

低平地水田の水質浄化機能及び機能促進に関する検討

Function of water quality purification in lowland paddy field and promotion of a function

小野寺 伸*・石川重雄*・長坂貞郎*

ONODERA Shin・ISHIKAWA Shigeo・NAGASAKA Sadao

はじめに

湖沼等の閉鎖性水域が富栄養化した原因の一つには、水域が有している浄化能力を超えた負荷の流入にある。同様に栄養塩類の農業地域等面源からの流入も公共用水の汚濁原因として懸念されている。一方で、窒素・リン等を除去するなど水田の多面的機能の一つである水質浄化機能が重要視されている。本調査では吸水暗渠の水甲開閉操作による水管理方法の相違、栄養塩類の窒素やリン等の負荷削減効果についての検討を目的とする。

調査概要

調査は千葉県佐倉市印旛沼土地改良区受益地区における鹿島川河口付近の角来工区末端に位置する 1.7ha の水田で、1998(H10)年～2003 年(H15)年に亘って低平地水田の浄化機能について実施した。調査水田の灌漑用水源は印旛沼とし、南岸付近に設置の揚水機によりポンプアップされ、パイプラインによって送配水し、試験田への用水はオートイリゲータ(水位調節型自動給水装置)によって灌漑される。調査項目は、用水量および暗渠からの流出量、雨量、計器蒸発量(A-pan)、地下水位、灌漑用水・流出水(1日/1回、13時)・雨水等の栄養塩類である。検討項目は、浄化効果、限界濃度(浄化も流出もしない用水中濃度)、水田のCOD濃度変化などである。なお、調査水田は乾田直播栽培で水管理は1999年までは貯留型(従来型)灌漑、以降2003年まで浸透型掛し流灌漑の方法を取った。

測定結果と考察

表1に各調査年度の流入量と流出量及び水収支を示す。各年度の構成量は、特に1998年度では雨量、蒸発散量ともに他年度に比較して少なかった。2000年度以降は浸透型掛し流灌漑であるが、2002年、2003年度の用水量は従来型の1.1倍とほぼ同程度であり、2000年、2001年度では約1.7倍となった。

収量は1998年と1999年度の平均395kg/10a(6.6俵)に対して2000～2003年度の平均は478kg/10a(8.0俵)となって約1.2倍であった。この結果は、浸透型灌漑により灌漑水が継続的に補給され、同時に酸素が補給されるなどして微生物の活動が活性化し、生育に好環境を醸し出したことによると推測される。

一方、水田の水質浄化評価を物質の浄化・吸収された割合(除去率)で示したのが表2である。2000年～2001年、2003年は、表中の全ての検討項目で浄化効果を示し、1998年、1999年の両年は一部、2002年度は全ての項目で排出を示した。この原因として表3に示す各年度の灌漑期の平均濃度が、2002年度の用水濃度が若干低い傾向にあることから、逆に水田の物質が押し出される状況になったものと推測される。すなわち、水田の浄化機能を上手く活用するには、湖沼など

表1 灌漑期における給水量と降雨量
Water supply and rainfall in irrigate period

	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年
給水量	7,611	7,315	13,500	12,505	7,636	8,769
降雨量	3,764	5,817	6,035	4,240	6,220	6,330
暗渠排水量	4,497	5,940	12,014	10,172	6,967	8,501
降下浸透量	2,442	2,290	2,503	2,473	2,290	2,030
蒸発散量	3,820	5,225	4,833	4,518	4,484	4,594
収支	-616	323	-194	428	-115	26

*単位は(m³)

表2 灌漑期の差引負荷と除去率によるその判定

A decision by deduction load and removal rate in irrigate period

	1998年灌漑期(5/21-9/15)			1999年灌漑期(6/1-9/14)			2000年灌漑期(5/29-9/10)			2001年灌漑期(5/28-9/20)			2002年灌漑期(6/2-9/22)			2003年灌漑期(5/23-9/23)		
	差引負荷	除去率	判別	差引負荷	除去率	判別	差引負荷	除去率	判別	差引負荷	除去率	判別	差引負荷	除去率	判別	差引負荷	除去率	判別
COD	7.66	-15.38	汚濁	36.07	-51.88	汚濁	-0.01	0.01	浄化	-7.94	5.95	浄化	23.60	-23.72	汚濁	-15.17	14.21	浄化
T-N	-0.63	33.19	浄化	-0.04	2.38	浄化	-6.42	23.88	浄化	-13.10	48.61	浄化	0.24	-1.49	汚濁	-4.91	26.29	浄化
T-P	-1.04	62.79	浄化	-0.05	4.02	浄化	-0.84	36.42	浄化	-0.81	34.58	浄化	0.83	-67.45	汚濁	-0.29	16.37	浄化
NO ₃ -N	-1.60	22.02	浄化	2.12	-24.68	汚濁	-4.31	24.32	浄化	-9.20	56.59	浄化	0.82	-10.21	汚濁	-0.81	10.56	浄化

