2.B.9.- フッ化物製造（製造時の漏出）（Fugitive Emissions）（HFCs, PFCs, SF_6, NF_3）

１．排出・吸収源の概要

１.１ 排出・吸収源の対象及び温室効果ガス排出メカニズム

HFCs（HFC-32、HFC-125、HFC-134a、HFC-143a、HFC-152a、HFC-245fa 及び HFC-365mfc）、PFCs（CF_4（PFC-14）、C_2F_6（PFC-116）、C_3F_8（PFC-218）、c-C_4F_8（PFC-318）及び C_5F_{12}（PFC-4-1-12））、SF_6 及び NF_3 製造時にガスが漏えいする。なお、ガスの使用については対応する排出源において排出量を報告するが、回収容器の残存ガスを破壊処理して容器を洗浄する場合や、そのまま大気中に放出される場合は、本排出源の下で排出量を報告する。

１.２ 排出・吸収トレンド及びその要因

「2.B.9.- 製造時の漏出」からの HFCs 排出量は、1995 年までは増加傾向であったが、1996～1999 年にかけて減少し、2000～2004 年にかけて再び増加傾向となり、2005～2010 年にかけて再び減少傾向となった。2011 年以降は、これまでの経過と比較するとおおむね横ばいとなっている。1995 年までの排出量の増加は、HFCs 生産量の増加による。1996～1999 年の排出量の減少は、HFCs 生産量がやや減少したことに加えて、業界団体の自主行動計画における削減目標の下で、製造プラントのクローズド化等漏えいの削減及び回収・再利用が進められた[1]ことで、HFCs 排出割合が大きく低下したことが要因である。2000 年以降の排出量の変化は、HFCs 生産量の推移を反映している。

「2.B.9.- 製造時の漏出」からの PFCs 排出量は、1997 年までは増加傾向であったが、1998 年以降はおおむね減少傾向となっている。1997 年までの排出量の増加は、PFCs 生産量が増加したことが要因であるが、1998 年以降の排出量の減少は、HFCs と同様に、業界団体の自主行動計画における削減目標の下で、PFCs 排出割合が低下したことが要因である。

「2.B.9.- 製造時の漏出」からの SF_6 排出量は、1995 年までは増加傾向であったが、1996～2000 年にかけて大きく減少し、2001 年以降も、2004～2008 年の間を除き、おおむね減少傾向となっている。1996 年以降排出量が減少傾向なのは、HFCs と同様に、業界団体の自主行動計画における削減目標の下で、SF_6 排出割合が低下してきたことが要因である。

「2.B.9.- 製造時の漏出」からの NF_3 排出量は、2004 年までは 100 kt-CO_2 eq.未満で推移していたが、2005 年に大きく増加し、以降は増加と減少を繰り返している。排出量の変化は、主に NF_3 生産量の推移を反映しているが、2014 年以降は、業界団体の自主行動計画における削減目標の下で、未対応の部分にも燃焼分解設備等を活用して排出削減に取り組み、NF_3 排出割合が大きく減少した[1]。

