

## 1.B.1.b 燃料転換（Fuel Transformation）（CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O）

### 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

当該分野では、木炭及びコークスの製造過程において発生する温室効果ガスの排出を扱う。2006 年 IPCC ガイドラインでは本カテゴリーに含める排出源が示されていないが、共通報告表（CRT）において木炭及びコークスの製造からの漏出を本カテゴリーに含めても良いとされている。「2006 年 IPCC ガイドラインの 2019 年改良」（以下、2019 年改良 IPCC ガイドライン）において、木炭及びコークスの製造からの漏出の方法論が与えられたことから、これらの排出量を算定する。

##### 1.1.1 木炭製造

木炭の原料となる木質材料を窯に入れて炭化する際に、木質材料に含まれる炭素が不完全燃焼して CH<sub>4</sub> 及び N<sub>2</sub>O が排出される。なお、木炭の製造過程では CO<sub>2</sub> も排出されるが、バイオマス由来のため、その排出量は総排出量に含めず参考値として報告している。

##### 1.1.2 鉄鋼製造における副生ガスのフレアリング

鉄鋼製造時に発生する副生ガス（コークス炉ガス（COG）、高炉ガス（BFG）及び転炉ガス（LDG））が、緊急時あるいはメンテナンス時におけるフレアリングで処理される際に CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 及び N<sub>2</sub>O が排出される。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、還元剤としても利用されるが、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。ただし、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ることが多く、一般的なフレアリング割合は 0.3～2%とされる。

なお、2019 年改良 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト排出係数を用いて試算した結果、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>O については、排出量が 3,000t-CO<sub>2</sub> eq.を下回ることから、ここでは CO<sub>2</sub> のみを計上対象としている<sup>1</sup>。

### 1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

#### 1.2.1 木炭製造

##### 【CH<sub>4</sub>】

木炭及びバイオ炭の国内生産量は、需要の低下や安価な輸入品の増加等により、1990 年代半ば以降長期的に減少傾向にある。活動量である木炭の国内生産量の減少に伴い、木炭及びバイオ炭製造に伴う CH<sub>4</sub> 排出についても 1990 年代半ば以降一貫して減少傾向にある。

---

<sup>1</sup> 平成 26 年度に策定された温室効果ガス排出量算定方法検討会における統一的な検討方針及び検討課題の選定基準に従い、検討の効率化を図るため当該ガス種に関しては検討対象外とした。

