1.A.3.a 国内航空（Domestic Aviation）（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、国内での航空機の航行に伴うエネルギー消費からの CH_4 及び N_2O 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（GHG）の排出は、ジェット燃料を使用するジェット機及び航空ガソリンを使用する小型軽飛行機やヘリコプターなどがエンジン中で燃料を燃焼することにより起こる。なお、国際線からの排出については、国際バンカー油のカテゴリー[1]で扱っている。

2013 年度における国内の輸送に伴うエネルギー消費量全体の約 4.4%を航空機（国内線）が占めている（「交通関連統計資料集[2]（国土交通省ホームページ）」）。エネルギー量としてはジェット燃料が圧倒的に多く、ジェット機以外の小型軽飛行機やヘリコプターなどに利用されている航空ガソリンが僅かに存在する。

１.２ 排出・吸収トレンド及びその要因

「1.A.3.a 国内航空」からの CH_4 排出量は、国内線航空機のジェット燃料の燃焼に伴う離着陸時の排出量が主である。1990～2000 年度までは 2001 年度の平均排出係数を用いているため、この期間の排出量の変動は、国内線着陸回数の変動を表している。CH_4 排出量は、1990～2002 年度にかけておおむね増加傾向にあったが、2002 年度以降は減少傾向にある。2002～2003 年度、及び 2007～2008 年度にかけて、排出係数が高い機種（B747；表 1 参照）から低い機種への移行があったため、CH_4 排出量が大きく減少している。また、2011～2012 年度にかけて、同様に B747 から他機種への移行があり排出量が低下しているが、国内線着陸数及び燃料消費量はこの間増加しており、合計排出量はそれほど減少していない。

「1.A.3.a 国内航空」からの N_2O 排出量は、CH_4 排出量と同様に、国内線航空機のジェット燃料の燃焼に伴う離着陸時の排出量及び巡航時の排出量が主である。CH_4 と同じく、1990～2000 年度までは 2001 年度の平均排出係数を用いており、この期間の国内線着陸回数と巡航時燃料消費量はおおむね増加傾向にあるため、N_2O 排出量も増加している。2001 年度以降は B747 から別機種への移行があったものの、B747 の排出係数（表 1 参照）は他の機種の排出係数と大きな差はないため N_2O の排出量は CH_4 ほど大きく変動していない。2007～2011 年度までは国内線着陸回数の減少や燃料消費量の減少といった要因により N_2O 排出量も減少傾向であった。2011 年度以降は国内線着陸回数の増加、燃料消費量の増加により N_2O 排出量も増加傾向に転じている。

2020 年度は新型コロナウイルス感染症の感染拡大に伴い活動量が減少しており、CH_4 及び N_2O 排出量も減少したが、主要な活動量の一つである国内線離着陸回数（表 8 参照）を見ると

---

1 国際バンカー油は国際航空及び外航海運のための燃料のこと。バンカー油の燃焼に伴う CO_2 排出量は、世界全体の GHG 排出量の約 4%を占める。しかし、国にどう割り当てるかの方法が難しいため、現在のところ、バンカー油からの CO_2 排出は各国の GHG 削減目標の対象から除外されている。なお、GHG インベントリにおいては、国際バンカー油からの排出は我が国の総排出量には含めず、参考値として排出量を報告している。

2 2018 年 5 月閲覧

2021 年度から回復傾向を示し、2022 年度以降は 2019 年度と同水準（2019 年度に対する比率：2020 年度約 60%、2021 年度 約 80%、2022 年度以降 約 100%）となり、排出量も 2019 年度と同水準となっている。

