

B-5

下水処理水中の活性汚泥由来有機物の組成および挙動

○東京大学大学院環境学専攻 佐藤 弘泰
 東京大学工学部 坂下 秀和
 東京大学大学院環境学専攻 味埜 俊

1. はじめに

下水道の普及に伴って公共用水域の水質改善が進んでいる。その一方で、公共用水域に流入する有機物負荷は、かつては生活系の雑排水が大きな割合を占めていたが、近年では地域によっては下水処理場が主要な発生源となっている場合がある。流域から発生する有機物負荷等の汚染物質を集めて処理するのが下水道であるのだから、これはやむを得ないことではある。しかし、下水処理場を環境への主要な有機物負荷の排出者としてとらえ、環境に対してどのような影響を与えているのか、あるいは与える可能性があるのか検討されるべきである。

下水処理水中には流入下水中の難分解性有機成分が残存していると予想できるが、その一方で、処理の際に用いられる活性汚泥や生物膜のような微生物群の代謝産物や老廃物も含まれると予想できる。流入下水に含まれる成分と、処理に用いられる微生物群に由来する成分とを分けて検討することが必要であると考えられる。本研究では、活性汚泥プロセスを低級脂肪酸のみを有機物として含む人工下水を用いて運転し、処理水中の溶存有機炭素（DOC）蛋白質、糖類、およびタンニン・リグニンを経時的に測定することにより、下水処理水に含まれる活性汚泥由来の有機物の組成および挙動について検討した。また、実下水処理場処理水についても処理水中の有機成分組成を調べ、下水処理水中の全溶存有機炭素にしめる活性汚泥由来有機成分の割合について考察した。

2. 方法

本研究で用いた活性汚泥リアクターは6時間1サイクルの嫌気好気式回分式活性汚泥プロセスである。水理学的滞留時間10時間、汚泥滞留時間8日とし、以下の組成の人工下水を流入水とする。流入水の全有機炭素TOCの実測値は106mgC/Lであった。流入水中の有機物はプロピオン酸のみであり、他に、塩化カリウム、硫酸アンモニウム、リン酸水素二カリウム、塩化カルシウム、塩化マグネシウムを含む。

処理水を適宜採取し、グラスファイバーフィルターによりろ過した後、次のように分析を行った。溶存有機炭素（DOC）は島津TOC-500により測定した。蛋白質はMicroBCA法（Pierce社）により、糖類はフェノール-硫酸還元法により、タンニン・リグニンはリンモリブデン酸吸光光度法により、プロピオン酸はキャピラリー電気泳動法により測定した。蛋白質、糖類、タンニン・リグニンはそれぞれ、アルブミン、グルコース、およびフェノールを標準物質として、炭素濃度に換算した。

また、首都圏の下水処理場からも処理水を採取し、同様に分析した。

3. 結果と考察

3.1 人工下水処理活性汚泥プロセス処理水中の有機物

リアクターは平成12年12月から13年2月にかけて運転した。その間の処理水中有機成分のモニタリングの結果を図1に示す。DOCは6mgC/L～18mgC/Lの間で変動した。原水には低級脂肪酸（プロピオン酸）しか含まれず、処理水にはプロピオン酸は検出されなかったため、処理水DOCの変動は活性汚泥由来有機成分の変動を表していると考えられる。

有機成分はどの測定日においても糖類がもっとも多く、ついで蛋白質が多かった。タンニン・リグニンは糖類・蛋白質に比べて非常に少なかった。図1から一見して、DOCの変動は糖類の変動と大きく関係していたことが見て取れる。特に実験終盤においては、糖類の挙動がDOCに大きく影響していた。実際、DOCと糖類の相関係数は0.86と高かった。また、DOCと蛋白質の相関については相関係数0.70であった。DOCと糖類・蛋白質の相関を図2に示す。

図3に、実験期間中のDOCの平均値、および各成分の平均値とそのDOCに対する割合を円グラフで示した。処理水中には9.1mgC/LのDOCが測定されたが、これは、流入水TOC（106mgC/L）の8.6%にあたる。DOCのうち半分弱を糖類が占め、また、蛋白質が約2割を占めた。タンニン、リグニンは3%程度であった。また、図中「その他」として示されている不明な分が3割程度あった。処理水にプロピオン酸が

