

環境こだわり農業の取り組みによる水稲作付期の流出負荷低減効果

誌名	滋賀県農業技術振興センター研究報告
ISSN	18814735
著者名	蓮川,博之 柴原,藤善 駒井,佐知子 水谷,智 大林,博幸 藤井,吉隆 須戸,幹
発行元	滋賀県農業技術振興センター
巻/号	48号
巻号補足	
掲載ページ	p. 1-21
発行年月	2009年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



環境こだわり農業の取り組みによる水稻作付期の流出負荷低減効果

蓮川 博之・柴原 藤善・駒井 佐知子*・水谷 智**・大林 博幸・藤井 吉隆・須戸 幹***

Reductions in Outflow Loads during Paddy Rice Cropping Period by Environment-Conscious Agricultural Practice

Hiroyuki HASUKAWA, Fujiyoshi SHIBAHARA, Sachiko KOMAI, Satoshi MIZUTANI,
Hiroyuki OOBAYASHI, Yoshitaka FUJII and Miki SUDO

キーワード：栄養塩類，化学合成農薬，環境こだわり農業，水稻作付期，施肥改善，水管理，流出負荷量

集落営農によって一体的に環境こだわり農業に取り組むモデル地域（安土町東老蘇の精密調査ほ場および水田群7ha）において，化学肥料・化学合成農薬の使用量を慣行の5割以下に削減し，適正な水管理を実践することによる水稻作付期の栄養塩類・濁水・農薬成分の流出負荷低減効果を定量的に評価した。

- 1) 環境こだわり農業に取り組む実証区では，水田ハローによる浅水代かきや移植前・中干し時の強制落水防止等の適正な水管理により，慣行栽培に取り組む対照区と比較して，用水量を節減し，流出水量を削減できた。
- 2) 栄養塩類等の流出負荷量については，実証区では適正な水管理と側条施肥や速効性肥料減肥等の施肥改善により，精密調査ほ場において2か年とも安定した負荷低減効果（対照区に対する低減率が，全窒素(T-N)46~48%，全リン(T-P)14~28%，懸濁物質(SS)48~50%，化学的酸素要求量(COD)30~40%）が得られ，水田群においても同様の負荷低減効果が認められた。
- 3) 化学合成農薬については，実証区では使用した成分量が少なく，流出総量が60%以上削減された。
- 4) 水稻の精玄米収量および品質は，実証区では対照区と同水準を確保した。
- 5) 水稻作付期の窒素収支（施肥＋流入－初持出し－流出）は，実証区（精密調査ほ場）では収支のバランスがとれ，肥料と水が効率的に利用されていると評価された。

1. 緒 言

滋賀県では近畿圏1400万人の水源である琵琶湖の水質保全が重要な課題となっている。本県では耕地面積の92%を水田が占めており^{1,2)}，農業系負荷を低減するため，これまで水田ハローによる浅水代かき，代かき・移植時の強制落水防止，緩効性肥料の利用，施肥田植機による側条施肥，稲わら秋鋤込みなどによる栄養塩類・濁水の流出負荷低減技術を確立し，現地実証と普及に努めてきた^{2,13,17,18,19,22)}。

しかしながら，工業系や生活系の点源からの負荷低減対策が進む中，面源の一つである農業系（農耕地）からの負荷が相対的に高まってきており，より一層の流出負荷低減対策が求められている。

このような背景から，本県では，生産者，消費者および流通が一体となって，より安全で安心な農産物を消費者へ供給し，環境と調和のとれた農業生産を確保するため，2003年3月に「滋賀県環境こだわり農業推進条例」を制定した。これにより，化学肥料および化学合成農薬の使用量を通常の5割以下に

*現，滋賀県南部振興局農産普及課 **現，滋賀県湖北地域振興局田園振興課 ***公立学校法人滋賀県立大学
本報告の一部は，2006年日本土壌肥料学会関西支部講演会（東広島市），2007年日本土壌肥料学会大会（東京都），2008年日本土壌肥料学会関西支部講演会（徳島市）で発表した。

削減するとともに、濁水の流出防止など琵琶湖をはじめとする環境への負荷を削減する「環境こだわり農業」を推進してきた。

また、2004年度から全国に先駆けて環境農業直接支払制度（環境こだわり農産物の栽培について、農業者等が県と協定を締結し、経済的助成を受ける）を創設した結果、比較的取り組みやすい水稻を中心に面積が年々増加し、2006年には5,860ha（うち水稻は5,512haで水稻栽培面積の15%）にまで拡大した。

このような中、環境こだわり農業を一層推進するためには、県民の十分な理解と支援を得る必要があり、主要な水稻栽培における取り組み効果を定量的に明らかにすることが緊急の課題となっている。

そこで、2004年度の水稲収穫後から「環境こだわり農業環境影響調査事業」を3年間実施し、集落営農によって環境こだわり農業に面的に取り組むモデル地区を選定し、水稻作付期および非作付期の栄養塩類等の流出負荷量、水稻の収量・品質、経営評価等を総合的に解析・評価した^{2,3)}。その結果、環境こだわり農業の面的な取り組みにより、安定した流出負荷低減効果が認められたので、本報では水稻作付期の流出負荷低減効果について報告する。

2. 材料および方法

2. 1 調査ほ場の概要

調査地には、滋賀県のほぼ中央の

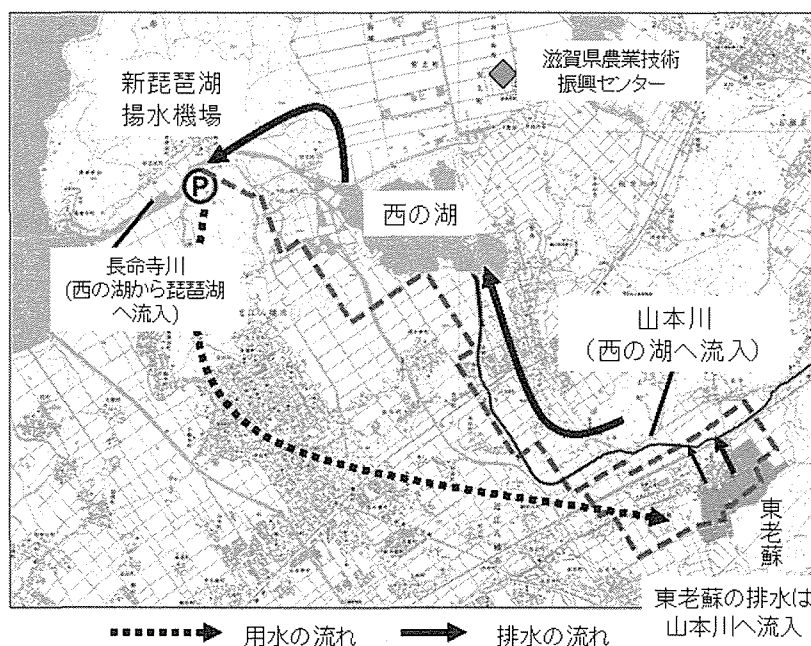
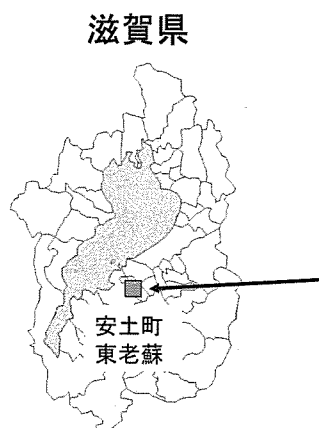


図1-1 試験場所と調査地域用排水系統

湖東平野に位置する蒲生郡安土町東老蘇地区を選定した（図1-1）。当地区では、集落営農組織「グリーンファーム21」を2003年に設立し、水稻・麦・大豆の協業体制を確立し、2004年に特定農業団体の認定を受けている。2005年には水田57ha（集落の83%）を集約し、集落まるごとで環境こだわり米（34ha）生産を行うとともに、魚のゆりかご水田学習会や消費者との交流会などに積極的に取り組んでいる。

集落内に対照区（慣行栽培）と実証区（環境こだわり栽培）の水田群を各3.5haずつ隣接して設定し、水田群内にそれぞれ精密調査ほ場を設置した（図1-2）。精密調査ほ場は対照区（1,720m²）、実証区（2,340m²）とも2年間同一ほ場とした。当水田群の土壤タイプは、半湿田（土壤統群：細粒グライ土）に属し、両区とも本暗渠が施工されている（対照：2本、実証：3本）。両区とも調査期間中には転作が行われず、有機物として稲わらが全量還元されている。

用水は、長命寺川（西の湖から琵琶湖へ流出する河川）の揚水機場から取水しており、調査ほ場の排水が西の湖へ流入していることから、反復利用（循環かんがい）されていることになる（図1-1）。

試験開始時の精密調査ほ場の土壌化学性を表1に示す。両区の土壌は比較的肥沃で、可給態リン酸含量が本県改良目標値^{2,1)}を上回り、可給態ケイ酸含量は改良目標値^{2,1)}の範囲内にあった。可給態窒素含量は、両区とも同水準で改良目標値^{2,1)}の範囲にあった。

2. 2 試験区の構成

試験区の構成を表2、施肥量を表3、散布農薬を表4-1、4-2にそれぞれ示す。

実証区は県環境こだわり農産物栽培基準に基づき、化学合成農薬および化学肥料(N成分)の使用量を通常(慣行)の5割以下に削減し、農業排水を適正管理(田植前の落水防止による濁水流出防止等)した。

対照区では、施肥は基肥(被覆複合肥料の側条施肥)－穂肥(被覆複合肥料の表層施用)体系とし、代かきは通常のロータリーによる荒代かき、植代かきの計2回とした。水管理は移植前、中干し時に水位が高い場合、強制落水を行った。農薬については、育苗では薬剤による種子消毒、除草では初期剤および中期剤(2006年は初中期剤)の2回処理、本田での病虫害防除では移植時の苗箱施用とラジコンヘリによる空中防除を行った。また、水稻非作付期には、土づくり肥料を標準量(80kg/10a)ブロードキャストで散布した後に平畦に耕起した。耕起は地域の標準的な時期(10月下旬)に行った。

実証区では、施肥は基肥(100%有機質肥料の側条施肥)－穂肥(50%有機質肥料の表層施用)体系とし、代かきは水田ハローによる浅水の1回代かきとした。水管理は強制落水を行わず、自然減水等の節水管理とした。農薬は、育苗では温湯消毒、除草では初中期一発剤の1回処理、本田の病虫害防除では

ラジコンヘリによる空中防除を行った。水稻非作付期には、土壤診断に基づき土づくり肥料を節減(対照区の一律散布(80kg/10a)に比べ、実証区の水田群全体で38.4%節減)した。また、耕起に伴う土壤有機物の分解(有機態窒素の無機化と硝酸化成)の促進による硝酸態窒素の流出を抑制するため¹⁾⁹⁾、耕起時期を対照区に比べ、2004年に48日、2005年に39日遅らせた。なお、耕起の遅延による可給態窒素や水稻生育への影響は少ないと考えられる(表1)。

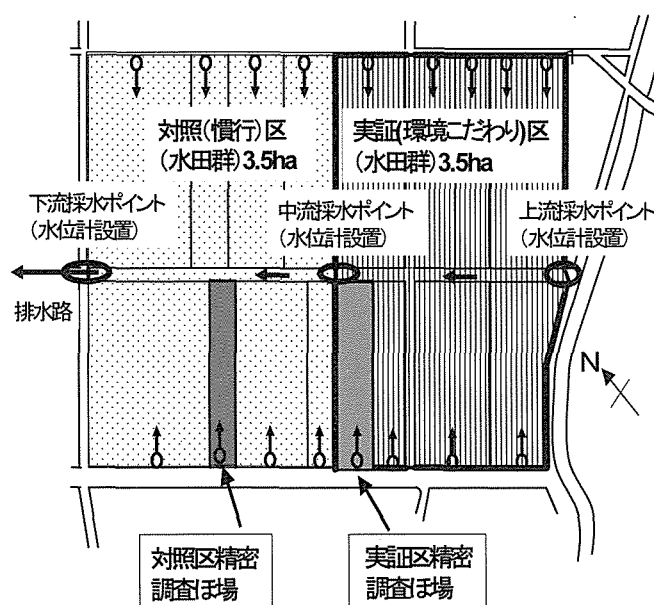


図1-2 現地ほ場図

表1 精密調査ほ場の土壌化学性

試験区	pH (H ₂ O)	T-C (%)	T-N (%)	可給態 P ₂ O ₅ (mg)	可給態 SiO ₂ (mg)	CEC (me)	交換性塩基(mg)			可給態窒素含量(mg)				
							CaO	MgO	K ₂ O	2週	4週	7週	10週	13週
対照区	5.4	2.67	0.193	25.8	13.4	20.1	357	35	27	2.1	3.4	6.0	7.0	9.2
実証区	5.8	2.49	0.184	28.5	27.6	19.4	345	36	28	2.0	3.3	6.0	6.8	8.9

