



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



1. 燃料の燃焼（1.A.）

- 1.1 炭素排出係数の改定（オイルコークス）（1.A. 全体）
- 1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）

2. 燃料からの漏出（1.B.）

- 2.1 石炭採掘量の見直し（1.B.1.a 石炭採掘）
- 2.2 廃油田、廃ガス井からの排出実態確認（1.B.2.a.vi, 1.B.2.b.vi その他）
- 2.3 原油精製時における漏出（1.B.2.a.iv 精製及び貯蔵）

3. 工業プロセス及び製品の使用（IPPU）（2.）

- 3.1 環境配慮型コンクリートによるCO₂削減効果の定量化（2.A.1. セメント製造（CO₂））
- 3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定（2.C.1. 鉄鋼製造（CO₂, N₂O））
- 3.3 希土類元素からの排出量算定（2.C.7. 希土類元素（CO₂））

1. 燃料の燃焼 (1.A.)

1.1 炭素排出係数の改訂（オイルコークス）（1.A. 全体）（1/7）



検討課題

- 2019年度の炭素排出係数の改訂に関する検討では、改訂対象となる燃料種のうち、オイルコークス以外の燃料種についての発熱量及び炭素排出係数改訂案が承認された。しかし、オイルコークスについては、実測データの収集を行ったものの、炭素排出係数について我が国の実態を反映する改訂値とするに足る試料数が確保できなかったことから、**十分な試料数を確保した上で引き続き改訂案の検討を行う必要がある。**

対応方針

- 資源エネルギー庁と協議の上、**発熱量・炭素排出係数ともに同一試料に基づく実測値とすること**を前提として、事前に業界団体が既に保有している提供可能なデータ点数について、昨年度予備調査を行った。その結果、提供可能なデータのみでは、**我が国の実態を反映するに足る試料数を確保できない可能性があることから、業界団体に協力依頼を行い、追加で実測調査を行い、その結果に基づき、改訂案を作成。**
- なお、実測対象試料に関しては、より我が国を代表する改定値とするため、2019年度の調査に協力いただいた**日本化学工業協会に加え、セメント協会にも協力頂き、46サンプルを確保。**
- 今回の実測調査対象は2021年度の試料であることから、**新たに設定したオイルコークスの発熱量・炭素排出係数は2023年提出インベントリにおける2021年度排出量（速報値）以降から適用していくこととする。**

1.1 炭素排出係数の改定（オイルコークス）（1.A. 全体）（2/7）

試料概要

今回の調査において、日本化学工業協会及びセメント協会から提供されたオイルコークス試料、及び現行値（2013年度調査値）の設定に使用された試料の概要は下表のとおり（全て無水ベース）。

今回改訂値と現行値（2013年度調査値）の設定に使用された試料概要

	高位発熱量[MJ/kg]		炭素分 [wt%]		水素分 [wt%]		全水分 [wt%]	
	現行	今回改訂	現行	今回改訂	現行	今回改訂	現行	今回改訂
試料数	85	46	18	46	19	46	80	46
最大値	36.60	36.37	91.2%	90.3%	4.0%	4.1%	15.0%	39.0%
最小値	34.64	31.49	86.0%	83.4%	2.8%	1.2%	0.3%	0.0%
単純平均	35.93	35.67	88.7%	87.7%	3.5%	3.7%	7.6%	9.1%
標準偏差	0.422	0.80	1.5%	1.4%	0.3%	0.4%	3.1%	6.7%

1.1 炭素排出係数の改定（オイルコークス）（1.A. 全体）（3/7）

算定方法

■ 発熱量

- 日本化学工業協会及びセメント協会提供のオイルコークス試料に基づく実測調査における高位発熱量を受入量により加重平均して改訂値を設定する（無水ベースのものは全水分率により湿炭ベースに換算）。実質値は標準値を採用する。

$$CV = \frac{\sum_i (CV_i * OC_i)}{OC_{Total}}$$

CV : 発熱量[MJ/t]
OC : オイルコークス受入量[t]
i : サンプル番号

■ 炭素排出係数

- 同様に、実測調査における炭素含有率を全水分率と高位発熱量により発熱量当たりの炭素排出係数に換算した上で、受入量により加重平均して改訂値を設定する。受入量は各サンプルの高位発熱量により発熱量換算した上で加重平均に使用する。実質値は標準値を採用する。

$$EF = \frac{\sum_i (EF * OC_i)}{OC_{Total}}$$

EF : 炭素排出係数[gC/MJ]
OC : オイルコークス受入量[TJ]
i : サンプル番号

1.1 炭素排出係数の改定（オイルコークス）（1.A. 全体）（4/7）

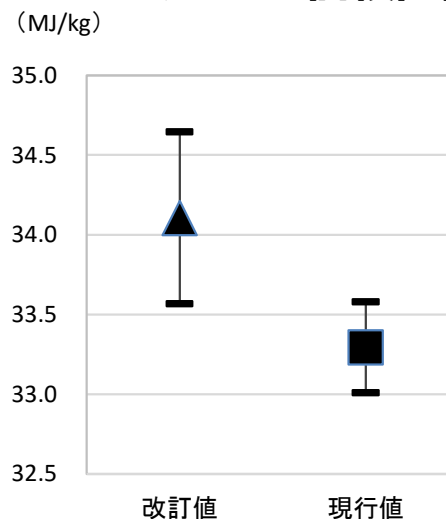
発熱量・炭素排出係数改訂値及び現行値との比較】

- オイルコークスの高位発熱量（GCV）及び高位炭素排出係数（EF-G）の改訂結果は下表のとおり。
- GCV、EF-Gともに、現行値と改訂値が互いの95%信頼区間から外れているが、以下の理由により、改訂値への変更は妥当であると考えられる。
 - ✓ GCVについては、含水率の低い試料の割合が大きくなったため、現行値を上回ったと考えられる。
 - ✓ EF-Gについては、前回改訂より試料数が多く得られたこと（前回：N=18、今回：N=46）や、発熱量と同一試料による測定結果に基づいて設定していることなどから、精度が向上したことによる変化であると考えられる。

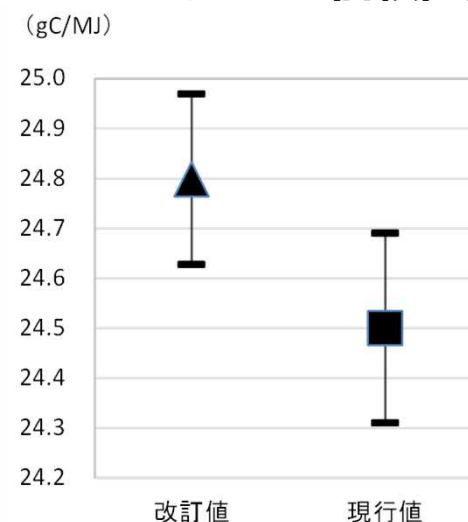
オイルコークスのGCV・EF-G改訂結果

	改訂値	現行値	増減	95%信頼区間
GCV [MJ/kg]	34.11	33.29	+2.4%	33.57-34.64
EF-G [gC/MJ]	24.80	24.50	+1.2%	24.63-24.97
EF-G [gC/g]	0.846	0.816	+3.7%	

GCVの95%信頼区間



EF-Gの95%信頼区間



1.1 炭素排出係数の改定（オイルコークス）（1.A. 全体）（5/7）

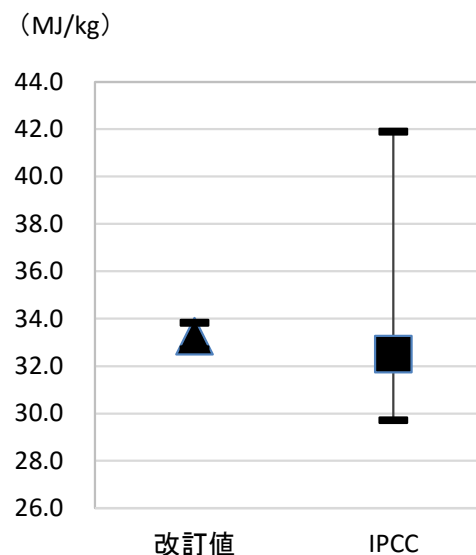
IPCCデフォルト値との比較

- IPCCガイドラインに掲載されている低位発熱量（NCV）及び低位排出係数（EF-N）のデフォルト値と改訂値の比較では、改訂値は2006年IPCCガイドラインデフォルト値の95%信頼区間内に存在している。

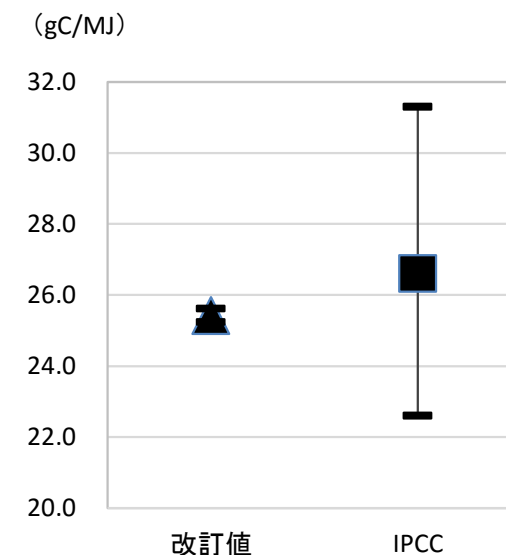
改訂値とIPCCデフォルト値との結果

	改訂値	2006年IPCC デフォルト値	95%信頼区間 (IPCC)
NCV [MJ/kg]	33.3	32.5	29.7-41.9
EF-N [gC/MJ]	25.4	26.6	22.6-31.3

NCVの95%信頼区間



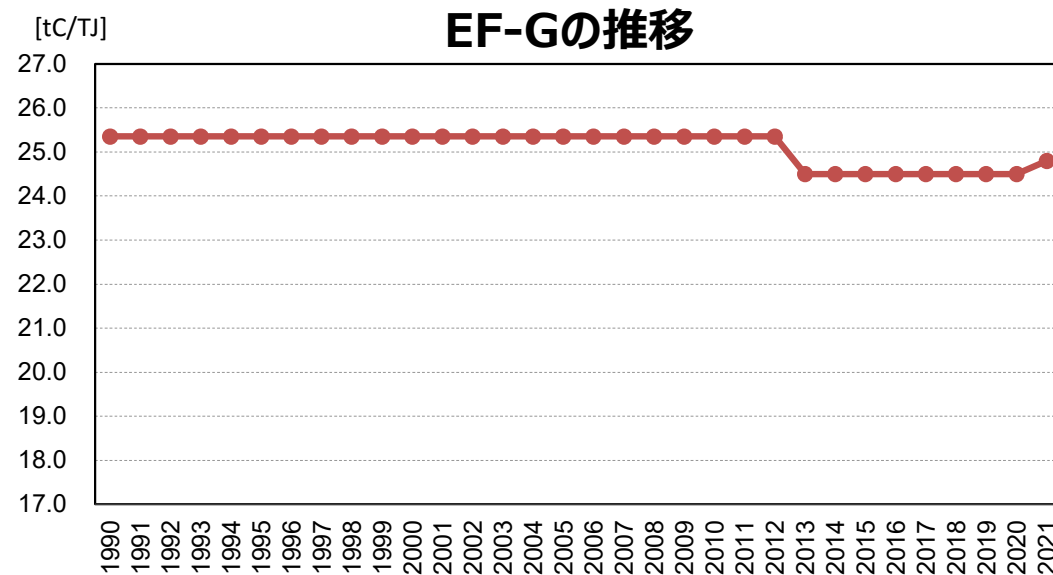
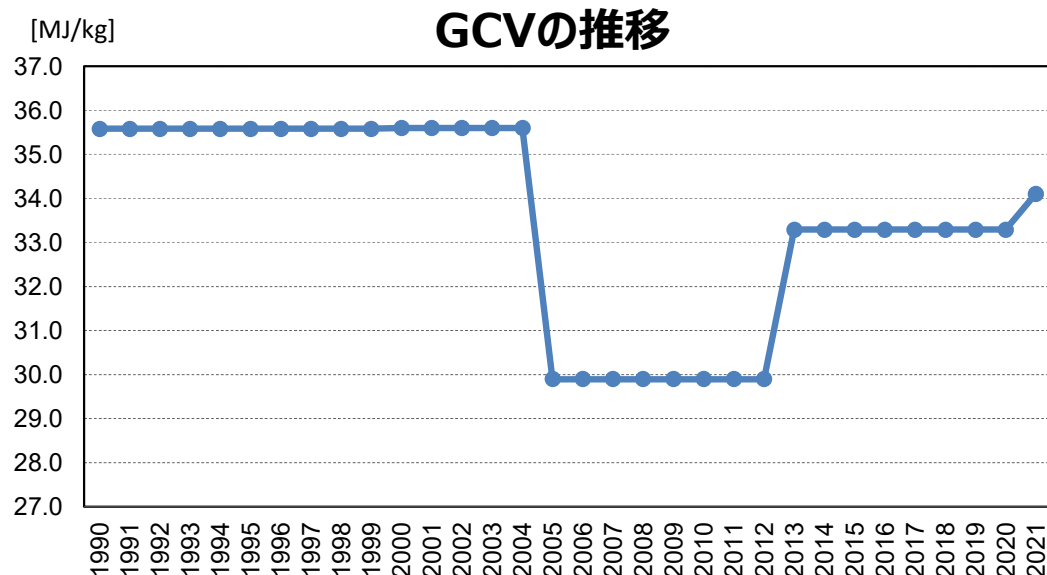
EF-Nの95%信頼区間



