

令和7年度 有機フッ素化合物汚染源調査

報 告 書

令和8年3月

沖 縄 県

< 目 次 >

1. はじめに.....	1
2. 令和6年度までの検討事項.....	2
2.1 汚染源の推定及び絞込み.....	2
2.2 専門家会議での検討の総括.....	3
3. 令和7年度の実施方針.....	4
4. 汚染源特定に関する調査結果.....	5
4.1 PFOS等の検出状況.....	5
4.2 新規の湧水地点における調査結果.....	10
5. 次年度以降の対応方針.....	12

1. はじめに

有機フッ素化合物である PFOS 及び PFOA については、全国の公共用水域や地下水での検出状況等から令和2年5月に環境省が水質の要監視項目に位置づけ、指針値として PFOS と PFOA の合計で 50ng/L が設定されている。

沖縄県は、平成 28 年度から水道水源を除く県内の河川や湧水等で有機フッ素化合物の残留実態調査を行っており、これまでの調査において普天間飛行場北西側の湧水等から、指針値を超過する高濃度の有機フッ素化合物が継続して検出されている。

普天間飛行場周辺については、これらの検出状況に加えて普天間飛行場の返還が予定されていることから、早期に汚染源の特定を図り、原因者へ対策等を求め、円滑な跡地利用につなげていくことが重要である。そのため、沖縄県は令和3年度に同飛行場周辺における有機フッ素化合物の汚染源の特定を目的とした専門家会議を設置し、検討を行った。令和4年度から令和6年度は、令和3年度の専門家会議での検討内容等も踏まえて、専門家会議委員による検討を行うとともに、普天間飛行場周辺の地下水流向の把握に係る調査等を実施した。

令和7年度は、表 1.1 に示す有識者への意見聴取を実施するとともに、引き続き、普天間飛行場周辺の有機フッ素化合物の汚染源推定及び汚染のメカニズムを把握するために必要な調査・検討を行った。本報告書ではその概要を示す。

表 1.1 意見聴取を実施した有識者

氏名	役職等	専門分野
平田 健正※	和歌山大学 名誉教授	環境水理学、地下水動態学
江種 伸之	和歌山大学 システム工学部 教授	地下水工学、地盤工学
柴田 康行	国立環境研究所 名誉研究員	環境化学、環境動態解析

※「令和4～6年度の「基地周辺環境対策推進事業」有機フッ素化合物汚染源調査に係る専門家会議」における座長

表 1.2 有識者への意見聴取の概要

実施日	意見聴取の内容
第1回 令和7年7月29日(火)	(1) PFOS 等※の水質モニタリング結果 (2) 汚染源検討の経緯と方針 (3) 令和7年度の実施計画
第2回 令和7年10月4日(土)	(1) PFOS 等※の水質モニタリング結果 (2) 湧水のモニタリング調査 (3) 地図情報システムの作成状況 (4) 調査計画等の検討
第3回 令和8年2月4日(水)	(1) PFOS 等※の水質モニタリング結果 (2) 令和7年度の調査結果 (3) 地図情報システムの作成状況 (4) 次年度以降の調査計画案

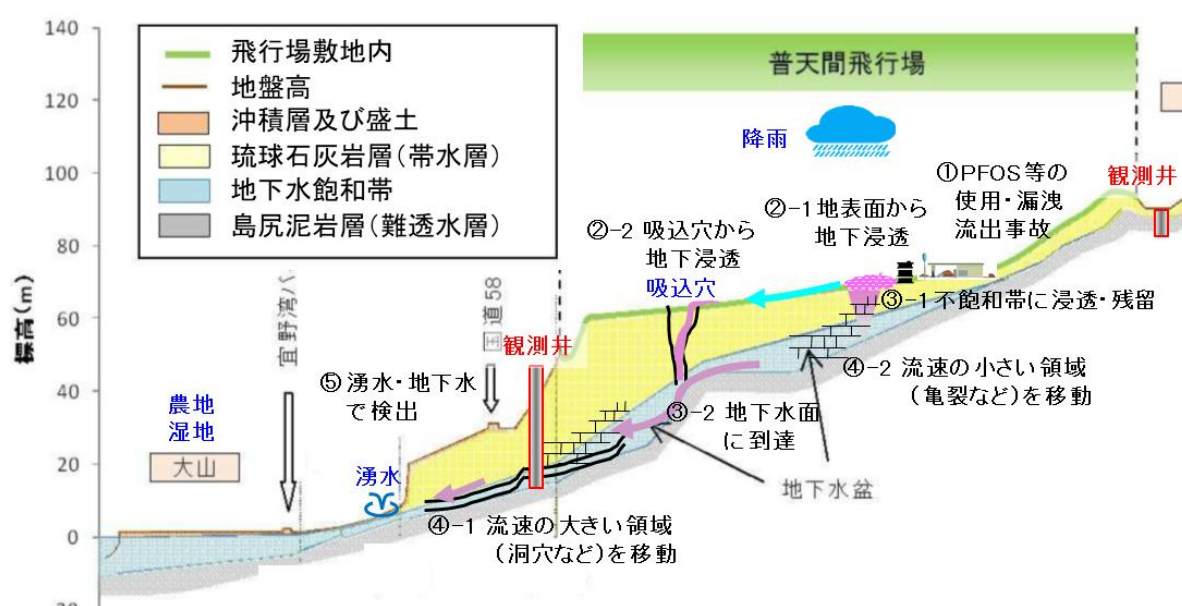
※ 本報告書では「有機フッ素化合物」のうち、普天間飛行場周辺で継続的に調査している PFOS、PFOA、PFHxS、6:2FTS の4物質を「PFOS 等」と称している。

2. 令和6年度までの検討事項

2.1 汚染源の推定及び絞込み

令和3年度に県が設置した専門家会議では、普天間飛行場周辺における PFOS 等の汚染源の推定及び絞込みについて検討し、同飛行場内での PFOS 等の漏洩や流出等による汚染が発生した場合の移動経路について想定した。

これらの検討結果を踏まえ、令和4年度から令和6年度の専門家会議では図2.1に示すとおり、地下水が普天間飛行場を横断して流下すると想定される方向に沿って調査ボーリング及び観測井戸の設置を行い、地質状況や地下水水位及び水質に関するデータの収集に努めた。また、汚染源の特定に必要と考えられる条件については、表2.1に示すとおり整理した。



