

II-187 下水再利用に関する研究 (鉄フロックを利用した下水の高度処理)

栗田工業(株) 総合研究所 正会員 向井常雄

合 上

北岡亮三

合 上

栗山光史

1. はじめに

最近の用水不足、用水源の汚染などに伴い、下水の再利用を目ざして、各種の三次処理方式が多方面で検討されているが、未だ、これとついで決める手を見ないのが現状である。

従者らは、物理的、化学的、また、生物学的観点から各種処理法を吟味し、それぞれの処理プロセスにおける有機物の除去特性をDowex-1, SO_4 型樹脂を用いる有機物含量定量法によって明らかにしてきた。^(1,2,3) 一般に、下水処理水のような低濃度の有機物を含ぶ系において、さらに微生物活性を利用して有機物を除去することは、非常に困難なことであるが、従者らは、このような系でも鉄フロック⁽²⁾に微生物を吸着、増殖させることによって、非常に安定に有機物除去が成されることを報告した。

そこで、新しい下水処理法として、鉄塩による凝集処理と、この鉄フロック法との組合せによる高度処理を実験検討した結果、従来の下水処理水よりもきわめて静穏に安定した処理水が得られたので、その処理水質結果を中心に報告する。

2. 処理方法

本処理方法は、生下水を直接鉄塩により凝集処理し、生下水中の浮遊性、懸濁性有機物および比較的高分子性の溶存有機物を除去した後、その処理水中に残存する比較的低分子性の有機物を、好気性微生物処理の一変法である鉄フロック法⁽²⁾により処理するものである。

3. 実験装置および実験条件

本実験は、12ヶ月間連続で行なった。その実験装置のフローシートを図1に示した。原水には当社の社宅下水処理プラントの生下水を使用した。処理量は $3\text{ m}^3/\text{day}$ である。

凝集処理は、凝集剤に工業用硫酸第二鉄 200 ppm 、急速攪拌3分、緩速攪拌15分、沈殿時間60分で行なった。また、凝集 pH は、5.0以下にならないうように pH 自動調整を行ない、中和剤として重炭酸ナトリウムを使用した。次に、微生物活性を利用して鉄フロック法⁽²⁾については、エアレーションタンク滞留時間を3および4時間について検討した。また、冬期においては、エアレーションタンク内の水温が下がり、微生物活性が低下するため、 10°C 以下にならないうように温度調整を行なった。

4. 実験結果

本処理法による処理水質結果を表1に示した。数値は平均値で、カッコ内には最低および最高値を示した。また、分析試料はすべて $0.45\mu\text{m}$ -メンブレンフィルターで濾過し、その前後の分析を行なった。

