

PFAS 評価書（案）【ばく露】

1
2
3
4
5
6

I. 背景・評価の経緯

II. PFAS の概要

III. 体内動態

IV. 安全性に係る知見の概要 V. 環境中の PFAS 濃度に関する知見の概要

【事務局より】

- 全体を通して単位を以下の通りに統一しております。

水：ng/L、食品・土壌・生物：ng/kg、大気：pg/m³、ハウスダスト：pg/g、

HBM：ng/mL

【 からのコメントと事務局からの回答】

- 今後前半で定義がなされるかと思いますが、有機フッ素化合物、PFAS、パーフルオロアルキル化合物等、用語が混在しているようです。また、「15 種類の PFAS 及び PFAS 代替化合物」とありますが、現在全て PFAS になっているのでしょうか。PFAS 代替化合物の定義をした方がいいかと思います。また、物質名が記号になっているのですが、わかりにくいものも含まれています。分岐鎖の異性を別標記していたりする場合もあります。全体的に表記を確認する必要があるのではないかと思います。

⇒ 現在、評価書案全体として引用文献の書きぶりのままにしているため用語が混在しています。今後、評価書全体で記載を統一することを検討します。

7
8
9
10
11
12
13
14
15

PFAS はその化学構造により、撥水性、撥油性と、化学的・熱的な安定性を併せ持つことから、溶剤、界面活性剤、繊維・革・紙・プラスチックなどの表面処理及びその原料、イオン交換、潤滑剤、泡消火剤、半導体原料、フッ素ポリマー加工助剤など、幅広い用途で使用されている（OECD 2011）（参照 1）。その広範な使用、物理化学的特性、残留性及び生物濃縮の可能性により、多くの PFAS は、環境中に存在することから、自然環境中の水質、底質、生物、大気に関するモニタリング調査が国内及び海外で実施されている。

1 1. 国内

2 (1) 環境省

3 一般環境¹における化学物質の残留状況を継続的に把握するため、水質（主に
 4 湖若しくは湾、内海等の閉鎖性水域又は河川）、底質（原則、水質と同じ調査地
 5 点又は水域）、生物（主に調査地点及びその周辺で再生産される水生生物（魚類、
 6 甲殻類及び魚類）並びに鳥類²）及び大気（都市部、農村地帯、バックグラウン
 7 ド地帯（山岳や海岸、離島等））を対象に、化学物質環境実態調査が行われてい
 8 る。PFOS、PFOA 及びPFHxS については、全国各地域における代表性のある
 9 一般環境においてモニタリング調査³が行われている。2009 年度（平成 21 年
 10 度）から 2021 年度（令和 3 年度）のモニタリング調査結果を表V-1-1～表V-1-
 11 4 に示す（環境省 2021a、2023a）（参照 2、3）。

12

13

表V-1-1 水質（単位：ng/L）※

	実施 年度	幾何 平均 値	中央 値	最大値	最小値	定量[検出]限 界値	検出頻度 検体	地点
PFOS	2009	0.730	0.580	14.000	tr(0.026)	0.037[0.014]	49/49	49/49
	2010	0.490	0.380	230.000	tr(0.037)	0.050[0.020]	49/49	49/49
	2011	0.480	0.360	10.000	tr(0.020)	0.050[0.020]	49/49	49/49
	2012	0.550	0.510	14.000	0.039	0.031[0.012]	48/48	48/48
	2014	0.460	0.410	7.500	nd	0.050[0.020]	47/48	47/48
	2015	0.630	0.490	4.700	0.120	0.029[0.011]	48/48	48/48
	2016	0.330	0.300	14.000	tr(0.023)	0.050[0.020]	48/48	48/48
	2018	0.310	0.300	4.100	nd	0.070[0.030]	42/47	42/47
	2019	0.290	0.260	2.500	nd	0.080[0.030]	47/48	47/48
	2020	0.330	0.260	3.700	tr(0.052)	0.080[0.030]	46/46	46/46
	2021	0.330	0.300	3.700	tr(0.030)	0.080[0.030]	47/47	47/47
PFOA	2009	1.600	1.300	31.000	0.250	0.059[0.023]	49/49	49/49
	2010	2.700	2.400	23.000	0.190	0.060[0.020]	49/49	49/49
	2011	2.000	1.700	50.000	0.380	0.050[0.020]	49/49	49/49
	2012	1.400	1.100	26.000	0.240	0.170[0.055]	48/48	48/48

¹ 化学物質環境実態調査における「一般環境」は、工場又は事業場の敷地境界及び排出口等の特定の排出源の直近を除く地域とされている。

² 環境省は調査に比較的適した生物の例として次を挙げている：淡水産魚類（ウグイ、フナ類、コイ、オイカワ、オオクチバス、チチブ）、淡水産甲殻類（アメリカザリガニ、スジエビ）、淡水産貝類（カワナナ、ヤマトシジミ）、海産魚類（スズキ、ボラ、コノシロ、マハゼ、マコガレイ）、海産甲殻類（ガザミ、シャコ）、海産貝類（ムラサキガイ、イガイ、ムラサキインコ、ミドリガイ、マガキ、アサリ）、鳥類（カワウ）。

³ モニタリング調査は、経年的な環境残留実態推移の把握を目的とすることから、原則として既往の調査地点及び採取地点で行われている。

2014	1.400	1.400	26.000	0.140	0.050[0.020]	48/48	48/48	
2015	1.400	1.200	17.000	0.310	0.056[0.022]	48/48	48/48	
2016	1.300	1.200	21.000	0.260	0.050[0.020]	48/48	48/48	
2018	1.100	1.100	28.000	0.160	0.070[0.030]	47/47	47/47	
2019	1.000	0.900	11.000	0.160	0.090[0.040]	48/48	48/48	
2020	1.100	0.920	16.000	0.220	0.090[0.030]	46/46	46/46	
2021	1.100	0.870	23.000	0.230	0.090[0.040]	47/47	47/47	
PFHxS	2018	0.190	0.130	2.600	nd	0.120[0.050]	44/47	44/47
	2019	0.150	0.120	1.800	nd	0.060[0.030]	45/48	45/48
	2020	0.160	0.120	1.500	nd	0.060[0.020]	44/46	44/46
	2021	0.160	0.110	2.300	nd	0.070[0.030]	44/47	44/47

1 ※ 報告書では pg/L で報告されているが、1,000 で除して ng/L として記載した。
2 注) 2013 年及び 2017 年度は調査を実施していない。

3

4

表 V-1-2 底質 (ng/kg-dry) ※

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 限界値	検出頻度	
							検体	地点
PFOS	2009	78	97	1,900	nd	9.6[3.7]	180/190	64/64
	2010	82	100	1,700	tr(3)	5[2]	64/64	64/64
	2011	92	110	1,100	nd	5[2]	63/64	63/64
	2012	68	84	1,200	tr(7)	9[4]	63/63	63/63
	2014	59	79	980	nd	5[2]	62/63	62/63
	2015	91	88	2,200	7	3[1]	62/62	62/62
	2016	54	61	690	5	5[2]	62/62	62/62
	2018	43	57	700	nd	7[3]	55/61	55/61
	2019	44	46	460	nd	9[4]	60/61	60/61
	2020	40	48	450	tr(3)	5[2]	58/58	58/58
	2021	52	62	620	tr(5)	6[3]	60/60	60/60
PFOA	2009	27	24	500	nd	8.3[3.3]	182/190	64/64
	2010	28	33	180	nd	12[5]	62/64	62/64
	2011	100	93	1,100	22	5[2]	64/64	64/64
	2012	51	48	280	12	4[2]	63/63	63/63
	2014	44	50	190	tr(3)	11[5]	63/63	63/63
	2015	48	48	270	8	3[1]	62/62	62/62
	2016	27	27	190	nd	9[4]	61/62	61/62
	2018	23	25	190	nd	9[4]	58/61	58/61
	2019	21	22	190	tr(3)	5[2]	61/61	61/61
	2020	21	22	190	nd	8[3]	57/58	57/58
	2021	24	26	260	nd	9[4]	58/60	58/60
PFHxS	2018	190	130	2,600	nd	120[50]	44/47	44/47
	2019	150	120	1,800	nd	60[30]	45/48	45/48
	2020	160	120	1,500	nd	60[20]	44/46	44/46
	2021	160	110	2,300	nd	70[30]	44/47	44/47

5 ※ 報告書では pg/g-dry で報告されているが、ng/kg-dry として記載した。

6 注 1) 2009 年度は、各地点における算術平均値を求め、その算術平均値から全地点の幾何
7 平均値を求めた。

8 注 2) 2013 年及び 2017 年度は調査を実施していない。

1

2

表V-1-3-a 生物：貝類 (ng/kg-wet) ※

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 限界値	検出頻度	
							検体	地点
PFOS	2009	24	28	640	nd	19[7.4]	17/31	5/7
	2010	72	85	680	nd	25[9.6]	5/6	5/6
	2011	38	44	100	16	10[4]	4/4	4/4
	2012	27	21	160	tr(4)	7[3]	5/5	5/5
	2014	8	6	93	nd	5[2]	2/3	2/3
	2015	7	tr(2)	210	nd	4[2]	2/3	2/3
	2016	11	tr(6)	160	nd	9[3]	2/3	2/3
	2017	22	34	160	nd	12[4]	2/3	2/3
	2019	10	tr(4)	140	tr(2)	6[2]	3/3	3/3
	2020	16	8	130	tr(4)	5[2]	3/3	3/3
	2021	14	5	250	tr(2)	5[2]	3/3	3/3
PFOA	2009	tr(20)	tr(21)	94	nd	25[9.9]	27/31	7/7
	2010	28	33	76	nd	26[9.9]	5/6	5/6
	2011	tr(19)	tr(22)	tr(40)	nd	41[14]	3/4	3/4
	2012	tr(21)	tr(23)	46	nd	38[13]	4/5	4/5
	2014	tr(4)	tr(6)	10	nd	10[3]	2/3	2/3
	2015	tr(6.5)	tr(6.3)	26	nd	10[3.4]	2/3	2/3
	2016	4	7	9	nd	4[2]	2/3	2/3
	2017	tr(6)	tr(7)	18	tr(2)	12[4]	2/3	2/3
	2019	tr(3)	tr(4)	tr(5)	tr(3)	6[2]	3/3	3/3
	2020	6	tr(5)	14	nd	6[2]	3/3	3/3
	2021	6	11	16	nd	6[2]	2/3	2/3
PFHxS	2020	tr(2)	tr(3)	tr(3)	nd	5[2]	2/3	2/3
	2021	nd	nd	tr(3)	nd	5[2]	1/3	1/3

3 ※ 報告書では pg/g-wet で報告されているが、ng/kg-wet として記載した。

4 注1) 2009年度は、各地点における算術平均値を求め、その算術平均値から全地点の幾何

5 平均値を求めた。

6 注2) 2013年及び2018年度は調査を実施していない。

7

8

表V-1-3-b 生物：魚類 (ng/kg-wet) ※

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 限界値	検出頻度	
							検体	地点
PFOS	2009	220	230	15,000	nd	19[7.4]	83/90	17/18
	2010	390	480	15,000	nd	25[9.6]	17/18	17/18
	2011	82	95	3,200	nd	10[4]	16/18	16/18
	2012	110	130	7,300	tr(5)	7[3]	19/19	19/19
	2014	82	83	4,600	nd	5[2]	18/19	18/19
	2015	91	90	2,500	nd	4[2]	18/19	18/19
	2016	79	80	5,200	nd	9[3]	18/19	18/19
	2017	150	150	11,000	tr(4)	12[4]	19/19	19/19
	2019	67	80	3,600	tr(3)	6[2]	16/16	16/16
	2020	76	100	3,000	5	5[2]	18/18	18/18

	2021	81	130	4,500	tr (2)	5[2]	18/18	18/18
PFOA	2009	tr (23)	tr (19)	490	nd	25[9.9]	27/31	7/7
	2010	tr (13)	tr (11)	95	nd	26[9.9]	5/6	5/6
	2011	nd	nd	51	nd	41[14]	3/4	3/4
	2012	tr (35)	tr (32)	86	nd	38[13]	4/5	4/5
	2014	tr (6)	tr (4)	85	nd	10[3]	2/3	2/3
	2015	tr (5.7)	tr (5.3)	99	nd	10[3.4]	2/3	2/3
	2016	4	tr (3)	20	tr (2)	4[2]	2/3	2/3
	2017	tr (6)	tr (4)	79	nd	12[4]	2/3	2/3
	2019	tr (3)	tr (3)	18	nd	6[2]	3/3	3/3
	2020	tr (4)	tr (2)	49	nd	6[2]	3/3	3/3
2021	tr (4)	tr (3)	40	nd	6[2]	2/3	2/3	
PFHxS	2020	tr (3)	tr (2)	18	nd	5[2]	10/18	10/18
	2021	tr (2)	nd	16	nd	5[2]	7/18	7/18

- 1 ※ 報告書では pg/g-wet で報告されているが、ng/kg-wet として記載した。
2 注 1) 2009 年度は、各地点における算術平均値を求め、その算術平均値から全地点の幾何
3 平均値を求めた。
4 注 2) 2013 年及び 2018 年度は調査を実施していない。

5
6

表 V-1-3-c 生物：鳥類 (ng/kg-wet) ※

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 限界値	検出頻度	
							検体	地点
PFOS	2009	300	360	890	37	19[7.4]	83/90	17/18
	2010	1,300	—	3,000	580	25[9.6]	17/18	17/18
	2011	—	—	110	110	10[4]	16/18	16/18
	2012	160	—	410	63	7[3]	19/19	19/19
	2014	4,600	—	110,000	190	5[2]	18/19	18/19
	2015	—	—	790	790	4[2]	18/19	18/19
	2016	3,600	—	9,100	1,400	9[3]	18/19	18/19
	2017	9,800	—	32,000	3,000	12[4]	19/19	19/19
	2019	—	—	360	360	6[2]	16/16	16/16
	2020	—	—	8,500	8,500	5[2]	18/18	18/18
	2021	3,000	—	15,000	590	5[2]	18/18	18/18
PFOA	2009	32	29	58	tr (16)	25[9.9]	10/10	2/2
	2010	38	—	48	30	26[9.9]	2/2	2/2
	2011	—	—	nd	nd	41[14]	0/1	0/1
	2012	tr (27)	—	tr (28)	tr (26)	38[13]	2/2	2/2
	2014	62	—	2600	nd	10[3]	1/2	1/2
	2015	—	—	31	31	10[3.4]	1/1	1/1
	2016	130	—	320	52	4[2]	2/2	2/2
	2017	240	—	680	85	12[4]	2/2	2/2
	2019	—	—	27	27	6[2]	1/1	1/1
	2020	—	—	280	280	6[2]	1/1	1/1
2021	140	—	410	46	6[2]	2/2	2/2	
PFHxS	2020	—	—	190	190	5[2]	1/1	1/1
	2021	20	—	40	10	5[2]	2/2	2/2

- 1 ※ 報告書では pg/g-wet で報告されているが、ng/kg-wet として記載した。
 2 注 1) 2009 年度は、各地点における算術平均値を求め、その算術平均値から全地点の幾何
 3 平均値を求めた。
 4 注 2) 2013 年及び 2018 年度は調査を実施していない。
 5 注 3) 2014 年度以降の結果は、調査地点及び調査対象生物を変更したことから、2012 年
 6 度までの結果と継続性がない。

7
8

表 V-1-4 大気 (pg/m³)

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 限界値	検出頻度	
							検体	地点
PFOS	2010 温暖期	5.2	5.9	14	1.6	0.4[0.1]	37/37	37/37
	2010 寒冷期	4.7	4.4	15	1.4		37/37	37/37
	2011 温暖期	4.4	4.2	10	0.9	0.5[0.2]	35/35	35/35
	2011 寒冷期	3.7	3.8	9.5	1.3		37/37	37/37
	2012 温暖期	3.6	3.8	8.9	1.3	0.5[0.2]	36/36	36/36
	2012 寒冷期	2.7	3.0	5.9	1.0		36/36	36/36
	2013 温暖期	4.6	5.2	9.6	1.2	0.3[0.1]	36/36	36/36
	2013 寒冷期	3.7	3.9	7.4	1.6		36/36	36/36
	2014 温暖期	3.1	3.2	8.6	0.52	0.17[0.06]	36/36	36/36
	2015 温暖期	2.8	2.6	8.8	0.59	0.19[0.06]	35/35	35/35
	2016 温暖期	3.1	2.4	9.3	0.7	0.6[0.2]	37/37	37/37
	2017 温暖期	2.9	2.7	8.9	1.1	0.3[0.1]	37/37	37/37
	2019 温暖期	3.8	4.1	7.8	1.3	0.8[0.3]	36/36	36/36
	2020 温暖期	3.4	4.2	7.2	1.1	0.3[0.1]	37/37	37/37
2021 温暖期	2.8	3.1	6.5	0.70	0.18[0.07]	35/35	35/35	
PFOA	2010 温暖期	5.2	5.9	14	1.6	0.4[0.1]	37/37	37/37
	2010 寒冷期	4.7	4.4	15	1.4		37/37	37/37
	2011 温暖期	4.4	4.2	10	0.9	0.5[0.2]	35/35	35/35
	2011 寒冷期	3.7	3.8	9.5	1.3		37/37	37/37
	2012 温暖期	3.6	3.8	8.9	1.3	0.5[0.2]	36/36	36/36
	2012 寒冷期	2.7	3.0	5.9	1.0		36/36	36/36
	2013 温暖期	4.6	5.2	9.6	1.2	0.3[0.1]	36/36	36/36
	2013 寒冷期	3.7	3.9	7.4	1.6		36/36	36/36
	2014 温暖期	3.1	3.2	8.6	0.52	0.17[0.06]	36/36	36/36
	2015 温暖期	2.8	2.6	8.8	0.59	0.19[0.06]	35/35	35/35
	2016 温暖期	3.1	2.4	9.3	0.7	0.6[0.2]	37/37	37/37
	2017 温暖期	2.9	2.7	8.9	1.1	0.3[0.1]	37/37	37/37
	2019 温暖期	3.8	4.1	7.8	1.3	0.8[0.3]	36/36	36/36
	2020 温暖期	3.4	4.2	7.2	1.1	0.3[0.1]	37/37	37/37
2021 温暖期	2.8	3.1	6.5	0.70	0.18[0.07]	35/35	35/35	
PFHxS	2020	2.5	2.4	6.1	0.7	0.3[0.1]	37/37	37/37
	2021	2.2	2.3	6.6	0.46	0.18[0.07]	35/35	35/35

