

「田んぼダム」効果予測のための簡易な水田流域流出モデル A simple model to evaluate runoff detention function of 'paddy field dam'

○廣津敬士*・塩沢昌*・西田和弘*・吉川夏樹**

Keishi Hirotsu・Sho Shiozawa・Kazuhiro Nishida・Natsuki Yoshikawa

1. はじめに

「田んぼダム」とは、新潟県で始まった、「落水量調整板」等により水田排水口からの排水流量を意図的に抑えて大雨を水田に貯留し洪水緩和機能を持たせた水田群である。「田んぼダム」導入により水田流域からの流出ピークがどの程度減少するかを予測するには、水田（「田んぼダム」）排水の物理モデルと排水路網の水理学的モデルを組み合わせればよい（吉川ら(2009,a,b)）。しかし、これには膨大な排水路の詳細なデータが必要でモデルは複雑になる。本研究では、排水路網のデータなしに「田んぼダム」の流域流出への効果を予測する簡易なモデルを提案する。

2. 対象流域

吉川ら（2009b）が解析を行った新潟県神林地区笛吹川上流域（水田：356ha(67%)，山地：84ha，集落：88ha）を対象とした(図 1)。

3. 簡易な水田流域流出モデルの構築

3-1. 水田流出モデル（吉川ら 2009a）

「田んぼダム」や通常の水田から水路への流出は、排水口の物理構造で決まり、オリフィス((1)式)または堰の公式((2)式)で表される。

$$Q = C_1 a \sqrt{2g(H+d)} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$Q = C_2 b (H-D)^{3/2} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (2)$$

ここで、 Q ：水田からの流出量(m^3/s)， C_1, C_2 ：オリフィス，せきの流量係数， H ：田面水深(m)， a ：オリフィス孔の面積(m^2)， d ：田面以下の排水マス深さ(m)， g ：重力加速度(m/s^2)， b ：開口部幅(m)， D ：せき板高(m)である。

「田んぼダム」の流出抑制効果は、 H が一定水深を超えると、流出特性が(2)式から(1)式に変わり、オリフィス孔の面積(パラメータ a)が流出を制約することで発現する(図 2)。

3-2. 水田流域流出モデル(吉川ら 2009b)

吉川ら(2009b)は、水田からの流量を(1)(2)式で、山地や集落からの流量を Kinematic Wave Model で計算し、それらの計算結果を入力として、排水路・河川内の流れを不定流解析で計算する物理的な流域モデルを作成した(図 3(a))

(以下「厳密モデル」と呼ぶ)。このモデルは、対象流域の観測流出ハイドログラフを良く表現するが、水路網・河川特性(断面形，勾配，長さ，接続)の膨大な情報が必要である。

3-3. 水田流域流出の簡易モデル

本研究では、水田からの流出のみを物理モデル((1)(2)式)で表現し、それ以外の部分をタンクモデルで表現することにした(図 3(b))。タンクモデルには、水田からの排水流量と水田以外への降雨を入力として与える。流域流出と降雨量の観測データがあれば、タンクモデルのパラメータを同定でき、水路網・河川等の流出特性の情報を必要としない。「田んぼダム」の導入前と後で、水田流出の物理モデルは変更されるが、タンクモデル部分は変更しない。

4. モデルの同定と検証方法

現時点では、「田んぼダム」導入例は、わずかである。そこで、厳密モデルを用いた計算結果を実測流量とみなし、タンクモデル部分の同定および、モデル全体の検証を行った。

*東京大学大学院 農学生命科学研究科， Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The Univ. of Tokyo

**新潟大学災害復興科学センター Research Center for Natural Hazards and Disaster Recovery, Niigata University

キーワード：「田んぼダム」， 洪水緩和機能， タンクモデル

まず、厳密モデルを用いて5種類の降雨パターンの中で、「田んぼダム」導入前（落水量調整板設置率0%）の流域流出量を計算し、タンクモデルを同定した。次に、水田排水モデルを「田んぼダム」に換え、簡易モデルでの流出量を計算し、厳密モデルの結果と比較した。

5. 計算結果とモデルの検証

図4に同定したタンクモデルを、図5(a)に設置率0%時の流出量の計算結果の一例を示す。本研究の簡易モデルは厳密モデルの計算結果を良く表現した (RMSE=0.0043 mm/min)。この結果は、複雑な水路網の流出が、単純なタンクモデルによって表現できることを示している。

図5(b)に設置率100%時の流出量の計算結果の一例を示す。設置率100%時のデータは、タンクの同定に使用していないにも関わらず、簡易モデルはこれを良く再現した (RMSE=0.0060mm/min)。「田んぼダム」の導入は、水田から排水路網への流入パターンを変化させるだけで水路網の特性を変えるものではない。様々な降雨の下での水田流域からの流出量の実測データがあれば、排水路網の流出特性を単純なタンクモデルで表現でき、「田んぼダム」導入後の流域流出が予測可能になる。

引用文献：吉川ら(2009a):農業農村工学会論文集 261:31-39.
吉川ら(2009b):農業農村工学会論文集 261:41-48.

