

## ●調査の背景

多摩地区では地下水に PFOS を中心とした PFAS が 2020 年の水道水の暫定目標値 50 ng/L を超えて検出されてきた。東京都は水道水源としての取水を濃度が高い井戸では 2019 年途中から停止している。地下水中の分布について詳細な位置、深さなどは公表されておらず、どのような発生源がありうるのか明らかになっていない。

## ●調査の概要と方法

本調査では多摩地域の PFAS 汚染を明らかにする会と、京都大学原田研究室とで、2022 年 12 月から 2023 年 9 月にかけて、多摩地域の地下水（井戸・湧水）、表層水（河川・水路・池水）、底質、土壌の採取を行い、PFAS の分析を実施してきた。

検体は地権者などの了解を得て、採取した。

現在完了している地下水 140、表層水 10 検体の PFAS 分析、地下水、表層水のデータ分析を行った。

地下水の深さは井戸の掘削深度、湧水は 0 m 扱いとし、深井戸は深度 30m より深いものと定義した。

測定値点の緯度経度は個人情報保護の観点から採取地の丁目代表点を東京大学 CSV アドレス マッチング サービスを使用してあてはめた。広域での濃度分布評価においては大きな影響はなかった。

水試料中の PFAS、13 種類を測定したが、組成のうち、主に濃度が比較的高い PFAS (PFOS、PFOA、PFHxS、PFNA など) についてまとめた。濃度は ng/L (ng=0.000001 mg) で記載する。

測定は同位体希釈ガスクロマトグラフィー質量分析計により行い、PFOS、PFHxS などに含まれる構造異性体を分別定量した。報告されている値は異性体を含めた合計値である。

検出限界以下のものは平均値の集計では濃度が 0 ng/mL であるとした。対数表示する際には 0.1 ng/mL とみなした。等高線図は統計解析ソフトウェア JMP 17 で作成した。

## ●地下水の分析結果の全体概要

地下水調査の基本的な地点は次の表にまとめる。

調査対象の測定結果で、ほぼ全てから PFAS を検出した。

浅井戸 97 箇所のうち 19 箇所 (20%)、深井戸 35 箇所のうち 17 箇所 (49%) で 50 ng/L を超えた。

平均値として PFOS がもっとも多く、ついで PFHxS が検出される地域が多かったが、西多摩では PFOA が PFOS と同程度で PFHxS 濃度は低かった。立川市の平均値がもっとも

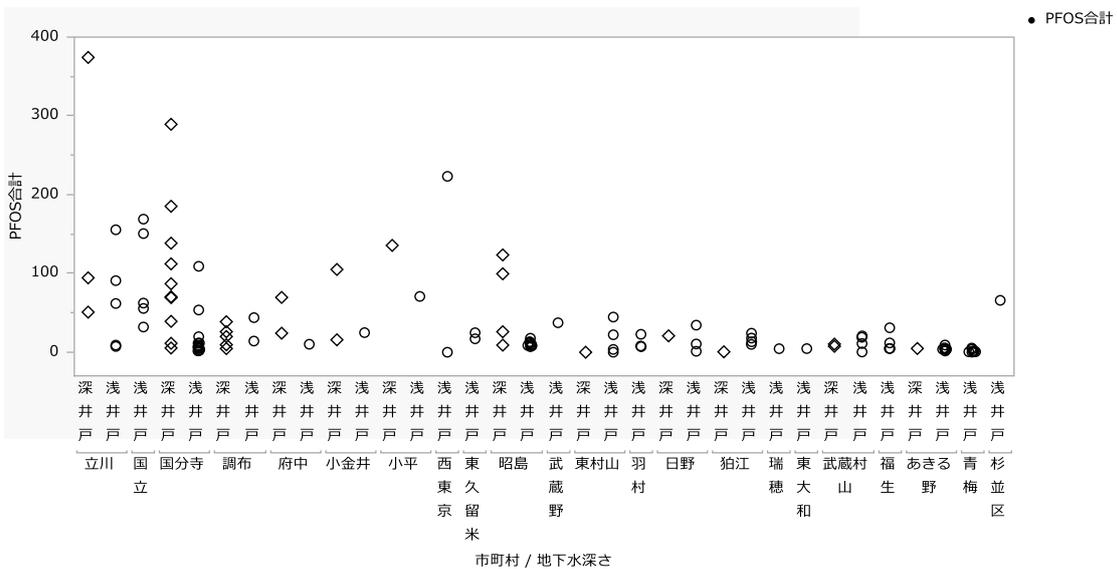
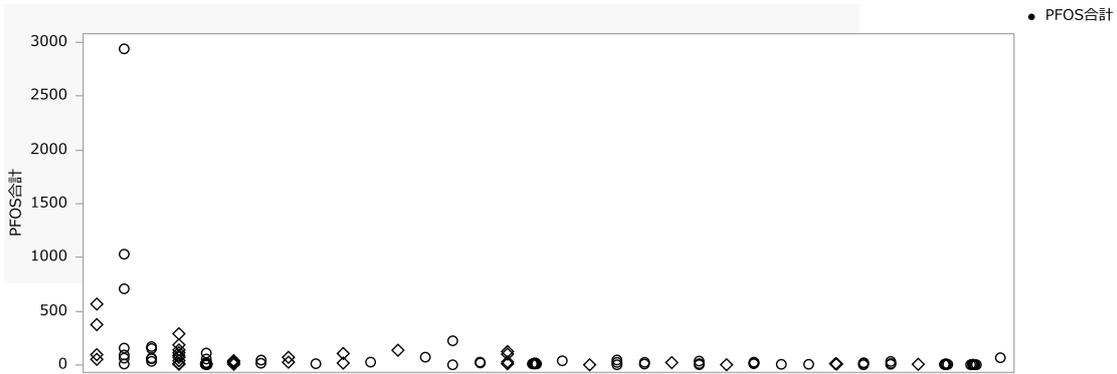
高く、調査した検体のうち最高濃度のものも立川市西部の浅井戸の地下水で、PFOS、PFOAの合計値で3102 ng/Lであった。

