

# 水田群からの栄養塩類発生負荷量調査(第1報)

## 水稲作付期間の水田群栄養塩類発生負荷量について

園田 敬太郎・徳田 裕二・岡本 佐知子・田中 靖志\*・北野 亮\*\*・大橋 恭一

### Investigation on Nutrient Salt Loadings from a Paddy Field Area I. Nutrient Salt Loadings from a Paddy Field Area during the Irrigation Period

Keitaro SONODA, Yuji TOKUDA, Sachiko OKAMOTO, Yasushi TANAKA\*,  
Akira KITANO\*\* and Kyoichi OHASHI

キーワード : 栄養塩類発生負荷量, 降水量, 水田群, 水稲作付期間, 水管理, 水収支

1993~1995年の3年間, 蒲生郡竜王町弓削地域で灰色低地土の水田群(3.89ha)において栄養塩類流出負荷量を調査したところ, 以下の結果を得た.

- 1) 3年間の水稲作付期間における平均差引流出負荷量は, 窒素で $-0.5\text{kgN/ha}$ , リンで $+8.0\text{kgP/ha}$ であった.
- 2) 基肥重点施肥が行われていた1982年の調査<sup>6)</sup>と比較すると(同一地域), 窒素差引流出負荷量で大きな改善が見られ, 追肥重点施肥の効果がみられた.
- 3) 窒素の流出負荷量は, 4月下旬~5月上旬の代かき・田植時期と6月中旬の追肥時期に多くなる傾向が認められた.
- 4) リンの流出負荷量は, 6月中旬の追肥~中干し時期に多くなる傾向が認められた.
- 5) 3年間の調査を通じて, 栄養塩類流出の要因は降水量の影響が最も大きいと考えられたが, 作業内容, 施肥法, 水管理法等の営農的な要因の影響もあると考えられた.

## 1. 緒 言

琵琶湖は近畿圏内の生活と産業を支える水源であり, その水質保全是極めて重要な問題である. しかし, 集水域の工場立地が進んだことや人口増加に伴う生活様式の変化等により富栄養化が進行し, 水道水の異臭(1969年)が問題となり, 淡水赤潮(1977年)が発生するようになった.

そこで, 滋賀県では1979年に「琵琶湖富栄養化防止条例」を制定し, 日本で初めて窒素(N)とリン(P)の規制を行い, 琵琶湖の水質保全是を目的に様々な対策や事業が進められている.

琵琶湖に流入するNとPを発生源別に分類すると自然系, 家庭系, 工業系, 農業系に分けられ, そのうち

農業系からの負荷(畜産業を含む)は, Nについては15.4%, Pについては12.9%と推計されており<sup>1)</sup>, 農業に由来する負荷も決して小さな値ではなく, さらに近年では, N, P等の栄養塩類の流出防止にとどまらず, 幅広く環境と調和した農業のあり方について様々な議論されるようになってきている.

県農政水産部では, 富栄養化防止条例の制定を受けて, クリーンアンドリサイクリング農業(1980年)を目指し, 代かきの改善, 施肥田植機の導入の促進, 水稲の追肥重点施肥法の普及, 緩効性肥料の利用, 内湖を利用した農業排水の浄化, 畜産施設から発生するふん尿の堆肥化等, 環境への負荷を削減する取り組みを全国に先駆けて進めており, 水稲の施肥改善は1989年時点で95%以上の普及をみている<sup>2)</sup>.

\* 現 農政水産部農産普及課 \*\* 現 高島地域農業改良普及センター

しかし、琵琶湖の水質は1985年以降ほぼ横ばいの状況にあることから<sup>1)</sup>、農地や林地といった面的発生源についてもさらに改善対策を見直していこうとする考え方が出てきている<sup>2)</sup>。

本県では、水田率が90%以上と水田に特化した営農形態であることから、農地の大半を占める水田からの栄養塩類等の流出の実態を把握し、改善対策を提示することは極めて重要である。そこで、基肥減肥・追肥重点施肥法が定着する以前に行われた調査結果と比較し、現在の営農条件下でのさらなる改善点を明確にするために、1993～1995年の3年間、竜王町弓削地先で水稲作付期間における栄養塩類等の負荷量を調査した。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査地区の概況

滋賀県蒲生郡竜王町弓削地先の水田群(水田17筆)で、対象面積は3.89haである。琵琶湖岸から約10kmの内陸部に位置し、滋賀県のほぼ中央に位置する。調査地区の土壌は灰色低地土であり、中粗粒灰色低地土、灰色系が主に分布し、一部細粒質のものも混在していた。ほ場整備(1979年に完了)がされ、用排水は分離されているが、暗渠は施工されていない。用水は日野川を水源として供給されている。水稲主要作付品種は、日本晴、キヌヒカリであり、調査期間中転作は行われていない。調査地区の概略図は図1、代表地点の土壌断面は図2のとおりである。



図1 調査水田群の位置および見取り図

中粗粒灰色低地土、灰色系

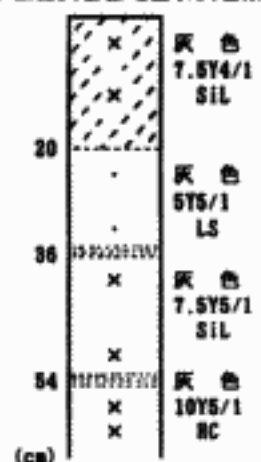


図2 代表地点の土壌断面

### 2.2 水量の調査方法

#### 2.2.1 用水量

水田群の用水路4地点(図1のC, D, E, F点)に自記水位計(7日巻き)を設置し、用水路の水位を継続測定した。また、別途、用水路の断面積を求め、各地点毎に定期的に流速を測定することで通過水量を算出した。水位の対数と流量の対数の間に高い相関関係が認められ、次の水位-流量(H-Q)相関式から水量を推定した。