注) 乾土100gあたり。土壌は2004年の水稻栽培跡地土壌を採取(可給態窒素含量のみ2006年度水稻作付前採取)。

表2 試験区の概要

作業項目	対照区	実証区	備考
施肥	化成肥料(被覆複合)	オール有機肥料	側条施肥
農薬	化成肥料	ハーフ有機肥料	表層施肥
育苗	薬剤防除(種子消毒)	温湯消毒	
除草	除草剤2回	除草剤1回	
病虫害防除	箱施用	—	
	本田防除1回	本田防除1回	ラジコンヘリ
代かき方法	荒代かき、植代かき	浅水代かき	
田植え	施肥田植機	施肥田植機	
水管理	通常(田植前・中干し時落水あり)	自然減水(田植前・中干し時落水なし)	
畦塗り	実施	実施	
耕起時期	10月下旬(地域標準の時期)	11月下旬～12月中旬	
土づくり肥料(水稻非作付期)	標準施用(80kg/10a)	土壤診断に基づき節減	

注: 1) 水稻非作付期に土づくり肥料として、土づくりを目的に、とれ太郎(可溶性珪酸30%、可溶性りん酸6%、可溶性苦土12%)を使用。ブロードキャストで散布した後に平畦耕起し、稲わら全量鋤込みと同時に土壌に混和。

水稲作付品種は両区とも「秋の詩」(県育成の中生品種：滋系54号(吟おうみ)×コシヒカリ)とした。

なお、調査期間は、精密調査ほ場については2005年と2006年の2年間、水田群については2006年の1年間とした。

2. 3 水量の調査方法

2. 3. 1 精密調査ほ場(単筆田)

降水量は県農業技術振興センター(蒲生郡安土町大田中、調査ほ場からの直線距離6.4km)での気象観測値を用いた。用水量および地表排水量は堰の公式¹⁾⁶⁾により算出した。浸透水量は日減水深から蒸発散量(ペンマン法により推定し、移植以降は蒸発散量に作物係数を乗じて算出⁹⁾)を差し引いて算出した。

2. 3. 2 水田群

排水路の中流、下流地点(図1-2)の流出水量は水位(H)と流量(Q)の回帰式から推定した。また、上流地点には三角堰を設置し、前述の堰の公式から水量を計算した。各区の流出水量は以下のとおり算出した。

対照区流出水量＝下流量－中流量

実証区流出水量＝中流量－上流量

用水量は(流出水量＋蒸発散量)－降水量の値を推定値として用いた。なお、降水量および蒸発散量は精密調査ほ場調査の水量データを利用した。

2. 4 採水方法

調査期間中は原則として週1回、精密調査ほ場では、用水、地表排水(地表排水がない場合は田面水)、浸透水を採水し、水田群では排水路の各地点を採水した。また、代かき、移植、施肥(穂肥)後は3日間程度連続して、地表排水(地表排水がない場合は田面水)、浸透水および排水路の各地点を採水した。さらに、降雨溢流時は地表排水および排水路の各地点を採水した。なお、浸透水は、精密調査ほ場の深さ50cmの位置にL字型の有孔塩ビパイプ(φ50mm)を埋設し、ミニポンプにより汲み上げて採水した²⁾³⁾。

2. 5 水質分析方法

水質分析方法は次のとおり(浸透水は前処理として、ガラス繊維ろ紙(1μm)でろ過した)。

2. 5. 1 栄養塩類・濁水

①懸濁物質(SS): ガラス繊維ろ紙(1μm)による捕集量測定。

②化学的酸素要求量(COD): 100℃過マンガンカリウム法。

③全窒素(T-N): 熱分解－自動分析計(Bran+Ruebbe AACs-III)使用。

④全リン(T-P): ペルオキシ二硫酸カリウム分解－モリブデン青・アスコルビン酸法使用。

表3 調査ほ場の施肥量(実績)

		対照区		実証区	
基肥	銘柄 施肥量	25	kg/10a	50	kg/10a
	投入量(N(うち化学N)-P-K)	4.0	(4.0) - 1.3 - 2.5	4.0	(0.0) - 1.1 - 2.1
		コートビッグパワー元肥 ^a		滋賀こだわり元肥 ^c	
穂肥	銘柄 施肥量	20	kg/10a	30	kg/10a
	投入量(N(うち化学N)-P-K)	3.6	(3.6) - 0.3 - 1.7	3.0	(1.5) - 0.8 - 2.5
		コートビッグパワー穂肥 ^b		滋賀こだわりハーブ有機 ^d	
	施肥量計(N(うち化学N)-P-K)	7.6	(7.6) - 1.6 - 4.2	7.0	(1.5) - 1.9 - 4.6
		kg/10a		kg/10a	

注) a: 速効性N約60%, 緩効性N(セコート)約40%。b: 速効性N約70%, 緩効性N(セコート)約30%。c: Nは全て有機態。d: Nは50%有機態。

表4-1 処理農薬名および成分名(2005年)

試験区	防除区分	処理農薬名	有効成分名
対照区	種子消毒	テクリト [®] C70アブル乳剤	イブコザール
		スミチオン乳剤	水酸化第二銅
		MEP(フェントロチン)	
	苗箱施用	アドマイヤー箱粒剤	イミダクロプリド
	除草(初期)	ワンベスアブル乳剤	デニクロール
			ピラジキソフェン
			プロモフチド
	除草(中期)	ザークスDX1 [®] 粒剤	シハロホップ [®] チル
			シメトリン
			MCPB
			ベンフレート
	本田防除(ラジコンバ)	カスラ [®] トレボ [®] ソ [®] ル	カスガマイシン
			フサライト
			エトフェン [®] ロックス
実証区	種子消毒(温湯消毒)		-
	除草(初中期一発)	ミスターホームラン [®] ジヤンボ [®] 剤	オキサジクロメホン
			クロメフ [®] ロップ [®]
			ベンスルフロメチル
	本田防除(ラジコンバ)	カスラ [®] トレボ [®] ソ [®] ル	カスガマイシン
			フサライト
			エトフェン [®] ロックス

表4-2 処理農薬名および成分名(2006年)

試験区	防除区分	処理農薬名	有効成分名
対照区	種子消毒	テクリト [®] C70アブル乳剤	イブコザール
		スミチオン乳剤	水酸化第二銅
		MEP(フェントロチン)	
	苗箱施用	アドマイヤー箱粒剤	イミダクロプリド
	除草(初期)	ジョキニアブル	プロモフチド
			ベンツキザン
	除草(初中期一発)	ケサトリ-DX [®] ジャンボ [®]	フェントラザミド
			プロモフチド
			ベンスルフロメチル
	本田防除(ラジコンバ)	カスラ [®] サイド [®] ソ [®] ル	カスガマイシン
			フサライト
		スタークル液10	ジノテフラン
実証区	種子消毒(温湯消毒)		-
	除草(初中期一発)	ケサトリ-DX [®] ジャンボ [®]	フェントラザミド
			プロモフチド
			ベンスルフロメチル
	本田防除(ラジコンバ)	カスラ [®] サイド [®] ソ [®] ル	カスガマイシン
			フサライト
		スタークル液10	ジノテフラン

⑤イオン態成分 (NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, K)

：イオンクロマトグラフ分析法（2005年：横河電機 IC7000使用，2006年：島津製作所Prominence HIC-NS使用）。

なお，溶存態全有機炭素（D-TOC）については本報では割愛し，データを報告書^{2,3)}に記載した。

2. 5. 2 農薬成分

農薬成分については，2005年は分析業者に委託し，2006年は滋賀県立大学須戸講師に分析委託した。

試料の前処理と分析方法を表5-1，5-2にそれぞれ示す。種子消毒剤と本田防除のカスガマイシン，ジノテフラン（2006年）を除く成分について，2005年は対照区10成分，実証区5成分，2006年は対照区6成分，実証区4成分を測定した。

なお，回収率はいずれの農薬成分も2005年で75%以上，2006年で80%以上であった。

表5-1 農薬成分の抽出方法および分析法(2005年)

農薬名	抽出法	分析法	定量限界 ($\mu\text{g/L}$)
オキサジクロリン	固相抽出	GC-MS	1.0
クロロピリフェス	固相抽出	GC-MS	1.0
ベンシルフロメチル	固相抽出	GC-MS	1.0
イミダクロプリット	溶媒抽出	HP-LC	1.0
テニクロール	溶媒抽出	GC-MS	1.0
ピラジキフェン	溶媒抽出	HP-LC	1.0
プロモフチ	溶媒抽出	GC-MS	0.5
シロホップチル	溶媒抽出	GC-MS	1.0
シトリン	溶媒抽出	GC-MS	0.5
MCPB	溶媒抽出	誘導体化 GC-MS	1.0
ベンフルレート	溶媒抽出	GC-MS	0.5
エトフェンロックス	溶媒抽出	GC-MS	1.0
フザイト	溶媒抽出	GC-MS	0.5

表5-2 農薬成分の抽出法および分析法(2006年)

農薬名	抽出法	分析法	定量限界 ($\mu\text{g/L}$)
イミダクロプリット	固相抽出	GC-MS	0.01
プロモフチ	固相抽出	GC-MS	0.01
フェントラザミド	固相抽出	GC-MS	0.05
ベンシルフロメチル	固相抽出	GC-MS	0.01
ベンチキサゾン	固相抽出	GC-MS	0.01
フザイト	固相抽出	GC-MS	0.01

2. 6 栄養塩類等の負荷量の評価法

2. 6. 1 栄養塩類・濁水

栄養塩類等は差引排出負荷量（流出負荷量－流入負荷量）^{2,9)}により評価した。さらに，調査期間をⅠ（入水～移植），Ⅱ（移植（移植時側条施肥）～中干），Ⅲ（中干期間），Ⅳ（中干終了後（穂肥施用）～収穫）の4期間に分割し，各期間の流出負荷量を算出し，営農技術別（水管理はⅠおよびⅢ，施肥管理はⅡおよびⅣ）の流出負荷低減率を求め，営農技術の寄与をそ

れぞれ評価した。

2. 6. 2 農薬成分

農薬成分は流出率（流出負荷量／農薬散布量×100）により評価した。また，今回の調査では両区で使用農薬が異なるため，両区を比較評価する手法として，稲生ら⁸⁾が提案する「リスク指数」(RQ: Risk Quotient)を用い，両区の農薬流出実態が環境へ与える影響を急性影響および慢性影響の視点で評価した。評価方法は，それぞれ測定した農薬成分について，環境中予測濃度(Predicted Environmental Concentration: PEC)を一定の基準（稲生ら⁸⁾の報告を参考に，ワーストケースを想定して，希釈率を10倍と設定）で除することでリスク指数を求め，その総和値から環境こだわり農業の取組効果を比較評価した。急性影響ならびに慢性影響のリスク指数の算出方法は以下の通りである。

①急性影響

$RQ = \text{田面水中あるいは排水路中の最高濃度} / 10$
(希釈率)／コイのLC₅₀

(LC₅₀: 半数致死濃度，試験時間: 48hrまたは96hr)

②慢性影響

$RQ = \text{流出水量の加重平均濃度} / 10$ (希釈率)／水道水質管理目標値

なお，水道水質管理目標値が設定されていない農薬成分については，代用値として農薬登録保留基準を10で除した値を用いた。

2. 7 水稻の収量調査，作物体および土壌の分析法

精密調査ほ場における水稻の収量は，成熟期に坪刈り調査を2か所で行い，平均値で示した。水田群では，各区の収量等を聞きとり調査した。

作物体および土壌の分析は，常法^{1,4)}に従い，可給態リン酸はトルオーグ法，可給態ケイ酸はpH4酢酸緩衝液浸出法によった。可給態窒素については，代かき直前に作土層を採取し，湿潤土を30℃で密栓・湛水培養し，アンモニア化量を経時的に分析した。

2. 8 経営評価

調査地域の現状（経営体：集落営農組織，水田面積57ha（水稻40ha，麦・大豆17ha））を前提条件とし，現地でタイムスタディ・資材投入等を聞きとり調査し，環境こだわり農業実施時の掛増し費用等を算出した。

