

有底ほ場における水稻栽培期間中の肥料成分の収支

青山喜典・米谷 正・土肥 誠・三好昭宏

要 約

給排水量を捕捉できる有底ほ場において、水稻栽培期間中に給排水に伴う肥料成分流出量を調査した。

- 1 総給水量は雨量を含め 1159.8~1363.2 t/10a で、沖積土区が洪積土区より節水区が湛水区よりやや少なく、総排水量は 1137.6~1353.4 t/10a で、生育後期において節水区の方が湛水区より少なかった。
- 2 雨水を含む給水からの肥料成分の流入量 (kg/10a) は、窒素 (N) 1.49~1.67, リン酸 (P_2O_5) 0.15~0.17, カリ (K_2O) 0.56~0.85 であった。排水 (オーバーフローを除く) に伴うほ場外への肥料成分流出量 (kg/10a) は、窒素 2.07~2.42, リン酸 2.43~4.72, カリ 19.3~34.0 であった。給水 (雨水を含む) からの流入量を差し引いたほ場外への差引き肥料成分流出量 (kg/10a) は、窒素 0.43~0.91, リン酸 2.27~4.55, カリ 18.7~33.4 で、特にカリ流出量は洪積土が節水区 33.4, 湛水区 26.0, 沖積土が節水区 18.7, 湛水区 18.9 と多かった。
- 3 排水中のカリが多かったのは、排水がモミガラ壁暗渠埋設箇所に集中し、モミガラ中のリン酸やカリが土壌に吸着されることなく排出されたものが主原因と推定した。

Supply and Removal of Fertilizer Ingredient in a Model Paddy Field

Yoshinori AOYAMA, Tadashi YONETANI, Makoto DOHI and Akihiro MIYOSHI

Summary

Supply and Removal of fertilizer ingredient in a model paddy field (yellow soils and gray lowland soils) were investigated in 1993.

- (1) The amount of irrigation water with rain fall was 1159.8-1363.2 t/10a.
- (2) Supply of fertilizer ingredient from irrigation water with rain fall was nitrogen (N); 1.49-1.67 kg/10a, phosphoric acid (P_2O_5); 0.15-0.17 kg/10a and potassium oxide (K_2O); 0.56-0.85 kg/10a. Removal of fertilizer ingredient from drain water without overdraining water was nitrogen; 2.07-2.42 kg/10a, phosphoric acid; 2.43-4.72 kg/10a and potassium oxide; 19.3-34.0 kg/10a. Balance of fertilizer ingredient from drain water to irrigation water was nitrogen; 0.43-0.91 kg/10a, phosphoric acid; 2.27-4.55 kg/10a and potassium oxide; 18.7-33.4 kg/10a.
- (3) The reason why the amount of potassium in drain water was large was that drain water was passing through the layer of underdraining of rice hulls without absorbing in to the soil layer and potassium of rice hulls was carried out.

キーワード：農業用水, 水質, 肥料, 全窒素, 有底ほ場

緒 言

農業と水質との関係には、農業が水質から影響を受ける場合と、逆に水質に影響を与える場合がある。従来、農業は環境保全的産業と考えられ、農業用水の水質の低下と水質汚濁による農業被害の懸念から、本県のみならず他府県でも農業用水の水質調査が行われている^{2, 5)}。

一方、農耕地に由来する窒素等の負荷は排水の水質を中心に兵庫県や他府県でも調査が行われている^{1, 3, 4)}が、給排水量とそれに伴う肥料成分の流入量をほ場レベルで把握した事例は少ない。

そこで1993年に、兵庫県下の代表的な水田土壌である細粒黄色土と細粒灰色低地土⁶⁾を充填した給排水量を捕捉できる有底ほ場を用いて、水稻栽培期間中の給排水に伴う肥料成分の流入量を調査した。

材料及び方法

兵庫県下水田には細粒黄色土 6,683 ha, 細粒灰色低地土 27,538 ha を有し⁶⁾, 各々水田面積に対して 8.4%, 34.6% を占めている⁶⁾. 県を代表する水田土壌であるその両土壌を充填した当センターの有底ほ場で, 1988 年より水稲と小麦の二毛作を行なってきた. 各ほ場は, 内壁がコンクリート製で, 面積 12a (63.3m×19.1m), 土壌深 1.2m の規模を有し, 本暗渠(モミガラ壁暗渠)を 4 本施工し, 弾丸暗渠は, 毎年水稲収穫後 2 m 間隔でひきなおし, おがくず入り牛ふん堆肥 10t/10a 施用している. 本試験は 1993 年に実施した. 試験区の内容と水稲作付前の土壌の理化学性を表 1 に示した.

