

解説

環境負荷を考慮した着陸料金

1. はじめに

航空機騒音へのバランスドアプローチを構成する一つである航空機騒音の発生源対策のうち、代表的なものとしてICAO（国際民間航空機関）の航空機騒音証明制度が挙げられる。これにより航空機は騒音基準（当初の基準をChapter 2基準という）に適合しなければならず、1971年の発効以来、Chapter 3, 4, 14と段階的な強化を図り今日に至っている。

一方、ICAOの騒音基準は強化されているものの、2002年のChapter 2基準機の禁止以降、高騒音機の退役条項は合意に至らず、空港管理者を中心に、騒音証明制度だけでは今後の低騒音型機の促進が加速しないとの懸念も抱いている。このため、欧州や日本の空港会社では、航空機運航の際に徴収する着陸料金に、騒音や排出ガスの環境負荷に応じて課金や調整を行うことが多い。総じて、ヒースローやフランクフルトなど騒音に対してセンシティブな空港ではこの手法が際立つ。半面、米国では連邦政府の決定により、各空港管理者が運航制限や課金ができない状況もある。

各空港における着陸料金については、本号の空港別解説記事に紹介するが、本稿では、環境負荷を考慮した着陸料金の制度について、空港間比較や包括的な分析の結果を報告していきたい。

2. 環境負荷課金の導入状況

まず、Boeing社が調査した世界651空港の中で、騒音課金、排出ガス課金を行っている空港の数を表1に示す。Boeing社のHPで公開されているもの

表1 環境負荷課金の導入状況(Boeing調査)

	騒音課金		排出ガス課金	
	空港数	構成比	空港数	構成比
欧州	102	79.7%	25	100.0%
アジア	13	10.2%	0.0%	
北米	5	3.9%	0.0%	
オセアニア	1	0.8%	0.0%	
その他	7	5.5%	0.0%	
合計	128	100.0%	25	100.0%
651空港中	19.7%		3.8%	

で、2011年ころに世界の空港担当者に対してアンケートで調べた結果を集計したものである。実のところ、担当者の返答によっても正確性が異なるのだが、おおざっぱな傾向を見るにはちょうど良い。表から、騒音による課金(Noise Charge)を行っていると答えたのは全体の19.7%、128空港だった。そのうち80%は欧州に集中している。北米(カナダ・米国)はほとんどない。アジアは日本、韓国、台湾で13空港がカウントされている。(日本は19調査空港に対して5空港が課金ありと返答した模様。国内線着陸料金には騒音量課金がなされるので、その意味ではすべてで課金ありと答えてもおかしくなかった。)

欧州の中でも課金実施空港の割合が高いのが、フランス、ドイツ、スペイン、スウェーデン、スイス、オランダ、イギリスである。反面イタリアは実施事例がない。

排出ガスに対する課金は、全651空港に対し欧州の25空港にとどまり、実施率は3.8%に過ぎない。欧州でも実施しているのはドイツ、スウェーデン、スイス、イギリスである。フランスやスペイン、オランダは実施していない。

3. 着陸料金に騒音を考慮する方法分類

様々な空港の騒音課金事例を調べた結果、課金の方法に「騒音によって着陸料金を調整する(A. 料金調整型)」と「着陸料金とは別に騒音によって追加課金をする(B. 追加課金型)」に分類されることが分かった。そのイメージを図1に示す。

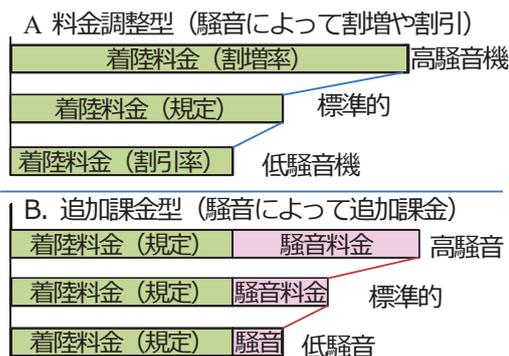


図1 騒音による着陸料金課金の分類

さらに、騒音の大きさを判断する方法も分かれる。まず、ICAO騒音証明値を利用する方法がある。その中には、①騒音証明地点3地点のそれぞれのChapter3基準値と騒音証明値の差(余裕値)を使用する方法と、②騒音証明値の大きさそのものを利用する方法に分かれる。基準値は航空機の大きさによって従量変化するので、マージン量を利用する場合は、いわば、「大きさの割に低騒音」であり、証明値の大きさをを用いる場合は、「騒音の大きさ」を評価することになる。さらに、③空港周辺の常時監視局などで実際に観測した実測値を用いる方法もある。この方法でも②と同様に「騒音の大きさ」を評価することになる。次章ではICAOの騒音証明制度について簡単に振り返る。

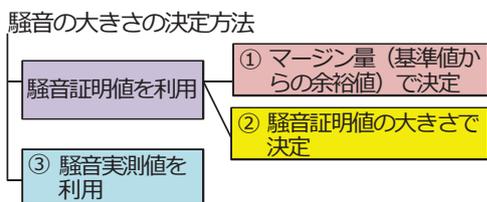


図2 騒音の大きさの決定方法の分類

4. ICAOの騒音証明制度

航空機騒音証明制度が1971年8月にICAO第16附属書として発行された。航空機騒音証明は、騒音基準への適合を証明するものとして航空機の登録国が発行することとされており、騒音基準に適合していない航空機は運航できない。1971年当時の基準はChapter 2とよばれる。1977年には、改訂騒音基準が発行され、エンジンの装備数に応じた騒音基準値の強化がなされた。この基準をChapter 3基準とよぶ。2002年4月以降、Chapter 2基準の航空機の飛行が禁止された。その後、2006年1月以降の新型式機に対する基準強化としてChapter 4基準が導入され、さらに、2017年12月以降の新型式機に対する基準強化としてChapter 14基準が導入された(4 および14基準は、Chapter 3の基準値を用い、さらにその余裕値の大きさによって適合を決める)。

騒音証明地点は、図3に示す3地点が対象で、「着陸Approach」は着陸点の手前2kmの経路下、「離陸Flyover」は滑走開始から6.5kmの経路下、「側方Sideline」は離陸推力で上昇する区間側方450mの場所が指定される。

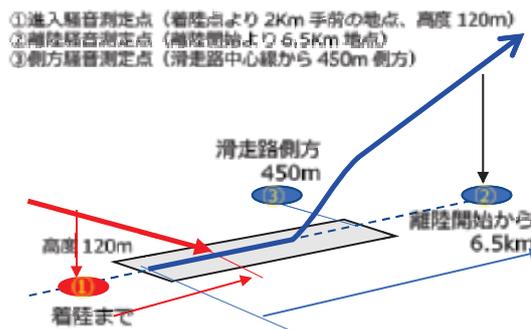


図3 ICAO騒音証明地点

進入、離陸、側方それぞれの騒音基準値は最大離陸重量(MTOW)によって比例的に設定されているため重量とともに基準値は大きくなる(ある重量以上で一定値をとる)。評価量にはEPNLとよばれる指標が採用されている。航空機騒音によるやかましさ(ノイジネス)を考慮するとしてKryterによって提案されたPNL(Perceived Noise Level)をベースとした、10秒間で規準化した単発暴露騒音である。環境騒音の評価で一般的に使用されるA特性音圧レベルとは異なり、高音域成分の強いジェット機騒音の不快感が大きい事実に着目しPNLが提案された。航空機騒音においてPNL~dBA+13 dBの関係がおおよそ成り立つ。

