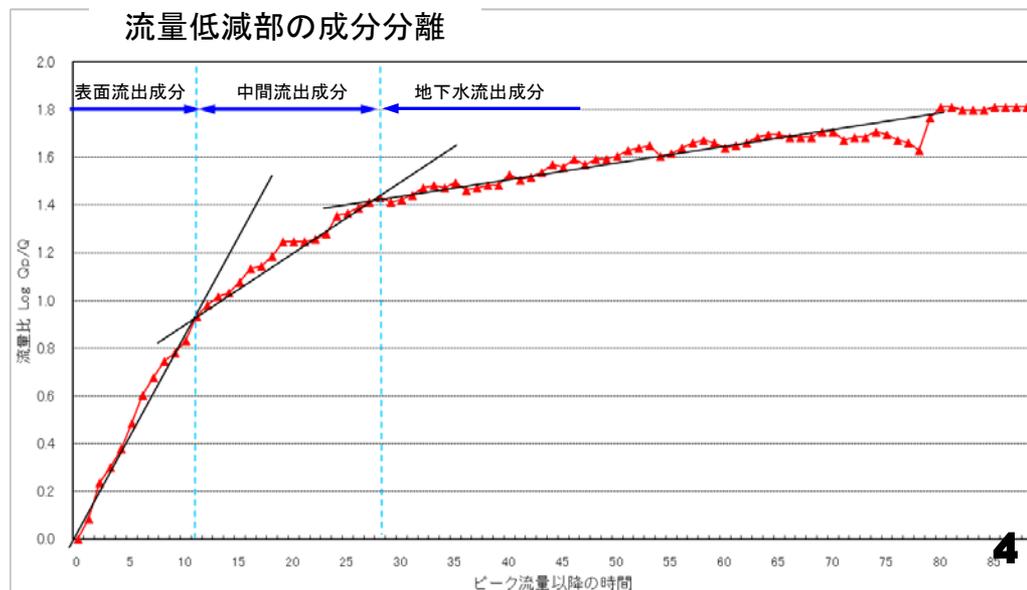
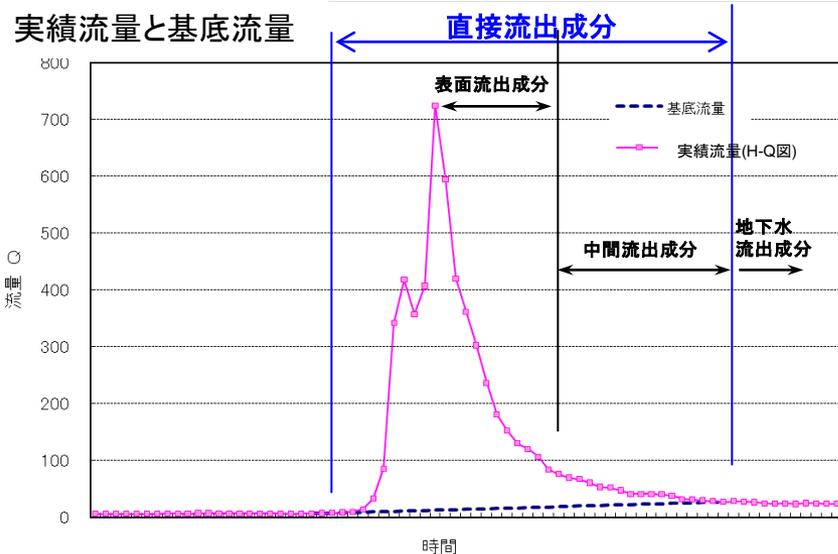
# 2. 流出成分の分離

■ 流域定数の設定を行う上で、H-Q図から読み取った実績流量のハイドログラフをもとに流出成分を分離し、後述の流域定数解析洪水ごとに流域定数の解析地点のハイドログラフについて、ハイドログラフの低減部の指数低減性を利用する方法によって、直接流出成分と間接流出成分の分離を行い、各時刻の直接流出量と基底流量を求めた。

一般的に、ハイドログラフの低減部を片対数紙に描き、2本または3本の直線で近似すると、2本の場合はその折れ点、3本の場合には第2の折れ点が中間流出の終了時点と考えられている。今回は、ピーク以降の流量を3本の直線で分離し、第2折れ点を直接流出の終了地点とした。

なお、洪水ごと、地点ごとの流出成分の分離を「別添資料1」に示す。

## 事例) 安中地点 H10洪水



# 3. 流域定数解析洪水

■ 流域定数の設定に当たっては、近年30年間(昭和53年～平成19年)の流量データの中から、八斗島地点の流量が比較的大きい洪水(以下「流域定数解析洪水」という。)を用いた。具体的には、八斗島地点の年最大流量の平均値に相当する3,500m<sup>3</sup>/sを上回る洪水が15洪水あり、これらを用いた。

流域定数解析洪水一覧表

No.	洪水名	八斗島地点 ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)	No.	洪水名	八斗島地点 ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)	No.	洪水名	八斗島地点 ピーク流量 (m <sup>3</sup> /s)
1	S56.8	7,690	6	S61.9	4,454	11	H13.9	6,785
2	S57.7	7,991	7	H3.8	4,589	12	H14.7	5,972
3	S57.9	8,192	8	H10.9	9,222	13	H16.10	3,728
4	S58.9	4,267	9	H11.8	5,202	14	H18.7	3,929
5	S60.7	4,077	10	H12.9	3,971	15	H19.9	7,755