3. 結果および考察

3. 1 水収支

3. 1. 1 精密調査ほ場

精密調査ほ場の水収支を表6、図2に示す。稲作期間中の降水量は、2005年に559mmあり、5月上旬(移植直後)、7月上旬、8月中旬、9月上旬に50mm/旬を超える降水量があった。また、2006年に767~769mmあり、5月中旬、6月中旬、7月上旬~下旬、9月上旬に50mm/旬を超える降水量があった。特に7月中旬は258mm/旬と多かった。

用水量は、2005年に対照区461mm、実証区290mmとなり、また2006年に対照区512mm、実証区310mmとなり、実証区で37~39%削減できた。特に4月下旬~5月上旬にかけて、実証区は浅水代かき等の節水管理により用水量を49~55%節減できた。

地表排水量は、2005年に対照区341mm、実証区181mmとなり、また2006年には対照区575mm、実証区390mmと

なり、実証区で32~47%削減できた。実証区では代かき時や移植前、中干し時の強制落水の防止、8月中旬以降の節水管理等の水管理対策の効果が大きく認められた。2006年については、両区とも地表排水量が前年と比較して多くなった。これは、特に7月中旬の多雨によるものであった。

浸透水量は、2005年に対照区111mm、実証区119mmとなり、また2006年に対照区163mm、実証区157mmとなり、2か年を通して同程度であった。2006年については、両区とも浸透水量が前年と比較して多くなった。これは、収穫直前に降雨が続き、9月の浸透水量が多かったことや春先の気象不良(多雨等)により、畦塗りの機械作業がやや不十分となり、畦畔漏水が増加したことによるものと考えられた。

精密調査ほ場の流出水量は、土壌タイプが半湿田のグライ土壌であること、両区とも畦塗りが実施されたことにより浸透水量が少なくなり、2か年ともに地表排水量の割合が多くなった。

表6 水稻作付期の水収支

(単位: mm)

区分(年度)	試験区	降水量	用水量	流出水量		蒸発散量
				地表排水	浸透水	
精密調査ほ場(2005)	対照区	559	461	341	111	568
	実証区	559	290	181	119	549
	低減率(%)	—	37	47	—	—
精密調査ほ場(2006)	対照区	769	512	575	163	543
	実証区	767	310	390	157	530
	低減率(%)	—	39	32	—	—
水田群(2006)	対照区	769	1174	1400	—	543
	実証区	767	879	1116	—	530
	低減率(%)	—	25	20	—	—

注: 1) 低減率 = ((対照 - 実証) / 対照) × 100.

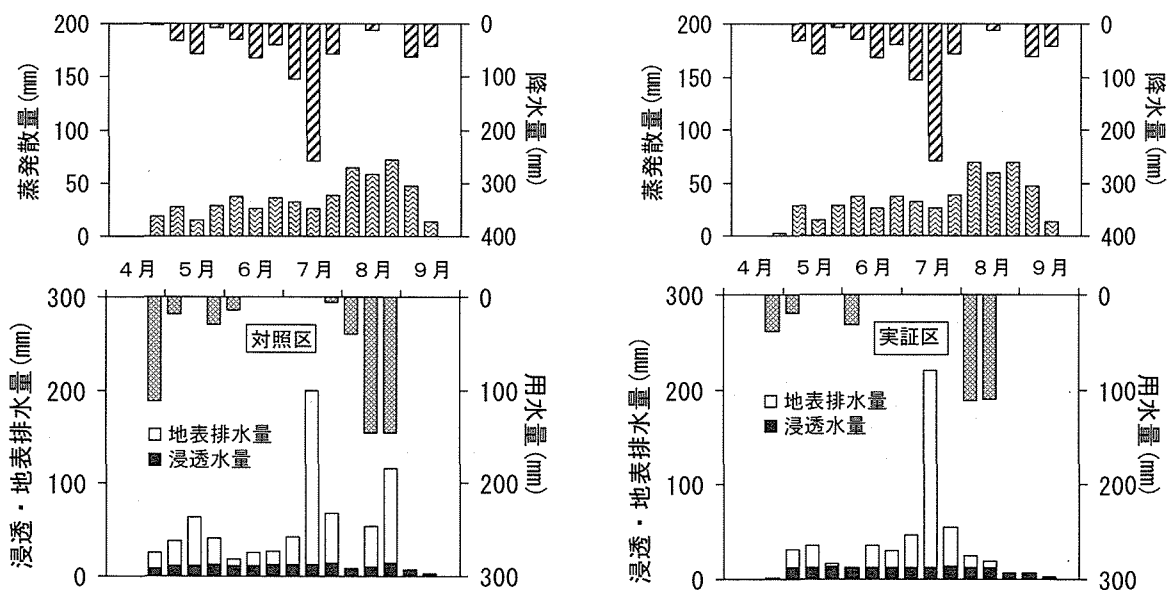


図2 精密調査ほ場の水収支(2006年 左: 対照区, 右: 実証区)

3. 1. 2 水田群

水田群の水収支を表6に示す。調査期間中の排水路での流出水量は、対照区1,400mm、実証区1,116mmとなり、実証区で20%少なくなった。また、用水量は、対照区1,174mm、実証区879mmと推定され、実証区では浅水代かき等の節水管理により用水量を25%節減できた。

流入・流出水量は、両区とも精密調査ほ場より多くなった。水田群では、地下浸透水量や畦畔漏水等のほ場間差があり、また精密調査ほ場に比べて一筆の面積の大きいほ場(35a~70a)が多いために水管理が大雑把になりやすく、流入・流出水量ともに多くなったと考えられた。

3. 2 水質

3. 2. 1 精密調査ほ場

3. 2. 1. 1 栄養塩類・濁水の水質

精密調査ほ場の栄養塩類・濁水の水質を図3、4に示す。両区とも代かき期に田面水と浸透水の栄養塩類等の濃度が上昇するものの、側条施肥により肥料成分の濃度上昇は少ない傾向にあった。

SS, COD, T-N, T-P等の田面水濃度は、代かき~移植時に浅水で管理したため、実証区では対照区より高い値を示したが、移植後は湛水管理により濃度は低下し、5月下旬以降は対照区と大差はなかった。また、穂肥施用直後には、田面水中のT-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, T-P, $\text{PO}_4\text{-P}$, Kの濃度が上昇した。T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は、実証区では対照区と比較して速効性のN成分割合が少ないため((対):2.5kgN/10a, (実):1.5kgN/10a), 濃度上昇は小さかった。

COD, T-N, T-P等の浸透水濃度は、実証区では代かき~移植時に対照区より高い値を示した。しかし、移植後は濃度低下し、5月下旬以降は対照区と大差はなかった。

3. 2. 1. 2 農薬成分の水質

精密調査ほ場の農薬成分の水質を図5に示す。検出された成分の田面水濃度は、処理後一時的に上昇し、時間経過とともに低下した。また、検出された成分の浸透水濃度は、田面水中濃度に比べ、低濃度に推移した。

農薬の最高濃度は、農薬成分の成分含有量も大きく影響すると考えられるが、成分の特性により異なる傾向がみられた。土壌吸着性の低い成分(プロモ

ブチド)や水溶解度の高い成分(シメトリン)では、最高濃度が高くなった。

また、2006年の実証区におけるプロモブチド、フェントラザミドの浸透水濃度は対照区と比較してやや高かった。このことは、実証区では止水管理の徹底により、散布直後の降雨による地表流出負荷量が低減されたためと考えられた。

3. 2. 2 水田群(排水路)

3. 2. 2. 1 栄養塩類・濁水の水質

水田群(排水路)の栄養塩類・濁水の水質を図6に示す。排水路における栄養塩類等の濃度は一時的な上昇を除き、調査期間を通じて下流(対照区出口)>中流(実証区出口および対照区入口)>上流(実証区入口)の順に高く推移した。

排水路におけるSS, COD, T-N, T-P濃度は下流では対照区の荒代かき後(4月下旬)に濃度が上昇した。また、5月上旬の浅水代かき(植代かき)後に、中流および下流では濃度が上昇した。移植後は中干し時の一時的な上昇を除き、低濃度で推移した。また、T-N, $\text{NH}_4\text{-N}$, T-P, $\text{PO}_4\text{-P}$, K濃度は穂肥施用直後に上昇した。T-N($\text{NH}_4\text{-N}$)濃度は、下流では速効性のN成分の割合が多いため、濃度上昇が大きかった。

3. 2. 2. 2 農薬成分の水質

水田群(排水路)の農薬成分の水質を図7に示す。

箱施用剤として使用されたイミダクロプリドは排水路中流、下流いずれでも検出されなかった。排水路中流で検出された4成分(ベンスルフロンメチル、プロモブチド、フェントラザミド、フサライド)の濃度は処理後一時的に上昇したものの、その後濃度は急速に減少した。

実証区では5月14日に初中期一発剤が、対照区では5月8日に初期剤、5月14日に初中期一発剤が散布されたが、下流の農薬濃度は両方の水田群からの流出水が影響した。プロモブチドは初期剤、初中期一発剤いずれでも散布直後に濃度が上昇した。その後徐々に濃度は減少し、2回目の散布10日後には100 $\mu\text{g/L}$ 、3週間後には10 $\mu\text{g/L}$ になった。その他の成分については、散布直後に一時的に上昇し、一部(ベンスルフロンメチル、ペントキサゾン)を除きその後濃度は減少した。

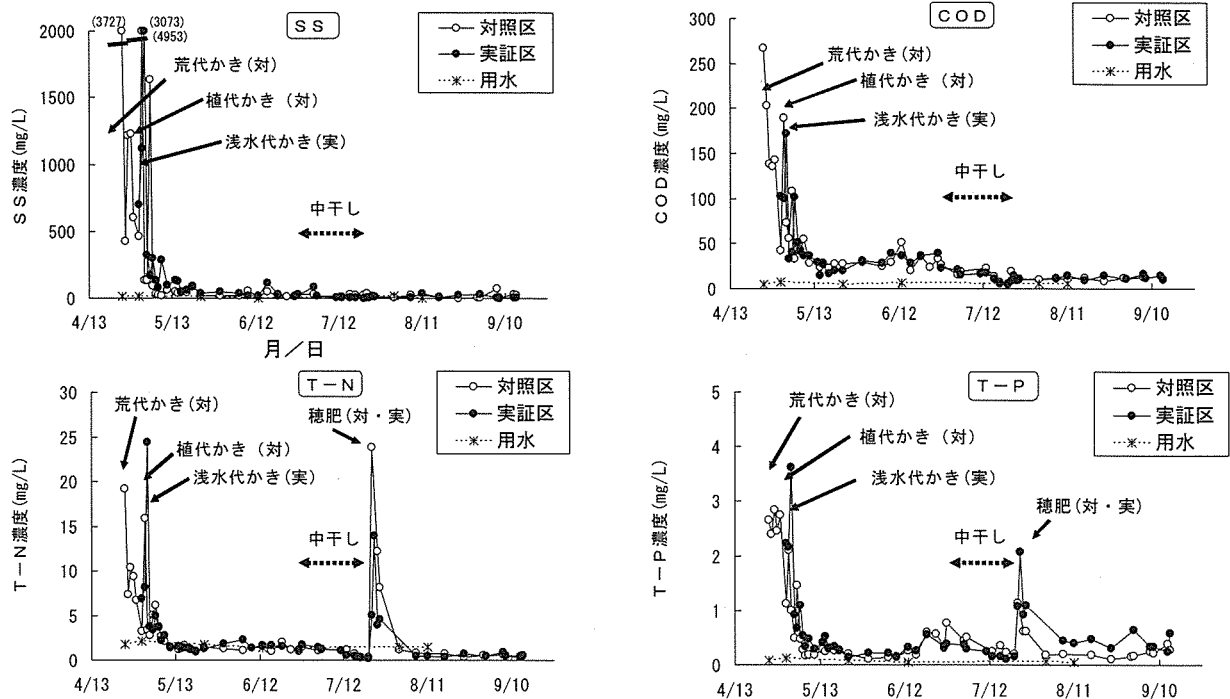


図3 田面水の水質濃度の推移 (2006年)

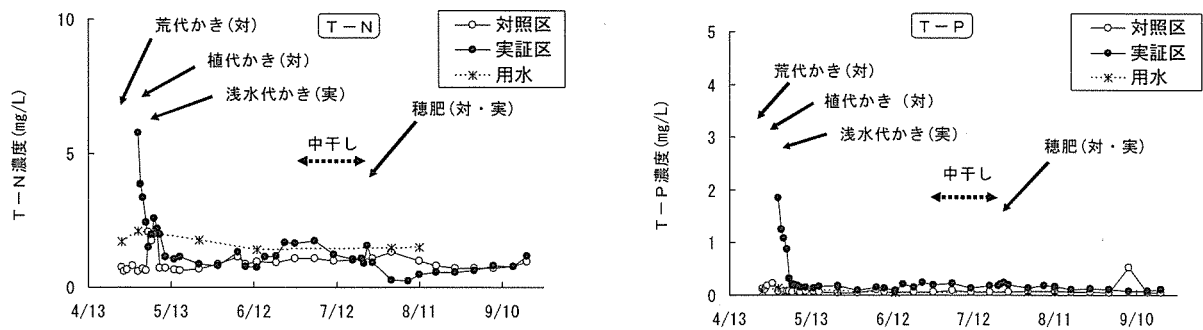


図4 浸透水の水質濃度の推移 (2006年)

