

Ⅶ-144

再生水の移送過程における水質変化とその要因

建設省土木研究所 正会員 小越眞佐司
正会員 鈴木 穰

1. はじめに

平成7年度版の公共下水道統計によれば、156カ所の処理場で最大約46万 m^3 /日の再利用が行われ、そのうち、二次処理水のまま再利用先に供給されているものが約16万 m^3 /日、ろ過処理後が約13万 m^3 /日、凝集＋ろ過処理後が約11万 m^3 /日、ろ過＋オゾン処理後が約5万 m^3 /日、その他の高度処理後が約1万 m^3 /日となっている。即ち、多くの再利用水は二次処理水またはそのろ過処理水であり、そのままでは様々な微生物が生育しやすい水質である。再利用水の水質は、昭和56年度の「下水処理水循環利用技術指針（案）」等に規定があり、供給点の水質で規定されている。しかし、変質防止については大腸菌群の抑制を目標にした塩素の保持が規定されているだけであり、その条件も修景施設において塩素に対する感受性が高い水生生物を生育させる様な場合には、大腸菌群数が規定値以下であることを条件として適用されない。そのため、塩素を使用していない施設も多く、移送中に水質の変化が懸念される。そこで、実態を調査すると共に水質変化の要因についても検討を行い、知見を得たので報告する。

2. 再生水移送過程における水質変化

2.1 実態調査方法

再生処理法や消毒法が異なる再利用施設について、再生施設から利用施設に送水される間の水質変化を調査した。調査施設の概要を表-1に示した。調査は各再生施設と供給点（再生水利用施設の受水点）で、移送時間を考慮した上で、グラブサンプリング（残留塩素用と細菌分析用以外の試料については一部コンボジットサンプリング）を行った。

2.2 実態調査結果と考察

調査施設の送水前の再生水の大腸菌群数は100mL中に1個未満～520000個の範囲にあったが、供給点では、100mL中に1個未満～66000個の範囲であった。送水中の大腸菌群の増減は同一施設でも調査時期によって異なった傾向を示す場合があった。大腸菌群数の増減を到達点の残留塩素濃度との関係で整理したところ、図-1に示すようになった。移送中の大腸菌群の増加は到達点における残留塩素濃度の増加と共に抑制される傾向であり、到達点で0.5mg/L以上の残留塩素が保たれる場合は、送水管路内で大腸菌群の増加がほぼ生じないものと推定される。

図-2に、送水直前の残留塩素濃度と送水後の到達点の残留塩素濃度との関係を示した。到達点の残留塩素濃度は送水直前の残留塩素濃度が高いほど増加する傾向にはあるがばらつきが大きく、安全側をとると到達点で0.5mg/L以上の残留塩素濃度を得るためには送り出しの時点で3mg/L以上の残留塩素濃度が必要であると推定される。

送水中のSSや濁度の変化は、使用期間が5年以上の比較的古い施設では平均的にSSが増加した施設が過半数存在したが、使用期間が4年以下の施設では、平均的に濁度が増加した施設は無かった。何れの場合でも増加量は小さく外観の変化は認められなかった。

再生水送水管には内面をライニング（モルタル、塩化ビニル等）加工したダクタイル鋳鉄管が多く使用されている。管渠の損傷等があると管材料の鉄が溶出し、再生水中の鉄濃度が増加してくると考えられる。調査結果では、大部分の施設で送水中にわずかながら鉄濃度の増加が認められた。鉄材の化学的な腐食を進めると考えられる侵食性炭酸濃度および溶存酸素濃度と、送水距離1km当たりの鉄の増加率との関係

表 1 調査施設の概要

再生処理方法	送水距離	送水量 m^3/d
A ろ過 オゾン 塩素	5 km	1120
B 凝集ろ過 RO オゾン	0.09 km	42.3
C 塩素 ろ過	8.7 km	10560
D 塩素 凝集ろ過	1.67 km	4096
E ろ過 塩素	0.8 km	2700
F 凝集ろ過 オゾン	10.7 km	38200
G 凝集ろ過 オゾン 塩素	2.7 km	1120
H 凝集ろ過 活性炭	1.0 km	39
I 生物ろ過 オゾン	2.5 km	2448
J ろ過 オゾン	2.1 km	1300
K ろ過 現地UV	12.0 km	21490
L 塩素 ろ過	1.6 km	3216

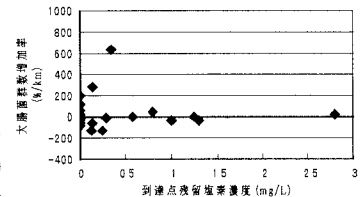


図-1 残塩と細菌数変化

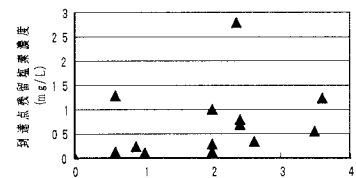


図-2 残塩の消費

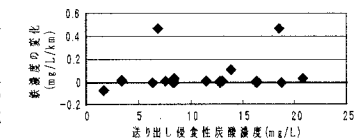


図-3 侵食性炭酸濃度と鉄濃度の変化

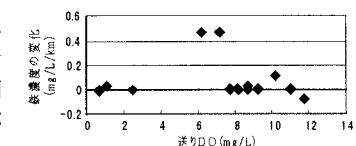


図-4 DOと鉄濃度の変化

を図-3、図-4に示した。

以上の他、再生水供給点では快適性を損なう色度、臭気の顕著な増加は認められなかったので、移送中に生じる水質の変化で最も重要なものは細菌の増加であり、塩素の消費であると考えられた。

