

<参考資料 8> 現行モデルによる洪水流出計算の再現に関する報告

現行モデルによる計算結果を確認するために、CommonMP 上に移植された現行モデル(CommonMP 版)を用いた再現計算を実施し、国土交通省による計算結果と比較した。比較した計算結果は以下の 2 つである。

- (3) 国土交通省から提供された現行モデルによる計算結果
- (4) 分科会が再現計算した結果。この計算結果は、国土交通省から提供された現行モデル(CommonMP 版)を用いて、分科会が独自に再現計算した結果である。計算に必要な情報は国土交通省から提供を受けた。

実施した計算内容は以下である。

- ⑨ 昭和 33 年洪水、昭和 34 年洪水、昭和 57 年洪水および平成 10 年月洪水を対象とし、国土交通省の計算結果と現行モデル(CommonMP 版)の計算結果とを比較した。
- ⑩ 上記 4 洪水を対象とし、分科会で独自に作成したサブ流域平均雨量を入力とし、流出計算を実施した。その際、降水量観測点数の違いが流出計算に及ぼす影響を比較するために、昭和 22 年に利用可能な時間雨量観測点のうち欠測の少ない 15 地点のみ(同地点のデータがない場合はもっとも近い時間データ地点)を用いたサブ流域平均雨量も作成し、降雨観測所が昭和 22 年の洪水時点しかないとした場合の流出計算を実施して、降雨観測所の観測密度が計算流量に与える影響を分析した。

以上の流出計算の後、昭和 22 年洪水を対象とし、現行モデル(CommonMP 版)を用いて、以下の計算を実施した。

- ⑪ 昭和 22 年 9 月洪水の再現計算を実施した。
- ⑫ 有効降雨パラメータ R_{sa} が計算流量に与える影響を分析した。
- ⑬ 降雨観測所の観測密度が計算流量に与える影響を分析した。

1. 現行モデルの構成

CommonMP 上に移植された現行モデルは、いわゆる木村の貯留関数法が用いられており、以下のよう表現される。流域面積を A 、流出域の面積を A_1 、浸透域の面積を A_2 として

$$A = A_1 + A_2$$

とする。 f_1 を一次流出率とすると

$$f_1 = A_1 / A$$

である。時間を t 、流出域の貯留高を $s_1(t)$ 、浸透域の貯留高を $s_2(t)$ 、それぞれに対する流域平均の有効降雨強度を $r_{e1}(t)$ 、 $r_{e2}(t)$ 、それぞれからの直接流出高を $q_1(t)$ 、 $q_2(t)$ とすると連続式は、

$$\frac{ds_1}{dt} = r_{e1}(t - T_1) - q_1(t), \quad \frac{ds_2}{dt} = r_{e2}(t - T_1) - q_2(t) \quad (1)$$

である。 T_1 は遅滞時間である。流出域と浸透域での貯留高と直接流出高の関係式は、

$$s_1(t) = Kq_1(t)^p, \quad s_2(t) = Kq_2(t)^p \quad (2)$$

とする。 $r_{e1}(t)$ 、 $r_{e2}(t)$ は、ティーセン法などから定まる流域平均降雨強度を $r(t)$ として、

$$r_{e1}(t) = r(t), \quad r_{e2}(t) = gr(t)$$

とする。 g は降り始め(計算開始時刻 t_0)からの $r(t)$ の積算値が R_{sa} より小さいとき、すなわち、

$$0 \leq \int_{t_0}^t r(\tau)d\tau < R_{sa} \text{ のとき } \quad g = 0.0 \quad (3a)$$

降り始めからの $r(t)$ の積算値が R_{sa} 以上となるとき、すなわち

$$R_{sa} \leq \int_{t_0}^t r(\tau)d\tau \text{ のとき } \quad g = 1.0 \quad (3b)$$

とする。流出量 $Q(t)$ は、流出域からの直接流出量と浸透域からの直接流出量および基底流量 $Q_b(t)$ の和として、次式で与えられる。

$$Q(t) = A_1q_1(t) + A_2q_2(t) + Q_b(t) \quad (4)$$

現行モデルでは、小流域ごとに第四紀火山岩域に対する(1)式および非第四紀火山岩域に対する(1)式からなる連続関係を設定する。つまり小流域ごとに貯留量は4つ設定される。ただし、第四紀火山岩域の浸透域における R_{sa} は無限大とされているため、この部分からの流出はない。そのため小流域ごとに設定される貯留量は、第四紀火山岩域の流出域、非第四紀火山岩域の流出域および浸透域からの3つとなる。対象流域における第四紀火山岩面積の総和は 1285.72 km^2 であり、一次流出率は 0.5 なので 642.86 km^2 の第四紀火山岩域からは流出が発生しないことになる。