9 注) 2018 年度は調査を実施していない。

10

1 令和2年度に、47都道府県の有機フッ素化合物の排出源となり得る施設⁴周
2 辺等の計143地点において、河川、海域、地下水、湧水を対象に有機フッ素化
3 合物全国存在状況把握調査が実施された。そのうちPFOS及びPFOAは全地点、
4 PFHxSは各都道府県の1地点において調査された結果、要監視項目のPFOS及
5 びPFOAについては、143地点のうち、12都府県の21地点（神奈川県、大阪
6 府、沖縄県、等）において水環境の暫定的な目標値（PFOS及びPFOAの合算
7 値で50ng/L）を超過しており、最大値は5,500ng/L（PFOS及びPFOAの合
8 算値）であった。また、要調査項目のPFHxSについては、47地点のうち36都
9 道府県の36地点において0.1ng/L（報告下限値）以上の検出を確認し、最大値
10 は28ng/Lであった（環境省2021b）（参照4）。

11

12 令和3年度に公共用水域水質測定調査が実施され、31都道府県の自治体が実
13 施した1,133地点（河川：703地点、湖沼：29地点、海域：84地点、地下水：317
14 地点）の調査結果を環境省がとりまとめた。そのうち、81地点（河川：38地点、
15 湖沼：0地点、海域：0地点、地下水：43地点）において水環境の暫定的な目標値
16 を超過しており、最大値は1,800ng/L（PFOS及びPFOAの合算値）であった
17 （環境省2023b）（参照5）。

18

19 （2）厚生労働省

20 厚生労働省が令和2年1～3月に実施した浄水場における浄水の水質検査の
21 結果によると、33の水道事業者又は水道用水供給事業者が管轄する39か所の
22 浄水場のうち、現在のPFOS及びPFOAの目標値を超えたところはなかった
23 （厚生労働省2020）（参照6）。

24 また、厚生労働省が令和2年4月～令和3年3月に実施した浄水場における
25 浄水の水質検査の結果によると、26の水道事業者又は水道用水供給事業者が管
26 轄する33か所の浄水場のうち、1か所において現在のPFOS及びPFOAの目
27 標値を超過した（当該浄水場は水源を切り替え済み）（厚生労働省2021）（参照
28 7）。

29

⁴ 排出源となり得る施設として、泡消火剤を保有・使用する施設、有機フッ素化合物の製造・使用の実績がある施設、廃棄物処理施設、下水道処理施設等が挙げられている。

1 (3) その他

2 ATSDR で報告されている、外気、室内ダスト、表層水及び海水の日本のデー
3 タについて表V-2～表V-5に示す (ATSDR 2021) (参照 8)。

4

5 表V-2 パーフルオロアルキル化合物の外気濃度 (pg/m³)

	PFOS	PFOA	参照
都市部			
大山崎町 n=12	5.2 (2.51~9.80) 72.2 ng/g (ダスト中)	262.7 (72~919) 3,412.8 ng/g (ダスト中)	Harada et al. 2005b
福知山市	2.2 46.0 ng/g (ダスト中)	15.2 314 ng/g (ダスト中)	Harada et al. 2006
盛岡市 n=8	0.7 (0.46~1.19)	2.0 (1.59~2.58)	Harada et al. 2005b

6 注) 平均値 (範囲)

7

8 表V-3 パーフルオロアルキル化合物の室内ダスト濃度 (ng/g)

	PFOS	PFOA	参照
日本 n=16	200 (11~2,500)、24.5	380 (70~3,700)、165	Moriwaki et al. 2003

9 注) 平均値 (範囲)、中央値

10

11 表V-4 パーフルオロアルキル化合物の表層水濃度 (ng/L)

	PFOS	PFOA	参照
いくつかの河川	0.3~59	0.1~67,000	Harada and Koizumi 2009

12

13 表V-5 パーフルオロアルキル化合物の海水濃度 (ng/L) ※

	PFOS	PFOA	PFHxS	参照
東京湾 n=8	0.338~57.7	1.8~192	0.017~5.6	Yamashita et al. 2005

14 ※ pg/L で報告されているが、1,000 で除して ng/L として記載している。

15 注 1) その他、PFNA についても報告されている (0.017~5.6 ng/L)。

16 注 2) 沿岸水と外洋水のサンプルを含む。

17

18 2. 海外

19 (1) EPA

20 米国 EPA は、2023 年の報告書 (Draft) において、米国内の PFAS の水環境
21 の全国的なデータは PFAS 汚染地域のものに偏っていることを指摘したうえで、
22 報告されている PFOS 濃度の大半 (91%) は 300 ng/L 以下であるとしている。

1 PFOA に関しては、都市部において環境水中濃度が高い傾向があるとしたうえ
 2 で、五大湖の都市化の進んだ下流湖域（エリー湖、オンタリオ湖）が森林地帯の
 3 多い上流湖域（スペリオール湖、ミシガン湖、ヒューロン湖）よりも表層水中濃度
 4 が高いとする知見(Remucal 2019)、及び、ニュージャージー州、ニューヨーク
 5 州及びロードアイランド州における地方部 17 か所と都市部 20 か所の平均
 6 PFOA 濃度はそれぞれ 2.95 ng/L 及び 10.17 ng/L とする知見(Zhang 2016)を報
 7 告している（EPA 2023a、2023b, Draft）（参照 9, 10）。

8

9 (2) ATSDR

10 ATSDR で報告されている、国家優先リスト(NPL: National Priorities List)
 11 ⁵に掲載されている地域の水及び土壌中の PFAS 濃度を表 V-6 に示す（ATSDR
 12 2021）（参照 8）。

13

14 表 V-6 NPL サイトの水及び土壌中のパーフルオロアルキル化合物濃度

媒体	中央値	幾何平均値	幾何標準偏差	定量測定数	NPL サイト
PFOA					
水 (ppb (=ng/L))	0.35	0.25	6,064	5	4
土壌 (ppb (=ng/kg))	18,050	18,050	1,000	2	2
PFOS					
水 (ppb (=ng/L))	0.91	0.35	9,089	4	3
土壌 (ppb (=ng/kg))	108,000	108,000	1,000	2	2
PFHxS					
水 (ppb (=ng/L))	0.26	1.12	52,496	4	3
土壌 (ppb (=ng/kg))	5,585	5,585	1,000	2	2

15 ※その他、PFBA、PFBS、PFHpA、PFHxA、PFNA、PFPeA についても報告されている。

16

17 (3) EFSA

18 欧州食品安全機関（EFSA）において、PFAS は製造、製品の使用と廃棄のラ
 19 イフサイクルを通じて環境中に放出され、環境中の PFOS 及び PFOA は大半が
 20 水界生態系及び大気中降下により長距離移動し（Ahrens 2014）、欧州中の河川
 21 の 90%は PFAS 分子種のいずれかが検出された（Loos 2009）としている（EFSA
 22 2020）（参照 11）。

23

⁵ 国家優先リスト EPA が有害物質等の汚染地域として優先的に調査することとしている地
 域。PFAS は 1,854 か所のうち少なくとも 4 か所の NPL サイトに登録されている。

1 (4) ECHA

2 欧州化学機関 (ECHA) で報告されている、海水及び河川水の欧州内 PFAS 濃
3 度データについて表 V-7 に示す (ECHA 2023) (参照 12)。

4

5 表 V-7 パーフルオロアルキル化合物の海水及び河川水濃度 (ng/L)

調査国/箇所	上段：検出頻度 下段：平均濃度(範囲)			参照
	PFOS	PFOA	PFHxS	
Faroe Islands (lakes) (n=4)	2/4 (<0.09-0.57)	4/4 (3.5-7.1)	0/4	Eriksson et al. 2013
Netherlands (n=10)	10/10 (3.3-25)			Esparza et al. 2011
Baltic sea (n=42)	100% 直鎖型： 0.043 (0.02-0.08) 分鎖型： 0.05 (0.03-0.1)	100% 0.32 (0.20-0.70)	95% 0.25 (nd-0.48)	
Germany/Netherlands (RhineRiver) (n=23)	74% 1.2 (nd-2.7)	100% 4.8 (3.5-7.1)	100% 1.7 (0.8-3.6)	Heydebreck et al. 2015
Germany(Elbe river) (n=22)	36% (nd-11)	100% 2.0 (0.8-3.6)	100% 0.8 (0.3-1.4)	
Germany(Elbe estuary/North sea) (n=19)	95% (nd-2.6)	100% 1.6 (0.4-5.1)	100% 0.5 (0.1-1.0)	
Germany(Emsestuary/North sea) (n=18)	11% (nd-0.8)	100% 4.6 (1.4-12)	61% 0.4 (nd-1.6)	
GreenlandSea, NorwegianSea, NorthSea, FramStrait (n=40)	直鎖型： 0.042 (nd-0.11)	100% 0.066 (0.038-0.17)	39% (nd-0.054)	Joeress et al. 2020b
Longyear-byen (river) (Isdammen lake) (Advent-fjorden)		0.31 0.17 0.074		Kwok et al., 2013
Nordic countries (n=13)	13/13 直鎖型： (0.22-10)	13/13 (0.1-4.1)	8/13 (<LOD -4.3)	Kärman et al. 2019
Germany (n=24)	13% (nd-4.6)	29% (nd-6.5)	21% (nd-5.6)	Llorca et al. 2012a

Spain (n=24)	46% (nd-2 709)	63% 13 (nd-68)	21% (nd-37)	
Norway(Inner Oslofjord) (n=2)	4.7	5.9		NEA 2019
England (Thames River) (n=6)	100% 14 (8.1-19)	100% 8.5 (5.6-12)	100% 7.1 (5.0-11)	Pan et al. 2018
Germany/ Netherlands (Rhine River) (n=20)	100% 4.4 (0.23-8.6)	100% 2.6 (0.86-3.7)	100% 2 (0.12-3.9)	
Sweden (Mälaren Lake) (n=10)	100% 3.1 (1.0-8.2)	100% 2.3 (1.1-3.3)	100% 1.3 (0.56-2.8)	
Germany (Elbe and Weser river)	1.0 (0.13-3.0)	2.3 (0.8-5.1)	0.54 (<0.03-1.2)	Zhao et al. 2015
Germany (NorthSea)	0.51 (<0.07-2.7)	0.84 (0.1-2.4)	0.24 (<0.03-0.51)	

1

2 (5) Health Canada

3 ①水環境中濃度

4 2012 年にカルガリーの 2 つの浄水場において原水及び処理水を採取し分析
5 したところ、PFOA 及び PFOS は検出されなかった (Alberta Environment and
6 Water 2013)。

7 2007 年 4 月から 2008 年 3 月までの毎月、ケベック州の 7 か所の浄水場にお
8 いて、原水と処理水を 84 サンプルずつ採取したところ、PFOA は処理サンプル
9 (MDL 0.3~0.6 ng/L) の 75% で検出され、中央値は 2.5 ng/L、最大値は 98.0
10 ng/L であった。検出率と濃度中央値は原水よりも処理水の方が高く、原水の検
11 出率と中央値はそれぞれ 55% と 2.0 ng/L であった。PFOS は 処理サンプル
12 の 52% (MDL 0.3 ~0.6 ng/L) で検出され、中央値は 1.0 ng/L (最大値は 36.0
13 ng/L) であった。検出率と濃度中央値は原水よりも処理水の方が高く、原水の検
14 出率と中央値はそれぞれ 40% と <1 ng/L であった (Berryman et al. 2012)
15 (Health Canada 2018a、2018b) (参照 13, 14)。

16

17 ②気中濃度

18 PFOS 及び PFOA について、揮発度 (volatility) が低いために吸入摂取量は
19 無視できるとの知見を引用したうえで (Tittlemier 2007)、以下のカナダの屋外
20 空気中の PFAS のレベルの知見を紹介している。PFOS の居住域内外の空気濃

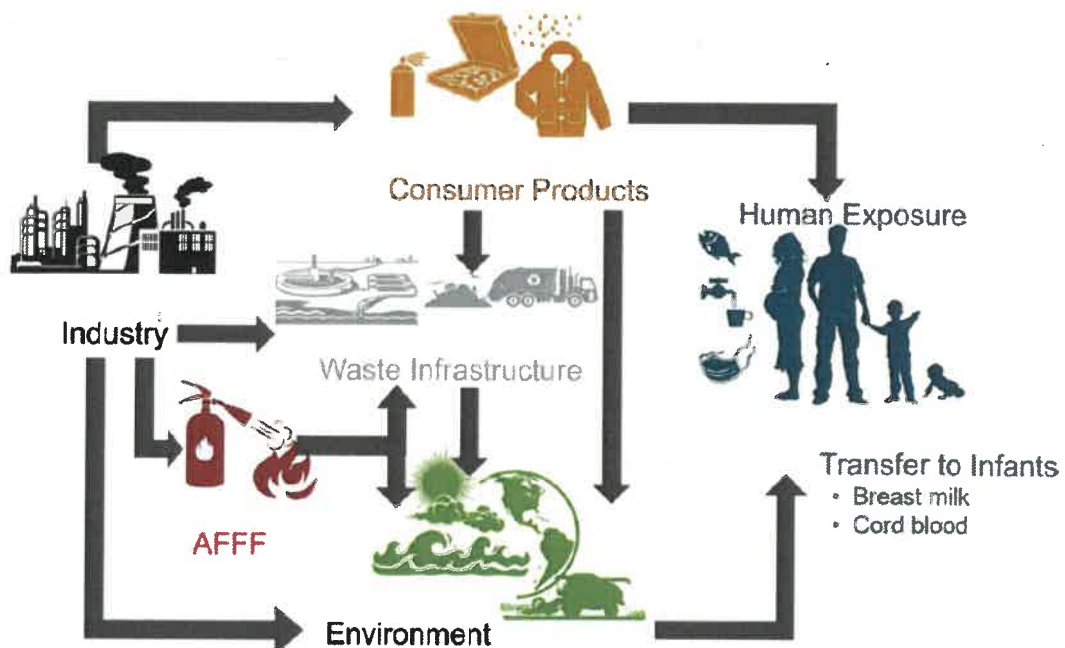
1 度に関しては、2007年にバンクーバーの住宅の庭に3か月間設置された屋外
2 パッシブサンプラーで収集したところ、PFOSは、全てのサンプル(n=6)で
3 検出限界(<0.02 pg/m³)を下回り、PFOAは4サンプルで検出された(<0.47
4 ~9.2 pg/m³、平均:1.4 pg/m³)。居住内の空気濃度の調査においては、寝室に約
5 4週間設置されたパッシブサンプラーで収集したところ、PFOSレベルは、全て
6 のサンプル(n=39世帯、参加者59名)で検出限界(<0.02 pg/m³)を下回り、
7 PFOAは幾何平均濃度が28 pg/m³(算術平均:113 pg/m³、中央値:21 pg/m³、
8 範囲:3.4 ~ 2,570 pg/m³)であった(Shoeib et al. 2011)。
9 オンタリオ湖上で収集された8つの大気サンプル(粒子相)のうち4つで、
10 PFOSが2.5 ~ 8.1 pg/m³検出された(気相サンプルではPFOSは非検出)
11 (Boulangier et al. 2005)。PFOSはカナダ北極(ヌナブト準州レゾリュート
12 湾)でも検出され、大気的气体及び粒子相で平均濃度5.9 pg/m³であった
13 (2004年のサンプリング)(Fromme et al. 2009、Butt et al. 2010)。PFOAに
14 関しては、2004年にカナダの北極圏(ヌナブト準州コーンウォリス島、レゾル
15 ート湾)でも同様の濃度が測定され、平均濃度(大気的气体及び粒子)は1.4 pg/m³
16 であった(Stock et al. 2007)(Health Canada 2018 a、2018b)(参照13,14)。
17
18
19

1 VI. ばく露に係る知見の概要

2 ヒトは、PFAS を使用した消費者製品、食品、飲料水、環境中などの様々な経
3 路から PFAS にばく露する可能性がある。職業環境外における様々なヒト集団
4 の PFAS ばく露経路の概要を図VI-1 に示す(Sunderland et al. 2019)(参照 15)。
5 また、母親から胎児への胎盤を介したばく露や、母親から乳児への母乳を介した
6 ばく露についても可能性が指摘されている (ATSDR 2021) (参照 8)。

7 国内及び海外では、ばく露源やばく露レベルの把握のため、食品や飲料水の汚
8 染実態の調査、経口摂取によるばく露量の推定及び血中濃度等の生物学的指標
9 (HBM) によるばく露実態調査等が行われている。

10



11

12

図VI-1 職業環境外における様々なヒト集団の PFAS ばく露経路の概要

13

14

1. 食事からの経口ばく露

【 からのコメントと事務局からの回答]

- Health Canada は、浄水場のデータなので、原水は環境水に入るかもしれませんが、浄水は水道水/飲料水の 카테고리かと思えます。
⇒ 現行案では浄水場で処理された直後の処理水は環境水、給水栓から出る水を飲料水となり得る水道水として分類しております。また、上記の分類に従い、厚生労働省による浄水の調査結果を「V. 環境中の PFAS 濃度に関する知見の概要」へ移動しました。

