

## 浄水発生土の理化学性並び多量施用が水稻の 生育・収量に及ぼす影響

望月 証\*・青山喜典\*・津高寿和\*\*・藤中邦則\*\*\*・桑名健夫\*

### 要 約

兵庫県の浄水場で発生する浄水発生土の理化学性や重金属濃度について調査するとともに、そして水田客土に対する知見を得るため、水田に多量施用した後の2006年から2008年の3年間に水稻の生育、収量および土壌の理化学性に及ぼす影響について検討した。

- 1 今回用いた神出浄水場の浄水発生土は重金属濃度が低く、T-Cが高い以外、仮比重や化学性も農用地土壌の範囲内であるため、農業用資材としてではなく土壌の代替物として利用することが適当であると考えられた。
- 2 水稻の3年間の平均収量は対照区（0kg/m<sup>2</sup>）と比べて、10kg/m<sup>2</sup>区は6%増収し、20kg/m<sup>2</sup>区では差は認められず、10kg/m<sup>2</sup>の施用であれば、慣行栽培と同等以上の収量が確保できることが示された。
- 3 3年作付跡土壌の可給態リン酸は20kg/m<sup>2</sup>区においても減少は少なかった。施用量に応じて対照区よりCECが低下する傾向がみられたが、T-CやT-Nは増加し、pHは上昇した。

## Effect of the Heavy Application of Sludge from a Water Purification plant to a Paddy Field on the Growth and Yield of Rice

Akashi MOCHIZUKI, Yoshinori AOYAMA, Toshikazu TSUTAKA,  
Kuninori HUIJINAKA, Takeo KUWANA

### Summary

We applied the sludge from a water purification plant in Hyogo prefecture to our rice field at four different concentrations (0kg/m<sup>2</sup>, 5kg/m<sup>2</sup>, 10kg/m<sup>2</sup>, and 20kg/m<sup>2</sup>) and compared the growth and yield of the rice during 3 years (2006-2008), the heavy metal concentration in the brown rice, and the physical and chemical properties of the soil in the rice field treated with the sludge, with those in a field that had only been treated with chemical fertilizer (as the control section).

- (1) The chemical properties and the bulk density of the sludge we used were similar to those of the farmland soil except that it had a high total carbon content (T-C). It was considered that it was advisable to use such sludge as a substitute for farmland soil.
- (2) The mean yield of rice over the three years in which the field was treated with 10kg/m<sup>2</sup> of the sludge was 6% higher than that of the field treated with chemical fertilizer alone, but that of the 20 kg/m<sup>2</sup> treated section was similar to that of the control section. Therefore, it is considered desirable to apply 10kg/m<sup>2</sup> sludge to rice fields.
- (3) The available phosphoric acid content of the soil that was treated with 20kg/m<sup>2</sup> of the sludge and had rice cultivated in it for three years was not markedly reduced. Depending on the amount of sludge applied, the T-C, total nitrogen content, and pH of the soil increased; however, its cation exchange capacity was reduced.

キーワード：浄水発生土，多量施用，水稻，収量，土壌化学性，土壌物理性，重金属

### 緒 言

浄水発生土は浄水場の浄水処理過程の凝集沈殿物を乾燥処理したものである。その処分は、全国の水道事業者が抱えている大きな問題の一つであり、古くからその再資源化が試みられている。農業分野での活用についても

2011年1月11日受理

- \* 兵庫県立農林水産技術総合センター農業技術センター環境・病害虫部
- \* 元兵庫県立農林水産技術総合センター環境部
- \*\* 兵庫県立農林水産技術総合センター企画調整・経営支援部

多くの試みがなされているが、園芸用や育苗用培土への利用が主であり<sup>5, 11, 13)</sup>、水田への客土利用についての報告は少ない<sup>16)</sup>。

そこで今回は、兵庫県内の4つの浄水場の浄水発生土のうち全カドミウム濃度が最も低いものを用いて、水田客土利用の知見を得るために理化学性を分析し、マサ土や各種参考値と比較して特性を調べた。そして水田に多量施用し、水稻栽培への影響を検討したので報告する。

