

航空環境研究



The Journal
of
Aviation Environment Research

No. 8, 2004

時評

- 空港環境に関する新たな視点について……杉江昭治 1

焦点

- ヘリコプタの機外騒音について—ヘリコプタの
機外騒音発生機構と騒音低減法— ……斎藤 茂 2
交通騒音としての航空機騒音の位置づけ…加来治郎 10
将来航空管制による航空機運用面からの温室効
果ガス削減の研究動向………川原幸雄 17
平成15年度騒音影響評価の展望に関するネット
会議 (抄録)……………金子哲也 27
後藤恭一

研究報告

- 地上デジタルテレビ放送の航空機による遅延波
障害の要因
……菅原政之・大沼保憲・末永昌久・伊藤土郎 32
東京国際空港及びその周辺における浮遊粒子状
物質の実態調査
……橋本弘樹・柴田正夫・水島 実・鈴木孝治 41
都市住民の主観的環境評価の構造解析Ⅱ“住み
心地の良さ”に係わる各種環境要因について
……後藤恭一・金子哲也 57

内外報告

- ICAO/CACEPの動向—WG1・WG3 ……高野 滋 60
ICAO/CACEPの動向—WG2 ……柳澤裕司 64
ICAO/CACEPの動向—WG5 (地球温暖化
対策について) ……石和田二郎 70
将来の航空機用ガスタービンエンジンの新傾向
……………石澤和彦 74
インターノイズ2003 ……山田一郎 82
騒音に関する国際規格を審議するISO/TC43
/SCI総会:2003ベルリン会議
……………山田一郎 89

航空環境を取り巻く話題

- ANAの環境保全 ……北宮 修 95
セントレアにおける藻場造成 ……松並孝明 104
北米における航空機騒音監視事情 ……貴島規夫 111

エッセイ

- 環境雑記 ……中村資朗 119

活動報告

- 研究センターの動き ……管理部 120

文献情報

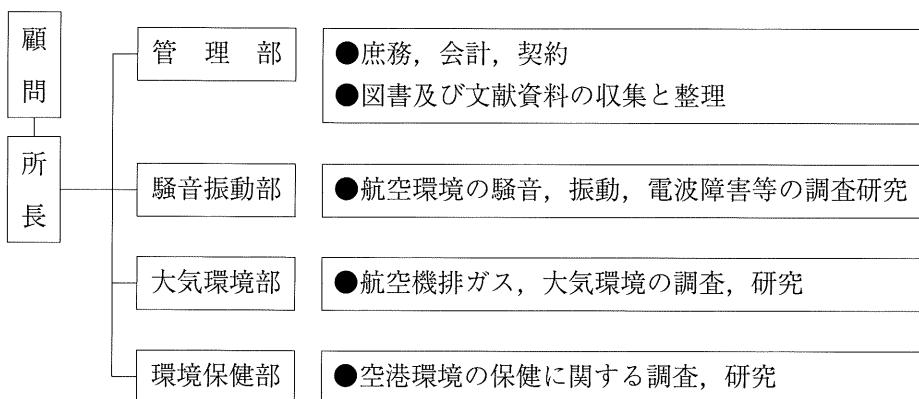
- 航空環境関連文献情報 (米国政府出版物データ
ベースより) ……文献資料室 124

航空環境研究センターの沿革と組織及び業務内容

産業、経済、文化の発展とともに航空輸送需要の増大とジェット旅客機の開発運航は、空港周辺における環境阻害に深刻な問題を提起し、昭和43年8月航空公害防止対策について国の施策を補完する目的で「(財)航空公害防止協会」が公益法人として設立されました。当協会は設立以来、東京、大阪両国際空港をはじめ、主要空港において、各種の航空公害の調査に取り組んでまいりましたが、調査事業が増加するなかで、専門的な航空公害を体系的に調査、研究し、これを防止、削減する対策並びに科学技術を研究開発する総合的な施設の設置が要望され、昭和47年12月航空公害防止協会の附属機関として航空公害調査研究センターが東京国際空港内に設置されました。

その後、名称を昭和51年10月に航空公害研究センター、平成5年4月航空公害防止協会が空港環境整備協会に改称することにあわせて、現在の航空環境研究センターに改称されましたが、設立以来、騒音、大気汚染、電波障害、空港周辺の環境などの調査と研究に取り組み今日に至っております。

なお、航空環境研究センターの組織及び業務内容は次のとおりです。



時評

空港環境に関する新たな視点について*

杉 江 昭 治**

近年、空港周辺の環境問題にアプローチする上での視点が、以前と比べて変わってきている部分があるように思われます。ここでいくつか例をあげてみますと、航空機の騒音については、既に以前のジェットエンジン特有の鋭い金属音はマイルドな音になり、また騒音レベルもかなり低減されてきていますが、将来的には大都市圏空港を中心として航空機の離発着回数は大きく増加していくと予想され、今後はたとえば夜間における低レベル騒音の影響等、空港周辺の生活環境を考慮した社会反応の要素についても検討していく必要性が考えられます。

また、大気環境の面ではこれまで空港周辺について広域的な監視を行ってきていますが、空港によっては周辺地形、構築物や気象などの影響を考慮して、特定地域に対してスポットを当てた評価検討の必要性も考えられます。

さらに、当センターではこれまで航空機騒音および大気環境に係る委員会を設け、センターの研究調査の課題、内容について学識経験者、専門家、行政担当者等の方々から貴重な御意見を頂き、また航空当局の ICAO (国際民間航空機関) における航空機騒音や航空機排ガス問題に対する我が国としての国際的取り組みにも参画させて頂いているところで

あります。

今後共引き続きこれらに多様な分野の人々が集い、最新の情報交換を行う“場”として活用して頂くと共に、必要により関係方面にタイムリーなメッセージを発信していくことは大変意義深いものと考えます。

国土交通省では最近、エコエアポート構想を所管空港において推進していますが、空港と周辺地域社会との共生、空港に働く人々と空港周辺地域の人々との間の人的交流、情報交流等新しい視点からの取り組みが行われ始めています。この場合、①地域環境、②地球環境、③循環型社会の一つとして持続発展可能な空港がキーワードになると考えられます。

こうした中で、当センターとしても今後空港環境のさらなる改善を目指してどのような役割を担っていくべきかその努力が求められています。関係の皆様の一層の御支援、御協力をお願い致します。

* New Approach to the Airport Environment, by Shoji Sugie (Managing Director, Airport Environment Improvement Foundation)

** (財)空港環境整備協会 専務理事

焦点

ヘリコプタの機外騒音について*

—ヘリコプタの機外騒音発生機構と騒音低減法—

齊 藤 茂**

1. はじめに

ヘリコプタは、救急救難、消防・防災、救急医療、報道、農薬散布など国民の生活に密着する分野で活躍しており、特に大地震などの災害時には人命救助、医薬品・食料品等の物資輸送などヘリコプタの使用が欠かせない状況となってきている。他方、公共交通機関としての人員輸送の分野においては、羽田・成田間に就航していた「シティ・エアリンク」が搭乗率の悪さ（30%弱）や定時制および騒音などの問題から1991年撤退を余儀なくされている。現在、2地点間を定期的にヘリコプタを使って人員輸送する例としては、伊豆諸島で行われている「愛らんどシャトル」、自動車会社のトヨタが社員の輸送などが顕著な例である。国土交通省はヘリコプタ用IFR運航の開始時期を平成17年度に予定しており、これが実現すると定時制の課題や就航率の課題がよい方向に改善されるものと考えられ2地点間輸送への道が開けるものと思われる¹⁾。一方近年では、救急医療用ヘリコプタとして厚生労働省が進めている「ドクターヘリ」の全国展開が2001年から本格始動を始めている。このように、公共交通機

関としてのヘリコプタの運航は遅れているものの、報道や救急医療などにヘリコプタを使う例が増えており、ますます都心に乗り入れる機会が増大しているのが現状である²⁾。このような状況において、住民に対して騒音の問題が大きくなってくることは必須である。現在までICAO CAEP会議WG1で検討されてきた新機種ヘリコプタの騒音規制が2002年にはより一層厳しくなって制定された。

このように、ヘリコプタの騒音の問題はより現実的な課題であると同時に、騒音規制強化とともに将来的な技術課題でもある。

2. ICAO の新騒音基準³⁾

2002年に、新規ヘリコプタに適用する騒音基準が制定された。この基準が制定されるまでの間に、米国と欧州というヘリコプタ製造メーカーが集まる両地域のそれぞれの事情が錯綜した中での活発な議論があった末の結論である。図-1は、ICAO新基準を図示したものである。ICAOの騒音基準は、離陸上昇、上空通過、着陸進入の3形態において規定されている。今回の新基準では、各飛行形態で3, 4, 1 EPNdBの騒音低減が規定されているが、ヘリコプタ騒音のうち特に顕著な騒音を発生する着陸進入における低減幅が小さかった。

着陸進入における騒音低減は各国で官民が協力して騒音の低減化に努力をしている状況であるが、現状の技術水準では大幅な騒音

* On the Helicopter External Noise—Noise Generation Mechanism and Noise Reduction Technique for Helicopters—

by Shigeru Saito (Japan Aerospace Exploration Agency)

** (独)宇宙航空研究開発機構 航空環境技術開発センター 回転翼騒音低減チーム リーダー

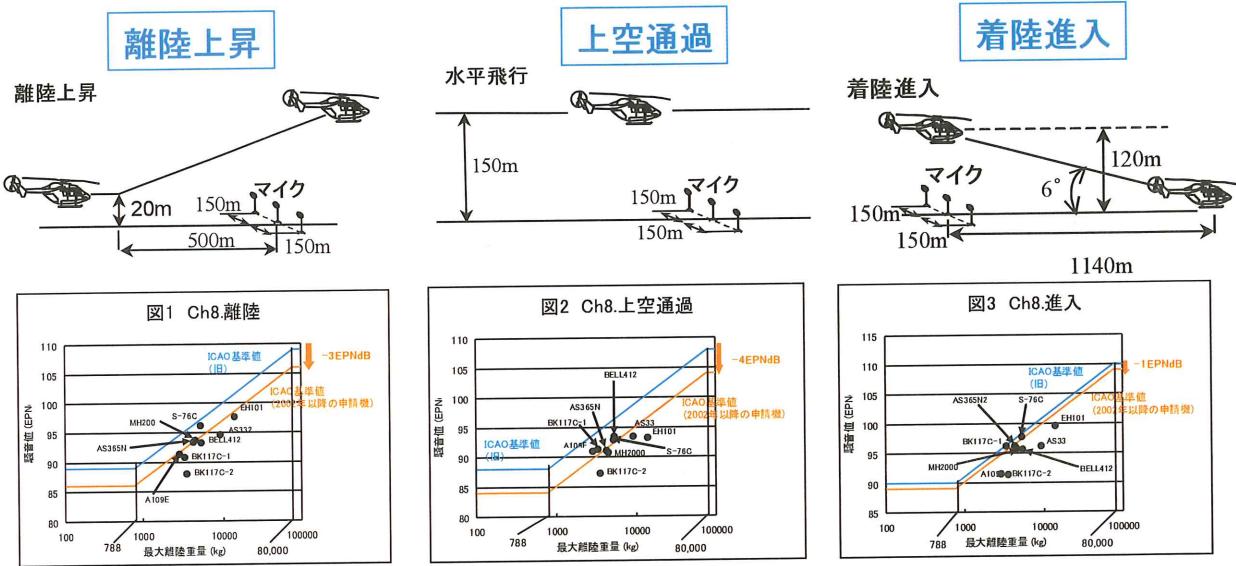


図-1 2002年に制定されたヘリコプタ機外騒音のICAO新基準

低減を達成するまでにいたっていないという
のが実情である。

3. ヘリコプタの騒音発生源^{4~6)}

ヘリコプタの騒音発生源は、機体のあらゆるところに存在していると言っても過言ではない。図-2は、ヘリコプタから発生する騒音の種類を示したものである。主な騒音発生源は、メイン・ロータ、エンジン、トランスマッショント、テイル・ロータ及びロータの後流と胴体、メイン・ロータとテイル・ロータなどの空力干渉騒音があげられる。この中でも特に、メイン・ロータから発生する騒音が顕著である。周波数解析から解る主な騒音の分類を図-3に示す。図から解るように、メイン・ロータから発生する騒音は10~100Hz、テイル・ロータから発生する騒音は100~500Hz、メイン・ロータのブレードから吐出される後流渦から発生する騒音は100~500Hz、トランスマッショントからなる機械騒音は回転数が高いこともあり1000~2000Hzの間、さらにエンジン騒音は5kHz以上の範囲で発生している。これらの騒音は発生のメカニズムの違いによって、単極子(Monopole)騒音、双極子(Dipole)

ヘリコプタ騒音の種類

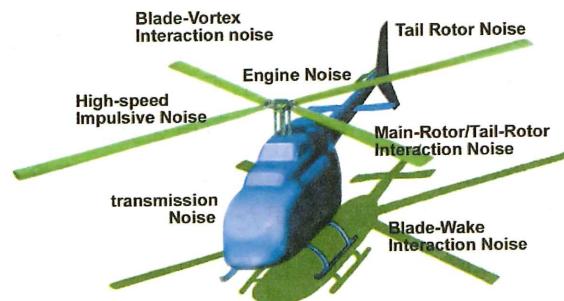


図-2 ヘリコプタから発生する各種騒音

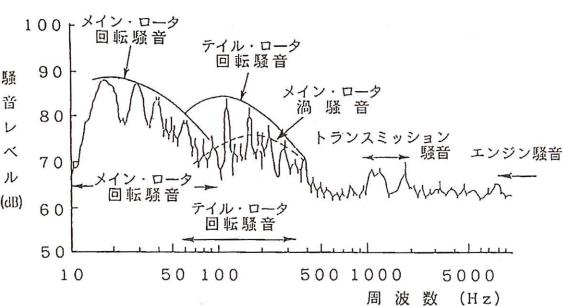
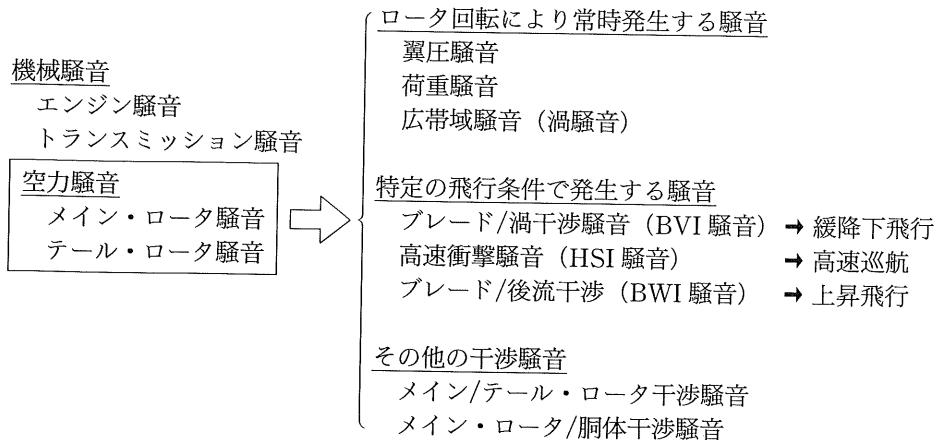


図-3 ヘリコプタから発生する騒音の特性

騒音、4極子(Quadrupole)騒音に分類される。単極子は流対中を物体が移動する際に流体を押しのけることによって発生する翼圧騒音であり、双極子は物体上に作用する圧力の変動に起因して発生する荷重騒音そして4

表-1 ヘリコプタの機外騒音の分類



極子騒音は、流対中の細かい渦が互いに擦れあうことによって発生するいわゆる広帯域騒音（渦騒音）と呼ばれる騒音である。ヘリコプタから発生する音を分類した表が表-1である。通常ヘリコプタが飛行している最中に発生する騒音は、表から解るように機械騒音及びロータ回転により発生する騒音である。また、ロータ・ブレードが荷重を発生することから起因する後流特に翼端渦は、騒音発生に非常に重要な役割を果たしている。ロータの下に位置する胴体や後方に位置するテイルロータは飛行形態によってこの後流にさらされることになる。この空力干渉によって発生する騒音は、メイン/テイル・ロータ干渉騒音、メイン・ロータ/胴体干渉騒音と呼ばれる。いずれも後流中に含まれる渦に起因して発生し比較的高い周波数帯に属している。

ヘリコプタの機外騒音の中で顕著な騒音は、飛行形態に依存して発生するいわゆる衝撃騒音と呼ばれるものである。近年のヘリコプタの飛行速度の向上によってメイン・ロータの前進側で発生する衝撃波に起因する高速衝撃 (High Speed Impulsive (HSI)) 騒音とブレードの翼端から発生する翼端渦と自身または後続のブレードとが干渉したときに発生するブレード渦干渉 (Blade/Vortex Interaction (BVI)) 騒音がその主な例である。これらの騒音は、いったん発生すると他

の騒音を凌駕するほどの強さがあり、特にBVI騒音はヘリポートなどに着陸する際に発生しやすく、周辺の住民などに騒音被害となっている。以下に、これら2つの衝撃騒音の発生メカニズムについて解説し、最後にこれら騒音の低減法について述べる。

3.1 HSI 騒音⁷⁾

通常ヘリコプタは、120 kt 前後で飛行している。また翼端速度は平均的に約 220 m/s である。このことは、ロータの前進側でマッハ数は約 0.8 となる。このマッハ数では翼型にもよるが、翼端付近で衝撃波が発生する領域に近い。従って前進速度が増すとマッハ数は上昇し衝撃波が発生することとなる。ロータは回転しているため、この衝撃波の発生は各ブレードに対して1回転に1度の割合で発生する。従って、ブレード枚数が4枚であると1回転で4回の衝撃的な騒音が発生していることとなる。このHSI騒音がいったん発生すると、ブレードの前進方向に強い指向性をもつため、ヘリコプタの進行方向に衝撃的な騒音を放出しその到達距離は数キロにも及ぶと言われている。

図-4は、HSI騒音の典型的な騒音波形を示したものである。図からも解るように、この騒音波形は急激な音圧の減少を示すことである。この波形はブレードの相対マッハ数に依存しマッハ数が上昇すればするほどスパイ

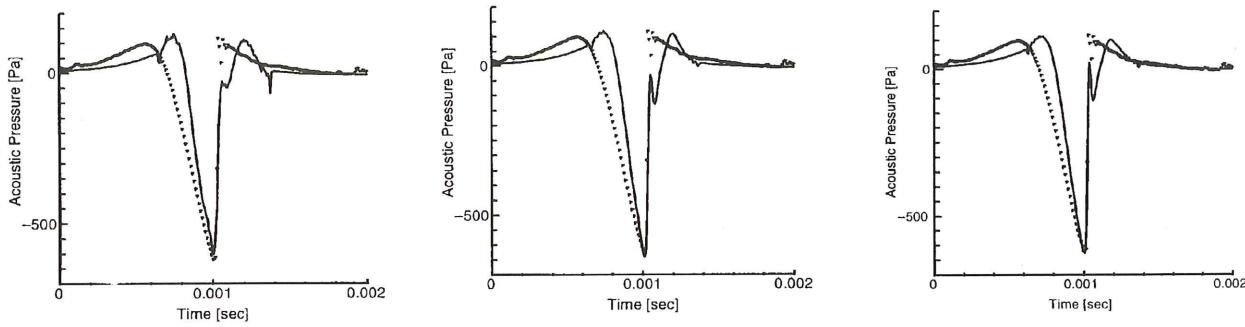


図-4 HSI 騒音波形の例（翼端マッハ数：0.9, 実線は CFD 解析値, 波線は実験値）

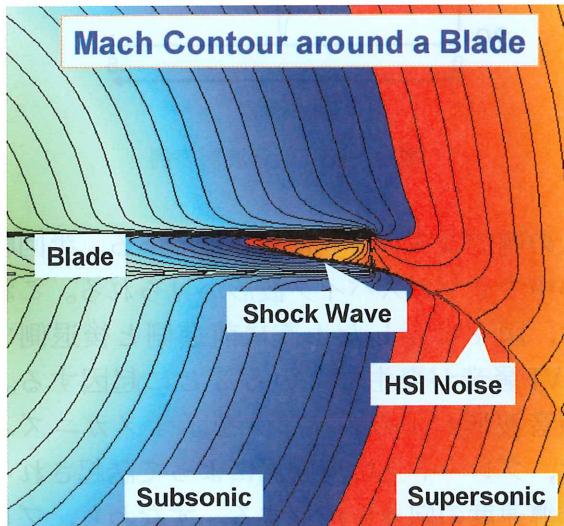


図-5 前進側ブレード周りの等マッハ線図

ク状の波形となる。

図-5は、ブレードに固定された座標系で見たときのブレード周りの等マッハ線図を示している。ブレードの外側に赤い色で示されている部分は超音速領域である。ブレード上にも島状のスポットが示されており、これが衝撃波の発生とともにできる超音速領域である。HSI騒音の特徴は、ブレード上に発生した超音速領域がブレードの相対マッハ数によって外側の超音速領域と繋がる現象が生じたときにもっとも衝撃的な騒音を発生することである。この現象を非局所化 (Delocalization) という。

図-6は、このHSI騒音の指向性を見るためにロータを囲む球面上で騒音のレベルを示したものである。ヘリコプタが前進してゆく

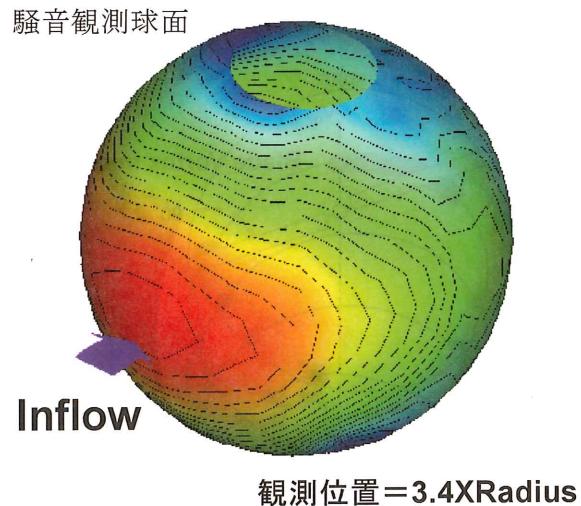


図-6 HSI騒音の指向性

方向に強い指向性が現れていることが解る。

3.2 BVI騒音⁸⁾

ヘリコプタ・ロータは、大きく分けて2つの役割を果たしている。1つは、自重を支えるための力と、2つ目は操縦をするための力を発生させることである。この力はブレード上に発生する揚力が受け持つ。ブレード上に揚力が発生すると翼端から翼端渦が発生する。この翼端渦は、ブレードから吐出され後螺旋状の軌跡を描いて空間上を流れ去る。この現象を模擬したのが図-7である。

図では、翼端渦が渦を吐出したブレードと干渉しあう状態を示している（黄色い線が翼端渦の軌跡を示している）。このように翼端渦がブレードに近づく現象が起きると、渦が発生させる誘導速度の影響でブレード上の特

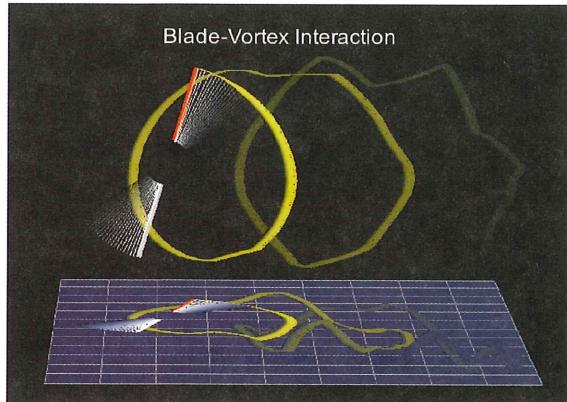


図-7 ブレードからなる翼端渦の軌跡

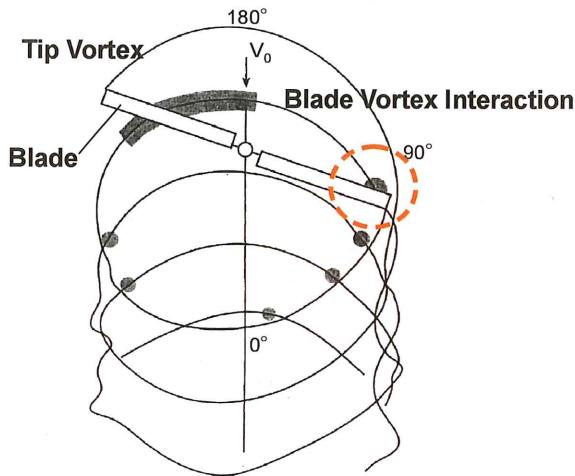


図-8 2枚ブレード・ロータのBVI発生位置

に前縁付近で急激な圧力変動が発生する。この現象も時間的には非常に短い間に生じるため、衝撃的な騒音となってロータの外側に伝播する。BVI 騒音は、翼面状の圧力変動が主原因となって発生するため荷重音であり、その指向性は前後斜め上・下方向に伝播する。このため、特にヘリポート周辺では、ヘリコプタが降下中、前進方向斜め下方に伝搬することとなるので、ヘリポート周辺での住民に騒音の影響がでやすい。図-8 は、2枚ブレード・ロータを上から見たときに BVI が発生する位置を図示したものである。この図から、BVI が発生するのは、ブレードの方位角 90 度近辺と 270 度近辺であることが解る。

図-9 に、典型的な BVI 騒音波形を示す。

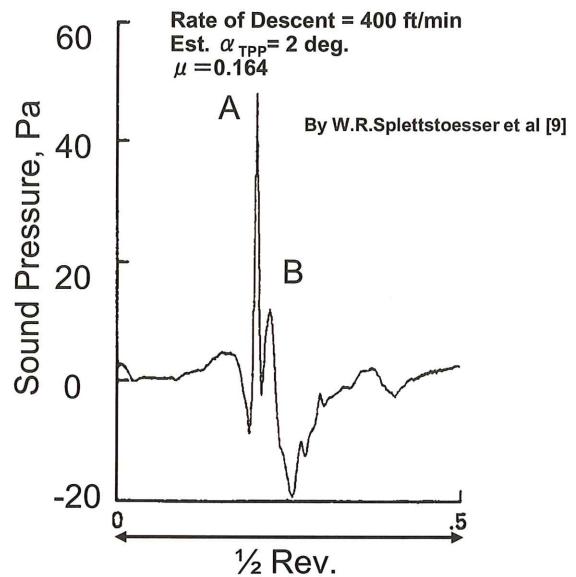


図-9 BVI 騒音波形の例

この例ではブレード枚数 2 枚である。半回転の中で 2 つのスパイク波形が見られる。これは、図-8 で示したように前進側と後退側で BVI 騒音が発生していることに起因する。騒音波形が正のスパイクを示すメカニズムは、ブレード上に翼端渦によって誘起される誘導速度の向きに依存する。すなわち、ブレードの前進方向に平行な翼端渦が干渉し合うとき、渦の回線方向が翼端側に時計回りであると、ブレードに翼端渦が近づいてきたときには吹き下ろしの誘導速度を誘起するので、翼の有効迎角が小さくなり、揚力が減少する。翼端渦がブレードを通過するときには逆に吹き上げの誘導速度を誘起し揚力が増大する。このとき翼端渦とブレードとの距離がもっとも近づくのでブレード上の圧力変化は大きくなる。この結果として、図-9 にあるよろ、音圧変化が生じることとなる。

4. 騒音の強さを規定するパラメータ

既に述べたようにヘリコプタの騒音源は機械騒音と空力的な騒音とに大別される。ここでは、空力騒音のうち HSI 騒音と BVI 騒音に限定して、騒音を規定するパラメータについて述べる。

4.1 HSI 騒音

この騒音は前進飛行時に発生するもので、前進側のブレード上に生じる衝撃波が主原因である。今までに判明している騒音の強さを規定しているパラメータは、以下のような。

- (1) 衝撃波の強さ
- (2) 衝撃波が発生するスパン方向位置
- (3) 翼先端付近の超音速領域の広さ

4.2 BVI 騒音

この騒音は、翼端渦とブレードが空気力学的に干渉する際に発生する。従って、両者の相対位置が BVI 騒音の強さを規定する。今までの調査研究から、騒音の強さを規定するのはパラメータは以下のような。

- (1) ブレードと翼端渦との垂直距離 (Mis-distance)
- (2) ブレードと翼端渦とが交差する角度 (Intersection Angle)
- (3) 翼端渦の強さと大きさ (Core Size)

5. 騒音低減法^{10),11)}

今まで述べてきた騒音源を、すべて低減することは至難の業である。ここでは、宇宙航空研究開発機構が進めてきた HSI 騒音、BVI 騒音の低減手法について述べる。騒音低減法は大きく分けて 2 種類ある。ブレードの翼型や平面形を改修する所謂パッシブな方法とアクティブなデバイスを装着して能動的に騒音低減を図るアクティブな方法である。

5.1 HSI 騒音低減

騒音源がブレード上に発生する衝撃波であることから、この衝撃波を発生させないことまたは発生を遅らせることが騒音低減に繋がる。衝撃波は翼圧が大きいほど発生しやすいので、ブレードの翼端付近で翼圧を小さくすることがまず挙げられる。通常翼端付近の翼圧は 8% から 10% 位であるがこれを 6% 位にすることによって衝撃波の発生を遅らせることが可能でありかつ超音速領域も狭められる。他方、翼端付近の形状を改修する方法も

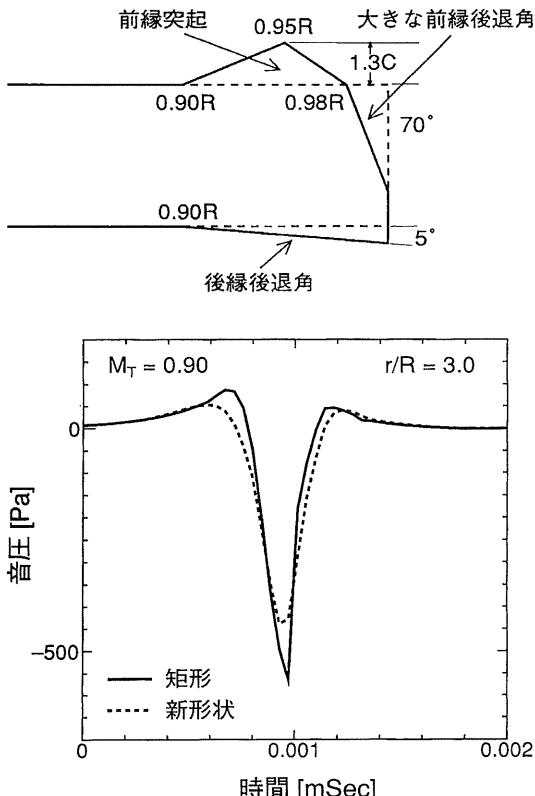


図-10 HSI 騒音を低減する新翼端形状

採られる。具体的には翼先端にドッグツースなどをつけ翼端を橢円形に整形する。これにより衝撃波の発生位置をなるべく内側に持ってくることが可能である。

図-10 は、JAXA が提案した進翼端形状を基本となる矩形翼型と CFD 解析結果と比較検討した結果である。図からも解るように、新翼端形状は矩形の翼型に比べて約 100 Pa の音圧の現象が見られる。

5.2 BVI 騒音低減

BVI 騒音を低減する手法としては、先のパラメータを変化させることで騒音低減を図ることが可能となる。BVI 騒音がヘリポートなどへの着陸形態時に発生する事から、飛行経路の変更で BVI 騒音の発生を防ごうとする方法がある。しかし、風の影響などどうしても避けられない気候上の制約もあり、BVI 騒音の低減には限界がある。そこで、ブレード等に手を加え騒音低減化を図る手法を考える必要がある。

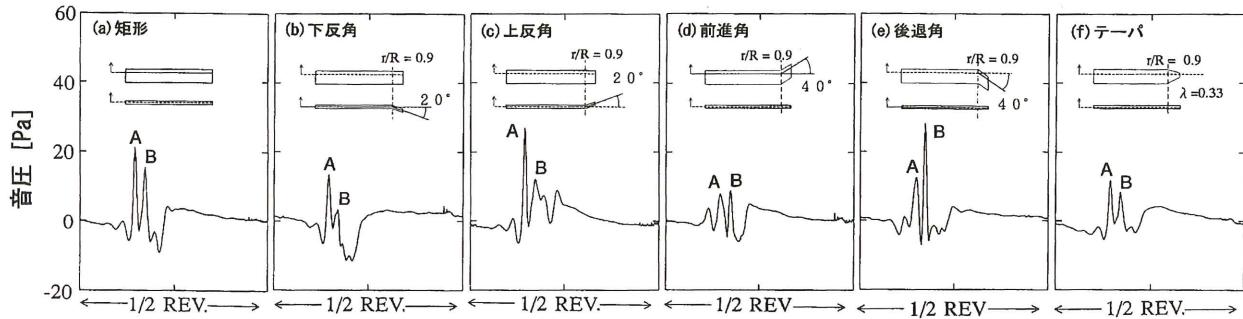


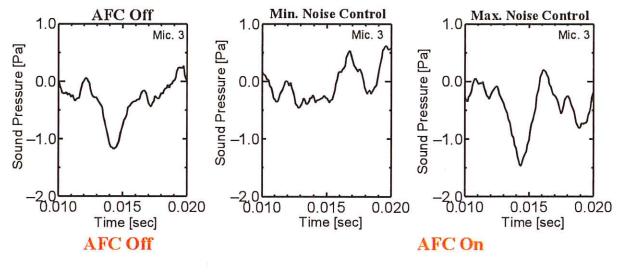
図-11 翼端平面形が BVI 騒音に及ぼす影響

図-11は、ブレード翼端形状を変えた時のBVI騒音を解析したものである。矩形のブレードを基準として、翼端に下/反角、前/後進角、テーパを付けたブレードのBVI騒音の波形を比較した。これらの図から、前進角及びテーパ付き翼端形状の時に騒音低減効果があることが解る。一方、音の指向性を考えると前進角付きブレードはBVI騒音の最大レベル位置が変化しており、結果として騒音低減効果としては十分ではないことが判明した。このように、翼端形状の改修だけでは、BVI騒音を低減することには限界があることが解る。これを解決する手法として、近年考えられているのはアクティブなデバイスと用いる方法である。この種のデバイスとしては、フラップ、タブ、カナード、翼端噴射、ツイストなどが提案されている。

図-12は、アクティブ・フラップ(AFC)付きブレードの騒音特性を示したものである。(a)は、ブレードの取り付けられたAFCの概観を示しており、(b)は風洞試験によって得られたBVI騒音の騒音波形をAFC無しの場合、騒音最小のケース、騒音最大のケースのそれぞれの騒音波形を比較したものである。図はAFCを最適に作動させた場合の騒音低減効果を示している。実験では、 $2/\text{rev}$ の稼動周波数でフラップを振動させている。現在では、最適制御を用いてAFCの効果を試みている。図-13は、アクティブ・デバイスを用いて、BVI騒音が低減されるメカニズムを示したものである。翼



(a) アクティブ・フラップの概観



風速25m/s, 回転数600rpm

(b) アクティブ・フラップの騒音低減効果

図-12 アクティブ・フラップの騒音特性

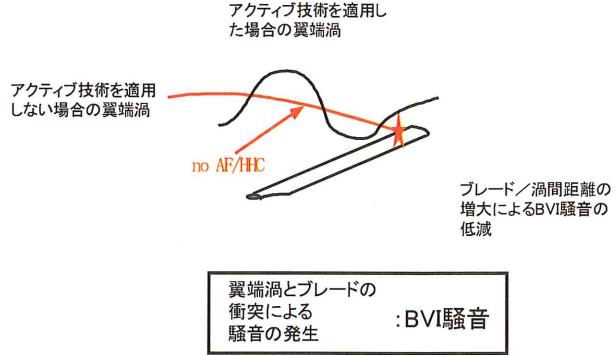


図-13 BVI騒音低減のメカニズム

端渦の軌跡を空間上に正弦波状に振動させることによってブレードと遭遇する際の距離を大きくすることによって騒音低減させることができある。

アクティブ・デバイスを用いた振動/騒音制御技術は近年提案されてきた技術であり、騒音低減効果についての実験的実証は各国で行われている。実用化を考えると、駆動源、駆動機構、材料など実物大機構の成立性、有効な制御則、自然環境下での有効性、空力弾性問題など課題が多い。しかし、今日ほどヘリコプタが国民生活に密着し、その活躍を目のあたりにできる時代はない。より一層の活躍を保証するためにも、低騒音化は避けて通れない課題である。

6. まとめ

ヘリコプタの喫緊の技術課題は、航空安全と環境適合性と言っても過言ではない。近い将来、ヘリコプタのIFR運航が可能となつた暁には、機外騒音が運航の妨げにならぬよう今から騒音の対策をしておく必要がある。機外騒音の発生メカニズムについては、上述のようにほぼ解明できていることから、近年の研究課題としては如何に有効な騒音低減技術を実現するかに主眼が移ってきていく。我が国の技術水準を考えると、実用化を念頭に世界に先駆けて飛行実証をすることが期待されている。

文 獻

- 1) 日本航空宇宙工業会、我が国における民間ヘリコプターの用途別使用状況と需要動向に関する教唆報告書、平成15年3月。
- 2) 日本航空宇宙工業会、ヘリコプター活用懇談会報告書、平成15年4月。
- 3) 航空法施行規則、2002年。
- 4) 齊藤茂、青山剛史：回転翼騒音の制御、日本航空宇宙学会誌、第48巻、第554号、2000年3月。
- 5) 齊藤茂、青山剛史：ヘリコプタの機外騒音解析研究の現状、日本航空宇宙学会誌、第49巻、第571号、2001年8月。

- 6) 齊藤茂：ヘリコプターの騒音について、ヘリコプタ活用懇談会講演会、2002年6月。
- 7) 青山剛史、近藤夏樹、齊藤茂、J.C. Boniface, J. Sides: BVI騒音予測のための渦捕獲法に関するNALとONERAの共同研究、第40回飛行機シンポジウム、2002年10月。
- 8) 近藤夏樹、他：ロータ・アクティブ・コントロール基礎風洞試験、平成14年度「航空安全・環境適合技術研究」研究報告会、2002年10月。
- 9) W. R. Splettstoesser, K. J. Schultz, D. A. Boxwell and F. H. Schmitz: Helicopter Model Rotor-Blade Vortex Interaction Impulsive Noise: Scalability and Parametric Variations, 10th European Rotorcraft Forum, Hague, Netherlands, Paper No. 18, September 1984.
- 10) N. Kobiki, N. Kondo, S. Saito, T. Akasaka, Y. Tanabe: Active Tab, a New Active technique for Helicopter Noise Reduction, 29th European Rotorcraft Forum, September, 2003
- 11) 齊藤茂：ヘリコプタの機外騒音と能動的騒音制御について、日本騒音制御工学会、騒音制御、第27巻、第5号、2003年10月。

著者略歴

1975年 3月	東京大学 工学部 航空工学科 卒業
1980年 3月	東京大学 大学院工学系研究科 航空学専門課程専攻 博士課程修了 工学博士
1981年 9月	米国 NASA Ames 研究所にて米国國家研究委員会 奨励研究員
1984年 10月	東京大学 工学部 航空学科 助手
1985年 3月	航空宇宙技術研究所 空気力学第二部 研究員
1988年 4月	同 主任研究官
1990年 12月	科学技術庁 研究開発局 宇宙企画課 課長補佐
1992年 10月	航空宇宙技術研究所 飛行実験部 飛行試験研究室長
1998年 4月	同 流体科学総合研究グループ 回転翼空力研究グループ リーダー
2001年 1月	(独)航空宇宙技術研究所 流体科学研究センター 回転翼空力グループ リーダー
2002年 2月	同 企画経営室 次長
2003年 10月	(独)宇宙航空研究開発機構 総合技術研究本部 航空環境技術開発センター 回転翼騒音低減チーム リーダー
専門分野	回転翼の空気力学、飛行力学、制御、空力音響、振動軽減
学会	日本航空宇宙学会、AHS、AIAA 各会員

焦 点

交通騒音としての航空機騒音の位置づけ*

加 来 治 郎**

はしがき

航空機は道路や鉄道とともに輸送機関として重要な役割を果たしてきた。しかし、その一方で他の交通機関と同様に騒音公害として飛行場周辺の住民に少なからぬ影響を与えてきたのも事実である。騒音による影響を考えた場合、同じ交通機関でありながら騒音に対する住民の受け止め方については3者の間で微妙な違いが認められる。環境騒音の測定評価方法の国際規格であるISO 1996-1(2003年改訂)¹⁾では、交通騒音の種別に応じて補正值を適用する評価法が提案されている。すなわち、道路交通騒音を基準として航空機騒音に対してはペナルティを課し、鉄道騒音に対してはレールボーナスと称される優遇処置を与えようとするものである。このような取り扱いは、騒音による被害感は鉄道<道路<航空機の順に大きいという考え方によるもので、その根拠は主にヨーロッパの国々で行われた社会調査の結果に基づいている。ここでは、このような背景を踏まえながら、航空機騒音に対する住民意識や騒音規制の現状について報告する。

1. 航空機騒音に対する規制の経緯

第2次大戦の末期にドイツで戦闘機用に開発されたジェットエンジンが、瞬く間に民間の旅客機に普及したことは周知のとおりであるが、プロペラ方式に比べて圧倒的なパワーを発揮できること、言い換えれば飛行速度と輸送量を飛躍的に向上できたことがジェット機の広範な普及をもたらした要因といえる。とはいえ、パワーの増加は必然的に騒音の増大を招き、初期のジェット旅客機に関しては、当時のプロペラ機に比較して騒音レベルで20dBないしは30dB以上(プロペラ機の100機分ないしは1,000機分以上に相当)の騒音を発生した。

我国では1959年に初めて民間航空用ヘリコプター旅客機が導入されたが、それまでのどちらかといえばどかなプロペラ機に交じって第一世代のDC-8やB707が突然離着を始めたときは、羽田や伊丹の空港周辺の住民にとってはまさに青天の霹靂であったと思われる。結果として深刻な騒音被害とその反動としての広範な苦情をもたらし、1967年の公害対策基本法に続いて1973年に航空機騒音に関する環境基準と生活環境を保全するための法令等が整備されていった。環境基準は住民が騒音に晒される限度を定めた暴露基準であるが、1975年にはICAOのannex 16に準拠して個々の飛行機からの騒音の排出量を規定した騒音証明制度が運輸省によって施行された。

* Is Aircraft Noise the most Annoying One among Traffic Noises ?, by Jiro Kaku (Director, Head of Research Group, Kobayashi Institute of Physical Research)

** 財団法人 小林理学研究所 理事

このような行政的な取り組みが行われる中で、伊丹空港騒音訴訟において過去の損害賠償までを認めた1981年の最高裁の判決は公害としての航空機騒音を世の中に強く印象付けた出来事といえよう。ただし、道路交通騒音を含めた騒音に関する環境基準の制定が1971年、新幹線鉄道騒音に関する環境基準の制定が1975年であることを考えれば、我国では特に航空機騒音だけが騒音公害として注目されたということはない。

一方、諸外国に目を向けると、特にヨーロッパ諸国では道路や鉄道に先駆けて航空機に対する騒音規制が実施されている。これについては、先のISO 1996-1の前身であるISO R 1996が1971年に公表され、その中で騒音評価量として等価騒音レベル L_{Aeq} が提案されたにもかかわらず、多くの国々が航空機騒音に対する基準に L_{Aeq} とは異なる評価量を採用したことからもうかがい知ることができる。言うまでもなく、70年代以降に制定された道路交通騒音や鉄道騒音に対する基準では、一部の国を除いてほとんどの国が騒音評価量として L_{Aeq} を採用している。他の交通機関に先駆けて騒音基準が制定されたことはそれだけ航空機騒音の影響が他に比べて大きかったものと判断できる。

なお、EUにおいては政治経済の枠組みにとどまらず、環境問題についても共同歩調をとろうとする動きが顕著であり、手始めとして環境騒音の評価量として L_{Aeq} に夕方と夜間の時間帯補正を加えた L_{den} を使用することがDirective（指令）として公布されている。騒音発生源に関しては共通の排出基準を定め、生活環境での許容騒音レベルは加盟国の独自の判断に委ねるというのが騒音に関するEUの基本的なポリシーである。航空機については1999年に亜音速ジェット機に対する排出基準が提案されている。

2. 諸外国における航空機騒音の評価の現状

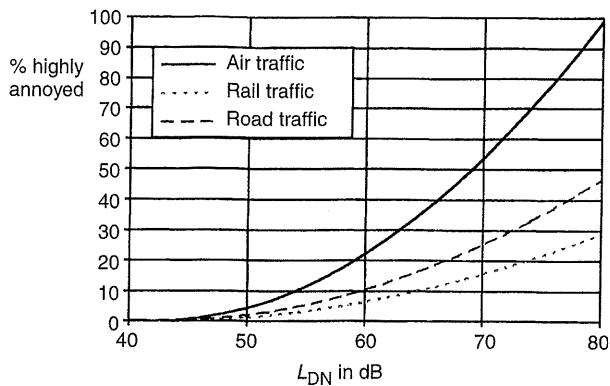
1) 住民反応

航空機騒音と鉄道騒音は同じ間欠騒音でありながら、騒音のもたらすアノイアンス（不快感や被害感等の総称）については両者の間に明確な違いがあるとされている。このような音源間での騒音影響の違いに目が向けられるようになったのは、航空機を始めとして道路、鉄道にそれぞれ騒音基準を設定する過程で大規模な社会調査がヨーロッパの多くの国々で行われ、音源ごとに大量の騒音反応データが得られたことによる。

騒音影響の違いの有無についての論争を最初に巻き起こすきっかけは、1978年に発表されたSchultz²⁾の論文といえよう。Schultzは、交通騒音によるアノイアンスを予測するために、各国で行われた社会調査の結果を総括し、 L_{Aeq} に夜間補正を加えた昼夜平均騒音レベル L_{dn} とhighly annoyed（非常に悩まされる）の関係を、1本の暴露一反応曲線として発表した。言い換えると、音源の種別に関わらず騒音に対する住民の反応は騒音レベルで評価できるとしたものであるが、これに対しては多くの音響研究者から賛否両論の意見が寄せられたことは昨年度の航空環境研究No. 7の中で矢野先生が詳しく報告されている。

道路や鉄道に比べて航空機からの騒音が厳しく評価される原因について、Kryter³⁾は、上空からの全方位的な騒音放射のために住宅内で静かな空間を確保することが難しい点を挙げている。その他にも、音そのものが耳障りである、自動車や電車に比べて利用する機会が少ない、墜落事故の恐怖感がある、等々いくつかの理由が指摘されているが、未だ、誰もが納得できるような科学的な説明はなされていない。

現在諸外国で行われている騒音評価に関しては、音源間の反応差の違いを明確に規定す

図-1 音源種別による騒音反応の差異 (Meadema⁴⁾)表-1 ISO 1996-1¹⁾に示される音源種別に対応した補正值

音源種別	補正值 (dB)
道路交通	0
航空機	3 to 6
鉄道	-3 to -6
工場	0

ることは困難であり、当面は多数の反応曲線の平均値で評価を行う Schultz の方法が最善とする米国流の考え方と、多くの社会調査の結果に見られる音源種別による反応の違いを考慮した評価を行うべきとするヨーロッパ流の考えに分かれる傾向にある。

図-1は、45余りの社会調査のデータに基づいて音源種別ごとに暴露-反応曲線を算出し、音源間で反応曲線に有意な差があることを示した Meadema⁴⁾ らの最新の調査結果である。2003年に改訂された ISO 1996-1では、この結果を参考にして表-1に示すような音源別の補正值が付属資料に添付されている。表からも明らかなように、道路交通騒音を基準として航空機騒音は3~6 dBのペナルティが、逆に鉄道騒音に対しては3~6 dBのボーナスが付加される。これらの補正值は、騒音レベルの予測値や実測値に加えられるものであり、結果として航空機騒音は厳しく、鉄道騒音は緩く評価されることになる。

2) 騒音基準

1章で述べたように ISO R 1996 が発表された 1971 年よりも前に航空機の騒音基準を制定した多くの国々では、等価騒音レベル L_{Aeq} 以外の種々の評価量を用いて基準値を決めている。これについては、元ドイツ環境省の Gottlob⁵⁾ が 90 年代半ばに各国の騒音基準を整理しており、その結果を表-2 に示す。表中の近似式は、以下の仮定を設けて Gottlob が独自に導いたものである。

- すべての飛行機の騒音レベルの最大値は等しい,
- $L_{Amax} = L_{PNmax} - 13 \text{ dB}$,
- 最大値から 10 dB 下回る範囲の継続時間は 20 秒とする。

表からも明らかなように、A 特性音圧レベル dBA と感覚騒音レベル PNdB の騒音評価の基本量の違いの他に、時間帯区分や運行本数の重み付けが異なっているが、いずれも航空機個々の騒音の大きさと発生回数をパラメータとして航空機騒音の評価を行っている点は共通している。報告の中で、Gottlob は各国の騒音基準値を一日の等価騒音レベル $L_{Aeq,24h}$ に換算して比較を行い、その結果、住居地域での騒音基準は WHO の推奨する基準に比べてかなり高く、しかも住宅開発などの制限を受けない騒音レベルについては国によるばらつきが 20 dB ほどもあると指摘している。また、騒音レベルに応じて住宅の防音性能を規定している国はオランダとフランスなどの限られた国で、両国においては防音対策に要する費用は航空会社が負担するという報告をしている。

このように航空機騒音に関しては多くの国が独自の評価量を用いて騒音基準を制定していたが、道路や鉄道の騒音の評価量に等価騒音レベルが採用されたこともあって一部に評価量を L_{Aeq} に変更する国も現れている。ただし、ヨーロッパの国々においては今後 EU の方針に基づいて評価量 L_{DEN} に基づいた騒

表-2 各国の航空機騒音の評価量とその近似式 (Gottlob⁵⁾)

Country	Noise Index	Approximate Formula
Australia	ANEF $10 \log(\sum_i g_i 10^{0.1 L_i}) - 88$ $L_i = L_E$ in PNdB $g_i = 1(07-19:00), 4(19-07:00)$	$L_{Amax} + 10 \log(N_d + 4N_n) - 75$
Canada	NEF $10 \log(\sum_i g_i 10^{0.1 L_i}) - 88$ $L_i = L_E$ in PNdB $g_i = 1(07-19:00), 16.67(19-07:00)$	$L_{Amax} + 10 \log(N_d + 16.7N_n) - 75$
Denmark Sweden	L_{DEN} $10 \log\left(\frac{1}{T} \sum_i g_i 10^{0.1 L_i}\right)$ $L_i = L_{AE}, T = 86400$ s $g_i = 1(7-19:00), 3.14(19-07:00), 10(22-7:00)$	$L_{Amax} + 10 \log(N_d + 3.14N_e + 10N_n) - 39$
France	IP $10 \log(\sum_i g_i 10^{0.1 L_i}) - 32$ $L_i = L_{max}$ in PNdB $g_i = 1(06-22:00), 10(22-06:00)$	$L_{Amax} + 10 \log(N_d + 10N_n) - 19$
Germany Luxembourg	$L_{Aeq(4)}$ $13.3 \log\left(\frac{1}{T} \sum_i g_i t_i 10^{L_i/13.3}\right)$ $L_i = L_{ASmax}, T = 180 * 86400$ s, $t_i = 10$ dB-down-time $g_i = 1.5(06-22:00), 0(22-06:00)$ or $g_i = 1(06-22:00), 5(22-06:00)$	$L_{Amax} + 13.3 \log(N_d) - 46$
Great Britain	$L_{Aeq,16h}$ $10 \log\left(\frac{1}{T} \sum_i 10^{0.1 L_i}\right)$ $L_i = L_{AE}, T = 57600$ s (07-23:00)	$L_{Amax} + 10 \log(N) - 38$
Japan China	WECPNL $10 \log(\sum_i g_i 10^{0.1 L_i}) - 27$ $L_i = L_{ASmax}$ $g_i = 1(7-19:00), 3(19-22:00), 10(22-7:00)$	$L_{Amax} + 10 \log(N_d + 3N_e + 10N_n) - 27$
Netherlands	B $20 \log(\sum_i g_i 10^{L_i/15}) - 157$ $L_i = L_{Amax}$ yearly flights $g_i = 1(8-18), 2 \sim 8(6-8:00, 18-24:00), 10(24-6:00)$	$1.33 L_{Amax} + 20 \log(N_d + \dots + 10N_n) - 106$
Norway	EFN $10 \log\left(\frac{1}{T} \sum_i g_i 10^{0.1 L_i}\right)$ $L_i = L_{AE}, T = 86400$ s $g_i = 1(8-18), 2 \sim 8(6-8:00, 18-24:00), 1(2-6:00)$	$L_{Amax} + 10 \log(N_d + \dots + 10N_n) - 39$
Switzerland Ireland	NNI $L_i + 15 \log(N) - 80$ $L_i = L_{max}$ in PNdB N=number during 06-22:00	$L_{Amax} + 15 \log(N) - 67$
USA New Zealand	L_{DN} $10 \log(\sum_i g_i 10^{0.1 L_i})$ $L_i = L_{AE}, T = 86400$ s $g_i = 1(7-22:00), 10(22-7:00)$	$L_{Amax} + 10 \log(N_d + 10N_n) - 39$