パラメータ K 、 p 、 T_l 、 f_l は第四紀火山岩域の貯留関数モデル、非第四紀火山岩域の貯留関数モデルとも同じ値を用いている。

2. 既往4洪水を対象とした再現計算

現行モデルで対象とされている既往4洪水（昭和33年洪水、昭和34年洪水、昭和57年洪水、平成10年洪水）について、現行モデル（CommonMP版）を用いた再現計算を実施し、国土交通省から提供された現行モデルの計算結果と比較した。

(1) 計算条件

①降水量

国土交通省から提供されたサブ流域ごとの流域平均雨量（時間単位）を用いた。

②基底流量

第1回分科会資料6に記載の値が現行モデル(CommonMP版)に設定されていることを確認した。

③モデルパラメータ

第1回分科会資料6に記載の値が現行モデル(CommonMP版)に設定されていることを確認した。

④ダム操作

国土交通省から提供されたダム地点での実績のダム放流量が設定されていた。

⑤差分計算時間間隔

貯留関数モデルの差分計算間隔は72秒として再計算した。

(2) 計算結果

①昭和33年洪水

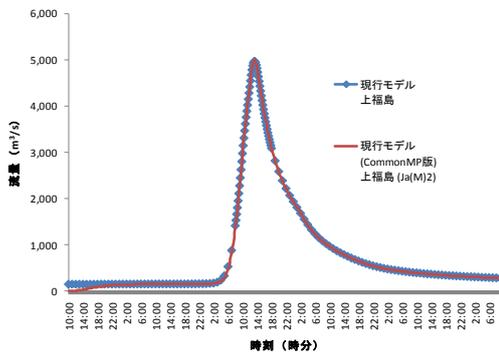


図1：上福島地点（吾妻川流域）

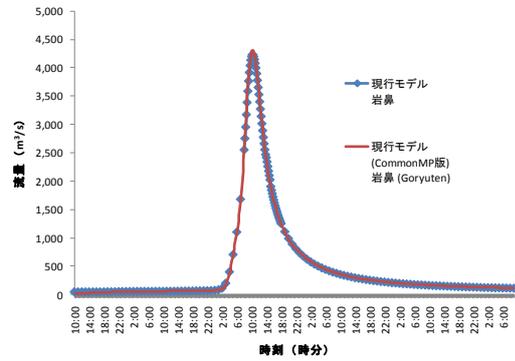


図2：岩鼻地点（烏川流域）

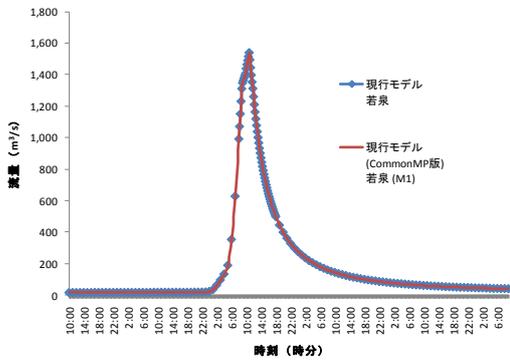


図3：若泉地点（神流川流域）

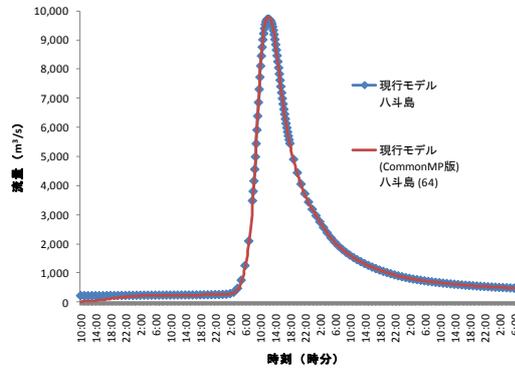


図4：八斗島地点（利根川流域）

②昭和34年洪水

