

沖縄県内における有機フッ素化合物の調査結果等について

京都大学名誉教授

小泉昭夫

(京都保健会 社会健康医学福祉研究所長)

説明の概要

- ア 宜野湾市及び南城市住民に対する有機フッ素化合物(PFOS等)の体内蓄積濃度の測定調査(H31.4月)の結果
- イ 宜野湾市大山地区の畑と田芋におけるPFOS等濃度の調査(H31.4月)の結果
- ウ その後の沖縄県内における調査の結果等
- エ その他PFOS等に係る識見等

ア 宜野湾市及び南城市住民に対する有機フッ素化合物(PFOS等)の体内蓄積濃度の測定調査(H31.4月)の結果

血液中の有機フッ素化合物

曝露経路と健康リスク

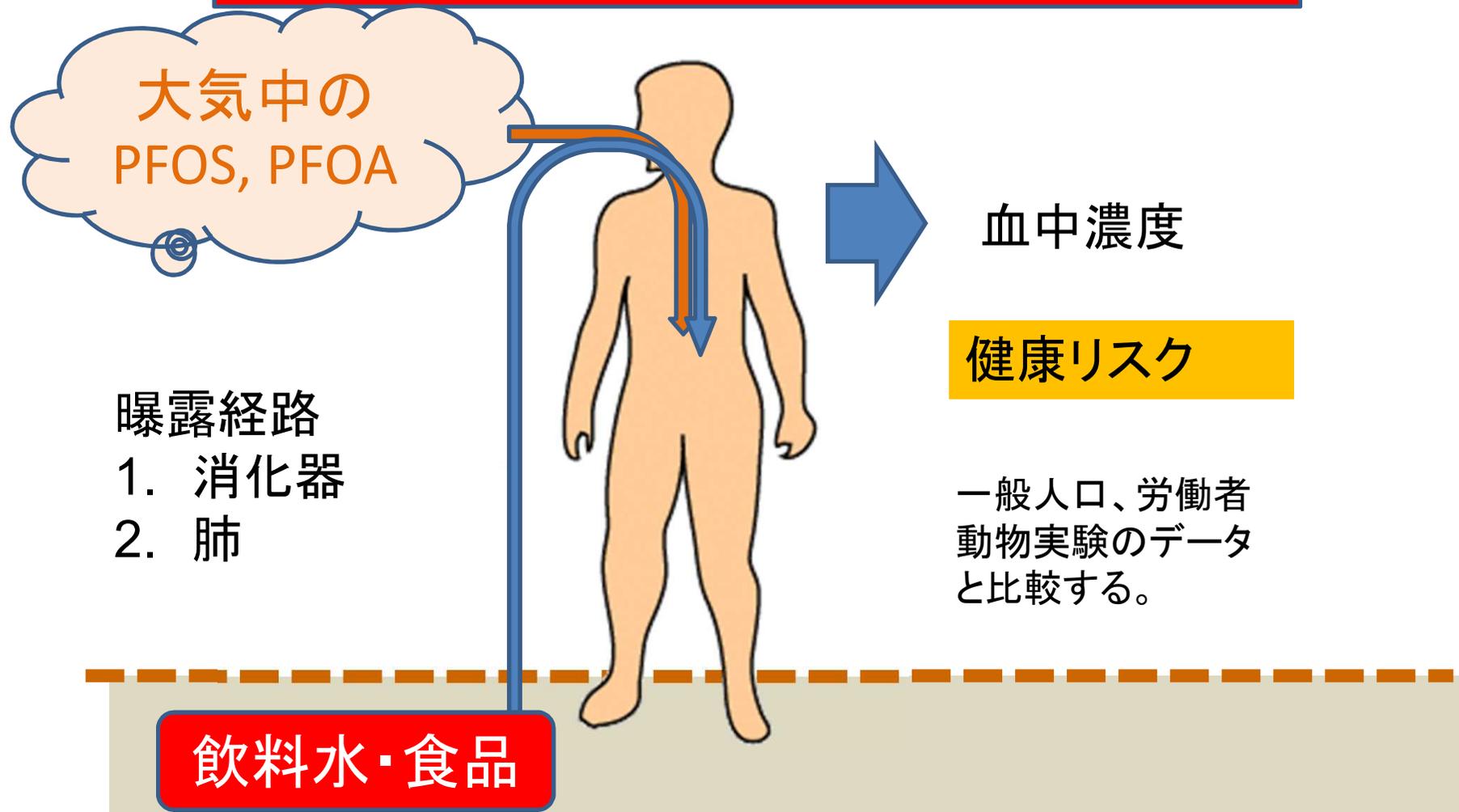


表1 今回の調査の参加者の属性および有機フッ素化合物血中濃度								
参加者			年齢	居住年	水道利用	PFOS (ng/mL)	PFOA	PFHxS
全体								
		平均	60.1	37	67%	11.3	4.0	9.7
総数	114	標準偏差	18.4	23		12.3	6.1	9.8
女性	45	最大	90.0	90		104.7	54.7	43.8
割合	39%	中央値	64.5	38		7.9	2.8	4.9
宜野湾市								
		平均	61.7	42	55%	13.9	3.3	16.3
総数	44	標準偏差	20.8	22		7.9	1.5	9.8
女性	16	最大	85.0	80		37.2	8.0	41.8
割合	36%	中央値	69.0	40		13.7	3.2	16.4
南城市								
		平均	61.2	35	72%	6.6	2.7	3.9
総数	61	標準偏差	16.6	24		3.7	1.1	3.1
女性	29	最大	90.0	90		19.3	5.4	19.7
割合	48%	中央値	65.0	31		5.6	2.6	3.4
沖縄市（1981年調査）								
		平均	45.4			47.6	25.6	25.9
総数	5	標準偏差	8.9			36.4	19.8	14.4
女性	0	最大	54.0			104.7	54.7	43.8
割合	0%	中央値	47.0			27.9	17.3	22.7
その他								
		平均	43.0	9	75%	10.1	4.4	5.3
総数	4	標準偏差	7.4	10		9.0	4.1	5.7
女性	1	最大	54.0	20		9.2	3.4	7.5
割合	25%	中央値	40.0			4.6	4.6	6.8

2019/10/7

沖縄県議会参考人招致の10/2稿

表2 水道利用と血清中濃度								
参加者	人数		年齢	居住年	PFOS	PFOA	PFHxS	
					ng/mL			
宜野湾市								
水道水として利用								
		平均	71.6	48	16.7	3.9	20.4	
総数	24	標準偏差	15.1	25	8.4	1.7	10.0	
女性	8	最大	85	80	37.2	8.0	41.8	
割合	33%	中央値	78.5	45	16.0	4.0	23.5	
水道水として利用しない								
		平均	49.9	34	10.6	2.6	11.5	
総数	20	標準偏差	20.8	15	5.9	0.9	7.1	
女性	8	最大	79	69	22.4	4.2	25.4	