## 材料及び方法

### 1 供試浄水発生土

神出浄水場（神戸市西区）において発生した浄水発生土の天日乾燥物を20mm以下に破碎した資材を試験に供試した。その性質を把握するために市販のマサ土を対照資材として理化学的性質（仮比重、全炭素（T-C）、全窒素（T-N）、pH、EC、交換性塩基、CEC、可給態リン酸、可給態ケイ酸、可給態窒素及び無機態窒素）を調査した。可給態リン酸はトルオーグ法により、可給態窒素は畑状態のインキュベーション法により測定した。併せて有害な重金属等を評価するために、全ヒ素、全カドミウム、総水銀、ニッケル、クロム、鉛、銅、マンガン、亜鉛について底質調査方法（平成13年3月環境省監修）により分析した。0.1N塩酸抽出のカドミウム及び1N塩酸抽出のヒ素の濃度は農用地の土壤の汚染防止に係る法律に基づく方法（昭和46年6月農林省令第47号及び昭和50年4月総理府令第31号）を一部改良して分析した。

### 2 水稻栽培試験

浄水発生土を多量施用した水稻栽培試験は2006年から2008年の3年3作にわたり、当センターの環境・病害虫部の実験ほ場（細粒黄色土(造成相)、土性CL、造成後の1986年から20作水稻単作を継続）において1区70m<sup>2</sup>1連製の規模で実施した。浄水発生土は2006年1月13日に施用量を4水準（対照(0 kg/m<sup>2</sup>施用)、5kg/m<sup>2</sup>施用、10kg/m<sup>2</sup>施用、20kg/m<sup>2</sup>施用)設定し、水田に全層施用した。3カ年とも品種「キヌヒカリ」を栽培し、栽培概要は表1の通りである。

施肥は兵庫県北播地域の省力化体系で用いられている緩効性肥料であるLPSS特2号（窒素-リン酸-加里=14-14-14）を用いて、窒素7g/m<sup>2</sup>相当量を各区に基肥1回施用した。全区とも稲わらは全量還元した。生育調査は中庸な20株について、最高分げつ期前後と収穫期に実施し、収量調査は各区4m<sup>2</sup>刈りを行い、全重、ワラ重、精モミ重、くず米重、精玄米重、収量構成要素を調査した。検査等級は近畿農政局兵庫農政事務所に依頼して調査した。また、玄米の重金属等の濃度は酸分解後、カドミウム、

銅、亜鉛についてはICP発光分光分析法により、ヒ素濃度については水素化物発生ICP発光分光分析法により分析した。

### 3 作付跡土壌への影響

さらに、浄水発生土の多量施用が土壌の化学性に及ぼす影響を調査するため、3作終了後の2008年の作付跡土壌の全炭素（T-C）、全窒素（T-N）、pH、EC、交換性塩基、CEC、可給態リン酸、可給態ケイ酸及び可給態窒素を分析した。可給態リン酸はトルオーグ法により、可給態ケイ酸は湛水保温静置法とpH6.2リン酸緩衝液抽出法により分析した。可給態窒素は30℃湛水状態で4週間培養した後の無機態窒素から培養前土壌の無機態窒素を差し引いて求めた。

また、浄水発生土の多量施用が土壌の物理性に及ぼす影響を調査するため、3年間作付跡土壌の三相分布と孔隙分布を調査した。土壌水分吸引圧3.1kPa（pF1.5）のほ場含水量の測定には砂柱法を用いた。同様に土壌水分吸引圧49kPa（pF2.7）の測定は多容量土壌pF測定器を用いた。さらに、2007年の作付跡ほ場について0kg/m<sup>2</sup>施用区、10kg/m<sup>2</sup>施用区、20kg/m<sup>2</sup>施用区の飽和透水係数を変水位法により測定した。

## 結 果

### 1 浄水発生土の性質

供試した浄水発生土の化学性は表2、3の通りであった。浄水発生土の仮比重が0.95とマサ土より軽く、pHが6.9で、水田土壌の目標値よりやや高かった。また、マサ土や土壌の目標値と比べてT-CとT-Nが高かった。浄水発生土の可給態窒素や無機態窒素及びCaやMg以外の交換性塩基がマサ土より高かった。リン酸吸収係数が

