

B-42 一筆圃場を対象とした水管理による 汚濁負荷削減効果

増田 貴則^{1*}・○小川 愛子²・細井 由彦¹・赤尾 聡史¹

¹鳥取大学工学部社会開発システム工学科 (〒680-8550鳥取県鳥取市湖山町南4-101)

²鳥取大学大学院工学研究科社会開発システム工学専攻 (〒680-8550鳥取県鳥取市湖山町南4-101)

*E-mail: masuda@sse.tottori-u.ac.jp

1.はじめに

特定汚染源からの汚濁負荷削減対策は進んできたが、湖沼の水質は依然改善しておらず一層の対策が求められている。このような中、2006年に改正湖沼法が施行され、流域対策地区の指定制度が創設されたため、流出対策すなわちノンポイント汚染対策の具体化が求められていくものと思われる。そのノンポイント汚染源の一つである水田は、肥料や水使用量が多いため、流域内での面的広がりが多い場合、湖沼への汚濁負荷流出に大きく影響していると考えられる。また、水田の汚濁負荷流出は耕作方法や水管理などの人為的要因に左右されやすい。そのため、比較的容易かつ低コストで対策を行うことができると考えられる。

また、水田は、用水が汚染されている時は浄化型として働き、清浄な時は汚濁型として働くことが知られている(田淵ら1985)。用排水路が分離されていない地域や河川から用水を取水している地域では、下流に行くに伴い用水の汚染が進むことから、同じ流域内・用水系統内でも、場所によって効果的な対策が異なる可能性が考えられる。そのため、用排水の水質変化を面的に把握することができなければ、水田管理の必要な地点や効果的な対策を明らかにすることができないと思われる。

そこで本研究グループでは、流域での水田ノンポイント対策の評価を可能とすることを目的とし、水田の諸現象を考慮し、流下に伴う流量・濃度を算定する流域水田モデルを構築中である。

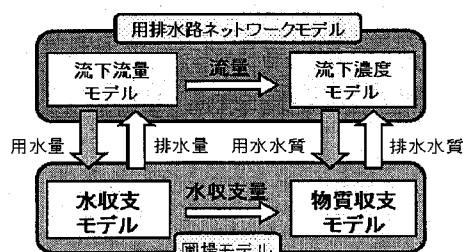


図1 流域水田モデル概要図

構築中の流域水田モデル(図1)は用排水路ネットワークモデルと圃場モデルで構成される。用排水路ネットワークモデルでは、流域全体の用排水路の流量および水質を再現する。一方、圃場モデルは水田内の物理・化学現象を再現している。この圃場モデルは、用排水路ネットワークモデルにより算定された流量・濃度を受け取る。そして、水田の水収支を計算し、水田からの排水量を算定する。また、水収支計算で求めた各種水量を利用し、水田内での物理・化学現象を基に排水に伴う負荷量を算定する。

このような圃場モデルと用排水路モデルを結合し、流下に伴う流量・濃度の変化を算定することによって、どの地点でどのような水田管理を行えばよいかを把握し、効率的な汚濁負荷削減対策を提案することができると考えている。

本報では、圃場モデルの部分だけを用いて、一筆圃場水田の水管理シナリオのシミュレーション解析を水文条件の異なる複数年において行った結果を報告する。

2.圃場モデルの概要

図2に圃場モデルで考慮している水田内の窒素形態変化を示す。水田を鉛直方向に3層に分けて窒素の形態変化を再現している。それぞれの層で図のような形態変化が生じ、各水質項目の物質量を出力することができる。リンも同

