

温室効果ガス排出量算定に関する検討結果(案)

運輸分科会報告書

目次

1 . 背景	1
2 . 航空機	2
(1) 航空機 (ジェット機) の飛行に伴う排出 (1A3a) CH ₄	2
(2) 航空機 (航空ガソリン) の飛行に伴う排出 (1A3a) CH ₄	8
(3) 航空機 (ジェット機) の飛行に伴う排出 (1A3a) N ₂ O	12
(4) 航空機 (航空ガソリン) の飛行に伴う排出 (1A3a) N ₂ O	19
3 . 自動車	23
3.1 自動車の走行に伴う CH ₄ の排出	23
(1) ガソリン・L P G / 乗用車 (1A3b) CH ₄	23
(2) ガソリン / バス (1A3b) CH ₄	32
(3) ガソリン / 軽乗用車 (1A3b) CH ₄	40
(4) ガソリン / 普通貨物車 (1A3b) CH ₄	46
(5) ガソリン / 小型貨物車 (1A3b) CH ₄	52
(6) ガソリン / 軽貨物車 (1A3b) CH ₄	57
(7) ガソリン / 特種用途車 (1A3b) CH ₄	63
(8) ディーゼル / 乗用車 (1A3b) CH ₄	68
(9) ディーゼル / バス (1A3b) CH ₄	76
(10) ディーゼル / 普通貨物車 (1A3b) CH ₄	92
(11) ディーゼル / 小型貨物車 (1A3b) CH ₄	98
(12) ディーゼル / 特種用途車 (1A3b) CH ₄	104
(13) 天然ガス自動車 (1A3b) CH ₄	110
(14) ガソリン / 二輪車 (1A3b) CH ₄	120
3.2 自動車の走行に伴う N ₂ O の排出	136
(1) ガソリン・L P G / 乗用車 (1A3b) N ₂ O	136
(2) ガソリン / バス (1A3b) N ₂ O	142
(3) ガソリン / 軽乗用車 (1A3b) N ₂ O	149
(4) ガソリン / 普通貨物車 (1A3b) N ₂ O	153
(5) ガソリン / 小型貨物車 (1A3b) N ₂ O	159
(6) ガソリン / 軽貨物車 (1A3b) N ₂ O	164
(7) ガソリン / 特種用途車 (1A3b) N ₂ O	168
(8) ディーゼル / 乗用車 (1A3b) N ₂ O	173
(9) ディーゼル / バス (1A3b) N ₂ O	180
(10) ディーゼル / 普通貨物車 (1A3b) N ₂ O	184
(11) ディーゼル / 小型貨物車 (1A3b) N ₂ O	189
(12) ディーゼル / 特種用途車 (1A3b) N ₂ O	194
(13) 天然ガス自動車 (1A3b) N ₂ O	198
(14) ガソリン / 二輪車 (1A3b) N ₂ O	206
4 . 鉄道	210
(1) 鉄道車両 (ディーゼル機関) の運行に伴う排出 (1A3c) CH ₄	210
(2) 鉄道車両 (蒸気機関車) の運行に伴う排出 (1A3c) CH ₄	215
(3) 鉄道車両 (ディーゼル機関) の運行に伴う排出 (1A3c) N ₂ O	220
(4) 鉄道車両 (蒸気機関車) の運行に伴う排出 (1A3c) N ₂ O	223
5 . 船舶	226
(1) 船舶の航行に伴う排出 (1A3c) CH ₄	226
(2) 船舶の航行に伴う排出 (1A3c) N ₂ O	232

I. 運輸分野

1. 背景

運輸部門では、温室効果ガス（メタン（ CH_4 ）、一酸化二窒素（ N_2O ））の発生源は大きく次の4種類に分けられる。

航空機

自動車

鉄道

船舶

(1) 航空機

航空機の飛行に伴う温室効果ガスの排出は、ジェット燃料油を使用するジェット航空機からのものが主である。他に燃料としては航空ガソリンがあるが、ジェット機の普及した現在では小型軽飛行機、ヘリコプターなどにわずかに使用されているにすぎない。航空ガソリンからの排出は、2003年度分の報告からインベントリの算定に含まれている。

(2) 自動車

自動車の走行に伴う温室効果ガスの排出は、ガソリンを使用するガソリン車及び軽油を使用するディーゼル車からのものが主である。他に燃料としてはLPG、天然ガス、電気、メタノール、エタノール、燃料電池等があるが、LPG乗用車以外の普及台数はわずかである。メタノール自動車、エタノール自動車、燃料電池車からの排出は、インベントリの算定には含まれていない。また、二輪車からの排出は算定に含まれている。

(3) 鉄道

鉄道の運行に伴う温室効果ガスの排出は、軽油を使用するディーゼル機関車からのものが主である。他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製造による排出は別の分野で計上されている。また、石炭を使用する蒸気機関車の走行はわずかである。

(4) 船舶

船舶の航行に伴う温室効果ガスの排出は、軽油・A重油・B重油・C重油を使用する船舶からのものが主である。

2．航空機（1A3a）

(1) 航空機（ジェット機）の飛行に伴う排出（1A3a）CH₄

背景

平成 15 年度の国内の輸送に伴うエネルギー消費量全体の約 3.9%を航空機（国内線）が占めている（「平成 17 年版交通関係エネルギー要覧」、国土交通省）。用いられる燃料はジェット燃料が圧倒的に多い。ここでは航空機（国内線）の主流であるジェット航空機からの CH₄ 排出量を算定する。

算定方法

(a) 算定の対象

各算定基礎期間においてジェット燃料油を使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される CH₄ の量。

