

途上国での環境化学分析への取り組みとキャパシティビルディング

Approaches and capacity building for analysis of environmental chemicals in developing countries

伊藤 治^{1*}・高下 栄子¹・森田 昌敏²

Osamu ITO^{1*}, Eiko TAKASHITA¹ and Masatoshi MORITA²

¹ 国連大学サステナビリティ高等研究所

² 愛媛県環境創造センター

¹Institute for the Advanced Study of Sustainability, United Nations University

²Environmental Creation Center of Ehime Prefecture

摘 要

国連大学は、アジア地域の開発途上国の水圏に着目して、科学的なモニタリングに立脚した環境汚染物質の適正管理の確立を目指し、残留性有機汚染物質 (POPs) を主な対象とした研究活動強化や高等教育の支援に関するプロジェクトを 1996 年から行っている。南、東南並びに東アジアにまたがる 10 ヶ国の 800 以上の地点から採取された河川水、沿岸海洋水、堆積物、水生生物等に含まれる 100 種類以上の化合物の分析を行ってきた。プロジェクト参加国の間には、汚染物質の分析能力に大きな隔たりがあり、それにより汚染状況に関する情報量並びに汚染対策に大きな違いが生まれている。分析機器の整備状況や分析能力における差異は、公的機関だけではなく民間機関との協力を得て縮めていくという方向が有用と思われる。今後予想される新たな規制物質のモニタリングのためには、新しい分析技術の習得が必要とされるので、本プロジェクトのような化学物質の適正管理に関する支援プロジェクトを継続的に行っていくことが望まれる。

キーワード：開発途上国，残留性有機汚染物質，水圏，ストックホルム条約，能力向上

Key words：developing countries, POPs, hydrosphere, Stockholm convention, capacity building

1. はじめに

我々の身近にある水にはさまざまな物質が溶け込んでいる。その物質の中には工業・農業・生活から排出される汚染物質も含まれる。特に、残留性有機汚染物質 (POPs; Persistent organic pollutants) は食物連鎖をつうじて濃縮され生物の体内に蓄積しやすく、人間の健康や生態系に悪影響を及ぼすおそれがある。国連大学は、アジア地域の開発途上国の特に水圏に着目して、科学的なモニタリングに立脚した環境汚染物質の適正管理の確立を目的として、残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約で規制されている POPs を主な対象として、研究活動強化や高等教育の支援に関するプロジェクトを遂行してきた。プロジェクトは 17 年目を終え、1 期 3 年で第 5 期を完了し、第 6 期にはいつている。(2014 年 12 月時点)

本プロジェクトは、(株)島津製作所とのダイナミックなパートナーシップにより運営されてきた。国連大学サステナ

ビリティ高等研究所 (United Nations University Institute for the Advanced Study of Sustainability; UNU-IAS) がプロジェクト運営の責任をもつ一方、島津製作所は包括的な支援に加え、UNU-IAS がノミネートしたアジア 10 カ国からの研修生を対象とした化学分析に関する研修を開催してきた。最初の参加機関は、日本を除くとインドネシア、韓国、中国、シンガポール、マレーシア、タイ、ベトナムの 7 カ国であり、それぞれの国の国立研究所、JICA (独立行政法人国際協力機構) の協力により設立された環境モニタリングセンター及び最重要大学の参加を得て出発した。その後フィリピンが加わり、さらにはインド、パキスタンが参加している (図 1)。図 2 は国連大学、島津製作所、各国のプロジェクトコーディネータ (National Project Coordinators; NPCs) の三者の共同関係を表したものである。プロジェクトにおいては、プロジェクトミーティングによる計画と遂行、ワークショップによる技術伝達、国際シンポジウムによる技術報告と、国内外への発信が行われてき

