

氾濫に伴う河道域の拡大がハイドログラフに及ぼす影響の検討 —河道 K（烏川・碓氷川合流点～烏川・鎭川合流点）の事例—

1. 概説

第 8 回分科会資料 3, 資料 5, 資料 11 によれば, 昭和 22 年 9 月洪水における八斗島地点のピーク流量は, $21,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度と見積もられているが, その一方, 流量観測の結果から八斗島地点の実際のピーク流量は $17,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度と推定されている. 両者の差は, 八斗島地点の上流で生じた氾濫によるものとされているが, その詳細は明らかになっていない.

第 1 回分科会資料 6「現行の流出計算モデルの問題点の整理（中間報告）」に示された流出計算の説明によれば, 昭和 33 年 9 月洪水, 昭和 34 年 8 月洪水, 昭和 57 年 9 月洪水, 平成 10 年 9 月洪水の計算について「河道条件は, 実際の堤防等の整備の状況とし, それを考慮して計算を行う」との記載がある一方, 昭和 22 年 9 月洪水の計算については「河道条件は, 将来的に堤防等の整備が進んだ状況を想定し, それを用いて計算を行う」との記載があり, 複数の河道区間において, 現況堤防高を嵩上げた計画堤防高が設定されている.

特に, 現行モデルの河道 La（烏川・碓氷川合流点～烏川・鎭川合流点の区間）については, 現況堤防高 82.1m に対して, 計画堤防高が 87.1m となっており, かなり大きな嵩上げとなっている. こうした扱いについては, 昭和 22 年 9 月洪水に対して通水能が不足している河道区間において, とにかく上流からの流量を通過させる河道断面を計算上想定しているものと解釈される. このような扱いは, 新モデルでの河道計算についても同様であろう.

そこで, ここでは, 新モデルの河道 K（烏川・碓氷川合流点～烏川・鎭川合流点の区間）を事例として, 現況堤防高のまま昭和 22 年 9 月洪水を流下させ, 本来の河道域に加えて, 河道域に隣接した氾濫域が河道の一部としてふるまうと仮定した流出計算を実施して, 氾濫に伴う河道域の拡大と河道貯留量の増大がハイドログラフに及ぼす影響を試算した. ただし, 以下に示す解析結果は, これまでの貯留関数法を用いてごく大掴みに計算したものであって, 現地における氾濫現象をきちんとモデル化したものではないことに十分注意されたい.

2. 検討方法

(1) 河道諸元の設定

烏川・碓氷川合流点～烏川・鎭川合流点の区間は, 現行モデルでは河道 La, 新モデルでは河道 K に相当する. 現時点では, 同区間の長さや勾配を把握していないが, 地図上で大雑把に見積もると, この区間の長さはおよそ 8.4km であった. 河道勾配はとりあえず 1/500 を仮定する.

第 1 回分科会資料 6 には「La 河道 横断図」が掲載されているので, これを同区間の代表断面と仮定する. 右岸の現況堤防高は 82.1m であるが, 簡単に扱うためこれを 82m とし, 河床の細かい起伏は無視して, 図-1 に示す単純な断面を想定した. なお, 「利根川水系烏川・神流川・鎭川・碓氷川浸水想定区域図」（年超過確率 1/100 の降雨を想定して国土交通省が作成）によれば, 当該区間では, 烏川右岸に沿って幅 500m 程度の浸水域が切れ目なく連なっており, 浸水深さはほとんどの区間で 1.0m 以上, 半分以上の区間で 2.0m 以上である. そこで, 右岸側に幅 500m の平坦な氾濫域を設定した.