3. 再生水移送過程における水質変化に関する室内実験

3.1 室内実験の方法

送水中の水質変化の検証と要因の検討を行うため、模擬再生水と模擬管渠による移送実験を行った。模擬再生水は、K処理場流入下水を活性汚泥によって処理し中空糸状精密ろ過膜で固液分離した二次処理水とした。模擬管渠は内径1.5mm、外径2.5mmのシリコンチューブである。模擬管渠は図-5のようにループ状にして恒温庫内に設置し、実際の移送時間に近い時間で流出するように流量を設定した上、循環ポンプでループ内を循環させ、実際の管渠の流れによる壁面剪断力と同程度の剪断力が得られる流速とした。模擬管渠は2系統あり、管渠内の滞留時間や流速の比較も行った。表-2は再生水として供給した膜分離活性汚泥処理水の水質である。

項目	平均値(範囲)
TOC	11.3 (5.4~22.0)
T-N	13.7 (3.5~26.3)
K-N	6.1 (0.3~20.5)
T-P	2.72 (0.63~3.56)
大腸菌群数 (個/100mL)	10.2 (0~124)
一般細菌数 (個/mL)	851 (2~14000)

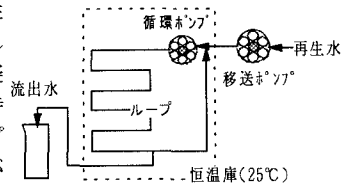


図-5 室内実験装置

3.2 室内実験の結果と考察

実施設の調査では、細菌数の増減やSS又は濁度の増加が主要な水質変化であった。室内実験でも大腸菌群数の増減やSSの増加が認められたが、色度の増加、アルカリ度・TOC・ケルダール性窒素の減少等の変化も認められた。ケルダール性窒素とアルカリ度の変化は硝化に伴うものであると考えられ、図-6に示すように硝化に伴うアルカリ度の理論的な減少量と、観察されたアルカリ度の減少量がほぼ一致した。大腸菌群数と硝酸性窒素の増加は滞留時間(管渠)の長い方が多い傾向を示した。

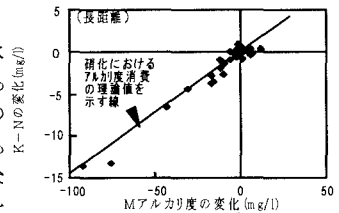


図-6 K-Nとアルカリ度の変化

図-7は付着物の平均厚さの経時変化である。この厚さは付着生物膜の水分含有率が一定であると仮定して、付着物の乾燥重量から計算によって求めた推定値である。28日経過時点で流速の高い方は付着量が減少したのに対し、流速の低い方では35日経過時まで膜厚の増加が続いた。図-8は付着物中の従属栄養細菌密度と亜硝酸菌密度、及び移送中のケルダール性窒素の変化である。図-7, 8を比較すると、従属栄養細菌は膜の厚さの変化と類似した変化を示すが、流速の低い系の膜厚の増加には一致していない。また、流速の高い系では初め亜硝酸菌の量が流速の低い系より少なく、その後同等以上に増加したことが示されているが、ケルダール性窒素の減少と酸化態窒素の増加も、流速の高い系では低い系より遅れて変化していることが示されており、硝化細菌量の変化と対応している。図-9は鉄・マンガンの付着量の変化で、流速の高い系ではこれらの物質が付着しにくいことが示されている。図-7の付着物の厚さの変化には従属栄養細菌等の増加の他に、鉄・マンガンの付着量の影響も表れていると推察される。

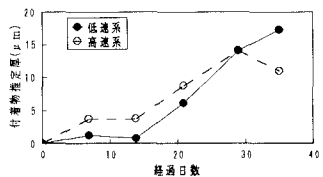


図-7 付着物の厚さの変化

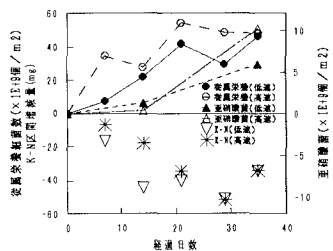


図-8 付着菌数とK-N

4. おわりに

実施設における移送中の再生水質の変化は室内実験の場合と比較するとわずかな変化であった。これらは移送水量と接触面積の関係が異なることや温度の違いが影響していると考えられる。しかし、長期間使用している施設ではSS増加の頻度が高かったことから、実施設でも水質の変化に付着微生物が影響を与えていることが推定される。今後は付着微生物の制御によって安定した再利用水質を保持する方法について検討を行う必要があると考えられる。

キーワード： 下水、再生水、水質、輸送、劣化

連絡先：(〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1

電話 0298-64-2211、FAX 0298-64-2817)

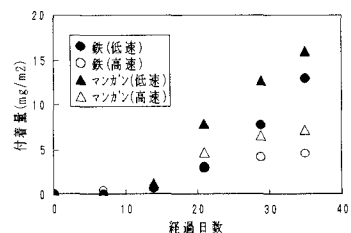


図-9 付着物中の鉄・マンガン