

## 活性汚泥法による難分解性物質分解特性の検討

Analysis of xenobiotics degradation by activated sludge

田 中 孝 国・福 井 悠 太※  
Takakuni Tanaka and Yuta Fukui

### 1. 緒言

我々の生活廃水を処理する際に使用されている活性汚泥法は、代表的な生物学的処理法 (bioremediation) であり、日本で稼働している廃水処理場の約70%以上がこの方法で処理を行っている。活性汚泥中には、細菌類・真菌類・原生動物や後生動物などの微生物群が混在しており、複雑な食物連鎖を構成している。これら微生物群は、廃水中の有機化合物を分解して栄養源として自らを増殖し、廃水の浄化を行っている。活性汚泥法の最大の利点は、他の化学的・物理的処理法とは異なり、有機化合物を分解しても二次産物を産出することなく、炭酸ガス、メタン、水、バイオマス等に分解し、環境に負荷をかけないことを特徴としている。

しかし、近年、環境残留性が強く、微量でも毒性を示す、多種多様の芳香族化合物が汚染物質として廃水に混入するようになってきた。これらの物質は、化学的に安定な難分解性物質 (xenobiotics) であるため、活性汚泥による分解にも限界があると考えられている。更に、活性汚泥に新規の難分解性物質が混入した場合、それが分解可能か、可能であれば分解にどの程度の時間がかかるのか、等の知見は、実際に現場で試験しないと得られない情報であるため、緊急時に対応するためには、データの蓄積を十分に行わなければならない。

そこで本研究では、実験室で馴養した回分式活性汚泥に難分解性モデル物質であるトルエン類似体 (m-トルイル酸) を投入し、活性汚泥の増殖特性と分解特性の測定を行い、活性汚泥の代謝活性に及ぼす難分解性物質の影響評価について考察を行った。

### 2. 実験方法

実験に用いた回分式活性汚泥は、生活廃水や工場廃水等を幅広く処理している、小山市扶桑水処理センターの活性汚泥を使用した。まず、この活性汚泥を一定の状態にするために(馴養)、模擬廃水で25℃の条件下、6ヶ月以上培養した。活性汚泥槽は15Lサイズ、培地の成分は1日あたり、グルコース0.4g/L・ポリペプトン0.4g/L・リン酸1カリウム0.02g/Lを毎日fill and draw法によって供給した1)。活性汚泥濃度であるMLSS (活性汚泥の乾燥菌体の重量)は、3000~4000mg/L前後で一定になるように、適宜余剰汚泥を抜いて調整を行った (Fig. 1)。

上記の条件で馴養した活性汚泥500mLをFig. 2の装置 (5Lサイズのジャーファーメンター) に移し、Table 1,2の模擬廃水を加えて、総量を3.0Lにし、分解実験を行った。培養条件は、25℃、攪拌速度は200rpm、通気量は5L/minで行った。尚、模擬廃水中のトルイル酸(トルエン類似物質)は、トルエンに換算すると約800ppmになる。この模擬廃水を2日目以降、fill and draw法にて800ppmになるように毎日供給した。

模擬廃水分解実験中は、汚泥濃度(分光光度計OD660を乾燥重量で換算 [g/L] 次ページの式①を使用)、トルイル酸濃度(分光光度計OD275、検量線を用いて換算 [g/L] 次ページの式②を使用)、pH、DO (溶存酸素濃度mg/L) を測定した。活性汚泥は、通常”フロック”と呼ばれる凝集体であるため、汚泥濃度を測定する際は、ホモジナイザー(5mL水で20450 rpmの破碎強度)で10分間分散後、蒸留水で希釈して測定した。トルイル酸濃度は、汚泥液を0.45  $\mu$ mのフィルターでろ過後に希釈して測定した。更に、活性汚泥の代謝活性の判断指標として、1,6日目の活性汚泥を50mL抜き出して遠心(3000rpm)を行って回収し、活性汚泥の酸素利用速度をDOセンサーで測定した。

乾燥菌体重量 [g-dry cells/L] = (1096×OD<sub>660</sub> -69.3) × 10<sup>3</sup> ∴ ①  
トルイル酸濃度 [g/L] = 0.16 × OD<sub>275</sub> ∴ ②



Fig. 1 馴養した活性汚泥

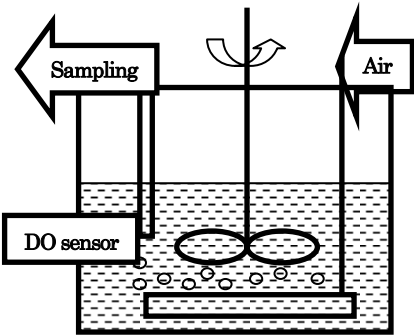


Fig. 2 実験装置図

Table 1 模擬廃水の組成

| 薬品名                                             | 分量     |
|-------------------------------------------------|--------|
| <i>m</i> r Toluic acid                          | 0.8 g  |
| (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> | 0.47g  |
| NaHPO <sub>4</sub> · 12H <sub>2</sub> O         | 1.47 g |
| KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>                 | 1.36 g |
| MgCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O           | 0.25 g |
| CaCl <sub>2</sub> · 2H <sub>2</sub> O           | 0.07 g |
| Salt 2 ※(Table 2 参照)                            | 2 mL   |
| 蒸留水                                             | 1 L    |