出典) 宜野湾市：宜野湾市自然環境保全に関する基本方向(平成24年3月)の一部に加筆して作成

図2.1 PFOS等の移動経路と調査ボーリング及び観測井戸の設置位置

表2.1 汚染源の特定に向けた条件

把握する項目	令和6年度までに把握した内容	評価結果など
① PFOS等の使用・保管・漏洩の履歴がある。	普天間飛行場内で使用等の履歴あり。 (令和3年度の専門家会議で検討)	把握済み
② 飛行場の地下水上流・下流側でPFOS及びPFOA濃度に有意な差がある。	上流側は指針値50ng/L以下、下流側は50ng/L超過の濃度を示す。	概ね 把握済み (地下水下流側の観測井戸で6,000ng/Lを超過する地点を確認)
③ 南東⇒北西方向以外の地下水の流れがない。	普天間飛行場北西側の地域の地下水は、飛行場を上流とする流れとなっていることを評価。	概ね 把握済み (島尻泥岩層の上面形状や地形的な特徴を考察し、地下水流動を検証)
④ 飛行場と観測地点との間に高濃度なPFOS等の地下浸透が生じる土地利用がない。	普天間飛行場とR4-3孔の間は主に住宅地、R5-1孔は飛行場直近に位置しており、PFOS等の使用や埋設の履歴は確認されない。	把握済み

2.2 専門家会議での検討の総括

令和6年度までの「検討成果における総括の概要」については表2.2に整理、「検討課題として残った事項」については表2.3に整理したとおりである。

表 2.2 検討成果における総括の概要

対象	総括の概要
飛行場 全域	<ul style="list-style-type: none"> PFOS等の汚染源となり得る場所は、普天間飛行場内に存在すると考えられる。 地下水下流側で検出される「PFOS、PFOA、PFHxS」は古いタイプのレガシーPFOS泡消火薬剤、「6:2FTS」は新しいタイプのモダンフルオロテロマー泡消火薬剤に由来している可能性が考えられる。 降雨の影響による濃度変動より、地下浸透したPFOS等は、地下水とともに下流側へ直ちに流下するだけでなく、不飽和帯に残留して雨水とともにPFOS等が地下水へ供給されていることが考えられる。
C流域	<ul style="list-style-type: none"> PFOS等の汚染源となり得る場所は、泡消火薬剤の保管等が確認されたC流域内の格納庫と考えられる。 シチャヌカーで湧出する地下水は、R5-4～R4-3孔の間（R6-2孔近傍）の比較的狭い範囲を流下していると考えられる。
D流域	<ul style="list-style-type: none"> PFOS等の汚染源となり得る場所は、泡消火薬剤の保管等が確認されたD流域内の格納庫の可能性があると考えられる。
E流域	<ul style="list-style-type: none"> PFOS等の汚染源となり得る場所は、泡消火薬剤の使用等が確認された消火訓練施設と考えられる。 消火訓練施設で使用した泡消火薬剤由来の高濃度なPFOS等を含む地下水は、R5-1孔付近を經由してチュンナガーなどの湧水地点へ向かい流下している。

表 2.3 検討課題として残った事項

課題として残った事項	対応例
<p>①汚染源におけるPFOS等の残留状況</p> <p>一部の湧水や地下水で積算降水量とPFOS等濃度の変動傾向との相関関係が把握でき、普天間飛行場内の汚染源におけるPFOS等の残留が推定されたが、その濃度や位置、深さを推定できるまでのデータは得られなかった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 湧水及び観測井戸の水質モニタリングの継続 降雨後の連続採水・分析
<p>②D流域の地下水流路</p> <p>C流域とE流域については、普天間飛行場からのPFOS等を含む地下水流路はほぼ把握されたが、D流域では下流側の湧水と同等のPFOS等濃度の地下水は確認されず、十分に把握できなかった。</p>	<ul style="list-style-type: none"> これまでに調査対象としていない地下水下流側の湧水地点での水質分析 地下水の流路形成に関わる調査（文献調査、現地踏査など） トレーサー試験等による地下水流路の確認
<p>③PFOS等4物質以外による水質の分類</p> <p>PFOS等4物質の構成比から水質を分類したが、さらに分類の精度を向上することで、より具体的な汚染源の特定につながる可能性がある。</p>	<ul style="list-style-type: none"> PFOS等4物質以外のPFASの分析 前駆体の検出の有無やその他指標となり得る物質の検討

3. 令和7年度の実施方針

専門家会議では、令和4～6年度の検討を経て「PFOS等の汚染源となり得る場所は、普天間飛行場内に存在すると考えられる」と総括している（図3.1）。

一方で、残された課題及び今後必要とされる事項として「汚染源におけるPFOS等の残留状況の推定」など下記の①～⑤が挙げられた。これらは、PFOS等の汚染状況の監視とともに、安心できる生活環境の確保や円滑な跡地利用の推進のために必要な事項となる。

この①～⑤の事項に対する令和7年度の取り組みで得られる成果の活用例を表3.1に示すが、普天間飛行場内の具体的な汚染源の特定に資する調査や検討を行うとともに、地下水汚染や地下水流動等の総合的な把握、さらに浄化対策案の事前評価に活用できる地図情報システムを作成する方針とした。

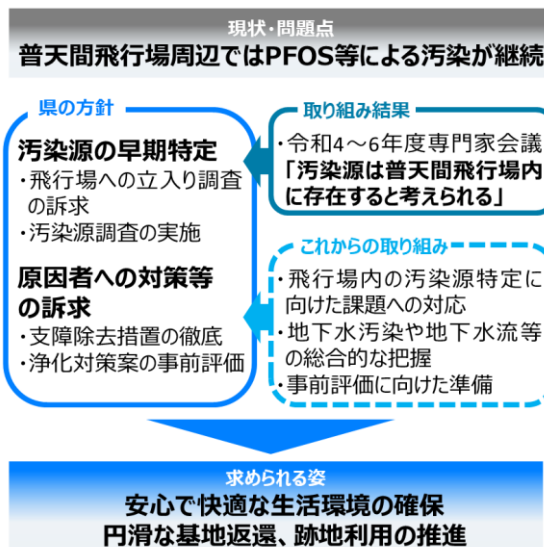


図3.1 PFOS等による汚染に対する沖縄県の方針と取り組み

【 残された課題及び今後必要とされる事項 】	【 令和7年度の取り組み 】
① 汚染源におけるPFOS等の残留状況の推定	(1) 水質及び地下水位の調査
② D流域の地下水流路の把握	(2) 地下水汚染状況、地下水流等を把握するための地図情報システムの作成
③ PFOS等4物質以外による水質の分類	(3) 有識者からの意見聴取、追加ボーリング調査の検討及び調査計画案の作成
④ 湧水、地下水の汚染状況の監視	(4) 不要観測井戸の埋め戻し
⑤ 汚染の浄化など対策へつなげるための汚染メカニズムのさらなる解明（C流域）	

