

施肥改善および水管理の適正化によるグライ土水田からの 栄養塩類等の流出負荷軽減対策

小林 敏正*¹・小森 信明*¹・徳田 裕二*²

Improved Fertilizer Application and Optimized Water Management for Reducing Outflow Load of Nutrient Salts etc. from Gley Paddy Fields Soils

Toshimasa KOBAYASHI, Nobuaki KOMORI and Yuji TOKUDA

キーワード：浅水代かき、畝立耕起、強制落水防止、施肥改善、追肥省略、平畝耕起、水管理、流出負荷軽減

1997～2001年の4年間、神崎郡五個荘町のグライ土水田において、施肥改善と水管理の適正化を組み合わせた総合改善対策による水稲作付期の栄養塩類等の流出負荷軽減効果を検証した。また、非作付期における土壌管理法の違いによる負荷軽減効果も併せて検討した。

- 1) 水稲作付期における地表排水量、用水量は、浅水代かきや強制落水の防止等の適正な水管理により、慣行の水管理に対し、地表排水量、用水量とも、4か年平均で14%削減することができた。
- 2) 水稲作付期における栄養塩類等の流出負荷量は、被覆複合肥料の側条施肥による追肥の省略や穂肥のリン酸省略等の施肥改善、および、浅水代かきや強制落水の防止等の適正な水管理等の総合的な改善対策により、T-Nで32%、T-Pで58%、S-Sで64%削減することができ、差引排出負荷量も軽減された。
- 3) 精玄米重は、4か年平均値で、対照区603kg/10aに対し改善区635kg/10aで、被覆複合肥料の側条施肥により施肥量を削減（窒素17%、リン酸38%）した改善区は、対照区と同等以上の収量が得られた。また、玄米窒素含量についても、改善区は対照区より少なく、対照区と同等以上の品質が得られた。
- 4) 非作付期における平畝耕起による土壌管理は、畝立耕起による土壌管理と比べ、地表排水量が抑制され地表排水負荷を軽減できる可能性はうかがえたものの、差引排出負荷量（流出負荷量（地表排水+暗渠排水+浸透水）-流入負荷量（降水））に大差はみられなかった。

1. 結 言

滋賀県は近畿1,400万人の水源である琵琶湖を抱え、その水質保全が重要な課題となっている。農業分野においても、従来より、浅水代かきや施肥法の改善、施肥田植機の普及等、環境に優しい農業技術の普及推進を図ってきたが、工業系や生活系の対策が進むなか、琵琶湖集水域における栄養塩類等の面

的発生源の一つである農業系（農耕地）からの負荷軽減がより一層求められている。

また、平成15年3月には「滋賀県環境こだわり農業推進条例」を制定し、平成16年度からは全国に先駆けて「環境直接支払制度」を導入するなど、環境こだわり農業の推進に努めているところであり、農業系からの負荷軽減対策の確立とその効果を定量的に評価することがますます重要になっている。

*¹ 現、農政水産部耕地課

*² 現、湖北地域振興局環境農政部農業振興課

滋賀県では耕地面積の92%を水田が占めている²⁾ことから、農業系負荷を軽減するためには水田からの負荷軽減対策が重要である。水稲作付期の水田からの流出負荷は、代かき・移植時期には、代かきによる濁水の発生と移植前の強制落水により流出負荷量が増加し、追肥・中干し時期には、梅雨の豪雨や中干し前の強制落水により流出負荷量が増加する等、降雨等の気象条件と併せて、水管理や施肥等の肥培管理が大きく影響する。また、非作付期の水田は畑状態で推移するため硝酸態窒素が溶脱しやすくなる。

これまで滋賀県では、灰色低地土水田で、施肥改善による流出負荷軽減効果が確認されている³⁾が、県内水田面積の50%以上を占めるグライ土水田では、近年、詳細な調査は行われていない。

そこで、神崎郡五個荘町^{ごかしょう}の中粗粒グライ土水田において、1997～2001年の4年間通年で栄養塩類等の負荷量調査を実施し、年間を通じた流入負荷量、流出負荷量を明らかにするとともに、水稲作付期における流出負荷軽減対策として、施肥改善と水管理の適正化を組み合わせた総合改善対策による栄養塩類等の流出負荷軽減効果を検証した。

また、水田からの負荷軽減を図るためには、水稲作付期のみならず、非作付期における負荷軽減対策の確立が必要であるため、非作付期における土壌管理法の違いによる流出負荷軽減効果も併せて検討した。

2. 調査方法

2.1 調査圃場の概要

調査圃場は、滋賀県のほぼ中央の湖東平野に位置した神崎郡五個荘町河曲^{かまがり} (対照区)、川並^{かわなみ} (改善区) 地先の水田で、当地域は平坦な田園地帯であり、古くから水稲を中心とした農業が営まれてきた農村地帯である。

調査圃場は対照区 (2,180m²)、改善区 (3,050m²) それぞれ、4年間同一圃場とし、土壌は両区とも中粗粒グライ土で、改善区は本暗渠 (10m間隔) が施工されている。両区の土壌断面を図1に、土壌の化学性を表1に示す。なお、両区とも調査期間中転作は行われていない。

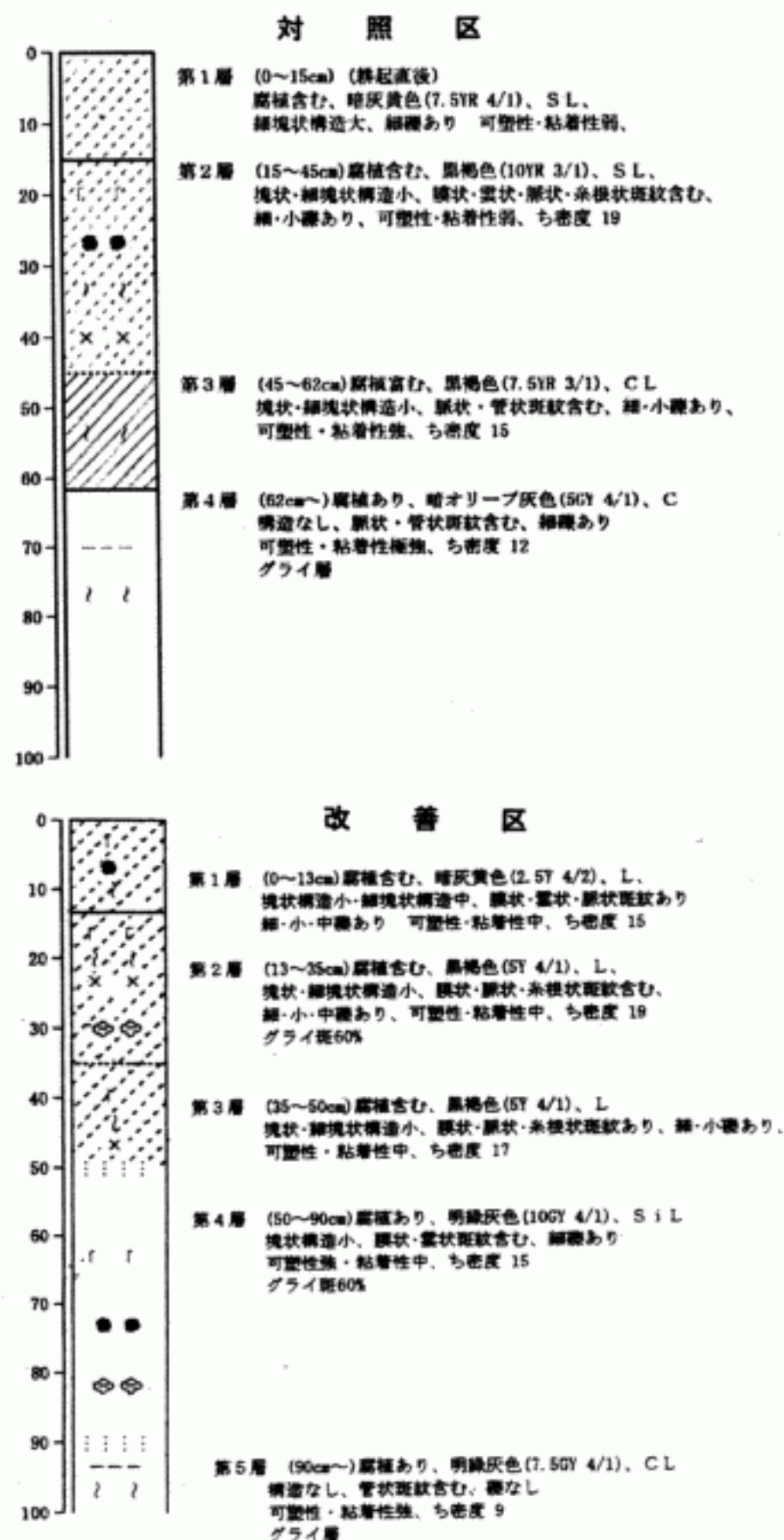


図1 調査圃場の土壌断面

表1 土壌の化学性の推移

試験区	土 壌 採取年	pH (H ₂ O)	T-C (%)	T-N (%)	有効態P ₂ O ₅ (mg)	交換性塩基(mg)			CEC (me)
						CaO	MgO	K ₂ O	
対照区	1997	5.2	1.99	0.178	11.9	117	11	22	10.2
	2001	5.2	1.82	0.167	12.9	109	11	8	9.5
改善区	1997	5.5	1.67	0.140	11.2	152	19	30	11.4
	2001	5.4	1.66	0.150	10.4	144	17	13	11.5

注) 乾土100gあたり。土壌は1997年および2001年の水稲栽培跡地土壌を採取。

2.2 調査期間

1997～1998年の非作付期から2001年の作付期までの4年間調査を実施した。非作付期、水稲作付期の区分は、収穫翌日から翌年の入水開始前日までを非作付期、入水開始日から収穫日までを水稲作付期と

した。ただし、1997～1998年（調査開始1年目）の非作付期は、調査圃場設置の都合上、対照区は収穫66日後、実証区は収穫70日後から翌年の入水開始前日までとした。調査期間および調査日数を表2に示す。

表2 調査期間

試験区	調査年次	非作付期		作付期	
		調査期間	調査日数	調査期間	調査日数
対照区	1997～1998	'97.11.19～'98.4.19	152	'98.4.20～'98.9.19	153
	1998～1999	'98.9.20～'99.4.19	212	'99.4.20～'99.9.20	154
	1999～2000	'99.9.21～'00.4.29	222	'00.4.30～'00.9.21	145
	2000～2001	'00.9.22～'01.4.20	211	'01.4.21～'01.9.22	155
改善区	1997～1998	'97.11.19～'98.4.22	155	'98.4.23～'98.9.19	150
	1998～1999	'98.9.20～'99.4.19	212	'99.4.20～'99.9.20	154
	1999～2000	'99.9.21～'00.4.19	212	'00.4.20～'00.9.18	152
	2000～2001	'00.9.19～'01.4.22	216	'01.4.23～'01.9.17	148

2. 3 試験区の構成

2. 3. 1 水稲作付期における試験区の構成

慣行栽培管理の対照区と総合改善対策を施した改善区を設け、両区の比較により総合改善対策による流出負荷軽減効果を検証した。

対照区では、施肥は基肥（速効性肥料全層施肥）

－追肥－穂肥（リン酸含む）体系、代かきは通常ロータリによる慣行代かきとし、移植前、中干し前に強制落水を行った。改善区では、施肥は追肥を省略した基肥（被覆複合肥料側条施肥）－穂肥（無リン酸）体系、代かきは水田ハローによる浅水代かきとし、移植前、中干し前に強制落水を行わない自然減水等の節水管理を行った。また、改善区の施肥量は対照区に対し、窒素17%、リン酸38%（4か年平均値）削減した。水稲作付品種は両区とも「日本晴」とした。水稲作付期の試験区の構成を表3に、施肥量を表4に、作業日を表5に示す。

表3 水稲作付期における試験区の構成

作業項目	対照区	改善区
基肥	速効性肥料全層施肥	施肥田植機による被覆複合肥料側条施肥
追肥	施用	無施用
穂肥	施用(リン酸含む)	施用(無リン酸)
代かき	ロータリによる慣行代かき	水田ハローによる浅水代かき
水管理	移植前・中干し前に強制落水	移植前・中干し前に自然減水

注) 供試品種は両区とも「日本晴」。

表4 施肥量

試験区	年次	基肥			追肥			穂肥			合計			削減率(%)	
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅
対照区	1998	3.5	2.0	3.0	2.8	1.6	2.4	4.0	2.3	3.5	10.3	5.9	8.9	—	—
	1999	3.5	2.0	3.0	2.8	1.6	2.4	5.6	3.2	4.8	11.9	6.8	10.2	—	—
	2000	3.8	2.2	3.3	3.0	1.7	2.7	4.0	2.3	3.4	10.8	6.2	9.4	—	—
	2001	3.9	2.2	3.3	3.0	1.7	2.6	4.0	2.3	3.5	10.9	6.2	9.4	—	—
	平均	3.7	2.1	3.2	2.9	1.7	2.5	4.4	2.5	3.8	11.0	6.3	9.5	—	—
改善区	1998	5.8	4.3	4.3	—	—	—	5.2	0.0	6.5	11.0	4.3	10.8	-6.8	27.1
	1999	5.4	4.0	4.0	—	—	—	3.1	0.0	3.9	8.5	4.0	7.9	28.6	41.2
	2000	5.0	3.7	3.7	—	—	—	3.1	0.0	3.9	8.1	3.7	7.6	25.0	40.3
	2001	4.8	3.6	3.6	—	—	—	3.7	0.0	4.6	8.5	3.6	8.2	22.0	41.9
	平均	5.3	3.9	3.9	—	—	—	3.8	0.0	4.7	9.1	3.9	8.6	17.3	38.1

注：1) 削減率は、対照区合計施肥量に対する改善区合計施肥量の削減率を示す。

2) 対照区の施用肥料は、2001年基肥のみ有機ビッグパワー(14-8-12)、他は全てビッグパワー(14-8-12)。改善区は、基肥は全てコートビッグパワー(16-12-12、被覆肥料(70日タイプ)を窒素で40%配合)、穂肥は全てNK化成0-12(16-0-20)。

表5 水稲作付期における作業日

作業項目	対照区				改善区			
	1998	1999	2000	2001	1998	1999	2000	2001
基肥	4/19	4/17	4/22	4/25	5/01	5/02	5/04	5/05
入水	4/20	4/20	4/30	4/21	4/23	4/20	4/20	4/23
代かき	4/24	4/24	5/01	5/03	4/26	4/29	4/29	5/02
移植	4/28	4/29	5/06	5/09	5/01	5/02	5/04	5/05
追肥	6/20	6/21	6/20	6/28	—	—	—	—
中干し開始	6/13	6/24	6/29	7/02	6/04	6/16	6/10	6/12
中干し終了	7/01	7/09	7/05	7/13	7/05	7/07	6/30	7/08
穂肥①	7/12	7/17	7/14	7/18	7/10	7/16	7/11	7/10
穂肥②	7/19	7/20	—	—	7/17	—	—	—
収穫	9/19	9/20	9/21	9/22	9/19	9/20	9/18	9/17

2. 3. 2 非作付期における試験区の構成

非作付期の土壌管理法の違いによる流出負荷軽減効果を検討するため、対照区は畝立耕起、改善区は平畝耕起（平すき）とし負荷量調査を行った。なお、両区とも土壌改良資材等は施用していない。

また、対照区は本暗渠なし、改善区は本暗渠ありと両区の圃場条件が異なるため、1999～2000年の非作付期は本暗渠未施工田で、2000～2001年の非作付期は本暗渠施工田で、別途、調査を行った。水稲非

作付期の試験区の構成を表6に、両区の作業日を表7に示す。

表6 水稻非作付期における試験区の構成

試験区	土壌管理法	本暗渠の有無	土壌改良資材
対照区	畝立耕起	未施工	無施用
改善区	平畝耕起(平すき)	施工(10m間隔)	無施用
暗渠無畝立区	畝立耕起	未施工	無施用
暗渠無平畝区	平畝耕起(平すき)	未施工	無施用
暗渠有畝立区	畝立耕起	施工(10m間隔)	無施用
暗渠有平畝区	平畝耕起(平すき)	施工(10m間隔)	無施用

注:1)暗渠無畝立区、暗渠無平畝区は1999~2000年非作付期のみ、暗渠有畝立区、暗渠有平畝区は2000~2001年非作付期のみ、暗渠無畝立区は対照区と、暗渠有平畝区は改善区と同一圃場。

2)各区とも稲わらは全量鋤込み。

表7 水稻非作付期における作

試験区	調査年次	収穫
対照区	'97~'98	9/14
	'98~'99	9/19
	'99~'00	9/20
	'00~'01	9/21
改善区	'97~'98	9/10
	'98~'99	9/19
	'99~'00	9/20
	'00~'01	9/18
暗渠無・畝立区	'99~'00	対照区
暗渠無・平畝区	'99~'00	9/20
暗渠有・畝立区	'00~'01	9/18
暗渠有平畝区	'00~'01	改善区

2.4 水量の調査方法

2.4.1 降水量

滋賀県農業試験場(蒲生郡安土町大中, 調査圃場からの直線距離5.6km)での気象観測の値を用いた。

2.4.2 用水量(水稻作付期のみ)

調査圃場の水口に直角三角堰および1週間巻き自記水位計を設置し(図2), 三角堰の越流水深を連続測定した。水量は式1により算出した¹⁾。

$$Q = C h^{5/2}$$

$$C = 1.354 + 0.004/h + (0.14 + 0.2/D^{1/2})(h/B - 0.09)^2 \dots \text{式1}$$

Q: 越流量 (m³/sec)

C: 流量係数

h: 越流水深 (m)

D: 水路底から堰のエッジまでの高さ (m)

B: 堰の幅 (m) (図3)

