

下水汚泥の農業利用に関する研究(IV)

— ポット試験における重金属の挙動 —

佐賀大学理工学部 ○ 学 堀川 祐二 学 所 啓太

正 荒木 宏之 正 古賀 憲一

正 井前 勝人

佐賀市下水道課

猿野 善郎

1. はじめに 近年農用地における地力の増進及び資源の有効利用の面から、肥料又は土壤改良資材として下水汚泥が見直されてきている。その場合重金属の挙動を把握しておくことは重要と考えられる。本研究では、作物及び土壤の違いによる各種重金属の吸収・流出についてポット試験を行い、下水汚泥の緑農地利用に関する基礎的資料を得る事を目的とする。

2. 実験方法 本実験では、下水汚泥コンポストを肥料としそれぞれ2種類の土壤及び作物についてポット試験を行った。土壤は予め4.17mmのふるいであるたまご砂土・圃場土(火山灰土)を用い、作物は根物としてラディッシュ(二十日大根)、葉物として山東菜を使用した。肥料施用区は4段階(10a当たり1t, 3t, 5t, 7t)とし、その他に無肥料区を設け対照区とした。ポットは1/5000aのものを使用し、上層部(ポット高1/2)に肥料を添加し混合した。また二日に一度の割合で水道水100mlを散水した。今回使用したコンポスト汚泥は佐賀市終末処理場の汚泥脱水ケーキにイナワラを添加し堆肥化したものである。重金属の分析は肥料、施用前土壤、根・葉を含めた作物体及び流出水について行った。なお分析方法については下水汚泥施用土壤のモニタリング方法(案)¹⁾及び下水試験方法に従った。

3. 結果及び考察 表-1に今回使用した土壤及びコンポスト汚泥の重金属別濃度を示す。カッコ内に示す値が特殊肥料の規制基準であり、コンポスト汚泥は全て満足している。図-1~8は式(1)に基づき、施肥直後のポット土壤中の総重金属量に対する、作物により吸収された割合と流出水とともに流出する重金属の割合をそれぞれ算出し、作物と土壤の組合せ別に%表示したものである。ここでは、蒸発散による各種重金属の減量はないものと考えた。また、表-2は土壤・作物の違いで

表-1 土壤及び肥料の重金属別濃度 (mg/kg dry)

重金属名 種類	H g	C d	C u	Z n	M n	P b	C r	N i
真砂土	0.039	N D	6.8	65.2	484	0.95	0.21	0.15
圃場土	0.193	N D	24.1	86.2	395	12.76	17.84	6.69
特殊肥料	1.109 (2.0)	1.84 (6.0)	173.0	943.7	2277	36.31	22.74	11.68

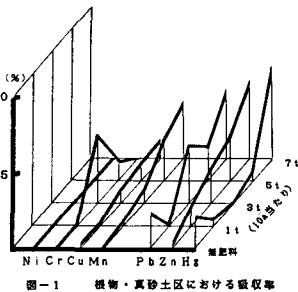


図-1 葉物・真砂土区における吸収率

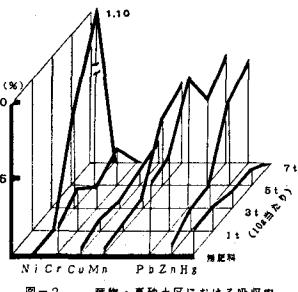


図-2 葉物・真砂土区における吸収率

$$\frac{S_a}{S_b + H_i} + \frac{F}{S_b + H_i} + \frac{W}{S_b + H_i} = 1 \quad (1)$$

S_b: 施肥前土壤中の総重金属量(mg)H_i: 施肥料中の総重金属量(mg)S_a: 作物収穫直後土壤中の総重金属量(mg)

F: 作物体中の総重金属量(mg)

W: 流出水中の総重金属量(mg)

