

# 水田からの肥料成分の流出とその対策

## 第1報 水田からの肥料成分の流出

平山 力・酒井 一

Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields and its Control

Part I. Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields

Chikara HIRAYAMA · Kuni SAKAI

水田からの肥料成分の流出防止対策の確立をねらうに先立ち、その流出機構についてあきらかにする必要があった。そこで、単位水田と広域水田を対象に調査検討を行ったところ、水田からの肥料成分の流出はあきらかに認められ、その流出は代かき田植時期に集中されることが解明された。このようなことから、流出防止対策を検討するにあたっては、代かき田植時期に肥料成分を田面水中に溶出させないような手法の開発が重要であることが認められた。

### I 緒 言

近年、霞ヶ浦の富栄養化の原因の一つとして、水田からの窒素、リンの流出があげられ、これらの防止対策が急がれている。

もともと、水田など農耕地生態系を構成する土壌、作物、水などは、系内に人為的あるいは自然に入ってくるさまざまな栄養塩類や有機物も分解、吸収、変換あるいは固定するなど、これらを浄化する能力を持っている。しかし、化学肥料や農薬などがこれをうまわって多用されるならば、その一部は系外に排出され、水質汚濁の発生源となる。また最近、労働力の不足などから機械化、省力化が優先される現状にあり、水稻の基肥施肥についても表層施肥など肥培管理の粗放化が目立ち、結果的に肥料成分の流出に結びつく一因として見のがせない背景もある。

茨城県は昭和56年、これら湖沼の水質保全には、植物の栄養源となっている窒素、リンの制御が不可欠であるとし、「霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例」を制定し、その浄化にとりくむことになった。これによれば、

農用地から窒素、リン含有物をみだりに公共水域に排出しないよう、施肥及び用水の管理の適正化をはかり、防止対策の推進を義務づけた。

水田からの肥料成分の流出防止対策を確立するためには、まず、流出機構の解明が重要である。これまで、この種の調査報告<sup>3~9, 16)</sup>は数多いが、筆者らも昭和56~57年、一部環境庁の委託をうけ、水田からの肥料成分の流出について、現地ほ場を対象に調査を行った。ここではこれらの調査結果から、水田におけるかんがい水と肥料成分(窒素とリン)の動向と収支について、その概要を述べる。

### II 調査方法

現地調査は1筆の水田を対象とした単位水田と、広い水田域を対象とした広域水田で行い、対象ほ場の概要は次のとおりである。

#### 1 ほ場概要

単位水田：湿田及び乾田タイプから主要な土壌をそれぞれ2種類ずつ4ほ場選定した。すなわち、① 細粒強

グライ土(田川統), ② 泥炭土(岩沼統)が稲敷郡河内村の利根川流域に分布する湿田タイプ。③ 細粒灰色低地土, 灰色系(鴨島統), ④ 細粒灰色低地土, 灰褐系(金田統)は水戸市上国井の那珂川流域の乾田タイプである。これらの土壤断面形態及び化学性の分析結果は第1表に示した。

いずれのほ場もほ場整備は完了し, パイプライン方式となっている。取水源は①②ほ場は新利根川, ③④ほ場は那珂川(小場江用水)で, 水質悪化に結び付く周辺からの影響はきわめて少ない。

広域水田: 前述①ほ場を含む30haの水田域である。場所は第1表に示したとおり, 稲敷郡河内村竜丁歩地区で, 県内でも主要な水田地帯である。標高はY.P 1.4~4.8mの平坦なところでは場整備は昭和47年に完了している。土壤は全層強粘土, 作土下にグライ層が出現する。

### 2 栽培概要

調査ほ場の水稲栽培及び水管理等は現地慣行によったが, これらの概要は第2表に示した。

これによると, 単位, 広域いずれのほ場も田植えは5月上旬で, 稚苗による機械植えがほとんどで, 基肥の施

第1表 調査田の土壤条件

調査田	所在地	土 壤	層厚 (cm)	土 性	土色(湿)	構造	斑鉄	pH		T-C (%)	T-N (%)	CEC (me)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	吸収係数		飽和透水係数 (K <sub>20</sub> cm/sec)	
								ジピジル反応	H <sub>2</sub> O KCl						N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
①	稲敷郡河内村竜丁歩	細粒強グライ土(田川統)	0~14	LiC	2.5Y 4/1	小塊状	+	+	5.5	5.1	4.7	0.37	26.3	0.21	tr	568	1,060	3.7×10 <sup>-5</sup>
			14~26	"	10Y 3/1	無構造	+	+	5.4	5.2	3.3	0.31	28.5	0.04	"	723	920	5.9×10 <sup>-6</sup>
			26~40	"	"	"	+	+	5.4	5.2	3.3	0.28	28.0	0.01	"	690	830	8.6×10 <sup>-6</sup>
			40~76	HC	2.5GY 4/1	"	+	+	4.8	4.4	3.5	0.21	31.0	tr	"	752	670	8.5×10 <sup>-7</sup>
②	稲敷郡河内村平三郎	泥炭土(岩沼統)	0~16	LiC	2.5Y 4/1	小塊状	+	+	5.6	5.3	4.5	0.40	24.5	0.24	tr	480	930	8.4×10 <sup>-5</sup>
			16~28	"	5Y 3/1	塊状	+	+	5.6	5.1	5.2	0.43	24.8	0.03	"	690	840	3.2×10 <sup>-6</sup>
			28~37	M(黒泥)	7.5Y 2/1	無構造	+	+	5.3	5.0	10.6	0.42	30.2	0.01	"	690	510	7.4×10 <sup>-5</sup>
			37~	PL(泥炭)	5Y 4/3	-	-	5.0	4.6	21.6	0.37	-	tr	"	-	-	-	
③	水戸市上国井	細粒灰色低地土, 灰色系(鴨島統)	0~16	CL	2.5Y 5/2	小塊状	+	-	5.6	5.2	3.7	0.29	25.4	0.12	0.82	574	870	5.2×10 <sup>-5</sup>
			16~26	LiC	2.5Y 4/1	塊状	+	-	5.6	5.1	3.3	0.29	29.6	0.07	0.30	750	820	6.2×10 <sup>-5</sup>
			26~40	"	2.5Y 4/2	"	+	-	5.3	5.0	3.1	0.25	29.6	tr	tr	720	860	9.2×10 <sup>-6</sup>
			40~	SiCL	"	柱状	+	-	5.4	5.1	3.1	0.21	27.3	"	"	640	870	4.7×10 <sup>-6</sup>
④	"	細粒灰色低地土, 灰褐系(金田統)	0~15	CL	2.5Y 4/2	小塊状	+	-	5.5	5.3	3.9	0.30	26.0	0.14	1.32	560	830	3.6×10 <sup>-5</sup>
			15~24	LiC	2.5Y 3/2	塊状	+	-	5.6	5.2	3.5	0.27	28.4	0.04	0.10	770	870	2.0×10 <sup>-5</sup>
			25~50	HC	10YR 4/1	柱状	+	-	5.2	4.9	3.0	0.21	31.5	tr	tr	780	850	3.3×10 <sup>-7</sup>
			50~	"	"	無構造	+	-	5.0	4.9	2.4	0.23	32.0	"	"	"	820	7.0×10 <sup>-7</sup>

注) 土壤調査 56.11.20~23, 土壤分析: 乾土, 斑鉄一なし, +含む, ++含む, +++こぶる含む

第2表 栽培概要

調査田 No	ほ場面積 (a)	用水源 (かんがい方式)	用排水	栽培品種	入水	代かき	基肥	田植え	中干し	追肥	落水	収穫	施肥量 (kg / 10 a)			
													基肥	追肥	計	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 基肥
①~②	30	新利根川 (パイプライン方式)	用・排分離	コシヒカリ	4/26~28	4/26~30	4/30~5/1	5/3~5	6/25~7/6	1回目 5/15~17 2回目 7/6~20	3/15	9/16~19	① 4.0	7.2	11.2	9.4
													② 4.0	5.0	9.0	8.0
③~④	10	那珂川 (パイプライン方式)	"	"	4/30~5/1	5/3~5	5/6~6~10	5/6~10	"	7/21~25	8/20	9/20~23	4.0	2.0	6.0	8.0

注) 施肥法: 種代施肥, ①ほ場: 追肥3回施用, 記載: 月/日, 広域水田: ①, ②ほ場に準ずる。

水田からの肥料成分の流出とその対策

用、代かきは、この時期に集中される。中干しは、6月下旬から7月上旬で落水は8月中旬、刈取りは9月中～下旬で、栽培品種はコシヒカリが多い。

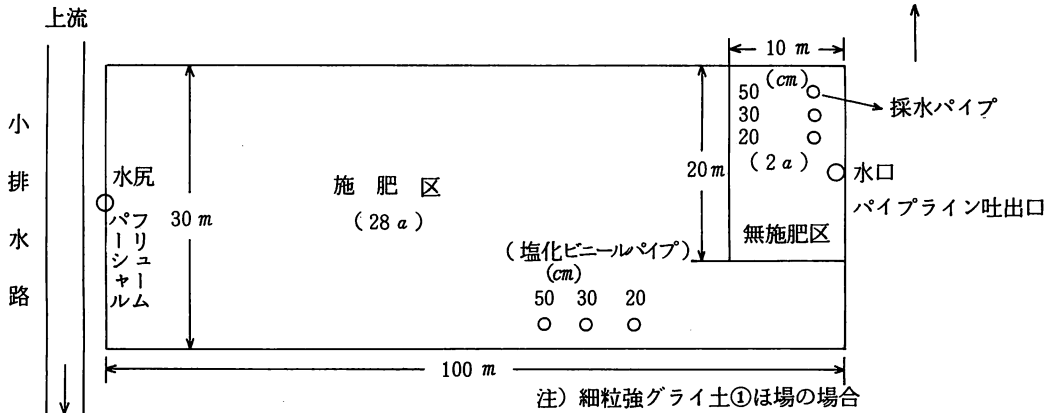
施肥量は、基肥としてNで10aあたり4kg、追肥はNで1回につき10aあたり2～3kgが標準であるが、追肥時期と施用回数は耕作者によって若干異なっている。例えば、①、②ほ場では耕作者の慣行として、植付け後約10日後に根付け肥として、10aあたり2kg程度施用し、さらに減数分裂期にあたる7月中～下旬にN2～3kg施用している。これに対して、③、④ほ場では7月下旬に

10aあたりNで2kg1回施用である。ここでとりあげた竜丁歩地区広域水田は、おおむね①、②ほ場と同様の施肥管理が採用されている。

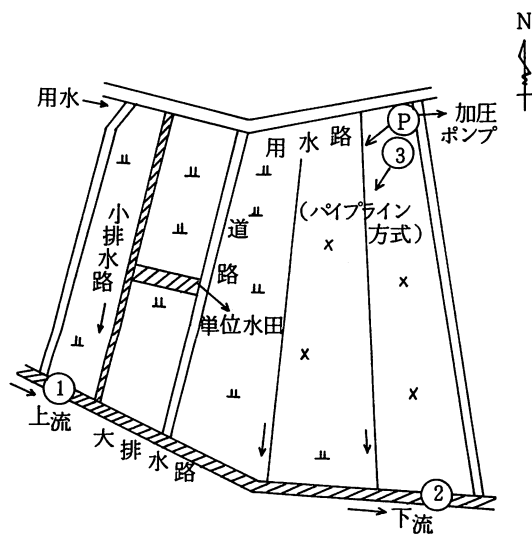
施肥方法は、全般的に施肥、入水、代かきをほぼ同時に行う荒代施肥あるいは植代と同時に施肥する植代施肥の2通りが慣行となっているが、共通して表層に施肥されている。

3 水収支

用排水量：単位水田では、パイプラインの吐出口に市販の水道メーターを取付けて用水量を測定し、排水量は



第1図 単位水田の調査地点略図



第2図 広域水田の調査地点図

水尻部にパーシャルフリュームを取付けて測定した。単位水田の区ごとの用水量は、第1図に示したように、一筆水田内は施肥区、無施肥区を配置したため、両区の水量は一カ所で測定した。

これに対して、広域水田の用水量は、第2図③地点のポンプ稼動日誌により、既設ポンプの揚水能力と稼動時間によって求めた。排水量は、大排水路下流②地点に自記水位計を取付け、水位の変化を把握すると同時に、定期的に水深、流速を測定して求めた。

雨量、蒸発散量、減水深：単位水田①、②ほ場の雨量、蒸発散量は、茨城農試竜ヶ崎試験地（竜ヶ崎市大徳町）において測り、③、④ほ場については、農試本場（水戸市上国井町）の観測値によった。減水深はそれぞれのほ場にN型装置をセットして測定した。

浸透水：減水深の値から蒸発散量を差引いて求めた。

#### 4 採水

用排水及び田面水の採水は、単位水田では基肥施肥後1日目から開始し、田面水中の窒素濃度が高い間は間隔を密にし、無施肥区と同程度の濃度まで低下した段階から間隔を広げた。広域水田では、入水、代かき時から開始し、基肥の施肥、田植え直後は採水回数を密にし、以後単位水田の場合と同様とした。浸透水の採水は高村らの方法<sup>6)</sup>にしたがい、作土下20 cm、30 cm、50 cmの深さに直径10 cmのL字型塩ビパイプを埋設し、パイプ内に貯留した水を石油ポンプで採水し、分析に供した。採水にあたっては、必ずこれまで留っていた水を一旦排除し、その後再び留った水を採水した。パイプ埋設にあたっては、入水前に掘り起した心土、鋤床、作土の順に埋め戻し、圧密し土壌の構造をできるだけ破壊しないように行った。雨水については、分析用としてとくに調査期間中20 mm以上の降雨量を採取したが、それ以下の場合も必要に応じて分析した。なお、本調査の採水期間は、単位、広域いずれもかんがい期間とした。

#### 5 分析法

有機態窒素は、ケルダール法、アンモニア態窒素はネスラー法、硝酸態窒素はイオン電極法で分析し、全窒素はこれらの和で示した。全リンは、検水を硫酸、硝酸で前処理した後、モリブデンブルー法で分析した。以上いずれもJIS.K.0102「工場排水試験法<sup>10)</sup>」によった。

#### 6 水稻の収量と窒素、リン吸収量

調査は場については生育収量をみとうえ、窒素、リンの吸収量も調査した。

#### 7 物質収支

水量に濃度を乗じて負荷量を算出した。単位水田の窒素、リンの収入としては、肥料用水、雨があげられる。支出としては、地表排水、浸透水、収穫物などがあげられ、これらについて求めた。浸透による排出量の計算は、作土下50 cmの浸透水質を用いた。

広域水田では、用水、雨などの流入量を地区末端部で求めた全体の排出量から差引いた差引き排出量で求めた。

### III 結 果

#### 1 窒素、リンの動向

##### 1) 田面水、浸透水中のT-N、T-P

第3、4図には、単位水田の田面水、浸透水中の全窒素、全リン(以下T-N、T-Pと記す)の動向を示した。ここでは調査の対象とした4種類の土壌タイプのうち、細粒強グライ土と細粒灰色低地土、灰褐色の2種類について示した。

まず、田面水のT-N濃度をみると、いずれの施肥区も施肥後1日目の濃度が、細粒強グライ土で21.4 ppm、細粒灰色低地土、灰褐色で14.5 ppmともっとも高く、以後漸減し、10~14日程度で無施肥区の濃度2~3 ppmに低下した。T-N濃度は7月上旬にもやや高まったが、これは追肥による影響と思われる。

浸透水のT-N濃度は、細粒グライ土の施肥区で深さ20 cm、細粒灰色低地土、灰褐色で深さ30 cmで、その濃度が無施肥区に比べてやや高まり、あきらかに施肥による影響がみられた。50 cmの深さでは、施肥区、無施肥区いずれもほとんど差がみられなかった。第3図の中で無施肥区の田面水中のT-N濃度が、5月上旬において若干高目であった理由についてはあきらかではないが、一因として考えられる中に、代かき攪拌にともなう土壌Nの田面水中への放出<sup>11, 12)</sup>もあげられよう。

かんがい期間中の用水のT-N濃度は、新利根川で2 ppm前後、那珂川(小場江用水)で2~3 ppm、雨水のT-N濃度は1 ppm以内であった。

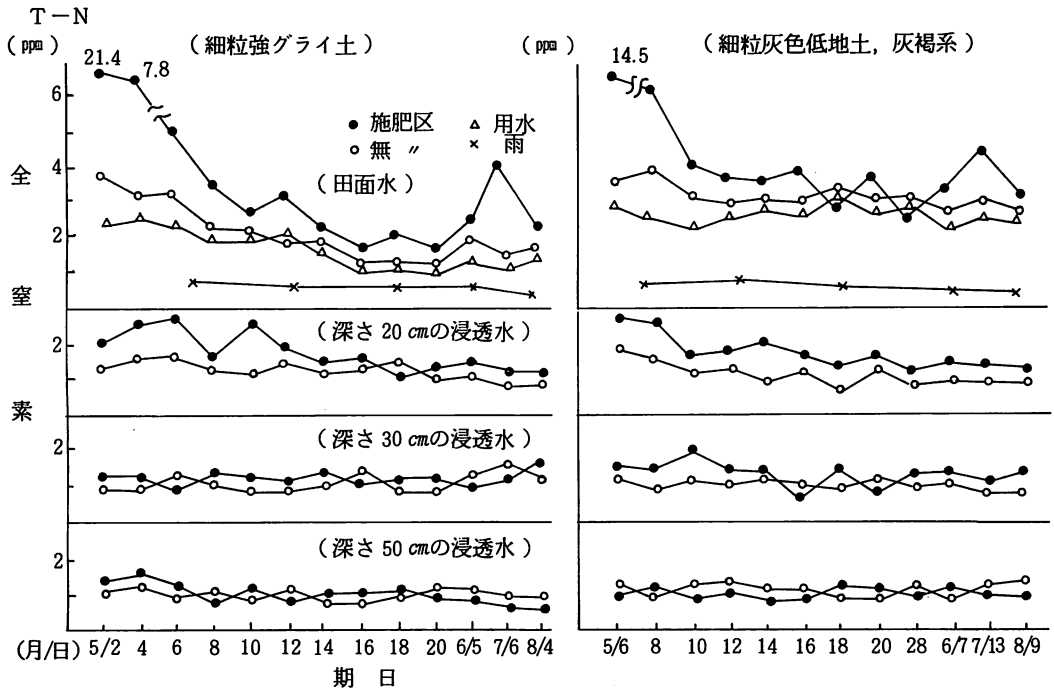
T-Pの動向もほぼT-Nと同様、田面水ではいずれの土壌も施肥によって濃度は高まった。すなわち、施肥区の田面水で、施肥後1日目のT-P濃度は、細粒強グライ土で0.53 ppm、細粒灰色低地土、灰褐色で0.39 ppmとなったが、いずれも4~5日後は無施肥区の濃度0.03 ppmまで低下し、減衰の傾向はT-Nより早かった。