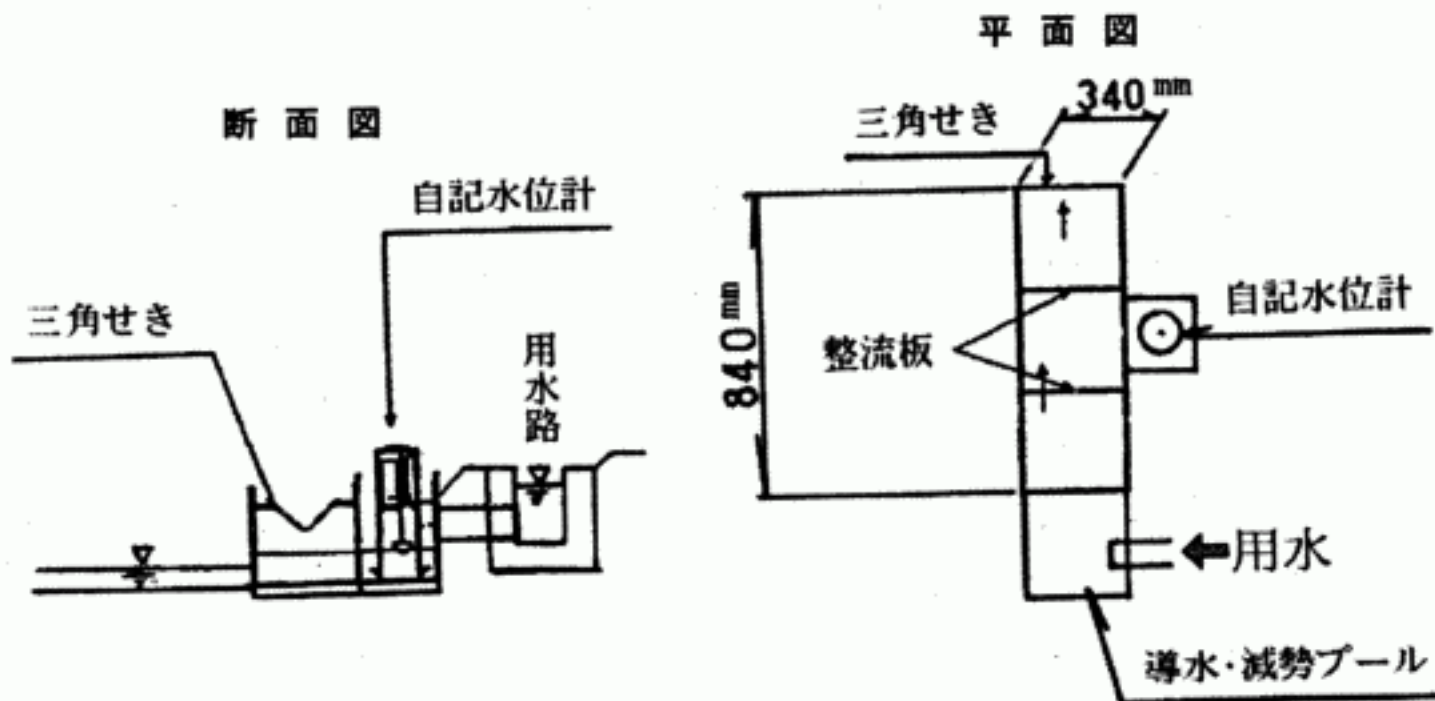


図2 直角三角堰および水位計(用水)

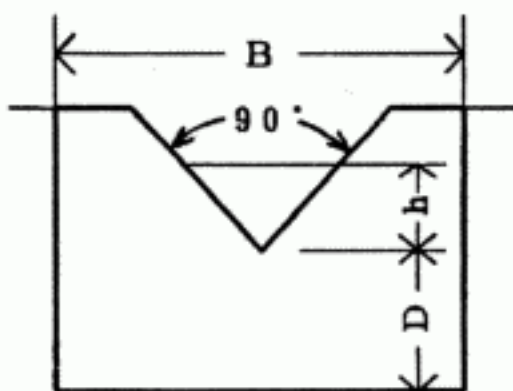


図3 直角三角堰断面図

2.4.3 地表排水量

調査圃場の水尻に直角三角堰および1週間巻き自記水位計を設置し(図4), 三角堰の越流水深を連続測定した。水量は用水量と同様に式1により算出した。

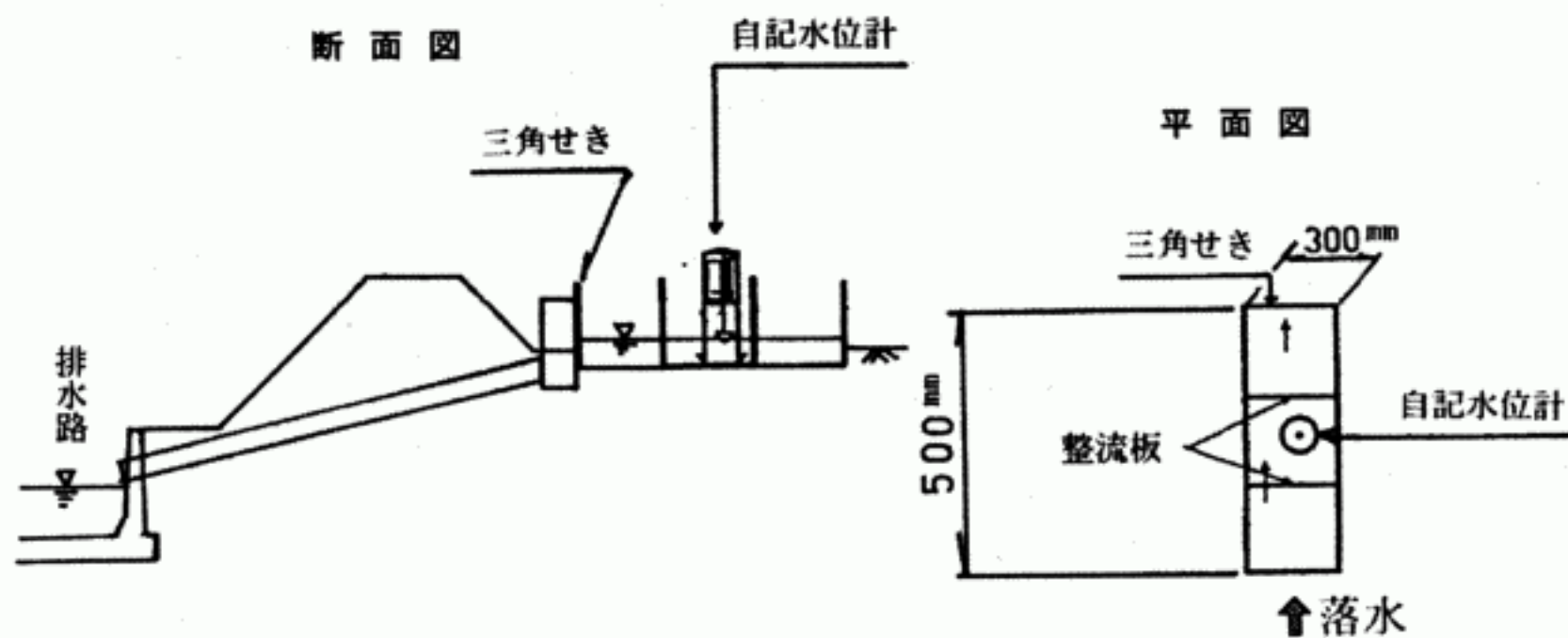


図4 直角三角堰および水位計（排水）

2. 4. 4 暗渠排水量（非作付期のみ）

調査圃場の暗渠排水口1か所に積算流量計（φ40 mm）を取り付け、暗渠1本あたりの流量を測定し、当該圃場の暗渠本数を乗じて暗渠排水量を求めた。

2. 4. 5 浸透水量

水稻作付期は、調査圃場に自記減水深計を設置し（図5）、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。

非作付期の浸透水量は式2により算出した

$$S = (L_0 + R - P - H - D) - L \quad \dots \text{式2}$$

（ただし、 $L > L_0 + R - P - H - D$ のときは $S = 0$ とした）

S：日浸透水量（mm/日）

L_0 ：当該日の最初の土壌保水量（mm）

R：日降水量（mm/日）

P：ペンマン式より求めた蒸発量（mm/日）

H：日地表排水量（mm/日）

D：日暗渠排水量（mm/日）

L：圃場容水量（室内実験から、
対照区55.0mm、改善区46.5mmとした）

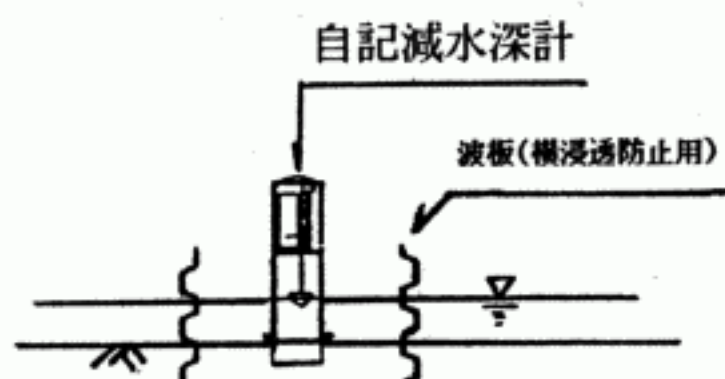


図5 自記減水深計



2. 4. 6 蒸発（散）量

滋賀県農業試験場で観測した平均気温、湿度、風速、日照時間からペンマン式により推定した値を蒸発量とした。蒸発散量はペンマン式により推定した蒸発量に作物係数1.24を乗じて算出した。

2. 5 採水方法

降水は、降雨時に滋賀県農業試験場で採水した。水稻作付期は原則として週1回、用水、地表排水

（地表排水の流出がない場合は田面水）、浸透水を採水した。さらに、代かき、移植、施肥後は3日間程度連続して、地表排水（地表排水の流出がない場合は田面水）および浸透水を、また、降雨溢流時には地表排水を採水した。浸透水は、圃場の深さ50cmに有孔塩ビパイプ（φ50mm）を埋設し（図6）、ミニポンプにより汲み上げて採水した。

非作付期は原則として週1回、浸透水を採水した。さらに、降雨溢流時に地表排水および暗渠排水を採

水した。

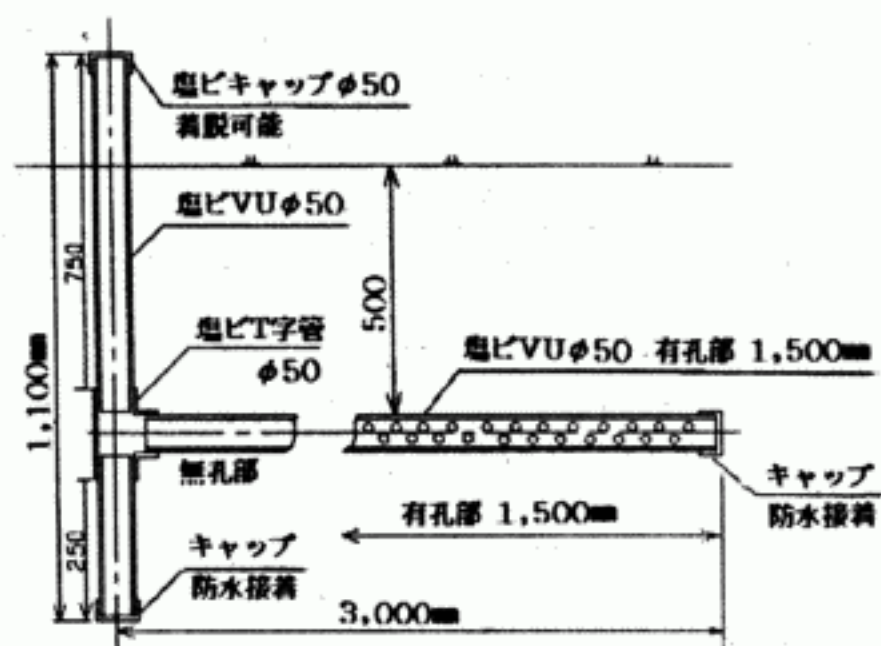


図6 浸透水採水管

2. 6 水質分析方法

水質分析方法は次のとおり。

- ①懸濁物質 (SS) : ガラス繊維ろ紙 (1 μm) によるろ過残留物質を乾燥後重量測定。
- ②化学的酸素要求量 (COD) : 100℃過マンガン酸カリウム法。
- ③溶存態全有機炭素 (D-TOC) : 自動分析計 (島津製作所 TOC-5000) 使用。
- ④全窒素 (T-N) : 熱分解-オゾン発光法 (Yanako TN-7使用) および自動分析計 (Bran+Ruebbe AACS-III) 使用。
- ⑤全リン (T-P) : ペルオキシ二硫酸カリウム分解-モリブデン青・アスコルビン酸法および自動分析計 (Bran+Ruebbe AACS-III) 使用。
- ⑥イオン態成分 (NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P, K) : イオンクロマトグラフ分析法 (横河電機 IC7000使用)。

2. 7 栄養塩類等の負荷量の評価

1日当たりの水量に該当する時期の栄養塩類等の成分濃度を乗じて1日当たりの流出負荷量を算出し、期別に加算して総流出負荷量を求めた。

負荷量の評価は、式3、4により、全流出負荷量から全流入負荷量を減じて求めた差引排出負荷量により評価した。

水稲作付期

差引排出負荷量 = 流出負荷量 (地表排水 + 浸透水) - 流入負荷量 (降水 + 用水) ……式3

非作付期

差引排出負荷量 = 流出負荷量 (地表排水 + 暗渠排水 + 浸透水) - 流入負荷量 (降水) ……式4

3. 結果

3. 1 水収支

調査期間の水収支を表8に示す。

水稲作付期の用水量 (1997~2001年, 4か年平均値) は, 改善区が855mmと対照区の997mmに比べ約14%削減できた (表8)。旬別の用水量では4月下旬~5月上旬にかけて, 改善区で水田ハローによる浅水代かき等の節水管理により用水量が大きく節減できた (図7)。また, 地表排水量 (平均値) は, 改善区が331mmと対照区の383mmに対し約14%削減できた。旬別では5月上旬および6月中下旬で, 浅水代かきや移植前, 中干し前の強制落水の防止等の水管理対策の効果が大きく認められた (図8)。

非作付期の地表排水量 (1997~2001年, 4か年平均値) は, 改善区が45mmと対照区の108mmの約42%であった。改善区は本暗渠が施工されており, 暗渠排水量 (平均値: 174mm) と合わせた改善区の排水量は219mmとなり, 対照区を大幅に上回ったが, これは1997~1998年の改善区の暗渠排水量が極端に多かったことによるところが大きい (表8)。

圃場条件 (本暗渠施工の有無) を統一した別途調査では, 本暗渠未施工田 (1999~2000年) の地表排水量は, 畝立区65mm, 平畝区14mmと, 平畝区は畝立区の約22%, 本暗渠施工田 (2000~2001年) の地表排水量は, 畝立区85mm, 平畝区56mmと, 平畝区は畝立区の約66%となり, 平畝耕起により地表排水量が抑制されたと考えられる。本暗渠施工田の暗渠排水量は, 畝立区78mm, 平畝区89mmであった (表9)。

表8 水収支 (単位: mm)

期別	試験区	調査年次	流入			流出				
			降水	用水	計	地表排水	暗渠排水	浸透水	蒸発(散)	計
非作付期	対照区	'97~'98	783	—	783	134	—	469	180	783
		'98~'99	766	—	766	126	—	434	206	766
		'99~'00	732	—	732	65	—	416	251	732
		'00~'01	619	—	619	107	—	240	272	619
		平均	725	—	725	108	—	390	227	725
	改善区	'97~'98	783	—	783	17	419	164	183	783
		'98~'99	766	—	766	40	111	409	206	766
		'99~'00	667	—	667	69	76	293	229	667
		'00~'01	620	—	620	56	89	184	291	620
		平均	709	—	709	45	174	263	227	709
水 稻	対照区	1998	790	1,141	1,931	508	—	829	594	1,931
		1999	975	868	1,843	461	—	728	654	1,843
		2000	832	974	1,806	271	—	746	789	1,806
		2001	776	1,004	1,780	293	—	678	809	1,780
		平均	843	997	1,840	383	—	745	712	1,840
	改善区	1998	790	920	1,710	413	—	727	570	1,710
		1999	975	737	1,712	397	—	663	652	1,712
		2000	895	865	1,760	250	—	709	801	1,760
		2001	776	899	1,675	264	—	638	773	1,675
		平均	859	855	1,714	331	—	684	699	1,714
通 年	対照区	'97~'98	1,573	1,141	2,714	642	—	1,298	774	2,714
		'98~'99	1,741	868	2,609	587	—	1,162	860	2,609
		'99~'00	1,564	974	2,538	336	—	1,162	1,040	2,538
		'00~'01	1,395	1,004	2,399	400	—	918	1,081	2,399
		平均	1,568	997	2,565	491	—	1,135	939	2,565
	改善区	'97~'98	1,573	920	2,493	430	419	891	753	2,493
		'98~'99	1,741	737	2,478	437	111	1,072	858	2,478
		'99~'00	1,562	865	2,427	319	76	1,002	1,030	2,427
		'00~'01	1,396	899	2,295	320	89	822	1,064	2,295
		平均	1,568	855	2,423	376	174	947	926	2,423

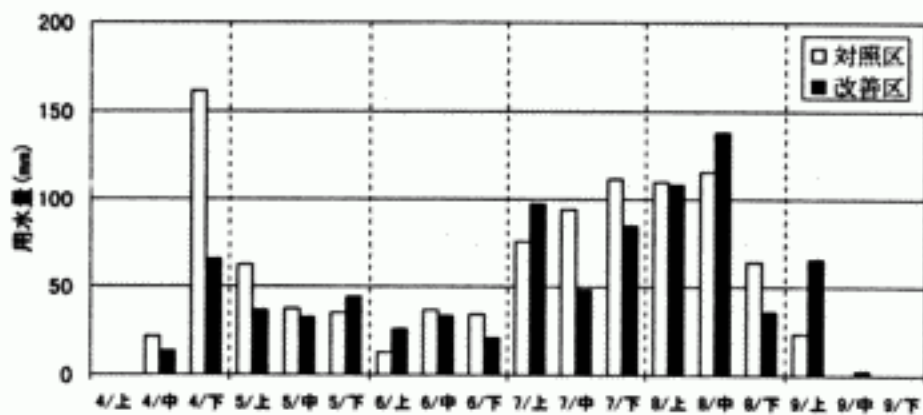


図7 水稲作付期における旬別用水量 (1998~2001年, 4か年平均値)

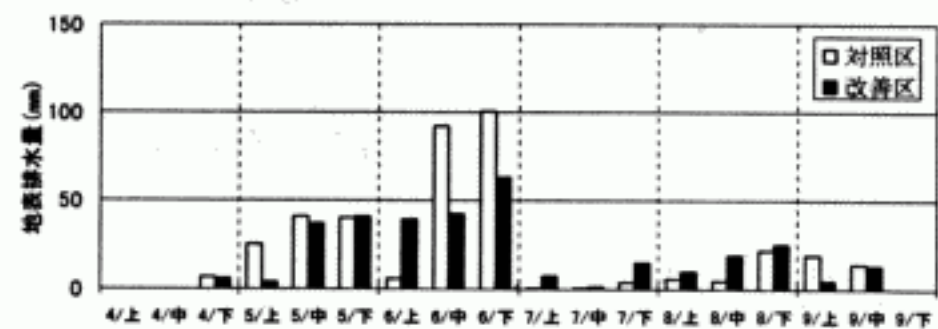


図8 水稲作付期における旬別地表排水量 (1998~2001年, 4か年平均値)

表9 非作付期の畝立の有無による水収支 (単位: mm)

調査年次	試験区	流入		流出			
		降水	地表排水	暗渠排水	浸透水	蒸発	計
'99~'00	暗渠無畝立区	732	65	—	416	251	732
	暗渠無平畝区	732	14	—	467	251	732
'00~'01	暗渠有畝立区	620	85	78	166	291	620
	暗渠有平畝区	620	56	89	184	291	620

3. 2 水質

3. 2. 1 水稲作付期の田面水（地表排水）の水質

SS濃度は、両区とも代かき後には2,000mg/L以上と著しく上昇し、移植後徐々に低下し、5月中下旬以降は低濃度で推移した。改善区では代かき～移植時に浅水管理が行われたため対照区より高い値を示したが、対照区に比べ濃度低下は早く、5月下旬以降は対照区と大差はなかった（図9）。

