

# 嫌気性 MBR 汚泥のメタン生成活性に及ぼす界面活性剤の影響

東北大・工 ○ (学) 歌代哲也, 菅生俊樹, 聂玉伦, 渡邊亮哉, (正) 李玉友

Effect of Surfactants on Methanogenic Activity of the Sludge in Submerged Anaerobic Membrane Bioreactor, by Tetsuya UTASHIRO, Toshiki SUGO, Yu-Lun NIE, Ryoya WATANABE, Yu-You LI (Dept. of Civil Eng., Tohoku Univ.)

## 1. はじめに

現在, 下水処理場では活性汚泥法に代表される好気性処理が最も一般的である。好気性処理は良好な処理水質が得られるものの, 曝気に電力コストがかかることや余剰汚泥の発生量が多いなど, 省エネルギーや低炭素の観点で課題を残している。そうした中, 省エネルギーかつ創エネルギー効果のある嫌気性処理の研究が近年注目されているが, 嫌気性処理は処理水質が悪いといった点などから, 現時点では好気性処理に代わる下水処理法として適用されるには至っていない。

このような嫌気性処理のデメリットを補った新しい技術として, 嫌気性処理と膜分離活性汚泥法を組み合わせた嫌気性 MBR という技術が注目を集め, 新たな下水処理法として近年研究が進められている。嫌気性 MBR の研究には人工下水と実下水を用いたものがあり, 実下水を用いた場合のほうが処理水質は悪いと言われている。その理由として考えられるのは, 実下水には人工下水には含まれない界面活性剤や SS, 油等が含まれているということである。特に界面活性剤は, 一般的に嫌気性処理では除去されにくく, 微生物に対して毒性も持っている。そこで本研究では, 界面活性剤の排出量の中でも特にその割合が多い AE(ポリオキシエチレンアルキルエーテル)および LAS(直鎖ベンゼンアルキル硫酸ナトリウム)に着目し, それらが嫌気性 MBR 汚泥のメタン生成活性に対してどのような影響を及ぼすかをメタン生成活性試験によって評価した。

## 2. 界面活性剤の排出状況と実下水中の濃度

### 2.1 界面活性剤の排出状況

環境省の, 洗浄剤・化粧品等(界面活性剤)に係る排出量の推計結果(平成 24 年度: 全国)<sup>1)</sup>より, 界面活性剤の排出量の内訳を表したグラフを図 1 に示す。図 1 より, AE は全排出量の 61%を占めており, 最も排出量の多い界面活性剤であるということがわかる。また, LAS についても全排出量の 25%を占めており, AE と LAS を合わせると全体の 86%を占めることから, 本研究ではこの AE と LAS に着目した。

### 2.2 実下水中の界面活性剤濃度の調査

AE および LAS の実下水中の濃度を次のような文献を参考にすることで決定した。

- ・実下水処理場における LAS の除去特性(下水道研究発表会 平成 26 年)<sup>2)</sup>  
全国 16ヶ所の下処理場の流入 LAS 濃度を測定。その結果流入 LAS 濃度は 2.5mg/L であった。
- ・下水処理における LAS 及びその塩の実態調査について(下水道研究発表会 平成 26 年)<sup>3)</sup>  
京都市にある 6つの下水処理場への流入 LAS 濃度を測定。その結果流入 LAS 濃度は 1.5mg/L であった。
- ・全国で 1年間に下水処理場へ流入する界面活性剤の流入量<sup>4)</sup>および全国で 1年間に流入する下水の量<sup>5)</sup>から下水中の界面活性剤濃度を算出(いずれも平成 23 年度)  
その結果流入 AE 濃度は 5.3mg/L, 流入 LAS 濃度は 2.2mg/L となった。