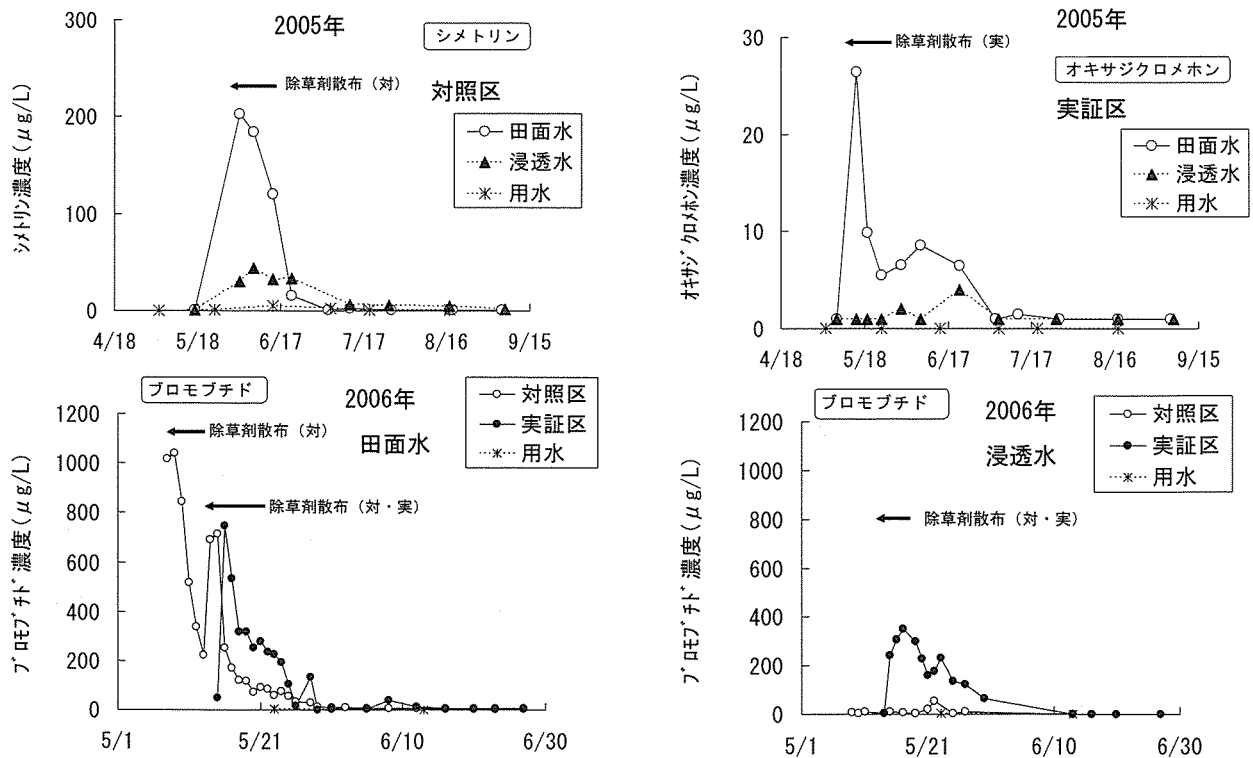


図5 精密調査ほ場における農薬成分の水質濃度の推移

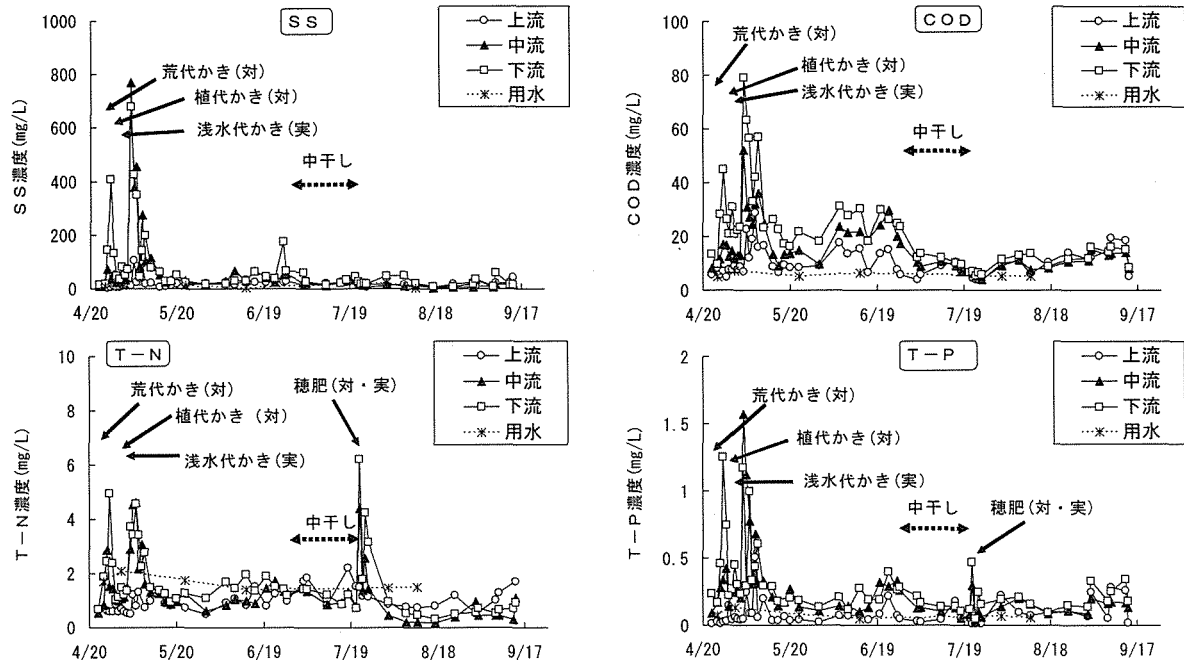


図6 排水路における栄養塩類等の水質濃度の推移(2006年)

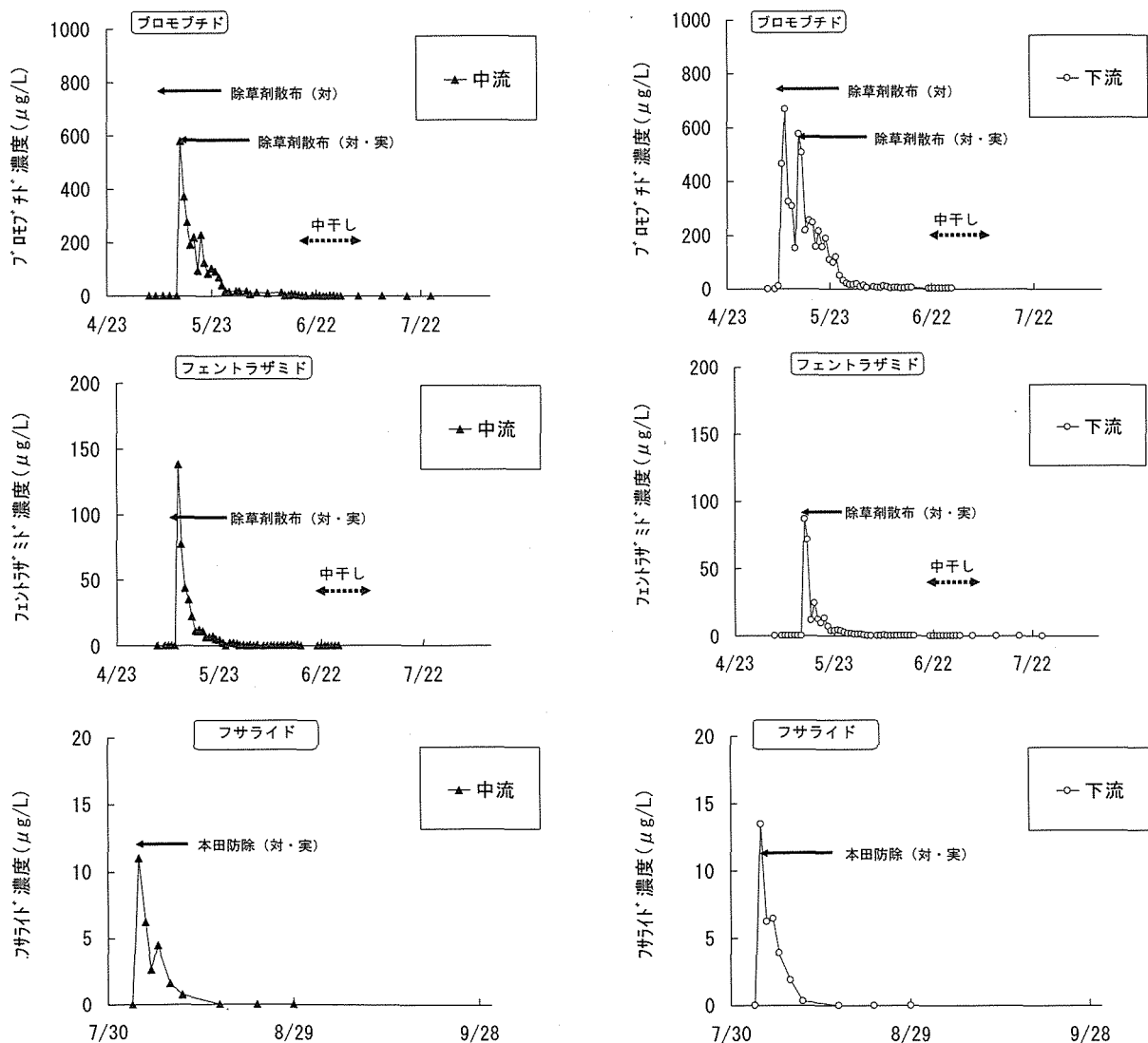


図7 排水路における農薬成分の水質濃度の推移(2006年)

3. 3 栄養塩類等の流入・流出負荷量

3. 3. 1 栄養塩類・濁水

精密調査ほ場および水田群における栄養塩類・濁水の流入・流出負荷量を表7に示す。

精密調査ほ場における栄養塩類等の流入負荷量は、実証区では用水量の節減(低減率: 37~39%)により、対照区に比べてT-Nで25~29%, T-Pで30~31%, SSで20~39%, CODで28~30%低減された。栄養塩類等の流出負荷量は、両区とも地表流出負荷量の割合が高かった。実証区では適正な水管理(浅水代かき、移植前・中干し時の強制落水防止、止水管理の徹底)および施肥改善(側条施肥、速効性肥料減肥)によって、栄養塩類等の安定した流出負荷低減効果が得られ(低減率: T-N 46~48%, T-P 14~

28%, SS 48~50%, COD 30~40%), 特に地表流出負荷量の低減効果が大きかった。また、差引排出負荷量についても、実証区では2か年を通して流出負荷量と同様の負荷低減効果が認められた。特に、T-Nの差引排出負荷量は両区とも側条施肥によりマイナスの浄化型となった。実証区では適正な水管理と速効性肥料の減肥により、浄化機能がさらに向上したと評価された。

水田群においては、精密調査ほ場と比較して流入・流出水量の増加に伴い、栄養塩類等の流入・流出負荷量が増加した。実証区では精密調査ほ場と同様の負荷低減効果が認められ(低減率: T-N 50%, T-P 32%, SS 26%, COD 49%), T-Nの差引排出負荷量は浄化型となった。

表7 水稻作付期の栄養塩類・濁水の流入・流出負荷量

区分 (年度)	試験区	流入負荷量(kg/ha)				流出負荷量(kg/ha)				差引排出負荷量(kg/ha)			
		T-N	T-P	SS	COD	T-N	T-P	SS	COD	T-N	T-P	SS	COD
精密調査 ほ場 (2005)	対照区	9.1	0.50	30	32.1	6.2 (5.0)	1.67 (1.53)	124 (124)	76.5 (58.0)	-2.9	1.17	94	44.4
	実証区	6.8	0.35	18	22.6	3.2 (1.5)	1.44 (1.10)	64 (64)	53.6 (29.7)	-3.6	1.09	46	31.0
	低減率(%)	25	30	39	30	48 (70)	14 (28)	48 (48)	30 (49)	-	-	-	-
精密調査 ほ場 (2006)	対照区	11.3	0.42	32	38.3	11.0 (9.5)	1.94 (1.81)	254 (254)	138.6 (118.4)	-0.3	1.52	222	100.3
	実証区	8.0	0.29	26	27.7	5.9 (4.1)	1.40 (1.08)	127 (127)	83.5 (58.3)	-2.1	1.11	101	55.8
	低減率(%)	29	31	20	28	46 (57)	28 (40)	50 (50)	40 (51)	-	-	-	-
水田群 (2006)	対照区	21.5	0.83	73	74.1	20.2	3.39	625	287.7	-1.3	2.56	553	213.6
	実証区	16.6	0.62	66	58.6	10.0	2.32	462	146.5	-6.6	1.70	396	87.9
	低減率(%)	23	25	9	21	50	32	26	49	-	-	-	-