(b) 算定方法の選択

IPCC グッドプラクティスガイダンス 2000（以下、「GPG(2000)」と略記）に示されたデシジョンツリーに従うと、日本の場合には、ジェット機については LTO サイクル部分（land and take off：離発着部分）と巡航部分に区分して算定する方法（Tier 2a）を採用することが望ましい。このため、平成 14 年度に LTO サイクル部分と巡航部分に区分して排出量を算定する手法に変更した。

日本での LTO サイクル（離発着回数、または、航行回数）は、国土交通省「航空輸送統計年報」により把握されている。国内線における LTO サイクル（離発着回数、または、航行回数）は、約 70 万回（平成 15 年度実績）である。

(c) 算定式

国内線の航空機の飛行に伴う排出量を LTO サイクル（離発着時）と巡航時に分けて算定する。

LTO サイクル（離発着時）の排出量は、国内線の航空機の離発着回数に、排出係数を乗じて算定する。

巡航時の排出量は、国内線の航空機の飛行に伴い消費されたジェット燃料油の量（LTO サイクル（離発着時）の消費分は除く）に、排出係数を乗じて算定する。

$$E = EF \times A \text{（離発着時）}$$

- E : ジェット燃料油を使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される CH₄ の排出量（kgCH₄）
EF : 国内線の航空機の離発着 1 サイクル（LTO サイクル）当たりの使用に伴って排出される kg で表した CH₄ の量。
A : 国内線の航空機の LTO サイクル数

$$E = EF \times A \text{ (巡航時)}$$

- E : ジェット燃料油を使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される CH₄ の排出量 (kgCH₄)
 EF : 国内線の航空機におけるジェット燃料油 1 kl 当たりの使用に伴って排出される kg で表した CH₄ の量
 A : 国内線の航空機のジェット燃料消費量

(d) 算定方法の課題

- ・ 特になし。

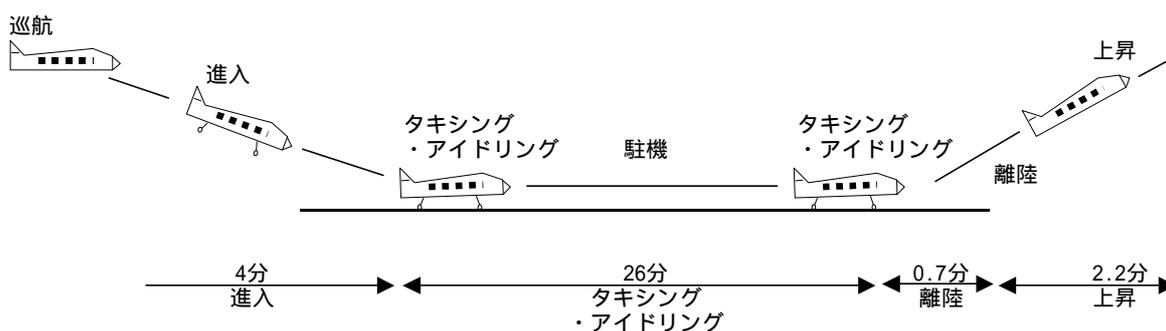


図 1 LTO サイクル

排出係数

(a) 定義

離発着時については、国内線の航空機の離発着 1 サイクル(LTO サイクル)当たりの使用に伴って排出される kg で表した CH₄ の量。

巡航時については、国内線の航空機におけるジェット燃料油 1kl 当たりの使用に伴って排出される kg で表した CH₄ の量。

(b) 設定方法

GPG(2000)では、国内で航空機からの排出ガスについての詳細な研究が行われていない場合には、排出係数は世界共通とすべきとされていることから、1996 年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値を採用する。

離発着時の CH₄ の排出係数は、0.3kgCH₄/LTO (ジェット燃料)

巡航時の CH₄ の排出係数は、0kgCH₄/kl (ジェット燃料)

既存の研究 (Wiesen et al,1994) によれば、巡航時には CH₄ は排出されないと報告されている。

平成 13 年度までは、航空機からの CH₄ の排出係数は、離発着時及び巡航時を区分せずに 0.002 g/MJ を用いていたが、平成 14 年度に排出係数を変更した。

表 1 1996 年改訂 IPCC ガイドライン（今回設定に用いた排出係数）

TABLE 1-52 DEFAULT EMISSION FACTORS AND FUEL CONSUMPTION FOR AIRCRAFT (LTO EMISSION FACTORS ARE GIVEN ON A PER AIRCRAFT BASIS)								
Domestic								
	Fuel Consumption	Emission Factors						
		CO ₂	CH ₄ (a)	N ₂ O(b)	NO _x	CO	NMVOC(a)	SO ₂ (c)
LTO average fleet (kg/LTO)	850	2680	0.3	0.1	10.2	8.1	2.6	0.8
LTO old fleet (kg/LTO)	1000	3150	0.4	0.1	9.0	17	3.7	1.0
Cruise (kg/t of fuel)		3150	0	0.1	11	7	0.7	1.0
International								
	Fuel Consumption	Emission Factors						
		CO ₂	CH ₄ (a)	N ₂ O(b)	NO _x	CO	NMVOC(a)	SO ₂ (c)
LTO average fleet (kg/LTO)	2500	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5
LTO old fleet (kg/LTO)	2400	7560	7	0.2	23.6	101	66	2.4
Cruise (kg/t of fuel)		3150	0	0.1	17	5	2.7	1.0

Note: The emission factors were calculated as weighted averages for a number of typical aircraft. For domestic traffic, the average fleet is represented by Airbus A320, Boeing 727, Boeing 737--400 and Mc Donald Douglas DC9 and MD80 aircraft. The old fleet is represented by Boeing B737 and McDonald Douglas DC9. For international traffic, the average fleet is represented by Airbus A300, Boeing B767, B747 and McDonald Douglas DC10, whilst the old fleet is represented by the Boeing B707, Boeing B747 and McDonald Douglas DC8. The data for LTO are shown in Table 1-50. Cruise data were taken from Wuebbles et al. (1993). The emission factors for cruise are considered as the best available default factors to date.

