

分布型水循環モデルにおける表面流出計算過程の改良 Modification of surface runoff generation scheme in DWCM-AgWU

○吉田武郎*・名和規夫*・堀川直紀*・工藤亮治*・皆川裕樹*
YOSHIDA Takeo, NAWA Norio, HORIKAWA Naoki,
KUDO Ryoji and MINAKAWA Hiroki

1. はじめに 河川を流れる水がどのような流出経路を通った水で構成されているかという情報は、河川の水質の形成過程を解明するうえで有効な手がかりとなる。特に、面的な広がりを持つ汚染物質の移動を評価・予測するためには、流出場の空間的構造を表現する分布型流出モデルが有益である。著者らは、流域内の農業用水利用を日単位で解析することを主目的とした、分布型水循環モデル（DWCM-AgWU）を開発してきた。同モデルはこれまで短期流出現象へも適用されてきたものの、基本的には長期流出解析を目的としていたため、表面流出の表現には課題も残されている。そこで本報告では、短期的な降雨流出現象の再現性向上のために表面流出過程を改良した分布型水循環モデルを山地流域に適用するとともに、河川水を流出経路ごとに分離して計算した結果を報告する。

2. 分布型水循環モデルにおける表面流出過程 分布型水循環モデルは、根群域、不飽和域、飽和域という貯留層から成るメッシュに流域を分割し、それぞれの層で表面流出、土壌中の鉛直降下、メッシュ間の地下水移動、基底流出を表現するモデルである。さらにメッシュを連結する河道網に従って表面流出を流下させることにより、河川流量を計算する。本稿では、改良前の分布型水循環モデルを基本モデル、表面流出過程に改良を加えたモデルを改良モデルとする。

基本モデルの表面流は、土壌が飽和したグリッドセルへの降雨によって生じる表面流（飽和余剰地表流）と、降雨強度が浸透能を超えた場合に生じる表面流（浸透余剰地表流）によって表される。前者は、根群域が飽和した時点で地表浸入能を飽和透水係数とし、浸透能以上の降雨を表面流とする。後者は、計算時間 Δt 中に一定強度で降雨が継続したときの浸入能の時間変化を Green Ampt 式により求め、浸透余剰地表流の発生時刻およびその量を算出する（Chow, 1988）。ただし、計算単位（1日）ごとに土壌水分を鉛直方向に均一になるように浸入水を再配分しており、浸入能の連続的な低下の表現に課題があった。

一方の改良モデルでは、長時間継続する降雨による浸入能の低下を表現するため、ある計算時間で算出した浸潤前線の深さ F_s および根群域末端の土壌水分量 w_r を次の計算時間にも引き継いで計算する。なお、無降雨期間には黄ら（1996）により提案されたアルゴリズムにより土壌水分を再配分することとする。

3. 河川流量の流出経路を持つ水の分離 分布型水循環モデルの河川流量は、上述した表面流および飽和域からの流出する基底流の二成分から構成される。計算された河川流量に占める各流出経路の水量を明らかにするため、それぞれの流出過程で生じた水を「色分け」し、全体の水量に占めるその濃度を追跡する。河川水を流出経路ごとに分離するため、ある流出過程 k によって発生した水 q_k の濃度 C_k を、他の過程で発生した水 q_k' と区別しながら計算を進める。ここで、各メッシュの河道中でそれぞれの水はよく混合しており、移流のみにより一様に水平輸送されると仮定する。

4. 実河川流域への適用 上記の手法を福島県に位置する O ダム流域（面積 110km²）に適

*（独）農研機構 農村工学研究所，Institute for Rural Engineering, NARO

キーワード：表面流出，流出経路，分布型水循環モデル

用した。解析対象期間は 2006～2010 年であり、流域内外 6 地点で観測された時間雨量を内挿して与えた。基本・改良モデルとも、飽和透水係数 K は 2.0cm/h、浸潤前線でのサクション水頭 ψ は 11.0cm とした。また、地中流出に関するその他のパラメータは長期解析の結果から設定した。

5. 結果 まず、ある降雨イベント（総降水量 241mm、最大降雨強度 18mm）における流出計算結果を示す（図 1）。基本モデル（図中 Original model）と改良モデル（同 Modified model）の比較により、流出ピークの再現性が大きく向上していることが確認できる。

