

福岡県における農業用用水の水質とその経年変化

水田一枝*・角重和浩・平野稔彦

(福岡県農業総合試験場)

要旨：1996～98年に福岡県内46地点で、水稲の代かき期から登熟期に農業用用水の水質をみた。pHの全平均値は7.4で調査総数232の28%が農業用用水の基準値以上であった。EC(電気伝導率)の平均値は179 μ S/cmで全体の11%が基準値以上、COD(化学的酸素要求量)の平均値は6.4 mg/Lで46%が基準値以上、T-N(全窒素)の平均値は2.3 mg/Lで87%が基準値以上、T-P(全リン)の平均値は0.17 mg/L、SS(浮遊物質)の平均値は18.4 mg/Lで3%が基準値以上であった。水稲へ生育障害を起こすとされるCODの8 mg/L以上は27%、T-Nの5 mg/L以上は4%あった。これらの値は近年に報告された他県での値よりも高い場合が多かった。地域・時期別にみると、CODは筑後や飯塚・八幡地域で高く、T-Nは農村部の筑後地域が全時期を通して高く、特に田植え期で高く、代かきや施肥による水路への流出を示唆した。CODはT-Pとの間の相関が高く、有機物による汚染がP濃度の高い排水によっており、Pを含む排水の抑制が水質保全に重要と考えられる。1986～88年、1991～93年での調査結果と比較すると、pHは全体的に増加、ECは飯塚・八幡や筑後地域で値が依然と高く、CODはどの地域も増加傾向、T-Nは筑後以外の地域も増加傾向であった。

キーワード：化学的酸素要求量、灌漑水、水質汚染、全窒素、全リン、電気伝導率。

都市近郊の農村地帯では混住化の進展や生活様式の多様化にともない、農業用用水の汚濁が進行している(高橋1995, 齊藤・半田1985)。農業用用水の汚濁は自然環境の劣化のみならず、水稲の生育にも悪影響を与え、酸性やアルカリ性が強い場合や塩類濃度が高いと根の活力低下や根腐れ、窒素濃度の過剰では過繁茂、倒伏、米質の悪化などの諸障害をもたらす。1970年に農林水産省は水稲の正常な生育にとって望ましい灌漑用水の水質指標として「農業用水基準」(以後基準値と称す)を定めている。また、坂井ら(1974)は水稲に被害を及ぼす汚濁物質の許容限界濃度を示している。

福岡県での農業用用水の水質については井上・庄箆(1991)が全窒素(T-N)や化学的酸素要求量(COD)の値が多く地点で基準値を超えていること、筑後川下流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などを報告している。福岡以外の県での農業用用水の水質の実態については、福島(小沢1991)、群馬(松村ら1981)、栃木(宮崎ら1994)、茨城(平山1986)、埼玉(日高・芝1983)、千葉(森川・松岡1985)、兵庫(桑名ら1990)、山口(伊藤ら1990)などがあり、いずれも福岡県の場合とほぼ同様な傾向があることを報告している。

井上・庄箆(1991)の報告は1986～1988年について調査を行ったものであり、それ以後の水質の実態についての報告はない。そこで本研究では、近年の福岡県の農業用用水の水質の調査結果とともに、この期間における水質の変動について報告する。

材料と方法

調査は1996年に福岡県内の21地点、1997年に14地

点、1998年に11地点、合計46地点で行った。地域(福岡県の農林事務所管内)別では、福岡地域は1997年が3、1998年が4、甘木地域は1997年が5、1998年が3、八幡・飯塚地域は1996年が3、1997年が2、1998年が1、筑後地域は1996年が15、1998年が3、行橋地域は1996年が3、1997年が4地点であった。

各地域での代かき期、分けつ期、幼穂形成期、穂ばらみ期、登熟期にあわせておおねむ5回ずつ、各水路から2Lのポリエチレン容器に直接採取した。採取当日または翌日に分析を行った。採取した場所は、農業用水路が35地点(取水地点での水路の幅は1～3 m、水深は約1 m)、クリークが8地点(同2～35 m、0.3～4 m)、溜め池が3地点(同1.2～3 m、0.1～3 m)であった。