$$Q = a \cdot H^n$$

Q:水量[m<sup>3</sup>/時] H:水位[cm] a, n:係数

各地点で用いた相関式は次のとおり。

$$C点: Q = 0.11080 \cdot H^{2.5846}$$

$$D点: Q = 0.11542 \cdot H^{2.2147}$$

$$E点: Q = 0.04043 \cdot H^{2.6190}$$

$$F点: Q = 0.59008 \cdot H^{1.3730}$$

ただし、各地点における用水路断面積および水路の粗度係数が異なるため、相関式を異にする。

用水路の上流地点(C, E点)水量と下流地点(D, F点)水量の差引量を水田群の用水量とした。また、用水の一部は調査対象外の水田にも引かれていたので、その分は面積換算で均等配分し、補正した。

#### 2.2.2 排水量

水田群を通過する排水路の上流地点(A点)と下流地点(B点)に四角せき(図3)および自記水位計を設置し、下流水量と上流水量の差引量を水田群の排水量とし、越流水量は次式により計算した<sup>3)</sup>。

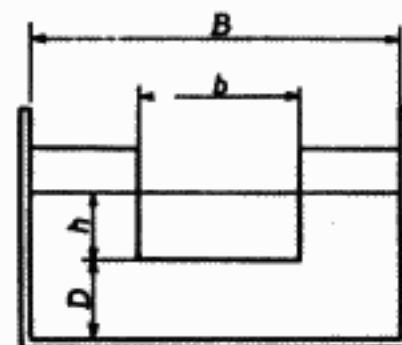
$$Q = K b h^{3/2}$$

$$K = 107.1 + 0.177/h + 14.2h/D$$

$$- 25.7((B-b)h/DB)^{1/2} + 2.04(B/D)^{1/2}$$

Q:流量[m<sup>3</sup>/分] K:流量係数

なお、1993年のみ三角せきを設置して排水量を求めた。



B=0.86m D=0.20m b=0.42m h:せきの水頭

図3 排水路に設置した四角せきの構造

2. 2. 3 浸透水量

自記減水位計を2か所の単筆田に設置し(図1), 減水深を測定した。減水深から蒸発散量を差し引いて算出した値を浸透水量とした。

2. 2. 4 蒸発散量

農業試験場(蒲生郡安土町大中)での気象観測の蒸発量の値に1.24<sup>4)</sup> を乗じた値とした。

2. 2. 5 降水量

農業試験場(蒲生郡安土町大中)での気象観測の値を用いた。

2. 3 水質の分析

週2回を原則とし, 施肥時期は回数を多くし, また多量の降雨があった場合はその都度分析した。用水(図1のC点もしくはE点), 排水路の上下流の水(図1のA点とB点)を採水し, 分析に供した。浸透水は2か所の単筆田において深さ40cm(1995年は深さ60cm)に有孔塩ビパイプ(図4)を埋設し, ミニポンプにより採水し, 分析に供した。また, 降水については多量降雨時に採水した。分析した項目および測定方法<sup>9)</sup> は次のとおり。

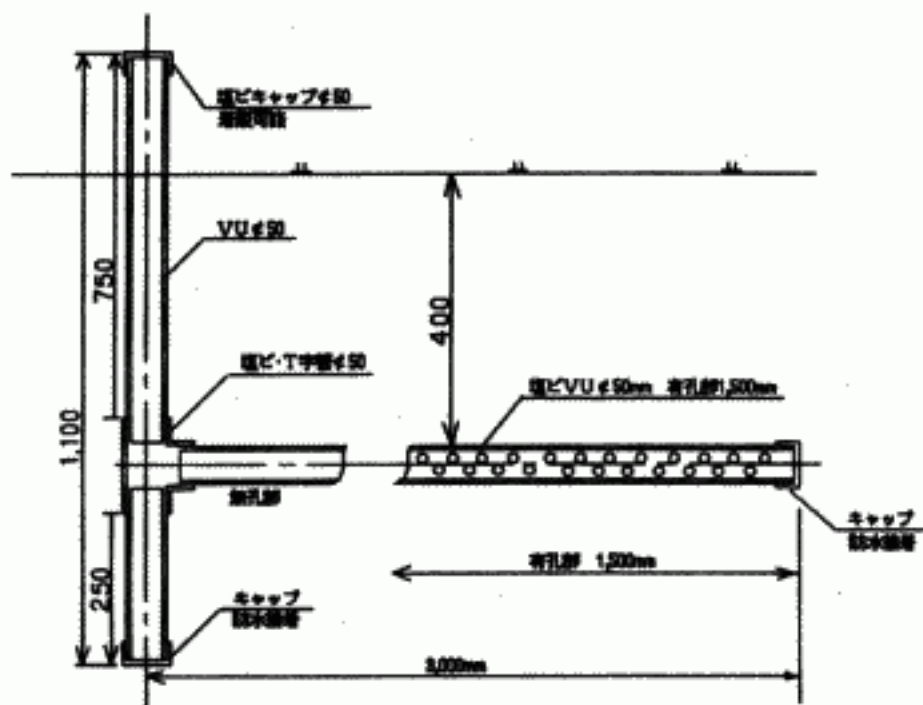


図4 有孔塩ビパイプの構造

- 1) pH: ガラス電極法
- 2) EC: 電気伝導度計
- 3) 化学的酸素要求量(COD): 100°C過マンガン酸カリウム法
- 4) 懸濁物質(SS): ガラス繊維ろ紙(1μm)による捕集量測定
- 5) 全窒素(T-N): 熱分解-オゾン発光法(Yanaco TN-7計使用)  
(濁りが著しい場合はペルオキソ二硫酸カリウム

