

市販製品に含有される残留性有機フッ素化合物の直接曝露とリスク評価

Direct exposure of perfluorinated compounds (PFCs) from commercial products and its risk assessment

○小谷健輔¹⁾ (学生会員)、Ye Feng¹⁾ (学生会員)、益永茂樹¹⁾ (非会員)

1) 横浜国立大学大学院 環境情報学府・研究院

○Kensuke KOTANI*, Feng YE*, Shigeki MASUNAGA*

* Graduate School of Environment and Information Sciences, Yokohama National University

Abstract: Exposure assessment is essential in risk assessment of chemicals and exposure sources must not be overlooked. We assessed the direct exposure of perfluorinated compounds (PFCs) in commercial products. First, we analyzed their concentration in commercial products. High concentrations of PFCs including perfluorooctane sulfonate (PFOS) and perfluorooctanoic acid (PFOA) were detected from a product (water repellent spray) sold in the 1990s. Then we estimated their indoor and exposure concentrations when it is sprayed. The results suggested that direct exposure of PFCs from commercial products can be one of the major exposure sources.

キーワード：PFCs、製品分析、直接曝露、リスク評価

1. 緒言

我々は数え切れないぐらい多くの化学物質とともに毎日の生活を送っており、空気や食品など様々な媒体を通じて化学物質を曝露している。近年、モニタリングデータや多媒体モデルを使用した間接的な曝露評価の例は多くみられるが、製品使用時の直接的な曝露を評価した例は少ない。製品使用時の直接的な曝露評価を妨げる原因として市販製品中に含まれる化学物質の含有量が未知であることが挙げられる。そこで我々は防水、防汚剤、界面活性剤、表面改質剤、潤滑剤用途のスプレーに含有されているペルフルオロオクタンサルホン酸 (PFOS) やペルフルオロオクタン酸及びその塩 (PFOA) を含む有機フッ素化合物 (PFCs) の室内における製品使用時の直接的な曝露の実態を把握するため、市販製品中の PFCs 濃度分析を行い、含有量を調査した。次いで、オランダ国立公衆健康環境研究所 (RIVM) によって開発された消費者曝露推定モデル ConsExpo4.1 を用いて PFCs の曝露評価およびリスク評価を行った。

2. 方法

2.1 製品中 PFCs 濃度の把握

ホームセンター、インターネットや製造販売会

社から日常生活向けの市販製品で PFCs を含む可能性のあるもの(殺虫剤、撥水スプレー等 25 製品)を購入し、LC/MSMS を用いて 32 種の PFCs の分析、定量を行った¹⁾。

2.2 製品中 PFOS、PFOA の曝露評価

2.1 節で分析した製品の一部から PFOS と PFOA が見つかった。PFOS は現在ストックホルム条約にも指定されているため、2000 年代以降の販売された製品から検出されなかったが家庭には過去に購入された製品がストックされている可能性もあるため、今回は最も PFOS と PFOA の濃度が高かった 1990 年代に販売された防水スプレーを室内で使用した時の直接的な曝露量を評価した。ConsExpo4.1 では、製品分類と曝露シナリオを選択することでデフォルトのパラメータを用いて曝露解析を行うことができるが、防水スプレー用のシナリオは存在しないため、2.1 で分析した製品と化合物に合わせて必要なパラメータを変化させた。曝露評価に用いた主要なパラメータを次のようである。

スプレー噴射時間：30 秒、噴射量：0.8 g/秒、室内容積：15 m³、換気回数：2.5 回/h、体重：65 kg、呼吸量：24.1 m³/日

3. 結果

3.1 製品中 PFCs 濃度

図 1 は防水スプレー用途の 5 製品中の分析対象とした 32 種の PFCs の総濃度を示したものである。製品 1~4 は 2000 年代以降に、製品 5 は 1990 年代に販売されていたものである。1990 年代に販売された製品 5 に含まれる PFCs 濃度は他製品と比較しても圧倒的に高く、PFOS は製品 5 からのみ検出された。PFOA は製品 4 以外から検出された。他の製品から検出された化合物の種類と濃度においては文献 1) を参照されたい。

