

---

# HFC等4ガス分野における排出量の 算定方法について

---

HFC等4ガス分科会



## 1. 金属製造 (2.C.)

- 1.1 アルミニウム製造における高電圧及び低電圧の陽極効果によるPFCsの排出 (2.C.3)  
【デフォルト排出係数の更新検討、排出実態の確認】
- 1.2 希土類金属製造におけるPFCsの排出 (2.C.7) 【排出実態の確認】

## 2. 電子産業 (2.E.)

- 2.1 半導体・液晶製造 (2.E.1,2.E.2) 【算定方法の更新検討】

## 3. オゾン層破壊物質の代替物質の使用 (2.F.)

- 3.1 冷凍空調機器 (業務用冷凍空調機器の使用) (2.F.1) 【排出係数の見直し】
- 3.2 冷凍空調機器 (輸送機器用空調機器 (船舶、鉄道) の使用時排出) (2.F.1)  
【デフォルト排出係数の更新】

## 4. その他の製品製造及び使用 (2.G.)

- 4.1 電子回路基板の防水加工に伴うHFCs、PFCsの排出 (2.G.2) 【排出実態の確認】

## 1.1 アルミニウム製造における高電圧及び低電圧の陽極効果によるPFCsの排出（2.C.3）【排出係数の更新検討、排出実態の確認】

### 【検討課題】

- アルミニウムの精錬では、氷晶石等のフッ化物を溶かした電解浴を使用するため、陽極効果が生じた際に、溶融した氷晶石と陽極の炭素が反応することでPFCs（PFC-14(CF<sub>4</sub>)、PFC-116(C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>))が生成、排出される。
- 2006年IPCCガイドラインでは一次アルミニウム精錬における高電圧の陽極効果により生成・排出されるPFCs排出量のみを算定対象としていたが、**2019年改良版では新たに低電圧の陽極効果により生成・排出されるPFCs排出量も算定対象として追加**された。また、算定方法のTier1及びTier2法のCF<sub>4</sub>及びC<sub>2</sub>F<sub>6</sub>排出係数のデフォルト値が更新された。
- 我が国では過去にアルミニウムの一次精錬が行われていたことから、**アルミナ精製プロセスからの高電圧の陽極効果によるPFCs排出量については既にインベントリに計上済み**であるが、**新たに追加された低電圧の陽極効果によるPFCs排出実態及びインベントリ計上有無を確認し、必要に応じて排出量の追加計上を検討する必要がある**。また、高電圧の陽極効果におけるPFCs排出量の算定は、Tier2法の算定式に基づき、一部デフォルト値を用いているため、上記の算定方法の見直しと併せて、デフォルト値を更新する必要がある。

### 【対応方針】

- 高電圧の陽極効果によるPFCs排出については、現行、2006年IPCCガイドラインのTier2法に従い、ガイドラインの排出係数のデフォルト値を用いて算定していることから、**デフォルト値の更新を行った**。
- 低電圧の陽極効果によるPFCs排出については、新規排出源となるが、現在排出実態を確認中である。現時点では、排出実態が把握できておらず、**次年度も引き続き、インベントリへの計上について検討を行う**こととする。今年度は、現行のアルミニウム生産量をもとに2019年改良版に示された算定方法による試算を行い、同排出源への影響を確認した。

# 1.1 アルミニウム製造における高電圧及び低電圧の陽極効果によるPFCsの排出 (2.C.3) 【排出係数の更新検討、排出実態の確認】

## 【算定方法】

- 算定方法は以下のとおり。活動量となるアルミニウム生産量及びセル・日当たりの陽極効果時間は、フロン類等対策ワーキンググループ資料（業界より提供された年次データ）を使用している。
- なお、低電圧の陽極効果によるPFCs排出は、低電圧により生成されたアルミニウム生産量は把握できていないため、全量が低電圧であったとして、業界より提供された年次データより試算した。

## 【高電圧の陽極効果によるPFCsの排出 (Tier2a)】

PFC - 14排出量 (kg) = アルミニウム生産量 (t) × PFC-14発生係数 (kg/t)

PFC - 14発生係数 (kg/t) = PCF-14スロープ係数 ( (kg/t) / (分/セル・日) ) × セル・日当たりの陽極効果時間 (分/セル・日)

PFC - 116排出量 (kg) = PFC-14排出量 (kg) × PFC-116とPFC-14の排出量重量比 (kg/kg)

