

福岡県における農業用水の水質

水田一枝・角重和浩・平野稔彦
(生産環境研究所)

1996～1998年にかけて、水稻のかんがい期(代かき期から登熟期)に、福岡県内46地点(28水系)における農業用水の水質を調査した。

pHの県内平均値は7.4、電気伝導度(以下EC)は $178 \mu\text{S}/\text{cm}$ で農業(水稻)用水基準値内であり、1986～1988年にかけて行われた一次調査及び1991～1993年にかけて行われた二次調査と比較して大きな変化はなかった。化学的酸素要求量(以下COD)の平均値は $6.4\text{mg}/\text{L}$ と農業用水基準値を超えており、一次調査、二次調査と比較して著しく増加した。また、水稻が生育障害を起こすとされる $8\text{mg}/\text{L}$ を超えた地点も多く存在した。一次調査時点からすでに基準値を超えていた全窒素(以下T-N)も増加が認められた。この間に無機態窒素濃度はあまり変化していなかったことから、この増加は有機態窒素(以下Org-N)によるものと考えられ、有機性物質による汚濁が進んでいることが示唆された。

CODの時期別推移を見ると、代かき期、幼穂形成期にCODが高くなるタイプ、代かき期、登熟期に高くなるタイプの2つのタイプに分けることができた。一つは農村の水田地帯に存在する用水やクリークであり、もう一つは生活雑排水の影響を受けやすい住宅地や道路際等の用水のタイプであった。

[キーワード: 農業用水, 水質汚濁, 全窒素, COD]

The Quality of Irrigation Water in Fukuoka Prefecture. MIZUTA Kazue, Kazuhiro KADOSHIGE and Toshihiko HIRANO (Fukuoka Agricultural Research Center, Chikushino, Fukuoka, 818 - 8549, Japan) *Bull. Fukuoka Agric. Rec. Cent.* 20 : 13 - 16 (2001)

From 1986 to 1988, chemical properties of irrigation waters in Fukuoka prefecture were examined. The average pH was 7.4 and that of Electric Conductivity (EC) was $178 \mu\text{S}/\text{cm}$. Both figures were within the quality standard values set for agricultural water. They were similar to the values taken on the 1st examination conducted during the period 1986 through 1988 and the 2nd examination conducted during the period in 1991 through 1993. Average COD was $6.4 \text{mg}/\text{L}$, exceeding the allowable quality standard value. The values taken at the 2nd examination showed a rapid deterioration over those taken at the 1st examination. In many areas, values higher than $8 \text{mg}/\text{L}$ were registered, which could cause stunting in vegetative growth of rice. Average total nitrogen (T-N), which had been already over the standard value in the 1st and 2nd examinations have risen higher. As inorganic nitrogen did not increase during these periods, it was thought that an increase was caused by the increase of Org-N. It was suggested that irrigation water with high COD was caused by the pollution of organic matters.

There were 2 types of changes in COD. One type showed high changes at the puddling and young ear formation stage. The other type showed high changes at the puddling and ripening stage. The former is prevalent in irrigation waters in rural areas and lower reaches, while the latter occurs in irrigation waters near houses and roads which were liable to the influenced by the discharge of waste water.

[Key words : COD, irrigation water, polluted water, total nitrogen]

結 言

都市近郊の農村地帯では、混住化や生活様式の多様化に伴い、農業用水の水質汚濁が進行していると指摘されている^{12,15)}。農業用水の汚濁は、水稻の生育に悪い影響を与える。酸・アルカリ性が強い場合や塩類濃度が高い場合には根の活力が低下し、窒素が過剰に存在する場合には過繁茂、倒伏、品質の悪化などを引き起こす^{9,11,16)}。農業用水の水質の実態については、他県でも1986～1988年を中心に同様の調査がなされており、福島県、群馬県、栃木県、茨城県、埼玉県、千葉県、兵庫県、山口県等の報告がある^{1,2,3,4,5,6,7,11,12)}。埼玉県では、EC、T-N、アンモニア態窒素(以下 $\text{NH}_4\text{-N}$)は増加傾向にあること、茨城県では、T-Nの農業用水基準を満たす水質はほとんどなかったと報告されている。