表1 3年間の栽培概要

作付年	播種	移植	中干し	出穂	収穫
2006年	5月12日	6月5日	7月18日~8月3日	8月11日	9月21日
2007年	5月11日	6月5日	7月17日~8月1日	8月14日	9月25日
2008年	5月9日	6月2日	7月15日~7月24日	8月7日	9月30日

表2 供試浄水発生土の性質（その1）

試料	仮比重	T-C (%)	T-N (%)	pH(H <sub>2</sub> O)	EC (dSm <sup>-1</sup> )
浄水発生土	0.95	16.9	0.472	6.9	0.18
マサ土	1.50	0.0	0.011	6.8	0.01
土壌の目標値(水稻) <sup>9)</sup>		1.7~2.9		6.0~6.5	

表3 供試浄水発生土の性質(その2)

試料	交換性陽イオン (cmolc kg <sup>-1</sup> )				CEC (cmolc kg <sup>-1</sup> )	リン酸吸収係数 (g kg <sup>-1</sup> )	無機態窒素 (mg kg <sup>-1</sup> )	可給態 (mg kg <sup>-1</sup> )	
	Ca	Mg	K	Na				リン酸	窒素
浄水発生土	4.6	0.2	0.3	0.3	17.8	18.15	94	2	41
マサ土	6.2	0.9	0.0	0.2	4.1	1.89	ND*	170	ND*
土壌の目標値(水稲) <sup>9)</sup>	7.1~8.9	1.2~1.7	0.4~0.6		>12			100~300	

\*ND: 検出できず

表4 供試した浄水発生土の重金属等の濃度

試料	ヒ素	カドミウム	総水銀	ニッケル	クロム	鉛	銅	マンガン	亜鉛	0.1N-HCl カドミウム	0.1N-HCl ヒ素
浄水発生土	32	0.12	0.05	8.2	17	14	38	900	73	0.06	2.5
マサ土	1.3	0.04	<0.01	1.8	23	12	2	560	54	<0.05	0.08
参考基準	50	5* <sup>1</sup>	2* <sup>1</sup>	300* <sup>1</sup>	500* <sup>1</sup>	100* <sup>1</sup>			120* <sup>2</sup>		15* <sup>3</sup>
土壌の平均値* <sup>4</sup>	6	0.35	0.03	50	70	35	30	1000	90	0.286 <sup>18)</sup>	

\*<sup>1</sup> 下水汚泥肥料基準<sup>18)</sup> \*<sup>2</sup> 土壌管理基準<sup>3)</sup> \*<sup>3</sup> 農用地土壌汚染基準<sup>3)</sup>\*<sup>4</sup> 0.1N-HCl抽出のカドミウム以外はBowen<sup>6)</sup>のデータを引用\*単位 (mg kg<sup>-1</sup>)

18.15と非常に高く(マサ土1.89), 可給態リン酸が極端に低かった. 表4に重金属等の濃度を示した. クロム以外はマサ土より高かった. ヒ素, 水銀, 銅以外のカドミウム, ニッケル, クロム, 鉛, マンガン, 亜鉛は土壌の平均値を下回った. ヒ素, 水銀, 銅についても参考となる基準を大きく下回った. また, 1N塩酸抽出のヒ素濃度も土壌汚染防止法の基準を下回り, 0.1N塩酸抽出カドミウム濃度も日本土壌の平均値を下回った.

## 2 多量施用が水稲の生育・収量に及ぼす影響

表5, 表6に3年間の最高分けつ期と収穫期の生育調査結果を示した. 2006年の最高分けつ期の草丈は対照区より10kg/m<sup>2</sup>区で高く, 20kg/m<sup>2</sup>区で低かった. 2008年では対照区より浄水発生土施用区は低かった. 2007年は差が見られなかった. 茎数は2006年と2008年に10kg/m<sup>2</sup>区で多かった. 収穫期の稈長をみると2006年と2008年では20kg/m<sup>2</sup>区が対照区より低かった. 10kg/m<sup>2</sup>区では2007年に稈長, 穂長とも長かった. 穂数は2008年では20kg/m<sup>2</sup>が対照区より少なく, 2006年では10kg/m<sup>2</sup>区が対照区より多かった. 表7に示した3作の平均収量調査結果から,

