

(2) PFCs、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>製造の排出抑制対策

業界団体名：(一般社団法人) 日本化学工業協会

対象物質：PFCs、SF<sub>6</sub>、NF<sub>3</sub>

自主行動計画の目標及び達成状況

【PFCs】

2030年削減目標は、95年比排出原単位(実排出量/生産量)90%削減。

年次	95	...	19	20	21	2030年 目標	評価
排出原単位(%)	9.29	...	0.24	0.26	0.25		
排出原単位削減率 (95年比%)	基準	...	-98%	-97%	-97%	-90%	目標 達成

2030年目標である1995年比90%以上の排出原単位削減率に対して、2021年実績は97%削減であり、2010年から12年継続して達成できた。

【SF<sub>6</sub>】

2030年削減目標は、95年比排出原単位(実排出量/生産量)90%削減。

年次	95	...	19	20	21	2030年 目標	評価
排出原単位(%)	8.24	...	0.11	0.18	0.15		
排出原単位削減率 (95年比%)	基準	...	-99%	-98%	-98%	-90%	目標 達成

2030年目標である1995年比90%以上の排出原単位削減率に対して、2021年実績は98%削減であり、2009年から13年継続して達成できた。

【NF<sub>3</sub>】

2030年削減目標は、95年比排出原単位(実排出量/生産量)85%削減。

年次	95	...	19	20	21	2030年 目標	評価
排出原単位(%)	2.70	...	0.03	0.02	0.03		
排出原単位削減率 (95年比%)	基準	...	-99%	-99%	-99%	-85%	目標 達成

2030年目標である1995年比85%以上の排出原単位削減率に対して、2021年実績は99%削減であり、2017年から5年継続して達成できた。

# 1. 現状及び見通し

## 1.1 国内業界

### 1.1.1 国内業界の現状

#### (1) 自主行動計画の目標

##### 【PFCs、SF<sub>6</sub>】

2020年、2025年、2030年目標についての、PFCs、SF<sub>6</sub>の具体的な排出原単位目標は、以下の様に設定している。

排出原単位（実排出量/生産量）削減目標（1995年比）：

PFCs 30% 削減（1998年制定）	SF <sub>6</sub> 48% 削減（1998年制定）
50% 削減（2007年改訂）	75% 削減（2001年改訂）
90% 削減（2014年改訂）	90% 削減（2014年改訂）

##### 【NF<sub>3</sub>】

NF<sub>3</sub>の具体的な排出原単位目標は、1995年を基準年に以下の様に設定している。

60% 削減（2020年）  
70% 削減（2025年）  
85% 削減（2030年）

#### (2) 自主行動計画の達成状況

##### 排出原単位の推移

年次	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05
PFC 排出原単位 (%)	9.29	10.48	13.55	11.12	8.94	7.82	6.66	5.71	4.68	3.79	3.93
PFC 排出原単位削減率 (95年比%)	基準	13	46	20	-4	-16	-28	-39	-50	-59	-58
SF <sub>6</sub> 排出原単位 (%)	8.24	7.23	4.25	3.61	3.48	2.31	1.98	2.19	1.94	1.69	1.76
SF <sub>6</sub> 排出原単位削減率 (95年比%)	基準	-12	-48	-56	-58	-72	-76	-73	-77	-79	-79
NF <sub>3</sub> 排出原単位 (%)	2.70	2.22	2.00	3.23	2.80	3.37	2.55	2.43	1.64	1.33	4.34
NF <sub>3</sub> 排出原単位削減率 (95年比%)	基準	-18	-26	19	4	25	-5	-10	-39	-51	60

