

地下水位の再現性向上のためのグリッド型流出モデル（鬼怒・小貝モデル）の改良
 Modification of the grid-based hydrological model, Kinu-Kokai model,
 for the accuracy improvement of calculated ground water levels

松井 宏之
 MATSUI Hiroyuki

1. はじめに

流域における水循環，それに基づく流域レベルでの水資源管理を検討・分析するためには，河川流量の変動だけでなく，地下水位の変動をも再現できる水文流出モデルが求められる。しかし，多くのモデルは河川流量の再現を主眼に開発されており，必ずしも地下水流動までも含んだ水循環を反映したモデルとはなっていない。そうしたなか，発表者は河川流量，地下水位を再現できるグリッド型流出モデルの開発に取り組んでいる（松井（2002，2003））。今回は，地下水位の再現性を向上させるために行ったモデルの改良について報告する。

2. 鬼怒・小貝モデル

鬼怒・小貝モデルの概要を Fig.1 に示す。このモデルでは水平方向の流れの場として地表層，不飽和層，飽和帯水層を想定し，地表流には平面 2 次元 Diffusion Wave 近似方程式，不飽和流には窪田ら（1987）が示した Richards 式の簡便式を 2 次元に拡張した式，飽和帯水層上の地下水流では，不圧地下水の流れを対象とし Boussinesq 型の方程式が適用されている。そして，河道のあるセルに達した地表水・不飽和水の河道への流入には，SFWMM（South Florida Water Management District, 1999）を参考に左右両岸からの流入を想定した式，地下水の河道への流入は一般的な地下水モデルである MODFLOW の River-package（USGS, 2000）を参考に，河床からの浸出によって生じるものとしている。こうして河道に流入した水は，河床勾配が 1/1000 以上の河道区間では Kinematic Wave 方程式，1/1000 未満の河道区間では St. Venant 方程式に従い流下する。また，地表層—不飽和層の移動には Salvucci *et al.*（1994）が Green-Ampt 式を陽的に展開した式，不飽和層から地下水層への浸透は，窪田ら（1987）を参考に不飽和層の水分子状態および（不飽和層，地下水層）のうち小さい方の透水係数に従い計算される。さらにセル間，層間の流れに加えて，セル内に存在する異なる地目からの流出を考慮するために，地目別（水田，非水田，

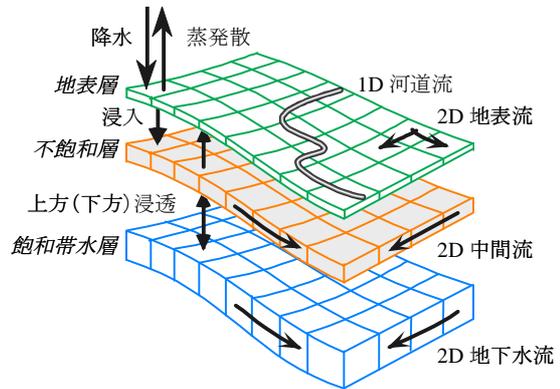
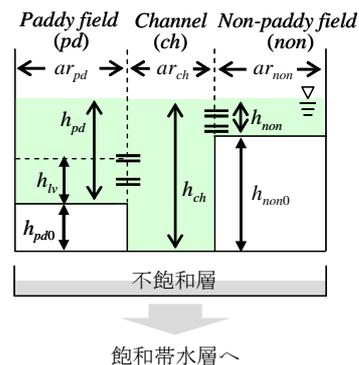


Fig. 1 鬼怒・小貝モデルの概要
 Schematic diagram of Kinu-Kokai Model



ar_{pd} : 水田面積比, ar_{ch} : 水路面積比, ar_{non} : 非水田面積比, h_{lv} : 畦畔の高さ(m), h_{pd} , h_{ch} , h_{non} : 各地目の水深(m), h_{pd0} , h_{non0} : 水田面, 非水田面の水路底からの比高(m)