分解法)

6) 全リン(T-P): ペルオキソ二硫酸カリウム分解-モリブデン青・アスコルビン酸法

7) イオン態成分(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, K<sup>+</sup>):  
イオンクロマトグラフ分析法(横河電機製IC7000計使用)

2. 4 栄養塩類負荷量の計算, 評価

栄養塩類の各測定濃度に, 該当する時期の水量を掛け合わせるにより負荷量を求めた。

また, 水田群の環境影響を評価するために, 次式により差引流出負荷量を計算した<sup>9)</sup>。

$$[\text{差引流出負荷量}] = [\text{地表排水負荷量}] + [\text{浸透水負荷量}] - [\text{降水負荷量}] - [\text{用水負荷量}]$$

2. 5 アンケート調査

水田群を構成する17筆の管理農家に以下の項目についてアンケート調査を行い, 集計した。

- ① 栽培品種
- ② 田植時落水の有無
- ③ 主な農作業の月日
- ④ 基肥・追肥・穂肥等の施肥量
- ⑤ 肥料の銘柄

表1 調査ほ場代表地点作土層の化学性

pH	T-C (%)	T-N (%)	CEC me/100g	有効態リン酸 mg/100g
5.7	1.48	0.14	12.8	14.0

3. 調査結果

3.1 水田群における水収支

水田群における水収支を表2に示した。1993年は低温多雨, 1994年は高温寡雨, 1995年は4月中旬から7月中旬まで低温多雨, 7月下旬から高温となり, 気象条件の上から特徴的な3か年であった。

表2 水田群における水収支 (mm)

	流入量			流出量			備考	
	用水	降水	計	地表排水	浸透	観測計		
1993年	2,238	1,156	3,394	2,354	486	554	3,394	4月24日~9月22日(152日)
1994年	1,932	509	2,441	1,099	662	680	2,441	4月25日~9月25日(154日)
1995年	1,590	923	2,513	1,110	649	754	2,513	4月25日~9月25日(154日)

1993年には掛け流しかんがいの水田が多くあり、用水量は2,238mm、流入水量の合計は3,394mmであった。調査期間中の降水量も1,156mmと他の2年に比べて多く、特に6月中旬～7月にかけて多かった。地表排水量は2,354mmと他の2年に比べ、倍以上であった。また、気温が低かったことから蒸発散量も少なかった。

1994年は極端に降水量が少なく、調査期間中の降水量は509mmであったが、9月中旬には台風の影響による多量の降雨があった。用水量は1,932mm、流入水量の合計は2,441mmであった。地表排水量は1,099mm、蒸発散量は680mmであった。

1995年は降水量923mm、用水量1,590mmで流入水量の合計は2,513mmとなった。降水量は5月中旬と7月上旬に多かった。地表排水量は1,110mm、蒸発散量は754mmであった。

日本の標準的な水田用水量は2,000mmとされるが<sup>10)</sup>、1993年には掛け流しかんがいの水田が多かったため用水量が多くなり、また、1995年は節水栽培となった。地表排水量についても1993年は掛け流しかんがいの影響から、他の2か年に比較して多くなり、適切な水管理が重要である。

### 3.2 SSの流入、流出負荷量

用水濃度、地表排水濃度ともに代かき・田植時期の4月下旬～5月上旬に高く、以降は降雨時に高くなった。また同時に、この時期は用水量、地表排水量ともに多く、負荷量としても多くなる傾向がみられた。

特に、1993年には降雨が多く、また掛け流しかんがいによる地表排水量が多かったことから、差引流出負荷量が+1,687.2kg/haと他の2か年に比較して非常に多かった(表3)。

表3 水田群における栄養塩類の流入・流出負荷量 (kg/ha)

調査年次		SS	COD	T-N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	T-P	PO <sub>4</sub> -P	K	
1993年	流入	降水	-	13.7	5.2		0.1	0.1	1.4	
		用水	297.0	135.9	22.0		2.7	0.6	90.2	
		計	297.0	149.6	27.2		2.8	0.7	91.8	
	流出	地表排水	1984.2	270.0	22.1		11.8	1.3	116.2	
		浸透水	-	55.1	6.5		2.9	0.0	30.1	
		計	1984.2	325.1	28.6		14.7	1.3	146.3	
差引流出負荷量	1687.2	+175.5	+1.4		+11.9	+0.6	+54.7			
1994年	流入	降水	-	6.9	4.1	1.9	1.6	0.1	1.9	
		用水	203.2	115.9	17.9	5.1	4.9	1.7	0.3	65.1
		計	203.2	122.8	22.0	7.0	6.5	1.8	0.3	67.0
	流出	地表排水	309.6	117.9	14.2	5.0	2.9	4.6	1.8	81.0
		浸透水	-	62.5	5.3	3.1	0.6	2.8	0.2	27.9
		計	309.6	180.4	19.5	8.1	3.5	7.4	2.0	108.9
差引流出負荷量	+106.4	+57.6	-2.5	+1.1	-3.0	+5.6	+1.7	+41.9		
1995年	流入	降水	-	14.2	5.2	2.5	1.4	0.4	0.2	5.5
		用水	203.7	87.9	19.0	7.0	9.3	2.3	0.4	57.1
		計	203.7	102.1	24.2	9.5	10.7	2.7	0.6	62.6
	流出	地表排水	597.4	132.7	15.5	7.2	2.7	6.2	1.2	143.4
		浸透水	-	51.9	8.4	3.9	2.1	2.9	0.1	25.0
		計	597.4	184.6	23.9	11.4	4.8	9.1	1.3	168.4
差引流出負荷量	+393.7	+82.5	-0.3	+1.9	-5.9	+6.4	+0.6	+105.8		
差引流負荷量(3ヶ月平均)		+729.1	+105.2	-0.5			+0.8	+1.0	+67.5	
(参考) <sup>11)</sup> 1982年	流入	降水			6.1		0.1		1.1	
		用水			55.4		6.9		146.9	
		計			61.5		7.0		148.0	
	流出	地表排水			59.0		5.4		171.9	
		浸透水			9.9		2.0		34.3	
		計			68.9		7.4		206.2	
差引流出負荷量			+7.4		+0.4		+58.2			