[1] 経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ第 8 回資料 1-3

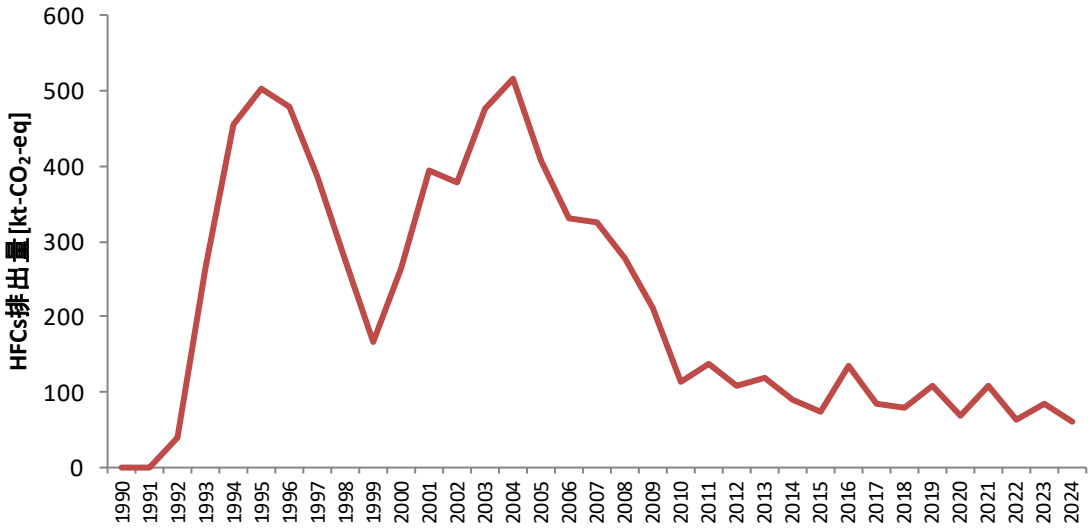


図 1　「2.B.9.- 製造時の漏出」からの HFCs 排出量の推移

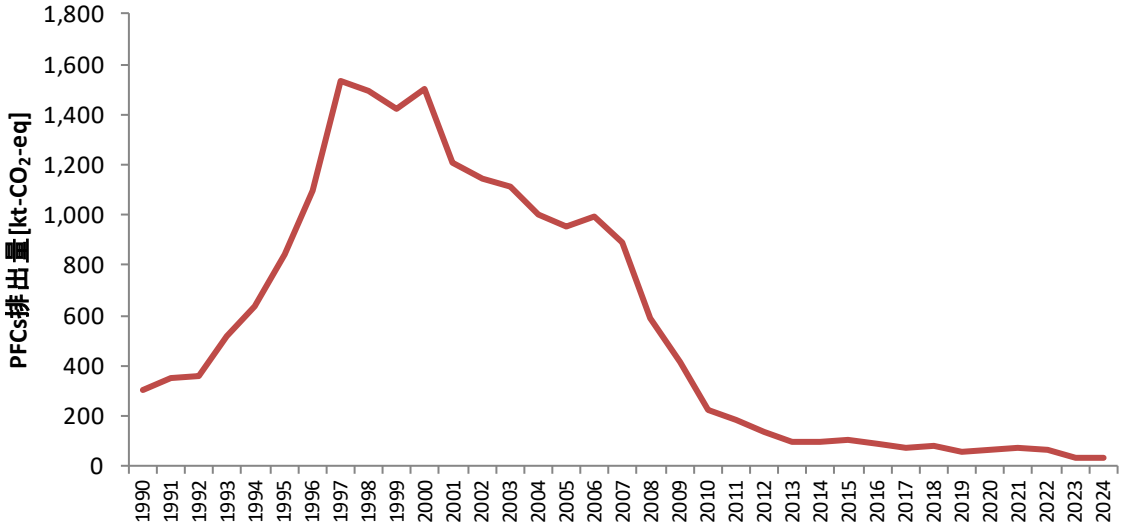


図 2　「2.B.9.- 製造時の漏出」からの PFCs 排出量の推移

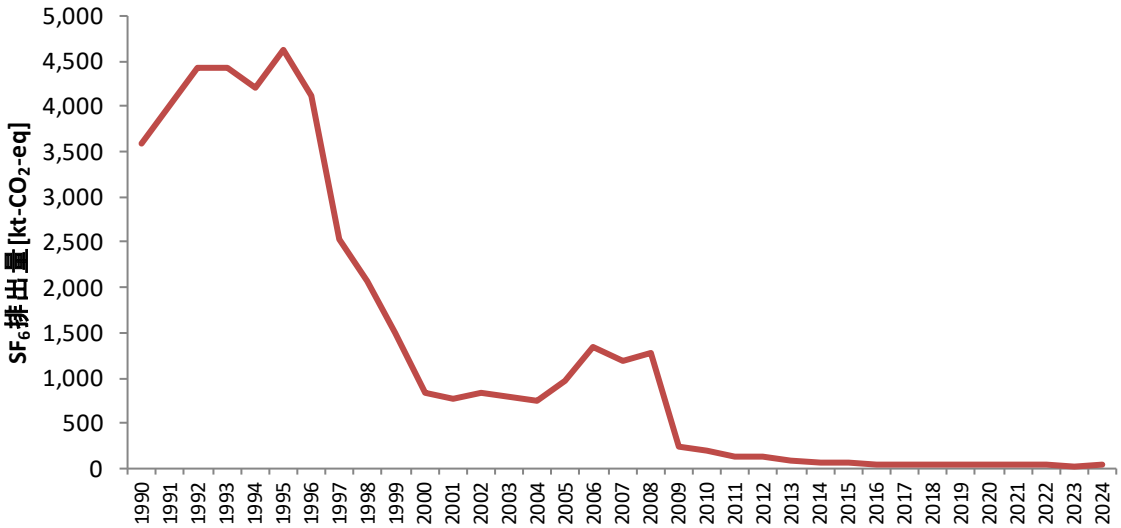


図 3　「2.B.9.- 製造時の漏出」からの SF_6 排出量の推移

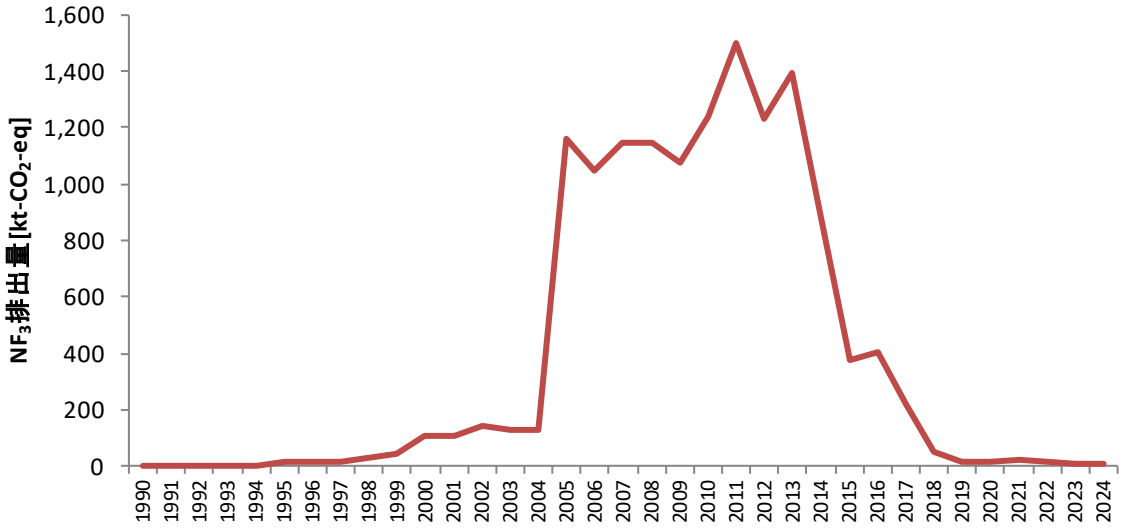


図 4　「2.B.9.- 製造時の漏出」からの NF_3 排出量の推移

2．排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

（1）1990～1994 年

1990～1994 年の HFCs 排出量については、排出量の算定に必要なデータが不足しているため、1995 年の HFCs 排出量を HFCs 国内出荷量で外挿して算定している。PFCs、SF_6 及び NF_3 排出量は、出荷量から推計した PFCs、SF_6 及び NF_3 生産量に、1995 年の排出量と生産量を用いて算出した排出割合を乗じることで算定している。

HFCs 排出量 ＝ 1995 年の HFCs 排出量※ × HFCs 国内出荷量の対 1995 年比

PFCs 排出量 ＝ PFCs 排出割合 × 1995 年の PFCs 生産量 × PFCs 国内出荷量の対 1995 年比

SF_6 排出量 ＝ SF_6 排出割合 × 1995 年の SF_6 生産量 × SF_6 国内出荷量の対 1995 年比

NF_3 排出量 ＝ NF_3 排出割合 × 1995 年の NF_3 生産量 × NF_3 国内出荷量の対 1995 年比

※2009 年提出インベントリにおいて変更した算定方法に基づき、新たに明らかとなった排出量を含む。

（2）1995 年以降

「経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料」で把握された HFCs、PFCs、SF_6 及び NF_3 排出量を計上している。ここで、HFCs 排出量については日本フルオロカーボン協会から、PFCs、SF_6 及び NF_3 排出量については日本化学工業協会から収集した基礎データに基づいて把握された値である[2]。

