

1 はじめに

(1) 作成の背景

平成 23 年 1 月、日本学術会議は、国土交通省河川局長から日本学術会議会長宛に、「河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価について」と題する依頼を受けた。

自然条件的にも社会的条件においても水害に対して脆弱な国土構造を有している我が国においては、長期的かつ計画的な治水対策は、国土を保全し安全で安心な国民生活の確保のための社会基盤を整備する上で必須であるとされている。このため河川法においては、長期的な河川整備の方針として、洪水防御に関する計画の基本となる洪水である基本高水等を定めた河川整備基本方針を策定している。しかしながら利根川水系においては、平成 17 年度の河川整備基本方針策定時に飽和雨量などの定数に関して十分な検証が行われていなかったこと等から、国土交通省は自らデータを点検・整理し、現行の流出解析手法の問題点を整理して、新たな河川流出モデルを構築し、それを用いて基本高水を検証することとした。

国土交通省河川局長からの依頼では、「検証においては学術的な観点からの評価が重要であり、その際には、客観性と中立性の確保が不可欠である。客観性と中立性を確保するためには、第三者的で独立性の高い学術的な機関に評価を依頼する必要があると考えており、国土交通省は、この評価を行う主体として日本学術会議がふさわしいと考え、利根川水系における河川流出モデル・基本高水の設定手法の検証に関する学術的な観点からの評価を依頼したとの主旨が述べられている。

(2) 審議の経過

国土交通省よりの依頼を受け、日本学術会議では、土木工学・建築学委員会の下に設置されている河川流出モデル・基本高水評価検討等分科会（以下、「分科会」という。）において検討を行うこととした。分科会は、河川水文学、森林水文学、河川工学、気象学分野等の 12 名の専門家から構成されている。分科会では、

- ・ 既存の河川流出計算モデルの課題整理と新たに構築されているモデルの評価
- ・ 過去の雨量・洪水実績など、計画の前提となっているデータ、及び基本高水等について妥当性の評価

を審議の目的としている。

分科会で審議を開始したものの、利根川水系の現行の基本高水の算定に関して、国土交通省にはその背景・経緯の記録が残っておらず、また同省より十分な説明を得ることができず、科学的な追検証の可能性が担保されていないことが判明した。さらに、利根川水系の現行の基本高水の算定に用いられた洪水時のハイドログラフの一部が変更となったが、その理由については不明であった。このように、現行の計画に用いられた貯留関数モデル（以下、「現行モデル」という。）に関しては追検証がほとんどできない状態にあることが判明した。そこで、分科会では下記の 3 つの方針を定め、以降、この方針に基づいて貯留関数法による新たな流出計算モデル（以下、「新モデル」という。）の検証に分科会の審議の焦点を移すこととした。

- 1) 利根川水系で用いられている貯留関数法の位置づけとその詳細を検討し、利用可能なデータを吟味した上で、新モデルの構築における留意事項を国土交通省に提示する。
- 2) この留意事項に沿って国土交通省によって構築された新モデルに対して、分科会が評価軸を設定し、それぞれの軸に沿って新モデルを評価する。
- 3) 京都大学および東京大学が有する2つの異なる連続時間分布型モデルを、近年の観測データを用いてそれぞれキャリブレーション^{*1}した上で、両モデルを用いて、モデルの構造やパラメータを変えることなく、同じモデルで長期の適用が可能であるかどうか検討するとともに、昭和22年の洪水流量の推定幅を推定して新モデルの結果と比較する。

1)に沿って国土交通省は新モデルを構築した。そこで分科会は、2)に示すように現行モデルに対して評価軸を設定し、それぞれの軸に沿って新モデルを評価した。評価に当たっては、分科会が自ら両モデルのプログラム内容を確認し、動作確認を行った上で、国土交通省が用いた雨量データセットと分科会独自に作成した雨量データセットとを用いてプログラムを実行させ、国土交通省から提出された結果と比較するとともに、論点に対する解を得るための各種感度分析実験を実施した。さらに、3)に従い、分科会メンバーが有する他の河川流出モデルを複数用いて、新モデルと同様の結果が得られるかどうかを確認するとともに、新モデルで用いられているパラメータの物理的意味や洪水流出機構の理解に役立てた。

なお審議の過程で、国土交通省より現行モデルのプログラムソースコードが提供されたため、分科会では、まず独自にその内容を既往文献と比較して基礎方程式を推定した上で、プログラムの動作確認を行い、新モデルと同等の評価を実施した。

本回答は、分科会におけるこれらの検討および結果を取りまとめたものである。

なお、分科会における審議のために国土交通省から流域分割図及び流出モデル図の提示を受けているが、同省より非公開資料の扱いを要請を受けたため日本学術会議では当該会議資料を非公開としている。現時点では、国土交通大臣が当該資料の公開を表明しているが、本回答書においては参考資料として添付していない。

¹ 以降、*のついた文言は＜用語の説明＞を参照。

2 流出解析法のレビューと貯留関数法の位置づけ

(1) 流出解析法の目的と分類

流出解析の目的は、降水流出過程の物理機構を明らかにして、洪水や渇水を予測すること、流域環境や気候の変化に伴う水循環の変化を予測することにある。具体的には、(i) 流出現象のより深い理解のための解析、(ii) 河川計画や水工構造物の設計のための河川流量の予測、(iii) 実時間での河川流量とくに洪水流量の予測、(iv) 長期の河川流況予測、(v) 環境変化に伴う水循環の変化予測、(vi) 水文*観測が十分でない流域の流況予測などが、その目的としてあげられる。

流出解析には流出モデルが用いられ、これまでに多くのモデルが提案され、使用されてきた。流出モデルをその予測期間からみて分類すると、短期流出モデル（洪水流出モデル）、長期流出モデル（流況予測モデル）に分類される。また、降雨－流出の応答の考え方からみて分類すると、入出力の応答関係から降雨流出の関係式を構成する応答モデル、現象を概念的に捉え降雨流出の関係式を構成する概念モデル、物理的な法則性に基づいた基礎式から降雨流出の関係式を構成する物理モデルの3種類に分類される。さらにモデルの空間的な構成方法からみて分類すると、空間的な広がりを考えない集中型モデルと空間的な分布を考える分布型モデルに分類される。

我が国で慣用されている代表的な流出モデルの一つであるタンクモデルは概念モデルであり、長期間の流況の把握に用いられることが多いが、時に洪水の予測にも用いられる。貯留関数法（詳細は第3章および参考資料3を参照）は代表的な短期流出モデル（洪水流出モデル）であり、降雨流出の初期に雨量損失が多く、その後流出率が大きくなること、流域貯留量*が大きくなると流出量が大きくなるがその貯留量と流出量がループを描くことなど、一つの洪水の時間的な進行の特徴を捉えたモデルである。本手法は、貯留量－流出量関係を運動方程式として、これを連続式と組み合わせた物理モデルであるが、流出域－浸透域の区分など、概念モデルとしての性格も有している。タンクモデルも貯留関数法も集中型のモデルとして提案されたが、近年、それを複数個数、空間的に配置してモデルからの出力を別のモデルへの入力とするという方法も採用されることがあり、その場合は、分布型モデルとも言える。貯留関数法は、個々の出水事象（イベント）ごとに適用されるのが普通であり、このようなモデルはイベントモデルと呼ばれる。それに対して、長期間の連続した流出現象に適用できるモデルは連続時間モデルと呼ばれる。

(2) 貯留関数法の基本構造とその留意点

貯留関数法は、短期流出モデル、集中型モデル、かつイベントモデルである。木村による貯留関数法が有名であるが、木村による方法の他に様々な方法が提案され適用されてきている。木村の貯留関数法[1, 2]では、流域を流出域と浸透域に分け、浸透域では累加雨量が飽和雨量に達するまでは流出が無く、累加雨量が飽和雨量を超えた後は、浸透域からも洪水流出が生じるとされている。これに対して、有効降雨*の決定過程と有効降雨による貯留・流出の機構とを分離し、まず、個々のイベントの降雨系列と流量系

列の観測値から、水収支を合わせるように有効降雨系列を推定し、推定された有効降雨系列から貯留・流出機構によって流量系列が得られるとしてそのパラメータ（媒介変数）を推定する方法が複数開発されている。

イベントが終わった後に流出を解析するいわゆる事後解析においては、まず、観測された降雨系列と流量系列から水収支が合致するように有効降雨系列を推定し、その後で、貯留・流出に関わるパラメータを推定するようにする方が安定してパラメータを推定できる利点があることに留意すべきである。

事後解析と違って、事前に流量系列の観測値が得られていない場合は、イベントに先行する流域の条件に応じて有効降雨を決定するモデルが必要になる。有効降雨決定に、飽和雨量*、一次流出率*、飽和流出率を用いるモデルでは、飽和雨量がイベントに先行する流域の条件によってどのように決定されるか、あるいは飽和雨量の設定がどのようにその後の流出に影響するか、一次流出率や飽和流出率が対象とする流域の地質や流域場の条件に対応して安定して推定できるか、当該流域の水文資料をよく吟味・検討して、適用する必要がある。