浸透水中のT-P濃度は、いずれの土壌も極度に低濃度を示し、不検出の場合が多かった。作土下への施肥の影響はほとんど認められなかった。

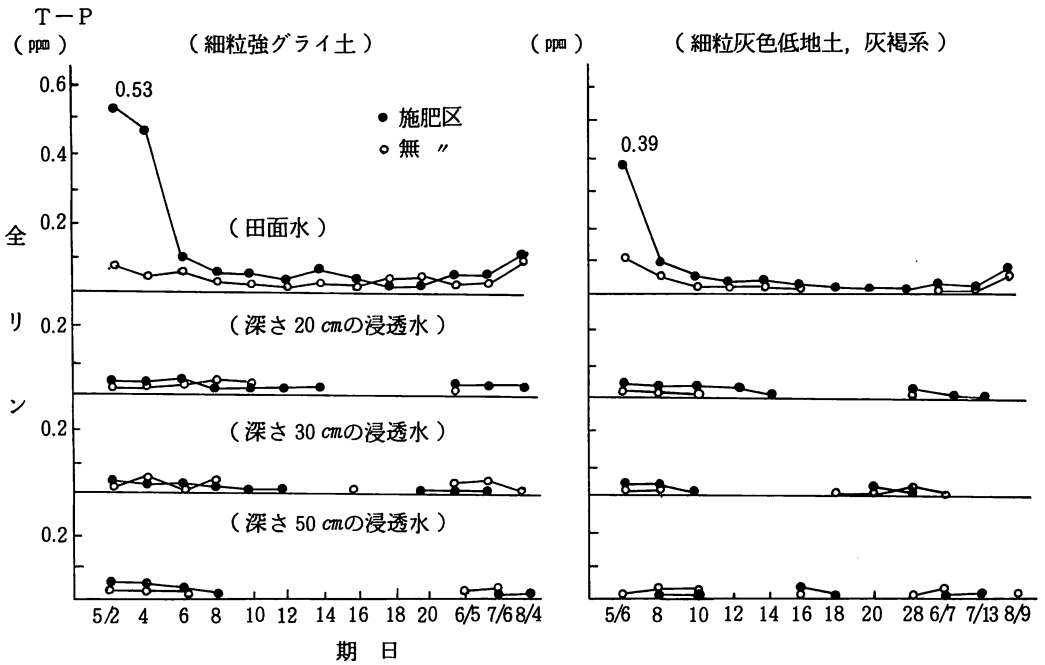
##### 2) 用水、排水中のT-N、T-P

第5、6図は、用水及び排水中のT-N、T-Pの動

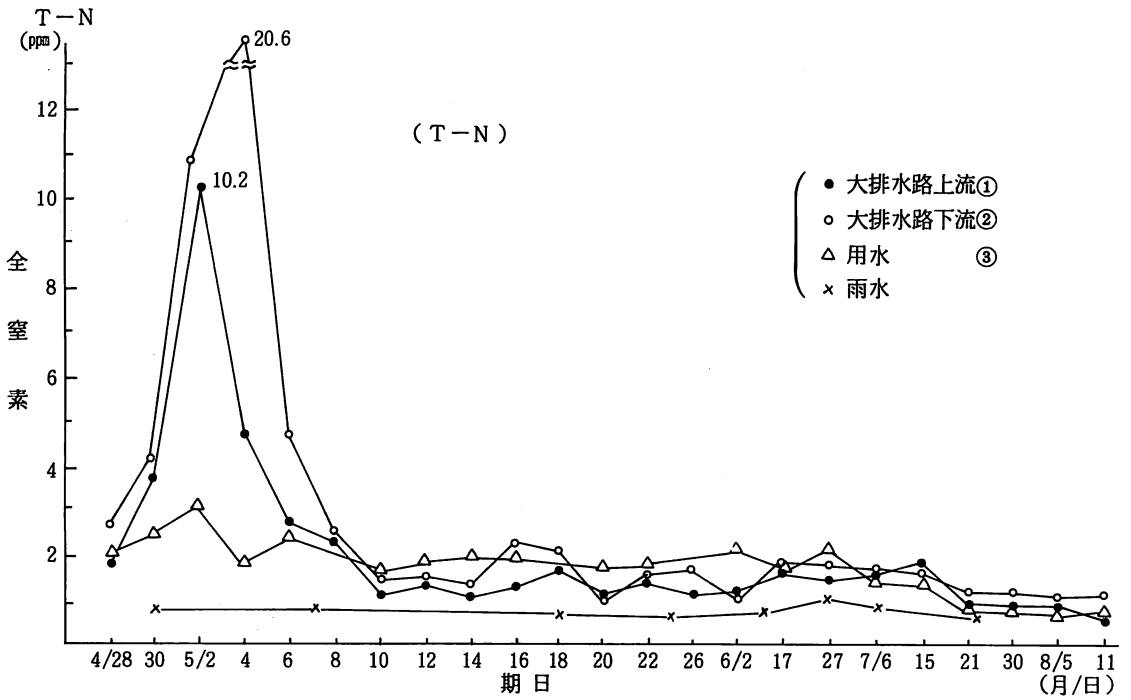
水田からの肥料成分の流出とその対策



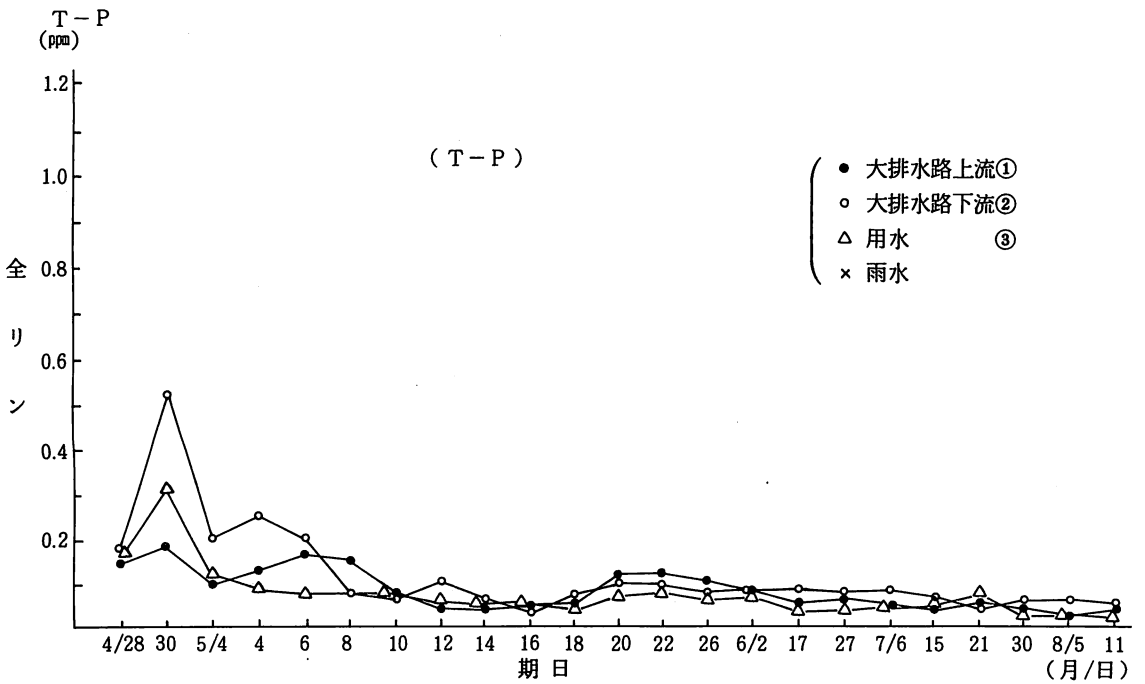
第3図 田面水浸透水中の全窒素の動向



第4図 田面水、浸透水中の全リンの動向



第5図 広域水田の全窒素の動向



第6図 広域水田の全リンの動向

水田からの肥料成分の流出とその対策

向を、広域水田で調査した結果で示した。これによるよと、大排水路排水中のT-N、T-P濃度は、施肥、代かき、田植え時期の5月上旬で、あきらかに高いことが認められ、施肥成分が排水を通じて、系外に流出していることがうかがわれる。しかし、それ以後においては、T-Nで2ppm、T-Pで0.07ppmと低濃度で経過し、7月上、中旬の追肥による影響も排水路の濃度のうえでは反映されなかった。

3) 田面水中の施肥後の窒素形態

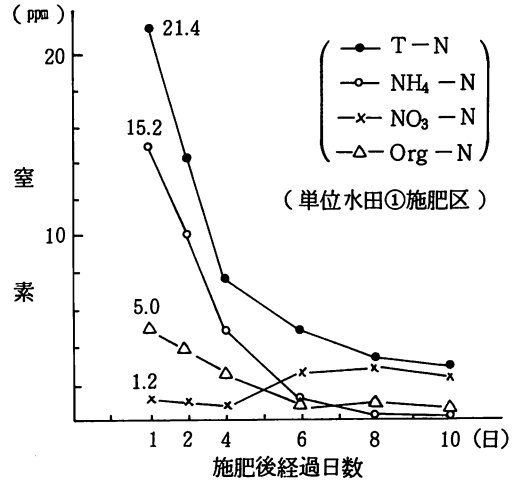
施肥後、田面水中に溶出した窒素の形態について調査した結果を第7図に示した。これによると、施肥後第1日目の田面水中におけるT-Nの形態は、T-N中の約70%がアンモニア態N、23%が有機態N、残りの7%が硝酸態Nであった。その後、T-Nの減衰と同時にアンモニア態N、有機態Nは減ったが、硝酸態Nは逆に増大した。

2 水収支

単位水田や広域水田の肥料成分の収支をあきらかにするためには、それぞれの水田の水収支をあきらかにする必要がある。

第3表には、かんがい期間を中心に単位水田で求めた水収支を示し、第4表には広域水田について示した。

まず、単位水田についてみると、収入源は用水と雨で、



第7図 田面水中における施肥後の窒素形態

いずれのほ場も全収入として、900~1,300mmであった。収入の中で隣接田からの表面流入の形跡がみあたらなかったのを省略した。これを土壌別にみると、全体の中で泥炭土がやや高目であった。用水と雨の割合は、56年度ではいずれの土壌も用水が大体70%、雨が30%であったが、57年度は、用水が大体40~50%、雨が50~60%となり、これらは年次により異なった。

支出では、地表流出、地下浸透、蒸発散全体で700~1,200mmとなり、土壌別にみると収入の場合と同様、泥

第3表 単位水田における水収支

(mm)

項目	土 壤		泥 炭 土		細粒灰色低地土, 灰色系		細粒灰色低地土, 灰褐色系	
	56*	57*	56	57	56	57	56	57
収入								
用水	641(69)	430(41)	854(75)	685(53)	612(69)	315(35)	621(69)	384(40)
雨	289(31)	610(59)	289(25)	610(47)	278(31)	588(65)	278(31)	588(60)
計	930(100)	1,040(100)	1,143(100)	1,295(100)	890(100)	903(100)	899(100)	972(100)
支出								
地表流土	182(20)	256(26)	284(28)	340(29)	120(16)	195(22)	90(11)	118(13)
地下浸透	140(16)	130(13)	140(15)	230(19)	84(12)	134(14)	196(24)	260(27)
蒸 発 散	572(64)	610(61)	572(57)	610(52)	530(72)	576(64)	530(65)	576(60)
計	894(100)	996(100)	1,006(100)	1,180(100)	734(100)	905(100)	816(100)	954(100)

注) 地表流入: 隣接田からの溢流なし。( ): %, 調査期間: 4/28 ~ 8/15 かんがい期 \*年度

第4表 広域水田のかんがい水の流入, 排出量 (mm)

項 目	水 量		t/a
	30 t/a	(%)	
用 水	392,970	(82)	
流入量 雨 水	86,700	(18)	
計	479,670	(100)	15,990
排出量 上流①地点	28,075		
下流②地点	388,707		
②-①	360,632	(75)	12,021

注 かんがい期間 4/28 ~ 8/15 調査 昭 56

炭土で値がややうまわった。これらの中で、蒸発散の占める割合は、大体 50 ~ 70 %, 地下浸透 10 ~ 30 %, 地表流出 10 ~ 26 % の範囲を示し、地表流出量は、56 年に比べて 57 年で値がややうまわった。地下浸透量は、細粒灰色低地土、灰褐色系で、他の土壤に比べて値はややうまわった。

次に広域水田についてみると、かんがい期間中、地区全体におけるかんがい水の流入量は、479,670 mm、そのうち用水からは 392,970 mm で全体の約 82 %, 雨からは 86,700 mm で全体の 18 % で、流入量の中で雨の割合が少なかった。これを t/a あたりでみると、15,990 mm となる。

これに対して地区内の排出量を、下流の排水量(第2図②地点)から地区内に流入する上流部の排水量(第2図①地点)の差でみると、360,632 mm となり、t/a あたり 12,021 mm になる。この排水量は流入量の約 75 % に相当し、流入量より少なかった。

### 3 窒素及びリンの収支

#### 1) 単位水田

単位水田施肥区と無施肥区の T-N, T-P の収支調査結果は第 5, 6 表に示した。

これより、施肥区の T-N 流入量を土壤別にみると、施肥量の多かった①細粒強グライ土と②泥炭土は 10 a あたり 11.4 ~ 11.6 kg を示し、③細粒灰色低地土、灰色系と④細粒灰色低地土、灰褐色系は施肥量の少なかったこともあって、10 a あたり 7.0 ~ 7.4 kg であった。流入量の内訳では、大体 80 ~ 86 % が肥料、用水 10 ~ 19 %, 雨

2 ~ 4 % となり、2 カ年間ほぼ同様であった。

無施肥区の T-N の流入量は、①、②土壤の湿田タイプで 10 a あたり 1.8 ~ 2.1 kg、③、④土壤の乾田タイプで 1.0 ~ 1.4 kg を示し、乾田タイプのは場合は、湿田タイプに比べて値は下まわった。

T-N の排出量は、施肥区でおおむね 10 a あたり 10.1 ~ 11.0 kg、無施肥区で 6.7 ~ 7.5 kg となり、土壤や年次間で大差なかった。排出量の内訳では、収穫物による持出しがいずれのは場合も 95 % 以上となり、地表排出、浸透排出の占める割合は少なかった。地表排出では②泥炭土、③細粒灰色低地土、灰色系で高目の値がみられたが、浸透排出では土壤間に大差は認められなかった。

無施肥区の T-N 排出量は前述のとおり、10 a あたり 6.7 ~ 7.5 kg あったが、用水と雨からの供給量が 10 a あたり 1.0 ~ 2.1 kg であったことからみると、無施肥区の T-N の大部分は土壤からの供給と思われる。

T-N の排出量を土壤別の施肥排出量でみると、いずれも大差なく、10 a あたり 2.9 ~ 3.6 kg となり、施肥由来の T-N 排出が明らかに認められた。同時に施肥区の地表 + 浸透排出量から施肥区の雨と用水の流入量を差し引いた差し引き排出量でみると、10 a あたり 0 ~ 2.1 kg となり、値はマイナスとなった。

①細粒強グライ土と②泥炭土の T-P 流入量は、施肥区 2 カ年の平均値で 10 a あたりそれぞれ 8.54 kg、7.06 kg となり、無施肥区では 10 a あたり 0.04 kg、0.06 kg であった。③細粒灰色低地土、灰色系及び、④細粒灰色低地土、灰褐色系では、施肥区、無施肥区の T-P 流入量は、いずれも 10 a あたり 5.32 kg、0.02 kg で 2 カ年とも大差なく、N 同様肥料由来が大部分で、用水からきわめて少なく、雨からはほとんどなかった。

T-P の排出量を施肥区でみると、10 a あたり 2.13 ~ 2.46 kg、無施肥区では 1.77 ~ 2.43 kg となり、ほとんど収穫物による持出しとなった。その他地表排出にもとずくものが若干みられたが、浸透排出はみられなかった。

T-P の施肥排出量は、①細粒グライ土で 2 カ年とも 10 a あたり 0.3 kg、②泥炭土で 56 年度 0.33 kg、57 年度 0.45 kg であったのに対し、乾田タイプの③、④土壤では



水田からの肥料成分の流出とその対策

第5表 単位水田の全窒素の収支

(kg/10a)

項目	土 壌	細粒強グライ土		泥 炭 土		細粒灰色低地土・灰色系		細粒灰色低地土・灰褐色系		
		施肥区	無施肥区	施肥区	無施肥区	施肥区	無施肥区	施肥区	無施肥区	
肥料	56	11.2	0	9.3	0	6.0	0	6.0	0	
		57	8.0	0	9.0	0	6.0	0	6.0	0
	平均	9.6(84)	0	9.2(79)	0	6.0(86)	0	6.0(81)	0	
液入量	用水	56	1.5	1.5	2.1	1.4	0.5	0.5	1.1	1.1
		57	1.4	1.4	2.2	2.2	0.9	0.9	1.0	1.0
	平均	1.5(13)	1.5	2.2(19)	1.8	0.7(10)	0.7	1.1(15)	1.1	
雨水	56	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
		57	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	平均	0.3(3)	0.3	0.3(2)	0.3	0.3(4)	0.3	0.3(4)	0.3	
計	56	13.0	1.8	11.7	1.7	6.8	0.8	7.4	1.4	
		57	9.7	1.7	11.5	2.5	7.2	1.2	7.3	1.3
	平均	11.4(100)	1.8	11.6(100)	2.1	7.0(100)	1.0	7.4(100)	1.4	
排出量	地表 排出	56	0.1	0.1	0.4	0.1	0.8	0.1	0.1	0.1
		57	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	平均	0.1(1)	0.1	0.3(3)	0.1	0.5(4)	0.1	0.1(1)	0.1	
浸透 排出	56	0.3	0.3	0.1	0.1	0	0.2	0.1	0.1	
		57	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2
	平均	0.3(3)	0.2	0.2(1)	0.1	0.1(1)	0.2	0.2(1)	0.2	
収穫 物	56	10.1	6.8	10.5	7.2	9.5	6.5	10.0	6.4	
		57	9.8	7.0	10.6	7.4	9.7	6.3	10.3	6.7
	平均	9.9(96)	6.9	10.6(96)	7.3	9.6(95)	6.4	10.2(98)	6.6	
計	56	10.5	7.2	11.0	7.4	10.3	6.8	10.2	6.6	
		57	10.1	7.2	11.0	7.6	9.9	6.5	10.6	7.0
	平均	10.3(100)	7.2	11.0(100)	7.5	10.1(100)	6.7	10.4(100)	6.8	
施肥排出量	56	3.3	-	3.6	-	3.5	-	3.6	-	
	57	2.9	-	3.4	-	3.4	-	3.6	-	
差引き排出量	56	-1.4	-	-1.9	-	0	-	-1.2	-	
	57	-1.4	-	-2.1	-	-1.0	-	-1.0	-	

注) 施肥排出量：(施肥区の排出量-無施肥区の排出量)

( )内：%

差引き排出量：(施肥区の地表排出+浸透排出)-(施肥区の用水+雨)

第6表 単位水田の全リンの収支

(kg/10a)

項目	土 壤	細粒強グライ土		泥 炭 土		細粒灰色低地土・灰色系		細粒灰色低地土・灰褐色系		
		施肥区	無施肥区	施肥区	無施肥区	施肥区	無施肥区	施肥区	無施肥区	
肥料	56	8.50	0	7.00	0	5.30	0	5.30	0	
	57	8.50	0	7.00	0	5.30	0	5.30	0	
	平均	8.50(99)	0	7.00(99)		5.30(99)	0.02	5.30(99)	0	
流入量	用水	56	0.04	0.04	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02	0.02
		57	0.04	0.04	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02
	平均	0.04(1)	0.04	0.06(1)	0.06	0.02(1)	0.02	0.02(1)	0.02	
雨水	56	0	0	0	0	0	0	0	0	
	57	0	0	0	0	0	0	0	0	
	平均	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	
計	56	8.54	0.04	7.06	0.06	5.32	0.02	5.32	0.02	
	57	8.54	0.04	7.05	0.05	5.32	0.02	5.32	0.02	
	平均	8.54(100)	0.04	7.06(100)	0.06	5.32(100)	0.02	5.32(100)	0.02	
排出量	地表 排出	56	0.02	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
		57	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
	平均	0.02(1)	0.01	0.03(1)	0.01	0.01(1)	0.01	0.01(1)	0.01	
浸透 排出	56	0	0	0	0	0	0	0	0	
	57	0	0	0	0	0	0	0	0	
	平均	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	0 (0)	0	
収穫 物	56	2.09	1.80	2.16	1.85	2.52	2.45	2.40	2.36	
	57	2.14	1.84	2.12	1.66	2.30	2.30	2.50	2.60	
	平均	2.22(99)	1.82	2.14(99)	1.76	2.41(99)	2.38	2.45(99)	2.48	
計	56	2.11	1.81	2.19	1.86	2.53	2.46	2.41	2.37	
	57	2.15	1.85	2.12	1.67	2.31	2.31	2.50	2.48	
	平均	2.13(100)	1.83	2.16(100)	1.77	2.42(100)	2.39	2.46(100)	2.43	
施肥 排出量	56	0.30	-	0.33	-	0.07	-	0.04	-	
	57	0.30	-	0.45	-	0	-	0.02	-	
差引き 排出量	56	-0.02	-	-0.03	-	-0.01	-	-0.01	-	
	57	-0.03	-	-0.02	-	-0.01	-	-0.01	-	

注) 第5表参照

水田からの肥料成分の流出とその対策

両年度とも 0.07 kg 以下の小さい値で、差し引き排出量も -0.01 ㎍ 以下でほとんどマイナスの値となった。

2) 広域水田

広域水田の T-N, T-P の収支については第 7 表に示した。収支は地区の排出量-流入量の差し引き排出量で求めた。この場合、代かき田植時期は分けて計算した。

そこで、4 月 28 日～5 月 10 日に至る T-N, T-P 収支をみると、差し引き排出量で T-N は地区全体で 569.5 kg, 1a あたり 19 kg となり、T-P は地区全体で 9.9 kg, 1a あたり 0.3 kg でいずれもプラスの値となった。それ以降は T-N, T-P いずれも値はマイナスとなり、

あきらかに、これらの成分が水田によって吸収浄化されていることが示唆された。

4 水稲の生育収量及び窒素, リン吸収量

第 8 表に調査結果を示した。いずれも調査期間中における生育は順調で、施肥区の玄米収量は 10 a あたり 480 ~ 570 kg を示し、昭和 56, 57 年の県平均 432 kg / 10 a を大巾にうまわった。

Ⅳ 考 察

従来より、農耕地から排出される肥料成分(ここでは窒素とリン)を正確に把握することは、地形、土壌、水

第 7 表 広域水田の全窒素, 全リン収支

(kg)

期間	項目	流入量 ( 収入 )						排出量 ( 支出 )				差し引き排出量	
		用水 (a)		雨水 (d)		計 ( a + d )		排水路		排水②-①(c)		(c)-( a + d )	
		30 ha	ha	30 ha	ha	30 ha	ha	下流②	上流①	30 ha	ha	30 ha	ha
4 / 28	T-N	124.9	4.2	12.0	0.4	136.9	4.6	744.0	37.2	706.8	23.6	569.9	19
	T-P	7.4	0.2	0	0	7.4	0.2	18.7	1.4	17.3	0.6	9.9	0.3
5 / 11	T-N	470.2	15.7	2.8	2.8	553.6	18.5	478.3	22.8	455.5	15.2	-98.1	-3.3
	T-P	14.7	0.5	0	0	14.7	0.5	7.9	0.6	7.3	0.2	-7.4	-0.2

調査：昭 56, かんがい期 (4/28 ~ 8/15)

第 8 表 水稲生育収量及び窒素リン吸収量

土壌, 区別	項目	稈長(cm)	穂長(cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	収量 ( kg / 10 a )			N 吸収量 (kg/10 a)			P 吸収量 (kg/10 a)		
					わら	もみ	玄米	わら	もみ	計	わら	もみ	計
細粒強グライ土	施肥区	84.9	18.6	440	679	676	541	3.05	7.00	10.05	1.29	2.97	4.26
	無施肥区	82.0	17.7	325	520	536	429	2.24	4.60	6.84	1.00	2.16	3.16
泥炭土	施肥区	84.6	17.8	427	740	720	572	3.85	6.68	10.53	1.26	3.11	4.36
	無施肥区	80.1	17.1	316	498	515	408	2.13	4.25	6.38	1.00	2.30	3.30
細粒灰色低地土 灰色系	施肥区	86.0	15.2	437	624	617	523	3.06	6.44	9.50	1.46	2.84	4.30
	無施肥区	74.2	16.3	340	487	495	381	2.19	4.60	6.79	0.98	2.08	3.06
細粒灰色低地土 灰褐色系	施肥区	88.4	17.5	481	635	609	483	3.49	6.46	9.95	1.57	2.91	4.47
	無施肥区	76.7	18.7	332	460	462	372	2.16	4.25	6.41	1.06	2.08	3.14

注) 昭 56, 57 の平均値

利状況さらに気象、耕作者による水管理等のさまざまな要因が、関連することから、現地ではなかなか困難とされ、これまでポットや框、ライシメーター試験段階にとどまっていた。<sup>13)</sup>

しかし、近年、琵琶湖、霞ヶ浦、諏訪湖等の停滞性水域においては、窒素、リンによる富栄養化が深刻な問題となっている現状から、その実態を現地レベルで調査する試<sup>6,7,9)</sup>みがなされている。本調査も霞ヶ浦の水質浄化対策を確立するに先立って行った現地実態調査の一例であるが、結果から今後の浄化対策を検討するにあたって、重要な手がかりが得られた。

### 1 水田内の窒素、リンの動向

現在、現地で行われている基肥の施肥法は、必ずしも一様ではないが、機械植えを行う場合は、基肥施肥、入水、代かき、または荒代かき、基肥施肥そして本代かきと、一連の作業を4～5日の短い期間で行う。したがって、水持ちのよい水田では、田植作業を容易にするための水位調節で一時的に落水する。このようなことから、とくに基肥施肥後の田面水中の窒素、リン濃度が懸念される。