受付：2014 年 4 月 24 日，受理：2014 年 12 月 22 日

* 〒150-8925 東京都渋谷区神宮前 5 丁目 53-70, e-mail: oito@unu.edu

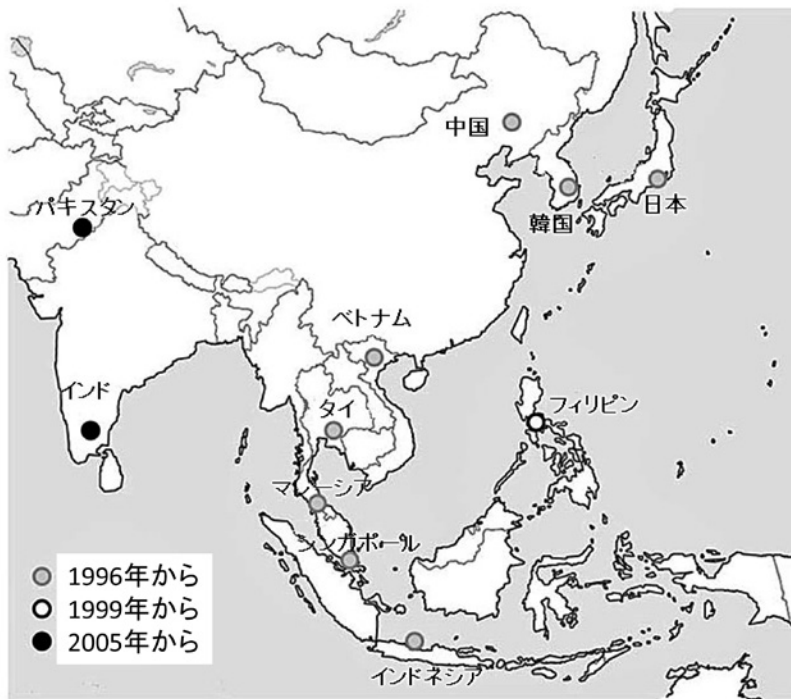


図1 プロジェクト参加国.

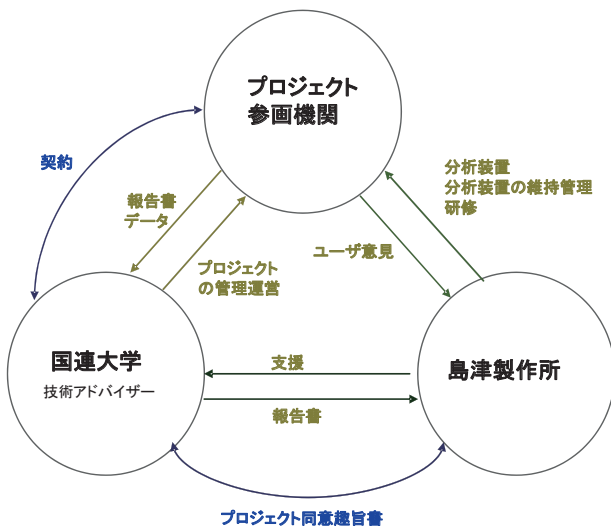


図2 プロジェクトの構造と運営.

た。参加機関の多くは、環境汚染物質の化学分析の分野で国家的な主要機関として認められ、プロジェクト自体も企業や政府を超えた地域あるいは国際ネットワークへと成長してきた。本稿では、国連大学が主導してきた本プロジェクトから見てきた環境化学分析に係る能力開発支援を概観し、その在り方について提案することにする。

2. プロジェクトのこれまでの歩み

第1期(1996年～1999年)：プロジェクトの初年度では、主に、農薬による食品汚染の評価に重きが置かれた。東アジア地域の主食は米であることから、代表的な穀物として米が選択された。さらに、米の

汚染との関連性を調べるため、土壌も分析対象とした。2年目は、水質汚染のモニタリングに主眼を置き、水道水のサンプルを収集し、東アジアの上水の品質を評価した。一部地域では、海水の分析も行った。最終年である3年目には、大気汚染を中心に調査を行い、アルデヒド(Aldehyde)と揮発性有機化合物(Volatile organic compounds; VOC)を主な調査対象とした。

第2期(1999年～2002年)：沿岸水域におけるEDCs(Endocrine disrupting chemicals, 内分泌攪乱物質)の存在についてデータを収集し、収集された情報をもとに、東アジアにおける沿岸管理に関する一貫性のある合理的なガイドラインが策定された。また、河川水中のDDT(Dichloro-diphenyl-trichloroethane, ジクロロジフェニルトリクロロエタン)及びその分解成分や数種の農薬レベルの調査が行われた。2年目以降は、監視対象としてアルキルフェノール(Alkyl phenol)とビスフェノールA(Bisphenol A), フタル酸エステル類(DOP, DEHP)が加えられた。

第3期(2002年～2004年)：水試料及び堆積物中の殺虫剤やシロアリ駆除剤として使用されるDDT, ヘキサクロロベンゼン(Hexachlorobenzene; HCB), クロルデン類(Chlordanes), アルドリン(Aldrin), デILDリン(Dieldrin)などのモニタリングを行った(表1)。

第4期(2005年～2008年)：POPsの局地的な汚染度を測るのに水生生物が良い環境指標の一つとなるので、魚、エビ、イカ等の水生生物試料中のPOPsレベルの測定法を行った。当期よりインドとパキスタンが新しくメンバーとして参加した。

