



エネルギー・工業プロセス分野における 排出量の算定方法について

エネルギー・工業プロセス分科会



今年度検討を行った課題

- 今年度検討を行った課題は下表のとおり。
- 2025年提出インベントリで算定方法の改訂を行う課題（●）の詳細は次ページ以降のとおり。

2024年度のエネルギー・工業プロセス分野の課題検討内容

カテゴリー		課題	検討結果
1.A. 燃料の燃焼	1.A. 燃料の燃焼（CO ₂ ）全体	炭素排出係数の改訂	●
1.B. 燃料からの漏出	1.B.2.b.vi.1 その他 （ガスポストメーター）	2019RMで新たに提供された排出係数の適用検討	●
2. 工業プロセス及び製品の使用	2. 工業プロセス（CO ₂ ）全体	CO ₂ の直接利用実態の把握	●
	2.B.8.g.無水フタル酸・無水マレイン酸（CO ₂ ）	排出係数の修正	●
	2.E.1.2. 半導体・液晶製造（N ₂ O）	半導体・液晶製造からのN ₂ O排出量算定	●

●：改訂・新規算定
▲：部分改訂
○：継続検討

1. 燃料の燃焼分野（1.A.）

1.1 炭素排出係数の改訂（1.A. 全体（CO₂））

2. 燃料からの漏出分野（1.B.）

2.1 LNG火力発電所からのメタン漏洩実態の把握
（1.B.2.b.vi.1 その他（ガスポストメーター））

3. 工業プロセス及び製品の使用（IPPU）分野（2.）

3.1 CO₂の直接利用実態の把握（2. 全体（CO₂））

3.2 排出係数の修正（2.B.8.g.無水フタル酸・無水マレイン酸（CO₂））

3.3 半導体・液晶製造からのN₂O排出量算定
（2.E.1.2. 半導体・液晶製造からのN₂O排出量算定）

1. 燃料の燃焼 (1.A.)

1.1 炭素排出係数の改訂（1.A. 全体）

検討課題

- 現在のインベントリで使用されている炭素排出係数は、環境省と資源エネルギー庁が合同で実施した2018年度の調査結果に基づき、令和元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。
- この調査は概ね5年ごとに実施されており、その結果は温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度や省エネ法に基づく定期報告制度にも使用されている。
- 2022年度及び2023年度における検討にて、インベントリで使用する炭素排出係数の対象燃料種及び算定方法・検証方法について検討しており、今年度は資源エネルギー庁・環境省が2024年度に実施している同調査の結果をもとに、インベントリ算定で使用する炭素排出係数の改訂について検討を行う。
- なお、今回改訂する炭素排出係数は、2025年提出インベントリにおける2023年度のCO₂排出量の算定に適用する。

1.1 炭素排出係数の改訂（1.A. 全体）

対応方針

＜承認対象＞

- 前回改訂時と同様に、**環境省算定方法検討会では排出量算定で使用される炭素排出係数を承認対象とし、発熱量に関しては、資源エネルギー庁が別途開催する総合エネルギー統計検討会の承認課題とする。**なお、総合エネルギー統計検討会における標準発熱量の議論状況によっては、排出係数が本資料で報告する数値から変動する可能性がある。
- なお、炭素排出係数の算定妥当性を確認するため、発熱量についても算定を行い、その結果も踏まえ、改訂の是非について検討を行う。

今回の改訂作業において算定する発熱量・炭素排出係数

	高位発熱量・高位炭素排出係数	低位発熱量・低位炭素排出係数
標準値	過去数年間の平均的な性状を把握するため、主に当該期間の平均値として算定される。 省エネ法における定期報告、カーボンニュートラル行動計画における実績報告、算定・報告・公表制度における報告等 使用される。 なお、 一部燃料種の標準値はインベントリの排出量算定にも使用されている。	IEAベースのエネルギー自給率の計算や国際比較等に使用される。 本検討では2006年IPCCガイドラインのデフォルト値との比較検証に使用する。 インベントリの排出量算定には使用されていない。
実質値	当該年度の性状を把握するため、受入量、産地別の輸入量等、関連するデータを用いて毎年度算定される。 全ての当該燃料種がインベントリの排出量算定に使用されている。	本検討では2006年IPCCガイドラインのデフォルト値との比較検証に使用する。 インベントリの排出量算定には使用されていない。

1.1 炭素排出係数の改訂（1.A. 全体）

<対象燃料種>

- 資源エネルギー庁が実施した関係業界団体へのヒアリング調査の結果を踏まえ、今次改訂においては以下の燃料種について業界団体協力のもと実測調査を行う。なお、LPGや都市ガスといった一部燃料種に関しては、理論値や各種統計で示された供給量等も使用し算定を行う。

実測調査を行うエネルギー源・協力業界団体一覧

協力業界団体	燃料種
日本鉄鋼連盟	原料炭（コークス用・吹込用）、コークス、副生ガス（コークス炉ガス・高炉ガス・転炉ガス）
電気事業連合会	一般炭、輸入天然ガス（LNG）
日本ガス協会	輸入天然ガス（LNG）
天然ガス鉱業会	国産天然ガス
石油連盟	ガソリン、ジェット燃料、灯油、軽油、重油、製油所ガス

※上記に加え、廃棄物分科会において並行して廃プラスチックの調査を実施している。

1.1 炭素排出係数の改訂（1.A. 全体）

改訂結果（1/2）

- 各燃料種の実質炭素排出係数改訂結果（高位発熱量ベース）は以下のとおり。参考として、固有単位ベースにおける炭素排出係数も記載する。

※増減率は5%以上：↑、0～5%：↗、0%：→、-5～0%：↘、-5%未満：↓

燃料種		実質炭素排出係数 [gC/MJ]				実質炭素排出係数 [gC/固有単位]			
		単位	2022年度	2023年度	増減率	単位	2022年度	2023年度	増減率
石炭	コークス用原料炭	gC/MJ	24.46	24.52	↗	kgC/kg	0.71	0.71	↘
	吹込用原料炭	gC/MJ	25.09	24.78	↘	kgC/kg	0.71	0.72	↗
	汎用輸入一般炭	gC/MJ	24.29	24.76	↗	kgC/kg	0.63	0.64	↗
	発電用輸入一般炭	gC/MJ	24.29	24.76	↗	kgC/kg	0.61	0.62	↗
	国産一般炭	gC/MJ	24.21	24.21	→	kgC/kg	0.59	0.59	→
	無煙炭	gC/MJ	25.92	26.37	↗	kgC/kg	0.72	0.70	↘
石炭製品	コークス	gC/MJ	29.88	29.71	↘	kgC/kg	0.87	0.87	↗
	コールタール	gC/MJ	20.90	20.90	→	kgC/kg	0.78	0.78	→
	練豆炭	gC/MJ	25.92	25.92	→	kgC/kg	0.62	0.62	→
	コークス炉ガス	gC/MJ	10.88	10.79	↘	kgC/m3	0.20	0.20	↘
	一般高炉ガス	gC/MJ	26.27	-	-	kgC/m3	0.08	-	-
	発電用高炉ガス	gC/MJ	26.27	-	-	kgC/m3	0.09	-	-
	転炉ガス	gC/MJ	41.96	41.93	↘	kgC/m3	0.32	0.31	↘
原油	原油	gC/MJ	18.96	18.93	↘	kgC/L	0.72	0.72	↘
	発電用原油	gC/MJ	19.15	-	-	kgC/L	0.75	-	-
	瀝青質混合物	gC/MJ	19.96	19.96	→	kgC/kg	0.45	0.45	→
	NGL・コンデンセート	gC/MJ	18.51	-	-	kgC/L	0.67	-	-

	今回新たに得られた実測値あるいは統計値に基づき改訂した燃料種
	総合エネルギー統計内で計算されるため、総合エネルギー統計確報値公表まで値が確定しない燃料種
	2022年度値を据置きする燃料種

