

水稻の通年湛水・不耕起栽培と慣行栽培の物質収支比較

李 佳・中江研介・國松孝男・小池恒夫(滋賀県立大学環境科学部)、柴田一義 (ブルーセルフーム)

I はじめに

近年、下水道などの污水处理施設の普及が進んだため、流域における汚染源としてはノンポイントソース(農地・森林・市街地・大気降下物・地下水)の比重が相対的に大きくなってきた。水田の汚濁負荷についてみると、代かき・田植え時期と非作付期間中の降雨時の排出負荷が大きいことが知られている。代かき・田植え時期の濁水については対策がとられつつあるが、非作付期間中の降雨による濁水の流出については今のところ何ら対策はとられていない。

近年、冬期も湛水し、かつ不耕起で栽培する稲作技術が一部で普及し、生物多様性を回復させることにも有効であることから話題になっている。このいわゆる冬期湛水・不耕起水田(本実験では通年湛水・不耕起水田と呼ぶ)では、非作付期間も湛水し耕起しないため、降雨や雪による田からの濁水の表面流出を防ぎ、代かきも行わないためそれによる濁水の流出もなくなり、水質保全的であると推察される。そこで本研究では通年湛水・不耕起栽培水田と慣行栽培水田の窒素・リンの挙動と物質収支を同時に測定し、通年湛水・不耕起栽培の水質保全的の評価を試みた。

II 方法

2.1 実験水田の概況

調査水田(Fig. 1)は滋賀県東浅井郡湖北町小倉地先の通年湛水・不耕起栽培水田(面積 29.6a、以下、通年湛水田と呼ぶ)と、これに隣接する慣行栽培水田(面積 24.6a、慣行田)である。実験は 2005 年から開始した。2006 年には通年湛水田の水尻側を長さ 30 m、幅 2.5 m 畦で区切り、20~60 cm 掘り下げてピオトープを設け、畦畔を遮水板で補強した。灌漑水は高時川から取水され、開水路で調査水田に供給されている。排水は深さ 1.5 m の農業用排水路を経て琵琶湖に流入している。栽培品種は両水田ともコシヒカリで、湛水不耕起田は無農薬有機質肥料栽培、慣行田は緩行性化学肥料による基肥一発施肥であった。

2.2 水収支

降水量は通年湛水田の排水口の近くに 0.5 mm 転倒マス式自記雨量計を設置して測定した。流入水と流出水は水口と水尻にそれぞれ三角堰と四角堰を設置し、水位を自動記

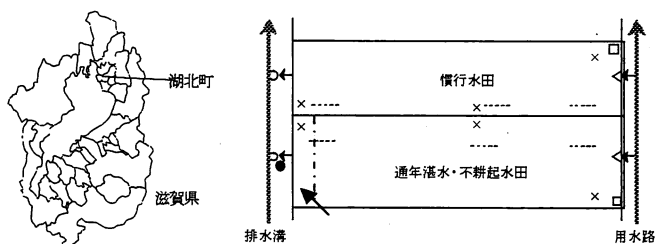


Fig. 1 実験圃場の概要

△; 三角堰、○; 四角堰、□; 蒸発散形、●; 雨量計、×; 減水深杭、……; 調査株。

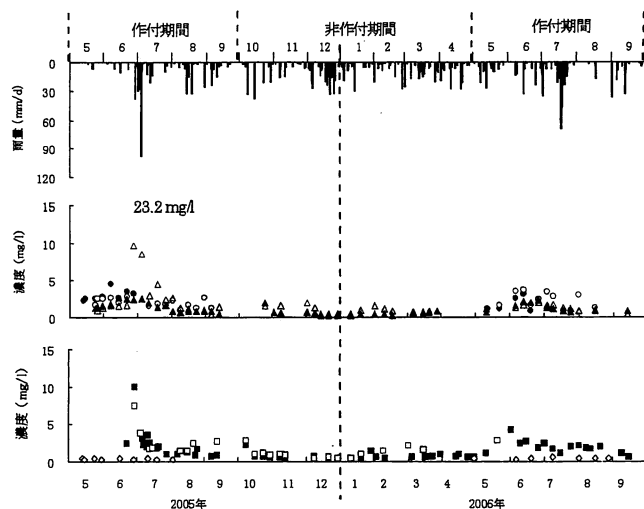


Fig. 2 用水、田面水、表面流出水、浸透水の TN 濃度の経時変化

◇灌漑用水、慣行田の田面水; ●、地下浸透水; ▲、表面流出水; ■、通年湛水田の田面水; ○、地下浸透水; △、表面流出水; □。作付期間は 5~9 月、非作付期間は 10~4 月。