表1 プロジェクトの第3期から5期にかけての分析に関する情報。

試料	第3期(2002-2004)			第4期(2005-2008)			第5期(2009-2011)	
	2002	2003	2004	2005/2006	2007	2008	2009	2010/2011
	Pesticides	Pesticides	Pesticides	Pesticides	Pesticides	Pesticides	PCBs	PBDEs
	河川水	河川水 / 堆積物	河川水 / 堆積物	エビ	魚	イカ	エビ	堆積物
対象化合物	Hexachloro-benzene Heptachlor Aldrin <i>t</i> -Chlordane <i>c</i> -Chlordane Dieldrin Endrin p,p'-DDT			Hexachloro-benzene Heptachlor Aldrin <i>t</i> -Chlordane <i>c</i> -Chlordane Dieldrin Endrin p,p'-DDT			Monochlorobiphenyl Dichlorobiphenyl Trichlorobiphenyl Tetrachlorobiphenyl Pentachlorobiphenyl Hexachlorobiphenyl Octachlorobiphenyl Nonachlorobiphenyl Decachlorobiphenyl	
サロゲート	p,p'-DDT- ¹³ C ₁₂			p,p'-DDT- ¹³ C ₁₂			¹³ C-Labelled PCBs	¹³ C-Labelled BDEs
内部標準	Pyrene-d ₁₀			Phenanthrene-d ₁₀ Crysenene-d ₁₂			Perylene-d ₁₂	2,2',5,5'-TetraCB- ¹³ C ₁₂ 2,2',3,4,4',5'-HexaCB- ¹³ C ₁₂
分析機器	CGCMS-QP2010			CGCMS-QP2010			CGCMS-QP2010	

第5期(2009年～2011年)：ストックホルム条約機構加盟各国から提出された国内実施計画には、現在使用中又は貯蔵中のポリ塩化ビフェニル類(Polychlorinated biphenyls; PCBs)を含む機材の処理に関する適切な計画が記載されていない。そこで、PCBsの分析手法の研修を行い、水生生物試料中のPCBsレベルのモニタリングを実施した。また、2009年の9月に開催された第4回ストックホルム条約締結国会議(COP4)において、2種の工業用ポリ臭化ジフェニルエーテル類(Polybrominated diphenyl ethers; PBDEs)がPOPsとして新たにリストに追加されたことにともない、本物質のモニタリングにも焦点が当てられた。

第6期(2012年～2015年)：アジア諸国における産業及び環境試料中の全フッ素化合物類(Perfluorochemicals; PFCs)をモニターし、これらの化学物質の削減努力を奨励し強化することを目指している。COP4でペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOS; Perfluorooctane sulfonic acid)とその塩類並びにフッ化物(PFOSE, ペルフルオロオクタンスルホン酸フルオリド)が、ストックホルム条約の附属書Bに組み込まれ、その生産並びに使用が規定に従って制限されることになった¹⁾。これにより、当該国は条約の15条に準拠して、PFCs排除のための進捗状況を4年ごとに報告し、締約国会議はこれら物質の必要性を遅くとも2015年までに評価し、その後は4年毎に再評価を継続することになっている。プロジェクト期間中に強化された分析能力は、プロジェクト参加国だけにとまらず、近隣諸国並びに能力が不十分な他の国々に広がり、PFCsの健全管理の達成に貢献することが期待される。PFCsの分析法に関する研修ワークショップが京都の島津製作所で2013年2月に開催され、分析機器(LC/MS/MS, 液体クロマトグラフ-タンデム型質量分析計)も既に現地に搬送され、対象試料の分析が開始されている。

3. プロジェクトによる主なモニタリング結果

2001年に採択されたストックホルム条約で規制対象となっているPOPsのほとんどは有機塩素系農薬(Organochlorine pesticides; OCPs)で、それらはアジアにおいても大量に生産され、広く使用されている。環境中におけるOCPs汚染は、我々人間のみならず生態系に深刻な危害を与える可能性がある。本プロジェクトでは、第4期の終了までのほぼ10年間、OCPsに焦点を当ててきた。全ての試料の中で共通して検出されたのは、p,p'-DDTとその代謝物であるp,p'-DDDとp,p'-DDEであり、その次に多く検出されたのが、HCB、*cis*-並びに*trans*-Chlordaneであった。特に、淡水系の底質試料においてp,p'-DDD、p,p'-DDE、そしてHCBが70%の検出率を超えた。海洋水系の底質では、Lindane(リンデン)、HCB、p,p'-DDDが70%以上の試料から検出された。海水からは、*cis*-Chlordane、Heptachlor(ヘプタクロル)、Lindane、Dieldrin(ディルドリン)、そしてp,p'-DDTが50%以上で、また、淡水からは、p,p'-DDT、Lindane、*trans*-Chlordane、そしてHCBが30%の検出率で検出された²⁾。