COD濃度は、SS濃度の推移と同様の傾向を示したが、全般的に改善区は対照区と比べ低い値を示した（図10）。

D-TOC濃度は、SS、COD濃度の推移とほぼ同様の傾向であったが、代かき～移植時の濃度上昇は見られず、改善区は対照区と比べ低い値を示した（図11）。

T-N濃度は、両区とも代かき～移植時にやや上

昇し、7月中旬までは改善区は被覆複合肥料の側条施肥を行ったため対照区に比べ低く推移した。特に、対照区では追肥、穂肥の施用後に、それぞれ74.3mg/L、59.4mg/Lと著しく上昇したが、改善区では追肥の省略により追肥時期の濃度上昇はみられなかった（図12）。施肥後のT-N濃度の上昇はアンモニア態窒素（NH₄-N）濃度の上昇によるものであった。

T-P濃度は、両区とも代かき～移植時には6.0mg/L以上に上昇し、生育後半まで改善区は側条施肥等の影響により対照区に比べ低く推移した。また、対照区では追肥、穂肥の施用後に、それぞれ4.6mg/L、13.9mg/Lと著しく上昇したが、改善区では追肥の省略および穂肥に無リン酸肥料を施用したことにより、追肥時期、穂肥時期の濃度上昇はみられなかった（図13）。対照区の施肥後のT-P濃度の上昇はリン酸態リン（PO₄-P）濃度の上昇によるものであった。

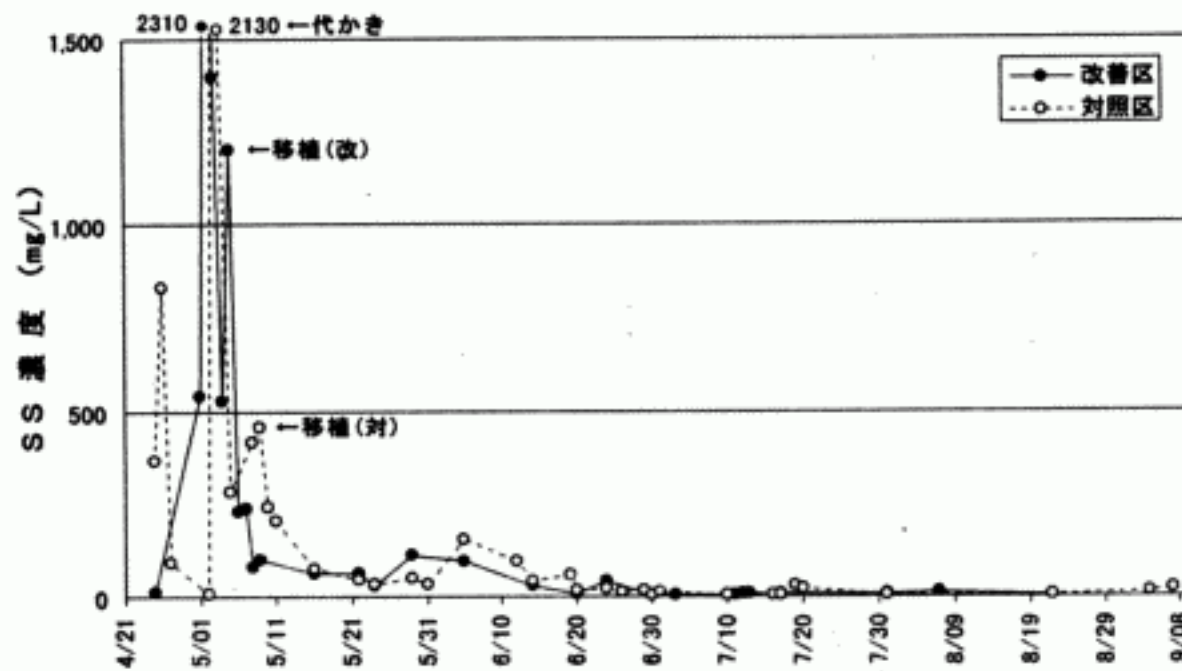


図9 水稲作付期の田面水（地表排水）のSS濃度の推移（2001年）

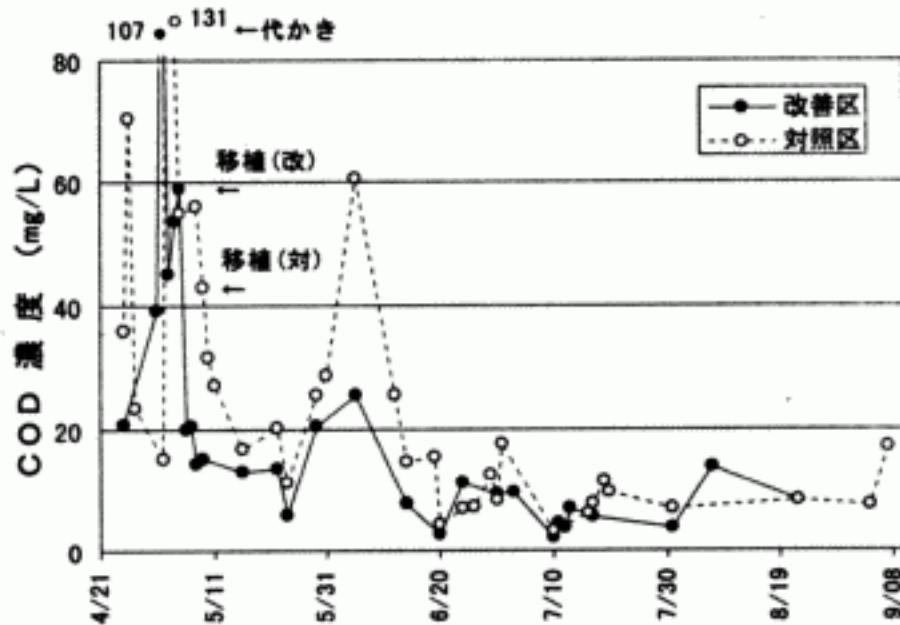


図10 水稲作付期の田面水（地表排水）のCOD濃度の推移（2001年）

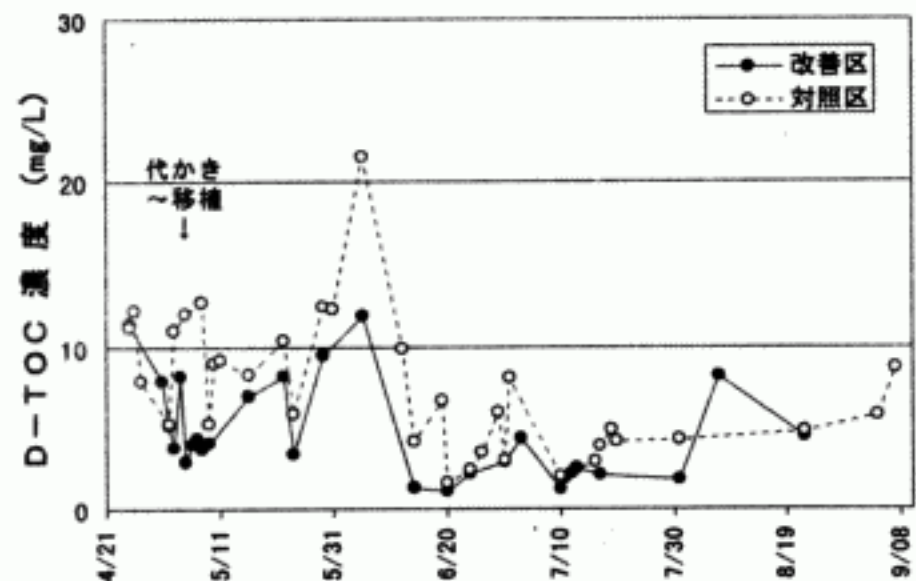


図11 水稲作付期の田面水（地表排水）のD-TOC濃度の推移（2001年）

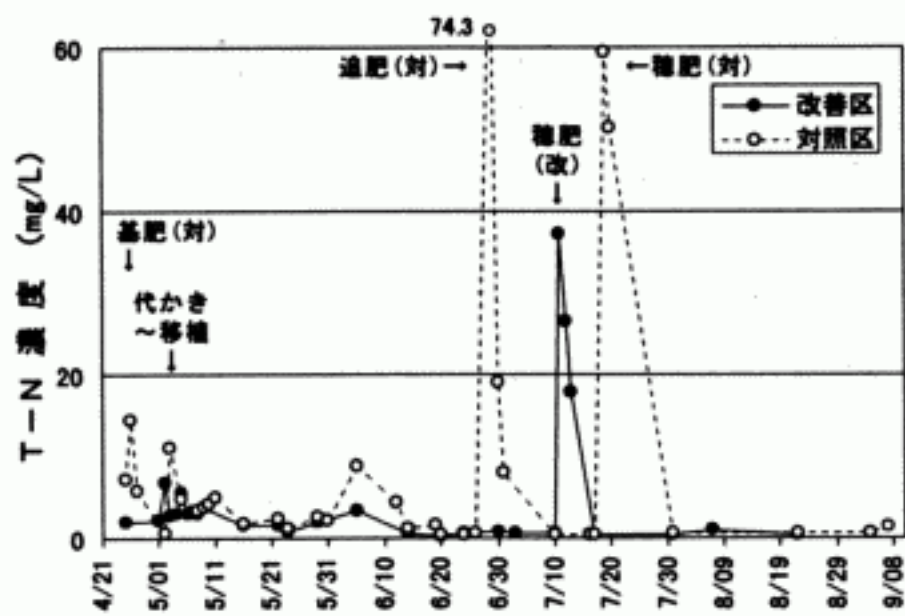


図12 水稲作付期の田面水（地表排水）の T-N濃度の推移（2001年）

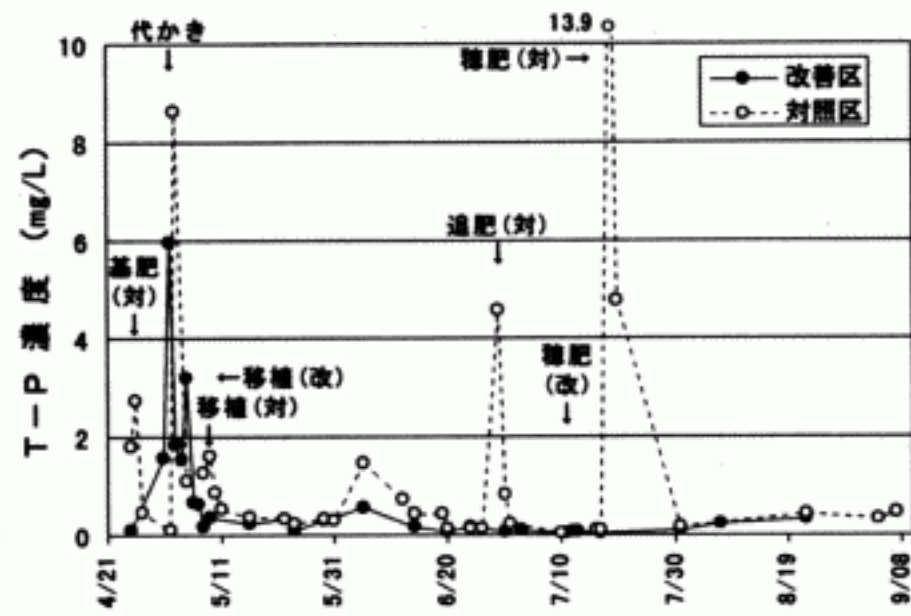


図13 水稲作付期の田面水（地表排水）の T-P濃度の推移（2001年）

3. 2. 2 水稲作付期の浸透水の水質

COD, D-TOC濃度は改善区が対照区より低く推移した（図14, 15）。

T-N濃度は、概ね0.5~2.0mg/Lの範囲で推移したが、改善区は対照区よりやや低く推移した。また、対照区では8月上旬、改善区では7月下旬に一時的に、それぞれ3.5mg/L, 3.1mg/Lに上昇した（図16）。

これは硝酸態窒素（NO₃-N）濃度の上昇によるものであり、中干しにより土壌の酸化が進み硝酸化成が促進されたためと考えられる。

T-P濃度は、両区とも概ね0.1~0.3mg/Lの範囲で推移したが、改善区は対照区より低く推移した（図17）。

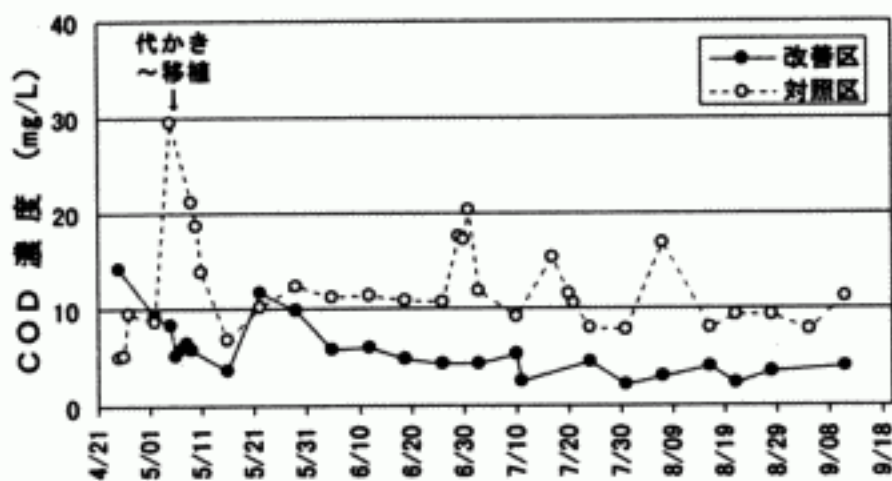


図14 水稲作付期の浸透水のCOD濃度の推移（2001年）

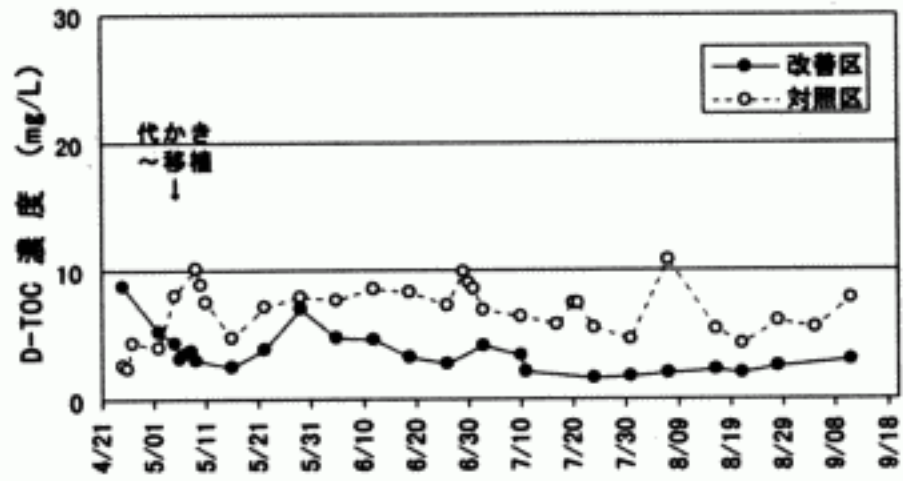


図15 水稲作付期の浸透水のD-TOC濃度の推移（2001年）

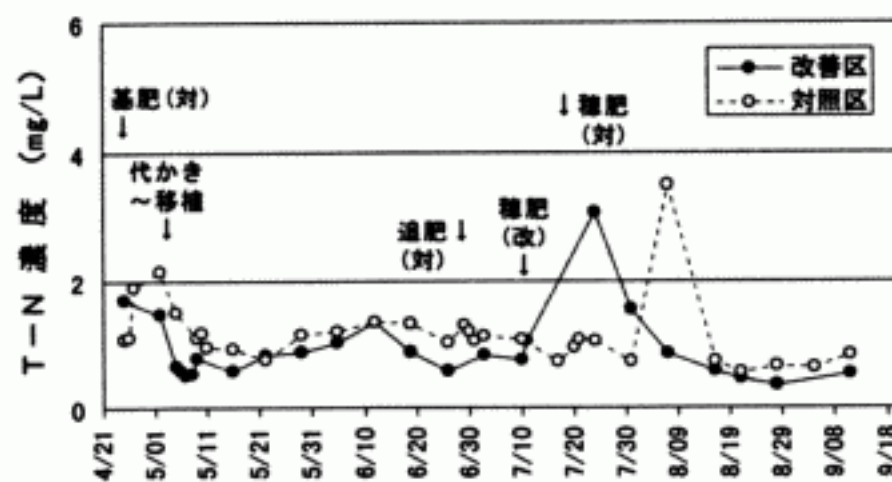


図16 水稲作付期の浸透水のT-N濃度の推移（2001年）

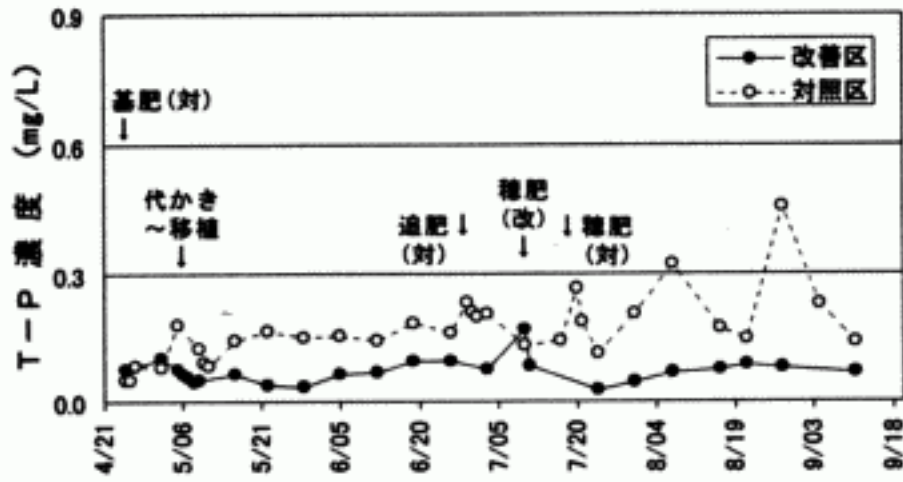


図17 水稲作付期の浸透水のT-P濃度の推移（2001年）

3. 2. 3 非作付期の地表排水の水質

SS濃度は、1月下旬以降一時的に上昇する傾向がみられ、暗渠無平畝区では大幅な濃度の上昇はみられなかったが、他の試験区では代かき～移植時期に匹敵する400～600mg/L以上に上昇することがあった(図18,19)。

COD、D-TOC濃度は、暗渠無畝立区と暗渠無平畝区、暗渠有畝立区と暗渠有平畝区で、それぞれ大差はみられなかった(図20～23)。

T-N濃度は、1月下旬以降一時的に上昇する傾

向がみられた(図24, 25)。T-N濃度上昇時に、亜硝酸態窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)、硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)、アンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)濃度の大きな上昇はみられず、有機態等窒素によるものと考えられた。

T-P濃度は、SS濃度、T-N濃度と同様の傾向を示した(図26, 27)。9～10月のT-P濃度上昇時はリン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)濃度も高かったが、11月以降のT-P濃度上昇時はリン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)濃度は低く、懸濁態リンによるものと考えられた。

