

京都大学大学院 学生員 ○佐藤康弘 京都大学防災研究所 学生員 市川 温
 京都大学防災研究所 正員 椎葉充晴 京都大学防災研究所 正員 立川康人

1 はじめに 水田は、灌漑・排水などにより、季節によって利水状況が異なるだけでなく、畦畔等により卓越した貯留効果を持つ。こうした水田独特の水循環を水文モデルに反映させることが、河川流域での水文現象を正しく評価・分析する上で重要である。

過去、農業水文学者を中心に提案された水田流出モデルの中で長期流出計算の代表的モデルとして複合タンクモデル[1]があり、短期流出計算の代表的モデルとして低平地タンクモデル[2]がある。

複合タンクモデルは土地利用状況に応じて複数のタンクモデルを組み合わせたもので、耕作者による取水や水田からの還元水を評価でき、水田での水管理を反映したモデルである。計算は日単位で行なわれ、基本的には通年の計算を念頭においているため、氾濫時の畦畔越流を簡略化して取り扱っている。

低平地タンクモデルは低平地の河川や水田における短期洪水流出を計算するモデルで、河道や水田を貯水池とみなし、それぞれを河道タンク、水田タンクと呼ぶ。河道タンク、水田タンク間の流量は、両者の水位から堰の公式で表現される。よって、水田から河道への流出のみならず、氾濫時の河道から水田への流入をも模擬できるという利点を有しているが、短期洪水流出計算を対象としているため、取水等の水管理状況はモデルに組み込まれていない。

本研究では、両モデルともに、現象や場の物理的構造を実際に近い形で表現していることに着目し、両者を結合することにより、長期の計算にも短期の計算にも対応できる新しい水田モデルを構築した。さらにこれを構造的モデル化法[3]によりそれを要素モデル化し、実流域への適用を試みた。

2 長短期流出に対応する水田モデルの構築 新しい水田流出モデルの構造を図1に示す。複合タンクモデルの水田モデルを基本的なモデルの構造として採用し、場の構造、落水口からの流出、田面からの浸透、地下水流出、取水過程は複合タンクモデルと同様に取り扱う。本モデルは直列二段のタンクモデルとなっている。上段タンクの側方流出孔からの流

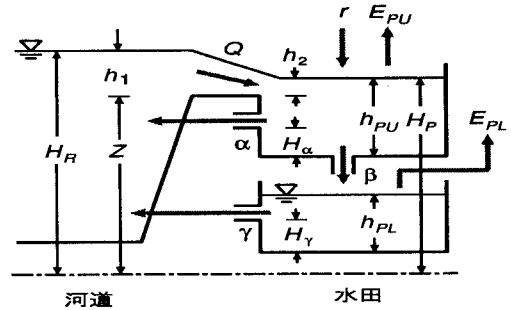


図1: 長短期流出に対応した水田モデル

出は落水口からの流出に対応している。この流出孔の高さを維持湛水深に一致させ、実際の農作業に対応して季節的に変動させることで水田での耕作者による水管理状況をモデルに組み込んでいる。上段タンクの浸透孔、下段タンクの側方流出孔からの流出はそれぞれ、土壌への浸透、地下水流出に対応している。畦畔越流については、低平地タンクモデルの考え方を採用し、河道と水田の水位の関係から堰の公式を使って計算する。

r を降雨量、 E_{PU} を上段タンクからの蒸発散量、 E_{PL} を下段タンクからの蒸発散量、 h_{PU} を上段タンクの水深、 h_{PL} を下段タンクの水深、 α, β, γ をそれぞれ上段タンクの流出孔の流出係数、浸透孔の浸透係数、下段タンクの流出孔の流出係数、 H_α, H_γ をそれぞれ上・下段タンクの側方流出孔の高さ、 A を水田の面積、 Q を越流量、 I を溪流、溜池、河川からの取水量の総和とすると、上段タンクの基礎式は、

$$\frac{dh_{PU}}{dt} = r - E_{PU} - \alpha \max(h_{PU} - H_\alpha, 0) - \beta h_{PU} - \frac{Q}{A} + \frac{I}{A} \quad (1)$$

下段タンクの基礎式は、

$$\frac{dh_{PL}}{dt} = \beta h_{PU} - \gamma \max(h_{PL} - H_\gamma, 0) - E_{PL} \quad (2)$$

となる。

上で述べたように越流量 Q は堰の公式に基づいて計算される。

$$\text{完全越流 } (h_2/h_1 < 2/3): Q = C_1 B h_1^{3/2} \frac{H_P - H_R}{|H_P - H_R|} \quad (3)$$

$$\text{潜り越流 } (h_2/h_1 \geq 2/3): Q = C_2 B h_2 \frac{H_P - H_R}{\sqrt{|H_P - H_R|}} \quad (4)$$

