

P F O S 及び P F O A 含有廃棄物の処理に関する 技術的留意事項

令和4年9月

環境省環境再生・資源循環局廃棄物規制課

目 次

1. 背景と目的	1
2. 対 象	4
3. 保 管	6
3. 1 保 管	6
3. 2 保管容器	8
4. 処理委託	9
5. 収集運搬	10
6. 分解処理	11
6. 1 分解処理方法	11
6. 2 分解処理時の遵守事項	17
6. 3 処理施設の構造	18
6. 4 処理施設の維持管理	21
7. その他	24

(参考資料)

資料1-1 平成22年度POPs廃棄物適正処理等検討会委員名簿	27
資料1-2 令和3年度フッ素系POPs含有廃棄物の適正処理に関するWG委員名簿	28
資料1-3 令和3年度フッ素系POPs含有廃棄物の検定方法に関するWG委員名簿	29
資料2 分解効率等の算出方法	30
資料3 分解処理に伴い生じる排ガス、廃水及び残さ中のPFOS等及びPFOA等の管 理目標値設定の考え方	33
資料4 PFOS及びPFOA分解実証試験の結果概要	36
資料5 PFOS、PFOA又はその塩を含む廃棄物の採取・分析方法	37
資料6 フッ化水素の有害性とこれを規制の対象とする関係法令	59

1. 背景と目的

平成 21 年（2009 年）5 月に開催された残留性有機汚染物質に関するストックホルム条約（以下「POP s 条約」という。）第 4 回締約国会議（COP 4）においてペルフルオロ（オクタン-1-スルホン酸）（別名 PFOS。以下「PFOS」という。）とその塩が、平成 31 年（2019 年）4 月から令和元年 5 月に開催された POP s 条約第 9 回締約国会議（COP 9）においてペルフルオロオクタン酸（別名 PFOA。以下「PFOA」という。）とその塩及び関連物質が、新たに条約附属書への追加が採択されている。本書は、PFOS とその塩及び PFOA とその塩並びにそれらを使用した製品（以下それぞれ「PFOS 使用製品」、「PFOA 使用製品」という。）の製造、使用段階等から排出されたものが廃棄物になったもの（以下それぞれ「PFOS 含有廃棄物」、「PFOA 含有廃棄物」という。）について、その適正な処理を確保するために必要な技術的留意事項を、廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和 45 年法律第 137 号。以下「廃棄物処理法」という。）等に従い具体的に解説することにより、PFOS 含有廃棄物及び PFOA 含有廃棄物の適正な処理を確保し、もって生活環境の保全及び公衆衛生の向上を図ることを目的とする。

【解説】

POP s 条約は、平成 13 年（2001 年）5 月 22 日に採択され、平成 16 年（2004 年）5 月 17 日に発効し、残留性有機汚染物質（Persistent Organic Pollutants。以下「POP s」という。）の製造・使用の原則禁止、ストックパイルの適正な管理、廃棄物の適正な処分等を規定している。

平成 21 年（2009 年）5 月に開催された POP s 条約 COP 4 においては、新たに 9 種類の物質（12 物質）の条約附属書への追加が採択された。追加された 9 種類の物質のうち、PFO S とその塩、ペルフルオロ（オクタン-1-スルホン酸）= フリオルド（別名 PFOS F）については、条約へ追加された時点では代替の見通しが立たない用途があることから、附属書 B（製造・使用、輸出入の制限）に追加することとし、代替技術の開発状況を見ながら、将来的な廃絶に取り組んでいくこととされた。平成 31 年（2019 年）4 月から令和元年 5 月に開催された POP s 条約 COP 9 では、これらの適用除外等が引き続き必要であるか否かの検討が行われ、その結果、代替可能な製品の状況等を考慮し、対象となる用途が見直された。

また、POP s 条約 COP 9 では、新たに PFO A とその塩、PFO A 関連物質等の条約附属書 A（廃絶）への追加が採択された。

PFOS とその塩並びに PFO A とその塩及び関連物質の POP s 条約附属書 A、B における記載の概要を表 1 に示す。

表1 POPs条約におけるPFOSとその塩及びPFOAとその塩、関連物質の附属書A、B
における記載概要

物質名	主な用途	決定された主な規制内容
<p>ペルフルオロ(オクタン-1-スルホン酸)(PFOS)とその塩、ペルフルオロ(オクタン-1-スルホニル)フルオリド(PFOF)</p> <p>CAS No: 1763-23-1 CAS No: 307-35-7</p>	<p>撥水撥油剤、界面活性剤</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・製造・使用等の禁止 (以下の目的・用途を除外する規定あり) -ハキリアリの防除に用いられる防虫剤 -リサイクルに限定された金属めっき(硬質金属めっき) -液体燃料から発生する蒸気の抑制及び液体燃料からの火災のために配備されたシステム(移動式及び固定式の両方を含む。)における泡消火薬剤
<p>ペルフルオロオクタン酸(PFOA)とその塩、PFOA関連物質</p>	<p>フッ素ポリマー加工助剤、界面活性剤等</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・製造・使用等の禁止 (以下の用途を除外する規定あり) -半導体製造におけるフォトリソグラフィ又はエッチングプロセス -フィルムに施される写真用コーティング -作業保護のための撥油・撥水繊維製品 -侵襲性及び埋込型医療機器 -液体燃料から発生する蒸気の抑制及び液体燃料による火災のために配備されたシステム(移動式及び固定式の両方を含む。)における泡消火薬剤 -医薬品の製造を目的としたペルフルオロオクタンプロミド(PFOB)の製造のためのペルフルオロオクタンヨージド(PFOI)の使用 -以下の製品に使用するためのポリテトラフルオロエチレン(PTFE)及びポリフッ化ビニリデン(PVDF)の製造 <ul style="list-style-type: none"> ・高機能性の抗腐食性ガスフィルター膜、水処理膜、医療用繊維に用いる膜 ・産業用廃熱交換器 ・揮発性有機化合物及びPM2.5微粒子の漏えい防止可能な工業用シーリング材 -送電用高圧電線及びケーブルの製造のためのポリフルオロエチレンプロピレンの製造 -Oリング、Vベルト及び自動車の内装に使用するプラスチック製装飾品の製造のためのフルオロエラストマーの製造

出典：環境省報道発表資料「POPs条約第4回締約国会議(COP4)の結果について」(平成21年5月12日)
環境省報道発表資料「ストックホルム条約第9回締約国会議(COP9)の結果の概要」(令和元年5月14日)

我が国においては、平成 22 年（2010 年）4 月 1 日に、「P F O S 又はその塩」を、令和 3 年（2021 年）10 月 22 日には、「P F O A 又はその塩」を化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律（以下「化学物質審査規制法」という。）の第一種特定化学物質に指定し、製造及び輸入の許可制、使用の制限等の措置を講じている。また、当該物質が使用されている製品を業として取り扱う場合には、省令で定める技術上の基準¹に従わなければならない、また、それらを譲渡、提供する際には、告示²で定める表示義務が課されている。

なお、P F O A 関連物質については、本技術的留意事項の策定（令和 4 年 9 月）時点では検討段階ではあるが、今後第一種特定化学物質に指定される見込みである。

P O P s 条約においては、当該物質を含む製品及び物品の廃棄に当たり、含有量が少ない場合等を除き、P O P s の特性を示さなくなるように破壊又は不可逆的に変換されるような方法で処分されることを規定している。本技術的留意事項は、P F O S 含有廃棄物及び P F O A 含有廃棄物を適正に処理するために必要な保管、処理委託、収集運搬及び分解処理に関する手法に関する技術的な留意事項を記述するものである³。

注 1）本技術的留意事項では、以下の略号を用いた。

法　　： 廃棄物の処理及び清掃に関する法律（昭和 45 年法律第 137 号）

令　　： 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行令（昭和 46 年政令第 300 号）

規則　： 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則（昭和 46 年厚生省第 35 号）

P F O S 等：化学物質審査規制法の第一種特定化学物質に指定されている P F O S 又はその塩

P F O A 等：化学物質審査規制法の第一種特定化学物質に指定されている P F O A 又はその塩

注 2）P F O A 関連物質については今後の知見の蓄積に応じて検討を行うこととする。

¹ 「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律施行令附則第三項の表 P F O S 又はその塩の項又は P F O A 又はその塩の項に規定する消火器、消火器用消火薬剤及び泡消火薬剤に関する技術上の基準を定める省令」（平成 22 年 9 月 3 日 総務省、厚生労働省、経済産業省、国土交通省、環境省、防衛省令第一号）

² 「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律施行令附則第三項の表 P F O S 又はその塩の項又は P F O A 又はその塩の項に規定する製品で P F O S 又はその塩又は P F O A 又はその塩が使用されているものの容器、包装又は送り状に当該第一種特定化学物質による環境の汚染を防止するための措置等に関し表示すべき事項」（平 30 厚労経産環省告 3・令 3 厚労経産環省告 5・改称）

³ その他の廃棄物で実施されているような、脱水等の分解処理を行わない性状で埋立処分されることは、P O P s 条約に照らして不適切である。

2. 対 象

本技術的留意事項の対象とする廃棄物は、PFOS使用製品又はPFOA使用製品若しくはPFOS又はPFOAの原体が廃棄物になったもの、それらの製造、使用、廃棄等の段階から排出されるPFOS等又はPFOA等を含有する固形状又は液状の廃棄物である。

【解説】

1. 主なPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物としては、PFOS等又はPFOA等を含有する泡消火薬剤やPFOS等又はPFOA等の原体が廃棄されたものが想定される。洗浄、清拭等を行わなかった容器等もPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物として取り扱うこととする。また、PFOS等又はPFOA等が付着した泡消火薬剤の容器、配管、移替えに使用したポンプ等を、洗浄や清拭等を行った際に排出される洗浄水やふき取った布等も、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物として取り扱うこととする。
2. PFOS使用製品及びPFOA使用製品の製造、使用、廃棄等の段階から排出される廃液、残さ、汚泥等であってPFOS等又はPFOA等を含有するものについては、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物として取り扱うものとする。また、PFOSやPFOAの代替物質であるフッ素系化合物等の製造工程では、化学反応の特性上、PFOS等やPFOA等が副生成することが知られており、特にPFOA等に関してそうした実態が想定される。そのため、PFOS等やPFOA等を副生成する物質やその使用実態に関する知見の集積に応じて、副生成したPFOS等やPFOA等が含まれると判明した廃棄物についてもPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物として取り扱うべきである。
3. PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物が必要な分解処理が行われた場合、「6. 1 分解処理方法」【解説】 2. 分解効率及び管理目標値の考え方、分析方法等について に示す管理目標参考値以下に濃度が低減され则认为られることから、当該濃度以下のものは、本技術的留意事項の対象から除くものとするが、廃棄物処理法ほか関係法令を遵守の上、適正に処理することとする。
4. 一部を除きPFOS使用製品及びPFOA使用製品には以下の【参考】に示すとおり、化学物質審査規制法の表示義務が課せられるが、PFOS等及びPFOA等を使用しているおそれのある製品を廃棄物として処理する際には、当該表示がない場合においても、製造元等にPFOS等及びPFOA等の含有の有無を確認する必要がある。

【参考】

化学物質審査規制法の適用について

(1) 技術上の基準への適合義務について

業としてPFOS等及びPFOA等並びに(3)に示すPFOS使用製品及びPFOA使用製品を取り扱う者は、これらを取り扱う場合においては、省令で定める技術上の基準に従わなければならない。

(参照 化学物質審査規制法 第28条第2項)

(2) 表示義務について

業としてPFOS等及びPFOA等並びに(3)に示すPFOS使用製品及びPFOA使用製品を取り扱う者は、これらを譲渡し、又は提供するときにはその容器、包装又は送り状に、当該物質による環境の汚染を防止するための措置等に関する事項を表示しなければならない。

(参照 化学物質審査規制法 第29条第2項)

(3) 上記(1)(2)に従わなければならない製品としては、以下の2製品が定められている。

- ・ 消火器、消火器用消火薬剤及び泡消火薬剤

(参照 化学物質審査規制法施行令 附則第3項)

※ 上記2製品の排出事業者及びPFOS含有廃棄物・PFOA含有廃棄物の種類は表2のとおりである。

表2 2製品の排出事業者及びPFOS含有廃棄物・PFOA含有廃棄物の種類
(消火器、消火器用消火薬剤及び泡消火薬剤)

	区分	排出事業者	廃棄物の種類
泡消火設備	点検、訓練に伴い放出された泡消火薬剤	設備所有者又は点検業者、消防機関等	汚泥又は廃酸・廃アルカリ
	廃薬剤	設備所有者又は解体業者	汚泥又は廃酸・廃アルカリ
消火器	点検、訓練に伴い放出された泡消火薬剤	機器所有者又は点検業者、消防機関等	汚泥又は廃酸・廃アルカリ
	廃薬剤	機器所有者又は解体業者	汚泥又は廃酸・廃アルカリ
パッケージ型消火設備等	点検、訓練に伴い放出された泡消火薬剤	設備・機器所有者又は点検業者、消防機関等	汚泥又は廃酸・廃アルカリ
	廃薬剤	設備・機器所有者又は解体業者	汚泥又は廃酸・廃アルカリ

(4) 副生成物の取扱いについて

化学物質審査規制法の運用⁴においては、副生成物として含まれる第一種特定化学物質は、その生成量を工業技術的・経済的に可能なレベルまで低減していると認められるときは、当該副生成物は第一種特定化学物質として取り扱わないものとしている。

⁴ 「化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律の運用について」(平成30年9月3日 薬生発 0903 第1号・20180829 製局第2号・環企発第 1808319 号厚生労働省医薬・生活衛生局長・経済産業省製造産業局長・環境省大臣官房環境保健部長連名通知)

3. 保 管

3. 1 保 管

保管は、次に掲げる要件を満たす場所で行うこと。

(1) 周囲に囲いが設けられていること。

(2) 見やすい箇所に次に掲げる要件を備えた掲示板が設けられていること。

ア 縦横 60cm 以上であること。

イ 次に掲げる事項を表示したものであること。

- ・ P F O S 含有廃棄物又は P F O A 含有廃棄物の保管場所である旨
- ・ 保管する P F O S 含有廃棄物又は P F O A 含有廃棄物の種類
- ・ 積み上げ高さ
- ・ 保管の場所の管理者の氏名又は名称及び連絡先
- ・ その他必要事項

※ 具体的な掲示方法は【解説】3. 参照

(3) 保管の場所から P F O S 含有廃棄物又は P F O A 含有廃棄物が飛散し、流出し、及び地下に浸透し、並びに悪臭が発散しないよう適切な措置を講ずること。

(4) ねずみが生息し、及び蚊、はえその他の害虫が発生しないようにすること。

(5) P F O S 含有廃棄物又は P F O A 含有廃棄物に他の物が混入するおそれがないように仕切りを設ける等必要な措置を講ずること。

(参照 令第6条第1項、規則第8条、規則第8条の13)

【解説】

1. P F O S 含有廃棄物及び P F O A 含有廃棄物は、速やかに分解処理することが望ましいが、分解設備の都合等により保管することが必要になった場合には、その種類、数量、性状、状態等を確認し、当該 P F O S 含有廃棄物又は P F O A 含有廃棄物を適切に保管する必要がある。また、定期的に保管状況の目視による監視を行うことが望ましい。

2. 保管の基準については、廃棄物処理法に定める規定を遵守する必要があるほか、次の措置を講じることが必要である。

(1) 関係者以外が容易に立ち入ることができない場所に保管すること。

(2) 雨水等による P F O S 含有廃棄物及び P F O A 含有廃棄物等の流出を防止するため、屋内に保管し、床面をコンクリートとする措置又は合成樹脂等により被覆する措置を講ずること。