割合	40%	中央値	56.5	37	11.2	2.8	10.1	
					水道水の利用の有無による有意差			
					p値	0.0093	0.003	0.0018
南城市								
水道水として利用								
		平均	62.4	39	6.4	2.6	3.9	
総数	44	標準偏差	15.5	25	3.4	1.1	2.5	
女性	18	最大	90	90	19.2	5.4	11.3	
割合	41%	中央値	65.5	36	5.6	2.5	3.5	
水道水として利用しない								
		平均	58.1	24	7.2	3.0	4.0	
総数	17	標準偏差	19.4	16	4.5	1.2	4.4	
女性	11	最大	83	50	19.3	5.4	19.7	
割合	65%	中央値	62	0	5.6	2.8	2.6	
					水道水の利用の有無による有意差			
					p値	0.4503	0.2007	0.9231

全国平均は概略
食事由来その
他共通の汚染源

3.5 1.5 0.31

2019/10/7

沖縄県議会議員 佐藤 隆之 議員 提出の原稿

表3 水道水、湧き水

水試料	ng/L (ppt)	PFOS	PFOA	PFHxS
宜野湾水道水		14.1	4.1	13.2
南城水道水		1.4	0.7	0.7
宜野湾大山地区 湧き水		1193	57.9	151

健康影響評価

安全性の根拠: 水道水中のPFOS+PFOA 70ng/L
動物実験や作業従事者の調査が基になっています。



United States
Environmental Protection
Agency

Office of Water
Mail Code 4304T

EPA 822-R-16-004
May 2016

Drinking Water Health Advisory for Perfluorooctane Sulfonate (PFOS)

血清中濃度の推定に関する根拠 添付文書 (EPA 22-R-16-004 May 2016)

添付の文書の44ページに

$V_d = 0.23 \text{ L/kg}$

$\ln 2 = 0.693$

$t_{1/2} = 1971 \text{ days} (5.4 \text{ years} \times 365 \text{ days/year} = 1971 \text{ days})$

50ページに水の摂取量の仮定

$DWI/bw = 0.054 \text{ L/kg/day}$; 90th percentile consumers-only estimate of combined direct and indirect community water ingestion for lactating women

233 (ng/mL)

定常状態近似では、

$D = k * C$

D: 一日摂取量 (ng/day)、 k: クリアランス (mL/day) C: 血清中濃度 (ng/mL)

体重を大よそ60kgと仮定しますが、これは分母と分子でキャンセルしますので本質的には以下の計算式に影響はありません。

$70 \text{ ng/L} \times 0.054 \text{ L/kg/day} \times 60 \text{ (kg)}$

----- = 46.74 (ng/mL)