## 【低電圧の陽極効果によるPFCsの排出 (Tier1)】※新規追加を検討

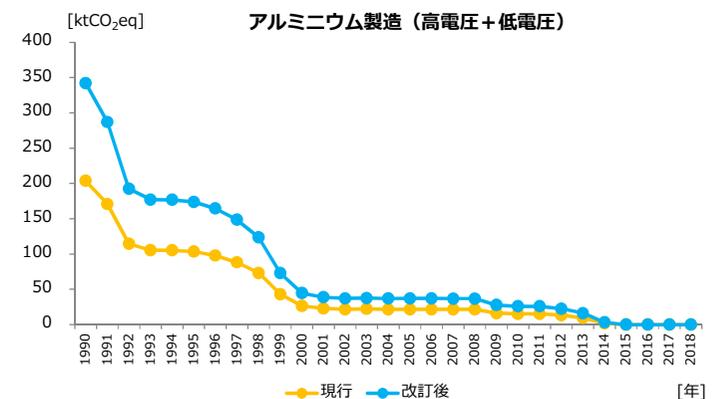
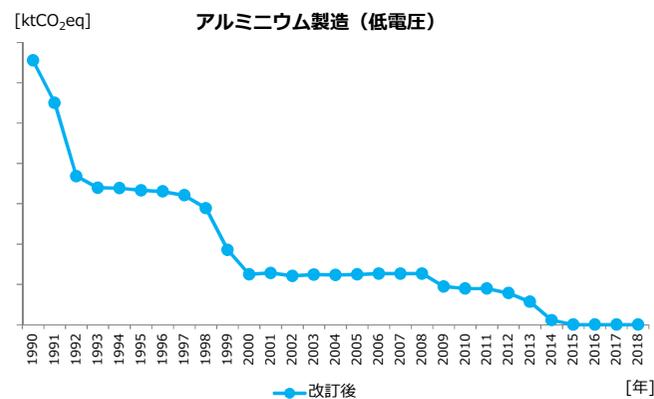
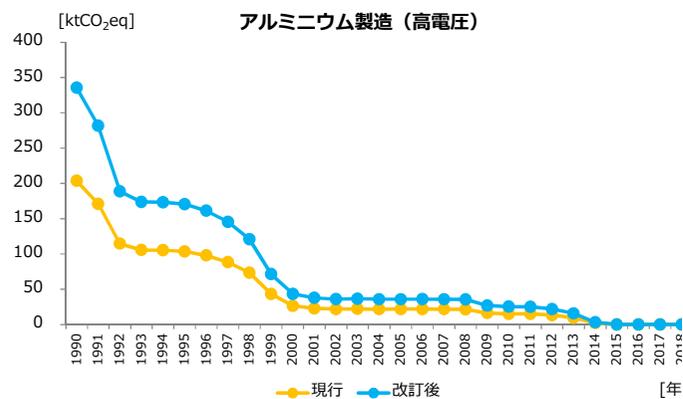
PFC - 14排出量 (kg) = アルミニウム生産量 (t) × PFC-14発生係数 (kg/t)

パラメータ		2006年IPCC ガイドライン (現行)	2019年改良版 (改定後)
高電圧	PCF-14スロープ係数	0.099	<b>0.165</b>
	PFC-116とPFC-14の排出量重量比	0.085	<b>0.077</b>
低電圧	PCF-14発生係数	—	<b>0.026</b>

# 1.1 アルミニウム製造における高電圧及び低電圧の陽極効果によるPFCsの排出（2.C.3）【排出係数の更新検討、排出実態の確認】

## 【改訂結果】

- アルミニウム製造における高電圧の陽極効果によるPFCs排出量の推移は下図のとおり。改訂により排出量は、約1.2千～13万t-CO<sub>2</sub>eq.(各年65%)増加した。改訂後の2018年のPFCs排出量はゼロであるが、2005年で約1.4万t-CO<sub>2</sub>eq.(65%)増、2013年で約6.2千t-CO<sub>2</sub>eq.(65%)増となった。
- アルミニウム製造における低電圧の陽極効果によるPFCs排出量（試算値）の推移は下図のとおり。改訂後の2018年のPFCs排出量はゼロであるが、2005年は約1.3千t-CO<sub>2</sub>eq.、2013年は約5.7百t-CO<sub>2</sub>eq.となった。
- 今回試算した低電圧のPFCs排出量は、高電圧のPFCs排出量の約2～4%程度となっており、算定の追加により排出量は増加するものの、現時点では国内でのアルミニウム製造は操業を終了しており、同排出源への影響は少ない。  
(低電圧については、引き続き実態の確認を行い、確認後にインベントリへの反映の可否を検討する)



