

# P F C破壊処理ガイドライン

平成21年3月

環境省地球環境局  
環境保全対策課フロン等対策推進室

# 目次

<b>1. 目的</b>	<b>1</b>
<b>2. 適用範囲</b>	<b>2</b>
<b>3. 破壊処理技術の現状と要件</b>	<b>3</b>
(1) 破壊処理技術の現状	3
(2) 破壊処理技術の要件	3
<b>4. 破壊処理の要件</b>	<b>5</b>
(1) 破壊処理性能の確認	5
(2) P F Cの破壊処理に伴って発生する有害物質等に係る測定	8
(3) 運転管理条件に係る計測・測定	15
<b>5. 主な破壊処理技術とその運転管理条件等</b>	<b>17</b>
(1) 廃棄物混焼法方式	17
①施設の要件	17
②運転管理条件	17
③P F Cの投入条件	17
(2) セメント・石灰焼成炉混入法方式	21
①施設の要件	21
②運転管理条件	21
③P F Cの投入条件	21
(3) 炉内分解型液中燃焼法方式	24
①施設の要件	24
②運転管理条件	24
③P F Cの投入条件	24

## 1. 目的

パーフルオロカーボン類（PFC）は、炭素とフッ素のみから構成される化学物質であるため不燃性で安定な性状であり、かつオゾン層破壊効果がないことから、フロン類の代替物質として利用されてきた。しかし一方で、PFCは強力な温室効果（CO<sub>2</sub>の6,500～9,200倍）を有していることから、類似のハイドロフルオロカーボン類（HFC）、六フッ化硫黄（SF<sub>6</sub>）と共に「京都議定書」における排出削減対象物質となっている。このため、各業界団体等において発生・排出抑制への取組が進められているところであるが、他の物質での代替が困難な分野や、過去に使用されてきた製品等に封入されているPFCについて、大気中への排出の抑制と適正な破壊方法の確立が課題となっている。

環境省においては、温室効果を有し、京都議定書の対象であるPFCの排出抑制に資する設備の開発及び利用を促進するため、平成20年度に「液体PFC等破壊処理実験」を実施し、PFC破壊処理技術の実用可能性について検討してきた。

本ガイドラインは、京都議定書目標達成計画において液体PFC等の適正処理対策を一層促進することとされていることから、PFCの回収・破壊の取組の一層の推進と破壊処理技術の速やかな普及を目的として、PFCの適切な破壊処理を実施するために必要な事項を取りまとめたものである。本ガイドラインの策定に当たっては、上記の実験結果等を基に、「液体PFC等排出抑制対策検討委員会」の指導を仰いだ。

また、本ガイドラインの策定にあたり、PFCの大気中への排出については早急な対策が求められていることから、より多くの関係者によってPFCの適正な破壊処理が実施できるよう留意した。

なお、本ガイドラインは、今後の知見の蓄積に基づき、必要に応じてその充実が図られるものである。

（液体PFC等排出抑制対策検討委員会委員）

委員長 浦野 紘平 横浜国立大学大学院 環境情報研究院 特任教授

委員 岩崎 好陽 (社)におい・かおり環境協会 会長

／東京理科大学大学院 工学研究科 非常勤講師

大谷 英雄 横浜国立大学大学院 環境情報研究院 教授

竹内 正雄 (独)産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 燃焼評価グループ長

## 2. 適用範囲

半導体製造工場、ガス製造工場等における除害設備については、かなり高い除害効率を有するものであること等から、当面は適用の対象外とする。また、PFCのうち最も分解しにくい炭素数が1つの $CF_4$ （PFC-14）については、フロン類の破壊処理と同等の条件だけでは十分な破壊処理ができない可能性があるため、今後、施設ごとに確認を行う必要があり、現時点ではデータが不十分であること、製造ラインの排ガス除害設備による処理が一般的であることから当面は適用の対象外とする。ただし、これら製造ラインの排ガス除害設備によるPFCの破壊処理を行う場合においても、本ガイドラインを参考としていただくことが望ましい。

### 3. 破壊処理技術の現状と要件

#### (1) 破壊処理技術の現状

PFCの適正な破壊処理に適応できると考えられる技術は、現時点では、①廃棄物焼却炉のロータリーキルン（円筒回転炉）等を用いた破壊処理方法（以下「廃棄物混焼法方式」という。）、②セメント製造設備のロータリーキルン等を用いた破壊処理方法（以下「セメント・石灰焼成炉混入法方式」という。）、専らフロン類を破壊処理するために使用されている技術として③炉内分解型液中燃焼法方式があり、以下においてこれらの技術の適用に当たっての要件等を取りまとめた。

#### (2) 破壊処理技術の要件

PFCの破壊処理技術として実用すべきものは、概ね次のような要件に適合することが必要と考えられる。

- ①PFCの分解効率<sup>1</sup>が高いこと
- ②分解生成物であるふっ化物及び副生する微量有害物質を含む排ガス、排水、灰等の処理・処分が確実にできること
- ③運転管理が容易で安定した処理ができること
- ④分解生成物であるふっ化物に対して設備の耐久性があること
- ⑤設備費、運転費が適正であること

---

<sup>1</sup> モントリオール議定書に関連しては「破壊除去効率（DRE: Destruction and removal efficiency）」、CFC破壊処理ガイドラインでは「分解率」が同義で用いられているが、本ガイドラインでは、フロン回収破壊法の「フロン類破壊施設に係る破壊の能力に関する基準」において用いられている用語である「分解効率」を統一的に用いている。

## 【解説】

PFCはフロン類の代替物質として使用される物質であり、その性状についてもフロン類と類似している。そのため、PFCの破壊処理にあたってはフロン類の破壊処理技術が適用できるものと考えられる。

