

水質管理課 ○芳野太郎
亀山建一

1. はじめに

下水汚泥の有効利用は今後一層の増大が期待されているが、原料となる汚泥は重金属ができるだけ少なく安全性の高いものを使用することが好ましい。横浜市では下水汚泥を原料として、昭和50年より乾燥肥料の生産を開始し、現在では園芸用培土やレンガ等の生産も行っている。乾燥肥料は肥料取締法の特殊肥料としてCd(カドミウム)、Hg(水銀)、As(砒素)等の規制を受けているが、平成6年に有機質肥料に係わる民間推奨基準が設定され、Zn(亜鉛)及びCu(銅)も基準に含まれたこともあり、汚泥中の金属の挙動についての十分な把握が求められることとなった。そこで本市下水処理場の調整汚泥(濃縮汚泥)の重金属含有量についての約10年間の経年変化を調査したところ、重金属の含有量や、処理場による違いなどについて汚泥の有効利用を図るのに参考となる知見が得られたので報告する。

2. 調査データについて

調査は水質管理課における定期汚泥精密試験の測定項目である調整汚泥および乾燥肥料の重金属(Hg、As、Cd、Zn、Cu、Pb(鉛)、Cr(クロム))分析結果に基づいて行った。

3. 調査結果

(1) 汚泥中の重金属含有量の推移

表-1に平成6年度とその約10年前の調整汚泥(濃縮汚泥)の重金属含有量の全処理場平均値および乾燥汚泥の重金属含有量とその減少率(%)を示す。なお、調整汚泥については、汚泥集約処理に基づく送泥時期が各処理場によって異なっているため、10年を経過していない処理場もある。表を見ると約10年前に比べ、調査したすべての金属で含有量が減少している。調整汚泥の減少率はCdおよびCuが30%以下であるのに対してHg、As、Zn、Pbは40~50%と高い値が得られた。乾燥汚泥は、調整汚泥に比べて減少率は低くなったが、同様な傾向が得られた。

(2) 処理場による違い

処理場間の比較は含有量の多いZn、CuおよびCdを代表として、重金属含有量の高い処理場A、B、重金属含有量の低い処理場C、Dを選んで、重金属の経年変化をみた(図-1~図-3)。この図をみると、概してA、Bの経年変化が比較的大きいのに対してC、Dは変化が小さくなっている。図-4、図-5はこの4処理場について工場排水の量と流入比率の変化を示したものだが、A、Bは明らかに流入量が多く、また流入比率も大きくなっている。

表-1 本市調整汚泥および乾燥肥料中の重金属含有量の減少率(平均値)

	調整汚泥 (mg/Kg-ds)			乾燥肥料 (mg/Kg-ds)		
	S60	H6	減少率	S60	H6	減少率
Hg*	1.04	0.56	40%	1.40	0.67	52%
As	4.04	1.80	51%	5.25	3.36	36%
Cd	1.35	0.92	29%	1.79	1.24	31%
Zn	760	379	47%	1050	668	36%
Cu	239	180	26%	289	230	20%
Pb	53.5	26.1	47%	100	58.4	42%
Cr	42.1	25.0	36%	51.3	40.6	21%
平均			39%			34%

