

16. 航空機に係る排出量

本項では、航空機に係る排出量として「エンジン」、「補助動力装置 (APU)」の2つの排出源区分に係る排出量の推計方法を示す。

I エンジン

(1) 排出の概要

① 推計対象物質

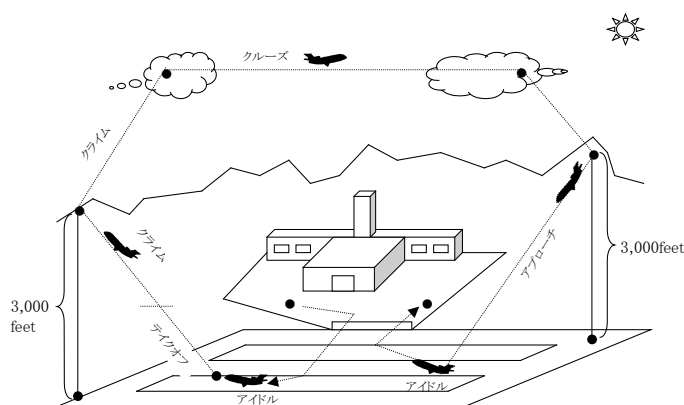
国内の民間空港を離着陸する航空機エンジンの排気口から排出される物質のうち、国内で実測データがあるアセトアルデヒド(管理番号:12)、キシレン(80)、トルエン(300)、1,3-ブタジエン(351)、ベンゼン(400)、ホルムアルデヒド(411)の6物質を対象とした。

② 推計対象とする範囲

上空飛行時には、一般に排出ガスの地上への影響は少ないと考えられ、また、対象物質を排出した地域を特定することが困難なことから、環境アセスメント等で航空機の排出ガスの環境影響の評価に一般的に使用される LTO(Landing and Take Off)サイクル※(図 16-1)による高度 3,000 フィート(約 914 メートル)までの離着陸に伴う排出を推計の対象とした。また、3,000 フィートまでであっても、着陸及び離陸に伴って都道府県境を越えて飛行する場合があるが、空港がある都道府県から排出しているとみなした。

また、ヘリコプターの着陸しかないことが明らかな空港については推計対象から除外した。

※:LTO サイクルは「アプローチ」、「アイドル」、「テイクオフ」、「クライム」の運転モードで構成されている。



出典: Atmospheric Emission Inventory Guidebook (EMEP/CORINAIR,1999)

注1: feet=0.3048m であり、3000feet は 914.4m である。

注2: アイドル、テイクオフ、クライム、クルーズ、アプローチは航空機の運航モードの名称であり、「アイドル」が滑走路に向かう際等の地上を走行するモード、「テイクオフ」が主に滑走路から離陸するまでのモード、クライムが離陸してから高度を上げていく際のモード、「クルーズ」が上空を航行する際のモード、「アプローチ」が滑走路に向けて着陸する際のモードをいう。

図 16-1 航空機に係る LTO サイクル

③推計対象機種

推計対象とする機種を表 16-1 に示す。

表 16-1 推計対象とする航空機の機種

機種名略称	機種名
B737	ボーイング 737-300,-400,-500
B747	ボーイング 747-100,-200,-300,SP
B744	ボーイング 747-400
B748	ボーイング 747-8
B757	ボーイング 757
B762	ボーイング 767-200
B763	ボーイング 767-300
B772	ボーイング 777-200
B773	ボーイング 777-300
B787	ボーイング 787
A300	エアバス A300(-600R 以外)
A306	エアバス A300-600R
A310	エアバス A310-300
A320	エアバス A320(-200 以外)
A322	エアバス A320-200
A321	エアバス A321
A330	エアバス A330(-300 以外)
A333	エアバス A330-300
YS11	日本航空機製造 YS-11
SA	サーブ 340B/2000
DH8	デ Havilland DHC-8 タッシュ 8(Q400 以外)
Q4	デ Havilland DHC-8 タッシュ 8(Q400)
CRJ	ボンバルディア(カナデア) CRJ100/200
CR7	ボンバルディア(カナデア) CRJ700
B737-700	ボーイング 737-700
B737-800	ボーイング 737-800
ERJ170	エンブラエル 170
A380	エアバス A380
AT4	ATR42-600
A223	エアバス 220-300
A359	エアバス 359

出典:定期航空協会調べ(2023年)、JTB時刻表(2022/4)に基づき作成

(2)利用したデータ

利用したデータは、航空機の排出係数及び燃料消費量に関するデータである。利用した具体的なデータの種類とその資料名を表 16-2 に示す。

表 16-2 航空機(エンジン)に係る排出量推計に利用したデータ(2022 年度)

	データの種類	資料名等
①	エンジン別・運転モード別 THC 排出係数	Aircraft Engine Emissions Individual Datasheets (Civil Aviation Authority, 2022) (https://www.easa.europa.eu/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank)
		THE IMPACT OF NATIONAL AIRSPACE SYSTEMS (NAS) MODERNIZATION ON AIRCRAFT EMISSIONS (The Federal Aviation Administration, 1998)
②	機種とエンジン種類の対応	定期航空協会調べ(2023 年)
③	対象化学物質排出量の対 THC 比率 (JT9D-7R4D)	航空機ジェットエンジン排出物の実測とその測定 結果(1999 年、航空環境研究 No.3) EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2009
④	国内使用エンジンの離陸推力	航空統計要覧(平成 12 年 12 月:(財)日本航空 協会)
		Aircraft Engine Emissions Individual Datasheets (Civil Aviation Authority, 2022) (https://www.easa.europa.eu/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank)
⑤	運転モード別の離陸推力と燃料消費量 の関係式	②と同じ
⑥	国内主要空港における LTO サイクルの 空港別・運転モード別継続時間	航空機排出大気汚染物質削減手法検討調査報 告書(平成9年3月:環境庁)
		平成 12 年度 PRTR パイロット事業報告書(平成 13 年8月、経済産業省・環境省)
⑦	空港別の全機種合計の年間着陸回数 (回/年)(令和4年度分)	空港管理状況調書(令和5年、国土交通省)
⑧	国内航空会社*の空港別・機種別年間 着陸回数(回/年)(令和4年度分)	②と同じ
⑨	⑧以外の国内航空会社及び海外航空会 社の空港別の機種別着陸回数構成比 (%) (令和4年度分)	JTB 時刻表 2022/4