1.1 炭素排出係数の改訂（1.A. 全体）

改訂結果（2/2）

※増減率は5%以上：↑、0～5%：↗、0%：→、-5～0%：↘、-5%未満：↓

燃料種			実質炭素排出係数 [gC/MJ]				実質炭素排出係数 [gC/固有単位]			
			単位	2022年度	2023年度	増減率	単位	2022年度	2023年度	増減率
石油製品	原料油	精製半製品	gC/MJ	18.96	-	-	kgC/L	0.72	-	-
		ナフサ	gC/MJ	18.63	18.63 ↗	0.02%	kgC/L	0.62	0.62 ↗	0.1%
		改質生成油	gC/MJ	19.26	19.23 ↘	-0.2%	kgC/L	0.65	0.65 ↘	-0.4%
	燃料油	ガソリン	gC/MJ	18.70	18.70 ↘	-0.01%	kgC/L	0.62	0.62 ↘	-0.002%
		ジェット燃料油	gC/MJ	18.64	18.59 ↘	-0.3%	kgC/L	0.68	0.68 ↘	-0.4%
		灯油	gC/MJ	18.71	18.67 ↘	-0.2%	kgC/L	0.68	0.68 ↗	0.1%
		軽油	gC/MJ	18.79	18.78 ↘	-0.1%	kgC/L	0.71	0.71 ↘	-0.5%
		A重油	gC/MJ	19.32	19.18 ↘	-0.7%	kgC/L	0.75	0.74 ↘	-0.9%
		B重油	gC/MJ	19.98	19.98 →	0%	kgC/L	0.81	0.81 →	0%
		一般用C重油	gC/MJ	20.17	-	-	kgC/L	0.83	-	-
		発電用C重油	gC/MJ	20.02	20.03 ↗	0.04%	kgC/L	0.83	0.83 ↗	0.04%
	他石油製品	潤滑油	gC/MJ	19.89	19.89 →	0%	kgC/L	0.80	0.80 →	0%
		アスファルト	gC/MJ	20.41	-	-	kgC/kg	0.82	-	-
		他重質石油製品	gC/MJ	20.41	-	-	kgC/kg	0.82	-	-
		オイルコークス	gC/MJ	24.80	24.80 →	0%	kgC/kg	0.85	0.85 →	0%
		電気炉ガス	gC/MJ	41.96	41.93 ↘	-0.1%	kgC/m3	0.32	0.31 ↘	-0.6%
		製油所ガス	gC/MJ	14.44	14.44 ↗	0.0003%	kgC/m3	0.67	0.61 ↓	-8.0%
天然ガス	液化石油ガス（LPG）		gC/MJ	16.34	16.35 ↗	0.01%	kgC/kg	0.82	0.82 ↗	0.005%
	輸入天然ガス（LNG）		gC/MJ	13.87	13.84 ↘	-0.2%	kgC/kg	0.76	0.76 ↘	-0.3%
	ガス田・随伴ガス		gC/MJ	13.91	13.90 ↘	-0.03%	kgC/m3	0.53	0.53 ↘	-0.1%
	炭鉱ガス		gC/MJ	13.49	13.49 →	0%	kgC/m3	0.20	0.20 →	0%
都市ガス	原油溶解ガス		gC/MJ	13.91	13.90 ↘	-0.03%	kgC/m3	0.53	0.53 ↘	-0.1%
	一般ガス		gC/MJ	14.02	13.96 ↘	-0.4%	kgC/m3	0.57	0.56 ↘	-1.1%
	簡易ガス		gC/MJ	16.34	16.35 ↗	0.01%	kgC/m3	1.54	1.54 ↗	0.1%

	今回新たに得られた実測値あるいは統計値に基づき改訂した燃料種
	総合エネルギー統計内で計算されるため、総合エネルギー統計確報値公表まで値が確定しない燃料種
	2022年度値を据置きする燃料種

2. 燃料からの漏出分野（1.B.）

2.1 LNG火力発電所からのメタン漏洩実態の把握 (1.B.2.b.vi.1 その他（ガスポストメーター））

検討課題

- 2019RMで新たに設けられた排出源であり、需要家敷地内にあるガスメーター以降で発生する排出を取り扱う。具体的には、工場や発電所、家庭や業務で使用するガス機器や内部配管からの排出の他、天然ガス自動車の充填時からの排出を取り扱う。本課題においては2019RMで提供されているデフォルト排出係数を用いた場合に特に排出規模の大きいLNG火力発電所からのメタン漏洩について検討を行う。
- 昨年度の分科会において、**2019RMで提供されているデフォルト排出係数は旧ソ連の施設を対象とした値であり、我が国における実態と乖離している可能性が高い**ことが指摘された（メンテナンス不足、パイプラインの熱が永久凍土を融解させ、周辺地盤を変形させることでパイプが損傷する 等）。また、本排出源における漏洩を完全に否定できるデータが現時点で得られていないものの、諸状況から**漏洩があったとしても限定的**である可能性が高いとの指摘もあった。
- 以上を踏まえ、2019RMで提供されているデフォルト排出係数は我が国の実態に即さないと考えられることから、**既存データや実測調査等を通じ、排出実態を探る**とともに、明らかな排出が認められた場合において、我が国固有の排出係数の設定が可能か調査することとなった。

2.1 LNG火力発電所からのメタン漏洩実態の把握 (1.B.2.b.vi.1 その他（ガスポストメーター））

調査結果

＜電気事業者による保安確保の実態＞

- 電気工作物の保安確保は、**電気工作物設置者の自己責任に基づく自主保安が基本**となっている。
- 法における電気工作物の技術基準は、最小限の技術的要件を定めたものとなっており、技術基準では規定していない電気工作物の工事、維持、運用の技術的細目や品質管理に関わる事項等を補足、補完する位置づけで、民間規格である電気技術規程（JEAC）・指針（JEAG）が整備されている。
- 「電気技術規程-火力編-燃焼設備規程（JEAC 3708）」に、液化ガス燃焼設備の記載があり、配管の設計厚さ、遮断装置の設置、使用するパッキンの構造、材質について記載されている。また、耐圧試験、気密試験についても記載があり、**十分な強度を有しかつ漏洩がないことを確認すること**になっている。
- 電気事業者は自主保安の観点から本規定を参照し、**LNG火力発電設備（液化ガス燃焼設備）を設計、建設していることから、通常運転時における定常的なメタン漏洩はない**と考えられる。

2.1 LNG火力発電所からのメタン漏洩実態の把握 (1.B.2.b.vi.1 その他（ガスポストメーター））

＜計器等による実測調査の可能性＞

①現場流量計による把握

- 発電所の受入流量計と燃焼器入口流量計の値から漏洩量を把握しようとする場合、両者の温度圧力条件が異なることに加え、流量計の測定レンジと比較し、漏洩量が小さすぎるため、**流量計の計器誤差との区別がつかないことから、漏洩量を適切に把握することはできない。**

②ガス検知器及びレーザー式ガスセンサーによる把握

- 発電所に設置されているガス検知器の測定値から漏洩量を把握しようとする場合、検知器はあくまで濃度を測定するものであり、漏洩量を把握するためにはその漏洩の広がり（体積）を把握する必要がある。
- また、検知器は、低濃度域の濃度測定を行うものではなく、急激な濃度上昇（漏洩）を検知する目的で設置されているため、低濃度域での指示は計器誤差の可能性も考えられることから、**検知器の測定値を使って、漏洩量を適切に把握することは困難。**
- 同じく、**レーザー式メタンセンサーについても**、濃度を測定するものであり、検知器同様、**漏洩量を適切に把握することは困難。**

対応方針

- 電気事業者の保安確保の実態を踏まえると通常運転時に**一定規模の定常的なメタン漏洩は生じていない**可能性が非常に高く、また、限定的な漏洩が生じていた場合においても、**各種計器を使用し測定しても漏洩量と計器誤差を分離することが難しく正確な測定は困難**だとの見解を得た。
- 以上を踏まえ、注釈記号選択のためのデシジョンツリーに従い、**当該排出源からの排出を「NE (Not Estimated)」として報告**する。

3. 工業プロセス及び製品の使用 (IPPU) 分野 (2.)