# 1.2 希土類金属製造におけるPFCsの排出 (2.C.7)

## 【排出実態の確認】

### 【検討課題】

- 希土類金属及び希土類金属合金の精錬では、アルミニウムの精錬同様、希土類金属の電解中において、希土類酸化物は希土類フッ化物とフッ化リチウムからなる溶融フッ化物に溶解しており、陽極効果が生じた際に、溶融フッ化物と陽極の炭素が反応することでPFCs（PFC-14(CF<sub>4</sub>)、PFC-116(C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>)、PFC-218 (C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>) ) が生成、排出される。
- 2006年IPCCガイドラインでは希土類金属製造に伴う排出に関するカテゴリーが存在しなかったが、**2019年改良版では新たに算定対象として新規サブカテゴリーが設けられた。**
- 希土類金属については我が国においても金属・合金製造実績があることから、**希土類金属及び希土類金属合金の精製プロセスからの陽極効果によるPFCs排出実態及びインベントリ計上有無を確認し、必要に応じて排出量の追加計上を検討する必要がある。**

### 【対応方針】

- 国内での希土類金属及び希土類金属合金の製造実態については確認中であるが、現時点では排出実態は把握できていない状況である。**次年度も引き続き、インベントリへの計上について検討を行う**こととする。今年度は、2019年改良版における算定方法を整理し、国内での生産状況が確認でき次第、試算を行うこととした。

### 【希土類金属製造に伴うPFCs排出 (Tier1)】

PFCs排出量 = 希土類金属の生産量 (t) × PFCsの発生係数 (g/t)

2019年改良版に記載されているPFCsの発生係数(g/t)

	CF <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> F <sub>8</sub>	備考
希土類金属 (ジスプロシウム鉄合金 (Dy-Fe)等)	146.1	14.6	0.05	ハイブリッド自動車や電気自動車等に用いられる希土類磁石の製造に必要な材料
希土類金属 (ネオジウム(Nd)、ジジミウム(Pr-Nd)、ランタン(La)等)	35.8	5.2	0.21	ネオジウム磁石、保護メガネ・光学測定装置の波長校正用フィルタ、ニッケル水素電池などの製造に必要な材料

## 2.1 半導体・液晶製造（2.E.1,2.E.2）【算定方法の更新検討】

### 【検討課題】

- 半導体製造プロセスでは、フッ素化合物が(1)シリコン含有材料のプラズマエッチング、(2)シリコンが析出する化学蒸着室の洗浄の2つの工程で使用されており、それに伴いHFC-23、PFCs（CF<sub>4</sub>(PFC-14)、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>(PFC-116)、C<sub>3</sub>F<sub>8</sub>(PFC-218)及びc-C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>(PFC-c318)）、SF<sub>6</sub>及びNF<sub>3</sub>が排出される。
- 2019年改良版では**Tier2法及びTier3法によるガス消費量把握等に関するガイダンスが追加・更新され、新たなサブカテゴリとして微小電気機械システム（MEMS）が追加された。**また、2019年改良版では算定方法の**Tier1法～Tier3法の排出係数のデフォルト値が追加・更新された。**
- 我が国の算定方法は、2006年IPCCガイドラインのTier2a法に則っており、改めて**算定方法が2019年改良版が準拠したものであるか検証し、必要に応じて見直しについても検討する必要**がある。
- 微小電気機械システム（MEMS）については我が国においても製造実績があることから、**微小電気機械システム（MEMS）の製造プロセスからの排出実態及びインベントリ計上有無を確認し、必要に応じて排出量の追加計上を検討する必要**がある。
- 排出量の算定は、排出係数のデフォルト値を用いているため、**上記の算定方法の見直しと併せて、デフォルト値を更新する必要**がある。

### 【対応方針】

- 半導体・液晶製造の排出については、同排出源の排出量を取りまとめている電子情報技術産業協会（JEITA）の半導体環境戦略委員会にて、2019年改良版の適用方法及び適用時期について検討を行っており、現時点では2019年改良版を適用した計算が可能かどうか確認している状況である。**次年度も引き続き、JEITAの半導体環境戦略委員会での適用方法に関する検討状況を踏まえ、2019年改良版の適用について検討を行うこととする。**