単位水田施肥区の施肥直後の田面水中の窒素、リン濃度は、いずれの土壤も高かった。広域水田の大排水路で、代かき田植え時にみた結果によっても傾向は同じであった。したがって、このことはあきらかに、この時期に強制落水あるいは溢流があれば、多量の肥料成分が排水路に排水されることをうらづけるもので、高村<sup>6,7)</sup>らの指摘するところである。

調査結果では、追肥によっても田面水中の窒素濃度の高まりがみられる。しかし、水管理の慣行からみて、この時期のかんがい水量は、必要最少限にとどめていることもあり、とくに大雨による溢流等のないかぎり、系外に流出する危険は少ないと考えられる。

施肥が地下浸透水質に及ぼす影響は、①細粒強グライトで深さ20cm、④細粒灰色低地土、灰褐色で深さ30cmにそれぞれみられたが、深さ50cmではほとんど影響はみられなかった。

また、田面水や浸透水中の窒素やリンの濃度について

みると、全般的に窒素に比べてリンで低かった。これはすでに岩田<sup>15)</sup>、高村<sup>6)</sup>らの指摘どおり、リンの土壤吸着にもとづくものであろう。さらに水田では、土壤還元進行にもなると、リンが土壤中に溶出し易くなり、さらに硫化物の生成発達にもなるとリン酸鉄の一部がリン酸として遊離<sup>15)</sup>することがある。8月に入ってみられた田面水中のリン濃度の上昇は、これらの理由によるものと考えられる。なお、調査期間中の雨の窒素濃度はおおむね1時間前後で推移し、リンはほとんど不検出であった。

### 2 水田の窒素、リン収支

単位水田の窒素、リン収支調査結果では、水田への流入、排出量の約80～98%が肥料、収穫物で占められ、その他が用水や雨による流入、地表流出や地下浸透による排出となっている。また、施肥区の排出量と無施肥区の排出量との差で求めた施肥排出量をみると、いずれの土壤も施肥に由来する窒素、リンの排出があきらかに認められた。排出量は10aあたり全窒素で2.9～3.6kg、全リンで0.45～0.07kgの値にとどまったが、土壤の種類との関係はあきらかでなかった。差し引き排出量は全窒素で10aあたり0～-2.1kg、全リンで-0.01～-0.03kgとなりほとんどがマイナスの値となった。高村<sup>6~8)</sup>らが霞ヶ浦の湿田で行った調査結果によれば、単位水田の施肥排出量は、全窒素で10aあたり1.37～1.04kg、全リンで0.15～-0.37kg、乾田で行った例では全窒素2.07kg、全リン0kgで湿田に比べて乾田で排出量は大きかったとし、さらに、差し引き排出量では10aあたり全窒素で1.12～-0.37kg、全リンで0.17～-0.02kgであったとしている。また、全国的にまとめた<sup>14)</sup>これらの値を平均値でみると、単位水田での施肥排出量は10aあたり全窒素で0.51～2.07kg、全リンで0～0.17kg、差し引き排出量は全窒素で2.81～-1.73kg、全リンで0.54～-0.25kgであり、これまでの調査結果はおおむねこれらに符合した。

今回の調査では、土壤の種類との関係はあきらかでなかった。この原因の一つには、単位水田の各土壤の土性が全般的に細粒質で、飽和透水係数が $10^{-6}$ ときわめて小さい値であったこともあり、土壤の乾湿以外に各土壤の

## 水田からの肥料成分の流出とその対策

土性配列が、物質の収支にかなり係っていたことがうかがわれた。また、同時に求めた差し引き排出量の値では、ほとんどの土壌がマイナスを示し、土壌の乾湿に関係なく、窒素、リン等肥料成分が土壌に吸収浄化されたことがうかがわれた。

一方、用水の反復利用など水田群の中では、窒素、リンの排出吸収が繰り返し行われている。

広域水田の調査結果から、差し引き排出量をみると、4月28日～5月10日の代かき田植え時でhaあたり全窒素19kg、全リン0.3kgの排出がみられたが、その時期以降の値はマイナスとなり、単位水田同様、吸収浄化の傾向がみられた。高村<sup>14)</sup>らは全国の実測例をもとに全窒素の排出量、流入量との関係から水田を分類して、排出型と吸収型に分けた。そして霞ヶ浦流域の水田は、これらの中間に位置するとした。また、用水水質の面からみた場合、水質がきれいなほど排出型になり易く、汚濁しているほど吸収型になり易いという。今回の調査結果もおおむねこれに符合するものと考えられる。

### 3 対策への提言

今回の調査では細粒質水田にとどまったが、調査結果から、施肥にもとづく肥料成分の排出はあきらかに認められ、排出時期は、基肥の施用直後の代かき田植え時で、機械導入に先立つての強制落水または溢流であった。

したがって、この時期に田面水中の肥料成分濃度が高くなるようにすることが重要となり、このための肥料形態の改良、施肥法の改善が望まれる。さらに節肥、節水を行うことはもちろん、前述のとおり、水田には肥料成分を浄化吸収する機能のあることもあきらかになっていることから、水の反復利用など、これらの機能を十分発揮できるような場管理の工夫も重要である。

## V 摘 要

霞ヶ浦流域水田の代表水田土壌を対象に、単位水田及び広域水田で、窒素、リンの動向と収支について調査した結果をまとめると次のようである。

1) 施肥直後の施肥区の田面水中の窒素、リン濃度は、あきらかに高まり、2～3日高目で経過した後漸減し、

おおむね10～14日で無施肥区と同濃度となった。

2) 施肥区の浸透水について、施肥の影響をみた結果、細粒強グライ土で深さ20cm、細粒灰色低地土、灰褐色で深さ30cmにその影響がみられたが、50cmの深さでは施肥成分の影響はみられなかった。

3) 田面水及び浸透水中のリン濃度は窒素に比べて常に低かった。

4) 排水路の全窒素、全リン濃度は、あきらかに代かき田植時に高くなることが認められた。

5) 施肥後1日目の田面水中の全窒素の形態は、約70%がアンモニア態窒素、23%が有機態窒素、7%が硝酸態窒素であった。

6) 単位水田の用水源は用水と雨が主体でいずれの場合も10aあたり900～1,300mmの範囲であり、排水は地表流出、地下浸透、蒸発散が主で、いずれも800～1,200mmの範囲であった。その内訳をみると、蒸発散約50～70%、地下浸透10～30%、地表流出10～26%であった。

7) 施肥に基づく全窒素の排出量を土壌別にみると大差はなく、10aあたり2.9～3.6kgの範囲で施肥由来の全窒素の排出があきらかに認められた。差し引き排出量では10aあたり0～-2.1kgの範囲であった。全リンでは施肥に基づく排出量は10aあたり0.33～0.07kg、差し引き排出量は-0.01ppm以下で、いずれの土壌もマイナスの値であった。

8) 広域水田の差し引き排出量でみた結果では、代かき田植時の4月28日から5月10日で全窒素、全リンの排出が認められた。それ以降の収支では値はマイナスとなり、肥料成分が水田によって浄化されていることが認められた。

9) 以上の調査結果から、水田からの肥料成分の流出防止対策を確立するための手がかりが得られた。

謝辞：本研究の一部は環境庁委託研究費によって行ったものである。現地の採水等に当たっては、竜ヶ崎試験地の塩幡昭光主任研究員、さらに水質分析に御協力いただいた桜井鎮雄技師（元農試環境部、現、下館地区農業改良普及所）に心から感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 茨城県環境局：霞ヶ浦の水質浄化の方策について  
(茨城県水質審議会中間答申)(1981)
- 2) 茨城県：茨城県霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条  
例(昭和56年12月21日茨城県条例第56号)(1981)
- 3) 中田均：水田よりの肥料成分の流出と環境に及ぼす  
影響(土肥講要旨集)(1976)
- 4) 愛知県総農試：土壌汚染機構解析調査成績書(1974,  
1975)
- 5) 田淵俊雄：農地排水と水質汚濁 - 水田肥料の流出,  
農土試 43. 525 ~ 529 (1975)
- 6) 高村義親ら：水田の物質収支に関する研究(第1報)  
霞ヶ浦流域の水田における窒素およびリンの動向と  
収支について, 土肥誌 47. 398 ~ 405 (1976)
- 7) 高村義親ら：水田の物質収支に関する研究(第2報)  
利根川流域の湿田における窒素, リンの収支と排出  
について, 土肥誌, 48. 431 ~ 436 (1977)
- 8) 古畑和五郎：諏訪湖集水域農業生態系 - 水田肥料  
のN, Pの動向と発生負荷 - 環境科学B 8 - R  
12 - 1 (1978)
- 9) 高村義親ら：水田の物質収支に関する研究(第3報)  
霞ヶ浦流域の乾田における窒素およびリンの収支と  
排出について, 土肥誌, 50 211 ~ 216 (1979)
- 10) 日本工業規格：工場排水試験法, 36 ~ 46 日本規格  
協会(1971)
- 11) 原田登五郎ら：土肥誌, 35. 21 (1964)
- 12) 坂上行雄ら：土肥誌, 33. 8 (1962)
- 13) 早瀬達郎ら：無機質化学肥料の多用に伴う生態系の  
変動に関する実態解析(第1報), 文献調査解析,  
農技研肥料化学資料第174号(1975)
- 14) 高村義親ら：日本河川水質年鑑, 建設省河川局監修,  
日本河川協会編(1977)
- 15) 岩田武司：農事試報, 第49号(1928)
- 16) 小川吉雄：畑地からの窒素の流出に関する研究, 茨  
城農試特研報, 4 (1979)
- 17) 高村義親ら：霞ヶ浦流域農業生態系 - 水田におけ  
る栄養元素の動態と水域へのインパクト, 環境科  
学B 8 - R 12 - 1 (1978)

# 水田からの肥料成分の流出とその対策

## 第2報 局所施肥による効果

平山 力・酒井 一・間谷敏邦・岡野博文

Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields and its Control.  
Part II. Effects of Banddressing by the Side of Seedling Row in Rice Culture

Chikara HIRAYAMA, Kuni SAKAI, Toshikuni AITANI, Hirohumi OKANO

霞ヶ浦の汚濁原因の一つに、周辺水田からの田植え時期などに流出する化学肥料のN、P成分があげられている。そこで、その流出防止対策の一環として、局所施肥の検討を行った。その結果、施肥田植機利用による局所施肥を行うことにより、基肥施用後における田面水中へのN、P成分の溶出抑制はあきらかに認められた。また、いずれの土壤条件においても基肥は20%減肥でき、さらに、局所施肥は施肥と田植えが同時にできるメリットのあることが解明された。

以上のことから、肥料成分を流出させない施肥法として、局所施肥のすぐれていることが認められ、水質浄化ばかりでなく、省力、省資源にも十分役立つことが認められた。

### I 緒 言

水田からの肥料成分の流出で問題となるのは、代かき田植時期であり、その時期の流出防止対策がきわめて重要であることは前報<sup>1)</sup>であきらかにした。

もともと田植え作業は、耕起、入水、施肥（施肥、入水）、代かき、田植え等の順で行われるが、田植機利用による稲作一貫作業体系が確立され、定着化している現在、これらの技術の中にも省力化優先にともなう再検討部分もみうけられる。とくに施肥法に関しては、初期生育を確保するための植代施肥や根付肥（分けつ期）など、表層の部分に施肥する傾向が強くなってきている。このことは結果的に、前述<sup>1)</sup>した肥料成分の流出に繋がり、さらに、肥料の利用効率、肥効持続性の低下に結びつく原因として懸念される。これらの背景から、肥料流出上問題のみられる慣行施肥法の欠点を補うため、改善策の視点を基肥施肥、田植期に絞り、局所施肥<sup>2,3,4,5,6,7)</sup>の検討を試みた。

この施肥法は、田植機に取付け、田植えと同時に基肥が植付け株の横3～4cm、深さ3～5cmの位置に側条に施肥できる。

これまでの試験結果では、肥料を土中に施肥できることから田面水中への肥料成分の溶出が軽減できること<sup>8,9)</sup>さらに、施肥と田植えが同時にでき、かつ、肥料が作土中に局所的に施用されることから、水稻に効率的に利用され、早期に有効茎数が確保できることなど<sup>4,6,7,10)</sup>肥料の溶出軽減ばかりでなく、省力、省資源の見地からも期待できる施肥技術として、すでに実用化に移されているところもみられる。

長野では、省力、安定多収の面から実用化技術として普及の段階に移され、さらに稚苗、中苗を対象とした良質米生産のための新施肥法の検討が進められている。滋賀では、琵琶湖の富栄養化との関連ですでに普及に移されている。

局所施肥の肥料形態は、これまでペースト肥料が主体

であったが<sup>4,6)</sup> 価格や運搬、貯蔵さらに使用機種が特定されることなど、さらに今後、検討を要する点もみられる。最近ではこれを補うための化成肥料用の機種も開発されている。

前述のとおり<sup>1)</sup> 水田からの肥料成分の流出抑制対策が強く望まれている時に、期待される局所施肥についての本県の取組みは、極端に少なく<sup>11)</sup>、対応できる知見はきわめて乏しい。そこで局所施肥に関する試験を昭和56～58年の3カ年間にわたり実施した。本報告では、これらの試験内容の中から、施肥法の違い及び局所施肥による肥料成分の溶出状況、各施肥法と局所施肥における基肥施肥量、施肥位置ならびに穂肥時期のちがいが水稻の生育収量に及ぼす影響等について、肥料形態、土壌条件を異にして検討したので、その概要を述べる。

## II 試験方法

- 1) 試験場所と土壌条件：(1)本場(水戸市上国井町)―表層腐植質多湿黒ボク土(大内統)(2)現地(水戸市田谷町)―細粒グライ土(浅津統)，(3)現地(水戸市田谷町)―中粗粒褐色低地土(芝統)(4)竜ヶ崎試験地(竜ヶ崎市大徳町)―中粗粒強グライ土(滝尾統)(5)現地(河内村竜丁歩)―細粒強グライ土(田川統)。以上5カ所のうち(3)，(5)は昭57のみ実施。理化学性は第1表に示した。
- 2) 供試品種及び苗の種類：コシヒカリ，稚苗2.0～2.7葉，育苗日数20～23日。
- 3) 移植，刈取り：5月9～13日，9月17～25日

(昭56,58)5月6～11日，9月15～17日(昭57)

4) 栽植密度及び植付本数：30×16cm，平均5本植/株(各試験地共通)

5) 供試機と肥料の種類：4条用PF45型，ネオベスト(10-16-12)，NS400F，塩加磷安(10-20-15-5)。

6) 区の構成と施肥量(kg/a)：昭和56年度は肥料の形態を主体とし，57年度はそれに生わらの有，無を組合わせ，さらに58年度は同一土壌タイプの減水深の関係を検討した。

(1) 区の構成：

生わら 肥料形態 基肥施肥量 施肥位置 追肥時期  
慣行に対する減肥率(%) (深さcm) (出穂前日数)

$$\textcircled{1} (56\text{年})(\text{無}) \times \left( \frac{\text{ベスト}}{\text{化成}} \right) \times \left( \frac{10}{20} \right) \times \left( \frac{3}{5} \right) \times \left( \frac{22}{15} \right)$$

$$\textcircled{2} (57\text{年}) \left( \frac{\text{有}}{\text{無}} \right) \times \left( \frac{\text{ベスト}}{\text{化成}} \right) \times \left( \frac{20}{30} \right) \times \left( \frac{3}{5} \right) \times \left( \frac{22}{15} \right)$$

$$\textcircled{3} (58\text{年})(\text{有}) \times (\text{ベスト}) \times (20) \times \left( \frac{3}{5} \right) \times \left( \frac{22}{15} \right)$$

56年度は(1)本場(水戸)(2)現場(水戸)のベスト基肥30%減肥区は，施肥位置3cmについて行い，竜ヶ崎(4)ではベスト20%減肥区は，施肥位置3cm，5cmについて行った。なお，56年度は全層施肥区を(1)本場のみ

第1表 供試は場作土の一般理化学性

(乾土)

試験場所	土性	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	C/N	NH <sub>4</sub> -N 生成量 (mg/100g)	リン酸吸 収係数	CEC (m.e)	Ex-Base(mg/100g)			土壌統名
									CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	
(1) 本場 (水戸市上国井町)	L	5.7	4.3	0.42	10.2	8.6	2,340	21.5	316	48	31	表層腐植質多湿黒ボク土 (大内統)
(2) 現地 (水戸市田谷町)	SiCL	6.1	3.0	0.25	12.0	10.5	863	23.7	210	57	20	細粒グライ土 (浅津統)
(3) 現地 (“)	SiL	5.5	1.8	0.14	12.9	3.7	622	11.5	175	24	40	中粗粒褐色低地土 (芝統)
(4) 竜ヶ崎試験地 (竜ヶ崎市大徳町)	SiL	6.0	1.7	0.19	8.9	5.1	649	10.8	183	59	25	中粗粒強グライ土 (滝尾統)
(5) 現地 (河内村竜丁歩)	LiC	5.8	2.8	0.27	10.4	12.1	790	26.1	289	73	29	細粒強グライ土 (田川統)

注) 分析法：常法<sup>13)</sup>による。



## 水田からの肥料成分の流出とその対策

に設けたが、57年度は、(2)現地、(4)竜ヶ崎にも設けた。

慣行区はいずれも植代施肥とした。

(2) 施肥量 (kg/a) :

施肥量は第2表に示したとおり、(1)本場で基肥  $a$  あたり  $N$  0.6 kg、以外は 0.5 kg とした。追肥はいずれも  $N$  0.3

kg とした。

7) 田面水の分析：基肥施用後、区内5カ所より田面水を採水し、均等混合した後直ちに分析に供した。T-N、T-Pの分析はJIS、K.0102<sup>12)</sup>によった。

第2表 施肥量

土 壤		(1)表層腐植質多湿黒ボク土					(2)細 粒 グライ土			(3)中粗粒褐色低地土(kg/a)			(4)中粗粒強グライ土		(5)細 粒 強グライ土	
		基 肥			追 肥		基 肥			追 肥		追 肥		追 肥		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O	
全層施肥		0.6	1.2	0.9	0.3	0.3	0.5	1.0	0.75	0.3	0.3					
慣 行 (植代施肥)		"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	
局 所 施 肥	10%	0.54	0.86	0.65	"	"	0.45	0.72	0.54	"	"	"	"	"		
	20	0.48	0.77	0.58	"	"	0.40	0.64	0.48	"	"	"	"	"		
	30	0.42	0.67	0.50	"	"	0.35	0.56	0.42	"	"	"	"	"		

注) 生わら施用：60 kg/a 秋施用 (昭 57. 58)

### Ⅲ 試 験 結 果

#### 1 肥料成分の溶出

局所施肥を行った直後の田面水中へのT-N、T-Pの溶出状況を、慣行の植代施肥と従来から行われた全層施肥との比較で、ペーストと粒状化成を土壤条件別に示したのが第1、2図である。

これによると、慣行区におけるT-N濃度は、いずれの土壤も施肥後7日頃まで全般的に高い傾向を示し、とくに(1)、表層腐植質多湿黒ボク土(以下(1)土壤と呼ぶ)では、施肥後1日目のT-N濃度が22.9ppmと極端に高かった。これに対して、局所施肥各区は、いずれの土壤も慣行区に比べてT-N濃度は、おおむね1~4ppm程度で施肥後1日目からあきらかに低かった。局所施肥各区の中でペーストと化成の溶出程度を比べると、第1日目のペースト区のN濃度は1ppm前後、化成で2~4ppmとペーストに比べて化成でやや高目の傾向がうかがわれた。施肥位置3cmと5cmでは、ペースト、化成いずれも3cmで値はややうまわった。全層施肥区の溶出調査は、(1)土壤のみであったが、T-Nの溶出は局所施肥区同様きわめて低い値であった。

T-PもおおむねT-Nと同様の傾向を示し、局所施肥区の田面水中への溶出抑制は、あきらかに認められた。なお、これらの調査結果から、とくに目立った点をあげれば、(1)土壤における田面水中のT-P濃度が、施肥後5日目で、おおむねかんがい水並に低下したこと、また(4)土壤のT-P濃度が、(1)、(2)土壤の最高0.16、0.65ppmに比べて0.30~1.30ppmと約2~5倍高い値で推移したことがあげられる。

