

淀川水系の水田から流出する窒素・リンについて

誌名	大阪府農林技術センター研究報告
ISSN	03888592
巻/号	22
掲載ページ	p. 1-10
発行年月	1986年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



大阪農技セ研報22：1～10（1985）

Bull. Osaka Agr. Res. Cent. 22：1～10（1985）

淀川水系の水田から流出する 窒素・リンについて

形山 順二・土山 和英・日野 和裕

Outflow of Nitrogen and Phosphorus from the Paddy Field along the Yodo River

Junji KATAYAMA, Yasuteru DOYAMA and Kazuhiro HINO

Summary

It is recognized that nutritious salts supplied in farmland pollute closed aquatic area. The outflow of nitrogen and phosphorus from fertilizer components was investigated in the paddy field along the Yodo river. The components of fertilizer were mainly lost from the paddy field during cultivating to transplanting.

From the results, the runoff of nitrogen and phosphorus was decreased by:

- 1) minimizing amount of the irrigation water and using repeatedly the irrigation water
- 2) applying less basal dressing and more topdressing
- 3) suppling rice straw to the paddy field.

I. はじめに

近年内海や湖沼において硝酸塩やリン酸塩などの無機塩類により富栄養化が進み、大きな社会問題となっている。この栄養塩の発生源として、都市下水、各種の建物からの排水、し尿、工場事業所の排水等とともに農業排水中に含まれる肥料も挙げられている^{4,7)}。肥料は作物の増収のために施用されるが、その一部が農業排水と共に流出し、富栄養化の原因となる。

一方、窒素、リンを高濃度に含んだ水が水田群を通過する間に、水中の窒素、リンの濃度が低下するという水田の浄化機構も良く知られているところである。

大阪府では瀬戸内海の富栄養化による被害発生防止のため、昭和55年5月9日に「磷およびその化合物に係る削

減指導指針」を、同年12月1日に「磷削減指導要領」を定めた。

これによると生活系、産業系に係る用途の削減の他、農業系への削減が要望されている。その中では、農業排水についての啓蒙と田畑への施肥量の適正化が要請されている。ちなみに瀬戸内海環境保全特別措置法第5条第1項に規定する大阪府の区域において、昭和54年度に定められた公共水域に排出される磷およびその化合物の量は、昭和59年度で1日当たり、農業排水、畜舎排水、魚類養殖、汚泥のしゅんせつ合計で0.6トンである。

また「大阪府環境総合計画」（ステップ21：昭和57年12月）においても富栄養化防止対策の中で、前述の磷削減対策の他に窒素削減対策が実施され、窒素の排出実態の把握が進められている。さらにCODも河川において流入

量が規制されている(淀川における許容流入負荷量: 15.0t/日)。

本研究は大阪府の主要な河川である淀川の水系の水田における窒素およびリンの流入と流出についての実態を把握するとともに、水田を通過する用水に対する土壌の水質浄化機能についての究明を行った。さらにこれらの結果をもとに、水田からの窒素、リンの流出削減のための対策を確立したので報告する。

II. 水田からの窒素、リン発生負荷量調査

1. 試験目的

淀川水系において水田の用排水中の窒素、リンの量の実態を把握し、これらの収支を明らかにする。

2. 試験および方法

(1) 現地試験

① 試験実施場所: 淀川左右両岸地域

- 交野市青山 (以後交野と記す)

礫質灰色台地土(塩田統) pH (H₂O) 5.7 EC 0.12 mS/cm T-N 0.17% T-P₂O₅ 0.15% 置換態K₂O 0.022%

- 茨木市安威 (以後茨木と記す)

細粒灰色低地土灰色系(宝田統) pH (H₂O) 6.4 EC 0.09mS/cm T-N 0.18% T-P₂O₅ 0.19% 置換態K₂O 0.025%

② 調査対象水田の取水方法: 農業用水路から直接取水する直接取水田と、その水田から排出される水を用水として使用する田越取水田

③ 水量測定場所: 直接取水田の取水口と排出口、および田越取水田の排出口

④ 水量測定法: 三角堰法(JIS-8302)RR-20 減水計

⑤ 測定時期と回数: 6月3日～9月30日 計16回

⑥ 蒸発散係数: 6月1日～6月30日 2.7mm/日、7月1日～7月23日 5.8mm/日、7月24日～9月3日 6.1mm/日、9月4日～9月30日 2.9mm/日

⑦ 雨量の測定場所: 交野市消防署 茨木市消防署東分署

⑧ 浸透水の採取: ほ場の中央の地下50cmに埋設した長さ1.5m 径10cmのコルゲート管に貯留する水を採取した。

(2) 分析方法

① 全窒素 (T-N): ケルダール分解-水蒸気蒸留法とベルキオン二硫酸カリウム分解-紫外線吸光度法

② 全リン (T-P): ケルダール分解-比色法 モリブデン青法とベルキオン二硫酸カリウム分解-モリブデン酸アンモニウム-アスコルビン酸発色法

③ pH: 堀場社製ガラス電極法

④ 電導度 (EC): 東亜電波電導計CM-8ET

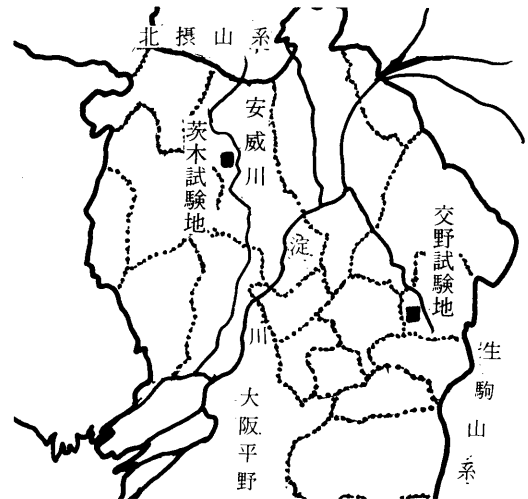
⑤ COD (化学的酸素要求量): 過マンガン酸カリウム法

3. 結果および考察

調査水田は淀川の支流で、大阪平野の東～東北部に位置し、生駒山系、北摂山系が大阪平野に接する(第1図)。

地質は両試験地とも低位段丘礫層(後期洪積層)である。栽培品種は主に「晴々」であった。窒素は元肥で8kg/10a(以下いずれも10a当たり)施用で追肥は7月中旬に2.0kg施用していた。

