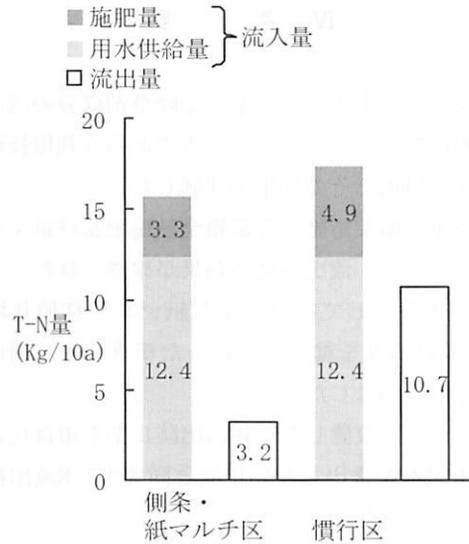


第4図 表面排水中の除草剤成分濃度

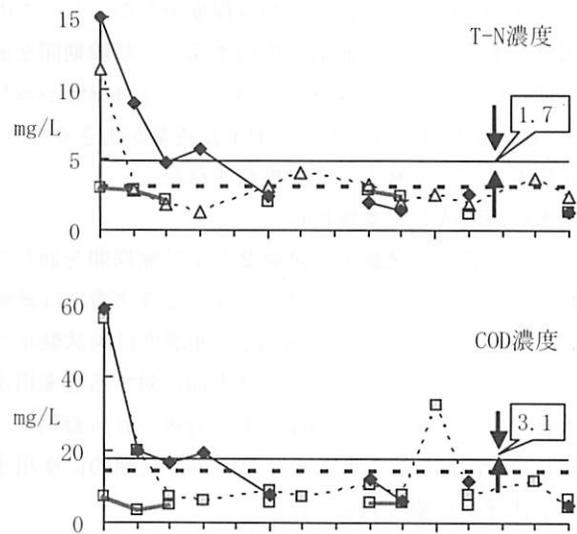


第5図 試験1における試験期間の慣行区と側条・紙マルチ区のT-N流入量と流出量

第5表 試験1における試験期間の月別用排水のT-N量及びCOD量

月	T-N量			COD量		
	用水		表面排水	用水		表面排水
	両区	慣行区	側条・紙マルチ区	両区	慣行区	側条・紙マルチ区
4	1.7	0.0	0.3	3.1	0.0	0.5
	14	0	11	11	0	2
5	6.2	5.2	0.8	12.2	10.6	1.5
	50	48	24	45	10	5
6	1.8	1.8	0.1	5.7	20.3	1.9
	15	16	3	21	19	7
7	1.2	1.9	0.9	2.9	43.7	9.8
	10	18	28	11	42	35
8	1.5	1.8	1.1	3.3	28.6	14.4
	12	17	34	12	27	51
9	0.0	0.1	0.0	0.0	1.9	0.0
	0	1	0	0	2	0
合計値	12.4	10.7	3.2	27.1	105.1	28.1

注) 各月の数値の単位は、上段がt/10aで下段が%である。



第6図 試験2における慣行区と箱全量・紙マルチ区の排水中T-N濃度、COD濃度及び濁度

注) グラフの数値は、T-N濃度、COD濃度及び濁度において慣行区に比べ箱全量・紙マルチ区がどれだけ低いかを示す。

ii 調査期間における各汚濁成分濃度の推移

排水中のT-N、COD濃度及び濁度の最高値は、両区ともに代かき日の5月1日に観測された。代かき後の12日間についてみると、箱全量・紙マルチ区におけるT-N、COD及び濁度の最高値は、慣行区と比べて6.3mg/L、12.8mg/L、674NTU低く、平均値では1.7mg/L、3.1mg/L、162NTU低かった(第6図)。

慣行区における除草剤成分濃度は、ベンチオカーブでは散布1日後の159µg/L、メフェナセットでは散布3日後に51µg/Lとなり、いずれも期間中の最高値となった。ベンチオカーブの濃度が環境基準値以下になったのは散布6日後であった(第4図)。

## IV 考 察

本研究では、水田からの窒素と除草剤成分の流出をより積極的に抑制することができるであろう栽培技術を組み合わせ、現地でその効果を評価した。

その結果、側条施肥、育苗箱全量施肥及び紙マルチ移植栽培について、流出抑制の効果が確認された。また、除草剤の代替として組み込んだ紙マルチ移植栽培は、COD濃度及び濁度を抑えるといった相乗効果が期待できることを明らかにした。