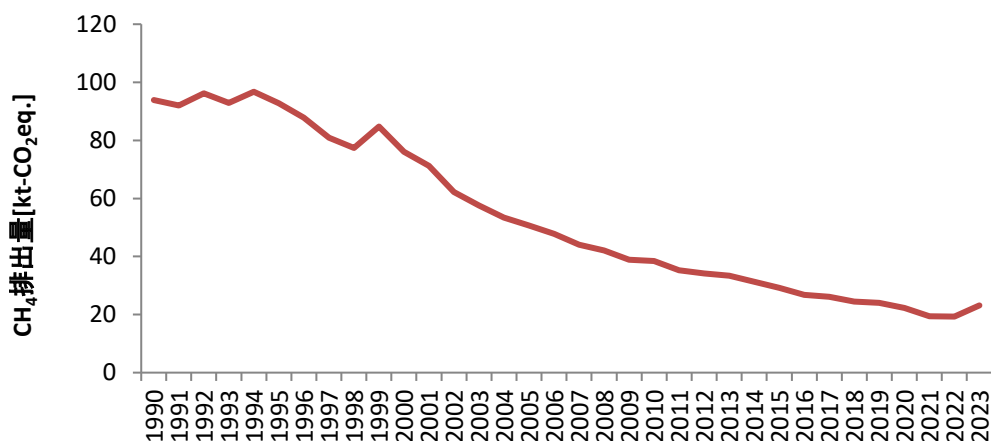


図 1 固体燃料転換（木炭・バイオ炭）からの CH<sub>4</sub> 排出量の推移

### 【N<sub>2</sub>O】

N<sub>2</sub>O 排出量のトレンドは、CH<sub>4</sub> 排出量と同様である。

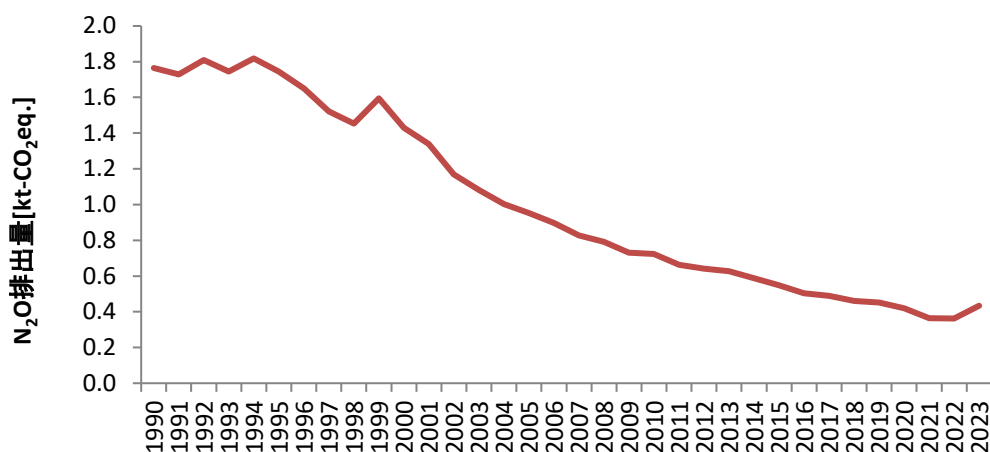


図 2 固体燃料転換（木炭・バイオ炭）からの N<sub>2</sub>O 排出量の推移

## 1.2.2 鉄鋼製造における副生ガスのフレアリング

### 【CO<sub>2</sub>】

銑鉄製造からの CO<sub>2</sub> 排出量については、1990 年度以降、長期的な増加傾向を示している。ただし、副生ガスのフレアリング処理に伴う CO<sub>2</sub> 排出量のほとんどは「1.A.燃料の燃焼」の排出量に計上されており、本カテゴリーの排出量の一部であること、各年度のフレアリング処理割合については、1990 年度、2000 年度、2010 年度及び 2020 年度のフレアリング処理割合からの内挿、外挿推計による値のため、全時系列の推移は必ずしも実態を反映していない可能性があることに留意する必要がある。なお、2022 年度以降においては、全事業所においてフレアリング処理に伴う排出量を「1.A. 燃料の燃焼」に計上する。

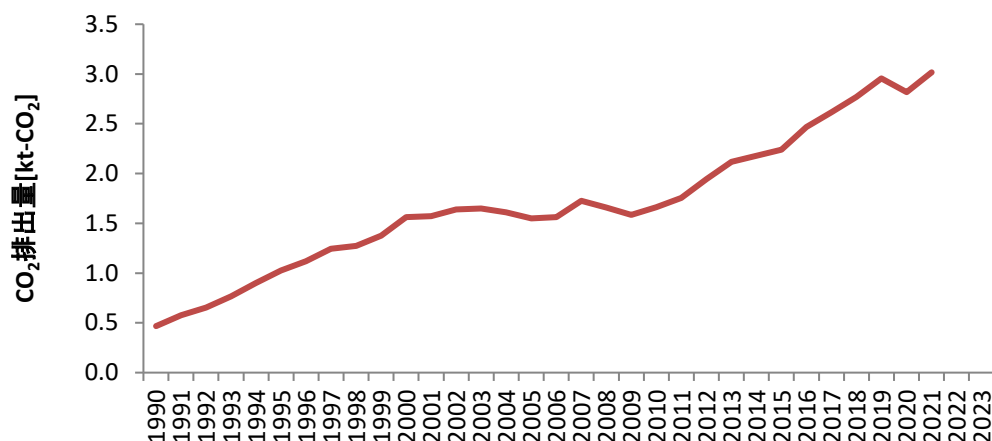


図 3 固体燃料転換（コークス炉ガス）からの CO<sub>2</sub> 排出量の推移

## 2. 排出・吸収量算定方法

### 2.1 木炭製造

#### 2.1.1 排出・吸収量算定式

木炭及びバイオ炭の生産量に、排出係数を乗じて算定する。

$$E = \sum_i EF_i * A_i$$

$E$  : GHG 排出量 [kg-GHG]

$EF$  : 排出係数 [kg-GHG/t]

$A$  : 生産量 [t]

$i$  : 種類 (木炭・バイオ炭)

#### 2.1.2 排出係数

2019 年改良 IPCC ガイドラインに示された木炭製造のデフォルト値 (Vol. 2, page 4.103, Table 4.3.3) を用いる。なお、2019 年改良 IPCC ガイドラインには、バイオ炭製造のデフォルト値も与えられているが、我が国の製造実態を考慮し、バイオ炭についても木炭のデフォルト値を用いる<sup>2</sup>。

表 1 木炭・バイオ炭製造における排出係数 [g-GHG/kg]

| ガス種                  | 排出係数  |
|----------------------|-------|
| CH <sub>4</sub>      | 40.3  |
| N <sub>2</sub> O     | 0.08  |
| (参考) CO <sub>2</sub> | 1,570 |

