

航空環境研究



*The Journal
of
Aviation Environment Research*

No. 4, 2000

焦点

航空機騒音の健康影響

—最近の調査研究動向から（その2）	鈴木庄亮	1
日航財団/気象庁気象研究所/日本航空による 大気観測プロジェクト	未永民樹	6
航空機フラッター障害と地上デジタルテレビ 放送への期待	宮沢 寛	15

研究報告

航空機によるテレビ電波障害の推定法

菅原政之・大沼保憲・伊藤士郎	22
東京国際空港及びその周辺における 航空機排出物の影響実態調査と 大気拡散シミュレーション	
…橋本弘樹・柴田正夫・水島 実・鈴木孝治	30
航空機騒音の睡眠に及ぼす影響調査	
…後藤恭一・金子哲也	45

内外報告

ICAO 航空環境保全委員会 (CAEP/5) 第1回ステアリング・グループ会議に 出席して	橋本弘樹	51
--	------	----

ICAO/CAEP の動向（航空機騒音）

吉岡 序 53

ICAO/CAEP の動向（航空機排出ガス）

柴田正夫 58

Inter Noise 99 時田保夫 78

航空環境を取り巻く話題

航空機騒音と ANC 技術について 未永昌久 83

関西国際空港 2期事業における環境保全対策

角 浩美 85

エッセイ

燃料節約 川田和良 93

ふくろうの羽音 佐藤淳造 95

空港環境と都市デザイン 金子哲也 97

活動報告

研究センターの動き 根本 隆 99

文献情報

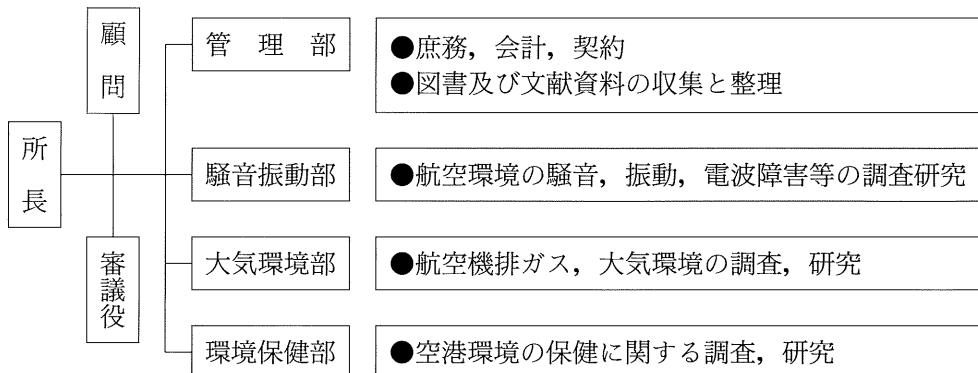
航空環境関連文献情報 (米国政府出版物
データベースより) 仰山博文 102

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、文化の発展にともなう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来ましたが、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、航空環境研究センターに改称してきましたが、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います。

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。



焦点

航空機騒音の健康影響*

—最近の調査研究動向から その 2.—

「'98 騒音と健康影響」国際学会より

鈴木 庄亮**

前回の「航空機騒音の健康影響—その 1.」 の内容

- 1.はじめに
- 2.国際学会「騒音の影響'98」
- 3.航空機騒音による騒音性難聴 Noise Induced Permanent Threshold Shift
- 4.生理学的影響 Non-Auditory Physiological Effects induced by Noise
 - 4.1 ミュンヘン空港での児童の認知機能の影響
 - 4.2 シドニー空港周辺学童の血圧値への影響
 - 4.3 沖縄の基地騒音の質問紙による一般健康調査の結果
 - 4.4 日本沖縄の基地騒音による低体重児出生割合の増加

その 1.で扱えなかった分野に、次の 4つがある。航空機騒音の騒音の睡眠への影響、航空機騒音の仕事と行動に及ぼす影響、航空機騒音の住民反応、航空機騒音の聴覚影響と住民反応の複合影響。このうち以下には睡眠影響について紹介する。

5. 航空機騒音の騒音の睡眠への影響

5.1 騒音による睡眠妨害—最近の研究の動向¹⁴⁾

仮の INRETS のヴァレー M. Vallet は前

回 1993 年ニースで開催された本学会 “6 th International Congress on Noise as a Public Health Problem” 「公衆衛生問題としての騒音」の学会長であったが、本大会ではこの表題のもとに、騒音による睡眠妨害についての 1990 年以降の研究を検討し総説を発表した。彼はそれまでに出された 2 つの総説^{15,16)}も参考にした。

彼によると、騒音による睡眠妨害の研究は大きく次のように 3 分類される：

- 1) 睡眠妨害の生理学的影響の研究：研究方法には、従来からよく使われている脳波、心電図、眼振計、呼吸、およびアクチグラフ（体動計の一種）による方法に加えて、生化学的指標（ホルモンなどの）が使われ始めた。睡眠影響の心理社会学的側面も、実験および現場の疫学で研究されている。
- 2) 睡眠可能な騒音レベルについての研究が、これまでのデータの再検討あるいは新しいデータによって行われている。
- 3) 世界保健機関（WHO）あるいは各国の騒音環境基準の設定のために、既存の研究をまとめた総説の作成が行われている。

騒音暴露レベルが屋外値なのか屋内値なのかは常に問題となる。英國民間航空公社は大規模な調査を行い、屋外で 90-100 dBA SEL (Lmax 80-95 dBA) のとき、覚醒の確率は 1/75 であると結論した。英國の空港周辺の民家の平均遮音量は 39 dBA であり、このため寝室での騒音レベルは 44-59 dBA になるといわれる。1978 年に Blössら¹⁷⁾が気づき、1983 年 Frusthorfer¹⁸⁾によって確認された

* Health Effect from Aircraft Noise Trends in Noise Research -2-, by Shousuke Suzuki (Professor, Department of Public Health, Faculty of Medicine, Gunma University)

** 群馬大学 医学部公衆衛生学・教授

事実であるが、各種騒音による夜間の睡眠影響は、その音に対する昼間の暴露に左右されることがわかっている。

間欠音に関する実験的研究では、脳波と心電図で覚醒反応が、また、カテコールアミンの分泌量が交感神経緊張との関係で検討されている。さらに後影響については、免疫系への影響、成長ホルモン分泌量の差異、および血清コレステロールの増減なども報告されている。Carter¹⁹⁾は、老人の不整脈患者7名のうち4人に騒音の影響を、またこの4人中2人に深睡眠での影響を認めた。彼はまた、交替勤務者において道路交通騒音の徐波睡眠と免疫系への影響を検討し、一部の者に影響を確認している。しかしながらこの種の研究で結論を得るには、大人数の調査研究が必要であることは彼自身も認めているところである。

騒音の睡眠影響に関するCarterの総説¹⁵⁾は実験と非実験での各種条件について詳細に検討を加えている。Pearsonらの総説¹⁶⁾は、21編の論文について騒音暴露量と反応との関係について、とくに間欠音について詳しい検討を加えている。

5.2 夜間の環境基準の検討：騒音暴露と睡眠影響との関係から

K. S. Pearsonを長とする「騒音の生物影響国際委員会 International Commission on Biological Effect of Noise」の第5班は、米国標準院の諮問に応えるべくこれらの検討結果のまとめに取り組むことになった。

Griefahn²⁰⁾は、夜間の覚醒を完全にあるいは90%確保するためのLmaxと間欠騒音数(number of events)との関係を検討した。まずLmax、間欠騒音数、および建物の遮音量の関数として、航空機と列車の許容レベルを決めるためのノモグラムを作成した。これに既報の航空機騒音の影響の実験資料を加え²¹⁾、窓の開閉時の道路交通騒音暴露によるコレステロール値の変動のデータ²²⁾を加えて考察を加えている。

最近Bullenら²³⁾は、夜間のLeqのみでは、十分な夜間睡眠を確保する世界標準にはなりえないとの観点から、覚醒回数による睡眠妨害指数(SDI: Sleep Disturbance Index)を提唱した。これは以下の理由で注目される。すなわち、24時間Leqという測定値はあまりにオーバーオールな指標であるために、睡眠影響という特定の生体現象と関連づけるには不十分だ、ということである。Leqの対極にあるのはたとえば米国で採用されているLdnで、夜間のペナルティを含む指標として、オランダと欧州での夜間騒音規制にも取り込まれている。これらに対してSDIの考えは全ての睡眠研究に必要なモデルを提供することになる。それは、Leqでの影響評価にとどまらず、特定のピーク値をも考慮に入れるものだからである。Fidell²⁴⁾も、夜間騒音のペナルティを睡眠影響の点から検討している。

今後この分野では、簡明な共通の方法を定めて広範な疫学調査を行い、循環器疾患、薬物使用、免疫能、神経内分泌などの変化を対象としたリスク算定を行って、騒音による睡眠影響を量的に把握していくことが望まれる。

5.3 航空機騒音の覚醒と動作への影響

Pearsonは航空機騒音の睡眠影響としての覚醒に注目した²⁵⁾。覚醒には、騒音で覚醒が生じたと気づいたときにボタンを押す、行動的覚醒がある。もう一つの方法は、腕時計に似た加速度計である「アクチグラフ」を腕に装着させ、記録する方法である。睡眠中は動かない腕が、覚醒すると動く。これを感知して単に「覚醒」とするのである。ちなみにアクチグラフには米国製と英国製の2種類あるが、両者の結果はいくぶん異なっている。さて研究形態には実験室とフィールド調査の両者がある。アクチグラフは空港周辺住民に対しても自宅で普通に装着・就眠してもらえるので、フィールド調査に向いている。米国と英国では、各6000人・夜(Fidel, 1995),

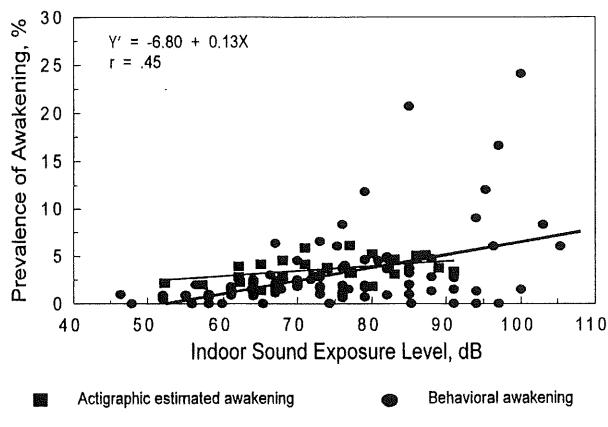


図-1 屋内騒音曝露レベルと行動的覚醒（黒丸）および加速度計アクチグラフ覚醒（四角）の割合との関係²⁵⁾

2,700人・夜のデータが収集された。覚醒・行動的覚醒および米・英調査について必要な補正を行ったうえで標準化し、屋内の航空機騒音暴露レベルに対して覚醒頻度%をプロットしたのが図-1である。覚醒の暴露量-反応関係は意外に鈍感（直線の勾配がゆるい）であることがわかる。これに基づけば、騒音暴露レベル SEL 85 dBA で 20% の、90 dBA で 10-25% の覚醒が出現すると推定される。

5.4 夜間航空機騒音と適応

ドイツ、ベルリンのコッホ研究所の Mashke は、夜間の航空機騒音と適応との関係を調べた²⁶⁾。彼は航空機騒音を一連のストレスとしてとらえ、その騒音暴露量と時間単位の尿中コルチゾール排泄量との関係を空港周辺住民において調査した。検査を希望した住民（35-65歳）が暴露した航空機騒音は、飛行1日 16-64回、屋内ピークレベル 55-65 dBA であった。昼間のみの暴露群、昼夜暴露群、および静穏群の3群を設定して1日平均コルチゾール排泄量を求めたところ、それぞれ 109, 131, および 50 µg であった。図-2のように、正常値は 20-100 のことで、騒音暴露量の大きい群ほど大きい排泄量が見られたことになる。人数を限定して40日間のコルチゾール排泄量を追跡して、上

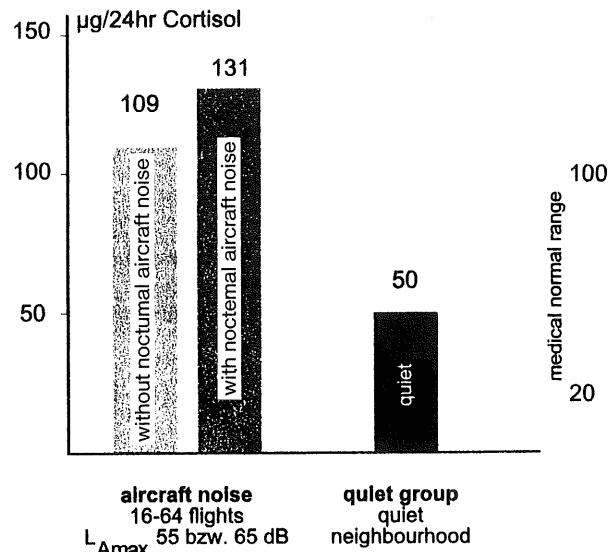


図-2 ドイツの空港周辺住民のストレス反応調査。24時間コルチゾール排泄量の3群の住民の平均値。夜間の騒音曝露のない場合（左）、ある場合（中）、および対照静穏地区（右）の平均値²⁶⁾。騒音曝露群でストレスのためホルモン分泌量が大きい。

昇、下降、定常の3時系列型があることを観察し、質問紙による主観的健康とつきあわせたが、騒音暴露、環境適応、個体の健康感との関係は必ずしも明確でなく、疫学調査を待つとしている。

5.5 沖縄嘉手納空軍基地周辺住民の睡眠妨害の訴え

武庫川大学の袁浦・平松らによる嘉手納基地周辺での一連の調査研究から、主観的睡眠影響に関する部分をまとめたものである²⁷⁾。調査はアンケート方式で、WECPNL 75 dBA-, 80-, 85-, 90-, および 95- の5段階の航空機騒音レベル帯域において住民をランダムに抽出し、男女合計 3560 人および対照地域住民 685 人に対しておこなった。寝付き、夜中覚醒時の再入眠困難、朝の寝起き困難、よく眠れなかったこと、不眠の心配、の5項目の頻度を、「週2日以上」、「週1-2日」、「月1-2日」、「ほとんどない」、「全くない」の5段階で答えさせ、最初の2段階の回答を合計して高頻度回答率群とした。その結果、対照群および騒音暴露地域のレベル帯域

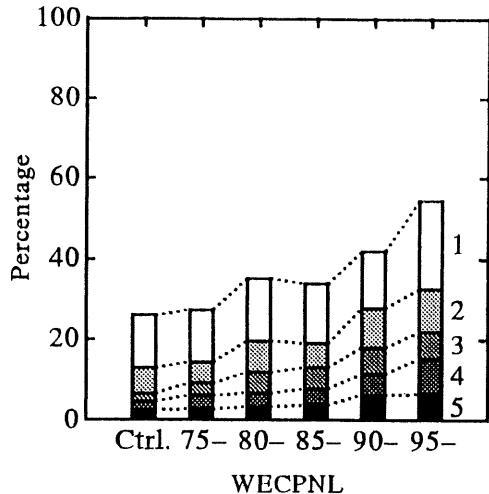


図-3 嘉手納飛行場周辺のWECPNL帯域別住民の「週1回以上の睡眠妨害1~5種」の累積%²⁷⁾。

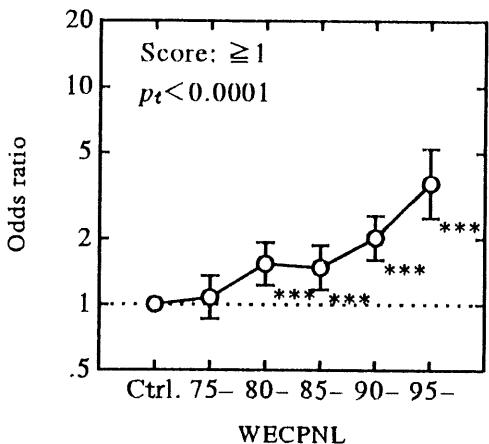


図-4 嘉手納飛行場周辺のWECPNL帯域別住民の、対照地区住民を1.0とした時のロジスティック回帰分析によるオッズ比。睡眠妨害度「週1回以上睡眠妨害あり」の場合について²⁷⁾。

群別の応答率は図-3、対照群を1.0とするロジスティック回帰分析の結果は図-4のようであった。暴露量 WECPNL と反応との関係はよい比例関係を示し、統計的にも有意な差が得られている。

5.6 睡眠中の航空機騒音による心臓血管反応

英国マン彻スター大学の Whitehead²⁸⁾は、Olleerhead ら²⁹⁾による英國運輸省の現地調査の後を受けて、航空機騒音による睡眠中の心臓血管系への影響を、脳波・心電図・眼振・筋電図等のデータによって空港周辺で

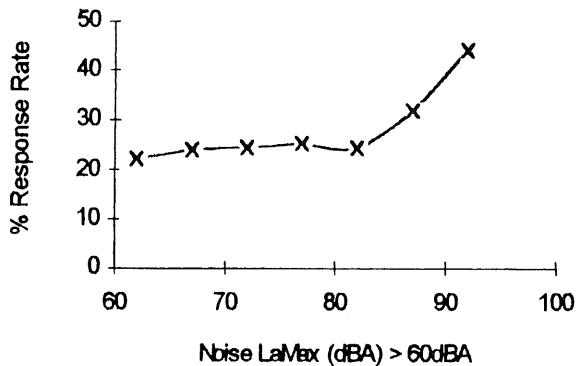


図-5 英国の空港周辺の航空機騒音曝露により心拍数が変化する者の割合、ピークレベル (Lamax) 別²⁸⁾。

調査した。屋外で 60 dBA 以上の騒音発生時刻と航空機騒音発生 (ANE: Aircraft Noise Events) を記録し、脳波自動分析器 (Oxford Medilog 9200) と連動させて磁気テープにとり込んで、20-70 歳の住民 150 人について計 178 人・夜のデータを解析した。騒音発生前 8 秒、後 48 秒の合計 56 秒を 1 観察単位として集積したところ、心拍数の変化は騒音発生時の 26.8% で検出された。この時、対照の断片には 17.7% の心拍数の変化が見られたに過ぎなかった。図-5 のように、84 dBA 以下の騒音発生では心拍数に変化なく、85 dBA を超えると自律神経系の興奮により明らかな心拍数の変化が見られたが、発生した騒音の持続時間とは関係がなかった。また、騒音発生による睡眠段階の変化は REM 睡眠と第 1 段階で最も敏感であった。

5.7 オーストラリアでの航空機騒音暴露と睡眠妨害

シドニー・オリンピックの準備でシドニー空港に第 3 滑走路を作る計画があり一部住民の反対運動が起きている。それにからめて、騒音暴露による生活と健康への影響と損失を経済評価しようとする試みもある³⁰⁾。航空機騒音のような負の経済効果評価法には、実際の財産価値変動を基に算出する快適価格 hedonic pricing や、理論的に優れた不確定評価 contingent valuation を用いる方法など

が伝統的手法だが、ここでは生産活動や日常活動を攪乱する時間の価値に注目した方法も提起されている。

5.8 慣れの研究

鈴木らは騒音への慣れについて研究発表を行った。7名の被験者に対し10日連続夜、道路交通騒音を暴露させた場合の「慣れ」について、脳波の最も敏感なREM期と第1睡眠段階で検討するとともに、主観的睡眠評価（自己評価）でも検討を加えた。その結果、被験者すべてにおいて明確に主観的な慣れが認められたが、脳波上では、個人差はあるものの、全体では有意な「馴れ」は認められなかつた³¹⁾。航空機騒音などの間欠音においても、主観的には慣れが生じると推測されるが、聴覚のレベルでは「慣れ」が生じない可能性はある。睡眠妨害によるストレスや健康影響を論じるに当たっては、主観的な反応と聴覚－中枢系の反応の両者について比較・検討を行う必要があろう。

6. まとめ

航空機騒音と生理学的および健康への影響の研究はこの10年間、世界中で引き続き実施されており、確実に進歩しているが、やはり測定と方法の標準化が望まれる。

文 献

- 14) M. Vallet (1998) Sleep disturbance by noise: recent orientations. Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 2 : 421-426.
- 15) N. Carter (1996) Transportation noise, sleep and possible after effects. Environmental International USA.
- 16) K. S. Pearson et al. (1995) Predicting noise induced sleep disturbance. JASA 97 (1) : 331-338.
- 17) R. Bllos et al. (1978) Daytime noise and its subsequent sleep effects. Noise as a Public Health Problem, Proceedings of the 3rd International Congress, Rockville, ed. 10, pp. 425-432.
- 18) B. Frusthorfer (1998) Daytime noise stress and subsequent night sleep: interference with sleep patterns, endocrine function and serotonergic system, in Noise as a Public Health Problem, Turin, 4, pp. 1015-1018.
- 19) N. Carter et al. (1994) A field study of the effects of traffic noise on heart rate and cardiac arrhythmia during sleep. J. Sound & Vibration 169 (2) : 211-227.
- 20) B. Griefahn (1990) Praventimedizinische Vorschlage fur den nachtlichen Schallschutz. Zuschrift fur Larmbekampfung 37 : 7-14.
- 21) M. Vallet and I. Vernet (1991) Night noise index for aircraft noise and sleep disturbance. Proceedings Internoise 1991, Sidney, Vol. 1 : 207-210.
- 22) P. Lercher and W. Kofer (1993) Active behavior to road traffic noise, blood pressure and cholesterol. Acta Int. congress Noise and Man, Nice 1993-465.468.
- 23) R. Bullen et al. (1996) Sleep disturbance due to environmental noise: A proposed assessment index, Acoustics Australia Vol. 24-3 : 91-97.
- 24) S. Fidell et al. (1995) Field study of noise-induced sleep disturbance. J. Acoust. Soc. Am. 98 (2) : 1025-1033. (S. Fidell (1996) Some policy and regulatory implications of recent findings of field studies of noise-induced sleep disturbance. Internoise 96 Proc., vol. 5, pp. 2261-2264.)
- 25) K. S. Pearson (1998) Awakened and motility effects of aircraft noise. Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 2 : 427-432.
- 26) C. Mashke et al. (1998) Nocturnal aircraft noise and adaptation. Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 2 : 433-438.
- 27) K. Minoura et al. (1998) Sleep disturbance reported around Kadena U. S. Airfield in the Ryukyus. Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 2 : 463-466.
- 28) C. Whitehead (1998) Cardiovascular responses to aircraft noise in sleeping subjects. Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 2 : 471-474.
- 29) B. J. Ollerhead et al. (1992) Report of a field study of aircraft noise and sleep distance. UK Department of Transport.
- 30) E. M. A. Gross and Ah-Boon Sim (1998) Community reaction to aircraft noise in Sydney: a pilot study on the monetary value of activity disturbances. Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 2 : 511-514.
- 31) S. Suzuki et al. (1998) Habituation to road traffic noise assessed by sleep EEG and questionnaire. Noise Effects '98, Congress Programme and Abstract Book 2 : 204.

焦点

日航財団／気象庁気象研究所／ 日本航空による大気観測プロジェクト*

末 永 民 樹**

1. はじめに

近年の科学・技術の発展に支えられて、今日の我々の生活はかつてないほど豊かなものになっているが、一方で、地球温暖化やオゾン層破壊、あるいは森林破壊や砂漠化など、我々人類の活動は地球環境を変化させる要因にもなっている。特に地球温暖化は、気温の上昇、海面水位の上昇などを招くことが予想されており、農業、食料生産、生態系あるいは土地利用など、さまざまな方面に影響が及ぶ可能性があるものとして危惧されている。

この地球温暖化を防止するための効果的な対策を立案し実行するためには、何らかの対策を採った場合と成り行きに任せた場合の将来の地球の様子を、高い精度で比較できることが必要である。そして、このような予測精度の向上のためには、観測網を充実させて現在進行しつつある現象を正確に把握するとともに、それを基に、温暖化のメカニズムをより詳細に解明するといったプロセスが必要である。

そのために、従来から我が国を始め各国の気象機関が観測網を張りめぐらせてきたが、これらの観測基地は地上あるいは海上（観測船上）に設置されていたため、立体的な観測

網を構築することは不可能であった。

そこで、日航財団は、気象庁気象研究所および日本航空と協力して、運輸省の支援の下に、1993年4月から大気観測プロジェクトを開始した。この観測は、シドニーと成田を結ぶ日本航空の定期便に上空の大気を採取するための特製の装置を取り付け、到着後、その装置を気象研究所に運び込んで、上空の空気中に含まれている二酸化炭素などの温室効果ガスの濃度を測定するものである。

現在も1ヶ月に2回のペースで続けられているこの大気観測の結果は、温暖化のメカニズム解明のために大きく貢献できるものとして内外から高く評価されている。

2. 温室効果と二酸化炭素

地球は毎日、太陽からのエネルギーを受け取っているので、そのままでは、地球の温度はどんどん上昇し続けることになるが、同時に地球は、太陽から受け取ったエネルギーと同じ量のエネルギーを主に赤外線の形で宇宙空間に向けて放出して、熱収支のバランスをとっている。

地球から赤外線が出ているのか？と思われるかも知れないが、これは、白熱電球のような高温の物体からは主に可視光線が放射され、電気ごたつのような低温の物体からは主に赤外線が放射されるのと同じ理由によるものである。

このように、太陽から受け取るエネルギーと地球が放出するエネルギーの収支がバラン

* Observation by JAL's Airliner of Concentration of Trace Gases in Atmosphere, by Tamiki Suenaga (Principal Researcher, Research & Development Center, JAL Foundation)

** (財) 日航財団 研究開発センター主任研究員

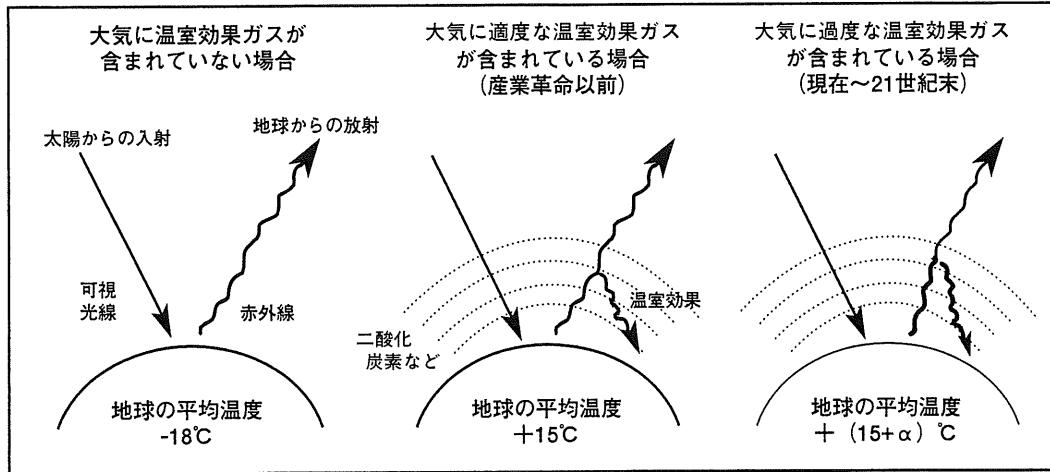


図-1 太陽放射と地球放射の関係

スして、地球の温度が一定に保たれてきたのであるが、しかし、もし地球にいまのような大気がないとすれば、地表付近の平均気温は約 -18°C になるとと言われている。

冬のあいだ、晴っていた夜の翌朝は冷え込みがきびしく、曇っていた夜の翌朝はそれほど冷え込まないということはよく経験することであり、また、このようにして冷え込みがきびしくなることを「放射冷却」と呼ぶことは、天気予報などを通じて一般用語化している。この放射冷却は、地球から赤外線の形でエネルギーが放出（放射）される結果、地表や地表付近の大気が冷えることが原因である。一方、曇天の場合には、地球から放射された赤外線エネルギーの一部がいったん空気中の水蒸気に吸収され、それが大気を暖めるので、気温の低下は少なくてすむことになる。

このように、水蒸気は、主に可視光線の形で到達する太陽からのエネルギーは地表まで届けるが、赤外線の形で宇宙空間に向けて放出される地球からのエネルギーについてはその一部を吸収してしまう、という働きを持っている。

その結果、地球から放出されるべきエネルギーの一部が大気に捉えられることになって、地球の温度が上昇することになる。この

ように、温室が暖まるのと同様にして、地球全体が暖まるため、水蒸気のような働きを持つ気体を温室効果ガスと呼んでいる。ただし、水蒸気はもっとも強力な温室効果ガスのひとつであるものの、その量を人為的にコントロールすることはできないため、一般的には、二酸化炭素などのことを温室効果ガスと呼んでいる。

地球の大気には以前から、この温室効果ガスが適度に含まれていたため、地表付近の平均気温は、先述の -18°C ではなく $+15^{\circ}\text{C}$ 程度に保たれてきた。しかし、近年になって、二酸化炭素を始めとする温室効果ガスが急激な増加傾向を示しており、このままのペースで温室効果ガスが増加し続けると、温室効果が過大になって地球が温暖化してしまうのではないかと危惧されている。

温室効果を持つ気体には、二酸化炭素のほかに、メタン、亜酸化窒素（一酸化二窒素）、オゾン、フロン（CFC, HCFC, HFC）などがあるが、温室効果の総量のうちの半分以上が二酸化炭素に起因するものであるため、当面は、二酸化炭素の排出量を規制することが最も重要であるものと考えられている。

なお、この二酸化炭素の大気中の濃度は、産業革命以前は長期にわたって、体積比で約0.028%を保ってきた。そして、それによる

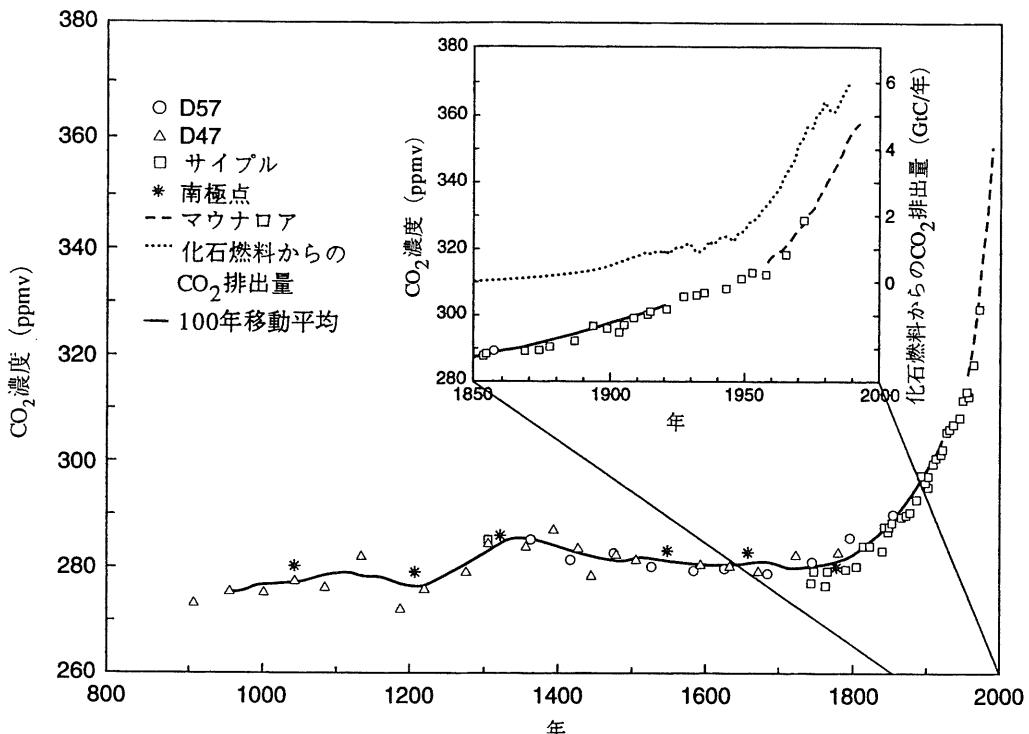


図-3 二酸化炭素の濃度の推移 出典：IPCC (1995)