3. 掲示内容は以下のとおりとする。

60cm 以上		
60cm 以上	P F O S 含有廃棄物の保管場所	
	保管する P F O S 含有廃棄物の種類	△△△△△
	積み上げ高さ	○m
	管理者の氏名又は名称	○○ ○○ (□□課)
	連絡先	T E L ×××-××××
	注意事項	・ P F O S 含有廃棄物 (△△△△△) の保管場所につき関係者以外立ち入り禁止 ・ 許可なく △△△△△の持ち出し禁止

図1 排出事業者の保管場所の表示の例 (P F O S 含有廃棄物の例)

3. 2 保管容器

PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の保管に際しては、次の要件を満たしている保管容器を用いること。

- (1) 密閉できること。
- (2) 収納しやすいこと。
- (3) 損傷しにくいこと。

(参照 規則第1条の11)

【解説】

1. 保管容器の基準については、廃PCB等の基準を準用したものである。

(参照 規則第1条の11)

2. 保管容器は、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の性状、保管期間、移動時の取扱い、保管後の分解処理方法等に応じて適切な材質及び大きさの保管容器を選択すること。

3. PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を収納した保管容器には、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物である旨を表示するものとする。

(参照 令第6条の5第1項第1号、令第4条の2第1号ニ、規則第1条の10)

4. 処理委託

(1) PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の運搬又は処分を委託する場合には、他人の産業廃棄物の運搬又は処分を業として行うことができる者であって、委託しようとするPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の分類がその事業の範囲に含まれている者に対して行うこと。

(参照 令第6条の2)

(2) PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を産業廃棄物として運搬又は処分を委託する際には、産業廃棄物管理票（以下「マニフェスト」という。）を交付し、収集運搬、中間処理、最終処分等の各段階で終了後に返送されたマニフェストの内容を確認の上、5年間保存しなければならない。

(参照 法第12条の3、規則第8条の30)

【解説】

1. PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の収集、運搬又は処分を委託する場合には、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の取扱いに関して十分な知識及び技術を有する者であることを確認すること。
2. 委託契約については、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の種類に応じて、廃棄物処理法の関係する規定を遵守して、締結する必要がある。
3. 排出事業者は、処理業者に対してあらかじめ以下の事項を通知するものとする。
 - (1) PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物であること
 - (2) 数量
 - (3) 種類・性状
 - (4) 荷姿
 - (5) PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を取り扱う際に注意すべき事項

これは、特別管理産業廃棄物の委託基準を準用して整理したものである。

(参照 令第6条の6第1号、規則第8条の16)

(5) に関しては、製品安全データシート（SDS）等により取り扱う際の注意事項を把握した上で、廃棄物情報の提供に関するガイドライン（WDSガイドライン）[※]等を使用して処理業者に知らせる必要がある。

※ <https://www.env.go.jp/recycle/misc/wds/index.html>

5. 収集運搬

収集、運搬に当たっては以下の事項を遵守すること。

- (1) PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物が飛散し、及び流出しないようにすること。
- (2) 収集又は運搬に伴う悪臭、騒音又は振動によって生活環境の保全上支障が生じないように必要な措置を講ずること。
- (3) 運搬車及び運搬容器はPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物が飛散し、及び流出し、並びに悪臭が漏れるおそれのないものであること。
- (4) PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物が、その他の物と混合するおそれのないように、他の物と区分して収集し、又は運搬すること。

(参照 令第6条第1項第1号、令第6条の5第1項第1号)

【解説】

収集、運搬時の飛散、流出及び暴露を防止する観点から、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の性状等を踏まえ、以下の事項にも留意する必要がある。

1. PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物は、それぞれの状態に応じて、可能な限り分別して保管（運搬）容器への収納作業を行うこと。
2. 積み込み及び積み卸しに当たっては、運搬容器を破損しないように、注意深く荷役を行うこと。
3. 積み込み及び積み卸し時に、立会いを行う者や作業従事者は、容器からの内容物の漏洩及び容器の損傷等の有無を目視により確認すること。
4. PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の収集運搬車両等には、運搬時の事故に際して適切な措置を講じるために必要な物品を携行し、又は必要な設備を備え付けること。

6. 分解処理

6. 1 分解処理方法

(1) 分解処理方法

PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の分解処理は、PFOS等及びPFOA等が確実に分解される方法で実施すること。

(2) 事前確認試験の実施

PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の分解処理に当たっては、個々の分解処理施設において実際に処理するPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を用いた確認試験を事前に実施し、PFOS等及びPFOA等の分解効率が99.999%以上であること、及び、以下の管理目標値を達成していることを確認すること。

(3) 分解処理時の管理目標値について

PFOS等及びPFOA等の分解処理が適切に行われたことを確認するため、管理目標値の設定を行うこと。また、事前確認試験の実施後は、定期的に以下の①、②の確認を行うこと。

なお、実際の排ガスの大気への放出や排水の公共用水域等への排出に関しては、別途それらに係る関連法令等において各種有害物質等を規制する基準が設定されているため、それらを遵守するとともに、その他条例等で上乘せの指導等がある場合は併せて従うこと。

- ① 分解処理に伴い生じる排ガス、廃水、残さ中のPFOS等及びPFOA等のそれぞれの濃度があらかじめ設定した管理目標値を超えないこと。

※廃水とは、焼却炉内の湿式の冷却や集じん等に伴って生じる洗煙排水等を指しており、施設域外（公共用水域や下水道）に排出される排水とは異なる点に留意すること。なお、廃水が生じない処理の場合は、廃水に関する管理目標値の設定は必要ない。

※管理目標値の考え方についてはP12を参照。

- ② 分解処理に伴い生じる排ガス中のフッ化水素（フッ素及びその化合物として）の濃度が、5 mg/m³N（CFC破壊処理ガイドライン（平成11年3月改訂）に基づく排出基準）を超えないこと。

【解説】

1. 分解処理方法

現時点では、焼却処理（PFOS含有廃棄物：約850℃以上、PFOA含有廃棄物：約1,000℃以上（約1,100℃以上を推奨））はこれらの要件に該当すると考えられるが、この場合であっても、燃焼ガスの十分な滞留時間を確保する必要があることに留意すること。

なお、上記の分解効率及び管理目標値の要件を満たすことが確認されている技術であれば、焼却処理（PFOS含有廃棄物：約850℃以上、PFOA含有廃棄物：約1,000℃以上（約1,100℃以上を推奨））以外の処理要件・方式による分解処理を排除するものではない。燃焼ガス温度の設定については、「6. 3 処理施設の構造」（2）②及び【解説】3を参照のこと。

2. 分解効率及び管理目標値の考え方、分析方法等について

① 分解効率について

分解の確認の観点から、バーゼル条約の下で作成されている環境上適正な管理に関する総合技術ガイドラインにおいてPOPsの分解効率99.999%（5ナイン）以上を満たすことが環境上適正な分解処理の要件とされていることを踏まえ、PFOS等及びPFOA等の分解効率が原則99.999%以上であることを要件としている。PFOS含有廃棄物を処理対象とする際にはPFOS等について、PFOA含有廃棄物を処理対象とする際にはPFOA等について分解効率を確認することとし、両方を処理対象とする際には、PFOS等とPFOA等それぞれの分解効率を確認すること。

また、前述の総合技術ガイドラインでは、分解除去効率99.9999%（6ナイン）以上も処理性能の評価指標として提示されているため、併せて達成することが望ましい。なお、分解効率が99.999%（5ナイン）以上であることを環境省が確認した分解実証試験では、分解除去効率は99.9999%（6ナイン）以上であることが確認された。

分解効率及び分解除去効率の算出方法を資料2に示す。

分解効率の算出において、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の処理量（投入量）が少ない等により、計算上、分解効率が99.999%を達成できない場合は、分析精度の向上により定量下限値を下げたり、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の投入量を増加させたりするなどの配慮が必要となる。

しかしながら、主なPFOA含有廃棄物として想定される泡消火薬剤で、流通して廃棄されるものの多くは比較的低い濃度であることから、前述の配慮をしてもなお計算上、分解効率が99.999%以上であることの確認が出来ない場合が想定される。そのため、前述の総合技術ガイドラインにおいて定められるLow POP content（LPC：低POP含有量）や定量下限値を考慮に入れて、濃度が50 mg/kg未満のPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物は、上記（2）の分解効率を達成していることの確認は、必ずしも要しないこととして構わない。また、50 mg/kg以上であっても、処理施設の構造や規模等に起因して、計算上、分解効率が99.999%以上であることの確認が出来ない場合には、同様に要しないこととして差し支えない。ただし、その後新たにそれらの濃度以上のPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を受け入れる際には、改めて上記（2）の分解効率も含めて達成していることを確認する試験を行うこと。

なお、分解処理に伴い生じる排ガス中のPFOS等及びPFOA等の濃度の定量下限値の考え方を資料5に示す。

② 分解処理に伴い生じる排ガス、廃水及び残さ中のPFOS等及びPFOA等の管理目標値について

PFOS等及びPFOA等に関する管理目標値については、投入する廃棄物中のPFOS等及びPFOA等の濃度に応じた値の設定を行うことを基本とする。分解処理に伴い生じる排ガス、廃水及び残さ中のPFOS等及びPFOA等の濃度に係る管理目標値設定の考え方を資料3に示す。

なお、当該管理目標値は、主に分解処理が適切に行われたことを確認するためのものである。実際の排ガスの大気への放出や排水の公共用水域等への排出に関しては、別途それらに係る関連法令等において各種有害物質等を規制する基準が設定されているため、それらを遵守するとともに、その他条例等で上乘せの指導等がある場合は併せて従うこと。

PFOS等及びPFOA等の分析方法を資料5に示す。PFOS等及びPFOA等の分析方法については、ISO 25101 (2009) (水質)、要調査項目等調査マニュアル (水質、底質、水生生物) 及び「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 (通知)」(令和2年5月28日付け環水大水発第2005281号・環水大土発第2005282号環境省水・大気環境局長通知) 付表1の方法も参考とすること。

なお、排ガス濃度は標準状態 (0°C、101.32kPa) 及び標準酸素濃度 (廃棄物焼却炉：12%、セメント焼成炉：10%、石炭燃焼ボイラー：6%) 換算の濃度とし、残さ濃度は乾重量当たりの濃度とする。

(排ガス濃度の算出方法について)

$$C = (21 - O_n) / (21 - O_s) \times C_s$$

C：試料中の濃度 (ng/m³N)

O_n：標準酸素濃度

(O_nは廃棄物焼却炉：12%、セメント焼成炉：10%、石炭燃焼ボイラー：6%)

O_s：排ガス中の酸素濃度 (%)

C_s：酸素濃度補正前の試料中の濃度 (ng/m³N)

※投入する廃棄物中のPFOS等及びPFOA等の濃度を10,000 mg/kgとした場合の管理目標値の一例 (管理目標参考値) は以下の通りである。

【管理目標参考値】

ア 排ガス	60 ng/m ³ N
イ 廃水	1 µg/L
ウ 残さ	5 µg/kg-dry

※管理目標値の設定が技術的に難しい場合等は、投入する廃棄物中のPFOS等及びPFOA等の濃度によらず、管理目標参考値を管理目標値として扱って差し支えない。

※投入する廃棄物中のPFOS等及びPFOA等の濃度に応じた管理目標値を設定する場合は、上述の管理目標参考値を上回らないこと。

※廃水が生じない処理の場合は、廃水に関する管理目標値の設定は必要ない。

③ 分解処理に伴い生じる排ガス等におけるフッ化水素の管理目標値について

P F O S等及びP F O A等の分解処理に伴い副生成されるフッ化水素は、強い腐食性と有害性を有する物質であり、労働安全衛生法、大気汚染防止法及び水質汚濁防止法等により、その取扱いや排出濃度等について規制がなされている（資料6）。このため、分解処理に伴い発生するフッ化水素に関しては、適切に処理されることが必要である。

分解処理に伴い生じる排ガス中のフッ化水素の濃度については、P F O S等及びP F O A等と類似するフロン破壊処理時に遵守すべき基準を準用している。ただし、大気汚染防止法においては、アルミニウムの精錬の用に供する電解炉における排ガス中のフッ化水素の排出基準を1 mg/m³Nとしていることから、より低い値を目標とすることが望ましい。

なお、水質汚濁防止法によりフッ素及びその化合物に係る排水基準（海域以外の公共用水域：8 mg/L、海域：15 mg/L）が定められている。

実際の排ガスの大気への放出や排水の公共用水域等への排出に関しては、別途それらに係る関連法令等において各種有害物質等を規制する基準が設定されているため、それらを遵守するとともに、その他条例等で上乘せの指導等がある場合は併せて従うこと。

分解処理に伴い生じる排ガス中のフッ化水素の測定方法については、関係法令、日本産業規格（JIS）等で定められた方法を用いること。

排水中のフッ化水素の測定方法については、関係法令、日本産業規格（JIS）等で定められた方法を用いること。

3. 分解処理の確認に当たって留意すべき点

分解処理時に達成すべき分解効率及び管理目標値を確認する際に採取する廃水とは、分解処理系統である焼却炉内の湿式の冷却や集じん等に伴って生じる洗煙排水等を指しており、水処理設備への導水前の発生水である。したがって、施設域外（公共用水域や下水道）に排出される排水を指すものではないため、混同しないよう留意すること。

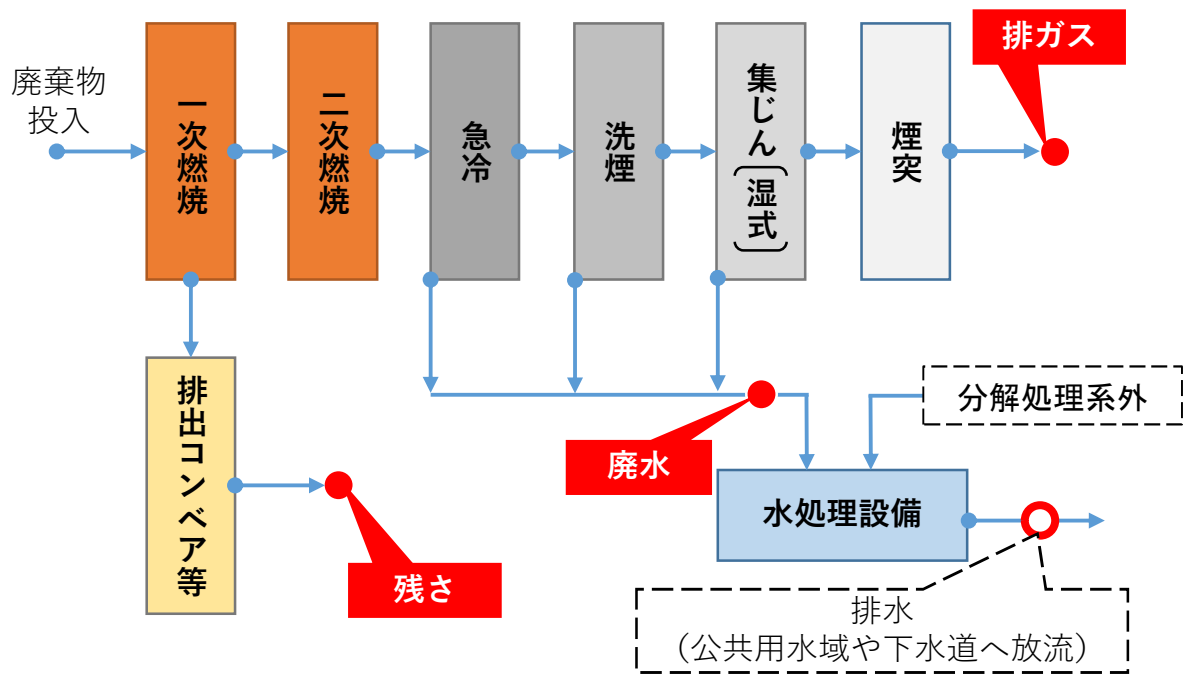


図2 焼却炉の構造と廃水のイメージ

さらに、本格的な分解処理開始前の確認試験時には、PFOS等又はPFOA等の系外からの混入や試験以前からの残存に留意すること。具体的には、系外にあるPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を保管する設備や本技術的留意事項の対象とならない程度にPFOS等又はPFOA等を含む廃棄物を取り扱う設備の場内水等が導水されて、系内の洗煙排水槽等に合流することで、PFOS等又はPFOA等の濃度が上昇することが考えられる。又は、平常時の処理において、本技術的留意事項の対象とならない程度にPFOS等又はPFOA等を含む廃棄物に由来したPFOS等又はPFOA等が、系内に残存していることも考えられる。これらによる確認試験結果への影響を防止するため、施設の構造に応じて混入や残存の可能性を事前に把握し、混入の原因になり得る導水経路を遮断すること、系外からの導水が合流する前の地点で試料を採取すること、系内の残存状況を調査して事前の清掃を行うこと等、適切な対応を講じた上で確認試験を実施することが必要である。