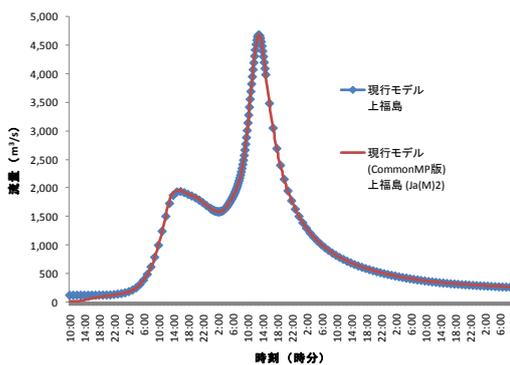


図5：上福島地点（吾妻川流域）

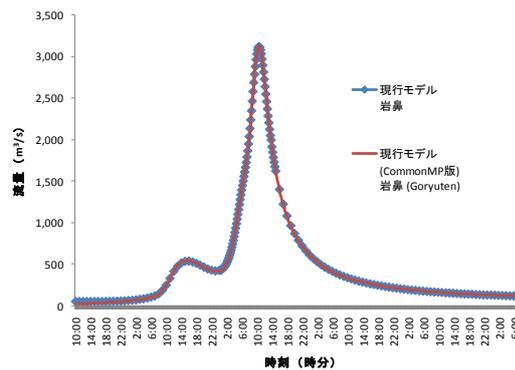


図6：岩鼻地点（烏川流域）

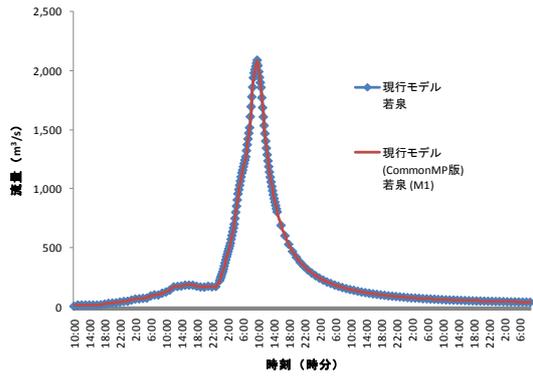


図7：若泉地点（神流川流域）

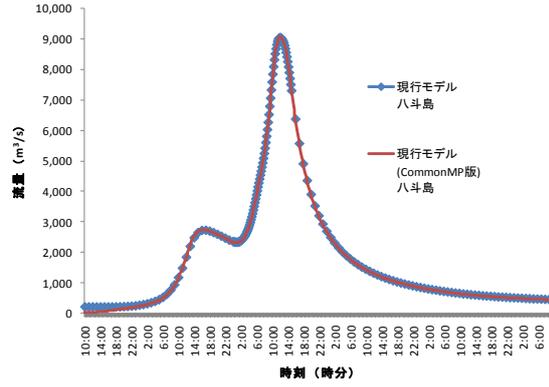


図8：八斗島地点（利根川流域）

③昭和57年洪水

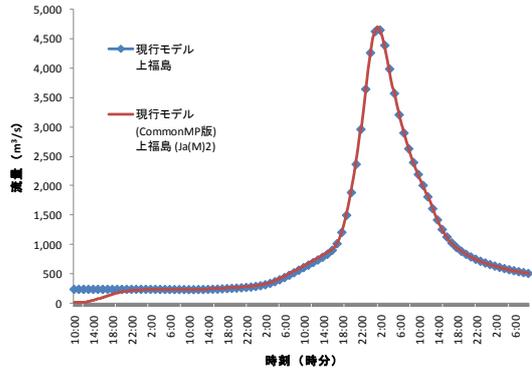


図9：上福島地点（吾妻川流域）

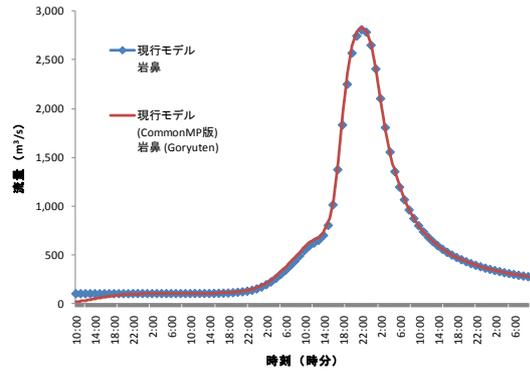


図10：岩鼻地点（烏川流域）

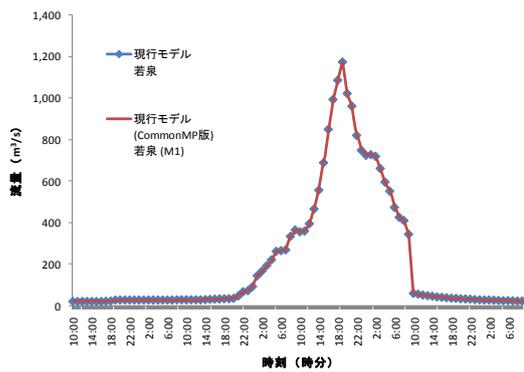


図11：若泉地点（神流川流域）

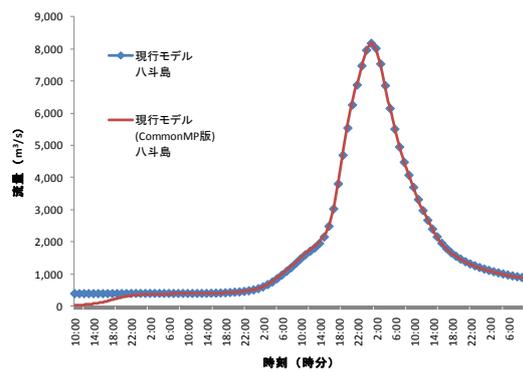


図12：八斗島地点（利根川流域）

④平成 10 年月洪水

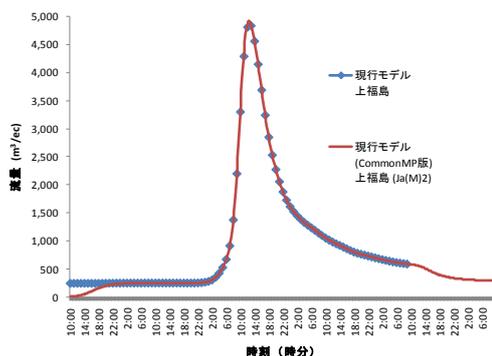


図 13 : 上福島地点 (吾妻川流域)

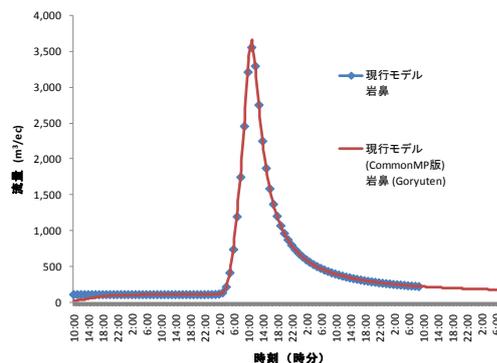


図 14 : 岩鼻地点 (烏川流域)

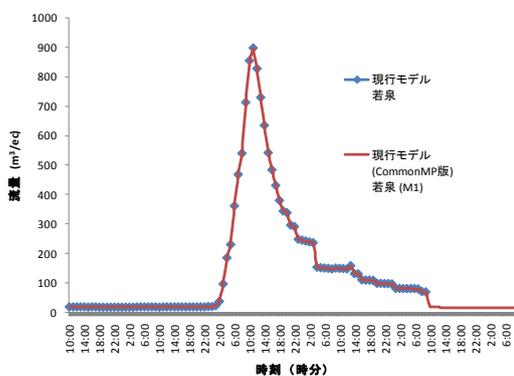


図 15 : 若泉地点 (神流川流域)

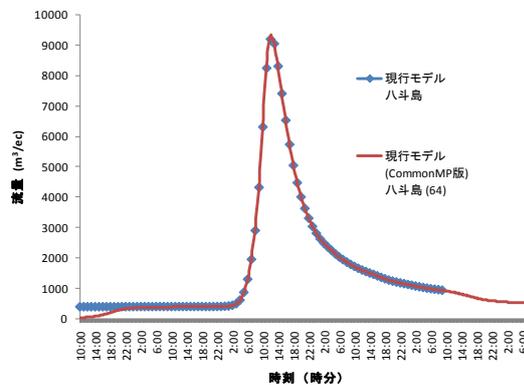


図 16 : 八斗島地点 (利根川流域)

