1.A.3.c 鉄道（Railways）（CH_4, N_2O）

1．排出・吸収源の概要

1.1 排出・吸収源の対象及び温室効果ガス排出メカニズム

当該排出源では、鉄道の走行におけるエネルギー消費に伴う CH_4 及び N_2O の排出を扱う。鉄道の運行に伴う温室効果ガス（GHG）は、ディーゼル機関車から軽油を燃料として燃焼することにより排出される分が主である。ほかに燃料としては電気、石炭等があるが、電気機関車で使用する電気の発電による排出は別の分野で計上されている。石炭を使用する蒸気機関車に関しては、日本国鉄で 1976 年に蒸気機関車（SL）の使用が終了したが、1979 年から観光用の SL の運転が開始され、JR や私鉄において、複数の路線で SL が定期的に運転されている（ただし蒸気機関車の走行は少なく、石炭を燃料として燃焼することにより排出される GHG も僅かである。）。

上記を踏まえ、当該排出源では、軽油を使用するディーゼル機関車及び石炭を使用する蒸気機関車から排出される CH_4 及び N_2O 排出量を算定している。

1.2 排出・吸収トレンド及びその要因

ディーゼル鉄道車両の稼働台数の減少もあり、軽油の燃料消費量は 1990 年度以降減少傾向にあり、2021 年度以降は横ばいとなっている。このため、CH_4、N_2O 排出量も同様の傾向を示している。「1.A.3.c 鉄道」からの排出量の経年推移を図 1 及び図 2 に示す。