● マーケットバスケットの結果と、食事（摂取量）－曝露量推定はどのような分け方になっていきますでしょうか。食品は統合して表示した方がよいのではないのでしょうか。
 ⇒ 現行案では、食品中・飲料水中濃度の測定結果同士、ばく露推定の結果同士でデータを比較しやすいようにそれぞれまとめて記載しており、この方針に沿ってばく露推定用に測定された食品群ごとのPFAS濃度についても「食品中・飲料水中の濃度」の項に記載しています。

1 (1) 食品・飲料水中の濃度

2 ① 国内

3 農林水産省は、平成 24～26 年度に、マーケットバスケット方式によるトータル
 4 ダイエットスタディ (TDS) を実施するため、東京、大阪、名古屋及び福
 5 岡の 4 地域において、食品群ごとの PFOS 及び PFOA の濃度を測定した。東
 6 京での調査は、国民健康・栄養調査の 17 食品群（穀類、いも類、砂糖・甘味
 7 料類、豆類、種実類、野菜類、果実類、きのこ類、藻類、魚介類、肉類、卵
 8 類、乳類、油脂類、菓子類、嗜好飲料類及び調味料・香辛料類）を代表する食
 9 品、並びに容器入り飲料水を購入し、必要に応じて調理・加工後、消費量に比
 10 例した量を混合・均質化して分析した。その結果、5 食品群（いも類、砂糖
 11 類、きのこ類、嗜好飲料類及び飲料水）は濃度が低く、摂取寄与率が小さいこ
 12 とを確認したため、大阪、名古屋及び福岡での調査は、地域ごとに、これら 5
 13 食品群を除く 13 食品群の食品を購入し、同様に分析した。分析結果を表VI-1
 14 及び表VI2 に示す。PFOA 及び PFOS とともに、魚介類と藻類、肉類以外の食品
 15 群は LOQ 未満の濃度であった（農林水産省 2016）（参照 16）。

16

17 表VI-1 食品群に含まれる PFOS の分析結果（単位：ng/kg）

食品群名	調査対象地域数	平均値*1		LOD	LOQ
		LB	UB		
穀類	4	0	14	6 - 30	15 - 70
いも類	1	0*2	30*2	30	70
砂糖・甘味料類	1	0*2	20*2	20	50
豆類	4	0	14	6 - 30	15 - 70
種実類	4	0	14	6 - 30	15 - 70
野菜類	4	0	14	6 - 30	15 - 70
果実類	4	0	19	6 - 30	15 - 70
きのこ類	1	0*2	30*2	30	70
藻類	4	36	44	6 - 30	15 - 70
魚介類	4	45	69	6 - 40	15 - 90
肉類	4	4	18	6 - 40	15 - 90

卵類	4	0	16	6・40	15・90
乳類	4	0	16	8・40	15・90
油脂類	4	0	16	6・40	15・110
菓子類	4	0	17	9・40	16・90
嗜好飲料類	1	0 ^{※2}	20 ^{※2}	20	50
調味料・香辛料類	4	0	16	6・40	15・90
飲料水	1	0 ^{※2}	2 ^{※2}	2	5

1 ※1 LBはLOQ未満の分析値を0として算出し、UBはLOD未満の分析値をLODと同
2 値として、LOD以上LOQ未満の分析値をLOQと同値として算出

3 ※2 1地域での分析結果を記載
4

5 表VI-2 食品群に含まれるPFOAの分析結果（単位：ng/kg）

食品群名	調査対象 地域数	平均値 ^{※1}		LOD	LOQ
		LB	UB		
穀類	4	0	8	3・20	9・40
いも類	1	0 ^{※2}	20 ^{※2}	20	40
砂糖・甘味料類	1	0 ^{※2}	20 ^{※2}	20	30
豆類	4	0	8	4・20	9・40
種実類	4	0	9	5・20	9・40
野菜類	4	0	8	4・20	9・40
果実類	4	0	10	4・20	9・40
きのこ類	1	0 ^{※2}	20 ^{※2}	20	40
藻類	4	5	15	3・20	9・40
魚介類	4	440	440	3・20	9・40
肉類	4	10	17	4・20	9・40
卵類	4	0	14	5・20	9・40
乳類	4	0	8	3・20	9・40
油脂類	4	0	6	3・10	9・30
菓子類	4	0	9	4・20	9・40
嗜好飲料類	1	0 ^{※2}	20 ^{※2}	20	30
調味料・香辛料類	4	0	10	4・20	9・40
飲料水	1	0 ^{※2}	3 ^{※2}	3	8

6 ※1 LBはLOQ未満の分析値を0として算出し、UBはLOD未満の分析値をLODと同
7 値、LOD以上LOQ未満の分析値をLOQと同値として算出

8 ※2 1地域での分析結果を記載
9

10 堤ら（2022）は6種類のPFAS（PFOS、PFOA、PFHxS、PFHxA、
11 FPBA及びPFUdA）についてトータルダイエット（TD）試料の分析を行っ
12 た。令和3年度に調製した東京及び大阪のTD試料を食品群別（1群：米・米
13 加工品、2群：米以外の穀類・種実類・いも類、3群：砂糖類・菓子類、4群：
14 油脂類、5群：豆類・豆加工品、6群：果実・果汁、7群：緑黄色野菜、8群：
15 他の野菜類・キノコ類・海藻類、9群：酒類・嗜好飲料、10群：魚介類、11

1 群：肉類・卵類、12群：乳・乳製品、13群：調味料及び14群：飲料水）に
 2 LC-MS/MS で分析した⁶。分析結果⁷を表VI-3に示す。LOQを100 ng/kgとし
 3 て分析した結果、主にPFBA、PFHxA及びPFUnDAが検出され、PFOAは
 4 traceレベル（LOQ未満）で検出された。PFOS及びPFHxSはLOD（報告書
 5 に数値の記載なし）未満であった（堤ら 2022）（参照17）。

6
 7 表VI-3 TD調査（令和3年度 東京・大阪試料）（単位：ng/kg）

		1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	8群	9群	10群	11群	12群	13群	14群
東京	PFBA	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK
	PFHxA	ND	<LOQ	ND	ND	ND	<LOQ	150	ND	ND	ND	110	ND	<LOQ	ND
	PFOA	ND	ND	ND	ND	ND	<LOQ	ND	ND	ND	<LOQ	<LOQ	ND	ND	ND
	PFUnDA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,040	ND	ND	ND	ND
大阪	PFBA	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK	UK
	PFHxA	ND	ND	ND	ND	ND	<LOQ	<LOQ	ND	ND	ND	<LOQ	ND	ND	ND
	PFOA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LOQ	ND	ND	ND	<LOQ
	PFUnDA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,850	ND	ND	ND	ND

8 注1) ND：未検出（LOD未満）、UK：検出されているが数値不明

9 注2) 上記以外の2分析種についてはすべての食品群においてNDであった。

10

11 堤ら（2023）は計15種類のPFAS及びPFAS代替化合物（PFHxA、
 12 PFHpA、PFOA、P3MHpA、PFNA、ipPFNA、PFHxS、PFHpS、PFOS、
 13 PFNS、ipPFNS、GenX、ADONA、F-53B及び8Cl-PFOS）についてTD試
 14 料の分析を行った。令和3年度に調製した関西地区のTD試料（上述の井之上
 15 ら（2021）と同じ食品群から飲料水を除いた1～13群）をLC-MS/MSで分析
 16 した⁸。分析結果⁹を表VI-4に示す。6群（果実・果汁）からはPFHxAが、10
 17 群（魚介類）からはPFOSがLOQ（50～100 ng/g）以上の濃度で検出され
 18 た。LOQ未満であるが、traceレベル（25～50 ng/kg程度）で検出される
 19 PFASもあった（堤ら 2023）（参照18）。

20

21 表VI-4 TD試料（関西地区）のPFAS含有量調査結果（暫定値）（単位：
 22 ng/kg）

	1群	2群	3群	4群	5群	6群	7群	8群	9群	10群	11群	12群	13群
PFHxA	ND	<LOQ	ND	ND	ND	58	<LOQ	<LOQ	ND	ND	ND	ND	<LOQ
PFOA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LOQ	ND	ND	ND
PFNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LOQ	ND	ND	ND

6 本分析では添加回収試験を実施していないため、分析結果は予備的な値である。

7 報告書中の単位はng/gとなっているが、1,000を掛けてng/kgとして掲載した。

8 使用した分析法はトータルダイエツト試料における添加回収試験等を実施していないため、分析結果は暫定値である。

9 報告書中の単位はng/gとなっているが、1,000を乗じてng/kgとして掲載した。

PFOS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	780	ND	ND	ND
------	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	----	----	----

注1) ND: 未検出 (LOD (25~50 ng/kg) 未満)、LOQ: 50~75 ng/kg

注2) 上記以外の11分析種についてはすべての食品群においてND (LOD: 25~75 ng/kg) であった。

令和2年度の水道統計による水道の給水栓水中のPFOS及びPFOAの検出状況(表VI-5)から、各測定地点における最高値別で見ると、全589測定地点中5地点で現在の目標値(PFOS及びPFOAの合計として50 ng/L)を超えていた((公社)日本水道協会 令和2年度調査結果)(参照19)。

表VI-5 給水栓水でのPFOS及びPFOAの検査状況(最高値)

水源種別	測定地点数	区分*(ng/L)ごとの地点数										
		~5	~10	~15	~20	~25	~30	~35	~40	~45	~50	51~
全体	589	503	39	15	10	5	8	2	1	0	1	5
表流水	157	139	9	3	4	0	1	21	0	0	0	0
ダム湖沼	39	31	5	2	0	0	0	0	0	0	1	0
地下水	272	227	18	6	5	4	6	1	1	0	0	4
その他	121	106	7	4	1	1	1	0	0	0	0	1

* 水道統計上の区分の単位はmg/Lとなっているが、1,000,000を乗じてng/Lとした。

② 海外

米国FDAは、2019年からTDSの一環として収集された食品の検査を行っている。2018年に収集された全国に流通する食品167点について、16種類のPFAS(PFOA、PFOS、PFBA、PFHpS、PFPeA、PFHxA、PFHxS、PFHpA、PFBS、PFPeS、NaDONA、HFPO-DA、PFDA、PFNA、11Cl-PF3OudS及び9Cl-PF3ONs)を分析した¹⁰結果、167点のうち164点からはいずれのPFASも検出されなかった(Method Detection Limit. (MDL): 17~344 ng/kg)。PFASが検出された食品は、オープン調理した冷凍フィッシュスティック又はパティ(PFOS: 33 ng/kg、PFNA: 50 ng/kg)、水を切ったマグロの水煮缶詰(PFOS: 76 ng/kg、PFDA: 72 ng/kg)及びプロテインパウダー(PFOS: 140 ng/kg)であった(FDA 2021)(参照20)。

【 からのコメントと事務局からの回答]

- FDAのレポートについては、入っていますでしょうか。

<https://www.fsc.go.jp/fscis/foodSafetyMaterial/show/syu05870010105>

⇒ Young et al. 2022 がご紹介いただいたFDAのレポートと同じデータです。

¹⁰ FDAは「確定的な結論を出すにはサンプルサイズが限られている」としている。

- 中国産アサリの自主回収なども行われており、濃度だけでなく、取られた対応も重要かと思えます。日本でも輸入魚介類については迅速な対応を取る必要があるのではと思えます。
⇒ 自主回収や輸入対応についてはリスク管理機関の管轄になりますので、「食品健康影響評価」の項目で記載を検討する内容と考えています。

1 また、米国 FDA は、米国で消費量が多い魚介類（アサリ、カニ、マグロ、
2 エビ、ティラピア、タラ、サーモン及びスケトウダラ）を対象に、2021年5
3 月～2022年3月にワシントン D.C.で市販されていた魚介類について、PFOS
4 （直鎖型及び分岐型の合計）、PFOA（直鎖型及び分岐型の合計）及びPFHxS
5 （直鎖のみ）を含む20種類のPFASの濃度を調査した。調査結果を表VI-6及
6 び図VI-2に示す。なお、これらの試料の包装についてPFASの含有実態を確認
7 したところ、いずれの包装もPFASを含んでいなかったことから、包装から魚
8 介類へのPFASの移行はなかったとしている（Young et al. 2022）（参照21）。

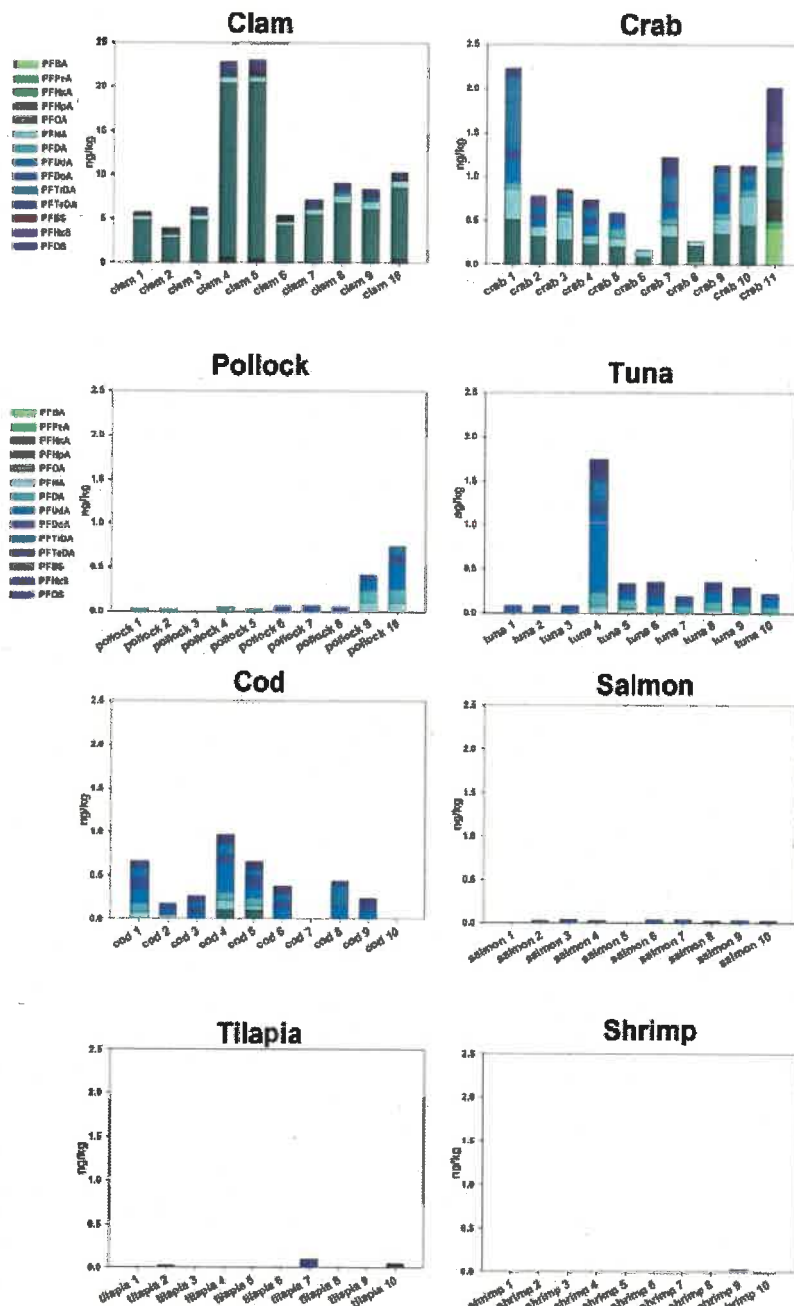
9
10

表VI-6 FDAの2021-2022年魚介類調査サンプル中のPFAS濃度

品目	点数	検出率	総PFAS濃度（最小値～最大値）(ng/kg) ※1
アサリ	10	100%	400 ~ 2,300
カニ	11	100%	160 ~ 2,200
マグロ	10	100%	83 ~ 1,750
エビ	10	10%	ND※2 ~ 90
ティラピア	10	30%	ND※2 ~ 27
タラ	10	80%	ND※2 ~ 960
サーモン	10	80%	ND※2 ~ 730
スケトウダラ	10	90%	ND※2 ~ 730

11 ※1 文献中ではµg/kgで報告されているが、1,000を乗じてng/kgで記載した。
12 ※2 ND：すべてのPFAS濃度がMLD（method detection limit）未満

13



1

2

3 図VI-2 FDAの2021-2022年魚介類調査サンプル中のPFAS濃度(グラフ)

4

5 EFSAは2020年の評価において、2010年12月から2018年5月までに16
 6 か国(オーストリア、ベルギー、キプロス、チェコ、デンマーク、フィンラン
 7 ド、フランス、ドイツ、ギリシャ、アイルランド、イタリア、マルタ、ノルウ
 8 ェー、スロヴェニア、スペイン及び英国)から提出された11,528点の食品及
 9 び飲料のPFAS濃度のデータ(97,448検体)を解析し、食品群別の平均PFAS

1 濃度を算出した。PFOS、PFOA、PFNA 及び PFHxS の分析結果を表VI-7に
 2 示す。また、特に PFAS 濃度の高かった魚類について、魚種ごとの結果を表VI
 3 -8に示す (EFSA 2020) (参照 11)。

4

5 表VI-7 食品群ごとの平均 PFAS 濃度 (魚類を除く) (単位 : ng/kg^{※1})

