

PFAS 評価書（案）【ばく露】

●. 環境中濃度に関する知見の概要

PFAS は、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. 国内

(1) 環境省

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、甲殻類及び貝類）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 年度）から（PFHxS については 2018 年度（平成 30 年度、水質及び底質）又は 2020 年度（令和 2 年度、生物及び大気）から）2021 年度（令和 3 年度）のモニタリング調査結果を表●-1-1～表●-1-4 に示す（環境省 2021a、2023a）（参照 2, 3）。

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（ムラサキイガイ、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。

1

表●-1-1 水質（単位：ng/L）※（環境省 2023a）（参照 3）

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 下限値	検出頻度 検体	地点
PFOS	2009	0.73	0.58	14	tr(0.026)	0.037[0.014]	49/49	49/49
	2010	0.49	0.38	230.	tr(0.037)	0.050[0.020]	49/49	49/49
	2011	0.48	0.36	10	tr(0.020)	0.050[0.020]	49/49	49/49
	2012	0.55	0.51	14	0.039	0.031[0.012]	48/48	48/48
	2014	0.46	0.41	7.5	nd	0.050[0.020]	47/48	47/48
	2015	0.63	0.49	4.7	0.12	0.029[0.011]	48/48	48/48
	2016	0.33	0.30	14	tr(0.023)	0.050[0.020]	48/48	48/48
	2018	0.31	0.30	4.1	nd	0.070[0.030]	42/47	42/47
	2019	0.29	0.26	2.5	nd	0.080[0.030]	47/48	47/48
	2020	0.33	0.26	3.7	tr(0.052)	0.080[0.030]	46/46	46/46
	2021	0.33	0.30	3.7	tr(0.030)	0.080[0.030]	47/47	47/47
PFOA	2009	1.6	1.3	31	0.25	0.059[0.023]	49/49	49/49
	2010	2.7	2.4	23	0.19	0.060[0.020]	49/49	49/49
	2011	2.0	1.7	50	0.38	0.050[0.020]	49/49	49/49
	2012	1.4	1.1	26	0.24	0.17[0.055]	48/48	48/48
	2014	1.4	1.4	26	0.14	0.050[0.020]	48/48	48/48
	2015	1.4	1.2	17	0.31	0.056[0.022]	48/48	48/48
	2016	1.3	1.2	21	0.26	0.050[0.020]	48/48	48/48
	2018	1.1	1.1	28	0.16	0.070[0.030]	47/47	47/47
	2019	1.0	0.90	11	0.16	0.090[0.040]	48/48	48/48
	2020	1.1	0.92	16	0.22	0.090[0.030]	46/46	46/46
	2021	1.1	0.87	23	0.23	0.090[0.040]	47/47	47/47
PFHxS	2018	0.19	0.13	2.6	nd	0.12[0.050]	44/47	44/47
	2019	0.15	0.12	1.8	nd	0.060[0.030]	45/48	45/48
	2020	0.16	0.12	1.5	nd	0.060[0.020]	44/46	44/46
	2021	0.16	0.11	2.3	nd	0.070[0.030]	44/47	44/47

2

※ 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。

3

注 1) tr：検出下限以上定量下限未満、nd：検出下限未満

4

注 2) 2013 年及び 2017 年度は PFOS 及び PFOA の調査を実施していない。

5

6

表●-1-2 底質（ng/kg-dry）※（環境省 2023a）（参照 3）

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 下限値	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(6)	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	nd	nd	27	nd	11[5]	15/61	15/61
	2019	nd	nd	15	nd	13[5]	10/61	10/61
	2020	nd	nd	10	nd	6[3]	13/58	13/58
	2021	nd	nd	15	nd	6[3]	19/60	19/60

※ 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。

注 1) tr : 検出下限以上定量下限未満、nd : 検出下限未満

注 2) 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平均値を求めた。

注 3) 2013 年及び 2017 年度は PFOS 及び PFOA の調査を実施していない。

表●-1-3-a 生物：貝類 (ng/kg-wet) ※ (環境省 2023a) (参照 3)

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 下限値	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	nd	12[4]	2/3	2/3
	2019	tr(3)	tr(4)	tr(5)	tr(2)	6[2]	3/3	3/3
	2020	6	tr(5)	14	tr(3)	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

※ 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。

注 1) tr : 検出下限以上定量下限未満、nd : 検出下限未満

注 2) 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

1 平均値を求めた。
2 注 3) 2013 年及び 2018 年度は PFOS 及び PFOA の調査を実施していない。

3
4 表●-1-3-b 生物：魚類 (ng/kg-wet) ※ (環境省 2023a) (参照 3)

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 下限値	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]	74/90	17/18
	2010	tr(13)	tr(11)	95	nd	26[9.9]	13/18	13/18
	2011	nd	nd	51	nd	41[14]	7/18	7/18
	2012	tr(35)	tr(32)	86	nd	38[13]	18/19	18/19
	2014	tr(6)	tr(4)	85	nd	10[3]	11/19	11/19
	2015	tr(5.7)	tr(5.3)	99	nd	10[3.4]	11/19	11/19
	2016	4	tr(3)	20	tr(2)	4[2]	19/19	19/19
	2017	tr(6)	tr(4)	79	nd	12[4]	12/19	12/19
	2019	tr(3)	tr(3)	18	nd	6[2]	12/16	12/16
	2020	tr(4)	tr(2)	49	nd	6[2]	12/18	12/18
	2021	tr(4)	tr(3)	40	nd	6[2]	14/18	14/18
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

5 ※ 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。

6 注 1) tr：検出下限以上定量下限未満、nd：検出下限未満

7 注 2) 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
8 平均値を求めた。

9 注 3) 2013 年及び 2018 年度は PFOS 及び PFOA の調査を実施していない。

10
11 表●-1-3-c 生物：鳥類 (ng/kg-wet) ※ (環境省 2023a) (参照 3)

	実施 年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 下限値	検出頻度 検体	地点
PFOS	2009	300	360	890	37	19[7.4]	10/10	2/2
	2010	1,300	—	3,000	580	25[9.6]	2/2	2/2
	2011	—	—	110	110	10[4]	1/1	1/1
	2012	160	—	410	63	7[3]	2/2	2/2
	2014	4,600	—	110,000	190	5[2]	2/2	2/2
	2015	—	—	790	790	4[2]	1/1	1/1
	2016	3,600	—	9,100	1,400	9[3]	2/2	2/2
	2017	9,800	—	32,000	3,000	12[4]	2/2	2/2
	2019	—	—	360	360	6[2]	1/1	1/1

	2020	—	—	8,500	8,500	5[2]	1/1	1/1
	2021	3,000	—	15,000	590	5[2]	2/2	2/2
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
PFHxS	2021	140	—	410	46	6[2]	2/2	2/2
	2020	—	—	190	190	5[2]	1/1	1/1
	2021	20	—	40	10	5[2]	2/2	2/2

※ 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。

注 1) tr：検出下限以上定量下限未満、nd：検出下限未満

注 2) 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平均値を求めた。

注 3) 2013 年及び 2018 年度は PFOS 及び PFOA の調査を実施していない。

注 4) 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 年度までの結果と継続性がない。

表●-1-4 大気 (pg/m³) (環境省 2023a) (参照 3)

	実施年度	幾何 平均値	中央値	最大値	最小値	定量[検出] 下限値	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
PFOA	2021 温暖期	2.8	3.1	6.5	0.70	0.18[0.07]	35/35	35/35
	2010 温暖期	25	26	210	4.0	0.5[0.2]	37/37	37/37
	2010 寒冷期	14	14	130	2.4		37/37	37/37
	2011 温暖期	20	18	240	tr(3.5)	5.4[1.8]	35/35	35/35
	2011 寒冷期	12	11	97	nd		36/37	36/37
	2012 温暖期	11	12	120	1.9	0.7[0.2]	36/36	36/36
	2012 寒冷期	6.9	6.0	48	1.6		36/36	36/36

2013 温暖期	23	23	190	3.2		36/36	36/36
2013 寒冷期	14	14	53	3.0	1.8[0.6]	36/36	36/36
2014 温暖期	28	29	210	5.4	0.4[0.1]	36/36	36/36
2015 温暖期	19	17	260	tr(3.7)	4.2[1.4]	35/35	35/35
2016 温暖期	17	15	140	3.2	1.3[0.4]	37/37	37/37
2017 温暖期	14	13	150	tr(2.0)	3.3[1.1]	37/37	37/37
2019 温暖期	14	14	46	5.5	0.8[0.3]	36/36	36/36
2020 温暖期	13	12	55	4.9	0.8[0.3]	37/37	37/37
2021 温暖期	8.3	7.5	42	2.6	0.7[0.3]	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

注 1) tr : 検出下限以上定量下限未満、nd : 検出下限未満

注 2) 2018 年度は PFOS 及び PFOA の調査を実施していない。

環境省は、水環境における有機フッ素化合物の全国的な存在状況を把握するため、令和元～2 年度に有機フッ素化合物全国存在状況把握調査を実施した。令和 2 年度は、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 周辺等の計 143 地点において、河川、海域、地下水、湧水を対象として実施された。そのうち PFOS 及び PFOA は全地点、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 5 の PFOS 及び PFOA については、143 地点のうち、12 都府県の 21 地点において公共用水域及び地下水の水環境の指針値（暫定）（PFOS 及び PFOA の合算値で 50 ng/L）を超過しており、最大値は 5,500 ng/L（PFOS 及び PFOA の合算値）であった。また、要調査項目 6 の PFHxS については、47 地点のうち 36 都道府県の 36 地点において 0.1 ng/L（定量下限値）以上の検出を確認し、最大値は 28 ng/L であった（環境省 2021b）（参照 4）。

環境省は、令和 2 年度より、水質汚濁防止法に基づき国及び地方公共団体が実施した PFOS 及び PFOA の調査結果をとりまとめている。令和 3 年度は、

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。

⁵ 人の健康の保護に関連する物質ではあるが、公共用水域等における検出状況等からみて、現時点では直ちに環境基準せず、引き続き知見の集積に努めるべきと判断された物質。PFOS 及び PFOA は人の健康の保護にかかる項目に区分されている（環境省 2020）（参照 5）。

⁶ 水環境を経由して、人の健康や生態系に有害な影響を与えるおそれ（水環境リスク）はあるものの比較的大きくない、又は不明であるが水環境中での検出状況や複合影響の観点からみて、水環境リスクに関する知見の集積が必要な物質。PFHxS は人の健康に係る項目に区分されている（環境省 2021c）（参照 6）。

31 都道府県の 1,133 地点（河川：703 地点、湖沼：29 地点、海域：84 地点、地下水：317 地点）で調査が実施され、そのうち 13 都道府県の 81 地点（河川：38 地点、湖沼：0 地点、海域：0 地点、地下水：43 地点）において指針値（暫定）を超過しており、最大値は 1,800 ng/L（PFOS 及び PFOA の合算値）であった（環境省 2023b）（参照 7）。

環境省は、要調査項目等存在状況調査において、令和 3 年度より PFHxS の調査を行っている。令和 4 年度は、47 都道府県の 47 地点の河川、湖沼、海域、地下水、湧水を対象として調査が実施され、調査を行った結果、PFHxS 濃度（直鎖体及び分岐鎖体の合算値）の平均値は 57 ng/L、最小値は<0.1 ng/L、最大値は 2,100 ng/L で、検出頻度は 74.5%であった（環境省 2023c）（参照 8）。