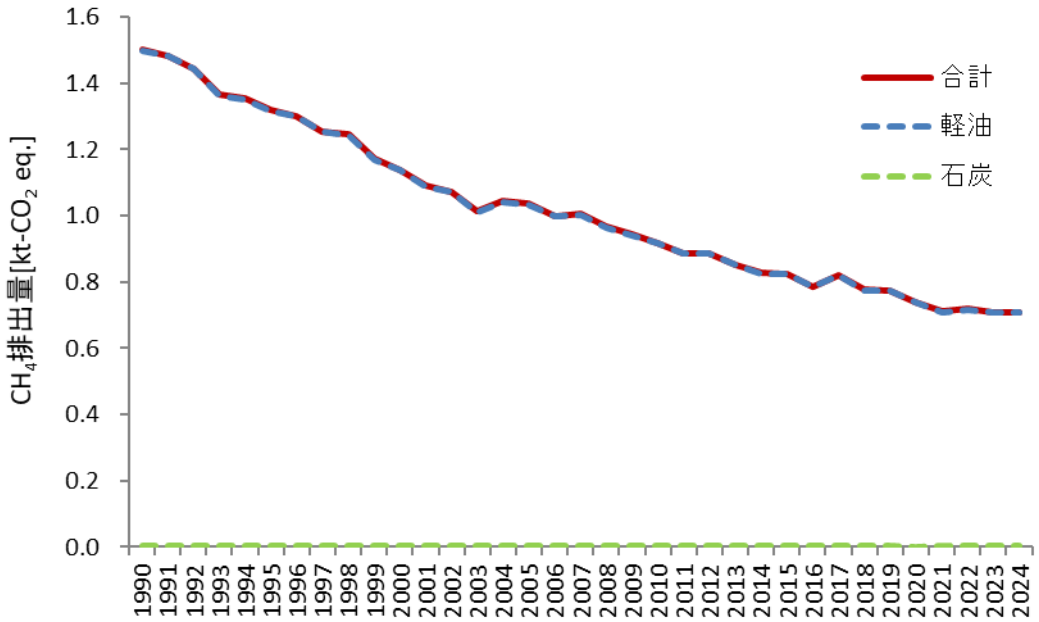

図 1　「1.A.3.c 鉄道」からの CH_4 排出量の推移

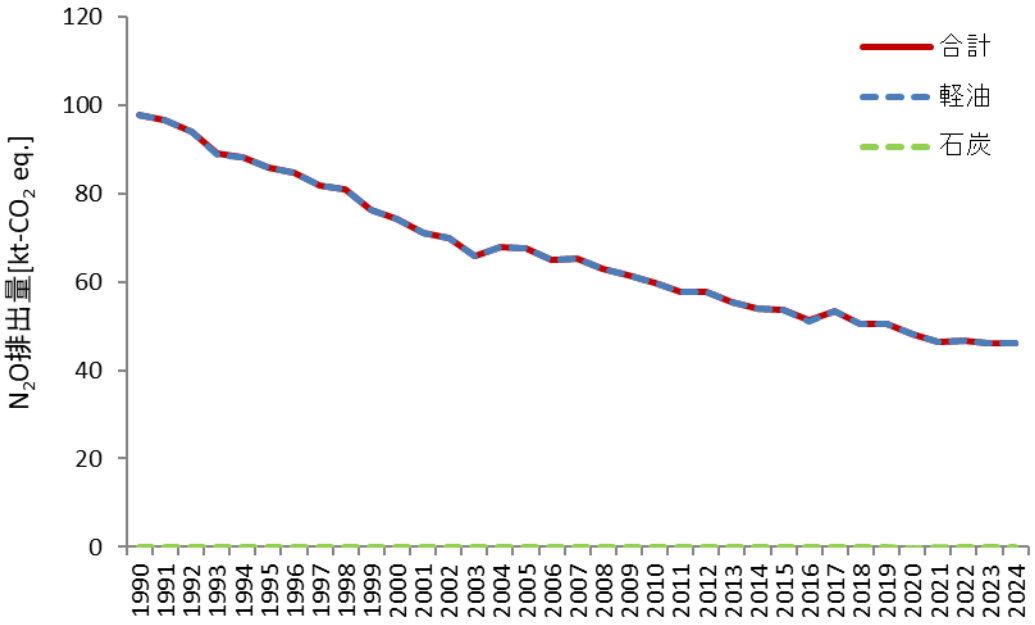

図 2　「1.A.3.c 鉄道」からの N_2O 排出量の推移

2．排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー[1]に従い、Tier 1 法を用いて、排出係数に発熱量ベースの燃料消費量を乗じて排出量を算定している。

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

E　：鉄道における軽油又は石炭の燃焼に伴う CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
EF_i　：鉄道における軽油の排出係数［kg-CH_4/kl, kg-N_2O/kl］
　又は鉄道における石炭の排出係数［kg-CH_4/t, kg-N_2O/t］
A_i　：ディーゼル鉄道車両の軽油消費量［kl］又は蒸気機関車の石炭消費量［t］
i　：燃料種（ディーゼル鉄道車両の軽油及び蒸気機関車の石炭）

2.2 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[2]（表 1 参照）を軽油の実質発熱量（表 2 参照）（石油製品など一部のエネルギー源につき各種調査報告を用いて毎年度発熱量が算定されているものを「実質発熱量」と呼称している）を用いてリットル当たりに換算した値を使用している（表 4 及び表 5 参照）。なお、2017 年度排出量算定時から、軽油についてはバイオマス成分控除後の換算用実質発熱量を遡って採用することとした。

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[3]（表 1 参照）を輸入一般炭の発熱量（表 3 参照）を用いて重量当たり

1 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 2, Chapter 3, p. 3.41, Fig.3.4.2
2 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 2, Chapter 3, p. 3.43, Table 3.4.1
3 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 2, Chapter 3, p. 3.43, Table 3.4.1

に換算した値を使用している（表 4 及び表 5 参照）。

表 1　鉄道の排出係数のデフォルト値

	ディーゼル鉄道車両	蒸気機関車
CH_4 の排出係数	4.15［kg-CH_4/TJ］	2［kg-CH_4/TJ］
N_2O の排出係数	28.6［kg-N_2O/TJ］	1.5［kg-N_2O/TJ］

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

・排出係数は低位発熱量当たりの排出量を示す。

表 2　軽油の実質発熱量（バイオマス成分控除後）

燃料種	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
実質発熱量	MJ/L	38.11	38.11	38.10	38.12	38.12	38.09	38.10	38.16	38.12	38.13

