

山地河川流域を対象とした長期流出計算法の開発について

The study on the long-period runoff computation for mountain and river basins

新潟大学工学部 正員 岡本芳美

1. はじめに

現在行われている長期流出計算においては、まずある期間内にかたまつて降つた雨の量、すなわち一連降雨量を直接流出量と洪水損失量に分離する。次に、洪水損失量を真の損失量と基底流出量に分離する。その上で、直接流出量と基底流出量の時間分布、すなわち直接流出流量と基底流量を別々に算出して、両者を重ね合せて、流域からの流出流量が求められる様になつてることが多い。

本研究の目的とする所は、以上に述べた様な降雨の分離、ならびに流出成分の分離を行わないで、長期間にわたつて雨量から流出流量を一貫連続計算するための長期流出モデルの開発と、これをさらに長期流出計算法にまで発展させるためのパラメーターの各値の総合化にある。

長期流出計算には、洪水流出計算（短期流出計算）では考えなくて良かつた地表の凍結、降雪、積雪、融雪という様な問題があり、未だ解明されていない事柄が多くある。したがつて、この研究は簡単に片付く様なものではないであろう。そこで、まず第一段階として、雪の問題の起こらない、あるいは非常に少ない流域の地表の非凍結期間中の長期流出モデルの組み立てを行い、それを実際流域に適用した結果を報告する。

2. 長期流出モデルの組み立てについて

これから組み立てる長期流出モデルは、洪水流出計算のため著者がこれまで開発して来たモデルを基礎にしており、融雪問題が起こらない流域で、かつ地表の凍結が起こらない期間を対象としている。地表が凍結していると、温暖期に見られない様な非常に鋭い洪水波形があらわれることがあり、温暖期の現象とは区別して考えなければならない様である。

本数理モデルでは、流域は空間的、平面的、立体的に細かく分割される。それら分割された部分を雨水が通過する過程を計算するための数理モデルを部分モデルとよぶ。したがつて、本数理モデルは部分モデルが組み合わさつたもので、これを全体モデルとよぶものとする。

本数理モデルへの入力値は、流域平均1時間雨量とする。1時間雨量が得られない場合は、流域平均1日雨量とし、この場合これを24分割して流域平均1時間雨量とする。1時間雨量データーを用いるか1日間雨量データーを用いるかによつて、一連降雨の開始から終了後1・2日間の計算流量は、相当実測の検証流量とは違つたものになり得るから、長期流出計算といえども出来得るかぎり1時間雨量データーを用いることが望ましい。

本数理モデルにおいては、上段に位置する部分モデルの出力が下段にある部分モデルへの入力となる。図-1の本数理モデル説明図において、受け口のついた管は、時間遅れなしで上段の部分モデルの出力を下段へ伝える役割を果たしているものとする。複数の管が1本にまとまつている場合は、上段の部分モデルの占める面積比率で下段への出力が構成されることを意味するものとする。管が複数の管に分かれている場合は、上段の部分モデルからの流出強度がそのまま下段の部分モデルの流入強度になることを意味しているものとする。

3. 流域の分割について

本数理モデルにおいては、流域を次の様に細分割するものとする。

- ① 流域の斜面と河道への大分割 斜面は雨の降る場所であり、河道は斜面から河道に流出した雨水を流の出口へ運ぶ樋と考える。
- ② 土地の利用形態による斜面の平面的分割 対象とする山地流域の斜面を山林地帯と水田地帯の2つに分割し、山林地帯面積率、水田地帯面積率というパラメータを設定する。
- ③ 山林地帯の平面的分割 山林地帯は平面的に表面流出や中間流出が発生する地帯と地下水流出が発生する地帯から構成されているものとし、表面中間流出地帯面積率と地下水流出地帯面積率というパラメータを設定する。
- ④ 地下水流出地帯の立体的分割 地下水流出地帯は、立体的には上から土壤水帯、中間帯、飽水帯の順に重つているものとする。
- ⑤ 土壤水帯の平面的分割 土壤水帯は色々の厚さの土壤層の地帯から構成されているが、これを比較的薄い土壤層の地帯と比較的厚い土壤層の地帯の2つに大きく分割して、前者を薄い土壤層地帯、後者を厚い土壤層地帯とよんで、それぞれの面積率と厚つさ比をパラメータの列に加える。
- ⑥ 飽水帯の平面的分割 飽水帯は、非常に速い地下水流出が発生する地帯、速い地下水流出が発生する地帯、遅い地下水流出が発生する地帯、非常に遅い地下水流出が発生する地帯の4つから構成されているものとし、それらの面積率をパラメータの列に加える。
- ⑧ 河道の機能の分割 河道においては貯留作用と集中作用が別々に独立して行われているものとし、河道を貯留河道と集中河道の2つに分割する。