3.1 CO₂の直接利用実態の把握（2. 全体（CO₂））

検討課題

- CO₂の直接利用については、令和5年度の検討において、業界団体が実施している炭酸ガス・ドライアイスの回収・利用に関する調査結果に基づき、**上流側の排出として報告していたCO₂回収・利用量を下流側（溶接、食品・飲料等、炭酸ガスの需要側）で計上することとなった。**
- その際、上流側での回収量と下流側での利用量は等しいものとして、単純な排出量の付け替えによりインベントリへ反映する方針となったが、その後、**液化炭酸ガスについて、新たに販売量のデータが業界団体より提供され、昨年度取り扱った回収・利用量データとの間に差異が確認されたことから、当該差分の扱い等含め、引き続き計上方針を検討する必要がある。**

対応方針

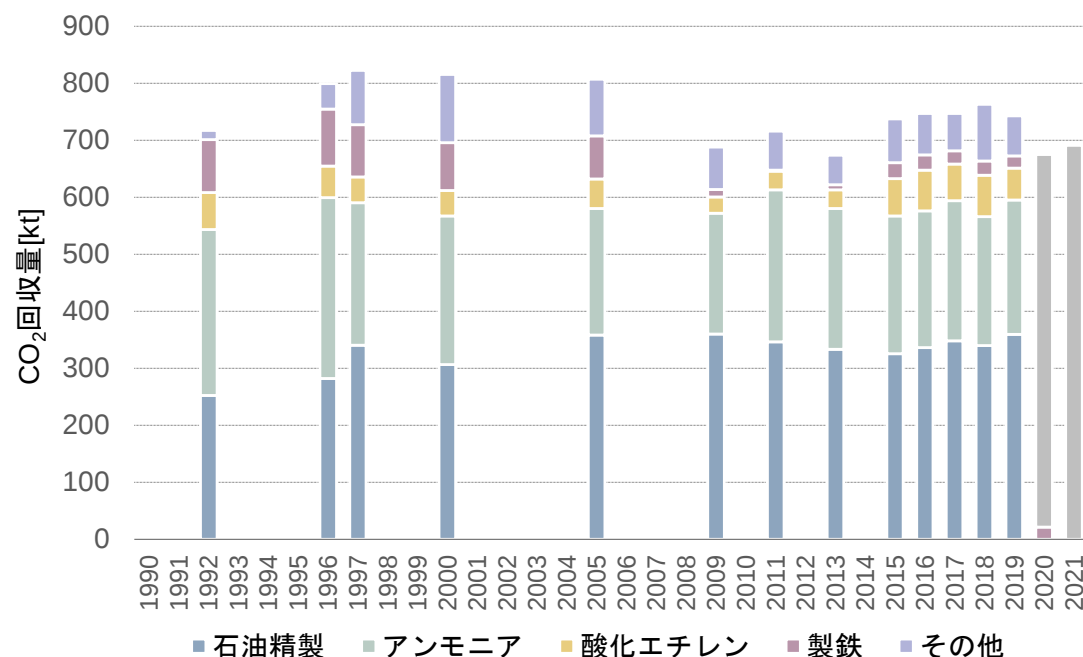
- 現状のIPCCガイドラインの考え方では、上流で差し引いたCO₂は、全量下流で漏れなく排出量として計上することとなっていることから、**CO₂として回収されたものの、利用されずに排出量として計上されないものについては、長期固定などではない限り、差し引くことは適当ではないと考えられる。**
- インベントリにおいては、**あくまでも利用量とみなされるCO₂量を回収量に等しいものとみなして、CO₂の回収が行われているカテゴリーから差し引き、CO₂が利用されるカテゴリーに排出量として付け替える**（IPCCガイドラインの考え方に基づき、上流で差し引いたCO₂は、全量下流で漏れなく排出量として計上する）方針とする。

3.1 CO₂の直接利用実態の把握（2. 全体（CO₂））

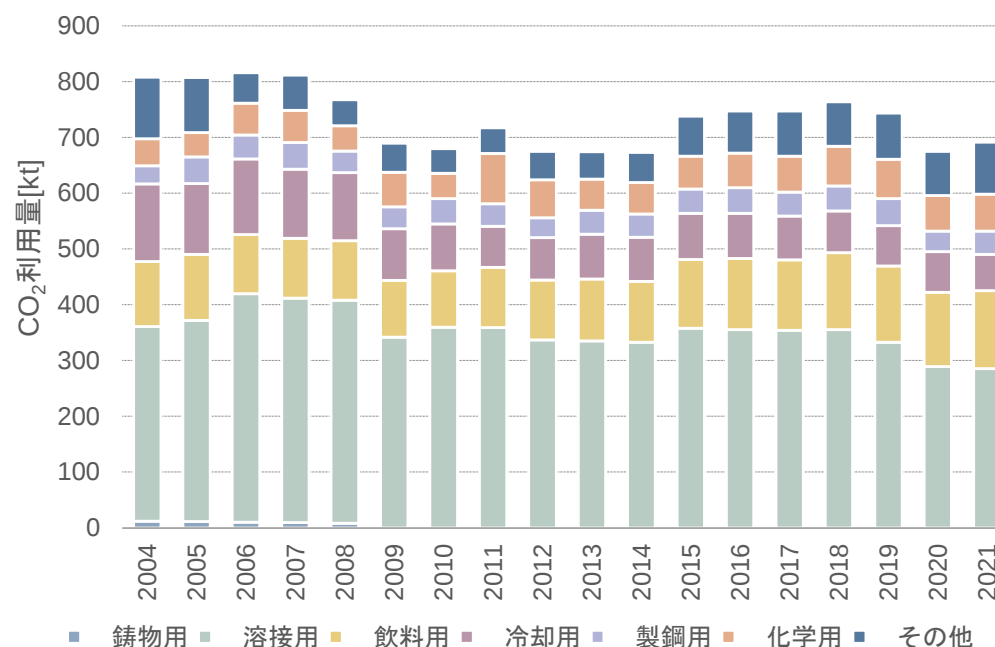
昨年度調査結果（液化炭酸ガス）

- 本課題の検討において、昨年度、**インベントリのどの排出源からどれだけのCO₂回収量を差し引くか**を把握するために、日本産業・医療ガス協会とドライアイスメーカー会よりCO₂回収・利用量データの提供を受けた。
- 日本産業・医療ガス協会提供データにおける、液化炭酸ガス向け発生源別CO₂回収量、国内における用途別CO₂利用量は下図のとおり。両者は一致するデータであり、CO₂回収量とCO₂利用量が等しいものとして、CO₂回収量を発生源から差し引き、CO₂利用量を回収元に排出量として計上する形でインベントリに反映を行った。