(2) 流量－貯留量関係図に基づく河道パラメータの設定

ここでは, 河道の貯留関数に基づいて, 河道流の計算を行うことから, まず流量－貯留量関係図を作成して, 河道パラメータを設定した. 流量－貯留量関係図の作成に際しては, いくつかの水深を仮定し

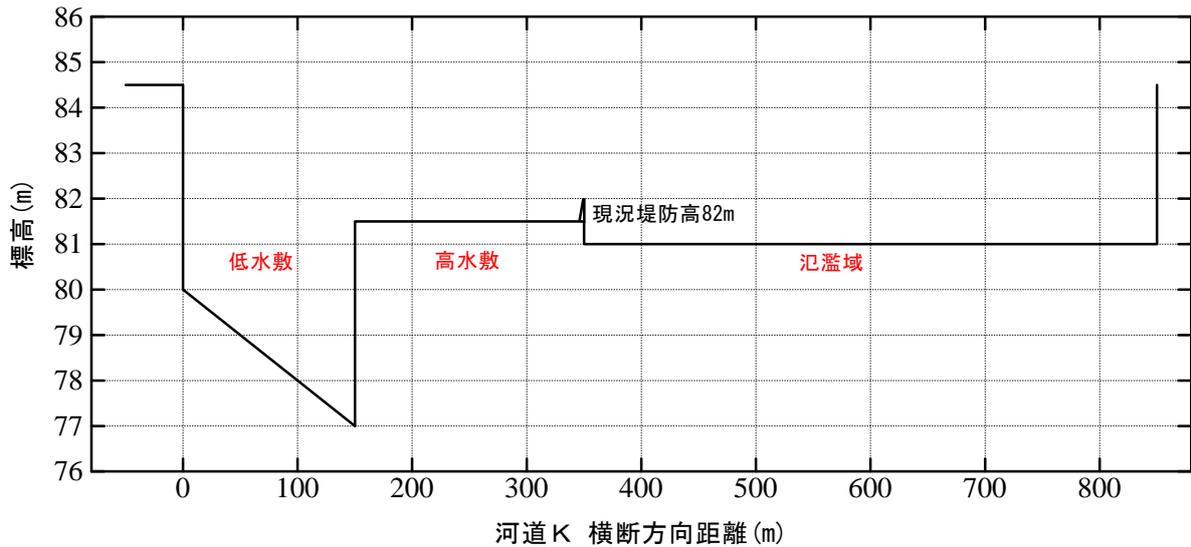


図-1 河道断面の設定 (河道 K)

て、河道貯留量を求めるとともに、Manning 式で流量を計算する。粗度係数は、低水敷が 0.035、高水敷が 0.045、氾濫域が 0.070 と仮定した。

新モデルにおける河道の貯留関数は、次式である。

$$S_l = KQ_l^P - T_l Q_l \quad (1)$$

ここに、 S_l : みかけの貯留量 (m^3)、 Q_l : 遅れ時間 T_l を考慮した流出量 (m^3/s)、 K, P : 河道パラメータ、 T_l : 河道の遅れ時間 (s)。ただし、 T_l を秒単位ではなく時間単位とするときは、貯留量 S_l とパラメータ K は、それぞれ 3600 で除したものになる。

上式を適用する場合、流量-貯留量関係図の横軸に流量 Q_l を、縦軸に $S_l + T_l Q_l$ をプロットする。このため、遅れ時間 T_l については、新モデルのパラメータとして決定されている値 (河道 K では 0.281h) をそのまま用いることとして、流量-貯留量関係図からパラメータ K, P を設定する。

図-2 に増水期における水位と流水断面の関係を、図-3 に減水期における水位と流水断面の関係を示す。増水期においては、水位が現況堤防高 (82m) に達するまでは、河道域 (低水敷、高水敷) だけが河道となるが、その後、氾濫域が河道の一部となり、氾濫域の水位が現況堤防高に達した後は、河道域と氾濫域が一体となって河道を形成するものとした。一方、減水期においては、水位が現況堤防高に達した後、低水敷と氾濫域が河道となり、次いで低水敷のみが河道となるものとした。

このような条件設定の下、0.5m ないし 1m 刻みで水位を仮定し、増水期と減水期のそれぞれについて流量-貯留量関係図を作成した。図-4 に増水期の関係図を、図-5 に減水期の関係図を示す。水位が低く低水敷しか流れないときと、水位が高く河道域と氾濫域が一体となって河道を形成するときの流量-貯留量関係は、増水期と減水期で同じとなるが、二つの状態の移行期については、増水期と減水期で流量-貯留量関係が異なっている。そこで、増水期と減水期のそれぞれについて、三つの直線から成る折線で流量-貯留量関係を近似することにした。