燃料種	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
実質発熱量	MJ/L	38.18	38.20	38.04	38.00	37.77	37.76	37.85	37.96	37.94	37.92

燃料種	単位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
実質発熱量	MJ/L	38.06	37.95	37.94	38.04	38.04	38.04	38.04	38.04	38.04	38.04

燃料種	単位	2020	2021	2022	2023	2024
実質発熱量	MJ/L	38.04	38.04	38.04	37.87	37.87

表 3　輸入一般炭の標準発熱量

燃料種	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
標準発熱量	MJ/kg	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95	25.95

燃料種	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
標準発熱量	MJ/kg	26.60	26.60	26.60	26.60	26.60	25.70	25.70	25.70	25.70	25.70

燃料種	単位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
標準発熱量	MJ/kg	25.70	25.70	25.70	25.97	25.97	25.97	25.97	25.97	26.08	26.08

燃料種	単位	2020	2021	2022	2023	2024
標準発熱量	MJ/kg	26.08	26.08	26.08	25.88	25.88

表 4　鉄道からの CH_4 排出係数

燃料種	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
軽油	kgCH_4/kL	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
石炭	kgCH_4/t	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051	0.051

燃料種	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
軽油	kgCH_4/kL	0.151	0.151	0.150	0.150	0.149	0.149	0.149	0.150	0.150	0.149
石炭	kgCH_4/t	0.052	0.052	0.052	0.052	0.052	0.050	0.050	0.050	0.050	0.050

燃料種	単位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
軽油	kgCH_4/kL	0.150	0.150	0.150	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
石炭	kgCH_4/t	0.050	0.050	0.050	0.049	0.049	0.049	0.049	0.049	0.050	0.050

燃料種	単位	2020	2021	2022	2023	2024
軽油	kgCH_4/kL	0.148	0.148	0.148	0.148	0.148
石炭	kgCH_4/t	0.050	0.050	0.050	0.049	0.049

表 5　鉄道からの N_2O 排出係数

燃料種	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
軽油	kgN_2O/kL	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04
石炭	kgN_2O/t	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038

燃料種	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
軽油	kgN_2O/kL	1.04	1.04	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
石炭	kgN_2O/t	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.038	0.038	0.038	0.038	0.038

燃料種	単位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
軽油	kgN_2O/kL	1.03	1.03	1.03	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
石炭	kgN_2O/t	0.038	0.038	0.038	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037

燃料種	単位	2020	2021	2022	2023	2024
軽油	kgN_2O/kL	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02
石炭	kgN_2O/t	0.037	0.037	0.037	0.037	0.037

2.3 活動量

「総合エネルギー統計（資源エネルギー庁）」で把握された運輸部門の鉄道（旅客、貨物）の軽油及び石炭のエネルギー消費量を活動量として使用している（表 6 参照）。

表 6　活動量（「1.A.3.c 鉄道」におけるエネルギー消費量）の推移

燃料種	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
軽油	千 kL	356	352	343	324	321	313	309	297	295	278
石炭	千 t	1.3	1.2	1.2	1.1	1.0	1.2	1.2	1.3	1.3	1.6

燃料種	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
軽油	千 kL	270	258	255	241	250	248	238	227	230	225
石炭	千 t	1.7	1.8	1.7	1.5	1.5	1.4	1.3	1.3	1.5	1.7

燃料種	単位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
軽油	千 kL	218	211	211	205	199	198	189	197	186	186
石炭	千 t	1.7	1.7	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5	1.4	1.5

燃料種	単位	2020	2021	2022	2023	2024
軽油	千 kL	178	171	173	171	171
石炭	千 t	0.6	1.0	1.0	1.1	1.1

３．算定方法の時系列変更・改善経緯

表 7　初期割当量報告書（2006 年提出）以降の算定方法等の改訂経緯概要

	2014 年提出	2015 年提出	2016 年提出
排出・吸収量算定式	－	－	－
排出係数	－	2015 年提出インベントリについて、ディーゼル機関車及び蒸気機関車の CH_4 及び N_2O 排出係数を、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に変更。	軽油について、2006 年 IPCC ガイドラインにおけるデフォルト値をリットル当たりに換算する際に用いる値を実質発熱量に変更。
活動量	蒸気機関車の活動量の算出方法を変更。	－	－