水稲(品種, 金南風)を 1993 年 6 月 21 日に移植し,

11 月 2 日に収穫した. 基肥(6 月 21 日)に N:P₂O₅:K₂O = 3.0:3.0:3.0 (kg/10a), 追肥(8 月 16 日)に N:P₂O₅:K₂O = 4.0:2.5:4.0 (kg/10a) 施用した. 水管理は, 中干し(7 月 30 日)まで全区とも湛水状態にし, 中干し以降(8 月 16 日)は湛水区(No.1, 3)と足跡に水が残る状態の節水区(No.2, 4)とした. また, 全期間減水深が 6mm になるように暗渠を開閉した. 灌漑水の給水量は水量計で, 雨量及び排水量は自動計測により測定した. 給水については 6 月 21 日, 7 月 19 日, 30 日, 8 月 26 日, 10 月 1 日の灌漑水及び, 7 月 19 日, 10 月 1 日頃の雨水の水質を, 排水については田植前, 中干しの田面水, 及び 7 月 19 日, 8 月 26 日, 落水時の暗渠水の水質を常法により分析した.

表 1 試験区の内容と水稲作付前の土壌(表土 0~10cm)の理化学性(1993 年)

試験区	土壌の種類	水管理*	仮比重	全炭素 %	全窒素 %	pH H ₂ O	EC (1:5) ms/cm	CEC me/100g	交換性陽イオン(mg/100g)		
									石灰	苦土	カリ
1	洪積土(細粒黄色土)	湛水区	1.28	2.82	0.25	6.4	0.277	13.1	231	44.9	76.4
2	洪積土(細粒黄色土)	節水区**	1.23	3.12	0.26	6.7	0.157	13.2	253	54.9	91.1
3	沖積土(細粒灰色低地土)	湛水区	1.11	2.96	0.26	6.6	0.092	12.8	269	58.1	67.3
4	沖積土(細粒灰色低地土)	節水区**	1.06	3.74	0.24	6.7	0.087	11.8	254	52.4	75.3

* 中干しまで, 全区とも湛水状態. 減水深は全期間 6mm になるように暗渠を開閉して調整. ** 足跡に水が残る程度の飽水状態

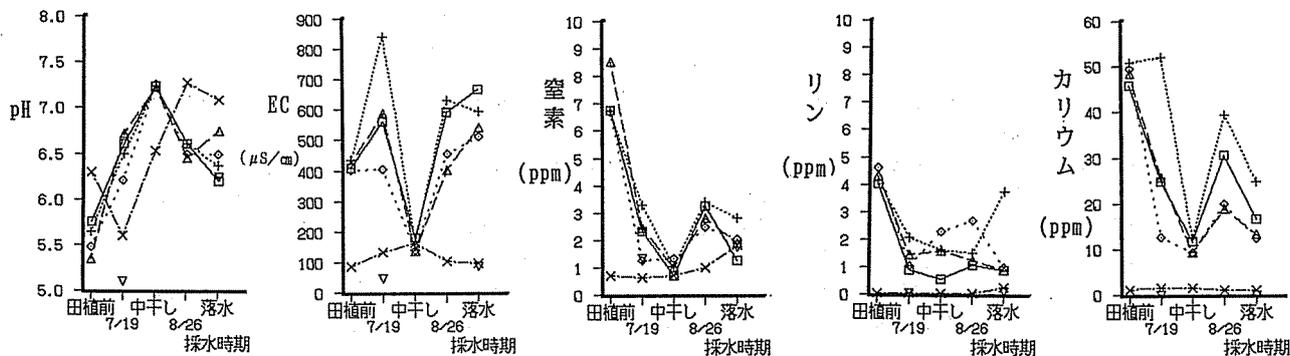


図 1 有底ほ場の給排水の水質(1993 年)