4. 分解処理に当たっての分解効率及び管理目標値の達成状況の確認時期

P F O S 含有廃棄物及びP F O A 含有廃棄物の分解処理時の分解効率及び管理目標値の達成状況の確認は、性状が一定とみなすことのできるP F O S 含有廃棄物又はP F O A 含有廃棄物に対して、本格的な分解処理を開始する前に行うこと。また、P F O S 含有廃棄物及びP F O A 含有廃棄物が、事前に確認試験を行った際と比べて濃度が高くなった場合やその他の性状が著しく異なった場合にも、投入条件を再設定する必要が生じるため、改めて確認試験を行う必要がある。

なお、分解処理に当たっての分解効率及び管理目標値の達成状況の確認時期を表3に示す。

表3 P F O S 含有廃棄物及びP F O A 含有廃棄物の分解処理に当たっての分解効率、管理目標値の達成状況確認時期

時 期	分解 効率	管理目標値		
		P F O S 等及び P F O A 等濃度	フッ化水素 濃度	
以下の場合における、処理施設の構造上の確認項目				
本格的な分解処理開始前の確認試験時	50 mg/kg 以上	○	○	○
	50 mg/kg 未満	-	○	○
投入条件の再設定時（性状変更等）※1	50 mg/kg 以上	○	○	○
	50 mg/kg 未満	-	○	○
一定性状のP F O S 含有廃棄物又はP F O A 含有廃棄物を連続して分解処理する場合における、 処理施設の維持管理上の確認項目				
6ヶ月未満→処理期間中1回以上		-	○	○
6ヶ月以上→6ヶ月に1回以上		-	○	○

※1 投入条件の再設定時（性状変更等）とは、本格的な分解処理開始前の確認試験時よりP F O S 含有廃棄物又はP F O A 含有廃棄物の種類や混焼率（処理する全ての廃棄物に占めるP F O S 含有廃棄物又はP F O A 含有廃棄物の投入割合）等の変更を行った場合である。

※2 「P F O S 含有廃棄物の処理に関する技術的留意事項」に基づいて確認試験を行った施設であって、引き続き同投入条件においてP F O S 含有廃棄物のみを処理する場合は、改めて分解効率を確認する必要はないが、本技術的留意事項において示した管理目標値を達成しているかについては速やかに確認することが望ましく、今後の定期的な確認においてもこの値を適用すること。

維持管理におけるP F O S 等及びP F O A 等の排出濃度等の確認については、「6. 4 処理施設の維持管理」を参照すること。

また、これらの分解効率及び管理目標値の確認に用いたデータについては、記録の上、3年間保存すること。

6. 2 分解処理時の遵守事項

分解処理は、次のように行うこと。

- (1) P F O S 含有廃棄物又はP F O A 含有廃棄物が飛散、流出しないようにすること。
- (2) 分解処理に伴う悪臭、騒音、振動によって生活環境の保全上支障を生ずるおそれのないよう必要な措置を講ずること。
- (3) P F O S 含有廃棄物又はP F O A 含有廃棄物の分解処理のための施設を設置する場合には、生活環境の保全上支障を生ずるおそれのないよう必要な措置を講ずること。

(参照 令第6条第1項第2号)

【解説】

1. 容器からの取出し、分解処理設備への投入等の工程においてP F O S 含有廃棄物又はP F O A 含有廃棄物が飛散・流出することのないよう、必要な部分に囲い、仕切り、流出防止堤等の措置を講ずるとともに、定期的にその管理状況の目視による監視を行うことが望ましい。
2. P F O S 含有廃棄物又はP F O A 含有廃棄物には、泡消火薬剤のように発泡性のものもあることから、投入に際しては留意が必要である。また、P F O S 等及びP F O A 等の熱分解により強い腐食性を有するフッ化水素が副生成することから、時間当たり投入量の設定に際しては、留意が必要である。
3. 分解処理に先立ち前処理が必要な場合等で、別の設備等を使用する場合には、その設備等に関しても飛散、流出、悪臭、騒音、振動の防止対策を講じること。

(参照 令第6条第1項第2号)

6. 3 処理施設の構造

(1) PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の処理施設の技術上の基準は以下のとおりとする。

- ① 自重、積載荷重その他の荷重、地震力及び温度応力に対して構造耐力上安全であること。
- ② PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物や、それらの分解処理に伴い生ずる排ガス及び廃水、施設において使用する薬剤等による腐食を防止するために必要な措置が講じられていること。
- ③ PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の飛散及び流出並びに悪臭の発散を防止するために必要な構造のものであり、又は必要な設備が設けられていること。
- ④ 著しい騒音及び振動を発生し、周囲の生活環境を損なわないものであること。
- ⑤ 施設から排水を放流する場合は、その水質を生活環境保全上の支障が生じないものとするために必要な排水処理設備が設けられていること。
- ⑥ PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の受入設備及び分解処理されたPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物の貯留設備は、施設の処理能力に応じ、十分な容量を有するものであること。

(参照 規則第12条)

(2) 焼却施設にあつては次の要件を備えていること。

- ① 外気と遮断された状態で、定量ずつ連続的にPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を燃焼室に投入することができる供給装置が設けられていること。ガス化燃焼方式又は処理能力が2トン/時未満の施設にあつても、定量ずつ連続的にPFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を投入できるよう管理できる供給装置が設けられていること。
- ② 次の要件を備えた燃焼室が設けられていること。
 - ア 燃焼ガスの温度が、PFOS含有廃棄物：約850℃以上、PFOA含有廃棄物：約1,000℃以上（約1,100℃以上を推奨）の状態PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物を焼却することができるものであること。
 - イ 燃焼ガスがアに掲げる温度を保ちつつ、2秒以上滞留できるものであること。ただし、この場合であつても、燃焼ガスの十分な滞留時間を確保すること。
 - ウ 外気と遮断されたものであること。
 - エ 燃焼ガスの温度を速やかにアに掲げる温度以上にし、及びこれを保つために必要な助燃装置が設けられていること。
 - オ 燃焼に必要な量の空気を供給できる設備（供給空気量を調節する機能を有するものに限る。）が設けられていること。
- ③ 燃焼室中の燃焼ガスの温度を連続的に測定し、かつ、記録するための装置が設けられていること。
- ④ 集じん器に流入する燃焼ガスの温度をおおむね200℃以下に冷却することができる冷

却設備が設けられていること。ただし、集じん器内で燃焼ガスの温度を速やかにおおむね 200℃以下に冷却することができる場合にあっては、この限りでない。

- ⑤ 集じん器に流入する燃焼ガスの温度（④のただし書の場合にあっては、集じん器内で冷却された燃焼ガスの温度）を連続的に測定し、かつ、記録するための装置が設けられていること。
- ⑥ 焼却施設の煙突から排出される排ガスによる生活環境保全上の支障が生じないようにすることができる排ガス処理設備（フッ化水素を中和・除去する高度の機能及びばいじんを除去する高度の機能を有するものに限る。）が設けられていること。
- ⑦ 焼却施設の煙突から排出される排ガス中の一酸化炭素の濃度を連続的に測定し、かつ、記録するための装置が設けられていること。
- ⑧ ばいじんを焼却灰と分離して排出し、貯留することができる灰出し設備及び貯留設備が設けられていること。ただし、当該施設において生じたばいじん及び焼却灰を熔融設備を用いて熔融し、又は焼成設備を用いて焼成する方法により併せて処理する場合は、この限りでない。
- ⑨ 次の要件を備えた灰出し設備が設けられていること。
 - ア ばいじん又は焼却灰が飛散し、及び流出しない構造のものであること。
 - イ ばいじん又は焼却灰の熔融を行う場合にあっては、次の要件を備えていること。
 - (ア) ばいじん又は焼却灰の温度をその融点以上にすることができるものであること。
 - (イ) 熔融に伴い生ずる排ガスによる生活環境の保全上の支障が生じないようにすることができる排ガス処理設備等が設けられていること。
 - ウ ばいじん又は焼却灰の焼成を行う場合にあっては、次の要件を備えていること。
 - (ア) 焼成炉中の温度が 1,000℃以上の状態でばいじん又は焼却灰を焼成することができるものであること。
 - (イ) 焼成炉中の温度を連続的に測定し、かつ、記録するための装置が設けられていること。
 - (ウ) 焼成に伴い生ずる排ガスによる生活環境の保全上の支障が生じないようにすることができる排ガス処理設備等が設けられていること。
 - エ ばいじん又は焼却灰のセメント固化処理又は薬剤処理を行う場合にあっては、ばいじん又は焼却灰、セメント又は薬剤及び水を均一に混合することができる混練装置が設けられていること。
- ⑩ 事故時における受入設備からの P F O S 含有廃棄物及び P F O A 含有廃棄物の流出を防止するために必要な流出防止堤その他の設備が設けられ、かつ、当該設備が設置される床又は地盤面は、P F O S 含有廃棄物及び P F O A 含有廃棄物が浸透しない材料で築造され、又は被覆されていること。

(参照 規則第 12 条の 2 第 5 項、規則第 4 条第 1 項第 7 号)

【解説】

1. 廃棄物処理施設の技術上の基準についてPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の分解処理を行おうとする焼却施設を対象として整理したものである。
2. PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の焼却施設は、液状、発泡性薬剤等の性状でも確実に分解される構造であることが必要であり、燃焼温度及び燃焼ガスの十分な滞留時間を確保できる構造であることが必要である。なお、環境省ではPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物が安全かつ確実に分解処理できることを確認するため燃焼実験を実施してきた。各燃焼実験の概要は資料4のとおり。PFOS含有廃棄物の燃焼実験に使用された焼却施設の形式は、ロータリーキルン炉、ロータリーキルンストーカ炉であり、PFOA含有廃棄物の燃焼実験に使用された焼却施設の形式は、ロータリーキルン炉であった。また滞留時間については、各燃焼実験で設定した燃焼ガス温度を保って、2秒以上確保される条件で実施した。
3. PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の燃焼実験においても、所要の性能を発揮する燃焼室中の燃焼ガス温度には変動があり、PFOS含有廃棄物の場合では最低温度が850℃程度、PFOA含有廃棄物の場合では平均温度が1,000℃程度であったことから、現時点では、PFOS含有廃棄物：850℃以上、PFOA含有廃棄物：約1,000℃以上が分解処理の要件に該当すると考えられるが、「2. 対象」【解説】2に示したとおり特にPFOA等に関しては泡消火薬剤以外の性状の廃棄物も想定されること、海外を含めた既往の文献において高分子有機フッ素化合物の分解に1,100℃以上が必要とするものがあること等に鑑みて、約1,100℃以上であることが望ましい。しかしながら、温度の要件に関しては各々の施設の構造等に起因して、更に高い燃焼温度が必要になる場合も、比較的低い燃焼温度で分解処理可能な場合も想定され、また処理方式に関しても焼却処理以外による分解処理が排除されるものではない。そのため、本格的な分解処理に先立ち各施設において確認試験を実施し、分解効率等や排ガス、廃水、残さ等のPFOS等又はPFOA等の濃度等の管理目標値を確認した上で、適切な分解処理が可能な条件を設定することが必要であり、それ以降は必ずしも上記の処理要件・方式によらず、確認試験を踏まえて設定した条件に従って本格的な分解処理を実施すること。
4. PFOS等及びPFOA等の分解処理に伴って副生成されるフッ化水素を含む排ガスについては、アンモニア水や消石灰等の噴霧などにより中和処理を行うことができる湿式スクラバー等の排ガス処理設備が備えられていることが必要である。また、分解処理に伴い廃水が生じる場合も、これをアルカリ中和等で処理できる排水処理設備を有することが必要である。

6. 4 処理施設の維持管理

(1) PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の分解処理施設の維持管理の技術上の基準は以下のとおりとする。

- ① 受け入れるPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の種類及び量が当該施設の処理能力に見合った適正なものとなるよう、受け入れる際に、必要なPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の性状の分析又は計量を行うこと。
- ② 施設へのPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の投入は、当該施設の処理能力を超えないように行うこと。
- ③ PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物が施設から流出する等の異常な事態が生じたときは、直ちに施設の運転を停止し、流出したPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の回収その他の生活環境の保全上必要な措置を講ずること。
- ④ 施設の正常な機能を維持するため、定期的に施設の点検及び機能検査を行うこと。
- ⑤ PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の飛散及び流出並びに悪臭の発散を防止するために必要な措置を講ずること。
- ⑥ 蚊、はえ等の発生の防止に努め、構内の清潔を保持すること。
- ⑦ 著しい騒音及び振動の発生により周囲の生活環境を損なわないように必要な措置を講ずること。
- ⑧ 施設から排水を放流する場合は、その水質を生活環境保全上の支障が生じないものとするとともに、定期的に放流水の水質検査を行うこと。
- ⑨ 施設の維持管理に関する点検、検査その他の措置の記録を作成し、3年間保存すること。

(参照 規則第12条の6)

(2) 焼却施設にあつては次の要件を備えていること。

- ① ピット・クレーン方式によって燃焼室にPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物を投入する場合には、常時、ごみを均一に混合すること。
- ② 燃焼室へのPFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の投入は、外気と遮断した状態で、定量ずつ連続的に行うこと。ガス化燃焼方式又は処理能力が2トン/時未満の施設にあつても同様に行うこと。
- ③ 燃焼室中の燃焼ガスの温度を、PFOS含有廃棄物：約850℃以上、PFOA含有廃棄物：約1,000℃以上（約1,100℃以上を推奨）に保つこと。
- ④ 焼却灰の熱しゃく減量が10パーセント以下になるように焼却すること。ただし、焼却灰を生活環境の保全上支障が生ずるおそれのないよう使用する場合にあつては、この限りでない。
- ⑤ 運転を開始する場合には、助燃装置を作動させる等により、炉温を速やかに上昇させること。
- ⑥ 運転を停止する場合には、助燃装置を作動させる等により、炉温を高温に保ち、PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物を燃焼し尽くすこと。