$0.693 \times 230 \text{ mL/kg} \times 60 \text{ kg} / 1971 \text{ (day)}$

この46.74 (ng/mL)が大よそ3L(0.054x60)飲むとした場合の血清中濃度になります。

35ページに寄与率20%とありますので、他の経路の曝露も含めると

$46.74 / 0.2 = 233 \text{ (ng/mL)}$ となります。

表1 今回の調査の参加者の属性および有機フッ素化合物血中濃度								
参加者			年齢	居住年	水道利用	PFOS (ng/mL)	PFOA	PFHxS
全体								
		平均	60.1	37	67%	11.3	4.0	9.7
総数	114	標準偏差	18.4	23		12.3	6.1	9.8
女性	45	最大	90.0	90		104.7	54.7	43.8
割合	39%	中央値	64.5	38		7.9	2.8	4.9
宜野湾市								
		平均	61.7	42	55%	13.9	3.3	16.3
総数	44	標準偏差	20.8	22		7.9	1.5	9.8
女性	16	最大	85.0	80		37.2	8.0	41.8
割合	36%	中央値	69.0	40		13.7	3.2	16.4
南城市								
		平均	61.2	35	72%	6.6	2.7	3.9
総数	61	標準偏差	16.6	24		3.7	1.1	3.1
女性	29	最大	90.0	90		19.3	5.4	19.7
割合	48%	中央値	65.0	31		5.6	2.6	3.4
沖縄市（1981年調査）								
		平均	45.4			47.6	25.6	25.9
総数	5	標準偏差	8.9			36.4	19.8	14.4
女性	0	最大	54.0			104.7	54.7	43.8
割合	0%	中央値	47.0			27.9	17.3	22.7
その他								
		平均	43.0	9	75%	10.1	4.4	5.3
総数	4	標準偏差	7.4	10		9.0	4.1	5.7
女性	1	最大	54.0	20		9.2	3.4	7.5
割合	25%	中央値	40.0			4.6	4.6	6.8

血中濃度
233ng/mL
を参考にする。

<=安全

<=安全

<=159.4で8割
心配

まとめ(1)

- 1. 宜野湾市および南城市の住民の血中PFOS, PFOA, PFHxS等を測定したところ、PFOS, PFHxSの血中濃度は、宜野湾市住民が南城市住民よりも高い。
- 2. 宜野湾市の水道水の利用は、汚染。水道水利用者のPFOS、PFOA、PFHxSの血中濃度を増加させていた。
- 3. 水道中濃度を調査したが、宜野湾市の水道水は、南城市の水道に比べPFOS、PFOA、PFHxSが高値であった。
- 4. 有機フッ素化合物への曝露は、既に1981年には認められ、曝露量は、現在よりも大きかったと判断される。時間経過とともに、PFOS、PFOAの曝露量は減少していたが、PFHxSに関しては、減少の程度は小さい。
- 5. 健康影響を米国の基準を採用し評価したところ、今回測定した宜野湾市の住民における最大値でも安全レベルにあった。

イ 宜野湾市大山地区の畑と田芋 におけるPFOS等濃度の調査（H31.4 月）の結果

背景

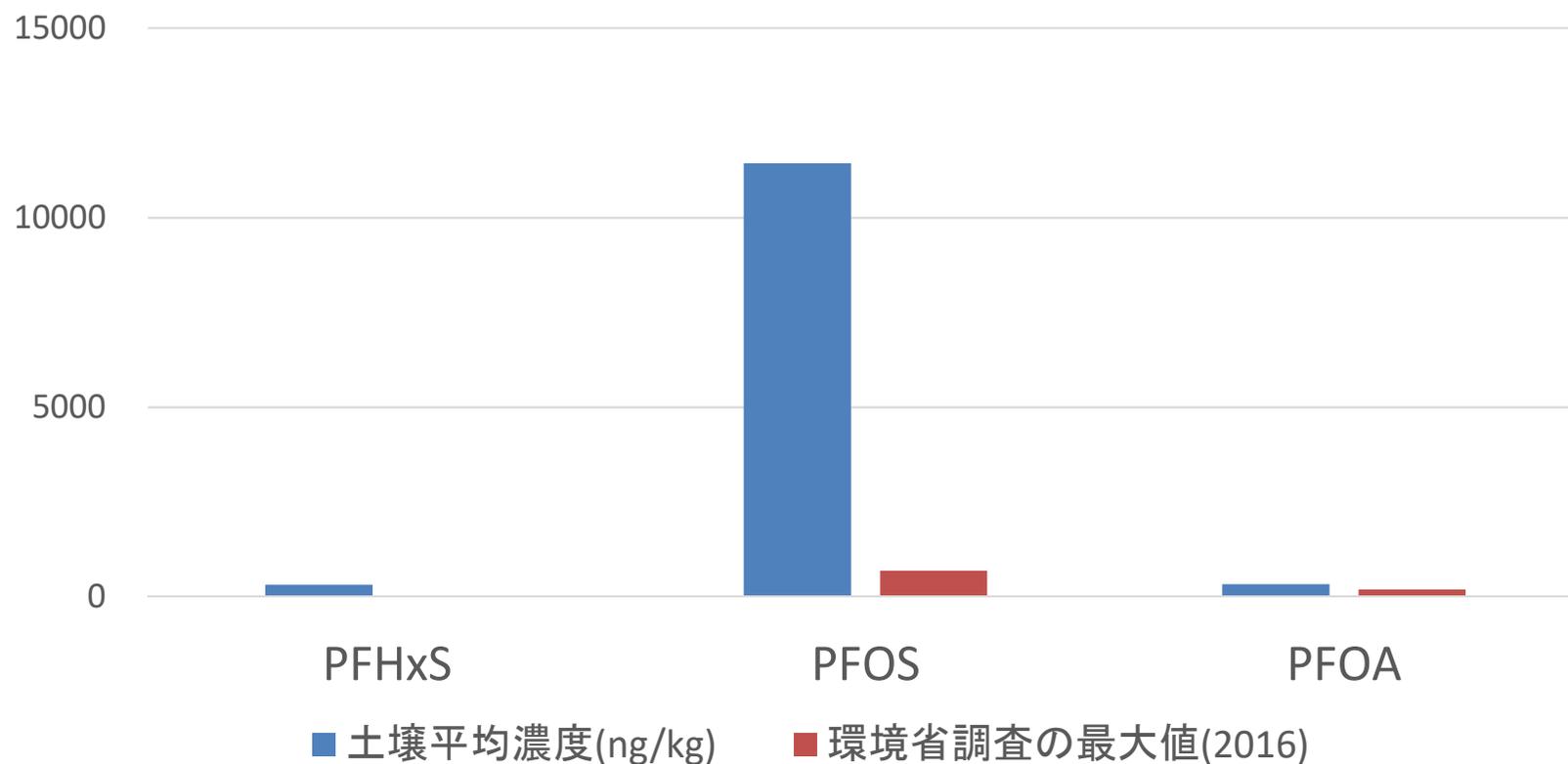
- 沖縄県の基地周辺の湧き水で有機フッ素化合物が高濃度に検出される事例が相次いでいます。その湧き水などは農業用の水源にも利用されています。
- PFOSなどを含んだ水を利用した場合に、畑土壌への蓄積がどの程度になるのか栽培する作物にどの程度含まれるのか
- 今回の調査では、宜野湾市大山地区の土壌、田芋に含まれる有機フッ素化合物を分析しました。