「1.A.3.a 国内航空」からの排出量の経年推移を図 1 及び図 2 に示す。

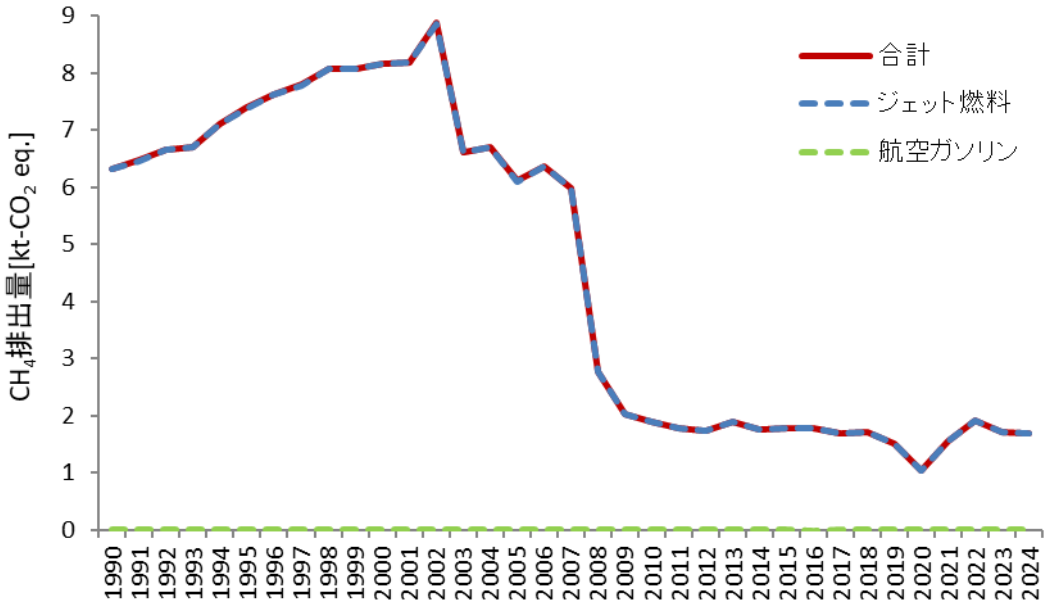

図 1 「1.A.3.a 国内航空」からの CH_4 排出量の推移

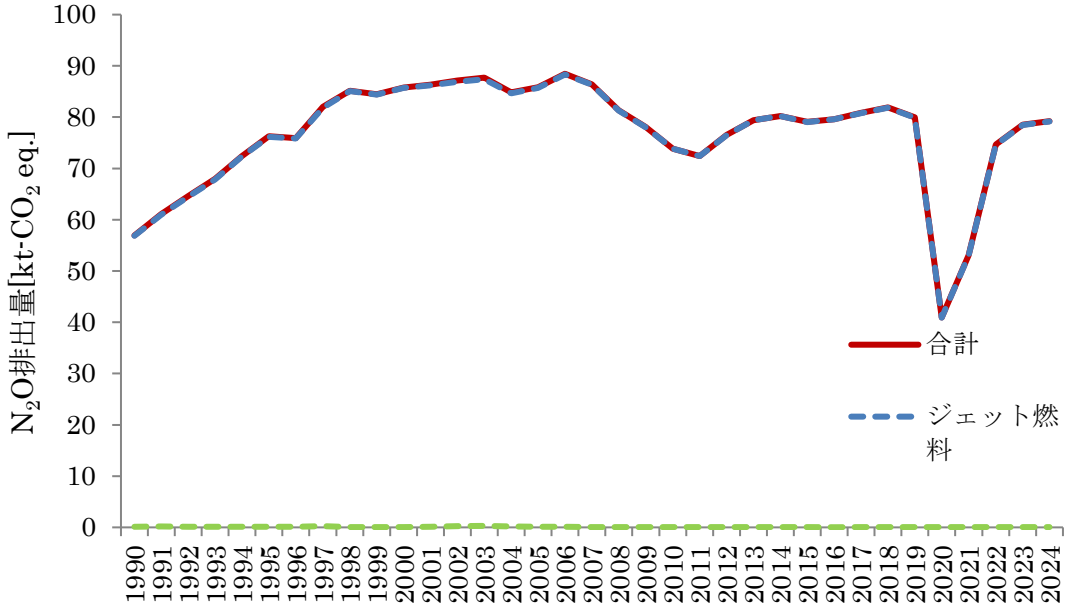

図 2 「1.A.3.a 国内航空」からの N_2O 排出量の推移

2．排出・吸収量算定方法

2.1 排出・吸収量算定式

航空機からの排出量は、ジェット燃料を使用するジェット機からの離着陸時及び巡航時の排出

及び航空ガソリンを使用する小型軽飛行機やヘリコプターからの排出量を合計して計算している。

「離着陸時」は高度 3,000 フィート（約 1,000 m）までの離発着を指し、「巡航時」は高度 3,000 フィート以上での飛行を指す。

2006 年 IPCC ガイドラインのデシジョンツリー[3]に従い、ジェット機に用いられるジェット燃料からの離着陸時の排出については、Tier 2b 法を用いて機種別の LTO[4] 1 サイクル当たりの排出係数に LTO サイクル数を乗じることにより CH_4 及び N_2O 排出量を算定している。LTO サイクルの概要を図 3 に示す。

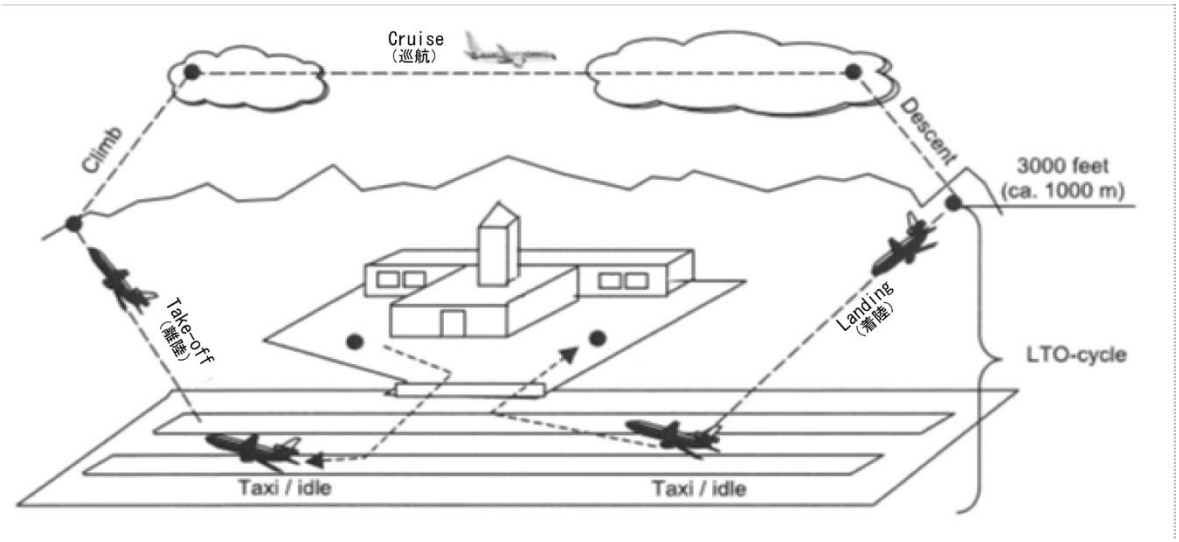

図 3　LTO サイクル[5]（高度 3,000 フィート（約 1,000 m）以下）

ジェット機の巡航時の排出については、合計の燃料消費量から、機種別 LTO サイクル数から計算した離着陸時の燃料消費量を差し引いた巡航時の燃料消費量に、燃料消費量当たりの低位発熱量（NCV）ベースの排出係数を乗じることにより CH_4 及び N_2O 排出量を算定している。