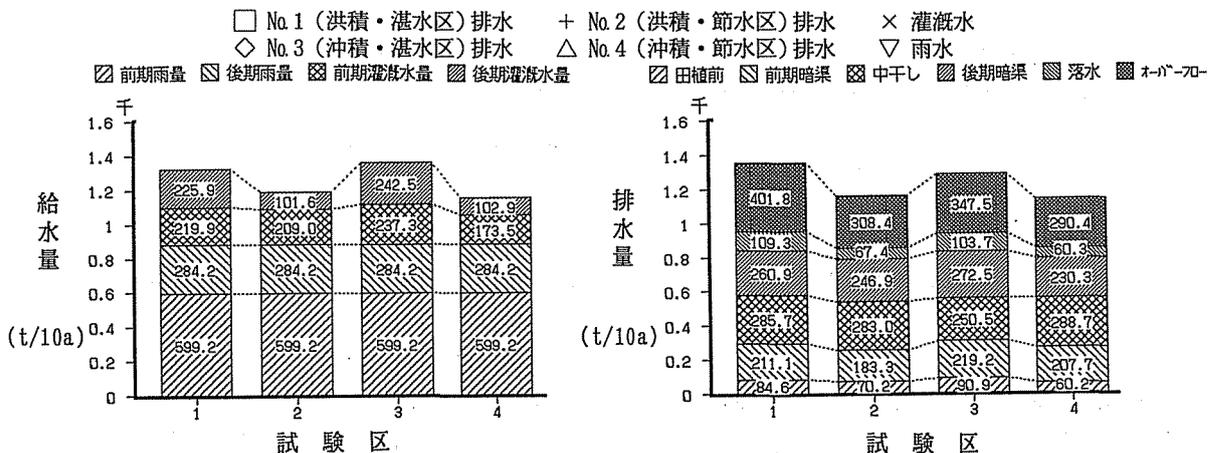


図 2 有底ほ場の給排水量(1993 年)

前期: 代かき~中干 後期: 中干し後~収穫

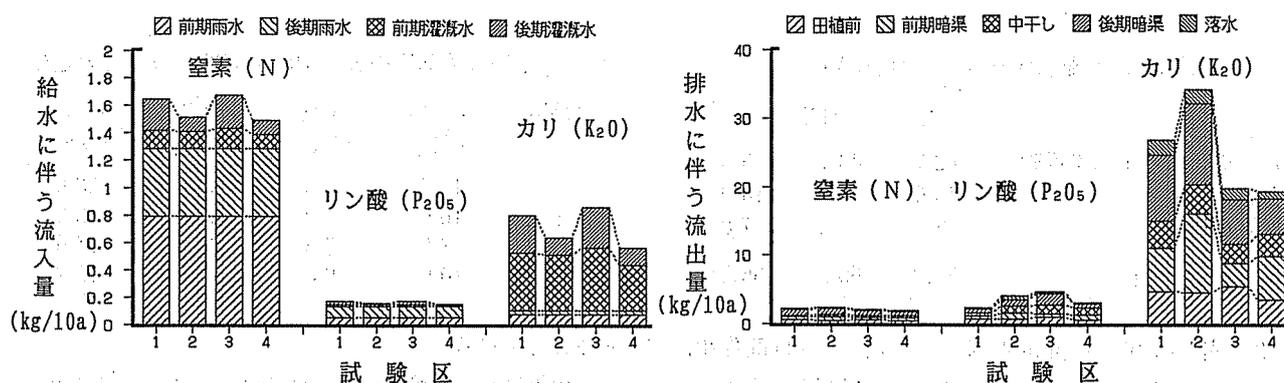


図3 有底ほ場の給排水に伴う肥料成分の流入量(1993年)
 前期：代かき～中干 後期：中干し後～収穫

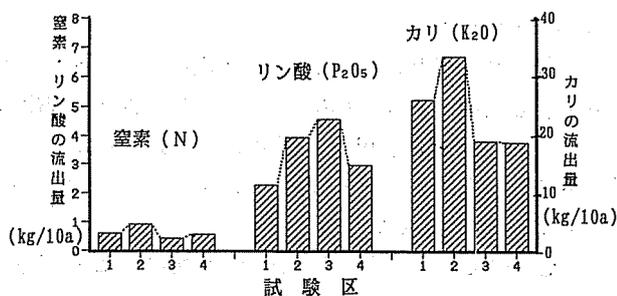


図4 有底ほ場の給排水に伴う肥料成分の流出量
 (給水による流出量を差し引いた。1993年)

