

# 下水汚泥連用による作物の収量と重金属の挙動について

## 1. 試験のねらい

近年、産業活動や都市化の進展に伴ってこれらの廃水が増加する一方、水質汚濁防止対策等が強化されたことによって、汚泥の発生量が増加している。このため、資源の有効利用を目的として、汚泥を農用地等へ還元する動きが活発化している。しかし、汚泥に含まれる重金属等有害物質によって土壤が汚染される懸念がある。そこで、普通畑において下水汚泥の連用による重金属の土壤蓄積と作物への移行性を把握するため、昭和55年～60年の6年間検討した。

## 2. 試験方法

試験地は農試場内畑ほ場で、土壤は表層多腐植質黒ボク土（七本桜統）である。試験規模は、1区1.44㎡のわく試験で実施した。供試汚泥は、宇都宮市下水処理場の脱水汚泥1、おがくず1.5、還流物0.5の割合（容積比）で混合しコンポスト化したものである。供試汚泥の重金属濃度は、乾物中濃度でT-Zn 566～1650ppm, T-Cu 146～410ppm, T-Cd 0.76～5.00ppmである。

試験区は、汚泥無施用区を対照に下水汚泥（乾物）を10a当り換算で、毎年夏秋作時に0.5t, 1.5t, 3.0t施用する区と、下水汚泥を3.0t施用し土壤のPHを6.5維持を目標として重金属の吸収を抑制するねらいの区を設け、2連制で実施した。汚泥は作土15cmに均一に施用した。施肥量は各区とも同量とし、窒素は硫安、りん酸は過石、加里は硫加を用いた。供試作物は、夏秋作にこまつな2作、ほうれんそう4作、冬作に小麦6作を作付した。

## 3. 試験結果及び考察

作物の6カ年平均の収量指数を図-1に示した。こまつな及びほうれんそうの収量は、下水汚泥0.5t施用区では差はみられなかったが、1.5t施用区で12%、3.0t施用区で33%の収量増がみられた。小麦の収量は、下水汚泥0.5t施用及び1.5t施用区では5%、3.0t施用区で32%の収量増がみられた。

これらの結果より、こまつな、ほうれんそう及び小麦の収量に及ばず下水汚泥の連用効果は、汚泥施用量を増施するほど増収することから、汚泥の肥効の高いことが明らかであった。

作物の6カ年平均の重金属含量指数を図-2に示した。小麦の亜鉛含量はわら・子実とも汚泥施用量の増施により高くなる傾向であった。カドミウム含量は、子実では汚泥増施により高

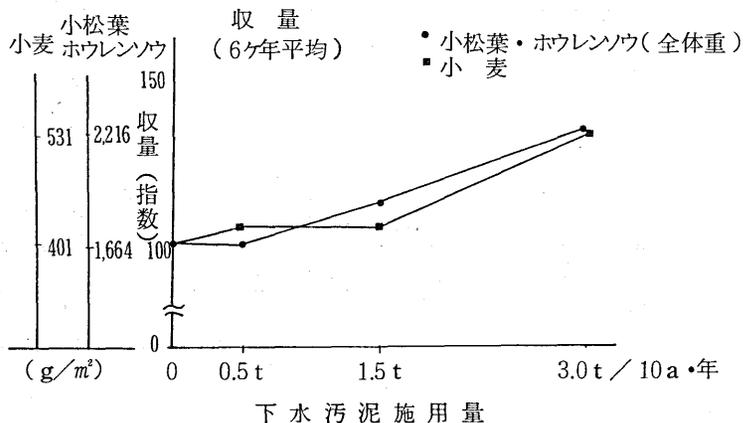


図-1 作物の収量指数（無施用区の6カ年平均を100として計算）

くなったが、わらでは差はなかった。銅含量は汚泥施用によりわらでは20~40%程度増加し、子実でも増加したが施用量間の差は判然としなかった。ほうれんそうの重金属含量のうち、亜鉛含量は汚泥の増施により明らかに高まった(45~136%増)。

下水汚泥6回連用後の跡地土壌の全重金属含量を表層(0~10cm)、次層(10~20cm)、III層(20~30cm)、IV層(30~40cm)の深さ別に調査した(図-3)。カドミウム濃度は、下水汚泥の連用より表層、次層ともに高くなった。銅濃度は、汚泥1.5t~3.0t連用により表層で高くなり、3.0t連用区は次層以下も高くなった。亜鉛濃度は、下水汚泥連用により高まり、層位別では表層が最も高く次いで次層が高くなった。しかし、III、IV層への溶脱はあまり認められなかった。