精玄米重は5kg/m<sup>2</sup>施用区では1%, 10kg/m<sup>2</sup>施用区では6%増加したが, 20kg/m<sup>2</sup>施用区では増加が認められなかった. 精モミ重は, 10kg/m<sup>2</sup>区が最も重く対照区より6%増加した. ワラ重には区間差みられなかった. モミ/ワラ比は10kg/m<sup>2</sup>区が対照区より6%大きかった. しかし, 検査等級は10kg/m<sup>2</sup>区が他区より低かった. 収量構成要素を表7に示した. 一穂粒数は5kg/m<sup>2</sup>区が対照区より3%多かったが他区は1%少なかった. m<sup>2</sup>当たりの粒数は10kg/m<sup>2</sup>区が対照区より6%多かったが20kg/m<sup>2</sup>区は5%少なかった. 登熟歩合をみると, 10kg/m<sup>2</sup>区は対照区より有意に高く, 他の浄水発生土施用区も高くなる傾向が認められた. 千粒重についても対照区より浄水発生土施用区は約1%重くなる傾向が認められた. 3年間の収量を図1に示した. 初年は全体として高収量であったが, 20kg/m<sup>2</sup>区は対照区より2%程度の減収であった. 5kg/m<sup>2</sup>区では初年と2年目の収量は良好であったが3年目は最も低収量となった. 10kg/m<sup>2</sup>区は2年目と3年目は試験区の中で最も収量が多かった.

次に, 玄米の重金属等の濃度を表8に示した. カドミ

表5 多量施用田の水稲の生育(最高分けつ期)

試験区	2006/7/13		2007/7/12		2008/7/15	
	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )
対照(0kg/m <sup>2</sup> 施用)	66.1 a*	389 a*	64.5 a*	374 a*	69.8 a*	371 a*
5kg/m <sup>2</sup> 施用	67.5 a	388 a	63.2 a	362 a	66.6 b	382 a
10kg/m <sup>2</sup> 施用	71.5 b	521 b	65.3 a	422 a	67.6 b	456 b
20kg/m <sup>2</sup> 施用	61.8 c	404 a	65.0 a	407 a	63.5 c	389 a

\*各項目ごとに英文字が異なる場合は有意差がある(α=0.05 tukeyの方法による)

表6 多量施用田の水稻の生育（収穫期）

試験区	2006/9/14			2007/9/19			2006/9/14		
	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )
対照(0kg/m <sup>2</sup> 施用)	83.3 a※	17.7 a※	349 a※	83.8 ac※	18.5 a ※	367 a※	82.7 a※	18.6 a※	350 a ※
5 kg/m <sup>2</sup> 施用	83.6 a	17.1 a	358 a	86.6 ab	19.3 ab	349 a	80.5 a	18.0 a	347 ab
10kg/m <sup>2</sup> 施用	85.0 a	17.4 a	451 b	89.4 b	19.6 b	372 a	80.8 a	18.3 a	376 a
20kg/m <sup>2</sup> 施用	78.6 b	17.1 a	345 a	82.1 c	18.7 ab	359 a	76.6 b	18.1 a	309 b

※各項目ごとに英文が異なる場合は有意差がある（ $\alpha = 0.05$  tukeyの方法による）

表7 収量調査結果と収量構成要素（3作の平均）

試験区	全重 (g/m <sup>2</sup> )	ワラ重 (g/m <sup>2</sup> )	精モミ 重 (g/m <sup>2</sup> )	モミ/ワラ 比	くず 米重 (g/m <sup>2</sup> )	精玄 米重 (g/m <sup>2</sup> )	同左比 (%)	検査 等級 <sup>*1</sup>	収量構成要素			
									一穂 籾数	m <sup>2</sup> あたり 籾数 ×10 <sup>2</sup>	登熟歩 合(%)	千粒重 (g)
対照(0kg/m <sup>2</sup> 施用)	1490	688	691	100	17	555	100	5.3	84.4	289	86.4 <sup>*2</sup>	22.5
5 kg/m <sup>2</sup> 施用	1483	695	693	100	16	560	101	5.3	86.7	287	89.1	22.7
10kg/m <sup>2</sup> 施用	1540	693	730	106	20	587	106	6.0	83.9	305	90.7 <sup>*2</sup>	22.8
20kg/m <sup>2</sup> 施用	1470	687	685	100	13	554	100	5.3	83.9	274	91.4	22.8