（2）厚生労働省

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 か所の浄水場のうち、現在の PFOS 及び PFOA の暫定目標値を超えたところはなかった（厚生労働省 2020）（参照 9）。

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轄する 29 か所の浄水場のうち、1 か所において現在の PFOS 及び PFOA の暫定目標値を超過した（当該浄水場は水源を切替済み）（厚生労働省 2021）（参照 10）。

（3）その他

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タについて表●-2～表●-5 に示す（ATSDR 2021）（参照 11）。

表●-2 パーフルオロアルキル化合物の外気濃度 (pg/m³)

(ATSDR 2021) (参照 11)

	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

注) 平均値 (範囲)

表●-3 パーフルオロアルキル化合物の室内ダスト濃度 (ng/g)

(ATSDR 2021) (参照 11)

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

注) 平均値 (範囲)、中央値

表●-4 パーフルオロアルキル化合物の表流水濃度 (ng/L)

(ATSDR 2021) (参照 11)

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

表●-5 パーフルオロアルキル化合物の海水濃度 (ng/L) ※

(ATSDR 2021) (参照 11)

	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

※ 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。

注 1) その他、PFNA についても報告されている (0.163~71 ng/L)。

2. 海外

(1) EPA

米国 EPA は、2023 年の報告書 (Draft) において、米国内の PFAS の水環境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、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。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）が森林地帯の多い上流湖域（スペリオル湖、ミシガン湖、ヒューロン湖）よりも表層水中濃度が高いとする知見（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 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）を報告している（EPA 2023a、2023b, Draft）（参照 12, 13）。

（２）ATSDR

ATSDR で報告されている、国家優先リスト（NPL: National Priorities List）⁷に掲載されている地域の水及び土壌中の PFAS 濃度を表●-6 に示す（ATSDR 2021）（参照 11）。

表●-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
（ATSDR 2021）（参照 11）

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

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

（３）EFSA

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 2020）（参照 14）。

⁷ 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。

(4) ECHA

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 濃度データについて表●-7 に示す（ECHA 2023）（参照 15）。

表●-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）
（ECHA 2023）（参照 15）

調査国/箇所	上段：検出頻度 下段：平均濃度(範囲)			参照
	PFOS	PFOA	PFHxS	
フェロー諸島 (湖) (n=4)	2/4 (<0.09-0.57)	4/4 (3.5-7.1)	0/4	Eriksson et al. 2013
オランダ (n=10)	10/10 (3.3-25)			Esparza et al. 2011
バルト海 (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)	
ドイツ/オランダ (ライン川) (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
ドイツ(エルベ川) (n=22)	36% (nd-11)	100% 2.0 (0.8-3.6)	100% 0.8 (0.3-1.4)	
ドイツ(エルベ河口/北海) (n=19)	95% (nd-2.6)	100% 1.6 (0.4-5.1)	100% 0.5 (0.1-1.0)	
ドイツ(エムズ河口/北海) (n=18)	11% (nd-0.8)	100% 4.6 (1.4-12)	61% 0.4 (nd-1.6)	
グリーンランド海, ノルウェー海, 北海, フラム海峡 (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
ロングイェールビーン (河川) (イスダムス湖) (アドベントフィヨルド)		0.31 0.17 0.074		Kwok et al., 2013
北欧諸国 (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
ドイツ	13%	29%	21%	

(n=24)	(nd-4.6)	(nd-6.5)	(nd-5.6)	Llorca et al. 2012a
スペイン (n=24)	46% (nd-2 709)	63% 13 (nd-68)	21% (nd-37)	
ノルウェー(オスロフィヨルド 内陸部) (n=2)	4.7	5.9		NEA 2019
英国 (テムズ川) (n=6)	100% 14 (8.1-19)	100% 8.5 (5.6-12)	100% 7.1 (5.0-11)	Pan et al. 2018
ドイツ/オランダ (ライン川) (n=20)	100% 4.4 (0.23-8.6)	100% 2.6 (0.86-3.7)	100% 2 (0.12-3.9)	
スウェーデン (メーラレン湖) (n=10)	100% 3.1 (1.0-8.2)	100% 2.3 (1.1-3.3)	100% 1.3 (0.56-2.8)	
ドイツ (エルベ川、ヴェーザー 川)	1.0 (0.13-3.0)	2.3 (0.8-5.1)	0.54 (<0.03-1.2)	Zhao et al. 2015
ドイツ (北海)	0.51 (<0.07-2.7)	0.84 (0.1-2.4)	0.24 (<0.03-0.51)	

(5) Health Canada

① 水環境中濃度

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

2007年4月から2008年3月までの毎月、ケベック州の7か所の浄水場において、原水と浄水を84サンプルずつ採取したところ、PFOAは浄水サンプル(MDL(Method Detection Limit): 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 ng/Lであった。検出率と濃度中央値は原水よりも浄水の方が高く、原水の検出率と中央値はそれぞれ55%と2.0 ng/Lであった。PFOSは浄水サンプルの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 ng/L)であった。検出率と濃度中央値は原水よりも浄水の方が高く、原水の検出率と中央値はそれぞれ40%と<1 ng/Lであった(Berryman et al. 2012)(Health Canada 2018a、2018b)(参照16、17)。

② 大気中濃度

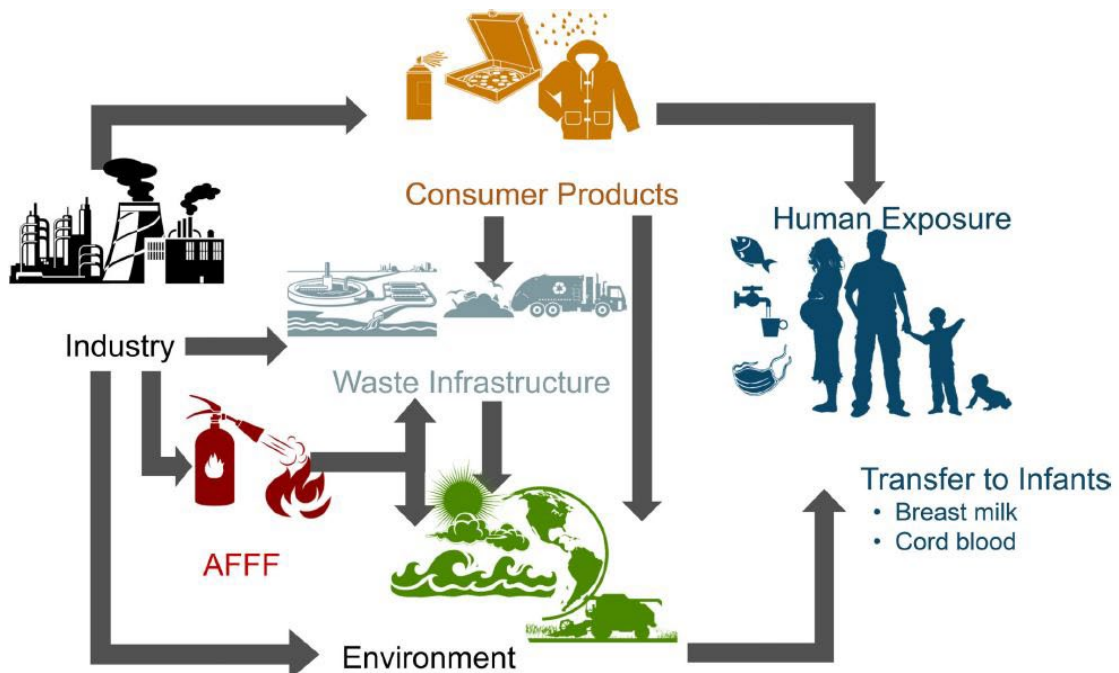
PFOS 及び PFOA について、揮発度 (volatility) が低いために吸入摂取量は無視できるとの知見を引用したうえで (Tittlemier 2007)、以下のカナダの屋外大気中の PFAS のレベルの知見を紹介している。PFOS の居住域内外の大気濃度に関しては、2007 年にバンクーバーの住宅の庭に 3 か月間設置された屋外パッシブサンプラーで収集したところ、PFOS は、全てのサンプル ($n = 6$) で検出下限 ($< 0.02 \text{ pg/m}^3$) を下回り、PFOA は 4 サンプルで検出された ($< 0.47 \sim 9.2 \text{ pg/m}^3$ 、平均 : 1.4 pg/m^3)。居住内の大気濃度の調査においては、寝室に約 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、全てのサンプル ($n = 39$ 世帯、参加者 59 名) で検出下限 ($< 0.02 \text{ pg/m}^3$) を下回り、PFOA は幾何平均濃度が 28 pg/m^3 (算術平均 : 113 pg/m^3 、中央値 : 21 pg/m^3 、範囲 : $3.4 \sim 2,570 \text{ pg/m}^3$) であった (Shoeib et al. 2011)。

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、PFOS が $2.5 \sim 8.1 \text{ pg/m}^3$ 検出された (気相サンプルでは PFOS は非検出) (Boulanger et al. 2005)。PFOS はカナダ北極 (ヌナブト準州レゾリュート湾) でも検出され、大気的气体相及び粒子相で平均濃度 5.9 pg/m^3 であった (2004 年のサンプリング) (Fromme et al. 2009、Butt et al. 2010)。PFOA に関しては、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/m^3 であった (Stock et al. 2007) (Health Canada 2018 a、2018b) (参照 16, 17)。

●. ばく露に関する知見の概要

ヒトは、PFAS を使用した家庭用品、食品、飲料水、環境中などの様々な経路から 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の PFAS ばく露経路の概要を図●-1 に示す (Sunderland et al. 2019) (参照 18)。

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によるばく露実態調査等が行われている。



図●-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 (Sunderland et al. 2019) (参照 18)

1. 食事からの経口ばく露

(1) 食品・飲料水中の濃度

① 国内

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ダイエツトスタディを実施するため、東京、大阪、名古屋及び福岡の 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と推定されたため、大阪、名古屋及び福岡での調査は、地域ごとに、これら 5 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●-1 及び表●-2 に示す。魚介類と藻類、肉類以外の食品群は PFOS 及び PFOA が LOQ 未満の濃度であった（農林水産省 2016）（参照 19）。

表●-1 食品群に含まれる PFOS の分析結果（単位：ng/kg）

（農林水産省 2016）（参照 19）

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 ^{※3}	1	0 ^{※2}	3 ^{※2}	3	8

※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 と同値として、LOD 以上 LOQ 未満の分析値を LOQ と同値として算出

※2 1 地域での分析結果を記載

※3 容器入り飲料水

表●-2 食品群に含まれる PFOA の分析結果（単位：ng/kg）

（農林水産省 2016）（参照 19）

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	0	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 ^{※3}	1	0 ^{※2}	2 ^{※2}	2	5

※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と同値として、LOD以上LOQ未満の分析値をLOQと同値として算出

※2 1地域での分析結果を記載

※3 容器入り飲料水

堤ら（2022）は6種類のPFAS（PFOS、PFOA、PFHxS、PFHxA、PFBA及びPFUdA）についてトータルダイエツト試料の分析を行った。令和3年度に調製した東京及び大阪のトータルダイエツト試料を食品群別（1群：米・米加工品、2群：米以外の穀類・種実類・いも類、3群：砂糖類・菓子類、4群：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：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群：肉類・卵類、12群：乳・乳製品、13群：調味料及び14群：飲料水）にLC-MS/MSで分析した⁸。分析結果⁹を表●-3に示す。LOQを100 ng/kgとして分析した結果、主にPFBA、PFHxA及びPFUdAが検出され、PFOAはtraceレベル（LOQ未満）で検出された。PFOS及びPFHxSはLOD（報告書に数値の記載なし）未満であった（堤ら 2022）（参照 20）。

