

農業集落排水汚泥の施用効果と土壌への重金属の蓄積

三浦吉則・尾形 正*・半澤勝拓**・野木照修

(福島県農業総合センター・*福島県農業総合センター果樹研究所・**福島県農林水産部)

Accumulation of Heavy Metals by Successive Application of Agricultural Wastewater Treatment Sludge
in Upland Soils

Yoshinori MIURA, Tadashi OGATA*, Katsuhiko HANZAWA** and Teruo NOGI

(Fukushima Agricultural Technology Centre, *Fruit Tree Research Centre, Fukushima Agricultural Technology
Centre, **Fukushima Prefecture Agriculture, Forestry & Fishery Department)

1 はじめに

農業集落排水処理施設から産出される汚泥は、農業の物質循環機能を活かす観点から、農耕地へ施用し地域内循環を図ることが進められている。そこで、農業集落排水汚泥の成分特性を明らかにするとともに、汚泥の肥料の効果と重金属の収支を明らかにする。

2 試験方法

(1) 試験場所：福島県農業試験場内精密ほ場

(2) 土壌条件：花崗岩土壌（花崗岩質褐色森林土、土性SCL）、黒ボク土壌（厚層黒ボク土下層土、土性CL）

(3) 作付け体系：年2作

夏作：ソルガム、播種時期：4月下旬、収穫時期：7月下旬

秋作：ハクサイ（空海65）播種時期：9月上旬、収穫時期：12月上旬

(4) 処理区の構成及び耕種概要

ア 試験規模：ライシメートル、1区2.25m²（1.5m×1.5m）1連制

イ 処理区の構成：表1のとおり

表1 処理区の構成と化学肥料・汚泥施用量

土 壤	処理区	施 用 量 (g/m ²)			汚泥 (乾物)
		化学肥料			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
花崗岩	対 照	20.0	12.5	17.5	0
	汚 泥	20.0	12.5	17.5	500
	汚泥倍量	20.0	12.5	17.5	1,000
黒ボク	対 照	20.0	12.5	17.5	0
	汚 泥	20.0	12.5	17.5	500
	汚泥倍量	20.0	12.5	17.5	1,000

注) 汚泥は脱水汚泥

ウ 試験実施年：1997年（ハクサイ）から2000年（ハクサイ）まで7作実施。

(5) 重金属分析法

作物体：湿式灰化－MIBK－原子吸光法

浸透水：濃縮－湿式灰化－MIBK－原子吸光法

浸透水は、深度1mの採水口に採水袋を付け半月ごとに水量と分析用の採水を実施。

土壌：硫酸湿式分解－原子吸光法

(6) 供試した農業集落排水汚泥中の成分

表2に福島県内14点及び供試した農業集落排水汚泥中の成分を示した。供試した農業集落排水汚泥は、県内14点の平均値と比較し、水分は低く、亜鉛が高かったが、ほぼ本県の平均的な成分含量であった。

3 試験結果及び考察

(1) 汚泥施用による作物の収量と窒素吸収量

ア ハクサイ

収穫量については、両土壌において試験初年目は対照区と比較して汚泥施用区で低い傾向であったが、2年目以降、汚泥を施用した区で高くなる傾向がみられた（図1）。

窒素吸収量については、汚泥連用によって高まる傾向がみられた（図1）。また、土壌間では黒ボク土壌で処理区間差がみられなかったものの、花崗岩土壌では2年目以降、汚泥の施用量に伴って吸収量が増加する傾向がみられた。

イ ソルガム

収穫量については、対照区と比較して両土壌において、汚泥の施用量が増すにしたがい高くなる傾向がみられた。窒素吸収量については、収穫量と同様に汚泥の施用量が増すにしたがって増加する傾向がみられた。

(2) 汚泥施用による土壌の窒素と重金属含有量の変化

ア 全窒素

土壌中の全窒素は、5作後では汚泥の施用量が多い区ほど高まる傾向がみられた（表3）。また、土壌間では、黒ボク土壌の方が花崗岩土壌に比べて増加率が高い傾向であった。

イ 重金属

カドミウム、銅、亜鉛は7作後において汚泥の施用量が増すにしたがい高まる傾向がみられた（表3）。ま

た、土壌間では、黒ボク土壌の方が花崗岩土壌に比べて増加率が高い傾向であった。

黒ボク土壌では汚泥倍量(乾物で10aあたり1 t 相当)を7回施用することで、管理基準である全亜鉛120mg/kgを超えた。

(3)汚泥に含まれる重金属の収支

汚泥倍量を6回施用した場合の土壌に負荷された重金属量に対して、ソルガムやハクサイに吸収された重金属量や浸透水による重金属の溶脱量の割合は、それぞれ0.1～14.7%、0.1%以下と低いことから、土壌に施用された汚泥由来の重金属のほとんどは土壌に蓄積することが明らかになった（表4）。