※1 検査等級は近畿農政局兵庫農政事務所調べ10段階評価(1(1等上)~9(3等下)、10(等外))

※2 有意差( $\alpha=0.05$  対応のあるt検定)

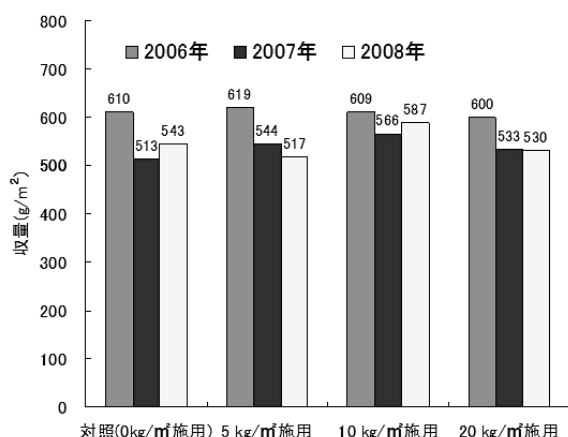


図1 浄水発生土多量施用田の3年間の収量(2006~2008)

図1 浄水発生土多量施用田の3年間の収量(2006~2008)

ウムについては2006年, 2007年は定量限界以下であり, 2008年も浄水発生土を多量施用した区に増加は認められなかった. 銅やヒ素も3年間とも施用量が増えるにつれて減少する傾向が認められた. 亜鉛は施用量との関係が明確ではなかった.

### 3 作付跡土壌への影響

表9に3年間作付けした後の土壌の化学性について示した. 対照区と比較すると, T-CやT-Nは施用量に応じて増加した. T-Cは20kg/m<sup>2</sup>区で対照区より26%増加し, T-Nは5%増加した. pHも施用量に応じて上昇する傾向が認められた. 逆に交換性K, Na, CECが施用量に応じて減少する傾向を示し, 20kg/m<sup>2</sup>区では対照区と比べて

表8 浄水発生土施用が玄米の重金属等の濃度に及ぼす影響

年度	試験区	Cd	Cu	Zn	As
2006年度	対照(0kg/m <sup>2</sup> 施用)	<0.06	2.5	30	0.18
	5 kg/m <sup>2</sup> 施用	<0.06	2.4	29	0.13
	10kg/m <sup>2</sup> 施用	<0.06	2.2	29	0.11
	20kg/m <sup>2</sup> 施用	<0.06	2.1	30	0.04
2007年度	対照(0kg/m <sup>2</sup> 施用)	<0.06	3.4	30	0.24
	5 kg/m <sup>2</sup> 施用	<0.06	3.1	30	0.21
	10kg/m <sup>2</sup> 施用	<0.06	2.9	30	0.18
	20kg/m <sup>2</sup> 施用	<0.06	2.9	33	0.15
2008年度	対照(0kg/m <sup>2</sup> 施用)	0.08	3.8	34	0.23
	5 kg/m <sup>2</sup> 施用	0.07	3.3	34	0.23
	10kg/m <sup>2</sup> 施用	0.07	3.0	36	0.21
	20kg/m <sup>2</sup> 施用	<0.06	2.8	36	0.18

※単位(mg kg<sup>-1</sup>(乾物当たり))

それぞれ23%, 40%, 12%減少した. 交換性Mgや可給態リン酸では5kg/m<sup>2</sup>では増加傾向であるが, 10kg/m<sup>2</sup>及び20kg/m<sup>2</sup>区で減少する傾向を示した. 可給態ケイ酸は湛水保温静置法による評価の場合は施用量が増えると低下する傾向を示し, 20kg/m<sup>2</sup>区では対照区より47%減少したが, リン酸緩衝液法による評価では増加する傾向を示し, 20kg/m<sup>2</sup>区では9%増加した. 各年度ごとに対照区土壌に対する可給態リン酸含量の比率を図2に示した. 可給態リン酸は対照区に対して5kg/m<sup>2</sup>では増加傾向を示しているが, 10kg/m<sup>2</sup>区ではほとんど増減がなく, 20kg/m<sup>2</sup>区では減少傾向を示した. 表10に水稻作付跡土壌の物理性について示した. ほ場容水量における三相分布は液相が施用量に応じて増加する傾向があった. また, 10kg/m<sup>2</sup>区以外では対照区と比べて孔隙率の増加に伴い重力水