年次	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16
PFC 排出原単位 (%)	3.49	3.08	2.38	2.25	0.89	0.89	0.67	0.50	0.46	0.47	0.39
PFC 排出原単位削減率 (95年比%)	-62	-67	-74	-76	-90	-90	-93	-95	-95	-95	-96
SF <sub>6</sub> 排出原単位 (%)	2.05	1.84	2.04	0.40	0.38	0.29	0.24	0.19	0.14	0.11	0.11
SF <sub>6</sub> 排出原単位削減率 (95年比%)	-75	-78	-75	-95	-95	-96	-97	-98	-98	-99	-99
NF <sub>3</sub> 排出原単位 (%)	2.73	2.36	2.12	2.31	2.11	2.58	2.18	2.08	1.20	0.47	0.57
NF <sub>3</sub> 排出原単位削減率 (95年比%)	1	-13	-22	-14	-22	-5	-19	-23	-55	-82	-79

年次	17	18	19	20	21
PFC 排出原単位 (%)	0.31	0.33	0.24	0.26	0.25
PFC 排出原単位削減率 (95年比%)	-97	-96	-98	-97	-97
SF <sub>6</sub> 排出原単位 (%)	0.11	0.12	0.11	0.18	0.15
SF <sub>6</sub> 排出原単位削減率 (95年比%)	-99	-99	-99	-98	-98
NF <sub>3</sub> 排出原単位 (%)	0.29	0.07	0.03	0.02	0.03
NF <sub>3</sub> 排出原単位削減率 (95年比%)	-89	-97	-99	-99	-99

PFCs については、製造プロセスの改善、作業工程の見直し、日常点検、定期点検の強化とオフガス回収設備の設置や副生ガスの回収設備の設置、精留塔増強等の対策工事を継続して行い漏洩防止に努め、さらに、希薄排出ガス燃焼除害設備を稼働し、排出削減を継続してきた。引き続き需要が好調であることから、生産量、排出量ともに前年から増加したが、系内のガス置換作業時や充填後の配管に残存する少量のガスも燃焼除害設備へ導くことで排出量の更なる削減を実施したことで、排出原単位は前年比で改善（2020年 0.26、2021年 0.25）し、排出原単位削減率（95年比）は前年同様 97%となった。

SF<sub>6</sub>については、収率向上活動の強化、点検の徹底、機器配管・バルブ・設備の計画的更新と対策工事等を実施するなど、継続的な排出削減に努めている。近年は需要が好調であり生産量は前年比約 4%増加したが、排出原単位は、2020年 0.18 から 2021年 0.15 へと改善した。2021年は、都度、適切に修理を実施することによりトラブル発生回数が昨年より減少したことで、排出原単位は改善し、排出原単位削減率（95年比）は前年同様 98%となった。

NF<sub>3</sub>については、2014年中盤から未対応の部分にも燃焼除害装置等を活用して排出削減に取り組む、排出原単位削減率（95年比）を削減してきた。排出原単位削減率（95年比）は 2014年（55%）以降大きく削減し、2018年（97%）からは 90%台後半を維持している。2021年は生産量、排出量ともに前年から増加したが、排出原単位削減率（95年比）は前年同様 99%となった。

### (3) PFCs の生産、出荷、業界を取り巻く状況について

PFCs は、半導体製造工程や液晶ディスプレイ製造工程のエッチングガスとして使用されている。2021年の、生産量は前年より 13%増加となった。半導体は情報通信分野や自動車等、多くの産業で使用されており、長期的には、年々、半導体の需要が増加傾向にある。さらに、新型コロナウイルス感染症の流行により、データセンタの新増設、テレワークによる PC 需要、巣籠り需要（ゲームなど）により半導体需要が堅調に増加している。また、AI、自動運転などの普及も増加要因である。

### (4) SF<sub>6</sub> の生産、出荷、業界を取り巻く状況について

SF<sub>6</sub> は、ガス変圧器等の重電機器の絶縁媒体が主用途で、一部半導体製造工程や液晶ディスプレイ製造工程のエッチングガスとしても使用されている。2021年生産量は

前年より4%増加となった。リサイクルやリーク量削減については、ユーザー各社とともに精力的に取り組んでおり、中長期的には使用量は減少傾向であると考えている。

#### (5) $\text{NF}_3$ の生産、出荷、業界を取り巻く状況について

$\text{NF}_3$ は、半導体製造工程や液晶ディスプレイ製造工程のクリーニングガスとして使用されている。PFCs同様に、半導体需要増加等により、2021年生産量は前年より4%増加した。

