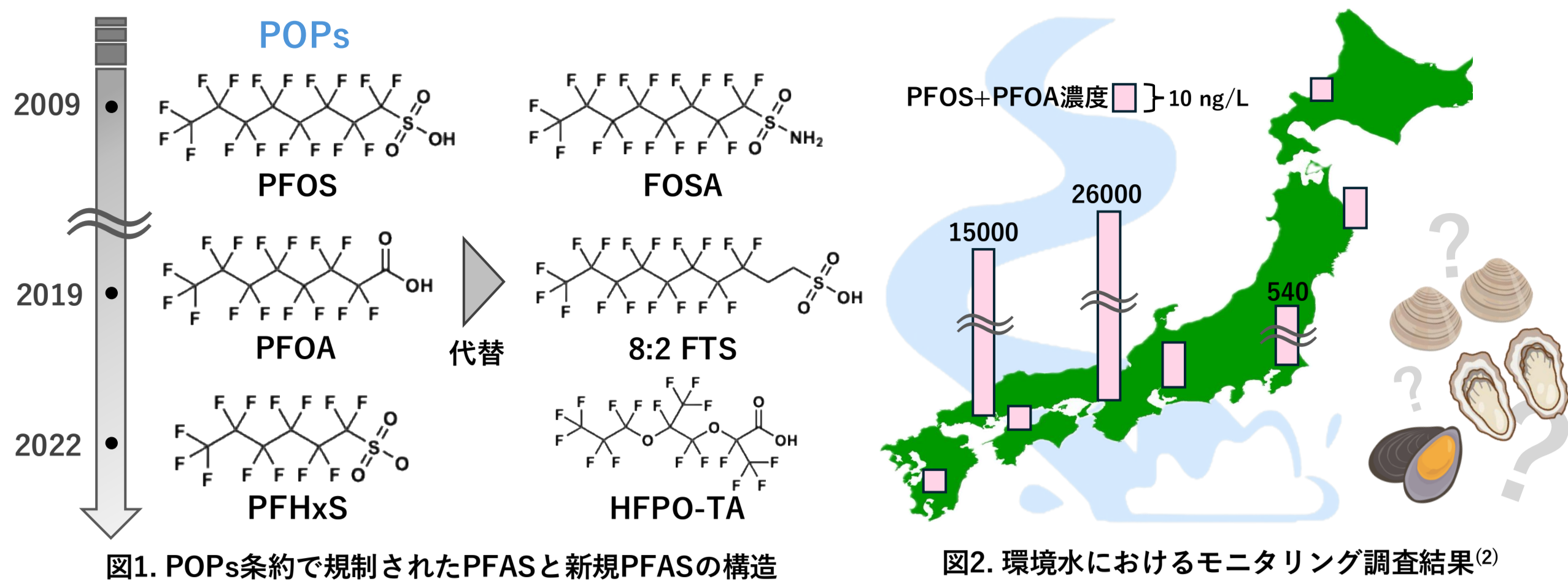


二枚貝の軟組織に適用可能なPFAS分析法の確立と瀬戸内海沿岸域のモニタリング調査

○ 安原 芽生, 田上 瑠美, 国末 達也 (愛媛大学 先端研究院 沿岸環境科学研究センター)

研究の背景・目的



- ✓ PFASは、化学的安定性、熱安定性、撥水性等の性質から様々な製品に使用されているがPFOS・PFOA・PFHxSが**残留性有機汚染物質(POPs)**に指定⁽¹⁾(図1)
- ✓ POPsに代わる新興PFASの使用が拡大しているが、環境残留性や生物への悪影響が懸念
- ✓ 環境省のモニタリング調査⁽²⁾により**国内の水域におけるPFOAとPFOSの広域汚染**が明らかとなっているが(図2)、水生生物を対象とした調査研究は僅少
- ✓ 二枚貝は**沿岸域の化学汚染を理解する指標生物**として広く利用⁽³⁾