図-4 及び図-5 から求めた貯留関数 (流量-貯留量関係式) は、以下の通りである。なお、先に述べた通り $T_l = 0.281$ (h) で、 S_l の単位は $(m^3/s) \cdot h$ 、 Q_l の単位は (m^3/s) である。

①増水期の貯留関数

$$S_l = 7Q_l^{0.750} - T_l Q_l \quad Q_l < 1541$$

$$S_l = 1.306 \times 10^{-6} Q_l^{2.861} - T_l Q_l \quad 1541 \leq Q_l < 1961$$

$$S_l = 7Q_l^{0.811} - T_l Q_l \quad Q_l \geq 1961$$

②減水期の貯留関数

$$S_l = 7Q_l^{0.750} - T_l Q_l \quad Q_l < 869$$

$$S_l = 1.175 \times 10^{-1} Q_l^{1.354} - T_l Q_l \quad 869 \leq Q_l < 1858$$

$$S_l = 7Q_l^{0.811} - T_l Q_l \quad Q_l \geq 1858$$

このように、流量に応じて河道流の貯留関数を変化させることで、氾濫に伴う河道域の拡大と河道貯留量の増大を表現することにした。

(3) 流出計算

流出計算には、流出解析レビューワーキンググループが独自に開発した「サブ流域解析用プログラム」（第7回分科会資料9）と「河道解析用プログラム」（第8回分科会資料4及び資料5）を使用する。流域平均雨量の扱い、有効降雨の扱い、基底流量の扱いは、これまでと同じであり、違いは河道Kに上述の貯留関数が導入されている点のみである。なお、河道域の拡大がない場合については、第8回分科会資料5における計算結果をそのまま用いる。

3. 検討結果

昭和22年9月洪水を対象として、八斗島地点上流域の流出計算を実施した。39サブ流域の流域平均雨量は、平成23年5月27日に国土交通省から提示されたもの（日雨量を利用したもの）、基底流量には、平成11年8月洪水における基底流量を流用した。

図-6に河道K下流端のハイドログラフを示す。氾濫に伴う河道域の拡大がない場合とそれがある場合のハイドログラフを示しているが、河道域拡大に伴って、ピーク流量が小さくなるとともに、ハイドログラフの立ち上がりとピーク流量の発生時刻が遅くなっていることが分かる。また、図-7に岩鼻地点のハイドログラフを示す。岩鼻地点は、河道Kの流れと河道M（鵜川）の流れが合流した直後の点である。同地点においても、河道域の拡大に伴ってピーク流量が減少している。

表-1に各地点の計算ピーク流量を示す。河道K下流端では、河道域の拡大に伴ってピーク流量が356(m³/s)減少しているが、岩鼻地点では、ピーク流量の減少が840(m³/s)と大きくなっている点が興味深い。図-6に河道M下流端のハイドログラフも併記しているが、河道域の拡大がある場合は、河道K下流端のハイドログラフがかなり遅れており、河道Kと河道Mが合流した後の岩鼻地点では、ピーク流量の減少がより大きくなったものと解釈できる。結果的に、八斗島地点でのピーク流量の減少も、河道K下流端における減少より大きくなっている。

表-1 各地点の計算ピーク流量

河道の扱い	河道K下流端 (m ³ /s)	岩鼻地点 (m ³ /s)	八斗島地点 (m ³ /s)
河道域の拡大なし	3549	7442	21092
河道域の拡大あり	3193	6602	20494
ピーク流量の変化	-356	-840	-598

以上の検討結果を考えれば、八斗島地点の実際のピーク流量が 17,000 (m³/s) となった原因の一つとして、本稿で想定した氾濫に伴う河道域の拡大と河道貯留量の増大が挙げられよう。

