

第3章 エネルギー分野

3.1. エネルギー分野の概要

エネルギー分野は、石炭、石油、天然ガス等の化石燃料を燃焼させた際に排出される温室効果ガスを扱う「燃料の燃焼」と、人為的な活動からの意図的又は非意図的な化石燃料由来の温室効果ガスの放出を扱う「燃料からの漏出」という2つの主要なカテゴリーから成る。

日本の社会システムにおいては、生産、運輸、出荷、エネルギー製品の消費等、様々な場面において化石燃料が使われており、温室効果ガスが排出されている。また、CO₂だけではなくCH₄、N₂O、NO_x（窒素酸化物）、CO（一酸化炭素）及びNMVOC（非メタン揮発性有機化合物）など直接的及び間接的な温室効果ガスも排出されている。

2024年度におけるエネルギー分野からの温室効果ガス（CO₂、CH₄及びN₂O）排出量は929,067 kt-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の88.8%を占めている。また、1990年度の排出量と比較すると14.8%の減少となっている。

方法論は下表のとおり。

表 3-1 エネルギー分野で用いている方法論

温室効果ガスの種類 カテゴリー	CO ₂		CH ₄		N ₂ O	
	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数	算定方法	排出係数
I.A. 燃料の燃焼	CS,T2	CS	CS,T1,T2,T3	CR,CS,D	CS,T1,T2,T3	CR,CS,D
1. エネルギー産業	CS,T2	CS	CS,T3	CS	CS,T3	CS
2. 製造業・建設業	CS,T2	CS	CS,T1,T3	CR,CS,D	CS,T1,T3	CR,CS,D
3. 運輸	T2	CS	T1,T2,T3	CS,D	T1,T2,T3	CS,D
4. その他部門	CS,T2	CS	CS,T1,T3	CR,CS,D	CS,T1,T3	CR,CS,D
5. その他						
I.B. 燃料からの漏出	CS,T1,T2,T3	CS,D	CS,T1,T2,T3	CS,D	T1	D
1. 固体燃料	CS,T2	CS,D	T1,T2,T3	CS,D	T1	D
2. 石油・天然ガス等	CS,T1,T3	CS,D	CS,T1,T2	CS,D	T1	D
I.C. CO ₂ の輸送・貯蔵						

(注) D: IPCC デフォルト値、T1: IPCC Tier 1、T2: IPCC Tier 2、T3: IPCC Tier 3、CS: 国独自の方法又は排出係数、CR: CORINAIR

3.2. 燃料の燃焼（1.A）

燃料の燃焼カテゴリーは、石炭、石油、天然ガス等の化石燃料の燃焼や、エネルギー利用・回収を伴う廃棄物の燃焼¹により大気中に排出される温室効果ガスを扱う。

本カテゴリーは、主に発電及び熱供給からの排出を扱う「1.A.1 エネルギー産業」、製造業や建設業からの排出を扱う「1.A.2 製造業・建設業」、旅客や貨物の輸送に伴う排出を扱う「1.A.3 運輸」、業務、家庭、農林水産業からの排出を扱う「1.A.4 その他部門」、その他からの排出を扱う「1.A.5 その他」の5部門から構成されている。

¹ エネルギー回収を伴う廃棄物焼却からの排出は、2008年提出インベントリまでは廃棄物分野で報告していた。しかし、IPCCガイドラインに従い、これらの排出は2009年提出インベントリよりエネルギー分野で報告している。

2024年度における燃料の燃焼（1.A）カテゴリーからの温室効果ガス排出量は 927,865 kt-CO₂換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の 88.7%を占めている。また、ガス別の内訳をみると、CO₂が本カテゴリーからの温室効果ガス排出量の 99.4%を占めている。

2024年度における本カテゴリーからの CO₂ 排出量を前年度と比較すると 1.6%の減少となった。これは、製造業・建設業（1.A.2）における排出が減少したこと等による。

部門別に CO₂ 排出量の増減をみると、エネルギー産業（1.A.1）における排出は、1990年度比で 9.9%増加、前年度比で 0.9%の減少となった。1990年度からの排出量の増加は、火力発電の増加等による。1990年度から 2007年度までは電力需要が増加傾向にあり、それに伴い排出量が増加傾向にあった。2011年度から 2013年度は東日本大震災をきっかけとした原子力発電所の稼働停止に伴う火力発電の比率の増加もあり排出量が増加した。それ以降は、再生可能エネルギーの導入拡大や原子力発電所の再稼働などが進み排出量が減少している。

製造業・建設業（1.A.2）における CO₂ 排出は、1990年度比で 37.5%減少、前年度比で 2.6%の減少となった。1990年度からの排出量の減少は、液体燃料消費量が減少したこと等による。排出量の推移は経済産業省「鉱工業生産指数」の変化の傾向とある程度の関連がみられるが、2000年代中盤においては「鉱工業生産指数」の伸びに比して排出量は横ばいで推移している。これは省エネルギーの進展等による。（資源エネルギー庁、2020）

運輸（1.A.3）における CO₂ 排出は、1990年度比で 10.6%減少、前年度比で 1.6%の減少となった。1990年度からの排出量の減少は、乗用車からの排出量が増加した一方で、貨物輸送からの排出量が減少したことによる。自動車からの排出量は 1990年代にかけて走行量の増加に伴い増加傾向にあったが、2000年代に入り燃費の改善等により減少傾向にある。新型コロナウイルス感染症の影響により走行量は 2020～2021年度に激減し、2019年度の水準を引き続き下回っている。

その他部門（1.A.4）における CO₂ 排出は、1990年度比で 24.6%減少、前年度比で 2.3%の減少となった。1990年度からの排出量の減少は、液体燃料消費量が減少したこと等による。2005年度までは経済産業省「第三次産業活動指数」の変化の傾向と業務他からの排出量にある程度の関連がみられるが、それ以降、液体燃料の需要減少により排出量は減少傾向にある。

燃料の燃焼カテゴリー（1.A）の排出量の増減傾向に関連する指標を下表に示す。なお、これらの指標は排出量の算定に用いていないことに留意されたい。また、排出量の推移の図を第2章に掲載しているため、そちらも併せて参照されたい。

表 3-3 燃料の燃焼カテゴリー（1.A）からの温室効果ガス排出量に関連する指標の推移

No.	関連サブカテゴリー	項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1	1.A. 燃料の燃焼	最終電力消費	TWh	765	872	973	1,025	1,035	990	949	913	924	902	875	881
2	1.A.2. 製造業・建設業	鉱工業生産指数	2020年=100	120.6	114.2	119.0	120.8	111.9	111.7	110.3	99.7	105.2	104.9	102.9	101.5
3	1.A.3.b. 道路輸送	自動車の走行量	十億台キロ	585	673	728	727	708	724	721	666	650	692	688	689
4	1.A.4.a. 業務	第三次産業活動指数	2019-2020年平均=100	84.7	91.8	96.2	101.8	98.6	101.8	101.4	95.5	97.7	99.9	101.5	102.9

（出典）1: 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」、2: 経済産業省、3: 国土交通省「自動車燃料消費量統計年報」等、4: 経済産業省

3.2.1. レファレンスアプローチと部門別アプローチの比較

ここでは、「パリ協定第13条に規定する行動及び支援に関する透明性枠組みのための方法、手続及び指針」（決定 18/CMA.1 附属書、以下 MPG_s という。）の paragraph 36 に則り、レファレンスアプローチと部門別アプローチの比較を行う。部門別アプローチの方法論について

は3.2.4. b) 節を参照のこと。国家温室効果ガスインベントリのための2006年IPCCガイドライン (Vol.2, page 6.11) によれば、レファレンスアプローチはCO₂の回収量を考慮していないため、回収量を控除する前の値で両アプローチの比較をすべきとされていることから、本節に限り回収量を控除しない値を用いる。

3.2.1.1. レファレンスアプローチの詳細

レファレンスアプローチは燃焼によるCO₂排出量を一国のエネルギー供給データを用いて算定する方法である。レファレンスアプローチにより算定したCO₂排出量は、我が国の総排出量には含めず、部門別アプローチの検証目的に用いる。

レファレンスアプローチによるCO₂排出量は次式で算定した。

$$E = \sum_i [(A_i - N_i) \times GCV_i \times 10^{-3} \times EF_i \times OF_i] \times 44/12$$

- E* : 化石燃料の燃焼に伴うCO₂排出量 [kt-CO₂]
- A* : 見かけのエネルギー消費量 (固有単位 [kt, 10³kL, 10⁶m³])
- N* : 非エネルギー利用量 [kt, 10³kL, 10⁶m³]
- GCV* : 総発熱量 (高位発熱量) [MJ/kg, MJ/L, MJ/m³]
- EF* : 炭素排出係数 [t-C/TJ]
- OF* : 酸化率
- i* : エネルギー源

見かけのエネルギー消費量*A*は次式で算定した。

一次エネルギー: $A = P + IM - EX \pm SC - IB$

二次エネルギー: $A = IM - EX \pm SC - IB$

表 3-4 レファレンスアプローチ算定式各項の出所

記号	項	出所 ²
<i>P</i>	生産量	・ 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の国内産出 (#110000) ・ 廃棄物に限り部門別アプローチの消費量
<i>IM</i>	輸入量	同統計の輸入 (#120000) + 国際バンカー油 (3.2.2. 節参照)
<i>EX</i>	輸出量	同統計の輸出 (#160000)
<i>SC</i>	在庫変動	同統計の供給在庫変動 (#170000)
<i>IB</i>	国際バンカー油	3.2.2. 節参照
<i>N</i>	非エネルギー利用	同統計の非エネルギー利用 (#950000) (3.2.3. 節参照)

なお、エネルギーとして利用された廃棄物及びエネルギー回収を伴う廃棄物焼却からのCO₂排出量は、2006年IPCCガイドラインに従い、廃棄物の焼却 (カテゴリー5.C.1.) ではなく、燃料の燃焼 (カテゴリー1.A.) にて報告している。

炭素排出係数、酸化率、高位発熱量は部門別アプローチと共通である。3.2.4. b) 節を参照のこと。

レファレンスアプローチによる算定結果の詳細は共通報告表 (CRT) Table 1.A(b)に示している。同表の燃料種と「総合エネルギー統計」の燃料種の対応関係を別添3に掲載しているので参照のこと。

○ CRT 報告値と IEA 報告値の相違点

日本がCRTにて報告しているエネルギー需給データと、国際エネルギー機関 (IEA) にて報告しているエネルギー需給データに相違が生じているものがある。その相違や理由について

² #から始まる数字は「総合エネルギー統計」(エネルギーバランス表)の対応する部門 (行) 番号を示す。

て詳細を別添3 (A3.1) に掲載しているので参照のこと。

3.2.1.2. 国の排出量算定値とレファレンスアプローチによる算定値の比較結果

3.2.1.2.a. エネルギー消費量の差異について

1990～2024 年度におけるエネルギー消費量の差異³の変動幅は、-1.77% (2012 年度) ～ +2.08% (2022 年度) となっている。

2004 年度の石炭系燃料 (固体燃料) において大きな差異 (+10.63%) が生じている。これは、2004 年度の製造業の原料炭 (\$0110⁴) の消費側の在庫が増加したため、供給側から算定するレファレンスアプローチと消費側から算定する部門別アプローチとの間で大きな差異が生じたことを意味する。さらに、2008 年度の石炭系燃料 (固体燃料) においても大きな差異 (+6.82%) が生じているが、これも 2004 年度と同様に製造業の輸入一般炭 (\$0121) の在庫が増加したためである。なお、ここで言う在庫変動は、エネルギー供給部門における在庫変動 (供給在庫変動) ではなく、エネルギー転換部門及び最終エネルギー消費部門における在庫変動 (転換・消費在庫変動) であることに留意されたい。

3.2.1.2.b. CO₂ 排出量の差異について

1990～2024 年度における CO₂ 排出量の差異の変動幅は、-0.74% (1990 年度) ～ +3.83% (2004 年度) となっている。

石炭系燃料 (固体燃料) の 2004 年度、2008 年度の差異が大きく、それぞれ +9.94%、+6.24% となり、2005 年度、2009 年度の差異が小さく (それぞれ +2.05%、-1.92%) になっているが、これは先に述べたエネルギー消費量の差異と同様の理由によるものである。

表 3-5 エネルギー消費量の比較⁵

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
レファレンスアプローチ (PJ)	15,138	16,517	17,041	17,411	16,585	18,020	16,748	14,309	14,628	14,449	13,440	13,360
液体燃料	9,526	10,132	9,443	8,920	7,179	7,395	6,501	5,162	5,363	5,365	5,062	4,938
固体燃料	3,285	3,603	4,180	4,763	4,979	5,284	5,137	4,401	4,791	4,678	4,272	4,278
気体燃料	2,042	2,465	3,050	3,275	3,979	4,882	4,650	4,261	3,990	3,928	3,618	3,661
その他化石燃料	284	317	368	453	448	459	460	485	483	479	489	482
泥炭	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
部門別アプローチ (PJ)	15,321	16,554	17,030	17,395	16,621	18,084	16,796	14,428	14,545	14,155	13,592	13,331
液体燃料	9,459	9,973	9,451	8,949	7,260	7,463	6,542	5,242	5,299	5,303	5,051	4,878
固体燃料	3,368	3,598	3,986	4,638	4,819	5,223	5,049	4,382	4,661	4,463	4,241	4,261
気体燃料	2,209	2,667	3,226	3,355	4,093	4,939	4,744	4,319	4,102	3,910	3,811	3,709
その他化石燃料	284	317	368	453	448	459	460	485	483	479	489	482
泥炭	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
差異 (%)	-1.19%	-0.23%	+0.07%	+0.09%	-0.21%	-0.35%	-0.29%	-0.83%	+0.57%	+2.08%	-1.12%	+0.22%
液体燃料	+0.71%	+1.60%	-0.08%	-0.33%	-1.11%	-0.90%	-0.63%	-1.52%	+1.21%	+1.16%	+0.20%	+1.23%
固体燃料	-2.46%	+0.15%	+4.87%	+2.70%	+3.32%	+1.17%	+1.73%	+0.43%	+2.79%	+4.81%	+0.72%	+0.40%
気体燃料	-7.56%	-7.58%	-5.43%	-2.38%	-2.80%	-1.16%	-1.99%	-1.35%	-2.73%	+0.46%	-5.06%	-1.29%
その他化石燃料	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
泥炭	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE

³ 差異=(RA-SA)/SA

RA：レファレンスアプローチ、SA：部門別アプローチ

⁴ \$ から始まる数字は「総合エネルギー統計」(エネルギーバランス表)の対応するエネルギー源(列)番号を示す。

⁵ 特記なき限り、本章において、固体燃料(石炭系燃料)は石炭及び石炭製品(石炭ガスを含む)、液体燃料(石油系燃料)は原油及び石油製品(LPG等を含む)、気体燃料(ガス系燃料)は天然ガス(LNGを含む)及び都市ガスを意味する。(2006年 IPCC ガイドライン Vol.2, Table 1.1 を参照。)泥炭は固体燃料に含まれる。

表 3-6 CO₂ 排出量の比較

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
レファレンスアプローチ (Mt-CO₂)	1,070	1,163	1,204	1,235	1,170	1,251	1,165	980	1,018	1,004	937	930
液体燃料	659.9	701.9	656.3	621.1	501.8	512.2	450.1	355.2	370.1	369.5	348.7	339.9
固体燃料	295.7	323.8	377.9	431.1	450.8	474.5	462.1	392.3	428.5	418.1	387.8	388.0
気体燃料	104.4	126.1	155.9	167.4	203.5	249.9	238.0	216.6	202.8	199.8	183.6	185.8
その他化石燃料	10.0	11.1	13.4	15.0	13.9	14.6	14.5	15.9	16.2	16.3	16.6	16.4
泥炭	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
部門別アプローチ (Mt-CO₂)	1,078	1,154	1,184	1,216	1,151	1,250	1,161	984	1,003	977	938	923
液体燃料	644.3	677.4	640.7	606.1	488.8	508.4	443.9	354.2	357.9	359.1	341.1	328.7
固体燃料	309.5	327.2	364.1	422.4	438.5	473.8	458.8	393.9	420.0	402.3	386.5	389.0
気体燃料	114.2	137.9	166.1	172.4	209.9	253.4	243.4	220.2	209.3	199.8	194.3	189.1
その他化石燃料	10.0	11.1	13.4	15.0	13.9	14.6	14.5	15.9	16.2	16.3	16.6	16.4
泥炭	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
差異 (%)	-0.74%	+0.80%	+1.63%	+1.54%	+1.63%	+0.08%	+0.36%	-0.42%	+1.42%	+2.69%	-0.20%	+0.74%
液体燃料	+2.42%	+3.62%	+2.43%	+2.48%	+2.66%	+0.74%	+1.41%	+0.29%	+3.40%	+2.90%	+2.23%	+3.42%
固体燃料	-4.47%	-1.05%	+3.80%	+2.05%	+2.79%	+0.15%	+0.72%	-0.40%	+2.03%	+3.94%	+0.33%	-0.27%
気体燃料	-8.56%	-8.61%	-6.11%	-2.89%	-3.07%	-1.39%	-2.21%	-1.66%	-3.10%	-0.02%	-5.52%	-1.74%
その他化石燃料	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
泥炭	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE

3.2.1.2.c. エネルギー消費量の差異及び CO₂ 排出量の差異の比較

エネルギー消費量の差異と CO₂ 排出量の差異はおおむね同じ傾向を示している。

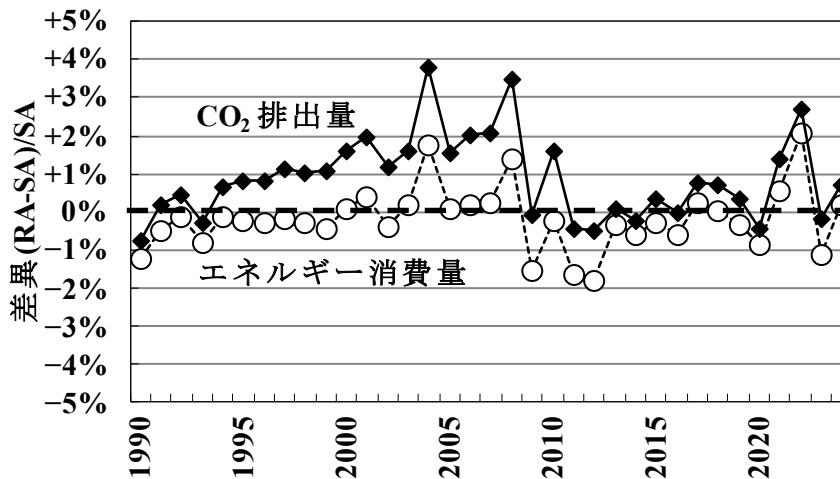


図 3-1 エネルギー消費量の差異及び CO₂ 排出量の差異の推移

(注) RA : レファレンスアプローチ、SA : 部門別アプローチ

3.2.1.2.d. レファレンスアプローチと部門別アプローチの差異の原因について

我が国のインベントリで、レファレンスアプローチと部門別アプローチのエネルギー消費量、CO₂ 排出量に差異が生じる主な原因は、インベントリの作成に用いられる「総合エネルギー統計」のエネルギー転換部門において控除される非エネルギー利用量の差である。

1) レファレンスアプローチの計算で十分に考慮されないもの

我が国のレファレンスアプローチの現計算では、国内に供給されたエネルギー量のうち非燃焼用途を除いた量が全て燃焼されたと仮定して計算しているが、実際には燃焼されずに備蓄されている量があり、その積み増し、取り崩しがレファレンスアプローチには反映されない。

【他転換増減（#289000）】

石油精製などのエネルギー転換部門においては、自らが輸入により受け入れたり、精製により生産したりしたエネルギー以外に、既に出荷した製品の消費・販売部門からの返品、他者からの少量の副生エネルギー源の引取、工場・事業者の製品タンクの新設・廃止による在庫積増・払出、事故・火災による減減などの諸要因により、エネルギー源の出荷量・払出量が生産量・受入量と一致しないことがある。

当該部門には、エネルギー転換部門における、消費・販売部門からの返品、製造業等における副産エネルギー源の受入、備蓄の増減などによるエネルギー源の出荷・払出量の増減が表現されているが、レファレンスアプローチではこの増減が考慮されていない。

【転換・消費在庫変動（#350000）】

当該部門には、エネルギー転換部門や最終エネルギー消費部門における在庫の積み増し、取り崩しの量が表現されているが、レファレンスアプローチではこの増減が考慮されていない。

【その他の要因】

レファレンスアプローチの計算では過度に複雑にならないように、総量に対して微々たる排出源は省略している（2006年 IPCC ガイドライン Vol.2, page 6.12 参照）。例えば、2ストロークエンジンに用いられる潤滑油からの排出はレファレンスアプローチの計算では考慮していない。

2) 調査データの性質上避けられないもの

【統計誤差（#400000）】

統計誤差には本来各種統計調査の段階で本質的に含まれている誤差（本源誤差）及び供給・転換・消費に関する各統計相互間の不整合であってその帰属を推計することが困難であるもの（相対誤差）が存在する。この誤差のため、国内供給、転換、最終エネルギー消費に不整合量が生じ、両アプローチの差異として報告される。

3) 投入側と産出側のエネルギー・炭素収支に差があるもの

【「石炭品種振替（#211000）」、「石油品種振替（#221000）」、「石炭製品二次品種振替（#281000）」、「石油製品二次品種振替（#282000）」】

当該部門は、エネルギー転換であって、コークス製造（#212000）～鉄鋼系ガス生成（#215000）、石油精製（#222000）～熱供給（#270000）のいずれにも属さないエネルギー転換や、混合・順湿などの簡単な操作のみで石炭や石油製品の品種が変更されるものがエネルギー転換として表現されている。炭素重量は品種振替、転換前後で変化しないと考えられるが、品種振替等に伴い、対応する発熱量当たりの炭素含有量が変化することにより、統計上品種振替、転換前後で炭素重量が変化する場合がある。この差が両アプローチの差の原因となる。

【石油精製（#222000）】

当該部門は、主に原油を精製、分解、分離し、燃料油や原料油などの各種の石油製品を生産する過程を表現している。当該部門は石油精製の工程を6つに分けてモデル化している。このうち4つの工程については投入量と産出量の炭素収支の差分を排出とみなしている。常圧残油・減圧蒸留・分解処理工程については、炭素収支の時系列推移が不安定であり、モデルの誤差が蓄積したものと考えられることから、炭素収支の差分を排出とみなしていない。

一方、レファレンスアプローチにおいては国内に供給された原油がすべてCO₂排出とみなされる。この違いが両アプローチの差の原因となる。

【石油化学（#225000）】

当該部門は、ナフサ、改質生成油などから基礎化学原料を生産する過程で、製油所ガス、LPG、アスファルトなどの各種の石油製品が副生する過程をエネルギー転換とみなして表現している。炭素重量は転換前後で変化しないと考えられるが、対応する発熱量当たりの炭素含有量が増加することにより、統計上転換前後で炭素重量が増加する可能性がある。この差分が両アプローチの差の原因となる。

4) 異なる燃料種に転換されるもの**【ガス製造（#230000）】**

当該部門は、液化天然ガス（LNG）、液化石油ガス（LPG）等を原料として都市ガスを製造するエネルギー転換を表現している。都市ガスは LNG 等の気体燃料だけでなく LPG やコークス炉ガス等の液体、固体燃料も原材料として用いられる。すなわち、一部の液体、固体燃料が気体燃料へ転換されているが、レファレンスアプローチではこれが考慮されていない。したがって、気体燃料に関しては部門別アプローチによる排出量がレファレンスアプローチの排出量に比べて大きくなり、液体、固体燃料に関しては部門別アプローチの方がレファレンスアプローチより小さくなる傾向にある。ただし、当該部門は両アプローチによる合計 CO₂ 排出量の差異には影響を与えない。

表 3-7 CO₂排出量の比較（詳細）

	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
RA	1,070	1,163	1,204	1,235	1,170	1,251	1,165	980	1,018	1,004	937	930
液体燃料	659.9	701.9	656.3	621.1	501.8	512.2	450.1	355.2	370.1	369.5	348.7	339.9
固体燃料	295.7	323.8	377.9	431.1	450.8	474.5	462.1	392.3	428.5	418.1	387.8	388.0
気体燃料	104.4	126.1	155.9	167.4	203.5	249.9	238.0	216.6	202.8	199.8	183.6	185.8
その他化石燃料	10.0	11.1	13.4	15.0	13.9	14.6	14.5	15.9	16.2	16.3	16.6	16.4
泥炭	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
SA	1,078	1,154	1,184	1,216	1,151	1,250	1,161	984	1,003	977	938	923
液体燃料	644.3	677.4	640.7	606.1	488.8	508.4	443.9	354.2	357.9	359.1	341.1	328.7
固体燃料	309.5	327.2	364.1	422.4	438.5	473.8	458.8	393.9	420.0	402.3	386.5	389.0
気体燃料	114.2	137.9	166.1	172.4	209.9	253.4	243.4	220.2	209.3	199.8	194.3	189.1
その他化石燃料	10.0	11.1	13.4	15.0	13.9	14.6	14.5	15.9	16.2	16.3	16.6	16.4
泥炭	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
RA-SA	-8.0	9.2	19.3	18.7	18.8	1.0	4.2	-4.2	14.2	26.2	-1.8	6.9
液体燃料	15.6	24.5	15.6	15.0	13.0	3.8	6.2	1.0	12.2	10.4	7.6	11.2
固体燃料	-13.8	-3.4	13.8	8.6	12.2	0.7	3.3	-1.6	8.5	15.9	1.3	-1.1
気体燃料	-9.8	-11.9	-10.1	-5.0	-6.4	-3.5	-5.4	-3.6	-6.5	0.0	-10.7	-3.3
その他化石燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
泥炭	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
統計誤差	-12.0	4.6	13.1	11.6	9.0	-1.6	0.9	5.4	18.1	11.9	7.5	3.2
液体燃料	1.4	7.2	0.9	0.5	-0.5	-2.4	-0.1	0.3	4.2	0.5	0.0	-0.3
固体燃料	-14.3	-2.7	13.0	11.1	11.0	-0.7	1.2	2.9	12.8	10.0	8.0	2.4
気体燃料	0.9	0.0	-0.7	0.0	-1.5	1.5	-0.2	2.2	1.1	1.4	-0.5	1.1
石炭品種振替	0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	-0.2	0.0	0.1	-0.1	-0.3	0.6	0.5
液体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
固体燃料	0.3	0.4	0.5	0.7	0.7	-0.2	0.0	0.1	-0.1	-0.3	0.6	0.5
気体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
石油品種振替	-1.8	-0.5	0.2	0.4	0.1	-1.4	-1.4	-1.3	-1.3	-1.4	-1.3	-1.2
液体燃料	-1.8	-0.5	0.2	0.4	0.1	-1.4	-1.4	-1.3	-1.3	-1.4	-1.3	-1.2
固体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
気体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
他転換・品種振替¹⁾	0.6	-0.2	2.6	3.6	4.2	0.0	0.4	-8.0	-1.5	-0.5	-1.3	1.8
液体燃料	0.6	-0.2	2.5	3.6	4.1	0.0	0.3	-7.7	-1.2	-0.5	-1.1	1.9
固体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
気体燃料	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	-0.3	-0.3	-0.1	-0.3	-0.2
転換・消費在庫変動	2.6	1.7	2.4	-0.3	2.6	0.7	1.8	-6.0	-5.1	13.8	-10.6	-2.4
液体燃料	0.7	1.5	-0.9	-0.1	0.5	-2.9	-1.5	-2.2	-0.7	1.0	-0.6	-1.0
固体燃料	1.9	0.6	3.0	-1.6	2.4	3.7	4.3	-2.9	-2.5	7.9	-5.8	-2.6
気体燃料	0.0	-0.3	0.3	1.4	-0.3	-0.1	-0.9	-0.9	-2.0	4.8	-4.2	1.2
石油精製²⁾	0.4	0.7	-2.5	-0.8	-0.9	-0.3	-1.2	3.2	1.2	-0.2	0.3	1.9
液体燃料	0.4	0.7	-2.5	-0.8	-0.9	-0.3	-1.2	3.2	1.2	-0.2	0.3	1.9
固体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
気体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
石油化学	2.3	2.9	3.6	3.9	3.6	4.6	4.4	3.1	3.6	3.5	3.5	3.4
液体燃料	2.6	3.2	4.0	4.3	3.9	4.9	4.7	3.2	3.7	3.6	3.6	3.5
固体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
気体燃料	-0.3	-0.3	-0.4	-0.4	-0.4	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1
ガス製造	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
液体燃料	9.7	10.9	9.0	5.9	4.4	4.7	4.1	4.6	5.2	6.1	5.7	5.5
固体燃料	0.8	0.5	0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
気体燃料	-10.5	-11.4	-9.4	-6.0	-4.4	-4.7	-4.1	-4.6	-5.2	-6.1	-5.7	-5.5
合計	-7.6	9.6	19.8	19.1	19.2	1.7	4.9	-3.5	14.9	26.9	-1.3	7.3
液体燃料	13.5	22.7	13.1	13.8	11.6	2.5	4.8	0.1	11.1	9.2	6.7	10.3
固体燃料	-11.4	-1.2	16.9	10.3	14.1	2.7	5.5	0.1	10.3	17.7	2.7	0.3
気体燃料	-9.8	-11.9	-10.1	-5.0	-6.5	-3.6	-5.4	-3.7	-6.5	-0.1	-10.7	-3.3
(RA-SA)-(合計)	-0.4	-0.4	-0.5	-0.5	-0.3	-0.8	-0.7	-0.7	-0.7	-0.6	-0.5	-0.4
液体燃料	2.1	1.8	2.5	1.2	1.4	1.2	1.4	0.9	1.0	1.2	0.9	0.9
固体燃料	-2.4	-2.2	-3.0	-1.7	-1.8	-2.0	-2.1	-1.6	-1.8	-1.8	-1.5	-1.3
気体燃料	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0

単位: Mt-CO₂

- 1) 他転換・品種振替(#280000)は、石炭製品二次品種振替(#281000)、石油製品二次品種振替(#282000)、及び他転換増減(#289000)を合算したカテゴリー
2) 常圧残油・減圧蒸留・分解処理工程のみ

3.2.2. 国際バンカー油

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、貿易や海外渡航で利用される国際航空や国際海運から排出される温室効果ガスを扱う。

なお、国際バンカー油からの排出は、2006年 IPCC ガイドラインに従い我が国の総排出量には含めず、CRT の Memo Item の欄で報告している。

b) 方法論

■ 算定方法

当該排出源からの CO₂、CH₄、N₂O 排出については、ボンド扱いの各燃料種の消費量に排出係数を乗じて、排出量の算定を行った。

■ 排出係数

【CO₂】

CO₂の排出係数については、1.A.1における燃料の燃焼(CO₂)と同じ排出係数を用いた(3.2.4.b)節を参照)。

2012年度までの我が国独自のジェット燃料油の炭素排出係数(18.3 t-C/TJ)は2006年 IPCC ガイドライン(Vol.2, Table 1.4)のデフォルト値(18.5 t-C/TJ(高位発熱量換算)⁶)より低い。しかし、我が国独自の排出係数を採用することは以下の理由によりデフォルト値と比較して適切な値であると考えている。我が国のジェット燃料の炭素排出係数は実測調査より得られたものである。加えて、ジェット燃料のデフォルト排出係数の95%信頼区間は18.1-19.3 t-C/TJ(高位発熱量換算)であり、我が国の排出係数はこの範囲内にある。

【CH₄、N₂O】

CH₄、N₂Oの排出係数については、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値を採用した。

表 3-8 国際バンカー油起源の CH₄、N₂O 排出係数

輸送機関	燃料種	CH ₄ 排出係数 [kg-CH ₄ /TJ(NCV)]	N ₂ O 排出係数 [kg-N ₂ O/TJ(NCV)]
航空機	ジェット燃料油	0.5 ¹⁾	2 ¹⁾
船舶	A 重油、B 重油、C 重油、軽油、灯油	7 ²⁾	2 ²⁾

(注)

1) 2006年 IPCC ガイドライン Vol.2, Table 3.6.5

2) 同 Table 3.5.3 より。2006年 IPCC ガイドライン Vol.3, page 5.7によれば、潤滑油からの CH₄、N₂O 排出は、CO₂排出と比較して非常に小さく、排出量の算定上は無視できるとされていることから、排出量を算定していない。

■ 活動量

当該排出源からの CO₂、CH₄、N₂O 排出については、経済産業省「資源・エネルギー統計年報(旧:エネルギー生産・需給統計年報)」に示された「ボンド輸入」と「ボンド輸出」の合計値を用いた。

図 3-2 の A、B は、それぞれ「資源・エネルギー統計年報(旧:エネルギー生産・需給統計年報)」のボンド輸出、ボンド輸入の項に計上される量に対応している。A と B の合計である C を当該排出源の活動量とした。この量は、国際航空、外航海運のための燃料の日本における販売量にほぼ相当すると考えられる。

⁶ 2006年 IPCC ガイドライン (Vol.2, page 1.16) に示される換算係数を用いた。

給油される燃料需要を保税需要といい、ジェット燃料油が航空機に、C 重油等が船舶に積み込まれており、その保税需要のうち、原油から生産された製品が供給されるものは、「資源・エネルギー統計年報」において、保税輸出に計上される。

保税輸入（ボンド to ボンド）

海外から製品を輸入し保税地域に陸揚げし、国内に通関せずに保税のままに供給するものは、「資源・エネルギー統計年報」において、保税輸入に計上される。

3.2.3. 燃料の非エネルギー利用分について

燃料の燃焼に伴う温室効果ガスの排出量 (1.A.) の算定において活動量として使用している「総合エネルギー統計」の最終エネルギー消費量 (#500000) には、燃焼・酸化などを伴わない原材料等として使用された燃料のエネルギー量も含まれているため、排出量算定においては、そのようなエネルギー量が計上されている非エネルギー利用部門 (#950000) におけるエネルギー量を、最終エネルギー消費量から控除して活動量として使用している。

この非エネルギー利用部門には、「総合エネルギー統計」の出典となっている経済産業省「石油等消費動態統計年報」などの公的統計において燃料が非エネルギー利用されたことが確認できる量、及び潤滑油やアスファルトのように最初から非エネルギー利用を目的として製造された量が計上されている（ただし、「石油等消費動態統計年報」などの公的統計においてエネルギー利用されたことが確認されている量は含まない）。

燃料の非エネルギー利用分については共通報告表 (CRT) Table 1.A(d)の“Fuel quantity for NEU”及び“Carbon excluded”列に掲載している。同表の燃料種と「総合エネルギー統計」の燃料種の対応関係を別添 3 に掲載しているので参照のこと。

製品の原料等に非エネルギー利用された燃料が、製品の製造・使用・廃棄等のいずれかの過程で酸化・燃焼されることに伴う CO₂ 排出量は、表 3-9 に示すとおり他の分野にて別途報告している（詳細は各章参照）。その排出量は CRT Table 1.A(d)の“Reported CO₂ emissions”列に報告している。

なお、日本における鉄鋼及び非鉄金属製造プロセスからの排出については、エネルギー分野 (1.A) で報告すべき燃料の燃焼に由来する排出量と、工業プロセス及び製品の使用分野 (2.C) で報告すべき還元剤に由来する排出量があるが、両者を分離することなく、鉄鋼及び非鉄金属製造プロセス全体からの排出を包括的に捉える方が排出量の正確性の観点や二重計上、把握漏れを防ぐ観点からも最適であると考え、本エネルギー分野 (1.A) にてまとめて報告する。具体的な製造プロセスと区分は表 3-10 のとおり。

表 3-9 原料等に非エネルギー利用される燃料の CO₂ 排出量の報告区分

CO ₂ の排出を伴う過程	CRT 区分	原料等に非エネルギー利用される燃料の種類	排出係数
アンモニア製造	2.B.1	ナフサ (2016 年度まで)	炭素排出係数：表 3-11 参照 発熱量：表 3-17 参照
		液化石油ガス (LPG) (2002 年度まで)	
		製油所ガス (オフガス) (2011 年度まで)	
		国産天然ガス	
		石炭 (一般炭・輸入炭)	
		オイルコークス	
		輸入天然ガス (LNG) コークス炉ガス (COG) (2001 年度まで)	
シリコンカーバイド製造	2.B.5.a	オイルコークス	2.3 [t-CO ₂ /t] (オイルコークス消費量当たり)
カルシウム カーバイド製造	2.B.5.b	コークス	生産時還元剤起源：1.09 [t-CO ₂ /t] (2008 年度以降秘匿情報)、使用時：1.10 [t-CO ₂ /t] (いずれもカルシウムカーバイド生産量当たり係数)
二酸化チタン製造	2.B.6	オイルコークス 等	ルチル型二酸化チタン：秘匿情報 合成ルチル：1.43 [t-CO ₂ /t] (生産量当たり)
メタノール製造	2.B.8.a	天然ガス (1995 年度まで)	0.67 [t-CO ₂ /t] (メタノール生産量当たり)
エチレン製造	2.B.8.b	ナフサ LPG 等	秘匿情報
カーボンブラック製造	2.B.8.f	コールタール 等	2.06 [t-CO ₂ /t] (カーボンブラック生産量当たり)
無水マレイン酸製造	2.B.8.g	LPG	1.65 [t-CO ₂ /t] (n-ブタン法により製造された無水マレイン酸生産量当たり)
水素製造	2.B.10.a	天然ガス 等	日本産業・医療ガス協会加盟企業調べ
全損型以外の自動車・船舶エンジン油 ¹⁾	2.D.1	潤滑油	炭素排出係数：表 3-11 参照 発熱量：表 3-17 参照
パラフィンろうの使用	2.D.2	他重質石油製品	炭素排出係数：表 3-11 参照 発熱量：表 3-17 参照

(注)

- 1) 全損型の自動車・船舶エンジン油からの CO₂ 排出量は運輸 (1.A.3) に報告される。
- 2) 非エネルギー利用される燃料からの CO₂ 排出には、化石燃料由来の廃棄物の焼却・分解に伴う排出や、化石燃料由来の化学物質が別の化学物質の原料として使用される際の排出もある。これらの CO₂ 排出は次のカテゴリーに報告されている。燃料の燃焼 (1.A) の Other fossil fuels、石油化学及びカーボンブラック製造 (2.B.8) のうち本表に記載のないサブカテゴリー、NMVOC の焼却 (2.D.3.d.-)、触媒として使用される尿素 (2.D.3.d.-)、尿素施用 (3.H)、廃棄物の焼却と野焼き (5.C)、化石燃料起源の界面活性剤の分解 (5.E)。しかし、2006 年 IPCC ガイドライン Vol.3, page 1.16 に沿って、本表及び CRT Table 1.A(d) の Reported CO₂ emissions 欄には、これらの排出は含まない。

表 3-10 鉄鋼及び非鉄金属製造プロセスからの CO₂ 排出量の報告区分

CO ₂ の排出を伴う過程	還元剤の酸化等により CO ₂ を発生する主な燃料	IPCC ガイドライン上の区分	我が国での報告区分
鋼製造、銑鉄製造	コークス、吹込用原料炭、廃プラスチック類、コークス炉ガス、高炉ガス	2.C.1	1.A.2.a (鉄鋼)
焼結鉱製造	コークス	2.C.1	1.A.2.a (鉄鋼)
ペレット製造	コークス	2.C.1	1.A.2.a (鉄鋼)
フェロアロイ製造	コークス、一般炭	2.C.2	1.A.2.a (鉄鋼)
アルミニウム製造	コークス (陽極ペーストの主原料)	2.C.3	1.A.2.f (窯業土石)
鉛製造	コークス	2.C.5	1.A.2.b (非鉄金属)
亜鉛製造	コークス	2.C.6	1.A.2.b (非鉄金属)

3.2.4. エネルギー産業 (1.A.1) における CO₂ の排出

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、発電・熱供給 (1.A.1.a)、石油精製 (1.A.1.b)、固体燃料製造等 (1.A.1.c) におけるエネルギー転換に伴う CO₂ 排出を扱う。我が国において、固体燃料製造等 (1.A.1.c) にはコークス製造に加え都市ガス製造を含む。

2024 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 404,753 kt であり、我が国の温室効果ガス総排出量 (LULUCF を除く) の 38.7% を占めている。うち「1.A.1.a 発電・熱供給」からの排出が 89.4% と、当該カテゴリーで最も多くを占めている。

発電・熱供給 (1.A.1.a) における液体燃料からの CO₂ 排出量は長期減少傾向にある。1970 年度時点で電力の約 6 割は石油由来であった (資源エネルギー庁、2022)。しかし、1970 年代の石油危機以来、我が国は電源を多様化してきたため、石油火力発電所における石油消費量は減少してきている。2011 年に起きた東日本大震災により原子力発電所の稼働が停止したことで、石油による発電は 2011、2012 年度に一時的に増加したものの、2015 年度には発電量に占める石油火力発電の割合が 1 割未満となった。

固体燃料製造等 (1.A.1.c) における気体燃料からの CO₂ 排出量が 2019 年度以降急減している。これは活動量 (主に「総合エネルギー統計」における「一般ガス製造」の「自家消費」) の減少による。2019 年度以降、ガス事業生産動態統計の自家消費量と電力調査統計の発電用一般ガス消費量に重複があることが判明したため、ガス製造業の自家消費量から重複分を控除した影響が大きい。重複が生じた背景としては、2016 年度から電力の小売が自由化され、2017 年度から一般ガスの小売が自由化されたことにより、電力会社がガスを販売したり、ガス会社が電力を販売したりできるようになったことがある。

固体燃料製造等 (1.A.1.c) における固体燃料からの CO₂ 排出量の見かけの排出係数⁷⁾は、石炭製品製造部門の固体燃料の転換における炭素バランスの変動によって上下している。この見かけの年次変動は、コークス用原料炭及びコークス、そしてその他石炭製品間のマスバランス、エネルギーバランス及び炭素バランスに起因している。また、統計誤差やプロセス上では見えてこない貯蔵あるいは自然発生的な投入、産出のアンバランスに起因することもある。

⁷⁾ Implied emission factor (IEF)。共通報告表 (CRT) に記載される排出量を CRT の活動量で割り戻して求めた指標。

b) 方法論

■ 算定方法

我が国独自の排出係数が得られることから、2006年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol.2, page 1.9, Fig.1.2) に従い、Tier2 部門別アプローチ (Sectoral Approach) 法を用いて排出量を算定した。

$$E = \sum_{ij} [(A_{ij} - N_{ij}) \times GCV_i \times 10^{-3} \times EF_i \times OF_i] \times 44/12 - C_{i,j}$$