	PFOS				PFOA				PFNA				PFHxS			
	点数	LC(%) ^{※1}	平均値 ^{※2}		点数	LC(%) ^{※1}	平均値 ^{※2}		点数	LC(%) ^{※1}	平均値 ^{※2}		点数	LC(%) ^{※1}	平均値 ^{※2}	
			LB	UB			LB	UB			LB	UB			LB	UB
野菜及び野菜加工品 ^{※3}	477	95	3	150	489	86	6	160	275	96	1	120	274	98	0	100
果物及び果物加工品	143	77	27	250	144	63	9	260	98	73	11	170	94	84	22	160
家畜肉	461	93	28	170	459	96	28	170	348	99	0	140	222	100	0	90
食用鳥肉	169	99	9	130	185	98	2	150	170	100	0	140	130	100	0	110
狩猟用哺乳類 (肉)	574	71	940	130	572	91	380	1230	33	100	0	670	28	96	15	680
乳製品	13	85	1	1590	13	85	1	130	13	92	0	100	13	92	0	80
液体乳	235	96	1	120	236	100	0	150	111	100	0	110	126	100	0	100
卵及び卵製品	174	92	270	140	177	92	106	210	124	100	0	98	107	97	0	60
動植物油脂	38	90	4	350	38	90	2	110	36	100	0	120	53	97	0	102
アルコール飲料	6	100	0	110	6	84	10	14	6	100	0	5	6	84	6	7
飲料水 ^{※4}	451	88	0.1	2	452	78	1	3	449	99	0	2	449	85	2	4
乳幼児向け食品	11	100	0	3	11	100	0	150	10	90	126	240	10	100	0	240
飼育動物の食用内臓	495	80	870	1180	452	94	92	360	285	84	87	320	170	99	140	520
狩猟動物の食用内臓	903	4	214000	215000	898	58	5480	8180	105	10	9770	9870	105	99	10	2520

6

※1 評価書中の平均値は µg/kg で報告されているが、1,000 を乗じて ng/kg として記載した。

7

※2 Left-censored (LC : 左側打ち切り、LOD 未満又は LOQ 未満) である分析値の割合

8

※3 LB は LOD 未満又は LOQ 未満と報告された分析値を 0 として算出し、UB は LOD 未満と報告された分析値を LOD と同値、LOQ 未満と報告された分析値を LOQ と同値として算出。

9

※4 きのご類を含む。

10

※5 二酸化炭素以外の添加物を含まず、消費用の水氷を含む。

11

注) DiPAP、EtFOSA、EtFOSE、FC_807、FOSA、MonoPAP、PFBA、PFBS、PFDA、PFDoDA、PFDS、PFHpA、PFHpS、PFHxA、PFHxDA、PFODA、PFOSi、PFPeA、PFPeDA、PFTeDA、PFTrDA、PFUnDA についてもデータあり。

12

13

14

15

16

17

表VI-8 魚類及び魚の内臓の平均 PFAS 濃度 (単位 : ng/kg^{※1})

	PFOS				PFOA				PFNA				PFHxS			
	点数	LC(%) ^{※1}	平均値 ^{※2}		点数	LC(%) ^{※1}	平均値 ^{※2}		点数	LC(%) ^{※1}	平均値 ^{※2}		点数	LC(%) ^{※1}	平均値 ^{※2}	
			LB	UB			LB	UB			LB	UB			LB	UB
ニシン	288	74	320	620	290	96	16	380	243	90	23	380	237	99	0	380
イワシ及びマイワシ	14	0	4730	4730	28	64	101	370	14	57	84	530	14	64	14	450
アンチョビ	5	0	580	980	13	62	44	120								
サケ及びマス	574	88	310	830	521	95	130	630	522	100	3	700	365	100	0	630
サバ	125	79	360	930	136	81	310	880	129	96	4	740	122	99	1	740
マグロ	21	39	160	260	34	100	0	120	17	100	0	130	17	100	0	110
タラ及び白身魚	174	67	470	1050	145	93	12	740	130	92	16	780	27	100	0	530
オヒョウ ^{※3}	487	71	260	810	106	99	3	300	487	100	0	770	487	100	2	690
コイ	145	14	14120	14210	149	32	4100	4330	125	65	840	1470	126	97	66	1010
ウナギ	164	35	9230	9440	177	96	71	680	54	91	980	1660	58	98	7	730
魚の内臓	208	83	3380	4990	208	100	10	3510	204	99	11	2410	202	100	31	1650

18

※1 評価書中の平均値は µg/kg で報告されているが、1,000 を乗じて ng/kg として記載した。

19

※2 LC である分析値の割合

20

※3 LB は LOD 未満又は LOQ 未満と報告された分析値を 0 として算出し、UB は LOD 未満と報告された分析値を LOD と同値、LOQ 未満と報告された分析値を LOQ と同値として算出。

21

22

4 ヒラメ目ヒラメ科オヒョウ属の海水魚。

23

注) DiPAP、EtFOSA、EtFOSE、FC_807、FOSA、MonoPAP、PFBA、PFBS、PFDA、PFDoDA、PFDS、PFHpA、PFHpS、PFHxA、PFHxDA、PFODA、PFOSi、PFPeA、PFPeDA、PFTeDA、PFTrDA、PFUnDA についてもデータあり。

24

25

26

27

1 RIVMは2012～2016年のオランダ全国食料消費調査（DNFCS）で報告さ
 2 れたオランダ国民全体の消費パターンに基づいて2021年11～12月に購入した
 3 食品及び2022年にサンプリングした飲料水のPFAS濃度を調査した。分析結
 4 果を表VI-9に示す（RIVM 2023）（参照22）。

5

6 表VI-9 食品及び飲料水中の平均PFAS濃度（単位：ng PEQ/kg^{*1}）

食品			点 数	平均総PFAS濃度 ^{*2}		
メイングループ	サブグループ	品目		LB	UB	
野菜	根菜類及び塊茎野菜	ビーツ	5	5.2	47	
		ニンジン	5	2.6	46	
		ジャガイモ	15	0.91	18	
	葉物野菜	クリスプレタス	5	3.8	28	
		チコリー	5	23	46	
		クリスプレタス以外のレ タス	5	50	71	
		ハウレンソウ	10	30	53	
		ベルギーエンダイブ	10	5.7	50	
		アブラナ属野菜	ブロッコリー	5	21	82
	鱗茎菜類	カリフラワー	5	0.005	42	
		タマネギ	12	8.2	47	
	豆類	サヤインゲン	10	12	57	
		エンドウ	4	0.79	22	
	果菜類	キュウリ	9	0.00089	42	
		ピーマン	11	2.9	46	
		トマト及びプチトマト	10	0.43	45	
	茎菜類	ネギ	11	3.4	46	
		きのこ類	マッシュルーム	10	38	82
	加工野菜		瓶詰又は缶詰の豆類	4	0.010	20
			フレンチフライ	3	0.35	19
瓶詰又は缶詰のエンドウ			2	7.2	30	
スイートコーン缶			9	0	45	
果物	ベリー類及び小型果実	ブドウ	10	1.3	35	
		イチゴ	10	4.0	45	
	仁果類	リンゴ	5	2.4	44	
		ナシ	5	1.5	36	
	その他の皮が食べられ ない果物	バナナ	10	2.7	47	
	柑橘類	マンダリン	5	0.48	42	
		オレンジ	5	11	42	
穀類及び穀類加工 品		パン	11	0.38	59	
		米穀	10	4.3	83	
		小麦粉	11	6.2	86	
植物油脂		ブレンドマーガリン	6	0	102	
		マーガリン	5	0	99	
		オリーブオイル	11	0	98	

		ピーナッツバター及びピーナッツソース	9	16	124
		ヒマワリ油	10	3.1	91
魚及び魚加工品		タラ	10	1843	2737
		白身魚フライ	10	613	1251
		バス及びティラピア	8	21	743
		サーモン	4	17	745
		缶詰サーモン	4	870	1578
		スモークサーモン	3	21	746
		マグロ	9	586	1309
	肉及び肉加工品		牛肉	2	40
		鶏肉	13	4.4	155
		ひき肉	12	20	173
		パテ	5	60	238
		豚肉	8	30	179
		豚肝臓ソーセージ	5	64	221
飲料		コーヒー	12	17	48
		飲料水(地下水由来)	-	1.5	50
		飲料水(表流水由来)	-	9.2	27
		ミネラルウォーター	7	0.42	3.4
		茶	13	16	44
乳製品	-	牛乳	8	19	72
卵	-	卵	9	78	241
砂糖	-	砂糖	10	0	29

1 ※1 報告書中では pg PEQ/g (PEQ : PFOA equivalents) で報告されているが、ng PEQ/kg と
2 して記載している。

3 ※2 食品中 PFAS 濃度について、LB は LOQ 未満の分析値を 0、LOQ 以上 limit of
4 confirmation (LOC) 未満の分析値を LOQ とし算出し、UB は LOD 未満の分析値を
5 LOD と同値、LOD 以上 LOQ 未満の分析値を LOQ と同値、LOQ 以上 LOC 未満の分析
6 値を LOC と同値として算出。

7

8 FSANZ は 2021 年、PFAS のばく露に寄与している、又は寄与する可能性が
9 ある食品及び飲料 (オーストラリアで消費されている代表的なものを含む) に
10 おいて 30 種類¹¹の PFAS 濃度を測定したところ、PFOS 以外の PFAS はすべ
11 ての食品から検出されなかった。食品中の PFOS 濃度表 VI-10 に示す (FSANZ
12 2021b) (参照 23)。

13

14

15

¹¹ 10:2 FTS、4:2 FTS、6:2 FTS、8:2 FTS、EtFOSA、EtFOSAA、EtFOSE、FOSA、MeFOSA、MeFOSAA、MEFOSE、PFBA、PFBS、PFDA、PFDoDA、PFDoS、PFDS、PFHpA、PFHpS、PFHxA、PFHxS、PFNA、PFNS、PFOA、PFOS、PFPeA、PFPeS、PFTeDA、PFTrDA、PFUnDA

表VI-10 食品中の平均PFOS濃度

食品	点数	検出率	平均濃度 (ng/kg (水は ng/L)) ※1,2		
			LB	MB	UB
鶏卵	16	6%	6.9	30	54
海水魚の切り身	16	6%	11	35	58
家禽以外の動物の肝臓又はその他の内臓	16	81%	630	640	640
調理済みエビ	16	19%	38	59	59
マグロの水煮缶詰	8	50%	83	95	95
上記以外の食品 (水を除く)	1240	0%	25	50	50
水道水及び市販水	24	0%	0.5	1	1

※1 報告書では $\mu\text{g}/\text{kg}$ (水は $\mu\text{g}/\text{L}$) で報告されているが、1,000 を乗じて ng/kg (水は ng/L) として掲載した。

※2 LB は limit of reporting (LOR) 未満の分析値を 0 として、ML は LOR 未満の分析値を LOR の 1/2 の値として、UB は LOR 未満の分析値を LOR と同値として算出。

米国 FDA が 2016 年にワシントン D.C. で市販されていた容器入り飲料水 22 点及び容器入り炭酸水 8 点について、PFOS 及び PFOA の濃度を測定した結果、すべての試料において PFOS 及び PFOA のいずれも検出されなかった ($<4 \text{ ng}/\text{L}$) (FDA 2020) (参照 24)。

米国地質研究所 (USGS) が 2016~2021 年に採取した 269 地点の私設井戸及び 447 地点の公共用水の水道水について PFAS 濃度を測定した結果、約 30% の水道水から少なくとも 1 種類の PFAS が検出され、検出された水道水における総 PFAS 濃度は $0.348\sim 346 \text{ ng}/\text{L}$ であった。また、測定結果をもとに米国の飲料水における PFAS 検出率をモデルにより推定したところ、約 45% の飲料水から 1 種類以上の PFAS が検出される可能性があるとして推定された (Smalling et al. 2023) (参照 25)。

(2) 食事からのばく露量推定

①国内

環境省は、平成 23 年度に実施した「ダイオキシン類をはじめとする化学物質の人への曝露量モニタリング調査」において、陰膳方式により食事経由のフッ素化合物摂取量を測定した。2011 年 10 月に対象者 (中国四国・漁村地域、中国四国・農村地域及び九州沖縄・漁村地域から各 5 名) の 3 日間の全ての食事を回収し、その中に含まれている PFOS 及び PFOA の濃度を測定した (表 VI-11) (環境省 2012) (参照 26)。

1

2

表VI-11 食事経由のフッ素化合物摂取量の統計値（単位：ng/kg）

		中国四国・漁村地域 (n=5)	中国四国・農村地域 (n=5)	九州沖縄・漁村地域 (n=5)	全対象者 (n=15)
PFOS	平均値	0.77	0.30	0.64	0.57
	標準偏差	0.62	0.41	0.47	0.51
	中央値	0.77	0.89	0.53	0.53
	範囲	ND - 1.7	ND - 0.80	ND - 1.2	ND - 1.7
PFOA	平均値	0.93	0.73	0.40	0.69
	標準偏差	1.1	0.43	0.27	0.70
	中央値	0.62	0.89	0.51	0.62
	範囲	ND - 2.9	ND - 1.1	ND - 0.69	ND - 2.9

3

注1) 報告書内の単位は pg/g であるが、ng/kg として記載した。

4

注2) ND：検出下限（PFOS：7.4 ng/kg、PFOA：9.3 ng/kg）未満

5

注3) 平均値及び標準偏差は ND を 0 として計算した。

6

7 農林水産省は、平成 24～26 年度に東京、大阪、名古屋及び福岡の 4 地域に
8 おいて、マーケットバスケット方式によるトータルダイエツトスタディを実施
9 した。各食品群の PFOS 及び PFOA の濃度（上述の農林水産省（2016）のデ
10 ータ）については LOQ 未満の分析値を 0 としたものを LB、LOD 未満の分析
11 値を LOD と同値、LOD 以上 LOQ 未満の分析値を LOQ と同値としたものを
12 UB とし、食品消費量については平成 23 年度国民健康・栄養調査のデータを用
13 いて、各食品群からの一日あたりの平均摂取量を推定した。その結果、PFOS
14 （LB～UB）は 0.60～1.1 ng/kg 体重、PFOA（LB～UB）は 0.072～0.75
15 ng/kg 体重であった。また、LB のデータを用いてばく露への寄与率を算出し
16 たところ、最も高い食品群は魚介類で、PFOS では 97%、PFOA では 82%で
17 あった（図VI-3）（農林水産省 2020）（参照 27）。

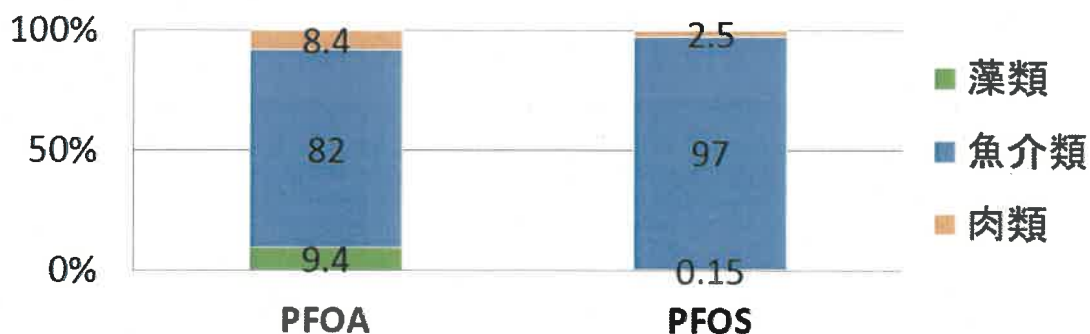
【事務局より】

UB のデータを農林水産省からもらえるか確認中です。

18

19

20



図VI-3 食品群別のばく露寄与率

1
2
3
4
5
6
7

②海外

海外で報告されている食事からのPFASの摂取量推定の結果を表VI-12に示す。

表VI-12 海外における食事からのPFAS摂取量推定結果

国又は地域	対象集団	分子種	摂取量	引用文献
カナダ	12歳以上	PFHpA, PFOA, PFNA, PFOS, PFMe ₂ OA, PFDA, PFUA, PFDoDA, PFTeDA	(ng/日) 全体 : 250 男性 (12-29歳) : 290 男性 (20-39歳) : 480 男性 (40-64歳) : 340 男性 (>65歳) : 200 女性 (12-29歳) : 170 女性 (20-39歳) : 200 女性 (40-64歳) : 240 女性 (>65歳) : 120	Tittlemier 2007 (参照 28)
EU	19か国	PFOA, PFNA, PFHxS, PFOS	年齢別 ^{※1} 摂取量 LB (最小値・中央値・最大値) ^{※2} UB (最小値・中央値・最大値) ^{※2} (ng/kg 体重/日) ・平均摂取量群 乳児 : 2.39・4.87・12.19 42.77・71.44・114.62 幼児 : 1.47・2.94・6.51 61.20・74.17・112.09 子供 : 0.84・1.54・3.07 38.50・53.23・81.78 青年 : 0.42・0.84・1.52 20.59・26.48・41.45 大人 : 0.55・0.92・1.34 13.54・15.94・21.97 高齢者 : 0.71・0.89・2.08 11.51・15.07・18.77 超高齢者 : 0.42・0.86・3.10 12.56・15.41・19.85 ・高摂取量群 (95%ile) 乳児 : 4.50・13.65・27.88 92.77・122.25・224.84 幼児 : 3.35・7.55・13.69 100.65・134.01・229.04	EFSA 2020 (参照 11)

			子供 : 2.66・4.21・9.69 78.97・109.03・165.31 青年 : 1.27・2.13・5.22 44.17・57.04・89.40 大人 : 1.30・2.29・5.04 26.29・32.78・62.70 高齢者 : 1.76・2.37・5.58 22.96・28.77・46.73 超高齢者 : 1.32・2.23・9.93 21.90・28.32・42.03	
ドイツ	・VELS ^{※3} >0.5・5歳 ・NVSII ^{※4} 14-80歳	PFOS, PFOA, PFHxS, PFNA	平均値・50%ile・95%ile (ng/kg 体重/週) ・VELS >0.5・<1歳 : 20.4・19.3・45.2 1-2歳 : 20.4・15.3・49.5 3-5歳 : 18.3・13.1・44.5 ・NVSII 14-17歳 : 6.2・4.3・17.3 18-64歳 : 8.0・4.4・19.8 65-74歳 : 8.5・4.4・21.3 75-80歳 : 8.6・4.4・16.6	BfR 2021 (参照 29)
オランダ	1-79歳	PFBS, PFHxS, PFHpS, PFOS, PFDS, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA, GenX	LB-UB (ng PEQ/kg 体重/週) ^{※5,6} ・食品+地下水由来飲料水 平均値 : 4.6-26 中央値 : 3.3-23 95%ile : 12-51 ・食品+表流水由来飲料水 平均値 : 5.9-22 中央値 : 4.6-19 95%ile : 14-45	RIVM 2023 (参照 22)
オーストラリア	2歳以上	PFOS ^{※7}	LB-MB-UB (ng/kg 体重/日) ^{※8} 平均値 : 0.011-0.83-1.7 90%ile : 0.032-1.3-2.6	FSANZ 2021 (参照 23)
韓国		PFOS, PFOA	(ng/kg 体重/日) ・PFOS 1-2歳 : 1.552 3-6歳 : 1.527 7-12歳 : 1.120 13-18歳 : 0.747 19歳以上 : 0.915 ・PFOA 1-2歳 : 1.499 3-6歳 : 1.534 7-12歳 : 1.310 13-18歳 : 0.992 19歳以上 : 0.817	韓国食品医薬品安全処 2022 (参照 30)