二枚貝の軟組織に適用可能なPFAS分析法の確立

2024年に瀬戸内海沿岸域で採取した二枚貝におけるPFAS汚染の実態解明

結論

◆ 二枚貝の軟組織を用いた添加回収試験

- ✓ 補正回収率：63.4%~120%
- ✓ 日内変動：1.13%~7.58%
- ✓ 日間変動：3.05%~19.9%

Captiva EMR-LipidとStrata PFASを用いた精製により**二枚貝の軟組織に適用可能なPFAS 37種**の高精度分析法を確立

◆ 瀬戸内海沿岸で採取された二枚貝のPFAS分析

- ✓ レガシーPFASに加え、新興PFASによる汚染が瀬戸内海沿岸域に**遍在**
- ✓ PFAS濃度は大阪の検体で高く、松山ではPFTrDA、姫路ではFOSAの**特異な汚染を確認**

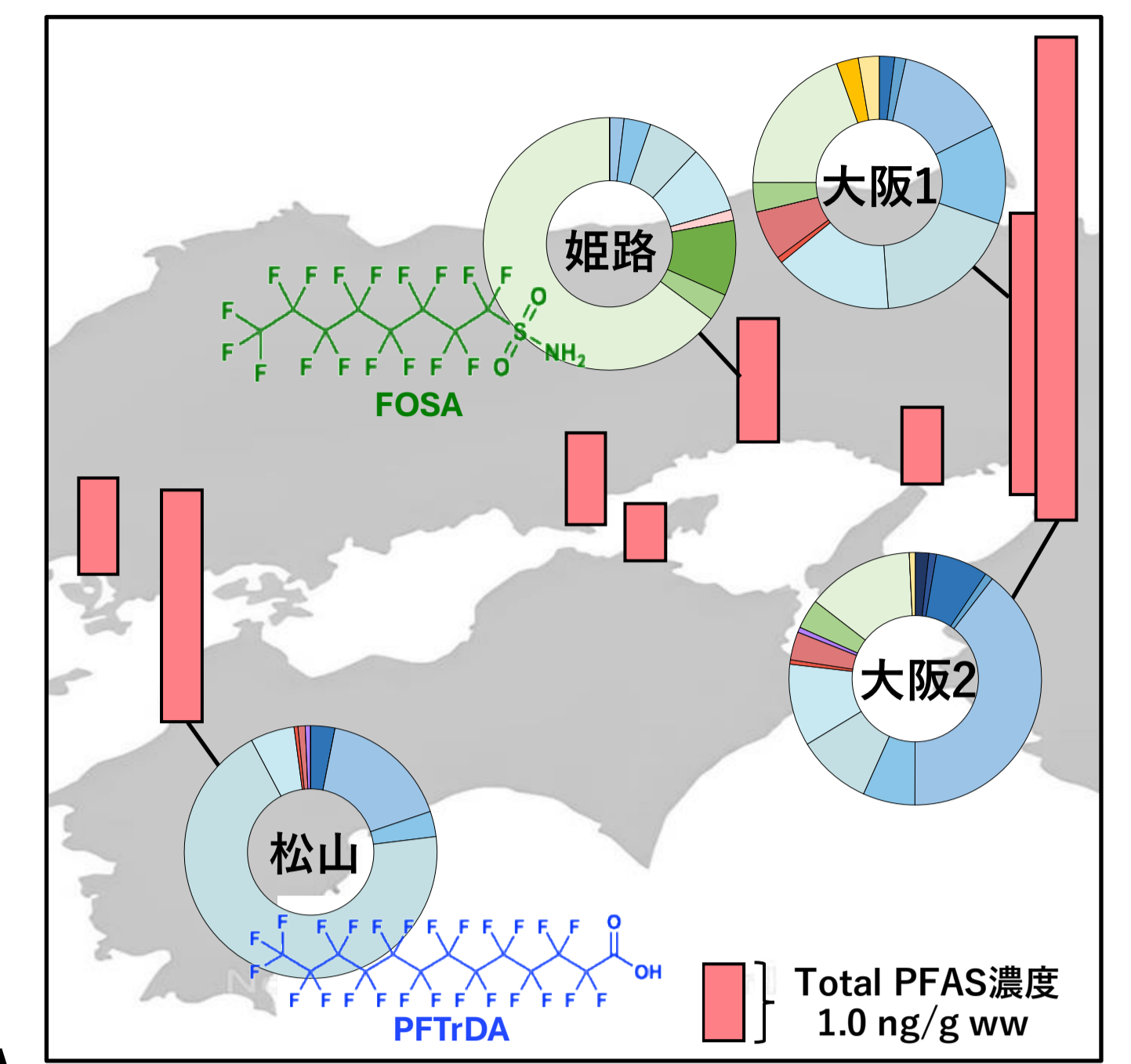


図3. 瀬戸内海沿岸の二枚貝から検出されたPFAS濃度の地理的分布と組成プロファイル

採取地点により異なるPFASプロファイルを示し、一部の地域では特定のPFAS汚染が顕著

詳細な広域モニタリング調査と新興PFASの汚染源および生物蓄積性に関する研究が必要

結果と考察

二枚貝の軟組織を対象としたPFAS分析の検討



図4. 検討したPFAS分析フロー

表1. 補正回収率の日内・日間変動

物質名	日内変動 (%)	日間変動 (%)
PFBA	1.13	7.84
PFPeA	2.62	11.4
PFHxA	3.97	7.26