Fig. 2 セル内の地目別流出
 Runoff from different land uses in a cell

水路)に1段タンクを配置している (Fig. 2)。

3. モデルの改良

3.1 改良の必要性と概要

これまで地表層-不飽和層の移動には Green-Ampt 式を陽的に展開した式を適用し, Fig. 2 に示した3つの状態変数で表現される地表層とは異なり, 不飽和層での状態変数は(体積)含水率1つとしてきた。このため, 灌漑初期に多量の水田浸透があっても, セル内の不飽和層全体で貯留されてしまい, 同時期の地下水位の急激な上昇の再現をはじめとして地下水位の再現には課題がある。

そこで, 状態変数1つで表してきた不飽和層の含水率を, Fig. 3 に示すように地表層と同様に水田, (非水田+水路)それぞれに想定し, 状態変数を2つとするモデルの改良を行った。

3.2 対象流域および計算期間

対象流域はこれまでも対象としてきた鬼怒川・小貝川水系(流域面積 2800km²)とし, 計算期間は1985年から1992年までの8年間とした。

3.3 計算結果

計算により得られた地下水位と観測井での地下水位の相関係数のまとめを Table 1 に示す。

Table 1 計算地下水位と実測地下水位の相関係数

	氏家	河内	高根沢	今泉	上三川	二宮	大輪	沖新田
従来モデル	0.76	0.84	0.72	0.77	0.86	0.89	0.83	0.76
改良モデル	0.83	0.81	0.73	0.89	0.93	0.90	0.84	0.80

氏家~二宮: 栃木県, 大輪・沖新田: 茨城県

8地点の観測井の相関係数の平均で比較すると, 従来モデルでは0.80, 改良モデルでは0.84となり, 若干の再現性の向上が確認された。

パラメータの同定が十分ではないことから, さらに再現性が向上することも予想されるものの, Green-Ampt 式に基づく浸透量の計算にも限界がある。つまり, 実流域での浸透現象では Richards 式に従うマトリックス流だけではなく, マクロポアを通過するパイプ流が混在している。代表的なグリッド型流出モデルである Abbott et al. (1986) による SHE やそれを発展させた Jha et al. (1997) による IISDHM は浸透流としてマトリックス流とパイプ流を想定し, 両者により浸透量を求めている。これに対し, 鬼怒・小貝モデルではモデル構造をシンプルにするため Green-Ampt 式に則っており, 素早い地下水位の上昇を再現するのには限界がある。

4. おわりに

不飽和層のモデル構造を変更し, 水田浸透を明示的に扱うことにより, 地下水位変動の再現性を一定程度向上させることができた。しかし, さらなる再現性の向上のためには, パイプ流を勘案したモデル構造にする必要がある。

【引用文献】(1) Abbott et al. (1986), J.Hydrology, **87**, (2) Jha et al. (1997), J. hydraulic engineering, JSCE, **41**, (3) 窪田ら(1987), 日林誌 **69**(7), (4) 松井(2002), 農土論集 **221**, (5) 松井(2003), 農土論集 **226**, (6) Salvucci et al. (1994), WRR, **30**(9), (7) South Florida Water Management District (1999): A primer to the South Florida Water Management Model (version 3.5), (8) U.S. Geological Survey. (2000): MODFLOW-2000

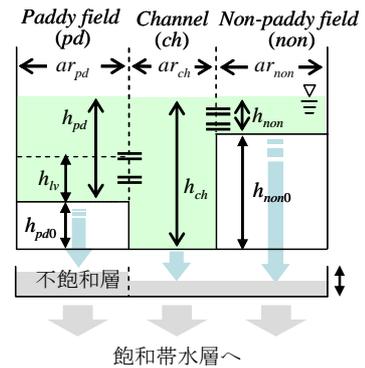


Fig. 3 不飽和層の構造の変更
Structural change of the unsaturated layer