

B-1 生物学的リン除去プロセスの処理能力と処理水中の溶存有機成分との関連

日本水工設計株式会社 ○渡辺 暁人
 東京大学大学院 新領域創成科学研究科 環境学専攻 味埜 俊
 同上 佐藤 弘泰

1. 研究の概要

本研究では、生物学的リン除去プロセスの処理水中に残存する微量有機物について、固相抽出法と GC/MS を用いて処理水中の不明有機物の同定・分析を行ない、残留有機物に関する基礎的な情報を収集した。有機成分として酢酸と微量の ATU のみを含む人工下水を用いて回分式生物学的リン除去活性汚泥プロセスを運転した。流入水中の有機成分はごく限られていることから、処理水中に含まれる有機成分のほとんどは活性汚泥の代謝産物であるとみなすことができる。その結果、生物学的リン除去プロセスの運転初期から、プロセス中の活性汚泥がリン除去能を消失するまで、処理能力の変化に応じてこれらの微量有機物群の組成もダイナミックに変化することが確認された。

2. 実験手法

2.1 試料

酢酸 40mgC/L のみを炭素源とした、嫌気好気式リン除去リアクターからの処理水を試料とした。運転条件は嫌気過程 90 分－好気過程 150 分であり、好気相での硝化を防ぐために ATU を 2mg/L 添加した。

2.2 微量有機物質の分析

サンプリングからの実験手順は、図 1 に示すとおりである。

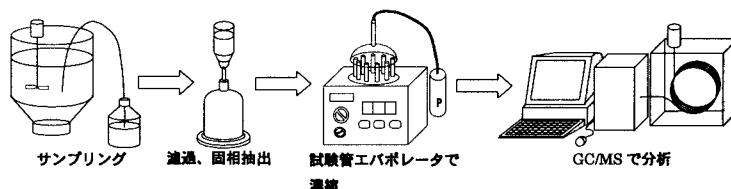


図1 微量有機物質の分析の手順

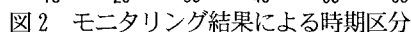
リアクターの処理水 500ml をリン酸緩衝液で pH7 程度に調整し、二種類の固相抽出ディスク SDB-XC（疎水性）、活性炭ディスク（親水性）（各エムポアディスク、3M社製）に通し、ディスクに有機物を吸着させた。ディスクを通気乾燥させた後、吸着した有機成分をアセトニトリル 20ml で抽出した。抽出したアセトニトリル試料を、試験管エバポレータで約 500 μ l に濃縮した。濃縮されたアセトニトリル試料を二分し、一方には TMS 誘導体化を行なった。

以上の操作により、SDB-XC で抽出されたもの、活性炭ディスクで抽出されたもの、およびそれらを TMS 誘導体化したものの 4 種類のサンプルを調製した。これらのサンプルを GC/MS で分析し、各物質の同定を行なった。また、パラヒドロキシ安息香酸メチルを内部標準試薬として使用し、各物質の濃度変化を相対的な変化として追跡した。なお、リアクターの流入水や水道水などをブランクとし、それらに含まれるブランク物質と処理水のみに含まれる物質を区別した。

3. 1 リアクターの処理性能による時期区分

(1) 馴致期(0~15 日目):リアクターの運転初期であり、活性汚泥がリン除去能力を獲得するまでの準備期。この時期、MLSS が低下し、1200mg/L 程度になった。

(3) 衰退期(40日目～): 活性汚泥が徐々に処理能力を消失すると共に、バルキングを起こした時期。



GC/MS で検出された有機物を、検出された時期で分類して図 3 に示した。GC/MS のライブラリサーチで同定できなかった物質は、図の下部分に、抽出した固相抽出ディスクの名前と GC のリテンションタイムで表し、誘導体化したサンプルから検出されたものは、後に-dr を付け区別して表示した。

3. 2 活性汚泥の代謝由来物質について

各時期において特徴的に検出された物質を示す。図 4 は各物質の分子構造である。

- (1) 馴致期: Hexadecanoic acid, Aspartic acid (アスパラギン酸)、Uracil (ウラシル)

それぞれ脂肪酸、アミノ酸、RNA の一種であり、細胞内に豊富に含まれる物質である。この時期は MLSS が低下していた時期であるため、活性汚泥の自己分解により、細胞が壊れて放出されたと考えられる。

- (2) 安定期: 検出されず

この時期に特徴的に検出された物質はなかった。これは、馴致期を経て、生物相の大きな変動がなくなり、安定したためであると考えられる。

- (3) 衰退期: Undecane, Dodecane, Tridecane, 2-ethyl-1-hexanol, Dimethyl carbitol

いずれも疎水性物質であり、Rhodococcus や Nocardia などの放線菌が増殖し、これらの物質を生産することでバルキングを引き起こしたと考えられる。

- (4) 同定できなかった物質

MS のライブラリサーチで同定できなかった物質が、全期間を通して 20 種類程度存在した。馴致期には活性炭ディスクで抽出された親水性の物質が多く検出され(図 3 の灰色楕円で囲んだ部分)、衰退期には SDB-XC で抽出された疎水性の物質が多く検出された(図 3 の灰色八角形で囲んだ部分)。

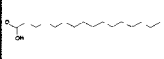
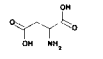
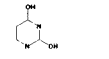
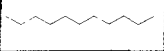
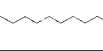
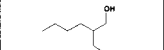
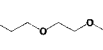
Hexadecanoic acid 	Aspartic acid 	Uracil 
Undecane 	Dodecane 	Tridecane 
2-ethyl-1-hexanol 	Dimethyl carbitol 	

図 4 各物質の分子構造

4. 結論

酢酸のみを基質として用いた嫌気好気式リン除去リアクターの処理水中に含まれる微量有機物質を、「固相抽出-GC/MS」を用いて分析し、リアクター自身の処理能力との関連性を調査した。

リン除去活性汚泥の馴致期には、MLSS の低下つまり活性汚泥の自己分解に伴い、細胞構成成分由来と思われる有機物が検出された。安定期には特徴的な物質は検出されなかったが、これは活性汚泥中の生物相が安定したためであると考えられる。リン除去能力が消失し、バルキングが起こった衰退期には、炭素鎖 10 以上のアルカン類、アルコール類といった疎水性有機物が特徴的に検出された。これらの物質の発生は、バルキングと関連があると考えられる。また、GC/MS で同定できなかった物質も多数存在し、これらの不明物質についても馴致期、安定期、衰退期の期間に分け、大きな経日的変動が見られた。相対的に馴致期には親水性の物質が多く、衰退期には疎水性の物質が多く検出されたが、これらも馴致期の生物相の変動と衰退期に起こったバルキングを反映するものであると考えられる。

以上のように、基質に含まれていたもの以外の微量有機物質が処理水中に含まれ、またそれらの物質の組成や量が、活性汚泥の処理能力の変化に応じて大きく変動していることが確認された。