リンは元肥で2.2kgを施用した。カリは元肥5.0kg施用、追肥は1.7kg施用であった。植付方法は機械植であった。

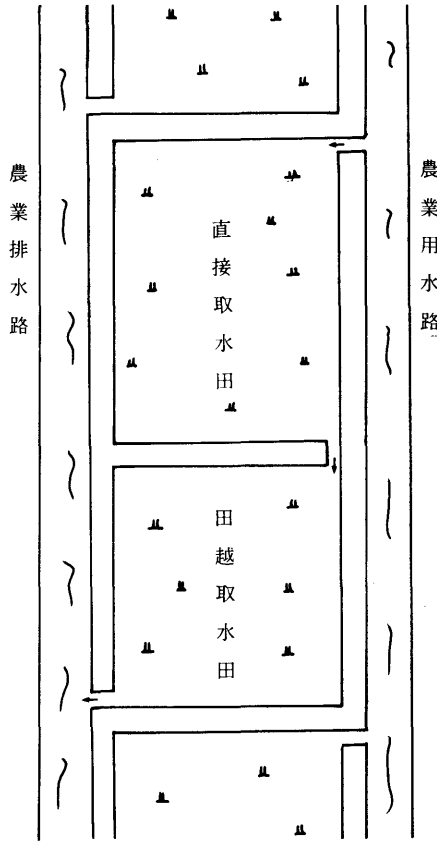


第1図 淀川と現地試験場所

調査田のかんがい用水の使用方法は第2図のように、用水を農業用水路から直接水田へ導く直接取水法と、直接取水田の地表排水を用水として利用する田越取水法とであった。水田から排出される窒素、リン等の成分の動態はこの異なるかんがい用水使用法の水田それぞれについて調査した。

(1) 水収支

用水の収支は第1表に示した。直接取水田、田越取水



第2図 直接取水田と田越取水田

田ともに8月のかんがい用水量、地表排水量が最も多かった。

(2) 用排水の窒素、リン濃度

交野、茨木における直接取水田、田越取水田の用排水の窒素、リン等の分析結果を第2表に示した。

第2表 用排水の月別窒素・リン濃度

試験地	月	直接取水田						田越取水田								
		かんがい用水			地表排水			かんがい用水			地表排水					
		PH	EC	T-N	T-P	COD	PH	EC	T-N	T-P	COD	PH	EC	T-N	T-P	COD
交野	6	7.1	0.22	1.17	0.25	4.72	7.2	0.21	2.23	0.49	11.60	7.2	0.19	1.80	0.50	15.70
	7	7.0	0.22	0.78	0.22	4.55	7.2	0.15	2.05	0.23	15.63	7.2	0.20	1.18	0.40	11.80
	8	6.6	0.20	1.22	0.23	9.56	6.7	0.11	1.28	0.24	12.50	6.8	0.13	1.06	0.23	11.12
	9	6.7	0.18	1.25	0.13	9.75	6.8	0.16	1.40	0.21	13.75	6.7	0.17	0.80	0.11	9.10
全期間平均		6.8	0.20	1.09	0.22	7.15	6.9	0.15	1.72	0.31	13.66	7.0	0.17	1.29	0.31	12.00
茨木	6	7.1	0.23	1.53	0.58	3.18	7.3	0.20	1.53	0.84	7.60	7.2	0.22	2.15	1.16	12.58
	7	7.3	0.23	0.80	0.34	4.93	7.4	0.19	1.05	0.66	8.00	7.3	0.10	1.05	0.55	8.10
	8	7.0	0.17	0.70	0.31	9.02	6.8	0.21	1.14	0.40	11.00	6.8	0.23	1.38	0.42	10.30
	9	7.0	0.19	0.85	0.22	9.45	6.8	0.15	0.80	0.26	10.80	6.8	0.19	0.40	0.65	10.10
全期間平均		7.1	0.21	0.97	0.39	6.43	7.1	0.20	1.19	0.61	9.14	7.1	0.21	1.34	0.65	10.30

EC : mS/cm, T-N, T-P, COD : ppm

かんがい用水の窒素濃度は0.70~1.53ppm、リン濃度は0.13~0.58ppmであり、田越取水田からの地表排水は窒素で0.40~2.15ppmであり、リン濃度は0.11~1.16ppmであった。窒素、リンともにかんがい用水よりも田越取水田の地表排水の濃度が高かった。

