

パーフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)及びその塩について

1. 背景・経緯等

パーフルオロオクタンスルホン酸(以下「PFOS」という。)及びその塩については、その有害性や蓄積性等から、POPs条約の第4回締約国会議にて平成21年5月に付属書Bへの追加掲載が決定され、化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律施行令の改正(平成22年4月1日施行)により新たに第一種特定化学物質に指定された。また、国内の水道水の管理体系においては要検討項目(毒性評価が定まらない物質や水道水中の存在量が明らかでない物質を対象とした項目で、必要な知見・情報の収集に努めていくべきもの)として位置づけられている。(別紙1、2参照)

このような状況を踏まえ、これまで第13回及び第14回の環境基準健康項目専門委員会において、PFOSの基礎情報について整理している。

<これまでの審議の経緯>

第13回環境基準健康項目専門委員会(開催;平成22年9月)
PFOSの国内外の法規制等の動向、有害性や曝露性に係る基礎情報を整理。

第14回環境基準健康項目専門委員会(開催;平成22年12月)
諸外国の飲料水や生物蓄積性を考慮した基準値等の追加情報を整理。

2. PFOSの取扱い方針案

PFOS及びその塩については、以下の理由により、要調査項目(参考資料2参照)に位置づけてはどうか。

(1)指針値等について

PFOSの耐容一日摂取量については、諸外国においても評価値が確定していない。NOAELの値に基づく耐容一日摂取量(TDI)の設定は、WHOでは評価がなされていない。英国食品基準庁COT(毒性委員会)やEFSA(欧州食品安全機関)、EPA(米国環境保護庁)などで試みがされているが、科学的知見が十分に得られていないことから、TDIも「暫定的な値」と位置づけられている。また、国内の水道水の管理体系においては、要検討項目として位置づけ、目標値も定められていない。(別紙3参照)

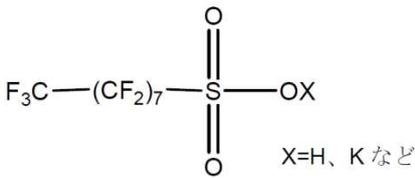
(2)水環境中の検出状況等について

化学物質審査規制法の第一種特定化学物質として指定されたことにより、PFOS又はその塩については、不可欠用途を除く製造・輸入は原則禁止されている。PRTR制度に基づく届出事業所数は、平成22年度は1件のみであり、平成23年度は届出がないという状況である。また、PFOSの公共用水域での検出状況は近年減少傾向にある。(別紙4参照)

PFOS に係る基礎的情報

(1)物質情報

付表 1 PFOS の物質情報

名称	パーフルオロオクタンスルホン酸及びその塩 (Perfluorooctane Sulfonate:PFOS)	
CAS No.	1763-23-1 (酸) 29081-56-9 (アンモニウム塩) 70225-14-8 (ジエタノールアミン(DEA)塩) 2795-39-3 (カリウム塩) 29457-72-5 (リチウム塩)	 <p style="text-align: right;">X=H、K など</p> <p style="text-align: center;">(構造式)</p>
組成式 分子量	C ₈ F ₁₇ SO ₃ 500(酸) ⁸⁾ 、538(ポタジウム塩) ⁸⁾	
物理的性状	無色の液体で、水より重い。臭気があり不燃性である。揮発性有機化合物。	
各物性値	融点	> 400 (ポタジウム塩) ²⁾
	沸点	不明
	比重	~ 0.6 ³⁾ 、~ 1.1(リチウム塩) ³⁾ 、~ 1.1(アンモニウム塩) ³⁾ ~ 1.1(ジエタノールアミン塩) ³⁾
	蒸気圧	0.85Pa(酸、25℃、MPBPWIN により算出) ⁴⁾ 1.9 × 10 ⁻⁹ Pa(25℃、MPBPWIN により算出) ⁴⁾
	ヘンリー定数	3.19 × 10 ⁻⁴ Pa・m ³ /mol (蒸気圧/溶解度比から計算) ⁸⁾
	換算係数	1ppm=20.79mg/m ³ 、1mg/m ³ =0.05ppm(酸、分子量から計算) ⁹⁾
	オクタノール/水分 配係数	不明
	解離定数	0.14 pKa (推定値) ⁹⁾
	水溶解度	519mg/L (20 ± 0.5℃) ¹⁾ 、680mg/L (24 ~ 25℃) ¹⁾ 、 570mg/L ³⁾ 、370mg/L(淡水) ³⁾ 、12.4mg/L(未ろ過海水) ³⁾ 、 25mg/L(ろ過海水) ³⁾ 、12.4mg/L(天然海水、22 ~ 23℃) ³⁾ 、 20.0mg/L(3.5%NaCl 溶液、22 ~ 24℃) ³⁾