Table 2 Salt2 の組成

| 薬品名                                                  | 分量     |
|------------------------------------------------------|--------|
| FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O                | 0.80 g |
| ZnCl <sub>2</sub>                                    | 0.47 g |
| MnSO <sub>4</sub> · H <sub>2</sub> O                 | 1.47 g |
| CuCl <sub>2</sub>                                    | 1.36 g |
| CoCl <sub>2</sub> · 6H <sub>2</sub> O                | 0.25 g |
| Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> · 2H <sub>2</sub> O | 0.07 g |
| H <sub>3</sub> BO <sub>4</sub>                       | 0.05 g |
| H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>                       | 1mL    |
| 蒸留水                                                  | 100mL  |

3. 結果と考察

まず、活性汚泥によるトルイル酸分解の測定結果をFig. 3に示した。このグラフを見ると、約24時間は分解が起こらず、菌体の濃度も不安定な状態を示していることがわかった。24時間を超えると、その後は約24時間サイクルで、トルイル酸の分解が行われることがわかった。よって、今回用いた実験室で馴養した活性汚泥は、約1日間のラグタイム後に、難分解性物質分解菌が増殖し、分解を開始することがわかった。また、今回記載していないが、活性汚泥は、模擬廃水中の溶存酸素(dissolved oxygen)を急激に消費した後に、トルイル酸の分解を行い、増殖を開始していた。

Fig. 4 には、測定日時の違いによる活性汚泥の増殖速度及びトルイル酸の分解速度を示した。こ

れによれば、96時間目を境に安定した値を取ることがわかった。この結果は、96時間目までは活性汚泥の中の微生物群が安定した処理能力を発揮出来ておらず、同時に培養中の活性汚泥槽の中の様々な微生物群に変化が生じていることを示している。

Fig.5 は、Fig. 4と同時期の酸素消費速度及び菌体収率Y<sub>x/s</sub> (単位時間辺りの、菌体増殖量÷基質消費量=Y<sub>x/s</sub>) である。酸素消費速度(○)の変化は、培養のどの時期でも変化はあまり無かった。しかし、菌体収率は、Fig. 4時の分解速度同様に、96時間後はデータが安定していた。これは、トルイル酸を分解(資化)して増殖している微生物群が一定の濃度(微生物量)になったことを示していると考えられる。

では、トルイル酸を分解出来る微生物群は、活性汚泥全体にどのような影響を与えているのだろうか。それを調べるため、模擬廃液に添加して1日目及び6日目の活性汚泥を用いた、酸素消費速度による代謝活性の比較実験を行った。酸素は、微生物がエネルギー源を消費する際には必ず使用する物質であるため(好氣的培養時)、その使用速度によって、微生物の代謝活性を簡便に測定出来るパラメータである。

今回は、馴養で用いていた培地(半年以上使用していた培地)と模擬廃液(トルイル酸含有)それぞれに活性汚泥を添加して測定を行った(Fig. 6)。その結果、半年以上使用していた培地(A)の方の酸素消費速度が6日目には遅くなる現象が見られ、模擬廃液(B)の方は酸素消費が早くなっている現象が見られた。これは、模擬廃液に添加された活性汚泥中の微生物群中に模擬廃液に適した新たな微生物群(分布)が形成されたことを意味している。この現象はフェノール分解による報告例と一致していた<sup>2)</sup>。彼らは、フェノールを分解する際は、一定期間、フェノールの流入した活性汚泥を滞留させると、その後の分解が迅速に進むと報告している。今回の検討では、通常考えられている以上に活性汚泥

の処理能力は高いことがわかった。しかし、模擬廃液と馴養に使用した培地を交互に添加した場合、活性汚泥はどのような挙動を示すのか、不明な点はまだ多い。

#### 4. まとめ

今回行った実験室馴養活性汚泥は、約24時間のラグタイム後に分解を行うことがわかった。また、活性汚泥内の微生物群は、96時間目を境に増殖速度などのパラメータが安定な値を示した。更に、活性汚泥を模擬廃液で培養を行うと、開始時の活性汚泥内の微生物群が変化し、模擬廃液に適した新たな微生物群を作成していることがわかった。以上より、活性汚泥の処理能力は高いことがわかった。

#### 参考文献

- 1) 酒井保蔵他, 水環境学会誌, vol. 15, No.8, pp.527-533 (1992)
- 2) 藤田正憲、池道彦, バイオ環境工学, (株式会社CMC出版, 2006)

