

6. 汚泥肥料

1) 汚泥肥料の概説

汚泥とは汚水等の処理後に残る泥状のものおよび各種製造業の工程において生ずる泥状のもので、有機性および無機性のものの総称である。具体的には下水汚泥、し尿汚泥、製紙スラッジ、砕石スラッジ、ガラス研磨かすなどがある。汚泥は、滋賀県の産業廃棄物総排出量の約半分を占めており、今後一層の減量化、資源化を進める必要がある。

汚泥を肥料として農地へ利用することには2つの意義がある。

社会的な意義として、廃棄物の減量化、有効利用を推進することによる環境への配慮、またそれらを通じた環境問題に対する教育的効果が考えられる。

農用地に対しては、有機物あるいは肥料成分の身近な供給源として、また量的な確保先として活用することができる。特にリン鉱石が世界的に減少する中、リン酸成分を供給できる意義は大きい。しかし、肥料として農地に受け入れる以上、一定の品質条件が必要であることはいうまでもない。

表IV-6-1 滋賀県の流域下水道汚泥の処理状況(平成12年度) < t/年 >

埋立処分	コンポスト	熔融スラグ		
		発生量	埋め戻し材	コンクリート2次製品
7, 6 9 7	9, 7 3 2	6, 2 1 9	3, 9 1 9	3, 4 3 7

(平成13年度滋賀県の下水道より)

表IV-6-2 滋賀県内の処理施設による汚泥処理量(平成9年度) < t/年 >

脱水	乾燥	焼却	その他	計
1, 6 5 6, 5 5 1	2 4, 1 3 1	6 3, 5 0 6	3, 2 1 6	1, 7 4 7, 4 0 4

(平成11年度滋賀県の廃棄物より)

表IV-6-3

含有を許される有害成分の最大量

項目	基準値 (mg/l)
ヒ素	5 0
カドミウム	5
水銀	2
ニッケル	3 0 0
クロム	5 0 0
鉛	1 0 0

平成12年の肥料取締法の改正で、汚泥肥料は特殊肥料から普通肥料に移行し、この中で、汚泥肥料は8種類に分類された。また、含有の許される有害成分の最大量については、従来の特殊肥料の告示基準であるヒ素、カドミウム、水銀の他、6種類の汚泥肥料(表IV-6-4 ①～⑥)については、ニッケル、クロム、鉛が加えられた(表IV-6-3)。

表IV-6-4 汚泥肥料の分類

肥料の種類	概要
①下水汚泥肥料	下水道終末処理場の汚泥や、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの
②し尿汚泥肥料	し尿処理施設の汚泥、集落排水処理施設の汚泥、浄化槽汚泥や、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの し尿、家畜及び家さんのふん尿に凝集剤または脱臭剤を使用したものや、これに動物質又は動物質の原料を混合したもの
③工業汚泥肥料	工場等の排水処理施設の汚泥や、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの
④混合汚泥肥料	①、②、③を混合したものや、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの
⑤焼成汚泥肥料	①、②、③、④を焼成したもの
⑥汚泥発酵肥料	①、②、③、④を腐熟させたものや、これに植物質又は動物質の原料を混合したもの
⑦水産副産物発酵肥料	魚廃物に植物質又は動物質の原料を混合し、腐熟させたもの
⑧硫黄及びその化合物	

2) 汚泥の特徴

(1) 汚泥の成分

汚泥の成分組成の例を表IV-6-5に示した。どの成分においても、汚泥の種類および処理法により広い変動幅を示すが、肥料三要素の中では窒素、リン酸含量が高く、カリウムの含量が低いのが特徴といえる。鉄、石灰、アルミニウムの含有量およびpHについては、汚泥を固形化する際に添加する凝集剤の種類と添加量によって大きく変動する。

表IV-6-5 乾燥活性汚泥の成分組成 (乾物%)

成分	範囲	平均	成分	範囲	平均
灰分	9.33~55.95	23.28	Na ₂ O	0.11~ 2.46	0.45
N	3.48~11.41	7.29	Fe ₂ O ₃	0.35~15.10	4.67
P ₂ O ₅	1.70~ 8.62	4.45	Al ₂ O ₃	0.11~ 7.97	1.51
K ₂ O	0.05~ 2.06	0.65	SiO ₂	0.72~32.77	9.32
CaO	0.23~ 3.35	0.86	C/N	3.6~ 6.8	5.1
MgO	0.26~ 3.14	0.61			

(栗原、1978)

汚泥中の重金属含有量を表IV-6-6に示した。カドミウム、ヒ素、水銀に関しては、前記の基準値を下回るだけでなく、できるだけ低い値に収まるのが望まれるが、表中のその他の重金属類については自然界にもある程度存在し、適正範囲内の濃度に収まっていることが大切である。