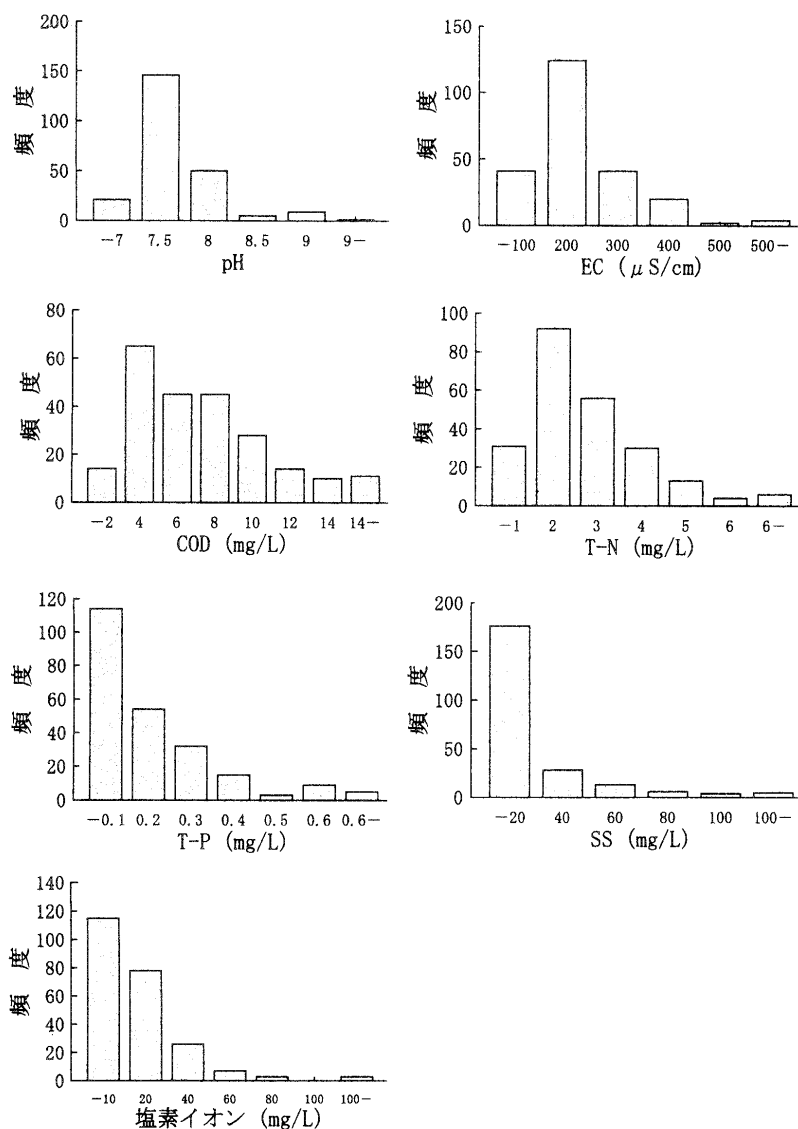
第1表に各地域別の採取時期を示した。同一地域内でも作期が異なるため採取時期の幅の広い場合があるが、ここでは水稲の生育時期別に値を平均してとりまとめた。総計で232点の水質調査を行った。

ほぼ同様な調査場所、調査時期で行われた1986～1988年の第一巡目の水質調査結果、1991～1993年の第二巡目の結果と、今回行った1996～1998年の第三巡目の調査結果を比較した。これらの調査に共通な調査場所数は、福岡が3、甘木が6、八幡・飯塚が5、筑後が10、行橋が4地点で、それらの平均値で水質の経年変化をみた。

水質の分析は、pHはガラス電極法、電気伝導率(EC)は電気伝導度法、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)はオートクレーブ分解・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、塩素イオン(Cl⁻)はイオンクロマト法によった。

第1表 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
甘木	8	6/10-6/17	6/26-7/22	7/18-8/5	8/26-8/28	10/1-10/8
飯塚・八幡	6	4/26-6/27	5/16-6/27	6/27-8/8	7/18-9/11	8/8-10/2
筑後	18	6/17-6/19	7/1-7/2	7/31-8/5	8/26-8/29	10/3-10/8
行橋	7	6/4-6/13	6/25-7/4	7/24-8/1	8/8-8/28	9/12-10/31

第1図 1996~98年に福岡県内で採取した農業用用水のpH, EC, COD, T-N, T-P, SS, Cl⁻の頻度分布。

結果と考察

第1図に全調査地点232カ所でのpH, EC, COD, T-N, T-P, SS, Cl⁻の頻度分布を示した。第2表に基準値を超える, pHの6.0以下, 7.5以上, ECの300 $\mu\text{S/cm}$ 以上, T-Nの1mg/L以上, CODの6mg/L以上, SSの100mg/L以上(坂井ら1974), および水稻の生育に影響を与えると思われるCODの8mg/L以上とT-Nの