検出されなかったもので、これはプロピオン酸ではない。活性汚泥由来の成分である可能性もあるが、人工下水は有機成分・無機成分を水道水で希釈して作成したため、不明分には水道水に由来する有機成分も含まれると考えられる。

「その他」の部分を除外すると、処理水中の有機態炭素のうち確実に活性汚泥に由来する成分は合計で6.5mgC/Lであり、流入水TOCの6.1%にあたる。また、その約3分の2(65%)を炭水化物が占め、残りのほとんどを蛋白質が占めていた。

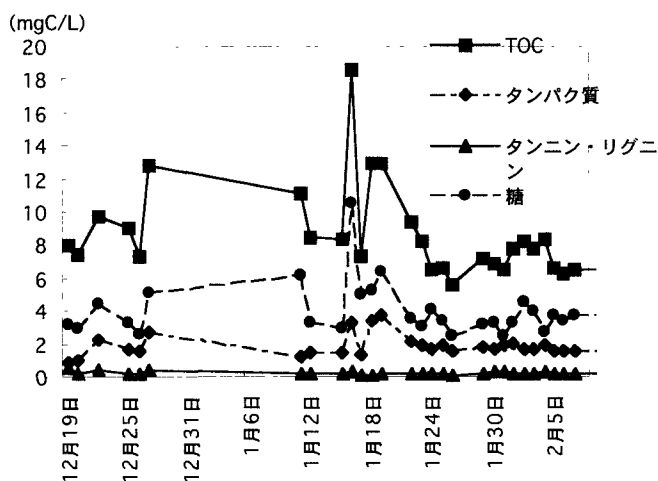


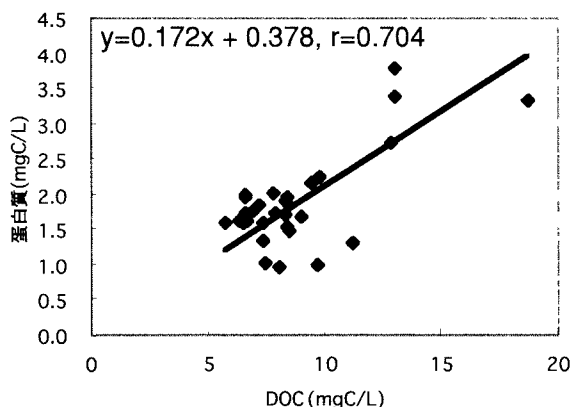
図1 実験室活性汚泥リアクター処理水中の有機成分組成の経時変化

3.2 下水処理水中の有機物にしめる活性汚泥由来成分の割合の推定

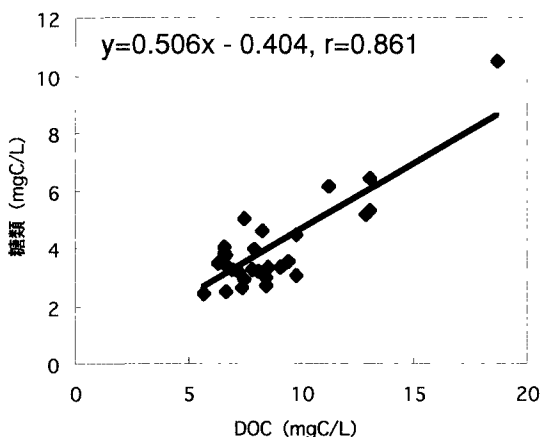
実下水処理場について調査を行い、処理水中の有機成分のうち活性汚泥に由来する部分について推定を試みた。首都圏のS下水処理場を対象とした。

実処理場流入水のDOCは46mgC/Lであった。先に述べた実験室活性汚泥プロセスによる実験結果では、流入DOCの6.1%に相当する蛋白質、炭水化物、タンニン・リグニンが活性汚泥によりつくられる。これに基づいて処理水中の活性汚泥由来有機物成分の濃度を試算すると、 $46 \times 6.1\% = 2.8\text{mgC/L}$ 程度ということになる。一方、処理水DOCは10.8mgC/Lであった。処理水中DOCの約1/4が活性汚泥に由来するという結果となった。図4に、処理水中の各有機成分の実測値とそのうちの活性汚泥に由来する部分の試算値を示す。処理水に検出された蛋白質の約2割、糖類の約半分が活性汚泥に由来するものと試算された。