(2) 分解性・蓄積性

付表 2 PFOS の分解性・蓄積性

データ項目		データの値等																								
分解性	生分解性	好氣的分解 (難分解性と判断される物質) ⁵⁾ 分解率: BOD 0%、TOC 6%、LC-MS 3%(試験期間: 4 週間、被験物質濃度: 100mg/L、活性汚泥濃度: 30 mg/L) ⁶⁾ 活性汚泥、底質培養物、土壌培養物中での好氣的生分解試験及び下水汚泥での嫌氣的生分解試験では、分解の兆候はまったく示されなかった。 ¹⁰⁾																								
	光分解性	嫌氣的分解 下水汚泥を用いた分解試験において、生分解の兆候は見られなかった。 ¹⁾ ・直接又は間接光分解の証拠は見られなかった (EPA OPPTS フォトコル 835.5270)。 ¹⁰⁾ ・25 °C における間接光分解の半減期は 3.7 年以上と算出された。 ¹⁰⁾																								
	加水分解性	・分解はまったく示されなかった (EPAOPPTS フォトコル 835.2210) ¹⁰⁾ ・半減期は 41 年以上とされた。 ¹⁰⁾ PFOSF は水中で速やかに加水分解され PFOS を生成するとの知見が別途得られている。 ¹⁰⁾																								
	体内の半減期	・ヒト: 1,053 日(約 3 年) ~ 2,701 日(約 7.5 年) ⁹⁾ ・カニクイザル: 110 日 ~ 170 日 ⁹⁾ ・ラット: 179 時間(約 7.5 日) ⁹⁾																								
蓄積性	生物濃縮係数 (BCF)	高濃縮性ではないと判断される物質 ⁵⁾ ・ニジマス: BCF = 2900 (肝臓), 3100 (血漿) ¹⁰⁾ ・丸ハセ: BCF = 約 2400 (全魚体) ¹⁰⁾ <table border="1" data-bbox="469 1173 1345 1440"> <thead> <tr> <th>BCF</th> <th>試験生物</th> <th>試験期間</th> <th>試験濃度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>210 ~ 850</td> <td>コイ⁶⁾</td> <td>58 日間</td> <td>20 µg/L</td> </tr> <tr> <td>200 ~ 1,500</td> <td>コイ⁶⁾</td> <td>58 日間</td> <td>2 µg/L</td> </tr> <tr> <td>1,124</td> <td>ブルーギル (可食部)²⁾</td> <td>62 日間</td> <td>86 µg/L</td> </tr> <tr> <td>4,013</td> <td>ブルーギル (非可食部)²⁾</td> <td>62 日間</td> <td>86 µg/L</td> </tr> <tr> <td>2,796</td> <td>ブルーギル (魚全体)²⁾</td> <td>62 日間</td> <td>86 µg/L</td> </tr> </tbody> </table>	BCF	試験生物	試験期間	試験濃度	210 ~ 850	コイ ⁶⁾	58 日間	20 µg/L	200 ~ 1,500	コイ ⁶⁾	58 日間	2 µg/L	1,124	ブルーギル (可食部) ²⁾	62 日間	86 µg/L	4,013	ブルーギル (非可食部) ²⁾	62 日間	86 µg/L	2,796	ブルーギル (魚全体) ²⁾	62 日間	86 µg/L
	BCF	試験生物	試験期間	試験濃度																						
210 ~ 850	コイ ⁶⁾	58 日間	20 µg/L																							
200 ~ 1,500	コイ ⁶⁾	58 日間	2 µg/L																							
1,124	ブルーギル (可食部) ²⁾	62 日間	86 µg/L																							
4,013	ブルーギル (非可食部) ²⁾	62 日間	86 µg/L																							
2,796	ブルーギル (魚全体) ²⁾	62 日間	86 µg/L																							
経口的生物濃縮係数 (BMF)	上記の値は、POPs 条約附属書 D の基準値 (BCF < 5,000) 以下であるが、PFOS の物性の一つである非脂肪組織中の蛋白質親和性を考慮すると、脂溶性物質を対象に設定されている BCF 基準値の PFOS への適用は不適切な可能性がある。 ¹⁰⁾ ・ミンク: BMF = 22 (魚中の濃度から推計) ¹⁰⁾ ・ホッキョクグマ: BMF > 160 (ホッキョクアザラシ中の濃度から推計) ¹⁰⁾ 人為的発生源から最も遠く離れた北極圏の動物において高濃度の PFOS が検出されていることに留意。魚類・魚食性鳥類など食物連鎖上の低位種においても PFOS が検出。また、ワシなど捕食生物種は、低位にある鳥類よりも高濃度の PFOS を蓄積することが認められている。このことは、PFOS の残留性と長期蓄積性によるものである。 ¹⁰⁾ PFOS は疎水性・疎油性であるため POPs に特有な脂肪組織に蓄積するという典型的パターンに該当しない。また、PFOS は物理化学的特性が特異なため、生物蓄積のメカニズムは他の POPs と異なる。 ¹⁰⁾																									

<(1)及び(2)の出典>

- 1) UNEP (2006): Report of the Persistent Organic Pollutants Review Committee on the work of its second meeting
Risk profile on perfluorooctane sulfonate. UNEP/POPS/POPRC.2/17/Add.5.
- 2) 3M (2003): Environmental and Health Assessment of Perfluorooctane Sulfonic Acid and its Salts, August 20, 2003.
- 3) OECD (2002): Co-operation on Existing Chemicals - Hazard Assessment of Perfluorooctane Sulfonate and its Salts. ENV/JM/RD(2002)17/FINAL.JT00135607.
- 4) U.S. Environmental Protection Agency, MPBPWINTM v.I.41.
- 5) 経済産業公報 (2002.3.26).
- 6) 独立行政法人製品評価技術基盤機構: 既存化学物質安全性点検データ,
- 7) Ellefson, M.E. (2001): Soil Adsorption/Desorption Study of Potassium Perfluorooctanesulfonate (PFOS). 3M Environmental Laboratory. Project Number E00-1311.
- 8) UK Environmental Agency(2004): Environmental Risk Evaluation Report: perfluorooctane sulphonate (PFOS).
- 9) U.S. Department of health and human services(2009): Draft Toxicological Profile For Perfluoroalkyls.
- 10) 薬事・食品衛生審議会(2009) 第一種特定化学物質に指定することが適当とされたペルフルオロ(オクタン-1-スルホン酸(PFOS)又はその塩など9種類の物質(12物質)の今後の対策について(第一回資料)