(出典: 水文水質データベース)

# 4. K、P、TIの設定

## ①K等解析地点より上流の小流域におけるK、P、TIの設定

分割した小流域の下流端となる流量観測所地点及びダム地点のうち、流域定数解析洪水のデータについて、K、P、TIの解析が可能なデータが存在し、かつ、河道の影響を受けない地点(以下「K等解析地点」という。)が8地点あり、これらの地点でK、P、TIの解析を行うこととした。

K等解析地点においては、実績流量を用いて解析を行うことによりK、P、TIを求めることができる。このK等解析地点の上流には13の小流域があり、それらのK、P、TIについては、次の方法により設定した。

# 4. K、P、TIの設定

■ 直接流出高と総雨量により、洪水ごと、地点ごとの貯留高(s)と流出高(q/f)の関係を整理し、解析を行った。

具体的には、TIを少しずつ変えてsとq/fを両対数でプロットしてs-q/f図を作成し、最もループが小さくなるTIを求めた。

求めたTIによって両対数でプロットしたsとq/fを、最小二乗法(累乗近似)により直線近似し、切片と勾配からK、Pを求めた。

$$s = \Sigma r - \frac{\Sigma q}{f}$$

$$q = \frac{3.6}{A} (Q - Q_b)$$

s: 貯留高(mm/h)

q: 1時間の直接流出高(mm/h)

Q: 実績流量(H-Q図)(m<sup>3</sup>/s)

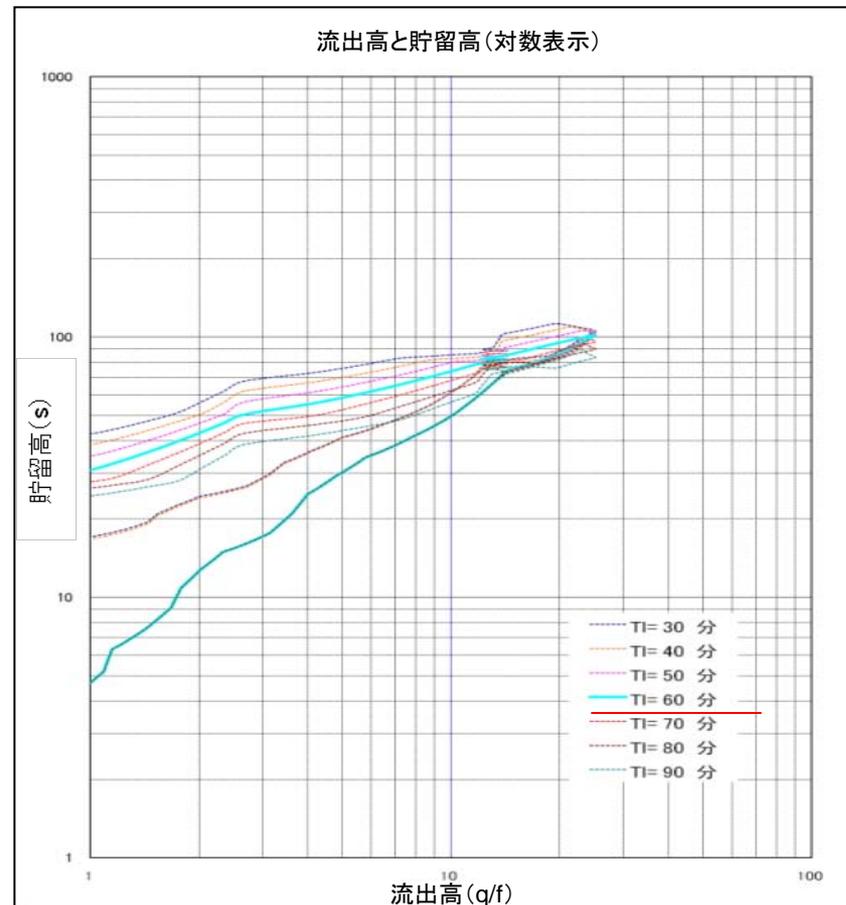
A: 流域面積(km<sup>2</sup>)

r: 時間雨量(mm/h)