E	: 化石燃料の燃焼に伴う CO ₂ 排出量 [kt-CO ₂]
A	: エネルギー消費量 (固有単位 [kt, 10 ³ kL, 10 ⁶ m ³])
N	: 非エネルギー利用量 [kt, 10 ³ kL, 10 ⁶ m ³]
GCV	: 高位発熱量 [MJ/kg, MJ/L, MJ/m ³]
EF	: 炭素排出係数 [t-C/TJ]
OF	: 酸化率
C	: 回収量
i	: エネルギー源
j	: 部門

エネルギーとして利用された廃棄物及びエネルギー回収を伴う廃棄物焼却からの排出に関しては、3.2.12. 節を参照のこと。

バイオマスからの CO₂ 排出は、2006年 IPCC ガイドラインに従い、我が国の総排出量には含めず⁸、CRTに参考値として報告している。「総合エネルギー統計」では、バイオ燃料消費量がガソリンと軽油の消費量に含まれているが、ガソリンと軽油の発熱量、炭素排出係数を調整することでバイオ燃料由来の CO₂ 排出量が化石燃料由来として報告されないようにしている。

■ 排出係数

○ 炭素排出係数

炭素排出係数は、全て総発熱量 (高位発熱量) 当たりの炭素含有量で表される値を用いており、おおむね日本独自の値である。

炭素排出係数は、(a) 高炉ガス、都市ガス (一般ガス) 以外のエネルギー源、(b) 高炉ガス、(c) 都市ガス (一般ガス) の3つに分けて設定している。

エネルギー源別炭素排出係数を表 3-11 に示す。

精製用粗残油の炭素排出係数が 2012 年度から 2013 年度にかけて 8.0%減少しているが、これは 2013、2014 年度に経済産業省・環境省により実施された発熱量・炭素排出係数の設定に関する調査の結果 (詳細は 3-21 ページ参照。)、高位発熱量が約 8.3%増加したことによる。なお、精製用純原油が主 (2018 年度の常圧蒸留装置の投入量の 99.9%) で、精製用粗残油は従 (0.1%) であり直接燃焼させていない。

⁸ バイオマスからの CO₂ 排出量を総排出量に含めないのは、LULUCF 分野で算定される炭素ストック変化による CO₂ 排出との二重計上を避けるためである。(2006年 IPCC ガイドライン Vol.2, page 2.33 参照)

表 3-11 エネルギー源別炭素排出係数 (単位: t-C/TJ、高位発熱量ベース)

エネルギー源	コード ¹⁾	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
固体燃料(石炭系燃料)													
石炭	\$0100												
原料炭	\$0110												
コークス用原料炭 ²⁾	\$0111	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	24.4	24.4	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5
吹込用原料炭	\$0112	24.5	24.5	24.5	24.5	24.5	25.1	25.1	25.1	25.1	25.1	24.8	24.8
輸入一般炭	\$0121												
汎用輸入一般炭	\$0122	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7	24.4	24.4	24.3	24.3	24.3	24.8	24.8
発電用輸入一般炭	\$0123	24.7	24.7	24.7	24.7	24.7	24.4	24.4	24.3	24.3	24.3	24.8	24.8
国産一般炭	\$0124	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	23.7	23.7	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2
無煙炭 ²⁾	\$0130	25.5	25.5	25.5	25.5	25.5	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	26.4	26.4
石炭製品	\$0200												
コークス	\$0211	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	30.2	30.2	29.9	29.9	29.9	29.7	29.7
コールタール	\$0212	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9
練豆炭	\$0213	29.4	29.4	29.4	29.4	29.4	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9
コークス炉ガス	\$0221	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	10.9	10.9	10.9	10.9	10.9	10.8	10.8
高炉ガス	\$0222	27.2	26.9	26.7	26.5	26.4	26.5	26.5	26.4	26.3	26.3	26.1	26.1
転炉ガス	\$0225	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	41.7	41.7	42.0	42.0	42.0	41.9	41.9
液体燃料(石油系燃料)													
原油	\$0300												
精製用原油	\$0310												
精製用純原油	\$0311	19.1	19.0	19.0	19.1	19.1	19.0	19.0	19.0	19.0	19.0	18.9	18.9
精製用粗残油 ²⁾	\$0312	21.3	21.4	21.4	21.4	21.4	19.7	19.5	19.3	19.3	19.1	19.1	19.1
発電用原油	\$0320	19.1	19.1	19.2	19.6	19.2	19.2	19.3	19.5	19.1	19.1	19.1	19.1
瀝青質混合物 ⁴⁾	\$0321	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
NGL・コンデンセート ⁵⁾	\$0330												
精製用NGLコンデンセート ²⁾	\$0331	17.4	18.1	18.0	18.3	18.4	18.3	18.3	18.3	18.3	18.5	18.4	18.3
発電用NGLコンデンセート	\$0332	17.5	17.6	17.6	18.2	17.9	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2
石油化学用NGLコンデンセート	\$0333	15.6	16.2	16.8	17.6	18.0	18.3	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2
石油製品	\$0400												
原料油	\$0410												
純ナフサ	\$0420	18.2	18.2	18.2	18.2	18.2	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
改質生成油	\$0421	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.2	19.2
燃料油	\$0430												
ガソリン(原油由来) ²⁾	\$0431	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
ガソリン(バイオマス考慮) ³⁾		18.3	18.3	18.3	18.3	18.2	18.6	18.6	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5
ジェット燃料油	\$0432	18.3	18.3	18.3	18.3	18.3	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6	18.6
灯油	\$0433	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7
軽油(原油由来) ²⁾	\$0434	18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8
軽油(バイオマス考慮) ³⁾		18.7	18.7	18.7	18.7	18.7	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8
A重油	\$0436	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	19.3	19.3	19.3	19.3	19.3	19.2	19.2
B重油	\$0438	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
一般用C重油	\$0439	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.0	20.0
発電用C重油	\$0440	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.8	19.8	20.1	20.0	20.0	20.0	19.9
他石油製品	\$0450												
潤滑油	\$0451	19.2	19.2	19.2	19.2	19.2	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9	19.9
他重質石油製品 ⁶⁾	\$0452	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8	20.4	20.4	20.8	20.8	20.8	20.8	20.8
オイルコークス	\$0455	25.4	25.4	25.4	25.4	25.4	24.5	24.5	24.8	24.8	24.8	24.8	24.8
電気炉ガス	\$0456	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4	41.7	41.7	42.0	42.0	42.0	41.9	41.9
製油所ガス	\$0457	14.2	14.2	14.2	14.2	14.2	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4	14.4
液化石油ガス(LPG)	\$0458	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.4	16.4	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
気体燃料(ガス系燃料)													
天然ガス	\$0500												
輸入天然ガス(LNG)	\$0510	13.9	13.9	13.9	13.9	14.0	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9	13.8	13.8
国産天然ガス	\$0520	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
ガス田・随伴ガス	\$0521	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
炭鉱ガス ²⁾	\$0522	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
原油溶解ガス	\$0523	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	14.0	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9
都市ガス	\$0600												
一般ガス	\$0610	14.4	14.4	14.2	14.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
簡易ガス	\$0620	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.4	16.4	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3
(参考)バイオマス	\$N130												
木材利用	\$N131	30.2	30.2	30.2	30.9	30.9	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6
廃材利用	\$N132	30.2	30.2	30.2	30.9	30.9	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6	29.6
バイオエタノール	\$N134	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
バイオディーゼル	\$N135	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
黒液直接利用	\$N136	26.8	26.8	26.8	25.6	25.6	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9	24.9
バイオガス	\$N137	12.4	12.4	12.4	12.4	12.4	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5

1) 総合エネルギー統計(エネルギーバランス表)のエネルギー源別コード番号

2) レファレンスアプローチで使用。

3) 部門別アプローチで使用。

4) オリマルジョン

5) NGL: Natural gas liquids

6) アスファルト、グリース、パラフィンろうを含む。

表 3-12 エネルギー源別炭素排出係数の出典・設定方法

エネルギー源	コード	出典・設定方法
コークス用原料炭	\$0111	1990-2012 年度：戒能（2005） 2013-2017 年度：実測値（日本鉄鋼連盟提供）により得られた炭素排出係数を単純平均 2018-2022 年度：前回調査と同様の方法で更新 2023 年度以降：実測値（日本鉄鋼連盟提供）により得られた炭素排出係数を受入量で加重平均
吹込用原料炭	\$0112	1990-2012 年度：コークス用原料炭（\$0111）の値 2013-2017 年度：実測値（日本鉄鋼連盟提供）により得られた炭素排出係数を単純平均 2018-2022 年度：前回調査と同様の方法で更新 2023 年度以降：実測値（日本鉄鋼連盟提供）により得られた炭素排出係数を受入量で加重平均
輸入一般炭	\$0121	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2017 年度：実測値（発電事業者提供）から算出した各サンプルの炭素排出係数を受入量で加重平均 2018-2022 年度：前回調査と同様の方法で更新 2023 年度以降：前回調査と同様の方法で更新
国産一般炭	\$0124	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2017 年度：実測値（発電事業者提供）から算出した各サンプルの炭素排出係数を受入量で加重平均 2018 年度以降：前回調査と同様の方法で更新
無煙炭	\$0130	1990-2012 年度：戒能（2005） 2013-2022 年度：戒能（2014）の輸入一般炭の補間・近似式より推計 2023 年度以降：輸入一般炭の補間・近似式を更新し、推計
コークス	\$0211	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2017 年度：実測値（日本鉄鋼連盟提供）により得られた炭素排出係数を単純平均 2018-2022 年度：前回調査と同様の方法で更新 2023 年度以降：実測値（日本鉄鋼連盟提供）により得られた炭素排出係数を受入量で加重平均
コールタール	\$0212	戒能（2005）
練豆炭	\$0213	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013 年度以降：輸入無煙炭（\$0130）の 2013 年度値
コークス炉ガス	\$0221	1990-2012 年度：戒能（2005） 2013-2017 年度：実測値（日本鉄鋼連盟提供）により算出された炭素排出係数を単純平均 2018-2022 年度：前回調査と同様の方法で更新 2023 年度以降：前回調査と同様の方法で更新
高炉ガス	\$0222	「総合エネルギー統計」の高炉・転炉における炭素収支に基づき毎年度算定
転炉ガス	\$0225	1990-2012 年度：戒能（2005） 2013-2017 年度：実測値（日本鉄鋼連盟提供）により算出された炭素排出係数を単純平均 2018-2022 年度：前回調査と同様の方法で更新 2023 年度以降：前回調査と同様の方法で更新

表 3-12 エネルギー源別炭素排出係数の出典・設定方法（続き）

エネルギー源	コード	出典・設定方法
精製用原油	\$0310	1990-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られた銘柄別発熱量を基に戒能（2014）の原油の補間・近似式により推計した銘柄別炭素排出係数を各年度の銘柄別輸入量で加重平均 2023 年度以降：資源エネルギー庁「石油輸入調査」の密度・硫黄分を基に戒能（2014）の原油の補間・近似式により推計した銘柄別炭素排出係数を各年度の銘柄別輸入量で加重平均
発電用原油	\$0320	1990-2017 年度：資源エネルギー庁「電力調査統計」の発熱量を基に戒能（2014）の原油の補間・近似式により推計した月別の炭素排出係数を各月の受入量で加重平均 2018 年度以降：2013 年度値の調査で得られた銘柄別炭素排出係数を各年度の電力用輸入量で加重平均
瀝青質混合物	\$0321	戒能（2005）
NGL・コンデンセート	\$0330	精製用原油（\$0310）と同様の方法で設定
純ナフサ	\$0420	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られた炭素排出係数を単純平均したレギュラーガソリンの値 2023 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた製油所別のレギュラーガソリンの炭素排出係数をレギュラーガソリンの製油所別生産量で加重平均
改質生成油	\$0421	1990-2012 年度：ガソリン（原油由来）（\$0431）の値 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られた炭素排出係数を単純平均したプレミアムガソリンの値 2023 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた製油所別のプレミアムガソリンの炭素排出係数をプレミアムガソリンの製油所別生産量で加重平均
ガソリン（原油由来）	\$0431	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られたプレミアムガソリンとレギュラーガソリンの炭素排出係数を国内向け出荷量で加重平均 2023 年度以降：前回調査と同様の方法で更新
ガソリン（バイオマス考慮）	\$0431	原油由来・バイオマス由来の炭素排出係数を各年度の国内消費量の構成比で加重平均
ジェット燃料油	\$0432	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られたガソリン型・灯油型の炭素排出係数を「総合エネルギー統計」の各年度の各最終消費量で加重平均 2023 年度以降：ガソリン型・灯油型の炭素排出係数を「総合エネルギー統計」の各年度の各最終消費量で加重平均。灯油型は実測値（石油精製事業者提供）、ガソリン型は従前値を継続使用。
灯油	\$0433	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られた炭素排出係数を単純平均 2023 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた製油所別の炭素排出係数を製油所別生産量で加重平均
軽油（原油由来）	\$0434	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られた炭素排出係数を単純平均 2023 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた製油所別の炭素排出係数を製油所別生産量で加重平均
軽油（バイオマス考慮）	\$0434	原油由来・バイオマス由来の炭素排出係数を各年度の国内消費量の構成比で加重平均

表 3-12 エネルギー源別炭素排出係数の出典・設定方法（続き）

エネルギー源	コード	出典・設定方法
A 重油	\$0436	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られた炭素排出係数を単純平均 2023 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた製油所別の炭素排出係数を製油所別生産量で加重平均
B 重油	\$0438	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた発熱量を基に石油製品の補間・近似式より推計
一般用 C 重油	\$0439	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により得られた炭素排出係数を単純平均 2023 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた製油所別の炭素排出係数を製油所別生産量で加重平均
発電用 C 重油	\$0440	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2017 年度：資源エネルギー庁「電力調査統計」の発熱量を基に戒能（2014）の石油製品の補間・近似式より推計 2018 年度以降：「電力調査統計」の各年度の発熱量を基に戒能（2014）の石油製品の補間・近似式より推計
潤滑油	\$0451	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた発熱量を基に戒能（2014）の石油製品の補間・近似式より推計
他重質石油製品	\$0452	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2017 年度：常圧残油投入量と C 重油生産量のエネルギー収支から算定した発熱量に基づき、戒能（2014）の石油製品の補間・近似式より推計 2018-2022 年度：前回調査と同様の方法で更新 2023 年度以降：前回調査と同様の方法で更新
オイルコークス	\$0455	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2020 年度：実測値（日本化学工業協会提供）により得られた炭素排出係数を単純平均 2021 年度以降：セメント製造事業者及び化学工業事業者より得られた炭素排出係数を受入量で加重平均
電気炉ガス	\$0456	転炉ガス（\$0225）の値
製油所ガス	\$0457	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013-2022 年度：実測値（石油精製事業者提供）により算出された炭素排出係数を単純平均 2023 年度以降：実測値（石油精製事業者提供）により得られた製油所別の炭素排出係数を製油所別生産量で加重平均
液化石油ガス（LPG）	\$0458	1990-2012 年度：プロパン・ブタン理論値を各年度の国内生産・輸入量の構成比で加重平均 2013-2022 年度：プロパン・ブタンの理論炭素排出係数を各年度の各ガスの国内供給量で加重平均 2023 年度以降：プロパン・ブタンの理論炭素排出係数の更新値を各年度の各ガスの国内供給量で加重平均

表 3-12 エネルギー源別炭素排出係数の出典・設定方法（続き）

エネルギー源	コード	出典・設定方法
輸入天然ガス (LNG)	\$0510	1990-2012 年度：産地別の炭素排出係数を各年度の国別輸入量で加重平均 2013-2017 年度：日本ガス協会「ガス事業便覧」から算出した産地別の炭素排出係数を各年度の国別輸入量で加重平均 2018-2022 年度：実測値（発電事業者、都市ガス事業者提供）から算出した産地別の炭素排出係数を各年度の国別輸入量で加重平均 2023 年度以降：前回調査と同様の方法で更新
国産天然ガス	\$0520	1990-2012 年度：戒能（2005） 2013-2017 年度：実測値（国内の天然ガス生産事業者提供）から算出したガス田別の炭素排出係数をガス田別産出量で加重平均 2018-2022 年度：前回調査と同様の方法で更新 2023 年度以降：前回調査と同様の方法で更新
ガス田・随伴ガス	\$0521	国産天然ガス（\$0520）の値
炭鉱ガス	\$0522	1990-2012 年度：環境庁（1992） 2013 年度以降：実測値（国内の天然ガス生産事業者提供）から算出した水溶性ガス田ガスの炭素排出係数
原油溶解ガス	\$0523	国産天然ガス（\$0520）の値
一般ガス	\$0610	総合エネルギー統計の都市ガス製造における炭素収支に基づき毎年度算定
簡易ガス	\$0620	LPG（\$0458）の値
木材利用	\$N131	廃材利用（\$N132）の値
廃材利用	\$N132	炭素含有率の実測値（日本製紙連合会提供）を標準発熱量で除して設定
バイオエタノール	\$N134	1990-2012 年度：エタノールの理論炭素排出係数（ノルマル状態） 2013 年度以降：エタノールの理論炭素排出係数（SATP 状態）
バイオディーゼル	\$N135	バイオエタノール（\$N134）の値
黒液直接利用	\$N136	炭素含有率の実測値（日本製紙連合会提供）を標準発熱量で除して設定
バイオガス	\$N137	1990-2012 年度：メタンの理論炭素排出係数（ノルマル状態） 2013 年度以降：メタンの理論炭素排出係数（SATP 状態）

(a) 高炉ガス、都市ガス（一般ガス）以外のエネルギー源

高炉ガス、都市ガス（一般ガス）以外のエネルギー源における炭素排出係数については、環境庁（1992）、環境省（2002a）、戒能（2005, 2014, 2015）及び資源エネルギー庁（2020, 2025）に基づき設定した。

【2012 年度までの炭素排出係数の設定方法について】

排出係数の設定にあたっては、2005 年に実施された排出係数の評価分析結果（戒能、2005）を活用した。2005 年提出版インベントリまでの CO₂ 排出量算定に使用してきた環境庁（1992）に示されたエネルギー源別排出係数について、下記 1)～3) の評価分析によってその妥当性を評価し、妥当性が確認された値についてはその値を使用した。

1) 理論上限値・下限値との比較による評価分析

炭素排出係数の評価を必要とするエネルギー源の大部分は若干の不純物を含んだ炭化水素であり、純粋な炭化水素の総発熱量と炭素排出係数の間には物理化学的な対応関係が存在していることから、水素、メタン、一酸化炭素などの純粋物質の標準生成エンタルピーから理論的に算出される排出係数と評価対象の排出係数を比較することで、係数の妥当性を評価する。

2) 1996年改訂 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値との比較による評価分析

1996年改訂 IPCC ガイドラインデフォルト値や2006年 IPCC ガイドライン試算値⁹とその統計的な信頼性（不確実性）情報を利用して、エネルギー源別の炭素排出係数の妥当性を判断する。ただし、IPCC ガイドラインが想定する平均的なエネルギー源の性状と、日本が固有に利用するエネルギー源の性状は必ずしも同一ではないため、数値が乖離している場合があっても当該乖離を説明する正当な根拠が存在する場合、後述する「群評価分析」などの統計的な検討・検証を加えた上で、評価する。

3) 「総合エネルギー統計」を用いた炭素収支による群評価分析

石油製品、石炭製品の一部のエネルギー源については、「総合エネルギー統計」を用いて石油・石炭製品製造部門における炭素収支を分析することにより、各群の炭素排出係数の妥当性を評価する。

妥当性がないと判断されたものに関しては、環境省（2002a）及び2006年 IPCC ガイドラインに示された値を比較検証し、妥当と考えられる値を用いた。

その後、2013～2017年度の炭素排出係数を設定する過程で、原油、NGL・コンデンセート、LPG、LNG 及び簡易ガスについては、総合エネルギー統計における石油精製部門のエネルギー・炭素収支等の改善に寄与することから、2013～2017年度と同様の設定方法を2012年度以前にも適用した。（戒能、2015）

【2013年度から2017年度の炭素排出係数の設定方法について】

2013年度から2017年度の炭素排出係数については、2013年度及び2014年度に経済産業省・環境省により実施された発熱量・炭素排出係数の設定に関する調査を通じて得られた値を設定した。設定方法の概要は以下のとおり。

1) 調査方法

2013年度から2014年度において、経済産業省・環境省により、関係諸団体が有する各種エネルギー源の物性値等の収集と、関係団体及び関係事業者より提供された試料の物性値の実測等に関する調査が実施された。本調査により得られた各種エネルギー源に関する物性値を基に、戒能（2014）で示された手法などを用い、2013年度から適用する発熱量・炭素排出係数を設定した。

2) 炭素排出係数の基本的算定方法

各エネルギー源別の発熱量・炭素排出係数については、各エネルギー源の性質や精度面での優先順位等を踏まえ、「(1) 理論値からの算定」、「(2) 関係諸団体から提供された実測値及び経済産業省・環境省による実測調査結果より算定」、「(3) 他の主要エネルギー源の数値やその加重平均・回帰分析式からの推計により算定」、「(4) 従前値を継続使用」の各方法により設定した。

理論値及び実測値を用いた固体・液体・気体の各燃料における発熱量・炭素排出係数の算定方法（(1), (2)の方法に該当）は下記のとおり。

・気体燃料

気体などのエネルギー源においてガスクロマトグラフィーなどにより成分組成値が実測できる場合には、メタン・プロパンなど各成分組成値に関する純物質の理論発熱量・炭素排出係

⁹ 戒能（2005）の公表時において、2006年 IPCC ガイドラインはまだ公表されていなかったため、その値は試算値であり、公表時には若干の変更がある。

数を標準生成エンタルピーから算定し、統計処理した成分組成値でこれを加重平均して発熱量・炭素排出係数を算定した。

- ・ 固体及び液体燃料

固体及び純成分で加重平均できない液体のエネルギー源については、高位発熱量と炭素含有率などの物性値を直接実測し、当該結果を統計処理して発熱量・炭素排出係数を算定した。

(3)の方法については、一般炭・原油・石油製品の実測結果を基に、発熱量・炭素排出係数を密度・水分など物性値から推計する補間・近似推計式を作成し、これを用いて対象エネルギー源の発熱量・炭素排出係数を推計した。

3) 精度管理

上記により得られた標準発熱量・炭素排出係数は、現行値及び2006年IPCCガイドラインのデフォルト値との比較検証を行い、妥当性を確認した上でインベントリに適用した。

【2018年度から2022年度の炭素排出係数の設定方法について】

2017年度から2019年度にかけて経済産業省・環境省により実施された発熱量・炭素排出係数の設定に関する調査を基に、2018年度から2022年度の炭素排出係数を発熱量とともに改定した。改定対象とする燃料種は、2013年度に発熱量・炭素排出係数の全面的な改定が行われたこと、5年程度では組成が大きく変動しない燃料種があること、及び実測調査に要するコストや作業負荷と排出量への影響とのバランス等を踏まえ、選別した。

設定方法は「1.業界団体等提供データを用いた設定」「2.既存統計・文献及び推計式等を用いて設定」あるいは「3.従前値を継続使用」の3手法に分別される。このうち1.及び2.について、2013年度値設定時の推計手法を踏襲する場合は戒能（2014）を参照した。

上記により得られた発熱量・炭素排出係数の妥当性を評価するため、2013年度改定値及び2006年IPCCガイドラインデフォルト値との比較検証を行った。また、石炭製品製造・石油製品製造部門におけるエネルギー・炭素収支を確認し、上記の発熱量・炭素排出係数の設定により産出量が投入量を上回らないことを確認した。

【2023年度以降の炭素排出係数の設定方法について】

2022年度から2024年度にかけて経済産業省・環境省により実施された発熱量・炭素排出係数の設定に関する調査を基に、2023年度以降の炭素排出係数を発熱量とともに改定した。改定対象とする燃料種は、実測調査に要するコストや作業負荷と排出量への影響とのバランス等を踏まえ、選別した。設定方法は前回改定時の手法を原則踏襲した。

(b) 高炉ガス

鉄鋼製造工程における高炉・転炉においては、投入される吹込用原料炭、コークスのエネルギー量・炭素量と、産出される高炉ガス、転炉ガスのエネルギー量・炭素量の収支は理論上成立していなければならない。この高炉・転炉での炭素収支を成立させるため、高炉ガス組成の不安定性を鑑み、高炉ガスの炭素排出係数については、高炉・転炉に関する炭素収支から毎年度算定する。具体的には、鉄鋼系ガス生成部門に示された高炉に投入された炭素量（投入された吹込用原料炭及びコークスに含まれる炭素量）から、転炉ガスに含まれる可燃炭素を差し引いた炭素量を高炉ガスの排出量とみなし、当該炭素量を高炉ガスの発生量で除すことで排出係数を算定する。算定式及び算定過程を以下に示す。

なお、高炉ガスの排出係数の算定は毎年行う。

$$EF_{BFG} = [(A_{coal} \times EF_{coal} + A_{coke} \times EF_{coke}) - A_{CFG} \times EF_{CFG}] / A_{BFG}$$

- EF : 炭素排出係数 [t-C/TJ]
- A : エネルギー量 [TJ]
- BFG : 高炉ガス
- coal : 吹込用原料炭
- coke : コークス
- CFG : 転炉ガス

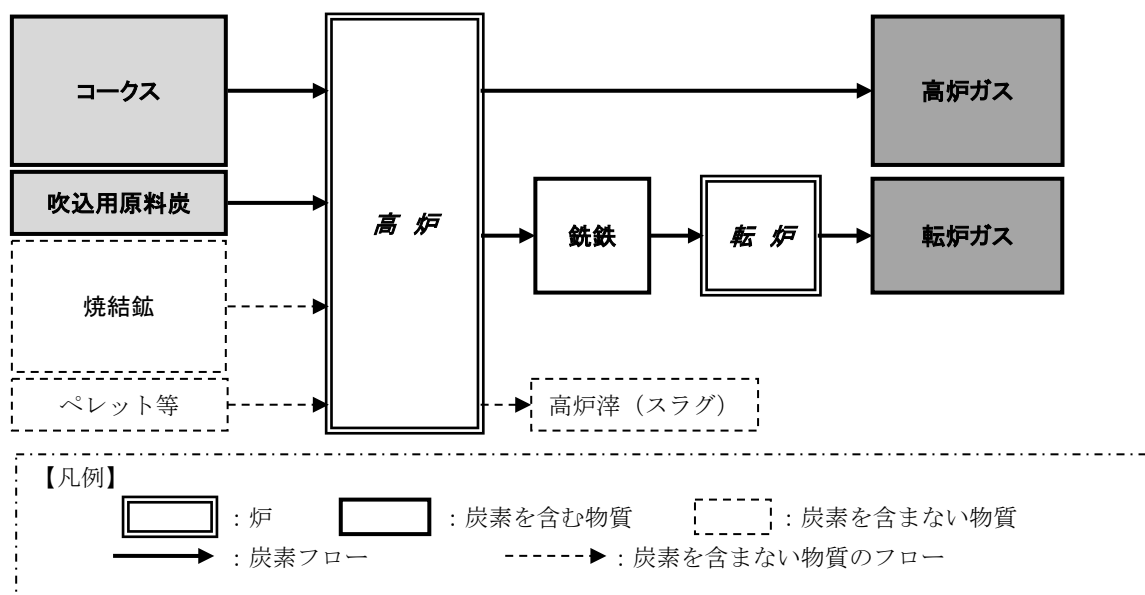


図 3-3 鉄鋼製造における炭素フローの概略図

表 3-13 高炉ガスの炭素排出係数の算定過程

鉄鋼系ガス		1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024	備考
投入														
吹込用原料炭	kt-C	1,650	2,619	3,351	3,014	3,444	4,401	4,180	2,965	4,035	3,491	3,528	3,456	A
コークス	kt-C	12,739	11,400	12,221	11,497	11,194	10,870	10,270	7,833	8,757	7,899	7,497	7,017	B
合計	kt-C	14,389	14,019	15,572	14,511	14,637	15,271	14,449	10,799	12,792	11,390	11,024	10,473	C: A + B
産出														
転炉ガス	kt-C	2,541	2,359	2,726	2,804	2,798	2,955	2,778	2,066	2,309	2,113	1,899	1,805	D
差	kt-C	11,848	11,660	12,846	11,707	11,839	12,316	11,671	8,733	10,483	9,277	9,126	8,668	E: C - D
産出														
高炉ガス	PJ	434.8	433.5	481.8	441.4	448.7	464.5	440.1	331.1	398.9	353.1	349.4	332.6	F
EF 高炉ガス	t-C/TJ	27.2	26.9	26.7	26.5	26.4	26.5	26.5	26.4	26.3	26.3	26.1	26.1	E / F

(c) 都市ガス

都市ガスは、ガス小売事業者、一般ガス導管事業者、特定ガス導管事業者（旧一般ガス事業者等）が供給する一般ガスと、ガス小売事業のうち特定ガス発生設備においてガスを発生させ、導管によりこれを供給する事業者（旧簡易ガス事業者）が供給する簡易ガスに分けられる。

簡易ガスの炭素排出係数は、その大部分がLPG直接供給によるプロパンガスであることから、LPGと同一の値を採用する。

一般ガスの炭素排出係数については、一般ガスはその大部分が原材料を混合・空気希釈して製造されたものであることから、一般ガス製造部門における炭素収支から毎年度設定する。具体的には、一般ガスの原料として消費された化石燃料に含まれる炭素量（コークス炉ガス、

灯油、製油所ガス、LPG、LNG、国産天然ガスに含まれる炭素量)を、一般ガスの生産量で除すことで排出係数を設定する。算定式及び算定過程を以下に示す。

なお、一般ガスの排出係数の算定は毎年行う。

$$EF_{CG} = \sum_i (A_i \times EF_i) / P_{CG}$$

- EF : 炭素排出係数 [t-C/TJ]
- A : エネルギー量 [TJ]
- P : 生産量 [TJ]
- CG : 都市ガス (一般ガス)
- i : 都市ガス原料 (コークス炉ガス、灯油、製油所ガス、LPG、LNG、国産天然ガス)

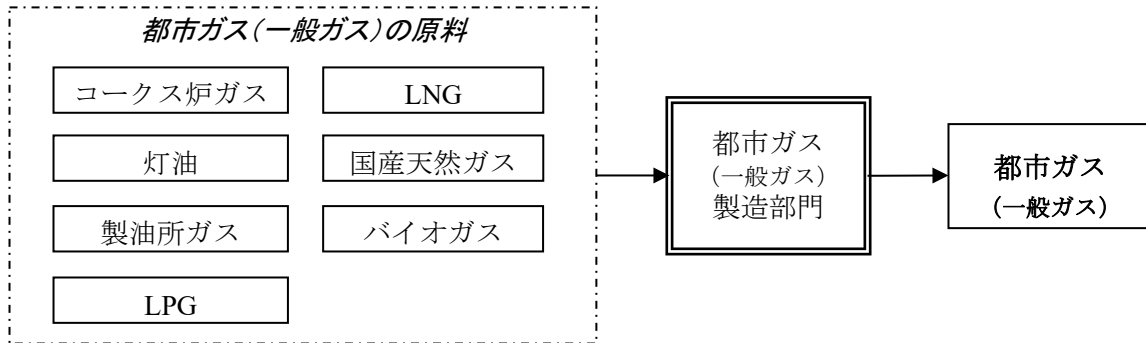


図 3-4 都市ガス (一般ガス) の製造フロー

表 3-14 都市ガス (一般ガス) の炭素排出係数の算定過程

一般ガス		1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024	備考
投入														
コークス炉ガス	kt-C	211	134	105	22	0	0	0	0	0	0	0	0	a1
灯油	kt-C	200	275	69	6	0	0	0	0	0	0	0	0	a2
製油所ガス	kt-C	186	199	186	145	89	67	37	81	83	87	74	90	a3
LPG	kt-C	1,957	2,129	1,809	1,092	786	930	818	932	1,108	1,350	1,269	1,187	a4
LNG	kt-C	6,473	9,429	12,051	17,146	21,357	21,709	21,868	21,239	22,085	21,241	20,374	20,340	a5
国産天然ガス	kt-C	551	661	848	1,190	1,603	1,498	1,435	991	950	854	842	815	a6
合計	kt-C	9,577	12,827	15,068	19,601	23,834	24,205	24,159	23,243	24,226	23,531	22,558	22,433	A: Σ a
産出														
一般ガス	PJ	664.7	892.3	1,061.1	1,392.0	1,700.3	1,724.3	1,722.1	1,664.7	1,732.9	1,678.5	1,612.6	1,604.4	B
EF 一般ガス	t-C/TJ	14.4	14.4	14.2	14.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	A/B

○ 酸化率

燃料種別に、燃料の燃焼に伴う未燃炭素の実態について、関係業界団体、関連メーカー、専門家等への調査を行い、燃焼の実態を考慮した日本固有の酸化率を設定した。

・ 気体燃料

気体燃料の燃焼については、電気事業連合会による発電用ボイラーにおける平成 16 年度のガス燃焼時の煤塵濃度測定結果がいずれもゼロであるため、定量的に完全燃焼であることを示すことができる。ヒアリングの結果においても、いずれも 100%燃焼しているとの回答が得られた。以上より、気体燃料については酸化率を 1.0 と設定した。

・ 液体燃料

液体燃料については、燃料に含まれる炭素ほぼ全量が燃焼していると想定できるものの、燃焼状況によっては 0.5%程度の未燃損失が生じる可能性があることが指摘された。ただし、いずれも具体的な定量データを示すのは困難であったため、我が国ではきめ細かな燃焼管理、ばい煙処理を実施していることを勘案し、酸化率を 1.0 と設定した。

・ 固体燃料

石炭の燃焼については、燃焼条件、炉種、炭質により燃焼の状況が異なることもあり、具体的にどれだけの未燃炭素が生じているかを示す直接的な定量データの提供は困難な状況である。一方、炉で発生する未燃炭素については、ほぼ全量が石炭灰中に含まれるものと考えられる。石炭灰は有効利用又は埋立処理が行われており、有効利用が行われる石炭灰のうち、セメント原料に利用されたもののように、製造過程において焼成工程を経るものについては、焼成過程で石炭灰中に含まれる未燃炭素が酸化され CO₂ として大気中に放出される。

焼成工程により酸化される未燃炭素も考慮した、石炭燃焼における酸化率は 1990～2003 年の平均値は有効数字 3 桁で 0.996 となる。我が国のインベントリに用いるデータの精度を考慮すると、有効数字 2 桁の設定が妥当であるため、3 桁目の四捨五入を行い、我が国の固体燃料燃焼に係る酸化率は 1.0 と設定した。

■ 活動量

本カテゴリーの活動量については、「総合エネルギー統計」(エネルギーバランス表) に示されたエネルギー消費量を用いている。エネルギー消費量の推移を表 3-15 に示す。

表 3-15 エネルギー産業 (1.A.1) におけるエネルギー消費量 (単位: PJ)

エネルギー源	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
液体燃料	2,596	2,198	1,618	1,669	1,352	1,866	1,312	675	781	784	645	582
固体燃料	1,235	1,542	1,951	2,586	2,757	3,121	3,038	2,752	2,899	2,878	2,699	2,765
気体燃料	1,564	1,786	2,167	2,021	2,624	3,488	3,300	2,925	2,642	2,500	2,428	2,310
その他化石燃料	IE	IE	0	5	5	0	1	1	1	1	2	2
バイオマス	0	0	0	26	28	31	32	156	186	202	230	230
合計	5,395	5,526	5,737	6,308	6,767	8,506	7,683	6,510	6,508	6,365	6,005	5,889

(注) 燃料種区分は共通報告表 (CRT) に準じている。

「総合エネルギー統計」の目的、概要及び簡易表は別添 3 (A3.2) を参照のこと。

エネルギー産業 (1.A.1) の活動量については、「総合エネルギー統計」におけるエネルギー転換部門 (#200000) のうち、石炭製品製造 (#210000)、石油製品製造 (#220000)、ガス製造 (#230000)、事業用発電 (#240000)、熱供給 (#270000)、及び自家消費 (#301000) の各部門のエネルギー量を含める。事業用発電部門は電気事業者が行う発電に伴うエネルギー消費量を、熱供給部門は熱供給事業者及び電気事業者が行う温熱・冷熱の発生に伴う消費量を示している。他転換・品種振替部門 (#280000)、転換・消費在庫変動部門 (#350000) に示された値は算定対象外とする。

石炭製品製造 (#210000) には、コークス製造工程における原料の投入量と石炭製品の産出量の収支が示されている。投入された炭素量と産出された炭素量の差分は、赤熱コークスがコークス炉から押し出されてからコークス乾式消火施設 (CDQ) に移行する間に、大気に酸化される (燃焼) 分等に相当すると考えられることから、CO₂ 排出として計上することが妥当であると判断し、当該部門からの排出量として算定を行った。

石油製品製造 (#220000) には、石油精製工程における原料の投入量と石油製品の産出量の収支が示されている。投入された炭素量と産出された炭素量の差分は、流動接触分解装置 (FCC) において、重油留分の分解反応に伴って低下した触媒活性を取り戻すため、触媒表面に蓄積した炭素を除去するために燃焼した分や、その燃焼時に発生する CO 等を含む燃焼ガスがボイラーで熱回収される分、水素製造装置から副生する CO₂ 等に相当すると考えられることから、大気に排出されるものとして計上することが妥当であると判断し、当該部門から

の排出量として算定を行った。

2006年 IPCC ガイドラインでは、発電等のために消費したエネルギーから排出される CO₂ は、その発電等を行った部門に計上することを原則としている。総合エネルギー統計では、自家用発電及び自家用蒸気の製造のために投入された燃料消費量を、エネルギー転換部門の自家用発電 (#250000) 及び自家用蒸気発生 (#260000) 部門に計上している。これらの部門には業種別内訳が示されており、実際に自家発電及び蒸気発生を行っているのは主に製造業であるが、他の業種でも行っている。従って、自家用発電 (#250000) 及び自家用蒸気発生 (#260000) 部門の化石燃料消費量は業種に応じてエネルギー産業 (1.A.1)、製造業・建設業 (1.A.2)、又はその他部門 (1.A.4) の活動量に含める。

電気業 (#255330) における自家用発電の化石燃料消費量は、1990～2015年度まではエネルギー産業 (1.A.1) に、2016年度以降はその他部門 (1.A.4) に含めている。これは、2006年 IPCC ガイドラインでは、発電を主たる業とする事業者は発電・熱供給 (1.A.1.a) に含めることとされており、2015年度までの電気業 (#255330) には発電を主たる業とする独立系発電事業者 (IPP) が含まれているためである。なお、電力小売全面自由化を定めた改正電気事業法が2016年4月に施行されたことに伴い電気事業者の定義が変更されたため、2016年度以降は IPP 等の発電を主たる業とする事業者については電気業 (#255330) ではなく事業用発電 (#240000) に含まれている。

「総合エネルギー統計」の部門と CRT の部門対応を表 3-16 に示す。

表 3-16 「総合エネルギー統計」とインベントリ (CRT) の部門対応 (1.A.1)

CRT		総合エネルギー統計	
1.A.1	Energy industries		
1.A.1.a	Public electricity and heat production	事業用発電	#240000
		自家消費 事業用電力	#301400
		熱供給	#270000
		自家消費 熱供給	#301500
		自家用発電 電気業(除 事業用発電分) (2015年度まで)	#255330
1.A.1.b	Petroleum refining	石油製品製造	#220000
		自家消費 石油製品製造	#301200
		自家用発電 石油製品	#253171
		自家用蒸気発生 石油製品	#263171
		最終エネルギー消費 石油製品製造業(除 石油製品)	#626510
		▲非エネルギー利用 石油製品	#951540
1.A.1.c	Manufacture of solid fuels and other energy industries	石炭製品製造	#210000
		自家消費 石炭製品製造	#301100
		自家用発電 石炭製品他	#253175
		自家用蒸気発生 石炭製品他	#263175
		最終エネルギー消費 石炭製品製造業他(除 石炭製品)	#626550
		ガス製造	#230000
		自家消費 ガス製造	#301300

(注) ▲非エネルギー利用：原料用として用いられた分を控除している。

○ 発熱量

エネルギー源別の高位発熱量は、「総合エネルギー統計」で用いられている値を使用した。エネルギー源別の高位発熱量の推移を表 3-17 に示す。「総合エネルギー統計」では、各エネルギー源の固有単位当たりの総発熱量が毎年度再計算可能なエネルギーについては、毎年度公的統計から再計算を行って算定した「実質発熱量」を用いている。また、毎年度再計算することができないエネルギー源や、物理的性状が安定しているエネルギー源については、直近の実測データや各種公的文献・資料などから推計された「標準発熱量」の値を用いている。

なお、標準発熱量はおおむね5年に一度改定されており、これまで、2000、2005、2013、2018、2023年度値に対して改定が実施された。

固体燃料の高位発熱量 (GCV) のトレンドは、1990年以降減少傾向にあるが、これはコー

クス用原料炭と一般炭の比率の変化に起因する。1970～1990年においては、コークスの原料として、コークス用原料炭が使用されていたが、コークス用原料炭の不足と価格上昇のため、コークスの代わりに前処理（調湿と増粘）をした一般炭を使う新しいコークス技術が開発された。同様に、PCI（吹込用原料炭）がコークス用原料炭や一般炭の混合から、前処理（微粉化）をした一般炭に変更された。これは、日本の鉄鋼製造が、経済的な理由で安い石炭から高品質のコークスを製造してきたためである。従来のコークス用原料炭は、一般炭に比べて高い炭素含有量と発熱量を有するため、新技術が徐々に導入された結果、近年の見かけのGCVが減少傾向にある。