表9 3年間水稲作付跡作土の化学性(2008)

試験区	T-C	T-N	pH	EC	交換性	陽イオン	(coml. kg <sup>-1</sup> )		CEC	塩基飽和度	可給態(mg kg <sup>-1</sup> )		
	(%)	(%)	(H <sub>2</sub> O)(dSm <sup>-1</sup> )	Ca	Mg	K	Na	(coml. kg <sup>-1</sup> )	(%)	リン酸	窒素	ケイ酸 <sup>1)</sup>	ケイ酸 <sup>2)</sup>
施用前年(2005)	1.58	0.166	5.3	4.5	3.27	0.71	0.26	0.15	10.8	40.3	55	72	68
対照(0kg/m <sup>2</sup> 施用)	1.60	0.147	5.3	3.7	3.32	0.68	0.26	0.05	9.4	45.8	74	107	77
5kg/m <sup>2</sup> 施用	1.65	0.145	5.5	3.1	3.39	0.69	0.24	0.05	9.0	48.5	85	104	57
10kg/m <sup>2</sup> 施用	1.81	0.150	5.7	3.3	3.28	0.67	0.23	0.04	8.7	48.4	68	105	51
20kg/m <sup>2</sup> 施用	2.00	0.154	5.9	2.4	3.31	0.58	0.20	0.03	8.3	49.5	55	103	41
水田の基準値	1.7~		6.0~		7.1~	1.2~	0.4~		12以上	70~90	100~		
	2.9		6.5		8.9	1.7	0.6				300		

※1:湛水保温静置法 ※2:pH6.2リン酸緩衝液抽出法

表10 浄水発生土施用が水稲作付跡土壌の三相分布に及ぼす影響

試験区	仮比重	ほ場容水量の三相分布(%)			孔隙率(%)	孔隙分布(%)			飽和透水係数(cm S <sup>-1</sup> )
		気相	液相	固相		重力水(0-3.1kPa)	易有効水分(3.1-49kPa)	難有効水分及び無効水(49kPa)	
対照(0kg/m <sup>2</sup> 施用)	1.33	8.5	41.6	49.9	50.1	8.5	5.8	35.7	3.8×10 <sup>-5</sup>
5kg/施用	1.29	8.7	42.3	49.1	50.9	8.7	6.0	36.2	—
10kg/施用	1.33	7.6	42.3	50.1	49.9	7.6	5.3	37.0	1.7×10 <sup>-5</sup>
20kg/施用	1.26	9.4	43.6	47.1	52.9	9.4	6.5	37.1	4.2×10 <sup>-5</sup>

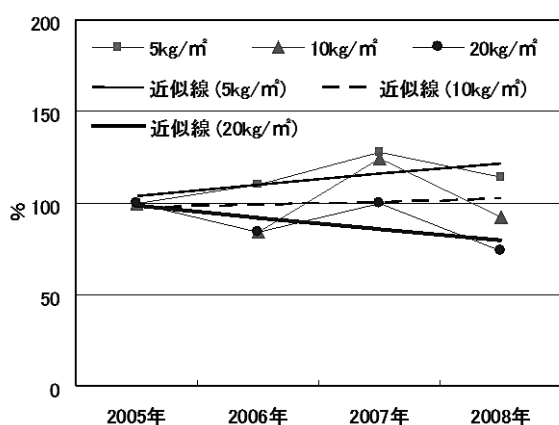


図2 対照区に対する各試験区の可給態リン酸の比率の推移

や易有効水分も増加した。難有効水分及び無効水についても施用量に応じて増加する傾向が認められた。飽和透水係数には差が見られなかった。

## 考 察

### 1. 浄水発生土の性質について

今回用いた浄水発生土は、これまで報告のある<sup>2, 13)</sup>ものと同様の性質を有する。異なる点ではT-Cが高いことであるが、これは浄水処理時に活性炭を添加していること由来していると考えられる。仮比重も土の理想値である0.97~1.0<sup>15)</sup>と変わらず、化学性もT-Cが高いという性質を除けば農用地土壌の範囲内である<sup>8)</sup>ので、資材として利用するよりも土の代替的な利用が適当と考えられた。浄水発生土としての特性を考えると、今回施用した