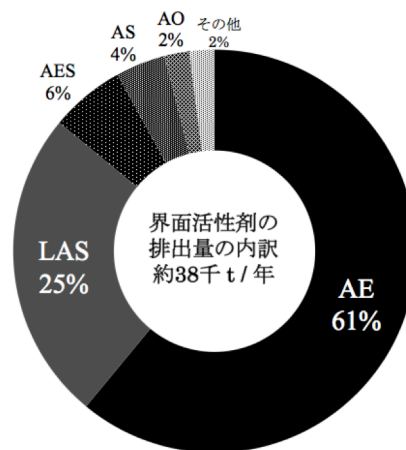


図 1: 日本全国における洗浄剤・化粧品等(界面活性剤)の排出量と物質構成  
(平成 24 年度: 環境省 推計)<sup>1)</sup>

これらのデータを元に, 本研究では AE および LAS の実下水含有量をそれぞれ 5.0mg/L, 2.5mg/L とした。

## 3. 実験方法

### 3.1 使用する汚泥

HRT12 時間, 25℃で人工下水の処理を行っていた浸漬型嫌気性膜分離装置反応槽内の汚泥を用いた。

### 3.2 実験条件

本研究では, 基質として酢酸および水素を使用し, それぞれの系に対して AE および LAS を添加することでそれらがメタン生成古細菌の活性に及ぼす影響を検討した。容量 120ml のバイアル瓶に, 汚泥及び培地をそれぞれ 20ml ずつ投入し, 温度を 25℃に設定した恒温振とう機を用いてメタン生成活性試験を行った。また, AE および LAS の実下水含有量(AE: 5.0mg/L, LAS: 2.5mg/L)から段階的に濃度を上げたものを用意し, 阻害濃度を調べた。サンプルは各濃度ごとに 2 本ずつ用意し, 結果はそれらの平均の値を採用した。

また, 今回の実験で使用した界面活性剤を以下に示す。

#### ・AE

最も一般的である, 親油基の部分が C12 であるもののうち, 親水基(CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>O)が 10 である, Polyoxyethylene(10)lauryl ether を用いた。

#### ・LAS

商品として流通している LAS は, C10~C14 が主体であるため, C10~C14 が混合したのを用いた。

3.3 分析方法

測定は各サンプル 4 時間ごとに計 6 回行った。測定項目はガス生成量(水素基質の場合はガス減少量)、ガス組成である。各実験の終了後、バイアル瓶内の VSS を測定した。測定によって得られたデータをもとに活性値[gCOD/gVSS/day]を求めた。

4. 実験結果および考察

実験によって得られた活性値から相対活性(Act)を以下の式(1)によって求め、図 2 にプロットした。図 2 (a)は酢酸を基質として各界面活性剤を添加したときのものであり、図 2 (b)は水素を基質として各界面活性剤を添加したときのものである。

$$ACT = V_i / V_0 \tag{1}$$

$V_i$  : 界面活性剤が無いときの基質分解活性  
 $V_0$  : 界面活性剤があるときの基質分解活性

また得られた Act の値を式(2)によってモデル解析<sup>6)</sup>し、そこから汚泥の活性が 10%低下するときの濃度と 50%低下するときの濃度, すなわち IC<sub>10</sub> と IC<sub>50</sub> を求め、その結果を表 1 に示した。

$$Act = (1 - \frac{L_i}{L_i^*})^z \tag{2}$$

$z$  : 定数  
 $L_i$  : 界面活性剤濃度  
 $L_i^*$  : 活性がなくなるときの界面活性剤濃度

表 1 より、IC<sub>10</sub> および IC<sub>50</sub> いずれも酢酸を基質とした場合の方が低い値を示している。これより、酢酸資化性細菌のほうが水素資化性細菌よりも界面活性剤による影響を受けやすいということがわかった。また、異なる界面活性剤の影響について見てみると、IC<sub>10</sub> および IC<sub>50</sub> いずれも LAS を添加した場合の方が低い値を示している。これより、LAS の方が AE よりもメタン生成古細菌に対する阻害性は高いと言える。