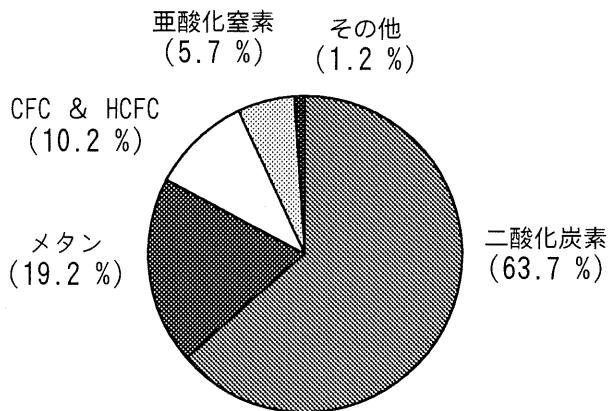


図-2 産業革命以降人為的に排出された温室効果ガスによる地球温暖化への直接的寄与度（1992年現在）出典：IPCC (1995)

温室効果の結果、地球の温度はほぼ一定値に保たれてきた。ところが、近代に入ってからの森林伐採と産業革命以降の化石燃料の大量消費によって二酸化炭素の濃度が急増し、現時点では、約 0.036%まで増加している。

3. 地球温暖化の影響

温室効果ガスの増加によって地球が温暖化

していくということに、科学的には疑問の余地はない。現に、地球の温度は、この 100 年の間に約 0.6°C 上昇したという観測事実もある。しかし、西暦何年には何度上昇するのか、地球のどの部分が何度上昇し、どの部分の気候がどう変化するのか、といったことを予測することは、たいへん困難である。

一方、地球温暖化に対処するための有効な施策を確立するためには、将来の地球の様子を、かなりの精度で予測できなければならぬ。そのためには、地球温暖化のメカニズムを詳細に把握するとともに、そのメカニズムを数式化した数値モデルを作成し、それを、スーパーコンピュータで計算して温暖化の傾向を予測する、といったプロセスが必要である。

このような研究を行うために、UNEP (国連環境計画) と WMO (世界気象機関) は、1988 年に IPCC (気候変動に関する政府間パネル、Intergovernmental Panel on Climate Change) を設立した。IPCC には、我

が国を始め各国の気象機関や大学・国立研究所から多くの研究者が参加している。

その第一次報告書が、1992年にリオデジヤネイロで開催された地球サミットで成立し署名が開始された「温暖化防止条約」の科学的な基盤となった。また、1995年には第二次報告書が公表されたが、それによると、現在のペースで二酸化炭素が増加し続けた場合、2100年には、地球の平均気温は約2°C上昇し、海面は約50センチ上昇するものと予想されている。ただし、これらの予測には、当然のことながら、かなりの幅がある。

たった2°Cの上昇かと思われるかも知れないが、後氷期である現在と氷河期の間でも、その気温の差は約5°Cにすぎなかったことを考えれば、その影響の大きさを想像できるというものである。また、平均気温が約2°C上

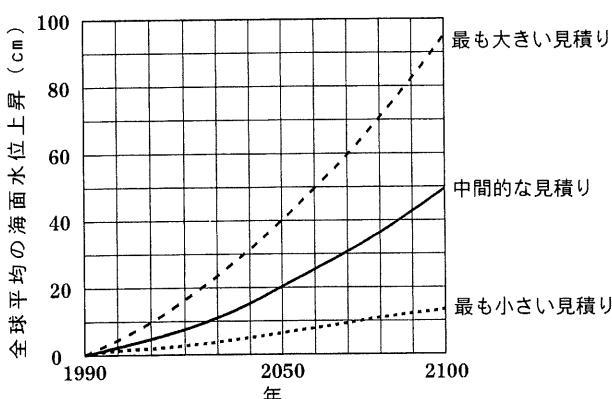
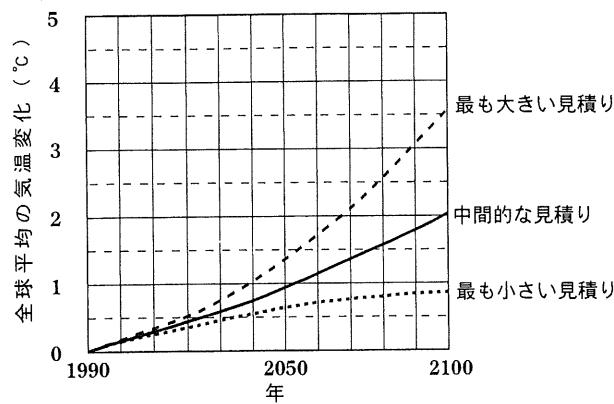


図-4 全球平均地上気温と全球平均海面水位上昇の変化の見通しの範囲（1990年～2100年）

出典：IPCC (1995)

昇するといつても、地球全体が一様に温暖化するわけではなく、低緯度地方の温度はあまり変化せず、高緯度地方ほど温度上昇が大きくなるものと考えられている。

この予測が正しいとすれば、温帯の農作物が影響を受けるのは必至であるし、砂漠化の傾向も森林分布の様子も影響を受けるであろうし、島嶼国や、おおむね海岸線に沿って発達している現在の都市では、それらの一部が海水による侵蝕を受けるといったことも考えられる。

4. 観測網の強化に向けて

地球温暖化を防止するための適切で効果的な規制を行うためには、地球温暖化の予測の精度を、さらに向上させる必要がある。先にも述べたように、このためには、まず、温暖化のメカニズムを詳細に解明することが必要であり、そのためには、観測網を充実することが重要である。

たとえば、二酸化炭素のもとになる炭素は、二酸化炭素以外に、さまざまな形の有機物を形成しつつ、大気、海洋、植物（プランクトンも含む）の間を循環しているが、気候変動の予測のためには最も基本的な要素のひ

大気観測と気候変動の予測

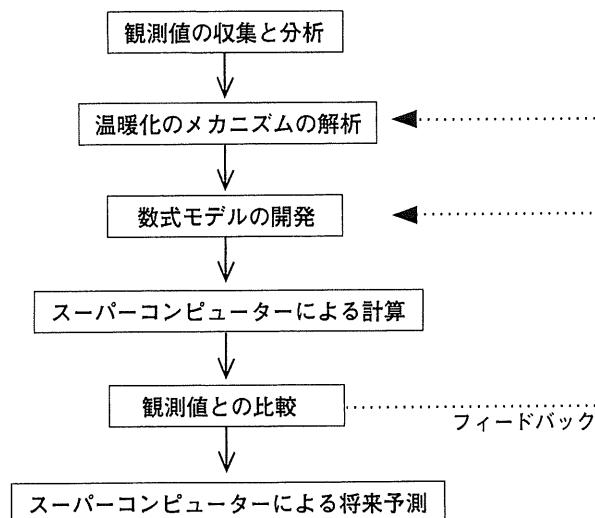


図-5 大気観測と気候変動の予測

一つであるこの炭素循環だけをとらえてみても、すべてが判明しているわけではない、というのが現状である。

このようなことから、従来から地上あるいは海上（観測船上）に設置されてきた観測基地に加えて上空の大気も観測する立体的な観測網を構築することが強く望まれていた。

一方、日航財団は、1990年に航空事業からは初めての公益法人として設立されたが、その設立に際し、航空機を活用できる公益事業を模索していた。そして当時、地球環境問題に関する意識が高まりつつあったこともあり、1991年9月に、その事業の一つとして、大気観測プロジェクトを発足させた。

実際の観測は1993年4月から開始されたが、現在も1ヶ月に2度のペースで観測が続けられており、1998年4月16日には100回目の観測を記録した。

このための観測装置では12本のボトルに上空の大気を採取するようになっている。シドニーは南緯34度付近、成田は北緯36度付近に位置しているが、大気の採取は巡航高度（約10,000メートル）だけで実施するようにプログラムされているため、結局、南緯30度付近から北緯30度付近の計60度の緯度帯の中で、約5度刻みごとに上空の大気のサンプルを取っていくことになる。

この観測装置は気象研究所と日本航空技術研究部によって開発され、また、装置を搭載するための機体の改修は日本航空技術研究部によって指揮されたが、なにぶんにも、この種の装置を旅客機に搭載するのは世界でも初めてのことであり、それらを認可する立場にあった航空局の方々も含めて、当時の関係者はずいぶんと苦労したことである。

この観測の結果、植物の光合成の影響による二酸化炭素濃度の季節変化が上空にも及んでいること、上空の二酸化炭素の増加率は地上での観測結果とよく一致していること、これら二つから、地上で発生した二酸化炭素が

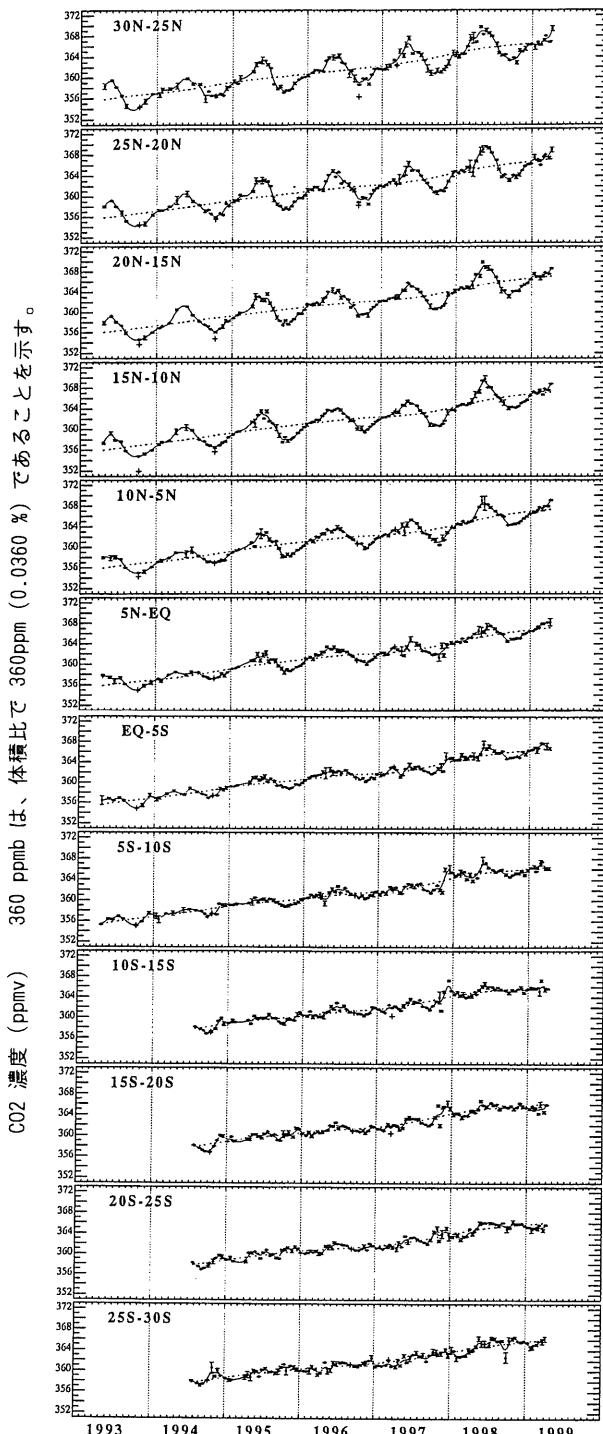


図-6 緯度別のCO₂濃度の経時変化

大気の対流に乗って上空まで到達していること、また、主に北半球の中緯度帯で発生する二酸化炭素が南半球に向かって移動していく様子が捉えられていることなど、多くの有益な情報が得られている。

そして、この観測結果は、温暖化のメカニ

ズム解明のために大きく貢献できるものとして内外から高く評価されており、1995年11月には、日航財団が、日本経済新聞社主催の日経地球環境技術賞を受賞したほか、1996年6月には、大気採取装置の開発を担当した日本航空技術研究部が、気象庁長官表彰を受賞した。また、1997年7月には、日本航空が、環境問題に貢献しているとして、世界的に有名な航空専門誌であるフライト・インターナショナル社から表彰を受けた。

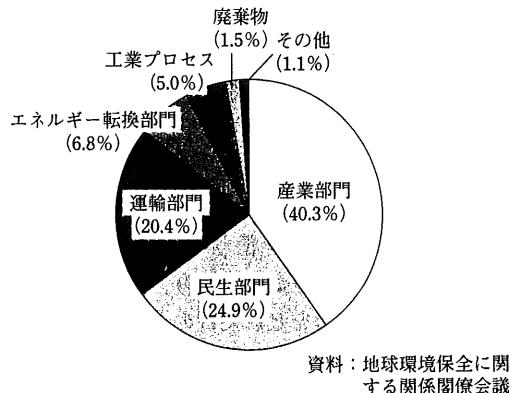
さらに、この観測では、温室効果ガスのほかに一酸化炭素の濃度も分析しているが、1999年11月には、気象研究所の松枝秀和（まつえだ ひでかず）主任研究官が、オゾン前駆物質としての一酸化炭素の挙動とエルニーニョ現象との関係を明らかにしたという功績で、気象学の分野で先駆的な研究を行なった研究者に与えられる賞である「堀内賞」を日本気象学会から受賞した。

5. 航空機からの二酸化炭素排出量

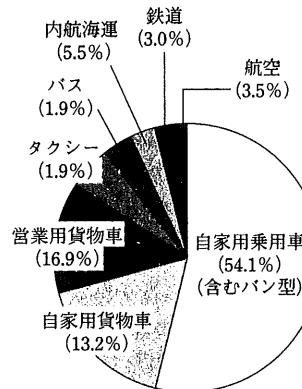
現在、我が国から排出されている二酸化炭素の総量のうち、約20%は運輸部門からのものである。そして、その運輸部門のうちの約3.5%が航空機から排出されている。つまり、航空機から排出される二酸化炭素の量は、我が国全体の排出量の約0.7%となっている。

このように、航空機から排出される二酸化炭素が意外に少ないのは、航空機輸送の絶対量そのものが少ないこともさることながら、航空機の燃費が思ったよりも優れているからである。

たとえば、ボーイング777-300型機が、満席で札幌から東京までの約900kmを飛行すると、約10,450ℓ燃料を消費するので、1ℓあたり約0.086kmしか飛行できないことになるが、お客様が470名搭乗されているので、1ℓあたり約40km・人（0.086×470）という輸送量を達成できることになる。



(a) わが国の二酸化炭素排出量(部門別)1995年度



(b) 運輸部門の二酸化炭素排出量(輸送機関別)1995年度

図-7 日本のCO₂排出量と運輸部門の内訳
出典：図中に記載済み

これは、燃費性能の向上に伴う燃料そのものの節約と、燃料消費の低減に伴う航続性能の強化による大都市間の直行化の実現、というエアライン側からの要請に応じて、航空機メーカーなどが燃費改善のための努力を重ねてきた結果である。

航空機の燃費は、自動車や電車と同様に、エンジンの燃費性能、機体の空力性能、および機体の重量、の3つものによって支配される。これまでに達成された航空機の燃費改善は、これらのうちの「エンジンの燃費性能の向上」に最も大きく依存してきたようであるが、その他の2つの要素も重要であることはもちろんである。

我が国は、機体重量の軽減を図るためにカーボン複合材の多くを供給するなど、航空機製造の世界においても各方面にわたって大き

く貢献している。

一方、エアライン側も、消費燃料を節約するためのさまざまな工夫を行っている。着陸に先立ってフラップや着陸装置を出すが、これらはいずれも大きな空気抵抗を持っているため、それらを出すタイミングを極力遅くするというの、その一例である。

そのほかにも、航空管制機関との協調の下に、国内線では短縮ルートを飛行するとか、国際線では、上空の風を考慮して燃料消費が最も少なくなるようなルートを飛行するとか最も燃料効率の優れた高度を飛行する、などといったことが行われている。

また、座席の軽量化、ミールサービス用の容器の軽量化などなど、エアラインが自身で実施できる軽量化にも力を注いでいる。

しかし、二酸化炭素の排出規制がますます厳しくなったとすれば、将来的には、航空機の燃費をさらに向上させるよう求められることも考えられる。燃費に関する航空機の技術はほぼ限界に近づきつつあるようにも思われるが、将来に向けて何か画期的な技術が出現することを期待したい。

6. 今後の課題

現在、成層圏のオゾンが減少し続けていることが問題になっており、それが特に南極域で顕著であることは良く知られている。オゾンは高エネルギーの紫外線を吸収する働きを持っているため、成層圏のオゾンが減少すると、われわれ生物の生存に影響が生じるのでないかと懸念されているわけである。

成層圏オゾンに関する研究は、ボーイング社が開発を計画していた超音速旅客機(SST)の開発のための財政的援助の要請を、1971年3月に米国連邦議会の上院が否決すると同時に、SSTによる公害問題を調査するためにCIAP(Climate Impact Assessment Program)と呼ばれる委員会を米国運輸省内に設けたことがきっかけになって急速に進展した。

このCIAPでは、物理学、化学、地球物理学、エンジン工学、生物学、医学など多岐にわたる専門家が参加した学際的な研究が行われ、これを契機に、新しい学問分野であるとともに現在もっとも脚光を浴びている学問のひとつである「大気化学」の基礎が作られ

機体重量1kgあたりの燃料消費量(リットル)の変遷
飛行距離=1000海里(約1850km)

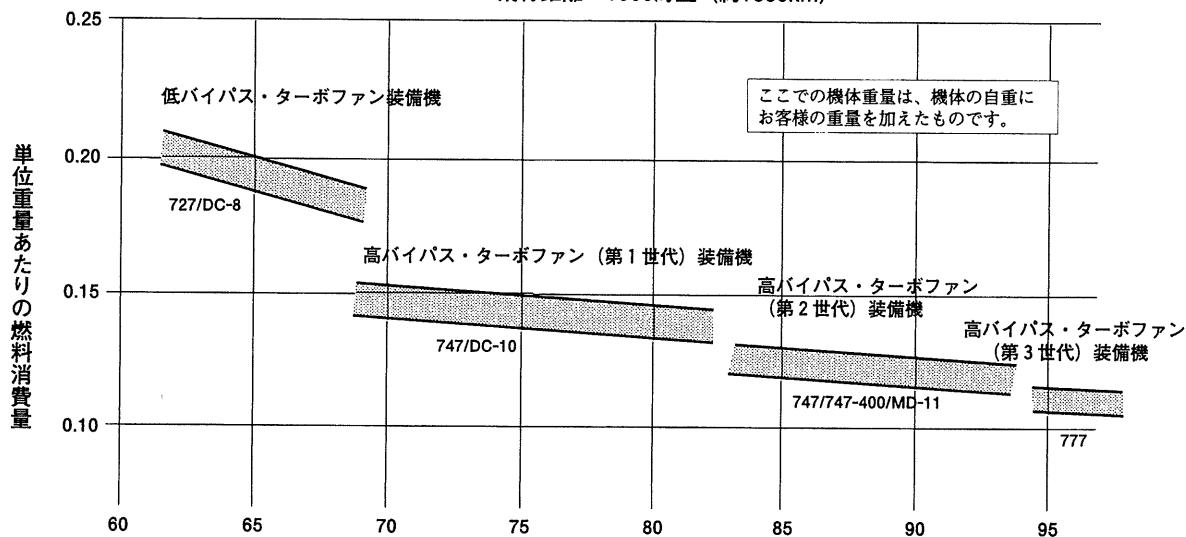


図-8 機体重量1kgあたりの燃料消費量(リットル)の変遷
飛行距離=1,000海里(約1850km)

ることになった。

1982年10月には、当時南極越冬隊に参加していた気象研究所の忠鉢繁（ちゅうばちしげる）氏を始めとする日本グループによって、南極上空のオゾンが急速に減少していることが発見された。当初、この発見に対する世界の反応は比較的冷やかであったが、1986年にNASAが、気象衛星ニンバスによって観測されたデータをカラーで示し、南極の上空だけでオゾンが激減していることを公開して以来、オゾンホールとして世界の注目を集めることになった。

この間、大気化学の専門家を中心とする各国の研究者グループが、オゾンの消滅プロセスの解明に力を注いだが、1987年10月には、NASAのDC-8, ER-2 (U-2の改造機) を用いた集中観測によって、オゾンを破壊している物質は、CFC（いわゆる特定フロンなど）から解離された塩素原子(Cl)と一酸化塩素(ClO)であることが突き止められた。〔注：ClとClOなどをまとめて ClO_x（クロックス）と呼ぶ〕また、ふつうの気体同士の反応では、ClO_xといえども、これほど効率よくオゾンを破壊することはできないが、極域に特有の極成層圏雲（PSC, Polar Stratospheric Cloud）が存在すれば、その雲を構成する粒子の表面上で異相反応（気体と液体といったように、異なる相が反応するプロセス）が生じ、その反応によって、ClO_xのオゾンを破壊する速度が衝撃的に高まることも確認された。

つまり、オゾンがこれほどの速度で破壊されるためには、ClO_xとPSC（極成層圏雲）の両者が存在している必要があることが判明したわけであるが、一方で、PSCが生成されるためには、気温が十分に低いという条件も必要である。

現時点での地球の公転軌道と地軸の傾きから考えれば、南極の冬は北極の冬より寒冷であるが、その上に、南極付近には風を遮る大

陸がないため、南極大陸をめぐる風（極渦）は定常的に吹くことができるので、いったん冷えた大気は、この極渦によって南極大陸上空に閉じ込められてしまうことが、南極上空の気温をさらに低下させる原因になっている。

したがって、もともと南極上空にはPSC（極成層圏雲）を生成させる条件が整っていたことになり、ひいては、オゾンホールができる可能性を本来備えていたことになるが、議論はこれだけで終るわけではない。

実は、地球温暖化によって対流圏の温度が上昇すると、その反作用として成層圏の温度は低下するので、最近では北極圏の成層圏でもPSCが発生し始めており、今後は北極圏のオゾン減少にも注目する必要があると言われている。

もちろん、両極のオゾンホールとともに、CFCなどから解離された塩素原子が原因となって生じる ClO_x が無くなれば、つまり、モントリオール議定書による CFC/HCFC の生産禁止の効果が出てくる時期に達すれば、成層圏の温度が現在よりも下がったとしても、オゾン破壊の速度は鈍ることになると思われるが、CFC/HCFC の生産禁止の効果が出てくる時期は、まだまだ先のことであり、予断は許されないところである。

以上のように、成層圏オゾンの生成・消滅のメカニズムの解明に関しては、CIAP (Climate Impact Assessment Program) 以降始められた研究が成果を挙げてきたが、大気化学はまだ新しい分野であり、いまなお未知の領域が数多く残されている。

また、気候の予測モデルの精度向上のためには、このような化学プロセスの解明だけではなく、対流と始めとする地球レベルでの大気の循環によって各種の気体がどのように移動していくのか、といった物理プロセスの解説も重要である。

化学プロセスの解説には、NASAが南極

上空で実施したような短期的・集中的な観測が効果的である一方で、物理プロセスの解明には長期的で広範囲をカバーする観測が重要である。そして、後者の観測を実施するためには、エアラインの協力が必須であるものと思われる。そういう観点からは、日航財団/気象研究所/日本航空が共同で行なっている現行の観測を、より発展的に拡大させる必要があるものと考えられる。

これと同種のプログラムとして、フランスを中心とする欧州各国が共同してオゾンの濃度分布を観測するプログラムが、日航財団/気象研究所/日本航空による観測開始から約1年遅れてスタートし現在も続けられているが、最近になって、ドイツやアメリカのグループでも、この種の観測を行う動きが出てきており、ドイツの観測プロジェクトはすでに実施段階に入っている。

ドイツやアメリカのプロジェクトでは、観測対象となる化学物質が拡張されているほか、オゾンなどの化学変化しやすい物質については機上で分析が終了できるようになっているなど、新しい概念や技術が導入されている。このように、大気環境の観測・研究体制の重要性が広く認識されつつある状況の中で、我が国もこの種の研究を積極的に推進し

ていくことが、国際協力の点からも強く期待されるものと思われる。

その技術的可能性を検討するため、気象研究所と日航財団を世話役とする「定期航空機を利用した大気観測研究会」が1998年10月末に発足した。この研究会は、どの化学物質を観測しなければならないのか、それをどのようにして観測するのか、それにはどの程度の費用を要するのかなどを検討するためのもので、官庁、大学、国立研究所、航空会社などから、50人を超える有志がメンバーとして参加している。

研究会は、3ヶ月に2回程度のペースで開催されており、すでに8回の会合が持たれている。この研究会は、合計で10回程度開催され、その間に、今後の望ましい姿などがとりまとめられる予定である。

(注) 本文は、日航財団紀要「航空文明研究」創刊号に掲載された記事に加筆修正を加えたものである。

なお、大気観測プロジェクトの詳細については、日航財団のホームページをご参照下さい。

(<http://www.jal-foundation.or.jp/html/TaikiKansoku/index.htm>)

焦 点

航空機フラッター障害と地上デジタルテレビ放送への期待*

宮 沢 寛**

1. はじめに

空港の周辺あるいは飛行コースに沿った地域などで、突然ゴースト画像が現れテレビ画面が揺れたり、同期はずれを起こす事がある。この原因は、上空の航空機からのテレビ電波の反射波が、放送所からの直接波に干渉して発生するためであり、航空機フラッター障害と呼ばれている。成田国際空港を始めとする大型国際空港や地方空港への大型機の離発着の増加とともに、この航空機フラッタ障害がテレビ受信障害の原因の一つとなっている。

新空港新設の際には、この航空機フラッタ障害の発生範囲の事前把握やその改善対策にも多くの費用を要している。そのために、航空機フラッター障害の計算機による理論推定¹⁾、実態調査²⁾、障害程度の主観評価³⁾および測定・評価手法⁴⁾などの研究開発が行われている。

我が国のテレビ放送は、昭和 28 年（1953 年）に開始され、本年で 47 年目を迎える。これまで、カラー放送、衛星放送、衛星ハイビジョン放送と発展してきたが、本年 12 月から衛星放送のデジタル化が始まる。また、地上デジタル放送も昨年、放送方式が決定

し、2003 年までには本放送が始まる予定である。この様な背景において、航空機のフラッター障害についてどの様に考えれば良いかについて解説する。特に、地上デジタル放送時代には、「航空機フラッター障害は解消するか？」の疑問に応える参考として欲しい。

2. 航空機フラッター障害の要因・評価

テレビの受信点の近くの上空を航空機が通過すると、直接波とともに機体に反射したゴースト波が同時に受信される。送信点と受信点と航空機の飛行経路との位置関係でゴースト波の強度（DU 比）と遅延時間が複雑に変化する。遅延時間の変化は高周波位相の変化となり、受信機入力信号レベルの変化とともに、ゴースト画像の強さと位相、受信機の AGC 回路、クランプ回路、同期分離回路にも影響を与え、これが、時間と共に変化する。すなわち、フラッター障害画像の劣化要因は、次の様に大別できる。

直接的要因として、反射波の強度、反射波の遅延時間（画面内のゴースト画像のずれの程度）、反射波の搬送波の高周波位相の変化の早さ（フラッター繰り返し周波数）、上記 3 要因の経時変化、障害の継続時間、障害の頻度がある。

間接的要因として、画面の SN 比、画面内のビート、ゴーストなど他の障害、受信機の特性、絵柄、番組内容、フィールド要因として、アンテナの指向性、受信点位置、チャンネル間差（放送の周波数）がある。

* Aircraft TV Flutter Trouble and Digital Terrestrial TV Broadcasting,
by Hiroshi Miyazawa (Executive Research Engineer,
NHK Science and Technical Research Laboratories)

** NHK 放送技術研究所 研究主幹

その他の要因として、テレビの観視条件、視聴者の障害に対する感受性がある。これらの要因の複合効果として、フラッター障害の妨害量が定量化されてきた。地上波のアナログテレビ放送に関しては、これらの様々な要因が影響を与えているが、地上デジタル放送に対しては、直接的要因とフィールド要因を考慮すれば良いと考える。

3. 地上デジタルテレビジョン放送の方式決定までの経緯

1997年秋にNHKとDtv-Lab(次世代デジタルテレビ放送システム研究所)が共同研究により開発したISDB(Integrated Services for Digital Broadcasting: 統合デジタル放送)を基本とする方式が(社)電波産業会(ARIB)に提案され、ARIB実験方式となった。この方式仕様が、1997年秋に開催された電気通信技術審議会(以下電通技審)において地上デジタルテレビジョン放送暫定方式原案(伝送方式)として同審議会の「デジタル放送システム委員会」から報告された。その後、原案に基づいてハードウェアを試作し、ARIBの地上デジタル放送システム開発部会が中心となって同年夏頃まで室内・野外実験を行って来た。この結果を考慮するとともに、ベースバンドの映像・音声の圧縮およ

び多重を含めた放送方式がまとめられ、1998年9月末の電通技審に「暫定方式」として報告された。さらに、東京タワーを送信点として実用規模の実証実験を行うとともに、審議が進められ、1999年5月に最終的な放送方式^{5),6)}が電通技審から答申された。

4. 地上デジタルテレビジョン放送方式の概要

昨年5月に電通技審に答申された、我が国における地上デジタルテレビジョン放送の放送方式に要求された条件は、

- ・HDTV放送あるいは複数の標準テレビ放送が可能なこと
 - ・雑音やゴーストなどの受信障害に強いこと
 - ・移動受信が可能なこと
 - ・周波数有効利用に寄与〔SFN(單一周波数ネットワーク)〕
- などである。デジタル放送には以上の要求条件に合致した2つの技術が使用されている。
- ・映像・音声・データなどの情報の国際規格のデジタル帯域圧縮・多重化技術
 - ・誤り訂正技術を用いたデジタル変調伝送方式

方式の基本構造は、図-1にしめすように、層構造に分類することが可能である。すなわ

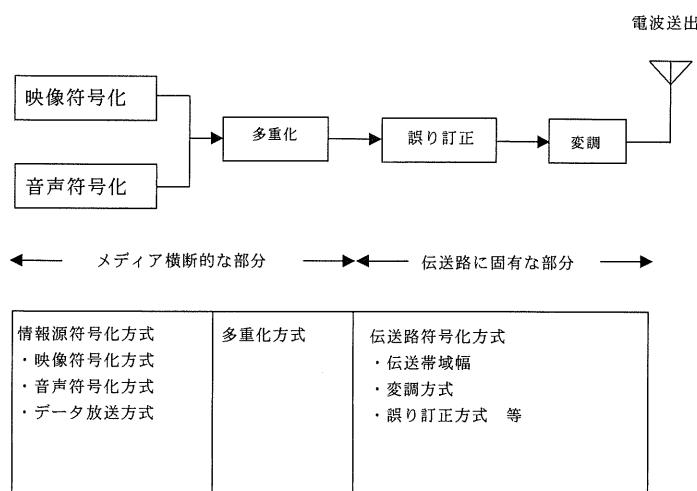


図-1 地上デジタルテレビジョン方式の基本構成

ちメディア横断的な層と伝送路に固有な層に二分できるが、前者はさらに映像・音声等の情報源からの情報を符号化する方式を規定する情報源符号化方式と、それら複数の情報源からの情報を1つの信号の流れに統合する方式を規定した多重化方式に分かれている。また、伝送路に固有の層は伝送帯域幅、変調方式、誤り訂正方式など電波によって情報を伝送するために行う変調等の方式を規定している伝送路符号化方式である。

本方式では、変調方式には、互いに直交した多数の搬送波を用いてデジタルデータを伝送する直交周波数多重（OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing）方式を、情報源符号化方式および多重化方式には、国際標準規格である MPEG 2 を採用している。

以下に伝送路符号化方式の特徴を述べる。

特徴 1 ハイビジョン放送などの高品質放送や多チャンネルが可能

デジタル化すると 6 MHz の周波数帯域幅で、例えば1番組のハイビジョン（高精細度テレビジョン放送: HDTV）または3番組程度の従来のアナログテレビジョン放送と同品質程度の放送（SDTV）が可能となる。

さらに、ハイビジョンと携帯・移動受信向けの番組を同時にサービスすることは出来ないが、変調方式、誤り訂正、インターリープなどのデジタル技術を駆使しているので、いくつものサービスに相応しい伝送特性を選択可能である。