調査方法

- 2019年4月13日に採取
- 協力農家1件の田芋畑で、田芋5検体、土壌5検体の採取を行いました。
- 田芋の根塊と芋茎を分けて、分析しました。
- 土壌は表面から5cmほどの深さまでを採取しました。
- 有機フッ素化合物PFOS、PFOA、PFHxSを分析しました。



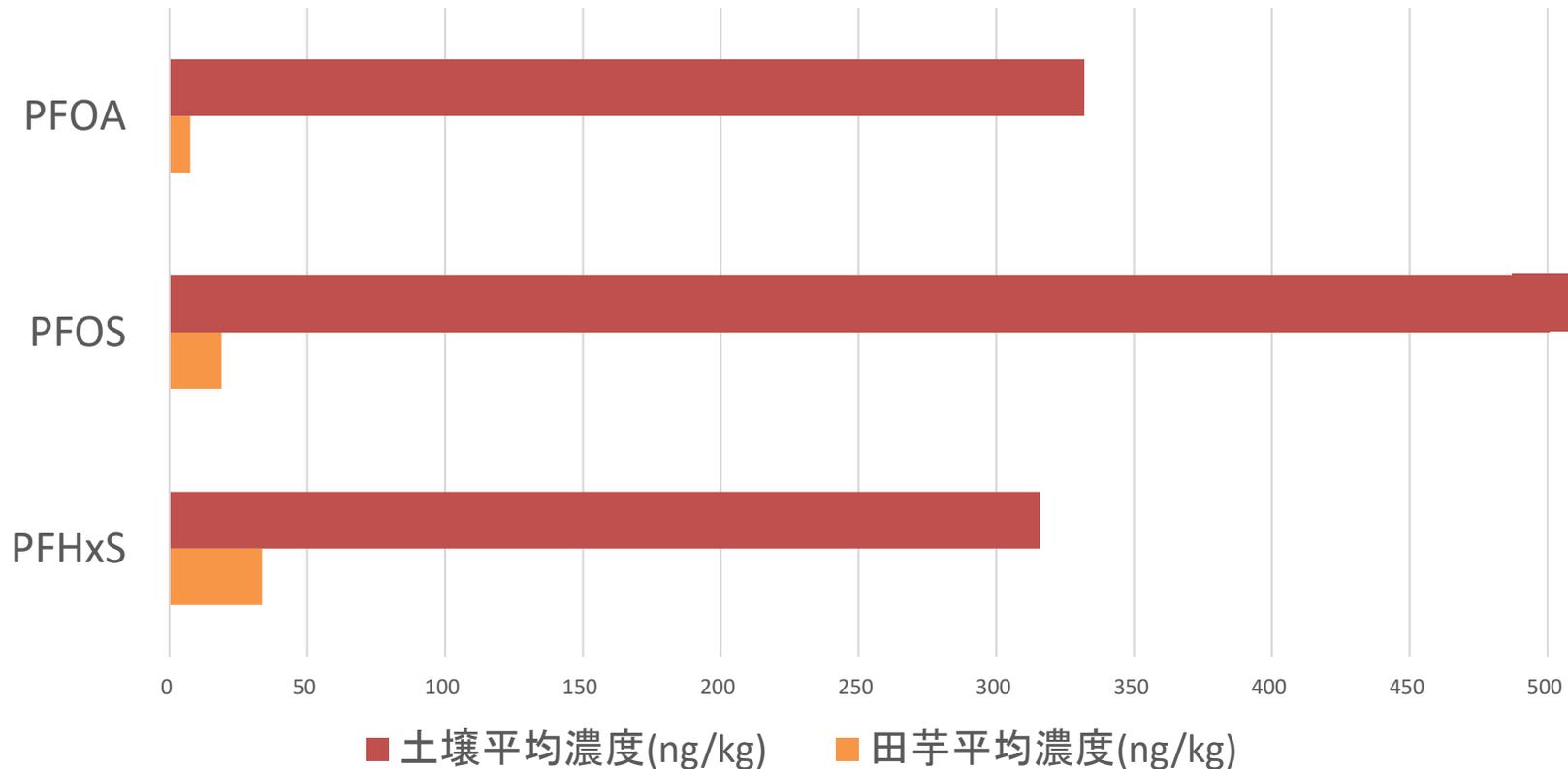