PFHpA	4.53	6.07
PFOA	1.66	5.57
PFNA	6.67	7.88
PFDA	4.15	9.47
PFUdA	4.51	9.07
PFDaA	3.19	11.5
PFTrDA	1.89	6.49
PFTeDA	2.64	7.07
PFBS	3.45	6.49
PFPeS	2.59	7.00
PFHxS	1.90	6.92
PFHxS_br	2.78	5.09
PFHpS	3.92	10.8
PFOS	4.09	8.09
PFOS_br	2.99	17.5
PFNS	4.53	13.6
PFDS	5.15	13.7
4:2FTS	1.36	7.31
6:2FTS	7.58	8.66
8:2FTS	4.10	11.8
FBSA	4.17	8.77
FHxSA	3.04	19.1
FOSA	2.52	8.69
MeFOSAA	3.32	5.90
MeFOSAA_br	3.02	3.35
EtFOSAA	5.67	7.65
EtFOSAA_br	3.06	3.19
PFMPA	4.47	4.46
PFMBA	1.58	8.40
NFDHA	2.39	3.05
HFPO-DA-CO2	2.58	9.91
ADONA	5.18	8.44
PFEESA	4.15	17.3
9Cl-PF3ONS	5.64	6.38
11Cl-PF3OUdS	6.32	19.9
6:2FTAoS	4.73	6.72
HFPO-TA	3.02	11.6
HFPO-TeA	5.04	5.79