(3) 主な用途・生産量

主な用途

従来、半導体用反射防止剤・レジスト及び金属メッキ処理剤の脱脂洗浄剤、泡消火薬剤、写真フィルム又は印画紙、航空機用の作動油等として使用されてきた。化審法の第一種特定化学物質として指定された以降は、化審法の不可欠用途以外での使用は原則として禁止された。

付表 3 PFOS 及びその塩に係る主な用途・排出源業種

データ項目	用途等			
ストックホルム条約の締約国での主な用途	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 撥水撥油剤 ➤ 界面活性剤 			
経済産業省の調査による国内での過去の用途及び出荷割合 (H18～H20)	用途	出荷割合		
		H18	H19	H20
	半導体用反射防止剤・レジスト	67%	76%	88%
	金属メッキ処理剤	21%	14%	6%
	泡消火薬剤など	5%	1%未満	3%
写真フィルム又は印画紙	1%未満	5%	0%	
・ 航空機用の作動油				
・ 紡糸用の処理剤				
・ 金属用又は半導体用のエッチング剤	6%	5%	4%	
・ 工業用の研磨剤				
・ 防蟻用の防虫剤				

資料：第90回中央環境審議会環境保健部会化学物質審査小委員会(平成21年7月23日)
参考資料3(経済産業省調査)

生産量

付表 4 PFOS の生産量

年度	数量(トン/年)				
	製造	輸入	国内出荷		輸出
			合計	うち、 泡消火薬剤	
平成12年度	不明	不明	不明	5.9	不明
平成13年度	不明	不明	不明	3.7	不明
平成14年度	7.1	3.1	8.8	3.0	0.1
平成15年度	14.5	-	8.7	2.0	0.7
平成16年度	8.5	-	9.2	1.1	0.1
平成17年度	5.7	-	7.9	0.85	<0.1
平成18年度	6.5	0.2	6.7	0.40	<0.1
平成19年度	8.0	0.3	8.5	0.23	<0.1
平成20年度	5.5	0.3	6.2	0.18	<0.1

資料1：第90回中央環境審議会環境保健部会化学物質審査小委員会(平成21年7月23日)
参考資料3(化審法に基づく届出数量、経済産業省調査)
資料2：消防庁調査(泡消火剤)

PFOS の検討に係る国内外の動向

(1) POPs 条約への掲載

毒性が強く、難分解性、生物蓄積性、長距離移動性、人の健康又は環境への悪影響を有する化学物質のことを残留性有機汚染物質 (Persistent Organic Pollutants; POPs) と呼び、その POPs から人の健康と環境を保護することを目的として、国際的に協調して POPs の廃絶、削減等を促すための取組として「残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約 (POPs 条約)」が締結された。

パーフルオロオクタンスルホン酸 (PFOS) 及びその塩は、難分解性等の性質を有することから、POPs 条約の第 4 回締約国会議 (COP4; 2009 年 5 月) にて附属書 B への追加掲載が決定された。

なお、POPs 条約附属書の掲載物質は次のとおりであり、これらのうちの多くは、製造・輸入禁止の措置が講じられている。

付表 5 POPs 条約附属書の掲載物質

附属書	附属書掲載物質
附属書 A(廃絶) 製造、使用の原則禁止 (PCB については 2025 年までに使用を禁止し、2028 年までに無害化処理を完了する。)	アルドリン、クロルデン、ディルドリン、エンドリン、ヘプタクロル、ヘキサクロルベンゼン、マイレックス、トキサフェン、ポリ塩化ビフェニル(PCB) < COP4 で追加掲載が決定 > -ヘキサクロロシクロヘキサン、 -ヘキサクロロシクロヘキサン、クロルデコン、ヘキサプロモビフェニル、ヘキサプロモジフェニルエーテル、ヘプタプロモジフェニルエーテル、リンデン、ペンタクロロベンゼン、テトラプロモジフェニルエーテル、ペンタプロモジフェニルエーテル < COP5 で追加掲載が決定 > エンドスルファン < COP6 で追加掲載が決定 > ヘキサプロモシクロドデカン (HBCD)(COP6)
附属書 B(制限) 法的措置及び行政措置により製造・使用を制限	DDT < COP4 で追加掲載が決定 > PFOSとその塩、PFOSF (PFOSについては半導体用途等における製造・使用等の禁止の除外を規定)
附属書 C(非意図的生成物質) 環境への放出の最小限化	ヘキサクロロベンゼン、ポリ塩化ビフェニル、ポリ塩化ジベンゾーパラジオキシン、ポリ塩化ジベンゾフラン HCB、PeCB、PCBは附属書Aと重複 < COP4 で追加掲載が決定 > ペンタクロロベンゼン