次に、市町村ごとの地下水中 PFAS 濃度の分布を示す。環境省の地下水の暫定指針値 50 ng/L を超える地点が北多摩地区中心にみられた。

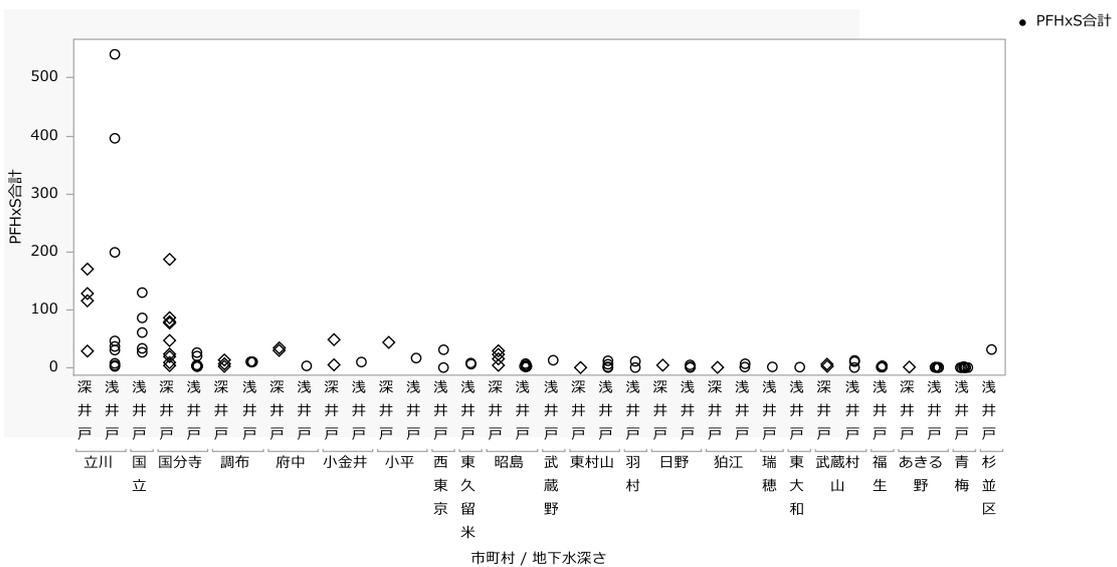
汚染が比較的表層にあるか、深層にあるかを評価するために、浅井戸と深井戸を分けて示している。

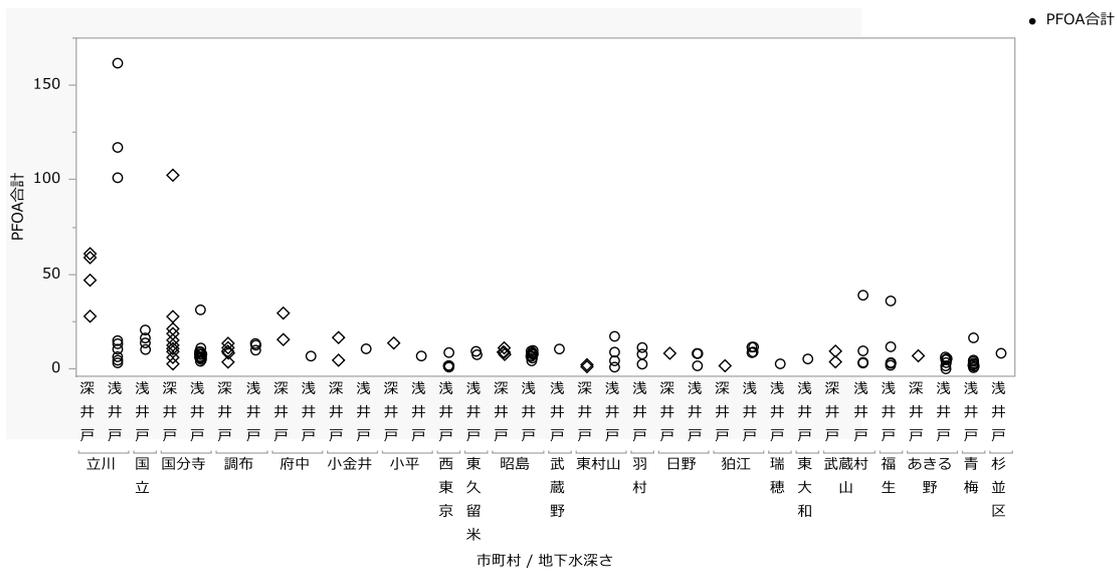
検体数が比較的多い自治体で評価した。立川市では浅井戸で高い濃度の PFOS が検出されており、深井戸ではそれより低かった。国分寺市、昭島市では深井戸が高かった。PFHxS、PFOA についてもこの傾向が見られた。浅井戸の汚染は発生源が近隣にあることが示唆されるが、深井戸の汚染は水脈の上流からの由来であると考えられる。

