

福岡県南部における筑後川及び矢部川を主水源としたクリークの水質

水田一枝*・角重和浩・茨木俊行・平野稔彦

(福岡県農業総合試験場)

要旨: 1992~2001年に、福岡県南部筑後地域の古くからのかんがい用水路であるクリークの水質を、筑後川と矢部川を主水源とする河川別に計11カ所、水稻の代かき期から登熟期及び非かんがい期に調査した。両水系のクリークともに全窒素及び化学的酸素要求量の平均値は水稻の農業用水基準値を超えていた。溶存酸素、浮遊物質、全リンを除くほとんどの項目で水稻かんがい期よりも、非かんがい期の方が高い値を示した。水質の年次変化から判断すると、ここ10年間では汚濁の進行も改善も認められなかった。全窒素の年次変化も認められなかったが、無機態窒素であるアンモニア態窒素及び硝酸態窒素の年次変化は大きく、特に非かんがい期の値の変化が大きかった。水稻生育期別に比較すると、分けつ期で筑後川水系及び矢部川水系共に全窒素に占める硝酸態窒素の割合が高かった。農業用水による窒素流入量推定値と既存の標準窒素施用量から判断して、2回目の穂肥の40%は削減可能であると示唆した。

キーワード: アンモニア態窒素、クリーク、硝酸態窒素、富栄養化、無機態窒素。

筑後川と矢部川が流れる福岡県南部の筑後地域は肥沃な土壌を有する福岡県の農業地帯の中心である。この地域では両河川を主水源としたクリーク（筑後地帯の低湿地で、古くからかんがいや排水用として縦横に人工的に掘られてきた水路）が発達している。このクリークは農業用水のみならず、洪水調整、集落排水、防火用水、淡水魚の養殖、自然環境維持と地域住民の生活に密着した機能を有している。しかしながら、混住化の進展や生活様式の多様化にともない、農業用水の汚濁が進み（高橋 1995, 斉藤・半田 1985）、クリーク本来の機能に障害が出ている。福岡県のクリークの水質についても生活排水の影響が大きいこと（柚山ら 1994）、麦作ほ場では暗渠からの肥料成分流出が大きく、クリークの水質に影響を及ぼしていること（白谷ら 1986）、反復利用されるため、窒素、リン酸、カリウム等の含有率が河川よりも高いこと（古賀・白石 1977）等が報告されている。近年、散在するクリークの統廃合による大規模な用・排水システムの再編成や、水路拡張などの整備が行われているが、生活排水等の混入は避けられない状況であるため、このような水質汚濁の改善は非常に困難である。このことからクリーク水の富栄養化に伴う汚濁は自然環境の劣化のみならず、水稻の生育や良食味米生産にも悪影響を与える恐れがある。福岡県の農業用水の水質やその経年変化については井上・庄籠（1991）、水田ら（2001a）の報告があり、そこでは筑後地域の全窒素、全リンや化学的酸素要求量の高いことが示された。クリークは農業用水の主要源の一つであり、近年クリークの水質調査結果をもとに、環境に優しい農業を目指した「環境に優しい水稻高品質栽培の開発」の一環として、農業用水中の養分に対応した水稻肥培管理技術の構築が求められている。そこで本研究では筑後川を取水源とする整備済みの幹線クリーク（以下筑後川水系）と矢部川を取水源とする同様のクリーク（以下矢部川水系）の水質を明らかにすると共に、水稻

施肥量の削減の可能性について検討した。

材料と方法

調査は1992~2001年に、筑後川水系のクリーク6カ所（筑後川上流域の大木町田川城島線、同町中木室線、筑後市西浜武線の計3カ所、下流域の城島町田川城島線1号、大木町中木室線、同町西浜武線の計3カ所）、矢部川水系のクリーク5カ所（矢部川上流域の三橋町岩神線の1カ所、中流域の大和町下久末線の1カ所、下流域の高田町黒崎開線、柳川市柳川南部第2号幹線、大和町大和南部第3号幹線の計3カ所）の合計11カ所で行った。採水時期は、各地域での代かき期、活着期、分けつ期、幼穂形成期、出穂開花期、登熟期にあわせて（該当の年次での生育時期に合わせて採取を行った）概ね6回（以上をかんがい期とする）、冬期の11月と2月の非かんがい期に2回（以上を非かんがい期とする）の計8回である。試料は各クリーク地点から2Lのポリエチレン容器に直接採取した。