f: 直接流出高/総雨量

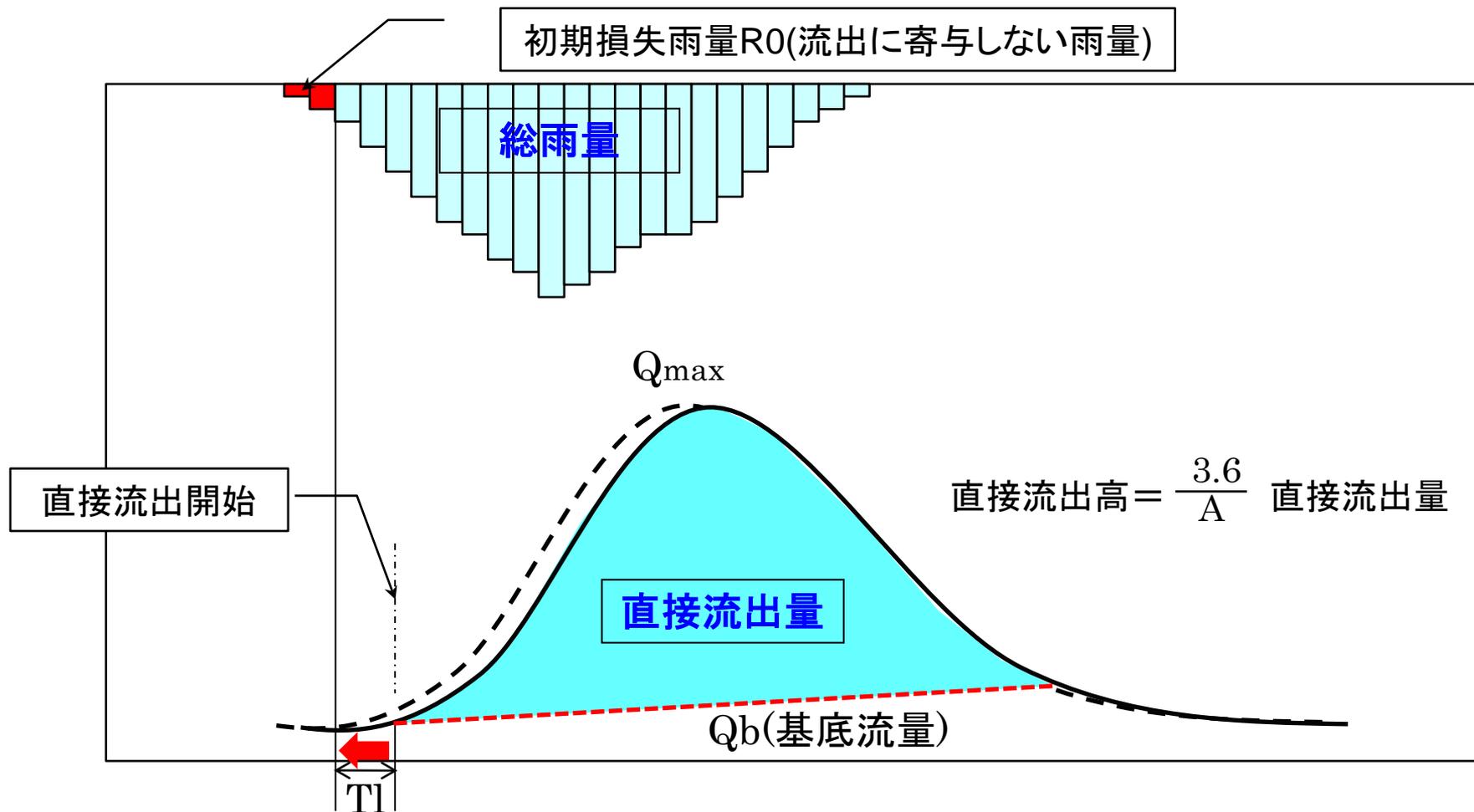
Q<sub>b</sub>: 基底流量(m<sup>3</sup>/s)