注: 1) 流出負荷量=地表排出負荷量+浸透負荷量(水田群は排水路流出負荷量)。()内は地表流出負荷量を示す。

2) 流出負荷低減率=((対照-実証)/対照)×100。()内は地表流出負荷量の低減率を示す。

3) 差引排出負荷量=流出負荷量-流入負荷量。

3. 3. 2 農薬成分

精密調査ほ場における農薬成分の流出量を表8~9に、水田群における農薬成分の流出量を表8に示す。

本田における農薬成分の散布総量は、剤による農薬成分量の違いはあるものの、実証区では使用成分数の削減により54~77%低減された。

精密調査ほ場における農薬成分の流出総量は両区とも除草剤の占める割合が多く、殺菌剤等の割合は少なかった。このことは、殺菌剤等はラジコンヘリによる空中防除のため、稲体に付着した量が多く、田面に落下した量が少なかったためと考えられた。流出総量は実証区では60%以上低減された。特に地

表流出負荷量は、実証区では散布総量の削減に加えて、止水管理の徹底により80%以上低減された。また、2005年には除草剤散布時期の降雨も少なく、流出総量に占める割合については浸透水が主体となった。しかし、2006年には両区で土壌吸着性の低い成分(プロモブチド)を使用したことと、除草剤の散布時期の降雨(67.5mm/11日間)による溢流により、両区とも地表流出の割合が多くなり、前年と比較して流出総量が増加した。

精密調査ほ場における総農薬成分の流出率は、2005年には対照区5.8%, 実証区1.0%となった。2006年には対照区12.1%, 実証区9.1%となり、流出総量の増加に伴い流出率が前年より高くなった。また、除

草剤成分については成分特性によって流出率が異なる傾向にあり、特に土壌吸着性の低い成分（プロモブチド）および水溶解度の高い成分（シメトリン）では、流出率が高くなる傾向が認められた。これらのことから、農薬成分の環境負荷低減の点では止水管理の徹底と併せて成分特性を考慮した剤を選択することが重要であると考えられた。

水田群における農薬成分の流出総量は流出水量の増加に伴い、精密調査ほ場に比べて多くなった。また、総農薬成分の流出率は、対照区24.8%、実証区2

1.1%とほぼ同程度となった。実証区の水管理の特徴は浅水代かき、移植前・中干し時の自然減水であり、これらの改善技術はそれぞれ除草剤の散布前、除草剤散布2か月後に行われるものであり、除草剤が流出する時期と一致しなかった。また、畦塗りは本調査では実証区だけでなく対照区でも行われたことから、除草剤流出時期に実証区と対照区で水管理の本質的な違いがなかったため、流出率が同程度になったと考えられた。

表8 水稻作付期の農薬成分の流出量

区分(年度)	試験区	農薬使用成分数	農薬散布量 (g/ha)	流出量			除草剤成分の占める割合 (%)	流出率 (%)
				地表排水 (g/ha)	浸透水 (g/ha)	合計 (g/ha)		
精密調査ほ場 (2005)	対照区	11成分	3316	58.8	135.2	194.0	99.0	5.8
	実証区	6成分	766	1.9	6.1	8.0	91.3	1.0
	低減率(%)	—	77	97	95	96	—	—
精密調査ほ場 (2006)	対照区	9成分	2402	287.3	4.1	291.4	99.6	12.1
	実証区	6成分	1102	49.7	51.0	100.7	98.4	9.1
	低減率(%)	—	54	83	(1175)	65	—	—
水田群 (2006)	対照区	9成分	2402	(596.7)		596.7	99.5	24.8
	実証区	6成分	1102	(233.0)		233.0	99.0	21.1
	低減率(%)	—	54	61		61	—	—

注) 農薬散布量は本田で使用された農薬(育苗時使用成分除く)に含まれる成分重量の総和。

尚、両区とも分析不能であった同一の成分(2005:1成分、2006:2成分)については総量に含めていない。

流出率=流出量/農薬散布量×100。流出負荷低減率=((対照-実証)/対照)×100。

表9 精密調査ほ場における農薬成分の収支(2005年)

試験区	防除区分	農薬成分名	散布量 g/ha	地排負荷量 g/ha	比率 %	浸透負荷量 g/ha	比率 %	流出量計 g/ha	流出率 %
対照区	箱剤(殺虫剤)	イミダクロプリド	200	1.4	100.0	—	—	1.4	0.7
		デニルクロール	103	0.2	23.8	0.6	76.2	0.8	0.8
	除草剤(初期)	ピラゾキシフェン	773	0.3	100.0	—	—	0.3	0.0
		プロモブチド	515	46.7	30.6	105.9	69.4	152.6	29.6
	除草剤(中期)	シハロホップブチル	150	0.1	100.0	—	—	0.1	0.1
		シメトリン	450	6.4	33.4	12.8	66.6	19.3	4.3
		MCPBエチル	240	0.0	100.0	—	—	0.0	0.0
		ペンフレゼート	600	3.2	16.8	15.8	83.2	19.0	3.2
	本田防除(殺虫・殺菌)	エトフェンプロックス	114	—	—	—	—	—	—
		フサライド	171	0.5	100.0	—	—	0.5	0.3
	計		3316	58.8	30.3	135.2	69.7	194.0	5.8
実証区	除草剤(初期)	オキサジクロメホン	80	1.3	55.0	1.0	45.0	2.3	2.9
		クロメプロップ	350	0.0	0.0	3.2	100.0	3.2	0.9
	本田防除(殺虫・殺菌)	ペンシルフロメチル	51	0.0	0.6	1.8	99.4	1.8	3.5
		エトフェンプロックス	114	—	—	—	—	—	—
	フサライド	フサライド	171	0.6	93.8	0.0	6.2	0.7	0.4
		計	766	1.9	23.6	6.1	76.4	8.0	1.0

注:1) 種子消毒剤(対照区)と本田防除のカスガマイシンについては測定していない。

2) エトフェンプロックスは検出限界以下。

3. 3. 3 栄養塩類等の期間別流出負荷量

栄養塩類等の期間別流出負荷量を図8に、営農技術別の流出負荷量を表10に示す。

精密調査ほ場における期間別のT-Nの流出負荷量は、実証区では2か年ともにI(入水～移植前)、II(移植(移植時側条施肥)～中干前)、IV(中干終了後(穂肥施用)～収穫)で、地表流出負荷量の顕著

な低減効果がみられた。また、期間II、IVでは、N_{H4}-Nも同様の傾向がみられたことから、施肥改善(側条施肥・速効性肥料減肥)による低減効果が大きいと考えられた。期間Iについては、実証区では2か年ともに浅水代かきと移植前の強制落水防止等により、地表流出負荷量が大幅に低減された(低減率:85～99%)。

期間別のT-Pの流出負荷量は、実証区では2か年ともに期間Ⅰで、地表流出負荷量の顕著な低減効果がみられた(低減率: 86~100%)。一方、 PO_4-P の流出負荷量は両区とも期間Ⅰではほとんど認められなかった。これらのことから、実証区では浅水代かきと移植前の強制落水防止等により、SSに伴う懸濁態リンの流出負荷量が低減されたと考えられた。また、期間Ⅲ(中干期間)については、2005年の実

証区では対照区と比較して流出水量が同程度で、田面水濃度がやや高かったため、期間流出負荷量が多くなった。

期間別のSSの流出負荷量は、実証区では2か年ともに期間Ⅰで、地表流出負荷量の顕著な低減効果がみられた(低減率: 78~100%)。このことは、実証区では浅水代かきと移植前の強制落水防止等により、地表排水量が大幅に低減されたためと考えられた。

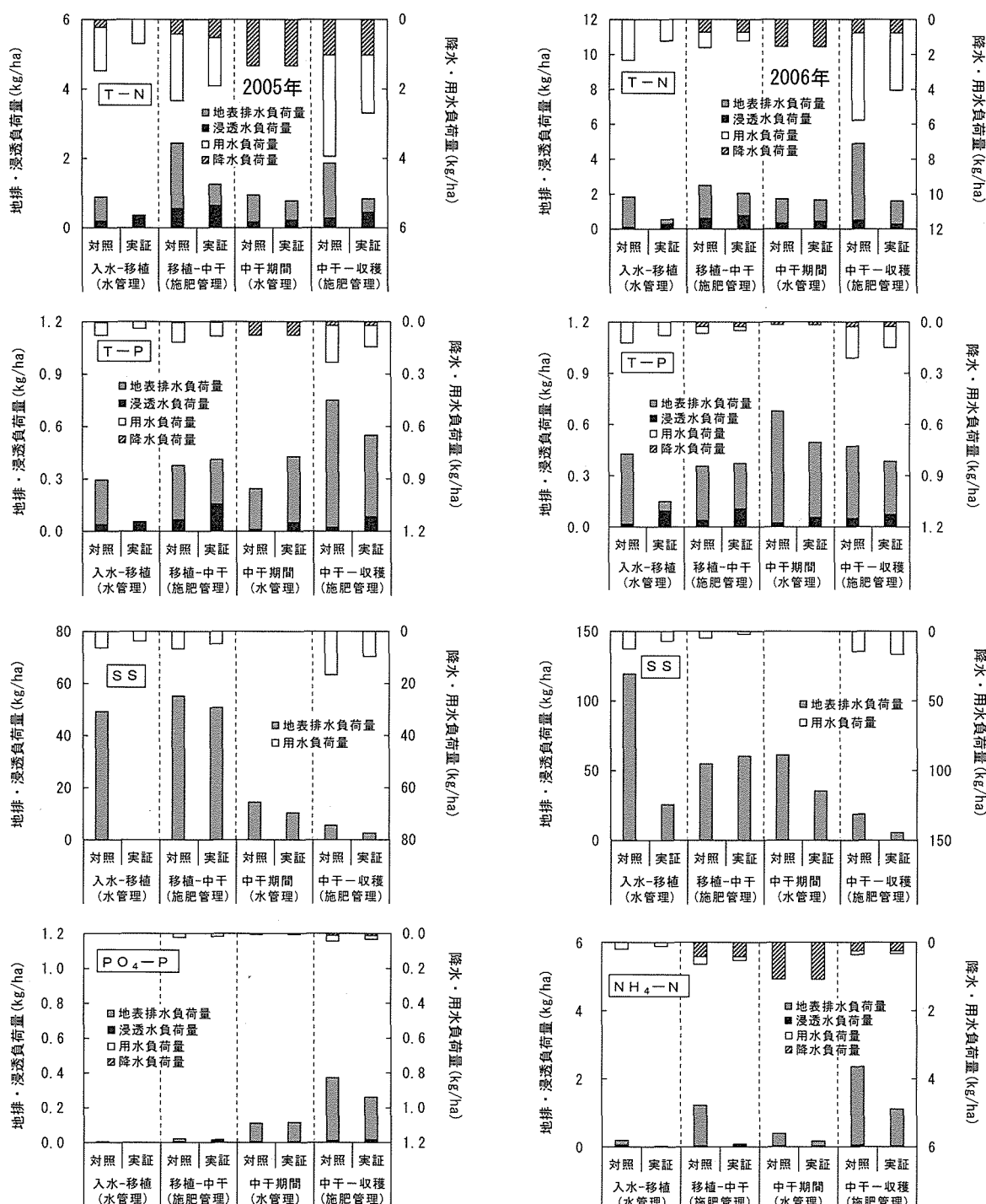


図8 栄養塩類等の作業時期別負荷量(左: 2005年, 右: 2006年)