表 2 は、各界面活性剤の実下水含有量 (AE : 2.5mg/L, LAS : 5.0mg/L) 添加時における汚泥の相対活性を式(2)を用いて計算したものである。この結果より、酢酸資化性細菌も水素資化性細菌も実下水に含まれる程度の界面活性剤濃度ではその活性に大きな影響を受けないことが推定できる。

4. まとめ

界面活性剤は水素資化性細菌よりも酢酸資化性細菌の活性により大きな影響を与えることがわかった。特に、界面活性剤別に見てみると、LAS の方が AE よりもメタン生成古細菌に対する毒性が強いことがわかった。また、実下水に含まれる界面活性剤の濃度を想定した場合、AE および LAS どちらも、汚泥の活性に対して多くとも 2%ほどの影響しか与えていないことから、実下水に含まれる程度の界面活性剤濃度では汚泥の活性に対して大きな阻害は起きないと言える。

<参考文献>

1) 環境省. 洗浄剤・化粧品等 (界面活性剤) に係る排出量の推計結果, 平成 24 年度, 全国  
2) 小森行也ら. 実下水処理場における直鎖アルキルベンゼンスルホン酸(LAS)の除去特性, 下水道研究発表会講演集, S-8-7-3  
3) 立野信也ら. 下水処理における直鎖アルキルベンゼンスルホン酸塩及びその塩の実態調査について, 下水道研究発表会講演集, S-8-1-1  
4) 環境省. 下水処理施設に係る排出量, 平成 23 年度 21-17, 21-22

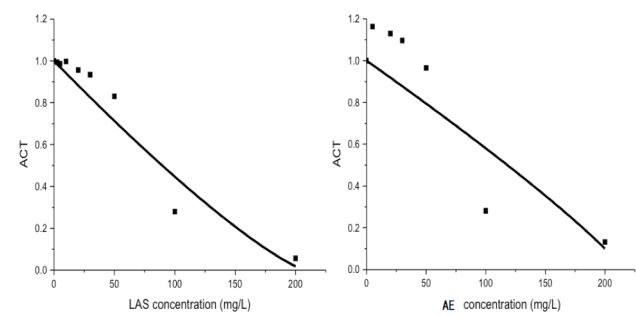


図 2 (a) : 相対活性と界面活性剤濃度の関係 (左 : LAS-酢酸, 右 : AE-酢酸)

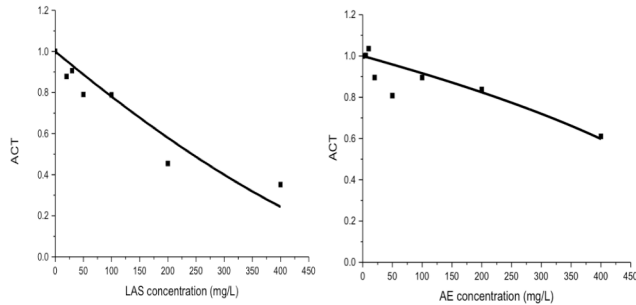


図 2 (b) : 相対活性と界面活性剤濃度の関係 (左 : LAS-水素, 右 : AE-水素)

表 1 : IC<sub>10</sub> および IC<sub>50</sub>

|        | IC <sub>10</sub> [mg/L] | IC <sub>50</sub> [mg/L] |
|--------|-------------------------|-------------------------|
| LAS-酢酸 | 17                      | 90                      |
| AE-酢酸  | 25                      | 118                     |
| LAS-水素 | 45                      | 243                     |
| AE-水素  | 118                     | 467                     |

表 2 : 実下水含有量時の相対活性

| 基質 | LAS 2.5[mg/L] | AE 5.0[mg/L] |
|----|---------------|--------------|
| 酢酸 | 0.985         | 0.979        |
| 水素 | 0.994         | 0.996        |

5) 日本下水道協会. 下水道統計, 平成 23 年度  
6) 椿春鳳ら. 中温および高温メタン発酵に及ぼす高級脂肪酸の阻害効果の比較, 土木学会論文集, No.559/VII-2, 31-38, 1997.2