PCBsは、変圧器、コンデンサなどの絶縁油やプラントの冷却液、ノンカーボン紙やシーラント、さび止め塗料の成分等として広く用いられた。環境中での残留性、生物濃縮性、長距離移動性、毒性が非常に高い。各国におけるモニタリングの結果は以下のとおりであった。中国揚子江河口デルタにおけるPCBs濃度は、1.2～17 ng/Lの範囲であった。北京と杭州を結ぶ京杭大運河の濃度は、揚子江のそれよりも高く、Trichlorobiphenyl(TrCB, トリクロロビフェニル)とTetrachlorobiphenyl(TeCB, テトラクロロビフェニル)が主要な異性体であった。インドでは、全PCBs濃度は、河川水で0.56～1.7 ng/L、タミルナードゥ州の海水で0.68～5.2 ng/Lの範囲で、

ヴェラ、ウパナール河口の全 PCBs 濃度は、0.56～1.2 ng/L であった。海水中の PCBs 濃度は、チェナイ、ボンディチェリ、ツティコリン、クニヤクマリの順で低下した。インドネシアのジャカルタでの濃度は、700 ng/L を超える高さであったのに対し、セマラングやスラバヤでの濃度は、200 ng/L 以下であった。濃度は一般的に港湾や工業地域で高い傾向を示した。韓国では、ほぼ全ての試料で検出限界以下であった。パキスタン主要河川やアラビア海沿岸での濃度は、検出限界から 8.75 ng/L の範囲であった。フィリピンではパシッグ川とラグナ湖の全 PCBs 濃度は、雨季では検出限界から 13 ng/L、乾季では 1.3～13 ng/L であった。シンガポールでは、全ての海水採取地からの試料で PCBs が検出され、全 PCBs の平均値は 0.67～29 ng/L の範囲だった。濃度は、リムチュウカンで最も高く、ラッフルアリーナ、ベドック突堤と続いた。タイで採取した水試料からは検出されなかった。採取量の 1 L では、比較的汚染の少ないタイの水では十分でなかったようである。ベトナムでは、雨季と乾季に分けた採取地別の濃度範囲は以下のとおりであった。キムヌグウ川：37～88 ng/L、16～58 ng/L、ルー川：19～53 ng/L、8.8～35 ng/L、ヌフエ川：37～74 ng/L、18～40 ng/L、トゥリチ川：25～60 ng/L、8.6～41 ng/L、イエンソ川：19～66 ng/L、9.4～41 ng/L。これまでに世界中で生産された PCBs の同族体分布³⁾とプロジェクトの各国の河川水試料で測定されたものとの相関を見ても、全体で 0.75 の相関係数が得られ、フィリピン、中国、パキスタン、タイ、ベトナムで相関が高く、インドとインドネシアでは相関が認められなかった。

PBDEs は難燃剤として用いられる有機臭素系化合物で、建築、電気、家具、車、飛行機、プラスチック、ポリウレタン、繊維等の分野で広く使用されている。PBDEs は化学構造的には PCBs と同類であり、アジアでは deca-BDE (BDE-209) がいまだ大量に使用されている(本特集号の田辺、磯部「臭素系難燃剤によるアジア-太平洋地域の汚染」参照)⁴⁾。一方、地域、国により、より臭素化の割合の低い製品である penta-BDE や octa-BDE も使われてきた。PBDEs には多くの異性体があり、いずれの異性体が多いかは、過去に使用した PBDEs の種類と量に依存する。また、使用後の時間経過によっても分解速度や移動速度の違いに応じて組成に変化がおきる。アジア地域では、使用実態に対応して deca-BDE が主要な構成成分であることが多く、本プロジェクトの堆積物の調査においてもシンガポールとフィリピンでは 35% 程度であったが、それ以外の国々では全体の 90% 以上を占めていた。deca-BDE 以外では、penta-BDE が主要成分である国がパキスタン、インド、シンガポール、フィリピンで、hepta-BDE が主要成分であるのが、ベトナム、中国、韓国であ

った。マレーシアでは、例外的に tetra-BDE が主要であった。

4. 他の分析能力向上プログラムの概況

監視体制整備のための最初のステップとして、分析能力向上の必要性が当初から認識されており、分析技術の向上とともに、分析精度管理についても留意がなされてきた。POPs については、ストックホルム条約発効後すぐに UNEP (United Nations Environment Programme) と GEF (Global Environment Facility) が協力したプロジェクトが立ち上げられた。また条約事務局が主導した世界モニタリング計画 (GMP; Global Monitoring Plan) に従って、第 1 期で世界の各地域での汚染状況を取りまとめたレポートが作成され、第 2 期の 2009 年から 2012 年においては、32 の開発途上国を対象とした能力開発事業が展開された⁴⁾。エクアドル、ウルグアイ、ケニア、モルドバ、フィジーから参加した 7 研究室による PCBs 分析結果の解析から、相対標準偏差がニシンの標準試料で約 50%、堆積物では 200% 以上にも及ぶという結果が得られた。誤差の主な原因は分析者の経験不足やガラス器具やカラムによるもので、これらを改善することにより、高額な分析機器を導入する以上の効果が期待されることが示された⁶⁾。