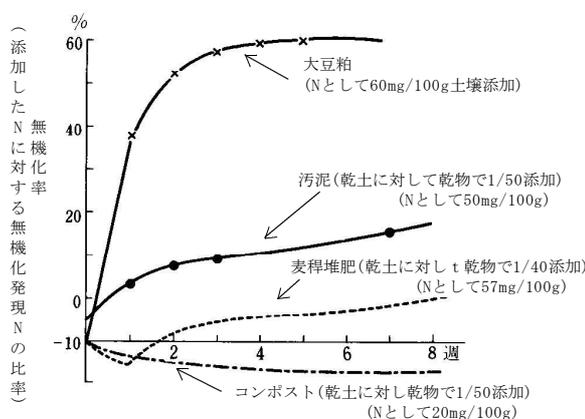
表IV-6-6 下水汚泥とし尿汚泥の重金属含有量 (乾物mg/kg)

成分	下水汚泥			し尿汚泥		
	試料数	範囲	平均	試料数	範囲	平均
カドミウム	30	0.8 ~ 5.16	2.15	56	0.6 ~ 6.3	2.43
ヒ素	30	0.04~ 3.5	1.39	57	0.14~ 2.7	1.23
水銀	32	0.05~ 41.3	6.69	56	0.5 ~ 17.5	4.24
銅	31	37.4 ~ 463.2	211.8	57	44.8 ~ 291.8	139.3
亜鉛	32	159.0 ~3196.9	1250.1	57	340.0 ~1990	847.8
鉛	32	1.96~ 128.0	51.75	57	0.76~ 80.4	15.7
ニッケル	32	6.7 ~ 157.0	39.4	57	6.0 ~ 79.4	22.9
クロム	32	10.0 ~ 263.5	48.85	56	5.0 ~ 60.8	22.1

(下水汚泥の農地・緑地利用マニュアル：下水汚泥資源利用協議会 1996)

(2) 土壌中での分解特性

窒素の無機化率についてみると、図IV-6-1に示すとおり、汚泥（炭素率13程度）は大豆粕には及ばないものの、コンポスト（同25~30）や麦稈（同21）に比べ初期の段階から無機化されやすいため、一般のたい肥と同量を施用すると、過剰障害を招く危険性があるので注意する。



図IV-6-1 土壌中におけるNの無機化(高橋、1978)

3) 汚泥の施用効果および施用上の留意点

汚泥の施用効果は、その成分および分解特性から、主に窒素およびリン酸の肥効と石灰の供給効果であり、土壌によっても異なるが、一般にたい肥のような広範な土壌改良効果は少ないと考えられる。このため、汚泥の施用効果を高めるためには、含有量の低い成分（カリウム等）を他の肥料で補ったり、わらや刎がら等の有機物を加えたい肥化することも有効な手段といえる。また、石灰含量の多い汚泥は土壌pHを上昇させるため、特に連用した場合などは、減収の原因となっている事例もあるので注意する必要がある。

表IV-6-7に滋賀県内の石灰添加乾燥下水汚泥を各作物に施用した試験結果を示す。また、下水汚泥の施用量について、各種作物の窒素要求量の程度から、土木学会（1972）がとりまとめた数値を表IV-6-8に示す。

表IV-6-7 汚泥施用区の収量指数 (滋賀農試 1984~1985)

作物	植壤土			砂土		
	2 t	4 t	6 t	2 t	4 t	6 t
水稲	113	120	116	108	96	104
コマツナ	140	150	140	127	136	140
キャベツ	102	92	79	53	78	96

汚泥の性質（3作の平均値）

水分：18.2%
 T-N：2.55%
 T-P：2.10%
 T-K：0.31%

化学肥料施用区を100とした指数。汚泥施用量は10a当たり。

水稲では2 t以上施用すると窒素過多になるので、1 t程度が限界と考えられ、根菜類の場合は、多量施用で発芽障害、裂根、岐根等の発生する恐れがあるので注意を要する。また、N要求量の多い葉菜類等については、汚泥の施用量に比例して収量も多くなり、施用限界は、他の作物に比べて高いところにあると思われる。

表IV-6-8 作物の区分と推定される下水汚泥施用の適量

作物		N施肥量 (kgN/10a)	汚泥施用の適量 (乾物kg/10a)	
区分	種類		単年施用 の場合	連用する 場合
N要求量 小の作物	イネ サツマイモ、 豆類など	10	400	200~300
		10	1,000	500
N要求量 中の作物	麦類、多くの 根菜類、ジャ ガイモなど	10~20	1,550	800
N要求量 大の作物	多くの葉菜 類、果菜類、 飼料作物など	20~30 または30>	2,500	1,000

(土木学会 1972)

また、汚泥の施用にあたっては、連用による土壌中の石灰集積、pH上昇、そして重金属の集積についても考慮する必要があり、重金属の土壌中での残留性および作物による吸収性等を考慮した施用適量を表IV-6-9に示した。