1.1 炭素排出係数の改定（オイルコークス）（1.A. 全体）（6/7）

時系列推移

- GCV及びEF-Gの推移は下図のとおり。GCV及びEF-Gともに2020年度から2021年度にかけて、やや増加。

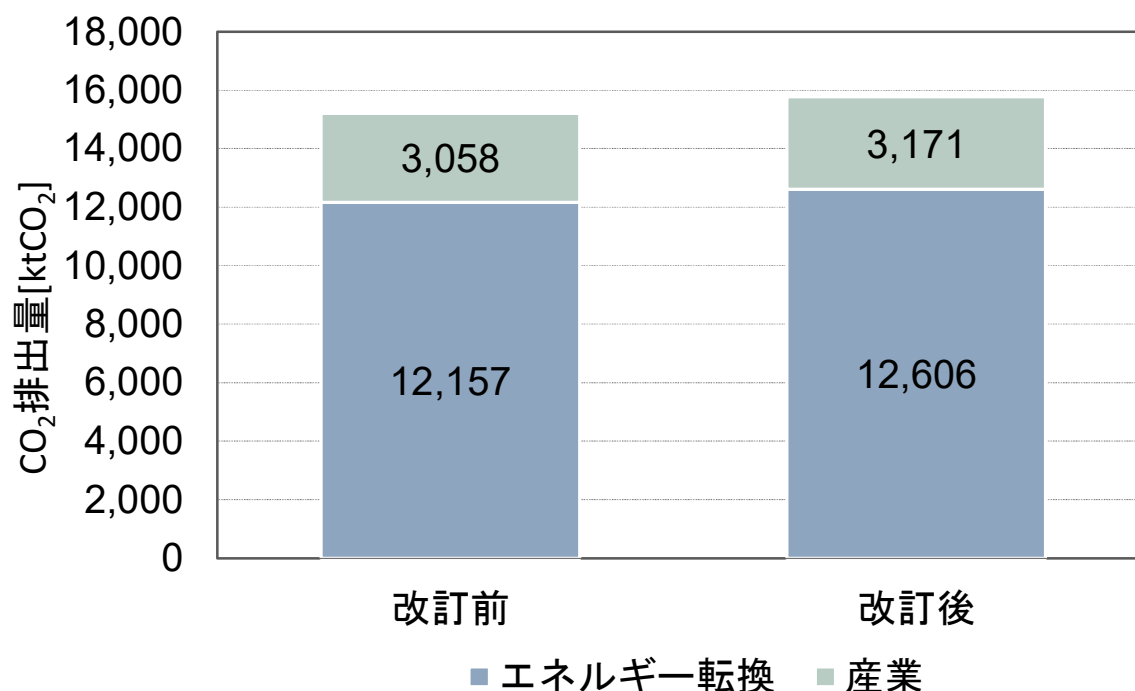


※発熱量（GCV）はこれまでおおむね5年ごとに見直しが行われてきたが、炭素排出係数（EF-G）が発熱量と同時に見直しが行われるようになったのは2013年度の改訂以降。

1.1 炭素排出係数の改定（オイルコークス）（1.A. 全体）（7/7）

改訂結果

- 仮に、改訂値を2020年度の排出量に適用した場合、2020年度のオイルコークスの消費に伴うエネルギー起源CO₂排出量は1,520万tCO₂（改訂前）から1,580万tCO₂（改訂後）へと約56万tCO₂増加する。
- 部門別の内訳としては、エネルギー転換部門の排出量が約45万tCO₂増加、産業部門の排出量が約11万tCO₂増加となる。



改訂前後のオイルコークス由来のCO₂排出量（2020年度に適用した場合の試算値）

※実際には2021年度排出量から適用予定

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（1/9）



検討課題

- 我が国の温室効果ガスインベントリ（以下「インベントリ」という。）におけるCCU（Carbon Capture and Utilization：CO₂の回収・利用）の暫定的な計上方針としては、2006年IPCCガイドラインに従い、原則として、「**「回収されたCO₂がCCSで長期貯留される」場合のみ、CO₂固定量を発生源分野の排出量から控除することとする。**」としている。これに従い、CCUのためのCO₂回収量は原則として発生源分野から控除しない方針であった。
- 一方、今後、イノベーションの進展により、**一定期間CO₂が固定されるCCU技術の社会実装が進むことが予想されていることから、CO₂の回収・利用による我が国の温暖化対策への寄与を適切にインベントリへ反映するためにも、従来型の液化炭酸ガスやドライアイスとしての利用も含めたCO₂の回収・利用全般に関するインベントリにおける取扱いについて、改めて検討を行う必要がある。**

対応方針

- 我が国がこれまで上流側の排出として報告していたCO₂排出について、対策評価の観点から、**可能な限り下流側（溶接、食品・飲料等、炭酸ガスの需要側）で排出量を計上を行う可能性について検討するため、国内のどの産業からどれだけのCO₂が回収され、どのような用途でCO₂が使用されているかを把握する。**
- 本調査に当たっては、産業ガス及び医療ガス事業者の業界団体である日本産業・医療ガス協会が、会員企業に対して既に原料炭酸ガスの回収・利用に関する調査を実施していることから、調査の重複を回避するため、これら調査結果を可能な限り活用する形で設計・実施することとする。
- なお、本調査は、従来型の炭酸ガスの直接利用のみを対象とし、新規のカーボンリサイクル技術については、今年度新たに立ち上げたCCU小分科会にて、別途インベントリへの反映方針の検討を進められており、（後述の「環境配慮型コンクリートによるCO₂削減効果の定量化」の対応方針参照）、**CCU小分科会での検討状況も踏まえつつ、本課題の最終的なインベントリへの反映方針を確定することとする。**

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（2/9）

現行インベントリにおける計上状況

- インベントリにおけるCO₂の回収・利用に関する排出量の計上事例は、「2.B.8. 酸化エチレン製造」において回収されたCO₂を、利用分野（炭酸飲料）である「2.H.2. 食品・飲料産業」で計上しているほか、利用のみとして輸入炭酸ガスからの排出を「2.H.3. その他」（ドライアイス用）で計上しているのみ。
- その他のCO₂の回収・利用については、原則回収量は控除せず、現状CO₂が発生した分野（1.A. 燃料の燃焼、2.B.1. アンモニア製造等）で全量計上。
- なお、CCSについては、「1.A.1. エネルギー産業」及び「2.B.1. アンモニア製造」の排出量から、石油精製プラント及びアンモニアプラントから回収・貯留されたCO₂を控除。

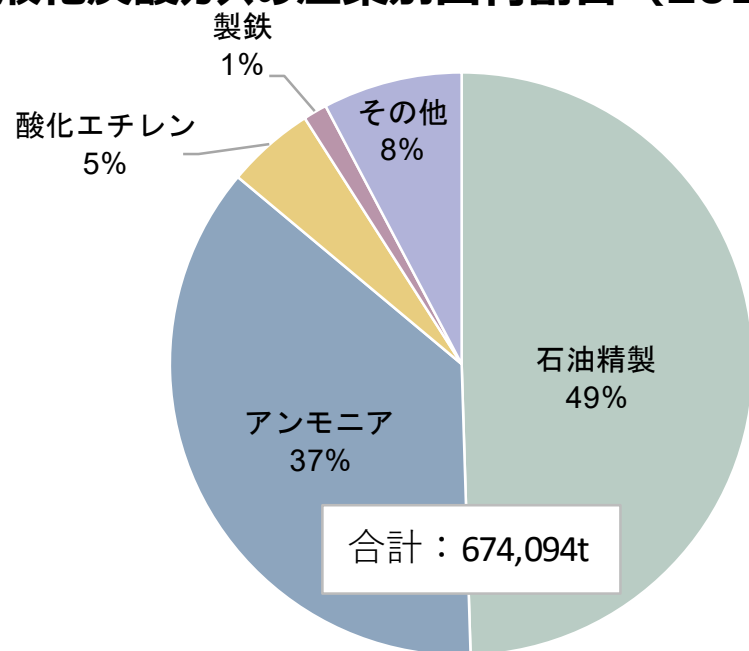
CO ₂ 回収が行われている主な排出源	カテゴリー	我が国のインベントリにおける取扱い
石油精製プラント	1.A. 燃料の燃焼	CCUに伴う回収量は控除せず、「1.A. 燃料の燃焼」の石油製品製造における排出量として計上。 ただし、CCSによる回収量は控除。
製鉄プラント	1.A. 燃料の燃焼	CCUにおける回収量は控除せず、「1.A. 燃料の燃焼」の鉄鋼製造における排出量として計上。
アンモニアプラント	2.B.1. アンモニア製造	CCUに伴う回収量は控除せず、全量「2.B.1. アンモニア製造」における排出量として計上。 ただし、CCSによる回収量は控除。また、「2.D.3. その他-触媒として使用される尿素」における尿素SCRシステム搭載自動車の排出量から「2.B.1. アンモニア製造」で計上済みの排出量は控除。
酸化エチレンプラント	2.B.8. 酸化エチレン製造	業界団体との調整の結果、炭酸飲料原料用に回収されたCO ₂ を控除して別途「2.H.2. 食品・飲料産業」からの排出量として計上。
その他	-	輸入炭酸ガスの使用に伴うCO ₂ 排出を「2.H.3. その他」において計上。

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（3/9）

CO₂回収・利用関連データの整備状況

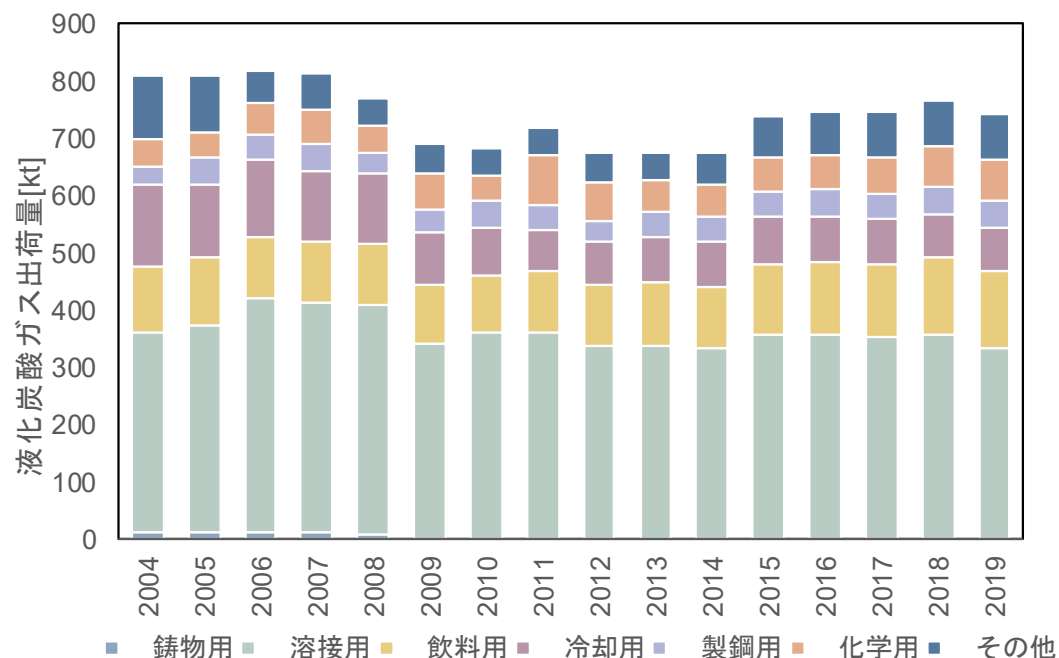
- 日本産業・医療ガス協会は、これまで独自に製品炭酸ガスの生産・出荷フローに関する調査を実施。
- 同協会が出版している「原料炭酸ガス製造フロー概説」では、各工場からの液化炭酸ガス出荷量が掲載されているほか、協会がウェブサイト上で公開している「液化炭酸ガス 工場出荷実績表」では、液化炭酸ガスの用途別の出荷実績が掲載されている。