アジア太平洋地域では、フィジーにおいてチェコの Masaryk 大学の Research Centre for Toxic Compounds in the Environment (RECETOX) が支援を続けている。日本の環境省も 2002 年から東アジアの 10 か国を対象として、大気中の POPs を中心としたモニタリングプロジェクトを継続している。アフリカでは、ウガンダのマケレレ大学の化学部は、1999 年から開始したスウェーデンのウプサラ大学による支援や、スウェーデンの SIDA (スウェーデン国際開発協力庁) やドイツの GTZ (ドイツ国際協力公社) からの供与を受けて、GC (Gas Chromatography, ガスクロマトグラフィ) や HPLC (High Performance Liquid Chromatography, 高速液体クロマトグラフィー) といった分析機器の整備を進めてきている。英国の Royal Society of Chemistry の支援のもとに、2007 年に Pan Africa Chemistry Network (PACN) が設立された。ケニアとエチオピアの拠点には、GC-MS (ガスクロマトグラフ質量分析計) が設置されている。新たに拠点化されたガーナとナイジェリアの 2 大学でも英国の P&G (Procter & Gamble UK) の援助により GC の設置がなされている。PACN は化学兵器禁止機関 (Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons; OPCW) と共同で GC-MS の研修ワークショップを開催し、高度な分析技術の普及に努めている。また、2002 年 7 月には、ウガンダのカンパラで、African Network for the Chemical Analysis of Pesticides (ANCAP) が立ち上げられ、Society of

Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) のアフリカ地域会議を定期的で開催し、科学分野での底辺拡充に努めている。MONET-Africa (MONitoring NETwork in the African continent) プログラムは、チェコ政府並びに大学 (RECETOX) の支援で、大気中の POPs モニタリングを実施し、2008 年には 15 カ国にサンプリングポイントを設定し、アフリカの大気は既に POPs で汚染されていることを示した。アフリカの大都市部での PCBs 汚染は、ヨーロッパのそれに匹敵するレベルに達していることも明らかにされた。

Lundgren⁷⁾ は、上述のような分析能力向上プログラムの参加機関へのアンケート調査結果から、資金提供、公的並びに政治的認識、社会や政府機関内での異なるセクター間でのコミュニケーション、NGOs の参画、情報へのアクセスや更新といった点に問題が残されていることを指摘している。そして研究に関連した側面からの問題解決のために、新しいパートナーシップや研究協力関係の模索、研究と教育を横断したより幅広いアプローチの選択といった方向への積極的転換を提案している。

5. プロジェクト参加各国における PFCs の監視・管理の現状

プロジェクトにおいては、ストックホルム条約の採択・発効後は、条約の執行に貢献すべく、条約の内容に即して研修を通じた能力開発並びにモニタリングを実施してきており、現在は前述のように 2009 年に対象物質に組み込まれた PFCs に焦点を当てた活動を始めたところである。そこで、ここでは各国における PFCs の監視・管理体制の現状を概観してみることにする。

5.1 中国

中国企業は、3M Company を含める大手企業が生産を停止した後の 2003 年から、PFOS, PFOA (ペルフルオロオクタン酸) の大量生産を開始し、国内外市場での需要の増加により、近年生産が拡大されている。生産された PFOSF 並びに PFOS は海外に輸出される一方で、それらを含む製品が輸入されている。66 の PFOS 関連化学物質は、中国での化学物質リストに登録されているが、生産量が低いこと、環境への影響が不透明なこと、簡便な検出方法が得にくい等から、優先的に考慮すべき対象の化学物質とはなっていない。PFOS を使用する企業は PFOS における国際規制に従う努力をしているが、ほとんどの企業は経済面に重点を置いて活動しているのが現状といえる。このような状況に対して環境保全省は、2005 年から国内での PFOS 並びに PFOA に関する調査をさまざまな機関の協力を得て展開している。2006 年 12 月には、PFOS の使用制限に関する指令が EU から中国に出され、輸出志向産業は規制に

従う方策をとるようになっている。また、コスト効果が高く、環境にやさしい代替品の開発と研究も始まっているが、政府は PFOS/PFOA 効果的削減と使用停止のため、能力育成と技術支援を訴えている⁸⁾。

中国では近年、環境中の PFCs のモニタリングも急速に進められ、科学的な情報も蓄積されてきている。珠江の支流から揚子江までの河川域での PFCs の調査により、珠江流域では PFOS が、揚子江では PFOA が主要な化合物として検出された⁹⁾。また、流域から採取された堆積物においてもこの二つの物質が主要な PFCs であった。竹江川の堆積中 PFOS 濃度と上海を横切る黄浦江の堆積中の PFOA は中国政府の報告するそのほかの地区の堆積中の濃度と比べて高く、汚染は深刻であると考えられる¹⁰⁾。遠隔地域で採取された水試料から PFOS, PFOA が検出されており、汚染は既に中国全土に拡大しており、これらの化合物が何らかの移動手段により拡散していることが推察される。鞍山、大連、ハルビン、西安、武漢市、上海、銀川、ウルムチ、ウイグルでは水道水の PFOS, PFOA は基準濃度(それぞれ 1, 0.3 ng/L) より低い。瀋陽、北京、長春、石家庄、重慶の水道水では、PFOS は基準濃度以下である一方で、PFOA は基準濃度以上が検出されている¹¹⁾。