※:「国内航空会社」とは定期航空協会会員である国内の航空会社 19 社を示す。定期航空協会以外の国内航空会社には北海道エアシステム等がある。

(3) 推計方法の基本的考え方と推計手順

航空機(エンジン)に係る排出量は、実測データ及び文献値等から設定した燃料消費量あたりの対象化学物質の排出係数(mg/kg-燃料)に、機種別の離着陸時の燃料消費量(kg-燃料/LTOサイクル)、空港別・機種別の年間着陸回数を乗じることにより、空港別の対象化学物質の排出量を推計した。

航空機(エンジン)からの排出量の推計手順を図 16-2 に示す。なお、図中のデータ①～⑨の番号は表 16-2 の番号に対応している。

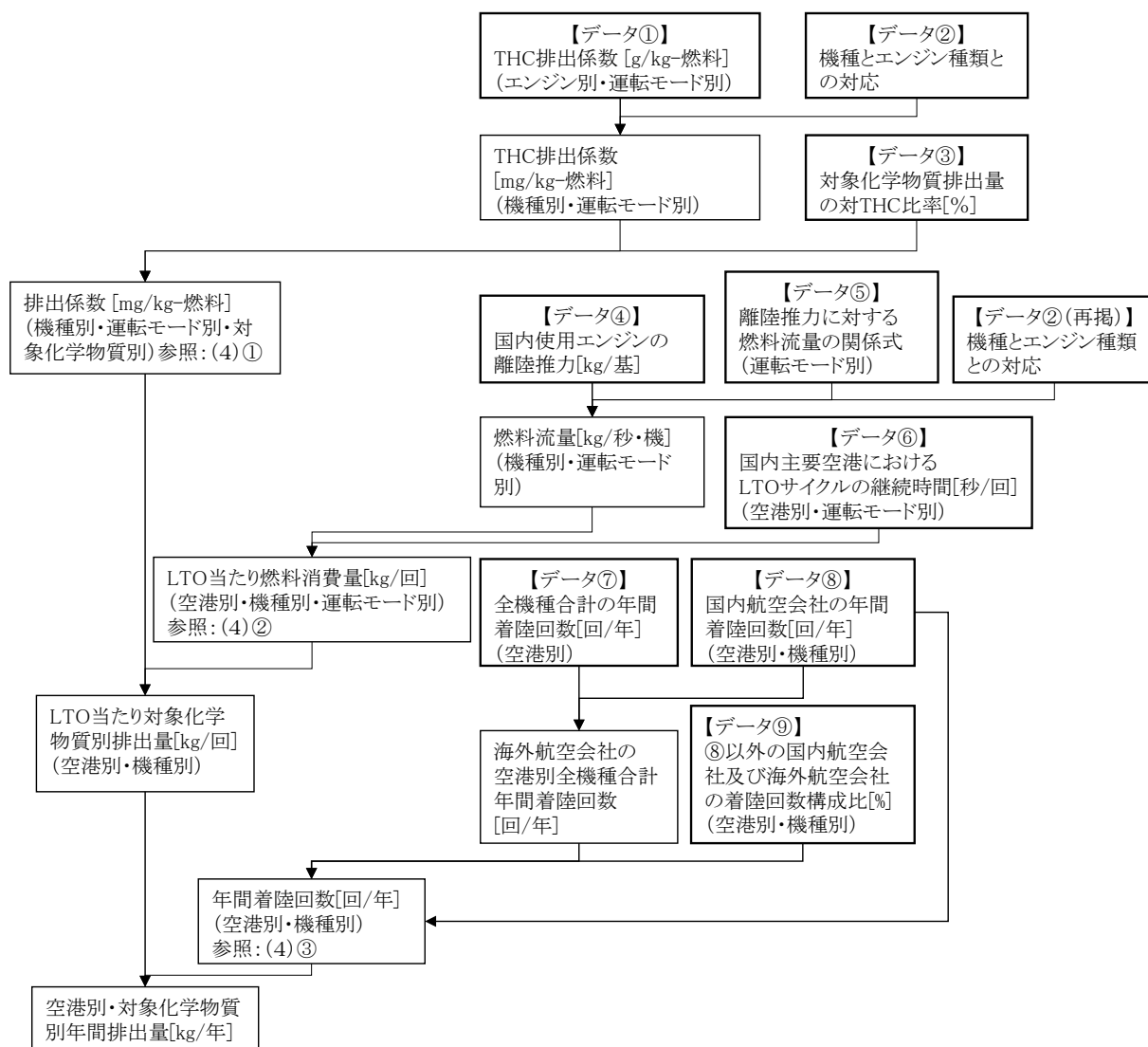


図 16-2 航空機(エンジン)に係る排出量の推計フロー

(4)推計方法の詳細

航空機(エンジン)に係る排出量は、燃料消費量当たりの排出係数に燃料消費量を乗じる方法により推計した。

①対象化学物質別排出係数の算出

排出係数はエンジン別の全炭化水素(以下「THC」という。)排出係数に対象化学物質の比率を乗じて算出した。

THC 排出係数に対して、対 THC 比率を乗じて対象化学物質別の排出係数を得た。対 THC 比率は国内の実測データから算出した(表 16-3)。

THC 排出係数は機種ごとに、主に使用されているエンジンを設定して、国際民間航空機関(International Civil Aviation Organization:ICAO)等のエンジン別・排出係数データのうち測定年月が最新のデータを使用した。機種とエンジンの対応および THC 排出係数を表 16-4 に示す。