(3) 流出解析法の発展と貯留関数法の位置づけ

最近では、流域内に多数配置された降雨観測所のデータやレーダ雨量計データを利用するなどして、流域内の降雨分布がある程度詳細に得られるようになってきていること、流域内の地質分布や植生分布の情報が得られるようになってきていることから、従来のように、流域を一体として貯留関数法を適用するのではなく、河道*網や地形、地質の分類に即して流域を分割して、分割した個々の部分流域、部分河道に貯留関数法を適用することも多くなっている。そうした場合は、全体のモデルとしては、分布型のモデルと考えることもできる。また、貯留量と流出量の間指数関数で表現できる関係があることは、代表的な分布型モデルである雨水流法（kinematic wave 法）の基礎式を空間的に積分することによって導くことができるので、水理学的な根拠もあるモデルといえることができる。治水計画においては、生起頻度が高くない稀にしか起こらないような極端な現象に対する流域の応答を予測する必要があるので、我が国でこれまで多数の流域で適用実績を持っていて信頼性がある貯留関数法を用い、しかも、ある程度、分布型のモデル形式にして利用していくのが現実的であると考えられる。

3 貯留関数法とその適用法

(1) 概説

流域ないし河道を一つの貯水池と考え、貯留量－流出量関係（貯留関数）を運動方程式とし、これを連続式と組み合わせて、流出量を追跡する方法を一般に貯留関数法という。我が国では木村の貯留関数法が広く利用されているが、貯留関数法には、有効降雨の扱い、貯留量－流出量関係の二価性の扱い（遅れ時間の扱い）、流出域・浸透域区分の扱い、パラメータ決定法などにおいて、様々な手法が開発されており、その適用に当たっては、各手法の違いとその意味を明確にする必要がある。また、流出モデルへの入力となる流域平均雨量は、パラメータ推定やハイドログラフ（任意の基準点における時刻（時間軸）と水位または流量との関係をグラフ化したもの）の再現性に大きく影響するので、その算定には十分留意する必要がある。本章では、流域平均雨量、有効降雨の推定法、代表的な貯留関数法として、木村[1, 2]、角屋・永井[3]、Prasad[4]、星・山岡[5]の各方法について概説する（詳細は参考資料3を参照）。

(2) 流域平均雨量

流出解析には対象流域全体に降った面積雨量が必要であるが、これを直接観測することはできない。そこで、等雨量線法、ティーセン法、算術平均法、支配圏法、高度法など、複数地点で観測された地点雨量に基づいて流域平均雨量を推定する手法が提案されている。

(3) 有効降雨

洪水流出解析法の多くは、有効降雨をモデルへの入力、直接流出をモデルからの出力とする。このため、特定出水の有効降雨を算定するためには、観測ハイドログラフから直接流出*と基底流出*を分離しておく必要がある。観測ハイドログラフに基づく直接流出量の分離法には、水平分離法、バーンズ法など複数の方法があるが、最近ハイドログラフ逓減部の折曲点による方法がよく用いられている。これは、出水時のハイドログラフを片対数紙に描き、ピーク発生後の逓減部を折線近似した際の第1折曲点を表面流出の終了時点、第2折曲点を中間流出の終了時点と考えて、ハイドログラフの立ち上がり点と逓減部の第2折曲点を結んだ線を直接流出と基底流出の分離線とする方法である。分離された直接流出量の総和を流域面積で除して流出高に直せば、当該出水の総直接流出高（＝総有効降雨量）が得られる。

観測ハイドログラフが存在しない予測計算では、流域平均雨量から有効降雨を計算するための有効降雨モデルが必要である。観測ハイドログラフが存在する特定出水の計算（事後解析）においても、直接流出量を分離して求めた総有効降雨量に基づいて、各時刻の有効降雨強度を計算するための有効降雨モデルが必要となる。我が国では、有効降雨モデルとして、飽和雨量・一次流出率・飽和流出率による方法、雨水保留量曲線法がよく用いられている。その他にも、浸入能方程式による方法、 ϕ index 法、カーブナンバー法など様々な方法がある。

最も単純な有効降雨モデルは、一定の流出率による方法であろう。これは、流出率＝総有効降雨量／総流域平均雨量として、各時刻の降雨強度にこの流出率を乗じたものを有効降雨強度とする方法である。しかしながら、この方法で求めた有効降雨で流出計算を行うと、出水前半の計算流量は過大、出水後半の計算流量は過小になることがしばしばある。そこで、飽和雨量・一次流出率・飽和流出率による方法では、出水期間中の流出率を一定とせず、累加雨量が飽和雨量に達するまでは一次流出率 f_1 を用い、累加雨量が飽和雨量に達した後は飽和流出率 f_s に切り替える。対象流域で観測された総雨量－総直接流出量の関係に折れ線を当てはめれば、直線の勾配から一次流出率 f_1 と飽和流出率 f_s が、折曲点の雨量から飽和雨量が求められる。飽和流出率 f_s が 1.0 となる事例が少なくないが、1.0 とはならない場合もあることに注意すべきである。また、飽和雨量・飽和流出率を設定せずに一次流出率だけで有効降雨を求めた方がよい場合もある。なお、特定出水の計算（事後解析）では、飽和雨量を調節するなどの工夫によって、総雨量－総直接流出量関係における当該出水のプロット点を通過する折れ線を設定する必要がある。これにより、総有効降雨量を観測された総直接流出量に合致させることができる。

(4) 貯留関数法の適用方法の違い

貯留量－流出量関係が二価関数となることに関して、木村は、遅れ時間の概念を導入することでループが解消でき、貯留量－流出量関係を一価関数として扱えることを示した[1, 2]。一方、Prasad[4]や星・山岡[5]は、非定常項を導入することで貯留量－流出量関係の二価性を表現している。

木村の貯留関数法では、対象流域を複数の流域ブロック（サブ流域）と複数の河道ブロックが連結したものとして表現した上で、1つの流域ブロックを流出域と浸透域に分割し、各領域の計算流量を合算して、流域ブロック下流端の計算流量としている点にも特徴があり、その流出域・浸透域の扱いと有効降雨の扱いは一体となっている。ただし、木村の貯留関数法は、パラメータを決定する際のモデル構造（流域を流出域と浸透域に分割せず、平均流入係数で有効降雨を計算）と、実際に流出計算を行う際のモデル構造（流域を流出域と浸透域に分割し、各領域の有効降雨を計算）が一致していない点が難点である。また、流出域・浸透域の扱いと飽和雨量・一次流出率・飽和流出率による有効降雨の計算は一体となっているため、有効降雨の計算方法について解析者の裁量が入る余地はあまりない。それに対して、角屋・永井の方法では、遅れ時間を導入した木村の貯留関数法の基本概念はそのまま踏襲しつつも、流域ブロック（サブ流域）を流出域と浸透域に分割せず、1つの流域ブロックは一括モデルとして流出計算を行っている[3]。このため、有効降雨の計算には、どのような方法でも適用可能である。

4 貯留関数法の利根川への適用

以上をふまえ、本章では、貯留関数法を利根川に適用するにあたっての留意事項をまず述べたうえで、適用の評価を行う。

(1) 貯留関数法の利根川への適用における留意事項

① 技術文書の作成

社会基盤計画の基礎と位置づけられる基本高水の算定に当たって、河川管理者は算定の背景・経緯について十分な説明と、科学的な追検証の可能性を担保すべきと考える。そのために、河川管理者は基本高水の算定手法を詳述する技術文書を作成し、レビューする体制を構築する必要がある。さらに、観測資料を収集、品質管理、精査、アーカイブするとともに、その経緯を記した文書を整備することが必要である。

② 貯留関数法の適用の方針

貯留関数法の適用による流出モデルの構築に当たっては、以下の方針を採用すべきである。

- ・ 流出モデルの頑健性を確保することを目的として、簡潔なモデル構造と適切な数のパラメータの組み合わせを用いること。
- ・ 十分な観測密度と精度、観測レンジを有する大出水時の観測データを用いてパラメータの推定などキャリブレーション*を行い、さらにキャリブレーションに用いられていないデータを用いて検証を行い、その性能を評価すること。
- ・ 有効降雨モデルの開発に当たっては、各出水の総有効降雨量（mm）と観測ハイドログラフから求めた総直接流出量（mm）が合致することを確認し、地質区分を考慮して設定すること。
- ・ パラメータのバラツキによるピーク流量値の変化に関する感度分析を行い、既往最大でかつ観測データが不十分であったカスリーン台風の洪水ピーク流量の推定幅を算定して提示すること。
- ・ サブ流域の水文学的均一性、観測データの利用可能性に留意し、追検討可能な形式にすること。