⁸ 本分析法のトータルダイエツト試料におけるPFAS分析の妥当性は未確認であるため、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を掛けてng/kgとして掲載した。

表●-3 トータルダイエツト試料（東京・大阪）の PFAS 含有量調査結果
（暫定値）（単位：ng/kg）（堤ら 2022）（参照 20）

		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
	PFUdA	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
	PFUdA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1,850	ND	ND	ND	ND

注 1) ND：未検出（LOD 未満）、UK：検出されているが数値不明

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。

堤ら（2023）は PFAS 及び PFAS 代替化合物計 15 種類（PFHxA、PFHpA、PFOA、P3MHPA、PFNA、ipPFNA、PFHxS、PFHpS、PFOS、PFNS、ipPFNS、GenX、ADONA、F-53B 及び 8Cl-PFOS）についてトータルダイエツト試料の分析を行った。令和 3 年度に調製した関西地区のトータルダイエツト試料（上述の堤ら（2022）と同じ食品群から飲料水を除いた 1～13 群）を LC-MS/MS で分析した¹⁰。分析結果¹¹を表●-4 に示す。6 群（果実・果汁）からは PFHxA が、10 群（魚介類）からは PFOS が LOQ（いずれも 50 ng/kg）以上の濃度で検出された。LOQ 未満であるが、trace レベル（25～50 ng/kg 程度）で検出される PFAS もあった（堤ら 2023）（参照 21）。

表●-4 トータルダイエツト試料（関西地区）の PFAS 含有量調査結果
（暫定値）（単位：ng/kg）（堤ら 2023）（参照 21）

	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	LOD	LOQ
PFHxA	ND	<LOQ	ND	ND	ND	58	<LOQ	<LOQ	ND	ND	ND	ND	<LOQ	25	50
PFOA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LOQ	ND	ND	ND	25	50
PFNA	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	<LOQ	ND	ND	ND	50	75
PFOS	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	780	ND	ND	ND	25	50

注 1) ND：未検出（LOD 未満）

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 3 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●-5）から、各測定地点における最高値別でみると、全 1,247 測定地点中 2 地点で暫定目標値（PFOS 及び PFOA の合計として 50 ng/L）を超え

¹⁰ 本分析法のトータルダイエツト試料における PFAS 分析の妥当性は未確認であるため、分析結果は暫定値である。

¹¹ 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。

ていた¹² ((公社) 日本水道協会 2023) (参照 22)。

表●-5 給水栓水での PFOS 及び PFOA の検査状況 (最高値)

((公社) 日本水道協会 2023) (参照 22)

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	1,247	1,101	94	21	8	7	5	3	4	1	1	2
表流水	331	313	10	5	0	2	0	0	0	0	1	0
ダム湖沼	64	49	12	1	0	0	0	0	1	0	0	1
地下水	608	529	45	10	7	4	5	3	3	1	0	1
その他	244	210	27	5	1	1	0	0	0	0	0	0

※ 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 年からトータルダイエツスタディの一環として収集された食品に含まれる PFAS の検査を行っている。これらは地域サンプルによる検査及び全国流通食品サンプルによる検査に分かれている。全国流通食品サンプルによる検査は、2018 年に実施 167 点を対象に実施され、16 種類の PFAS¹³を分析した¹⁴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 23)。

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、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 月～2022 年 3 月にワシントン D.C.で市販されていた魚介類 (加工品を含む) について、PFOS (直鎖型及び分岐鎖型の合計)、PFOA (直鎖型及び分岐鎖型の合計) 及び PFHxS (直鎖型のみ) を含む 20 種類の PFAS の濃度を調査した。調査結果を表●-6 及び図●-2 に示す。なお、これらの試料について包装

¹² 暫定目標値を超えていた地点においては、水源の切替が行われている。

¹³ PFOA、PFOS、PFBA、PFHpS、PFPeA、PFHxA、PFHxS、PFHpA、PFBS、PFPeS、NaDONA、HFPO-DA、PFDA、PFNA、11Cl-PF3OudS、9Cl-PF3ONs

¹⁴ 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。

から魚介類への PFAS 移行の可能性を確認したところ、56 の包装のうちいずれも PFAS を含んでいなかったことから、包装から魚介類への PFAS の移行はなかったとしている (Young et al. 2022) (参照 24)。

表●-6 FDA の 2021-2022 年魚介類調査サンプル中の PFAS 濃度
(Young et al. 2022) (参照 24)

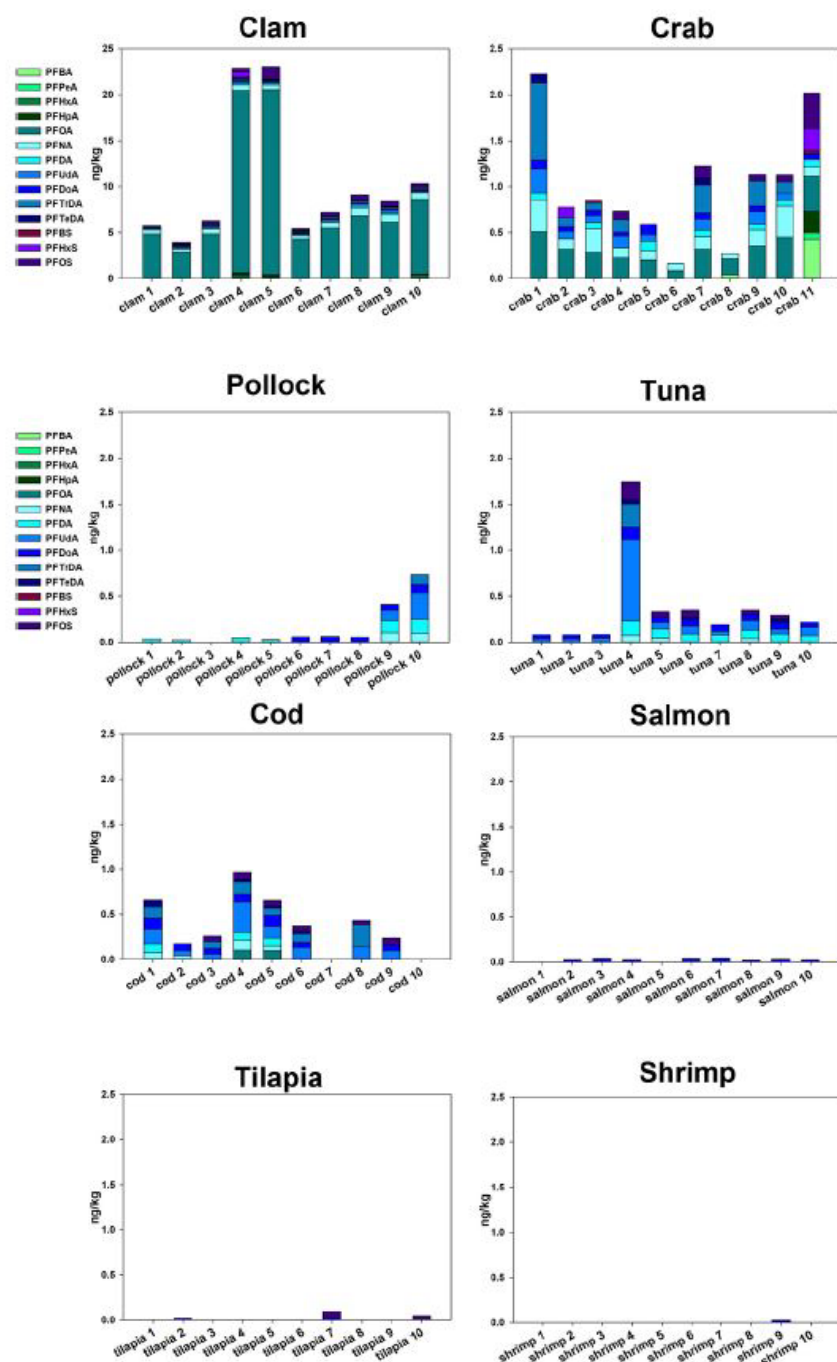
品目	点数	検出率	総 PFAS 濃度 (ng/kg) ※1 (最小値～最大値)	原産国 (点数)
アサリ (缶)	10	100%	4,000 ～ 23,000	中国(10)
カニ	11	100%	160 ～ 2,200	インドネシア(9)、メキシコ(2)
マグロ (缶)	10	100%	83 ～ 1,750	タイ(5)、エクアドル(1)、記載なし(4)
エビ	10	10%	ND※2 ～ 27	インドネシア(6)、インド(3)、記載なし(1)
ティラピア	10	30%	ND※2 ～ 90	中国(6)、ホンジュラス(1)、記載なし(3)
タラ	10	80%	ND※2 ～ 960	中国(4)、アイスランド(2)、ノルウェー(2)、米国(2) ※3、記載なし (1)
サーモン	10	80%	ND※2 ～ 45	チリ(4)、ノルウェー(4)、カナダ(2)
スケトウダラ	10	90%	ND※2 ～ 730	米国(6) ※4、中国(1)、ドイツ(1)、記載なし(2)

※1 文献中では $\mu\text{g/kg}$ で報告されているが、1,000 を乗じて ng/kg で記載した。

※2 ND : すべての PFAS 濃度が MDL 未満

※3 中国で加工されているものの、原産国は米国

※4 うち 1 点は中国で加工されているものの、原産国は米国



注) グラフの縦軸の単位は ng/kg と表記されているが、論文本文では $\mu\text{g/kg}$ と記載されている。

図●-2 FDA の 2021~2022 年魚介類調査サンプル中の PFAS 濃度 (グラフ)
(Young et al. 2022) (参照 24)

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 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

1 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
 2 び飲料の PFAS 濃度のデータ（97,448 試料）を解析し、食品群別の平均 PFAS
 3 濃度を算出した。食品群ごとの PFOS、PFOA、PFNA 及び PFHxS の分析結
 4 果（魚類を除く）を表●-7 に示す。また、特に PFAS 濃度の高かった魚類に
 5 ついて、魚種ごとの結果を表●-8 に示す（EFSA 2020）（参照 14）。

7 表●-7 食品群ごとの平均 PFAS 濃度（魚類を除く）（単位：ng/kg^{※1}）
 8 （EFSA 2020）（参照 14）

	PFOS				PFOA				PFNA				PFHxS			
	点数	LC(%) ^{※2}	平均値 ^{※3}		点数	LC(%) ^{※2}	平均値 ^{※3}		点数	LC(%) ^{※2}	平均値 ^{※3}		点数	LC(%) ^{※2}	平均値 ^{※3}	
			LB	UB			LB	UB			LB	UB			LB	UB
野菜及び野菜加工品 ^{※4}	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	1,590	572	91	380	1,230	33	100	0	670	28	96	15	680
乳製品	13	85	1	120	13	85	1	130	13	92	0	100	13	92	0	80
液体乳	235	96	1	140	236	100	0	150	111	100	0	110	126	100	0	100
卵及び卵製品	174	92	270	350	177	92	106	210	124	100	0	98	107	97	0	60
動植物油脂	38	90	4	110	38	90	2	110	36	100	0	120	53	97	0	102
アルコール飲料	6	100	0	2	6	84	10	14	6	100	0	5	6	84	6	7
飲料水 ^{※5}	451	88	0.1	3	452	78	1	3	449	99	0	2	449	85	2	4
乳幼児向け食品	11	100	0	24	11	100	0	150	10	90	126	240	10	100	0	240
飼育動物の食用内蔵	495	80	870	1,180	452	94	92	360	285	84	87	320	170	99	140	520
狩猟動物の食用内蔵	903	4	214,000	215,000	898	58	5,480	8,180	105	10	9,770	9,870	105	99	10	2,520