浄水発生土は、リン酸吸収係数が比較的低い<sup>2)</sup>。これは使用したアルミ系凝集剤の影響を受ける<sup>16)</sup>ため、浄水発生土中の凝集剤の割合が小さいことに由来すると考えられる。T-Cが一般的な浄水発生土より高いことから活性炭の使用量が多く、相対的にこれらの割合が減っていると考えられる。また、一般的に浄水発生土は重金属が高い場合もある<sup>2)</sup>が、今回供試した浄水発生土は重金属濃度が低いものであると考えられ、土壌の平均値<sup>6, 19)</sup>や重金属等の各種の参考となる基準<sup>3, 17, 18)</sup>を下回るため、農地に施用することへの問題は少ないと考えられた。また、マンガン含有量が高い浄水発生土も多く、しばしば農業利用上問題となる<sup>5, 11)</sup>。しかし、今回の浄水発生土はマンガン濃度は低く、さらに水稲はマンガン過剰に強い<sup>7)</sup>ため、問題はないと考えられた。なお、兵庫県下の平均的な土壌と比べればリン酸吸収係数が高く可給態リン酸も低い<sup>10)</sup>ので、実際に施用する場合は焙りん等のリン酸質肥料を同時に施用することが望ましい<sup>9)</sup>と考えられた。

### 2 浄水発生土の多量施用が水稲、水田に及ぼす影響

表7から水稲収量の3作の平均は10kg/m<sup>2</sup>施用区が最も高く、次いで5kg/m<sup>2</sup>施用区も増収傾向であり、20t/10a区は対照区と同等であった。しかし、表5, 6の通り20kg/m<sup>2</sup>区は最高分げつ期の草丈や収穫期の稈長が低い場合や最高分げつ期の茎数や収穫期の穂数が対照区より少ない場合があった。別の報告<sup>16)</sup>ではリン酸増肥を行っても生育が低下するため20kg/m<sup>2</sup>を限界施用量としているが、リン酸施肥を中心とした施肥改善を行わない今回のような通常栽培の場合、浄水発生土の施用量は10kg/m<sup>2</sup>程度

までが望ましいと考えられた。5kg/m<sup>2</sup>施用区及び10kg/m<sup>2</sup>施用区における収量の増加傾向は登熟歩合の向上による効果であると考えられる。浄水発生土のリン酸吸着能がイネの生育及び収量に負の影響を及ぼす<sup>4, 11, 16)</sup>可能性があるが、本研究では最も影響が現れやすいと考えられる表5及び表6の2006年の生育でも5kg/m<sup>2</sup>、10kg/m<sup>2</sup>施用区では生育の低下はみられなかった。その理由として、表8及び図2に示す通り土壤の可給態リン酸の減少はそれほど顕著ではなく、さらに可給態リン酸の低下による減収は水稻では少ない<sup>14)</sup>ことが原因と考えられる。また、リン酸欠乏が収量へ及ぼす影響として穂数への影響が大きい<sup>17)</sup>という報告がある。今回の施用量では表5のとおり2008年度の20kg/m<sup>2</sup>施用区を除いて穂数への負の影響はみられないため、5kg/m<sup>2</sup>及び10kg/m<sup>2</sup>施用区ではリン酸欠乏の可能性は少ないことが示唆された。よって、可給態リン酸の低下の影響よりも、対照区に対する土壤のT-C及びT-Nの増加やpHの上昇は、堆肥施用と同様<sup>1)</sup>に、土壤の化学性を改善し、その効果により水稻の生育向上、特に生育後半の樹勢維持につながり、登熟歩合が向上し、増収効果が表れたと考えられた。