表-3 英独仏の交通機関に対する騒音基準（住居地域、単位：dB）

	道路交通	鉄道	航空機	関係法令等
英	$L_{Aeq,D} = 63$ $L_{Aeq,N} = 57$	$L_{Aeq,D} = 66$ $L_{Aeq,D} = 59$	$L_{Aeq,D} = 66$ $L_{Aeq,D} = 57$	Town and Country Planning Act 1990 -Planning Policy Guidance Note PPG 24 (1994)-
独	$L_{Aeq,D} = 59$ $L_{Aeq,N} = 49$	$L_{Aeq,D} = 64$ $L_{Aeq,N} = 54$	$L_{Aeq,24h} = 67$	新設の道路、鉄道：Traffic Noise Ordinance (1990) 航空機：Air Traffic Act (1971)
仏	$L_{Aeq,D} = 60\text{--}65$ $L_{Aeq,N} = 55\text{--}60$	$L_{Aeq,D} = 60\text{--}65$ $L_{Aeq,N} = 55\text{--}60$	$L_{Aeq,24h} = 62\text{--}71$	道路、鉄道：Basic law against noise (1992) 航空機：Law about suburbs around airport (1985 改訂)

注) 騒音の評価場所は、フランスの道路、鉄道だけが窓面から 2 m の位置で、他は全て屋外開放条件

音基準が制定されていくものと予想される。

次に、主要国を例にとって航空機騒音に対する基準値を他の交通騒音と比較してみよう。イギリス、ドイツ、フランスが交通騒音に対して制定している騒音基準を表-3 に示す。ドイツの航空機騒音の基準値は、Gottlob の近似式から算出している。これらの基準値はいずれも住居地域に適用される暴露基準 (Immission level) で、新しい住宅開発等を行う際の許容基準 (イギリス、及びドイツ・フランスの航空機)、新設ないしは大規模改良事業におけるアセスメントの目標値 (ドイツ・フランスの道路、鉄道) を表している。制定された年度だけでなく、基準値の性格 (規制値、ガイドライン)、規制の対象 (発生源、開発業者)、事業対象 (新設、既設) が異なるために単純な比較は難しいが、例えば、同じ法令の規定されているイギリスの場合では、少なくとも社会調査の結果に示されるような航空機騒音に対する反応が他の交通機関に比べて厳しいという傾向が基準値の上に反映されているとは言いたい。

3. 我国における航空機騒音の評価の現状

1) 住民反応

ジェット旅客機の導入による騒音の増大に呼応して発生した苦情の実態を把握するため、1960 年代に羽田、伊丹の両空港において空港周辺住民を対象とした社会調査が実施された。五十嵐⁶⁾は、それ以降に実施された道路交通騒音と新幹線鉄道騒音についての社

表-4 交通騒音に対する住民反応の比較（五十嵐⁶⁾
—Highly annoyed が 30% となる騒音レベル—

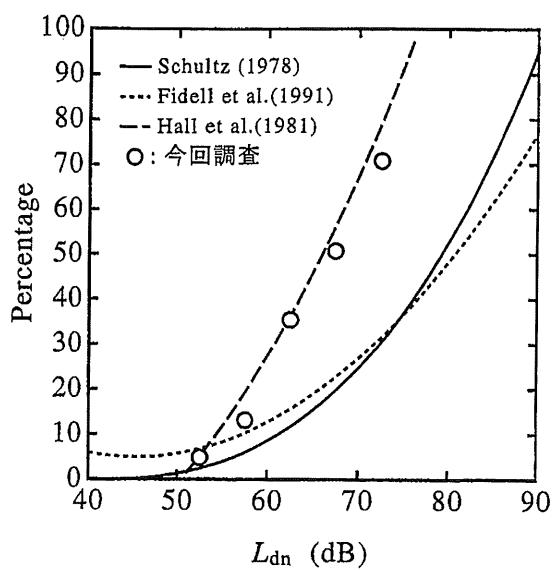
種類	L_{dn} (dB)	カテゴリー	調査年度等
航空機-1	60	2/7	大阪空港 (1965)
航空機-2	55-60	2/5-1/5	大阪空港 (1973)
道路交通-1	70-75	1.5/4-1/4	名古屋地域 (1984)
道路交通-2	70	2/7	福岡地域 (1986)
新幹線-1	65-70	2/7	環境庁 (1973)
新幹線-2	50-55	2/7	運研センター (1988)

会調査の結果と合わせて、交通騒音の騒音レベルと住民反応との関係を整理した。表 4 は、そこで報告された highly annoyed (非常に悩まされる) が 30% となる騒音レベルの値を交通騒音の種別ごとに整理した結果である。道路交通騒音に比べて航空機騒音は低い騒音レベルで同じ反応率を示しており、それだけ厳しく評価されていることが分かる。また、反応率が 30% となる騒音レベル 55-60 dB は、Schultz の示した反応曲線から 10 dB 以上乖離している。

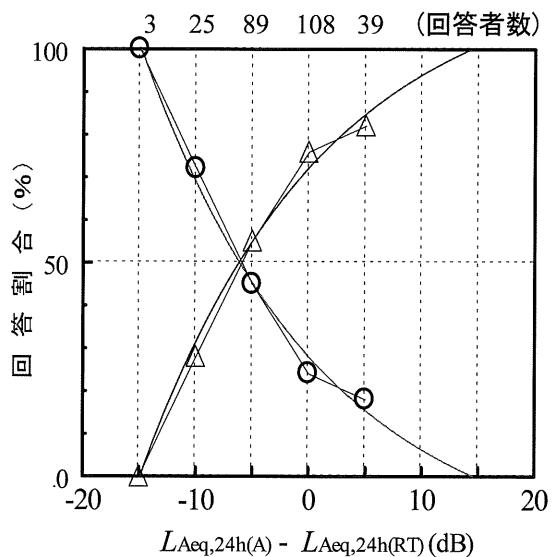
なお、民間航空ではないが 90 年代の後半に沖縄県の嘉手納飛行場並びに普天間飛行場で実施された社会調査の結果が 1999 年に沖縄県により公表されている⁷⁾。図-2 は、軍用機の騒音レベルと大変うるさいと住民が回答した割合との関係を示したものであるが、反応率が 30% となる騒音レベルは概ね 60 dB であり、上の大阪空港での調査結果ときわめてよく一致している。

ところで、騒音に対する住民の反応につい

ては、騒音レベルや周波数特性などの騒音源の音響的要因だけでなく、地域特性、音源に対する利害関係、さらには調査の方法や時期といった非音響的要因が関与している。音源間での騒音反応を比較する場合は、地域特性や調査方法などの非音響的要因の影響をできるだけ排除することが望ましい。筆者は、このような目的を達成する一つの方法として、複数の騒音に暴露されている地域において最も悩まされている騒音は何かという問い合わせを主質問とする社会調査を実施してきた。図-3は、航空機騒音と道路交通騒音の両方に暴露されている地域で得られた社会調査の結果の一例で、回答者住戸での航空機騒音と道路交通騒音の騒音レベル差に対応させて悩まされている

図-2 軍用機騒音に対する反応の一例 (沖縄県⁷⁾)

ると回答のあった音源の割合を示したものである。図からも明らかなように横軸の値が正（航空機騒音>道路交通騒音）の場合は悩まされる騒音として航空機を挙げる回答者が多く、逆の場合は道路の音を挙げる回答者が多い。ここで、注目すべき点は両者の騒音レベルが等しい場合の回答結果であり、伊丹空港および福岡空港周辺での調査結果においては、航空機の騒音に悩まされると回答する住民の割合が多い。ちなみに、両者の回答が交差するレベル差は5 dBほどで、言い換れば航空機騒音の方が道路交通騒音よりも5 dBほど低い条件で両者の被害感が等しいということになる。サンプル数は260余りで十

図-3 航空機騒音 ($L_{Aeq,24h(A)}$) と道路交通騒音 ($L_{Aeq,24h(RT)}$) の反応比較
(悩まされる騒音, ○: 道路, △: 航空機)表-5 我国の交通騒音に対する騒音基準の比較 (住居地域, 評価量: L_{Aeq} , dB)

対象音源	法令名	昼間	夜間	全日	備考
道路交通-1	環境基準	60-65	55-60	59-64	2車線以上
道路交通-2	同上	70	65	69	幹線道路
航空機-1	同上 ($W=70$)	57.0	—	55.0	羽田、関西空港など
航空機-2	同上 ($W=70$)	58.5	—	56.5	伊丹、福岡空港など
新幹線-1	同上 ($L_{Amax}=70$)	52.8	—	51.5	東海道 (N=260)
新幹線-2	同上 ($L_{Amax}=70$)	50.0	—	48.5	山陽、東北 (N=150-170)
在来鉄道	騒音指針	60	55	58.5	新設線

分とはいえないが、概ね諸外国で得られた調査結果に一致していると判断できる。

2) 騒音基準

我国の交通機関に対する騒音基準としては、昭和46年（平成10年改訂）の道路交通（道路に面する地域）、昭和48年の航空機、及び昭和50年の新幹線鉄道に対する環境基準、さらには平成7年の新設の在来鉄道に対するガイドラインを挙げることができる。評価量の異なる航空機と新幹線鉄道の環境基準を等価騒音レベル L_{Aeq} に換算してこれらの騒音基準を整理した結果を表-5に示す⁸⁾。換算に際しては、代表的な飛行場や新幹線の沿線で環境基準が達成されないと仮定して L_{Aeq} を算出した。航空機と新幹線鉄道については、現行基準に5dBを上乗せした暫定基準を実質的な騒音基準と考えることもできるが、いずれにしても、航空機に対する騒音基準は新幹線よりも緩く、道路交通よりもいくぶん厳しいものと判断できる。

4. まとめ

航空機騒音に対する評価の現状について、既存の資料を基に騒音の被害感や基準値を他の交通騒音と比較しながら報告した。社会調査の結果によれば住民の航空機騒音に対する被害感は明らかに他の交通騒音に比べて高く、この結果を受けてISO1996-1では音源種別に対応した補正方法を提案している。しかし、米国は L_{dn} 65dBを土地利用のガイドラインとして一律に適用しており、また、上で紹介したように英独仏では音源別に基準を設けてはいるものの必ずしも航空機の基準を厳しく設定はしていない。これについては、地上交通騒音に比べて騒音の伝搬対策で有効な手段を講じることの難しい航空機騒音の特殊性が考慮されているとも考えられる。いずれにしても、騒音評価量を L_{den} に統一して

騒音評価を共同して押し進めていこうとするEUの動きから当分は目を話すことが出来ない。

騒音の評価において音源種別に対応して補正を行うというやり方は、今後、航空機騒音や新幹線鉄道騒音の環境基準の見直しを予定している我国にも参考となるところであり、音源間での騒音影響の違いの有無とその実態を把握することが、早急に取り組むべき課題の一つと言えよう。

文 献

- 1) ISO 1996-1: 2003, Acoustics—Description, measurement and assessment of environmental noise—, Part 1: Basic quantities and assessment procedures.
- 2) T. J. Schultz: Synthesis of social surveys on noise annoyance, J. Acoust. Soc. Am., 64 (1978), pp. 377-405.
- 3) K. D. Kryter: Community annoyance from aircraft and ground vehicle noise, J. Acoust. Soc. Am., 72 (1982), pp. 1222-1242.
- 4) H. M. E. Meadema and H. Voss: Exposure response relationships for transportation noise, J. Acoust. Soc. Am., 104 (1998), pp. 3432-3445.
- 5) D. Gotlob: Regulations for Community Noise, Noise/News International (1995), pp. 223-236.
- 6) J. Igarashi: Comparison of community response to transportation noise: Japanese results and annoyance scale, J. Acoust. Soc. Jpn. (E) 13, 5 (1992), pp. 301-309.
- 7) 沖縄県：航空機騒音による健康への影響に関する調査報告書（1999年）
- 8) 加来治郎, 五十嵐寿一： L_{Aeq} による各種騒音基準の比較, 日本音響学会騒音振動研究会資料 N-2000-11 (2000)

著 者 略 歴

1972年九州芸術工科大学芸術工学部音響設計学科卒業
同年財団法人 小林理学研究所入所
現在、理事兼騒音振動第三研究室室長、大阪大学大学院人間科学研究科及び横浜国立大学教育人間科学部非常勤講師
又、日本音響学会及び日本騒音制御工学会理事を歴任
技術士（応用理学部門）、工学博士

焦点

将来航空管制による航空機運用面からの温室効果ガス削減の研究動向*

川 原 幸 雄**

1. 全 般

航空機の旅客輸送の市場要求は、10年間で約1.5倍程度増加すると推定されている。この増加する市場要求に対応する航空路資源の容量増大と安全性確保の観点から将来航空管制システムの計画（以下、CNS/ATMと呼ぶ）が進んでいる。

一方、近年関心を持たれている地球温暖化の環境問題の観点からは、IPCCがその報告書の中で「航空産業の成長は予想以上に急激であるので、航空交通による地球規模での大気汚染問題は極めて深刻な状況に入りつつある。航空交通の環境問題への影響低減の努力は、その選択肢が射程内にあることが判ってきた。更に、航空管制とその他の航空交通システムの改善により航空機に於ける燃料消費の低減と、その結果もたらされる航空機全体からの大気汚染を低減できる」との認識を持っている。

具体的には、地球温暖化は航空機からの温室効果ガスの排出によりもたらされ、その主要な成分である二酸化炭素の排出量は燃料消費量にほぼ比例する。今後の航空旅客輸送量は増加の一途と考えられており、従来の技術改善だけでは対処出来ないかも知れないとの危機感がある。更に、IPCCは、複数のシナ

リオを基に研究機関（3機関）の支援も得て、2050年迄の予測を試みている。その影響は、人口動向、経済状況及び技術進歩を考慮する必要があり、ほとんど予測は不可能と考えられているが、何れのシナリオにおいても地球全体の温室効果ガスの航空機からの排出による影響は増加するとの見方をしている。予測の中には、航空機の排出量の占める割合が、2050年には1992年の約10倍になるとの試算結果もある。

先のCNS/ATMは、通信、航法及び監視機能等の管制機能を強化し、航空路及び航空機の運航の効率化と安全性の向上を目的としている。航空輸送の運航効率の向上の結果、温室効果ガスの排出量の伸びを抑制する効果が期待されており、この分野の研究も開始されている。

本資料では環境への影響評価を中心に航空機を取り巻くIPCCの予測、ICAOのCNS/ATM運航による環境負荷の低減構想及びこの評価研究が先行しているFAAとEurocontrolの動向を中心にまとめる。

2. 航空機を取り巻く現状

2.1 航空輸送の市場動向¹⁾

航空輸送は短時間及び低価格化の恩恵を受けて、テロ並びにSARSなどにより一時的な停滞はあったにせよ、長期的には急激な上昇を続けており、留まる傾向（図-1）はない。この傾向は、貨物便でも同じであり、現状のまま推移した場合、排出ガスによる環境

* Emission Reduction with CNS/ATM, by Yukio Kawahara (General Manager, Japan Aircraft Development Corporation)

** (財)日本航空機開発協会 第一企画室主管

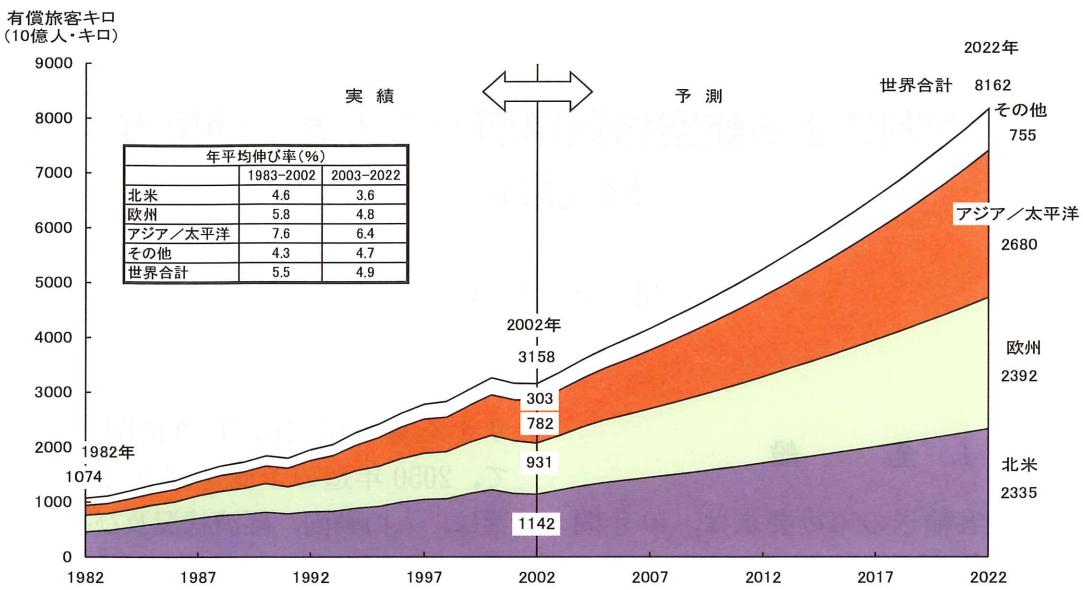


図-1 世界の航空旅客予測

負荷は増加の一途をたどり、低減の見通しは得られない。

2.2 将来航空管制（CNS/ATM）の動向

CNS/ATM 研究は運航方式、関係者の意志疎通及び運航システムからなる。

ここではシステムを構成する以下の 4 項目²⁾のうち、航空機の運航効率の改善に最も関連の深い機体システムに関わる項目 2 を主体に動向を記述する。

- ・項目 1：交通流管理（Flow Management）
- ・項目 2：航空路の管制間隔等の管理
- ・項目 3：航空機の運航管理
- ・項目 4：航空会社の運航システムの管理

航空輸送の市場要求を満たすために、通信衛星及び航法衛星を利用し航空資源の容量拡大を主眼に、安全かつ確実に航空機と管制側が連携する為に必要な通信、航法及び監視の手段として以下の方式³⁾の採用が進んでいく。

- (1) 短縮垂直間隔 (RVSM) の強化による燃費の向上

課題 従来、高度が 29,000 ft 以上での垂直管制間隔は 2,000 ft 以上、高度が 29,000

表-1 B 777 の燃料消費効率⁴⁾

高度 (* 100 ft)	重量 (1000 lbs)	
	500	460
390		+1.9%
370	+0.6%	Optimum
350	Optimum	+1.9%
330	+2.8%	+6.6%
310	+7.6%	+12.7%

ft 以下では垂直管制間隔が 1,000 ft 以上に設定されてきた。

このため、燃費効率の良い飛行高度が過密な状態となっている。

例えば、北太平洋ルートを飛行する国際線の 35% は希望する高度を飛行できていない。

対策 従来、高度 29,000 ft 以下に適用されてきた垂直管制間隔 1,000 ft を、高度 29,000~41,000 ft にも適用し、航空路の運航効率を上げるとともに、燃料消費効率（表-1）をあげることができる。

- (2) 航法性能要件 (RNP) の導入による洋上航空路の効率化

課題 洋上飛行では地上監視レーダーの覆域

外のため、地上では直接監視できないので定点位置通過時の音声報告をもとに航空管制する。この結果、安全性確保のため ICAO の基準により広い空域（15 分、距離にして約 120 nm）を割当てる。

対策 通信衛星及び航法衛星等により、従来支援できなかつた洋上の航法支援機能を実現し、実時間の情報交換機能と航法援助機能を整備する。これにより、従属監視方式で管制して、管制間隔を短縮（例えば、30 nm）し、高密度な運航による航空路の運行効率の向上をはかる（図-2）。

（3）広域航法（RNP-RNAV）による陸上及び沿岸での航空路設定の自由度の拡大

課題 従来は地上の航法援助施設（例えば、VOR/DME）を結んだ航空路を飛行してきた。近年の慣性航法装置の発達により、航空保安施設の覆域内であれば、いわゆるオフセットによる航路選択（エリアナビゲーション：RNAV）が許されている。

ただし、RNAV の場合でも航空保安施設の覆域内の航路選択の方式であり、最短距離及び最適航路の選択は許されない。

対策 航法衛星を利用した RNP-RNAV の適用により、地上の航法援助施設の覆域内

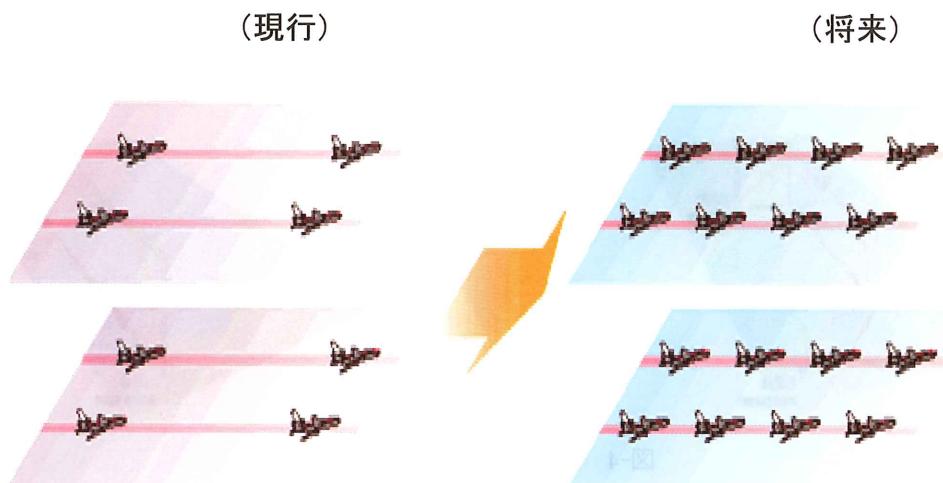


図-2 航法性能要件 (RNP) の導入

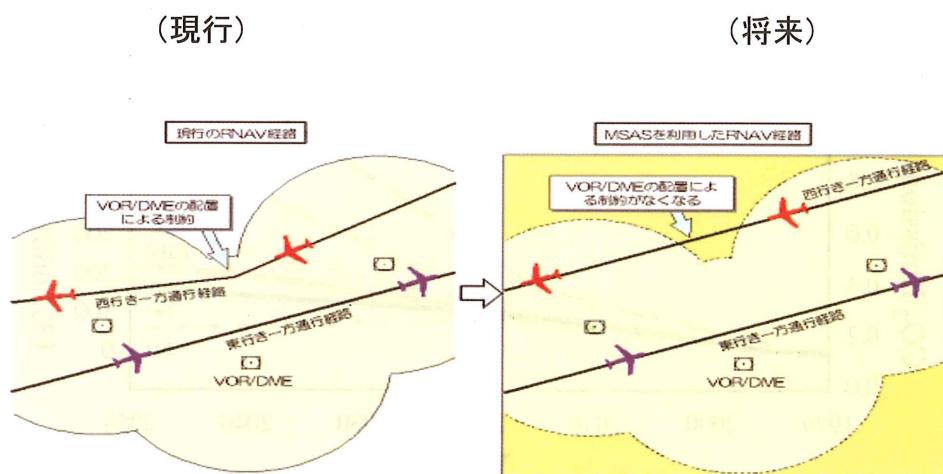


図-3 衛星利用による RNAV の導入

で航空路を設定する制約がなくなり、直線的かつ複線航空路（図-3）の選択等の経済的かつ効率的な運航が可能となる。

（4）フリーフライトによる4次元航法

課題 従来は地上の航法援助施設の支援を受けて、事前に承認を受けた航空路と時間で飛行する必要があり、最短距離及び高度での飛行は必ずしも許されない。

対策 航法衛星と衛星データ補完機能を利用して、広域での航法精度の向上と通信衛星による機上監視装置のデータも併用した地上での監視機能を強化する。これにより、最適な飛行ルート、高度及び速度が実時間で選択が可能（図-4）となり、運航効率が向上する。また、航空路の過密状態の平準化が期待

される。

（5）着陸進入等の効率化

課題 レーダによる監視及び音声通信による誘導方式（一部の空港では自動着陸誘導装置 ILS を併用）のため、管制間隔に限界がある。また、夜間・悪天候での着陸誘導に限界がある。

対策 航法衛星とその補完機能を利用した高精度着陸誘導機能等の導入により、着陸進入及びタキシングの効率化がはかれる。

2.3 航空機からの温室効果ガス排出量の動向

（1）世界レベルでの排出量の将来予測

航空機エンジンからの排出物の主要な成分は二酸化炭素（以下 CO₂），メタン，水蒸

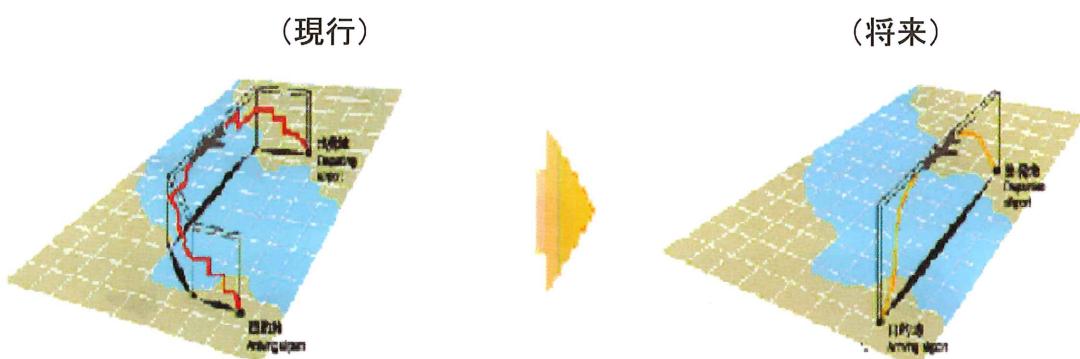


図-4 フリーフライトの導入

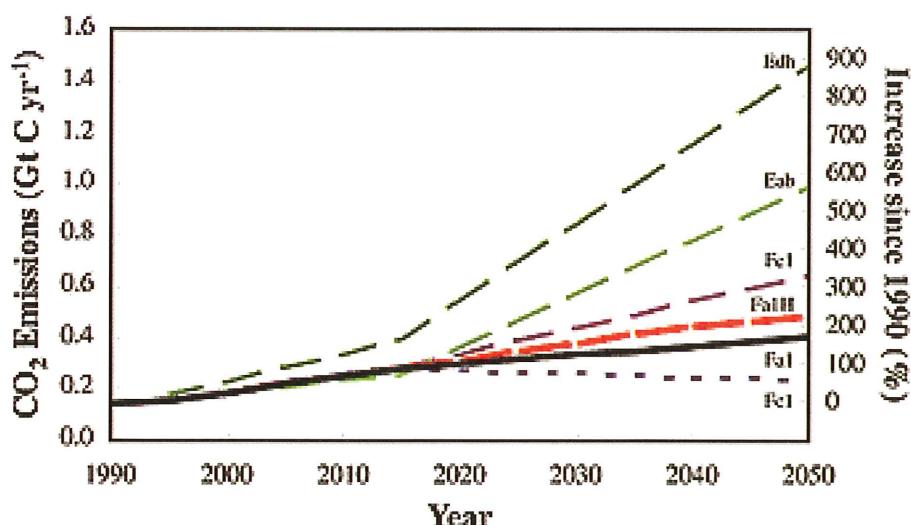


図-5 航空機による二酸化炭素排出量のIPPC予測⁵⁾

気、その他である。IPCCは航空機から排出されるCO₂をはじめとする排出物による温室効果等の影響と将来見通しを予測している。ここでは温室効果ガスの代表例としてCO₂に関する航空機からの排出量の予測結果の概要を記述する。

CO₂排出量は1992年には0.14Gt-C/年であった。これはすべての輸送器機から1992年に排出されたCO₂のおよそ13%，全移出量のおよそ2%に相当する。この傾向を外挿し、複数のシナリオを想定した結果、IPCCは何れの場合でも航空機が排出するCO₂は増加し続けるとの見通しを得た。

結果として、2050年までには0.23から1.45Gt-C/年と予測しており、1992年の値の1.6倍から10倍に相当する(図-5)。

なお、IPCCは気象変動、大気成分の変化、健康等に影響を及ぼす他の排出物(オゾン、炭化水素、水蒸気／雲、硫黄酸化物、すす等)についても検討し、何れも増加傾向にあるとの結論を得た。

(2) 国内における航空機からの排出量の現状

国内に於ける2001年度の温室効果ガスの総排出量は、12億9,900万トンであり、前年度と比べると2.5%の減少傾向にあるが、京都議定書による基準年(原則1990年)の総排出量と比べ、5.2%上回っている。

排出量のうち、顕著な温室効果をもつCO₂について長年調査が進められている。

総排出量の9割を占めるCO₂は、運輸部門全体では1990年度比で22.8%増加してお

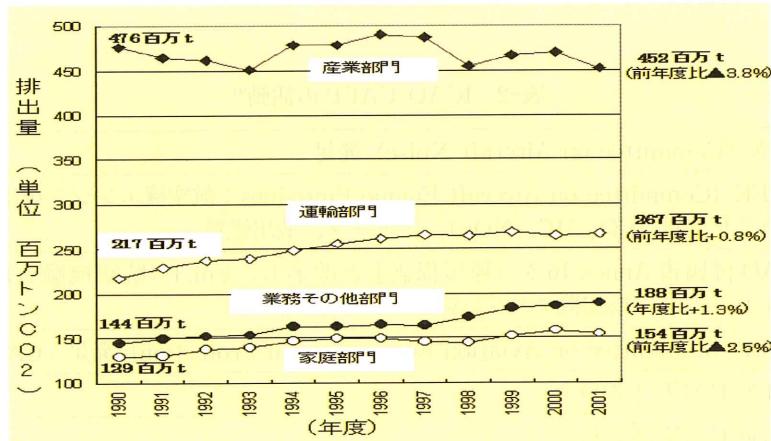


図-6 部門別温室効果ガスの排出結果(二酸化炭素を代表例)⁶⁾

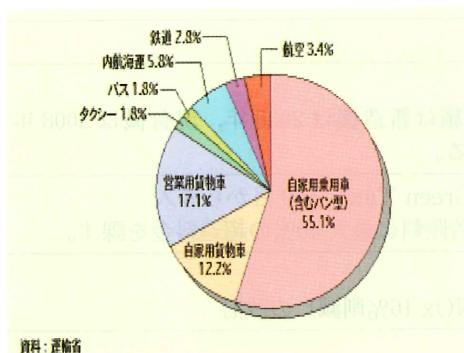
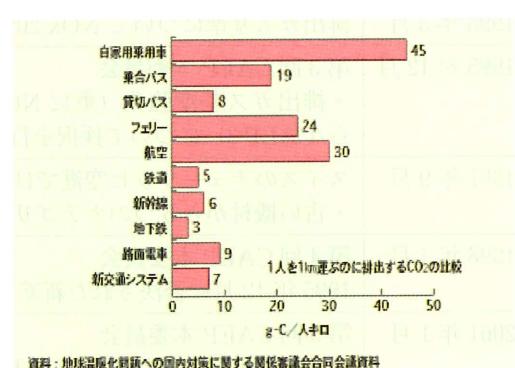


図-7 輸送機関別にみた二酸化炭素排出量(1997年度)⁷⁾



資料：地球温暖化問題への国内対策に関する閣僚會議会合議会議資料

図-8 輸送機関別にみた二酸化炭素排出原単位⁷⁾

り、全体に占める割合は 25% を越えている（図-6）。1997 年現在では、運輸部門のうち航空機からの CO₂ 排出量は全体の約 1%，運輸部門のうち 3.4% であり（図-7, 8），航空輸送の需要が大幅に伸びてゆくこと、及び IPCC 予測を踏まえると見過ごせない状況になりつつある。

3. 航空機からの温室効果ガスに関する取り組み⁸⁾

3.1 国際連合の取り組み

1997 年の「気候変動枠組条約第 3 回締約国会議」（COP 3, 京都）により、地球環境保全の論争が脚光を浴びることとなった。

以下に、気候変動に関する国際的取り組みの概要を示す。

- a. 1988 年 気候変動に関する政府間パネ

ル（IPCC）を設置し、気候変動に対する国際的な取り組みの必要性が認識された。

- b. 1992 年 「気候変動に関する国際連合枠組み条約（UNFCCC）」を採択した。
- c. 1997 年 第 3 回「気候変動に関する国際連合枠組み条約締約国会議（COP 3）」で 2008 年～2012 年における温室効果ガス排出量削減に関する「数値目標（京都議定書）」を採択した。
- d. 2002 年 第 7 回：京都議定書（COP 7）の詳細ルールを決定した。
 - ・対象ガス：二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、HFC, PFC, SF₆
 - ・吸収源：森林等の吸収源による温室効果ガス吸収量を算入
 - ・基準年：1990 年（HFC, PFC,

表-2 ICAO-CAEP の活動⁹⁾

1971 年	CAN (Committee on Aircraft Noise) 発足
1977 年	CAEE (Committee on Aircraft Engine Emissions：航空機エンジン排出物委員会) 発足 ・ガス状物質 (CO, HC, NOx), スモーク, 放出燃料
1981 年 6 月	ICAO 付属書 Annex 16 を「環境保護」と改名し, Vol. I (航空機騒音) に加え, 新たに Vol. II として (航空機エンジン排出物) を発行。
1982 年	CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) 発足—CAN/CAEE 統合
1986 年 6 月	第 1 回 CAEP 本委員会
1991 年 12 月	第 2 回 CAEP 本委員会 ・排出ガス基準については, NOx 20% 削減が合意された。(CAEP 2) ・第 3 回 CAEP では, 騒音対策の他に排気ガスについては, 地球規模での環境保全(オゾン層破壊および地球温暖化の抑制)のために必要な対策について採択することで合意された。
1993 年 3 月	排出ガス基準について NOx 20% 削減を採択。
1995 年 12 月	第 3 回 CAEP 本委員会 ・排出ガス基準強化（更に NOx 16% 削減, 実施は新造機は 2000 年, 現有機は 2008 年から/CAEP 3）について採択を行うが, 否決される。
1997 年 9 月	スイスのチューリッヒ空港では, 排出ガス税 (Green Tax) を 9 月から導入。 ・古い機材から 5 つのカテゴリーに分類して, 着陸料に最大 40% の超過料金を課す。
1998 年 4 月	第 4 回 CAEP 本委員会 1995 年 12 月に否決された新基準案/CAEP 3 (NOx 16% 削減) の改訂
2001 年 1 月	第 5 回 CAEP 本委員会 ・航空機の排出物削減 (NOx 更に 16%), 及び在来機の運航規制 (2007 年以降)。 ・市場原理に基づいた, 排出物を制限又は減少させるための方策 (環境税の導入等)。

SF 6 は、1995 年としてもよい)

- ・目標期間：2008 年から 2012 年
- ・削減目標：各国毎の目標は日本 6%，米国 7%，EU 8% 等。
先進国全体では少なくとも 5% 削減を目指す。

3.2 航空機分野での運航による取り組み

ICAO は IPCC の討議結果を踏まえて、航空機環境保護委員会 (CAEP: Committee on Aviation Environmental Protection) を設定して活動 (表-2) を開始した。

3.3 CNS/ATM による環境負荷低減の研究動向

3.3.1 航空機エンジンからの温室効果ガス排出量の算定方式¹⁰⁾

CNS/ATM は運航効率の改善効果が期待されており、ICAO-CAEP はこの効果を利用して環境負荷低減の研究に着手した。この活動では運航の観点から、CNS/ATM の世界的導入による燃料消費の改善の方向性が検討されている。

FAA と Eurocontrol は ICAO-CAEP の WG-4 の活動の一環として、1999 年に MOA を締結し、「CNS/ATM による排出量削減」プロジェクトの共同研究を開始した。これらの研究は、排出評価指標 (インベントリ) を作成する目的があり、米国及び欧州の代表的航空路を選択して燃料消費の削減と温室効果ガス削減量の研究を開始し、将来の機体構成 (Fleet Mix) をもとに地球規模での CNS/ATM による現在と将来の削減効果の研究を進めている。

なお、評価指標は、汚染物質排出側と大気環境との関係を定量的に結びつけるものである。即ち、排出量は直接計測できないために、評価指標は飛行中の燃料消費量をもとに汚染物質排出量を計算する方式を採用している。

ここで取り扱う航空機エンジンからの排気による環境汚染物質の排出量は、燃料消費量

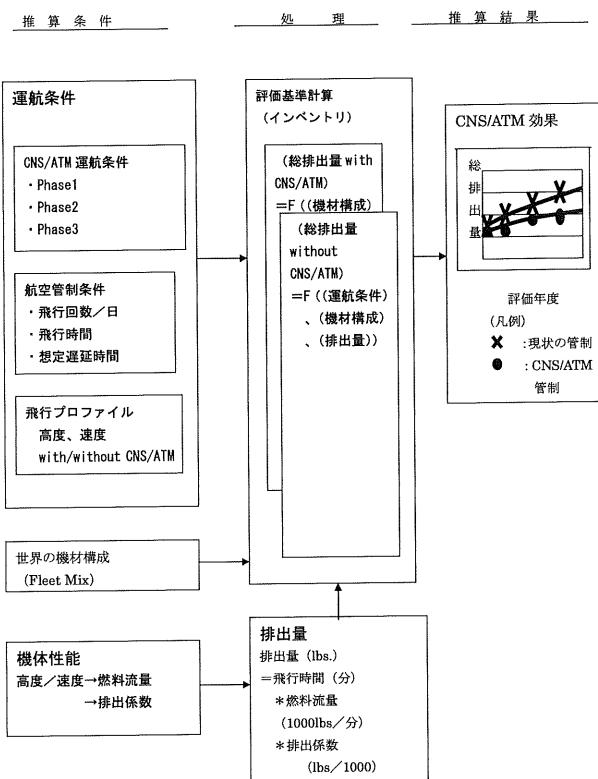


図-9 エンジン排気による排出物の算出量計算アルゴリズム

及び飛行条件 (排出係数で表す) により変動するため、以下の計算式 (詳細は図-9) で算出される。

$$(排出量) = \sum (\text{燃料消費量}) * (\text{飛行条件による排出係数})$$

$$(\text{評価指標} : \text{インベントリ}) = \sum (\text{排出量}) * (\text{運航条件})$$

この運航条件は fleet mix、飛行する都市間の組み合わせと距離、飛行回数などから構成されている。

3.3.2 航空機による排出量の環境への影響度の推定方法に関する現状

環境影響評価は地球規模での航空機全体の運航条件に基づき、以下の条件設定が必要となる。

(1) 排出係数の設定¹¹⁾

エンジンからの排出量の算定は飛行パターン (図-10) を設定する。エンジンからの排出係数は ICAO-Annex 16 の LTO サイクル

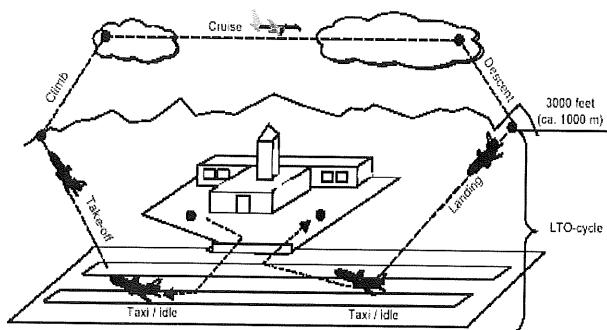


図-10 排出計算に用いる基本飛行パターン

による排出係数が公開されており、代表的なエンジンのデータが利用できる。

ただし、ICAO データは全ての型式のエンジン排出係数データはない、全てのスラストでのデータはない、また LTO サイクルと呼ばれる離着陸前後の地上から 3,000 ft の領域までのデータしか取得していない等の欠落部分がある。これらの欠落部分をカバーした全飛行領域での評価のために、NASA/Boeing 社及び Rolls Royce 社のデータベースを併用している。

なお、正確なエンジンデータがない小型機及びコミュータ機などの予測が、今後の課題である。

(2) 運行情報をもとにした排出量の設定
排出量は、1 日の運行情報を基本単位として算出される。

定期航空便における運航機種と機数、ルート、実際の飛行時間及びプロファイル等について、FAA は国内の主要な 17 の航空会社から飛行毎のデータ収集体制を整備した。また、Eurocontrol は各エアラインからの統計データ入手して作業している。不定期便については統計データを使用している。

なお、VFR 運航の民間機及び軍用機の運行情報の把握、並びに気象及び季節による乗客数の変動を含めた予測が今後の課題である。

(3) 将来の世界の運航機数 (Fleet Mix) の設定

Fleet Mix は ATA、NASA 及び ICAO が設定したデータを使用しているが、これらの予測が必ずしも一致しない課題がある。

(4) 評価基準年の設定

FAA と Eurocontrol は共同研究に当たり、従来統一されていなかった改善効果を判定する基準年を 1999 年に統一した。

(5) 改善効果の評価年度の設定

評価年度を CNS/ATM の整備フェーズから 2005, 2010 及び 2015 年とし、基準年に対して各評価年で CNS/ATM 適用時と不適用時の場合の排出量を算出する。

以下に CNS/ATM 整備の年度展開の概要を示す。

FAA は NAS アーキテクチャ Ver 4, Eurocontrol は ATM 2000+ をもとに以下の 3 フェーズで評価年度を設定することとした。

(フェーズ 1：1998～2002)¹²⁾

基本的な航空管制サービスの維持と、初期の (CNS/ATM) ユーザー利用に焦点をあてる。幾つかの管制所で管制卓の主要機能の更新を開始し、新しい自動管制ツールを使用する。環境負荷低減に関しては、広域 GPS 機能増強システム (WAAS) が導入され、航空路の運航効率 (RVSM, RNP-RNAV) が向上できる。

(フェーズ 2：2003～2007)¹²⁾

次の世代の CNS (通信、航法、監視) 装置とこれに対応する地上の自動システム (管制システム) の導入に集中する。

環境負荷低減に関しては広域の監視をカバーし、精密計器進入機能を使えるように狭域 GPS 機能増強システム (LAAS) の整備作業と従属監視機能を完成し、着陸進入の効率化ができる。

(フェーズ 3：2008～2015)¹²⁾

Free Flight 機能実現のために、新しい

CNS/ATM 技術を伴った設備の設置と統合を終える。

環境負荷低減に関しては FreeFlight による 4 次元航法を実現する。

4. 環境負荷低減の期待効果¹³⁾

FAA と Eurocontrol の共同研究の成果が、2001 年に CAEP-WG 4 で発表された。1999 年に対して 2015 年までの温室効果ガスの排出量の伸び率は、CNS/ATM を採用しない場合に比べて、約 5% 前後低減できるとの見通しを得ている。

なお、FAA/Eurocontrol の共同研究に先立ち、FAA が試算した結果では、1996 年を基準年とした場合、CNS/ATM を採用しない場合に比べて、燃料消費量が 2005 年に 3.5%，2010 年に 5.5%，2015 年に 6.1% 節減できると考えている。

以下はこの共同研究成果の一部である。1999 年を基準とした場合の CNS/ATM 効果による 2015 年の排出量の伸び率（表-3）

表-3 排出量の伸び率（1999 年に対する 2015 年の予測）

Phase of Flight	CO ₂	HC	CO	NOx
米 国 内				
without CNS/ATM	36.00%	40.28%	37.10%	31.14%
with CNS/ATM	28.68%	20.00%	21.23%	20.92%
欧 州 域 内				
without CNS/ATM	48.53%	44.27%	47.33%	43.76%
with CNS/ATM	41.53%	27.08%	29.77%	32.03%

表-4 CO₂ の削減率（1999 年に対する 2015 年の予測）

高度領域	北米大陸 (CONUS *)	欧洲空域 (ECAC)
3,000 ft 以上	5%	4%
3,000 ft 以下	5%	7%
地上	11%	3%
全体	5%	5%

CONUS : continental United States

及び CO₂ 削減率（表-4）を例示する。

(1) 排出量伸び率の予測

2.3(1) 項に記述の通り、気象変動に関し想定される複数シナリオでは、今後とも、航空機からの排出量は漸増傾向が続くと予想されているが、CNS/ATM 適用により、その増加傾向が緩和されると期待されている（表-3）。

(2) 温室効果ガス削減率

CNS/ATM を適用しない場合に比べ、CNS/ATM 適用により CO₂ がおよそ、5% 削減できる（表-4）。

その他物質（NO_x, HC 及び CO）の削減量も CO₂ とほぼ同じである。CNS/ATM の貢献度として、FAA/Eurocontrol とも、フェーズ 2 迄に 3~5% 削減、フェーズ 3/フレーフライトの導入で 5~7% 削減を目指んでいる。

文 献

- 1) JADC 資料 YGR-5082
- 2) Boeing 社 Air Traffic Management Capability-Driven Operational Concept Through 2015
- 3) 国土交通省ホームページ
- 4) 第 2 回 FANS シンポジウム資料
- 5) Aviation and the Global Atmosphere, Section 4
- 6) 平成 13 年度環境白書
- 7) 平成 12 年版 環境白書
- 8) 環境省ホームページ「京都議定書の概要」
- 9) JADC ホームページ「第 VI 章 航空機を取り巻く環境」抜粋
- 10) 研究成果概要報告書
 - USING AIRSPACE SIMULATION TO ASSESS ENVIRONMENTAL IMPROVEMENTS FROM FREE FLIGHT and CNS/ATM ENHANCEMENTS
 - Fuel Burn and Emission Forecasting for Europe
- 11) ATM Systems Environmental Impact Metrics for INTEGRA
- 12) NAS Architecture Ver 4
- 13) Environmental Benefits associated with CNS/ATM initiatives

略 語

- ATA : 米国輸送機協会 Air Transport Associa-

- tion
- CAEP : 航空環境保全委員会 Committee on Aviation Environmental Protection
 - CNS/ATM : 通信, 航法, 監視及び航空路の管制 Communication, Navigation, Surveillance and Air Traffic Management
 - COP : 締約国会議 Conference of the Parties
 - FAA : 米国連邦航空局 Federal Aviation Association
 - GBAS : 航法衛星増強装置 Ground-Base Augmentation System
 - ICAO : 国際民間航空機関 International Civil Aviation Organization
 - ILS : 計器着陸装置 Instrument Landing System
 - IPCC : 気候変動に関する政府間パネル Intergovernmental Panel on Climate Change
 - LAAS : 狹域補強システム Local Area Augmentation System
 - LTO : 離着陸サイクル Landing and Takeoff Cycle
 - MTSAT : 運輸多目的衛星 Multi-functional Transport Satellite
 - NAS : 米国内管制システム National Aerospace System
 - NASA : 米国連邦航空局 National Aeronautics and Space Administration

- RNAV : 広域航法 Area Navigation
- RNP : 航法性能要件 Required Navigation Probability
- RVSM : 短縮高度 Reduced Vertical Separation Minima
- SBAS : 航法衛星増強装置 Satellite-Based Augmentation System
- TCAS : 航空機衝突防止装置 Traffic Alert and Collision Avoidance System
- UNFCCC : 気候変動に関する国際連合枠組条約 United Nations Framework Convention on Climate Change
- VOR/DME : 航法援助施設 VHF Omni-Range/ Distance Measurement Equipment
- WAAS : 広域補強システム Wide Area Augmentation System

著者略歴

- | | |
|---------|-----------------------------------------------|
| 1974/3 | 北海道大学大学院工学研究科修士課程修了 |
| 1974/4 | 三菱重工業(株)に入社
航空電子システム及びフライトシミュレータの設計に従事 |
| 2002/11 | (財)日本航空機開発協会に出向
航空機の運航環境調査及び航空電子システムの設計に従事 |

焦点

平成 15 年度 騒音影響評価の展望に関する ネット会議（抄録）*

金子哲也**,** 後藤恭一**

我が国の民間空港では昭和 40 年代の大坂空港訴訟以降、長きに渡って夜間運航をきびしく制限してきた。しかしながら国内便のみならず、国際便、長距離貨物便の離発着数が増えて時間枠の拡大が求められる一方で、空港も都心部から遠い郊外や海上へと立地を移し、個々のジェット騒音も格段に減少したことから、一部空港では 24 時間運用の具体化に向かっている。現在のところ、夜間の離発着は限定的だが、今後、利用が拡大することは明白であろう。空から発せられるがゆえに広域曝露をもたらすという、他とは異なる特性を持った騒音が 24 時間生じるようになることの影響を、注意深く見守ってゆく必要がある。

他方、航空機騒音に関する評価指標も転換期を迎えており。従来わが国では、離発着の多い空港対策では、航空機騒音のピークレベルを元に、時間帯ごとの重みをかけて算出した WECPNL-J が用いられてきた。しかしながら今日、世界的に見ても航空機騒音の評価には Leq などエネルギー平均を基盤とする各種の指標が用いられており、我が国の航

空機騒音対策も改めて見直すべき時期にあるといえる。

こうした状況を踏まえ、平成 16 年 3 月、環境騒音の人体影響評価に関わる研究と施策の今後を展望する視点に立って、我が国の騒音研究に携わる諸氏にご参加いただき、インターネット上で意見交換を行った。本企画に参加された各氏は以下の方々である（50 音順）。

加來治郎	財団法人小林理学研究所・理事、騒音振動第三研究室・室長
兜 真徳	独立行政法人国立環境研究所、首席研究官
川田智之	日本医科大学公衆衛生学環境医学教室、教授
星山佳治	昭和大学医学部公衆衛生学教室、教授
矢野 隆	熊本大学工学部環境システム工学科、教授

各氏より寄稿された基調論文は以下の通りである。（寄稿順）

矢野 隆	環境騒音に関する社会調査研究における今後の課題
星山佳治	東京の幹線道路における道路交通騒音の健康影響
川田智之	騒音の睡眠影響に関するこれまでの研究と今後の課題
兜 真徳	騒音の健康リスク評価から見た今後の課題

加來氏は当誌本号の記事依頼と重なり、また日程の都合上、ネット掲示板においてコメ

* A Report from an Internet Meeting on the Aspect of Noise Effect Control, by Tetsuya Kaneko and Kyōichi Gotō (Environmental Health Division, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
環境保健部

*** 杏林大学保健学部 環境保健学教室 教授
(環境保健部長兼務)

ントだけを頂く形となった。

以下はこのネット会議の要約である。

矢野博士の論文は、騒音政策の基礎となっている社会調査研究の基盤を整備し、国際的な整合を図るよう提起している。矢野氏は異なる言語間で比較可能なうるささ尺度を構成した。騒音の社会調査に関するデータアーカイブの構築準備を進めている。データアーカイブを公開している名古屋の例では、都市騒音全体を対象としており、音源別の調査が中心である欧米とは比較が難しい。我が国も含め多国間で環境騒音影響の比較を行うには、素データの共有化を図ることが最も有効であるとの視点から、氏はデータベースの共有化を進めている。現在、データアーカイブにはすでに道路交通騒音 12 件 (4,555 名), 鉄道 13 件 (6,841 名), 新幹線 1 件 (724 名) の計 12,120 名が集められているが、航空機騒音に関するデータはない、とのことである。もうひとつ氏が進めているテーマは、言語・文化間の差異を越えて、迷惑の程度を同じレベルで評価できるような、主観的な騒音評価尺度の構築である。そのためこれまで日本、タイ、スウェーデンで環境騒音に関する社会反応の異文化間比較調査を行ってきた。ヨーロッパでは航空機騒音の影響調査が多く、また鉄道騒音が航空機騒音よりアノイアンスが弱い所謂「ボーナス効果」も報告されているが、国際比較によってこれらの日本への適用の可否についても議論が進むと考えられる。

星山博士からは、東京環状七号線の沿道を主な対象とした八年間に渡る調査データを基にした完成論文を投稿いただいた。調査地域は 20 カ所以上で、対象者の総計は 3,614 名に上る。この調査の特徴はコミュニティ規模の調査対象地区それぞれにおいて、丁寧な騒音測定がこなっていることにある。24 時間定時 10 分間測定と午前・午後・夜間の 3 時間帯の移動 5 分間測定をもとに 150 点の

L_{Aeq} 24 hr (dB) を求め、これらから作成されたセンターで屋外騒音レベルを推定している。対象者は居住年数 3 年以上の 20 歳以上、65 歳未満の女性で、「家屋の構造」、「医師から言われた病名」、「言われたことのある傷病名」等の回答を自記式質問票・郵送留置、調査員巡回々収方式で収集した。多重ロジスティック回帰モデルをベースに、量一反応関係を傾向性の検定で検討した結果、「貧血」「耳が遠い」「めまいがする」の 3 項目の訴えは騒音レベルが高くなるほどが高くなる傾向が認められている。道路交通騒音と自覚症状の有訴率の関連をみた興味深い報告であり、自己申告調査の限界も含めて後日、議論する予定であったが、氏の急な転任により実現しなかったのは残念である。