録し、水位-流量式から水量を求めた。減水深はそれぞれ 3 ヶ所で週 1 回の頻度で測定した。地下浸透水量は、2006 年 6 月 7 日、7 月 26 日、8 月 10 日に通年湛水田の慣行田側の 3 ヶ所で 10 日間行った現場透水実験で求めた平均 0.7 mm/day を年間変わらないと仮定して計算した。蒸発散はそれぞれの実験水田の流入側に作土 15 cm を入れた PE 製コンテナ (80×39.5×38.5 cm) を約 15 cm 田面を掘り下げて設置し、実験水田と同じ密度でイネを植えて週 1 回、減水深を測定して算出した。

2.3 水質調査

表面流出水は排水堰に常時自動採水器を設置して 4~6 時間間隔で採水した。田面水と地下浸透水の採水は週 1 回の頻度で行った。地下浸透水は水尻側の畦畔に 10 cm の PVC 製パイプを埋設して採水した。灌漑水は水質が比較的に安定していたため、原則として 2 週に 1 回採水した。

III 結果と考察

3.1 水質

水質調査は 2005 年 5 月 14 日(田植え直後)から開始した。Fig. 2 に灌漑水、田面水、地下浸透水、表面流出水の全窒素(TN)濃度の経時変化を示した。

3.1.1 灌漑水

灌漑水の TN の濃度変動は小さく非常に安定していた。2005、2006 年度の算術平均濃度はそれぞれ 0.34、0.40 mg/l であった。

3.1.2 田面水

2005 年度 作付け期間中の田面水の TN 濃度についてみると、両水田とも 6 月下旬の中干し前まで比較的安定しており平均濃度は慣行田では 2.95 mg/l、通年湛水田は 2.39 mg/l

Table 1 窒素の物質収支と原単位

項目(mm, kg/ha)	(kg/ha)																	
	降雨流入		用水				表面流出				地下浸透				正味流出			
			慣行田		湛水田		慣行田		湛水田		慣行田		湛水田		慣行田		湛水田	
水量	負荷量	水量	負荷量	水量	負荷量	水量	負荷量	水量	負荷量	水量	負荷量	水量	負荷量	水量	負荷量	水量	負荷量	
作付け期 (2005年)	531	5.52	476	1.48	296	1.19	739	17.8	408	15.5	81.9	0.74	81.9	1.29	345	17.1	194	15.60
非作付け期	949	9.87	0	0	0	0	607	12.9	142	2.54	135	0.50	135	0.87	742	13.4	277	3.41
作付け期 (2006年)	672	4.50	373	1.46	523	2.11	1277	23.2	20.9	0.581	85.9	0.986	85.9	0.939	989	22.8	-417	-0.37
年間	1550	14.8	424	1.47	410	1.65	1615	33.4	356	10.7	219	1.36	85.9	1.98	1409	33.3	166	11.0

であった。ところが通年湛水田ではその後急上昇し、6月28日には23.2 mg/lに達した。そのほとんどは溶存態窒素(DN)で、6月中旬に施肥された有機質肥料が分解・溶解したためと推定された。7月3~4日に豪雨(98 mm)があり、その後は両水田とも急速に濃度が低下した。

2006年度 作付け期間についてみると、慣行田では5月12日に田植が行われた。その1週間後からTN濃度が上昇し、最高3.07 mg/lに達した。期間中の平均濃度は1.72 mg/lであった。一方、通年湛水田では5月下旬からTN濃度が上昇したが、6月下旬に慣行田と同じようにいったん低くなった。しかし、7月に再び上昇した。この原因は2005年度と同様に6月25日に有機質肥料の追肥が行われたことによると思われる。作付期間中の平均濃度は1.08 mg/lであった。