③ 森林の変化による河川流出への影響についての考察

森林の変化による河川流出への影響については、小試験流域における観測研究から、下記の知見が得られている。利根川への貯留関数法の適用に当たっては、これらの知見を参照して、長期にわたって同じパラメータの値が適用可能であるかどうかを注意深く検討することが必要である（詳細は参考資料4を参照）。

- ・ 伐採などによって地上植生が減るとただちに蒸発散量が少なくなり、流出量が大きくなるが、土壌変化がないと規模の大きい洪水流出への影響は小さい。
- ・ 森林の保水力は、岩盤上の土壌層全体における雨水の貯留変動によるものであり、

降雨がすべて洪水になるような規模の大きい出水であっても、流出波形を緩やかにする機能は維持され、保水力として評価できる。土壌が樹木の根によって斜面上に保持されており、健全な森林がその保持のために必要だからである。花崗岩のはげ山のように植生がない場合は土壌も存在できず、洪水流出量が非常に大きくなる。

- ・ 里山では、長期にわたる樹木利用と落葉採取によって森林土壌が失われたが、花崗岩以外の地質では、貧弱な植生と下層土壌は残された。これにより、洪水流出量は元の原生林時代に比べて大きくなった。燃料革命以後森林が利用されなくなると、土壌の厚さや保水力が長い年月をかけて原生林の時の状態に移行してゆくと推定されるが、花崗岩のはげ山が緑化された場合に洪水流出量が小さくなることが示されている他は、保水力回復を検出するには至っていない。
- ・ 流域条件の変化には、土壌回復のように洪水を小さくする要因もあるが、大きくする要因もある。例えば、森林を開発して宅地など他の土地利用に変換すると、土壌の保水力は低下し、洪水は非常に大きくなる。また、森林伐採後の鹿害による森林再生困難などがあると保水力低下につながる。したがって、森林管理のあり方によって流出モデルのパラメータが変化する可能性も十分ある。

(2) 新モデルの提案、観測データの整備と適用

現行モデルに対して、前述の「② 貯留関数法の適用の方針」に沿って、国土交通省より新モデルが構築され、その方法を記述する文書が提出された。現行モデルと比較して、新モデルは以下の特徴を有する。

- ・ 新モデルの開発に当たって、雨量データの精査が行われた。まず、時間雨量観測点の少ない昭和 22、33、34 年に洪水については、観測日雨量と観測時間雨量とを組み合わせることによって、時間雨量観測密度を増加させた。また時間観測箇所が特に少ない昭和 22 年については、等雨量線図や観測所の時間分布で代表できる区域（影響区域）を設定することによってより適切な時間雨量データを推定して、流出モデルの適用の際に用いる降雨データの質、量を向上させた。
- ・ 地質区分と降雨観測データの利用可能性を考慮して対象流域を 4 つの中流域²に区分して、近年の 15 出水の総雨量（mm）と総直接流出量（mm）を用いて、第四紀火山岩類の流域では一次流出率のみ、それ以外は一次流出率、飽和流出率、飽和雨量からなる有効降雨モデルが開発された。
- ・ 貯留量－直接流出高の関係図を用いてモデルパラメータ T_r 、 K 、 P が推定された。
- ・ サブ流域を流出域、浸透域に分けることなく、一つの貯留関数で流出計算を行い、観測ハイドログラフにおけるピーク流量と洪水低減部にて計算値が適合するように K 、 P が調整された。
- ・ 新モデルでのサブ流域区分は公開とされた。

² 4 つの中流域とは、奥利根流域、吾妻川流域、烏川流域、神流川流域を指す。

なお国土交通省より、昭和 33、34 年の洪水時のハイドログラフが、実績流量の精査の結果変更となったことが報告され、その理由については不明であると報告された。分科会ではその影響の大きさに鑑み、第一に変更理由が不明であるのは河川管理者として不適切であるとした上で、この変更理由を明らかにする努力を続けるとともに、今後の観測データ管理においては、データ精査の履歴が分かるよう、文書等で記録する体制を構築することを要請する。

(3) 新モデル、現行モデルの検討と評価

分科会では、新モデル、現行モデルを検証、評価するに当たって、以下の 5 つの評価軸を設定した。

- ・ 学術的な先端性を有しているか
- ・ 実用技術としての成熟度・利用実績があるか
- ・ 基礎方程式、数値計算手法において誤りがないか
- ・ 物理的妥当性を有しているか
- ・ 異なる事例にあってもモデルの適用性が担保されているか（頑健性）

上記 5 つの評価軸のうち、最初の 2 点、学術的先端性と成熟度・利用実績については、「第 2 章 流出解析法のレビューと貯留関数法の位置づけ」にて論じている。本節では、以下の 3 点についての検証、評価結果を論ずる。

① 基礎方程式、数値計算手法において誤りがないか

ア 雨量データの検証

分科会で独自に時間降雨分布データを計算し、新モデル、現行モデルのそれぞれのサブ流域雨量と比較した。その際、分科会によるサブ流域平均降水量を真値としたときの、新モデル、現行モデルの 2 乗平均平方根誤差（RMSE）を用いて検証した。その結果、時間雨量観測地点の多い昭和 57 年、平成 10 年の洪水時では、新モデル、現行モデルともに各サブ流域の RMSE の平均は 2.0mm 以下で、分科会の手法の結果とほぼ一致していることが示された。時間雨量の観測地点数が極端に少ない昭和 22 年の洪水では、差が大きなサブ流域も見られたが、新モデル、現行モデルともに各サブ流域の RMSE の平均は 6.0mm 以下であった。また、昭和 33、34 年の洪水でも、差が大きなサブ流域も見られたが、新モデル、現行モデルともに各サブ流域の RMSE の平均は 4.0mm 以下であった。以上により、洪水量算定に用いられた雨量に、誤りがないことを確認した。なお、昭和 33、34 年の洪水各サブ流域の RMSE の平均が、昭和 57 年、平成 10 年のそれより大きい理由は、分科会では観測時間雨量データのみを使用しているのに対して、新モデルでは日雨量観測値を時間雨量に変換して、観測点数を増やしていることに起因しているとした。なお、現行モデルについては算定手法が不明であるため、違いの考察はできなかった（詳細は参考資料 5 を参照）。

イ 新モデルの検証

分科会が独自に、新モデルの基礎方程式、プログラムソースコードを確認した上で、国土技術研究センターシステム上に実装された新モデルを用いて、動作確認を行い、昭和 33、34、57 年および平成 10 年洪水ピーク流量を計算し、国土交通省による新モデルを用いた算定値と比較した。その結果、八斗島³における洪水ピーク流量での違いは-0.7~+1.5%であった。また神戸大学が有する貯留関数モデルを用いて、昭和 57 年および平成 10 年洪水ピーク流量を計算し、国土交通省による新モデルを用いた算定値と比較した結果、八斗島における洪水ピーク流量での違いはそれぞれ-0.6%、-0.8%であった。以上により、新モデルは基礎方程式、数値計算手法において誤りがないことを確認した（詳細は参考資料 6、7 を参照）。

ウ 現行モデルの検証

分科会が独自に、CommonMP* 上に実装された現行モデルのプログラムソースコードより基礎方程式を読み取り、動作確認を行い、昭和 33、34、57 年および平成 10 年洪水ピーク流量を計算して、国土交通省による現行モデルを用いた算定値と比較した。その結果、八斗島における洪水ピーク流量での違いは+0.3~+1.3%であった。以上により現行モデルは、基礎方程式、数値計算手法において誤りがないことを確認した（詳細は参考資料 8 を参照）。

② 物理的妥当性を有しているか

ア 飽和雨量と流出率

新モデルは、事後解析にあつては総有効降雨量（mm）と観測ハイドログラフから求めた総直接流出量（mm）が合致することが担保されている方法であると評価した。また地質によっては、飽和雨量、飽和流出率を設定せずに一次流出率だけを用いた方が妥当な場合や、飽和雨量より大きな降雨について、飽和流出率が 1.0 より小さくなる場合もありうると判断した。

イ 飽和雨量の感度分析

新モデルを用いて、昭和 33、34、57 年および平成 10 年洪水事例に対して、飽和雨量を変化させた感度分析を行い、その結果を図 1、表 1 に示す。洪水ピーク流量に対する飽和雨量の感度は、ハイエトグラフ（降雨の時間分布特性。図の上部に「谷」の形で現れたグラフを指す。右軸の降雨強度に相当。）が先鋭な場合（図 1 a、d）では大きい、比較的幅広のハイエトグラフの場合（図 1 b、c）には小さいことが示された。後者の場合は、飽和雨量の違いはハイドログラフ（図の下部から上部にかけて「山」の形で現れたグラフを指す。左軸の流量に相当。）の立ち上がり部に顕著に現れた。昭