### 1.1.2 国内業界の見通し

- (1) PFCsについては、長期的は半導体の需要増加、新型コロナウイルス感染症の流行による影響で巣ごもり需要増、半導体需要増加もあり、引き続き堅調に推移する見込みである。
- (2)  $\text{SF}_6$ については、リサイクルやリーク量削減に顧客各社が精力的に取り組んでいる事もあり、今後も生産量・出荷量の減少傾向は続くものと予想される。しかし、半導体、重電向け需要は今後も底固く推移するものと推察する。
- (3)  $\text{NF}_3$ については、PFCs同様に、引き続き堅調に推移する見込みである。

## 1.2 海外の状況

### 1.2.1 海外の現状

- (1) PFCs、 $\text{NF}_3$ について、輸出先の多くは東アジア（韓国、台湾、中国）である。新型コロナウイルス感染症の拡大に伴い、一時的にスマートフォン等の末端製品の販売減速が見られたが回復基調に転じ、パソコンやテレビの販売も好調で、半導体、液晶及び有機ELの製造に使用されるエッチング及びクリーニングガスの需要は堅調に推移している。感染症の流行が終息に向かえば、5G関連への投資活発化や自動車自動運転化の推進などにより、更なる成長が期待される。
- (2)  $\text{SF}_6$ について、引き続き、欧米市場への輸出はなく、その動向は不明である。一方、中東、東南アジア地域の重電機器向けの引き合いについては依然として強く、今後も堅調な需要が期待される。中韓台での液晶関係分野では、依然として $\text{NF}_3$ の使用が主力であり、今後需要の伸びは期待できないものと推察する。

## 1.3 技術開発

### 1.3.1 技術開発の現状

- (1) IoT社会の到来により電子デバイスの生産量が長期的に拡大している。これに伴い半導体・液晶向けのエッチング・クリーニングガスの使用量も増大している。最先端のプロセスでは微細化が進む一方、センサーデバイスやパワーデバイス、アナログ系の多くのチップは既存のプロセスで生産されている。このため使用されるエッチング・クリーニングガスのガス種は大きくは変化せず、引き続き後段の分解装置で処理していくものと想定している。
- (2) 低GWP化の動向  
洗浄分野では、低GWP代替物質の開発を行っている。

### (3) 代替物質の開発状況

- ①環境負荷を低減させるため、低 GWP 物質である  $\text{CH}_3\text{F}$  等を上市し市場への供給体制を整備した。また、クリーニングガスとしてフッ素混合ガスの提案を行っている。更に新たな低 GWP 物質についても開発中であり、鋭意上市を検討、準備している。
- ②低 GWP の熱媒体・洗浄剤を PFC 系熱媒体・溶剤代替として、商業販売を開始している。
- ③電子デバイス製造クリーニングガスとして、 $\text{NF}_3$  以外に  $\text{F}_2$  や  $\text{ClF}_3$  を販売している。 $\text{F}_2$  等が  $\text{NF}_3$  の代替候補であるが、安全性、能力などで代替は困難と考えている。また、環境にやさしいクリーニングガスの研究開発も行っている。

### 1.3.2 技術開発の見通し

- (1) PFCs については、各半導体メーカーにおけるドライエッチングガスを低 GWP のガスへ転換するための検討が進むと予想され、世の中の低 GWP ガスへの切り替えの流れに応じた取り組みを行う。
- (2)  $\text{SF}_6$  については、ガス変圧器等の重電機器の絶縁媒体が主用途であるが、 $\text{SF}_6$  よりも絶縁性能がよいガスはなく、国内での開発は行われていない。
- (3)  $\text{NF}_3$  については、代替物質の状況で記述したように安全性、能力が  $\text{NF}_3$  と同等あるいはそれ以上のガスはなく、PFCs と同様に、世の中の低 GWP ガスへの切り替えの流れに応じた取り組みを行う。