水質の分析はJIS0102工場排水試験法に準拠して実施した。pHはガラス電極法、電気伝導率（EC）は電気伝導度法、溶存酸素（DO）は溶存酸素計、化学的酸素要求量（COD）は過マンガン酸カリウム法、全窒素（T-N）は紫外線吸光度法、全リン（T-P）はペルオキシ硫酸カリウム分解法、浮遊物質（SS）はガラス繊維濾過法、アンモニア態窒素（NH₄-N）はインドフェノール法、塩素イオン（Cl⁻）及び硝酸態窒素（NO₃-N）はイオンクロマト法で行った。なお、pH、EC、DOは採水時に現地で行った。それ以外の項目は採取当日または翌日に分析を行った。

結果と考察

第1表にかんがい期の、また第2表に非かんがい期の水系別でのpH、EC、DO、SS、COD、T-N、NH₄-N、

第1表 水稲かんがい期におけるクリーク水質。

	pH	EC	DO	SS	COD	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	T-P	Cl ⁻
筑後川水系 最大値	8.4	318	12.8	54.7	10.4	3.6	0.71	1.84	0.30	27.2
最小値	6.4	145	5.6	17.5	4.6	1.5	0.14	0.09	0.08	6.5
平均値	7.3	200	8.5	29.8	7.6	2.6	0.37	0.87	0.21	11.5
標準偏差	0.5	34	1.7	10.9	1.7	0.5	0.14	0.39	0.05	3.7
矢部川水系 最大値	7.7	347	9.0	59.5	10.0	3.9	0.77	1.42	0.76	44.3
最小値	5.7	10	3.9	14.2	4.0	2.1	0.19	0.31	0.15	4.7
平均値	6.8	196	6.6	35.6	6.7	2.8	0.39	0.94	0.28	15.0
標準偏差	0.5	68	1.4	12.3	1.5	0.4	0.17	0.22	0.12	12.6

単位：ECは $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，DO以下は mg/L 。

筑後川水系：6カ所 \times 6回 \times 9年 (n=283)。

矢部川水系：5カ所 \times 6回 \times 9年 (n=215)。

第2表 水稲非かんがい期におけるクリーク水質。

	pH	EC	DO	SS	COD	T-N	NH ₄ -N	NO ₃ -N	T-P	Cl ⁻
筑後川水系 最大値	9.2	983	16.2	76.0	12.6	5.2	1.17	3.29	0.43	136.3
最小値	6.9	197	6.4	11.2	4.2	1.3	0.13	0.00	0.09	11.9
平均値	8.1	316	11.4	32.5	8.7	3.2	0.40	1.17	0.17	29.8
標準偏差	0.8	119	2.7	14.8	2.2	0.9	0.26	0.86	0.06	28.4
矢部川水系 最大値	9.2	990	14.7	39.8	19.7	8.6	1.87	2.40	0.39	214.3
最小値	6.2	122	5.6	8.0	2.4	1.5	0.13	0.44	0.04	6.6
平均値	7.8	327	10.6	23.2	6.6	3.1	0.54	1.15	0.19	43.3
標準偏差	0.8	208	2.5	9.7	3.3	1.3	0.70	0.50	0.10	53.3