瀬戸内海沿岸域で採取された二枚貝の軟組織中PFASの検出率

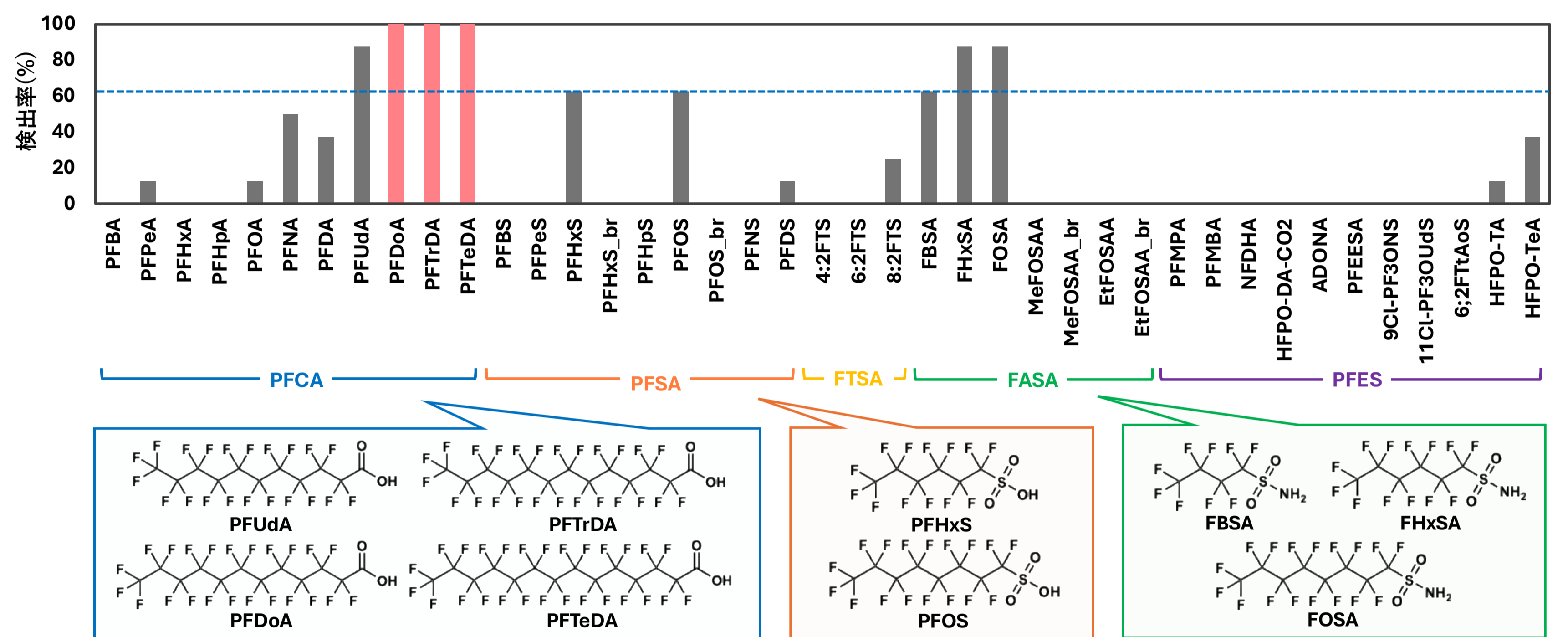


図6. 二枚貝から検出されたPFASの検出率と60%以上の検出率を示したPFASの構造

- ✓ 分析した37種のPFASのうち、**17物質**が瀬戸内海沿岸で採取した二枚貝の軟組織から検出(図6)
- ✓ 長鎖PFCAとFASAは相対的に高い検出率を示し、**PFDaA, PFTrDAおよびPFTeDAは全地点の二枚貝から検出** → **長鎖PFCAによる瀬戸内海沿岸の広域汚染**