(3) 浸透水中の窒素、リン濃度

交野、茨木における直接取水田、田越取水田の浸透水中の窒素、リン等の分析結果を第3表に示した。

第1表 用水の収支

試験地	月	直接取水田					田越取水田				
		収入		支出			収入		支出		
		かんがい用水	雨	地表排水	蒸発散	浸透水	かんがい用水	雨	地表排水	蒸発散	浸透水
交野	1	-	47	-	47	-	47	-	-	47	-
	2	260	32	182	30	80	126	32	42	32	84
	3	220	5	163	19	43	112	5	36	19	62
	4	140	0	85	19	36	59	0	15	19	25
野	1	180	10	110	41	39	76	10	34	41	11
	2	150	30	142	41	60	96	30	101	41	49
	3	95	82	72	41	64	50	82	64	41	27
	4	110	53	71	41	51	49	53	30	41	31
茨木	1	20	89	7	43	58	108	234	260	30	52
	2	240	42	182	43	57	126	42	88	43	37
	3	460	109	460	43	66	317	109	315	43	68
	4	520	5	434	24	58	299	5	207	24	74
野	1	310	1	233	20	58	161	1	91	20	51
	2	200	51	162	20	69	112	51	92	20	51
	3	50	49	22	49	27	15	49	0	49	16
	4	2,955	303	2,482	494	882	1,714	903	1,391	506	720
交野	1	171	46	128	19	70	88	46	44	19	71
	2	150	14	100	19	45	69	14	25	19	39
	3	137	7	75	19	50	52	7	13	19	27
	4	134	0	91	19	24	63	0	22	19	22
茨木	1	206	5	148	41	22	102	5	36	41	30
	2	151	104	182	41	32	125	104	152	41	36
	3	105	45	84	41	25	58	45	28	41	34
	4	0	41	0	41	0	0	41	0	41	0
野	1	108	100	125	43	40	86	100	96	43	47
	2	250	9	183	43	33	126	9	57	43	35
	3	348	61	323	43	43	222	61	193	43	47
	4	491	0	427	24	40	234	0	224	24	46
茨木	1	289	26	250	20	45	172	26	142	20	36
	2	260	26	226	20	40	155	26	121	20	40
	3	20	37	0	49	8	0	37	0	37	0
	4	2,836	625	2,389	512	560	1,644	625	1,220	500	549

第3表 浸透水中の窒素、リン濃度

試験地	月	項目				
		PH	EC	T-N	T-P	COD
交野	6	6.3	0.27	1.17	0.32	8.57
	7	6.1	0.25	1.12	0.44	10.64
	8	4.9	0.23	0.92	0.26	11.70
	9	6.0	0.32	1.23	0.19	12.50
全期間平均		6.1	0.26	1.09	0.32	10.93
茨木	6	6.8	1.01	1.90	0.72	11.48
	7	6.8	0.65	0.72	0.20	11.00
	8	6.5	0.16	1.04	0.45	10.66
	9	6.7	0.19	1.30	0.37	12.17
全期間平均		6.7	0.51	1.19	0.44	11.22

EC : mS/cm, T-N, T-P, COD : ppm

浸透水中の窒素濃度は0.72~1.90ppm、リン濃度は0.19~0.72ppmであった。

(4) 窒素およびリン収支

交野、茨木における直接取水田、田越取水田の窒素およびリン収支と差引を第4、5表に示した。

第4表 窒素収支

試験地・月	試験田 収入 支出 g/10a	直接取水田						田越取水田					
		収入			支出			収入			支出		
		かんがい 用水	雨	肥料	地表 排水	浸透 水	収穫 物	かんがい 用水	雨	肥料	地表 排水	浸透 水	収穫 物
交野	6	702	80.6		970	201	もみ	671	80.6		170	220	もみ
	7	430	135.9		892	317	4,647	616	135.9		278	194	5,280
	8	1,074	108.0	10,000	1,357	229	わら	937	108.0	10,000	670	188	わら
	9	925	72.5		394	175	6,612	273	72.5		138	131	5,202
	計	3,131	397.0	10,000	3,613	922	11,259	2,497	397.0	10,000	1,256	733	10,482
	差引	△ 2,266						423					
茨木	6	899	77.1		661	358	もみ	421	77.7		243	258	もみ
	7	383	147.8		509	96	4,758	351	147.8		303	108	4,209
	8	637	78.5	10,000	1,263	174	わら	868	78.5	10,000	377	193	わら
	9	636	115.0		511	93	5,712	351	115.0		304	78	6,138
	計	2,555	419.0	10,000	2,894	721	10,470	1,991	419.0	10,000	1,227	637	10,347
	差引	△ 1,111						199					

計算方法は直接取水田の取水口、排水口および田越取水田の排出口の水量を測定し、これにその地点の窒素濃度を乗じて負荷を算出した。収入負荷（窒素肥料、かんがい用水、雨水）と支出負荷（表面排出、浸透排出、収穫物）についてそれぞれの項目を計算した。差引は（収入+肥料）-（支出+収穫物）で求めた。肥料による窒素収入は10,000g/10aであった。

窒素は水稻による吸収が大きい。直接取水田の場合地表排水による支出も大きかったので差引は-1,111g~-2,266gとなり排出型であった。しかし、田越取水田の場合、地表排水の支出が少なく199~423gの浄化型であった。

第5表 リン収支

試験地・月	試験田 収入 支出 g/10a	直接取水田						田越取水田					
		収入			支出			収入			支出		
		かんがい 用水	雨	肥料	地表 排水	浸透 水	収穫 物	かんがい 用水	雨	肥料	地表 排水	浸透 水	収穫 物
交野	6	141	11.1		211	51	もみ	146	11.1		47	54	もみ
	7	124	61.7		87	128	2,186	61	61.7		101	94	1,920
	8	267	32.3	2,200	295	70	わら	205	32.3	2,200	160	56	わら
	9	101	13.2		85	30	552	58	13.2		20	23	396
	計	633	118.3	2,200	678	279	2,738	470	118.3	2,200	328	227	2,316
	差引	△ 744						△ 83					
茨木	6	353	8.7		338	146	もみ	233	8.7		136	113	もみ
	7	154	39.2		321	29	1,903	220	39.2		179	32	1,913
	8	385	22.3	2,200	481	66	わら	330	22.3	2,200	159	75	わら
	9	136	11.6		147	45	426	100	11.6		118	36	570
	計	1,028	81.8	2,200	1,287	286	2,329	883	81.8	2,200	592	256	2,483
	差引	△ 592						△ 166					

