

東京大学工学部都市工学科 学生員 山岸 昂夫

下水道に流入した重金属は、下水処理により発生活泥中に蓄積され、その汚泥の処分を困難にしている。これらの重金属は多く工場廃水によるものとされている。筆者は住宅団地処理場および都市下水処理場における汚泥中の重金属測定結果を整理し比較してみた。そして生活廃水、都市廃水からの重金属の発生をくらべ、汚泥処分の問題点について考えてみたい。

## 分析試料と分析方法

表1. 下水処理場の規模.

汚泥試料は東京都近辺の住宅団地下水処理場で1972年2月に採取し、都市下水処理場で1970年4月から72年2月の間の数回の調査の時採取した。住宅団地については、数ヶ所の団地の測定値を平均したが、都市

| 処理場    | 人口 (人)                                | 測定時の処理水量 (t) | 処理方式        | 備考                |
|--------|---------------------------------------|--------------|-------------|-------------------|
| 住宅団地   | 最小 3,000<br>最大 28,828<br>6ヶ所 平均 7,000 |              | 分流式<br>活性汚泥 | 汚泥消化は可能。          |
| A下水処理場 | 1,000,000                             | 450,000      | 合流式         | A<B<Cで工場廃水の流入が多い。 |
| B      | 1,000,000                             | 700,000      | 活性汚泥        |                   |
| C      | 650,000                               | 550,000      |             |                   |

下水処理場については同一処理場の数回の測定値を平均した。表1に処理場の規模を示す。

汚泥の前処理としては、硫酸による分解法<sup>1</sup>を採用した。この残渣を塩酸で抽出し鉛を測定し更にこの残渣を強熱しその重量を珪酸とした。微量重金属は、原子吸光分析法により、(日本シビラシステム)機、アセチレン空気フレームスロットバーナーを使用し定量した。またナトリウムカリウムは蛍光分析、アルミニウムはオキシドによる吸光光度法、水銀は硫酸硝酸過マンガン酸による常温分解後ロルマック分析装置MAS-500機による還元気化原子吸光法でそれぞれ定量した。

## 測定値と考察

生活廃水だけよりなる住宅団地の処理場と、住宅地区を中心とする都市廃水のA処理場、かなりの工場廃水が流入しているC処理場、その中間的性格を持つB処理場での発生活泥の重金属濃度を、乾泥あたり重量により比較してみた(表2)。住宅団地汚泥のCr, Pb, Ni, Cd, Hg, は、都市廃水汚泥のその約 $\frac{1}{10}$ であり、Zn, Cu, は同様に約 $\frac{1}{3}$ である。都市廃水には生活廃水よりも多量の重金属が含まれている事がわかる。汚泥中の灰分濃度を考慮して、ABC各処理場の汚泥の重金属濃度を比較してみると、工場廃水流入の程度に対応しCr, Ni, Mn, は増加しているが、他の重金属についてはその差は明瞭ではない。A処理場においても一部の小規模な工場からの廃水の流入があるので、これらからの重金属の流入を制限できたとすると、住宅団地下水処理場汚泥にかなり近い重金属濃度の下水汚泥が発生するであろう。

汚泥の最終処分を考慮して、その重金属濃度を評価するために、灰分あたりの無機成分に換算し、土壌のそれと比較してみた。これを表るに示す。これらのうちの主要構成成分については、土壌にかなり近い構成である。しかしト्रेसエレメントについては、土壌のそれらの総計が1%以下であるのに、これらの汚泥ではここの7つだけで1~2%以上を示している。土壌中の各エレメントの濃度は地質条件等でかなり異なるので較べにくい。カドミウムについては汚染地帯の畑土の濃度レベルである様に、自然界のものより高い濃度を示している重金属がある事が注目される。

工場排水からの重金属が下水処理場に流入するのを減らす努力が、現在必要であることはもちろんであるが、同時に、人間の生活排水の処理からもこのようなある程度の重金属を含んだ汚泥が発生することを認識し、実地的な汚泥の処分法とそれに対応した安全性を考える事も必要である。