なお、参考までに、岩鼻地点の計算ハイドログラフ（図-7）には、流量観測値（浮子による、第 8 回分科会資料 11）も併記している。本稿の計算は、河道の長さ、勾配、河道断面を正しく与えておらず、あくまで氾濫に伴う河道域の拡大がハイドログラフに与える影響を見るための感度分析を実施したに過ぎないが、河道域の拡大を想定した場合の計算ハイドログラフは、流量観測値に概ね合致している。ただし、烏川の上流や鏑川においても氾濫が生じていた可能性があり、それらを考慮した計算を行えば、岩鼻地点の計算ピーク流量は、流量観測値よりも小さくなるかもしれない。

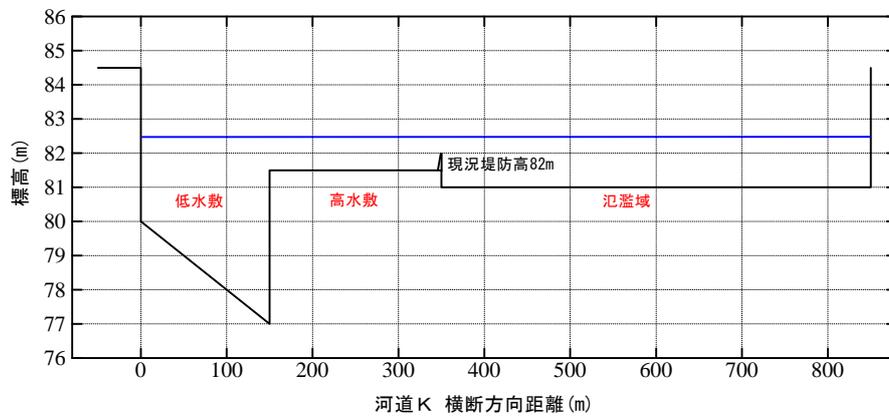
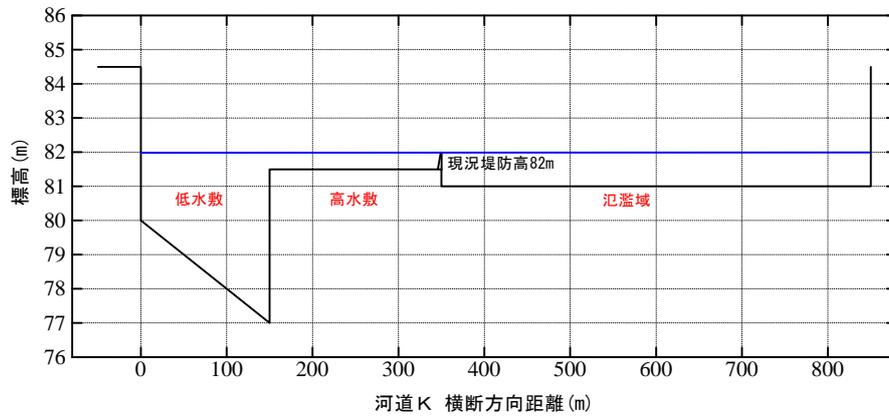
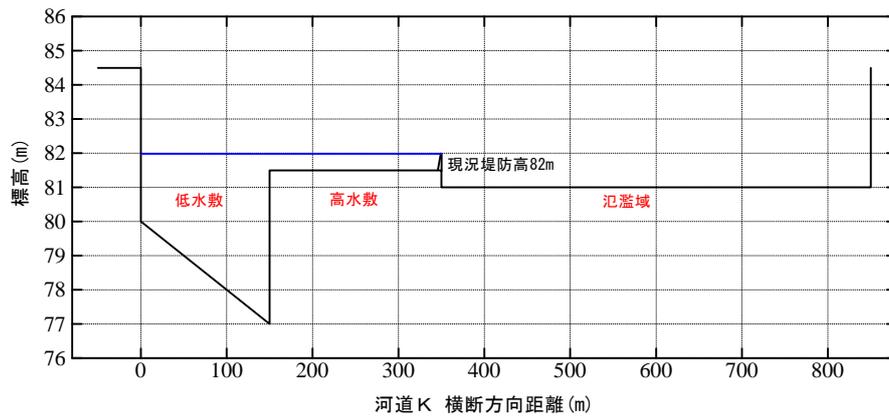
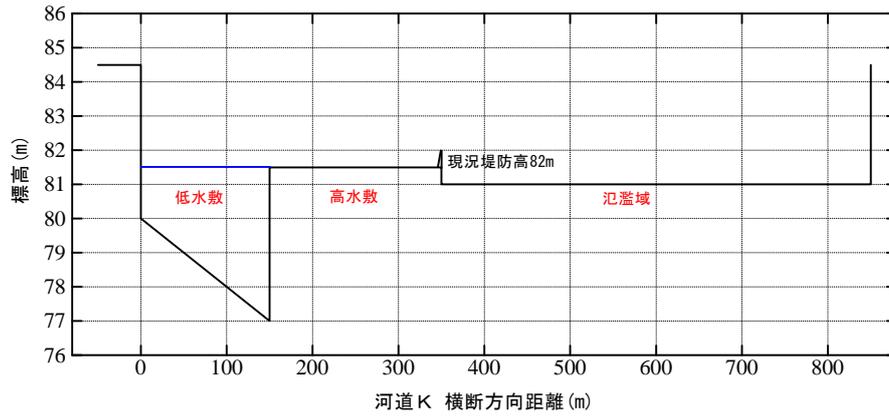