- 1 ※1 乳児 (12 か月未満)、幼児 (12 か月以上 36 か月未満)、子供 (36 か月以上 10 歳未満)、青年 (10 歳
- 2 以上 18 歳未満)、大人 (18 歳以上 65 歳未満)、高齢者 (65 歳以上 75 歳未満)、超高齢者 (75 歳
- 3 以上) として分類。
- 4 ※2 食品中 PFAS 濃度について、LB は LOD 未満又は LOQ 未満と報告された分析値を 0 として算出
- 5 し、UB は LOD 未満と報告された分析値を LOD と同値、LOQ 未満と報告された分析値を LOQ と
- 6 同値として算出。
- 7 ※3 VELS (残留農薬の急性毒性評価のための乳幼児の食事摂取量調査) の食品摂取量データを使用。
- 8 ※4 NVSII (第 2 回ドイツ国民栄養調査) の食品摂取量データを使用。

- 1 ※5 食品中 PFAS 濃度について、LB は LOQ 未満の分析値を 0、LOQ 以上 limit of confirmation
2 (LOC) 未満の分析値を LOQ として算出し、UB は LOD 未満の分析値を LOD と同値、LOD 以上
3 LOQ 未満の分析値を LOQ と同値、LOQ 以上 LOC 未満の分析値を LOC と同値として算出。
4 ※6 PEQ : PFOA equivalents
5 ※7 摂取量推定にあたり食品中の 30 種類の PFAS の分析を行っているが、PFOS 以外は検出されな
6 かった (LOD : 0.0040~0.35 µg/kg) ことから、PFOS のみについて摂取量推定を行っている。
7 ※8 LB は limit of reporting (LOR) 未満の分析値を 0 として、ML は LOR 未満の分析値を LOR の 1/2
8 の値として、UB は LOR 未満の分析値を LOR と同値として算出。

9

10 EFSA は 2020 年の評価において、19 か国 35 種類の食品消費データと、16
11 か国 97,434 点の食品の汚染実態データから摂取量推定を行い、LB シナリオ
12 における各食品群の寄与率を求めた。その結果、PFOS については魚及びその
13 他の魚介類の寄与が最も高く、次いで卵及び卵製品、肉及び肉製品、特に子供
14 については果物及び果物製品の寄与が高かった。PFOA についても魚及びその
15 他の魚介類、卵及び卵製品、肉及び肉製品の寄与が高かった一方、果物及び果
16 物製品、野菜及び野菜製品並びに飲料水も寄与が高かった。PFHxS について
17 は主に果物及び果物製品と飲料水が摂取に寄与していた。また、国別及び年齢
18 層 (大人及び乳児) の平均摂取量のグラフを表VI-4 に示す (EFSA 2020) (参
19 照 11)。

20

21

22

23

24

25

26

27

28

29

30

31

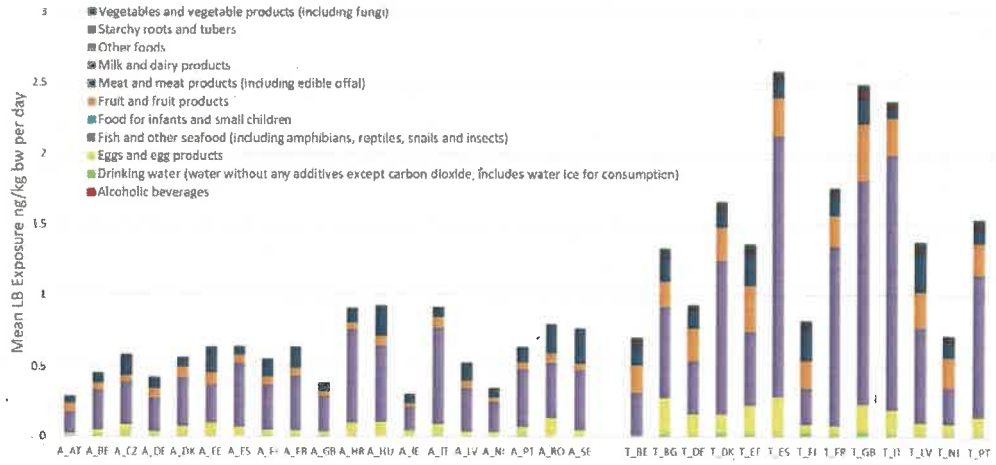
32

33

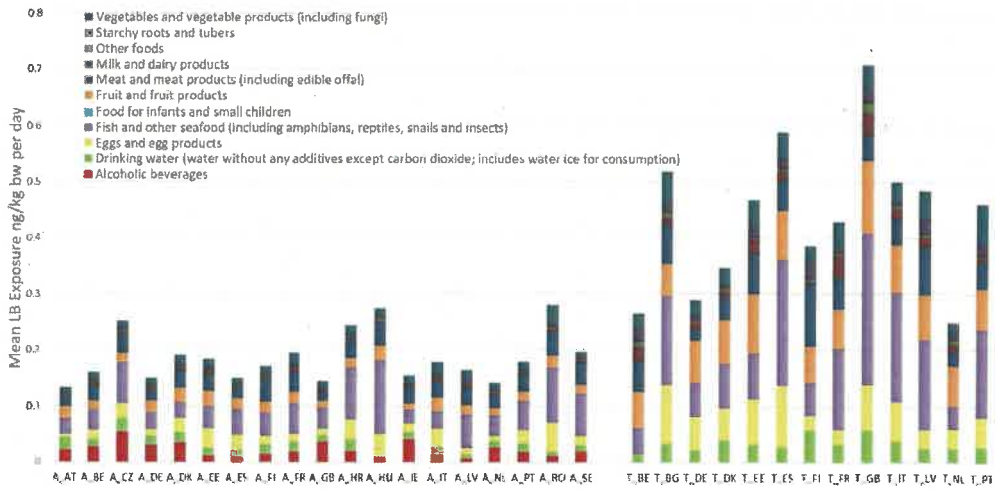
34

35

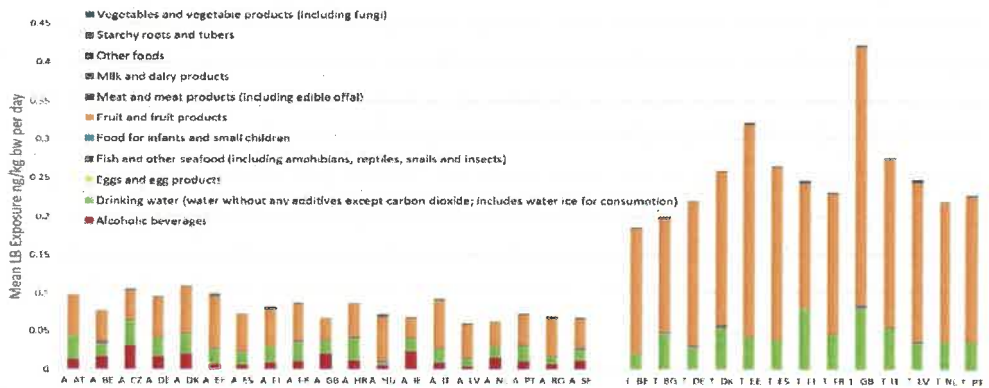
36



LB: lower bound; PFOS: perfluoroheptane sulfonate.



LB: lower bound; PFOA: perfluorooctanoic acid.



1

2

3

4

5

6

7

8

9

注) A : 大人 (グラフ左側)、T : 幼児 (グラフ右側)、AT : オーストリア、BE : ベルギー、CZ : チェコ、DE : ドイツ、DK : デンマーク、EE : エストニア、ES : スペイン、FI : フィンランド、FR : フランス、GB : 英国、HR : クロアチア、HU : ハンガリー、IE : アイルランド、IT : イタリア、LV : ラトビア、NL : オランダ、PT : ポルトガル、RO : ルーマニア、SE : スウェーデン

図VI-4 LBシナリオにおける食品群別平均ばく露

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14

RIVM は 2012～2016 年のオランダ全国食料消費調査 (DNFCS) で報告されたオランダ国民全体の消費パターンに基づいて、2021 年 11～12 月に購入した食品及び 2022 年にサンプリングした飲料水について、PFAS のばく露量推定を実施した (図 VI-5)。飲料水の寄与率を算出した結果、LB シナリオにおける飲料水の寄与率は、食品及び地下水由来の飲料水による推定では 6%、食品及び表流水由来の飲料水による推定では 27%であった。また、食品群別の寄与率は、食品及び地下水由来の飲料水による推定では魚及び魚製品の寄与率が 30%で最もばく露に寄与しており、2 番目は飲料 (飲料水を除く) が 23%、3 番目は乳製品が 17%、4 番目は肉及び肉製品が 8%であった。また、LB シナリオにおける食品及び表流水由来の飲料水による推定では、魚及び魚製品が 24%で最もばく露に寄与しており、次いで飲料 (飲料水を除く) が 18%、乳製品が 13%、肉及び肉製品が 6%であった (RIVM 2023) (参照 22)。

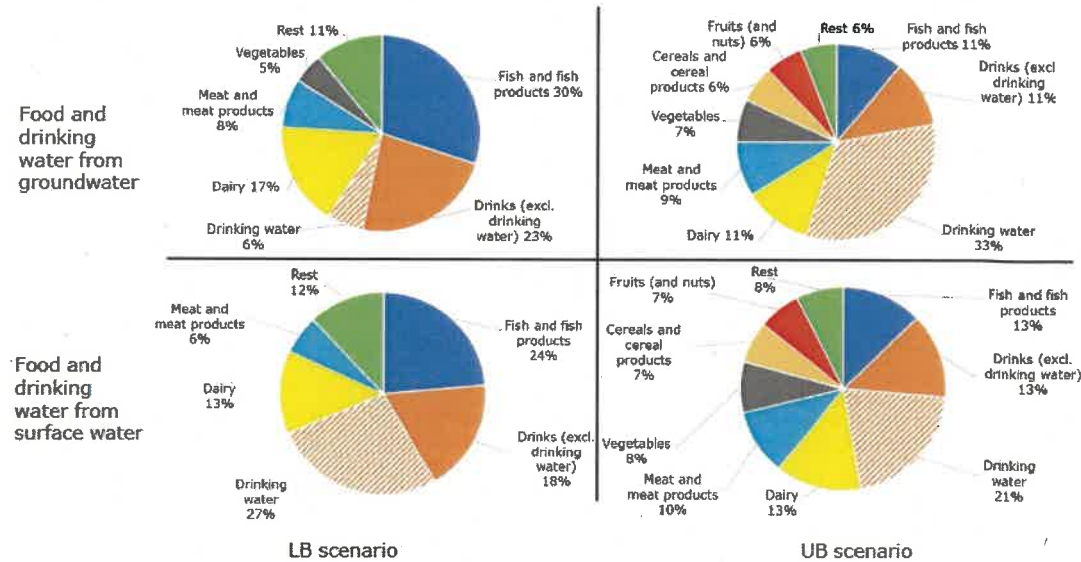


図 VI-5 飲料水及び食品群の寄与率

15
16
17
18
19
20
21
22

FSANZ は 2021 年、PFAS のばく露に寄与している、又は寄与する可能性がある食品及び飲料 (オーストラリアで消費されている代表的なものを含む) からの PFOS のばく露量推定を実施し、食品別の寄与率を算出した。その結果、寄与率が 5%を超える主要な食品はマグロ (水煮缶詰のデータより算出、53%)、卵 (19%)、哺乳類の内臓 (心臓を除く) (11%)、海水魚 (11%) 及び

1 甲殻類（7%）で、魚介類の寄与率を合計すると71%であった（FSANZ
2 2021）（参照23）。

3

4 2. その他の由来からのばく露と各ばく露源の寄与率推定

5 ATSDR（2021）、EFSA（2020）及びHealth Canada（2018a、2018b）の
6 評価書では、食事及び飲料以外の経口ばく露源として、食品に直に触れる包装
7 からの移行や粉塵の経口摂取、化学処理されたカーペットや衣類等の消費者製
8 品からの手を介した口への移行などがあるとしている。また、経口ばく露以外
9 のばく露経路として、屋内外の大気からの吸入ばく露などが挙げられている
10 （ATSDR 2021、EFSA 2020、Health Canada 2018a、2018b）（参照8、11、
11 13、14）。

12

13 Sunderlandら（2019）は、成人におけるPFASばく露源の寄与率に関する
14 推定を行っている文献から、一般的な合意としてPFASばく露の最大の原因は
15 吸入や経皮接触よりも食事による摂取である一方、ばく露源の相対的な重要性
16 は、人口層や集団により大幅に異なっているとしている（表VI-13）
17 （Sunderland et al. 2019）（参照15）。

18

19 表VI-13 成人のPFASばく露に対するばく露源の寄与率の推定文献

PFAS	食事	粉塵	水道水	食品包装	吸入ばく露	経皮ばく露	その他	出典文献
PFOS	66	10	7		2			Gebbink et al., 2015
	81	15					4 ^{*1}	Trudel et al., 2008
	72	6	22		<1	<1		Egeghy and Lorber, 2011
	96	1	1		2			Haug et al., 2011
	93		4				3 ^{*1}	Tian et al., 2016
	100		<1					Shan et al., 2016
PFOA	47	8	12		6		27 ^{*1}	Gebbink et al., 2015
	16	11		56	14		2 ^{*2}	Trudel et al., 2008
	85	6	1	3 ^{*3}			4 ^{*4}	Vestergren and Cousins, 2009
	77	8	11		4			Haug et al., 2011
	66	9	24		<1	<1		Lorber and Egeghy, 2011
	41		37				22 ^{*1}	Tian et al., 2016
	99		<1					Shan et al., 2016

※1 間接ばく露

※2 カーペット

※3 消費財（Consumer goods）

※4 前駆体（Precursors）

20

21

22

1 3. 生物学的指標 (HBM)

2 (1) 血中濃度

3 ①国内

4 環境省は、平成 22 年度まで実施していたダイオキシン類をはじめとする化学物質の人への蓄積量調査において測定した 3 か年 (平成 20~22 年度) 分の
 5 血中 PFOS 及び PFOA 濃度を、地域別及び地区別に比較した。地域別に比較
 6 した結果、PFOS、PFOA とともに東海北陸近畿地区で濃度が高く、クラスカ
 7 ル・ワーリス検定で 1%の有意差がみられた (表VI-14)。地区別に比較した結
 8 果、PFOS では漁村地区の濃度が高く、都市地区、農村地区いずれとのクラス
 9 カル・ワーリス検定でも 1%の有意差がみられた一方で、PFOA では地区間の
 10 有意差はみられなかった (表VI-15) (環境省 2011) (参照 31)。
 11

12

13 表VI-14 3か年の血中 PFOS・PFOA 濃度の統計値 (地域別) (単位: ng/mL)

		北海道東北 (n=89)	関東甲信越 (n=157)	東海北陸近畿 (n=163)	中国四国 (n=117)	沖縄 (n=83)	全国 (n=609)
PFOS	平均値	9.0	6.0	9.9	7.6	6.0	7.8
	標準偏差	19	3.7	8.6	4.6	2.6	9.2
	中央値	4.8	5.4	7.8	6.2	5.6	5.8
	範囲	1.5 - 150	0.73 - 28	1.0 - 28	2.0 - 28	2.2 - 12	0.73 - 150
PFOA	平均値	2.0	2.2	5.4	2.4	2.0	3.0
	標準偏差	1.1	1.1	4.5	1.5	0.91	2.9
	中央値	1.9	2.0	4.1	2.1	1.9	2.1
	範囲	0.63 - 7.9	0.52 - 8.6	0.37 - 25	0.65 - 13	0.42 - 5.2	0.37 - 25

14

15 表VI-15 3か年の血液中 PFOS・PFOA 濃度の統計値 (地区別) (単位: ng/mL)

		都市地区 (n=270)	農村地区 (n=135)	漁村地区 (n=204)	全国 (n=609)
PFOS	平均値	6.4	6.4	11	7.8
	標準偏差	5.4	5.0	14	9.2
	中央値	5.4	5.1	8.0	5.8
	範囲	1.0 - 70	0.73 - 28	1.5 - 150	0.73 - 150
PFOA	平均値	2.7	3.4	3.3	3.0
	標準偏差	2.0	3.9	3.1	2.9
	中央値	2.1	2.6	2.1	2.1
	範囲	0.42 - 15	0.50 - 25	0.37 - 19	0.37 - 25

16

17 環境省は、ダイオキシン類をはじめとする化学物質の人への蓄積量調査の結
 18 果をもとに、モニタリング調査を実施した。平成 23 年度に実施したダイオキ
 19 シン類をはじめとする化学物質の人への曝露量モニタリング調査及び平成 24

1 年度から実施している化学物質の人へのばく露量モニタリング調査における血
 2 中 PFAS 濃度の結果を表VI-16 に示す（環境省 2017）（参照 32）。