- ⑦ 燃焼室中の燃焼ガスの温度を連続的に測定し、かつ、記録すること。
- ⑧ 集じん器に流入する燃焼ガスの温度をおおむね 200℃以下に冷却すること。ただし、集じん器内で燃焼ガスの温度を速やかにおおむね 200℃以下に冷却することができる場合にあつては、この限りでない。
- ⑨ 適切な量のアンモニア水や消石灰などの噴霧等により、排ガス中のフッ化水素など酸性ガスの中和・除去を行うこと。
- ⑩ 集じん器に流入する燃焼ガスの温度(⑧のただし書の場合にあつては、集じん器内で冷却された燃焼ガスの温度)を連続的に測定し、かつ、記録すること。
- ⑪ 冷却設備及び排ガス処理設備にたい積したばいじんを除去すること。
- ⑫ 煙突から排出される排ガス中の一酸化炭素の濃度が 100ppm 以下となるように P F O S 含有廃棄物及び P F O A 含有廃棄物を焼却すること。
- ⑬ 煙突から排出される排ガス中の一酸化炭素の濃度を連続的に測定し、かつ、記録すること。
- ⑭ 煙突から排出される排ガス中のダイオキシン類の濃度が規則別表第三の上欄に掲げる燃焼室の処理能力に応じて同表の下欄に定める濃度以下となるようにごみを焼却すること。
- ⑮ 煙突から排出される排ガス中のダイオキシン類の濃度を年 1 回以上、ばい煙量又はばい煙濃度(硫黄酸化物、ばいじん、塩化水素、窒素酸化物及びフッ化水素に係る物に限る)を 6 ヶ月に 1 回以上測定し、かつ、記録すること。
- ⑯ 排ガスによる生活環境保全上の支障が生じないようにすること。
- ⑰ 煙突から排出される排ガスを水により洗浄し、又は冷却する場合は、当該水の飛散及び流出による生活環境保全上の支障が生じないようにすること。
- ⑱ ばいじんを焼却灰と分離して排出し、貯留すること。ただし、当該施設において生じたばいじん及び焼却灰を溶融設備を用いて溶融し、又は焼成設備を用いて焼成する方法により併せて処理する場合は、この限りでない。
- ⑲ ばいじん又は焼却灰の溶融を行う場合にあつては、灰出し設備に投入されたばいじん又は焼却灰の温度をその融点以上に保つこと。
- ⑳ ばいじん又は焼却灰の焼成を行う場合にあつては、焼成炉中の温度を 1,000℃以上に保つとともに、焼成炉中の温度を連続的に測定し、かつ、記録すること。
- ㉑ ばいじん又は焼却灰のセメント固化処理又は薬剤処理を行う場合にあつては、ばいじん又は焼却灰、セメント又は薬剤及び水を均一に混合すること。
- ㉒ 火災の発生を防止するために必要な措置を講ずるとともに、消火器その他の消火設備を備えること。
- ㉓ P F O S 含有廃棄物及び P F O A 含有廃棄物が地下に浸透しないように必要な措置を講ずるとともに、構造基準により設けられた流出防止堤その他の設備を定期的に点検し、異常を認めた場合には速やかに必要な措置を講ずること。

(参照 規則第 12 条の 7 第 5 項、規則第 4 条の 5 第 1 項第 2 号)

【解説】

1. 産業廃棄物処理施設の維持管理の技術上の基準についてP F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の分解処理施設を対象として整理したものである。

2. 施設へのP F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の投入量は、本格的な分解処理開始前に実施し、分解効率及び管理目標値の達成が確認された際の混焼率を超えないこと。それを超えて投入する場合は、「6. 1 分解処理方法」【解説】4で示した投入条件の再設定時に当たるため、当該条件で適正な分解処理が可能であるか改めて確認試験を行うこと。また、確認試験時における燃焼ガスの滞留時間を確保すること。

なお、一般にP F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の混焼率が高いほど排ガス、廃水及び残さ中のP F O S等及びP F O A等の濃度は高くなることが想定される。

環境省が実施したP F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の分解実証試験では、3%程度の混焼率を上限の目安として設定しており、当該条件ではP F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物は適正に分解処理できることが確認された。そのため、安定的な分解処理を確保する混焼率としては、3%程度⁵が上限の目安となると考えられた。

なお、上記の混焼率は、P F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の重量ベースで算出しているが、廃棄物中のP F O S等及びP F O A等の濃度が変化する場合、投入されるP F O S等及びP F O A等そのものの量をベースにした混焼率を考慮することも必要である。

3. P F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の分解処理に伴い副生成されるフッ化水素を含む排ガス及び廃水については、アルカリ中和処理等により管理目標値や法令基準が達成されていることが必要である。

4. 維持管理の技術上の基準では、基本的に廃P C B等の維持管理基準を準用しているが、P F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の場合、同一性状のP F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の分解処理が6ヶ月以上継続する場合は少ないと考えられることから、分解処理期間が6ヶ月以内の場合は分解処理期間中に1回以上、6ヶ月を超える場合は、6ヶ月に1回以上の頻度でP F O S等、P F O A等及びフッ化水素の管理目標値の確認を行うことが必要である。

(参照 規則第12条の7第5項第2号ロ)

5. P F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物を他の廃棄物と混合する場合は、P F O S含有廃棄物及びP F O A含有廃棄物の飛散及び流出のおそれがないように対策を講じる必要がある。

⁵ 分解実証試験に用いた廃棄物中のP F O S等濃度は参考として記載する（資料4「分解実証試験の結果概要」参照）。

7. その他

産業廃棄物の焼却施設は、処理能力又は規模によっては廃棄物処理法上の施設の設置許可が不要となるが、高度な分解処理技術が要求される。そのため、許可対象施設で分解処理を行うことが望ましく、設置許可が不要な施設については、同等の能力があることを確認すること。

【解説】

1. 産業廃棄物の処理施設で設置許可が必要な焼却施設は、表4のいずれかの要件に該当する施設である（汚泥、廃油、廃プラスチック類及びその他の焼却施設）。

表4 施設の設置許可が必要な産業廃棄物の焼却施設の種類と要件

	汚泥の焼却施設	廃油の焼却施設	廃プラスチック類の焼却施設	その他の焼却施設
処理能力	5 m ³ /日超	1 m ³ /日超	—	—
	200kg/時以上	200kg/時以上	100kg/日超	200kg/時以上
火格子面積	2 m ² 以上			

(参照 令第7条)

2. 本技術的留意事項が求める処理が可能であれば、必ずしも許可対象施設である必要はないが、その場合には、許可対象施設と同等の能力があることを確認すること。なお、許可対象施設への該当の有無は、都道府県、政令市の廃棄物担当課へ確認すること。
3. PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の処理を進めるためには、その妥当性について施設毎に評価することが必要であることから、今後、その評価体制を構築することを検討していくこととする。

<おわりに>

本技術的留意事項は、POPs条約及びバーゼル条約の下で作成されている環境上適正な管理に関する総合技術ガイドラインの規定を踏まえ、PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物を適正に処理するために必要な保管、処理委託、収集運搬及び分解処理に関する手法を記述したものである。今後、PFOS等及びPFOA等に関する新たな科学的知見が集積された場合には、必要に応じて本技術的留意事項の内容を見直すこととする。

参考資料

資料 1-1	平成 22 年度 P O P s 廃棄物適正処理等検討会委員名簿	27
資料 1-2	令和 3 年度フッ素系 P O P s 含有廃棄物の適正処理に関するWG委員名簿	28
資料 1-3	令和 3 年度フッ素系 P O P s 含有廃棄物の検定方法に関するWG委員名簿	29
資料 2	分解効率等の算出方法	30
資料 3	分解処理に伴い生じる排ガス、廃水及び残さ中の P F O S 等及び P F O A 等の 管理目標値設定の考え方	33
資料 4	P F O S 及び P F O A 分解実証試験の結果概要	36
資料 5	P F O S、P F O A 又はその塩を含む廃棄物の採取・分析方法	37
資料 6	フッ化水素の有害性とこれを規制の対象とする関係法令	59

資料 1-1 平成 22 年度 P O P s 廃棄物適正処理等検討会委員名簿

(敬称略、五十音順)

	大塚 直	早稲田大学法務研究科 教授
(座長)	酒井 伸一	京都大学環境保全センター 教授
	柴田 康行	独立行政法人国立環境研究所化学環境研究領域 領域長
	野馬 幸生	独立行政法人国立環境研究所 客員研究員
	細見 正明	東京農工大学大学院工学研究院化学システム工学科 教授
	堀 久男	神奈川大学理学部化学科 教授
	渡部 真文	独立行政法人国立環境研究所循環型社会・廃棄物研究センター 研究員

資料1-2 令和3年度フッ素系POPs含有廃棄物の適正処理に関するWG委員名簿

(敬称略、五十音順)

- 小川 久美子 国立医薬品食品衛生研究所 安全性生物試験研究センター病理部長
- 長田 容 公益財団法人産業廃棄物処理事業振興財団 技術部 技術部長
- 梶原 夏子 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域試験評価・適正管理研究室 主幹研究員
- (座長) 野馬 幸生 元福岡女子大学 教授
- 日浦 朋子 公益社団法人全国産業資源循環連合会 事業部次長兼調査部次長
- 平井 康宏 京都大学 環境安全保健機構 附属環境科学センター 教授
- 松神 秀徳 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域試験評価・適正管理研究室 主任研究員

資料1-3 令和3年度フッ素系POPs含有廃棄物の検定方法に関するWG委員名簿

(敬称略、五十音順)

- 梶原 夏子 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域試験評価・適正管理
研究室 主幹研究員
- (座長) 野馬 幸生 元福岡女子大学 教授
- 松神 秀徳 国立研究開発法人国立環境研究所 資源循環領域試験評価・適正管理
研究室 主任研究員
- 矢吹 芳教 地方独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所 環境研究部 環
境調査グループ 主任研究員

資料2 分解効率等の算出方法

1. 分解効率の算出方法

分解処理時におけるPFOS等及びPFOA等の分解効率は、次の式により算出する。PFOA等を例に記載する。

$$A = \{1 - (E \div I)\} \times 100$$

A：PFOA等の分解効率（%）

E：PFOA等の総排出量

PFOA等の総排出量は、分解処理に伴い生じる排ガス、廃水、残さ等の媒体ごとの容量（あるいは重量）に、PFOA等濃度を乗じた量の合計値とし、PFOA等の濃度が定量下限値未満である場合は、定量下限値を用いる。

I：PFOA等の総投入量

PFOA等の総投入量は、処理したPFOA含有廃棄物及びそれ以外の通常廃棄物の重量にそれぞれのPFOA等濃度を乗じて算出する。

【分解効率の算出例】

（前提条件）

- 処理方式：焼却（処理に伴い排ガス、廃水、残さ（飛灰含む）が発生）
- 廃棄物中含有濃度：泡消火薬剤（100mg/kg）、その他の通常廃棄物（0.001mg/kg）
- 処理量：1,000kg（30kg（泡消火薬剤）+970kg（通常廃棄物））
- PFOA等投入量：3,000mg（30kg×100mg/kg、泡消火薬剤）+0.97mg（970kg×0.001mg/kg、通常廃棄物）
- 媒体の排出量：排ガス量（15,000m³N/t、廃水量（1.0m³/t）、残さ（飛灰含む）量（200kg/t）
- 定量下限値：排ガス（0.1ng/m³N）、廃水（0.01ng/L）、残さ（飛灰含む）（0.01μg/kg）

（測定結果）

- 媒体中のPFOA等濃度
 - 排ガス（ng/m³N）：定量下限値未満（<0.1）
 - 廃水（ng/L）：0.03
 - 残さ（飛灰含む）（μg/kg）：定量下限値未満（<0.01）

（計算）

$$\begin{aligned} A &= (1 - \text{PFOA等総排出量} \div \text{PFOA等総投入量}) \times 100 \\ &= (1 - ((\text{①排ガス量} \times \text{排ガス中PFOA等濃度}) + (\text{②廃水量} \times \text{廃水中PFOA等濃度}) \\ &\quad + (\text{③残さ量} \times \text{残さ中PFOA等濃度})) \div (\text{④PFOA含有廃棄物処理量} \times \text{PFOA} \\ &\quad \text{等濃度} + \text{通常廃棄物処理量} \times \text{PFOA等濃度})) \times 100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= [1 - \{ (\text{①}) = 15,000\text{m}^3\text{N} \times 0.1\text{ng}/\text{m}^3\text{N} + (\text{②}) = 1.0\text{m}^3 \times 0.03\text{ng}/\text{L} + (\text{③}) = 200\text{kg} \times 0.01\mu\text{g}/\text{kg} \} \\
&\quad \div (\text{④}) = 30\text{kg} \times 100\text{mg}/\text{kg} + 970\text{kg} \times 0.001\text{mg}/\text{kg}] \times 100 \\
&= (1 - (\text{①})1.5\mu\text{g} + \text{②}0.03\mu\text{g} + \text{③}2.0\mu\text{g}) \div (\text{④}3,000.97\text{mg}) \times 100 \\
&= (1 - (3.53\mu\text{g} \div 3,000.970\mu\text{g})) \times 100 \\
&= 99.999882 > 99.999
\end{aligned}$$

以上から、分解効率は 99.999882% となり、99.999% 以上であることから分解効率の要件を達成したと評価される。

2. 分解効率：99.999% が確認できないケース

分解効率：99.999% を確認するためには、P F O S 等又は P F O A 等の投入量及び分析上の定量下限値に留意する必要がある。

【P F O A 等の投入量が不足の場合の例】

1 で示した算出例の（前提条件）において、分解効率が 99.999% 以上であることを確認するために、最低限（測定結果が全て定量下限値未満であった場合に）必要となる P F O A 等の投入量は、次のとおりとなる。

$$I = E \div (1 - (A/100))$$

A : P F O A 等の分解効率 (99.999%)

E : P F O A 等の総排出量

$$(E = (15,000\text{m}^3\text{N} \times 0.1\text{ng}/\text{m}^3\text{N}) + (1.0\text{m}^3 \times 0.01\text{ng}/\text{L}) + (200\text{kg} \times 0.01\mu\text{g}/\text{kg}) = 3.51\mu\text{g})$$

I : P F O A 等の総投入量

$$(I = 3.51\mu\text{g} \div (1 - (99.999/100))) = 351,000\mu\text{g} = 351\text{mg})$$

この例では、分解効率 99.999% 以上を確認するためには、P F O A 等の投入量は 351mg 以上（泡消火薬剤（P F O A 等濃度 100mg/kg とする）換算で 3.51kg）が必要であることとなる。この投入量よりも少ない場合は分解効率 99.999% が確認できない。

【分析上の定量下限値が高い場合の例】

投入量が確保できても、分析上の定量下限値が高いと分解効率 99.999% 以上が確認できない場合がある。これは、分析試料中濃度の計測において定量下限値未満の場合は、分解効率の計算に定量下限値を用いるとしているためである。1 で示した算出例において、例えば排ガス、廃水、残さ（飛灰含む）中の P F O A 濃度の定量下限値を、前提条件で示した定量下限値の 10 倍の値（1.0ng/m³N、0.1ng/L、0.1μg/kg）で設定した場合には、測定結果が全て定量下限値未満となるものの、分解効率は次のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
A &= [1 - \{ (\text{①}) = 15,000\text{m}^3\text{N} \times 1.0\text{ng}/\text{m}^3\text{N} + (\text{②}) = 1.0\text{m}^3 \times 0.1\text{ng}/\text{L} + (\text{③}) = \\
&\quad 200\text{kg} \times 0.1\mu\text{g}/\text{kg} \} \div (\text{④}) = 30\text{kg} \times 100\text{mg}/\text{kg} + 970\text{kg} \times 0.001\text{mg}/\text{kg}] \times 100 \\
&= (1 - (\text{①})15\mu\text{g} + \text{②}0.1\mu\text{g} + \text{③}20\mu\text{g}) \div (\text{④}3,000.97\text{mg}) \times 100 \\
&= (1 - (35.1\mu\text{g} \div 3,000.970\mu\text{g})) \times 100
\end{aligned}$$

$$= 99.99883 < 99.999$$

この例では、定量下限値が高いために分解効率 99.999%以上を確認することができない。

分解効率 99.999%以上を確認するためには、実験計画において、以上の事項に留意し、分析上の定量下限値を可能な限り低減した上で、その値を踏まえた十分な量の投入量を確保することが必要である。

3. 分解除去効率について

分解処理時における P F O S 等又はその塩及び P F O A 等の分解除去効率は、次の式により算出する。P F O A 等を例に記載する。

$$A_{DRE} = \{1 - (M \div I)\} \times 100$$

A_{DRE} : 分解除去効率 (%)