液化炭酸ガス向けCO₂回収量の推移



液化炭酸ガスによるCO₂利用量の推移



※2020年度の製鉄以外、2021年度値の全業種の発生源別内訳は不明。

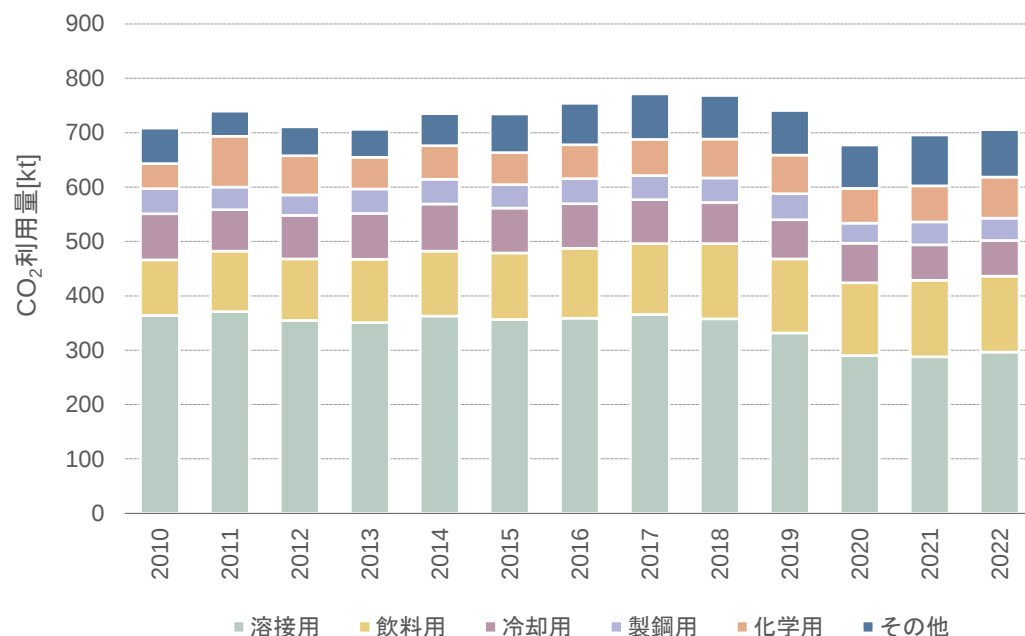
（出典）日本産業・医療ガス協会提供データ

3.1 CO₂の直接利用実態の把握（2. 全体（CO₂））

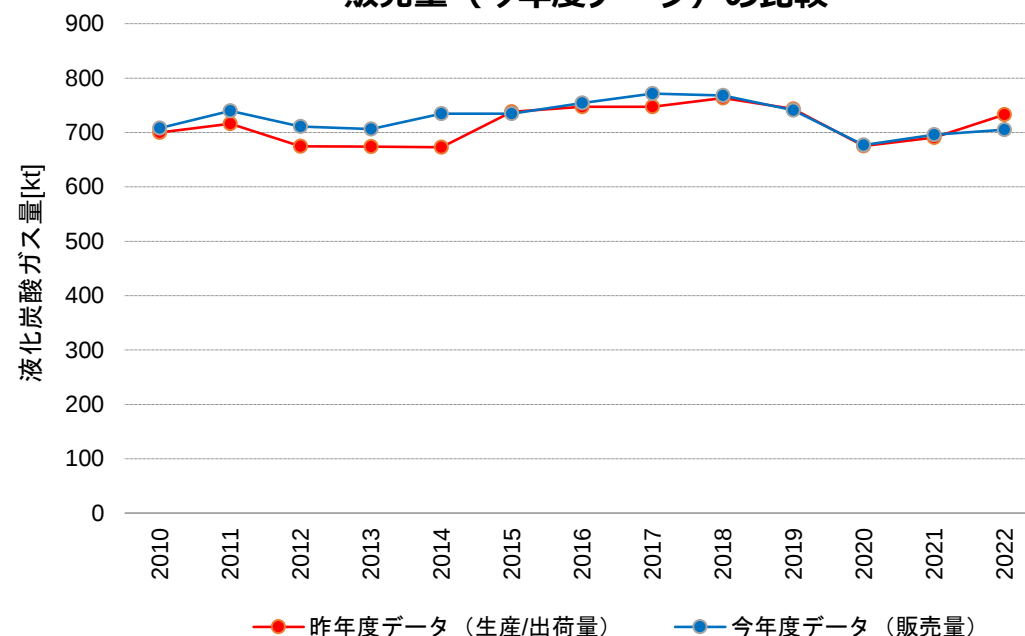
今年度新規データ（CO₂利用量）

- 今年度、日本産業・医療ガス協会より、新たに液化炭酸ガスの販売量データ（CO₂利用量データ）が提供され、昨年度、CO₂利用量（＝CO₂回収量）として採用したデータとは異なるデータであるため、改めてデータの使用について検討が必要となっている。
- 日本産業・医療ガス協会によると、昨年度検討に使用したデータとの違いは以下のとおりとのことであった。
 - ✓ 各々のデータは、生産/出荷量（昨年度採用したCO₂回収・利用量データ）と販売量であり、工程・流通が異なる。
 - ✓ 工場生産/出荷工程と販売事業者との間には流通在庫や、製品品質確保のためのパージ作業やロスが発生することから各々に差異が生じることが通常である。

今年度新たに提供を受けた液化炭酸ガス販売量の推移



液化炭酸ガスの生産/出荷量（昨年度データ）と販売量（今年度データ）の比較



（出典）日本産業・医療ガス協会提供データ

3.1 CO₂の直接利用実態の把握（2. 全体（CO₂））

対応方針

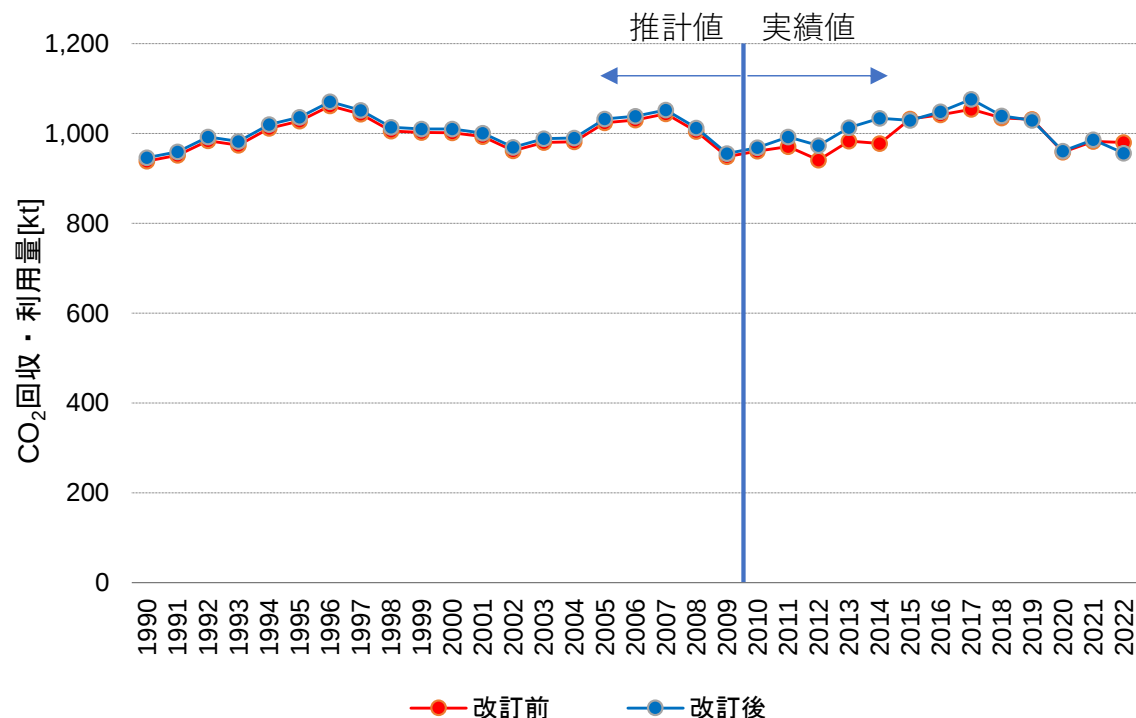
- 昨年度の検討で使用したCO₂回収・利用量データは、液化炭酸ガスの生産/出荷量であり、回収側に近い数値である。一方、**今回新規で提供されたデータは液化炭酸ガスの販売量であり、より利用側に近い数値である**と考えられる。
- 現状のIPCCガイドラインの考え方では、上流で差し引いたCO₂は、全量下流で漏れなく排出量として計上することとなっていることから、**CO₂として回収されたものの、利用されずに排出量として計上されないものについては、長期固定などではない限り、差し引くことは適当ではない**と考えられる。
- 以上より、**今回新たに提供を受けた販売量データがより利用側に近い値であるとみられることから、当該販売量データをCO₂の回収が行われているカテゴリーから差し引き、CO₂が利用されるカテゴリーに排出量として付け替える**（IPCCガイドラインの考え方に基づき、上流で差し引いたCO₂は、全量下流で漏れなく排出量として計上する）方針とする。
- なお、今回提供された販売量データは、2010年度以降の用途別の販売量であることから、2009年度以前のデータ欠損期間や、発生源別の内訳等については、生産/出荷量（昨年度採用したCO₂回収・利用量データ）を用いて推計する（下表参照）。
- また、CO₂回収量のうち、回収元の排出源が特定できない、「その他」からのCO₂回収量については、排出量から差し引かず、CO₂利用量からも「その他」のCO₂回収量分を除いて計上する（各用途別利用量の比率に応じて按分）。