一方、福岡県の農業用水の水質については、井上⁹⁾がT-NやCODの値が多く地点で農業用水基準値を超えていること、筑後川下流域で有機物による汚染が著しいこと、都市近郊では生活排水による汚染がみられることを報告している。この報告は、1986～1988年について調査を行ったものであり、それ以降の農業用水の水

質についての報告はない。そこで、近年の福岡県内の農業用水の水質を調査することにより、水質の現状を把握するとともに、10年前の一次調査(1986～1988年)、5年前の二次調査(1991～1993年)と比較することにより、この間の水質汚濁の推移を明らかにしたので報告する。

第1表 地域別の水の採取時期(月/日)

地域	地点数	代かき期	分けつ期	幼穂形成期	穂ばらみ期	登熟期
福岡	7	6/11-6/17	6/26-7/ 8	7/17-7/22	7/30-9/11	9/11-10/ 7
筑後川中流	8	6/10-6/17	6/26-7/22	7/18-8/ 5	8/26-8/28	10/ 1-10/ 8
遠賀・筑豊	6	4/26-6/27	5/16-6/27	6/27-8/ 8	7/18-9/11	8/ 8-10/ 2
筑後川下流域	18	6/17-6/19	7/ 1-7/ 2	7/31-8/ 5	8/26-8/29	10/ 3-10/ 8
県東部	7	6/ 4-6/13	6/25-7/ 4	7/24-8/ 1	8/ 8-8/28	9/12-10/31

期間:1996～1998年

試験方法

1996年は県内の用水路21地点、1997年は14地点、1998年は用水路11地点の合計46地点で行った。採水地点は、農業用排水路水質調査の手引き¹⁰⁾に基づき選定した。第1表に示したように、調査は、水稻かんがい期に実施し、各地域の中心的な作付け品種の生育ステージに合わせ、代かき期、分けつ期、幼穂形成期、穂ばらみ

期、登熟期に調査を行った。地域別では、福岡地域は1997年が3地点、1998年が4地点、筑後川中流域地域は1997年が5地点、1998年が3地点、遠賀・筑豊地域は1996年が3地点、1997年が2地点、1998年が1地点、筑後川下流域は1996年が15地点、1998年が3地点、県東部地域は1996年が3地点、1997年が4地点で、延べ232点の水質調査を行った。第3表では、これらの地点を取水する河川ごとにまとめ、ため池、クリークと共に28水系に分けた。なお、採水地点については、一次調査、二次調査時の採水地点が一部含まれている。

採水方法は、農業用排水路水質調査の手引き¹⁰⁾に基づき2Lのポリエチレン容器に直接採取し、採水当日及び翌日に分析を行った。

今回得られた測定値を評価するため、1970年に農林水産省公害研究会の「農業(水稻)用水基準」(以後基準値)、並びに水稻の生育に対する水質汚濁の許容限界濃

度の目安¹⁴⁾を参考とした。

水質分析方法は、第2表に示した。

結果及び考察

1 県内の水質

1996~1998年(以下三次調査という)の調査地点の平均値を水系別に第3表に示した。

pHの県内平均は7.4で、一次調査、二次調査と比較しても、変化は認められなかった。しかし、福岡地域で2水系、遠賀・筑豊地域で2水系、筑後川下流域で1水系、県東部地域で2水系が基準値上限を超えていた。EC(電気伝導率)の県内平均は178 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であった。一次調査では194 $\mu\text{S}/\text{cm}$ であったのが、二次調査では175 $\mu\text{S}/\text{cm}$ に下がり、三次調査ではほぼ二次調査と同程度になった。水系別に見ると、筑後川下流域で1水系が基準値(300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 以下)を超えたのみで、他のほとんどの水系は基準値以内であった。CODの県内平均は6.4mg/Lであり、一次調査の4.5、二次調査の4.4に比べて著しく増加した。また、水稻生育に影響を及ぼすとされている8mg/L以上であった採水地点は、県内どの地域にも存在した。