また、ジェット機以外の小型軽飛行機やヘリコプターなどに用いる航空ガソリンからの排出については、Tier 1 法を用いて国内線燃料総消費量に燃料消費量当たりの NCV ベースの排出係数を乗じて CH_4 及び N_2O 排出量を算定している。

$$E = E_{LTO} + E_J + E_G$$

E　：航空部門の合計 CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
E_{LTO}　：ジェット燃料の燃焼に伴う国内線航空機の離着陸時の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
E_J　：ジェット燃料の燃焼に伴う国内線航空機の巡航時の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
E_G　：航空ガソリンの燃焼に伴う国内線航空機からの CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］

【ジェット機（ジェット燃料を使用）】

3 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol.2, Chapter 3, p.3.60, Fig. 3.6.1
4 Landing and Take Off（高度 3,000 フィートまでの離発着）
5 IPCC, “Background Papers: IPCC Expert Meetings on Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories” p.95, Figure 1 より作成。

$$E_{LTO} = \sum_i (EF_i \times A_i)$$

EF_i　：機種 i における LTO 排出係数［kg-CH_4/LTO, kg-N_2O/LTO］
A_i　：機種 i の国内線着陸回数［LTO］
i　：機種

$$E_J = EF_J \times A_J$$

EF_J　：ジェット燃料の燃焼に伴う巡航時の排出係数［kg-CH_4/TJ, kg-N_2O/TJ］
A_J　：巡航時の国内線燃料消費量［TJ］
（巡航時燃料消費量 ＝ 総燃料消費量 － 離発着時燃料消費量）

【ジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプター（航空ガソリンを使用）】

$$E_G = EF_G \times A_G$$

EF_G　：航空ガソリンの排出係数［kg-CH_4/TJ, kg-N_2O/TJ］
A_G　：航空ガソリンの燃料消費量［TJ］

2.2 排出係数

【ジェット機（ジェット燃料を使用）】

ジェット機の離着陸時の CH_4 及び N_2O 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[6]を使用している（表 1 参照）。これは機種別の LTO 当たりデフォルト値であり、活動量として引用する「PRTR 届出外排出量算定資料（環境省）」において用いられている機種と対応付けることにより、「PRTR 届出外排出量算定資料」における機種に対してデフォルト値を設定した。ただし、2000 年度以前については機種別の LTO サイクル数が不明であるため、2001 年度の全機種の平均 CH_4、N_2O 排出係数を使用している。ジェット機の巡航時の CH_4、N_2O の排出係数は、2006 年 IPCC ガイドラインに示された NCV ベースのデフォルト値[7]を使用している（表 2 参照）。

【ジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプター（航空ガソリンを使用）】

航空ガソリンの CH_4、N_2O の排出係数は、2006 年 IPCC ガイドラインに示された NCV ベースのデフォルト値[8]を使用している（表 2 参照）。

6 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 2, Chapter 3, p. 3.70, Table 3.6.9
7 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 2, Chapter 3, p. 3.64, Table 3.6.5
8 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 2, Chapter 3, p. 3.64, Table 3.6.5

表 1　ジェット機の機種別の離着陸時 CH_4、N_2O 排出係数及び燃料消費量

機種名	CH_4 ［kg/LTO］	N_2O ［kg/LTO］	燃料消費量 ［kg/LTO］	排出係数及び燃料消費量の設定根拠
B727	0.81	0.10	1,460	2006 年 IPCC ガイドラインに示された B727-100,-200 の最大値を適用
B737-300	0.08	0.10	780	B737-300/400/500 を適用
B737-400	0.08	0.10	780	B737-300/400/500 を適用
B737-500	0.08	0.10	780	B737-300/400/500 を適用
B747SR	4.84	0.40	3,440	CH_4 及び N_2O は、B747-100,-200,-300 の最大値を適用 燃料消費量は、B747-100,-200,-300 の平均値を適用
B747-400	0.22	0.30	3,240	B747-400 を適用
B747-8	0.22	0.30	3,240	B747-400 を適用
B762	0.33	0.10	1,460	B767-200 を適用
B767-300	0.12	0.20	1,780	B767-300 を適用
B777-200	0.07	0.30	2,560	B777-200/300 を適用
B777-300	0.07	0.30	2,560	B777-200/300 を適用
B737-700	0.09	0.10	780	B737-700 を適用
B737-800	0.07	0.10	880	B737-800/900 を適用
B787	0.12	0.20	1,780	B767-300 を適用
A220-300	0.06	0.10	770	A320 を適用
A300-B2,B4	0.12	0.20	1,720	A300 を適用
A300-600	0.12	0.20	1,720	A300 を適用
A310-300	0.63	0.20	1,510	A310 を適用
A320	0.06	0.10	770	A320 を適用
A320-200	0.06	0.10	770	A320 を適用
A321-200	0.14	0.10	960	A321 を適用
MD11	0.24	0.20	2,310	MD-11 を適用
MD81	0.19	0.10	1,010	MD-80 を適用
MD82	0.19	0.10	1,010	MD-80 を適用
MD83	0.19	0.10	1,010	MD-80 を適用
MD87	0.19	0.10	1,010	MD-80 を適用
MD90	0.01	0.10	870	MD-90 を適用
DC10	0.24	0.20	2,310	DC-10 を適用
DHC-6	0.00	0.02	200	DHC8-100 を適用
FOKKER 50	0.14	0.10	760	Fokker 100/70/28 を適用
FOKKER 100	0.14	0.10	760	Fokker 100/70/28 を適用
SAAB 340B	0.00	0.02	200	DHC8-100 を適用
DHC-8	0.00	0.02	200	DHC8-100 を適用
Q4	0.00	0.02	200	DHC8-100 を適用
CRJ100	0.06	0.03	330	CRJ-100ER を適用
CRJ700	0.06	0.03	330	CRJ-100ER を適用
BAEJETSTREAM31	0.06	0.01	70	Beech King Air を適用
TU-154	11.90	0.20	2,060	Tu-154-M と-B の最大値を適用
AN24	0.03	0.02	200	ATR72-500 を適用
YAK40	0.25	0.10	910	Yak-42M を適用
DO228	0.06	0.01	70	Beech King Air を適用
BN2B-26	0.06	0.01	70	Beech King Air を適用
ERJ170	0.06	0.03	310	ERJ-145 を適用
T204	0.02	0.10	1,460	B757-200,-300 の最大値を適用
その他小型機	0.03	0.02	157	ターボプロップ機 3 機種の平均を適用
2001 年度の全機種の平均排出係数 1)	0.34	0.15	－	機種別デフォルト値と 2001 年度の機種別 LTO を用いて算出