表3.1 令和7年度の取り組みによる成果

必要とされる事項	取り組み成果 ()内は関連する取り組みの番号
① PFOS等残留状況の推定	<ul style="list-style-type: none"> ・PFOS等濃度、地下水位、降雨の経時変化図 (1) ・調査地点と汚染源の位置関係 (2) ・汚染ブルーム確認のボーリング調査地点の検討 (3) ・連続採水分析の実施の検討 (3)
② 地下水流路の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・地形、地質、地下水分布の特徴の抽出 (2) ・地下水流路確認のボーリング調査地点の検討 (3)
③ 4物質以外による水質分類	<ul style="list-style-type: none"> ・最新の知見に基づく分析項目の検討 (3)
④ 汚染状況の監視	<ul style="list-style-type: none"> ・PFOS等濃度の分布図や経時変化図 (1) ・指針値超過の有無 (1) ・監視優先度の低い観測井戸の撤去、原状回復 (4)
⑤ 汚染メカニズムの解明	<ul style="list-style-type: none"> ・C流域湧水の水質分類 (1) ・地形、地質、地下水分布の特徴の抽出 (2) ・メカニズム解明に必要な追加調査の検討 (3)

4. 汚染源特定に関する調査結果

4.1 PFOS 等の検出状況

平成 28 年度から令和 7 年度までに沖縄県が実施した水質調査の結果を図 4.1～図 4.6 に示す。

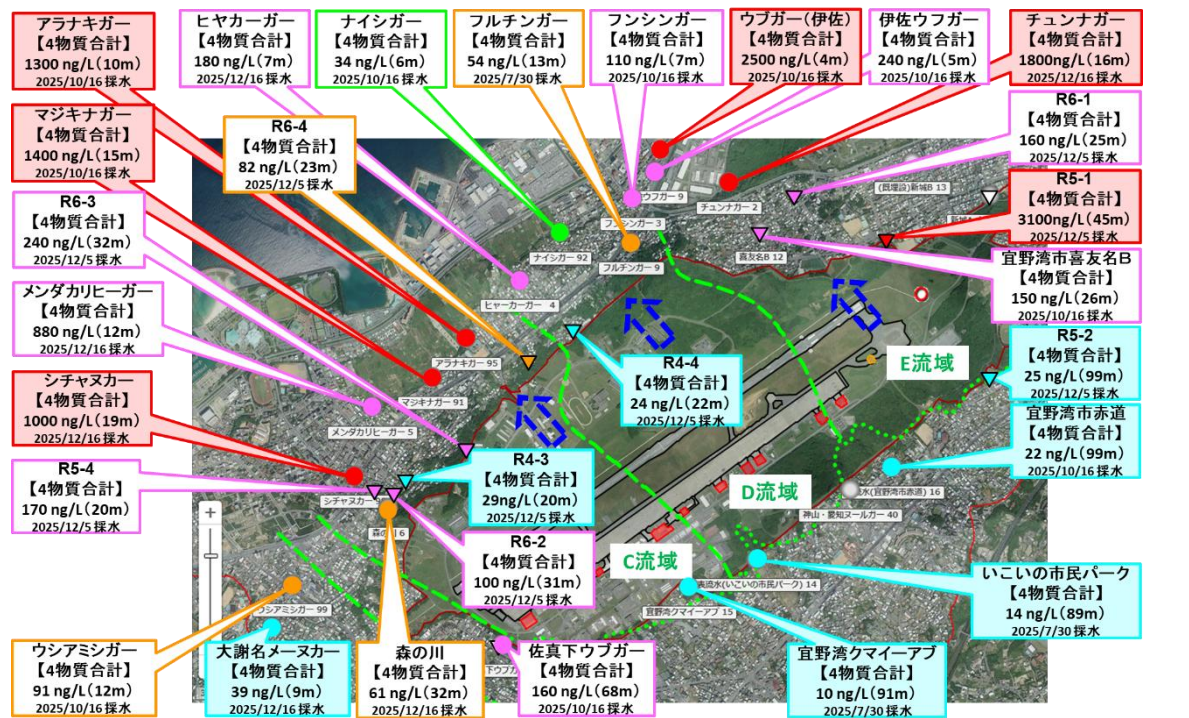
なお、図 4.1～図 4.3 は PFOS 等の濃度分布と宜野湾市「平成 18 年度宜野湾市自然環境調査」に示される地下水流域区分を重ね合わせて作成した。

(1) PFOS 等の濃度分布

普天間飛行場内を經由した地下水下流側では、PFOS 等 4 物質合計で 1,000ng/L を超える濃度が検出される地点は C 流域と E 流域に分布し、継続して水質調査を実施している地点のうち、E 流域下流側の R5-1 孔で最も高い濃度として 3,100ng/L の PFOS 等が検出されている (図 4.1 参照)。

また、一部の地点を除き地下水下流側では、PFOS 及び PFOA の指針値である 50ng/L を超過する地点が確認され、継続して水質調査を実施している地点のうち、E 流域下流側の R5-1 孔で最も高い濃度として 2,200ng/L の PFOS 及び PFOA が検出されている (図 4.2 参照)。

6:2FTS の検出状況については、地下水下流側では不検出または一時的に検出する地点が分布し、地下水下流側では一部を除き連続的に検出する地点が分布している (図 4.3 参照)。