T-Nの平均値は2.3mg/Lであった。T-Nは一次調査で1.6mg/L、二次調査で2.0mg/Lと一次調査の時点ですでに基準値(1mg/L以下)を超えていたが、今回の調査でさらに増加した。一方、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び硝酸態窒素(以下 $\text{NO}_3\text{-N}$)の濃度は一次調査の時からほとんど変化していないことから、T-Nからこれらの無機

第2表 水質分析方法

項目	分析方法
pH	ガラス電極法
電気伝導度 (EC)	電気伝導度法
化学的酸素要求量 (COD)	100°Cにおける過マンガン酸カリウムによる酸素消費量(COD _{Mn})
全窒素(T-N)	紫外線吸光度法
アンモニア態窒素(NH ₄ -N)	インドフェノール法
硝酸態窒素(NO ₃ -N)	フェノール硫酸法・イオンクロマト法
有機態窒素(Org-N)	T-Nから無機態窒素(NH ₄ -NとNO ₃ -N)を差し引いた
全リン(T-P)	モリブデン青法
塩素イオン(Cl ⁻)	モール法・イオンクロマト法

イオンクロマト法については1998年調査分について行った

表3 水系別に見た県内の水質

地域名	水系別 通し番号	pH	EC $\mu\text{S}/\text{cm}$	COD mg/L	T-N mg/L	NO ₃ -N mg/L	NH ₄ -N mg/L	Org-N mg/L	T-P mg/L	CL mg/L
	基準値	6.0~7.5	300以下	6以下	1以下					
福岡	1	7.3	169	6.7	2.5	0.87	0.64	1.04	0.36	12.0
	2	7.0	143	6.7	1.9	0.53	0.53	0.79	0.36	11.2
	3	7.4	120	4.5	1.5	0.66	0.37	0.57	0.10	7.3
	4	7.4	66	2.8	0.9	0.36	0.25	0.30	0.02	3.8
	5	7.4	241	6.4	4.0	1.49	0.83	1.68	0.21	22.5
	6	7.6	147	2.5	1.7	0.89	0.34	0.47	0.07	10.4
	*7	7.7	259	6.7	1.9	0.65	0.48	0.74	0.17	22.6
筑後川中流域	8	7.3	148	4.4	3.8	1.19	1.17	1.44	0.44	6.8
	9	7.4	109	4.0	1.2	0.37	0.22	0.61	0.10	7.7
	10	7.5	117	4.2	1.4	0.68	0.26	0.50	0.06	4.6
遠賀・筑豊	*11	8.6	188	6.5	2.2	0.83	0.39	0.98	0.08	14.7
	12	7.5	271	6.5	2.4	0.52	0.43	1.44	0.20	16.0
	13	7.5	259	7.5	1.8	0.27	0.38	1.13	0.20	15.9
	14	7.5	282	6.8	2.2	0.41	1.01	0.80	0.15	7.3
	15	8.1	283	5.9	1.4	0.41	0.19	0.80	0.08	14.5
	16	7.4	105	2.6	2.3	1.78	0.10	0.44	0.03	6.6
筑後川下流域	17	7.6	496	3.2	3.3	0.37	0.27	2.70	0.46	141.4
	18	7.2	136	4.0	3.2	1.90	0.14	1.17	0.08	8.8
	19	7.3	95	2.3	2.7	1.86	0.09	0.78	0.04	5.0
	20	7.1	140	4.9	2.7	1.27	0.30	1.15	0.15	11.6
	**21	7.3	204	1.1	3.4	1.06	0.42	2.00	0.28	18.1
県東部	22	7.3	83	4.9	1.1	0.41	0.23	0.45	0.08	12.7
	23	7.6	75	6.2	1.0	0.32	0.22	0.48	0.09	8.5
	24	7.2	201	6.2	2.6	0.16	1.12	1.30	0.11	13.6
	25	7.2	121	4.0	1.0	0.31	0.18	0.53	0.06	7.3
	*26	7.9	158	3.1	1.6	0.33	0.23	1.04	0.04	10.9
	27	7.5	101	2.5	0.9	0.39	0.16	0.39	0.04	7.2
	28	7.0	232	4.3	2.0	0.69	0.30	1.01	0.11	16.3
	平均値	三次調査	7.4	178	6.4	2.3	0.83	0.38	1.12	0.17
二次調査	7.4	175	4.4	2.0	0.68	0.38	0.98	0.16	8.7	
一次調査	7.3	194	4.5	1.6	0.80	0.38	0.42	0.14	12.2	

