

## 水田圃場の土砂堆積シミュレーション Simulation of sediment accumulation in a paddy field

○鶴木啓二\*・池上大地\*・宇野哲平\*\*・善光寺慎悟\*\*

UNOKI Keiji, Ikegami Daichi, UNO Teppei and Zenkōji Shingo

**1. はじめに** 水田への取水管理において、洪水等により取水源で濁水発生が予測される場合は取水を停止し、圃場への土砂流入を抑制する。しかし、寒冷地では活着期や幼穂形成期など、イネを低温から守るために一定の水位を維持する期間があり、濁水発生時でも取水を継続する状況が想定される。また、地震等で斜面崩壊が発生し、長期に渡り濁水が発生している場合には、常に濁水を取水することになる。

イネの生育に対する濁水の影響について、既往の研究<sup>1)</sup>では土砂堆積厚 3cm まで許容するとしており、これを根拠とした農業用水基準<sup>2)</sup>では SS 濃度を 100mg/L 以下としている。一方、土砂の堆積状況は、濁水の質(土粒子密度、粒径分布等)や水管理(水位、水量等)等によって変わることから、土砂堆積厚 3cm となる条件は SS 濃度だけでは決まらない。本研究では、水田圃場の土砂堆積を予測可能なシミュレーションモデルを構築した。

**2. シミュレーションモデル概要** シミュレーションモデルは平面二次元河床変動解析を基本とした。流れの式は浅水流近似による水深平均二次元流で、稲株の抵抗<sup>3)</sup>・遮蔽や日減水深を追加した。稲株は著者らの栽培実績をもとに成長曲線を作成し、成長に伴い抵抗を変化させた。流砂は混合粒径とし、設定粒径階(代表粒径)ごとに掃流砂と浮遊砂の移動を計算した。掃流砂移動の解析には芦田・道上<sup>4)</sup>の式を用いた。浮遊砂移動の解析には移流拡散方程式を基礎式とし、沈降速度<sup>5)</sup>や基準点高さの平衡濃度<sup>6)</sup>を評価するとともに底面付近の濃度を求めた。掃流砂と浮遊砂の解析結果から、地盤高の変化と交換層(洗掘と堆積が生じる表層第一層)の粒度分布を計算<sup>7)</sup>した。

**3. 解析条件概要** 50a (50m×100m) の短辺中央部に流入口がある水田圃場をモデル化した。解析メッシュサイズは、稲株の植え付け間隔(条間 33cm、株間 18cm)から、流入口付近(5m まで)を最小の 33cm×36cm とし、これより外側は計算負荷を減らすためにメッシュを徐々に大きくし最大で 132cm×144cm とした。

流入させる濁水に含まれる SS の粒径分布は、著者らの調査した頭首工地点では、濃度によらず同程度であったため、計算期間を通じて一定とした。採水試料の粒度分布から 1 $\mu$ m~200 $\mu$ m の範囲を 10 クラスに分割し、各クラスの最大・最小粒径の幾何平均を代表粒径とした。圃場表面土壌の初期粒度は、実際の水田圃場の粒度分布を濁水と同じ粒径階でモデル化した。

圃場水位は、各種資料から北海道における一般的な水田圃場の水管理を参考に設定し、日減水深から流入水量を求めた(Fig.1)。解析期間は、移植日の 5/27~落水日の 8/31 である。解析期間を通じて流入水の SS 濃度は一定とし、100、500、1,000、2,000mg/L の 4 パターンでシミュレーションした。

\*土木研究所 寒地土木研究所：Civil Engineering Research Institute for Cold Region, Public Works Research Institute, \*\*日本工営：Nippon Koei Co., Ltd. キーワード：濁水取水、平面二次元河床変動解析、農業用水基準

**4. 結果と考察** 流入する濁水濃度を变化させ、イネの移植から落水までの期間で圃場の土砂堆積状況をシミュレーションしたところ、既往研究<sup>1)</sup>と同様に、流入土砂の大部分が取水口付近5×10mの範囲に堆積するという計算結果 (Fig.2) が得られた。土砂堆積の推移を詳細にみると、移植 (5/27) から中干し (7/19) までは湛水があることで圃場内の流速が抑制され、洗掘が生じることなく、取水口付近を最大として半円状に土砂堆積が進行した。この期間に取水口付近には堆積が顕著な箇所 (堆積マウンド) が生じていた。中干し後、間断灌溉の実施中には、流入水は堆積マウンドの両側に分かれるとともに、堆積マウンド背後にある低みを流れるため、そこに洗掘が生じた (7/22~8/5)。一度水みちができると、そこに流れが集中するため、より洗掘が進行する状況が示された (8/5~9/1)。

