

北海道大学工学部

神山桂一

○寺町和宏

白井清

1. はじめに 現代工業技術の発展とともに都市の過密化とモータリゼーションは重金属類による大気汚染や水質汚濁問題を引き起こし、ますます人間集団の健康に危険を及ぼしつつある。その中で下水道システムは有機物質や無機物質の集収、運搬、処理という機能を果たしている訳であるが、筆者らは下水処理過程での重金属の影響、濃縮という観点から検討してきた。特に工場廃水を全てカットした日常生活廃水だけからの活性汚泥処理による下水汚泥中の重金属濃度を下水汚泥の重金属バックグラウンド値として概ね検討した。その結果汚泥の処理、処分、利用等にとって重金属濃度からみた場合ほぼ問題が無い値であると考えられた。しかしながらその検討に用いた汚泥は分流式住宅団地下水処理場の汚泥にっしてであり合流式下水処理場(この場合重金属を含む工場廃水の流入が無いような下水処理場という意味での)の下水汚泥、あるいは初次汚泥等については未だ検討がなされていない。一方、一般に合流式下水処理場の下水汚泥のVSSは低く雨水などによる土砂の流入による影響と考えられているが、その汚泥の重金属定量分析において得られる値というのは汚泥の分解操作から明らかなようにその土砂中重金属とVSS成分(微生物体または固形有機物)中重金属両方の値の混合値である。従ってVSSの低いような汚泥の重金属濃度はVSSの高い汚泥とは違って単純には評価し得ないことになる。そこで本報告においては種々の汚泥の重金属濃度の客観的(絶対的)評価を与えるための(例えばバックグラウンド値との比較において)考え方及び手法について述べる。

2. 重金属からみた合流式下水道の機能評価に関する一般概念

合流式下水道の集収、運搬機能について有機物以外の無機物としての重金属からみた機能は、合流式下水道が雨水をも同一管渠で排除する目的を持つが故に以下のような性格を持っていると考えられる。

1. 降雨時に限らないが、特に降雨により多量の土砂の混入がありその土砂量とその土砂中の重金属濃度により下水汚泥中の重金属濃度が影響を受ける可能性がある。
2. 1.に関連して汚染を受けていない土砂であってもその土砂の由来するその下水処理排水流域の土壌がある重金属を高濃度に含んでいる場合必然的に下水汚泥中の重金属濃度も高くなり、あたかも重金属を含む工場廃水の流入があるかのようにみえる。よって汚泥重金属濃度評価の混乱が起こる。
3. 重金属を含む工場廃水を受け入れ易い。
4. 一般に大都市においては合流式下水道が発達していることを考えると、都市が過密化するにつれて現代金属文明の属性として自動車廃気ガスによる路上土砂の汚染及び自動車類に由来する金属性磨耗粒子、大気からの汚染降下煤塵等の汚染の程度が増大してくる。換言すれば過密化することによる汚染現象が下水道システムを通じて質転換し、水が人間集団への新たなインパクトとなるということである。

3. 土砂由来重金属とVSS成分(微生物体)中の重金属の分別方法

VSS成分としての重金属には下水中に有機物を代謝分解する過程で活性汚泥に濃縮し、微生物体組織の一部になっているものと代謝分解速度の遅い浮遊性固形有機物及び活性汚泥微生物にイオンとして吸着している重金属の総和と考えられる。土砂由来重金属としてはa; 路上からb; 山地から流出するものc; 畑などから流出するものd; 地表全般からの金属性磨耗粒子の4種が考えられ、aについては主に交通量に比例した汚染度を有すると考えられる汚染土壌、bはその土壌を生成した母岩の鉱物組成、cはbの他に肥料から畑に持ち込まれた量、dは都市の過密度及び産業の形態等が関係するものと考えられよう。今VSS成分由来をA、土砂由来をBとしそれ

それぞれの重金属濃度を C_1, C_2 どちらも乾燥重量当り mg/kg とし(図-1参照)汚泥のVSSを $V\%$ とすれば、汚泥の分析によって得られた値 C_T は次式で表わされることが解る。

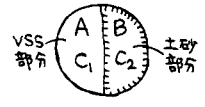


図-1 下水汚泥

$$C_T = \frac{V}{100} C_1 + \left(1 - \frac{V}{100}\right) C_2 \quad \text{--- (1)}$$

