

長岡技術科学大学工学部 学生会員 ○友平尚男
建設省土木研究所 正会員 岡安祐司、田中宏明

1. 背景

有害物質の下水処理施設への流入は、生物処理、特に硝化工程に影響を与えることが予想される。下水道に有害物質を排出させ得る特定施設については、下水道法により除害施設の設置義務、排出基準が定められ、下水道管理者による立ち入り調査などが行なわれているが、連続監視がなされているわけではない。また、特定施設以外からも、事故、不法投棄などにより、突発的に高濃度の有害物質が流入する可能性もあり、連続監視手法の確立が必要な状況である。

このような状況に対応するため、建設省土木研究所では水中の各種有害物質についての連続監視手法の開発、研究を行っている。そのうち、硝化細菌に対する毒性物質の連続監視手法として、毒物センサを富士電機総合研究所との共同研究により開発し¹⁾、下水道施設への適用性を検討している。

2. 目的

本研究では、毒物センサを下水処理施設における流入水監視へ適用することを想定し、流入下水中に有害物質が混入した場合の、流入下水中の他の物質による毒性の増幅、軽減の特性について調査・検討した。毒性物質は、フェノール、クロロフェノール類²⁾を対象とした。また、あわせて対象物質の、毒物センサでの応答結果と物性³⁾の関係についても考察を行った。

3. 実験方法

3-1.実験装置

毒物センサは、硝化細菌(*Nitrosomonas europaea* ATTC25978)を、二枚のメンブランフィルター(0.2 μ m 孔径)の間に挟み込み固定化した微生物膜に、検水、フィード液の混合溶液を通水し、密着させた溶存酸素電極により硝化細菌の呼吸活性をモニタリングする装置である(図1参照)。

表1に緩衝液とフィード液の組成を示す。検水と、緩衝液・フィード液との混合比は7:1に設定し、pHを硝化細菌の最適pH9付近に安定させている。

まず、緩衝液・純水・空気を混合した液を通水した時の溶存酸素濃度を確認する(ゼロ校正)。次に、フィード液・純水・空気を混合した液を通水した時の溶存酸素濃度を測定する(スパン校正)。ここで、ゼロ校正時の出力値を酸素消費率0%、スパン校正時の出力値を100%とする。校正終了後は、フィード液・検水・空気の混合液を通水する。検水中に有害物質が存在する場合、硝化細菌の呼吸活性が低下する。この、呼吸活性が10%低下した時点で水質異常とし、毒性物質を検出する。

3-2.測定物質

測定物質には、フェノール、クロロフェノール類を用いた。

3-3.測定方法

流入下水中の他の物質による毒性の増幅、軽減の特性について把握するために、純水と流入下水のろ過水

キーワード：硝化細菌、バイオセンサ、クロロフェノール、連続モニタリング、バイオアッセイ

連絡先：新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学廃棄物研究室 TEL: 0258-47-1611 (内線 6615)

表1 緩衝液・(フィード液)の組成

Na ₂ B ₄ O ₇ ·10H ₂ O	3810mg/l
EDTA-Fe(Ⅲ)	1mg/l
MgSO ₄ ·7H ₂ O	100mg/l
NaHCO ₃	1000mg/l
(NH ₄ Cl)	(305.5mg/l)

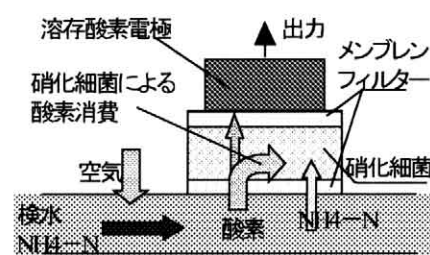


図1 微生物固定化膜略図

の二種類を溶媒とした場合の比較を行った。流入下水は、霞ヶ浦流域下水道湖北下水処理場の流入下水を、0.2 μ m 孔径のメンブランフィルターにてろ過したろ液を用いた。検水を通水開始後 20 分の溶存酸素計出力を測定し、結果から用量作用曲線を作成し、10%呼吸阻害濃度(EC10)を算出した。