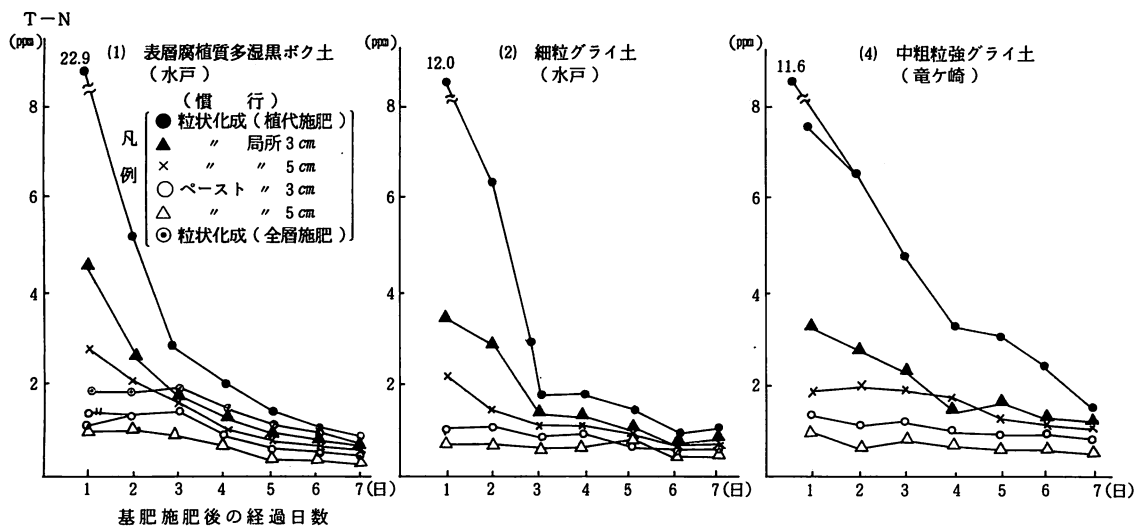
#### 2 水稻の生育収量

##### 1) 初期生育

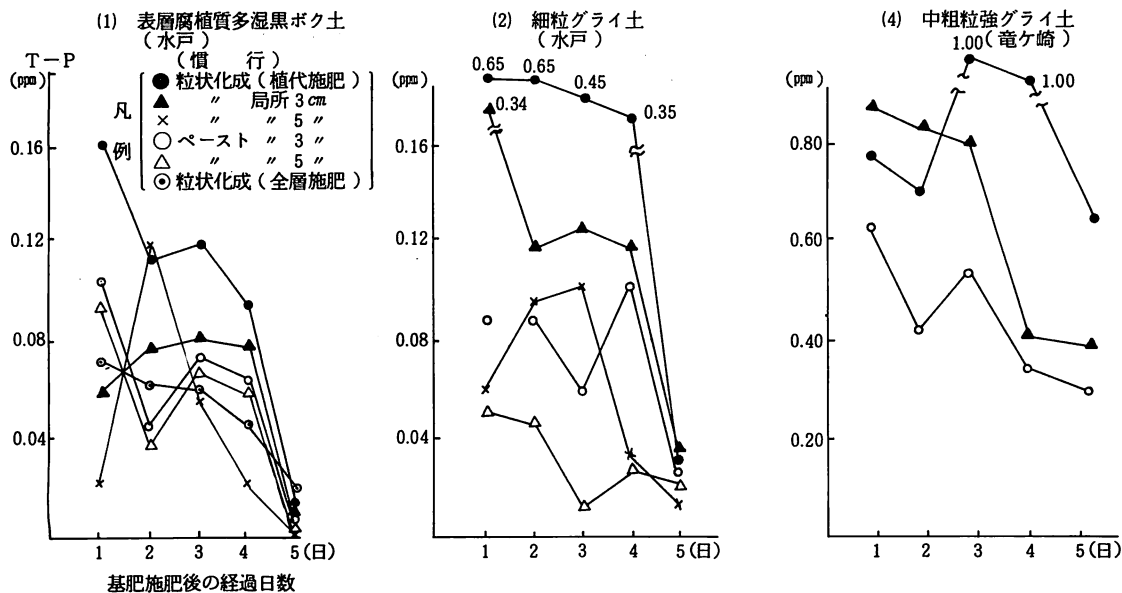
局所施肥区の初期生育を年次別に、植付け後の経過日数と草丈、莖数、葉色の推移で、慣行区との比較で示したのが第3図である。

これによると、生育は56年に比べて57年が全般的にうまわったが、いずれの土壤においても、局所施肥区の草丈、莖数は、植付け後30~40日であきらかに慣行区をうまわり、この傾向は莖数でとくに目立った。また、葉色の観察結果でも全般的に局所施肥区の葉色が慣行区に比べて淡い傾向にあった。

すなわち、これらのことがとくに目立った57年の栽培

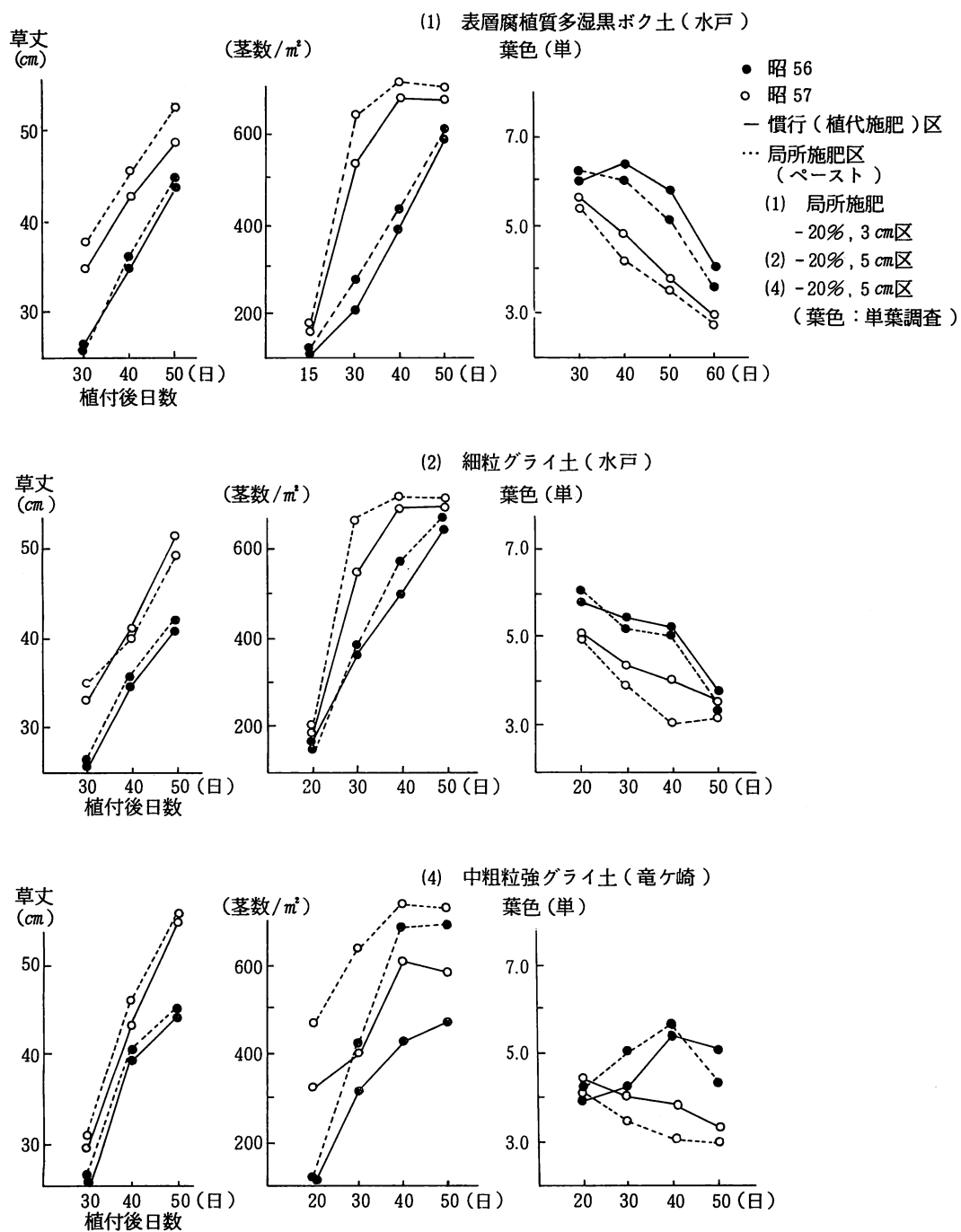


第1図 田面水中へのT-Nの溶出



第2図 田面水中へのT-Pの溶出

水田からの肥料成分の流出とその対策



第 3 図 生育初期の草丈, 茎数, 葉色

結果から植付け後30日目の茎数についてみると、水戸の(1)土壌では慣行区の $m^2$ あたり520本に対し、局所施肥基肥20%減肥、施肥位置3cm区で623本、水戸(2)土壌では、慣行区の535本に対し、局所施肥20%減肥5cm区で642本、竜ヶ崎の(4)土壌においては、慣行区の403本に対して局所施肥20%減肥5cm区で626本と慣行区に比べて局所施肥区はあきらかにうまわった。

また、同時に葉色をみると、局所施肥区はいずれも、施肥後の葉色発現は速かで濃い傾向がみられるが植付け後40～50日でおおむね4.0次下の値になることが観察された。

## 2) 肥料形態

肥料の形態としてペーストと粒状代成を用い、局所施肥における基肥施肥量、施肥位置、および追肥時期について検討した結果を第3表に示した。

まず、ペーストについて基肥施肥量をみると、水戸(1)土壌、水戸(2)土壌いずれも減肥10%、20%間に有意差はみられなかった。また、施肥位置では、水戸(1)土壌の玄米収量で、深さ3cmと5cmで1%水準の有意差がみられ、収量は5cmに比べて3cmでうまわった。しかし、水戸(2)土壌、竜ヶ崎(4)土壌では、両者間に有意差は認められなかった。さらに追肥時期について検討した結果では、出穂前22日と15日間では、水戸(1)土壌の玄米収量では、5%水準の有意差がみられ出穂前22日に比べて15日追肥で、玄米収量はうまわった。水戸(2)土壌、竜ヶ崎(4)土壌では、両者間に有意差は認められなかった。なお、各土壌とも基肥20%減肥で、玄米収量は慣行区をうまわることが認められた。

次に粒状化成についてみると、基肥施肥量、施肥位置追肥時期とも処理間に対する反応は、おおむねペーストと同様であり、収量水準も慣行区と大差なかった。また、ペーストと化成の玄米収量の比較を、同一施肥量の減肥率10%区の比較でみると差異はみられなかった。施肥法の違いでは局所施肥と全層施肥間には、生育収量で大差なかった。因に、局所施肥における肥料の形態を玄米重について整理したのが第4表である。

## 3) 土壌間比較

局所施肥における基肥の施肥量、施肥位置および追肥時期を土壌条件との比較で検討したのが第5表である。

供試した土壌は、前述した(1)表層腐植質多湿黒ボク土、(2)細粒グライ土、(3)中粗粒褐色低地土、(4)中粗粒強グライ土、(5)細粒強グライ土の5タイプである。(以下前述のとおり(1)土壌と呼ぶ)。このうちの(1)、(2)、(3)土壌は水戸市で県北、(4)、(5)土壌は竜ヶ崎市、河内村で県南である。ここでは肥料形態をペーストに絞り、いずれも生わら施用条件で検討した。これによると、基肥施肥量はいずれの土壌も減肥率20%で慣行区をうまわり、施肥位置ではあきらかに土壌間に差が認められた。とくに(1)土壌と(4)土壌において3cmと5cm間に有意差がみられ、玄米収量では3cmより5cmでまさった。穂肥時期は肥切れの早かった(4)土壌で、出穂前15日より22日で玄米収量はうまわった。このように穂肥時期の効果は土壌の条件等で異なっており、肥切れが早い場合は葉色をみながら早目に追肥することが安定収量確保のうえで重要である。

## 4) 生わら施用

なお、これらの施肥法と水稻生育収量を生わらの施用有無との関係で整理したのが第6表である。

ここでは、(1)と(2)土壌について、ペースト区についてみた結果を示したが、これによると、生わらのあり、なしと各土壌の稈長、玄米重、千粒重、登熟歩合の関係では、(2)土壌の玄米重で1%水準で有意差がみられた以外はほとんど大差はみられず、生わらの施用有無が局所施肥に及ぼす影響のきわめて少ないことが認められた。

## 3 施肥法の違いとN利用率

施肥法の違いとN利用率の関係についてみた結果を第7表、第4図に示した。

これによると、局所施肥区の水稲のN利用率は、慣行である植代ならびに全層施肥区に比べて、いずれの土壌も生育初期からうまわり、この傾向は生育後期にまで及んでいることが認められた。すなわち、いずれの土壌も、局所施肥区のN利用率は、植付け後30日目の6月8日で植代及び全層施肥区の約2～4倍、40日目の6月18日で2～3倍ととくに初期生育で高い利用率が認められ

水田からの肥料成分の流出とその対策

第3表 肥料の形態と局所施肥

肥料の種類	要因	水準	(1) 本場(表層腐植質多湿黒ボク土)				(2) 現地(細粒グライ土)				(4) 竜ヶ崎(中粗粒強グライ土)			
			稈長 cm	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	稈長 cm	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	稈長 cm	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
化	行		88.3	58.3	21.7	77.0	87.8	52.7	22.3	72.0	81.0	53.9	21.5	79.8
成	全層施肥		92.1	55.2	21.1	68.0	-	-	-	-	-	-	-	-
ペ	基肥施肥量 (減肥%)	-10	92.4	55.3	21.6	72.8	89.4	54.8	22.0	72.0	-	-	-	-
		-20	90.3	56.0	21.6	73.8	87.5	54.3	22.5	74.5	82.2	56.9	21.5	83.5
ス	施肥位置 (深さ cm)	3	90.6	56.8**	21.6	74.5	87.7	54.3	22.5	75.5	82.0	54.6	21.5	83.0
		5	90.1	54.3	21.6	72.0	89.1	54.7	22.1	71.0	82.5	59.0	21.4	83.8
ト	追肥施肥 (出穂前日数)	22	90.4	54.4	21.3	71.5	87.3	53.8	22.4	75.5	81.7	56.9	21.6	83.9
		15	90.4	56.9*	22.0	75.0	89.5	55.2	22.2	71.0	82.7	56.8	21.3	82.8
化	基肥施肥量 (減肥%)	-10	91.1	53.2	20.9	69.5	88.1	50.3	21.5	70.5	84.0	55.7	21.6	83.4
		-20	91.0	54.1	21.2	71.5	86.8	49.2	22.3	73.8	82.9	55.0	21.4	83.3
		-30	89.2	55.9	21.3	75.8	84.0	51.6	22.6	76.0	81.9	54.3	21.6	84.1
成	施肥位置 (深さ cm)	3	91.4	56.4**	21.5	73.2	85.9	51.2	22.3	74.5	81.3	53.6	21.5	83.4
		5	89.9	52.3	20.8	71.3	86.7	49.5	21.9	72.3	84.6	56.4	21.5	83.1
成	施肥位置 (出穂前日数)	22	90.3	53.0	20.8	71.2	84.4	51.1	22.3	76.7	82.3	54.4	21.6	82.6
		15	91.1	55.7**	21.5	73.3	88.2	49.6	22.0	70.2	83.5	55.6	21.4	83.9

\* 5%水準有意 \*\* 1%水準有意

備考：基肥の設定施肥量と実際の施肥量(化成)

場所 減肥率	(1) 本場 (表層腐植質多湿黒ボク土)			(2) 現地 (細粒グライ土)			(4) 竜ヶ崎 (中粗粒強グライ土)		
	設定 減肥率 (%)	実際の 減肥率 (%)	削減率 (%)	設定 減肥率 (%)	実際の 減肥率 (%)	削減率 (%)	設定 減肥率 (%)	実際の 減肥率 (%)	削減率 (%)
設定減肥率 (%)	-10	-20	-30	-10	-20	-30	-10	-20	-30
実際の減肥率 (%)	5	-10	-16	5	-10	-28	5	-14	-25

注) ペーストは設定減肥率どおりであった。

(昭56)

第4表 肥料形態と要因効果

要 因 水 準	玄 米 重 (kg/a)			
	(1)表層腐植質多湿黒ボク土	(2)細粒グライ土	(4)中粗粒強グライ土	
肥料形態	ペースト	55.0	54.0	54.3
化成		55.4	53.4	52.9
基肥施肥	-20	56.0*	54.7*	54.5**
(減肥)	-30	54.4	52.7	52.8
施肥位置	3	54.6	53.7	52.8**
(深さ cm)	5	55.8	53.7	54.5
穂肥時期	22	55.8	53.7	55.0**
(出穂前日数)	15	54.7	53.7	52.3

注) (1), (2)生わらなし, (4)生わらあり, \*\* 1%水準, \* 5%水準有意

第5表 局所施肥と土壌間比較(要因効果)

要 因 水 準	玄 米 重 (kg/a)					
	(1)表層腐植質多湿黒ボク土	(2)細粒グライ土	(3)中粗粒褐色低地土	(4)中粗粒強グライ土	(5)細粒強グライ土	
(A) 植代施肥 (慣行)	55.3	53.0	52.1	51.5	51.1	
全層施肥	51.6	54.4	-	50.9		
(B) 基肥施肥量	-20	55.1	53.1	52.7	55.3**	51.4
(減肥%)	-30	53.6	51.9	49.3	53.4	47.9
(C) 施肥位置	3	55.8*	52.1	50.0	53.6**	50.0
(深さ cm)	5	52.9	52.8	51.0	55.1	49.3
穂肥時期	22	54.0	52.7	50.0	56.0**	-
(出穂前日数)	15	54.7	52.2	50.7	52.7	-
交互作用			A×B*	A×B**		
			A×C**			

注) ペースト 生わら施用条件(生わら 60 kg/a) \*\* 1%水準 \* 5%水準有意

第6表 局所施肥と生わら施肥(要因効果)

要 因 水 準	(1)表層腐植質多湿黒ボク土				(2)細粒グライ土				
	稈長 (cm)	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	稈長 (cm)	玄米重 (kg/a)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	
生 わ ら	有	80.3	54.4	21.5	78.5	80.5	52.4	21.8	82.8
	無	81.8	55.0	21.5	78.1	79.9	54.0	22.0	84.0
基肥施肥量	-20	80.9	55.5*	21.6	76.8	81.6	53.8	22.0	83.7
(減肥%)	-30	81.3	53.9	21.6	79.6	78.9	52.7	21.9	83.2
施肥位置	3	80.6	55.6*	21.7	78.4	79.7	52.9	22.0	83.6
(深さ cm)	5	81.6	53.8	21.5	78.0	80.8	53.6	21.9	83.2
穂肥時期	22	82.2	54.6	21.2	79.0	80.4	53.4	21.8	83.3
(出穂前日数)	15	80.0	54.8	21.6	77.9	80.4	53.1	22.1	83.6

注) 統計処理は玄米重のみ, ペースト区 \*\* 1%水準, \* 5%水準有意

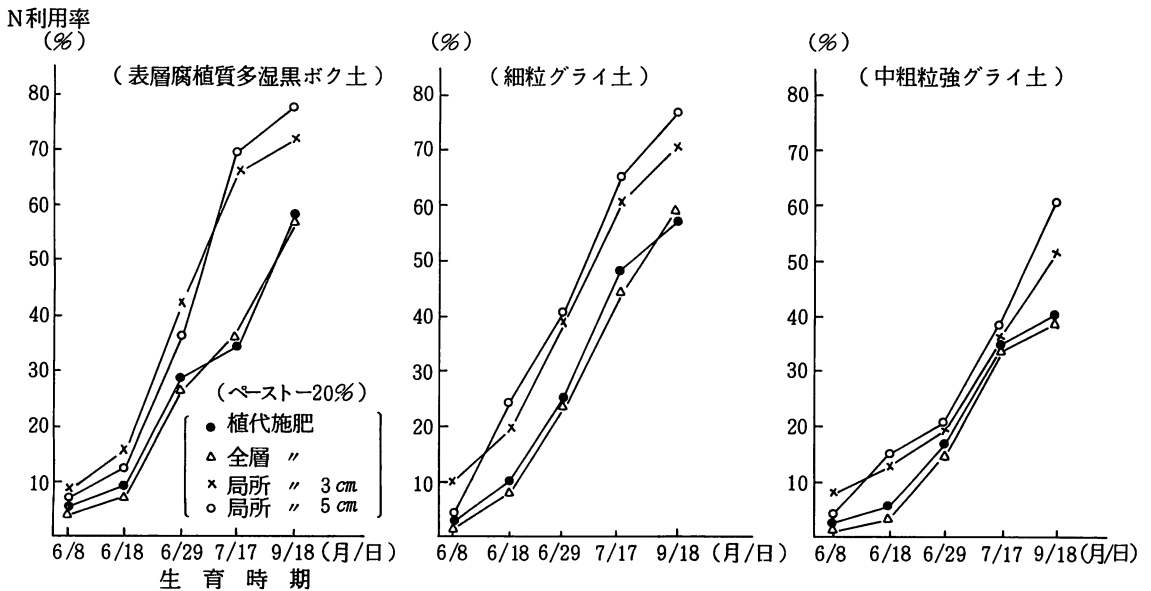
水田からの肥料成分の流出とその対策

第7表 施肥法別窒素利用率

土 壤 条 件	施 肥 法	窒素施肥量(kg/a)			窒 素 利 用 率 (%)				
		基肥	穂肥	計	6月/8日	6/18	6/29	7/17	9/18
(1) 表層腐植質 多湿黒ボク土	植代施肥区	0.60	0.3	0.90	5.3	8.3	28.8	34.2	57.6
	全層 "	"	"	"	4.5	8.3	27.5	35.1	57.9
	局所 " 3cm	0.48	"	0.78	9.4	15.0	42.6	66.5	72.9
	局所 " 5cm	"	"	"	7.7	12.7	35.8	69.6	76.4
(2) 細粒グライ土	植代 "	0.50	"	0.80	3.0	11.4	26.2	48.0	57.8
	全層 "	"	"	"	2.6	9.8	25.4	45.8	59.0
	局所 " 3cm	0.40	"	0.70	11.3	21.8	40.0	63.8	72.3
	局所 " 5cm	"	"	"	5.3	26.8	41.8	65.5	77.4
(4) 中 粗 粒 強 グ ラ イ 土	植代 "	0.60	"	0.90	2.2	5.2	17.6	35.4	40.4
	全層 "	"	"	"	2.0	4.7	15.9	35.0	39.1
	局所 " 3cm	0.48	"	0.78	8.5	13.8	20.0	36.3	53.6
	局所 " 5cm	"	"	"	4.3	15.3	21.8	38.0	61.4

(注) 局所施肥：ペーストー 20%

6/8 (植付後 30 日目) 6/18 (植付後 40 日目) 6/29 (植付後 50 日目)



第4図 局所施肥水稻の窒素利用率

た。また局所施肥区の施肥位置 3 cm, 5 cm の関係を見ると, N の利用率は土壤間に特徴がみられ, とくに(1)土壤では, 植付け後 30 ~ 50 日目で N 利用率は 5 cm 区に比べて 3 cm 区でうわまわり, (2)及び(4)土壤では, 植付け後 30 日目において, いずれも 3 cm 区が 5 cm 区をうわまわった。40 日目以降では, 5 cm 区があきらかにうわまわる傾向が認められた。