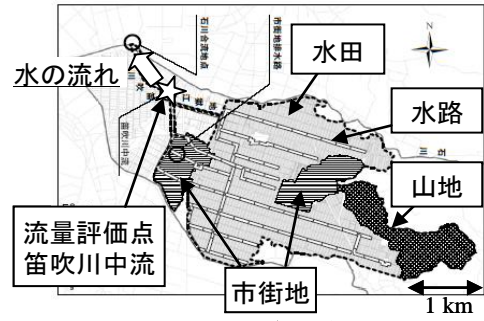


図1 対象流域
Fig.1 Description of the study area.

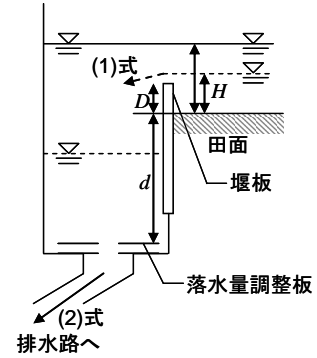


図2 排水口の模式図
Fig.2 Paddy field drainage system.

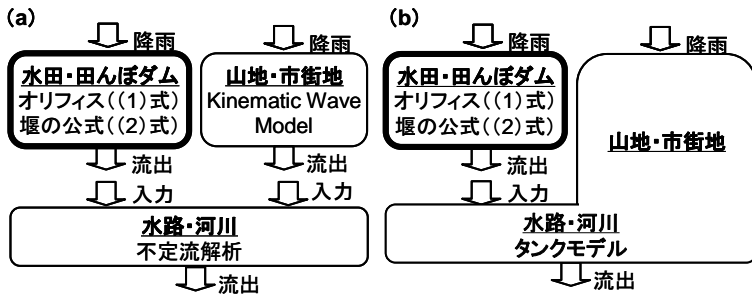


図3 (a)厳密モデルと(b)簡易水田流域流出モデル
Fig.3 (a)Physically rigorous runoff model and (b)Simple runoff model, of a paddy field catchment.

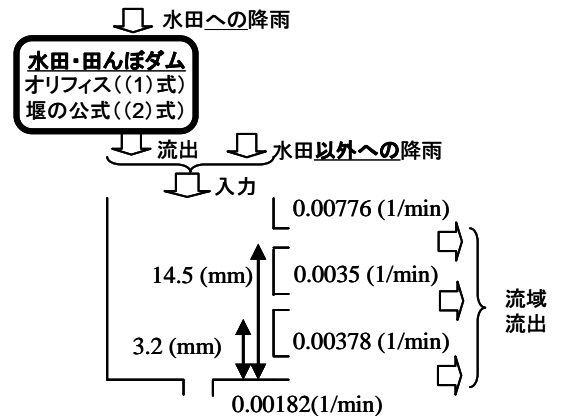


図4 水田以外と排水路網の流出タンクモデル
Fig.4 Tank model of the land uses except for the paddy field.

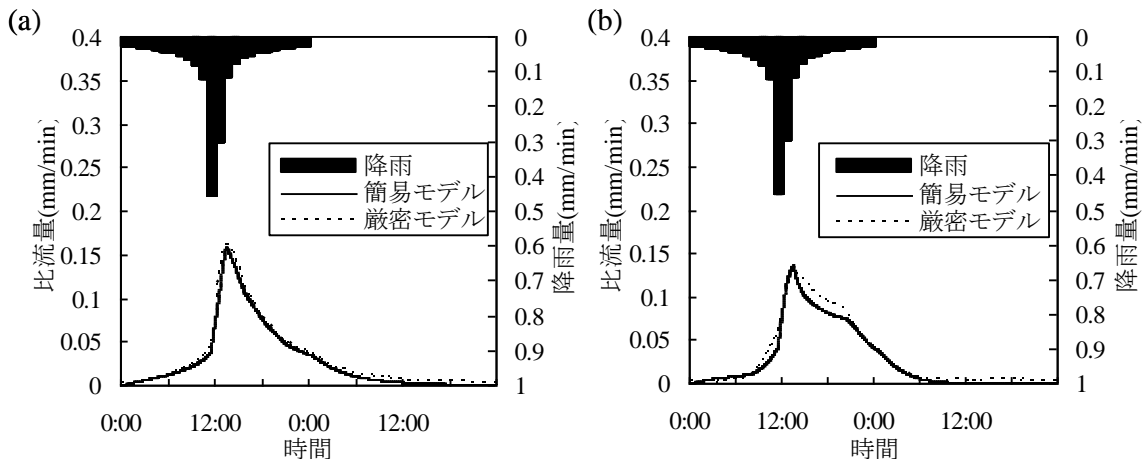


図5 (a)調整板設置率0%, (b)100%時の計算流域排水流量と降雨量。灌漑期, 総降雨量(113 mm)
Fig.5 Calculated runoff (a) without and (b) with the runoff control devices for ponding season. Total precipitation (113 mm).