図4に騒音証明値の例を離陸騒音と着陸騒音について示した。横軸は最大離陸重量(トン)で、実線が基準値を表す。同じ機種でも装着エンジンなどによって騒音証明値は異なるので代表事例をプロットした。基準値と証明値の差が余裕値(マージン)として扱われる。例えば、上段図の離陸騒音でA380はチャプター-3(4発)の基準値106 EPNdBに対して、騒音証明値は95.0dBであり、余裕値は11.0dBと計算される。後述するが、証明地点3地点の余裕値の合計値を累積マージンと称し、図2①のマージン量で騒音の大きさを決定する方法に用いられる。

なお、騒音証明値と通常運航の航空機による騒音の違いもあることに留意が必要である。(1)騒音証明値を算出する際の運航手順は実際の運航とは異なる、(2)通常運航は離陸重量が行き先(路線長)や搭載量によって異なるが、騒音証明値は最大離陸重量で求める、(3)PNLとdBAの違いなどが考えられる。しかし、別の研究の結果から、騒

音証明値と実際に観測される騒音の間には一定の相関があることが分かっている。

5. 騒音課金方法の総括

表2には、我々航空環境研究センターが調べた範囲で、騒音課金を行う主な世界の空港において、その課金方法分類とともに示した。騒音によって料金を調整する「A料金調整型」と騒音によって追加課金を行う「B追加課金型」は同程度の空港が採用する。ただし、料金調整型は、騒音証明値のマージン量に基づくケース(①)が多く、追加課金型は証明値の大きさ(②)または実測騒音値(③)で決まる。なお、我々が調査した範囲で、騒音課金を採用していない空港についても表3に記しておく。

表3 騒音課金を実施していない空港

騒音課金を実施していない空港		
バーミンガム	ミラノ	コペンハーゲン
オスロ	サンフランシスコ	コロサンゼルス
サンノゼ	シアトル	シカゴ
ワシントン・ダレス	ワシントン・ナショナル	
ニューヨーク・JFK	ラガーディア	ニューアーク
バンクーバー	トロント	ソウル(仁川)
シドニー	メルボルン	オークランド(NZ)

6. 空港ごとの騒音課金事例

本章では、空港ごとの課金方法を主だった空港例を中心に紹介する。なお、空港ごとの紹介記事で解説されているものはそちらも参照されたい。

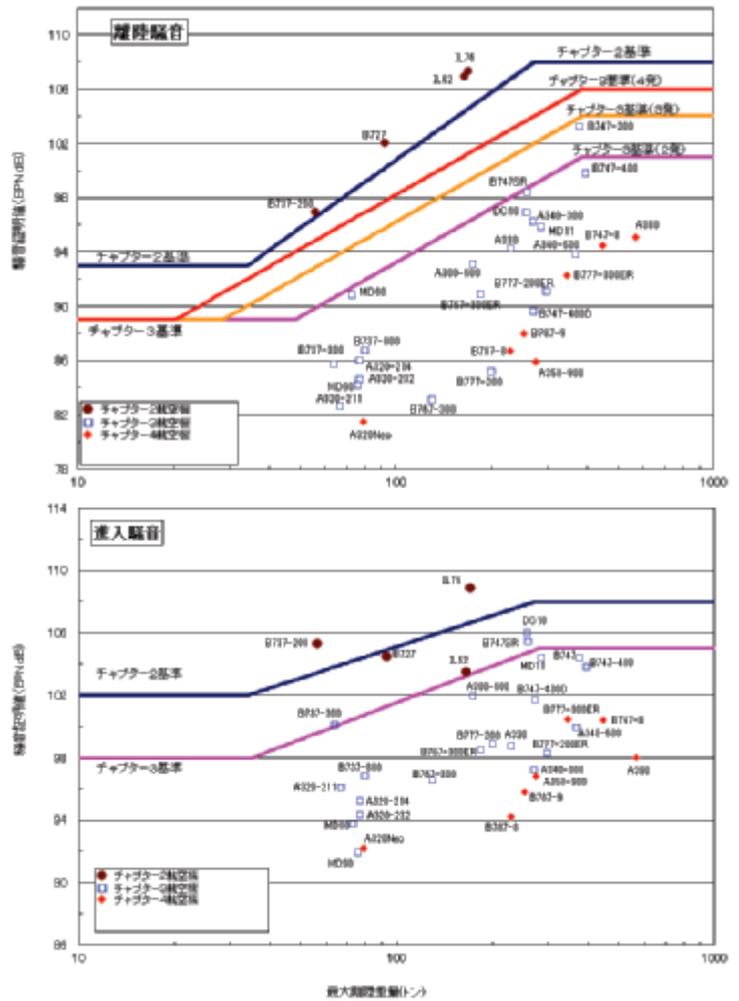


図4 騒音証明値の例(上段：離陸、下段：着陸)
ICAOやEASAの公表データを基に筆者作成

※Chapter 3基準で証明されたものより、Chapter 4基準で証明されたほうが全般に証明値は小さい。機体の大きい方が基準値は大きく、また、証明値も大きい。Chapter 4および14はChapter 3基準を用い、余裕値の大きさで適合が判断される(ch4は10dB以上、ch14は17dB以上の余裕値が必要)
Chapter 3基準証明機でも騒音性能としてChapter 4, 14基準に適合する場合もある。同様にChapter 4基準で証明された機でもChapter 14に適合する性能を有するものもある。

表2 騒音課金を行う空港の課金方法総括表(課金タイプ)

騒音の大きさ決定方法	A. 料金調整型 (騒音によって割増や割引)			B. 追加課金型 (騒音によって追加課金)		
	騒音証明値	アムステルダム	ブリュッセル*3	アイントホーフェン*3	ロンドン・ヒースロー*1	ロンドン・ガトウィック
① 累積マージンで決定	スタンステッド	ライプチヒ				
	パリ・シャルル・ド・ゴール	パリ・オルリー	マルセイユ			
	マヨルカ	バルセロナ	マドリッド	ローマ*2		
	マラガ	バーゼル*4	成田	ブリスベン *5		
② 証明値の大きさに決定				ストックホルム	ヘルシンキ	ウィーン
				ソウル(金浦)	プサン(金海)	台北(松山)
				羽田	日本の国内線	
③ 実測騒音値で決定				フランクフルト	ミュンヘン	デュッセルドルフ
				ベルリン	ハンブルグ	
				チューリッヒ	ジュネーブ	

*1 着陸料金は騒音料金のみ
*2 騒音適合基準で追加課金量が異なる
*3 ACI indexを利用

*4 累積マージンに基づく追加課金もあり
*5 Chapter 3 marginally (5dB以下) は50%割増

また、各空港の着陸料を比較するために、代表的な機種を選定し、着陸料の計算を行った。その際に選定した機種を表4に示す。騒音証明値は同じ機種でも装着エンジンや最大離陸重量の違いによって個々に異なる。ここでは、小型機から大型機までの代表的な機種・エンジン最大離陸重量を筆者が選定し、騒音証明値はICAOやEASA（欧州航空安全機関）などで公表している資料から選定した。

表4 比較検討に選定した代表機種と騒音証明値

型式	エンジン	最大離陸重量 (MTOW)	最大着陸重量 (MLW)	騒音証明値 EPN dB			Ch3基準マージン合計 EPN dB
				離陸	側方	着陸	
A320	CFM56-5B	77 t	66 t	86.0	93.7	95.3	14.3
A320Neo	PW1127	77 t	68 t	81.3	86.7	92.2	29.1
B737-800	CFM56-7B	80 t	67 t	87.4	93.8	96.5	11.9
B767	CF6-80C2	187 t	146 t	90.1	96.2	98.6	15.7
A330-300	CF6-80E1	242 t	187 t	93.6	98.8	99.1	12.5
B787-9	GENx-1B	253 t	193 t	88.9	92.4	95.4	27.8
A350-900	TrentXWB	275 t	207 t	85.9	91.5	96.8	31.4
B777-300ER	GE90-115B	352 t	252 t	92.8	98.7	100.5	16.0
B747 classic	JT7D-7R	378 t	286 t	103.1	103.5	104.4	2.7
B747-400	CF6-80C2	395 t	286 t	99.7	97.9	103.3	13.1
B747-8	GENx-2B	448 t	313 t	94.4	93.9	100.3	25.4
A380-800	Trent 970	560 t	391 t	95.0	94.3	98.0	26.7