(3) まとめ

計算結果を表 1 から表 4 にまとめる。既往 4 洪水について、現行モデルと現行モデル(CommonMP 版)の相対的な差異は 3.2%以下であった。現行モデル (CommonMP 版) と現行モデルとは同じ機能を有する流出計算モデルといてよいことを確認した。

表 1 : 昭和 33 年洪水のピーク流量

対象地点	上福島地点 (m ³ /s)	岩鼻地点 (m ³ /s)	若泉地点 (m ³ /s)	八斗島地点 (m ³ /s)
現行モデル	4,969	4,232	1,539	9,703
現行モデル(CommonMP 版)	4,996	4,306	1,541	9,776
相対的なピーク流量の差異	+0.5 %	+1.7 %	+0.1 %	+0.8 %

表 2 : 昭和 34 年洪水のピーク流量

対象地点	上福島地点 (m ³ /s)	岩鼻地点 (m ³ /s)	若泉地点 (m ³ /s)	八斗島地点 (m ³ /s)
現行モデル	4,685	3,126	2,086	9,052
現行モデル(CommonMP 版)	4,686	3,136	2,087	9,075
相対的なピーク流量の差異	+0.0 %	+0.3 %	+0.0 %	+0.3 %

表 3 : 昭和 57 年洪水のピーク流量

対象地点	上福島地点 (m ³ /s)	岩鼻地点 (m ³ /s)	若泉地点 (m ³ /s)	八斗島地点 (m ³ /s)
現行モデル	4,650	2,807	1,175	8,174
現行モデル(CommonMP 版)	4,705	2,831	1,175	8,196
相対的なピーク流量の差異	+1.2 %	+0.9 %	+0.0 %	+0.3 %