各濁水濃度ごとに、流入口付近 5m×10m の範囲における平均土砂堆積厚を整理した (Fig.3)。先述したように、中干しまでは土砂堆積が進行するが、間断灌溉の前半では洗掘により堆積厚は減少した。灌溉終了 (9/1) 時点での、流入 SS 濃度と平均堆積厚の関係 (Fig.4) をみると、農業用水基準である 100mg/L では、0.4cm 程度であった。また、イネの成長に影響がある限界値とされる 3cm の土砂が堆積する SS 濃度は約 560mg/L と算出された。

**5. おわりに** 本研究では、水田圃場の土砂堆積を予測可能なシミュレーションモデルを構築した。流入土砂の大部分は、取水口付近に堆積しており、既往の研究と同様な堆積状況が再現された。

**参考文献** 1)佐藤治郎・西尾房治(1967)、2)農林省公害研究会(1970)、3)木村匡臣ら(2015)、4)芦田和男・道上正規(1972)、5)Leo C. van Rijn(1984)、6)Tadaoki Itakura and Tsuyoshi Kishi(1980)、7)平野宗夫(1971)

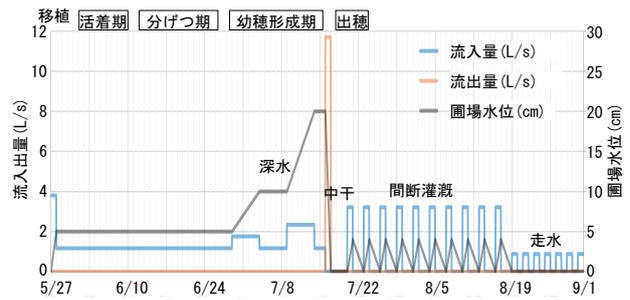


Fig.1 設定水位と流入流出  
Water level and inflow/outflow

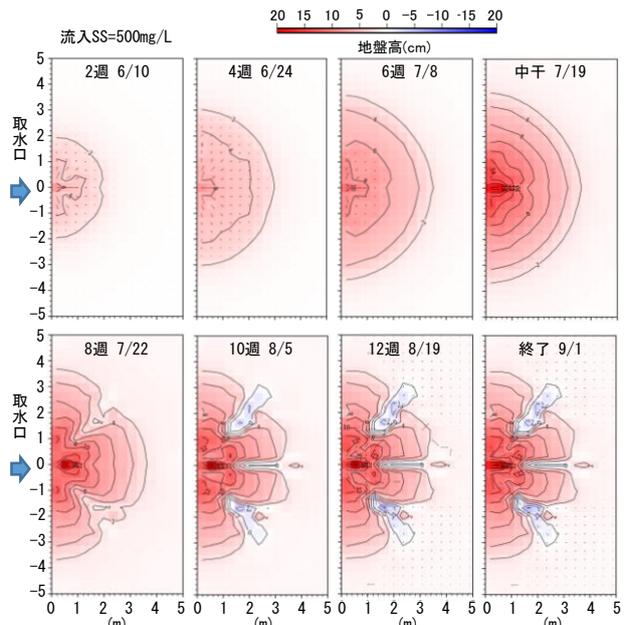


Fig.2 圃場内取水口付近の土砂堆積状況  
(SS濃度 500mg/L)  
Sediment accumulation near the water intake  
in the field (SS conc.500mg/L)

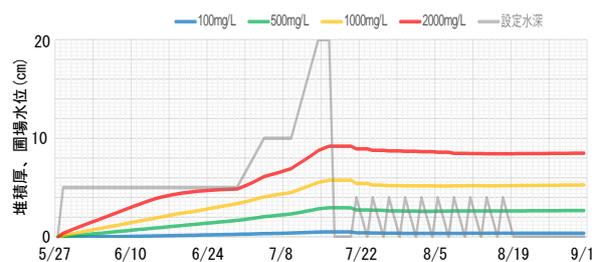


Fig.3 取水口付近堆積厚の経時変化  
Changes in sediment thickness near the intake

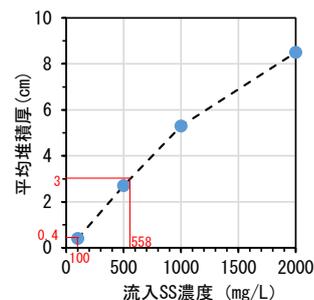


Fig.4 流入 SS 濃度と平均堆積厚の関係  
Relationship between inflow SS concentration  
and average deposition thickness