5mg/L以上(坂井ら1974, 森川ら1982)を示した割合を地域別と時期別の平均で示した。

pHの全平均値は7.4で, 調査した232の内65(28%)が基準値7.5以上であり, 6以下のものはなかった。1986~1988年での調査(井上・庄筈1991)では, 全体の18%が基準値以上だったので, この間に基準値以上の割合はかなり増加したことになる。ECの平均値は179 $\mu\text{S/cm}$ で, 全体の11%が基準値(300 $\mu\text{S/cm}$)以上であった。

第2表 地域別時期別での農業用用水の基準値等を超す割合(%)。

地域 又は 時期	pH	EC	COD	COD	T-N	T-N	SS
	6.0以下	300 μ S/cm	6mg/L	8mg/L	1mg/L	5mg/L	100mg/L
	7.5以上	以上	以上	以上	以上	以上	以上
福岡	35	11	41	22	86	6	2
甘木	25	0	10	8	70	3	0
飯塚・八幡	60	34	69	43	94	0	0
筑後	14	13	60	35	100	8	4
行橋	31	0	40	20	74	0	0
代かき期	24	11	56	33	93	15	7
分けつ期	27	11	47	22	91	2	2
幼穂形成期	30	7	50	37	100	2	2
穂ばらみ期	30	9	33	15	80	0	0
登熟期	24	13	46	26	73	2	2
合計	28	11	47	27	88	4	3

CODの8 mg/L以上とT-Nの5 mg/L以上は水稻に被害を及ぼすとされる濃度。

第3表 福岡地域と筑後地域におけるCl⁻, pH, EC, T-N, COD, T-P, SS相互間の相関係数。

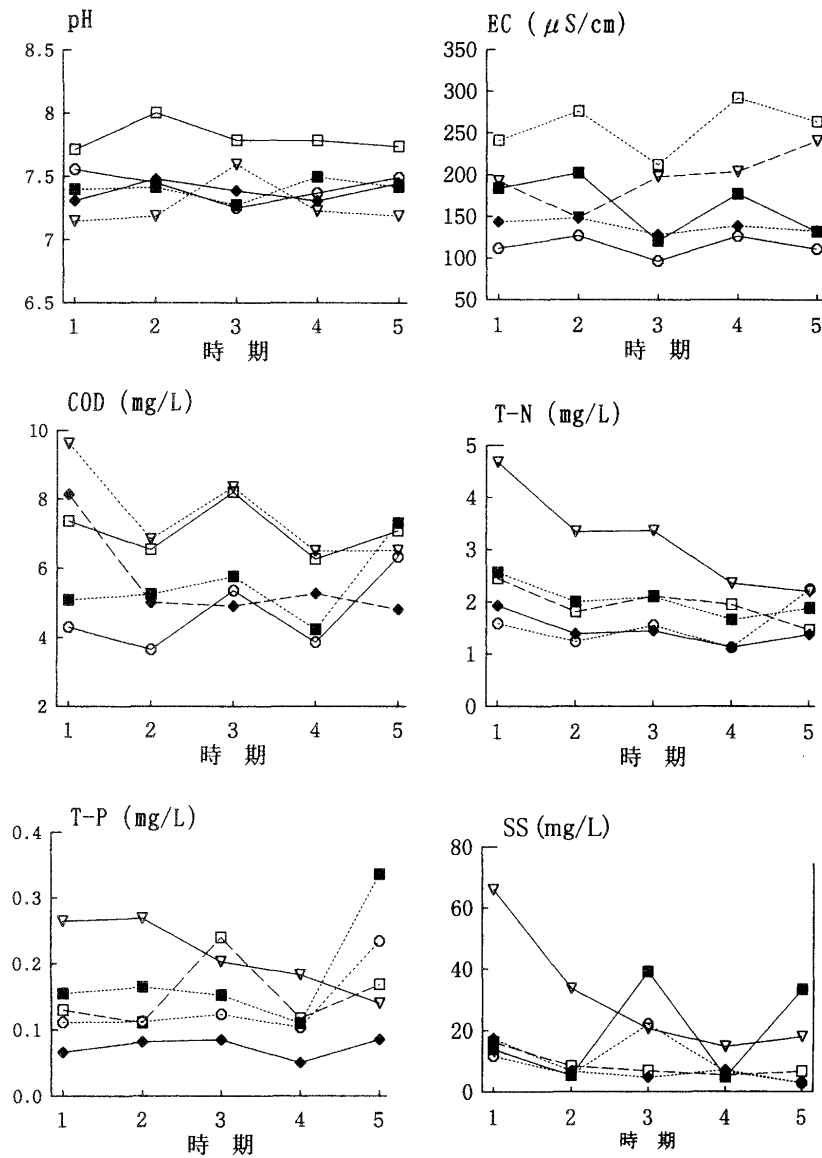
	pH	EC	COD	T-N	T-P	SS
福岡地域						
Cl ⁻	0.368*	0.796**	0.114	0.545**	-0.052	0.015
pH		0.275	-0.290	-0.106	-0.362*	-0.163
EC			0.170	0.593**	0.009	-0.081
COD				0.377*	0.790**	0.628**
T-N					0.319	0.136
T-P						0.483**
筑後地域						
Cl ⁻	0.136	0.664**	0.113	-0.075	0.176	0.008
	(-0.155	0.860**	0.320**	0.161	0.538**	0.228*)
pH		0.196	0.304**	-0.162	0.128	-0.116
EC			0.461**	0.157	0.505**	0.251*
COD				0.441**	0.714**	0.473**
T-N					0.714**	0.649**
T-P						0.612**