ここに、 B ：堰幅、 C_1, C_2 ：流量係数であり、

$$h_1 = H_H - Z, H_H = \max(H_P, H_R) \quad (5)$$

$$h_2 = H_L - Z, H_L = \min(H_P, H_R) \quad (6)$$

である。ただし、 Z は堰高である。

3 水田要素モデル：Paddy 水田の取水源となるのは、山腹斜面からの溪流、灌漑用の溜池、河川に設けられた取水施設からの灌漑用水などである。水田モデルの要素モデル化にあたっては、これらの取水源についてもそれぞれ要素モデル化し、互いが情報を交換しつつ協調して動作するようにしなければならない。Paddyは、溪流、溜池、河川の順で取水するとした。すなわち、溪流からの取水で足りなければ溜池から取水し、それでも足りない場合、もし河川に取水施設があれば河川から取水するとした。

4 実流域への適用及び考察 要素モデル Paddy とそれに付随するいくつかの要素モデルを三重県上野市付近の木津川・服部川・柘植川流域に適用し、流出シミュレーションを試みた。この流域は水田の占める面積が大きいだけでなく、上野遊水地があり、洪水時には堤防越流が起こりやすい。

三川の合流地点である岩倉での1990年の観測流量を図2に示し、同地点での計算流量を図3に示す。また洪水が起こったときに水田要素モデルがうまく短期流出計算を行えているかどうか確認するために、台風19号による洪水のため上野遊水地への越流が起こった9月分の計算結果と観測結果を図2、図3から取り出し図4に示す。

図2と図3を比べると、流量をやや大きめに評価しているが、取水のプロセスが組み込まれているので水田の湛水状況に応じた流量の変動をうまく再現している結果となった。計算流量が過大となった原因としては、モデルでは溪流、溜池からの取水だけでは足りなかった分を河川から取水するのに対し、実際の河川からの取水は常に一定量取り続けるということが考えられる。1990年9月には上野遊水地での堤防越流が起こるほどの大きな流量が観測されている。図3をみると堤防越流の起こらない程度のピーク流量はうまく再現されているが、図4をみると堤防越流が起こるほどのピーク時には計算流量が過小となっているのが分かる。実際の水田には、越流時に湛水する標高の低い部分と、越流が起きても湛水しない標高の高い部分があるが、モデルではそのことが考慮されていない。そのため、水田の貯留能力が

過大に評価され、堤防越流量を実際よりも大きく見積もってしまう、ピーク流量を大きく低下させたと考えられる。

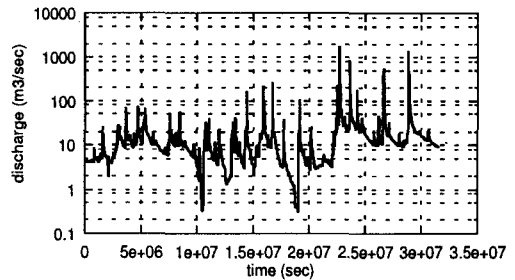


図2: 岩倉での観測流量

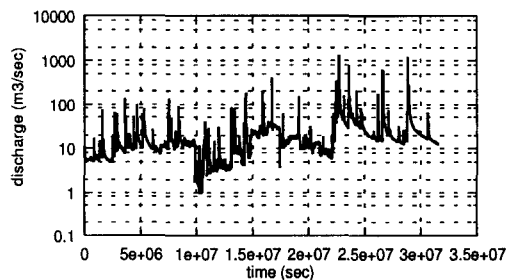


図3: 岩倉での計算流量

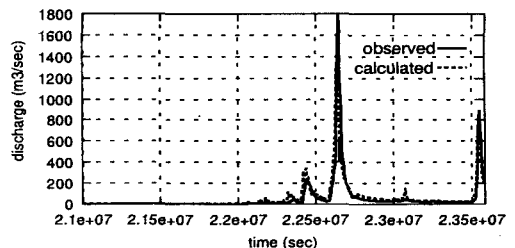


図4: 9月分の岩倉での観測および計算流量

5 おわりに 本研究で作成した水田モデルを用いて連続時間での流出解析を行なった結果、長期の現象、短期の現象のどちらに対しても満足のいく再現性を示した。しかし、灌漑時に流量を大きく見積もる一方、堤防越流時に流量を小さく見積もるという問題を解決するために、水田の地形特性や取水過程をより実際に近い形でモデルに反映させることが今後の課題である。

参考文献

- [1] 渡辺紹裕ほか：水文水利総合モデルによる流域水環境の評価に関する研究、平成4年度科学研究費補助金（一般研究C）研究成果報告書、1993。
- [2] 早瀬吉雄・角屋睦：低平地タンクモデルとその基礎的特性—低平地タンクモデルによる流出解析法(1)—、農土論集(165)、1993。
- [3] 鈴木俊朗：流出系の構造的モデリングシステムの開発、京都大学大学院工学研究科土木工学専攻修士論文、1994。