※調査期間：1993年：4月24日～9月22日(152日)、1994年：4月25日～9月25日(154日)  
1995年：4月25日～9月25日(154日)、1982年：5月1日～8月30日(122日)

### 3.3 CODの流入、流出負荷量

SSと同様に、用水濃度、地表排水濃度ともに代かき・田植時期の4月下旬～5月上旬に高かったが、調査期間中を通じて時期的な変動は小さかった。

1993年は掛け流しかんがいを行っていた水田が多かったため、水田群内における用水と降水の滞留時間が比較的短かったことにより、地表排水濃度は用水濃度の高低と似た変動を示していた。

CODの差引流出負荷量は、1993年が+175.5kg/haと1994、1995年に比較すると2～3倍多く、降雨の多い時期に地表排水流出負荷量が多い傾向がみられた(表3、図5)。

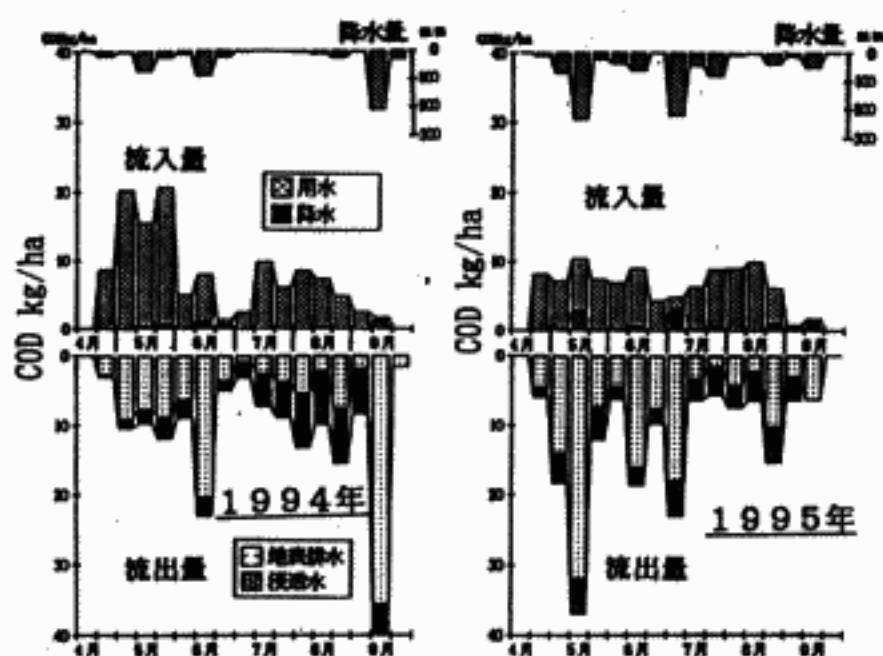


図5 水田群における時期別CODの流入・流出負荷量

### 3.4 Nの流入、流出負荷量

T-Nについて、1993年は流入負荷量27.2kgN/haに対し流出負荷量が28.6kgN/haとなり、差引流出負荷量は+1.4kgN/haと負荷型になった。1994年、1995年と比較して地表排水流出負荷量が多くなっており、降雨による地表排水量の増加が影響した(表3)。

1994年は流入負荷量22.0kgN/haに対し流出負荷量が19.5kgN/haとなり、差引流出負荷量は-2.5kgN/haと浄化型になった。これは降水量が少なく、地表排水流出負荷量が少なかったことによる(表2)。

1995年は流入負荷量24.2kgN/haに対し流出負荷量が23.9kgN/haとなり、差引流出負荷量は-0.3kgN/haと浄化型になった(表3)。

3か年の流入負荷量の平均は24.5kgN/ha、流出負荷量の平均は24.0kgN/ha、差引流出負荷量の平均は

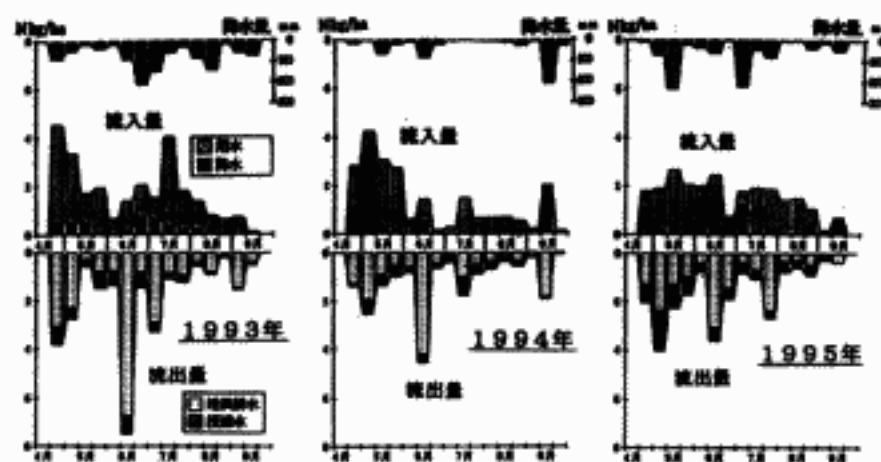


図6 水田群における時期別T-Nの流入・流出負荷量

-0.5kgN/ha(標準偏差±1.6)であった。

3か年の時期別流入、流出負荷量をみると、流入負荷量については、4月下旬～5月上旬に流入負荷量が多くなる傾向がみられた。これは代かきのために多量の用水が必要であったと同時に、上流地域の排水が反復利用されたことによる用水中の窒素濃度の増大傾向を反映した(図6、図7)。