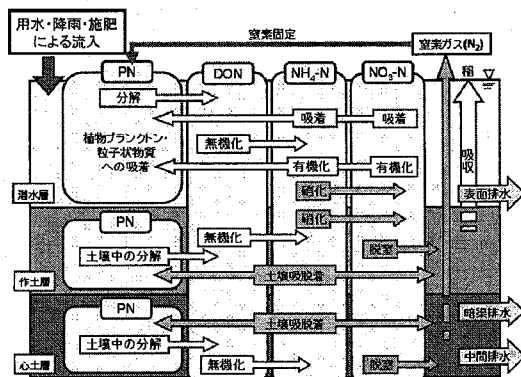


図2 窒素形態変化の概略図

The diagram illustrates the phosphorus cycle across four layers: 表水層 (Surface Water Layer), 作土層 (Topsoil Layer), 心土層 (Subsoil Layer), and 底層 (Bottom Layer). At the top, inputs include 無機リン飮物 (Inorganic Phosphorus Feed) and 施肥・劣化 (Fertilization/Degradation), leading to PP (Particulate Phosphorus) and DOP (Dissolved Organic Phosphorus). PP undergoes 分解 (Degradation) to become DOP. DOP is then 無機化 (Mineralized) to PO₄-P (Soluble Phosphate). PO₄-P can be 同化 (Assimilated) by 植物プランクトン (Phytoplankton) or 吸着・結合 (Adsorption/Complexation) to form 植物プランクトン・粒子状物質への吸着着 (Adsorption to Phytoplankton and Particulate Matter). This complex can be 分解 (Degraded) back to DOP or 吸収 (Absorbed) by the 表層排水 (Surface Drainage). In the 作土層 (Topsoil Layer), PO₄-P can be 分解 (Degraded) to 不溶性リン (Insoluble Phosphorus) or 不溶化 (Precipitation). It can also be 吸収 (Absorbed) by plants (植物吸収) or 土壌吸着 (Soil Adsorption). The 心土層 (Subsoil Layer) shows 不溶性リン (Insoluble Phosphorus) and 可溶性リン (Soluble Phosphorus). 可溶性リン can be 土壌吸着 (Soil Adsorption) or 可溶性リンへの変化 (Change to Soluble Phosphorus). The bottom layer shows 暗渠排水 (Dark Channel Drainage) and 中間排水 (Intermediate Drainage). A large arrow indicates the flow from the surface water layer down to the bottom layer.

乾田で土壌の種類が壤質の1300m²の一筆圃
イムステップを一日としてシミュレーションを
、代かき・強制落水などの時期や水田への用
肥量は、鳥取市六反田地域でのアンケート結
した。

農業イベント	日数(日目)	時期	用水量(mm)
代かき	139	5月下旬	100
田植え	140	5月下旬	20
田植え後～中干し前	141～185	5月下旬～7月上旬	16
中干し中	186～199	7月上旬～7月中旬	0
中干し後取水	200	7月中旬	60
中干し後～収穫前落水前	201～241	7月下旬～8月下旬	16
収穫前落水～収穫前	242～249	8月下旬～9月上旬	0
収穫	250	9月上旬	0

本研究では、圃場モデルの検証を行った(小川ら 2007)上で、一筆圃場を対象に表2のような水管理シナリオ、およびその比較対象として慣行水管理シナリオで解析を行った。

シナリオ項目		詳細
水管理	浅水代かき	湛水を浅くして代かき
	取水管理	中干し後3日に1度取水
	堰上げ	堰の高さを調整

取水管理シナリオでは、中干し後の水田への取水を3日に一度とした。通常、中干し後は間断灌漑が推奨されているが、実際の農家では掛け流しの取水管理が多いため、間断灌漑の効果を明らかにするため解析を行った。このシナリ

堰上げシナリオでは、通常、堰の高さは30～40mmであるが、80mmと仮定した。湛水時間が長くなり、水田土壌が嫌氣的状態に保たれることで、脱窒が生じ窒素ガスが大気へ還元される効果が期待される。

水文条件の違いにより、水田からの汚濁負荷流出がどのような影響を受けているかを把握するため、本シミュレーションでは気象条件の異なる複数年をシミュレーション対象年とし2002～2005年の4年間で行った。表3に各年の年降水量を示す。この地域の数十年の年降水量と比べると、2002年は1844mm/yrで渇水年と言え、また2004年は2487mm/yrと豊水年である。2003年、2005年は平均的な降水量を示している。

	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年
降水量 (mm/yr)	2088	1844	1961	2487	2057

まず、慣行シナリオにおける降雨と負荷流出の関係を示す。図4は慣行における2002～2005年の一筆圍場からのTN流出量と降雨の経年変化である。降雨変動や年によってTN流出量が大きく変化していることが見てとれる。

- 153 -

的に降っている。それに対し、2003年の降雨は灌漑期の6月下旬から8月に多く降っている。したがって、灌漑期の湛水が表面排水として流出したことが年負荷量の増大に影響していることがわかる。このように年降水量だけでなく降雨が集中する時期についても、汚濁負荷流出量に影響があることが確認された。