³ 「八斗島」は利根川の治水計画の規模を定める地点（計画基準点）。

和 22 年の洪水事例に対しては、新モデル、現行モデル双方を用いて同様の感度分析を行い、その結果を図 2、表 2 に示す。この場合は、比較的幅広のハイエトグラフの場合に相当し、飽和雨量の違いはハイドログラフの立ち上がり部に顕著に現れ、洪水ピーク流量の違いには強く現れないことが確認された（詳細は参考資料 6、8 を参照）。

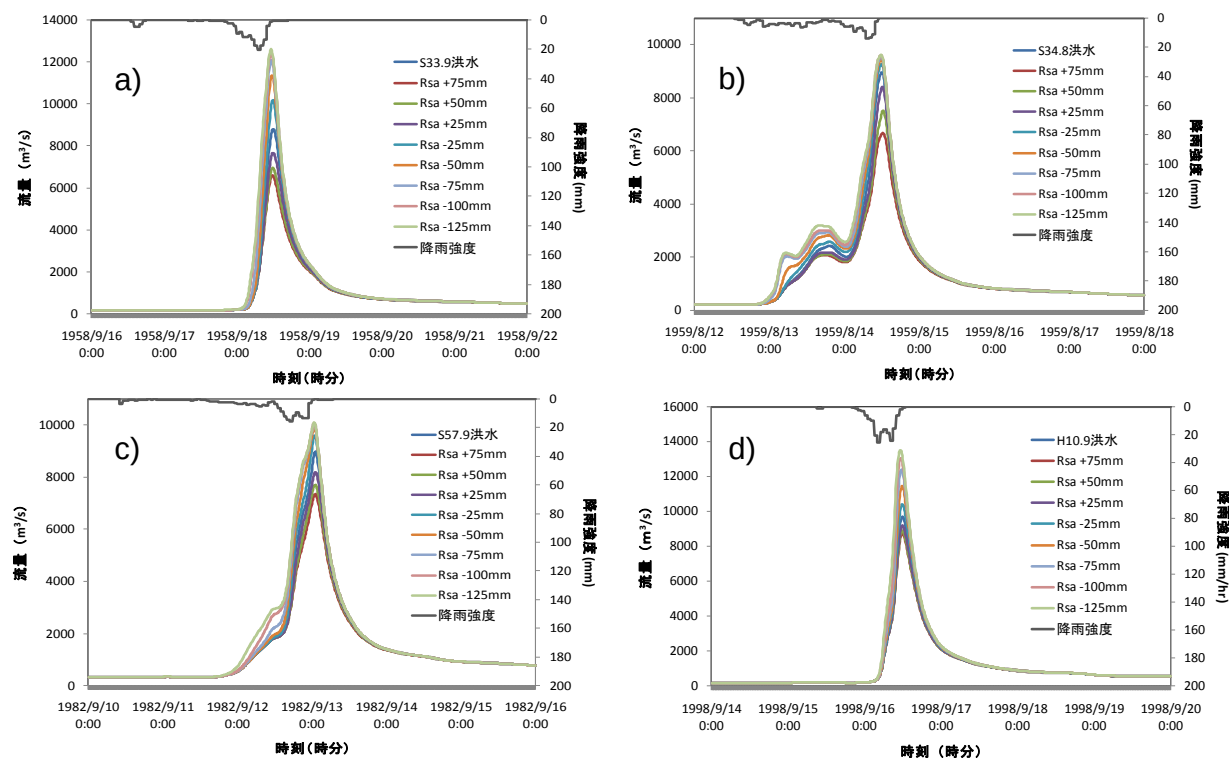


図 1 飽和雨量の値 (Rsa) が、a) 昭和 33 年、b) 昭和 34 年、c) 昭和 57 年、d) 平成 10 年の各洪水の八斗島地点での計算結果に与える影響

表 1 : 飽和雨量の値が各洪水のピーク流量推定値に与える影響

飽和雨量 (mm)	基準ピーク流量との違い			
基準値	昭和 33 年	昭和 34 年	昭和 57 年	平成 10 年
+75mm	−25.1 %	−24.4 %	−18.3 %	− 9.7 %
+50mm	−21.1 %	−14.8 %	−14.4 %	− 8.2 %
+25mm	−13.0 %	−4.6 %	− 8.8 %	− 5.3 %
-25mm	+15.5 %	+5.1 %	+ 6.8 %	+ 7.3 %
-50mm	+29.1 %	+7.2 %	+10.4 %	+17.9 %
-75mm	+37.2 %	+8.4 %	+11.8 %	+27.8 %
-100mm	+41.4 %	+9.0 %	+12.2 %	+34.7 %
-125mm	+42.6 %	+9.2 %	+12.3 %	+39.3 %

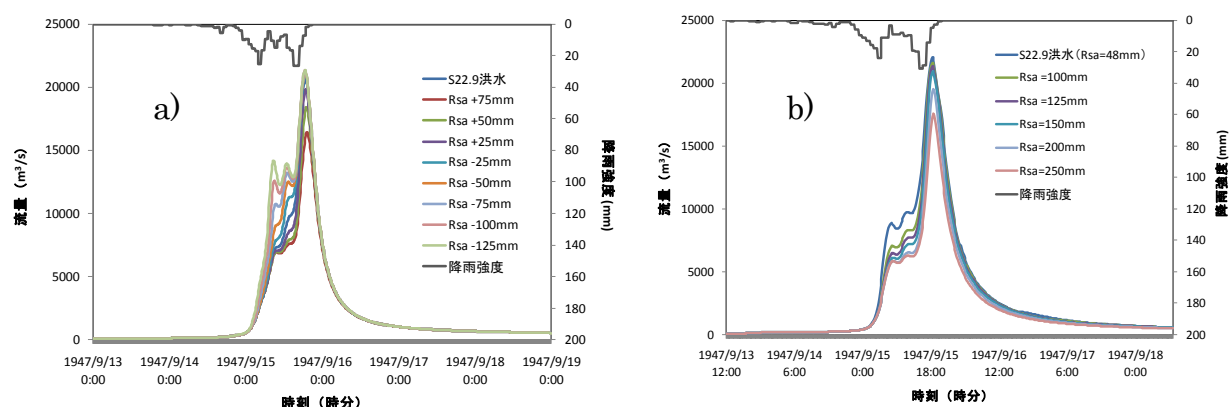


図2 a)新モデルとb)現行モデルにおいて、飽和雨量の値(Rsa)が昭和22年洪水の八斗島地点での計算結果に与える影響

表2：飽和雨量の値が昭和22年9月洪水のピーク流量推定値に与える影響

a)新モデル		b)現行モデル	
基準値	—	基準値 (48mm)	—
-125mm	+ 3.6 %	100mm	— 2.1 %
-75mm	+ 3.2 %	125mm	— 3.3 %
-25mm	+ 1.9 %	150mm	— 5.2 %
+25mm	— 3.8 %	200mm	—11.6 %
+75mm	—20.2 %	250mm	—20.4 %

ウ 飽和雨量と流域の状態量

まず、近年の観測データを用いてキャリブレーションされた京都大学が有する連続時間分布型モデルによるシミュレーション結果と現行モデルで算定された飽和雨量を比較した。その結果、図3に示すように京都大学のモデルで計算された洪水直前の流域平均貯留高と飽和雨量には明確な関係は示されなかった。一方、同様に東京大学が有する連続時間分布型モデルによって得られる洪水直前のサブ流域平均表層土壌水分と新モデルで算定された飽和雨量とを比較した結果の抜粋を図4に示す。降雨前の土壌水分が高いほど飽和雨量が小さくなるという右下がりの傾向を読み取ることができ、水収支に基づいて算定された飽和雨量が、流域の乾湿状態をある程度示すパラメータであるということが示されている。ただし、図4のサブ流域抽出例のNo. 1、12にあるように昭和33、34年については左下方に固まっている事例もあった。考えられる一つの理由は、新モデルと東大モデルでの昭和33、34年のサブ流域雨量の算定手法の違いということである（詳細は参考資料9、10を参照）。