## ・事例) 安中地点 H10洪水



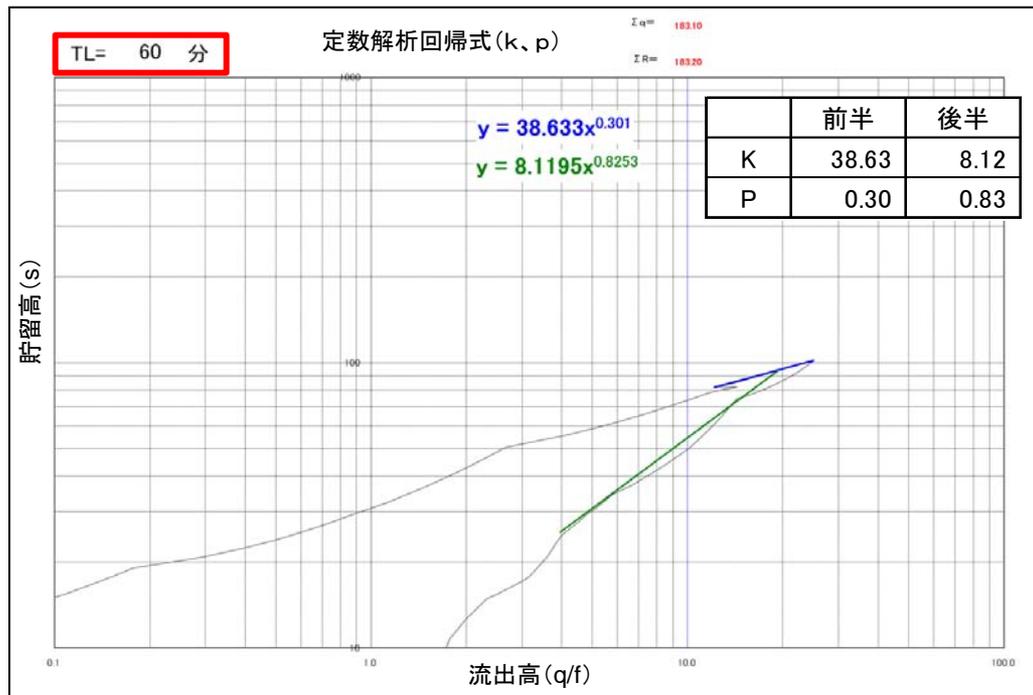
# (参考) 総雨量と直接流出量について

- 総雨量は、初期損失雨量(R0)を除いた降雨の総計としている。  
※初期損失雨量(R0)とは、直接流出量に関係のない降雨であり、降り始めから、直接流出開始(TI時間分の時間遅れを考慮)までの降雨である。
- 直接流出量は、「2. 流出成分の分離」により求められる、基底流量を除いた流出量である。



# 4. K、P、TIの設定

## ・事例) 安中地点 H10洪水



洪水の低減部の途中からは、洪水のピーク付近のs-q/f関係を近似した直線では近似できないため、別の直線で近似し、その切片と勾配から低減部のK、Pを求めた。このK、Pを「洪水末期のK、P」と呼ぶこととし、Kl、Plと表記する。また、先に求めたK、Pを「洪水中期までのK、P」と呼ぶこととし、Ku、Puと表記する。

■ このようにして求めた洪水ごと、地点ごとのK、P、TIから、大きな洪水における流出量の再現性を考慮して、K等解析地点ごとに、K、Pは最大流量となる洪水の値を、TIは規模の大きい洪水の値の平均を、それぞれ用いて、当該K等解析地点より上流の小流域におけるK、P、TIとした。

なお、地点毎の定数解析使用洪水一覧表およびs-q/f図を「別添資料2」に示す。

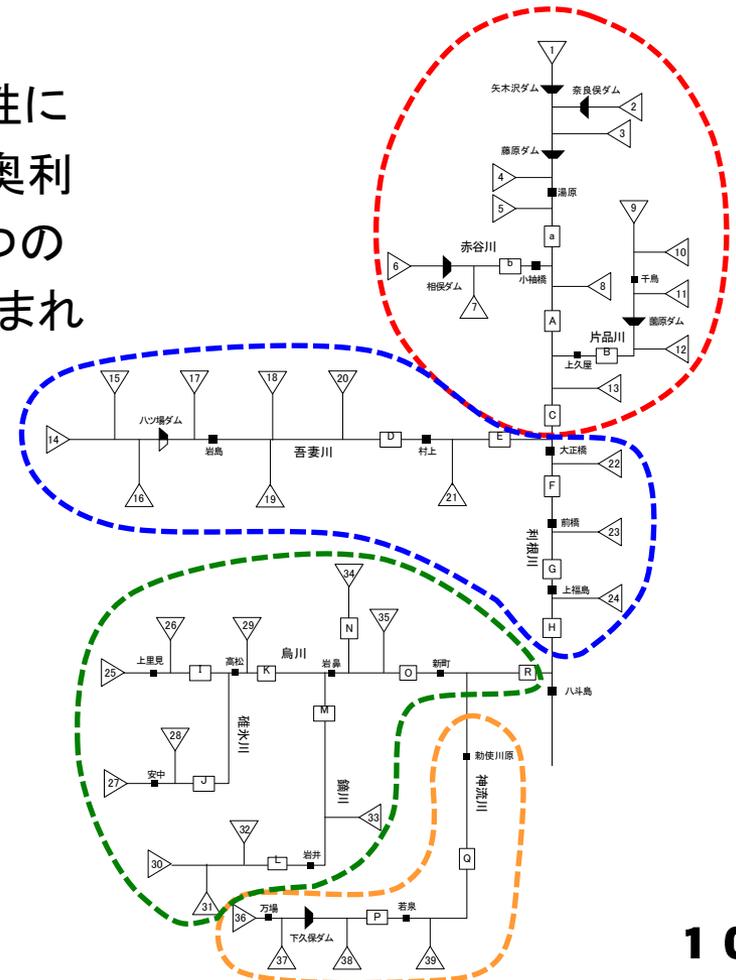
# 4. K、P、TIの設定

## ②K等解析地点より上流以外の小流域におけるK、P、TIの設定

①以外の小流域のK、P、TIについては、K等解析地点に県管理ダム地点3地点を加えた合計11地点で求めた値から設定した(県管理ダム地点では、K等解析地点と同じ方法で地点ごとにK、P、TIを求めている)。

具体的には、これらの値が流域の持つ様々な特性に起因していると考え、八斗島上流の39の小流域を奥利根流域、吾妻川流域、烏川流域、神流川流域の4つの中流域に分け、上記11地点のうち当該中流域に含まれる地点の値を平均し、それぞれの中流域に属する小流域のK、P、TIとした。

-  奥利根流域
-  吾妻川流域
-  烏川流域
-  神流川流域



# 5. f1、Rsaの設定

■ f1、Rsaの設定に当たっては、次に示す地点(以下、「f1等解析地点」とい。)を選定して、解析を行った。

(1) 分割した小流域の下流端となる流量観測所(20観測所)のうち、流域定数解析洪水のデータについて、f1、Rsaの解析が可能なデータが存在する流量観測所  
点 …… 12地点