福岡地域はn=37, 筑後地域はn=88, ()はCl⁻が50 mg/L以上を除いたn=80での値。*, **; 5, 1%水準で相関係数が有意であることを示す。

1986~1988での調査では全体の10%が基準値以上だったので、この間あまり変化はないといえよう。CODの平均値は6.4 mg/Lで、全調査の内の108(46%)が基準値(6 mg/L)以上であった。1986~1988年での調査では全体の23%が基準値以上であったので、CODもかなり増加

したことになる。水稻へ影響を及ぼすとされる8 mg/L以上では、27%がこの値以上で、これは1986~1988年での10%を超えていた。

T-Nの平均値は2.3 mg/Lで、全調査の内の204(87%)が基準値(1 mg/L)以上であった。



時期 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.

■ 福岡 ○ 甘木 □ 飯塚・八幡 ▽ 筑後 ◆ 行橋

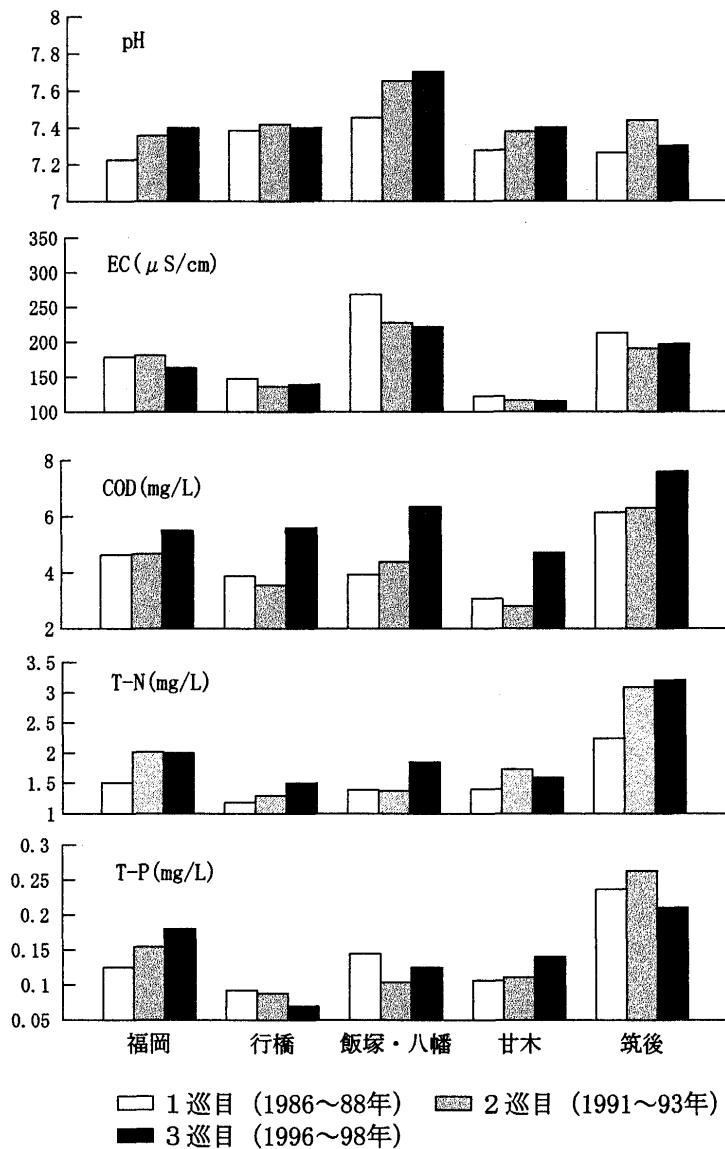
第2図 地域別, 時期別の pH, EC, COD, T-N, T-P, SS の変動.

