

北海道大学工学部 正・寺町和宏

同 正 高桑哲男

1. はじめに 下水管渠を含め下水処理場は都市施設の中で最も大規模なもので都市における重要な流れ系のポイントとなっている。それより発生する汚泥はシステムの種々特性を積分したものであるとしての意義が認められている。筆者らは下水道システムにおける汚泥と重金属の問題を広く扱ってきたが、その中で下水道システムが種々の他系と深くかかわり合っていることに言及した。本論文は下水道システムにおける水(土)循環系は都市機能と自然機能の2つから成っているとの認識に立ち、人為系(狭い意味での)よりの寄与が自然系からの寄与にくらべて僅少とみられているFe・Mn・Asの挙動を明らかにしようとするものである。

2. 水(土)循環系における下水処理場の立地環境と下水汚泥

特に合流式下水処理場においては雨天時に土壌粒子が種々の部位より発生・流出し下水汚泥の一部となるから汚泥の重金属を論ずる場合には排水流域の都市活動の他に地域自然土壌の地質学的特性を把握しておかねばならない。その土壌が特殊な成分を含んでいる場合には汚泥の処理処分には一考を要することとなる。すなわち都市下水汚泥の金属特性に関する研究から逆に下水道システム全体の立地環境を動的に把握ということになる。図-1は自然系として大気系、河川系、地表系、土壌系、地下水系の5つの系に対する人間系の位置を示し、さらに人間系の一部ではあるが下水処理場の立地環境の層位を表したものである。下水処理の結果生ずる下水汚泥の金属特性が主に地表系と土壌系に關係している一例を以下に示す。

3. 研究の対象とした下水処理場とその排水流域の地質環境

札幌市には中心部を流れる豊平川をはさんで5つの下水処理場があり規模は計画処理人口10~40万人で厚別処理場が分流式の他は全て合流式となっている。処理場の位置及び排水流域の地質特性を図-2に示す。流域の南西部山地は第3紀中新世時代のグリーンタフ地域の東側に相当している。豊平川上流にはFe・Mn・Zn・Pb(硫化物)等を産する豊羽鉱山があり、下流の地質にFe・Mn・Asが多いことの遠縁となっている。地形は北部低地、東部丘陵地、西部山地、扇状地の4つに大別され、扇状地は西部に荻寒川扇状地があり、中心部が豊平川扇状地となっている。新旧2つの扇状地面があり西側が新期扇状地面(札幌面)、豊平川下水処理場を位置する東側が旧期扇状地面(平岸面)である。両者の間に0~15mの段丘崖がある。又豊平川扇状地系の浅井戸では良質な地下水は得られない。

4. 活性汚泥中のFe・Mn・Asの動向

札幌市中心部を排水流域とする創成川下水処理場の活性汚泥中Fe・Mn濃度の通年変化を図-3、4に、Fe・Mn相関を図-5に示した。Fe及びMnの通年の季節性をもつ変動パターンはそれぞれ良く似ていることからFe・Mn供給系の機構

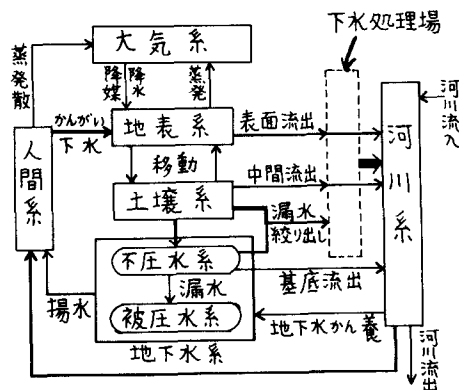


図-1 水(土)循環における下水処理場の層位

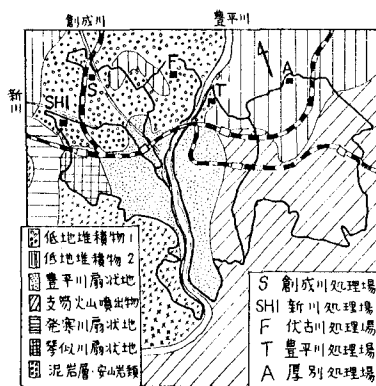


図-2 下水処理場流域と地質

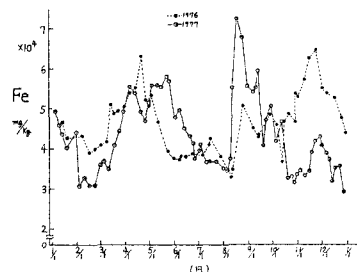


図-3 活性汚泥中鉄の通年変化

を類推することができる。汚泥中のFe,Mnの動向を裏づけるものとして流入下水中Fe,Mnの通日調査結果を図-6に示した。流入濃度は大きく変動しているがFe-Mnは図-7に示すように極めて相関が高い。さらに図-6に示したようにFe,Mnそれぞれの負荷量には大きな変動はみられないのが特徴である。これらの事実より以下のことが説明される。札幌市水道水のFe,Mn濃度はそれぞれ0.3,0.02 mg/l以下であるから下水中のFe,Mnは、揚水されて利用されている地下水と下水管内への漏水絞り出しによる地下水の2つの原因が考えられる。しかしながら用水化されている地下水は深井戸の比較的良好な水質のものが多く、又6図にみられるように夜半より濃度が増加し朝8時のピークに到るまでの負荷量はほとんど変化していないことから後者の効果が大きいと考えられる。