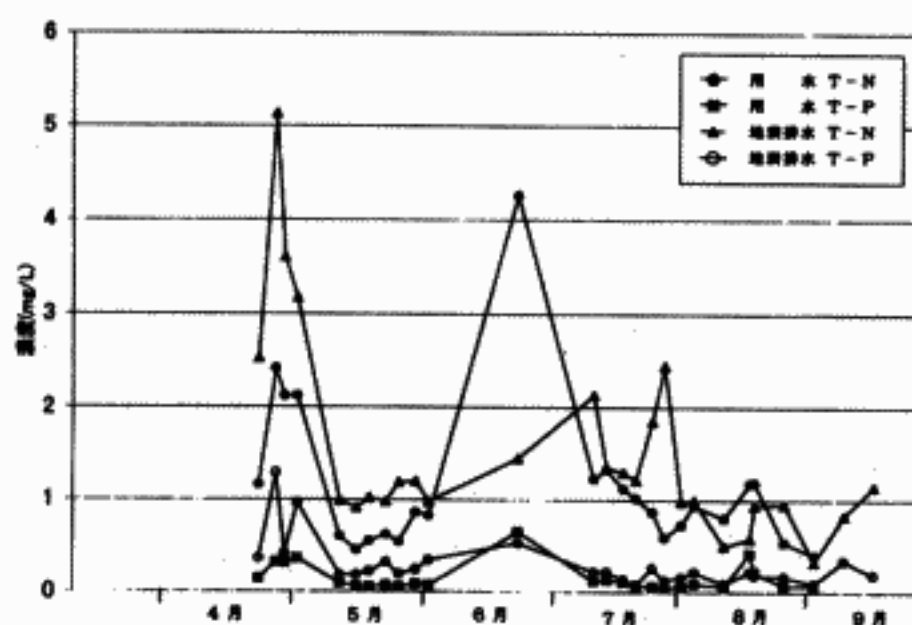


図7 N、Pの濃度推移(1993年)

流出負荷量については、代かき・田植時期である4月下旬～5月上旬、追肥～中干し時期に当たる6月中旬に多い傾向がみられた。これは基肥、追肥の施用ならびに中干しによる影響が大きいと考えられた。時期別に流出負荷量が占める割合を求めると、4月下旬～5月上旬の時期が23%、6月中旬が22%であった(図6)。

N形態別にみると、無機態窒素のほとんどをNH<sub>4</sub>-Nが占めていた。NH<sub>4</sub>-Nの2か年の流入負荷量の平均は8.3kgN/ha、流出負荷量の平均は9.8kgN/ha、差引

流出負荷量の平均は+1.5kgN/haであった(表3)。

時期別流出負荷量をみると、5月上旬、6月中旬、7月中下旬と施肥が行われる時期の地表排水負荷量が多かった(図8)。

一方、NO<sub>3</sub>-Nの2か年の流入負荷量の平均は8.6kgN/ha、流出負荷量の平均は4.2kgN/ha、差引流出負荷量の平均は-4.5kgN/haであった。NH<sub>4</sub>-Nがやや負荷型になるのに対して、NO<sub>3</sub>-Nは浄化型となった。これは水田土壌表層で用水から供給されるNO<sub>3</sub>-Nの多くが脱窒されることによる(表3)。

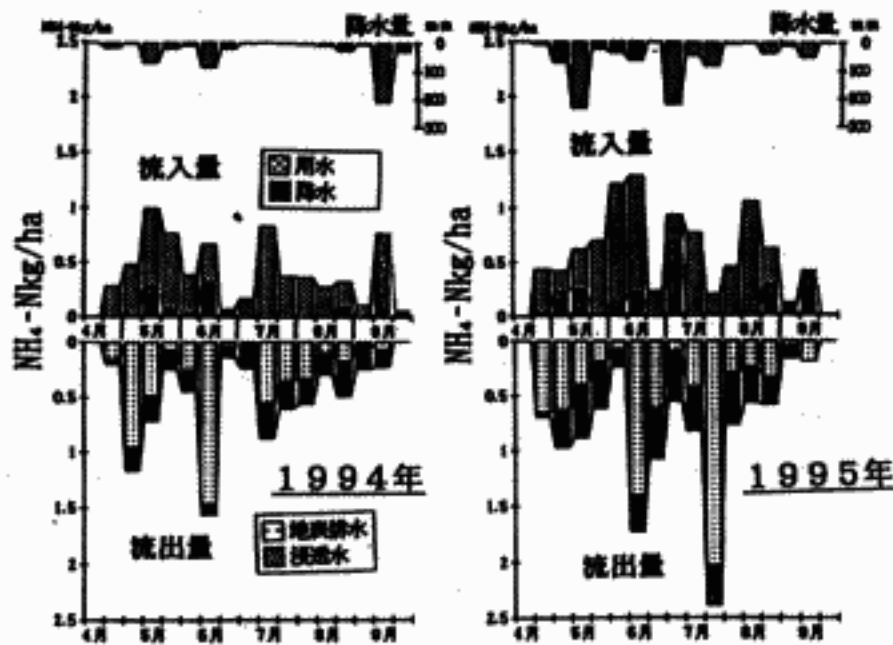


図8 水田群における時期別NH<sub>4</sub>-Nの流入・流出負荷量

脱窒されることによる(表3)。

時期別にみた流出負荷量は4月下旬～5月上旬の代かき時期にやや多いが、他は多量降雨時に流出がみられた(図9)。

### 3.5 Pの流入、流出負荷量

T-Pについて、1993年は流入負荷量2.8kgP/haに対し流出負荷量が14.7kgP/ha、差引流出負荷量は+11.9kgP/haとなり、他の2か年に比べ顕著に多かった。特に、流出負荷量に占める地表排水負荷量の割合が高く、SSに伴うリンの流出が原因と考えられた(表3)。

