

VII-54

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

建設省土木研究所
富士電機総合研究所

正会員 ○岡安祐司、磯部健介、豊田忠宏、田中宏明
田口知之、田中良春

1. はじめに

近年、公共用水域において、有害化学物質により、突発的に汚染される水質事故が多発している。このような事故を連続的に監視するため、硝化細菌を固定化したバイオセンサを利用した毒物モニタを開発し、河川における実証実験を行い、良好な結果を得た。また、実証実験期間中に実際の水質異常を検出したので、併せて以下に報告する。

2. 実験方法

2.1 実験装置の設置概要

毒物モニタを、江戸川水系綾瀬川槐戸水質監視所（草加市）内に設置し、水質事故の連続監視を行った。システムの概略を図1に示す。実証実験期間中は、約3週間に1回、センサ感度の測定と維持管理データの収集を行った。

2.2 検知原理

有害物質により呼吸阻害を受けやすい硝化細菌を固定化した微生物膜と溶存酸素電極を用いた呼吸活性検知型のバイオセンサを構成する。（図2）まず、緩衝液と空気を混合した液を通水した際の酸素消費量を確認する（ゼロ校正）、次に、微生物膜内の硝化細菌が消費し得る量以上の濃度のアンモニア性窒素と緩衝液、空気の混合液を通水し、酸素の最大消費量を測定する（スパン校正）その後、検水とアンモニア性窒素、緩衝液、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し、溶存酸素電極の出力が低下する。この変化をもって、水中の有害物質を検知する。なお、実際の適用の際には、校正は1日に1回程度行うこととし、通常は検水を連続的に通水することとした。

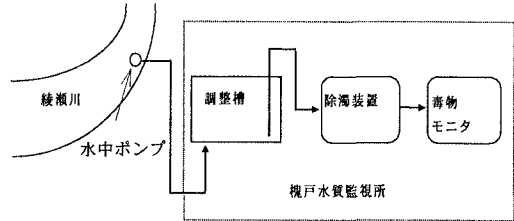


図1 実験システムの概要

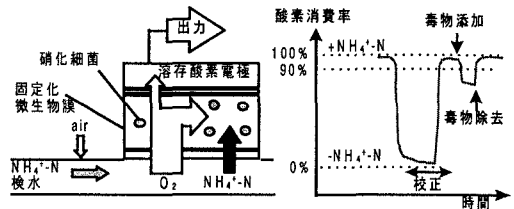


図2 センサ測定原理

図3 応答模式図

3. 実験結果

3.1 除濁装置の評価

本実験装置では、河川水中の濁質除去のため、中空糸膜（0.2 μm 孔径）を採用した。図4に中空糸膜の閉塞の指標となる吸引圧の経時変化を示す。実験開始後350日以上経過しても中空糸膜の閉塞は認められず、使用限界である0.7kg/cm²以下で安定して採水できることがわかった。

3.2 センサの安定性

① 出力の確認

図5にセンサ出力の経時変化の例を示す。図中のフィード出力はスパン校正時の出力値、ベース出力はゼロ校正時の出力値を示す。微生物膜の交換は行わず、約3週間に1回程度の頻度でフローセルの洗浄を行ったが、汚れに起因するベース出力の低下が見られたため、同様の頻度にて、微生物膜の交換も行うことが望ましいと考えられる。

キーワード：バイオセンサ、毒物センサ、硝化細菌、水質事故、環境水、

連絡先：建設省土木研究所下水道部水質研究室 〒305-0804 茨城県つくば市大字旭1番地

Tel. 0298-64-4090 FAX.0298-64-2817

なお、毒物モニタは、当研究室が開発した BOD モニタ²⁾と比較した場合、流路内の細菌の繁殖が少なくセンサ出力が安定しているという特長を持つ。理由としては、独立栄養細菌である硝化細菌を利用しているためフィード液成分を無機塩類に限定していること、微生物膜内の酸素消費量が極めて大きいこと、検水を $0.2 \mu\text{m}$ 孔径の膜にてろ過していること、校正時以外は、連続的にフィード液が供給されていること、が考えられる。