	回収	利用
合計値	(データ欠損期間：1990～2009年度) ✓ 昨年度提供の生産/出荷量データで外挿。※回収量＝利用量で共通。	
内訳	(データ欠損期間：全年度) ✓ 昨年度提供の生産/出荷量データの内訳で按分。 ✓ 生産/出荷量データの内訳データ欠損期間については、発生源別構成比を内挿することで欠損期間の発生源別構成比を推計。	(データ欠損期間：1990～2009年度) ✓ 2004～2009年度については、昨年度提供の生産/出荷量データにおける各年度の用途別構成比で按分。 ✓ 1990～2003年度については、昨年度提供の生産/出荷量データにおいても内訳が把握できないため、2004年度の用途別構成比で一律按分。

3.1 CO₂の直接利用実態の把握（2. 全体（CO₂））

改訂結果（合計CO₂回収・利用量のみ掲載）

- 今回のデータ更新による改訂の結果、2022年度のCO₂の直接利用による回収量・利用量は各々2万4千tCO₂減少する。なお、この変化は回収側から利用側へのCO₂移動量の変化量であり、総排出量そのものは不変であることに注意。



		1990	1994	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
改訂前	kt	939	1,012	1,002	1,024	961	971	941	984	978	1,032	1,042	1,054	1,035	1,032	959	982	980
改訂後	kt	946	1,020	1,010	1,032	968	993	974	1,013	1,034	1,029	1,048	1,076	1,039	1,029	961	987	957
差異	kt	8	8	8	8	7	21	33	30	56	-3	6	22	4	-2	2	4	-24

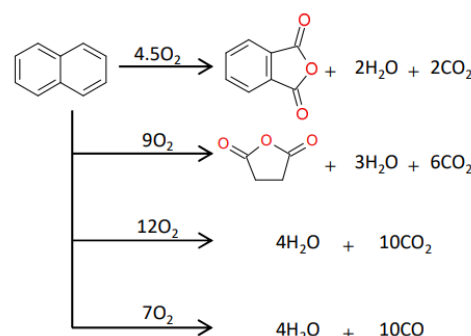
3.2 排出係数の修正（2.B.8.g.無水フタル酸・無水マレイン酸（CO₂））

検討課題

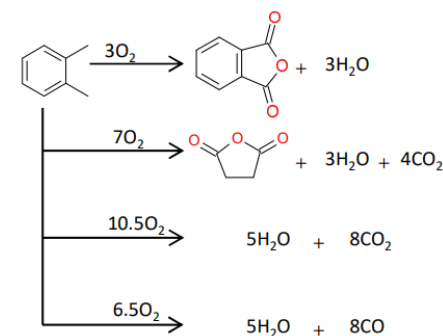
- 現行インベントリの無水フタル酸・無水マレイン酸製造からのCO₂排出量算定に使用している排出係数の設定方法が不正確な設定方法となっていることが判明したことから、改めて適切な設定方法により排出係数を修正する必要がある。

- 無水フタル酸（C₈H₄O₃）
可塑剤、合成樹脂、塗料及び染料等の原料として使用されており、ナフタレン酸化、o-キシレン酸化の2種類の反応によりCO及びCO₂が排出される。なお、COも燃焼され最終的にはCO₂として排出される。

【ナフタレン酸化】

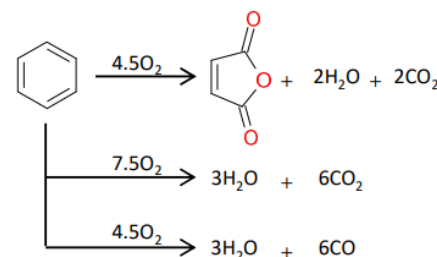


【o-キシレン酸化】

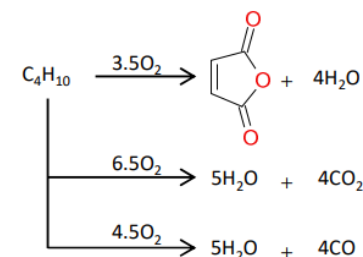


- 無水マレイン酸（C₄H₂O₃）
不飽和ポリエステル樹脂原料をはじめとして、樹脂改良材、食品添加物、医薬原料、リンゴ酸及びコハク酸等の有機酸の合成原料として使用されており、ベンゼン法、n-ブタン法の2種類の反応によりCO及びCO₂が排出される。なお、COも燃焼され最終的にはCO₂として排出される。

【ベンゼン法】



【n-ブタン法】



（出典）平成 24 年度温室効果ガス排出量算定・報告・公表制度基盤整備事業（排出量算定・報告・公表支援）委託業務報告書参考資料「排出量の捕捉状況等調査業務」より（石油学会編「石油化学プロセス（講談社、2001 年）」を基に作成。）。

3.2 排出係数の修正（2.B.8.g.無水フタル酸・無水マレイン酸（CO₂））

現行インベントリにおける算定方法

■ 算定式

無水フタル・無水マレイン酸生産量に生産量当たりのCO₂排出係数を乗じてCO₂排出量を算定する。

なお、2006年IPCCガイドラインには、本排出源についての排出量算定方法は記載されていない。

$$E_{CO_2} = AD \times EF$$

E_{CO_2} : 無水フタル酸・無水マレイン酸製造に伴うCO₂排出量 [t-CO₂]
 AD : 無水フタル酸・無水マレイン酸の年間生産量 [t-生産量]
 EF : 無水フタル酸・無水マレイン酸の生産量当たりCO₂排出量 [t-CO₂/t-生産量]

■ 活動量

「化学工業統計年報（経済産業省）」における無水フタル酸・無水マレイン酸生産量を使用。

■ 排出係数

「石油化学プロセス（石油学会）」に記載されている無水フタル酸・無水マレイン酸の製法別の製品収率[mol%]より、製品とならなかった炭素が最終的にCO₂になるとみなし、CO₂の生成率[mol%]を算出した上で、下式に基づき、CO₂と製品の生成率と各物質の分子量より、製品の生産量当たりのCO₂排出量を算出し、製法別の排出係数としている（収率については中央値を使用）。

なお、最終的には、製法別の排出係数を、製法別の生産能力で加重平均を行って単一の排出係数としている。

$$EF = \frac{Y_{CO_2} / M_{CO_2}}{Y / M}$$

EF : 無水フタル酸・無水マレイン酸の生産量
 当たりCO₂排出量 [t-CO₂/t-生産量]
 Y : 無水フタル酸・無水マレイン酸の収率 [mol%]
 Y_{CO_2} : CO₂の生成率 [mol%]
 M : 無水フタル酸・無水マレイン酸の分子量 [-]
 M_{CO_2} : CO₂の分子量 (44.0) [-]

無水フタル酸製造における
製法別物質生成率[mol%]

製法	製品収率	その他	CO ₂
ナフタレン酸化	87-91	4-6	2-8
o-キシレン酸化	80-83	5-8	10-16

無水マレイン酸製造における
製法別物質生成率[mol%]