国内の HFCs、PFCs、SF_6 及び NF_3 製造の各プラントにおいて、実測した物質収支により算定した排出量（回収除害等も考慮。）を計上している。プラントの稼働中は回収・除害装置は常に稼働しており、もし、装置にトラブルが発生した場合には、プラントの稼働を止める運転管理を行っている。

$$\text{HFCs 排出量} = \sum_{\text{プラント}} (\text{HFCs 合成量} - \text{HFCs 生産量} - \text{HFCs 回収除害量})$$

$$\text{PFCs 排出量} = \sum_{\text{プラント}} (\text{PFCs 合成量} - \text{PFCs 生産量} - \text{PFCs 回収除害量})$$

$$SF_6\text{排出量} = \sum_{\text{プラント}} (SF_6\text{合成量} - SF_6\text{生産量} - SF_6\text{回収除害量})$$

$$NF_3\text{排出量} = \sum_{\text{プラント}} (NF_3\text{合成量} - NF_3\text{生産量} - NF_3\text{回収除害量})$$

2.2 排出係数

（1）1990～1994 年

1990～1994 年の排出係数については、設定に必要なデータが不足しているため、1995 年の排出量と生産量から逆算した排出割合（PFCs：9.29%、SF_6：8.24%、NF_3：2.70%）を使用している。

表 1　排出係数（HFCs、PFCs、SF_6 及び NF_3 排出割合）の推移

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
HFCs 排出割合	%						1.22%	1.28%	1.10%	0.80%	0.30%
PFCs 排出割合	%						9.29%	10.48%	13.55%	11.12%	8.94%
SF_6排出割合	%						8.24%	7.23%	4.25%	3.61%	3.48%
NF_3排出割合	%						2.70%	2.22%	2.00%	3.23%	2.80%
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
HFCs 排出割合	%	0.51%	0.60%	0.64%	0.54%	0.55%	0.43%	0.45%	0.50%	0.43%	0.45%
PFCs 排出割合	%	7.82%	6.66%	5.71%	4.68%	3.79%	3.93%	3.49%	3.08%	2.38%	2.25%
SF_6排出割合	%	2.31%	1.98%	2.19%	1.94%	1.69%	1.76%	2.05%	1.84%	2.04%	0.40%
NF_3排出割合	%	3.37%	2.55%	2.43%	1.64%	1.33%	4.34%	2.73%	2.36%	2.12%	2.31%

[2] HFCs 排出量については、2009 年提出インベントリにおいて変更した算定方法に基づき、新たに明らかとなった排出量を加えている。

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
HFCs 排出割合	%	0.33%	0.35%	0.33%	0.38%	0.38%	0.30%	0.45%	0.31%	0.27%	0.38%
PFCs 排出割合	%	0.89%	0.89%	0.67%	0.50%	0.46%	0.47%	0.39%	0.31%	0.33%	0.24%
SF_6排出割合	%	0.38%	0.29%	0.24%	0.19%	0.14%	0.11%	0.11%	0.11%	0.12%	0.11%
NF_3排出割合	%	2.11%	2.58%	2.18%	2.08%	1.20%	0.47%	0.57%	0.29%	0.07%	0.03%

		2020	2021	2022	2023	2024
HFCs 排出割合	%	0.32%	0.40%	0.28%	0.40%	0.35%
PFCs 排出割合	%	0.26%	0.25%	0.23%	0.17%	0.16%
SF_6排出割合	%	0.18%	0.15%	0.12%	0.11%	0.17%
NF_3排出割合	%	0.02%	0.03%	0.03%	0.03%	0.02%

（出典）経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料

（2）1995 年以降

排出係数は設定していない。

なお、生産量に対する排出量の割合を計算すると、表 1 のとおりになる。

2.3 活動量

（1）1990～1994 年

1）PFCs、SF_6

1990～1994 年の活動量である PFCs 及び SF_6 生産量については、設定に必要なデータが不足しているため、1995 年の PFCs 及び SF_6 生産量を PFCs 及び SF_6 出荷量で外挿して算出している。

2）NF_3

1992～1994 年の NF_3 生産量は、経済産業省から提供された NF_3 国内生産量を使用している。なお、国内での NF_3 の製造は 1987 年より開始されているが、1991 年以前の NF_3 生産量は把握できていないため、1990 年及び 1991 年の NF_3 生産量については、1992 年の NF_3 生産量と等しいとみなしている。