液化炭酸ガスの産業別出荷割合（2013年度）



（出典）原料炭酸ガス製造フロー概説
（平成27年5月、日本産業・医療ガス協会）

液化炭酸ガスの用途別の出荷実績の推移



（出典）液化炭酸ガス工場出荷実績（日本産業・医療ガス協会）

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（4/9）

CO₂の直接利用における回収・利用量の検討方針

- 本調査では、1990年度以降のCO₂の直接利用における、発生源別回収量と用途別出荷量の把握を実施。
- **液化炭酸ガスについては、日本産業・医療ガス協会が既に実施している調査結果を活用しつつ、現状の調査ではその他の扱いとなっている発生源について、同協会に追加調査の依頼を行った。**
- **ドライアイスについては、ドライアイスメーカー会へデータ提供依頼を行った。**

調査項目	協会の既存調査を活用する内容	新たに調査を実施する内容
CO ₂ の回収量	✓ 1990年度以降の国内における液化炭酸ガスの原料用CO ₂ の発生源別回収量	✓ 液化炭酸ガスのその他の発生源の詳細。 ✓ 1990年度以降の国内におけるドライアイスの原料用CO ₂ 回収量と発生源。
CO ₂ の利用量	✓ 1990年度以降の国内における液化炭酸ガスの用途別出荷量	✓ 1990年度以降の国内におけるドライアイスの供給量と用途。

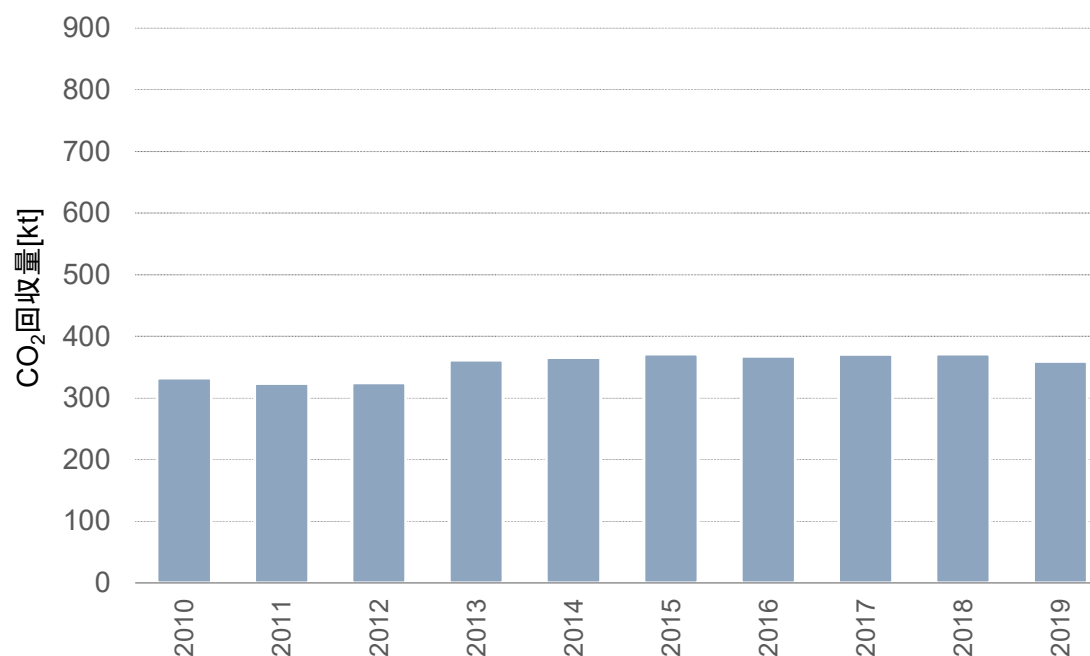
- 上記調査結果を基に、下記項目について検討を行った上で、インベントリへの計上方法案を作成する。
 - ✓ 1990年度以降で調査により把握不能であった期間におけるCO₂の回収・利用量の推計方法。
 - ✓ CO₂の発生源及び利用用途とインベントリにおけるカテゴリーの対応付け。
- **ただし、CCU小分科会においても現在、CCU技術一般における、「回収されたCO₂の計上方法（カテゴリー間アロケーション）」に関する議論が進行中であることから、CCU小分科会での対応方針も踏まえて、最終的なインベントリへの反映方針を確定することとする。**

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（5/9）

CO₂回収量調査結果

- ドライアイスメーカー会提供データによる、ドライアイス向けの国内における発生源別CO₂回収量は下図のとおり（液化炭酸ガス向けについては、現在日本産業・医療ガス協会にて集計中）。
- ✓ ドライアイスについては発生源別の回収量は未把握とのことであったが、**発生源としては、石油精製・石油系燃焼ガス・アンモニア・ウレタン・天然ガスとなっております、液化炭酸ガスとほぼ同様**。なお、ここでは提供データのドライアイス出荷量をドライアイス向けCO₂回収量として扱う。

ドライアイス向けCO₂回収量の推移



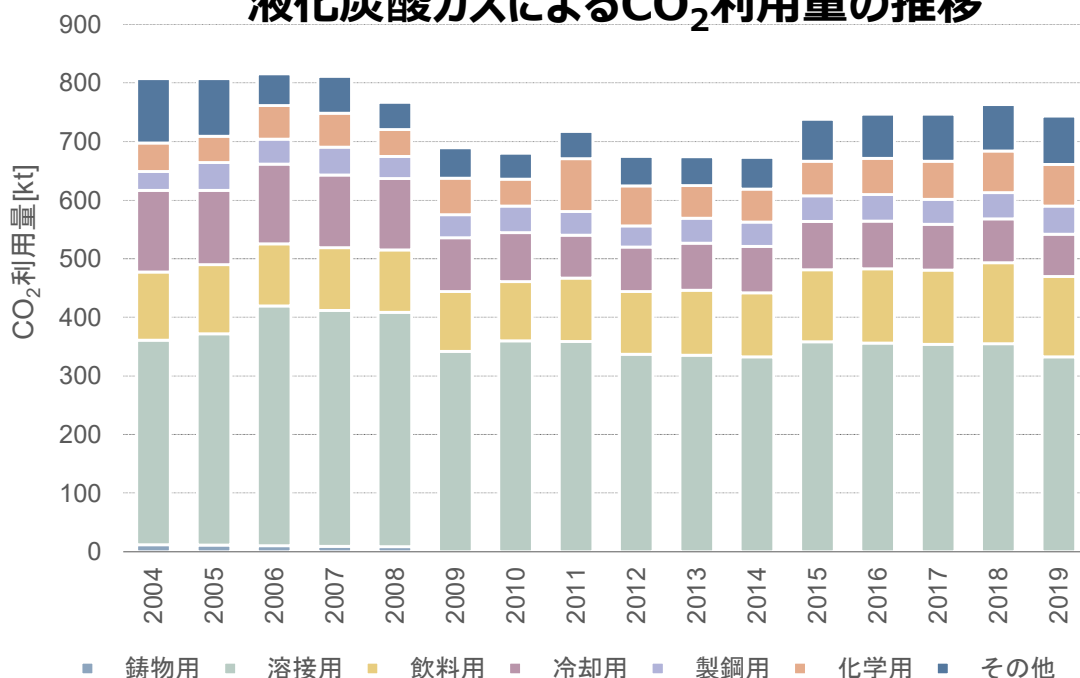
（出典）ドライアイスメーカー会提供データ

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（6/9）

CO₂利用量調査結果

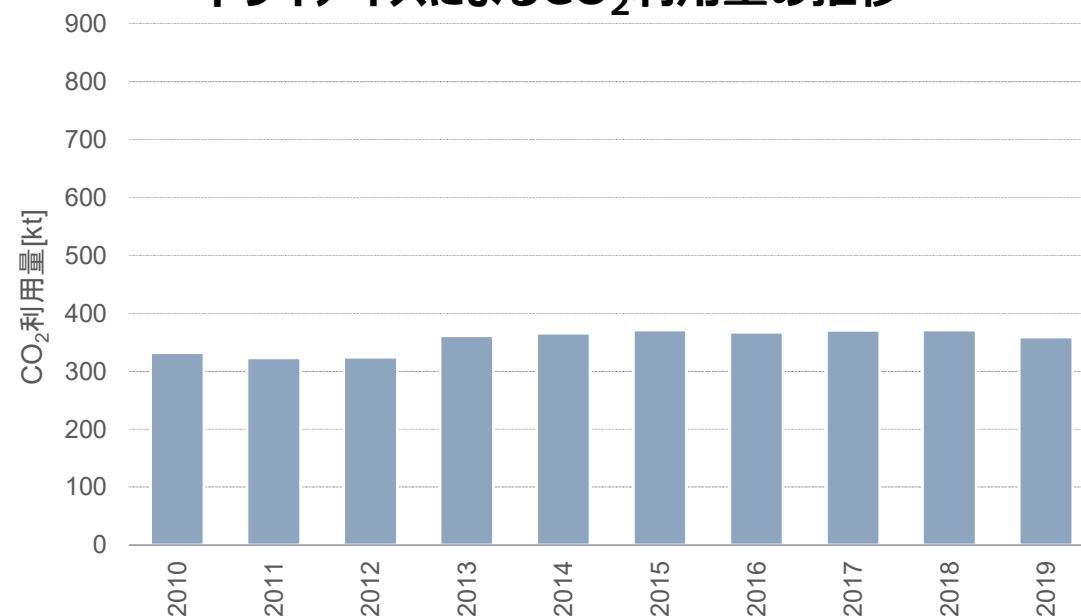
- 日本産業・医療ガス協会及びドライアイスメーカー会提供データによる、液化炭酸ガス及びドライアイス向けの国内における用途別CO₂利用量は下図のとおり。
- ✓ 液化炭酸ガスについては、全期間、**溶接用が最も多く、次いで飲料用、あるいは冷却用が多くを占めている。**
- ✓ ドライアイスについては用途別の利用量は把握していないとのことであったが、**最大の用途は食品の保冷輸送であり、その他にはドライアイスブラスト・金属の低温処理など工業用分野等。**なお、ここでは提供データのドライアイス出荷量をドライアイスによるCO₂利用量として扱う。

液化炭酸ガスによるCO₂利用量の推移



（出典）日本産業・医療ガス協会提供データ

ドライアイスによるCO₂利用量の推移



（出典）ドライアイスメーカー会提供データ

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（7/9）



データの無い期間のCO₂の回収・利用量の推計方法

- 本調査では、1990年度以降の発生源別・用途別のCO₂回収量・利用量のうち、データ欠損期間については以下の方針で推計を行う。

項目	液化炭酸ガス	ドライアイス
CO ₂ 回収量	✓ 「経済産業省生産動態統計年報 化学工業統計編」における「炭酸ガス」の生産量に対する本調査におけるCO₂回収量の比率を各年度の炭酸ガス生産量に乗じて各年度のCO₂回収量を推計。 ✓ 調査対象年度の発生源別構成比で各年度のCO₂利用量を按分し、各年度の発生源別利用量を推計。	✓ 「経済産業省生産動態統計年報 化学工業統計編」における「炭酸ガス」の生産量に対する本調査におけるCO₂回収量の比率を各年度の炭酸ガス生産量に乗じて各年度のCO₂回収量を推計。 ✓ ドライアイスの発生源別の内訳は把握できなかったため、液化炭酸ガスと同様であるとみなして、各年度の回収量を液化炭酸ガスの発生源別構成比で按分する。
CO ₂ 利用量	✓ 直接利用においては、CO₂回収量は全量利用量として排出されと考えられることから、各年度のCO₂利用量はCO₂回収量に等しいものとする。 ✓ CO₂回収量同様に、調査対象年度の用途別構成比で各年度のCO₂利用量を按分して各年度の用途別利用量を推計。	✓ 直接利用においては、CO₂回収量は全量利用量として排出されと考えられることから、各年度のCO₂利用量はCO₂回収量に等しいものとする。

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（8/9）

インベントリカテゴリーへの対応案

- 本調査におけるCO₂の発生源区分・利用区分とインベントリカテゴリーとの対応関係は下表のとおり（液化炭酸ガス向けの回収部門は明らかとなっているものののみ記載。現在調査中のデータ入手次第、適宜反映予定）。
- ✓ 同じ発生源において、エネルギー起源と非エネルギー起源の両方が存在するものについては、より排出量の大きな排出源から差し引く（アンモニア製造については、非エネルギー起源（IPPU分野）、製鉄についてはエネルギー起源（「1.A.燃料の燃焼」分野））。
- ✓ ドライアイスの利用に伴うCO₂については、全量「2.H.3.ドライアイス」として計上する。