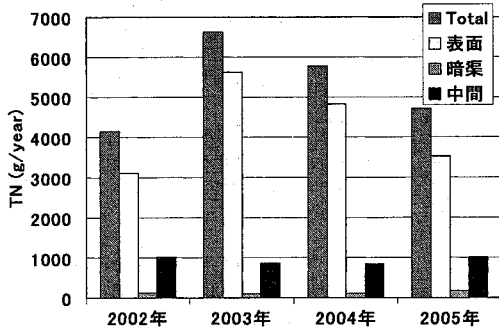


図5 排水口別TN量

次にシナリオ解析の結果を示す。図6に取水管理シナリオのTN流出量を示す。取水管理は中干し後の取水を3日に一度にしている。取水管理シナリオの汚濁負荷削減はこの時期の表面排水が削減されたことが要因である。特に2003年は中干し後の湛水位が低い時期に多く雨が降っていることもあり大きな削減効果を得られた。2004年も同様に中干し後に降水量が多かったが、何度かの大雨があったために、取水管理の効果が打ち消されてしまっている。降雨の際に一日40mm程度降り、取水管理を行っても降雨によって表面排水が流出するため、取水管理の効果が得られなかったと考えられる。

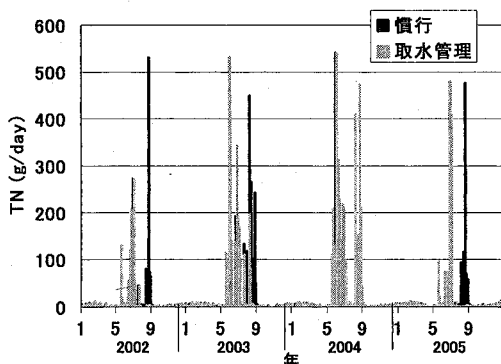


図6 慣行と取水管理シナリオのTN量

図7は堰上げシナリオのTN流出量である。取水管理のような一定の傾向は見られないが、排水口の堰を上げることで集中的な降雨の際や無駄な取水による水田からの排水を防いだと言える。

図8に年度別のシナリオごとのTN流出量を示す。水文条件の違う年で汚濁負荷削減の割合および有効な水管理方

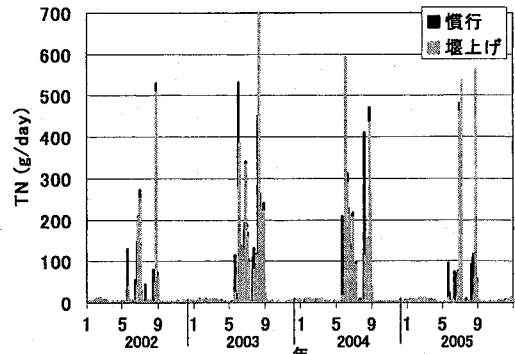


図7 慣行と堰上げシナリオのTN量

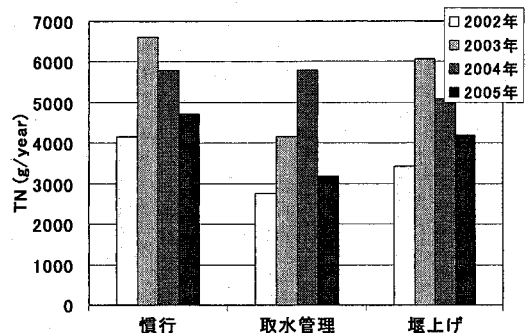


図8 年度別の各シナリオTN量

法が異なることが分かる。渇水年である2002年は取水管理シナリオで約35%の削減効果を示し、平均年である2003年、2005年では、取水管理シナリオは慣行に比べ約3~4割、堰上げシナリオで約1割程度の負荷削減をすることができ、ともに汚濁負荷削減効果が得られた。それに対し、豊水年である2004年は取水管理シナリオの削減効果はなく、堰上げの方が効果が高かった。

6.まとめ

水文条件が異なる4年間でシミュレーションした結果、平水年、渇水年では、取水管理シナリオが最も汚濁負荷削減効果が得られた。しかし、豊水年である2004年は中干し以降の時期に降水量が多かったため、取水管理による表面排水の抑制がきかず、取水管理の効果は得られなかった。このように気象条件によって有効な水管理シナリオが異なる結果となったので、今後は、用水水質の影響を検討するとともに、気象条件と農業イベントの時期別に水管理シナリオの組み合わせを検討するなど、複合シナリオの効果についても検討する予定である。

＜参考文献＞

- 小川愛子ら(2007):「水管理による水田からの汚濁負荷削減効果」第59回土木学会中国支部研究発表会発表概要集, pp.455
- 田淵俊雄ら(1985):集水域からの窒素・リンの流出, 東大出版会