

II-242 活性汚泥中の重金属量に関する一考察

—汚泥のバックグラウンドについて—

北海道大学工学部 正 神山桂一

〇正 寺町和宏

学 坂元 裕

1. はじめに 活性汚泥法による都市下水の処理においては、余剰汚泥の処理、処分の問題が重要な位置を占め、コスト的にも多額の費用を必要としている。現在では消化脱水、薬注脱水、熱処理等により処理された後、埋立、農地還元、焼却等により処分されている訳であるが、いずれの場合にも重金属が少ない方が好ましいことは従来の研究により明らかにされている。処理、処分法の中でも農地還元法は農業振興という点からも国家的に望ましい一方法であると考えられている。従来より農地還元は一部で行なわれてきており、適切な施肥により充分肥料として有効であると言われている。従って農業利用にとって汚泥が安全であるかどうかは重大な関心事であり、その方面の研究は未だ充分とは言えない現状である。一方現在の都市下水には多少にかかわらず重金属が混入してきており、それが汚泥中に濃縮することにより問題となっている。演者らは工場廃水の全く入らない団地の下水処理場を基に、都市下水汚泥の重金属に関するバックグラウンドを求め、先の目的に適った理想的な下水汚泥中の重金属量に関する検討を行なったので以下に報告する。

2. 重金属の分析法と汚泥の種類

100°C乾燥試料 1~2g → 硝酸 10ml, 硫酸 5ml → 加熱溶解 → 過塩素酸 5ml → ほぼ無色になるまで分解 → 純水を加えて約 70ml とする → NO.5C 濾紙で濾過, 100ml とする。(Hg は別法) Fe, Zn, Mn, Cr, Ni, Pb, Sn, Cu, Cd; 原子吸光法, As; 還元 AsH₃ 発生による Ag-DDTC-CHCl₃ 比色法, Hg; 還元気化原子吸光法, 純水; 全 Pyrex 製蒸留水。下水の分析; 少量の硝酸を加え砂皿上で蒸発乾燥後, 上記の分解法で固形物も完全に分解した。

汚泥の種類; A; 分流式団地下水処理場 (2万人), B, C, D, E, F, 合流式下水処理場 (40, 30, 25, 20, 15万人) 一部工場廃水を含む。G; 尿尿消化脱離液の活性汚泥処理, H; 厨房廃水と生尿尿でバッチ馴養された汚泥, I; グルコースでバッチ馴養された汚泥。汚泥の他に合流式下水道においては流入土砂の影響があるのではないかと考え札幌市内の路上の土壌と、対照として大学農場の土壌及び郊外山手の土壌の分析を行なった。以上の分析結果をまとめて表-2 に示す。

3. 家庭から排泄される重金属量に関する考察

分流式団地処理場流入下水の 24 時間試験により流入下水中の総重金属量と COD_{Cr} を測定した。一方国民栄養調査による 1 日 1 人当りの食物量は、1247g/日/人 であり、それによる重金属摂取量が求められている¹⁾。表-1. ここで流入下水中の有機物は主に食物に因るものと考え、流入下水の COD_G 量よりその乾燥食物量を求めると、有機物の COD 当量を 1.4 として、流入下水加重平均 COD_G 302 mg/l で $302/1.4 = 216 \text{ mg/l}$ となる。食物の平均含水率を 80% と仮定して 1080 mg/l となる。表-1 に示す重金属摂取量の上限值を用いて流入下水中の重金属濃度を算出した。

表-1 試算と実測からの汚泥バックグラウンド

	mg/g/人	A, PPb	b, 水通水 PPM	C, $\frac{a \times 10 + b}{0.335}$ PPM	d, 流入下水 PPM	Cx10 ³ mg/kg	d x 10 ³ mg/kg	A-1 mg/kg
Zn	6~27	23.5	0.1~0.3	0.335 ~0.535	0.31	535	310	1350
Fe	9~30	26.0	0.33	0.59	0.694	590	694	5490
Mn	1.5~3	2.6	0.031	0.057	0.069	57	69	72
Cr	0.227	0.2	0.0025	0.0045	0.019	4.5	19	41
Pb	0.23 ~0.32	0.275	0.004 ~0.008	0.00675 ~0.011	0.015	6.75 ~11.0	15	18
Cu	2.5	2.15	0.0075 ~0.01	0.029 ~0.0315	0.033	29 ~31.5	33	140
Ni	0.227	0.2	0.002	0.004	0.04	4.0	40	10
Cd	0.015 ~0.065	0.055	0.0002 ~0.001	0.00075 ~0.001	0.015	1.0	15	1.0
Hg	0.03 ~0.05	0.043	0.00006	0.00049	(0.0012)*	0.49	—	1.2
Sn	1~4 *	3.5	Tr	0.035	(0.019)*	9~35	—	19
As	0.07 ~0.17	0.015	Tr	0.00015	(0.003)*	0.15	—	3

* Schroeder による

* 汚泥中重金属量より 1/10³ として推定

下水中の有機物 = $1078 \text{ mg/l} \times \frac{\text{摂取重金属量} \text{ mg/人}}{1247000 \text{ mg/人}}$
由来重金属濃度