単位：ECは $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，DO以下は mg/L 。

筑後川水系：6カ所 \times 2回 \times 9年 (n=93)。

矢部川水系：5カ所 \times 2回 \times 9年 (n=76)。

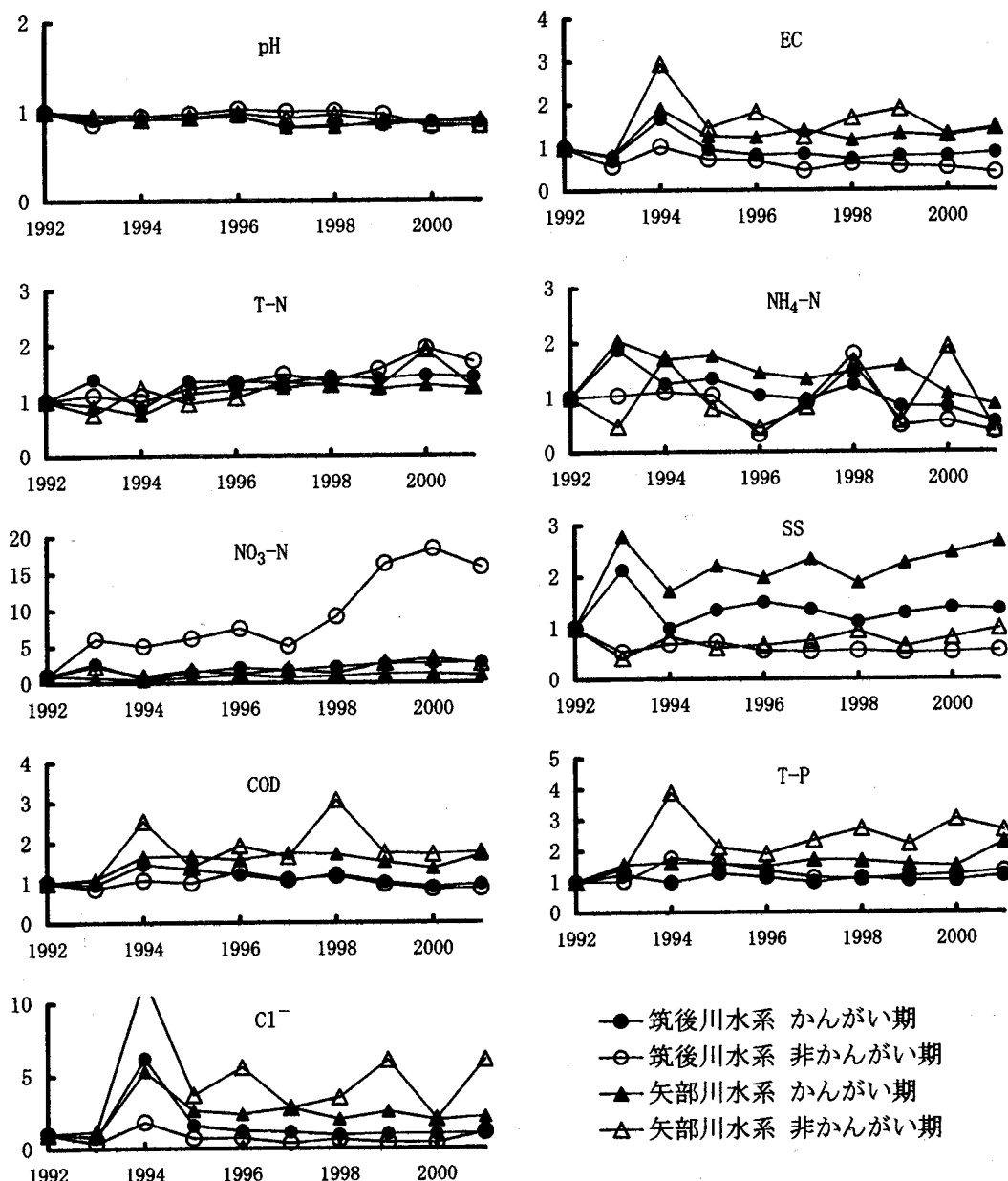
NO₃-N, T-P, Cl⁻の全年次、場所及び生育時期での平均値と変異を示した。但しここでは渇水年であった1994年の値は除いてある。また欠測値があるので、総測定点数はかんがい期の筑後川水系では283、矢部川水系では215、非かんがい期の筑後川水系では93、矢部川水系では76であった。かんがい期では、pH, EC, DO, SSの平均値は筑後川水系及び矢部川水系ともに水稲の農業用水基準値(水質基準値はpH: 6.5~7.5, EC: 300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下, DO: 5 mg/L 以上, SS: 100 mg/L 以下, COD: 6 mg/L 以下, T-N: 1 mg/L 以下。以下基準値という)内であった。SSを除いて筑後川水系の方が若干高い値を示した。しかし、EC及びSSの標準偏差から矢部川水系の水質変化が大きいことが推察される。CODは両水系ともに平均値が基準値を超えていたが、筑後川水系の方がやや高い値を示した。T-Nは両水系ともに平均値が基準値を超えており、NH₄-N及びNO₃-Nを含めて矢部川水系の方が高い値を示した。T-P, Cl⁻は基準値が設定されていないが、矢部川水系が筑後川水系に比べてやや高い値を示した。非かんがい期ではT-Nを除いて両水系ともにかんがい期と同様の傾向を示した。かんがい期と非かんがい期を比較した場合、T-Pを除き非かんがい期の方が高い値を示した。DOが非かんがい期に高いことから、水温が低く藻類の活動が無かったためにT-P濃度が低くなったものと考えら