※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。
 ※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
 ※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
 13 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。
 ※4 きのご類を含む。
 ※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。
 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。

20 表●-8 魚類及び魚の内臓の平均 PFAS 濃度（単位：ng/kg^{※1}）
 21 （EFSA 2020）（参照 14）

	PFOS				PFOA				PFNA				PFHxS			
	点数	LC(%) ^{※2}	平均値 ^{※3}		点数	LC(%) ^{※2}	平均値 ^{※3}		点数	LC(%) ^{※2}	平均値 ^{※3}		点数	LC(%) ^{※2}	平均値 ^{※3}	
			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	4,730	4,730	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	1,050	145	93	12	740	130	92	16	780	27	100	0	530
オヒョウ ^{※4}	487	71	260	810	106	99	3	300	487	100	0	770	487	100	2	690
コイ	145	14	14,120	14,210	149	32	4,100	4,330	125	65	840	1,470	126	97	66	1,010
ウナギ	164	35	9,230	9,440	177	96	71	680	54	91	980	1,660	58	98	7	730
魚の内臓	208	83	3,380	4,990	208	100	10	3,510	204	99	11	2,410	202	100	31	1,650

※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。
 ※2 LC である分析値の割合

※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。

※4 ヒラメ目ヒラメ科オヒョウ属の海水魚。

注) DiPAP、EtFOSA、EtFOSE、FC 807、FOSA、MonoPAP、PFBA、PFBS、PFDA、PFDoDA、PFDS、PFHpA、PFHpS、PFHxA、PFHxDA、PFODA、PFOSi、PFPeA、PFPeDA、PFTeDA、PFTTrDA、PFUnDAについてもデータあり。

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のPFAS濃度を調査した。食品では17種¹⁵、飲料水で20種¹⁶のPFASを測定している。分析結果を表●-9に示す（RIVM 2023）（参照 25）。

表●-9 食品及び飲料水中の平均PFAS濃度（単位：ng PEQ/kg^{※1}）
（RIVM 2023）（参照 25）

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
		ホウレンソウ	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
		カリフラワー	5	0.005	42
	鱗茎菜類	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

¹⁵ PFOA、PFOS、PFHxS、PFBS、PFHpS、PFDS、PFBA、PFPeA、PFHxA、PFHpA、PFNA、PFDA、PFUnDA、PFDoDA、PFTTrDA、PFTeDA、GenX

¹⁶ 食品で分析対象としたPFAS17分子種及びADONA、PFPeS、TFA

	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
		マンダリン	5	0.48	42
	柑橘類	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	189
		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 報告書中では pg PEQ/g (PEQ : PFOAequivalents) で報告されているが、ng PEQ/kg として記載している。

※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 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 LOD と同値、LOD 以上 LOQ 未満の分析値を LOQ と同値、LOQ 以上 LOC 未満の分析値を LOC と同値として算出。

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）

において 30 種類¹⁷の PFAS 濃度を測定したところ、PFOS 以外の PFAS はすべての食品（112 品目）から検出されなかった。食品中の PFOS 濃度を表 ●-10 に示す（FSANZ 2021b）（参照 26）。

表 ●-10 食品中の平均 PFOS 濃度（FSANZ 2021b）（参照 26）

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%	18	38	59
マグロの水煮缶詰	8	50%	70	83	95
上記以外の食品（水を除く）	1240	0%	0	25	50
水道水及び市販水	24	0%	0	0.5	1

※1 報告書では µg/kg（水は µg/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、MB 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 ng/L）（FDA 2020）（参照 27）。

米国地質研究所（USGS）が 2016～2021 年に採取した米国内 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 78 種の 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 0.348～346 ng/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 28）。

¹⁷ 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

(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●-11）（環境省 2012）（参照 29）。

表●-11 食事経由のフッ素化合物摂取量の統計値（単位：ng/kg 体重/日）
（環境省 2012）（参照 29）

		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	ND	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

注 1) ND：食事試料中の PFOS 又は PFOA 濃度が検出下限値（PFOS：7.4 pg/g (=ng/kg)、PFOA：9.3 pg/g (=ng/kg)）未満であったもの

注 2) 平均値及び標準偏差は ND を 0 として計算した。

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 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（LB～UB）は 0.60～1.1 ng/kg 体重/日、PFOA（LB～UB）は 0.066～0.75 ng/kg 体重/日であった。（農林水産省 2023）（参照 30）。

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●-12 に

1 示す。

2

3

表●-12 海外における食事からの PFAS 摂取量推定結果

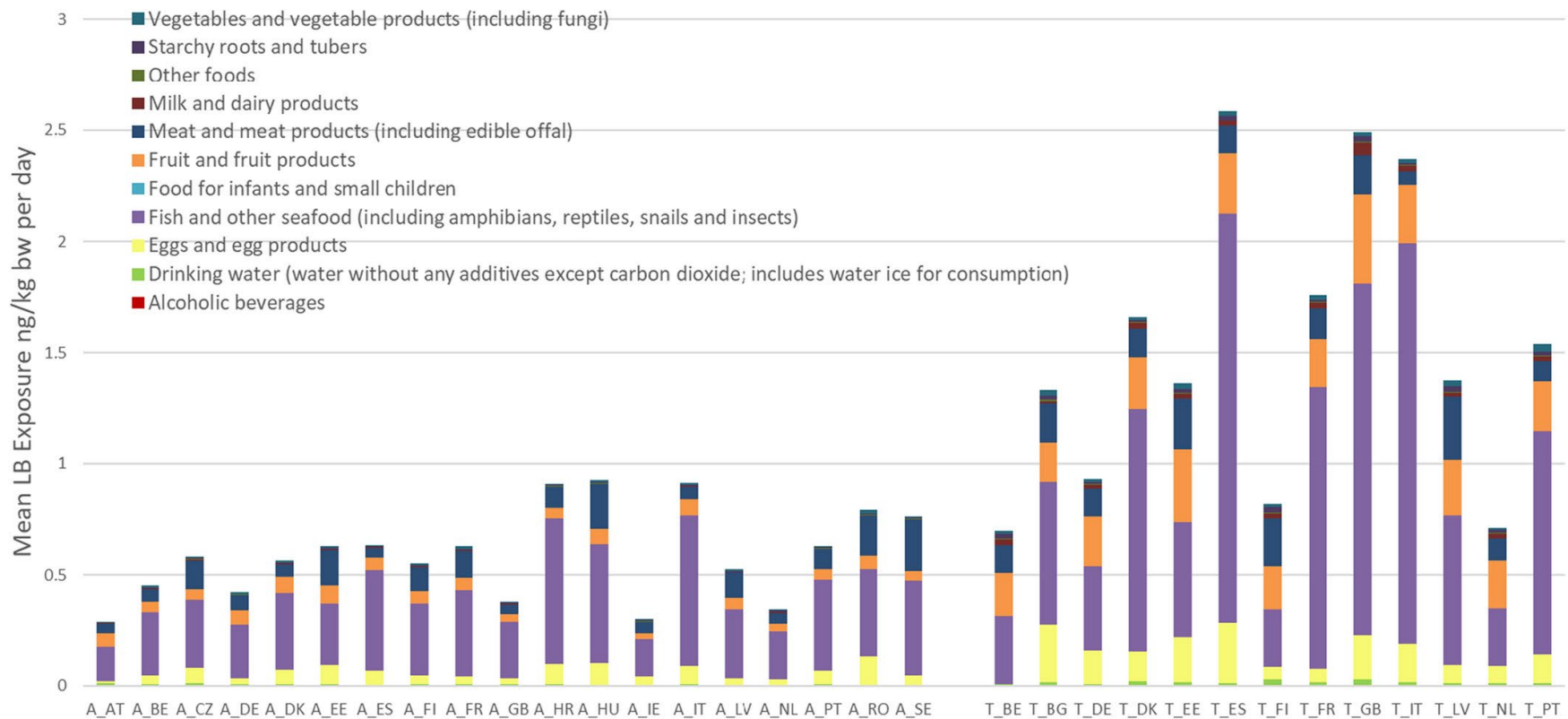
国又は地域	対象集団	分子種	摂取量	引用文献
カナダ	12 歳以上	PFHpA, PFOA, PFNA, PFOS, PFMe ₂ OA, PFDA, PFUA, PFDoDA, PFTeDA	(ng/日) 全体 : 250 男性 (12-29 歳) : 290 男性 (20-39 歳) : 480 男性 (40-64 歳) : 340 男性 (>65 歳) : 200 女性 (12-29 歳) : 170 女性 (20-39 歳) : 200 女性 (40-64 歳) : 240 女性 (>65 歳) : 120	Tittlemier 2007 (参照 31)
EU	19 か国	PFOA, 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 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	EFSA 2020 (参照 14)
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	BfR 2021 (参照 32)

			・ 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	
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 25)
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 26)
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 33)

- ※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 歳以上）として分類。
- ※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。
- ※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。
- ※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。
- ※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 (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 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。
- ※6 PEQ : PFOA equivalents
- ※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。
- ※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 の値として、UB は LOR 未満の分析値を LOR と同値として算出。