[出典] 経済産業省 POPs 条約

URL: http://www.meti.go.jp/policy/chemical_management/int/pops.html

(2) 化学物質審査規制法(化審法)

POPs 条約に基づく国内行動を担保するために、以下のような内容(主な内容のみ示す)で「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律施行令」が改正され、平成 21 年 10 月 30 日に公布された。

< PFOS に係る化審法の改正内容 >

ア 「PFOS 又はその塩」を始めとする 12 物質(POPs 条約の第 4 回締約国会議で附属書への追加掲載が決まった物質)を第一種特定化学物質(原則として製造・輸入が禁止)に指定する。(令第一条)(平成 22 年 4 月 1 日施行)

イ 上記「ア」に示す 12 物質のうち、PFOS 及びその塩を始めとする 3 物質が含まれる以下の 14 製品は輸入を禁止する。(令第七条)(平成 22 年 5 月 1 日施行)

物質の種類	用途
PFOS 又はその塩	➤ 航空機用の作動油 ➤ 糸を紡ぐために使用する油剤 ➤ 金属の加工に使用するエッチング剤 ➤ 消火器、消火器用消火薬剤及び泡消火薬剤 ➤ その他 6 用途
テトラブロモジフェニルエーテル	➤ 塗料 ➤ 接着剤
ペンタブロモジフェニルエーテル	➤ 塗料 ➤ 接着剤

ウ 代替が困難であり、人の健康や動植物の生育等に被害を生ずるおそれがないことから、上記 12 物質のうち「PFOS 又はその塩」は以下の 3 用途について例外的に使用を認める。(令第八条)(平成 22 年 10 月 1 日施行)

- エッチング剤(圧電フィルタ又は無線機器が三メガヘルツ以上の周波数の電波を送受信することを可能とする化合物半導体の製造に使用するものに限る。)の製造
- 半導体用のレジストの製造
- 業務用写真フィルムの製造

(3) 厚生労働省における水道水に係る検討

平成21年4月1日より、水道水に係る要検討項目は従来の40項目に加え、過塩素酸と「パーフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)」、「パーフルオロオクタン酸(PFOA)」及び「N-ニトロソジメチルアミン(MDMA)」の4項目が新たに指定された。このうち、PFOSとPFOAの2項目については、以下のような考え方が示され、目標値の設定も見送られた。

(2)PFOS、PFOA(パーフルオロオクタンスルホン酸、パーフルオロオクタン酸)	
有害性 検出 状況 等	<ul style="list-style-type: none"> ・ PFOS、PFOA 等の有機フッ素化合物は、他の物質にはない独特の性質(水や油をはじく、熱に強い、薬品に強い、光を吸収しない等)を持つため、撥水剤、表面処理剤、乳化剤、消火剤、コーティング剤等に用いられている。 ・ 一方で、PFOS については、近年、地球規模での環境残留性及び生体蓄積性が明らかとなるとともに長期毒性の疑いもあることから、国内外で規制が検討されているところである。 ・ WHO では、飲料水水質ガイドライン改訂の対象項目の一つとされており、今後 CICAD (国際化学物質簡潔評価文書) 計画において毒性評価を行うこととしている。 ・ 国内では、淀川水系において、浄水で最大濃度 PFOS: 0.038 μg/L, PFOA: 0.11 μg/L 程度が検出された。また、原水についても、大阪市の行った調査において、柴島浄水場原水において、最大濃度 PFOS: 0.018 μg/L, PFOA: 0.225 μg/L が検出された。また、一部の下水処理場や工場排水から高濃度の検出があった。
結論	<p>以上のことから、PFOS、PFOA については、要検討項目に位置づけることとする。今後は、特に WHO の動向に注意をはらいつつ、情報収集を図る必要性がある。</p>

第7回厚生科学審議会生活環境水道部会(H20.12.16)資料2-2より抜粋

注:「要検討項目」とは、平成15年4月28日厚生科学審議会答申「水質基準の見直し等について」において、「毒性評価が定まらない物質や水道水中での存在量が明らかでない物質を対象とした項目」として位置づけられており、必要な情報・知見の収集に努めていくべきものとされている。