特徴 2 固定受信と同様に良好な携帯・移動受信も可能

携帯・移動受信に適した変調方式や強力な誤り訂正機能などの採用により、良好な携帯・移動受信が可能となる。

現在のアナログ放送が、一つの搬送波（キャリア）の電波を用いているのに対して、OFDM 変調方式はデジタルデータを数千の搬送波の電波に振り分けている。そのため、

一つの電波に伝送するデータの数が少なくてすむので、データを伝送するために必要な信号区間（シンボル長）が長くなるので遅延して受信されるゴースト波の影響が少くなり、標準テレビは勿論のことハイビジョン番組を放送する場合でも、ゴースト障害の大幅な改善が期待されている。

しかし、移動受信の場合には、電波を送信している放送局と車などの移動体との間でドップラー効果がおきる。ドップラー効果は、緊急自動車が、近づいて来る時と遠ざかる時でサイレンの音程が上がったり、下がったりする現象で、電波の場合も同様のことが起きる。また、途中の雑音などによって伝送されるデジタルデータに誤りが起こる。そこで、移動受信に強い OFDM の変調方式を採用している。OFDM 波の各キャリアの変調方式は DQPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM の4種類を用意しているが、DQPSK は移動受信でもデータが非常に安定に復調できる方式である。この変調方式と BS デジタル放送と同様な強力な誤り訂正方式を用いることで、たとえデータが誤っても正しいデータも復元することが可能である。

さらに、地上デジタル放送ではマルチパスのために直接波と反射波が干渉するため、受信した信号の帯域内周波数特性が平坦ではなくなる。極端な場合は伝送周波数の特定の周波数成分が受信できなくなる。このような場合でもデータを復元できるように「周波数インターリーピング」の技術が採用されている。

また、移動受信中などにおいてある時間続けて受信データが欠落しても復元できるように、送信データを時間軸上に順序を入れ替えて伝送する「時間インターリーピング」の技術も採用されている。

誤り訂正技術は、データの固まりであるブロック内の誤ったデータを訂正することが出来るが、ブロック全体が誤ると訂正不能とな

る。そこで、伝送しようとして誤り訂正符号化された複数ブロックにわたって送信データを入れ替えて伝送し、受信側で元の順序に並べ替えてから誤り訂正を行う方式がインターリービングである。

これらの技術を採用しているので、移動受信に強い特徴が得られている。

特徴3 様々な運用形態を隨時組み合わせた放送が可能

さらに、OFDM変調方式では、ガードインターバルを付加して相当長い遅延時間の信号でも影響を受けない工夫が行われている。データを伝送するに必要な信号区間（シンボル長）の数分の1の後半のデータをコピーして、送信するデータの先頭に付加して送る。この数分の1の信号区間をガードインターバル長と呼び、この期間以内に重なっている遅延時間の遅延波による伝送特性劣化を防ぐことができる。

ガードインターバル長は、シンボル長とガードインターバル長とを合わせた有効シンボル長の $1/4$, $1/8$, $1/16$, $1/32$ の4種類が規定されている。

しかし、キャリヤ間隔を広げるとデータを伝送する時間周期であるシンボル長が短くなり、妨害とならない電波の遅延時間が短くなってしまう。後述するSFNでは、対応する遅延時間が出来るだけ長い方が有利なので、キャリヤ間隔は狭い方が良い。キャリヤ間隔は移動受信に適しているモード1が約4kHz, SFNに最も適しているモード3が約1kHz, 両者の中間的なモード2が約2kHzである。

この様に、OFDMキャリヤ間隔、変調方式、符号化率（誤り訂正符号化において、冗長性の割合を変えて、誤り訂正能力を変えることが可能である）、ガードインターバル長、周波数・時間インターバルの各パラメータが数種類用意されており、これを組み合わせることにより伝送特性の異なる最大3種類まで

の放送を同時に伝送することが可能である。すなわち、様々な運用形態を随时組み合わせた放送を実施し、周波数帯域を柔軟に利用することが可能となる。概念的には図-2(a) (b)に示すように1チャンネルの帯域をセグメント呼ばれる13個の基本周波数ブロックに分けて構成し、各セグメントは、DQPSK, QPSK, 16QAMおよび64QAMの4種類の変調方式を個別に用いることができる。図-2(a)のように一番伝送容量の大きい64QAMを13個すべてのセグメントで使用すると、固定受信向けにハイビジョン放送または3つの標準テレビの番組を伝送することが可能となる。また、図-2(b)の例の様に、携帯・移動体向けのSDTV番組を伝送するためのセグメントには、変調方式としてDQPSKと強力な誤り訂正とを組み合わせて送信し、残りのセグメントでは他の64QAMなどの変調方式と適度な符号化率の誤

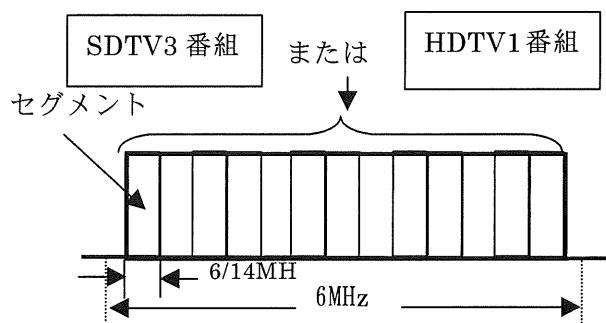


図-2(a) 地上デジタルテレビ放送の適用例

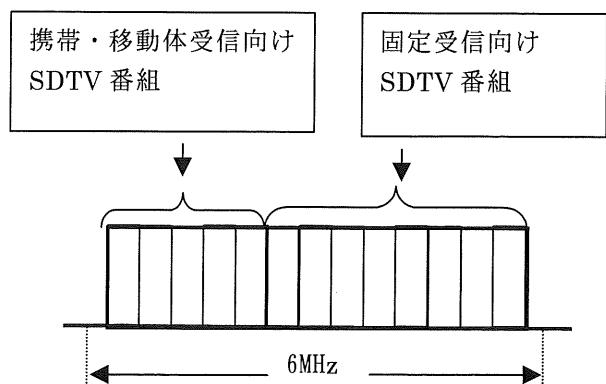


図-2(b) 地上デジタルテレビ放送の適用例

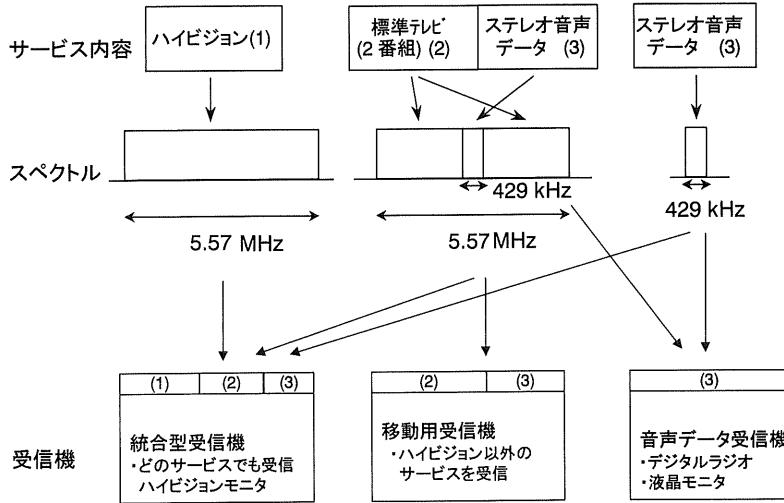


図-3 地上デジタル放送のイメージ図

り訂正を組み合わせて、固定受信向けのSDTV番組を送信することができる。このようにサービスを行うのに必要なセグメント毎に変調方式、誤り訂正などを指定して柔軟な運用を行うことで各種のサービスを実現可能である。

受信側では、図-3に示すように固定受信用の統合型受信機、移動受信機、音声データ受信機でそれぞれのサービスを楽しむことができる。13セグメントのうち中央のセグメントは特別の扱いを可能とし、13セグメントをすべて用いて送信している電波でも、中央のセグメントのみを受信する簡易な受信機を用いてサービスの一部を部分受信することが可能である。

特徴4 SFN（單一周波数中継）が可能

電波は建造物や地形により反射して、本来受信すべき電波を同時に受信されるため、アナログテレビ放送では画面が幾重にも重なって見えるゴーストが発生する。これをゴースト妨害あるいはマルチパス妨害という。この妨害に強い変調方式として、OFDM変調方式が採用された。SFNはマルチパス（遅延波）による妨害に強いOFDMの特徴を生かして、中継局においても親局と同一の周波数を利用することが可能となる。すなわち、放送エリア毎にチャンネルを変更しなくとも放

表-1 地上デジタルテレビジョン放送の仕様概要

映像符号化	MPEG-2 映像			衛星デジタル放送と同様
	映像フォーマット	1080 I, 480 P, 480 I	MPEG-2 Audio (AAC)	
音声符号化		MULTI2		
スクランブル			MPEG-2 システム	
多重化		BST-OFDM (QPSK, 16QAM, 64QAM, DQPSK)		
キャリヤ変調	Mode 1	Mode 2	Mode 3	
キャリヤ数	1450	2809	5617	
有効シグナル長	252 μs	504 μs	1.008 ms	
ガードインターバル	63 μs, 31.5 μs, 15.75 μs, 7.875 μs	126 μs, 63 μs, 31.5 μs, 15.75 μs	252 μs, 126 μs 63 μs, 31.5 μs	
外符号	Reed Solomon (204, 188)			
内符号	畳み込み (1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8)			
帯域幅	5.575... MHz	5.573... MHz	5.572... MHz	
情報レート	Up to 23.234 Mbps			

送波による中継が可能なため、周波数の有効利用に寄与できる。

特徴5 本暫定方式と国内における他のメディアとの整合性

映像・音声信号などの圧縮技術や多重技術については、各種のデジタル放送で共通の方式を用いることが望ましいため、MPEG 2を採用しており、BSデジタル放送方式と同一である。また、変調や誤り訂正技術は、使用する周波数やメディアの特性に合わせ、適切なものを使用している。

これらの特長を有する地上デジタルテレビジョン放送方式の仕様概要を表-1にしめす。

5. 地上デジタルテレビジョン放送の伝送特性

計算機シミュレーションや室内外の実験に

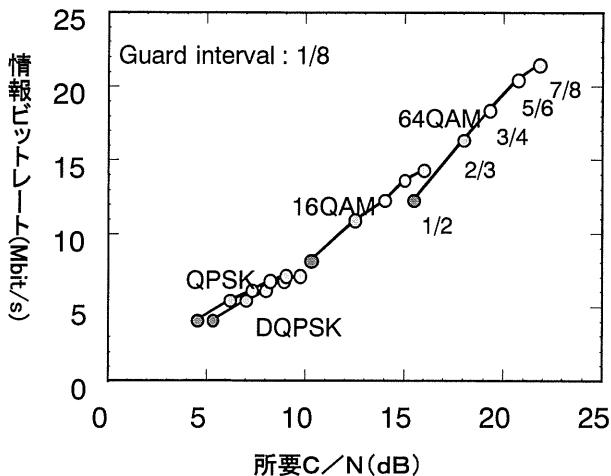


図-4 地上デジタルテレビジョン放送の所要CN比と情報ビットレート

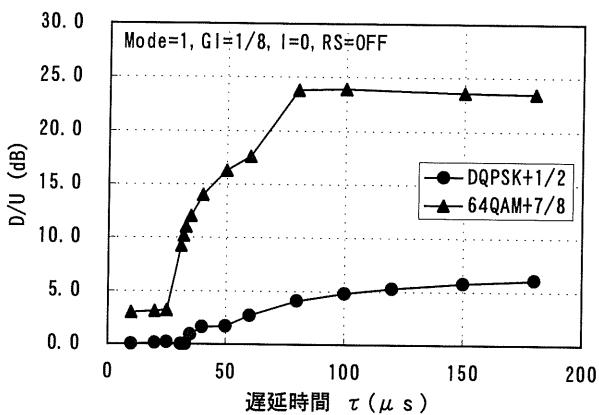


図-5 マルチパス妨害の遅延時間対所要DU比

よって様々な特性データが明らかにされているが、その数例を示す。

図-4は、送信に用いる変調方式に対する所要CN比と伝送可能な情報ビットレートを示す。変調方式として、ハイビジョンの传送には64QAMを用いることになり、移動受信にはDQPSKを用いることになる。前者より後者の方が、所要CN比が高く必要となるが、多くの情報を伝送することができる。図-5は、マルチパスに対する特性を示す。横軸の遅延時間に対する64QAMとDQPSKのマルチパス妨害の所要DU比である。いずれの変調方式でもガードインターバルを越えるマルチパスでは、所要DU比が高い必要がある。しかし、ガードインターバル以内の遅延時間の場合には、64QAMで

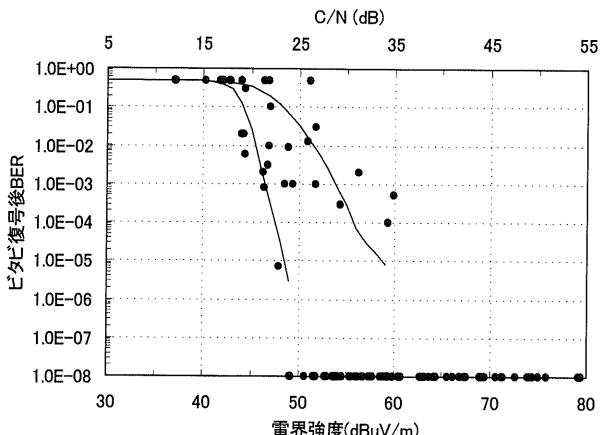


図-6 電界強度(CN比)対ビタビ復号後の誤り率

はDU比が3dBまで、DQPSKでは0dBまで受信できることが分かる。

図-6は、多くの野外実験の受信地点における電界強度(CN比)と誤り率との関係を示す。グラフ内には、マルチパスがない場合とDU比が3dBのマルチパスがある場合の誤り率の計算結果を同時に示した。各受信地点のデータがほぼ両者の線の挟まれる領域にある。アナログTV放送より、所要電界強度(CN比)が10dB以上低いことが分かる。

6. 地上デジタルテレビジョン放送による航空機フラッター障害の改善の可能性

郵政省は1997年6月に「地上デジタル放送懇談会」を発足させ、将来の地上デジタル放送のあり方を検討した。14回の会合を経て、1998年10月に最終報告書がとりまとめられ、地上デジタル放送の目標スケジュールが示された。既存の事業者に免許を優先して与える形で、チャンネルプランの基本方針は、「現行のUHF放送波帯のローバンド(ch 13～ch 31)を原則として利用して、一部周波数事情に応じて他の周波数も利用すること」として、「2003年までに関東、中京、関西の3地域での本放送開始」、「2006年までには、全国の放送局で本放送開始」、「2010年を目安に、普及機の普及率85%で、現行

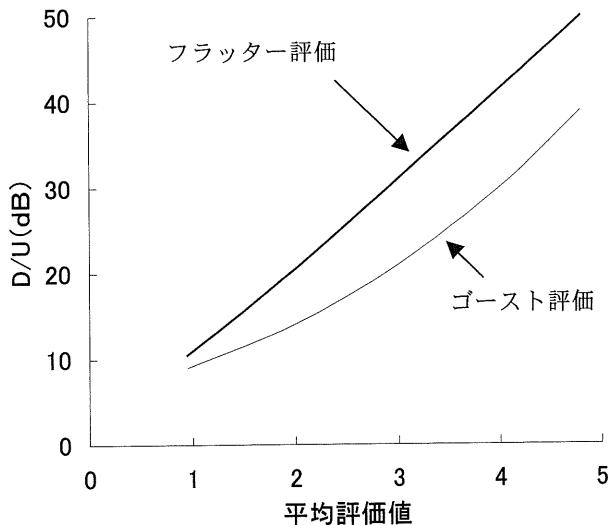


図-7 フラッター妨害とゴースト妨害の評価

アナログ放送と同一対象地域をデジタル放送で原則100%カバーすることを条件として、「アナログ放送の終了」が望まれている。

現在、VHF、UHF放送波帯を使った地上テレビ放送の中継局は、NHKと民放を合わせて約1万5000局もあり、各々の中継局へ割り当てる周波数事情は極めて厳しいが、地上デジタル放送への周波数割り当てのチャンネルプランを、郵政省・放送事業者とともに検討しており、2000年春頃までに策定することになっている。

UHF放送波帯の周波数でもフラッター障害を起こす反射波は発生する。図-7に、アナログテレビ放送における反射波のDU比と主観評価値との関係を示した。同図には、建造物などで発生するゴースト波による主観評価値も示した。フラッター障害はゴースト画像が変動することの影響が大きく、同図には反射波の搬送波の高周波位相変動によるフラッタ周波数の妨害が最も大きい場合を示してある。この妨害評価と図-5に示した地上デジタルテレビジョン放送のマルチパス妨害に対する受信特性とを比較すれば分かるよう

に、地上デジタルテレビジョン放送はアナログ放送に比較してマルチパス妨害に対する耐性が高い。

さらに、航空機フラッター障害は、周波数が低い程発生する可能性が高い。そのため、将来地上テレビジョン放送がデジタル化され、UHF放送波帯の470MHzから638MHzを主に使用することになると、VHF放送波帯を用いている現在よりテレビジョンの航空機フラッター障害の発生する範囲が狭まったり、発生頻度が少なくなると期待される。

7. まとめ

地上デジタルテレビ放送は、多くの情報を高品質に提供できるメディアであり、HDTV放送および多チャンネル放送ならびにデータ放送が可能となる。さらに、地上デジタルテレビ放送が導入された際には、長年に亘り飛行場や航空路の近辺で発生している航空機フラッター障害も、その障害強度・障害継続時間・障害頻度などが改善されることが期待される。

文 献

- 1) 伊藤土郎：計算機を利用した飛行機フラッターの推定，テレビ学誌，28巻5号(1974)，pp.389-395
- 2) 西原功：航空機によるテレビ受信障害とその対策，信学会研究会，EMCJ-79-8(1979)
- 3) 宮沢寛：航空機フラッター障害を受けたテレビ画像の主観評価，信学会研究会，IE 81-96(1982)
- 4) 宮沢寛，宮崎幸夫：テレビ放送における航空機によるフラッター障害の測定・評価手法，テレビ学会技術報告，ITEJ-TECH-REP-Vol.15, No.5, pp.7-12(1991)
- 5) 特集，地上デジタル放送方式の研究，NHK技研R&D, No.56, (1999), 第1章から第7章
- 6) 佐々木誠：地上デジタル放送～規格化と実証実験～，特集「'99技研公開講演・研究会」，NHK技研R&D, No.57, (1999), pp.13-27

航空機によるテレビ電波障害の推定法*

菅 原 政 之** 大 沼 保 憲** 伊 藤 士 郎***

1. まえがき

飛行場の新設、拡張あるいは航空路の変更等に際しては、環境アセスメントの一環として、航空機により起こりうる公害であり、騒音及び大気汚染の問題と共にテレビに対する電波障害が取り上げられ、その予測が必要とされる。近年、低騒音かつ大型機材の導入によって、電波障害の問題が相対的に比重を増してきた。航空機による地上テレビ放送の受信障害として問題になるのは、飛行中の航空機からの反射電波の影響でテレビ画面が揺れ動くいわゆるフラッター障害である。

フラッター障害は、機体の大きさ、速さ、体勢、飛行経路と送信・受信アンテナとの位置関係、更には放送番組の絵柄にも依存する複雑な現象である。ここでは、我々がこれまで使用しつつ改良を進めてきたフラッター障害予測法の現状について報告する。

2. フラッター障害の発生機構

図-1に示すような送信・受信アンテナと航空機の配置において、送信アンテナから直

接受信アンテナに達する電波と、航空機で反射されて受信アンテナに達する電波（以後妨害波と呼ぶ）が存在する。直接波に比べて妨害波の経路が長いので、テレビの受像画面上で二重像いわゆるゴーストとなりうる。

航空機の飛行とともにそれを経由する経路長さは時々刻々変化するので、妨害波はドップラーシフトを受けて周波数が変化する。電波の周波数を f (Hz)、伝搬路長の変化速度を v (m/s)、電波の速度を c ($=3\times10^8$ m/s) とするとき、周波数の変化量は

$$\Delta f = \frac{v}{c} f \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

と表される。

直接波と妨害波が受信アンテナで合成されると、アンテナ出力電圧には、両者の周波数差、すなわちドップラーシフトに相当する周波数の変動が現れる。電圧の変動幅 ΔV は、直接波の受信アンテナ出力電圧を V_d (V)、妨害波の出力電圧を V_u (V) とすると、次式で表される。

$$\Delta V = \frac{1 + V_u/V_d}{1 - V_u/V_d} \quad (2)$$

なお、 V_d/V_u は希望波対妨害波比 (D/U) に受信アンテナによる弁別性能を加味して得られる。

このような受信アンテナ出力電圧が受像機に導かれると、場合によっては、妨害波の遅れ時間に相当する二重像が現れ、かつドップラーシフトに相当する周期の明るさの強弱として画面が揺れ動くことになる。

* A Prediction Method of Disturbance to Television Reception by an Aircraft,
by Masayuki Sugawara, Yasunori Ohnuma,
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
顧問

図-2は、後で述べるフラッター障害の予測法に従って、図-1に示した緒元に従って計算した結果である。受信電界（正しくは受信アンテナ出力電圧）の変動、変動周波数、妨害波の直接波に対する遅れ時間、及び直接

波対妨害波強度比（全チャンネル型8素子八木アンテナの指向性を考慮）の時間経過を示す。図中の記号PDUR（評価D/U比）はフラッター障害の程度を判定する目安を与えるパラメーターであるが、これについては、後で説明する。

3. フラッター障害の予測

3.1 航空機のモデル化

航空機の反射波強度を求める計算プログラムに組み込むために、航空機を金属製長方形板の組み合わせで置換したモデルを構築した。このモデルの実用性については、B747の1/100模型を用いた12GHz電波による模型実験、及び飛行するB747実機による野外実験により確認した^{1),2)}。当初B747を反射板46枚で構成していたが、予測精度向上を目指して、現在ではB747-400を1,091枚で構成する計算機用モデルを用いている。

表-1にモデルの概要を示す。胴体のように丸みを帯びた物体の場合、本来、電波は広い範囲に拡散されるはずが、少なすぎる数の反射板で近似すると、特定の方向に鋭いビームをつくり出す恐れがある。また、必要以上に多くすると無駄な計算時間を費やすことになるので、結局、1,091枚に落ち着いた。なお、機体の上面が問題になることは実際上ないと考えるので、このモデルは機体の下半分で構成されている。

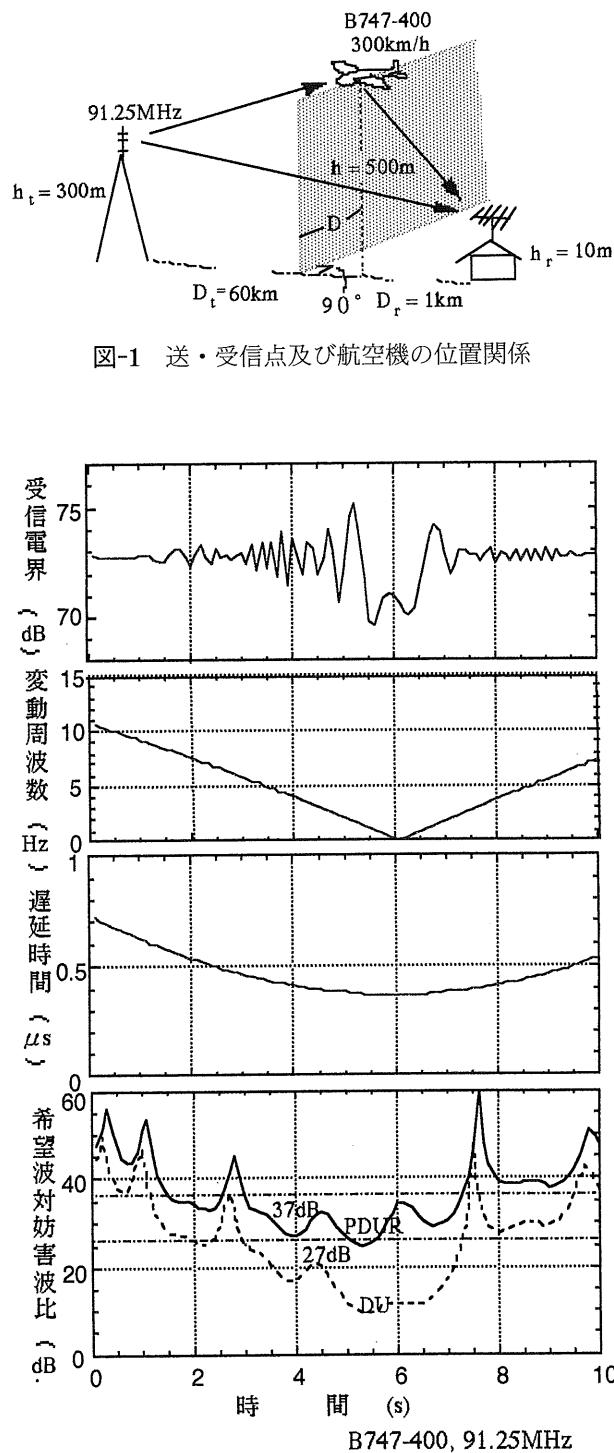


表-1 B747-400の計算機用モデルの反射板構成

部 位	枚 数
主 翼	1 0 8
胴 体	9 2 3
水平尾翼	3 8
垂直尾翼	1 2
エンジン	1 0
合 計	1,091

計算機用モデルが与えられれば、各反射板による反射波を、それぞれの反射板の送信点からの距離及び受信点までの距離に依存する電波の位相を考慮したうえで、各反射波を加えあわせれば、全体としての反射波強度を計算することができる。

3.2 反射波強度の計算式

一枚の反射板による反射波強度の計算は、図-3を参照して、次式で計算される。すなわち、点Tから発射された電波の点Rでの電界強度は、反射板の寸法に比べて、送信点及び受信点までの距離が十分大きいものとして、いわゆる遠方界として、

$$E = E_0 \frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} \frac{LM}{\lambda} \times \frac{\sin \theta_1 \cos \phi_2 + \sin \theta_2 \cos \phi_1}{2} \times \frac{\sin U}{U} \frac{\sin V}{V} \quad (3)$$

ただし、

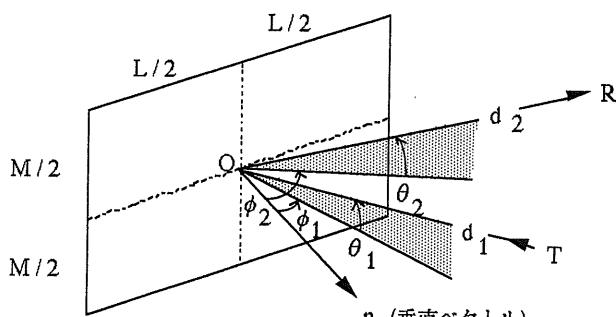


図-3 反射板の諸元

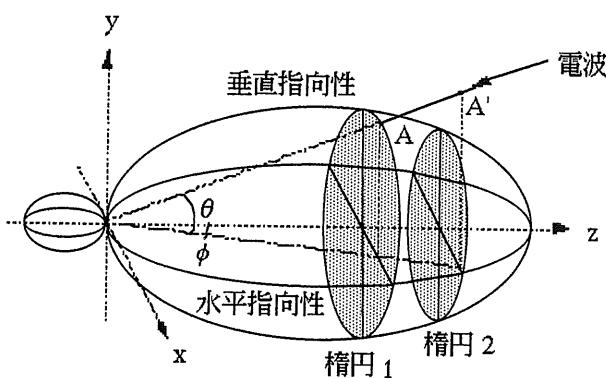


図-4 受信アンテナの立体指向性

$$E_0 = \frac{7\sqrt{W}}{d_1 + d_2}$$

$$U = \frac{\pi L}{\lambda} (\sin \theta_1 \cos \phi_1 + \sin \theta_2 \cos \phi_2)$$

$$V = \frac{\pi M}{\lambda} (\sin \theta_1 + \sin \theta_2)$$

λ =波長

が成立する。

3.3 受信アンテナ指向性

航空機反射波が受信アンテナの指向性によって直接到来波に比べてどれだけ弁別されるかは、フラッター障害を考える際に重要な要素である。受信アンテナの指向性は、通常与えられる水平面内及び垂直面内の指向性図を組み合わせて求める。すなわち、図-4に示すように水平面内及び垂直面内の指向性図をそれぞれ長軸及び短軸とする橢円によって作られる立体を構成する。到来電波が面を切る点Aの原点からの距離の中心軸方向の最大値との比が受信アンテナ弁別度を与える。図-4のように候補橢円の中から点Aが乗る橢円を選ぶことになるが、計算時間短縮のために、予め計算により方位及び仰角とアンテナ弁別度の関係を表の形で作成し、航空機フラッター障害予測プログラムに組み込んである。

3.4 視覚効果

フラッター障害の程度を決める要素は、第一に、受信機入力端子における、直接波と航空機反射波の入力電圧の比(DU比)である。しかし、DU比が同じであっても、反射波の遅れ時間あるいは画面の揺れの周期が異なると、障害の感じ方が違うことが知られている。すなわち、遅延時間がある値から短くなるにつれて障害は感じにくくなり、また、変動の周期がある範囲よりゆっくりになってもまた速くなても受ける障害が軽減して感じられる。この軽減の度合いをDU比に対する補正量として表すことにしている³⁾。

図-5は、遅延時間及び変動周波数に対する

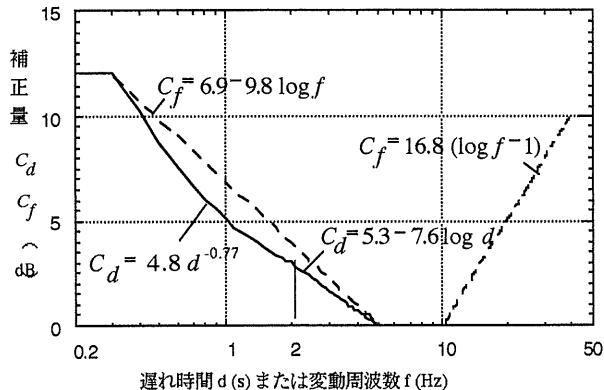


図-5 DU 比を PDUR に換算するための補正量

るこの補正量を与える。DU 比 (dB) にこれらの補正量 (dB) を加えて視覚効果を加味した評価値とする。この補正された DU 比は、評価 DU 比 (Perceived Desired to Undesired Ratio, PDUR) と呼ばれる。

フラッター障害の評価基準として、

PDUR=37 dB : 許容限

(5段階評価の4と3の中間)

27 dB : 我慢限

(5段階評価の3と2の中間)

の数値が与えられている。なお、予測計算では、図-5 中に示す数式を使用して補正量を求めている。

4. フラッター障害の幾つかの特徴

4.1 航空機サイズへの依存性

フラッター障害を推定する場合、対象航空機ごとに計算機モデルを設定することは煩雑なので、我々の予測法では、B 747 モデルを適宜縮尺して使用することにしている。例えば、B 767 の寸法は B 747 の 80% (長さ×幅の比の平方根)、B 737 は 50% として計算する。

図-6 は、図-1 中に示したと同じ配置で、B 747 及びこの縮尺による B 767 及び B 737 を飛行させたときの PDUR 計算値の時間経過である。PDUR の最悪値は、航空機サイズの大きさとともに悪くなっていて当然の結果であろう。また、B 747 に対する B 767 及