（１）初期割当量報告書における算定方法

1）排出・吸収量算定式

ディーゼル機関車及び蒸気機関車の走行に伴う CH_4 及び N_2O 排出量を算定していた。

Good Practice Guidance（2000）では、鉄道からの排出に関する算定方法を選定するための考え方等が示されていないため、燃料消費量に基づく一般的な算定方法として、ディーゼル機関車の軽油消費量に軽油消費量当たりの排出係数を乗じて算定していた。

蒸気機関車に関しては、国内の鉄道での石炭消費量に石炭消費量当たりの排出係数を乗じて算定していた。

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

E　：鉄道における軽油又は石炭の燃焼に伴う CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
EF_i　：鉄道における軽油の排出係数［kg-CH_4/kl, kg-N_2O/kl］
　又は鉄道における石炭の排出係数［kg-CH_4/t, kg-N_2O/t］
A_i　：ディーゼル鉄道車両の軽油消費量［kl］又は蒸気機関車の石炭消費量［t］
i　：燃料種（ディーゼル鉄道車両の軽油及び蒸気機関車の石炭）

2）排出係数

ディーゼル機関車からの排出ガスに関する国内での実測結果が存在しないため、ディーゼル機関車からの排出係数は、1996 年改訂 IPCC ガイドラインにおけるデフォルト値[4]を、軽油の標準発熱量を用いてリットル当たりに換算した値を使用していた（表 8 参照）。

同様に、蒸気機関車からの排出ガスに関する国内での実測結果も存在しないため、蒸気機関車からの排出係数は、1996 年改訂 IPCC ガイドラインにおけるデフォルト値[5]を、石炭の標準発熱量を用いてトン当たりに換算した値を使用していた（表 9 参照）。

4 IPCC, “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 3, Chapter 1, p. 1.91, Table 1-49
5 IPCC, “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 3, Chapter 1, p. 1.35,1-36, Table 1-7,1-8

表 8　ディーゼル機関車の排出係数のデフォルト値

ガス	値
CH_4	0.004［g-CH_4/MJ］
N_2O	0.03［g-N_2O/MJ］

（出典）1996 年改訂 IPCC ガイドライン, p.1.91, Table 1-49
・単位の［g/MJ］は低位発熱量当たりの排出量

表 9　蒸気機関車の排出係数のデフォルト値

ガス	値
CH_4	10［kg-CH_4/TJ］
N_2O	1.4［kg-N_2O/TJ］

（出典）1996 年改訂 IPCC ガイドライン, p.1.35,1.36, Table 1-7,1-8
・単位の［kg/TJ］は低位発熱量当たりの排出量

3）活動量

ディーゼル機関車については、「総合エネルギー統計」で把握された運輸部門の鉄道（旅客及び貨物）の軽油消費量を使用していた。

蒸気機関車については、「鉄道統計年報（国土交通省）」における「運転用電力、燃料及び油脂消費額表」中の「その他の燃料　代価」（円）を、石炭価格（「エネルギー・経済統計要覧 2005（省エネルギーセンター）」の輸入一般炭価格）で除して消費量を推計していた。なお、蒸気機関車に使用されている石炭は瀝青炭（一般炭）あるいは瀝青炭と無煙炭の混合のケースが多いため、輸入一般炭の価格を用いていた。

（2）2014 年提出インベントリにおける算定方法

1）排出・吸収量算定式

初期割当量報告と同様（現行の算定方法と同様。）。

2）排出係数

初期割当量報告と同様。

3）活動量

蒸気機関車の活動量について、「鉄道統計年報」における「運転用電力、燃料及び油脂消費額表」中の「その他の燃料　代価」には、鉄道用燃料以外の用途に使用される石炭（暖房用など）も含まれており、これを鉄道における消費量とするのは過大推計となる可能性があった。また、輸入一般炭価格（「エネルギー・経済統計要覧」）は輸入価格であり、一般の販売価格より低いと考えられることから、やはり石炭消費量が過大推計となる可能性があった。