フロン類の破壊処理方式のうち実績の多い方式は、①廃棄物混焼法方式、②セメント・石灰焼成炉混入法方式、③炉内分解型液中燃焼法方式、④過熱蒸気反応法方式である。このうち、①廃棄物混焼法方式及び④過熱蒸気反応法方式についてPFCの破壊処理実験<sup>2</sup>を行ったところ、①廃棄物混焼法方式についてはフロン類破壊の運転管理条件と同等の条件にて十分な破壊処理ができることが確認された。②セメント・石灰焼成炉混入法方式及び③炉内分解型液中燃焼法方式は、①廃棄物混焼法方式と同様の燃焼分解方式であり、これら方式でフロン類破壊を行う場合、通常は①廃棄物混焼法方式よりさらに高温の分解温度での運転管理が行われていること、及び上記の実験結果から、適切な条件で運転管理が行われていればPFCも十分に分解可能であると判断された。なお、④過熱蒸気反応法方式についてはPFCの分解効率にやや幅が見られ、反応の制御に改善の余地があると考えられたことから、今回のガイドラインへの掲載は見送った。なお、これらの検討にあたっては、PFCの破壊に関する既存の知見<sup>3</sup>についても参考にした。

以上のことから、本ガイドラインにおいては、①廃棄物混焼法方式、②セメント・石灰焼成炉混入法方式、③炉内分解型液中燃焼法方式の3方式をPFCの破壊処理技術として取りまとめを行った。

なお、フロン類については、「特定製品に係るフロン類の回収及び破壊の実施の確保等に関する法律」（以下、「フロン回収・破壊法」という。）において、上記の方法以外に⑤プラズマ法方式（高周波プラズマ法方式、マイクロ波プラズマ法方式、アークプラズマ法方式）、⑥触媒法方式、⑦その他の方式（許可実績として固体アルカリ反応法方式等がある）の破壊処理方式が定められている。これらの技術や過熱蒸気反応法方式及びその他の新たな技術についても、今後十分な検証が行われ、PFCの確実な破壊処理が可能であると判断された場合には、今後ガイドラインに加える可能性があるものとする。

### 【PFCの破壊に関する既存の知見】<sup>3</sup>

C<sub>6</sub>F<sub>14</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>を対象として既存の産業廃棄物焼却処理施設の運転条件を参考にした条件範囲で温度、滞留時間、出口酸素濃度などを変化させ、炭化水素共存下でバーナーを用いない無炎分解実験と有炎分解実験を行った結果、以下のとおり結論づけている。

- ①C<sub>6</sub>F<sub>14</sub>、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>は既存の産業廃棄物焼却処理施設の操業条件範囲で確実に分解でき、焼却分解が十分適用可能と考えられる。
- ②CF<sub>4</sub>は通常の焼却処理施設では処理困難であり、酸素を導入するなどの特別な工夫をして処理しなければならないと考えられる。

<sup>2</sup> 環境省：液体PFC等破壊処理実験（平成20年度）

<sup>3</sup> 張勝郁、米田和正、小林剛、加藤みか、浦野紘平：PFCs（パーフルオロカーボン）の燃焼・高温分解条件の明確化、平成20年度廃棄物学会研究討論会

## 4. 破壊処理の要件

「3. (2) 破壊処理技術の要件」に述べたように、実際のPFCの破壊処理に当たっては、PFCが一定以上の分解効率で破壊処理されていること、破壊処理に伴って一定基準以上の有害物質が排出されていないことが求められる。そのため、以下の項目について定期的に確認又は測定することが望ましい。確認の頻度としては少なくとも年1回以上とするが、運転管理条件等（「5. 主な破壊処理技術とその運転管理条件等」参照）を大きく変更する場合には事前に十分な実証試験を行うものとする。

なお、確認結果がこれらの要件を満たさないことが見いだされた場合には、運転管理条件等に立ち返って検討を行い、要件が満たされるよう是正措置を講ずる必要がある。

### (1) 破壊処理性能の確認

- ① PFCの投入量及び排ガス中のPFC濃度を把握し、PFCの分解効率（次の式により算出されたものをいう。）により破壊処理性能を確認すること。

$$\text{PFCの分解効率（\%）} = \{ 1 - (\text{PFC類の合計排出量}^4 / \text{PFCの投入量}) \} \times 100$$

- ② PFCの破壊処理の確認は、排ガス中のPFC濃度及び分解効率で確認するものとし、以下の条件1、2のいずれかを満たすこと。なお、最終排ガス中のPFC濃度と分解効率の条件は同時に満たす必要がある。

条件1	最終排ガス中のPFC濃度	1ppm以下	かつ	分解効率	99%以上
条件2	最終排ガス中のPFC濃度	15ppm以下	かつ	分解効率	99.9%以上

- ③②の確認は、PFCを定常的に破壊処理する場合は施設に応じた頻度で（少なくとも1年に1度）実施すること。特に、新たに施設をPFCの破壊処理に使用する際及び分解温度等の運転管理条件を変更する際には必ず実施すること。

<sup>4</sup> PFCの破壊によって投入したPFCとは別の種類のPFCが生成される場合がある。そのため、「PFCの合計排出量」は、温室効果ガスとして規定される7種類のPFC（PFC-14、PFC-116、PFC-218、PFC-31-10、PFC-c318、PFC-41-12、PFC-51-14）の合計排出量とする。

【解説】

(1) 電子部品等の精密機器の洗浄や半導体の製造工程等に利用されたり、シリコン整流器などの絶縁油として利用されていたPFCで、温室効果ガスとして規定されているものは、PFC-14、PFC-116、PFC-218、PFC-31-10、PFC-c318、PFC-41-12、PFC-51-14の7種類があり、主な物理化学性状は下表のとおりである。（※PFC-14の破壊処理については、当面、本ガイドラインの対象外とする。）

○PFCの性状等<sup>5</sup>

物質名	化学式	分子量	融点	沸点	ガス密度	液密度	ODP	GWP	大気中寿命
PFC-14	CF <sub>4</sub>	88	-183.6℃	-128.0℃	3.66g/L (20℃)	1.89 (-183℃)	0	6500	50000年
PFC-116	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	138	-100.1℃	-78.3℃	5.74g/L (20℃)	1.57 (-78℃)	0	9200	10000年
PFC-218	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	188	-147.7℃	-36.7℃	7.82g/L (20℃)	—	0	7000	2600年
PFC-31-10	C <sub>4</sub> F <sub>10</sub>	238	—	-2.0℃	9.90g/L (20℃)	1.52 (-20℃)	0	7000	2600年
PFC-c318	C <sub>4</sub> F <sub>8</sub>	200	-41.4℃	-6.0℃	8.32g/L (20℃)	1.51 (-57.8℃)	0	8700	3200年
PFC-41-12	C <sub>5</sub> F <sub>12</sub>	288	—	30.0℃	—	1.630	0	7500	4100年
PFC-51-14	C <sub>6</sub> F <sub>14</sub>	338	—	56.0℃	—	1.680	0	7400	3200年

