

B-13 灌漑期3ヵ年実測調査に基づく 水田からの汚濁物質の流出特性と定量化

○李 衡峻¹・増田 貴則^{1*}・細井 由彦¹・赤尾 聡史¹

¹鳥取大学大学院工学研究科（〒680-8552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

湖沼の環境基準達成率が河川や海域に比べて依然低い状況で、湖沼の水質改善のため非特定汚染源の管理・制御が必要であるとの声が高まっている。水田は非特定汚染源の1つとして、水田原単位の精度は流出負荷発生量の評価に大きな影響を与える¹⁾。水田からの汚濁負荷に関しては様々な研究が行われてきた。灌漑期の負荷が非灌漑期より大きいこと^{2)・3)}や、代掻き田植えが行われる5月に流出負荷が最も多いこと⁴⁾が報告され、時期別に変動が大きいことが示されている。一方、他の作物栽培地と違い水田は正味負荷流出がマイナスを示すこと⁵⁾や、灌漑水濃度により水田が浄化機能を発揮する⁶⁾との研究報告もあり、水田に浄化機能があることも明らかになっている。このように水田の流出特性が時期別に差異があるにも関わらず、その原単位は年間の値が示されている。原単位は発生負荷量は容易に計算できるが、季節変動や灌漑の有無の議論ができないこと⁷⁾や、提案されている原単位は非常に幅広いため、固定された原単位を用いるのではなく実態に即した原単位に変更していく仕組みが必要であるとともに、統一した調査方法で長年の調査に基づいて原単位を提案する必要がある⁸⁾との指摘が出ている。

本研究では、水田汚濁負荷原単位を推定するための調査方法と負荷削減対策を提案するためのステップとして、水田を主体とする農業流域における灌漑期3年の実測調査を行い、汚濁物質の流出特性と負荷量を時期別・形態別に把握した結果を報告する。

2. 研究方法

(1) 対象地域

鳥取県湖山池の流入河川のうち、流量が最も多い長柄川の水を灌漑水として使っている六反田流域で調査を行

った。図-1に流域の調査地点を示す。長柄川から取水した水は上流地点（以下、上流と呼ぶ）を通過し、農地を通った後、河川に還元されずそのまま排水路を流下し下流地点（以下、下流と呼ぶ）を通過するので、この流域から流出した汚濁物質を把握しやすい。表-1に流域の土地利用を示す。家屋以外のポイント汚染源はなく、下水道が整備されているため調査への影響はない。なお、雨による晴天時調査への影響が極力少なくなるように、晴天時調査の日程を調整し観測を行った。

(2) 調査方法

灌漑期における晴天時の実測調査を2007年は36回、2008年は33回、2009年は36回行った。現場で流速、流水の断面積、水温、電気伝導度、TDS、塩分濃度、溶存酸素、pH、ORP、濁度を測り、採取した水は分析室に運び、上水試験方法によりSS（GF/F）、T-N、NH₄-N、NO₃-N、T-P、DTP、PO₄-Pを測定して、2008年からVSSとDTNを追加した。PNとPPは総量から溶存態を引き算し

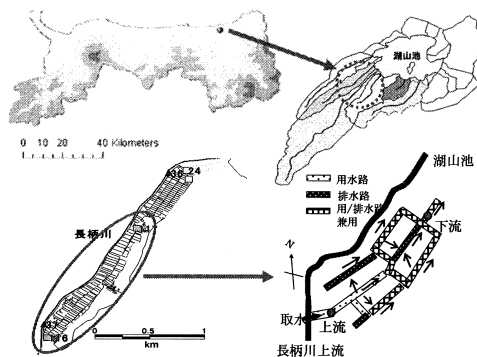


図-1 六反田流域と採水地点

表-1 六反田流域の土地利用度 (ha)

森林	水田	畑	休耕地	合計
21.13	19.78	2.56	1.13	44.6

て求めた。

(3) 肥料について

流域内の施肥の時期と量をまとめて表-2に示す。施肥量と施肥時期は農家それぞれ差異があると思われるが、流域内の農家はJA鳥取いなばが毎年提供している「稲作・大豆ごよみ」⁹⁾に従って施肥を行っているものと仮定した。肥料の価額が高くなったため、2009年では施肥量の調整があり、リン施肥量が約半分程度減少したことが目立つ。

表-2 流域内の施肥時期と施肥量

	年度	元肥	調整肥	穂肥1.2	合計
施肥 時期	2007	5/18	6/25	7/21.29	
	2008	5/18	6/25	7/21.29	
	2009	5/22	7/10	7/26.8/2	
窒素 施肥量 (kg)	2007	416	0	683	1,098
	2008	416	0	683	1,098
	2009	416	0	807	1,223
リン 施肥量 (kg)	2007	1,920	792	182	2,893
	2008	1,920	792	182	2,893
	2009	1,346	0	0	1,346