また、表9に示したように土壤物理性への影響も大きく、浄水発生土10kg/m<sup>2</sup>以外の施用では固相率が減少して孔隙率が増加し、液相率が増加した。施用した浄水発生土の粒径が20mm以下という比較的大きいものが含まれていたことが孔隙率の増加につながった可能性がある。

しかし、浄水発生土の施用土壤の孔隙率増加にかかわらず、飽和透水係数が低下したという報告もあるが<sup>16)</sup>、今回は元の土壤の透水性が悪いため、飽和透水係数に差が認められない結果となった。浄水発生土の多量施用が透水性に悪影響を及ぼさないことは水田では重要であると考えられた。

なお、浄水発生土の施用量と可給態ケイ酸の関係は分析法により異なっているが、今後浄水発生土を施用した土壤中可給態ケイ酸含量を評価するために適当な分析法についても検討する必要があることが示唆された。

## 謝 辞

本研究の実施に際し、神出浄水場並びに企業庁水道課の関係者各位に多大な御協力をいただいた。厚くお礼申し上げます。

## 引用文献

(1) 青山喜典・津高寿和 (2003)：稲わらを還元した水田における、堆肥と肥料の適正施用量：近畿中国四国農研2：7-12

- (2) 麻生昇平・麻生末雄 (1990)：我が国における浄水処理ケーキの種類と理化学性：土肥誌61(6)：661-667
- (3) 浅見輝男 (2010)：データで示す日本土壌の有害金属汚染 (㈱アグネ技術センター)：124-133
- (4) 長谷川和久 (1995)：稲箱育苗土に浄水場浄水分離土壌を使う際のリン酸固定能力を具体的に下げる方法について：土肥誌66(6)：683-685
- (5) 日野和裕・辻博美 (1993)：府下で発生する浄水ケーキの農業利用(1) 理化学的特性及び育苗用培土としての利用可能性：大阪農セ研報29：7-13
- (6) H.J.M.Bowen 浅見輝男訳 茅野充男訳 (1983)：環境無機化学-元素還元と生化学- (博友社)：67-70
- (7) 堀口毅 (1987)：培養液および植物体中の過剰マンガンに対する耐性の種間差異：土肥誌58(6)：708-712
- (8) 兵庫県 (1978)：地力保全基本調査総合成績書 (兵庫県)：90-291
- (9) 兵庫県 (2003)：環境負荷軽減に配慮した各種作物の施肥基準 (兵庫県) 4-67
- (10) 兵庫県農業総合センター (1987)：兵庫県下に分布する水田土壌の種類と特徴 (兵庫県農業総合センター)：26-86
- (11) 鬼頭誠：浄水ケーキの水稻育苗培土としての利用可能性(1997)：土肥誌68(2)：163-166
- (12) 鬼頭誠：浄水ケーキ施用土壌におけるダイズおよびセソバニアの生育 (1999)：土肥誌70(6) 799-803
- (13) 中野直・西田悦造・山部十三生・児玉幸弘 (1988)：浄水ケーキの農業利用に関する研究：三重農技セ研報 16：21-31
- (14) 小河甲・桑名健夫・牛尾昭浩・清水克彦・牧浩之・吉倉惇一郎・渡辺和彦 (2004)：稲わら堆肥および肥料三要素の長期間 (50年) 連用が水稻・麦の収量に及ぼす影響：近畿中国四国農研 5：3-9
- (15) 武田健 (2002)：新しい土壌診断と施肥設計 (農文協) 32-37
- (16) 山本洋久・斉藤晃・安田輝久雄・織田秀晴・丸山武雄 (1987)：浄水汚泥の農業利用に関する研究：石川農試研報15：1-97
- (17) 米川和範・今野均・菅原慶子・林久喜・坂井直樹 (2001)：黒ボク土における水稻の収量に及ぼす連用施肥の影響：筑波大農林研報 14：7-18
- (18) 財団法人農林統計協会 (2001)：ポケット肥料要覧 2001 (財団法人農林統計協会) 293
- (19) 財団法人日本土壌協会 (2000)：平成11年度土壌環境管理対策推進事業 農用地のカドミウム文献検索に関する報告書 (財団法人日本土壌協会) 9-10