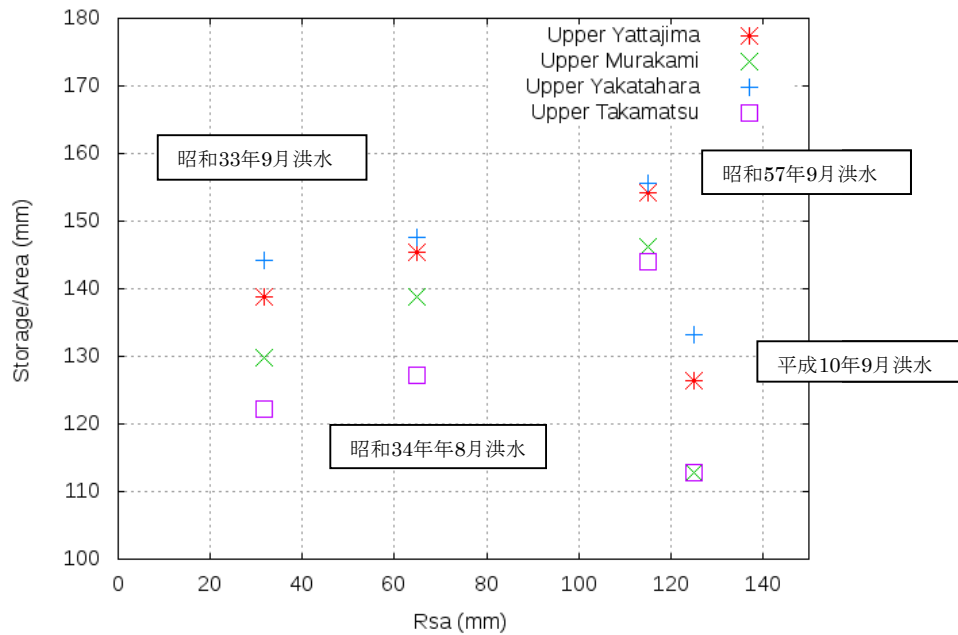


図3 分布型流出モデルから得られる流八斗島上流域での域平均貯留高（縦軸）と現行モデルでの飽和雨量(Rsa、横軸）との対応関係

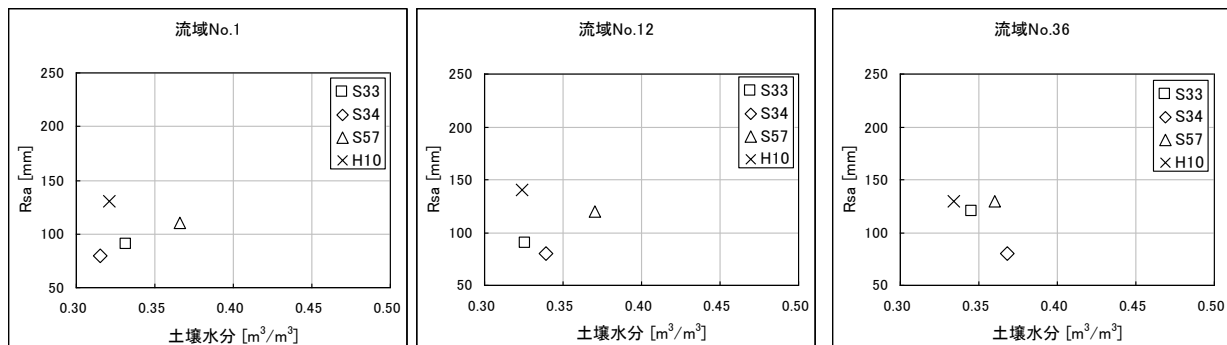


図4 洪水直前のサブ流域平均表層土壌水分量（横軸）と飽和雨量(Rsa、縦軸）のサブ流域の抽出例（詳細は参考資料 10 を参照）

エ 無降雨期間を含む出水における浸入能、保留能の回復

神戸大学が有する長短期流出両用モデルと、東京大学が有する連続時間分布型モデルを用いて、昭和 22 年の事例を対象に、一連の洪水において無降雨期間が存在した場合、浸入能、保留能の回復に影響するか否かを検討した。前者では、図 5 に示すように、39 のサブ流域のそれぞれの浸入能を 1 本の曲線で示している。降雨前半の第一ピークと降雨後半の第二ピークの間（3600 分頃）には、流域平均雨量では無降雨や微降雨の継続は認められず、どのサブ流域においても浸入能の回復は生じていない。この結果を見る限り、同洪水で降雨ピーク間の浸入能の回復に対する特別な対処が必要と

は言い難いと判断された。後者では、図6に示すように、新生代第四紀火山岩類が支配的なサブ流域では表層土壌水分が変化し、浸入能、保留能の回復は認められるが、その他のサブ流域では表層土壌水分は飽和に達し、無降雨期間に対応する変化は認められず、浸入能、保留能の回復は見込めないことが示された。新モデルでは、新生代第四紀火山岩類が支配的なサブ流域では飽和雨量を設定しておらず、それ以外のサブ流域では事後解析の水収支計算から飽和雨量を設定している。したがって、新モデルで提案されている有効降雨モデルが本事例に適応可能であることが示された。また、浸入能、保留能の回復が見込める場合の対応方法についても、既存の知見を整理して示した。詳細は参考資料10、11、12を参照）。

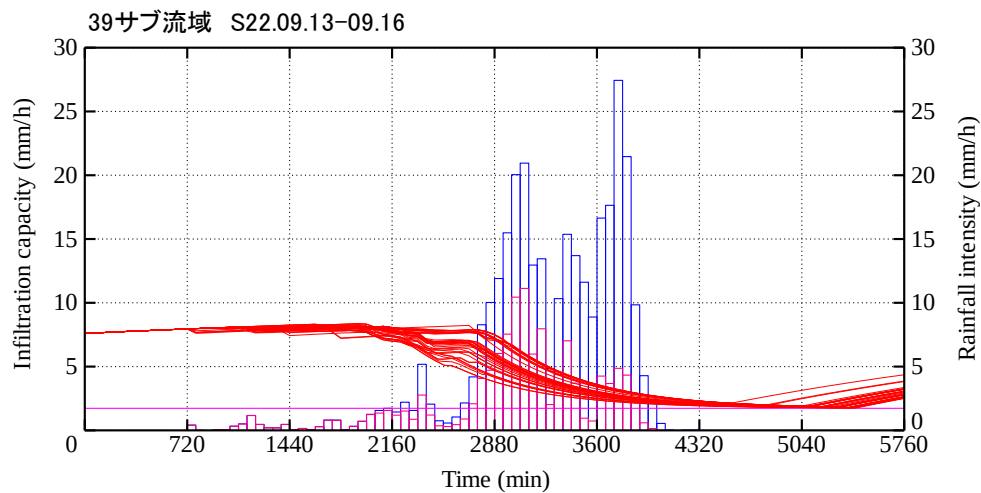


図5 長短期流出両用モデルで算定された昭和22年9月洪水における浸入能（縦軸）の時間的変化

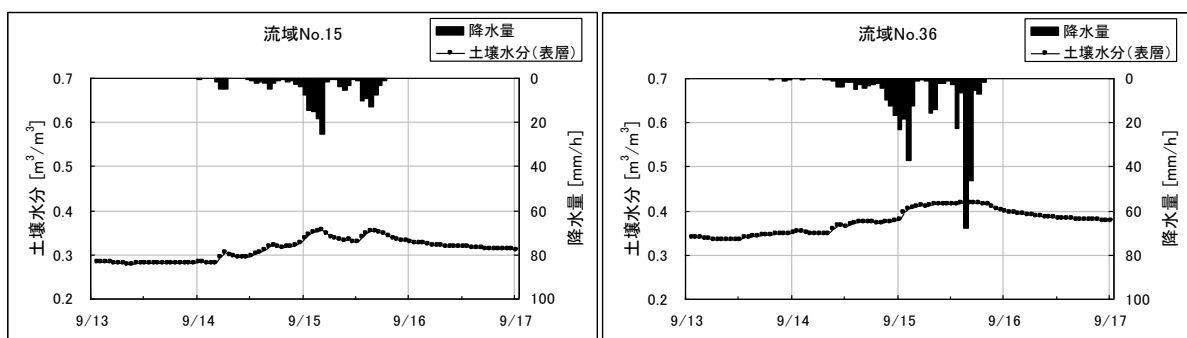


図6 降雨の時間変動と東大モデルで計算されたサブ流域平均表層土壌水分量の時間変化。新生代第四紀火山岩類(左)とそれ以外の地質(右)の例。詳細は参考資料10を参照。

オ 河道域の拡大と河道貯留

神戸大学が有する貯留関数モデルを用いて、昭和 22 年の洪水事例について、データの利用が可能な一部河道について、河道域の拡大と河道貯留が洪水ピーク流量に与える影響を分析した。図 7、表 3 に示すように、ある河道 (K) での河道域の拡大と河道貯留によって洪水ピーク流量が低下し、時間遅れが発生するために、別河道 (M) と合流後の岩鼻地点の洪水ピーク流量が低下し、その結果八斗島地点の流量も低下することが示された。この感度分析結果より、昭和 22 年の洪水では、大規模氾濫とまではいなくても、河道域の拡大と河道貯留によって、八斗島での実績流量が計算洪水流量より低くなることが示唆された（詳細は参考資料 13 を参照）。

