

# 論文審査の結果の要旨

氏名 吉兼 光葉

本論文は、生物モニタリングの手法を活用して、近年その環境残留性や生物蓄積性、毒性等の点から残留性有機汚染物質（POPs）の新規追加物質に認められたペルフルオロオクタンスルホン酸（PFOS）を含む有機フッ素化合物（PFCs）の国内での汚染実態把握と発生源探索を目的としたものである。

本論文は5章からなる。

第1章では、序論として、研究を始めるにあたっての問題意識、研究の背景、目的、及び、全体の構成について説明している。

第2章では、生物モニタリングを行う上で重要な、信頼性の高い測定データの取得を目的として、生物試料中に蓄積する微量なPFCsまで正確に測定可能な分析法開発を行っている。既存法における問題点を改善した結果、抽出効率の高いアルカリ分解法を用いた分析前処理法を見出し、生物中のPFCs蓄積量をより正確に求めることを可能とした。更に、徹底したブランク対策の結果、既報の1000分の1のレベルまで検出下限値を下げることを可能とし、試料（トンボ）1個体ごとの個別測定や、国内沿岸に生息する二枚貝中のPFCsの定量が可能な分析法を提案している。

第3章では、陸域モニタリングに適した新たな指標生物を探索する過程で、昆虫や昆虫食の生物の中に、PFCsが二枚貝よりもはるかに高い濃度で蓄積していることを初めて見出している。中でも、トンボに注目し、様々な基礎情報を調査した上で、複数の異なる種類のトンボの成熟オスを用い、広い範囲をカバーできる陸域モニタリング手法を提案している。

第4章では、2章の分析法、3章で提案したモニタリング手法を用いて、二枚貝及びトンボを用いた生物モニタリングを行い国内のPFCsによる汚染実態の調査を行っている。その結果、PFCsが全国規模で生物中に蓄積されている事実を明らかにしている。地域によっては沿岸のみならず内陸部まで汚染が広がっており、また、地域ごとに発生源のPFCs成分に特徴があることを示している。二枚貝、トンボのいずれのモニタリングにおいても、鎖長ペルフルオロアルキルカルボキシレート (PFACs) がほとんど全ての試料から検出されている。PFACsはペルフルオロオクタン酸 (PFOA) と同等の毒性を持つと考えられているが、水中濃度が低いために測定が難しく、これまで広範囲のモニタリングデータは報告されていない。これらの化合物の広範囲にわたる汚染の実態をはじめて明らかにするとともに、生態系への影響評価のため今後PFACsに対する監視の必要性を示している。

従来の生物モニタリングの枠にとどまらず、さらに本論文では、発見されたいくつかの特徴的な汚染地点を取り上げ、発生源調査を行っている。その結果、これまでに発生源として注目されていなかった業種の事業所から

PFCs が排出されていることを特定している。また、廃棄物処分場などの内陸の発生源についても陸域モニタリングを用いることによりその発見・特定を効率的なものとしている。これらの成果は、従来、汚染の空間・時系列情報を得るだけであった生物モニタリングを、汚染源探索の有効的な手法へと発展させる可能性を示している。

第 5 章では、本研究で実用化した生物モニタリングの手法が、規制の開始や廃絶のためのプログラムによって今後大きな変動が予想される PFCs の国内における排出状況や環境中濃度の変化をとらえるための鋭敏で有用なツールとして活用できることを示している。更に、得られたモニタリング結果は今後のベースライン値として、規制効果の確認やリスク評価のための基礎情報として役立たせることができると結論づけている。

なお、第 2 章は高澤嘉一氏、田中敦氏、小森住美子氏、小林美哉子氏、神田裕子氏、Nasrin Jahan 氏、柴田康行氏との共同研究である。第 3 章は、小森住美子氏、小林美哉子氏、矢内美幸氏、上田哲行氏、柴田康行氏との共同研究である。また、第 4 章は、高澤嘉一氏、田中敦氏、小森住美子氏、小林美哉子氏、神田裕子氏、柴田康行氏との共同研究であるが、いずれにおいても論文提出者が主体となって手法開発及びモニタリングを行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

以上のように本研究は、新たな指標生物を導入した新規な生物モニタリング手法を用いて国内沿岸域・陸域の PFCs 汚染の現状を明らかにした点、ま

た単なる汚染モニタリングにとどまらず、汚染源特定へと発展性を示した点  
など、環境システム学に大きな貢献をしたものである。したがって、博士（環  
境学）の学位を授与できると認める。