(4) 国外における規制等の状況

PFOS やその塩又はそれらの関連物質については、欧米諸国を中心に、過去 10 年程度の期間に相次いで製造や使用等が禁止されるようになった(付表6)。

付表 6 PFOS 又はその塩に関する諸外国の規制状況

国名等	製造・使用等に関する規制	規制開始
米国	重要新規利用規則(SNUR)による製造、輸入の許可制 《対象》PFOS 及び関連物質 PFOS 又はその塩及び関連物質に関する法律による製造、使用、販売及び輸入の禁止	2000 年頃
カナダ	《対象》PFOS 又はその塩及び関連物質を含有する製品等 《適用除外用途》 フォトレジスト、反射防止膜、写真フィルム、印刷板、航空機用作用油、消火薬剤(PFOS 含有量が0.5ppm以下のもの)	2008 年
オーストラリア	国家工業化学品届出・審査制度(NICNAS)による情報公開と自主的な代替品への転換等に関する勧告 《対象》PFOS 又はその塩並びに PFAS	2002 年 ~ 2008 年 (段階的)
ノルウェー	製品管理法に基づく健康と環境に有害な化学物質及び製品の製造、輸入、輸出、販売及び使用の制限に係る規制 《対象》PFOS 及び関連化合物を 0.0005%重量以上含む含浸剤及び消火薬剤、1 µg/m ² 以上含む繊維、コーティング剤 化学品禁止政令による流通の禁止	2007 年
ドイツ	《対象》PFOS 又はその塩を 0.005%重量以上含む調剤、0.1%以上含む製品又はその部品、1 µg/m ² 以上含む繊維、コーティング剤 《適用除外用途》 フォトレジスト、反射防止膜、写真フィルム、印刷板、航空機用作用油 PFOS 及び関連物質の規制に関する規制影響分析(RIA)による使用の制限	2008 年
英国	《対象》PFOS 及び関連物質を 0.1%以上含む日用品(カーペット、革製品、衣料、殺虫剤等)、金属メッキ、半導体用途 《適用除外用途》 消火薬剤、航空機用作用油、半導体用途の一部 PFOS の使用製品の上市禁止指令(2006/122/EC)による EU 域内での販売、輸入、使用の禁止	2004 年
EU	《対象》PFOS を重量比 0.1%以上含む製品・部品・半製品、1 µg/m ² 以上含む布地・塗装材、重量比 0.005%以上含む材料及び調剤 《適用除外用途》 フォトレジスト、反射防止膜、金属メッキ、航空機用作用油	2006 年

水質基準逐次改正検討会(平成22年度第1回)(H22.7.12)資料2より抜粋

また、海外においては、PFOS の飲料水等に係る基準が付表7に示すとおり定められている。また、国内においては、平成23年3月にPFOS含有廃棄物の分解処理に伴う排水等の濃度の目安が示されている(付表8)。

付表 7 海外における PFOS の飲料水等の基準値等の設定状況

国名等	飲料水質基準等
米国	飲料水に関する暫定健康勧告 PFOS: 0.2 µg/L 猿における NOAEL を 0.03mg/kg/day とし(人への NOAEL 換算値は 0.77 µg/kg/day となる)、体重 10kg の子供が毎日 1L の水を飲用、飲料水からの寄与を 20% と想定し算出
米国ミネソタ州	飲料水に関する健康指針値 PFOS: 0.3 µg/L 猿における NOAEL を 0.15mg/kg/day とし、人への換算(20)及び不確実係数(100)、体重当たり飲用量を 0.048L/kg/day と想定し算出
ドイツ	健康関連指針値(HRIV) PFOS(PFOA も同じ値; 以下同様): 0.3 µg/L NOAEL を 0.10 µg/kg/day とし、体重 70kg の大人が毎日 2L の水を飲用、飲料水からの寄与を 10% と想定し算出 予防原則を考慮すれば、最大年間平均値として 0.1 µg/L を推奨 幼児に対する予防原則による行動開始基準: 0.5 µg/L 大人に対する予防原則による行動開始基準: 5.0 µg/L
英国	監視開始基準: 0.3 µg/L 超 暫定 TDI を 0.3 µg/kg/day とし、体重 10kg の子供(1 歳)が毎日 1L の水を飲用、飲料水からの寄与を 10% と想定し算出 速やかに濃度低減方策を導入すべき基準: 1.0 µg/L 超 小柄な大人に対する耐容摂取量(3 µg/L)及び食事からの曝露を考慮した場合の子供における飲料水からの耐容摂取量(0~2.5 µg/L)を勘案して決定 飲料水に適さない水準: 9.0 µg/L 超

付表 8 PFOS 含有廃棄物の分解処理に伴い生じる排水等の濃度の目安

濃度の目安と算出方法
<p>排水に関する排出目標の検討に当たっては、PFOS 又はその塩を含む排水の処理施設から排出される処理水が地下水等に浸透し、これを摂取することによる健康影響を考慮した。許容一日摂取量については、国際的にも得られる評価は少ないが、環境省の環境リスク初期評価(化学物質の環境リスク評価(第6巻)(平成20年5月))において評価された許容一日摂取量(ADI: 0.3 µg/kg/日)及びドイツの飲料水基準である健康関連指針値の根拠となる無毒性量(NOAEL=ADI: 0.10 µg/kg/日)を比較して、安全側である 0.10 µg/kg/日を用いて、以下の試算を行った。</p> <p>飲料水中濃度の目安 = ADI × 体重(50.0kg) × 水への経路配分(0.1) ÷ 一日摂水量(2L/日) = 0.10 µg/kg/日 × 50.0kg × 0.1 ÷ 2 L/日 = 0.25 µg/L 0.2 µg/L</p> <p>これを基に、水質汚濁防止法における排出基準算出の考え方に基づき、希釈濃度 10 とし、 = 0.2 µg/L × 10 = 2 µg/L</p>

出典: PFOS 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項(平成 23 年3月、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部)

生物蓄積性を考慮してPFOSの環境基準値を設定した海外の事例としては、米国ミネソタ州とオランダの事例がある(付表9)。(オランダの値は、オランダ公衆衛生・環境保護研究所が環境基準値として提案した推奨値である。)

米国ミネソタ州の値は撥水加工で有名な米国3M社によるミシシッピー川及びキャルホーン湖での汚染を、オランダの値はアムステルダムシフェール空港での大規模な漏洩事故をそれぞれ契機として設定されたものである。