リンの計算方法は前期の窒素収支に準じた。肥料によるリン収入は2,200gであった。

リンはもみによる吸収が大きかった。直接取水田の場合地表排水による支出が18～33%あり差引は-592g～-744gとなり排出型となった。田越取水田の場合も同様に排出型であったが、量は-83g～-166gと少なかった。

(6) 窒素、リンの排出率と差引排出率

今までの結果をもとに、交野と茨木の直接取水田と田越取水田における窒素、リンの排出量、排出率、差引排出率を求めたが、計算方法は以下の通りである。

$$\text{排出量} = \text{地表排出量} + \text{浸透排出量}$$

$$\text{排出率} = \frac{\text{排出量}}{\text{窒素又はリンの排出量}}$$

$$\text{差引排出量} = \text{排出量} - \text{用水、雨など肥料以外の収入負荷量}$$

$$\text{差引排出率} = \frac{\text{差引排出量}}{\text{窒素又はリン施用量}}$$

これを窒素に適用すると第6表に示す通りである。

第6表 窒素の排出率、差引排出率

地 月	試験田 排出量 (t/10a)	直接取水田		田越取水田	
		排出量	差引排出量	排出量	差引排出量
交	6	1.171	388.4	390	-361.6
	7	1.209	643.1	472	-279.9
	8	1.586	404.0	858	-187.0
	9	5.69	-428.5	2.69	-76.5
	計	4.535	1007.0	1.989	-905.0
野	排出率	45.4%		19.9%	
	差引排出率	10.1%		△ 9.1%	
茨	6	9.69	-7.7	5.01	2.3
	7	6.05	74.2	4.11	-87.8
	8	1.437	721.5	5.70	-376.5
	9	6.04	-147.0	3.82	-84.0
	計	3.615	641.0	1.464	-546.0
木	排出率	36.2%		18.6%	
	差引排出率	6.4%		△ 5.5%	

直接取水田の差引排出率は6%～10%、田越取水田の差引排出率は-6%～-9%であった。

リンについて、直接取水田の差引排出率は10%～21%、田越取水田の差引排出率は-2%～5%であった(第7表)。

このように直接取水田では、窒素、リンともに肥料分が流出する排出型であるのに対し、田越取水田では施肥量以上に窒素、リンの吸収があるという浄化型であった。

肥料成分の現地における流出量については、小林ら³⁾、中田ら⁸⁾、高村ら¹¹⁾、田中ら¹³⁾、の報告がある。また、米田、^{14,15)} 国松等によってもとりまとめられているが、大阪府下に於ては、浄化型の水田と、排出型の水田の両方が存在して、一定の傾向が見出せなかった。

第7表 リンの排出率、差引排出率

地 月	試験田 排出量 (t/10a)	直接取水田		田越取水田	
		排出量	差引排出量	排出量	差引排出量
交	6	2.62	109.9	1.01	-56.1
	7	2.15	29.3	1.95	72.3
	8	3.65	65.7	2.16	-21.3
	9	1.15	0.8	43	-29.2
	計	9.57	205.7	5.55	-33.3
野	排出率	43.5%		25.2%	
	差引排出率	9.6%		△ 1.5%	
茨	6	4.84	122.3	2.49	7.3
	7	3.50	156.8	2.11	-48.2
	8	5.47	139.7	2.34	-118.3
	9	1.92	44.4	1.54	42.4
	計	1.573	463.2	8.48	-116.8
木	排出率	71.5%		38.5%	
	差引排出率	21.1%		△ 5.3%	

Ⅲ. 水田における窒素、リン流出機構と要因解析について

1. 試験目的

前章の結果から水田は肥料中の窒素、リンが排出していることが判明した。そこで窒素やリンの排出機構を明らかにしようとした。

2. 試験および方法

(1) 試験区と施肥設計

ポット当り 区名	元肥(6月22日)	第1回追肥(7月22日)		第2回追肥(8月24日)	
	N P ₂ O ₅ K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N P ₂ O ₅ K ₂ O
元肥のみ	1.5 ⁹⁾ 1.5 ⁹⁾ 1.0 ⁹⁾	-9	-9	-	-9 -9 -
追肥1回+元肥	1.0 1.0 1.0	0.5	0.5	-	- - -
追肥2回+元肥	0.5 0.5 1.0	0.5	0.5	-	0.5 0.5 -

(2) 規模、採水

1/2,000アールワグネルポット試験(2連制)、肥料：硫酸、過磷酸石灰、塩化カリ、供試品種：東山38号、田面水および浸透水の採取：施肥前1回、施肥後15回：最終採水日：施肥後100日目