結 果

1 有底ほ場の給排水の水質

有底ほ場の給排水の水質を図1に示した。pHは給排水ともpH5～7.5の範囲で変化した。給水の電気伝導度(EC)は100 μ S/cm前後で低かったが、排水は中干し以外は400 μ S/cm以上と高く、落水時には500 μ S/cm前後になった。土壌別では沖積土より洪積土の方が高かった。窒素(N)濃度は、田植前田面水で7ppm前後と高かったが、それ以降はほぼ3ppm以下で推移し、リン(P)の濃度は、田植前の田面水が、4ppm前後であったが、それ以降はほぼ1～2ppmで推移した。カリウム(K)濃度は、田植前田面水は50ppm前後と高く、中干し時の田面水は10ppm前後と低くなったが、以降の暗渠水は10～40ppm前後で推移し、洪積土・節水区のNo.2がやや高かった。

2 有底ほ場の給排水量

有底ほ場の給排水量を図2に示した。雨量を含めた給水量は、前期(代かき～中干し終了)で772.7～836.5t/10a、後期(中干し以降～収穫)で385.8～526.7t/10aで、このうち灌漑水量は前期173.5～237.3t/10a、後期

湛水区225.9～242.5t/10a、節水区101.6～102.9t/10aであった。なお、総給水量は1159.8～1363.2t/10aとなった。

排水量は、前期で799.8～851.0t/10a、後期で330.5～502.4t/10a、総排水量は1137.6～1353.4t/10aであり、節水区の方が湛水区より少なかった。また、排水量は湛水区において、沖積土の方が洪積土より少なかったが、節水区においては差が認められなかった。

3 給排水に伴う肥料成分の流入量

給排水に伴う肥料成分の流入量を図3に示した。雨水を含む給水からの流入量は、窒素(N)1.49～1.67kg/10a、リン酸(P₂O₅)0.15～0.17kg/10a、カリ(K₂O)0.56～0.85kg/10aであった。

排水(オーバーフローを除く)に伴うほ場外への肥料成分流出量は、窒素2.07～2.42kg/10a、リン酸2.43～4.72kg/10a、カリ19.3～34.0kg/10aであった。

給水(雨水を含む)からの流入量を差し引いたほ場外への差し引き肥料成分流出量は図4に示すように、窒素0.43～0.91kg/10a、リン酸2.27～4.55kg/10a、カリ18.7～33.4kg/10aであった。

考 察

兵庫県下の代表的水田土壌である細粒黄色土と細粒灰色低地土を充填した給排水量を捕捉できる有底ほ場を用いて、水稲栽培期間中の給排水に伴う肥料成分の流入量を調査した。

1 給排水の水質

給水の水質は灌漑水、雨水とも電気伝導度(EC)が100 μ S/cm前後、窒素(N)とカリウム(K)は概ね1ppm以下、リン(P)は0.1ppm以下で長谷川ら¹⁾の報告と同様であった。排水の窒素濃度は、田植前田面水で7ppm前後、それ以降はほぼ3ppm以下で推移し長谷川ら¹⁾の報告と同様であった。リン濃度は1～4ppm、カ

表2 有底ほ場への肥料成分の年間平均投入量(kg/10a)

	窒素	リン酸	カリ
おがくず入り牛ふん堆肥	62.7	48.7	39.5
小麦施肥量	10.0	6.0	10.0
水稻施肥量	7.0	5.5	7.0
計	79.9	60.2	56.5

リウム濃度は10~50 ppmと高かったが、これは前作小麦作付前に施用したおがくず入り牛ふん堆肥やモミガラ壁暗渠中のカリウムの影響と考えられる。土壌の違いによる排水の水質に有為な差は認められなかったが、洪積土では節水区(No.2)のカリウム含量がやや高く推移した。これは節水栽培により排水量が減少したため排水中の濃度が高くなったためと考えられる。