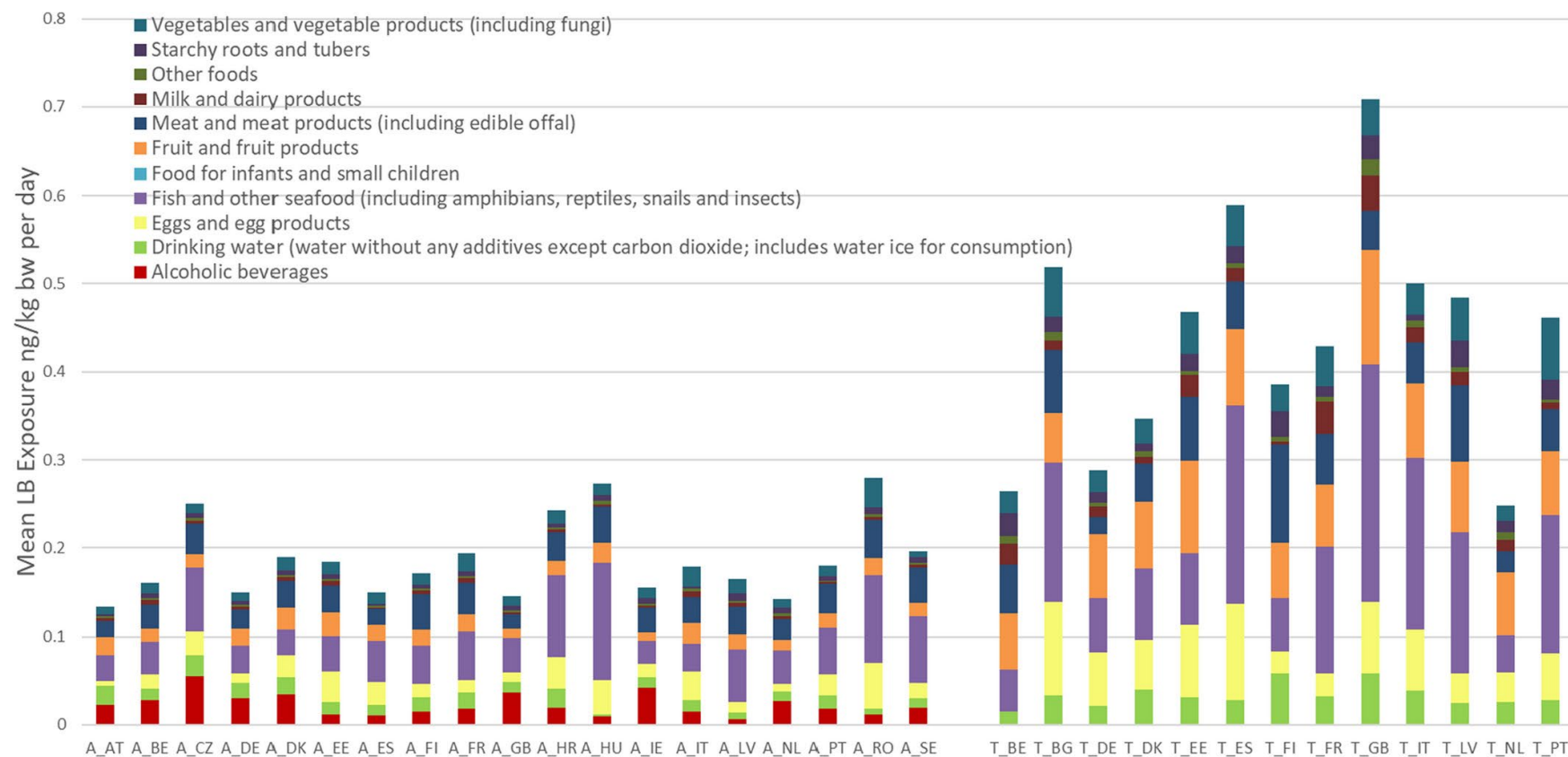
EFSA は 2020 年の評価において、19 か国 35 種類の食品消費データと、16 か国 97,434 点の食品の汚染実態データから摂取量推定を行い、LB シナリオにおける各食品群の寄与率を求めた。その結果、PFOS については魚及びその他の魚介類の寄与が最も高く、次いで卵及び卵製品、肉及び肉製品、特に子供

1 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
2 の他の魚介類、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
3 果物製品、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
4 て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
5 齢層（大人及び幼児）の平均摂取量のグラフを図●-3-1～図●-3-3 に示す
6 （EFSA 2020）（参照 14）。
7



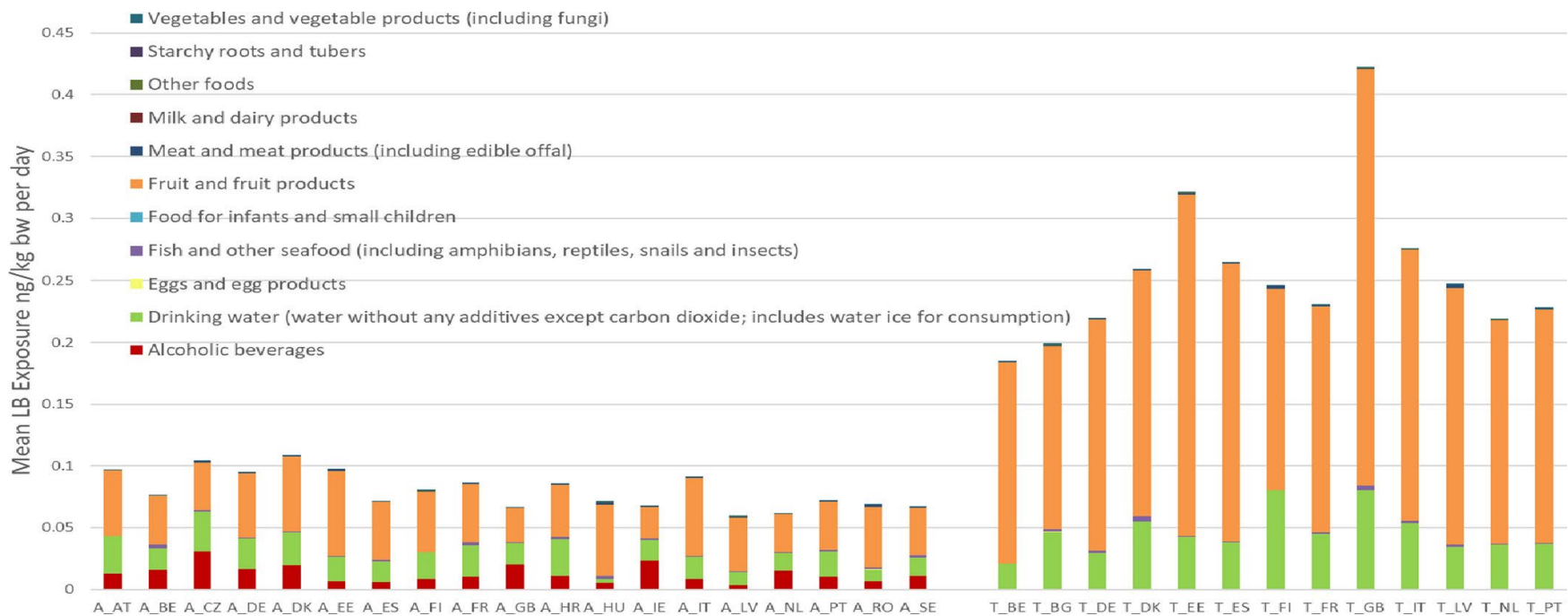
注) A : 大人 (グラフ左側、18 歳以上 65 歳未満)、T : 幼児 (グラフ右側、12 か月以上 36 か月未満)、AT : オーストリア、BE : ベルギー、CZ : チェコ、DE : ドイツ、DK : デンマーク、EE : エストニア、ES : スペイン、FI : フィンランド、FR : フランス、GB : 英国、HR : クロアチア、HU : ハンガリー、IE : アイルランド、IT : イタリア、LV : ラトビア、NL : オランダ、PT : ポルトガル、RO : ルーマニア、SE : スウェーデン

図●-3-1 LB シナリオにおける食品群別平均ばく露 (PFOS) (EFSA 2020) (参照 14)



注) A : 大人 (グラフ左側、18 歳以上 65 歳未満)、T : 幼児 (グラフ右側、12 か月以上 36 か月未満)、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

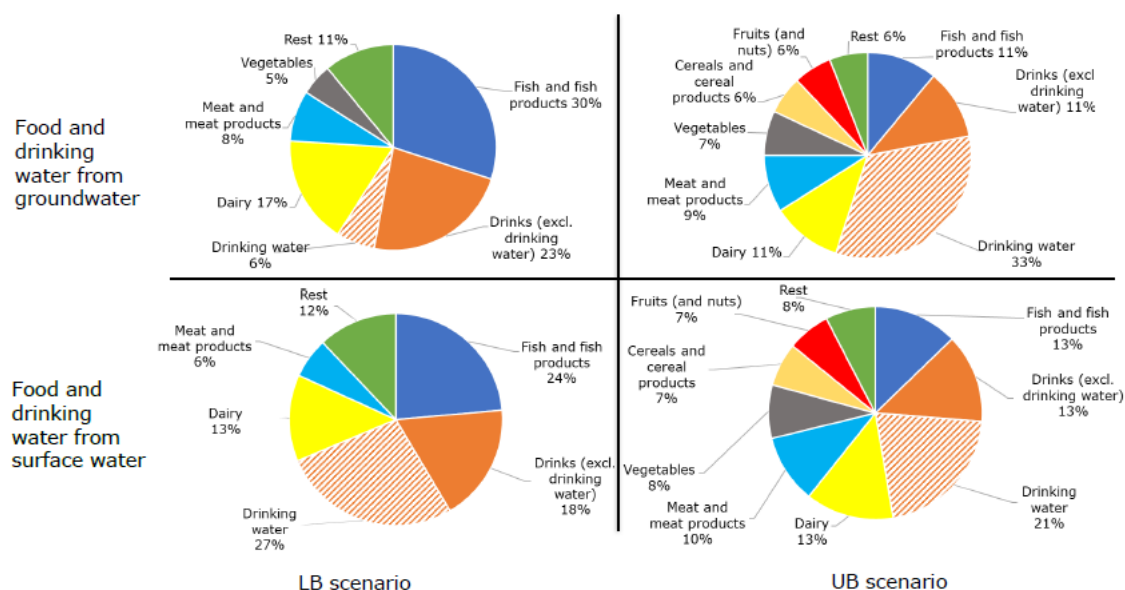
図●-3-2 LB シナリオにおける食品群別平均ばく露 (PFOA) (EFSA 2020) (参照 14)



注) A : 大人 (グラフ左側、18 歳以上 65 歳未満)、T : 幼児 (グラフ右側、12 か月以上 36 か月未満)、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●-3-3 LB シナリオにおける食品群別平均ばく露 (PFHxS) (EFSA 2020) (参照 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●-4）。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 25）。



図●-4 飲料水及び食品群の寄与率（RIVM 2023）（参照 25）

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%）及び甲殻類（7%）で、魚介類の寄与率を合計すると 71%であった（FSANZ 2021）

(参照 26)。

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

ATSDR (2021)、EFSA (2020) 及び Health Canada (2018a、2018b) の評価書では、食事及び飲料以外の経口ばく露源として、食品用器具・容器包装からの移行や粉塵の経口摂取、表面を化学処理加工されたカーペットや衣類等の家庭用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 (ATSDR 2021、EFSA 2020、Health Canada 2018a、2018b) (参照 11、14、16、17)。

Sunderland ら (2019) は、成人における PFAS ばく露源の寄与率に関する推定を行っている文献から、一般的に PFAS ばく露の最大の原因は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寄与度は、地域ごとの人口構成や集団により大幅に異なっているとしている (表●-13) (Sunderland et al. 2019) (参照 18)。

表●-13 文献による成人の PFAS ばく露源の推定寄与率(%) (Sunderland ら (2019) より PFOS 及び PFOA のデータを抜粋して掲載) (参照 18)

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)

3. 生物学的指標

(1) 血中濃度

① 国内

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。地域別に比較した結果、PFOS、PFOA とともに東海北陸近畿地域で濃度が高く、統計学的有意差（ $p<0.01$ ）がみられた（表●-14）。地区別に比較した結果、PFOS では漁村地区の濃度が高く、都市地区、農村地区いずれとも統計学的有意差（ $p<0.01$ ）がみられた一方で、PFOA では地区間の有意差はみられなかった（表●-15）（環境省 2011）（参照 34）。

表●-14 3 か年（平成 20～22 年度）の全血中 PFOS・PFOA 濃度の統計値（地域別）（単位：ng/mL）（環境省 2011）（参照 34）

		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)	九州沖縄 (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	1.0～71	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

表●-15 3 か年（平成 20～22 年度）の全血中 PFOS・PFOA 濃度の統計値（地区別）（単位：ng/mL）（環境省 2011）（参照 34）

		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

環境省が平成 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及び平成 24 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中 PFAS 濃度の結果を表●-16
に示す（環境省 2017）（参照 35）。

表●-16 平成 23～28 年度の全血中 PFAS 濃度結果（ng/mL）
（環境省 2017）（参照 35）

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 52.4 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	ND ^{※1} ～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	ND ^{※1} ～1.1
平成 27 年度	2015 年 11 月	77 名 ^{※2} (男性 39 名、女性 38 名) 平均年齢 49.1 歳	PFOS	2.9	2.2	2.1	0.44 ～11
			PFOA	2.3	2.1	1.6	0.27 ～12
			PFHxS	0.24	0.18	0.22	ND ^{※1} ～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	0.071～0.76