れる。

第1図に各項目別の年次変化を調査初年度の1992年を1とした相対値で、各年次のかんがい期平均と非かんがい期平均で示した。pH, T-Nはこの10年間ではかんがい期及び非かんがい期、水系の別を問わずほとんど変化は認められなかった。EC, COD, T-P, Cl⁻は矢部川水系の非かんがい期及び渇水年である1994年を除いてほとんど変化は認められなかった。SSは両水系の非かんがい期は年次変化は認められなかったが、かんがい期では降雨量の影響などによると思われる年次変化が認められた。NH₄-Nは年次によりかなり大きな変化が認められた。また、NO₃-Nは筑後川水系の非かんがい期で大幅な増加が認められたが、その他の変化は認められなかった。

第2図と第3図にはこの年次変化をさらに水系の上流域及び下流域に分けて示した。第1図で変化が認められなかったpHとT-Nのうち、T-Nでは非かんがい期の筑後川水系上流域で増加していた。また矢部川水系の非かんがい期で認められたEC, COD, T-P, Cl⁻の変化は、矢部川水系下流域での変化に起因するものであった。

NH₄-Nの場合、かんがい期においては両水系の上・下流域共に年々減少した。しかし、非かんがい期では年次によるばらつきが大きく、明確な傾向は認められなかった。さらに筑後川水系では上流域と下流域が同じような年次変