3. 結果および考察

(1) 正味負荷の変動

灌漑期における流域の下流と上流で水質調査を行い、流量と汚濁物質の濃度から負荷量を求めて、引き算した値をこの流域から正味流出負荷量とし、3年間の変動を図-2に示した。

正味流量を見ると、代かき田植え、間断灌漑期にマイ

ナス値を見せる反面、中干し前半、落水期にプラス値を示しており、灌漑と排水の影響がはっきり見えた。SS正味負荷は正味流量がマイナスにも拘らず代かき田植え期に流出量が最も多く、SS正味負荷のピークの際、VSS負荷の割合が約3割であることから、代かき後排水される水はSS濃度が非常に高く、主に無機物である水田の土砂が多く含まれていると考えられる。

T-Nの正味負荷は代かき田植え期には粒子態で、中干し前半期には溶存態で流出することが多かったが、その傾向は必ずしも毎年現れてはしない。中干し前半期の窒素流出は水田の表面と暗渠の排水によると思われる。一方、間断灌漑期のT-N負荷は3年間ともにマイナスになっており、主にDN負荷が大きく減少することが確認できた。窒素負荷減少のメカニズムは調べていないが、流量の減少が理由として考えられる。間断灌漑期の窒素負荷減少の理由が明らかにできれば、負荷削減対策として活用できると考えられる。

T-Pの正味負荷は代かき田植え期と中干し前半期にピークを見せている。代かき田植え期のT-P負荷はSSに吸着して粒子態で流出していることが多かった。中干し前半期に流出するリン負荷は窒素と同様に表面と暗渠排水によると思われるが、調整肥の影響もあると思われる。