表 4 : 平成 10 年月洪水のピーク流量

対象地点	上福島地点 (m ³ /s)	岩鼻地点 (m ³ /s)	若泉地点 (m ³ /s)	八斗島地点 (m ³ /s)
現行モデル	4,841	3,551	897	9,213
現行モデル(CommonMP 版)	4,926	3,667	897	9,336
相対的なピーク流量の差異	+1.8 %	+3.2 %	+0.0 %	+1.3 %

3. 降雨観測所の観測密度が計算流量に与える影響の感度分析

上記 4 洪水を対象とし、分科会が独自に作成したサブ流域平均雨量を入力として流出計算を実施した。その際、降水量観測点数の違いが流出計算に及ぼす影響を比較するために、昭和 22 年に利用可能な時間雨量観測点のうち欠測の少ない 15 地点のみ（同地点のデータがない場合はもっとも近い時間データ地点）を用いたサブ流域平均雨量も作成し、降雨観測所が昭和 22 年の洪水時点しかないとした場合の流出計算を実施して、降雨観測所の観測密度が計算流量に与える影響を分析した。前者のサブ流域平均降水量を「分科会 Full」、後者のそれを「分科会 Limited」とよぶことにする。以下に結果を示す。

(1) 計算条件

入力となるサブ流域平均雨量以外は、2. と同じ条件を設定した。サブ流域の流域平均降雨データの作成については、第 8 回分科会資料 2 「サブ流域平均雨量データセットの作成と比較検討」を参照されたい。

(2) 計算結果

上記4洪水について八斗島地点での計算結果を示す。

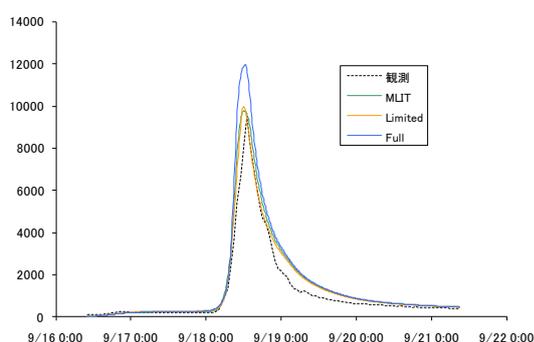


図17：昭和33年洪水

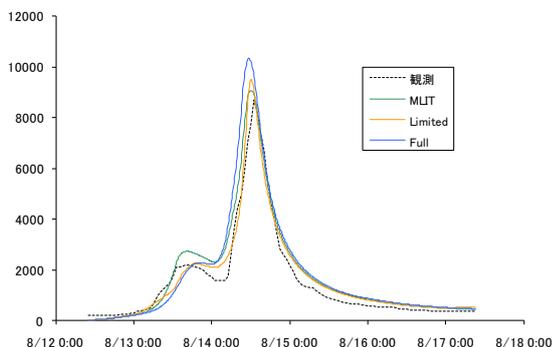


図18：昭和34年洪水

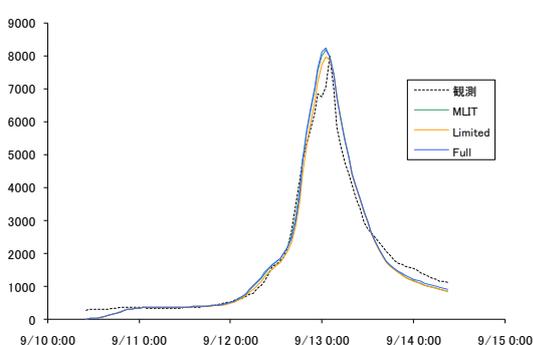


図19：昭和57年洪水

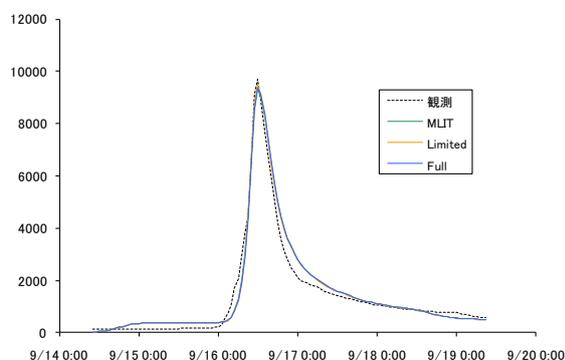


図20：平成10年月洪水

表5：降雨分布が八斗島地点での洪水のピーク流量推定値に与える影響

降雨パターン	昭和33年	昭和34年	昭和57年	平成10年月
分科会(Full)	11,986 (m ³ /s)	10,222 (m ³ /s)	8,245 (m ³ /s)	9,830 (m ³ /s)
国土交通省	9,776 (-18.4%)	9,075 (-11.2%)	8,018 (-2.8%)	9,336 (-5.0%)
分科会(Limited)	9,981 (-16.7%)	9,497 (-7.1%)	7,989 (-3.1%)	9,497 (-3.4%)