瀬戸内海沿岸域で採取した二枚貝の軟組織から検出されたPFAS濃度と組成

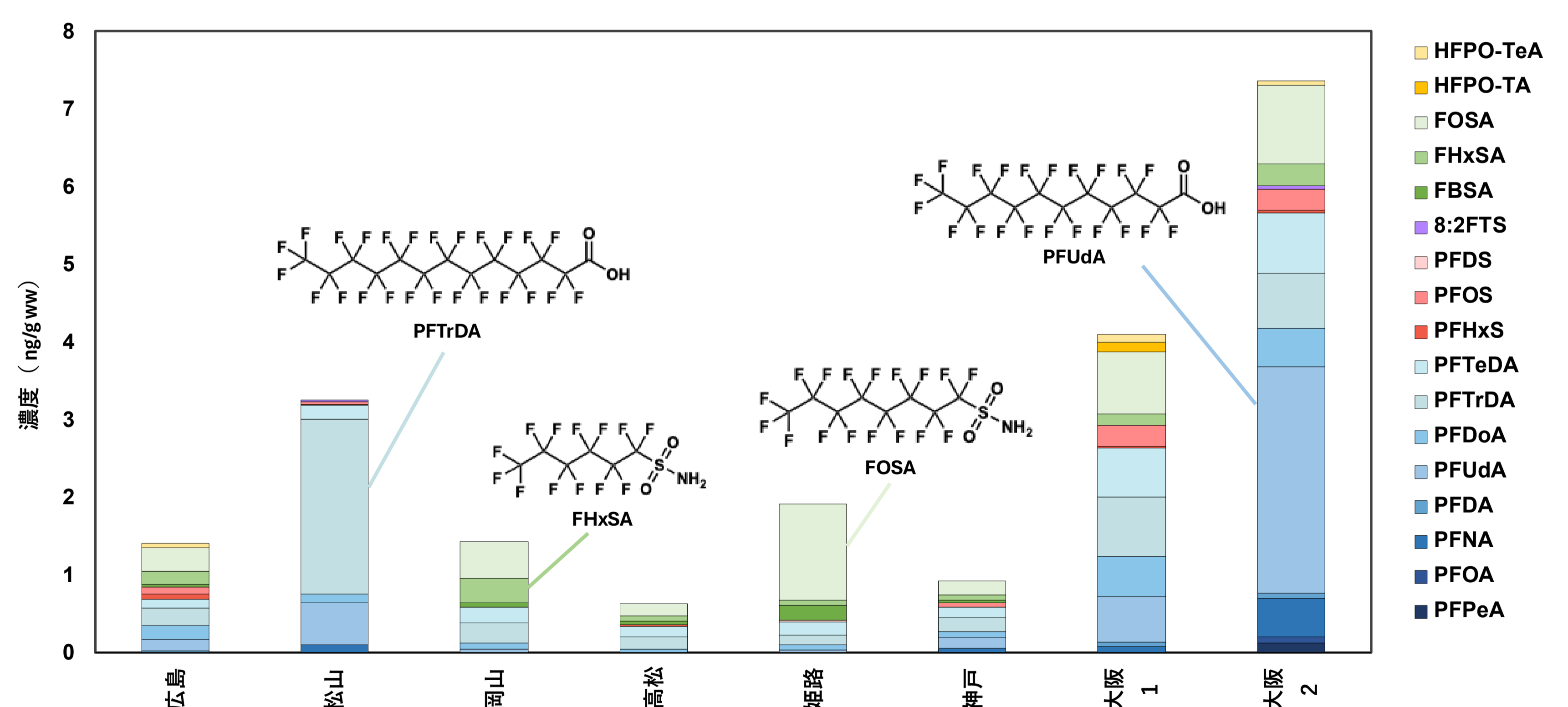


図8. 各採取地点における二枚貝中のPFAS濃度と組成

- ✓ 長鎖PFCAなどのレガシーPFASに加え新興PFASの汚染が瀬戸内海沿岸域に**遍在**しており、検出率が高かった **長鎖PFCAやFASAが相対的に高濃度** → 韓国沿岸で調査された先行研究⁽⁴⁾と類似の傾向
- ✓ 大阪の二枚貝から最も高い濃度でPFASが検出 → **人口や産業活動に起因**
- ✓ 地点間で検出されたPFASの濃度プロファイルに差異 → **曝露源に差異**
- ✓ 松山と姫路の検体はそれぞれ、PFTrDAおよびFOSAの割合が高値 → **金属スクラップ業者や下水処理施設が近接すること**に起因?

試料と方法



図9. 二枚貝試料の採取地点

- ✓ 2024年に瀬戸内海沿岸の8地点で二枚貝4種(イワガキ, ムラサキイガイ, イガイ, コウロエンカワヒバリガイ)を採取(図9)
- ✓ 二枚貝の軟組織を地点別に複数検体プールし、プールした軟組織に残留するPFAS 37種(レガシー18種・新興19種)をLC-MS/MSで定性・定量