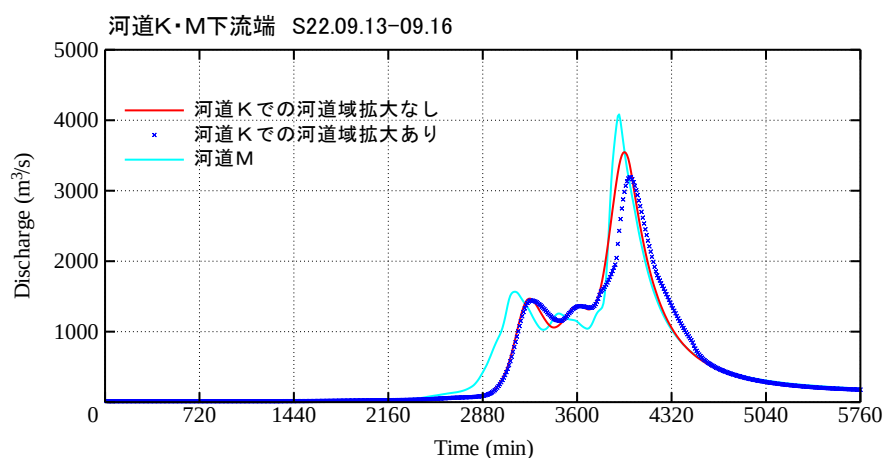


図 7 河道 K の下流端流量（縦軸）に対する河道域拡大の影響
（ピークの遅れと低下が認められる）

表 3 各地点の計算ピーク流量

河道の扱い	河道 K 下流端 (m³/s)	岩鼻地点 (m³/s)	八斗島地点 (m³/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

③ 異なる事例にあってもモデルの適用性が担保されているか（頑健性）

ア モデルパラメータの感度分析とモデルの適用性

近年 15 洪水によって求められた新モデルのパラメータの中で、貯留関数を表す 2 つのパラメータ K 、 P については、対象洪水期間中最大流量となる場合の値を設定することによって、昭和 33、34 年洪水の再現性が良いことが国土交通省によって示された。分科会では、モデルパラメータの感度分析を行い、 K 、 P ともにその値の違いが計算流

量に与える影響は大きいことを示し、こうした大きな変化がある中で、モデルパラメータの同定に用いなかった昭和 33 年洪水、昭和 34 年洪水に適用した場合の再現結果がよいということは、新モデルの頑健性を示すものと判断する。ただし、 $10,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度のチェックのみでは、昭和 22 年の $20,000\text{m}^3/\text{s}$ 程度の洪水に対して適用可能かどうかの確認はできていないことを付記する（詳細は参考資料 6 を参照）。

イ 他モデルによる長期の適用可能性の検討

近年の観測データを用いてキャリブレーションされた京都大学および東京大学が有する 2 つの異なる連続時間分布型モデルを、モデルパラメータを変化させることなく観測データのある昭和 33、34 年、57 年、平成 10 年の 6 月 1 日より 10 月 31 日まで連続的に適用し、その再現性を検討した。両モデルによる各年の洪水ピーク付近の再現性をそれぞれ図 8、9 に示す。両モデルともに適合性は良好で、観測値とシミュレーション結果との間で経時的な変化は見られなかった。なお、東大モデルでは森林植生層が洪水ピーク流量に与える影響の感度分析を行ったが、森林植生層のパラメータを大きく変えても洪水ピーク流量への影響は 2 % 程度にとどまることが示された。以上より、少なくとも昭和 33 年頃より現在に至るまで、当該流域ではモデルパラメータを変化させることなく、同じモデルの適用が可能であることが示された（詳細は参考資料 9、10 を参照）。

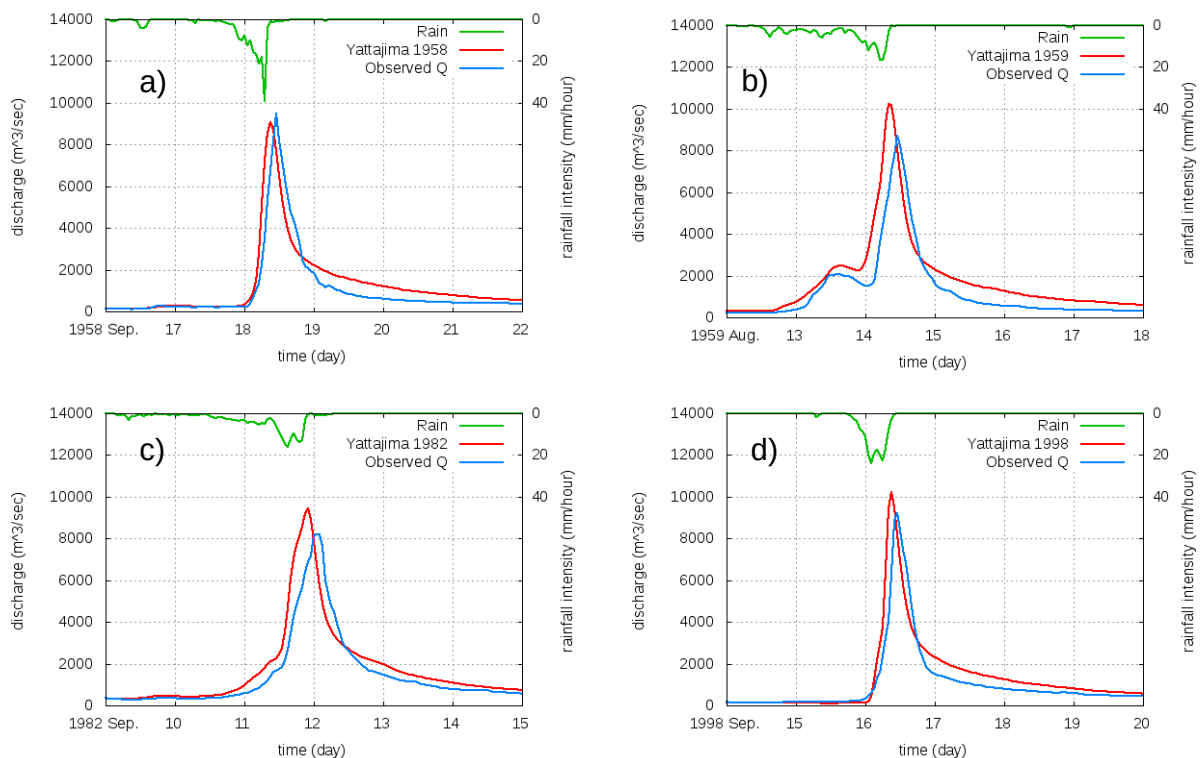


図 8 京大モデルによる a) 昭和 33 年、b) 昭和 34 年、c) 昭和 57 年、d) 平成 10 年の洪水再現計算（縦軸は八斗島地点での河川流量 (m^3/s)）

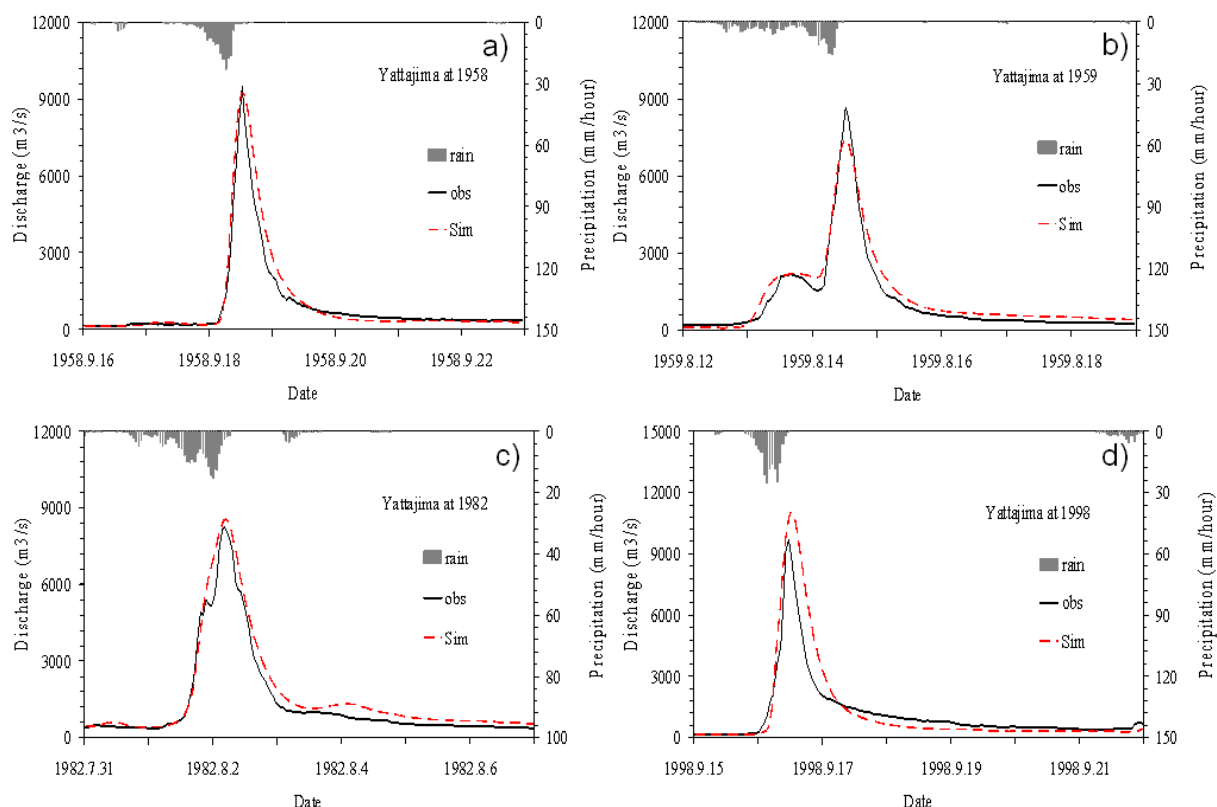


図9 東大モデルによる a) 昭和 33 年、b) 昭和 34 年、c) 昭和 57 年、d) 平成 10 年の洪水再現計算（縦軸は八斗島地点での河川流量 (m^3/s)）