(2) 破壊処理性能については、破壊しようとするPFC（気体：PFC-116、PFC-218、PFC-31-10、PFC-c318、液体：PFC-41-12、PFC-51-14）の性状を考慮し、最も分子量の小さいもの（PFC-116）及び最も分子量の大きいもの（PFC-51-14）を破壊処理したときのデータにおいて処理性能の条件に適合していることを確認する。また、PFCの種類によって運転管理条件を変更する場合には、PFCの種類によって生成する有害物質等が異なることを考慮し、それぞれの運転管理条件毎のデータにおいて破壊処理性能の要件に適合していることを確認すること。

(3) PFC破壊処理の確認のためには、PFCの投入量とPFCの合計排出量（＝乾き排ガス中のPFC濃度×乾き排ガス量）を把握しておくことが必要である。

なお、PFCの破壊によって投入したPFCとは別の種類のPFCが生成される場合がある。そのため、「PFCの合計排出量」は、温室効果ガスとして規定される7種類のPFC（PFC-14、PFC-116、PFC-218、PFC-31-10、PFC-c318、PFC-41-12、PFC-51-14）の合計排出量とする。

<sup>5</sup> GWPは地球温暖化対策の推進に関する法律施行令。大気中寿命はIPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007。沸点は日本フルオロカーボン協会資料。液密度（PFC-14）は(独)製品評価技術基盤機構データベース、液密度（PFC-c318）は化学物質安全情報提供システムkis-net、その他の液密度は日本フルオロカーボン協会資料。融点（PFC-14、PFC-116、PFC-218）は(独)製品評価技術基盤機構データベース、融点（PFC-c318）は化学物質安全情報提供システムkis-netによる。ガス密度は分子量からの計算値。

(4) P F Cの破壊処理の能力としては、フロン回収・破壊法施行規則第15条（フロン類破壊施設に係る破壊の能力に関する基準）に相当する分解効率であることが望ましいと考えた。

その上で、「液体P F C等破壊処理実験」の結果及び既存の研究報告を踏まえて、燃焼分解方式の処理施設においては十分な分解効率が見られると考えられたことから、フロン類破壊施設に係る破壊の能力に関する基準である

条件1 排出口から排出されるガス中におけるフロン類の含有率が1ppm以下であり、かつ分解効率が99%以上であること

又は、

条件2 排出口から排出されるガス中におけるフロン類の含有率が15ppm以下であり、かつ分解効率が99.9%以上であること

という条件をP F Cの破壊処理に対しても準用することとした。

(5) P F C濃度の測定方法については、「JIS K 0123 ガスクロマトグラフィー質量分析通則」に基づき、ガスクロマトグラフ質量分析装置により分析を行う。なお、低濃度のP F Cの測定（特に、PFC-14の測定）にあたっては、妨害ピークによる影響を受ける場合があることから、妨害ピークを分離した上で目的物質の同定及び定量を行うように注意を払うこと。

## (2) P F Cの破壊処理に伴って発生する有害物質等に係る測定

- ①破壊処理施設からの排ガス等について、それぞれの施設について関係法令等で規定される基準を満たしていることを確認すること。特に、P F Cの破壊処理に伴って発生又は増加し得る次の項目について測定を行うこと。
  - a. 最終排ガス中の一酸化炭素（CO）濃度
  - b. 最終排ガス中のフッ化水素（HF）濃度
  - c. 排水中の水素イオン濃度
  - d. 排水中のフッ素濃度
- ②測定方法については、関係法令、日本工業規格（JIS）等で定められた方法を用いること。
- ③①の測定は、関係法令の定めによるほか、少なくとも1年に1度実施すること。また、新たに施設をP F C破壊処理に使用する際、及び分解温度等の運転管理条件を変更する際には必ず測定すること。

## 【解説】

(1) PFCは難分解性を有するハロゲン化物であるため、分解温度、酸素量等について処理方式別に所定の運転管理条件等が確保されないと十分に分解されないばかりか、他のハロゲン化物等が二次生成物質として生ずるおそれがある。したがって、本ガイドラインにおいては、PFC破壊処理施設の要件の一つとして、フロン回収・破壊法における「環境大臣の判断のために環境省として提出して頂きたい書類」（フロン類の破壊に関する運用の手引き（第6版））に示された排ガス等に関する判断基準及び大気汚染防止法等の法令で規定される有害物質の排出基準に適合していることを確認することはもとより、これら法令の対象施設であるか否かを問わず、特にPFCの破壊処理に伴う安全性確認の観点から測定項目を規定している。

測定にあたっては、破壊しようとするPFC（気体：PFC-116、PFC-218、PFC-31-10、PFC-c318、液体：PFC-41-12、PFC-51-14）の性状を考慮し、最も分子量の小さいもの（PFC-116）及び最も分子量の大きいもの（PFC-51-14）を破壊処理したときのデータにおいて基準に適合していることを確認する。また、PFCの種類によって運転管理条件を変更する場合には、PFCの種類によって生成する有害物質等が異なることを考慮し、それぞれの条件毎のデータにおいて基準に適合していることを確認すること。

(2) 大気汚染防止法、水質汚濁防止法、廃棄物処理法等の国内法令の対象施設の場合は、排ガス又は排出水中の法令で規定されている有害物質等の濃度につき、その基準を満たしていることを確認する必要がある。

(3) 各測定項目について参照すべき基準は下表に示すとおりである。なお、排水については、排ガス処理設備において排ガス洗浄水を循環利用することが行われているため、相当程度の運転期間を経た後においても、下記の判断基準を満たしていることを確認する必要がある。