*除去率(%) = (1 - (総流出負荷(kg/ha) / 総流入負荷(kg/ha))) × 100 + (浄化)、- (汚濁)

*差引負荷の単位は(kg/ha)、除去率は(%)

表3 灌漑期における単純平均濃度

A simple concentration average in irrigate period

	1998年灌漑期(5/21-9/15)			1999年灌漑期(6/1-9/14)			2000年灌漑期(5/29-9/10)			2001年灌漑期(5/28-9/20)			2002年灌漑期(6/2-9/22)			2003年灌漑期(5/23-9/23)		
	流入水	雨水	排出水	流入水	雨水	排出水	流入水	雨水	排出水	流入水	雨水	排出水	流入水	雨水	排出水	流入水	雨水	排出水
COD	5.81	2.37	7.89	7.97	3.88	12.98	8.59	2.37	8.84	9.94	1.72	9.72	8.86	3.40	13.28	8.72	6.02	9.42
T-N	1.94	0.88	1.99	1.61	1.85	2.46	1.70	0.88	1.69	1.75	0.82	1.79	1.40	0.52	1.61	1.75	0.86	1.71
T-P	0.24	0.07	0.12	0.11	0.11	0.16	0.15	0.07	0.11	0.17	0.03	0.12	0.13	0.01	0.22	0.16	0.01	0.15
NO ₃ -N	0.89	0.17	1.04	0.94	0.45	0.09	1.26	0.17	1.23	1.16	0.00	1.07	0.75	0.12	0.78	0.84	0.53	0.90

*単位は(mg/l)

* 日本大学大学院生物資源科学研究科 *Graduate School of Bioresource Sciences, Nihon University

**日本大学生物資源科学部

**College of Bioresource Sciences, Nihon University

キーワード: 水田浄化機能, 水質, 物質収支,

の水質がある程度悪化していること¹⁾、が必要であるといえる。このことを踏まえ、本調査水田の土壌を用い、また是までの調査結果から調査水田土壌の浄化機能と用水限界濃度の関係を把握するため、以下のモデル実験及び調査データの検討を行った。

・水質浄化に関するモデル実験

(1) モデル実験装置とその概要

実験装置として図1に示すような土壌カラム本体を3個用意した。カラムは目的に応じて「対照区(貯留型):カラム1」、「稲わら投入区(貯留型):カラム2」、「用水限界濃度試験区(浸透型掛流し):カラム3」作成した。カラム3においては硝酸カリウム(KNO₃)とリン酸水素二カリウム(K₂HPO₄)との混合溶液を低濃度、中濃度、高濃度の3段階に作成し、一定の湛水深が確保されるように給水量と排水量のバランスを取り、その後24時間毎(カラム1、2も同様)に採水し、分析を行った。尚、カラム1、2の場合には、採水量の分だけ水を補給した。

(2) 結果及び考察

各年度のCOD濃度(排水)の時系列変化を図2に示す。濃度は灌漑開始後の6月頃から上昇し、非灌漑期に入った9月下旬から徐々に減少し、10月下旬頃から定常状態(平均5mg/l)となる。本調査水田のCOD濃度の上昇には主として硫黄化合物等還元性物質の影響が大きい²⁾。しかし、これ以外に収穫後の稲わら残渣を鋤き込んで湛水させた場合、その溶出液に含まれる有機成分の影響も考えられることから、カラム1、2でその確認実験を行った。その結果、稲わら投入区の方が高い濃度を示し、その影響が約2週間続き、その後は両区とも一進一退の状況にある。その他、T-N、T-P、EC等にも大きな影響が見られた。