また、日本円に換算する際のレートは、1€=122円、1£=144円、1CHF（スイスフラン）=110円とした。

6.1 累積マージンを用いる空港

(1) 成田空港(課金タイプA①)

海外空港事例ではないが、まず成田空港の例から紹介する。成田国際空港株式会社(NAA)では2005年10月から、Chapter 4クラスの低騒音機の導入促進を図るため成田航空機騒音インデックスによる区分によって低騒音型機の着陸料金を優遇している。表5に騒音ランク別料金単価表を示す。このインデックスはACI(国際空港評議会 Airport Council International)が提唱したACI Noise Indexに基づく。ICAO騒音証明値の3地点の余裕値の合計と、各点における余裕値を組み合わせたもので、A~Fまでの6段階に区分される。概ねCランクでChapter 4基準に該当するためNAAではA~Cを低騒音型と位置付けている。Cを基準として最も低騒音のAで -200円/トン(-11%)、高騒音のFで+250円/トン(+14%)の傾斜が付く。着陸料金は、騒音ランクに応じた単価に最大離陸重量(MTOW、トン)を乗じて算出する。図5は機種別着陸料試算結果だが、低騒音型のB787やA350、B747-8、A380などは割引(図

表5 成田空港の騒音別着陸料金単価

	航空機騒音インデックスに応じて分類される航空機の種別					
	F	E	D	C	B	A
3測定点におけるChapter3基準からの余裕値の累計(EPN dB)	A-E以外	0以上	5以上	10以上	15以上	20以上
3測定点の各点におけるChapter3基準からの余裕値(EPN dB)	A-E以外	0以上	1以上	2以上	3以上	4以上
着陸料金円/トン	2,000	1,950	1,850	1,750	1,650	1,550



図5 機種別着陸料試算(成田空港)

の赤枠斜線部分)され、高騒音に属するB747在来型などは割増されている(図の緑枠斜線)。

なお2002年に6段階区分で提唱されたACI Noise Indexは2010年に低騒音側に2区分拡張した8段階区分(R1~R8)に変更されている。

(2) ブリュッセル空港(課金タイプA①)

ブリュッセル空港の騒音課金は、更新したACI Noise Indexを用いた8区分に分類される(表6)。低騒音側の境界は累積マージン30dBまでと、世界でも最も低騒音側まで区別する(図11参照)。着陸料金は、騒音区分による環境ファクター係数を最大離陸重量で決まる着陸料に乗ずる仕組みで、Chapter3と4の境目を基準として、その幅は0.7~2と約3倍生ずる。夜間は、騒音証明値で決定されるクオータ・カウント値(QC、ブリュッセル空港解説記事を参照)の値によっては割増、さらに深夜23~6時の間は全機離陸3.0倍、着陸2.25倍の課金がされる。2020年にトン数単価がそれまで

表6 ブリュッセル空港の騒音別着陸料金係数

	航空機騒音インデックスに応じて分類される航空機の種別							
	R1 (F)	R2 (E)	R3 (D)	R4 (C)	R5 (B)	R6 (A)	R7	R8
3測定点におけるChapter3基準からの余裕値の累計(EPN dB)	A-E以外	0以上	5以上	10以上	15以上	20以上	25以上	30以上
3測定点の各点におけるChapter3基準からの余裕値(EPN dB)	A-E以外	0以上	1以上	2以上	3以上	4以上	5以上	6以上
環境ファクターE(係数)	2	1.5	1.05	0.95	0.85	0.8	0.75	0.7

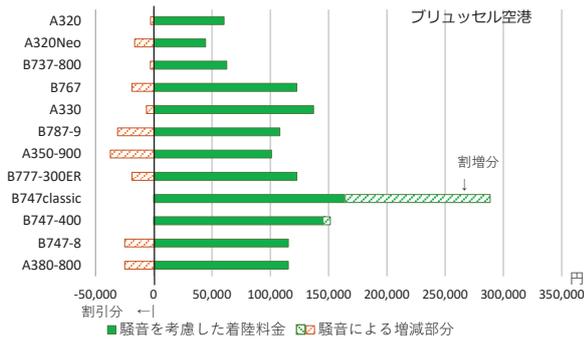


図6 機種別着陸料試算(ブリュッセル空港)

の2.91€/トンから3.38€/トンに約16%値上げされた(旅客便)。図6の試算を見るとB747在来型のような極めて高騒音は割増に、それ以外は低騒音側の割引優遇姿勢が目立つ。

(3) アムステルダム空港(課金タイプA①)

アムステルダム空港の騒音課金は、騒音証明値のマージン量で区分したカテゴリごとに着陸料単価(最大離陸重量1トンあたり)を設定する。2019年に、それまでの騒音カテゴリ4区分(最小境界値はマージン量18dB)から、同26dBを最小境界値とする7区分に変更すると同時に、料金改定も行った。Chapter 4基準がS2、Chapter 14基準がS4である。最も低騒音のS7は、料金設定上の標準とするS3に対し55%、高騒音のS1は160%と約3倍の傾斜配分となっている(アムステルダム空港の解説記事を参照)。2020年はさらに傾斜課金の改訂を行い、高騒音機割増と低騒音機割引を進めている(表7)。

表7 アムステルダム空港の騒音別料金改定プラン

騒音区分 累積マージン	Noise Category						
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
2019年	160%	105%	100%	90%	80%	65%	55%
2020年	170%	125%	100%	87%	75%	60%	50%
2021年	180%	135%	100%	85%	70%	55%	45%

S3(累積マージン量14~17dB)を基準とする騒音クラス間の重みづけを2020~2021年にかけて、さらに加重傾斜(高騒音割増、低騒音割引)を進める。

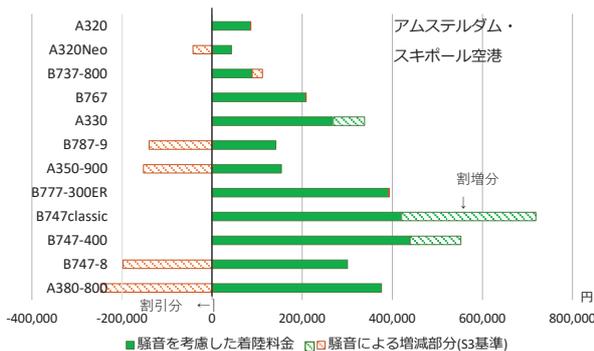


図7 機種別着陸料試算(アムステルダム空港)

図7の料金試算を見ると、高騒音機の割増と低騒音機の割引き優遇姿勢が明確である。大型機のほうがその傾向が顕著となる。

(4) パリ・シャルルドゴール空港(課金タイプA①)

パリ・シャルルドゴールは累積マージンの大ききで区分したカテゴリによって、最大離陸重量のトン数に応じた着陸料単価を調整する方式である(空港別の解説記事を参照)。マージン量区分の最小境界値は13dBでしかなく、いわば、Chapter 3基準にしか該当しないものと、Chapter 4基準以上に該当するものを区分しているに過ぎない(図11参照)。フランス国内の他の空港も同じ騒音カテゴリ区分表を用い、係数は1.3~0.85と1.5倍程度の差がつく(騒音による増減の係数は空港によって少し異なる)。夜間は1.5倍の割増となる。