分科会によるサブ流域平均降水量（分科会 Full）を基準としたときの、国土交通省による手法およびサブ流域平均降水量（分科会 Limited）を用いた場合のピーク流量とその相対的な差異をカッコ書きで示した。時間雨量観測地点の多い昭和57年洪水、平成10年月洪水では、流量の計算結果は、国土交通省と分科会(Full)の手法とではほぼ一致した。一方、時間雨量の観測値が少なかった昭和33年洪水、昭和34年洪水では10%以上の違いがみられた。

一方、サブ流域平均降水量（分科会 Limited）はサブ流域平均降水量（分科会 Full）に対して、4洪水すべて国土交通省作成データを用いた場合と同程度の差異がみられることがわかった。国土交通省が作成したサブ流域平均降水量データは、分科会(Limited)に近い手法で作成された可能性がある。

4. 現行モデル（CommonMP 版）を用いた昭和 22 年洪水の再現計算と感度分析

（1）計算条件

①降水量

国土交通省から提供されたサブ流域ごとの流域平均雨量（時間単位）を用いた。

②基底流量

第 1 回分科会資料 6 に記載の値が現行モデル(CommonMP 版)に設定されていることを確認した。

③モデルパラメータ

第 1 回分科会資料 6 に記載の値が現行モデル(CommonMP 版)に設定されていることを確認した。

④ダム操作

ダムによる流況制御は流出モデルに導入されていないことを確認した。

⑤差分計算時間間隔

貯留関数モデルの差分計算間隔は 72 秒として再計算した。

（2）再現計算結果

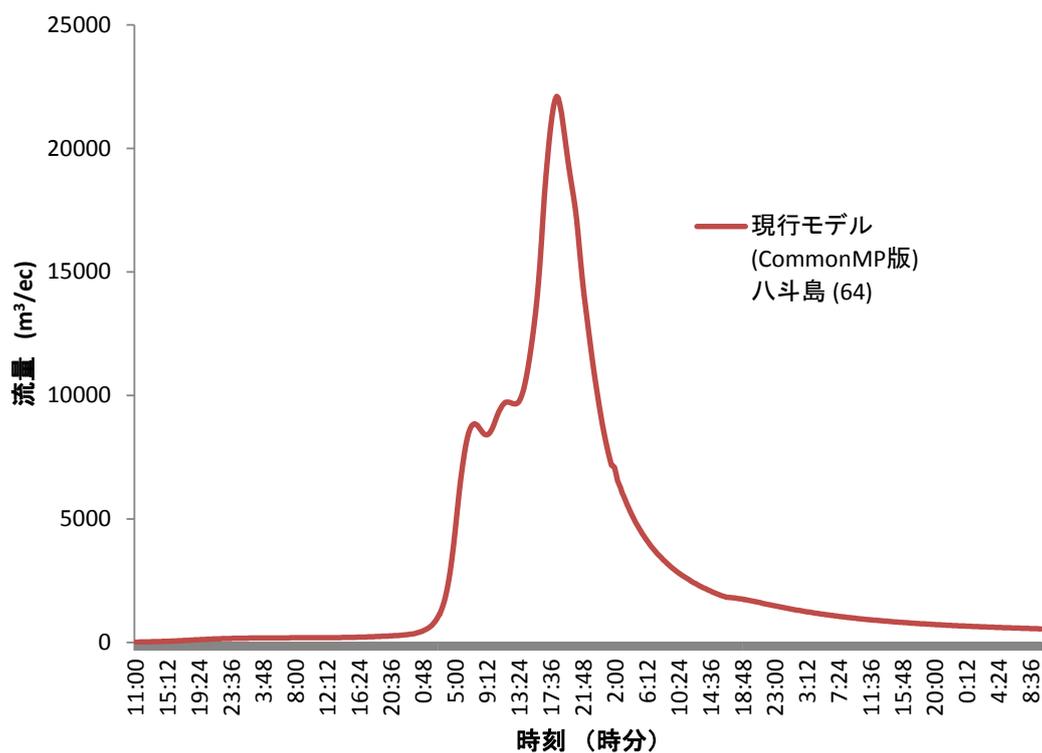


図 2 1 : 現行モデル（CommonMP 版）による昭和 22 年洪水の再現計算結果

表 6 : 昭和 22 年洪水の八斗島地点のピーク流量

現行モデル	現行モデル(CommonMP 版)	相対的差異
22,079 m ³ /s	22,101 m ³ /s	+0.1 %

現行モデル（CommonMP 版）で計算した昭和 22 年洪水のピーク流量は $22,101 \text{ m}^3/\text{s}$ となり、国土交通省が示した $22,079 \text{ m}^3/\text{s}$ とほぼ一致する結果となった。