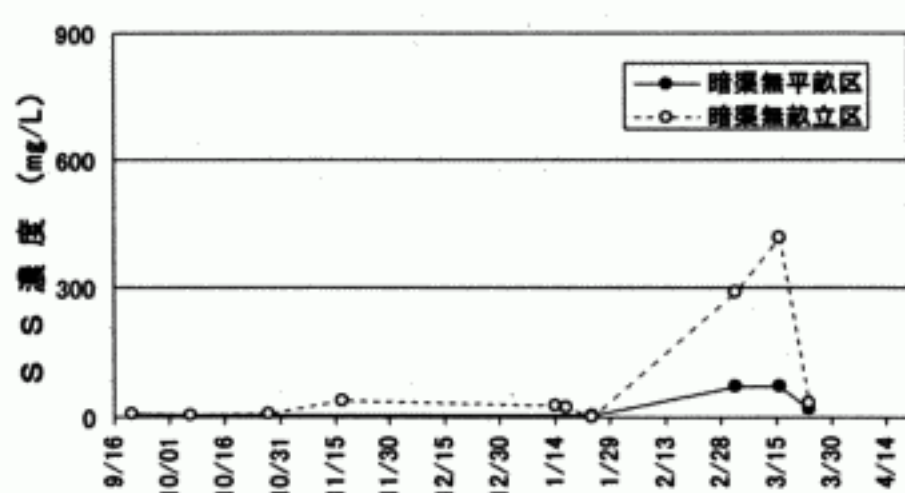


図18 水稻非作付期の地表排水のSS濃度の推移('99~'00年)

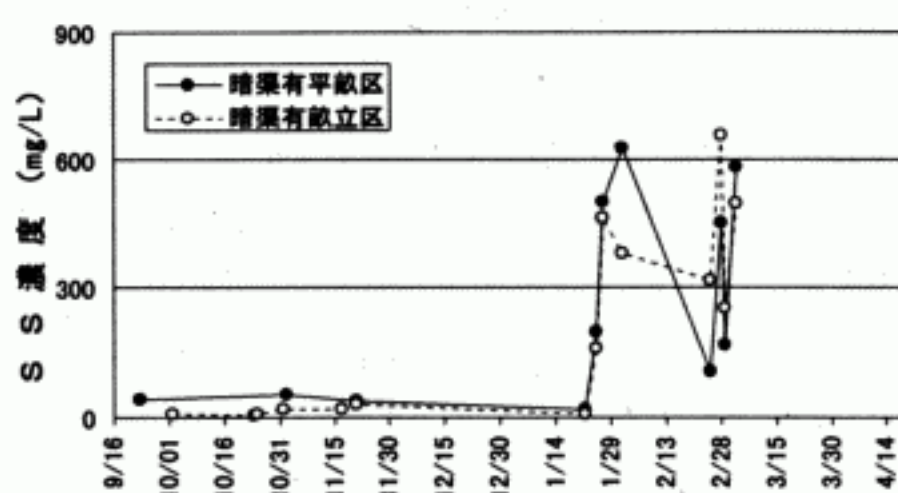


図19 水稻非作付期の地表排水のSS濃度の推移('00~'01年)

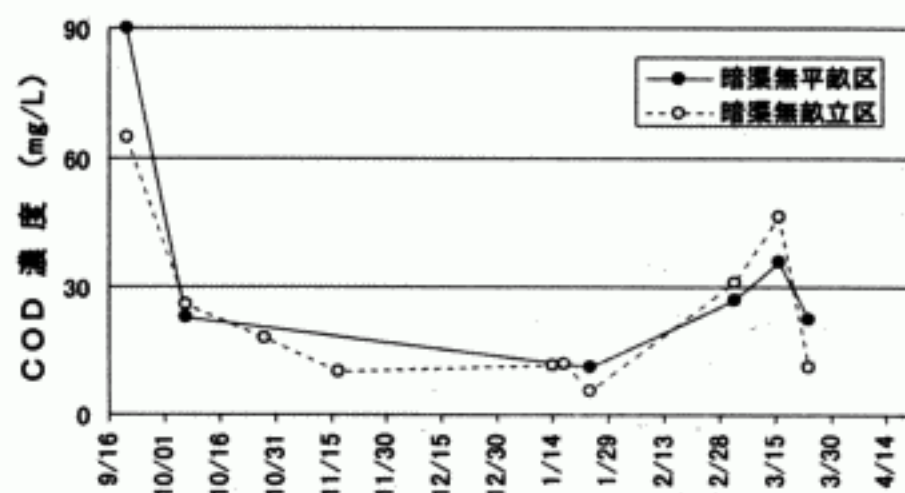


図20 水稻非作付期の地表排水のCOD濃度の推移('99~'00年)

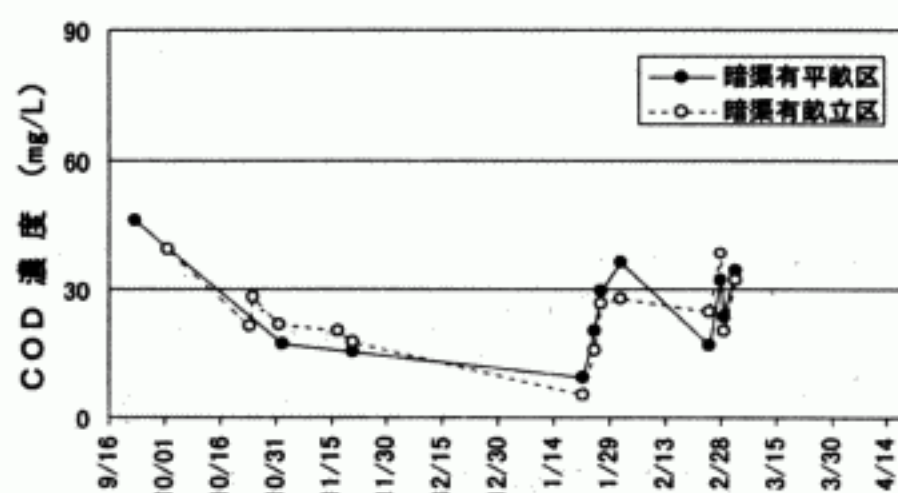


図21 水稻非作付期の地表排水のCOD濃度の推移('00~'01年)

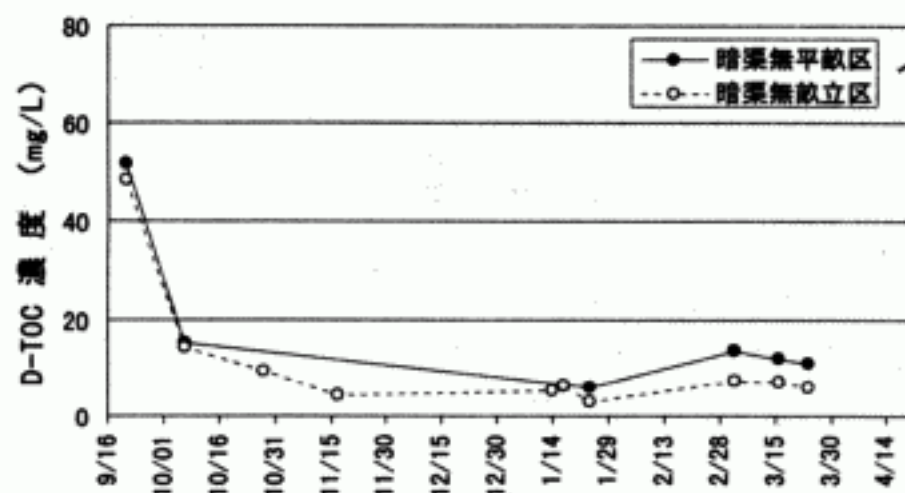


図22 水稻非作付期の地表排水のD-TOC濃度の推移('99~'00年)

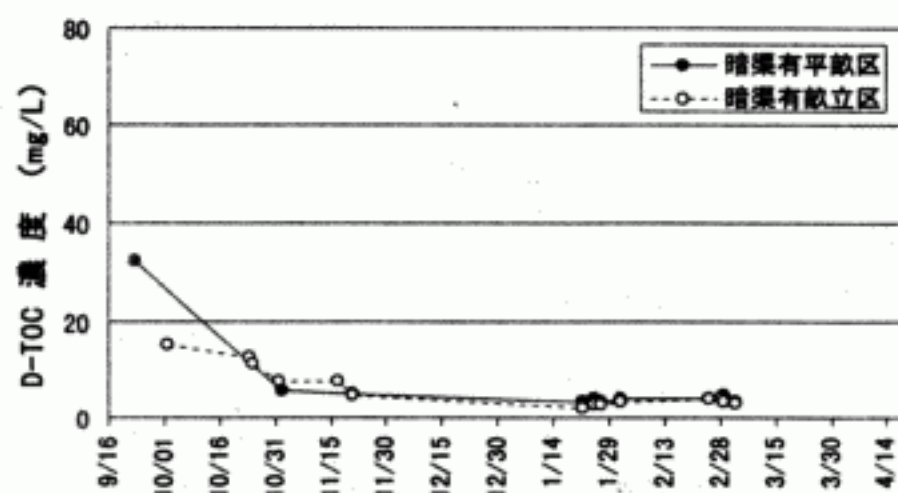


図23 水稻非作付期の地表排水のD-TOC濃度の推移('00~'01年)

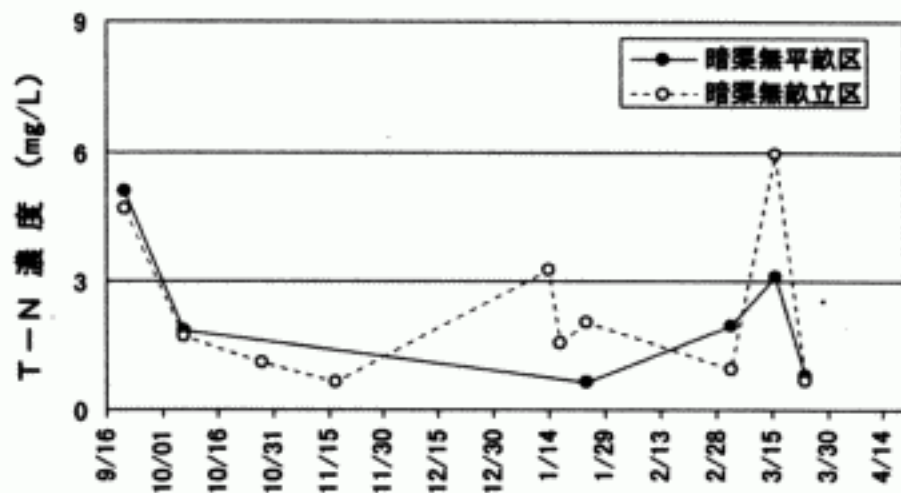


図24 水稲非作付期の地表排水のT-N濃度の推移 ('99~'00年)

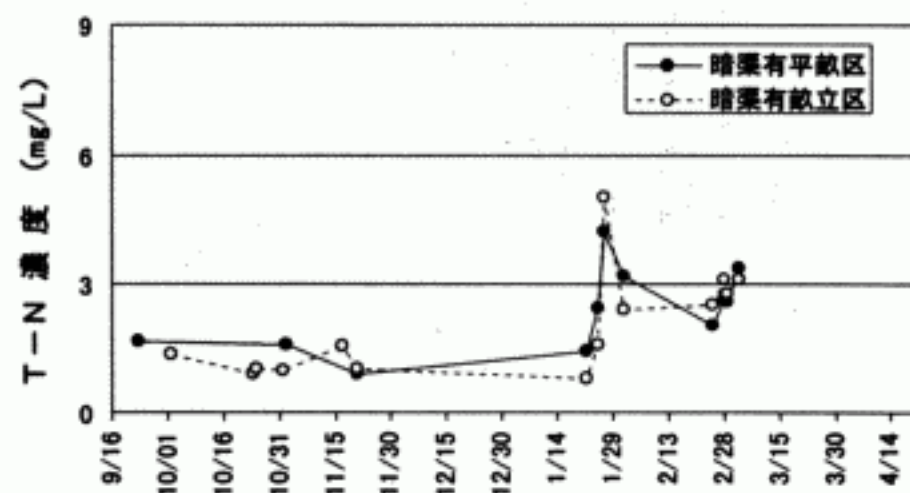


図25 水稲非作付期の地表排水のT-N濃度の推移 ('00~'01年)

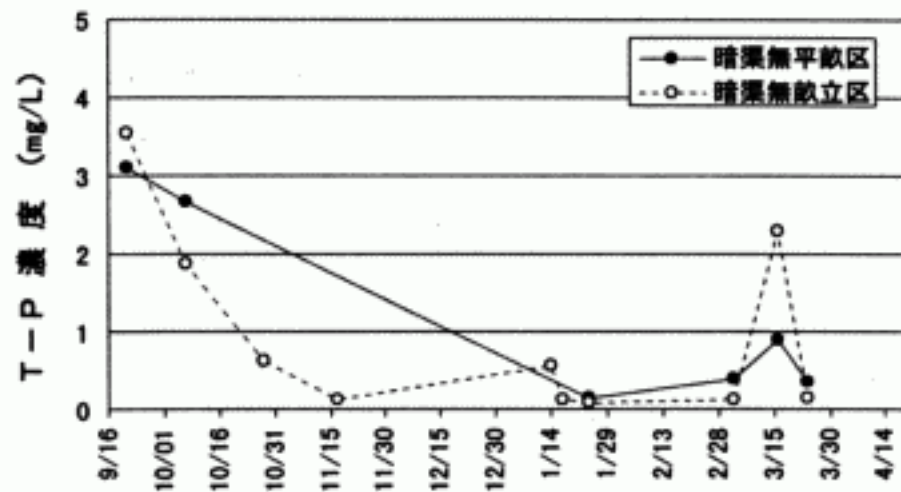


図26 水稲非作付期の地表排水のT-P濃度の推移 ('99~'00年)

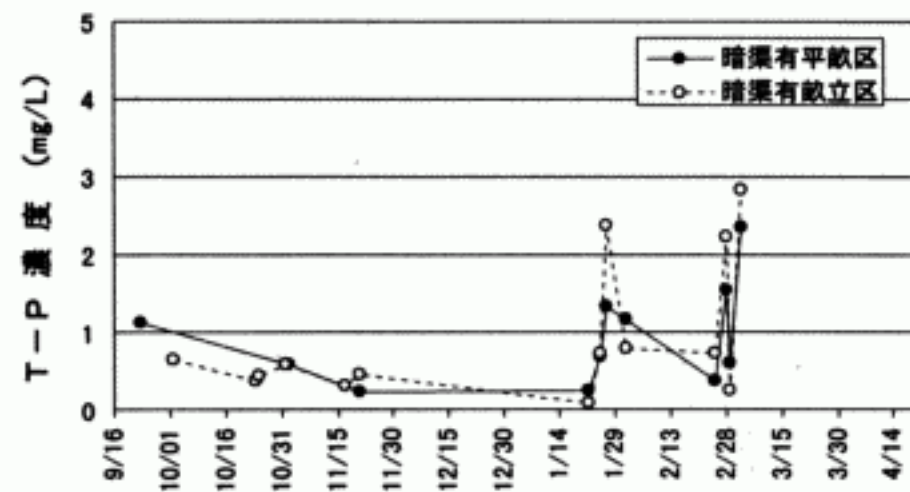


図27 水稲非作付期の地表排水のT-P濃度の推移 ('00~'01年)

3. 2. 4 非作付期の暗渠排水の水質

SS濃度は、暗渠有平畝区で3月上旬に一時的に148mg/Lまで上昇したが、他の時期は暗渠有畝立区と暗渠有平畝区で大差はなく、概ね10~50mg/Lの範囲で推移した(図28)。

COD, D-TOC濃度は、両区で大差はみられなかった(図29, 30)。

T-N濃度は、9~11月の間は暗渠有畝立区と暗渠有平畝区で大差はなかったが、1月以降は暗渠有

平畝区の方が高く推移し2月下旬には4.0mg/Lまで上昇した(図31)。これは主に硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)濃度の上昇によるものであった。

T-P濃度は、暗渠有畝立区より暗渠有平畝区の方が高く推移し、暗渠有平畝区では9月下旬, 11月上旬, 3月上旬に0.6mg/L以上となった(図32)。リン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)濃度は両区とも0.1mg/L以下で推移し、暗渠有平畝区のT-P濃度の上昇は有機態, 懸濁態リンによるものと考えられた。

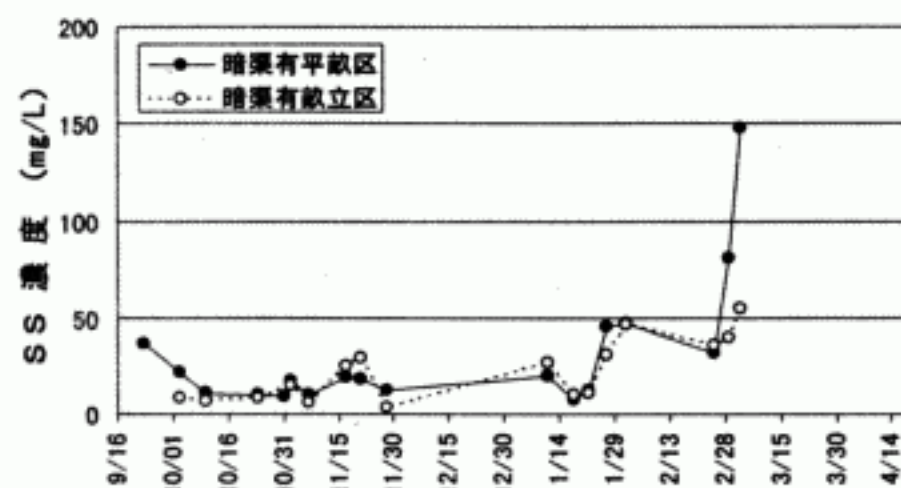


図28 水稲非作付期の暗渠排水のSS濃度の推移 ('00~'01年)

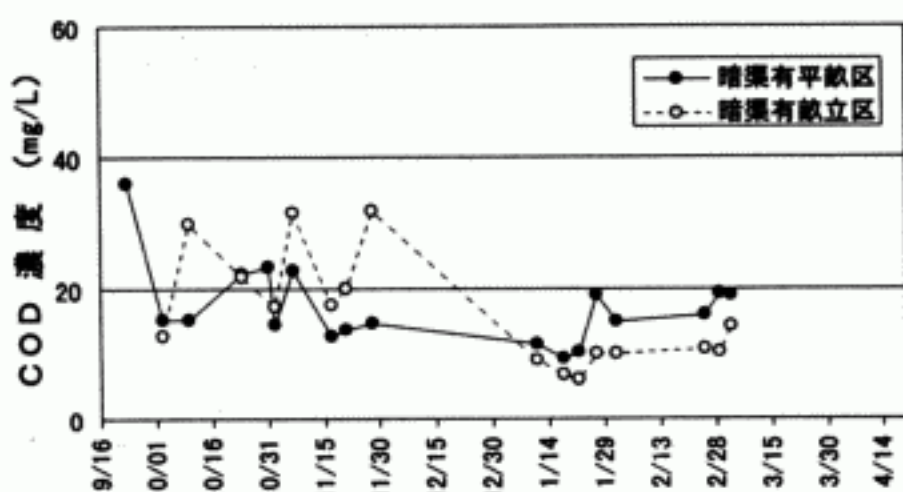


図29 水稲非作付期の暗渠排水のCOD濃度の推移 ('00~'01年)

