

## パラニトロフェノールの活性汚泥処理に関する研究

熊本大学大学院 学生会員 ○戸田治子  
 熊本大学工学部 Z.I.Bhatti  
 熊本大学工学部 正員 古川憲治

## 1.はじめに

ニトロフェノールやニトロベンゼンといったニトロ芳香族化合物は、染料、農薬、爆発物を製造する原料として使われ、環境中に幅広く分布しているが、動植物に有害であるため、現在、ニトロ芳香族化合物を含む工場廃水の適正な処理が望まれている。これらの化合物を経済的かつ効率的に分解する1つの方法は、微生物による生物分解である。ここで問題となるのは、ニトロ芳香族化合物の多くは微生物に対しても有毒であるため、微生物がニトロ芳香族化合物に適応するのに時間がかかるということと、ニトロ芳香族化合物の分解に伴って、窒素化合物が放出されるということである。本研究では、特に染料や農薬の製造に多く使われている p-Nitrophenol (以下、PNP と略す) に着目し、その活性汚泥処理について検討を行った。

## 2.実験材料と方法

(1)材料一種汚泥には、研究室で肉エキス、ペプトンを主体とする合成下水を用いて、fill-and-draw 法にて長期間全酸化処理方式で馴養している活性汚泥を用いた。

(2)実験方法一実験には、図1に示す容積5Lのアクリル製リアクタと、容量500mLの三角フラスコ5個を用いた。活性汚泥が約5000mg/Lとなるように5Lリアクタに入れ、PNPを50~100mg/Lの濃度で含む合成培地( $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ :0.1g/L,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :0.062g/L,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ :0.016g/L,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :0.205g/L,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ :0.8g/L,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ :0.2g/L)を供給した。3ヵ月後、5Lリアクタ中の活性汚泥を200mlずつ三角フラスコに入れ、それに合成培地と第2の有機基質として、Glucose, Phenol, Yeast extract, Urea, Aniline をそれぞれ加えて250mLとし、振とう培養(25℃、87rpm)した。実験は全て fill-and-draw 法で行った。PNPの分析は、 $\text{pH}>9$ の範囲では鮮やかな黄色になるというPNPの性質を利用して、吸光度計を使って401nmで測定した。他の分析は下水道試験方法に従った。

## 3.実験結果と考察

(1)活性汚泥の馴養—5Lのリアクタに合成培地( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ :0.1g/L,  $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ :0.062g/L,  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ :0.016g/L,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ :0.205g/L,  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ :0.8g/L,  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ :0.2g/L)を供給し、PNPを50から100mg/Lにまで徐々に増やした。PNPは100mg/Lまで約14時間内に分解され、その時TOCも0mg/Lとなったため、PNPが中間代謝産物なしに分解されることがわかった。

(2)PNPの分解に伴う窒素の放出—5LリアクタでPNP50mg/Lが分解されるときに $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_2\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の変化を調べてみた結果、 $\text{NO}_3\text{-N}$ が増加していた。このことから、PNPの分解に伴って放出された $\text{NO}_2^-$ が硝化されることが明らかとなった。

(3)窒素源の影響—PNPの分解に合成培地中の窒素源が影響を与えていないか調べるために、PNP50mg/Lで、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ がある場合と除いた場合、また、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ を $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KNO}_3$ に代えた時の比分解速度を比較した。それぞれ、3mg-PNP/g-MLSS/h, 3.5mg-PNP/g-MLSS/h, 4mg-PNP/g-MLSS/h, 3mg-PNP/g-MLSS/hの結果を得た。従って、以後の実験では $\text{NH}_4\text{NO}_3$ を $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

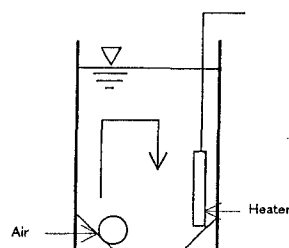


図-1 5Lリアクタ

表-1 回分試験条件

| Exp.No | 共代謝基質濃度 (mg/L) | PNP濃度 (mg/L) |
|--------|----------------|--------------|
| 1      | 50             | 50           |
| 2      | 100            |              |
| 3      | 500            |              |
| 4      | 1000           |              |