2 給排水量

雨量を含めた総給水量は1159.8~1363.2t/10a、総排水量は1137.6~1353.4t/10aで、1993年は寡照、多雨の天候のため雨量が多く、給水量と排水量との差は僅かであった。土壌による差を比較すると、排水量は節水区についてはほとんど差がみられなかったが、湛水区については沖積土の方が洪積土より少なかった。これは、水稻収穫時の表土(0~10cm)と下層土(20~30cm)の飽和透水係数や後期暗渠排水量にも有意な差が認められないことから、大雨などによるほ場からのオーバーフローが湛水区において顕著に現われたためと考えられる。水管理の違いでは、両土壌とも中干し以降給水量を減らした節水区の方が湛水区より、暗渠排水量、落水時の排水量とも少なくなり節水効果が認められた。

3 給排水に伴う肥料成分の流入量

肥料成分流出量のうち、窒素は長谷川ら¹⁾の報告と同様であったが、リン酸とカリは多く、特にカリが多かった。

この要因として、①モミガラ壁暗渠からの肥料成分の流出、②施用堆肥からの肥料成分の流出および③土壌、特に表土から肥料成分の流出等により排水中の肥料成分濃度が高まったためと考えられる。

モミガラ壁暗渠からの肥料成分の流出については、通常の水田では、ほ場からの排水として田面水と土壤浸透水が考えられ、土壤浸透水は土壤浸透中に肥料成分の土壌への吸着等が行なわれる。有底ほ場ではほとんど土壌中を浸透せずにモミガラ壁暗渠を通るため、肥料成分が土壌に吸着されずほ場外へ流出するものと考えられる。また、室内溶出試験で行なったモミガラの抽出試験の結果を、有底ほ場のモミガラ壁暗渠中のモミガラの量に当てはめて試算すると、10a当り約10kgのカリが流出

表3 水稻栽培前後の表土中の水溶性肥料成分の変化

試験区	リン酸(mg/100g)		カリ(mg/100g)	
	作付前	収穫後	作付前	収穫後
1	11.4	5.5	34.0	26.6
2	16.6	8.2	39.0	13.9
3	8.5	6.5	25.4	14.9
4	10.0	6.8	27.6	15.2

することになる。

施用堆肥からの肥料成分の流出については、表2に示したように、水稻裏作の小麦作付前に施用されるおがくず入り牛ふん堆肥に含まれる肥料成分の影響が大きいと考えられる。モミガラの抽出と同様に、堆肥の抽出室内試験の結果を有底ほ場の堆肥施肥量(10t/10a)に当てはめて試算すると、10a当り約9kgのカリが流出することになる。

土壌、特に表土から肥料成分の流出については、表3に水稻栽培前後の表土中の水溶性リン酸とカリの変化を示した。表土の深さ10cm、仮比重1で試算すると、表土からリン酸が2.0~8.5kg/10a、カリが7.4~25.1kg/10a流出したことになる。

以上のことから、本ほ場条件において排水に伴う肥料成分の流出量を説明することができる。今後、他ほ場条件での検討を行なう必要がある。

引用文献

- (1) 長谷川清善ら(1980年): 水田における有機物施用が水質におよぼす影響(第1報)牛ふん、稲わら連用水田における年間の水質変化: 滋賀農試報 22, 91-98
- (2) 井上恵子・庄籠徹也(1991年): 福岡県における農業用水の水質: 土肥誌 62(6), 577-584
- (3) 直原 毅ら(1986年): 暗渠施工水田における土壌養分の動態と水管理に関する研究 第1報 畑作条件下における土壌養分の動態: 兵庫農総セ研報 34, 57-62
- (4) 直原 毅ら(1987年): 暗渠施工水田における土壌養分の動態と水管理に関する研究 第2報 排水の水質と養分溶脱量: 兵庫農総セ研報 35, 49-52
- (5) 桑名健夫ら(1990年): 1986年から1988年にかけての県下主要利水地点における農業用水の水質: 兵庫農技研報 38, 109-116
- (6) 津高寿和(1987年): 兵庫県下に分布する水田土壌の種類とその特徴(兵庫県農業総合センター): 18-20