付表 9 海外におけるPFOSの魚介類の摂食を考慮した環境基準値の事例

国名等	摂食を考慮した基準値等の設定
米国 ミネソタ州	水(湖沼): $0.0122 \mu\text{g/L}$ 水(河川): $0.006 \mu\text{g/L}$ PFOSの水に係る基準は、飲用による影響の他、生物濃縮を考慮した魚の摂食による影響を加味して算出。
オランダ	推奨許容濃度(ERM:Environmental Risk Limit) ^注 $0.00065 \mu\text{g/L}$ (魚や貝類の摂食による影響を考慮する場合; 淡水、海水で同じ値) [導出方法] TDIを $0.15 \mu\text{g/kg/日}$ 、体重を 70kg 、魚の最大摂取量を 115g/日 、TDIに対する寄与率を 10% として、魚介中の許容濃度(MPC_{food})は、 $\text{MPC}_{\text{food}} = 0.15 \mu\text{g/kg/日} \times 70\text{kg} \times 10\% \div 0.115\text{kg/日} = 9.1 \mu\text{g/kg}$ 生物濃縮係数(BCF) $2,800\text{L/kg}$ 、生物拡大係数(BMF)を 5 として、対応する水質濃度 $\text{MPC}_{\text{food,water}}$ を求めると、 $\text{MPC}_{\text{food,water}} = 9.1 \mu\text{g/kg} \div (2800\text{L/kg} \times 5) = 0.00065 \mu\text{g/L}$ (参考)淡水: $0.53 \mu\text{g/L}$ (飲用に供する場合) 上記 TDI より、体重 70kg 、飲用量 2L として算出

注: オランダ公衆衛生・環境保護研究所が環境基準値として提案した推奨値(advisory value)である。

PFOS の有害性評価に係る知見

(1) 毒性情報

付表 10 PFOS の有害性に関するデータ

データ項目		データの値等		
人健康影響	反復投与毒性	アカゲザル(強制経口 90 日): 4.5mg/kg/day で全数死亡、0.5mg/kg/day で消化管毒性(カリウム塩) ラット(経口 90 日): 18mg/kg/day で全数死亡、6mg/kg/day で半数死亡、2mg/kg/day で体重及び臓器重量変化(カリウム塩) カニクイザル(26 週): LOEL0.03mg/kg/day 主な毒性は、胸腺萎縮()、HDL、コレステロール、T3 低下 ラット(混餌 2 年): 0.06()、0.07mg/kg/day()で肝細胞の病理組織的变化		
	発生毒性	ラット(二世世代経口): NOAEL:0.1mg/kg/day、0.4mg/kg/day で F1 児体重増加量低下、1.6mg/kg/day で F1 世代生存率低下、母体体重低下等(カリウム塩) ラット(): 妊娠 17-20 日目の 25mg/kg で全児死亡		
	急性毒性	動物種: ラット		
		経路	致死量、中毒量等	被験物質
		経口	LD ₅₀ 154mg/kg	酸
	経口	TDL ₀ 15mg/kg	酸	
	経口	TDL ₀ 0.75mg/kg	酸	
	経口	LD ₅₀ 25 mg/kg	K塩	
	経口	LD ₅₀ 233mg/kg	K塩	
	経口	LD ₅₀ 71mg/kg	K塩	
	経口	LD ₅₀ 50 ~ 1,500 mg/kg	K塩	
	吸入	LC ₅₀ 5,200 µg/L	K塩	
	発がん性	国際的主要機関(IARC、EU、EPA、ACGIH、NTP、日本産業衛生学会、DFG)の分類は全て「-」		
動植物への影響(慢性毒性)		ユスリカ <i>Chironomus tentans</i> : 10dNOEC=0.0491 mg/L(成長・生存)		

資料1: 化学物質の環境リスク評価(第6巻)(環境省)(再掲)

資料2: 第一種特定化学物質に指定することが適当とされたペルフルオロ(オクタン-1-スルホン酸(PFOS)又はその塩など9種類の物質(12物質)の今後の対策について(薬事・食品衛生審議会 H21、第一回資料)

(<http://www.mhlw.go.jp/za/0728/d13/d13-30.pdf>)資料3: ASTSDR(米国疾病登録局)毒性プロファイル(<http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp200.html>)

付表 12 TDI 相当値の考え方

時期	出典	TDI 相当値 ($\mu\text{g}/\text{kg}/\text{day}$)	TDI 相当値の考え方等
2006	COT	0.3	<p>< TDI 相当値の考え方 > 限られた知見による暫定値であり、PFOS が蓄積性を有することを考慮すれば、人健康に対する勧告値は体内負荷量を基にしたものが最も適切であるが、現状の PFOS の薬物動態に関する知見では体内負荷量に関する十分な評価ができない。</p> <p>< 不確実係数の設定方法 > 種差 \times 個体差で通常考えられているデフォルト値の 100 を使用。</p>
2008	EFSA	0.15	<p>< TDI 相当値の考え方 > TDI 相当値が設定されているものの、パーフルオロアルキルスルホン酸類 (PFAS) の人への曝露に関する経年的傾向に関するデータ、作用機構、潜在的相互作用、PFOS のトキシコキネティクス (毒性動態学) や蓄積性等に関する知見が必要。</p> <p>< 不確実係数の設定方法 > デフォルトの 100 に加え、試験期間の短さ等を考慮した不確実係数 2 を追加して 200 とする。</p>
2009	USEPA	0.08	<p>< TDI 相当値の考え方 > USEPA では、未規制の汚染物質による飲料水への汚染拡大を防ぐといった緊急的状況に対応するため、暫定健康勧告値を設けることとされており、PFOS の勧告値は 2009 年に設定された。なお、暫定健康勧告値は、追加的な情報が入手できた場合は更新され、その評価が可能となる。</p> <p>< 不確実係数の設定方法 > トキシコダイナミクス \times 3、個体差 \times 10 から不確実係数を 30、PFOS の半減期、種差を考慮した外挿係数を 13 としている。</p>