## 2. 取組及び課題等

### 2.1 現在の取組

基本方針：製造プラントのクローズド化等による漏洩の削減及び回収利用

#### 2.1.1 設備の最適設計

- (1) 配管材質、特に樹脂系の見直しを行い、劣化の著しい配管については、更新を進めることで排出ガスを削減した。
- (2) 精留回収工程を増強し、排出ロスを削減した。
- (3) 燃焼除害設備へのラインを増強し、精留回収工程で今まで回収できていなかった残ガスの回収を進めることで、排出量を低減させた。
- (4) ガス排出が伴う作業内容を見直し、作業及び設備を改良することで、排出ガスを削減した。
- (5) プラントの運転、設備点検は高圧ガス保安法を遵守しており、必要に応じて設備点検・更新を行い漏洩防止に努めている。
- (6)  $\text{NF}_3$  プラント建屋、設備内を可能な限りクローズド化している。更にブローアで吸引し、燃焼除害設備等にて規制値 (10vol. ppm) 未満にして大気放出している。また、高圧ガス保安法上の毒性ガスであることから、高圧ガスとはならない状態のプロセスであっても同様の管理を行っている。
- (7)  $\text{NF}_3$  については排出ガスの大幅削減を図るため、 $\text{NF}_3$  を微量含む製造及び充填工程排ガス (製造工程、残ガスの回収工程、精留工程、充填工程) を燃焼除害設備へ導入している。
- (8) 一時保管用のタンク内から発生する蒸発分について、冷却装置による回収装置を設置して、回収を行っている。(一部企業の取組み)

### 2.1.2 収率向上活動

- (1) 工程分析のためのサンプリング時の排出ロス削減した。
- (2) ガス排出を伴う作業内容を見直し、作業及び設備を改善し、排出ガスを削減した。
- (3)  $\text{NF}_3$ については、製品サンプリングガスの回収装置を設置している。
- (4) 使用済み回収液を再蒸留することで、再生利用している。
- (5) 燃焼除害設備の安定運転管理と、送入する排出ガス量の一定化を組み合わせることで、安定した排出削減を図った。
- (6) 脱気装置排気から発生するオイル混入の C6 汚染液を廃棄せず回収し、精製を行いリサイクルして使用している。(一部企業の取組み)

### 2.1.3 点検強化

- (1) オフガス回収設備の点検手順を見直して、漏洩防止の徹底を図った。
- (2) 製品替え等のライン切り替えの際に発生する配管内の液の漏洩防止に関しては、作業標準書にて標準化を行い、作業員に周知徹底させている。
- (3) ガスが排出される作業の洗い出しにより、作業内容の見直しを行い、排出ガスを削減した。また定期修理において設備漏洩個所の保全・修理を実施した。
- (4) 日常点検・定期点検(月例、年次)強化により、漏洩防止に努めている。
- (5) 温暖化対策の重要性を作業員に教育する。
- (6)  $\text{NF}_3$ については、プラントでは漏洩が予想される箇所にガス検知器を設置し、漏洩防止管理を徹底している。

### 2.1.4 予防保全活動

- (1) 機器監視を強化することで、予防保全を推進し、排出ガスの削減を図った。
- (2) 燃焼除害設備の耐火煉瓦の更新や故障防止対策を実施した。
- (3) 高圧ガス保安法に基づき  $\text{NF}_3$ 用ガス検知器を設置し、漏洩防止管理を徹底している。
- (4) 燃焼除害設備の 2 系列化稼働を実施した(故障リスク対応)。(一部企業の取組み)