CO₂回収量の部門対応

本調査における区分	インベントリカテゴリー
石油精製	1.A.1.b. 石油精製
アンモニア	2.B.1. アンモニア製造
酸化エチレン※	2.B.8. 酸化エチレン製造※
製鉄	1.A.2.a. 鉄鋼製造

CO₂利用量の部門対応

本調査における区分	インベントリカテゴリー
溶接用	2.H.3. 溶接※
飲料用	2.H.2. 食品・飲料産業
冷却用	2.H.3. 冷却※
ドライアイス	2.H.3. ドライアイス※
製鋼用	2.C.1. 鉄鋼製造
化学用	2.B.10. 化学産業その他
鋳物用、その他	2.H.3. その他の炭酸ガスの利用※

※インベントリに対応するカテゴリーがないため、「2.H.3.その他」に今回新たにカテゴリーを設定

1.2 CO₂の直接利用実態の把握（1.A. 全体）（9/9）

インベントリカテゴリー別排出量への反映方針

- 本調査結果のインベントリへの反映方針は以下のとおり。液化炭酸ガス向けの国内における発生源別CO₂回収量データ入手次第、算定予定。
- なお、CCU小分科会での、CCU技術の実施に伴うCO₂排出・吸収量のインベントリでの取扱いに関する対応方針も踏まえて、次年度以降、最終的なインベントリへの反映方針を確定することとする。

CO₂の回収が行われているカテゴリーから回収量を差し引き、CO₂が利用されるカテゴリーに付け替え（IPCCガイドラインの考え方にに基づき、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。）。

改訂前

カテゴリー

排出量[ktCO₂]

回収量[ktCO₂]

利用量[ktCO₂]

改訂後

排出量[ktCO₂]

1.A.1.b. 石油精製

42,935

334

0

42,601

1.A.2.a. 鉄鋼製造

157,096

9

43

157,131

2.B.1. アンモニア製造

4,787

247

0

4,540

2.B.8. 酸化エチレン製造※

220

※

※

※

2.B.10. 化学産業その他

0

0

55

55

2.H.2. 食品・飲料産業

82

0

111

194

2.H.3. 冷却

0

0

80

80

2.H.3. 溶接

0

0

335

335

2.H.3. その他の炭酸ガスの利用

0

0

49

49

−

+

→

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。）。

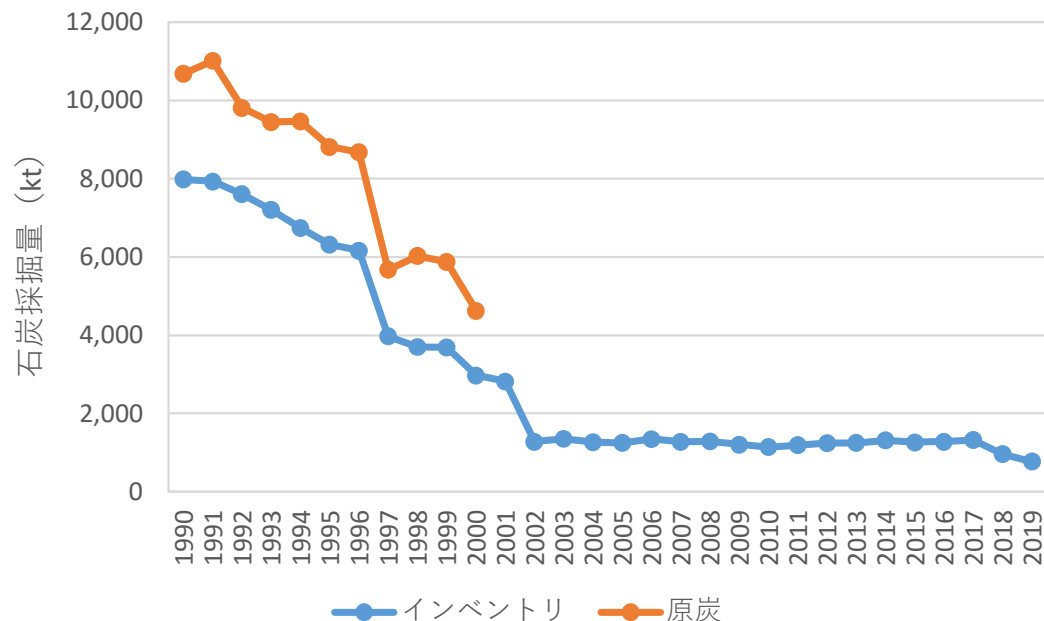
※酸化エチレン製造は既にCO₂回収量を差し引いて計上済みのため対応不要

2. 燃料からの漏出（1.B.）

2.1 石炭採掘量の見直し（1.B.1.a 石炭採掘）（1/7）

検討課題

- 2006年IPCCガイドラインでは「1.B.1.a 石炭採掘」からの排出量算定方法に使用する活動量として原炭（raw coal）ベースでの石炭採掘量を使用するよう定められている。
- 一方、我が国のインベントリでは当該部門における温室効果ガス排出量の算出に使用している石炭採掘量が**選炭工程において無機物が除去された精炭（saleable coal）ベースとなっており、排出量が過小推計となっている可能性がある。**



石炭採掘量 [kt]

	1990	1991	1992	1993
原炭	10,676	11,008	9,808	9,449
インベントリ	7,980	7,931	7,602	7,206
差異	2,696	3,078	2,207	2,243

	1994	1995	1996	1997
原炭	9,462	8,814	8,677	5,674
インベントリ	6,742	6,317	6,166	3,974
差異	2,720	2,496	2,511	1,700

	1998	1999	2000
原炭	6,028	5,874	4,625
インベントリ	3,698	3,690	2,974
差異	2,329	2,184	1,652

2.1 石炭採掘量の見直し（1.B.1.a 石炭採掘）（2/7）

「1.B.1.a 石炭採掘」における対象排出源及び現行の算定方法

- 「1.B.1.a 石炭採掘」は、採掘方法の違いにより「1.B.1.a.i 石炭採掘（坑内掘）」と「1.B.1.a.ii 石炭採掘（露天掘）」に分割される。「1.B.1.a.i 石炭採掘（坑内掘）」で報告対象となる活動は、「採掘時」、「採掘後工程」、「閉山炭鉱」である。一方、「1.B.1.a.ii 石炭採掘（露天掘）」は、「採掘時」、「採掘後工程」となる。
- このうち、本課題である石炭採掘量を算定に使用している排出源は、「1.B.1.a.i 石炭採掘（坑内掘）」のうち「採掘時」及び「採掘後工程」、並びに「1.B.1.a.ii 石炭採掘（露天掘）」のうち「採掘時」及び「採掘後工程」である。

表 1.B.1.a 石炭採掘における排出量算定方法の概要

	算定方法の概要	
	坑内掘	露天掘
採掘時	CH₄：各炭鉱における実測値を使用。なお、実測値が得られなかった1991年度から1994年度においては、石炭採掘量に排出係数^{※1)}を乗じて算定。^{※2)} ^{※1)}1990年度及び1995年度の排出量実測値を内挿しCH₄排出量を推計し、その値を石炭採掘量で除すことで設定。 ^{※2)}CH₄の回収及びフレアリングが実施されている場合は、その量を減じる。 CO₂：全期間石炭採掘量に排出係数^{※3)}を乗じて算定。 ^{※3)}CH₄の排出係数から炭層ガス中のCO₂割合を乗じることで設定。	CH₄,CO₂：全期間、石炭採掘量に排出係数を乗じて算定。
採掘後工程	CH₄,CO₂：全期間、石炭採掘量に排出係数を乗じて算定。	CH₄,CO₂：全期間、石炭採掘量に排出係数を乗じて算定。
閉山炭鉱	閉山前の炭鉱からの排出量に、閉山期間をパラメータとする減少係数を乗じて算出。^{※4)} ^{※4)}CH₄の回収及びフレアリングが実施されている場合は、その量を減じる。	-

2.1 石炭採掘量の見直し（1.B.1.a 石炭採掘）（3/7）



対応方針

<露天掘>

- 石炭採掘量データの提供元である「一般財団法人石炭フロンティア機構（JCOAL）」に問い合わせたところ、**露天掘は全て原炭ベース**であることが確認された。ゆえに、**露天掘の排出量について過小推計は生じていない**。

<坑内掘>

- 一方、**坑内掘では、選炭を実施している一部炭鉱の生産量が精炭ベース**であることが判明した。このため、以下の方法により活動量を設定する。

2000年度以降

- JCOALの追加調査により、**当該期間における原炭ベースでの坑内掘石炭採掘量を把握できたため、その数値を使用**する。

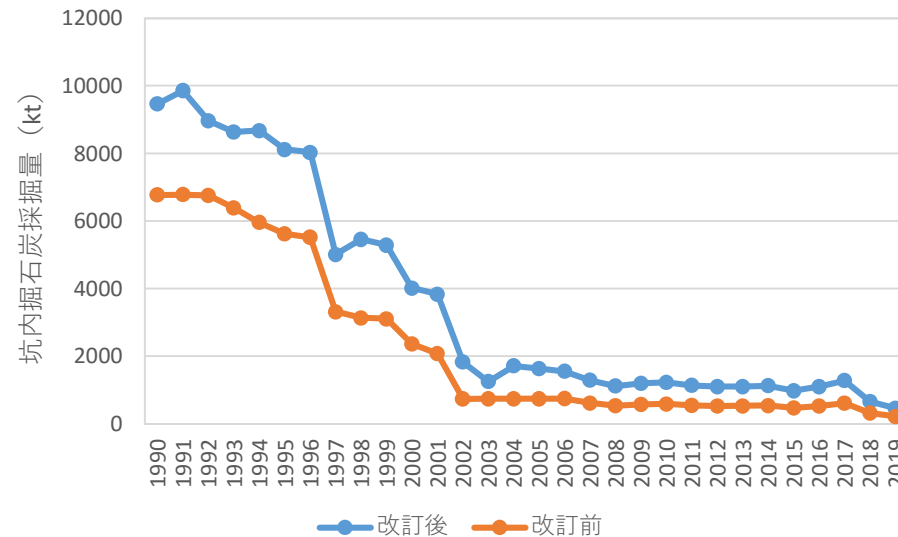
1990～1999年度

- 「エネルギー生産・需給統計年報」（経済産業省）により、**2000年度までは原炭ベースでの石炭総採掘量が把握可能なため、この総量から露天掘における採掘量を差し引くことで原炭ベースでの坑内掘石炭採掘量を推計**する。※

※JCOALに問い合わせたところ、1999年度以前のデータに関しては全て廃棄されているとの連絡を受けている。

2.1 石炭採掘量の見直し（1.B.1.a 石炭採掘）（4/7）

＜改訂前後における坑内掘石炭採掘量の推移＞



坑内掘採掘量（原炭換算）

[kt]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
改訂後	9,471	9,859	8,967	8,634	8,678	8,118	8,032	5,012	5,460	5,286
改訂前	6,775	6,781	6,760	6,392	5,958	5,622	5,521	3,312	3,131	3,102
差異	2,696	3,078	2,207	2,243	2,720	2,496	2,511	1,700	2,329	2,184

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
改訂後	4,015	3,834	1,827	1,247	1,714	1,635	1,553	1,285	1,117	1,198
改訂前	2,364	2,080	734	738	741	738	745	617	536	575
差異	1,651	1,754	1,093	509	973	897	808	668	581	623

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
改訂後	1,225	1,132	1,100	1,103	1,124	980	1,102	1,275	660	459
改訂前	588	543	528	529	540	470	529	612	317	220
差異	637	589	572	574	584	510	573	663	343	239