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

1)　「2001 年度の全機種の平均排出係数」は 2000 年度以前の全機種に適用する。

2)　「機種名」に示されている機種名は、「PRTR 届出外排出量算定資料（環境省）」に示された機種名を示し、「排出係数及び燃料消費量の設定根拠」に示されている機種名は、2006 年 IPCC ガイドラインに示された機種名を示す。

表 2　航空機の CH_4 及び N_2O 排出係数

航空機の種類（燃料）	区分	CH_4	N_2O
ジェット機（ジェット燃料）	離着陸時	機種別に設定（表 1 参照）	
	巡航時	－［kg-CH_4/TJ］	2［kg-N_2O/TJ］
ジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプターなど（航空ガソリン）	－	0.5［kg-CH_4/TJ］	2［kg-N_2O/TJ］

（出典）2006 年 IPCC ガイドライン Vol. 2, p.3.64, Table 3.6.5
※単位の［kg/TJ］は NCV 当たりの排出量

2.3 活動量

【ジェット機（ジェット燃料を使用）】

ジェット機の離着陸時の活動量については、「PRTR 届出外排出量算定資料」に示された機種別の離着陸回数を使用している。ただし、このデータは国際線の離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「空港管理状況調書（国土交通省）」の数値に一致するように、各機種とも同じ比率で離着陸回数を減じる。ただし、2000 年度以前の活動量が機種別に得られないため、1990～2000 年度までは年間離着陸回数を使用している（1990～2000 年度までは、表 6 参照。2001 年度以降については、表 3 参照。）。

ジェット機の離着陸時のジェット燃料消費量は、上記の離着陸回数に 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[9]（表 1 参照）を乗じることによって算出する。なお、熱量換算については、ジェット燃料の比重 0.78 t/kL、高位発熱量（GCV）を NCV に変換する係数及び表 4 に示す標準発熱量（「総合エネルギー統計（資源エネルギー庁）」）を用いて次式に従って換算する。

$$A_J = (\mathrm{NCV}/\mathrm{GCV}) \times C \times FC/0.78$$

A_J　：離着陸時の NCV ベースの燃料消費量［GJ］
NCV/GCV　：GCV を NCV に変換する係数
（～2012 年度：0.95、2013 年度～：0.94（総合エネルギー統計（資源エネルギー庁））
C　：発熱量（ジェット燃料）［MJ/L］
FC　：離着陸時の燃料消費量［t］

また、ジェット機の巡航時の燃料消費量については、「航空輸送統計年報（国土交通省）」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（表 6 参照）。

【ジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプター（航空ガソリンを使用）】

ジェット機以外の小型軽飛行機及びヘリコプターの活動量については、「総合エネルギー統計」に示された運輸部門の航空（旅客、貨物）におけるガソリン消費量を活動量として使用している（表 6 参照）。なお、熱量換算については、GCV を NCV に換算する係数及び表 5 に示す実質発熱量（「総合エネルギー統計」）を用いて次式に従って換算する。なお、2017 年度排出量算定時から、航空ガソリン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

9 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 2, Chapter 3, p. 3.70, Table 3.6.9

ることとした。

$$A_G = (\mathrm{NCV/GCV}) \times C \times FC_G$$

A_G	：航空ガソリンの NCV ベースの燃料消費量［MJ］
NCV/GCV	：GCV を NCV に変換する係数 （～2012 年度：0.95、2013 年度～：0.94（総合エネルギー統計（資源エネルギー庁）））
C	：発熱量（ガソリン）［MJ/L］
FC_G	：航空ガソリンの燃料消費量［L］

