

土木工学・建築学委員会
河川流出モデル・基本高水評価検討等分科会
(第21期・第9回)

議事録

日時：平成23年6月8日（水）13:00～15:00

場所：日本学術会議6階 6-C（1-2）会議室

参加委員：鬼頭、窪田、小池、小松、椎葉、寶、立川、田中丸、谷（五十音順）

参考人（国土交通省）：小池、泊、山田、柿崎、藤田

議題：

0. 定足数確認

事務局より、9名の委員の出席があり、定足数が満たされていることが報告された。

1. 前回議事録確認（資料1）

委員長から前回議事録（案）が報告された。委員からの意見、コメントはなく、了承された。

2. 検討結果の報告(4)

1) 資料10、11、12および補足資料1～4について

国交省より、資料10「現行の流出計算モデルについて」、資料11「新たな流出計算モデルの構築（案）について」、資料12「新たな流出計算モデル（案）を用いた流出計算の実施」、および補足資料「1. 昭和33年9月洪水、昭和34年8月洪水の被害状況について」、「2. K、Pの設定（補足）について」、「3. 河道内貯留（大正橋～上福島）について」、「4. 昭和22年9月洪水の氾濫量の推定について（参考）」に基づき、説明が行われた。資料10は、現行モデルについて、これまで報告していた行政文書等により確認できる事項に加え、分科会での指摘に基づき、計算プログラム等により確認した事項を追記した。資料11は、第8回資料7に河道の基礎式を追加した。資料12は、第8回資料11に用語等の一部を修正し、6ページ④に八斗島地点における1/200確率流量の算定結果約24,000m³/secを追記した。また、9ページに確率降雨量の算定方法を追記し、9ページに現行モデル、10ページに新モデルの雨量確率図を示した。

補足資料は、これまでの分科会での御指摘等を踏まえて整理したものである。補足資料1は、昭和33年9月洪水および昭和34年8月洪水の被害状況を整理した。両洪水とも八斗島地点では計画高水位を超える洪水ではなく、群馬県からは「利根川本川及び大きな支川においても、破堤や越水の記録はなかった」という旨の回答を得ている。補足資料2は、

新たな流出計算モデルにおける流域定数 K 、 P について、中規模程度の洪水の値を用いて流出計算を行った結果を整理した。補足資料 3 は、大正橋～上福島区間の河道内貯留に関して両観測所の流量観測結果を点検したところ、大正橋流量観測所の昭和 34 年 8 月洪水の断面面積の算出には計算ミスがあったと考えられた。補足資料 4 は、昭和 22 年 9 月洪水について、「昭和二十二年九月大水害の実相」（群馬県 昭和 22 年）の群馬県水害被害図を用いて氾濫量の推定を行い、推定 1（浸水深記録からの氾濫量推定）では約 3,900 万～7,700 万 m^3 、推定 2（標高データを活用した氾濫量推定）では約 6,000 万 m^3 であった。

[質問・コメント]

委員：補足資料 4 の推定氾濫量は、昭和 22 年 9 月洪水の総流出量に対してどのくらいの割合になるのか。

国交省：手元に数字がないので、回答できない。

委員：浸水記録は最大水深を記録していると思われる。これを用いると過大な推定になるのではないか。

国交省：浸水面積に浸水深を乗じて求めると 7,700 万 m^3 となり、氾濫域の外縁の浸水深が 0 に近くなると想定して 2 で除すと 3,900 万 m^3 となる。

委員長：中規模洪水で得られた K 、 P を用いて大規模洪水を計算すると過大に計算されるという結果は興味深い。学術的にもあまり検討されておらず、大規模洪水を対象とする計画論を考える上で、モデルのロバストネスという視点から重要なポイントである。

3. 検討の依頼と検討結果の報告(3)