M : 排ガス中の P F O A 等の量

排ガス量に排ガス中の P F O A 等濃度を乗じて算出する。なお、P F O A 等濃度が定量下限値未満である場合は、定量下限値を用いる。

I : P F O A 等の総投入量

P F O A 等の総投入量は、処理した P F O A 含有廃棄物及びそれ以外の通常廃棄物の重量に P F O A 等濃度を乗じて算出する。

資料3 分解処理に伴い生じる排ガス、廃水及び残さ中のPFOS等及びPFOA等の管理目標値設定の考え方

1. 管理目標値設定の考え方

PFOS含有廃棄物及びPFOA含有廃棄物の分解処理時に達成すべき排出濃度の目標（以下「管理目標値」という。）について、バーゼル条約の下で作成されている環境上適正な管理に関する総合技術ガイドラインにおいてPOPsの分解効率99.999%（5ナイン）を満たすことが環境上適正な分解処理の要件とされていることを考慮して設定することとする。

本資料では、環境省が実施した実証試験の実測値等を踏まえつつ、投入する廃棄物中のPFOS等の濃度が10,000mg/kg、混焼率が3.0%とした場合の管理目標値（管理目標参考値）の設定方法を示す。

具体的には、焼却処理に伴い排ガス、廃水及び残さが発生する施設において、PFOS含有廃棄物又はPFOA含有廃棄物が焼却され、投入されたPFOS等又はPFOA等が分解効率99.999%で分解される場合に、処理に伴い発生する排ガス、廃水及び残さ中に想定される最大濃度として、それぞれの媒体について次の式により算出した。

$$\text{(分解処理後の各媒体中で想定される最大濃度)} = \frac{I \times (1 - A) \times D / 100}{M}$$

I：PFOS等の投入量

投入量は、処理しようとするPFOS含有廃棄物中に含まれるPFOS等の量とする。

A：PFOS等の分解効率（=0.99999）

D：分解処理後のPFOS等の排ガス、廃水、残さへの分配率（%）

M：排ガス、廃水及び残さの発生量（m³N/t、m³/t、kg/t）

2. 各パラメータの考え方

管理目標参考値の設定に当たっては、以下の①～④のデータを参考に、各パラメータを設定した。なお、廃棄物の処理量については、処理施設において廃棄物の投入量等が湿重量で管理されていることが多いことに鑑みて、湿重量を用いて計算を行った。また、媒体の発生量については、各媒体の濃度は標準状態で評価されることに鑑みて、乾重量を用いて計算を行った。

(パラメータ条件)

- 処理対象廃棄物：泡消火薬剤（PFOS等濃度：10,000mg/kg）
- 処理量：1t-wet（30kg（泡消火薬剤）+970kg（他の廃棄物））
（混焼率=3.0%）
- 媒体の発生量：排ガス量：（15,000m³N/t-wet）、
廃水：（1m³/t-wet）、残さ量：（200kg/t-wet）
- 分配率：排ガス：33%、廃水：33%、残さ：33%

①泡消火薬剤中PFOS等濃度

一般社団法人日本消火装置工業会が公表している「PFOS含有泡消火薬剤を使用した泡消火設備に関する取扱いについて⁶」において、泡消火薬剤中のPFOS含有濃度が高いもので一般的に多く使用されているものが1%程度である。

②混焼率

「6.4 処理施設の維持管理」で示したとおり、安定的な分解処理を確保する混焼率の上限の目安を約3%としている。

③廃棄物1トン焼却当たりの各媒体発生量

環境省が令和元年度～令和3年度に実施した実証試験の実測値や、文献値等を基に、排ガス量：15,000[m³N-dry/t-wet]、廃水量：1[m³/t-wet]、残さ量：200[kg-dry/t-wet]を採用した。

④PFOS等又はPFOA等の各媒体への分配率

環境省が関与した過去のPFOS等又はPFOA等の実証試験の結果や文献等により、分配率は施設の構造や条件等によるところが大きく、画一的な設定が難しいと考えられたことから、それぞれに等分で分配されるものと設定した。

3. 管理目標参考値の算定

1. 及び2. の考え方に基づいて、排ガス、廃水及び残さのそれぞれについて、管理目標参考値を以下のとおり試算した。

1) 排ガス

$$\begin{aligned} \text{排ガス中濃度の管理目標参考値} &= (\text{PFOS等の投入量}) \times (1 - \text{分解効率}) \\ &\quad \times \text{排ガスへの分配率} \div \text{排ガス発生量} \\ &= (\text{焼却量} \times \text{混焼率} \times \text{PFOS等濃度}) \times (1 - \text{分解効率}) \\ &\quad \times \text{排ガスへの分配率} \div \text{排ガス発生量} \\ &= 1,000[\text{kg}] \times 3.0[\%] \times 10,000[\text{mg/kg}] \times (1 - 0.99999) \\ &\quad \times 33[\%] \div 15,000[\text{m}^3\text{N-dry/t-wet}] \\ &= 66 [\text{ng/m}^3\text{N}] \\ &\rightarrow 60 [\text{ng/m}^3\text{N}] \end{aligned}$$

⁶ 一般社団法人日本消火装置工業会「PFOS含有泡消火薬剤を使用した泡消火設備に関する取扱いについて」http://shosoko.or.jp/wp/wp-content/uploads/2014/04/pfos_awa_toriatsukai_r53.pdf

2) 廃水

$$\begin{aligned} \text{廃水中濃度の管理目標参考値} &= (\text{PFOS等の投入量}) \times (1 - \text{分解効率}) \\ &\quad \times \text{廃水への分配率} \div \text{廃水量} \\ &= (\text{焼却量} \times \text{混焼率} \times \text{PFOS等濃度}) \times (1 - \text{分解効率}) \\ &\quad \times \text{廃水への分配率} \div \text{廃水量} \\ &= 1,000[\text{kg}] \times 3.0[\%] \times 10,000[\text{mg/kg}] \times (1 - 0.99999) \\ &\quad \times 33[\%] \div 1.0[\text{m}^3/\text{t-wet}] \\ &= 1.0 [\mu\text{g/L}] \end{aligned}$$

3) 残さ

$$\begin{aligned} \text{残さ中濃度の管理目標参考値} &= (\text{PFOS等の投入量}) \times (1 - \text{分解効率}) \\ &\quad \times \text{残さへの分配率} \div \text{残さ発生量} \\ &= (\text{焼却量} \times \text{混焼率} \times \text{PFOS等濃度}) \times (1 - \text{分解効率}) \\ &\quad \times \text{残さへの分配率} \div \text{残さ発生量} \\ &= 1,000[\text{kg}] \times 3.0[\%] \times 10,000[\text{mg/kg}] \times (1 - 0.99999) \\ &\quad \times 33[\%] \div 200[\text{kg/t-wet}] \\ &= 5.0 [\mu\text{g/kg}] \end{aligned}$$

資料4 PFOS及びPFOA分解実証試験の結果概要

これまでに実施されたPFOS及びPFOA分解実証試験の焼却条件及び試験結果は以下のとおり。

表4-1 PFOS分解実証試験結果の概要

No.	試験条件			試験結果		
	炉方式	処理能力 燃焼温度 排ガス滞留時間	試験試料 (PFOS濃度) 混焼率	PFOS 排出濃度 (乾重量ベース)	PFOS の 各媒体への分配率	分解効率 分解除去効率
No.1	ロータリー キルン	131 t/日(公称値) 1,100°C以上 2秒以上	・消火薬剤 (0.695%) ・通常廃棄物 (7.2 µg/kg)	排ガス : <0.83 ng/m ³ N 燃え殻 : <0.068 µg/kg 脱水汚泥 : 5.0 µg/kg	排ガス : 3.6% 残さ : 3.4% 廃水 : 93%	99.99975%
			3.4%			99.999991%
No.2	キルン ストーカ	70 t/日(公称値) 850°C以上 2秒以上	・消火薬剤 (0.445%) ・通常廃棄物 (1.52 µg/kg)	排ガス : <0.5 ng/m ³ N 燃え殻 : <0.077 µg/kg ばいじん : <0.02 µg/kg 廃水 : 380 ng/L	排ガス : 5.5% 残さ : 25.6% 廃水 : 68.8%	99.99995%
			2.7%			99.999997%

表4-2 PFOA分解実証試験結果の概要

No.	試験条件			試験結果		
	炉方式	処理能力 燃焼温度 排ガス滞留時間	試験試料*1 (PFOA濃度) 混焼率	PFOA 排出濃度 (乾重量ベース)	PFOA の 各媒体への分配率	分解効率 分解除去効率
No.1	ロータリー キルン	124t/日 1,100°C以上 2秒以上	・試験試料*1 (0.34%) ・通常廃棄物 (16 µg/kg)	排ガス : 1.7 ng/m ³ N 燃え殻 : 0.036 µg/kg 廃水 : 0.99 ng/L (処理排水 : 0.68 ng/L)	排ガス : 71.4% 残さ(燃え殻) : 18.6% 廃水 : 10.0%	99.99989%
			3.4%			99.99992%
No.2	ロータリー キルン	123t/日 1,000°C以上 2秒以上	・試験試料*1 (0.42%) ・通常廃棄物 (3.4 µg/kg)	排ガス : 1.2 ng/m ³ N 燃え殻 : 0.042 µg/kg 廃水 : 9.4 ng/L	排ガス : 36.4% 残さ(燃え殻) : 5.3% 廃水 : 58.3%	99.99990%
			1.6%			99.99996%
No.3 (同施設 で温度 条件を 変えて 実施)	ロータリー キルン	88.8t/日 1,000°C以上 2秒以上	・試験試料*1 (0.4%)	排ガス : 0.70 ng/m ³ N 燃え殻 : <0.01 µg/kg 飛灰 : 0.098 µg/kg 廃水 : 0.23 ng/L	排ガス : 32.6% 残さ : 43.6% (燃え殻 : 43.6%) 飛灰 : 0.01% 廃水 : 23.8%	99.99993%
			-			99.99997%
		88.8t/日 850°C以上 2秒以上	・試験試料*1 (0.4%)	排ガス : 0.75 ng/m ³ N 燃え殻 : 0.016 µg/kg 飛灰 : 0.056 µg/kg 廃水 : 0.30 ng/L	排ガス : 23.8% 残さ : 52.7% (燃え殻 : 52.7%) 飛灰 : 0.004% 廃水 : 23.5%	99.99992%
-	-	-	99.99998%			

*1 PFOA等を含んでいない泡消火薬剤に、PFOA原体(純度95%以上)を加えて調製したもの。

資料5 PFOS、PFOA又はその塩を含む廃棄物の採取・分析方法

1. 測定対象物質

PFOS又はその塩、及びPFOA又はその塩。

2. 定量下限値

定量の際は各測定対象物質の個別の値を算出する。

定量下限値はPFOS、PFOA（又はその塩）それぞれ、固形状廃棄物試料（燃え殻、ばいじん、鉱さい、汚泥）で0.01 ng/g-dry、液状廃棄物試料で0.5 ng/g、廃水試料（洗煙排水等）で0.01 ng/L、排ガス試料で0.1 ng/m³Nである。

3. 分析法概要

固形状廃棄物試料はメタノールを加え、ギ酸酸性条件下で振とう抽出及び超音波抽出を行い、固相カラムによる精製を行い分析する。液状廃棄物試料は精製水を加え、超音波抽出を行い、固相カラムによる精製を行い分析する。廃水試料はろ過を行い、ろ紙はメタノールを加え、ギ酸酸性条件下で超音波抽出後、ろ液と合わせて固相カラムによる精製を行い分析する。排ガス試料は、代表性のある試料採取が可能な地点を選定し、同一採取位置において近接した時間内に通常2回以上採取し、それぞれ分析する。円筒ろ紙はメタノールを加え、ギ酸酸性条件下で超音波抽出後、吸収液及びドレン水と合わせて固相カラムによる精製を行い分析する。

4. 試薬

日本産業規格 K 0450-70-10 : 2011（工業用水・工場排水中のペルフルオロオクタンスルホン酸及びペルフルオロオクタン酸試験方法）の5.2及び6.2に規定するものを用いる

5. 器具及び装置

日本産業規格 K 0450-70-10 : 2011 の2、5.3、6.3及びJB.4に規定するものを用いる。日本産業規格に規定のない器具及び装置として次のものを用いる。

ア 遠沈管

ポリプロピレン製で容量が15～50 mLのもの。

イ 振とう機

ウ 遠心分離機

エ ねじ蓋瓶

ポリプロピレン製で容量が10～1000 mLのもの。

6. 固形状廃棄物（燃え殻、ばいじん、鉱さい、汚泥等）

6-1. 試料の採取

試料の採取等は、「特別管理一般廃棄物及び特別管理産業廃棄物に係る基準の検定方法」（平成4年7月3日 厚生省告示第192号）別表第一（1）試料の採取（2）試料の前処理 に従い実施する。試料は、遮光して運搬し、直ちに測定を行う。

採取操作

- ① 排出ピットから、シャベル、スコップ等の採取具を用いて数箇所から有姿のまま採取し、容器に移し入れ、小石等の異物を除去し、十分に均一化する。
- ② 均一化した試料を保存容器に入れる。採取量は、試料の調製後に200 g以上確保できる量とする。
- ③ 保存容器を密閉し、遮光された容器に収納する。

6-2. 試料の作成

① 燃え殻、ばいじん、鉱さい

粒径5 mm以下のものにあっては有姿のまま採取したものとし、それ以外のものにあっては有姿のまま採取し、粉碎した後、ステンレス製の目開き約5 mmのふるい（日本産業規格Z 8801-1に定める網ふるい（目開きが4.75 mmのもの））を用いてふるい分けしたものとする。試料は湿状のまま秤量する。

② 汚泥

試料を湿状のまま秤量する。

6-3. 含水率の測定

底質調査方法（平成24年8月 水・大気環境局）の4.1 乾燥減量に規定する方法により、含水率の測定を行う。

6-4. 試験操作

- ① 乾燥重量当たり 5 g 以上となるように固形状廃棄物試料を遠沈管に量りとり、内標準液を添加する。
- ② メタノール 20 mL を加え、ギ酸を添加後、酸性であることを確認する。
- ③ 試料の入った遠沈管を振とう機にセットし、30 分間の振とう抽出を行う。振とう後、30 分間の超音波抽出を行い、次いで 3000 rpm の回転数で 10 分間の遠心分離を行う。
- ④ 上澄みを別の遠沈管に回収する。②～④の作業を繰り返し 3 回行い、回収したメタノール溶液を粗抽出液とする。
- ⑤ 一定量の粗抽出液をねじ蓋瓶に分取し、精製水で希釈する。
- ⑥ あらかじめコンディショニングを行った固相カラムに 5～10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を洗浄液で洗い込み、洗液を通水する。
- ⑦ 固相カラムに吸着した測定対象物質を適切な溶媒で溶出させて試験管に受ける。
- ⑧ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑨ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、高速液体クロマトグラフタンデム質量分析計(LC-MS/MS)で測定する。

6-5. 同定及び定量

日本産業規格 K 0450-70-10 : 2011 の 6.4 及び 6.5 に規定する方法により、同定及び定量を行う。なお、試料単位を g-dry または g-wet に読み替えるものとする。

備考

- 1 この測定方法の定量下限値は、PFOS、PFOA濃度として 0.01 ng/g-dry である。
- 2 この測定方法における用語の定義その他でこの測定方法に定めのない事項については、日本産業規格に定めるところによる。
- 3 乾燥重量当たりの濃度 ng/g-dry と湿重量当たりの濃度 ng/g-wet を算出する。

