

|           |     |   |      |
|-----------|-----|---|------|
| 京都大学大学院   | 学生員 | ○ | 澤井信宏 |
| 京都大学大学院   | 学生員 |   | 金澤瑞樹 |
| 京都大学防災研究所 | 正員  |   | 市川 温 |
| 京都大学大学院   | 正員  |   | 椎葉充晴 |

1 はじめに 水文流出系の分野では、河川流域規模での流況を評価することが一つの重要な課題となっている。広域での流況評価では、水の移動は直接流出機構によるものだけでなく、蒸発散機構によるものも考える必要がある。前報では、蒸発散を扱える流出モデルは単一斜面にのみ用いられてきたが、本研究では、陸面過程を結合した流出モデルを複数斜面で適用することで、河川流域規模での流況評価が可能となることを検証する。

また、複数斜面を計算するため、収束計算法を差分解法を用いた反復法から、Adams の公式を使ったものに移行した。

## 2 流況評価モデル

2.1 複数斜面に kinematic wave を適用したモデル 市川ら [1] は複数斜面の流出を考えるために、山腹全体を斜面要素の集合体として表現できるモデルを開発した。これは、各斜面要素に kinematic wave モデル [2] を適用し、流域地形構造に即して上流側の斜面要素から下流側の斜面要素へと順に流出計算を行なうモデルである。

2.2 陸面過程を結合した山腹斜面流出モデル 河川流域規模の流出予測における流域土壤の水収支は直接流量によるものだけでなく、実際には地表面からの蒸発や植生からの蒸発散量など鉛直方向の水収支も考慮する必要がある。そこで、単一斜面に対して kinematic wave に陸面過程 (ISBA) を結合したモデル [3] が開発された。これは、流量から導出される土層平均含水率を陸面過程内モデルに用いることで結合したモデルである。

2.3 モデルの結合 2.1 で説明した複数斜面に kinematic wave を適用したモデル [1] では直接流量しか考えておらず、このモデルに 2.2 で説明した陸面過程を含んだ単一斜面流出モデル [3] を結合することで、河

川流域全体において蒸発散量といった陸面過程を含んだより一般的な流況評価モデルへと改良を行なう。

## 3 モデルの数値計算

3.1 各種条件の設定 本モデルを構成するには、山腹斜面の状態量の初期値、パラメタ、及び外部からの入力データが必要となる。

斜面要素の状態量は、流量、地表面の含水率、地表面温度、表土層の平均温度、植生の遮断水分量の5つである。今回の計算では全斜面に対して等しい初期値を与えた。

次に、パラメタは山腹斜面の形状や、土壤の性質、森林の状態や種類等によって決められる。今回の計算では土壤を Silty loam とした。

また、外部からの入力データは降雨量、風速、気温、相対湿度、\*全日射量、赤外放射量である。これらの入力データは SDP データ (測候所・気象台のデータ) から得ることができる。これらのデータはふつう 60 分ごとの値である。本モデルでは、全斜面に対して等しいデータを与え、斜面の最上端からの流入量及び最下端からの流出量は 0 とした。なお、今回のシミュレーションは島根県浜田市の 1995 年 3 月 22 日から 29 日までの 7 日間の SDP データを用いて計算した。

3.2 計算方法 最上流端から流出計算を開始し、斜面の下流端からの流出量を足し合わせ、これを上流端境界条件として次の斜面の流出計算を行なう。これを最下端斜面にあたるまで順次流出計算を行なう。そして、最下端斜面からの流出量を足し合わせて斜面系全体からの流出量を求める。

陸面過程を結合した kinematic wave モデルでは、流量、地表面含水率、地表面温度、土層平均温度、遮断水分量の5つを状態量としており、それらを並行して解くため、収束計算に差分解法による反復法を用いてきた。

しかし、本モデルでは斜面系全体の流出量を求めるので、非常に多くの斜面を扱うことになり、この収束計算法では時間がかかる上に不安定であることから、計算速度や計算の精度を上げ、より安定した流出計算を行なうために、状態量(流量、地表面含水率、土層平均温度、遮断水分量)に関しては、Adams-Bashforth法で予測し、Adams-Moulton法で一回だけ修正を行なう。ただし、挙動の不安定な地表面温度だけは二分法によって計算した。