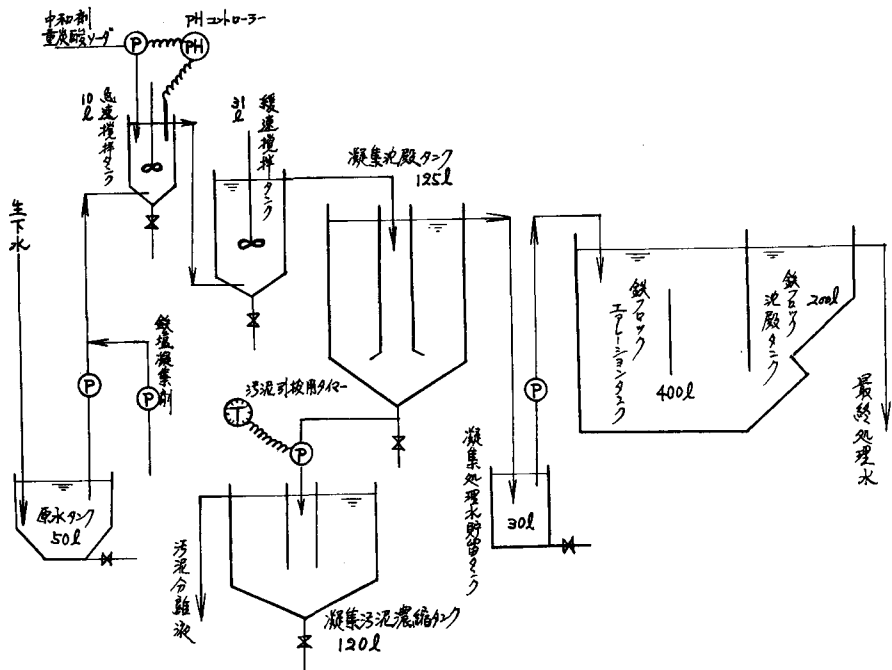


図-1 実験装置のフローシート

表-1. 処理水質結果

分析項目	生水	凝集処理水	鉄フロック処理水
pH	7.1 (6.8~7.8)	6.2 (4.1~6.9)	6.4 (4.5~7.1)
濁度		19.5 (5.5~46.0)	2.0 (~3.9)
COD _{Cr} * {Total (ppm)	220 (114~347)	96.5 (59.5~125)	98.0 (8.4~28.8)
{Soln (°)	104 (58.5~170)	76.1 (36.0~98.2)	16.1 (6.0~24.5)
COD _{Mn} * {T (°)	85.2 (59.2~168)	41.0 (29.0~72.5)	7.8 (3.0~13.2)
{S (°)	40.1 (23.5~59.5)	22.5 (15.2~46.1)	4.1 (0.5~7.9)
BOD {T (°)	120 (50.5~198)	39.5 (15.9~61.2)	検出以下 (~5.5)
{S (°)	55.8 (22.1~95.2)	22.0 (15.0~34.1)	" (~1.0)
ABS (°)	10.8 (5.5~23.1)	6.2 (3.1~16.8)	0.9 (0.1~1.8)
Fe {T (°)	0.28 (0.05~0.40)	5.5 (1.6~8.9)	0.41 (0.05~2.5)
{S (°)	0.05 (~0.15)	1.0 (0.1~1.5)	0.05 (~0.95)
PO ₄ ³⁻ {T (°)		1.2 (0.5~2.6)	0.09 (~0.37)
{S (°)	1.05 (5.5~22.6)	0.04 (~0.51)	検出以下 (~0.12)
NH ₃ -N (°)	20.9 (15.1~31.5)		12.3 (8.5~16.2)
NO ₂ -N (°)	0.05 (~0.1)		0.10 (0.07~0.15)
NO ₃ -N (°)	0.5 (~0.9)		3.5 (0.5~4.2)
M-アルカリ度 (ppm as CaO)	76.0 (38~137)		15.1 (~38.9)
全硬度 (°)	58.9 (41.0~74.4)		55.1 (41.0~73.5)
Ca ²⁺ (ppm)	17.2 (12.8~19.3)		17.0 (12.0~18.8)
Mg ²⁺ (°)	3.9 (2.2~6.3)		3.5 (2.2~6.0)
Cl ⁻ (°)	44.2 (28.4~65.0)		41.5 (21.5~61.9)

* COD_{Cr} は K₂Cr₂O₇ 法, COD_{Mn} は KMnO₄ 高温法により測定した。

沈過後のものに Total (T), 沈過後のものに Soln (S), と表示した。分析法は、すべて JIS 法にしたがった。

実験期間中、流入生水の水質変動がかなり激しく、とくに、雨水流入時には、アルカリ度の低下などにより生水の緩衝作用が弱まり、凝集フロックが不安定となって、その処理効率に障害を与えることもあったが、鉄フロック処理には、ほとんど影響を与えず、非常に安定に処理を行なうことができた。

凝集処理過程においては、流入生水の COD, BOD 成分の約 50% 以上を除去することが

できた。この場合、単にSS成分の除去のみならず、溶解性成分の約30～50%をも除去することができた。また、全下水中のPO₄は、約10 ppm程度であったが、鉄塩凝集により定量的に不溶化され除去できた。次に、鉄フロック処理過程においては、エアレーションタンク滞留時間3および4時間について検討したが、総体的に4時間滞留の方が、若干、その処理効率が優る程度のものであり、さほど処理水質に差が認められなかった。しかし、冬期には微生物活性が低下するため、4時間滞留とした。有機物負荷としては、0.4～0.8 kg-COD_{cr}/m³/day、0.2～0.5 kg-BOD/m³/dayであり、MLSSは、2,000～3,000 ppmに保持した。MLSS中には灰分を約50%含有していた。また、SVIが、常に50以下となり、フロック沈降性はきわめて良好であった。この最終処理水には、一種の微生物学的ポテンシャルの指標とも考えられるBOD、PO₄が、ほとんど検出されることがなく、非常に静穏な水質であった。