1986~1988年での調査でも全体の76%と多くが基準値以上であったが, 最近はさらにこの割合が増加したことになる. 生育障害を起こすとされる5 mg/L以上は4.3%あった. T-Pの平均値は0.17 mg/Lであった. 1986~1988年での調査では平均値は0.14 mg/Lであったので, この間T-Pも値が高くなったことになる. SSの平均値は18.4 mg/Lで, 3%が基準値(100 mg/L)を超えていた. Cl^- の平均値は16.6 mg/Lであった. 筑後地域の一部で海水の影響と思われる極めて高い値がみられた.

これらの値を他県での場合と比較すると, pHは1986~1988年に66点の調査を行った兵庫県での平均値7.46(桑名ら1990)とは大差なく, 1991~1993年に104点の調査を行った栃木県の平均値7.2(宮崎ら1994)より高かった. 1986~1988年に93点の調査を行った福島県での基準値以上の割合25%(小沢1991)と大差なかった.

ECは兵庫県, 栃木県での平均値(190と177 $\mu\text{S/cm}$)と大差ないが, 福島県の基準以上の割合の値1%より高かった. CODは兵庫県と栃木県の平均値(3.27と4.5 mg/L)よりかなり高く, 福島県での基準値以上の割合12%よりも高い値であった. T-Nは兵庫県と栃木県の平均値(0.67と2.15 mg/L)より高く, 福島県の基準値以上の割合27%より高い値であった. T-Pは兵庫県と栃木県の平均値(0.116と0.14 mg/L)よりも高い値であった.

第2図に地域別, 時期別のpH, EC, COD, T-N, T-Pの変動を示した. pHは飯塚・八幡地域が高い値であった. 筑後地域は幼穂形成期には一時上昇するものの, おおむね他より低い値であった. それ以外の時期別傾向はあまり明確でなかった. ECは飯塚・八幡地域で値が高かった. 井上・庄箆(1991)も1986~1988年での調査でこの地域のECが高い事を指摘し, 旧炭坑からの湧水の影響であ



第3図 pH, EC, COD, T-N, T-Pの経年変化.

ろうとしている。生活排水以外に、依然として炭坑からの湧水の影響がこれらの地域に残っている可能性も考えられる。甘木や行橋地域では低い値であり、これらの地域では各種イオン濃度が低く、水質の汚染はあまりないものと思われた。時期別の傾向は明確でなかった。

CODは筑後、飯塚・八幡地域で高く、用水中の有機物が多いことを示した。甘木地域では低い値であった。時期による変動は明確でなかった。なお、水稻の生育に影響を与えると考えられるCODの8mg/L以上の値を超過する機会が多い、飯塚・八幡、筑後の各地域では栽培管理に注意が必要である。

T-Nは農村地帯である筑後地域が全時期を通して高い値であった。また全体的に田植え期で高く、それ以後は低下傾向を示した。これは代かきや施肥による窒素の用水路への流出のためであろう(井上・庄箆1991)。甘木や行橋地域では比較的低い値であった。T-Pは筑後地域が高く、一方、甘木や行橋地域で低い値であった。筑後地域では田植え期で高く、それ以後は低下傾向を示し、T-N同