※1 ND：検出下限（PFHxS（平成 25～27 年度）：0.063 ng/mL）未満

※2 全血中 PFAS 濃度については 76 名分の結果を記載している。

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

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
タリング調査（パイロット調査¹⁸）における全血中 PFAS 濃度の結果を表●-
17 に示す（環境省 2022）（参照 36）。

表●-17 パイロット調査における全血中 PFAS 濃度結果（ng/mL）
（環境省 2022）（参照 36）

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	ND ^{※1} ～3.4
			PFHxS	0.22	0.17	0.21	ND ^{※1} ～0.81
令和 3 年度	2021 年 12 月	121 名 ^{※2} (男性 59 名、女性 62 名)	PFOS	2.1	1.4	1.8	0.65～8.5
			PFOA	1.2	0.56	1.1	0.23～3.5

¹⁸ 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。

		平均年齢 43.2 歳	PFHxS	0.56	0.79	0.41	ND ^{※1} ～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	ND ^{※1} ～1.2

※1 ND：検出下限（PFOA：0.17 ng/mL、PFHxS：0.14 ng/mL）未満

※2 全血中 PFAS 濃度については 119 名分の結果を記載している。

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

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●-18 に示す。

表●-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 1 病院 リクルート時期： 2002 年 7 月 ～2005 年 8 月 (北海道スタディ；札幌コホート)	妊婦 447 名	血清濃度 25%ile 値, 50%ile 値, 75%ile 値 PFOS：3.40, 5.20, 7.00 PFOA：0.80, 1.30, 1.80	Kishi 2017 (参照 37)
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；北海道大規模コホート)	妊婦 2,123 名 <25 歳：183 名 25-29 歳：607 名 30-34 歳：882 名 ≥35 歳：451 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, <MDL 0.33, 3.39 (MDL：0.2 ng/mL)	Tsai 2018 (参照 38)
京都府宇治市 2013 年	131 名 (男性 37 名、女性 94 名) 平均年齢 63 歳	血漿中濃度 ^{※2,※3} 平均値 (SD), 5%ile 値, 50%ile 値, 95%ile 値 PFOA：4.63 (2.45), 1.17, 4.08, 9.03	Soleman 2023 (参照 39)

※1 PFHxA、PFHpA、PFNA、PFDA、PFUnDA、PFDaDA、PFTrDA、PFTeDA についてもデータあり。

※2 PFHpA、PFNA、PFDA、PFUnDA、PFDaDA、PFTrDA についてもデータあり。

※3 データは pg/mL で算出されているが、比較のため 1,000 で除して ng/mL に換算した。

② 海外

海外における血中 PFAS 濃度に関する報告を表●-19 に示す。

表●-19 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	血清	幾何平均値 (95% CI) (50%ile, 95%ile) ・ PFOS (合計)	CDC 2022

		男性：952 名 女性：977 名 12-19 歳：313 名 20 歳以上：1,616 名		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：- (<LOD, 200) 男性：- (<LOD, 200) 女性：- (<LOD, 100) 12-19 歳：- (<LOD, 200) 20 歳以上：- (<LOD, 200) (LOD : 0.1 ng/mL) ・ 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)	(参照 40)
2013-2014	3-11 歳	525 名 男児：284 名 女児：241 名 3-5 歳：149 名 6-11 歳：376 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) 女児：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) 女児：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	CDC 2018 (参照 41)

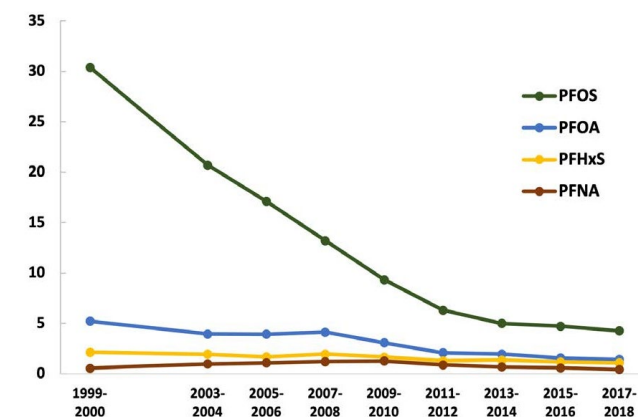
				全体 : 1.24 (1.07-1.43) (1.28, 4.10) 男児 : 1.26 (1.03-1.52) (1.28, 4.25) 女児 : 1.22 (1.03-1.44) (1.29, 3.92) 3-5 歳 : 1.02 (0.863-1.20) (1.00, 3.14) 6-11 歳 : 1.36(1.17-1.57)(1.41, 4.45) ・ PFOA (合計) 全体 : 1.96 (1.76-2.17) (1.95, 4.23) 男児 : 1.94 (1.74-2.17) (1.88, 4.14) 女児 : 1.97 (1.74-2.24) (2.00, 4.24) 3-5 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) 女児 : 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 : - (<LOD , 230) 男児 : - (<LOD , 220) 女児 : - (<LOD , 230) 3-5 歳 : - (<LOD , 280) 6-11 歳 : - (<LOD , 230) (LOD : 0.1 ng/mL) ・ 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) 女児 : 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) 60-79 歳 : 344 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) 2.2 (0.95, 6.2) 40-59 歳 : 2.9 (2.6-3.2) 2.9 (1.3, 7.9) 60-79 歳 : 3.9 (3.5-4.5) 3.7 (1.9, 13) ・ PFOA 全体 : 1.2 (1.1-1.3) 1.1 (0.60, 2.9) 男性 : 1.3 (1.2-1.5)	Health Canada 2021 (参照 42)

				1.3 (0.69, 3.2) 女性 : 1.1 (0.97-1.2) 1.0 (0.53, 2.5) 3-5 歳 : 1.3 (1.2-1.4) 1.2 (0.75, 2.7) 6-11 歳 : 1.2 (1.1-1.4) 1.1 (0.77, 2.8) 12-19 歳 : 0.96 (0.86-1.1) 0.92 (0.59, 1.8) 20-39 歳 : 1.0 (0.92-1.1) 1.0 (0.45, 2.8) 40-59 歳 : 1.2 (1.1-1.4) 1.1 (0.60, 2.8) 60-79 歳 : 1.5 (1.4-1.7) 1.5 (0.83, 3.1) ・ PFHxS 全体 : 0.76 (0.69-0.85) 0.72 (0.25, 4.0) 男性 : 1.0 (0.91-1.2) 0.99 (0.37, 4.3) 女性 : 0.56 (0.49-0.64) 0.56 (0.21, 2.1) 3-5 歳 : 0.52 (0.48-0.57) 0.49 (0.21, 1.6) 6-11 歳 : 0.54 (0.44-0.57) 0.44 (0.22, 3.8) 12-19 歳 : 0.53 (0.45-0.62) 0.50 (0.21, 1.8) 20-39 歳 : 0.70 (0.59-0.84) 0.66 (0.21, 4.4) 40-59 歳 : 0.81 (0.69-0.94) 0.80 (0.27, 2.7) 60-79 歳 : 1.1 (0.95-1.3) 1.0 (0.45, 4.3)	
ドイツ (German Environmental Survey : GerES)					
2014-2017	3-17 歳	1,109 名	血漿	幾何平均値 (95% CI) 中央値 (10%ile, 95%ile) ・ PFOS 2.487 (2.413-2.563) 2.41 (1.41, 6.00) ・ PFOA 1.124 (1.075-1.176) 1.27 (<LOQ, 3.24) (LOQ : 0.50 ng/kg) ・ PFHxS (直鎖) 0.355 (0.339-0.372) 0.38 (<LOQ, 1.26) (LOQ : 0.25 ng/kg)	Duffek 2020 (参照 43)
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	Göckener 2020 (参照 44)

				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 (<LOQ-1.2) 2015 : 0.7 (<LOQ -3.2) 2017 : 0.6 (<LOQ -4.6) 2019 : 0.5 (0.3-1.2) (LOQ : 0.25 ng/mL)	
韓国（環境由来汚染物質に対する人体の総ばく露量に基づくリスク評価技術の開発に関する研究）					
2017-2018	6歳～88歳 幼児： 6歳 子供： 7-12歳 青少年： 13-18歳 大人： 19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（直鎖型及び分岐鎖型の合計） 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 33)

※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。

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 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 %以上減少した（図●-5）（ATSDR 2023）（参照 45）。

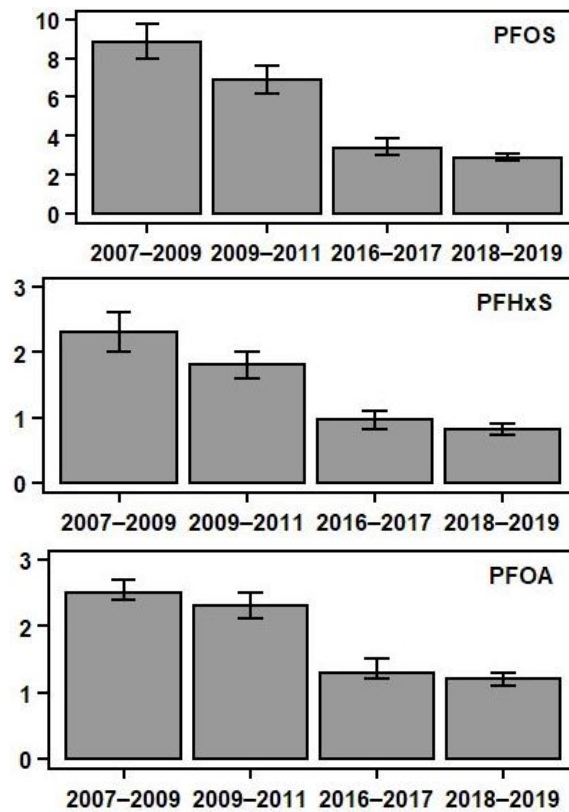


注) 横軸：NHANES サイクル

縦軸：血清中 PFAS 濃度（幾何平均、単位：μg/L (=ng/mL)）

図●-5 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
(ATSDR 2023) (参照 45)