表-1a にその結果を示す。又料理の際比較的高濃度の重金属を含む食用に供されな

	Fe	Zn	Cu	Pb	Cd	Cr	Ni	Mn	Sn	As	Hg
A-1	5490	1350	140	18	1.0	41	10	72	19	5.8	
A-2	31,000	1270	145	110	1.1	32	62	3160	2132	11.0	1.2
A-3	9,400	1540	155	27	9.6	86	275	135	175	14.0	
B-1	37,140	1240	88	52	3.1	40	36	1930	250	78.4	
B-2	38,800	1310	135	46	11.0	35	67	2400	2320	31.0	
C-1	37,630	900	100	230	2.9	262	34	1933	188	14.4	
C-2	32,700	1110	141	400	3.3	265	41	3270	247	15.4	
C-3	28,800	1174	212	335	3.0	240	39	2130	243	17.2	3.0
D-1	55,710	1480	107	88	3.0	404	46	2430	132	78.6	
D-2	57,300	2620	155	118	25	68	145	2740	5280	80.1	6.3
D-3	65,600	2060	150	35	10	69	70	3220	1865	105	
E	53,400	1350	113	90	2.6	363	49	1710	157	54.5	
F	13,400	1170	112	25	2.6	572	19	6170	0	1.4	
G	12,550	1560	200	30	11.0	9	49	480	1886	11.1	2.2
H	4,260	2000	45	32	1.8	44	5	200	4100	21	
I	280	150	16	5	0.37	2.5	7	8	103	4.6	
市内泥-1	19,000	165	22	42	0.76	327	48.2	320	250	2	
" -2	19,000	245	28	52	0.85	333	41.3	322	250	2	
" -3	19,000	190	18	39	0.76	310	34.4	290	250	2	
北太田場	38,200	110	31	13	2.0	260	26	1080	545	55	
郊外黒土	25,900	150	45	20	4.2	113	26	910	980	2.2	
" 黄土	35,200	75	15	10	1.3	275	33	820	520	5.6	

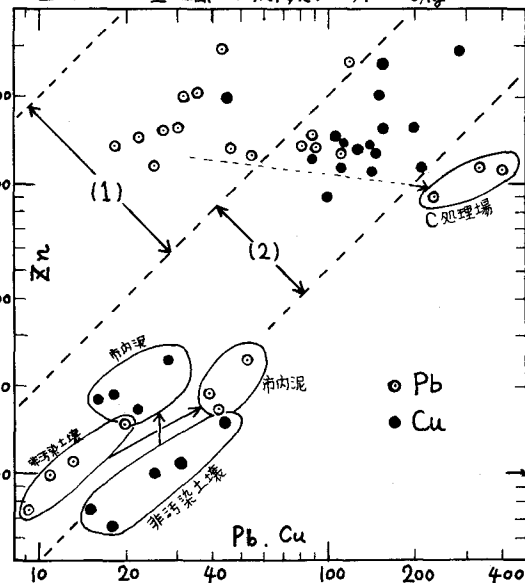
い部分が排出されること、風呂、洗濯排水等を考慮してQ値の10倍と見積った。結局これにAのあるE市の水道に含まれる重金属濃度を加算したものが流入下水中の重金属濃度になる。表-1C、実測した流入下水の加重平均値dと比べるとZn, Fe, Mn, Cu, Pbについてはほぼ合致するが、他の金属については大きくづれていることが解る。従来より活性汚泥中の重金属量について、流入下水濃度に対して 10^3 のオーダーで濃縮することが知られている。そこで表-1のC、d値をそれぞれ1000倍して実測汚泥重金属量A-1と比較してみた。A-1は3回の日時の異なる分析で最も濃度の低かったものである。(変動については後述) Mn, Pb, Hg, Sn, Ni, Cdについてはほぼ満足いう結果である。一致をしない原因については推定考えられるが、次の3つが主要因であると考えられる。水道水の変動、ガソリンスタンド等による廃水の影響、薬注脱水脱離液による影響である。例えば「ガソリンスタンド」における廃油にはPb 55,000mg/kg Cu 36, Zn 950mg/kgが含まれている。又脱水用石灰にはSn 100, Pb 65, Cr 50 mg/kg等が含まれておりA処理場の3つのデータが大きく変動している大きな要因と考えることが出来る。脱水は午前午後合わせて約4時間程度であり(汚泥の採取時刻; A-1 P.M. 8:20, A-2 P.M. 1:00, A-3 A.M. 7:30)脱水時に脱離液が初次を通して暖気槽に入ること、負荷量が大きく短時間に希釈されること及びA-1の採取の2日前は連休等で2.5日間脱水作業が行なわれなかったこと等を考え合せてAの変動がよく理解できる。

4. 合流式下水処理場の重金属に関する考察

活性汚泥による重金属の濃縮係数がほぼ一定という考えに立って各汚泥金属量を両対数プロットしたのが図-1である。図より、市内泥に関してZnは汚染されているがCuは汚染されていない。Pbは大きく汚染されていることが明瞭で

表-2 汚泥と土壌中の重金属 mg/kg dry 105°C

図-1 重金属の両対数プロット mg/kg



ガソリンに由来するものであろう。図中の破線の領域は水道水中の Zn/Pb 、 Zn/Cu 各比の変動幅を示したもので、C処理場を除いて、ほぼ一定の領域に入ることは興味深い。C処理場では明らかに工場からのPbの流入があることが知られており、他が大きくかけ離れている。他にZn/Cd、Zn/Crについても同様の傾向が見られた。工場廃水と薬注脱水の影響を除けば汚泥中の重金属量はA-1に接近するものと思われる。

5. おわりに

重金属のバックグラウンドは非常に小さく、汚泥の利用にとって好ましいものであると考えられる。(A-1) その為には脱水用薬品を使用しない(熱処理法)が、出来るだけ良質のものを使うことが望まれる。

1) 山縣登、環境の地球化学(1973)