地理院地図を加工して作成

PFOS 等 4 物質とは、PFOS、PFOA、PFHxS、6:2FTS である。

○ 湧水地点

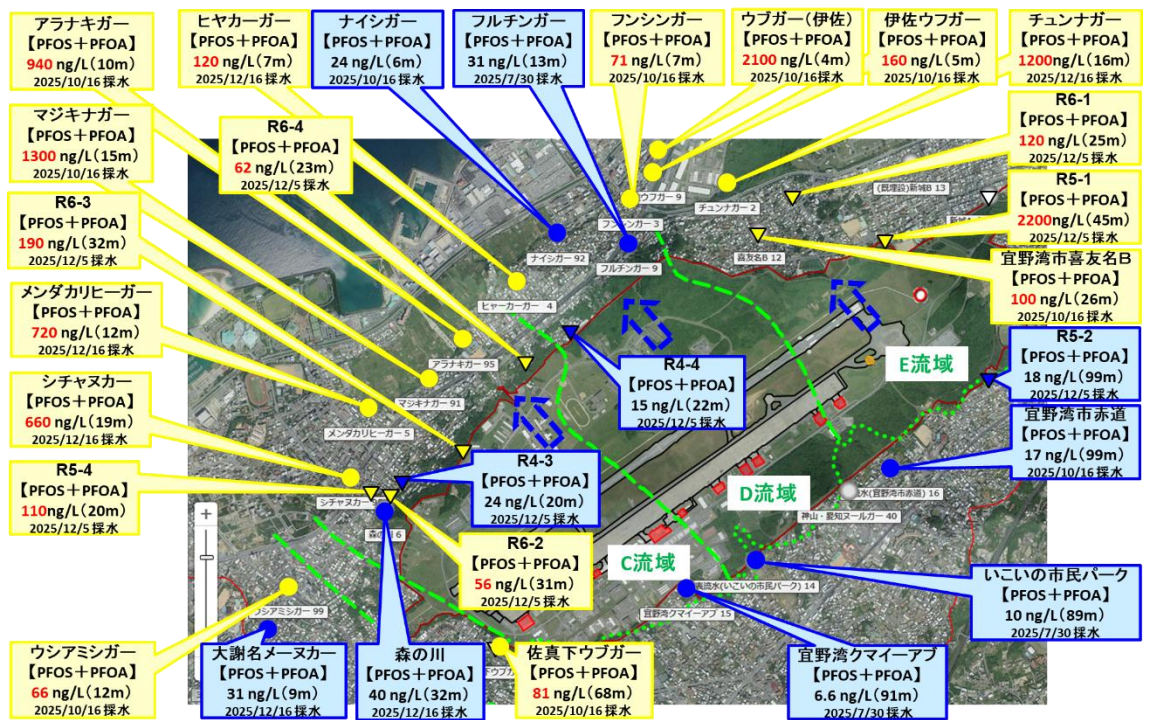
▽ 観測井戸

図中の (): 湧水地点の地盤標高値、観測井戸の地下水位標高値
 矢印: 推定される地下水の流れ
 点線: 地下水流域の推定境界
 点線: 琉球石灰岩と島尻層群の表層地質の分布境界

【4物質合計の濃度分布】
 (採水: 2025年7月～12月)

- 30ng/L 未満
- 50ng/L 未満
- 100ng/L 未満
- 1,000ng/L 未満
- 1,000ng/L 以上

図 4.1 地下水流域界と PFOS 等 (4 物質の合計値) の濃度分布



地理院地図を加工して作成

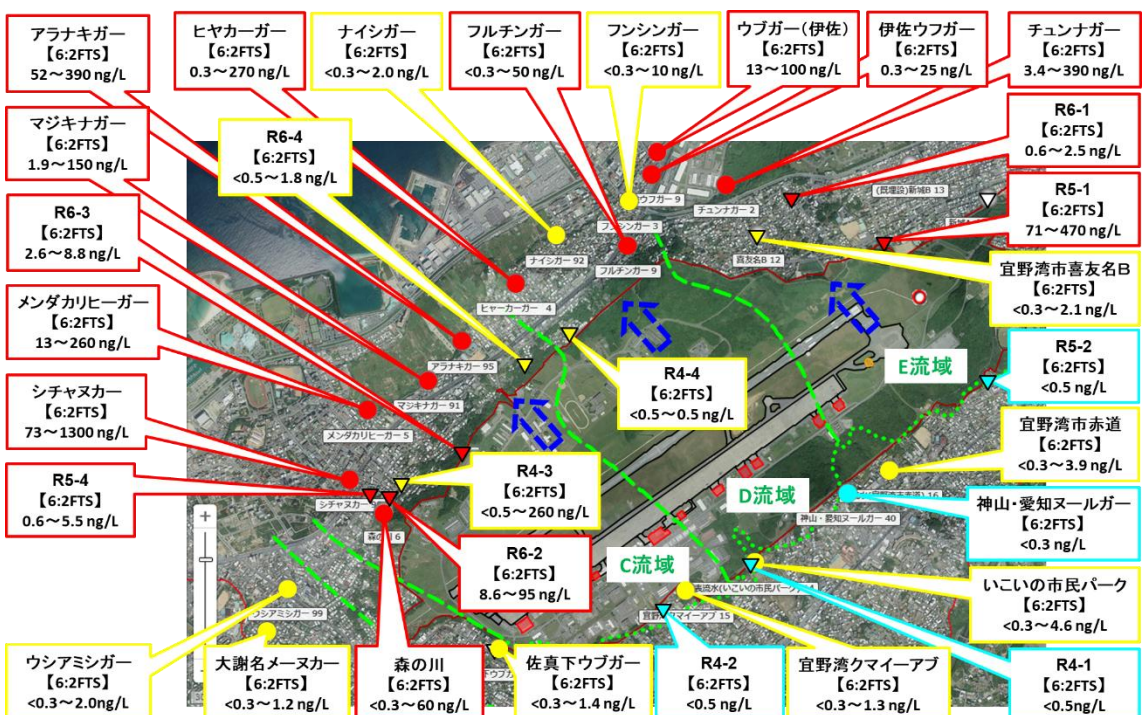
図中の(): 湧水地点の地盤標高値、観測井戸の地下水位標高値
 : 推定される地下水の流れ
 : 地下水流域の推定境界
 : 琉球石灰岩と島尻層群の表層地質の分布境界

【PFOS+PFOAの濃度分布】
 (採水: 2025年7月~12月)

● 50 ng/L 以下
 ● 50 ng/L 超過

注) 要監視項目 指針値: 50 ng/L

図 4.2 地下水流域界と PFOS 及び PFOA (2 物質の合計値) の濃度分布



地理院地図を加工して作成

: 推定される地下水の流れ
 : 地下水流域の推定境界
 : 琉球石灰岩と島尻層群の表層地質の分布境界

【6:2FTSの検出状況】

(調査期間: 2018~2025年)