製法	製品収率	CO ₂
ベンゼン法	70-80	20-30
n-ブタン法	55-60	40-45

3.2 排出係数の修正（2.B.8.g.無水フタル酸・無水マレイン酸（CO₂））

修正事項①排出係数算定式

■ 製品収率[mol%]からの排出係数の算定式は正しくは下記のとおりとなる。

現行

$$EF = \frac{Y_{CO_2} / M_{CO_2}}{Y / M}$$

EF : 無水フタル酸・無水マレイン酸の生産量
当たりCO₂排出量 [t-CO₂/t-生産量]
Y : 無水フタル酸・無水マレイン酸の収率
[mol%]
Y_{CO2} : CO₂の生成率 [mol%]
M : 無水フタル酸・無水マレイン酸の分子量 [-]
] :
M_{CO2} : CO₂の分子量 (44.0) [-]



修正後

$$EF = \frac{Y_{CO_2} \times M_{CO_2}}{Y \times M}$$

EF : 無水フタル酸・無水マレイン酸の生産量
当たりCO₂排出量 [t-CO₂/t-生産量]
Y : 無水フタル酸・無水マレイン酸の収率
[mol%]
Y_{CO2} : CO₂の生成率 [mol%]
M : 無水フタル酸・無水マレイン酸の分子量 [-]
] :
M_{CO2} : CO₂の分子量 (44.0) [-]

3.2 排出係数の修正（2.B.8.g.無水フタル酸・無水マレイン酸（CO₂））

修正事項②生成率の設定

※下記は無水フタル酸のナフタレン酸化の場合であり、無水フタル酸のo-キシレン酸化、無水マレイン酸のベンゼン法の生成率についても同様の修正を行う（無水マレイン酸のn-ブタン法については生成率の修正は不要）

- 現行インベントリでは、CO₂の生成率[mol%]については、文献中の「ナフタレン酸化による無水フタル酸の収率は87～91mol%、無水フタル酸以外に、無水マレイン酸が4～6mol%、その他が1mol%生成するほかはほとんどがCO₂となる」との記載から、製品とならなかった炭素が最終的にCO₂になるとみなし、残りの2～8mol%のみがCO₂であるとして排出係数を設定している。
- しかし、化学量論的には、無水フタル酸1molの生成に対しCO₂は2mol、無水マレイン酸1molの生成に対しCO₂は6mol発生することになることから、これらのCO₂も生成率に加える必要がある。

無水フタル酸製造における物質生成率（ナフタレン酸化）

生成物	生成率[mol%]
無水フタル酸	87-91
無水マレイン酸	4-6
その他	1
CO ₂	2-8

文献値

上記生成物以外をCO₂としている

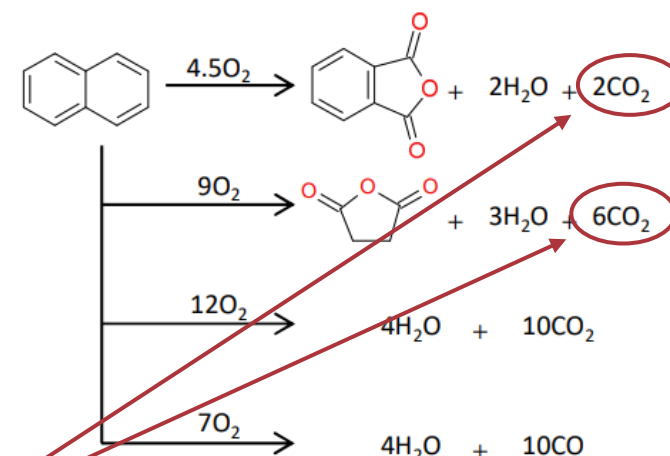


生成物	生成率[mol%]
無水フタル酸生成に伴って2mol発生するCO ₂	174-182
無水マレイン酸生成に伴って6mol発生するCO ₂	24-36



修正後のCO₂生成率：200-226mol%

【ナフタレン酸化】



これらのCO₂も生成率にカウントする必要がある

3.2 排出係数の修正（2.B.8.g.無水フタル酸・無水マレイン酸（CO₂））

排出係数修正結果

- 修正事項①②による排出係数の改訂結果は以下のとおりとなる。なお、これらは排出係数の算定式と生成率を修正したものであり、排出係数設定方法の考え方自体は当初のとおりでである。

無水フタル酸製造におけるCO₂排出係数
[t-CO₂/t-生産量]

製法	修正前	修正後
ナフタレン酸化	0.19	0.71
o-キシレン酸化	0.54	0.11

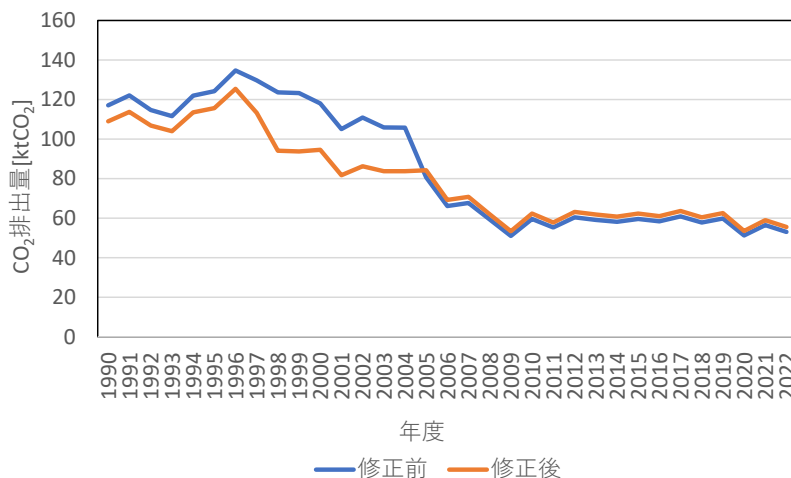
無水マレイン酸製造におけるCO₂排出係数
[t-CO₂/t-生産量]

製法	修正前	修正後
ベンゼン法	0.74	1.05
n-ブタン法	1.65	0.33

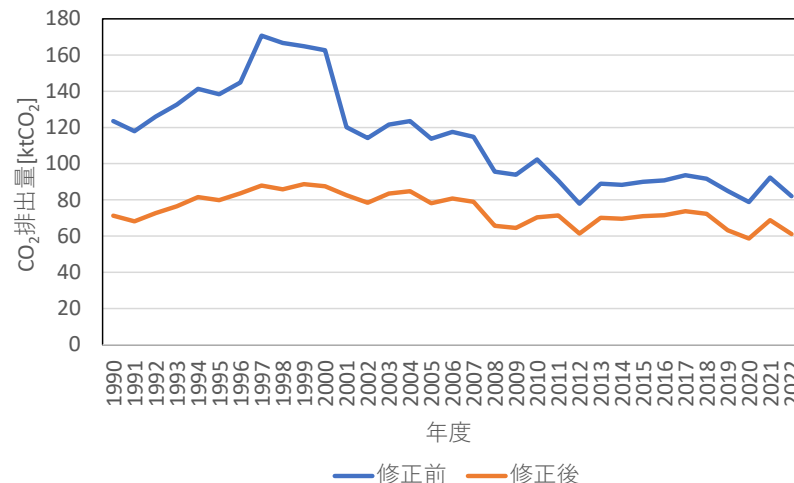
排出量修正結果

- 排出係数の修正による排出量変化は以下のとおりとなる。排出係数の修正により、2022年度では、無水フタル酸製造からのCO₂排出量は2千tCO₂増、無水マレイン酸製造からのCO₂排出量は2万tCO₂減となる。

無水フタル酸製造からのCO₂排出量修正結果



無水マレイン酸製造からのCO₂排出量修正結果



3.3 半導体・液晶製造工程からの亜酸化窒素（N₂O）排出量の算定 （2.E.1, 2.E.2 半導体・液晶製造）



検討課題

- 半導体・液晶製造工程からの亜酸化窒素（N₂O）排出量については2.G.3.b「製品の使用からのN₂O排出」において計上されていたが、2019RMにおいて計上区分が2.E.1および2.E.2に変更され、算定方法も定められたことから、排出量の実態を把握した上で必要に応じて排出量の算定を検討する必要がある。
- 従来の2.G.3.bでの報告においては、対象として同じ半導体・液晶製造工程からのN₂O排出量を報告していたが、販売量をそのまま排出量としており、ガス使用率や除去装置の除去率などの反映について検討が必要である。