3.1.3 表面流出水

2005年度 両水田とも田植後6月下旬まで、表面流出はほとんど発生しなかった。6月末から7月初めにまとまった降雨があり、両水田とも表面流出され、TN濃度は慣行田、通年湛水田それぞれ10.0、7.36 mg/lに達した。その後両水田とも低下し安定した。次に、非作付期間の降雨による表面流出水のTN濃度変化を見ると、稲刈り直後に慣行田と通年湛水田ともそれぞれ2.24と2.06 mg/lまで一時的に上昇したが、その後両水田ともに低下した。慣行田の非作付期間の平均濃度は0.678 mg/lであった。通年湛水田でも畦畔の補強工事が長引き2月まで湛水できなかったためにこの間は慣行田と同様に表面流出が発生し、その平均濃度は0.969 mg/lであった。

2006年度 作付け期間中の表面流出水のTN濃度は慣行田では田植後、一時4.19 mg/lに上昇したが、その後徐々に低下した。一方、通年湛水田では田植前日に強制排出され、そのTN濃度は2.78 mg/lであった。しかし、通年湛水田では、作付期間中これ以外に表面流出は発生しなかった。

3.1.4 地下浸透水

2005年度 作付期間は、慣行田の地下浸透水のTN濃度の変化は小さく、平均1.46 mg/lであった。一方、湛水田では田植後は慣行田より低かったが、6月下旬に田面水の上昇と同時に上昇し、9.62 mg/lに達した。その後の濃度低下は田面水より遅れた。非作付期間は両水田とも変動が少なく、安定していた。

2006年度 作付期間の地下浸透水は田面水と似た変動を示し、5月から7月にかけて緩やかに上昇し、その後緩やかに低下した。慣行田では平均1.29 mg/lで、通年湛水田では1.32 mg/lで、ほとんど違いはなかった。

3.2 物質収支

TNの物質収支を作付期間と非作付期間に分けて、Table 1に示した。

3.2.1 水収支

2005年度 作付期間の降雨量は531 mmであった。灌漑水量は慣行田、通年湛水田それぞれ476、296 mmで、慣行田の方が1.61倍多かった。表面流出水量は慣行田では739 mmであったが、通年湛水田ではその55%、408 mmであった。通年湛水田では中干しが行われず、この期間の表面流出がほとんどなかったためであった。一方、非作付期間の降雨量は949 mmであった。表面流出水量は慣行田では607 mmであったが、通年湛水田ではその23%で142 mmに過ぎなかった。地下浸透水量は現場透水実験で得られた平均値0.7 mm/dayが年間を通して変わらないと仮定して計算すると、作付期間が81.9 mm、非作付期間は136.8 mmと推定された。

2006年度 作付期間中の降雨量は672 mmで、2005年より約141 mm多かった。用水量は慣行田、通年湛水田でそれぞれ373、523 mmで、通年湛水田の方が1.40倍多くなった。表面流出水量は慣行田では1227 mmであったのに対して、畦畔を補強した通年湛水田では僅か21 mmであった。

3.2.2 TN正味流出負荷量

2005年度 作付期間についてTable 1を見ると、降雨流入負荷量は5.52 kg/haであった。用水流入負荷量は、用水水質が良好であり、慣行田、湛水田それぞれ1.48、1.19 kg/haと少なかった。表面流出負荷量は慣行田では17.8 kg/ha、通年湛水田では15.5 kg/haで、通年湛水田は慣行田より13%少なくなった。地下浸透負荷量は慣行田と通年湛水田では、それぞれ0.74、1.29 kg/haで、逆に通年湛水田の方が多かった。

非作付期間の降雨流入負荷量は9.87 kg/haであった。表面流出負荷量は慣行田では12.9 kg/haで、通年湛水田ではその19.7%の2.54 kg/haに過ぎなかった。このように通年湛水の汚濁負荷削減効果は作付期間より非作付期間の方が顕著で、予測通りの結果であった。

2006年度 作付期間の降雨流入負荷量は4.50 kg/haであった。用水流入負荷量は2005年度と同様に低く、慣行田、湛水田それぞれ1.46、2.11 kg/haで、地下浸透負荷量はそれぞれ0.564、0.536 kg/haであった。表面流出負荷量は慣行田では23.2 kg/haであったが、通年湛水田では僅か0.804 kg/haに過ぎなかった。このことから通年湛水・不耕起栽培の水質保全機能を十分に発揮させるためには、畦畔を補強して湛水深を大きく保つ必要があることが証明された。