5.2 韓国

石油化学産業、製鋼所、金属メッキ産業からの産業廃水は高い濃度の PFOS を含み、繊維製造工業廃水は PFOA を放出する主な要因となっていると考えられるが、実際に国内の 15 の廃水処理施設からの廃水、汚泥のサンプルから、これら PFCs が検出されている¹²⁾。韓国西海岸地域では、アジアの他国の河口、沿岸付近と比べ比較的高い濃度の PFCs が検出されており、地域産業からの放出が主な原因と考えられている¹³⁾。3M の PFOS 並びに PFOA の生産停止後もヒト血清中の PFOS 検出量の低下は依然見られず、PFOA 検出量は上昇しており、3M 以外の企業によるこれら化合物の生産と使用が国内の汚染の拡大につながっていると推察される¹⁴⁾。

5.3 シンガポール

マリーナ貯水池からアレキサンドラ運河にかけて採取された水試料中には、雨季、乾季において PFHxS (Perfluorohexanesulfonic acid, ペルフルオロヘキサンスルホン酸)、PFOS, PFOA, PFNA (Perfluorononanoic acid, ペルフルオロノナン酸)、地表水では PFOA が主要化合物として検出された¹⁵⁾。シンガポールの PFCs 汚染は主に舗装道路、建物、ごみ、下水管からの漏れなどの非点源によるものであるとみられるが、アレキサンドラ運河の中流域で検出された高濃度の PFCs (主に PFOS と PFHxS) は、特定の汚染源によるものであると考えられている。汚染源については、地表水の場合には工業地帯からの産業排水、排水の場合にはフッ素系界面活性剤を使用する工場からの排出、沿岸水(ジョホール水道)の場合に

は廃水処理施設からの環境への放出によるものと考えられる。乾季、雨季間での季節的变化の影響は地表水汚濁中のPFOS濃度にのみに見られ、沿岸水並びに排水中のPFOS、PFOA濃度では季節的变化は見られなかった¹⁶⁾。

5.4 インド

ガンジス川流域では下水道整備が進んでいないため、下水が河川に未処理のまま放出されており、水質悪化に拍車をかけている。PFCsも他の汚染物質と同様に放出されていると考えられ、河川水中のPFCsの調査から12種のPFCsが検出されている。ガンジス川に生息するエビ、魚、イルカの臓器等の生体試料からはPFOSが主要化合物として検出され、エビ、イルカからはPFOAは検出されなかった。インドでは、PFOAに比べPFOSが主要化合物として検出されることが多い傾向にある¹⁷⁾。

5.5 ベトナム

ハノイで調査されたヒト血清試料中のPFOSレベル(0.58 ng/mL)は、大阪、プサン、ソウルなどの産業都市での測定データとほぼ同様であったが、PFOA濃度は低い傾向が認められ、PFOSが独特の放出経路を有する可能性が示唆されている¹⁴⁾。

5.6 タイ

タイの二つの工業地帯の廃水処理施設でPFCsの調査が行われ、一方からはPFOS、PFOA、PFDA(Perfluorodecanoic acid, ペルフルオロデカン酸)、PFHpA(Perfluoroheptanoic acid, ペルフルオロヘプタン酸)が主要化合物として検出され、他方からはPFOS、PFNA、PFUnA(Perfluoroundecanoic acid, ペルフルオロウンデカン酸)が主要化合物として検出された¹⁸⁾。

5.7 その他の国々

インドネシア、パキスタン、マレーシア、フィリピンについては、情報が見当たらない。

以上のように、新規に条約に登録されたPFCsのような物質の場合、汚染状況に関する情報の集積に関しては国によって大きな差があるというのが現状といえる。このため、条約で規定されている規制対策を早急にとることが多くの国々で難しくなっている。それぞれの国が自国の汚染現状をできるだけ正確に把握することが第一に重要であるので、まずは監視体制の整備、特に分析能力の向上に向けた努力が必要である。

6. 分析能力向上プログラムの今後

POPs、特に新規に条約に組み込まれた化合物の監視のためには、その分析体制を整備する必要があるが、これが多くの国々では高いハードルとして立ちだかっている。ガス又は液体クロマトグラフ分析計が最低限の必需品で、それさえも整備されてい