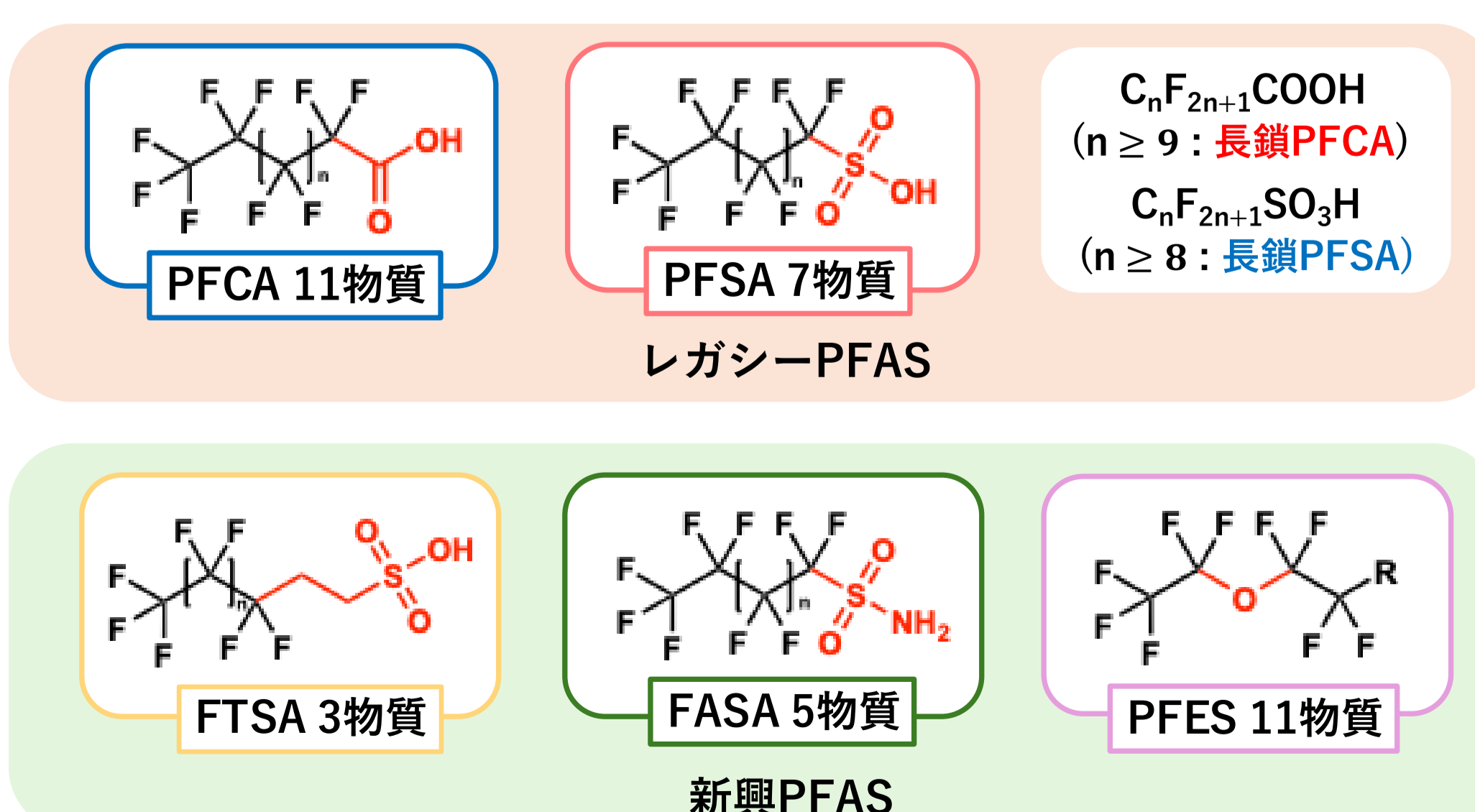


図10. 分析対象としたPFAS

参考文献

- (1) PFOS, PFOA以外のPFASに係る国際動向 <https://www.env.go.jp/content/000107494.pdf>
- (2) 令和5年度公共用水域及び地下水のPFOS及びPFOA調査結果一覧 (2025) <https://www.env.go.jp/content/000310066.pdf>
- (3) Tanabe and Subramanian (2006) Bioindicators of POPs, Kyoto University Press and Trans Pacific Press
- (4) Jae-won et al. (2020) Legacy and emerging per- and polyfluoroalkyl substances (PFASs) in the coastal environment of Korea: Occurrence, spatial distribution, and bioaccumulation potential *Chemosphere* 251, 126633

謝辞

本研究は以下の支援により実施した。

- 日本学術振興会科研費基盤研究(A)(23H00533)
- 文科省共同利用・共同研究拠点プログラム(LaMer)