

用排水路を考慮した圃場モデルの構築と流出負荷削減の評価

環境計画研究室 田中太郎

1. はじめに

現在、水域の水質改善のためには、非特定汚染源からの負荷削減が重要とされている。そのためには実態に即した負荷算定モデルが必要である。そこで本研究では、面源の中でも大量の水・施肥の使用量や面的な広がりから、水域への汚濁負荷流出に大きく影響していると考えられる水田を対象とした汚濁負荷算定モデルの構築を目的とする。実態に即し、様々な水田を再現可能にするため、物理的・化学的メカニズムを踏まえ、さらに負荷流出に影響を及ぼすと考えられる水管理、灌漑用水濃度を考慮し、各圃場を再現する水収支モデルと物質収支モデル、用排水路の水量・水質を再現するネットワークモデルの三つをベースに構成する。また、圃場の位相関係・面積、用排水路情報などの地理情報を効率的に扱うために、GISを用いる。そして本モデルを用いて圃場からの栄養塩量のシミュレーションを行い、施肥量あるいは取排水量対策による流出負荷削減の評価を試みる。

2. 研究方法

構築するモデルは大きく分けて3つのパーツから成る。1つ目に水収支モデル、2つ目に物質収支モデル、3つ目に用排水路モデルである。図1にモデルの構想図を示す。本モデルの水収支モデルは、流入として用水ネットワークモデルが供給される灌漑用水と降雨、流出として表面排水、蒸発、蒸散、浸透、そして従来あまり評価されなかった暗渠排水を組み込む。これらの収支によって圃場内の貯留量が計算され、次の日の初期貯留量が求まる。また、本モデルでは水田内を湛水層、作土層、心土層の3層に分けて考える。湛水層は、水田地表面に貯まった水の層である。作土層は、稲の根がある比較的浅い部分の土壌層である。この層では作物による蒸散が生じる。心土層は、作土層のさらに下にある土壌層であり、この層に暗渠排水管がある。物質収支モデルとして物質収支の現象を捉えたものを構築することとする。圃場への栄

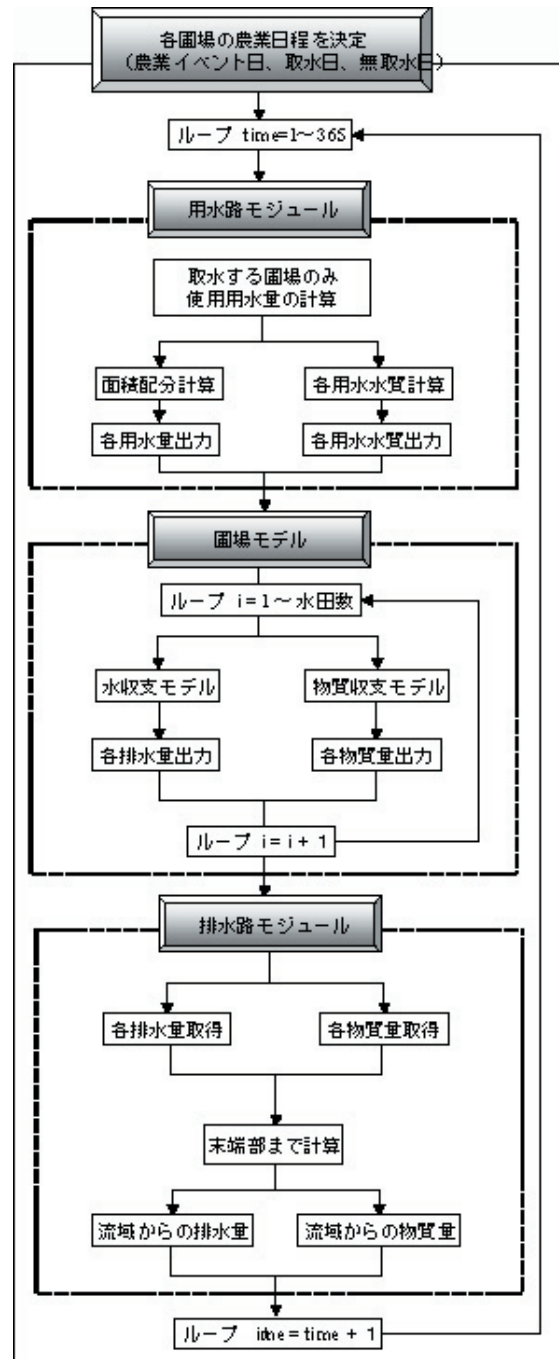


図1 モデル構想図

養塩供給を灌漑用水、施肥、降雨とし、圃場外への栄養塩流出は稲による吸収、表面排水、暗渠排水、浸透、生物吸収とする。圃場土壌層の内部変化は、無機化、土壌への吸着、土壌からの脱着とする。また、表面排水から流出するSSを算定するために、