川田博士の基調原稿は、同氏が鈴木庄亮群大名誉教授（当センター初代環境保健部長）および同大公衆衛生学教室の笹澤吉明博士と 1985 年来、積み重ねてこられた研究成果をレビューしたものであった。騒音レベルが高いほど入眠困難や中途覚醒、早期覚醒が起きやすくなり、起床後の主観的睡眠感が悪化すること、就眠妨害や覚醒促進の閾値は 40 ないし 45 dBA である、事が示された。道路騒音に関しては道路に近いほど心身自覚症状の訴えが多いこと、間歇音は睡眠妨害を生じやすいが、定常音ではむしろ 60 dBA でも入眠を促進した、という。また睡眠中の覚醒反応は若年層の方が高齢者より強く、睡眠の即時的影響閾値は 45 dBA 以下だが個人差も大きく、主観的な睡眠の質については寝つきの良さが寄与していたとのことである。国道 17 号沿道で騒音と睡眠との関連を調査したところ、道路からの距離は騒音の減衰量とは必ずしも直線的な関係ではなく、不眠症など睡眠妨害との関連性も認められなかった、という。60 dBA の持続的騒音が入眠妨害しにくいことと関連があると推定されるのか、後日のネット会議で質問した部分でもある。

兜博士からは本会議テーマの根底にある健康概念の再考から、健康リスクの評価とマネジメントを軸とした展開まで、幅広い問題提起をしていただいた。まず、環境リスクや健康リスクの捉え方は国情や時代の価値観によって変遷すること、我が国がより質の高い「健康」を目指す展開が必要であるとの指摘がなされた。これは翻って考えれば、我が国の環境基準も、その根底にある健康影響の概念も、見直すべき時にある、という提言である。これに関連してスイス、オランダが睡眠影響と循環器疾患のリスクに注目し、一般の各種疾患と比較した場合の障害度数 (disability weights) の検討しているとの紹介があった。会話妨害や睡眠障害などを、WHOが提案した「疾病負担 (burden of disease)」の視点で見直すとどうなるか、我が国でも議論を始めるべきだということだ。また、騒音感受性の個人差については従来、騒音問題の複雑さを示す excuse として用いられてきた側面もないわけではない。オランダの例では、個人差を系統的に把握する質問票が考案され試行されているという。某空港周辺で行われた社会調査では、長期在住者でも「慣れ」は生じにくく、逆に騒音への高感受性が頻回の騒音曝露で促進されうることも示唆されている、とのことであった。また同データでは自覚症状に基づく判定で「神経症傾向」の正常範囲内の上昇が騒音量と相関性を示していた。ドイツの航空機騒音に関する疫学調査では、高血圧や心疾患などの関連する所謂「心身症」のリスクが有意に高いとされたが、夜間騒音による睡眠影響が大きいとの解釈がなされているようである。騒音の感受性を考慮した疫学調査の拡大が、今後の大きな課題として提起されたものである。

以上を元に、ネット上の掲示板で若干の意見交換が行われた。その抜粋を以下に示す。

〈金子〉 本会の趣旨説明

〈矢野〉 騒音ネットシンポジウム追加説明 1

- 1) 私自身は、一般の人々の騒音評価指標に関する理解や音源間の比較を考慮すると、環境騒音の評価指標として簡潔な LAeq に統一するのがよいと考えている。Ldn でも良いが、Lden のように時間の重みをあまり細かくする必要があるかは疑問。
- 2) 騒音に対する社会反応の音源間比較や国際比較において比較精度をあげるためにには、できるだけ同じ尺度と同じ質問文を使用するのがよいと考え、ICBEN の共同研究に参加し、騒音のうるささに関する標準的な尺度と質問文を構成した。こうした標準化の動きに対してご意見をいただきたい
- 3) 先生方の論文から、騒音影響で睡眠妨害がきわめて重要だと認識した。睡眠妨害を測定する標準的な（広く使われている）質問文があれば、ご教示を。

我が国でも騒音に関する社会調査は数多く実施されてきたが、データを系統的に収集管理されてこなかったようだ。我が国の騒音政策に資するためには、広くデータを収集しデータアーカイブを構築して多くの研究者がデータを共有できる体制を整えるべきだと考える。医学分野での騒音影響調査データアーカイブの存在は？

〈金子〉 矢野先生の提唱されるデータアーカイブは魅力的なプロジェクトだが、航空機騒音は公開されるデータが限定期で乏しいため、社会調査との対応を取るのが難しい。曝露範囲が広域で、かつ、上空の天候等で飛行経路や騒音の伝播条件が異なる航空機騒音は、実測からはなかなか年間を通した曝露状況、平均曝露が推定しにくい。あらゆる環境騒音を人間中心に見るという視点は重要だが、実際には加害一被害の因果関係と補償問題、といった観点からの音源別アプローチが

多いのでは？ また、人間中心に考えるならば、複合騒音評価と感受性の問題が避けて通れないと思う。

「うるさき尺度」については、等間隔性を基礎としたスケールならば、集団のうるさき評価に使えないだろうか？ 連続評価量として扱えるならば、社会調査における解析評価の幅がかなり広がるが。

〈矢野〉 騒音暴露量の予測は頭の痛い問題。ご協力願いたい。社会反応に影響する要因は複雑多岐にわたりデータのばらつきが大きいため、反応の平均値よりも強反応の割合の方が量一反応関係を明瞭に捉えることができると解釈している。たとえ尺度の等間隔性が増しても社会反応の指標として平均値を用いれば同様の問題を常に内包する。元々この尺度は社会調査用に開発されたものだが、等間隔性に優れていることや尺度の意味づけが明瞭であることから、社会調査だけでなく心理音響実験によく用いられるようになってきた。

〈金子〉 音響心理学でも使用されているのは示唆的である。アノイアンス出現頻度のモデル化では、各ドットは小集団ごとの「頻度」を表しているが、各頻度の分母の大きさはモデルに反映されていない。アノイアンスを等間隔尺度として扱えるならば、各人の曝露レベルに対応する計測値としてすべてを等価に扱えると思うがどうか？

〈矢野〉 ご指摘の通りだと思う。

〈金子〉 川田先生のデータで 60 dB の定常騒音が入眠潜時を早める、というのは、日常の実感からしても納得でき、面白い。これも潮騒や川のせせらぎのように「慣れ」の問題があるので？ また、道路騒音でも夜間高速道路走行のように定常的なら入眠妨害しにくいのか？ また、若年者の感受性が高いことは聴力と関連しているか？ 睡眠感の良不良が「入眠時」に規定されるとは意外だが、疲れていると早く眠り、睡眠も深い、と言うことなのではないか？ 記憶では、睡眠満足

感への影響は覚醒時のプロセスが大きいとデータもあったが。

〈川田〉 音のスペシフィケーションに依存する。睡眠導入効果が高速道路で発生する自動車交通騒音にあるかは不明である。道路からの距離と不眠症有症率の関係がないという最近のレポート結果との関連はない。加齢と音感受性の関係は聴覚だけで規定されない。性差と併せて、生物学的因素に社会心理学的因素も加味されるだろう。睡眠感の良否が、疲れていると早く、深く眠る、ということも一因かも知れないが、すべてではないだろう。

〈金子〉 川田先生によれば睡眠影響に関しては、定常音と間歇音では許容の幅に相当の違いがあるようだ。諸外国の騒音規制に用いられている評価指標やその組み合わせによる規制方式、航空機騒音を始め、多くの環境騒音評価量について、長所・短所などを簡単にまとめていただけないか？

〈回答なし〉

〈金子〉 兮先生へ

某空港周辺データで個々人の騒音曝露量の推定法は？ また、[治療を要する高血圧]の基準は？ 自己申告による騒音感受性が騒音レベル（地域）によって異なる、ということは、その「感受性の申告」自体が社会反応であることを意味してはいないか？

〈兜〉 年間平均を元に、測定された固定点を結び、個々の家屋の位置から比例法で推定したようだ。「治療を要する高血圧」は、別途、既往歴として。自覚症状調査の「高血圧あり」の方が多い傾向がある。感受性については、アノイアンスが高い環境下では、高感受性を自覚するチャンスも多い。本来こうした状態は生活上望ましくない、と言う問題提起でもある。

〈金子〉 星山先生へ

この調査の「いわれたことがある」の質問は、誰からかを指定したか？ 文中の「有病

率」との関連で補足を願いたい。騒音曝露影響を考える際に重要な「居住年数」は？ 対象が女性ゆえに「更年期失調」が取り上げられたが、「めまい」、自覚的「貧血」との相関性は？ 騒音ストレスが「更年期女性」を苦しめている、というデータのようにも見えるが？ また、騒音レベルとの関連性（有意な傾向性）が認められた項目の出現頻度は、世田谷・太田など地区、群（8年間）で差異はなかったか？ 最終的にそれぞれのロジスティックモデルの適合度は？ <転任によるメール不着で返答なし>

<金子> 兜先生、星山先生へ

自覚症状調査の意義と限界について、ご意見を頂けないか？

<会期終了につき回答得られず>

以上がネット会議の概要である。

この会議後加来氏からのコメントが届けられた。加来氏の基調論文に当たるものは本誌に掲載してあるので、そちらをご参照いただきたい。

氏によれば、欧米の航空機騒音規制について、等価騒音レベルを中心に WECPNL と

同様の時間帯による本数補正を加えたものがいくつかあるが、いずれ統合されて Lden に集約されるだろう、との事である。LAeq は主観的印象との対応がよいと言われてはいるが、間歇音など騒音の変動性までをカバーして評価することは難しく、いずれにせよこれだけですべての環境騒音を評価できるものではなかろう、とも書き添えられていた。

以上ネット上の議論は十分なものとは言えなかったが、各氏からの貴重なご意見や情報、問題提起があり、今後の騒音影響研究における大きな示唆が得られたものと思われる。

なお、本稿に紹介した総ての論文と交換された意見の全容は、未回答部分のご意見を得て再編集し、「航空環境研究・特別号」として本年刊行する予定になっている。

著者略歴

金子哲也：

昭和 55 年 東京大学大学院医学系研究科修了（保健学博士）

杏林大学保健学部および大学院国際協力研究科教授

航空環境研究センター環境保健部長兼任

専門分野：環境保健学

研究報告

地上デジタルテレビ放送の航空機による遅延波障害の要因*

菅 原 政 之** 大 沼 保 憲** 末 永 昌 久*** 伊 藤 士 郎****

1. まえがき

地上テレビ放送を受信しているとき、近くを航空機が通過すると、受像画面が乱れたり、揺れたり、明るさが変化したりすることがある。この現象は、航空機による電波障害、特に、フラッター障害と呼ばれている。これは、航空機による反射電波が放送局から受信者への直接波に干渉するために起こる。これまで、この種障害の程度を決める種々の要因が明らかにされ、それに基づいたフラッター障害の予測法が導かれた^{1),2)}。

2003年12月1日、東京、大阪、名古屋の三大都市圏で、地上デジタルテレビ放送が開始された。このデジタル化に対応するためには、これまで、航空機によるこの種の電波障害が、在来のアナログ方式の場合とどのように異なるのか、障害の要因とそれを組み込んだ障害予測法の研究が進められた^{3),4)}。

ここでは、その後明らかにされた、デジタ

ルテレビの航空機反射波による障害の要因と、それを障害予測法へ組み込む方法について報告する。

2. 地上デジタルテレビ方式の特徴

地上デジタル放送の方式には、マルチキャリアを用いるOFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 直交周波数分割多重) をベースとした伝送符号化が採用され、さまざまな受信環境に適した伝送特性を選択できる特徴を備えている⁵⁾。たとえば、マルチキャリア化によって、信号伝送の単位である1シンボル期間を長くして冗長性を確保し、ガードインターバル (GI) を付加する方策が採られている。これによって、在来テレビで大きな問題であった建造物によるゴースト障害の大幅な軽減が図られた。地上デジタルテレビ伝送の基本パラメータを表-1に掲げる。

放送番組を伝送するネットワークとして、親局の電波を受信して再送信する、いわゆる、放送波中継方式が採用される。在来テレビでは、送信局ごとに異なった周波数を割り当てるこによって、受信機での混信を避けている。一方、デジタルテレビでは、周波数有効利用のために、同一ネットワークの全ての送信局に、同一の周波数を割り当てる単一周波数ネットワーク方式 (SFN) が採用される。この場合、送・受信機の配置によって、時間的に遅れるあるいは進んだ妨害波による同一周波数混信が生ずる恐れがある。ガ

* Factors affecting Interference with Reception of the Terrestrial Digital Television owing to a Delayed Signal via an Aircraft, by Masayuki Sugawara, Yasunori Ohnuma, Masahisa Suenaga and Shiro Ito (Noise and Vibration Division, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
騒音振動部

*** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
騒音振動部長

**** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
顧問

表-1 地上デジタルテレビ伝送基本パラメータ抜粋

	モード 1	モード 2	モード 3
OFDMセグメント数	13		
帯域幅	5.575 MHz		
キャリア間隔	3.968 kHz	1.984 kHz	0.992 kHz
キャリア数	1405	2809	5617
変調方式	DQPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM		
有効シンボル長	252 μ s	504 μ s	1.008 μ s
ガードインターバル長	有効シンボル長の 1/4, 1/8, 1/16, 1/32		

ドインターバルの採用は、この障害を避ける手段でもある。

航空機からの反射波は、受信機までの伝搬径路長が時間とともに変化するので、ドップラー効果による周波数の変化を受ける。希望波と妨害波の周波数が同一であるとの条件を乱すので、ガードインターバル採用の効果が削減される。

3. 妨害波周波数の許容偏差

(財)電波技術協会が、(財)放送文化基金の平成12年度援助・助成を受けて構成し、筆者らも参加した「地上デジタルテレビ放送の航空機による遅延波障害の研究・委員会」での室内実験結果に基づき、妨害波周波数の許容偏差として次の実験式を導いた^{3),4)}。最も厳しい条件の64 QAM変調において、

$$\Delta F (\text{Hz}) = 10^{\left(\frac{D/U - C + D - 5.9}{3.5}\right)^{\frac{1}{3}}} f_{CS} (\text{kHz}) \quad (1)$$

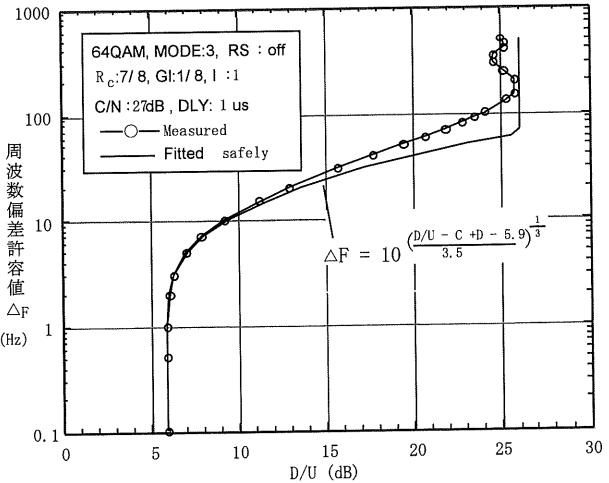
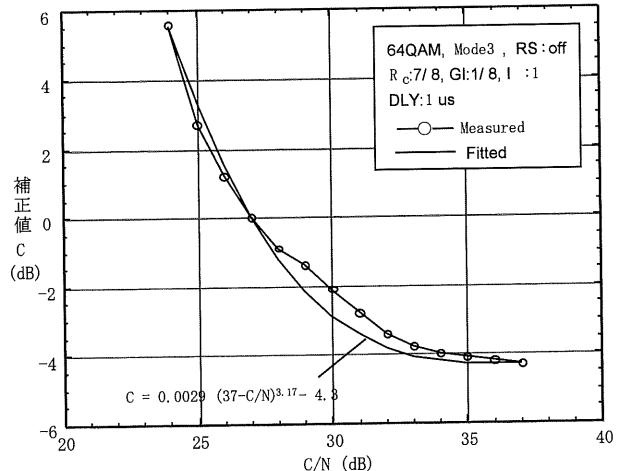
ただし、

ΔF : 許容偏差

f_{CS} : キャリア間隔 (kHz, Mode 1 : 3.968, Mode 2 : 1.984, Mode 3 : 0.992)

C : C/N 比に依存する補正值で、次式で与えられる。

$$C = 0.0029 [37.0 - C/N (\text{dB})]^{3.17} - 4.3 (\text{dB}) \quad (2)$$

図-1 DU 比と周波数偏差の許容値の関係図-2 補正值 C の C/N 比依存性

式(1), (2)と実測結果との比較を、それぞれ、図-1及び図-2に示す。なお、許容値とは、外符号(Reed-Solomon 符号)による訂正を外した状態で、伝送誤率 $BER=2\times 10^{-4}$ が確保され、いわゆる疑似エラーフリーとみなされる限界である。

また、式(1)で、 D は符号化率 R_c に依存する補正值で、 $R_c=7/8$ で $D=0, 3/4$ のとき、

$$D = 10^{(2.73 - 0.0813 C/N)} (\text{dB}) \quad (3)$$

である。図-3に、式(3)と実測値の関係を示す。

なお、式(1)を使用するに当たって注意すべきは、

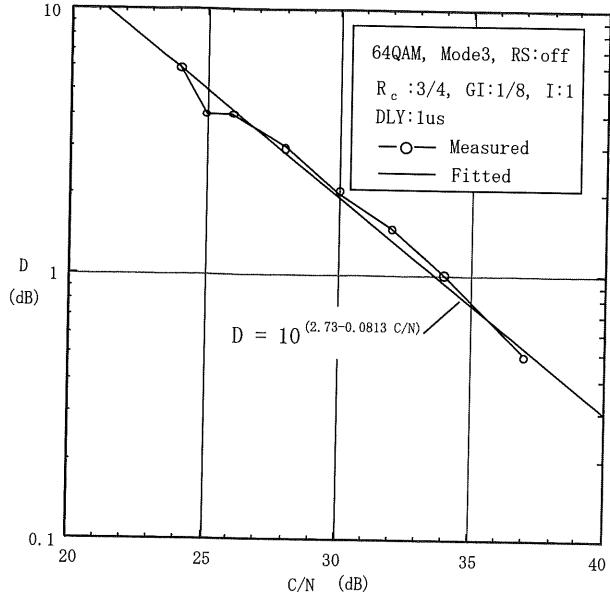
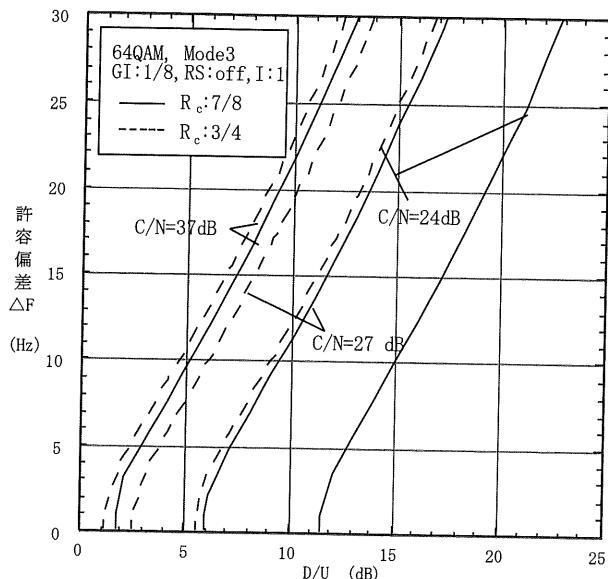
図-3 符号化率に依存する補正值 D の決定

図-4 妨害波周波数偏差の計算例

$$D/U \leq C - D + 5.9 \quad (\text{dB}) \quad (4)$$

のときには、許容周波数偏差 $\Delta F=0$ とすべきことである。図-1 の実測結果で、許容偏差の曲線が 1 Hz から垂直に下降していることがその妥当性を表わしている。単純に式(1)を計算すると、 ΔF が複素数になることがあるって不都合である。従って、式(1)を式(4)の制限なしで変形して、周波数偏差を指定して、DU 比の許容値を与える式を作り替えると、不具合いを生ずる。

なお、 C/N (dB) は、標準的な受信システムの場合、受信電界強度を用いて、以下のように表される。すなわち、受信電界強度を $E_{\text{dB}\mu}$ として、

$$C/N \text{ (dB)} = E_{\text{dB}\mu} - 26.7 \quad (5)$$

である。図-4 に式(1)による計算例を示す。

4. デジタル放送波における DU 比及びドップラーシフトの決定

デジタルテレビの航空機による遅延波障害は、以上で分かるように、主として DU 比と遅延波のドップラーシフトの量で決まるので、しばしば、それらを測定することが必要になる。しかし、5.6 MHz の帯域幅をもつデジタル放送波では、アナログ放送波を対象に用いられている DU 比測定法は、一般に、不適当である。ここで、地上デジタル放送波に適した方法を提案する。

なお、この項目以降は、引き続き放送文化基金の平成 13 年度援助・助成による「地上デジタルテレビ放送の航空機による遅延波障害の研究 2・委員会」でえられた成果である⁶⁾。

(1) 伝搬環境モデル

説明の便のために、受信点とその伝搬環境モデルを設定する。平成 14 年末まで生駒山上に設けられていたデジタル実験局の電波 ch. 15 を想定し、伊丹空港近傍の地点 C (豊中市方南町) で受信中に、着陸体勢の B 747 が飛来するものとする。また、受信点には、ビルなど地物からの反射波 3 波が到来し、受信機入力において、それらは希望波に比べて強度と遅延量が、それぞれ、[-20 dB, 0.3 μs], [-23 dB, 1.2 μs], [-26 dB, 1.7 μs] であると仮定する。

図-5 は、B 747 飛来時の受信電界変動、DU 比及び航空機経由電波の遅延距離の計算結果である。ここの DU 比の計算では、前述の地物反射波を無視してある。横軸の時間は相対値であり、航空機の影響が顕著な 8 秒

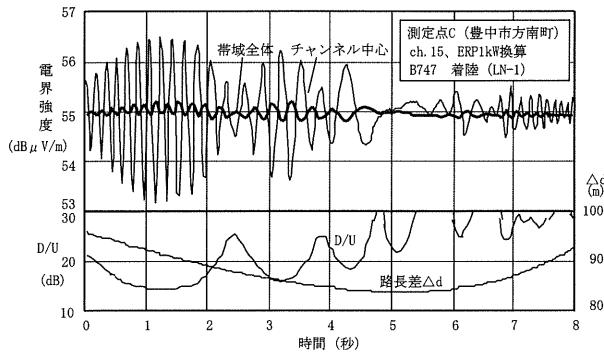


図-5 地上デジタルテレビ電波受信の際の航空機飛来時緒元の計算

間を切り出してある。

最悪 DU 比は、1秒過ぎ付近の 14.0 dB (希望波強度を 1 とすると航空機反射波強度は 0.2) である。チャンネルの中央に仮定した単一周波数キャリアの場合、受信電界は細い実線で表したような変動を示し、最大変動幅 3.4 dB から DU 比は 14.2 dB と算出される。この求め方は、アナログテレビで、映像あるいは音声キャリアの測定による DU 比の決定に広く応用されている。

しかし、希望波と航空機反射波の路長差が 90 m 程度と大きいので、デジタル放送波では、希望波と航空機反射波の合成波の電界強度が、5.6 MHz の帯域内で変化し、チャンネル全体としての電界は、強弱が打ち消しあって、太い実線で描いたように、変動幅が大きく抑圧される。このことが地上デジタル放送波の場合には、電界変動波形から DU 比を求めることが不適当とされる所以である。

(2) 受信電界の帯域内特性

航空機飛来時の受信電界強度の帯域内周波数依存性を調べるには、航空機反射波が平常時の受信波に対して位相が 360 度回転する範囲 (2 波の干渉によって生ずる電界変動の 1 周期) を対象にすればよい。ここでは、図-5 で、DU 比が最も劣化している 1.0 秒～1.2 秒の間のほぼ 1 周期の時間に注目して調べてみる。

図-6 は、図-5 では無視した地物反射波の

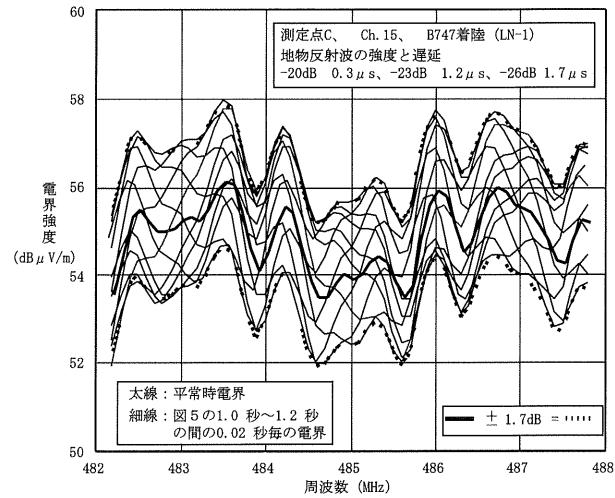


図-6 地上デジタルテレビ電波受信の際の航空機飛来時帯域内変動の計算例

影響を考慮し、航空機の影響がない平常時の受信電界、及び、航空機飛来時の 1.0～1.2 秒の期間の電界変動を 0.02 秒毎に、帯域内の周波数特性の形で描いたものである。

平常時の電界変動幅を α とすると、

$$\alpha = \frac{D_{\max}}{D_{\min}} = \frac{D + U_{\text{bldg}}}{D - U_{\text{bldg}}} = 1.35 \quad (2.6 \text{ dB}) \quad (6)$$

ただし、

D : 希望波の受信電界

D_{\max} : 平常時受信電界の帯域内最大値

D_{\min} : 平常時受信電界の帯域内最小値

U_{bldg} : 地物反射波電界 (複数波のときは合成値)

従って、

$$\frac{D}{U_{\text{bldg}}} = \frac{\alpha+1}{\alpha-1} = 6.73 \quad (16.6 \text{ dB}) \quad (7)$$

である。

想定したモデルの反射波 3 波が同相で合成されたと仮定すれば、希望波の強度 1 に対して合成波強度は 0.22 ($=0.1+0.07+0.05$) になるはずである。しかし実際には、0.149 ($=1/6.73$) である。合成波強度は反射波の相互の路長差と周波数に依存して変化する値である。

式(6), (7)による DU 比の求め方は、

従来の時間軸上での極大、極小値から計算する方法を、周波数軸上に移したものである。前者では、観測時間内で反射波強度が変化しないこと、後者では、帯域内で反射波強度が変化しないことを前提としている。地物反射波が複数の場合には、周波数によって相互の位相関係が変化して合成振幅が変化するので問題は残るが、ここでは、式(6)、(7)を、地物反射波強度の定義式とし、以後、実測データの分析に利用する。

(3) 航空機の飛来時の DU 比とその測定法

航空機の飛来時についてみると、図-6 の上下の包絡線は、同図中に破線で示されるように、いずれも平常時電界の上下に対称な±1.7 dB の平行移動でよく近似できる。すなわち、航空機反射波と希望波との路長差が1 波長変化する間（受信電界変動の1 周期）に、航空機反射波は、帯域内周波数の全体に渡って、いずれかの時点で、平常時電界と同相及び逆相で加わることが理解できる。路長差が小さい場合には、周波数にはほぼ無関係に受信レベルが単純に上下に平行移動するから、変動幅からただちに DU 比が求められるわけで、路長差が大きいときにも、包絡線に注目すれば、同様の扱いが可能であることを表している。

従って、航空機飛来時にも、帯域内特性を無視できるとき同様に、電界変動幅 β は、

$$\beta = \frac{D + U_{\text{bldg}} + U_{\text{acrft}}}{D - U_{\text{bldg}} - U_{\text{acrft}}} = 2.0 \quad (6.0 \text{ dB}) \quad (8)$$

ただし、

U_{acrft} ：航空機からの反射波

であり、DU 比は、

$$\frac{D}{U_{\text{bldg}} + U_{\text{acrft}}} = \frac{\beta + 1}{\beta - 1} = 3.0 \quad (9.5 \text{ dB}) \quad (9)$$

と求められる。

予測計算の際は、式(9)ではなく、平常時

の電界変動幅から地物反射合成波強度希望波比 0.149 (-16.6 dB) を求め、航空機反射波強度希望波比 0.2 (-14 dB) との同相合成波強度 0.349 (=0.149+0.2) から、DU 比は 2.87 (=1/0.349), 9.2 dB と求める。式(9)で求められる 9.5 dB との差 0.3 dB 程度の違いは認めることとする。

なお、航空機飛来時の電界変動量 γ 、すなわち、上下平行移動量の和 3.4 dB (=6.0 dB - 2.6 dB) より、

$$\gamma = \frac{D + U_{\text{acrft}}}{D - U_{\text{acrft}}} = 1.48 \quad (3.4 \text{ dB}) \quad (10)$$

であり、

$$\frac{D}{U_{\text{acrft}}} = \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} = 5.17 \quad (14.3 \text{ dB}) \quad (11)$$

によって、DU 比は 14.3 dB と求められ、前述のアナログ波に対する方法（單一周波数キャリア）で求められた 14.2 dB とほぼ一致する。

これらの測定は、実際には、スペクトラムアナライザーによって行うが、その場合、掃引時間（サンプリング周波数）に注意が必要である。例えば、掃引時間が 50 ms (サンプル周波数 20 Hz) であれば、理論上、10 Hz 以上の速い変動を見落とす恐れがあるが、実際上はこれで十分なようである。

(4) DU 比測定法の別法

ここでは、式(10)、(11)によらずに DU 比を求める別の方法を説明する。まず、希望波 \dot{D} 及び航空機反射波 \dot{U}_{acrft} を以下のように記述する。

$$\dot{D} = E_0 e^{-j2\pi f_d d/c} \quad (12)$$

$$\dot{U}_{\text{acrft}} = E_0 R e^{j\phi} e^{-j2\pi f_u (d + \Delta d)/c} \quad (13)$$

ただし、

E_0 ：希望波強度

f_d ：希望波帯域内の任意周波数

f_u ：航空機反射波帯域内の任意周波数

c ：電波の速度

d ：希望波の伝搬距離

Δd ：航空機反射波の伝搬距離増分

R : 航空機反射による損失

ϕ : 航空機反射による位相回転

いま、 $f_d=f_u=f_1$ のとき、希望波と航空機反射波の両者が同相になるとすると、

$$-2\pi f_1 d/c - \phi + 2\pi f_1 (d + \Delta d)/c = 2n\pi, \\ n=0, 1, 2, \dots \quad (14)$$

であり、合成波強度は最大になって、

$$E_{\max} = E_0(1+R) \quad (15)$$

次に、 $f_d=f_u=f_2$ のとき、両波が逆相になるとすると、

$$-2\pi f_2 d/c - \phi + 2\pi f_2 (d + \Delta d)/c \\ = (2n+1)\pi, \quad n=0, 1, 2, \dots \quad (16)$$

であり、合成波強度は最小で、

$$E_{\min} = E_0(1-R) \quad (17)$$

である。式(14), (16)の両辺同士の差をとると、

$$(f_2 - f_1)\Delta d = c/2 \quad (18)$$

である。帯域内に最大、最小値とともに現れるためには、帯域幅を B_w とするとき、

$$B_w \geq 2(f_2 - f_1) \quad (19)$$

であることが必要であるから、この関係を式(18)に適用すると、

$$\Delta d \geq c/B_w \quad (20)$$

となる。いま、 $B_w=5.6$ MHz であるから、 $\Delta d \geq 53.6$ m であれば、スペクトラムアナライザーの1フレームでの最大、最小値を読み取って、式(15), (17)により、

$$\frac{D}{U_{\text{acrf}}} = R = \frac{(E_{\max}/E_{\min})+1}{(E_{\max}/E_{\min})-1} \quad (21)$$

として DU 比が求められる。ここでは、平常時、希望波の帯域内特性は平坦であることを想定しているが、実際には、地物からの反射波等のために帯域内で変動するので、平常時との差分を求めて、その最大値と最小値の変動幅を式(21)に適用する。この作業を複数のフレームについて行って、最悪 DU 比を決定する。

(5) ドップラ一周波数の測定法

図-5 から分かるように、デジタル放送波の場合、電界変動の幅は抑圧されるが、変動

の周期は維持されるので、アナログ放送波の場合と同様に、極大、極小値の時間間隔、あるいは、単位時間内の周期の数からドップラーシフトによる周波数変化量を求めることができる。

電界変動幅が抑圧されて周期の判定が困難である場合には、測定対象送信局の近傍にあるアナログテレビ送信局の映像あるいは音声搬送波を対象とした測定値で代替してもよい。その場合、必要に応じて周波数補正を行う。すなわち、アナログ波による周波数変化の測定値 × (希望波周波数/アナログ波周波数) である。

5. 航空機による遅延波障害への地物反射波の影響

室内実験により求めた周波数偏差の許容値と DU 比及び CN 比の関係は、希望波と遅延波の合計2波が存在する場合であった。ここでは、前述の「研究2・委員会」活動の一環として伊丹空港近傍で行われた、生駒山上のデジタル実験局電波 ch. 15 (中心周波数 485.15 MHz) に対する航空機の影響調査の結果を分析し、この種の障害における地物反射波の影響をどう評価するかについて論ずる⁶⁾。

(1) 航空機反射波と地物反射波の合成

図-7 によって、航空機反射波と地物反射波の合成を説明する。両者の合成波は、航空機反射波が受けるドップラーシフトによる周波数変化量を Δf とするとき、地物反射波ベクトル \dot{U}_{bldg} を固定し、航空機反射波ベクト

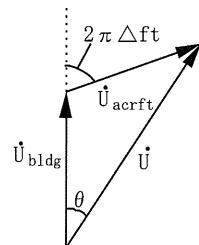


図-7 地物反射波と航空機反射波の合成

ル \dot{U}_{acrf}^* が前者の先端を中心として角周波数 $2\pi\Delta f$ で回転するときの、合成ベクトルとして求められる。このとき、任意の時刻 t における合成波の強度は、

$$|\dot{U}| = L U_{\text{acrf}} \quad (22)$$

ただし、

$$L = \sqrt{1 + \left(\frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}}\right)^2 + 2\left(\frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}}\right) \cos(2\pi\Delta ft)} \quad (23)$$

である。合成波の周波数と地物反射波の周波数（希望波と同一）との差を ΔF とすると、それは、図-7 の角度 θ の時間微分値の $1/2\pi$ 倍で表わされ、

$$\Delta F = \frac{1}{2\pi} \left| \frac{d\theta}{dt} \right| = M\Delta f \quad (24)$$

ただし、

$$M = \left| \frac{1 + \left(\frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}}\right) \cos(2\pi\Delta ft)}{1 + \left(\frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}}\right)^2 + 2\left(\frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}}\right) \cos(2\pi\Delta ft)} \right| \quad (25)$$

である。

(2) 地物反射波の影響の実際例

伊丹空港の周辺で行った測定実験において⁶⁾、地物反射波が比較的少ない（弱い）地点と比較的多い（強い）地点での観測例について、地物反射波の影響を調べる。なお、画質品位 a：劣化がない、b：ブロックノイズが部分的に出現、c：ブロックノイズが多発、あるいは受信不能と表現する。

(a) 地物反射波が少ない地点 測定点 B
(参照データ：豊中市利倉 B-11)

帯域内電界変動：2.0 dB

実測 DU_{acrf} 比：9.6 dB

実測周波数変動：2.5 Hz

受信画像の状況：破綻なし（画質品位 a）

ここで、数値 2.0 dB と 9.6 dB から、

$$\begin{aligned} \frac{D}{U_{\text{bldg}}} &= 8.69 (18.8 \text{ dB}), \quad \frac{D}{U_{\text{acrf}}} \\ &= 3.02 (9.6 \text{ dB}), \quad \frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}} \end{aligned}$$

$$= 0.348 (-9.2 \text{ dB})$$

(b) 地物反射波が多い地点 測定点 E
(参照データ：伊丹市荒牧南 E-7)

帯域内電界変動：8.0 dB

実測 DU_{acrf} 比：10.4 dB

実測周波数変動：5 Hz

受信画像の状況：破綻あり（画質品位 b）

ここで、数値 8.0 dB と 10.4 dB から、

$$\begin{aligned} \frac{D}{U_{\text{bldg}}} &= 2.32 (7.3 \text{ dB}), \quad \frac{D}{U_{\text{acrf}}} \\ &= 3.31 (10.4 \text{ dB}), \quad \frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}} \\ &= 1.43 (3.1 \text{ dB}) \end{aligned}$$

図-8 は、これらの数値を用いて、式(22)～(25)により得た結果である。併せて、周波数変動量と所要 DU 比の関係を破線で示してある。これは先に、室内実験で得られた結果を基に導いた実験式を用いて描いたものである。なお、記号は文献(6)のものをそのまま使用する。

E-7 では、▲印で示すように、航空機反射波单独の D/U_{acrf} は所要 DU 比を上回っている。しかし、地物反射波を考慮した DU 比は、式(22)～(25)に従って計算すると、「く」の字のような折れ曲がった実線上を、地物反射波と航空機反射波の位相差 (0° ～ 180°) によって変化する。

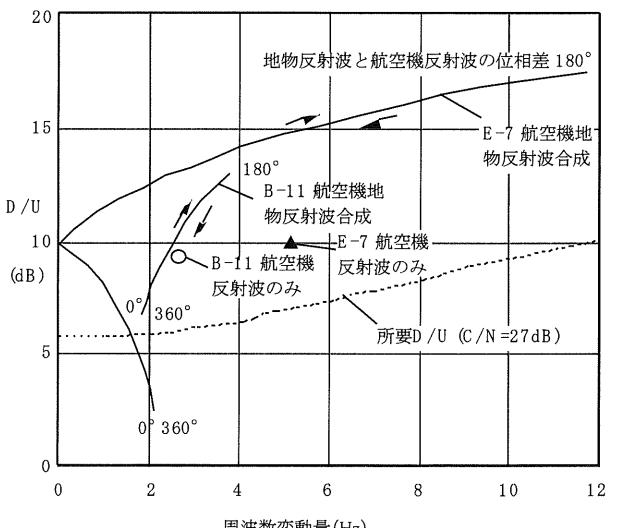


図-8 航空機反射波及び地物反射波との合成波の振舞

～360°) に依存して→の方向に移動する。両波が同相の状態あるいはその近傍にあるときに、所要 DU 比を割り込み、受信画像に破綻を来たしたと解釈できる。

一方、B-11 では、○印で示すように、航空機反射波単独で所要 DU 比を上回っており、しかも、○印に接するように描かれた合成波の軌跡から分かるように、両波の位相関係にかかわらず、所要 DU 比を下回ることがなく、障害の発生はなかったものと解釈できる。

このように、合成波の軌跡は、ある場合には、「く」の字の折れ線を描き、別の場合には、単調な曲線を描く。前者は $U_{\text{bldg}} > U_{\text{acrf}}$ の場合であり、2 波逆相のとき周波数変動量は 0 となり、その前後で符号が逆転するためである。

(3) 予測計算への地物反射波の影響の算入

以上の結果から、障害予測計算において、地物反射波の影響を考慮する際、式(22)～(25)をすべて計算するまでもなく、DU 比最悪の条件、すなわち、地物反射波と航空機反射波が同相で合成されたときに、所要 DU 比を確保できるか否かで、障害判定を行うことが妥当である。その場合、合成波に対する DU 比は、

$$\frac{D}{U} = \frac{D}{U_{\text{acrf}} + U_{\text{bldg}}} = \frac{D/U_{\text{acrf}}}{1 + \frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}}} \quad (26)$$

周波数変動量は、航空機反射波が受けるドップラーシフトを Δf とするとき、

$$\Delta F = \frac{\Delta f}{1 + \frac{U_{\text{bldg}}}{U_{\text{acrf}}}} \quad (27)$$

であるとして、障害判定基準により、障害発生の有無を予測すればよい。すなわち、地物反射波を考慮しない従来の予測計算で得られる DU 比とドップラーシフトの代わりに、それらを補正值 $[1 + U_{\text{bldg}}/U_{\text{acrf}}]$ で除した値を用いて所要 DU 比を満たすか、あるいは、

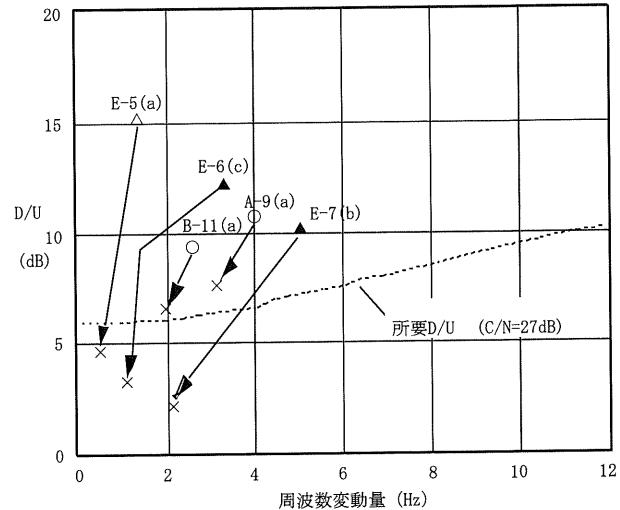


図-9 測定結果の式(26)及び式(27)による変換例

その DU 比に対して周波数変動が許容値以下かどうかで、障害発生の有無を判定すればよい。

図-9 は、 D/U_{acrf} とドップラーシフトの実測値を、式(26)と(27)によって変換した例である。データに付した記号は文献(6)が与える記号で、()内の記号は先に定義した画質品位を表わす。なお、B-11 と E-7 は、既に図-8 で説明に用いたデータである。○、△、▲で示される航空機反射波のみによる値が、この変換によって矢印の先の×印に移動することを表わしている。破綻した E-6 と E-7 の状況、及び、破綻しなかった A-9 と B-11 の状況がよく説明できる。しかし、破綻しなかった E-5 を障害の恐れありと判定することになった。これは、所要 DU 比に関する室内実験結果から安全側に実験式を導いたこともあり、必ずしも予想外の事態ではない。

なお、観測される周波数変動量は、地物反射波の影響を受けた結果であるが、実際に測定で得られる値は、図-8 から分かるように平均化されて、地物の影響による変動幅の中央にある。ここでは、この値をもって航空機の移動自体によるドップラーシフトの量としてある。

以上のように、受信点に到来する地物反射波の影響を考慮することによって、より実際に則した障害予測が可能になる。そのためには、平常時電界の帯域内変動幅を、測定、あるいは、なんらかの方法で予測するかして、対象地点に割り付けることが必要である。

6. まとめ

地上デジタルテレビジョン放送の航空機による遅延波障害に関して、以下の事項を明らかにした。

- (1) 予測のための判定基準となる妨害波の周波数許容偏差に関する実験式は、これまで、符号化率 $7/8$ のみに対応していたが、今回、符号化率 $3/4$ 対応への拡張を行った。
- (2) 希望波と航空機経由の遅延波との干渉による受信電界変動において、デジタル放送波の場合、一般に、帯域内周波数成分に別個に生ずる強弱の打ち消し合いによって、帯域全体としての受信電界変動は抑圧される。従って、アナログ放送波の場合とは異なり、その変動幅から DU 比（希望波/航空機反射波）を求めるることは不適当である。代わって、スペクトラムアナライザによって観測される受信電界の帯域内周波数特性の波形から、 DU 比を決定する方法を提

案した。

- (3) 地物反射波の存在が、航空機による遅延波障害の発生を助長するメカニズムを解明し、航空機反射波と地物反射波の合成波を、改めて妨害波とみなすことで、地物反射波の影響を評価できることを示した。
- (4) これらの結果を用いて、従来のアナログテレビ対応の障害予測プログラムを、デジタルテレビ対応用に改修した。今後、いよいよ放送が開始された地上デジタルテレビの電波を利用して、この予測法の実用性の検証を行う。

文 献

- 1) 伊藤士郎, 太田晃: “航空機散乱波によるテレビ電波の受信電界変動とフラッター障害の予測”, テレビ学会誌, Vol. 40, No. 9, pp. 899-905 (1986)
- 2) 菅原政之, 大沼保憲, 伊藤士郎: “航空機によるテレビ電波障害の推定法”, 航空環境研究, No. 4, pp. 22-29 (2000. 3)
- 3) 電波技術協会: “地上デジタルテレビ放送の航空機による遅延波障害の研究・委員会” 報告書” (2002. 3)
- 4) 菅原政之, 大沼保憲, 末永昌久, 伊藤士郎: “地上デジタルテレビ放送の航空機による遅延波障害の予測”, 航空環境研究, No. 7, pp. 37-44 (2003. 3)
- 5) 佐々木誠, 黒田徹: “地上デジタル放送方式”, NHK 技研 R & D, No. 56, pp. 4-19 (1999. 5)
- 6) 電波技術協会: “地上デジタルテレビ放送の航空機による遅延波障害の研究2・委員会” 報告書” (2003. 3)

研究報告

東京国際空港及びその周辺における 浮遊粒子状物質の実態調査*

橋 本 弘 樹** 柴 田 正 夫** 水 島 実** 鈴 木 孝 治***,***

1. はじめに

大気中の浮遊粒子状物質 (SPM) 濃度は、環境基準が定められているが、東京都における平成13年度の環境基準の達成率は、一般環境大気測定局及び自動車排出ガス測定局でそれぞれ25.0%, 2.7%となっており¹⁾、達成率が低い状況にある。東京都は、自動車(ディーゼル車)の排出するSPMに問題があるとして、平成12年12月にディーゼル車排出ガス規制を盛り込んだ「都民の健康と安全を確保する環境に関する条例(略称 環境確保条例)」を制定し、平成15年10月から施行している²⁾。

東京国際空港周辺においては、土壤及び海塩粒子等の自然発生源の他に、自動車及び工場等の人為発生源に加えて航空機から排出されるSPMの影響も考えられる。航空機の離着陸に伴うSPMの排出が空港周辺の環境に与える影響について検討を行うために、空港周辺において四季別に粒子状物質を採取し、成分分析等を行った。

2. 調査内容

2.1 調査地点

調査を行った場所は6地点であり、地図上の地点を図-1に示す。地点No.1~3は、それぞれ空港内、空港北側及び空港南側にあり、航空機の離着陸による影響を大きく受けないと考えられる地点としてこれらを選定した。地点No.4は、京浜工業地帯にあり、空港周辺の工場の影響を考えて選定した。地点No.5は、近くに交通量の多い産業道路と首都高速があり、空港周辺の幹線道路の影響を考えて選定した。地点No.6は、空港周辺の大気環境と比較するために都心部を選定した。

2.2 調査期間

風向、温度、湿度などの気象状況は、季節により異なるため、発生源からの影響範囲が変化する。また、航空機の離着陸の方向も風向により変化するため、航空機から排出されるSPMの影響範囲が変化する。このため、季節別に1週間連続して試料採取を行い、分析した。

試料採取期間を次に示す。

冬期：平成14年1月24日(木)～

1月31日(木)

春期：平成14年4月18日(木)～

4月25日(木)

夏期：平成14年7月8日(月)～

7月15日(月)

秋期：平成14年10月23日(水)～

* Measurements and Characterization of Suspended Particulate Matters around Tokyo Haneda International Airport, by Hiroki Hashimoto, Masao Shibata, Minoru Mizushima, and Koji Suzuki (Aircraft Emission & Environmental Air Research Division, Aviation Environment Research Center).