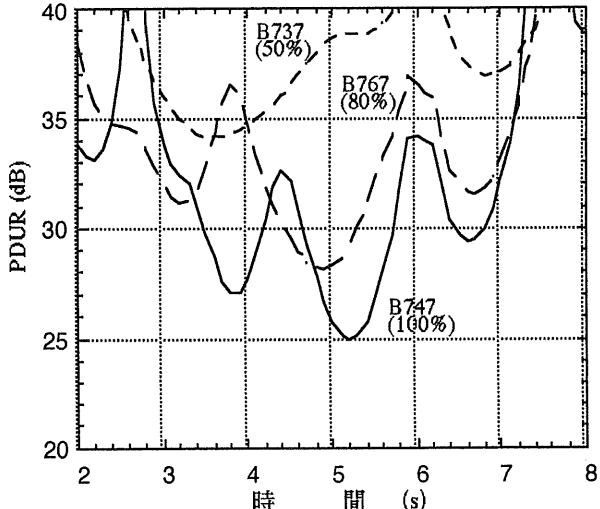


図-6 機種による妨害の程度の相違

び B 737 の最悪値の差は、それぞれ約 3 dB と 9 dB であると読み取れる。

一枚の反射板による反射波強度は、式(3)にみるように、その面積 LM に比例する。従って、一枚の反射板であれば、電界強度の差は $20 \log (\text{面積比})$ (dB) になるはずである。しかし、B 747 に対する B 767 及び B 737 の面積比は、それぞれ 0.8^2 及び 0.5^2 であり、 $15 \log (B 747 \text{に対する面積比})$ を用いると、 -2.9 dB 及び -9.0 dB が得られ、図-6 の最悪値の差と一致する。この方法を用いれば、PDUR の最悪値に関する限り、B 747 の予測結果を単純な換算により他の機種に換算できる。同じコースを複数の機種が飛行するときの予測は、B 747 だけで計算を行い、他の機種については換算で済むので、予測計算時間の短縮を図ることができる。

4.2 飛行コースのずれへの依存性

航空機フラッター障害の予測に際しては、与えられる飛行コースに従って計算を行う。しかし、その飛行コースは、通常名目上のものであり、実際の飛行においてはかなりの変化幅があるものと考えられる。従って、飛行コースのずれが障害予測にどのような影響を及ぼすかについて考慮しておくことが必要である。

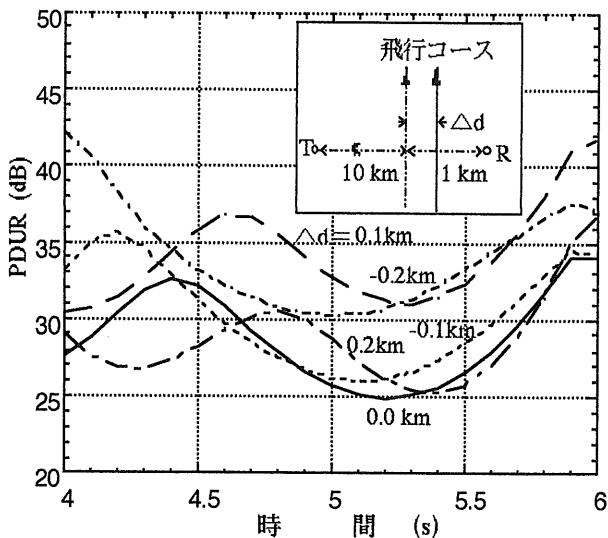


図-7 PDUR 予測値の飛行コースのずれへの依存性

図-7 は、図-1と同じ送・受信点等の配置において、飛行コースを 100 m ずつずらしたときの PDUR の変化を計算した結果である。これは一つの例に過ぎないが、飛行コースの見積もりを 100 m 誤ると、PDUR 最悪値が 5 dB 以上も変化する恐れのあることが分かる。

この結果は、また、計算の時間間隔についても示唆を与える。離陸あるいは着陸体勢にある航空機の速度を 300 km/h とすると、秒速約 83 m である。従って、我々は、通常 0.25 秒毎に計算を行っている。

ある地域での予測を行う際、例えばその地域をメッシュ状に分割して、各交点を計算対象地点に選定する。航空機がそれぞれの地点に強い影響を与える飛行コース上の位置は、地点毎に異なるはずである。従って、飛行コース上の全ての時点で、0.25 秒毎に計算することは得策ではない。我々の予測計算プログラムでは、指定の飛行コース上を航空機を移動させての計算を地点毎に繰り返す方法を採用しているが、計算時点毎に D/U 比を算出し、その値が指定の閾値以下であれば 0.25 秒毎に、閾値を超えたなら、例えば 1 秒毎の計算間隔というようにして予測計算時間

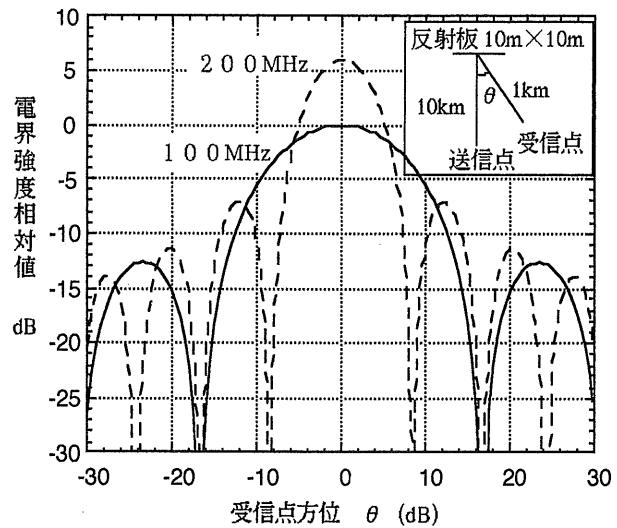


図-8 反射板指向性の周波数への依存

の短縮を図っている。

4.3 電波の周波数への依存性

反射板による反射波強度は、一般に反射板が大きくなると強くなるが、反射板の物理的な寸法にではなく、電波の波長で測ったそれの大さに依存する。従って、同じ反射板に対しては、電波の周波数が高いほど反射波強度が強くなる。すなわち、式(3)から分かるように、反射波強度は波長に逆比例（周波数に比例）する。

図-8 は、10 m × 10 m の反射板に正面方向から電波が入射したときの反射波強度の方位依存性の計算結果である。なお、100 MHz に対する正面方向への反射波強度で基準化してある。200 MHz の方が正面方向に 6 dB 強いビームが生じている。100 MHz の場合は、200 MHz に比べて正面方向の強度は弱いが、ビームは広がっている。

実際の航空機の場合、一枚の反射板と同一視はできないが、周波数が高くなると反射ビームが鋭くなり、重度の障害地域が極限された場所に発生し、周波数が低くなると軽微な障害地域が広く分布する可能性がある。しかし、一般に周波数が高いと、受信アンテナの指向性が鋭くなつて、妨害波排除能力が増すこと、また、ドップラー周波数が高くなるの

で、PDUR が周波数によってどう変わるかは一概に断定はできない。

周波数が UHF 帯まで上がるとどうなるかについて、我々はいまだ殆ど知識を持ち合わせていないが、「UHF テレビでは、航空機による電波障害は殆ど問題になっていない。」と聞いている。UHF 帯は VHF 帯に比べて地物による減衰が大きいので、良好な受信のためには受信アンテナの注意深い設置場所の選定が必要であり、従って、直接波の強度が上がり障害が軽減されるのも一因と考えられるが、今後の検討事項である。

5. 航空機フラッター障害予測の精度

航空機フラッター障害の予測結果を利用するためには、当然のことながら予測の精度を知っておくことが重要であり、また、予測精度の向上のためにもそれが必要である。

既に報告した事項であるが^{1),2)}、成田空港周辺で実施した測定に基づく結果をまず再掲しておく。成田空港に着陸する B 747 を対象に延べ 38 機について、航空機位置の測量とそのときの D/U 比の測定及び位置測量の結果を取り入れた D/U 比の予測計算を行っ

た。

この実測 D/U 比及び予測 D/U 比の比較が予測精度の一面を与えるはずである。図-9 は、両者の関係を示したもので、予測 D/U 比と実測 D/U 比それぞれの時間率 10% 値（悪い側）の比を正規確率紙上にプロットしたものである。すなわち、それぞれ真値で表した D/U 比の比（デシベルで表した D/U 比の差）の分布である。図中に引いた実線はこの結果を代表する正規分布である。これによると、50% 値はほぼ 0 dB であるから、平均的には両者は一致しているといえるが、予測値のばらつきを表す標準偏差（84% 値あるいは 16% 値と 50% 値のデシベル差）は 4 dB 程度である。なお、使用した航空機モデルは 46 枚構成である。

次に、航空局からの受託によって行った福岡空港周辺の測定で得られた結果についてその一部を紹介する。

図-10 は福岡空港周辺の 4 地点で、離陸 (T/O) あるいは着陸 (L/D) する航空機を対象に測定した結果で、フラッタ評価値と PDUR 計算値を対比してある。記号説明の G 1～G 4 は、表-2 に示すように航空機を大きさ別に 4 種類に分類したものである。PDUR の計算は G 1 (B 777 は B 747 と同じとみなす) のみについて行い、G 2～G 4 については平均的な面積を用いて、§ 4.1 で説明したように $15 \log$ (面積比) で補正してプロットしてある。図中の破線は、PDUR 27 dB がフラッタ評価 2 と 3 の間、PDUR 37 dB がフラッタ評価 3 と 4 の間にに対応することから導かれる直線である。

結果は、飛行ごとのばらつき及び地点による傾向の相違が認められるものの、機材が大型になるとともに評価と PDUR が共に低くなり、概ね妥当な予測ができているものといえる。また、予測のばらつきも図-9 の結果と同程度にみえる。1,091 枚構成モデルを用いているが、条件が違うのでここではモデル

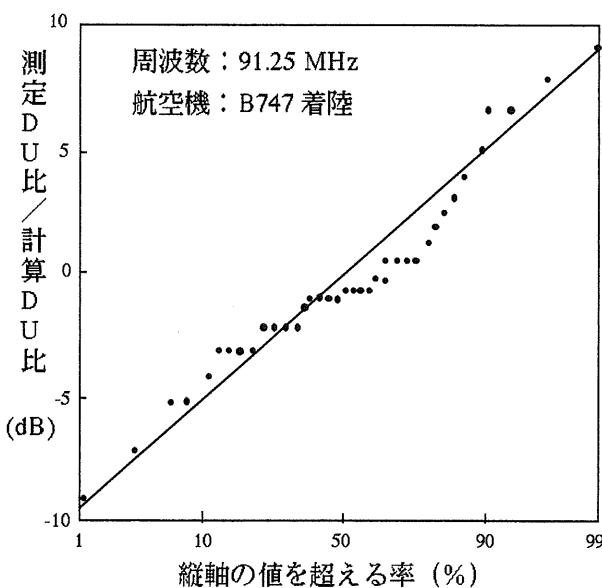


図-9 成田空港で求めた D/U 比測定値と予測値の比の分布

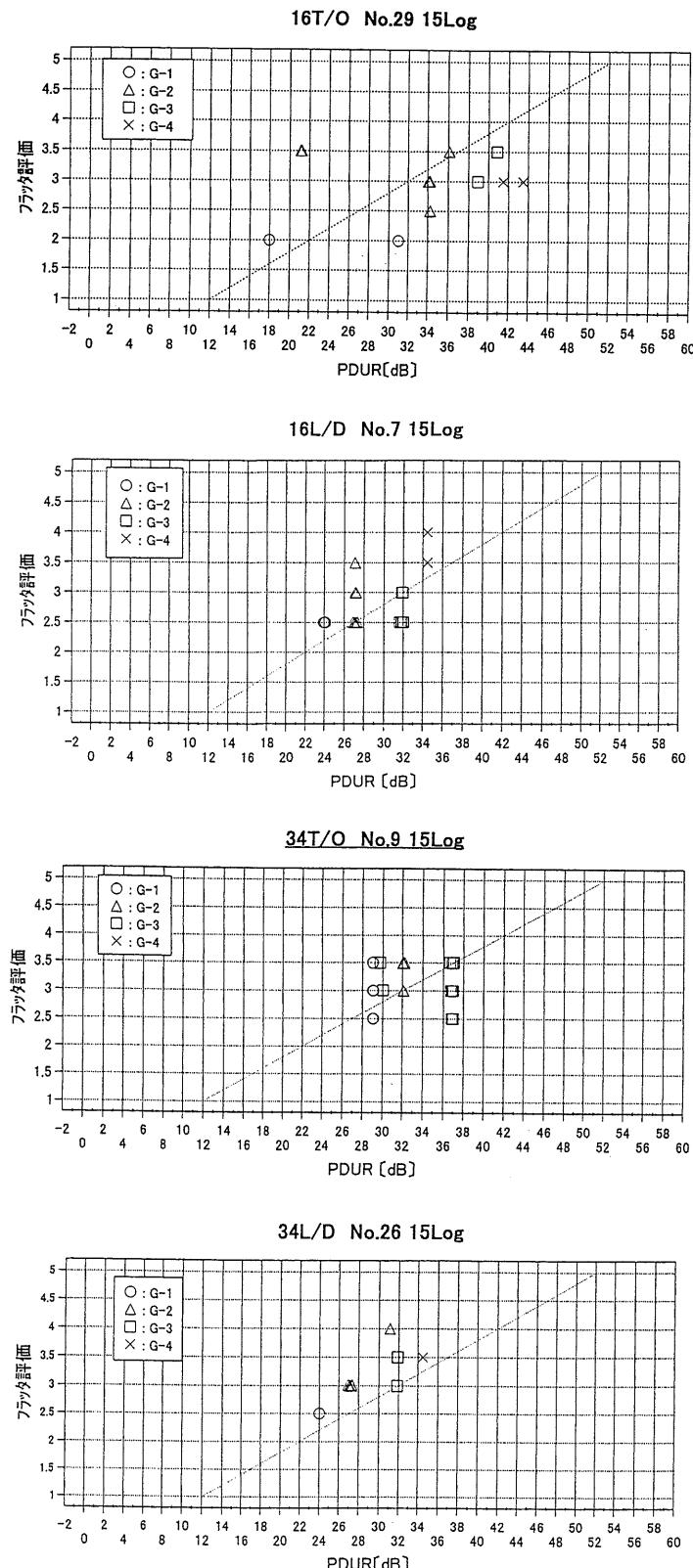


図-10 フラッター評価値（測定値）とPDUR予測値の対比

表-2 航空機の分類

グループ区分	機種
大型ジェット G-1	B747, B777
中型ジェット G-2	B767, MD11, A300, DC10
小型ジェット G-3	A320, B737, MD81
ターボプロップ G-4	YS11, SF340

変更の評価は困難である。

6. あとがき

正確な飛行コースが与えられれば、指定された地点での最悪 PDUR (及び最悪 DU 比) を、実用的な精度で予測可能な域に達していると考える。しかし、同一飛行コースといえども飛行毎にずれがあり、飛行コースは線としてではなく太さを持った立体として扱うことが必要である。飛行コースのこのばらつきによる電波障害の変動を予測法にどう組み入れるかは今後の問題である。

また、予測結果を基に電波障害か否かの判定を行う際、何を判定基準とするか、例えば PDUR 最悪値だけでいいのか、PDUR 値が指定の閾値以下になる継続時間など別の要素の加味が必要か、一日の発生頻度を如何に組み合わせるのか等も今後の課題である。

さらに、現在地上テレビ放送のデジタル化に向けた準備が着々と進められている

が⁴⁾、デジタル化が航空機による電波障害の発生にどのような影響をもたらすかも検討しておくべき事項である。

最後に、本報告中に示した福岡空港周辺における測定結果は、航空局からの受託により実施した電波障害調査の一部であることを付記し、ご高配慮を賜りましたことに深謝します。

文 献

- 1) 太田、伊藤：“航空機によるテレビ受信障害の予測”，航空公害－研究と対策－, No. 25, pp. 29-38 (1986)
- 2) 伊藤、太田：“航空機散乱波によるテレビ電波の受信電界変動とフランクター障害の予測”，テレビ学会誌, Vol. 40, No. 9, pp. 899-905 (1986)
- 3) 宮沢、西原：“航空機フランクター障害の評価と測定について”，テレビ全大, 13-12 (1981)
- 4) 河内：“デジタル放送開始に向けた最新動向”，映像情報メディア学会誌, Vol. 53, No. 11, pp. 1456-1459 (1999)

研究報告

東京国際空港及びその周辺における航空機排出物の影響実態調査と大気拡散シミュレーションによる環境影響評価*

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

1. 調査目的と概要

航空機排出ガスが一般環境大気に与える影響を調査することは、空港周辺における環境保全対策を検討する上で重要である。このため本研究センターでは、航空機エンジン排出物が一般大気環境に与える影響について調査するために、大阪国際空港内及び空港に隣接する地点に大気汚染常時監視測定室を設けて、大気汚染物質の常時監視を継続的に行っている¹⁾。一般に、空港の運航回数および運航状況に大きな変化がある場合は、航空機排出ガス量に変化が生じ、それに伴い航空機排出物が空港周辺に与える影響も変化する。

本報告は、新C滑走路の供用開始に伴い運航回数および滑走路の運用状況が大きく変化した東京国際空港（羽田空港）において、航空機から排出される大気汚染物質によってもたらされる大気環境への影響についての調査を行い、今後の空港運用時の空港周辺大気の環境保全対策を考えるうえでの基礎資料を

得ることを目的とするものである。

本調査では、空港とその周辺地域における大気質の実態を、対象地域内外の大気質濃度と比較することによって明らかにした。また、現在までに公表された大気濃度に関する資料に基づいた大気質の濃度及び気象条件の解析を行い、現状の冬期、夏期及び年間の航空機排出ガス排出量を算出した。また、拡散シミュレーション計算を行うことにより濃度分布を算出した。拡散計算で得られた結果より、東京国際空港に関する航空機排出ガスが空港周辺の大気環境に与える影響を、実大気の濃度と比べることから航空機の寄与度を評価した。

2. 調査内容

2.1 大気環境調査

空港とその周辺地域における大気汚染の実態調査を冬期及び夏期に行い、対象地域の現状を評価した。その際の実測調査は、数多くの対象地点を安価かつ簡便な方法で評価できる拡散サンプラー及び非メタン炭化水素の成分を捕集するためのキャニスターを用いて試料採取を行い、次項による方法により定量した。

2.1.1 拡散サンプラーによる調査

冬期および夏期に、グリーンブルー製のハンディソノックス NO₂・SO₂用、ホルムアルデヒド・アセトアルデヒド用、及びオゾン用の拡散サンプラー3種類を約24時間または48時間、大気に暴露させたのち、捕集物

* Effect of Aircraft Emissions on the Environmental Air of Near Tokyo-Haneda International Airport and the Evaluation of its Effect on Air Quality Based on the Simulation of the Environmental Air Distribution,
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）

を以下に示す分析装置で定量した。

調査期間：平成9年12月18日(木)

～26日(金) (冬期)

平成10年7月23日(木)

～31日(金) (夏期)

調査地点：図-1のNo.1～No.20で示された空港内10地点及び周辺10地点

調査対象物質：二酸化窒素(NO_2)、二酸化硫黄(SO_2)、ホルムアルデヒド(HCHO)、アセトアルデヒド(CH_3CHO)、オゾン(O_3)

対象物質の分析条件

(a) 二酸化窒素(NO_2)、二酸化硫黄(SO_2)

装置：イオンクロマトグラフ(ダイオネクス社製DX-AQ 2211)

検出器：電気伝導度検出器(ダイオネクス社製CDM-3)

分離カラム：Ionpac AS12A 4 mm i.d.×200 mm

ガードカラム：Ionpac AG12A 4 mm i.d.×50 mm

溶離液： $2.7 \text{ mM Na}_2\text{CO}_3 / 0.3 \text{ mM NaHCO}_3$

溶離液流量：1.5 mL/min

試料注入量：50 μL

(b) オゾン(O_3)

装置：イオンクロマトグラフ(ダイオネクス社製DX-AQ 2211)

検出器：電気伝導度検出器(ダイオネクス社製CDM-3)

分離カラム：Ionpac AS4A 4 mm i.d.×250 mm

ガードカラム：Ionpac AG4A 4 mm i.d.×50 mm

溶離液： 1 mM NaHCO_3

溶離液流量：2.0 mL/min

試料注入量：50 μL

(c) ホルムアルデヒド(HCHO)、アセトアルデヒド(CH_3CHO)

装置：高速液体クロマトグラフ(日本分光製PU-980)

検出器：紫外可視分光光度計(島津製作所製SPD-10 A)

分離カラム：Zorbax ODS 4.6 mm i.d.×250 mm, 5 μm

カラム温度：40°C

移動相：アセトニトリル：水=60:40(v/v)

流量：1.0 mL/min

試料注入量：50 μL

2.1.2 キャニスターによる調査

ステンレス製キャニスター(内容積6 L)内に試料大気を3.0 mL/minで24時間吸引し、その捕集物をガスクロマトグラフ・質量分析装置を用いて分離・定量した。

調査期間：平成9年12月19日(金)

～21日(日) (冬期)

平成10年7月24日(金)

～26日(日) (夏期)

調査地点：空港内3地点及び周辺2地点(図-1のNo.1, 8, 10, 14, 20)

調査対象物質：メタン、エタン、エチレン、アセチレン、プロパン、プロピレン、i-ブタン、n-ブタン、2-メチルペンタン、3-メチルペンタン、n-ヘキサン、ベンゼン、トルエン、エチルベンゼン、m,p-キシレン、o-キシレン

対象物質の分析条件

(a) メタン(CH_4)

装置：ガスクロマトグラフ(島津製作所製GC-17 A)

検出器：水素炎イオン化検出器(200°C)

分離カラム：Porapak Type Q (50/80) 20 mm i.d.×2 m

カラム槽温度：90°C

注入口温度：100°C

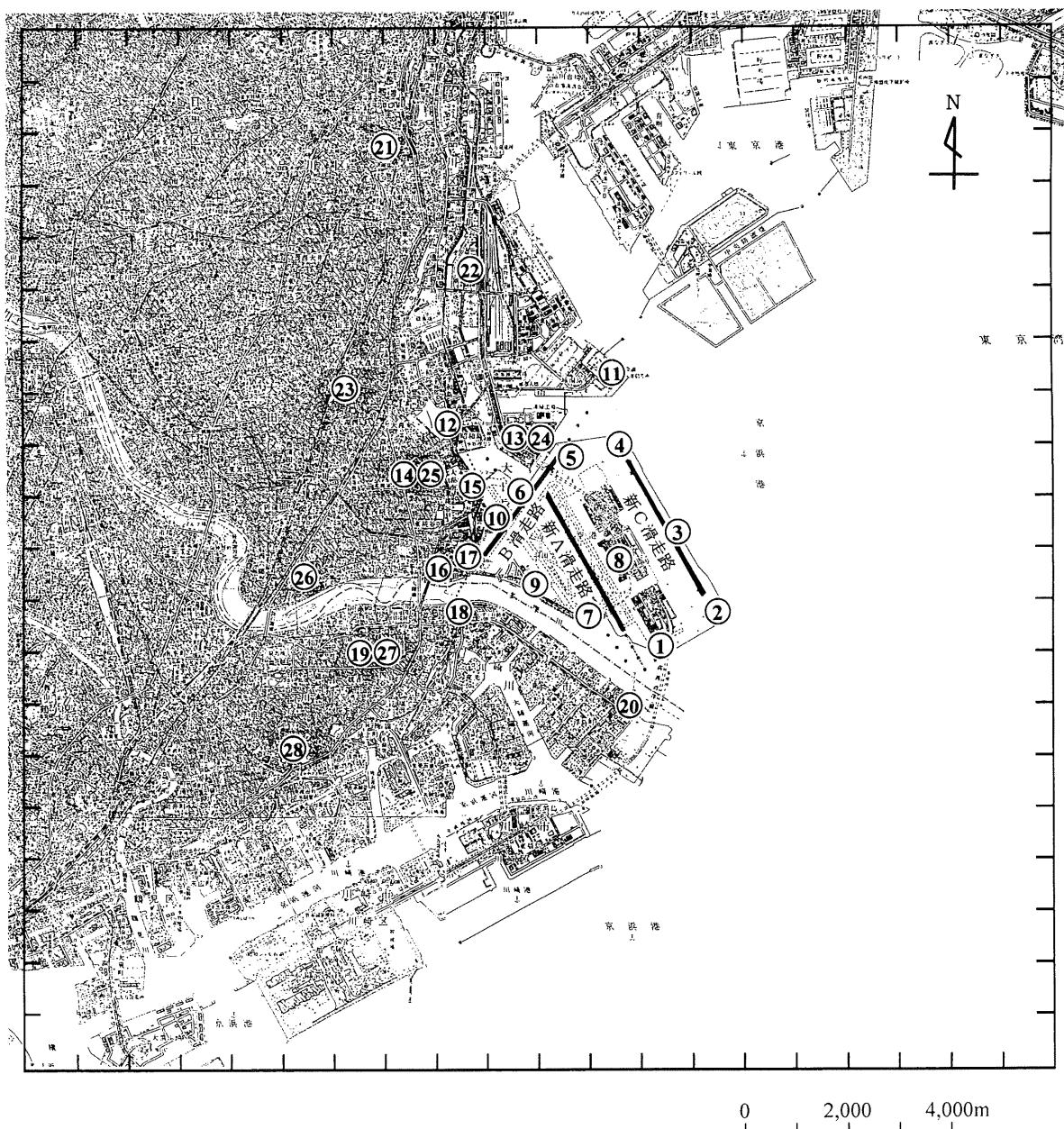
キャリヤーガス：窒素

流量：50 mL/min

試料注入量：5 μL

(b) メタンを除く全項目

装置：ガスクロマトグラフ/質量分析計



凡 例	
調査 地点	
空 港 内	空 港 周 辺
① ANAエンジンテストセル ② 進入灯補修用階段 ③ 保安施設シェルタ ④ 保安施設 ⑤ 現B滑走路横 ⑥ 防火水槽 ⑦ 保安施設シェルタ ⑧ 西旅客ターミナルビル ⑨ 東急ホテル ⑩ 第五綜合ビル	⑪ 城南島海浜公園 ⑫ 昭和島運動場 ⑬ 京浜島管理事務所 ⑭ 糀谷保健所 ⑮ 大森第一中学校 ⑯ 羽田小学校 ⑰ 空港施設ポンプ場 ⑱ 川崎市殿町第3公園 ⑲ 川崎市大師公園 ⑳ 川崎市浮島町公園
	(一般環境大気測定局) ⑪ 品川区北品川 ⑫ 品川区八潮 ⑬ 大田区中央 ⑭ 大田区京浜島 ⑮ 大田区糀谷 ⑯ 大田区六郷 ⑰ 川崎市大師町 ⑱ 川崎市川崎

図-1 調査及び評価地点と番号による位置づけ

(ヒューレットパッカード製 HP 6890 GC/
HP 5972 A MS)

濃縮装置 : Entech 7000
分離カラム : Al₂O₃/Na₂SO₄ PLOT 0.32
mm i.d. × 50 m, 5.0 μm
カラム槽温度 : 50°C(5 min) → 200°C
5°C/min
(20 min)

2.2 大気汚染常時観測調査（公表された観測資料に基づく）

東京湾北西部地域のうち、図-1に示す東京国際空港を中心とする臨海部地域を本調査の大気汚染に関する対象地域とした（図-1のNo. 21～No. 28）。

この地域の大気質の現況を把握するため、公表された大気汚染常時観測資料を解析することによって環境基準適合状況を調べた。この調査において解析した観測データは、東京都大田区、品川区及び神奈川県川崎市によって常時観測された平成9年度の観測データを使用した²⁾。

2.3 気象特性の調査

本調査の対象地域の気象条件については、平成9年度の気象庁東京管区気象台の観測データを使用し、風向出現頻度、平均風速、安定度出現頻度等の気象解析を行い、対象地域の気象状況を明らかにして、大気質濃度との関係を調べた。

2.4 航空機排出ガス量の算出

航空機排出ガスが地域環境に与える影響を調査するためには、まず実際に航空機から排出されているガス量を算出しなければならない。このため、実際の運航量及び運航状況調べ、実際の運航状況と既知の排出係数^{3),4),5)}から、冬期、夏期及び年間の航空機排出ガス量を算出した。

調査対象期間

平成9年12月～平成10年2月（冬期）

平成10年6月～平成10年8月（夏期）

平成9年4月～平成10年3月（1年間）

調査項目

- a) 航空機の機種及び搭載エンジンの諸元等の調査
- b) 現状の離着陸回数（機種別）の調査
- c) 運航状況（モード別所要時間、飛行経路、離陸上昇経路及び着陸進入経路）の調査
- d) 機種別モード別排出係数（NOx, SOx, CO 及び HC）の調査
- e) a)～d)の調査結果からの航空機排出ガス（NOx, SOx, CO 及び HC）量の算定

調査方法

既存資料^{6),7)} やエアライン各社へのヒアリングによる調査及び実際の現地調査を行い、排出量算定のための運航状況の設定値を算出した。この設定値と排出係数から、航空機排出ガス量を算出した。

2.5 拡散シミュレーションによる航空機排出ガスからの大気汚染物質濃度の算出及び影響評価

航空機排出ガス量をもとに、気象条件を加味して、当研究センターで開発した拡散シミュレーション⁸⁾計算を実施することにより、航空機煙源による濃度分布を計算した。拡散計算で得られた結果より、東京国際空港に関する航空機排出ガスが空港周辺の大気環境に与える影響を、影響度及び影響範囲等から総合的な評価を行った。

2.5.1 航空機煙源による長時間平均濃度の計算

NOx, SOx, CO 及び HC の冬期、夏期、年間の平均濃度を拡散シミュレーション計算により求めた。それぞれの排出量は運航モードによって異なるため、高度別に算出した。また、排出量の算出にあたっては、高度1,000 m 以下の範囲を対象とした。

計算は、図-1に示す東西約20 km × 南北20 km の範囲とし、この領域を東西及び南北とも約1,000 m のメッシュに分割して行つ

た。また、計算に当たっては、航空機煙源から排出される硫黄酸化物を二酸化硫黄として、炭化水素は非メタン炭化水素として濃度を求めた。

2.5.2 航空機排出ガスが周辺に与える影響評価

図-1に示す実態調査20地点及び一般環境大気測定局8地点を評価地点とした。各地点ごとに、地点の航空機煙源からシミュレーション計算により算出された濃度を環境濃度と比べることによって航空機の寄与度を評価した。

なお、本調査で設定した大気汚染に関する評価地点のうち、一般環境大気測定局8地点(図-1のNO.21~28)で東京都及び川崎市各々の公共団体によって測定されている大気汚染物質については、公表された濃度を使用して環境影響を評価した。また、空港内10地点(図-1のNO.1~10)及び空港周辺10地点(図-1のNO.11~20)については、空港周辺の一般環境大気測定局の最大及び最小濃度を基準として環境影響を評価した。

3. 結 果

3.1 大気環境調査

3.1.1 拡散サンプラーによる調査結果

測定結果を表-1に示す。

(a) 二酸化窒素(NO_2)

冬期における各地点の日平均値をみると、最高はNo.7地点及びの0.064 ppm、最低はNo.13地点の0.027 ppm、全測定地点の平均値は0.043 ppmであった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内0.050 ppm、周辺0.035 ppmを示し、空港内の方が高かった。なお、環境大気中の二酸化窒素(NO_2)の環境基準は日平均値が0.04 ppm~0.06 ppm(40 ppb~60 ppb)のゾーン内またはそれ以下となっている。これに対比させると、No.7地点の平均値はこの値をわずかに超えていた。

夏期における各地点の日平均値をみると、最高はNo.3地点及びNo.10地点の0.054 ppm、最低はNo.9地点の0.010 ppm、全測定地点の平均値は0.025 ppmであった。空