次に、凝集および鉄フロック処理水のBODとCOD_{cr}との間には、図-2に示したような直線関係が認められた。凝集処理水のCOD_{cr} 50～120 ppmは、BODとして約30～60 ppmに相当し、一方、鉄フロック処理水の場合、COD_{cr} 25 ppm以上ではBODが検出されるが、25 ppm以下では、まったく検出することができなかった。

次に、本処理過程における有機物の除去特性を検討するために、溶存有機物の分画定量を試み、その結果の一例を表-2に示した。

全下水中の溶存有機物の30～40%は、鉄塩により除去されるが、Dowex流出画分はほとんど除去されず、凝集除去の対象となる溶存有機物は残存画分COD_{cr}成分であった。

この結果は、すでに報告した結果^{1), 3)}と同じ傾向であった。

しかしながら、このような凝集処理水中の流出画分COD_{cr}は、引き続き鉄フロック処理を行なうことによって非常によく除去され、平均約10 ppm程度となった。また、残存画分は3～8 ppmであった。

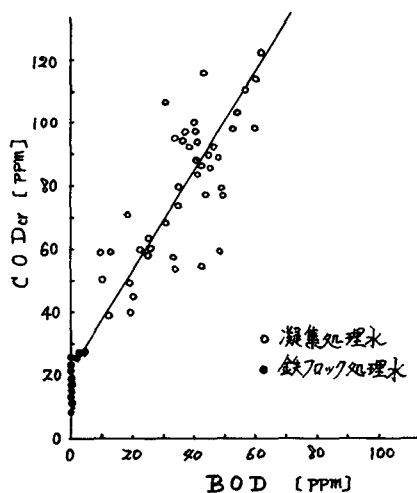


図-2. 処理水 BOD と COD_{cr} の関係

表-2. 溶存有機物の分画定量結果

試 料	全 画 分 ppm as COD _{cr}	Dowex-流出画分 ppm as COD _{cr}	Dowex-残存画分 ppm as COD _{cr}
全 下 水	120	60.5	59.5
凝集処理水	79.8	60.2	19.6
鉄フロック処理水	15.1	9.6	5.5

5. 考 察

本実験における全下水は、公共下水道のものと比較して、SS成分が少なく、その溶存有機物

中には、凝集除去しやすいDowex残存画分が多く占めること、また、無機成分として、硬度成分、アルカリ度、塩素イオンが低いことなどの特徴を有するが、こうした水質上の特徴は、総合的に、本処理法に対していかなる影響を与えていたかは、今後の検討にまかねばならない。

しかしながら、微生物活性を利用して、この凝集処理水のような低濃度の有機物を含み水を安定に分解処理することは、一般に、非常に困難なことであるが、鉄フロック法によりきわめて静穏に処理し得た。このことは、今後、生物学的処理法の新展開として意義あるものと考ええる。とくに、この処理法によって、BOD、リン酸も抽出できないところまで除去し得たことは、今後、工業用水として再利用を考える場合、非常に有利な条件となる。

ちなみに、本処理水と通常の活性汚泥処理水(BOD 12 ppm, PO_4^{3-} 3.5 ppm)とを直射日光下に放置しておくと、活性汚泥処理水の場合、著しい藻類の発生、スライム状微生物の発生が認められるのに対し、鉄フロック処理水の場合には、ほとんど、このような微生物の発生を認めることができなかった。このことは、恐らく、本処理水の微生物的ポテンシャルの低い水質を意味するものと考ええる。

この点に関しては、今後、さらに検討を加える必要が残されている。

6. まとめ

地下水を鉄塩により凝集処理し、引続き、好気性微生物処理の一変法である鉄フロック処理を行なうことによって、COD 16 ppm, BODおよび PO_4^{3-} を抽出しない、きわめて静穏な処理水が得られた。また、本処理水は、微生物的ポテンシャルが低いものと推定されるため、再利用に際して、非常に有利な利用条件となえていゝものと考ええる。

文 献

- 1). 栗山, 向井; 土木学会第25回年次学術講演会講演集, II-165, pp.46/, 1970.
- 2). 栗山, 向井; 第8回下水道研究発表会講演集, 6-25, pp.179, 1971.
- 3). 向井, 栗山; 第8回下水道研究発表会講演集, 6-28, pp.187, 1971.