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
大気環境部

*** 慶應義塾大学教授(大気環境部長兼務)

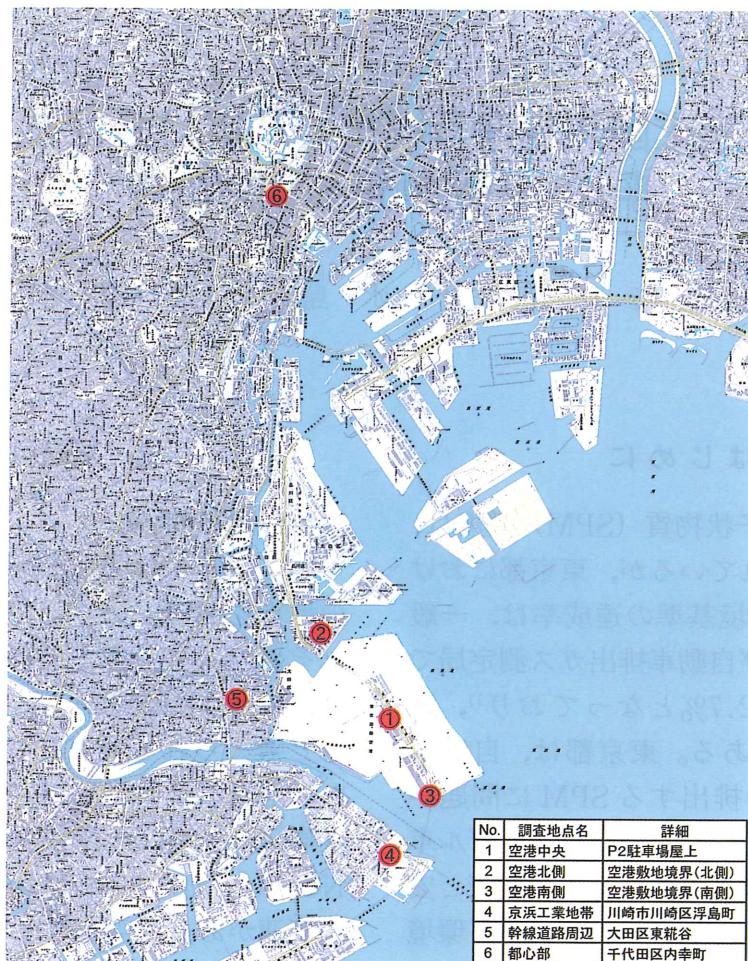


図-1 調査地点

10月30日(水)

2.3 試料採取方法及び測定内容

2.3.1 ローボリュームエアーサンプラーによる調査

ローボリュームエアーサンプラーは吸引した大気をサイクロンにて分粒し、粒径 10 μm 以下の粒子 (SPM) をろ紙上に捕集する装置である。この装置を全 6 地点に設置して 20 L/min の吸引流量で 1 週間連続稼動させ粒子を採取し、SPM 濃度を測定した。

この結果から、各地点での大気中の SPM 濃度の概要を把握し、地点間の相互比較を行うこととした。

2.3.2 アンダーセンサンプラーによる調査

アンダーセンサンプラーは、大気中の粒子

を粒径別にろ紙上に捕集する装置で、粒径分布を求めることができる。この装置を全 6 地点に設置して 28.3 L/min の吸引流量で 1 週間連続稼動させ、粒子を採取した。なお、本調査では、0.43 μm 以下、0.43~0.65 μm 、0.65~1.1 μm 、1.1~2.1 μm 、2.1~3.3 μm 、3.3~4.7 μm 、4.7~7.0 μm 、7.0~11 μm 、11 μm 以上の 9 段に分粒し、試料採取した。

粒径 2.1~7.0 μm を粗大粒子、粒径 2.1 μm 未満を微小粒子とし、この 2 つの粒径範囲についてそれぞれ粉じん濃度、粉じん中の炭素・イオン・金属濃度を測定した。粗大粒子は主に自然起源の土壤粒子や海塩粒子であり、人為起源の粒子の割合が少ない。一方、微小粒子は燃焼に伴う一次発生粒子や二次生

成粒子が主であり、都市部においてはその大部分が人為起源であると推定されている。粗大粒子と微小粒子に分けて分析することにより、各地点の大気質をより詳細に把握することができる。

2.3.3 風向別浮遊粒子状物質採取装置による調査

風向別浮遊粒子状物質採取装置は、2台のローボリュームエアーサンプラーを接続し、あらかじめ設定した風向範囲ごとにサンプラーを稼動させ粒子を採取することができる装置である。この装置を地点No.2とNo.3に設置し、空港側からの風向時と、その反対側からの風向時に分けてサンプラーを稼動させ粒子を採取した。また、このときの風向・風速を記録した。

それぞれの風向時において採取されたSPMの濃度、SPM中の炭素・イオン・金属濃度を測定した。空港の風上及び風下におけるそれぞれのSPM濃度等がわかるため、空港からの影響を推定できる。

3. 測定項目及び分析方法

表-1に測定項目及び分析方法をまとめて示す。

4. 調査結果

4.1 気象

地点No.2とNo.3及び空港内（北緯：35度33.2分、東経：139度46.8分、標高：6

m）に設置されたアメダスの各季節別の風向のデータ³⁾をまとめて、図-2に示す。地点No.2と空港内の風配図はすべての季節において、良い相関が見られるが、地点No.3は他とはやや違う傾向が見られた。これは、近隣の建物の影響によると思われる。

この結果から空港及び空港周辺は、冬期は北西～北北西～北、春期は北～北北東～東北東、夏期は南～南南西～南西、秋期は北北西～北～北北東の風向が多いことがわかる。

4.2 ローボリュームエアーサンプラーによる調査

ローボリュームエアーサンプラーにより採取されたSPMの濃度を表-2及び図-3に示す。

各地点の全調査期間平均のSPM濃度が一番高かったのは、地点No.4で $34.9\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点No.3で $22.6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $25.3\sim27.3\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。全地点の全調査期間平均値は $27.1\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

期別のSPM濃度は、春期が最も高く $41.6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期間は $20.8\sim24.6\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。春期にSPM濃度が顕著に高くなつた理由は、後述するが中国大陸からの黄砂の影響によると考えられる。

SPMの環境基準は「1時間値の1日平均値が $100\text{ }\mu\text{g}/\text{m}^3$ 」以下とされており、全調査

表-1 測定項目および分析方法

測定項目		分析方法
SPM濃度、粉じん濃度		電子天秤による重量法
炭素濃度	有機炭素、元素状炭素	熱分離熱伝導度法
イオン濃度	NO_3^- , Cl^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Ca^{2+}	イオンクロマトグラフ法 (IC)
金属濃度	Li, Na, Mg, Al, K, Ca, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Zn, Ga, Sb, Ba, La, Ce, Sm, Pb, Bi	誘導結合プラズマイオン源質量分析法 (ICP-MS)
	Cl, Br	中性子放射化分析法

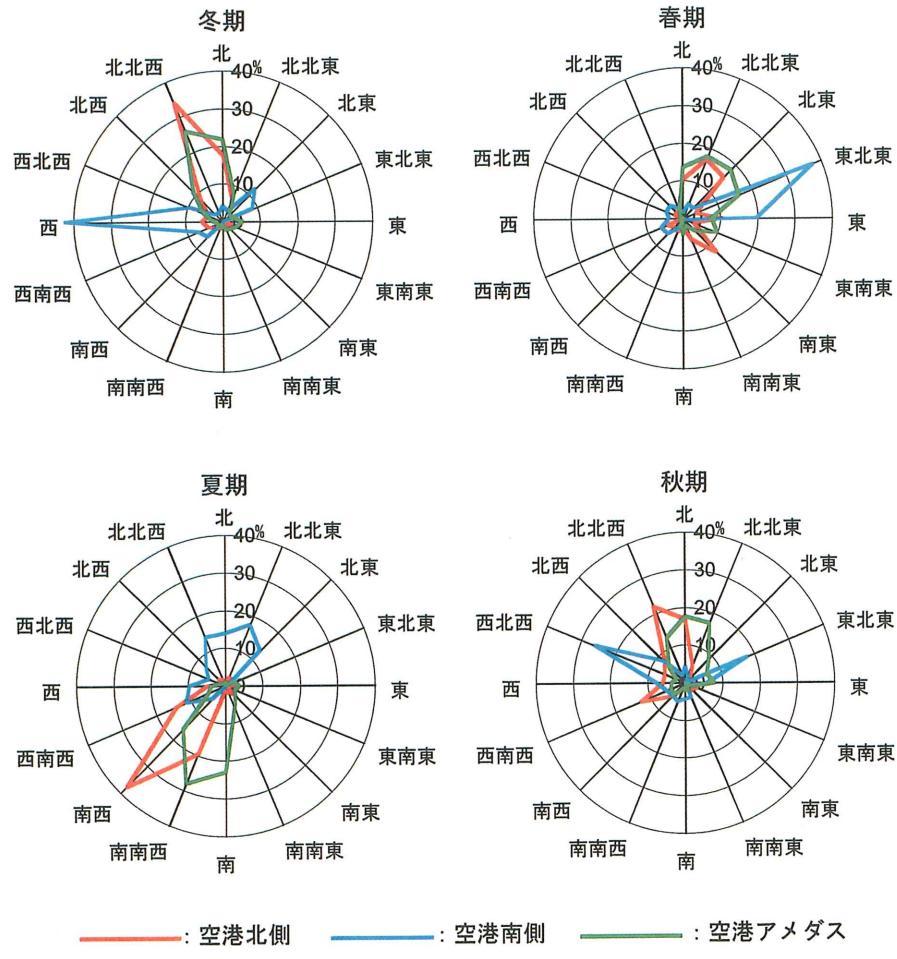


図-2 風配図

表-2 ローボリュームエアサンプラーによる SPM 濃度
単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

No.	調査地点	冬期	春期	夏期	秋期	平均
1	空港中央	22.1	40.8	24.2	22.0	27.3
2	空港北側	26.5	31.9	26.3	20.2	26.2
3	空港南側	12.9	38.8	21.1	17.5	22.6
4	京浜工業地帯	28.2	52.7	31.2	27.3	34.9
5	幹線道路周辺	21.2	42.7	24.7	18.1	26.7
6	都心部	18.7	42.4	20.0	19.9	25.3
	平均	21.6	41.6	24.6	20.8	27.1

期間・全地点でこの基準に適合していた。

4.3 アンダーセンサンプラーによる調査

4.3.1 SPM 濃度

アンダーセンサンプラーにより採取された SPM 濃度を微小粒子（粒径 $2.1 \mu\text{m}$ 未満）と粗大粒子（粒径 $2.1 \sim 7.0 \mu\text{m}$ ）分けて図-4 に示す。各地点の全調査期間平均の SPM

濃度が一番高かったのは、地点 No. 4 で $42.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $32.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $33.5 \sim 40.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、全地点の全調査期間平均値は $36.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

粗大粒子の SPM 濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 4 で $24.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $16.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $16.8 \sim 19.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、全地点の全調査期間平均値は $18.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

微小粒子の SPM 濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 2 で $20.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $16.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地

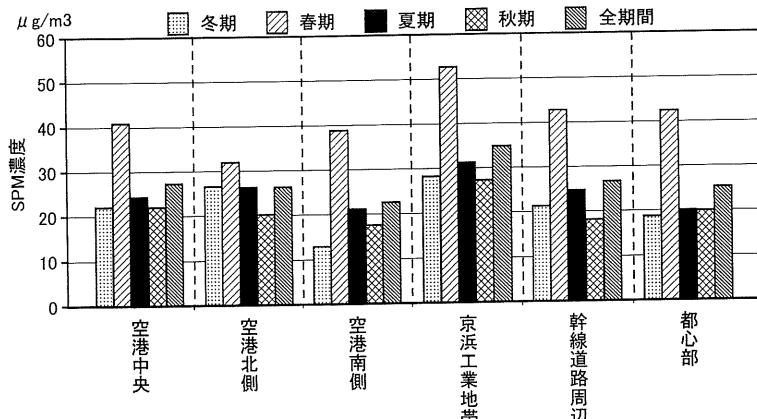


図-3 ローボリュームエアサンプラーによる SPM 濃度

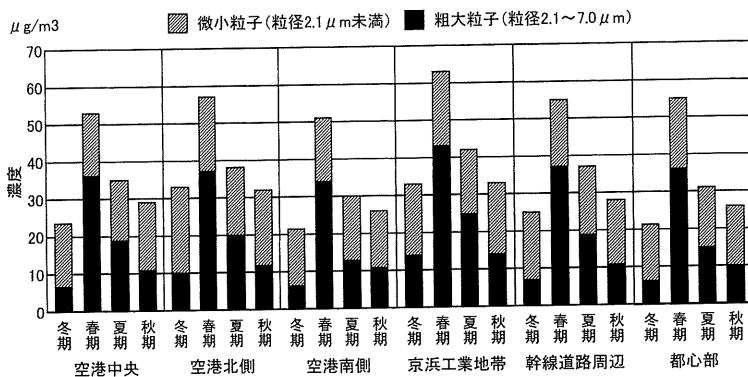


図-4 アンダーセンサンプラーによる SPM 濃度

点では、16.5～18.8 μg/m³ であった。また、全地点の全調査期間平均値は 17.7 μg/m³ であった。

期別の SPM 濃度は、春期が最も高く 56.0 μg/m³ であった。その他の調査期間は 25.8～35.7 μg/m³ であった。粗大粒子の期別の SPM 濃度は、春期が最も高く 37.2 μg/m³ であった。その他の期間は 8.4～18.5 μg/m³ であり、季節による変動が見られた。微小粒子の期別の SPM 濃度は、17.0～18.5 μg/m³ であり、季節による変動が見られなかった。

粗大粒子と微小粒子のおおよその濃度比は、冬期と秋期が 1:2、春期が 2:1、夏期は 1:1 であった。春期に粗大粒子の SPM 濃度が顕著に高い理由は、中国大陸からの黄砂の影響によると考えられる。

4.3.2 SPM の粒径分布

アンダーセンサンプラーにより採取された SPM の粒径分布の一例を図-5 に示す。粒径 0.5 μm 付近と粒径 4.0 μm 付近にピークを持つ 2 山型の粒径分布が観測された。この 2 山型は他の地点・季節でも同様に観測された。この結果は、一般大気環境中の SPM の粒径分布と同様の結果である。

4.3.3 成分濃度

アンダーセンサンプラーにより採取された SPM 中の炭素・イオン・金属濃度を微小粒子、粗大粒子に分けて表-3.1～表-3.4、表-4.1～表-4.4 に示す。また、SPM 中の成分濃度を図-6.1～図-6.3 に示す。この図では、炭素成分（有機炭素、元素状炭素）、イオン成分（7 種類）及び金属成分（23 種類）以外のものをその他として図示した。

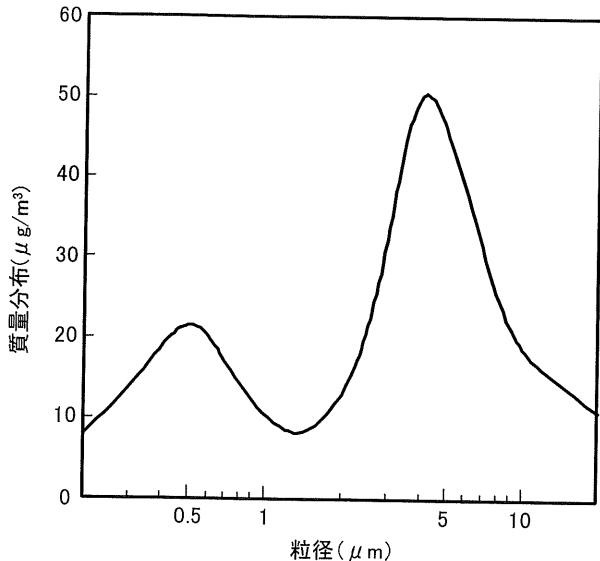


図-5 空港中央における夏期の SPM の粒径分布

4.3.3.1 炭素濃度

微小粒子の有機炭素濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 2 で $3.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $2.8 \sim 3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。また、全地点の全調査期間平均値は $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。微小粒子の元素状炭素濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 4 で $5.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $3.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $3.8 \sim 4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、全地点の全調査期間平均値は $4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

粗大粒子の有機炭素濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 2 と No. 4 で $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $1.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $1.6 \sim 1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。また、全地点の全調査期間平均値は $1.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。粗大粒子の元素状炭素濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 4 で $1.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点

では、 $0.50 \sim 0.61 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。また、全地点の全調査期間平均値は $0.60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

期別の微小粒子の有機炭素濃度は、春期が最も高く $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期では $2.8 \sim 3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。微小粒子の元素状炭素濃度は、冬期が最も高く $5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期では $3.0 \sim 4.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。期別の粗大粒子の有機炭素濃度は、春期が最も高く $2.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期では $1.3 \sim 1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。期別の粗大粒子の元素状炭素濃度は、冬期と秋期が最も高く $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期では $0.3 \sim 0.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

炭素濃度は粗大粒子に比べて微小粒子の濃度が高かった。また、有機炭素と元素状炭素を比べると微小粒子では元素状炭素の割合が有機炭素に比べてやや高いのに対して、粗大粒子では、有機炭素に比べて元素状炭素の割合が低かった。

4.3.3.2 イオン濃度

微小粒子のイオン濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 2 で $6.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 6 で $5.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $5.7 \sim 5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。また、全地点の全調査期間平均値は $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。粗大粒子のイオン濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 4 で $6.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $4.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $4.7 \sim 5.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。また、全地点の全調査期間平均値は $5.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

期別の微小粒子のイオン濃度は、春期が最も高く $7.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期では $4.7 \sim 6.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。期別の粗大粒子のイオン濃度は、春期が最も高く 10.5

表-3.1 成分濃度一覧（微小粒子）冬期

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

		空港中央	空港北側	空港南側	京浜工業地帯	幹線道路周辺	都心部
SPM		17	23	15	19	18	15
炭素成分	有機炭素	2.7	3.9	2.8	3.0	2.8	2.7
	元素状炭素	4.8	5.2	4.5	5.8	5.8	3.6
	全炭素	7.5	9.1	7.3	8.8	8.6	6.3
イオン成分	Cl ⁻	0.33	0.64	0.27	0.29	0.32	0.32
	NO ₃ ⁻	1.2	2.4	1.2	1.5	1.7	1.7
	SO ₄ ²⁻	2.3	2.4	2.5	2.6	2.2	2.2
	Na ⁺	0.073	0.082	0.091	0.105	0.077	0.075
	NH ₄ ⁺	1.4	1.7	1.4	1.4	1.4	1.4
	K ⁺	0.10	0.11	0.10	0.10	0.11	0.10
	Ca ²⁺	0.046	0.048	0.048	0.071	0.040	0.049
金属成分	Li	0.000094	0.00012	0.00012	0.00013	0.00014	0.000076
	Cl	0.31	0.60	0.23	0.25	0.30	0.32
	Na	<0.07	<0.07	0.074	0.083	<0.07	<0.07
	Mg	<0.01	<0.01	0.012	<0.01	<0.01	<0.01
	Al	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	Br	0.013	0.0099	0.011	0.0067	0.0059	0.0052
	K	0.032	<0.03	0.033	<0.03	<0.03	0.055
	Ca	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	Sc	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001	0.000068	<0.0001
	Ti	<0.004	0.0066	0.014	<0.004	0.0086	0.0097
	V	0.0027	0.0025	0.0033	0.0030	0.0011	0.00087
	Cr	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002	<0.002
	Mn	0.0053	0.012	0.0060	0.0085	0.0072	0.0059
	Fe	<0.2	0.26	<0.2	<0.2	0.34	0.34
	Zn	0.057	0.13	0.059	0.060	0.084	0.075
	Ga	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008	<0.0008
	Sb	0.0018	0.0050	0.0018	0.0018	0.0019	0.0020
	Ba	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
	La	0.00012	<0.0002	0.00012	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	Ce	<0.0002	<0.0002	0.00019	<0.0002	<0.0002	<0.0002
	Sm	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008	<0.00008
	Pb	0.014	0.021	0.016	0.015	0.015	0.017
	Bi	0.000098	0.000080	0.000078	0.000046	0.000069	0.000035

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期では 1.2~6.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、季節による変動が見られた。

イオンの各成分を見ると粗大粒子に多く含まれているものと、微小粒子に多く含まれているものに分かれた。粗大粒子に多く含まれるイオンは、塩素イオン、ナトリウムイオン、カルシウムイオンであり、硫酸イオン、アンモニウムイオン、カリウムイオンは微小粒子に多く含まれていた。粗大粒子は自然起源が主であり、これらのイオンは土壤、海塩

粒子起源のものと思われる。逆に硫酸イオン、アンモニウムイオンとカリウムイオンは微小粒子が占めており、明らかに人为起源及び二次生成粒子の成分であることがわかる。

4.3.3.3 金属濃度

微小粒子の金属濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 4 で 2.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 1 で 1.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、1.4~2.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見

表-3.2 成分濃度一覧（微小粒子）春期

		単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$					
		空港中央	空港北側	空港南側	京浜工業地帯	幹線道路周辺	都心部
	SPM	17	20	17	20	18	19
炭素成分	有機炭素	3.1	3.3	2.8	3.6	3.4	3.4
	元素状炭素	2.6	3.0	1.8	4.7	2.8	2.8
	全炭素	5.7	6.3	4.7	8.2	6.1	6.2
イオン成分	Cl^-	0.16	0.24	0.16	0.22	0.26	0.26
	NO_3^-	1.9	2.3	1.5	1.7	1.7	2.1
	SO_4^{2-}	3.7	3.5	3.6	3.6	3.5	3.3
	Na^+	0.21	0.23	0.25	0.22	0.26	0.26
	NH_4^+	1.5	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5
	K^+	0.12	0.12	0.13	0.11	0.13	0.13
	Ca^{2+}	0.062	0.072	0.060	0.075	0.073	0.073
金属成分	Li	0.00019	0.00022	0.00020	0.00020	0.00023	0.00023
	Cl	0.20	0.30	0.21	0.25	0.31	0.28
	Na	0.37	0.40	0.40	0.40	0.41	0.42
	Mg	0.081	0.073	0.063	0.076	0.064	0.075
	Al	0.28	0.36	0.34	0.52	0.41	0.44
	Br	0.0073	0.011	0.0085	0.0089	0.0081	0.0073
	K	0.24	0.24	0.26	0.24	0.25	0.27
	Ca	0.081	0.10	0.080	0.11	0.069	0.094
	Sc	0.000032	0.000031	0.000030	0.000034	0.000027	0.000034
	Ti	<0.003	0.0054	0.027	<0.003	<0.003	<0.003
	V	0.0051	0.0057	0.0063	0.0063	0.0050	0.0031
	Cr	<0.001	0.0021	<0.001	<0.001	0.00023	0.00011
	Mn	0.0080	0.017	0.0073	0.0076	0.0106	0.0174
	Fe	0.12	0.27	0.16	0.20	0.15	0.21
	Zn	0.10	0.17	0.11	0.13	0.14	0.19
	Ga	0.0021	0.0021	0.0021	0.0023	0.0020	0.0021
	Sb	0.0023	0.0033	0.0022	0.0022	0.0026	0.0026
	Ba	0.066	0.068	0.068	0.079	0.073	0.088
	La	0.00025	0.00023	0.00024	0.00027	0.00024	0.00024
	Ce	0.00053	0.00045	0.00042	0.00051	0.00049	0.00050
	Sm	0.000075	0.000062	0.000062	0.000068	0.000048	0.000060
	Pb	0.019	0.027	0.020	0.021	0.028	0.023
	Bi	0.00026	0.00039	0.00026	0.0003	0.00028	0.00025

られなかった。また、全地点の全調査期間平均値は $1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。粗大粒子の金属濃度は、各地点の全調査期間平均で一番高かったのは、地点 No. 4 で $6.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、一番低かったのは、地点 No. 3 で $4.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の地点では、 $4.4\sim5.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、大きな差は見られなかった。また、全地点の全調査期間平均値は $4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

期別の微小粒子の金属濃度は、春期が最も

高く $1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期では $0.7\sim1.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。期別の粗大粒子の金属濃度は、春期が最も高く $9.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。その他の期では $1.5\sim4.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であり、季節による変動が見られた。

この結果をまとめると、微小粒子に比べて粗大粒子の金属濃度が高かった。また、地点間の相違よりも期毎の濃度差が大きかった。粗大粒子に多く含まれる金属は、ナトリウム、マグネシウム、カルシウム、鉄であり、

表-3.3 成分濃度一覧（微小粒子）夏期

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

		空港中央	空港北側	空港南側	京浜工業地帯	幹線道路周辺	都心部
SPM		16	18	17	17	18	16
炭素成分	有機炭素	2.4	4.0	2.0	2.6	3.1	3.5
	元素状炭素	3.7	2.9	2.5	4.3	4.6	4.4
	全炭素	6.1	6.9	4.5	7.0	7.7	7.9
イオン成分	Cl ⁻	0.098	0.080	0.14	0.11	0.055	0.047
	NO ₃ ⁻	0.10	0.098	0.18	0.087	0.057	0.098
	SO ₄ ²⁻	3.3	3.1	3.7	3.5	3.1	2.8
	Na ⁺	0.29	0.27	0.50	0.28	0.24	0.20
	NH ₄ ⁺	0.92	0.80	0.93	1.0	0.84	0.81
	K ⁺	0.072	0.099	0.066	0.054	0.095	0.086
	Ca ²⁺	0.047	0.046	0.060	0.051	0.043	0.030
金属成分	Li	0.00018	0.00025	0.00014	0.00015	0.00032	0.00012
	Cl	0.11	0.20	0.16	0.098	0.060	0.055
	Na	0.15	0.12	0.36	0.21	0.12	0.26
	Mg	0.047	0.039	0.072	0.045	0.039	0.078
	Al	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	0.12
	Br	0.0049	0.0060	0.0046	0.0055	0.0060	0.0059
	K	<0.03	0.0086	0.011	<0.03	0.043	0.074
	Ca	0.065	0.057	0.082	0.090	0.071	0.20
	Sc	<0.000008	<0.000008	0.000034	0.0000073	0.000011	0.0000028
	Ti	0.0054	0.0096	0.014	0.0052	0.0074	0.0030
	V	0.015	0.011	0.021	0.024	0.0096	0.0074
	Cr	0.032	0.035	<0.002	0.020	0.039	<0.002
	Mn	0.0086	0.026	0.0065	0.0055	0.012	0.012
	Fe	0.15	0.32	0.16	0.21	0.24	0.24
	Zn	<0.01	0.15	<0.01	<0.01	<0.01	0.078
	Ga	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005	0.00033
	Sb	0.0016	0.0020	0.0014	0.0013	0.0018	0.0018
	Ba	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	0.015
	La	0.00021	0.00018	0.00025	0.00021	0.00028	0.00016
	Ce	0.00036	0.00036	0.00033	0.00035	0.00053	0.00029
	Sm	0.000025	<0.00005	0.000015	0.000035	0.000050	0.000033
	Pb	0.014	0.030	0.010	0.0097	0.017	0.014
	Bi	0.00036	0.00053	0.00023	0.00023	0.00064	0.00033

そのほかのいくつかの金属成分が含まれていた。微小粒子にも微量ではあるが、バナジウム、鉛、ビスマスが含まれていた。空港北側と京浜工業地帯において秋期の鉄濃度が高く観測された。

4.4 風向別浮遊粒子状物質採取装置による調査

地点 No.2 と No.3 に風向別浮遊粒子状物質採取装置を設置し、空港側からの風向時と、その反対側からの風向時に分けてサンプ

ラーを稼動させ粒子を採取し、SPM 濃度、SPM 中の炭素・イオン・金属濃度を測定した。

しかし、気象の調査結果によると地点 No.3 の風向が空港及びその周辺の風向の状況を反映していない可能性があるため、風向別の測定結果は本調査では参考のものとして扱った。

表-3.4 成分濃度一覧（微小粒子）秋期

単位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$

		空港中央	空港北側	空港南側	京浜工業地帯	幹線道路周辺	都心部
	SPM	18	20	15	19	17	16
炭素成分	有機炭素	3.0	3.3	2.5	3.0	2.8	2.4
	元素状炭素	4.9	4.4	3.5	6.4	5.1	4.3
	全炭素	7.8	7.7	6.1	9.4	8.0	6.7
イオン成分	Cl ⁻	0.082	0.11	0.067	0.044	0.052	0.058
	NO ₃ ⁻	1.4	2.0	0.85	0.67	1.1	1.2
	SO ₄ ²⁻	2.5	2.3	2.3	2.4	2.4	2.2
	Na ⁺	0.12	0.11	0.12	0.15	0.10	0.095
	NH ₄ ⁺	1.2	1.3	0.94	0.91	1.1	1.0
	K ⁺	0.10	0.099	0.094	0.087	0.099	0.10
	Ca ²⁺	0.056	0.050	0.044	0.062	0.044	0.038
金属成分	Li	0.00011	0.00011	0.000097	0.000092	0.000084	0.000085
	Cl	0.091	0.14	0.069	0.13	0.063	0.068
	Na	0.11	0.11	0.11	0.15	0.076	0.080
	Mg	0.034	0.028	0.018	0.018	<0.009	0.0089
	Al	<0.2	0.072	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	Br	0.0099	0.010	0.0094	0.011	0.012	0.010
	K	0.15	0.16	0.15	0.14	0.12	0.14
	Ca	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	Sc	0.0000080	0.0000081	0.0000078	0.0000080	0.0000078	0.0000078
	Ti	0.0012	0.080	0.035	0.018	0.0026	0.0042
	V	0.0039	0.0047	0.0042	0.0065	0.0027	0.0017
	Cr	0.0021	0.0083	<0.002	0.0023	0.00111	0.00065
	Mn	0.0091	0.037	0.0069	0.012	0.0086	0.012
	Fe	0.14	2.9	0.18	3.0	0.13	0.13
	Zn	0.081	0.28	0.15	0.15	0.092	0.12
	Ga	<0.0005	0.00014	<0.0005	<0.0005	<0.0005	<0.0005
	Sb	0.0039	0.0043	0.0036	0.0034	0.0037	0.0044
	Ba	<0.04	0.014	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
	La	0.000073	0.00011	0.000088	0.000093	<0.0001	0.000053
	Ce	0.000036	0.000097	0.000049	0.000068	<0.0002	0.00025
	Sm	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005	<0.00005
	Pb	0.018	0.025	0.017	0.018	0.018	0.022
	Bi	0.00027	0.00024	0.00030	0.00023	0.00026	0.00023

5. データ解析及び考察

5.1 CMB 解析

SPM の発生源寄与率を推定するため、化学物質収支 (Chemical Mass Balance, CMB) 法による解析を試みた。CMB 法は、環境試料中の各種成分濃度とその環境に影響したと予想される複数の発生源の同種成分濃度から、環境に影響を与えた発生源を推定し、その寄与率を求める解析法である。

SPM は多種の発生源に由来していることから、寄与率の計算には以下の 2 つの仮定が必要となる。

- ① SPM は各発生源からの寄与濃度の和で表される。
 - ② 粒子が発生源から測定地点に達する間に成分組成の変化がない、また、非粒子成分の粒子への付着及びガス化がない。
- 使用した発生源の排出プロファイルデータを表-5 に示す。発生源データは、ディーゼ

表-4.1 成分濃度一覧（粗大粒子）冬期

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

		空港中央	空港北側	空港南側	京浜工業地帯	幹線道路周辺	都心部
SPM	6.5	10	6.4	14	7.0	6.2	
炭素成分	有機炭素	1.4	2.0	1.2	1.7	1.5	1.1
	元素状炭素	0.55	0.47	0.61	1.12	0.67	0.52
	全炭素	1.9	2.5	1.8	2.9	2.2	1.6
イオン成分	Cl ⁻	0.16	0.17	0.16	0.22	0.12	0.11
	NO ₃ ⁻	0.25	0.33	0.29	0.29	0.34	0.27
	SO ₄ ²⁻	0.34	0.38	0.35	0.51	0.33	0.30
	Na ⁺	0.15	0.16	0.17	0.22	0.12	0.10
	NH ₄ ⁺	0.034	0.039	0.032	0.021	0.047	0.040
	K ⁺	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
	Ca ²⁺	0.16	0.22	0.19	0.43	0.18	0.17
金属成分	Li	0.000079	0.00016	0.000076	0.00039	0.000060	0.000051
	Cl	0.16	0.19	0.23	0.22	0.13	0.13
	Na	0.14	0.15	0.16	0.77	0.10	0.073
	Mg	0.028	0.039	0.029	0.10	0.015	<0.02
	Al	0.18	<0.2	<0.2	0.43	<0.2	<0.2
	Br	0.0021	0.0019	0.0022	0.0017	0.0012	0.0010
	K	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
	Ca	0.16	0.24	0.13	0.78	0.14	0.12
	Sc	0.0000083	0.000035	0.000015	0.00047	<0.000008	<0.000008
	Ti	0.016	0.93	0.016	0.034	0.016	0.0087
	V	0.00071	0.026	0.00082	0.0015	0.00042	0.00032
	Cr	0.078	0.0050	0.0018	0.0063	0.0040	<0.002
	Mn	0.0042	0.0070	0.0044	0.011	0.0047	0.0039
	Fe	0.32	0.59	0.27	0.46	0.59	0.36
	Zn	0.038	0.072	0.033	0.025	0.024	0.021
	Ga	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003	<0.0003
	Sb	0.00087	0.0014	0.00053	0.00098	0.0011	0.0011
	Ba	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03
	La	0.00014	0.00015	0.00013	0.00028	0.00011	<0.00008
	Ce	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.00043	<0.0002	<0.0002
	Sm	<0.00004	<0.00004	<0.00004	0.000048	<0.00004	<0.00004
	Pb	0.0028	0.0079	0.0031	0.0042	0.0028	0.0027
	Bi	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002	<0.00002

ル自動車、廃棄物焼却、重油燃焼、ガソリン自動車、海塩粒子、鉄鋼工業、土壌、道路粉じん、航空機の9つを用いた。ここで航空機の発生源データは補助動力装置の試験結果より稼働条件ECSのデータ⁴⁾を用い、その他発生源は東京都の報告⁵⁾を参考にした。排出成分には、カルシウム、ナトリウム、アルミニウム、カリウム、マンガン、バナジウム、スカンジウム、鉄、元素状炭素、有機炭素、臭素の計11成分を用いた。ただし、環

境データでは過小評価となる有機炭素については、測定値を1.4倍することにより補正を行った。また、硫酸イオン、硝酸イオン、アンモニウムイオン濃度の和のSPM濃度に対する比率を、二次生成分として不明分から差し引いた。

CMB法を用いて微小粒子、粗大粒子、SPMについて季節ごとに解析した結果、すべてにおいて航空機の寄与が算出されなかつた。これは、解析に利用した発生源データに

表-4.2 成分濃度一覧（粗大粒子）春期

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

		空港中央	空港北側	空港南側	京浜工業地帯	幹線道路周辺	都心部
SPM		36	37	34	43	37	36
炭素成分	有機炭素	2.4	2.2	1.8	2.5	2.1	2.1
	元素状炭素	0.12	0.23	0.065	0.60	0.21	0.28
	全炭素	2.5	2.4	1.9	3.1	2.3	2.4
イオン成分	Cl ⁻	2.5	2.3	2.3	2.7	2.5	2.5
	NO ₃ ⁻	3.7	3.4	3.1	3.4	3.3	3.5
	SO ₄ ²⁻	1.5	1.8	1.5	1.9	1.4	1.3
	Na ⁺	2.1	1.9	1.9	2.1	2.0	1.9
	NH ₄ ⁺	0.24	0.22	0.21	0.13	0.23	0.21
	K ⁺	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
	Ca ²⁺	0.81	0.95	0.74	1.2	0.90	0.88
金属成分	Li	0.00090	0.00092	0.00080	0.0011	0.00089	0.0010
	Cl	2.7	2.3	2.8	3.1	2.7	2.5
	Na	2.2	2.2	2.1	2.3	2.1	2.0
	Mg	0.54	0.51	0.48	0.55	0.52	0.53
	Al	1.6	1.4	1.3	1.6	1.5	1.6
	Br	0.0037	0.0048	0.0049	0.0046	0.0038	0.0034
	K	0.55	0.55	0.51	0.59	0.55	0.58
	Ca	0.92	1.1	0.80	1.5	0.98	1.0
	Sc	0.00025	0.00023	0.00022	0.00027	0.00025	0.00027
	Ti	0.85	0.11	0.081	0.10	0.094	0.091
	V	0.0028	0.0029	0.0026	0.0035	0.0027	0.0025
	Cr	0.0017	0.0050	0.00095	0.0028	0.0045	0.0024
	Mn	0.023	0.026	0.023	0.041	0.027	0.039
	Fe	0.93	1.0	0.77	1.0	0.93	1.0
	Zn	0.080	0.090	0.067	0.073	0.066	0.065
	Ga	0.0021	0.0021	0.0021	0.0024	0.0022	0.0024
	Sb	0.0012	0.0010	0.00096	0.0012	0.0010	0.0017
	Ba	0.064	0.061	0.061	0.067	0.065	0.071
	La	0.00076	0.00061	0.00064	0.00067	0.00072	0.00078
	Ce	0.0016	0.0013	0.0013	0.0014	0.0014	0.0016
	Sm	0.00013	0.000081	0.00010	0.000097	0.00012	0.00013
	Pb	0.0059	0.0083	0.0047	0.0055	0.0050	0.0049
	Bi	0.000044	0.000052	0.000055	0.000047	0.000047	0.000016

において自動車と航空機の特徴が類似しております、加えて航空機に特徴的なトレーサー物質がないため、自動車の寄与に隠れてしまっている可能性が高い。

6. まとめ

本調査は、東京国際空港とその周辺地域において、平成14年の冬期から秋期の季節毎4期において各1週間のSPM調査を行い、航空機が周辺の大気環境に与える影響を調べ

た。解析結果を以下に記す。

6.1 SPM濃度の環境基準値との比較

SPM濃度の環境基準値は「1時間値の1日平均値として100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 」とされており、本調査期間平均値とは厳密には比較できないが、参考として比較すると全ての地点の全調査期間で、環境基準値よりも低い値であった。

6.2 粒径別サンプリングの結果

微小粒子（粒径2.1 μm 未満）と粗大粒子

表-4.3 成分濃度一覧（粗大粒子）夏期

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

		空港中央	空港北側	空港南側	京浜工業地帯	幹線道路周辺	都心部
SPM		19	20	13	25	19	15
炭素成分	有機炭素	1.6	2.0	0.78	1.7	1.8	1.9
	元素状炭素	0.92	0.53	0.19	0.87	0.82	0.48
	全炭素	2.5	2.5	0.97	2.6	2.6	2.3
イオン成分	Cl ⁻	1.7	1.7	1.6	2.4	1.2	1.1
	NO ₃ ⁻	1.5	1.7	0.85	1.6	1.5	1.6
	SO ₄ ²⁻	1.4	1.3	0.77	1.8	1.6	0.99
	Na ⁺	1.6	1.6	1.3	1.9	1.4	1.2
	NH ₄ ⁺	0.013	0.0071	0.0022	0.0014	0.0078	0.0078
	K ⁺	0.070	0.076	0.051	0.086	0.070	0.069
	Ca ²⁺	0.30	0.38	0.13	0.68	0.38	0.30
金属成分	Li	0.00012	0.00014	0.000065	0.00024	0.00023	0.000088
	Cl	1.8	1.7	1.6	2.6	1.2	1.0
	Na	1.4	1.2	1.2	1.9	1.7	1.1
	Mg	0.25	0.23	0.19	0.32	0.25	0.19
	Al	0.25	0.24	0.14	0.35	0.35	0.18
	Br	0.0046	0.0046	0.0028	0.0064	0.0028	0.0027
	K	0.068	0.13	0.11	0.15	0.13	0.18
	Ca	0.47	0.46	0.22	0.97	0.57	0.39
	Sc	0.000054	0.000057	0.000022	0.000090	0.00064	0.000029
	Ti	0.025	0.033	0.010	0.032	0.030	0.019
	V	0.0031	0.0023	0.0019	0.0052	0.0023	0.0016
	Cr	0.0018	0.043	0.032	0.025	0.034	0.018
	Mn	0.021	0.016	0.0047	0.012	0.014	0.0099
	Fe	0.68	0.82	0.27	0.62	0.96	0.53
	Zn	<0.01	0.024	<0.01	<0.01	<0.01	0.030
	Ga	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	<0.0002	0.00067
	Sb	0.0012	0.0014	0.00036	0.00066	0.0014	0.0019
	Ba	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	0.028
	La	0.00016	0.00018	0.00013	0.00032	0.0039	0.00016
	Ce	0.00027	0.00032	0.00020	0.00048	0.043	0.00030
	Sm	0.000010	0.000021	0.000012	0.000045	0.00043	0.000022
	Pb	0.0034	0.0086	0.0018	0.0029	0.0043	0.0046
	Bi	0.000061	0.000071	0.000014	0.000038	0.000085	0.000028

(粒径 2.1~7.0 μm) に分けてサンプリングを行った。季節別で見ると、粗大粒子と微小粒子のおおよその濃度比は、冬期と秋期が 1:2、春期が 2:1、夏期は 1:1 であった。微小粒子は地点及び期に係わらずほぼ一定であり、粗大粒子のみが変動していた。特に春期は黄砂の影響が考えられた。

6.3 主要 4 成分の構成割合

SPM 中の構成成分の中で、分析可能な炭素成分（有機炭素、元素状炭素）、イオン成

分（7 種類）、金属成分（23 種類）について調査を行った。調査結果を有機炭素、元素状炭素、イオン成分全体、金属成分全体の 4 主成分について考察すると、SPM 中の成分濃度は、有機炭素と元素状炭素、イオン、金属の合計が全体の 7~8 割程度占めていた。微小粒子は全地点、全調査期間であまり変化が無く、各成分の構成比率も大きな変化はなかった。粗大粒子ではイオン濃度と金属濃度に季節変化が認められた。

表-4.4 成分濃度一覧（粗大粒子）秋期

単位： $\mu\text{g}/\text{m}^3$

		空港中央	空港北側	空港南側	京浜工業地帯	幹線道路周辺	都心部
SPM		11	12	11	14	11	9.6
炭素成分	有機炭素	1.5	1.5	1.0	1.7	1.1	1.2
	元素状炭素	0.41	0.67	0.24	1.3	0.73	0.72
	全炭素	1.9	2.1	1.2	3.0	1.8	1.9
イオン成分	Cl ⁻	0.40	0.42	0.48	0.61	0.37	0.25
	NO ₃ ⁻	0.98	1.0	0.95	1.1	1.1	0.92
	SO ₄ ²⁻	0.55	0.57	0.52	0.6	0.52	0.41
	Na ⁺	0.47	0.49	0.57	0.64	0.51	0.37
	NH ₄ ⁺	0.027	0.036	0.031	0.017	0.067	0.046
	K ⁺	0.031	0.032	0.034	0.047	0.035	0.032
	Ca ²⁺	0.27	0.26	0.19	0.4	0.21	0.18
金属成分	Li	0.00011	0.000089	0.000089	0.00013	0.000080	0.000078
	Cl	0.49	0.38	0.57	0.64	0.37	0.31
	Na	0.58	0.49	0.62	0.60	0.48	0.40
	Mg	0.16	0.12	0.13	0.15	0.11	0.10
	Al	0.30	0.22	0.26	0.31	0.22	0.26
	Br	0.0026	0.0038	0.0027	0.0027	0.0025	0.0023
	K	0.092	0.072	0.082	0.093	<0.2	<0.2
	Ca	0.51	0.40	0.35	0.69	0.31	0.30
	Sc	0.000048	0.000034	0.000044	0.000054	0.000030	0.000026
	Ti	0.028	0.029	0.024	0.029	0.027	0.020
	V	0.0012	0.0014	0.0012	0.0016	0.00083	0.00054
	Cr	0.0058	0.0062	0.0038	0.0042	0.0026	0.0013
	Mn	0.011	0.010	0.0082	0.0099	0.0073	0.0079
	Fe	0.42	0.65	0.39	0.47	0.45	0.39
	Zn	0.030	0.092	0.032	0.032	0.051	0.045
	Ga	0.00025	0.00032	0.00017	0.00020	0.00027	0.00033
	Sb	0.0024	0.0020	0.0016	0.0021	0.0026	0.0032
	Ba	0.053	0.071	0.028	0.045	0.073	0.077
	La	0.00017	0.00015	0.00016	0.00018	0.00014	0.00014
	Ce	0.00026	0.00022	0.00021	0.00025	0.00018	0.00021
	Sm	0.000021	0.000010	0.000013	0.000014	<0.00004	0.000015
	Pb	0.0041	0.0075	0.0038	0.0042	0.0048	0.0055
	Bi	0.000069	0.00011	0.000084	0.000075	0.00010	0.000068

6.4 各成分濃度と構成割合

6.4.1 炭素成分

有機炭素については地点間の差は認められなかったが、元素状炭素では京浜工業地帯でやや高い傾向が見られた。また、元素状炭素は全地点において冬期と秋期に高くなった。粗大粒子の構成割合で見ると、冬期においては他の期に比べて有機炭素の割合が高く、元素状炭素が低くなっていた。

6.4.2 イオン成分

イオン成分7種については、粗大粒子に多く含まれているものと、微小粒子に多く含まれているものとに分かれた。SPM濃度中に占めるイオン成分濃度の割合は、微小粒子及びSPMでは全て同程度であったが、粗大粒子では冬期において少なかった。調査期間平均値では、地点間にあまり大きな差は見られなかった。

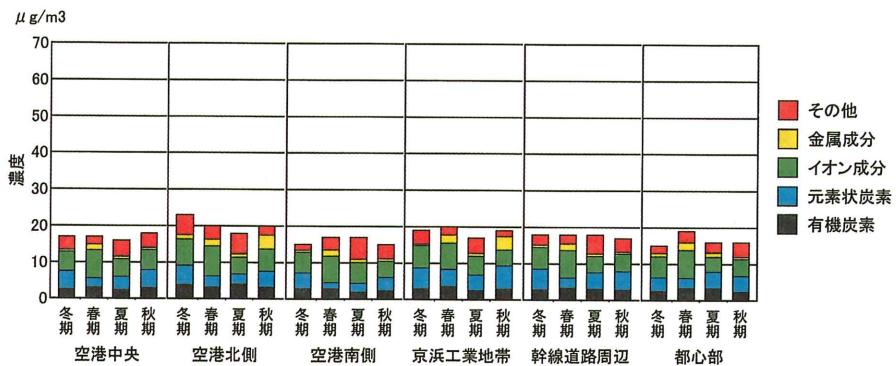


図-6.1 微小粒子の成分濃度

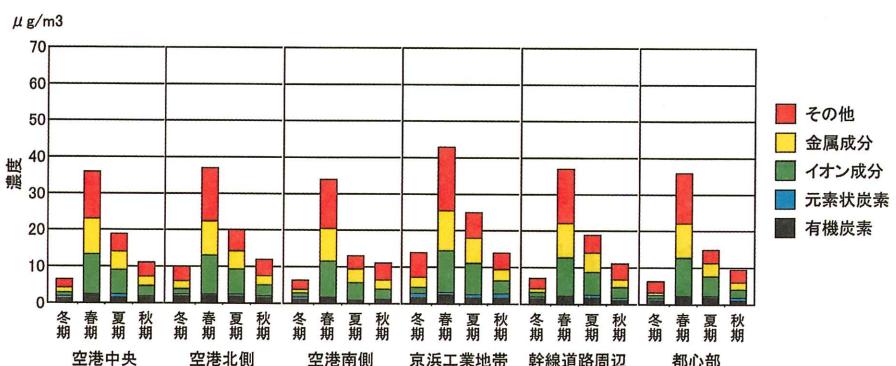


図-6.2 粗大粒子の成分濃度

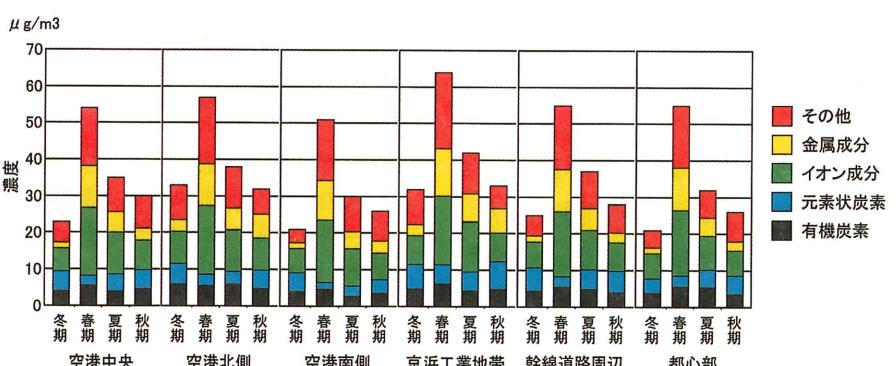


図-6.3 SPM の成分濃度

6.4.3 金属成分

金属成分濃度は、地点間の相違よりも期毎の濃度差が大きかった。SPM 濃度中に占める金属成分濃度の割合でみると、微小粒子中の割合が高い金属については、地点間の差はあまり見られなかった。

6.5 CMB 解析

全ての調査期間について化学物質収支(CMB) 解析を行ったが、航空機の寄与はいずれの期間においても特定できなかった。こ

れは、解析に使用した発生源データの成分濃度において自動車と航空機の特徴が類似しているため、自動車の寄与に隠れてしまっていると考えられる。

以上の測定結果から、浮遊粒子状物質について空港とその周辺地域の 6 地点で測定した結果、すべて環境基準を満足するものであった。CMB 解析では、航空機の寄与が特定できなかったが、航空機及び空港施設等に近接

表-5 CMB 解析に用いた発生源の排出プロファイルデータ

単位: mg/kg

成分	ディーゼル 自動車	廃棄物 焼却	重油 燃焼	ガソリン 自動車	海塩 粒子	鉄鋼 工業	土壌	道路 粉じん	航空機
Ca	0	11,000	1,970	0	12,000	45,000	57,000	69,000	170
Na	0	120,000	3,540	0	304,200	14,000	14,000	10,800	0
Al	0	4,200	3,370	700	0.3	10,000	62,000	68,300	800
K	4,300	200,000	24,400	4,440	11,000	13,000	27,000	9,700	0
Mn	230	330	38	113	0.053	22,000	760	1,350	40
V	100	27	3,600	0.43	0.058	130	110	190	0
Sc	0	0.46	0	0.2	0.01	1.3	12	19	0
Fe	0	6,200	0	7,100	0.29	157,000	36,000	74,000	2,470
EC	650,000	67,000	803,000	301,000	0	0	0	40,000	890,750
OC	200,000	17,000	35,000	263,000	0	0	0	7,200	24,844
Br	170	830	0	59,500	1,900	140	0	4.3	0

する空港中央地点と空港南側で、空港周辺地域のデータと比較して低いか同等の傾向であること、また、主要成分（炭素成分、イオン成分、金属成分）の測定結果でも空港（中央と南側）が周辺地域より低い傾向が見られたことから、総じて航空機排出ガス等による浮遊粒子状物質の周辺大気環境への影響は極めて軽微であると考えられる。

一方、空港及びその周辺における浮遊粒子状物質の成分濃度を季節毎に詳細に調査した例はほとんどなく、今後の空港環境保全対策を考える上での貴重なデータが得られた。

文 献

- 1) 「日本の大気汚染状況、平成 14 年版」大気汚染法令研究会監修、(株)ぎょうせい発行
- 2) 東京都環境局ホームページ <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/>
- 3) 気象庁ホームページ <http://www.data.kishou.go.jp/>
- 4) 鎌滝ら、東京都環境科学研究所年報（1995），P 18-26.
- 5) 橋本弘樹、柴田正夫、水島実、鈴木孝治 “航空機の補助動力エンジン排出物の実測(2)－亜酸化窒素、カルボニル化合物、粒子状物質等の測定結果－”，航空環境研究、No. 7 (2003), p 53.

研究報告

都市住民の主観的環境評価の構造解析Ⅱ “住み心地の良さ”に係わる各種環境要因について*

後 藤 恭 一** 金 子 哲 也***,***

1. はじめに

都市部では都市化の進行とともに自動車数の増加や住宅密集により、環境問題はますます複雑かつ多様化し解決困難な課題である。ところで、こうした環境評価の方法としては、生活環境を取りまく各種環境要因毎に指標が定められ、目標値としての環境基準が設けられている。例えば騒音、大気汚染、河川水質であれば、それぞれ騒音量、各種大気成分、水質成分が該当するが、指標値が十分に環境基準を満たしても住民が不満感を訴えているケースもある。そこで本研究では、住民の視点からみた環境とは何かを検討するため、自記式調査票による調査をこれまで実施してきた。前報では、これら調査の一環として、主観的評価をもとにして住民の意識に基づく各種環境構造の把握を試みた。

前報¹⁾に引き続いて、今回、道路・建築物等都市基盤、自然環境あるいは社会環境などいずれに重点を置いて快適性を評価しているか、いわば環境評価における各種環境評価の優先順位を明らかにすることを目的に検討

を試みたので、ここに報告する。

2. 対象と方法

本解析対象者は前報の調査対象者である。調査は1995, 96の2カ年にわたり、東京都大田区、品川区の住民を対象とした地域健康診断の受診者を対象に自記式質問票調査を実施した。調査票は、①年齢、居住年数等のフェイスシート、②主観的環境評価、③総合環境評価などで構成されているものを健康診断会場で直接配布して、当日会場内で回収した。

『主観的環境評価』とは、居住地における30項目の各種環境項目それぞれに対する不満感について、「満足」から「不満足」の5段階に評価をもとめたものである。不満感が強いほど高得点になるようにコーディングした。前報、因子分析から得られた結果を基に7つの環境尺度得点を算出した。『騒音環境』、『大気環境』、『都市環境』、『自然環境』、『住居環境』、『地域社会環境』および『生活環境』の7つの尺度得点である。

『総合環境評価』は、「現在住んでおられるところを総合的に見たとき、どのように評価されますか」について、「満足」から「不満足」の5段階の評価をもとめたものである。不満感が強いほど高得点になるようにコーディングした。

これら総合的環境評価と7つの各環境評価の関連性については重回帰分析を用いて評価した。データ解析にはSAS (SAS Institute

* Consideration on Dissatisfaction Structure of Environment among Urban Residents, by Kyōichi Gotō and Tetsuya Kaneko (Environmental Health Division, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
環境保健部

*** 杏林大学保健学部 環境保健学教室 教授
(環境保健部長兼務)

Inc.) を使用した。

3. 結 果

対象者の平均年齢は 56.0 ± 14.0 歳、平均居住年数は 30.3 ± 18.0 年であった。表-1 に総合環境評価および 7 つの環境尺度間の相関係数を示す。総合環境評価との関係を見ると、都市環境との相関が最も高く 0.556 ($P < 0.01$)、ついで地域社会の 0.520 ($P < 0.01$) であり、最も低かったのが大気環境の 0.454 ($P < 0.01$)、生活環境の 0.455 ($P < 0.01$) であった。7 つの環境尺度間の関係を見ると、都市環境は騒音環境を除く 6 つの環境尺度と 0.500 以上 ($P < 0.01$) の相関性を示し、中でも自然環境 0.676 ($P < 0.01$)、地域環境 0.573 ($P < 0.01$) と高い相関係数が

得られた。さらに、『総合環境評価』を目的変数、7 つの環境尺度を説明変数として重回帰分析を行い標準偏回帰係数 (standardized partial regression coefficient, β -weight) をもとめたところ (表-3)、『総合環境評価』に対する寄与は『住居環境』において最も高く (0.191)、続いて『都市環境』 (0.176)、『騒

表-2 分散分析表

要因	平方和	自由度	平均平方	F 値	有意確率
回帰	317.546	7	45.364	87.190	0.000
残差	390.216	750	0.520		
全体	707.763	757			

従属変数：総合環境評価

予測値：(定数)、生活環境、住居環境、大気環境、自然環境、地域社会、騒音環境、都市環境

表-1 総合環境評価と各環境尺度合間の相関係数

	総合環境評価	騒音環境	大気環境	都市環境	自然環境	住居環境	地域社会	生活環境
総合環境評価	1.000							
騒音環境	0.478**	1.000						
大気環境	0.454**	0.667**	1.000					
都市環境	0.556**	0.473**	0.537**	1.000				
自然環境	0.506**	0.490**	0.521**	0.676**	1.000			
住居環境	0.494**	0.367**	0.360**	0.500**	0.481**	1.000		
地域社会	0.520**	0.424**	0.467**	0.573**	0.555**	0.462**	1.000	
生活環境	0.455**	0.367**	0.367**	0.505**	0.414**	0.364**	0.543**	1.000

** 相関係数は 1% 水準で有意 (両側)

表-3 重回帰係数

	非標準回帰係数		標準偏回帰係数 β	t	有意確率
	B	標準誤差			
(定数)	-0.408	0.134		-3.036	0.002
騒音環境	0.039	0.009	0.162	4.299	0.000
大気環境	0.013	0.014	0.036	0.928	0.354
都市環境	0.033	0.008	0.176	4.241	0.000
自然環境	0.017	0.009	0.069	1.740	0.082
住居環境	0.054	0.009	0.191	5.803	0.000
地域社会	0.052	0.014	0.142	3.780	0.000
生活環境	0.043	0.012	0.117	3.465	0.001

従属変数：総合環境評価

音』(0.162), 『地域社会環境』(0.142) 及び『生活環境』(0.117) の順であった。他方, 大気環境は有意差が認められなかった。回帰式の分散分析は F 値 87.190 であり, 有意差が認められた ($P=0.000$) (表-2)。自由度調整済み重相関係数は 0.444 であった。

4. 考 察

前回, 住民の視点からみた環境とは何か, 換言すれば, 主観的環境評価に基づく環境評価構造について検討したところ, 都市住民の環境評価を規定する基本因子は『騒音・大気環境』, 『都市環境』, 『自然環境』, 『住居環境』, 『地域社会環境』および『生活環境』の 6 つで構成されていた。環境評価と一口に言っても住民が居住環境に対して評価を下す際に, それを自然環境および人為環境という 2 つの対立した概念を明確に分けているものではなく, 日常生活の中でより直感的に把握し易いこれら 6 つの概念を通じて, 総体としての評価が決定していることが推測される。では, 居住環境全般に対して快適性を評価する際にはこれら道路・建築物等都市基盤, 自然環境あるいは社会環境などいずれに重点を置いているのであろうか。本報告では, 総合環境評価形成に係わる各種環境要因の構造の検討を試みた。「現在住んでおられる地域は, 全般的みてどの程度満足しておられますか。」に対する各環境尺度の関連性について重回帰分析を行ったところ, 標準偏回帰係数 (standardized partial regression coefficient,

β -weight) は『住居環境』, 『都市環境』において高く, 続いて『騒音環境』, 『地域社会環境』, 『生活環境』の順に高い結果を得た。『大気環境』は寄与を示していないかった。これら結果は, 居住環境におけるプライオリティの順位を示すものである。より良い居住環境のためには, 先ず『住居環境』続いて『都市環境』が優先される。すなわち居住環境の評価は, 先ず住居環境, すなわち“住みかとしての環境”に目が向けられる。次いで“街の住みやすさ”である道幅, 街並み, 歩道, 見通し, 住宅密集度, あるいは地域の安全性といった都市環境に目が転じる。それらが満たされた後には, 静けさ, 音環境, 静謐および, うるささといった“静かな環境”を求め, さらに“地域におけるコミュニティ”や買い物や交通の便や各種施設へのアクセシビリティを望んでいることが推測される。

ただし, こうした住民側からみた環境評価の構造については, 地域による差があることが予想される。本調査では, 都市部に限局した調査結果からの推定であり, したがって他の地域でもこれら結果が適用できるか検討の余地がある。今後, 実用性のある環境評価尺度を作成するために, さらに調査対象範囲を都市部以外の地域にも広げて検討する必要がある。

文 献

- 1) 後藤恭一, 金子哲也, 都市住民の主観的環境評価構造解析, 航空環境研究, No. 6, pp. 61-64, 2002.