(2) 分割した小流域の下流端となる既設ダム地点 ……6地点

(3) 流域定数解析洪水のデータについて、f1、Rsaの解析が可能なデータが存在する県管理ダム地点 …… 3地点

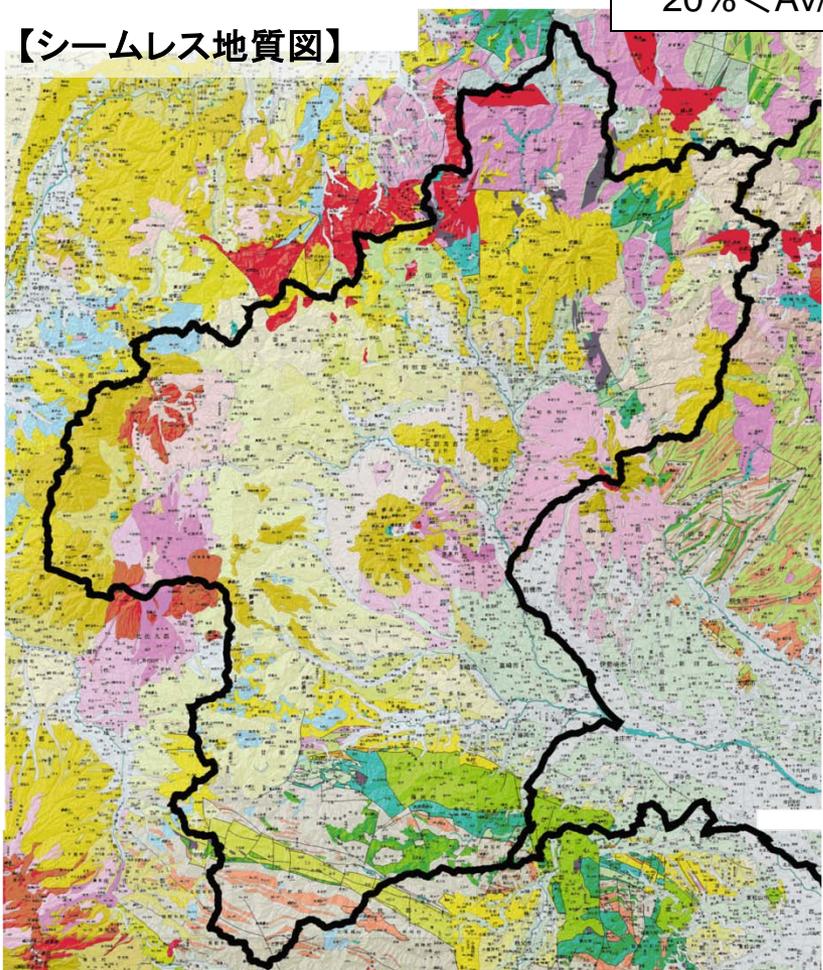
計21地点

# 5. f1、Rsaの設定

■ f1、Rsaの設定にあたって、利根川の各小流域には第四紀火山岩地帯と非第四紀火山岩地帯が混在しており、これらを反映した検討を試みたが、f1、Rsaと占有率(各小流域の流域面積における第四紀火山岩地帯の面積が占める割合)との間に有意な関係が認められなかった。

Av/A=0% : Rsa160 ,      0%<Av/A≤20% : Rsa120  
 20%<Av/A≤40% : Rsa140 ,      40%<Av/A≤100% : Rsa230

【シームレス地質図】



地質時代	岩石区分	火山岩類					
		侵入岩	珷長質		珷鉄質		珷鉄質
			珷長質	珷鉄質	珷長質	珷鉄質	
第四紀	完新世 H	H (164)	H (165)	H (166)		H (167)	
	更新世 Q <sub>3</sub>	Q <sub>3</sub> (186)	Q <sub>3</sub> (80)	Q <sub>3</sub> (95)	Q <sub>3</sub> (99)	Q <sub>3</sub> (115)	
	更新世 Q <sub>2</sub>	Q <sub>2</sub> (187)	Q <sub>2</sub> (84)	Q <sub>2</sub> (96)	Q <sub>2</sub> (100)	Q <sub>2</sub> (116)	
	更新世 Q <sub>1</sub>	Q <sub>1</sub> (188)	Q <sub>1</sub> (85)	Q <sub>1</sub> (97)	Q <sub>1</sub> (101)	Q <sub>1</sub> (117)	
新生代	新第三紀 鮮新世 N <sub>3</sub>	N <sub>3</sub> (180)	N <sub>3</sub> (86)	N <sub>3</sub> (96)	N <sub>3</sub> (102)	N <sub>3</sub> (111)	N <sub>3</sub> (118)
	新第三紀 中新世 N <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> (79)	N <sub>2</sub> (87)	N <sub>2</sub> (179)	N <sub>2</sub> (103)	N <sub>2</sub> (112)	N <sub>2</sub> (119)
	新第三紀 中新世 N <sub>1</sub>	N <sub>1</sub> (175)	N <sub>1</sub> (88)	N <sub>1</sub> (104)		N <sub>1</sub> (120)	
	古第三紀 漸新世 PG <sub>4</sub>	PG <sub>4</sub> (176)	PG <sub>4</sub> (89)	PG <sub>4</sub> (105)		PG <sub>4</sub> (114)	PG <sub>4</sub> (121)
	古第三紀 漸新世 PG <sub>3</sub>	PG <sub>3</sub> (177)	PG <sub>3</sub> (90)	PG <sub>3</sub> (106)			
	古第三紀 始新世 PG <sub>2</sub>	PG <sub>2</sub> (178)	PG <sub>2</sub> (91)	PG <sub>2</sub> (107)			
	古第三紀 始新世 PG <sub>1</sub>	PG <sub>1</sub> (80)	PG <sub>1</sub> (92)	PG <sub>1</sub> (108)			