注) 数値はかんがい期間内の平均値
 網掛けは基準値を満たしていない数値(CODで濃い網掛けは8mg/L以上)
 Org-Nは、T-Nから無機態窒素(NH₄-NとNO₃-N)を差し引いたもの
 *はため池
 **はクリーク

態窒素を差し引いたOrg-Nが増加したものであると考えられた。地域別に見ると基準値を満たしたのは、福岡地域で1水系、県東部地域で3水系のみであった。今回調査した延べ回数¹³⁾の5%が水稻生育に影響を及ぼすとされる¹³⁾ 5mg/Lを超えた。

全リン（以下T-P）の平均値は0.17mg/Lであった。T-Pは農業用水水質基準にはないものの、一次調査の平均値は0.14mg/L、二次調査は0.16mg/Lであり、引き続き増加傾向を示した。

一般にCODは易分解性有機物含量の指標とされ、この値が高いと水中に有機性汚濁物質が多く存在する。今回の調査で10年前、5年前に比べてCODが著しく増加したことは、有機物による水質汚濁が急速に進んだことを示唆している。同様にOrg-NやT-Pもこの10年間に増加した。これらの値には、CODと密接な正の相関（第4表）が認められたことから、プランクトンの増殖も示唆された。このことから福岡県内全域における農業用水では、富栄養化につながる有機性汚濁が急激に進行しているものと考えられる。

第4表 CODと各項目の相関

	pH	EC	T-N	NO ₃ -N	NH ₄ -N	Org-N	T-P	Cl
COD	0.076	0.425	0.560	-0.079	0.364	0.710	0.692	0.128

n: 232

**は1%の危険率で有意差有り。

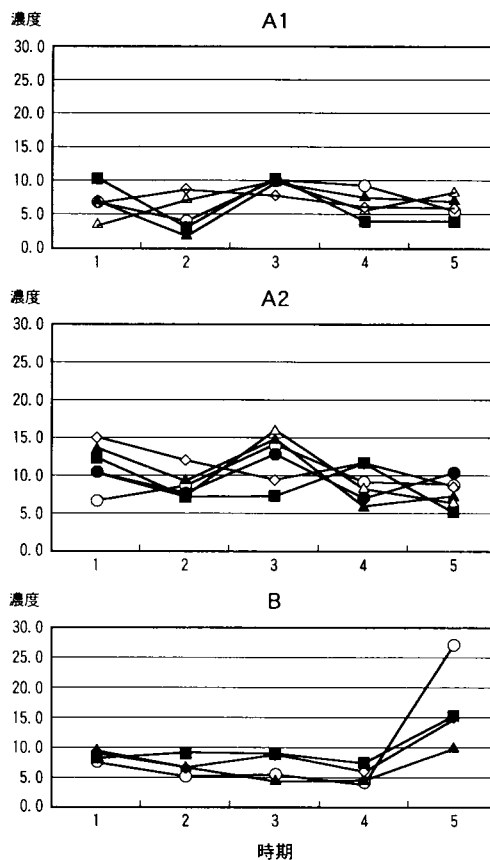
2 時期別にみた水質変化

CODの基準値6mg/L以上の水系において時期別のCODの推移をみたところ、第1図、第5表に示したように代かき期、幼穂形成期に高いもの、代かき期、登熟期に高いものとの、2つのタイプに分けることができた。また、PCAによる第一主成分と第二主成分の地点散布図（第2図）によっても、時期別であらかじめ区分したタイプがおおむね区分できた。このうち、それぞれのタイプの代表的な採水地点のCOD、T-N、NH₄-N及びT-Pの時期別変化を第3図に示した。

