

【5RFb-1202】低分子ポリジメチルシロキサンの高精度分析法開発と環境汚染実態の解明 (H24～H26；累計予算額 29,605 千円)

堀井 勇一（埼玉県環境科学国際センター）

1. 研究実施体制

(1) 低分子ポリジメチルシロキサンの高精度分析法開発と環境汚染実態の解明 (埼玉県環境科学国際センター)

2. 研究開発目的

水環境中の VMS 濃度に関する知見は国際的に見ても乏しく、環境汚染実態・環境動態を理解するための基礎的情報の整備が必要とされている。そこで本研究では、国内環境データ取得のための分析法開発を行い、これを用いて発生源情報の整備や水環境モニタリングの包括的な研究に取り組んだ。

まず、分析法開発においては、水環境中の汚染実態を理解するために、水質、底質、生物を含む各媒体について検討した。特に水試料分析については、カナダではすでに工場排水について排出目標値が制定されていることから、国際的にも公定法の整備が急務といえる。本研究では、水中 VMS 分析法の公定法提案を目指した高精度かつ汎用性の高い分析法、「パージトラップ (PT) - 溶媒溶出 - GC/MS 法」の開発を試みた。

VMS は多様なパーソナルケア製品に使用される高生産量化学物質である。そこで排出源情報の整備として、下水処理施設の詳細調査を実施した。具体的には、下水処理施設から公共用水域への VMS 排出傾向調査、処理方式の異なる施設における VMS マスバランス調査等である。これにより、VMS の除去率や大気及び公共用水域への排出割合・排出量を推算した。また、代表施設において、VMS の流入量及び排出量の日内及び週内変動の詳細調査を行い、生活サイクルと VMS 流入・排出量の関係について考察した。さらに、下水放流水及び周辺河川水について年間調査を行うことで、水環境における VMS 濃度の季節変動を把握した。

下水処理施設等から公共用水域へ排出された VMS は、河川を介して海域へ流入し、最終的には底質や魚類へ蓄積しているものと予測される。そこで、環境中に排出された VMS の環境動態及び蓄積状況を解明するため、東京湾及びその流域を対象に国内初となる水環境モニタリングを実施した。同水域において水質、底質、魚類を併せて採取・分析することで、VMS の濃度分布や環境残留特性を把握し、さらには流域から東京湾への VMS 負荷量等を推定した。また、東京湾の底質コアを採取・分析することで、湾内における過去 80 年の VMS 汚染史を復元し、これとシリコン製品の使用量推移との比較や、VMS 堆積速度 (フラックス) の推定を行った。最後に、VMS のリスク評価として、VMS の実濃度データを用いる魚類に対する生物蓄積性評価や VMS の毒性情報との比較による生態リスク評価を行った。

3. 本研究により得られた主な成果

(1) 科学的意義

本研究において、これまで分析が困難であった水中 VMS の分析法開発に成功した。本分析法は特殊な器具を必要とせず、一般的な実験器具及び汎用性の高い GC/四重極 MS を用いる方法であり、大学や公的研究機関だけでなく、企業や分析会社の一般的なラボなど幅広い施設で利用できる。さらに、分析法の改良により海水の低濃度試料への適用を可能とし、国際的にも情報が限られる海域の濃度分析に成功した。その検出感度は sub-ppt レベルと従来法のパージトラップ-加熱脱着 GC/MS 法と比較して、10 倍程度の高感度化を達成した。また、これまで底質や生物など固体試料の簡便なクリーンアップ法は確立されていなかったが、本研究で検討した PT 法が固体試料のクリーンアップ法として、着色成分や脂質除去に応用できることを見出した。これにより GC/MS の分析精度向上だけでなく、装置負荷を大幅に低減できることから、GC カラムやインレット部品交換など機器分析のランニングコスト削減に貢献できると考える。上記の確立した分析法を用いて、水質、底質、生物の多媒体について環境

モニタリングを実施することで、東京湾及びその流域における VMS 環境汚染実態を把握し、さらには底質や生物への蓄積特性を評価した。米国では、2012 年に D4 が TSCA 優先化学物質に選定され、現在、EPA と産業界が連携して環境モニタリングを進めている。一方で、本研究を開始した時点では、国内における水環境中 VMS の汚染実態はまったく不明であったが、本研究の推進によりその全容を明らかにすることができた。また、本研究で得られた VMS の排出量や東京湾への負荷量の情報は、今後の VMS 環境影響調査や環境動態解析に大きく貢献できるものとする。

(2) 環境政策への貢献（研究者による記載）

<行政が既に活用した成果>

特に記載すべき事項はない。

<行政が活用することが見込まれる成果>

- ・環状 VMS については、カナダ、米国、EU 各国が化学物質リスク評価に取り組んでいる現状から、国内においても近い将来に環境省化学物質実態調査の取組物質に選定される可能性が高い。本研究では、公定法提案を目指した分析法開発を行い、実際に ISO/TC147 への新規提案を進めている。本研究で開発した水質、底質、魚類の各媒体についての分析法は、今後のモニタリング調査に活用されるものと期待される。また、これまで国内での VMS 分析例は、国外と比較して極限られたものであったが、本研究における分析法の整備により、今後、当該分野の活性化による国内環境データの蓄積が期待される。
- ・下水処理施設の詳細調査において、VMS の排出量を公共用水域だけでなく大気への割合も明らかにすることができた。化学物質の環境への排出量把握は、そのリスク評価において必須であり、今後のモデル計算において環境動態解析や生態系への暴露濃度推定に大いに活用できる。また、下水処理施設からの VMS 排出濃度は SS 量に依存することから、高度処理等により SS 量を低減することで VMS 排出量を削減できると示唆された。
- ・国内においては、既存化学物質の安全性点検事業において、D4、D5、D6 の 3 物質について分解度試験及び蓄積性試験が行われている。本研究で得られた水質、底質、生物の包括的な環境データやそれを用いた解析結果は、これらラボ試験データの妥当性評価や VMS 物性値から推測される環境中予測濃度との比較に利用可能であり、国内における VMS 環境影響評価の基礎データとしての活用が期待される。実際に、環境省環境保健部の担当と意見交換の場を設け、本研究で得られたデータを直接提供しており、今後の化学物質リスク評価への活用が期待される。

4. 委員の指摘及び提言概要

揮発性メチルシロキサン (VMS) について、パージトラップ-溶媒抽出-GC/MS 法を用いる高精度分析法を開発し、下水処理施設、河川水、底質、魚類等の試料中の VMS 分析データを収集、解析しており、十分な成果発表もされていることは高く評価できる。本研究は詳細かつ多面的に行われており、いずれも質の高い内容となっている。本研究によって、東京周辺の水環境における VMS の汚染実態や動態に関する多くの新しい知見が蓄積されており、波及効果も大いに期待できる。今後、我が国で問題となる事項をタイミングよく調査・研究対象に選び、成果を出したと言える。

5. 評点

総合評点：A