表 3　ジェット機の主な機種別の国内線離着陸回数

（単位：回）

機種名	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
B727	436	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B737-300	179	114,883	75,619	104,953	103,446	107,528	109,017	90,578	89,671	84,163
B737-400	54,909	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B737-500	68,204	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B747SR	42,947	46,017	31,564	33,602	29,644	29,957	26,725	5,719	2,447	2,574
B747-400, B747-8	55,842	66,085	58,544	58,844	53,573	55,724	62,013	41,290	35,623	22,254
B762	0	12,336	6,858	3,617	350	33,508	35,949	32,114	1,689	0
B767-300	146,472	121,563	104,922	104,199	102,510	77,064	78,606	77,255	102,084	100,696
B777-200	45,828	37,713	44,267	37,055	44,512	47,719	52,985	64,388	61,006	61,334
B777-300	22,932	26,160	29,547	32,711	31,432	33,126	35,763	26,320	26,041	27,987
B737-700	0	0	0	0	702	7,132	13,835	29,883	22,478	23,968
B737-800	0	0	0	0	0	0	3,913	32,605	59,020	96,631
B787	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A300-B2, B4	27,066	4,001	6,761	14,661	4,893	5,309	5,932	886	285	856
A300-600	27,990	22,301	31,773	32,965	32,459	33,475	35,953	31,302	30,158	20,641
A310-300	1,418	18,658	14,701	2,643	5,418	2,210	2,493	604	531	245
A320, A220-300	58,882	40,089	46,910	45,913	46,986	57,704	53,731	49,463	56,763	47,763
A320-200	146	677	1,292	1,216	1,196	1,293	1,484	4,310	3,286	3,004
A321-200	16,901	10,160	10,986	11,351	11,327	7,355	2,495	3,827	3,476	7,108
MD11	6,800	8,857	4,236	3,563	1,970	2,350	2,416	261	0	0
MD81	42,715	37,494	35,045	37,503	38,370	38,766	36,890	35,486	22,104	3,337
MD82	525	521	522	522	521	521	521	0	0	0
MD83	110	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MD87	23,598	14,546	13,977	13,894	15,777	16,375	15,140	4	0	0
MD90	39,393	28,444	33,268	33,083	33,299	32,015	32,354	32,717	30,931	29,803
DC10	9,008	16,433	5,434	4,693	1,853	996	1,011	0	0	0
DHC-6	7,924	1,635	1,852	1,690	1,461	0	0	0	0	0
FOKKER 50	9,596	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FOKKER 100	354	209	209	209	209	209	209	0	0	0
SAAB 340B	44,372	33,122	33,757	33,631	34,532	34,289	35,640	36,980	35,424	27,554
DHC-8	8,699	6,671	17,835	19,594	27,053	25,849	23,233	21,904	18,417	18,021
Q4	0	807	6,069	21,857	37,781	49,103	53,137	57,953	58,414	60,067
CRJ100, CRJ700	2,721	9,213	12,836	15,452	17,621	22,032	22,534	21,535	21,148	21,041
BAEJETSTREAM31	21,854	4,763	1,336	0	0	0	0	0	0	0
TU-154	225	417	417	417	417	417	417	104	0	0
AN24	108	209	313	313	313	313	313	0	0	0
YAK40	126	271	390	380	364	380	402	156	0	0
DO228	2,864	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BN2B-26	33,092	10,091	7,310	2,473	2,352	1,593	1,565	1,112	180	0
ERJ170	0	0	0	0	0	0	0	619	8,632	19,338
T204	0	0	0	0	0	0	0	104	0	0
その他小型機	43,016	180,241	249,174	211,326	212,449	200,620	173,529	200,896	202,033	203,540

1)　「機種名」は、「PRTR 届出外排出量算定資料（環境省）」に示された機種名を示す。

（単位：回）

機種名	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
B727	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B737-300	129,596	129,265	131,428	131,682	79,520	68,273	37,731	54,398	14,742	7,296
B737-400	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B737-500	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
B747SR	2,105	568	1,246	0	803	774	0	0	0	0
B747-400, B747-8	14,829	15,995	13,672	7,952	5,145	6,512	4,719	1,679	1,198	2,283
B762	0	3,213	2,169	1,351	526	0	0	0	0	0
B767-300	104,550	95,430	87,126	79,492	75,469	73,386	79,686	81,505	51,937	25,944
B777-200	60,139	59,245	60,163	54,756	56,643	47,728	44,070	51,785	32,635	12,127
B777-300	26,169	31,354	32,413	32,217	20,955	26,188	26,540	21,816	13,680	7,270
B737-700	22,544	16,714	18,334	18,481	17,603	16,858	45,115	16,821	11,732	13,377
B737-800	88,933	96,685	117,789	129,603	165,987	165,312	178,082	210,382	157,231	133,720
B787	1,374	9,429	16,909	27,853	28,923	27,458	40,599	38,260	29,987	31,180
A300-B2, B4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A300-600	431	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A310-300	247	244	205	240	229	2,434	0	1,551	1,235	769
A320, A220-300	54,792	88,284	94,619	101,842	102,926	97,021	53,807	53,920	63,209	70,888
A320-200	2,539	1,975	2,864	3,176	4,396	4,498	9,988	5,966	587	2,081
A321-200	6,594	8,386	12,396	16,109	19,587	20,132	22,464	32,232	20,984	14,911
MD11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MD81	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MD82	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MD83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MD87	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MD90	25,910	8,686	469	0	0	0	0	0	0	0
DC10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DHC-6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FOKKER 50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FOKKER 100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SAAB 340B	46,933	35,524	37,496	31,931	32,533	35,267	22,205	18,858	11,263	5,120
DHC-8	43,917	23,599	25,657	22,188	24,755	17,329	3,196	156	0	47,736
Q4	61,679	70,805	75,307	77,153	79,657	77,355	79,252	73,621	65,372	0
CRJ100, CRJ700	36,502	43,203	43,042	43,246	43,335	32,366	28,835	344	51,717	35,759
BAEJETSTREAM31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TU-154	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AN24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
YAK40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DO228	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BN2B-26	1,460	1,460	0	1,777	0	0	0	0	0	0
ERJ170	29,847	42,955	51,278	59,551	63,537	69,562	70,202	54,850	74,498	39,809
T204	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
その他小型機	121,319	155,397	168,065	165,357	174,305	205,763	252,265	284,566	400,486	177,188