1) 資料 2、3 について

委員より、資料 2「利根川源流域への流出解析モデル適用に関する参考意見―第一部 有効降雨便理と波形変換解析について―」、資料 3「利根川源流域への流出解析モデル適用に関する参考意見―第二部 森林・土壌など時間的に変化する流域条件の洪水への影響について―」に基づき以下の説明がされた。資料 2 の概要はサブ流域の有効降雨と波形変換を確認して全体流域を予測すべきこと、有効降雨分離について地質の要因が支配的であること、木村の貯留関数ではハイドログラフを合わせることのみが目的だったので、以降の斜面流出機構の研究成果をふまえて貯留関数パラメータを絞り込めば昭和 22 年 9 月洪水等観測のない洪水の予測の幅を狭めることができることである。また、降雨分布が重要で R_{sa} に影響を与えることが示された。また、洪水解析のためのイベント型モデルとして、現在でも貯留関数法はひとつの選択肢ではあるが、飽和雨量を設定することは流出率が最終的に 1 になることが前提になってしまうので、過大な推定結果となる可能性も否定できないと考えられる。また、資料 3 では、利根川流域のような山地と平地をともに含むような流域では、森林変化以外にもさまざまな土地利用改変が行われており、洪水計算のためのパラメータの変化がないとは言えない。しかし、森林と土壌の影響についてのみ述べれば、森林水文学の長期にわたる観測結果から次のように推定できる。森林の成長にともなう蒸

発散量増加の影響は確実に予想されるが、洪水ピークへの影響は検出されなかったこと、はげ山ではただちに、崩壊後の裸地では数十年で土壌貯留効果が大きくなるが、数百年に及ぶ里山利用で戦争直後は土壌の厚さが減少していたことは確かだとしても、貧弱な植生と残っている土壌を出発点として数十年程度の放置では森林は成長するが土壌発達の様子はわずかで原生林時代に比べて薄いままであって、大出水の洪水ピークを減らすほどには大きく影響しないことが推定できる。

2) 資料 4 について

委員より、資料 4「昭和 22 年 9 月洪水（複峰降雨）において浸入能・保留能の回復を考慮すべきか」について説明が行われた。既に第 7 回資料 4 で無降雨期間を含む出水への対応方法が提示されているが、実際に長短期流出両用モデルを用いて、昭和 22 年 9 月洪水他について、浸入能の時間的変動に関する検討を行った。ここで用いられた長短期流出両用モデルでは、第 1 段タンクが上層と下層に分けられ、下層の空容量によって浸入能が決まることから、浸入能の時間的評価が評価できる。その結果、昭和 22 年 9 月洪水においては、どのサブ流域においても降雨中に浸入能が回復する傾向は見られなかった。一方、貯留関数法（新モデル）について、流域平均の雨水保留量の時間的変化を見ると、飽和雨量に達した降雨後半でも雨水保留は生じていた。これには第四紀火山岩層が多い吾妻川において、流出率が 0.4 に固定されているためと解釈される。

3) 資料 5 について

委員より、資料 5「氾濫に伴う河道域の拡大がハイドログラムに及ぼす影響の検討－河道 K（烏川・碓氷川合流点～烏川・鎗川合流点）の事例－」について説明が行われた。昭和 22 年 9 月洪水において生じたとされる氾濫のハイドログラフへの影響を検討するために、新モデルの河道 K 区間（烏川・碓氷川合流点～烏川・鎗川合流点）8.4km について、実測されている低水敷、高水敷（右端は標高 82m の堤防）にさらに幅 500m の氾濫域が右岸にある河道断面を仮定して Manning 式による流量計算を水位 1m ないし 0.5m 毎に行って、増水期、減水期の流量－貯留量の関係図を作成した。この関係図から得られた河道の貯留関数を用いて流出計算を行ったところ、河道区間 K の末端において、河道域の拡大にともなってピーク流量が小さくなると共にハイドログラフの立ち上がりでピーク流量の発生時刻が遅くなることが示された。また当該区間より下流の岩鼻地点、八斗島地点においても同様の現象が生じ、両地点のピーク流量の減少は河道区間 K の末端における減少よりも大きくなった。この結果は、八斗島地点の実際のピーク流量が 17,000m³/sec となった原因のひとつとして、氾濫にともなう河道域の拡大と河道貯留量の増大が挙げられることを示している。

[質問・コメント]