表-1 大気環境実態調査

測定項目 測定地点	二酸化窒素		二酸化硫黄		ホルムアルデヒド		アセトアルデヒド		オゾン		
	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	
空港内	No. 1	0.058	0.035	0.009	0.012	0.007	0.004	0.0006	0.0006	0.010	0.014
	No. 2	0.044	0.018	0.006	0.003	0.010	0.003	0.0008	0.0006	0.011	0.013
	No. 3	0.052	0.054	0.008	0.011	0.008	0.003	0.0005	0.0006	0.011	0.013
	No. 4	0.056	0.028	0.010	0.005	0.006	0.004	0.0005	0.0006	0.011	0.015
	No. 5	0.033	0.023	0.007	0.003	0.004	0.004	0.0005	0.0005	0.011	0.017
	No. 6	0.036	0.026	0.007	0.007	0.005	0.004	0.0005	0.0005	0.010	0.017
	No. 7	0.064	0.025	0.012	0.004	0.008	0.004	0.0005	0.0006	0.011	0.016
	No. 8	0.051	0.011	0.008	0.003	0.007	0.003	0.0006	0.0007	0.011	0.017
	No. 9	0.047	0.010	0.009	0.003	0.006	0.004	0.0008	0.0006	0.011	0.016
	No. 10	0.058	0.054	0.011	0.033	0.009	0.006	0.0008	0.0007	0.010	0.015
周辺	No. 11	0.033	0.023	0.006	0.006	0.005	0.004	0.0007	0.0006	0.011	0.014
	No. 12	0.034	0.035	0.005	0.008	0.005	0.004	0.0007	0.0006	0.010	0.015
	No. 13	0.027	0.019	0.005	0.005	0.005	0.003	0.0007	0.0006	0.011	0.014
	No. 14	0.035	0.016	0.007	0.003	0.006	0.003	0.0008	0.0007	0.011	0.015
	No. 15	0.033	0.020	0.005	0.009	0.005	0.003	0.0007	0.0006	0.011	0.015
	No. 16	0.036	0.015	0.005	0.006	0.004	0.003	0.0008	0.0007	0.010	0.014
	No. 17	0.033	0.019	0.007	0.003	0.005	0.003	0.0008	0.0007	0.010	0.014
	No. 18	0.051	0.022	0.010	0.005	0.005	0.003	0.0007	0.0006	0.011	0.014
	No. 19	0.030	0.022	0.006	0.005	0.004	0.003	0.0008	0.0006	0.010	0.015
	No. 20	0.040	0.023	0.006	0.008	0.005	0.003	0.0008	0.0007	0.012	0.015
平均値		0.043	0.025	0.007	0.007	0.006	0.004	0.0007	0.0006	0.011	0.015
空港内平均値		0.050	0.028	0.009	0.008	0.007	0.004	0.0006	0.0005	0.011	0.015
周辺平均値		0.035	0.021	0.006	0.006	0.005	0.003	0.0008	0.0006	0.011	0.015

港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 0.028 ppm、周辺 0.021 ppm を示し、空港内の方が高かった。なお、環境基準に対比させると全測定地点で環境基準を適合していた。また、冬期のほうが夏期に比べて濃度が高かった。これは、一般的な大気環境測定局と同様な結果であった。

(b) 二酸化硫黄(SO₂)

冬期における各地点の日平均値をみると、最高は No. 7 地点の 0.012 ppm、最低は No. 12 地点、No. 13 地点、No. 15 地点及び No. 16 地点の 0.005 ppm、全測定地点の平均値は 0.007 ppm であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 0.009 ppm、周辺 0.006 ppm を示し、空港内の方が高かった。なお、環境大気中の二酸化硫黄(SO₂) の環境基準は日平均値が 0.04 ppm (40 ppb) 以下となっている。これに対比させると全測定地点で環境基準を適合していた。

夏期における各地点の日平均値をみると、最高は No. 10 地点の 0.033 ppm、最低は No. 2 地点、No. 5 地点、No. 8 地点、No. 9 地点、No. 14 地点及び No. 17 地点の 0.003 ppm、全測定地点の平均値は 0.007 ppm であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 0.008 ppm、周辺 0.006 ppm を示し、空港内の方が高かった。なお、環境基準に対比させると全測定地点で環境基準を適合していた。また、冬期と夏期を比べると、No. 10 地点で夏期のほうが約 3 倍の濃度を示した。その他の地点では、ほぼ同程度だった。

(c) ホルムアルデヒド(HCHO)

冬期における各地点の日平均値をみると、最高は No. 2 地点の 0.010 ppm、最低は No. 5 地点、No. 16 地点及び No. 19 地点の 0.004 ppm、全測定地点の平均値は 0.006 ppm であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 0.007 ppm、周辺 0.005 ppm を示し、空港内の方が高かった。

夏期における各地点の日平均値をみると、

最高は No. 10 地点の 0.006 ppm、最低は No. 3 地点、No. 4 地点、No. 8 地点及び No. 13 地点～No. 20 地点の 0.003 ppm、全測定地点の平均値は 0.004 ppm であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 0.004 ppm、周辺 0.003 ppm を示し、空港内の方が高かった。また、冬期のほうが夏期に比べて総じて濃度が高かった

(d) アセトアルデヒド(CH₃COCH₃)

冬期における各地点の日平均値をみると、最高は No. 2 地点、No. 9 地点、No. 10 地点、No. 14 地点、No. 16 地点、No. 17 地点、No. 19 地点及び No. 20 地点の 0.0008 ppm、最低は No. 3 地点～No. 7 地点の 0.0005 ppm、全測定地点の平均値は 0.0007 ppm であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 0.0006 ppm、周辺 0.0008 ppm を示し、空港周辺の方が高かった。

夏期における各地点の日平均値をみると、最高は No. 8 地点、No. 10 地点、No. 14 地点、No. 16 地点、No. 17 地点及び No. 20 地点の 0.0007 ppm、最低は No. 5 地点及び No. 6 地点の 0.0005 ppm、全測定地点の平均値は 0.0006 ppm であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 0.0005 ppm、周辺 0.0006 ppm を示し、空港周辺の方が高かった。また、冬期のほうが夏期に比べてやや濃度が高かった

(e) オゾン(O₃)

冬期における各地点の日平均値をみると、最高は No. 20 地点の 0.012 ppm、最低は No. 1 地点、No. 6 地点、No. 10 地点、No. 12 地点、No. 16 地点、No. 17 地点及び No. 19 地点の 0.010 ppm、全測定地点の平均値は 0.011 ppm であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 0.011 ppm、周辺 0.011 ppm を示し、空港内外の差は認められなかった。

夏期における各地点の日平均値をみると、最高は No. 5 地点、No. 6 地点及び No. 8 地

点の 0.017 ppm, 最低は No. 2 地点及び No. 3 地点の 0.013 ppm, 全測定地点の平均値は 0.015 ppm であった。空港内と周辺の濃度は、期間平均値で空港内 0.015 ppm, 周辺 0.015 ppm を示し、空港内外の差は認められなかった。また、冬期のほうが夏期に比べて濃度が低かった。これは、一般的な大気環境測定局と同様な結果だった。

3.1.2 キャニスターによる調査結果

調査結果を表-2 に示す。

(a) ベンゼン

冬期における平均値をみると、最高は No. 20 地点の 13 ppb, 最低は No. 1 地点及び No. 10 地点の 4 ppb, 全測定地点の平均値は 7 ppb であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 5 ppb, 周辺 12 ppb を示し、空港周辺の方が高かった。なお、環境大気中のベンゼンの環境基準は日平均値が 0.94 ppb ($3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 以下となっている。これに対比させると、全測定地点の測定値はこの値を超えていた。

夏期における平均値をみると、最高は No. 14 地点の 5 ppb, 最低は No. 1 地点, No. 8 地点及び No. 10 地点の 2 ppb, 全測定地点

の平均値は 3 ppb であった。空港内と周辺の濃度は、平均値で空港内 2 ppb, 周辺 5 ppb を示し、空港周辺の方が高かった。なお、環境基準に対比させると、全測定地点の測定値はこの値を超えていた。また、冬期のほうが夏期に比べて濃度が高かった。

(b) その他の項目

冬期においては、その他の成分でも空港内より空港周辺の濃度は高く、特に No. 14 地点では i-ブタン, アセチレン, ヘキサン, トルエン, エチルベンゼン, m,p-キシレン, o-キシレンが全測定地点で最も高い濃度を示した。これらの物質は周辺の群小発生源の影響を強く受けているものと思われる。また、プロパン, プロピレンは No. 20 地点で極めて高く、近傍に特異な発生源が存在することを示唆している。

夏期においては、その他の成分でも空港内より空港周辺の濃度は比較的高く、特に No. 14 地点では i-ブタン, アセチレン, ヘキサン, トルエン, エチルベンゼン, m,p-キシレン, o-キシレンが全測定地点で最も高い濃度を示した。これらの結果は冬期における結果とほぼ一致していた。また、すべての項

表-2 炭化水素成分分析結果

測定項目 測定地点	メタン		エタン		エチレン		プロパン		プロピレン		i-ブタン		n-ブタン		アセチレン		
	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	
空港内	No. 1	2233	1983	33	5	25	4	30	5	8	8	12	2	13	1	17	1
	No. 8	2205	2000	27	8	20	15	25	10	6	18	16	2	17	5	18	1
	No. 10	2247	2000	30	5	15	10	31	7	5	3	18	2	19	4	14	1
周辺	No. 14	2233	2000	32	7	26	18	44	7	7	2	26	2	28	3	35	2
	No. 20	2317	2133	35	16	32	8	98	20	16	19	21	5	33	9	22	1
平均値		2243	2020	31	8	24	11	46	10	9	10	18	3	18	5	22	1
空港内平均値		2221	1994	29	6	21	10	29	7	6	10	15	2	15	4	16	1
周辺平均値		2275	2058	34	12	30	13	72	14	12	11	24	3	37	6	29	2

単位 : ppb

測定項目 測定地点	2-メチルベンゼン		3-メチルベンゼン		ヘキサン		ベンゼン		トルエン		エチルベンゼン		m,p-キシレン		o-キシレン		
	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	冬期	夏期	
空港内	No. 1	9	2	3	1	4	1	4	2	54	6	5	1	4	1	2	1
	No. 8	9	2	4	1	4	2	5	2	50	7	4	2	4	1	2	1
	No. 10	11	2	5	2	4	9	4	2	49	13	8	2	7	1	3	1
周辺	No. 14	12	2	7	1	9	6	11	5	101	74	13	2	14	2	6	2
	No. 20	14	1	10	1	6	4	13	4	57	13	9	1	7	1	5	1
平均値		11	2	6	1	6	4	7	3	62	23	8	2	7	1	4	1
空港内平均値		9	2	4	1	4	4	5	2	51	9	6	2	5	1	2	1
周辺平均値		13	2	9	1	7	5	12	5	79	44	11	2	10	1	5	1

単位 : ppb

目で冬期のほうが夏期に比べて濃度が高かつた。

3.2 大気汚染常時観測調査（公表された観測資料に基づく）

大気汚染常時観測局の平成9年度の調査結果を表-3に示す。

(a) 二酸化窒素(NO_2)

年平均値は、0.033 ppm～0.037 ppmであり、地域的には大田区東部及びその周辺で濃度が高い傾向にある。空港に近接する糀谷は0.037 ppmで平均値(0.035 ppm)より0.002 ppm程度高くなっている。また、環境基準は、No.23を除いて達成していなかつ

表-3 大気汚染常時観測局の測定結果

測定地点	二酸化窒素			一酸化窒素		窒素酸化物	
	年平均値 (ppm)	日平均値の 年間98%値 (ppm)	環境基 準達成 状況	年平均値 (ppm)	日平均値の 年間98%値 (ppm)	年平均値 (ppm)	日平均値の 年間98%値 (ppm)
No.21	0.033	0.068	×	0.024	0.119	0.057	0.178
No.22							
No.23	0.033	0.059	○	0.026	0.110	0.059	0.166
No.24	0.037	0.069	×	0.029	0.127	0.066	0.191
No.25	0.037	0.070	×	0.029	0.129	0.066	0.195
No.26	0.036	0.069	×	0.028	0.112	0.064	0.165
No.27	0.036	0.067	×	0.025	0.090	0.061	0.150
No.28	0.036	0.066	×	0.026	0.101	0.062	0.154

測定地点	一酸化炭素			非メタン炭化水素		メタン	全炭化水素
	年平均値 (ppm)	日平均値の 年間98%値 (ppm)	環境基 準達成 状況	6~9時にお ける年平均値 (ppmC)	指針値 達成 状況	6~9時にお ける年平均値 (ppmC)	6~9時における 年平均値 (ppmC)
	No.21	0.7	1.7	○			
No.22				0.40	×	1.99	2.39
No.23				0.49	×	1.96	2.45
No.24				0.39	×	1.92	2.31
No.25	0.7	1.7	○	0.44	×	2.02	2.42
No.26							
No.27				0.39	×	1.92	2.30
No.28	0.8	1.6	○	0.37	×	1.91	2.27

測定地点	光化学オキシダント		二酸化硫黄			浮遊粒子状物質		
	昼間の1時間 値の年平均値 (ppm)	環境基 準達成 状況	年平均値 (ppm)	日平均値の 2%除外値 (ppm)	環境基 準達成 状況	年平均値 (mg/m³)	日平均値の 2%除外値 (mg/m³)	環境基 準達成 状況
	No.21	0.024	×	0.008	0.016	○	0.042	0.113
No.22	0.023	×	0.010	0.020	○	0.047	0.109	×
No.23	0.023	×	0.009	0.015	○	0.034	0.108	×
No.24	0.024	×	0.010	0.023	○	0.065	0.134	×
No.25	0.022	×	0.007	0.016	○	0.040	0.115	×
No.26	0.021	×	0.010	0.015	○	0.048	0.109	×
No.27	0.022	×	0.008	0.018	○	0.049	0.115	×
No.28	0.019	×	0.008	0.017	○	0.050	0.125	×

(注) 表中の空欄は測定なし。

た。

(b) 一酸化窒素(NO)

年平均値は、0.024 ppm～0.029 ppmであり、地域的には大田区東部及びその周辺で濃度が高い傾向にある。空港に近接する糀谷は0.029 ppmで平均値(0.027 ppm)より、0.002 ppm程度高くなっている。

(c) 窒素酸化物(NO_x)

年平均値は、0.057 ppm～0.066 ppmであり、地域的には大田区東部及びその周辺で濃度が高い傾向にある。空港に近接する糀谷は0.066 ppmで平均値(0.062 ppm)より0.004 ppm程度高くなっている。

(d) 一酸化炭素(CO)

年平均値は、0.7 ppm～0.8 ppmであり、地域的には大きな差はなかった。空港に近接する糀谷は0.7 ppmで平均値(0.7 ppm)と同じであった。また、環境基準は、すべての地点で達成していた。

(e) 非メタン炭化水素(NMHC)

年平均値は、0.036 ppmC～0.043 ppmCであり、地域的には大田区中央部及びその周辺で濃度が高い傾向にある。空港に近接する糀谷は0.42 ppmCで平均値(0.40 ppmC)より0.02 ppmC程度高くなっている。また、指針値との対応状況は、すべての地点で達成していなかった。

(f) メタン(CH₄)

年平均値は、1.90 ppmC～1.97 ppmCであり、地域的には大きな差はなかった。空港に近接する糀谷は1.96 ppmCで平均値(1.93 ppmC)より0.03 ppmC程度高くなっている。

(g) 全炭化水素(THC)

年平均値は、2.25 ppmC～2.39 ppmCであり、地域的には大きな差はなかった。空港に近接する糀谷は2.39 ppmCで平均値(2.33 ppmC)より0.06 ppmC程度高くなっている。

(h) 光化学オキシダント

昼間の1時間値の年平均値は、0.019 ppm～0.024 ppmであり、地域的には品川区中央部及びその周辺で濃度が高い傾向にある。空港に近接する糀谷は0.022 ppmで平均値(0.023 ppm)より0.001 ppm程度低くなっている。また、環境基準は、すべての地点で達成していなかった。

(i) 二酸化硫黄(SO₂)

年平均値は、0.007 ppm～0.010 ppmであり、地域的には品川区東部及びその周辺で濃度が高い傾向にある。空港に近接する糀谷は0.007 ppmで平均値(0.009 ppm)より0.002 ppm程度低くなっている。また、環境基準は、すべての地点で達成していた。

(j) 浮遊粒子状物質(SPM)

年平均値は、0.034 mg/m³～0.065 mg/m³であり、地域的には大田区臨海部埋立地域及びその周辺で濃度が高い傾向にある。空港に近接する糀谷は0.040 mg/m³で平均値(0.047 mg/m³)より0.007 mg/m³程度低くなっている。また、環境基準は、すべての地点で達成していなかった。

3.3 気象特性の調査

3.3.1 異常年検定

本調査で設定した現状年(平成9年度)が平年の気象に比べて異常でなかったかどうかを統計手法を用いて検定した。

異常年は1県又は1地域にわたる広範囲に出現するものと考え、本調査の対象地域の代表気象と考えられる気象庁東京管区気象台のデータを用い、検定年を平成9年とし、統計年を昭和62年～平成8年とした。

検定方法はF分布棄却検定法を用い、検定対象としては風向出現回数と平均風速とした。

この結果、風向SWの出現頻度が過去10年間と比較してやや異常であるという結果になった。しかし風向の出現状況は、各年度とも全体的にみればかなり似通っており、検定

年の気象データを採用しても問題がないと判断した。

3.3.2 風配特性

気象庁東京管区気象台における気象データから風配及び風速特性を調べた。

この結果、この地域の風配特性は、冬期においてNNW風向及び夏期においてS～SW風向に卓越風向がみられる事がわかった。また、年間を通してみると最多風向はNNWとなっており、出現頻度は約22.3%であった。また、最高風速および平均風速は、それぞれ4.1～6.0m/s, 3.1m/sであり、強風の出現頻度は高いといえる。

3.3.3 大気安定度

本調査対象地域の大気安定度の現況を把握するため、気象庁東京管区気象台の風向、風速、日射量及び雲量を用い気象条件の分類を行った。

本調査で用いる大気安定度の分類はPasquillの安定度分類⁹⁾であり、風速、日射量、雲量、昼・夜によって決まるものである。

表-4に本調査対象地域の大気安定度階級別出現頻度を示す。これによると安定度Dの出現頻度が最も高く年間で約62%を占めており、他の安定度は0～8%程度である。

3.4 航空機排出ガス量の算定

航空機からの大気汚染物質排出量については、地上約1,000mまでのエクマン層上限までは自由大気になることから、高度1,000mまでを対象として排出量の算出を行った。

3.4.1 航空機の機種、搭載エンジンの諸元及び使用燃料調査

機種とエンジン型式に関して既存資料⁶⁾を参照した。

また、航空機に使用される燃料の種類、硫黄分（含有率）等をエアライン各社にヒアリング調査を行った。航空機には、灯油系のJet A-1という規格のものが燃料として使用されていた。

さらに使用燃料中の硫黄分を設定するために、エアライン各社にヒアリングを行い、最近の航空燃料中の硫黄分データ収集した。その結果、燃料中の硫黄分は平均値0.035%であった。そこでJIS規格や既存の調査にはとらわれず、ヒアリングしたデータに基づいて硫黄分を0.035%として排出ガス量を計算した。

3.4.2 離着陸回数調査

平成9年4月～平成10年9月における航

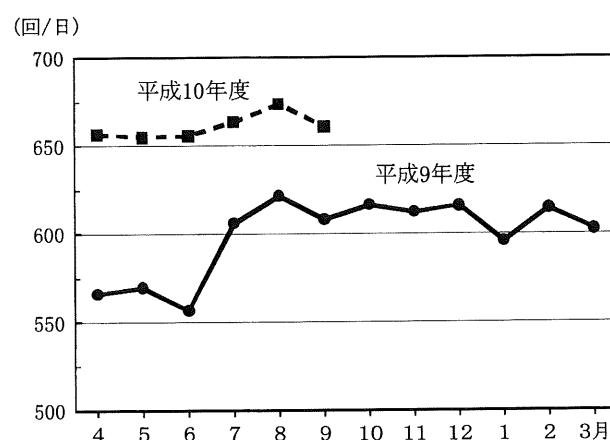


図-2 東京国際空港の月別離着回数

表-4 大気安定度階級別出現頻度（平成9年度）

(単位: %)

風速 (m/s)	昼						昼夜		夜		
	日射量(cal/cm ² /h)			< 24 hr					5-7(10) hr		0-4 hr
	> 50 hr	49-25 hr	< 24 hr	D	0.08	F	0.02	G	0.07		
0	A	0.00	A-B	0.01	B	0.03	D	0.08	F	0.02	G 0.07
0.4-2	A	0.22	A-B	0.87	B	0.92	D	3.48	F	0.66	G 2.64
2.1-3	A-B	1.14	B	2.30	C	2.32	D	10.57	E	1.79	F 6.94
3.1-4	B	1.30	B-C	1.98	C	2.24	D	12.25	D	2.36	E 7.00
4.1-6	C	1.47	C-D	2.01	D	2.72	D	14.06	D	1.95	D 6.61
6	D	0.97	D	0.89	D	0.86	D	4.49	D	0.66	D 2.11

表-5 月別機種別離着陸回数

機種	H9年4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	H10年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
B747-400	73	60	61	62	62	73	73	112	89	191	154	152	143	122	90	169	176	195
B747	4,663	4,854	4,582	5,080	5,202	4,925	5,043	4,652	4,754	4,553	4,195	4,820	4,713	4,947	4,551	5,213	5,370	4,647
B777	1,467	1,608	1,654	1,954	2,049	1,773	1,869	1,929	1,992	1,902	1,755	1,976	2,142	2,109	2,617	2,714	2,811	2,666
B777-300															0	0	0	0
DC10	547	461	346	629	697	565	425	357	407	399	316	231	422	486	441	528	508	405
MD11	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	12	0	0	0	0	2
B767	3,994	4,079	4,049	4,337	4,262	3,886	4,261	4,175	4,325	4,226	3,974	4,325	4,694	4,889	4,629	4,142	4,318	
A300	3,664	3,922	3,554	4,202	4,398	4,008	4,213	4,009	4,228	4,090	3,751	4,023	4,216	4,430	4,087	4,320	4,428	3,850
B737-200	467	511	434	454	447	433	449	464	507	488	436	494	414	437	412	371	314	346
B737-400,500	0	1	3	41	173	122	123	122	139	135	112	141	123	126	126	156	187	127
A320	594	679	581	586	614	941	1,032	1,028	1,061	963	1,014	1,059	917	949	989	921	852	841
MD80	357	300	289	338	267	358	375	169	264	188	189	167	325	247	299	278	176	251
MD87	396	364	384	376	315	399	406	404	377	355	318	316	376	363	347	328	316	378
MD90	228	242	223	237	227	218	224	359	321	418	415	387	280	343	318	303	311	368
YS11	385	422	411	355	415	421	461	434	410	369	388	426	406	426	429	403	374	444
その他	451	466	431	611	488	411	481	397	503	471	417	491	519	428	336	473	529	439
合計	17,286	17,973	17,002	19,262	19,616	18,533	19,435	18,611	19,379	18,748	17,435	19,020	19,690	20,302	19,671	20,564	20,870	19,825

出典：「東京国際空港騒音調査年報(東京航空局東京空港事務所)」より作成。

表-6 東京国際空港の月別滑走路別離着陸回数

年月	B滑走路		新C滑走路		新A滑走路		合計
	04	22	16L	34R	16R	34L	
H9年4月	51	0	2,241	3,776	2,398	24	8,490
5月	51	1	2,579	3,528	2,648	25	8,832
6月	42	0	2,234	2,892	3,159	26	8,353
7月	30	0	3,283	2,899	3,157	22	9,391
8月	64	0	2,437	4,023	3,086	19	9,629
9月	58	0	1,142	5,706	2,184	38	9,128
10月	82	0	1,570	5,495	2,354	48	9,549
11月	95	0	523	7,386	1,125	57	9,186
12月	120	0	421	8,301	654	53	9,549
H10年1月	87	0	660	7,597	807	78	9,229
2月	88	0	478	6,680	1,313	45	8,604
3月	83	0	930	5,545	2,740	41	9,339
4月	52	0	2,078	5,212	2,290	34	9,666
5月	57	0	2,454	4,995	2,463	38	10,007
6月	58	0	1,550	5,867	2,218	39	9,732
7月	61	0	1,658	5,130	3,258	35	10,142
8月	62	0	3,082	4,841	2,222	43	10,250
9月	83	0	1,911	5,730	2,028	38	9,790
合計	1,224	1	31,231	95,603	40,104	703	168,866

年月	B滑走路		新C滑走路		新A滑走路		合計
	04	22	16L	34R	16R	34L	
H9年4月	3	2,698	2,342	330	8	3,108	8,489
5月	2	3,126	2,716	383	10	2,592	8,829
6月	1	2,235	3,414	402	2	2,298	8,352
7月	1	3,407	3,453	278	1	2,254	9,394
8月	0	2,471	3,481	393	3	3,290	9,638
9月	1	1,007	2,356	869	0	4,887	9,120
10月	0	1,610	2,638	727	2	4,579	9,556
11月	2	624	1,398	1,193	0	5,966	9,183
12月	5	621	663	1,704	4	6,553	9,550
H10年1月	0	631	778	2,010	0	5,809	9,228
2月	0	506	1,589	1,619	0	4,891	8,605
3月	1	981	3,198	1,231	1	3,932	9,344
4月	0	2,118	2,504	1,101	0	3,946	9,669
5月	0	2,490	2,964	1,012	0	3,535	10,001
6月	0	1,528	2,684	1,295	3	4,225	9,735
7月	0	1,343	3,752	1,141	3	3,897	10,136
8月	0	2,791	2,977	989	0	3,494	10,251
9月	0	1,819	2,360	1,165	0	4,446	9,790
合計	16	32,006	45,267	17,842	37	73,702	168,870

東京国際空港騒音調査月報(東京航空局東京空港事務所)」より作成。

空機の離着陸回数について、東京国際空港騒音調査年報（東京航空局東京空港事務所）から滑走路別、機種別、離着陸回数を求めた。

図-2に月別離着陸回数、表-5に月別機種別、表-6に月別滑走路別の離着陸回数を示す。

3.4.3 運航状況調査

航空機排出ガス量を推定する場合、エンジンの出力状態で排出ガス量が変化するため、運転の状態（モード）に応じて排出ガス量を調べる必要がある。運航モードは一般にタクシング・アイドル、ティクオフ、クライム、アプローチの4つに区分できる。各運航モードの所要時間をエアライン各社へのヒアリング調査及び現地調査から設定した。

また航空機排出ガスによる大気汚染濃度の予測を行うに当たって航空機煙源を設定するため飛行経路、離陸上昇経路、着陸進入経路を既存資料⁷⁾及びエアライン各社へのヒアリング調査を行い設定した。設定値を表-7に示す。

3.4.4 航空機排出ガス(NOx, SOx, CO, HC)量の算定

機種別モード別排出係数を設定するにために既存資料^{3),4),5)}を収集した。ICAO(国際民間航空機関)では、航空機エンジン排出物規制をNOx, CO, HCについて行っている¹⁰⁾。このため、ICAOの資料には、民間航空機で使用されているほとんどのエンジンについてNOx, CO, HCの運航モード別エンジン排出係数(Emission Index)が設定されているのでこのデータを使用することにした。

東京国際空港での航空機運航状況と、エンジン排出係数をもとに、東京国際空港における航空機1機、1LTOサイクル当たりの各汚染物質の排出量を航空機排出原単位として月別機種別離着陸回数及び排出原単位から、

表-7 排出量算出のための運航状況の設定値

設定項目		ジェット	ターボプロップ
モード別所要時間	離陸時タクシング・アイドル	14分00秒	7分48秒
	ティクオフ	1分09秒	52秒
	クライム	50秒	3分37秒
	アプローチ	4分41秒	6分00秒
	着陸時タクシング・アイドル	5分58秒	4分58秒
	平均サイクル	26分38秒	23分15秒

現状(冬期・夏期・年間)の東京国際空港に発着する航空機から排出される排出ガス量を算出し表-8に示した。なお1つの機種に複数のエンジンが搭載されているものについては離着陸回数を按分して計算した。

NOx量で年間総量2658.2トンとなり、時間当たり147.8Nm³/hである。SOx量は年間総量124.7トンとなり、時間当たり5.0Nm³/hである。CO量は年間総量2524.1トンとなり、時間当たり230.5Nm³/hである。次いでHC量は年間総量659.5トンとなり、時間当たり105.4Nm³/hとなっていた。

運航モード別にみると、NOxではティクオフ及びクライム時が多く、CO及びHCではタクシング・アイドル時が圧倒的に多くなっている。

夏期と冬期の排出量についてみると、NOx及びHC量とともに冬期に比べて夏期が高い値となっているが、CO量は夏期がやや低い値となっている。しかし、SOx量では夏期と冬期の差はほとんどみられなかった。

3.5 航空機排出ガスによる大気汚染濃度の算出及び影響評価

3.5.1 航空機煙源による長時間平均濃度の算出

NOx, SOx, CO及びHCの冬期、夏期、年間の拡散濃度をシミュレーションにより求め、各汚染物質の濃度分布を地図上に表した。その結果、各汚染物質についてほぼ同じ傾向を示したため、典型的なNOxの濃度分

表-8 現状の排出ガス量の推定

運航モード	冬期(トン)				夏期(トン)				年間(トン)			
	NOx	SOx	CO	HC	NOx	SOx	CO	HC	NOx	SOx	CO	HC
離陸アイドル	24.3 (4.2)	7.7 (21.8)	487.2 (55.8)	106.8 (60.3)	47.1 (6.4)	8.8 (25.5)	511.7 (65.8)	145.5 (66.8)	170.3 (6.4)	31.4 (25.2)	1656.6 (65.6)	439.8 (66.7)
ティクオフ	292.4 (50.5)	8.9 (25.1)	8.1 (0.9)	1.1 (0.6)	371.5 (50.5)	8.1 (23.5)	5.1 (0.7)	2.5 (1.1)	1354.6 (51.0)	29.3 (23.5)	20.2 (0.8)	7.5 (1.1)
クライム	143.6 (18.1)	5.8 (16.4)	6.8 (0.8)	0.8 (0.5)	173.4 (23.6)	4.8 (13.9)	3.2 (0.4)	1.7 (0.8)	619.8 (23.3)	17.5 (14.0)	12.6 (0.5)	5.2 (0.8)
アプローチ	13.9 (2.4)	10.2 (28.5)	84.7 (9.7)	5.8 (3.3)	123.1 (16.8)	9.1 (26.4)	39.3 (5.0)	6.1 (2.8)	440.9 (16.6)	33.1 (26.5)	126.8 (5.0)	19.4 (2.9)
着陸アイドル	13.9 (2.4)	2.9 (8.2)	286.0 (32.8)	62.6 (35.4)	20.1 (2.7)	3.7 (10.7)	218.7 (28.1)	62.1 (28.5)	72.6 (2.7)	13.4 (10.8)	708.1 (28.1)	187.6 (28.5)
合計	579.0	35.5	872.8	177.1	735.2	34.5	778.0	217.9	2658.2	124.7	2524.1	659.5

(注)表中の()内は合計に対する構成比を示す。

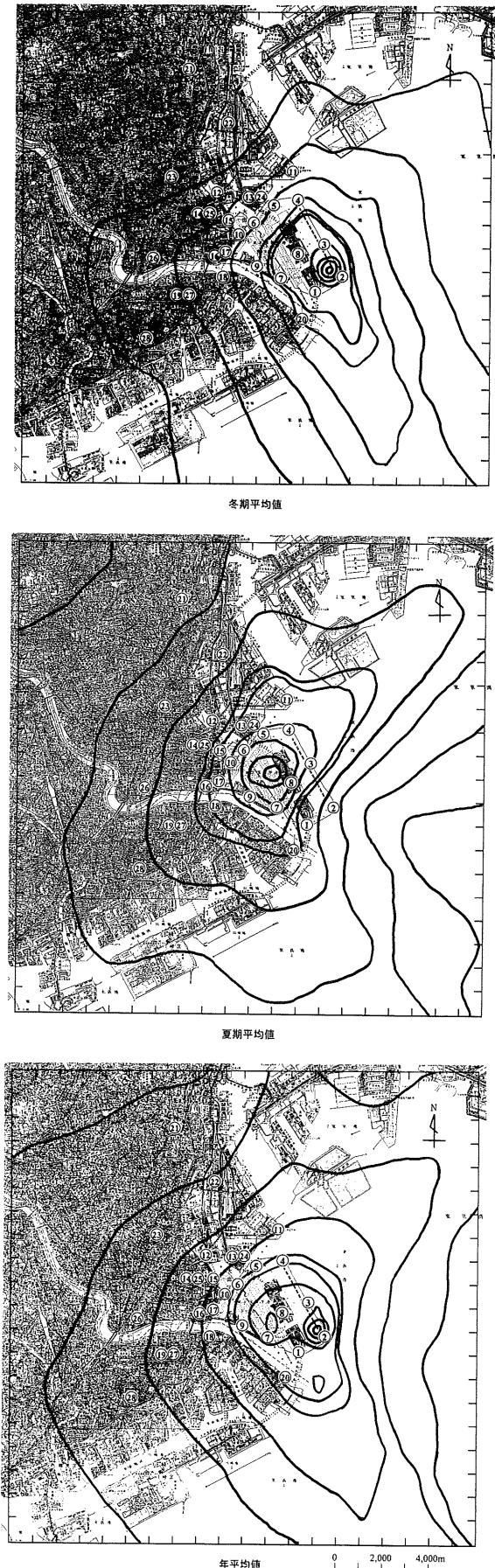


図-3 窒素酸化物濃度分布

表-9 拡散計算による中心最大濃度

単位: ppm

汚染物質	NOx	SO ₂	CO	NMHC
冬期	0.08691	0.002619	0.4721	0.01778
夏期	0.04607	0.002510	0.2540	0.01340
年間	0.05641	0.002176	0.2690	0.01330