1) 「機種名」は、「PRTR 届出外排出量算定資料（環境省）」に示された機種名を示す。

（単位：回）

機種名	2021	2022	2023	2024
B727	0	0	0	0
B737-300	2617	0	16,711	16,412
B737-400	0	0	0	0
B737-500	0	0	0	0
B747SR	1887	1746	262	257
B747-400, B747-8	0	0	1,685	1,655
B762	0	0	0	0
B767-300	33,042	52,149	57,142	56,121
B777-200	10,346	12,075	12,077	11,861
B777-300	8,265	6,374	19,941	19,584
B737-700	11,361	0	10,865	10,670
B737-800	168,471	218,744	198,374	194,828
B787	48,521	60,811	57,811	56,777
A300-B2, B4	0	0	897	881
A300-600	0	0	9,495	9,326
A310-300	0	0	112	110
A320, A220-300	89,925	98,677	74,662	73,327
A320-200	0	0	5,047	4,956
A321-200	26,860	45,159	30,003	29,467
MD11	0	0	0	0
MD81	0	0	0	0
MD82	0	0	0	0
MD83	0	0	0	0
MD87	0	0	0	0
MD90	0	0	0	0
DC10	0	0	0	0
DHC-6	0	0	0	0
FOKKER 50	0	0	0	0
FOKKER 100	0	0	0	0
SAAB 340B	6,198	0	0	0
DHC-8	54,777	60,353	67,847	67,847
Q4	0	0	0	0
CRJ100, CRJ700	45,781	48,678	51,206	51,206
BAEJETSTREAM31	0	0	0	0
TU-154	0	0	0	0
AN24	0	0	0	0
YAK40	0	0	0	0
DO228	0	0	0	0
BN2B-26	0	0	0	0
ERJ170	52,202	73,876	75,640	75,640
T204	0	0	0	0
その他小型機	232,806	327,048	312,272	312,272

1) 「機種名」は、「PRTR 届出外排出量算定資料（環境省）」に示された機種名を示す。

表 4　熱量換算に用いる標準発熱量（ジェット燃料）

項目	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
発熱量	MJ/l	36.4	36.4	36.4	36.4	36.4	36.4	36.4	36.4	36.4	36.4

項目	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
発熱量	MJ/l	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7	36.7

項目	単位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
発熱量	MJ/l	36.7	36.7	36.7	36.3	36.3	36.2	36.3	36.4	36.4	36.3

項目	単位	2020	2021	2022	2023	2024
発熱量	MJ/l	36.3	36.3	36.5	36.4	36.5

表 5　熱量換算に用いる実質発熱量（ガソリン（バイオマス成分控除後））

項目	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
発熱量	MJ/l	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6

項目	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
発熱量	MJ/l	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6	34.6

項目	単位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
発熱量	MJ/l	34.5	34.5	34.5	33.3	33.3	33.2	33.2	33.2	33.2	33.2

項目	単位	2020	2021	2022	2023	2024
発熱量	MJ/l	33.1	33.2	33.2	33.1	33.1

表 6　航空機からの排出量算定に使用する活動量

項目	単位	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
ジェット機の離着陸回数	回	669,259	685,419	705,630	710,067	753,789	783,004	807,577	826,099	856,100	855,350
ジェット燃料消費量	TJ	96,867	104,412	110,778	117,078	124,776	131,596	130,549	141,580	147,261	145,936
ジェット機の離着陸時燃料消費量		40,774	41,758	42,989	43,260	45,923	47,703	49,200	50,329	52,157	52,111
ジェット機の巡航時燃料消費量		56,094	62,653	67,789	73,818	78,853	83,892	81,348	91,251	95,104	93,825
小型軽飛行機、ヘリコプターの航空ガソリン消費量		176	283	194	187	177	198	205	406	156	145

項目	単位	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
ジェット機の離着陸回数	回	864,542	867,252	874,587	887,726	884,329	894,790	924,930	920,205	900,375	891,840
ジェット燃料消費量	TJ	148,688	149,614	152,463	154,131	148,732	150,751	156,334	152,303	143,869	136,926
ジェット機の離着陸時燃料消費量		53,078	53,244	51,529	46,382	46,755	45,076	46,599	48,282	41,199	39,603
ジェット機の巡航時燃料消費量		95,610	96,369	100,934	107,749	101,977	105,675	109,735	104,021	102,670	97,322
小型軽飛行機、ヘリコプターの航空ガソリン消費量		141	240	399	541	341	252	268	137	91	77

項目	単位	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ジェット機の離着陸回数	回	881,924	882,408	938,415	992,647	1,005,956	996,834	994,217	998,755	1,002,711	1,002,392
ジェット燃料消費量	TJ	129,067	126,319	133,673	137,832	139,283	137,768	139,206	141,826	143,536	142,833
ジェット機の離着陸時燃料消費量		37,402	36,061	37,524	37,853	37,292	35,608	34,740	34,717	35,318	26,945
ジェット機の巡航時燃料消費量		91,666	90,258	96,149	99,979	101,991	102,160	104,466	107,109	108,218	115,889
小型軽飛行機、ヘリコプターの航空ガソリン消費量		62	54	62	58	55	53	52	60	80	89

項目	単位	2020	2021	2022	2023	2024
ジェット機の離着陸回数	回	627,507	793,058	1,005,691	1,002,046	993,197
ジェット燃料消費量	TJ	71,489	93,058	132,382	139,104	140,629
ジェット機の離着陸時燃料消費量		18,618	23,320	29,336	30667	30235
ジェット機の巡航時燃料消費量		52,870	69,738	103,046	108,437	110,394
小型軽飛行機、ヘリコプターの航空ガソリン消費量		73	75	77	76	70

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

	2015 年提出	2016 年提出
排出・吸収量算定式	PRTR 届出外排出量算定資料記載の機種別 LTO データと、2006 年 IPCC ガイドラインの機種別 LTO 当たり排出係数を用いて、Tier 2b 法により航空機の離着陸時排出量を算出する形式に変更。	－
排出係数	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ジェット燃料を使用している国内線ジェット機の離着陸時の CH_4 及び N_2O 排出係数、ジェット機の巡航時の N_2O 排出係数、及び航空ガソリンを使用しているジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプターなどの CH_4 及び N_2O 排出係数の見直し。	－
活動量	算定方法の Tier 2b 法への移行に伴い、PRTR 届出外排出量算定資料記載の機種別 LTO データを使用。	航空ガソリンの排出量算定において、資源エネルギー庁のエネルギー源別標準発熱量を用いる形式から、実質発熱量を用いる形式に変更。