### ○参照すべき基準値

	基準値	法令等
a. 最終排ガス中の一酸化炭素（CO）濃度	<100mg/Nm <sup>3</sup> (<80ppm)	フロン類の破壊に関する運用の手引き <sup>6</sup>
b. 最終排ガス中のふっ化水素（HF）濃度	<5mg/Nm <sup>3</sup> (<5.6ppm)	フロン類の破壊に関する運用の手引き
c. 排水中の水素イオン濃度（pH）	5.8-8.6	フロン類の破壊に関する運用の手引き
d. 排水中のふっ素含有量	≤8mg/L	フロン類の破壊に関する運用の手引き

<sup>6</sup> フロン回収破壊法 フロン類の破壊に関する運用の手引き（第6版）平成18年3月24日 経済産業省製造産業局 オゾン層保護等推進室・環境省地球環境局環境保全対策課フロン等対策推進室  
II.1. (5) 環境大臣の判断のために環境省として提出していただきたい書類

- (4) 廃棄物混焼法方式（ロータリーキルン方式）、セメント・石灰焼成炉混入法方式（セメントキルン方式）により廃棄物の焼却又はセメントや石灰の焼成の際に同時に PFC を投入して破壊処理する方法の場合の排ガス中の有害物質等の濃度については、PFC の破壊処理に伴う安全性の確認という観点からは、PFC の投入によって有害物質等の濃度が顕著に増加しないことが目安となる。
- (5) 液中燃焼法方式については、排ガスが煙突等の高位置から排出されるのではなく、低位置から排出され、拡散希釈効果が小さいことがある。この場合、排ガス中の有害物質等の濃度の妥当性を評価する際の目安として、排出口周辺の濃度が労働安全衛生法の作業環境評価基準、日本産業衛生学会による許容濃度の勧告値等を満たしていることが挙げられる。
- (6) PFC を高温で破壊する場合には、ふっ素化ダイオキシン類及びふっ素系ダイオキシン類（ダイオキシン類の塩素がふっ素等で一部置換された物質）が生成する懸念があるが、現時点ではこれら全ての異性体を個別に測定することは困難である。そのため、それに代わる指標として、ダイオキシン類類似ふっ素化合物やその他適切と考えられる指標を測定し、ふっ素化ダイオキシン類等が塩素化ダイオキシン類の排出基準値と同等以上に排出されていないことを確認することが望ましい。
- (7) 有害物質等の測定方法については、下表が参考となる。

○有害物質等に係る測定方法

測定項目		測定方法
排ガス	一酸化炭素 (CO)	①JIS K 0098-88に定める分析方法分類の赤外線吸収法による連続測定、もしくは検知管法等により測定し、記録する。 ②試料ガス採取は酸素と同様の方法で行う。
	ふっ化水素 (HF)	①JIS K 0105に規定する排ガス中のふっ素化合物分析法により測定する。 ②分析方法 1) ランタン-アリザリンコンプレキソン吸光光度法：試料ガス中のふっ素化合物を吸収液に吸収させた後、緩衝液を加えてpHを調節し、ランタン溶液、アリザリンコンプレキソン溶液及びアセトンを加えて発色させ、吸光度を測定する。 2) イオン電極法：試料ガス中のふっ素化合物を吸収液に吸収させた後、イオン強度調整用緩衝液を加え、ふっ化物イオン電極を用いて測定する。

	ダイオキシン類類似ハロゲン化合物	<p>①ダイオキシン類測定用抽出液を分取し、硫酸シリカ/シリカゲルのカラムに通じ、200～500<math>\mu</math>Lまで濃縮する。</p> <p>②濃縮した抽出液を燃焼し、吸収液をイオンクロマトグラフに注入し、ハロゲン濃度を定量する。</p>
排水	ふっ素	<p>①JIS K 0102-34に規定するランタン-アリザリンコンプレキソン吸光光度法により測定する。</p> <p>②分析方法：試料を蒸留し、得られた留出液にランタン-アリザリンコンプレキソン溶液を加えて発色させ、620nm付近の吸光度を測定する。</p>
	水素イオン濃度 (pH)	<p>①JIS K 0102-93に規定するガラス電極法により測定する。</p> <p>②分析方法：構成したpH計の検出部を水で洗い、試料に浸すことにより測定する。</p>

【参考】関係法令等における有害物質等の基準等（一部抜粋）

○ フロン類の破壊に関する運用の手引きによる排ガス等の判断の基準

-排ガス-

測定項目	基準
一酸化炭素 (CO) 濃度	< 100mg/Nm <sup>3</sup>
塩化水素 (HCl) 濃度	< 100mg/Nm <sup>3</sup>
ふっ化水素 (HF) 濃度	< 5mg/Nm <sup>3</sup>

-排水-

測定項目	基準
水素イオン濃度 (pH)	5.8-8.6
ふっ素含有量	≤ 8mg/L
クロム濃度	≤ 2mg/L
ニッケル濃度	≤ 0.1mg/L

-ダイオキシン類-

測定項目	基準
排ガス	≤ 1.0ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>
排水	≤ 10pg-TEQ/L
汚泥	≤ 3ng-TEQ/g

○ 大気汚染防止法によるばい煙の排出基準

(ロータリーキルン等の廃棄物焼却炉及びセメントキルン)

対象物質	廃棄物焼却炉 <sup>1)</sup>	窯業製品の製造の用に供する 焼成炉及び熔融炉 <sup>2)</sup>
ばいじん	0.04g/Nm <sup>3</sup> (焼却能力4,000kg/h以上) 0.08g/Nm <sup>3</sup> (焼却能力2,000kg/h以上、 4,000kg/h未満) 0.15g/Nm <sup>3</sup> (焼却能力2,000kg/h未満)	0.10g/Nm <sup>3</sup> 0.05g/Nm <sup>3</sup> (特別排出基準 <sup>3)</sup> )
塩化水素	700mg/Nm <sup>3</sup>	—
窒素酸化物	250ppm	250ppm (排ガス量10万Nm <sup>3</sup> /h以上) 350ppm (排ガス量10万Nm <sup>3</sup> /h未満)
硫黄酸化物	K値 <sup>4)</sup>	K値 <sup>4)</sup>