内外報告

ICAO/CAEP の動向—WG 1・WG 3*

高 野 滋**

1. はじめに

ICAO は国際民間航空条約に基づいて設立された、民間航空を司る国連の専門機関であるが、その環境問題との関りは 1969 年まで遡る。当時、航空機騒音問題が世界各国で社会問題化したのを受け、ICAO では航空機騒音に関する特別会議を開催し、その結論が現在のシカゴ条約第 16 附属書第 1 卷の策定につながった。その後、航空機騒音委員会 (CAN) が設けられ、騒音基準の強化等の作業に当たってきたが、これと並行して航空機エンジン排ガスについても航空機エンジン排出物委員会 (CAEE) が設立され、エンジンの排ガス規制等の検討を行い、第 16 附属書第 2 卷が策定された。

航空環境保全委員会 (CAEP) は CAN と CAEE が統合された、ICAO 理事会により設置された委員会で、現在、21 カ国の委員と IATA, ICCAIA, ACI 等のオブザーバーが参加している。

CAEP では、従来からの騒音、排ガス規制に係る業務に加え、空港周辺の騒音被害軽減のための方策や地球温暖化対策まで、航空と環境にまつわる様々な問題を扱うようにな

ってきており、その検討内容も従来からの技術分野のみにとどまらず、経済的、政治的な分野までカバーするようになっている。

CAEP の本委員会は、ほぼ 3 年に 1 回開催されているが、その間、ほぼ 1 年に 1 回、委員全員が集まるステアリング・グループ会議が開催されている他、CAEP が定めた作業計画に従って具体的な詳細事項等を検討するワーキング・グループ (WG) が隨時会合を開催している。

WG 1：航空機騒音のうち技術的事項

WG 2：航空機騒音のうち航空周辺の環境
保全等に関する事項

WG 3：航空機エンジン排ガスに関する技
術的事項

WG 4：航空機からの排ガスによる影響削
減のための運航方式に係る事項

WG 5：航空機からの温暖化ガスの削減の
ための経済的手法にかかる事項

なお、この他に、CAEP の下で、今後のフリートの推移を予測したり、規制強化に係る経済的効果を分析することを任務とした、FESG (Forecast and Support Group) が設けられており、各 WG から提出された規制案等の経済的評価等をおこなっている。

CAEP は本年 2 月に第 6 回の本会議を開催したが、前回 CAEP 本会議以降の作業は 5 つの WG によって進められてきた。

それぞれの WG では、それぞれ、幅広い検討事項を一定の時間内に検討することが必要となることから、その下に Task Group

* Trends of ICAO/CAEP — WG 1・WG 3, by Shigeru Takano (Deputy Chief Airworthiness Engineer, Airworthiness Division, Civil Aviation Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

** 国土交通省航空局航空機安全課 次席航空機検査官

を設置して専門的事項について検討させることが一般的である。

本稿では、そのうち、CAN の流れを汲んで、航空機からの騒音の発生源対策に関する技術的な検討を行ってきた WG 1 と、CAEE の流れを汲んで、航空機エンジン排ガスに関する発生源対策に関する技術的な対策を検討する WG 3 の活動について、CAEP 第 6 回会合での結論を中心に紹介する。

2. WG 1

WG 1 では、騒音証明に関する事項を中心とした、航空機騒音に係る技術的事項を検討することとされているが、前回の CAEP (第 5 回会議、2001 年開催)において、亜音速ジェット機及びヘリコプターの騒音基準の強化が合意されたことから、CAEP/6においては、騒音証明の周辺事項についての検討が行われた。

そのうちの一つが、騒音基準に適合することを証明する書類に関するシカゴ条約第 16 附属書第 I 卷の規定の整備に関する検討であった。

本件は、そもそも騒音証明書類にどのような事項を記載することが必要か、という議論に加え、国によっては路線や季節に応じて異なる形態（最大離陸重量やそれに対応した騒音値等）での運航を認める国もあり、一機の航空機に複数の形態での騒音証明を認めるかどうか、また、この場合騒音証明書類はどのようにあるべきかという問題も議論された。

特に、複数の形態での騒音証明を認めるかどうかという問題については、騒音課金を行っている空港当局を代表する ACI が強硬に反対に回るなど議論が深刻化したが、結局複数の形態での騒音証明を認めている国がある現状を受け入れること、騒音証明書類についても、全ての情報が記載されていることを前提に、1 枚の騒音証明書で対応する方法から、3 つの書類に分割する方法までのオプシ

ョンを認めるなど、柔軟な対応を可能とすることが合意された。

また、第 16 附属書に定められた騒音測定方法についても、様々な手直しが WG 1 から提案され、CAEP/6 により合意が得られた。

この他に、亜音速ジェット機及び大型プロペラ機の騒音証明手順の近代化についても検討が行われた。本件問題では、離陸、進入、側方の 3 点において、EPNdB で騒音を測定している現行の騒音証明手順について、実際の空港周辺の騒音被害を代表するものとなっているかどうかという観点から、WG 1 において、WG 2 の協力も得て見直しが行われてきた。

こうした検討の結果、現行の騒音証明手順には一定のメリットがあること、これらのメリットは今後も維持していくべきことが合意された。CAEP/6 以降は、次回 CAEP に向けてさらなる技術的検討が行われていく予定である。

これらに加え、Re-Certification (例えば、Chapter 3 から Chapter 4 に適用基準を変更する際の手順) の問題、ICAO の Environmental Technical Manual (騒音証明手順の詳細等を記載した Guidance Materials) の改正、騒音軽減のための技術の進展の監視等について、WG 1 から CAEP に対して検討状況の報告が行われ、今後の作業を継続することが合意された。

これらの課題の中で、若干の議論を呼んだのは、Re-Certification の関連での Engine Thrust De-Rate の問題です。Engine Thrust De-rate とは、例えばもともと Chapter 2 で騒音証明を受けていた在来型 B 747 型機が、Chapter 3 で騒音証明を受けなおそうとする際に、最大離陸出力を本来の値より低く制限することにより、Chapter 3 に基づく証明を受けるという手法である。こうした手法に関して、欧州諸国は、通例ボー

イング機などで行われている、飛行規程に定められた運用限界を改正するという方法では最大離陸出力の制限を担保するのには十分でないとの立場から、何らかの物理的制限を課すべきである旨主張し、これに対して米国や我が国は、飛行規程の運用限界を遵守することは操縦士としてあたりまえのことであり、仮に物理的制限を課した場合は航空機の能力を下げ、緊急時の安全上のマージンを減少させることとなる旨反論した。

その結果、本件問題についても次回CAEPに向けて意見調整を行っていくことが合意された。

3. WG 3

WG 3 では航空機エンジン排出物に係る技術的事項を取り扱うこととされており、従来は CAEE の流れを汲んで、排ガス証明に係る技術基準の策定、見直しを主な業務としていたが、最近では、地球温暖化に関係して、航空機エンジンからの二酸化炭素等の温暖化ガスの排出に関する科学的事項も取り扱うようになってきている。

CAEP/6 に向けた作業計画では、排ガス証明に関する窒素酸化物 (NOx) 基準の強化が検討された。

具体的には、現在第 16 附属書第 II 卷の最

新の NOx 基準は CAEP/4 (1998 年開催) で定められたもので、2004 年 1 月 1 日以降型式証明を取得したエンジンに適用されることとされている。WG 3 では、これに関連して以下の 2 つの事項を検討し、CAEP/6 に報告した。

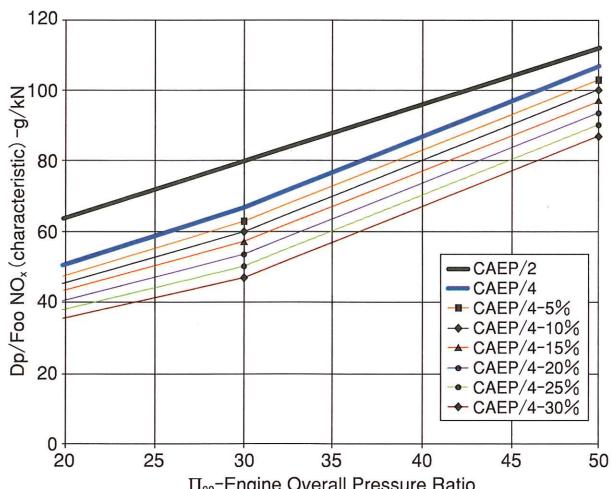
- (1) CAEP/4 基準を強化し、将来開発されるエンジンに適用すること
- (2) CAEP/4 基準を一定期日以降新規製造されるエンジンに適用すること

これらのうち、(1)の基準事態の強化については、WG 3 では、CAEP/4 基準を 5% から 30% まで、5% 刻みで強化するケースの 6 つのオプションを設定し、これらについて、技術的な実現可能性、騒音とのトレードオフの推定、CO₂ とのトレードオフの推定を行った。

技術的実現可能性については、現在の最新モデルのエンジンに使用されている NOx 低減技術を評価し、各オプション毎の基準値に適合させるためにはどのような改善が必要であるか、また、どのような改善を実現するための個別のエンジン・メーカーの技術開発状況はどうか、といった視点で行われた。この結果、10% の基準強化まではメーカーが有している技術で比較的容易に対応可能であるが、それ以上の強化については現有の技術では対応できない部分が徐々に増加していくとの評価結果となった。

また、排ガス基準の強化によるエンジンの設計変更がどの程度の騒音の増加につながるかという、騒音とのトレードオフの問題については、原則として問題となるような騒音の増加はないであろうとの評価結果となった。

さらに、NOx 低減に伴い、CO₂ の排出量が増加するのではないかという、CO₂ とのトレードオフの問題については、NOx 基準の 10% 強化までは CO₂ の増加は無視し得る程度であるものの、15% 以上の強化においては、顕著な CO₂ の増加が認められる、との



評価が得られた。

こうした、技術的な評価とは別に、FESG では、それぞれの NOx 基準強化のオプションを 2008 年に実施した場合と、2012 年に実施した場合について、要するコストと便益を比較する作業を行った。

その結果、2008 年に 10% 強化するのが単位コストあたりの NOx 削減量が最も大きくなるとの結果が得られ、CAEP/6 に報告された。

CAEP/6 では、こうした WG 3 と FESG からの報告を踏まえ、どのように NOx 基準を強化するのかについて審議が行われた。審議においては、より早く、より厳しい基準強化を実施したい欧州諸国が 2008 年に 15~20% 強化を主張したのに対し、米国、カナダ、途上国が 2008 年に 10% 強化する案を支持し、種々議論の上、2010 年 (CAEP/8) に再度基準強化のレビューを行うことを条件に、2008 年に 12% 強化することが合意された。

一方、上記(2)の新規製造エンジンに CAEP/4 基準を適用することについては、WG 3 において、現在製造中のエンジンは、そのほとんどが CAEP/4 基準に適合することとなる見込みであることが確認され、FESG による便益分析においてもほとんど NOx 削減の利益は得られないとの結論に至ったことから、CAEP/6 では、こうした規制の強化は行わないことが合意された。

WG 3 では、基準の強化のほかにも、地球温暖化に関する科学的知見の進展の監視、NOx 強化に関する長期的な目標の策定、現

行の排ガス証明手法 (LTO サイクル) の有効性等についても検討が行われ、その結果が CAEP/6 に報告された。

4. 今後の見通し

CAEP では、作業範囲が当初に比べると著しく拡大し、意思決定プロセスが複雑化したこと等から、その作業手法を見直すべく、タスク・グループを設立して検討を行ってきただが、その結果についても CAEP/6 で議論された。

その主な結果は、

- (1) ICAO として環境問題に関する目標を定めること
- (2) CAEP の WG 組織の見直しを行うこと

等であった。

このうち、WG の見直しについては、WG 1 と WG 3 は従来どおりだが、WG 2 と WG 4 を統合すること (新 WG 2)、WG 5 については、地球温暖化問題に関する理事会からの指示を待って WG 2 又は FESG に統合することが合意された。

また、次回 CAEP (CAEP/7, 2007 年開催予定) に向けた作業計画についても、各 WG からの報告に基づいて決定された。

なお、今回の CAEP/6 で合意された第 16 附属書の改正案については、理事会による報告書のレビュー、全締約国への意見照会とこれを踏まえた理事会での検討を経て、2005 年 3 月にも理事会により採択される見込みである。

内外報告

ICAO/CAEP の動向—WG2*

柳 澤 裕 司**

1. はじめに

ICAO（国際民間航空機関）の航空環境保全委員会の第6回会合（CAEP/6）が、2003年2月2日～23日まで、カナダ・モントリオールのICAO本部で開催された。本会合では、航空機騒音及び排出物対策について大きく4つの議題に分けて議論が行われた。空港周辺の騒音影響については、航空機騒音に係る議題の中で担当ワーキング・グループ（WG 2）から報告を受け、これに基づいて議論が行われた。

WG 2 では、空港周辺の騒音影響評価及び空港周辺騒音対策に係る世界的な標準及び勧告方式等の検討を行っており、2001年9月のICAO総会で採択された総会決議 A 33-7 で推奨されている「空港周辺の総合的な騒音対策（Balanced Approach）」に重点をおいて、そのガイドンスの作成、空港周辺における住宅開発の状況把握、将来の騒音影響人口の予測等に取り組んできたところである。本稿では、空港周辺の騒音影響について WG 2 からの活動報告とこれに基づく議論の内容を概説的に紹介する。

2. Balanced Approach のガイドンス作成

旧基準機（Chapter 2 適合機）の退役の進展に伴って、空港周辺の騒音影響は大幅に改善されてきた。他方、今後は騒音低減技術の画期的なブレイク・スルーによる大幅な騒音低減が見込まれない状況にある。このような中で、これから民間航空の発展を見据えると空港周辺の騒音影響が今後とも重要な課題であるとの共通認識の下、空港周辺騒音対策としてバランスのとれた取り組み、いわゆる Balanced Approach という新しい概念で推進しようというものである。これは、(1)機材の低騒音化、(2)土地利用計画・管理、(3)騒音軽減運航手順、(4)運航規制の4つの基本要素から成り立っている。これらの構成要素を組み合わせて、費用対効果も考慮しながら具体的な方策を検討し、またそのプロセスにおいて運航者、地域住民等のステークホルダーへの情報提供や協議等を通じて透明性や説明責任を確保することとしている。

この Balanced Approach の考え方に基づいて空港周辺の騒音対策を実施しようとする国に対して必要な情報を提供するためにガイドンスを作成するよう総会から要請されたことを受けて、WG 2 の中にタスクグループを設けて3年にわたり議論を重ね、今般そのドラフトが提示された。これは第1～9章からなる本文と附属書 I～V から成り立っている。**表-1** に各章の要点をまとめて紹介する。これは、あくまでもガイドンスとの位置付け

* Trends of ICAO/CAEP—WG2

by Yuji Yanagisawa (Deputy Director, Noise Abatement Technology Office, Environment Division, Civil Aviation Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

** 国土交通省航空局飛行場部環境整備課 騒音防止技術室 課長補佐

表-1 ガイダンスの構成と概要

本 文	
第1章	概要（総会決議、本書の目的等）
第2章	Balanced Approach（プロセスの透明性等の配慮すべき事項）
第3章	騒音の評価（騒音評価量、センターによる評価等）
第4章	発生源の低騒音化（最新の騒音基準への適合等）
第5章	土地利用計画・管理（空港周辺の土地利用との調和、防音工事の実施等）
第6章	騒音軽減運航手順（優先滑走路、飛行ルート、運航手順の工夫等）
第7章	運航規制（便数調整、カーフューエ等）
第8章	構成要素間の相互関連性（騒音軽減運航手順が運航規制につながるケース等）
第9章	方策の評価と選択（費用効果分析）
付 錄	
付録I	用語解説
付録II	総会決議
付録III	ケーススタディ（→留保）
付録IV	費用効果分析手法
付録V	Encroachment（→留保）

であり、その実施を義務付けるものではなく、総会決議の内容を基に実務的、例示的に解説し、ツールとして利用することを意図したものである。また、その実施にあたっては、各国における国内の諸制度、合意事項、空港の個別事情等を勘案しながら柔軟に対応していくことになる。

今回の会議では、ガイダンスのドラフトが提示されたことを受けて、次のような議論がなされた。この内容については、これまでの議論を通じて大幅な改善が図られたものの、①発生源の低騒音化への取り組みが欠かせず、更に強調すべき、②土地利用計画は重要な要素だが、多くの空港では既に都市化が相当進んでいる中で、現実的対応を考えるとその実効性にはなお疑問が残る、③騒音評価量と騒音センターに関する説明部分は事実関係を明確にしながら更にその内容を吟味する必要がある、④費用便益分析において特に環境上の便益を定量化したり貨幣換算することは困難、⑤付録として収録予定のケーススタディ（各空港における先行事例）やEncroachment（後述）についてはこれまで議論する機会がなく今後精査すべきといった点があり、ガイダンスを実用的で有用なツールとす

るために今後とも引き続き検討する必要があるとの意見が出された。また、ステイクホルダーについては、空港周辺の地域住民だけではなく、更に幅広い国民各層への対応が求められていることや、第8章及び第9章について更に検討が必要といった意見が出された。

その一方で、総会からの要請に応えるため、ICAOがリーダーシップを発揮しながら、長期間にわたり幅広く関係者が集まって議論を重ねた成果である。その過程で関係者の様々な視点が盛り込まれてきたことを踏まえると、今回の提案に至ったことの意義は大きい。決して完璧なものとは断言できないが、これから取り組みの基盤になるものと考えられる。ただし、付録のケーススタディとEncroachmentについては正式に収録するには時期尚早であり更に精査が必要である。いずれにしても、このガイダンスはまさに“living Document”であり、これを礎石に今後更にアップデートに取り組む必要があるとの認識を共有した上で、これを了承することになった。（次回の総会が本年秋頃に予定されており、これに向けて翻訳作業に入ることになる。）

また、ガイダンスの作成に併せて、附属書14(飛行場)の中の空港設計や、附属書16(環境保護)の中の空港騒音の評価において、環境に関する指針が空港計画マニュアルや

Balanced Approachのガイダンスに記載されていることを明記する改定が提案され、その内容が確認された。

3. 騒音影響人口の世界的な推計

航空機騒音影響が今後どのように推移していくのか継続して評価することが総会決議で要請されていることを受けて、空港周辺で一定以上の航空機騒音に曝される人口の世界的な推計(MAGENTA: Model for Assessing Global Exposure Noise of Transportation Aircraft)を取り組んでいる。前回のCAEP/5で既に報告されたところであるが、今回のCAEP/6では最新データを用いて推計し直した結果が報告された。特に、リージョナルジェット機の普及に伴い、50~99席クラスの運航がさらに見込まれることや新たに20~49席クラスの運航も考慮して2002年以降を予測し直している(表-2参照)。このように新たなクラスを考慮したことで将来の運航回数の総数は増えるが、想定機材の一部が大型機からリージョナルジェット機に入れ替わること等により、騒音影響人口は全体的に下方に修正されている(図-1, 図-2参照)。これらの図からも明らかなように長期的には騒音影響人口が増加傾向にあり、また機材の更新のみならず空港周辺の適切な土地利用も重要であることを踏まえると、このようなデータは有益であり今後も継続して取り組むべきとの意見が出された。

4. ノイズモデル及びデータベース

騒音や排ガスの影響評価に使用している計算モデル/データベースの維持・管理や、騒音評価と排ガス評価で使用しているモデル/データベース間の相互連携を課題となっている中で、前述のMAGENTAの取り組みにおけるワーキング・グループ間の連携の具体例が報告された。MAGENTAでは、WG2は世界各国の主な空港の運航データや各地域

表-2 将来(2020年)の機材予測(IAEA)

Generic Aircraft Classes	Years	
	2002	2020
20-49	180	1912
50-99	1711	4087
100-150	5620	6701
151-210	2086	5690
211-300	1650	3633
301-400	512	1632
401-500	548	668
501-600	10	379
601-650	0	282
	12317	24984

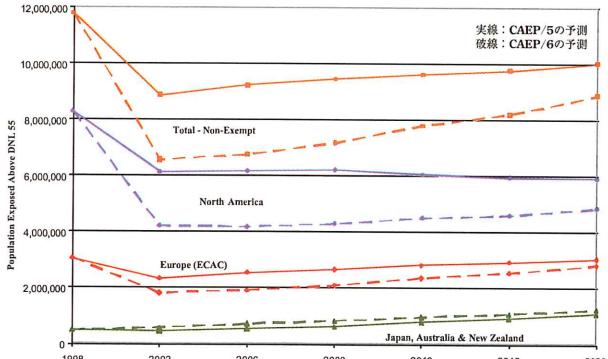


図-1 騒音影響人口の推移(Non-Exemption Regions)(IAEA)

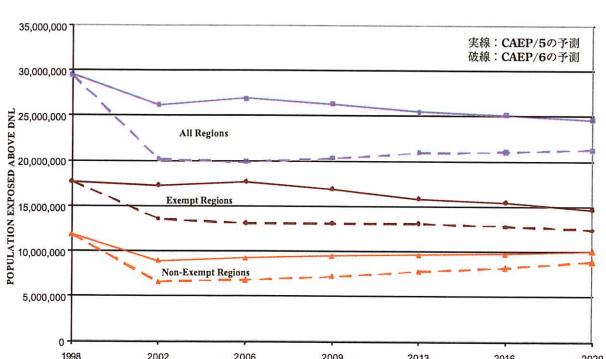


図-2 騒音影響人口の推移(All Regions)(IAEA)

の人口統計等を収集、WG 1 は機材と騒音レベルに関するデータを提供、また FESG は将来需要や機材予測等の情報を提供、WG 2 はこれらのデータ提供を受けて総合的な分析を行っている。今後、CAEPにおいて様々な分析・評価を行う上で、このような WG 間の相互連携が必要であることが示されている。その一方で、騒音や排ガスのローカル/グローバルな分析を進めるために現有のデータベースをアップデートする必要があるが、資源の問題も改めて認識すべきであり、限られた資源の中でどのモデルを進めていくのか今後の課題であるといった意見が出された。

5. 空港周辺地域における人口変化等の分析

旧基準機の退役や新基準機の導入等による低騒音化によって騒音が減少した地域の不適切な開発ができる限り抑制することが期待されている中で、将来の空港拡張計画による空

港処理容量の拡大を考慮し、一定騒音レベル以上の地域における住宅等の開発の増加を Encroachment と表現して、これを定量的に評価する試みについて報告がなされた。空港周辺地域における市街化についてどのような長期的傾向があるのか、またこれらの地域においてどのような空港周辺騒音対策が講じられているのか調査するものであり、今後の Balanced Approach の検討に資するものである。タスクグループに参加しているメンバー一数ヶ国の協力により、旧基準機の退役や新基準機の導入時期をはさむ形で、その時期の前後で一定騒音以上の地域の人口がどの程度増減したか分析を試行した結果が示された。地域の捉え方は各国様々であるが、(1)騒音対策指定区域（年々変化するものではない）で評価したケース、(2)騒音センターで評価したケース（年々センター自体が変化する上、センター内の人口も変化する複雑なケース）の 2 つに大別して分析した例を表-3、表-4 に示す。

ただし、これは世界的に調査したものではなく、あくまでも限定的な空港で試行的に行った Encroachment の分析の一例を紹介したものにすぎず、特にセンターも人口分布も年々変化する場合にどのように評価するか、また騒音対策の対象である家屋の数の増減で

表-3 騒音対策指定区域をベースとした分析結果
(ICAO)

Year	Airport 1		Airport 2	
	Population	Households	Population	Households
1995 Census Data	149,534	63,778	110,874	48,910
2000 Census Data	145,715	65,810	116,954	53,166
DIFFERENCE	-3,819	2,032	6,080	4,256
% Based on 1995	-2.6	3.2	5.5	8.7

Table shows the overall changes for a single noise zone. Population and housing estimated to increase indicates that encroachment is occurring. Numbers reported are in thousands

表-4 騒音センターをベースとした分析結果 (ICAO)

Scenarios	1994 Census Data				2000 Census Data			
	Base Case				Population Change (Before)			
	Population	Change	Households	Change	Population	Change	Households	Change
1994 Contours	55-<60	198346		74225	206090	4%	77050	4%
	60-<65	147041		51644	154912	5%	54254	5%
	65-<70	58980		20657	61902	5%	21974	6%
	70-<75	3034		1006	3055	1%	1068	6%
	75+	7		3	17	143%	7	133%
Noise Change								
2000 Contours	Population	Change	Households	Change	Population	Change	Households	Change
	55-<60	161368	-19%	59377	169666	5%	62199	5%
	60-<65	74157	-50%	25444	77865	5%	27309	7%
	65-<70	29317	-50%	10510	30069	3%	11016	5%
	70-<75	639	-79%	252	588	-8%	237	-6%
Population Change (After)								
	Population	Change	Households	Change	Population	Change	Households	Change
	55-<60	169666	-14%	62199	-16%			
	60-<65	77865	-47%	27309	-47%			
	65-<70	30069	-49%	11016	-47%			
	70-<75	588	-81%	237	-76%			
Noise and Population Change								
	Population	Change	Households	Change	Population	Change	Households	Change
	55-<60	169666	-14%	62199	-16%			
	60-<65	77865	-47%	27309	-47%			
	65-<70	30069	-49%	11016	-47%			
	70-<75	588	-81%	237	-76%			
However if contours extend back toward 1994 contour levels, even more people will be exposed due to encroaching population								
75+	12	71%	5	67%				

- 1) Positive increases from 1994 to 2000 reference the 1994 contour are indicative of encroachment
 - 2) Positive increases from 1994 to 2000 reference the 2000 contour are indicative of encroachment
 - 3) Overall decrease in population from 1994 to 2000 reference the 1994 census data are indicative of receding contours
 - 4) Overall decreases in population from 1994 to 2000 reference the 2000 census show the receding contours have a larger effect on reduction in people than the encroachment reported in 1) and 2)
- However if contours extend back toward 1994 contour levels, even more people will be exposed due to encroaching population

評価すべきといった検討の余地が残されており、今後の課題とされている。その一方で、Balanced Approach の構成要素として空港と周辺地域の土地利用との調和のあり方を議論する上で、今後ともこのような定量的な評価手法の検討や分析を進めることは有益であるとの意見が出された。

6. 騒音軽減運航手順による騒音軽減効果

空港周辺の騒音問題に対処するために、安全運航に支障のない範囲で騒音軽減運航手順を検討する際のガイダンスとして、ICAO のPANS-OPSに即した運航手順による各機材の騒音軽減効果をとりまとめたものが報告された。ボーイングやエアバスの中大型ジェット機の代表的機材が最大離陸重量で騒音軽減運航手順により離陸上昇した場合の、進出距

離に対する高度や騒音レベル、またフットプリントによる平面的な騒音の広がりが示されている。離陸上昇手順としては、(1) NADP (Noise Abatement Departure Procedure) 1：一定高度に達すると上昇推力まで絞り、最適速度を維持して上昇し、3000 ft 以上でフラップ上げながら加速し運航上昇、(2) NADP 2：一定高度に達すると上昇推力まで絞り、フラップを上げながら Vzf まで加速、3000 ft 以上で更に加速しながら運航上昇する 2 つの手順に大別し、それぞれ上昇推力まで絞る高度を 800, 1000, 1500 ft の 3 つのケースで行った場合の分析結果が示されている(図-3, 図-4, 図-5 参照)。また、小型ビジネスジェット機やターボプロップについても、運用の範囲内で実施可能な運航手順とその騒音軽減効果の分析結果も示されている。今回取りまとめられたものは ICAO のInformation Circular として今後発行される予定であり、空港管理者や運航者が騒音軽減のための運航方策を検討するための一助として期待される。将来的には、離陸上昇だけではなく、例えば CDA (Continuous Descent Approach, 通常の ILS 進入と比べて水平飛行部分がないため推力を抑えて低騒音で着陸が可能、他方で処理能力が落ちるといった課題もある) 等の進入手順についても騒音軽減効果等の調査研究が進められる予定である。

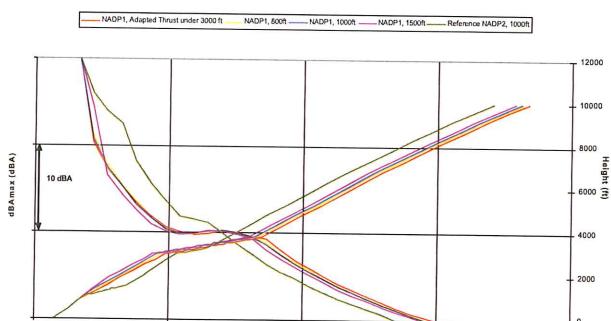


図-3 A 320-212/飛行プロファイルと騒音レベル (ICAO)

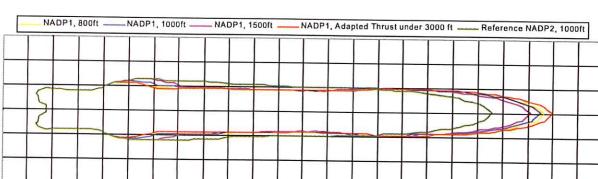


図-4 A 320-212/65 dB (A) のフットプリント (ICAO)

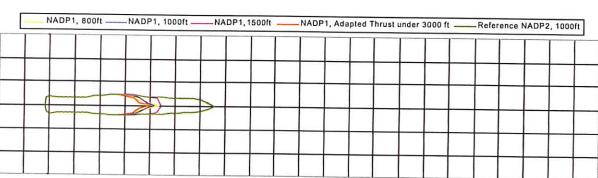


図-5 A 320-212/80 dB (A) のフットプリント (ICAO)

7. おわりに

我が国は航空機騒音問題の深刻化に直面しこれに対処するために発生源対策、空港構造の改良、空港周辺対策等、総合的に取り組んできたところである。その一方で、ICAO の総会決議で Balanced Approach という概念が採択され、また EU では新たな政策手段として Balanced Approach と関連づけながら運航規制の導入に関する EU 指令が発行されるなど、空港騒音対策についても国際関係が交錯する領域となりつつある中で、今後は国

際的調和とローカルな諸事情への適応が求められるであろう。

発生源対策は即効性と効果の確実性を有しているが、一方が対策を講じても他の行動によってその効果が相殺されることのないよう総合的に取り組むべきであり、Balanced Approachに対する共通理解の形成と浸透に努め、望ましい方策の策定に向けて最大限の透明性をもって議論することが必要である。ただし、その実践にあたり、真にバランスのとれた取り組みを行うことは容易ではない。また、騒音センターが全ての基礎となるが、センターがかかっていない地域であっても全く影響がないわけではなく、場合によっては問題となることについても十分な配慮が必要である。さらに、Balanced Approachでは費用効果的な対応が期待されているが、費用と便益の大きさを正しく算定するのは依然として技術的困難を伴うものである。便益分析

手法による評価は一定の判断材料にはなり得るもの、その手法によって一定の効率性が説明されたとしても、なお限られた側面を説明したに過ぎず、これをもって社会的合意が得られるわけではない。

Balanced Approachについては、どこまで有効で、どういう限界があるのか、実践的な取り組みが行われ、経験が積み重ねられる中で、Balanced Approachそのものの発展も求められており、また我が国の空港周辺環境対策についても新たな視点を必要としているのである。

最後に、WG 2への参加にあたり我が国の大空港のデータのとりまとめや技術的検討への参加、さらにBalanced Approachに関するガイダンスの和訳作成等、幅広くご協力いただいた空港環境整備協会の関係者に、この紙面を借りて感謝申し上げたい。

内外報告

ICAO/CAEP の動向—WG 5 (地球温暖化対策について)*

石和田 二郎**

背景

従来、航空機のエンジン排出ガスによる環境への影響は、空港周辺への大気汚染問題に焦点が絞られていたが、近年になり、地球温暖化問題が次第にクローズアップされている。

特に 1997 年に UNFCCC (国連気候変動枠組み条約) 締約国により京都議定書が採択され、世界的な地球温暖化対策へ向けた動きが本格化しており、世界的に取り組みが始まっている。我が国においても、政府が地球温暖化対策推進大綱を策定するなど地球温暖化に取り組んでいるところである。

しかしながら、京都議定書は、国際航空及び国際海運分野については、京都議定書において法的拘束力のある数値目標は定められず、UNFCCC 締約国は、それぞれ ICAO 及び IMO を通じて作業することにより、航空機用燃料（パンカーオイル）からの温室効果ガスの排出の抑制又は削減を追及することとされた（京都議定書第 2 条第 2 項）。

このような動きを受け、ICAO では、航空機からの排出ガスによる環境負荷を軽減するための政策オプションを検討している。政策

○飛行機からの排出ガスについて

これまでの検証によると、人類活動による全気候変動要因のうち航空分野は 3.5% を占めている (IPCC [気候変動に関する政府間パネル] によるレポート “Special Report on Aviation and the Global Atmosphere” (1999) 参照)。気候変動の面からは航空分野の成長は懸念材料であるが、燃料効率性が改善されていることから、排出ガスの増加率は航空需要の増加率よりも低い。

オプションとしては、技術的解決策だけでなく、市場メカニズムを活用した経済的手法についても検討している。

このうち、経済的手法については、伝統的な規制的手法に比べ、より低コストで柔軟な手法で目的を達成することが出来ると期待されており、1998 年、ICAO の航空環境保全委員会 (CAEP) 内に、経済的措置による温室効果ガスの排出削減方策の検討を扱う作業部会 (WG 5) が設置され、検討が進められている。

経済的手法の概要

航空機からの二酸化炭素を削減するための経済的手法として、現在 ICAO では次の三つの手法が検討されている。：①自主行動計画 (Voluntary Plan), ②課金制度 (Emission-related Levies), ③排出権取引制度 (Emission Trade System)

いずれの手法も、経済的なインセンティブやディスインセンティブを用いることにより、市場メカニズムが機能し、自立的に目標が達成されることを目指しているものであ

* Trends of ICAO/CAEP — WG 5 (Measures against Global Warming), by Jiro Ishiwada (Deputy Director, Aviation Planning and Research office, Civil Aviation Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

** 國土交通省航空局航空企画調査室 課長補佐
(現熊本県総合政策局企画課長)

る。従来であれば、エンジンからの排出ガスを規制することで強制的に目標を達成するところであるが、現在検討されている手法は、市場メカニズムを活用することにより、航空会社やその他の経済主体が自己目的の達成を図る中で、規制により外部から強制されることなく自然に社会全体の目標が達成できるという点で新しいものである。

しかし、新しい手法だけに課題も多く、すべての参加国が納得するような手法を確立することは容易ではない。事実、CAEP の場では参加国の対立が顕著になっている。

自主行動計画

自主行動計画 (Voluntary Plan) とは、航空業界と政府との間で、一定期間内に一定目標を達成することとそのための手段等を記した覚書を締約することにより、目標を達成しようとするものである。自主的に決定するものであるため、覚書の内容はそれぞれ異なることとなるが、CAEP では典型的な覚書の見本をテンプレートとして作成したところであり、今後 ICAO のホームページ等で公開される予定である。

自主行動計画は、その名の通り自主的に決定するものであるため、それぞれの主体の事情に応じて柔軟に内容を設定でき、他の手法に比べて実施しやすい。その反面、目標設定が甘くなりがちであり、また強制力もない（強制力を付与することも可能だが）ため、他の手法に比べ、二酸化炭素排出量の抑制効果は弱くなることが懸念される。

日本では、1997 年に定期航空協会が自主的にエネルギー消費効率の改善目標を決定しており、自主行動計画の先駆的事例のひとつである。

排出ガス課金制度

課金制度 (Emission-related Levies) は、二酸化炭素ガスの排出量に応じて課金をする

ことにより自発的な排出量の抑制を促すことを狙ったものであるが、課金制度の導入に積極的な EU と消極的な米国や途上国との間の溝は深く、現在検討されている 3 つの手法の中でもっとも意見が分かれている。ICAO の CAEP やその下の作業部会でかなり議論がされてきたが、依然として問題点が多い。

まず始めに、課金といつても税金 (tax) と料金 (charge) を区別しなければならない。ここでいう税金とは政府の活動一般のための収入であり、徴収した税金を特定の目的のために使うことは予定されていないし、特定のサービスの対価として過不足なく徴収するものでもない。これに対し、料金とは特定のサービスの対価として徴収するものであり、徴収された料金はそのサービスの提供に必要な費用に充てられるべきものである。そこで排出ガス課金制度の課金とは一体どちらなのかということであるが、これは「料金」としての課金であることで関係者の意見は一致している。税金として徴収することはシカゴ条約上も困難であり、ICAO においても「料金」として制度の検討を行うべきであるという決議が採択されている。

それでは一体何のサービスの対価として料金を徴収するのかという点が次の問題である。これについては、「航空に関連した施設・サービスの提供」の対価であるということは異論がないが、二酸化炭素ガスの排出抑制のための施設・サービスとは何かということは明らかではない。たとえば二酸化炭素ガスの排出量の少ないエンジンの開発はこれに該当するのではないかという意見があるが、これもコンセンサスが得られているとは言いたい。

また、仮に課金できたとして、何を対象とするのかについてはさらに議論が分かれる。航空機の運行者に課金するのが一般的な考え方であるが、飛行場や航空交通管理者も責任の一端を担っており、課金の対象となりうる

という議論がある。また、航空機の運行者に課金するにしても、自国エアラインだけなのか、外国のエアラインも対象になるのか、外国のエアラインのうち対象となるものとならないものがあっても良いのかについては今後の検討課題となっている。

対象については、対象物だけでなく、対象となる地域も問題である。一般的には、自国の領空域内を飛行する航空機を課金の対象とするものと考えられるが、地球温暖化問題は一国の問題ではなく、どこで排出されようとも地球全体に影響を与える性質のものであることから、領空に関係なく、離陸から着陸までのすべての飛行経路について課金をするべきであるという考え方もある。

以上の議論は、地球温暖化対策のために二酸化炭素ガス排出に対して課金することができるということが大前提であるが、実はその前提も合意されているわけでなく、むしろこれがもっとも重要な議論のポイントとなっている。ICAOでは、国際航空分野における税金および料金についてのガイドラインを決議しており、これがすべての課金の基礎となっているのだが、これまでのガイドラインは主に騒音問題に対処するための料金制度を念頭に書かれており、地球温暖化問題に対処するための料金制度については全く考慮されていない。したがって、現在のガイドラインだけでは、二酸化炭素ガス排出に対して課金できないというのが一般的な考え方である。

CAEPの作業部会では、二酸化炭素ガス排出に対する課金制度を導入する場合に考慮すべき点等をまとめた「ガイドラインのための枠組み」を作成している。一部の国では、これをもって二酸化炭素ガス排出に対して課金できると主張しているが、「枠組み」では具体的に誰が何に課金するのか、課金する場合の算定根拠は何か、導入前に費用便益分析が必要とあるがその手法が未開発である、等実際に課金制度を導入するためには残された

課題が多く、この「枠組み」だけで課金を開始することは困難であると考えられる。

その他にも、課金制度をめぐっては論点が多く、積極的に導入したい国と消極的な国とが真っ向から対立していることもあり、今後も議論は続くものと見られる。

なお、先日行われた第6回CAEPの冒頭でICAO議長が述べたように、CAEPでは、課金制度を導入すべきか否か、という問題に答えを出すことは求められていない。それは政治的判断を含んだ高度な意思決定であり、上位機関である理事会等で決定されるべきである。CAEPでは課金制度を導入する場合の検討課題や技術的問題点を明確にすることが求められているといえる。とはいえ、今後も課金制度をめぐる議論は一筋縄では行かないだろう。

排出ガス取引制度

排出ガス取引制度 (Emission Trading System) は、各国があらかじめ割り当てられた二酸化炭素ガスの排出量を市場で取り引きすることにより、排出量の少ない国が排出量の多い国に排出権を売却し、全体として目標となる削減量を達成しようとするものである。

これは、京都議定書で新たに盛りこまれたメカニズムのひとつであり、国際航空以外の分野では制度の研究が進められている。ガスの排出権を市場で取引するというのは全く新しい発想であるため、市場自体が存在していなかった。アメリカのシカゴやイギリスのロンドンでは既にこうした新しいトレンドを捉えてガスの排出権取引市場を試験的に導入し始めており、日本でも研究が進んでいるが、世界的に見てもまだ実験段階である。

国際航空分野は京都議定書の義務からは外れているため、排出ガス取引市場にも参加することができない。しかし、航空分野は明らかに成長分野であり、今後排出量が増加する

ことは避けられないことから、国際航空分野も含めた全体の排出ガスを削減するためには、航空分野が他分野から排出権を買ってくる仕組みがあることが望ましい。このため、ICAOにおいても、長期的には排出ガス取引制度を導入する方向で議論を進めてきた。

しかしながら、排出ガス取引制度は、市場そのものから立ち上げる必要があり、根本的な制度設計から検討を始めなければならぬ。このため、CAEP の作業部会では民間のコンサルタント機関に委託し、国際航空分野での排出ガス取引制度のあり方について研究をしてきた。コンサルタント機関の調査も難航しており、最終的なレポートが提出されるには至っていないが、現時点できちんと分けて 3 つのオプションが示されている。

第一が、京都議定書で提案されている排出ガス取引制度の枠組みをそのまま活用する方向、第二が、ICAO が主体となって国際航空分野に特化した排出ガス取引市場を創設する方向、第三が、排出権を取引したい国同士が個別・自主的に契約を結び取り引きを行う方向である。

第一の方向では、京都議定書にのっとり既に市場の枠組みが出来あがっているため、市場を立ち上げる労力が少なく、かつ、国際航空分野以外の分野との取り引きもスムーズに行えることが利点であるが、京都議定書に参加していない国の取扱いや各国への排出権の割り当てが困難であることが欠点である。第二の方向では、ICAO が市場を一から立ち上げなければならず、ICAO の負担が大きすぎる。第三の方向では、やる気のある国が積極的に参加できるのでスムーズに制度を立ち上げられると考えられるが、実際には目標の設定が甘くなることが懸念される。

第 6 回 CAEP では、これら 3 つの方向性

について議論されたが、第二の方向については非現実的であると言う意見が多く支持されなかった。第一と第三の方向については、それぞれメリットがあり、今後も議論を深めるべきであるとされたが、最終的には京都議定書の枠組みを目指すべきという意見が EU を始めとして強く、第三の方向についても、第一の方向を目指すための過渡的な役割を果たすという見方がある。いずれにしても、今後の議論の展開を見守りたい。

終わりに

以上、ICAO における地球温暖化対策の取り組みについて簡単に概要を見てきた。地球温暖化対策は未だ発展途上の分野であり、何を議論するにしても一つの結論に達することは困難である。そもそも航空機からの排出ガスがどのようなメカニズムで地球温暖化につながるのかという点ですら、はっきりと解明されているわけではない。しかしながら、地球温暖化は人類の将来に関する重要な問題であり、指をくわえて待っているだけでは済まされないのも事実である。今我々に何ができるのかを考え、議論を深め、できることから実施していくという姿勢が必要なのではないだろうか。

なお、CAEP では組織の再編が行われており、これまで 5 つあったワーキンググループを 3 つに再編する予定である。これまでの WG 5 は、排出ガスを削減するための飛行方式等を検討してきた WG 4 などと一緒になるということだが、新しい体制の中でも地球温暖化対策はますます重要性を増していく。中でも市場を活用した経済的手法の検討については今後も中心的な検討課題として議論が続けられていく。今後の CAEP の議論の行く末に注目したい。

内外報告

将来の航空機用ガスタービンエンジンの新傾向*

(内外の論文等から将来の技術を読む)

石 澤 和 彦**

1. まえがき

本誌 No. 7, 2003 の「焦点」で「環境に優しい航空機用ガスタービンエンジンの研究開発動向」と題して、航空機の騒音や排ガスの対策の方法の記述に始まり、これら環境問題に対してどのように対応してきたか、また、現在、どのような研究開発が進められているかについて紹介した。そこで、ここでは、その話を更に進めて、将来の夢のエンジンに向かって、どのように発想が転換され、研究が進められているかに絞って、最近のシンポジウム（例えば筆者の出席した第16回 ISABE=International Symposium on Air Breathing Engines=空気吸入エンジンに関する国際シンポジウム）で印象に残った話や学会配布資料、航空雑誌および Web サイトの発表記事等からその傾向を予測してみた。

2. エンジン技術研究開発方向の変化

現在、航空機のエンジンは、ガスタービンエンジンが主流となり、著しい発展を遂げ、高速の固定翼機には主にターボファンエンジンが、中速の固定翼機にはターボプロップエンジンが、また、ヘリコプターにはターボシャフトエンジンが搭載されている。このよう

なエンジンは、初めてこの世に現れて以来、延々と技術的な進歩を続けている。エンジンのサイクルを支配するタービン入口温度と全体圧力比の上昇により、単位重量当たりの推力は、初期のジェットエンジンの 10 倍以上となり、燃料消費率も 1/4 程度まで低減している。騒音や、排ガスなどの環境対策も、その時代の要求および技術レベルに応じた、ベストの対応をしてきた結果、騒音の少ない、有害排ガスの少ない、高性能なエンジンを実現させてきた。それでは、このようなタービンエンジンは、今後はどのような方向に発展するのであろうか？ 性能向上への追及や環境に優しいエンジンの要求は従来通り、またはそれ以上に強いものとなるであろうが、NASA（アメリカ航空宇宙局）や米軍研究所の研究動向や、各エンジンメーカーの動きを見ていると、新たに、汎用性やコスト・パフォーマンス性を追及する研究が進んでおり、ここに将来の傾向を読むことができる。その例を幾つか紹介する。

2.1 UEET

NASA では、次世代超音速機の研究 (HSCT=超音速民間輸送機プロジェクト) が、超音速旅客機の具体的な仕様を掲げて、それを実現するための騒音低減や有害排ガス低減対策を中心に、1990 年代にエンジン技術の研究が盛んに行われていた。最終的にはコンコルドに置き換える先進超音速旅客機が実現可能との判断で、技術実証エンジンを開発しようとする段階まで進んでいたが、

* Recent Trend of Future Aircraft Gas Turbine Engines, by Kazuhiko Ishizawa (Director, Japan Aviation Journalist Association)

** 航空ジャーナリスト協会理事（元石川島播磨重工業（株）航空宇宙事業本部 技術開発事業部長）

民間でリーダー格であったボーイング社が時期尚早として、開発をスローダウンしてしまった。その結果、NASAでは方針を変えて、超音速旅客機に限定せずに、幅の広い速度領域全般的に適用可能な画期的なエンジン技術の研究開発を行うという方針に切り換えてしまった。これが、現在進行中の UEET¹⁾（超高効率エンジン技術）の研究である。この研究には大きな目標が二つあって、第1は、二酸化炭素 CO₂ を 15% 削減して航空輸送が今後増加しても気候への影響を与えないような高効率（燃料消費が少ない）エンジン技術、第2は、窒素酸化物 NO_x を 1996 年の国際基準に対して 70% 削減し、地上付近のみならず、高空のオゾン層への影響が最小になるような技術を開発するというものである。この研究の中では、以下の 7 つの技術分野について学ぶことになっている。

・推進システムの統合技術と影響評価

ここでは、他のプロジェクト等で開発したような要素を使って UEET の目標に合致するように統合する技術、システムや環境に対する影響調査および高精度のコンピューター予測技術を研究しようとするものである。

・排ガス減少技術

将来、更に低燃料消費率エンジンが出現し、タービン入口温度や圧力比が上昇し、NO_x の発生し易い状況になっていくが、ICAO（国際民間航空機構）の 1996 年 LTO（着陸・離陸時）の排ガス規制より NO_x を 70% 削減でき、且つ高空を巡航中にもオゾン層に影響を与えないような燃焼器をエンジン産業界と共同で研究開発しようとするものである。この中では、冷却空気を減少させた高温の燃焼器で希薄燃焼を行わせる研究も含まれ、これによる運用性、安全性、整備性等に対する影響がないことも確認するとしている。

・高負荷ターボ機械技術

エンジンの圧力比を上昇させ、要素効率を

向上して燃料消費を大型亜音速機では 15%，超音速機と小型機では 8% 低減させようとするものである。ファンについては、QAT（低騒音航空機）プロジェクトとリンクして高性能、低騒音ファンの開発、圧縮機については、4 段で圧力比 12、効率 92% で重量も 20% 軽いものの開発試験、タービンについては、1 段で膨張比 5.5、効率 90% という高負荷タービンの開発試験が含まれ、段当たりの負荷を 50% 増加し、重量を 20% 削減することが可能になるとしている。

・高性能エンジン用材料および構造技術

上記の NO_x 低減および燃料消費量の削減を目標とした高性能エンジンに必要な材料や構造技術を研究開発しようするものである。その中には、冷却空気を減少させ、表面温度が 1482°C になんでも耐え得る CMC（セラミックス複合材）製の燃焼器ライナーおよびタービンノズルを開発するとしている。また、エンジン高性能化のために、総圧力比 55、タービン入口温度 1760°C の条件に使用可能なタービン・ディスクの材料及び TBC（サーマル・バリヤー・コーティング）の開発も目標に入っている。更に軽量材料および構造の研究も行われている。

・推進システムと機体との統合技術

機体の空気抵抗を低減して燃料消費の少ない機体を実現し、CO₂ の削減に寄与しようとするものである。低燃費のエンジンはバイパス比が 15 などと大きく、直径の大きなナセルになる可能性があることから、可変入口や可変ノズルなどを導入して抵抗の少ない設計を研究するものである。その一環として BWB（ブレンデッド・ウィング・ボディー）機の可能性も検討されるという。

・知的エンジン制御技術

将来的にパイロットの操作とは独立にエンジン自身が与えられた運用条件に対して環境に対する影響を最小限に保ちつつ自動的に最高の性能を発揮し、同時に個々のエンジン部

品の寿命を最大限に保ち、結果的にエンジン全体の寿命や安全性が向上するような制御技術を研究しようとするものである。初期的な研究として燃焼器のアクティブ制御などが検討されている。

・要素統合技術実証試験

エンジンに組み込んで試験するにはリスクが大きいような先進的な要素を試験実証して、将来的にエンジンに組み込んで試験することへの自信を高めようとするものである。その中には 1200°C 級の CMC 燃焼器ライナーの実証試験やアスピレート・シールなどが含まれる。

UEET プロジェクトは以上のような 7 つの技術項目から構成されており、NASA、エンジンメーカーなどの各企業及び各大学が互いにリンクして研究を進めている。また、このプロジェクトの特徴的なことは、TRL (技術達成レベル) という評価尺度を設けて、この研究でどの水準を達成目標とするかを明確にして、投資効果を評価していることである。例えば、この UEET プロジェクトの各研究は、TRL で 3~5 のレベルの研究であるが、要素統合技術実証試験によって試験実証を行い、TRL を 6 のレベルまで高め、将来の製品開発に適用できるようにするという具合である。毎年 \$50 百万程度の予算で研究が進められている。2002 年までに行った研究²⁾では、特に NO_x 発生の少ない燃焼器の燃焼技術の研究が進んでおり、台上試験では、TRL 3 のカップ試験レベルから TRL 4 のセクター試験まで進み、NO_x が 67% 低減できることを実証しており、TRL 5 のアニュラ一試験では NO_x を 70% 削減できる見通しが立っているという。CMC の研究も同時平行的に進んでいる。CMC を使用すれば、エンジンの高温部品の冷却に必要な冷却空気の削減が可能でエンジン効率向上に寄与し、燃焼器の冷却空気量を最小限にして NO_x の発生を制御し易くできる利点があるため、重要な

研究テーマである。ターボ機械の高負荷化に対応して高負荷タービンの空力特性を解明するための二軸タービン試験設備 (DSTF) が NASA に新たに建設中とのことである。また、飛行安全性にも寄与する知的エンジン制御、他のプロジェクトで開発した要素を活用して任意のエンジンを設計するためのエンジン・システム統合技術、機体抵抗を減少させて、燃料消費 (CO₂) を削減することを目標としたエンジン一機体統合技術などの研究も同時に進められている。UEET プロジェクトで得られるような共通コアエンジンを発展させて、300 人乗り以上の長距離亜音速機、50 人乗りクラスの亜音速レジョナル機、4~6 人乗りの社用機、250 人乗り以上の超音速旅客機、10 人乗り級の超音速ビジネスジェット、軍用機、更には宇宙空間までアクセスできるような極超音速機用の推進システムを作るという壮大な流れがある。