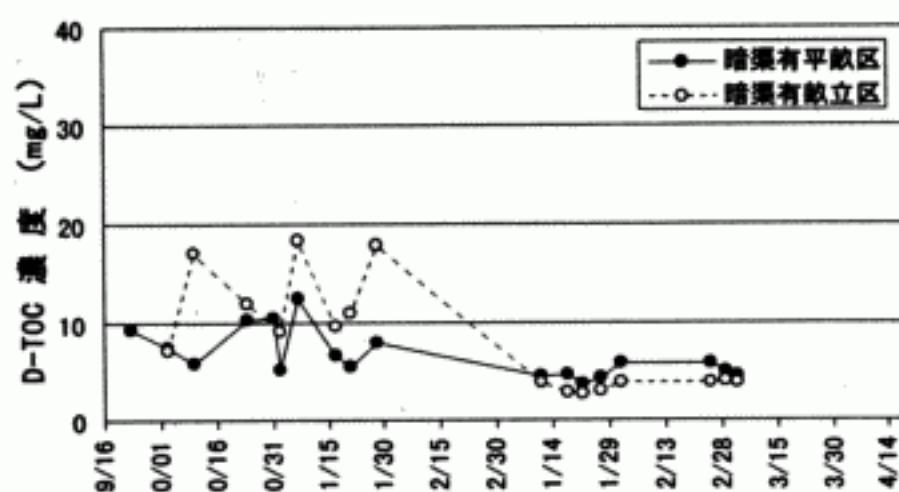


図30 水稲非作付期の暗渠排水のD-TOC濃度の推移 ('00~'01年)

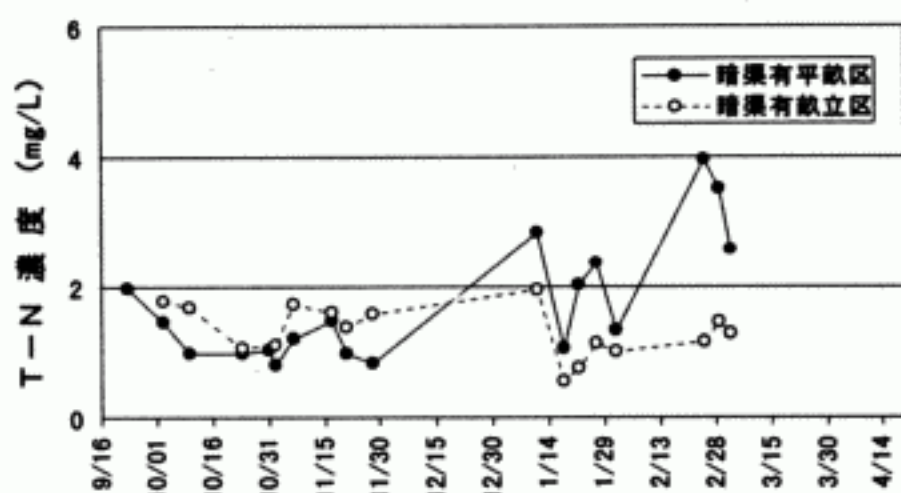


図31 水稲非作付期の暗渠排水のT-N濃度の推移 ('00~'01年)

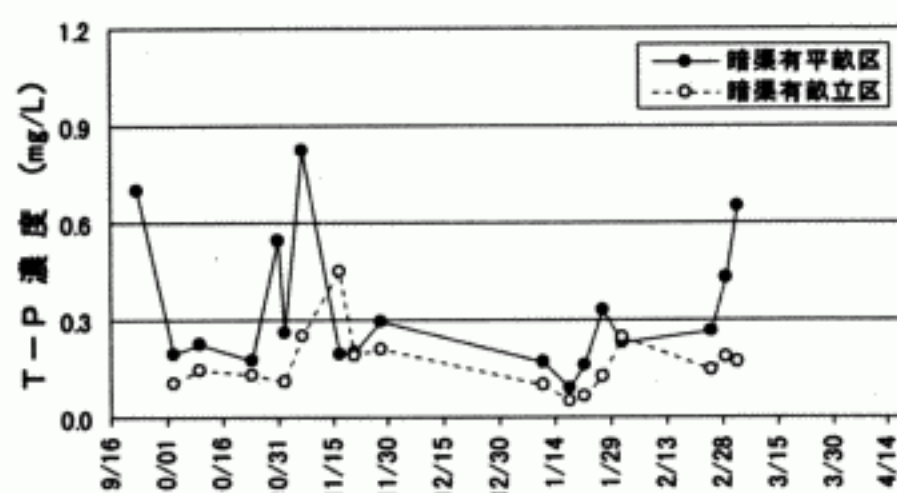


図32 水稲非作付期の暗渠排水のT-P濃度の推移 ('00~'01年)

3. 2. 5 非作付期の浸透水の水質

COD, D-TOC濃度は、暗渠無畝立区と暗渠無平畝区では、1月中旬までは大差がなかったが、以降は暗渠無平畝区の方が高く推移した(図33, 35)。暗渠有畝立区と暗渠有平畝区では、10月下旬まで暗渠有畝立区の方が高く推移したが、以降は両区で大差はなかった(図34, 36)。

T-N濃度は、暗渠無畝立区と暗渠無平畝区では、暗渠無平畝区の方がわずかに高く推移した(図37)。暗渠有畝立区と暗渠有平畝区では、3月上旬, 4月

中旬に暗渠有平畝区の方が高くなったが他の時期は両区で大差はなかった(図38)。各試験区ともT-N濃度の上昇時は硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)濃度が高かったが、亜硝酸態窒素($\text{NO}_2\text{-N}$)、アンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)濃度は低かった。

T-P濃度は、暗渠無畝立区と暗渠無平畝区では、9月下旬, 11月上旬に、暗渠無畝立区が上昇したが、他の時期は両区で大差はなかった(図39)。9月下旬, 11月上旬の暗渠無畝立区の濃度の上昇は、リン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)濃度の上昇によるものであった。

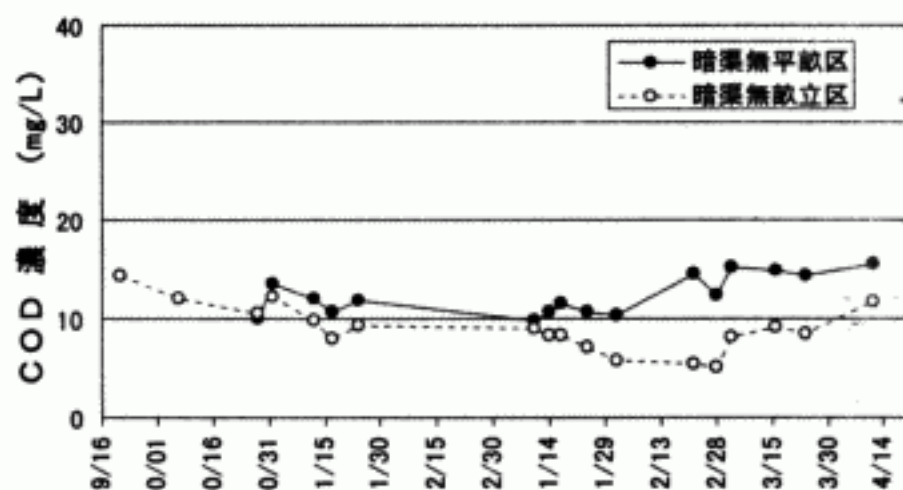


図33 水稲非作付期の浸透水のCOD濃度の推移 ('99~'00年)

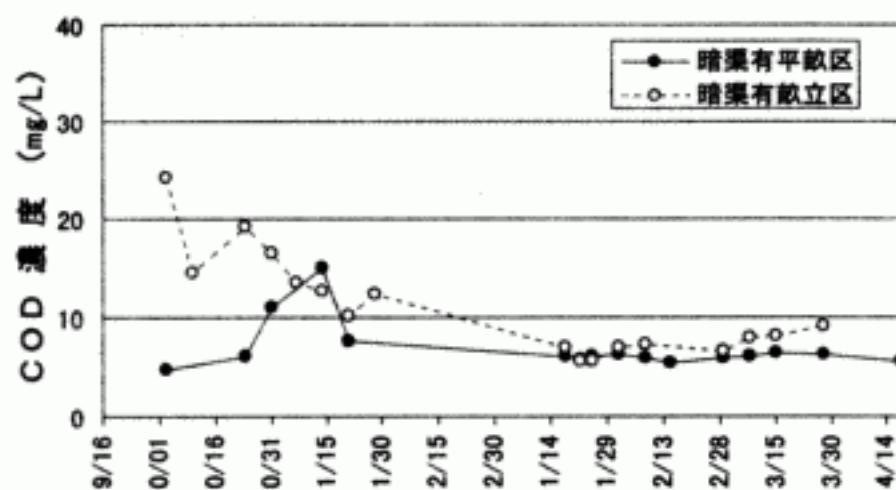


図34 水稲非作付期の浸透水のCOD濃度の推移 ('00~'01年)

暗渠有畝立区と暗渠有平畝区では、1月中旬以降、

暗渠有畝立区がやや低く推移した(図40)。

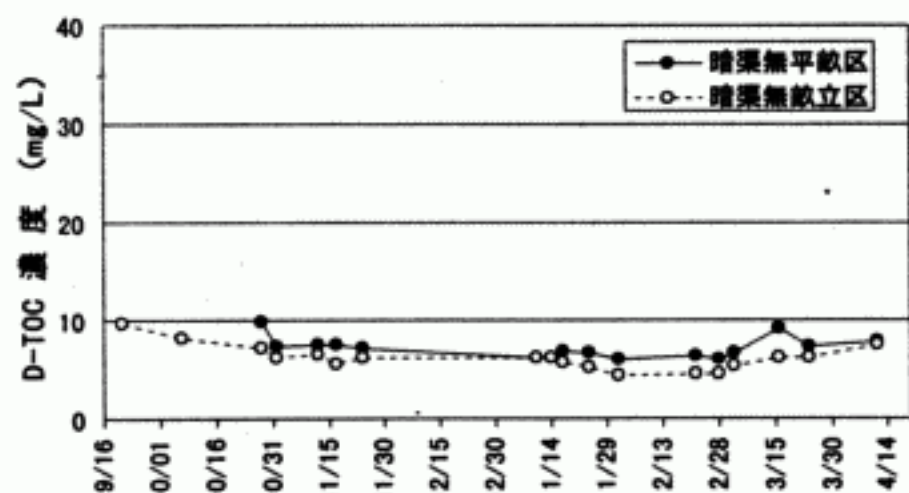


図35 水稲非作付期の浸透水のD-TOC濃度の推移('99~'00年)

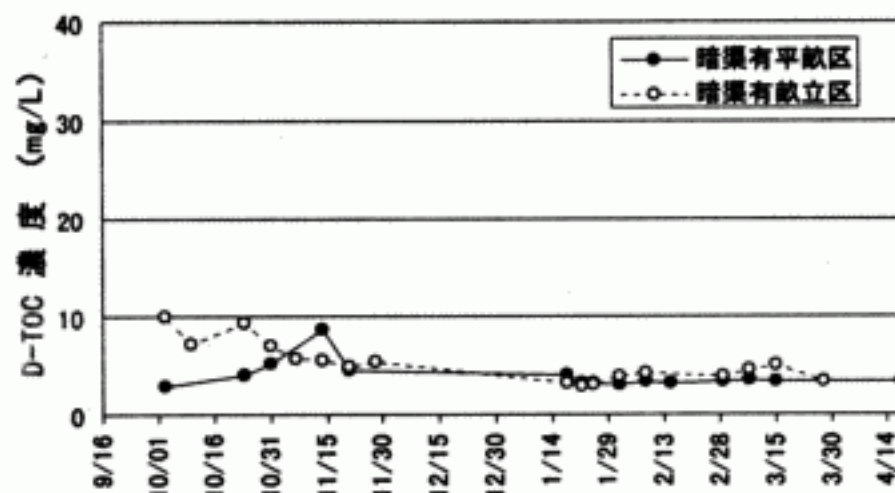


図36 水稲非作付期の浸透水のD-TOC濃度の推移('00~'01年)

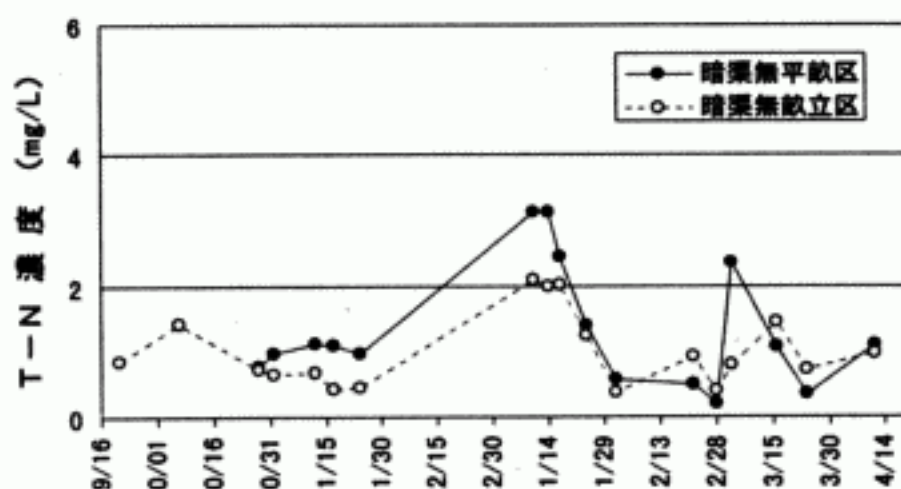


図37 水稲非作付期の浸透水のT-N濃度の推移('99~'00年)

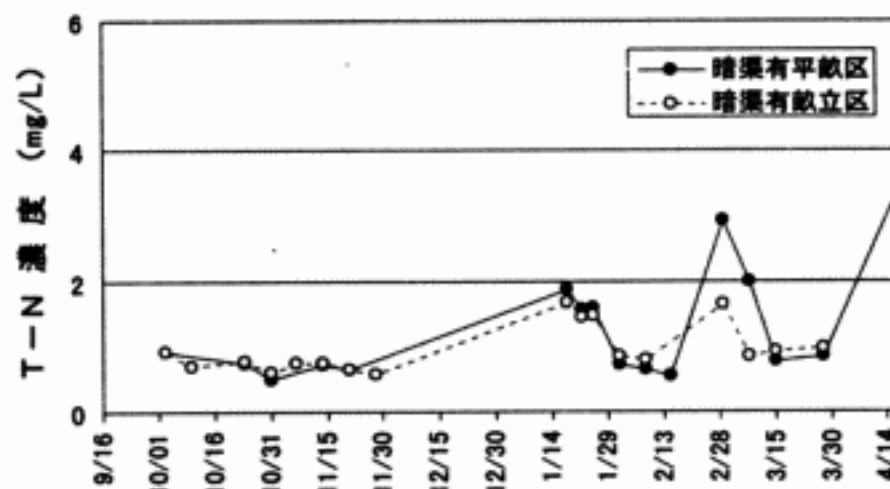


図38 水稲非作付期の浸透水のT-N濃度の推移('00~'01年)

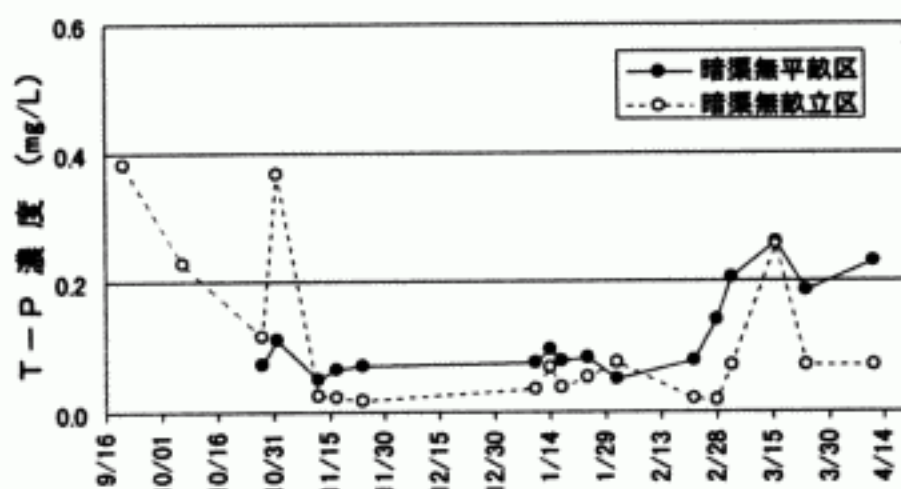


図39 水稲非作付期の浸透水のT-P濃度の推移('99~'00年)

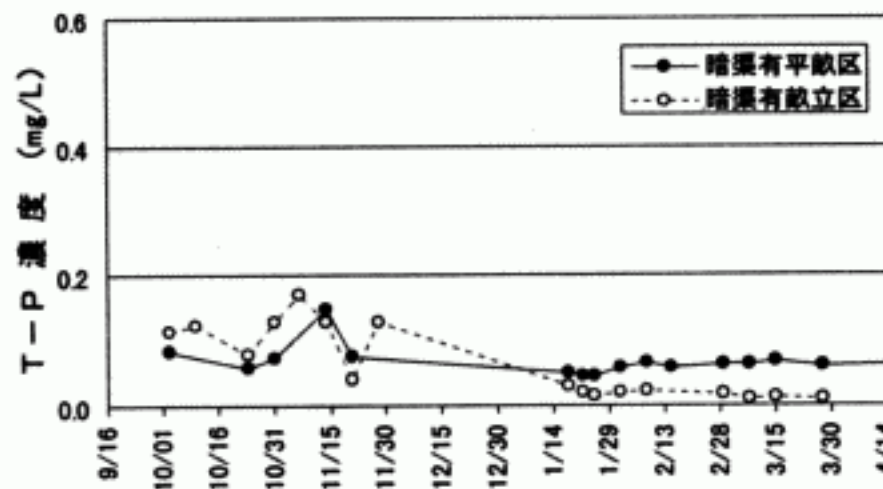


図40 水稲非作付期の浸透水のT-P濃度の推移('00~'01年)

3. 3 栄養塩類等の流入, 流出負荷量

各調査年次の非作付期および水稲作付期の栄養塩類等の流入, 流出負荷量を表10, 11に, 4か年の平均負荷量を表12に示す。

3. 3. 1 水稲作付期のSS負荷量

流入負荷量(1998~2001年, 4か年平均値)は, 対照区32.0kg/ha, 改善区30.7kg/haと, 両区でほと

んど差はなかった。

流出負荷量(4か年平均値)は, 対照区146.1kg/ha, 改善区52.7kg/haとなり, 改善区は対照区に対し約64%削減された(表12)。全流出負荷量に対する旬別の流出負荷量の割合は, 対照区では, 中干し時期の6月中下旬に約64%と特に多く, 代かき~移植時期の4月下旬~5月上旬は約26%であった。改善区では, 6月中下旬約32%, 4月下旬~5月上旬約25

表10 対照区の栄養塩類等差引排出負荷量

(単位:kg/ha)