減少率は各処理場の減少率の平均値

* 北二、金沢を除く

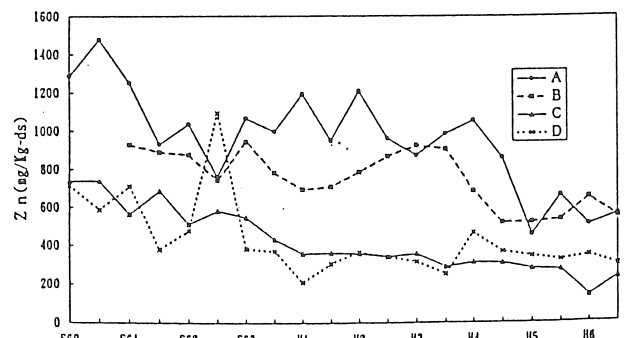


図-1 調整汚泥中のZn含有量の経年変化

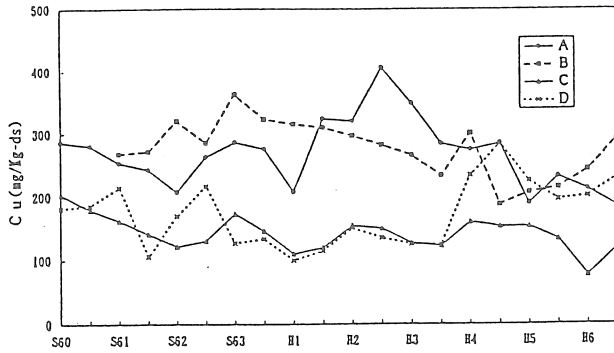


図-2 調整汚泥中のCu含有量の経年変化

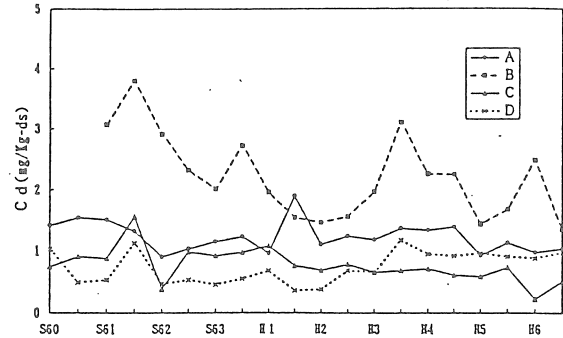


図-3 調整汚泥中のCd含有量の経年変化

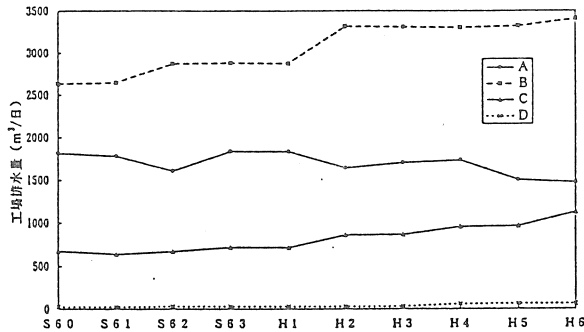


図-4 工場排水(メッキ、酸アルカリ洗浄)量の推移

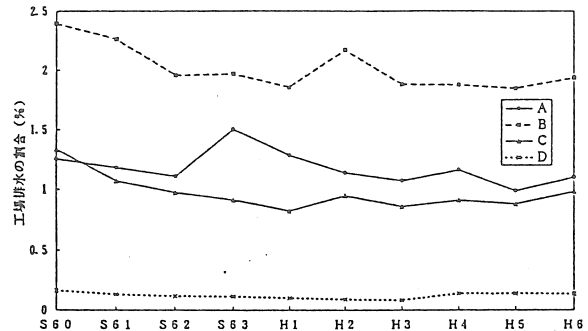


図-5 流入地下水に占める工場排水の割合

(3) 最近の調整汚泥中の重金属含有量について

表-2に平成6年度の各処理場の調整汚泥と文献記載の各種汚泥等の重金属含有量を示したが、重金属の含有量は、比較的高いグループ(北部第一、北部第二、金沢)、中程度のグループ(神奈川、中部、南部、港北)、低いグループ(都筑、西部、栄第一、栄第二)の3グループに分けられた。金属含有量の高いグループは合流式で、工場排水の割合の比較的高い処理場、金属含有量の低いグループは栄第二を除いて分流式で工場排水の少ない処理場であった。また合流式処理場の

表-2 調整汚泥中の重金属含有量(H6)および各種汚泥等の重金属含有量

	As	Hg	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn
北一	2.77	0.66	1	38.1	43.5	199	533
北二	2.28	3.16	1.08	40.5	36.4	202	484
神奈川	1.38	0.69	0.88	23.2	19.8	152	346
中部	2.3	0.63	0.79	32.1	28.9	138	369
南部	1.81	0.52	0.75	27.3	24.2	162	372
金沢	1.76	3.38	1.92	45.1	48.3	267	600
港北	2.84	0.64	1.12	28.6	24.4	182	366
都筑	1.47	0.43	0.37	11	12.9	98	184
西部	1.29	0.55	0.75	14.9	11.4	186	332
栄一	0.97	0.53	0.92	15	12.4	216	320
栄二	0.96	0.41	0.54	10.9	12.7	177	260
平均	1.8	0.56*	0.92	26.1	25	180	378
家庭下水汚泥 1)	3.1	0.96	2.5	72.5	15.6	232	681
し尿 2)	—	—	1.4	13	—	90	400
し尿汚泥 3)	1.23	4.24	2.43	15.7	22.1	139	847
コンポスト 4)	4.88	0.87	1.72	—	—	250	835
豚アーン堆肥 5)	2.7	0.05	0.92	—	—	219	687

* 北二、金沢を除く

(mg/Kg-ds)

の方が分流式処理場よりZn、Pb、Crが高い傾向が得られ、雨水などによる道路等からの影響が考えられた。

なお、北部第二および金沢処理場では、調整汚泥中のHg含有量が比較的高いが、これは汚泥焼却炉の洗煙排水によるものと考えられるため、この2処理場をHgの平均値算定には除外した。洗煙排水処理対策が望まれるところである

各処理場の重金属含有量と表-2の各種汚泥等の含有量を比べると、重金属含有量の小さいグループの調整汚泥は、し尿や家庭下水のみの汚泥等の含有量と同等かそれ以下であることがわかった。