表 16-3 航空機(エンジン)に係る対象化学物質排出量の対 THC 比率

対象化学物質		対 THC 比率 ^{※1}			
管理番号	物質名	テイクオフ	クライム ^{※2}	アプローチ	アイドル
12	アセトアルデヒド	0%	0%	1.2%	0.49%
80	キシレン	0.071%	0.071%	0.038%	0.35%
300	トルエン	0.028%	0.028%	0.067%	0.30%
351	1,3-ブタジエン ^{※3}	0.18%	0.18%	0.085%	0.81%
400	ベンゼン	0.18%	0.18%	0.090%	0.86%
411	ホルムアルデヒド	0%	0%	0%	0.41%

出典:「航空機ジェットエンジン排出物の実測とその測定結果」(1999年、航空環境研究 No.3)

※1:エンジン種類 JT9D-7R4D の測定結果より算出した。

※2:クライムの対象化学物質別濃度は未測定であるため、クライムの THC と同じ濃度であったテイクオフの値を使用した。

※3:1,3-ブタジエンについては、国内実測データが利用できなかったため、ベンゼンの実測データと、欧州(EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook - 2009)におけるベンゼンと1,3-ブタジエンの排出係数の比率(下記)から、国内における排出係数を設定した。

ベンゼン:1,3-ブタジエン=1.9:1.8

表 16-4 航空機の機種別 THC 排出係数

機種名略称	エンジン名	THC 排出係数(g/kg-燃料)				出典
		テイク オフ	クラ イム	アプ ローチ	アイ ドル	
B737	CFM56-3C-1	0.03	0.04	0.07	1.42	2
B747	CF6-50E2	0.14	0.15	0.28	2.72	2
B744	CF6-80C2B1F	0.05	0.05	0.11	1.54	2
B748	GEnx-2B67	0.02	0.02	0.06	0.57	2
B757	RR535E4	0.03	0.00	0.04	0.27	2
B762	CF6-80C2B6F	0.05	0.05	0.11	1.43	2
B763	CF6-80C2B6F	0.05	0.05	0.11	1.43	2
B772	PW4077	0.10	0.10	0.20	3.00	2
B773	PW4090	0.03	0.03	0.06	2.30	2
B787	Trent1000	0.00	0.00	0.00	0.05	2
A300	CF6-50C2R	0.14	0.14	0.29	2.72	2
A306	PW4158	0.09	0.02	0.14	1.78	2
A310	CF6-50C2R	0.14	0.14	0.29	2.72	2
A320	CFM56-5A1	0.23	0.23	0.40	1.40	2
A322	CFM56-5B4	0.10	0.10	0.13	3.87	2
A321	V2530-A5	0.05	0.04	0.06	0.10	2
A330	CF6-80E1A1	0.05	0.04	0.11	1.30	2
A333	CF6-80E1A4	0.04	0.04	0.09	0.92	2
YS11	MK542-10J/K(M45H-01 で代用)	0.00	0.74	7.40	59.50	2
SA	CT7-9B(CT7-5 で代用)	1.00	1.00	1.50	4.00	3
DH8	PW121(PW125B で代用)	0.00	0.00	0.00	0.00	3
Q4	O-540-K1B5(IO-360-B で代用)	10.00	8.16	9.70	49.20	3
CRJ	CF34-3B1(CF34-3B で代用)	0.06	0.05	0.13	4.69	2
CR7	CF34-8C1	0.02	0.02	0.06	0.08	2
B737-700	CFM56-7B	0.02	0.03	0.06	2.30	2
B737-800	CFM56-7B	0.02	0.03	0.06	2.30	2
ERJ170	CF34-8E5	0.02	0.02	0.06	0.13	2
A380	Trent970	0.00	0.00	0.00	0.20	2
AT4	PW127(PW125B で代用)	0.00	0.00	0.00	0.00	3
A223	PW1524G	0.10	0.10	0.10	0.10	2
A359	Trent XWB-84	0.00	0.00	0.01	0.99	2

出典1:機種名略称及びエンジン名:定期航空協会調べ(2016年)及び航空機メーカー各社HPに基づき作成

出典2:Aircraft Engine Emissions Individual Datasheets (Civil Aviation Authority, 2022)