湛水層におけるSSの沈降といった挙動を考慮する。暗渠排水は土壌層を浸透する過程でろ過されるものとして、暗渠排水中のSSは無いものとする。本モデルで再現する算定項目は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ (アンモニア態窒素)、 $\text{NO}_3\text{-N}$ (硝酸態窒素)、DON (溶存性有機態窒素)、 $\text{PO}_4\text{-P}$ (リン酸態リン)、DOP (溶存性有機態リン)、SS (懸濁物質) である。用排水路ネットワークでは、水源である河川やダムから流下する水は、頭首工施設によって水路に引き込まれる。水は細かく分岐する水路を流れながら、隣接する水田に取水される。水田に必要ななくなった水は、水田の排水口から吐き出されて水路に還元される。水路途中で水量不足が生じる地点には、揚水機によって河川から水が供給されて水位が保たれる。そして、水は流域末端の水路において河川や湖沼などに流入する。本モデルでは、デジタイズにより整備したデータから、水田の位相関係や面積、用排水路の連結状態、施設の持つ機能といった地理情報を効率的に扱うためにGISの機能を用いる。

3. 負荷削減対策評価

水田から流出する栄養塩を削減する方法が幾つか提案されている。本研究では施肥量対策と水量対策について流出負荷削減の評価を行うこととする。

(1) 施肥量対策

①施肥を適正量使用する場合

②田植えの際に一発肥料をするのみの場合

施肥形態として元肥、調整肥、穂肥の3種類があるが、3種類行うのではなく、田植え時に一発肥料を行うことでどの程度流出栄養塩量に変化するか。

(2) 水量対策

①排水量を調整する場合

灌漑期イベント時・非灌漑期雨天時の表面に堰を設けて、表面流出を制限することで、少々の雨でも表面流出が生じなくなる。また、土壌が嫌気状態にあることで、アンモニア態窒素が硝化菌により硝酸態窒素になり、脱窒菌により硝酸態窒素が窒素ガスになって大気へと還元される。

②取水量を調整する場合

水管理として取水量の調節をこまめに行うことで、農業イベントや降雨時に余分な水を流出を削減させることが出来る。この時にどの程度流出栄

養塩量に変化するか。

図2に一番対策案の中で一番効果のあった取水管理の結果、図3に複合対策案として一番効果のあったものの結果を示す。図2、3はいずれも

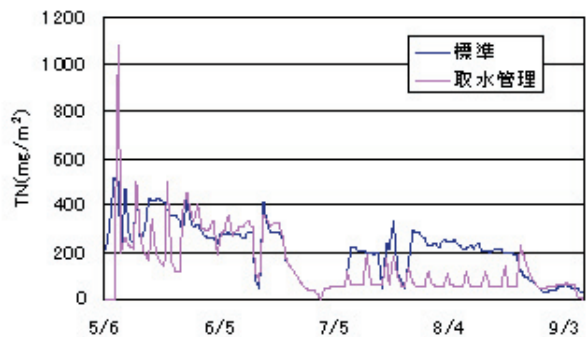


図2 単一对策効果

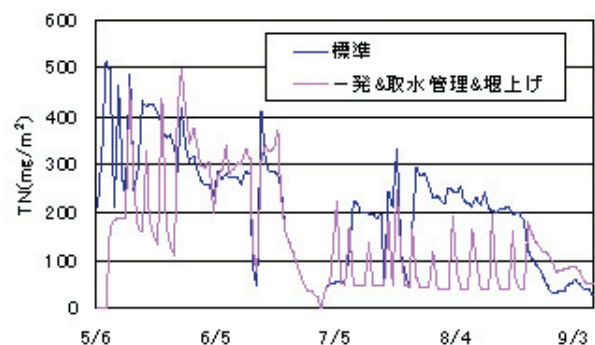


図3 複台対策効果

TNのものだが、対策を講じた方が標準を大きく下回っている。また、TPやSSでも同様に対策を講じることで負荷削減効果が得られた。リンに対しては施肥量対策が、SSや窒素に対しては取排水対策が効果的なようである。堰上げ対策では、負荷削減に対して有効な効果が得られなかった。

4. まとめ

本研究では、今まで考慮されることが少なかった水田からの汚濁負荷流出特性を考慮したモデルを構築し、負荷削減対策案による効果の評価を行った。その結果、水田からの汚濁負荷が年間を通じて算定できるモデルの構築をすることができ、その算定精度は良好であった。また、対策案の評価では施肥量対策や水量対策の中でも、取水管理対策が一番有効なことがわかった。リンに対する削減対策としては、施肥量対策が有効であった。項目によって、対策の向き不向きがあるようだ。負荷流出の生じやすい灌漑期では、様々な対策案を複合的に行うことで、より負荷削減効果が高まることもわかった。モデル課題として、タイムステップの縮小、用排水路モデルの機能向上が挙げられる。