対応方針

- 半導体・液晶製造工程からのN₂Oの排出量算定をおこなっている電子情報技術産業協会半導体部会が収集しているデータを提供いただき、ヒアリングを実施しつつ1990年まで遡及した排出量算定を行う。
- 電子情報技術産業協会半導体部会では用途別・サイズ別のガス使用量データの収集を行っているため、そのデータを基に入手可能な活動量データとあわせて**2019RM Tier2c（複数のプロセスごとに活動量や排出係数を設定して排出量を算定し、その合計を当部門からの排出量とする方式）**の算定方法を用いて1990年までの遡及計算を行う方針とする。

3.3 半導体・液晶製造工程からの亜酸化窒素（N₂O）排出量の算定 （2.E.1, 2.E.2 半導体・液晶製造）

排出量算定方法

<算定方法>

生産プロセスで使用されるすべての未反応N₂Oガス：

$$E_{N_2O} = \sum C_i * (1 - U_i) * (1 - D_i)$$

E_{N_2O} ：未使用投入N₂Oの排出量 [kg]

C_i ：用途*i*におけるN₂Oガスの使用量[kg]

U_i ：用途*i*におけるN₂Oガスの反応率 [-]

D_i ：用途*i*におけるサイト固有の制御システムによるN₂Oの全体的な削減率[-]

i ：薄膜ダイオード(200mm)、薄膜ダイオード(300mm)、薄膜ダイオード以外

固有の制御システムによるN₂Oの全体的な削減率 D_i ：

$$D_i = d_i * a_i$$

D_i ：用途*i*におけるサイト固有の制御システムによるN₂Oの全体的な削減率[-]

d_i ：用途*i*における除外装置の除外率[-]

a_i ：用途*i*における除外設置率[-]

i ：薄膜ダイオード(200mm)、薄膜ダイオード(300mm)、薄膜ダイオード以外

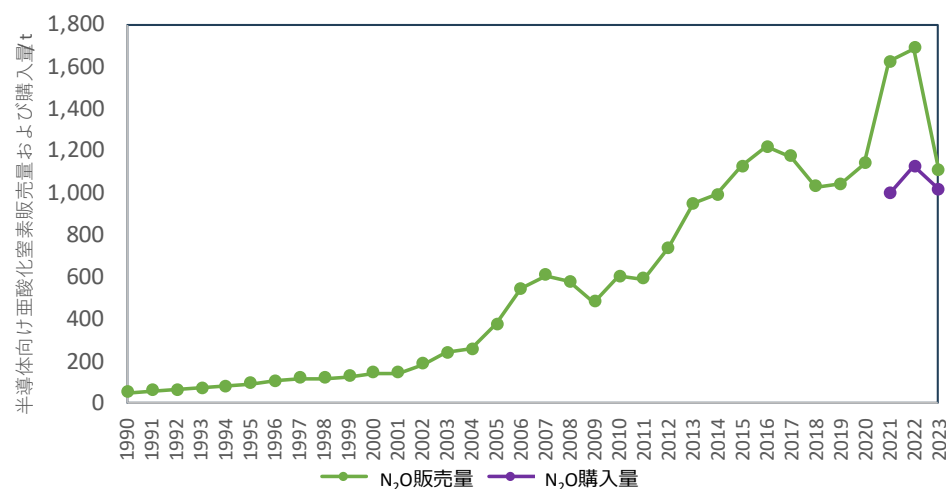
3.3 半導体・液晶製造工程からの亜酸化窒素（N₂O）排出量の算定 （2.E.1, 2.E.2 半導体・液晶製造）

新規データ

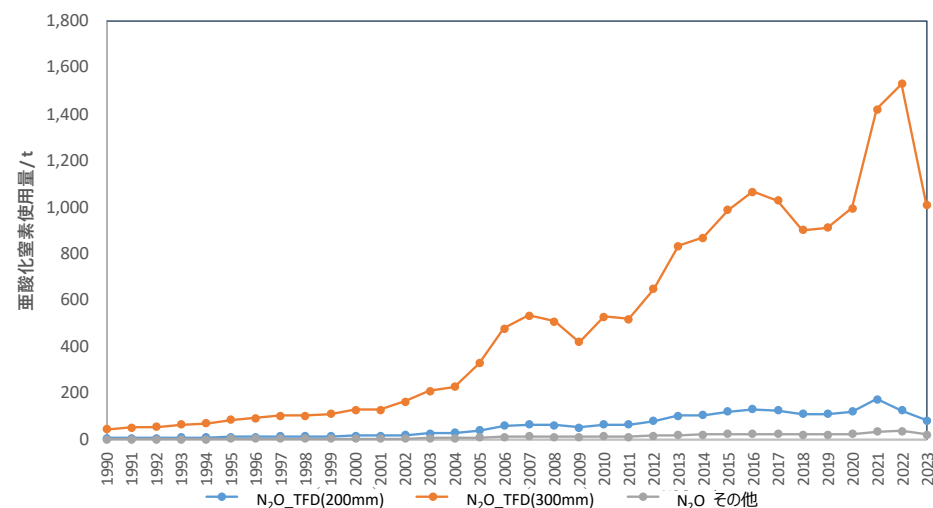
<活動量 C：ガスの使用量>

- 電子情報技術産業協会より、新たにN₂Oの用途別購入量のデータが提供された。
- 提供を受けた2021年以降の購入量データと1990年度まで遡及が可能な日本産業・医療ガス協会の公表している半導体向け高純度N₂Oガスの販売量とのデータに差異があるため、**提供を受けたデータをもとに薄膜ダイオード（200mm/300mm TFD）用とそれ以外の用途別割合で日本産業・医療ガス協会が提供する1990年度からの販売量を按分することで、1990年からのそれぞれの用途での使用量とした。**

半導体用N₂Oの販売量ならびに購入量の推移



各用途別N₂O使用量の推移



（出典）日本産業・医療ガス協会統計、電子情報技術産業協会半導体部会提供データ

3.3 半導体・液晶製造工程からの亜酸化窒素（N₂O）排出量の算定 （2.E.1, 2.E.2 半導体・液晶製造）

<排出係数 U : ガスの反応率>

- 今年度、電子情報技術産業協会より、新たにガスの反応率のデータが提供されたため、1990年度から2023年度の期間においてその値を用いることとした。

<排出係数 D : ガスの削減率>

- 電子情報技術産業協会より、サイト固有の制御システムによるガスの全体的な削減率のデータが提供されたため、1990年度から2021年度は2021年値、2022、2023年度はそれぞれの値を用いることとした。
- サイト固有の制御システムによるガスの全体的な削減率Dは除外装置の除外率dと除外設置率aの積からなる。