（3） R_{sa} の感度分析

R_{sa} を変化させて流出量を計算した。 R_{sa} 以外のモデルパラメータは、前節とまったく同じ値を用いた。 R_{sa} はすべての分割流域で次の 5 通りを設定した。

- Case 0: R_{sa} を 48mm とする場合（前節（2）で設定した値）
- Case 1: R_{sa} を 100mm とする場合
- Case 2: R_{sa} を 125mm とする場合
- Case 3: R_{sa} を 150mm とする場合
- Case 4: R_{sa} を 200mm とする場合
- Case 5: R_{sa} を 250mm とする場合

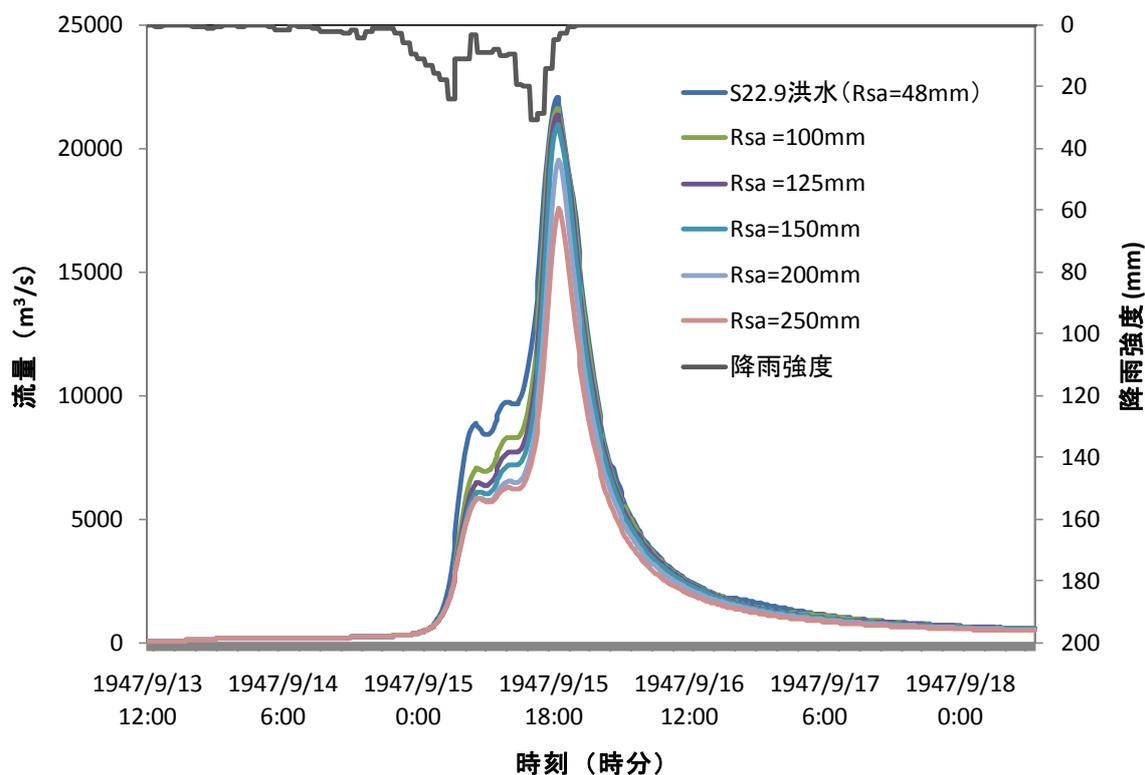


図 2 2 : R_{sa} の値が昭和 22 年洪水の再現結果に与える影響
（現行モデル CommonMP 版を用いた場合）

表 7 : R_{sa} の値が昭和 22 年洪水のピーク流量推定値に与える影響
(現行モデル CommonMP 版を用いた場合)

ケース番号	R_{sa} (mm)	ピーク流量 (m ³ /s)	基準ピーク流量との違い
0	基準値(48mm)	22,101	—
1	100mm	21,635	−2.1 %
2	125mm	21,362	−3.3 %
3	150mm	20,955	−5.2 %
4	200mm	19,541	−11.6 %
5	250mm	17,588	−20.4 %

表 7 に示すように基準値として設定した R_{sa} は 48mm であり、50mm 間隔で R_{sa} を設定した。また、第一回分科会資料 5 の 61 ページにおいて、国土交通省が実施した R_{sa} を 125mm とした計算結果を確認するために、 R_{sa} を 125mm とするケースを計算した。