委員長：大熊専門家が指摘した氾濫域が存在し、その結果ピークが遅れ、ピーク流量も小さくなるということが定量的に示されたと考えられる。

委員：資料 5・5 ページの上から 2 番目と 3 番目の図の間の変化（氾濫域の拡大）は、瞬間

的に起きると考えて計算するのか。

委員：氾濫域の部分も 0.5m（氾濫域と堤防の高さの 1/2）毎に河道貯留量－流量関係を計算している。これが図-4、図-5 の遷移域となっている。

委員長：実際には、道路の上を流れたり支川が氾濫したり、それが別の支川へ流れたり複雑な現象が起きている。

委員：氾濫した水も全量が流れるのか。

委員：氾濫域も河道として扱っているので全量が流れる。結果的に全体の流量は変わらないが、流出が遅れることになる。

委員：水田に降った雨が貯留されたり、氾濫した水が水田に一時的に貯留されるなど、農地の貯留はどう考えたら良いか。

委員：水田などが遊水池の様に振る舞うことは考えられる。当時の土地利用は確認していないが、氾濫域とした場所に水田があったと考えられる。

4) 資料 6 について

委員より、資料 6「昭和 33 年 9 月洪水における現行モデル・新モデルの R_{sa} の比較について」に基づき、昭和 33 年 9 月洪水について現行モデルと新モデルで R_{sa} が異なる点について検討した結果が説明された。現行モデルと新モデルとでは、入力（流域平均有効降雨）、モデルの構造、 K など他のパラメータも異なるため、一概に R_{sa} だけを取り出してその違いとして議論することは難しい。現行モデルの R_{sa} はピーク流量を合わせるために調整した結果と考えられる。

5) 資料 7、8 について

委員より、資料 7「分布型流出モデルを用いた連続計算による流出計算結果の報告」に基づき、京都大学で開発された分布型流出モデルを用いて計算を行って、現行モデルで設定された R_{sa} と流域平均貯留量との関係を分析した結果が説明された。また昭和 22 年 9 月の洪水の再現結果が報告された。1994-1998 年の 6 月から 10 月までの洪水データを用いてパラメータを同定し、同一のパラメータで 4 期間の流出が良好に再現できることを示した。また計算による流域平均貯留高と現行モデルでの R_{sa} の間には明瞭な関係は見られなかった。また昭和 22 年 9 月洪水については、長期の降水分布データセットがないため、データが存在する既往 4 洪水の 5 ヶ月間のデータに、当該洪水の期間のみ雨量データを入れる方法で計算したところ、ピーク流量は 20,907.6～23462.2 m^3/sec と算定された。

引き続き、委員長より資料 8「水エネルギー収支分布型水循環モデル（WEB-DHM）、長期再解析日本高解像度ダウンスケーリング（JP10）、観測雨量を用いた貯留関数モデルの評価」に基づき、東京大学で開発された水エネルギー収支分布型水循環モデルを用いて、既往の 4 洪水（昭和 33 年 9 月、昭和 34 年 8 月、昭和 57 年 9 月洪水、平成 10 年 9 月洪水）の再現計算を行って、新モデルに用いられている飽和雨量 R_{sa} の物理的意味を検討すると共に、昭和 22 年 9 月洪水の計算を行った。その結果、良好な再現結果が得られた。また本モデルでは 2000 年の森林データ（衛星データ）を用いているが、大出水の場合は森林の影

響を考慮しなくてはならないとは考えられない。新モデルによる R_{sa} と本モデルによる流域平均表層土壌水分量との間には一定の関係がみられ、時間降水量データが少ない昭和 33 年 9 月、昭和 34 年 8 月を除くと、 R_{sa} は洪水直前の流域の乾湿状態を示していると考えられる。昭和 22 年 9 月洪水については、京大モデルの場合と同様に他の年の降雨データに当該洪水期間のみ雨量データを与える手法を用いているが、他の年の降雨パターンの影響によりピーク流量が異なり、 $20,450\sim 21,995\text{m}^3/\text{sec}$ と幅がある。またモデルの各流域グリッド毎に計算される浸入能・保留能を検討したところ、当該洪水期間中に浸入能・保留能の回復は見込めないことがわかった。

[質問・コメント]

委員：委員は現行モデルの R_{sa} を、委員長は新モデルの R_{sa} を対象に流域の乾湿状態との関係を調べているので、両者で違う傾向となることはありうる。

