法政大学学術機関リポジトリ
HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2025-06-01

東アジア及びインド水系における残留性有機フッ素化合物と医薬品汚染の解析

鶴田, 舞 / TSURUTA, Mai

(出版者 / Publisher)
法政大学大学院理工学・工学研究科
(雑誌名 / Journal or Publication Title)
法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編
(巻 / Volume)
55
(開始ページ / Start Page)
1
(終了ページ / End Page)
2
(発行年 / Year)
2014-03-24
(URL)
https://doi.org/10.15002/00010441

東アジア及びインド水系における残留性有機フッ素化合物と医薬品汚染の解析

WATER POLLUTION BY PERFLUORO ALKYL SUBSTANCES (PFASs) AND PHARMACEUTICAL AND PERSONAL CARE PRODUCTS (PPCPs) IN THE EASTERN ASIA AND INDIA

鶴田　舞
Mai TSURUTA
指導教員　村野健太郎

法政大学大学院工学研究科物質化学専攻修士課程

Perfluoroalkyl substances （PFASs） have been known as a persistent organic pollutants. They have received worldwide attention in recent years because of its persistence in environment. In addition, environmental pollution of Pharmaceutical and Personal Care Products （PPCPs） have been highlighted as one of the drug resistant bacteria pandemic causes. In this study, we investigated concentrations of PFASs and PPCPs in river and waste water in India and China. Here we report new knowledge of environment dynamics of water-soluble emerging pollutants in developing countries.

Key Words *: Perfluoroalkyl Substances （PFASs）, Perfluorooctanesulfonate （PFOS), Pharmaceutical and Personal Care Products （PPCPs）*

１．緒言

PFOS（ペルフルオロオクタンスルホン酸）や PFOA（ペルフルオロオクタン酸）をはじめとするペルフルオロアルキル化合物（PFASs）は、機能性工業材料として 1960 年代から多用途に使用されてきた。一方、環境残留性や生物蓄積性が明らかになり、新規有機汚染物質（emerging pollutants）として注目されるようになった。特に、PFOS（及び前駆体試薬 PFOSF）について 2009 年 5 月に POPs 条約に追加が決定され、国内においても 2010 年 4 月に化審法に基づく第一種特定化学物質に指定され、国際的にも危険性の把握が緊要な化学物質である。

また、現在も世界的に感染者が増え続けているニューデリーメタロ β ラクタマーゼ 1（NDM-1）産生性大腸菌等、薬剤耐性菌パンデミックの原因の一つとして医薬品環境汚染がクローズアップされている。世界保健機構（WHO）では、特にインド・中国等の発展途上国での危険性を指摘している[1]。

PFASs も医薬品も主に水溶性 emerging pollutants に分類でき、その生物作用と環境残留性に違いはあるが類似した分析技術で測定される。本研究では、先進国とは大きく異なる医薬品環境放出状況であるインド・中国から採集した河川水・病院廃水等について、医薬品の残量分析を行うとともに、PFASs と比較する事で、水溶性 emerging pollutants の環境動態理解に繋がる知見の収集を試みた。

２．試料と実験方法

試料は、インド（2008-2009 年・2013 年）・中国（2013 年）・日本（2013 年）より、河川水と廃水を採集した。PFASs の分析は ISO25101 及び JIS K 0450-70-10 に準じ、固相抽出（Oasis®WAX）と LC-MS/MS を用いた。分析値の信頼性を確保するために 2 種類の HPLC カラムを用いて二重測定を行った。医薬品については、固相抽出（Oasis®HLB）と LC-MS/MS を用いた。分析対象は PFASs 24 種類と医薬品 10 種類である。分析工程の回収率はそれぞれ 80-120%、50-90%の範囲であった。

３．結果と考察

（１）PFASs 分析の結果と考察

図 1 に、ヤムナ川流域における PFOS・PFOA 濃度分布を示す。PFOS 汚染が顕著であり、他の PFASs と比較して 10 倍程度高濃度で検出された。PFOS が最も高濃度だったのは、ハインドン川（#2）で 61 ng/L であった。2008 年の調査[2]で示唆された、ヤムナ川及びハインドン川を起点とする PFOS 高濃度汚染が明らかとなった。ヤムナ川の PFOS 濃度は、Delhi で徐々に上昇し、ハインドン川流入地点（#5）で最も高く（22 ng/L）なり、下流に行くにつれ減少した。これは汚染の少ないケン川の流入水によって稀釈されていると考えられる。