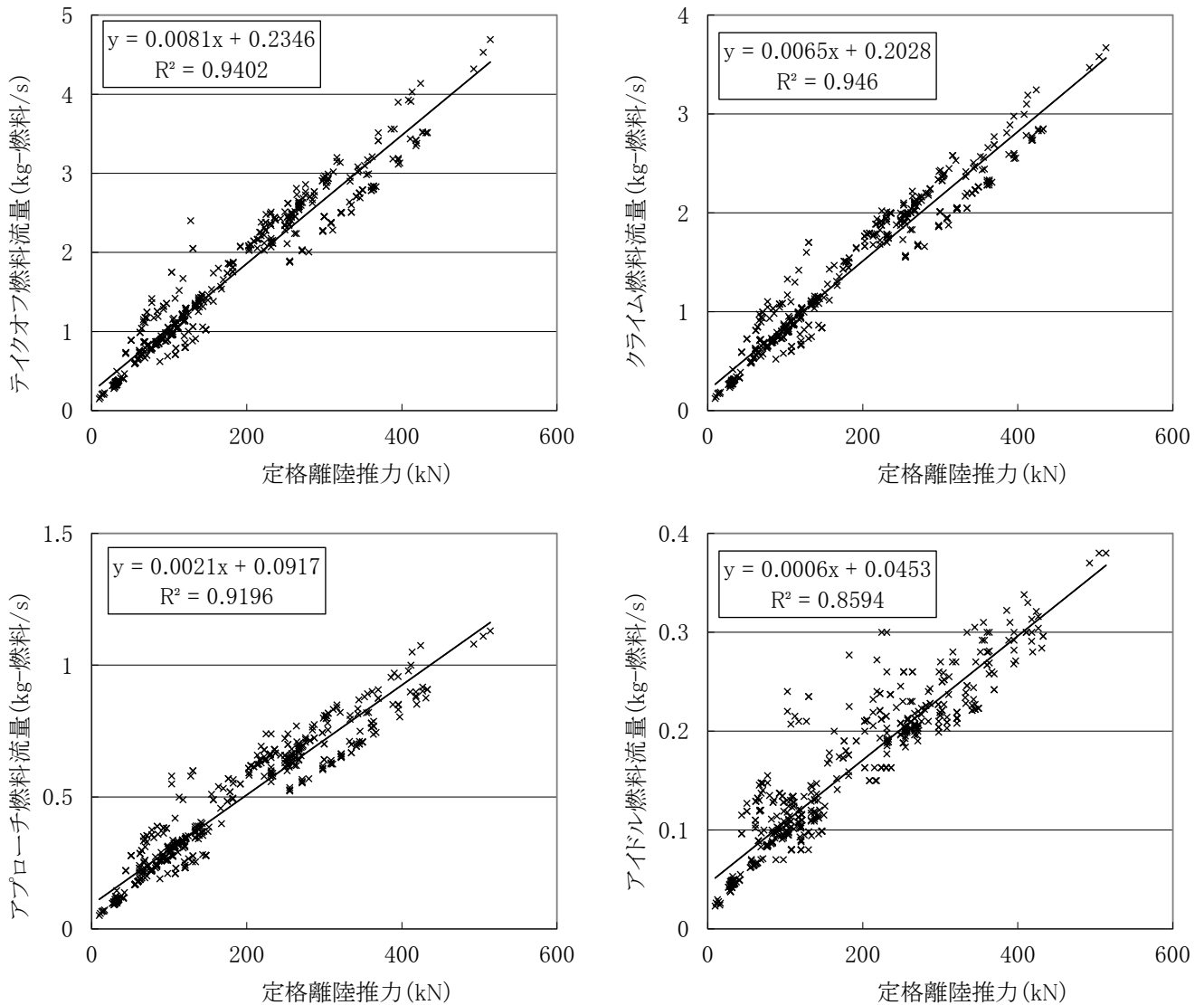
(<https://www.easa.europa.eu/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank>)

出典3:THE IMPACT OF NATIONAL AIRSPACE SYSTEMS (NAS) MODERNIZATION ON AIRCRAFT EMISSIONS(The Federal Aviation Administration, 1998)

注:エンジン名の項目に()で示したエンジンは当該エンジンの排出係数が得られなかったため、代わりに排出係数を用いたエンジン名。Trent1000は出典1にて数種類(Trent1000-A、-C、-D、-E、-G、-H等)のデータがあるため、これらの平均値を使用した。

②LTO サイクルに係る機種別・運転モード別の燃料流量の算出

エンジン別・運転モード別の燃料流量は、エンジン種類ごとの実測値が得られる場合は実測値を用い、実測値が得られない場合には離陸推力と燃料流量の関係式(図 16-3)を用いて算出した。機種別・運転モード別燃料流量に関して、実測値及び関係式より算出した値を表 16-5 に示す。



出典: Aircraft Engine Emissions Individual Datasheets (Civil Aviation Authority, 2022)
 (https://www.easa.europa.eu/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank)

図 16-3 定格離陸推力と燃料流量の関係

表 16-5 航空機機種ごとの定格離陸推力、エンジン基数及び燃料流量の推計結果

機種名 略称	エンジン	定格 離陸 推力 (kN)	エン ジン 基数	燃料流量(kg-燃料/秒)				出典
				テイ ク オフ	クラ イ ム	ア プ ロー チ	アイ ドル	
B737	CFM56-3C-1	104.6	2	1.154	0.954	0.336	0.124	1
B747	CF6-50E2	230.4	4	2.361	1.940	0.663	0.163	1
B744	CF6-80C2B1F	254.3	4	2.422	1.983	0.650	0.199	1
B748	GEnx-2B67	299.8	4	2.451	2.012	0.701	0.216	1
B757	RB211-535E4	178.4	2	1.850	1.500	0.520	0.180	1
B762	CF6-80C2B6F	267.0	2	2.594	2.104	0.682	0.203	1
B763	CF6-80C2B6F	267.0	2	2.594	2.104	0.682	0.203	1
B772	PW4077	343.0	2	3.019	2.452	0.816	0.232	1
B773	PW4090	395.0	2	3.898	2.977	0.957	0.268	1
B787	Trent1000	315.5	2	2.332	1.914	0.633	0.239	1
A300	CF6-50C2R	224.2	2	2.281	1.875	0.641	0.163	1
A306	PW4158	258.0	2	2.481	2.004	0.682	0.211	1
A310	CF6-50C2R	224.2	2	2.281	1.875	0.641	0.163	1
A320	CFM56-5-A1	111.2	2	1.051	0.862	0.291	0.101	1
A322	CFM56-5B4	117.9	2	1.166	0.961	0.326	0.107	1
A321	V2530-A5	133.4	2	1.331	1.077	0.377	0.138	1
A330	CF6-80E1A1	281.5	2	2.702	2.199	0.714	0.226	1
A333	CF6-80E1A4	297.4	2	2.904	2.337	0.744	0.227	1
YS11	MK542-10J/K (M45H-01 で代用)	32.4	2	0.498	0.416	0.146	0.053	1
SA	CT7-9B (CT7-5 で代用)	17.0	2	0.372	0.314	0.127	0.056	2
DH8	PW121 (PW125B で代用)	24.3	2	0.431	0.361	0.142	0.060	2
Q4	O-540-K1B5 (IO-360-B で代用)	24.3	2	0.431	0.361	0.142	0.060	2
CRJ	CF34-3B1 (CF34-3B で代用)	41.0	2	0.399	0.329	0.116	0.049	1
CR7	CF34-8C1	56.4	2	0.604	0.494	0.168	0.069	1
B737- 700	CFM56-7B24	107.7	2	1.103	0.910	0.316	0.109	1
B737- 800	CFM56-7B24	107.7	2	1.103	0.910	0.316	0.109	1
ERJ170	CF34-8E5	59.7	2	0.652	0.533	0.180	0.064	1
A380	Trent 970-84	334.7	4	2.600	2.200	0.700	0.300	1
AT4	PW127 (PW125B で代用)	24.3	2	0.431	0.361	0.142	0.060	2
A223	PW1524G	103.6	2	0.790	0.650	0.230	0.080	1
A359	Trent XWB-84	379.0	2	2.819	2.306	0.801	0.291	1