出典：付表 11 と同様。

PFOS の水環境中での検出状況等

(1) 公共用水域等における検出の状況

公共用水域中の PFOS 濃度は、減少傾向にある。また、地下水中の PFOS 濃度に係る地点は極めて限定的であり経年変化に係る評価を行うことはできないが、公共用水域と比較して特段高い傾向にはない。

付表 13 公共用水域中の PFOS の検出状況

年度	測定地点数	検出地点数/ 測定地点数 ^{注1}	検出範囲 ^{注2} (µg/L)		
			最小値	平均値	最大値
平成 14	105	104/105	0.00011	0.0044	0.037
平成 15	65	65/65	0.00061	0.023	0.53
平成 16	31	31/31	0.0015	0.012	0.11
平成 17	27	27/27	0.000096	0.018	0.11
平成 18	79	62/79	0.0000092	0.12	5.1 ^{注3}
平成 19	183	162/183	0.000040	0.018	0.28
平成 20	49	46/49	0.00040	0.0084	0.11
平成 21	104	103/104	0.000026	0.0058	0.15
平成 22	187	156/187	0.000059	0.0051	0.23
平成 23	122	112/122	0.000050	0.0025	0.014

注 1: 定量下限値以上の検出のあった地点数を検出地点数としている。

注 2: 定量下限値以上の値に限って示した。

注 3: PFOS の発生源が周辺にあると考えられる地点の測定結果だが、元文献からは詳細を把握することはできない。

付表 14 地下水での PFOS の検出状況

年度	測定地点数	検出地点数/ 測定地点数 ^{注1}	検出範囲 ^{注2} (µg/L)		
			最小値	平均値	最大値
平成 14	0	0/0	-	-	-
平成 15	0	0/0	-	-	-
平成 16	0	0/0	-	-	-
平成 17	0	0/0	-	-	-
平成 18	9	9/9	0.00014	0.017	0.14
平成 19	16	15/16	0.00030	0.022	0.095
平成 20	1	1/1	0.00060	0.00060	0.00060
平成 21	1	1/1	0.0045	0.0045	0.0045
平成 22	17	13/17	0.0017	0.060	0.23
平成 23	0	0/0	-	-	-

注 1: 定量下限値以上の検出のあった地点数を検出地点数としている。

注 2: 定量下限値以上の値に限って示した。

(2)届出排出量

PRTR 制度に基づく届け出がなされた平成 22 年は、公共用水域への排出としての届出が 3.3kg/年あったが、平成 23 年度は排出量の届出はなかった。

付表 15 PRTR制度による全国の届出排出量・届出移動量

年度	届出排出量(kg/年)				届出移動量(kg/年)		届出事業所数
	大気	公共用水域	土壌	埋立	下水道	廃棄物	
平成 22	0	3.3	0	0	0	0	1 注
平成 23	-	-	-	-	-	-	0