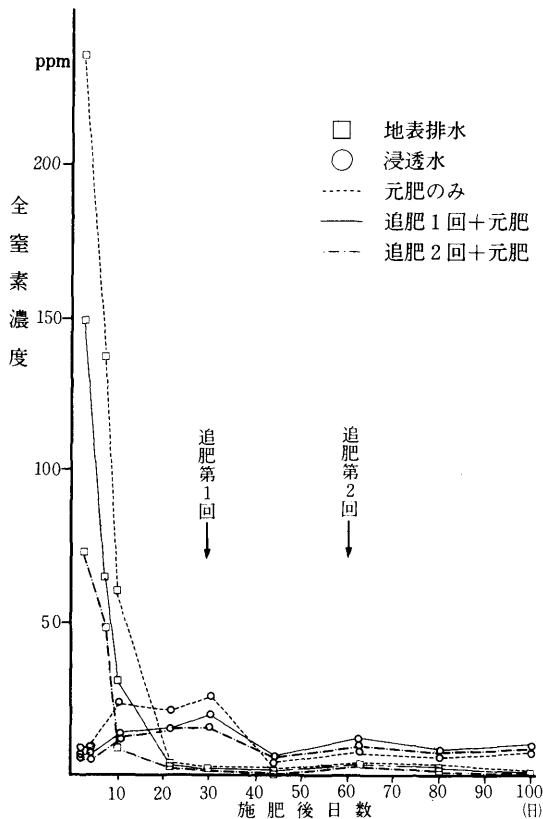
(3) 供試土壌

礫質灰色台地土(塩田統)(第3図と第4図では交野土壌と記載)と細粒灰色低地土灰色系(宝田統)(第5図と第6図では茨木土壌と記載)

3. 結果および考察

肥料の全量を変えずに、元肥1回で施用した時、元肥と追肥1回、元肥と追肥2回に分けて施用した時のそれ

その地表排水と浸透水中の窒素、リン濃度を調べた。
その結果を第3～6図に示した。



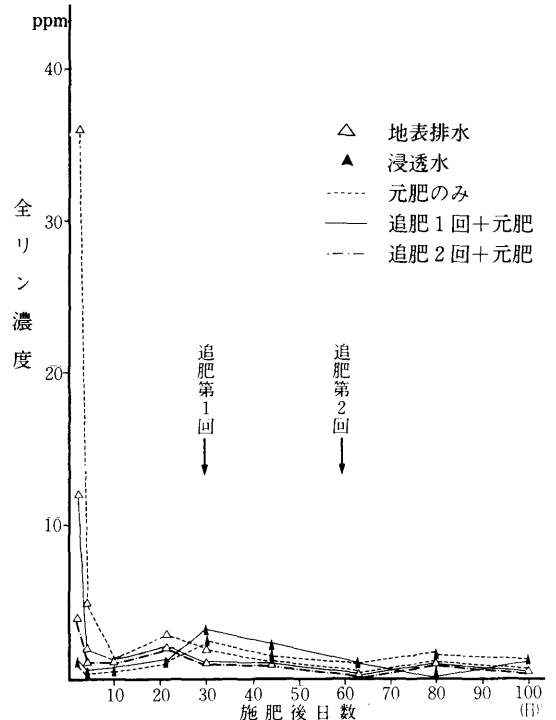
第3図 交野土壌における地表排水中および浸透水中の全窒素濃度変化

これらから以下の3点が明らかになった。

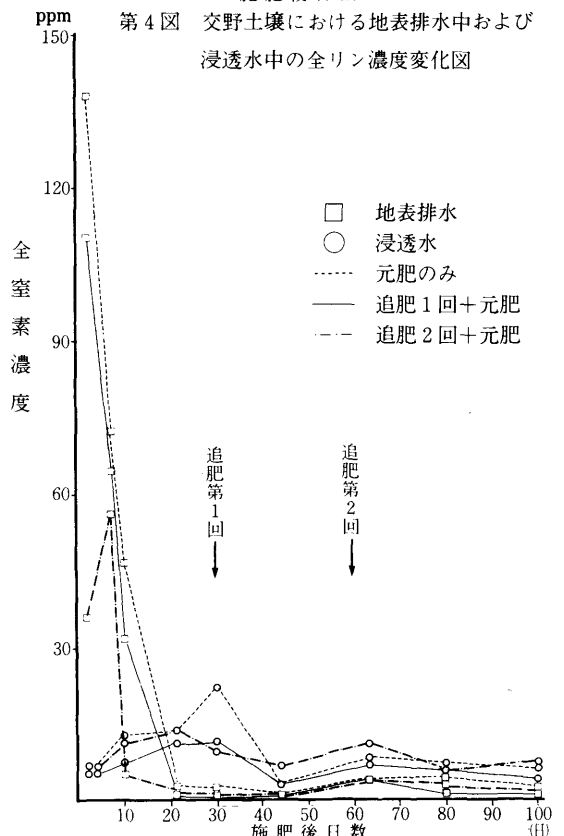
1) 施用された肥料は地表排水と浸透水の両方から流出していくが、地表排水では施肥直後に高濃度で流出し、その後は指数関数的に低下したが数日後にはほぼ一定で極めて少なかった。2) その濃度は元肥施肥量が多い程多く(西川らと同様の結果を得た。) 3) 浸透水の窒素、リン濃度は元肥施用後の10～30日後に高くなる傾向が認められた。

生育、収量は元肥のみの区と追肥1回+元肥の区、追肥2回+元肥の区でも差はみられなかった。

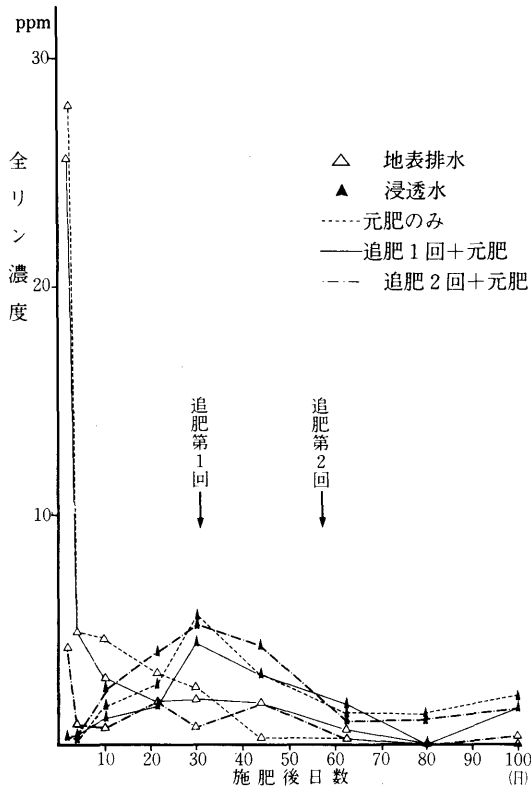
水田における水の流れは、水口から水尻へ向かう水平の流れと、重力による水の下方への浸透という2つの方向がある。水に溶けているアンモニア態窒素は土壌粒子に吸着され、リンは鉄、アルミニウム等と反応し、不溶性になって、いずれも水田からの排出は少ないと考えられたが実際には前述のように排出が認められている。こ