土壌の有機フッ素化合物



PFOSが最も多く含まれていました。

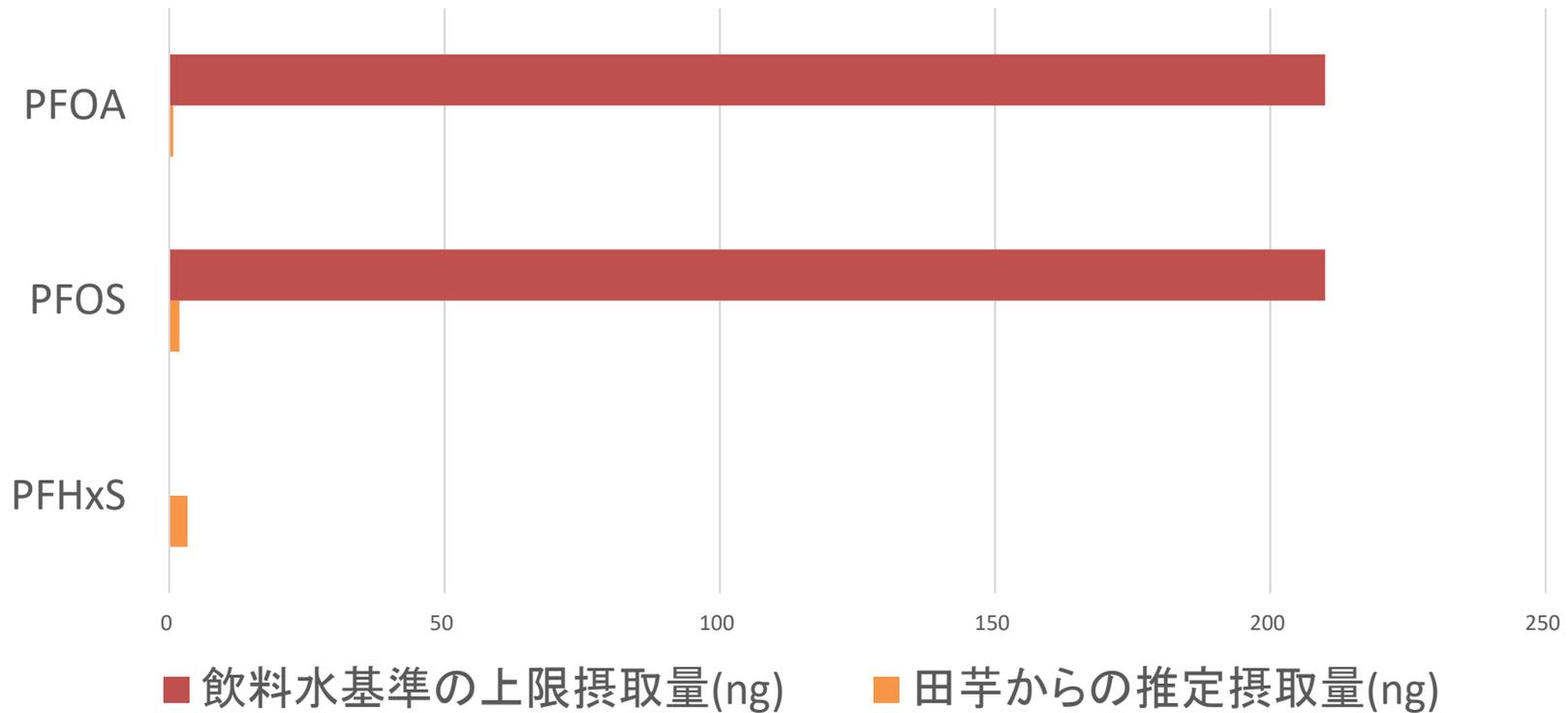
環境省による全国調査よりも高いものでした。

田芋の有機フッ素化合物



PFOSは平均18.9 ng/kg、PFOAは平均7.5 ng/kg
土壌に比べるとPFOSは0.17%、PFOAは2.3%の濃度
田芋に蓄積しないことが分かりました