出典1: Aircraft Engine Emissions Individual Datasheets (Civil Aviation Authority, 2022)

(<https://www.easa.europa.eu/domains/environment/icao-aircraft-engine-emissions-databank>)

出典2: 定格離陸推力と燃料流量の相関関係(図 16-3)から算出

注: 本表に記載されていない航空機機種が不明のものは、航空機使用事業による着陸回数と仮定し、YS-11 相当の小型航空機の着陸とみなした。

③LTO サイクルに係る全国合計の対象化学物質別の年間排出量の推計

②で算出した燃料流量に対して、空港別・運転モード別継続時間を乗じて空港別・機種別・運転モード別燃料消費量を推計した。運転モード別継続時間は成田国際空港、東京国際空港(羽田空港)、大阪国際空港(伊丹空港)、関西国際空港については「航空機排出大気汚染物質削減手法検討調査報告書」(平成9年3月:環境庁)より得られる。その他の空港については、「平成12年度 PRTR パイロット事業報告書」(平成13年8月:経済産業省・環境省)の数値を適用した(表16-6)。この燃料消費量に対して①で算出した排出係数を乗じて、空港別・機種別の対象化学物質別の1機あたりの排出量を推計した。これに対して、空港別・機種別着陸回数を乗じて、空港別・対象化学物質別排出量を推計し、結果をⅢ 推計結果に示した。

表 16-6 空港ごとの LTO 継続時間

空港名	継続時間(秒)				出典
	テイクオフ	クライム	アプローチ	アイドル	
成田国際空港	45 秒	60 秒	270 秒	1,387 秒	1
東京国際空港(羽田空港)	45 秒	60 秒	270 秒	903 秒	1
大阪国際空港(伊丹空港)	45 秒	60 秒	270 秒	934 秒	1
関西国際空港	45 秒	60 秒	270 秒	1072 秒	1
上記以外の空港	45 秒	60 秒	270 秒	943 秒	2

出典1:航空機排出大気汚染物質削減手法検討調査報告書(平成9年3月:環境庁)

出典2:平成12年度 PRTR パイロット事業調査報告書(平成13年8月:経済産業省・環境省)

注:成田国際空港、東京国際空港(羽田空港)、大阪国際空港(伊丹空港)、関西国際空港のアイドル継続時間は国際線と国内線の算術平均を用いた。

空港別・機種別年間着陸回数については、以下のとおり推計した。空港別の着陸回数総合計は「令和5年度空港管理状況調書」(国土交通省)に記載の2022年度分の着陸回数を用いた。この着陸回数の機種別の内訳については、定期航空協会の会員航空会社については、定期航空協会調べの空港別・機種別着陸回数を使用した。定期航空協会の会員でない航空会社及び海外の航空会社については、「JTB時刻表2022/4」(2022年4月1日発行)より、1週間分の航空ダイヤの空港別・機種別着陸回数(2022年度分)を年換算し、使用した。定期航空協会調べの着陸回数及びJTB時刻表から推計した着陸回数の合計が空港管理状況調書の着陸回数に満たない空港については、その差を航空機使用事業による着陸回数と仮定し、YS-11相当の小型航空機の着陸とみなした。上記の差分にはヘリコプターやグライダーの着陸回数が含まれると考えられるが、現時点では推計に必要な十分なデータが得られていないため、上記の仮定を行った。定期航空協会調べの着陸回数が、空港管理状況調書の着陸回数を上回った場合には、定期航空協会調べの機種別着陸回数構成比で配分した。

上記の方法により推計した空港別・機種別年間着陸回数を表16-7に示した。

表 16-7 空港別・機種別年間着陸回数(回/年)の推計結果(2022年度)(1/2)