布を図-3に示す。

濃度分布図は、中心最大濃度地点からの相対値(0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0.1, 0.08, 0.04, 0.02, 0.01, 0.005)の等濃度線で示している。各汚染物質の最大濃度を表-9に示す。

NOxの中心最大濃度地点は、冬期及び年間で新C滑走路の南側に見られ、夏期では、新A滑走路の中心からやや北側に見られた。他の汚染物質では、冬期に新A滑走路の中心からやや南側に見られ、夏期及び年間では、新A滑走路の中心からやや北側に見られた。これは、冬期には新C滑走路を使用し、北に向かって離陸することが多いため離陸のときに一番多く排出されるNOxの濃度が、新C滑走路の南側で最大濃度になると考えられる。

また冬期におけるNOx濃度分布は、北西風の影響で南東側にずれる傾向がみられた。また夏期は南西風の影響で北東側にややずれる傾向が見られた。年間では、北西風及び南西風の影響で南東側及び北東側にずれる傾向が見られた。この傾向は、他の汚染物質でも同様であった。このことから平均濃度分布は、気象条件の風速の分布に大きく依存していることが考えられる。

3.5.2 航空機排出ガスが周辺に与える影響評価

実態調査地点20地点及び大気汚染常時監視測定局8地点を評価地点とした。年平均値について各評価地点の航空機煙源による予測濃度を環境濃度と比べ航空機の寄与度を評価した。それぞれの汚染物質における航空機の寄与度を評価地点ごとにまとめ、図-4に示

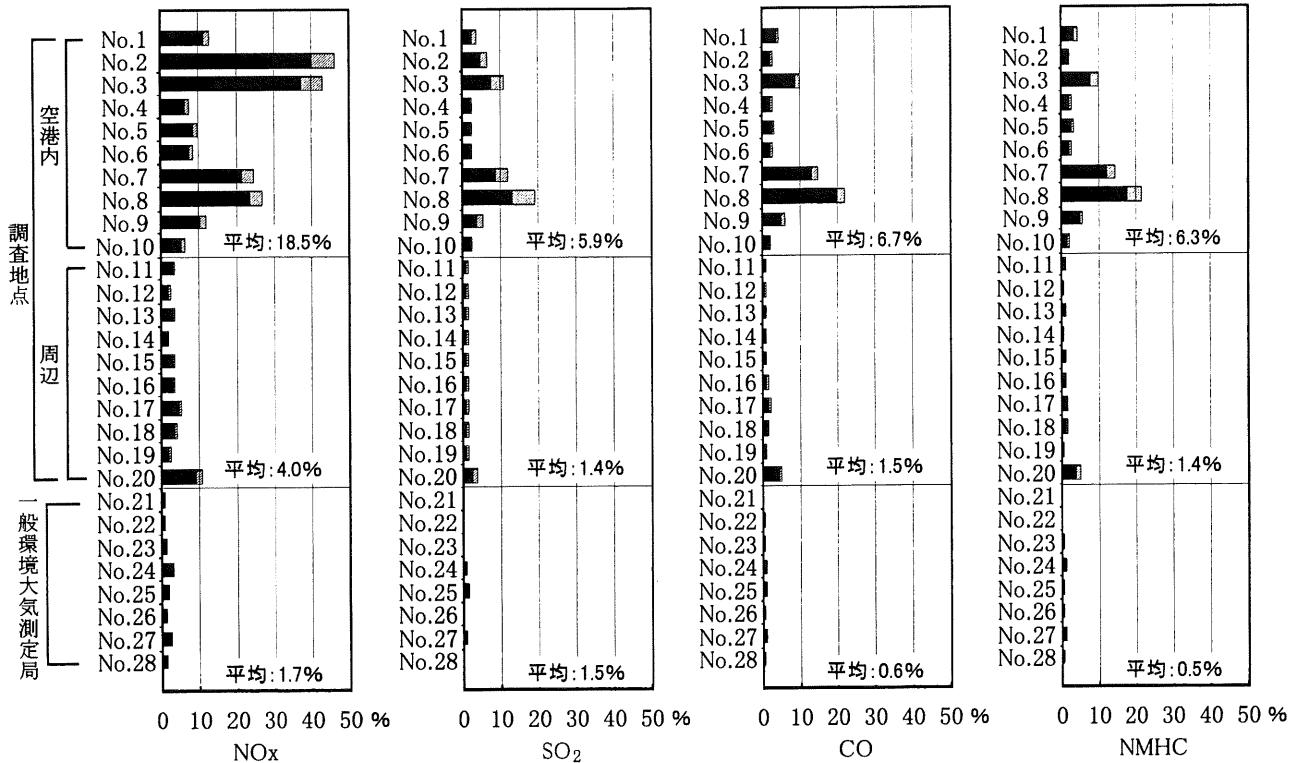


図-4 環境濃度に対する航空機排出分の寄与度(%)
(斜線範囲は最大と最小寄与度を示す)

す。

航空機の寄与度は、各汚染物質の中心最大濃度地点近傍が際立って高かった。

また、各大気汚染物質について航空機の寄与度を見ると、NO_xでは空港内10地点で5.5~46.0%の範囲にあり、平均すると18.5%となった。また、空港周辺10地点で2.0~10.9%の範囲にあり、平均すると4.0%となった。さらに、一般大気測定局8地点で0.7~3.4%の範囲にあり、平均すると1.7%となった。SO₂では空港内10地点で1.9~18.9%の範囲にあり、平均すると5.9%となった。また、空港周辺10地点で1.0~4.1%の範囲にあり、平均すると1.4%となった。さらに、一般大気測定局8地点で0.0~1.4%の範囲にあり、平均すると0.4%となった。COでは空港内10地点で2.0~22.2%の範囲にあり、平均すると6.7%となった。また、空港周辺10地点で0.7~5.1%の範囲にあり、平均すると1.5%となった。

さらに、一般大気測定局8地点で0.2~1.1%の範囲にあり、平均すると0.6%となつた。NMHCでは空港内10地点で1.8~21.5%の範囲にあり、平均すると6.3%となつた。また、空港周辺10地点で0.6~4.9%の範囲にあり、平均すると1.4%となつた。さらに、一般大気測定局8地点で0.2~1.0%の範囲にあり、平均すると0.5%となつた。

この結果から、どの汚染物質についても、航空機の寄与度が、空港内の調査地点に比べて、周辺の調査地点は低く、一般環境大気測定局はさらに低くなっていることがわかる。このことは、航空機からの排出物は、地域住民にとって影響が少ないものと推察される。

4. まとめ

本報告では、東京国際空港とその周辺の大気質の状況を調査するとともに、航空機から排出される大気汚染物質が空港周辺の大気環

境濃度に及ぼす影響について、拡散シミュレーション計算による濃度算出を行い、航空機からの寄与度を評価した。この結果は、図-4にまとめたが、航空機の寄与度は、NOxでは空港内10地点で平均18.5%，空港周辺10地点で平均4.0%及び一般環境大気測定局8地点で平均1.7%となった。SO₂では空港内10地点で平均5.9%，空港周辺10地点で平均1.4%及び一般大気測定局8地点で平均0.4%となった。COでは空港内10地点で平均6.7%，空港周辺10地点で平均1.5%及び一般大気測定局8地点で平均0.6%となった。NMHCでは空港内10地点で平均6.3%，空港周辺10地点平均1.4%及び一般大気測定局8地点で平均0.5%となった。この結果から空港周辺における航空機の寄与度は、空港内に比べて低く影響は少ないものと結論される。

今回の調査では、航空機だけからの寄与について拡散シミュレーション計算を行い、評価したため、航空機の主エンジンのみを対象とした。しかしながら、空港が周辺の大気環境に与える影響を考えた場合には、補助動力装置(APU)，作業用車両，事業活動に伴う車両、空港にアクセスする車なども大気汚染物質の発生源である。また、東京国際空港の場合は、空港内を高速道路や国道などの幹線道路が多く走っているため、ここを通過する車からの影響も少なくない。

より正確な環境影響評価のためには、APUの排出原単位を設定するための実測定

や、作業用車両の運用状況及び幹線道路の交通量などの情報を調査分析し、拡散シミュレーション計算を行う際にはすべての発生源を考慮する必要がある。また、そのようなシミュレーション計算を可能とするソフトウェア開発も重要な課題である。

今後、空港周辺の大気環境保全対策を考える場合には、航空機からだけではなく、空港全体から排出される大気汚染物質について総合的に調査し、検討していく必要があると考える。

文 献

- 1) 柴田正夫, 古泉政市, 水島実, 勝田信二, 柳沢三郎, 鈴木孝治, “長期間にわたる都市型空港周辺環境大気の変動と航空機排出ガスの影響—大阪国際空港を例として—”, 航空環境研究, No. 1(1997), p 30.
- 2) 環境庁大気常時監視研究会監修, 「日本の大気汚染状況, 平成10年版」
- 3) 米国環境庁(EPA)「AIRCRAFT EMISSION FACTORS(1977)」
- 4) (財)日本公衆衛生協会, 「環境保健レポート」, 1973年10月
- 5) ICAO, ICAO Exhaust Emissions Databank, (1995).
- 6) 運輸省航空局監修, 航空振興財団発行, 「数字で見る航空」, 1999」
- 7) 運輸省航空局, 「航空路誌(AIP Japan)」
- 8) 水島実, 柴田正夫, 横山長之, 鈴木孝治, “空港周辺における航空機排出ガス拡散シミュレーション手法の開発”, 航空環境研究, No. 2(1998), p 32.
- 9) Pasquill f. (1974) Atmospheric Diffusion, (2nd Edition), Ellis Horwood Publisher.
- 10) ICAO, Annex 16 Environmental Protection Volume II Aircraft Engine Emissions Second Edition, (1993).

研究報告

航空機騒音の睡眠に及ぼす影響調査*

—睡眠時間ならびに睡眠に関する基礎調査—

後 藤 恭 一**, 金 子 哲 也***,***

1. 研究の目的および概要

航空需要の増大に伴って欧米では既に 24 時間空港が設けられているが、我が国でも近い将来、空港利用時間の延長など深夜運航の利用に向かうと考えられる。航空機の夜間運航が実現への課題は、当然ながら、空港周辺住民の睡眠の影響が懸念である。多くの国々では、高レベルの航空機騒音の夜間運航に際して、空港周辺住民を保護する制度が導入されている。我が国では航空機騒音評価量として、WECPNL (weighted equivalent continuous perceived noise level) を採用してそれを考慮している。この WECPNL とは、夜間騒音における人間の感受性を考慮して 22:00~7:00 の深夜飛行は日中の 10 倍の加重をつけて評価したものである¹⁾。

深夜運航影響の最も深刻な影響は睡眠障害であろう。しかし、既に深夜便が運航している欧米の空港周辺では、質問紙や電気生理学的計測器などさまざまな方法で健康影響調査し、とくに睡眠影響面での調査が施行されているが^{2),3)}、いまだ影響評価法として確立しているとは言いがたい。加えてこれら報告では、我が国とは住宅密集度、家屋構造など周

辺状況などが違うため、直接的な読み替えはできない。

もちろん睡眠障害は、航空機以外の多くの原因によっても生じる。他音源や振動などの屋外環境要因に加え、照明などの室内環境也要因になりうる。

一方、主体側の要因も考えられる。影山らは、都内とその近郊で、道路交通騒音による主観的な迷惑度と睡眠時の騒音暴露レベル (L_{Aeq} (SLP)) との関連性を検討した報告のなかで、不定愁訴の多い人は道路騒音による睡眠影響を受けやすい傾向があることを報告している⁴⁾。しかし、性別、年齢、職業形態によって就寝および睡眠時間への関与の調査例は乏しい。さらに、体系的に主体要因と環境要因による睡眠への関与を調査した報告は少ない。

そこで今回、比較的容易に現況の概要を把握しうる方法として、アンケート方式（自記式質問調査法）を用い、各空港周辺において実施し、睡眠の実態把握と、地域要因や、性、年齢などの個人属性の睡眠への関与を検討したのでここに報告する。

2. 対象と方法

平成 8 年、C 空港周辺、T 空港周辺および K 空港周辺の 3 地域において、質問票を戸別配布した。なお、調査は日入・日没を考慮して、3 空港同じ季節に行った。なお、調査時点において、航空機の深夜運航は実施されていない。

* The Effect of Noise on Sleep Disturbance Around Airports: a Pilot Study

** (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・教授 (環境保健部長兼務)

質問調査票は、個人属性および睡眠に関する項目などで構成した。

個人属性は、年齢、性別などのフェイスシートや、精神的・心理的指標として Goldberg の不安・抑うつ尺度を用いた。この不安・抑うつ尺度は軽度の神経症の把握、発見に有効なスクリーニング・テストとして考案されたもので、聞き取りまたは自記式質問票で評価するものである。なお、得点は原法に従ってスコア化し、不安尺度 5 点ならびに抑うつ得点 2 点以上の者を、それぞれ不安、抑うつ症状者とした⁵⁾。

睡眠については、就寝、起床時刻ならびに入眠、中途覚醒、熟睡感喪失の睡眠障害の頻度と原因、といった睡眠の量・質の両面で構成した。

解析は、睡眠の量的な側面、すなわち就寝・起床時刻および睡眠時間における地域、個人属性間の差については、母平均の差の検定 (t 検定) ならびに一元配置分散分析によって検討した。さらに、睡眠の質的な側面、睡眠障害の頻度における地域、個人属性の関連性については、独立性の検定 (χ^2 乗検定) を用い検討した。解析にあたっては、SPSS Ver. 10 (エス・ピー・エス・エス社) を使用した。

3. 結果と考察

(1) 対象者属性

有効回答は 948 名、回収率は 57.2% であった。対象者のうち女性が 58.8%，男性が 41.2% であった。年齢は 60 歳代が最も多く (34.2%)，次いで 50 歳代 (22.2%)，40 歳代 (15.1%) の順である。職業形態は、常勤者が 46.0% あり、無職・専業主婦は 44.5% であった。

(2) 地域、個人属性別の就寝時刻、起床時刻および睡眠時間比較

—睡眠の量に関する検討—

3 空港周辺別、さらに居住地の用途地域に

基づき、住宅地域、住工混在地域、商業地域、漁業地域に分類し、地域別、性、年齢層、精神・心理傾向の各個人属性別の就寝時刻、起床時刻および睡眠時間の差異を検討した (表 1-1～1-3)。

地域別の就寝・起床時刻および睡眠時間を

表 1-1 就寝時刻の比較

		標本数	平均±標準偏差	検定
空港別	C 空港周辺	205	22:43±1:43	
	T 空港周辺	647	22:58±1:58	
	K 空港周辺	95	22:41±1:49	
用途地域別	住宅地域	486	22:48±1:47	
	商業地域	130	23:17±2:05	
	工業地域	179	22:55±1:49	
	漁業地域	54	22:41±1:38	
	その他	38	23:12±1:51	
性別	女性	550	23:02±1:56	*
	男性	383	22:43±1:56	
年齢別	60 歳未満	477	22:18±2:03	***
	60 歳以上	456	22:28±1:37	
不安症状別	正常群	686	22:58±1:46	
	症状群	85	23:01±2:47	
抑うつ症状別	正常群	692	22:52±1:49	
	症状群	192	23:08±1:58	
職業別	常勤者	435	23:05±1:57	*
	パートなど	41	22:56±1:16	
	無職・専業主婦	422	22:44±1:51	
	全体	947	22:53±1:54	

*: p<0.05 **: p<0.01 ***: p<0.001

表 1-2 起床時刻の比較

		標本数	平均±標準偏差	検定
空港別	C 空港周辺	203	6:27±1:01	
	T 空港周辺	649	6:27±1:07	
	K 空港周辺	96	6:17±2:13	
用途地域別	住宅地域	484	6:24±1:05	
	商業地域	131	6:33±1:19	
	工業地域	180	6:25±0:54	
	漁業地域	55	6:19±2:42	
	その他	38	6:38±1:19	
性別	女性	549	6:22±1:17	
	男性	385	6:31±1:12	
年齢別	60 歳未満	477	6:30±1:10	
	60 歳以上	457	6:23±1:20	
不安症状別	正常群	687	6:28±1:17	
	症状群	85	6:33±1:20	
抑うつ症状別	正常群	693	6:25±1:05	*
	症状群	192	6:37±1:45	
職業別	常勤者	435	6:28±1:14	
	パートなど	41	6:10±0:59	
	無職・専業主婦	423	6:26±1:19	
	全体	948	6:30±1:15	

*: p<0.05 **: p<0.01 ***: p<0.001

表1-3 睡眠時間の比較

		標本数	平均±標準偏差	検定
空港別	C空港周辺	204	7.46±1.33	***
	T空港周辺	649	7.40±1.38	
	K空港周辺	95	7.29±1.44	
用途地域別	住宅地域	485	7.45±1.41	***
	商業地域	131	7.27±1.38	
	工業地域	180	7.39±1.32	
	漁業地域	54	7.19±1.20	
	その他	38	7.37±1.43	
性別	女性	551	7.28±1.41	***
	男性	383	7.56±1.30	
年齢別	60歳未満	478	7.22±1.36	***
	60歳以上	456	7.58±1.35	
不安症状別	正常群	686	7.38±1.34	***
	症状群	85	7.35±1.56	
抑うつ症状別	正常群	692	7.42±1.35	***
	症状群	193	7.28±1.36	
職業別	常勤者	436	7.32±1.28	*
	パートなど	41	7.19±1.11	
	無職・専業主婦	422	7.46±1.46	
全体		948	7.40±1.39	

*:p<0.05 **:p<0.01 ***:p<0.001

空港別、さらに住居地の用途別で比較したが、地域による差異はみとめられなかった。

個人属性別の集計では、就寝時刻、睡眠時間は、性、年齢および職業によって差異が認められた。女性や常勤者および60歳未満の者は就寝時刻が遅く、さらに睡眠時間も短い傾向にあった。しかし、起床時刻には個人属性による差はみとめられず、全ての者が概ね6:30頃には起床していることが分かった。つまりこれらの結果は、起床時間は一定であるが、個人属性によって就寝時刻の差異が生じ、その結果として睡眠時間の差異となって現れているものと考えられる。

ここで、深夜を大半の者が就寝している時間と言い換えるならば、上記結果より22:00～7:00であるといえよう。WECPNLの算出では22:00～7:00の飛行を深夜、早朝便として評価しているが、施行した昭和48年に比べ生活の多様化が進んでいる現代においても、今なおその時間帯は適合しているといえよう。

ところで、緯度・経度が異なる3空港で就寝・起床時刻に差異が認められない、という結

果は、睡眠が日の出・日の入りといった日照時間、すなわち相対的な時間ではなく、時刻という絶対的な時間に左右されていることを示す。さらに、睡眠は地理的な要因より、むしろ主体要因の影響を受けやすいことを示している。今後の睡眠影響を考えるうえで参考になろう。

(3) 地域、個人属性別の睡眠障害

—睡眠の質に関する検討—

睡眠の質的側面、すなわち睡眠の「入眠困難」、「中途覚醒」および「睡眠達成感（熟睡感喪失）」に対する、3空港周辺別、用途地域別の地域別、性、年齢層、精神・心理傾向の各個人属性の関与を検討した。

米国精神医学会の「精神障害の分類と診断の手引き（DMS-III-R）」によると、入眠、持続性、非回復性の睡眠（睡眠は、量的には十分であるように見えるが、患者によく休めなかつたという感じを残す）の障害が、少なくとも週3回みとめられる者を不眠性障害としている。本調査ではその定義に基づき、睡眠の質に関する質問のうち、「入眠」、「中途覚醒」および「熟睡感喪失」の各項目で「週3回以上ある」と評価している者を睡眠障害とした。地域、個人属性別の睡眠障害率を、表2-1～2-3に示す。

地域による睡眠障害率に差は確認できなかつたが、個人属性別では、60歳以上の者は、それ以下の者に比べ「中途覚醒」が高く、女性では「入眠困難」が有意に高い傾向にあつた。さらに、不安・抑うつ症状者は、「入眠」、「中途覚醒」および「熟睡感喪失」の全てにおいて、有意に睡眠障害の割合が有意に高い。

これらを睡眠障害の原因別に集計したところ、「入眠困難」では考え事が最も多く(52.7%)、その他(28.1%)、物音(19.1%)の順であった。「中途覚醒」では、「トイレ(46.0%)」が最も多く、「その他(19.9%)」「物音(18.7%)」「考え方(15.4%)」であ

表 2-1 地域と個人属性別の「入眠困難」頻度の比較

		ほとんどない	まれにあり	たまに (1-2/週)	よく (3回以上/週)	合計
空港別	C空港周辺	87 (42.6%)	41 (20.1%)	50 (24.5%)	26 (12.7%)	204 (100.0%)
	T空港周辺	238 (38.5%)	122 (19.7%)	190 (30.7%)	68 (11.0%)	618 (100.0%)
	K空港周辺	48 (49.5%)	20 (20.6%)	24 (24.7%)	5 (5.2%)	97 (100.0%)
用途地域別	住宅地域	197 (41.8%)	99 (21.0%)	126 (26.8%)	49 (10.4%)	471 (100.0%)
	商業地域	42 (32.8%)	28 (21.9%)	41 (32.0%)	17 (13.3%)	128 (100.0%)
	工業地域	70 (41.9%)	29 (17.4%)	47 (28.1%)	21 (12.6%)	167 (100.0%)
	漁業地域	26 (44.8%)	11 (19.0%)	18 (31.0%)	3 (5.2%)	58 (100.0%)
	その他	16 (42.1%)	6 (15.8%)	16 (42.1%)		38 (100.0%)
性別	女性	186 (34.8%)	99 (18.5%)	171 (32.0%)	78 (14.6%)	534 (100.0%) ***
	男性	185 (49.3%)	83 (22.1%)	88 (23.5%)	19 (5.1%)	375 (100.0%)
年齢別	60歳未満	208 (43.7%)	90 (18.9%)	127 (26.7%)	51 (10.7%)	476 (100.0%)
	60歳以上	158 (36.6%)	93 (21.5%)	134 (31.0%)	47 (10.9%)	432 (100.0%)
不安症状別	正常群	311 (45.9%)	145 (21.4%)	173 (25.6%)	48 (7.1%)	677 (100.0%) ***
	症状群	12 (14.1%)	9 (10.6%)	34 (40.0%)	30 (35.3%)	85 (100.0%)
抑うつ症状別	正常群	303 (44.9%)	144 (21.3%)	184 (27.3%)	44 (6.5%)	675 (100.0%) ***
	症状群	51 (27.0%)	31 (16.4%)	59 (31.2%)	48 (25.4%)	189 (100.0%)
職業別	常勤者	193 (45.2%)	84 (19.7%)	109 (25.5%)	41 (9.6%)	427 (100.0%)
	パートなど	13 (31.7%)	11 (26.8%)	11 (26.8%)	6 (14.6%)	41 (100.0%)
	無職・専業主婦	157 (38.6%)	78 (19.2%)	124 (30.5%)	48 (11.8%)	407 (100.0%)
全体		373 (40.6%)	183 (19.9%)	264 (28.7%)	99 (10.8%)	919 (100.0%)

*: p<0.05 **: p<0.01 ***: p<0.001

表 2-2 地域と個人属性別の「中途覚醒」頻度の比較

		ほとんどない	まれにあり	たまに (1-2/週)	よく (3回以上/週)	合計
空港別	C空港周辺	70 (34.3%)	35 (17.2%)	53 (26.0%)	46 (22.5%)	204 (100.0%)
	T空港周辺	197 (31.8%)	122 (19.7%)	174 (28.1%)	126 (20.4%)	619 (100.0%)
	K空港周辺	38 (40.0%)	16 (16.8%)	25 (26.3%)	16 (16.8%)	95 (100.0%)
用途地域別	住宅地域	164 (34.7%)	91 (19.3%)	118 (25.0%)	99 (21.0%)	472 (100.0%)
	商業地域	32 (25.4%)	24 (19.0%)	41 (32.5%)	29 (23.0%)	126 (100.0%)
	工業地域	62 (36.3%)	34 (19.9%)	48 (28.1%)	27 (15.8%)	171 (100.0%)
	漁業地域	21 (37.5%)	6 (10.7%)	18 (32.1%)	11 (19.6%)	56 (100.0%)
	その他	9 (24.3%)	7 (18.9%)	12 (32.4%)	9 (24.3%)	37 (100.0%)
性別	女性	163 (30.9%)	100 (19.0%)	151 (28.7%)	113 (21.4%)	527 (100.0%)
	男性	139 (36.7%)	71 (18.7%)	98 (25.9%)	71 (18.7%)	379 (100.0%)
年齢別	60歳未満	179 (37.4%)	91 (19.0%)	127 (26.6%)	81 (16.9%)	478 (100.0%) ***
	60歳以上	122 (28.4%)	82 (19.1%)	121 (28.2%)	104 (24.2%)	429 (100.0%)
不安症状別	正常群	253 (37.6%)	134 (19.9%)	174 (25.9%)	111 (16.5%)	672 (100.0%) ***
	症状群	11 (13.3%)	7 (8.4%)	30 (36.1%)	35 (42.2%)	83 (100.0%)
抑うつ症状別	正常群	252 (37.2%)	143 (21.1%)	176 (26.0%)	107 (15.8%)	678 (100.0%) ***
	症状群	40 (21.6%)	24 (13.0%)	56 (30.3%)	65 (35.1%)	185 (100.0%)
職業別	常勤者	140 (32.8%)	87 (20.4%)	124 (29.0%)	76 (17.8%)	427 (100.0%)
	パートなど	10 (24.4%)	14 (34.1%)	7 (17.1%)	10 (24.4%)	41 (100.0%)
	無職・専業主婦	142 (35.1%)	67 (16.5%)	106 (26.2%)	90 (22.2%)	405 (100.0%)
全体		305 (33.2%)	173 (18.8%)	252 (27.5%)	188 (20.5%)	918 (100.0%)

*: p<0.05 **: p<0.01 ***: p<0.001

った。さらに地域・個人属性別に原因を集計したところ、高年齢者の「中途覚醒」では「排尿」が、不安・抑うつ症状者の「入眠困難」は「考えごと」をその理由とする傾向がみられるが、有意差は認められなかった。

一方、騒音が原因による睡眠障害者がどの

地域でも存在し、さらにその頻度には地域差が認められないことが分かった。そこで、「最も悩まされる音源」を集計したところ、「道路交通の音」が10種の音源のうち最も上位を占めていた。騒音性睡眠障害の音源は道路交通音によるもの、と推測できる。

表 2-3 地域と個人属性別の「熟睡感喪失」頻度の比較

		ほとんどない	まれにあり	たまに (1-2/週)	よく (3回以上/週)	合計
空港別	C空港周辺	65 (31.9%)	49 (29.0%)	50 (24.5%)	40 (19.6%)	204 (100.0%)
	T空港周辺	216 (34.1%)	143 (22.6%)	181 (28.6%)	93 (14.7%)	633 (100.0%)
	K空港周辺	47 (49.0%)	23 (24.0%)	19 (19.8%)	7 (7.3%)	96 (100.0%)
用途地域別	住宅地域	168 (35.4%)	112 (23.6%)	116 (24.4%)	79 (16.6%)	475 (100.0%)
	商業地域	36 (27.9%)	25 (19.4%)	46 (35.7%)	22 (17.1%)	129 (100.0%)
	工業地域	61 (35.1%)	46 (26.4%)	45 (25.9%)	22 (12.6%)	174 (100.0%)
	漁業地域	28 (48.3%)	9 (15.5%)	15 (25.9%)	6 (10.3%)	58 (100.0%)
	その他	14 (36.8%)	10 (26.3%)	12 (31.6%)	2 (5.3%)	38 (100.0%)
性別	女性	157 (29.1%)	116 (21.5%)	163 (30.2%)	103 (19.1%)	539 (100.0%)
	男性	167 (43.6%)	97 (25.3%)	84 (21.9%)	35 (9.1%)	383 (100.0%)
年齢別	60歳未満	153 (32.0%)	115 (24.1%)	128 (26.8%)	82 (17.2%)	478 (100.0%)
	60歳以上	169 (38.1%)	98 (22.1%)	120 (27.0%)	57 (12.8%)	444 (100.0%)
不安症状別	正常群	253 (37.6%)	134 (19.9%)	174 (25.9%)	111 (16.5%)	672 (100.0%) ***
	症状群	11 (13.3%)	7 (8.4%)	30 (36.1%)	35 (42.2%)	83 (100.0%)
抑うつ症状別	正常群	252 (37.2%)	143 (21.1%)	176 (26.0%)	107 (15.8%)	678 (100.0%) ***
	症状群	40 (21.6%)	24 (13.0%)	56 (30.3%)	65 (35.1%)	185 (100.0%)
職業別	常勤者	147 (34.0%)	111 (25.7%)	113 (26.2%)	61 (14.1%)	432 (100.0%)
	パートなど	13 (31.0%)	11 (26.2%)	11 (26.2%)	7 (16.7%)	42 (100.0%)
	無職・専業主婦	156 (37.7%)	79 (19.1%)	111 (26.8%)	68 (16.4%)	414 (100.0%)
全体		328 (35.2%)	215 (23.0%)	250 (26.8%)	140 (15.0%)	933 (100.0%)

*:p<0.05 **:p<0.01 ***:p<0.001

次に、不安・抑うつスコアの高い者、強いて言うならストレスレベルが高い者は睡眠障害を訴える傾向が見られた。なお、これらストレスと地域、音源および睡眠障害の原因との関連を検討を試みたが関連性は認められなかった。Zung の自己評価式抑うつ尺度 (SDS) など、抑うつ傾向の指標には睡眠に関する項目が含まれているように、睡眠障害もストレス症状のひとつとして観測される。つまり、ストレスレベルは睡眠の高感受性要因のひとつとして考えられる。一方、それに対し、ストレスは睡眠影響の指標や環境評価、特に騒音による影響指標としてしばしば用いられている。少なくとも「睡眠障害や騒音によってストレスが引き起こされているのか」と「ストレスレベルの高まりが睡眠に対して高感受性としてはたらいているのか」を分けて議論しなければ、正しい評価はできないと考えられよう。主観的睡眠評価の調査の際には、慎重に議論する必要があろう。一方で、夜間飛行にあたっては、これら睡眠への高感受性群の配慮が必要であろう。

4. まとめ

- 就寝時刻は性、年齢、地区によってバラツキがみられるが、起床時刻は一定であることがわかった。一方で、地域による差は認められなかった。これら結果を察するならば、就寝時間や起床時間は緯度といった地理的要因よりも、人間要因に左右されやすいことを示唆するものであろう。さらに調査結果は、22:00～7:00 の時間帯には大半の者が就寝していることを示し、その見地から、WECPNL 算出時における深夜運航時間は、今なお適合しているものと考えられる。
- さらに、深夜運航が行われていない現時点において、航空機騒音以外の音源による睡眠障害者の存在が確認できた。将来的に深夜運航が実施された場合、これら非航空機騒音性の睡眠障害者を考慮にいれなければ誤った結論を導く可能性がある。
- 不安・抑うつ症状者は睡眠障害を訴える傾向にあった。ストレスレベルは地