注：産業廃棄物処分業の事業所から、届出が 1 件あった。

< 公共用水域・地下水中の検出状況に係るデータの出典 >

- 1)SACHI TANIYASU,KURUNTHACHALAM KANNAN,YUICHI HORII,NOBUYASU HANARI and NOBUYOSHI YAMASHITA(2003): A Survey of Perfluorooctane Sulfonate and Related Perfluorinated Organic Compounds in Water,Fish,Birds and Humans from Japan ENVIRONMENTAL SCIENCE &TECHNOLOGY ,37,No.12:2634-2639.
- 2)環境省環境保健部環境安全課 (2004): 平成 14 年度化学物質環境汚染実態調査.
- 3)環境省環境保健部環境安全課 (2008): 平成 17 年度化学物質環境実態調査.
- 4)環境省環境保健部環境安全課 (2010): 平成 21 年度化学物質環境実態調査.
- 5)環境省環境保健部環境安全課 (2012): 平成 22 年度化学物質環境実態調査.
- 6)環境省環境保健部環境安全課 (2013): 平成 23 年度化学物質環境実態調査.
- 7)環境省 水・大気環境局 水環境課(2007):平成 19 年度要調査項目等 存在状況調査結果.
- 8)環境省 水・大気環境局 水環境課(2008):平成 20 年度要調査項目等 存在状況調査結果.
- 9)環境省 水・大気環境局 水環境課(2009):平成 21 年度要調査項目等 存在状況調査結果.
- 10)環境省 水・大気環境局 水環境課(2010):平成 22 年度要調査項目等 存在状況調査結果.
- 11)環境省 水・大気環境局 水環境課(2011):平成 23 年度要調査項目等 存在状況調査結果.
- 12)Saito N, Harada K, Inoue K, Sasaki K, Yoshinaga T, Koizumi A. (2004): Perfluorooctanoate and perfluorooctane sulfonate concentrations in surface water in Japan. J Occup Health 46:49-59.
- 13)南山瑞彦、山懸弘樹 (2005): 土壌地下水汚染が水域に及ぼす影響に関する研究. 平成 16 年度下水道関係調査研究年次報告書集.157-160
- 14)Akiko Morikawa, Naoya Kamei, Kouji Harada, Kayoko Inoue, Takeo Yoshinaga, Norimitsu Saito and Akio Koizumi (2006):The bioconcentration factor of perfluorooctane sulfonate is significantly larger than that of perfluorooctanoate in wild turtles (Trachemys scripta elegans and Chinemys reevesii): An Ai river ecological study in Japan. Ecotoxicology and Environmental Safety 65:14-21.
- 15)国立環境研究所(2006): 有機フッ素化合物等 POPs 様汚染物質の発生源評価・対策並びに汚染実態解明のための基盤技術開発に関する研究(特別研究).
- 16)小高良介、益永茂樹 (2006): 東京湾におけるフッ素系界面活性剤の環境挙動. 水環境学会誌. 29(4):221-228.
- 17)大阪府 (2007): パーフルオロオクタン酸(PFOA)及びパーフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)に係る河川等の調査結果について. (URL: http://www.epcc.pref.osaka.jp/press/h19/0831_2/ 2011.8.29 現在)
- 18)大阪府 (2007): 神崎川水域におけるパーフルオロオクタン酸(PFOA)等に係る水質調査結果等について. (URL: http://www.epcc.pref.osaka.jp/press/h19/1226_3/ 2011.8.29 現在)

- 19)小泉昭夫、大野佐代子、原田浩二、浅川明弘、井上佳代子 (2007): 難分解性 Perfluorooctanoic acid(PFOA) による地下水汚染. (URL <http://hes.pbh.med.kyoto-u.ac.jp/pfcreview/pdf/j109.pdf> 2011.8.29 現在)
- 20)杉崎三男、細野繁雄、茂木茂 (2007): 有機ハロゲン化合物の環境動態に関する基礎的研究. 埼玉県環境科学国際センター報(平成 18 年度). 第 7 号.
- 21)服部晋也、大西勇輔、宮田雅典(2007): PFOA・PFOS等有機フッ素化合物の淀川水系での実態及び浄水処理性 大阪市水道局
- 22)兵庫県健康生活部環境管理局水質課 (2007): パーフルオロオクタン酸(PFOA)に係る河川の環境調査及び下水道の調査結果について.
(URL: <http://www.pref.hyogo.jp/JPN/apr/kisha/19kisha/h19m6/0620pfoa.htm> 2011.8.29 現在)
- 23)清水明、栗原正憲、吉澤 正、宇野健一(2008): 千葉県港湾部における有機フッ素化合物の実態. 平成 20 年度千葉県環境研究センター年報(廃棄物・化学物質).
- 24)服部晋也、大西勇輔、宮田雅典(2008): PFOA・PFOS等有機フッ素化合物の淀川水系での実態及び浄水処理性 水道協会雑誌第 77 巻第 3 号
- 25)張野宏也、北野雅昭、大島 詔、福山丈二、今井長兵衛(2008):大阪市域の水環境中における有機フッ素系化合物の汚染実態と微生物影響. 平成 19 年度大阪市立環科研報告 第 70 集:35 ~ 42.
- 26)Nguyen Pham Hong Lien, Shigeo Fujii, Shuhei Tanaka, Munehiro Nozoe, Hiroaki Tanaka(2008): Contamination of perfluorooctane sulfonate(PFOS) and perfluorooctanoate(PFOA) in surface water of the Yodo River basin (Japan) Desalination 226:338-347.
- 27)乙部将司、森道史、安部啓介(2009): 広島市近郊の河川等における有機フッ素化合物(PFOA・PFOS)の現況調査 環境と測定技術/Vol.36:No.7.
- 28)清水明、栗原正憲、吉澤 正、杉山 寛(2009): 有機フッ素化合物の環境汚染実態と排出源について. 平成 21 年度千葉県環境研究センター年報(廃棄物・化学物質).
- 29)居川俊弘、田中勝美、津田泰三、井上亜紀子(2010): 琵琶湖および流入河川における PFOS・PFOA の汚染実態把握 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター研究報告書 第 6 号.
- 30)小川綾子・三木崇・吉川昌範・坪川博之(2010): 有機フッ素化合物(PFOS・PFOA)の実態解明に関する調査研究. 福井県衛生環境研究センター年報 第 9 巻.
- 31)近藤 博文、蒲 敏幸、田口 寛(2011): 京都府内の河川における有機フッ素化合物の実態について. 京都府保環研年報 第 56 号.
- 32)清水明、栗原正憲、吉澤 正(2011): 環境中の有機フッ素化合物の実態. 平成 23 年度千葉県環境研究センター年報(廃棄物・化学物質).
- 33)西野貴裕(2011): 都内河川及び地下水における有機フッ素化合物の実態調査. 平成 23 年度東京化学研究所公開研究発表会.