市町村	数	深井戸	浅井戸	平均濃度(ng/L)				最大濃度(ng/L)
				PFOS/PFOA合計	PFOS	PFOA	PFHxS	PFOS/PFOA合計
立川	13	4	9	516.9	468.7	48.2	131.0	3102
国立	6	0	5	90.6	78.4	12.3	55.9	185
国分寺	30	10	17	65.8	52.0	13.9	25.6	392
調布	8	5	3	31.6	21.4	10.2	7.6	57
府中	3	2	1	51.9	34.6	17.2	22.2	85
小金井	3	2	1	59.1	48.6	10.6	20.9	122
小平	2	1	1	113.4	103.2	10.2	29.9	149
西東京	6	0	5	40.5	37.6	2.9	5.2	232
東久留米	2	0	2	29.3	20.9	8.4	6.8	34
昭島	16	4	11	31.7	24.2	7.6	6.6	132
武蔵野	1	0	1	47.9	37.4	10.5	12.7	-
東村山	6	2	4	17.5	11.7	5.7	3.1	54
羽村	4	0	3	17.7	10.2	7.5	3.1	34
日野	4	1	3	23.2	16.7	6.5	2.5	42
狛江	5	1	4	21.6	13.2	8.4	3.2	36
瑞穂	1	0	1	7.1	4.5	2.6	1.2	-
東大和	1	0	1	9.8	4.6	5.2	0.7	-
武蔵村山	7	2	4	24.5	12.9	11.6	5.7	60
福生	5	0	5	22.6	11.5	11.1	1.3	67
あきる野	8	1	7	8.7	4.5	4.2	0.4	15
青梅	8	0	8	6.1	1.8	4.3	0.3	20
杉並区	1	0	1	74.1	65.8	8.2	31.2	-