### 2.1.5 充填出荷時の漏洩防止

#### (1) 充填設備改良等

- ① 充填作業の見直しを行い、排出ガスの削減を行った。
- ② 製品分析回数の削減、容器共洗い用ガスの削減を実施した。
- ③  $\text{NF}_3$ については、
  - ・ 充填設備は建屋内に設置し、毒性を持つためブローア吸引し燃焼除害設備で分解して、大気への漏洩防止を行っている。
  - ・ ガスの充填において充填毎に充填口と容器の接続部分の気密確認を行い、接続部分からの漏洩を防止している。
  - ・ 充填ラインからの排出ガスの再利用を実施した。(一部企業の取組み)
- ④ 設備導入時より、配管ラインは専用化を実施している。また、充填ノズルから発生する蒸発分については、一時保管タンクと同様に回収できる装置を設置して回収を行っている。(一部企業の取組み)
- ⑤ 3 ガスについて、容器共洗いガスを一部回収する様にした。(一部企業の取組み)

#### (2) 容器の大型化

- ① 大型容器化に対応した充填設備の増強・出荷を促進し、充填時の漏洩ガスを削減し

た。また顧客に対しては充填回数を減じるために、充填量増を要請している。

②新規顧客への容器の大型化を推進している。

③NF<sub>3</sub>については、

- ・容器毎に容器弁の口金部分に、漏洩につながる傷のないことを確認してから出荷を実施することで、顧客サイドでの漏洩を防止している。
- ・ユーザーの了解を得て、バラ瓶から Y シリンダー、あるいはカードルから ISO コンテナなど容器の大型化を徐々に推進することで漏洩量の低減を図った。

(3) 増（追加）充填方式

①「増（追加）充填方式」採用の推進を図るべく、顧客に対して増充填の可能性を打診中であり、ユーザーの了解を得たうえで、増充填方式の増加を展開している。

②NF<sub>3</sub>については、増（追加）充填方式は、納入仕様書にて取り決めた顧客に対し実施している。

(4) 残存ガス回収

①顧客より返却される容器に残存している液に関しては、ポンベより抜き取りを行い、精製処理などを行い、再利用している。

②回収設備の適切な運用により、排出ガス量の削減を図った。

③返却容器内の残ガス回収を強化した。コンプレッサー吸入による回収（微減圧まで）に加えて、真空回収装置導入により回収能力強化（高真空まで）を実施した。

④NF<sub>3</sub>については、

- ・返却ポンベに残存するガスを回収する際には、設備と容器弁の気密を確認し、接続部からの漏洩を予防した。
- ・返却容器内の残ガスについては、品質確認後、残量により回収か燃焼除害設備による分解かを判別し、対応を実施した。
- ・返却容器内の残ガスを処理する真空ポンプの排ガスを燃焼除害設備へ導入する設備改造を行い、排出量を削減した。
- ・回収設備の適切な運用により、排出ガス量の削減を図った。また、回収ラインの見直しを行い適切な処理ができるように配管工事を進め排出削減を図った。

## 2.1.6 顧客からの回収破壊事業の継続

(1) 顧客からの依頼で、3 ガスの破壊事業を行っている。

(2) 2021 年の顧客からの使用済み SF<sub>6</sub> の破壊処理依頼は、33.4 トンで、全量破壊処理した。顧客からの依頼による廃ガス回収およびその破壊処理を推進し、2001 年よりの回収 SF<sub>6</sub> の破壊量は下記の様な推移となった。

2001 年 : 1.5 トン	2002 年 : 4.6 トン	2003 年 : 10.2 トン	2004 年 : 12.1 トン
2005 年 : 13.8 トン	2006 年 : 18.3 トン	2007 年 : 19.7 トン	2008 年 : 28.6 トン
2009 年 : 25.8 トン	2010 年 : 33.0 トン	2011 年 : 36.4 トン	2012 年 : 34.3 トン
2013 年 : 39.4 トン	2014 年 : 32.6 トン	2015 年 : 49.4 トン	2016 年 : 38.7 トン
2017 年 : 38.5 トン	2018 年 : 32.9 トン	2019 年 : 37.0 トン	2020 年 : 38.0 トン
2021 年 : 33.4 トン			

