

持続可能な水環境の創出に向けた技術展開

アジアの水質汚染を食い止める

国連大学サステイナビリティ高等研究所と島津製作所の試み

国連大学サステイナビリティ高等研究所 石川栄子 国立環境研究所 柴田康之 島津製作所 上柳敦郎

はじめに

私たち人間の身体の上には「水」でできている。しかしながら、現在、世界人口のうち約14%にあたる10億人が適切な給水を受けられず、その要因には、①水の非効率な利用、②汚染による水質の劣化、③地下水の過剰利用などがあげられる。

第2点に関して、私たちの身近にある水には農業・工業・生活などから排出される汚染物質が含まれている。「公害の原点」と言われ、1960年代日本の高度経済成長期に大きな社会問題となった水俣病の原因となったメチル水銀と同様、残留性有機汚染物質（POPs）は健康被害をもたらす可能性のある難分解性や生物蓄積性を有する有害化学物質である。POPsは、大気や水を介して国境を越え、地球規模で拡散され、食物連鎖によって

陸上および水界生態系に濃縮、蓄積される。

代表的なPOPsとして、ポリ塩化ビフェニル（PCB）、ジクロロジフェニルトリクロロエタン（DDT）などがあげられる。POPsの中には、人や生物が暴露されれば、高濃度に蓄積した場合には慢性疾患や死をもたらすものもあり、低濃度の場合でも、身体の免疫系や生殖器系の損傷などの健康被害を引き起こすリスクがある。

POPsによる汚染問題は、地球規模の環境汚染問題であり、汚染防止のためには、国際的な枠組みの中で、POPsの廃絶、削減などの取り組みを行うことは不可欠である。代表的な国際的な取り組みとしては、「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（POPs条約）」が2001年5月に採択されており、この条約のもとに各国の取り組みが課題となっている。POPsの種類は、ストックホルム条約にて製造・使用・輸出が制

限、および禁止されているもの、過去に製造され、製造・使用・輸出が禁止されるまで長期にわたり高頻度で使用されたもの、新たに製造・使用が認められているもの、また非意図的に生成されるもの、など多種類存在する。

さらに、再生可能資源の回収を目的とした先進国と開発途上国間での廃棄物輸出入により、POPsを含む有害廃棄物の越境移動に伴う環境汚染も注目されている。これにより、地球規模での適正管理の実現が求められ、適正管理のためには、単にPOPsの製造・輸入・使用禁止にするだけではなく、過去の使用に基づく現在の汚染実態把握や主要汚染源（1次的、2次的）などの把握が欠かせなく、環境モニタリングの推進は先進国および開発途上国における重要な課題となっている。

国連のシンクタンクの役割を担う国際連合大学（国連大学）では、1996年からPOPsによる地球規模の化学物質適正管理に着

目し、中国・インド・インドネシア・韓国・シンガポール・マレーシア・パキスタン・フィリピン・タイ・ベトナムのアジア10か国における化学物質分析とモニタリング能力育成と強化に重点的に取り組み、汚染状況のモニタリングと環境管理の向上を目指す「アジア沿岸水圏の環境ガバナンスとモニタリング」プロジェクトを島津製作所と共同で展開している。一期を3年計画のもと実施し、各期ごとに目標や対象物質を変えながら、これまで7期にわたり継続され、様々な成果を上げてきた。

先に述べたように、POPsによる環境汚染問題解決には、現状の把握とモニタリングが不可欠であり、汚染の状態を明らかにするために精度の高い化学分析の実施が求められる。ストックホルム条約に規定された有効性評価のための、条約を締結している加盟国は、各国のバックグラウンド地点における長期的な濃度変化、ならびに越境移動の様子の把握が求められている。アジアにおける多くの国々は、経済発展を最優先事項として掲げる一方で、社会における環境対策ならびに環境意識が高いレベルにあるとは言えない。制度的な問題として、生活排水や産業系排水などの基準が緩く、排水処理の重要性が軽視され、水環境の整備が十分なされていない。これにより、未処理の水による水源の汚染は、適切な飲用水の供給を阻み、人々の間に病氣

や死をもたらすこともある。一方で、POPsを含む有害化学物質による汚染の現状を明らかにするために、モニタリングの実施・分析技術の向上・人材育成などの基盤整備が課題となっているものの、有害化学物質のモニタリングや適正管理に対する国家予算の制約から、現状ではモニタリングを行うための整備された施設や分析機器、試薬の不足に直面している。

産学連携のもと発足されたこのプロジェクトでは、気化した試料中の化学物質を測定するために必要なガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)合わせて18台がパートナーである島津製作所からプロジェクト参加国に貸与され、各国における汚染実態の解明に活用されている。あわせて、経験豊富な技術者によるGC-MSを使用した分析研修も行われている。

プロジェクト参加国は分析技術を習得し、貸与を受けた分析器を用いることでモニタリング活動に集中することができる。この取り組みの第6期プロジェクトでは参加国の過フッ素化合物(PFCs)の定量分析能力の向上を目指すために、島津製作所より液体クロマトグラフ質量分析計(LC-MS/MS)3台の貸与を受け、中国・韓国・シンガポールにて国連大学分析ラボが設立された。主として揮発性をもつ化学物質を対象とした分析機器であるGC-MSに対し、LC-MS/MS