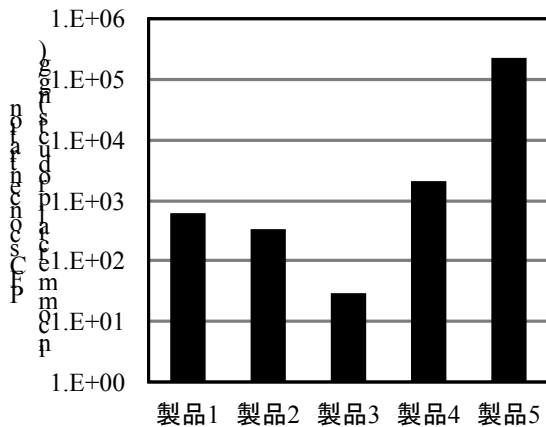


図 1 Concentration of total PFCs in waterproof sprays

3.2 PFOA と PFOS の曝露評価とリスク評価

図 2 に製品 5 を使用時の室内濃度のシミュレーション結果を示す。スプレー噴射時間は 30 秒と設定しているため、30 秒後が最も室内濃度が高くなり、1 時間ほどで元の室内濃度に戻ることがわかる。また、図 3 は製品使用時からの室内滞在時間と体重あたりの摂取量の関係を示しものである。製品を使用した直後に特別な換気や外出をしなければ汚染された室内の空気を摂取し続けることになり、図 3 に示した通りの摂取量となる。

4. 考察

2007 年に報告された環境省の初期リスク評価によれば PFOA と PFOS の経口曝露量は最大で見積もっても 0.0054、0.0067 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$ と計算されている^{2,3)}。今回の吸入曝露を体重あたりの摂取量に換算すれば PFOA の場合は製品使用後 1 分後に PFOS の場合は 8 分後には上記の曝露量を超えることになる。つまりこれまで製品に含有されてい

る化学物質の使用時の曝露量は製品含有量情報が不足していたため評価されないことが多かったが、他の曝露経路に比べて主要な曝露源となりうることが示唆された。また、PFOA はラットの慢性吸入曝露試験²⁾による NOAEL 0.03 mg/m^3 と比較しても製品使用後から室内滞在時間が 12 分を超えると一日当たりに換算した吸入曝露濃度が 0.0003 mg/m^3 を超え、MOE (Margin of Exposure) が 100 を下回ることになりリスクが懸念される。

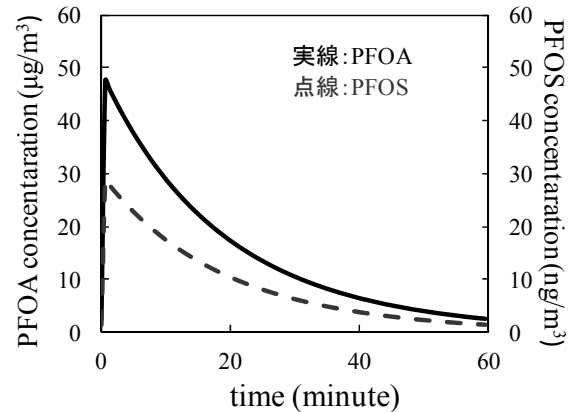


図 2 Time trend of PFOA and PFOS indoor concentrations after use of a waterproof spray

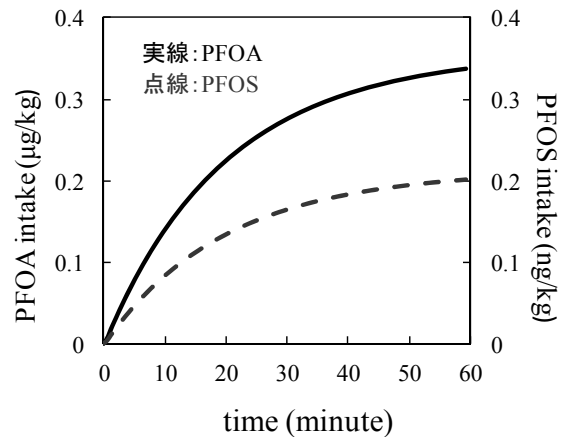


図 3 Time trend of cumulative PFOA and PFOS intake per body weight after use of a waterproof spray

5. 文献

- 1) Ye Feng ら (2012) 第 21 回環境化学討論会要旨集(CD 版) p. 829-830
- 2) 環境省 (2008) 物質に関する基本的事項 [18] ペルフルオロオクタン酸及びその塩
- 3) 環境省 (2008) 物質に関する基本的事項 [19] ペルフルオロオクタンスルホン酸及びその塩