ウ 昭和 22 年の洪水流量の推定幅

既往最大と考えられる昭和 22 年の洪水では、観測流量データがないために、新モデルの適用に当たって不確実性を有する。貯留関数パラメータについてはその頑健性が示され、基底流量についてはその感度が極めて低いことが確かめられたので、初期損失雨量と飽和雨量の影響を調べた。図 10 では、初期損失雨量については近年 15 洪水で求められた値の平均値を用いて、飽和雨量については平均値から変化させた値（横軸）を用いて、昭和 22 年洪水ピーク流量を推定した結果を赤線で表している。それに対して、昭和 33、34、57、平成 10 年の各洪水ごとに求められる初期損失雨量と飽和雨量の値それぞれを用いて、昭和 22 年の洪水ピーク流量を求めた結果を、緑線、青線、ピンク線、黒線で表現している。近年 15 洪水で求められた両者の平均値を用いて推定した値とこれら 4 洪水の算定結果の差を、図 10 の黄色の幅で示す。その結果、推定値の幅は $-0.3\% \sim +2.8\%$ となった。

さらに、京都大学、東京大学のモデルを用いて、昭和 33 年、34 年、57 年、平成 10 年の各ケースを初期条件として、昭和 22 年の洪水事例の降雨を入力したところ、その推定値の幅はそれぞれ $20,908 \sim 23,462 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $20,450 \sim 21,955 \text{ m}^3/\text{s}$ であった（詳細は参考資料 9、10、14 を参照）。

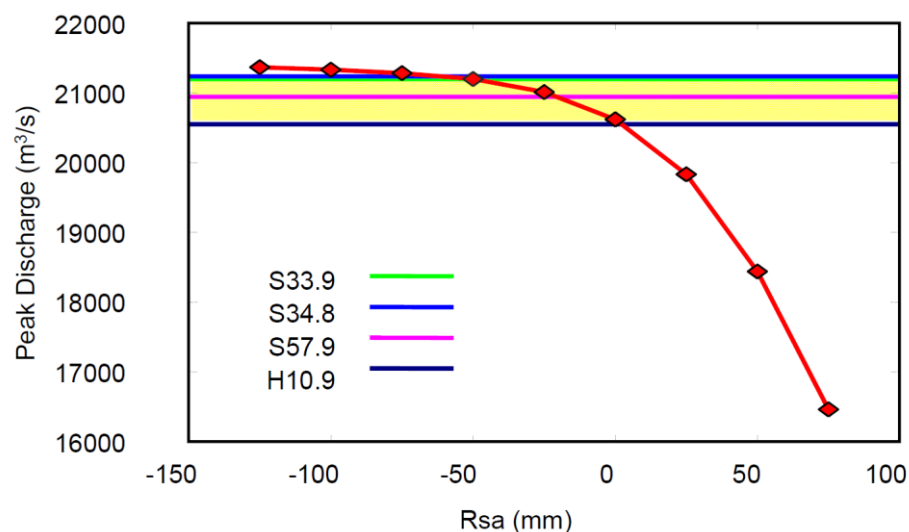


図 10 飽和雨量(Rsa)の違いによる昭和 22 年 9 月洪水の推定幅
(縦軸は八斗島地点での洪水ピーク流量 (m³/s))

エ 洪水時の森林の保水力と流出モデルパラメータの経年変化

流出モデル解析では、解析対象とした期間内に、いずれのモデルにおいてもパラメータ値の経年変化は検出されなかった。戦後から現在まで、利根川の里山ではおおむね森林の蓄積は増加し、保水力が増加する方向に進んでいると考えられる。しかし、洪水ピークにかかわる流出場である土壌層全体の厚さが増加するにはより長期の年月が必要であり、森林を他の土地利用に変化させてきた経過や河道改修などが洪水に影響した可能性もあり、パラメータ値の経年変化としては現れなかったものと考えられる。しかしながら、人工林の間伐遅れや伐採跡地の植林放棄などの森林管理のあり方によっては、流出モデルのパラメータ値が今後変化する可能性も十分あることに留意する必要がある（詳細は、参考資料 4 を参照）。

(4) 総合確率法について

基本高水の算定法の一手法として提案されている総合確率法は、河川計画で対象とする期間総降雨量（利根川流域の場合は 3 日雨量）から、ハイエトグラフの多様性を考慮して、計画超過確率（利根川流域の場合は 1/200）に対応する洪水ピーク流量（これを 200 年超過確率洪水流量とよぶ）を算定する手法として妥当と判断する。

総合確率法では、各洪水ピーク流量に対して、様々な降雨波形に対応してその洪水ピーク流量を生じる降雨総量の超過確率（すなわちその降雨波形を条件として与えたときの洪水ピーク流量の条件付き超過確率）を算定して、その超過確率と降雨波形の生起確率との積を求め、すべての降雨波形にわたって加算して、洪水ピーク流量の超過確率を求めている。各降雨波形に対応して、洪水ピーク流量の確率的変動を与える主要因は降

雨規模そのものであって、初期損失量と飽和雨量の変化による変動の影響は相対的に小さくなる。したがって、個々の降雨波形に対して、洪水ピーク流量の超過確率を算定するときには、降雨の規模以外の諸量の不確かさによる推定幅は考えないこととする。

基本高水の算定には、確率降雨から流出モデルを用いて得られる値、総合確率法による算定値、流量データの確率から得られる値、既往洪水の解析による推定値などを総合的に検討し、決定のプロセスと理由の妥当性が広く理解されるよう要請する。

5 結論

本分科会では、現行モデルについての十分な情報を得ることは難しかったが、モデルの内容の理解に努め、現行モデルに含まれる問題点を整理し、水収支に着目した有効降雨モデルに基づく貯留関数の新モデルの開発方法を推奨した。次に、新モデル、現行モデルの双方について、分科会自身でプログラムを確認し、動作をチェックし、基礎方程式、数値計算手法について誤りがないことを確認した。さらに、感度分析やシミュレーション結果の整理により、新モデルの物理的意味合いを検討した。その上で、観測データのない場合や、計画策定へ適用する場合に必要なモデルの頑健性をチェックし、さらにそのような場合に適用したときの不確定性を評価した。これらの評価は、両モデルのみならず、分科会独自のモデルをも使って実施した。その結果、国土交通省の新モデルによって計算された八斗島地点における昭和 22 年の既往最大洪水流量の推定値は、 $21,100\text{m}^3/\text{s}$ の -0.2% ～ $+4.5\%$ の範囲、200 年超過確率洪水流量は $22,200\text{m}^3/\text{s}$ が妥当であると判断する。

6 附帯意見

既往最大洪水流量の推定値は、上流より八斗島地点まで各区間で計算される流量をそれぞれの河道ですべて流しうると仮定した場合の値である。一方、昭和 22 年洪水時に八斗島地点を実際に流れた最大流量は $17,000 \text{ m}^3/\text{s}$ と推定されている[6]。この両者の差について、分科会では上流での河道貯留（もしくは河道近傍の氾濫）の効果を考えることによって、洪水波形の時間遅れが生じ、ピーク流量が低下する計算事例を示した。既往最大洪水流量の推定値、およびそれに近い値となる 200 年超過確率洪水流量の推定値と、実際に流れたとされる流量の推定値に大きな差があることを改めて確認したことを受けて、これらの推定値を現実の河川計画、管理の上でどのように用いるか、慎重な検討を要請する。

IPCC 第 4 次評価報告書[7]においては、気候変化による大雨の頻度の増加、渇水を受ける地域の拡大、熱帯低気圧（台風）の強度の増大が指摘された。わが国でも 1 時間雨量が 50mm や 100mm を越える雨の発生回数の増加が報告され、これらの降雨特性の変化を考慮すると、河川計画において根拠としてきた定常確率過程の前提を再検討する必要がある。一方、近年頻発する局所的集中豪雨（ゲリラ豪雨）に対する国民の関心も高まっており、流域管理、コミュニティ防災等、新たな治水の考え方も提案されているところである。今後起こりうるリスクを徹底的に吟味し、様々な対応策のオプションを用意した上で、新たな河川計画、管理のあり方を検討することを要請する。