年次	期別	収支の内訳	SS	COD	D-TOC	T-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-P	PO ₄ -P	K
1997 ~ 1998	非作付期	流入 降水	—	13.7	未調査	3.66	1.67	未調査	1.65	0.06	0.00	2.9
		計	—	13.7	未調査	3.66	1.67	未調査	1.65	0.06	0.00	2.9
		流出 地表排水	417.5	35.9	未調査	3.35	0.35	未調査	0.28	0.86	0.10	2.6
		浸透水	—	58.0	未調査	5.14	1.74	未調査	1.51	0.61	0.13	10.4
		計	417.5	93.9	未調査	8.49	2.09	未調査	1.79	1.47	0.23	13.0
		差引排出負荷量	417.5	80.2	未調査	4.83	0.42	未調査	0.14	1.41	0.23	10.1
	水 稲 作付期	流入 降水	—	16.1	11.3	2.73	0.75	未調査	1.77	0.05	0.03	1.1
		用水	47.4	45.1	25.2	11.51	1.32	未調査	7.74	1.06	0.55	24.4
		計	47.4	61.2	36.5	14.24	2.07	未調査	9.51	1.11	0.58	25.5
		流出 地表排水	303.3	65.4	23.8	9.09	5.96	未調査	0.30	1.78	1.10	15.1
浸透水		—	133.5	66.6	11.62	3.16	未調査	0.79	5.04	2.12	22.5	
	計	303.3	198.9	90.4	20.71	9.12	未調査	1.09	6.82	3.22	37.6	
	差引排出負荷量	255.9	137.7	53.9	6.47	7.05	未調査	-8.42	5.71	2.64	12.1	
	年間差引排出負荷量	673.4	217.9		11.30	7.47	未調査	-8.28	7.12	2.87	22.2	
1998 ~ 1999	非作付期	流入 降水	—	15.6	10.7	4.55	2.44	0.00	2.01	0.04	0.00	1.2
		計	—	15.6	10.7	4.55	2.44	0.00	2.01	0.04	0.00	1.2
		流出 地表排水	9.1	23.5	13.4	1.13	0.08	0.00	0.13	0.79	0.65	10.3
		浸透水	—	38.4	20.9	4.51	0.35	0.04	2.24	0.84	0.23	12.7
		計	9.1	61.9	34.3	5.64	0.43	0.04	2.37	1.63	0.88	23.0
		差引排出負荷量	9.1	46.3	23.6	1.09	-2.01	0.04	0.36	1.59	0.88	21.8
	水 稲 作付期	流入 降水	—	12.2	10.1	4.01	1.74	0.02	1.51	0.03	0.00	0.9
		用水	18.7	26.8	12.9	9.17	0.31	0.00	7.56	0.54	0.18	11.4
		計	18.7	39.0	23.0	13.18	2.05	0.02	9.07	0.57	0.18	12.3
		流出 地表排水	58.0	54.7	31.6	5.56	1.16	0.00	0.15	1.75	1.19	14.7
浸透水		—	71.8	51.1	6.06	0.95	0.00	0.47	1.58	1.23	16.0	
	計	58.0	126.5	82.7	11.62	2.11	0.00	0.62	3.33	2.42	30.7	
	差引排出負荷量	39.3	87.5	59.7	-1.56	0.06	-0.02	-8.45	2.76	2.24	18.4	
	年間差引排出負荷量	48.4	133.8	83.3	-0.47	-1.95	0.02	-8.09	4.35	3.12	40.2	
1999 ~ 2000	非作付期	流入 降水	—	16.4	11.2	4.24	1.63	0.02	1.99	0.07	0.02	1.9
		計	—	16.4	11.2	4.24	1.63	0.02	1.99	0.07	0.02	1.9
		流出 地表排水	39.8	9.4	4.1	1.12	0.01	0.00	0.66	0.20	0.12	4.6
		浸透水	—	41.1	28.1	4.40	0.22	0.00	1.67	0.54	0.33	9.1
		計	39.8	50.5	32.2	5.52	0.23	0.00	2.33	0.74	0.45	13.7
		差引排出負荷量	39.8	34.1	21.0	1.28	-1.40	-0.02	0.34	0.67	0.43	11.8
	水 稲 作付期	流入 降水	—	24.0	14.8	5.10	1.41	0.52	1.48	0.07	0.00	7.0
		用水	38.3	27.5	17.5	9.87	0.09	0.03	6.59	0.90	0.57	11.6
		計	38.3	51.5	32.3	14.97	1.50	0.55	8.07	0.97	0.57	18.6
		流出 地表排水	62.2	35.5	19.4	3.22	1.45	0.01	0.06	0.81	0.46	11.9
浸透水		—	82.7	56.9	7.16	1.80	0.01	0.63	1.08	0.79	29.8	
	計	62.2	118.2	76.3	10.38	3.25	0.02	0.69	1.89	1.25	41.7	
	差引排出負荷量	23.9	66.7	44.0	-4.59	1.75	-0.53	-7.38	0.92	0.68	23.1	
	年間差引排出負荷量	63.7	100.8	65.0	-3.31	0.35	-0.55	-7.04	1.59	1.11	34.9	
2000 ~ 2001	非作付期	流入 降水	—	12.8	6.4	3.36	1.59	0.35	1.09	0.01	0.00	4.1
		計	—	12.8	6.4	3.36	1.59	0.35	1.09	0.01	0.00	4.1
		流出 地表排水	218.0	26.4	5.1	3.28	0.41	0.09	0.51	1.41	0.10	3.9
		浸透水	—	23.7	13.0	2.18	0.71	0.30	0.79	0.14	0.04	11.5
		計	218.0	50.1	18.1	5.46	1.12	0.39	1.30	1.55	0.14	15.4
		差引排出負荷量	218.0	37.3	11.7	2.10	-0.47	0.04	0.21	1.54	0.14	11.3
	水 稲 作付期	流入 降水	—	8.2	6.8	3.24	1.09	0.02	1.05	0.05	0.01	1.3
		用水	23.4	29.8	15.7	10.29	0.40	0.02	7.97	0.54	0.29	12.3
		計	23.4	38.0	22.5	13.53	1.49	0.04	9.02	0.59	0.30	13.6
		流出 地表排水	160.9	42.8	17.2	4.19	0.75	0.01	0.31	1.37	0.61	11.2
浸透水		—	75.9	45.1	7.92	1.77	0.03	1.84	1.22	0.84	28.6	
	計	160.9	118.7	62.3	12.11	2.52	0.04	2.15	2.59	1.45	39.8	
	差引排出負荷量	137.5	80.7	39.8	-1.42	1.03	0.00	-6.87	2.00	1.15	26.2	
	年間差引排出負荷量	355.5	118.0	51.5	0.68	0.56	0.04	-6.66	3.54	1.29	37.5	

表11 改善区の栄養塩類等差引排出負荷量 (単位:kg/ha)

年次	期別	収支の内訳	SS	COD	D-TOC	T-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-P	PO ₄ -P	K
1997 ~ 1998	非作付期	流入 降水	—	13.7	未調査	3.66	1.67	未調査	1.65	0.06	0.00	2.9
		計	—	13.7	未調査	3.66	1.67	未調査	1.65	0.06	0.00	2.9
		流出 地表排水	18.7	4.3	未調査	0.51	0.04	未調査	0.20	0.11	0.03	0.2
		暗渠排水	未調査	65.0	未調査	17.57	0.99	未調査	14.03	1.25	0.15	5.2
		浸透水	—	28.1	未調査	7.19	0.40	未調査	5.59	0.52	0.06	1.9
	計	18.7	97.4	未調査	25.27	1.43	未調査	19.82	1.88	0.24	7.3	
	差引排出負荷量	18.7	83.7	未調査	21.61	-0.24	未調査	18.17	1.82	0.24	4.4	
	水稲 作付期	流入 降水	—	16.1	11.3	2.72	0.75	未調査	1.77	0.05	0.03	1.1
		用水	29.7	18.4	11.2	9.70	0.63	未調査	7.19	0.45	0.21	17.2
		計	29.7	34.5	22.5	12.42	1.38	未調査	8.96	0.50	0.24	18.3
流出 地表排水		88.1	32.5	13.3	3.35	0.57	未調査	0.93	0.57	0.18	12.6	
浸透水		—	61.9	34.5	6.78	2.09	未調査	1.23	1.66	0.37	36.0	
計	88.1	94.4	47.8	10.13	2.66	未調査	2.16	2.23	0.55	48.6		
差引排出負荷量	58.4	59.9	25.3	-2.29	1.28	未調査	-6.80	1.73	0.31	30.3		
年間差引排出負荷量			143.6		19.32	1.04	未調査	11.37	3.55	0.55	34.7	
1998 ~ 1999	非作付期	流入 降水	—	15.6	10.7	4.55	2.44	0.00	2.01	0.04	0.00	1.2
		計	—	15.6	10.7	4.55	2.44	0.00	2.01	0.04	0.00	1.2
		流出 地表排水	7.7	10.7	3.7	0.52	0.01	0.00	0.07	0.36	0.07	4.5
		暗渠排水	未調査	16.8	7.9	4.01	0.08	0.00	3.00	0.34	0.09	2.9
		浸透水	—	50.4	26.2	9.42	0.35	0.00	6.48	1.33	0.75	35.3
	計	7.7	77.9	37.8	13.95	0.44	0.00	9.55	2.03	0.91	42.7	
	差引排出負荷量	7.7	62.3	27.1	9.40	-2.00	0.00	7.54	1.99	0.91	41.5	
	水稲 作付期	流入 降水	—	12.2	10.1	4.01	1.74	0.02	1.51	0.03	0.00	0.9
		用水	36.6	17.5	10.0	8.15	0.34	0.00	6.73	0.45	0.25	9.1
		計	36.6	29.7	20.1	12.16	2.08	0.02	8.24	0.48	0.25	10.0
流出 地表排水		32.9	30.7	16.3	3.09	0.38	0.00	0.36	0.69	0.36	12.3	
浸透水		—	46.9	29.0	6.37	1.63	0.00	2.08	1.11	0.61	36.9	
計	32.9	77.6	45.3	9.46	2.01	0.00	2.44	1.80	0.97	49.2		
差引排出負荷量	-3.7	47.9	25.2	-2.70	-0.07	-0.02	-5.80	1.32	0.72	39.2		
年間差引排出負荷量			110.2	52.3	6.70	-2.07	-0.02	1.74	3.31	1.63	80.7	
1999 ~ 2000	非作付期	流入 降水	—	13.7	10.2	4.08	1.69	0.02	1.93	0.06	0.02	1.5
		計	—	13.7	10.2	4.08	1.69	0.02	1.93	0.06	0.02	1.5
		流出 地表排水	30.7	13.6	7.2	1.16	0.01	0.00	0.32	0.44	0.18	10.3
		暗渠排水	10.6	13.8	9.2	1.48	0.05	0.00	0.31	0.22	0.09	4.5
		浸透水	—	36.6	22.7	3.12	0.13	0.00	1.47	0.43	0.18	14.6
	計	41.3	64.0	39.1	5.76	0.19	0.00	2.10	1.09	0.45	29.4	
	差引排出負荷量	41.3	50.3	28.9	1.68	-1.50	-0.02	0.17	1.03	0.43	27.9	
	水稲 作付期	流入 降水	—	27.0	16.7	5.78	1.78	0.57	1.75	0.07	0.00	7.9
		用水	27.2	19.7	10.1	8.85	0.21	0.05	7.27	0.30	0.12	10.4
		計	27.2	46.7	26.8	14.63	1.99	0.62	9.02	0.37	0.12	18.3
流出 地表排水		24.4	30.1	17.7	2.71	0.61	0.12	0.15	0.54	0.29	15.6	
浸透水		—	40.4	27.8	6.43	1.38	0.12	3.22	0.61	0.43	38.4	
計	24.4	70.5	45.5	9.14	1.99	0.24	3.37	1.15	0.72	54.0		
差引排出負荷量	-2.8	23.8	18.7	-5.49	0.00	-0.38	-5.65	0.78	0.60	35.7		
年間差引排出負荷量		38.5	74.1	47.6	-3.81	-1.50	-0.40	-5.48	1.81	1.03	63.6	
2000 ~ 2001	非作付期	流入 降水	—	12.8	6.4	3.36	1.60	0.35	1.09	0.01	0.00	4.1
		計	—	12.8	6.4	3.36	1.60	0.35	1.09	0.01	0.00	4.1
		流出 地表排水	152.0	12.8	2.3	1.43	0.22	0.04	0.29	0.57	0.02	1.8
		暗渠排水	21.4	15.8	6.6	1.30	0.36	0.07	0.45	0.32	0.02	4.0
		浸透水	—	13.0	7.2	2.24	0.32	0.19	1.40	0.12	0.05	8.6
	計	173.4	41.6	16.1	4.97	0.90	0.30	2.14	1.01	0.09	14.4	
	差引排出負荷量	173.4	28.8	9.7	1.61	-0.70	-0.05	1.05	1.00	0.09	10.3	
	水稲 作付期	流入 降水	—	8.2	6.8	3.24	1.09	0.02	1.05	0.05	0.01	1.3
		用水	29.2	20.3	9.3	12.31	0.27	0.07	9.06	0.33	0.22	9.8
		計	29.2	28.5	16.1	15.55	1.36	0.09	10.11	0.38	0.23	11.1
流出 地表排水		65.2	21.3	8.4	1.98	0.27	0.01	0.06	0.50	0.29	11.7	
浸透水		—	33.6	21.0	6.54	0.23	0.08	3.92	0.44	0.32	41.6	
計	65.2	54.9	29.4	8.52	0.50	0.09	3.98	0.94	0.61	53.3		
差引排出負荷量	36.0	26.4	13.3	-7.03	-0.86	0.00	-6.13	0.56	0.38	42.2		
年間差引排出負荷量		209.4	55.2	23.0	-5.42	-1.56	-0.05	-5.08	1.56	0.47	52.5	

%であった(図41)。改善区では対照区に対し、代かき～移植時期の4月下旬～5月上旬、および、中干し時期の6月中下旬に、流出負荷量が大きく削減された。

区の114.1kg/haに対し、改善区は22.0kg/haと大幅に削減され、浅水代かきや移植前、中干し前の強制落水の防止等の水管理対策の効果が認められた(表12)。

また、差引排出負荷量(4か年平均値)は、対照

表12 平均差引排出負荷量 (単位:kg/ha)

期別	試験区	項目	流入			流出			差引排出負荷量	
			降水	用水	計	地表排水	暗渠排水	浸透水		
非作付期	対照区	SS	—	—	—	171.1	—	—	171.1	171.1
		COD	14.6	—	14.6	23.8	—	40.3	64.1	49.5
		T-N	3.95	—	3.95	2.22	—	4.06	6.28	2.33
		T-P	0.05	—	0.05	0.82	—	0.53	1.35	1.30
	改善区	SS	—	—	—	52.3	16.0	—	68.3	68.3
		COD	14.0	—	14.0	10.4	27.9	32.0	70.3	56.3
		T-N	3.91	—	3.91	0.91	6.09	5.49	12.49	8.58
		T-P	0.04	—	0.04	0.37	0.53	0.60	1.50	1.46
水稲作付期	対照区	SS	—	32.0	32.0	146.1	—	—	146.1	114.1
		COD	15.1	32.3	47.4	49.6	—	91.0	140.6	93.2
		T-N	3.77	10.21	13.98	5.52	—	8.19	13.71	-0.27
		T-P	0.05	0.76	0.81	1.43	—	2.23	3.66	2.85
	改善区	SS	—	30.7	30.7	52.7	—	—	52.7	22.0
		COD	15.9	19.0	34.9	28.7	—	45.7	74.4	39.5
		T-N	3.94	9.75	13.69	2.78	—	6.53	9.31	-4.38
		T-P	0.05	0.38	0.43	0.58	—	0.96	1.54	1.11
通年	対照区	SS	—	32.0	32.0	317.2	—	—	317.2	285.2
		COD	29.7	32.3	62.0	73.4	—	131.3	204.7	142.7
		T-N	7.72	10.21	17.93	7.74	—	12.25	19.99	2.06
		T-P	0.10	0.76	0.86	2.25	—	2.76	5.01	4.15
	改善区	SS	—	30.7	30.7	105.0	16.0	—	121.0	90.3
		COD	29.9	19.0	48.9	39.1	27.9	77.7	144.7	95.8
		T-N	7.85	9.75	17.60	3.69	6.09	12.02	21.80	4.20
		T-P	0.09	0.38	0.47	0.95	0.53	1.56	3.04	2.57

注)暗渠排水SS負荷量は1999～2001年(2か年)、他は1997～2001年(4か年)の平均値

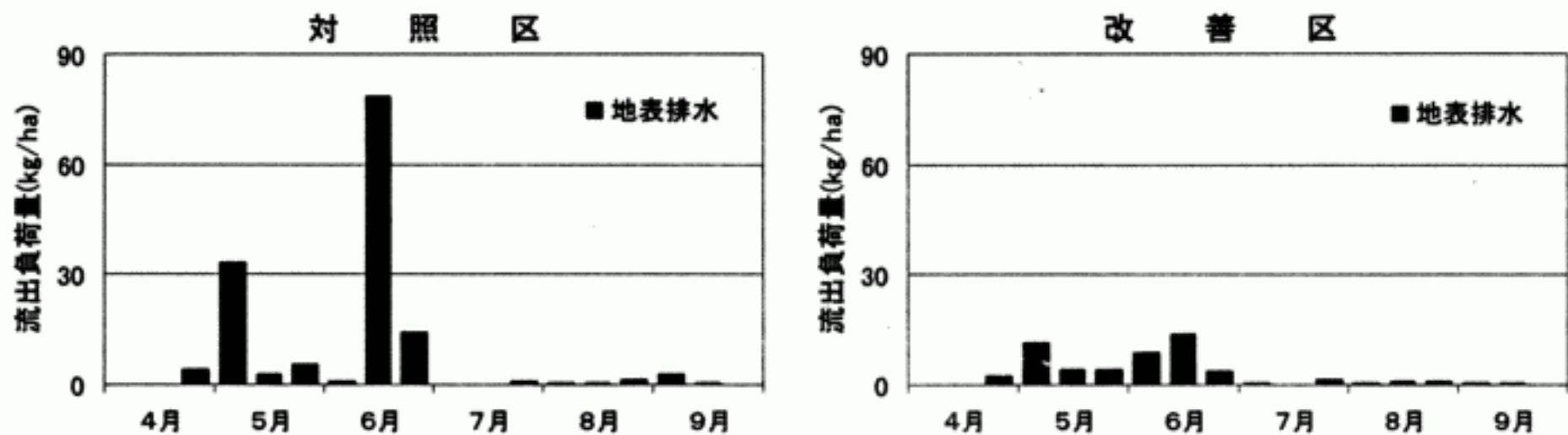


図41 水稲作付期の旬別SS流出負荷量('98～'01年, 4か年平均値)

3. 3. 2 水稲作付期のCOD負荷量

流入負荷量(4か年平均値)は、対照区47.4kg/ha、改善区34.9kg/haと、改善区で少なくなった。

流出負荷量(4か年平均値)は、対照区140.6kg/ha、改善区74.4kg/haとなり、改善区は対照区に対し約47%削減された。全流出負荷量に対する時期別の流出負荷量の割合は、対照区では、中干し時期の6