1) 火格子面積が2m<sup>2</sup>以上又は焼却能力が200kg/h以上

2) 火格子面積が1m<sup>2</sup>以上あるか、バーナー燃料の燃焼能力が重油換算50L/h又は変圧器の定格容量が200kVA以上

3) 大気汚染防止法施行規則別表第5に掲げる地域に所在する施設に適用

4) 大気汚染防止法施行規則別表第1に掲げる地域ごとに定められたK値を用い、次の式により算出

$$q = K \times 10^{-3} He^2$$

q：硫黄酸化物の量（温度零度、圧力1気圧の状態に換算した立方メートル毎時）

K：地域ごとに定められた値

He：補正された排出口の高さ（メートル）

○ ダイオキシン類対策特別措置法による廃棄物焼却炉等の排出基準

-排ガス-

施設規模	新設の基準	既設の基準
4,000kg/h以上	0.1ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>	1ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>
2,000kg/h以上、4,000kg/h未満	1ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>	5ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>
2,000kg/h未満	5ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>	10ng-TEQ/Nm <sup>3</sup>

-排水-

施設	基準
廃棄物焼却炉から発生するガスを処理する施設（廃ガス洗浄施設、湿式集じん施設）及び汚水又は廃液を排出する灰の貯留施設	10pg-TEQ/L
フロン類の破壊*の用に供する施設（プラズマ反応施設、廃ガス洗浄施設、湿式集じん施設）	10pg-TEQ/L

\*廃棄物混焼法方式、液中燃焼法方式、プラズマ法方式、過熱蒸気反応法方式に限る

-ばいじん等-

施設	基準
廃棄物焼却炉に係るばいじん等に含まれるダイオキシン類の量	3ng-TEQ/g

なお、廃棄物焼却炉に係るダイオキシン類については、廃棄物の処理及び清掃に関する法律においても、維持管理基準として上表と同じ内容の基準が規定されている。また、施設から排出される燃え殻・ばいじん、汚泥等に含まれるダイオキシン類の量が3ng-TEQ/gを超える場合は、これら廃棄物は特別管理産業廃棄物に該当する。

ちなみに、一般環境中のダイオキシン類については環境基準値が定められており、大気は0.6pg-TEQ/Nm<sup>3</sup>以下、水質は1pg-TEQ/L以下、水底の底質は150pg-TEQ/g以下、土壌は1,000pg-TEQ/g以下となっている。

○ 水質汚濁防止法による排出基準

対象物質	基準
水素イオン濃度 (pH)	5.8以上8.6以下 (海域以外の公共用水域に排出されるもの) 5.0以上9.0以下 (海域に排出されるもの)
ふっ素	8mg/L (海域以外の公共用水域に排出されるもの) 15mg/L (海域に排出されるもの)

○ 労働安全衛生法等による作業環境評価基準

対象物質	基準	
ふっ化水素	労働安全衛生法作業環境評価基準管理濃度	2ppm
	日本産業衛生学会許容濃度	3ppm、又は、2.5mg/m <sup>3</sup>
	ACGIH (米国産業衛生専門家会議) 暴露限界値	0.5ppm(TWA) <sup>※1</sup> 2ppm(C) <sup>※2</sup>
ダイオキシン類	廃棄物焼却施設内作業におけるダイオキシン類ばく露防止対策について (厚生労働省通達)	2.5pg-TEQ/m <sup>3</sup>

※1) TWA (Time Weighted Average) : 時間加重平均曝露限界

※2) C (Ceiling) : 最高値

### (3) 運転管理条件に係る計測・測定

- ①それぞれの破壊処理技術における運転管理条件（「5. 主な破壊処理技術とその運転管理条件等」参照）が満たされていることを確認するため、次の項目について計測・測定を行うこと。
  - a. P F Cの投入量
  - b. 燃焼（又は、焼成、反応）温度等、設備内でP F Cが破壊処理される箇所の状態
  - c. 排ガス処理後の湿り排ガス量及び乾き排ガス量
  - d. 排ガス中の一酸化炭素（CO）濃度
  - e. 炉出口、又は、二次燃焼室出口の酸素（O<sub>2</sub>）濃度
- ②測定場所等は、設備の構成上無理のない位置とし、測定方法については、関係法令、日本工業規格（JIS）等で定められた方法を用いること。
- ③①の計測・測定は、日常的に実施すること。

【解説】

(1) 運転管理条件の一つとなるガス滞留時間の算定方法としては、下記のとおりとする。

$$\text{ガス滞留時間 (秒)} = \text{炉内の指定温度以上の部分の容積 (m}^3\text{)} \times 3600 \div \{ \text{湿り排ガス量 (Nm}^3\text{/h)} \times (273.15 + \text{炉内温度 (}^\circ\text{C)}) \div 273.15 \}$$

(2) 運転管理項目の測定では、下表が参考となる。

○運転管理条件に係る測定方法

測定項目	測定方法
温度	<p>①Kタイプ熱電対を代表点に挿入し、実験開始から終了まで連続測定記録する。</p> <p>②記録値については、最大値、最小値、平均値を求める。 (Kタイプ3.2mmφシース、長さ1m使用)</p>
排ガスの流速及び流量 (1)	<p>①JIS Z 8808-7に準拠して測定する。</p> <p>②特殊ピトー管 (ウェスタン型) を用いてJIS Z 8808-4.3に定める測定点で流速を測定し、同7.4.1~2の計算式を用いて湿り排ガス流量及び乾き排ガス流量を計算する。</p>
排ガスの流速及び流量 (2)	<p>①JIS Z 8808-7のピトー管法によって測定する。各測定点の内、平均流速を示す位置に熱線風速計のセンサーを挿入し、流速を測定・記録する。</p> <p>②同様に連続測定した排ガス温度を用いてJIS Z 8808-7.4に規定する計算式から、湿り排ガス流量を計算する。</p> <p>③さらに、排ガス中水分を補正して乾き排ガス流量を求める。</p>
一酸化炭素 (CO)	<p>①JIS K 0098-88に定める分析方法分類の赤外線吸収法による連続測定、もしくは検知管法等により測定し、記録する。</p> <p>②試料ガス採取は酸素と同様の方法で行う。</p>
酸素 (O <sub>2</sub> )	<p>①JIS K 0301-3に定める分析方法分類の連続分析法 (JIS B 7983に定める磁気式酸素自動計測器) により測定する。</p> <p>②試料ガスの採取は、ステンレス採取管にシリカウールを充填して排ガスを連続吸引し、冷却して除湿、除じんを行った後、乾きガスとして自動計測器に導入する。</p>