さらに、今回設置した系外流出防止型水田は代かき後12日間田面水を排出しない措置と同等のT-N流出抑制効果を有することを確認した。

### 1. 側条施肥と紙マルチ移植栽培における水質汚濁成分の流出抑制効果の評価

#### (1) 調査水田の排水量

試験期間中の用水量に対する表面排水量は、側条・紙マルチ区が、慣行区に比べて20%程度少なかった。この原因は、水尻付近の田面水の平均水深が、試験期間を通して慣行区と比べて側条・紙マルチ区で1.4cm低かったことから、B水田はA水田より地下浸透量が大きくなり、表面排水量がやや減少したと推察された。

#### (2) 水質汚濁成分の濃度推移

用水の水質は、試験1、試験2の全試験期間を通して変動が小さかった。用水の水質として、T-N濃度は試験1で3.0mg/L、試験2で3.4mg/L、COD濃度は両試験年ともに1.6mg/Lであったことから、「水稻に対する農業用水の水質分級」における汚濁程度1に分類され(森川ら、1982)、栽培上直ちに悪影響はないが、長期的に使用する際は注意が必要と判定された。

試験1の試験期間を通して、慣行区の表面排水中NO<sub>3</sub>-N濃度は、入水直後である4月25日調査が最高値であった。これは、冬季落水期の乾土効果によって生成したNO<sub>3</sub>-Nが、用水に溶出して、初期の表面排水濃度を高めたと考えられた。

荒代かきを行った4月30日調査ではT-NとOrg-N濃度が高く、濁度が最高値であったことから、土壌攪乱による土壌中の有機物主体の汚濁によるものと考えられた。さらに、代かき及び施肥を行った5月3日調査ではT-N、NH<sub>4</sub>-N、Org-N濃度及び濁度が高いことから、NH<sub>4</sub>-Nは基肥に由来し、Org-N及び濁度は土壌攪乱によって表面排水中濃度が上昇したと考えられた。

6月3日のT-N、Org-N、COD濃度及び濁度の上昇は、生育調査による土壌攪乱で有機物主体の汚濁が生じたためと考えられた。慣行区における7月14日のT-NとNH<sub>4</sub>-N

濃度の上昇は、7月12日に施用した穂肥由来の窒素成分によると考えられた。

側条・紙マルチ区の表面排水中NO<sub>3</sub>-N濃度は、入水直後の4月25日調査で最高値であり、慣行区と同様に乾土効果によるものと考えられた。施肥、代かき及び移植を行った5月3日に、T-N、NH<sub>4</sub>-N、Org-N及び濁度は最高値であったが、NH<sub>4</sub>-Nは低かった。これは、側条施肥した窒素成分が田面水中にほとんど溶出しなかったためと推察された。しかしOrg-N及び濁度の上昇は、移植作業による土壌攪乱の影響で高い値になったと考えられた。

側条・紙マルチ区は、慣行区と比べて代かき以降、排水中のT-N、Org-N濃度及び濁度が減少した。これは、紙マルチにより水田土壌からの有機性汚濁物質の田面水中への拡散が抑制されたこと等によると推察された。

#### (3) 水田からの水質汚濁成分の流出量

水質汚濁成分の流出量は、T-NとCODの濃度に排水量を乗じて算出した。

慣行区及び側条・紙マルチ区とも、5月のT-N濃度が概ね最高値を示したにもかかわらず側条・紙マルチ区のT-N流出量が少なかったのは、全排水量に占める5月の排水量の割合が低かったためと考えられた。同様に、全排水量に占める7月の排水量の割合が高かったにもかかわらず、T-N流出量が少なかったのは、両区ともに7月のT-N濃度が調査期間中で最も低かったためと考えられた。

調査期間中の水田外へのCOD流出量は、7月の割合が高く、8月がこれに次ぐ値であった。これは7月7～8日と8月2～3日に多量の降雨があったためであった。側条・紙マルチ区における7月の排水COD濃度は、同区の試験期間の平均値より低かったが、8月のCOD濃度の平均値は慣行区と同等まで上昇した。これは、8月に紙マルチが完全に崩壊して田面が露出し、降雨や入水によって田面に攪乱が生じたためと考えられた。さらに、側条・紙マルチ区では紙マルチが分解する過程で窒素が有機化し、その後無機化すること(高橋ら、1995)によって排水中へ溶出し、8月のT-N流出量が最高値になったと推察された。

### 2. 育苗箱全量施肥と紙マルチ移植栽培における水質汚濁成分の流出抑制効果の評価

慣行区及び箱全量・紙マルチ区の排水中のT-N、COD濃度及び濁度は、代かきを行った5月1日が最高値であった。両区の有機性汚濁の指標であるCOD濃度は同等であったが、T-N濃度は箱全量・紙マルチ区が慣行区より低かったことから施肥法の違いによると考えられた。また、水質汚濁成分は施肥や代かき作業時の土壌攪乱による影