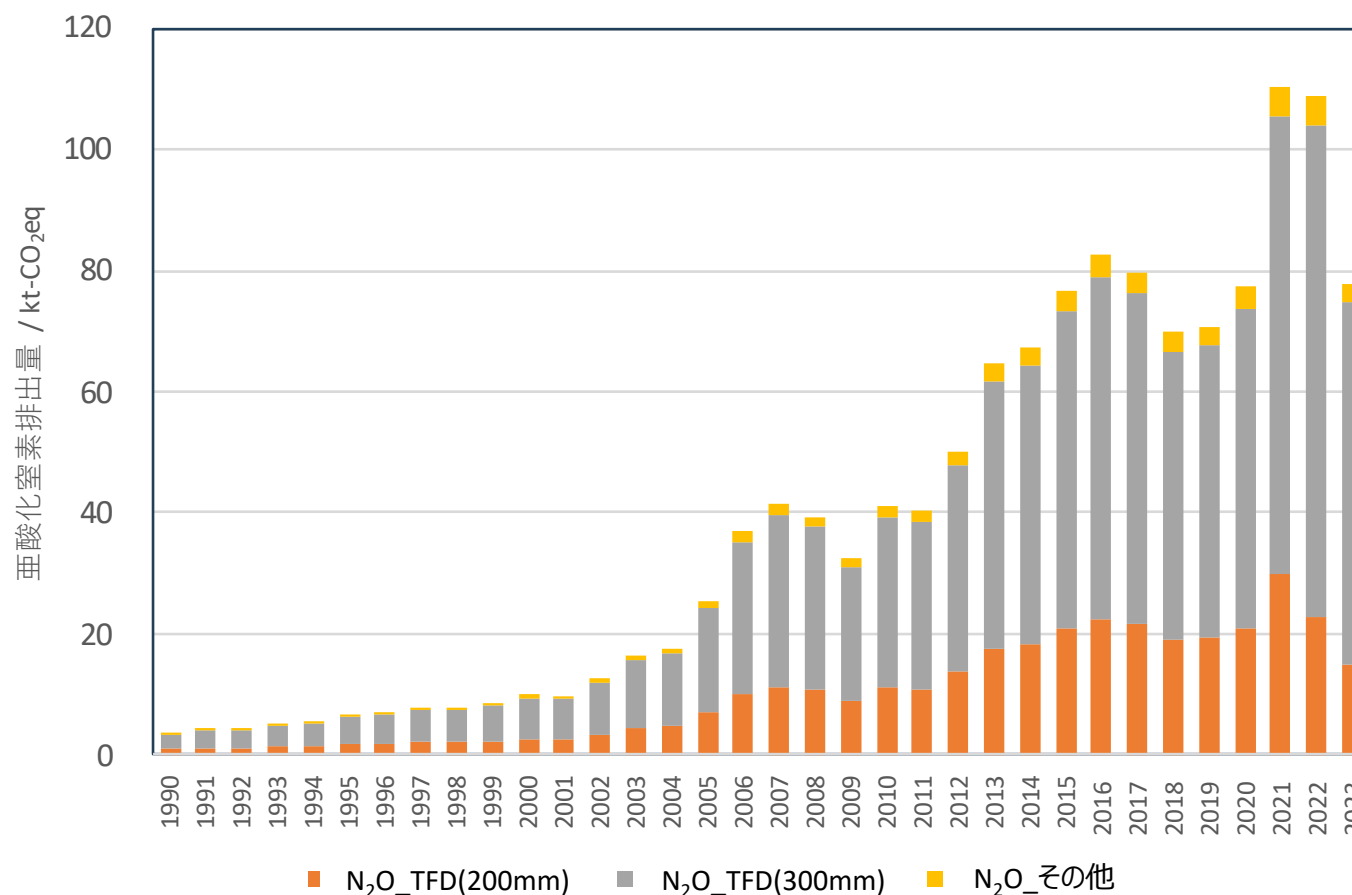
		ガス反応率 U	全体的な削減率 D (d*a)	除外装置の除外率d	除外設置率a
1990~2021年	TFD (200mm)	0	0.343	0.600	0.572
	TFD (300mm)	0.50	0.600		1.0
	TFD以外	0	0.419		0.698
2022年	TFD (200mm)	0	0.307	0.600	0.512
	TFD (300mm)	0.50	0.600		1.0
	TFD以外	0	0.490		0.816
2023年	TFD (200mm)	0	0.314	0.600	0.524
	TFD (300mm)	0.50	0.552		0.919
	TFD以外	0	0.496		0.827

3.3 半導体・液晶製造工程からの亜酸化窒素（N₂O）排出量の算定 （2.E.1, 2.E.2 半導体・液晶製造）

算定結果

- 算定方法の改訂後の2023年度の半導体・液晶製造工程からのN₂O排出量は7万8千tCO₂となった。

各用途別N₂O排出量の推移

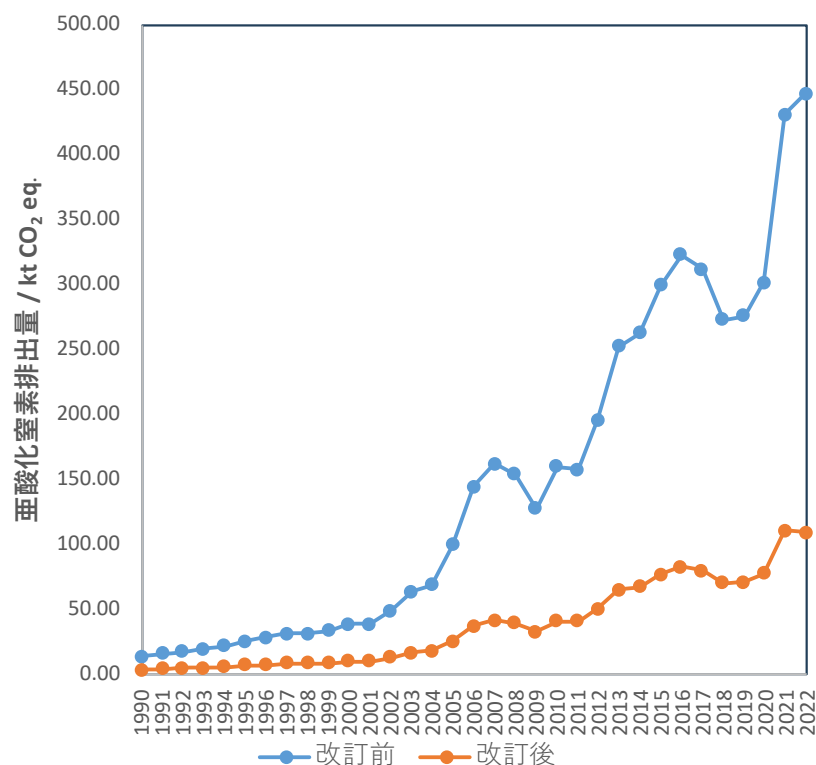


3.3 半導体・液晶製造工程からの亜酸化窒素（N₂O）排出量の算定 （2.E.1, 2.E.2 半導体・液晶製造）

算定結果

- 算定方法の改訂による排出量変化は以下のとおりとなる。改訂前と比較して全期間において排出量は減少する結果となった。

算定方法改訂前後の半導体・液晶製造工程からのN₂O排出量の推移



		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
改訂前	kt-CO ₂ eq.	13.25	15.90	16.70	19.08	21.20	25.18	27.83	31.01	31.01	33.13
改訂後	kt-CO ₂ eq.	3.39	4.07	4.27	4.88	5.43	6.44	7.12	7.94	7.94	8.48
差異	kt-CO ₂ eq.	-9.86	-11.83	-12.42	-14.20	-15.77	-18.73	-20.70	-23.07	-23.07	-24.65

		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
改訂前	kt-CO ₂ eq.	38.69	38.43	49.03	63.60	68.90	99.38	144.43	161.65	153.70	127.39
改訂後	kt-CO ₂ eq.	9.90	9.84	12.55	16.28	17.64	25.44	36.97	41.38	39.34	32.61
差異	kt-CO ₂ eq.	-28.79	-28.59	-36.48	-47.32	-51.26	-73.94	-107.46	-120.27	-114.36	-94.78

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
改訂前	kt-CO ₂ eq.	159.90	157.25	195.97	252.09	263.01	299.24	323.17	311.69	272.90	276.34
改訂後	kt-CO ₂ eq.	40.93	40.25	50.16	64.53	67.33	76.60	82.72	79.79	69.86	70.74
差異	kt-CO ₂ eq.	-118.97	-117.00	-145.80	-187.56	-195.69	-222.64	-240.44	-231.91	-203.04	-205.60

		2020	2021	2022
改訂前	kt-CO ₂ eq.	301.91	430.89	447.51
改訂後	kt-CO ₂ eq.	77.28	110.30	108.66
差異	kt-CO ₂ eq.	-224.63	-320.59	-338.84