2.2 IHPTET/VAATE

一方、UEET は、アメリカ空軍の研究所 (AFRL=元ライト・パターソン研究所) が中心になって進めてきた、国防省の IHPTET (統合高性能タービンエンジン技術) のプロジェクトに直接、間接的にリンクしている。IHPTET は 1987 年にエンジン性能を 2 倍 (例えば推力重量比を 2 倍) にするための研究開発プロジェクトとして開始され、その成果の一つである、ソニック・クルーズ (アフターバーナーなしで超音速巡航ができる) 技術や STOVL (短距離離陸・垂直着陸) 技術は F-22 や XF-35 の最新の戦闘機のエンジンに反映されている。IHPTET は、最近は、むしろ VAATE³⁾ (多用途アフォーダブル先進タービンエンジン) というプロジェクトに移行している。

VAATE の最初の V は Versatile (多用途的) という意味で、共通のコアエンジンを使い、宇宙へのアクセスに始まり、遷音速旅客機から短距離離着陸 (STOL) 旅客機のよう

な民間機から超音速ミサイルを含む軍用機や、産業用または船舶用ガスタービンというように広範囲の用途に適用できることを目標としている。また、この多用途性における重点項目として、①多用途コアエンジン、②耐久性、③知的エンジンの3項目がある。①では、用途が変化して異なる燃料でも運転でき、環境に易しく、頑丈で整備不要のコアエンジンをイメージしている。②では、エンジン部品、特に高温部品の寿命を倍増して、低コスト化をはかること。③ではエンジン自身で最適化を図り、自己故障診断と自己修復ができる、どのようなミッションにも対応できるエンジンを目標としている。

VAATEの2番目のAはAffordableの略であるが、Affordability（アフォーダビリティ）という英語は、非常に日本語に訳しにくく、一言で言えば、「取得性」と言うことになるが、安価で入手し易く、運用するにも手間や修理費がかからないという広い意味での「取得性」と解釈できる。このプロジェクトでは、アフォーダビリティを数量的に CCI (Propulsion Capability /Cost Index) = $\Delta \text{Capability} / \Delta \text{Cost}$ (=能力向上度/コスト低減度) という形で定義しようとしている。分子の能力向上度の尺度として、大型のターボファン/ジェットエンジンの例を見てみると、 Δ 推力重量比を Δ 燃料消費率で割ったもの、また、分母の Δ コストは、開発費、製造費および整備費の総和の関数としている。そして第1段階では2010年までにCCIを6倍に、第2段階の2017年までに、CCIを10倍になるよう、高性能で手のかからないコストの安いエンジンを研究開発しようというものである。因みに、小型ターボシャフト/ジェットエンジンに対しては、CCIは夫々3倍と5倍と半分の数値になっている。

従来、IHPTETの時代までは、軍用エンジンと言えば、推力重量比や燃料消費率などの性能さえ良ければコストは軽視される傾向

にあったが、このVAATEでは、明確に低成本が技術開発目標の一つになったのが、特筆すべきことであり、新しい方向性を示唆している。

- △コストを構成する3項目のコストの中、
①開発費の削減のために、バーチャル設計・試験、早期の技術習熟、開発初期段階でのエンジン・機体統合、システムの同時開発などが考えられている。
- ②製造コストの削減のためには、システム間共通部品、先進加工技術、部品費削減、革新的組立技術、部品点数削減などが提案されている。
- ③整備費の削減に関しては、無整備的発想、損傷許容設計、計画外取下ろし率の低減、故障診断管理、高温耐久性向上、寿命延長、修理可能部品、検査技術の向上等が上げられている。

VAATEの3番目のAはAdvanced（先進的）の意味であり、主要な目標としては、①軽量でディストーションに強いファン、②多用途・広流量領域圧縮機、③ロバスト・損傷許容設計、④小型軽量・低排ガス燃焼器、⑤内蔵スターター・発電機、⑥高効率・長寿命タービン、⑦統合故障診断管理システム、⑧高強度偏向ノズル等である。

本プロジェクトには、空海陸の三軍の外にNASAや各企業、大学等が参加している。このような背景から最近のシンポジウム等では知的エンジンの話題が多くなってきた。

2.3 TBCC/RTA

宇宙へのアクセスのためロケットの代わりにタービンエンジン使用するという具体的な計画として、TBCC/RTA^{4),5)}（ターボエンジンをベースとした複合サイクルエンジン/革新的タービン式アクセラレーター）というNASAのプロジェクトがある。現在、スペースシャトルなどの打上の場合、空気の濃厚な地上から、真空空間に至るまで、空気中の酸素を必要としないロケットエンジンが使用

されている。これでは、システムが複雑で、莫大な打上費がかかるし、再使用にも限界がある。TBCC/RTAは、せめて空気のあるところでは、空気吸入エンジンである、タービンエンジンをマッハ4程度まで加速のためのアクセラレーターとして使用し、マッハ4~8+の領域は、2重モード・スクラムジェット(DMS)にバトンタッチしようという構想である。この構想の推進システムが実現できれば、通常の飛行機のようにして宇宙への旅立ちができるようになり、特別の打ち上げ設備が不要となる。また、システムが簡単なので、安全性が著しく向上するのに加え、燃料費が相当に安くなり、再使用も可能になる。これらの利点を総合して、打ち上げ費用は極めて安くなると期待されている。このような用途に使用するタービンエンジン(RTA)は、高マッハにおいて、非常な高温に曝されるので、それに対応した要素の技術開発が必要である。先ず必要な技術としては、先進的なアフターバーナー、軽量・耐熱材料と構造、高温に耐える軸受とシール、耐熱処理と熱管理、計測器と制御技術、燃料管理技術および解析技術であり、これらについて実証試験が計画されている。第2に必要な技術は、このタービンエンジン(RTA)とスクラムジェット(DMS)とを結合しての飛行実証試験である。これには、エンジン入口や排気ノズルなど機体との統合技術の開発が必要である。このプロジェクトは当然のことながら、上記のUEETやVAATEの技術開発ともリンクして進められることになる。このような技術が確立すれば、宇宙へのアクセスのみならず、共通の技術は通常の航空機用タービンエンジンにも適用でき、高性能化、と環境への影響の低減も期待できる。

3. 21世紀の革新的な航空エンジン

最近のシンポジウムなどでNASAは21世紀の革新的な航空機用エンジン⁶⁾と題して

発表を行っているが、その講演内容から、どのような革新的なエンジンが考えられているのか見てみたい。これは、前述のような各研究開発プロジェクトによって将来どのような航空エンジンが出現するかを予測しているものと考えられるが、各開発段階ごとに着実に技術実証を行い、その成果の上に立って次の段階に進む必要があるとしている。

4. エンジン概念/使用燃料の変革

第1段階として、可変機構、超高バイパス比、知的エンジンで代表されるガスタービンの変革がある。エンジンの各要素やシステムの開発を通じて、コンパクトで高性能で知的な亜音速または超音速機用エンジンを実現するとしている。航空用ガスタービンの歴史をみると、高性能化のためにバイパス比が次第に大きくなってきたが、そのために、エンジンの圧力比を増加させ、タービン入口温度を上昇させてきた。その結果、高温のためNO_xの発生が多くなり、且つ、超高バイパスになるとコアエンジンがファンの大きさに比較して極端に小さくなるという問題があり、従来のガスタービンでは限界が見えてきた。その中で更に燃料消費を低減し、排ガスの少ないエンジンを実現するために以下のよ

- うな技術の開発が必要だという。
- ①知的計算・制御技術。この中にはエンジンのリアルタイムの故障診断と性能最適化のための感知・制御技術が含まれる。
- ②性能増強または最適化のためのアクティブまたはパシブ制御が可能なスマート要素。この中には、騒音低減のための空気噴出し式ファンやインレットおよび排気ノズルの最適化技術、およびNO_x低減のための希薄燃焼の安定化などの技術が含まれる。
- ③エンジンの作動領域全体に対してエンジン性能を最適化できる適合サイクルおよびシステム。この中にはエンジン作動状

態に応じた最適形状が保持できる形状記憶インレットや排気ノズル、自己修復や損傷回避が可能な遺伝子DNAに似た性格を組み込んだ材料、空気通路の形状を変えてエンジンサイクルをどの条件にも適合させることのできるシステムなどが含まれている。

第2段階として、エンジン形態の変革がある。ここでは、分散型推力偏向エンジンを考えられている。これは、将来のバイパス比が更に大きくなる傾向にあり、ファンが大きくなつて機体の抵抗が増加する一方、超高性能化されたコアエンジンは益々小さくなつて経済的に製造する限界に達するという懸念に対する対応策の一つとして発想された技術である。これは、大きなエンジンを少数搭載する現在の方式とは異なり、多数の小型またはマイクロエンジンを機体上に分散配置してエンジンのコントロールで機体の制御もできるようにするというものである。分散配置の方法にも以下の3通りの案が考えられている。

①小型(推力100~1,000lb)、ミニ(推力10~100lb)、またはマイクロ(推力10lb未満)のいずれかのエンジンを分散配置する案。この案では小さいエンジンを主翼上面後縁にスパン方向にずらりと並べ、尾翼の代わりに小さいエンジンを胴体後端部の円周上にぐるりと配置した形態が考えられている。この形態では、主翼の境界層を吸引することから空力特性が向上し、燃料消費に寄与するのに加え、エンジンが主翼の上にあり、且つ分散しているので騒音低減にも寄与すると言われる。

②共通のコアエンジンで多数のファンや推進器を駆動する案。この案では、主翼上面に並べたファンを高性能ギアボックスを介して機械的に駆動する案およびコアの排気をダクトで導いてファンの先端に付けたファンを駆動する案などがある。主

翼の空力的な利点は①の案と同じである。

③排気ノズルを分散配置する案。この案は超音速機に適しており、ダクトで導いた排気を長さの短い非常に扁平な二次元ノズルから噴出して飛行するものである。これによりノズルを軽量化でき、騒音、特にサイドライン・ノイズを著しく低減できるとしている。推力偏向も可能である。

第3段階に使用燃料のインフラの変革がある。現用の炭化水素燃料は、将来的には石油資源の枯渇またはそれ故の高騰で、使用しにくくなること、および環境汚染に対する規制が厳しくなることから、遠い将来には電気エネルギーで飛行するようになると予測している。しかし、その段階に移る前に中間的な時代が必要であり、ここでは低炭素燃料や水素燃料、または、ガスタービン/燃料電池ハイブリッド型も考えられる。この具体的な例としてロールス・ロイスの案⁷⁾では、ガスタービンで燃料電池をブーストして性能を向上させ、直接発電させる一方、ガスタービンで別の発電機を駆動して全体の25%程度の電力を発生させる計画である。当初は発電プラント用であろうが、将来的には航空用にも使用できるであろうとしている。

第4段階として、代替エネルギー変革がある。ここでは、燃料電池やその他の高エネルギー源を動力とし、ガスタービンを使わず、排ガスなしの推進システムを実現しようというものである。最近の燃料電池の発達には著しいものがあり、その単位重量当たりの出力は次の5年間で2倍にできると予測されるほどである。そして燃料電池を動力とする小型機で実験的な目的の飛行なら可能なレベルに達しているといわれる。大型機に対しては、先ず燃料電池をAPU(補助動力装置)に使用することから考えている。これにより現在ガスタービン式のAPUの排ガスが空港周辺

の環境汚染に20%程度占めているものを0%にすることができる。燃料電池の単位重量当たり出力が5倍になればリージョナルジェット機のような中型機、10倍になれば大型の電気駆動旅客機が実現すると言われている。その場合、分散配置エンジンの場合と同様に主翼内に収められた多数のファンがモーターで駆動される形態となり、低騒音の機体が実現できる。

5. その他の新技術の傾向

5.1 最新の騒音対策

航空機の騒音規制は、厳しくなる一方であり、騒音対策の研究は際限なく続けられている。時には、騒音規制に対して、どれだけ低騒音化と言うことが、航空機のセールス・ポイントになることがある。例えばGE社の計画では、2008年にFAR 36の騒音規制のStage 3より累計で26 EPNdB、更に次の段階で33 EPNdB低減すると言っている。これには、形状記憶合金製のギザギザの付いた排気ノズル、半アクティブ吸音材などを使用する計画であるとのことである。

5.2 热交換器付きガスタービンエンジン

ヨーロッパ9カ国から15の企業や機関が参加して実施中のプロジェクトEEFAE(欧洲委員会高効率環境適合型航空エンジン)の2大テーマの一つで、中長期計画で2020年代の狭胴機用のエンジンを狙ったプロジェクトで、CO₂を20%、NO_xを80%削減するという目標でCLEAN^{8),9)}(環境に優しいエンジンの要素確認供試体)が進行中である。この研究の中で大幅な燃料消費率削減のため熱交換器を装着した形態の研究が進められている。エンジンとしての完成には時間が掛かるが、台上試験が実施中である。RR社やMTU社などヨーロッパの会社では共同でCLEANプロジェクトを進めているが、その中の一主題である中間冷却器・熱交換器付きターボファンはタービン入口温度や圧力比を

極端に上げないで高効率の得られる新しいサイクルのエンジンだと説明¹⁰⁾している。

5.3 電気駆動エンジン

現在、補機類は、エンジンのギアボックスに装着して機械的に駆動しているが、エンジンの軽量化、コンパクト化、高性能化を計るため、これを全て電気で駆動したいという議論は昔からあった。全電気エンジンとか、より電気の多いエンジンとか、呼ばれている。電気を供給する方法には幾つかの考えがあるが、その一つに燃料電池を使用した推進システムの話は前述の通りである。また、発電機をギアボックスで駆動するのではなく、ファンや圧縮機軸に直接取り付けたマグネットコイルによって発電するという考えがある¹¹⁾。全てを電気駆動にしてしまうと、ギアボックスは不要となり、潤滑油の使えなくなるので、軸受を空気式とかマグネット式を含む、オイルレス軸受にする必要があり、その開発が鍵となる。NASAを見学した際、特殊なコーティングを施したオイルレス軸受の実験の実演を見せてもらったが、この種の研究はかなり進んでいるとの印象を持った。

5.4 PDE(パルス・デトネーション・エンジン)

第2次大戦でドイツが使用した有翼のミサイルV-1は、パルスジェットで推進されていた。パルスジェットは、燃料の燃焼によるエネルギーを推進力に変えて飛行するわけだが、このPDEは、燃焼ではなく、デトネーション(爆発)による高圧の燃焼ガスの噴射で推進するという原理である。アメリカを中心に研究が進み、小規模な試験を行う段階まで進んでいるが、入口のバルブを耐久性の高いものにせねばならず、実用面で解決すべき課題は多い。PDEを単独で使用するのではなく、ターボファンなどに組み込んで使うという、いくつかのアイデアが検討されている。GE社の試算では、PDEをターボファンに組み込んだ場合、燃料消費を22.5%節

減できるという。

6. む す び

ガスタービンを基とした航空用エンジンは、高温化、高圧力比化の努力を続けてきてることで、著しい発展を遂げ、騒音や大気汚染についても性能的に最小限の犠牲で適切な対策を講じてきた。今後は、汎用性・多用途性が問われると同時に、広い意味での取得性(アフォーダビリティ)が問われるようになる。これには、従来の性能向上に対する研究を行うと同時に、電算機を駆使して開発費、開発期間を少なくすること、知的エンジンにして運用状態の変化や損傷に対して適合性を持たせ、運航費を低減するなどの必要性がある。炭化水素燃料を使用する限り、高温化によって NO_x の発生が増加すること、超高バイパス比になることによってコアエンジンにサイズ的な限界あるなど、高性能化にも限界が見えてきたことから、電気式エンジンの必要性が高まってきた。近年の燃料電池の急速な発達により、将来的には、燃料電池で飛行する旅客機も夢ではないと考えられるよ

うになった。これが実現すれば、究極的な高性能、無公害エンジンが出現することになる。

文 献

- 1) NASA, UEET Web サイト : <http://www.ueet.nasa.gov/overview.php>
- 2) UEET Fiscal Year 2002 Performance Report, NASA Glenn Research Center
- 3) Versatile Affordable Advanced Turbine Engine (VAATE) Web サイト : <http://www.pr.afrl.af.mil/divisions/prt/vaate/vaate.htm>
- 4) Turbin e-Based Combined Cycle (TBCC) Revolutionary Turbine Accelerator (RTA) Project Web サイト : <http://tbcc.grc.nasa.gov/>
- 5) Turbine-Based Combined Cycle, NASA Glenn Research Center パンフレット
- 6) Arum K. Sehra & Jaiwon Shin 著 “Revolutionary Propulsion System for 21st Century Aviation”, IGTC 2003 Tokyo TS-106
- 7) Dr. Mike GJW Howse 著, “Rolls-Royce and Gas Turbine”, ISABE 2003-1004
- 8) Klaus Steffens & Rainer Walther 著, “Driving the Technological Edge in Airbreathing Propulsion”, ISABE 2003-1002
- 9) CLEAN-Component Validator for Environmentally Friendly Aero Engine, MTU Aero Engines パンフレット

インターノイズ 2003*

山 田 一 郎**

1. はじめに

インターノイズは、国際騒音制御工学会 (International Institute of Noise Control Engineering; I-INCE) の組織下で、各国の加盟団体が毎年持ち回り開催する騒音・振動制御の問題に関する最大の国際会議で、騒音振動の発生から伝搬、暴露に至る人体及び動物への影響、基準・規制等、あらゆる側面にわたり討議する。

インターノイズ'03は、その第32回目、2003年の会議で、韓国の音響学会と騒音制御工学会が主催して2003年8月25~28日に掛けて韓国チエジュ島(済州島)のソギポ(西帰浦)市の国際会議場に於いて「交通騒音」を会議のテーマとして開催された。今年は、イラク戦争やSARS騒動があり、会議を主催した韓国では、予定通りに開催できるか参加者が集まるかとさぞかし気が揉めたことであろう。

チエジュ島は、韓国最南端にある卵形の島である。気候温暖なリゾート地であり、新婚旅行の定番として親しまれている。会議場のあるソギポ市は島の南側にあり、北側のチエジュ市の空港からバスで一時間半、タクシーでも一時間掛かる。東京を朝早く発ったのに島の中央の標高1950mのハルラ山の裾野

に沿って島を縦断してホテルにたどり着いたのは早や夕方だった。生憎今回は天候に恵まれず、会議中ずっと曇天が続き時にスコールのように雨が降った。ホテルの部屋からは海とビニールハウスが見えた。当初、島は九州の北にあり、海の向こうはてっきり福岡だと思い込んでいたが、実際はずっと西側にあり、まっすぐ南下すると700-800kmで沖縄に至るらしい。

主催者報告によれば閉会式の時点での論文発表は658件で37カ国784人の参加登録があった。同伴者や展示のみの参加まで含めると1032人の参加があった。韓国400人、日本153人、米国32人、ドイツ24人、フランス12人の順だった。論文数は韓国284件、日本124件、米国35件、ドイツ30件、中国28件、香港9件の順であった。口頭発表が主だがポスター発表も103件あった。基調講演は9件であった。

本会議に先立ってI-INCEの年次総会が開かれ、それに日本音響学会の代表として出席した。本会議では、自らオーガナイズした「航空機騒音の監視と予測」に関するスペシャルセッションを司会するとともに2件の招待講演の共同研究者として発表に参加した。その他、騒音評価や騒音政策に関するセッション、将来の議題を検討する新たな試み(テクニカルセクション)にも参加した。なお、インターノイズ終了後、韓国的新国際空港である仁川空港を訪問し、環境保全対策に係る情報交換と施設見学を行った。

* Report of Inter Noise 2003, by Ichiro Yamada
(Head, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
所長

2. 年次総会

年次総会は、I-INCE の最高議決機関として年一回開催される。今回は日本音響学会の代表として出席した。総会では加盟団体の資格に関する審議、年次会計報告、新年度予算、将来の運営の見込、今後のインターノイズ開催予定についての報告があった。2004 年チェコ/プラハ、2005 年ブラジル/リオデジャネイロ、2006 年米国/ハワイで開催の予定である。I-INCE が特別に設置している作業グループ (TSG) の活動報告もあった。

3. 本会議

開会式：組織委員長である韓国 Hee Joon Eun の開会宣言、チエジュ道知事の挨拶、I-INCE 会長 T. Kihlman の挨拶などがあった。

基調講演 1：韓国ソウル国立大学 Jang Moo Lee による「様々な系の固体音の解析」と題する講演。韓国、日本、中国の梵鐘の音響放射から話が始まったが、後半は式が多く興味が薄れた。

基調講演 2：ドイツアーヘン大学 Michael Vorlander の「騒音制御と可聴化」と題する講演。可視化の技術の有効性を改めていう必要はないが、可聴化も劣らず意義がある。様々な騒音対策にどれほど効果があるか、実際に聴いてみるとことである。真に実用的な応用はこれからであろうが、航空機騒音の予測モデルへの応用の観点で眺めても面白かった。

航空機騒音の監視と予測のセッション：航空機騒音の自動監視と騒音予測モデルに関する研究発表があった。座長は I. Yamada (Japan) と Soogab Lee (Korea)。当初、ノルウェー運輸省の技術者と企画し、航空機騒音の予測に関する招待講演も集める予定であったが急病で作業を行ってくれなかつたため、山田の依頼した騒音監視に関する講演を

主とするセッションになった。なお、残念ながら、今回あまり聴衆が集まらなかった。

テクニカルセクション：騒音政策に関するテクニカルセクションの会議に出席した。今後取り上げるべき研究テーマとして航空機騒音や道路交通騒音、鉄道騒音、一般環境騒音などが混在する環境を想定して複合騒音の評価法を考えよう提案した。

4. インチョン空港訪問

インターノイズ終了後の 8 月 29 日朝のうちにチエジュを発ち、午後一番でインチョン（仁川）空港を空港公団（尾形、黛両氏）、新東京国際空港振興協会（篠原氏）とともに訪問した。広報部の国際協力担当課長（宋氏）が出迎えてくれ会議室に案内された後、国際協力担当部長（宋正泰氏）及び環境安全部環境管理課の課長（趙完衍氏、昨年成田訪問）から歓迎の挨拶を受けた。その後、空港の現況や環境管理業務、航空機騒音の自動監視の紹介があった。日本側も空港公団が環境監視について説明し、山田が日本の環境対策の法的枠組みや環境基準について説明した。インチョン空港は 2001 年 8 月に 3750 m の平行滑走路 2 本にて開港した。将来 2 本追加される予定である。現在、310 回/日の離着陸がある。島嶼部に空港が建設されているため、騒音の影響を受ける地域は限られているが、飛行経路下にあたる島に騒音を受ける人が幾らかおり、また将来の交通増を見据えて、全 10 箇所に自動監視局を設けて航空機騒音の監視をしている。なお、空港の南側に島がなく、監視局は北側だけに偏在している。大気の監視も行っているとのことであった。説明の後、監視システムの中央処理装置を見学した。騒音状況を実時間モニターし、日報を作成し、定期的に航空会社に通知している。レーダー情報による飛行経路監視も行っており 80 dB を越える騒音が出たら航空会社に対して騒音低減を図るように勧告し、協力を求め

ているそうである。なお、暗騒音が低いこともあり、音源の自動識別に特別な手法を取り入れることはしていないようであった。韓国は、わが国と同様、航空機騒音の評価にWECPNLを用いているが、監視局での騒音状況は、2002年現在、滑走路端を除き、56~70dBに留まっている。国の法律ではWECPNL 80dB以上について防音対策することとなっており、二重窓にする他、天井・壁に対策を施す。なお、インチョン空港では70dB以上の対策を考えているが、まだ住民からの申込みがなく、対策内容は確立されていない。

5. 航空機騒音に関する個別発表

Tai-Gang Lee 他：韓国における航空機騒音評価尺度と等価騒音レベルの比較

現在、韓国は航空機騒音の評価尺度としてWECPNLを用いているが、多くの国々では航空機騒音だけではなく環境騒音全般にLeq等を使用している。WECPNLの計算手順は自動監視システムなしでは難しく複雑である。この報告では韓国の5つの空港に設置してある航空機騒音自動監視システムの観測結果を用いて騒音評価量の比較を行う。結果は韓国の航空機騒音の評価尺度と基準を適切なものに改訂する上で有用である。

N. Shinohara 他，地面による過剰減衰の気象条件を考慮した評価方法

航空機騒音の予測においては地面による過剰減衰(EGA)を補正することが必要である。よく知られたSAE/AIR 1751式は少し過大評価になるといわれるが、地上伝搬の寄与を表すGTG項と空対地での寄与低減を表すATG項の積として記述する簡素な表現は捨て難い。そこでこの報告は、最近の航空機の音源特性に基づきSAE式を導く手続きをたどって妥当性を検証し、式を再構築した結果を述べている。その結果、GTG項は気象条件で変化すること、機種変遷の影響は大き

くないことが確かめられた。次に、再構築した式の妥当性が成田の航空機騒音自動監視装置の観測結果を使って検証され、GTG項とベクトル風速との関係の妥当性が確認された。ATG項の妥当性についても調べられ、SAE式とは異なり、ATG項は仰角10°を越えると急速に減衰することが分かった。これに基づき、長期間平均騒音暴露を評価する際の代表気象はなにかが考察されている。さらに、気象条件別EGA補正式が提案されている。

S. Ogata 他，成田空港における統合的な航空機騒音監視システム

成田空港では空港公団により低騒音型航空機の導入や家屋防音工事など様々な環境対策が実施されており、その効果確認や苦情対策を目的として、空港公団や自治体が合計71箇所の観測点で航空機騒音の自動監視を行ってきたが、1997年から空港公団と自治体の合意の下に効率的かつ透明な方法で一元的に航空機騒音を監視するために、成田空港地域共生財団が全監視局の維持管理と観測データの解析を行うようになった。さらに、2002年春から暫定平行滑走路が供用開始となり、その経路にも監視局が設けられ、100局を超える膨大な局数の騒音のデータを処理する結果になった。そのため共生財団はデータ処理装置を一新し、ATCレーダーデータや音源識別処理を行う機能を追加した。本報告では、装置の機能や成田空港における航空機騒音や飛行経路等の情報公開について概要を紹介している。

K.-Y. Fung, 香港における飛行経路下の監視局の航空機騒音

香港新国際空港の滑走路25に向けて航空機が最終進入する飛行経路は、高度1370m位で住居の密集地域を通過する。これら地域での住民の航空機騒音に対する初期の反応に促され、離着陸経路の側方に騒音と飛行経路の自動監視局が設けられ、膨大な監視データ

が取得され、WEB 上で情報公開されるようになった。本報告ではこのデータを解析し、機種や風向風速・降雨の条件、その他環境条件への依存性を検討した結果を述べる。

K. Fukushima, 無人の騒音監視のための音の到来方向による航空機騒音識別

この報告では音の到来方向の情報を利用した飛行経路の自動識別の手法について実験に基づいて検討した結果を述べる。無人航空機騒音監視システムにおいては、監視地点に於いて飛行経路を識別する必要がある。ここでは、平行に滑走路がある大空港の滑走路から20 km離れた地点の無人監視局で観測実験を行ったが、この場所は、近くに交通量の多い道路があり、音環境は複雑であった。そこで、音の到来方向に基づき音源分離する手法を開発し、取り入れた。個々の単発騒音についての音の到来方向平均法線ベクトルを仰角と方位角で表して、音源識別する方法である。実験の結果によれば、飛行経路のカテゴリーに応じて観測データを首尾よく分類できた。

Y. Onuma, 空港の側方地域での航空機騒音の監視場所の選定

この報告では空港の側方に位置する丘陵地帯での航空機騒音の監視場所の選定調査の結果を紹介する。無人の監視装置は、飛行経路下に設置されることが多く、事前に暗騒音や周囲建築物、地形等からの音の反射や回折が監視に影響しないかが調べられる。しかし、空港の側方で監視する場合には複雑な音源の状況にも注意せねばならず、離陸滑走、リバース、タクシーリング、APUの稼動などを区分けして観測する必要がある。そこで、幾つか候補地点を設けて実際に騒音を観測し、監視の適性や音源分類の可否を調べたところ、騒音の到来方向の変化の情報を活用すれば音源の分類が可能であることが確かめられた。しかし、監視場所の適性については滑走路との位置関係により騒音の状況が変化する

ため、画一的には優劣を決められないことが分かった。

A. Nakashima, Dash-8 の地上試運転の騒音の能動騒音制御のための測定

2002年8月カナダのバンクーバー国際空港で航空機(deHavilland Dash-8)のエンジン試運転の騒音測定を行い、その音が空港に隣接する地域に放射されるのを能動騒音制御(ANC)の活用により制御する可能性を調べる目的で騒音のスペクトルを解析した。騒音は次に示す3通りのエンジン稼動状態で観測した：1) アイドル状態、2) 最大出力状態、3) 片方はアイドル、もう片方は50%の出力。その結果、アイドル時の騒音は、ANC適用を有効にするほど純音成分を持たないが、50%～最大出力時の騒音はANC適用に足りる大きさの(ブレード通過に伴う)低周波成分とその高調波を含むものであることが分かった。騒音の指向性は、最大出力では概ね4極子、50%出力では双極子と分かつた。それ故、ANCを適用するにはエンジンの出力に応じてANCの掛け方を変化する必要のあることが分かった。

Norun Hjertager Krog, 屋外リクリエーションに興じる時に航空機騒音に暴露される条件と自宅で騒音に暴露される条件でのうるささの関係

1998年、ノルウェーの主要空港の移転に関連し、地域の屋外リクリエーション用区域に滞在する人々への航空機騒音の影響に関する研究を行った。騒音暴露とうるささの関係に関する大半の研究は様々な影響を個別に調べているだけで、人々が騒音と折り合いを付けて何とかうまく処理して行こうとするへの総合的影響については殆ど調べられていない。この研究の目的は家にいる時に騒音のうるささに悩まされている人が、そうでない人に比べて、屋外リクリエーション場で航空機騒音に暴露された時の反応が異なることを調べることである。そこで、空港移転で騒音

暴露が増加した戸外リクリエーション場で、空港の移転前後に行った現地調査の結果から、自宅で暴露される騒音のうるささ、騒音暴露の変化、地域特性を記述する変数を制御しつつ行った多重回帰分析により戸外リクリエーション場での航空機の騒音暴露とうるさきの関係を検証した。

Hyuk Son et al., 航空機騒音を低減するための学校の教室の窓のデザイン

本研究は航空機騒音に対する学校の教室の遮音性能を適切なものへと設定するために必要な窓を見つけることを目的とするものであり、それを達成するため、窓の空気層の厚みや空気層に充填する吸音材料の厚みを変えて窓の遮音性能の測定を行った。その結果、(一重、二重、三重) 窓の遮音性能の改善を図る方法が見つかった。結果は窓枠の製造や性能向上に役立つものである。

David Southgate, 住民が空港計画過程にもっと効果的に参加できるようにする将来の航空機騒音の検証方法

近年、空港周辺の航空機騒音の状況を記述する新たな考え方方が出現している。騒音や飛行経路を監視する装置の進化、コンピュータグラフィックス、インターネットなどにより、実際の航空機騒音の状況を公開することが可能になった。しかし、こうした新たな透明性確保に有効な構想は過去やせいぜい現在の騒音に適用されるのみであった。空港の基本計画や環境影響評価などの公式的な計画過程においては、将来の航空機騒音は今なお従来の日平均的な対数尺度の騒音センターを使って検証・評価されている。しかし、センター作成計算プログラムは複雑で時間が掛かり、しかもセンターは一般人に十分な情報を提供するものといえない。この専門家ベースの手法は、住民が空港計画に実質的に参加する機会を厳しく制限している、つまり相互に競合する複数の空港運用計画に伴ってもたらされる騒音暴露を公開された形で綿密に調査

することを妨げるのである。本報告では、この状況を開拓するために、オーストラリア輸送省により開発されたソフトウェアツール TNIP (交通騒音情報処理パッケージの略) の活用を提案する。TNIP は、簡単かつ高速に「何をどうすればどうなるか」といった体験的解析を通じ、また、批判の多い「平均的一日の騒音暴露」式の評価を超越する将来の航空機騒音についての総合的な情報を提供することを通じて一般人が将来の騒音状況について検証することができるようにするものである。

Masaru Koyasu, 新東京国際空港（成田空港）周辺の住民への航空機騒音の健康影響に関する調査

成田空港地域共生財団では成田空港周辺の住民を対象に航空機騒音の健康影響調査を実施した。健康影響は、生理、心理、物理の三つの影響のカテゴリーに分類できる。調査地域は空港周辺の騒音地域と空港に隣接するが航空機騒音の影響を受けない対照地域からなる。調査対象は 1969 人の 20~80 歳の女性で調査紙の回収数は 1326 (67%) であった。生理影響の調査は本調査のため特別に用意した質問票により行った。うるさきと様々な生活妨害については騒音区域と対照区域で統計的にみて明確な差異があった。また、騒音区域においては、航空機騒音暴露レベルとうるさきの程度に明確な関係が見られた。健康及び感覚的な影響への主観的な兆候を東大式健康指数 (THI) といわれる健康調査票で調べた。その結果、対照地域と全騒音地域の間に、平均値で見る限り、統計的に有意な差は見られなかった。ただし、航空機騒音の暴露が最も大きい地域に限定して対照地域との間で比較すると、幾つかの主観的兆候の項目で、平均スコアからわずかに高い程度だが、統計的に有意な差異があり、感覚影響が示唆された。

J. Micah Downing, 軍用航空機の騒音の伝搬と影響評価の先進的音響モデル

現在、米国国防省において、軍用機の飛行がもたらす影響を評価するために用いている環境騒音モデルは高性能のエンジンやベクトル推力機能を備えた新世代の戦闘機には適さない。この欠点により、空軍基地や練習場における飛行訓練に支障をきたす可能性があるため、今日の計算処理技術を駆使し、現行及び将来の航空機運航にも対応できる処理能力を持つ新たな予測モデルが必要とされている。現在、そうしたニーズにも答えられる新モデルを開発中であるが、それができれば様々な気象条件や地形条件の下に民間機から新型戦闘機まで幅広い種類の航空機騒音を評価し、その影響を軽減するのに活用できるようになる。新モデルは、非線形な振幅の伝搬効果や変化する指向性、地形や建物等の影響、様々な地面特性並びに気象条件を考慮するものとなる予定である。さらに、住民に騒音の影響や軽減対策について分かりやすく説明する助けとなるよう、現行モデルではできない、騒音の動的な可視化を可能にする新機能や操作性を持ったものになる。

Rinus Boone 他, マイクロホン配列及び音響インテンシティに基づく開口合成による航空機騒音暴露の測定

航空機騒音を測定するために特別な配列型マイクロホンを開発した。鉛直な分散配置型の直線配列であり、余分な騒音源からの音や風雑音を 5~10 dB 抑制できる。配列出力は個々の通過航空機の受音レベルの時系列であり、さらにそのデータをインテンシティに基いた開口合成技術 (IBAS) によって事後処理して上空通過の間の航空機騒音のパワーや指向性を推定できるようになっている。これにより航空機騒音を制御・抑制するために必要な、様々な位置にいる航空機からの騒音暴露への寄与を計算できる。手法の有効性を示すため行った一連の試験測定の結果を示す。

Sergey N. Baranov, 音響的疲労による航空機構造物の障害を予測し、監視するための Markov 型, Kohonen 型及び Discriminant 型のネットワークの性能

ジェットノイズや乱流境界層流中の圧力ゆらぎ、あるいは可聴周波数領域における高レベル広帯域の音響負荷によって疲労障害が生じる可能性のある薄い壁で作られた航空機構造物の診断の問題について検討している。破壊の可能性は、検査箇所として設定した位置で測定される構造パラメータのスペクトル特性から評価する。Markov 型, Kohonen 型, discriminant 型のネットワークを使って所定の不確かさの範囲内で音響疲労を予測し、構造診断を行う。Markov 型のネットワークは状態間遷移確率一定の連続時間・離散状態型の Markov 過程である。遷移確率はネットワークに学習させる段階では自由パラメータとして取り扱う。Kohonen ネットワークを用いれば前もってスペクトルに生じる破壊性の型やそれに伴う変化が予測できない時でも構造を診断できることが示された。Discriminant 型ネットワークは、多変量の統計解析を行うもので、統計的モーメントの標本推定をネットワーク学習中に定義される自由ネットワークパラメータと想定する。ネットワークの有効性は特別に用意した合致度試験により推定する。

Bart Peeters, OPERATIONAL MODAL ANALYSIS による航空機飛行試験データ強化型取得方法

新型航空機は、その開発工程の最後に、飛行時フラッター試験の認証を受ける。この試験は、様々な飛行速度で航空機を飛行させ、航空機の機体構造の幾つかの位置における加速度を測定するものである。その目的は、フラッターのような空力弹性的な不安定に陥らないことを確かめて飛行可能領域を明らかにすることにあり、フラッターが生じていないことの確認はオンライン/オフライン振動解

析によって得られる信号の時間履歴とスペクトルの監視、固有周波数や制動比の抽出、及び対気速度上昇に伴う周波数と制動の変化を追跡することによる。しかし、飛行時データの解析は、試験項目の複雑な性状や試験時条件の困難さに関係する多くの問題を生じる。この報告では Operational Modal Analysis によって飛行データ抽出を強化する可能性について検討している。入力情報を必要としないモード解析技術を用いる理由は、人工的加振装置による加振力を測定することが困難だからであり、また、モード解析は常時微動（自然の乱れ）を入力として実行できるからである。この問題を調べるためにビジネスジェット機による実飛行データを用いた。

Masamoto Mayuzumi, 成田空港の地域共生策

この報告では成田空港公団（NAA）が新

滑走路の完成に向けて導入した特別な環境戦略に焦点を当てる。成田空港は 1978 年に開港した。当初、滑走路を複数持つ計画であったが、住民からの継続的反対で長年にわたって一本の滑走路で運用されてきた。しかし、地域と友好な空港を目指す NAA の努力もあって反対問題が解決され、2002 年の四月に新たな平行滑走路の運用開始へ道が開かれた。空港の存在は周辺地域に大きく影響を及ぼすので NAA はその影響を最小限に止めるための様々な戦略を取ってきた。地域の発展、空港の発展そして空港と地域の共生の三本柱を基本の考え方として新滑走路の運用を行うことと歩調を合わせて様々な環境保護策を実施している。NAA は地域社会の一員として空港と周辺地域との共存を実現するため、環境と地域にやさしい空港を目指して努力している。

内外報告

騒音に関する国際規格を審議する ISO/TC 43/SC 1 総会：2003 ベルリン会議*

山 田 一 郎**

1. はじめに

音響に関する国際規格を審議する国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 43 の分科専門委員会 SC 1 (騒音) の第 23 回の総会が 2003 年 9 月 25 日から 26 日に掛けてベルリンに於いて開催された。

総会に先立って 23 日の午後に測定の不確かさに関するセミナーが開催された。ここ数年ほど ISO/TC 43 は規格に測定の不確かさに関する記述を加えるよう要求し、推進の音頭を取ってきたが進展しないため、セミナーが企画された。測定の不確かさの取り扱い方の解説や取り扱い事例の紹介等があった後、議長から「屋外測定においては個々の変動要因の分布形状や不確かさの程度を推定することが難しく、測定全体の不確かさの現実的な値を設定することも困難であり、形式的な定式化に留まらざるを得ないかもしれないが、ISO 中央事務局の方針に従い、測定の不確かさに関する記述を記載する」よう要請があつた。

なお、この報告は日本音響学会、日本騒音制御工学会の会誌に掲載された記事等^{1,2,3)}において筆者が執筆した内容等に基づいて記したものであることを断つておく。

2. 総会の概要

SC 1 (騒音) の総会は 25 日の朝から 26 日の午前中にかけて一日半にわたり開催された。日本からは国内委員会の委員長である橋秀樹教授（東大生研）のほか、幹事の筆者を含め、合計 6 名が出席した。前回の総会以降、本総会までに正式規格 IS 9 件、規格追補 1 件、技術仕様書 TS 2 件が発行された。本総会の直前に ISO 10846-4 も発行された。一方、事務局から加盟団体に回付された文書は最終規格案 FDIS 7 件（最終規格追補 FDAM 1 件を含む）、規格案 DIS 2 件、委員会案 CD 8 件、新規作業提案 NWIP 14 件（再確認 1 件を含む）であり、各々承認された。総会開始前の時点で、活動中の作業グループ WG は 16、作業項目 WI は 38 件、予備段階に留まる作業項目 PWI は 12 件であった。

総会の開会挨拶で、議長は、規格審議終了までの期間を最大 3 年、特別な場合でも 4 年とする新方針が最近決まったことに言及し、新方針を満たすことができるか疑問ではあるが、傾聴に値する点もあり、プロジェクトの管理を厳格に行うこと、審議が進まない時は TS にすることなどを検討する必要性があると指摘した。さらに、測定の不確かさにも言及し、1999 年のプラハ総会での決議以来、測定の不確かさにも注意が払われるようになったが、記述指針と整合する形で記述されるべきだという要求事項を決議し、採択するよ

* Report on the 2003 plenary meeting of ISO/TC 43/SC 1 in Berlin, by Ichiro Yamada (Head, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター所長

う提案した。議論の結果、表現に若干の修正を加えることを条件に合意された。

議長はまた、SC 1 で審議される規格案の用語を統一の取れたものにするための議論に言及し、最近の規格や規格案で使われた用語を収集し、用語審議のために結成された特別グループに回付したと述べた。事務局長も、収集した用語の数が多過ぎたため、議長と相談し、重要用語 20 個に絞り込んだと説明した。取りまとめた結果は最終的には技術報告 TR として出版される予定であり、次回の総会で承認を受ける見通しである。

3. 作業グループ WG の活動概要

TC 43/SC 1 に参加する国は 24、オブザーバーは 16 ある。SC 1 の責任で発行されている ISO 規格は全部で百余り（2003 年 9 月時点では IS が 93 件、TR が 8 件、TS が 4 件、ただし追補は除外）、活動中の作業グループ WG は 15 ある。以下、主な WG の活動概要を簡単に紹介する。

WG 17：防音保護具の遮音性能の測定方法

ベルリンで会議を開き、以下の結論を得た。1) TR 4869-3 を正式規格にすることを審議し、不確かさの付録を付した CD 文書を 6 ヶ月以内に用意する、2) TR 4869-4 は EN 352-4 “防音保護具—第 4 部：レベル依存型イヤーマフ”を基礎にして規格化する、3) ISO 4869-5 は準備段階に止める、4) ISO 4869-6 は、EN 352-5 “防音保護具—第 5 部：能動型騒音低減イヤーマフ”を改訂の基礎として作業する、5) ISO 4869-7 は、コメント処理したが不確かさの記述に決着をつけられなかった。

WG 22：固体音発生源としての機械の性状

ベルリンで会議を開き、前回総会での決議に従い、TR 7849 を TS に改訂することを審議した。3 部に分割して規格案を策定することを提案し、了承された。振動の振幅と位相の測定に基づく方法を規定する TS 7849 第 4

部を準備することになるとの見通しを示した。

WG 23：計算機・事務機器が放射する空気伝搬騒音の測定方法

CD-ROM, DVD-ROM ドライブの騒音測定方法、ISO 7779:1999への第 1 追補 C.19 を 2003 年 3 月に発行。ISO 7779 関連で 4 つの追補を提案し、了承された。昨今急速に普及したデータプロジェクタの騒音測定方法に関する日本からの新規提案が出されている。情報技術装置の冷却用ファン単体の測定方法 ISO 10302 の改訂では、日本の業界規格 JBMS-72 に基づき CD 案を提出、2004 年中に DIS 化の予定。

WG 28：機械騒音の放射に関する基本規格

ベルリンで ISO 3741, ISO 3743-1, ISO 3744, ISO 3747 の改訂案を作成した。まもなく第 1 次 CD として回付する予定。ISO 3745 の自由音場における定量評価の手順を述べる付録 A は、汎用的に適用できるため、いずれ新たな作業項目として提案する。

WG 31：弾性部材の音響伝達特性の測定方法

ベルリンで CD 10846-5 の第 1 次案作成を行い、概ね完了した。ISO 10846-1 と ISO 10846-2 の改訂作業もしたが CD 文書提出に至らなかつた。主査交代の申し出があり、オランダの Verheij が後任に推薦、了承された。

WG 33：様々な路面上での交通騒音の測定方法

ベルリンで会議を開いたことを報告し、EU プロジェクト SYLVIA の測定結果を待つため、ISO 11819-1 の改訂案作成は 2004-09-30 まで一年遅れとなると述べた。改訂作業を始めてしまったので TS として作成することとし、一年間の作業期限繰り延べを提案し、了承された。

WG 37：航空機の機内騒音の測定方法

2001 年の ISO 5129 発行後、不確かさを記述する附属書を準備することになっていたが、プロジェクトリーダーの案が認められ

ず、PWI 5129 を削除し、WG 37 を解散することとなった。

WG 40：環境騒音評価のための衝撃音伝搬
ベルリンで会議を開き、2004 年 10 月までに CD 文書を作成し、事務局に提出する。

WG 52：民間空港における航空機の騒音

ベルリンで会議を開き、第 3 次 CD のコメント処理をしたが終了せず未完成なまま第 4 次 CD として総会に提出された。審議の結果、2003-12-31 までに改訂案の作成を終了し、第 5 次 CD として回付できるようにすることが採択された。

WG 53：作業環境における騒音暴露の測定と評価のための指針（ISO 9612 の改訂）

作業環境下における騒音暴露の測定と評価の指針を規定する規格 ISO 9612 の改訂に係る審議を開始したところである。

以上のほか、ISO/TC 43/SC 1 は専門委員会 TC 127 と共同で、土工機械から外部に放射される騒音の測定方法を規定する規格 ISO 6393-6396 の改訂に係る審議をしている。また、TC 188 と共同で、空気伝搬騒音の測定方法を規定する規格を審議している。

4. 総会決議

本総会の決議事項は以下の通りである。

決議 1：1) ISO 6393-ISO 6396 の改正案を作成する際に騒音表示、不確かさの問題について SC 1 の見解を表明できなかったことを遺憾に思う、**2)** 情報提供も提案提出も作業グループでの検討も行われなかつたことを遺憾に思う、**3)** ISO 12001 の要求に従い、これらの課題を規定として改正案に盛り込むために審議する必要があることを再確認する、**4)** ISO/TC 127/SC 2 が回付した規格案は騒音の表示に関する附属書が規定として盛り込まれ、所定の条件（省略）を満たす場合のみ、DIS 投票の審議に掛ける、**5)** DIS 投票の審議中に ISO/TC 127/SC 2 と協調して改正案に意見具申するよう各加盟団体に

要請する。

決議 2：量、単位、記号を職掌とする ISO/TC 12 の第 1 次 CD 80000-8 “量と単位 第 8 部音響学” の改訂において、field quantity F の定義式は、下記によるべきとの合意に達した。

$$L_F = 10 \lg \left[\frac{F^2}{F_0^2} \right] \text{dB}$$

決議 3：WG 17 が文書 43/1 N 1442 (第 1 次案 CD 4869-7 “聴覚保護具—第 7 部：減音量の主観評価測定法—被験者装着実験法”) を改訂し、第 2 次案 CD として回付する。

決議 4：JWG 51 が文書 43/1 N 1467 (第 2 次案 CD 17201-3 “射撃場からの騒音—第 3 部：音の伝搬に関する指針”) を改訂し、第 3 次案 CD として回付する。

決議 5：JWG 51 が文書 43/1 N 1466 (第 2 次案 CD 17201-5 “射撃場からの騒音—第 5 部：射撃場の騒音制御の管理”) を改訂し、第 3 次案 CD として回付する。

決議 6：WG 52 が文書 43/1 N 1468 (第 4 次案 CD 20906 “空港周辺における航空機騒音の無人監視”) を完成させ、第 5 次案 CD として回付する。

決議 7：ISO 9612：1997 作業環境における騒音暴露の測定と評価の指針を改訂し、潜在的聴力損失の評価のために作業場の騒音暴露を算出する際に必要な事項のみ含むものとする。改訂完了後現行の ISO 9612 と置き換える。作業は新 WG 53 に割り当てる。主査兼プロジェクトリーダーはノルウェーの Tonnes Ognedal。

決議 8～10：ISO 10847：1997 “あらゆる種類の屋外型防音壁の挿入損失の現場測定法”，ISO 4869-1：1998 “聴覚保護具—第 1 部：減音量の主観評価測定法” 及び、ISO 14163：1998 “消音器による騒音制御の指針” の存続を確認する。

決議 11：WI 22-7849 を 3 部に分割する。共通の主題は “機械が放射する空気伝搬音の

音響パワーレベルの振動測定による算定”, 副題は第1部“一般事項”, 第2部“上限値推定の簡易法”, 第3部“適切な放射係数を用いる実用法”とし, すべてTSとして発行する。第1部は改訂文書ができたときNWIP復活の手続きとともにCD回付する。第2部及び第3部は通常のNWIP手続きとともにCD回付する。

決議12: PWI 13471-2 “車両騒音試験—温度の影響—第2部: ISO 362により測定した騒音”を削除し, それに応じてPWI 13471-1の作業項目番号をPWI 13471に, 題目を“タイヤ/道路騒音の測定に対する温度の影響の補正手順”に改める。

決議13: オランダのJan VerheijをWG 31 “弹性素子の振動—音響伝達特性の測定”の主査に任命する。

決議14: WI 11819-2 “交通騒音に対する道路表面の影響の測定法—第2部: 近接法”をTSとして発行する。

決議15: PWI 5129追補 “飛行中の航空機機内の音圧レベルの測定”を削除する。

決議16: WI 13472-3 “道路表面の吸音特性の現場測定—第3部: 低吸音性の表面に対するスポット測定法”をPWIとして登録し, WG 38に割り当てる。

決議17~18: WG 37 “航空機の機内騒音の測定”, WG 50 “筐体及び小屋による騒音制御の指針”を解散する。

決議19~22: ISO 7779 “情報技術装置から放射される空気伝搬騒音の測定”の追補作成のNWIP4件を支持し, WG 23に作業を割り当てる。プロジェクトリーダーは日本の君塚郁夫氏。

5. 現行規格の紹介

以下, TC 43/SC 1で審議し, 作成された騒音に関する現行のISO規格の幾つかを紹介する。

(1) ISO 4869シリーズ防音保護具

耳栓, 耳覆い(イヤマフ), ヘルメット装着型防音保護具の性能評価の方法を規定している。現在, 第1部から第4部までが発行されている。

① ISO 4869-1: 1990 “減音量測定主観評価法”

被験者が防音保護具を装着した状態で最小可聴値を測定し, 防音保護具を装着していない状態での最小可聴値と比較することによって減音量を決定する方法を規定している。

② ISO 4869-2: 1994 “防音保護具の装着状態での実効A特性音圧レベルの推定”

騒音が発生している現場での音圧レベルと防音保護具の減音量が既知である場合に, 防音保護具を着けた作業者が暴露される実効音圧レベルを推定する方法を規定している。

③ ISO/TR 4869-3: 1989 “品質検査のためのイヤマフ型防音保護具の挿入損失測定の簡便法”

測定装置を使用した耳覆い型防音保護具の減音量の測定方法である。

④ ISO/TR 4869-4: 1998 “レベル依存性のある音声回復型イヤマフの実効音圧レベル測定法”

アクティブ騒音制御を利用した防音保護具など, 外部音圧レベルに依存して減音量が変化する耳覆い型の防音保護具を装着したときに作業者が暴露される騒音の実効音圧レベルを測定する方法を規定する。

(2) ISO 1999: 1990 “職業性騒音暴露の算定と騒音性聴力障害の推定”

この規格は, 長期間にわたり常習的に騒音に暴露された集団の聴力レベルの測定結果等を基に, 加齢による影響を考慮しつつ聴力損失を統計的に求める方法と用いるデータベースを示している。

(3) ISO 9612: 1997 “作業場の騒音暴露の測定及び評価に関する指針”

作業者への騒音の影響を評価するために作

業場所における騒音の測定、分析及び評価方法を標準化するための規格である。20 Hz 以下の超低周波音、16 kHz 以上の超音波の測定にも言及している。

(4) 環境騒音の表示及び測定方法に係る規格 ISO 1996 シリーズ

環境騒音の表示及び測定の方法を規定する規格で 2003 年に発行された第 1 部 “環境騒音の記述・測定・評価—基本量と評価方法” が最新版である。第 2 部も改訂中で現在 DIS である。旧版は 1982 年発行の ISO 1996-1 “環境騒音の表示と測定—基本量と手順”，1983 年の ISO 1996-2 “土地利用に適するデータの取得”，1987 年の ISO 1996-3 “騒音限度への応用” と三部仕立てで、その第 1、2 部の内容がほぼ全面的に JIS Z 8731：1999 「環境騒音の表示・測定方法」に採用されている。

(5) 鉄道・航空機・船舶に係る ISO 規格

① ISO 2922：2000 “内陸の水路や港湾上での船舶が放射する空気伝搬音の測定法”

内陸の水路や港湾上のあらゆる種類の船舶 (ISO 14509 で規定するリクレーション用動力付小型船舶を除く) から放射される空気伝搬音の測定において再現性があり、相互比較可能な測定結果を得るために条件を規定するものである。この規格は海上交通船舶や浚渫船、及び無排水船舶まであらゆる水上交通手段に適用できる。

② ISO 3095：1975 “鉄道交通から放射される騒音の測定”

鉄道交通機関から出る騒音のレベルとスペクトルの測定において、再現性があり相互比較可能な測定結果を得るために条件を規定するものである。付属文書で排気または吸気に伴う騒音の測定、定常及び加速走行車両の騒音測定、駅や橋梁上、トンネル内の測定などに関する仕様が与えられている。

③ ISO 3891：1978 “地上で聞く航空機騒音の記述方法”

この規格は、民間航空用途に供する航空機の騒音限度を定める騒音適合証明基準において使用する騒音暴露の評価指標や測定方法について規定する規格を策定するよう国際民間航空機関 (ICAO) から要請されたことに基づいて、一回の運航に伴って、航空機が発生する騒音を記述する際に従うべき四つの段階を規定する手順を与えるものである。なお、この規格は 2000 年に一旦は廃棄されることに決まったが、理事会で加盟国の反対があり、昨年 6 月に存続することに決まった。

④ ISO 2923：1996 “船内騒音の測定”

船舶内騒音の測定の技術と条件を記述するものである。測定結果は、各国の国内法規及び国際法規への適合性をみる試験において各種船舶の比較を行い、詳細調査の必要性を判定し、音による警報の可聴性を評価するために使用することを想定している。

⑤ ISO 3381：1976 “鉄道車両の車内騒音測定”

鉄道車両の車内騒音の騒音レベルとスペクトルについて再現性があり、相互に比較可能なデータを得るために条件を規定している。測定結果は相互比較のため、また音響上の快適性の特徴付けのため、さらに騒音の低減方法を研究するため、より精巧な測定計画を指向して活用することができる。

⑥ ISO 5128：1980 “自動車の車内騒音の測定”

農耕トラクター及び野外で使用する機械を除くあらゆる種類の道路交通車両の車室内の騒音のスペクトルについて、再現性があり相互に比較可能なデータを取得するための条件を規定するものである。

⑦ ISO 5129：2001 “飛行中の航空機内の音圧レベルの測定”

飛行中の航空機内の音環境を記述する目的で音圧レベルを測定する際の測定器や試験方法、報告事項について規定するものである。1987 年版には騒音証明や作業環境について

の評価規定があったが、2001年版でなくなった。試験の種類分けもなくなった。測定に使用する機器は最近の技術水準を反映し様々な方法を許容する形に記述が改められている。測定法についても録音して解析し1/3オクターブバンド音圧レベルを求める方法を優先するが、直接測定してもよいとされている。測定手順は機内を客室、乗務員室、乗務員仮眠場所の3つに分けて記述してある。

⑧ ISO 11957:1996 “船室の遮音性能の算定－実験室及び現場測定”

この規格は防音船室の遮音性能を算定するための実験室実験及び現場測定について規定

するものであり、音漏れの比率が2%未満の防音船室に適用できる。

文 献

- 1) 橘秀樹, 鈴木陽一, 山田一郎, 吉村純一, 君塚郁夫, 桑野園子, 板本守正, ISO/TC 43・ISO/TC 43/SC 1・ISO/TC 43/SC 2 総会－音響に関する国際規格の審議状況: 2003ベルリン会議－, 日本音響学会誌60巻3号, pp. 153-156 (2004).
- 2) 1)と同じ著者, タイトル
騒音制御, Vol. 28, No. 2, pp. 126-129 (2004).
- 3) 山田一郎, 我妻隆夫, 板本守正, 君塚郁夫, 子安勝, 桑野園子, 白橋良宏, 瀧浪弘章, 橘秀樹, 吉久光一, ISO/TC 43/SC 1 の概要と規格の現状, 騒音制御, Vol. 28, No. 1, pp. 15-29 (2004).