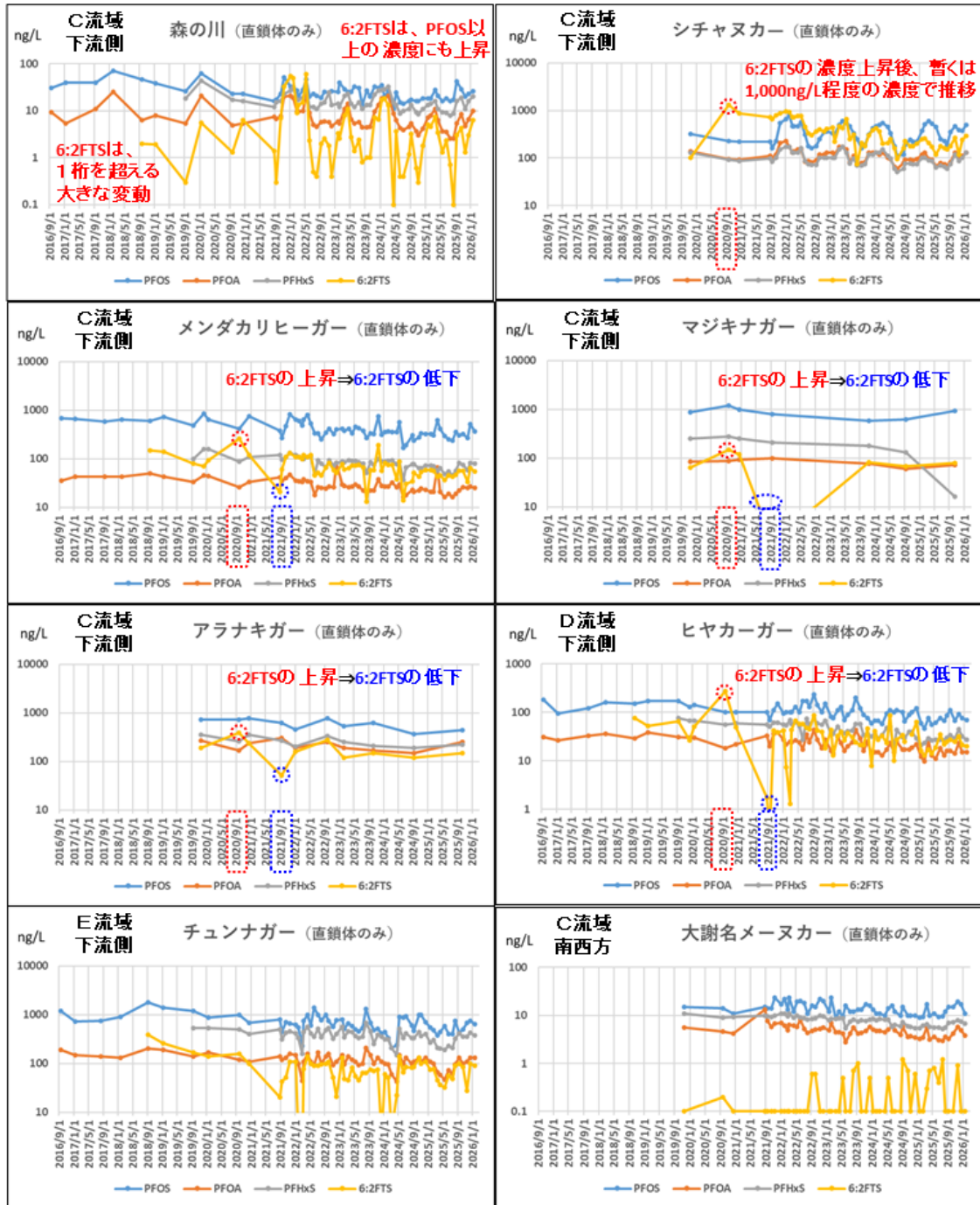
● 不検出の地点
 ● 一時的に検出する地点
 ● 連続的に検出する地点

図 4.3 地下水流域界と 6:2FTS の検出状況

(2) PFOS 等の経時変化と積算降水量（湧水地点）

令和6年度までの傾向と同様に、6:2FTSは大きな濃度変動を示し、PFOS、PFOA、PFHxSは6:2FTSと比べると濃度変動が小さく、概ね一定の濃度で推移している（図4.4参照）。

また、一部の湧水におけるPFOS等濃度の変動は、採水前40～90日間の積算降水量に相関する傾向が認められた。C流域下流側のシチャヌカーは積算降水量と負の相関があり、降雨の影響でPFOS等濃度が低下する。一方、D流域下流側のヒヤカーガーやE流域下流側のチュンナガーは積算降水量と正の相関があり、降雨の影響でPFOS等濃度が上昇する傾向がある（図4.6参照）。



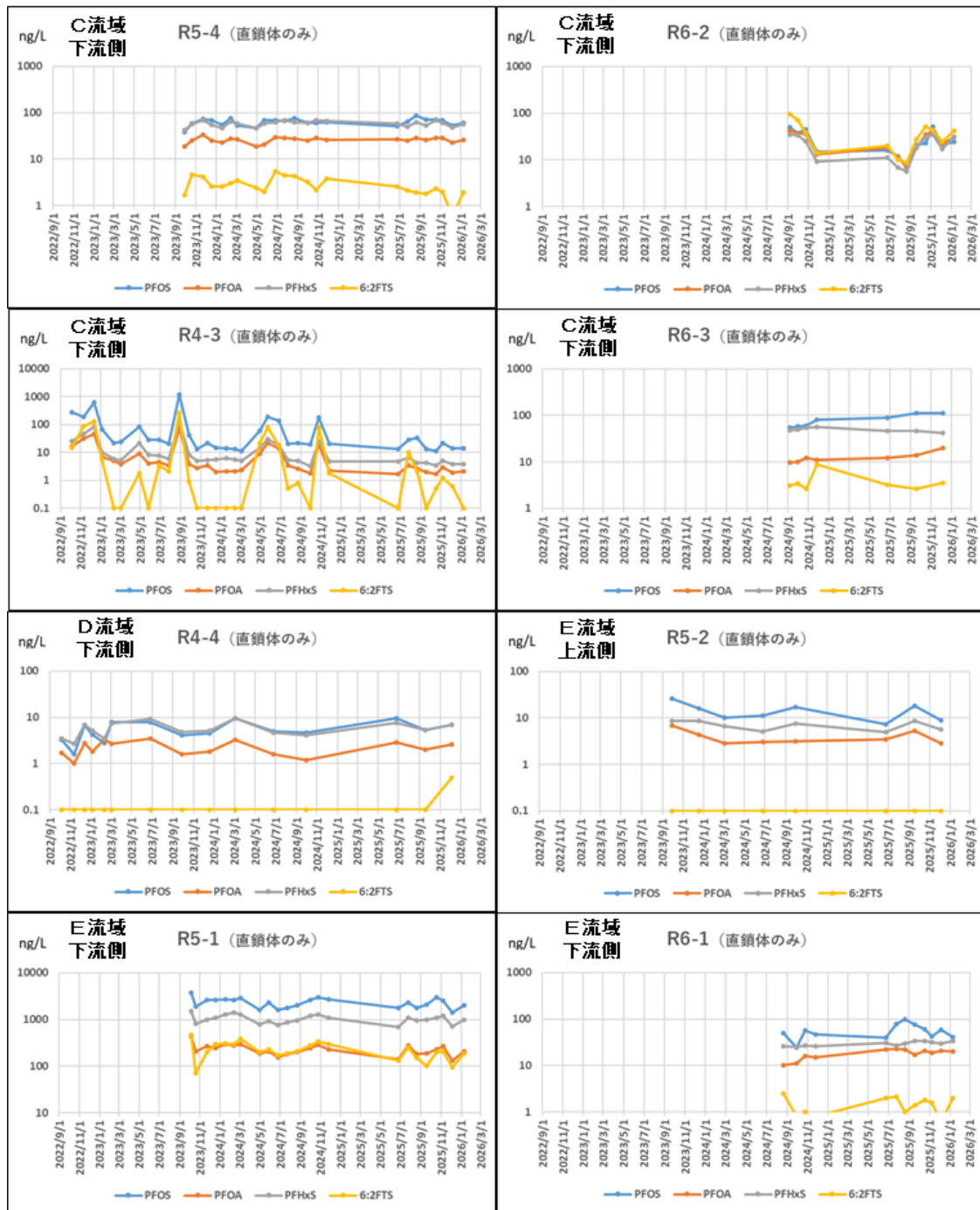
注) 2016年からの継続した経時変化を把握するため、2016年から測定している直鎖体のみ濃度をもとに経時変化を作成（分岐異性体は含まず）