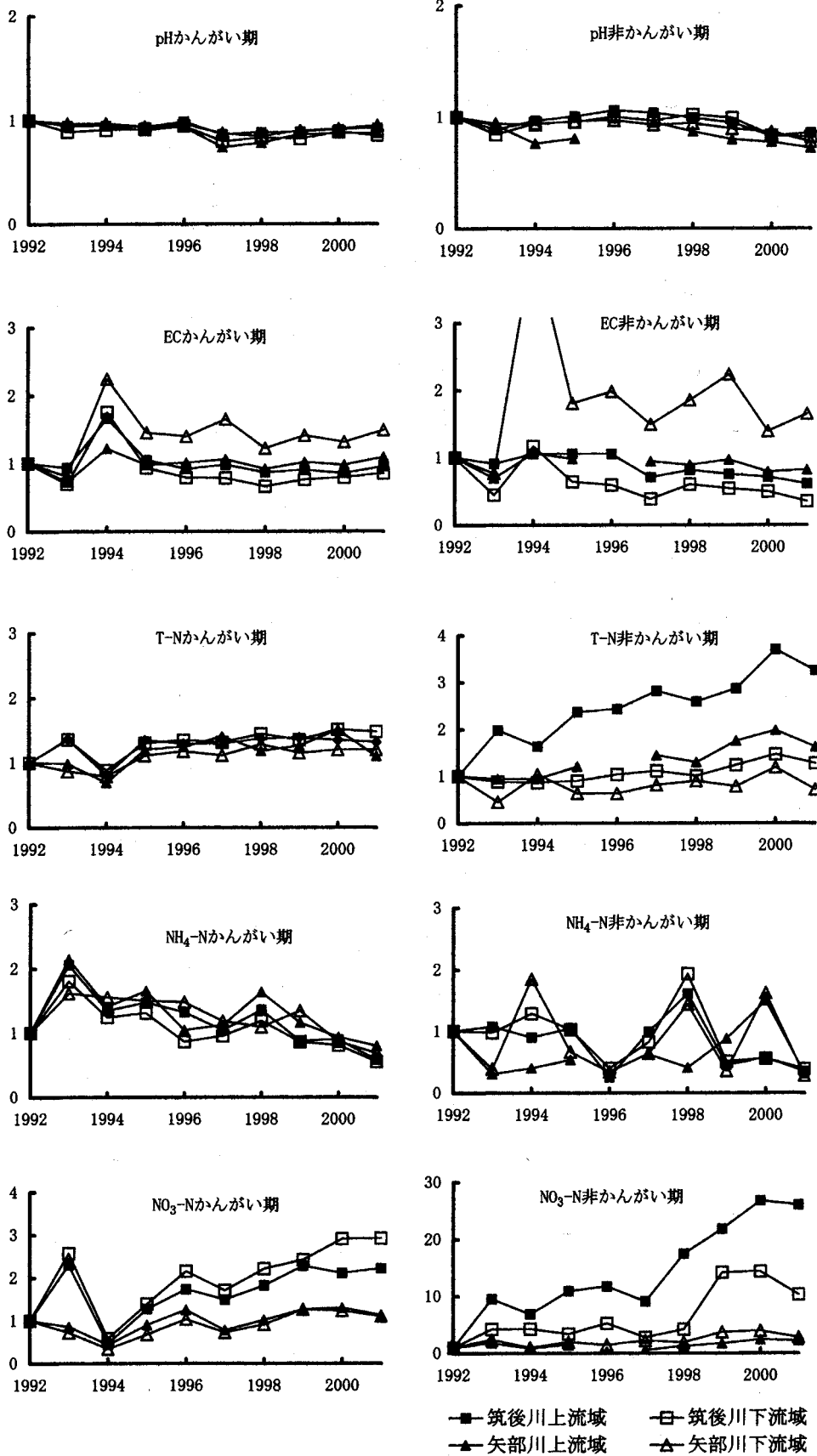


第1図 水系別で見た水質の年次変化。
1992年の値を1とした相対値で示した。

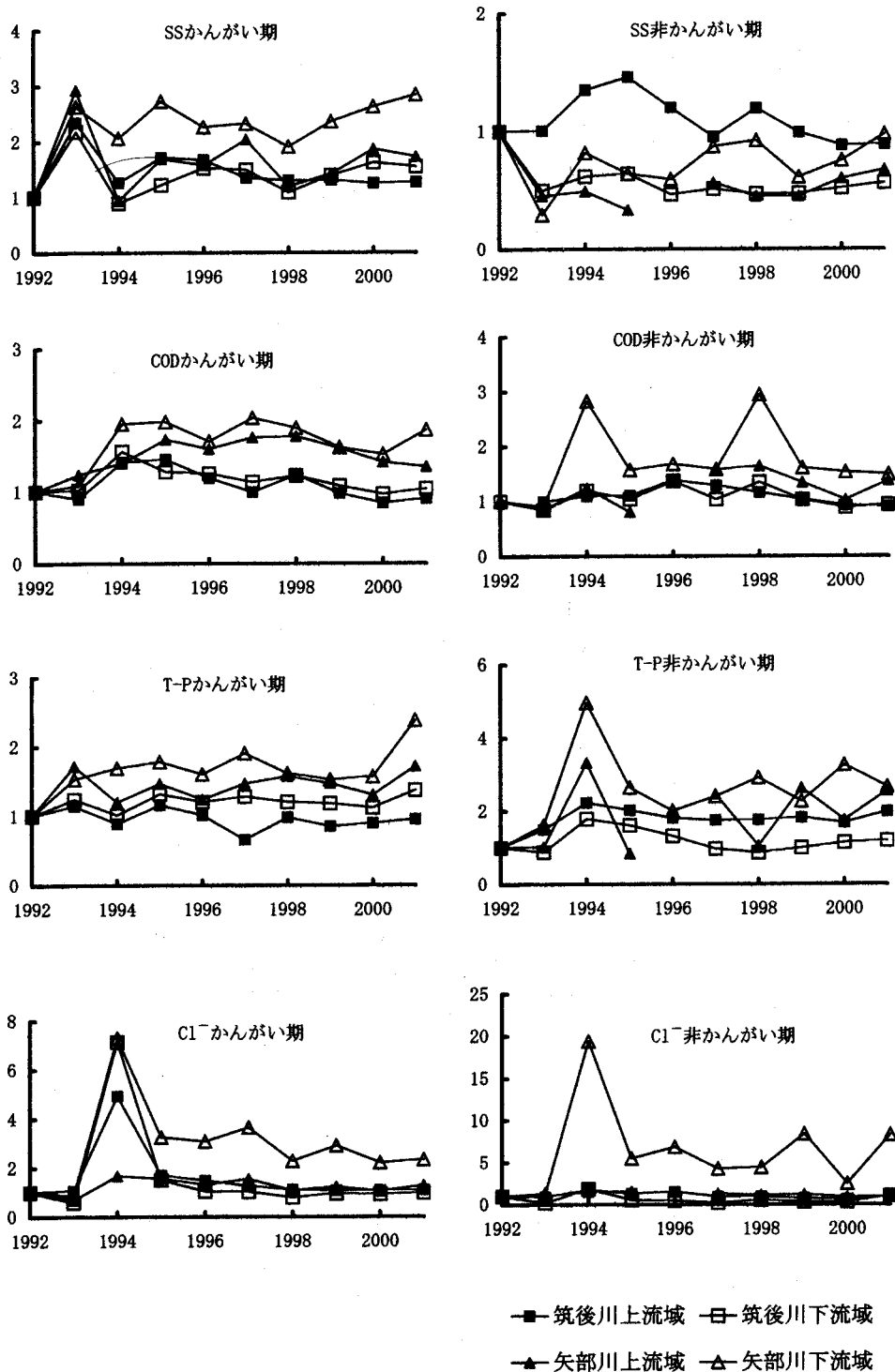
化を示したのに対し、矢部川水系では1998年で下流のみ高くなった。これはCl⁻も同様な傾向を示していることから、クリーク水の循環が無く、水量が少ないのに加えて生活排水の流れ込みが一時的に多くなったためと考えられる。またNO₃-Nの場合は筑後川水系のかんがい期で上・下流域共にも増加が認められた。非かんがい期では筑後川下流域の変化が大きかった。これは矢部川のNO₃-N濃度が調査初年度の1992年から値が高かったのに対して、筑後川水系では調査初年度のNO₃-N濃度がかなり低かったためと思われる。古賀・白石(1977)は1977年では1950年と比較してT-Nで4倍の2.7 mg/Lに、水溶性リン酸は3倍の0.6 mg/Lになっており、20年間で著しく富栄養化したと報告している。本報告での1992年からの10年

間の推移を見ると、筑後川及び矢部川を主水源とする幹線クリークの水質は汚濁の進行も改善も認められない。以上のことから、急激な富栄養化が進行した後、最近の10年では富栄養化の進行も改善も認められなかったと考えられる。

しかし、年次変動が見られていないT-Nの中で、水稻栽培に影響を及ぼすと考えられる無機態窒素成分のNH₄-NやNO₃-Nについては大きく年次変動が見られた。そこで生育時期別にNH₄-NやNO₃-Nを検討してみた。第4図はT-NのうちでNH₄-NとNO₃-Nが占める割合を示したものである。筑後川水系では水稻の生育期間中にT-Nに占めるNH₄-Nの割合は上・下流域とも10~20%の値を示し、ほとんど変化は認められなかった。NO₃-N