域、音源といった住環境要因とは関連性ではなく独立しているものと考えられる。

つまりストレスレベルは、睡眠に対して高感受性としてはたらくことを示しており、夜間飛行にあたっては、これら高感受性群の配慮が必要である。また同時に、睡眠影響の際には、これら高感受性の取り扱いに注意が必要であろう。

謝 辞 本研究を実施するに際し、Goldberg の不安抑うつ尺度の日本語版を御提供下さった川上憲人先生（岐阜大医学部公衆衛生学教室）、今中雄一先生（日本医科大学病院管理学教室）に感謝いたします。

文 献

- 1) 守田 栄, 松田 尚, 鈴木庄亮: 騒音用語辞典, (株)オーム社
- 2) Horne JA., Pankhurst FL. & LA. Reyner.: Aircraft noise and sleep—Field study findings from sleep logs., Noise as a public Health Problem—, Noise & Man '93, p. 567
- 3) Vallet, M. & I. Vallet Schiftner ver Wasser Borden Lufthyg.: Night Aircraft Noise Index and Sleep Research Result., Noise and disease, p. 413-415, 1993
- 4) 影山隆之, 兜 真徳: 道路交通騒音による睡眠影響について, 国立環境研究所報告 第130号「都市型環境汚染による健康影響・リスクの環境保健モニタリング手法に関する研究」, p. 38-43
- 5) Goldberg D; Bridges K; Duncan - Jones P; Grayson D: Detecting anxiety and depression in general medical settings., BMJ, 297 (6653) : 897-9, 1988, Oct 8

内外報告

ICAO 航空環境保全委員会 (CAEP/5) 第1回ステアリング・グループ会議に出席して*

橋 本 弘 樹**

1. はじめに

ICAO には、航空機騒音及び航空機エンジン排出物の問題を審議するため、航空環境保全委員会 (CAEP) が設置されている。さらに同委員会の下には、5つのワーキング・グループ (WG) が置かれ、ジェット機、プロペラ機、ヘリコプター等に対する騒音及びエンジン排出物の証明要件に係わる技術基準の制定、見直しなどの検討が行われている。

1995年12月に開催された第3回委員会 (CAEP/3)において、ステアリング・グループ (SG) を新設することが合意され、政策的方向付け及び全体の取りまとめを行うために年1回 SG会議を開催することとし、WG の進捗状況等の取りまとめ及び新たな議題の研究報告を CAEP に報告することになった。

第5回委員会 (CAEP/5) へ向けた第1回 SG会議が 1999 年 6 月 28 日～7 月 1 日 (4 日間) にスペインのマドリッドで開催され、アドバイザーとして出席した。今回の会議の目的は、1998 年 4 月に開催された第4回委員会 (CAEP/4) 以降の各 WG の進捗状況

確認と、2001 年 1 月に開催予定の第5回委員会 (CAEP/5) へ向けた各 WG の活動等について政策的方向付けを行うためである。

また、今回の会議はこれからの CAEP の政策的方向性を議論するため、航空局は会議に先立ち航空会社及び航空機製造会社の見解を確認しておく必要があると考えて ICAO 関係事項検討会を開催した。検討会では、CAEP からそれまでに届いた会議の資料が渡され、出席者から CAEP、国際航空運送協会 (IATA) 及び航空宇宙工業会国際協議会 (ICCAIA) 等の情報が提供され議論が行われた。

2. 会議内容

会議は、12ヶ国のメンバーと 5 団体のオブザーバー及びそれぞれのアドバイザーを含め約 50 名が出席して行われた。

会議は、航空機騒音及びエンジン排出物の問題などに 10 議題が当たられ討議された。以下に各議題と討議された概要を記す。

議題 1 : CAEP/4 以降の展開

事務局及び各 WG のラポーターから CAEP/4 以降の活動について紹介された。

議題 2 : 空港及びオペレーション-WG2

Model-1 Task (Airport noise modeling)において ICAO Circular 205 “Recommended method for computing noise contours around airport” の改訂を実施することが提案され了承された。また MAGENTA Task (Model for Assessing Group Exposure to

* Report of The First Steering Group Meeting on the Committee on Aviation Environmental Protection,

by Hiroki Hashimoto (Vice Senior Research Engineer, 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 副主任研究員

the Noise of Transport Aircraft) については、重点的に実施する task であることが認識され、MAGENTA task の終了まで MON 4 Task を中止することが決定された。

議題 3：ノイズ・データベース

フランスから、航空機の型式毎の騒音値（エンジン、最大離陸重量、最大着陸重量等のパラメーター毎の騒音値）のノイズ・データベースの作成状況について説明があった。会議では、CAEP 全体で推進していくことの必要性が確認された。

議題 4：航空機騒音—WG1

CAEP/5 に向けて新しい騒音基準（Chapter 3 の改訂）を提案するために特別な Task の設置が合意された。また、ACI からこの Task に騒音が問題になっている空港に対しては、Chapter 3 に適合していない航空機（ハッシュキット装備機を含む）の運航を制限することを検討することが提案され、合意された。

議題 5：エンジン排出物—技術面—WG3

IPCC レポートにおける民間航空機からの温室効果ガスの制限及び削減のための研究が必要であるとの報告を受け、長期的な観点による技術的な検討をすることが報告された。米国から、京都会議及びIPCC レポートでは、温室効果ガスの削減が問題となっているため、CO₂ 対策を主に検討するべきとの提案がなされたが、これについては、ドイツ、スウェーデンから NOx 対策についても同様に検討すべきとの反対意見があり、CO₂ 以外のガスについても検討対象とすることが合意された。

議題 6：エンジン排出物—運航面—WG4

WG 4 は新しい運航方式 (CNS/ATM : Communications Navigation Surveillance/Air Traffic Management system) による環境負荷の軽減を定量的に評価する方法の開発、環境負荷が最も少ない運航を表示した ICAO ドキュメントの作成等を実施すること

が提案され承認された。

議題 7：マーケットベース・オプション—WG5

CO₂ に対しての課税、課金の法的問題点、課金方法及び排出権取引について FESG と連携してさらに検討していくことが合意された。また、スウェーデンから同国における課金制度をホームページで公開しているとの情報があった。

議題 8：FESG (Forecasting and Economic Support Group)

FESG では、将来的な航空輸送量の解析の他、各 WG の Task をサポートするための解析を行うことが説明された。

議題 9：FPL (Focal Point on Liaison) —他機関との連携

温室効果ガス削減対策に対しては、WG 3, WG 4, WG 5 および FESG が連携して取り組むことが重要であり、特に WG 5 の役割が重要であると説明された。またこの問題に対して “ICAO ACTION PLAN ON AIRCRAFT ENGINE EMISSIONS” がまとめられ承認された。

議題 10：将来の作業

次回の SG 会議は来年 9 月に開催予定であるが、騒音に関しては Chapter 3 の強化などの重要な問題があるため、必要に応じて臨時の SG 会議を開催することが提案され、事務局で調整することになった。

3. 終わりに

SG 会議の前に国内で ICAO 関係事項検討会を開催した。また、その報告会を国内で開催し SG 会議の内容が航空局担当者より報告された。このような検討会を引き続き行っていくことが重要であるとの認識から、航空局の要請により本研究センターに事務局をおき、航空会社、航空機製造会社及びその他の専門家に協力を求めつつ、国が行う CAEP 活動を支援していくことになった。

内外報告

ICAO/CAEP の動向（航空機騒音）*

吉 岡 序**

1. まえがき

前号までは ICAO/CAEP における航空機騒音の動向として、ワーキンググループ I の活動について報告してきた¹⁾²⁾³⁾。しかしながら、このところワーキンググループ I では、1995 年の CAEP/3 で否決された航空機騒音証明適合基準の強化案を 2001 年に予定されている CAEP/5 で成立させるために、多くのエネルギーを注いでいるように見え、騒音証明の手順や解析手順の簡略化等の技術的事項に関する作業は停滞しているように感ずる。

一方、ワーキンググループ II では、1997 年の CAEP/4 以後、ワーキンググループ II のメンバーだけに限定せず、全ての ICAO/CAEP 加盟国に対して参加協力を呼びかけ、「MODEL 1」並びに「MAGENTA」（詳細は後述）と称するタスクが進められており、わが国の航空局もこの呼びかけに積極的に応えている。また実際の作業は航空環境研究センターが自主研究の一環として進めているところである。

本稿ではワーキンググループ II の概況に触れ、「MODEL 1」並びに「MAGENTA」の動向について述べる。

2. ワーキンググループ II の概況

既に述べてきたように、国際民間航空機関・航空環境保全委員会 (ICAO/CAEP) における航空環境保全への取り組み体制は、以下の通りとなっている。

本委員会の下に環境保全の政策的な方向付けを行うステアリンググループ委員会を置き、そしてその下に技術的な討議を行うための 3 つのワーキンググループ委員会（原則として）、①単に航空機騒音を扱うワーキンググループ I (WG I)，②空港周辺と運航に関する問題を扱うワーキンググループ II (WG II)，及び③航空機エンジン排ガス問題を扱うワーキンググループ III (WG III) が設置され、更にその下には各ワーキンググループ委員会に上程するための問題を討議して取りまとめるタスクグループが分野別に設置されている。

ワーキンググループ II では、a) 空港拡張・建設及び運用に係る環境問題のためのガイダンスの検討，b) 航空機騒音暴露の予測と評価のためのガイダンスとその改善の検討，c) 騒音軽減運航方式の明確化，d) 空港周辺の土地利用計画のためのガイダンス・マテリアルの検討，及び e) 広域的な航空機騒音の影響評価モデルの開発，を目的として種々のタスクグループが設置されている。

そこでは、既に述べた「MODEL 1」及び「MAGENTA」の他に、「OPS-1, 2, 3」，「LAND-1」，「AIRPORT-1」，「MON-1」

* Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Noise),
by Hisashi Yoshioka (Senior Research Engineer,
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 主任研究員

等のタスクが進められている。しかしながら、わが国からはワーキンググループIIの全てのタスクにメンバーを出しているわけではないので、残念ではあるが現在のところ「MODEL 1」及び「MAGENTA」以外の情報収集は十分とは言えない。

3. 「MODEL 1」について

まず、MODEL 1が発足する背景について述べるが、一部本誌第3号「ハイブリッドエアポートモデルについて」⁴⁾のレビューとなることを、御容赦いただきたい。

ICAO CAEPが1988年に作成した航空機騒音のモデル計算手法のガイドラインであるCircular 205⁵⁾の見直し作業が1997年より進められてきた。この作業を行うためには各国のモデル計算手法の情報が必要であることから、ワーキンググループIIの下にタスクグループMODEL 1が設置されることになった。

このタスクグループの作業の趣旨は、世界各国の予測モデルを用い、同一条件で計算された結果について比較検討を行った上で、Circular 205の見直しの必要性を調査することであり、作業は以下の3段階に分けて進められている。なお提出されたデータ、及び予測計算結果については、匿名で取り扱われることになっている。

フェーズ1 各国の航空機騒音予測モデルに関する情報収集

フェーズ2 A) 予測結果を比較するために用いる、各国の空港の部分的な情報を組み合わせた仮想空港モデル（ハイブリッドエアポートモデル）を構築するための情報提供

B) 上記のハイブリッドエアポートモデルについての騒音予測計算

フェーズ3 フェーズ2の結果について実測値との整合性について検討と、

Circular 205の改定の検討

MODEL 1の会議は既に5回開催されており、第4回目の1999年5月のAtlanta会議では、フェーズ2.B)のハイブリッドエアポートモデルについて、参加各国の騒音予測計算結果は出揃った。

コンタの形状は、それぞれのモデルにより相違があり、この原因は、個々の飛行経路から平均飛行経路を算出する際の手法、及び飛行経路分散の考え方の相違が大きく影響しているとのことであった。また、コンタ面積の比較も行われた。LAeq 55 dBの離陸時コンタ面積をみると最小値(164.2 km²)と最大値(597.1 km²)の間には3.5倍の違いがあったが、これはそれぞれのモデルで使用している基礎データ、離陸重量、推力等の運航条件設定、及び側方過剰減衰計算方式の相違によるものであることが確認された。

予定ではこの後の作業は、フェーズ3に進むはずであったが、コンタの形状、コンタ面積の相違が大きいことから、機種、離陸重量、飛行経路を同一条件に設定して、再度予測計算を行うことになった。

1999年11月に開催された第5回のLondon会議で、再度予測計算した結果について議論された。基本的な条件を揃えて計算を行っても、その結果を持ち寄って議論する時は国名入りではなく、また計算に用いた基礎データや過剰減衰量等の詳細データを相互に明らかにされないため具体論に入ることができず、前回のAtlanta会議での議論から進展することはなかった。

議長のDr. Ollerheadより、「ハイブリッドエアポートモデルの参加国とその関係者のみで、国名を含む各データの諸元を明確にして議論を行いたい。」との提案があった。国名を伏せることを必要条件として、発足したハイブリッドエアポートモデルの構想ではあるが、前述のようにコンタの形状、コンタ面積の相違の原因を相互に納得しつつ議論を終

結させるためには、それぞれの計算条件を明確にして具体的な比較検討を行う他はないようである。この件については航空局の了解も得られたので、作業を進めている。

Circular の改定について、1998 年 10 月の第 3 回の Toulouse 会議では、Circular の位置付けをめぐり、SAE-A 21（後述）のグループと激しい議論がなされたが、第 4、第 5 回の会議は比較的穏やかに進められた。第 3 回会議以後、改定作業が進展した様子はなく、Circular 205 の改定案については具体的な提案はされていない。現時点においては、改定のためのアウトラインとしての考え方が示されているにすぎない。SAE の AIR 1845⁶⁾、AIR 1751⁷⁾ にも関連しているので SAE の作業（AIR 1845、1751 も改定作業中）に併せて進めることになっている。

SAE（米国自動装置技術者協会）A 21 のグループでは、SAE が提案している側方過剰減衰の計算方法が記述されている SAE AIR 1751 と、INM の予測計算手法の基本となっている SAE AIR 1845 に関する検討が進められている。A 21 は ICAO CAEP のタスクグループではないが、MODEL 1 のタスクと関連が深いので、常にジョイントして会議が開催されている。

現在のところ、一般的に利用可能な予測モデル計算のガイドラインは ICAO Circular 205 と SAE AIR 1845 の 2 つであるが、ヨーロッパの航空会社の共同作業によるユーローモデル構築の準備が進められているようである。

今回の MODEL 1 会議は SAE-A 21 とジョイントして 2000 年 6 月に Boston で開催が予定されている。

4. 「MAGENTA」について

かねてから、FAA（米国連邦航空局）と Wyle 研究所では、ジェット機を対象にした航空機の運航による広域的な騒音影響調査を

進めてきた。これは騒音証明の基準値の強化や、騒音軽減運航方式の整備が進むことにより、騒音暴露区域がどのように変遷し、現在、一定基準以上の騒音影響を受けている区域の人口はどの位かを、世界的に調査するものであり、既にデータの分類が進められているところである。

1997 年 4 月に開催された CAEP/4 において、この「航空機の運航による広域的な騒音影響調査」の中間報告がなされた。正式に ICAO CAEP のワーキンググループ II が引き継ぎ、更に作業が行なわれることになったためタスクグループが設置された。タスク名は、Model for Assessing Global Exposure to the Noise of Transport Aircraft の各単語の頭文字をつなげて、MAGENTA と称される。わが国の航空局も協力することになり、成田、羽田、福岡、千歳、名古屋、大阪、那覇、鹿児島の 8 空港について、データ提供を行っている。

このタスクは騒音影響についてモデル計算する必要性から、ハイブリッドエアポートモデルのタスク（MODEL 1）と関連が深いものとなっている。

取りまとめは Wyle 研究所に委託されており、ワーキンググループ II が引き継ぐ際に、データ解析は 1996 年の時点のデータを基に、2020 年までの予測を INM⁸⁾ を用いて計算することが合意されているが、実際に運航している機種全てについて計算するか、或いは特定の機種に限定して計算するかは結論がでていない。また 2020 年までの間の空港の運用能力の予測、周辺の土地利用計画の変化、人口の推移の考え方については今後さらに検討が続けられることになっており、更にデータ提供の呼びかけが行われることになっている。参考までに図にデータ解析モデルの構成ブロック図-1 を示した。

MAGENTA の会議は既に 4 回開催されており、1999 年 11 月に London で

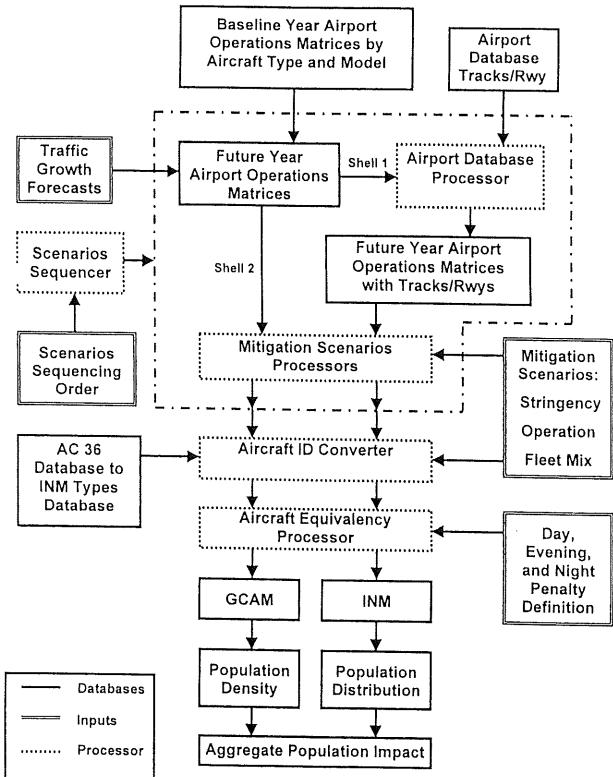


図-1 MAGENTA データ解析モデルの構成図

MODEL 1/SAE-A 21 とジョイントして開催された会議では、タスクを進めるための具体的な考え方として、以下のような報告がなされている。

まず、a) 世界中の主要空港（現在データの集まったもの（約 200）について、1996 年をベースにし、Ldn 55, 60, 65 の騒音コンタを描き、b) その中に住む人口の総計を求める。次に c) 2020 年までの将来予測を行うが、各空港における航空需要を長期にわたって実施し、これを便数に振り替える。その際、滑走路や管制上の混雑を考えて、これを頭打ちとするか、滑走路の増設によって切り抜けるかも考慮する。d) 便数の中には今後の騒音証明の強化による新型低騒音機の構成を考える。e) 騒音対策のための飛行経路変更、飛行方法の改善による効果もできる限り考慮する。

以上の条件を考慮しつつデータの収集を行うが、幾つかの問題点を抱えることになる。

- a) については、データの集まりが悪いことに加えて、便数や輸送量の数量的な精度と、データの表現方法がまちまちなためにその統一化に時間がかかっている。b) 各国空港周辺の人口密度に関するデータは、米国系の世界人口調査資料に基づいて作成しているが、Ldn のコンタ差により、人口密度が変化する程のきめこまかさがあるわけではなく、結果の精度にはかなりの影響があるかもしれない。c) 各空港において、将来どこまで需要に対応できるのか、その予測が最も難しい。主要空港においては、既に滑走路や空域の取り扱いが限界に達しつつあり、これをもって将来も頭打ちとするのか、滑走路の増設を仮定して良いのか、管制方式を改善すれば更に扱う運航量が増加するのか、それらの限界等々、提供されたデータの空港全てについて調査するとなると、相当な作業量を要する。d) 騒音証明基準の強化は、現在ワーキンググループ I で議論が白熱化しているところであります、MAGENTA の計画そのものが、騒音証明基準の強化による効果を調査するものであるから、安易な想定では済まされない。e) 飛行方式の改善は、これまでにやれる限りのことを実施しており、更に改善する余地は殆ど見込めない。…と懸念されている。

また、航空機騒音暴露量の将来予測計算は INM を使うことになっているが、実際の INM の使用に先立ち、INM と他の計算モデルとの計算結果の比較が行われている。他の計算モデルは、単に INM と等価なモデル (Equivalent INM) として、詳細は明らかにされていない。表-1 は機種別に、表-2 は主要空港について、Ldn 55, 60, 65 の面積について比較したものである。

ここでは、どちらの計算モデルが正しいかではなく、使用する計算モデルにより結果に違いはあるが、とにかく INM を使用するということを示しているにすぎない。計算モデルによって結果に違いがあることは

表-1 INM と INM 等価モデルとの主要機種別 Ldn の比較

Aircraft	Operation Type	Stage Length	Operations	Actual INM Output			Equivalent INM Output			% Error		
				DNL 55dB	DNL 60dB	DNL 65dB	DNL 55dB	DNL 60dB	DNL 65dB	DNL 55dB	DNL 60dB	DNL 65dB
747400	Departure	1	20	2.529	1.154	0.448	2.729	1.152	0.479	7.9	-0.2	6.9
747400	Departure	7	20	4.429	1.768	0.732	4.547	1.769	0.79	2.7	0.1	7.9
767CF6	Departure	1	20	1.216	0.511	0.2	1.26	0.511	0.221	3.6	0.0	10.5
767CF6	Departure	3	20	1.107	0.471	0.181	1.134	0.471	0.193	2.4	0.0	6.6
DC1010	Departure	3	20	2.012	0.876	0.374	1.939	0.878	0.405	-3.6	0.2	8.3

表-2 INM と INM 等価モデルとの主要空港別 Ldn の比較

Airport	Actual INM Output			Equivalent INM Output			% Error		
	DNL 55dB	DNL 60dB	DNL 65dB	DNL 55dB	DNL 60dB	DNL 65dB	DNL 55dB	DNL 60dB	DNL 65dB
CDG	40.66	16.569	6.861	38.856	16.313	6.765	-4.4	-1.5	-1.4
CVG	91.74	44.107	20.472	93.464	44.087	19.328	1.9	0.0	-5.6
LHR	41.27	18.68	8.269	39.646	18.205	8.049	-3.9	-2.5	-2.7
NRT	30.827	12.736	5.058	30.347	13.044	5.08	-1.6	2.4	0.4
ORD	157.89	72.362	30.951	167.707	76.664	30.283	6.2	5.9	-2.2

MODEL 1 で述べた通りである。

今回の MAGENTA 会議は 2000 年 4 月に単独で開催が予定されている。ここでは更に具体的な作業の進め方が議論されることになっている。

5. あとがき

ワーキンググループ II のタスク・グループ「MODEL 1」と「MAGENTA」の動向について述べた。

言うまでもなく、ICAO CAEP での討議や決定はタスク・グループの更に上の会議体で行われるものであるが、技術分野の問題はタスク・グループで実質の議論が行われ、本質的な結論は殆ど出ているものばかりである。意見があればタスク・グループにおいて資料を提供し、議論に加わっておかねば、それより上層の会議で新たに意見を提出するのは困難な雰囲気となる。

従って、「MODEL 1」や「MAGENTA」のようなタスク・グループには可能な限り資

料の提出、及び議論への参加を続けるべきであると考える。

文 献

- 1) 吉岡：ICAO/CAEP の動向（航空機騒音）、航空環境研究, No 1, 1997
- 2) 吉岡：ICAO/CAEP の動向（航空機騒音）-第3回ワーキンググループ I 会議概要、航空環境研究, No 2, 1998
- 3) 吉岡：ICAO/CAEP の動向（航空機騒音）、航空環境研究, No 3, 1999
- 4) 吉岡：ハイブリッドエアポートモデルについて、航空環境研究, No 3, 1999
- 5) ICAO CIRCULAR : Recommended method for computing noise contours around airports, Circular 205-AN/1/25 (1988).
- 6) Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports, SAE-AIR-1845, SAE A 21 Committee, March 1986.
- 7) Prediction Method for Lateral Attenuation of Airplane Noise During Takeoff and Landing, SAE -AIR-1751, March 1981, reaffirmed March 1991.
- 8) Olmstead, et. al., Integrated Noise Model (INM) Version 5.1 User's Guide, FAA-AEE-96-02, December 1996.

内外報告

ICAO/CAEP の動向（航空機排出ガス）*

柴 田 正 夫**

1. はじめに

一般に航空機の排出ガス対策問題は、1960年代から視覚的に印象の強いスモークについて注目されるようになり、1970年にEPA(米国環境保全局)が大気清浄法231条に基づき、主要空港及び空港周辺で航空機からの大気汚染物質の調査を開始した。その後、EPAは1973年に「航空機と航空機用エンジンによる大気汚染物質の排出量規制」に関する法律を制定し、CO, HC, NOx, スモークなどについての規制基準値を定めている。1977年にはICAOもEPAの規制案を技術的な面のみならず社会的、経済的な面から検討を加え「航空機エンジン排出物の管理」のサーキュラを発効した。ICAOでは、1991年にはNOxの排出基準を20%強化する案が提出され、1993年3月にNOx排出ガス規制を20%強化する案が採択されたが、その後、欧州を中心にさらにこのNOx規制を20%強化する案が提出された。このさらなる強化案に対しては、航空機の排出ガスが地球環境に与える影響が明確でないことや新しい基準を導入した場合に生ずるコストがどの程度で、それを誰が負担するかが明確でないと理由

で、米国、カナダ、ロシア、ポーランドなどが反対した。この案は、ICAOの第4回航空環境保全委員会(ICAO/CAEP 4)で中心的な課題として、検討されたが、最終的には欧州の提出した20%強化案はフランス等の16%強化案となって、この問題は1998年によく結論がだされた。

現状の航空機排出ガスの規制の中核となっている機関は、騒音と同様、ICAO/CAEPである。これに、IATA, ICCAIA等が参加、また、環境税の観点からはUN-FCCC, OECD等が研究報告や検討を進めている。中核であるICAOで、基準、勧告方式が明確に定められているのは、LTOサイクルでのCO, HC, NOx, スモークといった排出ガス成分に限られている。その他、特に巡航時の排出ガスについては、ほとんど対応がとられておらず、ICAO/CAEP 5で従来のLTOサイクルを中心とした現在の排出ガス基準の見直しが予定されている。もっとも、ICAO/CAEPでの当面の中心課題は、NOx及びCO₂対策であり、NOxがICAO/CAEP 4で一段落した現在、地球環境問題と関連してのCO₂対策(特に燃費はNOxとトレードオフ関係にある)が焦点となりつつある。

なお、近年、規制の対象となる排出ガスそのものも、従来までの排出ガス成分に加え、より微量の有害大気汚染物質である揮発性有機化合物(VOCs)が取り上げられつつある。

以上の観点から、航空機の排出ガスに関連

* Trends of ICAO/CAEP (Aircraft emissions), by Masao Shibata (Assistant General Manager, 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 部長代理

して、国際的な規制を推進している ICAO/CAEP に係わる航空機排出ガス規制・対策を紹介し、今後の動向について考える。

2. ICAO における航空機排出ガス対策の動向

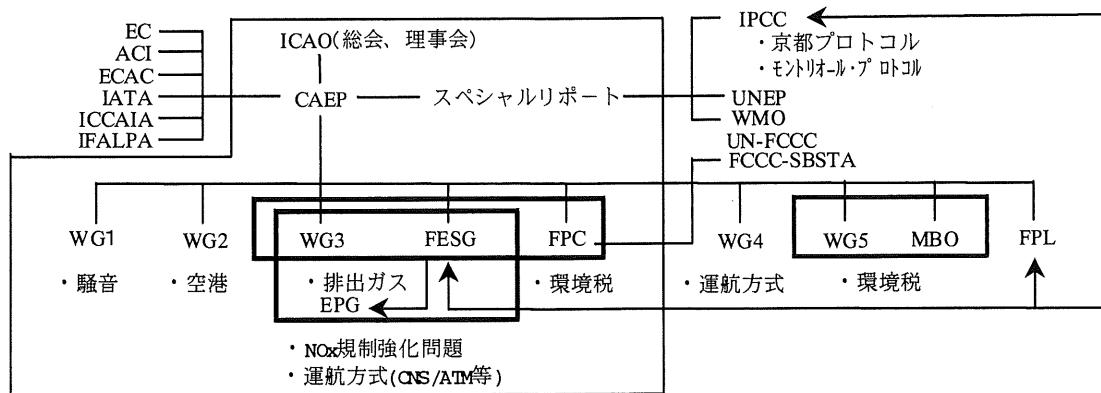
(1) ICAO における航空機排出ガス対策

1998 年度（平成 10 年度）は、1998 年 4 月に CAEP 4 が終了し、9 月～10 月の第 32 回 ICAO 総会を経て、2001 年 1 月開催が予定されている CAEP 5 に向けての各ワーキング・グループの活動が開始された。

現在、ICAO では ICAO/CAEP を中心に

図-1 に示すような体制で航空機排出ガス等の対策の検討を進めている。ここでの活動は、ICAO の京都プロトコル、モントリオールプロトコルへの対応、IPCC のスペシャル・リポート「Aviation and the Global Atmosphere」等が基礎となっている。

- IPCC スペシャル・リポート「Aviation and the Global Atmosphere」(IPCC : 気候変動に関する政府間パネル等と協同) → 1999 年 4 月発表
- 航空機排出ガス対策の検討 (WG 3 : Working Group 3)
 - ・ NOx 規制強化案 (WG 3 下の EPG)



ICAO	International Civil Aviation Organization(国際民間航空機関)
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection(航空環境保全委員会)
WG	Working Group
EPG	the Emission Planning Group(ICAO / CAEP4 における小委員会)
FESG	Future Emission Study Group(ICAO / CAEP4 における小委員会)
FPC	Focal Point on Charges(ICAO / CAEP4 における小委員会)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change(気候変動に関する政府間パネル)
UNEP	United Nations Environmental Program(国連環境プログラム)
WMO	World Meteorological Organization(世界気象機関)
UN-FCCC	United Nation-Framework Convention on Climate Change(国連気候変動枠組条約)
SBSTA	the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (ICAO / CAEP4、FCCC の下部組織)
EC	European Community(欧州共同体)
ACI	Airport Council International(国際空港審議会)
ECAC	European Civil Aviation Conference(欧州民間航空会議)
IATA	International Air Transport Association(国際航空運送協会)
ICCAIA	International Coordination Council of Aerospace Industries Association(航空宇宙工業会国際協議会)
IFALPA	International Federation of Air Line Pilots Association(定期航空パイロット協会国際連盟)
MBO	Market Based Options
FPL	Focal Point on Liaison

図-1 ICAO を中心とした航空機排出ガス対策関連機関

(the Emissions Planning Group) が中心、費用対効果、及びそのシナリオ (FESG : Future Emissions Study Group)

- ・運航方式による改善 (EPG 及び費用

対効果は FESG, IATA 等が協力)

- ・FPC : the Focal Point on Charges
(環境税の検討、その他機関等と連携)