（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

航空機からの排出量は、ジェット燃料を使用するジェット機からの離着陸時及び巡航時の排出及び航空ガソリンを使用する小型軽飛行機やヘリコプターからの排出の合計として計算していた。

$$E = E_{LTO} + E_J + E_G$$

E　：航空部門の合計 CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
E_{LTO}　：ジェット燃料の燃焼に伴う国内線航空機の離着陸時の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
E_J　：ジェット燃料の燃焼に伴う国内線航空機の巡航時の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
E_G　：航空ガソリンの燃焼に伴う国内線航空機からの CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］

【ジェット機（ジェット燃料を使用）】

Good Practice Guidance（GPG）（2000）に示されている Tier 2a の推計方法を用い、ジェット燃料を使用する国内線の航空機の飛行に伴う排出量を離着陸時と巡航時に分けて算定していた。ジェット機の離着陸時の排出量は、国内線の航空機の離着陸回数に、排出係数を乗じて算定していた。ジェット機の巡航時の排出量は、国内線の航空機の飛行に伴い消費されたジェット燃料消費量（離着陸時の消費分は除く。）に、排出係数を乗じて算定していた。

$$E_{LTO} = EF \times A$$

E_{LTO} ：ジェット燃料の燃焼に伴う国内線航空機の離着陸時の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
EF ：LTO 排出係数［kg-CH_4/LTO, kg-N_2O/LTO］
A ：国内線着陸回数［LTO］

$$E_J = EF_J \times A_J$$

E_J ：ジェット燃料の燃焼に伴う国内線航空機の巡航時の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
EF_J ：ジェット燃料 1kl 当たりの巡航時排出係数［kg-CH_4/kl, kg-N_2O/kl］
A_J ：巡航時の国内線燃料消費量［TJ］

【ジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプター（航空ガソリンを使用）】

算定方法は GPG（2000）に示されている Tier 1 の推計方法を用い、航空ガソリンを使用する小型軽飛行機、ヘリコプターの飛行に伴う排出量は、国内線の航空機における航空ガソリンの消費量に、排出係数を乗じて算定していた。

$$E_G = EF_G \times A_G$$

E_G ：航空ガソリンの燃焼に伴う国内線航空機の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
EF_G ：国内線航空機の航空ガソリン排出係数［kg-CH_4/TJ, kg-N_2O/TJ］
A_G ：国内線航空機の航空ガソリン消費量［TJ］

2）排出係数

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の値を使用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[10, 11]を使用した。ジェット燃料を使用するジェット機の排出係数を表 8 に示す。航空ガソリンを使用するジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプターなどの NCV ベースの排出係数を表 9 に示す。

表 8 ジェット燃料の燃焼に関する排出係数

ガス	値
CH_4	（離着陸時）0.3［kg-CH_4/LTO］ （巡航時） 0.0［kg-CH_4/t］
N_2O	（離着陸時）0.1［kg-N_2O/LTO］ （巡航時） 0.1［kg- N_2O/t］

（出典）1996 年改訂 IPCC ガイドライン, p.1.98, Table 1-52

表 9 航空ガソリンの燃焼に関する排出係数

ガス	値
CH_4	0.06［g-CH_4/MJ］
N_2O	0.0009［g-N_2O/MJ］

（出典）1996 年改訂 IPCC ガイドライン, p.1.89, Table 1-47

10 IPCC, “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 3, Chapter 1, p.1.98, Table 1-52
11 IPCC, “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 3, Chapter 1, p.1.89, Table 1-47

※単位の［g/MJ］は NCV 当たりの排出量

3）活動量

【ジェット機（ジェット燃料を使用）】

「航空輸送統計年報」で把握された国内線航空機の LTO サイクル数及びジェット燃料消費量を使用していた。また、ジェット機の巡航時のジェット燃料消費量は、総燃料消費量から離着陸時燃料消費量を差し引いて算出していた。離着陸時燃料消費量は、1 LTO サイクル当たり燃料消費量 850 kg/LTO[12]に比重 0.78 g/ml を用いて換算した 1.09 kl/LTO に LTO サイクル数を乗じて算定していた。

【ジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプター（航空ガソリンを使用）】

「総合エネルギー統計」で把握された国内線航空機の NCV ベースの航空ガソリン消費量を使用していた。

（2）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

【ジェット機（ジェット燃料を使用）】

2013 年訪問審査での指摘 [13]を受け、「PRTR 届出外排出量算定資料」に記載されている機種別 LTO データ（空港別・機種別年間着陸回数）と、2006 年 IPCC ガイドラインの機種別 LTO 当たり排出係数 [14]を用いて、Tier 2b 法により航空機の離着陸時排出量を算出することとなった。

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

E ：ジェット燃料の燃焼に伴う国内線航空機の離着陸時の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
EF_i ：機種 i における LTO 排出係数［kg-CH_4/LTO, kg-N_2O/LTO］
A_i ：機種 i の国内線着陸回数［LTO］
i ：機種

$$E = EF \times A$$

E ：ジェット燃料の燃焼に伴う国内線航空機の巡航時の CH_4、N_2O 排出量［kg-CH_4, kg-N_2O］
EF ：ジェット燃料の燃焼に伴う巡航時の排出係数［kg-CH_4/TJ, kg-N_2O/TJ］
A ：巡航時の国内線燃料消費量［TJ］

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 [15]に基づき、2006 年 IPCC ガイドラインを適用し、

12 IPCC, “Revised 1996 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 3, Chapter 1, p.1.98, Table 1-52

13 「航空機からの排出量算定において、全年にわたり同じ LTO 燃料消費係数を使用しているため、Tier 2b 法（機種ごとの LTO と排出係数から算出）への移行か、若しくは各年の機種別データに基づく加重平均値を用いることを検討すること。」という指摘を受けた。

14 IPCC, “2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories”, Vol. 2, Chapter 3, p. 3.70, Table 3.6.9

15 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”