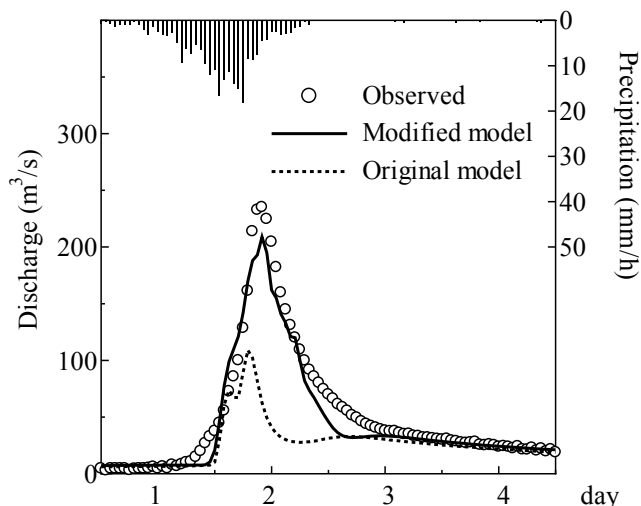


図 1 基本・改良モデルによる短期流出計算結果

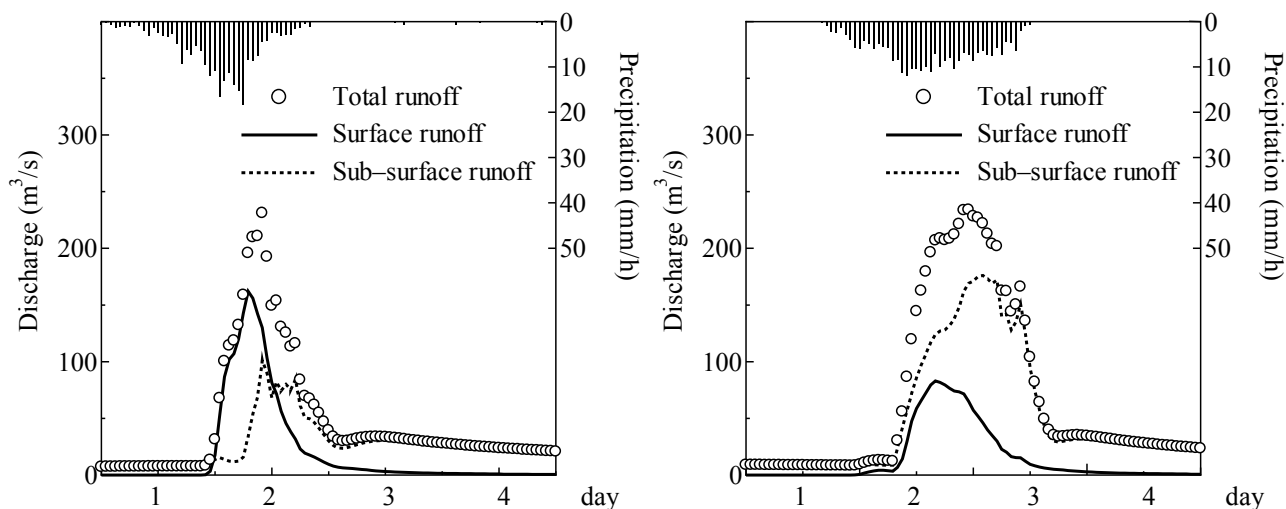


図 2 流出経路による計算ハイドログラフの分離（左：降雨 A、右：降雨 B）

次に、O ダム地点で得られた二つの計算ハイドログラフを、流出経路ごとに分離した結果を示す（図 2）。成分分離したハイドログラフから、降雨 A（図 1 と同じ降雨事象）では表面流出が流出の立ち上がり部の大半を占めるのに対し、降雨 B（総降水量 288mm、最大降雨強度 11mm/h）の表面流出は比較的緩やかで、量としても地中流出が卓越していることが見て取れる。両者の表面流出の発生パターンの違いは、流域からの流出する物質、特に表面流に伴う細流土砂の流出量等に影響を及ぼすと考えられる。

6. おわりに 本報告では分布型水循環モデル中の表面流出過程に改良を加え、短時間降雨の再現精度が向上することを確認した。また、流出経路ごとに流出ハイドログラフを分離するために各過程で生じた水を色分けし、河道流全体の水量に占めるその濃度を追跡する手法を示した。この方法により、原理的には流出の空間的起源ごとに水を追跡し、河川水に占める各流出経路の寄与度を示すことができ、流域内に面的に分布する汚染物質の移動量の予測・評価に活用できる。また、トレーサーを用いた観測研究のデータと合わせることで、流出過程を解明する上で有効な手がかりとなる。

引用文献：Chow (1988) : Applied Hydrology, 140, 黄ら (1996) : 水水学会誌 9, 38-47