1994年は流入負荷量1.8kgP/haに対し流出負荷量が7.4kgP/ha、差引流出負荷量は+5.6kgP/haとなった。

1995年は流入負荷量2.7kgP/haに対し流出負荷量が9.1kgP/ha、差引流出負荷量は+6.4kgP/haとなった。

3か年の流入負荷量の平均は2.4kgP/ha、流出負荷量の平均は10.4kgP/ha、差引流出負荷量の平均は

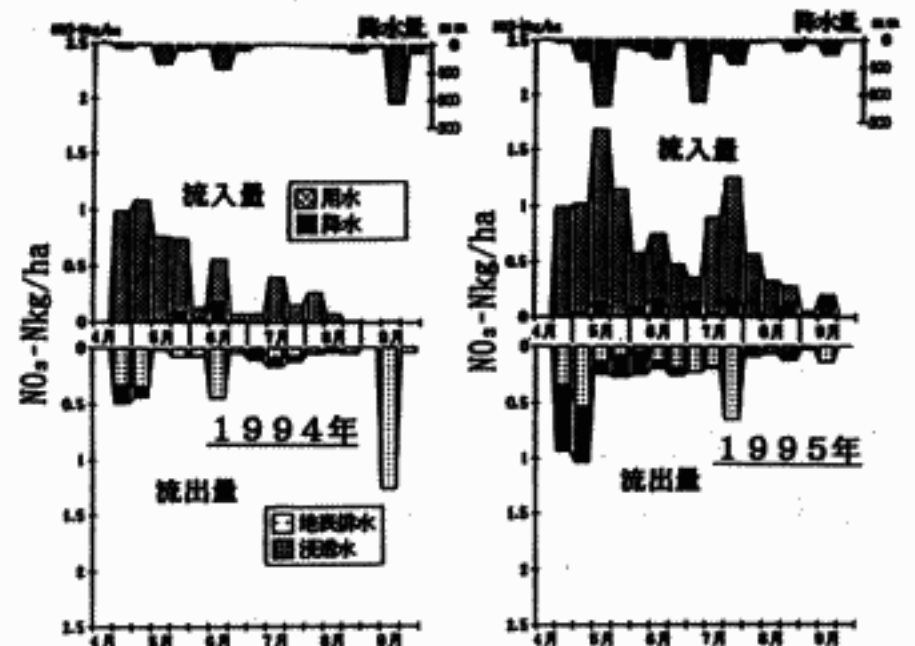


図9 水田群における時期別NO<sub>3</sub>-Nの流入・流出負荷量

+8.0kgP/ha(標準偏差±2.8)であった。

3か年の時期別流出負荷量をみると、窒素とはやや傾向が異なり、田植時(4月下旬～5月上旬)はそれほど多くないが、6月中旬～7月上旬に多い傾向がみられた。この時期のリンの流出割合は全期間の約50%を占めた。リンはSSに伴う流出が多いことや、土壌の還元により可溶化するもので、田植時より降水の多い6月に多くなったものと考えられた(図10)。

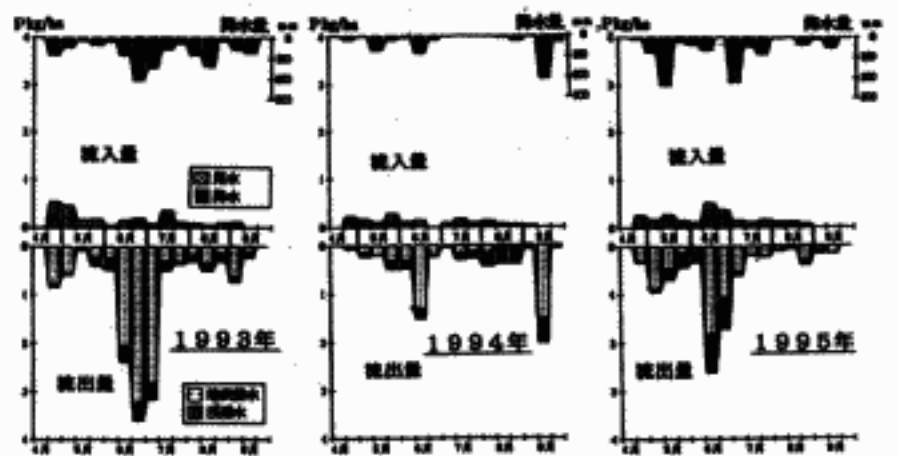


図10 水田群における時期別T-Pの流入・流出負荷量

T-Pに占めるPO<sub>4</sub>-Pの割合は、流入負荷量、流出負荷量ともに小さく、溶存態のオルトリン酸以外の形態特にSSに吸着したリン酸が多いと考えられた。

### 3.6 アンケート調査結果

#### 3.6.1 作業経過

アンケートの集約結果より、作付品種の大半は日本晴であった。また、依然として多くの農家で田植前の落水が行われており、浅水代かきの必要性が認められた。この地域の平均的作業日程は、代かきが4月30日、田植は5月3日、中干しは6月23日～7月9日、収

穫は9月24日であった。1993年は低温寡照の影響から収穫時期が遅れた。

### 3.6.2 施肥作業、施肥量

アンケートの集約結果より、基肥の施用日は4月26日、追肥は6月15日、穂肥実肥は、2～3回に分けて施肥されることが多く、7月17日、28日が平均的であった。窒素施肥量は基肥に32.1kgN/ha、追肥に22.2kgN/ha、穂肥実肥に34.2kgN/ha、合計88.5kgN/haが3か年の平均値であり(図11)、日本晴の標準的な施肥量よりもやや少なかった。