表IV-6-9 汚泥あるいは汚泥コンポストの作物別施用適量試案

作物	土壌型	汚泥の種類	石灰含量 CaO(%)	重金属含量(mg/kg)		適量(乾物)(kg/10a)	
				Cu	Zn	単年	連用
水稲 サツマイ	灰色低地土 厚層多腐植質 黒ボク土	高分子系凝集剤、コンポスト	—	100-200	800前後	—	250
		石灰系凝集剤、コンポスト	20前後	110-140	500-710	—	500
ハクサイ	黄色土	下水生汚泥	平均13	100-200	平均850	2000	—

(有機性汚泥の環境保全的評価及び農林業への利用に関する研究 農林水産技術会議 1989)

4) 土壌化学性の変化

汚泥を毎年2~6 t粘質、砂質土壌に施用した場合、土壌中塩基含量(三作後)のうち、置換性カルシウムとマグネシウムの増加とカリウムの減少が認められた(表IV-6-10)。

表IV-6-10 汚泥連用と土壌中塩基含量 (me/乾土 100g)

試験区	CEC	置換性塩基				同左 合計	汚泥の種類 石灰添加乾燥下水汚泥 汚泥の性質(三作の平均値) 水分: 18.2% T-N: 2.55% T-P: 2.10% T-K: 0.31% 汚泥施用来歴 1回目: 1984.5 2回目: 1985.4 3回目: 1985.8 共試作物 1984.5 ~ .10: 水稲 1985.4 ~ .5: コマツナ .7 ~ .8: コマツナ .8 ~ .11: キャベツ
		Ca	Mg	K	Na		
CL 対照	20.2	21.0	0.99	1.02	0.50	23.5	
" 2 t	20.0	28.4	1.02	0.58	0.48	30.5	
" 4 t	18.8	32.4	1.15	0.65	0.59	34.8	
" 6 t	19.0	39.9	1.37	0.57	0.48	42.3	
LS 対照	7.4	3.0	0.33	0.51	0.61	4.4	
" 2 t	9.2	11.0	0.48	0.24	0.41	12.1	
" 4 t	10.0	22.4	0.79	0.24	0.43	23.9	
" 6 t	9.9	26.9	0.90	0.34	0.54	28.7	

(滋賀農試 1986)

また、汚泥の施用による土壌中重金属の変化を表IV-6-11に示す。土壌中の亜鉛、カドミウム、銅の集積が認められ、汚泥1 t /10aの施用で、1年で亜鉛4~5ppm、銅1~2ppm、カドミウム0.01ppm上昇し、亜鉛と銅は砂土に比べ植壤土で集積しやすい傾向を示した。また、汚泥中の亜鉛の75%が土壌に残留した。

表IV-6-11 汚泥施用と土壌重金属 (ppm、乾土当)

試験区	1回目施用			2回目施用		3回目施用			汚泥の種類 石灰添加乾燥下水汚泥 汚泥の性質(三作の平均値) 水分: 18.2% T-N: 2.55% T-P: 2.10% T-K: 0.31% 汚泥施用来歴 1回目: 1984.5 2回目: 1985.4 3回目: 1985.8 共試作物 1984.5 ~ .10: 水稲 1985.4 ~ .5: コマツナ .7 ~ .8: コマツナ .8 ~ .11: キャベツ
	Z n	C u	C d	Z n	C u	Z n	C u	C d	
CL 対照	81	34	0.18	88	30	85	30	0.17	
" 2 t	104	44	0.22	110	42	122	46	0.28	
" 4 t	126	53	0.28	138	49	148	54	0.33	
" 6 t	128	52	0.32	145	51	166	59	0.39	
LS 対照	34	16	0.10	42	12	38	10	0.10	
" 2 t	42	17	0.14	50	15	62	17	0.14	
" 4 t	50	18	0.19	60	17	88	24	0.24	
" 6 t	60	20	0.20	80	21	130	36	0.33	

(滋賀農試1986)

(参考)

環境庁では、「汚泥などの利用による農用地の土壌中重金属等の蓄積防止に係る管理基準」(昭和59年11月、環境庁水質保全局長通達)の中で、暫定的に全亜鉛120ppmと設定している。

農用地における土壌中の重金属の蓄積防止に係る管理基準

(昭和59年11月8日付け 環境庁水質保全局長)

近年、農用地における地力の増進及び資源の有効利用の観点から有機性副産物を再生し、原料として資材(再生有機質資材)を連用することにより重金属などが土壌中に蓄積して作物の生育に影響を生ずることが懸念される。

このため再生有機質資材の農用地における適切な使用を図り、土壌中の重金属などの蓄積防止に係わる管理基準(管理指標及び管理基準値)が暫定的に定められた。この管理基準は汚泥土壌の除去などの対策を行うための基準とは異なり、今後の知見の集積によっては見直しなどの行うこととしている。

農用地における土壌中の重金属などの蓄積防止にかかわる管理指標は、亜鉛の含有量とし、その管理基準値は土壌(乾土)1キログラムにつき亜鉛120ミリグラムとする。