(a) For CH₄ and NMVOC it is assumed that the emission factors for LTO cycles be 10% and 90% of total VOC, respectively (Olivier, 1991). Studies indicate that during cruise no methane is emitted (Wiesen et al., 1994).

(b) Estimates based on Tier 1 default values.

(c) Sulphur content of the fuel is assumed to be 0.05% for both LTO and cruise activities.

出所) 1996 年改訂 IPCC ガイドライン、P 1.98

(Revised 1996 IPCC Guide lines for National Green house Gas Inventories: Reference Manual)

(c) 排出係数の推移

表 2 1990～2003 年度の離発着時の排出係数（単位：kgCH₄/LTO）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出係数	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出係数	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3

表 3 1990～2003 年度の巡航時の排出係数（単位：kgCH₄/kl）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出係数	0	0	0	0	0	0	0

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出係数	0	0	0	0	0	0	0

(d) 排出係数の出典

表 4 排出係数の出典

資料名	改訂 IPCC ガイドライン
発行日	1996 年
対象データ	ジェット燃料の消費に伴う CH ₄ の排出係数

(e) 排出係数の課題

- ・ 特になし。

活動量

(a) 定義

各算定基礎期間における国内線の航空機の LTO サイクル数と巡航時のジェット燃料消費量。

(b) 活動量の把握方法

「航空輸送統計年報」の値を採用する。

巡航時のジェット燃料消費量は、総燃料消費量から LTO サイクル（離発着時）燃料消費量を差し引いて算出する。LTO サイクル（離発着時）燃料消費量は、1 LTO サイクル当たり燃料消費量 1.09kl/LTO（1996 年改訂 IPCC ガイドラインより）に LTO サイクル数を乗じて求めた。

(c) 活動量の推移

表 5 1990～2003 年度の離発着時の活動量（単位：LTO）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
活動量	430,654	447,489	459,677	467,648	501,181	532,279	546,451

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
活動量	567,729	591,819	605,943	667,559	673,322	689,224	702,650

表 6 1990～2003 年度の巡航時の活動量（単位：kl）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
活動量	2,330,514	2,530,228	2,700,968	2,874,373	3,060,327	3,223,547	3,177,847

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
活動量	3,473,496	3,611,439	3,557,771	3,537,205	3,557,477	3,621,876	3,655,081

(d) 活動量の出典

表 7 ジェット燃料の消費量の出典

資料名	平成 2～15 年 航空輸送統計年報
発行日	～2004 年
記載されている最新のデータ	1990～2003 年度のデータ
対象データ	「第 1 表 総括表」 「第 7 表 航空運送事業・航空機使用事業月別、油種別、燃料消費量」

(e) 活動量の課題

- ・ 特になし。

排出量の推移

表 8 1990～2003 年度の排出量（単位：GgCH₄）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出量	0.13	0.13	0.14	0.14	0.15	0.16	0.16

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出量	0.17	0.18	0.18	0.20	0.20	0.21	0.21

その他特記事項

- ・ 特になし。

不確実性評価

(a) 排出係数

1) 評価方法

航空機の排出係数は、1996年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値を採用している。排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、GPG(2000)に示された排出係数の不確実性（CH₄：2倍）を採用する。

表 9 グッドプラクティスガイダンスでの記載

（航空機からの CH₄、N₂O の排出係数の不確実性）

The CO₂ emission factors should be within a range of ±5%, as they are dependent only on the carbon content of the fuel and fraction oxidised. The uncertainty of the CH₄ emission factor may be as high as a factor of 2. The uncertainty of the N₂O emission factor may be of several orders of magnitude (i.e. a factor of 10, 100 or more).

出所) GPG(2000)

2) 評価結果

航空機の CH₄ 排出係数の不確実性は 200%である。

3) 評価方法の課題

- ・ 航空機の排出係数の不確実性は、極めて大きい数値である。
- ・ 不確実性が大きい要因としては、飛行機の機種による差異、計測技術の精度によるもの等が考えられる。

(b) 活動量

1) 評価方法

航空機の活動量は、航空輸送統計年報（承認統計）に基づく値である。活動量の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、平成 12 年度算定方法検討会で設定した活動量の不確実性の標準的値を用いる。

なお、GPG(2000)では、活動量の不確実性についても言及している。GPG(2000)によれば、燃

料消費量が全数調査に基づく場合には不確実性は5%以下であるとともに、その主な要因は、燃料消費量の統計が国内線用と国際線用とが別個に集計されていることによるとしている。

平成12年度算定方法検討会で設定した不確実性の標準的値を採用する。

表 10 グッドプラクティスガイダンスでの記載

（航空機の活動量の不確実性）

The uncertainty in the reporting will be strongly influenced by the accuracy of the data collected on domestic aviation separately from international aviation. With complete survey data, the uncertainty may be very low (less than 5%) while for estimates or incomplete surveys the uncertainties may become large, perhaps a factor of two for the domestic share.