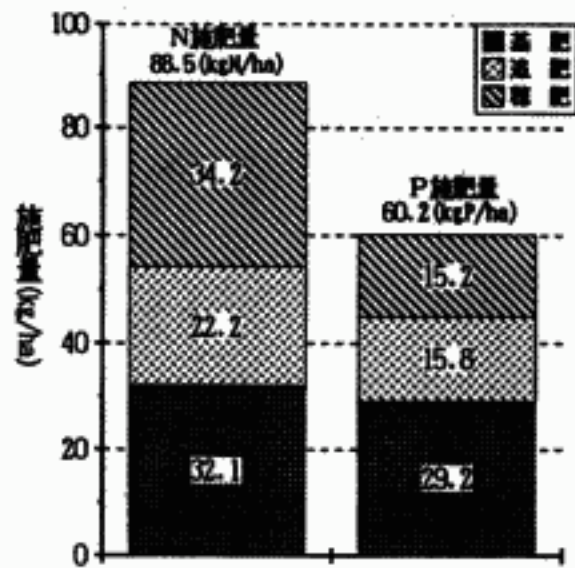


図11 N, Pの3か年平均施肥量

リン施肥量は基肥に29.2kgP/ha、追肥に15.8kgP/ha、穂肥実肥に15.2kgP/ha、合計60.2kgP/haが3か年の平均値であった(図11)。穂肥にもリン酸入りの肥料が施用されており、施肥改善の必要が認められた(図11, 図12)。

全施肥量別にみた農家割合を図13に示したが、Nで100kg/ha以下を施用している農家は82%を占め、基肥減肥・追肥重点施肥法が普及していた。

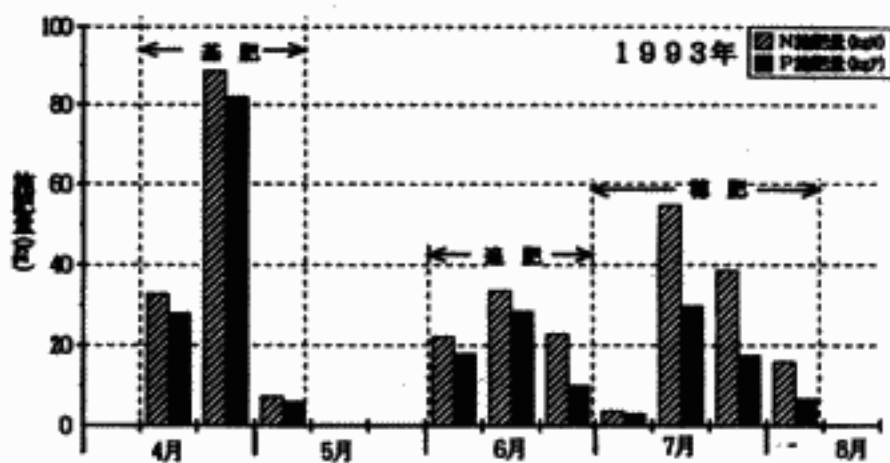


図12 N, Pの時期別施肥量

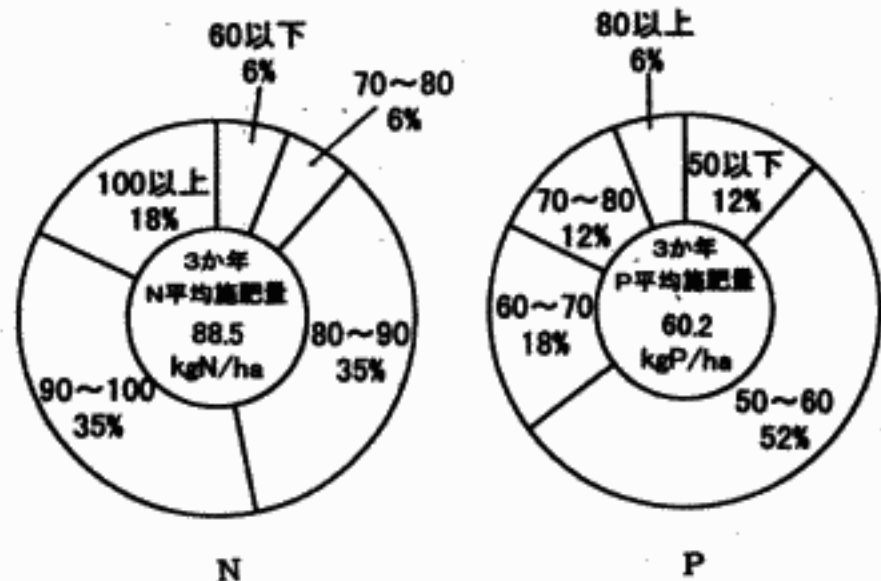


図13 施肥量別にみた農家割合

## 4. 考 察

### 4.1 1982年の調査結果との比較

基肥重点施肥が行われていた1982年に同じ水田群で調査<sup>6)</sup>を行っており、その時の流入、流出負荷量を表3(参考)に示した。

まず窒素について、1982年は流入負荷量61.5kg N/haに対し流出負荷量が68.9kgN/ha、差引流出負荷量は+7.4kgN/haであった。特に、地表排水流出負荷量が59.0kgN/haと大きく、1993～1995年の3か年平均値17.3kgN/haを大きく上回った。また、当時は用水上流部で水田排水の混入があったため用水負荷量も多くなっている。当時と比較し、差引流出負荷量で+7.4kgN/haから-0.5kgN/haと大きく改善されており、田植時期の排水中窒素濃度が下がっていることから、追肥重点施肥に移行した効果であると考えられた。