代かき期と幼穂形成期にCODが高くなるタイプは農村部の水田地帯に設置された水路の地域（A1）やクリーク地域（A2）に多かった。この時期には代かきや中干し・落水などが行われる。これらの農作業により水田中に含まれる易分解性有機物や肥料分が排出され、そのためCODやNH₄-N濃度が上昇したものと推察される。また、A2のクリークは、本来水路と水を溜める目的で作られているため、流れは非常に緩やかで用排水路を兼ねている。そのため、CODやT-Nが純農村部（タイプA1）より高い値を示したと考えられる。このA1、A2タイプでは、幼穂形成期より少し遅れて登熟期にCODが高くなった地点も存在した。これは、落水作業の遅れや、品種が異なったためと考えられる。また、COD濃度が6mg/L以下の地点は、ほとんどがA1に属する地域であった。代かき期と登熟期にCOD濃度が高い傾向を示すタイプ（B）は、混住化が進んだ地域で宅地や道路際に沿って流れている比較的水路幅の狭い調査地点で多かった。この地域で、代かき期にこれらの値が高かっ

たのは前述同様に代かき作業による影響と考えられる。また、登熟期に高かったのは、水路を流れる水量と生活雑排水の影響が考えられる。これは、代かき期から穂ばらみ期にかけては豊富な水量が確保されていたため、生活雑排水の影響が少なかった。しかし、各地点の代かき期から穂ばらみ期の平均流量を100とした場合、登熟期には7~75%の流量と水量がかなり減少し、生活雑排水の比率が上がることによりCODが上昇したものと推察される。生活雑排水にはT-PやNH₄-Nが多く含まれることが指摘されているが¹¹⁾、登熟期にこれらの数値が上昇したことで生活雑排水の影響が伺える。

以上のように、COD濃度の平均は基準値を超えており、T-Nも基準値を超えていることから、福岡県の農業用水のは、有機汚濁や富栄養化が進行しているものと考えられた。現時点では施肥管理等により、水稻への生育障害は顕著に見られなかったが、汚濁化が進行するかんがい水を用いる場合は、中干しや間断灌水を十分に行うとともに、生育状態によって追肥の調整を行うなどの対処がさらに必要である¹⁶⁾。今後の対策としては、下水道の普及や土地改良事業¹³⁾などに加えて、植物を利用した窒素・リンの水質浄化⁸⁾などを含めた総合的対策による対応¹⁵⁾が必要である。



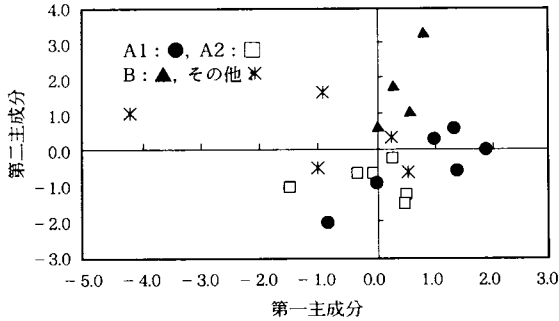
第1図 COD濃度6mg/L以上の地域で見たタイプ別推移

注 ①濃度の単位は全てmg/L
 ②時期別の数字は 1: 代かき期, 2: 分けつ期, 3: 幼穂形成期
 4: 穂ばらみ期, 5: 登熟期

第5表 タイプ別CODの時期別推移

タイプ	代かき期	分けつ期	幼穂形成期	穂ばらみ	登熟期
A1	6.8	5.0	9.3	6.1	5.8
A2	15.0	9.0	11.4	8.2	7.2
B	8.2	6.6	6.6	5.2	16.2