図8の着陸料試算を見ると、割増対象よりも、多くの機種が割引対象となっていることが分かる。

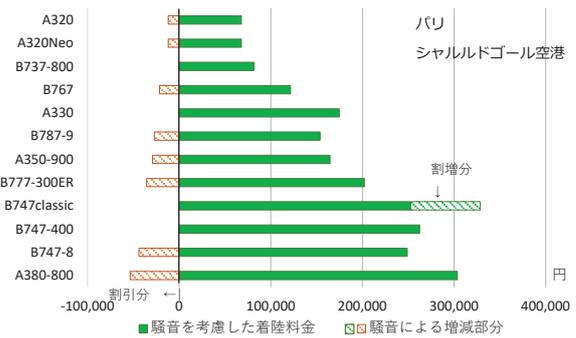


図8 機種別着陸料試算(パリ・CDG空港)

(5) マドリード空港(課金タイプA①)

マドリード空港では、騒音証明の累積マージンによる騒音区分で、トンあたりの着陸料金単価を調整する方式を採っている。現時点ではChapter 3基準しか満たさない機に対する割増率を設定しているのみである(空港別解説記事を参照)。マージン量区分の最小境界値は15dBだが、マージン量

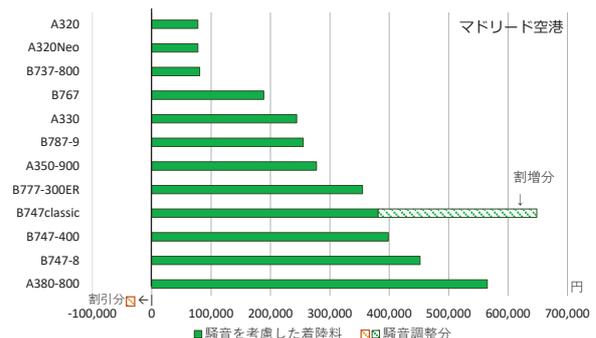


図9 機種別着陸料試算(マドリード空港)

10dB以上のChapter 4基準以上に相当する機種へのインセンティブは採用していない(図11参照)。図9の着陸料試算でもそのようすは理解できる。

(6)ローマ・フミチノ空港(課金タイプB①)

イタリアでは騒音課金をする空港はほとんどないが、ローマ・フミチノ空港では、騒音適合基準に基づく騒音課金(IRESAと称している)を実施している。しかし、表8(下)でも理解できるように、最新の14基準のあてはめがない。騒音追加課金はすべての航空機から徴収するが、Chapter 4基準機以上については、その額が少し緩やかになる程度である。試算では、離着陸料に対する騒音追加課金は6.7%(A320)~14.4%(A380)程度(ピーク時間帯)だった。

表8 ローマ空港の離着陸料とNoise Charge

		単位: €	
		ピーク時間帯 11:30~15:00と 19:00~21:00	オフピーク時間帯 15:01~18:59と 21:01~11:29
基本料		54.71	40.44
最大離陸重量のトン当たり	25tまで	4.72	3.49
	26~75t	5.04	3.73
	76~150t	3.36	2.48
	151~250t	2.56	1.89
	251t以上	1.60	1.18

騒音証明に示される最大離陸重量に基づいて計算する。

IRESA(Noise Charge) 単位: €

固定翼機の種別	騒音証明による分類	最大離陸重量1tあたり
ジェット機	ICAO Chapter 2	0.48
	ICAO Chapter 3	0.45
	ICAO Chapter 4	0.40
	N/A	0.50
ターボプロップ機	ICAO Chapter 3	0.45
	ICAO Chapter 4	0.40
	N/A	0.50

(7)ロンドン・ヒースロー空港(課金タイプB①)

ロンドン・ヒースロー空港の着陸料金は、騒音証明の累積マージン量で決まる区分で定めるノイズチャージに加え、NOx排出量に応じたエミッションチャージの2つの環境負荷料金のみで決定される(空港別の解説記事を参照)。航空機の重量や乗客人数に応じた従量制料金は課していない。(乗客から徴収するセキュリティチャージなどは除く)世界的に見ても、極めて珍しい制度だと言える。

2017年にICAO騒音証明のChapter 14基準による区分を取り入れるために、区分と料金を改

定した。騒音区分の最小境界値は「Chapter 14 Low」のマージン量23dBである。(図11参照)

表9にも示すように、騒音区分は6つに分かれる。「Chapter 4 Base」(マージン量15以上17未満)を標準とした場合、Chapter 3基準機は3.89倍、最も低騒音のCh14 Lowでは0.33倍にまでディスカウントされる。料金設定の幅は11.67倍に及ぶ。2018年以降、騒音区分は変えていない。料金は毎年更新されており、最新の2020年には対2017年比で1.39倍まで値上げしている。なお騒音区分間の課金比率はそのまま継続して適用している。また、この表にはないが、23:30~6:00の間にスケジュールされていない航空機が運航する場合、2019年までは表9の料金に2.5倍の係数を乗じた設定をしていた。2020年、なんと5倍と改訂された。

図10にヒースロー空港の料金試算の結果を示す。騒音区分だけで着陸料金が決定されるので、Ch4 Highに該当するA320は日本円で56万円課金される。一方でA320の新型であるA320Neoは最も低騒音ランク(Ch14 Low)なので14万円しかかからない。B787やA380も同じ料金である。また、Chapter 3基準しか満たさない航空機には実質的な排除といえる165万円もの料金が課されている。このように、Chapter 3を排除し、なおかつChapter 14を満たさない機まで高価格設定をすることで、より低騒音機の導入を促進するメッセージを発している。

表9 ヒースロー空港の騒音料金と年推移(£)

騒音カテゴリー	Chapter 3	Chapter 4 High	Chapter 4 Base	Chapter 14 High	Chapter 14 Base	Chapter 14 Low	2017比
累積マージン EPN dB	10未満	10以上15未満	15以上17未満	17以上20未満	20以上23未満	23以上	
2017	8,274.00	2,364.00	2,127.60	1,654.80	1,182.00	709.20	1.00
2018	8,831.66	2,523.33	2,271.00	1,766.33	1,261.67	757.00	1.07
2019	11,475.32	3,934.40	2,950.80	2,295.06	1,639.34	983.60	1.39
2020*	11,475.32	3,934.40	2,950.80	2,295.06	1,639.34	983.60	1.39
区分間比	3.89	1.33	1.00	0.78	0.56	0.33	

*2020からmovement chargeとして離陸、着陸それぞれに課金。表データは離陸・着陸の計

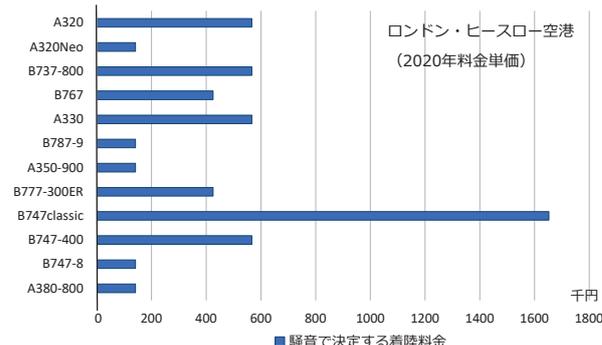


図10 機種別着陸料試算(ヒースロー空港)