5. 長期流出モデル

全体モデルは、上から順に次の6つのグループに分類する。

- ① 有効雨量モデル 有効雨量モデルは、流出口と立て坑を持つた水槽群である。水槽内には、ある時点である深さまで雨水がたまっている。雨はこの水槽の中に降り、水位が立て坑のふちに達するまではこの中にたまり損失雨量となる。そして、ふちを越ると立て坑の中に直ちに流れ込み有効雨量となる。水槽の立て坑のふちから水面までの深さを飽和雨量、立て坑のふちから底までの深さを可能最大飽和雨量とよぶ。この水槽は降雨の最中も普段と同じ様にその水深に直接に比例して流出口から雨水を流出、すなわち蒸発散させているものとし、流出口の大きさを蒸発散係数とよぶ。したがって、各地帯はそれぞれ可能最大飽和雨量と蒸発散係数というパラメータを持ち、それらの値は厚い土壤層の地帯の値にある比率を乗ずることにより算定され、それら比率の逆数がパラメータの列に加えられる。
- ② 土壤水帯モデル 有効雨量は、土壤層中の大孔隙にたまるという形で、中間帯に滲透する前に貯留作用を受ける。この作用は、流出口と溢流頂を持つた水槽であらわされ、水槽の深さを限界貯留量、流出口の大きさを土壤層貯留係数とよび、厚い土壤層の地帯の値に比率を乗じて薄い土壤層地帯の値を算定する。
- ③ 中間帯モデル 中間帯に滲透して来た雨水は、中間帯通過時間で中間帯をぬけ、飽水帯に到達するものとする。
- ④ 飽水帯モデル 各部分モデルは、流出口のついた無限大の深さの水槽であらわされ、流出口の大きさは貯留係数とよばれる。これらの水槽は、いずれも完全な線形である。
- ⑤ 水田地帯モデル ④におけるのと同じで、流出口の大きさを水田地帯貯留係数とよぶ。
- ⑥ 貯留河道モデル 山地河道で有効雨量に対して行う貯留作用は、非常に限定的なものと考え。すなわち、非常に速い地下水流出地帯と速い地下水流出地帯からの流出雨水のみが、河道の貯留作用を受けるものとし、これを流出口と溢流頂を持つた水槽であらわし、河道限界貯留量、河道貯留係数というパラメータを設定する。