様に代かきや施肥によるリン酸の用水路への流出を示唆した。SSは筑後と福岡地域で基準値を超えた場合があり、田植え期で高い傾向であった。

第3表に都市近郊の福岡地帯と農村地域の筑後地域のCl⁻, pH, EC, COD, T-N, T-P, SS相互間の相関係数の値を示した。CODは福岡地域ではT-N, T-P, SSと有意な相関が認められ、筑後地域ではpH, EC, T-N, T-P, SSと有意な相関が認められた。Cl⁻は生活排水に多く含まれるとされるが、両地域ともECと有意な相関があったがCODとの相関は認められなかった(筑後地域で、海水の影響と考えられるCl⁻の非常に高い値を除くとCl⁻とCOD間に有意な相関が得られた)。一方、両地域ともにCODとT-Pとの間の相関係数の値は高く、有機物による水質の汚染がP濃度の高い排水による部分の大きいことを示唆した。CODとT-Nとの相関係数は両地域ともほぼ同一の値であり、T-Pとの値より小さく、筑後地域ではT-Nの値が他よりかなり高いことは、有機物による汚染の原因が施肥からの流亡のみではないこ

とを示すと考えられる。

第3図にpH, EC, COD, T-N, T-Pの経年変化を、第一巡目;1986~1988年,第二巡目;1991~1993年,第三巡目;1996~1998年の結果を地域別の平均値で示した。pHは全体的に増加傾向であり,もともと値の高い飯塚・八幡地域でさらに増加した。ECは飯塚・八幡では一巡目より二巡目で低い値となっているが依然値が高く,筑後地域は一巡目より二巡目で値が低くなったが三巡目でまた増加傾向であった。甘木と福岡地域ではわずかであるが値は低下傾向であった。CODは筑後地域が依然増加を示しており,他の地域も増加している場所が多かった。他の項目から推察して水質汚染が比較的少ないと考えられる甘木地域でも,近年CODが増加傾向にあることは注意を要しよう。T-Nは値が他地域よりかなり高い筑後地域で特に二巡目で増加したことを示している。飯塚・八幡地域も三巡目で値が増加しており,他の地域も微増傾向であった。T-Pは筑後地域は減少傾向だが,依然高い値を示した。飯塚・八幡地域は二巡目で減少したにも関わらず三巡目で増加し,福岡地域でも年毎に増加していた。

このように福岡県の農業用水の水質は基準値を超える場合が多く,他県と比較しても各測定項目の平均値や基準値を超える割合の値が高い場合が多かった。経年変化でも,10年前と比較して増加傾向の項目が多かった。

今後の対策としては,下水道の普及(高橋 1995)や土地改良事業(斉藤・半田 1995)などに加えて,植物を利用した浄化(水田ら 1998)などを含めた総合的対策(志村 1994)による対応が必要である。また,T-NやCODの高い灌漑水を用いる場合は,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必要である(土山ら 1984)。

またCODとの相関関係から明らかのように,P濃度の高い排水が有機物による水質汚染に大きく関与している可能性が高いので,Pを含む排水を抑制することが今後の水質保全に特に重要であると考えられる。

謝辞:福岡県の各農林事務所の方々が用水の採取にあた

られた。ここに記し深謝いたします。

引用文献

- 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.
- 平山力 1986. 農業用水水質の地域性. 茨城農試報 26:209-216.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 森川昌記・松岡義浩 1985. 水質汚濁が稲作に及ぼす影響. 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 37:1-216.
- 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 生活排水汚濁が水稻に及ぼす影響. 福岡農試研報 A-3:93-98.

The Change in the Quality of Irrigation Water in Ten Years in Fukuoka Prefecture: Kazue MIZUTA*, Kazuhiro KADOSHIGE and Toshihiko HIRANO (*Fukuoka Agr. Res. Cent., Chikushino 818-8549, Japan*)

Abstract: The chemical properties of irrigation waters in Fukuoka Prefecture were examined from 1986 to 1988. The irrigation waters were sampled at 46 place several times during the period from puddling of paddy fields to the ripening of rice plants. Among the 232 waters sampled, the waters showing a higher value than the standard for agricultural water in pH, EC, COD and T-N were 28%, 11%, 46% and 87%, respectively. These values were generally higher than those reported in other prefectures in Japan. COD values were higher in Chikugo and Iizuka-Yahata and T-N was higher in Chikugo, a rural area in Fukuoka Prefecture. These values declined at the time of rice-transplanting, suggesting the run off the water from the paddy fields. COD was highly correlated with T-P, showing that the water pollution by organic matters was caused by the discharge of waste water containing a high amount of P. It is considered that reduction of the discharge of waste water which contains P is especially necessary for preventing the pollution. Comparison of the values obtained in 1986~88 with those in 1991~93 in Fukuoka Prefecture showed that pH, COD, T-N and T-P increased in almost all areas.

Key words: COD, EC, Irrigation water, Polluted water, Total nitrogen, Total phosphorus.