(出典) 2019 年改良 IPCC ガイドライン、vol.2, p. 4.103

#### 2.1.3 活動量

木炭生産量は、「特用林産基礎資料（林野庁）」に示された木炭生産量（木炭（粉炭を含む。））

<sup>2</sup> バイオ炭のデフォルト排出係数は、flame curtain biochar kilns により製造された場合を想定している。一方、我が国ではバイオ炭は木炭と同様、主に炭窯、機械炉、平炉によりバイオ炭が製造されているため、バイオ炭においても木炭と同様のデフォルト排出係数を適用する。

竹炭及びオガ炭の生産量の合計<sup>3)</sup>のうち、用途が工業用、燃料用、その他のものを用いる。一方、バイオ炭生産量は、同統計の木炭生産量のうち、用途が農業用のものを用いる。なお、先述のとおり排出係数は木炭、バイオ炭によらず同値を使用しているため、活動量についても木炭、バイオ炭生産量の合計値を用いて算出する。

表 2 活動量（木炭・バイオ炭生産量）の推移 [t]

|            | 1990   | 1991   | 1992   | 1993   | 1994   | 1995   | 1996   | 1997   | 1998   | 1999   |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 木炭・バイオ炭生産量 | 83,225 | 81,559 | 85,320 | 82,336 | 85,741 | 82,278 | 77,833 | 71,757 | 68,582 | 75,167 |
|            | 2000   | 2001   | 2002   | 2003   | 2004   | 2005   | 2006   | 2007   | 2008   | 2009   |
| 木炭・バイオ炭生産量 | 67,428 | 63,156 | 55,098 | 50,986 | 47,307 | 44,919 | 42,345 | 39,024 | 37,307 | 34,449 |
|            | 2010   | 2011   | 2012   | 2013   | 2014   | 2015   | 2016   | 2017   | 2018   | 2019   |
| 木炭・バイオ炭生産量 | 34,095 | 31,227 | 30,263 | 29,588 | 27,749 | 25,865 | 23,733 | 23,096 | 21,711 | 21,321 |
|            | 2020   | 2021   | 2022   | 2023   |        |        |        |        |        |        |
| 木炭・バイオ炭生産量 | 19,759 | 17,165 | 17,081 | 20,477 |        |        |        |        |        |        |

## 2.2 鉄鋼製造における副生ガスのフレアリング

### 2.2.1 排出・吸収量算定式

鉄鋼製造における副生ガスのフレアリングによる消費量のうち一部は、「総合エネルギー統計」の副生ガス消費量に計上され、「1.A. 燃料の燃焼」の排出量に含まれている。そこで、本カテゴリーでは、「総合エネルギー統計」に計上されていない副生ガスのフレアリング処理量に、各副生ガスの発熱量、炭素排出係数を乗じて、「1.A. 燃料の燃焼」の排出量に未計上となっている副生ガスのフレアリングに伴う CO<sub>2</sub> 排出量を算定する。

$$E = \sum_i (AD * GCV * EF * 44/12)$$

$E$  : 鉄鋼製造における副生ガスのフレアリング処理に伴う CO<sub>2</sub> 排出量 [kt-CO<sub>2</sub>]  
 $i$  : 副生ガス種  
 $AD$  : 総合エネルギー統計に計上されていない副生ガスのフレアリング処理量 [MNm<sup>3</sup>]  
 $GCV$  : 発熱量 [MJ/m<sup>3</sup>]  
 $EF$  : 炭素排出係数[t-C/GJ]

### 2.2.2 排出係数

燃料の燃焼分野からの CO<sub>2</sub> 排出量の算定に使用されている値と同様の我が国独自の燃料種別炭素排出係数を用いる。

<sup>3)</sup> 特用林産基礎資料において粉炭生産量が把握されるようになったのは 1991 年度以降であり、1990 年度の木炭生産量には粉炭生産量は含まれないことから、1990 年度の活動量には「木炭関係資料」に示された木炭生産量（黒炭、白炭、竹炭、オガ炭及び粉炭の生産量の合計）を用いる。

表 3 コークス炉ガスの炭素排出係数 [t-C/TJ]

|         | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|---------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| コークス炉ガス | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
|         | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| コークス炉ガス | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
|         | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| コークス炉ガス | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | 10.9 |
|         | 2020 | 2021 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| コークス炉ガス | 10.9 | 10.9 |      |      |      |      |      |      |      |      |

(出典) 日本国温室効果ガスインベントリ報告書 (環境省・国立環境研究所 温室効果ガスインベントリオフィス)

### 2.2.3 活動量

日本鉄鋼連盟調査によるフレアリング総処理量のうちの「総合エネルギー統計」への未計上分に発熱量を乗じて活動量とする。なお、未計上分が把握されている年度は2020年度に限られるため、その他の年度については、フレアリング総処理量に2020年度の未計上分の割合を乗じて推計する。フレアリング総処理量についても把握されているのは、1990年度、2000年度、2010年度及び2020年度に限られるため、その他の年度については「総合エネルギー統計」における副生ガスの発生量にフレアリング処理割合を乗じて推計する。また、各年度のフレアリング処理割合は、1990年度、2000年度、2010年度及び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。