(2) 時期別の流出負荷量

時期別の正味負荷を計算して累積したグラフを図-3に示す。流量と窒素負荷は年ごとに増減にばらつきがあり、3年の調査では特徴を特定できなかった。流量は降雨量、

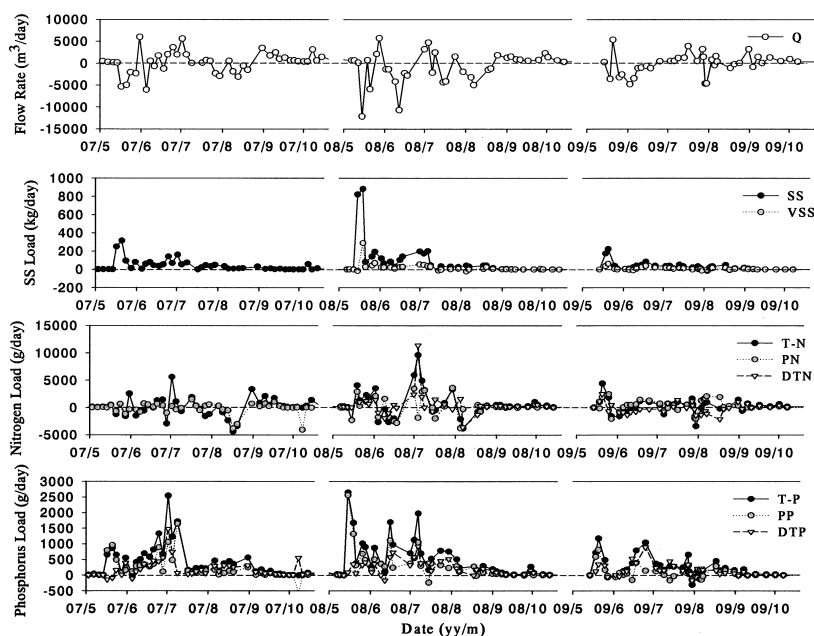


図-2 2007, 2008, 2009年の正味負荷量の変動

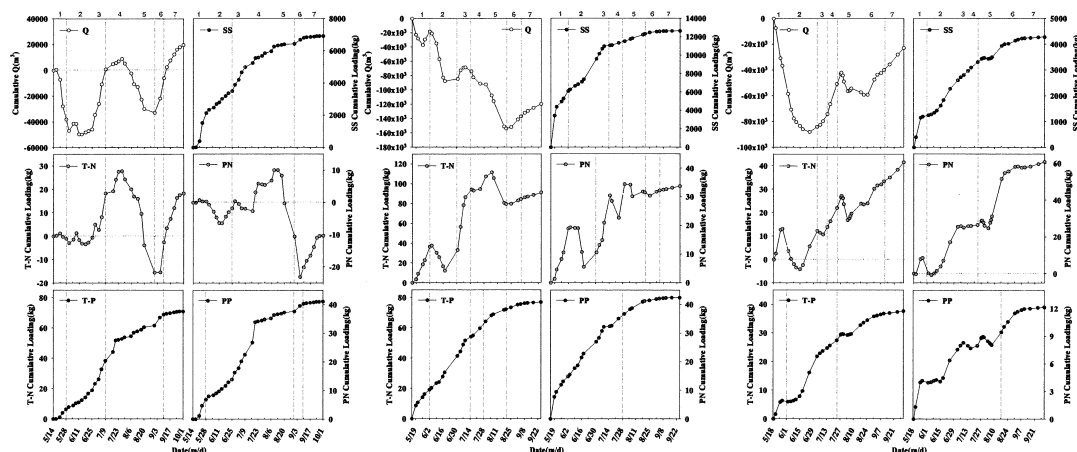


図-3 2007, 2008, 2009年の時期別の累積負荷量の推移

取水施設の操作により毎年変わってくると考えられるが、窒素のばらつきは不明である。SSとT-P、PPは時期別の増加が3年間に類似した傾向を見せていた。中干し時期までの日数は灌漑期全体の約4割程度であるが、SSとPP負荷は灌漑期全体負荷の約6～8割が流出している。既存研究では代かき田植え期のみ汚濁負荷流出量が多いと報告¹⁰⁾もあったが、通常灌漑期と中干し前半期に流出する粒子態汚濁負荷量も非常に多いことが示唆された。

なお、灌漑期のT-P負荷は、2007年と2008年はそれぞれ71.0、76.9kgで2009年は36.0kgであり、約半分程度減少している。本研究で正味負荷を計算する際、施肥量は考慮していないが、施肥量も水田のインプット負荷である。表-2に示しているように、2009年からリン施肥量を減らしたことが2009年のリン負荷流出量の減少に繋がった可能性が高い。施肥量の調整がリン負荷削減対策として可能であると考えられる。

4. まとめ

本研究では、灌漑期の晴天時における実測調査を3年間行い、汚濁物質の流出様態を比較して時期別の特性を明らかにした。その結果を以下に示す。

- 1) 代かき田植え期にSSとPPの粒子態負荷の流出が多かった。
- 2) 中干し前半期にはT-N、T-P負荷の流出が多く、主にDNとPPの形態で流出していた。
- 3) 間断灌漑期に窒素負荷が大きく減少することが確認でき、主にDN負荷が減少していた。流量減少の影響が大きいと考えられる。
- 4) リン施肥量を50%減らした2009年のT-P負荷は2007、2008年のT-P負荷に比べて50%程度減少している。

謝辞：本研究の一部は、(財)河川環境管理財団の河川整備基金助成を受けて行った。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 國松孝男, 村岡浩爾: 河川汚濁のモデル解析, 技報堂出版, pp.50～59, 1989.
- 2) 園田敬太郎, 徳田裕二ら: 灰色低地土水田群からの年間の栄養塩類流出量, 近畿中国農業研究成果情報, Vol.1997, pp.105～106, 1997.
- 3) 李衡峻, 増田貴則, 細井由彦: 農業小流域から流出する粒子態汚濁物質の流出特性と負荷量把握に関する研究, 環境工学研究論文集, Vol.45, pp.9～17, 2008.
- 4) 宇土顕彦, 竺文彦ら: 灌漑期の水田における水量収支と栄養塩収支, 水環境学会誌, Vol.23, No.5, pp.298～304, 2000.
- 5) Ikuo Takeda, Akira Fukushima: Long-term changes in pollutant load outflows and purification function in a paddy field watershed using a circular irrigation system, Water Research 40, pp.569～578, 2006.
- 6) 國松孝男: 農地一栄養塩のリサイクルと水田の浄化機能, Vol.2, 琵琶湖研究所報, pp.28～35, 1983.
- 7) 中曽根英雄ら: 月別原単位法の開発とその考察, 農業土木学会論文集, No.192, pp.745～751, 1997.
- 8) 井上隆信: 非特定汚染源の原単位の現状と課題, 水環境学会誌, Vol.26, No.3, pp.131～134, 2003.
- 9) 鳥取いなば農業協同組合: JA鳥取いなば稲作・大豆ごよみ, 平成19～21年度.
- 10) 國松孝男: 農耕地からのN, P負荷, 環境技術, Vol.14, No.2, pp.65～72, 1985.