一方流入下水量の約50%が市水道水と推算されていることから大きな濃度変化は良好な水道水及び地下水による希釈効果と考えられる。又流入下水中のFe,Mnが良い相関をもっていることはそれらが溶出してくる部位の酸化還元電位は大部分 $[Fe^{3+}/Fe^{2+}]$ 0.77 volt以下にあると言える。

次に汚泥中のAsについてであるが流域にAsを含むような特殊な工場廃水は無いのでAsは天然起源と考えられ、しかも図-8,9に示すようにMnと良い相関をもっていることから発生源はFe,Mnの場合と同様と考えられる。これら汚泥中のFe,Mn,Asの起源として考えられる流域内地表土壌中の濃度を両対数紙にプロットしたものを図-10,11に示す。同時にS処理場の範囲と他の処理場のデータを示した。自然界に多量に分布するFe-Mnには良い相関がみられるが、各処理場の汚泥においてはかならずしも自然土壌系と同じパターンを示すものではないことが特徴的でAsについても同様である。それは地形・地質とそれに帰因する地下水系の違い及び水利用状況の違いによるものと考えられる。特にMn-Asにおいてはややグループ性がみられ大きく分けて(T-A)系と(SH1-S-F)系に分けられる。又図-11中ではスケルを変えて流入下水及び浅井戸(北部低地30m)のデータを示した。図にみられるように流域内土壌の濃度の高い部分と直線関係にあるということは固-液分配係数が一定であることを示すものである。Fe-Mnの場合はやや異なり土壌系における濃度比 Mn/Fe 0.012~0.015に対して流入下水系では0.067であり相対的にFeが少ない水質と言え、その酸化還元系を裏づけるように先の浅井戸は Mn 0.5, Fe 0.17 (mg/l)で Mn/Fe 2.94という水質であった。降雨や地下水位との関係などについては別の機会に報告する予定である。

5. おわりに 面及び深さ方向にも大きな広がりをもった水道機能の一端を示したわけであるが本報告が特異例としてではなく重要な意味を有する一例であると認識し、下水道を通した自然と都市との対話を更に発展させることが必要である。最後に札幌市下水処理場の皆様には多大な御便宜をいただき厚く謝意を表す。参考文献：省略

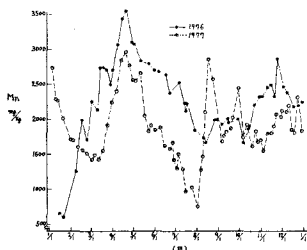


図-4 活性汚泥中Mnの通年変化

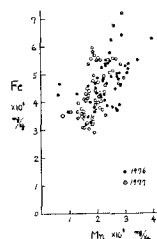


図-5 汚泥中Fe-Mnの関係

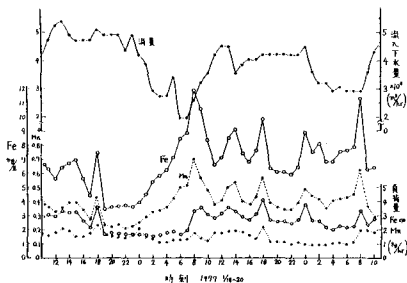


図-6 流入下水Fe,Mn通日測定

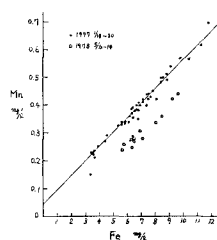


図-7 流入下水中Fe-Mnの相関

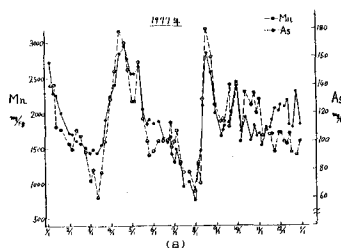


図-8 活性汚泥中のMn,Asの通年変化

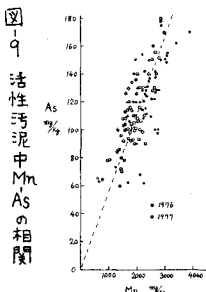


図-9 活性汚泥中Mn,Asの相関

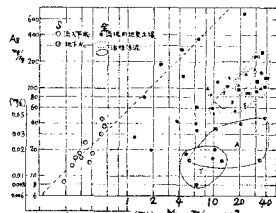
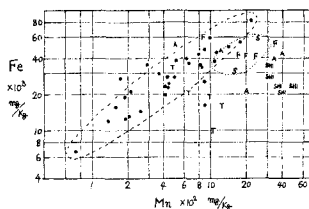


図-10,11 全流域自然土壌系及び活性汚泥中のFe,Mn,Asの関係