# 3.1 冷凍空調機器（業務用冷凍空調機器の使用）（2.F.1）

## 【排出係数の見直し】

### 【検討課題】

- 現在のインベントリで使用されている**使用時冷媒漏洩率は2007年～2009年に実施された実測調査結果に基づき、平成20年度温室効果ガス排出量算定方法検討会で承認されたもの**である。その後、平成25年にフロン排出抑制法が改正され平成27年に施行された（なお、フロン類の廃棄時回収に関する罰則を強化した改正フロン排出抑制法は令和2年4月1日より施行された）。
- 平成25年の改正内容は、使用時冷媒漏えいを防ぐために機器のユーザーに対して点検義務等を課すものである。**当該改正の施行より、5年が経過し、その改正効果や漏えいの少ない最新機器への更新も進んでいることが考えられることから、排出係数の見直しについて検討する必要**がある。

機種	HFCsの種類	冷媒使用量	使用時冷媒漏洩率 ※	HFCs機器 市中稼働台数中の 割合（2010年）
小型冷凍冷蔵機器（内蔵型等）	R-404A、HFC-134a等	0.1～3 kg	2%	40%
別置型ショーケース	R-404A、R-407C等	20～41 kg	16%	3%
中型冷凍冷蔵機器（除、別置型 ショーケース）	R-404A、R-407C等	2～30 kg	13～17%	6%
大型冷凍機	HFC-134a、R404A等	300～2,300 kg	7～12%	0.05%
ビル用パッケージエアコン	R-410A、R-407C等	37 kg	3.5%	7%
その他業務用空調機器（ビル用 パッケージエアコン）	R-410A、R-407等	3～43 kg	3～5%	44%

### 【対応方針】

- 現在、経済産業省オゾン層保護等推進室にて「使用時漏洩率の見直し」に向けた調査及び検討を行っており、現時点では調査結果をもとに使用時漏洩率の推計を行っている状況である。**次年度も引き続き、経済産業省オゾン層保護等推進室での調査の検討状況を踏まえ、使用時漏洩率の見直しについて検討を行うこととする。**

## 3.2 冷凍空調機器（輸送機器用空調機器（鉄道、船舶）の使用時排出）（2.F.1）【デフォルト排出係数の更新】

### 【検討課題】

- 業務用冷凍空調機器では、冷媒としてHFCsが使用されており、業務用冷凍空調機器の生産時、現場設置時、冷媒補充時、故障時及び廃棄時においてHFCs（R134a、R404A、R407C、R410A、R507A、R32及びR245fa）が排出される。
- 2019年改良版では簡易な手順での冷凍冷蔵及び空調の排出インベントリを求めるガイダンスが追加された。また、排出係数のデフォルト値が一部更新され、別添に冷凍冷蔵及び空調の排出係数の事例としてカリフォルニア、日本、ドイツでの排出係数が掲載された。
- 我が国の算定方法は2006年IPCCガイドラインのTier2a法に則って算定しているため、簡易な手順による排出インベントリの把握方法を定めたガイダンスへの対応は必要ないものの、輸送機器用の冷凍冷蔵及び空調機器からの排出量の算定は、排出係数のデフォルト値を用いているため、デフォルト値を更新する必要がある。
- 具体的には、Tier2aのデフォルト値のうち、空調機器の使用時冷媒漏洩率について、これまで自動車、鉄道、船舶に関係なく、1つのデフォルト値のみが掲載されていたが、鉄道、船舶、その他の3つに区分されたデフォルト値が新たに掲載された。

### 【対応方針】

- 輸送機器用空調機器（鉄道、船舶）の使用時HFCs排出量の算定では、現行、2006年IPCCガイドラインのTier2a法に従い、ガイドラインの排出係数のデフォルト値を用いて算定していることから、デフォルト値の更新を行った。船舶の使用時漏洩率はガイドラインの2019年改良版の輸送機器用空調機器（船舶）の排出係数の下限値（20%）、鉄道の使用時漏洩率は輸送機器用空調機器（鉄道）の排出係数の下限値（5%）に更新した。