## 5. 主な破壊処理技術とその運転管理条件等

PFCの適切な破壊処理を進めていくためには、施設の選定、運転管理条件等に関し、それぞれの破壊処理技術について示した条件にのっとって破壊処理を行うことが必要である。

### (1) 廃棄物混焼法方式

#### ①施設の要件

- a. PFCを投入することにより発生するばいじん、ふっ化水素等の有害物質濃度が法令等で定める基準を満たすよう、ばいじん等の対策設備（ろ過式集じん器等）、酸性ガスの処理設備（洗浄塔等）等が設置されているものとする。また、排ガス処理設備は、燃焼排ガスができるだけ急冷されるような構造のものが望ましい。
- b. 施設からの排水がある場合には、ふっ素濃度、水素イオン濃度等が法令等で定める基準を満たすよう適切な排水処理設備が設置されているものを選定すること。
- c. 燃焼に伴い発生する焼却灰を燃焼条件に影響を与えないように円滑に搬出できる灰出し装置が設置されているものとする。
- d. PFC供給装置は、PFCを定量的に供給できるよう、バルブ、流量計等により構成されたものとする。

#### ②運転管理条件

- a. PFCが十分破壊処理されるとともに、排ガス等の安全性が確保されるように焼却炉の運転管理を行うことが必要であり、原則として炉出口の温度が850℃以上、燃焼ガスの滞留時間が2秒以上であり、かつ、分解効率等の破壊処理性能の条件と整合性がとれていることを確認すること。

#### ③PFCの投入条件

- a. PFCの投入は、標準的な運転管理条件の下で、バーナー近傍の位置より噴霧して行うこと。
- b. PFCの投入量は、その流量により適切に管理すること。
- c. PFCと同時に焼却する廃棄物は、性状等を可能な限り均質化すること。
- d. PFCの投入の割合は、PFCの分解効率及び排ガス処理設備や排水処理設備のハロゲン化物の処理能力等を考慮して決めるものとし、原則として同時に焼却する廃棄物量の重量比1.5%程度を目安とすること。
- e. ただし、PFCと同時にCFC等を投入する場合には、PFC及びCFC等の投入量が合わせて同時に焼却する廃棄物量の3%を越えない範囲（PFC単独では1.5%を越えない範囲）を目安とし、PFC及びCFC等の分解効率、有害物質等の生成状況及び排ガス処理設備や排水処理設備のハロゲン化物の処理能力等を考慮して投入量を決定すること。

【解説】

(1) フロン回収・破壊法に定めるフロン類破壊施設に係る構造に関する基準では、フロン類破壊処理施設の種類のに応じ、下表に掲げる装置を備えていることを規定している。

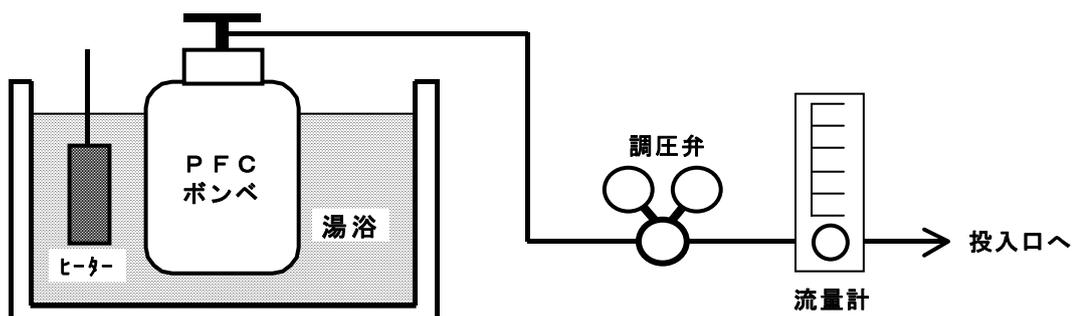
フロン類破壊施設の種類	装置
廃棄物混焼法方式施設	1 燃焼装置 2 フロン類供給装置 3 助燃剤供給装置 4 空気供給装置 5 使用及び管理に必要な計測装置 6 破壊の結果生じた排ガスその他の生成した物質を処理するための装置

(2) ガス状PFCのポンベはフロン類の回収ポンベとは仕様が異なり、製造事業者によって口金の種類が異なるため、適合する接続バルブを事前に準備しておく必要がある。

(3) フロン類回収に用いられるポンベのフロン類の充填圧は常温では通常1MPaを越えることはないが、PFCポンベには充填圧が高圧のものがあるため、設備の耐圧条件等を確認し、必要に応じて調圧弁（レギュレータ）等を用いて圧力調整を行う必要がある。また、流量計の指示値はPFCの種類毎にガス密度、圧力、温度等に応じた補正を行い、PFCの流量として正確に把握する必要がある。

(4) PFC-116、PFC-218、PFC-c318、PFC-31-10の場合には、高圧のガスポンベを流量計を介して投入口に接続し、その圧力を利用して定量供給する方式が一般的である。その際、供給されるガスの圧力をほぼ一定に保った上で流量を確認する必要がある。しかし、気化に伴って周囲より気化熱を奪いポンベそのものが冷却されることとなるため、PFCの投入量が多い場合には、その供給圧力を確保するために気化熱に見合った熱量を外部より与える必要がある。廃棄物焼却炉を利用した破壊処理の場合には、1.5%の投入率であってもかなり多くのPFCを投入する可能性があるため、ポンベを湯浴する、あるいは恒温室を設け、これに蒸気を導入してポンベを暖めるなどの工夫が必要である。下図は、ポンベを湯浴した供給装置の一例である。