表 3-17 エネルギー源別の高位発熱量の推移

エネルギー源	コード	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
固体燃料(石炭系燃料)														
石炭	S0100													
原料炭	S0110													
コークス用原料炭 ¹⁾	S0111	MJ/kg	31.8	30.5	29.1	29.1	29.1	28.9	28.9	28.9	28.9	28.9	28.8	28.8
吹込用原料炭	S0112	MJ/kg	31.8	30.5	28.2	28.2	28.2	28.0	28.0	28.3	28.3	28.3	29.1	29.1
輸入一般炭	S0121													
汎用輸入一般炭	S0122	MJ/kg	26.0	26.0	26.6	25.7	25.7	26.0	26.0	26.1	26.1	26.1	25.9	25.9
発電用輸入一般炭	S0123	MJ/kg	24.9	26.1	26.4	25.5	25.3	26.0	25.3	24.4	24.8	24.7	24.9	24.9
国産一般炭	S0124	MJ/kg	24.3	24.3	22.5	22.5	22.5	25.3	25.3	24.2	24.2	24.2	24.2	24.2
無煙炭	S0130	MJ/kg	27.2	27.2	27.2	26.9	26.9	27.8	27.8	27.8	27.8	27.8	26.6	26.6
石炭製品	S0200													
コークス	S0211	MJ/kg	30.1	30.1	30.1	29.4	29.4	29.2	29.2	29.0	29.0	29.0	29.4	29.4
コールタール	S0212	MJ/kg	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3	37.3
練豆炭	S0213	MJ/kg	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9
コークス炉ガス	S0221	MJ/m ³	21.5	21.6	21.3	21.4	21.3	18.9	18.9	18.4	18.4	18.4	18.2	18.2
高炉ガス	S0222	MJ/m ³	3.51	3.59	3.64	3.41	3.41	3.24	3.24	3.23	3.23	3.23	3.18	3.18
転炉ガス	S0225	MJ/m ³	8.37	8.37	8.41	8.41	8.41	7.54	7.54	7.53	7.53	7.53	7.49	7.49
液体燃料(石油系燃料)														
原油	S0300													
精製用原油	S0310													
精製用純原油	S0311	MJ/L	38.3	38.3	38.2	38.1	38.2	38.2	38.2	38.1	38.1	38.1	38.0	38.0
精製用粗残油 ¹⁾	S0312	MJ/L	38.3	38.3	38.2	38.1	38.2	41.3	40.6	39.9	39.8	39.0	39.0	39.0
発電用原油	S0320	MJ/L	39.1	39.2	39.6	38.5	39.7	39.3	39.8	40.4	40.5	39.3	39.1	39.1
瀝青質混合物	S0321	MJ/kg	30.1	30.3	29.9	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4
NGL・コンデンセート	S0330													
精製用NGLコンデンセート ¹⁾	S0331	MJ/L	35.7	35.5	35.4	35.0	34.8	34.8	34.7	34.6	34.6	35.9	35.3	35.1
発電用NGLコンデンセート	S0332	MJ/L	35.7	35.5	35.4	35.0	34.8	34.2	34.2	34.2	34.5	34.5	34.5	34.5
石油化学用NGLコンデンセート	S0333	MJ/L	35.7	35.5	35.4	35.0	34.8	34.6	34.4	34.3	34.5	34.5	34.5	34.5
石油製品	S0400													
原料油	S0410													
純ナフサ	S0420	MJ/L	33.6	33.6	33.6	33.5	33.5	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3	33.3
改質生成油	S0421	MJ/L	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	33.7	33.7	33.7	33.7	33.7	33.7	33.7
燃料油	S0430													
ガソリン(原油由来) ¹⁾	S0431	MJ/L	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4	33.4
ガソリン(バイオマス考慮) ²⁾	S0432	MJ/L	34.6	34.6	34.6	34.6	34.5	33.3	33.2	33.1	33.2	33.2	33.1	33.1
ジェット燃料油	S0433	MJ/L	36.4	36.4	36.7	36.7	36.7	36.3	36.2	36.3	36.3	36.5	36.4	36.5
灯油	S0434	MJ/L	36.8	36.8	36.8	36.7	36.7	36.5	36.5	36.5	36.5	36.5	36.6	36.6
軽油(原油由来) ¹⁾	S0435	MJ/L	38.1	38.1	38.2	37.8	38.1	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	37.9	37.9
軽油(バイオマス考慮) ²⁾	S0436	MJ/L	38.1	38.1	38.2	37.8	38.1	38.0	38.0	38.0	38.0	38.0	37.9	37.9
A重油	S0437	MJ/L	39.7	39.6	39.3	39.1	39.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.9	38.8	38.8
B重油	S0438	MJ/L	40.2	40.2	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4	40.4
一般用C重油	S0439	MJ/L	40.2	40.3	40.3	40.3	40.4	41.2	41.4	41.1	41.0	41.0	41.0	41.1
発電用C重油	S0440	MJ/L	41.1	41.1	41.3	41.2	41.3	41.2	41.0	41.6	41.5	41.5	41.5	41.3
他石油製品	S0450													
潤滑油	S0451	MJ/L	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2
他重質石油製品	S0452	MJ/kg	39.2	39.3	39.4	39.4	39.4	40.2	40.4	40.1	40.0	40.0	40.0	40.1
オイルコークス	S0453	MJ/kg	35.6	35.6	35.6	29.9	29.9	33.3	33.3	33.3	34.1	34.1	34.1	34.1
電気炉ガス	S0454	MJ/m ³	8.37	8.37	8.41	8.41	8.41	7.54	7.54	7.53	7.53	7.53	7.49	7.49
製油所ガス	S0455	MJ/m ³	39.3	39.3	44.9	44.9	44.9	46.1	46.1	46.1	46.1	46.1	42.4	42.4
液化石油ガス(LPG)	S0456	MJ/kg	50.5	50.6	50.7	50.7	50.8	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1	50.1
気体燃料(ガス系燃料)														
天然ガス	S0500													
輸入天然ガス(LNG)	S0510	MJ/kg	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.5	54.7	54.7	54.7	54.7	54.6
国産天然ガス	S0520	MJ/m ³	42.1	42.4	42.6	42.9	44.7	39.6	39.6	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4
ガス田・随伴ガス	S0521	MJ/m ³	42.1	42.4	42.6	42.9	44.7	39.6	39.6	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4
炭鉱ガス ¹⁾	S0522	MJ/m ³	36.0	36.0	16.7	16.7	16.7	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1
原油溶解ガス	S0523	MJ/m ³	42.1	42.4	42.6	42.9	44.7	39.6	39.6	38.4	38.4	38.4	38.4	38.4
都市ガス	S0600													
一般ガス	S0610	MJ/m ³	41.9	41.9	41.1	44.8	44.8	40.8	40.7	39.9	40.0	40.4	40.0	40.0
簡易ガス	S0620	MJ/m ³	105	104	102	102	101	96.0	95.3	94.3	94.1	94.2	94.3	93.9
(参考)バイオマス	SN130													
木材利用	SN131	MJ/kg	15.4	15.4	15.4	19.9	17.4	17.6	17.0	14.5	14.8	14.1	14.4	14.4
廃材利用	SN132	MJ/kg	16.7	16.7	16.7	16.3	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	18.4	18.4
バイオエタノール	SN134	MJ/L	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4
バイオディーゼル	SN135	MJ/L	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.4	23.4	23.4	35.6	35.6	35.6	35.6
黒液直接利用	SN136	MJ/kg	12.6	12.6	12.6	13.2	13.2	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.5	13.5
バイオガス	SN137	MJ/m ³	23.4	23.4	23.4	23.4	23.4	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2	21.2

1) レファレンスアプローチで使用。

2) 部門別アプローチで使用。

3) 2012年度迄は気体は原則全て0℃、1気圧(273.15 K、101.325 kPa)(ノルマル状態)、液体は常温、固体は全て「有水・有灰」状態での数値を示す。

2013年度以降は気体・液体は原則全て25℃、1 bar(298.15 K、100 kPa)(標準環境状態 SATP)、固体は全て「有水・有灰」状態での数値を示す。

■ 回収量

石油精製工場で発生した CO₂ は一部が回収され、ドライアイスや液化炭酸ガスの製品として直接利用され、その後大気に排出されている。また 2004 年度から 2007 年度、2016 年度から 2019 年度において、石油精製工場で発生した CO₂ の回収及び地中貯留が実施された。これらの CO₂ の回収量を CRT Table 1.A(a)s1 の「1.A.1.b 石油精製」の「CO₂ amount captured」に報告¹⁰し、その分を排出量から控除している。（直接利用された CO₂ は IPPU 分野の排出として報告している。また、貯留の過程で漏出があれば「1.C. CO₂ の輸送・貯留」に報告する。）CO₂ の直接利用に関する詳細は第 4 章 4.9.1. 節を、CO₂ の貯留に関する詳細は本章 3.4.4. 節を参照のこと。

2016～2019 年度にかけて大規模な CO₂ 地中貯留実証試験が行われたことから、この期間の回収量は多かった。また、1990 年度と比べて液化炭酸ガス用の回収量が増えているのは、製油所における脱硫装置の増加により副生する炭酸ガスが多くなったことが一因として考えられる。

表 3-18 エネルギー産業 (1.A.1) における CO₂ 回収量及び用途別内訳

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
回収量	kt	-376	-412	-476	-558	-595	-587	-576	-594	-601	-619	-620	-584
液化炭酸ガス	kt	-244	-278	-310	-363	-397	-379	-362	-375	-377	-404	-411	-387
ドライアイス	kt	-132	-134	-166	-195	-198	-208	-213	-219	-224	-215	-210	-197
地中貯留	kt	NO	NO	NO	-0	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

固体燃料、液体燃料、気体燃料に関して、排出係数の不確実性は炭素排出係数の元データから得られる 95%信頼区間の上限値、下限値等から設定した。また、活動量の不確実性は、出典である「総合エネルギー統計」における燃料種別・部門別のエネルギー消費量の不確実性を設定することが困難であるため、1990～2024 年度の固体燃料、液体燃料、気体燃料の統計誤差率（対国内供給）の標準偏差から上限値、下限値を設定した。その結果、固体燃料、液体燃料、気体燃料の燃焼による CO₂ 排出量の不確実性は燃料の燃焼部門全体で-2～+2%と評価された。

地中貯留を目的とした CO₂ 回収量の不確実性を把握できないため、2006 年 IPCC ガイドライン (Vol.2, page 4.72) に示される値（石油・天然ガスシステムにおける流量の計測に伴う不確実性（販売量以外）の-15～+15%）で代用した。直接利用を目的とした CO₂ 回収量の不確実性は 4.9.1. 節を参照のこと。

エネルギー利用・回収を伴う廃棄物の焼却による CO₂ 排出量の不確実性は、7.4.3. 節を参照のこと。

■ 時系列の一貫性

全ての時系列において一貫した算定方法を用いて排出量の算定を行っている。

炭素排出係数については、全てのエネルギー源について、全ての時系列において同一の方法にて設定を行っている。

活動量については、全ての時系列において「総合エネルギー統計」の値を使用しており、本統計は全ての時系列において一貫した方法にて作成されている。

時系列の一貫性の観点から、「総合エネルギー統計」における 1990～2015 年度の自家発電の電気業（#255330）の化石燃料消費量は発電・熱供給（1.A.1.a）の活動量に含めている。

¹⁰ 回収された CO₂ の発生源の特定に至らなかったことから、回収量を液体燃料にまとめて報告し、他の燃料種別区分における回収量は「IE」と報告する。

3.2.4. b) 節の活動量の説明を参照のこと。

d) QA/QC と検証

2006年 IPCC ガイドラインに従った方法で、一般的なインベントリ QC 手続きを実施している。一般的なインベントリ QC 手続きには、排出量の算定に用いている活動量、排出係数等パラメータのチェック、及び出典文献の保存が含まれる。QA/QC 活動については、別添 4 に詳述している。

e) 再計算

「総合エネルギー統計」の更新に伴う活動量の更新により、1990～2023 年度について排出量が再計算された。

廃棄物分野における統計データの更新及び算定方法の改善に伴い、2010～2020、2023 年度のその他化石燃料の CO₂ 排出量が再計算された。詳細は 7.4.3.節を参照のこと。

再計算の影響の程度については第 10 章参照のこと。

【「総合エネルギー統計」の再計算について】

総合エネルギー統計の過去データで修正されたものは以下のとおり。

1) 総合エネルギー統計作成において推計方法を変更したもの

- 国家公務部門の軽油消費量に使用する元データの変更
 国家公務部門の軽油消費量はエネルギー消費統計から計上している。軽油の分類不能・内訳推計誤差が 2013 年度以降で拡大していることを受けて確認を行ったところ、エネルギー消費統計における消費量と総務省が公表している「軽油引取税に関する調」における消費量には乖離があり、後者の数量が大きいことが分かった。そのため、国家公務部門の軽油の消費量について、2024 年度確報から「軽油引取税に関する調」における値を採用するように変更した。
- 家庭部門における LPG 消費量に含まれる簡易ガス分の重複排除
 家庭部門における LPG 消費量には家計調査のデータが使用されている。しかし、確認を進めたところ、家計調査において簡易ガスはプロパンガスとして集計されており、総合エネルギー統計では簡易ガス消費量が都市ガス消費量と LPG 消費量として二重計上となっていたことが分かった。そのため、LPG 消費量から簡易ガス消費量を差し引くように修正した。また、LPG の地方別消費量から差し引く分は、LPG の全国消費量合計に占める各地方における消費量の割合に基づいて按分した。

2) 総合エネルギー統計作成で使用している統計データが更新されたことに伴うもの

総合エネルギー統計の作成においては、多くのエネルギー関連統計データを使用しており、これらのデータは、翌年に更新される場合がある。例えば、統計調査の客体が報告した数字に誤りがあり、訂正の報告をした場合が該当する。このような場合、総合エネルギー統計においても当該統計値を更新することがある。今回 2024 年度の総合エネルギー統計作成時に 2023 年度のデータの更新を行ったものとしては以下のものがある。

表 3-19 総合エネルギー統計で使用している統計データの更新状況

No	総合エネルギー統計で使用している統計データ	総合エネルギー統計に反映される箇所
1	資源・エネルギー統計（2024年1月～3月分のデータについて年間補正済みデータに更新）	\$0300 原油、\$0500 天然ガスの #110000 国内産出、#120000 輸入、#160000 輸出、#170000 供給在庫変動等。 \$0400 石油製品の#120000 輸入、#160000 輸出、#170000 供給在庫変動、#222000 石油製品製造等
2	貿易統計	\$0100 石炭、\$0200 石炭製品、\$0455 オイルコークス、\$0458 LPG、\$0510 LNG の#120000 輸入、#160000 輸出
3	石油等消費動態統計（2024年1月～3月分については年間補正済み）	#250000 自家発電、#260000 自家用蒸気発生、#500000 最終エネルギー消費の製造業大規模事業所、#355000 製造業在庫等
4	ガス事業生産動態統計（旧簡易ガス事業）	#232000 簡易ガス製造、#650000 業務他、#700000 家庭の\$0620 簡易ガス
5	自動車燃料消費量調査	#811000 乗用車、#811500 バス、#851000 貨物自動車の\$0431 ガソリン、\$0434 軽油等
6	エネルギー消費統計	農林水産鉱建設業、製造業中小規模事業所、業務他の各エネルギー消費量
7	農業経営統計調査	#611100 農業 推計用
8	農作物価統計調査	#611100 農業 推計用
9	石油製品価格調査	#611100 農業、#611200 林業、#611300 漁業 推計用
10	漁業センサス	#611300 漁業 推計用
11	漁業経営統計調査	#611300 漁業 推計用
12	産業連関表	#611200 林業、#611300 漁業 推計用
13	林業産出額	#611200 林業 推計用
14	CNG 車種別走行距離	#811190 企業利用寄与他、#811590 営業用（バス）、#851100 営業用（貨物自動車/トラック）の\$0610 一般ガス
15	二輪車ガソリン消費量	#812000 二輪車
16	鉄道統計年報	\$0434 軽油、\$1200 電力 の #813000 旅客鉄道、#852000 貨物鉄道
17	蒸気機関車石炭消費量	\$0122 汎用輸入一般炭の#813000 鉄道
18	旅客船舶用重油データ	\$0435 重油 の #814000 旅客船舶

（注）「\$0000」は総合エネルギー統計の列番号、「#000000」は総合エネルギー統計の行番号

なお、一部のエネルギーについては、総供給量が総需要量よりも大きい供給超過の場合、供給超過相当分を不詳部門における消費量とみなし、業務他の内訳の分類不能・内訳推計誤差やエネルギー転換部門の自家消費に計上している。

総需要量が総供給量よりも大きい需要超過の場合、需要超過分を過大推計が起りうる標本調査（エネルギー消費統計、自動車燃料消費量調査）から算定する部門に負値で按分している。

そのため、これらのエネルギーについて、他の業種でデータが更新され消費量に変化した場合、製造業、業務、運輸等の部門別の消費量は僅かだが変化する。なお、いずれの場合も消費量合計は供給量がコントロールトータルとなっているので変わらない。

3) 総合エネルギー統計作成において発熱量を修正したもの

廃プラスチックの発熱量について、2000年度改訂で定められた 29.3 MJ/kg で据え置かれていたが、組成の変化が考えられることから最新の状況を踏まえた更新を検討していた。2023年度改訂の適用時期と合わせて、2024年度確報時で 2023年度の廃プラスチックの発熱量を 28.71 MJ/kg に遡及修正を行った。

f) 今後の改善計画及び課題

標準発熱量及びこれに対応する炭素排出係数をおおむね5年に一度改定することとなっている。次期改定に向けた検討に適時に着手する。

3.2.5. エネルギー産業（1.A.1）における CH₄ と N₂O の排出

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、発電・熱供給（1.A.1.a）、石油精製（1.A.1.b）、固体燃料製造等（1.A.1.c）におけるエネルギー転換に伴う CH₄、N₂O 排出を扱う。

CH₄ は、化石燃料の不完全燃焼により発生する。したがって、不完全燃焼を起こさないように燃焼管理を徹底すれば、CH₄ は発生しない。

N₂O は、燃料中の窒素を含む揮発成分と、燃焼によって生じた一酸化窒素（NO）の反応などによって生成するため、窒素分を多く含む燃料を使用すると N₂O が発生しやすくなる。また、この生成反応の起こりやすさは温度条件に依存し、低温になるほど N₂O は発生しやすい。そのため、例えば流動床ボイラーのような、800～900℃程度の低温で燃焼する炉の場合、N₂O の排出が大きくなる。また、N₂O は NO_x 除去用の触媒と NO_x の接触によっても発生することがある。

我が国の温室効果ガス総排出量に対するこのカテゴリーからの排出量の寄与は小さい。その中で相対的に寄与の大きいものとして、流動床ボイラーからの N₂O 排出がある。我が国では1990年以降流動床ボイラーの新設が進み、このカテゴリーからの排出量の増加に寄与した。発電・熱供給（1.A.1.a）における固体燃料の燃焼による N₂O の排出量が1994～1995年にかけて大きく増加しているが、これは1995年に事業用発電用の大型流動床ボイラーが稼働を開始したことにより、1995年における固体燃料使用量が増加したためである。近年は、一部の流動床ボイラーの廃止により排出量が減少している。

コークスの製造に伴い排出される CH₄ は当該カテゴリーに報告する。コークス炉炉蓋からの漏れいガス中の N₂O 濃度の実測結果は得られていないが、専門家意見によるとコークス炉内は通常1,000℃以上の還元雰囲気であり N₂O は発生しないと考えられる。

b) 方法論

■ 算定方法

○ 各種炉

本カテゴリーにおける化石燃料の燃焼に伴う CH₄、N₂O 排出量については、燃料種別、部門別、炉種別の活動量（エネルギー消費量）が利用可能であり、また我が国独自の排出係数が炉種別に設定可能であることから、2006年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（Vol.2、page 1.9、Fig.1.2）に従い、Tier 3 法を用いて排出量を算定した。排出量の算定式を以下に示す。燃料種別、炉種別の排出係数に、燃料種別、炉種別、部門別の活動量を乗じて排出量を算定した。

$$E = \sum_{ij} (EF_{ij} \times A_{ijk})$$

E : 化石燃料の燃焼に伴う固定発生源からの CH₄、N₂O 排出量 [kg-CH₄、kg-N₂O]

EF_{ij} : 燃料種 i 、炉種 j における排出係数 [kg-CH₄/TJ、kg-N₂O/TJ]

A_{ijk} : 燃料種 i 、炉種 j 、部門 k におけるエネルギー消費量 [TJ]

i : 燃料種

j : 炉種

k : 部門

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーでの燃焼に伴う CH₄、N₂O 排出については、我が国独自の排出係数が発電施設及び熱利用施設の施設別に設定可能であることから、2006年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol.2、page 1.9、Fig.1.2) に従い、Tier 3 法を用いて排出量を算定した。ただし、バイオガスは、国独自の排出係数が利用可能ではないため、Tier 1 法を用いて算定した。

○ コークス製造

コークス製造に伴う CH₄ 排出については、2006年 IPCC ガイドラインに示された手法に基づき、コークスの生産量に我が国独自の排出係数を乗じて算定し、固体燃料製造等 (1.A.1.c) に報告した。

○ エネルギー利用・回収を伴う廃棄物の焼却

7.4.3 節を参照のこと。

■ 排出係数

○ 各種炉

表 3-20 に示す理論排ガス量 (乾き) と、煙道における CH₄ 濃度、N₂O 濃度、O₂ 濃度の我が国で行った実測調査データ (表 3-21)、理論空気量、高位発熱量を用いて、以下の式より各施設の排出係数を設定した。

$$EF = C_{CH_4, N_2O} \times \{G_0' + (m - 1) \times A_0\} \times MW / V_m / GCV$$

<i>EF</i>	: 排出係数 [kg-CH ₄ /TJ, kg-N ₂ O/TJ]
<i>C_{CH₄, N₂O}</i>	: 排ガス中の CH ₄ 濃度、N ₂ O 濃度 [ppm]
<i>G₀'</i>	: 燃焼された燃料の理論排ガス量 (乾き) [m ³ N/固有単位]
<i>A₀</i>	: 燃焼された燃料の理論空気量 [m ³ N/固有単位]
<i>m</i>	: 空気比 ≡ 実際空気量/理論空気量 [-]
<i>MW</i>	: CH ₄ の分子量 (定数) = 16 [g/mol] N ₂ O の分子量 (定数) = 44 [g/mol]
<i>V_m</i>	: 理想気体 1 モルの標準状態での体積 (定数) = 22.4 [10 ⁻³ m ³ /mol]
<i>GCV</i>	: 燃焼された燃料の高位発熱量 [MJ/固有単位]

ただし、空気比 *m* は、排ガス中酸素濃度を用いて近似的に次式で与える。

$$m = \frac{21}{21 - C_{O_2}}$$

C_{O₂} : 排ガス中の酸素濃度 [%]

燃料種、炉種別の CH₄、N₂O 排出係数は、各施設における排出係数の値を燃料種、炉種別に区分した上で平均して設定した (表 3-22、表 3-23)。平均値を求める際には t 検定及び専門家判断により異常値を棄却し、算定を行った。排出係数設定に用いた実測値については、環境省 (2006a) を参照のこと。

【排出係数の吸気補正について】

我が国では、2005年提出インベントリまで、固定発生源からの非 CO₂ 排出係数を、排出量算定方法に関する過去の検討結果 (大気環境学会 (1996) 等) を踏まえ、排気ガス中の濃度と吸気ガス中の濃度の差を考慮して設定 (吸気補正) してきた。このうち、一部の排出源については、吸気ガス中に存在する CH₄ 又は N₂O が燃焼作用によって酸化あるいは分解され、排気ガス中の濃度が吸気ガス中の濃度よりも低くなるとの実測データを基に、排出係数を負の値としてきた。しかし、2003年訪問審査では、正確な排出量の把握の上では吸気補正の実

施を行うべきだが、国際的な比較の観点から、1996年改訂IPCCガイドライン及び「温室効果ガスインベントリにおけるグッドプラクティスガイダンス及び不確実性管理報告書」(以下、GPG2000)において、排出量の算定には排気ガス中のCH₄又はN₂Oの実排出量に基づく正の排出係数を用いるべきとされており、これに従うべきとの指摘を受けた。そのため、2006年以降提出のインベントリでは、吸気補正は行わず、排気ガス中のCH₄又はN₂Oの濃度の測定値をそのまま用いた排出係数を設定することとした。

表 3-20 燃料種別の理論排ガス量、理論空気量、高位発熱量

燃料種	固有単位	理論排ガス量 (乾)	高位発熱量	理論空気量	備考
		G ₀ ¹⁾ m ³ N/L, kg, m ³ N	GCV ²⁾ kJ/L, kg, m ³ N	A ₀ ¹⁾ m ³ N/L, kg, m ³ N	
A 重油	L	8.900	39,100	9.500	a
B 重油	L	9.300	40,400	9.900	a
C 重油	L	9.500	41,700	10.100	a
軽油	L	8.800	38,200	9.400	a
灯油	L	8.400	36,700	9.100	a
原油	L	8.747	38,200	9.340	a
ナフサ	L	7.550	34,100	8.400	a
その他液体	L	9.288	37,850	9.687	b
その他液体 (重質)	L	9.064	37,674	9.453	b
その他液体 (軽質)	L	9.419	35,761	9.824	b
石炭 (一般炭)	kg	7.210	26,600	7.800	a
コークス	kg	7.220	30,100	7.300	a
木材	kg	3.450	14,367	3.720	b
木炭	kg	7.600	30,500	7.730	c
その他固体	kg	7.000	33,141	7.000	b
都市ガス	m ³	9.850	46,047	10.949	b
COG (コークス炉ガス)	m ³	4.500	21,100	4.800	a
BFG (高炉ガス)	m ³	1.460	3,410	0.626	a
LNG (液化天然ガス)	kg	11.766	54,500	13.093	a
LPG (液化石油ガス)	kg	11.051	50,200	12.045	a
CFG (LDG) (転炉ガス)	m ³	2.200	8,410	1.500	a
製油所ガス (オフガス)	m ³	11.200	44,900	12.400	a
その他気体	m ³	4.587	28,465	4.096	b
その他気体 (石油)	m ³	7.889	40,307	7.045	b
その他気体 (鉄鋼)	m ³	2.812	19,097	2.511	b
その他気体 (鋳業)	m ³	3.396	38,177	3.032	b
その他気体 (その他)	m ³	4.839	23,400	4.321	b
パルプ廃液	kg	3.245	13,898	3.499	b

(注)

- 1) 理論排ガス量及び理論空気量は、環境省「大気汚染物質排出量総合調査」における標準値である。ただし、都市ガス、LNG、LPGについては、成分データから試算した値を採用した。なお、都市ガスの成分については、都市ガス (13A) の成分で代表できるものとみなした。
- 2) 高位発熱量については、備考欄が a のものは「総合エネルギー統計」の標準発熱量のデータを用いたもの、備考欄が b のものは「大気汚染物質排出量総合調査」の標準値 (1992年度実績ベース) を用いて設定したものである。なお、石炭 (一般炭) の高位発熱量は「一般炭 (輸入炭)」の高位発熱量を用いている。備考欄が c のものは、文献等を元に、2005年度の温室効果ガス排出量算定方法検討会で設定したものである。

表 3-21 排出係数の設定に用いた実測データの出典一覧

出典	
1	北海道「固定発生源からの温室効果ガス排出量原単位作成調査結果報告書」(1991)
2	兵庫県「固定発生源からの温室効果ガス排出量原単位作成調査報告書」(1991)
3	大阪市「固定発生源からの温室効果ガス排出量原単位作成調査」(1991)
4	北海道「固定発生源からの温室効果ガス排出量原単位作成調査結果報告書」(1992)
5	兵庫県「固定発生源からの温室効果ガス排出量原単位作成調査報告書」(1992)
6	北九州市「固定発生源からの温室効果ガス排出量原単位作成調査報告書」(1992)
7	兵庫県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数作成調査」(1993)
8	兵庫県「固定発生源からの温室効果ガス排出量原単位作成調査報告書」(1994)
9	神奈川県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1995)
10	新潟県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1995)
11	大阪府「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1995)
12	広島県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1995)
13	福岡県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査報告書」(1995)
14	大阪市「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1995)
15	神戸市「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1995)
16	北海道「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1996)
17	石川県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1996)
18	京都府「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1996)
19	大阪府「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1996)
20	兵庫県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1996)
21	広島県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1996)
22	福岡県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査報告書」(1996)
23	京都府「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1997)
24	兵庫県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1997)
25	福岡県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査報告書」(1997)
26	大気環境学会「温室効果ガス排出量推計手法調査報告書－排出量推計手法－」(1996)
27	大阪府「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査」(1999)
28	兵庫県「固定発生源からの温室効果ガス排出係数調査報告書」(2000)
29	財団法人エネルギー総合工学研究所「大気環境負荷低減に資する燃料の品質動向に関する調査報告書」(2000)
30	環境省 平成11年度温室効果ガス排出量算定方法検討会実測データ(1999)
31	電気事業連合会提供データ
32	2006年IPCCガイドライン
33	林野庁木材利用課「平成26年度木材利用推進・省エネ省CO ₂ 実証事業」(2015)
34	環境省「平成29年度バイオマスボイラーからの温室効果ガス排出量の実態把握に関する調査」(2018)

表 3-22 燃料種別、炉種別 CH₄排出係数 (単位: kg-CH₄/TJ、高位発熱量ベース)

エネルギー源	コード 1)	ボイラー		工業炉								内燃機関														
		ボイラー	金属(銅、鉛及び亜鉛を除く)精錬用焼結炉	(鉄鋼用、非鉄金属用)ペレット焼成炉	金属熱処理炉、金属鍛造炉	金属圧延加熱炉、	石油加熱炉、ガス加熱炉	触媒再生塔	(セメント焼成炉を除く)窯業製品製造用焼成炉	乾燥炉(骨材、セメント原料、レンガ原料、鋳型用)	洗剤乾燥炉、その他の乾燥炉	その他の工業炉	ガスタービン	ディーゼル機関	ガス機関、ガソリン機関											
エネルギー源	コード 1)	0100	0306 0307	0312 0313	0600	0202 0700	0801	0906 - 0914	1101 - 1104	1105 1106	2)	2900	3000	3100 3200												
石炭	原料炭	\$0110	0.13	31	1.7	13	13	NA	1.5	29	6.6	13	NA	NA	NA											
	コークス用原料炭	\$0111																								
	吹込用原料炭	\$0112																								
	輸入一般炭	\$0121																								
	汎用輸入一般炭	\$0122																								
	発電用輸入一般炭	\$0123																								
	国産一般炭	\$0124																								
無煙炭	\$0130																									
石炭製品	コークス	\$0211	0.13	31	1.7	13	13	0.054	1.5	29	6.6	13	NA	NA	NA											
	コールタール	\$0212																								
	練豆炭	\$0213																								
	コークス炉ガス	\$0221	0.23	0.43	0.16	NA	2.3	0.81	0.70	54																
	高炉ガス	\$0222																								
転炉ガス	\$0225																									
原油	精製用原油	\$0310	0.10	31	1.7	0.43	0.16	NA	1.5	29	6.6	0.83	0.81	0.70	54											
	発電用原油	\$0320																								
	瀝青質混合物	\$0321																								
	NGL・コンデンサート	\$0330																								
石油製品	純ナフサ	\$0420	0.26	31	1.7	0.43	0.16	NA	1.5	29	6.6	0.83	0.81	0.70	54											
	改質生成油	\$0421																								
	ガソリン	\$0431																								
	ジェット燃料油	\$0432																								
	灯油	\$0433																								
	軽油	\$0434																								
	A重油	\$0436																								
	C重油	\$0437																								
	B重油	\$0438																								
	一般用C重油	\$0439																								
	発電用C重油	\$0440																								
	潤滑油	\$0451														0.10	13	13	0.054	13	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	他重質石油製品	\$0452																								
オイルコークス	\$0455	0.23	0.43	0.16	NA	2.3	0.81	0.70	54																	
電気炉ガス	\$0456																									
製油所ガス	\$0457																									
液化石油ガス (LPG)	\$0458																									
天然ガス	輸入天然ガス (LNG)	\$0510	0.23	31	1.7	0.43	0.16	NA	1.5	29	6.6	2.3	0.81	0.70	54											
	国産天然ガス	\$0520																								
	ガス田・随伴ガス	\$0521																								
	炭鉱ガス	\$0522																								
	原油溶解ガス	\$0523																								
都市ガス	一般ガス	\$0610	0.23	31	1.7	0.43	0.16	NA	1.5	29	6.6	2.3	0.81	0.70	54											
	簡易ガス	\$0620																								
エバネイロガース	木材利用	発電施設	\$N131	0.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA											
		熱利用施設	16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA											
	廃材利用	発電施設	\$N132	0.2	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA										
		熱利用施設	16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA										
	黒液直接利用	\$N136	4.3	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA										
	バイオガス	\$N137	0.9	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA										
	バイオマスその他	\$N138	16	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA										

1) エネルギー源のコードは総合エネルギー統計、炉のコードは大気汚染物質排出量総合調査による。
 2) その他の工業炉は、工業炉 (0200-1100, 1400-2801) のうち本表に記載されていないものが含まれる。
 ただし、ガス発生炉 (0201)、溶鉱炉、転炉及び平炉 (銅、鉛及び亜鉛の精錬用を除く) (0400) については、発生したガスが他の炉で二重計上となるのを避けるため、排出係数を設定しない。
 コークス炉 (2801) の排出係数は別途設定している (本文参照)。電気炉 (1200) は第4章を参照。

表 3-23 燃料種別、炉種別 N₂O 排出係数 (単位: kg-N₂O/TJ、高位発熱量ベース)

エネルギー源	コード 1)	ボイラー			工業炉					内燃機関			
		(流動床以外) ボイラー	常圧流動床ボイラー	加圧流動床ボイラー	溶鉱炉(銅、鉛及び亜鉛の精錬用を除く)	石油加熱炉、ガス加熱炉	触媒再生塔	コークス炉	その他の工業炉	ガスタービン	ディーゼル機関	ガス機関、ガソリン機関	
エネルギー源	コード 1)	0100	0100	0100	0401 0402	0202 0700	0801	2801	2)	2900	3000	3100 3200	
石炭	原料炭	\$0110	0.85	54	0.85	NA	1.1	NA	NA	1.1	NA	NA	
	コークス用原料炭	\$0111											
	吹込用原料炭	\$0112											
	輸入一般炭	\$0121											
	汎用輸入一般炭	\$0122											
	発電用輸入一般炭	\$0123											
	国産一般炭	\$0124											
無煙炭	\$0130	0.85											
石炭製品	コークス	\$0211	0.85	54	0.85	NA	1.1	7.3	NA	1.1	NA	NA	
	コークス用原料炭	\$0212											
	練豆炭	\$0213											
	コークス炉ガス	\$0221											
	高炉ガス	\$0222											
転炉ガス	\$0225	0.17	0.17	0.17	0.047 NA	0.21	NA	0.14	1.2	0.58	2.2	0.85	
原油	精製用原油	\$0310	0.22	0.22	0.22	NA	0.21	NA	NA	1.8	0.58	2.2	0.85
	発電用原油	\$0320											
	瀝青質混合物	\$0321											
	NGL・コンデンセート	\$0330											
石油製品	純ナフサ	\$0420	0.19	0.19	0.19	NA	0.21	NA	NA	1.8	0.58	2.2	0.85
	改質生成油	\$0421											
	ガソリン	\$0431											
	ジェット燃料油	\$0432											
	灯油	\$0433											
	軽油	\$0434											
	A重油	\$0436											
	C重油	\$0437											
	B重油	\$0438	0.22	0.22	0.22								
	一般用C重油	\$0439											
	発電用C重油	\$0440											
	潤滑油	\$0451	0.19	0.19	0.19		1.1	7.3	NA	1.1	NA	NA	NA
	他重質石油製品	\$0452	0.85	54	0.85								
	オイルコークス	\$0455											
電気炉ガス	\$0456												
製油所ガス	\$0457	0.17	0.17	0.17	0.21	NA	0.14	1.2	0.58	2.2	0.85		
液化石油ガス (LPG)	\$0458						NA						
輸入天然ガス (LNG)	\$0510						NA						
天然ガス	国産天然ガス	\$0520	0.17	0.17	0.17	NA	0.21	NA	0.14	1.2	0.58	2.2	0.85
	ガス田・随伴ガス	\$0521											
	炭鉱ガス	\$0522											
	原油溶解ガス	\$0523											
	都市ガス	\$0610											
簡易ガス	\$0620												
バイオマス	木材利用	\$N131	0.87	0.87	0.87	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	熱利用施設		1.6	1.6	1.6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	廃材利用	\$N132	0.87	0.87	0.87	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	熱利用施設		1.6	1.6	1.6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	黒液直接利用	\$N136	0.17	0.17	0.17	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	バイオガス	\$N137	0.09	0.09	0.09	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	バイオマスその他	\$N138	1.6	1.6	1.6	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

1) エネルギー源のコードは総合エネルギー統計、炉のコードは大気汚染物質排出量総合調査による。
 2) その他の工業炉は、工業炉(0200-1100, 1400-2801)のうち本表に記載されていないもの含まれる。
 ただし、ガス発生炉(0201)、転炉(銅、鉛及び亜鉛の精錬用を除く)(0403, 0404)及び平炉(0405, 0406)については、発生したガスが他の炉で二重計上となるのを避けるため、排出係数を設定しない。電気炉(1200)は第4章を参照。

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーの燃料種別施設別 CH₄、N₂O 排出係数は、表 3-22、表 3-23 に示すとおり。

木材、廃材、バイオマスその他の排出係数は、環境省（2018）及び林野庁（2015）の実測結果をもとに、現状の木質バイオマスの利用状況を踏まえ、国独自の排出係数を設定した。

黒液の排出係数は、表 3-20 に示すパルプ廃液の理論排ガス量（乾）、理論空気量、高位発熱量を用いて設定した。

バイオガスの排出係数は、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いた（Vol.2、page 2.16-2.23、table 2.2-2.5）。デフォルト値は低位発熱量ベースで示されているため、0.9（気体燃料）を乗じて高位発熱量へ換算した（2006 年 IPCC ガイドライン Vol.2、page 1.16）。

○ コークス製造

コークス製造時の CH₄ 排出には、炭化室から燃焼室へのガス漏れによる燃焼排ガス中の CH₄ と、石炭の乾留過程において発生した CH₄ のうちコークス炉炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔から排出される CH₄ の二つの発生源がある。

【燃焼排ガス】

国内主要 5 社・7 事業所におけるコークス炉排ガス中の CH₄ 濃度（日本鉄鋼連盟調べ、1999 年度実績）を、コークス生産量を用いて加重平均した値を排出係数として設定した。排出係数は、0.089 [kgCH₄/t]。

【コークス炉炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔】

日本鉄鋼連盟では、有害大気汚染物質の自主管理計画を 1997 年度より実施しており、コークス炉炉蓋等からの他物質の排出より CH₄ 排出量が推計されている。これらのデータを、コークス生産量を用いて加重平均した値を排出係数として設定した。

表 3-24 コークス炉炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔の CH₄ 排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
排出係数	kg-CH ₄ /t	0.238	0.238	0.119	0.043	0.031	0.039	0.036	0.028	0.034	0.029	0.028	0.028

（出典）日本鉄鋼連盟提供データ

（注） 1990～1996 年度については、排出係数の変動が小さいと仮定し、1995 年の実績値を実績のない他の年度に適用している。1997～1999 年度については、1998、1999 年度も 1997 年度値（0.18）と同等と仮定している。2000 年度以降は実績値。

【コークス製造時の CH₄ 排出係数】

前述の、「燃焼排ガス」と「コークス炉炉蓋、脱硫酸化塔、脱硫再生塔」を加えた値を排出係数として用いた。

■ 活動量

○ 各種炉

「総合エネルギー統計」では、固定発生源における炉種別の燃料消費量は把握されていないため、固定発生源における炉種別・燃料種別の燃料消費量を把握できる環境省「大気汚染物質排出量総合調査」及び各燃料消費統計である経済産業省「石油等消費動態統計年報」、資源エネルギー庁「エネルギー消費統計」、資源エネルギー庁「電力調査統計」及び資源エネルギー庁「ガス事業生産動態統計」のデータを使用して炉種別の燃料消費量割合を推計した。具体的には、「総合エネルギー統計」の各燃料種の部門別（エネルギー転換部門、産業部門、業務他部門）の燃料消費量を「大気汚染物質排出量総合調査」等で推計した炉種別の燃料消費量割合で按分することにより、部門別燃料種別炉種別の活動量を算定した。ただし、「大気汚染物質排出量総合調査」のデータは、常圧流動床ボイラー、加圧流動床ボイラーとそれ以

外のボイラーを区別できないため、これら流動床ボイラーにおける燃料消費量は別途計算した。加圧流動床炉の活動量については、電気事業連合会から提供された燃料消費量データを用いた。また、常圧流動床炉の活動量については、1990年度以降に稼働実績のある常圧流動床炉を保有する事業者から提供された燃料使用量データを用いた。

流動床炉以外の固体燃料ボイラーの活動量は、「大気汚染物質排出量総合調査」及び「総合エネルギー統計」から把握した全体の活動量から、別途推計した流動床炉の活動量を差し引くことにより推計した。

なお、「大気汚染物質排出量総合調査」は、おおむね3年ごとに全てのばい煙発生施設を対象とした全数調査が行われている。各年度の炉種別の燃料消費量割合は表 3-25 のとおり設定した。

表 3-25 炉種別の燃料消費量割合の設定方法

年度	設定方法
1990～1991	1989年度と1992年度の調査結果による内挿値
1992	1992年度の調査結果
1993～1994	1992年度と1995年度の調査結果による内挿値
1995	1995年度の調査結果
1996	1996年度の調査結果
1997～1998	1996年度と1999年度の調査結果による内挿値
1999	1999年度の調査結果
2000～2007	1999年度と2008年度の調査結果による内挿値
2008	2008年度の調査結果
2009～2010	2008年度の調査結果を据え置き ¹⁾
2011	2011年度の調査結果
2012～2013	2011年度と2014年度の調査結果による内挿値
2014	2014年度の調査結果
2015～2016	2014年度と2017年度の調査結果による内挿値
2017	2017年度の調査結果
2018～2019	2017年度と2020年度の調査結果による内挿値
2020	2020年度の調査結果
2021～	2020年度の調査結果を据え置き

(注)

- 1) 2011年3月に発生した東日本大震災の影響で2011年度の調査結果は2008年度と大きく異なることから、内挿せず2008年度データを据え置きとした。

活動量の算定の具体的な手順は以下のとおりである。

- 1) 「大気汚染物質排出量総合調査」の燃料消費量を、燃料種別、炉種別、部門別に集計する。
- 2) 各燃料種、部門において、それぞれの炉種の占める割合を求める。
- 3) 「総合エネルギー統計」における燃料種別、部門別の燃料消費量に2)で求めた割合を乗じて、燃料種別、炉種別、部門別活動量を求める。

$$A_{ijk} = A_{EBik} \times w_{ijk}$$

$$w_{ijk} = A_{MAPijk} / \sum_m A_{MAPijk}$$

A_{ijk} : 燃料種 i 、炉種 j 、部門 k におけるエネルギー消費量 [TJ]

A_{EBik} : 「総合エネルギー統計」における燃料種 i 、部門 k のエネルギー消費量 [TJ]

w_{ijk} : 燃料種 i 、部門 k における炉種 j のエネルギー消費量の占める割合

i : 燃料種

j : 炉種

k : 部門

$AMAP_{ijk}$: 「大気汚染物質排出量総合調査」における燃料種 i 、部門 k における炉種 j のエネルギー消費 [TJ]