表 2　活動量（HFCs、PFCs、SF_6 及び NF_3 生産量）の推移

		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
HFCs 生産量	t						27,981	25,030	23,785	21,076	26,686
PFCs 生産量	t	415	481	492	710	874	1,147	1,345	1,483	1,790	1,855
SF_6生産量	t	1,848	2,066	2,283	2,283	2,175	2,392	2,420	2,542	2,440	1,838
NF_3生産量	t	6	6	6	8	14	37	45	50	62	107
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
HFCs 生産量	t	29,506	38,352	43,698	49,113	51,955	56,889	48,135	49,318	47,800	29,932
PFCs 生産量	t	2,316	2,140	2,270	2,591	2,899	2,726	3,211	3,216	2,802	2,028
SF_6生産量	t	1,556	1,666	1,642	1,757	1,895	2,313	2,787	2,723	2,647	2,562
NF_3生産量	t	208	274	371	487	609	1,663	2,390	3,028	3,353	2,887
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
HFCs 生産量	t	30,647	33,438	27,732	24,116	21,596	24,015	20,088	21,614	22,944	23,133
PFCs 生産量	t	2,800	2,670	2,446	2,612	2,783	2,842	2,987	2,961	3,026	2,964
SF_6生産量	t	2,201	1,993	2,230	2,128	1,997	2,027	2,003	1,680	1,658	1,573
NF_3生産量	t	3,642	3,612	3,501	4,148	4,660	4,963	4,366	4,649	4,719	3,829

		2020	2021	2022	2023	2024
HFCs 生産量	t	18,597	20,769	19,023	16,419	12,261
PFCs 生産量	t	3,102	3,518	3,527	2,795	2,556
SF_6生産量	t	1,260	1,307	1,230	945	1,042
NF_3生産量	t	4,037	4,191	4,172	3,006	3,537

（出典）1990～1994 年：2.3（1）の 1）及び 2）で設定した値
1995 年以降：経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料

（2）1995 年以降

活動量は設定していない。

3．算定方法の時系列変更・改善経緯

表 3　初期割当量報告書（2006 年提出）以降の算定方法等の改訂経緯概要

	2009 年提出	2014 年提出	2015 年提出
排出・吸収量算定式	HFCs 排出量について温室効果ガス算定・報告・公表制度で新たに明らかになった排出事業者を算定対象に追加。	1990～1994 年の排出量を算定、計上。	改訂 UNFCCC インベントリ報告ガイドラインで新たに対象となった HFC-245fa、HFC-365mfc 及び NF_3 の排出量を算定、計上。
排出係数	－	－	－
活動量	－	－	－

	2017 年提出
排出・吸収量算定式	・ HFCs 排出量について 2014 年値を更新。 ・ NF_3 について誤りがあり、全時系列で修正、再計算。
排出係数	－
活動量	－

（1）初期割当量報告書における算定方法

1）排出・吸収量算定式

「産業構造審議会化学・バイオ部会地球温暖化防止小委員会（現：経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ）資料」で把握された、1995 年以降の HFCs、PFCs 及び SF_6 排出量を計上していた（なお、1990～1994 年の排出量は未推計（NE）として報告していた。また、HFC-245fa、HFC-365mfc 及び NF_3 排出量は算定していなかった。）。排出量は、実測した物質収支により算定していた。

$$\text{HFCs 排出量} = \sum_{\text{プラント}} (\text{HFCs 合成量} - \text{HFCs 生産量} - \text{HFCs 回収除害量})$$

$$\text{PFCs 排出量} = \sum_{\text{プラント}} (\text{PFCs 合成量} - \text{PFCs 生産量} - \text{PFCs 回収除害量})$$

$$SF_6\text{排出量} = \sum_{\text{プラント}} (SF_6\text{合成量} - SF_6\text{生産量} - SF_6\text{回収除害量})$$

2）排出係数

排出係数は設定していない。

3）活動量

活動量は設定していない。

（2）2009 年提出インベントリにおける算定方法

1）排出・吸収量算定式

HFCs 排出量について、温室効果ガス算定・報告・公表制度により報告された排出源のうち、

新たに明らかとなった排出事業者分を対象に加え、排出量の算定を行うように変更した。

PFCs 及び SF_6 の算定式については、初期割当量報告書における算定式と同様。

2）排出係数

排出係数は設定していない。

3）活動量

活動量は設定していない。

（3）2014 年提出インベントリにおける算定方法

1）排出・吸収量算定式

1990～1994 年の排出量も算定を行い、報告することとした。1990～1994 年の HFCs 排出量については、排出量の算定に必要なデータが不足しているため、1995 年の HFCs 排出量を HFCs 国内出荷量で外挿して算定していた。PFCs 及び SF_6 排出量は、PFCs 及び SF_6 生産量に、1995 年の排出量と生産量を用いて算出した排出割合を乗じることで算定していた。