表 4 活動量 (「総合エネルギー統計」への未計上分のフレアリング処理量) の推移[百万 Nm<sup>3</sup>]

|           | 1990 | 1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| フレアリング処理量 | 12   | 14   | 16   | 19   | 22   | 25   | 28   | 31   | 32   | 34   |
|           | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 |
| フレアリング処理量 | 39   | 39   | 41   | 41   | 40   | 38   | 39   | 43   | 41   | 39   |
|           | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| フレアリング処理量 | 41   | 44   | 48   | 53   | 54   | 56   | 62   | 65   | 69   | 74   |
|           | 2020 | 2021 |      |      |      |      |      |      |      |      |
| フレアリング処理量 | 71   | 76   |      |      |      |      |      |      |      |      |

(出典) 鉄鋼連盟提供データに基づく推計値。

### 3. 算定方法の時系列変更・改善経緯

表 5 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

|               | 2014 年提出                                       | 2021 年提出                                            |
|---------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 排出・吸収量<br>算定式 | 1996 年改訂 IPCC ガイドラインで新たに示された木炭生産に伴う排出量算定方法を採用。 | 2019 年改良 IPCC ガイドラインで新たに示された木炭・バイオ炭生産に伴う排出量算定方法を採用。 |
| 排出係数          | —                                              | —                                                   |
| 活動量           | —                                              | —                                                   |

#### （1）初期割当量報告書における算定方法

当該分野については、1996 年改訂 IPCC ガイドラインや Good Practice Guidance（2000）において排出量の算定方法が提供されておらず、排出量の算定が困難であるとの認識の下「NE」として報告していた。

#### （2）2014 年提出インベントリにおける算定方法

2014 年提出インベントリに対する気候変動枠組条約及び京都議定書第 8 条の下での審査において、専門家審査チームより、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに木炭生産に伴う排出係数のデフォルト値が提供されていることから、当該分野において木炭生産に伴う CH<sub>4</sub> 排出量を算定するよう勧告を受けた。そこで、勧告に従い排出量を算定し、専門家審査チームに提出した<sup>4</sup>。

##### 1) 排出・吸収量算定式

木炭生産量（エネルギーベース）に排出係数を乗じることで算出していた。

##### 2) 排出係数

1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示された木炭生産量当たりの排出係数のデフォルト値（1,000 kg-CH<sub>4</sub>/TJ<sup>5</sup>）を用いていた。

##### 3) 活動量

「特用林産基礎資料」に示された木炭生産量（木炭（粉炭を含む。）、竹炭及びバイオ炭の生産量の合計）に、1996 年改訂 IPCC ガイドラインに示された木炭の発熱量を乗じてエネルギー換算した値を用いていた。

#### （3）2021 年提出インベントリにおける算定方法

2019 年改良 IPCC ガイドラインにおいて、2006 年 IPCC ガイドラインに記載のなかった「木炭及びバイオ炭製造」の算定方法が示され、最新の調査・研究に基づいたデフォルト排出係数が提供されていることから、2019 年改良 IPCC ガイドラインに従った算定方法へ変更した。

<sup>4</sup> 2006 年 IPCC ガイドラインでは、木炭生産に伴う CH<sub>4</sub> 排出の排出係数のデフォルト値が示されていないことから、2015 年提出インベントリ以降も 1996 年改訂 IPCC ガイドラインの値を用いていた。

<sup>5</sup> 1996 年改訂 IPCC ガイドライン、p.1.46 Table 1-14

**1) 排出・吸収量算定式**

現行の算定方法と同様。

**2) 排出係数**

現行の算定方法と同様。

**3) 活動量**

現行の算定方法と同様。

**(4) 2023 年提出インベントリにおける算定方法**

2019 年改良 IPCC ガイドラインにおいて、「コークス炉ガスのフレアリングからの排出 (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O)」の算定方法に関するガイダンスが新たに追加されたことから、排出量の計上を検討するため、我が国における副生ガスのフレアリング処理について、「総合エネルギー統計」での捕捉状況や処理量を調査した。その結果、コークス炉ガスについては、インベントリに未計上の CO<sub>2</sub> 排出量が、「重要でない」という意味での「NE」の注釈記号による報告が可能な 3,000 t-CO<sub>2</sub> eq. を上回っていることが判明したため、当該排出量を本カテゴリーで新たに追加計上することとなった（現行の算定方法と同様。）。

**1) 排出・吸収量算定式**

現行の算定方法と同様。

**2) 排出係数**

現行の算定方法と同様。

**3) 活動量**

現行の算定方法と同様。