7. 液状廃棄物

7-1. 試験操作

- ① 0.2 g の液状廃棄物試料をねじ蓋瓶に量りとり、精製水 10 mL を加える。
- ② 試料の入ったねじ蓋瓶に 30 分間の超音波照射を行い、これを粗抽出液とする。
- ③ 粗抽出液の一定量を別のねじ蓋瓶に分取し、内標準液を添加する。
- ④ あらかじめコンディショニングを行った固相カラムに 5~10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を洗浄液で洗い込み、洗液を通水する。
- ⑤ 固相カラムに吸着した測定対象物質を適切な溶媒で溶出させて試験管に受ける。
- ⑥ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑦ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

7-2. 同定及び定量

日本産業規格 K 0450-70-10 : 2011 の 6.4 及び 6.5 に規定する方法により、同定及び定量を行う。なお、重量当たりの濃度 ng/g を算出する場合は、試料単位を g に読み替えるものとする。

備考

- 1 この測定方法の定量下限値は、PFOS、PFOA濃度として 0.5 ng/g である。
- 2 この測定方法における用語の定義その他でこの測定方法に定めのない事項については、日本産業規格に定めるところによる。
- 3 重量当たりの濃度 ng/g と容量当たりの濃度 ng/L を算出する。
- 4 泡消火薬剤で測定が困難なケースがある。注入量や試料量を減らすことや、複数の固相カラムによる精製を検討することで測定が可能となる場合がある。

8. 廃水（洗煙排水等）

8-1. 試料の採取

廃水は、日本産業規格 K 0450-70-10 : 2011 の 4 に準じた方法にて、採取を行う。

8-2. 試験操作

- ① 廃水を攪拌し、懸濁物を均一に分散させた後、0.5 L の廃水をねじ蓋瓶に量りとり、内標準液を添加する。
- ② あらかじめメタノールで洗浄したガラス繊維ろ紙を用いて試料を吸引ろ過する。
- ③ ろ過後のガラス繊維ろ紙は、細断して遠沈管に入れる。
- ④ ガラス繊維ろ紙の入った遠沈管にメタノール 10 mL を加え、ギ酸を添加する。
- ⑤ ガラス繊維ろ紙の入った遠沈管は、30 分間の超音波抽出を行い、次いで 3000 rpm の回転数で 10 分間の遠心分離を行う。
- ⑥ 上澄みを別の遠沈管に移す。④～⑥の作業を繰り返し 3 回行い、回収したメタノール溶液を合わせ、濃縮器を用いて約 1 mL まで濃縮する。
- ⑦ 濃縮した抽出液を②のろ液に加えてよく攪拌する。
- ⑧ あらかじめコンディショニングを行った固相カラムに 5～10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を洗浄液で洗い込み、洗液を通水する。
- ⑨ 固相カラムに吸着した測定対象物質を適切な溶出溶媒で溶出させて試験管に受ける。
- ⑩ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑪ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

8-3. 同定及び定量

日本産業規格 K 0450-70-10 : 2011 の 6.4 及び 6.5 に規定する方法により、同定及び定量を行う。

備考

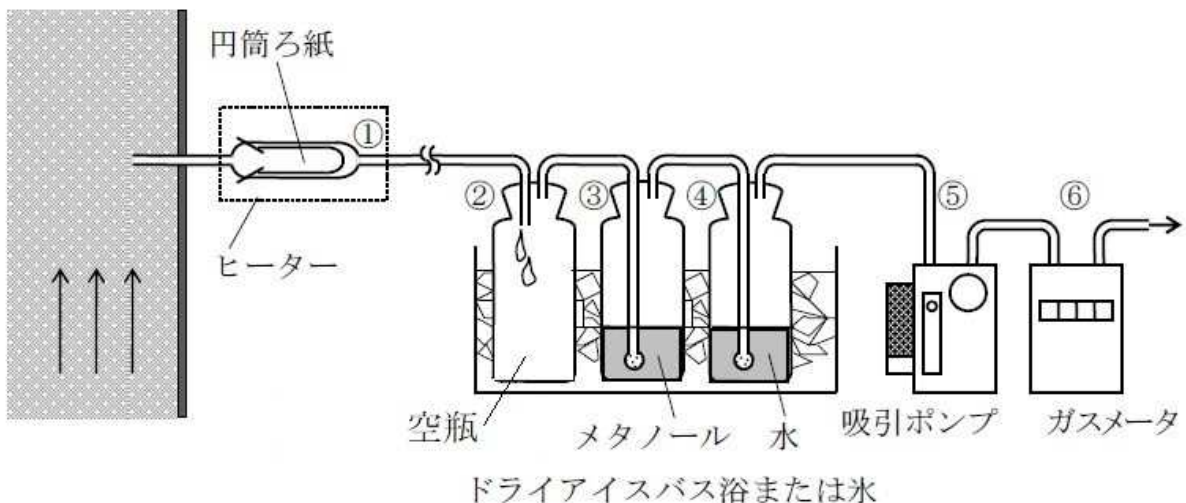
- 1 この測定方法の定量下限値は、PFOS、PFOA濃度として 0.01 ng/L である。
- 2 この測定方法における用語の定義その他でこの測定方法に定めのない事項については、日本産業規格に定めるところによる。
- 3 試験操作②～⑦は、試料中に懸濁物が多量に含まれる場合に行う。
- 4 容量当たりの濃度 ng/L を算出する。
- 5 施設によっては廃水が発生しない場合がある。

9. 排ガス

9-1. 試料の採取（排ガス試料の採取装置）

図 5-1 に例示する構成で、次の条件を備えること。なお、四フッ化エチレンなどふっ素樹脂の製品は使用してはならない。

- ① 排ガス試料採取管：採取管は、排ガス温度に応じて、ほうけい酸ガラス又は透明石英ガラスなどを用いる。フィルタ捕集部の温度が高くなる場合は、採取管を冷却する。
- ② 連結部：連結部はガラス製で、各部の連結導管はできるだけ短くする。接続には共通球面すり合せ接続管などで漏れがないものを用い、接続部にグリースは使用しない。
- ③ フィルタ捕集部：フィルタ捕集部には、日本産業規格 Z 8808 の 8.3（普通形試料採取装置）に規定する 2 形のダスト捕集器を用いる。ろ紙を用いる場合はシリカ繊維製の円形又は円筒形のものを用いる。ダストチューブの場合には、ガラス繊維又はシリカ繊維を詰める。いずれも使用に先立ち、空試験成分及び他の妨害成分がないことを確認しておく。ダスト量が少なくサンプリング及び測定に支障を来さない場合は、フィルタ捕集部を省略することができる。また、燃焼装置の種類によっては、円筒ろ紙の前にシリカ繊維などの入ったダストチューブを用いる。
- ④ 液体捕集部：内容量 0.25～1 L 程度の吸収瓶を使用する。煙道側から、空の吸収瓶（凝集ドレン水捕集用）、メタノールを 100～200 mL 入れた吸収瓶、水を 100～200 mL 入れた吸収瓶を直列に連結する。
- ⑤ 吸引ポンプ：0.5～2 L/min 程度の流量で吸引でき、流量調節機能を持ち、排ガス試料の吸引時間以上連続的に使用できるもの。
- ⑥ 流量測定部：指示流量計として湿式又は乾式ガスメータを用いる。0.5～2 L/min 程度の範囲を 0.1 L/min まで測定できるもの。指示流量計の目盛は、定期的に製造業者などに依頼して校正しておく。



- | | | |
|---------|---------|-------------|
| ①円筒ろ紙 | ②吸収瓶（空） | ③吸収瓶（メタノール） |
| ④吸収瓶（水） | ⑤吸引ポンプ | ⑥ガスメータ |

図 5-1. 排ガス試料採取装置の一例

9-2. 試料の採取（排ガス試料の採取操作及び回収、保存）

- ① 事前調査：試料採取を行う焼却処理施設は、規模、排ガスの処理方法などによって排ガスの性状が異なり、採取場所も作業するうえで危険な場合が多い。このため、あらかじめ採取調査対象施設の排ガスの性状及び作業上の安全性を確認しておく必要がある。なお、排ガスの採取位置は、代表的な性状のガスが採取できる位置とする。また、採取時間は代表的な性状のガスが採取できる時間帯とし、PFOS又はPFOA含有廃棄物の投入、燃焼状態、焼却施設内の排ガスの滞留時間などを十分に考慮して決定する。

排ガス試料の採取に先立ち、定量下限値 0.1 ng/m^3 を満たすために必要な最小の排ガス試料の量を算出する。算出された最小の排ガス試料の量以上の排ガス試料を採取できるように、吸引速度と吸引時間を決定する。

② 採取操作

- (i) 排ガスは、定常運転時で炉の燃焼状態が安定し1時間以上経過した後に、 $0.5\sim 2 \text{ L/min}$ 程度で試料を採取する。日本産業規格 Z 8808 に準じて、排ガスの温度、流速、圧力、水分量などを測定し、記録する。また、その他必要な項目についても併せて測定を行う（備考4）。排ガス試料は、通常2回以上採取し、それぞれ分析を行う。
- (ii) 採取装置を組み立て、漏れ試験を行う。漏れ試験は、採取管のノズルの口をふさいで吸引ポンプを作動させ、ガスメータの指針が停止していればよい。この試験結果を記録しておく。なお、凝集ドレン水捕集用の空の吸収瓶を含む液体捕集部は、ドライアイス又は氷浴に入れ、冷却する。また、フィルタ捕集部、液体捕集部、両捕集部の連結管などはアルミホイル等で遮光する。
- (iii) 採取管のノズルを、測定孔から測定点まで挿入し、ガスメータの指示値を読み取っておく。吸引ポンプを作動させ、 $0.5\sim 2 \text{ L/min}$ 程度で排ガスを吸引する。
- (iv) ガスメータの温度及び圧力を記録しておく。
- (v) 1時間程度の吸引後、吸引ポンプを停止し、ガスメータの指示値を読み取った後、採取管を取り出す。なお、ダクト内が負圧の場合は、ガスメータの指示値を読み取った後、吸引ポンプを作動させたまま速やかに採取管をダクト外に取り出し、ポンプを停止する。

③ 試料の回収及び保管

排ガス試料の採取が終了した後、排ガス試料採取装置の分解は必要最小限とし、外気が混入しないようにして遮光し、試験室に運搬する。排ガス試料採取装置の各部を注意深く外す。採取管及び導管は、メタノール及び水で十分に洗浄する。洗浄液及び捕集液は、褐色瓶又はアルミホイル等で遮光したポリプロピレン製の容器に洗い込んで保存する。フィルタなどは容器に入れ、遮光保存する。保存した試料は、速やかに測定手順以降の操作を行う。なお、試料運搬中の容器の破損、溶媒及び試料成分の揮発などによる損失に注意しなければならない。

④ 排ガス試料の採取量の算出

湿式ガスメータを使用した場合、標準状態における吸引した乾きガスの量は、次式によって求める。

$$V_{SD} = V_m \times \frac{273.15}{273.15 + t} \times \frac{P_a + P_m - P_v}{101.32} \times 10^{-3}$$

ここに、

V_{SD} ：標準状態（0℃、101.32 kPa）における排ガス試料の採取量（ m^3 ）

V_m ：ガスメータの読み（L）

t ：ガスメータにおける吸引ガスの温度（℃）

P_a ：大気圧（kPa）

P_m ：ガスメータにおける吸引ガスのゲージ圧力（kPa）

P_v ： t ℃における飽和水蒸気圧（kPa）

ただし、乾式ガスメータを使用し、その前でガスを乾燥させた場合は、式中の P_v の項を除いて計算する。

9-3. 試験操作

- ① ねじ蓋瓶に吸収液及びドレン水を入れ、内標準液を添加する。
- ② 円筒ろ紙は、細断して遠沈管に入れる。
- ③ 円筒ろ紙の入った遠沈管に、メタノール 10 mL を加え、ギ酸を添加する。
- ④ 円筒ろ紙の入った遠沈管は、30 分間の超音波抽出を行い、次いで 3000 rpm の回転数で 10 分間の遠心分離を行う。
- ⑤ 上澄みを吸収液及びドレン水の入ったねじ蓋瓶に回収する。③～⑤の作業を繰り返し 3 回行う。
- ⑥ あらかじめコンディショニングを行った固相カラムに 5～10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を洗浄液で洗い込み、洗液を通水する。
- ⑦ 固相カラムに吸着した測定対象物質を適切な溶媒で溶出させて試験管に受ける。
- ⑧ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑨ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

9-4. 同定及び定量

日本産業規格 K 0450-70-10:2011 の 6.4 及び 6.5 に規定する方法により同定及び定量を行い、試料中の濃度 C_s (ng/m^3) を次式によって求める。なお、次式の通り試料単位を m^3 に読み替えるものとする。2 回以上採取を行った場合には、各測定値の平均値を求める。各測定値も参考値として報告する。

$$C_s = R \cdot Q / V_{SD}$$

ここに、

C_s ：標準状態（0℃、101.32 kPa）における試料中の測定対象物質の濃度（ ng/m^3 ）

R ：検量線から求めた測定対象物質と内標準物質との質量比

Q ：添加した内標準物質の量（ng）

（＝添加した内標準物質の濃度（ ng/mL ）×添加した内標準物質の容量（ mL ））

V_{SD} ：標準状態（0℃、101.32 kPa）における排ガス試料の採取量（ m^3 ）

9-5. 濃度の補正

酸素濃度による補正が必要な場合には、実測した濃度を次式によって所定の酸素の濃度に換算したものを試料中の濃度とする。

$$C = (21 - O_h) / (21 - O_s) \times C_s$$

ここに、

C: 酸素の濃度 O_h における濃度 (0°C、101.32 kPa) (ng/m³)

O_h : 施設の種類ごとに定められた標準酸素濃度 (%) (注)

O_s : 排ガス中の酸素濃度 (%)。ただし、排ガス中の酸素の濃度が 20% を超える場合は、 $O_s = 20$ とする。

C_s : 酸素濃度補正前の実測濃度 (0°C、101.32 kPa) (ng/m³)

(注) O_h は廃棄物焼却炉 : 12%、セメント焼成炉 : 10%、石炭燃焼ボイラー : 6%

備考

- 1 m³ は標準状態 (0°C、101.32kPa) における体積を表す。
- 2 この測定方法の定量下限値は、PFOS、PFOA濃度として 0.1 ng/m³N である。
- 3 この測定方法における用語の定義その他でこの測定方法に定めのない事項については、日本産業規格に定めるところによる。
- 4 乾きガス量当たりの濃度 ng/m³-dry、湿りガス量当たりの濃度 ng/m³-wet、及び乾きガス量当たりの酸素濃度補正濃度 ng/m³-dry (O₂補正) を算出する。
- 5 再測定が必要な場合に備えて、排ガス抽出液の一部を保存しておくことが望ましい。
- 6 排ガスの測定を行う際には、酸素濃度及びフッ化水素濃度の測定を行う。また、ばいじん濃度、一酸化炭素濃度、塩化水素濃度も測定することが望ましい。

10. 注意事項

10-1. 固相カラム使用に関する事項

- ・ 廃棄物試料はマトリックスが複雑多様なため、測定上の夾雑物が多い。試料の性状や対象物質に応じて固相カラムを選択する。
- ・ 固相カラムに通水する試料は、各固相カラムに適した pH に適宜調整した後に通水する。
- ・ 試料に添加した内標準物質の回収率が 70～125%にあることを確認しておく。回収率がこの範囲から外れるときは再試験する。

10-2. 分岐異性体の定量について

試料に含まれる分岐異性体は、直鎖体と分岐異性体の感度は同等であると仮定し、直鎖体の標準品で作成した検量線により定量する。この際、直鎖体と分岐異性体を可能な限り分離し、直鎖体が検出されるピークの測定値を直鎖体の濃度として把握することが望ましい。分岐異性体の濃度は参考値として報告する。なお、試料中に含まれる P F O S 及び P F O A の分岐異性体の標準品が全て入手できる場合、これらの標準品を用いて作成した検量線により定量することは差し支えない。