2.1 石炭採掘量の見直し（1.B.1.a 石炭採掘）（5/7）



坑内堀：採掘時・採掘後工程 排出量算定方法

<算定方法>

- 原炭ベースでの石炭採掘量に、坑内堀における採掘時及び採掘後工程の排出係数を乗じること
で算定。

<活動量>

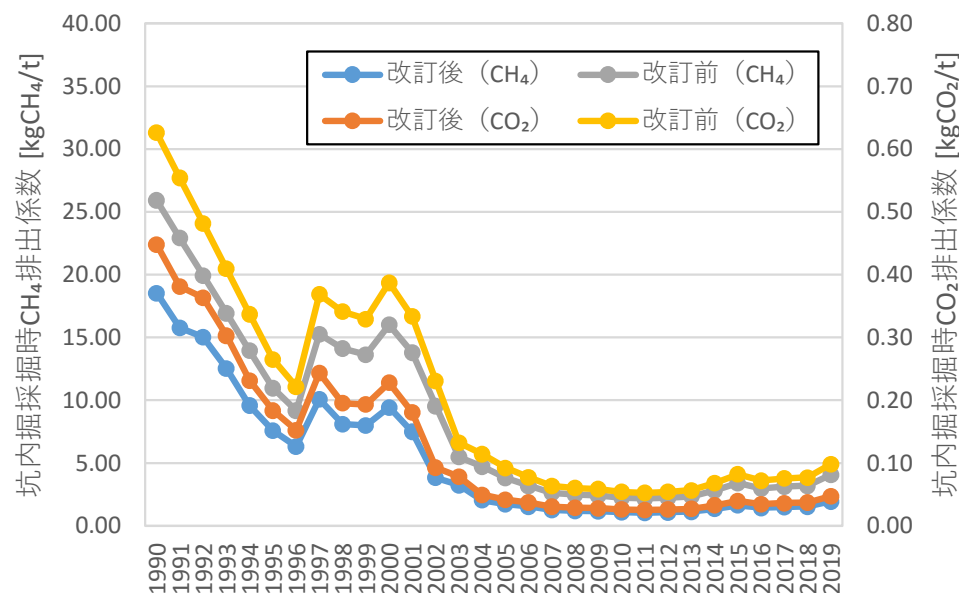
- 1999年度以前：「エネルギー生産・需給統計年報」（経済産業省）及びJCOAL提供データから推計。
- 2000年度以降：JCOAL提供データを利用。

<排出係数>

- 採掘時：
 - CH₄：排出量実測値と石炭採掘量（原炭ベース）から1990年度及び1995年度以降における排出係数を推計。排出量実測値が得られない1991～1994年度においては1990年度及び1995年度の排出量実測値を内挿し設定。
 - CO₂：CH₄排出係数に炭層ガス中のCO₂割合を乗じること設定。
- 採掘後工程：
 - CH₄：2006年IPCCガイドラインで示されたデフォルト排出係数（1.675kgCH₄/t）を使用。
 - CO₂：2006年IPCCガイドラインで示されたデフォルト排出係数（0.040kgCO₂/t）を使用。

2.1 石炭採掘量の見直し（1.B.1.a 石炭採掘）（6/7）

＜坑内掘・採掘時におけるCH₄、CO₂排出係数の推移＞



- 実測値データから排出量を算定しているため、**改訂前後で排出量に差異はない。**

※排出係数は変化しているが、活動量も変化しているため排出量に差異は生じない。

坑内掘採掘時 CH₄排出係数

[kgCH₄/t]

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
改訂後	18.53	15.77	15.03	12.54	9.58	7.59	6.31	10.08
改訂前	25.91	22.92	19.93	16.94	13.95	10.96	9.17	15.26
差異	-7.38	-7.16	-4.90	-4.40	-4.37	-3.37	-2.87	-5.17
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
改訂後	8.09	7.99	9.43	7.48	3.83	3.24	2.04	1.73
改訂前	14.11	13.62	16.01	13.80	9.54	5.48	4.73	3.82
差異	-6.02	-5.63	-6.59	-6.31	-5.71	-2.24	-2.68	-2.10
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
改訂後	1.53	1.26	1.19	1.16	1.08	1.04	1.07	1.12
改訂前	3.19	2.62	2.48	2.42	2.24	2.17	2.24	2.34
差異	-1.66	-1.36	-1.29	-1.26	-1.17	-1.13	-1.16	-1.22
	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
改訂後	1.35	1.63	1.43	1.50	1.53	1.95		
改訂前	2.82	3.40	2.98	3.12	3.19	4.06		
差異	-1.46	-1.77	-1.55	-1.62	-1.66	-2.11		

坑内掘採掘時 CO₂排出係数

[kgCO₂/t]

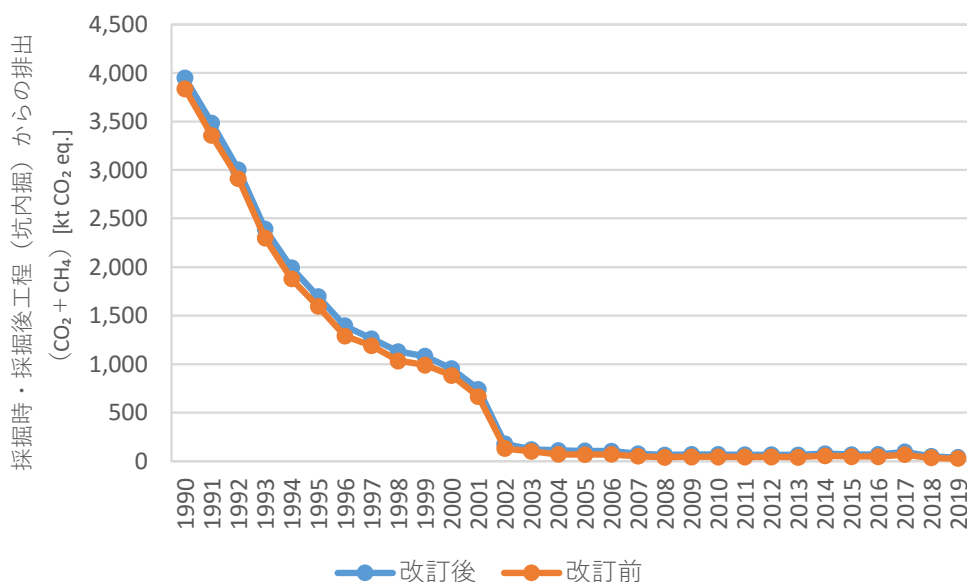
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
改訂後	0.45	0.38	0.36	0.30	0.23	0.18	0.15	0.24
改訂前	0.63	0.55	0.48	0.41	0.34	0.26	0.22	0.37
差異	-0.18	-0.17	-0.12	-0.11	-0.11	-0.08	-0.07	-0.13
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
改訂後	0.20	0.19	0.23	0.18	0.09	0.08	0.05	0.04
改訂前	0.34	0.33	0.39	0.33	0.23	0.13	0.11	0.09
差異	-0.15	-0.14	-0.16	-0.15	-0.14	-0.05	-0.06	-0.05
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
改訂後	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
改訂前	0.08	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.06
差異	-0.04	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03	-0.03
	2014	2015	2016	2017	2018	2019		
改訂後	0.03	0.04	0.03	0.04	0.04	0.05		
改訂前	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.10		
差異	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.04	-0.05		

2.1 石炭採掘量の見直し（1.B.1.a 石炭採掘）（7/7）

改定結果

- 坑内掘における採掘時・採掘後工程からの温室効果ガス排出量の推移（改訂前・改訂後）は下図のとおり。2019年度の排出量は3.7万tCO₂ eq.となり、1990年度比で99.1%減、2005年度比で65.0%減、2013年度比で42.1%減。
- 改訂前の値と比較すると、1990年度で11.3万tCO₂ eq.、2005年度で3.8万tCO₂ eq.、2013年度で2.4万tCO₂ eq.、2019年度で1.0万tCO₂ eq.の増加。

CH₄, CO₂排出量（合計）の推移



採掘時・採掘後工程（坑内掘）における排出量 [ktCO ₂ eq.]						
	1990	1991	1992	1993	1994	1995
改訂後	3,950	3,484	3,005	2,392	1,992	1,697
改訂前	3,837	3,355	2,912	2,298	1,878	1,592
差異	113	129	92	94	114	105
	1996	1997	1998	1999	2000	2001
改訂後	1,394	1,260	1,129	1,080	951	739
改訂前	1,288	1,189	1,031	989	882	666
差異	105	71	98	92	69	74
	2002	2003	2004	2005	2006	2007
改訂後	176	121	110	105	103	76
改訂前	130	100	69	67	69	48
差異	46	21	41	38	34	28
	2008	2009	2010	2011	2012	2013
改訂後	64	68	69	65	66	63
改訂前	39	42	42	40	42	39
差異	24	26	27	25	24	24
	2014	2015	2016	2017	2018	2019
改訂後	78	67	70	93	48	37
改訂前	53	46	46	65	34	27
差異	24	21	24	28	14	10

2.2 廃油井、廃ガス井からの排出実態確認 (1.B.2.a.vi, 1.B.2.b.vi その他)

検討課題

- 現在のインベントリでは稼働中のガス井及び油田から漏出する温室効果ガス排出量は計上しているものの、休廃止中のガス井及び油田からの漏出については考慮していない。当該分野については2006年IPCCガイドラインに排出源の定義が示されていないが、**2006年IPCCガイドラインの2019年改良版**（以下「2019年改良版」という。）では、2006年IPCCガイドラインに記載のなかった**「廃ガス井及び廃油井」の算定方法が示されたことから、2019改良版を踏まえ、算定方法を検討する必要がある。**

対応方針

- 「鉱山保安法施行規則」では、「坑井の密閉方法」、「セメントプラグの設置方法」、「泥水等の充てん」、「措置後の試験及び密閉状態の確認」、「坑口付近の原状回復の方法」に関する措置方法が記載されており、休廃止鉱山からガスが漏えいしない体制が整えられている。また、同施行規則により、ガス突出又は有害ガスの湧出が生じた場合、災害の発生後速やかに災害の状況について経済産業大臣に報告する義務が課されており、同活動における漏えいが生じた場合は即時に把握可能な管理体制が構築されている。
- また、天然ガス鉱業会に確認したところ、**国内に存在する休廃止石油※鉱山は「鉱山保安法」に従いガスの突出の防止を実施しており、坑井からの漏出は生じていない**ということであった。なお、各事業者は、鉱業権の放棄後も最終鉱業権者の場合「定期的な見回り（年1回程度）を実施している」ことが確認された。
- 以上における休廃止鉱山における措置体制から、我が国において当該活動における排出はないと判断されることから、1.B.2.a.vi（原油・その他）、1.B.2.b.vi（天然ガス・その他）については、「活動自体は存在するが、特定のガスの排出又は吸収が起こらない」ことを意味する**「NA」として報告することとする。**

※石油：可燃性天然ガス（石炭又は亜炭の掘採を目的とする鉱山において、石炭又は亜炭の掘採に関連して採集されるものを除く。）を含む。

2.3 原油精製時における漏出（1.B.2.a.iv 精製及び貯蔵）（1/3）

検討課題

- 当該分野では、石油精製所で原油を精製する際に漏出する排出量を計上しており、我が国のインベントリでは2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー（Vol. 2, page 4.40, Fig. 4.2.3）に従いTier1手法を採用している。2006年IPCCガイドラインではCH₄のみデフォルト排出係数が提供されていたことから排出量を報告しているガス種はCH₄のみであったが、**2019年改良版においてCO₂、CH₄、N₂Oの新たなデフォルト排出係数が提供されたことから、当該数値を用いた排出量の算定方法を検討する必要がある。**

新たに提供された原油精製時におけるデフォルト排出係数

TABLE 4.2.4C (NEW) TIER 1 EMISSION FACTORS FOR OIL REFINING, 1.B.2.A.IV											
Segment	Sub-segment	Emission source	CH ₄		CO ₂		NMVOC		N ₂ O		Units of measure
			Value	Uncertainty (% of value)	Value	Uncertainty (% of Value)	Value	Uncertainty (% of value)	Value	Uncertainty (% of value)	
Oil Refining	All ^a	All	0.03	-50% to +130%	5.85	-50% to +130%	0.26	±100%	8.77E-05	±100%	Tonnes/thousand cubic meters oil refined
a. Emission factors for CH ₄ , NMVOC, and CO ₂ developed as an average of (German Government 2018) GHG Inventory data (1990 to 2016) with a range of 0.016 to 0.065 tonnes CH ₄ /thousand cubic meters, 0.151 to 0.584 tonnes NMVOC/thousand cubic meters and 5.437 to 6.143 tonnes CO ₂ /thousand cubic meters. N ₂ O values were developed from 2006 IPCC Guidelines by calculating a ratio of N ₂ O to CO ₂ from oil production (N ₂ O values from refineries were unavailable) in 2006 IPCC Guidelines, which was then applied to corresponding CO ₂ values for refineries in this table. The factors include fugitive equipment leaks, flaring, storage of crude oil, handling and calcination.											