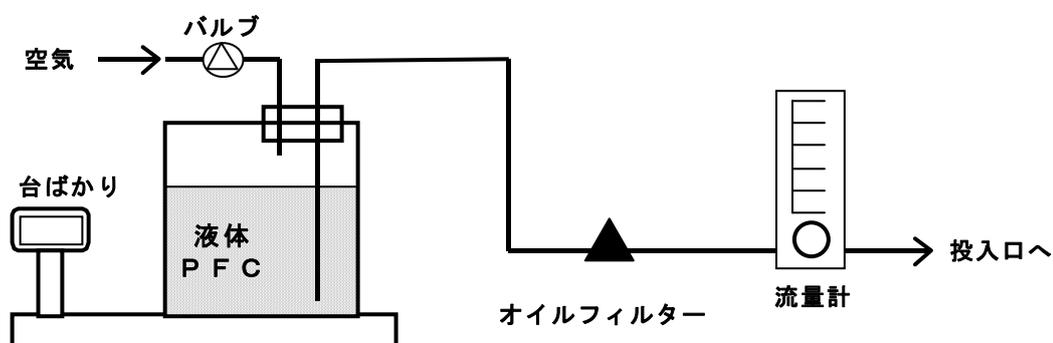
(定量供給装置の例)



(5) PFC-41-12、PFC-51-14の場合には、常温で液体であり、PFCの入ったタンク等に空気を圧入、あるいは送液ポンプ等で吸引することにより定量供給する方法が簡便である。

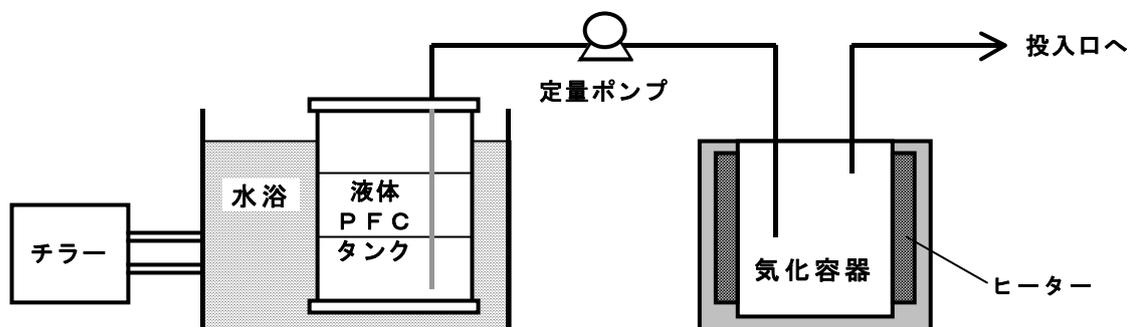
空気を圧入する場合は、タンク等に二本の管を装着し、一方の管からタンク内に空気を圧入することにより、空気の圧力によって他方の管からPFCを押し出し、オイルフィルター及び流量計を介して投入口に供給する。その際、タンク等の容器の耐圧レベルに留意するものとする。供給量の管理は流量計を用いるほか、台ばかりを利用して時間当たりのPFCの重量差で管理する方法がある。下図は、空気を圧入する供給装置の一例である。

(定量供給装置の例1)



また、液体のPFCを気化させて供給する方法もある。その場合、室温等の影響を受けないようにチラーにより温度を管理しながらPFCタンクを水浴し、液体PFCを定量ポンプで気化容器に供給し、ヒーターで過熱して気化させたPFCを投入口に供給する。下図はPFCを気化させて投入する供給装置の一例である。

(定量供給装置の例2)



(6) いずれのP F Cを投入する場合においても、供給過程において液体から気体、あるいは気体から液体への相変化が生じることにより、P F Cの流量が不安定になりやすい。このため、例えばポンベからの供給の場合、流量計の手前で熱を供給してP F Cを完全に気化させたり、ポンベを倒立させ、液体のP F Cが送られないようにするなど、流量が不安定にならないための工夫が必要である。

また、例えば、P F C投入時にポンベ又はタンク等を台秤の上に設置して重量を継続的に記録するなど、適正な投入量となっていることを確認する仕組みを設けることが考えられる。

(7) P F Cは消火能を有するため、高濃度でバーナー近傍に投入した場合、燃焼状態が不安定になるおそれがある。このため、P F Cの破壊処理が行われる高温度の領域に入る前に、十分に燃焼用空気と混合し、100～200ppm程度のP F C濃度を目安として希釈すると良い。

(8) P F C破壊処理の運転管理条件については、「液体P F C等破壊処理実験」及び既存の研究報告によって、廃棄物混焼法方式によるフロン類の破壊処理施設と同等の運転管理条件によって十分なP F Cの分解効率が得られることが確認されている。そのため、廃棄物混焼法方式によるP F C破壊処理の運転管理条件は、廃棄物混焼法方式によるフロン類の破壊処理施設の運転管理条件及び廃棄物処理法に基づくダイオキシン類の排出抑制条件を考慮して定めることとした。

## (2) セメント・石灰焼成炉混入法方式

### ①施設の要件

- a. 通常のセメントの製造施設や石灰焼成炉において、使用する原材料、燃料にPFCを投入することにより発生するばいじん、ふっ化水素等の有害物質濃度が法令等で定める基準を満たすよう、ばいじん等の排ガス処理設備が設置されているものとする。
- b. PFC供給装置は、PFCを定量的に供給できるよう、バルブ、流量計等により構成されたものとする。

### ②運転管理条件

- a. PFCが十分破壊処理されるとともに、排ガス等の安全性が確保されるように焼成炉の運転管理を行うことが必要であり、通常のセメント製造時等と同様の運転管理を行うとともに、かつ、分解効率等の破壊処理性能の条件と整合性がとれていることを確認すること。
- b. 最終排ガス中の一酸化炭素（CO）濃度が100mg/Nm<sup>3</sup>を超える施設については、当該排ガス中のダイオキシン類の濃度を3月に1回以上測定し、関連法令等を満たしていることを確かめること。

### ③PFCの投入条件

- a. PFCが十分破壊処理されるとともに、排ガスの安全性が確保されるよう、通常のセメントの製造時と同様の運転管理を行うこと。
- b. PFCの投入量は、その流量により適切に管理すること。
- c. 製品であるセメントクリンカー等の品質への影響及び排ガス処理設備や排水処理設備のハロゲン化物の処理能力等を考慮してPFCの投入量を管理すること。