4 計算結果と考察 対象流域を高津川の支流である匹見川の一部として地形パラメータを作り、1995年3月22日から29日の島根県浜田市のSDPデータを入力データとして本モデルへ適用した。その結果、流量以外の状態量は斜面全体でほぼ同じ挙動を示した。ここでは、入力データである降雨量のデータ及び流量の結果を図1、図2に示す。

ただし今回、山頂と河道の間が14の斜面要素で結ばれている山腹斜面を考察の対象とし、上流斜面を上から1番目の斜面要素、中流斜面を上から7番目の斜面要素、下流斜面を一番下、つまり上から14番目の斜面要素とした。また、各斜面要素は11個の格子点で区切られており、図2は各斜面要素の下流端の値を示した。

23日を過ぎた頃から中流斜面要素で流量が著しく増加していることに気付く。取り上げた中流斜面要素は上流に遡ると、最上流端斜面要素を28持っており、これは最上流端斜面要素に設けられた初期流量が1日かかって当斜面に到達した影響であると思われる。下流斜面要素の流量増加(25日)もその影響が現れたものであろう。したがって、この流量の急増は降雨によるものではなく、24日の降雨が流量に与える影響は各斜面の2つめの山であることがわかる。

以上の結果は計算ステップを90秒として計算したもので、現在のモデルではこの値が限度である。

5 結論 本研究では、陸面過程を含んだ流出モデルによる河川流域規模での流況を評価できるモデルを構築した。また、本モデルに基づいたシミュレーションでは、実行が可能なことを確認できた。

今後の課題を述べると、まず、今回のシミュレーション期間が3日であったことと、シミュレーション範囲が河道区分1つの流域であったことから、より長い期

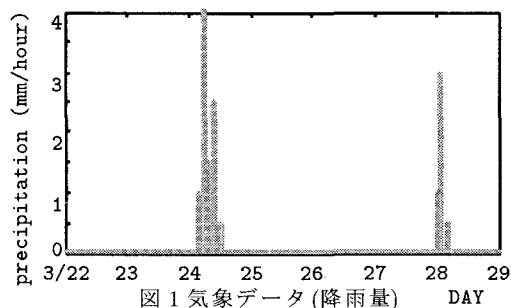


図1 気象データ(降雨量)

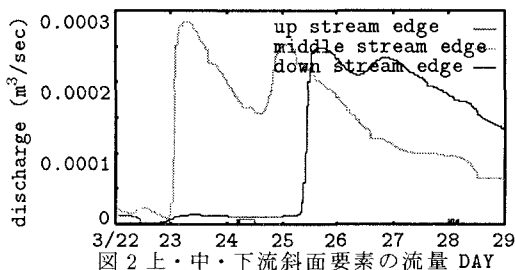


図2 上・中・下流斜面要素の流量 DAY

間で河道全体のシミュレーションをする必要があるということである。そのためには、計算速度を速めるための新たな計算アルゴリズムや斜面要素の選び方を再考する必要がある。さらに、シミュレーションによって計算された流量と実際に観測された流量を比較する必要がある。

また、長期の流出計算をする上で、パラメータの季節変化は欠かせない課題である。パラメータの中には植生を主として、季節により値の変動するものが多い。

さらに、積雪や浸透が流量に与える影響、斜面勾配が日射量に与える影響についても検討していく必要がある。

#### 参考文献

- [1] 市川温他：山腹斜面流 kinematic wave モデルの集中化京大防災年報，第41号，B-2，1998。
- [2] 椎葉充晴他：圃場容水量・パイプ流を考慮した斜面流出計算モデルの開発京大防災年報，第41号，B-2，1998。
- [3] 椎葉充晴他：大気・陸面過程モデルと山腹斜面水文モデルの結合京大防災年報，第42号，B-2，1999。