第4図 交野土壌における地表排水中および浸透水中の全リン濃度変化図



第5図 茨木土壌における地表排水中および浸透水中の全窒素濃度変化図



第6図 茨木土壌における地表排水中および浸透水中の全リン濃度変化図

れば恐らく次のように考えられる。元肥施用後の作業は田植の約1ヵ月前に始まる。一般には畑状態のほ場の耕起→碎土→施肥→土壤攪伴→水張り→均平化(代かき)→落水→田植という順序で行われるので、肥料は土壌の作土層全体に混和されるため、地表排水に肥料がとけ出すことは少ない。また元肥施用後の高濃度の地表排水による流出は、施用後の水張りや代かき作業により、施肥された肥料が水中にとけ出したり、懸濁している状態になり、これが流出するものと考えられる。そこで肥料分の流出防止には、代かき後の落水の水量をできるだけ少なくすることが必要であると考えられる。この元肥施用後の強制落水による窒素、リンの排出量の大きさは、小林ら³¹⁾、高村ら¹²⁾も指摘している。

Ⅳ. 窒素、リンの発生負荷削減

今までの結果をもとに、窒素、リンの水田からの流出を削減するために 1) できる限り用水の使用量を少なくする用水管理試験 2) 土壌中に稲わらをすき込むことにより窒素の流出防止をはかる稲わら施用試験 3) 水田から排出される肥料分を再度利用することにより、

閉鎖水域への流達率を減少させることをねらう、ため池利用の循環かんがい法試験を行った。

1. 用水管理試験

(1) 試験目的

水田に使用されるかんがい用水量を少なくすることにより肥料に由来する窒素、リンの流出削減をはかる。

(2) 試験および方法

①簡易ライシメーター (200ℓポリエチレン製円筒槽、高さ90cm、直径56cm、土壤充填量150kg) を用い、水稻を栽培し、元肥施用期～収穫期までの地表排水と浸透水の窒素、リン等を測定し、排出量を算出した。

②供試土壌：沖積世堆積中粗粒灰色低地土(清武統)SL、pH(H₂O) 5.6 EC 0.05mS/cm CaO 92mg/100g MgO 0.96mg/100g CEC 7.17meq/100g NH₄-N 0.60mg/100g NO₃-N 0.24mg/100g 磷酸吸収係数 291mg/100g T-N 0.10% T-C 1.05%

③施肥量 (g/ライシメーター) 元肥(6月13日) N-2.5、P₂O₅-2.5、K₂O-5.0、追肥1回目(8月8日) N-2.5 P₂O₅-2.5、追肥2回目(8月27日) N-1.0、P₂O₅-1.0

④かんがい水位：普通水位区は7月15日まで水深5cmとし、それ以後は10cm、浅水区は栽培期間中の水位は1cm以内とした。

用水使用量内訳

	かんがい水量	排出量	雨量
普通水位区	234ℓ	94ℓ	94ℓ
浅水区	207ℓ	34ℓ	0ℓ

(3) 結果および考察

元肥施用直後から収穫期までの水田の水深を1cm以内にした浅水栽培と、7月15日まで水深5cm、それ以後を10cmとした普通水位栽培の場合の窒素、リン等の排出量を第8表に示した。

第8表 水管理による窒素・リンの削減効果

項目	水深条件	排出量(mg)	比
T-N	普通	659	[100]
	浅水	200	[30]
NH ₄ -N	普通	135	[100]
	浅水	38	[28]
NO ₃ -N	普通	114	[100]
	浅水	111	[97]
T-P	普通	375	[100]
	浅水	135	[36]
COD	普通	1326	[100]
	浅水	323	[24]

全窒素の排出量は浅水栽培により普通栽培の30%になり、アンモニア態窒素は28%、硝酸態窒素は97%、全リンは36%、CODは24%になった。

以上の結果から浅水栽培は普通栽培によってCOD、アンモニア態窒素、全窒素、リンが大きく削減されたが硝酸態窒素はほとんど削減されなかった。これらの減少の原因は、藻類等の有機物、粒子態リン、アンモニウム等を含んだ地表排水量が、浅水栽培では35%に減少している為と考えられた。この用水管理法の重要性は長谷川¹⁾らも指摘している。

2. 稲わら施用による窒素流出削減試験

(1) 試験目的

水田排水の肥料成分のうち、窒素分の流出削減をはかるため、未分解の稲わらを土壤にすき込みその効果を調べた。

(2) 試験および方法

前記の用水管理試験と同様の設備、施肥、土壤を用いた。稲わら施用は、稲わらの長さ3cmに切ったものをライシメーター当り250g 4月17日施用し、土壤とよく混和した。