図-2 増水期における水位と流水断面の関係 (増水期 I ~IV)

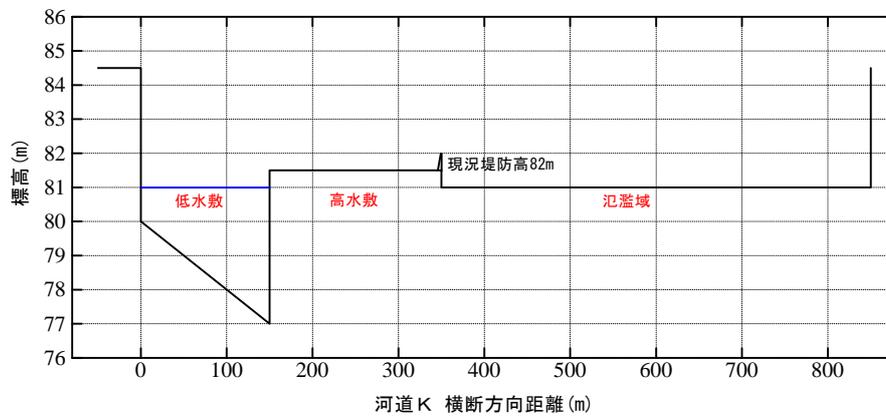
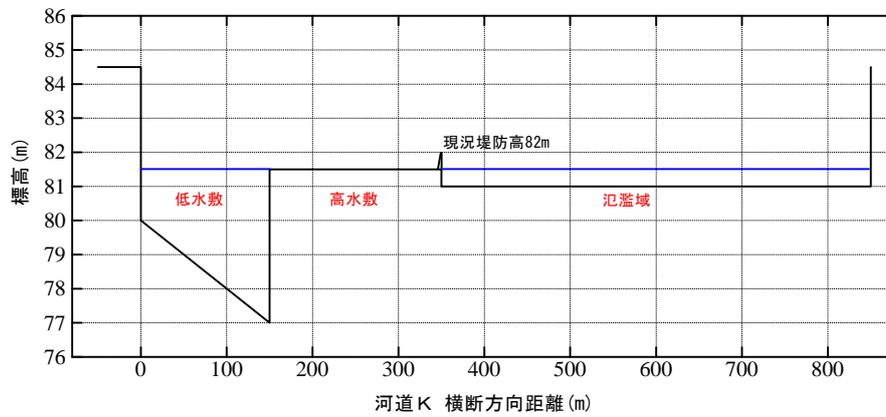
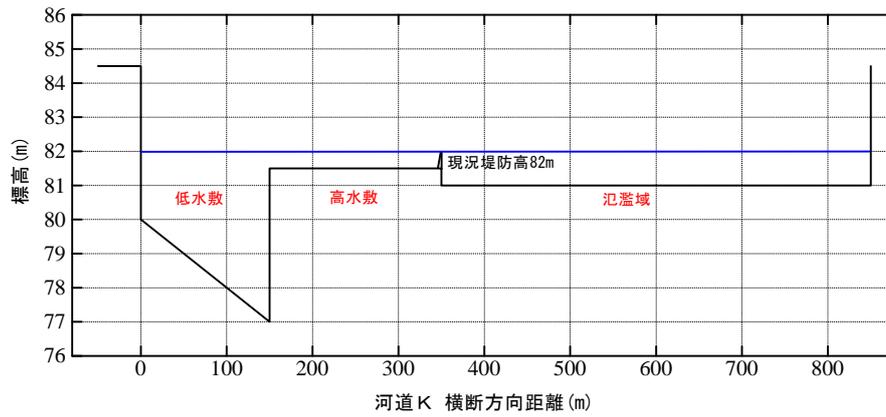
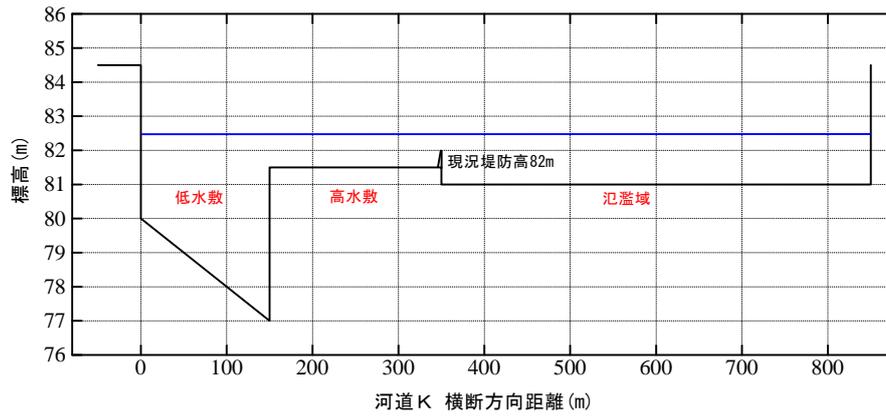