小山工業高等専門学校 物質工学科

E-mail : tanakatakakuni@oyama-ct.ac.jp

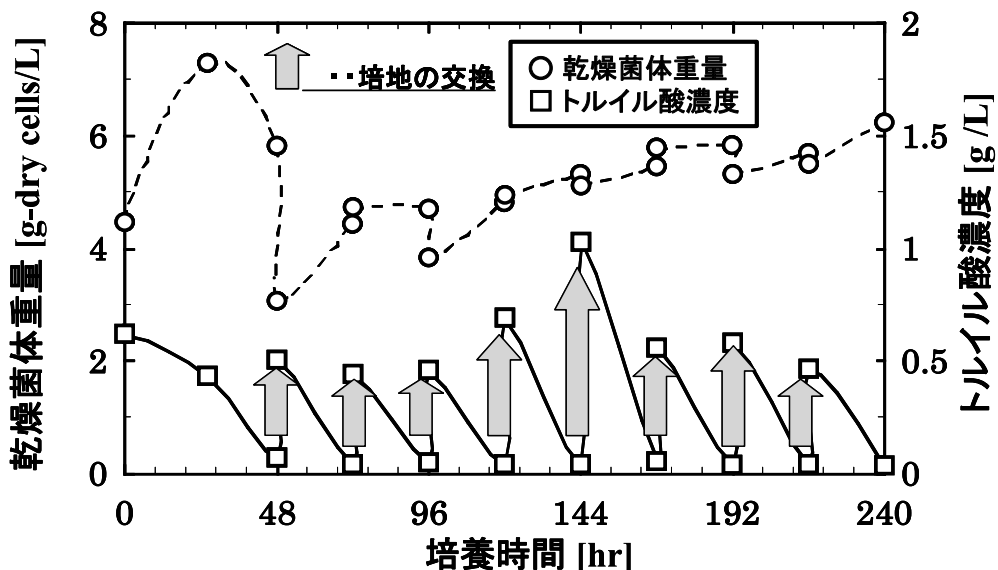


Fig. 3 活性汚泥によるトルイル酸分解の経時変化

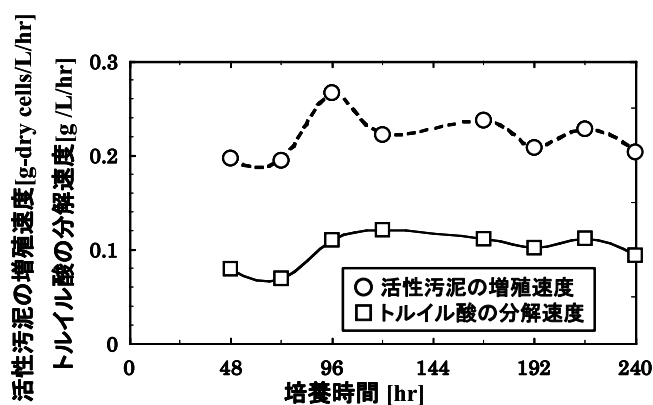


Fig. 4 活性汚泥の増殖速度とトリイル酸分解速度

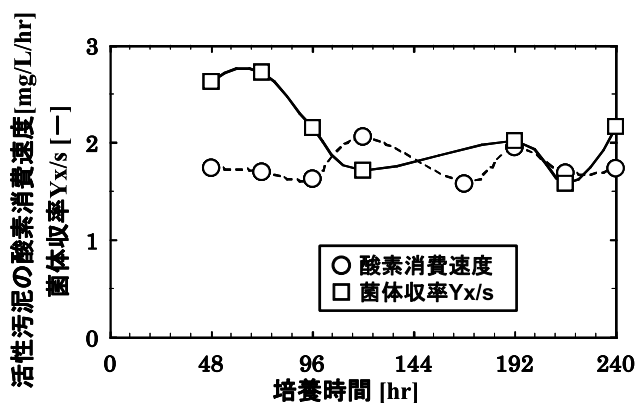
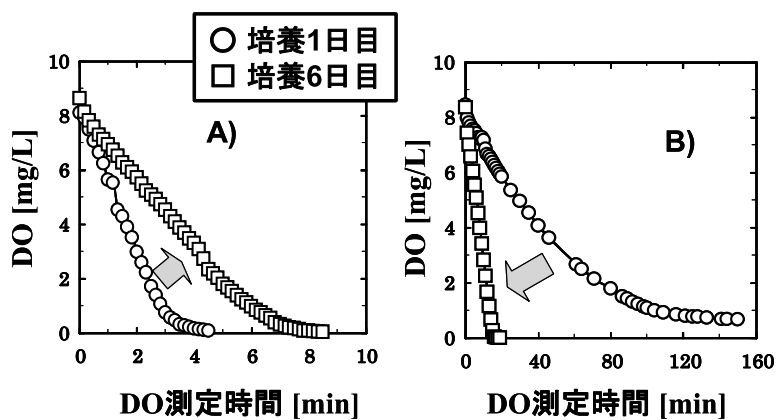
Fig. 5 トリイル酸分解時の  
活性汚泥の酸素消費速度と菌体収率

Fig. 6 培養日数と培地の違いによるDOの変化

A) 馴養で用いた培養液

B) 模擬廃液(主成分はトリイル酸)