#### 4 根の分布

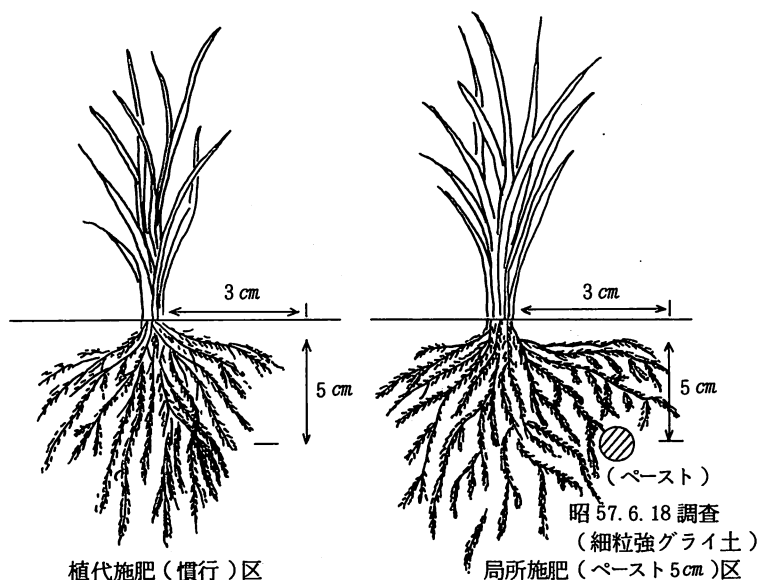
第 5 図は, 生育差があきらかに認められた分けつ期の局所施肥区の水稲根の垂直分布状況を, 現地ほ場において, 鉄板で作られた巾 10 cm, 深さ 50 cm のモノリスにより採取し, 水洗した後, スケッチしたものである。ここでは植代施肥(慣行)区と局所施肥 5 cm 区(ペースト)について示したが, これによると, 根系の分布状況は, 施肥位置により著しく影響されていることが認められた。すなわち, 植代施肥区は局所施肥区に比べて田面から 5 cm 前後の位置における根張りが, あきらかに少なかったのに対し, 局所施肥では根張りが多く, しかも, 施肥位置にあたる 5 cm の深さを中心に根量も多く, その位置を包むように細根の発達を観察された。これらの傾向

は他の試験ほ場においてもまったく同様に認められた。

#### 5 作土中の N の分布

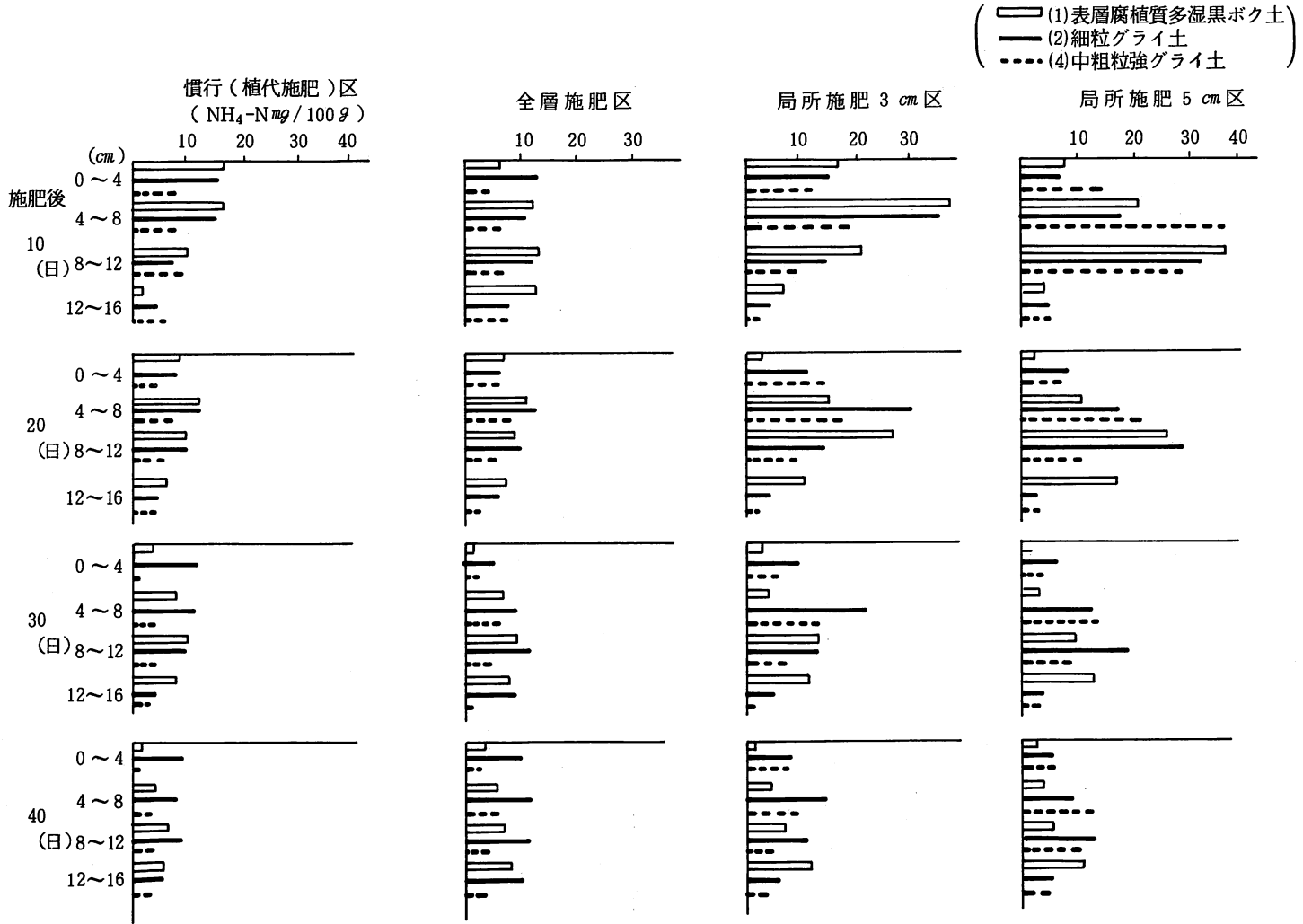
局所施肥区は N 利用率が慣行区に比べて良好であり, さらに肥料が施された位置における水稲根の分布状況をみた結果, 細根を含む根量がきわめて多かった。そこでこれら局所施肥区の作土における  $\text{NH}_4\text{-N}$  の垂直分布について調査し, その結果を局所施肥の 3 cm, 5 cm 区と植代及び全層施肥区の比較で土壤別に施肥後の変化を示したのが第 6 図である。

作土の採土層厚は 0 ~ 4 cm, 4 ~ 8 cm, 8 ~ 12 cm, 12 ~ 16 cm と 4 cm 層厚とした。採土にあたってはステンレス製で長さ 20 cm, タテ×ヨコ, 5 × 5 cm のようなかん状の採土器を作成し, これを用いた。分析用土壤は, 湛水された現地ほ場の水稲植付け株横 3 cm の位置に, 作土層の構造を破壊しないように静かに上記採土器を作土に挿入し, 採取した後, 4 cm 間隔に切り, 脱水せずただちにビニール袋に入れ,  $\text{NH}_4\text{-N}$  の分析に供した。 $\text{NH}_4\text{-N}$  の分析は蒸留法によった。なお, 分析土層を 4 cm にした理由は, 局所施肥の施肥位置 3 cm と 5 cm を取り込む配慮があったからである。



第 5 図 施肥位置と根系分布(模式図)





第 6 図 土壤中 NH<sub>4</sub>-N の垂直分布

調査結果によると、施肥後の各土層内におけるNH<sub>4</sub>-Nの濃度分布をみると、あきらかに各施肥法の特徴がうかがきされた。

すなわち、各土層における植代施肥区のNH<sub>4</sub>-Nの値は施肥後10日目で、おおむね0~8cmの表層のところの高い値がみられ、その漸次減少する傾向がうかがわれたが、全層施肥区では、施肥後10日目で作土全層にほぼ均一に分布している。その後40日目に至ってもおおむねその傾向がうかがえる。一方、これらの施肥法に対して、局所施肥区をみると、一般的に各土層間にみられる値は高く、かなり後期まで持続していることがうかがいた。とくに目立った点は、いずれの土層もそれぞれの施肥位置で、慣行区や全層施肥区に比べて2~3倍の値でNH<sub>4</sub>-Nが残留し、おおむね施肥後20日頃までこの傾向の持続していたことであった。土層別では、とくに(4)土層の中粗粒グライ土の施肥位置5cm区が、施肥後40日目に至っても8~12cmの層位でかなり高い値を示していることが目立った。

### 6 施肥位置の確認

火山灰を母材とする(1)土層のみが、局所施肥を行った場合、施肥位置3cmで玄米収量のうまわったことは前述したが、このことについて、減水深との関連で若干追跡したのが第8表、第7図である。

試験場所はいずれも水戸市上国井で、土壌は表層腐植質多湿黒ボク土(大内統)、その中で減水深のみ異なるは場2カ所を選定した。1つは本場のほ場で、代かき直後の減水深24mm/日、30日後40mm/日、もう1つは代かき直後の減水深10mm/日、30日後12mm/日の現地である。供試水稻品種コシヒカリ、試験規模は1区156m<sup>2</sup>、2連制。局所施肥に使用した供試機は4条用PF45型、肥料ネオペースト( $\frac{N}{10} - \frac{P}{16} - \frac{K}{12}$ )、慣行区は植代施肥で塩加燐安( $\frac{N}{10} - \frac{P}{20} - \frac{K}{15} - \frac{Mg}{5}$ )を用いた。区の構成は、減水深の大、小ほ場に施肥位置3cm、5cmを組合せ、さらに本場には全層施肥区を併設した。基肥施肥量はaあたりN0.6kg、局所施肥基肥は20%減肥の0.48kgとし、穂肥はaあたりそれぞれ0.3kg施用した。

これによると、いずれのほ場も局所施肥区の生育収量は、慣行区、全層施肥区に比べてまきり、さらに局所施肥区の施肥位置では、減水深の差異に関係なく、いずれのほ場も5cm区に比べて3cm区でまきった。そこで、これらのことを追跡するため、それぞれの区における作土層のNH<sub>4</sub>-Nについて調査した。その結果、深さ別にみたNH<sub>4</sub>-Nの垂直分布は、施肥位置の様相があきらかにうかがわれ、経時的に追跡した結果では、減水深の大小に関係なくNH<sub>4</sub>-Nは下層に移動していることが示唆された。

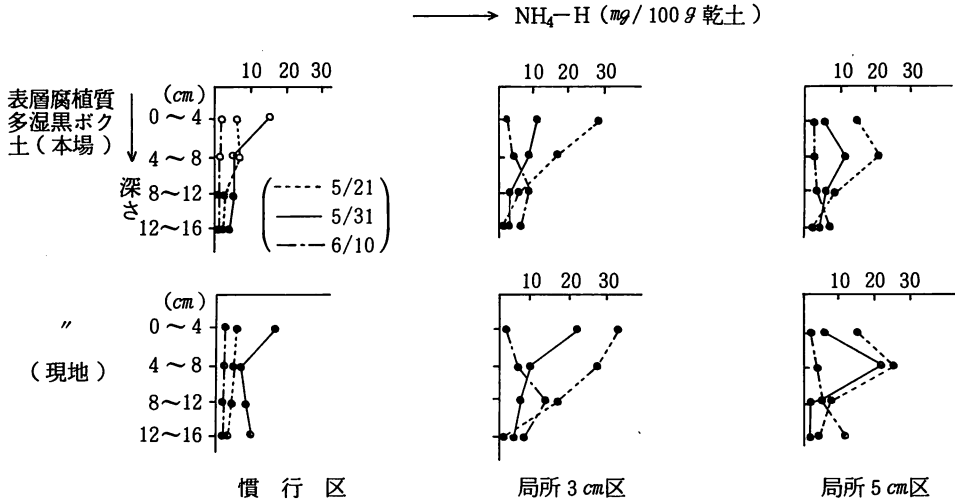
第8表 水稻の生育収量

(aあたり)

区別	項目	6 / 30			9 / 22			わら重 (kg)	玄米重 (kg)	同比 (%)	屑米重 (kg)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	倒伏程度
		草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )							
本場	1.全層施肥区	46.0	659.0	5.1	82.9	19.1	461.0	70.4	55.2	102	4.0	21.6	76.4	3.4
	2.慣行区	45.1	651.0	5.0	85.1	19.4	449.4	68.9	54.2	100	3.9	21.4	74.4	3.5
	(1)土層 3.局所3cm区	46.7	754.6	4.7	85.8	19.3	498.8	73.1	58.5	109	3.9	21.7	77.1	3.6
	4. " 5"区	45.5	741.3	4.8	84.9	19.0	453.6	69.0	57.1	105	4.1	21.4	74.4	3.8
現地 (1)土層	1.慣行区	48.8	703.0	5.2	90.7	17.7	518.0	68.0	52.0	100	8.2	19.7	68.4	4.8
	2.局所3cm区	47.7	760.5	5.0	89.0	17.8	550.2	70.3	54.6	105	6.8	19.8	69.9	4.0
	3. " 5"区	47.9	751.4	5.1	89.1	17.7	538.7	68.3	53.8	103	7.1	19.2	68.7	4.5

注) 葉色:単葉法 倒伏程度:1,2,3,4,5の5段階法 慣行区:植代施肥

水田からの肥料成分の流出とその対策



第7図 NH<sub>4</sub>-Nの垂直分布(作土)

IV 考 察

汚れがひどくなる一方の霞ヶ浦の水質浄化は、本県の重要課題の一つであるが、これら汚濁原因の一つに、周辺水田から流れ出る農業用水も含まれることは、すでに明らかにされている。<sup>1) 14) 15)</sup> すなわち、霞ヶ浦流域の水田は、沿岸 44 市町村合わせて 457 km<sup>2</sup>におよび、県の水質審議会中間答申<sup>15)</sup>でも、生活系排水、畜産、水産養殖、工場などの窒素、リンの点源負荷と同時に、水田からの窒素肥料成分の流出もこの中に含まれることが指摘されている。答申では、流入汚濁負荷量試算で水田は日量 1.41 tとされ、畜産 1.50 t、水産養殖 1.49 tに次いで多くなっている、

水田から窒素成分が流出する理由の中には、現在、行われている施肥法があげられる。機械化の進んだ作業の中で、施肥作業はもっとも手間がかかる。省力化先行によって基肥施肥は代かき前後に行われ、とくに表層部分に施肥される傾向が強くなってきていることは、前述したとおりである。施肥した表層部分に水を入れ、代かきし、窒素成分で満たされた田面水を、田植えの際、田植機の作業能率をよくするため一時的に落水することが結果的

に水田からの肥料成分の流出に結びついている。

そこで、この解決策として局所施肥の検討を行った。この結果の総括は第9、10表に示した通りである。

この方法は従来の田植機に施肥機を装備し、基肥としてペーストあるいは通常の粒状化成を、稲株の横3~4 cm、深さ3~5 cmの土壤中に施すいわゆる局所施肥法である。試験結果から、(1)肥料の流出を防ぎ、霞ヶ浦などの富栄養化を低減できる。(2)基肥を慣行の20%減らすことができる。(3)さらに肥料の利用効率がよくなることにより、水稻の初期生育を促進し、有効茎の早期確保が容易である。(4)肥料切れがよく、倒伏し易いコシヒカリなどは、むしろ作り易くなる。(5)また基肥と田植えが同時にできることから施肥労力が省力できるなど、肥料成分の流出防止などいわゆる霞ヶ浦の富栄養化防止に役立つばかりでなく、省力、省資源に役立つメリットのあることがあきらかとなった。

1 局所施肥法へのこれまでの対応

局所施肥はもともと、脱窒防止を主眼とした基肥の深層施用の考え方<sup>5)</sup>から端を発し、その研究は昭和48年にさかのぼる。たまたまその項、石原産業KKが、施肥と田

第9表 局所施肥法のまとめ

(玄米重 kg/a)

要因	場所 (土壌)	(1)水戸市上国井町 (表層腐植質多湿 黒ボク土)		(2)水戸市田谷町 (細粒グライ土)		(3)水戸市田谷町 (粗粒褐色低地土)		(4)竜ヶ崎大徳町 (中粗粒強グライ土)		(5)河内村竜丁歩 (細粒強グライ土)	
		年次	昭56	"57	"56	"57	"56	"57	"56	"57	"56
基肥減肥率(%)	-20	56.0	55.1	54.3	53.1	-	52.7	-	55.3**	-	51.4
	-30	55.0	53.6	51.6	51.9	-	49.3	-	53.4	-	47.9
施肥位置(cm)	3	56.8**	55.8*	54.0	52.1	-	50.0	54.6	53.6**	-	50.0
	5	54.3	52.9	54.7	53.8	-	51.0	59.0	55.1	-	49.0
穂肥時期 (出穂前日数)	12	56.9	54.6	55.2	52.2	-	50.0	56.9	52.7**	-	-
	22	54.4	54.7	53.8	53.7	-	50.7	56.8	56.0	-	-

注) \*\* 1%水準 \* 5%水準有意

第10表 局所施肥の効果

要因	場所 (土壌)	県北							県南		
		(1) 水戸市上国井町(本場) (表層腐植質多湿黒ボク土)				(2) 水戸市田谷町(現地) (細粒グライ土)			(4)竜ヶ崎市大徳町(試験地) (中粗粒強グライ土)		
		年次	昭56	"57	"58	平均	"56	"57	平均	"56	"57
田面水へのNの溶出(施肥後1日目)	慣行	22.9	22.1	27.0	23.7	12.0	12.4	12.2	11.6	7.6	9.6
	局所	0.7	1.4	2.0	1.4	1.1	1.3	1.2	1.0	1.1	1.1
玄米収量 (kg/a)	慣行	58.3	55.3	54.2	55.9	52.7	57.8	55.3	53.9	54.9	54.0
	局所	59.0	58.2	58.5	58.6	56.1	59.5	57.8	59.7	58.1	56.8
水稻N利用率(%) (初期生育)	慣行	42.6	57.6	37.8	46.0	57.8	57.8	57.8	38.5	40.4	39.5
	局所	56.1	64.7	57.7	59.5	74.3	74.9	74.6	59.4	57.0	58.2
水稻の倒伏 (5段階法)	慣行	3.8	3.5	33.5	3.6	3.0	33.0	33.0	1.0	1.0	1.0
	局所	5.5	3.5	3.4	3.4	3.0	2.0	2.5	1.0	1.0	1.0

注) 局所-20%, 慣行: 植代施肥

植えが同時にできる施肥田植機の開発を試み、同時に粉末液肥の固結防止と磷酸工場の磷安パウダーの処理対策として、尿素、磷安、塩加及び糖密アルコール醱酵廃液の肥料原料と十分ねつ和、分散させ、熟成後ペースト状(粘度2,000~3,000センチポイズ、ソース状)としたペースト肥料を開発し、これを施肥田植機に結びつけて、水稻を中心に全国的に研究会を試みた。<sup>10)</sup>

その結果、基肥は施肥田植機により、植付株の横3~4cm、深さ3~5cmに集中的、かつ均一に施肥される。そのため、肥料成分が速効かつ効率的に吸収利用され、初期生育が促進される。その結果として早期に有効茎数

が確保され、生育中期に窒素の吸収は制限されるが、これを追肥で補えば穂数増による安定収量が得られる。均一施肥ができるため生育は安定し穂揃いがよく、良質米の生産にも有利であるという。これまでの試験結果によると、増収効果には地域性がみられ、寒冷地で高く、暖地で低いことがあきらかにされ、とくに本施肥法は寒冷地を中心に、田植え直後の肥料の吸収を早めるねらいで行われているのが実態であった。また、代かき前に肥料をやる必要がなく、さらに土中に肥料を埋め込むため、肥料成分の溶出を軽減できるメリットもあった。しかしデメリットとして、ペースト肥料を主体とした場合、施

肥田植機が特定されること、肥料の運搬、貯蔵等に若干工夫の余地がみられることなどから、現在はこれを補うための粒状化成用の機種の開発が進められ、本試験でもこれを供試したことは前述した。

## 2 肥料成分の溶出抑制

肥田植機の利用による局所施肥の施肥法の検討をここで試みた最大のねらいは、さしめった霞ヶ浦の浄化対策を確立するための肥料成分の流出防止であった。流出防止をねらうための施肥法は、これまでも全層施肥法など、代かき前に基肥を土壌とよく混和し、このことにより肥料の溶出軽減をねらう手立てはあったが、機械化の進んだ昨今では、この施肥法の行われているところは数少い。そこで、局所施肥による肥料成分の溶出効果を、慣行の植代施肥と、これまでの全層施肥との比較で、施肥直後の田面水中の窒素、リン濃度の追跡を行ったところ、いずれの土壌においても、局所施肥はペースト、化成いずれも従来の全層施肥と同様、慣行の植代施肥に比べて、施肥第1日目から極度に溶出が抑制されることが解明できた。これまでもペースト肥料等については長野で<sup>8)</sup>、ペースト、化成等についても滋賀<sup>9)</sup>で行い、かなり溶出の抑制されるとの報告もあったが、さきの結果はおおむねこれに符合した。局所施肥によった場合の溶出を肥料の形態別にみると、ペーストに比べて若干化成で高目の傾向が目につく。また化成区の中で5cmに比べて3cmで値のやや高目にある理由については、(1)田面の不均平、(2)生わら等による障害、(3)施肥田植作業、(4)水位条件、(5)土性(砂質か粘質か)、(5)温暖な気候が比較的長い地帯、又は中晩生稲の作付け等が考えられるが、いずれにしても、施肥された肥料への覆土が十分でなかったことが考えられ、溶出抑制を確実にするためにも、今後これらに留意することが肝要である。

## 3 局所施肥と水稻収量

ここではまず、肥料の形態をペーストと化成の2種類、基肥減肥率(%)を10, 20, 30(10%は初年目のみ)、施肥位置3cm, 5cm, 追肥時期出穂前22日と15日を基本とし、土壌条件を異にして昭和56~58年の3カ年検討した。検討年次の気象条件の特徴をみると、56年は本

田初期に低温であり、全般的に初期の莖数が不足した年であり、57年は56年と反対に本田初期は高温で、莖数は比較的多かった年であった。58年はむしろこれらの中間的な特徴であったといえる。局所施肥の場合の設定施肥量の精度、性能については後述<sup>16)</sup>するが、第3表備考でみるように、初年目、ペーストではほぼ減肥設定量がかねえられたが、粒状化成では各土壌とも若干振れが認められた。しかし、2~3年目の試験に至っては、おおむね±5%以内で粒状化成の減肥率のセットが可能となり、この辺の問題は解消した。