に代えて実験を続けることとした。

(4) 共代謝(co-metabolism)基質の検討—実験開始後 3 ヶ月経っても MLSS が 1800mg/L と低い値のままだったため、共代謝基質を培地に加える必要が出てきた。共代謝基質として Glucose、Phenol、Yeast extract、Urea、Aniline の 5 つを選び、回分試験によってどの基質が PNP 分解の共代謝基質としてすぐれているか検討した。実験は全て PNP 濃度を 50mg/L と一定にし、添加する共代謝基質の濃度を 50～100mg/L に変化させて行った。表-1 に行った回分試験条件を示した。図-2、3 に Exp.4 での PNP、TOC、それに伴う MLSS の時間変化を示した。Glucose と Urea は全体を通して PNP の分解は良好に進行した。Glucose を共代謝基質として用いた場合、Exp.4 で MLSS 濃度が最も高くなった。Urea を用いた場合、汚泥濃度は高まらないばかりか、上澄み液中に TOC が残存した。Yeast extract では PNP の分解にラグがみられた。その後、添加する濃度を高めていくと、徐々に MLSS 濃度が高まった。Phenol は共代謝基質としては不適切で、PNP の分解が阻害され、汚泥濃度の上昇も見られなかった。Aniline は Exp.3 までは PNP が分解されたが、図-2 に示すように Exp.4 では PNP は全く分解されず、しかもその添加濃度を高めても汚泥濃度は増えなかった。TOC も長時間残存し、Aniline の添加で PNP の分解が阻害されていることがわかる。図-4 には、この回分試験で検討した共代謝基質につき、得られた最大の PNP 分解速度を示した。Urea で一番高い PNP の最大比除去速度がえられているが、前述のように汚泥濃度が高まらないこと、上澄み液に TOC が残存すること、それに Urea の分解に伴って  $\text{NH}_4^+$  が放出されることから、PNP 分解の共代謝基質としては問題が残る。Aniline は低濃度の添加で高い PNP の比除去速度が得られているが、添加濃度を高めると PNP の分解が阻害され、PNP の分解の共代謝基質として好ましくない。Glucose は PNP の最大比除去速度は高くないものの、汚泥濃度が高まること、コスト的にも安いことから、PNP 分解の共代謝基質として最も適切な基質であることが判った。Yeast extract は PNP の最大比分解速度はそれ程高くないが、汚泥濃度が高まることから共代謝基質としての要件は備えている。しかし、コストの点から問題が残る。

#### 4.まとめ

PNP は活性汚泥によって中間代謝産物なしに分解され、PNP の分解によって放出される  $\text{NO}_2^-$  は  $\text{NO}_3^-$  に硝化されることが明らかとなった。また、PNP の共代謝基質としては、Glucose が有効であることを認めた。

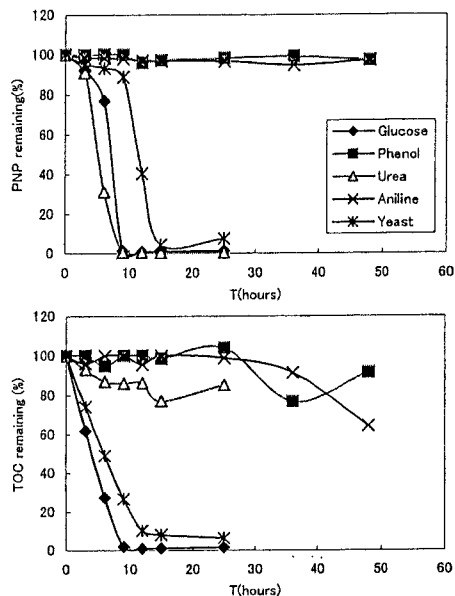


図-2 PNP濃度とTOC濃度の時間変化(Exp.4)

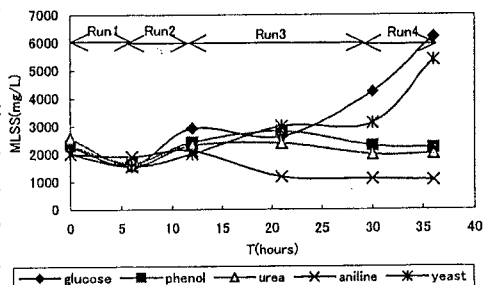


図-3 MLSSの時間変化

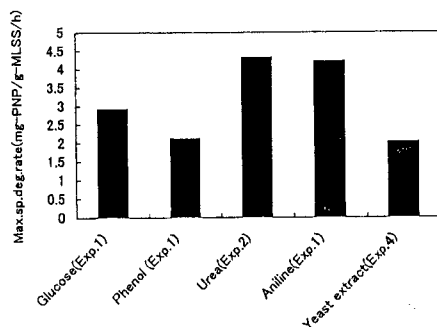


図-4 最大比分解速度