田芋からの摂取量はわずかか



毎日100グラムの田芋を食べると仮定すると

PFOSとPFOA合計で1日2.7ngの摂取量になります。

米国での飲料水の基準値で3L飲む場合(210 ng)よりかなり低い

まとめ（２）

- 宜野湾市大山地区では、普天間飛行場で使用された消火剤成分が地下水を經由して畑土壌を汚染していると考えられる。
- そこで栽培されている田芋にPFOSなどが検出されましたが、微量であり摂取による健康リスクは十分低いと考えられ、田芋は食品として安全と考えられる。

ウ その後の沖縄県内における調査の結果等

大気中の粉塵に含まれる有機フッ素化合物

背景

大気中の有機フッ素化合物の評価

血液中の有機フッ素化合物

曝露経路と健康リスク

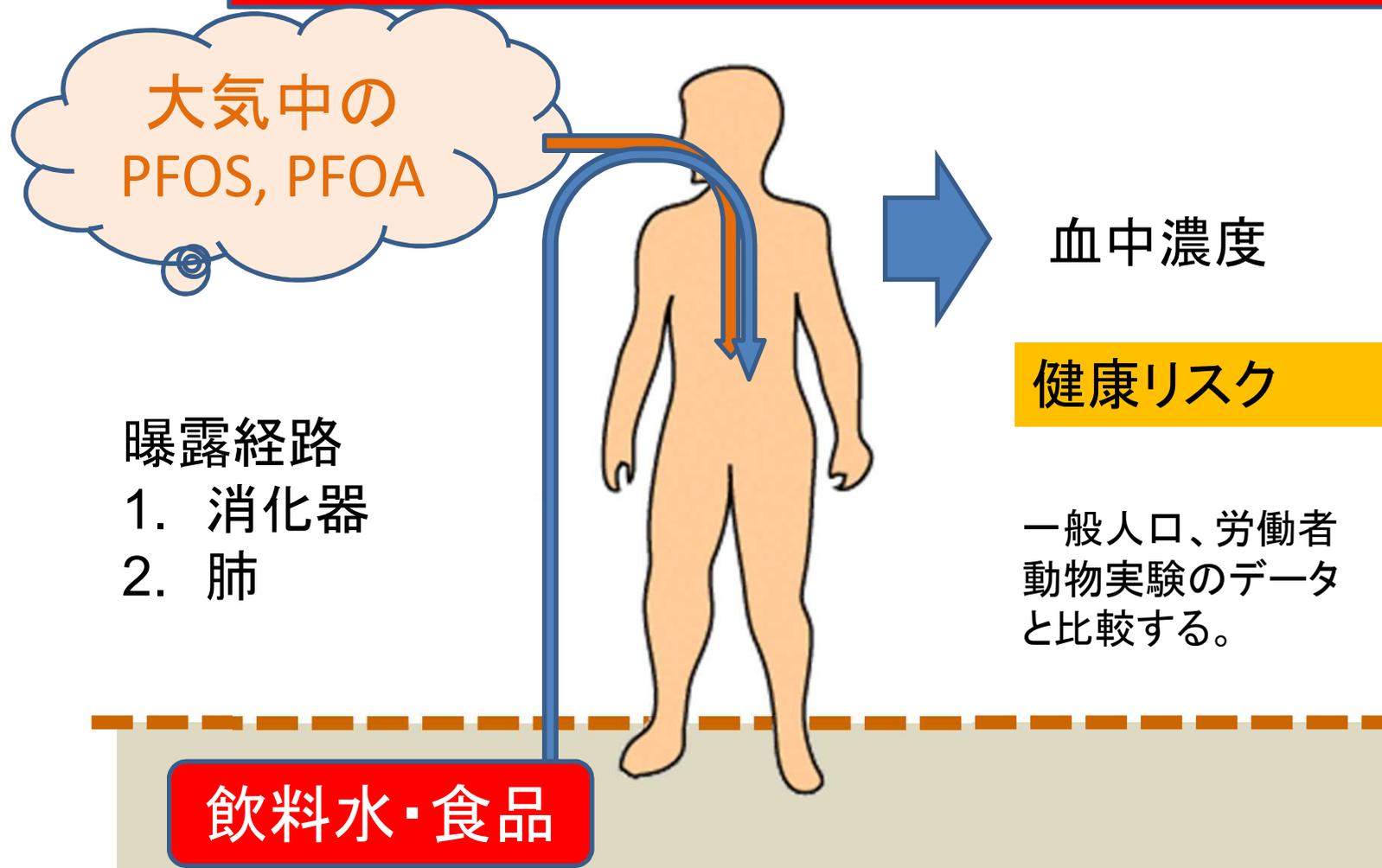
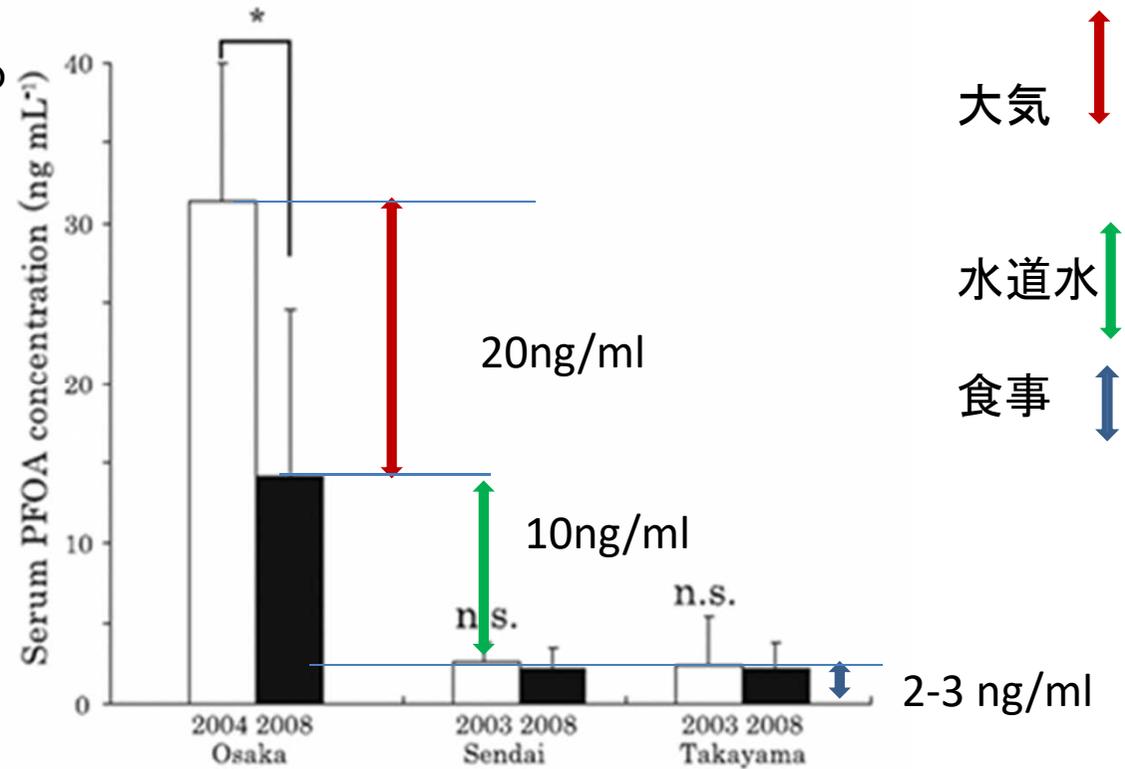