局所施肥が、水稻の生育収量に及ぼす影響は前述のとおり、いずれの土壌条件においても、初期生育が促進される傾向はあきらかで、これらの特徴はとくに初期の莖数増に認められた。また局所施肥の場合は、慣行や全層施肥に比べていずれの土壌も肥切れがよく、おおむね植付け後40~50日で葉色(単葉)で4.0以下になることが観察された。また、生育初期高温の続いた57年の気象条件における竜ヶ崎の水稻葉色は、植付け後30日目で4.0以下に低下し、40日目に至って3.0前後の極端な値がみられた。このことは天候の良い年や、砂質の多い土壌条件で局所施肥を行った場合、肥料の消費が早過ぎ、葉色の落ち方の早まる場合のあることが示唆された。このような場合そのまま放置すると、早期に確保した莖数を消失し、収量増に結びつかない。一般に局所施肥の効果のみられない場合は、このような肥切れ放置条件に多く、とくに生育期間の長い関東以南地域に比較的多い。したがってこのような肥切れ対策についても十分な配慮が必要となる。基肥減肥率については、いずれの土壌条件においても、肥料の形態に関係なく20%減で慣行収量並あるいはこれをうまわる収量の得られたことから、20%が適当とみられた。

また、施肥位置では、水戸の(1)土壌(表層腐植質多湿黒ボク土)では、56, 57年とも3cmの深さがよかったが、竜ヶ崎の(4)土壌(中粗粒強グライ土)ではこれと反対に5cmがよく、その他の土壌では大差なかった。穂肥時期の検討では、水戸(1)、(2)土壌では、本田初期に低温で莖数のやや不足した56年の栽培では、出穂前15日の慣行法

がよかったが、本田初期に気象が逆であった57年では、出穂前15日と22日間に大差はみられなかった。竜ヶ崎(4)土壤の場合は56年の栽培では両者に差はみられなかったが、初期生育の極端に進んだ57年では、出穂前22日の穂肥の効果があきらかであった。

以上のことから、県内での早期栽培における局所施肥の基肥減肥率は、慣行施肥量の20%減が適量である。施肥位置は、(1)土壤のような黒ボク土では3cm、その他では5cm、追肥時期は排水良好田や竜ヶ崎(4)土壤のごとき砂質の多い土壤など、極端に肥切れの早い場合は、出穂前22日頃の幼穂形成期、通常の場合は出穂前15日頃の減数分裂期がよいものと考えられた。

なお、このことは生わら条件においても適用できる。

これまでの試験結果<sup>10)</sup>によれば、基肥減肥率は田植時低温の東日本で20~30%減肥がよい結果となっている。また、施肥位置では、御子柴<sup>7)</sup>らの報告によれば、施肥深と玄米収量との関係で、平担地の長野では、3cmと5cm間に大差はみられなかったが、原村や壺井沢のような気象条件が不利な高冷地では、施肥深3cmのほうが5cmに比べて生育が安定しており、穂肥がやり易いとしている。全国的にまとめた結果によっても、寒冷地や高冷地など初期生育を重要視する地帯等では3cmがよく、関東以西など温暖地では5cmのところが多いという。

前述のように、栽培管理の中でとくに留意すべき点は、好天が続いて生育が進み、放置すると下葉が枯れあがる程、葉色が低下した場合は、穂の枝穂数、粒数の減少に結び付き減収の恐れがあるので、このような場合は、追肥を早める必要がある。すなわち、コシヒカリのように稈の伸び易い品種では、幼穂形成期頃葉色が淡い場合は、4~5日位早目に、また濃い場合は4~5日遅目にすることが安全であり、この場合は葉色票の値を十分参考とし単葉値で4.0~3.5を目安とする。

局所施肥のN利用率が、慣行区に比べて、植付け後30~40日間で2~4倍の値になり、とくに初期生育で目立つことはさきに述べたが、さらに、施肥位置における水稻根の分布、根圏土壤のNH<sub>4</sub>-Nの分布について調査した。その結果、肥料の施された位置周辺的水稻根の分布

は、慣行施肥区に比べて密で施肥位置をとりかこむように細根の発達していたことを観察した。また、土壤中のNH<sub>4</sub>-Nの分布状況を見ると、それぞれの位置に慣行区や全層施肥区に比べて2~3倍のNが残留していることが認められ、脱Nや流亡の少ないことが確認された。このことは御子柴らの報告<sup>17)</sup>とも符合した。また、黒ボク土における施肥位置3cmの効果を減水深との関連で追跡した結果では、減水深の値に必ずしも結びつかないことが示唆された。

## 5 今後の問題点

ペースト肥料用は、減肥率にみあった設定施肥量は、それに適したスプロケットの選択によって行いるので施肥精度が確保できるが、好天候あるいは砂質土壤では、初期の生育促進が行われることから、肥切れが早い場合があり、安定収量をねらう場合、適期追肥に留意する必要がある。また、粒状化成用の施肥田植機を用いた場合は、施肥量の調整をほ場外で行うことによりいずれの機種も±5%程度の精度でほぼ適確に行うことができるようである。

さらに晩植の麦跡水田や湛水土中直播栽培への応用、本施肥法の畑作への利用拡大も今後の課題と思われる。

因みに施肥田植機は、従来の田植機に施肥装置の価格分として4条植の場合15~17万円分高くなり、約65~67万円となる。滋賀県の試算例<sup>18)</sup>によると、年間1ha利用の場合は施肥田植機の方が10aあたりの経費が高くつくが、3ha以上だどこの関係は逆転するという。昭和60年2月現在における茨城県の施肥田植機の導入台数は、県農業経済課の聞き取り調査によると、昭和57年以来4カ年で319台を数え、今後さらに増える見込みである。

## V 摘 要

水田からの肥料成分の流出防止対策の一環として局所施肥法について検討した。その結果を要約すると次のようである。

1) 局所施肥区は、慣行の植代施肥区に比べて、田面水中への肥料成分の溶出はあきらかに抑制されることが認められ、ペースト、粒状化成肥料含めて、肥料成分の

## 水田からの肥料成分の流出とその対策

流出防止に役立つことが認められた。

2) 水稲栽培においては、局所施肥により初期生育の促進されることが認められ、この傾向は茎数増に目立った。しかし葉色の観察では、慣行の植代施肥に比べて、やや葉色の淡い傾向が認められ、とくに好天の年や砂質の多い土壌では、葉色の適時診断と適期追肥に留意する必要があることが示唆された。

3) 水稲の収量性について、コシヒカリを供試して、ペーストと粒状化成について検討した結果、基肥減肥率20%程度、施肥位置は黒ボク土で3cm、それ以外はすべて5cm、追肥時期は極端に肥切れの早い場合は幼穂形成期、通常の場合は減数分裂期がよいことが認められた。また、局所施肥と生わらの有無との関係はあきらかでなかった。

4) 局所施肥区のN利用率が、慣行施肥区に比べて生育初期から高い傾向が認められた。

5) 水稲根の分布状況から、局所に施肥された施肥位置に根の分布が比較的密で、細根もかなり多いことがうかがわれた。

6) 根圏土壌中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の分布調査結果から、局所施肥区は、慣行施肥区に比べて施肥位置部分の濃度の高いことが認められた。

**謝辞**：本試験は農水省の総合助成により、長野県と共同で実施したものである。本試験を行うにあたり、農水省関係機関の方々、(元)長野総農試、土壌肥料部長、御子柴穆氏、(元)同主任研究員、梅村弘氏、(元)同主任研究員、三木昌平氏、(元)同原村試験地主任、行田和広氏、茨城県改良普及課、専技、仁平照男氏、(元)茨城県農業試験場長、飯田栄氏、(元)同副場長、吉原貢氏、(元)同作業技術部長、坂本尙氏、(元)環境部長、(元)作業技術部長、小林登氏、(元)同作業技術部主任研究員、桐原三好氏、(元)同環境部技師、(元)現下館農改普及所技師、桜井鎮雄氏ほか、関係した方々にご指導とご協力をいただいた。ここに心から感謝の意を表します。

本報告の一部は昭和58年4月、日本土壌肥料学会京都

大会において発表した。

## 引用文献

- 1) 平山力, 酒井一: 水田からの肥料成分の流出とその対策, (第1報) 水田からの肥料成分の流出, 茨農試研報 25 (1985)
- 2) 栗原淳: 最近の肥料形態の動向と施肥, 日土肥誌 (特集号) 80 ~ 81 (1978)
- 3) 三幣正巳: 施肥技術進展の前提として, 季刊, 肥料, 44. 29 (1985)
- 4) 片倉チックリン株式会社: くみあい有機入り尿素高度液状複合肥料 222 号 (ネオペースト) による水稲の局所施肥技術 (1978)
- 5) 三井進午: 「水田の脱窒現象」 (1978)
- 6) 片倉チックリン株式会社: 施肥田植機によるネオペースト肥料の側条施肥技術. (1979)
- 7) 御子柴穆ら: 水稲の施肥田植同時作業技術の確立, 土肥要旨集. 23 (1976).
- 8) 古畑和五郎: 諏訪湖集水域農業生態系—水田肥料のN, Pの動向と発生負荷—, 環境科学 B 8 - R 12 - 1. (1978)
- 9) 滋賀農試: 新しい試験研究の紹介. 47 ~ 48 (1980).
- 10) 機械施肥田植研究会: 施肥田植機によるペースト肥料の局所施肥技術 1 - 91 (1976).
- 11) 茨城農試: 昭和 55 年度, 茨城県農業試験場試験成績概要書 P 89 (1980)
- 12) 日本工業規格協会: 工場排水試験法 (JIS・K・0102) (1971)
- 13) 農林水産省農産園芸局農産課編: 土壌環境基礎調査における土壌水質及び作物体分析法 (1979)
- 14) 高村謙親ら: 水田の物質収支に関する研究, (第1報) 霞ヶ浦流域の水田における窒素, リンの動向と収支について, 土肥誌 - 47 (1976).
- 15) 茨城県: 茨城県霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例 (昭和 56 年 12 月 21 日, 茨城県条例第 56 号) (1981)
- 16) 間谷敏邦ら: 水田からの肥料成分の流出とその対策,

- (第4報) 施肥田植機の利用法。茨農試研法25(1985)
- 17) 御子柴：日本土壌肥料学会編，施肥位置と栽培技術，博友社。P 156～161 (1982)。
- 18) 東 富夫：技術前線 81。期待通りか複合田植機—滋賀県における実態調査結果から—技術と普及。87～90。(1981)



# 水田からの肥料成分の流出とその対策

## 第3報 肥料形態による効果

平山 力・仁平照男\*・小林 登

Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields and its Control.

Part III. Effects of Fertilizer Type

Chikara HIRAYAMA, Teruo NIHEE and Noboru KOBAYASHI

水田からの肥料成分の流出を抑制する対策として局所施肥の効果の大きいことは前報で述べたが、機械化稲作が優先される現状においては、ここで従来の全層施肥に戻したり、局所施肥を行うための施肥田植機を全ての農家が持つことは困難と考えられる。

そこで、施肥代かき後の田面水中への肥料溶出を抑えかつ、安定収量の確保できる肥料について検討した。その結果、マップ態、クリーンメタップ態、IB態の新しい3タイプの肥料が、肥料の溶出抑制と水稻の収量確保に役立つことがあきらかとなった。

### I 結 言

前報<sup>1)</sup>では、施肥田植機利用による局所施肥が、水田からの肥料成分の流出抑制に顕著な効果があり、環境保全ばかりでなく、省力、省資源のうえからも十分期待でき、実用化できることをあきらかにした。一方、このような施肥法の検討と同時に、機械導入の困難な地域も考慮して、肥料の形態についても検討した。

肥料の形態については、これまでも肥料の効率的利用の立場から、緩効性の肥料の開発などが進められ、一般に固形あるいはIBなどの商品名で市販され、一部水田へも利用されてきた。しかし、これらの肥料は、田面水への肥料成分の溶出抑制は見込めるものの最高分けつ期以降の肥切れのにぶいところに難点があり、結果的に倒伏を惹起し、減収に結びつくおそれがあり、その改善が期待されていた<sup>2)</sup>

前述<sup>3)</sup>のとおり、水田からの肥料成分の流出は、田植え時期が大部分で、この時点における流出抑制がきわめて重要であった。

このような背景から、最近新しく開発された2、3新肥料についてその効果の検討を行ったので、その概要を述べる。

### II 試験方法

#### 1) 試験場所と土壌条件

供試は場は農試本場(水戸市上国井町)で、土壌は表層腐植質多湿黒ボク土(大内統)である。土壌の理化学的特徴は第1表に示したとおり、表層より腐植に富む壤土～埴壤土で、分析結果から作土の塩基含量は中庸である。

#### 2) 栽培概要

栽培試験は昭和57～58年の2カ年継続した。供試品種はコシヒカリ、初年目の田植え刈取りは5月11日、9月28日、2年目は5月14日、9月14日であり、栽培密度は30 cm × 15 cmでm<sup>2</sup>あたり22株である。

#### (1) 供試肥料形態

供試肥料形態は第2表に示した。まずマップ態肥料についてみると、これまでのマップ態に比べてマグネシウム成分量が増量され、かつ粒の硬度が強化されている。

\* 県改良普及課専技

第1表 供試土壌の理化学性

(乾土100g)

層位	層厚 (cm)	土性	土色	pH (H <sub>2</sub> O)	T-C (%)	T-N (%)	C/N	アンモニア 生成量 (mg)	塩基置 換容量 (m·e)	有効態 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg)	リン酸 吸収 係 数	置換性塩基 (mg)		
												CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
1	0~16	L	黒褐色 (7.5YR3/2)	6.3	4.6	0.48	9.6	7.6	25.4	6.4	2,460	364	57	35
2	16~28	L	暗褐色 (7.5YR3/3)	6.1	4.1	0.43	9.5	4.2	25.9	3.7	2,530	185	55	31
3	28~47	CL	褐色 (7.5YR4/6)	6.5	3.2	0.25	12.8	1.2	27.6	1.4	2,870	96	26	17

注) 採土分析: 昭57.10

第2表 供試肥料形態の特徴

肥料形態	特 徴	原料組成	成 分 (%)				備 考
			N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	
(1) 粒状高度化成 (コシヒカリ専用)	慣行肥料		10	20	15	5	
(2) マ ッ プ 態	マグネシウム成分量が増量 粒の硬度を強化	塩 安 麟  加 水  マ	8	18	14	8	(昭58使用)
		8	20	20	6	( " 59 " )	
(3) ク リ ー ン メ タ ッ プ 態	蛇紋岩粉末中のSiO <sub>2</sub> , Mn, Fe等で混合被覆し, リン酸ア ンモニウム等緩効性成分添加	硫 安 麟  加 水  紋	8	20	16	4	( " 58 " )
		8	20	20	4	( " 59 " )	
(4) I B 態	IB態Nの減量 (イソブチリデン・2・尿素)	硫 安 麟  室 過  菜 塩  安 加	8(IB2)	16	12	-	( " 58 " )
		8(IB2)	20	18	-	( " 59 " )	

注) マップ態(名柄名, くみあい苦土塩加麟安800), クリーンメタップ態(名柄名, くみあい複合麟加苦土安800)  
IB態(名柄名, くみあいIB入高度化成808)

クリーンメタップ態肥料は, 初期溶出抑制を配慮し, 蛇紋岩粉末中のSiO<sub>2</sub>, Mn, Fe等で混合被覆し, さらにリン酸アンモニウム等緩効性成分も添加されるなど工夫されている。IB態肥料については, 従来の肥料に比べて窒素成分中のIB態成分を1/4に減量されている。新しい肥料形態の窒素成分は従来のコシヒカリ専用に比べていずれも2%減らしてあり, 加里が施肥基準に合わせて3~5%増量されており, 銘柄米コシヒカリを対象に

開発されたのが特徴である。

(2) 区の構成と施肥量

区の構成と施肥量は第3表に示したとおり, 上述の3形態区と慣行区を設け, 1区面積38.4m<sup>2</sup>で2連制とした。慣行区の基肥窒素はaあたり0.6kg, 慣行区以外はその20%減の0.48kgとなり, 植代施肥とした。基肥の施肥は初年目5月9日, 2年目5月11日とし, 追肥はいずれも出穂前15日施用とした。

第3表 区の構成と施肥量 (kg/a)

区別	施肥量			追肥	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	K <sub>2</sub> O
(1) 慣行区	0.60	1.20	0.90	0.3	0.3
(2) マップ態区	0.48 (0.48)	1.10 (1.20)	0.84 (1.20)	〃	〃
(3) クリーン メタップ態区	0.48	1.10	0.96	〃	〃
(4) IB態区	0.48 (〃)	0.96 (1.20)	0.72 (1.08)	〃	〃

注) 慣行区以外の基肥Nは20%減肥 施肥法: 植代施肥 基肥施用: 時期=昭和58.5/9, 昭和59.5/11 追肥: 出穂前15日( )内昭59.

3) 溶出試験

施肥後の肥料成分の溶出状況については、いずれの肥料も室内と現地ほ場で追跡した。室内では前述した供試肥料を対照の塩加リン安005と比較する形で、200cc容パイレックスツールピーカーに農試水田土壌(火山灰土壌風乾細土0.5mm篩別したもの)75gを秤取し、蒸留水50ccを加えて攪拌、ひたひた水条件で対照とした肥料については160mg、その他は現物で200mg添加した。この施用量は、10aあたりの基肥慣行施用量の2倍量に相当する。攪拌後蒸留水100ccを加えて湛水状態とし、ピーカー口部分をアルミ箔で覆い、30℃定温器中に保存し、上澄液を定期的に分析した。なお、インキュベート試験において、実際の施肥量の倍量添加したことは、肥料の形態が粒状であることから、粒数を多くし、土壌中の肥料混入密度を高めるためであった。

これに対してほ場では、施肥後1区画内5カ所より、足跡に注意しながら田面水を採水し、均等混合した後分析に供した。

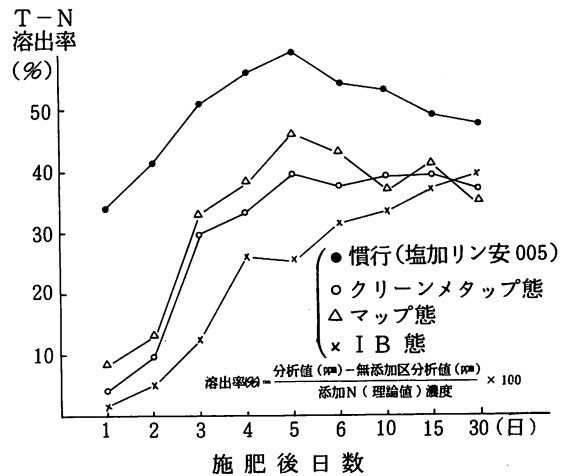
4) 水質分析

水質の分析はJIS.K.O102「工場排水試験法<sup>4)</sup>」にもとずき、調査項目は全窒素に絞り、室内は施肥後20日、現地ほ場は10日間その推移を追跡した。

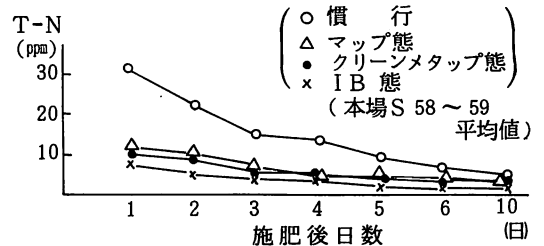
III 結 果

1 肥料成分の溶出

供試肥料形態の水稻の生育収量に及ぼす影響をみるに先立って、施肥後の田面水中への肥料成分の溶出状況を室内と現地ほ場で調査し、第1, 2図に示した。室内では30℃インキュベーション条件で上澄液中に溶出した肥料成分量を添加窒素量に対する割合、すなわち溶出率で示したが、これによると、施肥後第1日目の溶出率は、慣行区の塩加リン安005の34%に対し、マップ態8%、クリーンメタップ態5%、IB態2%といずれも溶出率は慣行区の1/4以下となり、あきらかに溶出の抑制されることが認められた。この傾向は施肥後約7日間継続したが、その後慣行区との差は徐々に小さくなった。肥料形態と溶出率との関係では、マップ態、クリーンメタップ態がほぼ同様の傾向で推移し、IB態の溶出率は全般的に前者に比べて若干下まわる傾向を示した。現地ほ場での溶出状況は、施肥後の田面水中の全窒素濃度でみた



第1図 Nの溶出率の推移



第2図 田面水中への肥料形態別N溶出状況

が、10日間追跡した範囲ではさきの室内試験結果とほとんど同様であった。

## 2 水稻の生育収量

2カ年間継続した水稻栽培試験から、生育収量を第4表に示した。これによると肥料形態各区のわら及び玄米重はあきらかに慣行区と同等あるいはこれをうわまわることが認められ、肥料形態別にみてもそれぞれに大差はみられなかった。また、肥料形態各区の稈長、穂長、穂数そして千粒重、登熟歩合等は2カ年とも慣行区と

大差なく、倒伏についても全般的に中程度で問題はみられなかった。昭和59年度の玄米収量は慣行区のaあたり59.4kg、最高クリーンメタップ区の59.8kgと全般的に高かったのに対し、58年度は慣行区のaあたり54.2kg、最高マップ態区の56.7kgと各区とも低い傾向にあった。59年度にみられた高収量の背景には、前年に比べて、台風による影響がきわめて少なかったことから、倒伏の程度が軽微でこれが登熟歩合に反映されたことが考えられる。

第4表 水稻の生育収量 (aあたり)

区別	項目	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	わら重 (kg)	玄米重 (kg)	左比 (%)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	倒伏の程度
慣行区	昭58	85	19.4	449	68.9	54.2	100	21.4	74	3.5
	59	87	19.5	515	74.1	59.4	100	22.6	84	2.0
マップ態区	58	86	18.8	413	68.6	56.7	105	21.6	77	3.4
	59	87	19.2	508	73.1	58.7	99	22.6	85	1.0
クリーンメ タップ態区	58	85	18.9	454	69.8	56.4	105	21.9	76	3.4
	59	88	19.5	519	75.2	59.8	101	23.3	85	1.0
IB態区	58	84	18.3	413	69.5	54.6	101	21.2	75	3.1
	59	89	19.3	508	75.4	58.8	99	23.1	85	2.0
— N区	58	81	17.9	315	55.6	38.3	71	21.6	91	0.0
	59	72	18.1	214	30.8	29.7	50	-	-	0.0

注) 水稻品種：コシヒカリ 倒伏の程度：1(微), 2(小), 3(中), 4(大), 5(甚)

第5表には、土壌条件を異にして行った現地試験の効果を示した。土壌は、中粗粒灰色低地土(笠間)、細粒灰色低地土(真壁)、中粗粒強グライ土(麻生)、細粒強グライ土(江戸崎)、細粒灰色低地土(石下)の5タイプとし、肥料形態も農試本場と同様慣行区の粒状高度化成(コシヒカリ専用)、マップ態区、クリーンメタップ態区、IB態区である。肥料形態各区の基肥窒素は慣行施肥量の20%減肥、植代施肥とした。これによると中粗粒灰色低地土、細粒灰色低地土、細粒強グライ土の各肥料形態区はいずれも慣行区をややうまわる傾向が認め