月中下旬に約26%と特に多く、代かき～移植時期の4月下旬～5月上旬は約12%であった。改善区では、6月中下旬約18%、4月下旬～5月上旬約16%であった。また、全流出負荷量に対する地表排水負荷量、浸透水負荷量の割合は、対照区ではそれぞれ約35%、約65%、改善区ではそれぞれ約39%、約61%を占めた(表12, 図42)。

改善区では対照区に対し、代かき～移植時期の4月下旬～5月上旬、および、中干し時期の6月中下旬に特に顕著に、地表排水による流出負荷量が削減された。

また、差引排出負荷量（4か年平均値）は、対照区の93.2kg/haに対し、改善区は39.5kg/haと大幅に削減されており、総合改善対策による大幅な負荷削減効果が認められた（表12）。

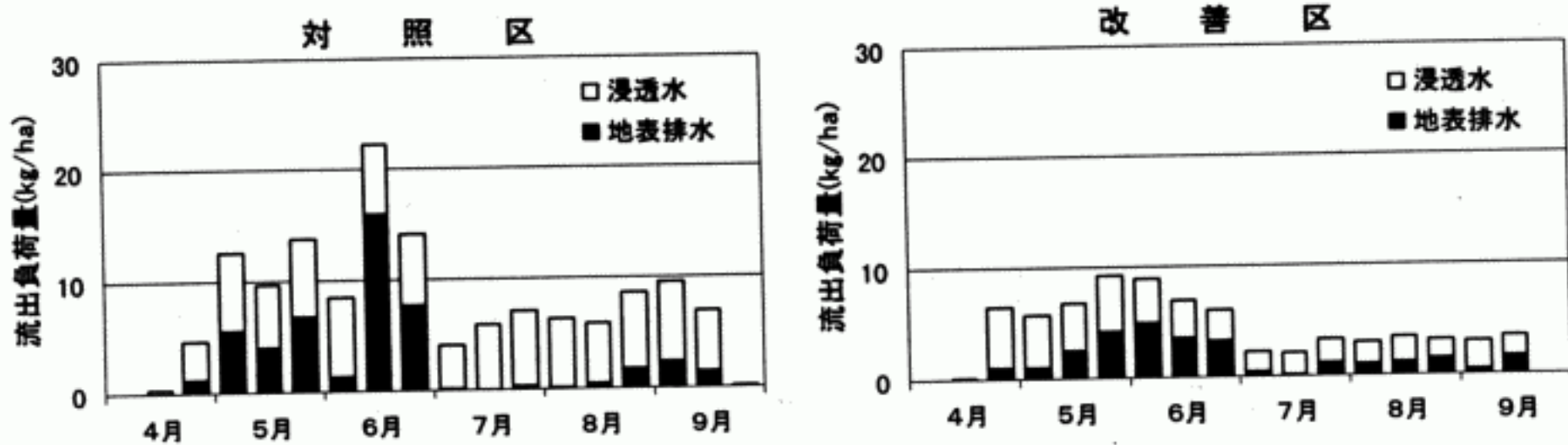


図42 水稲作付期の旬別COD流出負荷量（'98～'01年，4か年平均値）

3. 3. 3 水稲作付期のT-N負荷量

流入負荷量（4か年平均値）は、対照区14.0kg/ha、改善区13.7kg/haと、両区でほとんど差はなかった。

流出負荷量（4か年平均値）は、対照区13.7kg/ha、改善区9.3kg/haとなり、改善区は対照区に対し約32%削減された。全流出負荷量に対する時期別の流出負荷量の割合は、対照区では、中干し時期の6月中下旬に約35%と特に多く、代かき～移植時期の4月下旬～5月上旬は約12%であった。改善区では、6月中下旬約13%、4月下旬～5月上旬約16%であった。また、全流出負荷量に対する地表排水負荷量、

浸透水負荷量の割合は、対照区ではそれぞれ約40%、約60%、改善区ではそれぞれ約30%、約70%を占めた（表12，図43）。改善区では対照区に対し、代かき～移植時期の4月下旬～5月上旬、および、中干し時期の6月中下旬は特に顕著に、地表排水による流出負荷量が削減された。

また、差引排出負荷量（4か年平均値）は、対照区-0.27kg/ha、改善区-4.38kg/haと両区とも浄化型（流入負荷量>流出負荷量）であったが、改善区はより大きく浄化型となり、総合改善対策の効果が認められた（表12）。

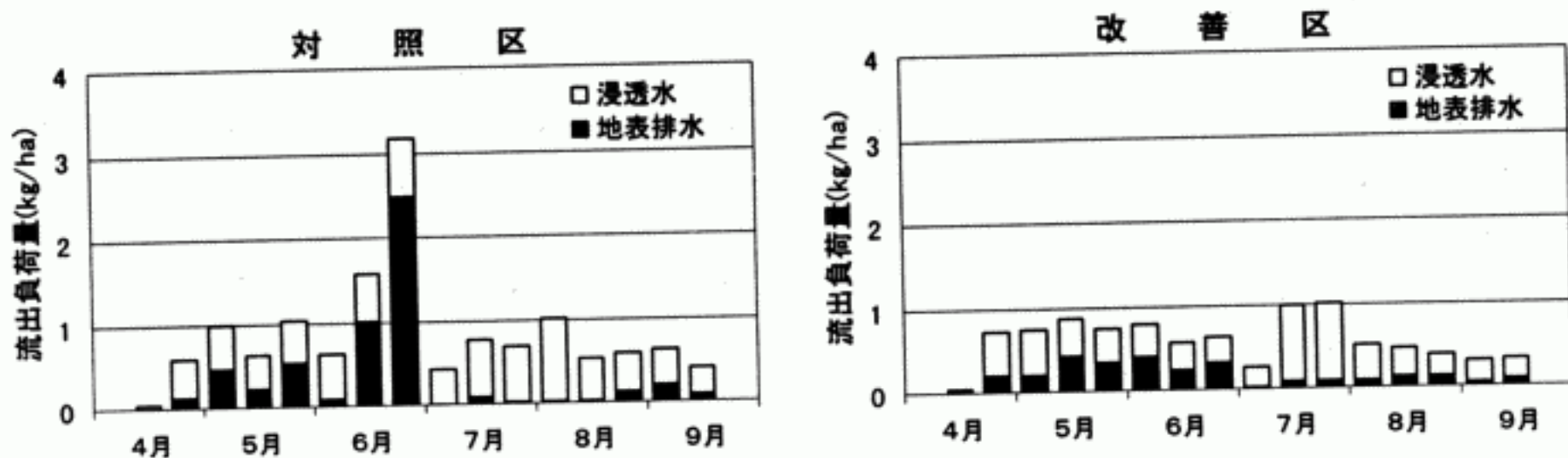


図43 水稲作付期の旬別T-N流出負荷量（'98～'01年，4か年平均値）

3. 3. 4 水稲作付期のT-P負荷量

流入負荷量（4か年平均値）は、対照区0.81kg/ha、改善区0.43kg/haと、改善区の方が少なかった。

流出負荷量（4か年平均値）は、対照区3.66kg/ha、

改善区1.54kg/haとなり、改善区は対照区に対し約58%削減された。全流出負荷量に対する時期別の流出負荷量の割合は、対照区では、T-Nと同様に中干し時期の6月中下旬に約30%と特に多く、代かき～

移植時期の4月下旬～5月上旬は約8%であった。改善区では、6月中下旬約22%、4月下旬～5月上旬約13%であった。また、全流出負荷量に対する地表排水負荷量、浸透水負荷量の割合は、対照区ではそれぞれ約39%、約61%、改善区ではそれぞれ約38%、約62%を占めた(表12, 図44)。改善区では対照区に対し、代かき～移植時期の4月下旬～5月上旬、

および、中干し時期の6月中下旬は特に顕著に、地表排水による流出負荷量が削減された。

また、差引排出負荷量(4か年平均値)は、対照区2.85kg/ha、改善区1.11kg/haと両区とも汚濁型(流入負荷量<流出負荷量)であったが、改善区は総合改善対策による大幅な負荷削減効果が認められた(表12)。

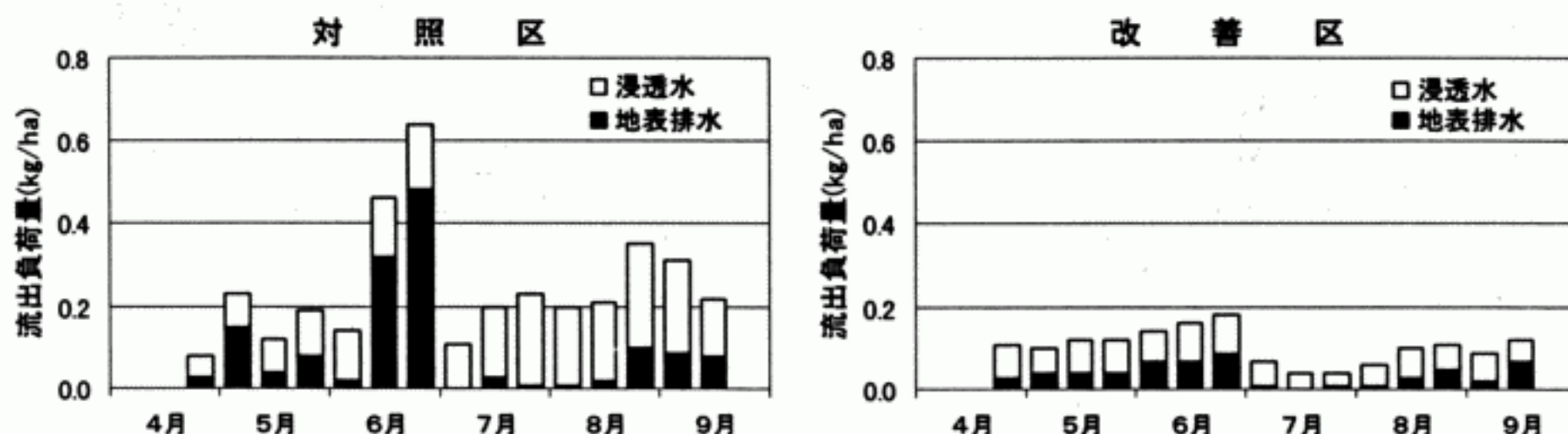


図44 水稲作付期の旬別T-P流出負荷量('98~'01年, 4か年平均値)

3. 3. 5 非作付期のSS負荷量

流出負荷量(=差引排出負荷量, 4か年平均値)は、対照区171.1kg/ha、改善区68.3kg/haとなり、改善区が少なくなったが、この差は、1997~1998年の対照区の流出負荷量が極端に多かったことによるところが大きい(表10, 12)。

圃場条件(本暗渠施工の有無)を統一した別途調査では、本暗渠未施工田(1999~2000年)の流出負荷量(=差引排出負荷量)は、畝立区39.8kg/ha、平畝区5.2kg/haと、平畝区は畝立区の約13%、本暗渠施工田(2000~2001年)の流出負荷量(=差引排出負荷量)は、畝立区188.6kg/ha、平畝区173.4kg/haと、平畝区がやや少なくなり、平畝区は地表排水量が抑制されたため流出負荷量が少なくなったと考えられる(表13, 図45, 46)。

3. 3. 6 非作付期のCOD負荷量

流出負荷量(4か年平均値)は、対照区64.1kg/ha、改善区70.3kg/haとなり、改善区がやや多くなったが、1997~1998年の改善区の暗渠排水負荷量が極端に多かったことによるところが大きい。差引排出負荷量(4か年平均値)は、対照区49.5kg/ha、改善区56.3kg/haであった(表11, 12)。

圃場条件(本暗渠施工の有無)を統一した別途調査では、本暗渠未施工田(1999~2000年)の流出負荷量は、畝立区50.5kg/ha、平畝区59.3kg/ha、本暗渠施工田(2000~2001年)の流出負荷量は、畝立区53.5kg/ha、平畝区41.6kg/haとなり、土壌管理法の違いによる差は明らかでなかった。また、本暗渠未施工田の全流出負荷量に対する地表排水、浸透水の負荷量の割合は、畝立区ではそれぞれ約19%、約81%、平畝区ではそれぞれ約5%、約95%、本暗渠施工田の地表排水、暗渠排水、浸透水の負荷量の割合は、畝立区ではそれぞれ約34%、約24%、約42%、平畝区ではそれぞれ約31%、約38%、約31%を占めた(表13, 図45, 46)。差引排出負荷量は、本暗渠未施工田では、畝立区34.1kg/ha、平畝区42.9kg/ha、本暗渠施工田では、畝立区40.7kg/ha、平畝区28.8kg/haであった(表13)。

3. 3. 7 非作付期のT-N負荷量

流出負荷量(4か年平均値)は、対照区6.28kg/ha、改善区12.49kg/haとなり、改善区が多くなったが、1997~1998年の改善区の暗渠排水負荷量が極端に多かったことによるところが大きい。差引排出負荷量(4か年平均値)は、対照区2.33kg/ha、改善区8.58

kg/haであった(表11, 12).

圃場条件(本暗渠施工の有無)を統一した別途調査では, 本暗渠未施工田(1999~2000年)の流出負荷量は, 畝立区5.52kg/ha, 平畝区5.37kg/ha, 本暗渠施工田(2000~2001年)の流出負荷量は, 畝立区4.58kg/ha, 平畝区4.97kg/haとなり, 土壌管理法の違いによる差は明らかでなかった. また, 本暗渠未施工田の全流出負荷量に対する地表排水, 浸透水の負荷量の割合は, 畝立区ではそれぞれ約20%, 約80%, 平畝区ではそれぞれ約4%, 約96%, 本暗渠施工田の地表排水, 暗渠排水, 浸透水の負荷量の割合は, 畝立区ではそれぞれ約40%, 約22%, 約38%, 平畝区ではそれぞれ約29%, 約26%, 約45%を占めた(表13, 図45, 46). 差引排出負荷量は, 本暗渠未施工田では, 畝立区1.28kg/ha, 平畝区1.13kg/ha, 本暗渠施工田では, 畝立区1.22kg/ha, 平畝区1.61kg/haであった(表13).

改善区1.50kg/haとなり, 改善区がやや多くなった. 差引排出負荷量(4か年平均値)は, 対照区1.30kg/ha, 改善区1.46kg/haであった(表12).

圃場条件(本暗渠施工の有無)を統一した別途調査では, 本暗渠未施工田(1999~2000年)の流出負荷量は, 畝立区0.74kg/ha, 平畝区0.58kg/ha, 本暗渠施工田(2000~2001年)の流出負荷量は, 畝立区1.04kg/ha, 平畝区1.01kg/haとなり, 平畝区がやや少ない傾向であった. また, 本暗渠未施工田の全流出負荷量に対する地表排水, 浸透水の負荷量の割合は, 畝立区ではそれぞれ約27%, 約73%, 平畝区ではそれぞれ約9%, 約91%, 本暗渠施工田の地表排水, 暗渠排水, 浸透水の負荷量の割合は, 畝立区ではそれぞれ約78%, 約11%, 約11%, 平畝区ではそれぞれ約56%, 約32%, 約12%を占めた(表13, 図45, 46). 差引排出負荷量は, 本暗渠未施工田では, 畝立区0.67kg/ha, 平畝区0.51kg/ha, 本暗渠施工田では, 畝立区1.03kg/ha, 平畝区1.00kg/haであった(表13).

3. 3. 8 非作付期のT-P負荷量

流出負荷量(4か年平均値)は, 対照区1.35kg/ha,

表13 非作付期の畝立の有無による栄養塩類等差引排出負荷量 (単位:kg/ha)

年次	試験区	収支の内訳	SS	COD	D-TOC	T-N	NH ₄ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	T-P	PO ₄ -P	K
1999 ~ 2000	暗渠無 畝立区	流入 降水	—	16.4	11.2	4.24	1.63	0.02	1.99	0.07	0.02	1.9
		計	—	16.4	11.2	4.24	1.63	0.02	1.99	0.07	0.02	1.9
	流出	地表排水	39.8	9.4	4.1	1.12	0.01	0.00	0.66	0.20	0.12	4.6
		浸透水	—	41.1	28.1	4.40	0.22	0.00	1.67	0.54	0.33	9.1
	計	39.8	50.5	32.2	5.52	0.23	0.00	2.33	0.74	0.45	13.7	
	差引排出負荷量	39.8	34.1	21.0	1.28	-1.40	-0.02	0.34	0.67	0.43	11.8	
	暗渠無 平畝区	流入 降水	—	16.4	11.2	4.24	1.63	0.02	1.99	0.07	0.02	1.9
		計	—	16.4	11.2	4.24	1.63	0.02	1.99	0.07	0.02	1.9
	流出	地表排水	5.2	3.0	1.6	0.19	0.00	0.00	0.00	0.05	0.04	0.8
		浸透水	—	56.3	36.8	5.18	0.33	0.01	2.41	0.53	0.10	17.8
計	5.2	59.3	38.4	5.37	0.33	0.01	2.41	0.58	0.14	18.6		
差引排出負荷量	5.2	42.9	27.2	1.13	-1.30	-0.01	0.42	0.51	0.12	16.7		
2000 ~ 2001	暗渠有 畝立区	流入 降水	—	12.8	6.4	3.36	1.60	0.35	1.09	0.01	0.00	4.1
		計	—	12.8	6.4	3.36	1.60	0.35	1.09	0.01	0.00	4.1
	流出	地表排水	172.8	18.0	3.8	1.84	0.31	0.06	0.29	0.81	0.05	3.3
		暗渠排水	15.8	12.7	6.5	1.01	0.30	0.08	0.22	0.11	0.00	2.1
		浸透水	—	22.8	10.4	1.73	0.31	0.18	0.79	0.12	0.00	8.6
	計	188.6	53.5	20.7	4.58	0.92	0.32	1.30	1.04	0.05	14.0	
	差引排出負荷量	188.6	40.7	14.3	1.22	-0.68	-0.03	0.21	1.03	0.05	9.9	
	暗渠有 平畝区	流入 降水	—	12.8	6.4	3.36	1.60	0.35	1.09	0.01	0.00	4.1
		計	—	12.8	6.4	3.36	1.60	0.35	1.09	0.01	0.00	4.1
	流出	地表排水	152.0	12.8	2.3	1.43	0.22	0.04	0.29	0.57	0.02	1.8
暗渠排水		21.4	15.8	6.6	1.30	0.36	0.07	0.45	0.32	0.02	4.0	
浸透水		—	13.0	7.2	2.24	0.32	0.19	1.40	0.12	0.05	8.6	
計	173.4	41.6	16.1	4.97	0.90	0.30	2.14	1.01	0.09	14.4		
差引排出負荷量	173.4	28.8	9.7	1.61	-0.70	-0.05	1.05	1.00	0.09	10.3		

