

転作田の雨水流出機構のモデル化

Modeling of rainwater runoff mechanism of paddy-upland rotation fields

○松下時生¹・吉川夏樹²・高野陽平³

Tokio MATSUSHITA, Natsuki YOSHIKAWA, Yohei TAKANO

1. はじめに

新たな土地改良長期計画では、政策目標の 1 つに「産地収益力の向上」を据え、「米中心の営農体系から高収益作物を中心とした営農体系への転換」に資する基盤整備が推進されている。このため、今後、転作田面積が急速に増加する可能性がある。水稲田と比較すると、地表湛水の迅速な排除が求められる転作田では、大雨時のピーク流出量が増加するため、大雨時の浸水被害が深刻化する危険性を孕む。こうした被害の軽減には、予測に基づいた対策を実施することが肝要である。

低平地における内水氾濫による浸水範囲および浸水時間を定量評価する手法として、吉川ら（2011）により開発された内水氾濫解析モデルが広く使われつつあるものの、転作田の雨水流出機構は未導入であった。

そこで本研究では、転作田増加に伴う浸水被害を予測できる内水氾濫解析モデルの構築を目的として、現地観測に基づいて転作田の雨水流出機構を解明し、これをモデル化した。

2. 現地観測

新潟県内の 5 地区の転作田において、雨水流出の観測を実施した。栽培作物は大豆で、全ての転作田で弾丸暗渠が施工されていた。耕区単位の地表流出量に三角セキ、暗渠流出量に流量計（愛知時計電気株式会社製、SU100-K）を使用して、雨水流出過程を観測した。

3. 観測結果

例として K 地区の観測結果を示す。2018 年 8 月 27 日～28 日にかけての降雨イベント（総降雨量 166.8 mm）では、圃場への降雨流入量が 499.6 m³、地表流出量は 6.4 m³、暗渠流出量は 328.9 m³であった（図 1、図 2）。降雨流入量に

対する流出率は 67%で、そのうち 98%が暗渠経由の流出であった。

2018 年 9 月 30 日～9 月 3 日にかけての降雨イベント（総降雨量 106.4 mm）では、圃場への降雨流入量の 74.4%が暗渠経由で流出し、地表流出は発生しなかった（図 3）。

他地区においても同様の結果が得られたことから、新潟県内の転作田においては暗渠流出が卓越し、地表流出の寄与は小さく、地表湛水深が大きく増大した場合のみ発生することが明らかになった。

4. 転作田モデルの構築

暗渠流出については、雨水が地表面から暗渠管に到達するまでの浸透過程をダルシー則に基づき表現し、地表排水については、畝形状を余弦関数でモデル化し、転作田からの流出量を計算する転作田モデルを構築した。

本モデルでは、有効雨量を与えて、耕盤上の水位を逐次計算する。求められた水位と疎水材上端との水頭差から、作土層内の平均流束をダルシー則に基づき透水係数と動水勾配の積で求める。圃場の規格を基に平均流束の作用する面積を算出し、平均流束に乗じることで流量に換算し、これを暗渠流出量とした。作土層の飽和時には畝間湛水が生じ、その水深が計算される。各地区の地表排水柵の形状と畝間湛水深を基に、セキの公式で地表流出量を計算する。

なお、有効雨量は、降雨開始から 30mm までの雨量を土壌飽和前の流出に至らない損失雨量と定義し、損失雨量を線形関数で定め、観測雨量から差し引いた。

5. 転作田モデルの適用

5.1 透水係数の同定

透水係数は、K 地区の 8 月の観測値に基づき

1 新潟大学大学院自然科学研究科 Graduate school of science and technology, Niigata University

2 新潟大学自然科学系 Institute of Science and Technology, Niigata University

3 (株)ナルサワコンサルタント Narusawa Consultant Co., Ltd.

キーワード 転作田, 流出特性, 内水氾濫解析モデル

同定した結果, $3 \times 10^{-2} \text{ cm/s}$ とした場合に暗渠流出高の経時的变化を良好に再現した (図 4). しかし, 一般的な粘土の透水係数である 10^{-5} cm/s と比較すると, 3 オーダー大きい値であった. 透水性が高い理由として, 乾燥によって生じた作土層の亀裂と考えた. 井上ら (1988) は, 転作田内に体積 5.8 m^3 の土壌ブロックを設けて現地透水試験を行った結果, 透水係数が $10^{-1} \sim 10^{-2} \text{ cm/s}$ であったことを報告している. さらに, 補助暗渠を含む土層の透水係数も測定しており, $10^{-1} \sim 10^{-2} \text{ cm/s}$ であったことも報告している. こうした報告から, 本研究対象地においても亀裂と補助暗渠が透水性を高めたと考え, 同定した透水係数は妥当であると判断した.