(3) 結果および考察

稲わらを施用した時の窒素、リン等の排出量を第9表に示した。

第9表 稲わら施用による窒素・リンの削減効果

項目	稲わら	排出量(mg)	比
T-N	無	647	[100]
	有	604	[93]
NH ₄ -N	無	135	[100]
	有	115	[85]
NO ₃ -N	無	114	[100]
	有	92	[81]
T-P	無	376	[100]
	有	401	[107]
COD	無	1328	[100]
	有	1713	[129]

稲わらを土壤に施用することにより、硝酸態窒素の排出量は81%、アンモニア態窒素は85%、全窒素は93%に削減された。

これらの結果については①未分解の稲わらを炭素源とし、また施用された肥料を窒素源として微生物が体内にとりこんだため、窒素が土壤中から流出しなくなった。②また、稲わら施用により、脱窒菌の活動が盛んになり脱窒量が多くなった、の2点が考えられた。長谷川²⁾らは

稲わらが脱窒菌の栄養源になっていると指摘している。

3. ため池利用による窒素、リン流達量削減試験

(1) 試験目的

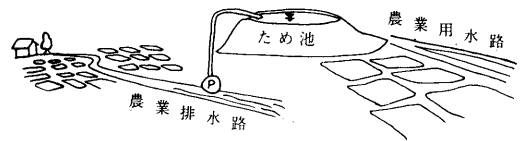
水田からの地表排水に含まれる窒素、リンをため池で浄化し、再度農業用水として利用することにより、水田群から閉鎖水域への流達量を減少させる。

(2) 試験方法

- 1) 試験場所：南河内郡美原町
- 2) 土壤条件：細粒黄色土、斑紋あり(江部乙統)
- 3) 対象面積：250,000ha
- 4) 河川流量：0.85m³/S
- 5) ため池面積：5,500m²
- 6) 貯水量：110,000m³
- 7) 流出量(かんがい水量)44,000m³/回
- 8) 河川用排水量のため池への給水率：6.1%

(3) 結果および考察

農業排水を一度ため池に貯めることにより、水田から放出される窒素やリンが閉鎖水域へ到達する量を下げることが試みた。この模式図を第7図に示した。すなわち



第7図 ため池利用による農業排水浄化の模式図

水田から農業排水路に排出された水はポンプアップされてため池へ入る。このため池は別の河川からも流入している。さらに農業用水路を経て池水はかんがい用水として使われている。そしてそれらの水質の分析結果を第10表に示した。

かんがい期間中におけるため池の全窒素、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、有機態窒素、全リン、水溶性リン、有機態リン、CODの流入、流出量は第10表の5の欄にある。

この表より、アンモニア態窒素が流入より流出が少ないので、ため池により浄化されていることがわかる。これはアンモニア態窒素が、有機態窒素に変化したことによると思われ、この有機態窒素の大部分がケイ藻・緑藻等であると推察される。このため、ため池にはこれらを食べるカワチブナ(ハラブナ)、テラピア等の植物プランクトンを摂食する魚類を養殖し、さらにこれらの魚類を池外に出すことによって全体の窒素量を削減することができると思われる。

大阪ではため池に施肥する養魚法も開発されている。¹⁰⁾

第10表 ため池の流入水・流出水の水質分析表

1. かんがい期間中の排水中N・P等(平均値)

T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	T-P	PO ₄ -P	Org-P	pH	COD	流量 ¹⁾ m ³ /s
11.50	8.83	0.22	2.46	0.66	0.57	0.09	7.4	18	0.85

2. 溜池および溜池流入河川水のN・P等(平均値)

池水	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	T-P	PO ₄ -P	Org-P	pH	COD
流入河川水	4.45	0.02	0.28	4.15	0.36	0.09	0.27	9.4	20

3. 溜池から流出するかんがい水のN・P等(平均値)

採水月日	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	T-P	PO ₄ -P	Org-P	pH	COD
6.10	3.13	0.03	0.05	3.05	0.33	0.10	0.23	8.8	21
6.19	4.10	0.23	0.04	3.83	0.37	0.30	0.07	6.0	47
6.29	4.30	0.06	0.03	4.21	0.38	0.06	0.32	9.5	28
7.25	4.64	0.11	0.68	3.85	0.92	0.62	0.30	9.0	32
8.11	7.63	0.21	0.58	6.84	0.45	0.16	0.29	7.1	15
8.29	7.57	0.10	0.44	7.03	0.56	0.41	0.15	10.0	10
平均	5.23	0.12	0.30	4.80	0.50	0.28	0.23	8.4	26

4. 水田から排出されるN・P等(平均値)

T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	T-P	PO ₄ -P	Org-P	pH	COD
5.02	0.39	0.23	4.40	0.59	0.43	0.16	7.4	34

5. かんがい期間中における用排水給水による溜池への流入・流出負荷量(試算値, kg)

	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	Org-N	T-P	PO ₄ -P	Org-P	COD
流入負荷量	431	331	8	92	24	21	3	679
流出負荷量	5,742	132	330	5,280	561	308	253	28,160

*かんがい回数25回

V. 総合考察

淀川左右兩岸の交野市、茨木市の水田において、施肥された肥料分のうち閉鎖水域の富栄養化の原因物質となっている窒素、リンの排出量を調べた結果を得た。

単位水田、水田群における差引排出量(kg/ha)

	窒素	リン
交野 直接取水田(礫質灰色台地土)	10.1	2.1
田越取水田()	9.0	-0.3
		1.8
茨木 直接取水田(細粒灰色低地土)	6.4	4.6
田越取水田()	5.5	-1.2
		3.4

その結果上記の様に、水田群としては窒素0.9~1.1kg/haリンは1.8~3.4kg/haの排出があったが、一筆ごとの水田では窒素~9.0~10.1kg/ha、リンは-1.2~4.6kg/haとなり、水田は窒素、リンの浄化型と排出型に別けられた。