表2 処理場汚泥の重金属濃度 乾基あたり重量

| 種別   | 処理場名        |    | 試料数      | 固型分<br>TS, SS* | 灰分<br>灰型分 | 金 属 濃 度           |      |       |       |       |       |        |         |          |  |
|------|-------------|----|----------|----------------|-----------|-------------------|------|-------|-------|-------|-------|--------|---------|----------|--|
|      |             |    |          |                |           | Fe                | Zn   | Cu    | Mn    | Cr    | Pb    | Ni     | Cd      | Hg       |  |
|      |             |    |          |                |           | mg/g乾泥 (TS or SS) |      |       |       |       |       |        |         |          |  |
|      |             |    | mg/kg    | %              |           |                   |      |       |       |       |       |        |         |          |  |
| 返送汚泥 | 住宅団地<br>処理場 | 最小 |          | 2,980*         | 13        | 6.0               | 0.91 | 0.107 | 0.187 | 0.020 | <0.01 | <0.004 | <0.001  | 0.000063 |  |
|      |             | 最大 |          | 7,260*         | 30        | 55                | 2.5  | 0.38  | 0.72  | 0.036 | 0.193 | 0.012  | 0.007   | 0.00051  |  |
|      |             | 平均 | 6        | 5,660*         | 19        | 18.3              | 1.50 | 0.24  | 0.41  | 0.027 | 0.066 | 0.007  | 0.004   | 0.00019  |  |
|      | A F K処理場    | 1  | 4,720*   | 21             | 11.7      | 2.5               | 0.85 | 0.10  | 0.64  | 0.15  | 0.06  | 0.042  | 0.0016  |          |  |
|      | B F K処理場    | 4  | 8,730*   | 37             | 28        | 6.6               | 1.30 | 0.36  | 2.1   | 0.39* | 0.181 | 0.040  | 0.000   |          |  |
|      | C F K処理場    | 2  | 6,300*   | 41             | 29        | 5.9               | 2.1  | 2.6   | 1.73* | 1.33* | 0.29* | 0.052  | 0.0020* |          |  |
| 消化汚泥 | 住宅団地        | 3  | 4,600*   | 19             | 23        | 2.8               | 0.43 | 0.52  | 0.039 | 0.026 | 0.013 | 0.005  | 0.00079 |          |  |
|      | B 処理場       | 4  | 28,700*  | 52             | 34        | 7.9               | 1.30 | 0.55  | 2.6   | 0.52* | 0.22  | 0.042  | 0.000   |          |  |
|      | C           | 3  | 36,500*  | 51             | 38        | 6.1               | 2.1  | 2.3   | 2.7   | 1.09* | 0.62  | 0.062  | 0.000   |          |  |
| 脱水汚泥 | B           | 4  | 256,000* | 67             | 43        | 6.0               | 1.00 | 0.58  | 1.66  | 0.48* | 0.21  | 0.033  | 0.000   |          |  |
|      | C           | 6  | 265,000* | 59             | 43        | 4.3               | 1.41 | 1.01  | 1.59  | 0.57  | 0.38  | 0.033  | 0.00022 |          |  |

\* 1 試料のみ。

表3 処理場汚泥の無機組成 灰分あたり重量

| 試料                    | 処理場<br>(灰分%)     | 試料<br>数 | 主 要 成 分   mg/g灰分 |                   |                  |     |     |                                |                                | 微 量 成 分   mg/g灰分 |      |                  |                                |       |      |       |       |       |                  | 総計<br>(成分数) |
|-----------------------|------------------|---------|------------------|-------------------|------------------|-----|-----|--------------------------------|--------------------------------|------------------|------|------------------|--------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|------------------|-------------|
|                       |                  |         | SiO <sub>2</sub> | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | CaO | MgO | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ZnO              | CuO  | MnO <sub>2</sub> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | PbO   | NiO  | CdO   |       |       |                  |             |
| 返送<br>汚泥              | 住宅団地<br>(1,730)  | 6       | 310              | 170               |                  | 104 | 68  | 80                             | 78                             | 10               | 7.0  | 1.13             | 1.88                           | 0.142 | 0.20 | 0.023 | 0.013 | 570   | (11)             |             |
|                       | B処理場<br>(5,000)  | 1       | 380              | 180               |                  | 130 | 48  | 200                            | 102                            | 31               | 19.0 | 3.9              | 1.51                           | 4.6   | 1.20 | 0.40  | 0.092 | 790   | (12)             |             |
| 洗浄<br>汚泥              | B処理場<br>(30,800) | 1       | 570              | 130               |                  | 20  | 12  | 200                            | 88                             | 22               | 13.6 | 2.5              | 1.19                           | 3.0   | 0.91 | 0.34  | 0.039 | 820   | (12)             |             |
| 土壌 (沖積土) <sup>b</sup> |                  |         | 702              | 70                |                  | 23  | 12  | 20                             | 11                             | 220              | 109  | 114              | 1.50                           |       |      |       |       | 499.8 | (9) <sup>c</sup> |             |

- a. 消化汚泥を洗浄したもの、これに棄出し、脱水したもののが汚泥の最終形態であるが、棄出前の汚泥と比較して。
- b. 文献2表92より灰分あたりに換算。 細引英吾氏等による日本の各地の14本の作土の平均値。
- c. この8コの他に TiO<sub>2</sub> 6.6 mg/g灰分 を加えて表記の数字となる。

本論文作成にあたり、都市工学科、岡田和好、佐藤和明、山川 孝、の諸氏の分析されたデータの一部を使用させていただいた事を感謝いたします。

文献 1. 山岸, 汚泥の重金属量測定法について 土木学会 26回年次学術講演会 II-571頁 (1971)  
 2. 山崎 傳, 微量元素と常量元素 土壌作物の診断対策, P.224 表92 博友社 (1966)