次にリンについて比較すると、1982年は流入負荷量7.0kgP/haに対し流出負荷量が7.4kgP/ha、差引流出負荷量は+0.4kgP/haであった。1993年のデータを除き今回の調査と流出負荷量は大差はなく、追肥重点施肥への移行によるリンの流出軽減効果は顕著でないと考えられた(表3)。

ただし、1982年の調査では用水負荷量が6.9kgP/haと多かったため差引流出負荷量が比較的少ない値となった。

以上、追肥重点施肥移行前後の同一水田群の調査結果の比較から、特に追肥重点施肥法は田植前後の窒素の流出を抑えることから、窒素の流出削減に効果的であったと推察された。

### 4.2 流出負荷を多くする要因

肥料成分は水稲に吸収されるが、一部は田面水中に溶存して田面水濃度を高くし、降水量が多くなると水

尻から越流水が発生し、地表排水負荷量が増加する。

武田、國松らは水田群からの栄養塩類の流出に関しての精密な調査から、降雨時の流出負荷量の占める割合が大きいことを指摘している<sup>7)</sup>。

本調査結果より、COD、Pの流出負荷量は降水量による影響が大きいと思われた(図5, 10)。Nは4月下旬～5月上旬、6月中旬および7月中、下旬に負荷量が多いことから(図6, 8, 9)、降水量による影響よりも施肥の影響の方が強いと考えられた。

また、今回の調査では同時に栽培農家に対して、アンケート調査を実施し、施肥の影響を検討した。

図11～13に施肥に関するアンケート集約結果を示したが、3.6.2.項でも述べたように、Nで88.5kg/haと標準的な施肥量より少なく、基肥減肥・追肥重点施肥法が普及していると思われた。ただし、各農家のアンケートから施肥日、施肥量が異なるため、施肥による影響が長期にわたることも考えられた。特に、流出負荷量が多い代かき・田植時期(4月下旬～5月上旬)、追肥～中干し時期(6月中、下旬)には、N、P両成分ともに多くが投入されている(図12)。Nについては、7月中、下旬にも流出負荷量が多く、これも穂肥の施肥時期と一致している(図6)。一方、リンについては、4月下旬は施肥量が多いにも関わらず、地表排水流出負荷量が少なかった(図10)。

このように施肥量(施肥時期)と地表排水流出負荷量とは密接な関係が認められたが、それ以外に、降水量の増加に伴う地表排水量の増加も流出負荷を多くする要因であると考えられた。特に、中干しの落水と重なる6月中、下旬(梅雨時期)には多くなった(図6)。

今回の調査では、流出負荷量を多くする要因として、施肥(施肥量および施肥時期)と降水量の影響が大きいと考えられた。しかし、水稻の生育量や田面水の深さ、水管理方法等、多くの要因も相互に関連しているようだが、これらについては明らかでない。

## 謝 辞

現地での調査を手伝って頂いた竜王町弓削地区の須藤七郎氏、アンケートに御協力頂いた農家の方々、中部地域農業改良普及センター竜王町担当者の方をはじめ、多くの方に始終御指導と御協力を賜った。また、現地での測定機器設置には野々村一郎技師の協力を得た。

ここに記して、これらの方々に対し深く感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 滋賀県生活環境部環境政策課編集  
「滋賀の環境 水質編」平成9年3月P3～13
- 2) 滋賀県農林水産部農政課  
「平成2年度農業排水対策事業実績書」  
平成3年3月 P4
- 3) 大久保卓也 琵琶湖の水質とノンポイント負荷  
琵琶湖研究所報14号 P16～19 1997
- 4) 農林水産省振興局研究部監修：  
農業気象ハンドブック 養賢堂、P55
- 5) 田淵俊雄、高村義親 「集水域からの窒素・リンの流出」 P15 東大出版会 1985
- 6) 長谷川清善ら琵琶湖中流域水田群における水質汚濁成分発生負荷量調査 昭和57年滋賀県農業試験場成績概要書集
- 7) 武田育郎、國松孝男、小林慎太郎、丸山利輔  
降雨時における水田群からの汚濁負荷流出農土論集147号 P79～85
- 8) 武田育郎、國松孝男、小林慎太郎、丸山利輔  
水系における水田群の汚濁物質の収支と流出負荷量農土論集 153号 P63～72
- 9) 日本規格協会 JISハンドブック 環境測定 1993
- 10) 楠田哲也 自然の浄化機構の強化と制御  
技報堂出版 1996



## Summary

We investigated the outflow loadings of nutrient salts in 3.89ha of paddy field area, Gray Lowland Soil in Yuge, Ryuou town, Gamo-gun for three years, from 1993 to 1995.

The results obtained are as follows;

- 1) The mean nitrogen balance ( $\{\text{outflow}\}-\{\text{inflow}\}$ ) over the three years was  $-0.5\text{kgN}$  per ha. The mean phosphorus balance was  $+8.0\text{kgP}$  per ha.
- 2) The present results were compared with a similar investigation conducted at the same site in 1982. The present results showed distinctively lower nitrogen balance. This was attributed to improvement in the application of fertilizer, i.e. the shift from basal to additional dressing.
- 3) Outflow loadings of nitrogen tended to increase both in puddling or rice-planting season, from the last 10 days of April to the first 10 days of May, and during the top dressing season in the middle of June.
- 4) Outflow loadings of phosphorus tended to increase during the top dressing followed by the drainage season around the middle of June.
- 5) As a result, it was shown that outflow loadings of nutrient salts were strongly effected by the amount of precipitation, however, it was also considered that such factors as the methods of fertilizer application and irrigation effected on the loadings.