○は浅井戸、◇は深井戸



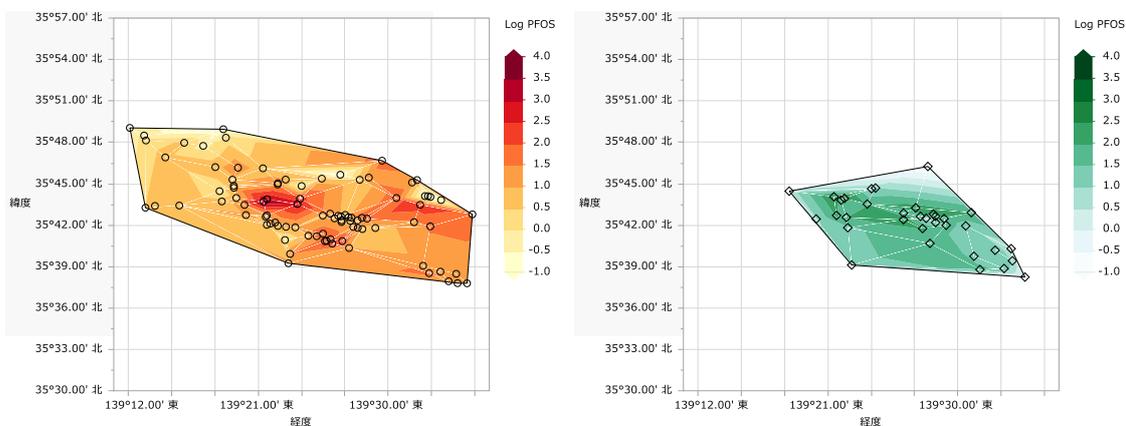


市町村	地下水深さ	平均濃度(ng/L)				深井戸	平均濃度(ng/L)			
		PFOS/PFOA合計	PFOS	PFOA	PFHxS		PFOS/PFOA合計	PFOS	PFOA	PFHxS
立川	9	604.6	556.5	48.1	140.2	4	319.8	271.2	48.6	110.4
国立	5	108.2	93.9	14.2	67.0	0	-	-	-	-
国分寺	17	24.8	16.1	8.8	5.2	10	123.4	100.8	22.6	55.4
調布	3	36.1	24.2	11.9	9.8	5	28.9	19.8	9.2	6.3
府中	1	16.9	10.2	6.7	2.9	2	69.4	46.9	22.5	31.8
小金井	1	35.5	24.9	10.6	9.6	2	71.0	60.4	10.6	26.5
小平	1	77.6	70.8	6.8	16.4	1	149.2	135.6	13.7	43.5
西東京	5	47.7	44.8	2.9	6.2	0	-	-	-	-
東久留米	2	29.3	20.9	8.4	6.8	0	-	-	-	-
昭島	11	18.6	10.9	7.7	2.9	4	73.6	64.5	9.1	17.7
武蔵野	1	47.9	37.4	10.5	12.7	0	-	-	-	-
東村山	4	25.4	17.6	7.8	4.7	2	1.7	不検出	1.7	不検出
羽村	3	19.7	12.6	7.2	3.7	0	-	-	-	-
日野	3	21.3	15.3	5.9	2.0	1	29.0	20.8	8.2	4.1
狛江	4	26.4	16.3	10.1	3.9	1	2.2	0.5	1.6	0.4
瑞穂	1	7.1	4.5	2.6	1.2	0	-	-	-	-
東大和	1	9.8	4.6	5.2	0.7	0	-	-	-	-
武蔵村山	4	26.5	12.8	13.7	5.8	2	15.4	8.9	6.5	4.0
福生	5	22.6	11.5	11.1	1.3	0	-	-	-	-
あきる野	7	8.2	4.4	3.8	0.4	1	11.6	4.7	6.9	0.9
青梅	8	6.1	1.8	4.3	0.3	0	-	-	-	-
杉並区	1	74.1	65.8	8.2	31.2	0	-	-	-	-