【「大気汚染物質排出量総合調査」の概要】

「大気汚染物質排出量総合調査」とは、大気汚染防止法に基づき、地方自治体に届出されたばい煙発生施設、一般粉じん及び特定粉じん発生施設等の固定発生源に係る届出状況並びに規制事務実施状況等大気汚染防止法施行状況の把握、ばい煙発生施設に係る届出データの整備及びばい煙発生施設から排出される大気汚染物質の排出量を把握することにより、合理的かつ効率的な大気環境行政を推進することを目的とした調査である。調査は、工場・事業場に設置されている施設のうち、調査対象となる施設に調査用紙と調査方法書を配布し、アンケート方式により実施している。

【東日本大震災による炉種別の燃料消費量割合への影響について】

2011年3月に発生した東日本大震災の影響により、2011年度の「大気汚染物質排出量総合調査」の結果が部門によってはその前後の年度の炉種別の燃料消費量割合の変化に大きく影響することとなった。

石油精製部門(1.A.1.b)の気体燃料の CH_4 のIEF(見かけの排出係数)が2010年度(6.32 kg/TJ)から2011年度(0.28 kg/TJ)に、 N_2O のIEFが2010年度(0.42 kg/TJ)から2011年度(0.20 kg/TJ)に大きく減少した(IEFの値はいずれも2018年提出インベントリの値)が、これは当該調査の炉種別の燃料消費量割合を活動量に反映したことにより、排出係数の大きい「ガス機関(CH_4 排出係数: 54 kg/TJ、 N_2O 排出係数: 0.85 kg/TJ)」及び「その他の工業炉(CH_4 排出係数: 2.29 kg/TJ、 N_2O 排出係数: 1.2 kg/TJ)」の気体燃料消費量が2010年度から2011年度にかけて大きく減少したことによる影響が大きい。

一方、同部門の気体燃料のIEFについて2018年提出の再計算値が2017年提出に比べて大きい年がある(CH_4 の2012年度は15.3%増、2013年度は33.9%増、2014年度は50.7%増、2015年度は36.5%増、 N_2O の2012年度は15.1%増、2013年度は33.0%増、2014年度は49.4%増、2015年度は37.6%増)。これは前述のケースとは逆に、2014年度の「大気汚染物質排出量総合調査」結果での炉種別の燃料消費割合を同年度のインベントリに反映した結果、排出係数の大きい「ガスタービン(CH_4 排出係数: 0.81 kg/TJ、 N_2O 排出係数: 0.58 kg/TJ)」及び「その他の工業炉(排出係数は前述のとおり)」の両炉種での気体燃料消費量が震災直後の2011年度調査結果反映時から大きく増加したことによる影響が大きい。2017年提出インベントリでは2011年度調査結果での炉種別の燃料消費量割合が2011年度から2015年度までの活動量に反映されていた。2018年提出インベントリでは、まず2014年度調査時の炉種別の燃料消費量割合を2014年度の炉種別の活動量に反映し、さらに年度間で炉種別の燃料消費量割合の内挿・据置処理を行って2012、2013及び2015年度の炉種別の活動量を計算して再計算を行った結果、2012～2015年度の排出量及びIEFが大きく増加することとなった。

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーの活動量は、「総合エネルギー統計」の木材、廃材、黒液、バイオガス、バイオマスその他における部門別消費量を用いた。木材及び廃材については、「総合エネルギー統計」の事業用発電部門及び自家発電部門の消費量を発電施設、それ以外の部門の消費量を熱利用施設と想定した。

○ コークス製造

コークス製造時の CH_4 排出の活動量として、「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」に示されたコーク

スの生産量を用いた。

表 3-26 コークス生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
コークス生産量	kt	47,338	42,279	38,511	38,009	37,036	35,082	32,439	29,287	30,219	28,709	27,252	25,621

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

○ 各種炉（バイオマスボイラー含む）

2006年 IPCC ガイドラインのデフォルトの排出係数を使用している場合は、デフォルトの排出係数の不確実性を設定し、我が国独自の排出係数を使用している場合は、当該排出係数の不確実性を設定した。

活動量については、出典である「総合エネルギー統計」における燃料種別・部門別のエネルギー消費量の不確実性を設定することが困難であるため、1990～2016年度の「石炭・石炭製品」、「原油・石油製品」、「天然ガス・都市ガス」、「バイオマスエネルギー」の統計誤差率（対国内供給）の標準偏差から上限値、下限値を設定した。

その結果、各種炉における CH₄ 排出量の不確実性は燃料の燃焼部門全体で-33～+46%、N₂O 排出量の不確実性は-33～+33%と評価された。

○ コークス製造

コークスの排出係数の不確実性については、コークス炉燃焼排ガスの排出係数とコークス炉炉蓋等の排出係数の不確実性を別々に評価した。コークス炉燃焼排ガスの排出係数は98.5%、コークス炉炉蓋等の排出係数の不確実性は61.8%と評価された。活動量の不確実性については、環境省（2006a）に記載の5%を採用した。

○ エネルギー利用・回収を伴う廃棄物の焼却

7.4.3 節を参照のこと。

■ 時系列の一貫性

○ 各種炉（バイオマスボイラー含む）

全ての時系列において一貫した算定方法を用いて排出量の算定を行っている。

CH₄、N₂O の排出係数については、1990年度から直近年度まで全ての時系列において同じ値を用いている。

活動量については、全ての時系列において「総合エネルギー統計」の値を使用しており、本統計は全ての時系列において一貫した方法にて作成されている。「総合エネルギー統計」の自家用発電部門の電気業に関する活動量については3.2.4. c) 節を参照のこと。

○ コークス製造

コークス製造の活動量は「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」をもとに、1990年度値から一貫した方法を使用して算定している。また、排出係数についても日本鉄鋼連盟からの提供データを受けて一貫した方法を使用して算定している。したがって、コークス製造による CH₄ 排出に関して、時系列の一貫性は担保されている。

○ エネルギー利用・回収を伴う廃棄物の焼却

7.4.3 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

■ QA/QC

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

■ 検証

現在使用している各種燃料の燃焼による N₂O の排出係数は、1990 年代に調査された実測値により作成されたものを使用している。それ以来、省エネ技術の進歩等により燃焼条件が変化しているに伴い排出係数が変化している可能性があること、また、排出係数を定期的に見直す必要があることなどが 2009 年度に温室効果ガス排出量算定方法検討会より指摘された。

これを受けて、各種炉における排出量が大きい固体燃料を燃焼する常圧流動床炉の N₂O 排出係数について、実測を 2009 年度に実施した。その結果、現状の排出係数と比較すると、値は同程度であり、1990 年代の実測結果の妥当性が確認できた。

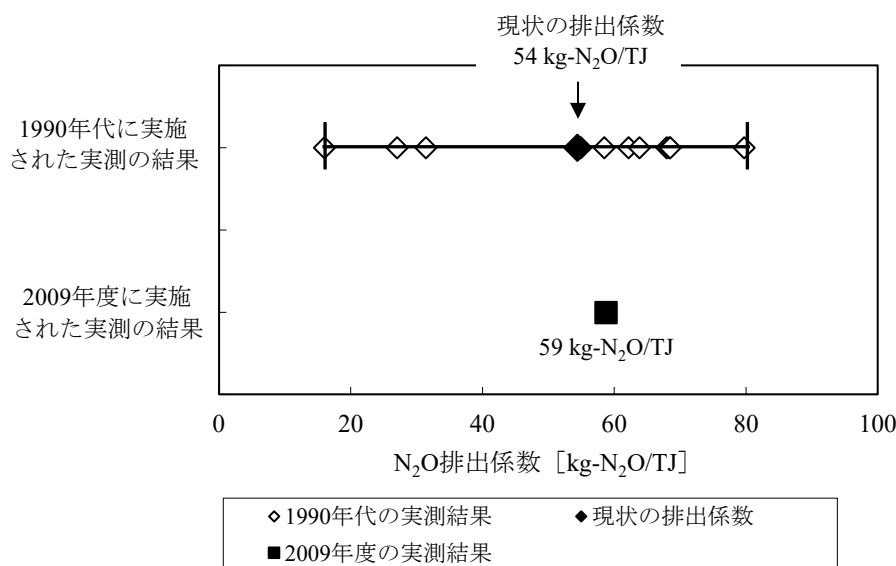


図 3-5 1990 年代の調査結果と 2009 年の調査結果との比較

(注) 図中 2009 年度の実測は 1 施設で 3 回測定した平均値を示す。

e) 再計算

「総合エネルギー統計」の活動量が更新されたため、全年度の CH₄ 排出量及び N₂O 排出量が再計算された。2023 年度のコークス炉炉蓋等からの CH₄ 排出係数が日本鉄鋼連盟より提供されたため、当該年度の CH₄ 排出量が再計算された。

再計算の影響の程度については第 10 章を参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.2.6. 製造業・建設業（1.A.2）における CO₂ の排出

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、鉄鋼（1.A.2.a）、非鉄金属（1.A.2.b）、化学（1.A.2.c）、パルプ・紙・印

刷（1.A.2.d）、食品加工・飲料・たばこ（1.A.2.e）、窯業土石（1.A.2.f）、その他（1.A.2.g）の各製造業及び鉱業・建設業部門におけるエネルギー消費に伴うCO₂排出を扱う。

2024年度における当該カテゴリーからのCO₂排出量は218,206 ktであり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の20.9%を占めている。うち「1.A.2.a 鉄鋼」からの排出が49.8%と、当該カテゴリーで最も多くを占めている。

b) 方法論

■ 算定方法

エネルギー産業（1.A.1）と同様、2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー（Vol.2、page 1.9、Fig.1.2）に従い、Tier 2 部門別アプローチ（Sectoral Approach）法を用いて排出量の算定を行った。3.2.4. b) 節を参照のこと。

エネルギーとして利用された廃棄物及びエネルギー回収を伴う廃棄物焼却からの排出に関しては、3.2.12. 節を参照のこと。

バイオマスからのCO₂排出は、2006年IPCCガイドラインに従い、我が国の総排出量には含めず、CRTに参考値として報告している。

■ 排出係数

エネルギー産業（1.A.1）に示した排出係数を用いた。3.2.4. b) 節を参照のこと。

■ 活動量

エネルギー産業（1.A.1）と同様に、当該部門の活動量は「総合エネルギー統計」を用いている。

表 3-27 製造業・建設業（1.A.2）におけるエネルギー消費量（単位：PJ）

エネルギー源	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
液体燃料	1,964	2,119	1,914	1,549	1,053	1,024	896	748	795	771	739	716
固体燃料	2,130	2,054	2,034	2,051	2,043	2,087	2,000	1,560	1,693	1,517	1,476	1,435
気体燃料	227	344	408	599	629	611	595	578	598	585	580	579
その他化石燃料	88	98	110	170	200	211	220	227	232	230	243	238
バイオマス	227	226	240	273	298	309	300	259	276	267	279	277
合計	4,636	4,841	4,706	4,642	4,223	4,242	4,010	3,372	3,594	3,371	3,317	3,245

製造業・建設業（1.A.2）の各部門における活動量については、「総合エネルギー統計」に示された、工場・事業所内での生産活動により消費されたエネルギー消費量（最終エネルギー消費 #6xxxx¹¹）、自らの工場・事業所内で使用するために行った発電に伴うエネルギー消費量（自家用発電 #25xxxx）、同じく自らの工場・事業所内で使用するために行った蒸気の発生に伴うエネルギー消費量（自家用蒸気発生 #26xxxx）の合計としている。

なお、工場・事業所内での生産活動により消費されたエネルギー消費量（#6xxxx）には、原料用として用いられた分（非エネルギー利用 #95xxxx）が内数として含まれている。非エネルギー利用に計上されているエネルギー消費量は、エネルギー分野ではCO₂を排出していないものと考えられるため、当該分を差し引いている。（ただし、原料用及び非エネルギー用として控除された分のうち、廃棄物として焼却される際にエネルギーとして利用もしくはエネルギー回収されている分は、別途排出量を算定して計上している。）

自家用発電及び自家用蒸気発生部門は、「総合エネルギー統計」においてはエネルギー転換部門に含まれるが、2006年IPCCガイドラインでは、発電等のために消費したエネルギーから排出されるCO₂は、その発電等を行った部門に報告することを原則としているため、それ

¹¹ x は任意の数を表す。

に従い、最終エネルギー消費部門における各製造業からの CO₂ 排出量と合計し、「1.A.2」に報告している。

CRT における 1.A.2 部門と「総合エネルギー統計」の部門対応を表 3-28 に示す。

表 3-28 「総合エネルギー統計」とインベントリ (CRT) の部門対応 (1.A.2)

CRT		総合エネルギー統計	
1.A.2	Manufacturing industries and construction		
1.A.2.a	Iron and steel	自家発電 鉄鋼業	#253220
		自家用蒸気発生 鉄鋼業	#263220
		最終エネルギー消費 鉄鋼業	#629100
		▲非エネルギー利用 鉄鋼	#951560
1.A.2.b	Non-ferrous metals	自家発電 非鉄金属製造業	#253230
		自家用蒸気発生 非鉄金属製造業	#263230
		最終エネルギー消費 非鉄金属製造業	#629300
		▲非エネルギー利用 非鉄金属地金	#951570
1.A.2.c	Chemicals	自家発電 化学工業	#253160
		自家用蒸気発生 化学工業	#263160
		最終エネルギー消費 化学工業	#626100
		▲非エネルギー利用 化学	#951530
1.A.2.d	Pulp, paper and print	自家発電 パルプ・紙・紙加工品製造業	#253140
		自家発電 印刷・同関連業	#253150
		自家用蒸気発生 パルプ・紙・紙加工品製造業	#263140
		自家用蒸気発生 印刷・同関連業	#263150
		最終エネルギー消費 パルプ・紙・紙加工品製造業	#624000
		最終エネルギー消費 印刷・同関連業	#625000
1.A.2.e	Food processing, beverages and tobacco	▲非エネルギー利用 パルプ紙板紙	#951520
		自家発電 食品製造業	#253090
		自家発電 飲料たばこ飼料製造業	#253100
		自家用蒸気発生 食品製造業	#263090
		自家用蒸気発生 飲料たばこ飼料製造業	#263100
1.A.2.f	Non-metallic minerals	最終エネルギー消費 食品飲料製造業	#621000
		自家発電 窯業・土石製品製造業	#253210
		自家用蒸気発生 窯業・土石製品製造業	#263210
		最終エネルギー消費 窯業・土石製品製造業	#628100
1.A.2.g	Other	▲非エネルギー利用 窯業・土石	#951550
		自家発電 農林水産鉱建設 (農林水産業[#251010-#251040]を除く。)	#251000
		自家発電 製造業 (1A1b, 1A1c, 1A2aから1A2fに掲げられている業種を除く。)	#252000
		自家用蒸気発生 農林水産鉱建設 (農林水産業[#261010-#261040]を除く。)	#261000
		自家用蒸気発生 製造業 (1A1b, 1A1c, 1A2aから1A2fに掲げられている業種を除く。)	#262000
		最終エネルギー消費 農林水産鉱建設業 (農林水産業[#611000]を除く。)	#610000
		最終エネルギー消費 製造業 (1A1b, 1A1c, 1A2aから1A2fに掲げられている業種を除く。)	#620000
		▲非エネルギー利用 農林水産鉱建設業 (農林水産業を除く。)	#951100
▲非エネルギー利用 製造業(大規模・指定業種) (1A1b, 1A1c, 1A2aから1A2fに掲げられている業種を除く。)	#951500		
▲非エネルギー利用 製造業(中小規模他)	#951700		

(注) ▲非エネルギー利用：原料用として用いられた分を控除している。

■ 回収量

当カテゴリから排出される CO₂ のうち、一部は回収され、液化炭酸ガスとして直接利用されたのち大気に排出されたり、環境配慮型コンクリートや炭酸塩原料により固定されたりしている。これらの CO₂ の回収量は CRT Table 1.A(a)s2 の「1.A.2.a 鉄鋼」及び「1.A.2.f 窯業

土石」の各「CO₂ amount captured」に報告¹²し、その分を排出量から控除している。(回収量の一部は IPPU 分野の排出として報告している。) CO₂の直接利用に関する詳細は第4章 4.9.1. 節を、CO₂の環境配慮型コンクリート及び炭酸塩原料による固定に関する詳細は第4章 4.9.5. 節を参照のこと。

表 3-29 製造業・建設業 (1.A.2) における CO₂回収量及び用途別内訳

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
回収量	kt	-70	-100	-85	-76	-9	-10	-31	-24	-25	-24	-25	-22
液化炭酸ガス	kt	-70	-100	-85	-76	-9	-10	-31	-24	-25	-24	-25	-22
環境配慮型コンクリート	kt	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-0	NO	-0	-0
CO ₂ 由来炭酸塩原料	kt	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	-0	-0	-0	-0	-0

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

エネルギー産業 (1.A.1) に記載した内容と同一である。3.2.4. c) 節を参照のこと。
炭酸塩原料の製造を目的とした CO₂回収量の不確実性は 4.9.5.節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業 (1.A.1) に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

「総合エネルギー統計」の更新に伴う活動量の更新により、1990～2023 年度について排出量が再計算された。

CO₂ 由来炭酸塩原料の製品の追加、及び製造時 CO₂ 固定型コンクリートの品種の追加に伴い、2022、2023 年度の「1.A.2.f 窯業土石」の CO₂ 回収量及び排出量が再計算された。詳細は 4.9.5.節を参照のこと。

廃棄物分野における統計データの更新及び算定方法の改善に伴い、1990～2023 年度のその他化石燃料の CO₂ 排出量が再計算された。詳細は 7.4.3.節を参照のこと。

再計算の影響の程度については第 10 章参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.2.7. 製造業・建設業 (1.A.2) における CH₄ と N₂O の排出

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、鉄鋼 (1.A.2.a)、非鉄金属 (1.A.2.b)、化学 (1.A.2.c)、パルプ・紙・印刷 (1.A.2.d)、食品加工・飲料・たばこ (1.A.2.e)、窯業土石 (1.A.2.f)、その他 (1.A.2.g) の各製造業及び鉱業・建設業部門におけるエネルギー消費に伴う CH₄、N₂O 排出を扱う。

また、移動発生源のうち特殊自動車や作業用船舶等におけるエネルギー消費に伴う CH₄、N₂O 排出も本カテゴリーで扱う。

b) 方法論

■ 算定方法

○ 各種炉

エネルギー産業 (1.A.1) と同様、2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol.2、

¹² 回収された CO₂の発生源の特定に至らなかったことから、回収量を固体燃料にまとめて報告し、他の燃料種区分における回収量は「IE」と報告した。

page 1.9、Fig.1.2) に従い、Tier 3 法を用いて排出量を算定した。3.2.5. b) 節を参照のこと。

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーについては、エネルギー産業 (1.A.1) と同様の方法で算定した。3.2.5. b) 節を参照のこと。

○ 特殊自動車等

特殊自動車、作業用船舶等からの排出量を 2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol.2、page 3.34、Fig.3.3.1) に従い、Tier 1 法で算定し、排出量を CRT の製造業・建設業 (1.A.2) の各部門に報告した。

○ エネルギー利用・回収を伴う廃棄物の焼却

7.4.3 節を参照のこと。

■ 排出係数

○ 各種炉

エネルギー産業 (1.A.1) で設定した各施設の排出係数を用いた。表 3-22、表 3-23 を参照のこと。

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーの排出係数は、エネルギー産業 (1.A.1) と同様の方法で設定した。3.2.5. b) 節を参照のこと。

○ 特殊自動車等

作業用船舶での A 重油の消費に係る排出係数については 2006 年 IPCC ガイドラインに記載の船舶のデフォルト値 (Vol.2、page 3.50、Table 3.5.3) に 0.95 (Vol.2、page 1.16) を乗じて高位発熱量ベースに換算し用いた。また、ガソリン、軽油、及び船舶用途以外の A 重油については、欧州環境機関 (2016) のデフォルト排出係数を高位発熱量ベースに換算し用いた。

表 3-30 製造業・建設業 (1.A.2) における特殊自動車等からの CH₄、N₂O 排出係数

燃料種	単位	CH ₄ 排出係数	N ₂ O 排出係数	出典
ガソリン	g/t	665	59	欧州環境機関 (2016)、Non-road mobile sources and machinery, Table 3-1, 1.A.2.g.vii
軽油 (船舶用途外 A 重油を含む)	g/t	83	135	
船舶用 A 重油	kg/TJ(NCV)	7	2	2006 年 IPCC ガイドライン Vol.2, Table 3.5.3

■ 活動量

○ 各種炉

「総合エネルギー統計」の部門別燃料種別燃料消費量に、平成 26 年度及び 27 年度の環境省調査結果に基づく移動・固定発生源別の燃料消費割合 (表 3-31) を乗じて、燃料消費量を移動発生源と固定発生源に振り分けた。

表 3-31 製造業・建設業（1.A.2）における移動・固定発生源別の燃料消費割合

CRT 区分	総合エネルギー統計における 部門分類	ガソリン		軽油		A重油		
		移動発生源	固定発生源	移動発生源	固定発生源	移動発生源 (船舶)	移動発生源	固定発生源
1.A.2.a	鉄鋼業	1%	99%	16%	84%			
1.A.2.b	非鉄金属製造業	24%	76%	1%	99%			
1.A.2.c	化学工業	100%	0%	1%	99%			
1.A.2.d	パルプ・紙・紙加工品製造業	74%	26%	10%	90%			
	印刷・同関連業			0%	100%			
1.A.2.e	食品飲料製造業			1%	99%			
1.A.2.f	窯業・土石製品製造業	7%	93%	1%	99%			
1.A.2.g	金属製品製造業			1%	99%			
	機械製造業	2%	98%	1%	99%			
	鉱業他			100%	0%	17%	25%	58%
	木材・木製品製造業			2%	98%			
	建設業			100%	0%	0%	100%	0%
	繊維工業	100%	0%					
	なめし革・同製品・毛皮製造業			0%	100%			
	家具・装備品製造業			0%	100%			
	ゴム製品製造業			0%	100%			
	プラスチック製品製造業			0%	100%			
	他製造業			4%	96%			

(出典) 環境省 (2015b)、環境省 (2016) を基に算出。

さらに、上記によって求めた固定発生源の燃料消費量に炉種別の燃料消費量割合を乗じて得られた燃料消費量を固定発生源すなわち各種炉の活動量とした。炉種別の燃料消費量割合は、エネルギー産業 (1.A.1) と同様、「大気汚染物質排出量総合調査」及び各燃料消費統計である「石油等消費動態統計年報」、「エネルギー消費統計」、「電力調査統計」及び「ガス事業生産動態統計」のデータを使用して推計した。3.2.5. b) 節を参照のこと。

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーの活動量は、「総合エネルギー統計」の部門別燃料別消費量を用いた。ただし、同統計では、2001 年度以前の自家用蒸気発生部門におけるバイオマスその他の業種別消費量は把握されていない。したがって、2001 年度以前のバイオマスその他の業種別消費量は、2002 年度の業種別蒸気発生量を基に、2001 年度以前の業種別蒸気発生量に比例すると仮定し、推計した。

○ 特殊自動車等

「総合エネルギー統計」の部門別燃料種別燃料消費量に、表 3-31 の移動発生源の燃料消費量割合を乗じて得られた燃料消費量を移動発生源すなわち特殊自動車等の活動量とした。

なお、表 3-31 に関して、「総合エネルギー統計」の建設業における軽油と A 重油の燃料消費量をすべて移動発生源とみなしたが、日本建設業連合会へのヒアリング結果によると、建設業の軽油・A 重油については固定発生源である発電機も含まれるとみられるが、燃焼機関はディーゼルエンジンに類似のものであると考えられるため、移動発生源の排出係数を適用することで問題がないものと考えられる。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

○ 各種炉（バイオマスボイラー含む）

エネルギー産業 (1.A.1) に記載した内容と同一である。3.2.5. c) 節を参照のこと。

バイオマスボイラーについては、2001 年度以前のバイオマスその他の業種別消費量が把握されていないため、2002 年度の蒸気発生量を基に、2001 年度以前の業種別蒸気発生量に比例

すると仮定して推計し、時系列の一貫性を確保した。

○ 特殊自動車等

排出係数の不確実性は、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値で代用した。活動量の不確実性は、「総合エネルギー統計」における液体燃料、気体燃料の統計誤差率（対国内供給）の標準偏差から設定した。移動発生源割合を乗じて算出している活動量については、平成26年度及び27年度の環境省調査において実施されたアンケート結果を基に移動発生源割合の不確実性を設定して誤差伝播式で合成した。その結果、特殊自動車等における CH₄ 排出量の不確実性は燃料の燃焼部門全体で-29～+41%、N₂O 排出量の不確実性は-23～+91%と評価された。

○ エネルギー利用・回収を伴う廃棄物の焼却

7.4.3 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

「総合エネルギー統計」の全年度で活動量が更新されたため、当該年度の CH₄ 及び N₂O 排出量が再計算された。

廃棄物分野における統計データの更新に伴い、2023年度の CH₄ と N₂O の排出量が再計算された。詳細は7.4.3.節を参照のこと。

再計算の影響の程度については第10章を参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.5. f) 節を参照のこと。

3.2.8. 運輸（1.A.3）における CO₂ の排出

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、国内航空（1.A.3.a）、道路輸送（1.A.3.b）、鉄道（1.A.3.c）、国内船舶（1.A.3.d）、その他輸送（1.A.3.e）からの CO₂ 排出を扱う。特殊自動車（建設機械、農業機械等）、作業用船舶、漁船といった、主な用途が旅客や貨物の輸送でない移動発生源からの排出は、製造業・建設業（1.A.2）とその他部門（1.A.4）において取り扱う。

2024年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は180,630 ktであり、我が国の温室効果ガス総排出量（LULUCFを除く）の17.3%を占めている。うち道路輸送（1.A.3.b）からの排出が88.7%と、当該カテゴリーで最も多くを占めている。

b) 方法論

■ 算定方法

○ ガソリン、軽油等の燃料

エネルギー産業（1.A.1.）と同様2006年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（Vol.2、page 1.9、Fig.1.2）に従い、Tier 2 部門別アプローチ（Sectoral Approach）法を用いて排出量を算定した。3.2.4. b) 節を参照のこと。

共通報告表では、バイオ燃料の CO₂ 排出量を「総合エネルギー統計」の国内供給量[#190000]から算定し、主な用途である道路輸送（1.A.3.b）で参考値として報告する。2006年 IPCC ガイドラインに従い、我が国の総排出量には含めない。

○ 潤滑油

エンジン内の潤滑油が使用中に酸化されることにより CO₂ が排出される。2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 3、page 5.6 によれば、潤滑油と他の燃料とが混焼される 2 ストローク（2 サイクル）エンジンにおいては、潤滑油からの CO₂ 排出量をエネルギー分野で報告することとされている。我が国では自動車用エンジン油の 2 サイクルエンジン油及び船舶エンジン油の船舶用シリンダー油が該当する。この排出量を次式で算定し、2 サイクルエンジン油を 1.A.3.b に、船舶用シリンダー油を 1.A.3.d に報告する。

$$E = \sum_i (LC_i \times CC_i \times ODU_i \times 44/12)$$

E : 潤滑油の使用中の酸化に伴う排出量 [kt-CO₂]

LC_i : 潤滑油消費量 [TJ]

CC_i : 潤滑油の炭素含有量 [kt-C/TJ]

ODU_i : 使用時酸化（Oxidized During Use: ODU）係数

i : 潤滑油の油種（自動車用エンジン油の 2 サイクルエンジン油、船舶エンジン油の船舶用シリンダー油）

■ 排出係数

○ ガソリン、軽油等の燃料

エネルギー産業（1.A.1）に示した排出係数を用いた。3.2.4. b）節を参照のこと。

なお、1.A.3.b（Road transportation）における軽油の炭素排出係数が 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値の信頼区間の下限に近い水準となっている理由を別添 3（A3.3 節）に説明しているので参照のこと。

○ 潤滑油

炭素含有量 CC については、エネルギー産業（1.A.1）に示した潤滑油の排出係数（表 3-11）を用いた。ODU 係数については、全量が酸化すると想定し、1.0 を用いた。

■ 活動量

表 3-32 運輸（1.A.3）におけるエネルギー消費量（単位：PJ）

エネルギー源	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
液体燃料	2,982	3,581	3,735	3,514	3,281	3,135	3,049	2,581	2,601	2,698	2,686	2,645
固体燃料	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
気体燃料	0	0	1	4	5	4	3	1	1	1	1	1
その他化石燃料	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
バイオマス	NO	NO	NO	0	9	10	15	20	20	20	20	20
合計	2,983	3,581	3,736	3,518	3,295	3,149	3,067	2,602	2,622	2,719	2,707	2,666

○ ガソリン、軽油等の燃料

エネルギー産業（1.A.1）と同様に、当該部門の活動量は「総合エネルギー統計」を用いている。

「総合エネルギー統計」に示された、運輸部門 [#800000] の各部門のエネルギー消費量を用いる。これらの値は燃料以外の用途を含むため、非エネルギー利用 運輸 [#953000] に計上されている分を控除する。（表 3-33 参照）

表 3-33 「総合エネルギー統計」とインベントリ (CRT) の部門対応 (1.A.3)

CRT		総合エネルギー統計	
1.A.3	Transport		
1.A.3.a	Domestic aviation	最終エネルギー消費 旅客 航空	#815000
		最終エネルギー消費 貨物 航空	#854000
		▲非エネルギー利用 運輸(航空)	#953000
1.A.3.b	Road transportation		
i	Cars	最終エネルギー消費 旅客 乗用車	#811000
		▲非エネルギー利用 運輸(乗用車)	#953000
ii	Light duty trucks	IE (1.A.3.b.iii)	-
iii	Heavy duty trucks and buses	最終エネルギー消費 旅客 バス	#811500
		最終エネルギー消費 貨物 貨物自動車/トラック	#851000
		▲非エネルギー利用 運輸(バス、貨物自動車/トラック)	#953000
iv	Motorcycles	最終エネルギー消費 旅客 二輪車	#812000
		▲非エネルギー利用 運輸(二輪車)	#953000
v	Other	IE (1.A.3.b.iii)	-
1.A.3.c	Railways	最終エネルギー消費 旅客 鉄道	#813000
		最終エネルギー消費 貨物 鉄道	#852000
		▲非エネルギー利用 運輸(鉄道)	#953000
1.A.3.d	Domestic navigation	最終エネルギー消費 旅客 船舶	#814000
		最終エネルギー消費 貨物 船舶	#853000
		▲非エネルギー利用 運輸(船舶)	#953000
1.A.3.e	Other transportation	NO	-

(注) ▲非エネルギー利用：燃料以外の用途に用いられた分を控除している。

○ 潤滑油

全潤滑油の販売量から自動車用・船舶用のエンジン油の販売量を推計し、推計された各エンジン油の販売量を基に全損型のエンジン油消費量を推計した。

自動車用エンジン油（ガソリンエンジン油及びディーゼルエンジン油）及び船舶エンジン油の販売量（体積ベース）は、「資源・エネルギー統計年報」及び「エネルギー生産・需給統計年報」に示された全潤滑油の国内向販売量 DS^{13} に、同年報から推計した潤滑油の消費者・販売業者向販売量¹⁴に占める各エンジン油の割合 R_i を乗じて求めた。これに、各エンジン油に占める全損型の割合 R_{TLi} を乗じて全損型のエンジン油消費量を推計した。 R_{TLi} は、潤滑油協会（2013）に示された 2011 年度の 2 サイクルエンジン油、船舶用シリンダー油の製造・輸入量を、上記によって求めた 2011 年度の自動車用エンジン油、船舶エンジン油の国内向販売量でそれぞれ除して設定した（自動車用エンジン油については 0.65%、船舶エンジン油については 59%）。

体積ベースの消費量を「総合エネルギー統計」に示された潤滑油の発熱量を用いて熱量換算し、活動量とした。

$$LC_i = DS \times R_i \times R_{TLi} \times GCV$$

- LC_i : 各エンジン油の消費量 [TJ]
- DS : 全潤滑油の国内向販売量 [1,000 kL]
- R_i : 潤滑油の消費者・販売業者向販売量に占める各エンジン油の割合
- R_{TLi} : 各エンジン油に占める全損型の割合
- i : 自動車用エンジン油、船舶エンジン油
- GCV : 潤滑油の高位発熱量 [GJ/kL]

¹³ 2022 年度より潤滑油の国内向販売量の集計方法が改定されたことから、2021 年度以前の販売量に経済産業省提供の接続係数 (1.41) を乗じて時系列の一貫性を確保している。

¹⁴ 2001 年度以前は消費者向販売量。

表 3-34 全損型のエンジン油消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
自動車用2サイクルエンジン油消費量 LC_1	TJ	207	215	210	194	183	158	142	144	142	133	125	113
船舶用シリンダー油消費量 LC_2	TJ	5,318	5,503	7,144	6,250	4,627	3,502	3,124	2,831	2,602	2,318	2,271	2,234
全潤滑油の国内向け販売量 DS	1000 kL	3,439	3,292	3,090	2,886	2,485	2,159	2,058	2,017	2,036	1,885	1,835	1,695
自動車用エンジン油販売量の割合 R_1	-	23%	25%	26%	26%	28%	28%	26%	27%	27%	27%	26%	26%
船舶用エンジン油販売量の割合 R_2	-	6.5%	7.1%	9.8%	9.1%	7.9%	6.8%	6.4%	5.9%	5.4%	5.2%	5.2%	5.6%
潤滑油の総発熱量 GCV	GJ/kL	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2	40.2

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

エネルギー産業（1.A.1）に記載した内容と同一である。3.2.4. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

「総合エネルギー統計」の更新に伴う活動量の更新により、2009～2010、2014、2016～2019、2021～2023 年度について排出量が再計算された。「資源・エネルギー統計年報」の更新により、2023 年度の潤滑油の酸化による排出量が再計算された。

再計算の影響の程度については第 10 章参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.2.9. 運輸（1.A.3）における CH₄ と N₂O の排出

本カテゴリーでは、国内航空（1.A.3.a）、道路輸送（1.A.3.b）、鉄道（1.A.3.c）、国内船舶（1.A.3.d）、その他輸送（1.A.3.e）からの CH₄、N₂O 排出量の算定について記述する。特殊自動車（建設機械、農業機械等）、作業用船舶、漁船といった、主な用途が旅客や貨物の輸送でない移動発生源からの排出は、製造業・建設業（1.A.2）とその他部門（1.A.4）において取り扱う。

3.2.9.1. 国内航空（1.A.3.a）

a) 排出源カテゴリーの説明

航空機の航行に伴うエネルギー消費からの CH₄ 及び N₂O の排出を扱う。我が国の国内の航空機の飛行に伴う温室効果ガスの排出は、ジェット燃料を使用するものが主である。その他小型軽飛行機、ヘリコプターなどに僅かに利用されている航空ガソリンからの排出が存在する。

b) 方法論

■ 算定方法

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（Vol. 2, page 3.60, Fig. 3.6.1）に従い、ジェット機に用いるジェット燃料については Tier 2 法を用いて離着陸時と巡航時に分けて排出量を算定する。離着陸時については、国内線航空機機種別の離着陸 1 回当たりの排出係数に、国内線航空機機種別の離着陸回数を乗じて、機種別に排出量を求めてそれらを積算する。ただし、2000 年度以前については活動量が機種別に得られないため、2001 年度のデータで得られる全機種加重平均の排出係数を総活動量に乗じて離着陸時の排出量を求める。巡航時については、国内線航空機の巡航時ジェット燃料総消費量より排出量を求める。

小型軽飛行機等に用いる航空ガソリンについては Tier 1 法を用いて国内線燃料総消費量より排出量を算定する。

$$E_{jet} = \sum_i (EF_{LTO,i} \times AD_{LTO,i}) + EF_{cruise} \times AD_{cruise}$$

- E_{jet} : ジェット機からの CH₄, N₂O 排出量
- $EF_{LTO,i}$: 機種別の離着陸 1 回当たりの排出係数
- $AD_{LTO,i}$: 国内線航空機機種別の離着陸回数
- EF_{cruise} : 巡航時の燃料消費に伴う排出係数
- AD_{cruise} : 国内線航空機の巡航時ジェット燃料消費量
- i : 機種

$$E_{gasoline} = EF_{gasoline} \times AD_{gasoline}$$

- $E_{gasoline}$: 航空ガソリンの消費に伴う CH₄, N₂O 排出量
- $EF_{gasoline}$: 航空ガソリンの消費に伴う排出係数
- $AD_{gasoline}$: 国内線航空機の航空ガソリン消費量

■ 排出係数

【ジェット燃料】

離着陸時、巡航時ともに、CH₄、N₂O の排出係数は、2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値を用いる（表 3-35 参照）。

【航空ガソリン】

航空ガソリンの CH₄、N₂O の排出係数は、2006 年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値を用いる（表 3-35 参照）。

表 3-35 航空機の CH₄、N₂O の排出係数

航空機の種類 (燃料)	区分	CH ₄	N ₂ O
ジェット機 (ジェット燃料)	離着陸時	機種別に設定 (表 3-36 参照)	
	巡航時	— ¹⁾	2 [kg-N ₂ O/TJ(NCV)]
ジェット機以外 (航空ガソリン)	—	0.5 [kg-CH ₄ /TJ(NCV)]	2 [kg-N ₂ O/TJ(NCV)]

(出典) 2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 3.64, Table 3.6.5

(注)

1) ガイドラインに negligible (無視可能) とあり、算定対象外とする。

表 3-36 ジェット機の主な機種別の離着陸時の CH₄、N₂O の排出係数、及び燃料消費量

機種	CH ₄ 排出係数 [kg-CH ₄ /LTO] ¹⁾	N ₂ O 排出係数 [kg-N ₂ O/LTO] ¹⁾	燃料消費量 [kg/LTO] ¹⁾
B737-300/400/500	0.08	0.1	780
B737-800	0.07	0.1	880
B747SR (B747-100, -200, -300)	4.84 ²⁾	0.4 ²⁾	3,440 ³⁾
B747-400	0.22	0.3	3,240
B767-300	0.12	0.2	1,780
B777-200/300	0.07	0.3	2,560
A320	0.06	0.1	770
2001 年度の全機種の平均的排出係数 (2000 年度以前の全機種に適用)	0.34	0.15	—

(出典) 2006 年 IPCC ガイドライン Vol, 2, page 3.70, Table 3.6.9

(注)

- 1) LTO : Landing and take off (離着陸)
- 2) B747-100, -200, -300 の最大値として設定
- 3) B747-100, -200, -300 の平均値として設定

■ 活動量

【ジェット燃料油】

離着陸時の活動量については、環境省「PRTR 届出外排出量算定資料」に示された機種別の着陸回数を用いる。ただしこのデータは国際線の着陸回数を含むため、国内線と国際線の両方に使用される機種については、国内線の総着陸回数が国土交通省「空港管理状況調書」の数値に一致するように、各機種とも同じ比率で着陸回数を減じる。

離着陸時のジェット燃料消費量は、上記の着陸回数に2006年IPCCガイドラインに示された1回の離着陸時に消費される燃料消費量を乗じることによって算出する。

また、巡航時の燃料消費量については、国土交通省「航空輸送統計年報」に示されたジェット燃料消費量から、上記の離着陸時のジェット燃料消費量を差し引いて算出する。

【航空ガソリン】

活動量については、「総合エネルギー統計」に示された航空部門のガソリン消費量を用いる。

表 3-37 航空機からの排出の算定に使用する活動量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
離着陸回数	千回	669	783	865	895	882	993	997	627	793	1,006	1,002	993
ジェット燃料巡航時消費量	千kL	1,621	2,425	2,742	3,031	2,629	2,933	3,005	1,553	2,045	3,010	3,174	3,227
航空ガソリン消費量	千kL	5.3	6.0	4.3	7.7	1.9	1.9	1.7	2.4	2.4	2.5	2.5	2.2

表 3-38 ジェット機の主な機種別の着陸回数（2001年度以降）

機種	単位	2001	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
B737-300/400/500	千回	123	103	84	131	80	7	3	NO	17	16
B737-800		NO	NO	97	118	166	134	168	219	198	195
B747SR		43	30	3	1	1	NO	2	2	0	0
B747-400		56	54	22	14	5	2	NO	NO	2	2
B767-300		146	103	101	87	75	26	33	52	57	56
B777-200/300		69	76	89	93	78	19	19	18	32	31
A320		59	47	48	95	103	71	90	99	75	73

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

排出係数の不確実性は、2006年IPCCガイドラインの機種別の離着陸回数当たり排出係数を採用しており（Tier 2）、Tier 1よりも正確な推計であると考えられる。同ガイドラインに示されたTier 1のデフォルト不確実性の値が上限になると考えられるため、その値（CH₄：-57～+100%、N₂O：-70～+150%）を採用した。活動量の不確実性については、「空港管理状況調書」は国土交通省が行う全数調査であり、2006年IPCCガイドラインの設定値（-5～+5%）を使用した。その結果、航空からの排出量の不確実性はCH₄が-57～+100%、N₂Oが-70～+150%と評価された。

■ 時系列の一貫性

離着陸当たりの排出係数は、機種別に2001年度以降毎年度同一の値を使用する。2000年度以前は機種別の活動量のデータがないため、2001年度のデータを基に全機種に用いる平均的排出係数を設定して、同一の値を1990年度まで遡って使用する。また、ジェット燃料油の活動量は「航空輸送統計年報」を、航空ガソリンの活動量は「総合エネルギー統計」を、1990年度から直近年まで全ての時系列において一貫して使用する。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

ジェット燃料油について、「PRTR 届出外排出量算定資料」における 2023 年度の機種別着陸回数の更新により、同年度の CH₄ と N₂O 排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第 10 章参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.2.9.2. 道路輸送 (1.A.3.b)

本カテゴリでは、下表に示す車種のエネルギー消費に伴う CH₄、N₂O の排出を扱う。

表 3-39 自動車からの排出における報告区分とその定義

車種	定義	排出量を報告する燃料種			
		ガソリン	軽油	LPG	天然ガス
軽乗用車	軽自動車のうち、人の輸送用に供する車両	○	—	—	—
乗用車	普通自動車又は小型自動車のうち、人の輸送用に供する車両で、乗車定員 10 人以下の車両	○	○	○	○
バス	普通自動車又は小型自動車のうち、人の輸送用に供する車両で、乗車定員 11 人以上の車両	○	○	○ ¹⁾	○
軽貨物車	軽自動車のうち、貨物の輸送用に供する車両	○	—	—	—
小型貨物車	小型自動車のうち、貨物の輸送用に供する車両	○	○	○ ¹⁾	○ ²⁾
普通貨物車	普通自動車のうち、貨物の輸送用に供する車両	○	○		
特種用途車	普通自動車、小型自動車又は軽自動車のうち、散水自動車、広告宣伝用自動車、霊柩自動車その他特種の用途に供する車両	○	○		○
二輪車	二輪車	○	—	—	—

- 1) 車種は「その他」として分類
- 2) 車種は貨物車として分類

表 3-40 車種とインベントリ (CRT) の部門対応 (1.A.3.b)