委員長：京大モデルで新モデルの R_{sa} との関係を調べれば、同じ傾向となるのではないか。

委員：ピーク流量で見ると昭和 34 年の洪水が過小評価、平成 10 年の洪水が過大評価という計算結果に問題はないのか。植生条件が同じだ仮定して計算しているのだから、この計算結果は、時間とともに徐々に洪水が減ってきたという傾向を述べていることになるのではないか。

委員長：1998 年（平成 10 年）でキャリブレーションしているのであればわかりやすいが、確かにこれでははっきりしない。森林の影響は別途検討したもので、モデルでは 2000 年代の衛星観測から得た LAI を用いているが、LAI を半分にして計算しても、ピーク流量は 3% 程度しか変化しないという結果を得ている。整理して次回説明したい。

委員：3%増えるのか、減るのか、どちらか。

委員長：流出量は増える。1982 年（昭和 57 年）の降雨を用いた計算では 2000 年の LAI で計算すると $21,995\text{m}^3/\text{sec}$ であるが、LAI を半分にすると、 $22,004\text{m}^3/\text{sec}$ となり、 $10\text{m}^3/\text{sec}$ 程度しか変わらない。

4. 回答骨子 2：検証・評価

委員長より、資料 9「回答骨子 2（案）」に基づき、回答の骨子が説明された。4 月 26 日の第 6 回分科会資料 5「回答の骨子：学術上の整理（案）」として提出したものを、それ以降の国交省の作業、委員による検証・検討をふまえて、改訂した。主な変更点は以下の通りである。

第 1 節では、「1.3 流出解析法の発展と貯留関数法の位置付け」は 2 つの項目の順序を入れ替えた。これは、貯留関数法が現実的な取り得る手法のひとつであることよりも、今後の方向性を強調するためである。

第 3 節では、「3.1 貯留関数法の利根川流域への適用における留意事項」で、まず冒頭にこの間の検討・検証で指摘した基本高水算定にあたって、河川管理者である国土交通省が、算定の背景・経緯の十分な説明科学的な追検証の可能性を担保すべき点を加えた。また「3.3

貯留関数法（新モデル・現行モデル）の検討、評価」の冒頭に検証、評価にあたっての5つの評価軸を示し、それに基づいて、この間の検討・検証の成果の要点をとりまとめて、記載した。

[質問・コメント]

委員：貯留関数法とってしまえば違い（モデル構成の変化）がわかりにくいのかもかもしれないが、新モデルでは、有効降雨算定手法が変わり、洪水流量の水収支が担保されるようになった点の意味は大きい。また、貯留関数法では流出率が最終的に必ず1になるという扱いに固定すべきではなく、新モデルで飽和後の流出率が1になっているサブ流域については、降雨量と直接流出量の関係を分析した結果として、飽和後の流出率が1に設定されたと解釈すべきである。この点は、十分に理解してもらう必要がある。

委員：資料5の氾濫域の解析に戻るが、氾濫域の流れは区間の全体で起きていると考えるのか。氾濫域は水が流れるということだったが、氾濫域を流れる水を貯留量という言い方で呼んでいるのか。

委員：8.4kmの区間全体で考えている。河道流を貯留関数法の枠組の中で解析しているので、貯留量という言い方になる。ここで言う貯留量とは、長さ8.4kmの氾濫域を含めた河道に貯留されている水の全体積である。

委員：流域の中で、土地利用が大きく変わってきているという現実がある。河川管理だけでそれを処理するというこれまでの考え方は、限界が来ている。森林管理なども含めて、流域全体で管理すべきと考える。

委員長：次回分科会で予定している今後の展望、あるいは分科会の要望として、議論をしたい。

委員：中小規模の洪水によるパラメータを大洪水に適用可能かという検討について、あまりはっきりとした結果とはなっていないが、定数Pについては大規模洪水では0.6に固定することが、表面流の流れの構造を考えると望ましい。さまざまな条件が作用するので、中小規模出水で0.6にならないのは理解できるが、本来的には大出水を考慮して0.6がロバスト性の面でも良い。Pを小さくすると非線形性が強く作用するので、大出水では取り扱いに注意すべきである。

委員：次回議論する第4節に関わって、現在の枠組で基本高水を正確に推定することは重要であるが、一方で地球温暖化の影響によって災害外力が大きくなり、降雨の形態が、奄美、佐用の例などのように大きく変わってきている。これまでは定常確率過程として考えられが、非定常確率過程を考慮しなくてはならない。災害外力が増大していることを記述すべきである。