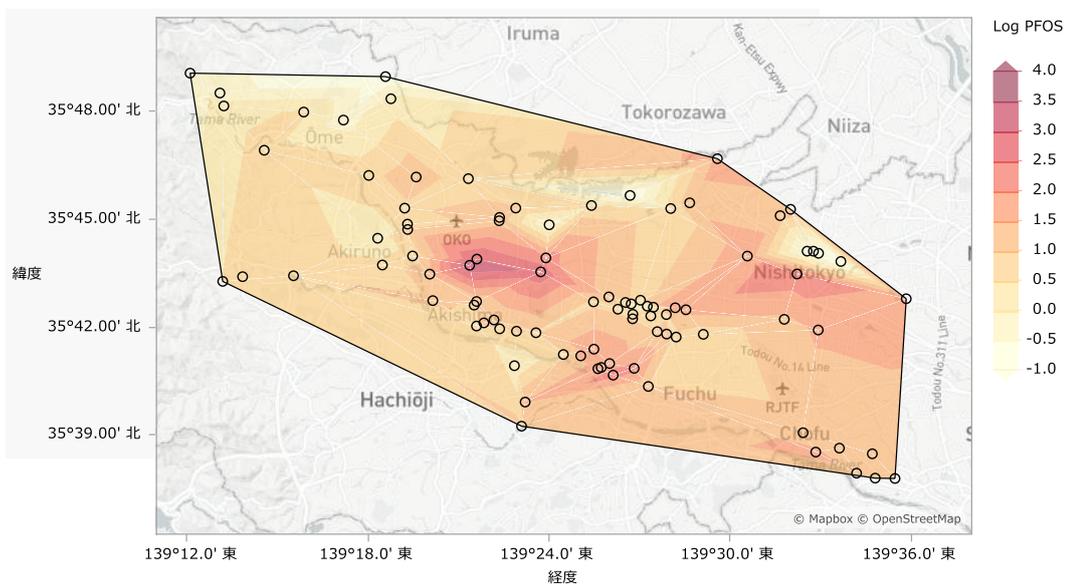
● 地下水中 PFAS の水平分布

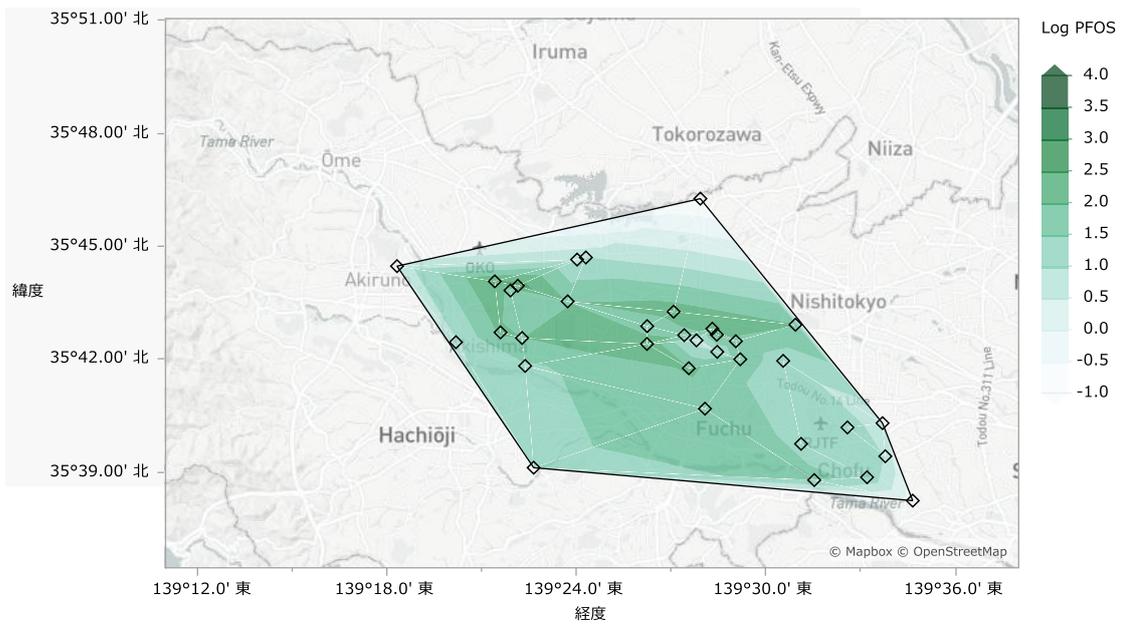
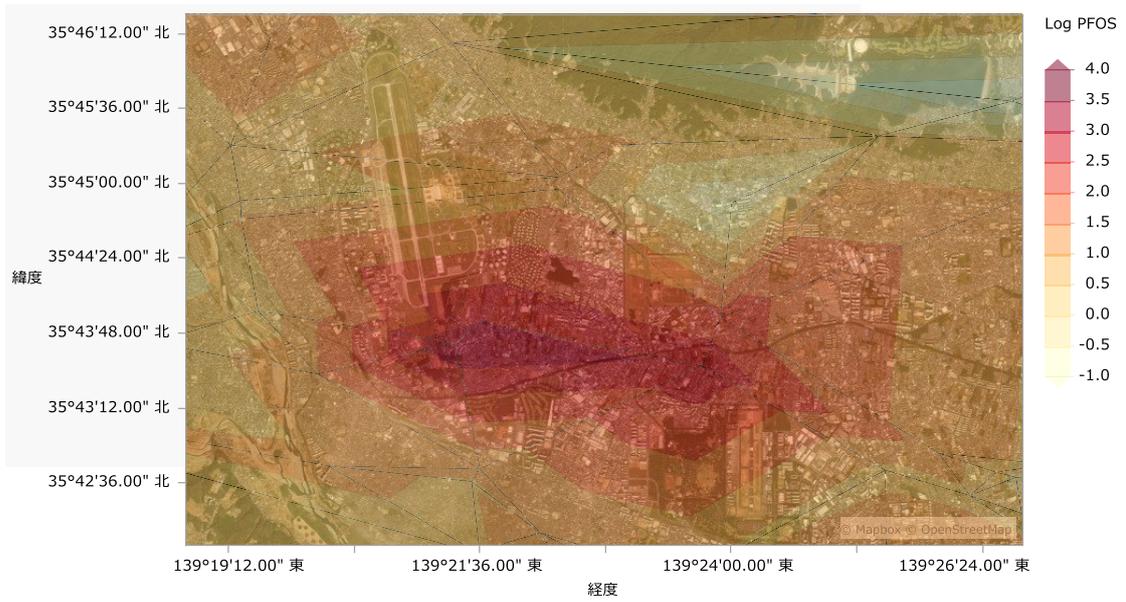
浅井戸 (左図) と深井戸 (右図) でそれぞれの PFOS 濃度を緯度、経度に配置した等高線図を示す。なお対数で示しており、1=10 ng/L、2=100 ng/L、3=1000 ng/L となっている。浅井戸で立川市において、最大の濃度となった立川市西部を中心として東側に濃度が高い点が分布した。また国立市、西東京市の近辺にも濃度が高い地点が集まっていた。深井戸では、立川市の濃度が高かった浅井戸の地点から東側の国分寺市へ広い領域に濃度が高い点