CRT	車種又は注釈記号
1.A.3.b.i. Cars	軽乗用車、乗用車
1.A.3.b.ii. Light duty trucks	IE (1.A.3.b.iii. Heavy duty trucks and buses に含む)
1.A.3.b.iii. Heavy duty trucks and buses	バス、軽貨物車、小型貨物車、普通貨物車、特種用途車
1.A.3.b.iv. Motorcycles	二輪車
1.A.3.b.v. Other	IE (1.A.3.b.iii. Heavy duty trucks and buses に含む)

道路輸送のうち、二輪車とそれ以外の自動車では算定方法が異なるため、以下に「3.2.9.2.a. 自動車 (二輪車を除く)」と、「3.2.9.2.b. 二輪車」に分類して記述する。

3.2.9.2.a. 自動車 (二輪車を除く)

a) 排出源カテゴリの説明

本カテゴリでは二輪車を除く自動車、すなわち軽乗用車、軽貨物車、乗用車、バス、小型貨物車、普通貨物車、特種用途車からの CH₄、N₂O 排出を扱う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol.2, page 3.14, Fig.3.2.3) に従い、Tier 3法を用いて排出量を算定する。

$$E = \sum_i (EF_i \times AD_i)$$

E : 自動車（二輪車を除く）からの CH₄, N₂O 排出量
 EF_i : 車種別の走行量当たりの排出係数
 AD_i : 車種別の走行量
 i : 車種

■ 排出係数

CH₄ 及び N₂O の排出係数の設定方法は表 3-41 のとおりである。

「自工会等データ」と記されたものについては、(一社)日本自動車工業会(以下、自工会)や研究機関等¹⁵により提供された排出係数データを基に構築されている。なお、「自工会データ」と記されたものについては、自工会のみより提供されたデータを基に構築されている。そのデータを排出ガス規制¹⁶年別のコンバインモード¹⁷排出係数等として整理¹⁸したのち、規制年別保有台数を重みとした加重平均により、各年の排出係数を算出する。保有台数は自動車検査登録情報協会「自検協統計 自動車保有車両数」等を用いる。(表 3-42、表 3-43 参照)

「測定データ」と記されたものについては、我が国における実測データを基にしており、走行速度区別に推計した排出係数と、国土交通省「道路交通センサス」に示された走行速度区別の走行量割合の加重平均で設定する。当該排出係数は混雑時走行速度別の走行量割合を用いており、日本の自動車走行実態を反映させた排出係数となっている。

天然ガス燃料の普通貨物車の N₂O 排出係数は国内における実測値を用いており、走行速度区別に設定した排出係数を、「道路交通センサス」に示された走行速度区別の走行量割合により加重平均し設定する。

天然ガス燃料の乗用車、バス、特種用途車の N₂O 排出係数、及び天然ガス燃料の特種用途車の CH₄ 排出係数は国内における調査結果がないため、以下の表 3-41 で示す方法で設定する。

詳細な設定方法は、環境省(2006b)を参照のこと。

¹⁵ 環境省、東京都環境局、国立環境研究所、交通安全環境研究所及び石油エネルギー技術センター

¹⁶ CO、非メタン炭化水素(NMHC)、NO_x、粒子状物質(PM)等の大気汚染物質が規制対象。規制値の推移 https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_tk10_000002.html

¹⁷ データは試験モード別に提供されている。JC08 モードの場合は、コンバインモード=暖機状態において測定した値×0.75+冷機状態において測定した値×0.25にて計算。

¹⁸ 普通貨物車の排出係数については選択式還元触媒(SCR)技術の導入状況も考慮している。

表 3-41 自動車の排出係数の設定方法

車種	ガソリン		軽油		天然ガス	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
軽乗用車	自工会等データ	自工会等データ				
乗用車	自工会等データ	自工会等データ	自工会等データ	自工会等データ	自工会データ	車種の規格を考慮し、小型貨物車の排出係数を利用
バス	2006GL	2006GL	測定データ	2006GL	自工会データ	車両重量を考慮し、普通貨物車の排出係数を、等価慣性重量比率で補正して設定
軽貨物車	自工会等データ	自工会等データ				
小型貨物車	自工会等データ	自工会等データ	自工会等データ	自工会等データ		実測値を基に設定 (貨物車として分類)
普通貨物車	2006GL	2006GL	自工会等データ	自工会等データ	自工会データ	
特種用途車	2006GL	2006GL	測定データ	2006GL	普通貨物車の速度別排出係数と、天然ガ斯特種用途車の走行パターンを考慮して補正した走行速度別走行量割合を用いて設定	

(注)

- 1) 自工会等データ：日本自動車工業会や研究機関等による提供データを基に設定
- 2) 自工会データ：日本自動車工業会による提供データを基に設定
- 3) 測定データ：上記外の実測データを基に設定
- 4) 2006GL：2006年 IPCC ガイドラインに掲載されたデフォルト値を利用
- 5) LPG 営業用乗用車（タクシー）はガソリン乗用車と同じ。その他の LPG 燃料車はガソリン普通貨物車と同じ。

表 3-42 自動車の CH₄ 排出係数

燃料種	車種	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
ガソリン	軽乗用車	mg-CH ₄ /km	8.3	8.3	8.2	6.9	5.0	4.2	3.8	3.3	3.3	3.3	3.3	3.3
	乗用車 (非ハイブリッド)		14.5	14.5	14.3	11.3	8.0	6.6	6.0	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7
	乗用車 (ハイブリッド)		NO	NO	NO	1.8	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.1	2.2	2.2
	バス		14											
	軽貨物車		18.7	18.7	18.0	11.7	7.2	5.8	5.2	4.2	4.0	3.9	3.8	3.8
	小型貨物車		21.2	21.2	21.2	14.5	8.8	6.8	5.9	4.5	4.3	4.2	4.2	4.1
	普通貨物車		14											
	特種用途車		14											
軽油	乗用車		11.3	12.2	12.6	12.8	12.8	12.9	12.4	10.5	10.1	9.8	9.5	9.2
	バス		19.0	18.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0	17.0
	小型貨物車		9.6	10.7	10.1	8.7	8.3	7.9	7.7	7.2	7.1	7.0	7.0	6.9
	普通貨物車		17.0	16.0	15.0	13.9	11.1	9.6	8.5	5.9	5.6	5.2	4.9	4.6
	特種用途車		17.0	15.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
LPG	乗用車		14.5	14.5	14.3	11.3	8.0	6.6	6.0	5.0	4.9	4.8	4.8	4.7
	その他	14												
天然ガス	乗用車	13												
	バス	50												
	貨物車	93												
	特種用途車	105												

表 3-43 自動車の N₂O 排出係数

燃料種	車種	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
ガソリン	軽乗用車	mg-N ₂ O/km	14.2	14.2	13.9	9.3	5.2	3.6	2.9	2.0	2.0	1.9	1.9	1.9
	乗用車 (非ハイブリッド)		23.7	23.7	20.3	12.2	6.3	4.4	3.7	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6
	乗用車 (ハイブリッド)		NO	NO	NO	1.0	1.0	1.0	1.0	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2
	バス		25											
	軽貨物車		23.7	23.7	21.7	12.8	7.3	5.7	5.0	3.8	3.7	3.6	3.4	3.4
	小型貨物車		21.1	21.6	21.8	13.1	8.0	6.3	5.5	4.1	3.8	3.7	3.5	3.3
	普通貨物車		25											
	特種用途車		25											
軽油	乗用車	mg-N ₂ O/km	5.7	4.7	4.4	4.4	4.9	5.4	5.1	4.3	4.2	4.0	4.0	3.9
	バス		3.0											
	小型貨物車		9.3	10.3	11.1	11.7	12.2	12.5	12.7	13.0	13.1	13.1	13.1	13.2
	普通貨物車		15.0	15.0	14.9	16.9	31.8	35.2	37.6	40.2	40.2	40.2	40.2	40.1
	特種用途車		3.0											
LPG	乗用車	mg-N ₂ O/km	23.7	23.7	20.3	12.2	6.3	4.4	3.7	2.8	2.7	2.7	2.6	2.6
	その他		25											
天然ガス	乗用車	mg-N ₂ O/km	0.2											
	バス		38											
	貨物車		13											
	特種用途車		15											

■ 活動量

車種別燃料種別の年間走行量の推計値を活動量として用いる。

2009年度以前のガソリン、軽油、LPG車については、国土交通省「自動車輸送統計年報」に示された車種別の走行量に、燃料消費量と燃費から算出される燃料種別の走行距離の割合を乗じて、車種別燃料種別の走行量を推計する。ガソリン乗用車の走行量からハイブリッド乗用車を区分するため、台数に一台当りの年間走行量を乗じて、ハイブリッド乗用車の走行量を推計する。なお、走行量の推計にあたり、国土交通省提供の接続係数により「自動車輸送統計年報」の値は2010年度以降の活動量と一貫するように予め換算しておく。

2010年度以降のガソリン、軽油、LPG車については、国土交通省「自動車燃料消費量統計年報」の車種別燃料種別走行量を用いる。なお、一部車種については国土交通省「自動車輸送統計月報」の車種別走行量を補助的に用いている。

天然ガス車については、車種別台数に一台当りの年間走行量を乗じて、車種別年間走行量を把握する。台数は1990年から1996年までは日本ガス協会データによる天然ガス自動車の車種別導入台数を用い、1997年以後は「自検協統計 自動車保有車両数」による天然ガス自動車登録台数とする。一台当りの車種別年間走行量は、「自動車燃料消費量統計年報」の天然ガス自動車の総走行量、「自動車輸送統計年報」の車種別年間走行量、「自検協統計 自動車保有車両数」の車種別登録台数から求める。

表 3-44 自動車の走行量

燃料種	車種	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
ガソリン	軽乗用車	十億台km	16	41	72	106	137	150	161	163	159	165	164	165
	乗用車 (非ハイブリッド)		273	304	343	349	319	303	273	209	193	204	190	184
	乗用車 (ハイブリッド)		NO	NO	NO	3	14	38	58	91	95	111	120	129
	バス		0.09	0.03	0.02	0.04	0.31	0.19	0.21	0.17	0.19	0.20	0.23	0.23
	軽貨物車		91	90	80	78	75	77	76	66	62	65	65	63
	小型貨物車		29	20	20	21	22	23	23	20	18	20	21	20
	普通貨物車		0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	特種用途車		1	1	1	1	3	3	2	2	3	3	3	3
軽油	乗用車	十億台km	40	63	55	29	10	8	9	13	14	16	17	18
	バス		7	7	6	7	6	6	6	4	4	4	5	5
	小型貨物車		44	49	45	33	23	23	22	18	18	19	19	19
	普通貨物車		58	68	72	69	63	59	59	56	58	59	58	57
	特種用途車		9	14	17	17	21	21	21	19	20	21	21	21
LPG	営業用乗用車	十億台km	18	17	15	14	11	10	9	4	4	4	4	4
	その他		IE	IE	IE	IE	0.70	0.53	0.42	0.21	0.18	0.17	0.15	0.14
天然ガス	乗用車	百万台km	0.05	0.10	1.93	5.91	6.00	3.01	1.57	0.09	0.06	0.06	0.07	0.07
	バス		NO	1.9	15	48	52	39	28	5	3	3	2	2
	貨物車		0.22	10	79	254	303	265	230	85	68	57	51	47
	特種用途車		0.05	2.2	18	57	67	62	49	17	13	12	10	8

○ ガソリン乗用車からの N₂O 排出量の推移について

ガソリン乗用車に対する大気汚染物質の排出ガス規制が 1978 年に強化され、床下型の三元触媒が装着され始めると、走行距離当たりの N₂O 排出量が増加した。三元触媒装着車が広く普及する 1986 年までは、走行距離当たりの N₂O 排出量は増加傾向にあった。その後しばらく新しい規制は定められず、そのため、1986 年～1997 年の間は走行距離当たりの N₂O 排出量は定常状態であった。しかし、1997 年より低排出ガス対策車販売、2000 年より新短期規制が導入され、直下型触媒コンバータが装着されたことにより、走行距離当たりの N₂O 排出量が減少し始め、1997 年以降減少傾向にある。

触媒による有害ガスの浄化は、触媒温度がある閾値を超えないと始まらない。そのため、冷始動時の触媒早期活性化（迅速な触媒の高温化）を図って、触媒が排気マニホールドの直下に配置されたものが直下型触媒コンバータである。N₂O は中間温度帯で生成されるが、直下型触媒コンバータは短時間でその温度帯以上の温度に達するため、N₂O 排出量を低減できる（後藤他、2003；依田他、2010）。床下型触媒搭載車両と直下型触媒搭載車両を同一の試験モードで走行させた際の N₂O 排出を下図に示す。

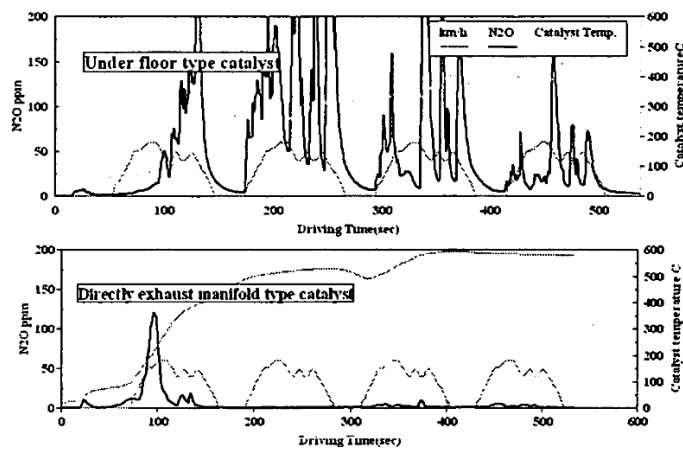


図 3-6 触媒設置位置による N₂O 排出の差異

(注) 試験モード：11 モード、上段：床下型、下段：直下型 (出典) 後藤他 (2003)

■ 完全性について

【バイオ燃料】

バイオ燃料が近年使用されているが、自動車からの CH₄、N₂O 排出量は燃料消費量ではなく車種別の走行量を活動量としており、バイオ燃料分の走行距離を抽出することが困難であることから、既存のガソリン・軽油由来の CH₄、N₂O 排出量にすでに含まれているものとみなし、「IE」と報告している。

【メタノール燃料】

国内のメタノール自動車の保有台数は、二輪車を含めても9台（2016年3月末時点、自動車検査登録情報協会調べ）と活動量は微少であるため、排出量はごく微量であると仮定し報告を行わない。

【潤滑油】

2006年 IPCC ガイドライン Vol.3, page 5.7 によれば、潤滑油の使用による CH₄、N₂O の排出量は CO₂ に比べて極めて少なく、排出量の算定上無視できるとされているので「NE」と報告している。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

自動車の排出係数は、自工会等から提供された実測排出データから推計している。サンプル数が5を超えるものについては（対数）正規分布を仮定し95%信頼区間を求めることにより不確実性を算定した。サンプル数が5未満については2006年 IPCC ガイドラインの不確実性のデフォルト値を採用した。活動量の不確実性については、「自動車燃料消費量統計年報」の値を使用していることから、自動車燃料消費量調査の目標精度（統計委員会、2010）を採用した。推計の結果、二輪車を含む自動車の排出量の不確実性は CH₄ が-36～+104%、N₂O が-37～+107%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、全ての時系列において同一の手法を用い構築している。ガソリン車、ディーゼル車、LPG車の2009年度までの活動量は、国土交通省提供の接続係数を用いて2010年度以降の活動量と一貫するように推計している。天然ガス車の活動量については、天然ガス車が広く普及する以前の1996年までの台数は日本ガス協会の累積普及台数を、1997年以降は実際の運用台数を把握し始めた「自検協統計 自動車保有車両数」の登録台数を用いて、より実態に近い台数の把握に努めている。その他の天然ガス車の活動量データは「自動車輸送統計年報」及び「自検協統計 自動車保有車両数」の値を元に、1990年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で推計している。

d) QA/QC と検証

■ QA/QC

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

■ 検証

2006年 IPCC ガイドライン（Vol.2, Section 3.2.1.3）では、燃料消費量と走行量の比較が good practice とされている。

車種別の年次台数、一台当たりの年間走行量、そして車種別の燃費は次に示す表のとおりである。なお、前述のとおり必ずしもこれら全てのデータを活動量の算定に用いているわけではないことに留意されたい。

表 3-45 自動車の台数

燃料種	車種	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
ガソリン	軽乗用車	千台	2,715	5,966	10,084	14,350	18,004	20,230	21,477	22,736	22,850	23,071	23,226	23,376
	乗用車 (非ハイブリッド)		29,140	33,891	37,794	40,104	37,594	35,023	32,685	27,469	26,416	25,334	24,074	22,854
	乗用車 (ハイブリッド)		NO	NO	NO	253	1,404	3,823	5,559	10,014	10,805	11,655	12,697	13,786
	バス		8	3	2	5	9	13	15	18	19	19	19	19
	軽貨物車		12,312	11,377	9,958	9,548	8,923	8,708	8,520	8,284	8,299	8,365	8,370	8,378
	小型貨物車		2,820	2,144	1,901	1,988	1,826	1,772	1,750	1,709	1,692	1,666	1,633	1,593
	普通貨物車		41	38	39	90	128	140	150	162	163	164	163	162
特種用途車	141		198	393	330	287	291	297	313	317	322	326	330	
軽油	乗用車		2,994	4,924	4,254	2,126	905	730	855	1,437	1,528	1,609	1,679	1,726
	バス		238	240	233	225	216	212	214	202	196	191	189	187
	小型貨物車		3,711	4,002	3,480	2,545	1,954	1,824	1,780	1,748	1,749	1,759	1,759	1,752
	普通貨物車		2,164	2,544	2,534	2,350	2,105	2,100	2,130	2,243	2,258	2,266	2,272	2,275
LPG	特種用途車		628	804	994	903	820	818	829	869	873	877	880	886
	乗用車		302	288	265	262	225	204	191	130	120	112	101	89
天然ガス	その他	16	16	21	32	32	28	25	15	13	12	10	9	
	乗用車	0.01	0.01	0.2	0.6	0.7	0.3	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	
	バス	NO	0.04	0.3	1.1	1.2	0.9	0.7	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	
	貨物車	0.01	0.5	3.9	12.8	15.0	12.9	11.0	4.9	3.9	3.5	3.1	2.8	
	特種用途車	0.004	0.2	1.5	4.8	5.6	4.9	3.9	1.5	1.3	1.1	0.9	0.7	

(出典)「自検協統計 自動車保有車両数」、日本ガス協会

表 3-46 自動車の一台当たり年間走行量

燃料種	車種	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
ガソリン	軽乗用車	千km/台	5.8	6.8	7.2	7.4	7.6	7.4	7.5	7.1	7.0	7.2	7.0	7.1
	乗用車 (非ハイブリッド)		9.4	9.0	9.1	8.7	8.5	8.6	8.3	7.6	7.3	8.1	7.9	8.0
	乗用車 (ハイブリッド) ¹⁾		NO	NO	NO	10.1	10.2	10.0	10.5	9.0	8.8	9.5	9.5	9.4
	バス		11.9	9.3	9.0	8.6	34.7	14.9	14.5	9.3	10.1	11.0	12.2	12.4
	軽貨物車		7.4	7.9	8.0	8.2	8.4	8.9	8.9	8.0	7.5	7.7	7.7	7.5
	小型貨物車		10.3	9.5	10.3	10.5	12.2	13.1	13.1	11.7	10.9	12.3	12.8	12.4
	普通貨物車		8.8	7.7	6.9	6.7	11.0	9.9	9.4	7.4	7.5	7.0	6.7	7.2
軽油	特種用途車		4.7	3.5	3.3	3.9	9.9	8.9	8.3	7.4	8.0	8.0	8.3	8.0
	乗用車		13.3	12.8	13.0	13.7	11.4	11.1	10.1	9.2	9.3	9.7	10.2	10.6
	バス		28.9	27.6	27.9	28.9	28.6	28.2	27.4	18.7	18.7	22.3	24.2	25.1
	小型貨物車		11.8	12.2	12.9	12.9	11.8	12.4	12.1	10.2	10.1	10.8	11.0	11.1
LPG	普通貨物車		26.7	26.8	28.6	29.5	29.9	28.1	27.9	24.9	25.9	25.9	25.6	25.1
	特種用途車		14.6	16.9	17.2	18.9	25.3	25.9	25.9	22.4	23.3	23.9	23.8	23.3
天然ガス	乗用車		59.6	58.6	56.8	52.2	50.9	47.8	46.1	27.5	29.5	36.6	37.9	40.2
	その他	IE	IE	IE	IE	21.9	19.0	17.3	14.0	13.6	14.6	14.7	15.0	
天然ガス	乗用車	10.2	9.8	9.8	9.2	8.9	9.0	8.9	8.1	7.8	8.6	8.6	8.7	
	バス	NO	47.6	45.9	44.9	43.3	41.9	39.9	26.8	26.0	31.2	33.3	34.5	
	貨物車	18.7	18.9	20.2	19.9	20.2	20.6	20.9	17.5	17.2	16.5	16.2	16.6	
	特種用途車	11.1	11.2	12.0	11.8	12.0	12.7	12.6	10.8	10.3	11.3	11.5	11.2	

(注) 表 3-44 の走行量を表 3-45 の台数で除して算出。

1) 2009 年度以前は走行量の統計データがなく、2010~2014 年度の平均値とした。

表 3-47 自動車の燃費

燃料種	車種	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
ガソリン	軽乗用車	km/L	14.2	12.9	12.0	12.6	12.6	13.3	13.7	15.1	15.0	15.1	15.3	15.1
	乗用車 (非ハイブリッド) ¹⁾	km/L	10.0	9.2	9.0	9.8	9.8	10.0	10.2	10.6	10.6	10.8	10.8	10.8
	乗用車 (ハイブリッド)	km/L	NO	NO	NO	IE	16.3	15.7	16.0	17.1	16.8	16.8	17.0	16.5
	バス ²⁾	km/L	4.1	3.9	4.1	4.3	5.8	6.5	6.8	7.7	7.5	7.8	7.9	7.8
	軽貨物車	km/L	12.3	11.4	11.1	11.7	12.1	12.0	12.1	13.0	12.9	13.2	13.1	13.1
	小型貨物車 ³⁾	km/L	8.2	7.7	8.2	8.5	9.3	9.1	9.0	9.9	9.8	9.9	10.0	9.6
	普通貨物車	km/L	4.4	4.2	4.4	4.6	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
軽油	特種用途車	km/L	5.1	4.8	5.2	6.4	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	
	乗用車	km/L	9.7	7.8	7.0	6.9	9.0	9.0	9.3	12.3	12.7	12.7	12.7	12.8
	バス	km/L	3.6	3.4	3.4	3.6	3.6	3.5	3.6	3.4	3.4	3.4	3.3	3.3
	小型貨物車	km/L	9.7	10.0	9.7	10.1	9.1	8.7	8.6	8.6	8.6	8.8	8.7	8.6
LPG	普通貨物車	km/L	3.3	3.2	3.4	3.7	3.7	3.9	3.9	3.9	3.8	4.0	3.9	4.0
	特種用途車	km/L	3.0	3.0	3.2	3.8	4.0	4.1	4.0	4.0	4.0	4.0	4.1	4.1
天然ガス	営業用乗用車	km/L	6.0	5.6	5.3	5.4	5.5	5.4	5.5	5.9	6.0	6.6	6.8	7.1
	その他	km/L	IE	IE	IE	IE	4.4	4.3	4.2	4.2	4.1	4.4	4.4	4.6
天然ガス	全車種 ⁴⁾	km/m ³	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.2	4.2	4.0	3.9	3.9	4.1	4.2

(注)「自動車燃料消費量統計年報」及び「自動車輸送統計年報」の走行量を各統計の燃料消費量で除して算出。

- 1) 2009 年度以前はハイブリッド乗用車を含む。
- 2) 2010 年度以降は営業用旅客の乗用車、及び自家用旅客の特種用途車を含む。
- 3) 2010 年度以降は普通貨物車、及び営業用貨物の特種用途車を含む。
- 4) 2009 年度以前は燃料消費量の統計データがなく、2010 年度値と同じとした。

排出量の算定に用いている走行量と燃料消費量の関係についてであるが、「自動車燃料消費量統計年報」及び「自動車輸送統計年報」には、走行量、燃料消費量（及びそれらから算出される燃費）が示されている。CH₄、N₂O 排出量算定にはこれらの統計の走行量を活動量の基礎として用いている。一方 CO₂ 排出量算定に用いている「総合エネルギー統計」（エネルギーバランス表）も一次統計として国土交通省の同統計の燃料消費量を用いており、したがって、CO₂、CH₄、N₂O いずれのガスについても、排出量の算定の基礎として同一の統計を使用している。

e) 再計算

排出係数の実測値が自工会、東京都環境局より提供された。これにより、2018 年度以降の軽乗用車、2018 年度以降のガソリン・LPG 乗用車、2003 年度以降のガソリンハイブリッド乗用車、2018 年度以降のガソリン小型貨物車、2018 年度以降のディーゼル乗用車について排出係数が更新された。

以上より、2003～2023 年度の CH₄ 及び N₂O 排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第 10 章参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

排出係数をより我が国の実態に合った値に見直すかどうか必要に応じて検討する。

3.2.9.2.b. 二輪車

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、二輪車からの CH₄、N₂O 排出を扱う。

b) 方法論

■ 算定方法

二輪車からの CH₄ 及び N₂O の排出量は、2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（Vol.2、page 3.14、Fig.3.2.3）に従い、Tier 3 法を用いて算定する。同ガイドラインの Tier 3 算定式（Vol.2、page 3.15、Equation 3.2.5）は、エンジンが温まった状態（暖機状態）での排出量と、始動時にエンジンが冷えている状態（冷機状態）での排出量の、二つの状態区分別の算定値を合計する方法を示している。

我が国では、二輪車に対して 1999 年より排出ガス規制¹⁹を実施しており、規制対象の各車種の「暖機状態」及び「冷機状態」におけるエンジンからの CH₄ 及び N₂O 排出係数について、自工会が試験により排出ガスデータを把握している。排出ガス規制対応車についてはこれらの排出係数を、未規制車に対しては 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用い、以下の式より各車種・各規制対応別二輪車からの CH₄ 及び N₂O 排出量を推計し、積算する。

$$E = \sum_{i,j} (EF_{hot,i,j} \times AD_{hot,i,j} + EF_{cold,i,j} \times AD_{cold,i,j})$$

E	: 二輪車からの CH ₄ 、N ₂ O 排出量
$EF_{hot,i,j}$: 車種別、規制対応別の走行量当たりの排出係数
$AD_{hot,i,j}$: 車種別、規制対応別の年間総走行量
$EF_{cold,i,j}$: 車種別、規制対応別の 1 始動回当たりの排出係数
$AD_{cold,i,j}$: 車種別、規制対応別の年間始動回数

¹⁹ 当初は CO、炭化水素（HC）及び NO_x が規制対象。4 次規制より非メタン炭化水素（NMHC）と粒子状物質（PM）が対象に加わった。

i : 車種
j : 規制対応

■ 排出係数

【暖機状態】

排出ガス規制対応車の CH₄ 及び N₂O 排出係数は、自工会提供の車種別排出係数を用いる。排出ガス規制未対応車の CH₄ 及び N₂O 排出係数については、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いる。

表 3-48 二輪車「暖機状態」の CH₄、N₂O 排出係数 [mg/km]

車種 (排気量)	3次4次規制 対応車 ¹⁾		1次2次規制 対応車 ¹⁾		排出ガス規制 未対応車 ²⁾	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
原付一種 (50cc 以下) ³⁾	2.1	0.18	13.3	2.64	53	4
原付二種 (51cc-125cc)	3.2	0.94	16.7	0.23		
軽二輪 (126cc-250cc)	6.2	0.61	12.5	0.85		
小型二輪 (250cc 超)	2.2	0.36	22.2	1.09		

(注)

- 1) 自工会提供データ
- 2) 2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 3.22, Table 3.2.3 Motorcycles/Uncontrolled/Running(hot)
- 3) 2025 年度以降は排気量 125cc 以下で最高出力 4.0 kW 以下 (いわゆる新基準原付) も原付一種に含まれる。

【冷機状態】

排出ガス規制対応車の CH₄ 及び N₂O 排出係数は、自工会提供データを用いる。排出ガス規制未対応車の CH₄ 及び N₂O 排出係数は、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いる。

表 3-49 二輪車「冷機状態」の CH₄、N₂O 排出係数 [mg/回]

車種	3次4次規制 対応車 ¹⁾		1次2次規制 対応車 ¹⁾		排出ガス規制 未対応車 ²⁾	
	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O	CH ₄	N ₂ O
原付一種	32.3	5.6	15.8	11.2	33	15
原付二種	30.0	17.3	18.3	4.2		
軽二輪	51.3	14.7	30.2	13.7		
小型二輪	56.5	15.2	26.1	6.9		

(注)

- 1) 自工会提供データ
- 2) 2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 3.22, Table 3.2.3 Motorcycles/Uncontrolled/Cold Start

■ 活動量

【暖機状態】

車種別・排出ガス規制対応別年間走行量の推計にあたっては、まず車種別の保有台数（自工会「自動車統計月報」、総務省「市町村税課税状況等の調」又は自動車検査登録情報協会「自動車保有車両数月報」）をベースに、販売年別・車種別販売台数（自工会及び全国軽自動車協会連合会）に車種別・経過年数別残存率（日本自動車研究所、2008）を乗じて各年度の保有台数の経過年別の割合を把握して、販売年別・車種別保有台数を推計し、これに 1 台当たり車種別年間走行距離（自工会「二輪車市場動向調査」から算出）と車種別・経過年数別使用係数（日本自動車研究所、2007）を乗じて販売年別・車種別年間走行量とする。排出ガス規制対応の区分については販売年により判断する。

【冷機状態】

車種別・排出ガス規制対応別年間始動回数の推計にあたっては、「暖機状態」の活動量の算定過程で得られた販売年別・車種別保有台数に、1台当たり車種別年間始動回数（「二輪車市場動向調査」から算出）と車種別・経過年数別使用係数（日本自動車研究所、2007）を乗じて販売年別・車種別年間始動回数とする。排出ガス規制対応の区分については販売年により判断する。

表 3-50 二輪車の活動量

活動量	車種	規制対応	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024	
走行量	原付一種	3次4次規制	百万台km	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1,108	1,309	1,451	1,390	1,448	
		1次2次規制		NO	NO	1,773	4,165	3,643	3,325	2,829	693	531	384	264	185	
		未規制		10,623	6,268	3,153	753	112	29	10	0	0	0	0	0	
	原付二種	3次4次規制		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1,577	1,881	2,104	2,367	2,522
		1次2次規制		NO	NO	243	1,237	2,192	2,877	2,909	1,008	755	589	421	314	
		未規制		2,060	1,853	1,568	686	172	61	23	1	1	0	0	0	
	軽二輪	3次4次規制		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1,674	2,003	2,315	2,661	2,802
		1次2次規制		NO	NO	565	2,664	3,127	3,141	3,268	1,352	1,052	857	711	571	
		未規制		6,111	3,577	2,209	1,055	330	147	79	9	5	3	1	1	
	小型二輪	3次4次規制		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	1,634	1,991	2,498	2,692	2,964
		1次2次規制		NO	NO	317	1,662	2,751	2,883	3,471	1,761	1,418	1,184	916	746	
		未規制		3,568	3,083	2,505	1,292	559	271	179	31	20	13	7	4	
始動回数	原付一種	3次4次規制	百万回	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	257	283	319	326	339	
		1次2次規制		NO	NO	349	739	626	577	550	161	115	84	62	43	
		未規制		1,838	1,131	621	134	19	5	2	0	0	0	0		
	原付二種	3次4次規制		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	207	229	399	447	475
		1次2次規制		NO	NO	31	140	228	274	325	132	92	112	80	59	
		未規制		285	255	203	78	18	6	3	0	0	0	0	0	
	軽二輪	3次4次規制		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	107	117	204	227	239
		1次2次規制		NO	NO	41	177	193	179	204	86	62	75	61	49	
		未規制		361	223	159	70	20	8	5	1	0	0	0	0	
	小型二輪	3次4次規制		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	50	63	123	124	136
		1次2次規制		NO	NO	19	78	111	95	111	54	45	58	42	34	
		未規制		187	177	154	60	23	9	6	1	1	1	0	0	

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

二輪車の排出量の不確実性は、二輪車を除く自動車とともに「3.2.9.2.a 自動車（二輪車を除く）」にまとめて報告しており、同項の不確実性の記述を参照されたい。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、全ての時系列において同一の値を用いて算定している。活動量については、保有台数、1台当たり走行量、及び1台当たり始動回数ともに自工会、軽自動車協会連合会、及び環境省のデータを元に、1990年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で推計している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

2023年度の原付自転車の保有台数が得られた。4次規制に対応した小型二輪の排出係数の実測値が自工会より提供された。これにより2017年度以降のCH₄、N₂O排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第10章参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.2.9.3. 鉄道 (1.A.3.c)

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、鉄道の走行に伴うエネルギー消費からの CH₄、N₂O 排出を扱う。
 鉄道からの CH₄、N₂O 排出量は、軽油を利用するディーゼル鉄道車両からの排出が主であり、石炭を利用する蒸気機関車からの排出が少量存在する。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol. 2, page 3.41, Fig. 3.4.2) に従い、Tier 1 法を用いて排出量を算定する。

$$E = \sum_i (EF_i \times AD_i)$$

- E : 鉄道からの CH₄, N₂O 排出量
- EF_i : 鉄道における燃料別の排出係数
- AD_i : 燃料種別の年間燃料消費量
- i : 燃料種 (軽油・石炭)

■ 排出係数

ディーゼル鉄道車両における排出係数は、2006年 IPCC ガイドラインに示された「Diesel」のデフォルト値を軽油の発熱量を用いてリットル当りに換算した値を用いる。

蒸気機関車における排出係数は、2006年 IPCC ガイドラインに示された「Sub-bituminous Coal」のデフォルト値を輸入一般炭の発熱量を用いて重量当りに換算した値を用いる。

表 3-51 鉄道の排出係数のデフォルト値

ガス	単位	ディーゼル鉄道車両	蒸気機関車
CH ₄	kg-CH ₄ /TJ(NCV)	4.15	2
N ₂ O	kg-N ₂ O/TJ(NCV)	28.6	1.5

(出典) 2006年 IPCC ガイドライン Vol. 2, p. 3.43, Table 3.4.1

■ 活動量

ディーゼル鉄道車両における軽油の消費量及び蒸気機関車における石炭の消費量は、「総合エネルギー統計」に示された鉄道の軽油及び石炭の消費量をそれぞれ活動量として用いる。

表 3-52 鉄道からの排出の算定に使用する活動量

燃料種	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
軽油	千kL	356	313	270	248	218	205	198	178	171	173	171	171
石炭	kt	1.3	1.2	1.7	1.4	1.7	1.5	1.5	0.6	1.0	1.0	1.1	1.1

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

鉄道の排出係数は 2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を採用しており、排出係数の不確実性については同ガイドラインに示された不確実性のデフォルト値 (CH₄: -60~+151%、N₂O: -50~+200%) を採用した。活動量は「総合エネルギー統計」の値を採用しており、活動量の不確実性については 2006年 IPCC ガイドラインの示されたデフォルト値 (-5~+5%) を採用する。その結果、鉄道からの排出量の不確実性は、CH₄ が-60~+151%、N₂O が-50~+200% と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、全ての時系列において同一の値を使用している。また活動量は、全ての時系列において「総合エネルギー統計」の値を一貫して使用している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

「総合エネルギー統計」における石炭と軽油の消費量の修正により、2021～2023 年度の排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第 10 章参照。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.2.9.4. 国内船舶（1.A.3.d）

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、旅客や貨物を輸送する内航船舶の航行におけるエネルギー消費に伴う CH₄、N₂O の排出を扱う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（Vol. 2, page 3.49, Fig. 3.5.1）に従い、Tier 1 法を用いて、排出量を算定する。

$$E = \sum_i (EF_i \times AD_i)$$

- E : 内航船舶からの CH₄、N₂O 排出量
- EF_i : 内航船舶における燃料消費に伴う排出係数
- AD_i : 内航船舶における各燃料消費量
- i : 燃料（軽油・A 重油・B 重油・C 重油）

■ 排出係数

2006 年 IPCC ガイドラインに示された「Ocean-going Ships」のデフォルト値（以下の表参照）は、国際海事機関（IMO）の第 2 次報告書（2009 年）に紹介された排出係数と同等であるが、IMO は第 3 次報告書（2014 年）で船齢の古い調査結果を除外した調査結果等を基に排出係数を整理しており、これによると第 2 次報告書の排出係数に比べて CH₄ が 0.2 倍、N₂O が 2 倍と大きく変化している。我が国の船舶の排出量の適切な把握のためには IMO の第 3 次報告書の排出係数を用いる方が妥当と判断されるため、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に IMO の調査で得られた上記の変化率である補正係数を乗じて排出係数としている。なお、算定にあたっては、排出係数を燃料種（軽油、A 重油、B 重油、C 重油）別の発熱量を用いてリットル当たりに換算した値を使用する。

表 3-53 船舶の排出係数

ガス	2006年 IPCC ガイドライン デフォルト値	補正係数 (IMO 第2次→第3次 調査報告書変化率)	排出係数
CH ₄	7 [kg-CH ₄ /TJ(NCV)]	0.2 倍	1.4 [kg-CH ₄ /TJ(NCV)]
N ₂ O	2 [kg-N ₂ O/TJ(NCV)]	2.0 倍	4.0 [kg-N ₂ O/TJ(NCV)]

(出典) 2006年 IPCC ガイドライン Vol. 2, p. 3.50, Table 3.5.3
2014年 IMO 第3次温室効果ガス調査報告書 p119

■ 活動量

「総合エネルギー統計」に示された船舶の燃料種別の消費量を活動量として用いる。

表 3-54 船舶からの排出の算定に使用する活動量

燃料種	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
軽油	千kL	133	208	204	195	154	142	148	109	113	125	125	125
A重油	千kL	1,602	1,625	1,728	1,324	1,007	994	980	1,039	1,220	1,334	1,248	1,309
B重油	千kL	526	215	152	63	18	14	9	0	0	0	0	0
C重油	千kL	2,446	3,002	3,055	2,873	2,482	2,487	2,386	2,175	2,168	2,107	1,995	1,879

■ 完全性について

2006年 IPCC ガイドライン Vol.3, page 5.7 によれば、潤滑油の使用による CH₄、N₂O の排出量は CO₂ に比べて極めて少なく、無視できるとされていることから、排出量を算定しない。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

船舶の排出係数は 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に補正係数を乗じた値を採用しており、デフォルト値の不確実性と補正係数の不確実性を誤差伝播式により合成して、排出係数の不確実性とした。デフォルト値の不確実性については同ガイドラインに示された値 (CH₄: -50~+50%、N₂O: -40~+140%) を用いた。補正係数の不確実性については、IMO の排出係数の不確実性が見当たらないため、次の方法により推計した。IMO の排出係数は燃料の質量当たりで示されており、質量を単位とする活動量により試算した排出量と、熱量を単位とする活動量により算定した排出量を比較すると、燃料の密度の設定値に依存するものの、CH₄ 排出量は約 1%、N₂O 排出量は約 7%の差異が生じたため、これを補正係数の不確実性とみなした。活動量は「総合エネルギー統計」の値を採用しており、活動量の不確実性については 2006 年 IPCC ガイドラインの示されたデフォルト値 (-13~+13%) を採用した。その結果、船舶からの排出量の不確実性は、CH₄ が-52~+52%、N₂O が-43~+141%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、全ての時系列において同一の値を使用している。船舶の活動量は「総合エネルギー統計」の値を、1990 年度から直近年まで全ての時系列において一貫して使用している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業 (1.A.1.) に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.2.9.5. その他輸送 (1.A.3.e)

我が国ではパイプラインによる物資の輸送の際、化石燃料を燃焼させておらず、また他に該当する活動が存在しないため、本カテゴリーを「NO」と報告している。

3.2.10. その他部門 (1.A.4) 及びその他 (1.A.5) における CO₂ の排出

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、業務 (1.A.4.a)、家庭 (1.A.4.b)、農林水産業 (1.A.4.c)、その他 (1.A.5) におけるエネルギー消費からの CO₂ 排出を扱う。国防用途での燃料の燃焼に伴う排出については業務 (1.A.4.a) に含む。

2024 年度における当該カテゴリーからの CO₂ 排出量は 119,026 kt であり、我が国の温室効果ガス総排出量 (LULUCF を除く) の 11.4% を占めている。うち業務 (1.A.4.a) からの排出が 49.6% と、当該カテゴリーで最も多くを占めている。

b) 方法論

■ 算定方法

エネルギー産業 (1.A.1) と同様に、2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol.2、page 1.9、Fig.1.2) に従い、Tier 2 部門別アプローチ (Sectoral Approach) 法を用いて排出量の算定を行った。3.2.4. b) 節を参照のこと。

エネルギーとして利用された廃棄物及びエネルギー回収を伴う廃棄物焼却からの排出に関しては、3.2.12. 節を参照のこと。

バイオマスからの CO₂ 排出は、2006 年 IPCC ガイドラインに従い、我が国の総排出量には含めず、CRT に参考値として報告している。

■ 排出係数

エネルギー産業 (1.A.1) に示した排出係数を用いた。3.2.4. b) 節を参照のこと。

■ 活動量

エネルギー産業 (1.A.1) 同様、当該部門の活動量は「総合エネルギー統計」を用いている。

各部門の活動量については、「総合エネルギー統計」に示された、業務他部門 (#650000)、家庭部門 (#700000)、農林水産業部門 (#611000) の最終エネルギー消費量、自らの事業所内で使用するために行った発電に伴うエネルギー消費量 (自家用発電 #25xxxx)、同じく自らの事業所内で使用するために行った蒸気の発生に伴うエネルギー消費量 (自家用蒸気発生 #26xxxx) の合計としている。なお、上記の最終エネルギー消費量には、原料用として用いられた分 (非エネルギー利用 #951100, #951800, #952000) が内数として含まれているため、当該分を差し引いている。

「総合エネルギー統計」の農林水産業部門 (#611000) における各燃料消費量に、平成 26 年度及び 27 年度の環境省調査結果に基づく移動・固定発生源別の燃料消費量割合 (表 3-57) を乗じて、燃料消費量を移動発生源と固定発生源に振り分けた。移動発生源、固定発生源それぞれの CRT における報告先は表 3-56 を参照のこと。

自家用発電及び自家用蒸気発生部門は、「総合エネルギー統計」においてはエネルギー転換部門に含まれるが、2006 年 IPCC ガイドラインでは、発電等のために消費したエネルギーから排出される CO₂ は、その発電等を行った部門に報告することを原則としているため、それに従い、最終エネルギー消費部門における各事業所からの CO₂ 排出量と合計し、「1.A.4」に