1995 年以降については、2009 年提出インベントリと同様。

HFCs 排出量 ＝ 1995 年の HFCs 排出量※ × HFCs 国内出荷量の対 1995 年比

PFCs 排出量 ＝ PFCs 排出割合 × PFCs 生産量

SF_6 排出量 ＝ SF_6 排出割合 × SF_6 生産量

※2009 年提出インベントリにおいて変更した算定方法に基づき、新たに明らかとなった排出量を含む。

2）排出係数

1990～1994 年の排出係数については、設定に必要なデータが不足しているため、1995 年の排出量と生産量から逆算した排出割合（PFCs：8.82%、SF_6：8.24%）を使用していた（SF_6 については、現行の排出係数と同様。）。

1990～1994 年の HFCs 及び 1995 年以降の PFCs、SF_6 については、排出係数を設定していない。

3）活動量

1990～1994 年の活動量については、設定に必要なデータが不足しているため、PFCs 及び SF_6 生産量は、1995 年の PFCs 及び SF_6 生産量を PFCs 及び SF_6 出荷量で外挿して算出していた（SF_6 については、現行の活動量と同様。）。

1990～1994 年の HFCs 及び 1995 年以降の PFCs、SF_6 については、活動量を設定していない。

（4）2015 年提出インベントリにおける算定方法

1）排出・吸収量算定式

改訂 UNFCCC インベントリ報告ガイドラインで新たに対象となった HFC-245fa、HFC-365mfc 及び NF_3 排出量を計上することとした（現行の算定方法と同様。）。

HFCs、PFCs 及び SF_6 の算定式については、2014 年提出インベントリと同様。

1990～1994 年の NF_3 の算定式については、排出量の算定に必要なデータが不足しているため、

NF_3 生産量に 1995 年の排出量と生産量を用いて算出した排出割合を乗じることで算定していた。

NF_3 排出量 ＝ NF_3 排出割合 × NF_3 生産量

1995 年以降については、「経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料」で把握された NF_3 排出量を計上していた。排出量は、実測した物質収支により算定していた。

$$NF_3\text{排出量} = \sum_{プラント} \left(NF_3\text{合成量} - NF_3\text{生産量} - NF_3\text{回収除害量}\right)$$

2）排出係数

1990～1994 年については、1995 年の排出量と生産量から逆算した排出割合（PFCs：9.29%、SF_6：8.24%、NF_3：2.97%）を使用していた（PFCs、SF_6 については、現行の排出係数と同様。）。

1990～1994 年の HFCs 及び 1995 年以降の PFCs、SF_6、NF_3 については、排出係数を設定していない。

3）活動量

1990～1994 年の PFCs 生産量については、1995 年の PFCs 生産量が下方修正された影響で同様に下方修正された（現行の活動量と同様。）。1990～1994 年の SF_6 生産量は 2014 年提出インベントリと同様（現行の活動量と同様。）。

1992～1994 年の NF_3 生産量は、経済産業省から提供された NF_3 国内生産量を使用していた（現行の活動量と同様。）。なお、国内での NF_3 の製造は 1987 年より開始されているが、1991 年以前の NF_3 生産量は把握できていないため、1990 年及び 1991 年の NF_3 生産量については、1992 年の NF_3 生産量（6 t）と等しいとみなしていた（現行の活動量と同様。）。

1990～1994 年の HFCs 及び 1995 年以降の PFCs、SF_6、NF_3 については、活動量を設定していない。

表 4　変更前後の PFCs 生産量

		1990	1991	1992	1993	1994	1995
PFCs 生産量（変更前）	t	437	506	517	747	920	1,207
PFCs 生産量（変更後）	t	415	481	492	710	874	1,147

（出典）1990～1994 年：推計値、1995 年：経済産業省産業構造審議会製造産業分科会化学物質政策小委員会フロン類等対策ワーキンググループ資料

（5）2017 年提出インベントリにおける算定方法

HFCs については、2014 年値を更新した。NF_3 については、誤りがあったため、全時系列にわたり修正を行ったため再計算が生じた。これにより、1995 年の排出量と生産量から逆算した排出割合について、NF_3 の値が 2.97%から 2.70%に修正された（現行の排出係数と同様。）。