ICAO基準 累積マージン 係数比*	Chapter 3基準 ← →					Chapter 4基準 ← →					Chapter 14基準				
	0	5	10	13	15	17	20	23	25	27	30				
成田	F	E	D	C	B	A	最小境界値								
1.28	114	112	106	100	94	89	最小境界値								
ブリュッセル	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8							
2.86	200	150	105	95	85	80	75	70							
アムステルダム	S1		S2		S3	S4	S5	S6	S7						
3.40	170		125		100	87	75	60	50						
パリ・シャルルドゴール	1	2	3	4	5	最小境界値									
1.53	130	120	115	100	85	最小境界値									
マドリッド	1	2	3	4											
1.70	170	120	100	100											
ローマ・フィウチノ	2	3	4												
1.20	120	110	100												
ロンドン・ヒースロー	Ch 3		Ch4 High		Ch4 Base	Ch14 High	Ch14 Base	Ch14 Low							
11.79	389		133		100	78	56	33							

*係数比：最高騒音機課金に対する最低騒音機課金との比率

図11 累積マージンを用いて騒音課金を行う空港の騒音区分と課金比率の総合比較

(8)累積マージンを用いる騒音課金の総括

本節で説明した累積マージンを用いる空港の騒音区分について、図11に総括して図示した。低騒音側にまで積極的に区分しているのは、ブリュッセル、アムステルダム、ヒースロー、成田であり、騒音区分間の適用料金の比が大きい(高騒音・低騒音の差別化・傾斜課金が大)のはヒースロー、アムステルダム、ブリュッセルの順となっている。(図中の比率は、各空港が標準としている騒音ランク：おおむねChapter4基準を100とした場合の課金比率)

6.2 騒音証明値の大きさをを用いる空港

本節では、ICAO騒音証明値を用いるが、6.1節のようにマージン量を使うのではなく、騒音証明値の大きさを利用した騒音課金を紹介する。表2で示したように、着陸料に騒音料金を追加課金する方法が採られている。

(1)日本の国内線騒音料金(課金タイプB②)

国管理空港においては、国内線の着陸料はア)航空機の重量(最大離陸重量)に応じた重量比例部分、イ)騒音の大きさに応じた騒音比例部分で構成される。騒音料金NCは

$$NC = \{ (EPN_{TO} + EPN_{LD}) / 2 - 83 \} \times 3,400 \text{円}$$

ここに、EPN_{TO}：離陸の騒音証明値、
EPN_{LD}：着陸の騒音証明値、である。

図12に機種別試算結果を示す。騒音比例部分は、全体の7~24%を占めるが、金額では17,000~65,000円程度であり、高騒音機に対し明示的な負荷ではない。

(2)羽田空港・国際線(課金タイプB②)

東京国際(羽田)空港の国際線でも同様の料金体系を採り、ア)重量比例部分(最大離陸重量のトンあたり2,600円)、イ)騒音比例部分によって構成される。騒音比例部分は2020年1月にそれまで国内線と同じだったものから高騒音機への負荷を増し、低騒音機の優遇のために表10のとおり改訂された。

表10 羽田空港国際線の騒音料金

航空機の騒音値(EPN dB)	料金
94以下	2,000円×(騒音値-83)
95以上96以下	3,400円×(騒音値-83)
97	5,100円×(騒音値-83)
94以下	6,100円×(騒音値-83)

$$\text{騒音値} = (EPN_{TO} + EPN_{LD}) / 2$$

EPN_{TO} 離陸騒音証明値

EPN_{LD} 着陸騒音証明値

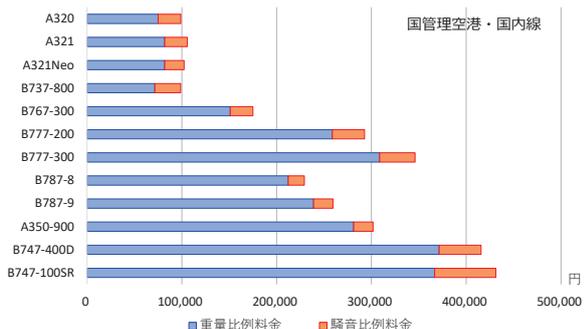


図12 機種別着陸料試算(国管理空港・国内線)

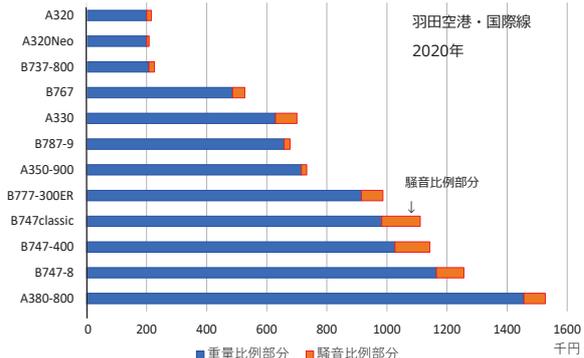


図13 機種別着陸料試算(羽田空港・国際線)

従量単価が2,600円/トンと大きいため、着陸料全体に占める騒音料の割合は2~12%、金額で8,000円~13万円である。騒音に対する料金負担は国内線の場合よりも倍程度に大きくなっている(図13)。

(3)ウィーン空港(課金タイプB②)

オーストリアのウィーン空港では、3点の騒音証明値の大きさを使って、追加課金型のノイズチャージを行っている。

$$\text{騒音料} = (3 \text{地点の証明値平均} - 80) \times 2\text{€}$$

なお、平均はエネルギー平均で算出する。また、この後に複雑な調整があって、最終的な騒音料金が決まる。

(4)ストックホルム空港(課金タイプB②)

スウェーデンのストックホルム空港では、証明値の大きさを用いた追加課金型のノイズチャージを行っている。

$$\text{Noise Unit} = 10 \times [(\text{EPN}_{\text{TO}} - 82) / 10] + 10 \times [(\text{EPN}_{\text{LD}} - 89) / 10]$$

$$\text{Noise Rate} = \text{Noise Unit} \times 30 \text{ SEK}$$

離陸証明値(EPN_{TO})から82を引いた数値、および、着陸証明値(EPN_{LD})から89を引いた数値を用いて騒音料(Noise Rate)を計算する。単価は30SEK(スウェーデンクローネ、約12円/SEK)である。なお、騒音料の最大は600SEK(7,200円)と定められているので、課金の重みは小さい。

(5)韓国・ソウル金浦空港(課金タイプB②)

韓国でも騒音対策費用の捻出のために、ノイズサーチャージ制度を採っている(仁川は実施していない)。金浦空港では、3点の騒音証明値の平均値を対象とした騒音カテゴリーを設け、該当する区分ごとに、着陸料に追加して課金する割合を定めている。表11下段で最大離陸重量によって定

表11 ソウル金浦空港の騒音負担料金

Noise Surchargeのカテゴリー

騒音等級	騒音レベル(EPNdB)	課金額
Class 1	100以上	着陸料の25%
Class 2	97以上100未満	着陸料の20%
Class 3	94以上97未満	着陸料の17%
Class 4	91以上94未満	着陸料の14%
Class 5	91未満	着陸料の10%

※騒音レベルは騒音証明値の三地点の平均値

Landing Charge(国際線)

MTOW	料金
100tまで	8200 ¥/t
100t以上200t未満	¥ 820000 + 8000 ¥/t (100t以上に対し)
200t以上	¥ 1620000 + 7800 ¥/t (200t以上に対し)

まる着陸料金に加え、上段表の騒音等級に応じた追加課金割合を算出する。最も高騒音な1クラスは着陸料の25%、最も低騒音の5は10%と差別化する。

図14に機種別試算結果を示す。試算では、着陸料全体に占める騒音課金の割合は9~20%となる。騒音追加課金は着陸料(従量制)に対する比例であり、大型機であるほど、騒音クラスによる比率が課金額の軽重に影響する。また、累積マージンによる騒音区分では有利となる大型機B747-8やA380は、騒音証明値の大きさでは騒音等級は3にとどまる。半面、小型機ならば最新鋭機でなくても騒音等級は4(A320やB738)と低騒音に区分される。この方式は、実際に発生させる騒音を想定した仕組みだとも言えよう。