報告している。

表 3-55 その他部門（1.A.4）におけるエネルギー消費量（単位：PJ）

エネルギー源	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
液体燃料	1,916	2,075	2,184	2,218	1,573	1,437	1,286	1,238	1,123	1,049	982	935
固体燃料	3	2	1	1	19	15	12	70	70	68	66	61
気体燃料	418	537	649	731	835	836	846	815	860	824	801	820
その他化石燃料	196	219	257	278	243	248	239	258	250	248	244	242
バイオマス	15	18	22	44	59	65	84	54	68	56	58	59
合計	2,548	2,850	3,113	3,272	2,729	2,602	2,466	2,434	2,371	2,245	2,151	2,117

表 3-56 「総合エネルギー統計」とインベントリ（CRT）の部門対応（1.A.4、1.A.5）

CRT		総合エネルギー統計			
1.A.4	Other sectors				
1.A.4.a	Commercial/ institutional	自家用発電(電気業[#255330] (2016年度以降)、ガス業[#255340]から公務[#259000] (全年度)、及び分類不明[#259991] (全年度))			
		自家用蒸気発生(電気業[#265330]から公務[#269000]、及び分類不明[#269991])			
		最終エネルギー消費 業務他	#650000		
		▲非エネルギー利用 業務他	#951800		
1.A.4.b	Residential	最終エネルギー消費 家庭	#700000		
		▲非エネルギー利用 家庭	#952000		
1.A.4.c	Agriculture/forestry/fishing				
		i	Stationary	自家用発電 農林水産鉱建設(農林水産業[#251010-#251040])	
				自家用蒸気発生 農林水産鉱建設(農林水産業[#261010-#261040])	
				最終エネルギー消費 農林水産業(#611000)のうち固定発生源(推計値)	
				▲非エネルギー利用 農林水産鉱建設業(農林水産業)	#951100
		ii	Off-road vehicles and other machinery	最終エネルギー消費 農業(#611100)のうち移動発生源(推計値)	
				最終エネルギー消費 林業(#611200)のうち移動発生源(推計値)	
		iii	Fishing	最終エネルギー消費 漁業(#611300)のうち移動発生源(推計値)	
				最終エネルギー消費 水産養殖業(#611400)のうち移動発生源(推計値)	
		1.A.5	Other	NO	-

(注) ▲非エネルギー利用：原料用として用いられた分を差し引いている。

表 3-57 農林水産業（1.A.4.c）部門における固定・移動排出源別の燃料消費割合

燃料種	農業部門		林業部門		水産養殖業部門			漁業部門		
	移動 発生源	固定 発生源	移動 発生源	固定 発生源	移動 発生源 (船舶)	移動 発生源	固定 発生源	移動 発生源 (船舶)	移動 発生源	固定 発生源
軽油	99%	1%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%	0%
A 重油	5%	95%	0%	100%	100%	0%	0%	100%	0%	0%
灯油	2%	98%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%
LPG、 都市ガス	5%	95%	0%	100%	0%	0%	100%	0%	0%	100%

(出典) 環境省 (2015a)

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

エネルギー産業（1.A.1）に記載した内容と同一である。3.2.4. c) 節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

「総合エネルギー統計」の更新に伴う活動量の更新により、1990～2023年度について排出量が再計算された。

廃棄物分野における統計データの更新及び算定方法の改善に伴い、2023年度のその他化石燃料のCO₂排出量が再計算された。詳細は7.4.3節を参照のこと。

再計算の影響の程度については第10章参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.2.11. その他部門（1.A.4）及びその他（1.A.5）におけるCH₄とN₂Oの排出

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、業務（1.A.4.a）、家庭（1.A.4.b）、農林水産業（1.A.4.c）、その他（1.A.5）におけるエネルギー消費からのCH₄、N₂O排出を扱う。

移動発生源のうち、特殊自動車（農業機械、林業機械等）、漁船等におけるエネルギー消費に伴うCH₄、N₂O排出も本カテゴリーで扱う。国防用途での燃料の燃焼に伴う排出については業務（1.A.4.a）に含む。

b) 方法論

■ 算定方法

○ 各種炉

業務（1.A.4.a）及び農林水産業（1.A.4.c）の固定発生源については、エネルギー産業（1.A.1）と同様、2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー（Vol.2、page 1.9、Fig.1.2）に従い、Tier 3法を用いて排出量を算定した。3.2.5. b) 節を参照のこと。

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーについては、エネルギー産業（1.A.1）と同様の方法で算定した。3.2.5. b) 節を参照のこと。

○ 家庭で使用される機器

家庭（1.A.4.b）については、炉種別の活動量が利用可能でないため、Tier 1法で算定した。

○ 特殊自動車等

農林水産業（1.A.4.c）の移動発生源については、2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー（Vol.2、page 3.34、Fig.3.3.1）に従い、Tier 1法で算定した。

■ 排出係数

○ 各種炉

業務（1.A.4.a）及び農林水産業（1.A.4.c）については、エネルギー産業（1.A.1）で設定した各施設の排出係数を用いた。表 3-22、表 3-23 を参照のこと。

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーの排出係数は、エネルギー産業（1.A.1）と同様の方法で設定した。3.2.5. b) 節を参照のこと。

○ 家庭で使用される機器

家庭（1.A.4.b）については、2006年IPCCガイドライン Vol.2、pages 2.22-2.23、Table 2.5 に

示されるデフォルト排出係数を使用した。

表 3-58 家庭 (1.A.4.b) における CH₄、N₂O 排出係数

炉種	燃料種	CH ₄ 排出係数 [kg-CH ₄ /TJ(GCV)]	N ₂ O 排出係数 [kg-N ₂ O/TJ(GCV)]
家庭で使用される機器	液体燃料	9.5	0.57
	固体燃料	290	1.4
	気体燃料	4.5	0.090

(注) デフォルト排出係数にデフォルト換算係数 (2006 年 IPCC ガイドライン Vol.2, page 1.16 より、液体・固体燃料は 0.95、気体燃料は 0.9) を乗じて高位発熱量換算

○ 特殊自動車等

農業、漁業、水産養殖業の移動発生源で使用される軽油については欧州環境機関 (2016) の表 3-1 の「Diesel」に記載の「1.A.4.c.ii-Agriculture」の排出係数を設定する。また、農業で使用される A 重油、灯油については、同ガイドブックに各燃料種固有の排出係数は示されていないが、主な使用機器がトラクターであることから、軽油と同じ値を使用する。農業の LPG、都市ガスについては同表の「LPG」の値を使用する。さらに林業の軽油には同表の「Diesel」に記載の「1.A.4.c.ii-Forestry」の排出係数を設定する。

また、漁業と水産養殖業の船舶で使用する A 重油には、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数を設定する。

表 3-59 農林水産業 (1.A.4.c) の特殊自動車等からの CH₄、N₂O 排出係数

燃料種	単位	CH ₄ 排出係数	N ₂ O 排出係数	出典
軽油、灯油、船舶用途外 A 重油	g/t	87	136	欧州環境機関 (2016)、Non-road mobile sources and machinery, Table 3-1
林業用軽油	g/t	49	138	
LPG、都市ガス	g/t	354	161	
船舶用 A 重油	kg/TJ(NCV)	7	2	2006 年 IPCC ガイドライン Vol.2, Table 3.5.3

■ 活動量

○ 各種炉

「総合エネルギー統計」の部門別、燃料種別の燃料消費量に、表 3-57 の固定発生源の割合及び炉種別燃料消費量割合を乗じて得られた燃料消費量を固定発生源すなわち各種炉の活動量とした。炉種別の燃料消費量割合は、エネルギー産業 (1.A.1) と同様、「大気汚染物質排出量総合調査」及び各燃料消費統計である「石油等消費動態統計年報」、「エネルギー消費統計」、「電力調査統計」及び「ガス事業生産動態統計」のデータを使用して推計した。3.2.5. b) 節を参照のこと。

○ バイオマスボイラー

バイオマスボイラーについては、製造業・建設業 (1.A.2) と同様の方法で設定した。3.2.7. b) 節を参照のこと。

○ 家庭で使用される機器

家庭部門については、「総合エネルギー統計」の燃料種別燃料消費量を活動量とする。

○ 特殊自動車等

「総合エネルギー統計」の農林水産業部門における燃料種別の燃料消費量に表 3-57 の移動発生源の割合を乗じて算出した燃料消費量を、移動発生源すなわち特殊自動車等の活動量とする。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

○ 各種炉（バイオマスボイラー含む）

製造業・建設業（1.A.2）に記載した内容と同一である。3.2.7. c）節を参照のこと。

○ 家庭で使用される機器

排出係数の不確実性については、デフォルト値を使用する。活動量の不確実性については、3.2.4. c）節で設定した固体燃料、液体燃料、気体燃料の活動量の不確実性を使用する。

○ 特殊自動車等

製造業・建設業（1.A.2）に記載した内容と同一である。3.2.7. c）節を参照のこと。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d）節を参照のこと。

e) 再計算

「総合エネルギー統計」の全年度で活動量が更新されたため、当該年度の CH₄ 及び N₂O の排出量が再計算された。

廃棄物分野における統計データの更新に伴い、2023 年度の CH₄ と N₂O の排出量が再計算された。詳細は 7.4.3.節を参照のこと。

再計算の影響の程度については第 10 章を参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.5. f）節を参照のこと。

3.2.12. エネルギー回収を伴う廃棄物焼却からの排出量

エネルギー回収を伴う廃棄物焼却からの排出には、以下のような方法で廃棄物が原料あるいは燃料として使用される場合が該当する。

- 「廃棄物が焼却される際にエネルギー回収が行われる場合」
- 「廃棄物が原燃料として直接利用される場合」
- 「廃棄物が燃料に加工された後に利用される場合」

これらに該当する排出源からの排出量の算定には、2006 年 IPCC ガイドラインに従い廃棄物の焼却（カテゴリー 5.C.1.）の方法論を適用し、算定した排出量は 2006 年 IPCC ガイドラインに従い燃料の燃焼（カテゴリー 1.A.）で報告する。算定方法については、第 7 章を参照のこと。

排出量の報告カテゴリーは、廃棄物別に、原燃料としての利用用途に応じて、エネルギー産業（1.A.1）、製造業・建設業（1.A.2）もしくはその他部門（1.A.4）に報告する。報告する際の燃料種は「その他化石燃料（other fossil fuels）」及び「バイオマス（biomass）」とする。なお、プラスチックの高炉還元剤利用やコークス炉化学原料利用のように、廃棄物を原料として直接利用する過程もしくは廃棄物を原料として製造した中間製品を利用する際に温室効果ガスが排出される場合も算定対象とする。

また、廃棄物から加工された燃料として、ごみ固形燃料（RDF：Refuse Derived Fuel、RPF：Refuse Paper and Plastic Fuel）も算定対象とする。

表 3-60 廃棄物の焼却等（エネルギー分野での報告）（1.A）における排出量

Gas	区分	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024	
CO ₂ ¹⁾	1.A.1. エネルギー産業	kt-CO ₂	IE	IE	16	252	253	5	47	34	34	31	98	96	
	1.A.2. 製造業・建設業	a.鉄鋼	kt-CO ₂	NO	NO	267	515	444	391	451	323	372	334	249	136
		b.非鉄金属	kt-CO ₂	119	63	51	17	2	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		c.化学	kt-CO ₂	10	61	86	65	72	81	68	25	16	6	4	3
		d.パルプ・紙・印刷	kt-CO ₂	NO	56	112	996	1,790	1,919	2,032	2,043	2,142	2,100	2,156	2,198
		e.食品加工・飲料・たばこ	kt-CO ₂	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
		f.窯業土石	kt-CO ₂	197	485	800	854	979	1,052	1,145	1,468	1,511	1,546	1,552	1,592
		g.その他	kt-CO ₂	3,134	3,249	3,060	3,970	3,797	3,776	3,802	3,692	3,730	3,696	3,974	3,844
	1.A.4	a.業務	kt-CO ₂	6,523	7,149	9,012	8,304	6,575	7,354	6,963	8,301	8,388	8,544	8,519	8,553
		合計	kt-CO ₂	9,983	11,063	13,404	14,973	13,911	14,579	14,507	15,885	16,193	16,256	16,554	16,422
CH ₄ ²⁾	1.A.1. エネルギー産業	kt-CH ₄	IE	IE	1.7.E-06	1.8.E-05	1.6.E-05	1.3.E-05	1.7.E-05	1.6.E-06	IE	IE	IE	IE	
	1.A.2. 製造業・建設業	a.鉄鋼	kt-CH ₄	NO	NO	NO	7.7.E-04	1.4.E-03	1.2.E-03	1.4.E-03	2.8.E-04	2.8.E-05	5.7.E-05	2.8.E-05	8.5.E-05
		b.非鉄金属	kt-CH ₄	3.2.E-04	1.8.E-04	1.4.E-04	7.7.E-05	7.7.E-06	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		c.化学	kt-CH ₄	2.0.E-05	1.0.E-04	1.5.E-04	1.7.E-04	1.9.E-04	2.2.E-04	1.9.E-04	6.4.E-05	3.9.E-05	1.7.E-05	1.3.E-05	8.5.E-06
		d.パルプ・紙・印刷	kt-CH ₄	NO	1.0.E-04	2.2.E-04	2.7.E-03	4.8.E-03	5.2.E-03	5.6.E-03	5.7.E-03	6.0.E-03	5.9.E-03	6.1.E-03	6.1.E-03
		e.食品加工・飲料・たばこ	kt-CH ₄	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
		f.窯業土石	kt-CH ₄	0.03	0.08	0.14	0.20	0.22	0.23	0.25	0.32	0.33	0.34	0.33	0.34
		g.その他	kt-CH ₄	1.8	1.8	2.2	2.9	4.2	4.8	5.0	5.4	5.4	5.3	5.8	5.7
	1.A.4	a.業務	kt-CH ₄	0.54	0.54	0.60	0.15	0.14	0.15	0.14	0.14	0.13	0.13	0.15	0.14
		合計	kt-CH ₄	2.3	2.4	3.0	3.3	4.6	5.2	5.4	5.9	5.9	5.8	6.3	6.2
		kt-CO ₂ 換算	66	67	83	91	128	145	151	164	164	163	176	173	
N ₂ O ²⁾	1.A.1. エネルギー産業	kt-N ₂ O	IE	IE	1.1.E-05	1.2.E-04	1.0.E-04	8.1.E-05	1.1.E-04	1.0.E-05	IE	IE	IE	IE	
	1.A.2. 製造業・建設業	a.鉄鋼	kt-N ₂ O	NO	NO	NO	9.1.E-04	1.6.E-03	1.5.E-03	1.6.E-03	3.4.E-04	3.4.E-05	6.7.E-05	3.4.E-05	1.0.E-04
		b.非鉄金属	kt-N ₂ O	2.4.E-04	1.3.E-04	1.1.E-04	5.6.E-05	5.6.E-06	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
		c.化学	kt-N ₂ O	8.5.E-03	6.8.E-03	8.5.E-03	4.5.E-03	3.3.E-03	2.4.E-03	1.9.E-03	8.2.E-03	7.8.E-03	2.7.E-04	8.3.E-05	5.5.E-05
		d.パルプ・紙・印刷	kt-N ₂ O	NO	6.6.E-04	5.9.E-03	2.2.E-02	5.9.E-02	5.6.E-02	6.1.E-02	6.3.E-02	6.8.E-02	6.7.E-02	6.5.E-02	6.5.E-02
		e.食品加工・飲料・たばこ	kt-N ₂ O	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE	IE
		f.窯業土石	kt-N ₂ O	2.7.E-03	6.9.E-03	1.2.E-02	1.7.E-02	1.9.E-02	2.0.E-02	2.2.E-02	2.8.E-02	2.9.E-02	3.0.E-02	2.9.E-02	3.0.E-02
		g.その他	kt-N ₂ O	5.9.E-02	5.1.E-02	5.2.E-02	6.0.E-02	6.7.E-02	7.3.E-02	7.6.E-02	8.0.E-02	8.0.E-02	7.9.E-02	8.5.E-02	8.3.E-02
	1.A.4	a.業務	kt-N ₂ O	1.2	1.3	1.6	1.1	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
		合計	kt-N ₂ O	1.3	1.4	1.6	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.0	1.0
		kt-CO ₂ 換算	337	369	434	331	291	297	284	297	288	281	278	276	

(注)

- 化石燃料起源成分のみ含む。
生物起源の廃棄物（バイオマスプラスチック、動植物性廃油を含む）の焼却に伴う CO₂ 排出量は、2006 年 IPCC ガイドラインに従い総排出量には含めず参考値として算定し、CRT Table 1.A(a)の「Biomass」に報告する。
- 化石燃料起源成分及び生物起源成分を含む。

3.3. 燃料からの漏出 (1.B)

燃料からの漏出カテゴリーは、化石燃料の採掘、生産、処理及び精製、輸送、貯蔵、配送時における意図的及び非意図的な非燃焼起源の温室効果ガスの排出、及び地熱発電所からの温室効果ガスの排出を扱う。

本カテゴリーは、主に、温室効果ガスの石炭採掘からの漏出を扱う「固体燃料 (1.B.1)」と、石油及び天然ガス産業からの漏出を扱う「石油・天然ガス等 (1.B.2)」の2つのカテゴリーから構成されている。固体燃料からの漏出の主な排出源は炭層からの CH₄ であり、石油産業及び天然ガス産業からの主な排出源は、設備等からの漏出、通気弁・フレアリング、揮発、事故による排出、及び地熱発電所からの排出等である。

2024 年度における本カテゴリーからの温室効果ガス排出量は 1,202 kt-CO₂ 換算であり、我が国の温室効果ガス総排出量 (LULUCF を除く) の約 0.1% を占めている。また、1990 年度の排出量と比較すると 80.3% の減少となっている。

我が国の温室効果ガス総排出量に対するこのカテゴリーからの排出量の寄与は小さい。我が国は化石燃料のほとんどを輸入に依存しており、1990 年度以降化石燃料の国内生産は国内供給量の 3% にも満たない。

表 3-61 燃料からの漏出カテゴリー (1.B) の温室効果ガス排出量

Gas	部門		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024		
CO ₂	1.B.1 固体燃料	a. 石炭採掘	kt-CO ₂	5.4	2.5	1.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		
		b. 燃料転換		0.5	1.0	1.6	1.6	1.7	2.1	2.2	2.8	3.0	IE	IE	IE		
		c. その他 (制御不能な燃焼及び石炭ずりでの燃焼)		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	
	1.B.2 石油、天然ガス等	a. 石油		3.E-03	3.E-03	4.E-03	5.E-03	5.E-03	4.E-03	3.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	
		b. 天然ガス		0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	1.2	1.1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	
		c. 通気弁・フレアリング		91.7	112.9	136.5	186.7	245.1	242.6	241.8	212.3	177.4	155.9	142.7	127.6		
		d. その他 (地熱発電)		104.4	409.2	386.6	341.9	251.2	215.2	200.1	191.9	191.9	191.9	191.9	191.9		
	合計			kt-CO ₂	203	526	527	532	500	462	446	408	374	349	336	321	
	CH ₄	1.B.1 固体燃料		a. 石炭採掘	kt-CH ₄	192.4	97.5	63.3	26.3	22.6	21.4	20.9	18.0	18.1	17.5	17.4	16.7
				b. 燃料転換		3.4	3.3	2.7	1.8	1.4	1.2	1.0	0.8	0.7	0.7	0.7	
c. その他 (制御不能な燃焼及び石炭ずりでの燃焼)			NO	NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO			
1.B.2 石油、天然ガス等		a. 石油	0.7	0.9		0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	
		b. 天然ガス	7.7	8.6		9.8	12.0	12.7	11.2	10.6	9.0	9.1	8.5	8.0	7.7		
		c. 通気弁・フレアリング	6.6	7.5		7.7	9.4	9.7	8.6	7.9	6.8	6.6	6.1	5.8	5.5		
		d. その他 (地熱発電)	0.2	0.8		0.7	0.7	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		
合計		kt-CH ₄	211.0	118.5		85.0	51.1	47.7	43.5	41.5	35.4	35.4	33.8	32.8	31.5		
		kt-CO ₂ 換算	5,909	3,319		2,380	1,430	1,334	1,217	1,161	992	992	946	917	881		
N ₂ O		1.B.1 固体燃料	a. 石炭採掘	kt-N ₂ O		NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
	b. 燃料転換		7.E-03		7.E-03	5.E-03	4.E-03	3.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	1.E-03	1.E-03	1.E-03			
	c. その他 (制御不能な燃焼及び石炭ずりでの燃焼)		NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO			
	1.B.2 石油、天然ガス等	a. 石油	NA,IE		NA,IE	NA,IE	NA,IE	NA,IE	NA,IE	NA,IE	NO,IE	NA,IE	NA,IE	NA,IE	NA,IE		
		b. 天然ガス	5.E-04		5.E-04	5.E-04	7.E-04	6.E-04	6.E-04	5.E-04	4.E-04	4.E-04	4.E-04	4.E-04	4.E-04		
		c. 通気弁・フレアリング	NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		
		d. その他 (地熱発電)	NO		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO		
	合計		kt-N ₂ O		7.E-03	7.E-03	6.E-03	4.E-03	3.E-03	3.E-03	3.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	2.E-03	
			kt-CO ₂ 換算		1.89	1.88	1.57	1.13	0.89	0.78	0.68	0.54	0.48	0.46	0.47	0.44	
	全ガス合計				kt-CO ₂ 換算	6,113	3,847	2,909	1,963	1,835	1,679	1,607	1,401	1,366	1,295	1,253	1,202

3.3.1. 固体燃料 (1.B.1)

3.3.1.1. 石炭採掘 (1.B.1.a)

3.3.1.1.a. 坑内掘 (1.B.1.a.i)

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、坑内掘炭鉱における石炭の採掘時及び採掘後工程に伴う CH₄ と CO₂ の排出、及び閉山炭鉱からの CH₄ と CO₂ 排出の排出を扱う。

石炭はその石炭化過程で生じる CH₄ を含んでおり、その多くは炭鉱が開発されるまでに自然に地表から放散されるが、炭層中に残された CH₄ が採掘に伴い大気中に排出される。また、

選炭や輸送といった採掘後工程でも石炭中の CH₄ が排出されることがある。加えて、炭鉱が閉山されて以降も、一部の炭鉱では CH₄ が湧出する。また、CH₄ と比較すると濃度は低い、石炭中には CO₂ も含有されており、CH₄ と同様のプロセスで大気中に排出される。

我が国では、稼働炭坑が減少し、それに伴って石炭生産量も大幅に減少している。その結果、石炭採掘時の CH₄ 排出量も年々減少傾向にある。

また、近年石炭採掘の仕方が変わってきており、その結果、IEF（見かけの排出係数）が減少傾向にある。これは深い場所で採掘するより浅い場所で採掘する方が低コストなため、浅い場所で採掘する割合が高くなってきており、浅い場所での採掘の方が CH₄ 排出量が少なくなるためである。それに加えて、炭鉱採掘は最新技術を用いてすでに以前採掘されて CH₄ の抜け出た（去勢された）箇所も含まれた採掘坑からの再採掘を行っている。そのために石炭採掘量当たりの CH₄ 排出量は諸外国に比べても少なくなっている。

我が国での炭鉱の操業状況については、松本（2006）、松本他（2018）を参照のこと。

N₂O の排出量については、坑内掘、露天掘ともに我が国の実態が明らかでなく、2006 年 IPCC ガイドラインにも算定方法がないため、「NE」と報告する。

「通気メタンのフレアリング又はメタンの CO₂ への転換」（1.B.1.a.i.4）の排出量は「NE」と報告する。後述のとおり、メタンのフレアリングは採掘時及び閉山炭鉱においては行われていないが、採掘後工程においては我が国の実態が明らかでない。

b) 方法論

■ 算定方法

○ CH₄

【採掘時】

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（vol. 2, page 4.11, fig. 4.1.1）に従い、Tier 3 法を用いて各炭坑における実測データを CH₄ 排出量として報告する。

【採掘後工程】

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（vol. 2, page 4.11, fig. 4.1.1）に従い、デフォルト値の排出係数を用いた Tier 1 法を用い、石炭坑で採掘された石炭の量に、排出係数を乗じて CH₄ 排出量を算定する。

【閉山炭鉱】

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（vol. 2, page 4.22, fig. 4.1.3）に従い、Tier 2 法を用いる。下式のとおり水没していない閉山炭鉱数に石炭種類及び炭鉱閉鎖期間を考慮した排出係数を乗じて CH₄ 排出量を算定する。

$$E = \sum_T E_T, \quad E_T = N_T \times F_T \times ER \times EF_T \times CF, \quad EF_T = (1 + a \times T)^b$$

E	: 閉山炭鉱からの CH ₄ 漏出量 [kt/年]
E_T	: T 年前に閉山した炭鉱からの CH ₄ 漏出量 [kt/年]
N_T	: T 年前に閉山した炭鉱のうち水没していない炭鉱数 [箇所]
F_T	: T 年前に閉山した炭鉱のうちガスを漏出する炭鉱の割合
ER	: 閉山前の炭鉱からの GHG 排出量 [m ³ /年]
EF_T	: T 年前に閉山した炭鉱からの排出量の減少係数
a, b	: 排出量の減少カーブを決定するパラメータ
T	: 炭鉱閉鎖期間 [年]
CF	: CH ₄ の密度 (0.67×10 ⁻⁶ [kt/m ³])

○ CO₂

2006 年 IPCC ガイドラインでは CO₂ 排出量の算定方法が示されていないが、我が国独自の

CO₂ 排出係数が得られるため、CRT Summary 3 では適用した方法論を CS（国独自）と報告する。

【採掘時】

石炭生産量に CO₂ 排出係数を乗じて CO₂ 排出量を算定する。

【採掘後工程】

石炭生産量に CO₂ 排出係数を乗じて CO₂ 排出量を算定する。

【閉山炭鉱】

CO₂ 排出量の算定方法は上記 CH₄ の算定方法と同様であり、CO₂ 排出係数は CH₄ 排出係数から算定する。

■ 排出係数

○ CH₄

【採掘時】

採掘時の CH₄ 排出係数は、カーボンフロンティア機構（旧石炭エネルギーセンター、以下 J-COAL）より提供された CH₄ 総排出量の実測値（体積ベース）を、20℃ 1 気圧における CH₄ の密度 0.67 [kg/m³] をもって重量に換算したうえで、坑内掘石炭生産量で除することにより算出する。1991 年度から 1994 年度については CH₄ 総排出量の実測値が得られなかったため、1990 年度と 1995 年度の排出係数を内挿することで排出係数を求める。

表 3-62 坑内掘 採掘時の排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024	備考
坑内掘石炭生産量 (A)	kt	9,471	8,118	4,016	1,635	1,225	1,103	980	565	799	616	729	475	J-COAL調べ
CH ₄ 総排出量 (B)	10 ⁶ m ³	262	92	57	4.2	2.0	1.9	2.4	1.2	1.3	1.3	1.3	1.3	J-COAL調べ
CH ₄ 総排出量 (C)	kt-CH ₄	176	62	38	2.8	1.3	1.2	1.6	0.8	0.9	0.9	0.8	0.8	=(B)*0.67
排出係数	kg-CH ₄ /t	19	8	9	1.7	1.1	1.1	1.6	1.4	1.1	1.4	1.2	1.8	=(C)/(A)*1000

【採掘後工程】

採掘後工程の排出係数は、我が国の排出実態が明らかでないため、2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.12, Equation 4.1.4 に示されたデフォルト値（平均値 2.5 [m³/t]）を、20℃ 1 気圧における CH₄ の密度 0.67 [kg/m³] を用いて換算した値（1.675 [kg-CH₄/t]）を用いる。

【閉山炭鉱】

ガスを排出する炭鉱の割合 (*F*) には 2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.24, Table 4.1.5 のデフォルト値の中間値（1900-1925 : 5%、1926-1950 : 26.5%、1951-1975 : 40%、1976-2000 : 54%、2001- : 54.5%）を、閉山前の炭鉱からの GHG 排出量 (*ER*) には炭鉱の規模を考慮して 2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.27, Table 4.1.8 の低位値（1.3 [10⁶m³/年/箇所]）を用いる。また排出量の減衰カーブを決定するパラメータには 2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.27, Table 4.1.9 の日本で一般的な亜瀝青炭の数値（*a* = 0.27、*b* = -1.00）を用いる。

○ CO₂

【採掘時】

CO₂ 排出係数は、CH₄ 排出係数（体積ベース）に北海道開発庁（1965）を用いて推計した「炭層ガス中の CO₂ と CH₄ の体積分率の比」（0.0088）及び CO₂ の密度（1.84 [kg/m³]）を乗じて算定する。

【採掘後工程】

採掘時同様、CH₄ 排出係数（体積ベース）に 0.0088 を乗じる。

【閉山炭鉱】

採掘時同様、CH₄ 排出係数（体積ベース）に 0.0088 を乗じる。

■ 活動量

【採掘時、及び採掘後工程】

1990 年度から 2000 年度までの採掘時、採掘後工程の活動量は、「エネルギー生産・需給統計年報」に示された「原炭採掘量合計」から「露天掘生産量」を差し引いた値を用いる。2001 年度以降は J-COAL 提供データを用いる。

表 3-63 石炭生産量の推移

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
石炭生産量合計	kt	10,676	8,814	4,625	2,146	1,782	1,824	1,774	1,042	1,192	1,035	1,095	793
うち露天掘		1,205	695	610	511	557	721	795	477	393	419	366	318
うち坑内掘		9,471	8,118	4,016	1,635	1,225	1,103	980	565	799	616	729	475

【閉山炭鉱】

活動量については、石炭エネルギーセンター（2002）における閉山炭鉱リスト等から推定した水没していない炭鉱数を用いる。CRT の活動量の欄には水没していない炭鉱数の累積値を報告する。

表 3-64 閉山年度別閉山炭鉱数（水没なし）

閉山年度	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
水没していない炭鉱数	39	34	28	48	12	32	91	103	61	46	33	42	21	42	29
閉山年度	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1980	1987	1989	1992	1994	1995	Total
水没していない炭鉱数	13	20	12	1	2	3	1	2	2	2	3	1	1	1	725

○ CH₄ の回収とフレアリング

【採掘時】

採掘時に炭層から排出された CH₄ をフレアリングにより燃焼させる事例は我が国には存在しないが、CH₄ を回収し燃料として利用している事例は存在する。そのため、CH₄ 総排出量から回収量を控除して正味の排出量を報告する。回収量は「エネルギー生産・需給統計年報」（1990 年度から 1997 年度まで）及び J-COAL 提供データ（1998 年度以降）を用いる。

表 3-65 採掘時の CH₄ 回収量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
回収量	1000 m ³	50,139	11,112	9,810	2,044	941	826	844	303	303	303	294	297

【採掘後工程】

採掘後工程の CH₄ の回収やフレアリングについては、我が国の実態が明らかでないため、「NE」と報告する。

【閉山炭鉱】

閉山炭鉱における CH₄ の回収やフレアリングは実施されておらず、「NO」と報告する。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

採掘時における CH₄ 排出量の不確実性は、J-COAL 提供の実測値を報告しているが、不確実性の把握が困難であることから、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値（測定誤差による不確実性と気体流速の変動による誤差の不確実性を誤差伝播式により合成）を使用して-5～+5%と設定した。また、採掘時における CO₂ の不確実性は CH₄ 排出量の不確実性と、北海

道開発庁資料掲載のデータから計算した炭層ガス中の CO₂ と CH₄ の体積分率の比の不確実性 (-18~+18%) を誤差伝播式により合成して-19~+19%と設定した。

採掘後工程における CH₄ 排出係数の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用していることから、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-33~+300%) を使用した。採掘後工程における CO₂ 排出係数の不確実性は、CH₄ 排出係数の不確実性と、北海道開発庁資料掲載のデータから計算する炭層ガス中の CO₂ と CH₄ の体積分率の比の不確実性を誤差伝播式により合成して-38~+301%と設定した。採掘後工程における CH₄ と CO₂ の活動量の不確実性は、J-COAL 提供の実測値を報告しているが、不確実性の把握が困難であることから、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-2~+2%) を使用した。その結果、採掘後工程における排出量の不確実性は、CH₄ 排出量が-33~+300%、CO₂ 排出量が-38~+301%と評価された。

閉山炭鉱における CH₄ 排出量の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインに示された Tier 2 の不確実性に関する記述に基づき-50~+100%と設定した。閉山炭鉱における CO₂ 排出量の不確実性は、CH₄ 排出量の不確実性と、北海道開発庁資料掲載のデータから計算する炭層ガス中の CO₂ と CH₄ の体積分率の比の不確実性を誤差伝播式により合成して-53~+102%と設定した。

■ 時系列の一貫性

坑内掘の採掘時における CH₄ 総排出量は、J-COAL が 1990 年度及び 1995 年度以降継続して調査を実施しており、時系列が一貫したデータである。1991 年度から 1994 年度までは、排出係数を内挿により推計し、時系列の一貫性を確保する。

また、石炭生産量及び露天掘生産量は、1990~2000 年度が「エネルギー生産・需給統計年報」、2001 年度以降は J-COAL の提供データを使用している。これは、2001 年度以降、「エネルギー生産・需給統計年報」における石炭生産量及び露天掘生産量の項目が廃止されたためである。2000 年まで使用していた「エネルギー生産・需給統計年報」のデータは J-COAL によって経済産業省に提供されていたデータであり、「エネルギー生産・需給統計年報」及び J-COAL のデータとともに同じ国内の全石炭生産量をカバーしており、時系列の一貫性は担保される。

採掘時における CH₄ 回収量についても、石炭生産量及び露天掘生産量と同様の理由で、時系列の一貫性は担保される。

閉山炭鉱における活動量である閉山炭鉱数は、全年にわたり石炭エネルギーセンター (2002) より引用している。またガスを排出する炭鉱の割合、閉山前の炭鉱からの CH₄ 排出量、排出量の減衰カーブを決定するパラメータには 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を用いている。さらに閉山前の炭鉱からの CO₂ の排出量は体積比を一定として CH₄ 排出量から類推しており、一貫性を確保している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業 (1.A.1.) に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

また、日本では炭鉱における就労者の安全のため、CH₄ ガスや CO ガス濃度をモニタリングすることが法律により定められている。この法律の下、事業者では管理に関する規定を定め、正確なモニタリングと厳しい管理・チェック、そして報告書の作成が行われている。さらに、国の監督署によって計測や保安報告のチェックが定期的に行われている。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.1.1.b. 露天掘 (1.B.1.a.ii)

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、露天炭坑における石炭の採掘時及び採掘後工程に伴う CH₄ と CO₂ の排出を扱う。なお、露天掘における石炭採掘に伴う CH₄ の回収・フレアリングは我が国の実態が明らかでないため、「NE」と報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

○ CH₄

【採掘時】

採掘時の排出については、2006年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.18, Fig. 4.1.2 のデシジョンツリーに従い、デフォルト値の排出係数を用いた Tier 1 法を用いて CH₄ 排出量を算定する。

【採掘後工程】

採掘後工程の排出については、2006年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.18, Fig. 4.1.2 のデシジョンツリーに従い、デフォルト値の排出係数を用いた Tier 1 法を用いて排出量を算定する。いずれも露天掘炭坑で採掘された石炭の量に、排出係数を乗じて算定する。

○ CO₂

2006年 IPCC ガイドラインでは CO₂ 排出量の算定方法が示されていないが、我が国独自の CO₂ 排出係数が得られるため、CRT Summary 3 では適用した方法論を CS (国独自) と報告する。

【採掘時】

石炭生産量に CO₂ 排出係数を乗じて CO₂ 排出量を算定する。

【採掘後工程】

石炭生産量に CO₂ 排出係数を乗じて CO₂ 排出量を算定する。

■ 排出係数

○ CH₄

【採掘時】

採掘時の排出係数は、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値(平均値 1.2 [m³/t]) を、20℃ 1気圧における CH₄ の密度 0.67 [kg/m³] を用いて換算した値 (0.804 [kg CH₄/t]) を用いる。

【採掘後工程】

採掘後工程の排出係数は、2006年 IPCC ガイドラインに示されたデフォルト値 (平均値 0.1 [m³/t]) を、20℃ 1気圧における CH₄ の密度 0.67 [kg/m³] を用いて換算した値 (0.067 [kg CH₄/t]) を用いる。

○ CO₂

【採掘時】

CO₂ 排出係数は、CH₄ 排出係数 (体積ベース) に北海道開発庁 (1965) を用いて把握した

「炭層ガス中の CO₂ と CH₄ の体積分率の比」(0.0088) 及び CO₂ の密度 (1.84 [kg/m³]) を乗じて算定する。

【採掘後工程】

採掘時同様、CH₄ 排出係数 (体積ベース) に 0.0088 を乗じる。

■ 活動量

採掘時、採掘後工程の活動量は、「エネルギー生産・需給統計年報」及び J-COAL 提供データに示された「露天掘生産量」を用いる (表 3-63 参照)。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

採掘時における CH₄ 排出係数の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用していることから、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-50~+200%) を使用した。採掘時における CO₂ 排出係数の不確実性は、CH₄ 排出係数の不確実性と、北海道開発庁資料掲載のデータから計算する炭層ガス中の CO₂ と CH₄ の体積分率の比の不確実性を誤差伝播式により合成して -53~+201% と設定した。採掘時における CH₄ と CO₂ の活動量は、ともに J-COAL 提供の実測値を報告しているが、不確実性の把握が困難であることから、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-2~+2%) を使用した。その結果、採掘時における排出量の不確実性は、CH₄ 排出量が -50~+200%、CO₂ 排出量が -53~+201% と評価された。

採掘後工程における CH₄ 排出係数の不確実性は、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用していることから、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-33~+300%) を使用した。採掘後工程における CO₂ 排出係数の不確実性は、CH₄ 排出係数の不確実性と、北海道開発庁資料掲載のデータから計算する炭層ガス中の CO₂ と CH₄ の体積分率の比の不確実性を誤差伝播式により合成して -38~+301% と設定した。採掘後工程における CH₄ と CO₂ の活動量は、ともに J-COAL 提供の実測値を報告しているが、不確実性の把握が困難であることから、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-2~+2%) を使用した。その結果、採掘後工程における排出量の不確実性は、CH₄ 排出量が -33~+300%、CO₂ 排出量が -38~+301% と評価された。

■ 時系列の一貫性

石炭生産量及び露天掘生産量は、1990~2000 年度が「エネルギー生産・需給統計年報」、2001 年度以降は J-COAL の提供データを使用する。これは、2001 年度以降、「エネルギー生産・需給統計年報」における石炭生産量及び露天掘生産量の項目が廃止されたためである。2000 年まで使用していた「エネルギー生産・需給統計年報」の石炭生産量及び露天掘生産量は J-COAL によって経済産業省に提供されていたデータであり、「エネルギー生産・需給統計年報」及び J-COAL のデータとともに同じ国内の全石炭生産量をカバーしており、時系列の一貫性は担保される。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業 (1.A.1.) に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.1.2. 燃料転換 (1.B.1.b)

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、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、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。

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 CH₄ が排出される。

石炭の乾留によりコークスを製造する際に、H₂、CH₄、CO 等を含むコークス炉ガスが副生する。コークス炉ガスのほとんどは燃料として利用され、この排出量は「1.A 燃料の燃焼」に含まれている。2019年改良 IPCC ガイドラインでは、異常時や点検時等にコークス炉ガスの一部が焼却(フレアリング)される際の排出量の算定方法が与えられた。

日本鉄鋼連盟へのヒアリングによると、通常の操業においてフレアリングは行われられないものの、使用先工程の停止や工事等でまれにフレアリング処理がされるとのことである。その場合もほぼ全ての事業所において、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でフレアリング処理分も含めたコークス炉ガスの発生量や消費量を報告しているとのことである。したがって、報告済みの分については「燃料の燃焼(1.A)」に含まれている。未報告事業所のフレアリング処理量が日本鉄鋼連盟から提供されたことから、2021年度以前の当該排出量を算定し、本カテゴリーに報告する。2022年度以降、石油等消費動態統計調査の記入要領において、フレアリング処理量も含めたコークス炉ガスの発生量や消費量を報告するよう明記されることとなった。このため、これまでの未報告事業所も含めフレアリング処理に伴う排出は「燃料の燃焼(1.A)」に含まれることとなるため、2022年度以降本カテゴリーの CO₂ 排出量を「IE」と報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

【木炭製造】

2019年改良 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol.2, page 4.101, Fig. 4.3.1) に従い、Tier 1 法を用いて、木炭生産量にデフォルト排出係数を乗じて木炭製造時の排出量を算定する。

木炭の製造過程で CO₂ 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、NID に参考値として報告している。

木炭の製造に伴う CH₄ の回収・フレアリングに関する我が国の実態が明らかでないため、CRT Table 1.B.1 の「回収・フレアリング」欄は「NE」と報告する。

【コークス炉ガスのフレアリング】

フレアリング処理量及び国独自の炭素排出係数が得られることから、2019年改良 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol.2, page 4.114, Fig. 4.3.4) に従い、Tier 2 法を用いてコークス炉ガスのフレアリングによる CO₂ 排出量を算定する。

$$E=AD \times EF \times 44/12$$

E : コークス炉ガスのフレアリング処理に伴う CO₂ 排出量 [t-CO₂]

AD : コークス炉ガスのフレアリング処理量のうち石油等消費動態統計への未計上分 [TJ]

EF : コークス炉ガスの炭素排出係数 [t-C/TJ]

CRT Table 1.B.1 の「回収・フレアリング」欄は「NE」と報告する。この欄は、コークス炉から漏えいするガスのフレアリングにより、ガスに含まれる CH_4 の削減量を報告する欄と考えられる。コークス炉炉蓋から漏えいする CH_4 排出量を「固体燃料製造等 (1.A.1.c)」で報告しており、またコークス炉ガスの CH_4 含有率を設定していないことから、フレアリングによる CH_4 の削減量を算定していない。

■ 排出係数

【木炭製造】

2019年改良 IPCC ガイドラインの木炭製造のデフォルト値を用いる。2019年改良 IPCC ガイドラインにはバイオ炭（農地に施用される木炭）の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て、バイオ炭についても木炭のデフォルト値を用いる。バイオ炭のデフォルト値は flame curtain biochar kilns により製造された場合を想定しているが、我が国では主に炭窯、機械炉、平炉によりバイオ炭が製造されていることから、木炭のデフォルト値を適用するのが妥当と判断した。

表 3-66 木炭製造の排出係数

項目	単位	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
木炭製造	g/kg	1,570	40.3	0.08

(出典) 2019年改良 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.103, Table 4.3.3