第2図 かんがい期及び非かんがい期を水系上・下流域別で見た水質の年次変化 (1).
 1992年の値を1とした相対値で示した。



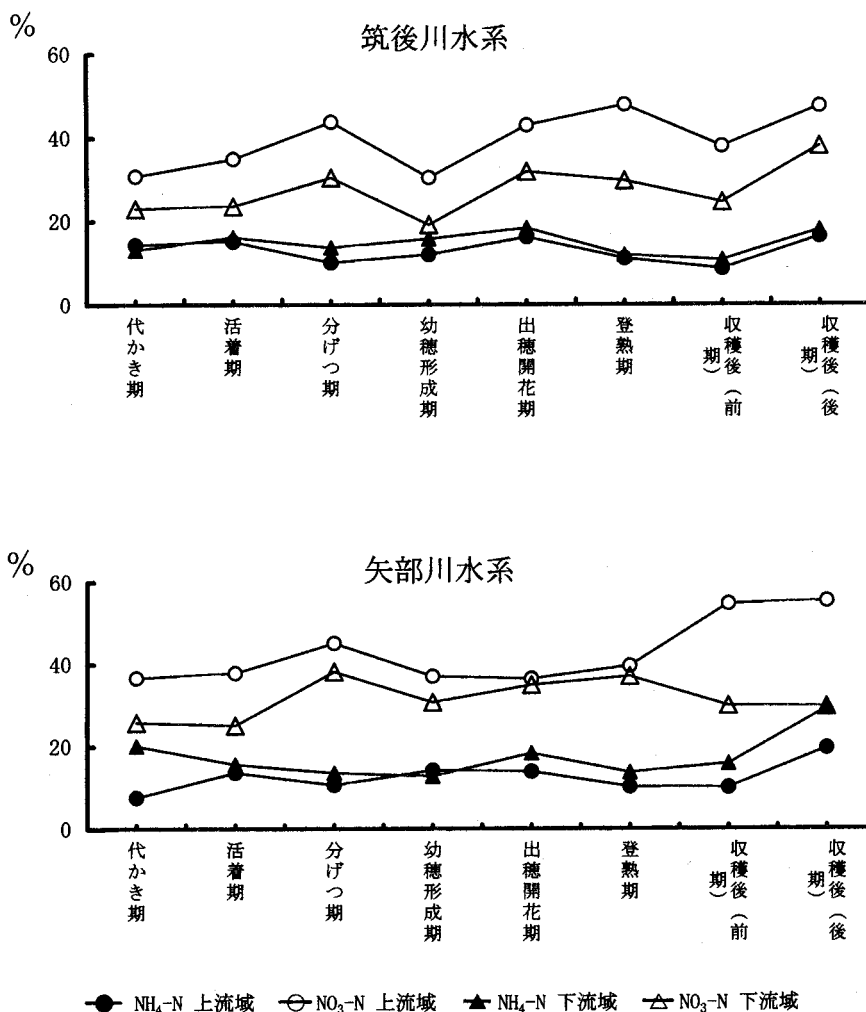
第3図 かんがいがい期及び非かんがいがい期を水系上・下流域別で見た水質の年次変化 (2).
1992年の値を1とした相対値で示した。

の割合は年間を通して上流域が高く30~50%の値を示し、下流域では20~30%であった。上・下流域共に生育期別の割合の変化はほぼ類似した動きを示し、分けつ期及び登熟期に増加する傾向を示した。

矢部川水系のNH₄-Nの割合では上・下流域共に筑後川水系と同様10~20%の値で推移した。上流域では代かき期が低く、下流域では逆に代かき期と出穂開花期に高か

った。NO₃-Nの割合では筑後川水系と同様に上流域が高く40~50%の値を示したのに対し、下流域では30~40%であった。生育時期別では上・下流域共に分けつ期に高い値を示した。

また、非かんがいがい期ではNH₄-N及びNO₃-Nの割合は水系、上・下流域を問わず高い値を示した。このような推移の要因としては、水稻や転作畑作物への施肥に由来する

第4図 水稻生育時期別に見た T-N 中に占める NH₄-N と NO₃-N の割合の変化。

影響、水門操作などの人為的水管理によって水移動が支配されること(注:農業工学研究所 1994. 低平クリーク地帯のフローダイアグラムによる水質診断。農業工学研究所成果), クリークや水田の自浄作用より流入負荷が上回っていること等が考えられる。

近年, 窒素肥料による河川の汚染が問題となっており, 余剰な肥料分を出さない施肥体系の確立が試みられている。また冬期には麦作暗渠からの流出や, 堀干しなどの慣習が消滅しており, クリーク泥土からの溶脱の懸念もある。冬季の停滞水がかんがい期にそのまま流れ込むこと(岡 1979) などをも考慮し, 水稻栽培におけるクリーク水の成分を有効利用できないかの検討が必要である。水田(2001b) は筑後地域のクリークを含む用水路からのかんがい水から, 水稻全生育期で 1.84 kg/10 a, 穂ばらみ期以降の生育後期に 0.64 kg/10 a の無機態窒素が, また全生育期で 3.69 kg/10 a, 穂ばらみ期以降は 0.98 kg/10 a の T-N が流入していると推定している。本研究でのクリークの窒素濃度も水田(2001b) が窒素流入量を推定したときに用いた値とほぼ同程度であり, クリークからも同程度以上の窒素流入があると推定される。福岡県の水稲施肥基