従って(1)式において C_2 を知ることが出来れば C_1 を求めることが出来る訳である。次に C_2 の求め方について代用法と間接法の2つについて述べる。

1) 代用法 これは C_2 として問題とする下水処理場の排水流域内の土壌中重金属濃度を代用しようとするものである。先に述べた土砂としての a, b, c (d はほぼ b と同じと考え) それぞれの重金属濃度は求め得るものであるからそれを代用することが出来る。又 a, b, c の流出量の割合はその処理場排水流域の種々の状況からおおよしの値として決めてやることは妥当であろう。例えば東京都某路上の土砂が相当量下水汚泥に入ったと考へ、鉛の場合について他の汚染源が無いと仮定すると次のようになる。Pb 185 mg/kg , VSS 50% とし、鉛のバックグラウンドを 15 mg/kg とすれば(1)式に VSS 50 , C_1 15 , C_2 185 を代入すると $C_T = 100 \text{ mg/kg}$ となり下水汚泥のバックグラウンド値に比べて非常に大きな値となってしまうことがわかる。

2) 間接法 間接法としては自己酸化法及び自己酸化法と遠心分離法を組合せた2種類がある。まず自己酸化法であるが、これは下水汚泥を好氣的に自己酸化させてVSSを変化させ、その前後における汚泥中の重金属濃度の差より求める方法である(図-2を参照)。A, B及びA', B'はI, IIそれぞれの汚泥中のVSS成分と土砂の割合を示し(VSS/100とすれば $A+B=1$, $A'+B'=1$ である) C_1, C_2 は図-1と同じで今 C_T, C_{T2} をI, II汚泥の湿式分解による(総)重金属濃度とする次式が成立する。

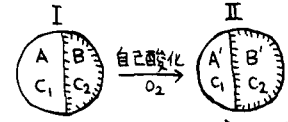


図-2 自己酸化によりVSSの変化した汚泥

$$C_{T1} = AC_1 + BC_2 \quad \text{--- (2)} \quad C_{T2} = A'C_1 + B'C_2 \quad \text{--- (3)}$$

$$(2), (3) \text{ より } C_2 = \frac{C_{T1}A' - C_{T2}A}{BA' - B'A} \left(= \frac{C_{T1}A' - C_{T2}A}{A' - A} \right) \quad \text{--- (4)}$$

従ってI, II汚泥それぞれのVSSを知れば C_2 値すなわち汚泥に取込まれている土砂の重金属濃度を知ることが出来る訳である。しかしながらこの方法を用いる為には自己酸化によって減少した汚泥中の重金属の溶液系への移行割合(分配係数)を知らなければならぬので、つまり溶液中の微量重金属濃度の変化を全ての重金属について求めなければならぬのであまり良い方法とは言えない。それに対して次の自己酸化法と遠心分離法を組合せた方法は溶液中の重金属濃度は無関係なのでより簡便で精度よく C_2 を求めることが出来る。この方法は先ず自己酸化させた後の汚泥を1万2千RPM程度で15分間遠心分離すると比重の違いによりVSSの大きく違う2層に分かれるのでこれをスピナウで分離する。このようにして得られた汚泥を乾燥後VSS及び重金属濃度を測定することにより同じ(4)式を用いて C_2 を求めることが出来る。ここで自己酸化は必要ないと思われるかもしれないが曝気槽汚泥や返送汚泥を直接遠心分離した場合は分離が非常に悪くほとんど2層分離が起りなかつたので自己酸化を行わない方法は使うことが出来ない。後者の方法により C_2 を求め代用法における C_2 の値と比較することによりその方法の妥当性などについて検証することが出来る。しかしながらここで考慮しなければならないことは間接法で求めた C_2 と代用法で求める C_2 には土砂の粒径的な違いによる差があることである。ふるいを用い粒径別重金属濃度を求めた結果を図-3に示す。図より粒径が小さい程抽出される重金属濃度が高い傾向があり、特に 125μ 以下において著しい増加が見られる。又汚泥中土砂の粒径は $40 \sim 125 \mu$ であった。

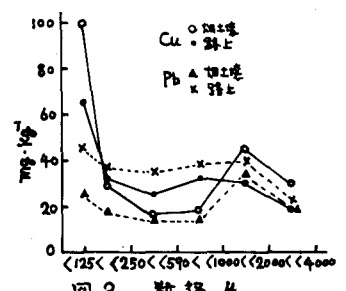


図-3 粒径 μ

4. おわりに 以上述べた方法により下水汚泥中の重金属濃度の客観的な評価(判断)をすることが可能になるものと考え。種々のデータや結果についてはスペースの都合で省かせていただいたが、それらについては講演時及び衛生工学討論会に譲ることとする。参考文献 寺町神山; 下水道協会誌 Vol. 11, No. 127 (1974) 衛生工学討論会論文集 (1975)