図4.4 PFOS等濃度の経時変化（代表的湧水地点）

(3) PFOS 等の経時変化と積算降水量（観測井戸）

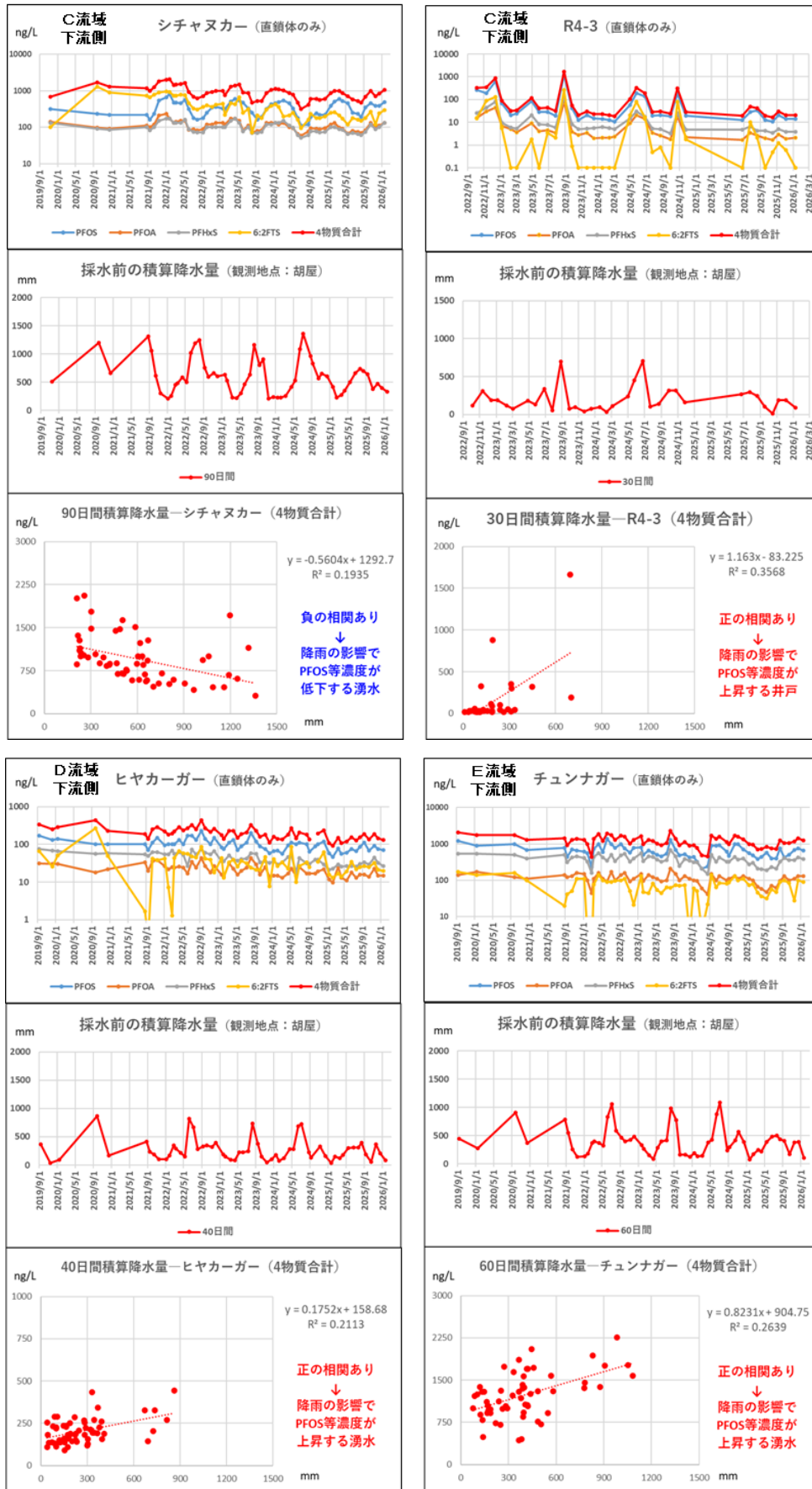
継続して水質調査を実施している地点のうち、普天間飛行場周辺で最も高い濃度の PFOS 等が検出された E 流域下流側の R5-1 孔では、PFOS 等 4 物質のなかで PFOS の割合が最も高く、概ね一定の濃度で推移しているが、今後もデータを蓄積して変動傾向の把握が必要である（図 4.5 参照）。

C 流域下流側の R4-3 孔における PFOS 等濃度の変動は、採水前 30 日間の積算降水量と正の相関があり、降雨の影響で PFOS 等濃度が上昇する傾向がある。また、1桁を超える範囲で濃度の上昇・低下を繰り返す傾向がある（図 4.6 参照）。



注）7 ページに示した下流側の湧水の経時変化と比較できるように、2016 年から湧水で測定している直鎖体のみの濃度をもとに経時変化を作成（分岐異性体は含まず）

図 4.5 PFOS 等濃度の経時変化（観測井戸）



注) 2019年からの継続した経時変化を把握するため、2016年から測定している直鎖体のみの濃度をもとに経時変化を作成（分岐異性体は含まず）

図 4.6 PFOS 等濃度と積算降水量の相関

4.2 新規の湧水地点における調査結果

これまで継続的に調査していなかった地下水下流側の湧水（12箇所）を対象に水質調査を実施し、PFOS等の濃度分布とその構成比による水質分布を把握した。

(1) PFOS等の濃度分布

C流域のカンジャーガー(3, 300ng/L)やイジュンガー(4, 400ng/L)では、隣接する湧水より高い濃度のPFOS等が検出され、B流域に位置するティーチガーやカンガーでも100ng/Lを超える比較的高い濃度のPFOS等が検出された（図4.7参照）。