準では, 肥沃土壌で栽培するときのヒノヒカリについての窒素肥料は基肥が 4.0, 穂肥が 2.0 と 1.5 (kg/10 a) の計 7.5 kg/10 a である(福岡県農政部, 福岡県水稻・麦施肥基準 1998)。これは, T-N で見た場合, かんがい水による流入 T-N 量は窒素施肥量の約 49% に相当する。特に米の食味に影響を及ぼすと考えられる出穂以降の流入 T-N は 2 回目穂肥 T-N 量の 65% に, 穂肥無機態窒素の約 43% に相当する。以上より, 窒素流入推定量から試算すると, 施肥基準の 2 回目穂肥量が約 40% 削減できるのではないかと示唆される。かんがい水中の窒素が玄米中の窒素濃度にどのような影響を与えるのか明確にした知見は乏しい。特に T-N 中の有機態窒素が無機態窒素に変わって水稻に利用可能になる割合は条件によって異なることが考えられ, 今後かんがい水中の窒素が水稻へ及ぼす影響をさらに明らかにしていくことが必要である。

謝辞: 農林水産省農政局北部九州土地改良調査管理事務所の方々が採水及び現地での pH, EC, DO 調査にあられた。ここに記し深謝いたします。

引用文献

- 井上恵子・庄籠徹也 1991. 福岡県における農業用水の水質. 土肥誌 62: 577—584.
- 古賀凡・白石勝恵 1977. クリーク水田地帯における生態系の実態解析. 九州農業試験場研究資料 56: 1—37.
- 水田一枝・角重和浩・平野稔彦 2001a. 福岡県における農業用用水の水質とその経年変化. 日作紀 70: 255—260.
- 水田一枝 2001b. 灌漑水による水田への N, P, K の流入量. 日作紀 70: 595—598.
- 岡晃 1979. クリーク水田地帯におけるカンガイ水の循環の実態とその水質保全機能. 農土試技報 E-13: 1—23.
- 斉藤健・半田仁 1985. 農業土木技術者のための水質入門 (その 7) — 農業用水の汚濁とその改善 —. 農土誌 53: 151—158.
- 白谷作原・原喬・安中武幸 1986. 麦作期の圃場からの肥料成分の流出とクリークの水質環境. 農土誌 54: 937—944.
- 高橋強 1995. 農村地域における水質環境の現状と対策の必要性. 用水と排水 37: 12—16.
- 柚山義人・木下陽児郎・中村精文 1994. 筑後川流域クリーク地帯の水質診断. 農土誌 62: 37—44.

The Quality of Creek Waters Derived from Chikugo and Yabe River in Southern Fukuoka Prefecture : Kazue MIZUTA*, Kazuhiro KADOSHIGE, Toshiyuki IBARAKI and Toshihiko HIRANO (*Fukuoka Agr. Res. Cent., Chikushino 818-8549, Japan*)

Abstract : The chemical properties of creek waters derived from Chikugo and Yabe rivers in southern Fukuoka Prefecture were examined from 1992 to 2001. The waters were sampled at 11 places several times during the period from puddling of paddy fields to the ripening of rice plants and during the non-irrigating period. The waters on average showed a higher value than the standard for agricultural water in T-N and COD. The values except DO, SS and T-P were higher in the irrigating period than in the non-irrigating period. In the last ten years, neither major deterioration nor improvement were found judging from the values of chemical properties measured. However, the yearly fluctuation in $\text{NH}_4\text{-N}$ and $\text{NO}_3\text{-N}$ contents were large, especially in the non-irrigating period. The ratio of $\text{NO}_3\text{-N}$ to total nitrogen was high in the tillering stage of rice in both creeks from Chikugo and Yabe rivers. It is estimated that 40% of the nitrogen fertilizer for the second topdressing at the ear formation staged can be reduced, judging from the amount of nitrogen in irrigating waters.

Key words : Creek, Eutrophication, Inorganic nitrogen, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$.