## 3.2 冷凍空調機器（輸送機器用空調機器（鉄道、船舶）の使用時排出）（2.F.1）【デフォルト排出係数の更新】

### 【排出量算定方法】

- 鉄道及び船舶における空調機器の使用に伴う排出量の算定方法は以下のとおり。
- 使用時冷媒漏洩率については、2006年IPCCガイドラインのデフォルト値から2019年改訂版のデフォルト値への更新を行った（鉄道：10%→5%（50%減）、船舶：15%→20%（33%増））。

### 【鉄道（Tier2a）】

$$\text{使用時排出量} = \sum_{\text{車両種類, ガス種}} (\text{市中稼働車両数} \times \text{稼働時冷媒充填量} \times \text{使用時冷媒漏洩率})$$

### 【船舶（Tier2a）】

#### ①内航船・国内旅客船

$$\text{使用時排出量} = \sum_{\text{機種, ガス種}} (\text{市中稼働隻数} \times \text{空調機器搭載台数} \times \text{稼働時冷媒充填量} \times \text{使用時冷媒漏洩率})$$

#### ②漁船

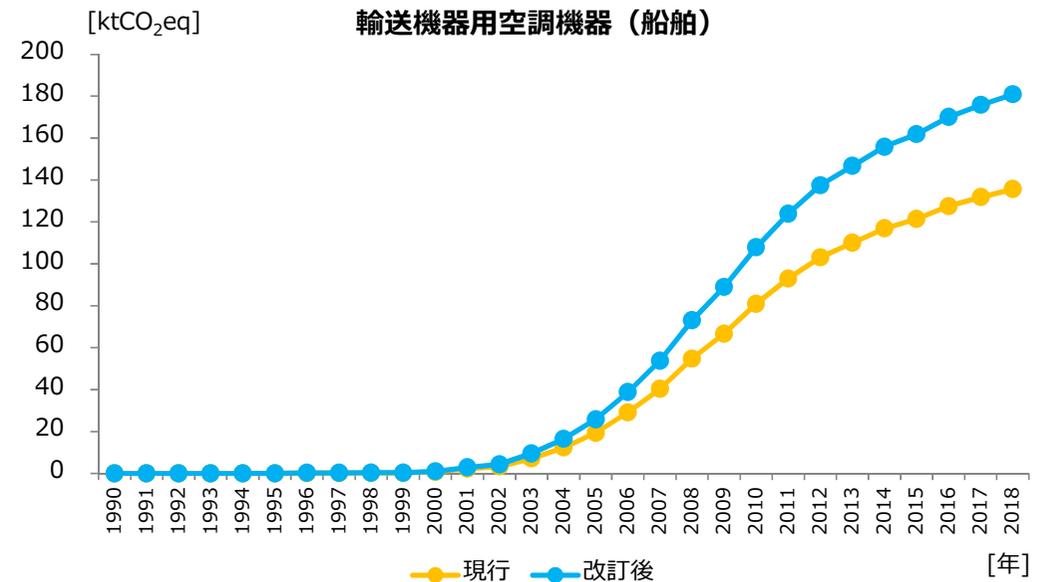
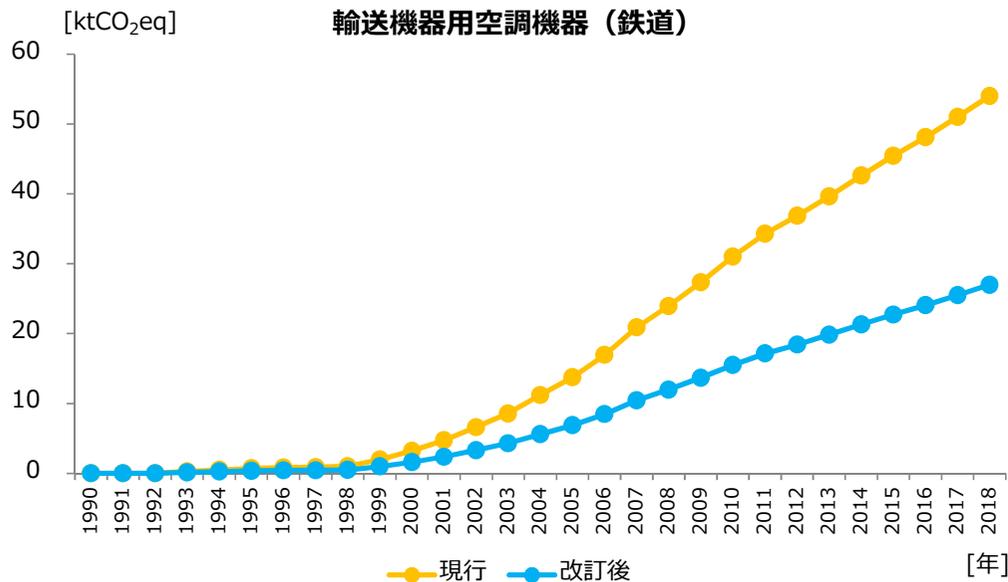
$$\text{使用時排出量} = \sum_{\text{機種, ガス種}} (\text{市中稼働隻数} \times \text{稼働時冷媒充填量} \times \text{使用時冷媒漏洩率})$$