出所) GPG(2000)

2) 評価結果

航空機の活動量の不確実性は、10%である。

3) 評価方法の課題

- 航空輸送統計年報は、すそ切りなしの全数調査であるため、検討会の設定した標準的値は過大評価の可能性がある。統計的処理に基づく不確実性を検討する必要がある。

(c) 排出量

排出量の不確実性は、排出係数の不確実性と活動量の不確実性を用いて次式のとおりに算定する。

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

U : 排出量の不確実性

U_{EF} : 排出係数の不確実性

U_A : 活動量の不確実性

表 11 排出量の不確実性算定結果

排出源	排出係数 (kgCH ₄ /L TO)	排出係数の 不確実性 (%)	活動量 (LTO/年)	活動量の 不確実性 (%)	排出量 (GgCH ₄)	排出量の 不確実性 (%)
ジェット燃料	0.3	200	702,650	10	0.21	200

今後の調査の方針

- 航空機の排出係数は、GPG(2000)にも示されているとおり、排出係数は世界共通とすべきである。このため、将来、1996年改訂IPCCガイドライン等が改訂され数値が変更された場合には、設定した係数を見直す必要がある。

(2) 航空機（航空ガソリン）の飛行に伴う排出（1A3a）CH₄

背景

航空機の使用燃料には、ジェット燃料に加えて小型機、ヘリコプター等で使用する航空ガソリンがある。航空ガソリンの使用に伴うCH₄の排出量は、当初インベントリでは“NO”として報告していた。

航空ガソリンの使用に伴う温室効果ガスの排出係数は、1996年改訂 IPCC ガイドラインに記載されている。この排出係数を用いて航空ガソリンの使用によるCH₄の排出量を算定した結果、排出量は微小（CO₂換算で千tCO₂未満）であるため、“0”（ゼロ）として報告していたが、2003年度分の報告から排出量を報告することとした。

表 12 航空ガソリンの排出係数

TABLE 1-47 ESTIMATED EMISSION FACTORS FOR US NON-ROAD MOBILE SOURCES						
	UNCONTROLLED EMISSIONS					
	NO _x	CH ₄	NM VOC	CO	N ₂ O	CO ₂
Ocean-Going Ships						
g/kg fuel	87	NAV	NAV	1.9	0.08	3212
g/MJ	2.1	NAV	NAV	0.046	0.002	77.6
Boats						
g/kg fuel	67.5	0.23	4.9	21.3	0.08	3188
g/MJ	1.6	0.005	0.11	0.50	0.002	75.0
Locomotives						
g/kg fuel	74.3	0.25	5.5	26.1	0.08	3188
g/MJ	1.8	0.006	0.13	0.61	0.002	75.0
Farm Equipment						
g/kg fuel	63.5	0.45	9.6	25.4	0.08	3188
g/MJ	1.5	0.011	0.23	0.60	0.002	75.0
Construction and Industrial Equipment						
g/kg fuel	50.2	0.18	3.9	16.3	0.08	3188
g/MJ	1.2	0.004	0.09	0.38	0.002	75.0
Jet and Turboprop Aircraft						
g/kg fuel	12.5	0.087	0.78	5.2	NAV	3149
g/MJ	0.29	0.002	0.018	0.12	NAV	72.8
Gasoline (Piston) Aircraft						
g/kg fuel	3.52	2.64	24	1034	0.04	3172
g/MJ	0.08	0.06	0.54	24	0.0009	72.1

出所) 1996年改訂 IPCC ガイドライン、P 1.81

(Revised 1996 IPCC Guide lines for National Green house Gas Inventories: Reference Manual)

算定方法

(a) 算定の対象

各算定基礎期間において航空ガソリンを使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される CH₄ の量。

(b) 算定方法の選択

燃料消費量 × 排出係数により算定する。

(c) 算定式

排出量は、国内線の航空機の飛行に伴い消費された航空ガソリンの量に、排出係数を乗じて算定する。

$$E = EF \times A$$

E : 航空ガソリンを使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される CH₄ 排出量 (gCH₄)

EF : 国内線の航空機における航空ガソリン 1 MJ 当たりの使用に伴って排出される g で表した CH₄ の量

A : 国内線の航空機の航空ガソリン消費量 (MJ)

(d) 算定方法の課題

- ・ 特になし。

排出係数

(a) 定義

国内線の航空機における航空ガソリン 1 MJ 当たりの使用に伴って排出される g で表した CH₄ の量。

(b) 設定方法

GPG(2000)では、国内で航空機からの排出ガスについての詳細な研究が行われていない場合には、排出係数は世界共通とすべきとされていることから、1996年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値を採用する。

CH₄ の排出係数は、0.06 g/MJ (航空ガソリン)。

(c) 排出係数の推移

表 13 1990～2003 年度の CH₄ 排出係数 (単位: gCH₄/MJ)

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出係数	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出係数	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06

(d) 排出係数の出典

表 14 排出係数の出典

資料名	改訂 IPCC ガイドライン
発行日	1996 年
対象データ	航空ガソリンの消費に伴う CH ₄ の排出係数

(e) 排出係数の課題

- ・ 特になし。

活動量

(a) 定義

各算定基礎期間における国内線の航空機の航空ガソリン消費量。

(b) 活動量の把握方法

「航空輸送統計年報」の値を採用する。

(c) 活動量の推移

表 15 1990～2003 年度の巡航時の活動量（単位：MJ）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
活動量	178,548,009	287,514,072	196,786,964	189,638,363	179,583,554	201,396,810	208,144,555

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
活動量	412,380,762	158,004,132	146,913,778	140,913,690	240,378,310	399,304,760	541,237,420

(d) 活動量の出典

表 16 航空ガソリンの消費量の出典

資料名	平成 2～15 年 航空輸送統計年報
発行日	～2004 年
記載されている最新のデータ	1990～2003 年度のデータ
対象データ	「第 1 表 総括表」 「第 7 表 航空運送事業・航空機使用事業月別、油種別、燃料消費量」

(e) 活動量の課題

- ・ 特になし。

排出量の推移

表 17 1990～2003 年度の CH₄ 排出量（単位：GgCH₄）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出量	0.011	0.017	0.012	0.011	0.011	0.012	0.012