今回の検討で日本学術会議は、社会基盤の構築の基本値の一つである基本高水に関して、確かな情報が広く共有されていない状況が、社会の混乱、合意形成の障害を引き起こすことを認識した。基本高水の算定には、我が国でこれまで多数の流域で適用実績を持っていて信頼性がある貯留関数法を、ある程度、分布型のモデル形式にして利用してきた。しかし、人工衛星やレーダ等の観測体制が充実し、再解析などのモデル出力が利用可能となっており、さらに、流域内で実際に生じている雨水流出現象の物理機構を捉えてモデル化する方法や、貯留施設や河道整備などの人工的な流水制御の影響を取り入れ、森林や農地、宅地等の土地利用の変化の効果を定量的に評価しうる分布型・連続時間の流出モデルによるシミュレーション技術、流出計算モデルの共有技術が進展している。このため、これらの学術の近年の成果を効果的に取り込んだ、より合理的な河川計画の手法を確立し、そこから生み出されるより確かな情報を広く共有することによって、合意形成を図るための計画の形成を要請する。

＜用語の説明＞

キャリブレーション：流出モデルの出力である河川流量と、降雨などの流出モデルへの入力との関係を決定付ける作業。

水文：地球上の水の循環の過程における諸現象。具体的には降水や流出現象などを指す。また、このような水文を取り扱う科学を水文学とよぶ。

流域貯留量：河川流域の地表面や土壌、地下水帯に、一定期間存在する水の量。

有効降雨：降雨－流出応答の中で、直接流出に相当する降雨を有効降雨という。

飽和雨量と一次流出率：一般に、有効降雨は累加雨量がある値を超えるまで1より小さく、それを超えると有効降雨と累加雨量のそれぞれの増加分はほぼ近い値となる。有効降雨をモデル化するに当たって、この境界の累加雨量を飽和雨量とよび、飽和雨量に達するまでの流出率を一次流出率とよぶ。詳細は資料1を参照。

河道：河の中で水の通路となるところ。

直接流出：河道に直接降る雨や、地中に浸透せずに地表面を流れる水(表面流出)、いったん地中に浸透した後に再び地表面に早く出て地表面を流れる水(早い中間流出)など、降雨後速やかに河道に到達する流出。

基底流出：いったん地中に浸透した後にゆっくり地表面に出て地表面を流れる水(遅い中間流出)や地下水帯から流出など、降雨後ゆっくり河道に到達する流出。

CommonMP：水理・水文・生態などの複合現象を解析するために、異なった機能を持つ要素モデルを一体的に協調・稼働させるためのプラットフォームの名称。

＜参考文献＞

- [1] 木村俊晃、貯留関数法による洪水流出追跡法、建設省土木研究所、1961.
- [2] 木村俊晃、貯留関数法、河鍋書店、1975.
- [3] 角屋 睦・永井明博、流出解析手法（その 10）－4、貯留法－貯留関数法による洪水流出解析－、農業土木学会誌、第 48 巻 10 号、pp. 43-50、1980.
- [4] Prasad, R., A nonlinear hydrologic system response model, Proc. ASCE, Vol. 93, No. HY4, pp. 201-221, 1967.
- [5] 星 清・山岡 勲、雨水流法と貯留関数法の相互関係、第 26 回水理講演会論文集、pp. 273-278、1982.
- [6] 国土交通省河川局、利根川水系河川整備基本方針、2006 年 2 月.
- [7] 気候変動に関する政府間パネル（International Panel on Climate Change: IPCC）、第 4 次評価報告書、2007 年 11 月.

<参考資料 1> 河川流出モデル・基本高水評価検討等分科会審議経過

平成 23 年 1 月 19 日（水） 第 1 回分科会（13：00～15：00）

- ・ 役員の決定（委員長、副委員長、幹事）
- ・ 参考人（国土交通省）から審議依頼の趣旨説明、利根川水系の基本高水の概要と検証の進め方に関する説明。質疑応答。

平成 23 年 2 月 18 日（金） 第 2 回分科会（10:00～12:30）

- ・ 今後の審議の進め方、ヒアリングの実施方針について議論。
- ・ 利根川水系の基本高水算定手法に関して参考人（国土交通省）と質疑応答。

平成 23 年 3 月 28 日（月） 第 3 回分科会（15:00-17:00）

- ・ 利根川水系の基本高水算定手法(新手法)に関する詳しい質疑。

平成 23 年 3 月 29 日（火） 第 4 回分科会（15:00-18:00）

- ・ 基本高水の決定に重要な流出解析法、既存データの取扱いに詳しい専門家、利根川の洪水に詳しい専門家などからヒアリングと質疑応答。

平成 23 年 4 月 1 日（金） 第 5 回分科会（15:00-17:00）

- ・ 報告書取りまとめの方向性について議論。

平成 23 年 4 月 26 日（火） 第 6 回分科会（9：00～12:00）

- ・ 国土交通省から基本高水算定手法(新手法)の検証に必要な情報が提示。
- ・ 論点の整理について議論

平成 23 年 5 月 11 日（水） 第 7 回分科会（14:00～17:00）

- ・ 論点の整理について議論
- ・ 委員による検証・評価結果について議論。

平成 23 年 6 月 1 日（水） 第 8 回分科会（15:00-18:00）

- ・ 基本高水算定手法(新手法)の検証結果の議論。
- ・ 委員による他手法による検証結果の報告の議論。
- ・ 報告書の骨子について議論。

平成 23 年 6 月 8 日（水） 第 9 回分科会（15:00-17:00）

- ・ 委員による他手法による検証結果の報告の議論。
- ・ 報告書の骨子について議論。

平成 23 年 6 月 13 日（月） 第 10 回分科会（10:00-12:00）

- ・ 森林の保水力及び報告書の骨子について議論。

平成 23 年 6 月 20 日（月） 第 11 回分科会（17:00-19:00）

- ・ 総合確率法、報告書の骨子及び報告書について議論。

平成 23 年 7 月 4 日（月）～平成 23 年 8 月 22 日（月）

- ・ 回答（案）の取りまとめおよび審議

平成 23 年 9 月 1 日（木）

- ・ 第 133 回日本学術会議幹事会において回答「河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価」を承認

<参考資料 2> 国土交通省河川局長からの審議依頼

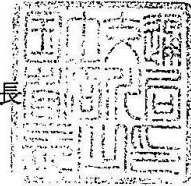


国河計調第 22 号

平成 23 年 1 月 13 日

日本学術会議会長 様

国土交通省河川局長



河川流出モデル・基本高水の検証に関する学術的な評価について（依頼）

自然的・社会的条件から水害に対して脆弱な国土構造を有する我が国においては、古くから治水対策を行うことにより、我が国の発展を支える社会経済活動の基盤を整備してきました。今後も持続的に国土を保全し、安全で安心な国民生活の確保を図るためには、長期的な視点で計画的な治水対策を行う必要があります。そのため、河川法においては、長期的な河川整備の方針として、洪水防御に関する計画の基本となる洪水である基本高水等を定めた河川整備基本方針を策定することとしています。基本高水を設定する方法としては、種々の方法がありますが、一般的には、観測された雨量データや流量データを分析し、流域の特性に応じて流出計算モデルを構築し、それを用いて算出された結果等を総合的に検討して決定しています。

現在、計画の前提となるデータについては、ダム事業の検証の中で詳細に点検を行っているところですが、利根川水系においては、平成 17 年度の河川整備基本方針策定時に飽和雨量などの定数に関して十分な検証が行われていなかったこと等から、データを点検した上で、現行の流出計算モデルの問題点を整理し、蓄積されてきたデータや知見を踏まえて新たな流出計算モデルを構築し、これを用いた基本高水の検証を行うこととしています。

これらは国土交通省が自ら行うものですが、その際には、学術的な観点からの評価をいただくことが重要であり、評価をいただく上では、客観性と中立性の確保が不可欠であると考えています。客観性と中立性を確保するためには、第三者的で独立性の高い学術的な機関に評価を依頼する必要があると考えており、国土交通省は、この評価を行う主体として日本学術会議がふさわしいと考え、貴会議に依頼することとしました。

つきましては、利根川水系における河川流出モデル・基本高水の設定手法の検証に関する学術的な観点からの評価について、貴会議におかれましてよろしくご審議の上、ご意見をくださるよう、お願い申し上げます。なお、審議に当たっては、透明性の確保に最大限努めていただくとともに、河川流出モデル・基本高水に関して知見を有する研究者等から広く意見を聴く措置を講じていただきますように、あわせてお願い申し上げます。