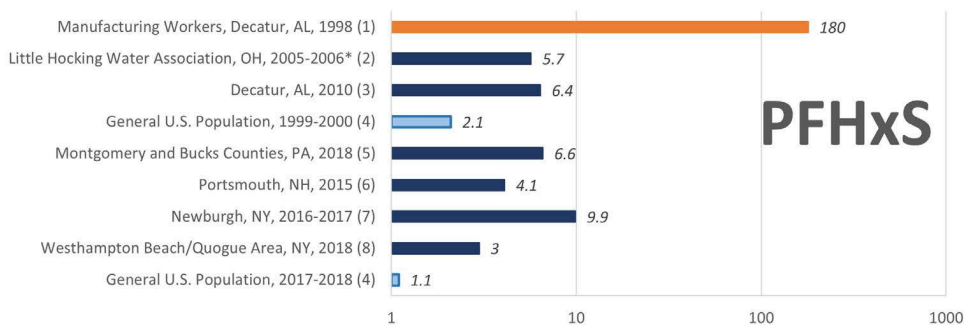
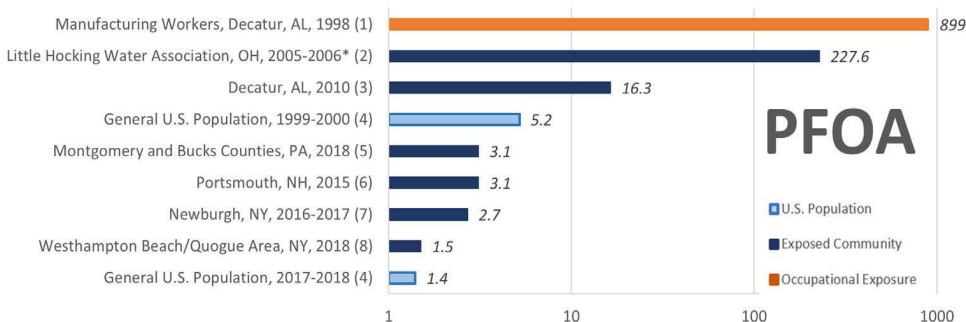
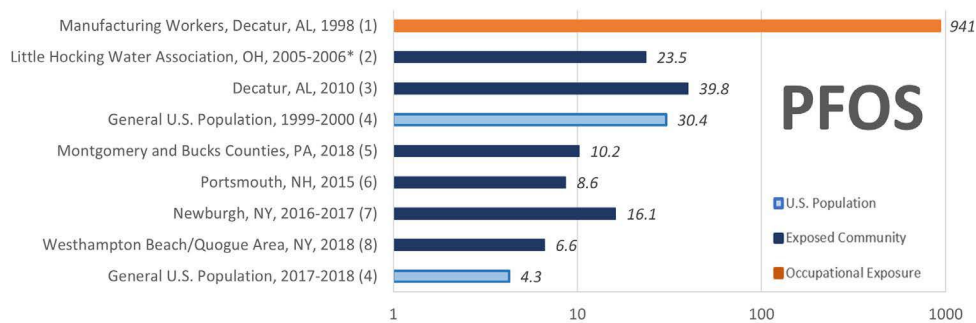
Health Canada が、CHMS における血漿中 PFAS 濃度データを調査サイクル別に比較した結果、統計学的に明らかな減少傾向がみられた ($P<0.001$) (図●-6) (Health Canada 2023) (参照 46)。



注) 縦軸は血漿中 PFAS 濃度 (幾何平均、単位: $\mu\text{g/L}$ (= ng/mL))

図●-6 カナダ人口における血漿中 PFAS 濃度
(Health Canada 2023) (参照 46)

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●-7) (ATSDR 2023) (参照 45)。



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))

図●-7 様々なばく露集団で測定された PFAS の血中濃度
(ATSDR 2023) (参照 45)

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や消防士など、パーフルオロアルキル化合物含有製品と頻繁に接触する仕事を行う人は、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、フッ素化学工場に勤務する人は、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オロアルキル化合物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、フッ素化学工場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 11)。

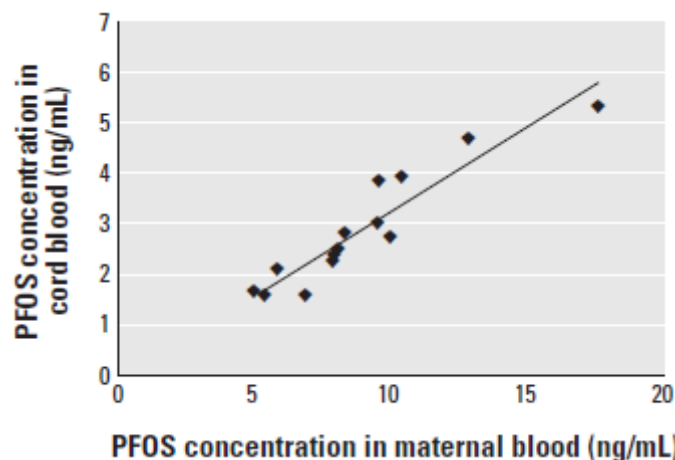
（２）母体血、臍帯血及び母乳中濃度

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●-20）。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、高い正の相関（ $r^2 = 0.876$ ）がみられた（図●-8）（Inoue et al., 2004）（参照47）。

表●-20 妊婦の血液と臍帯血の血清中PFAS濃度
（Inoue ら（2004）（参照47）をもとに作成）

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%	ND※～2.3
	臍帯血清	0%	-

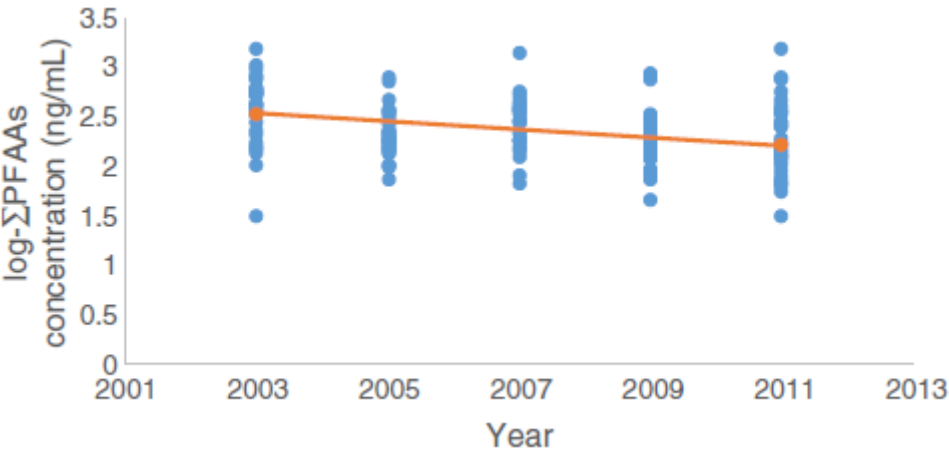
※ND：LOD（0.5 ng/mL）未満



図●-8 妊婦の血清中PFOS濃度と臍帯血中PFOS濃度の相関
（Inoue et al., 2004）（参照47）

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、PFTrDA、PFTeDA、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

1 られた (図●-9)。また、分子種別の傾向として、PFOS 及び PFOA は減少傾
 2 向 (PFOS : -8.4%、PFOA : -3.1%) がみられた一方で、PFNA 及び PFDA は
 3 増加傾向 (PFNA : +4.7%、PFDA : +2.4%) がみられた (Okada et al., 2013)
 4 (参照 48)。



6
 7 図●-9 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
 8 (Okada et al., 2013) (参照 48)

9
 10 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
 11 いて PFCA (PFOA、PFNA、PFDA、PFUnDA、PFDoDA 及び PFTrDA)
 12 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
 13 ng/mL)、その他の長鎖 PFCA の合計濃度は 95 pg/mL (0.095 ng/mL) であ
 14 った (表●-21) (Fujii et al. 2012) (参照 49)。

15
 16 表●-21 母乳中 PFCA 濃度 (Fujii ら (2012) (参照 49)をもとに作成)

	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

17 注) 論文中の単位は pg/mL となっているが、1,000 で
 18 除して ng/mL として記載。

19
 20 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
 21 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

する可能性があることを示唆しているとしている。

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 PFOA が検出されている（表●-22）。さらに、臍帯血又は血清中からパーフル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清濃度と同程度かそれよりも低かった（ATSDR 2021）（参照 11）。

表●-22 ATSDR（2021）の評価書に記載された臍帯血中 PFAS 濃度
（ATSDR 2021）（参照 11）

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 サンフランシスコ	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 56%	・ PFOS 幾何平均値 : 2.27 95%ile : 4.35 ・ PFOA 幾何平均値 : - 95%ile : 1.68	Morello- Frosch 2016
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

ATSDR（2021）に記載されている文献中の母乳中 PFAS 濃度を表●-23 に示す（ATSDR 2021）（参照 11）。

1 表●-23 ATSDR（2021）の評価書に記載された母乳中 PFAS 濃度
2 （ATSDR 2021）（参照 11）

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）	・ PFOS : 96% ・ PFOA : 89% ・ PFHxS : 51%	・ PFOS 最小値 : <0.032 平均値 : 0.131 最大値 : 0.617 ・ PFOA 最小値 : <0.0301 平均値 : 0.0348 最大値 : 0.161 ・ PFHxS 最小値 : <0.0120 平均値 : 0.0145 最大値 : 63.8	Tao 2008
スウェーデン （n=12）	・ PFOS : 100% ・ PFOA : 8% ・ PFHxS : 100%	・ PFOS 平均値 : 0.005 濃度範囲 : 0.060-0.470 ・ PFOA 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	Kärrman 2007
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 （LOQ : 0.01 ng/mL） ・ 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 : <LOD-0.33 (LOD : 0.05 ng/mL) • PFOA 平均値 : 0.082 濃度範囲 : <LODs-0.22 (LOD : 0.05 ng/mL) • 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 : <LOD-0.376 (LOD : 0.04 ng/mL) • PFOA 平均値 : 0.041 濃度範囲 : <LOD-0.31 (LOD : 0.05 ng/mL) • PFHxS 平均値 : 0.026 濃度範囲 : <LOD-0.217 (LOD : 0.03 ng/mL)	Cariou 2015
ベルギー (n=84)	• PFOS : 100% • PFOA : 100% • PFHxS : 20%	• PFOS 平均値 : 0.13 • PFOA 平均値 : 0.08 • PFHxS 平均値 : -	Croes 2012
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 : <LOQ-0.29 経産婦 平均値 : 0.036 濃度範囲 : <LOQ-0.12 (LOQ : 0.015 ng/mL) • PFOA 初産婦 平均値 : 0.076 濃度範囲 : <LOQ-0.24 経産婦 平均値 : 0.043 濃度範囲 : <LOQ-0.1 (LOQ : 0.024 ng/mL)	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	Lanvoka 2013

		濃度範囲：0.012-0.13	
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

※ LOD 以上又は LOQ 以上となった試料の割合

(3) 尿中濃度

米国 CDC が 2013～2014 年に実施した NHANES の参加者（2,682 名）の尿中の PFAS（n-PFOS、Sm-PFOS、n-PFOA、Sb-PFOA 及び PFHxS）の検出率を算出した結果を表●-24 に示す。また、血清中濃度データのある 2,273 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-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 50）。

表●-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
(Calafat ら (2019) (参照 50)をもとに作成)

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 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 µg/L で報告されているが、ng/mL として記載した。

※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 LOD を 2 の平方根で割った値 (0.07 ng/mL) に置換して記載。

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 (表●-25)、一般的に濃度は低いとしている (EFSA 2020) (参照 14)。

表●-25 EFSA (2020) の評価書に記載された尿中からの PFAS の検出状況
(EFSA (2020) (参照 14)をもとに作成)

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	PFSA 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

(4) その他の生物学的指標

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試料及び爪試料中の濃度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るかはまだ明らかになっていないとしている (EFSA 2020) (参照 14)。

4. ばく露に関する知見のまとめ

ヒトにおける PFAS のばく露について、その経路としては、食事及び飲料に加え、食品包装や粉塵の経口摂取、カーペットや衣類等からの経口・吸入・経皮ばく露が指摘されている。海外の報告によると、PFAS のばく露に関する寄与率は、生活環境等により異なるものの、食事による摂取が主な経路であると考えられている。

食品中の PFAS 濃度について、国内では、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のための試料を用いた調査が行われており、PFOS 又は PFOA が LOQ 以上で検出された食品群は、魚介類、藻類、肉類であったが、調査点数が少なく、食品中の PFAS 濃度について論ずるためのデータとしては不十分である。欧州における食品及び飲料の分析結果においては、PFOS 及び PFOA 濃度は魚類において高く、狩猟動物の肉・内臓においても高い濃度が