空港名	B737	B747	B744	B748	B757	B762	B763	B772	B773	B787	A300	A306	A310	A320	A322	A321	A330	A333	YS11	SA	DHS	Q4	CRJ	CR7	B737-700	B737-800	ERJ170	A380	AT4	A223	A359	YS11相当	合計
成田	3,573	2,122	0	0	0	0	6,873	648	2,437	16,747	0	0	0	21,591	0	1,333	0	0	0	0	142	0	0	0	0	0	10	136	0	0	0	33,905	89,517
羽田	75,668	0	0	0	0	0	29,366	6,959	4,096	30,395	0	0	0	15,695	0	19,244	0	0	0	0	2	0	0	2,269	0	8	0	0	0	0	22,851	296,553	
伊丹	13,404	0	0	0	0	0	1,653	858	34	8,094	0	0	0	14	0	1,556	0	0	0	0	12,892	0	3,244	12,134	0	10,104	0	1,015	0	0	3,810	68,814	
堺	5,874	0	0	0	0	0	233	11	4	770	0	0	0	18,117	0	1,739	0	0	0	0	18	0	0	0	0	59	0	0	0	21,351	53,869		
新千歳	22,557	3	0	0	0	0	4,121	2,597	317	3,522	0	0	0	10,705	0	2,407	0	0	0	0	7,621	0	1,074	437	0	7,116	0	0	0	6,248	68,725		
旭川	564	0	0	0	0	0	2,066	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	200	2,832		
稚内	249	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	214	0	0	0	0	686	0	0	0	0	143	0	0	0	55	1,367		
釧路	1,681	0	0	0	0	0	244	0	0	0	0	0	0	654	0	117	0	0	0	0	1,005	0	0	0	0	0	0	0	0	1,665	5,366		
帯広	1,729	0	0	0	0	0	745	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	0	0	0	0	5,270	7,768		
函館	1,524	0	0	0	0	0	1,452	3	1	116	0	0	0	0	0	608	0	0	0	0	700	0	0	369	0	4	0	0	0	3,122	7,916		
仙台	3,347	0	0	0	0	0	42	0	0	8	0	0	0	3,656	0	1,421	0	313	0	0	1,820	0	5,098	3,442	0	2,292	0	0	0	5,306	26,745		
秋田	1,734	0	0	0	0	0	63	0	0	5	0	0	0	231	0	1,128	0	0	0	0	2,499	0	0	530	0	1,231	0	0	0	1,333	8,753		
山形	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,139	0	0	0	900	3,837		
新潟	1,032	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	317	0	0	0	0	0	0	1,756	0	1,419	1,021	0	2,510	0	0	0	4,288	12,343		
八尾	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10,061	10,061		
広島	3,226	0	0	0	0	0	2,606	6	0	621	0	0	0	362	0	1,395	0	0	0	0	0	0	726	4	0	48	0	0	0	1,128	10,122		
山口宇部	1,435	0	0	0	0	0	36	0	0	5	0	0	0	1,146	0	984	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	498	4,114		
高松	2,428	0	0	0	0	0	906	0	0	22	0	0	0	1,820	0	2,598	0	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0	1,014	8,822		
松山	3,362	0	0	0	0	0	626	14	11	879	0	0	0	813	0	1,050	0	0	0	0	3,003	0	355	36	0	2,162	0	325	0	1,554	14,179		
徳島	2,019	0	0	0	0	0	51	0	0	38	0	0	0	506	0	1,371	0	0	0	0	2,148	0	0	2	0	2,169	0	0	0	1,524	9,848		
福岡	13,530	0	0	0	0	0	1,501	1,712	247	5,599	0	0	0	14,124	0	2,702	0	0	0	0	3,300	0	3,234	1,368	0	11,084	0	1,415	0	19,671	79,487		
北九州	2,563	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,037	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	0	730	0	1,908	8,266		
長崎	5,338	0	0	0	0	0	1,585	21	2	239	0	0	0	2,097	0	420	0	0	0	0	695	0	2	1,411	0	30	0	0	0	3,951	15,791		
熊本	5,571	0	0	0	0	0	2,095	1	1	160	0	0	0	1,386	0	1,004	0	0	0	0	1,912	0	0	524	0	2,373	0	0	0	6,320	21,347		
大分	3,619	0	0	0	0	0	332	0	0	0	0	0	0	1,053	0	809	0	0	0	0	1,060	0	1,081	36	0	1,053	0	0	0	4,845	13,888		
宮崎	6,381	0	0	0	0	0	30	2	0	48	0	0	0	1,404	0	694	0	0	0	0	1,722	0	0	1,791	0	3,260	0	0	0	6,138	21,460		
鹿児島	9,307	0	0	0	0	0	2,438	4	4	127	0	0	0	4,111	0	1,334	0	0	0	0	303	0	718	2,266	0	3,278	0	7,494	0	1,357	34,728		
那覇	31,539	0	0	0	0	0	1,053	1,861	617	3,082	0	0	0	8,714	0	3,828	0	0	0	0	4,325	0	0	1	0	9	0	607	0	18,014	73,450		
利尻	116	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	438	563		
礼文	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
奥尻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	363	363		
中標津	292	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	46	0	30	0	0	0	0	1,079	0	0	0	0	57	0	0	0	141	1,646		
紋別	360	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	376		
支庁別	1,565	0	0	0	0	0	385	0	0	0	0	0	0	528	0	0	0	0	0	0	1,081	0	0	31	0	1,122	0	0	0	1,157	5,852		
空港	2,032	0	0	0	0	0	1,041	0	0	0	0	0	0	0	0	417	0	0	0	0	1,794	0	0	1,094	0	2,582	0	0	0	463	8,486		
松本	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83	0	4,464	0	0	0	1,151	5,698		
大館能代	487	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	387	0	144	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0	33	1,061		
庄内	616	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	630	0	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	752	2,157		
福島	161	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	939	0	721	0	0	42	0	0	0	2,101	3,981		
大島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	2,284	2,295		
三宅島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,709	1,709		
八丈島	987	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	0	0	0	1,071	2,135		
新島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,428	1,428		
神津島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	995	995		
佐渡	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	110	110		
富山	1,055	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	306	0	54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	1,588	3,017		
福井	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,488	3,488		
松本	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,100	0	0	0	1,843	3,945		
南信白根	1,117	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	0	1,216	2,346		
鳥取	1,289	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	193	0	245	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	949	2,683		
徳島	31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	364	0	341	0	87	831		
出雲	674	0	0	0	0	0	1,125	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	217	0	2,657	0	1,051	0	874	6,600		
石見	288	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	350	0	81	0	0	0	0	10	0	0	0	0	4	0	0	0	230	963		
岡山	2,511	0	0	0	0	0	288	0	0	54	0	0	0	157	0	1,059	0	0	0	0	0	0	0	6	0	41	0	0	0	472	4,588		
佐賀	513	0	0	0	0	0	4																										

表 16-7 空港別・機種別年間着陸回数(回/年)の推計結果(2022 年度)(2/2)