② 毒物に対する感度

実験期間中、定期的にあセトン（Acetone）を擬似毒物として感度の確認を行った。結果の例を図 6 に示す。図中のセンサ出力低下率は、0.3%アセトン溶液を検水として 15 分間通水した際のセンサ出力低下値を、校正時のスパン幅に対する百分率で表したものである。なお、0.3 %アセトン溶液の呼吸阻害率は、シアン 0.05mg/L の呼吸阻害率とほぼ同等である。実験期間中、常にセンサ出力低下率は 10 %（水質異常の判定基準）以上であり、検出可能な感度を維持していることが確認できた。

3.3 水質事故の検出

実験期間中の 1998 年 4/2 ～ 4/24 にかけて、毒物モニタの出力低下が認められたため、現場付近にて採水を行い、試料について以下の検討を行った。

① 再現性の確認

並行して、実験室にて運転を行っていた同一の毒物センサに試料を通水した結果、何らかの毒性物質の存在による出力の低下が再現できた。

② 生物毒性試験

MICROTOX[®] 及び混合系硝化細菌呼吸阻害試験³⁾を行ったが、いずれも毒性は認められなかった。

③ 水質分析

1) 簡易水質試験

現場での簡易水質試験では Ag が検出された。

2) GC-MS および HPLC による分析

VOC 数種が検出されたが、いずれも定量下限値以下であった。農業は検出されなかった。また、その他にいくつかのピークが検出されたが、物質を同定するには至らなかった。

2) ICP-MS による分析

Cr、Ag などが検出されたが、いずれも単独で原

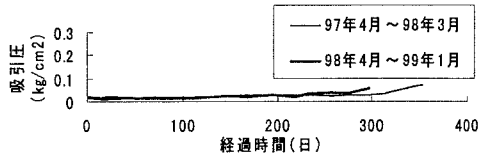


図4 中空糸膜吸引圧の経時変化

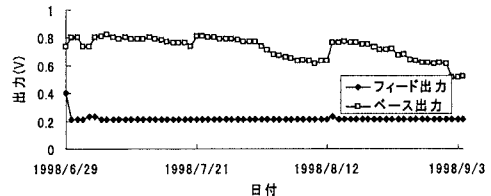


図5 バイオセンサの出力の経時変化

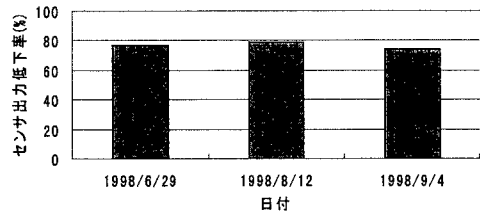


図6 0.3%アセトン溶液に対する感度の経時変化

因物質と判定できる濃度ではなかった。

4. まとめ

硝化細菌バイオセンサを用いた毒物モニタを河川水質事故の連続監視に適用するための実証実験を行い、実用化できるという結論を得た。実際の水質異常に際しては、化学分析にて個々の化学物質を同定、定量するよりも簡便かつ迅速に毒性物質を検出することが可能であった。また、毒物モニタは、実施した他の生物毒性試験と比較して高感度であり、多くの有害物質の複合作用による毒性のモニタリングに有効であることを確認できた。今後は、毒物モニタの感度の向上を図るとともに、下水道施設における流入水質監視システム等への応用を検討する予定である。

本研究は、建設省土木研究所及び(株)富士電機が「微生物等を用いた毒物センサーの開発に関する共同研究」により実施しているものである。

- 参考文献 1) H.Tanaka et al., (1998): Proceedings of WEFTEC'98, Water Environmental Federation, 71 (4) 165-180
2) H.Tanaka et al., (1994): Water Science & Technology, 30 (4) 215-227
3) H.Tanaka et al., (1995): Proceedings of 6th WEF/JSWA Joint Tech. Seminar on Sewage Treatment Tech., 15-35