が集まった。

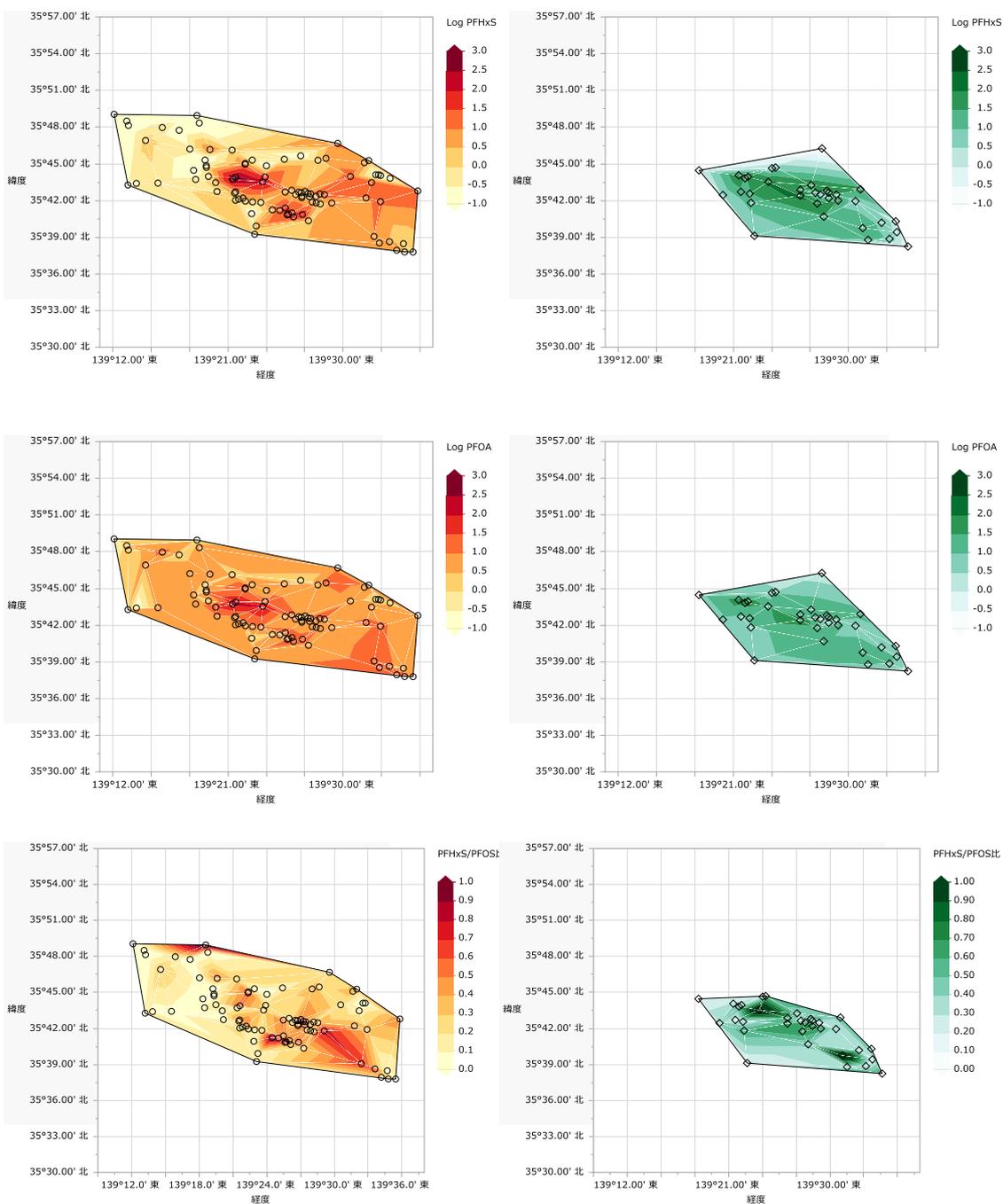


地図に重ね合わせた図を次に示す。





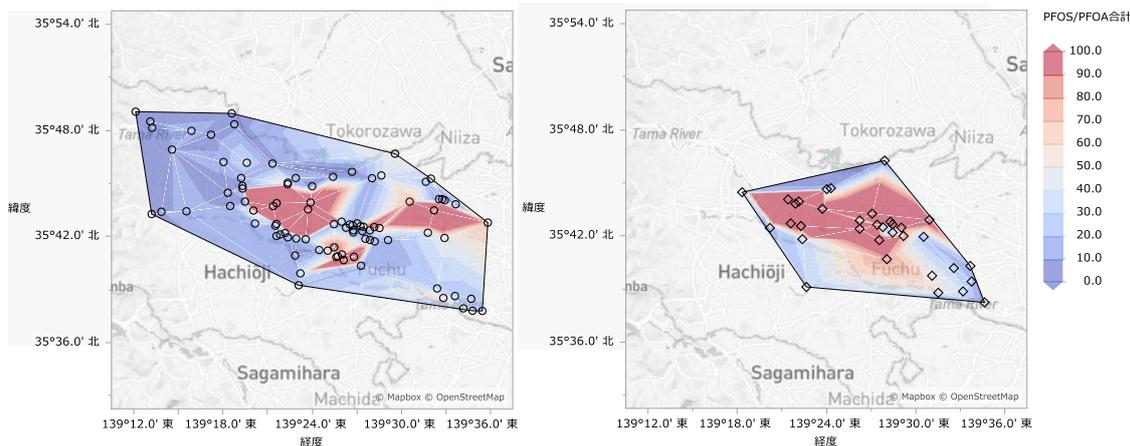




浅井戸ではPFOSに対するPFHxSの比率は35%であった一方、深井戸では49%であった。深井戸でのPFOSに対するPFHxSの比率は立川市から東側にかけて高くなっていた。土壌浸透速度は、PFHxSがPFOSより速いことが報告されている(環境化学 Vol.25, No.3, pp.149-160, 2015)。浸透度の違いから、深井戸にPFHxSが早く到達し、国分寺市ではPFHxS濃度が高くなったことが示唆された。

・暫定指針値を超える箇所

地下水中濃度に関して、環境省の暫定指針値との比較で以下に示した。暫定指針値を超える地点は北多摩地域に多く、浅井戸では立川市周辺、国立市・府中市、西東京市の周辺に広がり、深井戸では立川市、国分寺市などの多くで超過が見られ、また浅井戸での領域より広く分布する可能性が示唆された。