5.2 転作田モデルの適用と考察

この透水係数を用いて O 地区に転作田モデルを適用したところ, 流出を良好に再現した (図 5). この他の降雨イベントにも本モデルの適用を進めた結果, 同様に流出を良好に再現できた.

一方で, 排水路水位が圃場面近くまで上昇するような降雨イベントでは, 暗渠流出が外水位により抑制されることが予想されるが, 外水位の影響については, 未導入である. 観測の継続によって, 今後検討を進める.

5 まとめ

現地観測から転作田の雨水流出形態として, 暗渠流出が卓越し, 地表流出は地表湛水深が増大した場合のみ発生することが確認された. また, 暗渠流出量は作土層内の雨水移動を表現する転作田モデルを構築することで概ね再現できた. 今後, 本モデルの改善と内水氾濫解析モデルへの実装を進めることによって, 内水氾濫解析モデルの高度化と汎用化につなげる予定である.

参考文献

- 1) 井上久義, 長谷川周一, 宮崎毅: 亀裂が発達した圃場における水の横浸透, 農業土木学会論文集, No.134, pp51-59 (1988)
- 2) 吉川夏樹, 宮津進, 安田浩保, 三沢眞一: 低平農業地帯を対象とした内水氾濫解析モデルの開発, 土木学会論文集, Vol67, No.4, pp.991-996 (2011)

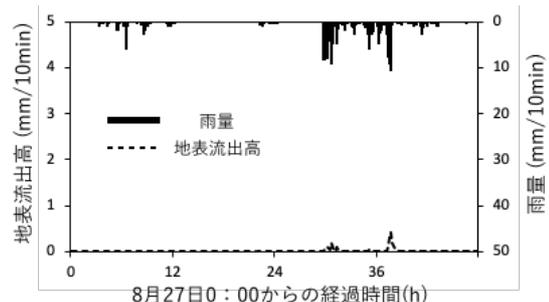


図 1 地表流出高と雨量 (8月27日~28日)

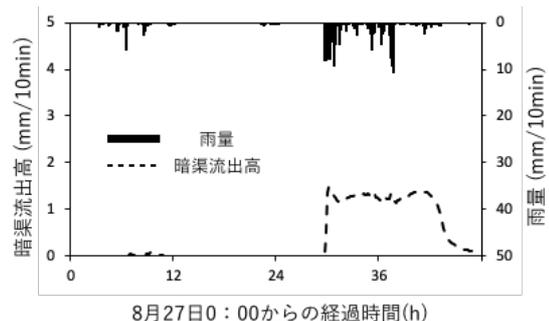


図 2 暗渠流出高と雨量 (8月27日~28日)

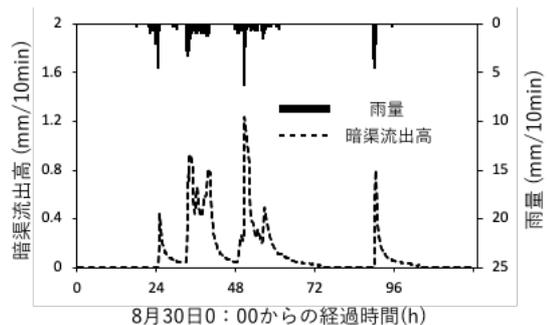


図 3 暗渠流出高と雨量 (8月30日~9月3日)

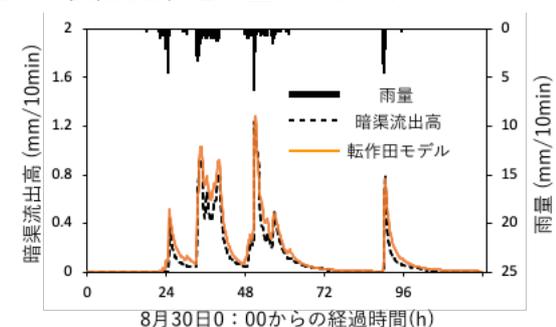


図 4 K地区 転作田モデルと観測値の比較

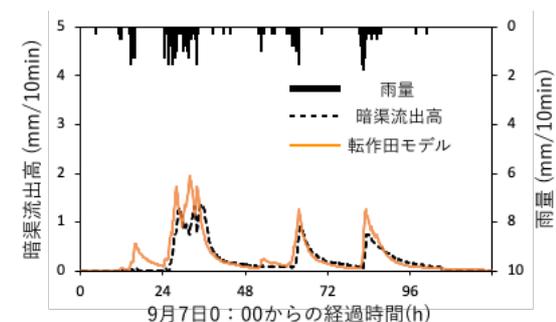


図 5 O地区 転作田モデルと観測値の比較