（出典）2006年IPCCガイドラインの2019年改良版（Vol. 2, page 4.59, Table 4.2.4C）

2.3 原油精製時における漏出（1.B.2.a.iv 精製及び貯蔵）（2/3）

対応方針

<CO₂>

- 「1.A.1.b 石油精製」では、排出量の漏れがないよう、製油所における炭素・エネルギーバランスからCO₂排出量を算定している。そのため、「**1.B.2.a.iv 精製及び貯蔵**」に計上すべき燃焼されずに漏えいした排出も、「**1.A.1.b 石油精製**」で計上されている。
- 「1.A.1.b 石油精製」の排出量算定に使用されている「総合エネルギー統計」（資源エネルギー庁）では、統計の精度確保のため、複雑な石油精製プロセスにおけるエネルギー・炭素の投入と産出を推計し、**エネルギー・炭素収支を担保している**。それゆえ、推計誤差が大きいTier1手法を用いて「1.B.2.a.iv 精製及び貯蔵」の排出量を別途計上することはせず、引き続き「**1.A.1.b 石油精製**」の内数として計上することとする。

<CH₄, N₂O>

- 「1.A.1.b 石油精製」で使用されているCH₄、N₂Oの排出係数は燃焼された燃料当たりの排出量であり、燃焼せずに漏えいした排出量は含まれていない。一方、我が国の石油精製プロセスにおいてどの程度のCH₄及びN₂Oが実際に漏出しているかは不明確であるため、2019年改良版で新たに提供されたCH₄やN₂Oのデフォルト排出係数が適用可能か精査が必要である。
- これを踏まえ、**2019改良版で新たに提供されたデフォルト排出係数の算定根拠や我が国の原油精製プロセスにおける漏えい実態について引き続き調査を実施し、次年度以降、最終的なインベントリへの反映方針を確定する。**

2.3 原油精製時における漏出（1.B.2.a.iv 精製及び貯蔵）（3/3）

2019年改良版を用いた場合の算定方法

- 仮に2019改良版の算定方法を使用した場合、当該活動からのCH₄、N₂O排出量算定方法は以下のとおり。なお、先述したとおり、**最終的なインベントリへの反映方法は次年度以降に検討する**。

<算定方法>

- 石油精製業で精製された原油精製量に2019改良版で提供されたデフォルト排出係数を乗じ算出

<活動量>

- 総合エネルギー統計で計上されている、石油精製業で精製された原油（含むNGL）精製量

<排出係数>

- 2019年改良版で提供されているデフォルト排出係数
（改訂前）CH₄：0.0026 t/10³m³、N₂O：ND（2006年IPCCガイドラインにデフォルト値なし）
（改訂後）CH₄：0.03 t/10³m³、N₂O：8.77E-05 t/10³m³

原油精製時におけるデフォルト排出係数の比較

[t / 10³ m³]

	CH ₄		N ₂ O	
	排出係数	不確実性	排出係数	不確実性
2006年IPCCガイドライン	0.0026 - 0.0410	-100% - 100%	ND	ND
2019 RM	0.03	-50% - 130%	8.77E-05	-100% - 100%

（出典）2006年IPCCガイドライン（Vol. 2, page 4.53, Table4.2.4）

2006年IPCCガイドラインの2019年改良版（Vol. 2, page 4.59, Table 4.2.4C）

3. 工業プロセス及び製品の使用 (IPPU) (2.)

3.1 環境配慮型コンクリートによるCO₂削減効果の定量化 (2.A.1 セメント製造) (1/3)

検討課題

- CCUについては、パリ協定に基づく成長戦略としての長期戦略（令和3年10月22日閣議決定）において、『「カーボンリサイクル技術ロードマップ」（令和元年6月7日経済産業省策定、令和3年7月26日改訂）を踏まえて、**競争優位性を確保しつつ、コスト低減や用途開発のための技術開発・社会実装、そして国際展開を推進していくことが求められる**』とされている。また、同じく2021年10月に閣議決定された地球温暖化対策計画（令和3年10月22日閣議決定）においても、CCUSに関するイノベーションの推進等が盛り込まれている。
- CCU技術の社会実装に向けては、既に環境省や経済産業省の実証事業等において、メタネーションや人工光合成技術、排ガスに含まれるCO₂をコンクリートに吸収・反応させる環境配慮型コンクリート（CO₂-SUICOM）等の実証が実施されている。
- CO₂-SUICOMのようなCCUS技術は先進的であるため、IPCCガイドラインにおいてCO₂吸収量の算定方法が明確に規定されていないケースが多く、我が国として、インベントリへの計上方法を科学的見地から独自に検討していく必要がある。
- 今後、各分野において様々なCCUS（主としてCCU）の事例が出てくると予想されるため、**実質的に温室効果ガスの排出削減に寄与するCCUを推進するとともに、科学的に適切なCCUの計上方法を検討するためのプロセスを新たに設定する必要がある**。また、地球温暖化対策計画（令和3年10月22日閣議決定）においても、基盤的施策の中で、「**CCUに関連する排出・吸収量の算定・計上方法等に係る調査・研究を進め、温室効果ガス排出・吸収量の算定の更なる精緻化を図る**」ことが明記された。

対応方針

- **今年度、エネルギー・工業プロセス分科会の下に新たにCCU小分科会を設置**し、様々なCCU技術によるCO₂吸収量のインベントリへの反映方法について検討を開始する。

3.1 環境配慮型コンクリートによるCO₂削減効果の定量化 (2.A.1 セメント製造) (2/3)

検討状況

- 2021年12月27日に、第1回CCU小分科会を開催し、CCU技術の実施に伴うCO₂排出・吸収量のインベントリでの取扱いや、環境配慮型コンクリート（CO₂-SUICOM）の算定方法に関して、検討が必要な全般的・技術的論点についての議論を行った。
- 引き続き検討を行っていく予定。

（参考）第1回CCU小分科会での検討内容

■ CCU技術の実施に伴うCO₂排出・吸収量のインベントリでの取扱いに関する論点（案）

1. 中長期的なCO₂固定量の算定・計上方法

- ・ 一定期間固定されるCO₂量を総排出量から差し引くべきか。
- ・ 総排出量から差し引く場合、どの程度の期間CO₂が固定される場合に控除可能と考えるか。
- ・ CO₂の固定率（残存率）や漏えい率をどう設定すべきか。また、固定されずに排出されるCO₂をどう計上すべきか。
- ・ 開発した方法論を具体的にどのようにインベントリに適用していくか。／等

2. 海外でのCO₂回収量の取扱い

- ・ 海外でのCO₂回収量を、国家インベントリで考慮できるか。
- ・ 国家インベントリで考慮する場合、海外で回収されたCO₂に由来する炭素を含む燃原料・製品の使用に伴う排出をどのように取り扱うべきか。
- ・ 開発した方法論をどのようにインベントリに適用していくか。／等

3. 国際・国内報告双方における回収されたCO₂の計上方法（カテゴリー間アロケーション）

- ・ CO₂回収量や回収されたCO₂の再利用に伴う排出をどのカテゴリーで計上するのを原則とすべきか。／等

3.1 環境配慮型コンクリートによるCO₂削減効果の定量化 (2.A.1 セメント製造) (3/3)

■ 環境配慮型コンクリート (CO₂-SUICOM) の算定方法に関する論点 (案)

● 算定方法を検討する上での論点 (案)

① 中長期的なCO₂固定量の算定・計上方法

- ✓ 吸収量を長期固定とみなすか (総排出量から差し引くか)、短期固定とみなすか (総排出量から差し引かないか)。

② 海外でのCO₂回収量の取扱い (※該当する場合)

- ✓ 海外で製造された環境配慮型コンクリートの使用によるCO₂吸収量をどのように扱うか。

③ 国際・国内報告双方における回収されたCO₂の計上方法 (カテゴリー間アロケーション)

- ✓ 吸収量を差し引く場合、どの部門から差し引くか (発電、セメント製造、建設業等)。
- ✓ 吸収されない残りのCO₂排出量をどの部門に計上するか (CO₂回収元 (発電等)、CO₂使用先 (建設業等) 等)。

● インベントリ反映に必要と考えられるデータ・情報 (案)

① 排出・吸収量算定に必要なデータ

- ✓ 毎年のCO₂-SUICOMの使用量 (使用形態ごとに吸収量を算定する必要がある場合には、使用される製品形態別)
- ✓ CO₂-SUICOM炭酸化のために使用されたCO₂量及びその提供元 (CO₂回収元)
- ✓ CO₂-SUICOMのCO₂平均吸収率 / 等

② 審査対応やインベントリ報告書において説明が望まれる情報

- ✓ 現場でのCO₂-SUICOMの炭酸化工程におけるCO₂濃度のばらつきとCO₂吸収率との関係
- ✓ CO₂-SUICOMにおける100年CO₂残存率・通常のコンクリートにおける100年間CO₂吸収量 / 等

3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定 (2.C.1. 鉄鋼製造) (1/8)

検討課題

- 2019年改良版において、「**高炉ガス・転炉ガスのフレアリングからの排出 (CO₂, N₂O)**」の算定方法が新たに追加されたことから、排出量の計上を検討する必要がある。
- なお、鉄鋼製造からの副生ガスのフレアリングに伴う排出量としては、昨年度コークス炉ガスのフレアリングに伴う排出量を「1.B.燃料からの漏出」における課題として検討済み。一部事業所におけるコークス炉ガス処理量が総合エネルギー統計で計上されていないものの、燃焼放散されたコークス炉ガスの多くが既に総合エネルギー統計で計上されていることを踏まえ、**当該活動における排出量は「1.A.燃料の燃焼」に計上し、国家インベントリ報告書において計上区分の説明を記載する対応とした。**

排出源の概要

- コークス製造や鉄鋼製造時に発生する副生ガスは、主に熱供給や発電用途で利用される他、場合によっては還元剤としても利用される。ただし、**生成したガスのうち幾分か（通常は5%未満）は、緊急時あるいはメンテナンス時にフレアリングにより消費されることがある。製鋼一貫施設では通常、コークス炉ガス（COG）、高炉ガス（BFG）及び転炉ガス（LDG）などの副生ガスの混合物がフレアリングにより消費され、温室効果ガス排出量の計上対象となる。**
- COGは発熱量が大きく、エネルギーとしての利用価値が高いため、フレアリングによる損失は最小限に抑えられ、通常はCOG生産量の2%未満とされる。BFGは熱供給や発電の燃料としても広く使用されており、フレアリングされる割合はプラントのエネルギー需要に依存することが多く、**フレアリングされる割合は最大20%程度と見られる。**LDGも周辺施設でエネルギー利用される場合もあるが、**全量フレアリング処理されることも多く、場合によっては直接大気放出されることもある。**以上より、**各ガスの一般的なフレアリング割合は、COGが0.3～2%、BFGが0.5～20%、LDGが5～100%であるとされる。**

3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定 (2.C.1. 鉄鋼製造) (2/8)

算定方法の概要

■ CO₂

- Tier1手法：高炉ガス・転炉ガスの生産量に排出係数を乗じて算定。

$$E_{CO_2, non-energy} = BFG \times (EF_{CO_2})_{BFG \text{ flaring}} + LDG \times (EF_{CO_2})_{LDG \text{ flaring}}$$
$$= BFG \times \left(R_{BFG \text{ flared}} \times CC_{BFG} \times \frac{44}{12} \right) + LDG \times \left(R_{LDG \text{ flared}} \times CC_{LDG} \times \frac{44}{12} \right)$$

$E_{CO_2, non-energy}$	: BFG・LDGのフレアリングに伴う排出量[tCO ₂]
$(EF_{CO_2})_{BFG \text{ flaring}}$	: デフォルトCO ₂ 排出係数[tCO ₂ /tBFG]
$(EF_{CO_2})_{LFG \text{ flaring}}$	: デフォルトCO ₂ 排出係数[tCO ₂ /tLFG]
BFG	: 高炉ガス生産量[t]
LDG	: 転炉ガス生産量[t]
$R_{BFG \text{ flared}}$	: 高炉ガスのフレアリング処理割合[-]
$R_{LFG \text{ flared}}$	: 転炉ガスのフレアリング処理割合[-]
CC_{BFG}	: 高炉ガスの炭素含有率[tC/t]
CC_{LDG}	: 転炉ガスの炭素含有率[tC/t]

2019年改良版では、高炉ガス・転炉ガスのフレアリング処理割合のデフォルト値として $R_{BFG \text{ flared}} = 0.2$ 、 $R_{LDG \text{ flared}} = 1.0$ が示されている。なお、Tier2手法、Tier3手法は示されていない。

■ CH₄

- 高炉ガス・転炉ガス中にCH₄はほとんど含まれないため、高炉ガス・転炉ガスのフレアリングに伴うCH₄排出は算定対象外とされている。

3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定 (2.C.1. 鉄鋼製造) (3/8)