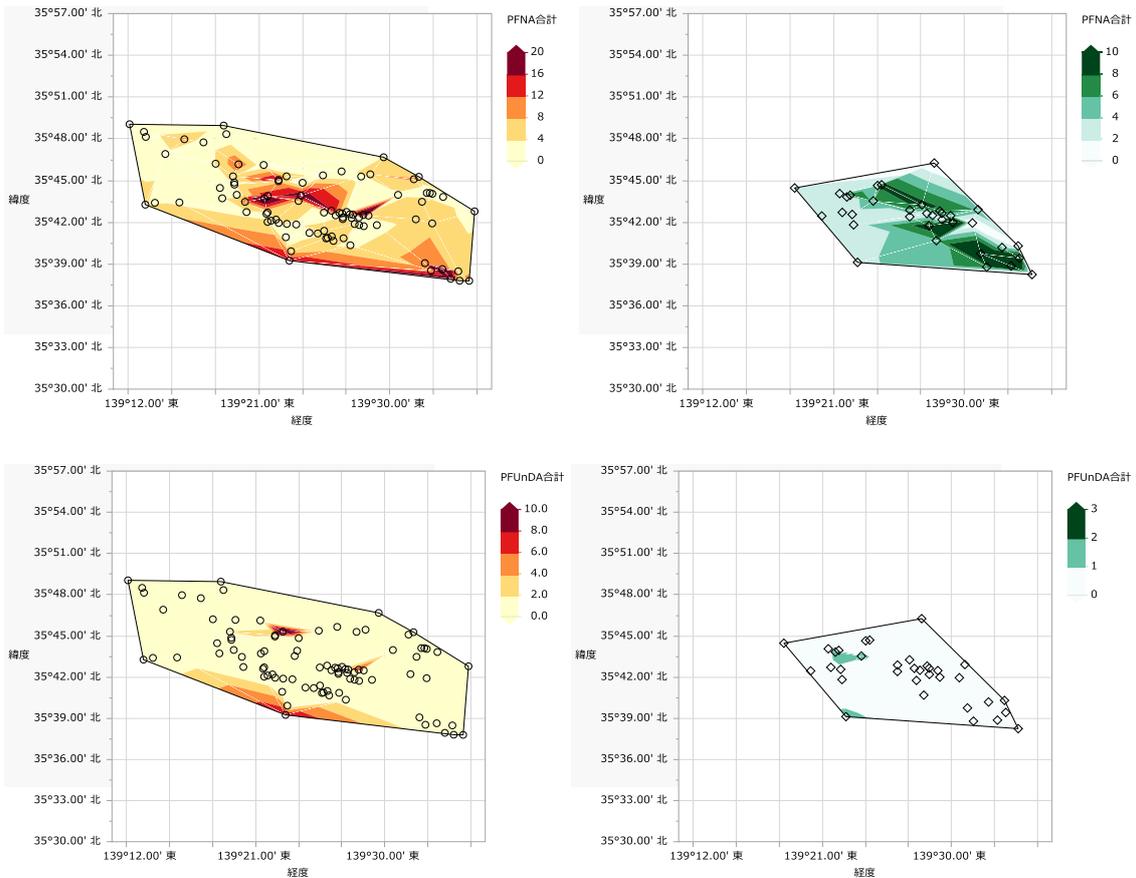


・それ以外の PFAS の結果

上記の PFOS、PFHxS、PFOA のほか、分析された PFAS のうち、現在ストックホルム条約で規制が検討されている PFNA、PFUnDA について以下に等高線図を示す。

浅井戸において、PFOS が高濃度で検出された立川市西部では PFNA が比較的高い濃度であった。これは PFOS には主成分以外の PFAS が副生成物として混入していることが知られており、それに由来するものと考えられた。一方で PFOS などが高い領域と異なる地点で比較的高い PFNA 濃度が国分寺市、調布市、日野市などの浅井戸で検出され、発生源として異なるものであると考えられた。深井戸では北多摩地域東部で比較的高い濃度であったが、PFNA の土壌浸透速度は PFOS と近く、立川市西部以外から浸透している可能性もありうる。PFUnDA は浅井戸では武蔵村山市、国分寺市、日野市の限られた地点での検出であった。これらの地点では PFNA も高く、発生源が同じと考えられた。深井戸では濃度が低く、ほとんど目立って検出されなかったが、これは PFUnDA の土壌浸透速度が低いことによると考えられた。

PFNA、PFUnDA などはフッ素樹脂製造の助剤、界面活性剤として使用されてきたものであり、PFOS が泡消火剤などで使用されるのと異なる用途が多い。その点で、PFAS 発生源として異なる種類のものがあることが示唆される。



### ・三次元プロット

地下水中 PFOS 濃度を緯度、経度、深さを用いてプロットした。井戸の深さは負の数値で表示している。PFOS 濃度が多いほど、球が大きくなる。動画は以下にアップロードしている。

<https://drive.google.com/file/d/1TVF9eeuamai6GwJBHrEKritl4G29PtTu/view?usp=sharing>