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出量	0.025	0.009	0.009	0.008	0.014	0.024	0.032

その他特記事項

- ・ 特になし。

不確実性評価

(a) 排出係数

ジェット燃料と同様。航空機の排出係数の不確実性は 200%である。

(b) 活動量

ジェット燃料と同様。航空機の活動量の不確実性は 10%である。

(c) 排出量

排出量の不確実性は、排出係数の不確実性と活動量の不確実性を用いて次式のとおりに算定する。

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

U : 排出量の不確実性

U_{EF} : 排出係数の不確実性

U_A : 活動量の不確実性

表 18 排出量の不確実性算定結果

排出源	排出係数 (gCH ₄ /MJ)	排出係数の 不確実性 (%)	活動量 (MJ/年)	活動量の 不確実性 (%)	排出量 (GgCH ₄)	排出量の 不確実性 (%)
航空ガソリン	0.06	200	541,237,420	10	0.032	200

今後の調査の方針

- ・ 航空機の排出係数は、GPG(2000)にも示されているとおり、排出係数は世界共通とすべきである。このため、将来、1996年改訂 IPCC ガイドライン等が改訂され数値が変更された場合には、設定した係数を見直す必要がある。

(3) 航空機（ジェット機）の飛行に伴う排出（1A3a）N₂O

背景

平成 15 年度の国内の輸送に伴うエネルギー消費量全体の約 3.9%を航空機（国内線）が占めている（「平成 17 年版交通関係エネルギー要覧」、国土交通省）。用いられる燃料はジェット燃料が圧倒的に多い。ここでは航空機（国内線）の主流であるジェット航空機からの N₂O 排出量を算定する。

算定方法

(a) 算定の対象

各算定基礎期間においてジェット燃料油を使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される N₂O の量。

(b) 算定方法の選択

GPG(2000)に示されたデシジョンツリーに従うと、日本の場合には、ジェット機については LTO サイクル部分（land and take off：離発着部分）と巡航部分に区分して算定する方法（Tier 2a）を採用することが望ましい。このため、平成 14 年度に LTO サイクル部分と巡航部分に区分して排出量を算定する手法に変更した。

(c) 算定式

国内線の航空機の飛行に伴う排出量を LTO サイクル（離発着時）と巡航時に分けて算定する。

LTO サイクル（離発着時）の排出量は、国内線の航空機の離発着回数に、排出係数を乗じて算定する。

巡航時の排出量は、国内線の航空機の飛行に伴い消費されたジェット燃料油の量（LTO サイクル（離発着時）の消費分は除く）に、排出係数を乗じて算定する。

$$E = EF \times A \text{ (離発着時)}$$

- E : ジェット燃料油を使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される N₂O の排出量 (kgN₂O)
- EF : 国内線の航空機の離発着 1 サイクル(LTO サイクル)当たりの使用に伴って排出される kg で表した N₂O の量。
- A : 国内線の航空機の LTO サイクル数

$$E = EF \times A \text{ (巡航時)}$$

- E : ジェット燃料油を使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される N₂O の排出量 (kgN₂O)
- EF : 国内線の航空機におけるジェット燃料油 1kl 当たりの使用に伴って排出される kg で表した N₂O の量
- A : 国内線の航空機のジェット燃料消費量

(d) 算定方法の課題

特になし。

排出係数

(a) 定義

国内線の航空機の離発着 1 サイクル（LTO サイクル）当たりの使用に伴って排出される kg で表した N₂O の量。

国内線の航空機におけるジェット燃料油 1kl 当たりの使用に伴って排出される kg で表した N₂O の量。

(b) 設定方法

GPG(2000)では、国内で航空機からの排出ガスについての詳細な研究が行われていない場合には、排出係数は世界共通とすべきとされていることから、1996 年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値を採用する。

離発着時の N₂O の排出係数は、0.1kgN₂O/LTO（離発着回数）

巡航時の N₂O の排出係数は、0.078kgN₂O/kl（ジェット燃料）

1996 年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値は 0.1kg/t（ジェット燃料）で、上記を下式により換算する。

（参考）0.1kg/t × ジェット燃料の比重 0.78

(c) 排出係数の推移

表 19 1990～2003 年度の離発着時の排出係数（単位：kgN₂O/LTO）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出係数	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出係数	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

表 20 1990～2003 年度の巡航時の排出係数（単位：kgN₂O/kl）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出係数	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出係数	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078	0.078

(d) 排出係数の出典

表 21 排出係数の出典

資料名	IPCC 改訂ガイドライン
発行日	1996 年
対象データ	ジェット燃料の消費に伴う N ₂ O の排出係数

(e) 排出係数の課題

- ・ 特になし。

表 22 IPCC ガイドライン（設定に用いた排出係数）

TABLE 1-52 DEFAULT EMISSION FACTORS AND FUEL CONSUMPTION FOR AIRCRAFT (LTO EMISSION FACTORS ARE GIVEN ON A PER AIRCRAFT BASIS)								
Domestic								
	Fuel Consumption	Emission Factors						
		CO ₂	CH ₄ (a)	N ₂ O(b)	NO _x	CO	NM VOC(a)	SO ₂ (c)
LTO average fleet (kg/LTO)	850	2680	0.3	0.1	10.2	8.1	2.6	0.8
LTO old fleet (kg/LTO)	1000	3150	0.4	0.1	9.0	17	3.7	1.0
Cruise (kg/t of fuel)		3150	0	0.1	11	7	0.7	1.0
International								
	Fuel Consumption	Emission Factors						
		CO ₂	CH ₄ (a)	N ₂ O(b)	NO _x	CO	NM VOC(a)	SO ₂ (c)
LTO average fleet (kg/LTO)	2500	7900	1.5	0.2	41	50	15	2.5
LTO old fleet (kg/LTO)	2400	7560	7	0.2	23.6	101	66	2.4
Cruise (kg/t of fuel)		3150	0	0.1	17	5	2.7	1.0