ない研究室では測定することが難しい。また近年では、検出器としてマススペクトルメーターを装備し、より低濃度の試料を高い精度で分析することが求められており、このような分析計の整備には高額な資金投与が必要となるため、多くの国々では高嶺の花となっているのが現状である。このような問題への対処として、試料採取を当事国が行い、採取された試料を分析計が常時稼働している関係国の施設に送り、分析データを当事国に送り返す、といった手だてがとられているケースが多くみられる。これによって当事国の汚染の状況把握は達成できるが、他国に依存している部分があるため、自力での管理体制の確立にはなかなか到達できないという問題点も指摘されている。このようなプログラムの中では、高額分析機器を使った測定を習得するための研修等も組み込まれていることが多いが、本国に帰ると分析機器がないので、せっかく習得した分析技術も日が経つにつれて曖昧模糊となってしまうことが多い。本プロジェクトにおいては、分析機器メーカーの参画により、分析機器が各国に貸与されているので、上述のような問題点は解消されているが、多くの場合でこのようにはいかないと思われる。開発途上国支援に係る情勢を鑑みると、今後とも分析機器供与を盛り込んだようなプログラムが立ち上がることは少ないことが予想される。代替策として、分析拠点又は分析センターのようなものを分析機器メーカーとの協力で立ち上げ、そこでの研修や分析に係る経費を当初はプログラムが援助し、軌道に乗ってきたら自国負担に移し、さらに自国での重要が高まってきたら、機器のリース又は購入といった方向に転化していくといったスキームが考えられる。前述したように、アフリカにおいては分析拠点の整備拡充、そこでの研修の充実化、ネットワークを通しての人と情報の連携化が進められているが、多くの場合において援助依存が継続し、自立化への道りはまだ遠いと言える。

我々は、日々無数の人工的に作られた化合物に囲まれて生活しており、その中には急性的ではなく長い年月をかけて人体に悪影響を与える物質が多々あると考えられる。これらの物質は目に見えないという点では放射性物質と同様であるが、同定・定量の難度という点では高く汚染の面的広がりを即時的に把握することが困難であり、放射性物質とは異なり身近に存在しているため、日常的な警戒を要するものであるともいえる。また、新しい物質が日々発明され製造されており、ストックホルム条約の登録リストも定期的に更新され、その数も増えていくことが予想される。新規物質のモニタリングのためには、新しい分析技術の習得が必要とされるため、今後も本プロジェクトのような化学物質の適正管理に関する支援プログラムを継続的に進めていくことが必要である。