【コークス炉ガスのフレアリング】

排出係数は「燃料の燃焼 (1.A)」で用いているコークス炉ガスの炭素排出係数（表 3-11 参照）と同様である。

■ 活動量

【木炭製造】

林野庁「特用林産基礎資料」及び林野庁「木炭関係資料」から把握した木炭生産量（白炭、黒炭、竹炭、粉炭、オガ炭）を活動量とする。

表 3-67 木炭生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
木炭生産量	kt	83.2	82.3	67.4	44.9	34.1	29.6	25.9	19.8	17.2	17.1	17.4	16.3

【コークス炉ガスのフレアリング】

石油等消費動態統計未計上分のフレアリング処理量を活動量に用いる。日本鉄鋼連盟は未計上分を 2020 年度のみ、フレアリング処理量を 1990、2000、2010、2020 年度のみ把握しているため、下式により他の年度の活動量を推計する。

$$AD = P \times R \times U \times GCV$$

AD : コークス炉ガスのフレアリング処理量のうち未計上分 [TJ]

P : コークス炉ガスの発生量 [百万 m³]

R : フレアリング処理割合

U : 未計上割合

GCV : コークス炉ガスの高位発熱量 [MJ/m³]

コークス炉ガスの発生量 P は総合エネルギー統計の鉄鋼コークス (#212100)、コークス炉ガス (\$0221) に記された値を用いる。1990、2000、2010、2020 年度のフレアリング処理割合 R は日本鉄鋼連盟提供の各年度のフレアリング処理量を同年度の P で除して求める。その他の年度の R は内挿・外挿により推計する。2020 年度の未計上割合 U は日本鉄鋼連盟提供の同

年度の未計上分をフレアリング処理量で除して求める。その他の年度の U は 2020 年度値を据え置く。 GCV は「1.A 燃料の燃焼」で用いているコークス炉ガスの発熱量と同様である（表 3-17 参照）。

総合エネルギー統計において気体の体積は 2012 年度までノルマル状態（273.15 K, 101.325 kPa）、2013 年度以降 SATP 状態（298.15 K, 100 kPa）、日本鉄鋼連盟提供値がノルマル状態で表記されていることから、必要に応じて 1.0773 を乗じてノルマル状態から SATP 状態に換算する。

表 3-68 コークス炉ガスのフレアリング処理量のうち石油等消費動態統計未計上分

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
コークス炉ガスのフレアリング量のうち未計上分	TJ	11.6	25.5	38.8	38.5	41.2	52.9	55.9	70.6	75.6	IE	IE	IE

■ 完全性について

木炭の燃料としての使用に伴う排出量は、「燃料の燃焼（1.A）」で別途報告する。ただし、2006 年 IPCC ガイドラインに従い CO_2 排出量は我が国の総排出量に含めず、CRT に参考値として報告している。木炭の農地施用による炭素貯留量は「転用のない農地（4.B.1）」で算定している（第 6 章参照）。

コークス炉ガスのフレアリングからの排出量のうち、石油等消費動態統計計上分は、「1.A 燃料の燃焼」に含まれている。2019 年改良 IPCC ガイドラインに示されるコークス炉ガスのフレアリング以外のコークス製造の排出源については、活動量（総合エネルギー統計の燃料消費量）又はコークス炉炉蓋の CH_4 排出係数で排出量が考慮されている。

なお、我が国において燃料転換にあたる活動として、練炭製造も該当すると考えられる。練炭の製造工程は、石炭に水分を加え圧縮乾燥させるものであり、本工程において化学的な反応は起こっていないと考えられるが、 CO_2 及び CH_4 、 N_2O の発生は否定できない。しかし、排出量の実測値は得られておらず、デフォルト値もないことから、排出量は算定していない。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

【木炭製造】

排出係数については、2019 年改良 IPCC ガイドラインに示された木炭製造に伴うデフォルト排出係数の不確実性（ CH_4 は -68%～+121%、 N_2O は -75%～+163%）を用いた。また、活動量については、「特用林産基礎資料」の不確実性が把握できないため、2006 年 IPCC ガイドラインにおける石炭採掘（1.B.1.a）の活動量の不確実性（-2%～+2%）で代用した。その結果、木炭の生産に伴う CH_4 排出量の不確実性は -68%～+121%、 N_2O 排出量の不確実性は -75%～+163%と評価された。

【コークス炉ガスのフレアリング】

排出係数については、コークス炉ガスの炭素排出係数の元データから得られる 95%信頼区間の上限値、下限値（-0.46%～+0.46%）を用いた。また、活動量については、フレアリング処理量の不確実性に発熱量の不確実性を誤差伝播式により合成して設定した。フレアリング処理量の不確実性については、日本鉄鋼連盟提供値の不確実性が把握できず、2019 年改良 IPCC ガイドラインにも活動量の不確実性が与えられていないため、2006 年 IPCC ガイドラインに示される石油・天然ガスシステムからの漏出の活動量の不確実性（流量の計測に伴う不確実性（販売量以外）の -15%～+15%）で代用した。発熱量の不確実性はコークス炉ガスの炭素排出係数の元データから得られる 95%信頼区間の上限値、下限値（-1.2%～+1.2%）を用いた。

その結果、コークス炉ガスのフレアリングに伴う CO₂ 排出量の不確実性は-15%~+15%と評価された。

■ 時系列の一貫性

【木炭製造】

木炭生産量の出典は 1990 年度が「木炭関係資料」、1991 年度以降が「特用林産基礎資料」と異なっているが、ともに林野庁の資料であり捕捉範囲も同一としている。また排出係数は 2019 年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値を全年にわたって使用しており、一貫性は担保されている。

【コークス炉ガスのフレアリング】

活動量については、総合エネルギー統計のコークス炉ガスの発生量を代理変数として用いて時系列の一貫性を確保した。排出係数については「エネルギー産業 (1.A.1)」と同様である。3.2.4. c) を参照。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業 (1.A.1.) に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

特用林産基礎資料の 2023 年度の木炭生産量が更新されたため、当該年度の CO₂、CH₄ 及び N₂O の排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第 10 章を参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.1.3. その他（制御不能な燃焼及び石炭ずりでの燃焼）(1.B.1.c)

本カテゴリーでは、炭鉱における火災により非意図的に燃焼した石炭から発生する CO₂ の排出を扱う。2006 年 IPCC ガイドラインは制御不能な燃焼及び石炭ずり（ぼた）での燃焼を潜在的な排出源と認識しているものの、算定方法を示していない。

1999 年度については、池島炭鉱における火災によって石炭の燃焼が生じたが、石炭の燃焼量が把握できないため「NE」として報告する。1990 年以降のその他の年度については、石炭への引火を伴う火災は発生していないことから、「NO」として報告する。

石炭ずりにおける火災の有無や石炭の燃焼量を公的統計から特定することはできない。

3.3.2. 石油・天然ガス等 (1.B.2)

3.3.2.1. 石油 (1.B.2.a)

3.3.2.1.a. 原油の試掘 (1.B.2.a.i)

本カテゴリーでは、原油の試掘時に漏出する CO₂、CH₄、N₂O の排出を扱う。

我が国における油井及び天然ガス井の試掘時の温室効果ガスの排出は、天然ガス鉱業会によれば「適切に管理されている限りフレアリングによるもののみである」とのことである。したがって CRT における「原油の試掘 (1.B.2.a.i)」の報告欄は「NA」とし、原油試掘時の通気弁からの排出は算定しない。

なお、試掘時のフレアリングについては活動量として試掘数を選択するが、全時系列において油井とガス井に分離できないものの、その多くはガス井と想定できる。したがって原油

の試掘時のフレアリングによる排出は「フレアリング（天然ガス産業）（1.B.2.c.ii.2）」に含めて報告する。天然ガスの試掘時のフレアリングからの排出量の算定方法等の詳細については「3.3.2.2.a. 天然ガスの試掘（1.B.2.b.i）」を参照のこと。

3.3.2.1.b. 原油の生産・改質（1.B.2.a.ii）

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、原油の生産時に漏出する CO₂ 及び CH₄ の排出量を海上・陸上油田別に算定する。

なお、原油生産に伴う漏出のうち、通気弁からの排出については「通気弁（石油産業）（1.B.2.c.i.1）」に、フレアリングからの排出については「フレアリング（石油産業）（1.B.2.c.ii.1）」に、その他の漏えいについては本カテゴリー（1.B.2.a.ii）に分けて排出量を報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数よりも 2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数の方が我が国の実態を適切に反映していると考えられることから、2019年改良 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（Vol. 2, page 4.42, Fig. 4.2.12）に従い、Tier 1法を用いて算定する。

■ 排出係数

2019年改良 IPCC ガイドラインに示されている原油の陸上油田及び海上油田における原油生産量当たりのデフォルト値を用いる。なお、陸上油田の排出係数については、過去にフレアリング設備や蒸気回収装置の設置が大幅に進み 1990年度以降においては大部分の油井でこれらの設備が設置されていると考えられることから、低排出技術のデフォルト値を用いる。

表 3-69 原油生産時の漏出の排出係数

項目		単位	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
陸上油田 (低排出技術)	漏えい	t/10 ³ m ³	0.26 (2.91×9%)	0	0
	通気弁 ¹⁾		2.27 (2.91×78%)	0.45 (44.99×1%)	0
	フレアリング ²⁾		0.38 (2.91×13%)	44.54 (44.99×99%)	6.7×10 ⁻⁴ (100%)
海上油田	漏えい		0.49 (2.46×20%)	0	0
	通気弁 ¹⁾		1.97 (2.46×80%)	0.12 (4.08×3%)	0
	フレアリング ²⁾		0	3.96 (4.08×97%)	1.6×10 ⁻⁵ (100%)

(出典) 2019年改良 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.54, Table 4.2.4A 及び page 4.129, Table 4A.2.2

(注)

1) 通気弁からの排出量は CRT の「通気弁（石油産業）（1.B.2.c.i.1）」に報告する。

2) フレアリングからの排出量は CRT の「フレアリング（石油産業）（1.B.2.c.ii.1）」に報告する。

■ 活動量

活動量には、海上・陸上油田別の原油生産量（コンデンセート²⁰を含まない）を用いる。このうち海上油田における原油生産量（コンデンセートを含まない）については、コンデンセート生産量に国内における天然ガス総生産量中の海上油田分の割合を乗じて海上油田にお

²⁰ ガス井よりガスの生産に伴って産出される軽質の液状炭化水素

けるコンデンセート生産量を推計し、海上油田における原油生産量からこの推計値を減じて求める。また陸上油田における原油生産量（コンデンセートを含まない）については、国内における原油総生産量（コンデンセートを含まない）から上記海上油田における原油生産量（コンデンセートを含まない）を減じて求める。

天然ガス、原油、コンデンセートの国内における総生産量は、「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」、「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」を用いて把握する。海上油田からの天然ガス、原油生産量は、天然ガス鉱業会「天然ガス資料年報」を用いて把握する。

表 3-70 海上・陸上油田別の原油生産量（コンデンセートを含まない）

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024	
原油生産量 (コンデンセート を含まない)	海上	1000 kL	175	391	167	76	78	70	76	89	84	65	63	63
	陸上	1000 kL	245	232	218	295	215	195	164	165	138	116	119	120

■ 完全性について

本カテゴリーの排出量算定においては、コンデンセートを含まない原油生産量を用いているが、コンデンセート生産に伴う温室効果ガス排出量は「天然ガスの生産・集ガス(1.B.2.b.ii)」及び「天然ガスの処理(1.B.2.b.iii)」の内数となっている（両カテゴリーの排出係数の中で、コンデンセートの生産に伴う排出も考慮されている）。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

原油生産時の排出係数は、すべて2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用していることから、同ガイドラインに示される値（CO₂ 及び CH₄ は-30～+30%、N₂O は-10～+1000%）を使用した。また、活動量については、出典となる統計の不確実性が把握できないため、同ガイドラインに示される値（流量の計測に伴う不確実性（販売量以外）の-15～+15%）を使用した。その結果、原油生産時の CO₂、CH₄ の排出量の不確実性は、それぞれ-34～+34%、及び N₂O 排出量の不確実性は-18～+1000%と評価された。なお、漏えい、通気弁及びフレアリングの分配率にも不確実性があると思われるが、同ガイドラインに示されていないため、分配率の不確実性は評価していない。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、上記方法を使用して、1990年度から直近年まで一定値を使用している。また、活動量は「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」、「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」及び「天然ガス資料年報」をもとに、1990年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で算定している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

「天然ガス資料年報」の2023年度の活動量が更新されたため、当該年度の CH₄ の排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第10章を参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.1.c. 原油の輸送 (1.B.2.a.iii)

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、原油やコンデンセートをパイプライン、ローリー、タンク貨物車等で製油所へ輸送する際に漏出する CO₂、CH₄ の排出を扱う。

b) 方法論

■ 算定方法

原油、コンデンセートの輸送時の漏出については、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、Tier 1 法を用い原油の生産量、コンデンセート生産量に排出係数を乗じて排出量を算定する。

当該区分では、国内の海上油田で生産された原油を陸地まで海上輸送する際の漏出と、陸上での輸送時の漏出を算定する。

海上輸送分は全量パイプライン輸送であり他の手段による輸送に伴う漏出はないものと考えられる。また、陸上輸送分はパイプライン、タンクローリー、タンク貨車など幾つかの手段で輸送されているが、これらを統計的に分離することが困難なことから、全量をタンクローリー及び貨車で輸送しているものと仮定して算定する²¹。

■ 排出係数

排出係数については、2006年 IPCC ガイドラインに示されているデフォルト値を用いる。(2019年改良 IPCC ガイドラインにおいて、デフォルト値は変更されていない。)

表 3-71 原油、コンデンセート輸送時の排出係数

項目	単位	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
原油輸送 (タンクローリー、タンク貨車)	kt/10 ³ m ³	2.5×10 ⁻⁵	2.3×10 ⁻⁶	NA
コンデンセート輸送	kt/10 ³ m ³	1.1×10 ⁻⁴	7.2×10 ⁻⁶	ND

(出典) 2006年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.50 及び 4.53, Table 4.2.4

(注) デフォルト値が「NA」又は「ND」のため N₂O は算定対象外とする。

■ 活動量

輸送時の漏出の活動量については、「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」に示された我が国における原油生産量及びコンデンセート生産量を用いる。

表 3-72 我が国の原油生産量及びコンデンセート生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
原油生産量 (コンデンセートを含まない)	1000 kL	420	623	386	370	293	265	240	254	222	182	181	183
コンデンセート生産量		234	243	375	541	560	403	339	259	252	229	210	198
原油生産量 (合計)		655	866	761	911	853	668	578	513	473	410	392	381

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

原油及びコンデンセートの輸送に伴う CO₂、CH₄ の漏出の排出係数については、すべて 2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用していることから、同ガイドラインに示される値 (-100~+100%) を使用した。また、活動量については、出典となる統計の不確実性が把握

²¹ タンクローリー及びタンク貨車のデフォルト値はパイプラインのデフォルト値より高く設定されているため、この仮定は過小推計には当たらない。

できないため、2006年 IPCC ガイドラインに示される値（流量の計測に伴う不確実性（販売量以外）：-15～+15%）を使用した。その結果、原油及びコンデンセートの輸送に伴う CO₂、CH₄の漏出の排出量の不確実性は、それぞれ -101～+101%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、上記した方法を使用して、1990年度から直近年まで一定値を使用している。また、輸送時の活動量は「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」をもとに、1990年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で算定している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.1.d. 原油の精製・貯蔵（1.B.2.a.iv）

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、石油精製所で原油を精製及び貯蔵する際に漏出する CH₄の排出を扱う。なお、CO₂の排出については「NE」と報告している。我が国では原油及びNGL（Natural Gas Liquids：天然ガス液）の精製及び貯蔵は行われており、原油中に CO₂が溶存している場合には当該活動により CO₂が排出されることが考えられる。当該活動による CO₂の排出はごく微量と考えられるが、原油中の CO₂含有量の測定例は存在せず、排出係数のデフォルト値もないことから、算定していない。

N₂Oの排出については「IE」と報告する。2019年改良 IPCC ガイドラインには N₂Oのデフォルト排出係数が与えられているが、これはオイルコークスの焼成時に発生する N₂Oが対象だと考えられる。当該排出は「燃料の燃焼（1.A.）」に含まれている。

b) 方法論

■ 算定方法

1996年改訂 IPCC ガイドラインでは精製と貯蔵のデフォルト排出係数が別々に示されていたが、2006年 IPCC ガイドラインでは精製のデフォルト排出係数のみ示されている。貯蔵については国独自の排出係数を用いることができるため、精製に加え貯蔵の排出量を算定する。

【原油の精製】

精製時の漏出については、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、Tier 1法を用いて排出量を算定する。

【原油の貯蔵】

貯蔵時の漏出については、日本独自の排出係数を用いて排出量を算定する。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）を準用すると、Tier 2に相当する。

■ 排出係数

【原油の精製】

日本における原油の精製時の CH₄ 漏出は通常運転時には起こりえないため、原油精製に伴う CH₄ 排出量は非常に少量であると考えられる。このことから、精製時の漏出の排出係数については、2006 年 IPCC ガイドラインに示されているデフォルト値の下限値を用いる。

表 3-73 原油精製時の CH₄ 排出係数

排出係数 [kt-CH ₄ /10 ³ m ³]	
原油精製	2.6×10 ⁻⁶

(出典) 2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.53, Table 4.2.4

(注) デフォルト値は、2.6×10⁻⁶~41.0×10⁻⁶

【原油の貯蔵】

原油の貯蔵施設としては、固定屋根タンクと浮屋根タンクの 2 種類がある。日本においては全ての原油貯蔵施設で浮屋根原油タンクを用いていることから、CH₄ の漏出量は非常に少ないと考えられる。CH₄ の漏出が起これるとすれば、貯蔵油を払い出す際の浮き屋根下降に伴い、原油で濡れた壁面が露出し付着した油が蒸発し、わずかな CH₄ の漏出が起これると考えられる。

石油連盟では浮屋根貯蔵タンクの模型を作成して壁面からの CH₄ 蒸発に関する実験を行い、その結果に基づき、CH₄ 排出量を推計した。

原油の貯蔵に係る排出係数は、石油連盟の推計結果 (0.007 千トン CH₄/年 (1998 年度)) を原油の石油精製業への投入量 (「総合エネルギー統計」より) で除した値とする。

表 3-74 原油貯蔵時の排出係数の算出過程

CH ₄ 排出量 [kt-CH ₄ /year]	原油の石油精製業への投入量 [10 ³ kL]	排出係数 [kt-CH ₄ /10 ³ kL]
7×10 ⁻³	242,861	2.9×10 ⁻⁸

■ 活動量

精製時、貯蔵時の活動量については「総合エネルギー統計」に示された、石油精製業で精製された原油及び NGL の体積ベース精製量を用いる。

表 3-75 原油・NGL の国内精製量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
原油・NGL精製量	10 ⁶ m ³	204	241	242	241	209	200	188	139	147	156	145	135

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

原油及び NGL の精製に伴う CH₄ の漏出の排出係数は、すべて 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用していることから、同ガイドラインに示される値 (-100~+100%) を使用した。また、活動量については、原油及び NGL について、それぞれ標準発熱量の不確実性と消費量の把握に使用されている統計の不確実性から、誤差伝播式により -21~+21%と設定した。ただし消費量の把握に使用されている統計 (「資源・エネルギー統計年報」, 「石油等消費動態統計年報」) の不確実性が把握できないため、それらは 2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値 (流量の計測に伴う不確実性 (販売量以外)) で代用した。その結果、原油及び NGL の精製に伴う CH₄ の漏出の排出量の不確実性は、それぞれ -102~+102%と評価された。

原油及び NGL の貯蔵に伴う CH₄ の漏出の排出係数は我が国独自の数値を使用しているが、不確実性の設定が困難であるため 2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-100~+100%) を採用した。また、活動量については、原油及び NGL について、それぞれ標準発熱量の不確

実性と消費量の把握に使用されている統計の不確実性から、誤差伝播式により-21～+21%と設定した。ただし消費量の把握に使用されている統計（「資源・エネルギー統計年報」、「石油等消費動態統計年報」）の不確実性が把握できないため、それらは2006年IPCCガイドラインのデフォルト値（流量の計測に伴う不確実性（販売量以外））で代用した。その結果、原油及びNGLの貯蔵に伴うCH₄の漏出の排出量の不確実性は、それぞれ-102～+102%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、上記した方法を使用して、1990年度から直近年まで一定値を使用している。また、精製時、貯蔵時の活動量は「総合エネルギー統計」をもとに、1990年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で算定している。

d) QA/QC と検証

■ QA/QC

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

■ 検証

原油の精製時の排出係数に2006年IPCCガイドラインのデフォルト排出係数の下限値を用いる理由を過去の経緯も含め、以下に説明する。

1999年提出インベントリでは1996年改訂IPCCガイドラインにおける精製と貯蔵のデフォルト排出係数の中間値（精製：745 kg/PJ、貯蔵：135 kg/PJ）を用いていた。その後、原油貯蔵時の国独自の排出係数（0.7 kg/PJ）が得られた。これは当時用いていた原油の精製の排出係数（745 kg/PJ）より約千倍大きく、1999年に開催された温室効果ガス排出量算定方法検討会エネルギー・工業プロセス分科会において、精製と貯蔵の間の大きな隔たりを正当化できなかった。そこで2000年提出インベントリより、精製の排出係数についてはデフォルト排出係数の下限値を、貯蔵の排出係数については国独自の値を用いることにした。

2015年提出インベントリでは精製の排出係数が2006年IPCCガイドラインのデフォルト値に置き換えられ、下限値を用いるという考え方を踏襲した。2006年IPCCガイドラインでは貯蔵のデフォルト排出係数が示されていないが、貯蔵の国独自の排出係数を引き続き用いている。2006年IPCCガイドラインの精製のデフォルト排出係数において貯蔵が考慮されているかは定かではない。

2022年に実施した石油連盟へのヒアリング調査によると、国内製油所では発生したCH₄をガス回収装置で回収・利用しており、排出は限定的との意見を得た。回収されたCH₄の利用に伴うCO₂排出量は「燃料の燃焼（1.A.）」で製油所ガスとして算定されている。これは2006年IPCCガイドラインの精製のデフォルト排出係数の下限値を用いる追加的な根拠である。

なお、2019年改良IPCCガイドラインのデフォルト排出係数は設定根拠が不明瞭なため、適用を見送った。

表 3-76 原油の精製・貯蔵時の排出係数の比較

項目	精製の排出係数	貯蔵の排出係数	備考
算定に用いている値	2.6 [kg/10 ³ m ³]	0.029 [kg/10 ³ m ³]	精製：2006年IPCCガイドラインの下限値 貯蔵：国独自
1996年改訂IPCCガイドライン	90 – 1400 [kg/PJ] (3 – 51 [kg/10 ³ m ³]) ¹⁾	20 – 250 [kg/PJ] (0.7 – 9.2 [kg/10 ³ m ³]) ¹⁾	米国環境保護庁調べ
2006年IPCCガイドライン	2.6 – 41.0 [kg/10 ³ m ³]	なし	
2019年改良IPCCガイドライン	30 [kg/10 ³ m ³]	なし	

(注)

- 1) 1996年改訂 IPCC ガイドラインにおけるアメリカの低位発熱量 (Vol.3, Table 1-2 より 42.71 [TJ/kt]) 及び原油の密度 (Vol.2, page 1.72 より 860 [kg/m³]) による換算値。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.1.e. 石油製品の供給 (1.B.2.a.v)

石油製品中に CO₂ 及び CH₄ が溶存している場合には当該活動により CO₂ 及び CH₄ が排出されることが考えられる。しかしながら当該活動による CO₂、CH₄ の排出は、石油製品の組成を考慮すると原理的に起こりえないと考えられる。また、2006年 IPCC ガイドライン及び2019年改良 IPCC ガイドラインにおいても排出係数を「NA」としていることから、当該活動による排出は「NA」と報告する。

3.3.2.1.f. その他 (廃油井等) (1.B.2.a.vi)

本カテゴリーでは、廃油井、事故等による漏出を扱う。

廃油井からの漏出については「NA」と報告する。2006年 IPCC ガイドラインに記載のなかった廃油井からの温室効果ガス排出量の算定方法が2019年改良 IPCC ガイドラインにおいて示された。

鉱山保安法施行規則に基づき、鉱業権者が講ずべき措置事例として「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」が記載されており（経済産業省、2012）、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、天然ガス鉱業会によれば、国内に存在する休廃止石油²²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のことであった。なお、各事業者は、鉱業権の放棄後も定期的な見回り（年1回程度）を実施しているとのことであった。

以上における休廃止鉱山における措置体制から、我が国において廃油井からの排出はないと判断されることから、本カテゴリーについては、「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」と報告する。

事故による漏出については「NE」と報告する。例えば2011年3月に発生した東日本大震災では石油コンビナートで火災が発生したが、排出量の算定が困難であり報告できなかった。同様に過去に発生した事故において温室効果ガスの排出が生じていた可能性があるが、いずれも定量的に排出量を把握することが困難であった。

²² 鉱山保安法施行規則において、石油は可燃性天然ガス（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。

3.3.2.2. 天然ガス (1.B.2.b)

我が国における天然ガスの供給網とその各プロセスから漏出する温室効果ガスのインベントリでの報告区分を図 3-7 に示す。

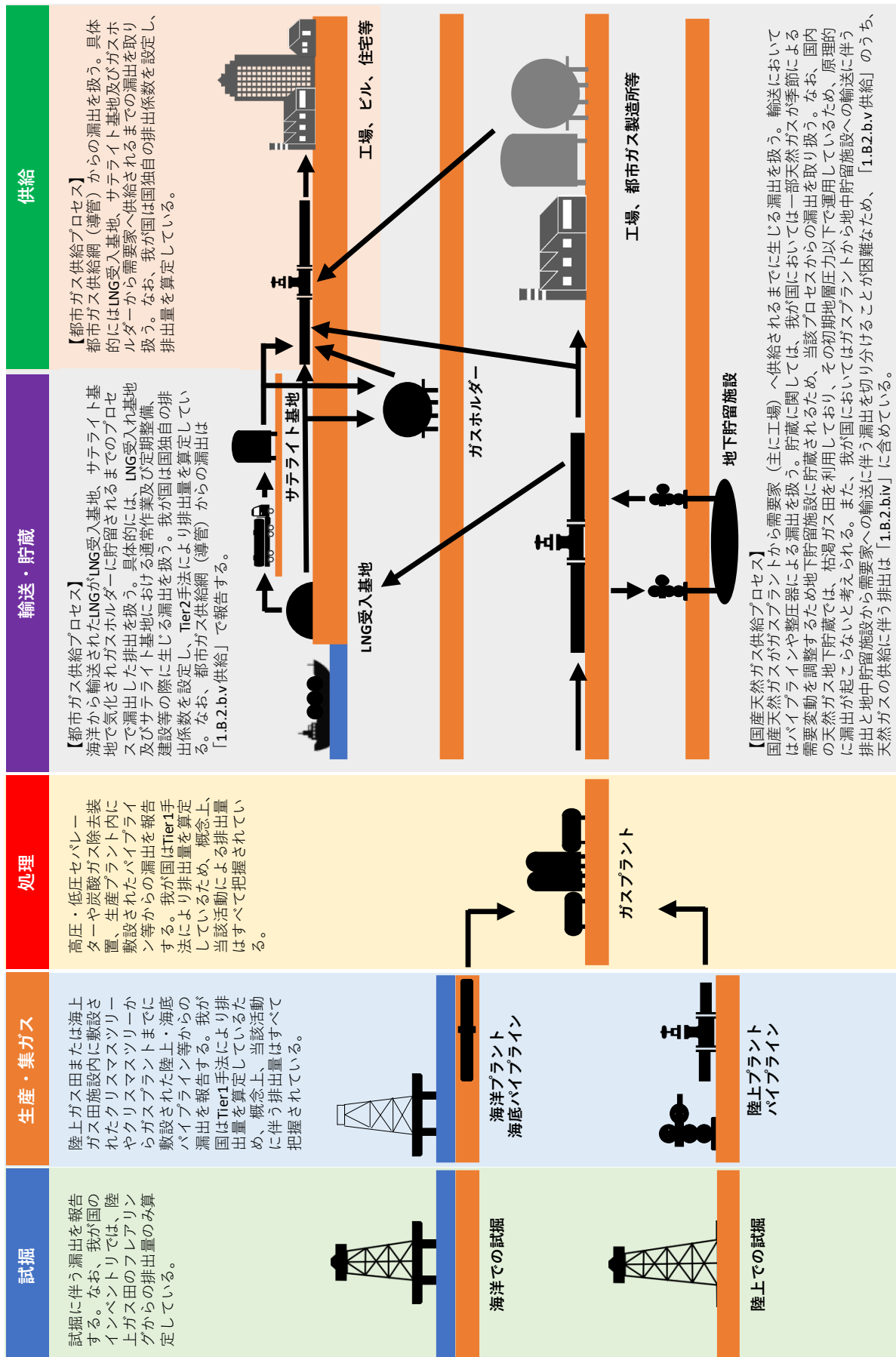


図 3-7 天然ガスの供給網とインベントリ報告区分

3.3.2.2.a. 天然ガスの試掘 (1.B.2.b.i)

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、天然ガス田の試掘時に漏出する CO₂、CH₄、N₂O の排出を扱う。

我が国における天然ガス井の試掘時の温室効果ガスの排出は、天然ガス鉱業会によれば「適切に管理されている限りフレアリングによるもののみである」とのことである。したがって CRT における「天然ガスの試掘 (1.B.2.b.i)」の報告欄は「NA」とし、天然ガス試掘時の通気弁からの排出は算定せず、「フレアリング (天然ガス) (1.B.2.c.ii.2)」の排出量のみを算定する。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数よりも 2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数の方が我が国の実態を適切に反映していると考えられることから、2019年改良 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol. 2, page 4.42, Fig. 4.2.1) に従い、Tier 1 法を用いて算定する。なお、同ガイドラインによると海上ガス田における試掘時の排出は無視できるとされており、算定対象は陸上ガス田のみとする。

■ 排出係数

2019年改良 IPCC ガイドラインに示されているフレアリングのデフォルト値を用いる。なお、我が国では水圧破碎をほぼ実施しておらず、ガイドラインの「在来技術」における試掘井数当たりの排出係数を使用する。

表 3-77 天然ガス試掘時の漏出の排出係数

項目		単位	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
陸上ガス田 (在来技術)	フレアリング	t/本	0.0578 (5.78×1%)	4.72 (100%)	3.4×10 ⁻⁵ (100%)

(出典) 2019年改良 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.67, Table 4.2.4F 及び page 4.131, Table 4A.2.4

■ 活動量

「天然ガス資料年報」の陸上における試掘井数を使用する。

表 3-78 天然ガス試掘井数 (陸上)

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
試掘井数 (陸上)	本	7	6	6	7	2	3	2	0	1	1	1	1

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

排出係数については 2019年改良 IPCC ガイドラインの値 (CO₂、CH₄ : -20~+20%、N₂O : -10~+1000%) を、また活動量については出典となる統計の不確実性が把握できないため、同ガイドラインの値 (生産施設数の不確実性 : -25~+25%) を使用した。その結果、天然ガス田の試掘時の CO₂、CH₄ の排出量の不確実性はそれぞれ -32~+32%、N₂O 排出量の不確実性は -27~+1000%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、1990年度から直近年まで一定値を使用している。また、活動量は「天然ガス資料年報」をもとに、1990年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で算定している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業 (1.A.1.) に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.2.b. 天然ガスの生産・集ガス (1.B.2.b.ii)

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、天然ガスの生産時に漏出する CO₂、CH₄、N₂O の排出量を算定する。具体的には天然ガス供給網の陸上ガス井又は海上ガス井からガス処理プラントまでの施設やパイプラインからの排出を扱う。

天然ガスの生産に伴う通気弁からの CO₂ の排出については、我が国の排出実態に即した国独自の排出係数を用いて他のカテゴリーにおいて算定する。「3.3.2.3.b. 通気弁 (天然ガス産業) (1.B.2.c.i.2.)」を参照のこと。天然ガスの生産に伴う通気弁からの排出については「通気弁 (天然ガス産業) (1.B.2.c.i.2)」に、天然ガスの生産に伴うフレアリングからの排出については「フレアリング (天然ガス産業) (1.B.2.c.ii.2)」に、その他の漏えいについては本カテゴリー (1.B.2.b.ii) に分けて排出量を報告する。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数よりも 2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数の方が我が国の実態を適切に反映していると考えられることから、2019年改良 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー (Vol. 2, page 4.42, Fig. 4.2.1) に従い、Tier 1 法を用いて算定する。

■ 排出係数

2019年改良 IPCC ガイドラインに示されているように、陸上ガス井からの排出、陸上ガス井での集ガス、海上ガス井からの排出に分けて、天然ガス生産量当たりの排出係数を用いる。我が国ではガスコンプレッサーや配管等に漏えい検知装置が備えられ、異常が認められた場合には直ちに修理を実施しており、当該活動からの排出は限定的であると考えられることから、陸上ガス井については同ガイドラインの「低排出技術」の排出係数を使用する。

表 3-79 天然ガス生産時の漏出の排出係数

項目		単位	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
陸上ガス田 (低排出技術)	漏えい	t/10 ⁶ m ³	0.38 (2.54×15.5%)	0.07 (3.60×2%)	0
	通気弁 ²⁾		2.15 (2.54×84.5%)	CS ⁴⁾	0
	フレアリング ³⁾		0	3.31 (3.60×92%)	6.1×10 ⁻⁵ (100%)
集ガス ¹⁾ (陸上ガス田)	漏えい		3.20	0.35	
	フレアリング ³⁾				6.0×10 ⁻⁶
海上ガス田	漏えい		0.68 (2.94×23%)	0	0
	通気弁 ²⁾		2.26 (2.94×77%)	CS ⁴⁾	0
	フレアリング ³⁾		0	4.75 (4.80×99%)	8.2×10 ⁻⁵ (100%)

(出典) 2019年改良 IPCC ガイドライン Vol. 2, page 4.70, Table 4.2.4G 及び page 4.132, Table 4A.2.5

(注)

- 1) 同ガイドラインにおいて、集ガスに関して、漏えい、通気弁、フレアリングの分配率は示されておらず、CH₄及びCO₂はすべて漏えい、N₂Oはすべてフレアリングとみなす。
- 2) 通気弁からの排出量はCRTの「通気弁(天然ガス産業)(1.B.2.c.ii.1)」に報告する。
- 3) フレアリングからの排出量はCRTの「フレアリング(天然ガス産業)(1.B.2.c.ii.2)」に報告する。
- 4) 国独自、「3.3.2.3.b. 通気弁(天然ガス産業)(1.B.2.c.i.2.))」を参照。

■ 活動量

海上ガス田からの天然ガス生産量については、「天然ガス資料年報」に示された海域からの天然ガス生産量を用いる。

陸上ガス田からの天然ガス生産量については、「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」に示された我が国における天然ガス総生産量から、上記海上ガス田からの天然ガス生産量を減じて算定する。

表 3-80 天然ガス生産量

項目		単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
天然ガス 生産量	海上	10 ⁶ m ³	342	374	350	361	188	196	190	87	83	65	70	70
	陸上		1,724	1,863	2,149	2,779	3,155	2,744	2,525	2,202	2,179	2,044	1,908	1,818
	合計		2,066	2,237	2,499	3,140	3,343	2,940	2,715	2,290	2,262	2,108	1,978	1,888

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

排出係数については、2019年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用していることから、同ガイドラインに示される値(陸上ガス田、海上ガス田のCO₂、CH₄:-20~+20%、集ガスのCO₂、CH₄:-10~+10%、陸上ガス田、海上ガス田、集ガスのN₂O:-10~+1000%)を使用した。また、活動量については、出典となる統計の不確実性が把握できないため、同ガイドラインに示される値(流量の計測に伴う不確実性(販売量以外)の-15~+15%)を使用した。その結果、陸上ガス田、海上ガス田のCO₂、CH₄の排出量の不確実性は、それぞれ-25~+25%、集ガスのCO₂、CH₄の排出量の不確実性は-18~+18%、N₂O排出量の不確実性は-18~+1000%と評価された。なお、分配率にも不確実性があると思われるが、同ガイドラインに示されていないため、分配率の不確実性は評価していない。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、上記した方法を使用して、1990年度から直近年まで一定値を使用している。また、生産時の活動量は「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」、

「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」及び「天然ガス資料年報」をもとに、点検時の活動量は「天然ガス資料年報」をもとに、1990年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で算定している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」及び「天然ガス資料年報」の2023年度の活動量が更新されたため、当該年度のCO₂及びCH₄排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第10章を参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.2.c. 天然ガスの処理（1.B.2.b.iii）

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、天然ガスの成分調整等の処理時に漏出するCO₂、CH₄、N₂Oの排出を扱う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年IPCCガイドラインのデフォルト排出係数よりも2019年改良IPCCガイドラインのデフォルト排出係数の方が我が国の実態を適切に反映していると考えられることから、天然ガス処理に伴う漏出については、2019年改良IPCCガイドラインのデシジョンツリー（Vol. 2, page 4.42, Fig. 4.2.1）に従い、Tier 1法を用いて算定する。

■ 排出係数

我が国ではコンプレッサー等にドライシールが使用されていることから、2019年改良IPCCガイドラインに示されているドライシールの利用ありの天然ガス生産量当たりのデフォルト値を排出係数とする。

また、我が国で産出するガスはスイートガス（硫化水素を含まない天然ガス）であることから、同ガイドラインのサワーガス（硫化水素を多く含む天然ガス）処理時の排出係数は適用しない。

表 3-81 天然ガス処理時の漏出の排出係数

項目		単位	CH ₄	CO ₂	N ₂ O
天然ガスの処理 (Extensive LDAR, and around 50% or more of centrifugal compressors have dry seals)	漏えい	t/10 ⁶ m ³	0.02 (0.57×4%)	0	0
	通気弁 ¹⁾		0.52 (0.57×91%)	0.07 (7.21×1%)	0
	フレアリング ²⁾		0.03 (0.57×5%)	7.14 (7.21×99%)	7.9×10 ⁻⁵ (100%)

(出典) 2019年改良IPCCガイドライン Vol. 2, page 4.73, Table 4.2.4H 及び page 4.133, Table 4A.2.6

(注)

- 1) 通気弁からの排出量はCRTの「通気弁（天然ガス産業）（1.B.2.c.i.2）」に報告する。
- 2) フレアリングからの排出量はCRTの「フレアリング（天然ガス産業）（1.B.2.c.ii.2）」に報告する。

■ 活動量

処理時の活動量については、「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」に示された我が国における天然ガス生産量を用いる（表 3-80 を参照のこと）。

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

排出係数については、すべて 2019 年改良 IPCC ガイドラインのデフォルト値を使用していることから、同ガイドラインに示される値（CO₂、CH₄：-10～+10%、N₂O：-10～+1000%）を使用した。また、活動量については、出典となる統計の不確実性が把握できないため、同ガイドラインに示される値（流量の計測に伴う不確実性（販売量以外）の-15～+15%）を使用した。その結果、CO₂、CH₄の排出量の不確実性は、それぞれ -18～+18%、N₂O 排出量の不確実性は-18～+1000%と評価された。なお、分配率にも不確実性があると思われるが、同ガイドラインに示されていないため、分配率の不確実性は評価していない。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、デフォルト値を 1990 年度から直近年まで一定値を使用している。また、処理時の活動量は「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」をもとに、1990 年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で算定している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.2.d. 天然ガスの輸送・貯蔵（1.B.2.b.iv）

a) 排出源カテゴリーの説明

天然ガスの輸送においては、パイプラインの移設工事及び設置工事に伴うガスの放散、整圧器の駆動用ガスの放散など、国内において生産される天然ガスの輸送に伴う CH₄ の排出を扱う。

また、天然ガスの貯蔵においては、国内の LNG（液化天然ガス）受入、都市ガス生産基地、及びサテライト基地における通常作業及び定期整備、建設等の際に排出される CH₄ の排出を扱う。

なお、本カテゴリーからの CO₂ 排出は、重要でないという意味での「NE」と報告する。都市ガスの 9 割程度を占める LNG 系の都市ガスには CO₂ は存在しない。これは、液化設備内で CO₂ の塊が形成されないよう、液化プロセスの前処理として CO₂ を除去することが求められているためである。一方、我が国の一部の天然ガス層に存在する国産天然ガス中には CO₂ が含まれている。この CO₂ は天然ガスの生産プラントにてほとんど除去しており、これは「通気弁（天然ガス産業）（1.B.2.c.i.2）」にて報告している。国産天然ガスは CO₂ を除去した後に、天然ガス輸送パイプラインに送られているため、天然ガス輸送パイプラインからは CO₂ はほ

とんど排出されず、また都市ガス事業者等へ供給されている天然ガス中のCO₂はほとんどないと考えられる。都市ガス大手4社（東京ガス、大阪ガス、東邦ガス及び西部ガス）は成分分析により2022年現在都市ガスにCO₂を含まないと示した。国産天然ガス中のCO₂を試算したところ、年間の排出量は平成24年度温室効果ガス排出量算定方法検討会で定めた算定対象となる3,000t-CO₂を上回らなかったことから、当該排出源からのCO₂排出は重要でないという意味での「NE」とする。重要でないという意味での「NE」については、別添6も参照のこと。

b) 方法論

■ 算定方法

天然ガスの輸送においては、2006年IPCCガイドラインのデシジョンツリー（Vol. 2, page 4.38, Fig. 4.2.1）に従い、Tier 2法を用いて算定する。天然ガスの販売量に我が国独自の排出係数を乗じてCH₄排出量を算定する。

天然ガスの貯蔵においては、都市ガスの原料として利用されたLNG及び国産天然ガスの量に我が国独自の排出係数を乗じてCH₄排出量を算定する。2006年IPCCガイドラインでは都市ガスが想定されていないため、CRT Summary 3では適用した方法論をCS（国独自）と報告する。

■ 排出係数

【輸送】

パイプラインの移設・設置工事に伴うガスの放散については2004年度及び2008年度以降、整圧器の駆動用ガスの放散については2004年度及び2011年度以降において、天然ガス鉱業協会が会員企業の施設からのCH₄排出量を調査しており、我が国独自の排出係数の設定に当たってはこの調査結果を利用する。

パイプラインの移設・設置工事、整圧器の駆動用ガスの放散それぞれの排出係数を表3-82のように推計し、その合計値を天然ガスの輸送に伴う排出の排出係数とする。なお、排出係数の設定に用いる国産天然ガス販売量は、天然ガス鉱業協会会員企業のデータ（天然ガス鉱業協会提供）とする。