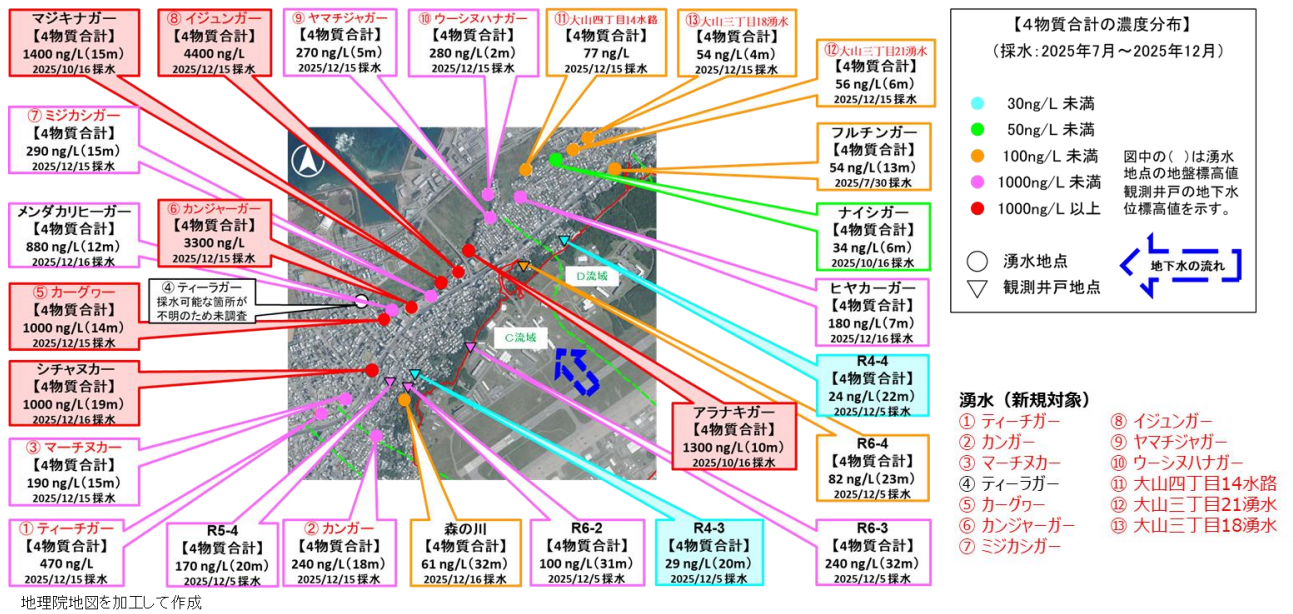


図 4.7 PFOS 等(4物質の合計値)の濃度分布

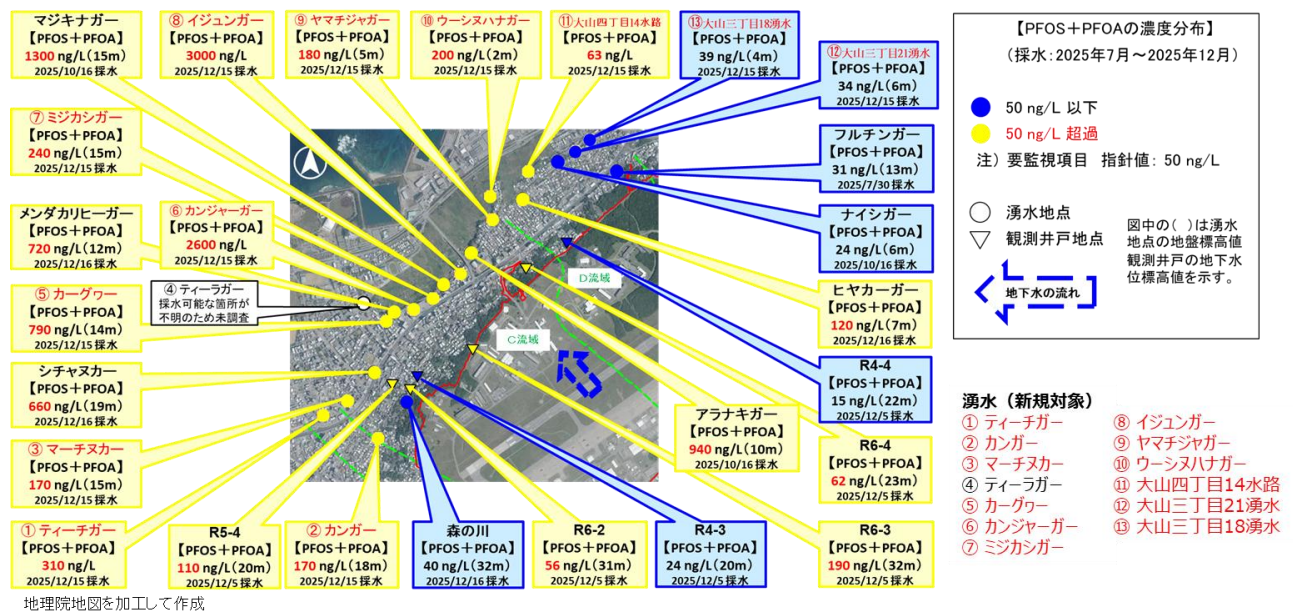


図 4.8 PFOS 及び PFOA（2物質の合計値）の濃度分布

(2) 濃度構成比による水質分布

PFOS 等における濃度構成比の類似性よりC～D流域では、大きく5つの水質グループ（水質A～E）が分布していると推定される（図4.9参照）。

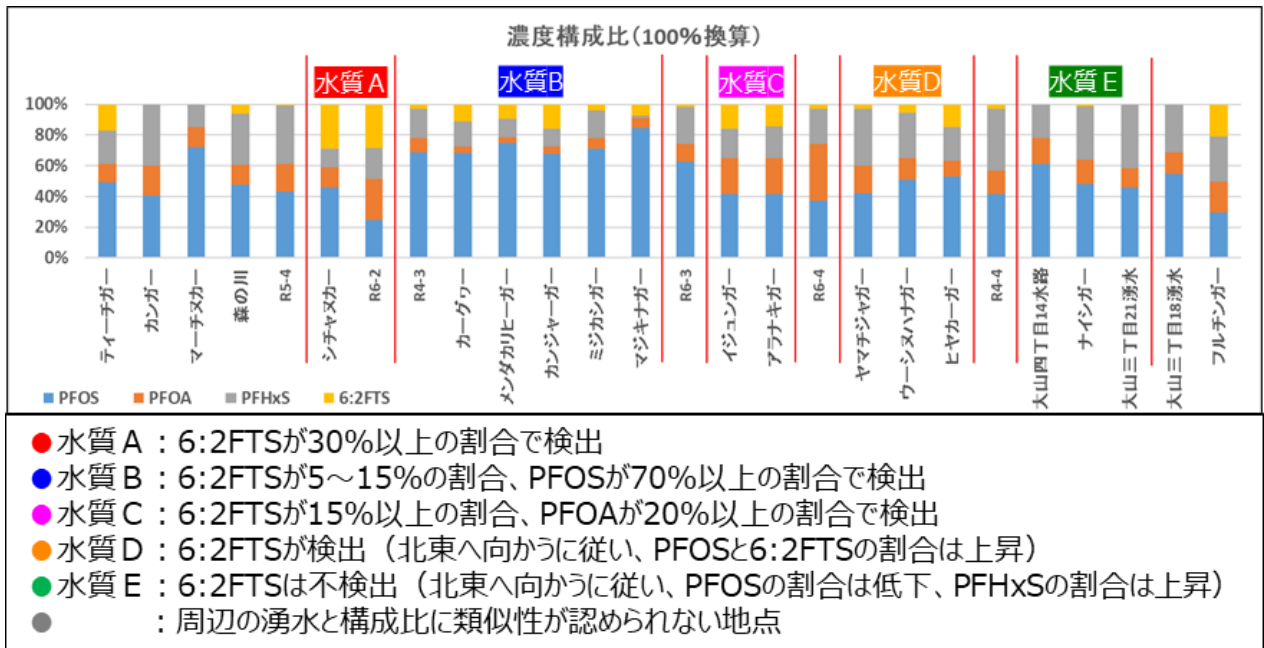
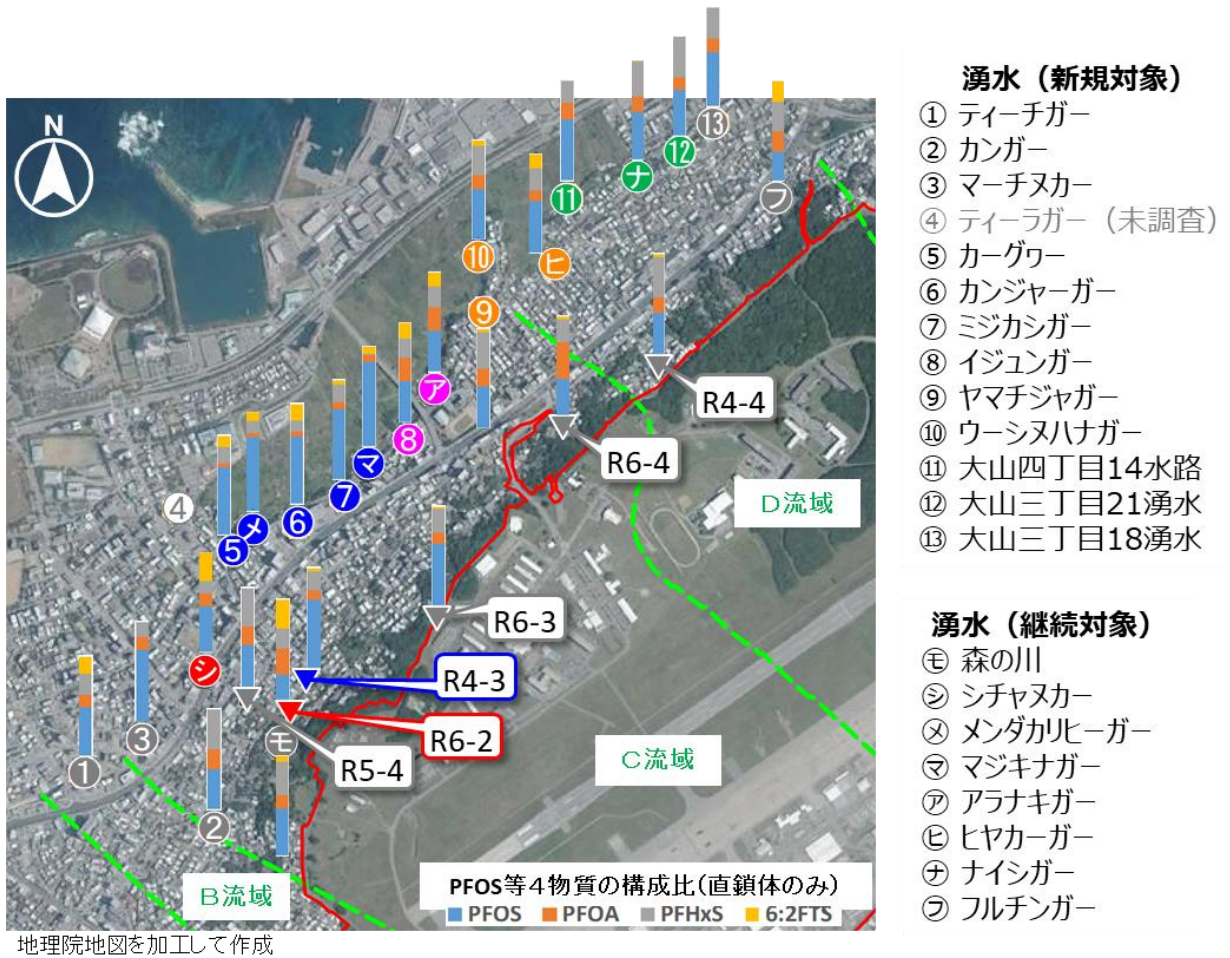


図4.9 PFOS等の濃度構成比による水質分布

5. 次年度以降の対応方針

今年度の調査・検討の結果と有識者への意見聴取を踏まえた、令和8年度以降における対応方針案を表5.1に示す。

基本的な方針として、普天間飛行場周辺における水質および地下水位のモニタリングを継続し、データの蓄積を図るとともに、消火訓練施設が位置するE流域における地下水流動や汚染範囲を詳細に把握するための調査・検討に重点的に取り組むこととする。

表 5.1 令和8年度以降における対応方針案

方 針	対 応
<p><PFOS等濃度の分布および変動の傾向把握></p> <p>普天間飛行場周辺のPFOS等による地下水汚染を継続監視する。</p>	<p><実施事項></p> <ul style="list-style-type: none"> ●地下水・湧水におけるPFOS等の水質分析（地点毎の検出状況を踏まえ調査頻度を設定） ●観測井戸での地下水位の測定（自記水位計による連続観測）
<p><E流域における地下水流下経路の評価></p> <p>E流域の汚染源の一つと考えられる消火訓練施設周辺の地下水が「消火訓練施設⇒R5-1孔⇒チュンナガー・ウブガー（伊佐）」へ流下していることを検証する。</p>	<p><実施項目></p> <ul style="list-style-type: none"> ●調査ボーリング及び観測井戸の新設（主にE流域の地下水下流側に配置） ●シミュレーションで設定する地質、地下水位、透水係数、水質データの把握 ●シミュレーションで必要となる、その他測定データ等の把握 ●E流域を対象とした地下水流動シミュレーションの実施

以上