られ、その他の土壌でもほぼ慣行区並の収量が得られ、本場で行った前述の結果と符合した。

## 3 N吸収量と利用率

前述のとおり肥料形態各区が、慣行区に比べて、基肥Nを20%減肥しても、結果的に玄米収量で本場及び現地とも同等かこれをうまわった背景には、施用された肥料成分が、効率的に吸収利用されていることが考えられ、これらについて生育時期別に追跡したのが第6表である。

これによると、各区の水稻のN吸収量は、植付け後の日数の経過によっていずれも高まる傾向を示し、利用率

水田からの肥料成分の流出とその対策

第 5 表 現地試験の効果

(aあたり)

区 別	項 目	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	わら重 (kg)	玄米重 (kg)	左比 (%)	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)
中粗粒灰 色低地土 (笠間)	慣行区	88	17.5	493	56.1	54.0	100	21.9	-
	クリーンメタップ態区	96	17.5	510	61.1	55.0	102	21.5	-
	I B 態区	95	17.5	475	61.4	57.6	107	22.3	-
細粒灰色 低地土 (真壁)	慣行区	85	17.2	386	-	42.1	100	21.3	93
	クリーンメタップ態区	83	18.2	349	-	43.4	103	21.4	96
	I B 態区	81	18.4	355	-	43.0	102	21.6	97
中粗粒強 グライ土 (麻生)	慣行区	92	18.5	475	70.3	62.7	100	21.9	91
	マップ態区	97	19.0	488	75.1	62.7	100	21.4	91
	クリーンメタップ態区	95	18.7	423	67.9	60.3	96	21.3	89
細粒強グ ライ土 (江戸崎)	慣行区	90	20.3	331	64.6	60.2	100	23.0	-
	マップ態区	93	19.4	349	74.8	63.8	106	23.3	-
	クリーンメタップ態区	86	19.4	365	70.2	60.9	101	23.4	-
細粒灰色 低地土 (石下)	慣行区	100	18.0	530	81.8	59.6	100	21.4	92
	クリーンメタップ態区	97	18.5	523	83.3	58.9	99	21.9	92
	I B 態区	96	18.5	508	75.8	59.0	99	21.7	93

注) 水稲品種: コシヒカリ 現地試験 昭59

第 6 表 N 吸収量と利用率

区 別	項 目	植 付 け 後 の 日 数				収 穫 期		
		30日	40 "	50 "	60 "	わら	もみ	計
慣行区	吸収量(g/a)	121	195	288	442	509	704	1,213
	利用率(%)	12.6	24.3	37.3	49.2	27.0	27.0	54.0
マップ態区	吸収量(g/a)	116	184	272	423	510	700	1,210
	利用率(%)	14.6	28.1	43.3	57.5	31.9	30.8	62.7
クリーンメ タップ態区	吸収量(g/a)	120	188	297	463	503	716	1,219
	利用率(%)	15.4	29.0	48.5	65.8	26.7	32.7	59.4
I B 態区	吸収量(g/a)	111	171	294	419	452	705	1,157
	利用率(%)	13.5	25.4	47.9	56.7	24.5	31.2	55.7
— N 区	吸収量(g/a)	46	49	64	147	261	460	721

では、肥料形態各区の値は全般的に慣行区をうまわり、なかでもクリーンメタップ区は、生育全般をとおり比較的高い傾向にあった。

#### Ⅳ 考 察

もともと肥料の開発研究のねらいは、作物の養分要求に応じて過不足なく養分が供給でき、かつ無駄なく効率的に肥料成分が吸収利用され、系外への流出などで水質悪化をきたさない肥料形態を開発することであると考えられる。すでに市販されている緩効性肥料や被覆肥料は、まさにこれらの視点にたって開発された一つと云えよう。しかしながら、肥料の形態は、利用する目的によって開発されることが多く、それぞれの特徴により、使い分けされることも当然である。

最近、霞ヶ浦の水質浄化の一環として、水田からの肥料成分を流出させないような対策の確立が強く望まれ、肥料形態の面でもそのための工夫が期待されている。前述のようにIB肥料等は緩効性肥料として水稻に多く利用されてきたが、田面水への肥料成分の溶出は抑制されるものの肥切れが悪く倒伏に結びつき、結果的に減収する等<sup>2)</sup>、若干の欠点もみうけられ、その改善が望まれている。

そこで、58年から2年間、これらをねらって開発された2、3新しい肥料形態について、肥料成分の溶出状況や、水稻の安定増収等に焦点をおいて検討した。その結果、基肥施用直後の田面水中への肥料成分の溶出をあきらかに抑制され、かつ基肥窒素を20%減肥しても慣行並、またはそれをうまわる玄米収量が確保された。また、肥料成分の溶出が抑制されることから、生育全般をとおり肥料が効率的に吸収され、窒素のみ利用率はいずれの肥料形態も慣行を凌駕した。さらに改良普及課、農業改良普及所を中心に、土壌条件や地域性を異にして現地実証を行ったところ、ほぼ場内で実施した結果と同傾向であることが確められ、いずれの土壌条件においても適応可能であることを認めた。

このように、これら新しい肥料の形態は、水稻栽培において、施肥に由来する環境汚染防止に貢献するばかり

でなく、利用率の向上は省資源的要請に答えられ、さらに今後の機械化施肥など省力化の要請にも十分対応できるものと考えられる。また、これらの肥料形態はとくには場整備が未完了で施肥田植機の導入が困難な地域にも十分活用できるものと考えられる。

#### Ⅴ 摘 要

水田からの肥料成分の抑制を肥料の形態の面から検討した。結果を要約すれば次のようである。

- 1) 供試した新しい肥料形態は、(1)マップ態、(2)クリーンメタップ態、(3)IB態の3形態で粒状高度化成(コシヒカリ専用)を慣行肥料とした。
- 2) 基肥施用直後の田面水中への肥料成分の溶出は、いずれの肥料形態も慣行肥料に比べてあきらかに抑制されることが認められた。
- 3) 基肥窒素を20%減肥しても玄米収量は慣行並あるいはこれをうまわった。
- 4) いずれの肥料形態も窒素吸収量は慣行区をうまわる傾向にあり、利用率の高まることが認められた。
- 5) 土壌条件をとわず県内全般に適応可能であることが確認された。

#### 謝 辞

謝辞：本研究は、県、経済連、メーカーの3者一体の連携協力によって進められたものであり、研究の推進にあたり終始ご親切な助言と協力をうけたまわった関口計主場長(元)場長飯田栄氏(現経済連)、(元)茨城県経済連営農対策部長秋山典雄氏、県改良普及課、麻生地区、江戸崎地区、真壁地区、石下地区各農業改良普及所の関係各位そして施肥対協の関係各位に対し、心から感謝の意を表す。

#### 引用文献

- 1) 平山力・酒井一・間谷敏邦・岡野博文：水田からの肥料成分の流出とその対策、(第2報)局所施肥による効果、茨城農試研報25、(1985)
- 2) 平山力・酒井一：茨城農試試験成績概要書、(1981、

水田からの肥料成分の流出とその対策

- 1982)
- 3) 平山力・酒井一：水田からの肥料成分の流出とその対策，（第1報）水田からの肥料成分の流出。茨城
- 農試研報 25，（1985）
- 4) 日本工業規格：工場排水試験法，日本規格協会（1971）

# 水田からの肥料成分の流出とその対策

## 第4報 施肥田植機の作業性能

間谷敏邦・平沢信夫・木野内和夫・坂本 尙\*

Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields and its Control

Part IV. On the Performance of the Rice Transplanter  
with Granular Fertilizer Distributor

Toshikuni AITANI, Nobuo HIRASAWA, Kazuo KINOCHI, Jun SAKAMOTO

市販されている施肥田植機にはペースト肥料用のものと粒状肥料用のものがある。施肥機構や性能にまだ問題のある粒状肥料用施肥田植機の作業性能を調査し、問題点を摘出して、今後の導入利用の資料を得ようとした。

供試機種は歩行型4条用のもの4台であるが、肥料の繰出しはいずれもロール式である。肥料繰出量の調節はダイヤルまたはレバーによってロール溝の長さあるいはロール穴の開口部の増減によって行うようになっている。肥料の種類や粒径によって繰出量に変化がある。また、各条のダイヤルやレバーを同一の目盛に合せても肥料繰出量に差異が認められる。機種によってこの傾向の大きなものもあった。このため、条毎の調整が必要な機種もみられた。

施肥位置は機種によって異なるが、苗の横3～5cm、深さ3～5cmである。

圃場での施肥田植作業状況は慣行の歩行4条田植機の田植作業時間0.52時間/10aに対して、施肥田植機による田植作業時間は0.61～0.72時間/10aであった。また、肥料繰出量は計画に対して99.3～107.3%であり、比較的良好であった。ただし、圃場外での繰出量調整と圃場での施肥量が一致しない場合がある。

## I 緒 言

施肥田植機は植付けられた苗の側方数cm、深さ数cmのところに連続的に肥料を埋設するものであるが、使用する肥料の形態によって粒状肥料用とペースト肥料用の二種類がある。

ペースト肥料用のものは昭和48年頃に開発され、全国的に実用化試験が実施されて、性能および肥効がすぐれていることが確認されている。<sup>1)</sup>

粒状肥料用のものは一般に流通している化成肥料用の

施肥田植機で昭和53年から農業機械化研究所で開発され、<sup>2, 3)</sup>全農、田植機メーカーおよび数県の農業試験場で実用化と改良が行われてきた。<sup>4)</sup>

これら施肥田植機による側条施肥の特徴として次のことがいわれている。

- 1 施肥と田植を同時に行えるので省力的である。
- 2 肥効が高く、施肥量を節減できる。
- 3 初期生育が旺盛となるので、根付肥といわれる初期追肥は必要としない。
- 4 肥料を埋設するので田面水中への溶脱が軽減される。

\* 茨城県経済連



茨城県では近年汚濁の進んだ霞ヶ浦水系の水質改善のため、昭和56年12月に「茨城県霞ヶ浦の富栄養化の防止に関する条例」が制定され、各種排水の浄化対策が進められているが、農業系の浄化対策の一つとして施肥田植機の利用の推進がはかられることになった。

なお、この試験は農林水産省の総合助成試験「水稻に対する肥料の効率的利用」の一環として実施したが、この報告の一部は全農の受託試験として実施したものである。

最後に、本試験を実施する上で多大の御協力を賜った各供試機メーカーならびに全農の関係各位に深甚の謝意を表す。

## II 試験方法

### 1 供試機

	施肥機	田植機
1) I式	FT 40	PF 451
2) Y式	FA 40B	YP 400
3) K式	FN 400	NS 400B
4) M式	PG 450	PS 450

### 2 施肥機の構造調査

昭和57年に市販された上記の4機種について、構造・仕様についてカタログおよび実測により調査した。

### 3 肥料の繰出調量性能

市販の粒状化成肥料を供試して、田植機の苗横送り回数とシャッター開度を変えて肥料を吐出させ、シャッター開度と肥料繰出量との関係、条別繰出量の均一性、粒径と繰出量などを測定する。

なお、供試肥料の粒径分布は第1表に示すとおりである。

第1表 供試肥料の粒径分布

項目	肥料名 苦土塩加磷安 005 (10-20-15-5)	塩加磷安 1号 (14-14-14)
粒 径	1~2 (mm)	5.4 (%)
	2~3	54.7
	3~4	36.9
	4~5	3.0
平均粒径 (mm)	2.9	3.3

## 4 圃場適応性

各供試機種の圃場作業性能を調査し、移植後の水稻の生育・収量についても検討する。

- 1) 試験場所 水戸市上国井 農試圃場
- 2) 土 壤 型 表層腐植質多湿黒ボク土
- 3) 供試面積 各機種 25 a (100 m × 25 m)
- 4) 供試肥料 苦土塩加磷安 005 (10-20-15-5)
- 5) 施肥田植作業条件 第2表に示す。
- 6) 試験区の構成

供試4機種を用いて、一機種25 aずつ施肥田植作業を行った。施肥量および栽植密度は同一条件とした。なお、対照として植代施肥区を設けた。

### 7) 耕種概要

- (1) 供試品種 コシヒカリ
- (2) 田 植 期 昭和57年5月12~14日
- (3) 栽植密度 30 cm × 16 cm
- (4) 設定基肥量 (kg/a)  
側条施肥 N 0.55, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.1, K<sub>2</sub>O 0.83  
植代施肥 N 0.8, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 1.6, K<sub>2</sub>O 1.2

## III 試験結果および考察

### 1 供試施肥機の構造

歩行型4条植田植機用の施肥機4機種の構造・仕様をカタログおよび実測により調査した結果を第3表に示す。

施肥機の重量は25~27 kgで機種間に差はない。タンクは2個が3機種、1個が1機種で、容量は25~30 kgであった。肥料を満タンにしたときの施肥機の重量は52~55 kgで、田植機本体重量は160~170 kg程度であるので、肥料および施肥機で本体の1/3程度重量が増加している。

肥料繰出部の方式は4機種とも回転ロール式で、田植駆動軸からフレキシブル・シャフトで動力をとって駆動している。このため、植付と施肥の作動が連動している。肥料繰出量の調節法は1機種が開口面積調節であるが、他の3機種は溝長調節である。

作溝機は機種によって形状、寸法が異なり、施肥位置にも差がでている。前後位置は植付爪の前方0 cmから45

水田からの肥料成分の流出とその対策

第2表 施肥田植作業条件

項目	試験区	側条施肥				植代施肥
		FT 40	FA 40 B	FN 400	PG 450	
供試田植機		PF 451	YP 400	NS 400	PS 450	PS 450
移植月日と天候		5月13日晴	5月13日晴	5月14日曇	5月14日曇	5月12日晴
育苗日数(日)		20	20	21	21	19
草丈(cm)		18.9	18.9	18.9	18.9	18.9
葉数(枚)		2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
耕耘月日と方法		10月下旬 ロータリ耕				
植付時の圃場条件		3月下旬 "				
代かき月日と方法		5月12日	ロータリ2回	5月12日	ドライブハロ2回	5月11日 ドライブハロ
浮遊莢雑物の有無		無	無	無	無	無
耕土の硬さ(さげぶり)		8.6	8.6	9.4	9.4	10.7
耕土の深さ(cm)		14.5	14.5	14.8	14.8	14.4
水深(cm)		0~2	0~2	0~2	0~2	0~2
機械使用条件						
設定株間(cm)		16	16	16	16	16
苗取量(横×縦)(cm)		1.2×1.0	1.0×1.3	1.1×1.0	0.9×1.2	0.9×1.4
設定施肥位置(横×深さ)(cm)		3.5×3.0	3.0×5.0	3.5×3.0	3.0×3.0	-
シャッター開度		23/26	9.5/10	13/20	10/10	-
施肥肥料の銘柄		苦土塩加磷安 005 (10-20-15-5)				
条件設定繰出量(kg/10a)		55 kg				80 kg

cmの範囲、左右位置は植付爪の中心から3~4.6cmの範囲、土面からの深さは3~5cm(1機種は固定式、3機種は可変式)となっている。

2 肥料の繰出調量性能

同じシャッター開度であっても苗の横送り回数(分割数)が異なると肥料の1株当たり繰出量が異なるので、機種毎に設定されている横送り回数別にシャッター開度と肥料繰出量の関係を調査した結果を第1, 2図に示す。

各機種の肥料繰出性能は次のとおりである。

1) I式 FT 40

肥料繰出量の調節は1条毎に施肥量調節ダイヤルを回して、ロール溝の長さを加減することによって行う。植付けしない条がある場合にはシャッターレバーを「閉」にすることによって肥料繰出を4条独立に停止できる。

シャッター開度と肥料繰出量の関係は第1, 2図に示すように、1株当たり繰出量はシャッター開度を広げるに従

って直線的に増加する。また、横送り回数18回は24回より25~29%程度繰出量が多い。

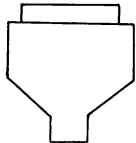
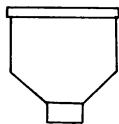
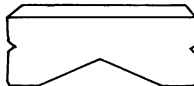
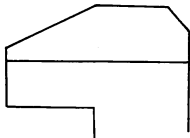
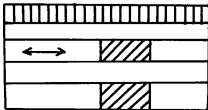
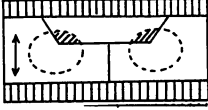
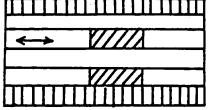
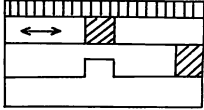
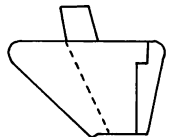
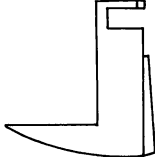
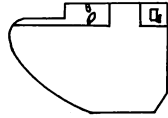
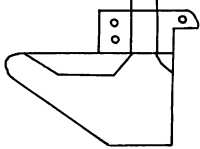
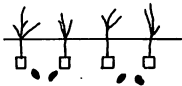
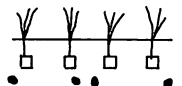
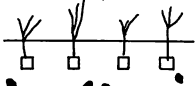
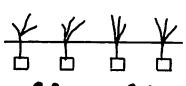
肥料の種類による繰出量は平均粒径の小さい苦土塩化磷安005が塩加磷安1号より15%前後多くなる傾向が認められた。

2) Y式 FA 40 B

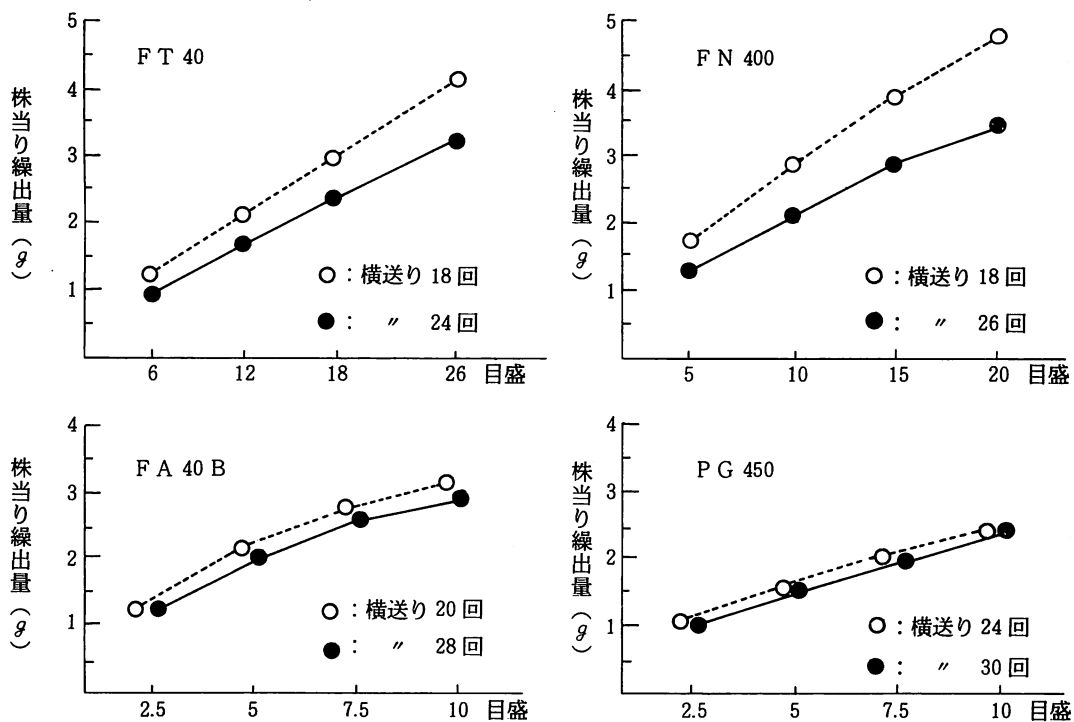
施肥量調節は条毎に回転ロール部の調量レバーを動かしてロール穴の開口面積を加減することによって行う。肥料の繰出停止は調量レバーを「条止め」位置までもどすことによって各条独立に行うことができる。

シャッター開度と肥料繰出量の関係は第1, 2図に示すように、1株当たり繰出量は開度目盛7.5までは直線的に増加するが、開度目盛7.5~10(全開)までは傾斜がやや緩くなっている。また、横送り回数と肥料繰出量の関係は横送り回数20回の場合28回と比較して開度5までは差はないが、開度7.5で7~10%、開度10では9

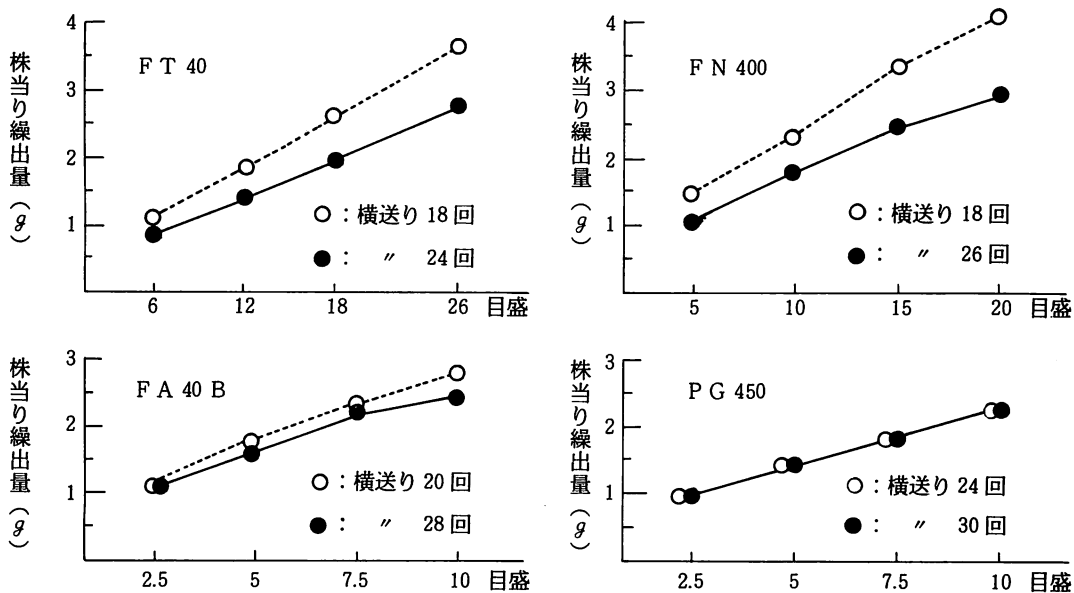
第3表 施肥機の構造・仕様

銘柄 型式		I	Y	K	M
項目		FT 40	FA 40 B	FN-400	PG 450
田植機型式		PF 451	YP 400	NS 400 B	PS 450
条数(条)		4	4	4	4
全重(kg)		27	26	25	27
肥料の性状		粒状	同左	同左	同左
タンク	容量 位置	13 kg × 2個 側方, 車輪上後方	13 kg × 2個 中央, 車輪上後方	15 kg × 2個 側方, 車輪上方	25 kg × 1個 中央, 車輪上後方
	形状				
肥料繰出部	方式 駆動 形状	回転ロール式 田植駆動軸より	同左 "	同左 "	同左 "
	調節法	 溝長調節	 開口面積調節	 溝長調節	 溝長調節
作溝器	幅(cm) 長さ(cm) 高さ(cm)	2.3 22.0 18.5	2.0 21.5 23.0	2.5 21.0 18.0	2.3 30.0 21.5
	形状				
覆土器		覆土板	培土板	整地板	覆土板
施肥位置	前後(植付爪より)	植付爪側方 0 cm	植付爪前方 28 cm	植付爪前方 45 cm	植付爪前方 5 cm
	左右(植付爪中心より)	4.6 cm	3.0 cm	3.5 cm	3.7 cm
深さ	 3, 5 cm	 5 cm	 3, 5 cm	 3, 5 cm	