流域 No	流域面積 A (km <sup>2</sup> )	第四紀火山岩地帯面積 Av (km <sup>2</sup> )	非第四紀火山岩地帯面積 Anv (km <sup>2</sup> )	第四紀占有率 Av/A (%)	流域 No	流域面積 A (km <sup>2</sup> )	第四紀火山岩地帯面積 Av (km <sup>2</sup> )	非第四紀火山岩地帯面積 Anv (km <sup>2</sup> )	第四紀占有率 Av/A (%)
1	165	0	165	0.0%	21	97	80	17	82.6%
2	61	2	59	3.4%	22	93	73	20	78.5%
3	166	46	119	28.0%	23	25	21	3	86.5%
4	103	0	103	0.0%	24	24	13	11	54.7%
5	82	0	82	0.0%	25	155	65	90	42.0%
6	110	0	110	0.0%	26	110	107	3	97.1%
7	79	0	79	0.0%	27	121	15	107	12.0%
8	226	67	159	29.4%	28	165	36	129	21.8%
9	252	57	195	22.4%	29	43	12	31	27.8%
10	162	36	125	22.5%	30	191	0	191	0.0%
11	79	12	67	14.9%	31	159	0	159	0.0%
12	182	100	83	54.7%	32	202	0	202	0.0%
13	144	128	16	88.8%	33	75	0	75	0.0%
14	269	262	7	97.3%	34	95	94	0	99.6%
15	289	131	158	45.2%	35	70	31	39	44.7%
16	153	93	61	60.4%	36	270	0	270	0.0%
17	38	0	38	0.0%	37	53	0	53	0.0%
18	164	0	164	0.0%	38	52	0	52	0.0%
19	157	57	100	36.1%	39	38	0	38	0.0%
20	188	89	100	47.1%	合計	5,108	1,627	3,481	31.8%

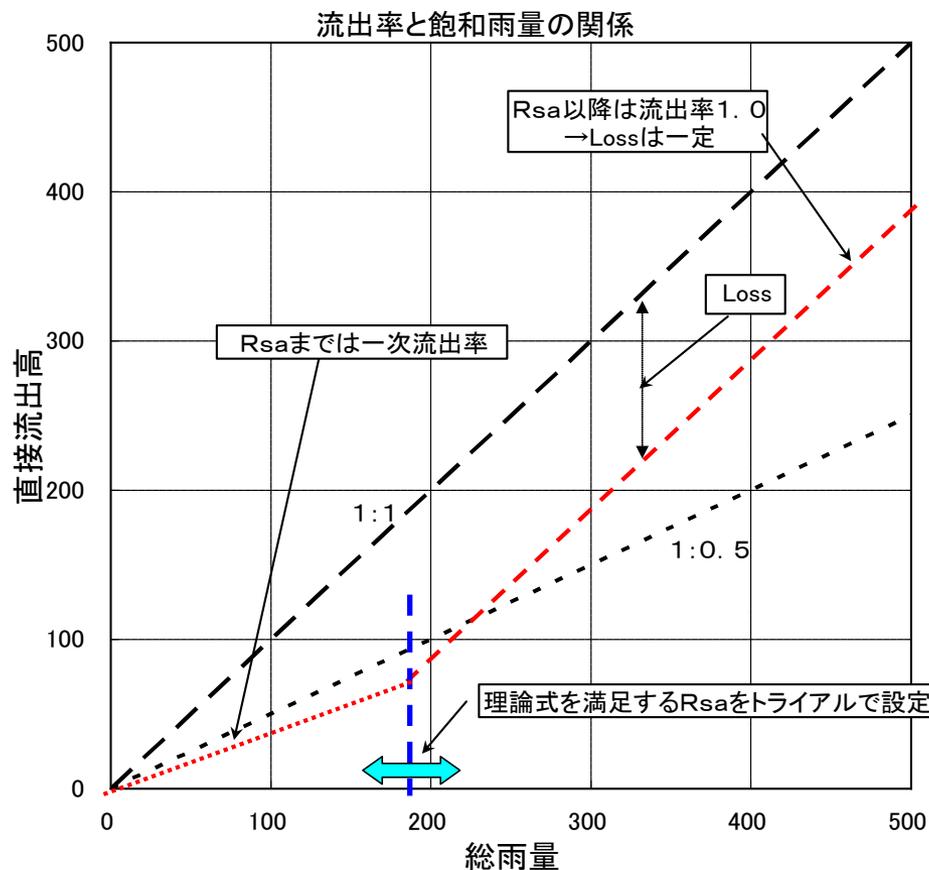
※面積は、小数点以下を四捨五入

# 5. f1、Rsaの設定

■ 第四紀火山岩地帯の分布や流出の特性を考慮して八斗島上流の39の小流域を奥利根流域、吾妻川流域、烏川流域、神流川流域の4つの中流域に分け、中流域ごとに解析することとした。