3

4 表VI-16 平成 23～28 年度の血中 PFAS 濃度結果（ng/mL）

調査年度	採血年月	対象者数	分析種	平均値	標準偏差	中央値	範囲
平成 23 年度	2011 年 10 月	86 名 (男性 51 名、女性 35 名) 平均年齢 50.1 歳	PFOS	5.8	3.1	4.8	1.5 ~17
			PFOA	2.2	1.4	1.8	0.66 ~9.6
平成 25 年度	2013 年 10～11 月	83 名 (男性 38 名、女性 45 名) 平均年齢 54.2 歳	PFOS	5.1	2.9	4.5	1.3 ~16
			PFOA	3.2	2.4	2.5	0.27 ~13
			PFHxS	0.63	0.43	0.54	<0.063~1.8
平成 26 年度	2014 年 10 月	81 名 (男性 34 名、女性 47 名) 平均年齢 49.3 歳	PFOS	3.0	1.6	2.7	0.29 ~11
			PFOA	1.8	1.1	1.6	0.43 ~8.4
			PFHxS	0.44	0.24	0.42	<0.063~1.1
平成 27 年度	2015 年 11 月	77 名 (男性 39 名、女性 38 名) 平均年齢 49.1 歳	PFOS	2.9	2.2	2.1	0.44 ~1.1
			PFOA	2.3	2.1	1.6	0.27 ~12
			PFHxS	0.24	0.18	0.22	<0.063~0.80
平成 28 年度	2016 年 10 月	80 名 (男性 44 名、女性 36 名) 平均年齢 49.1 歳	PFOS	3.5	1.8	3.3	0.63 ~11
			PFOA	1.5	0.63	1.4	0.36 ~3.4
			PFHxS	0.31	0.13	0.32	0.071~0.17

5 注) 平成 25 年度以降は PFHxA、PFHpA、PFNA、PFDA、PFUdA、PFDoDA、PFTrDA、PFDS についても調査を実施

6

7 また、平成 30 年度～令和 4 年度に実施した化学物質の人へのばく露量モニ
 8 タリング調査（パイロット調査¹²）における全血中 PFAS 濃度の結果を表VI-
 9 17 に示す（環境省 2022）（参照 33）。

10

11 表VI-17 パイロット調査における全血中 PFAS 濃度結果（ng/mL）

調査年度	採血年月	対象者	分析種	平均値	標準偏差	中央値	範囲
令和 2 年度	2021 年 1～2 月	80 名 (男性 27 名、女性 53 名) 平均年齢 39.7 歳	PFOS	1.4	0.84	1.2	0.48~4.2
			PFOA	0.86	0.45	0.77	<0.17~3.4
			PFHxS	0.22	0.17	1.2	<0.14~0.81
令和 3 年度	2021 年 12 月	121 名 (男性 59 名、女性 62 名) 平均年齢 43.2 歳	PFOS	2.1	1.4	1.8	0.65~8.5
			PFOA	1.2	0.56	1.1	0.23~2.5
			PFHxS	0.56	0.79	0.41	<0.14~6.3
令和 4 年度	2022 年 10～11 月	89 名 (男性 43 名、女性 46 名) 平均年齢 44.7 歳	PFOS	1.8	0.98	1.7	0.49~5.9
			PFOA	1.1	0.44	1.0	0.23~2.2
			PFHxS	0.30	0.22	0.27	<0.14~1.2

12 注) PFHxA、PFHpA、PFNA、PFDA、PFUdA、PFDoDA、PFTrDA、PFDS についても調査を実施。

13

¹² 本調査は、平成 29 年度に調査のあり方及び具体的調査の設計に関する検討を行い、平成 30 年度からは、調査協力者のリクルート手法の実施可能性などに関する問題点の洗い出しと改善点の検討を目的としたパイロット調査として実施している。そのため、調査者の選定方法、調査対象者の年齢等が揃っておらず、過年度の測定結果との比較や他調査との比較は困難である点に留意する必要がある、とされている。

1 その他、国内で報告されている文献に記載のある血中 PFAS 濃度を表VI-18
2 に示す。

3
4

表VI-18 国内における血中 PFAS 濃度の測定結果

地域・調査時期	人数・年齢	PFAS 濃度 (ng/mL)	引用文献
北海道札幌市内の 37 病院 リクルート時期： 2003 年 2 月 ～2012 年 3 月 (北海道スタディ；札幌大規模コホート)	妊婦 2,123 名 <25 歳 : 183 名 25-29 歳 : 607 名 30-34 歳 : 882 名 ≥35 歳 : 452 名	血漿中濃度 ※1 幾何平均値, 算術平均値, 最小値, 中央値, 最大値 PFOS (n=2,123) : 4.96, 5.74, 0.81, 4.96, 30.28 PFOA (n=2,123) : 2.06, 2.64, 0.25, 2.00, 24.88 PFHxS (n=1,732) : 0.34, 0.37, <0.2, 0.33, 3.39	Tsai 2018 (参照 34)
京都府宇治市 2013 年	131 名 (男性 37 名、女性 67 名) 平均年齢 63 歳	血漿中濃度 ※2,※3 平均値 (SD), 5%ile 値, 50%ile, 95%ile PFOA : 4.63 (2.45), 0.934, 4.08, 6.70	Soleman 2023 (参照 35)

5 ※1 PFHxA, PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA, PFTeDA についてもデータあり。

6 ※2 PFHpA, PFNA, PFDA, PFUnDA, PFDoDA, PFTrDA についてもデータあり。

7 ※3 データは pg/mL で算出されているが、比較のため ng/mL に換算した。

8
9

10 Inoue ら (2004) の報告によると、北海道スタディの札幌コホート参加者の
11 15 名において 38～41 週目の妊婦の血液と出産直後の臍帯血における血清中濃
12 度を測定したところ、いずれのサンプルからも PFOS が検出された (表VI-
13 19)。また、妊婦の血清と臍帯血清における PFOS 濃度の関連性を調べたところ、
14 高い正の相関 ($r^2 = 0.876$) がみられた (図VI-6) (Inoue et al., 2004) (参
15 照 36)。

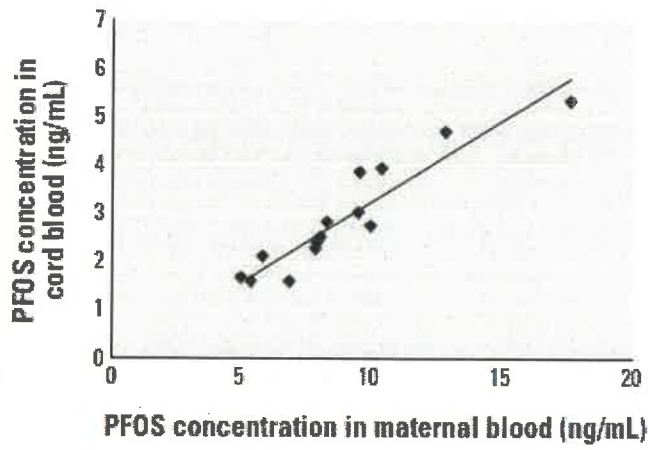
16

17

表VI-19 妊婦の血液と臍帯血の血清中 PFAS 濃度

分子種	試料	検出率	濃度範囲 (ng/mL)
PFOS	妊婦血清	100%	4.9 - 17.6
	臍帯血清	100%	1.6 - 5.3
PFOA	妊婦血清	20%	<0.5 - 2.3
	臍帯血清	0%	-

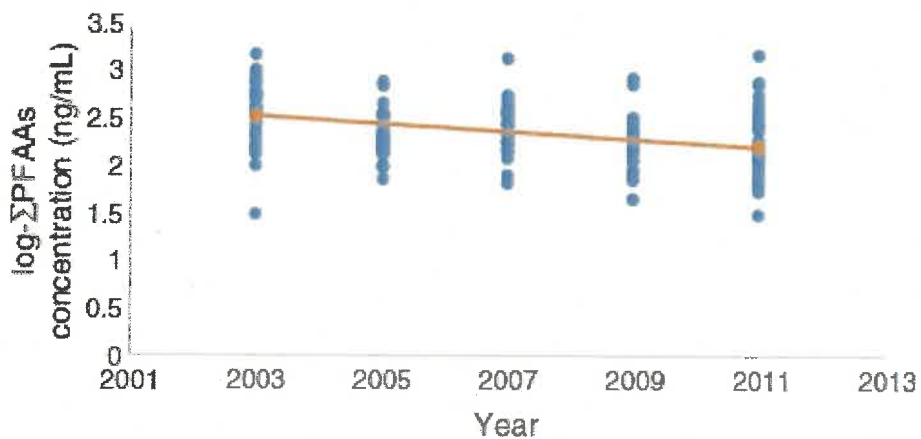
18



図VI-6 妊婦の血清中 PFOS 濃度と臍帯血中 PFOS 濃度の相関

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13

Okada ら (2013) の報告によると、北海道スタディの北海道 (大規模) コ
 ホートにおける 2003~2011 年の妊婦 (隔年 30 名をランダム抽出、計 150
 名) の血漿中パーフルオロアルキル酸 (PFHxA、PFHpA、PFOA、PFNA、
 PFDA、PFUnDA、PFDoDA、PFTTrDA、PFTTeDA、PFHxS 及び PFOS) 濃
 度の時間的傾向について解析したところ、年を経るごとに減少する傾向 (-
 4.0%) がみられた (図VI-7)。また、分子種別の傾向として、PFOS 及び
 PFOA は減少傾向 (PFOS : -8.4%、PFOA : -3.1%) がみられた一方で、
 PFNA 及び PFDA は増加傾向 (PFNA : +4.7%、PFDA : +2.4%) がみられた
 (Okada et al., 2013) (参照 37)。



図V-7 母体血漿中のパーフルオロアルキル酸濃度変化の時間的傾向

14
15
16

1 ②海外

2 海外における血中 PFAS 濃度に関する報告を表VI-20 に示す。

3

4 表VI-20 海外における血中 PFAS 濃度の測定結果

調査年	対象者	人数	試料	濃度 (ng/mL) ※1	引用文献
米国 (National Health and Nutrition Examination Survey : NHANES)					
2017-2018	12 歳以上	1,929 名 男性 : 952 名 女性 : 977 名 12-19 歳 : 313 名 20 歳以上 : 1,616 名	血清	幾何平均値 (95% CI) (50%ile, 95%ile) ・ PFOS (合計) 全体 : 4.25 (3.90-4.62) (4.30, 14.6) 男性 : 5.36 (4.82-5.97) (5.50, 15.8) 女性 : 3.42 (3.08-3.78) (3.30, 13.3) 12-19 歳 : 2.68 (2.31-3.12) (2.60, 7.30) 20 歳以上 : 4.50 (4.15-4.89) (4.70, 15.1) ・ n-PFOS 全体 : 2.94 (2.70-3.21) (3.00, 10.4) 男児 : 3.67 (3.32-4.06) (3.70, 11.3) 女児 : 2.40 (2.14-2.68) (2.30, 9.30) 12-19 歳 : 1.92 (1.66-2.23) (1.90, 5.70) 20 歳以上 : 3.11 (2.86-3.38) (3.20, 11.0) ・ Sm-PFOS 全体 : 1.22 (1.10-1.35) (1.23, 4.50) 男性 : 1.61 (1.40-1.84) (1.70, 5.30) 女性 : 0.944 (0.854-1.05) (0.900, 3.80) 12-19 歳 : 0.722 (0.609-0.856) (0.700, 2.00) 20 歳以上 : 1.31 (1.18-1.44) (1.40, 4.60) ・ PFOA (合計) 全体 : 1.42 (1.33-1.52) (1.47, 3.77) 男性 : 1.61 (1.50-1.73) (1.57, 3.77) 女性 : 1.26 (1.17-1.36) (1.27, 3.77) 12-19 歳 : 1.18 (1.06-1.31) (1.17, 2.37) 20 歳以上 : 1.45 (1.35-1.56) (1.47, 3.87) ・ n-PFOA 全体 : 1.32 (1.23-1.42) (1.40, 3.70) 男性 : 1.51 (1.40-1.63) (1.50, 3.70) 女性 : 1.17 (1.08-1.26) (1.20, 3.70) 12-19 歳 : 1.09 (0.976-1.22) (1.10, 2.30) 20 歳以上 : 1.36 (1.26-1.46) (1.40, 3.80) ・ Sb-PFOA 全体 : - (<0.1, 200) 男性 : - (<0.1, 200) 女性 : - (<0.1, 100) 12-19 歳 : - (<0.1, 200) 20 歳以上 : - (<0.1, 200) ・ PFHxS 全体 : 1.08 (0.996-1.18) (1.10, 3.70) 男性 : 1.48 (1.32-1.67) (1.50, 5.10) 女性 : 0.805 (0.747-0.868) (0.800, 3.10) 12-19 歳 : 0.866 (0.732-1.02) (0.800, 3.40) 20 歳以上 : 1.11 (1.03-1.21) (1.20, 3.80)	CDC 2022 (参照 38)
2013-2014	3-11 歳	525 名 男児 : 284 名 女児 : 241 名	血清	幾何平均値 (95% CI) (50%ile, 95%ile) ・ PFOS (合計) 全体 : 3.90 (3.49-4.35) (3.84, 11.8) 男児 : 4.05 (3.45-4.74) (4.07, 12.4)	CDC 2018 (参照 39)

		3-5 歳 : 149 名 6-11 歳 : 376 名		女兒 : 3.73 (3.36-4.15) (3.53, 9.61) 3-5 歳 : 3.37 (2.99-3.79) (3.39, 9.10) 6-11 歳 : 4.18 (3.70-4.72) (4.00, 12.4) ・ n-PFOS 全体 : 2.53 (2.28-2.80) (2.45, 7.78) 男児 : 2.67 (2.27-3.13) (2.67, 8.83) 女兒 : 2.38 (2.18-2.59) (2.17, 6.98) 3-5 歳 : 2.22 (1.98-2.51) (2.11, 6.19) 6-11 歳 : 2.69 (2.41-3.00) (2.59, 8.83) ・ Sm-PFOS 全体 : 1.24 (1.07-1.43) (1.28, 4.10) 男児 : 1.26 (1.03-1.52) (1.28, 4.25) 女兒 : 1.22 (1.03-1.44) (1.29, 3.92) 3-5 歳 : 1.02 (0.863-1.20) (1.00, 3.14) 6-11 歳 : 1.36(1.17-1.57)(1.41, 4.45) ・ PFOA (合計) 全体 : 1.96 (1.76-2.17) (1.95, 4.23) 男児 : 1.94 (1.74-2.17) (1.88, 4.14) 女兒 : 1.97 (1.74-2.24) (2.00, 4.24) 3-5 歳 : 2.04 (1.77-2.36) (1.82, 5.86) 6-11 歳 : 1.92 (1.73-2.12) (1.97, 3.99) ・ n-PFOA 全体 : 1.85 (1.66-2.06) (1.83, 4.15) 男児 : 1.83 (1.63-2.05) (1.76, 4.07) 女兒 : 1.87 (1.64-2.13) (1.91, 4.15) 3-5 歳 : 1.91 (1.64-2.24) (1.72, 5.79) 6-11 歳 : 1.81 (1.63-2.02) (1.84, 3.77) ・ Sb-PFOA 全体 : - (<0.1, 230) 男児 : - (<0.1, 220) 女兒 : - (<0.1, 230) 3-5 歳 : - (<0.1, 280) 6-11 歳 : - (<0.1, 230) ・ PFHxS 全体 : 0.831 (0.729-0.934) (0.790, 3.56) 男児 : 0.916 (0.780-1.08) (0.870, 4.59) 女兒 : 0.744 (0.655-0.846) (0.720, 3.04) 3-5 歳 : 0.707 (0.600-0.832) (0.700, 1.61) 6-11 歳 : 0.898 (0.784-1.03) (0.810, 4.59)	
カナダ (Canadian Health Measures Survey : CHMS)					
2018-2019	3-79 歳	2,514 名 (PFOA のみ 2,513 名) 男性 : 1,253 名 女性 : 1,261 名 (PFOA のみ 1,260 名) 3-5 歳 : 482 名 6-11 歳 : 504 名 12-19 歳 : 508 名 20-39 歳 : 330 名 40-59 歳 : 346 名 (PFOA のみ 345 名)	血漿	幾何平均値 (95% CI) 中央値 (10%ile, 95%ile) ・ PFOS 全体 : 2.5 (2.3-2.8) 2.5 (0.97, 8.3) 男性 : 3.1 (2.8-3.4) 3.0 (1.2, 9.8) 女性 : 2.1 (1.9-2.4) 2.2 (0.85, 6.0) 3-5 歳 : 1.4 (1.3-1.6) 1.3 (0.71-3.9) 6-11 歳 : 1.5 (1.3-1.8) 1.4 (0.74-4.7) 12-19 歳 : 1.6 (1.4-1.8) 1.5 (0.81, 3.6) 20-39 歳 : 2.3 (2.0-2.5)	Health Canada 2021 (参照 40)