10-3. その他

- ・ 常時、P F O S 又は P F O A 含有液状廃棄物を処理場内で展開する場所の汚染に留意する（場内排水の汚染等）。
- ・ 分解実証試験を実施する際は、P F O S 又は P F O A 含有廃棄物以外の処理廃棄物についても濃度測定及び物量把握を行う。
- ・ 実証試験の際にブランク試験を実施しない場合でも、P F O S 又は P F O A 含有廃棄物を投入する直前の排ガスや燃え殻、ばいじん等を採取して保管しておくことを推奨する。また、必要に応じて分析を行う。

参考 1. 固相カラムの例

表 5-1 固相カラムの例

固相カラム名	固相吸着材量	コンディショニング液の例	洗浄液の例	溶出溶媒の例
Oasis WAX	225 mg	アンモニア水-メタノール(1+100)、メタノール及び水	メタノール	アンモニア水-メタノール(1+100)
Oasis HLB	225 mg	メタノール及び水	水	メタノール
Precep-C Alumina	1,700 mg	メタノール及び水	-	-
Oasis WAX for PFAS Analysis	500 mg	アンモニア水-メタノール(1+100)、メタノール及び水	メタノール	アンモニア水-メタノール(1+100)
InertSep mini MA-2	280 mg	アンモニア水-メタノール(1+100)、メタノール及び水	水	アンモニア水-メタノール(1+100)

備考

- ここで示す商品は、一般に入手できるものとして例示したが、特定商品の使用を推奨するものではない。これと同等以上の品質、性能のものを用いてもよい。
- この測定方法における用語の定義その他でこの測定方法に定めのない事項については、日本産業規格に定めるところによる。

参考 2. 分析方法例

1. 試薬

- ア メタノール
- イ アセトニトリル
- ウ 25%アンモニア水
- エ ギ酸
- オ 酢酸アンモニウム
- カ 精製水
- キ 内標準液 (200 ng/mL)
 $^{13}\text{C}_4$ -ペルフルオロオクタンスルホン酸ナトリウム、 $^{13}\text{C}_4$ -ペルフルオロオクタン酸、2物質混合メタノール溶液
- ク 酢酸・酢酸アンモニウム緩衝液

2. 器具及び装置

- ア 目盛付き共栓試験管
容量が 10 mL のものであって、1 mL の目盛のあるもの。
- イ マイクロシリンジ
容量 10~500 μL のもの。
- ウ 遠沈管
ポリプロピレン製で容量が 15~50 mL のもの。
- エ 振とう機
- オ 超音波洗浄機
- カ 遠心分離機
- キ 固相カラム
Waters 製 Oasis WAX、Oasis HLB、Oasis WAX for PFAS Analysis
富士フイルム和光純薬製 Precep-C Alumina
ジーエルサイエンス製 InertSep mini MA-2
- ク ガラス繊維ろ紙 (孔径 1 μm)
- ケ 桐山ロート
- コ ねじ蓋瓶
ポリプロピレン製で容量が 10~1000 mL のもの。
- サ 固相抽出装置
- シ 濃縮器
エバポレーター、窒素発生装置
- ス 窒素
日本産業規格 K 1107 に規定する高純度窒素 2 級
- セ 円筒ろ紙

3. 固形状廃棄物（燃え殻）

3-1. 試験操作

- ① 乾燥重量で 5 g 以上となるように固形状廃棄物試料を遠沈管に量りとり、内標準液を添加する。
- ② メタノール 20 mL を加え、ギ酸を添加後、酸性であることを確認する。
- ③ 試料の入った遠沈管を振とう機にセットし、30 分間振とう抽出を行う。振とう後、30 分間の超音波抽出を行い、次いで 3000 rpm の回転数で 10 分間の遠心分離を行う。
- ④ 上澄みを別の遠沈管に回収する。②～④の作業を繰り返し 3 回行い、回収したメタノール溶液を粗抽出液とする。
- ⑤ 粗抽出液の一定量をねじ蓋瓶に分取し、精製水で 5 倍希釈後、ギ酸を添加し、酸性であることを確認する。
- ⑥ あらかじめコンディショニングを行った Oasis WAX に 5～10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を精製水で洗い込み、洗液を通水する。
※Oasis WAX のコンディショニングは、0.1%アンモニア/メタノール、メタノール、精製水、酢酸・酢酸アンモニウム緩衝液（pH 4）の順で各 5 mL を通水する。
- ⑦ Oasis WAX をメタノール 10 mL で洗浄後、Oasis WAX に吸着した測定対象物質を 0.1%アンモニア/メタノール 4 mL で溶出させて試験管に受ける。
- ⑧ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑨ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

3-2. 同定及び定量

日本産業規格 K 0450-70-10 の 6.4 及び 6.5 に規定する方法により、同定及び定量を行う。なお、試料単位を g-dry または g-wet に読み替えるものとする。

備考

- 1 ここで示す商品は、一般に入手できるものとして例示したが、特定商品の使用を推奨するものではない。これと同等以上の品質、性能のものを用いてもよい。

4. 液状廃棄物（泡消火薬剤）

4-1. 試験操作

（Oasis WAX を使用する場合）

- ① 0.2 g の液状廃棄物試料をねじ蓋瓶に量りとり、精製水 10 mL を加える。
- ② 試料の入ったねじ蓋瓶に 30 分間の超音波照射を行い、これを粗抽出液とする。
- ③ 粗抽出液の一定量を別のねじ蓋瓶に分取し、内標準液を添加し、ギ酸を添加後、酸性であることを確認する。
- ④ あらかじめコンディショニングを行った Oasis WAX に 5~10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を精製水で洗い込み、洗液を通水する。
※Oasis WAX のコンディショニングは、0.1%アンモニア/メタノール、メタノール、精製水、酢酸・酢酸アンモニウム緩衝液（pH 4）の順で各 5 mL を通水する。
- ⑤ Oasis WAX をメタノール 10 mL で洗浄後、Oasis WAX に吸着した測定対象物質を 0.1%アンモニア/メタノール 4 mL で溶出させて試験管に受ける。
- ⑥ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑦ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

（InertSep mini MA-2 を使用する場合）

- ① 0.2 g の液状廃棄物試料をねじ蓋瓶に量りとり、精製水 10 mL を加える。
- ② 試料の入ったねじ蓋瓶に 30 分間の超音波照射を行い、これを粗抽出液とする。
- ③ 粗抽出液の一定量を別のねじ蓋瓶に分取し、内標準液を添加する。
- ④ あらかじめコンディショニングを行った InertSep mini MA-2 に 5~10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を精製水で洗い込み、洗液を通水する。
※InertSep mini MA-2 のコンディショニングは、0.1%アンモニア/メタノール、メタノール、精製水の順で各 5 mL を通水する。
- ⑤ InertSep mini MA-2 を精製水 5 mL で洗浄後、InertSep mini MA-2 に吸着した測定対象物質を 0.1%アンモニア/メタノール 5 mL で溶出させて試験管に受ける。
- ⑥ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑦ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

(Precep-C Alumina 及び Oasis HLB を連結して使用する場合)

- ① 0.2 g の液状廃棄物試料をねじ蓋瓶に量りとり、精製水 10 mL を加える。
- ② 試料の入ったねじ蓋瓶に 30 分間の超音波照射を行い、これを粗抽出液とする。
- ③ 粗抽出液の一定量を別のねじ蓋瓶に分取し、内標準液を添加後、ギ酸を添加し、酸性であることを確認する。
- ④ あらかじめコンディショニングを行った後で連結した Precep-C Alumina 及び Oasis HLB に、5~10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を精製水で洗い込み、洗液を通水する。
※Precep-C Alumina のコンディショニングは、メタノール 10 mL、精製水 10 mL の順で通水する。Oasis HLB のコンディショニングは、メタノール 5 mL、精製水 10 mL の順で通水する。
- ⑤ Precep-C Alumina を取り外した後、Oasis HLB に吸着した測定対象物質をメタノール 4 mL で溶出させて試験管に受ける。
- ⑥ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑦ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

4-2. 同定及び定量

日本産業規格 K 0450-70-10 の 6.4 及び 6.5 に規定する方法により、同定及び定量を行う。なお、重量当たりの濃度 ng/g を算出する場合は、試料単位を g に読み替えるものとする。

備考

- 1 令和 3 年度 POPs 廃棄物の検定方法等策定業務で使用した泡消火薬剤において、前処理で使用する固相カラムは、PFOA は Oasis WAX と InertSep MA-2、PFOS は Precep-C Alumina+Oasis HLB が適していた。

Oasis WAX と InertSep MA-2 を用いた場合、¹³C-PFOA の回収率は約 100% と良好であったが、¹³C-PFOS の回収率は約 40% と低かった。一方で、Precep-C Alumina+Oasis HLB を用いた場合、¹³C-PFOS の回収率は約 70% であったが、¹³C-PFOA の回収率は約 30~45% と低かった。

使用する固相カラムについては、試料の性状や対象物質に応じて適宜選択することが望ましい。

- 2 ここで示す商品は、一般に入手できるものとして例示したが、特定商品の使用を推奨するものではない。これと同等以上の品質、性能のものを用いてもよい。

5. 廃水（洗煙排水等）

5-1. 試験操作

（試料中に懸濁物が多量に含まれる場合には以下の①～⑦の操作を行う。）

- ① 廃水を攪拌し、懸濁物を均一に分散させた後、0.5 L の廃水をねじ蓋瓶に量りとり、内標準液を添加する。
- ② あらかじめメタノールで洗浄したガラス繊維ろ紙を用いて試料を吸引ろ過する。
- ③ ろ過後のガラス繊維ろ紙は、細断して遠沈管に入れる。
- ④ ガラス繊維ろ紙の入った遠沈管にメタノール 10 mL を加え、ギ酸を添加する。
- ⑤ ガラス繊維ろ紙の入った遠沈管は、30 分間の超音波抽出を行い、次いで 3000 rpm の回転数で 10 分間の遠心分離を行う。
- ⑥ 上澄みを別の遠沈管に移す。④～⑥の作業を繰り返し 3 回を行い、回収したメタノール溶液を合わせ、濃縮器を用いて約 1 mL まで濃縮する。
- ⑦ 濃縮した抽出液を②のろ液に加えてよく攪拌する。

（固相抽出：Oasis HLB を使用する場合）

- ⑧ あらかじめコンディショニングを行った Oasis HLB に 5～10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を精製水で洗い込み、洗液を通水する。
※Oasis HLB のコンディショニングは、メタノール 5 mL、精製水 10 mL の順で通水する。
- ⑨ Oasis HLB に吸着した測定対象物質をメタノール 5 mL で溶出させて試験管に受ける。
- ⑩ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑪ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

（固相抽出：Oasis WAX を使用する場合）

- ⑧ ⑦にギ酸を添加し、酸性であることを確認する。
- ⑨ あらかじめコンディショニングを行った Oasis WAX に 5～10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を精製水で洗い込み、洗液を通水する。
※Oasis WAX のコンディショニングは、0.1%アンモニア/メタノール、メタノール、精製水、酢酸・酢酸アンモニウム緩衝液（pH 4）の順で各 5 mL を通水する。
- ⑩ Oasis WAX をメタノール 10 mL で洗浄後、Oasis WAX に吸着した測定対象物質を 0.1%アンモニア/メタノール 4 mL で溶出させて試験管に受ける。
- ⑪ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑫ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

(固相抽出：Oasis WAX for PFAS Analysis を使用する場合)

- ⑧ ⑦にギ酸を添加し、酸性であることを確認する。
- ⑨ あらかじめコンディショニングを行った Oasis WAX for PFAS Analysis に 5～10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を精製水で洗い込み、洗液を通水する。
※Oasis WAX for PFAS Analysis のコンディショニングは、0.5%アンモニア/メタノール、メタノール、精製水、酢酸・酢酸アンモニウム緩衝液 (pH 4) の順で各 5 mL を通水する。
- ⑩ Oasis WAX for PFAS Analysis をメタノール 10 mL で洗浄後、Oasis WAX for PFAS Analysis に吸着した測定対象物質を 0.5%アンモニア/メタノール 4 mL で溶出させて試験管に受ける。
- ⑪ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑫ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

5-2. 同定及び定量

日本産業規格 K 0450-70-10 の 6.4 及び 6.5 に規定する方法により、同定及び定量を行う。

備考

- 1 実試料を用いた分析で、いずれの固相カラム (Oasis HLB、Oasis WAX、Oasis WAX for PFAS Analysis) を使用した場合においても良好な分析結果が得られた。
- 2 使用する固相カラムについては、試料の性状や対象物質に応じて適宜選択することが望ましい。

6. 排ガス

6-1. 試験操作

- ① ねじ蓋瓶に吸収液及びドレン水を入れ、内標準液を添加する。
- ② 円筒ろ紙は、細断して遠沈管に入れる。
- ③ 円筒ろ紙の入った遠沈管に、メタノール 10 mL を加え、ギ酸を添加する。
- ④ 円筒ろ紙の入った遠沈管は、30 分間の超音波抽出を行い、次いで 3000 rpm の回転数で 10 分間の遠心分離を行う。
- ⑤ 上澄みを吸収液及びドレン水の入ったねじ蓋瓶に回収する。③～⑤の作業を繰り返し 3 回行う。
- ⑥ 回収したメタノール溶液と吸収液及びドレン水の混合液にギ酸を添加する。
- ⑦ あらかじめコンディショニングを行った Oasis WAX に 5～10 mL/min の流速で通水して測定対象物質を吸着させる。ねじ蓋瓶を精製水で洗い込み、洗液を通水する。
※Oasis WAX のコンディショニングは、0.1%アンモニア/メタノール、メタノール、精製水、酢酸・酢酸アンモニウム緩衝液 (pH 4) の順で各 5 mL を通水する。
- ⑧ Oasis WAX をメタノール 10 mL で洗浄後、Oasis WAX に吸着した測定対象物質を 0.1%アンモニア/メタノール 4 mL で溶出させて試験管に受ける。
- ⑨ 溶出液を 40℃以下で加温しながら、窒素吹き付けを行い濃縮する。
- ⑩ 濃縮した溶出液を 1 mL に定容し、LC-MS/MS で測定する。