次に、カラム3による「用水限界濃度」の実験結果を、給水中濃度と差引排出負荷量の関係で示したのが図4である。図より、それぞれ見かけ上浄化もしない、流出もしない給水中濃度が存在し、CODで5.0mg/l、T-Nで1.0mg/l、T-Pで0.025mg/l、NO₃-Nで0.8mg/lを示した。即ち、浄化機能が発揮されるにはこれ以上高い給水濃度が必要であることを意味している。一方、各年度の調査結果では、COD5.0mg/l、T-N1.0mg/l、T-P0.07mg/l、NO₃-N0.7となっており、T-P以外はモデル実験とほぼ近い値を示した。

また、図5は各カラムの排水DOの結果で、カラム1、2の貯留型ではカラム2がやや低い傾向にあるが、稲わらの影響と考えられる。カラム3の浸透型掛流しでは、他より高い値を示し、カラム土壌へ酸素を供給することが考えられ、上述したように稲の生育環境に良い結果をもたらすものと推測される。

・あとがき

これまで指摘されていることではあるが、水田には水質改善機能を有していることは明白であり、特に湖沼等の閉鎖性水域の水質改善には重要な役割を担うといえる。灌漑水の増量や灌漑諸経費等が許容される範囲で、浸透型掛流し灌漑方法を時には採用し、水田による浄化、湖沼水の流動を促し、水質改善を図ることが極めて有意義なことといえる。

今後は、これらの結果を踏まえて、より水田の水質浄化機能を発揮させるための手段として、各種土壌型と「用水限界濃度」との関係及びCOD濃度と稲わらとの因果関係、浸透型掛流し灌漑と収量との関係を明らかにしていく予定である。

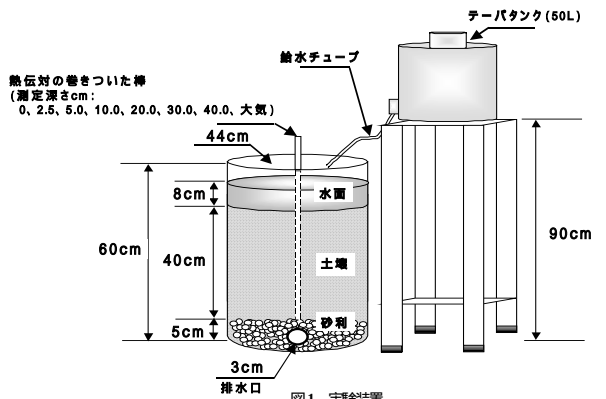


図1 実験装置
Experimental apparatus

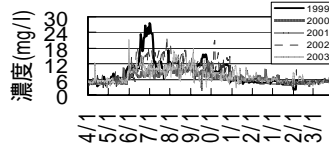


図2 COD濃度時系列変化(排水)

Change of COD concentration (drain water)

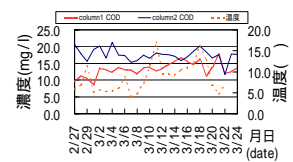
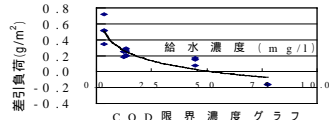
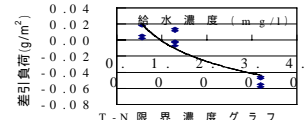


図3 カラムCOD濃度時系列変化

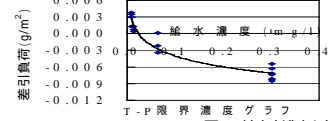
Change of COD concentration of column



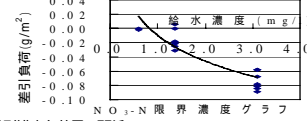
COD 限界濃度 グラフ



T-N 限界濃度 グラフ



T-P 限界濃度 グラフ



NO₃-N 限界濃度 グラフ

図4 給水中濃度と差引排出負荷量の関係
A relation of irrigate concentrate and deduction drain load

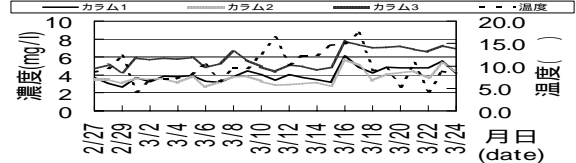


図5 カラム排水のDO
DO of column drainage

-参考文献-

- 1) 農林水産省構造改善局:昭和56年度・水質広域管理計画調査報告書・管理計画策定のためのマニュアル試案-, 日本土壌協会, pp31-39 (1982)
- 2) 石川雅也ほか:暗渠浸透による水田の水質浄化試験-水田土層の水質浄化機能に関する研究(-), 農業土木学会論文集 第159号, pp81-89, (1992)