表10 営農技術別の流出負荷量

区分(年度)	項 目	試験区	営農技術別流出負荷量(kg/ha)				流出負荷低減の寄与率(%)	
			水管理 ^a	同左指数	施肥管理 ^b	同左指数	合計	水管理 施肥管理
精密調査ほ場 (2005年)	T-N	対照区	1.9	(100)	4.3	(100)	6.2	
		実証区	1.1	58	2.1	49	3.2	26.7 73.3
	NH ₄ -N	対照区	0.39	(100)	1.83	(100)	2.22	
		実証区	0.30	77	0.80	44	1.10	8.0 92.0
	T-P	対照区	0.54	(100)	1.13	(100)	1.67	
		実証区	0.48	89	0.96	85	1.44	26.1 73.9
	S S	対照区	63.6	(100)	60.8	(100)	124.4	
		実証区	10.7	17	53.6	88	64.3	88.0 12.0
	T-N	対照区	3.6	(100)	7.4	(100)	11.0	
		実証区	2.2	63	3.7	49	5.9	26.1 73.9
精密調査ほ場 (2006年)	NH ₄ -N	対照区	0.59	(100)	3.59	(100)	4.18	
		実証区	0.18	30	1.20	33	1.38	14.6 85.4
	T-P	対照区	1.11	(100)	0.83	(100)	1.94	
		実証区	0.64	58	0.76	91	1.40	86.3 13.7
	S S	対照区	180.6	(100)	73.5	(100)	254.1	
		実証区	61.1	34	66.2	90	127.3	94.2 5.8
	T-N	対照区	5.7	(100)	14.4	(100)	20.2	
		実証区	3.8	66	6.2	43	10.0	19.3 80.7
	NH ₄ -N	対照区	1.94	(100)	4.11	(100)	6.05	
		実証区	1.30	67	2.00	49	3.31	23.3 76.7
水田群 (2006年)	T-P	対照区	1.04	(100)	2.35	(100)	3.39	
		実証区	0.87	83	1.45	62	2.32	16.4 83.6
	S S	対照区	317.7	(100)	307.5	(100)	625.3	
		実証区	171.1	54	290.6	95	461.8	89.7 10.3

注:1)^a (入水-移植)および(中干期間)の両期間における流出負荷量(地表排水+浸透水)の計。

2)^b (移植-中干)および(中干-収穫)の両期間における流出負荷量(地表排水+浸透水)の計。

3) 寄与率は、流出負荷低減量に占める営農技術(水管理、施肥管理)の割合を示す。

寄与率=水管理、施肥管理(対照区-実証区)/合計(対照区-実証区)×100(%)

精密調査ほ場における営農技術別(水管理(I+III)、施肥管理(II+IV))の流出負荷低減率は、T-N(NH₄-N)では2か年ともに施肥管理の寄与率が高くなった(低減率：T-N 73～74%，NH₄-N 85～92%)。また、流出負荷低減量(対照区流出-実証区流出)は2005年にはT-N3.0kg/ha、NH₄-N1.12kg/ha、また2006年にはT-N5.1kg/ha、NH₄-N2.80kg/haとなり、化成肥料から有機質肥料に代替することによる負荷低減効果は37～55%と評価された。一方、S Sでは2か年ともに水管理の寄与率が高くなった(低減率：88～94%)。また、T-Pでは2か年で異なる傾向がみられた。このことは、2005年の実証区では期間Ⅲの流出負荷量が対照区と比較して多くなり、水管理の寄与率が低くなったことによるものと考えられた。

水田群調査(2006年)の流出負荷低減率についても精密調査ほ場と同様にT-Nでは施肥管理、S Sでは

水管理の寄与率が大きくなる傾向がみられた。また、流出負荷低減量はT-N10.2kg/ha、NH₄-N2.74kg/haとなり、化成肥料から有機質肥料に代替することによる負荷低減効果は26%と評価された。一方、T-Pでは、精密調査ほ場と異なり、期間Ⅲに実証区の流出負荷量が対照区より多くなったため、水管理の寄与率が低くなった。

3. 3. 4 農業のリスク評価

3. 3. 4. 1 急性影響評価

農業の急性影響評価を表11-1、11-2に示す。

精密調査ほ場における急性影響の評価については、リスク指数(RQ)の総和が、2005年には対照区0.075、実証区0.057となり、実証区では対照区の75.9%に低下した。2006年には対照区で0.041、実証区で0.024となり、実証区では対照区の58.4%に低下した。2か年の調査結果から、環境こだわり農業の実施による農薬成分流出の急性影響については、実証区では

使用する農薬成分数が少なくなることなどから、対照区の6～8割のリスクに低下すると評価された。

水田群における急性影響の評価については、RQの総和が、対照区0.017、実証区0.017と同程度となり、両区とも精密調査ほ場と比較して小さくなった。これは、流出水量の増加により、使用農薬成分の排水路中の最高濃度が田面水と比較して低くなったためと考えられた。

3. 3. 4. 2 慢性影響評価

農薬の慢性影響評価を表11-1、11-2に示す。

精密調査ほ場における慢性影響の評価については、リスク指数(RQ)の総和が、2005年には対照区0.107、実証区0.010となり、実証区では対照区の9.0%に低下した。また2006年には対照区0.132、実証区0.062となり、実証区では対照区の46.9%に低下した。2か年の調査結果から、環境こだわり農業の実施による農薬成分流出の慢性影響については、実証区では農薬成分数が少ないことに加え、節水管理の効果もあり、対照区の1～5割のリスクに低下すると評価された。また、リスクの低減効果については、3.3.2項で述べた農薬成分の流出量低減効果(低減率:2005年96%,2006年65%)と同程度になった。

水田群における慢性影響の評価については、RQの総和が、対照区0.107、実証区0.071となり、実証区では対照区の66.3%に低下した。リスクの低減効

果については、水田群では精密調査ほ場よりやや劣るものの、3割以上の低減効果が認められた。

3. 4 水稻の収量および品質

水稻の収量、品質および養分吸収量を表12に示す。

精密調査ほ場の精玄米収量は、2005年には対照区588kg/10a、実証区587kg/10aとなり、同程度であった。2006年には対照区612kg/10a、実証区665kg/10aとなり、実証区で8%増収した。わら重および籾重は実証区では2か年を通して対照区より多くなった。

整粒歩合は、2005年には対照区64.2%、実証区69.9%となり実証区では対照区より高くなった。2006年には対照区85.7%、実証区80.9%となり、実証区では対照区よりやや低くなったものの、70%以上(1等基準)を確保した。また、玄米窒素含量は2か年を通して両区とも同程度であり、堀野⁵⁾の食味からみた適値(上限値)の1.3%以下となった。なお、N、P、Kの養分吸収量(籾+わら)は、実証区では2005年のPを除き、対照区より多くなった。

水田群の精玄米収量は、精密調査ほ場と同様に、実証区では2か年を通して対照区と同水準を確保した。また、水田群における1等比率は、2005年には対照区80.1%、実証区100%となり、実証区で高くなった。これは倒伏の影響によるものと考えられた。2006年には両区とも100%となった。

表11-1 水稻作付期の農薬のリスク評価

区 分	2005年度精密調査ほ場			2006年度精密調査ほ場			2006年度水田群		
	対照区	実証区	比率	対照区	実証区	比率	対照区	実証区	比率
	RQ総和値 A	RQ総和値 B	(%) B/A	RQ総和値 A	RQ総和値 B	(%) B/A	RQ総和値 A	RQ総和値 B	(%) B/A
急性影響の評価	0.075	0.057	75.9	0.041	0.024	58.4	0.017	0.017	101.8
慢性影響の評価	0.107	0.010	9.0	0.132	0.062	46.9	0.107	0.071	66.3

表11-2 農薬のリスク評価 (2006年度精密調査ほ場)

試験区	農薬成分名	急性影響評価					慢性影響評価				
		コイLC ₅₀	田面水中 最高濃度	希釈率	環境中 予測濃度	リスク 指 数	水道水質 管理目標	加重 平均濃度	希釈率	環境中 予測濃度	リスク 指 数
		ppm	ppm	倍	ppm PEC	RQ	ppm	ppm	倍	ppm PEC	RQ
		①	②	③	②/③ PEC	PEC/①	①	②	③	②/③ PEC	PEC/①
対照区	プロモプチド	5.0	1.0403	10	0.1040	0.02081	0.04	0.0319	10	0.0032	0.07972
	ペントキサゾン	7.6	0.0656	10	0.0066	0.00087	0.20	0.0004	10	0.0000	0.00022
	フェントラザミド	2.4	0.4653	10	0.0465	0.01939	0.01	0.0051	10	0.0005	0.05109
	ベンスルフロンメチル	100.0	0.1480	10	0.0148	0.00015	0.40	0.0019	10	0.0002	0.00047
	フサライド	23.4	0.0131	10	0.0013	0.00006	0.10	0.0002	10	0.0000	0.00016
計						0.04126					
実証区	プロモプチド	5.0	0.7440	10	0.0744	0.01488	0.04	0.0142	10	0.0014	0.03544
	フェントラザミド	2.4	0.2188	10	0.0219	0.00912	0.01	0.0026	10	0.0003	0.02573
	ベンスルフロンメチル	100.0	0.0480	10	0.0048	0.00005	0.40	0.0014	10	0.0001	0.00034
	フサライド	23.4	0.0213	10	0.0021	0.00009	0.10	0.0003	10	0.0000	0.00029
計						0.02414					

3. 5 窒素収支

精密調査ほ場における窒素収支を表13に示す。

収入については、実証区では用水量と施肥量の低減により、対照区に比べ2005年に8.3kg/ha、2006年に9.2kg/haそれぞれ少なくなった。支出については、実証区では地表流出負荷量は低かったが粗吸収量が増加し、対照区に比べ2005年に3.2kg/ha、2006年に0.7kg/haそれぞれ多くなった。収支（収入－支出）は、2005年に対照区13.9kg/ha、実証区2.4kg/ha、2006年に対照区14.8kg/ha、実証区4.9kg/haとなった。2か年を通して実証区では収支が改善され、肥料および水の利用効率が向上していると評価された。

3. 6 経営収支

水稻作付期の経営収支(10a当たり)を表14に示す。

販売収入は、実証区では収量がやや低下するもの

の、販売単価が高くなり、721円の増となった。関連生産費については、実証区では農薬費が除草剤、苗箱施用薬剤、種子消毒剤の削減により、4,488円減少した。一方、肥料費は有機質肥料の使用により3,508円増加した。また、労働費は温湯消毒にかかる育苗、穂肥施用量の増加（(対)20kg/10a→(実)30kg/10a）、栽培期間中の水管理の徹底、ほ場周辺の畦畔管理（機械除草）等により、労働時間が約3.7時間増えたため、3,657円増加した。さらに実証区では温湯消毒機の賃借料や自走式草刈機導入に伴う減価償却費についても増加したため、関連生産費は3,294円の増となった。その結果、収益性（販売収入－関連生産費）は、実証区では対照区と比較して2,573円の減となった。しかし、環境農業直接支払交付金（滋賀県で2004年度から実施：交付単価は表14に記載）を加算することで、対照区と同水準の収益性を確保できた。

表12 水稻の収量、品質および養分吸収量

区分（年度）	試験区	わら重 (kg/10a)	籾重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)	整粒歩合 (%)	玄米N含量 (%)	吸収量(籾+わら)		
							N	P	K
精密調査ほ場 (2005)	対照区	813	790	588(567)	64.2	1.06	10.4	2.11	11.7
	実証区	860	824	587(546)	69.9	1.06	11.6	2.08	12.7
精密調査ほ場 (2006)	対照区	675	755	612(563)	85.7	1.10	8.90	2.63	10.5
	実証区	786	823	665(572)	80.9	1.14	10.1	3.05	11.3

注：1) 収量、品質および養分吸収量は2連の平均値を示す。

精玄米重：1.8mm網目。（ ）は水田群平均収量(聞き取り（1.9mm網目の出荷量）による）。

整粒歩合：1.8mm以上の玄米を用い、穀粒判別器(サタケRGQ110B)により測定。粒重比。玄米N含量：乾物あたり。

2) 一等米比率（水田群）：2005年 対照区 80.1% 実証区 100%、2006年 対照区 100% 実証区 100%。

3) 倒伏程度（水田群）：2005年 対照区 3.5 実証区 0.6、2006年 対照区 1.3 実証区 1.0。

倒伏程度は0.0～5.0の数値で表示(0：無、5：甚)。

表13 水稻作付期の窒素収支

区分（年度）	試験区	収 入				支 出				収 支 収入－支出	
		施肥 肥料	流 入 降水	入 計 用水	計	作物吸収		流 出			計
						水稻籾 （わら）	地表排水	浸透水			
精密調査ほ場（2005）	対照区	76.0	3.0	6.1	85.1	65.0 (39.2)	5.0	1.2	71.2	13.9	
	実証区	70.0	3.0	3.8	76.8	71.2 (44.5)	1.5	1.7	74.4	2.4	
精密調査ほ場（2006）	対照区	76.0	3.0	8.2	87.2	61.4 (27.3)	9.5	1.5	72.4	14.8	
	実証区	70.0	3.0	5.0	78.0	67.2 (34.2)	4.1	1.8	73.1	4.9	