図-3 減水期における水位と流水断面の関係 (減水期 I ~IV)

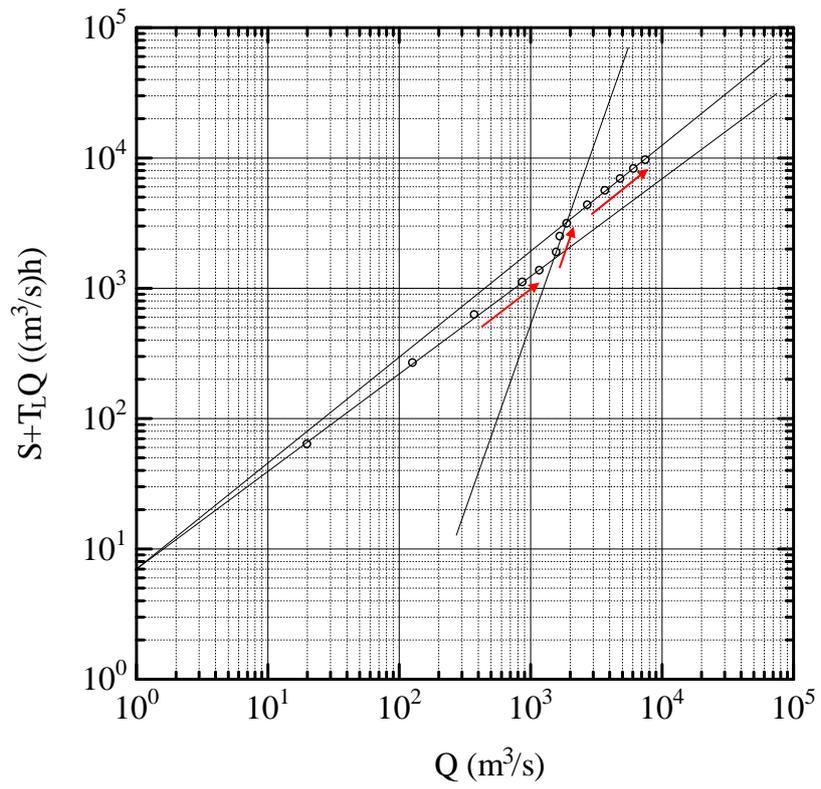


図-4 増水期における流量-貯留量関係