MSは不揮発性の物質、極性の高い物質を対象とした幅広い分野で活用される分析器である。プロジェクト開始以来、アジア10か国における環境モニタリングネットワークの構築を実現し、このプロジェクトでのPOPsモニタリング活動は、いくつかの参加国での正式なモニタリング活動として認知されている。プロジェクトを通じて構築された地域ネットワークは、グローバルレベルでのPOPsの重要なデータ源となっており、ストックホルム条約の有効性評価にも活用されている。

第6期プロジェクトの展開

2012年11月からスタートした第6期プロジェクト「アジアにおける残留性有機化学汚染物質のモニタリングと管理」環境水中の過フッ素化合物(PFCs)では、前述の10か国のプロジェクト参加国内の河川・湖沼・海域・ダム等の環境水中のPFCs、主にペルフルオロオクタン酸(PFOA)とパーフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)のモニタリングを行った。

有機フッ素化合物に含まれる、PFOsとPFOAは耐熱性など化学的安定性に優れ、撥水・撥油性を有しており、撥水剤、表面処理剤、乳化剤、消火剤、コーティング剤等として我々の身の回りにある様々なものを使用

されている。PFOS及びPFOAの安定した構造は、環境中で分解されにくく、高い蓄積性を持つため環境水中や生物に広範囲に存在する。人体へ蓄積されることが大いに懸念されていることから、PFOS及びPFOA類縁化合物は2009年にストックホルム条約への追加が決議された（付属書Bに掲載）。2012年9月に国連大学で開催されたプロジェクト会議では、プロジェクト参加国内の測定場所と試料分析方法などを島津製作所ならびにナショナルプロジェクトコーディネーター（NPC）と協議し、第6期調査計画書が作成された。第6期では、PFCsによる水質汚染のモニタリングに焦点を当て、測定場所として河川や沿岸を選定し、これらの測定場所から雨季乾季それぞれの水サンプルが収集された。国際的に信頼性の高い分析結果の取得を目指し、サンプル分析手法として、ISO25101「水質—PFOS及びPFOA—固相抽出及び液体クロマトグラフィー／質量分析を用いる過サンプルのための方法」が適用された。この分析手法を用いたLC/MS/MSでの分析測定と若手研究者の育成を支援する国際分析研修コースが2013年2月に島津製作所三条工場で行われた。

分析機器操作ならびに分析計測手法を習得することができた。分析研修コースにて習得した知識と技術を用いて分析を実施するため、プロジェクト参加者がグループごとに分かれ、中国・韓国・シンガポールの国連大学分析ラボを訪問し、プロジェクト活動の1年目、2年目に合計2度の分析を行った。分析を通じて、合計610のPFOSデータ、合計650のPFOAデータが取得された。プロジェクト活動に関する情報と取得されたモニタリングデータは第6期成果として、国際会議や国際的な学術論文や科学論文誌などを通して広く発信、公表された。第一回分析で取得されたモニタリングデータは、2014年11月にタイで行われたアジア環境化学国際会議にて発表された。さらに2015年11月にシンガポールに所在する島津製作所アジアパシフィックにて開催されたプロジェクト会議では、NPCによる各国の3年間のプロジェクト活動とその成果の発表が行われ、モニタリングデータはプロジェクトの重要な成果物としてプロジェクト参加者の間で共有された。各国のプロジェクト活動報告内容とモニタリングデータは、第7期プロジェクト展開に向けての重要な一翼を担うものと期待される。

を取り上げた書籍が国連出版より刊行された。

第6期プロジェクトの主な成果

第6期プロジェクトはアジア地域の開発途上国において化学物質分析とモニタリング能力育成と強化を目指し、残留性汚染物質のモニタリングを行い、プロジェクト参加国の研究活動強化や高等教育の支援に貢献してきた。現在まで、プロジェクト参加機関である政府系機関や大学より100名を超える研究者が国際分析研修に出席し、地球環境保全と国際的な化学物質の適正管理を踏まえた環境分析技術を習得した。

プロジェクト活動を通して、東アジアおよび国際的な環境研究者のネットワークの構築を実現させ、ネットワークはさらに政策決定者、産業セクター、市民にまで広がり、化学分析技術と取得されたモニタリングデータをもとに環境政策提言を提供した。さらに、ネットワークはプロジェクトを通じて、東アジア地域からグローバルなPOPsモニタリングネットワークへと発展を遂げた。

第6期では、これまでの主な目的である化学物質分析とモニタリング能力育成と強化を維持しつつ、ストックホルム条約締結国に対し規定されている、「モニタリングデータを活用した条約の対策面での有効性評価を行う