	2006年IPCC ガイドライン	2019年改良版	備考（現行の設定方法）
冷凍輸送	15 ≤ x ≤ 50	15 ≤ x ≤ 50	船舶の使用時漏洩率は、冷凍輸送の下限值（15%）を使用 ※船舶では当時の検討で冷凍冷蔵機器と同じ漏洩率とした
輸送機器用空調機器	10 ≤ x ≤ 20	5 ≤ x ≤ 20（鉄道） 20 ≤ x ≤ 40（船舶） 10 ≤ x ≤ 20（その他）	鉄道の使用時漏洩率は、輸送機器用空調機器の下限值（10%）を使用

## 3.2 冷凍空調機器（輸送機器用空調機器（鉄道、船舶）の使用時排出）（2.F.1）【デフォルト排出係数の更新】

### 【改訂結果】

- 輸送機器用空調機器（船舶、鉄道）の使用に伴うHFCs排出量の推移は下図のとおり。
- 改訂により鉄道用空調機器の使用に伴うHFCs排出量は、約140~2.8万t-CO<sub>2</sub>eq.(各年50%)減少した。改訂後の2018年のHFCs排出量は約2.7万t-CO<sub>2</sub>eq.となり、2005年比で約2.0万t-CO<sub>2</sub>eq. (約3倍)増、2013年比で約7.2千t-CO<sub>2</sub>eq. (36%)増となった。
- 改訂により船舶用空調機器の使用に伴うHFCs排出量は、約30~4.7万t-CO<sub>2</sub>eq.(各年33%)増加した。改訂後の2018年のHFCs排出量は18.2万t-CO<sub>2</sub>eq.となり、2005年比で約15.5万t-CO<sub>2</sub>eq. (約6倍)増、2013年比で3.4万t-CO<sub>2</sub>eq.(23%)増となった。



## 4.1 電子回路基板の防水加工に伴うHFCs、PFCsの排出 (2.G.2)

### 【排出実態の確認】

#### 【検討課題】

- 電子回路基板の防水加工では、プラズマ中の気相反応によりフッ素化合物のポリマーを形成する方法があり、この防水加工プロセスにおいてPFCs (CF<sub>4</sub>(PFC-14)、C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>(PFC-116)、CHF<sub>3</sub>(HFC-23)) が排出される。処理を行うチャンバーは、定期的に半導体製造プロセスでのチャンバーの洗浄と同様な方法で、フッ素化合物を用いてクリーニングされている。
- 2006年IPCCガイドラインでは電子回路基板の防水加工に伴うHFCs、PFCs排出に関するカテゴリーが存在しなかったが、**2019年改良版では新たに算定対象として新規サブカテゴリーが設けられた。**
- 我が国においても電子回路基板の防水加工の実績があることから、**電子回路基板の防水加工に伴うHFCs、PFCs排出実態及びインベントリ計上有無を確認し、必要に応じて排出量の追加計上を検討する必要がある。**

#### 【対応方針】

- 電子回路基板の防水加工に伴うHFCs、PFCs排出については、新規排出源となるため、排出実態を確認中であるが、現時点では排出実態は把握できていない状況である。**次年度も引き続き、インベントリへの計上について検討を行う**こととする。今年度は、2019年改良版における算定方法を整理し、国内での防水加工の状況が確認でき次第、排出量の試算を行うこととした。

#### 【電子回路基板の防水加工に伴うHFCs、PFCs排出】

排出量 = 電子回路基板の製造量 (個数) × 排出係数 (g/個数)

#### 2019年改良版に記載されている排出係数

	CF <sub>4</sub> (PFC-14)	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub> (PFC-116)	CHF <sub>3</sub> (HFC-23)
排出係数 (g/個数)	0.006	0.004	0.003