4種類に分割した上で、同一グループ内において吸収率または流出率が他の重金属と比較して高いものと低いもので整理

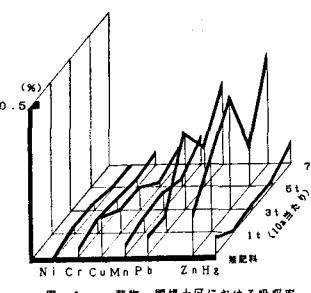


図-4 葉物・圃場土区における吸収率

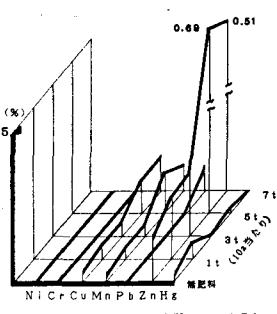


図-3 葉物・圃場土区における吸収率

し図式化したものである。 1) 吸収に関する検討 図-1~4に各種重金属の施肥量増加に対する吸収率の変化を示している。図-1は土壤として真砂土、作物として根物を用いた場合であり、以下同様に図-2は真砂土・葉物、図-3は圃場土・根物、図-4は圃場土・葉物である。Znは、他の重金属が土壤及び作物の違いによってそれぞれ吸収の度合が変わるものに対し、それには関係なく常に高い吸収率を示している。作物の違いによる吸収率の変化よりも土壤の違いによる方が顕著である重金属は、Mn, Pbである。Mnは、真砂土区で両作物共に高い吸収率を示しており、圃場土区は真砂土区の1/2程度である。一方Pbは、根物・圃場土区を除く全ての場合で高い吸収率を示しているものの、圃場土区は真砂土区の1/3程度である。また、Mn, Pbの両金属を比較すると、Pbが同程度もしくは、それ以上の吸収率を示している。Niは、根物には全く吸収されない結果となった。Cuは、施肥量に比例してほぼ一定もしくは、増加の傾向にあることが、図-1~4において認められた。

2) 流出に関する検討 図-5~8に各種重金属の施肥量増加に対する流出率の変化を示している。図-5は土壤として真砂土、作物として根物を用いた場合であり、以下同様に図-6は真砂土・葉物、図-7は圃場土・根物、図-8は圃場土・葉物である。Pb, Hgは、土壤・作物の違いに関係なく高い流出率を示し、全ての場合で、Pb>Hgという順に流出し易い傾向がある。一方Cuは、施肥量が増加するにも関わらず、0.02~0.05%の間でほぼ一定の値を示しており、他の重金属に対しては、低い流出率を示している。ほとんどの重金属において真砂土区が、圃場土区より同等もしくは高い吸収率または流出率を示す傾向にあるのは、土壤のCEC値、粒度分布等の地力の差によるものであり、圃場土区では重金属の挙動が抑制されたものと推測される。

4.まとめ 吸収に関して、土壤及び作物の違いにより多少影響を受けるものと考えられるが、Zn>Pb>Mn>Cuの順に、吸収され易い傾向があると思われる。また、流出に関して、同様にPb>Hg>Cuの順に、流出し易い傾向があると思われる。ほとんどの重金属は、吸収・流出に関して、作物の違いによる影響よりも土壤の違いによる影響を受け易いと考えられる。今回は、吸収及び流出についての調査を行ってきたが、吸収・流れる重金属の割合は、ほとんどの重金属で数パーセントにすぎず、大部分は土壤中へ蓄積される傾向にある。今後この蓄積された重金属は、土壤中でいかなる分布を示すかを深さ方向について検討していく必要性があろう。

参考文献

- 1)下水汚泥の農業利用に関する調査
(日本下水道事業団)

表-2 土壤・作物別による分類表

植物・真砂土区		植物・圃場土区	
吸 収	Pb, Zn, Mn, Ni	吸 収	Zn, Pb, Mn
率 高	Hg	率 高	Ni (<0)
吸 収	Pb, Hg, Mn	吸 収	Pb, Hg
率 中	Zn, Cu	率 中	Ni (<0), Cr, Pb, Hg
吸 収	Cu	吸 収	Pb, Hg
率 低		率 低	Ni (<0), Cr, Cu, Mn

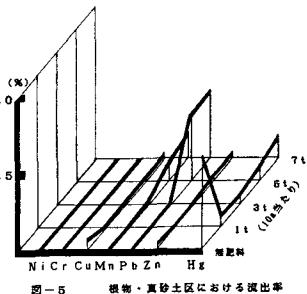


図-5 植物・真砂土区における流出率

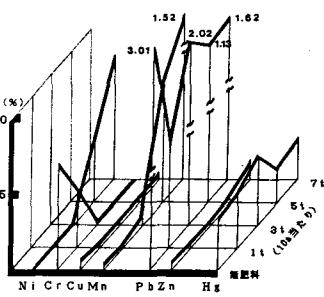


図-6 葉物・真砂土区における流出率

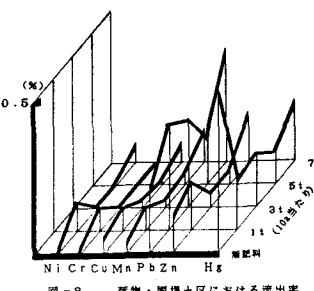


図-7 植物・圃場土区における流出率