空港名	年間離着回数(回/年)																				合計													
	B737	B747	B744	B748	B757	B762	B763	B772	B773	B787	A300	A306	A310	A320	A322	A321	A330	A333	YS11	SA		DH8	Q4	CRJ	CR7	B737-700	B737-800	ERJ170	A380	AT4	A223	A359	YS11相当	
宮古	5,710	0	0	0	0	0	277	0	0	336	0	0	0	221	0	406	0	0	0	0	2,105	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	130	9,185
下地	1,444	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	229	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	35	0	0	0	0	296	2,004	
多良間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	682	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	707	
石垣	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
波照間	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	14	
伊那国	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	467	0	0	0	0	1,025	1,492	
札幌(丘珠)	709	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,098	0	0	2	0	0	886	0	5,115	7,810	
三沢	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,015	2,015	
小松	225	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	521	0	1,956	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	3,623	6,354	
彦根(米子)	396	0	0	0	0	0	1,014	0	0	0	0	0	0	363	0	324	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	420	0	0	0	0	2,519	
徳島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	666	0	0	0	4,062	4,728	
福知山																																	6,411	6,411
羽子屈																																		0
担摩	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,822	1,822	
岡南																																	4,954	4,954
広島西	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
天草																																	1,525	1,525
大分県央																																	638	638
秋津																																	0	0
鹿津	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,368	1,368	
中部国際	16,065	0	0	0	0	0	188	0	1	3,129	0	0	0	1,781	0	1,498	0	3,233	0	0	0	0	0	0	0	0	2,188	0	0	0	626	5,761	34,762	
神戸	199	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,154	0	0	0	0	13,880	17,233	
静岡	2,492	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	2,026	4,536	
茨城	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,744	2,744	
小牧	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
沼田	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,103	2,104	
藤手納	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
鹿児島	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
新石垣	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13,622	13,622	
合計	266,247	2,125	0	0	0	0	63,474	14,697	7,758	74,017	0	0	0	118,490	0	54,966	0	3,546	0	0	60,353	0	17,680	30,998	0	0	73,876	136	24,969	1,616	626	302,079	1,117,965	

注1:空欄は当該機種の着陸がないことを示す。

注2:「空港管理状況調書(令和4年度分)」「令和5年、国土交通省」、「定期航空協会調べ(2023年)」「(2023年、定期航空協会)及び「JTB時刻表 2022/4」(2022年4月1日、JTB)に基づいて推計した。

注3:定期航空協会調べの着陸回数及びJTB時刻表から推計した着陸回数の合計が空港管理状況調書の着陸回数に満たない空港については、その差を航空機使用事業による着陸回数と仮定し、YS-11相当の小型航空機の着陸とみなした。

II 補助動力装置 (APU)

(1) 排出の概要

① APU (Auxiliary Power Unit) の概要

補助動力装置 (以下「APU」という。)とは、推進のためのエンジンとは別に機上に装備された動力装置であり、離着陸時やエンジン停止時の機内冷暖房用等の動力源として利用される。

② 推計対象物質

航空機 (エンジン) と同じく、アセトアルデヒド (12)、キシレン (80)、トルエン (300)、1,3-ブタジエン (351)、ベンゼン (400)、ホルムアルデヒド (411) の6物質を推計対象とした。

(2) 利用したデータ

APU による排出ガス排出量推計に利用したデータを表 16-8 に示す。

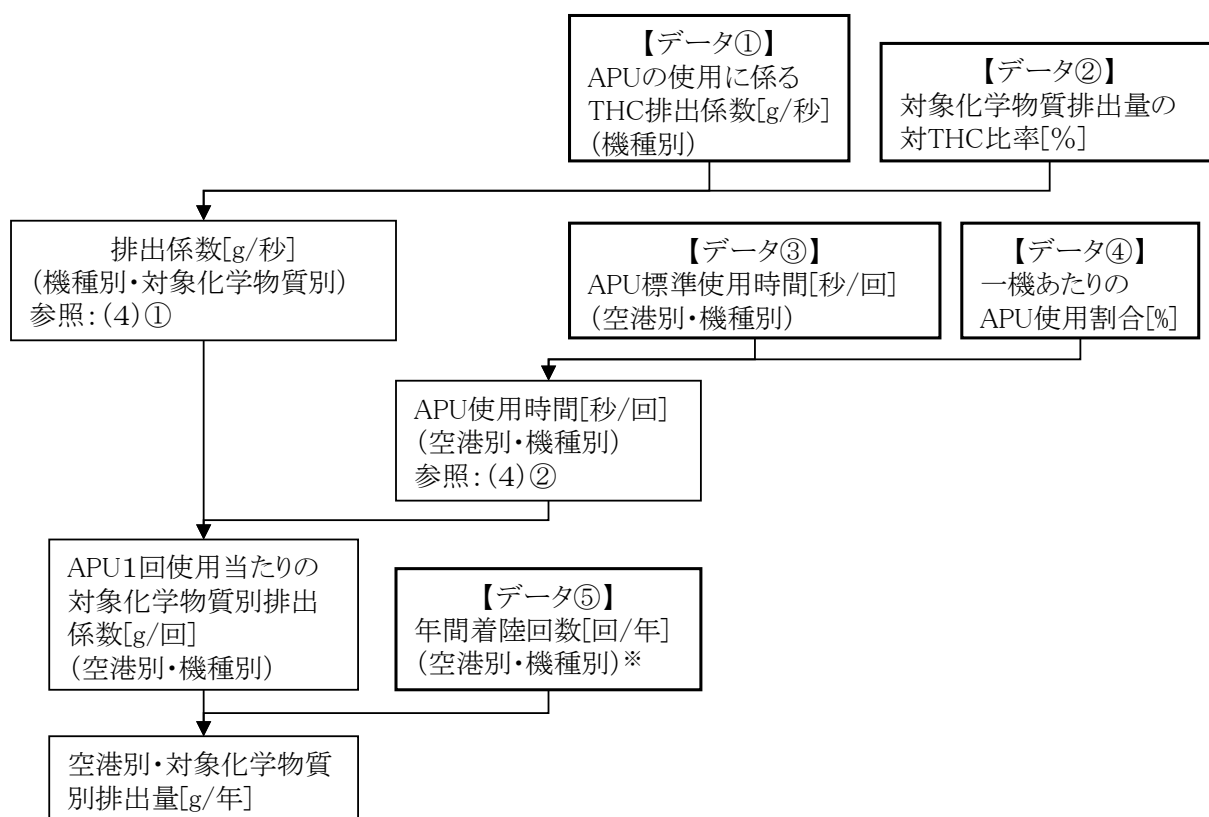
表 16-8 APUに係る排出量推計に利用したデータ (2022 年度)