6-2. 同定及び定量

日本産業規格 K 0450-70-10 の 6.4 及び 6.5 に規定する方法により、同定及び定量を行う。なお、試料単位を m^3 に読み替えるものとする。

7. 測定条件例

表 5-2 LC-MS/MS 分析条件

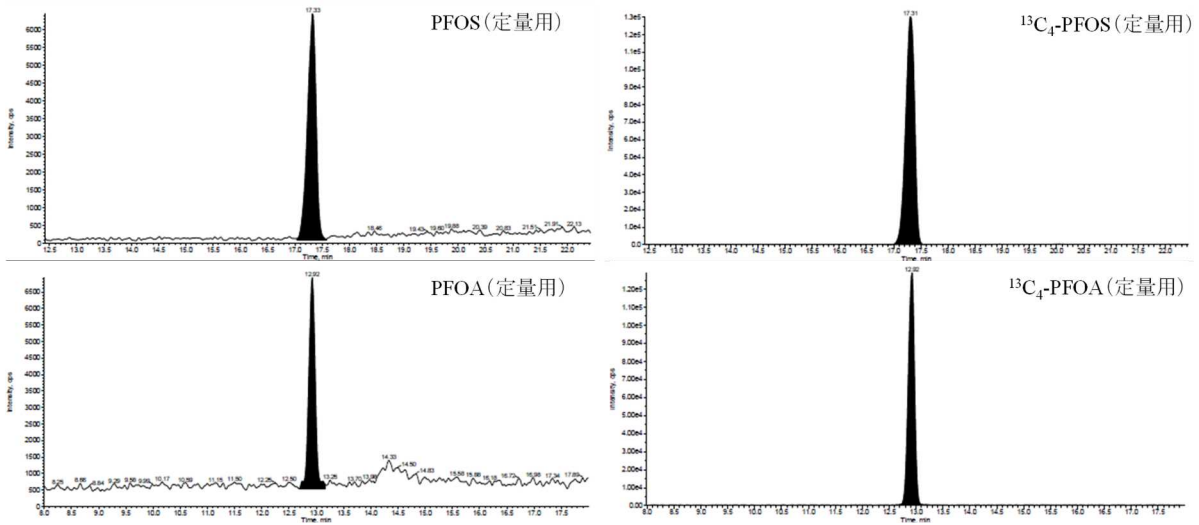
液体クロマトグラフ	機種	: SHIMADZU LC-20A Prominence (島津製作所製)		
	カラム	: Inertsil ODS-SP (2.1 mm(i.d.)×150 mm、3 μm)		
	移動相 A	: 10 mM 酢酸アンモニウム		
	移動相 B	: アセトニトリル		
	グラジエント	0-2 min	A: 70%	B: 30%
		2-10 min	A: 70→50%	B: 30→50%
		10-12.5 min	A: 50%	B: 50%
		12.5-17.5 min	A: 50→20%	B: 50→80%
		17.5-24.5 min	A: 20%	B: 80%
	24.5-32 min	A: 70%	B: 30%	
移動相流量	: 0.2 mL/min			
カラム温度	: 40°C			
試料注入量	: 10 μL ※液状廃棄物(泡消火薬剤)は 5 μL			
質量分析計	機種	: API 4000 (SCIEX 製)		
	イオン化法	: ESI Negative (MRM)		
	モニターイオン (<i>m/z</i>)	PFOS	498.9→80.0 (定量用)	498.9→99.0 (確認用)
		PFOA	412.9→169.0 (定量用)	412.9→369.0 (確認用)
		¹³ C ₄ -PFOS	502.9→80.0 (定量用)	502.9→99.0 (確認用)
¹³ C ₄ -PFOA		416.9→169.0 (定量用)	416.9→372.0 (確認用)	

備考

- 1 試料注入量は、試料の性状・装置の性能に適した値を適宜選択することが好ましい。
- 2 高濃度で複雑なマトリックスを含む試料についてイオン化抑制（イオンサプレッション）が生じやすい場合、試料注入量を減らすことでイオン化抑制等が改善することがある。

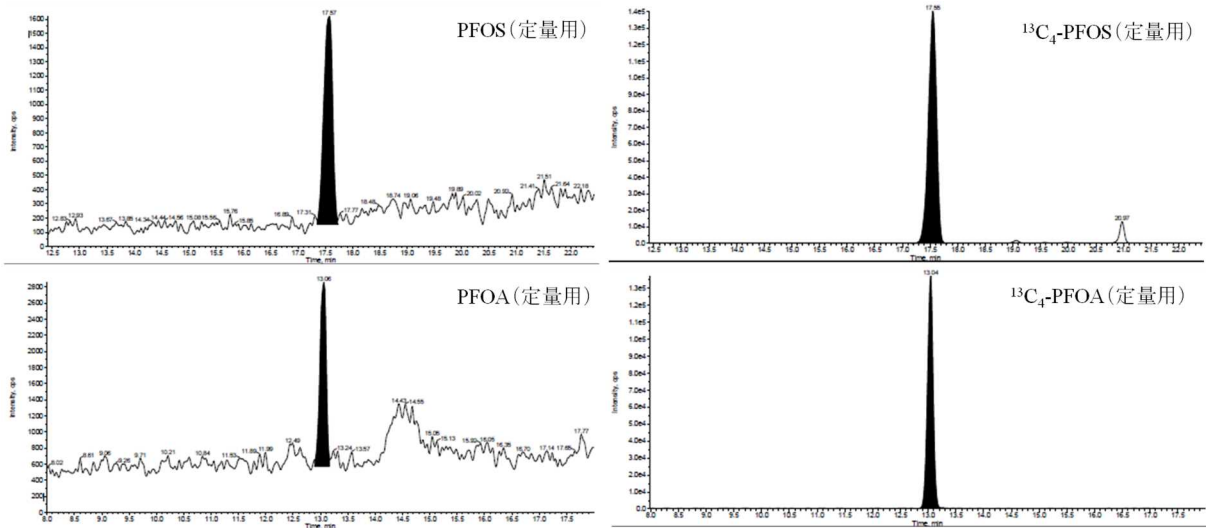
8. クロマトグラム

8-1. 標準品のクロマトグラム (検量線 0.1 ng/mL)

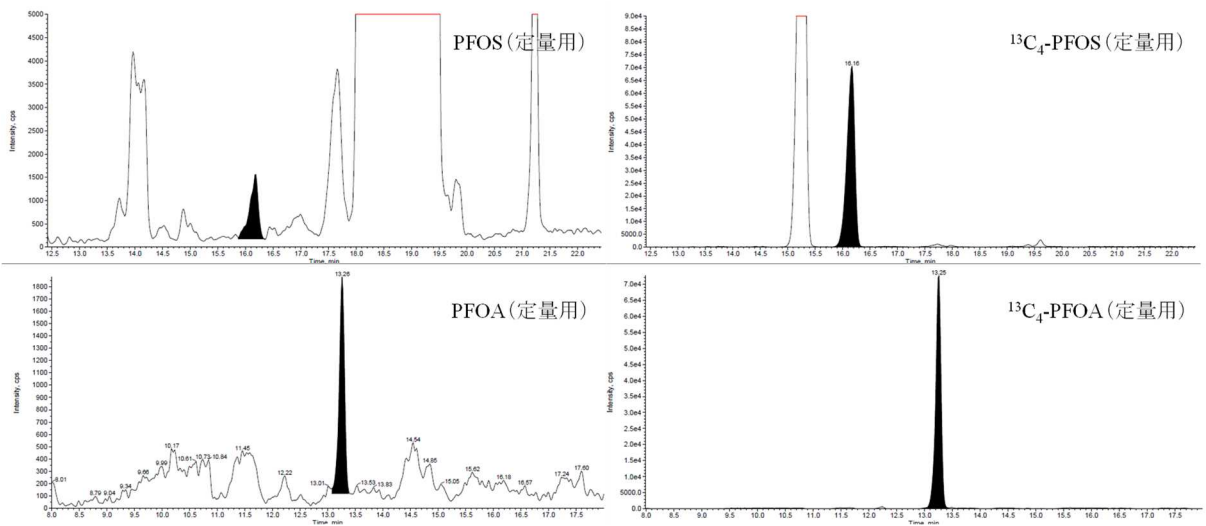


8-2 実試料のクロマトグラム

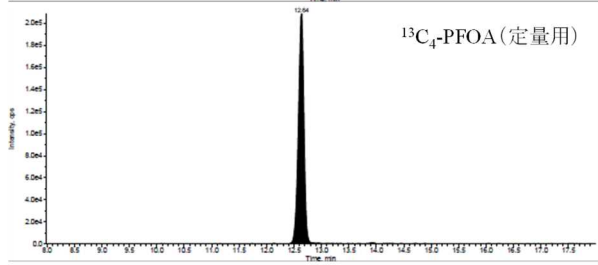
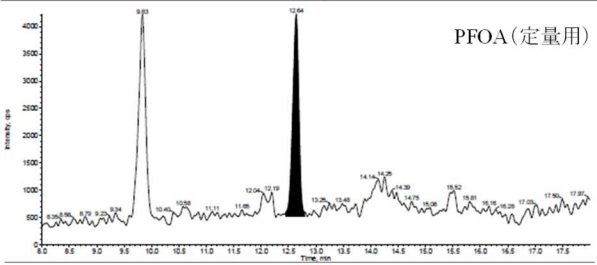
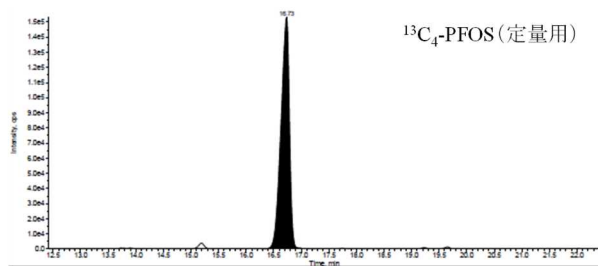
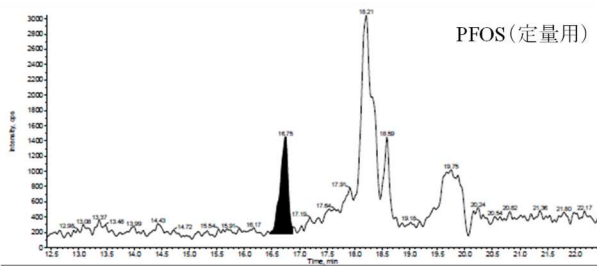
(燃え殻)



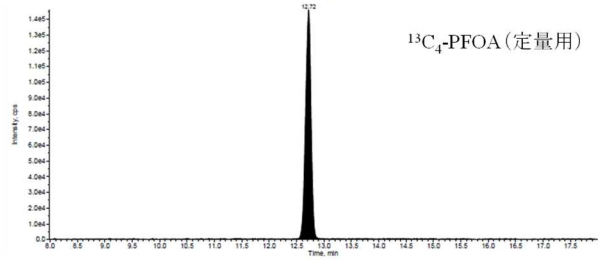
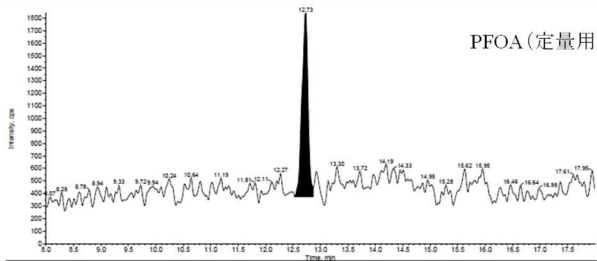
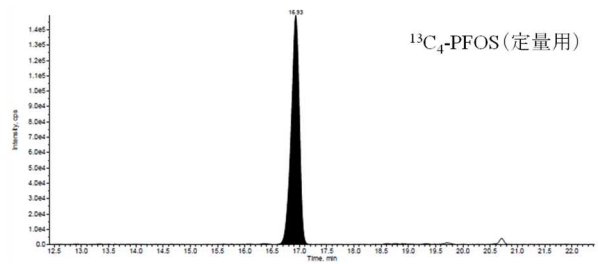
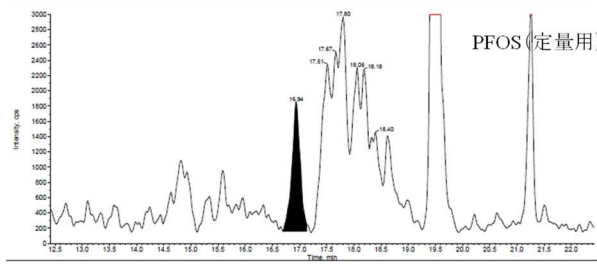
(液状廃棄物：泡消火薬剤)



(廃水：洗煙排水)



(排ガス)



資料6 フッ化水素の有害性とこれを規制の対象とする関係法令

物質名	フッ化水素	
重要データ	<p>物理的状态：外観 刺激臭のある、無色の気体あるいは無色の発煙性の液体</p> <p>物理的危険性：</p> <p>化学的危険性： 強酸であり、塩基と激しく反応し、腐食性を示す。多くの化合物と激しく反応し、火災および爆発の危険をもたらす。金属、ガラス、ある種のプラスチック、ゴム、被膜剤を侵す。</p> <p>許容濃度： TLV：(Fとして) 0.5ppm (TWA)；3ppm (天井値)； BEI (生物学的暴露指標) 記載あり；(ACGIH 2005) (訳注：詳細は ACGIH の TLVs and BEIs を参照)</p> <p>MAK：1ppm, 0.83mg/m³；ピーク暴露限度カテゴリー：I (2)；妊娠中のリスクグループ：C；BAT：7mg/g クレアチニン (DFG 2005) (訳注：詳細は DFG の List of MAK and BAT values を参照)</p>	<p>暴露の経路： 体内への吸収経路：吸入、経皮、経口摂取</p> <p>吸入の危険性： 容器を開放すると、空気中でこの気体はきわめて急速に有害濃度に達する。</p> <p>短期暴露の影響： 眼、皮膚、気道に対して腐食性を示す。この気体や蒸気を吸入すると、肺水腫を引き起こすことがある(「注」参照)。低カルシウム血を引き起こすことがある。許容濃度を超えると、死に至ることがある。これらの影響は遅れて現れることがある。医学的な経過観察が必要である。</p> <p>長期または反復暴露の影響： フッ素沈着を引き起こすことがある。</p>
物理的性質	<ul style="list-style-type: none"> ・沸点：20℃ ・融点：-83℃ ・比重 (水=1)：1.0 (液体、4℃) ・水への溶解性：非常によく溶ける ・蒸気圧：122kPa (25℃) ・相対蒸気密度 (空気=1)：0.7 	
注	<ul style="list-style-type: none"> ・他の国連番号：1790 (フッ化水素水溶液)、国連危険物分類：8、国連の副次的危険性による分類：6.1、国連包装等級：I (>60%) ・作業時のどの時点でも、許容濃度 (天井値) を超えてはならない。 ・肺水腫の症状は2～3時間経過するまで現れない場合が多く、安静を保たないと悪化する。したがって、安静と経過観察が不可欠である。 ・医師または医師が認定した者による適切な吸入療法の迅速な施行を検討する。 ・暴露の程度によっては、定期検診が必要である。 ・圧力容器が漏出しているときは、気体が液状で漏れるのを防ぐため、洩れ口を上にする。 <p>Transport Emergency Card (輸送時応急処理カード)：TEC(R)—80S1052 または 80GCT1-I NFPA (米国防化協会) コード：H (健康危険性) 3；F (燃焼危険性) 0；R (反応危険性) 2；</p>	

出典：国際化学物質安全性カード、

https://www.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=ja&p_card_id=0283&p_version=2

フッ化水素を規制の対象とする主な関係法令は、以下のとおりである。

適用法令	内容
労働安全衛生法	施行令別表第3 特定化学物質 第2類物質 (28 弗化水素) 法 65 条の2 作業環境評価基準 (25 弗化水素) 管理濃度 0.5ppm 施行令 18 条 名称等を表示すべき有害物、施行令 18 条の2 名称等 を通知すべき有害物 (施行令別表第9 487 弗素及びその水溶性無機化合物) 特定化学物質障害予防規則 特定第2類物質 (28 弗化水素)
大気汚染防止法	施行令第10条 特定物質 (2 弗化水素) 施行令第1条 有害物質 (3 弗素、弗化水素及び弗化珪素)
水質汚濁防止法	施行令第2条 有害物質、排水基準を定める省令 (25 ふっ素及びその化合物)
下水道法	施行令第9条の4 (26 ふっ素及びその化合物)
水道法	法第4条第2項、水質基準に関する省令 (12 フッ素及びその化合物)
毒物及び劇物取締法	法第2条別表第1 毒物 (22 弗化水素)
化学物質の審査及び製造等の規制に関する法律	既存化学物質 (フッ化水素)
特定化学物質の環境への排出量の把握等及び管理の改善の促進に関する法律	施行令第1条別表第1 第1種指定化学物質 (374 ふっ化水素及びその水溶性塩)
消防法	危険物の規制に関する政令第1条の10
船舶安全法	危険物船舶運送及び貯蔵規則第2条、第3条、船舶による危険物の運送基準等を定める告示別表1 腐食性物質 (フッ化水素)
港則法	施行規則第12条、船舶による危険物の運送基準等を定める告示別表1 腐食性物質 (フッ化水素)
航空法	施行規則第194条第1項8号 腐食性物質
土壌汚染対策法	法第2条第1項、施行令第1条 特定有害物質 (22 ふっ素及び化合物)