下水汚泥3.0t施用区における土壌の反応(pH)の差による比較を表-1に示した。土壌pHを調整した区では、ほうれんそうのカドミウムと亜鉛の含量が若干低下する傾向であったほかは判然としなかった。

6カ年間、12作の汚泥、作物及び土壌の分析結果をもとに跡地土壌の下層40cmまでの重金属含量の収支を計算した結果を表-2に示した。理論値(D)

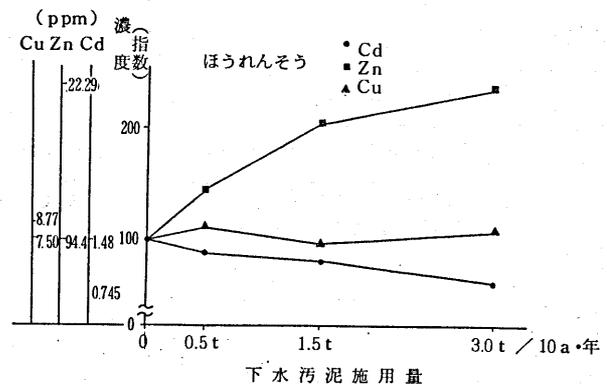
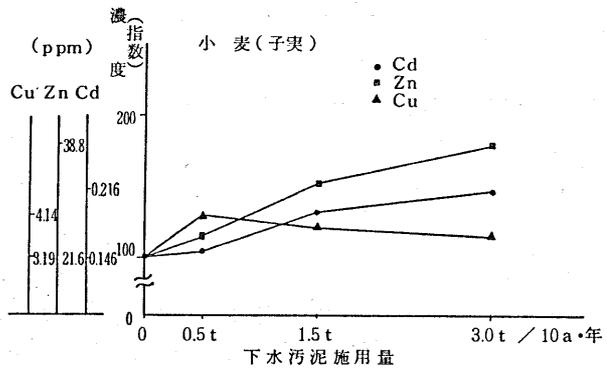
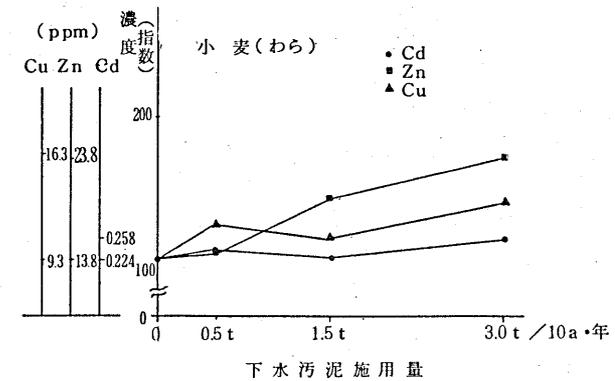


図-2 作物の重金属含量指数  
(無施用区の6カ年平均含有量を100として計算)

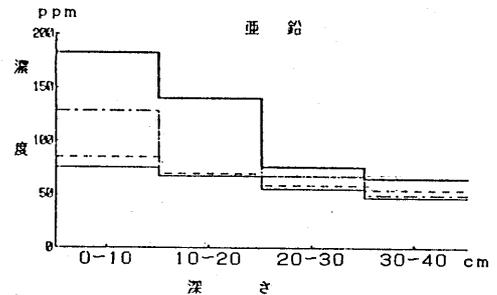
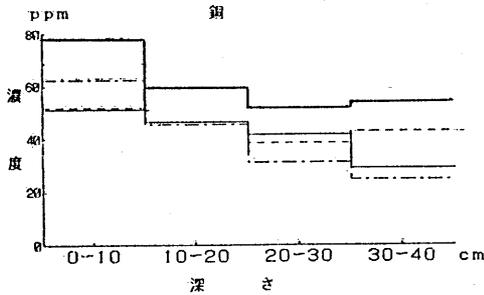
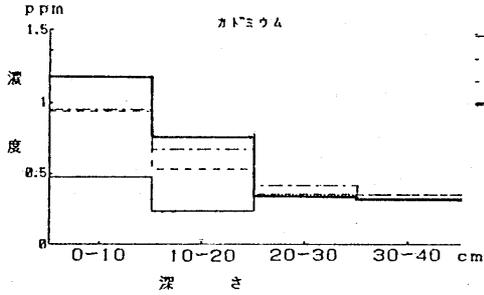