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ジェット燃料を使用している国内線ジェット機の離着陸時のCH_4及びN_2O排出係数、ジェット機の巡航時のN_2O排出係数、及び航空ガソリンを使用しているジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプターなどのCH_4及びN_2O排出係数の見直しを行った（表 10、表 11、表 12、表 13及び表 14参照）。

表 10　変更前後のジェット機の離着陸時 CH_4 排出係数

燃料	変更前		変更後		
	kg-CH_4/LTO	出典	機種名	kg-CH_4/LTO	出典
ジェット燃料（離着陸時）	0.3	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-52	B727	0.81	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Civil Aviation Table 3.6.9
			B737-300	0.08	
			B737-400	0.08	
			B737-500	0.08	
			B747SR	4.84	
			B747-400	0.22	
			B762	0.33	
			B767-300	0.12	
			B777-200	0.07	
			B777-300	0.07	
			B737-700	0.09	
			B737-800	0.07	
			B787	0.12	
			A300-B2, B4	0.12	
			A300-600	0.12	
			A310-300	0.63	
			A320	0.06	
			A320-200	0.06	
			A321-200	0.14	
			MD11	0.24	
			MD81	0.19	
			MD82	0.19	
			MD83	0.19	
			MD87	0.19	
			MD90	0.01	
			DC10	0.24	
			DHC-6	0.00	
			FOKKER 50	0.14	
			FOKKER 100	0.14	
			SAAB 340B	0.00	
			DHC-8	0.00	
			Q4	0.00	
			CRJ100	0.06	
			BAEJETSTREAM31	0.06	
			TU-154	11.90	
			AN24	0.03	
			YAK40	0.25	
			DO228	0.06	
			BN2B-26	0.06	
			ERJ170	0.06	
			T204	0.02	
			その他小型機	0.03	

表 11　変更前後のジェット機の離着陸時 N_2O 排出係数

燃料	変更前		変更後		
	kg-N_2O/LTO	出典	機種名	kg-N_2O/LTO	出典
ジェット燃料（離着陸時）	0.1	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-52	B727	0.10	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Civil Aviation Table 3.6.9
			B737-300	0.10	
			B737-400	0.10	
			B737-500	0.10	
			B747SR	0.40	
			B747-400	0.30	
			B762	0.10	
			B767-300	0.20	
			B777-200	0.30	
			B777-300	0.30	
			B737-700	0.10	
			B737-800	0.10	
			B787	0.20	
			A300-B2, B4	0.20	
			A300-600	0.20	
			A310-300	0.20	
			A320	0.10	
			A320-200	0.10	
			A321-200	0.10	
			MD11	0.20	
			MD81	0.10	
			MD82	0.10	
			MD83	0.10	
			MD87	0.10	
			MD90	0.10	
			DC10	0.20	
			DHC-6	0.02	
			FOKKER 50	0.10	
			FOKKER 100	0.10	
			SAAB 340B	0.02	
			DHC-8	0.02	
			Q4	0.02	
			CRJ100	0.03	
			BAEJETSTREAM31	0.01	
			TU-154	0.20	
			AN24	0.02	
			YAK40	0.10	
			DO228	0.01	
			BN2B-26	0.01	
			ERJ170	0.03	
			T204	0.10	
			その他小型機	0.02	

表 12　変更前後のジェット機の巡航時 N_2O 排出係数

燃料	変更前		変更後	
	kg-N_2O/t	出典	kg-N_2O/TJ	出典
ジェット燃料（巡航時）	0.1	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-52	2	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Civil Aviation Table 3.6.5

※単位の［kg/TJ］は NCV 当たりの排出量

表 13　変更前後のジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプターの CH_4 排出係数

燃料	変更前			変更後	
	g-CH_4/MJ	出典		kg-CH_4/TJ	出典
航空ガソリン	0.06	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-47	➡	0.5	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Civil Aviation Table 3.6.5

※単位の［g/MJ］及び［kg/TJ］は NCV 当たりの排出量

表 14　変更前後のジェット機以外の小型軽飛行機、ヘリコプターの N_2O 排出係数

燃料	変更前			変更後	
	g-N_2O/MJ	出典		kg-N_2O/TJ	出典
航空ガソリン	0.0009	Revised 1996 IPCC GL, Energy Fuel Combustion, Table1-47	➡	2	2006 IPCC GL, Energy Mobile Combustion, Civil Aviation Table 3.6.5

※単位の［g/MJ］及び［kg/TJ］は NCV 当たりの排出量

3）活動量

【ジェット機（ジェット燃料を使用）】

算定方法を Tier 2b 法へ移行したことに伴い、「PRTR 届出外排出量算定資料」に記載されている機種別 LTO データ（空港別・機種別年間着陸回数）を用いることとした（現行の算定方法と同様。）。

ただし、この機種別 LTO データは国際線を含むため、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「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離着陸回数を減じることとした。

（3）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

2015 年提出インベントリ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

2015 年提出インベントリにおける排出係数と同様（現行の算定方法と同様。）。

3）活動量

航空機からの排出量算定において、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、航空ガソリンについては実質発熱量に統一することとした。標準発熱量と実質発熱量の比較は、表 15 のとおりである。

表 15　ガソリン（航空ガソリン）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	35.16	35.16	35.16	35.16	35.16	35.16	35.16	35.16	35.16	35.16	34.60	34.60	34.60
実質発熱量	34.57	34.58	34.60	34.61	34.61	34.61	34.61	34.61	34.61	34.61	34.60	34.60	34.60

	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
標準発熱量	34.60	34.60	34.60	34.60	34.60	34.60	34.60	34.60	34.60	34.60	33.10	33.10
実質発熱量	34.60	34.59	34.59	34.58	34.58	34.57	34.57	34.57	34.57	34.56	33.37	33.37