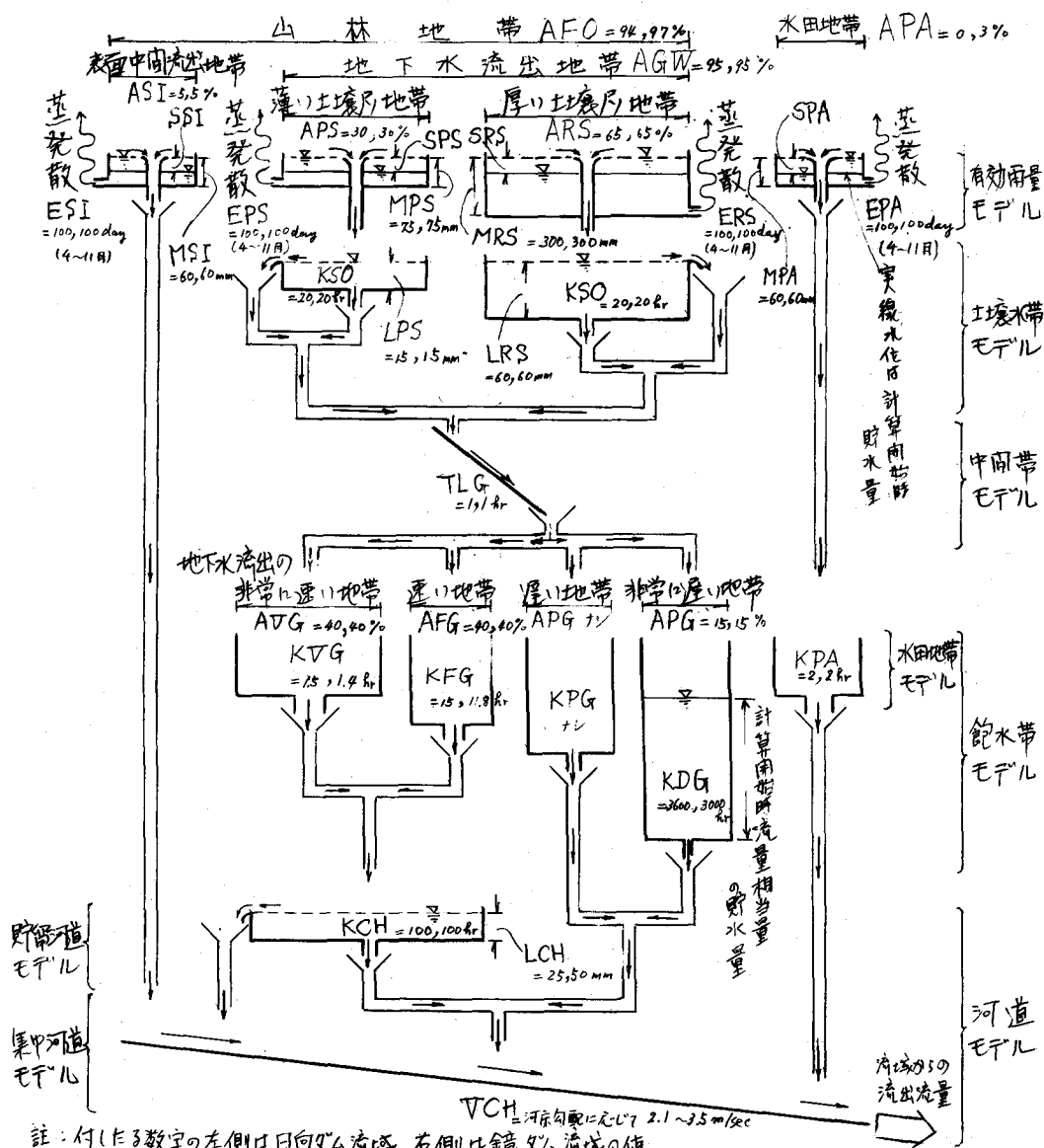


図-1 長期流出計算モデル説明図

- ⑦ 集中河道モデル 集中河道は線形河道と考え、そこを雨水が流下する速度を河道集中速度とよぶ。

5. 本数理モデル組み立て上の大きな問題点について

本数理モデル組み立て上の大きな問題点は、山林地帯の表面中間流出地帯は一樣、地下水流出地帯の土壤層の厚さは2段階に分けられ、各段階は一樣であるとした事である。

6. 本数理モデルによる長期流出計算の開始時点について

本数理モデルによる計算においては、その開始時に多くの初期値を設定しなければならない。しかし、

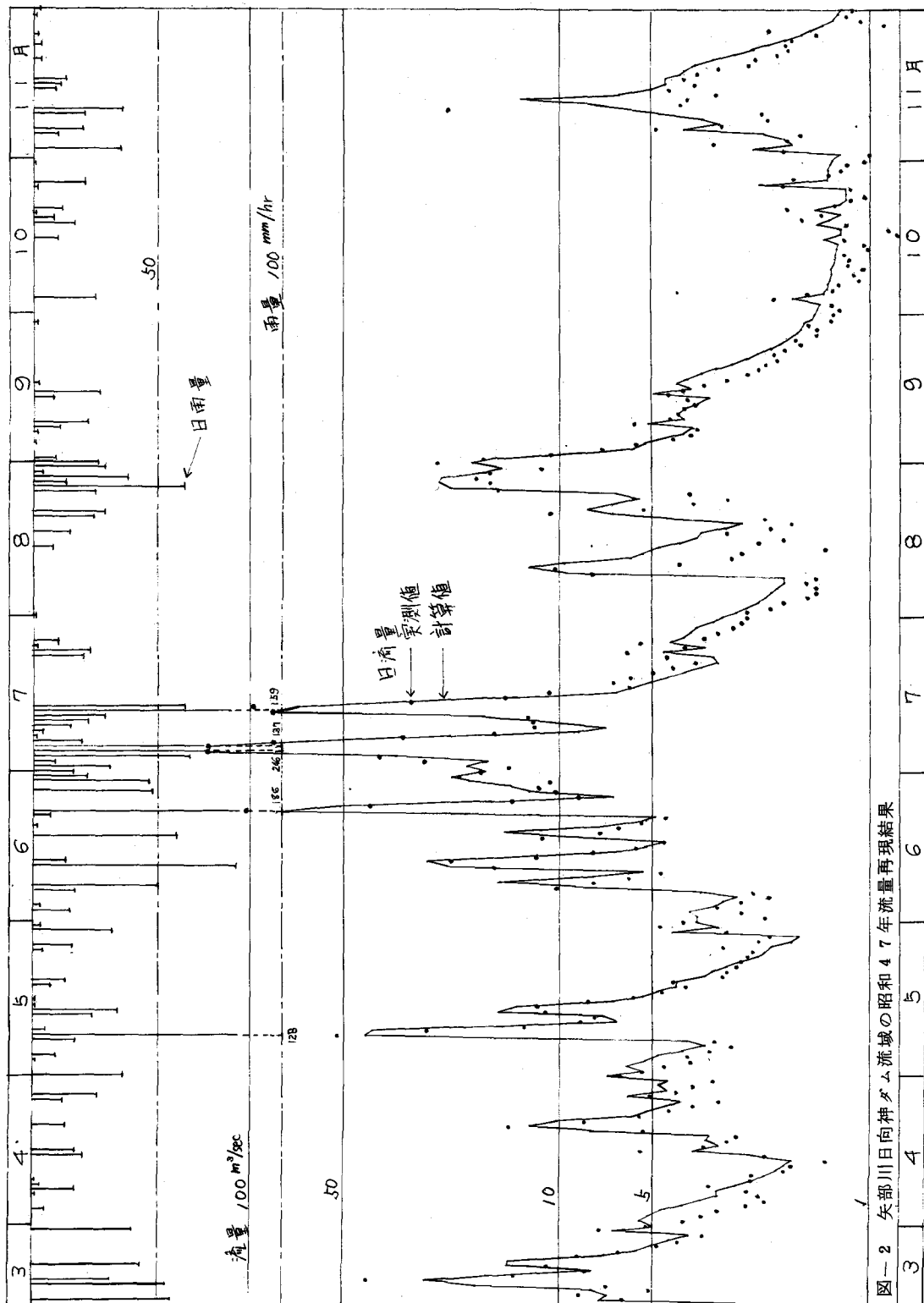


図-2 矢部川日向神ダム流域の昭和47年流量再現結果

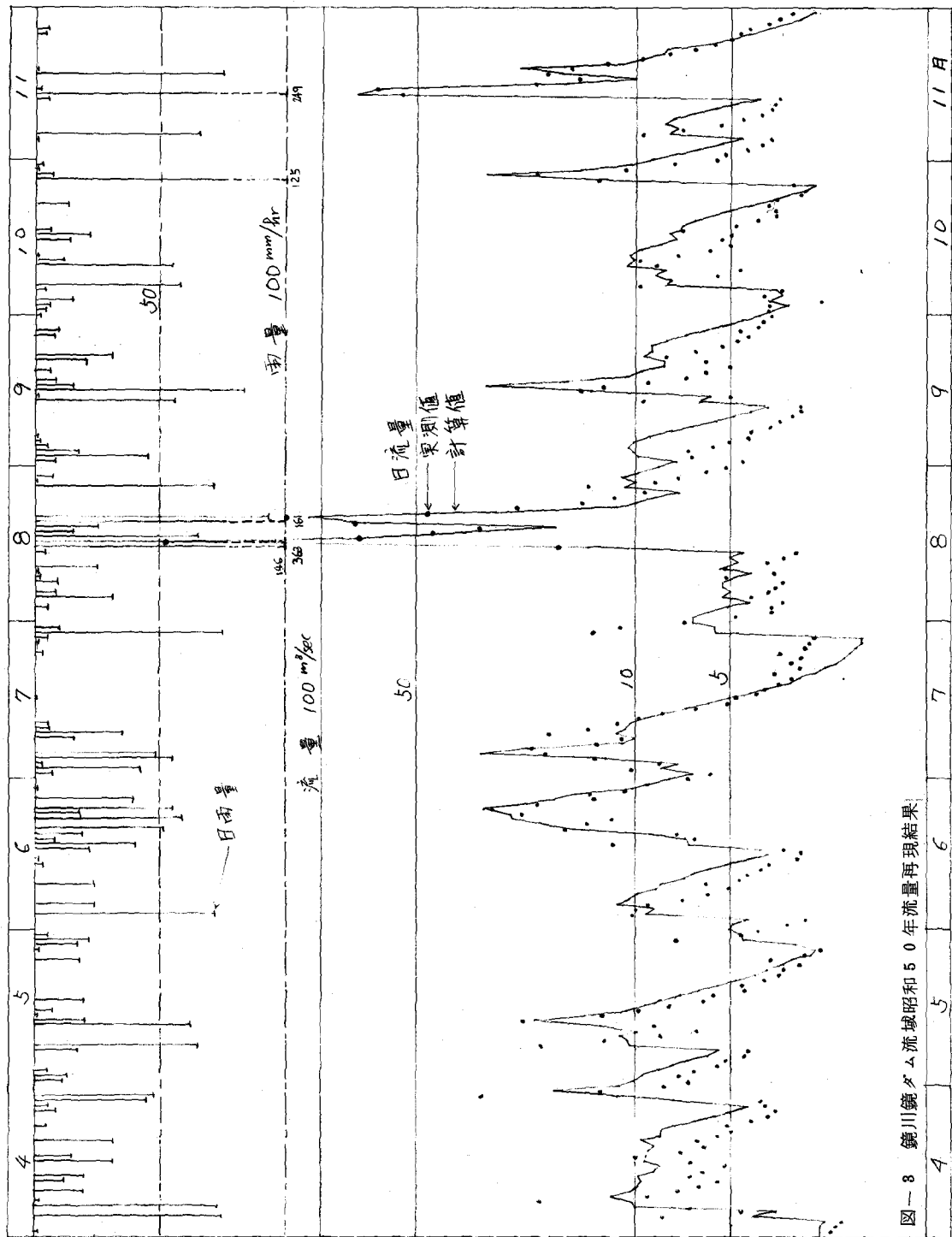


図-8 鏡川鏡ダム流域昭和50年流量再現結果

任意の時点に対してそれを行わんとすることはむしろ、計算開始時点は特別な時期の時点に選ばなければならない。すなわち、有効雨量モデルの水槽と非常に遅い地下水流出をあらわす水槽以外の水槽が空かそれに近い状況の時期の時点を選ぶ。時期としては春先の土壌層の凍結の終わった頃、時点としては1週間以上晴天が続いた状況下が良い。また、計算開始時点における各地帯の飽和雨量は、同一の値と仮定する。