R_{sa} を約 75mm 増加させたケース 2 のピーク流量の相対的な減少分は 3.3% であった。また、 R_{sa} を約 100mm 増加させたケース 3 のピーク流量の相対的な減少分は 5.2% であった。

これらの傾向は、新モデルの感度分析による計算結果と同様であった。これは図 22 に示すように、 R_{sa} の変化が洪水ピーク流量が発生する時刻より前の流量の変化に大きく影響し、洪水ピーク流量に対する感度が小さくなるためである。ケース 0 からケース 3 では、図 22 の洪水ピーク流量前のハイドログラフの違いが、この R_{sa} の違いによる有効降雨の違いとなって表れている。

(4) 降水量観測点数の違いが流出計算に及ぼす影響

分科会で独自に作成したサブ流域平均雨量を入力として流出計算を実施した。昭和 22 年洪水については、利用できる時間雨量データが限られているために、国土交通省から提供された日雨量観測データを、最近隣の時間雨量パターンを用いて時間分解して、できるだけ多くの地点時間雨量データを作成した。その上で、流域を覆う 500m サイズの各グリッドからもっとも近い地点時間雨量データを当該グリッドに割り当てた。一方、昭和 22 年に利用可能な時間雨量観測点のうち欠測の少ない 15 地点のみを用いたサブ流域平均雨量も作成し、降雨観測所の観測密度が計算流量に与える影響を分析した。前者のサブ流域平均降水量を「分科会 Full」、後者のそれを「分科会 Limited」とよぶことにする。以下に結果を示す。

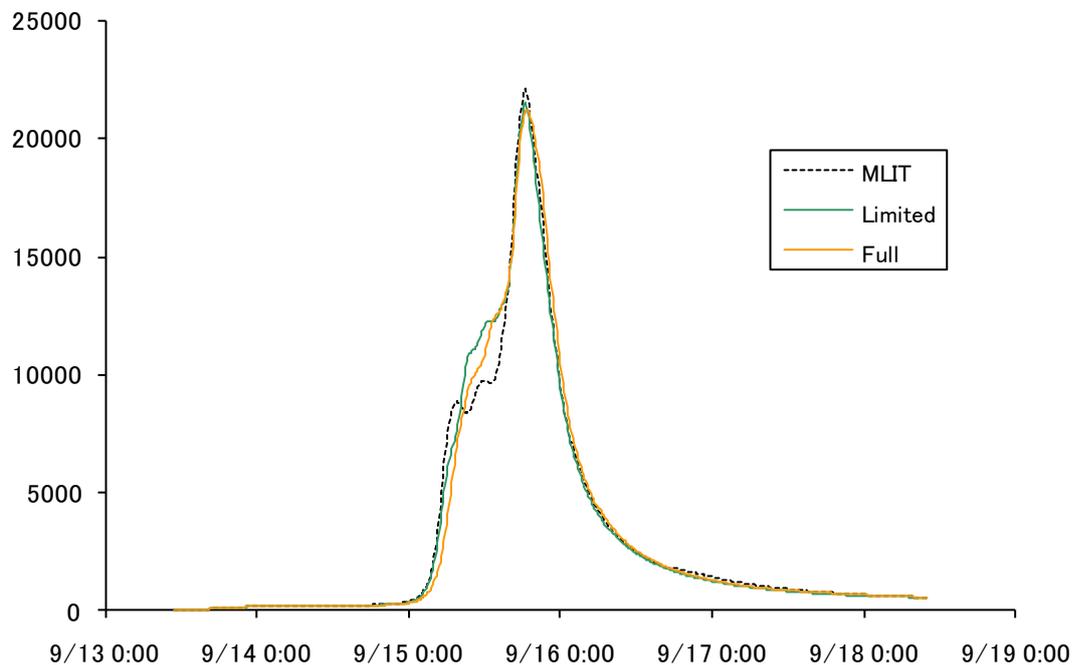


図 2 3 : 降雨分布が昭和 22 年洪水のピーク流量推定値に与える影響

表 8 : 降雨分布が昭和 22 年洪水のピーク流量推定値に与える影響

流域平均雨量	ピーク流量 (m ³ /s)	基準ピーク流量との違い
分科会(Full)	21,118	—
国土交通省	22,101	+4.7 %
分科会(Limited)	21,512	+1.9 %

サブ流域平均降水量（分科会 Full）を基準としたときの、国土交通省による手法およびサブ流域平均降水量（分科会 Limited）を用いた場合のピーク流量とその相対的な差異を示した。流量の計算結果はほぼ一致した。また、Limited の結果は、Full に対して、国土交通省による手法により近いピーク流量を示した。