■ N₂O

- Tier1手法：高炉ガス・転炉ガスの生産量に排出係数を乗じて算定。

$$E_{N_2O, non-energy} = BFG \times R_{BFG \text{ flared}} \times (EF_{N_2O})_{BFG \text{ flaring}} + LDG \times R_{LDG \text{ flared}} \times (EF_{N_2O})_{LDG \text{ flaring}}$$

$E_{N_2O, non-energy}$	: BFG・LDGのフレアリングに伴う排出量[tN ₂ O]
BFG	: 高炉ガス生産量[t]
LDG	: 転炉ガス生産量[t]
$R_{BFG \text{ flared}}$	: 高炉ガスのフレアリング処理割合[-]
$R_{LDG \text{ flared}}$	: 転炉ガスのフレアリング処理割合[-]
$(EF_{N_2O})_{BFG \text{ flaring}}$	: デフォルトN ₂ O排出係数[tN ₂ O/tBFG]
$(EF_{N_2O})_{LDG \text{ flaring}}$	: デフォルトN ₂ O排出係数[tN ₂ O/tLDG]

2019改良版では、高炉ガスのフレアリング処理におけるN₂O排出係数デフォルト値として、 $(EF_{N_2O})_{BFG \text{ flaring}} = 1.4 \times 10^{-6}$ tN₂O/tBFGあるいは 5.6×10^{-7} tN₂O/GJ、転炉ガスのフレアリング処理におけるN₂O排出係数デフォルト値として、 $(EF_{N_2O})_{LDG \text{ flaring}} = 2.8 \times 10^{-6}$ tN₂O/tLDGあるいは 4.0×10^{-7} tN₂O/GJが示されているほか、下式でも算定可能とされている。

$$(EF_{N_2O})_{BFG \text{ flaring}} = (EF_{CO_2})_{BFG \text{ flaring}} \times \left[\frac{(EF_{N_2O})}{(EF_{CO_2})}_{oil \text{ and gas production}} \right]$$

$(EF_{CO_2})_{oil \text{ and gas production}}$ 及び $(EF_{N_2O})_{oil \text{ and gas production}}$ は「1.B.燃料からの漏出」分野における石油・天然ガス生産時のフレアリングに伴う排出係数であり、デフォルト値として、 3.0×10^{-3} ktCO₂/m³ 及び 3.3×10^{-8} ktN₂O/m³が示されている。

- Tier2手法：対象外。
- Tier3手法：プラント固有の排出量データあるいはモデルによる算定結果を使用。

3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定 (2.C.1. 鉄鋼製造) (4/8)

計上区分

- 2019改良版では、各排出源の計上区分として、**コークス炉ガス（COG）のフレアリングに伴う温室効果ガス排出量は、エネルギー分野の「1.B.燃料からの漏出」分野、高炉ガス（BFG）及び転炉ガス（LDG）のフレアリングに伴う温室効果ガス排出量は、IPPU分野で報告する必要がある**。また、混合ガスの状態でフレアリングが行われ、COG、BFG、LDGのガス種別のフレアリング量が推定できない場合には、二重計上を回避するため、IPPU分野で全てのフレアリングに伴う排出量を報告することが望ましい。IPCCガイドラインで規定された副生ガスからの排出量の計上区分を整理すると下表のとおりとなる。

IPCCガイドラインにおける鉄鋼副生ガスの計上区分

ガス種	エネルギー利用		フレアリング
	オフサイト	オンサイト	
COG			「1.B.燃料からの漏出」分野で計上
BFG	「1.A.燃料の燃焼」分野で計上	「2.IPPU」分野で計上	「2.IPPU」分野で計上
LDG			
混合ガス			

3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定 (2.C.1. 鉄鋼製造) (5/8)

対応方針

日本鉄鋼連盟の加盟各社12事業所におけるコークス炉ガス・高炉ガス・転炉ガスのフレアリング処理実態、総合エネルギー統計の一次統計である「石油等消費動態統計」（経済産業省）での計上状況に関する調査結果に基づき、以下の対応方針とする。

～2021年度

- コークス炉ガスについては、未計上となっている排出量がCO₂、N₂Oともに3,000t未満であり、そのほとんどが「1.A. 燃料の燃焼」分野において既に計上されていることが確認された。
しかし、以下の高炉ガス・転炉ガスの報告との整合性を考慮し、「1.B. 燃料からの漏出」分野において追加計上するか引き続き検討を行う。
- 高炉ガス、転炉ガスについては、総合エネルギー統計において、副生ガスの供給量に相当する、石油等消費動態統計の「発生・回収又は生産」に未計上となっているCO₂排出量が3,000tを上回っていることが判明したことから、当該排出量をIPPU分野において新たに追加計上する。

我が国の2022年提出インベントリにおける 鉄鋼副生ガスの計上区分

ガス種	エネルギー利用		フレアリング
	オフサイト	オンサイト	
COG	「1.A. 燃料の燃焼」分野で計上	「1.A. 燃料の燃焼」分野で計上	「1.A. 燃料の燃焼」分野で計上※
BFG			「1.A. 燃料の燃焼」と「2. IPPU」分野で計上
LDG			

※未計上分を「1.B.燃料からの漏出」分野で追加計上するか引き続き検討

2022年度～

- 転炉ガス以外の副生ガスについては、多くの事業所において、フレアリング処理分も含めた発生量や消費量を石油等消費動態統計に報告していることから、今後、未報告としている事業所にも、各副生ガスのフレアリング処理分を含めた形で石油等消費動態統計への報告が可能か検討を依頼する。
- 全事業所においてフレアリング処理分を含めた形で石油等消費動態統計への報告が実施された場合、フレアリングに伴う排出量は、「1.A. 燃料の燃焼」分野に含めて計上されていることとし、IPPU分野では計上しないこととする。
- 全事業所からの報告がなされなかった場合には、引き続き、過去と同様に未計上分を推計の上、IPPU分野において計上する。

3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定 (2.C.1. 鉄鋼製造) (6/8)

算定方法

■ 算定方法

- ✓ 2019年改良版に示されたTier1算定方法に基づき、副生ガスのフレアリング処理量のうち、総合エネルギー統計への未計上分に発熱量、炭素排出係数を乗じて算定する。

$$E = AD * GCV * EF * 44/12$$

E : 副生ガスのフレアリング処理に伴うCO₂排出量[ktCO₂]
AD : 副生ガスのフレアリング処理量のうち未計上分[kt]
GCV : 発熱量 [MJ / m³]
EF : 炭素排出係数[tC / GJ]

■ 排出係数

- ✓ 「1.A.燃料の燃焼」分野で使用している、我が国固有の各副生ガスの各年度の実質発熱量（高炉ガス：3.23MJ/m³、転炉ガス：7.53MJ/m³（2019年度））、各年度の炭素排出係数（高炉ガス：26.27tC/TJ、転炉ガス：41.96tC/TJ（2019年度））を使用する。

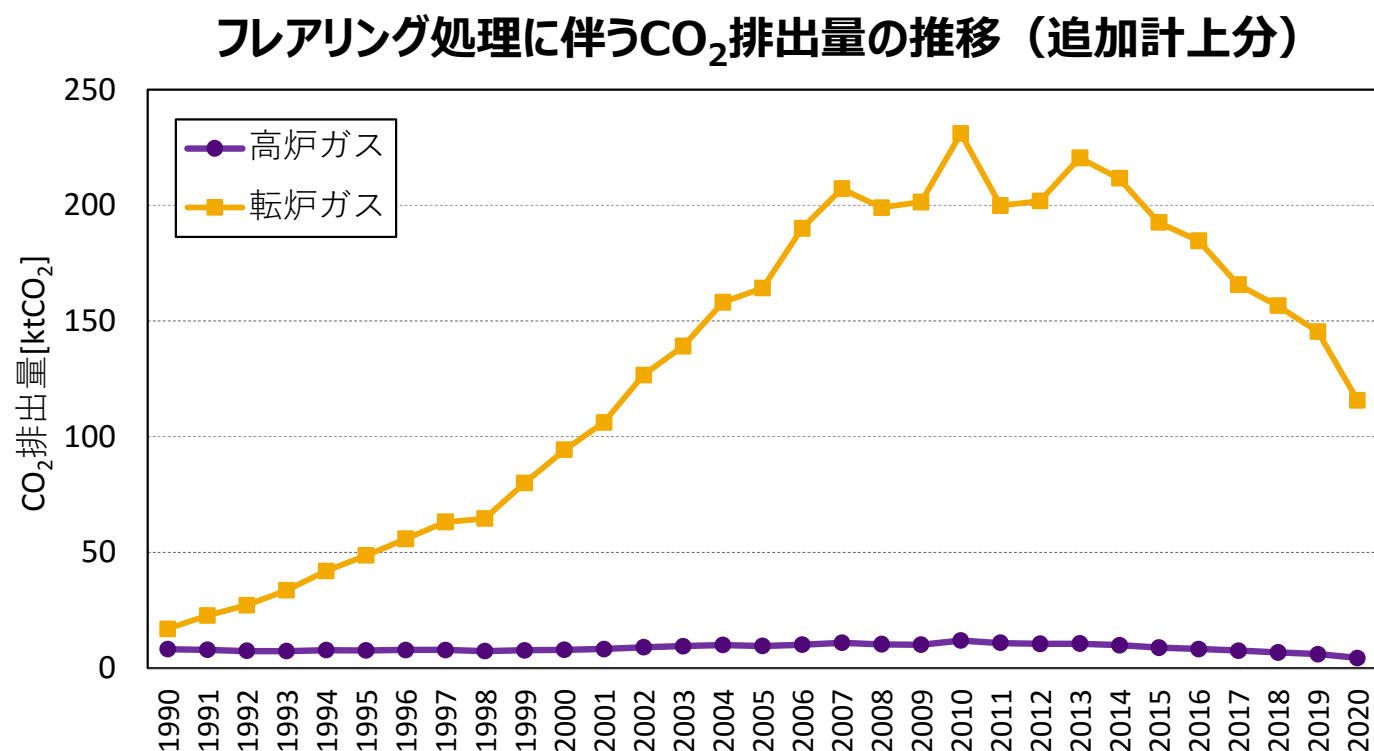
■ 活動量

- ✓ 鉄鋼連盟調査によるフレアリング処理量のうちの未計上分を活動量として使用する。
- ✓ 未計上分が把握されているのは2020年度のためのため、その他の年度については、フレアリング処理量に2020年度の未計上分の割合を乗じて推計する。
- ✓ フレアリング処理量についても把握されているのは、1990、2000、2010、2020年度のためのため、その他の年度は総合エネルギー統計における副生ガス発生量にフレアリング処理割合を乗じて推計する。各年度のフレアリング処理割合は1990、2000、2010、2020年度のフレアリング処理割合から内挿により推計する。

3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定 (2.C.1. 鉄鋼製造) (7/8)

算定結果

- IPPU分野において新規に追加計上を行う副生ガスのフレアリング処理に伴うCO₂排出量の推移は下図のとおり。
- 2020年度は、高炉ガスが約4千tCO₂、転炉ガスが約11万6千tCO₂。

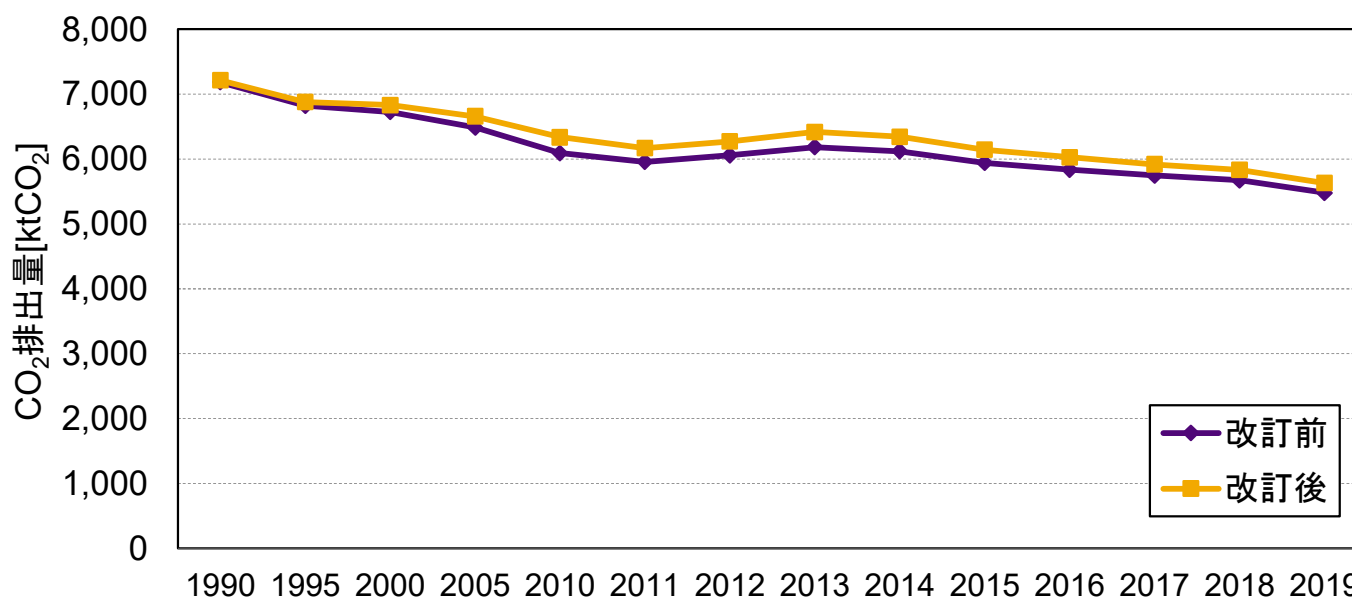


3.2 副生ガスのフレアリングからの排出量算定 (2.C.1. 鉄鋼製造) (8/8)