そこで窒素、リンの排出機構をポットで調べたところ排出は施肥後の代かき・落水により高濃度で排出され、その後はほとんど排出されていないことがわかった。しかもその濃度は元肥の施肥量が多い程高い傾向が認められた。

そこで窒素、リンの流出削減には代かきから収穫までのかんがい用水量を少なくすることや、元肥施用前に稲わらをすき込んでおく方法が有効であると考えられた。

また、水田からの排水水をため池で貯留することによって、窒素、リンの閉鎖水域への到達率を下げることも一つの方法である。そこで、用水管理試験を実施したところ、地表排水をろすことによりCODは24%、アンモニア態窒素は28%、全窒素は30%、全リンは36%、硝酸態窒素は97%になった。

また稲わらを施肥2ヵ月前にすき込むことによって、硝酸態窒素は81%、アンモニア態窒素85%、全窒素は93%に削減された。

ため池に農業排水を貯留することによって、アンモニア態窒素は、植物プランクトンの増殖に使用された。そこでこの植物プランクトンを摂食するカワチブナ等の植物プランクトンフィーダー(摂食魚)を飼養し、更にこの魚類を食用する等によって農業用排水系から取り去るような窒素、リンの削減方法も考えられた。

以上の結果から、水田からの窒素、リン流出削減対策として以下の方法が考えられる。

(1) 用排水量管理の見直し

水田からの周辺水域への窒素とリンの流出は、その大部分が元肥施用期から田植期にかけての溢流ないし落水によって生じている。このため、代かきは浅水で行うとともに、濁水は排出させないことが大切である。

田植時の水位減は、浸透による水位減を考えると、また、田植時から活着期にかけての田面水位の調節に伴う落水および降雨等による不可避的落水を防止するため、かんがい用水量を最小限にとどめ、浅水としておくこと、また活着後も浅水栽培を行なう。

(2) 元肥減肥、追肥重点の施肥

元肥多量施用直後の高濃度流出を防止するため、元肥量の減肥を行い、肥料分の補給は追肥によるものとする。追肥施用時の水位はヒタヒタ水(水深1cm以内)とする。

(3) 稲わらのすき込みをはかる

稲わらのすき込み施用により、窒素分の流出削減を図る。

(4) 水の反覆利用

用排水利上、可能な場合は田越かんがいを行なう。あるいはため池等に農業排水を貯めることにより水質浄化を考えること。

VI. 摘要

1. 富栄養化の原因物質となっている窒素、リンは農地に施用された肥料にも由来していると指摘されている。

そこで肥料が水田から流出しているかどうかを淀川左右岸の水田で調べた。

2. 肥料の流出が見られたので、ポットで肥料流出機構を調べた。その結果肥料の流出は、大部分が元肥施用後から田植期にかけて起ることがわかった。

3. 肥料流出削減方法として、用水管理試験、稲わら施用試験を行った。その結果、用水量を少なくしたり稲わらをすき込むことが窒素やリンの流出削減防止に有効であることがわかった。

また、水田から閉鎖水域へ到達させる率を減少させるために、水田排水をため池に貯留することにより、アンモニア態窒素を植物プランクトンに変えることができた。この植物プランクトンを魚の飼料にし、更にこの魚を系外に出すことにより、窒素やリンを削減することも可能であった。

4. 肥料流出削減のために次の4つの対策が考えられた。

- ① 用水量管理の適正化
- ② 元肥減肥、追肥重点の施肥法
- ③ 稲わらのすき込み
- ④ 水の反覆利用

本研究の現地調査で御協力下さった三島農業改良普及所および北河内農業改良普及所ならびにため池の試験について協力をお願いしました南河内農業改良普及所の各位に対して厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 長谷川清善・小林正幸・宮崎秀也・中田均 (1980). 滋賀県農業試験場報告 22: 79~80.
- 2) 長谷川清善・小林正幸・中村稔・中田均 (1981). 滋賀県農業試験場報告 23: 30~37.
- 3) 小林正幸・長谷川清善・宮崎秀也 (1980). 滋賀県農業試験場報告 22: 72~78.
- 4) 小島貞男・須藤隆一・桜井敏郎・松本利通 (1977). 脱窒と脱磷技術と富栄養化対策: 451~466.
- 5) 國松孝男 (1985). 環境技術 14: 114~119.
- 6) 國松孝男 (1985). 環境技術 14: 195~202.
- 7) 中西弘・浮田正夫 (1982). 環境における窒素、リンの収支および水域の受容能力と対策 日本河川水質年鑑研究参考編 山海堂: 1863~1880.
- 8) 中田均・長谷川清善・勝木依正・西川吉和・澤重孝 (1978). 滋賀県農業試験場報告 20: 20~31.
- 9) 西川吉和・岡本将宏・大橋恭一・島田安二・中田均 (1983). 滋賀県農業試験場報告 25: 11~25.
- 10) 大家正太郎 (1980). 大阪府淡水試験場研究報告 6: 1~76.
- 11) 高村義親・田淵俊雄・鈴木誠治・張替泰・上野忠男・久保田治夫 (1976). 日本土壤肥料学雑誌 47: 398~405.
- 12) 高村義親・田淵俊雄・張替泰・大槻英明・鈴木誠治・久保田治夫 (1977). 日本土壤肥料学雑誌 48: 431~436.
- 13) 田中房江・二宮啓輔 (1984). 流域における水質浄化機能第1報実態把握・農技研肥料化学科資料第255号: 1~16.
- 14) 米田茂男 (1980). 農業及園芸 55: 1211~1215.
- 15) 米田茂男 (1980). 農業及園芸 55: 1336~1340.