航空環境を取り巻く話題

ANA の環境保全*

北 宮 修**

1. ANA 環境対策の変遷

航空会社における環境問題は、ジェット機就航による騒音問題に始まった。プロペラ機時代はときおり地上での試運転音が問題になる程度で、のどかに離着陸の風情を受け入れてもらえていた。昭和 39 (1964) 年に当社ボーイング B 727-100 型機などが国内線に就航し、ジェット音は航空関係者からは空の発展を象徴する響きに聞こえたが、空港周辺の住民からはまさに昭和 40 (1965) 年代を象徴する公害問題のひとつとなった。

ANA における環境対策はこれら航空機騒音問題を中心として、エンジンからの排気ガス、整備工場からの排水・廃棄物、大量の水使用（機体水洗）などをテーマに昭和 46 (1971) 年ごろから本格的に活動を行った。

2. 騒音対策への取組み

航空機騒音の防止には、航空機そのものの改良や飛行方法の改善、空港施設の変更など「発生源対策」と、空港周辺の土地利用の変更（民家移転）や防音改修工事などの「周辺対策」がある。

当社では昭和 50 (1975) 年から世界的にも早くボーイング B-727, 737 (JT 8D エン

ジン) の減音ナセル（吸音器）装着やスマートレス化に着手した。

また、当時世界で最も静かなジェット機として「ウィスパーライナー」の異名をもっていたロッキード L-1011 トライスターを昭和 49 (1974) 年に導入、当社の生命線とも言える大阪空港にも永年の地元説明で理解を得、昭和 52 (1977) 年に乗り入れを始めた（図-1）。

ANA は、その後も機種選定においては常に低騒音性能を重要視した方針を貫いている。現在就航している B 747-100/200 (Classic 型) は他社機より騒音値が低いが、これも装備エンジン (ANA は GE 製 CF 6-45/50) の選択によるものである。そして現在当社が保有している機材のほとんど (2004 年 4 月現在保有のジェット旅客機 144 機中 133 機) は、2006 年以降に製造される将来の航空機に適用予定の ICAO 騒音基準チャプター IV 基準にも既に合致しているほどの「ひとに優しい航空機」となっている（図-2）。

航空機の運航においては運航・整備スタッフと乗員が協力して、当社独自で始めたカットバック上昇方式 (YS 11: 昭和 46 年・大阪, B 727/737 Quiet Climb: 昭和 53 年・福岡: 詳細は本誌第 7 号で ANA 笹田氏が執筆), 優先滑走路方式 (B 727: 昭和 47 年・松山) など多くの騒音軽減運航方式を発案・検証し、実施した。やがてこれらの経験と実績が航空当局や航空公害防止協会（現空港環境整備協会）、NHK、他航空会社などの協力を得、昭和 50 (1975) 年に官民合同で作

* Environment Protection of ALL NIPPON AIRWAYS, by Osamu Kitamiya (Senior Manager, Environment and Social Affairs, All Nippon Airways Co., Ltd.)

** 全日本空輸(株)環境・社会貢献部主席部員

る「騒音軽減運航方式検討委員会」の立ち上げにつながった。

騒音軽減運航方式には現在も優先滑走路方式、急上昇方式、ディレイドフラップ進入方式、低フラップ角着陸方式、優先飛行経路方式などが研究され、標準的に実施されて効果をあげている。また最近ではターミナルエリアにおけるFMS/LLZ飛行方式やVNAVアプローチ連続的降下方式が実用化され、騒音軽減のみならず燃料節減にも役立っている



図-1 L 1011 就航時の雑誌とパンフレット

(図-3)。

乗員養成のための実機飛行も昭和46年にYS 11 A シミュレーターが航空局に承認されたのを初め、機器の性能向上と規制緩和要望が実り、審査飛行を含めてほとんどの飛行がライトシミュレーターに代替されるようになった。これにより初便就航前のステイ機を利用して、夜明けと共にに行なわれていたシックスマンス・チェック（審査飛行）も今は昔話になった。また、地上においては、夜間に実機でエンジン試運転などを行っていた整備士養成訓練も現在は整備専用のグランドシミュレーターを使用している。2002年度においてシミュレーターの年間運用時間はのべ43,000時間になり、燃料もANA全運航の5.3%に当たる15万キロリットル(CO_2 38万トン相当) 節減されている。

深夜・早朝の機体整備においてはAPU(補助エンジン)を使用せず、防音型の電源車や地上固定電源を利用している。また、昭和46(1971)年に当社独自で大阪整備工場(伊丹)に隣接して設置したエンジン地上試

ANAグループ運航機種の離着陸騒音コンターの比較

ANAでは常に低騒音機の導入に努めてきた。当社の初期のジェット旅客機(B727)に比較すると、現在の主力機(B747-400、B777、B767、A320、B737-500)は以下のとおり、騒音面積が格段に少なくなっている。

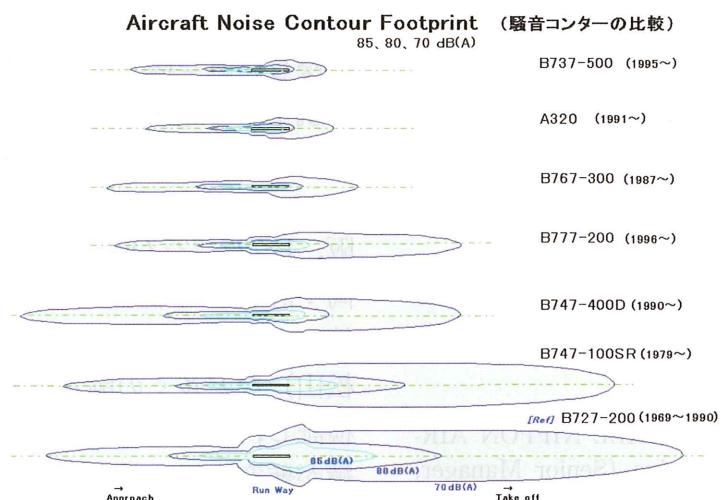


図-2 騒音コンター図

ANAが実施している主な騒音軽減運航方式

方 式	概 要	実 施 空 港
離陸 急上昇方式	通常より高い高度(3,000ft)まで離陸上昇を継続し、高騒音を極力空港地域内に納めるとともに、居住地域での高度を確保し騒音を抑制する。(図参照)	全国の空港
着陸 ディレイド フラップ進入方式	フラップ(Flap)、脚(Landing Gear)を下げる操作を遅くし、機体の空気抵抗を減らすことにより必要なエンジン推力を減らし、騒音を抑制する。	ほとんどの空港
	最終着陸時に使用するフラップ角を小さくセットし、機体の空気抵抗を減らすことにより必要なエンジン推力を減らし、騒音を抑制する。	
離着陸 優先滑走路方式	滑走路の一方に居住地域がない場合、風向・風速から可能な限り、その方向で離着陸を行う。	羽田、松山、仙台など
	優先飛行経路方式 飛行場周辺(低高度)において、旋回などにより居住地域を極力迂回したり、河川上の飛行経路を選択する。	
離着陸 V-NAVアプローチ 連続降下方式	降下時、極力空港近くまで高高度を維持し、その後連続的に降下を行うことにより、エンジン推力の変化を抑え騒音軽減を図る。燃料節減効果もある。(図参照)	新千歳
	FMS/LLZ飛行方式 空港周辺でFMS/LLZ/RNAVを利用し、経路短縮とともに居住地域を避けて飛行する。深夜帯の羽田では木更津(陸上)を通り、海上でショートカットして着陸進入する。	

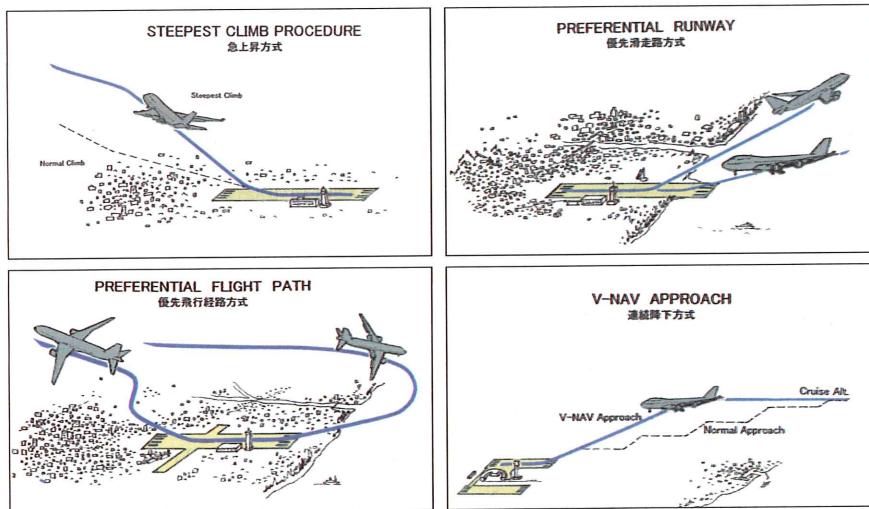


図-3 騒音軽減運航方式



図-4 大阪遮音施設（左：新施設、右：旧 ANA 施設）



図-5 成田ノイズハンガー

運転遮音施設（ノイズフェンス）は、私設のものとしては当時ヨーロッパの特定空港にしかなく画期的なものであった。この施設はB727/737用に建設され、その後大型機用に改修されて外航各社にも重宝されたが、2003

年に国土交通省設置の新施設の供用によりその役目を終えた（図-4）。

また、典型的な内陸空港である成田では深夜の離着陸が禁止されておりエンジン試運転もできなかったが、1999年に当社や空港公

団などが出資してB747もすっぽり入る世界初の大型ハンガー式試運転施設（ノイズハンガー）を供用したことにより、周辺住民に影響を及ぼすことなく24時間点検整備ができるようになった（図-5）。

3. 空港周辺対策への参画

空港周辺における騒音影響などの軽減措置は空港設置管理者によって行なわれるが、まず正確な騒音予測センターの作成とそれに基づく、対象区域別の整備計画策定が必要になる。ANAは航空当局による騒音予測に関し、データの提供や技術支援、実機テスト飛行など、積極的に協力を行ってきた。

国は昭和48（1973）年施行の環境基準達成のため、WECPNL 90以上の高騒音地域での住宅移転の促進やWECPNL 85（その後75に拡大）以上の空港周辺地域での民家防音工事など、土地利用計画の変更による騒音対策を進め、発生源対策の進捗と相まって新幹線や道路騒音に先行して改善されてきた。

当社は昭和47年からの航空機燃料税（国内線のみに適用）や50年からの特別着陸料（平成10（1998）年以降、着陸料に編入）の相当部分を負担するとともに、（財）航空公害防止協会（現空港環境整備協会）や大阪・福

岡周辺整備機構などを通じてノウハウの提供や資金協力を行ってきた。

一方、騒音軽減の根本的な対策として空港構造の改良がある。ANAは空港の移転（羽田沖合展開、新千歳、秋田、関西、新高松、新広島、鹿児島、長崎、中部新空港など）や滑走路の移設（富山、山口宇部など）整備計画策定にあたってはシミュレーターによる運航解析はもとより、時には実機を滑走路予定期上空にローパスさせて騒音試験を支援するなど、技術・運用面での協力を積極的に行ってきた（図-6）。

これら発生源、周辺対策両面の進捗により、騒音問題は格段に改善され、地域住民と民間航空の共生がはかられるようになってきた。2000年には大阪空港で騒音センター（騒音対策地域）の見直し・縮小が行なわれた。国の空港整備予算を見ても昭和42年以降本格化した環境対策費用は、昭和57（1982）年の1,031億円をピークとして減少し、昨今は年間200億円規模になってきている。

当社では昭和50年代に空港周辺の道路混雑による二次公害の増大を憂慮し大規模空港への鉄道の乗り入れを各方面に要望してきた経緯があるが、近年各地で空港ターミナルビルに鉄道の乗り入れが実現し、それが起爆剤



（写真提供：国土交通省東京空港事務所）

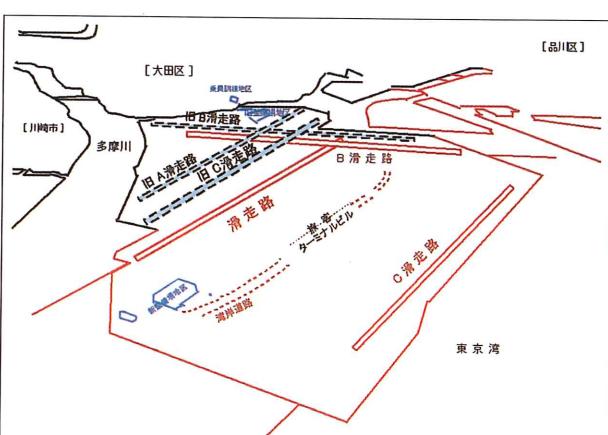


図-6 羽田空港沖合展開（騒音軽減の為滑走路を居住地から離れた沖合に移転）

となって地域活性化の核となる施設に大変身してきている。また、羽田、新千歳、関西空港などでは、便数、離陸・進入経路などを限定して24時間の運用も可能となり、国際定期便や貨物便の運航開始など新たな利用形態で国民に寄与し始めている。

4. 排気ガス対策への取組み

ANAでは、ICAO（国際民間航空機構）での排気ガス規制策定前の昭和54（1979）年に運輸省（現国土交通省）に協力し、当社エンジンテストセルにおいてJT8D（B727/737に装着）エンジンの排気ガスデータの提供を行った。当時は排気ガスの抽出方法、分析方法が確定しておらず、事業を受託した航空公害防止協会スタッフと試行錯誤の連続であったが、ICAOで日本の発言権を得る良い経験となった。

（2002年には空港における排気ガス対策のあり方を総合的に検討するため、APU（補助動力装置）として使用されるエンジンからの排気ガスデータの測定に協力した）

並行して、大阪（伊丹）を始めとする空港周辺での航空機による排気ガスの影響調査にも30年来協力してきている。当社の協力は主に、異常値などに関する運航面からの考察に関するものであるが、昭和54（1979）年4月、航空会社のストライキでほとんどの航空機が飛ばない日が発生したにも関わらず、空港周辺では空港内平均値よりも、ガス濃度が濃い現象が観測された。これは、それまでの観測でも予測される現象ではあったが、その空港周辺地域の大気環境濃度に航空機排出ガスの影響はさほど関与しておらず、むしろ自動車や工場、家庭・オフィスビルなどからのものによる事が逆に証明されたものでもあった。

1982（昭和57）年には、ICAOによって航空機からの排気ガス規制が採択され、我が国においても航空法に組み入れられた。

排気ガス成分（HC：未燃焼炭化水素、CO：一酸化炭素、NOx：窒素酸化物、S/N：煤煙）は、ICAOで定めるLTOサイクル（ランプアウトから離陸し約1,000mまでの上昇、そして1,000mから進入降下・ランプインまで）に対する排出量の基準で定められており、ANA機はこれを充分クリアーするエンジンを搭載している。

今後も、騒音低減と燃料効率（CO₂発生）改善、NOx低減の各々トレードオフ関係にあるエンジン性能がより一層向上し、当社機に採用される事を期待している。特にNOxはエンジンの高性能化に対し削減が難しい物質として知られ、自動車のように排気部分で触媒による還元もできず困難を極めているが、今年のICAO/CAEP6でも2008年以降製造のエンジンに対し具体的な規制強化を打ち出しており、内外のメーカーもこれに合わせた設計の見直しを計るものと思われる。

5. 地球温暖化防止と省エネ

近年、二酸化炭素など地球の温室効果ガスの増大による温暖化、それによる生態系への影響が問題視され、1980年代から人類の持続的発展のためいろいろな検討がなされた。やがて世界中の合意を形成するに至り、1992年リオデジャネイロ「地球サミット」で温暖化防止のためのプログラムづくりに乗り出し1997（平成9）年に「京都議定書」の採択に至った。我が国は2002年にこれを批准したが、現時点で米国・豪州などが不参加、ロシアが未定となっており、世界的に発効が懸念されていることは衆知の通りである。

世界のエネルギー源は今も石油資源に依存しており、昭和48（1973）年の第1次、そして54（1979）年の第2次オイルショックは市民生活にもパニックを引き起こしたが、航空会社にも死活問題となった。

ANAでは昭和49年に「燃料節減検討委員会」を設置し、あらゆる角度からの対策を

練った。乗員・整備士養成訓練のシミュレーター化や R-NAV 使用による飛行経路短縮、地上電源車活用による APU 使用削減、機内サービス用品から床カーペットまで徹底した航空機運航重量の軽量化、そして機体・原動機整備の見直しによる空気抵抗低減などであった。昭和 58 (1983) 年にはこれらをまとめた冊子「燃料を生かして」を全社員に配布し燃料節減意識の継承を計った (図-7)。

最近においては 2003 年度に全社をあげて最適飛行高度の見直し (平均 1,000 フィート上昇)、経済速度の徹底 (ハイスピード巡航の減少) を行い、定時運航 (オンタイム) を確保しつつ、対前年比 1~2% の燃料削減の実績が報告されている。

当社が 1970 年代後半からシミュレーターによる乗員訓練・審査飛行や、L 1011 を皮切りに FMS (フライトマネジメントシステム) を各機種に装着して燃料消費の最適化を計ったりしたことは、今や航空業界の常識となって定着している。

これら運用上の努力とより低燃費の航空機への機種更新により、座席距離 (ASK: Available Seat Kilometers)あたりの CO₂ 発生削減は、ここ 10 年でも 10% 近く改善し



図-7 シミュレーター

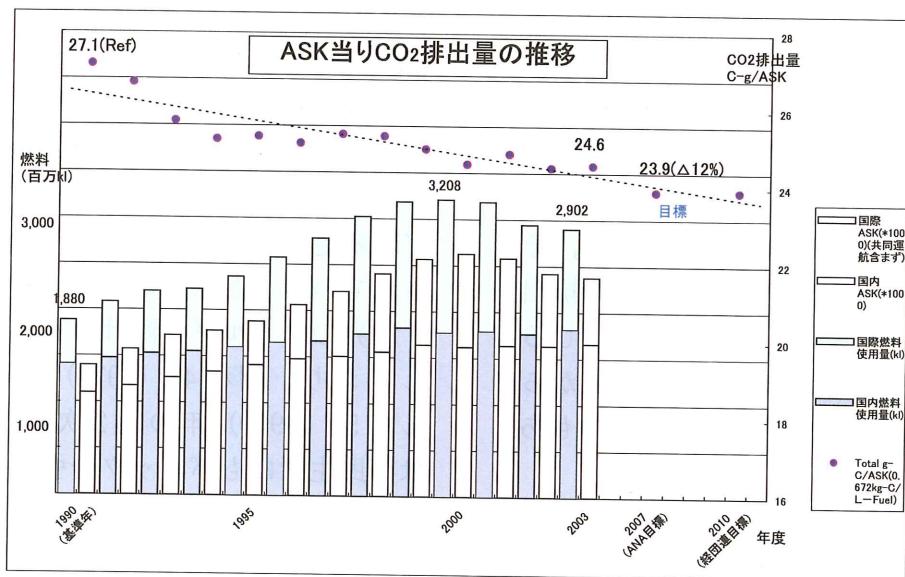


図-8 ASK当たりCO₂排出量グラフ

ている。

当社では、更にこれらを向上させるために、初期の大型機（B 747-100 SR, B 747-200, B 767-200）を2006年度中に全機退役させ、B 777-200/-300 や B 767-300などのより低燃費・最新型に更新する計画であり、更に構想中の新型機についても検討を行っている（図-8）。

運航方法の改善についても、近い将来にはACARS（音声に代わりデータ通信による位置自動通報や航空管制を行なうシステム）と衛星利用によるFANS（将来航空航法システム）の実用化により、最適洋上飛行経路の選択やフリーフライト、自由進入経路の設定など、格段の燃料節減効果が期待されている。その第一段として2000（平成12）年には、RVSM（巡航中の高度間隔短縮）による最適高度選択フライトプランが運用開始された。

6. 社内体制の整備

当社では、社会問題化しつつある空港諸問題に対応するため、昭和46年運送本部内に作った「飛行場室」を、昭和48（1973）年に本社機構として「空港部」に昇格させ、当社の環境問題の統括部署とした。同時に大阪（伊丹）空港支店に「空港調査室」を設けた。

翌、昭和49（1974）年、社長の諮問機関として会社ポリシーの決定および航空機騒音対策に関する全社的な推進を目的に、役員で構成する「環境対策委員会」を設置。下部組織で、部室長により構成される「総合評価、飛行騒音対策、地上騒音・大気汚染対策、工場環境対策」各専門委員会とともに、当社の環境施策を検討・評価し、新たなプランを主導してきた。

この年、それまでの対策を集大成した「航空機騒音に関する技術対策」冊子を全社員に配布、また、昭和53（1978）年に発行した「環境対策ハンドブック」は、社内担当者の

バイブルとなり、四半世紀を経た現在でも参考資料として大事に使われている。

昭和63（1988）年、公害問題としての空港環境問題は沈静化し空港部は廃止、業務の一部は「施設部、企画室」に引き継がれた。

その後、世界的に地球規模の環境問題が指摘されはじめ、当社は1990（平成2）年、企業理念に「良き企業市民」を入れると共に、本社組織に「環境保全推進室」を設置した。翌年、東京・大阪・成田空港各支店に「環境担当主席」を置いた。また、環境保全推進室は1996（平成8）年に「地球環境保全推進部」に改称され現在に至っている。（2004年4月「環境・社会貢献部」に改編）

また環境対策委員会も1999年、「地球環境委員会」と「地球環境、飛行環境、地上環境」の各専門委員会に改められ、継続的に活動を行っている。

企業における環境対策の状況と実績をまとめた冊子、「環境報告書」は1993（平成5）年、当時としては先進的な取組みとして第一号（1992年度版）を発行、社内啓蒙に活用すると共に社外にも発行した。現在はANA

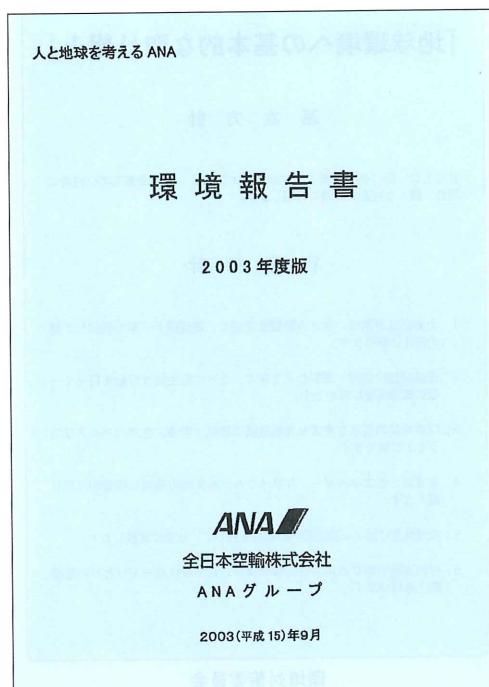


図-9 環境報告書

グループ企業としての報告書とし、和・英文による冊子発行、また ANA ホームページ(和 <http://www.ana.co.jp/ana-info/ana/lounge/index.html>、英 <http://www.ana.co.jp/eng/aboutana/anaenvironment/index.html>)でも国内・外に公表し、航空会社としてユニークな掲載内容と簡素な体裁で評価を得ている(図-9)。

7. 環境経営への転換

当社では1998年に「ANA環境理念」、そして具体的な行動目標として翌年「21世紀アクションプラン」を策定した。2003年にはそれまでのアクションプランの実績を評価した上、新たに「ANAグループ・エコロジープラン(2003-2007)」を策定してグループでの取組みを目指している(図-10、図-11)。

また、各事業所別に環境保全のための実施計画を設定するよう働きかけていたが、2002年にモデル事業所として成田メンテナンスセンターにて国際環境認証 ISO 14001 を英国・

UKAS(審査登録機関: BVQI)から取得し、この過程から多くを学びとった。それらはPRTR(化学物質管理)法対応の社内体制確立、2002年度からの環境会計集計と公表、廃棄物削減と適正処理の確保・リサイクル拡充・省エネ活動、そして環境コンプライアンス(順法)監査などに表われてきている。

一方、ANAの施設でエネルギー消費のビッグ2である、訓練センター地区(大田区東糀谷:乗員・CA・整備士訓練およびビジネスセンターで構成)および機体メンテナンスセンター(羽田)では個々に入居しているグループ企業、ビルメンテナンス会社とともに省エネに取組み、2002-2003年度比で10パーセント以上削減の実績をあげており、今後その他の事業所への拡大を計画している。

国土交通省の提唱する「エコエアポート計画」には当社もモデルプラン策定の段階で参画し、航空会社の立場から前記経験を踏まえての意見を述べた。この計画は2003年度から各空港にて実践に移行しつつあるが、航空

環境理念

『地球環境への基本的な取り組み』

基本方針

私たちは、限られる資源と地球環境を大切にし、付加価値の高い利用に努め、豊かな社会の実現を目指します。

行動指針

1. 企業活動が環境に与える影響を把握し、環境保全活動の継続的な質の向上に努めます。
2. 環境関連の法律・規制などを守り、さらに自主的な行動を持って一層の環境保全に努めます。
3. 環境負荷の低減を考慮した航空機の運航・整備、空港内ハンドリングなどに努めます。
4. 省資源・省エネルギー、リサイクル、廃棄物の削減に積極的に取り組みます。
5. 環境保全に関する諸活動への参加を通して、社会に貢献します。
6. 社内広報活動などにより、環境保全に対する社員一人ひとりの意識向上を図ります。

環境対策委員会

図-10 ANA 環境理念

ANAグループ エコロジープラン(2003/2007) (2003.3.26. 地球環境委員会)

環境経営の推進

- ・ISO14001による環境経営の手法をグループに展開する
- ・グループ環境会計を実現する
- ・環境コンプライアンスでグループの法令管理強化と遵守の徹底を図る
- ・環境コミュニケーションの充実、お客様指向の環境報告を行い、ご意見を経営に反映する
- ・透明な環境経営をグループ企業全体で推進する

地球温暖化対策

- ・運航による提供座席距離あたりCO₂排出量を2007年度において、1990年度比で12%削減する
- ・事業所の電気・熱エネルギー使用量を2002年度比で5%削減する

大気汚染対策

- ・航空機からのHC排出量削減(IAO排出ガス基準適合除外エンジンを2007年までに退役)
- ・低公害車、低排出ガス車の導入をはかり、2002年度に対し保有割合を2倍とする
- ・オゾン層保護のための規制物質使用ゼロを堅持する

飛行騒音の改善

- ・2007年度までに全機、ICAO騒音基準チャプターIV基準適合機とする

資源循環の実現

- ・将来のゼロエミッションを目指し、具体的なリサイクルの実績を年次ごとに明らかにする
- ・産業廃棄物に関する2007年度の最終処分量の割合を15%とする
- ・2007年度末にコピー用紙は100%、その他の事務用品は80%としたグリーン購入を行う
- ・PRTR法対象化学物質の代替品開発を行い、削減実績を年次ごとに明らかにする

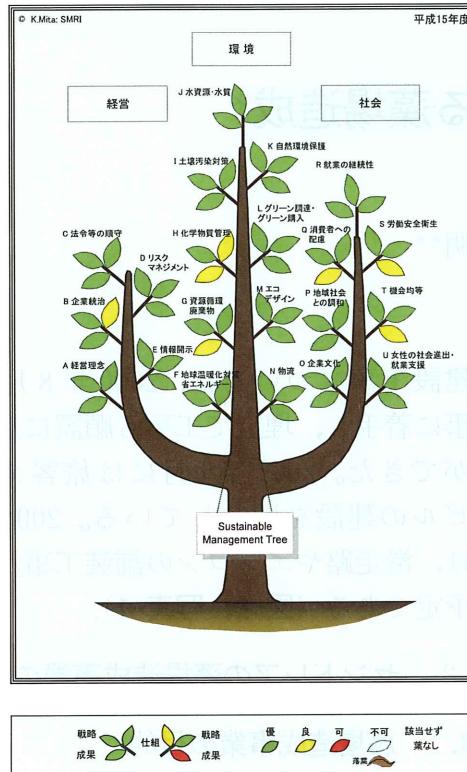
私の青空(環境社会貢献)活動の推進

- ・環境をテーマとした国際繪本コンクールを毎年実施する
- ・国内外において、植林などの緑化活動を推進する

グループ企業とは：連結子会社(航空会社、グランドハンドリング会社、整備会社等)

図-11 ANA エコロジープラン 2003-2007

2003年度 全日本空輸株式会社



2002年度 全日本空輸株式会社

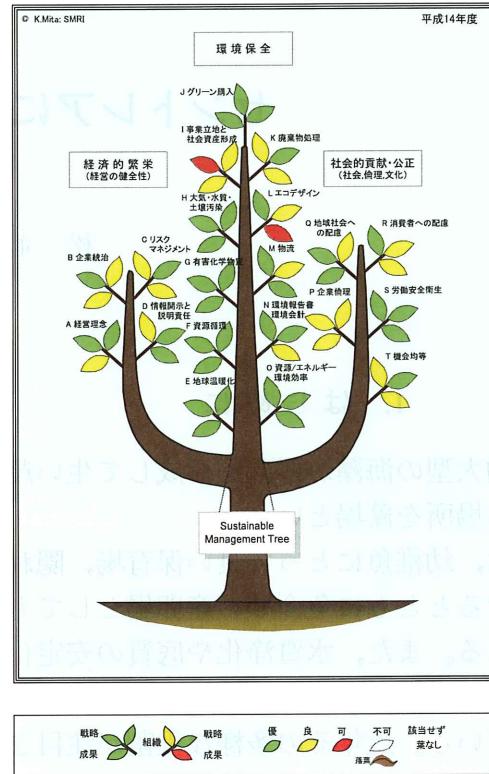


図-12 環境経営学会・格付機構による、環境経営格付けTree

会社だけでは達成しにくく、空港ビル・施設会社や空港利用客・貨物運送事業者、エネルギー供給事業者、地方自治体などと空港設置管理者が一体で取組むゴミの分別・リサイクル問題や、テナントビルにおける省エネ問題などに効果が期待されている。

ANAでは環境経営格付けへの参加などから、世界企業の不祥事などに端を発したCSR (Corporate Social Responsibility: 企業の社会的責任) が新しい企業評価の枠組みとなる潮流を学び、諸施策を講じはじめている。(2004年4月、新たに役員で構成する「CSR推進会議」を設置)

今後の環境部門での活動は「環境経営（英語を直訳すると持続的発展のための経営手法）」に基づく「企業経営の3ボトムライン（①経営的側面：企業統治、情報開示、法令順守、リスクマネジメント、②環境的側面：省エネルギー、省資源・廃棄物、グリーン購入、水・土壤汚染防止、化学物質管理、エコデザイン、③社会的側面：労働安全衛生、機会均等、女性の社会進出、顧客・地域社会への配慮など）」の一翼として、従来よりも幅広くとらえ社内・グループ企業をリードしていく事を志向している（図-12）。

セントレアにおける藻場造成*

松 並 孝 明**

1. はじめに

比較的大型の海藻が群落を形成して生い茂っている場所を藻場といふ。

藻場は、幼稚魚にとって良い保育場、隠れ場所になるとともに魚介類の産卵場としても利用される。また、水質浄化や底質の安定化など良好な環境の形成の面でも重要な役割を果たしている。近年その多様な役割が注目されている。

中部国際空港（愛称：セントレア）の空港島建設に伴い浅場海域（約 580 ha）が埋め立てられることにより、海域生物の分布域の縮小や底生生物の減少が考えられた。

このため、中部国際空港株式会社では、環境保全対策として、空港島護岸における岩礁性藻場の創出に取り組んでいる。

以下にその概要を紹介する。

2. セントレアの概要

中部国際空港は、2005 年 2 月の開港を目指し、愛知県名古屋市の近郊、常滑市の沖合に建設が進められている海上空港である。24 時間運用可能な、中部圏と世界を結ぶ我が国の重要な架け橋となる国際空港である（図-1、表-1）。

建設工事については、2000 年 8 月に護岸工事に着手し、埋立て工事も順調に進めることができた。2002 年 1 月には旅客ターミナルビルの建設を開始している。2004 年 3 月には、滑走路やエプロンの舗装工事が完成する予定である（図-2、写真-1）。

3. セントレアの藻場造成事業の概要

3.1 藻場造成事業の目的

セントレアでは、環境に配慮した空港づくりの一環として、藻場造成事業に取り組んでいる。

藻場には、さまざまな生物が集まり、魚などの産卵場や幼稚魚にとっての良い保育場、隠れ場として利用されるなど、海域生物を豊かに育む、生物生産の場として大きな効果がある。また、藻場の海藻は海水中に含まれる窒素やリンなどの栄養塩類を吸収して水質を浄化する機能がある。さらには二酸化炭素を固定することから、地球温暖化を防止する効果も期待される。

セントレアの藻場造成事業は、このような多様な機能をもつ藻場を空港島の捨石式傾斜堤護岸に造成し、新たな海域環境を創出しようとするものである。

3.2 セントレア周辺の海域環境と藻場造成

セントレアが位置する伊勢湾は、全国有数の生産額を誇るのり養殖、アサリ等の貝類漁業のほか、湾内の豊富な魚介類を対象としてさまざまな漁船漁業が営まれている。空港島

* Development of Seaweed Bed at Centrair, by Takaaki Matsunami (Manager, Coordinating Division Environment Department, Environment Planning Group, Central Japan International Airport Co., Ltd.)

** 中部国際空港(株)調整部環境室環境企画 G 副長



図-1 位置図

表-1 空港計画の概要

滑走路	
数	1本
方向	真方位 N 11°W
長さ	3,500 m
幅	60 m
着陸帯の幅	300 m
空港敷地の面積	470 ha
運用時間	航空機の離着陸に時間制限を設けない。

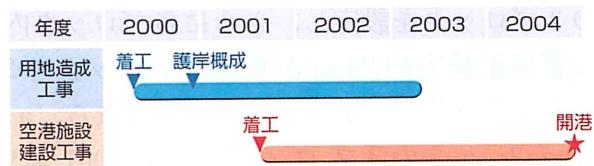


図-2 建設スケジュール



写真-1 セントレア（2004年1月撮影）

が建設された約 580 ha の浅場海域もかねてから好漁場として知られていた。

伊勢湾は、水深が平均 20 m 以下と浅く、湾奥部には木曾三川など大河川が集中する一方で、湾口部は伊良湖水道によって外海と通じる閉鎖性の内湾である。このため、伊勢湾は河川水や気象条件の影響を強く受けるとともに、富栄養化による赤潮や貧酸素水塊の発生も見られる。

セントレアの藻場造成事業は、このような内湾性の海域環境の中で、約 6.5 km の護岸に、周年藻場を形成する大型多年生海藻の母藻や種苗の移植を行い、岩礁域に形成される藻場（海中林）を造成しようとするものである。

3.3 護岸の構造と藻場造成事業の対象範囲

空港島護岸の構造は、船舶係留施設を除いて、岩礁性の海域生物の生息・生育環境に配慮した捨石式傾斜堤護岸を採用した。このう

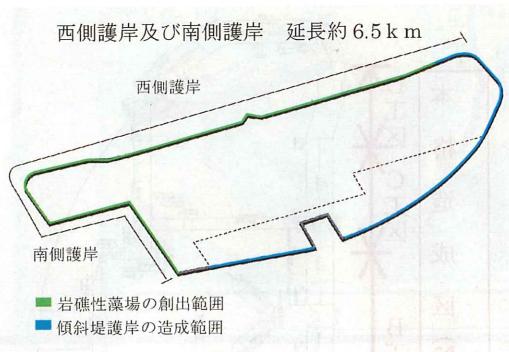


図-3 藻場造成事業対象範囲

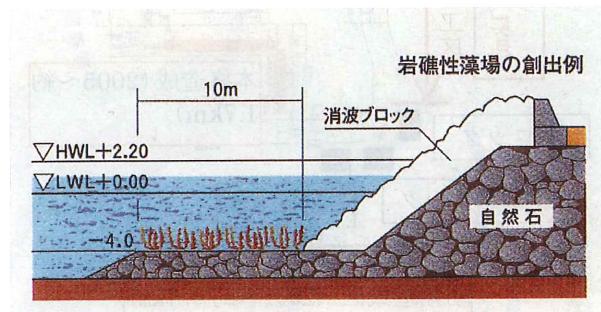


図-4 捨石式傾斜堤護岸と岩礁性藻場の創出例

ち、空港島の西側護岸及び南側護岸の延長約6.5 kmについては、自然石を用いた幅10 mの海藻の生育基盤（小段部）を設け、藻場造成事業の対象範囲とした（図-3、図-4）。

3.4 藻場造成事業の進め方

（1）藻場造成検討委員会の設置

海域の環境条件が厳しく、藻場造成の技術も確立されていない部分もあることから学識経験者で構成する中部国際空港藻場造成検討委員会（事務局：社団法人 日本水産資源保護協会、委員長：有賀祐勝 東京農業大学教授）を設置し、当海域に適した藻場造成の技

術手法の検討及び評価を行い、種々の機能を持つ大型多年生の岩礁性藻場（海中林）を造成することを目指した。

（2）藻場造成事業の全体計画と事業体制

a. 初期造成事業と本格造成事業

藻場造成事業は、初期造成事業と本格造成事業の2段階に分けて実施することとした（表-2、図-5）。

護岸が早く完成する南側護岸の一部区間ににおいて、まず初期造成事業を実施して、その成果・状況を踏まえたうえで、より適切な造成手法によって西側護岸で本格的な造成事業に取り組むこととした。

b. モニタリングの実施

藻場の形成過程を観察し効果的な評価を行うために、造成事業を進める一方で、モニタリング（ビデオ撮影も含めた造成記録調査、水温・塩分・水中光量子束密度の連続観測など）を併せて実施した。

3.5 初期造成事業の概要

（1）移植海藻（造成種）と移植方法

図-6に示すとおり、南側護岸の一部区間に内に、aブロック、bブロック、cブロックの3ブロックを設定し、さらに各ブロック内に護岸延長方向20 mからなるブロックを3つそれぞれ設定（aブロックの場合なら、a-1, a-2, a-3の3ブロック）し、2001年9月からこれらブロック内に造成種の移植を行った。

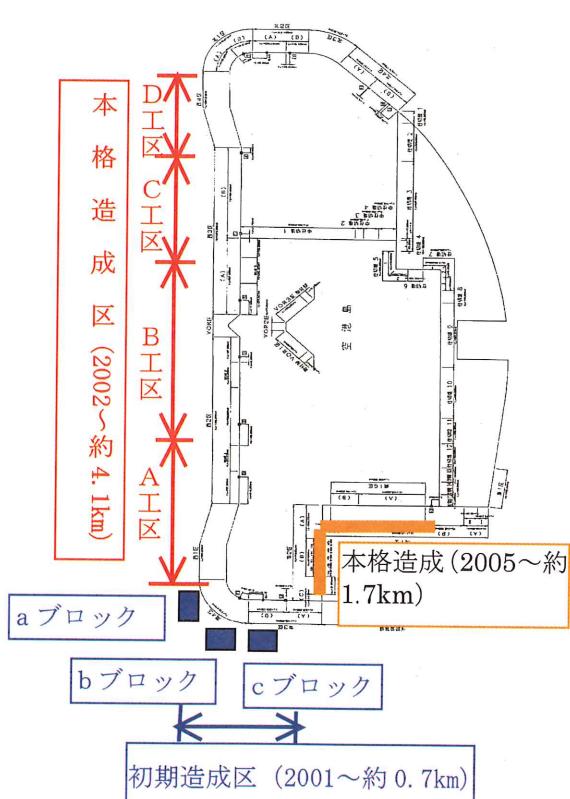


図-5 造成区位置図

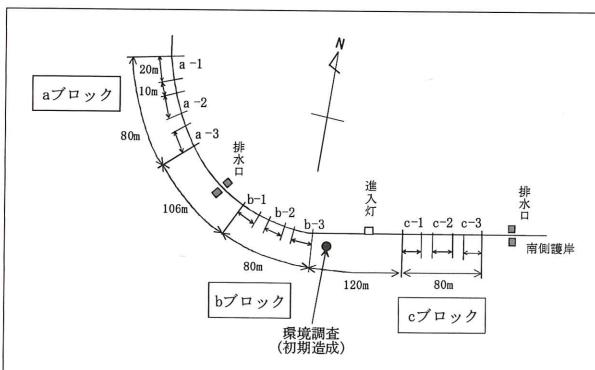


図-6 初期造成区内のブロック割図

造成種は、伊勢湾に生育する海藻類、あるいは過去に生育していた海藻類とした。また、周辺海域の漁場環境を考慮し、造成種の流出・漂着による漁業に障害を及ぼさない海藻類であることにも配慮した。

具体的には、アラメ、カジメ、オオバモクの3種とし、移植方法は母藻移植、種苗移植

の2つの方法とした。また、移植に用いる基盤（移植基盤）もさまざまなものを用いた（表-3、表-4、写真-2～7）。

(2) メンテナンスの実施

海藻の移植後、その生育状況調査を含むメンテナンス業務を実施した。実施したメンテナンス業務の主な内容は次のとおりである。

表-3 初期造成区ブロック別移植海藻

ブロック	移植方法（時期）	移植海藻（数量）
a-1	母藻移植 (2001年10月)	アラメ（48株） カジメ（48株）
b-1	種苗移植 (2002年2月)	アラメ（3,432株） カジメ（3,456株）
c-1		
a-2	母藻移植 (2001年9月)	アラメ（27株） カジメ（27株） オオバモク（27株）
b-2	種苗移植 (2001年9月)	アラメ（126個） カジメ（120個） オオバモク（120個） *種苗を着けた小型ブロックの個数
c-2		
a-3	母藻移植 (2001年10月)	カジメ（72株） カジメ幼体（72株）
b-3	種苗移植 (2002年3月)	カジメ種糸（約135m）
c-3		

(注) 種苗移植の数量は、およその数。

表-4 初期造成区ブロック別移植方法の概要

ブロック	移植方法の概要
a-1	①大型の基盤（フィルターユニット藻礁：直径2.4m、高さ60cm）を小段部の自然石上に設置し、同基盤上に母藻移植、種苗移植を行う。 ②種苗を付着させた着生板2枚を取り付けた楔形の藻礁を小段部の自然石の隙間にこみ設置する（写真-3）。 ③種苗を付着させた着生板を消波ブロック脚部にボルトで取り付ける（写真-4）。
b-1	
c-1	
a-2	①母藻または種を付着させた小型ブロック（10cm×10cm、厚さ2cm）を護岸（自然石及び消波ブロック）にボルトで固定する（写真-5）。
b-2	
c-2	
a-3	①母藻を付着させたコンクリートブロック（19cm×39cm×10cm）を小段部の自然石上に水中ボンドで固定する（写真-6）。 ②種苗を付着させた種糸を護岸に水中ボンドで固定する（写真-7）。
b-3	
c-3	



写真-2 着生板に固定された母藻（カジメ）



写真-3 設置された楔形藻礁（種苗移植）

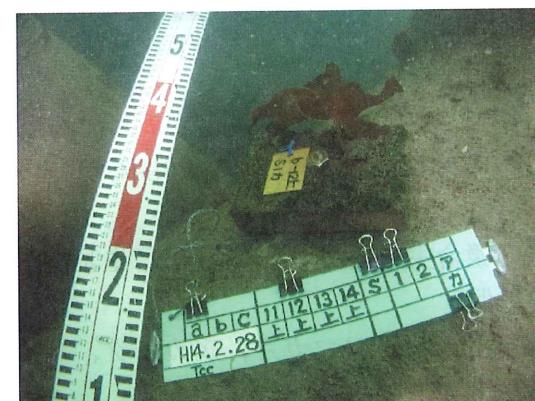


写真-4 消波ブロックに固定された着生板



写真-5 小型ブロックによる母藻移植



写真-8 食害の状況



写真-6 コンクリートブロックによる母藻移植



写真-9 食害防止工



写真-7 種糸の設置 (種苗移植)

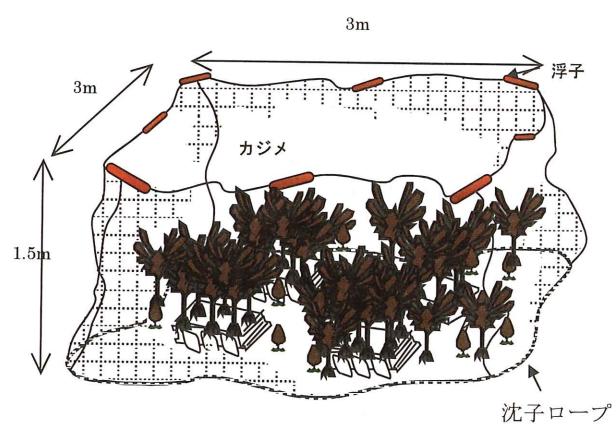


図-7 食害防止工 (a-3 ブロックタイプ)

- a. 競合生物対策（光環境や着生基盤の確保）
移植箇所周辺のマガキ, アカモク, ワカメを除去した。
- b. 食害生物対策

- サンショウウニを除去した。
- c. 浮泥対策
藻体上や基盤（護岸）上の浮泥を除去した。
- d. 補植

2002年秋季の魚類（アイゴ）による食害を受けてスパアバッギ法等による種苗の補植を実施した。

e. 食害防止工

魚類（アイゴ）の食害防止を目的に、食害防止工を実施した（写真-8、写真-9、図-7）。

（3）現在の状況

初期造成区における造成種による藻場の分

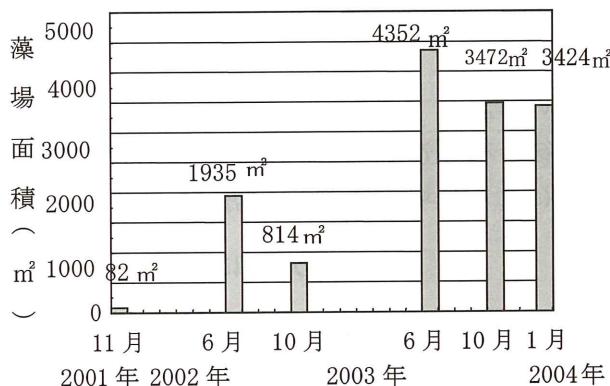


図-8 藻場（造成種）の分布面積



写真-10 繁茂したカジメとメバル



写真-11 アオリイカの卵嚢

布面積は、魚類による食害を受けるなどして、減少した時期もあったが、順調に広がっており、2004年1月時点で $3,424\text{ m}^2$ となっている（図-8、写真-10）。

また、護岸や造成された藻場には、メバル、クロダイなどさまざまな魚類やアオリイカの卵嚢、イセエビ、サザエなどが既に確認されている（写真-11）。

3.6 本格造成事業（西側護岸）の概要

（1）本格造成事業（西側護岸）の実施

初期造成事業と併せて実施した西側護岸での試験造成の結果（小規模な試験移植を行い、次世代の出現を確認）や環境調査結果を踏まえ、西側護岸での藻場造成を実施することとした。

初期造成事業の経過を踏まえ、造成種は、カジメを主体とし、対象区間約4.1kmを4工区に分割し、母藻移植と種苗移植を実施した（図-5、表-5、表-6）。

移植にあたっては、アイゴによる食害の発生時期を考慮した移植時期の検討や移植基盤

表-5 本格造成区工区別移植海藻

工区	移植方法（時期）	移植海藻（数量）
A	母藻移植 (2002年10月, 11月, 2003年10月)	カジメ (144株) アラメ (72株)
	種苗移植 (2003年3月)	カジメ (432株) アラメ (192株)
B	種苗移植 (2003年3月, 4月)	カジメ (2,160株) アラメ (960株)
C	種苗移植 (2003年3月)	カジメ (種糸 620m) サガラメ (種糸 420m)
	種苗移植 (溝入りブロックの移設) (2003年3月)	カジメ (種苗を着けた 溝入りブロック 672個)
D	母藻移植 (2003年10月)	カジメ (480株)
	種苗移植 (2003年3月)	カジメ (種糸 672m) サガラメ (種糸 224m)
	種苗移植 (溝入りブロックの移設) (2003年3月)	カジメ (種苗を着けた 溝入りブロック 360個)

（注）種苗移植の数量は、およその数。

表-6 本格造成区工区別移植方法の概要

工区	移植方法の概要
A, B	①母藻又は種苗を付着させたカマボコ型着生板を取りつけた楔形の藻礁を小段部の自然石の隙間にはめこみ設置する。 (初期造成時に比べ、軽量化を図り、作業性を高めた。)
C, D	①母藻を付着させたコンクリートブロック(19 cm×39 cm×10 cm)を小段部の自然石上に水中ボンドで固定する。 ②種苗を着生させた種糸を護岸に水中ボンドで固定する。 ③スポアバッグで、種(遊走子)を付着させた溝入りブロック(23 cm×43 cm×12 cm)を小段部の自然石上に設置する(図-9)。 (遊走子が着生しやすいブロックを採用した。)