	データ種類	資料名等
①	APU の使用に係る THC 排出係数 (g/秒)	航空機排出大気汚染物質削減手法検討調査報告書 (平成9年3月、環境庁)
②	対象化学物質排出量の対 THC 比率 (JT9D-7R4D のアイドル時)	航空機ジェットエンジン排出物の実測とその測定結果 (1999 年、航空環境研究 No.3)
③	空港別・機種別 APU 標準使用時間 (秒/回)	航空各社へのヒアリング (2005 年)
④	一機当たりの APU 使用割合 (%)	定期航空協会調べ (2003 年)
⑤	空港別・機種別年間着陸回数 (回/年)	航空機 (エンジン) で推計したデータ

(3) 推計方法の基本的考え方と推計手順

航空機(APU)に係る排出量は、APU 使用時間当たりの対象化学物質の排出係数(kg/秒)に、APU の使用時間、空港別・機種別の年間着陸回数に乗じることにより空港別の対象化学物質の排出量を推計した。

航空機(APU)からの排出量の推計手順を図 16-4 に示す。なお、図中のデータ①～⑤の番号は表 16-8 の番号に対応している。



※ I エンジンで推計した表 16-7 の数値を使用

図 16-4 航空機(APU)に係る排出量の推計フロー

(4) 推計方法の詳細

APU 使用時間当たりの THC 排出係数に、APU 使用時間に乗じて排出量を推計した。これらのデータを表 16-9 に示す。使用時間については、一機当たりの APU 使用割合が把握できる成田空港、羽田空港、伊丹空港、関西空港、新千歳空港、福岡空港、那覇空港(表 16-10 参照)では APU の使用時間に制限があるため、標準的な使用時間として機種に関わらず 30 分とした。また、これらの空港では地上電源等を使用し、APU を使用しない場合があることから、設定値の 30 分に APU 使用割合を乗じた時間を実際の APU 使用時間とした。空港別・機種別着陸回数はエンジンの推計と同様の設定方法を用いた。

THC 排出量に対する対象化学物質排出量の比率は JT9D-7R4D エンジンのアイドル時の値を採用した(出典:航空機ジェットエンジン排出物の実測とその測定結果(平成 11 年、航空環境研究 No. 3))。

表 16-9 APU に係る機種別 THC 排出係数及び使用時間

機種名略称	排出係数を適用した機種名	THC 排出係数 (g/秒)	使用時間(分/回)	
			空港1	空港1以外の空港
B737	B3	0.072	30	30
B747	B4	0.036	30	50
B744	B44	0.176	30	50
B748	B4	0.036	30	50
B757	B4	0.036	30	30
B762	B6	0.053	30	40
B763	B6	0.053	30	40
B772	B6	0.053	30	50
B773	B6	0.053	30	50
B787	B6	0.053	30	30
A300	A3	0.017	30	30
A306	A310	0.014	30	45
A310	A310	0.014	30	30
A320	A32	0.012	30	30
A322	A32	0.012	30	30
A321	A32	0.012	30	30
A330	A3	0.017	30	30
A333	A3	0.017	30	30
YS11	YS	—	—	—
SA	YS*	—	—	—
DH8	YS*	—	—	—
Q4	YS*	—	—	—
CRJ	YS*	—	—	—
CR7	YS*	—	—	—
B737-700	B3	0.072	30	30
B737-800	B3	0.072	30	30
ERJ170	YS*	—	—	—
A380	A340	0.014	30	30
AT4	YS*	—	—	—
A223	A320	0.012	30	30
A359	A340	0.014	30	30
航空機使用事業	YS*	—	—	—

出典1(排出係数):航空機排出大気汚染物質削減手法検討調査(平成9年3月:環境庁)

出典2(使用時間):航空各社へのヒアリング(2005年)

注1:「排出係数を適用した機種名」は出典1の機種名を示す。

注2:炭化水素の排出係数が「—」は補助動力装置を装備していないことを示す。

注3:「YS*」は APU の有無が不明のため、離陸推力から判断し、YS と同様に APU を装備していないと見なした。

JTB 時刻表から推計した着陸回数の合計が空港管理状況調書の着陸回数に満たない空港については、その差を航空機使用事業による着陸回数と仮定し、YS-11 相当の小型航空機の着陸とみなしている。

注4:A223 の APU は A320 と同型のハネウェル 131 シリーズのため、A320 のデータを適用した。

注5:新千歳空港、成田空港、羽田空港、伊丹空港、関西空港、福岡空港、那覇空港を空港1とした。それらの空港は APU 使用時間の制限が 30 分のため、機種に関わらず使用時間を 30 分とした。

表 16-10 1機あたりのAPU使用割合

空港名	1機あたりの APU使用割合
成田	18%
羽田	49%
伊丹	49%
関西	50%
新千歳	49%
福岡	69%
那覇	48%

出典: 定期航空協会調べ(2005年)

Ⅲ 推計結果

「Ⅰ エンジン」及び「Ⅱ 補助動力装置(APU)」に示した方法により推計した結果を表 16-11 に示す。航空機に係る対象化学物質の排出量の合計は、約 72t と推計された。

表 16-11 航空機に係る排出量の推計結果(2022年度)

管理 番号	対象化学物質名	年間排出量(kg/年)		
		エンジン	APU	合計
12	アセトアルデヒド	12,724	171	12,895
80	キシレン	7,539	123	7,661
300	トルエン	6,548	106	6,654
351	1,3-ブタジエン	17,367	282	17,649
400	ベンゼン	18,331	298	18,629
411	ホルムアルデヒド	8,740	144	8,884
	合計	71,248	1,124	72,371