表 3-82 天然ガスの輸送における排出係数の推計方法

年度	パイプラインの移設・設置工事	整圧器の駆動用ガスの放散
1990～2003	2004年度と同じ値を一律に適用。	
2004	2004年度のCH ₄ 排出量実績を、同年度の天然ガス販売量で除して算出。	
2005～2007	2008年度の排出係数（2004年度と同様の方法で算定）を算定したうえで、2004年度と2008年度の排出係数から内挿して推計。	2011年度の排出係数（2004年度と同様の方法で算定）を算定したうえで、2004年度と2011年度の排出係数から内挿して推計。
2008～2010	各年度のCH ₄ 排出量実績を、同年度の天然ガス販売量で除して算出。	
2011～	各年度のCH ₄ 排出量実績を、同年度の天然ガス販売量で除して算出。	

上記推計の結果、各年度の排出係数は表3-83のとおりとなる。

表 3-83 天然ガスの輸送における排出係数の推計結果

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
パイプラインの移設・設置工事	t-CH ₄ /10 ⁶ m ³	0.220	0.220	0.220	0.190	0.071	0.062	0.115	0.029	0.073	0.063	0.061	0.082
整圧器の駆動用ガス	t-CH ₄ /10 ⁶ m ³	0.087	0.087	0.087	0.077	0.028	0.009	0.001	0.003	0.003	0.002	0.002	0.000
合計	t-CH ₄ /10 ⁶ m ³	0.306	0.306	0.306	0.267	0.099	0.071	0.116	0.032	0.075	0.065	0.063	0.083

【貯蔵】

国内の主要な LNG 受入、都市ガス生産基地、及びサテライト基地において実測された通常作業及び定期整備、建設等の際に排出される CH₄ の排出量を、投入された原料（LNG、国産天然ガス）の発熱量で除した値を排出係数として用いる。1998 年度の実績から算定された排出係数は 905.41 [kg-CH₄/PJ] に対し、2007 年度の実績から算定された排出係数は 264.07 [kg-CH₄/PJ] であった。排出係数が変化した主な要因は、LNG 受入・都市ガス生産基地において、ガス分析時のサンプリング回収ラインの新設（ガスを大気拡散から回収するラインへの変更）等の削減対策が進んだことにより、CH₄ 排出量が低減されたためである。CH₄ 排出量の削減対策は徐々にすすめられたものであるため、1999 年度から 2006 年度の期間の排出係数については、線形に内挿することで設定する。また、現在は既に CH₄ 排出の削減対策がおおむね実施済みであり、当面排出係数の大きな変化は無いと考えられるため、2008 年度以降は 2007 年度値の排出係数を一定で用いる。

■ 活動量

【輸送】

「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」に示された国産天然ガスの販売量を活動量に用いる。

表 3-84 天然ガスの販売量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
天然ガス販売量	10 ⁶ m ³	2,067	2,339	2,617	3,329	4,020	3,790	3,709	3,768	3,902	3,664	3,619	3,594

【貯蔵】

「総合エネルギー統計」に示された都市ガスの原料として用いられた LNG 及び国産天然ガスの量を用いる。

表 3-85 都市ガスの原料として用いられた液化天然ガス及び国産天然ガスの消費量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
都市ガス製造における LNG 消費量	PJ	464	676	864	1,230	1,531	1,555	1,567	1,532	1,593	1,532	1,472	1,470
都市ガス製造における天然ガス消費量	PJ	40	48	61	86	115	107	103	71	68	61	61	59

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

天然ガスの輸送に伴う CH₄ の漏出の排出係数は我が国独自の数値を使用しているが、不確実性の設定が困難であるため 2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-100~+100%) を採用した。また、活動量についても、出典となる統計の不確実性が把握できないため、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値（流量の計測に伴う不確実性（販売量）の-2~+2%）を採用した。その結果、天然ガスの輸送に伴う CH₄ の漏出の排出量の不確実性は、-100~+100%と評価された。

天然ガスの貯蔵に伴う CH₄ の漏出の排出係数は我が国独自の数値を使用しているが、不確実性の設定が困難であるため 2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-20~+500%) を採用した。また、活動量についても、出典となる統計の不確実性が把握できないため、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値（流量の計測に伴う不確実性（販売量以外）の-15~+15%）を採用した。その結果、天然ガスの貯蔵に伴う CH₄ の漏出の排出量の不確実性は、-25~+500%と評価された。

■ 時系列の一貫性

2004年度以降の天然ガスの輸送の排出係数については、排出量測定実施年度についてその捕捉範囲の排出量を相当の天然ガス生産量で除して設定しており、排出量を実測していない年度の排出係数は内挿によって設定している。排出量を実測していない2003年度以前の排出量は2004年度の設定値を全年にわたって使用している。また、活動量に用いた天然ガス販売量は「エネルギー生産・需給統計年報」、「資源・エネルギー統計年報」及び「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」から引用している。

天然ガスの貯蔵の排出係数は、前述の説明のとおり1998年度と2007年度の調査により設定した排出係数をもとに、1997年度以前の排出係数は1998年度値を、2008年度以降の排出係数は2007年度値を、1999～2006年度の排出係数は1998年度値と2007年度値から内挿してそれぞれ設定している。また、都市ガスの原料として用いられたLNG及び国産天然ガスの活動量は、全年にわたり「総合エネルギー統計」より引用して一貫性を確保している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」の2023年度の活動量が更新されたため、2023年度のCH₄排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第10章を参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.2.e. 天然ガスの供給（1.B.2.b.v）

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、都市ガス供給網（導管）からのCH₄の排出を扱う。

我が国では、液化石油ガス、石炭、コークス、ナフサ、原油、天然ガスなどの原料をガス製造工場で精製混合し、所定の発熱量に調整したガスを、ガス配管により都市部に供給している。このような気体燃料は「都市ガス」と称しており、その90%以上をLNG系のガスが占める。都市ガスの概要については「3.2.4. b) 方法論」の都市ガスの排出係数についての説明（図3-4、表3-14等）を参照されたい。

都市ガス成分にはCO₂がほとんど含まれていないが、全く含まれないとは言い難い（詳細は「3.3.2.2.d.a) (輸送・貯蔵の) 排出源カテゴリーの説明」を参照。）ため、本カテゴリーからのCO₂排出は、重要でないという意味での「NE」と報告している。重要でないという意味での「NE」については、別添6も参照のこと。

b) 方法論

■ 算定方法

都市ガス供給網、すなわち高圧導管、中低圧導管ホルダー、及び供内管からのCH₄排出量については、都市ガス販売量に日本独自の排出係数を乗じてCH₄排出量を算定する。2006年IPCCガイドラインでは都市ガスが想定されていないため、CRT Summary 3では適用した方法論をCS（国独自）と報告する。

■ 排出係数

国内において生産される都市ガスの供給に関わる排出源としては、(i) 高压導管、(ii) 中低压導管、ホルダー、(iii) 供内管がある。排出源毎に、2004年度の実績から日本ガス協会が算定した旧一般ガス事業者の都市ガス供給網からの CH₄ 排出量は表 3-86 のとおりである。この排出量はガス中の CH₄ 含有量、対象となる工事区間延長や発生件数等から推計している。2004年度の CH₄ 排出量 (292 t-CH₄) を、同年度の旧一般ガス事業者の都市ガス販売量である 30,696 百万 m³N (「ガス事業生産動態統計」より算出。) で除した 9.5×10^{-6} kt-CH₄/10⁶ m³N を販売量当たりの排出係数として設定する。

表 3-86 都市ガス導管からの CH₄ 排出量 (2004 年度実績)

排出源		CH ₄ 排出量 [t/年]
高压導管	導管新設工事、導管移設工事	180
中低压導管ホルダー	新設・撤去等工事、漏えい、ガバナー等点検、ホルダー建設及び開放検査	93
供内管	供給管取り出し工事、工事後パージ、撤去工事、メーター取替え、漏えい等、開栓・定期保安巡回、機器修理 (主に需要家 (家庭) における工事時に排出)	19

■ 活動量

「ガス事業生産動態統計」の都市ガス販売量 (熱量換算) を、「総合エネルギー統計」の発熱量で除して体積換算した値を使用する。(排出係数はノルマル状態で設定されているが、「総合エネルギー統計」の発熱量は 2013 年度以降 SATP 状態で示されているため、本カテゴリーの算定においては 2013 年度以降の発熱量をノルマル状態に換算する。) 都市ガス販売量は工業用、商業用、家庭用、その他用に分類されており、それらすべてを活動量に含めていることから、都市ガスの産業部門への供給に伴う排出量は算定に含まれている。

表 3-87 都市ガス販売量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
都市ガス販売量	PJ	643	877	1,064	1,419	1,644	1,667	1,671	1,654	1,723	1,684	1,591	1,600
体積当たり発熱量	MJ/m ³ N	41.9	41.9	41.1	44.8	44.8	36.9	36.8	36.1	36.2	36.5	36.2	36.1
都市ガス販売量 (体積換算)	10 ⁶ m ³ N	15,367	20,952	25,899	31,684	36,705	45,228	45,426	45,829	47,568	46,165	43,968	44,296

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

都市ガスの供給に伴う CH₄ の漏出の排出係数は我が国独自の数値を使用しているが不確実性の設定が困難であるため、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (-20~+500%) を採用した。また、活動量についても、出典となる統計の不確実性が把握できないため、2006 年 IPCC ガイドラインに示される値 (流量の計測に伴う不確実性 (販売量) の -2~+2%) を採用した。その結果、都市ガスの供給に伴う CH₄ の漏出の排出量の不確実性は、-20~+500%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、上記した方法を使用して、1990 年度から直近年まで一定値を使用している。また、活動量は「ガス事業生産動態統計」をもとに、1990 年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で算定している。

d) QA/QC と検証

■ QA/QC

エネルギー産業 (1.A.1.) に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

■ 検証

天然ガス供給にかかる国の状況を説明し、2006年 IPCC ガイドラインのデフォルト排出係数 ($1.1 \times 10^{-3} \text{ kt-CH}_4/10^6 \text{ m}^3$) を大きく下回る CH₄ の排出係数を用いている理由を説明する。

デフォルト値はガス販売量当たりの排出係数であるが、デフォルト値の原典において販売量当たりの排出係数は今のところ見当たらず、国独自の排出係数とデフォルト値の比較は難しい。2006年 IPCC ガイドライン (Vol.2, page 4.37) には、原油・天然ガスからの漏出の算定において Tier 1 は最終手段としてのみ使用すべきという記述がある。国独自の排出係数は上記のとおり排出源を特定していることから、デフォルト値よりも日本の状況に合致していると考えられる。

e) 再計算

2023年度の「ガス事業生産動態統計」の都市ガス販売量が更新されたため、当該年度の CH₄ 排出量が再計算された。再計算の影響の程度については第10章を参照のこと。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.2.f. その他（ガスメーター以降における漏えい・廃ガス井）（1.B.2.b.vi）

本カテゴリーでは、ガスメーター以降や廃ガス井からの温室効果ガスの漏出を扱う。

ガスメーター以降における漏えいとして、建物内のガス配管の工事等における都市ガスの漏出が考えられるが、これらは「天然ガスの供給（1.B.2.b.v）」における排出量に含まれているため、当該排出源からの排出量は「IE」として報告する。

2019年改良 IPCC ガイドラインでは、新たな排出源として LNG 火力発電所からの CH₄ の排出係数が示されたが、検討の結果これはメンテナンス状況や永久凍土融解によるパイプラインの損傷等の点で我が国の実態と乖離している可能性の高い旧ソ連の施設を対象とした値であることが判明した。また国内調査では、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 CH₄ 漏えいは生じていない可能性が非常に高く、限定的な漏えいがあったとしても各種計器の測定誤差との分離が困難との見解を得た。以上を踏まえ、当該排出源からの排出は、注釈記号選択のためのデシジョンツリー（別添6参照）に従い、「NE」と報告する。

また、2019年改良 IPCC ガイドラインでは、2006年 IPCC ガイドラインに記載のなかった廃ガス井の算定方法が示された。「3.3.2.1.f. その他（廃油井等）（1.B.2.a.vi）」で記述したとおり、廃ガス井についても廃油井と同様に、我が国では鉱山保安法及び鉱山保安法施行規則に基づきガスが漏えいしない体制が整えられている。したがって、廃ガス井からの排出量は「NA」として報告する。

3.3.2.3. 通気弁・フレアリング（1.B.2.c）

本カテゴリーでは、石油産業、天然ガス産業における CO₂、CH₄ の通気弁からの排出を扱う。

また、石油産業、天然ガス産業における CO₂、CH₄ 及び N₂O のフレアリングによる排出を扱う。

3.3.2.3.a. 通気弁（石油産業）（1.B.2.c.i.1）

本カテゴリーでは、石油産業における通気弁からの CO₂、CH₄ の排出を扱う。我が国の石油産業における通気弁からの排出は、石油の生産の段階で起きると考えられる。その算定方法等の詳細は「3.3.2.1.b. 原油の生産・改質（1.B.2.a.ii）」を参照のこと。なお、CRT において排出量は本カテゴリー（1.B.2.c.i.1）にて報告する。

石油増進回収（EOR）プロジェクトにおいて圧入した CO₂ が随伴ガスとともに回収され大気放出されることに伴う CO₂ 排出量については、2006 年 IPCC ガイドライン（Vol.2, page 4.33）によれば、「CO₂ の輸送及び貯留（1.C）」ではなく「石油・天然ガス等（1.B.2）」で扱われる。我が国で過去に実施された EOR プロジェクトにおける年間の排出量は平成 24 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会で定めた算定対象となる 3,000 t-CO₂ を上回らなかったことから、重要でないのみなし、算定していない。

3.3.2.3.b. 通気弁（天然ガス産業）（1.B.2.c.i.2）

本カテゴリーでは天然ガス産業における通気弁からの CO₂、CH₄ の排出を扱う。我が国の天然ガス産業における通気弁からの排出は、天然ガスの生産、処理及び輸送の段階で起きると考えられる。天然ガスの生産に伴う CH₄ の排出の算定方法等の詳細は「3.3.2.2.b. 天然ガスの生産・集ガス（1.B.2.b.ii）」、天然ガスの処理に伴う CO₂、CH₄ の排出の算定方法等の詳細は「3.3.2.2.c.天然ガスの処理（1.B.2.b.iii）」を参照のこと。なお、CRT において排出量は本カテゴリー（1.B.2.c.i.2）にて報告する。

天然ガスの輸送に伴う CH₄ の排出については「天然ガスの輸送・貯蔵（1.B.2.b.iv）」にまとめて報告する。その算定方法等の詳細については「3.3.2.2.d. 天然ガスの輸送・貯蔵（1.B.2.b.iv）」を参照のこと。輸送に伴う CO₂ については、「天然ガスの輸送・貯蔵（1.B.2.b.iv）」において CO₂ 排出量を重要でないという意味での「NE」と整理していることから、排出量を算定しない。

天然ガスの生産に伴う CO₂ の排出についても本カテゴリー（1.B.2.c.i.2）にて報告するが、その詳細について以下に説明する。

a) 排出源カテゴリーの説明

ここでは、天然ガス生産施設において生産された天然ガス中の CO₂ 含有量が需要家の設定する天然ガス中の非燃焼性ガス含有量の基準を満たさない場合に CO₂ が分離除去されて大気放出されることに伴う CO₂ 排出を取り扱う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー（Vol. 2, page 4.38, Fig. 4.2.1）に従い、実測値が得られる年度は Tier 3 法、その他の年度は Tier 2 法を用いる。

1990 年度、1995 年度以降については、エネルギー資源開発連盟（旧石油鉱業連盟）提供の当該排出源からの CO₂ 排出量データ（実測値）を本カテゴリーの排出量として報告する。

1991～1994 年度については、日本におけるガス田のうち、天然ガス中の CO₂ の分離除去が実施されているガス田（南長岡ガス田、片貝ガス田）からの天然ガス生産量を活動量とし、排出係数を乗じて排出量を算定する。なお、排出係数については、同連盟提供の 1990 年度、1995 年度の排出量を同年度の活動量で除して見かけの排出係数を算定したうえで、両年度の排出係数から内挿によって推計する。

■ 排出係数

1990年度、1995年度以降については、同連盟提供の排出量データを活動量で除して推計する。1991～1994年度については、1990年度、1995年度の排出係数から内挿により推計する（ただし、排出量の算定には1991～1994年度の排出係数のみ用いる）。

表 3-88 通気弁（天然ガス産業）の排出係数

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
排出係数	kg-CO ₂ /m ³	0.133	0.117	0.126	0.114	0.120	0.122	0.128	0.122	0.101	0.096	0.095	0.083

■ 活動量

「天然ガス資料年報」の南長岡ガス田、片貝ガス田からの天然ガス生産量の合計を用いる（ただし、排出量の算定には1991～1994年度の活動量のみ用いる）。

表 3-89 南長岡ガス田、片貝ガス田からの天然ガス生産量

項目	単位	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
南長岡ガス田、片貝ガス田からの天然ガス生産量	10 ⁶ m ³	432	657	789	1,229	1,660	1,664	1,598	1,474	1,457	1,334	1,229	1,229

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

天然ガス産業における通気弁からの排出については、1990年度、1995年度以降はエネルギー資源開発連盟提供の排出量の実測データを用いて報告しているが、当該データの不確実性を把握することが困難であるため、2006年 IPCC ガイドラインに示された、流量の計測に伴う不確実性の標準値（-15～+15%）を採用した。

■ 時系列の一貫性

本カテゴリーの排出量は、1990年度、1995年度以降は一貫して同連盟提供データを使用している。1991～1994年度については、同連盟提供の1990年度、1995年度の排出量データ等を用いて推計している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

特になし。

3.3.2.3.c. 通気弁（コンバインド）（1.B.2.c.i.3）

我が国では統計上、石油と天然ガスの2区分で整理を行っており、石油産業・天然ガス産業における通気弁からの漏出については、「通気弁（石油産業）（1.B.2.c.i.1）」又は「通気弁（天然ガス産業）（1.B.2.c.i.2）」に含まれているため「IE」として報告する。

3.3.2.3.d. フレアリング（石油産業）（1.B.2.c.ii.1）

本カテゴリーでは、石油産業におけるフレアリングからのCO₂、CH₄、N₂Oの排出を扱う。

我が国の石油産業におけるフレアリングからの排出は、原油の試掘、生産及び精製の段階で起きると考えられる。これらのうち試掘に伴う排出については「フレアリング（天然ガス産業）（1.B.2.ii.2）」にまとめて報告する。算定方法等の詳細については「3.3.2.2.a. 天然ガスの試掘（1.B.2.b.i）」を参照のこと。また、原油生産時のフレアリングからの排出については本カテゴリー（1.B.2.c.ii.1）にて報告するが、算定方法等の詳細については「3.3.2.2.b. 天然ガスの生産・集ガス（1.B.2.b.ii）」を参照のこと。石油精製時のフレアリングからのCH₄排出については2006年IPCCガイドラインのデフォルト排出係数にフレアリングに関わる排出も含まれていると思われることから、「原油の精製・貯蔵（1.B.2.a.iv）」にまとめて報告する。算定方法等の詳細については「3.3.2.1.d. 原油の精製・貯蔵（1.B.2.a.iv）」を参照のこと。

3.3.2.3.e. フレアリング（天然ガス産業）（1.B.2.c.ii.2）

本カテゴリーでは、天然ガス産業におけるフレアリングからのCO₂、CH₄、N₂Oの排出を扱う。我が国の天然ガス産業におけるフレアリングからの排出は、天然ガスの試掘、生産及び処理の段階で起きると考えられる。これらのうち試掘に伴う排出については本カテゴリー（1.B.2.c.ii.2）に報告するが、算定方法等の詳細については「3.3.2.2.a. 天然ガスの試掘（1.B.2.b.i）」を参照のこと。また、生産からの排出についても本カテゴリー（1.B.2.c.ii.2）に報告するが、算定方法等の詳細については「3.3.2.2.b. 天然ガスの生産・集ガス（1.B.2.b.ii）」を参照のこと。処理からの排出についても本カテゴリー（1.B.2.c.ii.2）に報告するが、算定方法等の詳細については「3.3.2.2.c. 天然ガスの処理（1.B.2.b.iii）」を参照のこと。

2019年改良IPCCガイドライン（Volume 2, Table 4A.2.7）によると、天然ガスの輸送・貯蔵時にフレアリングによるCO₂の排出が起こりうるとされているが、天然ガス鉱業会へのヒアリングにより、国産天然ガスの輸送プロセスにおいて、長距離パイプラインでフレアリング処理が実施されている可能性があることが判明した。ただし、環境的・経済的な問題を踏まえ、極力実施しないよう運用しているとのことである。また、2006年IPCCガイドラインのデフォルト排出係数を用いて当該排出源の排出量を算定したところ排出量が3,000tを下回ったため、注釈記号選択のためのデシジョンツリー（別添6参照）に従い、当該排出源の排出量は「NE」として報告する。

3.3.2.3.f. フレアリング（コンバインド）（1.B.2.c.ii.3）

我が国では統計上、石油と天然ガスの2区分で整理を行っており、石油産業・天然ガス産業におけるフレアリングからの漏出については、「フレアリング（石油産業）（1.B.2.c.ii.1）」又は「フレアリング（天然ガス産業）（1.B.2.c.ii.2）」に含まれているため「IE」として報告する。

2023年提出インベントリまで本カテゴリーで報告していた原油及び天然ガスの試掘や生産前テストに伴うフレアリングについては、1990年度以降の試掘調査が深度3,000m以上で実施されることが多く、その圧力から多くがガス井と想定可能であるため、「フレアリング（天然ガス産業）（1.B.2.c.ii.2）」にまとめて報告している。算定方法等の詳細については「3.3.2.2.a. 天然ガスの試掘」を参照のこと。

3.3.2.4. その他（地熱発電における蒸気の生産に伴う漏出）（1.B.2.d）

a) 排出源カテゴリーの説明

本カテゴリーでは、地熱発電所の蒸気生産井で生産される蒸気中のCO₂及びCH₄が冷却塔から大気放出されることに伴う排出を扱う。

b) 方法論

■ 算定方法

2006年 IPCC ガイドラインには、本カテゴリーの排出量算定方法に関する記述がないことから、各地熱発電所の蒸気の重量ベース生産量に蒸気中のCO₂及びCH₄の質量濃度を乗じて排出量を算定することとする。なお、生産井で生産される蒸気中のCO₂及びCH₄については、冷却塔から排出される前に、蒸気が復水器を通過する段階で水に溶解している可能性があるが、当該溶解量を把握することが困難であることから、生産される蒸気中のCO₂及びCH₄の全量が大気中に放出されるとみなして排出量を算定している。バイナリー発電方式は熱水と低沸点媒体がそれぞれ独立した2つの熱循環サイクルを用いて発電することから、蒸気中の非凝縮性ガスの大気への放出を伴わないため、この方式の地熱発電所は算定対象外とする。

2006年 IPCC ガイドラインにはない排出源であり、CRT Summary 3 では適用した方法論をCS (国独自) と報告する。

■ 排出係数

蒸気中のCO₂の質量濃度は、日本地熱調査会(2000)に示された各地熱発電所の蒸気中の非凝縮性ガスの体積濃度、及び非凝縮性ガス中のCO₂の体積濃度等より推計する。

蒸気中のCH₄の質量濃度は、日本地熱調査会(2000)に示された各地熱発電所の蒸気中の非凝縮性ガスの体積濃度、Geothermal Energy Association (2012)に示された非凝縮性ガス中のCH₄濃度等より推計する。

■ 活動量

各地熱発電所の蒸気生産量は基本的に、日本地熱調査会「わが国の地熱発電の動向」、火力原子力発電技術協会「地熱発電の現状と動向」に示された各地熱発電所の単位時間当たり蒸気生産量に、生産井の稼働時間を乗じて算定する。生産井の稼働時間は発電所の稼働時間と等しいとみなし、「地熱発電の現状と動向」に示された各発電所の年間発電時間を用いる。

全国の地熱発電所のCO₂とCH₄の各排出係数と、蒸気生産量の推移を表 3-90 に示す。

表 3-90 地熱発電の排出係数と蒸気生産量の推移

発電所名	排出係数		蒸気生産量 [kt]											
	CO ₂ [t-CO ₂ /kt]	CH ₄ [t-CH ₄ /kt]	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
松川	12.2	0.025	1,884	1,493	1,708	1,115	813	872	666	683	683	683	683	683
大岳	3.1	0.006	1,173	995	995	774	789	937	867	468	468	468	468	468
大沼	0.6	0.002	694	682	535	651	600	537	489	506	506	506	506	506
鬼首	2.6	0.008	1,018	1,015	1,035	982	1,185	357	334	NO	NO	NO	NO	NO
八丁原1号	6.5	0.013	2,883	2,366	2,598	2,602	2,287	2,347	1,963	2,417	2,417	2,417	2,417	2,417
八丁原2号	5.8	0.011	2,514	2,686	2,532	2,452	2,291	2,342	2,209	2,532	2,532	2,532	2,532	2,532
葛根田1号	0.3	0.001	3,498	3,126	1,966	2,021	1,535	1,374	1,362	1,248	1,248	1,248	1,248	1,248
葛根田2号	0.4	0.001	NO	209	1,823	2,004	1,440	1,269	1,142	884	884	884	884	884
杉乃井	8.5	0.019	220	284	203	144	129	147	140	122	122	122	122	122
森	28.1	0.053	1,367	1,990	1,981	1,501	1,068	1,001	934	711	711	711	711	711
霧島国際ホテル	1.1	0.003	48	97	70	NO	30	68	NO	NO	NO	NO	NO	NO
上の岱	6.5	0.014	NO	1,882	2,070	1,601	482	1,784	1,512	1,443	1,443	1,443	1,443	1,443
山川	5.8	0.012	NO	1,451	1,336	639	1,026	989	744	1,191	1,191	1,191	1,191	1,191
澄川	1.4	0.004	NO	3,234	2,846	2,908	2,611	2,038	2,903	2,372	2,372	2,372	2,372	2,372
柳津西山	68.8	0.130	NO	3,912	3,425	3,197	2,229	1,626	1,537	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230
大霧	0.4	0.001	NO	219	2,373	2,306	2,286	1,969	1,928	1,777	1,777	1,777	1,777	1,777
滝上	1.9	0.004	NO	NO	2,111	2,075	2,239	2,374	2,422	2,184	2,184	2,184	2,184	2,184
八丈島	18.1	0.041	NO	NO	187	156	152	149	147	NO	NO	NO	NO	NO
九重	8.5	0.019	NO	NO	10	136	124	120	108	108	108	108	108	108
わいた	8.5	0.019	NO	NO	NO	NO	NO	NO	148	195	195	195	195	195
山葵沢	8.5	0.019	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2,096	2,096	2,096	2,096	2,096

c) 不確実性評価と時系列の一貫性

■ 不確実性評価

排出係数については、蒸気中の非凝縮性ガス濃度及び、非凝縮性ガス中の温室効果ガス濃度から算定していることから、2006年 IPCC ガイドラインに示されたガス濃度の計測時の不確実性に基いて-7~+7%と計算した。また、活動量については、出典となる統計の不確実性が把握できないため、2006年 IPCC ガイドラインに示される値（流量の計測に伴う不確実性（販売量以外）の-15~+15%）を使用した。その結果、地熱発電の生産井で生産される蒸気中のCO₂及びCH₄の排出量の不確実性は-17~+17%と評価された。

■ 時系列の一貫性

排出係数は、上記した方法を使用して、1990年度から直近年まで一定値を使用している。また、活動量は「地熱発電の現状と動向」をもとに、1990年度から直近年まで全ての時系列において同一の方法で算定している。

d) QA/QC と検証

エネルギー産業（1.A.1.）に記載した内容と同一である。3.2.4. d) 節を参照のこと。

e) 再計算

特になし。

f) 今後の改善計画及び課題

従来、活動量を引用していた「地熱発電の現状と動向」において、2023年版より各地熱発電所の年間発電時間と単位時間当たり蒸気生産量が公表されなくなったため、今後算定方法変更の可能性も視野に入れながら活動量の新たな入手方法の検討が必要である。

3.4. CO₂ の輸送・貯留（1.C）

CO₂の輸送・貯留カテゴリーでは、二酸化炭素の回収・貯留（CCS：Carbon Dioxide Capture and Storage）からのCO₂排出を扱う。なお、CCSとは、気体として大気に放出されるはずのCO₂を回収し、地中や海底下に隔離する技術あるいは方法を指す。

本カテゴリーは、CO₂の輸送段階からの排出を扱う「CO₂の輸送（1.C.1）」、CO₂の圧入及び貯留段階からの排出を扱う「圧入・貯留（1.C.2）」及び「その他（1.C.3）」の3部門から構成されている。日本において過去にCO₂の地中圧入が行われた事例として表3-91の5件を把握している。なお、CO₂の輸送及び圧入段階の排出は、CO₂の輸送・圧入が行われた期間のみ起こる可能性があるが、CO₂の貯留段階の排出は、CO₂の圧入開始以降、継続的に起こる可能性がある。表3-92に「CO₂の輸送・貯留（1.C）」からの排出量を示す。

表 3-91 日本における CO₂ の地中圧入の事例

圧入サイト	CO ₂ 圧入期間	CO ₂ 圧入目的
頸城	1991年3月～1993年6月	石油増進回収
申川	1997年9月～1999年9月	石油増進回収
長岡	2003年7月～2005年1月	CO ₂ 地中貯留実証試験
夕張	2004年11月～2007年10月	炭層メタン増進回収
苫小牧	2016年4月～2019年11月	CO ₂ 地中貯留実証試験

表 3-92 CO₂ の輸送・貯留 (1.C) の温室効果ガス排出量

部門		1990	1995	2000	2005	2010	2013	2015	2020	2021	2022	2023	2024
1.C.1 CO ₂ の輸送	a. パイプライン	NE	NO	NO	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	b. 船舶	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	c. その他	NE	NO	NO	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
1.C.2 圧入・貯留	a. 圧入	NE	NO	NO	NE	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
	b. 貯留	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
1.C.3 その他		NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO

3.4.1. CO₂ の輸送 (1.C.1)

3.4.1.1. パイプライン (1.C.1.a)

本カテゴリーでは、CO₂ の地中圧入に伴いパイプラインにより CO₂ が輸送される際の CO₂ の漏えいを取り扱う。

表 3-91 の各事例の実施主体に対するヒアリングによれば、パイプラインによる CO₂ 輸送時の漏えいは基本的には起こらず、漏えいしたとしても微量であるとのことであった。特に圧入サイトのうち苫小牧は、構造上パイプライン内のガスが漏えいしないよう設計され、気密試験の実施により気密性が確保されていることが確認されている。また、2006年 IPCC ガイドラインに示された排出係数のデフォルト値 (vol. 2, page5.10, Table. 5.2) 等を用いて排出量を試算したところ、年間の排出量は平成 24 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会で定めた算定対象となる 3,000 t-CO₂ を上回らなかった。このため CO₂ 圧入が実施された年度は、重要でないという意味での「NE」と報告し (ただし気密性が確保されている苫小牧のみで圧入が実施された年度は「NA」)、その他の年度は「NO」と報告する。重要でないという意味での「NE」については、別添 6 も参照のこと。

3.4.1.2. 船舶 (1.C.1.b)

本カテゴリーでは、CO₂ の地中圧入に伴い船舶により CO₂ が輸送される際の CO₂ の漏えいを取り扱う。日本における過去の CO₂ 地中圧入事例では、CO₂ の輸送に船舶は使用されていないことから、「NO」と報告する。

3.4.1.3. その他 (1.C.1.c)

本カテゴリーの排出源としては、液化炭酸ガスを製造工場から圧入サイトまでタンクローリーで輸送する際の排出や、液化炭酸ガス貯蔵タンクからの排出等が考えられる。当該排出源については、各事例 (苫小牧を除く) の実施主体に対するヒアリングによれば、CO₂ の漏えいは基本的には起こらず、漏えいしたとしても微量であり、また、各事例における年間の CO₂ 圧入量は最大でも約 6,000 t-CO₂ 程度であることから、年間の CO₂ 漏えい量が 3,000 t を上回することは考え難い。このため、苫小牧を除く事例で CO₂ 圧入が実施された年度は、重要でないという意味での「NE」と報告する。重要でないという意味での「NE」については、別添 6 も参照のこと。苫小牧については該当する活動がないことから、苫小牧のみで圧入が実施さ

れた年度は「NO」と報告する。いずれの事例でも圧入が実施されなかった年度は「NO」と報告する。

3.4.2. 圧入・貯留 (1.C.2)

3.4.2.1. 圧入 (1.C.2.a)

本カテゴリーでは、CO₂の地中圧入に伴い圧入サイトにおけるコンプレッサーや圧入井等から漏えいするCO₂排出を取り扱う。

表 3-91 の各事例の実施主体に対するヒアリングによれば、CO₂の圧入段階の漏えいは基本的には起こらず、漏えいしたとしても微量であるとのことであった。また、Koorneef *et al.* (2008) に示された排出係数等を用いて排出量を試算したところ、年間の排出量は平成 24 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会で定めた算定対象となる 3,000 t-CO₂を上回らなかった。このため CO₂圧入が実施された年度は、重要でないという意味での「NE」と報告し（ただし気密性が確保されている苫小牧のみで圧入が実施された年度は「NA」）、その他の年度は「NO」と報告する。重要でないという意味での「NE」については、別添 6 も参照のこと。

3.4.2.2. 貯留 (1.C.2.b)

本カテゴリーでは、CO₂の地中圧入に伴い、貯留サイトから漏えいするCO₂排出を取り扱う。表 3-91 の各事例の実施主体に対するヒアリングによれば、CO₂の貯留段階の漏えいは基本的には起こらず、漏えいしたとしても微量であるとのことであった。また、IPCC (2005) に示された圧入されたCO₂のうち貯留される割合等を用いて排出量を試算したところ、年間の排出量は平成 24 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会で定めた算定対象となる 3000 t-CO₂を上回らなかった。このため、重要でない「NE」として報告する（1990 年度以降の全年度について「NE」と報告）。重要でないという意味での「NE」については、別添 6 も参照のこと。

3.4.3. その他 (1.C.3)

本カテゴリーでは、CCSからの排出であって「CO₂の輸送(1.C.1)」と「圧入及び貯留(1.C.2)」に該当しないCO₂排出を取り扱う。我が国には該当する排出源がないため、本カテゴリーを「NO」と報告する。

3.4.4. 情報項目 (Information item)

本項ではCO₂の地中貯留のために回収されたCO₂量について説明する。CO₂の回収から貯留までの過程でCO₂量が正確に報告されているか確認するため、CRT Table 1.C に Information item という報告欄が設けられている。Information item の Total amount captured for storage に数値を報告することはCO₂回収量を「CO₂の輸送・貯留(1.C)」から控除するという意味ではないことに留意されたい。CO₂回収量は回収の実施された各カテゴリーにおけるCO₂排出量から控除している。(2006年 IPCC ガイドライン第2巻第2章式 2.7 参照)

我が国における過去のCO₂地中圧入事例では、CO₂回収量は圧入されたCO₂の量とおおむね等しいと考えられることから、各事例の実施主体から提供を受けたCO₂圧入量と同じ値を、CO₂の圧入が実施された年度のCO₂回収量として報告する。なお、回収量は、各事例で圧入に使用されたCO₂の発生源に応じて、「石油精製(1.A.1.b)」又は「アンモニア製造(2.B.1)」に報告する。

表 3-93 CO₂圧入量

圧入サイト	単位	1990	1991	1992	1993	1997	1998	1999	2003	2004	2005	2006	2007	2016	2017	2018	2019	計上カテゴリー
頸城 (EOR)	kt	0.23	3.93	4.46	1.17	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2.B.1 アンモニア製造
申川 (EOR)	kt	NO	NO	NO	NO	2.37	4.87	2.71	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2.B.1 アンモニア製造
長岡	kt	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	3.98	6.43	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	2.B.1 アンモニア製造
夕張(EGR)	kt	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	0.04	0.12	0.36	0.37	NO	NO	NO	NO	1.A.1.b 石油精製
苫小牧	kt	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	29.22	126.80	79.58	64.51	1.A.1.b 石油精製

参考文献

1. IPCC「国家温室効果ガスインベントリのための1996年改訂IPCCガイドライン」(1997)
2. IPCC「国家温室効果ガスインベントリにおけるグッドプラクティスガイダンス及び不確実性管理報告書」(2000)
3. IPCC「IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage」(2005)
4. IPCC「国家温室効果ガスインベントリのための2006年IPCCガイドライン」(2006)
5. IPCC「2006年国家温室効果ガスインベントリガイドラインの2019年改良」(2019)
6. CMA「パリ協定第13条に規定する行動及び支援に関する透明性枠組みのための方法、手続及び指針」(決定18/CMA.1 附属書)(FCCC/PA/CMA/2018/3/Add.2)(2018)
7. 欧州環境機関「EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2016」(2016)
8. 環境庁「二酸化炭素排出量調査報告書(1992年5月)」(1992)
9. 環境庁「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第1部(平成12年9月)」(2000a)
10. 環境庁「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第2部(平成12年9月)」(2000b)
11. 環境庁「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第3部(平成12年9月)」(2000c)
12. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第1部(平成14年8月)」(2002a)
13. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第2部(平成14年8月)」(2002b)
14. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第3部(平成14年8月)」(2002c)
15. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第1部(平成18年8月)」(2006a)
16. 環境省「温室効果ガス排出量算定に関する検討結果 第2部(平成18年8月)」(2006b)
17. 環境省「平成26年度産業部門のうち非製造業における温室効果ガス排出実態調査」(2015a)
18. 環境省「平成26年度産業部門のうち製造業における温室効果ガス排出実態調査」(2015b)
19. 環境省「平成27年度産業部門のうち非製造業における温室効果ガス排出実態調査」(2016)
20. 環境省「平成29年度バイオマスボイラーからの温室効果ガス排出量の実態把握に関する調査」(2018)
21. 環境省「大気汚染物質排出量総合調査」
22. 環境省「PRTR届出外排出量算定資料」
23. 経済産業省「エネルギー生産・需給統計年報」
24. 経済産業省「資源・エネルギー統計年報」
25. 経済産業省「生産動態統計年報 資源・窯業・建材統計編」
26. 経済産業省「石油等消費動態統計年報」
27. 経済産業省「鋳工業生産指数」
28. 経済産業省「第三次産業活動指数」
29. 経済産業省「鋳業権者が講ずべき措置事例」(2012)
30. 資源エネルギー庁「ガス事業生産動態統計」
31. 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」
32. 資源エネルギー庁「エネルギー消費統計」
33. 資源エネルギー庁「電力調査統計」
34. 資源エネルギー庁「エネルギー白書」(2020)
35. 資源エネルギー庁「エネルギー白書」(2022)

36. 資源エネルギー庁「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数(2018年度改訂)の解説」(2020)
37. 資源エネルギー庁「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数(2023年度改訂)の解説」(2025)
38. 国土交通省「航空輸送統計年報」
39. 国土交通省「自動車輸送統計年報」及び「同月報」
40. 国土交通省「道路交通センサス」
41. 国土交通省「自動車燃料消費量統計年報」
42. 国土交通省「空港管理状況調書」
43. 北海道開発庁「北海道鉱工業開発計画調査 ガス化学工業開発調査報告書 昭和 35-39 年度 炭田ガス埋蔵量」(1965)
44. 林野庁「特用林産基礎資料」
45. 林野庁「木炭関係資料」
46. 林野庁「平成 26 年度木材利用推進・省エネ省 CO₂ 実証事業」(2015)
47. 総務省「市町村税課税状況等の調」
48. 統計委員会「自動車燃料消費量調査の概要等」第 14 回サービス統計・企業統計部会配布資料(2010)
49. (一財)自動車検査登録情報協会「自検協統計 自動車保有車両数」
50. (一財)自動車検査登録情報協会「自動車保有車両数月報」
51. (一社)日本自動車工業会「二輪車市場動向調査」
52. (一社)日本自動車工業会「自動車統計月報」
53. 大気環境学会「温室効果ガス排出量推計手法調査報告書」(1996)
54. 天然ガス鉱業会「天然ガス資料年報」
55. 潤滑油協会「平成 24 年度潤滑油環境対策補助事業報告書(平成 25 年 3 月)」(2013)
56. (一社)日本ガス協会ウェブサイト (<https://www.gas.or.jp>)
57. (一社)日本自動車工業会ウェブサイト (<https://www.jama.or.jp/>)
58. (一社)全国軽自動車協会連合会ウェブサイト (<https://www.zenkeijikyo.or.jp/>)
59. 石炭エネルギーセンター「石炭政策史」(2002)
60. 日本地熱調査会「我が国の地熱発電所設備要覧」(2000)
61. 日本地熱調査会「わが国の地熱発電の動向」
62. 火力原子力発電技術協会「地熱発電の現状と動向」
63. Geothermal Energy Association, *Geothermal Energy and Greenhouse Gas Emissions* (2012)
64. 国際海事機関「2009 年 IMO 第 2 次温室効果ガス調査報告書」(2009)
65. 国際海事機関「2014 年 IMO 第 3 次温室効果ガス調査報告書」(2014)
66. 日本自動車研究所「平成 19 年度自工会受託研究報告書 軽二輪車の保有台数調査方法の精査」(2008)
67. 日本自動車研究所「平成 18 年度自工会受託研究報告書 二輪車の排出ガス寄与率調査」(2007)
68. Koornneef, J., van Keulen, T., Faaij, A., Turkenburg, W., *Life cycle assessment of a pulverized coal power plant with post-combustion capture, transport and storage of CO₂*, *International Journal of Greenhouse Gas Control*, Volume 2, Issue 4, 448-467 (2008)
69. 戒能一成「エネルギー源別炭素排出係数の妥当性の評価と分析」平成 17 年度温室効果ガス排出量算定方法検討会インベントリワーキンググループ提出資料(2005)
70. 戒能一成「総合エネルギー統計の解説 2010 年度改訂版」(2012)
71. 戒能一成「エネルギー源別標準発熱量・炭素排出係数の改訂について」RIETI Discussion Paper Series 14-J-047 (2014)
72. 戒能一成「総合エネルギー統計における石油精製部門のエネルギー・炭素収支の改善について」RIETI Discussion Paper Series 15-J-007 (2015)

73. 後藤雄一、小池章介、鈴木央一「自動車のN₂Oの排出総量推計とその低減手法の中核技術の汎用化と普及に関する研究」平成14年度環境研究総合推進費終了研究成果報告書、B-51(2003)
74. 松本裕之「釧路コールマインとアジア産炭国における技術および人材交流」資源と素材、Vol.122、542-545(2006)
75. 松本裕之、川嶋祥太、内田景己、市原義久、鈴木良明「炭鉱メタンの回収と濃縮装置の開発による利用技術について」Journal of MMIJ、Vol.134、No.8、99-104(2018)
76. 依田公一、山下哲也、茂木和久「ガソリン車におけるN₂O排出挙動解析と計測技術の検討」自動車技術会学術講演会前刷集、No.109-10、3-6(2010)