7. 本数理モデルの実際流域への適用

本数理モデルを検証するための流域として、福岡県矢部川日向神ダム流域(824 km²)と高知県鏡川鏡ダム流域(808 km²)を選んだ。それぞれの計算結果は図-2と8に示す通りで、用いられたパラメータの値は、図-1のモデル説明図の中に記入されている。

8. 本数理モデルによる長期流出流量の再現結果について

本数理モデルによる長期流出流量の再現結果についての考察結果を列挙するならば、次の通りである。

- ① 遅い地下水流出の発生する地帯の面積率は零と考え、その分を速い地下水流出の発生する地帯の面積率を増加させる分にまわした方が良い結果が得られる。
- ② 貯留河道モデルの貯留係数は100時間、限界貯留量は日向神ダム流域で25 mm、鏡ダム流域で50 mmという値が得られた。この様な貯留作用は、溪流河道の河床堆積物層中に雨水が地下水として貯留された結果として起こったものと解釈し、河道の貯留作用と考えない方がより自然になる。また、この様な解釈を行うことにより流域における現象の説明がうまくつくようになる。すなわち、③、④項に述べる通りである。
- ③ 遅い地下水流出成分が存在するのは、溪流河床に地下水帯が形成するためである。
- ④ 洪水流出計算を行うに当っては、しばしばその流域の実際の蒸発散量から推し量ったよりはるかに多量の雨量を流域を飽和させる雨量としなければならなくなるが、これは溪流河床下の地下水帯に地下水を再充填するために起こったものである、と考えることができる。
- ⑤ 各地帯の土層の厚さを一様と仮定したことは、再現計算結果に顕著にあらわれている。したがって、各地帯の土層の厚さ分布は、数理モデル中にどうしても組み込まなければならない。
- ⑥ 小洪水のハイドログラフは、大洪水のそれより一般的に云ってはるかに鋭い形をしており、この事は、薄い土壌層の地帯の中の特に土層の薄い地帯は、地下水流出の非常に速い地帯と関連が強いという考え方をした方が良いことを示していることのあらわれの様に思われる。
- ⑦ 蒸発散係数の値は、日向神・鏡両ダム流域共4月から11月の間で一様、100日という値が得られた。これは、相当日蒸発散量8 mmということになり、理論的に説明のつく値である。
- ⑧ 長期流出計算といえども、時間雨量データーを入力データーとして用いた方が良いということが確認された。

9. おわりに

以上の結果から見て、本数理モデル組み立の基礎となる考え方はおおむね妥当なものであったといえ、考察で指摘した点等を更に加えて改良することによって、十分に工学的実用性のある数理モデルを開発することが可能であると考えた次第である。