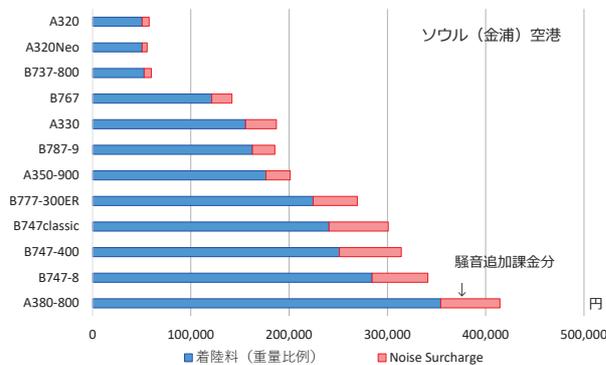


図14 機種別着陸料試算(ソウル・金浦空港)

6.3 実測騒音値を用いる空港

本節では、空港周辺で実際に観測した騒音測定結果をもとに、騒音課金を行う事例を紹介する。

(1)フランクフルト空港(課金タイプB③)

フランクフルト空港では、騒音に応じた課金(ノイズチャージ)の趣旨(高騒音機の排除、低騒音機の優遇)を明確に示す料金体系を採っている。また、騒音対策のために必要とする財源確保のための、ノイズサーチャージも別途課している。詳しくは空港別の解説記事を参照されたい。

ノイズチャージに用いる騒音カテゴリーは、飛行経路下にある航空機騒音の常時監視局の長期間観測結果を用いることが特徴である。機種別の平均値を算出し78~91dB(L_{AX}; L_{AE}に相当する)の間を1dB毎に刻んで15に区分している。2020年1月には実測結果に基づいた機種別騒音カテゴリー表を更新した。2016~2018年の3か年の機種別実測値平均値を利用している。表12は騒音カ

表12 フランクフルト空港の騒音料金(ノイズチャージ、ノイズサーチャージ)と料金改定比較

Noise Level	LAX dB	Noise Category														
		<=77.9	78.0-78.9	79.0-79.9	80.0-80.9	81.0-81.9	82.0-82.9	83.0-83.9	84.0-84.9	85.0-85.9	86.0-86.9	87.0-87.9	88.0-88.9	89.0-89.9	90.0-90.9	91.0-
Noise Category		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Noise Charge	2017 (€)	83.79	102.39	124.14	134.57	201.03	388.60	423.91	584.92	636.69	746.58	804.33	1351.50	1685.45	2813	22742
	2020 (€)	85.79	106.39	130.14	142.57	212.03	402.60	440.91	604.92	659.69	772.58	833.33	1383.50	1720.45	2851	22783
	カテゴリ間比(基準6)	21.3%	26.4%	32.3%	35.4%	52.7%	100.0%	109.5%	150.3%	163.9%	191.9%	207.0%	343.6%	427.3%	708.1%	5659.0%
	2020/2017比	102.4%	103.9%	104.8%	105.9%	105.5%	103.6%	104.0%	103.4%	103.6%	103.5%	103.6%	102.4%	102.1%	101.4%	100.2%
Noise Surcharge	2020 (€)	2.25	2.81	3.38	3.75	6.00	12.38	13.13	18.75	20.63	24.38	26.25	45.00	56.25	93.75	750
	対Noise Charge比	2.6%	2.6%	2.6%	2.6%	2.8%	3.1%	3.0%	3.1%	3.1%	3.2%	3.2%	3.3%	3.3%	3.3%	3.3%

テグリー別に示される騒音料金(ノイズチャージ、ノイズサーチャージ)である。今回の料金改定以前(2017年)の料金も併せて示した。表は通常の運用に対するもので、夜間や深夜は別途課金がなされる。仮にカテゴリ6を基準(100%)とした場合、最も低騒音のカテゴリ1のノイズチャージは21%、最も高騒音のカテゴリ15では5,659%と265倍もの差別化を図っている。各騒音ランクに該当する機種については、フランクフルト空港の解説記事を見ていただきたい。改訂単価は、2017年料金に対して約3%程度の値上げとなっている。また、ノイズサーチャージはノイズチャージの約3%で、2017年から料金に変更していない。

図15に機種別試算結果を示す。着陸料金(旅客機の場合人数比例)に加え、ノイズチャージ、ノイズサーチャージを2020年版料金表で計算したものである。図からも分かるように、大きな騒音を発するものは課金が重く、低騒音機種は課金額も小さい。徴収額に占める騒音課金の比率は55~90%を占める。低騒音機の誘導促進姿勢が明確で、例えばA330型と、その更新対象とも考えられる新型低騒音のA350では半分程度の課金額にとどまる。

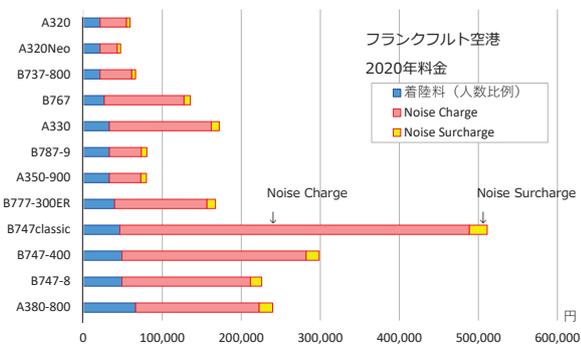


図15 機種別着陸料試算(フランクフルト空港)

(2) チューリッヒ空港(課金タイプB③)

チューリッヒ空港では、最大離陸重量で区分さ

表13 チューリッヒ空港の着陸料・騒音料

Landing charge 単位: スイスフラン CHF

MTOW class	重量 (W)	着陸あたりの料金	代表例
1	0t < W ≤ 2t	14.80	C172, P28A
2	2t < W ≤ 5t	37.10	BE58, C208
3	5t < W ≤ 15t	96.50	C25A, C560, D228
4	15t < W ≤ 25t	183.30	AT72, CRJ2, E135
5	25t < W ≤ 50t	309.00	DH8D, E170, CRJ7
6	50t < W ≤ 100t	567.40	A320, A321, B738
7	100t < W ≤ 200t	1091.10	A306, B763
8	200t < W ≤ 400t	1817.80	A330, B788, B77W, B748
9	400t < W	3005.00	A388

Noise Class

Noise Class	平均との差	例
1	4.5dBを超える	AN124, B744, MD11
2	1.5 ~ 4.5dB	A306, A330, A340, A380, B77W
3	-1.5 ~ 1.5dB	A321, B734, B738, B752, B772
4	-4.5 ~ -1.5dB	A320, A359, B789, CRJ7, E170, E190
5	-4.5dB以下	A20N, A21N, B73M, E175E2, BCS1

Noise charge 単位: スイスフラン CHF

Noise class	1	2	3	4	5
課金額	2,000	400	40	10	0

れ定められた着陸料と、騒音の大きさで区分され定められた騒音料が課金される。夜間の離陸または着陸には別に騒音料の追加がある。

騒音のクラスは、運航するすべての航空機を対象として空港周辺の常時監視局で観測した年間平均騒音値を基準とし、3dB毎に区分している。(表13中段)最も高騒音のクラス1には2000CHFの課金をするが、最も低騒音のクラス5からはノイズチャージは徴収しない(夜間時間帯は徴収あり)。