の変更・改良を行うとともに、食害防止工を一部で実施するなど、初期造成事業の経験・成果を活かした。

(2) 現在の状況

2002年10月から着手した海藻の移植は、2003年10月で全工区とも完了した。

これまでのところ、移植した海藻の生長が確認されており、2002年10月に母藻移植を行ったA工区では、次世代の出現も確認さ

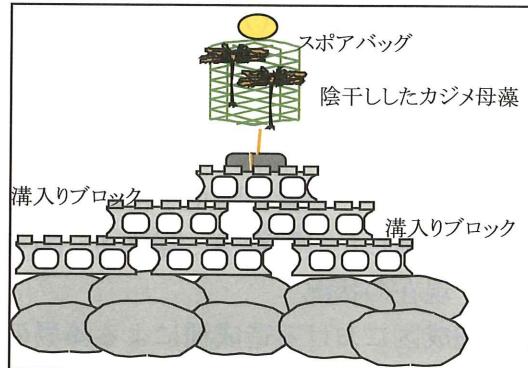


図-9 スポアバッグによる種付け(イメージ図)

れている。

今後、初期造成区と同じように次世代の再生産による藻場の広がりを期待している。

4. おわりに

厳しい海域環境での取り組みであり、また、当初想定していなかったアイゴによる食害が生じるなどしたが、これまでのところ順調に藻場の拡大をみることができた。

今後は、モニタリングにおいて、藻場の形成状況を把握していくことが必要であると考えている。

航空環境を取り巻く話題

北米における航空機騒音監視事情*

貴 島 規 夫**

1. はじめに

国土交通省航空局では、公共用飛行場の周辺における航空機騒音による障害の防止等に関する法律で指定する特定飛行場（以下、特定飛行場と記す）のうち新東京国際空港を除く14の空港について、騒音測定局による通年測定や実態調査等による短期測定により航空機騒音の状況把握に努めている。

平成15年3月の調査結果によれば、14空港の周辺に騒音測定局を置いている機関は航空局の他に14都道府県と14市区あり、騒音測定局数は航空局36箇所、地方自治体72箇所（都道府県38箇所、市区34箇所）である。その他、4県3市の地方自治体が移動測定によって1週間から1ヶ月の短期測定を定期的に実施している。その測定点数は33箇所である。

一方、その配置は空港立地の違いだけでなく、騒音訴訟等の歴史的経緯や設置者の立場の違いからか空港毎に大きく異なる現状である。また、測定結果の扱いにおいても、公表手法、頻度、まとめ方に違いが見られる。

航空局では今後の整備計画及び再配置計画等の指針となる騒音測定局の基本配置について、固定地点における通年測定が果たす役

割、空港の立地や周辺地域との関係等の観点から検討し、各空港の騒音状況を評価する地点としてふさわしい場所を選定する標準的手順の策定を空港環境整備協会に依頼した。

参考事例を広く調査するなかで、諸外国の空港における航空機騒音監視の現状調査と意見交換のため、平成15年2月、航空局の金沢環境整備課長を団長に空港環境整備協会の吉岡部長代理、永里副主任研究員と筆者で北米を訪問した。その報告書転載の許可を得て、ここに紹介したい。

2. 調査対象空港の選定

調査対象空港の選定においては、以下の要件を考慮した。

(1) オークランド国際空港及びサンフランシスコ国際空港

- ・空港がサンフランシスコ湾の湾岸に設置されており住宅地との位置関係が東京国際空港と類似している。陸域部への影響を低減する運航、陸域部飛行における騒音監視の方法が参考となる。
- ・大規模な騒音監視（29箇所）を航跡観測と共に行っており、騒音監視と航跡を関連づけるための有用な情報が得られる。

(2) バンクーバー国際空港

- ・河口の中州に空港が位置しており、川を挟んで南と北にあるリッチモンド市とバンクーバー市に与える騒音の影響は大きいと思われないが、空港の周囲、さらに

* Trends of Aircraft Noise in North America, by Norio Kijima (Technical Administrative Chief Clerk, Construction Division, Aerodrome Department, Civil Aviation Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

** 國土交通省航空局飛行場部建設課 技術管理係長

は空港から 20 km 離れた地域にも騒音測定局が設置され、低騒音レベルも視野に入れた騒音監視方式が参考となる。

- ・騒音監視（16箇所）がレーダー情報とリンクしており、騒音監視と航跡を関連づけるための有用な情報が得られる。

3. オークランド国際空港

3.1 空港の概要

(1) 滑走路情報

オークランド国際空港は定期旅客/貨物便用の滑走路と、他に小型ビジネス機、及び GA 機等の小型機訓練用滑走路が 3 本ある。滑走路の方位と長さは次の通りである。

- 11/29-10,001 feet (3,049 m)
定期旅客/貨物便用
- 09 R/27 L-6,200 feet (1,890 m)
- 09 L/27 R-5,020 feet (1,530 m)
- 15/33-3,300 feet (1,006 m)

(2) 年間の旅客数

最近の年間旅客数（出発及び到着旅客）は 1999 年 9,879,556 人、2000 年 10,620,789 人、2001 年 11,416,579 人、2002 年 12,723,777 人で、また航空機の発着回数の一日平均は 2000 年 436 回、2001 年 468 回、2002 年 484 回である。どうも旅客数も発着回数も 2001 年 9 月 11 日の影響は受けていないうようである。

(3) 航空機騒音の暴露状況

使用している航空機騒音の評価尺度は CNEL（カリフォルニア州で古くから使われている尺度 Community Noise Equivalent Level）で、エネルギーベースで評価する。夕方と夜間に重み付けをして計算するので Lden に近い尺度である。65 dB 以内が防音工事対象地域となっている。

(4) 航空機騒音を低減させるための基本となる制限

軍用機を除き、FAR Part 36 の Stage 2 にしか適合しないものは運航できない。すなわ

ち、わが国でいう旧基準機について規制しているということである。ただしハッシュキット機は認められている。夜間制限はない。ターボジェット、ターボファン、機体重量が 17000 ポンドを超えるターボプロップ、4 発レシプロ及び 12500 ポンドを超える軍用機は緊急時を除き、滑走路 11/29 以外は使えない。離着陸経路は周辺に与える騒音を最小限に抑えるように設定されている。

(5) 近郊空港との役割分担

オークランド国際空港の近郊には以下に示すように大小 14 の空港があり、航空機の規模、運航目的別に使い分けられている。San Francisco, San Jose 空港はオークランド国際空港と同じく定期旅客/貨物便を運航しているが、行き先別とか目的地の遠近により区分けはされていない。

- ・定期旅客運航：San Francisco, San Jose
- ・大型ビジネス機並びに GA 機：Hayward, Napa
- ・小型ビジネス機：San Carlos, Half Moon Bay, Palo Alto, Reid Hill view, Petaluma, Livermore, Concord, Santa Rosa
- ・軍用並びに連邦専用：Travis, Moffett

3.2 空港と地域社会との共生について

空港と周辺の地域社会との共生を図るために、二つの協議体が設置されている。

ひとつは、オークランド空港－周辺地域騒音対策フォーラム（Oakland Airport-Community Noise Management Forum）で、メンバーは周辺の 8 市から選ばれた代表と空港管理者、航空会社、FAA から構成されている。この会議は 3 ヶ月ごとに開催されており騒音低減活動に関して討論がなされ、その討議内容は公開されている。

もうひとつは、北側地域飛行パターン研究グループ（A North Field Flight Pattern Research Group）で、小型ビジネス機、及

び GA 機等の訓練用小型機が北側滑走路を使って飛行する際, Alameda 市と San Leandro 市に与える騒音の影響を最小にするための飛行パターンを検討する会議である。メンバーは両市の代表と空港管理者, FAA から構成されている。

空港は地域社会と共生するために、常に積極的に対話を持とうとする姿勢が覗われる。

3.3 航空機騒音監視及び飛行経路監視システムについて

基本的に騒音監視システムは航空機騒音についての苦情や照会に対応するために設置されたものである。監視結果から特定の航空機の騒音を引き出し、そのレベルの大きさを示すことが苦情対策として有用であるとのこと。コンターラインの検証にも使われ、実施している騒音軽減方法を監視する手段にもなっている。

騒音監視は 1970 年代から行われており、当初騒音測定局は 13箇所であったが、その後追加され現在では 15 測定局となっている。測定基本量は瞬時騒音レベル (LA) と単発騒音暴露レベル (SEL)。

騒音監視システムと飛行経路監視システムが統合されており、空港騒音及び運航監視システム (Airport Noise and Operation Monitoring System) と言われている。このシステムはオーストラリアのロカード社が構築したもので、騒音計はラルソンデービス社のもの。飛行経路監視システムは FAA から提供される管制用 ARTS のデータを処理している。この両システムはリンクされており、騒音監視測定局で観測された騒音値は、まず飛行経路情報と照合され、該当する航空機が確認された上で瞬時騒音値のレベルパターンを調べ、それが航空機騒音か否かの判定が行われる。航空機の騒音であれば、その騒音値に機種、便名、使用滑走路が結び付けられる。

図-1 に測定局の配置図を示した。測定局

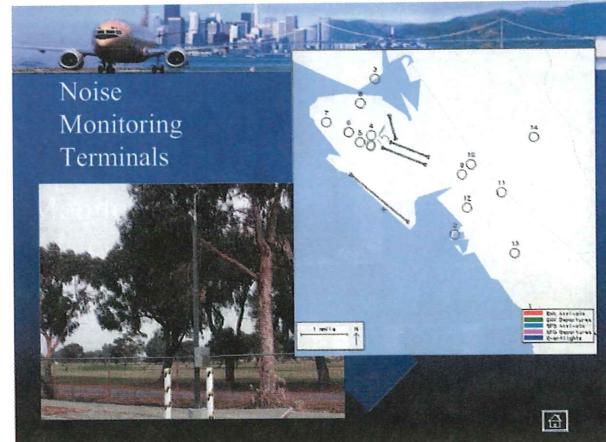


図-1 オークランド国際空港騒音測定局配置図

は飛行経路と騒音が問題となる地域に設置してある。マイクロホンの高さは地上 20 フィート。

この監視システムのレポートは、連邦規約により 3ヶ月毎にカリフォルニア州に報告される。日別、月別に過去の CNEL と比較し大きな変化がないかどうかの確認が行われている。また、要求に応じてこのレポートは提供される。

飛行経路監視システムは FAA から提供されているデータを処理するため、常時航空機の位置をリアルタイムで表示することはできない。飛行経路データは蓄積され、これらのデータを再処理して 2 次元集約航跡図や、3 次元航跡図を表示できるようになっている。空港周辺の地形図と重ね合わせて表示され、どの地域をどのように飛行しているかが良く分かる。視覚に訴える工夫がよくできている。

3.4 エンジンテスト防音施設について

シカゴ・オヘア国際空港と同じタイプである LYNCO 社製のコの字型防音施設が設置されている。この防音施設による夜間エンジンテスト実施については制限されていない。最近の夜間エンジンテスト実施の頻度は一晩に 2 回程度のこと。



4. サンフランシスコ国際空港

4.1 空港の概要

(1) 滑走路情報

サンフランシスコ国際空港は2本の平行滑走路が二組、計4本の滑走路を持っており、滑走路の方位と長さは次の通りである。

- 01 L/19 R-7,001 feet (2,134 m)
- 01 R/19 L-8,901 feet (2,714 m)
- 10 L/28 R-11,870 feet (3,620 m)
- 10 R/28 L-10,600 feet (3,232 m)

(2) 年間の発着回数

最近の年間発着回数は1999年434,284回、2000年439,903回、2001年417,741回、2002年357,379回であり、2002年度の減少は2001年9月11日の影響によるものだそうである。

(3) 航空機騒音の暴露状況

使用している航空機騒音の評価尺度はオークランドと同じくCNEL。65 dB以内が防音工事対象地域となっている。

(4) 航空機騒音を低減させるための基本となる制限

オークランド国際空港に同じく、軍用機を除き、FAR Part 36のStage 2にしか適合しないものは運航できない。ハッシュキット機は認められている。夜間制限はない。

(5) 近郊空港との役割分担

オークランド国際空港の項で述べたよう

に、サンフランシスコ国際空港の近郊にある空港は、航空機の規模、運航目的別に使い分けられている。行き先別とか目的地の遠近により分けはされていない。オークランド国際空港に同じ。

4.2 空港と地域社会との共生について

空港と周辺の地域社会との共生を図るために、サンフランシスコ周辺の45の自治体から選ばれた代表によって構成される円卓会議(Roundtable)が設置されている。この会議は毎月開催されており騒音低減活動に関して討論がなされ、その討議内容は公開されている。地域住民が催物又は会議のために空港施設を使おうとする場合、それが空港に関係があるなら便宜が図られるようなシステムがある。空港側は常に空港に関するプロジェクト情報を地域社会に対して提供しており、また地域社会に出向き航空環境保全啓蒙のためのプレゼンテーションも頻繁に行っている。この啓蒙活動は地域社会と共生するために非常に有効なものとなっているとのこと。

4.3 航空機騒音監視及び飛行経路監視システムについて

基本的に騒音監視システムは航空機騒音についての苦情や照会に対応するために設置されたものである。監視結果から特定の航空機の騒音を引き出し、そのレベルの大きさを示すことが苦情対策として有用であるとのこと。センターインの検証にも使われ、実施している騒音軽減方法の監視する手段にもなっている。

騒音監視はTRACOというコンサルタント会社が測定局の適地調査を行いその設置場所を決め、1975年に12箇所の測定局で開始された。その後、監視範囲の拡大や行政的な理由により測定局が追加され、現在は28測定局となっている。測定基本量は瞬時騒音レベル(LA)と単発騒音暴露レベル(SEL)。

図-2に測定局の配置図を示した。測定局は飛行経路と騒音が問題となる地域に設置し

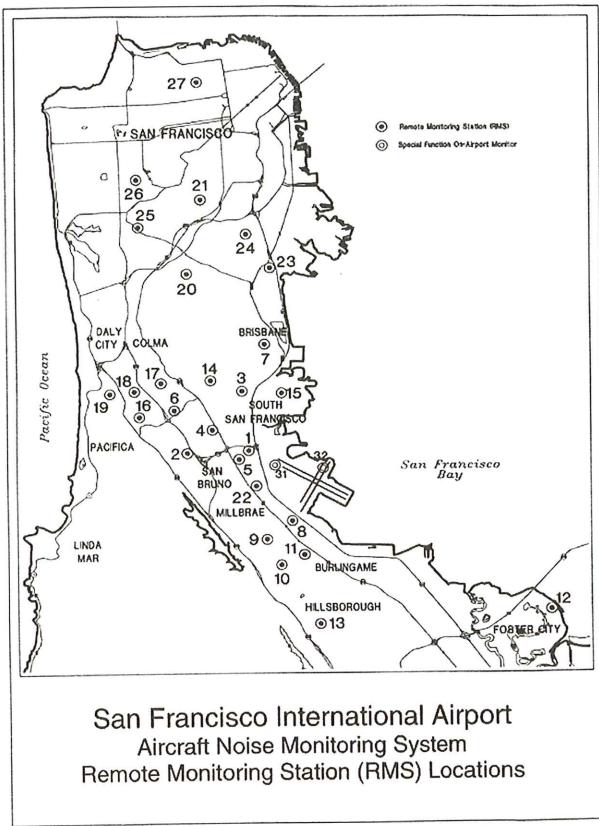


図-2 サンフランシスコ国際空港騒音測定局配置図

てあり、そこは周囲の暗騒音が航空機騒音より十分低く、建物や丘などからの反射、及び生い茂った樹木とか塀による吸収、遮蔽の影響のない場所であるとのこと。騒音計マイクロホンは全天候を意図して水中マイクロホンを使っている。マイクロホンの高さは地上20フィート。

この監視システムのレポートは、連邦規約により3ヶ月毎にカリフォルニア州に報告される。またCNELは5年間保存されており、日別、月別に過去のCNELと比較し大きな変化がないかどうかの確認が行われている。

また、要求に応じて空港関係者、及び自治体、地域住民にこのレポートは提供される。

騒音監視システムと飛行経路監視システムが統合されて、総合空港管理情報システム(TAMIS)が構築されている。これはテキサス州オースチンのコンサルタント会社BAEシステムズ社によるものである。騒音



図-3

監視システムと飛行経路監視システムはオーストラリアのロカード社のもので、飛行経路監視システム自体はメガデータ社のパーサシステム(PASSUR)を使っていた。この両システムはリンクされており、騒音監視測定局で観測された騒音値は、オークランドと同じく、まず飛行経路情報と照合され、該当する航空機が確認された上で瞬時騒音値のレベルパターンを調べ、それが航空機騒音か否かの判定が行われる。航空機の騒音であれば、その騒音値に機種、便名、使用滑走路が結び付けられる。

飛行経路監視システムは常時航空機の位置をリアルタイムで空港周辺の地形図と重ね合わせて表示されており、どの地域をどのように飛行しているかが良く分かる。また飛行経路データは蓄積されており、これらのデータを再処理して2次元集約航跡図や、3次元航跡図を表示できるようになっている。視覚に訴える工夫がよくできている(図-3)。これもオークランドと同様であった。

飛行経路監視システムはこのパーサシステム(PASSUR)とは別に、もう一セットのシステムが設置されていた。これはラノック社のエアシーンであり、パーサシステムと入れ替えることを前提として、この一年ほど評価試験を続けているとのこと。

訪問したNoise Abatement Officeは国内

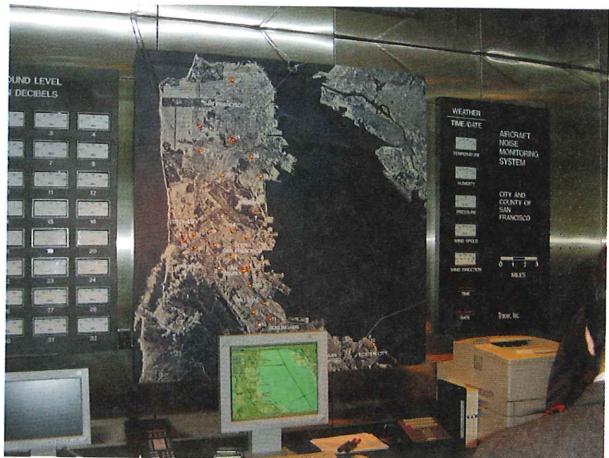


図-4

線ターミナル2階連絡通路脇にあり、騒音監視システムと飛行経路監視システムの中央処理装置やディスプレイが設置してある Operation Room はガラス張りになっており、連絡通路を通行する際に内部がよく見えるようになっている。前向きに情報を公開する姿勢が見える（図-4）。

4.4 エンジンテスト防音施設について

サンフランシスコ国際空港にはエンジンテスト防音施設はない。エンジンテストは住宅地域への影響を考慮して、住宅地域から離れた湾側で実施している。夜間実施については制限されており、早朝出発便に限られている。夜間エンジンテストの実施はここ3ヶ月ほど一晩に一回程度で、夜間エンジンテストの実施は年々減少の傾向にあるとのこと。

5. バンクーバー国際空港

5.1 空港の概要

(1) 滑走路情報

バンクーバー国際空港は3本の滑走路と、水上機用滑走エリアを一箇所持っており、滑走路の方位と長さは次の通りである。

- 08 L/26 R-3,030 m
- 08 R/26 L-3,353 m
- 12/30-2,225 m
- 07/25 水上機用滑走エリア

(2) 年間の発着回数

最近の年間発着回数は、2000年337,405回、2001年312,523回であり、2001年9月11日の影響があったのかどうか分からぬ。発着回数は水上機及びヘリコプターも含んでいる。

(3) 航空機騒音の暴露状況

使用している航空機騒音の評価尺度はNEF (Noise Exposure Forecast)。カナダ運輸省の土地利用に関するドキュメント(TP 1247 E)によると NEF 30以上は住居に適せず、NEF 25から30のエリアは住居の防音工事を推奨している。強制力はなく Airport Authority が判断することであるが、実際の防音工事実施エリアについては確認中である。

(4) 航空機騒音を低減させるための基本となる制限

米国と同様に、軍用機を除き、ICAO/ANNEX 16 Chapter 2 (FAR Part 36 の Stage 2 と同等) にしか適合しないものは運航できない。北側滑走路 08 L/26 R は緊急時を除き 26 R 着陸だけに使われる。

(5) 近郊空港との役割分担

バンクーバー国際空港の近郊には小規模飛行場がいくつかある。それらは小型機訓練用、軍用、ヘリポート等であり、サンフランシスコ近郊のオークランドやサンノゼのような、定期便が運航するような規模の似通った空港はない。

5.2 空港と地域社会との共生について

空港と周辺の地域社会との共生を図るために、航空機騒音対策委員会 (Aeronautical Noise Management Committee) が設置されている。この委員会は空港周辺の3市からのそれぞれの代表、カナダ運輸省、航空管制機関 (Nav Canada : 民営化されている)、及び空港管理者 (Airport Authority) の代表によって構成されおり、3ヶ月ごとに開催される。その委員会では空港管理責任者が航

空機騒音に関する事項について報告し、この件について討議される。また定例委員会の他に必要に応じて臨時委員会が開催される。委員会で討議された事項は騒音対策年報 (Noise Management Annual Report) に反映される。

5.3 航空機騒音監視及び飛行経路監視システムについて

監視の基本的な目的は、サンフランシスコ、オークランドと同じで、航空機騒音や飛行経路についての苦情や照会に対応するためには設置されたものである。監視結果から特定の航空機の騒音を引き出し、そのレベルの大きさを示すことが苦情対策として有用であるとのこと。

センターラインの検証にも使われ、実施している騒音軽減方法を監視する手段にもなっている。騒音監視測定局で観測される騒音基本量は瞬時騒音レベル (LA) と単発騒音暴露レベル (SEL) であるので、センター作成

で使われる航空騒音の評価量 NEF に変換する必要があるとのこと。

騒音監視は 1987 年から実施されているが、何箇所の測定局で開始されたは今のスタッフでは分らないそうである。その後、騒音影響範囲の拡大や地域対策等の理由により、幾つかの測定局が追加され、現在は 16 測定局となっている。測定基本量は、前述の通り瞬時騒音レベル (LA) と単発騒音暴露レベル (SEL)。

図-5 に測定局の配置図を示した。基本的に測定局は飛行経路と騒音が問題となる地域に設置してある。図中の測定局 13 は北側滑走路 (08 L/26 R) におけるリバース騒音用の測定局で滑走路両端にセンサーを取り付け、リバース騒音の識別を行っている。騒音計のマイクロホンの高さは地上 20 フィートで、周辺地域では学校の屋上に設置されている所もある。

この監視システムの観測結果は前述の騒音

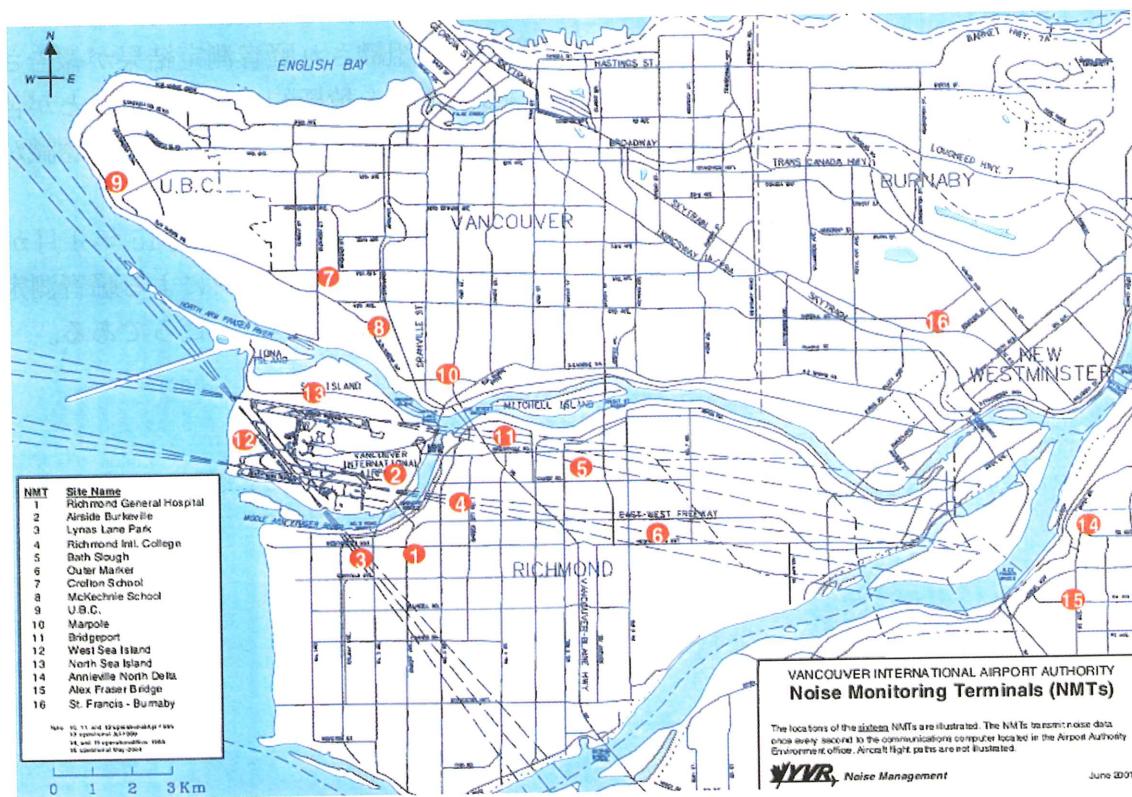


図-5 バンクーバー国際空港騒音測定局配置図

対策年報で公表される。

騒音監視システムと飛行経路監視システムがある。両システム共オーストラリアのロカード社のもの。飛行経路監視システムで扱うデータは Nav Canada から提供される ARTS データである。

サンフランシスコやオークランドのように、統合された何々総合システムというような大袈裟なものではない。ただし統合はされていないが、両システムはリンクされており、サンフランシスコやオークランドと同じような手順で、まず飛行経路情報と照合され、該当する航空機が確認された上で瞬時騒音値のレベルパターンを調べ、それが航空機騒音か否かの判定が行われて、航空機の騒音であれば、その騒音値に機種、便名、使用滑走路が結び付けられる。

飛行経路監視システムは常時航空機の位置をリアルタイムで空港周辺の地形図と重ね合わせて表示されており、どの地域をどのように飛行しているかが良く分かる。また飛行経路データは蓄積されており、これらのデータを再処理して 2 次元集約航跡図や、3 次元航跡図を表示できるようになっている。これらはロカード社の仕事なので、視覚に訴えるための基本的なソフトウェアはサンフランシスコやオークランドと同じものを使っていると思われる。

5.4 エンジンテスト防音施設について

バンクーバー国際空港にはエンジンテスト

防音施設はない。サンフランシスコと同様にエンジンテストは住宅地域への影響を考慮して、極力住宅地域から離れたタクシーウェイで実施している。更にエンジンテスト騒音の影響を低減させるために、北側滑走路と南側滑走路の間の湾岸側でエンジンテスト専用パッドを設置する工事が進められている。担当者にオークランドのような防音施設にしたらどうかと尋ねたら、「バンクーバー国際空港では風の変動が大きいので機首方向が固定される防音施設では実用的ではない。」とのことであった。

6. おわりに

今回訪問した空港では、航跡データと騒音データを組み合わせて航空機騒音判定の精度を上げているのが見受けられる。騒音測定局の配置は、基本的に航空機騒音の苦情や照会に対応する目的で選定されていた。

何れの空港においても、騒音測定結果だけでなく該当機種、飛行経路も積極的に公開している。また、地域代表を含む関係者の定例協議会が組織され騒音測定結果が報告されている。情報を積極的に公開することが苦情対策として有効とする空港当局者の認識が示された。

航空局においても、平成 15 年 4 月から地方航空局のホームページによる騒音測定結果の公開を開始しているところである。

エッセイ

環境雑記*

中 村 資 朗**

はからずも昨年7月よりセンターの一員に加えていただき、この度、何か書くようにとご用命を頂きました。早速、これまでの「航空環境研究」を見せて頂いたところ、懐かしい名前がきら星のごとく並んでいて、ビックリ。1997年発行のNo.1にはよく知っていた人が3人も載っていました。川田和良さん：JALで初任者研修を受けた時の研修仲間であり、また伊丹空港にエアバスを導入しようとした頃のサンドバッグ役同志。村林淳吉さん：YS-11飛行試験時代の上司で、貧乏でしたがよく飲みました。山崎武行さん：ANAにおける私の唯一の部下兼先生、環境のすべてを教えてもらいました。

そんな訳で、私も昔からこのセンターの一員であったかのような親近感を覚えた次第です。

さて、10年前の話で恐縮ですがIATAの環境委員会でメンフィスへ出掛ける機会がありました。宅配便の航空貨物会社FedEx Expressの基地があり、午前3時ごろから百機を越えるDC-9型機が全米各地に向けて一斉に飛び立つ壯観さを街中のホテルから眺めながら、FedExがこの代表に何故弁護士を出席させているかが飲み込めたのを想い出します。貨物輸送なので年代物のDC-9型機を

使っており、当然最新鋭の機種に比べ騒音が高く、ステージ2とか3とか早期退役の世論に立ち向かうためにも弁護士が適任だったのでしょう。

その頃でしたか、日本が中心になって相当苦労しながら京都議定書をまとめました。しかし、世界の先頭に立つべき米国がいまや大国のエゴで離脱してしまいました。環境問題の元は煎じ詰めれば世界の人口問題に行き着くのではないかと思いますが、最近の国際紛争を見ていますと、世界のさまざまな国々が合意に達することは途轍もなく難しく、まだ相当先の未来のこととは言え地球が破滅の道を辿る確率はかなり高いように思えてなりません。

正月早々、ブッシュ大統領は月面を拠点に火星を目指す新宇宙戦略を発表しました。人口問題で地球が行き詰まる将来を見越しての方策だとすれば拍手喝采ですが。有人宇宙輸送の勉強会で得た私の知見からすれば、現在の推進技術では多数の人間を火星に運ぶのはとても無理でしょう。しかし、遺伝子工学やナノテクがもう少し進歩すれば、人間の何億分の1という微小な遺伝子や冷凍保存の細胞を火星に送るのは今の技術でも可能でしょうから、そんな形で人類の未来を火星上に求めることはあながち夢物語ではない、もう既にそれが実行に移されようとしている、とSFまがいに人類の永劫の未来を夢想しながら、この雑記を締めくくらせて頂きます。

* Environment Miscellanea, by Shiro Nakamura (Adviser, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
顧問

活動報告

研究センターの動き*

平成 15 年度、航空環境研究センターでは、次の受託業務及び自主研究等を実施した。

1. 受託業務

●騒音振動部

- ・航空機騒音及び飛行経路実態調査（仙台、那覇、大阪、大分、熊本空港）
- ・航空機騒音予測センター図作成（新東京、静岡、花巻、新潟、山口宇部）
- ・平成 15 年度東京国際空港航空機騒音調査（騒音監視塔）
- ・平成 15 年度東糀谷小学校航空機騒音データ解析作業
- ・航空機騒音基礎調査その 1, その 2
- ・空港周辺における航空機騒音影響範囲予測調査
- ・大阪国際空港におけるプロペラ機の騒音調査
- ・新千歳空港航空機騒音影響範囲予測調査
- ・大阪国際空港テレビ視覚障害影響範囲調査
- ・航空機騒音影響範囲予測調査
- ・周波数分析による航空機騒音の識別方法に関する調査

●大気環境部

- ・大阪国際空港周辺大気汚染調査（大気汚染実態調査）

●環境保健部

- ・航空機騒音の体感を考慮した評価に関する調査研究（騒音振動部と共に）
- ・空港周辺住民健康調査

2. 自主研究（航空局からの要請研究を含む）

●騒音振動部

- ・航空機騒音予測技術検討調査
- ・航空環境の保全に関する動向調査
- ・東京国際空港における新運用方式に係る騒音測定の調査・研究
- ・テレビ電波受信障害範囲の予測調査
- ・航空機騒音の自動監視に関する基礎研究
- ・飛行経路測定の精度向上に関する基礎研究
- ・航空機騒音の伝搬性状に関する基礎研究
- ・航空機騒音の評価方法に関する基礎研究

* Annual Activities of Aviation Environment Research Center

●大気環境部

- ・空港周辺大気影響技術検討調査
- ・航空環境の保全に関する動向調査
- ・航空機排出物低減対策に関する研究調査
- ・国内外における空港周辺の大気環境調査の動向調査

●環境保健部

- ・航空環境と健康に関する疫学的研究
- ・航空機騒音の睡眠に及ぼす影響
- ・低レベル騒音変動に伴う住民意識の動向調査
- ・航空機騒音がもたらす健康影響と騒音評価・対策のあり方に関する研究

3. 研究発表**●騒音振動部**

- ・気象条件を考慮した地表面過剰減衰の評価方法—篠原直明（新東京国際空港振興協会）月岡秀文（防衛周辺整備協会）牧野康一（小林理学研究所）吉岡序，山田一郎（航空環境研究センター）〔日本騒音制御工学会・東京・2003-4〕
- ・PE法を用いた騒音伝搬と変動の予測について一大島俊也（小林理学研究所）川窪七教（都市公団）山田一郎（航空環境研究センター）〔日本騒音制御工学会・東京・2003-4〕
- ・Monitoring of Airport ground Noise and evaluation of Noise impact on environment—斉藤孝，篠原直明（新東京国際空港振興協会）押尾恵一（新東京国際空港公団）山田一郎（航空環境研究センター）〔WESPRADC・ニュージーランド・2003-4〕
- ・Evaluation of excess ground attenuation considering meteorological conditions—篠原直明（新東京国際空港振興協会）牧野康一（小林理学研究所）吉岡序，山田一郎（航空環境研究センター）〔InterNoise 2003・韓国・2003-8〕
- ・Site selection for Noise monitoring in areas on the site of Airport—大沼保憲，吉岡序，山田一郎（航空環境研究センター）〔InterNoise 2003・韓国・2003-8〕
- ・等価騒音レベルに基づく航空機騒音予測の補正要因に関する検討（対気速度と音源指向性に関する補正）—吉岡序，山田一郎（航空環境研究センター）篠原直明（新東京国際空港振興協会）〔日本騒音制御工学会・千葉・2003-9〕
- ・等価騒音レベルに基づく航空機騒音予測の考え方（パイロットプログラムの作成）—岩崎潔，吉岡序，山田一郎（航空環境研究センター）〔日本騒音制御工学会・千葉・2003-9〕
- ・飛行経路下で観測される航空機騒音と気象条件の関係に関する考察—武士田卓佳，篠原直明（新東京国際空港振興協会）牧野康一（小林理学研究所）山田一郎（航空環境研究センター）尾形三郎（新東京国際空港公団）（日本騒音制御工学会）〔日本騒音制御工学会・千葉・2003-9〕
- ・交通騒音としての航空機騒音の位置づけ—加来治郎（小林理学研究所）山田一郎（航空環境研究センター）〔日本音響学会・名古屋・2003-9〕
- ・航空機騒音予測時の地面による過剰減衰の評価方法（エンジン音放射に対する機体影響についての縮尺模型実験による検討）—牧野康一（小林理学研究所）篠原直明（新東京国際空港振興協会）月岡秀文（防衛周辺整備協会）吉岡序，山田一郎（航空環境研究センター）

〔日本音響学会・名古屋・2003-9〕

- ・航空機騒音予測時の地面による過剰減衰の評価方法（上空飛行時の騒音伝搬における気象条件別の整理）一篠原直明（新東京国際空港振興協会）牧野康一（小林理学研究所）月岡秀文（防衛周辺整備協会）吉岡序，山田一郎（航空環境研究センター）〔日本音響学会・神奈川・2004-3〕
- ・等価騒音レベルに基づく航空機騒音予測モデルの開発について一岩崎 潔，吉岡 序，山田一郎（航空環境研究センター）〔日本音響学会・東京・2004-3〕

●大気環境部

- ・航空機の補助動力エンジン（APU）排出物の実測（2）（亜酸化窒素，カルボニル化合物，粒子状物質等の測定結果）一橋本弘樹，水島 実，柴田正夫，鈴木孝治（航空環境研究センター）〔日本分析化学会・仙台・2003-9〕

●環境保健部

- ・Choice of Japanese modifiers in noise annoyance scale under exposures to with noise—関 健介（杏林大）後藤恭一，金子哲也（航空環境研究センター）矢野 孝（熊本大）〔Japanese-Swedish Noise Symposium on Medical effects・鹿児島・2003-5〕
- ・A study on aircraft noise annoyance and health—後藤恭一，金子哲也（航空環境研究センター）〔ICBEN 2003・オランダ・ロッテルダム・2003-6〕
- ・妊婦における腹式帝王切開術に関する考察（第一報）一谷 恭子，安藤美香（東京医科大）後藤恭一（航空環境研究センター）〔日本ウーマンズヘルス学会・東京・2003-7〕
- ・妊婦における腹式帝王切開術に関する考察（第二報）一安藤美香，谷 恭子（東京医科大）後藤恭一（航空環境研究センター）〔日本ウーマンズヘルス学会・東京・2003-7〕
- ・地域住民における食嗜好と心身指標の関連性について一後藤恭一（航空環境研究センター）〔日本ウーマンズヘルス学会・東京・2003-7〕
- ・抗 T. Cruzi 抗体を用いた Dot-ELISA 法の確立とその有用性の検討一関 健介（杏林大）後藤恭一，金子哲也（航空環境研究センター）〔日本公衆衛生学会・京都・2003-10〕

4. その他

- ・日本騒音制御工学会春季研究発表会に参加一山田所長，吉岡騒音振動部長代理〔東京・2003-4〕
- ・ICAO/CAEP WG 3 会議に出席一大気環境部橋本副主任研究員〔アメリカ・シアトル・2003-4〕
- ・ICAO/CAEP WG 2 会議に出席一騒音振動部吉岡部長代理〔スイス・ベルン・2003-4〕
- ・日本分析化学討論会に参加一大気環境部橋本副主任研究員〔高知・2003-5〕
- ・NOISE・EFFECTS 国際会議に出席一環境保健部後藤副主任研究員〔オランダ・ロッテルダム・2003-6〕
- ・ICAO ステアリング会議に出席一山田所長〔アメリカ・オークランド・2003-6〕
- ・(財)空港環境整備協会全国事務所長会議に出席一所長及び管理部長〔東京・2003-6〕
- ・航空機騒音委員会を開催一山田所長，末永騒音振動部長，吉岡部長代理他〔東京・2003-7〕
- ・日本ウーマンズヘルス学会に参加一環境保健部後藤副主任研究員〔東京・2003-7〕
- ・大気環境委員会を開催一山田所長，鈴木大気環境部長，柴田部長代理他〔東京・2003-8〕

- ・INTER NOISE国際会議に出席一山田所長〔韓国・チェジュ島・2003-8〕
- ・ICAO/CAEP WG 3会議に出席一大気環境部橋本副主任研究員〔ドイツ・ベルリン・2003-9〕
- ・ISO/TC 43/SC 1総会並びに作業委員会WG 52会議に出席一山田所長〔ドイツ・ベルリン・2003-9〕
- ・日本騒音制御工学会秋季研究発表会に参加一山田所長、吉岡騒音振動部長代理、岩崎主任研究員〔千葉・2003-9〕
- ・日本音響学会秋季研究発表会に参加一山田所長、吉岡騒音振動部長代理〔名古屋・2003-9〕
- ・日本分析化学会第52年会に参加一大気環境部水島副主任研究員〔仙台・2003-9〕
- ・嗅覚測定法に関する国際シンポジウム（環境省主催）に参加一大気環境部橋本副主任研究員〔東京・2003-10〕
- ・空港環境対策担当者研修会（空港環境整備協会主催）に講師派遣一山田所長、伊藤顧問、末永騒音振動部長、吉岡部長代理、鈴木大気環境部長、柴田部長代理、金子環境保健部長他〔東京・2003-10〕
- ・巡回健康診断担当者会議に出席一金子環境保健部長、後藤副主任研究員〔福岡・2003-10〕
- ・（財）空港環境整備協会全国事務所長会議に出席一所長及び管理部長〔東京・2003-11〕
- ・航空機騒音委員会を開催一山田所長、末永騒音振動部長、吉岡部長代理他〔東京・2003-12〕
- ・大気環境委員会を開催一山田所長、鈴木大気環境部長、柴田部長代理他〔東京・2003-12〕
- ・国土交通省航空保安大学校へ講師派遣一山田所長、吉岡騒音振動部長代理〔東京・2004-3〕
- ・日本化学会第84春季年会に参加一大気環境部橋本副主任研究員〔西宮・2004-3〕
- ・大気環境委員会を開催一山田所長、鈴木大気環境部長、柴田部長代理他〔東京・2004-3〕
- ・「航空環境研究」第8号の研究誌を発刊〔2004-3〕

文献情報

航空環境関連文献情報（米国政府出版物データベースより）*

管理部文献資料室**

以下の文献は、2002年4月から2003年3月までの間のNTISデータベースから入手した文献データより選出したものです。文献の入手に関するお問い合わせは、株式会社ジー・サーチ（電話：03-3452-1244, FAX：03-3452-1246）までお願い致します。

〔騒音〕

●測定

N20020022188/XAB

Updated Catalog of 521 Social Surveys of Residents' Reactions to Environmental Noise (1943-2000), Dec 2001

N20020082922/XAB

Fan Noise Source Diagnostic Test: Far-Field Acoustic Results, May 2002

N20030003706/XAB

Measurement of Correlation Between Flow Density, Velocity, and Density* Velocity (sup 2) With Far Field Noise in High Speed Jets, Sep 2002

N20030000834/XAB

Measurement of Trailing Edge Noise Using Directional Array and Coherent Output Power Methods, 2002

●評価

N20020038885/XAB

Aerodynamic Performance of Scale-Model Turbofan Outlet Guide Vanes Designed for Low Noise, Dec 2001

ADA405069/XAB

Assessment of the Subsonic Noise Environment in the Nellis Range Complex, Jan 1993 (Interim rept. Jun 1991-Jan 1993)

N20020079419/XAB

Evaluation of an Aircraft Concept With Over-

Wing, Hydrogen-Fueled Engines for Reduced Noise and Emissions, Sep 2002

N20030003730/XAB

Tool for Low Noise Procedures Design and Community Noise Impact Assessment: The Rotorcraft Noise Model (RNM), 2002

●予測

N20020024101/XAB

Maneuvering Rotorcraft Noise Prediction: A New Code for a New Problem, 2002

N20020050706/XAB

High Speed Jet Noise Prediction Using Large Eddy Simulation, 2002

N20020090862/XAB

Large Eddy Simulation of a Near Sonic Turbulent Jet and Its Radiated Noise, 2001

●対策

N20020012423/XAB

Recent Developments in U. S. Engine Noise Reduction Research, Sep 2001

N20020016714/XAB

Distributed Exhaust Nozzles for Jet Noise Reduction (Final Report), 31 Dec 2001

PB2002-103213/XAB

Development of Noise Abatement Procedures in the Netherlands, Nov 1999

N20020038209/XAB

Quantifying Errors in Jet Noise Research Due to Microphone Support Reflection, Feb 2002

ADA401387/XAB

Detailed Research Plans for a Study of Aircraft Noise and Sonic Boom Effects and Measurements. Volume VI: Effects of Sonic Boom and

* United States Government Reports for Aviation Environment; Selections from NTIS Database

** Library, Aviation Environment Research Center

Low Frequency Noise on Structures and Terrain
(Final rept. Fep 1985-Apr 1986), Apr 1986

N20020076383/XAB

Lobed Mixer Design for Noise Suppression:
Plume, Aerodynamic and Acoustic Data, Volume
2, Jul 2002

N20020082905/XAB

Acoustic and Laser Doppler Anemometer Results
for Confluent and 12-Lobed E (exp 3) Mixer
Exhaust Systems for Subsonic Jet Noise Reduction
(Final Report), Sep 2002

N20020081325/XAB

Acoustic and Laser Doppler Anemometer Results
for Confluent, 22-Lobed, and Unique-Lobed Mixer
Exhaust Systems for Subsonic Jet Noise Reduction
(Final Report), Sep 2002

N20020090894/XAB

NO_x Emission Reduction in Commercial Jets
Through Water Injection, Oct 2002

N20020090708/XAB

Development of Computational Aeroacoustics
Code for Jet Noise and Flow Prediction (Final
Report), 29 Jul 2002

●機内騒音**N19990007764/XAB**

Structural Acoustic Characteristics of Aircraft
and Active Control of Interior Noise, 1998

N19990005050/XAB

Diagnostics and Active Control of Aircraft Interior
Noise (Final Report), 1998

N20020087614/XAB

Hybrid Active-Passive Systems for Control of
Aircraft Interior Noise (Final Report, 1 Jan.
1999-31 Mar. 2002), 2002

●騒音機構**PB2003-101661/XAB**

Computing the Absorption of Sound by the Atmosphere
and its Applicability to Aircraft Noise
Certification, Aug 1998

N20020086938/XAB

Small Engine Technology (SET). Task 33 : Airframe,
Integration, and Community Noise Study
(Final Report), Oct 2002

●ヘリコプター**N20020051150/XAB**

Revolutionary Concepts for Helicopter Noise
Reduction: SILENT Program, May 2002

N20020060461/XAB

Principal Components Analysis of Triaxial Vibration
Data From Helicopter Transmissions, 26
Aug 2001

N20020070601/XAB

Vibration Reduction of Helicopter Blade Using
Variable Dampers: A Feasibility Study, Aug
2002

ADA405678/XAB

Impulse Noise Levels of the UH-60 A/L Black
Hawk Helicopter Cockpit Air Bag System-
Enhanced Lateral Air Bags (Final Rept), Jul 2002

ADA406497/XAB

Assessment of Acoustic and Electronic Stetho-
scope Performance in the UH-60 Noise Environ-
ment, Aug 2002

●解説**N20020027543/XAB**

Noise, Turbulence, and Thrust of Subsonic Free
Jets from Lobed Nozzles, 2002

N20020024448/XAB

High-Speed Jet Noise Reduction NASA Perspec-
tive, 2001

N20030012608/XAB

Airframe-Jet Engine Integration Noise (Final
Report, 1 Jan. 1999-31 Dec. 2001), 22 Jan 2003

N20030003725/XAB

Parametric Study of Fine-Scale Turbulence Mix-
ing Noise, Jul 2002

ADA409415/XAB

Field-Deployable Acoustic Digital Systems for
Noise Measurement, Oct 2000

●人体影響**ADA400329/XAB**

Health Monitoring on Vibration Signatures
(Final Rept. 1 Aug. 1997-31 Jul. 2001), 26 Feb 2002

MIC-102-03683/XAB

Noise from civilian aircraft in the vicinity of
airports, implications for human health, I: Noise,
stress and cardiovascular disease, 2001

PB2002-108318/XAB

Health Hazard Evaluation Report: HETA 99-0196-2860, Future Aviation, Inc. Naples, Florida, 2002

●ソニックブーム**ADA399508/XAB**

PCBoom 3 Socic Boom Prediction Model-Version 1. Oc (Interim rept Aug 1992-May 1996), May 1996

N20000097939/XAB

Field Measurements of Sonic Boom Penetration Into the Ocean, Jun 2000

[大気汚染]

●評価**N20020014359/XAB**

Performance Evaluation of Particle Sampling Probes for Emission Measurements of Aircraft Jet Engines (Final Report), Nov 2001

●排出機構**N20020061947/XAB**

Low NO(x) Lean-Direct Injection, Multipoint Integrated Module Combuster Concept for Advanced Aircraft Gas Turbines, Apr 2002

ADA404966/XAB

Aircraft Engine and Auxiliary Power Unit Emissions Testing: Final Report. Addendum. F 119-PW-100 Engine Emissions Testing Report (Final Rept), 2002

PB2003-103059/XAB

National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAPs) for Engine Test Cells/Stands: Background Information for Final Standards. Summary of Public Comments and Responses, Feb 2003

●その他**PB2002-109207/XAB**

User's Guide for the Emissions Modeling System for Hazardous Air Pollutants (EMS-HAP, Version 2.0), Aug 2002

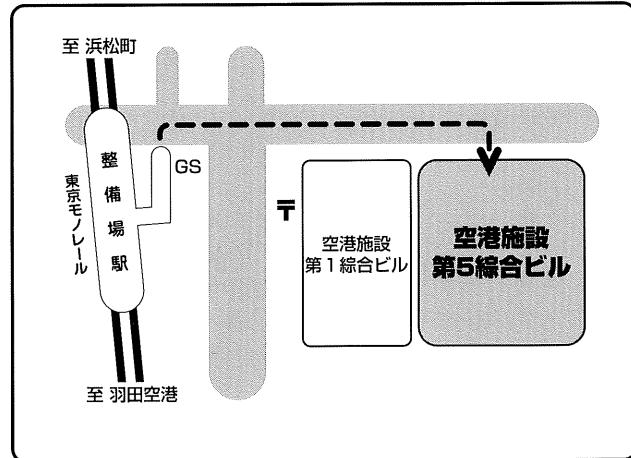
編集後記

最近放送のデジタル化が話題となって久しいが、2003年末からは都市圏の一部で地上波テレビもデジタル化され、すでに放送が開始されております。2006年までには全国のすべてのテレビ局がデジタル化されると言われておりますが、さて航空機によるフラッター障害は起こるのかアナログ放送に比べてどのように変化するか今後の調査が待たれるところであります。

さて、本誌第8号も予定より大幅に遅れての発行となりましたが、今号では焦点で航空機騒音及びヘリコプタの機外騒音についての論文、そして航空機運用面からの温室効果ガス削減の研究論文等4編を寄稿して頂きました。

研究報告は、毎回当センターの騒音振動部、大気環境部、環境保健部が実施しているそれぞれの調査研究を発表しております。

内外報告では、毎年開催されるICAOの航空環境保全委員会に出席された航空局の担当者から各ワーキンググループの動向についての報告等、6編を掲載致しました。さらに航空環境を取り巻く話題は、ANAの環境保全対策、開港を間近に控えた中部国際空港における藻場造成事業並びに北



航空環境研究センター案内図

米における航空機騒音監視事情の3編を寄稿して頂きました。

各執筆者の皆様には、厚く御礼申し上げます。

また、読者の皆様方にも発行が遅れましたことを深くお詫び申し上げます。

なお、編集事務局では当研究誌について読者の皆様から様々なご意見を賜っておりますので、内容に関するご意見をお寄せください。

編集事務局：航空環境研究センター
文献資料室 仰山博文

航空環境研究 第8号 平成16年3月25日印刷 平成16年3月30日発行 ©2004

発行人 山田一郎

発行所 財団法人 空港環境整備協会 航空環境研究センター

144-0041 東京都大田区羽田空港1-6-5 第5総合ビル5階

電話 (03) 3747-0175 FAX (03) 3747-0738

印刷所 三美印刷株式会社

116-0013 東京都荒川区西日暮里5-9-8

電話 (03) 3803-3131 (代)

無断転載を禁じます

THE JOURNAL OF AVIATION ENVIRONMENT RESEARCH No. 8, 2004

CONTENTS

COMMENTS

New Approach to the Airport Environment	Shoji Sugie	1
-----------------------------------------	-------------	---

FOCUSES

On the Helicopter External Noise-Noise Generation Mechanism and Noise Reduction Technique for Helicopters-	Shigeru Saito	2
Is Aircraft Noise the most Annoying One among Traffic Noises?	Jiro Kaku	10
Emission Reduction with CNS/ATM	Yukio Kawahara	17
A Report from an Internet Meeting On the Aspect of Noise Effect Control	Tetsuya Kaneko	27
	Kyoichi Goto	

RESEARCH REPORTS

Factors affecting Interference with Reception of the Terrestrial Digital Television owing to a Delayed Signal via an Aircraft	Masayuki Sugawara	32
	Yasunori Ohnuma	
	Masahisa Suenaga	
	Shiro Ito	

Measurements and Characterization of Suspended Particulate Matters around Tokyo Haneda International Airport	Hiroki Hashimoto	41
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------	----

Consideration on Dissatisfaction Structure of Environment among Urban Residents	Masao Shibata	
	Minoru Mizushima	
	Koji Suzuki	
	Kyoichi Goto	57
	Tetsuya Kaneko	

DOMESTIC AND FOREIGN REPORTS

Trends of ICAO/CAEP-WG1 · WG3	Sigeru Takano	60
Trends of ICAO/CAEP-WG2	Yuji Yanagisawa	64
Trends of ICAO/CAEP-WG5 (Measures against Global Warming)	Jiro Ishiwada	70
Recent Trend of Future Aircraft Gas Turbine Engines	Kazuhiko Ishizawa	74
Report of Inter Noise 2003	Ichiro Yamada	82
Report on the 2003 Plenary Meeting of ISO/TC43/SC1 in Berlin	Ichiro Yamada	89

CURRENT TOPICS

Environment Protection of ALL NIPPON AIRWAYS	Osamu Kitamiya	95
Development of Seaweed Bed at Centrair	Takaaki Matsunami	104
Trends of Aircraft Noise in North America	Norio Kijima	111

ESSAY

Environment Miscellanea	Shiro Nakamura	119
-------------------------	----------------	-----

ACTIVITIES OF AERC

Annual Activities of Aviation Environment Research Center	Executive Department	120
-----------------------------------------------------------	----------------------	-----

REPORT INFORMATION

United States Government Reports for Aviation Environment ; Selections from NTIS Database	Library	124
----------------------------------------------------------------------------------------------	---------	-----

Airport Environment Improvement Foundation

Aviation Environment Research Center

K5 Building 6-5, Hanedakukō 1-chome, Ōta-ku, Tokyo, 144-0041, Japan