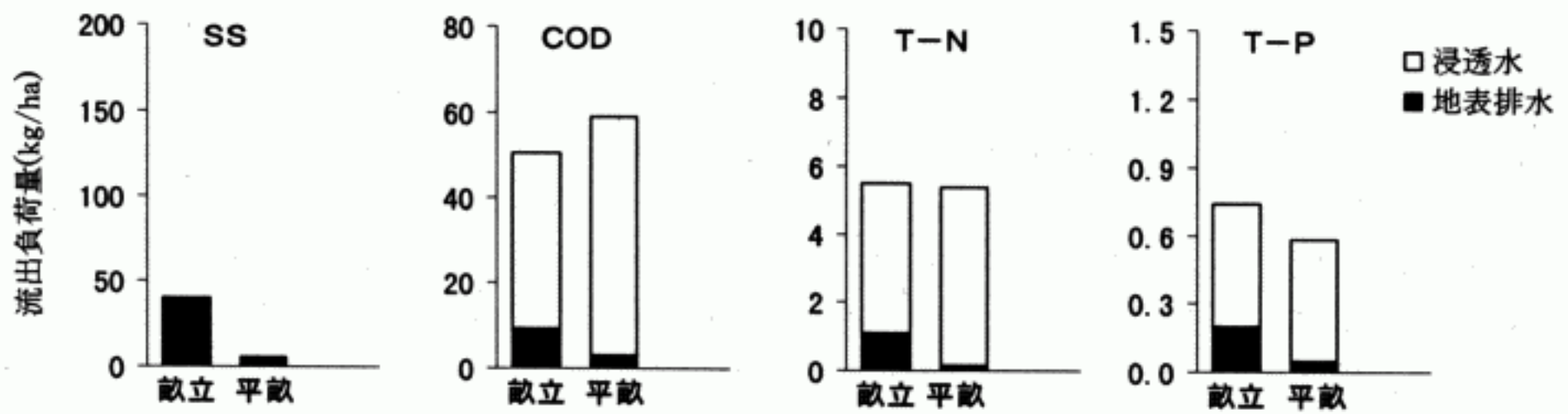


図45 水稻非作付期の暗渠未施工田における流出負荷量 (1999~2000年)

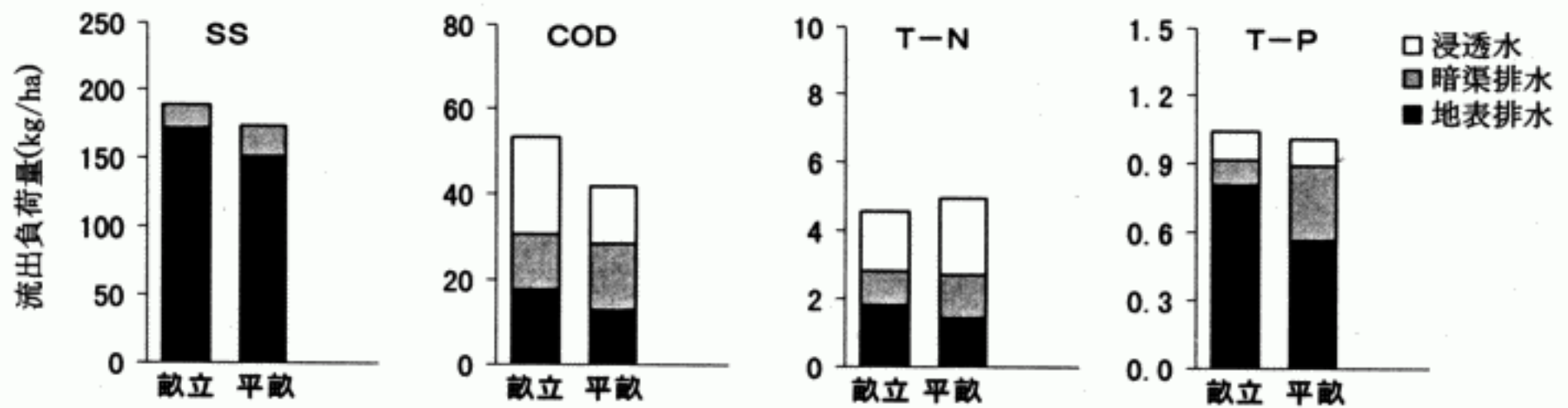


図46 水稻非作付期の暗渠施工田における流出負荷量 (2000~2001年)

3. 4 窒素およびリンの年間収支

善区107.8kg/haとなり、改善区では施肥量を対照区

3. 4. 1 T-N年間収支

に対し約17%削減したため、対照区より少なくなった。

収入(4か年平均値)は、対照区127.8kg/ha、改

善区107.8kg/ha、改善区92.8kg/ha、改

表14 窒素およびリンの年間収支 (単位:kg/ha)

項目	試験区	調査年次	収入			収入計	支出			支出計	収支
			施肥肥料	流入降水	用水		搬出水稲	流出地表排水	流出浸透水		
T-N	対照区	'97~'98	103.0	6.4	11.5	120.9	76.5	12.4	16.8	105.7	15.2
		'98~'99	119.0	8.6	9.2	136.8	73.8	6.7	10.6	91.1	45.7
		'99~'00	108.5	9.3	9.9	127.7	70.4	4.3	11.6	86.3	41.4
		'00~'01	109.0	6.6	10.3	125.9	70.6	7.5	10.1	88.2	37.7
		平均	109.9	7.7	10.2	127.8	72.8	7.7	12.3	92.8	35.0
T-N	改善区	'97~'98	110.0	6.4	9.7	126.1	76.2	21.4	14.0	111.6	14.5
		'98~'99	85.0	8.6	8.2	101.8	64.0	7.6	15.8	87.4	14.4
		'99~'00	81.1	9.9	8.8	99.8	71.9	5.4	9.6	86.9	12.9
		'00~'01	84.7	6.6	12.3	103.6	76.7	4.7	8.8	90.2	13.4
		平均	90.2	7.9	9.8	107.8	72.2	9.8	12.0	94.0	13.8
T-P	対照区	'97~'98	25.8	0.1	1.1	27.0	18.5	2.6	5.7	26.8	0.2
		'98~'99	29.7	0.1	0.6	30.4	18.6	2.5	2.4	23.5	6.9
		'99~'00	27.0	0.1	0.9	28.0	17.0	1.0	1.6	19.6	8.4
		'00~'01	27.2	0.1	0.5	27.8	15.9	2.8	1.4	20.1	7.7
		平均	27.4	0.1	0.8	28.3	17.5	2.2	2.8	22.5	5.8
T-P	改善区	'97~'98	18.8	0.1	0.5	19.4	20.0	1.9	2.2	24.1	-4.7
		'98~'99	17.5	0.1	0.5	18.1	18.0	1.4	2.4	21.8	-3.7
		'99~'00	16.2	0.1	0.3	16.6	18.0	1.2	1.0	20.2	-3.6
		'00~'01	15.7	0.1	0.3	16.1	17.8	1.4	0.6	19.8	-3.7
		平均	17.1	0.1	0.4	17.6	18.5	1.5	1.5	21.5	-3.9

注: 1) 脱窒量および生物窒素固定量は収支に含めていない。
 2) 水稻のわらはは連年圃場に還元施用されているので収支に含めていない。
 3) 改善区の地表排水には、非作付期の暗渠排水量を含む。

善区94.0kg/haとなり、両区で大差はなかった。収支（4か年平均値）は対照区35.0kg/ha、改善区13.8kg/haとなり、改善区では収支が改善された（表14）。

3.4.2 T-P年間収支

収入（4か年平均値）は、対照区28.3kg/ha、改善区17.6kg/haとなり、改善区では施肥量を対照区に対し約38%削減されたため、対照区より少なくなった。支出（4か年平均値）は、対照区22.5kg/ha、改善区21.5kg/haとなり、両区で大差はなかった。収支（4か年平均値）は対照区5.8kg/ha、改善区-3.9kg/ha

となった（表14）。

3.5 水稻の収量および品質

精玄米重（4か年平均値）は、対照区603kg/10aに対し、改善区635kg/10aとなり、改善区では施肥量を削減したが対照区と同等以上の収量が得られた。

また、玄米窒素含量（4か年平均値）は、対照区1.33%、改善区1.26%と、改善区は対照区より少なくなり、対照区と同等以上の品質であると考えられる（表15）。

表15 水稻の収量および養分吸収量

試験区	調査年次	わら重 (kg/10a)	籾重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)	玄米N含量 (%)	N吸収量(kg/10a)		P吸収量(kg/10a)	
						籾	わら	籾	わら
対照区	1998	804	751	606	1.35	7.65	4.98	1.85	0.98
	1999	742	773	626	1.26	7.38	4.10	1.86	0.96
	2000	851	741	609	1.30	7.04	5.11	1.70	0.85
	2001	847	695	570	1.39	7.06	6.16	1.59	1.06
	平均	811	740	603	1.33	7.28	5.09	1.75	0.96
改善区	1998	843	840	669	1.23	7.62	3.62	2.00	0.70
	1999	780	754	596	1.24	6.40	4.11	1.80	0.74
	2000	764	781	625	1.27	7.19	3.44	1.80	0.69
	2001	820	819	650	1.30	7.67	3.91	1.78	0.76
	平均	802	799	635	1.26	7.22	3.77	1.85	0.72

注) 精玄米重：水分14.5%換算値。玄米N含量：乾物あたり。

3.6 土壌の化学性の推移

両区とも、調査開始前の1997年と調査終了後の2001年とで土壌の化学性に大きな変化はなく、改善区の施肥量削減による土壌への影響は認められなかった（表1）。

4. 考察

栄養塩類等の流出負荷量は排水量および排水の水質（濃度）に左右されるため、流出負荷量を削減するためには、排水量および排水の水質（濃度）をそれぞれ抑制することが重要になる。

4.1 水稻作付期における総合改善対策による

栄養塩類等の流出負荷軽減効果

近年、滋賀県農業試験場で実施した現地調査結果より、流入水量（用水+降水）と窒素、リン流出負荷量の間には高い正の相関関係が認められており⁵⁾、水管理が窒素、リン流出負荷量に及ぼす影響は大き

い。両試験区の地表排水量を比較すると、4か年平均で、改善区は331mmとなり対照区の383mmに対し約14%削減できた。特に、改善区は対照区と比べ、代かき～移植時期に当たる4月下旬～5月上旬の間で22mm、中干し時期の6月中下旬で87mm削減され、浅水代かきや強制落水の防止等の適正な水管理の効果が認められた。

田面水（地表排水）のSS濃度は、代かき後には2,000mg/L以上と著しく上昇するため、移植前に強制落水を行うと高濃度の排水が流出し、流出負荷量が著しく増大することとなる。また、6月中下旬は、梅雨・中干し時期に当たり、梅雨の豪雨や中干し前の強制落水により地表排水量が多くなる。慣行肥培管理の対照区では6月中下旬時期の地表排水量は水稻作付期間中の地表排水量の約50%（4か年平均値）を占めた。この時期の田面水（地表排水）はSS濃度は高くないが、地表排水量が多くなるため流出負荷量が増大する。従って、SS流出負荷量を削減するためには、代かき～移植時期、および、梅雨・中

干し時期の地表排水の流出を防止することが重要である。

節水管理を行った改善区のSS流出負荷量は、慣行水管理の対照区に対し4か年平均で、4月下旬～5月上旬に23.9kg/ha、6月中下旬で75.9kg/ha、作付期間全体では93.4kg/ha(約64%)削減することができ、水田ハローによる浅水代かきや強制落水の防止等の適正な水管理の効果が認められた。

田面水(地表排水)のT-N濃度は、追肥、穂肥の施用後にアンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)濃度の上昇により著しく上昇し、対照区では追肥施用後に74.3mg/L、穂肥施用後に59.4mg/Lまで上昇した。また、代かき～移植時にもやや上昇したが、これはSS濃度の上昇に伴う有機態窒素等や基肥の影響によるものと考えられた。従って、T-N流出負荷量を削減するためには、基肥、追肥、穂肥の施用後の地表排水の流出を防止することが重要である。特に、追肥施用時期は梅雨時期と重なるため集中豪雨により地表排水が流出し、流出負荷量が著しく増大することがある。また、中干し前の強制落水も流出負荷量を増大させる要因となる。

地表排水によるT-N流出負荷量は、慣行肥培管理の対照区では追肥・中干し・梅雨時期の6月中下旬に3.50kg/ha、作付期間全体では5.52kg/haであった。一方、被覆複合肥料側条施肥により追肥を省略した改善区では追肥時期の田面水(地表排水)のT-N濃度の上昇はみられず、6月中下旬に0.56kg/ha、作付期間全体では2.78kg/haと大幅に削減することができ、施肥と水管理を組み合わせた総合改善対策の効果が認められた。

田面水(地表排水)のT-P濃度は、T-Nと同様に、追肥、穂肥の施用後にリン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)濃度の上昇により著しく上昇し、対照区では追肥施用後に4.6mg/L、穂肥施用後に13.9mg/Lまで上昇した。また、SS濃度の上昇に伴う懸濁態リン濃度の上昇と基肥の施用により、代かき～移植時にも大きく上昇し、対照区では8.6mg/Lに達した。従って、T-P流出負荷量を削減するためには、代かき～移植時期、および、追肥、穂肥の施用後の地表排水の流出を防止することが重要である。追肥・中干し・梅雨時期は、先に述べたように、流出負荷量が著し

く増大することがあるため、特に注意が必要である。

地表排水によるT-P流出負荷量は、慣行肥培管理の対照区では代かき～移植時期の4月中旬に0.18kg/ha、追肥・中干し・梅雨時期の6月中下旬に0.80kg/ha、作付期間全体では1.43kg/haであった。一方、被覆複合肥料側条施肥により追肥を省略し、穂肥に無リン酸肥料を施用した改善区では、追肥・穂肥時期の田面水(地表排水)のT-P濃度の上昇はみられず、4月中旬に0.07kg/ha、6月中下旬に0.16kg/ha、作付期間全体では0.58kg/haと大幅に削減することができ、施肥と水管理を組み合わせた総合改善対策の効果が確認された。

以上の結果、被覆複合肥料の側条施肥による追肥の省略や穂肥のリン酸省略等の施肥改善、および、浅水代かきや強制落水の防止等の適正な水管理等の総合的な改善対策は、水稻作付期における栄養塩類等の流出負荷量の削減に大きく寄与することが認められた。

4. 2 非作付期における土壌管理法の違いが 栄養塩類等の流出負荷に及ぼす影響

非作付期の水田は、流入負荷が降水のみであり、汚濁型(流入負荷量<流出負荷量)となるため、年間を通じた水田からの流出負荷を軽減するためには、非作付期の負荷軽減対策が重要になる。

畝立耕起の対照区と平畝耕起の改善区との比較では、4か年平均のSS流出負荷量は対照区より改善区の方が少なくなったが、暗渠排水量が多かった1997～1998年と1998～1999年は暗渠排水による流出負荷量を加味していないため、改善区の流出負荷量は過小評価されていると考えられる。また、4か年平均のT-N流出負荷量、T-P流出負荷量は、対照区より改善区の方が多くなり、改善区的全流出負荷量に占める暗渠排水による流出負荷量の割合は、T-Nで約49%、T-Pで約35%を占めた。暗渠排水を行うことで流出負荷量が増加すると考えられるが、土壌管理法の違いによる流出負荷量の差は明らかではなく、本暗渠施工の有無の影響が大きいと考えられた。

本暗渠施工の有無を統一した試験区で行った調査の結果では、地表排水量は、本暗渠未施工田で平畝

区は畝立区の約22%、本暗渠施工田で平畝区は畝立区の約66%となり、平畝耕起により地表排水量を抑制することができると考えられる。また、SS流出負荷量は、本暗渠未施工田で平畝区は畝立区の約13%、本暗渠施工田で平畝区は畝立区の約92%となり、平畝耕起による地表排水量の抑制によって、SS流出負荷量を削減できると考えられる。

T-N流出負荷量は、平畝区は地表排水による流出負荷量は削減されたが、浸透水のT-N濃度がやや高く推移し、浸透水量も多かったため浸透水による流出負荷量が増加し、全流出負荷量は、本暗渠未施工田で平畝区は畝立区の約97%、本暗渠施工田で平畝区は畝立区の約109%となり、平畝区と畝立区でほとんど差はなかった。

T-P流出負荷量は、平畝区は地表排水による流出負荷量は削減され、浸透水による流出負荷量の増加もみられなかったため、全流出負荷量は、本暗渠未施工田で平畝区は畝立区の約78%、本暗渠施工田で平畝区は畝立区の約97%となり、平畝区がやや少なくなった。

以上の結果、非作付期における平畝耕起による土壌管理は、畝立耕起による土壌管理と比べ、地表排水量が抑制され地表排水負荷を軽減できる可能性はうかがえたものの、差引排出負荷量に大差はみられなかった。非作付期の負荷軽減対策は、今後さらに、土壌管理法の違いによる対策技術の検討を要する。

謝 辞

本試験を実施するにあたり、五個荘町川並の外村仙市氏、川島実氏、同河曲の西村吉雄氏、西村吉平氏、猪田康治氏、および、滋賀県農業試験場の野々村一郎氏、吉岡善明氏には多大なご協力をいただいた。また、元当場の長谷川清善博士には有益なご助言を、同じく元当場の大橋恭一博士には本稿のご校閲と有益なご助言をいただいた。ここに記して深く感謝の意を表する。

引用文献

- 1) 日本規格協会,1993. J I Sハンドブック.環境測定.
- 2) 滋賀県農政水産部農政課, 2001. 滋賀の農林水産業統計資料集付き. 32.
- 3) 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, 1997. 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. 滋賀農試研報, 38: 57-65.
- 4) 田淵俊雄・高村義親, 1985. 集水域からの窒素・リンの流出. 東京大学出版会, 15.
- 5) 田中靖志, 2001. 滋賀県における水田からの汚濁負荷軽減に向けた取り組み. 農業技術, 56: 251-256.

Summary

For four years, from 1997 to 2001, a comprehensive paddy soil improvement technique combining improved fertilization application and optimized water control was implemented on gley paddy field soil at Gokasho-cho, Kanzaki-gun, Shiga. The objective was to verify the effectiveness of this technique in reducing the outflow loads of nutrient salts etc. from the paddy soil during paddy-rice cropping season. Various other soil management methods were applied during the non-cropping period and their effectiveness in reducing outflow loads compared.

- 1) Adequate water management measures, such as shallow puddling and the prevention of forced water feeding, decreased surface drainage and irrigation requirements during the rice cropping period by an average of 14%, compared with the levels required in conventional water management practice.
- 2) Improved fertilizer application practices, such as side dressing with coated compound fertilizer instead of top dressing and phosphate fertilization at the panicle formation stage, combined with optimized water management measures such as shallow puddling and the prevention of forced water feeding, were effective in drastically reducing the outflow loads of nutrient salts during the rice cropping period (resulting in a 32% reduction in T-N, a 58% reduction in T-P, and a 64% reduction in SS). As a result, the discharge load balance was also decreased.
- 3) The average weight of milled brown rice harvested from the improved paddy field with reduced fertilizer application (17% less nitrogen fertilizer and 38% less phosphate fertilizer) was 635 kg/1,000 m², compared with only 603 kg/1,000 m² from the reference paddy field. In addition, the nitrogen content of the brown rice harvested from the improved field was the same as or less than that of rice from the reference field. The improved paddy field thus produced a higher yield of higher-quality rice, despite a reduction in the quantities of fertilizers applied.
- 4) Soil management by flat ploughing during the non-cropping period was effective in reducing the surface drainage requirement to below that of [ridge tilling][ridge-building ploughing], suggesting a likely decrease in surface drainage loads. However, there was no significant difference in discharge load balance (Outflow load (Surface drainage + Underdrainage + Penetration) - Inflow load (Precipitation)).