		60-79 歳 : 344 名		<p>2.2 (0.95, 6.2)</p> <p>40-59 歳 : 2.9 (2.6-3.2)</p> <p>2.9 (1.3, 7.9)</p> <p>60-79 歳 : 3.9 (3.5-4.5)</p> <p>3.7 (1.9, 13)</p> <p>・ PFOA</p> <p>全体 :1.2 (1.1-1.3)</p> <p>1.1 (0.60, 2.9)</p> <p>男性 :1.3 (1.2-1.5)</p> <p>1.3 (0.69, 3.2)</p> <p>女性 :1.1 (0.9701.2)</p> <p>1.0 (0.53, 2.5)</p> <p>3-5 歳 : 1.3 (1.2-1.4)</p> <p>1.2 (0.75, 2.7)</p> <p>6-11 歳 : 1.2 (1.1-1.4)</p> <p>1.1 (0.77, 2.8)</p> <p>12-19 歳 : 0.96 (0.86-1.1)</p> <p>0.92 (0.59, 1.8)</p> <p>20-39 歳 : 1.0 (0.92-1.1)</p> <p>1.0 (0.45, 2.8)</p> <p>40-59 歳 : 1.2 (1.1-1.4)</p> <p>1.1 (0.60, 2.8)</p> <p>60-79 歳 : 1.5 (1.4-1.7)</p> <p>1.5 (0.83, 3.1)</p> <p>・ PFHxS</p> <p>全体 :0.76 (0.69-0.85)</p> <p>0.72 (0.25, 4.0)</p> <p>男性 :1.0 (0.91-1.2)</p> <p>0.99 (0.37, 4.3)</p> <p>女性 :0.56 (0.49-0.64)</p> <p>0.56 (0.21, 2.1)</p> <p>3-5 歳 : 0.52 (0.48-0.57)</p> <p>0.49 (0.21, 1.6)</p> <p>6-11 歳 : 0.54 (0.44-0.57)</p> <p>0.44 (0.22, 3.8)</p> <p>12-19 歳 : 0.53 (0.45-0.62)</p> <p>0.50 (0.21, 1.8)</p> <p>20-39 歳 : 0.70 (0.59-0.84)</p> <p>0.66 (0.21, 4.4)</p> <p>40-59 歳 : 0.81 (0.69-0.94)</p> <p>0.80 (0.27, 2.7)</p> <p>60-79 歳 : 1.1 (0.95-1.3)</p> <p>1.0 (0.45, 4.3)</p>	
ドイツ (German Environmental Survey : GerES)					
2014-2017	3-17 歳	1,109 名	血漿	<p>幾何平均値 (95% CI)</p> <p>中央値 (10%ile, 95%ile)</p> <p>・ PFOS</p> <p>2.487 (2.413-2.563)</p> <p>2.41 (1.41, 6.00)</p> <p>・ PFOA</p> <p>1.124 (1.075-1.176)</p> <p>1.27 (<0.50, 3.24)</p> <p>・ PFHxS (直鎖)</p> <p>0.355 (0.339-0.372)</p> <p>0.38 (<0.50, 1.26)</p>	Duffek 2020 (参照 41)

ドイツ (German Environmental Specimen Bank : ESB)					
2009, 2013, 2015, 2017, 2019	20-29 歳	各年 20 名 (男女各 10 名)	血漿	中央値 (最小値・最大値) ・ Linear-PFOS 2009 : 4.7 (1.7-8.5) 2013 : 2.3 (1.0-5.8) 2015 : 2.2 (1.1-5.1) 2017 : 1.7 (1.1-9.9) 2019 : 1.8 (0.9-4.3) ・ PFOA 2009 : 3.9 (2.2-14.0) 2013 : 3.0 (0.3-5.4) 2015 : 2.2 (0.3-6.2) 2017 : 1.5 (1.0-5.0) 2019 : 1.9 (0.9-3.3) ・ PFHxS 2009 : 0.8 (0.3-1.8) 2013 : 0.6 (<0.25-1.2) 2015 : 0.7 (<0.25-3.2) 2017 : 0.6 (<0.25-4.6) 2019 : 0.5 (0.3-1.2)	Göckener 2020 (参照 42)
韓国 (환경유래오염물질 인체 중 노출량 기반 위해평가 기술 개발연구)					
2017- 2018	6 歳～ 88 歳	842 名 幼児 : 9 名 子供 : 249 名 青少年 : 303 名 大人 : 281 名	血清	中央値 (最小値・最大値) ・ PFOS (直鎖型及び分岐型の合計) 幼児 : 3.86 (1.89-6.53) 子供 : 4.16 (1.25-14.10) 青少年 : 3.26 (1.19-13.20) 大人 : 6.98 (1.40-84.60) ・ PFOA 幼児 : 3.22 (2.21-6.03) 子供 : 3.68 (1.10-24.70) 青少年 : 2.92 (0.70-12.60) 大人 : 5.29 (1.03-21.00)	韓国食品 医薬品安 全処 2022 (参照 30)

1 ※1 NHANES及びCHMSのデータはµg/Lで報告されているが、ng/mLとして記載した。

2

3 ATSDR は 2021 年の評価において、臍帯血中のパーフルオロアルキル化合
4 物の存在は、これらの物質が胎盤関門を通過し、その結果として胎児がばく露
5 する可能性があることを示唆しているとしている。

6 また、ほぼ全ての研究において、多くの臍帯血サンプルから PFOS 及び
7 PFOA が検出されている (表VI-21)。さらに、臍帯血又は血清中からパーフル
8 オロアルキル化合物が幅広く検出されているが、通常、その濃度は母体中の血
9 清濃度と同程度かそれよりも低かった (ATSDR 2021) (参照 8)。

10

11 表VI-21 ATSDR (2021) の評価書に記載された臍帯血中 PFAS 濃度

調査地域 (調査点数)	検出率	濃度 (ng/mL)	引用文献
米国 カリフォルニア州	・ PFOS : 100%	・ PFOS 幾何平均値 : 2.27	Morello- Frosch 2016

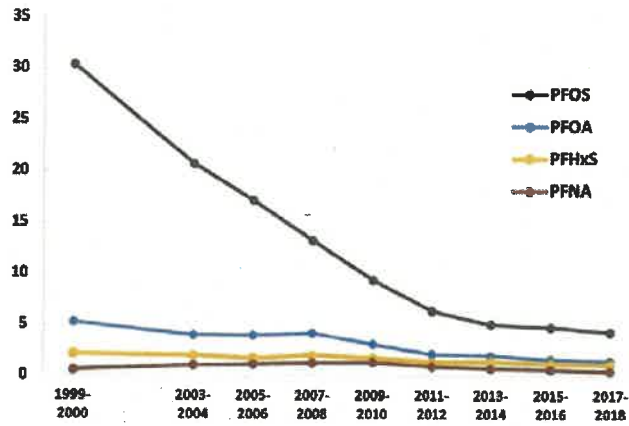
サンフランシスコ	・ PFOA : 56%	95%ile : 4.35 ・ PFOA 幾何平均値 : - 95%ile : 1.68	
ボルチモア (n=229) (Baltimore THREE Study)	・ PFOS : 99% ・ PFOA : 100%	・ PFOS 幾何平均値 : 4.9 最大値 : 23.8 ・ PFOA 幾何平均値 : 1.6 最大値 : 7.1	Apelberg 2007a、 2007b
ドイツ (n=11)	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 100%	・ PFOS 中央値 : 13.0 ・ PFOA 中央値 : 2.6	Midasch 2007
スペイン (n=66)	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 100% ・ PFHxS : 88%	・ PFOS 最小値 : 0.53 最大値 : 4.71 ・ PFOA 最小値 : 0.60 最大値 : 10.56 ・ PFHxS 最小値 : 0.05 最大値 : 1.93	Manzano- Salgado 2015
デンマーク (n=50) (Danish National Birth Cohort)	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 98%	・ PFOS 平均値 : 11.0 ・ PFOA 平均値 : 3.7	Fei 2007

1

2 ATSDR が NHANES における一般的な PFAS の血清中濃度データを調査サ
3 イクル別に比較した結果、1999～2000 年から 2017～2018 年の間に、血清中
4 PFOS 濃度の幾何平均値は 85%以上、血中 PFOA 濃度の幾何平均値は 70%以
5 上減少した (図VI-8) (ATSDR 2023) (参照 43)。

6

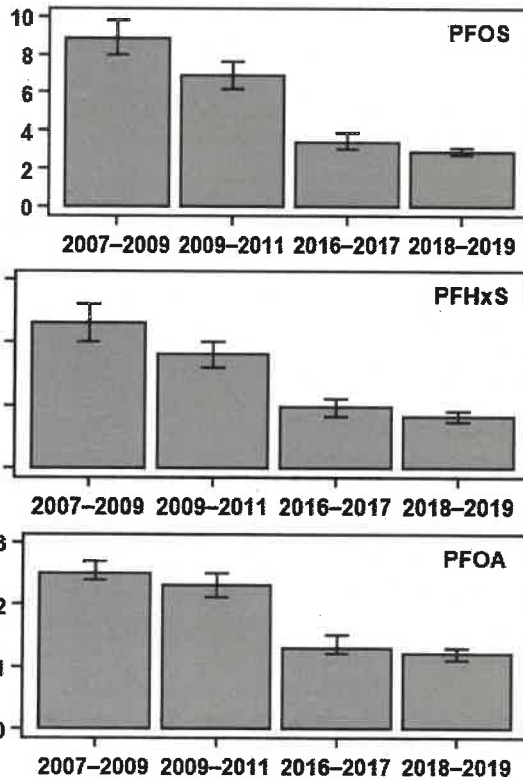
7



注) 縦軸：NHANES サイクル
横軸：血清中 PFAS 濃度 (幾何平均、単位：µg/L (=ng/mL))

図VI-8 米国人における最も一般的な PFAS の血中濃度の経時的変化

Health Canada が、CHMS における血漿中 PFAS 濃度データを調査サイクル別に比較した結果、統計学的に明らかな減少傾向がみられた ($P < 0.001$) (図 VI-9) (Health Canada 2023) (参照 44)。



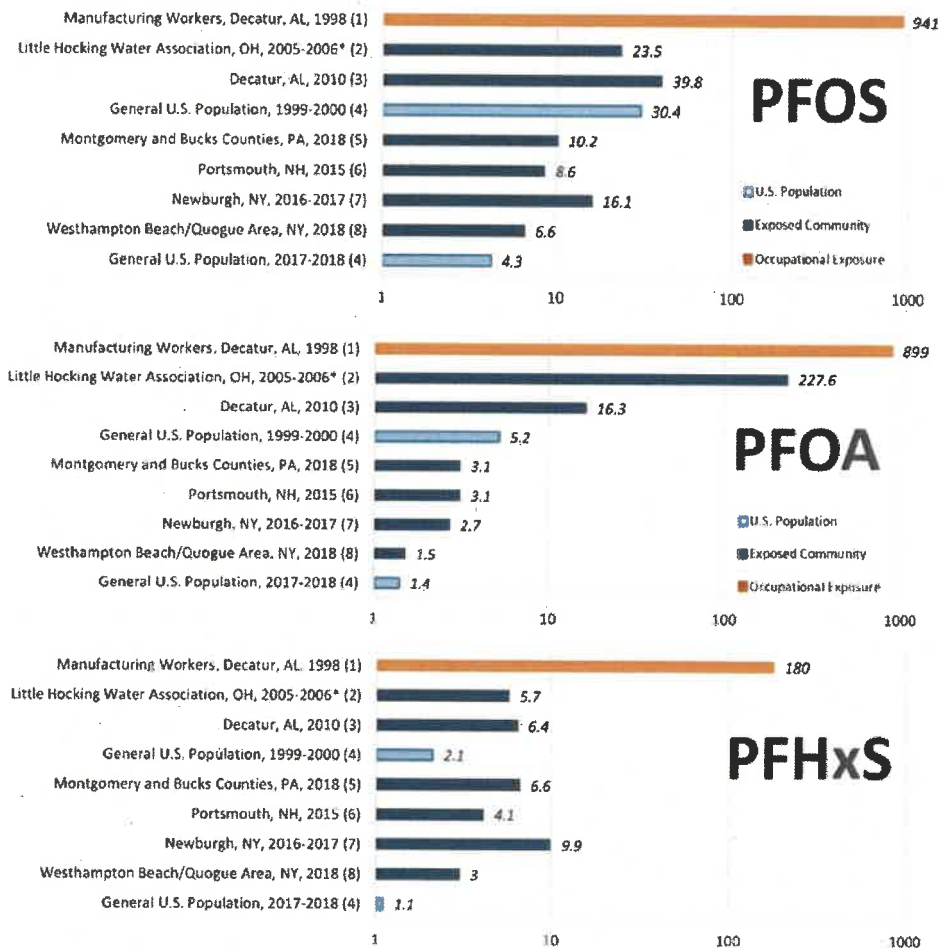
注) 縦軸は血漿中 PFAS 濃度 (幾何平均、単位：µg/L (=ng/mL))

図VI-9 カナダ人口における血漿中 PFAS 濃度

1
2
3
4
5
6

ATSDR は、様々なばく露集団で測定された PFOS、PFOA 及び PFHxS の血中濃度を、米国の 1999-2000 年、2015-2016 年及び 2017-2018 年の一般集団のデータ (NHANES) と比較している (図VI-10) (ATSDR 2023) (参照 43)。

7
8



9
10 注) 横軸は血中 PFAS 濃度 (幾何平均、*のついたものは算術平均) (単位: µg/L (=ng/mL))

11 図VI-10 様々なばく露集団で測定された PFAS の血中濃度

12

13 また、ATSDR は 2021 年の評価において、カーペットの設置や処理を行う人
14 や消防士など、パーフルオロアルキル含有製品と頻繁に接触する仕事を行う人
15 は、これらの物質への職業ばく露が予想されるとしている。一般に、フッ素化学
16 施設に勤務する人は、職場環境でのばく露に基づいて、一般集団よりもパーフル
17 オロアルキルの血清中濃度が高くなっているとしている (3M 2007b、2008b、

2008c、Barton et al. 2007)。また、フッ素化学施設周辺に住む個人を対象とした研究では、飲料水が主なばく露経路であることが示されている (Emmett et al. 2006a、Hölzer et al. 2008、Wilhelm et al. 2009) としている (ATSDR 2021) (参照 8)。

(2) 母乳中濃度

Fujii ら (2012) が日本、韓国及び中国から収集した 90 点の母乳試料について PFCA (PFOA、PFNA、PFDA、PFUnDA、PFDoDA 及び PFTrDA) 濃度を測定した結果、日本における母乳中 PFOA 濃度は 89 pg/mL (0.089 ng/mL)、その他の長鎖 PFCA の合計濃度は 95 pg/mL (0.095 ng/mL) であった (表VI-22) (Fujii et al. 2012) (参照 45)。

表VI-22 母乳中 PFCA 濃度

	母乳中濃度中央値 (ng/mL)	
	PFOA	他の PFCA の合計
日本	0.089	0.095
韓国	0.062	0.052
中国	0.051	0.033

注) 論文での単位は pg/mL となっているが、1,000 で除して ng/mL として記載。

ATSDR (2021) に記載されている文献中の母乳中 PFAS 濃度を表VI-23 に示す (ATSDR 2021) (参照 8)。

表VI-23 ATSDR (2021) の評価書に記載された母乳中 PFAS 濃度

調査地域 (調査点数)	検出率 [※]	濃度 (ng/mL)	引用文献
米国 マサチューセッツ州 (n=45)	<ul style="list-style-type: none"> ・ PFOS : 96% ・ PFOA : 89% ・ PFHxS : 51% 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PFOS 平均値 : 0.131 最大値 : 0.617 ・ PFOA 平均値 : 0.0348 最大値 : 0.161 ・ PFHxS 平均値 : 0.0145 最大値 : 63.8 	Tao 2008
スウェーデン (n=12)	<ul style="list-style-type: none"> ・ PFOS : 100% ・ PFOA : 8% 	<ul style="list-style-type: none"> ・ PFOS 平均値 : 0.005 濃度範囲 : 0.060-0.470 ・ PFOA 	Kärman 2007

	・ PFHxS : 100%	平均値 : - 濃度範囲 : <0.209-0.492 ・ PFHxS 平均値 : 0.085 濃度範囲 : 0.031-0.172	
スウェーデン (n=20)	-	・ PFOS 1997年平均値 : 0.237 2007年平均値 : 0.122 ・ PFOA 1997年平均値 : 0.138 2007年平均値 : 0.086	Sundstrom 2011
ノルウェー (n=9)	-	・ PFOS 中央値 : 0.11 濃度範囲 : 0.028-0.36 ・ PFOA 中央値 : 0.05 濃度範囲 : 0.016-0.19	Thomsen 2010
中国 (n=19)	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 100% ・ PFHxS : 100%	・ PFOS 濃度範囲 : 0.045-0.360 ・ PFOA 濃度範囲 : 0.047-0.210 ・ PFHxS 濃度範囲 : 0.004-0.10	So 2006
ヨルダンを含む中東 (n=19)	・ PFOS : 94% ・ PFOA : 100%	・ PFOS 平均値 : 0.035 濃度範囲 : 0.006-0.18 ・ PFOA 平均値 : 0.14 濃度範囲 : 0.024-1.22	Al-sheyab 2015
フランス (n=48)	・ PFOS : 98% ・ PFOA : 90% ・ PFHxS : 100%	・ PFOS 平均値 : 0.092 濃度範囲 : <0.05-0.33 ・ PFOA 平均値 : 0.082 濃度範囲 : <0.05-0.22 ・ PFHxS 平均値 : 0.049 濃度範囲 : 0.040-0.066	Antignac 2013
フランス (n=61)	・ PFOS : 82% ・ PFOA : 77% ・ PFHxS : 15%	・ PFOS 平均値 : 0.04 濃度範囲 : <0.04-0.376 ・ PFOA 平均値 : 0.041 濃度範囲 : <0.05-0.31 ・ PFHxS 平均値 : 0.026 濃度範囲 : <0.03-0.217	Cariou 2015
ベルギー (n=84)	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 100%	・ PFOS 平均値 : 0.13 ・ PFOA	Croes 2012

	・ PFHxS : 20%	平均値 : 0.08 ・ PFHxS 平均値 : -	
イタリア (n=37、うち初産婦 21、経産婦 16)	・ PFOS 初産婦 : 90% 経産婦 : 62% ・ PFOA 初産婦 : 81% 経産婦 : 69%	・ PFOS 初産婦 平均値 : 0.057 濃度範囲 : <0.015-0.29 経産婦 平均値 : 0.036 濃度範囲 : <0.015-0.12 ・ PFOA 初産婦 平均値 : 0.076 濃度範囲 : <0.024-0.24 経産婦 平均値 : 0.043 濃度範囲 : <0.024-0.1	Barbarossa 2013
韓国 (n=264)	・ PFOS : 98% ・ PFOA : 98%	・ PFOS 中央値 : 0.05 ・ PFOA 中央値 : 0.072	Kang 2016
チェコ (n=50)	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 100%	・ PFOS 平均値 : 0.033 濃度範囲 : 0.007-0.11 ・ PFOA 平均値 : 0.05 濃度範囲 : 0.012-0.13	Lanvoka 2013
ドイツ・ハンガリー (n=70)	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 16%	・ PFOS 最小値 : 0.028 最大値 : 0.639 ・ PFOA 最小値 : <0.200 最大値 : 0.460	Völkel 2008