響で上昇したと考えられた。箱全量・紙マルチ区は、施肥窒素が0.9kg/10a多いにもかかわらず、代かき後12日目までの平均T-N濃度が1.7mg/L慣行区と比べて低いことから、被覆肥料を用いたことにより田面水への窒素成分の溶出が抑制されたと考えられた。同様に、慣行区と比べて箱全量・紙マルチ区ではCOD濃度と濁度が低かったのは、紙マルチで田面を被覆したことにより土壌攪乱が抑えられたためと考えられた。

### 3. 個別技術の評価と技術の組み合わせによる落水停止措置との比較評価

側条・紙マルチ区の田面水中NH<sub>4</sub>-N濃度及び箱全量・紙マルチ区の排水中T-N濃度は、いずれも慣行区と比べて低くなり、これにより水田外への流出量が少なかった。

従って、側条施肥と育苗箱全量施肥は、代かきや移植時の田面水へのNH<sub>4</sub>-Nの溶出軽減を、紙マルチは紙の分解によるT-Nの有機化により複合的にT-N濃度を低下させ、水田外への流出を抑制することが明らかとなった。

水管理上の問題として、落水停止期間が取れない場合を想定し、本研究の肥料と農薬の流出を抑制する技術の組み合わせによるT-N流出抑制効果を試算して落水停止措置と比較した。

千葉県農林技術会議が提案するように、代かきから12日間落水を停止したとすると、2000年の試験の慣行区において、この12日間に流出したT-N4.5kg/10aは0となる。T-N流出量は10.7から6.2kg/10aへ減少すると試算され、その減少量は、慣行区の流出量の約42%となる。次に、慣行栽培を側条・紙マルチ移植栽培に切替えることで、T-N流出量は10.7kg/10aから5.0kg/10aへ減少すると試算され、その減少量は、慣行区の流出量の約53%となる。従って、側条施肥に紙マルチを組み合わせた栽培は、T-N流出量の抑制に限ってみれば、落水停止措置と同等の抑制効果が認められた。

ベンチオカーブを含有する除草剤を用いた場合、除草剤成分の流出防止の点から散布後14日間田面水を水田系外に排出しないことが望ましい（千葉県農林技術会議、2001）。

以上のように、窒素肥料及び除草剤の系外流出を抑制する技術を組み合わせることにより、側条施肥や育苗箱全量施肥はT-N流出量を、除草剤の代替技術である紙マルチ移植栽培は、2次的な効果としてCODや濁度の流出量を減少させることが明らかとなった。

## V 摘 要

水質汚濁防止の観点から、水田においても窒素等水質汚濁成分の流出を抑える水稲栽培が求められている。そこで、T-Nの流出を抑制しCOD及び濁度を低下させる方策として、側条施肥と育苗箱全量施肥に紙マルチ移植栽培を組み合わせて、環境に対する負荷の軽減効果を評価した。

1. 水田外へのT-N流出量は、代かき及び移植作業時に大きくなり、これらの作業があった5月の値は、全流出量の48%を占めた。
2. 慣行区の全面全層施肥は代かき時に基肥中の窒素が田面水中に溶出しやすいが、側条施肥は移植同時施肥であるために窒素の溶出は少ない。また育苗箱全量施肥も側条施肥と同様にT-N流出量を抑制でき、環境保全的な技術と評価された。
3. 紙マルチ移植栽培は、除草剤の代替技術に加えて、土壌表面を覆って、濁度の上昇を抑制することから環境保全的な技術と評価された。

## VI 引用文献

- 天野昭子・鍵谷俊樹・形見武男（2001）. 水田用除草剤（チオベンカルブ及びメフェナセット）の水田内挙動と流出抑制について：環境化学，11：785-792
- 千葉県環境部水質保全課，“印旛沼に係る湖沼水質保全計画”，千葉県（オンライン），〈[http://www.pref.chiba.jp/syozoku/e\\_suiho/8\\_kosyo/inplan/inplan.pdf](http://www.pref.chiba.jp/syozoku/e_suiho/8_kosyo/inplan/inplan.pdf)〉（参照2007/9/21）
- 千葉県農林技術会議（2001）. 稲作標準技術体系：232-234
- 印旛沼流域水循環健全化会議（2007）. “水質汚濁の要因”，千葉県（オンライン）〈[http://www.pref.chiba.jp/syozoku/i\\_kakai/inbanuma/01syoukai/syoukai\\_06.html](http://www.pref.chiba.jp/syozoku/i_kakai/inbanuma/01syoukai/syoukai_06.html)〉（参照2007/11/30）
- 石井康雄・稲生圭哉・小原裕三（2004）. 田面水および土壌中における水田除草剤の経時的濃度変化に基づく止水期間の検討. 農環研報，23：15-25
- 金木亮一・久馬一剛・稲垣ちづる・小谷廣通・須戸幹（2000）. 無代かきおよび育苗箱全量施肥栽培水田における流出負荷量の削減，71(4)：504-505
- 金子文宣・山本幸洋（1999）a. 環境保全型水稲栽培水田における環境負荷軽減効果の評価. 農業土木学会誌，67：13-17