Note: The emission factors were calculated as weighted averages for a number of typical aircraft. For domestic traffic, the average fleet is represented by Airbus A320, Boeing 727, Boeing 737--400 and Mc Donald Douglas DC9 and MD80 aircraft. The old fleet is represented by Boeing B737 and McDonald Douglas DC9. For international traffic, the average fleet is represented by Airbus A300, Boeing B767, B747 and McDonald Douglas DC10, whilst the old fleet is represented by the Boeing B707, Boeing B747 and McDonald Douglas DC8. The data for LTO are shown in Table 1-50. Cruise data were taken from Wuebbles et al. (1993). The emission factors for cruise are considered as the best available default factors to date.

(a) For CH₄ and NMVOC it is assumed that the emission factors for LTO cycles be 10% and 90% of total VOC, respectively (Olivier, 1991). Studies indicate that during cruise no methane is emitted (Wiesen et al., 1994).

(b) Estimates based on Tier 1 default values.

(c) Sulphur content of the fuel is assumed to be 0.05% for both LTO and cruise activities.

出所) 1996 年改訂 IPCC ガイドライン、P 1.98

(Revised 1996 IPCC Guide lines for National Green house Gas Inventories: Reference Manual)

活動量

(a) 定義

各算定基礎期間における国内線の航空機の離発着回数と巡航時のジェット燃料消費量。

(b) 活動量の把握方法

「航空輸送統計年報」の値を採用する。

巡航時のジェット燃料消費量は、総燃料消費量から LTO サイクル（離発着時）燃料消費量を差し引いて算出する。LTO サイクル（離発着時）燃料消費量は、1 LTO サイクル当たり燃料消費量 1.09kl/LTO（1966 年改訂 IPCC ガイドラインより）に LTO サイクル数を乗じて求めた。

(c) 活動量の推移

表 23 1990～2003 年度の離発着時の活動量（単位：LTO）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
活動量	430,654	447,489	459,677	467,648	501,181	532,279	546,451

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
活動量	567,729	591,819	605,943	667,559	673,322	689,224	702,650

表 24 1990～2003 年度の巡航時の活動量（単位：kl）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
活動量	2,330,514	2,530,228	2,700,968	2,874,373	3,060,327	3,223,547	3,177,847

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
活動量	3,473,496	3,611,439	3,557,771	3,537,205	3,557,477	3,621,876	3,655,081

(d) 活動量の出典

表 25 ジェット燃料の消費量の出典

資料名	平成 2～15 年 航空輸送統計年報
発行日	～2004 年
記載されている最新のデータ	1990～2003 年度のデータ
対象データ	「第 1 表 総括表」 「第 7 表 航空運送事業・航空機使用事業月別、油種別、燃料消費量」

(e) 活動量の課題

- ・ 特になし。

排出量の推移

表 26 1990～2003 年度の N₂O 排出量（単位：Gg N₂O）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出量	0.22	0.24	0.26	0.27	0.29	0.30	0.30

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出量	0.33	0.34	0.34	0.34	0.34	0.35	0.36

その他特記事項

- ・ 特になし。

不確実性評価

(a) 排出係数

1) 評価方法

航空機の排出係数は、1996年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値を採用している。排出係数の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、GPG(2000)に示された排出係数の不確実性（N₂O：100倍）を採用する。

表 27 グッドプラクティスガイダンスでの記載

（航空機からの CH₄、N₂O の排出係数の不確実性）

The CO₂ emission factors should be within a range of ±5%, as they are dependent only on the carbon content of the fuel and fraction oxidised. The uncertainty of the CH₄ emission factor may be as high as a factor of 2. The uncertainty of the N₂O emission factor may be of several orders of magnitude (i.e. a factor of 10, 100 or more).

出所) GPG(2000)

2) 評価結果

航空機の N₂O 排出係数の不確実性は 10,000%である。

3) 評価方法の課題

- ・ 航空機の排出係数の不確実性は、極めて大きい数値である。
- ・ 不確実性が大きい要因としては、飛行機の機種による差異、計測技術の精度によるもの等が考えられる。
- ・ 1996年改訂 IPCC ガイドラインでの機種別にみた N₂O の排出係数をみると 0.03～0.6kg/LTO であり、不確実性の大きさは、計測技術の精度によるものが主であると考えられる。