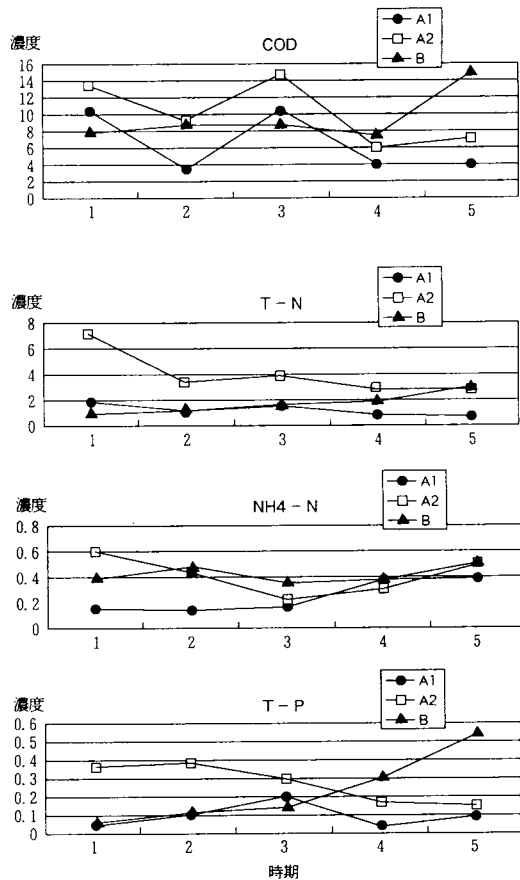
注：単位はmg/L
 数値は、各採水地点の平均値



第2図 主成分分析によるグループ分け

引用文献

- 1) 日高伸・柴英雄 1983. 農業用水の水質汚濁の実態と水質変動要因の解析. 埼玉農試報 39 : 79 - 102.
- 2) 平山力 1986. 農業用水水質の地域性. 茨城農試報 26 : 209 - 216.
- 3) 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.
- 4) 伊藤忠・井口卓平・柳良實・福永明憲・木村靖 1990. 農業用水の水質汚濁(第1報)水質の日変化及び月変化. 山口農試研報 42 : 28 - 38.
- 5) 桑名健夫・直原毅・砂野正・清水克彦・大谷良逸 1990. 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. 兵庫中央農技研報(農業) 38 : 109 - 116.
- 6) 松村蔚・海老原武久・山田要 1981. 群馬県内主要水田地帯の農業用水の水質解析. 群馬農試報 21 : 47 - 54.
- 7) 宮崎成生・青木一郎・鈴木聡 1994. 栃木県における農業用水の水質実態. 栃木農試研報 42 : 35 - 44.
- 8) 水田一枝・阿部薫・尾崎保夫 1998. 有用植物による汚水中の浄化機能およびその遮光による影響. 日作紀 67 : 568 - 572.
- 9) 森川昌記・松丸恒夫・高崎強・松岡義浩 1982. 水質汚濁が稲作に及ぼす影響 第1報 汚濁物質濃度と稲作の関係. 千葉農試研報 23 : 83 - 89.
- 10) 農業用排水路水質調査の手引き 1996. 農林水産省構造改善局計画部資源課農村環境整備室
- 11) 森川昌記・松岡義浩 1985. 水質汚濁が稲作に及ぼ



第3図 代表的な採水地点におけるCOD, T-N, NH4-N及びT-Pの時期別推移

注：①単位は全てmg/L
 ②時期別の数字は、1：代かき期, 2：分けつ期, 3：幼穂形成期, 4：穂ばらみ期, 5：登熟期

す影響 第3報 農業用水路における汚濁物質の動態. 千葉農試研報 26 : 65 - 70.

- 12) 小沢一夫 1991. 農耕地の水質保全と有効利用に関する研究 第1報 福島県内における農業用水の水質実態. 福島農試研報 30 : 37 - 46.
- 13) 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.
- 14) 坂井弘・松岡義浩・白鳥孝治・三好洋・松崎敏英・島崎多喜子・有馬慶彦 1974. 農業公害ハンドブック. 地人書館, 東京. 74 - 79.
- 15) 志村博康 1994. 現代の潮流 - 環境・水質志向への農業用水の対応問題. 水利科学 219 : 1 - 7.
- 16) 土山健次郎・兼子明・松井幹夫 1984. 農業用水水質汚濁に関する調査研究 第3報 生活排水汚濁が水稲に及ぼす影響. 福岡農総試研報 A-3 : 93 - 98.