f1、Rsaは次のように求めた。

具体的には、中流域ごとに、当該中流域に属する全てのf1等解析地点における全ての流域定数解析洪水の直接流出高と総雨量を1つの図にプロットし、あるRsaを仮定して、総雨量がRsaより小さい洪水について、その座標と原点を結ぶ直線の傾きの平均値をf1とし、総雨量がRsaより大きい洪水について、その総雨量と直接流出高の差の平均値をRlossとしたときに、 $R_{loss} = R_{sa}(1 - f1)$ を満足するようRsaを変化させてf1、Rsaを求めた。

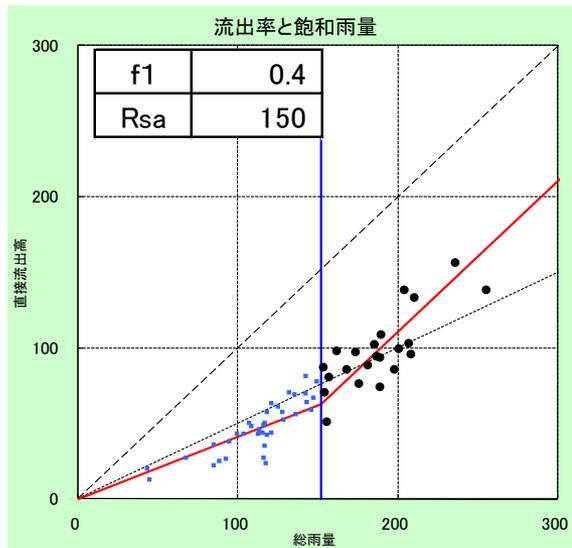


# 5. f1、Rsaの設定

## オリ根流域

(km <sup>2</sup> )	
流域面積	1,811
第四紀火山岩地帯	448
非第四紀火山岩地帯	1,364
第四紀占有率(%)	24.7%

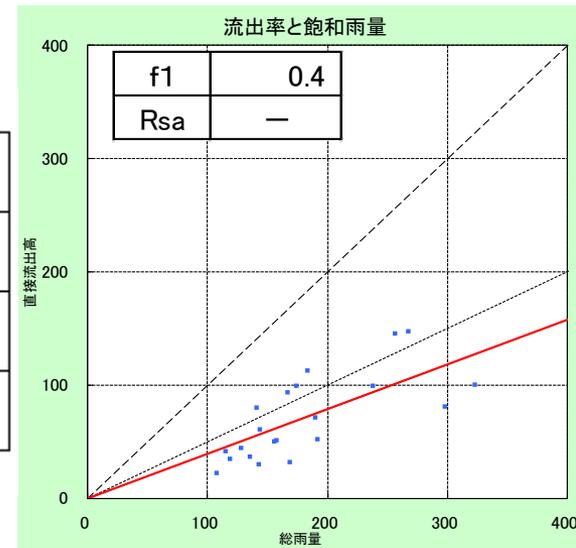
※面積は小数点以下四捨五入



## 吾妻流域

(km <sup>2</sup> )	
流域面積	1,498
第四紀火山岩地帯	818
非第四紀火山岩地帯	680
第四紀占有率(%)	54.6%

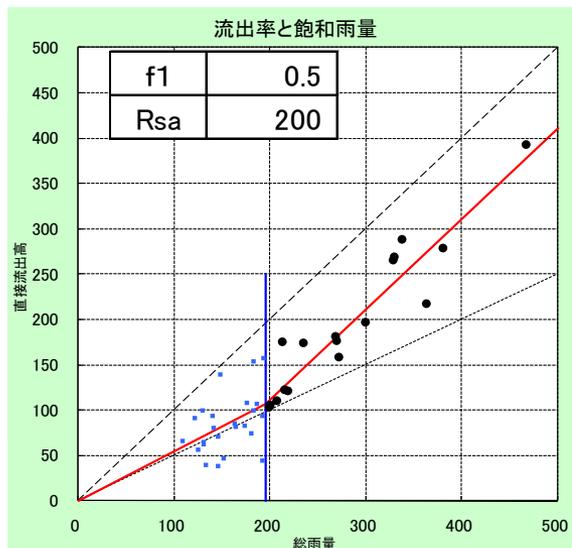
※面積は小数点以下四捨五入



## 烏川流域

(km <sup>2</sup> )	
流域面積	1,386
第四紀火山岩地帯	360
非第四紀火山岩地帯	1,026
第四紀占有率(%)	26.0%

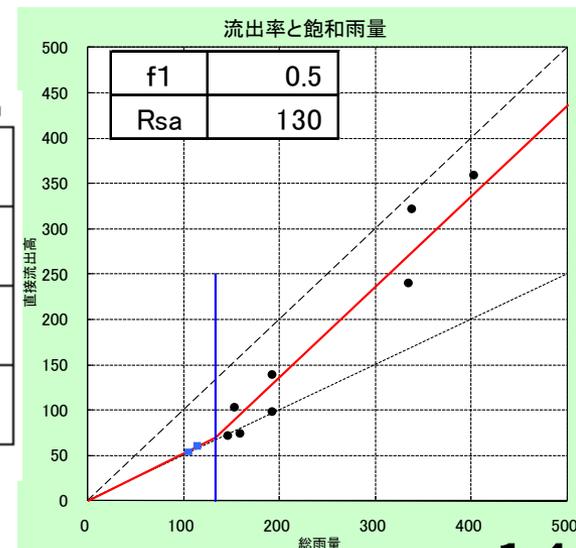
※面積は小数点以下四捨五入



## 神流川流域

(km <sup>2</sup> )	
流域面積	412
第四紀火山岩地帯	0
非第四紀火山岩地帯	412
第四紀占有率(%)	0.0%

※面積は小数点以下四捨五入



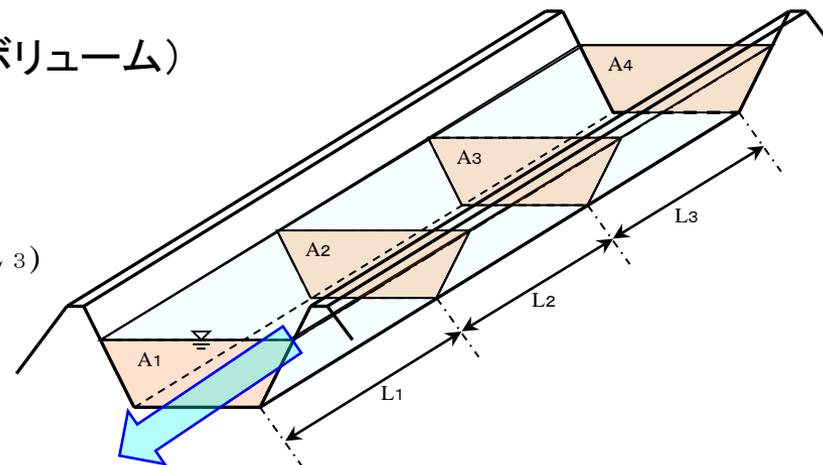
なお、地点ごとの総雨量と直接流出高を「別添資料3」に示す。