表 28 機種別の排出係数

TABLE 1-50 EXAMPLES OF AIRCRAFT TYPES AND EMISSION FACTORS FOR LTO CYCLES AS WELL AS FUEL CONSUMPTION PER AIRCRAFT TYPE								
Aircraft type(a)	Emission factors (kg/LTO)							Fuel consumption (kg/LTO)
	CO ₂	CH ₄ (b)	N ₂ O(c)	NO _x	CO	NM VOC(b)	SO ₂ (d)	
A300	5470	1.0	0.2	27.21	34.4	9.3	1.7	1730
A310	4900	0.4	0.2	22.7	19.6	3.4	1.5	1550
A320	2560	0.04	0.1	11.0	5.3	0.4	0.8	810
BAC1-11	2150	6.8	0.1	4.9	67.8	61.6	0.7	680
BAe 146	1800	0.16	0.1	4.2	11.2	1.2	0.6	570
B707*	5880	9.8	0.2	10.8	92.4	87.8	1.9	1860
B727	4455	0.3	0.1	12.6	9.1	3.0	1.4	1410
B727*	3980	0.7	0.1	9.2	24.5	6.3	1.3	1260
B737-200	2905	0.2	0.1	8.0	6.2	2.0	0.9	920
B737*	2750	0.5	0.1	6.7	16.0	4.0	0.9	870
B737-400	2625	0.08	0.1	8.2	12.2	0.6	0.8	830
B747-200	10680	3.6	0.3	53.2	91.0	32.0	3.4	3380
B747*	10145	4.8	0.3	49.2	115	43.6	3.2	3210
B747-400	10710	1.2	0.3	56.5	45.0	10.8	3.4	3390
B757	4110	0.1	0.1	21.6	10.6	0.8	1.3	1300
B767	5405	0.4	0.2	26.7	20.3	3.2	1.7	1710
Caravelle*	2655	0.5	0.1	3.2	16.3	4.1	0.8	840
DC8	5890	5.8	0.2	14.8	65.2	52.2	1.9	1860
DC9	2780	0.8	0.1	7.2	7.3	7.4	0.9	880
DC10	7460	2.1	0.2	41.0	59.3	19.2	2.4	2360
F28	2115	5.5	0.1	5.3	54.8	49.3	0.7	670
F100	2340	0.2	0.1	5.7	13.0	1.2	0.7	740
L1011*	8025	7.3	0.3	29.7	112	65.4	2.5	2540
SAAB 340	945	1.4(E)	0.03(E)	0.3(E)	22.1(E)	12.7(E)	0.3(E)	300(E)
Tupolev 154	6920	8.3	0.2	14.0	116.81	75.9	2.2	2190
Concorde	20290	10.7	0.6	35.2	385	96	6.4	6420
GAjet	2150	0.1	0.1	5.6	8.5	1.2	0.7	680

Source: ICAO (1995).
(a) Except where indicated, values are for world fleet weighted LTO fuel and emissions performance. The average age of aircraft in service is 10-20 years old. Values for aircraft types marked with a * are specific to older types with poorer emissions performance. Aircraft can be equipped with different engines.
(b) Assuming 10% of total VOC emissions in LTO cycles are methane emission (Olivier, 1991).
(c) Estimates based on Tier 1 default values.
(d) The sulphur content of the fuel is assumed to be 0.05%.
(E) indicates that the figure is based on estimations.

出所) 1996年改訂 IPCC ガイドライン、P 1.96

(Revised 1996 IPCC Guide lines for National Green house Gas Inventories: Reference Manual)

(b) 活動量

1) 評価方法

航空機の活動量は、航空輸送統計年報（承認統計）に基づく値である。活動量の不確実性評価のデシジョンツリーに従い、検討会で設定した活動量の不確実性の標準的値を用いる。

なお、GPG(2000)では、活動量の不確実性についても言及している。GPG(2000)によれば、燃料消費量が全数調査に基づく場合には不確実性は5%以下であるとともに、その主な要因は、燃料消費量の統計が国内線用と国際線用とが別個に集計されていることによるとしている。

算定方法検討会で設定した不確実性の標準的値を採用する。

表 29 グッドプラクティスガイダンスでの記載

（航空機の活動量の不確実性）

The uncertainty in the reporting will be strongly influenced by the accuracy of the data collected on domestic aviation separately from international aviation. With complete survey data, the uncertainty may be very low (less than 5%) while for estimates or incomplete surveys the uncertainties may become large, perhaps a factor of two for the domestic share.

出所) GPG(2000)

2) 評価結果

航空機の活動量の不確実性は、10%である。

3) 評価方法の課題

- ・ 航空輸送統計年報は、すそ切りなしの全数調査であるため、検討会の設定した標準的値は過大評価の可能性がある。統計的処理に基づく不確実性を検討する必要がある。

(c) 排出量

排出量の不確実性は、排出係数の不確実性と活動量の不確実性を用いて次式のとおり算定する。

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

- U : 排出量の不確実性
- U_{EF} : 排出係数の不確実性
- U_A : 活動量の不確実性

表 30 排出量の不確実性算定結果

排出源	排出係数 (kgN ₂ O/LT O)	排出係数の 不確実性 (%)	活動量 (LTO/年)	活動量の 不確実性 (%)	排出量 (GgN ₂ O)	排出量の 不確実性 (%)
ジェット燃料(離発着時)	0.1	10,000	702,650	10	0.075	10,000
排出源	排出係数 (kgN ₂ O/kl)	排出係数の 不確実性 (%)	活動量 (kl/年)	活動量の 不確実性 (%)	排出量 (GgN ₂ O)	排出量の 不確実性 (%)
ジェット燃料(巡航時)	0.078	10,000	3,655,081	10	0.285	10,000

今後の調査の方針

- ・ 航空機の排出係数は、GPG(2000)にも示されているとおり、排出係数は世界共通とすべきである。このため、将来、1996年改訂 IPCC ガイドライン等が改訂され数値が変更された場合には、設定した係数を見直す必要がある。

(4) 航空機（航空ガソリン）の飛行に伴う排出（1A3a）N₂O

背景

航空機の使用燃料には、ジェット燃料に加えて小型機、ヘリコプター等で使用する航空ガソリンがある。航空ガソリンの使用に伴う N₂O の排出量は、当初インベントリでは“NO”として報告していた。

航空ガソリンの使用に伴う温室効果ガスの排出係数は、1996年改訂 IPCC ガイドラインに記載されている。この排出係数を用いて航空ガソリンの使用による N₂O の排出量を算定した結果、排出量は微小（CO₂換算で千 t CO₂未満）であるため、“0”（ゼロ）として報告していたが、2003年度分の報告から排出量を報告することとした。

