

下水管渠網における下水
性状の変化に関する研究

日本大学理工学部土木工学科
日本大学大学院理工学研究科土木工学専攻

正会員 田中和博
学生会員 ○平口泰史

1. 研究の背景

日本下水道協会の調べによると平成18年3月31日現在、日本全国の下水道普及率の平均値は69.3%であり、既設管渠の総延長は約36万 km に達している。下水道建設費の約70%もの費用が管渠の建設・維持管理・補修に占めている。そのため、本研究で対象としている流域下水道のような大規模な幹線では下水道管渠から処理場までの流下時間は長時間となる。したがって下水道管渠内での水質は処理場まで一定というわけではなく沈殿などによる変化に加えて好気・嫌気状態下における微生物反応により変化していることが予想される。これらのことから下水道管渠も反応プロセスとして利用できる可能性があると考えられる。

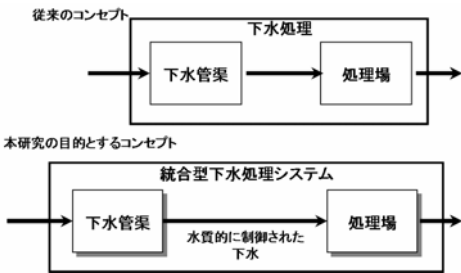


図1. 目的とするコンセプト

2. 研究の目的

本研究の目的は、図1に示すように下水道管渠を反応プロセスの一部として利用し、下水処理場と下水道管渠を統合した下水下水道システムの構築を目指している。この目的が達成されれば、下水道における建設費・維持管理費の削減が期待できると考えられる。

3. 現場調査の概要

埼玉県中川流域下水道中川幹線(吉川市内)において平成18年9月28日(木)の午前9時から翌日の午前9時までの24時間の調査及び、同年12月18日に追加の調査を行った。調査地点概要図については図2に示した通りであり、2つの人孔間には下水の途中流入はない。調査方法は下水道管渠内から下水を採水し、現場及び水質実験室にて水質の測定を行うことにより管内での反応を調査した。9月の調査では、1時間おきにオートサンプラーにて採水し、さらに、3時間おきにバケツで直接採水を行った。現場にてOUR(酸素消費速度)、全硫化物、溶解性硫化物、硫化水素、溶存酸素(DO)、pH、水温、管内気温、外気温、水温、流速の測定を行った。そして、調査後に採水したサンプルの全化学的酸素要求量(CODcr-T)、溶解性化学的酸素要求量(CODcr-S)、全有機炭素(TOC)、浮遊物質(SS、VSS)、全窒素(T-N)、全リン(T-P)、硝酸性窒素(NO₃-N)、亜硝酸性窒素(NO₂-N)、アンモニア性窒素(NH₄-N)の測定を行った。また、12月の調査では、上流から下流にかけての流下時間を測定し、それぞれ下水のCODcr、OURを測定した。



図2. 調査地点概要図

4. 実験結果・考察

(1) 浮遊物質の呼吸活性

9月の現場調査時に6回測定したOURをもとに下水に含まれる浮遊物の呼吸活性を求めたものが表1である。比較のため中川終末処理場のエアレーションタンク末端から活性汚泥を採取し、OURを測定した結果も示した。この表1から下水中の浮遊物の呼吸活性が処理場の活性汚泥と比べ

キーワード：下水道管渠

表1. 下水の呼吸活性

	呼吸活性(mgO ₂ /h/gVSS)
9月の測定結果	69(57 ~ 95)
処理場の活性汚泥	28(24 ~ 32)

連絡先：〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14 336A 田中研究室 TEL FAX 03-3259-0875

て約 2.4 倍の数値を示していることから、流下する下水に含まれる浮遊物質の微生物活性が高いことが今回の実験では示された。

(2) オートサンプラーによるコンポジットサンプルの測定結果

9 月の調査で上流部と下流部においてオートサンプラーにより 1 時間おきに 1 日間採水を行い流量比でコンポジットサンプルを作成し、水質分析を行った。測定した項目は、CODcr-T、CODcr-S、T - P、SS、VSS 濃度の値を比較した。これは、流量を考慮した値であるので実際におきた挙動を知るうえで有効な手段である。その結果を表 2 に示す。すべての項目において上流部から下流部に流下する間に値が減少する傾向がみられる。特に、CODcr-S が 10% 除去という結果は、沈殿だけでは考えられない項目であり、下水道管渠内で微生物による生物分解により有機物が減少した可能性が考えられる。また、このことから CODcr-T、VSS、SS の減少の一つの要因として、下水道管渠内での微生物によるものも含まれる事が考えられる。

表 2. コンポジットサンプルの測定結果

	上 流 部	下 流 部	除 去 率
CODcr- T (mg/L)	459	435	5 %
CODcr- S (mg/L)	155	139	10 %
T-P (mg/L)	4.87	4.46	8 %
SS (mg/L)	117	108	8 %
VSS (mg/L)	115	103	10 %

(3) 流下時間を考慮した有機物の変化

表 3 .CODcr-T, CODcr-S 測定結果

12 月の調査において流下時間を正確に予測するために上流部にピンポン球を投下し、下流部に到達するまでの時間を計測した。その際、ピンポン球投下時刻と回収時刻にそれぞれ上流と下流で採水を行った。なお、流下時間の計測は水深が管径の 7 分の 1、流量 $0.22 \text{ m}^3/\text{s}$ (Case①)、10 分の 1、流量

Case ①	上 流 部	下 流 部	除 去 率	流 下 時 間
CODcr-T(mg/L)	228	217	5%	1.52h
CODcr-S(mg/L)	165	163	1%	
Case ②	上 流 部	下 流 部	除 去 率	流 下 時 間
CODcr-T(mg/L)	440	297	33%	2.12h
CODcr-S(mg/L)	141	135	4%	

$0.10 \text{ m}^3/\text{s}$ (Case②)、及び流量が中間の 3 回行った。なお、採水は Case①、Case②の時のみである。その時に採水したサンプルの測定結果が表 3 に示したものである。9 月の測定と同様に上流から下流に流下する間に CODcr は減少している事がわかる。また、流下時間の短い Case① に比べ長い Case② の除去率が大きくなった。これは Case② の平均流速が 0.56 m/s であり、一般に言われている限界掃流力より小さく固形物の沈殿現象も生じたのではないかと考えられる。

5. 結論

(1) 下水に含まれる呼吸活性、コンポジットサンプルの測定結果から、下水道管渠内で生物反応が起こっていると考えられるので、これまで下水処理場まで下水を移送するためだけの機能であった下水道管渠内においても有機物の除去機能があるという事が示唆され、これにより本研究の目的である下水道管渠内を反応槽 (リアクター) として用いる可能性を示唆することができたが、今後も継続的に調査を続けていく必要があると考えられる。

(2) 今回は下水の水質調査のみであったので、今後は下水道管渠内の固形物の沈殿工程を含む生物化学的反応のシミュレーションを行うモデルで解析を行っていく必要があると考えられる。

参考文献：Thokild Hyvitved-Jacobsen, "Sewer Processes (Microbial and Chemical Process Engineering of Sewer Networks)"

謝辞：ご協力頂きました埼玉県中川流域下水道事務所の関係者及び、平成 18 年度卒業生田沼慎吾様、

星野良太様、渡邊優作様に深く感謝を申し上げます。