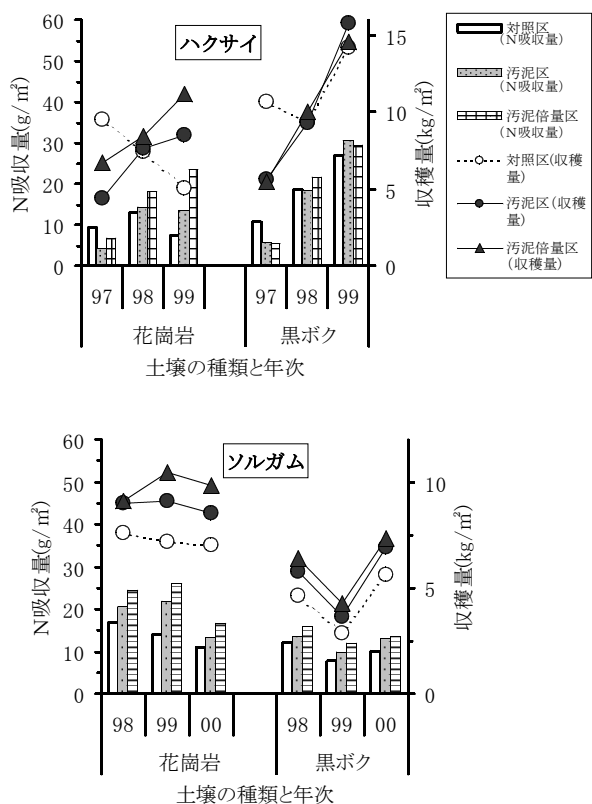


図1 汚泥施用によるハクサイ及びソルガムの収穫量と窒素吸収量

4 まとめ

本県のほぼ平均的な成分特性を持つ農業集落排水汚泥を用い、ハクサイやソルガムへの施用効果と土壌への重金属の集積効果について検討を行った。農業集落排水汚泥の連用により土壌の全窒素の増加が認められ、ハクサイやソルガムについては概ね農業集落排水汚泥の連用により収穫量が増し、併せて窒素吸収量の増加がみられた。施用された農業集落排水汚泥由来重金属量のうち、作物に吸収された重金属量は0.1～14.7%、浸透水による重金属の溶脱量は0.1%以下で僅かであり、7作後の土壌の重金属含有量からも汚泥由来の重金属のほとんどは土壌に蓄積することが明らかになった。

表2 福島県内の14点及び供試した農業集落排水汚泥中の成分

調査項目	水分 (%)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	C/N比	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Cd (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
成分傾向											
平均値	97.4	38.1	5.3	7.3	5.4	0.24	2.3	0.5	2.5	474	906
最高値	99.4	47.4	6.8	9.6	8.0	0.55	3.9	0.8	4.5	839	1,353
最低値	95.2	31.2	3.8	5.8	3.4	0.05	0.8	0.1	1.5	278	384
標準偏差	1.3	4.3	0.9	1.1	1.3	0.10	0.9	0.2	0.9	180	312
供試汚泥	79.7	31.2	4.0	7.7	6.9	0.18	0.9	0.2	2.6	386	1,298

注) 分析値は乾物あたりで表示。
供試汚泥は本試験に供試した汚泥の平均値

表3 汚泥施用による土壌の窒素と重金属含有量の変化

土壌	汚泥施用量 (乾物: g/m ²)	全窒素 (%)		銅 (mg/kg)		亜鉛 (mg/kg)	
		試験前	5作後	試験前	7作後	試験前	7作後
花崗岩	0	0.03	0.03	0.05	0.05	8.6	7.1
	500	0.03	0.04	0.05	0.08	9.6	14.9
	1,000	0.03	0.05	0.06	0.10	9.2	19.9
黒ボク	0	0.09	0.08	0.09	0.10	35.4	34.3
	500	0.09	0.11	0.07	0.11	36.3	43.6
	1,000	0.09	0.16	0.07	0.15	35.7	49.8

注) 試験前: 1997年7月、5作後: 1999年12月、7作後: 2000年12月採取

表4 汚泥に含まれる重金属の収支

重金属	土壌	重金属負荷量 a (mg/m ²)	作物吸収量 (mg/m ²)		浸透水 d (mg/m ²)	土壌 a-(b+c+d) (mg/m ²)
			ソルガム b	ハクサイ c		
ガドミウム	花崗岩	15	2.2 (14.7%)	0.2 (1.3%)	<0.1 (<0.1%)	13 (84%)
	黒ボク	15	1.3 (8.7%)	0.1 (0.7%)	<0.1 (<0.1%)	14 (91%)
銅	花崗岩	2,344	18.7 (0.8%)	4.4 (0.2%)	2.2 (<0.1%)	2,319 (99%)
	黒ボク	2,344	10.9 (0.5%)	1.5 (0.1%)	-0.3 (<0.1%)	2,332 (99%)
亜鉛	花崗岩	7,100	286 (4.0%)	96 (1.4%)	10 (<0.1%)	6,708 (94%)
	黒ボク	7,100	37 (0.5%)	21 (0.3%)	3 (<0.1%)	7,039 (99%)

注) 汚泥乾物1kg/m²、6作計
作物吸収や浸透水の収支評価は対照区ー汚泥倍量区の差引き法
() 内は各重金属負荷量aを100とした割合%
浸透水は深さ70cmの浸透水で1997年9月から2000年9月まで採水
作物吸収量はハクサイ3作、ソルガム3作分