### ●表層水の PFAS 濃度

表層水調査結果を次の表にまとめた。

調査対象の測定結果で、ほぼ全てから PFOS/PFOA を検出した。残堀川の 2 地点では暫定指針値を超えていた。残堀川の PFAS 組成は PFOS がもっとも高く、ついで PFHxS が検出され、立川市での地下水の PFAS 組成に類似していた。野川では明確ではないが、PFHxS も PFOS に近い濃度で検出された。

残堀川では上流の武蔵村山市の地点では濃度が低く、立川市の採水地点から濃度が高くなった。流域に高い濃度の PFOS などが流入する箇所があると考えられた。野川では暫定指針値を超えてはいなかったが、比較的濃度が高く、より上流において PFAS の排出がある

可能性がある。

		濃度(ng/L)			
市町村		PFOS/PFOA合計	PFHxS合計	PFOS合計	PFOA合計
武蔵村山	空堀川	0.7	不検出	0.6	0.1
武蔵村山	残堀川1	4.7	1.1	3.0	1.7
立川	残堀川2	179.9	76.5	158.1	21.8
立川	残堀川3	2.0	0.4	1.8	0.2
立川	残堀川4	72.6	14.8	61.4	11.2
立川	残堀川5	11.1	7.9	8.5	2.6
福生	池	2.6	不検出	2.1	0.5
福生	水路	10.8	0.5	3.6	7.2
国分寺	野川1	27.4	9.1	20.7	6.8
国分寺	野川2	11.7	4.1	6.4	5.3

#### ●代替 PFAS 成分の検出

PFOS、PFOA は 2000 年以降、製造の自主的規制が進み、ストックホルム条約でも 2009 年、2019 年にそれぞれ制限、廃絶された。そのなかで代替 PFAS が導入されてきた。そのうち、泡消火剤成分には、フッ素テロマー化合物が使用されてきた。フッ素テロマー化合物は炭素とフッ素が結合した部位と、炭素と水素による部位を組み合わせたものであり、フッ素が結合した炭素 6 個と、水素と結合した炭素 2 個からなるものが多く使用され「6:2 テロマー」あるいは「C6」と呼ばれる。

泡消火剤には 6:2 テロマーを基本構造して製造されたものが現在多く使用されている。製造時の不純物、また環境中で分解することでいくつかの PFAS が生成されることが知られている。6:2FTS (6:2 フッ素テロマーシルホン酸) はその一つであり、化学構造としては、PFOS に含まれるフッ素 4 つを水素に置き換えたものである。

6:2 FTS はいくつかの試料で検出された。

地下水試料では、立川市の PFOS が高濃度で検出された地点で 6:2FTS が検出された。PFOS の発生源において、6:2 テロマーも使用されている可能性があり、同じ経路で地下水に浸透してきていることが示唆された。

表層水では残堀川の立川市の採水地点、福生市の池水、野川で検出された。残堀川、福生市で検出された 6:2FTS と地下水との関係については今後、追加検討が必要と考える。野川においては上流の試料で検討していくことで発生源を探索できるだろう。

種別	市町村	井戸深さ	PFOS/PFOA合計	PFHxS合計	PFOS合計	PFOA合計	6:2FTS
地下水	立川	30	3101.7	395.9	2940.0	161.7	42.2
地下水	立川	12	824.6	199.0	707.4	117.1	13.3
地下水	立川	110	433.0	115.3	374.2	58.8	10.2
表層水	国分寺	野川	11.7	4.1	6.4	5.3	7.1
表層水	立川	残堀川	179.9	76.5	158.1	21.8	4.9
表層水	国分寺	野川	27.4	9.1	20.7	6.8	3.9
表層水	福生	池	2.6	0.0	2.1	0.5	3.3
表層水	立川	残堀川	2.0	0.4	1.8	0.2	2.8

### ●考察とまとめ

北多摩地区の広範囲の地下水が環境省の暫定指針値を超える状況だった。そのなかでも、在日米軍横田基地南東側の立川市の浅井戸で高い濃度の PFOS などが検出された。それ以外には国立、西東京市などでも浅井戸で比較的高い PFOS を示す領域があった。深井戸では国分寺市、府中市などで浅井戸より PFOS、PFHxS が高い傾向がみられた。高い PFOS 濃度の領域の中心が深井戸では浅井戸より東側にあり、地下水の流れに乗って西側から移動してきていることが推測された。また深井戸での PFHxS の比率は北多摩地域の東側で高くなっており、浸透度の違いが原因であり、国分寺市で PFHxS 濃度が高くなったと示唆された。この結果、水道水を通じて、血液中でも PFHxS が国分寺市の住民に高い濃度で検出されたことにつながったと考えられる。

PFOS の他に、フッ素樹脂製造などに関連する PFNA、PFUnDA では異なる局所的な発生源も示唆された。立川市の井戸水では、代替 PFAS 成分(6:2 FTS)も検出されており、地下水への浸透経路が PFOS と共通していることが示唆された。

表層水では残堀川で、立川市に入って以降、PFOS などの濃度が上昇し、暫定指針値を超えていた。