## 2.2 今後の取組及び課題

### 2.2.1 製造プラントのクローズド化等漏洩の削減及び回収利用

(1) 燃焼除害設備等の安定稼働に努める。

(2) 樹脂系配管について、継続して取替更新を進め、排出ガスの削減を図る。

- (3)引き続き、機器監視の強化による予防保全とあわせて、樹脂材料等の更新周期を見直し、排出ガスの削減を図る。
- (4)精製工程の増強を行い、精製時の排出ガスの削減を図る。
- (5)点検の強化を更に推進し、漏洩箇所発見時の対応を迅速に行う。

#### 2.2.2 出荷時におけるガスのボンベ充填時の漏洩防止

- (1)継続して、充填作業の見直しを行い、排出ガスの削減を図る。
- (2)充填ラインからの排出ガス再利用化を検討する。
- (3)更にボンベの大型容器化を促進し、充填作業における漏洩ガス量の削減を図る。

#### 2.2.3 返却ボンベに残存しているガスの適正処理

- (1)国内顧客に対しても「増充填方式」を継続して推奨する。
- (2)回収を継続し、更に排出削減を進める。

#### 2.2.4 代替物質の開発

デバイスメーカーや装置メーカーとの打合せを推進し、低 GWP 物質への研究開発の協力を進める。

#### 2.2.5 追加的な対策の実施

- (1)継続して、排ガス量及び濃度の監視を行い、安定した除害を行えるような体制を構築していく。
- (2)顧客向け回収装置や除害装置の開発を継続して進める。
- (3)更なる排出削減と安定的除害を図るために、燃焼除害設備の複数化を行なう。

### 2.3 要望

- (1)PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> の代替技術・代替物質が市場化される場合について、使用者等関連業界への代替促進に対するご支援をお願いする。
- (2)温室効果ガスの一種である PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> の排出削減については、基準年比で排出原単位を PFCs は 97%削減、SF<sub>6</sub> は 98%削減、NF<sub>3</sub> は 99%削減と大幅な削減を達成している。この削減については、NEDO（独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）の支援を受けて開発した排ガス燃焼除害設備の効果が大きく、今後も政府・行政と協調して、企業が保有する代替フロン排出削減の生産技術と燃焼除害設備等設置の海外技術移転により、海外での温室効果ガスの排出削減に向けて貢献を図りたい。更なる技術開発を進めるための、産官学の連携支援をお願いする。
- (3)引き続き、規制等の状況に応じた、PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> 排出削減設備への助成金の支援においては、使用しやすい仕組み作りをお願いしたい。
  - 公募から申請期限までの時間的な余裕
  - 年度をまたがる事業についての助成

### 2.4 いわゆる「脱フロン化」に対するスタンス

- (1)これまでも低 GWP のガスを開発し、市場に提供してきたが、引き続き顧客の要求性を満たす低 GWP ガスの開発を推進し、顧客に対して提案していく。
- (2)温暖化防止のため厳重な漏洩管理が必要だが、代替ガスの技術的課題と物性・安全・環境・経済性の観点から、PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> は依然として市場で選択され、支持され続け



- ているので、3 ガスに対する適切な回収・破壊・再生を推進していく。また、適正使用・排出抑制推進のために関係業界団体等への啓蒙活動にも積極的に協力していく。
- (3) PFCs は、シリコンをベースとする半導体産業においては、ドライエッチング（クリーニング）用の F 系ガスとして今後も必須な材料ガスである。今後、より低 GWP の代替ガスが市場化されるまでは、高性能の除害装置を用いて排出を抑制しつつ、使用を継続する必要がある。
- (4) 代替ガスの中には、毒性、燃焼性等の安全性の問題や効率、能力等の性能上の問題を有する媒体がある。これらのリスクを総合的に判断し、適材適所での使用に限定されるべきであるとともに、PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub> については「責任ある使用原則」に基づく適正・適切な使用の推進を図る。
- (5) NF<sub>3</sub> の代替を N と F の化合物で探すと爆発性があるものが多く難しい。代替ガスを使ったとしても、プラズマ反応後、再結合して温暖化係数の高い PFC を発生するため、半導体や液晶の生産では代替するよりも 100%に近い除害を目指した方が効率が良いと思われる。