# 6. 河道定数の設定

■ 河道定数K、Pの検討に当たっては、平成18年から平成22年までの最新測量断面を用いて、河道ごとに流量規模ごとの河道貯留量(S)を不等流計算により算出し、流量と河道貯留の関係から、流域定数の検討と同様に切片をK、傾きをPとして求めた。

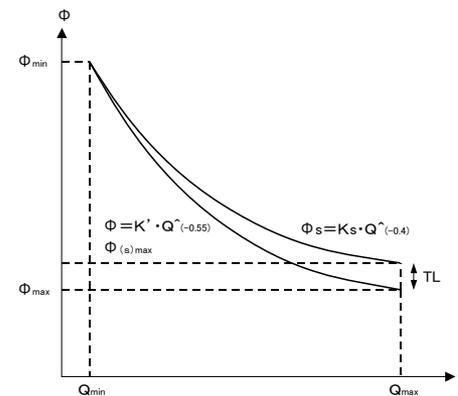
○  $S = V / 3,600$  (V:各流量に対応した河道内のボリューム)の関係であり、Vは以下の方法で算出した。

$$V = \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \times L_1 \right) + \left( \frac{A_2 + A_3}{2} \times L_2 \right) + \left( \frac{A_3 + A_4}{2} \times L_3 \right)$$



■ 河道のTIについては、定流の貯留関数と洪水流の貯留関数の関係から求めた。

○ 定流の貯留関数と洪水流の貯留関数の関係から遅滞時間TIを求めた。



# 7. 流出計算モデルの再現性の検討

## ①再現性検討洪水

流出計算モデルの再現性の検討に当たっては、近年30年間(昭和53年～平成19年)の流量データを対象として、八斗島地点の流量が大きい洪水を用いることとした。具体的には、八斗島地点の流量が5,000m<sup>3</sup>/sを上回る洪水が8洪水あり、これらを用いた。

## ②再現性検討地点

流出計算モデルの再現性の検討は、小流域の下流端となる流量観測所地点14地点と、小流域の下流端となるダム地点6地点の合計20地点で行った。

## ③流出計算

上記8洪水について20地点の流出計算結果、実績流量等を用いて、洪水ごとに流出計算モデルの再現性を確認した。

なお、これらの洪水は、洪水ごとに実績の $R_{loss}$ を用いることとしたが、実績の $R_{loss}$ が求められない中流域については、「5.」で求めた中流域ごとの値を、その中流域に属する小流域の $R_{sa}$ とした。

8洪水の計算条件および計算結果を「別添資料4」に示す。