認められている。個別の食品濃度データについては、米国及び欧州の調査において、魚介類について一部の魚種別の調査結果が公表され、オランダの調査において、購入された商品の品目ごとの調査結果が公表されているものの、調査された魚種は限られており、傾向等を評価するにはデータはまだ不十分である。

飲料水については、オランダの調査において、飲料水（地下水由来及び表流水由来）の寄与が報告されている。国内の水道水については、厚生労働省が暫定目標値として PFOS 及び PFOA の合計として 50 ng/L と設定しており、調査により暫定目標値を超えている場合は、水源の切替や活性炭処理等が行われている。

ヒトにおける PFAS の摂取量推定については、国内では、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からの各食品群の PFOS 及び PFOA 濃度から、国民健康・栄養調査のデータを用いて各食品群からの一日あたりの平均摂取量が推定されており、PFOS (LB~UB) は 0.60~1.1 ng/kg 体重/日、PFOA (LB~UB) は 0.066~0.75 ng/kg 体重/日とされている。この結果を EFSA による摂取量推定と比較すると、PFOS については同程度、PFOA については欧州よりも低い水準であるものの、調査手法や調査年次が異なることに留意が必要である。

血中濃度等の生物学的指標については、国内における一般住民を対象とした調査結果によると、調査集団結果のみを見ると PFOS 及び PFOA は経時的に減少している傾向はあるものの、定点での調査ではないこと及び各年の調査における地域や人数が限定的であることから、国内の一般的な血中濃度を反映したものとして捉えられるものではないことに留意する必要がある。しかし、限られたデータではあるものの、日本における一般住民の PFOS 及び PFOA 血中濃度は、現状の海外の報告値と同程度であると推察される。

また、母親から胎児への胎盤を介した移行や、母親から乳児への母乳を介した摂取についても可能性が指摘されている (ATSDR 2021)。国内外の調査結果によると、母体血中濃度と比較して臍帯血中の PFOS 及び PFOA 濃度は同程度かそれよりも低く、母乳中濃度は、国内と海外とで同程度であると考えられる。

尿中の PFOS、PFOA 及び PFHxS 濃度については、米国及び欧州の調査結果

1 によると、血中濃度に比べて極めて低く、検出率が低いとされていることから、
2 生物学的指標としては適さないものと考えられる。

3
4 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、
5 大規模に血中濃度等を測定するヒューマンバイオモニタリングも行われていな
6 い。また、PFOS や PFOA の血中半減期は数年にわたる長期間であり、体内動
7 態については不確実な点が多いため、測定された血中濃度の結果から PFAS を
8 摂取・ばく露した量、時期、期間等を推測することは現時点の知見では困難であ
9 る。

1 <参照>

- 2 1. OECD: (Organisation for Economic Co-operation and Development).
3 ENVIRONMENT DIRECTORATE JOINT MEETING OF THE CHEMICALS
4 COMMITTEE AND THE WORKING PARTY ON CHEMICALS, PESTICIDES
5 AND BIOTECHNOLOGY PFCS: OUTCOME OF THE 2009 SURVEY SURVEY
6 ON THE PRODUCTION, USE AND RELEASE OF PFOS, PFAS, PFOA PFCA,
7 THEIR RELATED SUBSTANCES AND PRODUCTS/MIXTURES
8 CONTAINING THESE SUBSTANCES Series on Risk Management No.24 2011
- 9 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
- 10 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
11 態調査 調査結果報告書) 2023a
- 12 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
- 13 5. 環境省: 水質汚濁に係る人の健康の保護に関する環境基準等の施行等について (通
14 知) (環水大水発第 2005281 号、環水大土発第 2005282 号 令和2年5月28日)
15 2020
- 16 6. 環境省: ペルフルオロヘキサンスルホン酸 (PFH_xS) について (環水大水発第
17 2103262 号 令和3年3月26日) 2021c
- 18 7. 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
- 19 8. 環境省: 令和4年度要調査項目等存在状況調査結果 2023c
- 20 9. 厚生労働省: 水道水における PFOS 及び PFOA の調査結果 2020
- 21 10. 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
- 22 11. ATSDR: (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). Toxicological Profile
23 for Perfluoroalkyls. Released May 2021. Last Updated March 2020. 2021
- 24 12. U.S.EPA: (United States Environmental Protection Agency). PUBLIC
25 COMMENT DRAFT Toxicity Assessment and Proposed Maximum Contaminant
26 Level Goal for Perfluorooctane Sulfonic Acid (PFOS) in Drinking Water 2023a
- 27 13. U.S.EPA: (United States Environmental Protection Agency). PUBLIC
28 COMMENT DRAFT Toxicity Assessment and Proposed Maximum Contaminant
29 Level Goal for Perfluorooctanoic Acid (PFOA) in Drinking Water 2023b
- 30 14. EFSA: (European Food Safety Authority). Risk to human health related to the
31 presence of perfluoroalkyl substances in food 2020; (2020)18(9):6223
- 32 15. ECHA: (European Chemicals Agency). ANNEX XV RESTRICTION REPORT

PROPOSAL FOR A RESTRICTION SUBSTANCE NAME(S): Per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) 2023

16. Health Canada: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Guideline Technical Document Perfluorooctane Sulfonate (PFOS) 2018a

17. Health Canada: Guidelines for Canadian Drinking Water Quality Guideline Technical Document Perfluorooctanoic Acid (PFOA) 2018b

18. Sunderland E M, Hu X C, Dassuncao C, Tokranov A K, Wagner C C, and Allen J G: A review of the pathways of human exposure to poly- and perfluoroalkyl substances (PFASs) and present understanding of health effects. J Expo Sci Environ Epidemiol 2019; 29: 131-47

19. 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

20. 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

21. 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

22. 公益社団法人日本水道協会: 令和 3 (2021) 年度 水道統計 2023

23. U.S.FDA. (United States Food and Drug Administration). Analytical Results for PFAS in 2021 Total Diet Study Sampling (Parts Per Trillion)- Dataset-4. <https://www.fda.gov/media/151574/download?attachment>.

24. Young W, Wiggins S, Limm W, Fisher C M, DeJager L, and Genualdi S: Analysis of Per- and Poly(fluoroalkyl) Substances (PFASs) in Highly Consumed Seafood Products from U.S. Markets. J Agric Food Chem 2022; 70: 13545-53

25. RIVM: (Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu). Risk assessment of exposure to PFAS through food and drinking water in the Netherlands 2023

26. FSANZ: (Food Standards Australia New Zealand). 27th Australian Total Diet Study Per- and poly-fluoroalkyl substances 2021b

27. U.S.FDA. (United States Food and Drug Administration). Analytical Results for PFOA/PFOS in 2016 Carbonated Water and Non-Carbonated Bottled Water Sampling (Parts PerTrillion).

<https://www.fda.gov/media/130564/download?attachment>.

28. Smalling K L, Romanok K M, Bradley P M, Morriss M C, Gray J L, Kanagy L K et al.: Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in United States tapwater: Comparison of underserved private-well and public-supply exposures and associated health implications. *Environ Int* 2023; 178: 108033
29. 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ング調査結果について 2012
30. 農林水産省: 食品安全に関するリスクプロファイルシート (化学物質) パーフルオロアルキル化合物 2023
31. Tittlemier S A, Pepper K, Seymour C, Moisey J, Bronson R, Cao X L et al.: Dietary exposure of Canadians to perfluorinated carboxylates and perfluorooctane sulfonate via consumption of meat, fish, fast foods, and food items prepared in their packaging. *J Agric Food Chem* 2007; 55: 3203-10
32. BfR: (Bundesinstitut für Risikobewertung). PFAS in food: BfR confirms critical exposure to industrial chemicals. BfR Opinion No 020/2021 issued 28 June, 2021 2021
33. 韓国食品医薬品安全処: 2022 과불화화합물 통합위해성평가 PFOA, PFOS 2022
34. 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ばく露実態調査結果報告書 2011
35. 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
36. 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 (パイロット調査) 結果について 2022
37. Kishi R, Araki A, Minatoya M, Hanaoka T, Miyashita C, Itoh S et al.: The Hokkaido Birth Cohort Study on Environment and Children's Health: cohort profile-updated 2017. *Environ Health Prev Med* 2017; 22: 46
38. Tsai M S, Miyashita C, Araki A, Itoh S, Bamai Y A, Goudarzi H et al.: Determinants and Temporal Trends of Perfluoroalkyl Substances in Pregnant Women: The Hokkaido Study on Environment and Children's Health. *Int J Environ Res Public Health* 2018; 15
39. Soleman S R, Li M, Fujitani T, and Harada K H: Plasma eicosapentaenoic acid, a biomarker of fish consumption, is associated with perfluoroalkyl carboxylic acid exposure in residents of Kyoto, Japan: a cross-sectional study. *Environ Health*

Prev Med 2023; 28: 38

40. CDC: (Centers for Disease Control and Prevention). National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, Updated Tables, March 2022 2022
41. CDC: (Centers for Disease Control and Prevention). Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals Updated Tables, March 2018, Volume One 2018
42. Health Canada: SIXTH REPORT ON HUMAN BIOMONITORING OF ENVIRONMENTAL CHEMICALS IN CANADA Results of the Canadian Health Measures Survey Cycle 6 (2018.2019) 2021
43. Duffek A, Conrad A, Kolossa-Gehring M, Lange R, Rucic E, Schulte C et al.: Per- and polyfluoroalkyl substances in blood plasma - Results of the German Environmental Survey for children and adolescents 2014-2017 (GerES V). Int J Hyg Environ Health 2020; 228: 113549
44. Göckener B, Weber T, Rüdell H, Bücking M, and Kolossa-Gehring M: Human biomonitoring of per- and polyfluoroalkyl substances in German blood plasma samples from 1982 to 2019. Environ Int 2020; 145: 106123
45. ATSDR. PFAS in the U.S. Population. <https://www.atsdr.cdc.gov/pfas/health-effects/us-population.html>.
46. Health Canada. Per- and polyfluoroalkyl substances (PFAS) in Canadians. Ottawa, ON. <https://www.canada.ca/en/healthcanada/services/environmental-workplace-health/reports-publications/environmental-contaminants/human-biomonitoring-resources/per-polyfluoroalkyl-substances-canadians.html>.
47. Inoue K, Okada F, Ito R, Kato S, Sasaki S, Nakajima S et al.: Perfluorooctane sulfonate (PFOS) and related perfluorinated compounds in human maternal and cord blood samples: assessment of PFOS exposure in a susceptible population during pregnancy. Environ Health Perspect 2004; 112: 1204-7
48. Okada E, Kashino I, Matsuura H, Sasaki S, Miyashita C, Yamamoto J et al.: Temporal trends of perfluoroalkyl acids in plasma samples of pregnant women in Hokkaido, Japan, 2003-2011. Environ Int 2013; 60: 89-96
49. Fujii Y, Yan J, Harada K H, Hitomi T, Yang H, Wang P et al.: Levels and profiles of long-chain perfluorinated carboxylic acids in human breast milk and infant formulas in East Asia. Chemosphere 2012; 86: 315-21

- 1 50. Calafat A M, Kato K, Hubbard K, Jia T, Botelho J C, and Wong L Y: Legacy and
2 alternative per- and polyfluoroalkyl substances in the U.S. general population:
3 Paired serum-urine data from the 2013-2014 National Health and Nutrition
4 Examination Survey. *Environ Int* 2019; 131: 105048
5