## 【解説】

- (1) フロン回収・破壊法施行規則第14条に定めるフロン類破壊施設に係る構造に関する基準では、フロン類破壊処理施設の種類に応じ、下表に掲げる装置を備えていることを規定している。

フロン類破壊施設の種類	装置
セメント・石灰焼成炉混入法方式施設	1 燃焼装置 2 フロン類供給装置 3 助燃剤供給装置 4 使用及び管理に必要な計測装置 5 破壊の結果生じた排ガスその他の生成した物質を処理するための装置

- (2) PFCの供給装置は、廃棄物混焼法方式と同様である。
- (3) セメント・石灰焼成炉混入法方式は、PFCを燃焼により分解する方式であり、その破壊原理は廃棄物混焼法方式と同じである。  
廃棄物混焼法方式においては、フロン類の破壊処理施設と同等の運転管理条件によってPFCについても十分な分解効率が得られることが確認されている。一方、通常のセメント製造施設及び石灰焼成施設においては、廃棄物混焼法方式によるフロン類の破壊処理施設と比較して、十分な炉内温度と燃焼ガスの滞留時間が確保されていることが確認されている。  
そのため、セメント・石灰焼成炉混入法方式においてPFCの破壊処理を行う場合においても、通常のセメント製造時等と同様の運転管理を行うことによって、十分なPFCの分解効率が得られると論理的に推定した。
- (4) PFCは消火能を有するため、炉内に多量にPFCを投入すると燃焼状態が不安定となり、ダイオキシン類の発生が増加することがありうる。一般的に最終排ガス中の一酸化炭素濃度は燃焼状態の安定性を確認する指標となるが、セメント製造施設の中にはダイオキシン類の発生抑制のための燃焼に係る維持管理の指標として一酸化炭素濃度をを用いることが適当でない施設<sup>7</sup>があることから、このような施設においては当該排ガス中のダイオキシン類の濃度を、3ヶ月に1回以上測定することにより確認するものとした。
- (5) セメント製品中のふっ素濃度は日本工業規格には定められていないが、セメントの固化特性等に影響を及ぼすため、セメントにとってはふっ素は避けるべき元素となっている。石灰製品中のふっ素濃度についても同様に日本工業規格に定めはないが、利用用途によっては製品中のふっ素濃度を考慮しなければいけない。また、排ガス処理

<sup>7</sup> 廃棄物の処理及び清掃に関する法律施行規則第四条の五第一項第二号ルただし書に規定する環境大臣が定める焼却施設

や設備の腐食の観点からも排ガス中のフッ化水素濃度は適正に制御することが望ましい。そのため、製造されるセメント製品等の品質及びセメント製造設備等への影響、排ガスや排水の処理設備への影響を考慮しながら、PFCの投入量を管理することが必要となる。

### (3) 炉内分解型液中燃焼法方式

#### ①施設の要件

- a. PFCを破壊処理することにより発生するフッ化水素等の有害物質濃度が法令等で定める基準を満たすよう、適切な排ガス処理設備（洗浄塔、吸着塔等）が設置されているものとする。
- b. 排ガスが煙突等の高位置から排出されるのではなく、低位置から排出される場合は、拡散希釈効果が小さいことを考慮して、PFCを破壊することにより発生する有害物質等の施設周辺における大気環境中濃度が著しく増加しないように対策が講じられているものとする。
- c. 施設からの排水がある場合には、フッ素含有量、水素イオン濃度等が法令等で定める基準を満たすよう適切な排水処理設備が設置されていること。
- d. PFC供給装置は、PFCを定量的に供給できるよう、バルブ、流量計等により構成されたものとする。

#### ②運転管理条件

- a. PFCが十分破壊処理されるとともに、排ガス等の安全性が確保されるように分解炉の運転管理を行うことが必要であり、原則として炉内温度が1,000℃以上、燃焼ガスの滞留時間が1秒以上であり、かつ、分解効率等の破壊処理性能の条件と整合性がとれていることを確認すること。

#### ③PFCの投入条件

- a. PFCが十分破壊処理されるとともに、排ガスの安全性が確保されることを前提に定められた運転管理条件を遵守して施設を稼働すること。
- b. PFCの投入量は、その流量により適切に管理すること。

【解説】

- (1) フロン回収・破壊法施行規則第14条に定めるフロン類破壊施設に係る構造に関する基準では、フロン類破壊処理施設の種類に応じ、下表に掲げる装置を備えていることを規定している。

フロン類破壊施設の種類	装置
液中燃焼法方式施設	1 燃焼装置 2 フロン類供給装置 3 助燃剤供給装置 4. 水蒸気供給装置 5 空気供給装置 6 使用及び管理に必要な計測装置 7 破壊の結果生じた排ガスその他の生成した物質を処理するための装置

- (2) P F C の供給装置は、廃棄物混焼法方式と同様である。

- (3) 排ガスが低位置から排出される施設の場合については、P F C を破壊することにより発生する有害物質等の施設周辺における大気環境中濃度が著しく増加しないよう、排出口周辺の濃度が3. の (2) の解説 (5) において記載のある目安となる濃度を満たすための対策が講じられている必要がある。具体的には、適切な排ガス処理設備を設置するなどの十分な排ガス処理対策を講じるほか、排出口を高位置に変更すること等が考えられる。

- (4) 液中燃焼法方式の P F C の破壊の原理は廃棄物混焼法方式と同じである。

廃棄物混焼法方式においては、廃棄物混焼法方式によるフロン類の破壊処理施設と同等の運転管理条件（炉内温度が850℃以上、燃焼ガスの滞留時間が2秒以上）によって P F C についても十分な分解効率が得られることが確認されている。液中燃焼法方式のフロン類破壊処理施設については、通常、炉内温度は1,000℃以上となっており、既存の知見等に基づき、この温度条件であれば燃焼ガスの滞留時間は1秒以上であれば十分な P F C の分解効率が得られると考えられる。

そのため、液中燃焼法方式において P F C の破壊処理を行う場合においては、炉内温度が1,000℃以上、燃焼ガスの滞留時間が1秒以上で運転管理を行うことによって、十分な P F C の分解効率が得られると判断した。