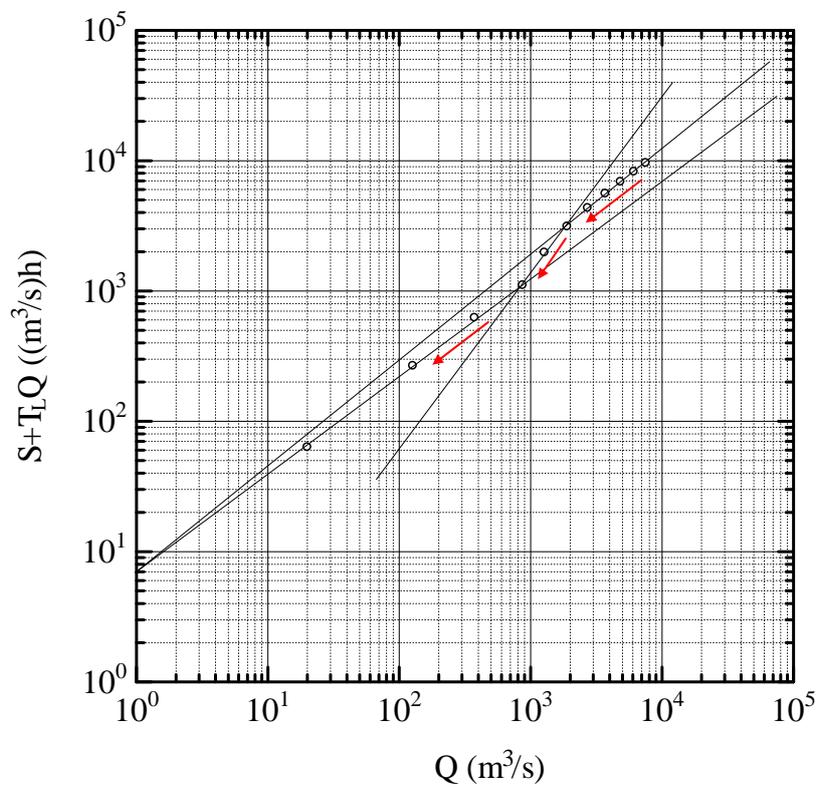
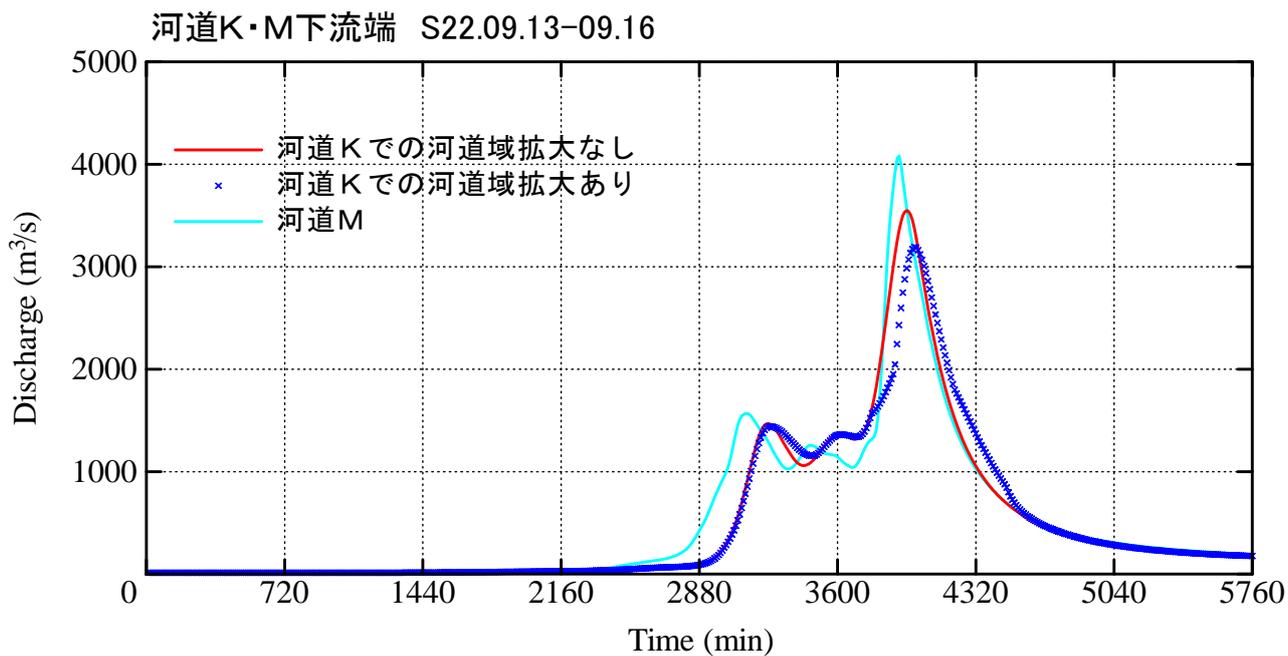