4. 結果と考察

表 2 に測定結果を、図 2 に用量作用曲線を示す。結果から流入下水中の他の物質による毒性の増幅、軽減は見られなかった。また、対象物質の、毒物センサでの応答結果と物性の関係について考察すると、塩素数については、フェノール・モノクロロフェノール<ジクロロフェノール<トリクロロフェノールと塩素数が増加するにつれ、EC10 値が大きくなる傾向が見られた(表 4)。また、疎水性に着目すると、疎水性になるほど EC10 値が大きくなる傾向が見られた(表 3)。これらの傾向は、マイクロトックス急性毒性試験などの各種生物試験結果と異なる。

この結果は、硝化細菌の感受性や、毒物センサのシステムの構造などに起因するものであると考えられるが、現状では結論を得ておらず、今後の検討課題である。

$$\log 1/EC10 = -0.7701 \cdot \text{塩素数} - 0.0082 \cdot \text{融点} (^{\circ}\text{C}) + 0.0055 \cdot \text{沸点} (^{\circ}\text{C}) - 0.7028 \quad (1)$$

$$\log 1/EC10 = -0.6860 \cdot \log Kow - 0.0103 \cdot \text{融点} (^{\circ}\text{C}) + 0.0030 \cdot \text{沸点} (^{\circ}\text{C}) + 0.6526 \quad (2)$$

5. まとめ

今回、毒物センサを下水処理施設の流入下水に適用することを想定し、流入下水中の他の物質による毒性の増幅、軽減の特性について調査・検討した。その結果、

- 1) クロロフェノール類では、流入下水中の他の物質による影響は小さいことが確認できた。
- 2) クロロフェノール類では塩素数、または疎水性が増加するにつれて、EC10 値が大きくなる傾向が見られた。

6. 今後の課題

今後、次のことが課題として挙げられる。

- 1) クロロフェノール類以外の物質についても同様の検討を行う。
- 2) 毒物センサのシステムの構造(微生物膜内部への透過性など)の検討を行う。
- 3) 硝化細菌の有害物質に対する感受性の検討を行う。
- 4) 暴露時間の及ぼす影響について考察する。

7. 参考文献

- 1) 岡安, 豊田, 南山, 田中: 硝化細菌を用いた毒物モニタによる河川水質モニタリング, 土木技術資料, 41-9, pp.44-49(1999)
- 2) 中村, 小森: 下水道施設における微量化学物質の挙動に関する調査, 土木研究所資料第 3030 号, 平成 2 年度下水道関係調査研究年次報告書集, (1990)
- 3) 化学大辞典編集委員会編: 化学大辞典 3, 4, 6, 7, 共立出版株式会社, 1963

表 2 毒物センサの結果

物質名	純水溶媒 EC10(mg/l)	下水溶媒 EC10(mg/l)
フェノール	2.23	2.87
2-CP	6.05	6.14
3-CP	1.35	2.77
4-CP	4.12	5.38
2,3-DCP	15.0	12.0
2,4-DCP	39.7	30.6
2,5-DCP	7.63	9.05
2,6-DCP	58.6	89.7
3,4-DCP	31.7	36.7
3,5-DCP	27.8	32.8
2,3,4-TCP	280	220
2,4,5-TCP	327	262
2,4,6-TCP	>400	390

・表 3 重回帰分析結果(1)

変数名	偏回帰係数
塩素数	-0.7701
融点($^{\circ}\text{C}$)	-0.0082
沸点($^{\circ}\text{C}$)	0.0055
定数項	-0.7028
決定係数	0.7993

・表 4 重回帰分析結果(2)

変数名	偏回帰係数
logKow	-0.6860
融点($^{\circ}\text{C}$)	-0.0103
沸点($^{\circ}\text{C}$)	0.0030
定数項	0.6526
決定係数	0.6170

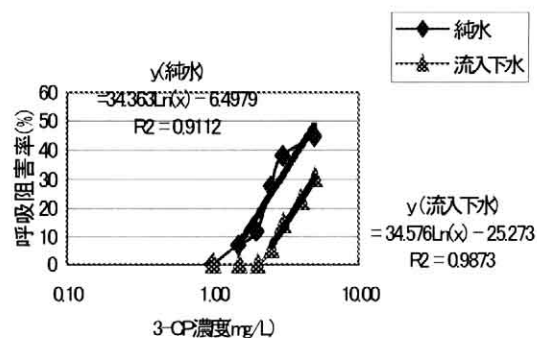


図 2 用量作用曲線(3-CP)