そこで、「鉄道統計年報」における「走行キロ表」中の「蒸気機関車」欄にある走行量に、蒸気機関車の石炭燃費を乗じたものを石炭消費量と見込むこととした。

蒸気機関車の石炭燃費は、事業者へのヒアリング結果の加重平均値（蒸気機関車走行量を重みとした）である 11.72 kg/km を用いた。

なお、上記算定方法により算定される活動量は「総合エネルギー統計」の運輸部門の鉄道（旅客）の石炭のエネルギー消費量として反映されており、以後、「総合エネルギー統計」の鉄

道の石炭のエネルギー消費量を活動量として使用することとした。

（3）2015 年提出インベントリにおける算定方法

1）排出・吸収量算定式

初期割当量報告と同様（現行の算定方法と同様。）。

2）排出係数

2015 年に提出するインベントリについては、2013 年末の COP19 で採択された改訂 UNFCCC インベントリ報告ガイドライン[6]に基づき、2006 年 IPCC ガイドラインを適用し、排出量の算定カテゴリーや算定方法等の全面的な更新を行う必要があることから、これまで 1996 年改訂 IPCC ガイドラインの排出係数のデフォルト値を設定していたディーゼル機関車及び蒸気機関車の CH_4 及び N_2O 排出係数が、2006 年 IPCC ガイドラインのデフォルト値に変更された（表 10 及び表 11 参照）。

表 10　変更前後の CH_4 排出係数

燃料種分類	変更前		変更後	
	kg-CH_4/TJ	出典	kg-CH_4/TJ	出典
軽油	4	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-49	4.15	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Railways Table 3.4.1
石炭	10	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-7	2	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Railways Table 3.4.1

表 11　変更前後の N_2O 排出係数

燃料種分類	変更前		変更後	
	kg-N_2O/TJ	出典	kg-N_2O/TJ	出典
軽油	30	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-49	28.6	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Railways Table 3.4.1
石炭	1.4	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-8	1.5	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Railways Table 3.4.1

3）活動量

2014 年提出インベントリと同様（現行の算定方法と同様。）。

（4）2016 年提出インベントリにおける算定方法

1）排出・吸収量算定式

初期割当量報告書における算定式と同様（現行の算定方法と同様。）。

2）排出係数

2006 年 IPCC ガイドラインにおけるデフォルト値を、軽油の発熱量を用いてリットル当たり

6 Decision 24/CP.19, Annex I “Guidelines for the preparation of national communications by Parties included in Annex I to the Convention, Part I: UNFCCC reporting guidelines on annual greenhouse gas inventories”

に換算する際、資源エネルギー庁のエネルギー源別標準発熱量（おおむね 5 年ごとに更新）を用いていたが、CO_2 排出量の算定では実質発熱量（毎年度更新；石油製品など一部のエネルギー源につき各種調査報告を用いて毎年度発熱量が算定されているものを「実質発熱量」と呼称している。）が用いられていることから、軽油については実質発熱量に統一することとした（現行の排出係数と同様。）。

標準発熱量と実質発熱量の比較は、表 12 のとおりである。

表 12　軽油の標準発熱量・実質発熱量

（単位：MJ/L）

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
標準発熱量	38.51	38.51	38.51	38.51	38.51	38.51	38.51	38.51	38.51	38.51	38.20	38.20	38.20
実質発熱量	38.11	38.11	38.10	38.12	38.12	38.09	38.10	38.16	38.12	38.13	38.18	38.20	38.04

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
標準発熱量	38.20	38.20	37.70	37.70	37.70	37.70	37.70	37.70	37.70	37.70	38.07	38.07
実質発熱量	38.00	37.77	37.76	37.86	37.96	37.94	37.92	38.06	37.96	37.94	38.04	38.04

3）活動量

2014 年提出インベントリと同様（現行の算定方法と同様。）。