1 ※LOD 以上又は LOQ 以上となった試料の割合

2

3 (3) 尿中濃度

4 米国 CDC が 2013~2014 年に実施した NHANES の参加者 (2,682 名) の
5 尿中の PFAS (n-PFOS、Sm-PFOS、n-PFOA、Sb-PFOA 及び PFHxS) の検
6 出率を算出した結果を表 VI-24 に示す。また、血清中濃度データのある 2,273
7 名について、血清及び尿における検出率を比較した結果、n-PFOS、Sm-
8 PFOS、n-PFOA 及び PFHxS の血清中の検出率は 98%以上であった一方、尿
9 中からの検出率はいずれも 0.1%未満であった (Calafat et al. 2019) (参照
10 46)。

11

12 表 VI-24 6 歳以上の米国一般人口における尿中の PFAS 濃度範囲及び推定検出率

分子種*1	年齢帯	検出率 (%)	濃度範囲 (ng/mL) *2,3
n-PFOS	全体 (≥6 歳)	0.05	0.07 - 0.6
	6~11 歳	.0	0.07 - 0.07

	≥12 歳	0.05	0.07 - 0.6
Sb-PFOA	全体 (≥6 歳)	0.06	0.07 - 0.1
	6~11 歳	0.2	0.07 - 0.1
	≥12 歳	0.05	0.07 - 0.1
PFHxS	全体 (≥6 歳)	0.03	0.07 - 0.1
	6~11 歳	0	0.07 - 0.07
	≥12 歳	0.04	0.07 - 0.1

1 ※1 Sm-PFOS 及び n-PFOA はすべての試料において検出されなかった。

2 ※2 µg/L で報告されているが、ng/mL として記載した。

3 ※3 LOD (0.1 ng/mL) 未満の場合は、米国国立保健統計センター (NCHS) が推奨する
4 LOD を 2 の平方根で割った値 (0.07 ng/mL) に置換して記載。

5

6 EFSA (2020) において、複数の研究で尿中 PFAS 濃度が報告されており
7 (表VI-25)、一般的に濃度は低いとしている (EFSA 2020) (参照 11)。

8

9 表VI-25 EFSA (2020) の評価書に記載された尿中からの PFAS の検出状況

調査対象 (サンプル数)	尿中からの検出状況	引用文献
尿と血液のペアサンプル (50 組)	n-PFOS、Sm-PFOS、n-PFOA、Sb-PFOA、PFHxS は検出されず。	Kato 2018
韓国の子供 (5-13 歳) の尿と血液のペアサンプル	PFASs は検出されず。 PFCA は PFPeA (尿中>LOQ 率 70%) を除いてほとんど検出されず。	Kim 2014
中国河北省の尿と血液のペアサンプル (86 組)	尿中濃度中央値、全血中濃度：尿中濃度 PFOS : 0.025 ng/mL, 760 PFOA : 0.019 ng/mL, 163 PFHxS : 0.0011 ng/mL, 1,320	Zang 2013
中国の尿と血液のペアサンプル (64 組)	対応中央値比(血清中濃度：尿中濃度) PFOS : 125 PFOA : 175	Li 2013
中国武漢の高 PFAS ばく露者の漁業従事者 (55 組)	対応中央値比(尿中濃度：血清中濃度) PFOS : 0.0006 PFOA : 0.003 PFHxS : 0.0003	Wang 2018

10

11 (4) その他の生物学的指標

12 EFSA は、2020 年の評価において、他の非侵襲性生物学的指標として毛髪
13 及び爪が用いられているとの報告があるが、これらの結果をどのように解釈す
14 るかはまだ明らかになっていないとしている (EFSA 2020) (参照 11)。

15

16

1 4. ばく露のまとめ

【事務局より】

当日のご議論をお願いいたします。

なお、ばく露のまとめについては、8月24日のばく露の打合せ会での議論をふまえて記載しています。今後、構成としては以下のような形を想定しています。

- ・どれくらいばく露しているのか
 - 国内と海外の比較、一般地域と汚染地域の比較、摂取量と血中濃度の関連
- ・何からどれほどばく露しているのか
 - ばく露源及び寄与度について、国内と海外の比較、一般集団と特殊集団の比較
- ハウスダストや土壌によるばく露に関するデータやまとめを追加したほうが良いでしょうか。また、追加すべき知見があればご紹介いただくと幸いです。

【██████████ コメント】

- ████████ がご発言されていたドイツのデータを見つけられませんでした。ご提供いただけますと幸いです。

【██████████ コメント】

- ・ドイツの Environmental Specimen Bank というところから幾つか報告があって、そこはハウスダストとか水道水、それから食事とか、結構な数を測っていて、そこでは PFOS と PFOA だけだったと思うのですが、あると思います。

2 日本のPFASのばく露経路は、食品、飲料水に加え、大気、ハウスダスト、土
3 壤や製品（フライパン、食品を包む包装紙、化粧品等）が考えられる。

4

5 食品については、個別の食品濃度データは乏しく、PFOS及びPFOAについて
6 一部の魚介類が測定されている。また、農林水産省が行ったマーケットバスケット
7 トでは、PFOS及びPFOAが魚介類と藻類、肉類から検出されている。海外の調
8 査でも魚介類のPFAS濃度が高いという報告があるが、国内では調査が限られて
9 いるため、特定の魚介類濃度について論ずることは困難である。

10 水道水については、厚生労働省が行った調査では、現在のPFOS及びPFOAの

1 目標値 (PFOS及びPFOAの合計として50 ng/L) を超えている場合は、水源の切
2 り替えが行われている。

3 食品と飲料水を含めた摂取量調査においては、各食品群のうち最も寄与して
4 いるのは魚介類との報告がある。海外の調査でも、魚介類や飲料水 (地下水由来
5 及び表流水由来) の寄与が報告されている。

6

7 PFASの総ばく露量に対する各媒体からの寄与率については、国内における状
8 況を分析するためのデータは不足している。海外では、主なばく露源は食事から
9 の摂取であるとの報告があるが、ばく露源の相対的な重要性は、人口層や集団に
10 より異なる。

11

12 環境省では、一般住民を対象としたPFAS血中濃度結果が報告されている。地
13 域や人数が限定的であるが、調査集団結果のみを見ると経時的に減少している。
14 しかし、調査人数が少ないため、我が国の一般的な血中濃度を反映しているとは
15 言い難い。米国においてもPFAS濃度は減少してきているとの報告があり、限ら
16 れたデータではあるが、一般住民における日本と海外の血中濃度に差はみられ
17 ていない。一方、一部の環境中濃度の高い地域においては、・・・

18

19 また、PFASは、母親から胎盤を通じた胎児への移行及び母乳を通じた乳児へ
20 の移行が考えられる。乳児においては、母乳からのばく露が主な寄与となる可能
21 性がある。

22

23 PFASのばく露は、時代や地域によって様々であり、研究間でもばらつきがあ
24 る。

25 日本では、食品を含め、PFASにばく露され得る媒体のデータが不足しており、
26 血中濃度を測定するヒューマンバイオモニタリングも大規模では行われていな
27 い。また、PFASにばく露されたことが血中濃度にどのように反映されるかにつ
28 いても、PFOSやPFOAの体内動態も不確実な点が多いため不明確である。

29

30

- 1 VII. 用量反応モデリング（仮）
- 2 VIII. 国際機関等の評価
- 3 IX. 食品健康影響評価
- 4

- 1 <参照>
- 2 1. OECD: (Organisation for Economic Co-operation and Development). ENVIRONMENT
3 DIRECTORATE JOINT MEETING OF THE CHEMICALS COMMITTEE AND THE
4 WORKING PARTY ON CHEMICALS, PESTICIDES AND BIOTECHNOLOGY 2011
- 5 2. 環境省: 化学物質環境実態調査実施の手引き (令和2年度版) 2021a
- 6 3. 環境省: 令和4年度版 化学物質と環境 (2021年度 (令和3年度) 化学物質環境実態調
7 査 調査結果報告書) 2023a
- 8 4. 環境省: 令和2年度有機フッ素化合物全国存在状況把握調査の結果について 2021b
- 9 5. 環境省: 令和3年度公共用水域水質測定結果及び地下水質測定結果について 2023b
- 10 6. 厚生労働省: 水道水における PFOS 及び PFOA の調査結果 2020
- 11 7. 厚生労働省: 水道水における PFOS 等の水質検査の実施状況 2021
- 12 8. ATSDR: (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicological Profile for
13 Perfluoroalkyls. Released May 2021. Last Updated March 2020. 2021
- 14 9. U.S.EPA: (United States Environmental Protection Agency). PUBLIC COMMENT
15 DRAFT Toxicity Assessment and Proposed Maximum Contaminant Level Goal for
16 Perfluorooctane Sulfonic Acid (PFOS) in Drinking Water 2023a
- 17 10. U.S.EPA: (United States Environmental Protection Agency). PUBLIC COMMENT
18 DRAFT Toxicity Assessment and Proposed Maximum Contaminant Level Goal for
19 Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in Drinking Water 2023b
- 20 11. EFSA: (European Food Safety Authority). Risk to human health related to the presence
21 of perfluoroalkyl substances in food 2020; (2020)18(9):6223
- 22 12. ECHA: (European Chemicals Agency). ANNEX XV RESTRICTION REPORT
23 PROPOSAL FOR A RESTRICTION SUBSTANCE NAME(S): Per- and polyfluoroalkyl
24 substances (PFASs) 2023
- 25 13. Health Canada: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Guideline Technical
26 Document Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) 2018a
- 27 14. Health Canada: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Guideline Technical
28 Document Perfluorooctanoic Acid (PFOA) 2018b
- 29 15. Sunderland E M, Hu X C, Dassuncao C, Tokranov A K, Wagner C C, and Allen J G: A
30 review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances
31 (PFASs) and present understanding of health effects. J Expo Sci Environ Epidemiol
32 2019; 29: 131-47

- 1 16. 農林水産省: 有害化学物質含有実態調査結果データ集 (平成 25~26 年度) 2016
- 2 17. 堤 智昭 鈴 美, 井之上 浩一, 岡 明, 畝山 智香子: 令和 3 年度厚生労働行政推進調査
3 事業費補助金 食品の安全確保推進研究事業 食品を介したダイオキシン類等有害物
4 質摂取量の評価とその手法開発のための研究 総括・分担研究報告書 2022
- 5 18. 堤 智昭 鈴 美, 鹿嶋 晃平, 岡 明, 畝山 智香子: 令和 4 年度厚生労働行政推進調査事
6 業費補助金 食品の安全確保推進研究事業 食品を介したダイオキシン類等有害物質
7 摂取量の評価とその手法開発のための研究 総括・分担研究報告書 2023
- 8 19. 公益社団法人日本水道協会: 令和 2 (2020) 年度 水道統計 2020
- 9 20. U.S.FDA. (United States Food and Drug Administration). Analytical Results for PFAS in
10 2021 Total Diet Study Sampling (Parts Per Trillion)— Dataset—4.
11 <https://www.fda.gov/media/151574/download?attachment>.
- 12 21. Young W, Wiggins S, Limm W, Fisher C M, DeJager L, and Genualdi S: Analysis of Per-
13 and Poly(fluoroalkyl) Substances (PFASs) in Highly Consumed Seafood Products from
14 U.S. Markets. J Agric Food Chem 2022; 70: 13545-53
- 15 22. RIVM: (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu). Risk assessment of exposure to
16 PFAS through food and drinking water in the Netherlands 2023
- 17 23. FSANZ: (Food Standards Australia New Zealand). 27th Australian Total Diet Study Per-
18 and poly-fluoroalkyl substances 2021b
- 19 24. U.S.FDA. (United States Food and Drug Administration). Analytical Results for
20 PFOA/PFOS in 2016 Carbonated Water and Non-Carbonated Bottled Water Sampling
21 (Parts PerTrillion). <https://www.fda.gov/media/130564/download?attachment>.
- 22 25. Smalling K L, Romanok K M, Bradley P M, Morriss M C, Gray J L, Kanagy L K et al.:
23 Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in United States tapwater: Comparison of
24 underserved private-well and public-supply exposures and associated health
25 implications. Environ Int 2023; 178: 108033
- 26 26. 環境省: 平成 23 年度ダイオキシン類をはじめとする化学物質の人への曝露量モニタリ
27 ング調査結果について 2012
- 28 27. 農林水産省: 食品の安全性向上に向けた対応状況【化学物質】(令和 2 年 2 月 1 日)
29 2020
- 30 28. Tittlemier S A, Pepper K, Seymour C, Moisey J, Bronson R, Cao X L et al.: Dietary
31 exposure of Canadians to perfluorinated carboxylates and perfluorooctane sulfonate via
32 consumption of meat, fish, fast foods, and food items prepared in their packaging. J

- 1 Agric Food Chem 2007; 55: 3203-10
- 2 29. BfR: (Bundesinstitut für Risikobewertung). PFAS in food: BfR confirms critical exposure
3 to industrial chemicals. BfR Opinion No 020/2021 issued 28 June, 2021 2021
- 4 30. 韓国食品医薬品安全処: 2022 과불화화합물 통합위해성평가 PFOA, PFOS 2022
- 5 31. 環境省: 平成 22 年度ダイオキシン類をはじめとする化学物質の人への蓄積量調査及び
6 ばく露実態調査結果報告書 2011
- 7 32. 環境省: 平成 28 年度化学物質の人へのばく露量モニタリング調査結果について 2017
- 8 33. 環境省: 平成 30 年度～令和 4 年度化学物質の人へのばく露量モニタリング調査 (パイ
9 ロット調査) 結果について 2022
- 10 34. Tsai M S, Miyashita C, Araki A, Itoh S, Barnai Y A, Goudarzi H et al.: Determinants and
11 Temporal Trends of Perfluoroalkyl Substances in Pregnant Women: The Hokkaido
12 Study on Environment and Children's Health. Int J Environ Res Public Health 2018; 15
- 13 35. Soleman S R, Li M, Fujitani T, and Harada K H: Plasma eicosapentaenoic acid, a
14 biomarker of fish consumption, is associated with perfluoroalkyl carboxylic acid
15 exposure in residents of Kyoto, Japan: a cross-sectional study. Environ Health Prev
16 Med 2023; 28: 38
- 17 36. Inoue K, Okada F, Ito R, Kato S, Sasaki S, Nakajima S et al.: Perfluorooctane sulfonate
18 (PFOS) and related perfluorinated compounds in human maternal and cord blood
19 samples: assessment of PFOS exposure in a susceptible population during pregnancy.
20 Environ Health Perspect 2004; 112: 1204-7
- 21 37. Okada E, Kashino I, Matsuura H, Sasaki S, Miyashita C, Yamamoto J et al.: Temporal
22 trends of perfluoroalkyl acids in plasma samples of pregnant women in Hokkaido,
23 Japan, 2003-2011. Environ Int 2013; 60: 89-96
- 24 38. CDC: (Centers for Disease Control and Prevention). National Report on Human
25 Exposure to Environmental Chemicals, Updated Tables, March 2022 2022
- 26 39. CDC: (Centers for Disease Control and Prevention). Fourth National Report on Human
27 Exposure to Environmental Chemicals Updated Tables, March 2018, Volume One 2018
- 28 40. Health Canada: SIXTH REPORT ON HUMAN BIOMONITORING OF
29 ENVIRONMENTAL CHEMICALS IN CANADA Results of the Canadian Health
30 Measures Survey Cycle 6 (2018.2019) 2021
- 31 41. Duffek A, Conrad A, Kolossa-Gehring M, Lange R, Rucic E, Schulte C et al.: Per- and
32 polyfluoroalkyl substances in blood plasma - Results of the German Environmental

- 1 Survey for children and adolescents 2014-2017 (GerES V). *Int J Hyg Environ Health*
2 2020; 228: 113549
- 3 42. Göckener B, Weber T, Rüdell H, Bücking M, and Kolossa-Gehring M: Human
4 biomonitoring of per- and polyfluoroalkyl substances in German blood plasma samples
5 from 1982 to 2019. *Environ Int* 2020; 145: 106123
- 6 43. ATSDR. PFAS in the U.S. Population. [https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/health-effects/us-](https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/health-effects/us-population.html)
7 [population.html](https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/health-effects/us-population.html).
- 8 44. Health Canada. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in Canadians. Ottawa, ON.
9 [https://www.canada.ca/en/healthcanada/services/environmental-workplace-](https://www.canada.ca/en/healthcanada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/human-biomonitoring-resources/per-polyfluoroalkyl-substances-canadians.html)
10 [health/reports-publications/environmental-contaminants/human-biomonitoring-](https://www.canada.ca/en/healthcanada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/human-biomonitoring-resources/per-polyfluoroalkyl-substances-canadians.html)
11 [resources/per-polyfluoroalkyl-substances-canadians.html](https://www.canada.ca/en/healthcanada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/human-biomonitoring-resources/per-polyfluoroalkyl-substances-canadians.html).
- 12 45. Fujii Y, Yan J, Harada K H, Hitomi T, Yang H, Wang P et al.: Levels and profiles of long-
13 chain perfluorinated carboxylic acids in human breast milk and infant formulas in East
14 Asia. *Chemosphere* 2012; 86: 315-21
- 15 46. Calafat A M, Kato K, Hubbard K, Jia T, Botelho J C, and Wong L Y: Legacy and
16 alternative per- and polyfluoroalkyl substances in the U.S. general population: Paired
17 serum-urine data from the 2013-2014 National Health and Nutrition Examination
18 Survey. *Environ Int* 2019; 131: 105048
19