水田からの肥料成分の流出とその対策



第1図 シャット開度と肥料繰出量 (供試肥料: 苦土塩加磷安005)



第2図 シャット開度と肥料繰出量 (供試肥料: 塩加磷安1号)

～15%増加した。

肥料の種類による繰出量の差は大きく、平均粒径の小さい苦土塩加燐安 005 は塩加燐安 1 号より 20%前後増加した。

### 3) K式 FN 400

肥料繰出量の調節は条毎にロール部のダイヤルを回して、ロール溝の長さを加減することによって行う。肥料の繰出停止はロール駆動軸にとりつけられたクラッチにより各条独立に行うことができる。

シャッタ開度と肥料繰出量の関係は第 1, 2 図に示すとおり、1 株当たり肥料繰出量はシャッタ開度を広げるにつれて直線的に増加する。また、横送り回数と肥料繰出量の関係は横送り 18 回が 26 回より 35%前後増加した。

肥料の種類による繰出量の差は大きく、平均粒径の小さい苦土塩加燐安 005 は塩加燐安 1 号より 20%前後増加した。

### 4) M式 PG 450

肥料繰出量の調節は 4 条を同時に 1 本の調量レバーを動かして、回転ロールの溝長を増減することによって行う。4 条を同時に調量するため条毎に調量することはできない。肥料の繰出停止はシャッタの開閉によって各条独立に行うことができる。

シャッタ開度と肥料繰出量の関係は第 1, 2 図に示すとおり、1 株当たり肥料繰出量はシャッタ開度を広げるにつれて直線的に増加する。また、横送り回数と肥料繰出量の関係は横送り 30 回と 24 回でほとんど差が認められなかった。

肥料の種類による繰出量の差は比較的小さく、苦土塩加燐安 005 と塩加燐安 1 号の差は 10%以下であった。

1 株当たり肥料繰出量は他機種より少なく最大のものでも 2.5 g/1 株以下であった。

### 3 条別繰出量

ダイヤルあるいはレバーによる調量目盛を 4 条とも同一にした場合に、条間での肥料繰出量の変異を調査した結果は第 3 図に示すとおりである。

M式 PG 450 は各条繰出量の変異係数は 3%程度以下と極めて小さい。また、4 条を 1 本のレバーで同時に調

量するため、条毎の調節はできない。他の 3 機種は条毎の調節ができるが、各条繰出量の変異係数が 15%におよぶ場合がある。このため肥料繰出量の調整をする場合、調量目盛にこだわらず、条毎の繰出量の調整をする必要がある。

### 4 肥料の粒径と繰出量

化成肥料(苦土塩加燐安 005)を篩別して粒径別に 4 段階の肥料を供試して、同一シャッタ開度で繰出量を調査した結果は第 4 図に示すとおりである。

粒径が小さくなるほど繰出量が多くなるが、粒径の 1 番大きなものと小さなもの間では 33%の差が生じている。したがって、異なる肥料を用いる場合にはその都度繰出量の調節をする必要がある。

### 5 繰出量調節時の植付爪回転数

圃場外で肥料の繰出量を調節する方法は植付爪を回転させて施肥部から落下する肥料を受けて計量し、植付爪回転数で除して 1 株当たり繰出量を算出する。この調節時の植付爪回転数が何回程度にすればよいかを知るために植付爪回転数を変えて繰出量の推定値との関係を検討した結果を第 5 図に示す。

繰出量調整時に植付爪回転数をいちいち数えていたのでは間違えたりするので、苗の横送りの行程数を決めて調整すれば良い。供試機(M式 PG 450)の横送り 1 行程(24 株分)で繰出された肥料を 1 株当たり繰出量に換算した量を 100 とすると横送り 2 行程分では 104, 横送り 3 行程分では 105, 横送り 4 行程と 5 行程では 106 となった。このように、植付爪回転数が少ないと 1 株当たり繰出量が低く推定されることになるので、少なくとも植付爪回転数が 100 回程度以上肥料を繰出して繰出量を調整する必要がある。

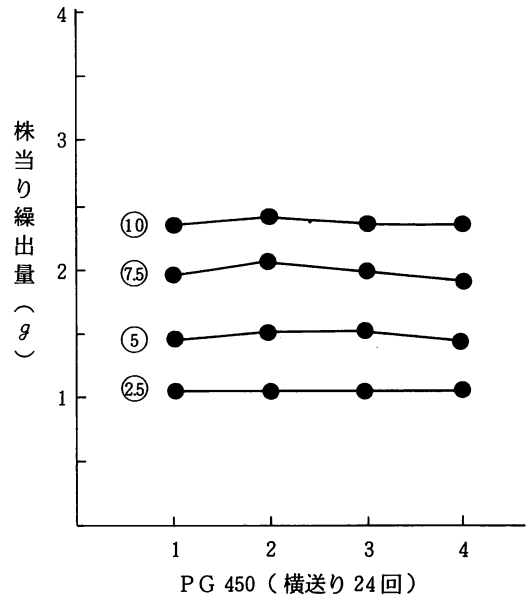
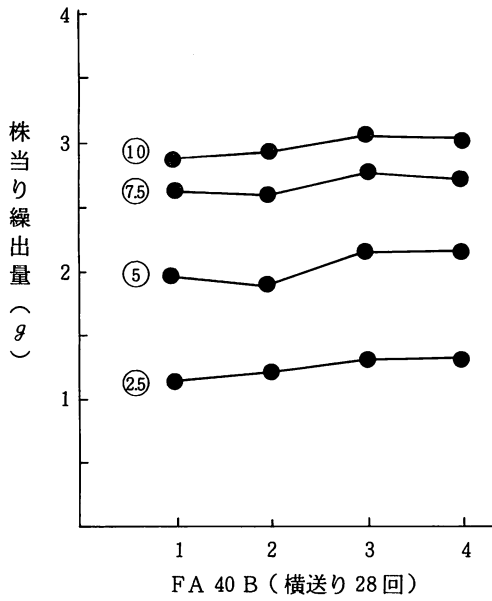
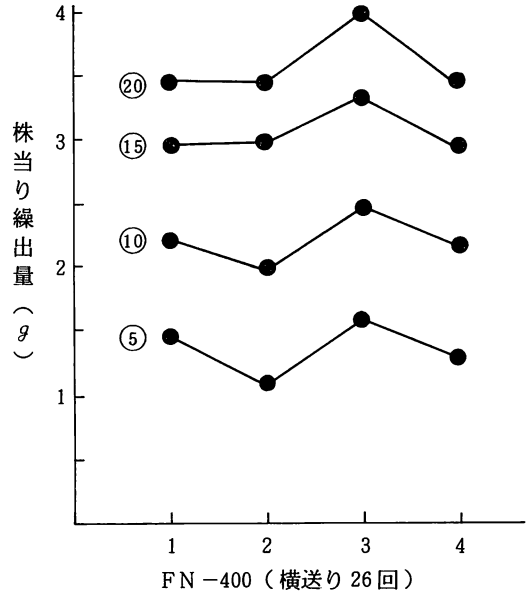
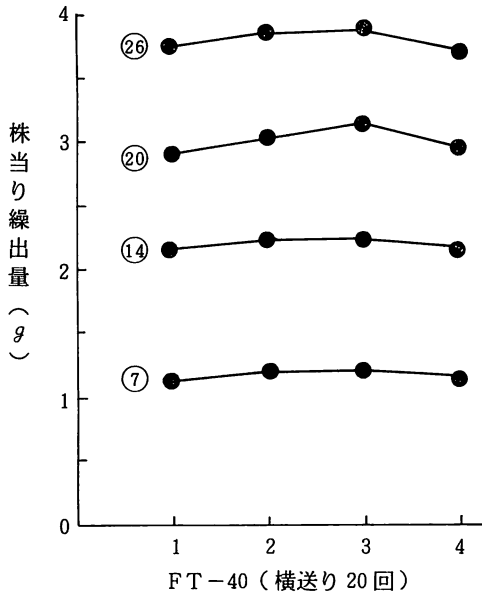
### 6 圃場適応性

供試 4 機種種の作業条件、圃場作業性能および移植後の稲の生育収量を調査した結果を第 4～5 表に示す。

#### 1) 移植作業性能

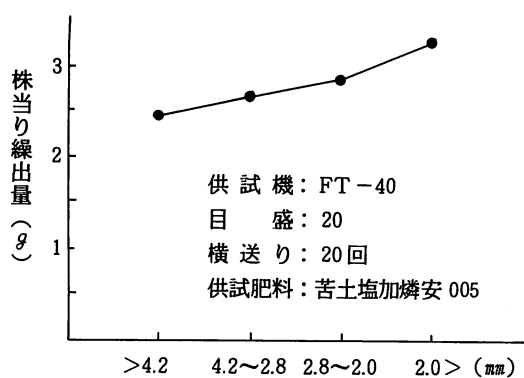
各機種とも作業速度は歩行型田植機で一般的な 0.5 m/sec 程度で行なった。平均条間、1 株当たり植付本数、植付深さなどはほぼ目標どおりであった。植代の硬さがさ

水田からの肥料成分の流出とその対策

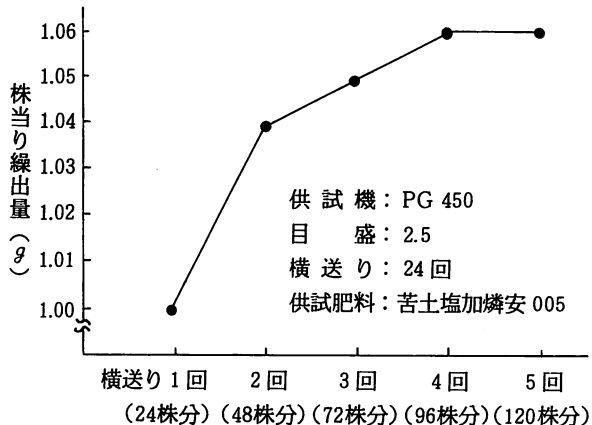


第3図 条別線出量

注 1) 供試肥料：苦土塩加磷安 005  
 2) ○内数字は調量日盛



第4図 肥料粒徑別繰出量



第5図 繰出量調整時の植付爪回転数と繰出量

第4表 圃場作業性能

項目	試験区	側条施肥				植代施肥
		FT 40	FA 40 B	FN 400	PG 450	
作業性能率	作業速度 (m/s)	0.51	0.48	0.48	0.50	0.53
	圃場作業量 (a/hr)	16.4	13.9	15.4	15.4	19.2
	10 a 植付時間 (hr)	0.61	0.72	0.65	0.65	0.52
	内植付 (%)	70.8	78.2	71.2	74.5	83.7
	肥料補給 (%)	12.0	10.9	11.3	12.4	—
	旋回苗補給 (%)	17.2	10.9	17.5	13.1	16.3
	10 a 肥料補給回数	4	4	4	4	—
作業精度	車輪滑り率 (%)	13.1	13.7	15.3	15.3	14.4
	平均条間 (cm)	30.3	29.3	30.9	30.5	31.3
	平均株間 (cm)	15.2	13.9	15.8	14.7	15.2
	1株当り植付本数 (本)	5.0	5.4	4.7	3.8	5.4
	植付深さ (cm)	3.1	3.3	4.1	3.2	2.9
	0~30° (%)	3.3	3.3	10.0	10.0	3.3
	30~60° (%)	6.7	3.3	23.3	53.3	10.0
	60~90° (%)	90.0	93.4	66.7	36.7	86.7
	欠機械的 (%)	3.3	3.3	3.6	3.3	0
	浮苗, 埋没株 (%)	0	0	1.7	1.7	3.3
精率計	3.3	3.3	5.3	5.0	3.3	
施肥度	施肥覆土の状態	良	良	良	良	—
	肥料繰出量 (kg/10 a)	54.6	56.2	59.0	54.9	—
	計画施肥量 (kg/10 a)	55	55	55	55	—
	肥料繰出量の比率 (%)	99.3	102.3	107.3	99.8	—
使用苗箱数 (箱)	14.6	16.0	13.4	13.2	15.6	
使用燃料 (cc/10 a)	550	576	628	514	384	

水田からの肥料成分の流出とその対策

第 5 表 水稲の生育・収量

項目	試験地	側 条 施 肥				植代施肥
		F T 40	F A 40 B	F N 400	P G 450	
活着の良否		良	良	良	良	良
生	移18 草 丈 (cm)	22.0	21.8	21.1	21.0	21.6
	植 茎 数 (本)	7.3	7.6	7.1	7.0	11.7
	後日 葉 色	5.4	5.4	5.4	5.3	5.7
生	移49 草 丈 (cm)	53.6	53.5	51.2	52.6	55.8
	植 茎 数 (本)	33.9	34.7	35.5	33.6	38.7
	後日 葉 色	4.3	4.3	4.3	4.3	4.4
育	成 稈 長 (cm)	88.0	85.8	84.9	84.1	88.0
	1 株 穂 数 (本)	22.1	21.0	21.7	20.6	25.4
	m <sup>2</sup> 当り穂数 (本)	480.2	515.5	444.5	448.3	534.2
	有効茎歩合 (%)	65.2	60.5	61.1	61.3	65.6
出 穂 期 (月,日)		8. 14	8. 14	8. 14	8. 14	8. 14
成 熟 期 (月,日)		9. 18	9. 18	9. 18	9. 18	9. 18
収 量	刈 取 月 日 (月,日)	9. 21	9. 21	9. 21	9. 21	9. 21
	倒 伏 程 度	中～多	中～多	中～多	中～多	中～多
	病 害 虫 発 生 程 度	葉イモチ	ビ	ビ	ビ	ム
	わ ら 重 (kg/a)	70.4	75.3	73.1	70.2	72.7
	精 粳 重 (kg/a)	64.1	66.1	63.0	61.8	67.6
	精 玄 米 重 (kg/a)	52.0	53.5	52.6	51.0	54.7
	屑 米 重 (kg/a)	0.3	0.4	0.3	0.3	0.3
	玄米千粒重 (g)	20.4	20.8	20.8	21.0	21.0

げふり貫入深で 8.6～10.7 cmと若干硬めであったため、車輪滑り率が 13.1～15.3%とやや大きくなり、平均株間は各機種とも目標値よりやや狭くなった。また、一部試験区で植付姿勢の劣るものがあったが、植代の硬さが不適なためであり、欠株率にも影響した。

作業能率は肥料補給に全作業時間の 10.9～12.4% (4機種平均 11.7%) を要し、圃場作業量は 13.9～16.4 a/hr (4機種平均 15.3 a/hr) で施肥装置のない田植機の 19.2 a/hr に比較して 20%程度劣った。

以上のように、各機種とも土壌条件による悪影響を除けば総じて順調な田植作業を実施できた。肥料補給などで作業能率が低下すること以外には施肥機を装着しても移植作業性能に対する影響はないものと考えられる。

2) 施肥精度

苗の横送り回数は稚苗用とし、各田植機の最大横送り回数にセットした。設定株間(栽植密度)と目標施肥量から1株当たり肥料繰出量を算出し、条毎に繰出シャッター開度を調節した。

肥料の繰出、搬送、作溝、施肥および覆土の各作業はおおむね順調に行なわれた。しかし、次のような欠点がある。①植付始めの数株に施肥されず、植付終りに肥料がまとまって落下する。②圃場に水が多い場合、作溝部に肥料が付着してつまりやすくなる。③植代が硬い部分では覆土が悪くなり、肥料が露出する場面があった。

計画施肥量に対する肥料繰出量の比率は 99.3～107.3%、平均 102.2%であり、ほぼ、目標量を施肥できた。

3) 機械の取扱性



施肥田植機を後進させる場合、油圧で機体を一杯持ち上げて、作溝部が地面からあがった状態にしないと作溝部の後部に泥がつまって施肥できなくなる。機種や植代の深さによっては後進できない場合がある。回転時に後進できないため、枕地を大きくとらねばならない。

肥料繰出量の調節をする場合、4条を同時にレバーで設定する1機種を除いて、4条を条毎に調節する機種では繰出量の調節に時間と人手を要する。

## 7 生育・収量

素材試験の結果から側条施肥栽培における最適減肥率は慣行基肥量の20%減としているが、<sup>5)</sup>供試4機種の肥料繰出量を調査した結果から、4機種の最大繰出量の最小のものに合わせたため、慣行の30%減肥を計画施肥量とした。

慣行の植代施肥と比較して側条施肥の生育収量は30%減肥であってもほとんど差がないといってよい。側条施肥の枕地部分に葉イモチ病が発生したが、植付終りに肥料がまとまって落下したことにより部分的に多肥条件になったためである。

## 8 残された問題点

粒状肥料用の施肥田植機には機構上、普及上多くの問

題点が残されているが、重要なものについて記す。

- 1) 肥料の繰出部から作溝部までの時間遅れを小さくするためチューブは短い(距離が近い)方がよい。
- 2) 各条間に繰出量のバラツキがなく、安定した繰出量がえられること。
- 3) 施肥量(繰出量)の調整が簡易であること。
- 4) 肥料搬送部(チューブ)や作溝部に肥料がつまらないこと。つまっても簡単にそうじができること。

## 引用文献

- 1) 機械施肥田植研究会：施肥田植機によるペースト肥料の局所施肥技術 P29-70 1976
- 2) 農業機械化研究所：昭和53年度事業報告 P7-8 1979
- 3) 農業機械化研究所：昭和54年度事業報告 P33-34 1980
- 4) 山下勝男・河合利雄・井上弥平・沢重考・北川治：粒状肥料用施肥田植機の開発利用に関する研究(第1報) 昭和56年度市販機の性能について 滋賀県農試研報 第24号 P15-26 1982
- 5) 茨城県農試：昭和57年度試験成績概要 1982

茨城県農業試験場研究報告 第25号

昭和61年3月31日発行

発行所 茨城県農業試験場  
〒311-42 水戸市上国井町

印刷所 新生プリント社  
水戸市見川2丁目28-18

Contents

- 1 On the New Upland Rice Cultivar "Misatohatamochi"  
..... Tadao KON, Yoshiaki OKUTSU, Ritsuo SUGA, Hideo HIRASAWA, Yoshiaki KOGA  
and Hiroo NEMOTO
- 2 On the New Recommended Rice Variety "Chiyonishiki" in Ibaraki Prefecture  
..... Yoshiaki TAKAGI, Mikio KANŌ, Masatoshi ISHIHARA, Osamu SATŌ and Yoshihiro  
NIITSUMA
- 3 On the New Recommended Buckwheat Variety "Hitachiakisoba" in Ibaraki Prefecture  
..... Etsuo NAKAGAWA, Haruo HANAWA, Kōji KOIBUCHI, Minoru AKIYAMA, Hiroo NEMOTO  
Susumu KITAZAKI, Tamotsu AKUTSU and Yoshihiro NIITSUMA
- 4 Studies on Effects of Successive Application of Organic Matter in Ando Paddy Field  
I. Influence of Successive Application of Organic Matter on Growth, Yield and Nutrient  
Uptake of Rice  
..... Hiromichi KATOU, Keiichi MOGAKI, Kōichi HONDA and Minoru ISHIKAWA
- 5 Improvement on the Slurry Injector (mounted type) and Fertilizer Response of Liquid Manure  
..... Toshikuni AITANI, Kazuo KOAKUTSU, Minoru ISHIKAWA and Jun SAKAMOTO
- 6 Occurrence, Seed Transmission and Control of Peanut Mottle Virus in Peanut in Ibaraki Prefecture.  
..... Ko SHIMONAGANE, Makoto KOBAYASHI and Akira MATSUDA
- 7 Studies on the Direct Underground Sowing in the Submerged Paddy Field  
I. Obstruct Factor of Seedling Emergence and Establishment and Cropping Season of the  
Direct Underground Sowing  
..... Mikio KANŌ, Akimitsu SHIOHATA and Kuni SAKAI
- 8 Studies on the Forecasting of Rice Blast by System Dynamic Model  
I. Forecast for Number of Lesion and Infection Area of Rice Leaf Blast by Application of the  
Computer Simulation  
..... Akira TAKAI, Katumi KANAI, Makoto KOBAYASHI, Katutoshi MURATA and Ryutarō  
KOMORI
- 9 Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields and its Control  
Part I, Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields  
..... Chikara HIRAYAMA, Kuni SAKAI
- 10 Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields and its Control  
Part II, Effects of Banddressing by the Side of Seedling Row in Rice Culture  
..... Chikara HIRAYAMA, Kuni SAKAI, Toshikuni AITANI, Hirohumi OKANO
- 11 Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields and its Control  
Part III, Effects of Fertilizer Type  
..... Chikara HIRAYAMA, Teruo NIHEI and Noboru KOBAYASHI
- 12 Outflow of Fertilizer Nutrients in Paddy Fields and its Control  
Part IV, On the Performance of the Rice Transplanter with Granular Fertilizer Distributor  
..... Toshikuni AITANI, Nobuo HIRASAWA, Kazuo KINOCHI, Jun SAKAMOTO