図-3 下水汚泥6回連用後の跡地土壌の深さ別重金属含有率

表-1 下水汚泥3t施用区における土壌の反応(pH)の差による比較

項目 処理	重 金 属 含 量 (ppm/乾物・乾土)												pH (H <sub>2</sub> O)
	ほうれんそう			小 麦						跡 地 土 壌			
	Cd	Cu	Zn	わ ら		子 実							
	Cd	Cu	Zn	Cd	Cu	Zn	Cd	Cu	Zn	Cd	Cu	Zn	
無 処 理 (A)	1.045	8.20	22.29	0.258	12.98	21.1	0.195	3.74	38.8	0.187	17.21	28.68	5.5
pH調整区 (B)	0.745	8.77	13.01	0.244	16.28	23.8	0.216	3.57	31.3	0.222	15.13	33.19	6.3

注 数値はすべて6カ年平均値である。但し、跡地土壌については、下層40cmまでの全量をg/m<sup>2</sup>で表わした数値である。

表-2 下水汚泥6回連用後の下層40cmまでの重金属含量収支 (g/m<sup>2</sup>)

区 名	元素	供試土壌 (A)	汚泥による増分(B)	作物による取奪(C)	A+B-C (D)	跡地土壌 (E)	残存率 (%)	C/B×100 (%)
下水汚泥0.5t	Cd	0.11	0.008	0.0010	0.1170	0.1554	132	12.4
" 1.5t		"	0.023	0.0012	0.1319	0.1708	130	5.0
" 3.0t		"	0.046	0.0013	0.1547	0.1873	121	2.8
下水汚泥0.5t	Cu	10.54	0.95	0.049	11.441	12.665	111	5.2
" 1.5t		"	2.85	0.045	13.345	11.699	88	1.6
" 3.0t		"	5.70	0.068	16.172	17.209	106	1.2
下水汚泥0.5t	Zn	17.26	4.42	0.175	21.505	19.001	88	4.0
" 1.5t		"	13.26	0.243	30.277	22.415	74	1.8
" 3.0t		"	26.52	0.325	43.455	28.676	66	1.2

注 供試土壌及び跡地土壌は、各層位ごと(0-10cm, 10-20cm, 20-30cm, 30-40cm)の含量を合計した値である。残存率(%)=E/D×100

に対する実測値（E）の割合（残存率）をみると、カドミウムと銅（1.5 t 施用区は除く）ではいずれも100%以上を示しており、系外への持出しは極めて少ないものと判断される。しかし、亜鉛ではいずれも100%以下であった。また、汚泥からの重金属の持込み量に対し、作物による収奪量は非常に小さく、汚泥からの負荷量が増大すればするほど小さくなる傾向であった。したがって汚泥から持込まれる重金属は大部分が土壤に蓄積されるものと思われる。

#### 4. 成果の要約

下水汚泥を黒ボク土畑地ほ場に連用し、重金属の土壤集積ならびに作物への移行性を把握するとともに、作物の収量への影響を検討するため6カ年にわたり調査した。その結果は次のとおりであった。

- (1) こまつな、ほうれんそう及び小麦の収量に及ぼす下水汚泥の連用効果は、汚泥施用量を増施するほど増収し、汚泥の肥効の高いことが明らかとなった。
- (2) 汚泥の連用により作物体中の亜鉛は著しく増加し、銅は小麦で増加する傾向であった。
- (3) 跡地土壤の重金属含量は、下水汚泥の連用により、それぞれの負荷量に応じて上昇したが特に亜鉛で顕著であった。
- (4) 下水汚泥3.0 t 施用における土壤の反応（pH）の差による比較は、pH調整区ではほうれんそうのカドミウムと亜鉛含量が若干低下する傾向であったほかは、判然としなかった。
- (5) 下水汚泥を連用した跡地土壤の下層40 cmまでの重金属含量の収支を試算したところ、汚泥から持込まれる重金属は、大部分が土壤に蓄積される結果が得られた。

（担当者 土壤肥料部 植木与四郎）