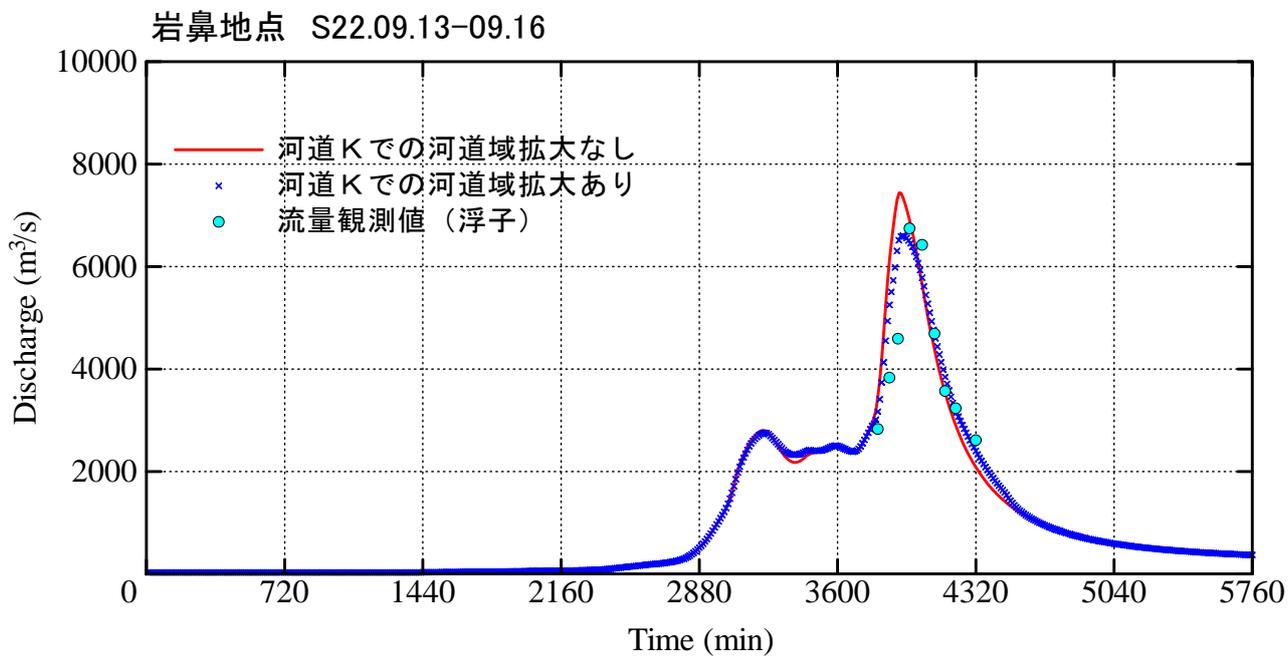


図-5 減水期における流量-貯留量関係



図一六 河道Kの下流端流量に対する河道域拡大の影響



図一七 岩鼻地点の流量に対する河道域拡大の影響