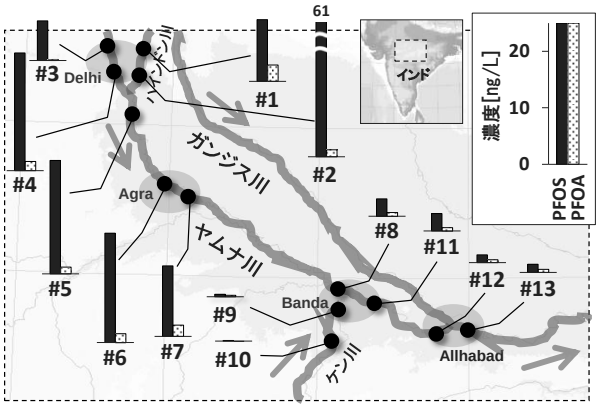

図１　ヤムナ川流域における PFOS・PFOA 濃度分布

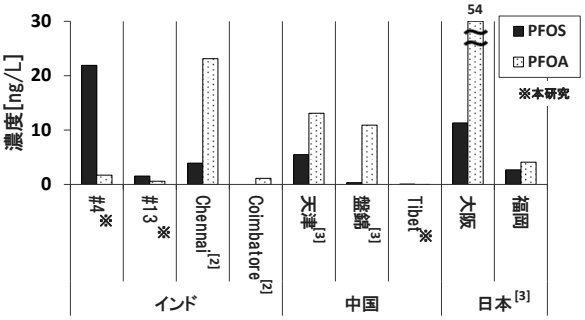

図２　日本・中国・インドにおける
河川水中の PFOS・PFOA 濃度比較

図２に、日本・中国・インドにおける河川水中の PFOS・PFOA 濃度比較を示す。一般に、先進国の河川水はフッ素樹脂産業で多用される PFOA や PFNA の濃度が高い傾向にある。Delhi 同様インドの主要都市である Chennai でも PFOA＞PFOS の濃度で検出されており、PFOS のみの汚染が顕著なヤムナ川流域では PFOS 特有の汚染源が伺われる。ヤムナ川流域では火力発電所・紙パルプ・砂糖・織物・化学製品等の産業が盛んであり[4]、これらの産業で PFOS が多く使用されている可能性が考えられる。PFOS と対照的に、PFOA は日本・中国と比較して低濃度であり、同様に先進国とは異なる汚染状況が伺われる。

（２）医薬品分析の結果と考察

図３に、日本・中国・インドにおける河川水・廃水（処理後）中の医薬品濃度比較を示す。中国の河川水の医薬品濃度（8-543 ng/L）は、日本の河川水（<0.4-15 ng/L）に比べて有意に高かった。また、中国及びインドの廃水の医薬品濃度は、どちらの国でもほとんどの化合物で一般廃水（<0.4-572 ng/L）より病院廃水（<0.4-1590 ng/L）の方が高濃度で検出された。病院廃水が主な汚染源であり、処理が不十分なまま河川に放出されていると考えられる。

中国及びインドの病院廃水で最も高濃度で検出されたのは OFX / LVX（Ofloxacin / Levofloxacin : 光学異性体）であり、それぞれ 1590 ng/L、1451 ng/L であった。OFX / LVX は皮膚・呼吸器・泌尿器などの感染症に効くフルオロキノロン系の医薬品である。この種類の医薬品は、先進国では薬剤耐性の防止のために医療機関での使用量が厳密に管理されている。インド・中国では、医薬品の使用量だけでなく環境放出量も多い事が本研究により明らかになり、WHO が指摘している発展途上国における薬剤耐性菌パンデミックの危険性[1]を確認する結果であった。

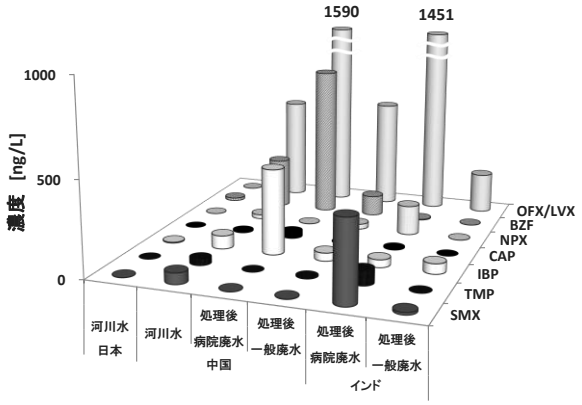

図３　日本・中国・インドにおける
河川水・廃水（処理後）中の医薬品濃度比較

４．結言

ヤムナ川からガンジス川への PFOS 高濃度汚染流入が明らかとなった。PFASs 全体の汚染が深刻な先進国と異なり、ヤムナ川流域では PFOS 単独の汚染が顕著であり、PFOS 特有の汚染源が伺われた。

インド・中国では医薬品の使用量だけでなく環境放出量も多いことが明らかとなり、WHO の指摘する発展途上国における薬剤耐性菌パンデミックの危険性が確認できた。

PFASs や医薬品等、水溶性 emerging pollutants の環境動態解析によって、発展途上国における水資源/環境問題の理解と安全管理に繋がる知見を得る事ができたと考えられる。

５．謝辞

本研究の一部は科学研究費助成事業（23710032, 24256004）によって行われた。

参考文献

[1] WHO, The evolving threat of antimicrobial resistance, Options for action, 2012
[2] Yeung et al., Chemosphere 76, 55-62, 2009
[3] Tsuda et al., Journal of Environmental Chemistry 22, No. 4, 149-173, 2012
[4] Singh et al., Water Science and Technology Library 66, 2012