(4) 生活由来重金属原単位から算出した汚泥中の重金属含有量について

生活由来の重金属はバックグラウンドとしての重金属を把握するのに重要である。生活由来重金属原単位は森ら⁶⁾によって各重金属の排出源別に(図-6に排出源別の割合を参考として示す)調査されており、八戸市および函館市における値として1人1日当たりZn:21.5, 24.4mg、Cu:4.09, 3.12mg、Cd:0.072, 0.089mg、Pb:2

.83, 0.506mg、Cr:0.392, 0.230mgが得られている。また、排出源の内訳をみるとZn、Cu、Cdではおよそ半分がし尿（食物）から、Pb、Crでは50～70%が風呂洗濯排水からとなっていることがわかる。この値と重金属含有量の少ない3処理場の平成6年度の調整汚泥固形物量および処理人口を用いて汚泥中の生活由来重金属含有量を算出した結果を表-3に示す。表-2の測定結果と比較するとCrは約二分の一、Cuは約三分の一、Zn、Cdについては同様な値が得られ、生活由来の重金属の占める割合は大きいことが推測され、金属によっては含有量の低減は期待しにくいことがわかった。

4. おわりに

10年前に比べ本市処理場の調整汚泥および乾燥汚泥中の重金属含有量は減少しており、工場排水規制の効果が大きかったことがわかった。また、最近の調整汚泥中の重金属含有量を文献で報告されている家庭下水のみの汚泥やコンポスト肥料と比べると一部の処理場を除いて遜色なく、さらにこれらが生活由来の重金属に起因している割合が大きいことがわかった。食物起因の重金属の低下については困難と思われるが、食物以外の生活由来重金属の発生源については、金属を含む日常使用品等あれば、使用を切り替えてゆくなどの努力が必要ではないかと思われる。また、バクテリアリーチング等による汚泥中の重金属の除去技術の実用化が望まれる。

表-3 生活排水原単位から求めた汚泥中の重金属含有量

	Cd	Pb	Cr	Cu	Zn
都 筑	1.1~1.4	7.9~44	3.6~6.1	48~63	330~380
西 部	0.9~1.2	6.6~37	3.0~5.1	41~54	280~320
栄 一	1.1~1.3	7.5~42	3.4~5.8	46~61	320~360

(mg/Kg-ds)

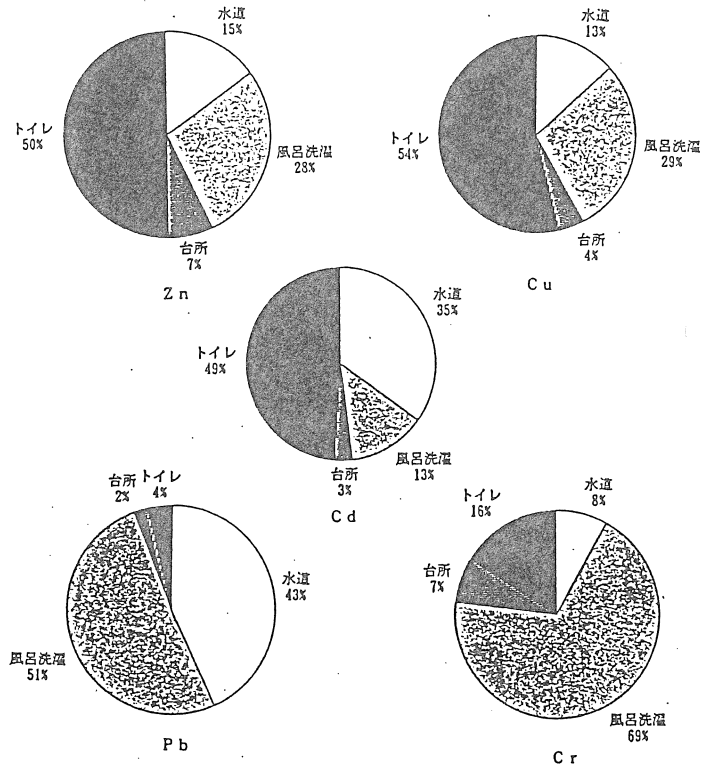


図-6 生活排水由来重金属の排出源別の割合 (2市の平均)

<参考文献>

- 1) 伊澤、森(1985)堆肥化による農村集落排水汚泥の利用、用水と廃水, Vol. 27, No. 4
- 2) 静岡県農試研報(1982)
- 3) 環境庁再利用資源土壌還元影響調査 (日本土壌肥料学会、1988)
- 4) 全国下水汚泥緑農地利用製品調査報告書 (土木研究所、H6)
- 5) 井上、白石(1995)石灰質汚泥コンポストを連用した鉍質土壌畑における重金属の動態, Vol. 18, No. 66
- 6) 森ら(1987)家庭から下水へ排出される重金属の原単位、水質汚濁研究, Vol. 10, No. 7