ここでは流入水のDOCベースで試算を行ったが、流入水中の固形成分も微生物による代謝を受けると考えられる。それを考慮すると、活性汚泥由来の有機成分の割合は上記の試算では約1/4であったが、実際にはもう少し高いと予想できる。



(a) 処理水DOCとタンパク質との相関



(b) 処理水DOCと糖類との相関

図2 処理水DOCと蛋白質および糖類との相関

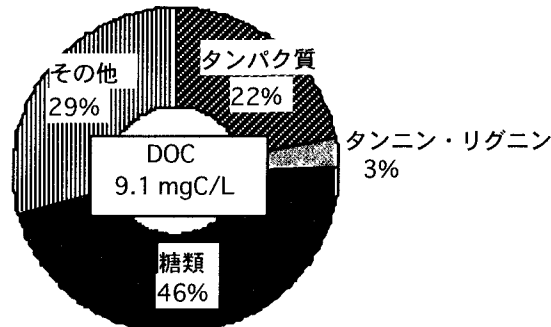


図3 実験室活性汚泥リアクターからの処理水中有機成分組成（平均）

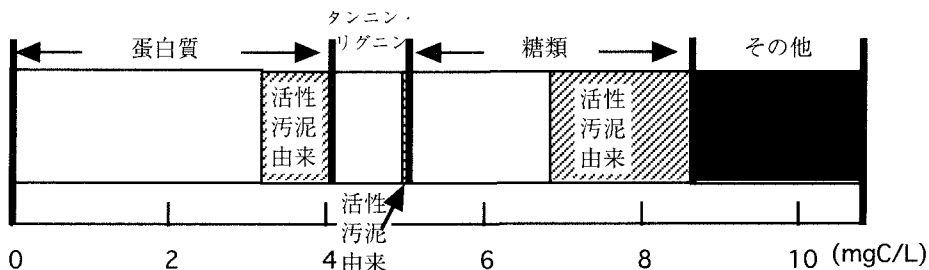


図4 実下水処理水中有機成分の組成とそのうち活性汚泥に由来する部分の推定

4. 結論と今後の展望

本研究では以下のような結果が得られた。

- (1) 活性汚泥プロセスでは、処理された有機成分の約6%に相当する量の有機態炭素が活性汚泥処理水中にあらわれる。
- (2) 活性汚泥に由来する有機成分は糖類と蛋白質が主であり、今回の実験ではおおまかには炭水化物が三分の二、蛋白質が三分の一という割合であった。また、活性汚泥に由来するタンニン・リグニンはごくわずかであった。
- (3) 活性汚泥に由来する有機成分の濃度は一定ではなく、運転期間中変動した。この有機成分濃度の変化は、特に糖類の濃度の変動と相関が高かった。
- (4) 実下水処理場の処理水中の有機成分のうち、活性汚泥の代謝産物に由来する部分について推定を行った。処理水DOCの四分の一以上が活性汚泥に由来するという試算が得られた。
- (5) 今回の検討では、活性汚泥に由来する有機成分のうち、今回測定した糖類、蛋白質、タンニン・リグニン以外の成分の挙動については解明することができなかった。また、活性汚泥由来有機成分の濃度が変動する原因についても今後の検討課題として残された。

下水処理水の有機性汚濁成分を現在よりもいっそう削減するためには、流入下水に含まれる難分解性有機物の分解率を高める必要がある一方、活性汚泥に由来する有機物も削減しなければならない。処理水中に含まれる微生物由来有機成分の組成についてさらに詳しく解明し、また、それを削減するための運転条件について検討する必要がある。

謝辞：本研究は、文部省科学研究費補助金（課題番号11680566）により行われた。また、実験室活性汚泥プロセスの運転と試料の提供について東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻の小貫元治氏に御礼申し上げる。