注) 脱窒素および生物窒素固定量は収支に含めない。

水稻のわらは毎年圃場に還元（鋤込み）されているので収支に含めない。

表14 水稻作付期の経営収支

区分	項目	実証区	対照区	増減	備考
販売収入	収量(kg/10a)	559	565	-6	
	販売単価(kg)	194	190	3	奨励金による増加
	販売収入(円/10a)	108,260	107,538	721	
関連生産費	肥料費(円/10a)	14,630	11,123	3,508	有機質肥料の使用に伴う増加
	農薬費(円/10a)	7,832	12,320	-4,488	除草剤、箱施用薬剤等の削減
	労働費(円/10a)	16,805	13,148	3,657	穂肥の施用量の増加(20kg→30kg/10a)、 ほ場周辺作業等に伴う増加
	賃借料増加分(円/10a)	144	—	144	温湯消毒機利用に伴う増加
	減価償却費増加分(円/10a)	474	—	474	自走式草刈機導入に伴う増加
	小計(円/10a)	39,267	36,591	3,294	
助成金非算入利益増減(円/10a)		—	—	-2,573	
環境農業直接支払交付金(円/10a)		2,688	—	2,688	水稻栽培面積40haで算出
助成金算入利益増減(円/10a)		—	—	115	

注：1) 前提条件：集落営農組織、水田面積57ha(水稻40ha、麦・大豆17ha)（調査地域の現状）。

2) 肥料費は土づくり肥料含む（両区とも80kg/10a一律散布と仮定）。

3) 収量は各水田群の2か年平均値（聞き取り調査による）。

4) 生産費は、差異が生ずる費目のみ調査し比較を行い、2か年平均値で示した。

5) 労働費算出に際しては、労賃1000円/hr（当地区営農組合の設定額）で算出した。

6) 環境農業直接支払交付金は滋賀県が2004年度から実施しているものである。なお、交付単価は以下のとおり。

3ha以下分：5000円/10a、3ha超分：2500円/10a。

4. 総合考察

4. 1 栄養塩類・濁水の流出負荷低減効果

水稻作付期の栄養塩類等の流出負荷低減を図るためには、適正な水管理、施肥改善、土づくり等による発生源対策が重要かつ効果的であり、施設対策（循環かんがいによる排水の反復利用等）は地域の水利条件に制約され、降雨条件によって効果が左右される²⁾。このため、環境こだわり農産物栽培基準（水稻）でも、適正な水管理（水田ハローによる浅水代かき、移植時の強制落水防止等）、施肥改善（側条施肥、緩効性肥料利用等）、土づくり（堆肥等の有機質資材の適正使用）を技術要件（必須または選択）としている。

これらの中で、まず、適正な水管理については、これまでも水田の流入水量（用水＋降水）とT-N、T-P流出負荷量の間に正の相関関係が認められており³⁾、水田から流出負荷量は用水量や降水量に大きく影響されると考えられる。本研究においても、実証区では用水量の節減に伴い、栄養塩類等の流出負荷量が低減したことから、適正な水管理が有効な手段であることが改めて確認された。特に濁水の指標となるSSについては、3.3.3項で述べたように流出負荷量の総低減量（対照区の流出負荷量－実証区の流出負荷量）に占める水管理の割合が期間I（入水～移植前）において高く、寄与率も高くなった。また、T-PについてもSSと同様の効果が認められ、T-Pに占めるPO₄-Pの割合が少なかったことから、濁水等による懸濁態Pの流出割合が高いと考えられる。本研究では、両区とも側条施肥が行われ、実証区ではリンの施肥量が対照区より多かったことを考え合わせると、年次間や精密調査ほ場と水田群の違いにより一部異なる傾向が認められたものの、T-Pの流出負荷低減には水管理の寄与が大きいと考えられる。

次に、施肥改善については、本県においても西南暖地における機械移植水稻の生育相に合った追肥重点施肥法による施肥量の削減^{2)・22)}や被覆複合肥料の側条施肥による施肥効率の向上効果^{17)・19)}が明らかにされ、それら施肥改善と適正な水管理を組み合わせた総合的な改善対策により、栄養塩類・濁水の流出負荷量が低減されることが現地で実証されてい

る^{13)・20)}。また、環境こだわり農業を実践する場合、化学肥料の使用削減に伴い、その削減量は有機物や有機質肥料で代替されることになる。このため、化学肥料の使用削減技術として、有機質肥料の側条施肥技術、牛ふん堆肥等の家畜糞堆肥の連用年数に応じた施肥低減技術を体系化するとともに有機質肥料の窒素動態を解析することが重要になる。

有機質肥料の窒素動態については、本研究と並行して実施したプロジェクト研究「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業・近畿地域の水稲の環境負荷低減技術の体系化と負荷予測モデル開発（農林水産省受託、地方領域設定型、2005～2007年、課題番号1727、研究総括者 柴原藤善）」²⁴⁾において、重窒素追跡法（A-Value法）によって有機質肥料の水稲利用率を求めた結果、基肥では側条施肥41%、全層施肥36%となり、被覆尿素肥料（LP70）の側条施肥76%に比べ低いものの、速効性化学肥料の全層施肥28%に比べて高くなった⁷⁾。また、側条施肥された有機質肥料は化学肥料に比べ、有機化が多く、未回収（脱窒＋流出）が少ない傾向にあり、化成肥料（速効性）に比べ、水稻への施肥効率が向上することも明らかにしている。したがって、本研究において、実証区の水稲収量・品質が対照区と同水準を確保し、窒素収支が改善されたことは、有機質肥料の利用によって化学肥料（窒素）の施用量を大幅（70%）削減したものの、全施肥量は約1割減にとどめ、側条施肥と節水管理によって施肥直後の降雨による地表流出負荷量を低減できたことなどが、窒素の施肥効率向上に寄与したと考えられる。

一方、緩効性肥料の穂肥施用は、田面水のT-N濃度を長期的に高め、負荷量を増加させることが懸念されるが¹⁾、本研究の実証区では肥効の緩やかな有機質肥料を穂肥に施用し、流出負荷量が低減された。これには、2006年のように穂肥施用直後の降雨により地表からの溢流があった場合、有機質肥料の肥効が緩やかなため、溢流した田面水濃度が低濃度であり、さらにその後の止水管理を徹底することにより、負荷低減が可能になったと考えられた。また、3.3.3項で述べたようにT-Nの流出負荷低減には施肥管理の寄与率が73～81%と高かったことや、化成肥料から有機質肥料へ替わることによる流出負荷低減効

果が26～55%であったことから、T-Nの流出負荷低減効果については施肥改善も大きく貢献していると考えられた。

ところで、田渕ら^{29, 30)}は、差引排出負荷量（流出負荷量－流入負荷量）によって水田の水質保全機能を評価し、水田にはプラスの排出型（汚濁型）とマイナスの吸収型（浄化型）の2種類があり、用水窒素濃度が高い場合には水田は浄化機能を発揮していると述べている。本研究では、精密調査ほ場と水田群において、両区ともに窒素の差引排出負荷量は浄化型となった。この理由として、①調査地域では農業排水を用水に反復利用しており、用水窒素濃度が琵琶湖揚水に比べて高く、流入負荷量が相対的に高まったこと、②土壌タイプが粘質の半湿田に分類され、水持ちが良く浸透水の流出負荷量が比較的少なかったこと、③栽培管理が集落営農により効率化されていることが考えられ、実証区では水と肥料が効率的に利用され、浄化機能がさらに向上していると評価された。

収益性については、実証区では環境農業直接支払交付金（滋賀県実施：交付単価は表14に記載）を加算することで、対照区と同水準を確保できた。これは、窒素の施肥効率の向上や集落営農による栽培管理の効率化等により、実証区の収量の減収率が1%に抑えられたことや労働時間が短縮されたことによるものと考えられた。本研究において実証区の収量を減収率5%と仮定すると、10a当たりの収益性は6,654円の減となり、前述の環境農業直接支払交付金を加算しても、3,966円の減となる。このことから、持続性・安定性のある化学肥料の使用削減技術体系を確立し、効率的かつ安定的な経営体を目指す集落営農組織へ速やかに普及させることが重要であると考えられた。

また、前述の別途プロジェクト研究において、環境こだわり農産物の栽培技術体系を確立し、慣行栽培と同程度の精玄米収量（コシヒカリで約550kg/10a）・品質を確保するとともに、地表流出負荷量も大幅に低減し⁶⁾、収益性については、農地・水・環境保全向上対策に関わる助成（国の環境農業直接支払交付金）を得ることで慣行栽培と同水準を確保できることを明らかにしており²⁴⁾、本研究と同様の経営評価を

得ている。

以上のとおり、水稻作付期の流出負荷低減技術の確立が着実に進められており、今後の課題として、柴原ら^{18, 19)}の報告にあるように水稻非作付期の流出負荷が相対的に高まることが考えられる。したがって、年間の流出負荷量を低減するためには、非作付期における窒素等の流出負荷低減技術が重要となっており、本研究でも耕起時期の遅延によって流出負荷量が低下する傾向を認めているが²³⁾、後続の研究課題として、稲わら鋤込みを前提とした耕起時期や営農排水法を現地圃場（東近江市）で現在詳細に検討中である。

4. 2 当センターの過去の調査事例との比較

本県では、これまで現地ほ場において水田発生負荷量調査を精力的に実施しており、Shibaharaら²⁰⁾は追肥重点施肥法への移行後の調査結果（27例、1993年～2004年）を変化要因別、営農技術別に解析した。これらの解析結果から、単筆田（精密調査ほ場）におけるT-N流出負荷量（平均値）は、慣行栽培（慣行代かき＋速効性肥料・全層施肥）で13.9kg/haとなり、総合的な改善対策（浅水代かき＋被覆複合肥料・側条施肥）によって9.4kg/haに減少するとともに、変動係数も小さく、安定した負荷低減効果が認められている。本研究の精密調査ほ場の調査結果（2か年平均値）では、対照区で8.6kg/haとなり、前述の総合的な改善対策と比較しても低いレベルであった。このことは、4.1節で述べたように浸透水負荷量が少なかったこと、さらに被覆複合肥料の側条施肥や集落営農組織による栽培管理の徹底によるものと考えられた。そして、実証区では節水管理や速効性肥料の減肥等により、T-Nの流出負荷量がさらに低減されたと考えられる。

また、筆者ら³⁾は環境こだわり農業の取り組みによる栄養塩類等の流出負荷低減効果を異なる土壌タイプ（細粒褐色低地土：乾田）においても認めている。

そこで、別途実施したプロジェクト研究では、本研究成果を活用して、流域単位の流出負荷予測モデルを開発し、原単位法を用いて琵琶湖集水域における環境こだわり農業の面的な取り組み効果を評価すると、本県の施策目標（2010年度）の取り組み面積30%の場

合、対策前に対して琵琶湖集水域全体で2%、水田単独で14%の低減効果が期待できるという予測結果が得られている²⁴⁾。

以上のことから、今回の研究成果を広く活用することにより、滋賀県をはじめ近畿地域の農業の主体である水稻栽培の環境保全型農業の推進や湖沼・流域等の水質保全の貢献に寄与できると期待される。したがって、水田農業の健全な発展と琵琶湖等への流出負荷低減を進めるためには、今後さらに集落営農組織を育成・活用しながら環境こだわり農業を推進することが重要であると考えられた。

4. 3 農薬成分の流出負荷低減効果

本研究において、実証区では化学合成農薬の使用成分数と散布総量が共に少なくなり、流出総量も60%以上の削減効果が認められた。特に除草剤成分の流出低減効果が実証され、環境こだわり農業の取り組みによって、化学合成農薬の成分数を5割削減し、散布総量を減少させ、流出総量を削減することの重要性が明らかとなった。しかし、農薬成分の流出率は散布直後の降雨や選択する剤、精密調査は場と水田群の違いによって変動し、特に除草剤成分の物性によって異なり、土壌吸着性の低い成分（プロモブチド）や水溶解度の高い成分（シメトリン）は、最高濃度が高くなり、流出率が大きくなった。調査頻度や計算方法が異なるが、調査対象とした農薬のうちこれまで報告されている水田流域からの流出率はプロモブチドが1.6、25.5%²⁸⁾および14.5%²⁷⁾、シメトリン1.7~25.0%^{4, 15, 25, 26)}、ベンフレート9.3~15.7%¹¹⁾、フサライドが0.4~1.3%⁴⁾の範囲にあった。本調査結果と比較すると、プロモブチドの流出率は既報の農薬流出率よりやや大きかったが、それ以外の成分については同程度であった。