図16に機種別試算結果を示す。高騒音機には騒音料を大きくし、低騒音は騒音料をほぼゼロにする構図である。

しかし、小型機の最新鋭機種への転換との観点で眺めれば効果的ではない部分も見える。例えばA320などすでに低騒音の機種が、更なる低騒音化のために最新鋭のA320Neoを導入したとしても料金はほとんど変わらない。

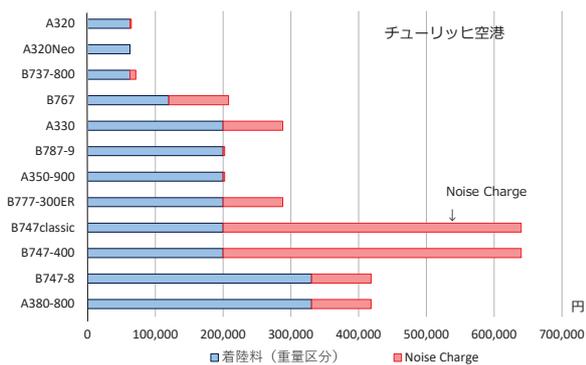


図16 機種別着陸料試算(チューリッヒ空港)

7. 着陸料金の空港間比較

図17にはこれまでに紹介した空港・機種の着陸料試算を主な機種別に空港別の比較を試みた。

小型既存機種の代表例としてA320を見ると(①)騒音優遇はなく、LHRでは高い騒音負荷料金を設定している。同機種では新型低騒音のA320Neo(②)の導入が進みつつある。LHRでは一挙に騒音料金を下げている。他にもAMSやBRUで割引措置をする。

中型機の既存代表例として、A330(③)を見ると、実測騒音に基づくFRAやZRHで騒音課金部分が多くなったことが分かる。LHRでも騒音料は大きい。対応する新型機種のA350-900(④)を見ると、AMSでは大きく割引し、LHRでは騒音料をA330の4分の1程度まで下げている。FRAでも約半分の料金にしており、これらに空港では低騒音機の導入を期待しているメッセージとして明確に受け取ることができる。

現在すでに運航がほとんどないが、B747在来型(⑤)を高騒音・大型機の代表例として挙げる。高騒音機排除に積極的な空港は並んで高い騒音課金を課している。LHRでは昼間の運航でさえも160万円以上の料金を徴収し、ZRH, FRA, AMS, MADでも高い騒音課金を行っている。Marginal Chapter 3(チャプター3基準にやっと適合している状態の機種)の排除を意図している。一方、大型機の新鋭機では評価が分かれる。図例⑥のB747-8をみると、AMSでは大きな割引措置を、LHRは着陸料を低額にとどめている。半面FRAやZRHでは、さほど騒音料部分は低くはない。累積マージンでは評価が良くても、実際の騒音観測では大型機ゆえに一定以上の大きな音になってしまうことによる違いともいえる。

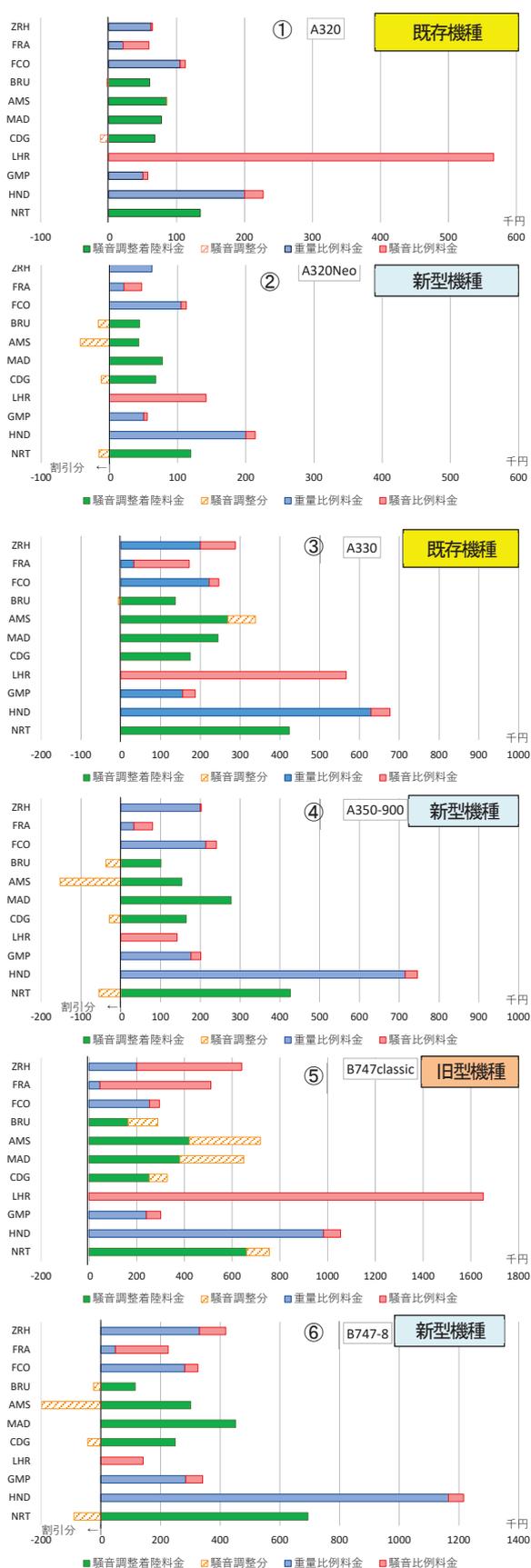


図17 主な機種の着陸料金空港間比較

NRT:成田、HND:羽田、GMP:金浦、LHR:ヒースロー、CDG:パリ、MAD:マドリード、AMS:アムステルダム、BRU:ブリュッセル、FCO:ローマ、FRA:フランクフルト、ZRH:チューリッヒ

8. 排出ガス課金

本章では排出ガス課金について簡単に紹介する。航空機エンジンからの排出物が空港周辺の大気環境に与える影響を懸念し、ICAOでは、NO_xやCO、HC等について国際的な排出源の規制基準が設けられている。このうち、NO_xについては1982年に最初の規制がなされて以降、4回にわたって段階的な規制強化がなされている。一方、欧州では、航空機に限らず全般な大気環境の保全や負荷物質対策として、EU指令に基づきNO_x等の排出源対策を図っている。特にNO₂についてはEU基準値40μg/m³を超える観測結果の地域が多く存在している。空港周辺の大気環境を懸念している空港も多い。

このような背景から、空港からの排出量を少しでも抑えようと、NO_x排出量に応じてエミッションチャージを設けている空港は、6か国(スイス、スウェーデン、デンマーク、ドイツ、イギリス、フランス)25空港におよぶ(前掲の表1、Boeingデータ)。しかし、主要な空港がすべて実施してはならず、騒音量に応じて課金する制度を持つ空港数よりはるかに少ない。これはEU-ETS(欧州域内の排出量取引)に航空機の運航も組み入れられていることとも関連するようである。

表14に欧州の主な空港でのエミッションチャージの状況を一覧表にした。どの空港も、機種・エンジンごとにICAOで定めるLTOサイクル(高度3000ft以下の運航について、エンジン推力と要する時間(分)を設定したもの)におけるNO_x排出量を計算し、それに対して空港ごとで設定したエミッションチャージの単価を乗ずる。単価設定で積極的なのはヒースローで、排出kgあたり16.84€で他の空港(例えばフランクフルトは