改訂結果

- 「2.C.1.鉄鋼製造」からの改訂前後のCO₂排出量の推移は下図のとおり。
- 2019年度の「2.C.1.鉄鋼製造」からのCO₂排出量は約3%増加し、2013年度比で見ると10.8%減が11.7%減となる。

改訂前後の「2.C.1.鉄鋼製造」からのCO₂排出量の推移



	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
改訂前	7,186	6,820	6,728	6,486	6,093	5,957	6,056	6,184	6,121	5,939	5,836	5,746	5,670	5,480
改訂後	7,211	6,876	6,831	6,659	6,336	6,168	6,269	6,415	6,342	6,141	6,029	5,919	5,833	5,632
差異	25	56	102	174	243	211	212	231	222	201	193	173	163	152

3.3 希土類元素からの排出量算定（2.C.7. 希土類元素）（1/4）

検討課題

- 2019年改良版において、「希土類元素製品製造（CO₂）」の算定方法が新たに追加されたことから、排出量の計上を検討する必要がある。

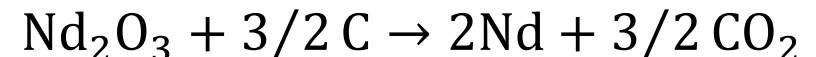
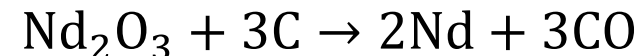
排出源の概要

- 希土類金属及びその合金の一次生産においては、アルミニウムのホール・エルー法と同様に溶融フッ化物塩による電解還元プロセスが採用されている。ネオジム（Nd）は、溶融塩電解で製造される最も一般的な希土類金属の1つとされており、溶融塩電解により製造される希土類金属としては、下表に示すものがある。
- 原料である希土類金属酸化物を溶融塩電解により希土類金属に変換する電解反応において、**陽極の炭素電極が消費されることでCO₂が大気中に排出される**。
- なお、希土類元素の溶融塩電解プロセスからはアルミニウム精錬同様、CO₂と併せて、PFCs（c-C₄F₈及びC₄F₁₀）も排出されるが、PFCsの排出量の算定方法については、HFC等4ガス分科会にて検討予定。

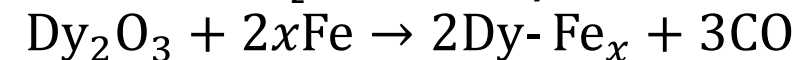
溶融塩電解が行われる希土類金属

原子番号	元素記号	希土類元素名	電解精錬（単体）	電解精錬（合金）
39	Y	イットリウム		O : Y-Mg
57	La	ランタン	○	O : La-Ce
58	Ce	セリウム	○	O : La-Ce
59	Pr	プラセオジム	○	O : Pr-Nd
60	Nd	ネオジム	○	O : Pr-Nd
64	Gd	ガドリニウム		O : Gd-Fe
66	Dy	ジスプロシウム		O : Dy-Fe
67	Ho	ホルミウム		O : Ho-Fe

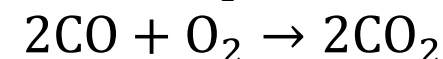
希土類金属製造時のCO₂発生プロセス（ネオジムの場合）



希土類合金製造時のCO₂発生プロセス（Dy-Fe合金の場合）



COの酸化によるCO₂発生プロセス



3.3 希土類元素からの排出量算定（2.C.7. 希土類元素）（2/4）

算定方法の概要

- Tier1手法：デフォルトの排出係数に希土類金属の生産量を乗じて算定。

$$E_{CO_2} = \sum_i \left[EF_{CO_2} \times \left(\frac{AW_{base}}{AW_i} \right) \times MP_i \right]$$

- ※ ECO_2 : 希土類金属精錬における炭素電極の消費に伴う CO_2 排出量[t CO_2]
- ※ EF_{CO_2} : デフォルト CO_2 排出係数[t CO_2 /tRE] ※ネオジムをデフォルトとする。
- ※ AW_{base} : ネオジムの原子量 144.24 g/mol
- ※ AW_i : 希土類金属（合金含む）iの原子量[g/mol]
- ※ MP_i : 希土類金属（合金含む）iの生産量[tRE]

なお、ガイドラインでは、ネオジムによるデフォルトの CO_2 排出係数0.56t CO_2 /tREのみが提供されており、上式では、ネオジム以外の金属に適用する場合はデフォルト値を補正係数により補正する。補正係数は、Ndと対象となる希土類（合金含む）の原子量比（ AW_{base}/AW_i ）であり、Dy-Fe合金の場合、80%Dy、20%Feと仮定すると原子量は117.59g/molで、補正係数は1.23となる。

- Tier2手法：Tier3手法において、生産量以外の各パラメータにガイドラインで与えられたデフォルト値を適用する手法とされているが、データ不足によりデフォルト値は現時点では示されていない。
- Tier3手法：炭素電極に含まれる炭素が全て CO_2 として大気中に排出されるとみなし、使用されている炭素電極中の不純物濃度などを基に計算。炭素電極の組成が異なる場合は、 Imp_a を Imp_i に置き換え、製品の種類に応じた値を使用。

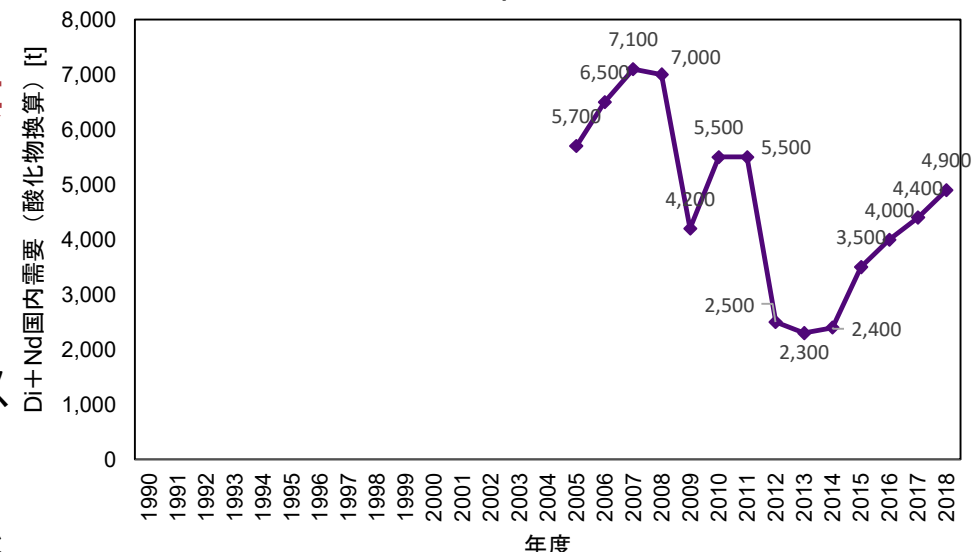
$$E_{CO_2} = \sum_i (NAC_i \times MP_i) \times \left[\frac{(100 - Imp_a)}{100} \right] \times 44/12$$

- ECO_2 : CO_2 排出量[t]
- NAC_i : 希土類金属（合金含む）iの1トン当たりの炭素電極消費量[tanode /tRE]
- MP_i : 希土類金属（合金含む）iの生産量[tRE]
- Imp_a : 炭素電極中の非炭素物質（硫黄、灰など）含有率[wt%]
- 44/12 : CO_2 分子量・炭素原子量比

3.3 希土類元素からの排出量算定（2.C.7. 希土類元素）（3/4）

我が国における排出実態

- 希土類元素製造事業者の業界団体である新金属協会に、我が国における希土類元素の精錬状況をヒアリングしたところ、以下の内容が明らかとなった。
- ・ 我が国では一部の事業者において、中国から輸入した**ネオジム及びジジム（Di：ネオジムとプラセオジムの混合物）の酸化物を精錬してネオジム金属などを製造する他、レアアースを含む使用済み製品を回収して精錬、再利用するプロセスが存在する。**
- ・ ネオジム及びジジムの国内需要については把握されているが、そのうち国内で精錬された量については把握するような統計は存在しない。なお2004年以前の国内需要は2005年以降よりも小規模であったと考えられる。
- ・ 輸入されるネオジム及びジジムについては、酸化物と金属単体が存在し、酸化物も全てが精錬されるわけではなく、酸化物のまま触媒などとしても利用されている。
- ・ 我が国での国内精錬量は精錬所の海外移転等により、縮小傾向であると考えられ、大幅な国内精錬拡大の動きは現時点では見られない。
- ・ **国内のネオジム及びジジムの酸化物としての需要は全需要の2割程度。また、ネオジム金属単体での中国からの輸入量は国内需要のピーク時であった2007年当時で、約3,000t（酸化物換算）程度と見られる。**
- ・ 2010年の尖閣諸島中国漁船衝突事件に端を発する中国の希土類元素禁輸措置以降、中国への依存による供給リスクを低減するため、我が国において中国以外の供給ルートの開拓が進められ、金属リサイクルの促進とともに国内に新たに年間精錬工場なども設置されたが、国内需要ピーク時である2007年程度の国内精錬は行われていないとみられる。



Nd + Diの国内需要の推移（現状の調査対象によるデータは2005年以降のみ） 45

3.3 希土類元素からの排出量算定（2.C.7. 希土類元素）（4/4）



我が国における排出実態

- 新金属協会からの情報を踏まえると、ネオジム及びジジムの国内需要ピークであった2007年当時の我が国におけるネオジム及びジジムの精錬量は、下記により**最大でも1,200t（ネオジム単体換算）**であったと考えられる。
- ・ ピーク時の2007年の国内精錬量＝国内需要7,100t－ネオジム単体の中国からの輸入量3,000t－ネオジム及びジジム酸化物需要1,400t（国内需要の2割）＝約2,700t（酸化物換算）＝約1,200t（ネオジム単体換算）
- ピーク時の最大精錬量1,200tに基づき、Tier1手法によりネオジムの排出係数デフォルト値0.56tCO₂/tREを用いて排出量を算定すると、排出量は1,200t×0.56tCO₂/t＝**約600tCO₂**となる。
※なお、ジジムにはプラセオジムも含まれ、原子量140.91からTier1手法における排出係数の補正係数はネオジムの原子量 144.24 ÷ プラセオジムの原子量 140.91 = 1.02となり、排出係数はネオジムよりもやや大きくなり、上記試算値はやや過小となるが、下記の対応方針に大きな影響を及ぼすものではないと考えられる。

対応方針

- 我が国の希土類元素製造からのCO₂排出量は1990年度以降のピーク時でも最大600tCO₂程度であったと推定され、また国内精錬量の推定値にはジジムの輸入量や中国以外の東南アジア等からの輸入分も含まれていることを考慮すると、実際にはより小さい値であったと考えられる。以上より、我が国の希土類元素製造からのCO₂排出量は、安全側に見積もったとしても3,000tCO₂を下回っており、活動量データとして算定に使用可能な統計等も確認できなかったことから、**「2.C.7. 金属産業その他」に「希土類元素」をカテゴリーとして新たに設定し、検討課題の選択基準に基づき、「重要でない」という意味での「NE」の注釈記号を適用して報告することとする。**
- ただし、今後引き続き、国内需要の推移や事業者の動向などを注視し、国内精錬拡大の動きが見られ、排出量の計上を検討する必要があると判断された場合には再度検討を行うこととする。また、CO₂排出量とPFC排出量において整合した計上方針となるよう、HFC等4ガス分科会とも適宜情報共有を図っていくこととする。