こと（第十六条）」に向けて、有効性評価を支援するためのデータを収集し、条約事務局に提出することを目標とし、プロジェクト活動が各国で実施された。その結果、韓国・フィリピン・タイ・ベトナムの第一回分析データは、各国のストックホルム条約フォーカルポイントにより国家の正式なモニタリングデータとして承認され、そのうち韓国・フィリピン・タイのデータが期限に間に合い、ストックホルム条約第7回締約国会議（平成27年度）に提出される第2回有効性評価地域レポートにて、有効性評価を支援するグローバルモニタリング計画の正式なデータとして活用された。

その他の国々では、NPCによる政府主要機関に対する分析技術支援や環境政策提言の提供が活発に行われ、国家の分析能力の向上に多大な貢献をもたらした。中国では、中華人民共和国環境保護部ならびに地方省のPOPs調査に対する分析技術支援が提供され、インドでは、タミル州政府機関のための分析技術と環境リスクアセスメントワークショップが開催された。マレーシアのモニタリングデータは、2013年10月に京都で行われた第3回リスク評価に基づくアジア型統合的州域管理のための研究教育拠点シンポジウムにてNPCにより発表され、モニタリングデータを基にマレーシア毒性学会と共同でマレーシアにおける毒物規制に関する提案を発表し

た。パキスタンでは、このプロジェクトのモニタリング活動がパキスタンの公的研究機関による国内で初めてのPFCsのモニタリングとなり、国内での正式なモニタリング活動として認知された。

今後の展望

これまでのプロジェクトは、プロジェクトを通じて構築された強い国際ネットワークを基盤とし、プロジェクト参加者による円滑なコミュニケーションを実現させ、アジア諸国のPOPs汚染モニタリングにおいて成功を収めた。2015年11月に開催されたプロジェクト会議では、プロジェクトの継続と第7期でのプロジェクト終了が協議ならびに採決され、2016年1月に、国連大学サステイナビリティ高等研究所の主導のもと、「アジアにおける残留性有機化学汚染物質のモニタリングと管理—環境水中、堆積物中および生物相中の過フッ素化合物（PFCs）」というタイトルで、最終活動期となる第7期プロジェクトを開始した。前述のアジア10か国の研究機関から任命されたNPCによって、各国内でのプロジェクト活動が展開されている。

第7期プロジェクトでは河川・湖沼・海域・ダム等の堆積物と生物中のPFOSとPFOAのモニタリングを実施する。2016年7

月には、国際分析研修コースが島津製作所三条工場で開催される予定で、若手研究者によりLCI/MS/MSを使った堆積物と生物中のPFOS、PFOA分析手法が習得される。アジアにおける健全な化学物質管理能力の向上を目指し、プロジェクト活動報告ならびにモニタリングデータの発表に力を入れ、アジアにおける化学物質による環境汚染が健康に与える影響とその情報の提供や共通認識の形成に努める。特に、これらの地域の化学物質と環境に関わる政策決定者、科学者及びそのほかの専門家に向けてのプロジェクト活動についての情報発信とモニタリングデータの提供は、新規プロジェクトの重要な課題となる。

さらに、第6期プロジェクトのPOPs条約への貢献の拡大に着目し、第7期プロジェクトは、NPCとストックホルム条約ナショナルフォーカルポイントとの連携の強化だけではなく、プロジェクトとストックホルム条約事務局の連携構築を目指し、国際政策推進につながる具体的な成果を生み出すことも課題とする。

これまでのプロジェクトの成果を継続的に活用し、アジアにおける化学物質管理能力の向上とPOPs条約ならびに2015年9月に国連加盟国により採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」への貢献をさらなる目標として掲げ、新たなプロジェクト活動を展開する。

「持続可能な開発のための2030アジェンダ」は、17の持続可能な開発目標（SDGs）と169の項目のターゲットなどで構成されている。ミレニアム開発目標（MDGs）が主に開発途上国の貧困の削減などを目指すものであったのに対し、SDGsは先進国も対象としたグローバルな目標である。このプロジェクトで目指す、POPsを含む化学物質の地球規模での健全な管理は、持続可能な開発アジェンダの目標3「あらゆる年齢のすべての人々の健康的な生活を確保し、福祉を推進する」、目標6「すべての人々に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理を確保する」、目標11「都市と人間の居住地を包括的、安全、レジリエントかつ持続可能にする」ならびに目標12「持続可能な消費と生産のパターンを確保する」の達成において重要な役割を担っている。本プロジェクトはSDGsが掲げる目標達成とその実現に向けて活動を推進することを旨とし、SDGsを第7期プロジェクト活動の強化を図るツールとして適用することから、国連経済社会局の国連SDGsパートナーシッププラットフォームに登録された。

第7期プロジェクトの3年という限られた期間内で、開発途上国の研究者が国際的に信頼性の高い分析結果を出し、モニタリングデータとして発表するだけでなく、本プロジェクト活動を通じて構築されたネットワーク

を発展させ、アジア諸国内及び国際的な政策貢献を目に見える形で残し、誰もが健康で安全な生活を送ることができる社会の実現を目指すという課題は非常に難易度の高いものである。しかしながら、地球規模の環境と健康問題の解決こそ、国連大学サステイナビリティ高等研究所、企業、アジア諸国の研究機関との連携のもと実施される本プロジェクトが挑むべき課題であると言える。