3.08€×離陸・着陸)と比べても高めの設定をしている。また、ヒースローではこの単価を毎年少しずつ値上げしている(2017年は15.42€だった)。

NO_x排出は、騒音低減の進捗と必ずしも同期していない部分がある。エンジン効率を良くすることが低騒音につながったとしても、効率向上のための高温燃焼がNO_x排出の増加につながる傾向があるためである。それが最も顕著なのはB777世代で、図18に示すように、他の機種よりも排出量が多い。最新型のB787などでは、その課題改善が図られ、NO_x排出量は抑えられつつある。また、全般的には大型機の高出力エンジンであるほど排出量が多い傾向にあり、A320などの小型機ではNO_x排出は少ない。

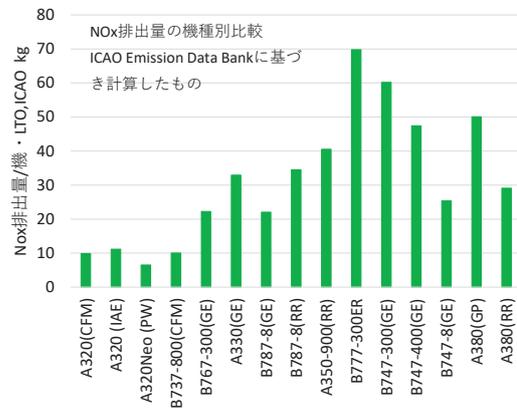


図18 主要機種別のNO_x排出量(計算値、LTO・機) 機種に続く()はエンジン種別

図19には、排出ガス課金が着陸料全体に対しどの程度の比重を占めるかを見たグラフを示す。代表例としてNO_x排出の少ないA320と大きいB777-300ERをフランクフルトとヒースローの着陸料金試算結果をともに示す。図から、エミッションチャージが着陸料全体に対する比重でA320は4~11%と小さいことに対し、B777-300ERでは24~29%と比重が高くなる。

表14 欧州空港のエミッションチャージ設定と主要機種別のチャージ額の試算

都市名	通貨	Emission Charge		A320 (CFM)	A320neo (PW)	B767-300(GE)	A330 (GE)	B787-8(GE)	A350-900	B777-300ER	B747-400(GE)	B747-8	A380(RR)
		Nox排出量/機・LTO, ICAO kg	単価/kg	EMC ¥	EMC ¥	EMC ¥	EMC ¥	EMC ¥	EMC ¥	EMC ¥	EMC ¥	EMC ¥	EMC ¥
コペンハーゲン	DKK	16.12	15.52	2,465	1,624	5,555	8,224	5,507	10,130	17,461	11,857	6,344	7,267
フランクフルト	€	122	6.16 *1	7,405	4,877	16,687	24,705	16,542	30,430	52,452	35,617	19,057	21,828
ミュンヘン	€	122	3 *1	3,607	2,375	8,127	12,032	8,056	14,820	25,545	17,346	9,281	10,630
チューリッヒ	CHF	110	2.5 *2	2,710	1,785	6,106	9,040	6,053	11,135	19,194	13,033	6,973	7,987
ガトウィック	£	144	3.5	4,966	3,271	11,191	16,568	11,094	20,407	35,177	23,886	12,780	14,639
ヒースロー	£	144	16.84	23,896	15,738	53,844	79,718	53,376	98,189	169,250	114,926	61,492	70,433

*1 HC(DpHC/F00)によって係数が1~4になる。B747classicは2~3だが、現代の航空機は係数1

*2 HC(DpHC/F00)基準を満たしていないものは係数が高い(現代の航空機は係数1)

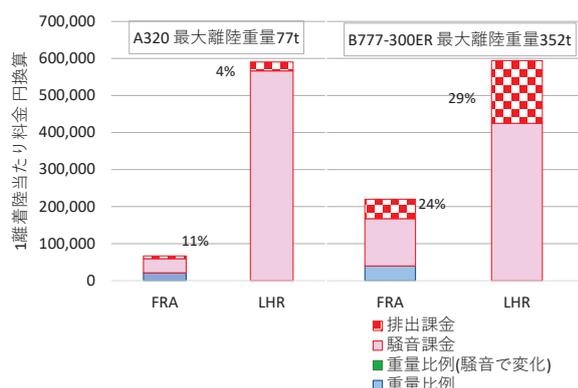


図19 エミッションチャージの着陸料金への比率 (フランクフルトとヒースローの例)

9. さいごに (考察)

本稿では環境負荷を考慮した着陸料金について、海外の主な空港の事例を調べた結果を報告した。最後に、全体を振り返りながら考察する。

騒音を考慮した着陸料金は欧州と日本・韓国・台湾で実施されている(米国は連邦ルールとして、特別な運航制限や課金を行わない)。その手段としては、A.騒音によって着陸料金を割増・割引して調整する「料金調整型」と、B.騒音によって追加課金を行う「追加課金型」に分類できる。また、騒音の大きさの決定は、①騒音証明値の基準値からの余裕値を利用する「累積マージンを利用」する方法、②「騒音証明値の大きさを利用」する方法に加え、③空港周辺で観測した騒音値を用いる「騒音実測値を利用する」方法に大別することができる。

ノイズチャージまたはノイズサーチャージと呼ばれる騒音を考慮した着陸料金を設定する目的は、I. 高騒音機の排除、II. 低騒音機の導入促進、III. 騒音対策費用の捻出、IV. その他と分類することができるだろう。

I. 高騒音機の排除では、欧州を中心にICAO Chapter 3基準にしか適合しない高騒音機に対し、高い騒音課金を行うものである。ヒースローでは、このカテゴリーに現実的ではない料金設定をすることによって、実質的なCh 3基準機の排除をしている。また、イレギュラーな深夜運航に対しても5倍の課金をすることで、余分な深夜騒音の発生を抑えている。このスタンスは騒音実測値を利用するフランクフルトでも全く同じである。また、Marginal Chapter 3 (累積マージンが5dB以

内のもの)を定義し、スペインでは昼間70%・夜間140%増しの高負荷を課したり、パリではその運航禁止措置を講じている例もある。

II. 低騒音型機の導入促進は、より強いメッセージ性を表明する料金システムを採用する空港である。平均的な騒音の機種に対する最も低騒音のカテゴリーにおいて、フランクフルトでは騒音料の0.2倍、ヒースローでは着陸料の0.33倍、アムステルダムでは0.5倍、ブリュッセルでは0.7倍と、優遇を強く打ち出している。

III. 騒音対策費用の捻出では、その課金の用途を明確にしたうえで徴収する。フランクフルトのノイズサーチャージ、フランスの騒音航空税(TNSA)、韓国の騒音負担金などが該当する。

これまで振り返ったように、空港によっては料金設定における空港管理者の強い意志を明確に表しており、その代表としてヒースロー、フランクフルト、アムステルダム、ブリュッセルが挙げられる。

騒音課金における騒音の大きさ決定方法では、①「累積マージンを利用」と②「騒音証明値の大きさを利用」および③「騒音実測値を利用」では性格が異なることも分かった。

前者①は、機体の大きさの割には相対的に静かな航空機を意味し、空港周辺に及ぼす騒音の大きさとは必ずしも一致しない部分も生ずる。これはICAO騒音証明の基準値が機体の大きさに比例して大きくなるためである。例えばヒースローのように、その空港の運航容量の限界に近い空港では有効な手法である。

後者②および③は、空港周辺における騒音の大きさそのものを評価する方式であり、大型機には不利な手法で、小型・低騒音機の促進につながる。空港容量にまだゆとりがある場合や、特に夜間騒音の制限・低減を意図する場合に有効である。

排出ガス量に課金するエミッションチャージは、計算方法が複雑なことや排出権取引との関係から実施していない空港が多い。しかしイギリス、ドイツ、スイスでは、空港周辺の大気汚染物質削減の意図もあり、NOx排出量に対する課金を実施している。特にヒースローが積極的である。