環境こだわり農業を実践する場合、化学合成農薬の使用成分数を削減するため、耕種的防除（種子の温湯消毒等）や発生予察に基づいた防除の実施に加え、少ない成分数でより高い防除効果を得る剤の選択が重要となる。特に除草体系では、従来の初期剤（1~3成分）—中期剤（3成分）の2回散布から初期・初中期一発剤の1回散布へと変更されてきている。一方、近年、消費者への栽培履歴の公開を意

識したトレーサビリティの推進などにより、広域合併したJA等では、栽培暦の統一が図られてきており、特定の剤への集中使用が予想される。このため、その剤の水溶解度が高いかあるいは土壌吸着性が低いなどの流出特性が大きい場合、特定剤への過度の集中による環境負荷の増大が懸念される。本研究でも、除草剤が農薬の流出総量の大部分を占めたことから、除草剤成分の流出特性を踏まえ、環境負荷の少ない剤を選択することが農薬成分の流出負荷低減の点で最も重要と考えられ、それには農薬成分の流出を予測するシステムの開発が期待される。

そこで、別途実施したプロジェクト研究において、川寄ら¹¹⁾は室内実験で求めた土壌吸着定数と水溶解度等の物性値を重回帰分析に適用し、農薬成分の流出率を簡易に予測するモデルを開発した。筆者ら²⁴⁾はこの予測モデルに基づき、流出率の少ない剤を選択し、現地で検証した結果、流出率の顕著な改善効果が認められた。

また、須戸ら²⁸⁾は一般的に除草剤は散布後の降雨等の地表流出が無ければ、主要流出経路は畦畔浸透（漏水含む）であることを明らかにしている。畦畔からの漏水は、畦塗り、排水路せき上げや畦波シートの埋設等による漏水防止対策により改善される²⁴⁾。これらの漏水防止対策と雑草発育予測に基づく適期処理技術（積算気温に基づく最適処理予測）を組み合わせることにより、低成分除草剤（3成分）を用いても慣行の防除体系（8成分）と同等の雑草防除効果が得られ、同程度以上の収量が確保できることが明らかになっている²⁴⁾。今後、これらの技術に環境こだわり農業の実践による散布総量の削減、農薬の流出負荷予測モデル等を組み合わせ、技術の体系化を図ることで、より実効性の高い環境負荷低減技術になると考えられる。

最後に、リスク指数(RQ)の総和値により両区の農薬流出実態が環境へ与える影響を比較・評価した結果、水田群の急性影響ではやや異なる傾向がみられたが、急性影響については使用成分数の減少により、慢性影響については水管理の適正化により、それぞれRQの総和値が低減される傾向が認められた。このことから、環境こだわり農業の取り組みにより、短期・長期の両面から農薬成分の負荷低減が可能で

あると考えられた。なお、本研究で得た両区の各農薬成分のRQレベルは、急性影響については2か年を通して両区ともUS EPA（米国環境保護庁）で農薬の水生生物へのリスクがないと判断されるRQ $<0.1^{3,2)}$ となった。両区ともこの基準に当てはめれば、各農薬成分とも短期間暴露の観点からは問題ないと考えられた。一方、慢性影響については、RQの総和値を用いて、農薬成分の水系への影響を相对比较することを主目的としたため、得られた各農薬成分のRQについて判断基準がなく、各農薬成分のRQレベルの評価は困難である。また、今回の評価では Worst Case を想定して希釈率を10倍としたが、水田から河川への希釈率は希釈、底質への吸着、分解等により100～1000倍になるという報告^{1,0)}があることから実質的にはさらに低いレベルになると思われる。なお、本研究で用いた稲生ら⁸⁾のRQの手法は、農薬登録の事前評価の際に、農薬の限定された生物種に対する潜在的な影響の度合いを推定し、登録の可否を判断するものであり、実際の野外生態系で起こっている農薬の影響そのものを評価するものではない。このため、実際の野外環境における農薬の生態影響を把握する調査手法を確立し、事前評価へフィードバックする評価システムの構築が重要である。今後、農薬による環境負荷および生態系への影響を評価できる環境影響評価手法の確立が期待される。

謝 辞

本研究は、「環境こだわり農業環境影響調査事業」の一環として実施し、農林水産省の助成を受けた。

本調査検討委員会の委員として、滋賀県立大学の増田佳昭教授、滋賀県琵琶湖環境科学研究センターの大久保卓也総括研究員、独立行政法人 農業環境技術研究所の神山和則上席研究員、鳥取環境大学(前農林水産省農林水産政策研究所)の合田素行教授、滋賀県立大学の須戸幹講師からは終始ご指導とご助言を賜った。

調査地区のグリーンファーム21の大林宏氏、山岸金一郎氏、大林正夫氏にはほ場の選定、栽培管理に格別のご協力を賜った。また本調査事業の遂行と

検討委員会の運営については、滋賀県農政水産部環境こだわり農業課の森野真氏にご尽力いただいた。さらに、本研究を実施するにあたり、滋賀県東近江地域振興局農産普及課の荒川彰彦氏、当センターの環境研究部環境保全担当の菌田慶蔵技師をはじめ、多くの関係機関や関係者の方々に多大なご協力を頂いた。ここに記して、感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 長谷川清善・小林正幸・宮崎秀也・中田均, 1980. 農耕地における肥料成分の行動に関する研究(第7報) 施肥, 水管理法が稲作期間水田からの肥料成分の流出に及ぼす影響. 滋賀農試研報22: 79-90.
- 2) 長谷川清善, 1992. 水田における窒素の動態と環境への影響評価に関する研究. 滋賀農試特別研報17: 1-164.
- 3) 蓮川博之・柴原藤善・大林博幸, 2008. 環境保全型稲作技術の取り組みによる流出負荷低減効果の定量評価(第3報) 水田群における栄養塩類等の流出負荷低減効果と異なる土壌タイプでの効果の検証. 土壌肥料学会関西支部講演会要旨集: 7.
- 4) 北海道環境科学研究センター, 2000. 環境中における農薬の動態及び環境影響の逡減に関する研究. 平成11年度共同研究報告書: 29-61.
- 5) 堀野俊郎, 1989. 米のミネラル成分と食味. 稲と米一品質を活かすー. 農研センター・生研機構: 67-86.
- 6) 今井清之・柴原藤善・蓮川博之・駒井佐知子・長谷俊治, 2006. 水稻に対する有機質肥料の側条施肥法の確立と水質への影響評価. 土肥要旨集53(II): 289.
- 7) 今井清之・柴原藤善・上野秀人, 2007. 水稻に対する有機質肥料由来窒素の動態と側条施肥技術の確立. 土肥要旨集53: 151.
- 8) 稲生圭哉, 2004. 水田環境における農薬の挙動予測モデルの開発と有効性の検証. 農業環境技術研究所報告23: 27-76.
- 9) 石橋豊・田邊邦美・内藤利貞・林弘宣(編), 1987. 農業水利演習2 かんがい. コロナ社: 12.
- 10) 金澤純, 1996. 農薬の環境特性と毒性データ集.

- 合同出版：150-156.
- 11) 川寄悦子・大久保卓也・須戸幹, 2008. 琵琶湖集水域水田群における除草剤の流出と流出率予測簡易モデルの開発. 水環境学会誌31(7) : 375-382.
 - 12) 近畿農政局滋賀農政事務所, 2007. 滋賀県農林漁業の動き : 3.
 - 13) 小林敏正・小森信明・徳田裕二, 2005. 施肥改善および水管理の適正化によるグライ土水田からの栄養塩類等の流出負荷軽減対策. 滋賀農総セ農試研報45 : 13-36.
 - 14) 日本土壌協会, 2001. 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法 : 1-322.
 - 15) 中村稔・小林正幸・長谷川清善, 1982. 水田における循環灌漑と水質汚濁成分の収支 (第2報) 水田排水再利用地区における農薬残留実態調査. 滋賀農試研報24 : 79-86.
 - 16) 日本規格協会, 2002. J I Sハンドブック. 環境測定 I.
 - 17) 柴原藤善・辻藤吾・西村誠, 1992. 被覆肥料利用による水稻の施肥効率向上と肥料成分の流出軽減. 滋賀農試研報33 : 17-29.
 - 18) 柴原藤善・河村政彦・小林正幸, 1994. 水田におけるわら施用が排水水質および土壌微生物に及ぼす影響. とくに稲わら施用による水稻非作付期の硝酸塩流出軽減について. 滋賀農試研報35 : 1-18.
 - 19) 柴原藤善, 2002. 水田生態系における微生物バイオマス窒素の動態とその意義に関する研究. 滋賀農総セ農試特別研報22 : 1-149.
 - 20) Shibahara, F. and Mizutani, S., 2006. Paddy Runoff Control in the Lake Biwa Area and Nitrogen Dynamics in Paddy Fields. The 3rd International Workshop of the Japan-Korea Research Cooperation : 73-74.
 - 21) 滋賀県, 2002. 土づくり技術対策指針 : 57.
 - 22) 滋賀県農業試験場他, 1985. 琵琶湖-淀川水系における農業排水の水質改善に関する研究. 総合助成中核研究成果84-003-08 : 1-129.
 - 23) 滋賀県農業技術振興センター, 2008. 環境こだわり農業環境影響調査事業報告書 : 1-112.
 - 24) 滋賀県農業技術振興センター他, 2008. 近畿地域の水稲の環境負荷低減技術の体系化と負荷予測モデル開発. 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業報告書 : 1-121.
 - 25) Sudo, M., Kunimatsu, T. and Okubo, T., 2002. Concentration and loading of pesticide residues in Lake Biwa basin(Japan). *Water Research* 36 : 315-329.
 - 26) 須戸幹・大久保卓也・國松孝男, 2003. 水田流域からの除草剤の流出と内湖での浄化効果. 農土論集223 : 71-77.
 - 27) Sudo, M., Okubo, T. and Kaneki, R., 2005. Paddy herbicide inputs in the entire river inflow reaching Lake Biwa, Japan. *Limnology* 6 : 91-99.
 - 28) 須戸幹・川地武, 2006. 琵琶湖流域の水田群における除草剤の流出とその要因. 水環境学会誌29(11) : 715-721.
 - 29) 田淵俊雄・高村義親, 1985. 集水域からの窒素・リンの流出. 東京大学出版会 : 15.
 - 30) 田淵俊雄, 1999. 世界の水田 日本の水田. 農山漁村文化協会 : 177-189.
 - 31) 田中靖志, 2001. 滋賀県における水田からの汚濁負荷軽減に向けた取り組み. 農業技術56(6) : 251-256.
 - 32) Urban, D. J. and N. J. Cook., 1986. Ecological Risk Assessment EPA Hazard Evaluation Division Standard Evaluation Procedure. United States Environmental Protection Agency Document EPA-540/9-85-001, Washington, DC.

Summary

A series of field experiments was conducted in a 7-hectare model farming area (Higashioiso in Azuchi Town, Shiga Prefecture) where local farmers are engaged in environment-conscious agriculture (ECA) in the context of community farming, including an intensive experimental field and actually cultivated paddy fields. The purpose of this study was to quantitatively evaluate reductions in the outflow loads of nutrient salts, suspended solid and pesticide components during the rice cropping period by cutting the total consumption of chemical fertilizers and synthetic pesticides to less than 50% of the level for conventional agriculture (CA), and practicing adequate water management.

- 1) In the ECA plot, compared with the control CA plot, irrigation water consumption was decreased and outflow water discharge was reduced by adequate water management measures, including shallow puddling with paddy harrows and prevention of soil surface drainage before seedling transplantation and during midseason drainage.
- 2) Regarding outflow load volumes of nutrient salts and the like in the ECA plot, stable load-reducing effects were obtained in 2 years, thanks to adequate water management and improved fertilizer applications, including side dressing and decreased use of quickly acting fertilizers, in the intensive experimental field (reduction rates versus the control CA plot: 46-48% for total nitrogen (T-N), 14-28% for total phosphorus (T-P), 48-50% for suspended solid (SS), and 30-40% for chemical oxygen demand (COD). Similar load-reducing effects were observed in the actually cultivated paddy fields.
- 3) Smaller amounts of synthetic pesticide components were used in the ECA plot, where the total outflow volume decreased by more than 60% compared to the control CA plot.
- 4) The brown rice yield and quality for the ECA plot were equivalent to those for the control CA plot.
- 5) The nitrogen balance (fertilizer application + inflow load - uptake by rice plant - outflow load) during the rice cropping period for the ECA plot (intensive experimental field) was good; efficient utilization of fertilizers and water was demonstrated.