図3. 血清中のPFOA濃度 (ナノグラム/mL)

血中濃度の濃度に対する
経路別の寄与



Karman et al 2009 Env Int, Harada et al 2010 Chemosphere

大阪 仙台 高山

大気中有機フッ素化合物の採取 と測定

①南城市 7月16日撮影)



②宜野湾(近) 7月16日撮影 基地近く



③宜野湾(市街地)7月16日撮影



ハイボリュームサンプラーで1週間にわたり
大気を採取。

大気中PFOA、PFOS、PFHxSの測定結果

試料名	1週間の期間	採取地	濃度 pg/m ³		
			PFHxS	PFOS	PFOA
南城市 1	2019/7/16～ 2019/7/23	公民館	<1.16	3.29	9.65
南城市 2	2019/7/23～ 2019/7/30	公民館	<1.24	<7.26	6.48
宜野湾市 1	2019/7/16～ 2019/7/23	基地近く	<5.42	<29.71	1.68
宜野湾市 2	2019/7/23～ 2019/7/30	市街地	<2.98	<13.66	6.50

今回の値は過去の阪神地域の汚染に比べて低い

377 Table S3. Observed surface air PFO(A) levels in the target domain.

		City	*	Lat	Lon	Year	Period	Type **	PFO(A) (pg m ⁻³)	Refs
城陽	A	Joyo	b	34.853	135.793	2004	Sep	24h-d3	30.3	(38)
大阪	B	Osaka	c	34.679	135.535	2004	Oct	24h-d3	1261	(38)
神戸	C	Kobe	d	34.697	135.205	2004	Oct	24h-d3	34.0	(38)
大山崎	D	Oyamazaki	a	34.892	135.682	2001	Win	24h-m3	443	(39)
大山崎	E	Oyamazaki	a	34.892	135.682	2001	Spr	24h-m3	533	(39)
大山崎	F	Oyamazaki	a	34.892	135.682	2001	Sum	24h-m3	212	(39)
大山崎	G	Oyamazaki	a	34.892	135.682	2001	Aut	24h-m3	94.8	(39)
福知山	H	Fukuchiyama	e	35.297	135.127	2005	Apr-May	Month	15.2	(37)
大山崎	I	Oyamazaki	a	34.892	135.682	2005	Apr-May	Month	320	(37)
大山崎	J	Oyamazaki	a	34.892	135.682	2005	May-Jun	Month	205	(37)

378 *Geographical location in Figures 1B and S3.