委員：1.3は、この順番で記載するのが良い。3.3の最後の段落で、森林と流出の関係について、「流出モデルパラメータの値を変える必要がない」、というのは貯留関数法に限定されているという理解でよいか。また、大きな流域である利根川に限ったものと考えて良いか。

委員：今回の利根川の解析に限ってという意味で、その通りである。伐採後鹿害による森林回復不能など、森林の取り扱い次第では土壌の厚さがさらに薄くなってピーク流量が大きくなるのが危惧される。地球温暖化の影響もそうだが、「想定外」という言い方はできなくなりつつある。流域の河川以外の部分の管理が減災のために重要であって、河川の中だけに押し込んで解決をはかる、ということは実際には難しい。避難や土地利用など全体を考える必要があることを強調すべきである。

委員：3.3の最初の(3)で「無謬性」という言い方は、「正確性」と変更するなど、表現を工夫すべきである。

5. その他

委員長：総合確率法については、まだ議論していない。総合確率法の妥当性は次回議論する。また次回には骨子のある程度成文化して検討する。それらを取りまとめて6月23日の部会での審議にかけたいと考えている。このため、次回の状況によっては、持ち回り審議、あるいはさらに分科会の追加開催することも視野に入れる。また、分科会はどうしても専門的な議論になっているが、これを一般の方にわかりやすく伝えることについても次回議論したい。

委員：推定値について、どれくらいのエラーバーとなっているのかという点をぜひ検討したい。

委員長：分科会からは、推定値について、どういう幅があるのかという提案をしたい。

委員長：前回の分科会以後、4通の意見書をいただいた。「(意見書) 昭和22年洪水の再現計算でふまえてはならないこと」、「利根川の治水安全度 1/200 における基本高水流量について (意見具申と要望)」、「(意見書) 国交省による貯留関数モデルの限界について」、「総合確率法の問題点について (意見書)」であり、事前に委員にも送って、見てもらっている。個々に回答はしないが、次回の議論の中でこうした点にも答えるようにするつもりである。

配付資料

議事次第

資料1：前回議事録（案）

資料2：利根川源流域への流出解析モデル適用に関する参考意見

－第一部 有効降雨便理と波形変換解析について－

資料3：利根川源流域への流出解析モデル適用に関する参考意見

－第二部 森林・土壌など時間的に変化する流域条件の洪水への影響について－

資料4：昭和22年9月洪水（複峰降雨）において浸入能・保留能の回復を考慮すべきか

資料5：氾濫に伴う河道域の拡大がハイドログラムに及ぼす影響の検討

－河道 K（烏川・碓氷川合流点～烏川・鐺川合流点）の事例－

資料 6 : 昭和 33 年 9 月洪水における現行モデル・新モデルの Rsa の比較について

資料 7 : 分布型流出モデルを用いた連続計算による流出計算結果の報告

7a : 流域地形の新たな数理表現形式に基づく流域流出系シミュレーションシステムの開発

7b : 飽和・不飽和流れの機構を導入した流量流積関係式の開発

7c : 広域分布型流出予測システムの開発とダム群治水効果の評価

7d : Climate Change Impact on River Flow of the Tone River Basin, Japan

資料 8 : 水エネルギー収支分布型水循環モデル (WEB-DHM)、長期再解析日本高解像度ダウンスケーリング (JP10)、観測雨量を用いた貯留関数モデルの評価

8a: Development of a distributed biosphere hydrological model and its evaluation with the Southern Great Plains Experiments (SGP97 and SGP99)

8b: Assessment of a distributed biosphere hydrological model against streamflow and MODIS land surface temperature in the upper Tone River Basin

資料 9 : 回答骨子 2 (案)

資料 10 : 現行の流出計算モデルについて

資料 11 : 新たな流出計算モデルの構築 (案) について

資料 12 : 新たな流出計算モデル (案) を用いた流出計算の実施

- 補足資料
1. 昭和 33 年 9 月洪水、昭和 34 年 8 月洪水の被害状況について
 2. K、P の設定 (補足) について
 3. 河道内貯留 (大正橋～上福島) について
 4. 昭和 22 年 9 月洪水の氾濫量の推定について (参考)