- 金子文宜・山本幸洋・高崎強 (1999) b. 大区画水田における排水特性および環境保全型水稲栽培の環境影響評価. 千葉農試研報. 40 : 43-49
- 小林勝志・湯谷一也・伊藤邦夫 (1995). 農用再生紙の水田マルチングによる雑草抑制と水稲栽培. 農業技術50 : 168-173
- 丸 論 (1991) 水系環境における農薬の動態に関する研究. 千葉農試特報. 18 : 1-26.
- 森川昌紀・松丸恒夫・高崎強・松岡義浩 (1982) 水質汚濁が稲作に及ぼす影響 第1報 汚濁物質濃度と稲作の関係. 千葉農試研報. 23 : 83-89
- 森川昌紀・松岡義浩 (1986年). 水質汚濁が稲作に及ぼす影響 第5報 : アンモニア態窒素、硝酸態窒素汚濁水が水稲の生育、収量に及ぼす影響. 土肥要旨集. 32 : 162
- 長崎洋子 (2000). 水田で使用された数種農薬の動態. 島根農試研報. 33 : 87-103
- 尾崎保夫 (1990). 農耕地からの窒素負荷の削減、用水と排水, 32(10) : 28-29
- 朴光来・日高伸・熊澤喜久雄 (1998). 埼玉県櫛引台地の湧水により灌漑されている水田表面水の硝酸態窒素および $\delta^{15}\text{N}$ 値の変化. 土肥誌. 69 : 287-292
- 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 : 75-88
- 高橋茂・山室成一 (1995). 水田土壌における施肥窒素の行方に及ぼす再生紙マルチの影響. 土肥誌. 66 : 267-269
- 山本幸洋・澤川隆・金子文宜・高崎強 (1999) 除草剤チオベンカルブの水田からの流出特性および流出抑制対策. 千葉農試研報. 40 : 51-54
- 山本幸洋 (2001). 除草剤ベンチオカーブの水田からの流出状況と流出抑制. 雑草とその防除. 38 : 73-76
- 山本幸洋・松丸恒夫 (2005). 農耕地からの農薬流出対策とその評価. 土肥誌. 76 : 69-73

# Effects of Nitrogen Fertilizer Methods and Transplanting a Culture of Rice Using Paper Mulch on the Amount of Pollutants Discharged out of Paddy Field Systems and the Evaluation of the Effects

Eiichi OOTSUKA, Yukihiro YAMAMOTO, Fuminori KANEKO, and Takashi SINGYOUJI

Key Words : paddy fields, side line type fertilizer application,  
single application of fertilizer in nursery boxes,  
transplanting a culture of rice using paper mulch, herbicide

## Summary

The prevention of water pollution requires a rice paddy field cultivation that decreases the amount of water pollutant runoff, such as nitrogen runoff, from paddy fields. As a measure to decrease levels of T-N runoff, COD, and turbidity, transplanting a culture of rice using paper mulch was combined with a side line type fertilizer application or a single application of fertilizer in nursery boxes to evaluate effects of the combinations to decrease environmental load.

1. The amount of T-N runoff out of paddy fields increased with puddling and transplanting. The amount comprised 48% of the total amount of runoff in May, when puddling and transplanting were carried out.
2. Nitrogen in basal dressing was readily eluted out into the surface water of paddy fields at the time of puddling when a broadcast application of fertilizer was made to the plow layer of a conventional plot. However, the elution was limited when the side line type fertilizer application was made at the time of transplanting. Both the single application of fertilizer in nursery boxes and the side line type fertilizer application decreased the amount of T-N runoff. Both of the applications were judged good techniques for environmental conservation.
3. Transplanting a culture of rice using paper mulch was judged a good technique for environmental conservation because it not only replaced the use of herbicides but also covered soil surface to keep water turbidity from increasing.