環境省平成29年度全国調査

参考

平成29年度モニタリング調査分析機関報告データ

大気

[15] ペルフルオロオクタンスルホン酸(PFOS)・大気 (単位:pg/m³)

調査年度：2017

検出頻度(地点ベース)：37/37(欠測等：0)

検出頻度(検体ベース)：37/37(欠測等：0)

検出下限値：0.1

定量下限値：0.3

	集計値
幾何平均値	2.9
中央値	2.7
最大値	8.9
最小値	1.1

沖縄県	37	辺戸岬 (国頭村)	8/31~9/1	6.3	HV
			8/28~8/29		
			8/29~8/30		
			8/30~8/31		

(注1) 「検出頻度(地点ベース)」とは検出地点数/調査地点数(欠測等は除く)を、
「検出頻度(検体ベース)」とは検出検体数/調査検体数(欠測等は除く)をそれぞれ意味する。

(注2) 検出下限値以上を検出とした。

(注3) 「HV」はハイボリュームエアサンプラー、「MV」はミドルボリュームエアサンプラーにより採取されたことを意味する。

平成29年度モニタリング調査分析機関報告データ

大気

[16] ペルフルオロオクタン酸(PFOA)・大気 (単位:pg/m³)

調査年度：2017
 検出頻度(地点ベース)：37/37(欠測等：0)
 検出頻度(検体ベース)：37/37(欠測等：0)
 検出下限値：1.1
 定量下限値：3.3

	集計値
幾何平均値	14
中央値	13
最大値	150
最小値	tr(2.0)

都道府県	調査地点数	調査地点名	調査期間	検出濃度	検出状況
沖縄県	37	辺戸岬 (国頭村)	8/28～8/29	5.5	HV
			8/29～8/30		
			8/30～8/31		

- (注1) 「検出頻度 (地点ベース)」とは検出地点数/調査地点数 (欠測等は除く) を、
 「検出頻度 (検体ベース)」とは検出検体数/調査検体数 (欠測等は除く) をそれぞれ意味する。
- (注2) 検出下限値以上を検出とした。
- (注3) 「HV」はハイボリュームエアサンプラー、「MV」はミドルボリュームエアサンプラーにより採取されたことを意味する。

経路別有機フッ素化合物の摂取（食事を除く）

		PFOS	PFOA	PFHxS	
宜野湾市	水道	14.1	4.1	13.2	(ng/L)
			3L/日		
	経口	42.3	12.3	39.6	(ng/日)
		42300	12300	39600	(pg/日)
	大気	29.71	6.5	5.42	(pg/m ³)
			20 m ³ /日吸入		
	経気道	594	594	108	(pg/日)
	合計摂取量	42894	12894	39708	(pg/日)
	経気道の割合 (%)	1.4	4.6	0.3	

まとめ(3)

- 大気中のPFOS, 宜野湾市の2地点、南城市の2地点の測定で一点を除いて検出下限値以下であった。一点はほぼ中央値であった。
- 大気中のPFOA, 宜野湾市の2地点、南城市の2地点とも大気中濃度は全国の中央値より低値であった。
- 大気中PFHxSは検出下限以下であった。
- 以上から、大気由来の有機フッ素化合物の曝露は飲料水に比べ無視できる。

エ その他PFOS等に係る識見等

1. あらたな環境汚染物質PFOAとPFOS、PFHxSとは？

ストックホルム条約（POPs条約：残留性有機汚染物質に関する条約）

POPs条約とは、環境中での残留性、生物蓄積性、人や生物への毒性が高く、長距離移動性が懸念されるポリ塩化ビフェニル(PCB)、DDT等の残留性有機汚染物質(POPs: Persistent Organic Pollutants)の、製造及び使用の廃絶・制限、排出の削減、これらの物質を含む廃棄物等の適正処理等を規定している条約です。

日本など条約を締結している加盟国は、対象となっている物質について、各国がそれぞれ条約を担保できるように国内の諸法令で規制することになっています。

POPs条約対象物質(2019年5月現在)

付属文書A（廃絶） 27物質の中にPFOA

付属文書B（制限） 3物質の中にPFOS

現在審議中 ペルフルオロヘキサンスルホン酸(PFHxS)とその塩及びPFHxS関連物質

問題点と今後の対応

- 1. PFOS, PFOA, PFHxSの水道水基準の早急な策定:住民の安心と安全の確保を行うため、国が責任をもつ基準の策定と順守が必要である。
- 2. 汚染源対策:沖縄の水道水の汚染源は、米軍基地内の消火剤と考えられるため、厳重な管理を日本の国内法の下で行う必要がある。

- 3. 1981年の試料の分析により沖縄基地主
変では、有機フッ素化合物の汚染が続いてき
たことが明らかになった。安心安全確保ため、
健康影響をさかのぼって調査することが望ま
れる。