引用文献

- 1) Stockholm Convention ホームページ, The new POPs under the Stockholm Convention.
<<http://chm.pops.int/Implementation/NewPOPs/TheNewPOPs/tabid/672/Default.aspx>>
- 2) Iino, F., B. Wang, Z. Sebesvari, M. Morita, Y. Shibata, K. Nakagawa, Y. Huang, B. R. Ramaswamy, H. Syafrul, W. J. Shim, M. A. Mohd, M. A. Tahir, E. Santiago, M. S. Tabucanon, H. K. Lee, P. H. Viet and F. Renaud (2009) Regional Monitoring and Assessment Network of POPs Pollution in Asian Countries, *Organohalogen Compounds*, 71, 839-842.
- 3) Breivik, K., A. Sweetman, J. M. Pacyna and K. C. Jones (2007) Towards a global historical emission inventory for selected PCB congeners – A mass balance approach: 3. An update. *Science of The Total Environment*, 377, 296-307.
- 4) 田辺信介・磯部友彦(2014) 臭素系難燃剤によるアジア – 太平洋地域の汚染. 地球環境, 19, 125-134.
- 5) Fiedler, H., E. Abad, B. van Bavel, J. de Boer, C. Bogdal and R. Malisch (2013) The need for capacity building and first results for the Stockholm Convention Global Monitoring Plan. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 46, 72-84.
- 6) de Boera, J., H. Leslie, S. P. J. van Leeuwena, J. W. Wegener, B. van Bavel, G. Lindström, N. Lahoutifard and H. Fiedler (2008) United Nations Environment Programme Capacity Building Pilot Project – Training and interlaboratory study on persistent organic pollutant analysis under the Stockholm Convention. *Analytica Chimica Acta*, 617, 208-215.
- 7) Lundgren, K (2010) Capacity Building for Sustainability? An evaluation study of the capacity building programmes following the Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants (POPs). A master's thesis submitted for Lund University International Master's Programme in Environmental Studies and Sustainability Science (LUMES), Sweden.
- 8) Han, W. (2009) PFOS related actions in China. POPs Convention Implementation Office of Ministry of Environmental Protection of China, Foreign Economic Cooperation Office.
<http://www.chem.unep.ch/unep/psaicm/cheminprod_dec08/PFCWorkshop/Presentations/HWenya%20-%20PFOS%20in%20China.pdf>
- 9) So, M. K., Y. Miyake, W. Y. Yeung, Y. M. Ho, S. Taniyasu, P. Rostkowski, N. Yamashita, B. S. Zhou, X. J. Shi, J. X. Wang, J. P. Giesy, H. Yu and P. K. S. Lam (2007) Perfluorinated compounds in the Pearl River and Yangtze River of China. *Chemosphere*, 68, 2085-2095.
- 10) Bao, J., Y. Jin, W. Liu, X. Ran and Z. Zhang (2009) Perfluorinated compounds in sediments from the Daliao River system of northeast China. *Chemosphere*, 77, 652-657.
- 11) Jin, Y. H., W. Liu, I. Sato, S. F. Nakayama, K. Sasaki, N. Saito and S. Tsuda (2009) PFOS and PFOA in environmental and tap water in China. *Chemosphere*, 77, 605-611.
- 12) Kim, S. K., J. K. Im, Y. M. Kang, S. Y. Jung, Y. L. Kho and K. D. Zoh (2012) Wastewater treatment plants (WWTPs)-derived national discharge loads of perfluorinated compounds (PFCs). *Journal of Hazardous Materials*, 201-202, 82-91.
- 13) Naile, J. E., J. S. Khim, T. Wang, C. Chen, W. Luo, B. O. Kwon, J. Park, C. H. Koh, P. D. Jones, Y. Lu and J. P. Giesy (2010) Perfluorinated compounds in water, sediment, soil and biota from estuarine and coastal areas of Korea. *Environmental Pollution*, 158, 1237-1244.
- 14) Harada, K. H., H. R. Yang, C. S. Moon, N. N. Hung, T. Hitomi, K. Inoue, T. Niisoe, T. Watanabe, S. Kamiyama, K. Takenaka, M. Y. Kim, K. Watanabe, T. Takasuga and A. Koizumi (2010) Levels of perfluorooctane sulfonate and perfluorooctanoic acid in female serum samples from Japan in 2008, Korea in 1994-2008 and Vietnam in 2007-2008. *Chemosphere*, 79, 314-319.
- 15) Nguyen, V. T., M. Reinhard and G. Y. H. Karina (2011) Occurrence and source characterization of perfluorochemicals in an urban watershed. *Chemosphere*, 82, 1277-1285.
- 16) Hu, J., J. Yu, S. Tanaka and S. Fujii (2011) Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) and Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in Water Environment of Singapore. *Water Air and Soil Pollution*, 216, 179-191.
- 17) Yeung, L. W. Y., N. Yamashita, S. Taniyasu, P. K. S. Lam, R. K. Sinha, D. V. Borole and K. Kannan (2009) A survey of perfluorinated compounds in surface water and biota including dolphins from the Ganges River and in other waterbodies in India. *Chemosphere*, 76, 55-62.
- 18) Kunacheva, C., S. Tanaka, S. Fujii, S. K. Boontanon, C. Musirat, T. Wongwattana and B. R. Shivakoti (2011) Mass flows of perfluorinated compounds (PFCs) in central wastewater treatment plants of industrial zones in Thailand. *Chemosphere*, 83, 737-744.



伊藤 治

Osamu ITO

国立公害研究所(現国立環境研究所)、農業環境技術研究所を経て国際農林水産業研究センター生産環境領域長として2010に定年退職。この間、国際半乾燥熱帯作物研究所(ICRISAT)、国際イネ研究所(IRRI)にプロジェクトリーダー並びに研究部長として勤務。ICRISAT並びに国際肥料開発センター(IFDC)の理事歴任。現在、国連大学サステナビリティ高等研究所上席研究員。専門は作物栄養学で、イネや畑作物の栄養代謝、肥培管理等に関する論文多数。



森田 昌敏

Masatoshi MORITA

1972年東京大学大学院工学系研究科博士課程修了。独立行政法人国立環境研究所にて統括研究官として勤務後、愛媛大学農学部教授、現在、愛媛県環境創造センター長を務める。国連大学「アジア沿岸水圏における環境モニタリングと管理プロジェクト」のプログラムアドバイザーとして、アジア発展途上国における学術・研究能力の発展と環境モニタリングネットワーク構築に貢献する。地球環境並びに環境汚染物質に関する書籍を多数出版。



高下 栄子

Eiko TAKASHITA

駐日英国大使館にて英国外務省グローバル・オポチュニティーズ・ファンド(GOF)アドバイザーとして、日英科学技術共同研究推進プログラムに携わる。現在、国連大学サステナビリティ高等研究所にて、研究助手としてアジア沿岸水圏における残留性汚染物質(POPs)モニタリングプロジェクトを担当し、東南アジア地域での環境モニタリングと能力開発についての研究と多国間協力プロジェクト運営に取り組む。