表 31 航空ガソリンの排出係数

TABLE 1-47 ESTIMATED EMISSION FACTORS FOR US NON-ROAD MOBILE SOURCES						
	UNCONTROLLED EMISSIONS					
	NO _x	CH ₄	NM VOC	CO	N ₂ O	CO ₂
Ocean-Going Ships						
g/kg fuel	87	NAV	NAV	1.9	0.08	3212
g/MJ	2.1	NAV	NAV	0.046	0.002	77.6
Boats						
g/kg fuel	67.5	0.23	4.9	21.3	0.08	3188
g/MJ	1.6	0.005	0.11	0.50	0.002	75.0
Locomotives						
g/kg fuel	74.3	0.25	5.5	26.1	0.08	3188
g/MJ	1.8	0.006	0.13	0.61	0.002	75.0
Farm Equipment						
g/kg fuel	63.5	0.45	9.6	25.4	0.08	3188
g/MJ	1.5	0.011	0.23	0.60	0.002	75.0
Construction and Industrial Equipment						
g/kg fuel	50.2	0.18	3.9	16.3	0.08	3188
g/MJ	1.2	0.004	0.09	0.38	0.002	75.0
Jet and Turboprop Aircraft						
g/kg fuel	12.5	0.087	0.78	5.2	NAV	3149
g/MJ	0.29	0.002	0.018	0.12	NAV	72.8
Gasoline (Piston) Aircraft						
g/kg fuel	3.52	2.64	24	1034	0.04	3172
g/MJ	0.08	0.06	0.54	24	0.0009	72.1

出所) 1996年改訂 IPCC ガイドライン、P 1.81

(Revised 1996 IPCC Guide lines for National Green house Gas Inventories: Reference Manual)

航空機（航空ガソリン）の飛行に伴う排出（1A3a）N₂O

算定方法

(a) 算定の対象

各算定基礎期間において航空ガソリンを使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される N₂O の量。

(b) 算定方法の選択

燃料消費量 × 排出係数により算定する。

(c) 算定式

排出量は、国内線の航空機の飛行に伴い消費された航空ガソリンの量に、排出係数を乗じて算定する。

$$E = EF \times A$$

- E : 航空ガソリンを使用する国内線の航空機の飛行に伴って排出される N₂O 排出量 (gN₂O)
- EF : 国内線の航空機における航空ガソリン 1 MJ 当たりの使用に伴って排出される g で表した N₂O の量
- A : 国内線の航空機の航空ガソリン消費量 (MJ)

(d) 算定方法の課題

- ・ 特になし。

排出係数

(a) 定義

国内線の航空機における航空ガソリン 1MJ 当たりの使用に伴って排出される g で表した N₂O の量。

(b) 設定方法

GPG(2000)では、国内で航空機からの排出ガスについての詳細な研究が行われていない場合には、排出係数は世界共通とすべきとされていることから、1996年改訂 IPCC ガイドラインのデフォルト値を採用する。

N₂O の排出係数は、0.0009 g/MJ (航空ガソリン)

(c) 排出係数の推移

表 32 1990～2003 年度の N₂O 排出係数 (単位: gN₂O/MJ)

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
排出係数	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
排出係数	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009	0.0009

(d) 排出係数の出典

表 33 排出係数の出典

資料名	改訂 IPCC ガイドライン
発行日	1996 年
対象データ	航空ガソリンの消費に伴う N ₂ O の排出係数

(e) 排出係数の課題

- ・ 特になし。

活動量

(a) 定義

各算定基礎期間における国内線の航空機の航空ガソリン消費量。

(b) 活動量の把握方法

「航空輸送統計年報」の値を採用する。

(c) 活動量の推移

表 34 1990～2003 年度の巡航時の活動量（単位：MJ）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
活動量	178,548,009	287,514,072	196,786,964	189,638,363	179,583,554	201,396,810	208,144,555

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
活動量	412,380,762	158,004,132	146,913,778	140,913,690	240,378,310	399,304,760	541,237,420

(d) 活動量の出典

表 35 航空ガソリンの消費量の出典

資料名	平成 2～15 年 航空輸送統計年報
発行日	～2004 年
記載されている最新のデータ	1990～2003 年度のデータ
対象データ	「第 1 表 総括表」 「第 7 表 航空運送事業・航空機使用事業月別、油種別、燃料消費量」

(e) 活動量の課題

- ・ 特になし。

排出量の推移

表 36 1990～2003 年度の N₂O 排出量（単位：GgN₂O）

年度	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996
活動量	0.00016	0.00026	0.00018	0.00017	0.00016	0.00018	0.00019

年度	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
活動量	0.00037	0.00014	0.00013	0.00013	0.00022	0.00036	0.00049

その他特記事項

- ・ 特になし。

不確実性評価

(a) 排出係数

ジェット燃料と同様。航空機の排出係数の不確実性は 10,000%である。

(b) 活動量

ジェット燃料と同様。航空機の活動量の不確実性は 10%である。

(c) 排出量

排出量の不確実性は、排出係数の不確実性と活動量の不確実性を用いて次式のとおり算定する。

$$U = \sqrt{U_{EF}^2 + U_A^2}$$

- U : 排出量の不確実性
- U_{EF} : 排出係数の不確実性
- U_A : 活動量の不確実性

表 37 排出量の不確実性算定結果

排出源	排出係数 (gN ₂ O/MJ)	排出係数の 不確実性 (%)	活動量 (MJ/年)	活動量の 不確実性 (%)	排出量 (GgN ₂ O)	排出量の 不確実性 (%)
航空ガソリン	0.0009	10,000	541,237,420	10	0.00049	10,000

今後の調査の方針

- ・ 航空機の排出係数は、GPG(2000)にも示されているとおり、排出係数は世界共通とすべきである。このため、将来、1996年改訂 IPCC ガイドライン等が改訂され数値が変更された場合には、設定した係数を見直す必要がある。