現在、航空機排出ガス問題は ICAO/CAEP の 4 つのワーキンググループ WG 3,

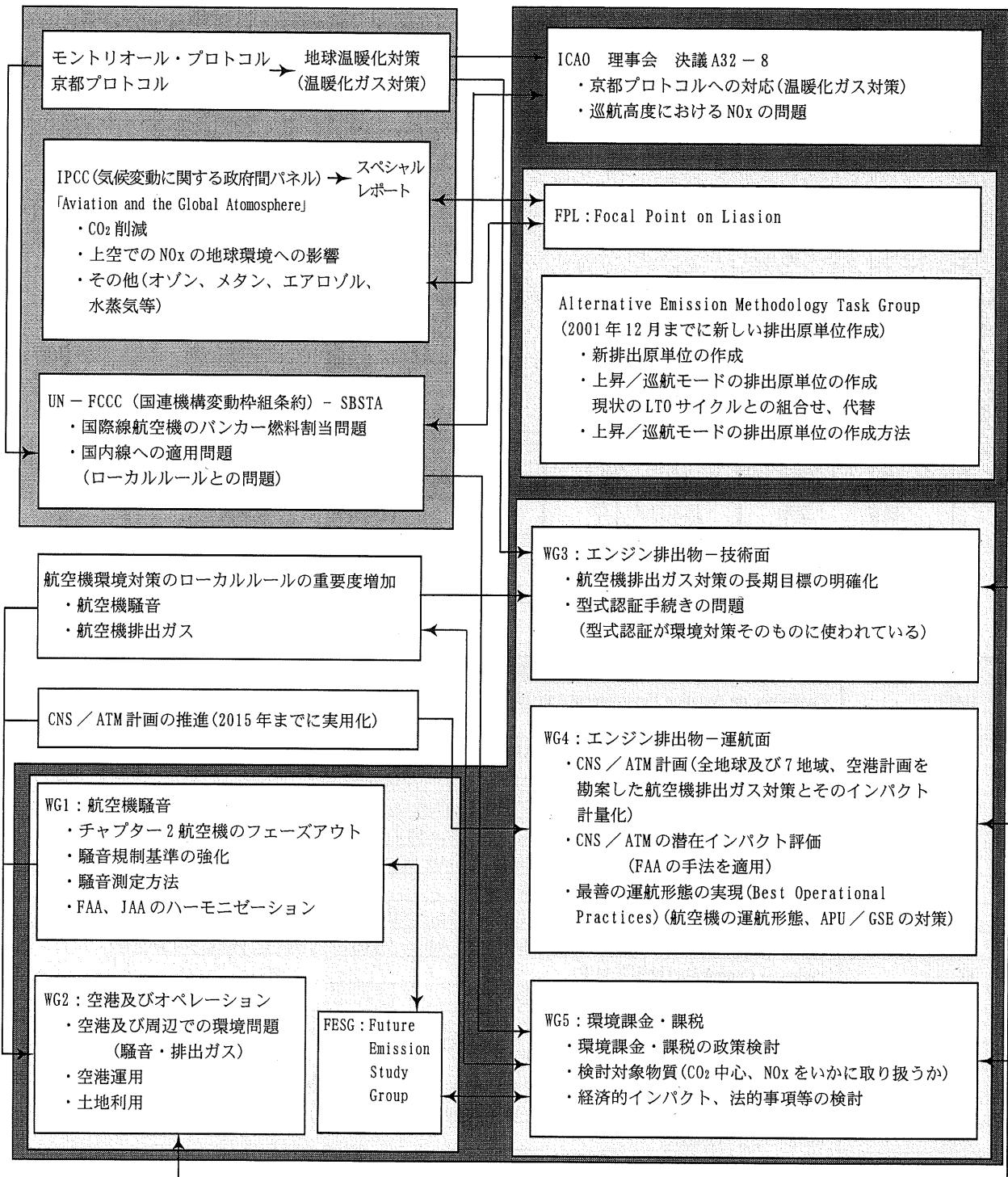


図-2 ICAO/CAEP と国際機関の連携と概要

WG 4, WG 5 及びワーキンググループ WG 2 の一部でとり上げられている。

WG 2 (空港及びオペレーション)：航空機の運航からの燃料消費、航空機からの排出ガス排出量の削減

WG 3 (エンジン排出物一技術面)：航空機排出ガス対策に係わる技術面での対策

WG 4 (エンジン排出物一運航面)：航空機排出ガスの運用面での対策

WG 5 (環境課金・環境税など)：環境税・環境課金の検討

特に航空機排出ガス対策という観点からは、WG 3, WG 4 及び WG 5 の検討内容が重要となる。

なお、航空機排出ガスに関連しての ICAO/CAEP の各 WG の動向、国連等関連機関の動向 (IPCC, UN-FCCC 等) と、そ

れぞれの関連を図-2 に示す。また、1998 年 4 月に開催された ICAO/CAEP 4 以降、特に航空機排出ガス問題に関する活動としては、表-1 に示したような活動が、ICAO/CAEP 及び国際機関で進められた。

(2) 第 32 回 ICAO 総会

1998 年 9 月 22 日～10 月 2 日に開催された第 32 回総会では、表-2 に示した事項が航空機排出ガス関連の主な検討事項である。航空機排出ガスでは NO_x 規制基準の強化案が支持され、UN-FCCC の下部組織 SBSTA の関連での国際バンカー油割り当てに関しての ICAO 側の早急な対応が課題となった。

一方、今後の ICAO/CAEP 5 での航空機排出ガス問題への取り組みについては表-3 に示した内容が主たる対策プログラムとなっていいる。

表-1 ICAO/CAEP 4 以降の航空機排出ガス関連の活動動向

年 月	会議・活動	備 考
1998 年 6 月 6 月 9 月 16 日～17 日	理事会 UN-FCCC SBSTA の会合 FESG ミーティング	モントリオール、カナダ ポン、ドイツ ・データベースの開発・維持 ・経済性分析 ・長期旅客・貨物輸送量予測とミッション・シナリオ ・MBO の役割の検討 ・京都プロトコル対応のプライオリティ付け 最も重要なのは 2002 年の運送予測の実施 ・航空機排出ガス問題への地球規模環境問題からの対応 ・チャプター 3 航空機の騒音基準強化 ・航空機エンジン排出ガス対策、環境税への取り組み
9 月 22 日～10 月 2 日	第 32 回 ICAO 総会	・ロンドン、英国、24 名が参加して主に CAEP WG5/Market-Based Options の設置について検討 ホストは ICAO 本部
10 月 15 日～16 日	CAEP5 の Market-Based Options について CAEP の英国メンバーがホストとなりプレミーティング開催	ブエノスアイレス、アルゼンチン 国際バッソ油の割当に関するワーキングショップ
10 月 26 日～28 日	the Special Report Aviation and the Global Atmosphere's Third Lead Author's Meeting	米国アリゾナ州フェニックス ICAO 本部、SBSTA 関連のオーフィス・ポイント・ミーティングも予定
11 月 2 日～11 月 13 日	UN-FCCC (COP/4)	モントリオール、カナダ
12 月 9 日～11 日	UN-FCCC ワークショップ	1999 年、2000 年に開催予定
12 月 15 日～16 日	ICAO CAEP WG3 (第 1 回)	ツールーズ、フランス
1999 年 2 月 9 日～11 日	ICAO CAEP (WG5 を含む)	ポン、ドイツ
1999 年 3 月 4 月 4 月 6 月	理事会 IPCC 特別リポートの最終ドラフト ICAO CAEP WG3 (第 2 回) UN-FCCC SBSTA	マドリード、スペイン NO _x 、VOC _s 等をより考慮した内容の報告が考えられる
6 月 28 日～7 月 1 日	CAEP/STEERING GROUP MEETING	米国ミシガン州ミシガン
7 月 1 日～2 日	UNCLRTAP の WG (Abatement Technologies)	ポン、ドイツ
10 月 14 日～15 日	ICAO CAEP WG3 (第 3 回)	
10 月 25 日～11 月 5 日	UNFCCC SBSTA の会合	
2000 年 12 月	上昇・巡航を考慮した新たな原単位 (ミッション・パラメータ) の作成予定期限	
2001 年 5 月 2001 年 9 月/10 月	MBO の最終報告提出予定 第 33 回 ICAO 総会 (33rd for the Assembly)	

なお、表-4、表-5に航空機排出ガス対策及び環境課金・課税に対する参加メンバーの主な見解、要望等をまとめて示す。また、

ICAO 総会の結果を受けて発表された決議と航空環境対策から特に注目される事項について表-6に示す。

表-2 第32回 ICAO 総会での主な討議内容

航空機排出ガス	① ICAO / CAEP4 での NOx 16% 強化案及び対応プログラム案を支持 ② UN-FCCC の SBSTA での航空機排出ガスの割合について提示されている種々のオプションの効果について ICAO で早急に対応すべきである
税・課金	2001 年の第33回総会までにさらなる検討を行うことが求められた。

表-3 第32回 ICAO 総会での主な討議事項

①現状も将来の航空機推進システムからの排出ガスの大気への影響について、総合的にさらなる研究に取り組む。 ②国連や国際機関に航空機排出ガスに関連して科学的、技術的事項のサポートを行う(特に、モントリオール・プロトコル、京都プロトコル、IPCC のスペシャル・レポート)「Special Report on Aviation and the Global Atmosphere」に対応して。 ③現在、作成中の報告書では、国際線の運航で発生する排出ガスの制限、低減方法について CAEP5 で検討する方向にある (UN - FCCC の下部組織 SBSTA と協力して国際バンカー油を発生源とする排出ガスの割り当ての影響等を評価)。 ④短期の排出ガスの低減達成のための最善の運用対策の検討 (航空機の地上、上空での運用形態、GSE / APU、その他広範な対応策の組み合わせを考える)。 ⑤MBO (Market Based Options) の潜在的役割の評価と明確化 (排出ガスに対する課金、燃料税、カーボン・オフセット、排出量の交換等も含めて)。

表-4 第32回 ICAO 総会における航空機排出ガスに対する主な見解・要望

組織	排出ガス対策に対する主な見解・要望
ICAO 総会	① ICAO / CAEP4 の NOx 規制基準(CAEP3 より約 16% 強化)支持 (ただし、この NOx 規制強化基準はあくまで今後の NOx 規制の第一歩)。 ②航空機排出ガス問題対策において、京都プロトコルを十分配慮する。 ③UN-FCCC SBSTA の国際バク-燃料割り当て問題に引き続き協力していく(温暖化ガス対策として)。 ④UN-FCCC SBSTA の国際線航空機からの排出ガス割り当てについてのオプション策の影響評価(ICAO として早急に実施)。
UN-FCCC 及び COP	①各国は地球温暖化ガス・インベトリーを作成し、その内容に責任を負う(対象は国内発生源)。 ②京都プロトコルから、国際線航空機から発生する排出ガスの規制、低減が求められている。 ③国際線航空機からの排出ガス対応(割当)に失敗した場合、その理由を COP に説明すること。
ECAC	①航空機環境対策の今後の目標を ICAO が明確にすること。 ②国際線航空機からの排出ガス割当について、各オプション策の影響評価を ICAO が早急に実施する。
EC	① CAEP4 NOx 規制基準を評価するが、これはあくまで今後の規制強化の第 1 歩に過ぎない。 ②国際線航空機からの排出ガス割り当て問題への対応をトッププライオリティと考えるべきである。
ACI	① ICAO 付属書 16 の航空機エンジン排出ガス基準を一層整備することを求める。 ② CAEP4 NOx 規制強化基準は将来に向けての第一歩で方向性を示したものと考える(最終的なゴールはない)。 ③今後も地上レベルの NOx 低減に向けて、基準強化を進めることを要望する。
IATA	①京都プロトコルの対応では ICAO がリーダー的役割を果たすこと。 ②国際線航空機からの排出ガス割当は重要な課題と認識 ③②に関連して「Aviation Bunker Fuel」の定義が不明確な点が問題である。 ④②の対応のためのオプション策を産業界とともに ICAO が早急に検討すべきである(各国の一貫したコンセンサスを確認することが重要→国際的統一)。

COP : Conference of Parities (国連気候変動枠組条約会議)

ECAC : European Civil Aviation Conference (欧州民間航空会議)

EC : European Community (欧州共同体)

ACI : Airports Council International (国際空港協議会)

IATA : International Air Transport Association (国際航空輸送協会)

表-5 第32回 ICAO 総会における環境課金、環境税に対する主な見解と要望

組織	環境課金、環境税に対する主な見解と要望
ICAO 総会	<p>①課金、課税問題は第31回 ICAO 総会を受けたもの「ICAO 定義：課金(Charge)、税(Tax)は民間航空サービス/施設のための資金」(通常は、課金、税金で得た資金は地域の歳入となり、航空関連以外の目的に供される)である。</p> <p>②ICAO は1998年4月に複数のオプションを検討(徴収形式(levy)は課金または課税) <ul style="list-style-type: none"> ・地球環境問題対策→路線、燃料への課税が有効 ・地域環境問題対策→空港施設税が有効 </p> <p>③国際線の燃料への課税(現状、二国間協定の97%で国際線の燃料は課税免除となっている)</p> <p>④環境課金、課税の実施に当たっては次の点が重要 <ul style="list-style-type: none"> ・地域レベル及び世界レベルでの強調と適用(国際統一が望ましい) ・エミッション・コストと相殺コスト(offsetting cost)の算出 ・具体的な対応策(京都プロトコルでのエミッション・トレーディング等のMBO : Market - Based Options を含め) </p> <p>⑤ICAO が責任をもって国際的に強調して政策指針、実施方策を策定する</p> <p>⑥ICAO が京都プロトコルに対応するにあたって、環境課金、課税は重要な施策である。</p> <p>⑦環境課金、課税の導入については次回のICAO 総会での方針決定(指針)を目指す。</p>
ACI	①ICAO の国際航空輸送への課金、課税ポリシーの明確化 → 徴収方式が充分に合理的であるように熟考すべきである。
IATA	<p>①徴収方式は課税方式よりも課金方式が望ましい。</p> <p>②各国が環境課金、課税方式を導入する際は、ICAO の方針に従うことが望ましい。 <ul style="list-style-type: none"> ・ICAO の理事会の指針にしたがう ・ICAO の長期的ポリシーを充分に考慮する </p> <p>③ノルウェーの航空部門は環境への賦課は充分ではないと考える → 環境課金、課税は有効</p>
EU 及び一部の国	①国際線の燃料(国際パンカーガソリン)の課税免除を撤廃することを検討
米国	<p>①対応策としてエミッション・トレーディングのようなMBO(Market Based Options)を加えることを提案</p> <p>②この問題に対するICAO のスケジュール案に同意</p>
多くの参加者	<p>①環境対策として徴収された資金は、航空関係の目的のみに使用すべきである。</p> <p>②徴収方式は課税方式よりも課金方式が好ましい。</p> <p>③課金方式の場合、罰則は設けるべきではない。</p>
一部の国	①環境課金、課税については、早急な行動を起こす必要はないのではないか。

表-6 第32回 ICAO 総会の決議と航空環境対策から特に注目される事項

第32回総会決議
○付属A(Apexendix A)総合的政策(General Policy)
○付属B(Apexendix B)基準の作成、実施・対策の提言、環境質に関わる指針 <ul style="list-style-type: none"> ・騒音問題については、各の空港において広く一般(Public)の関心が高く適切な対応を引き続き行う。 ・航空機排出ガスの、環境への影響はまだ十分把握されていない
〔要 求〕 <p>理事会 CAEP ができるだけ早く、騒音、排出ガス問題への適切な解決策を見出すようにすること</p>
○付属C(Apexendix C)航空機騒音問題を解決するための国レベルの政策・プログラム
○付属D(Apexendix D)ICAO 付属書16第3章第1巻をこえた超音速機の運航規制の可能性について
○付属E(Apexendix E)航空機騒音、排出ガスの地域での運航制限(local operating restrictions) <ul style="list-style-type: none"> 〔早急に対応すべきこと〕 <p>航空機の騒音、排出ガスに関する、地域での運航制限(local operating restrictions)は、あらゆる悪影響(Adverse impact)の評価を第一に行ってから、実証することに限ることを各国に確認する。</p>
○付属F(Apexendix F)高空での航空機の環境への影響について <ul style="list-style-type: none"> ・地球規模環境問題である(温暖化、オゾン層)
〔要 求〕 <ul style="list-style-type: none"> ・他の機関と密接に連携して協力する(特にUN - FCCC) ・IPCC のスペシャル・リポート、京都プロトコルを考慮して民間航空機の温暖化ガスの低減・制限オプション策を、次の総会までにまとめる
○付属G(Apexendix G)超音速輸送のソニック・ブーム
○付属H(Apexendix H) : 環境課金・課税 <ul style="list-style-type: none"> 〔要 求〕 <ul style="list-style-type: none"> ・排出ガスの課金・課税の指針の検討 〔早急に対応すべきこと〕 <ul style="list-style-type: none"> ・各国の意見のとりまとめ(現状の騒音) ・排出ガス関連の世界共通の方策の検討 ・大きな成果・進展を結果として出すこと

表-7 COP/3 で採択された京都プロトコルのポイント

対象ガス	二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素、HFC、PFC、SF6
基準年	1990 年 (HFC、PFC、SF6 については 1995 年とし得る)
吸収源の取扱い	限定的な活動 (1990 年以降の新規の植林、再植林及び森林減少) を対象とした温室効果ガス吸収量を加味
目標期間	2008 年から 2012 年
削減目標	付属書 I 締約国全体の対象ガスの人為的な排出量を、目標期間中に基準年に比べ全体で少なくとも 5 % 削減する。 付属書 I 締約国全体の対象ガスの人為的な排出量が、個別の割当量を超過しないことを確保する。例えば、 ・日本の割当量：基準年の 94 % (6 % 削減) ・米国の割当量：基準年の 93 % (7 % 削減) ・EU の割当量：基準年の 92 % (8 % 削減)
バンキング	目標期間中の割当量に比べて排出量が下回る場合には、その差は、次期以降の目標期間中の割当量に加えることができる。
排出量取引	付属書 I 締約国は、他の付属書 I 締約国から、割当量を移転又は獲得することができる。(COP4 で関連機関等を検討する。)
共同実施	付属書 I 締約国は、発生源による人為的排出を削減することあるいは吸収源による人為的除去を増進することを目的としたプロジェクトによる削減ユニットを他の付属書 I 締約国に移転し、又は他の付属書 I 締約国から獲得することができる。 付属書 I 締約国と非付属書 I 締約国との共同実施は、クリーン開発メカニズムの下で行うことができる。
クリーン開発メカニズム	非付属書 I 締約国の持続可能な開発と気候変動枠組条約の目標達成を支援し、かつ付属書 I 締約国の数値目標の達成を支援するもの。 本メカニズムにより、非付属書 I 締約国は排出削減に繋がるプロジェクトにより利益が得られ、付属書 I 締約国にはプロジェクトによって生ずる「承認された削減量」を自国の数値目標の達成のために使用できる。

表-8 COP/4 における ICAO のステートメント

① 地球温暖化ガス対策 (航空機)
<input type="checkbox"/> 京都プロトコルを受けて、ICAO は温暖化ガスの取り組みとその対策に責任を負う。 <input type="checkbox"/> CAEP4 の第 4 回会議 (1998 年 4 月) では将来プログラムは京都プロトコルを考慮したものに改訂された。 <input type="checkbox"/> ICAO の第 32 回総会 (1998 年 9 月 22 日～10 月 2 日) で京都プロトコルへの対応の重要性を確認。 ・航空機から発生する温暖化ガスの制限・育成に関して、IPCC のスペシャル・レポート「the Special report on Aviation and the Global Atmosphere」と京都プロトコルを考慮して、次回 2001 年 9 月～10 月の総会に報告を行う。
② 技術・基準 (Technology and Standards)
<input type="checkbox"/> CAEP4 で提案された NOx 規制強化案は、1999 年 3 月の理事会で承認される。 <input type="checkbox"/> 将来的には、上昇、巡航モードを加えた、世界共通の CO2、NOx の原単位 (パラメータ) 作成を行う。
③ 運航方式 (Operational Measures)
<input type="checkbox"/> 航空の運航方式については、特に CNS / ATM システムの採用による燃料削減、無意味な排出ガスの発生を抑える方策を検討中。 <input type="checkbox"/> 今後、CNS / ATM システム導入に伴う排出ガスの削減量の算出、燃料、排出ガスを削減するであろう他の運航方式について検討する。
④ 市場ベース・オプション (MBO : Market - Based Options)
<input type="checkbox"/> ICAO では排出ガスに関する課金制度、税制について検討中。 <input type="checkbox"/> 4 つのオプションが考えられており、特に路線、燃料への課税が有効となろう。 ・MBO を運用スケジュール ・MBO の限界 ・MBO 導入による境界面の効果 ・その他 (MBO のメカニズム等) また、排出量のトレーディングについても考慮する (UN-FCCC SBSTA の国際線バンカー燃料から発生する 排出ガスの割り当て方式の検討内容には強い関心がある。)

(3) IPCC スペシャルレポート、モントリオールプロトコル、京都プロトコルへの対応

1997 年 12 月に京都で開催された第 3 回締

約国会議 (COP/3) において表-7 に示す内容が全会一致で採択された。「京都プロトコル」では、付属書 I 締約国 (先進国) について、温室効果ガスの排出削減のための数値目

標、政策措置を定め、また、付属書 I 締約国間の排出量の取引や共同実施、途上国との間で排出削減のための事業等を行うクリーン開発メカニズム等の新たな仕組みを導入している。このプロトコルにより、付属書 I 締約国全体で、2008 年から 2012 年までの間に、1990 年比で 5% 以上の排出ガス削減を行うことが規定された。COP/3 に続き、1998 年 11 月 2 日～3 日にかけて、アルゼンチン・ブエノスアイレスで COP/4 が開催されたが、ICAO はここで表-8 に示すような内容のステートメントを発表した。また、1999 年 4 月に最終草案が提出された IPCC の「the Special Report on Aviation and the Global Atmosphere」及びモントリオール、京都プロトコルを十分に考慮して、ICAO として今後の航空機環境対策を実施していくと考えられる。なお、航空機排出ガス関連では、従来の地域レベルでの環境対策だけでなく、地球規模（温暖化ガス等）への対応が極めて重要なとなり、表-9 に示すように特に京都プロトコルに対する対応が求められている。

(4) ICAO 理事会

第 32 回 ICAO 総会後、CAEP のワーキンググループが 1999 年 2 月～3 月にかけて開催された。全体的に CAEP/5 に向けての活動内容そのものは、大きな動きはみられなかった。

1) 排出ガス

排出ガスについては、1999 年 3 月 1 日にモントリオールで開催された理事会で、NOx をさらに 16% 規制強化する案が正式に認められた。

このことで、NOx の 16% 強化案は 2003 年 12 月 31 日以降に新たに設計されたエンジンに適用されることが決定された。

2) ICAO の重点課題 (Key Policy)

理事会では今後の重点課題 (Key Policy) として、次の 3 つの課題をあげている。

○排出ガス原単位の開発

地域及び地球環境問題の観点からの航空機の排出ガス原単位のさらなる研究。特に上昇、巡航時の排出原単位 (CO₂, NOx) の開発

表-9 COP/3 (京都プロトコル) への対応

京都会議の決定
①国際線（航空機）から排出される排出ガスの問題に ICAO が積極的に取り組むべきことであり、そのことに対する責任が ICAO にある。 ② ICAO の検討結果は、基本的に国際線のみを対象とし、国内線を含まないが、これまでの状況から、同時に国内線でのデファクト・スタンダードとなる可能性が高い。
京都プロトコルに対する ICAO の対応
①京都プロトコルの内容を全面的に排出ガス検討作業に取り入れることの重要性を理事会で確認。 ②民間航空機から排出される温暖化ガスの制限・低減のための政策オプションについて研究する (CAEP を通じて理事会に要請)。この際、次の 3 つの報告書の内容を考察する。 ・IPCC スペシャルレポート「Aviation and the Global Atmosphere」 ・京都プロトコルからの要求 ・2001 年の次回アセンブリー向けの報告書 ③国別温暖化ガス・イベントリーへの国際線（航空機）から排出される温暖化ガスの取り扱いについて、引き続き UN-FCCC と協力していくことが理事会で要請された。 ④国際線（航空機）からの排出ガスの割り当について、UN-FCCC SBSTA (Subsididry Body for Scientific and Activities) から提唱されているいくつかのオプションの有効性について ICAO で早急に更なる検討を行う。
今後のアクション
①京都プロトコルに対応して、航空機エンジン排出ガスに対するさらなる ICAO のアクション・プランを作成する必要がある。 ②国別温暖化ガス・イベントリーの国際線（航空機）からの排出ガスの割り当に関連した作業を進める。作業がこれ以上の遅れをきたさないように、フォーカル・ポイント・ミーティング（1 日 間）が検討されている（1999 年 2 月 9 日～11 日、モントリオールの Market- Based Options の WG の後）。

○航空機の運航形態を通しての燃料消費の削減。

○適用可能な排出物に対する課金、課税、エミッショントレーディングの検討。

基本的にこれまで ICAO の動向の 2(1)項で述べた項目が、再度確認された程度にとどまっている（新しい方向性等は示されていない）。

3) ICAO 理事会 (The Council) の決議 (Resolution) A 32-8

1999 年 3 月の ICAO 理事会は、航空機の大気汚染について、以下の「決議 (Resolution) A 32-8」を採択した。

「民間航空機からの温暖化ガスの発生抑制とその低減のために、IPCC のスペシャル・レポートと京都プロトコルを勘案して、次回の総会 (Assembly) 対策の報告を行う。」

これを受け、ICAO/CAEP では、次の点に留意して航空機排出ガス対策が検討されている。

○ CO₂ : 京都プロトコルで設定された目標をベースに対応

- ・技術的対応から CO₂ 抑制、低減する計画を策定 (WG 3 が中心)
- ・LTO サイクルでの排出量低減のための包括的な対応策も含め、長期的な技術対策を策定

○ NOx : 巡航高度における NOx 問題が

最もプライオリティが高い

- ・新しい原単位（巡航、上昇モード）の作成
- ・さらなる NOx の規制 (NOx 低減については 2000 年中に新たな報告書を作成)

4) 航空機排出ガス対策の目標 (長期的技術目標)

ICAO のステアリング・グループでは、航空機排出ガス低減の長期的技術目標について報告がされている。これらの長期技術目標は、基本的に航空機に搭載されているエンジンの燃焼改善、低 NOx 化を目標としたもので、従来は NASA の AST プログラム (Advanced Subsonic Technology Program) が積極的な研究開発を進めていた。しかし、NASA は 1999 年 AST プログラム及び HSRP (High Speed Research Program) を打ち切ることを決定しており、今後はこうしたエンジンの環境対策技術は、新たに開始される次世代エンジンの研究開発プログラムの中で、研究が続けられることになるとみられる。

表-10 及び表-11 に主な研究機関が発表している航空機排出ガスの低減目標を示す。

① CO₂

温暖化ガスである CO₂ については今後 20 年で約 20~25% の低減が目標とされている。

表-10 主な機関が発表している航空機排出ガスの低減目標

	CO ₂	NOx
IPCC(スペシャルレポート)	<ul style="list-style-type: none"> ・2010 年までに 8 ~ 10 % 改善 ・2015 年までに 20 % 改善 ・2050 年までに 40 ~ 50 % 改善 	-
NASA(AST プロジェクト)	<ul style="list-style-type: none"> ・当初 8 % 削減 ・2001 年までに 25 % 削減 	初期の計画 <ul style="list-style-type: none"> ・1999 年までに ICAO/CAEP/2 の値に比べて 50 % 低減 (燃焼器) ・2001 年までに ICAO/CAEP/2 の値に比べて 70 % 低減 (燃焼器) ・設計・問題で 40 % 低減のものを実証する
EC(目標)	<ul style="list-style-type: none"> ・20 % 削減 	<ul style="list-style-type: none"> ・80 % 削減
米国エネルギー省 (Energy Information Administration) の 1998 年 10 月の報告書	<ul style="list-style-type: none"> ・1990 年以降何ら削減策を施さない場合に比べて 2010 年で 18.3 ~ 30.6 % 削減 2020 年で 23.9 ~ 35.1 % 削減 	-

表-11 航空機の燃料消費率の改善及び航空管制（ATM）による燃料消費削減の予測

	2010 年まで	2015 年まで	2050 年まで
	8 ~ 10 %改善	20 %改善	40 ~ 50 %改善
燃料効率	・ケロシン中の硫黄含有量削減 → SOx、硫黄粒子形成減少 ・水素燃料（代替燃料） → 水蒸気排出増大		
	2020 年まで		2050 年まで
ATM (Air Traffic Management) による低減効果	燃料消費量を 6 ~ 12 %改善 1 人当たりで 2 ~ 6 %の範囲で改善 ・航空機の大型化、軽量化、運航速度の最適化 APU 使用制限、タキシング時間削減等による		燃料消費量を 8 ~ 18 %改善

また、IPCC の長期目標では 2050 年までに、現状に比べて 40~50% の燃費改善が目標とされている。

② NOx

窒素酸化物の低減目標については、NASA (AST プログラム) と EC が目標を発表している。いずれも長期的には現状に比べて 70~80% の低減目標をかけているが、現段階では 50% 削減に向けての技術開発が行われている。

③ CNS/ATM による燃料消費量の低減

この他、IPCC では航空機の運航面から燃料消費量を低減させることができると予測している。具体的には CNS/ATM の導入により、2020 年までに燃料消費量を 6~12%，2050 年までに 8~18% 削減できるとしている。

(5) ICAO/CAEP WG 3 (エンジン排出物：技術面)

1998 年 12 月から、ICAO/CAEP 5 での航空機排出ガス問題を取り扱う WG 3 の活動を開始している。現状、航空機排出ガス問題については第 32 回 ICAO 総会で示された地球温暖化ガス関連、地球環境問題等が主たる議題となった。また、派生型エンジンの取り扱についても討議された。

1) 地球温暖化ガス対策

航空機排出ガスと地球温暖化ガスの問題については、FAA (Howard L. Weosoky) 等から報告がされた。FAA の報告では現状の WG 3 の活動だけでは、地球温暖化ガスへの

対応が十分でないと指摘している。

① WG 3 のスタンス

○現状の CAEP のワーク・プログラムは、航空機から排出される温暖化ガス低減の観点からは最適なものではない。

○重要事項

- ・先進のエンジン技術及びその他設計技術の評価・分析
- ・先進技術の実現性、実用性についての長期的指針策定
- ・現状の規制枠組みの適切性の検討

② 第 32 回総会における WG 3 への要望

1998 年 4 月に完成する IPCC のスペシャル・レポート、京都プロトコルを考慮して、航空機からの温暖化ガスの低減、制限について検証する。この結果の内容については 2001 年の第 33 回総会で報告する。

③ 米国エネルギー省 EIA (Energy Information Administration) の報告書について

米国エネルギー省 EIA (Energy Information Administration) では、米国議会の要請を受けて 1998 年 10 月に京都プロトコルが米国の国内輸送機関に与える影響についての報告書を発表している。この報告書では、表-12 に示すように 7 つのシナリオに基づいて、1990 年値に対する CO₂ の変化率が示されている。また、民間航空輸送分野については、表-13 に示すように 4 つのケースについて炭素課金 (Carbon Fee)、燃料料金を試算している。

2) 派生型エンジンの取り扱いについて

表-12 米国エネルギー省 EIA のシナリオ

ケース	1990 年に対する増加率	備 考
ケース 1	35 %	1998 年以降 CO ₂ 低減等になんらかの措置を講じない場合
ケース 2	24 %	CO ₂ のエミッション・トレーディングやある程度の国内措置を講じた場合
ケース 3	14 %	1998 年の CO ₂ 排出レベルと同等とするための措置を講じた場合
ケース 4	9 %	排出ガス、CO ₂ に対してオフセット策を講じるなど国際的な対応をとった場合
ケース 5	0 %	1990 年の CO ₂ 排出レベルと同等とするための措置を講じた場合
ケース 6	- 3 %	国内での抑制措置、オフセット策を講じた場合
ケース 7	- 7 %	京都プロトコルでの米国の目標値(日本は - 6 %)

(注)上記のケースはいずれも実施期間は 2005 年から 3 年以上をかけての期間を目標としている。

米国土院科学委員会は 2012 年の米国におけるエネルギーの使用、価格及び経済予測についての分析結果を求めた。

表-13 米国エネルギー省 EIA の航空輸送産業でのシナリオ

ケース	1990 年に対する増加率	備 考
ケース a (ペース-ケース)	33 %	1998 年以降、CO ₂ 低減等に何らかの措置を講じない場合
ケース b	9 %	航空機からの CO ₂ (C 換算) 排出量が 2008 年～2012 年の間で平均 14 億 6,700 万トン増加する
ケース c	9 %	ケース b と同じであるが、先進技術がより早期に導入されると仮定した場合
ケース d	- 7 %	航空機から CO ₂ (C 換算) 排出量が 2008 年～2012 年の間で平均 12 億 5,000 万トン低減される。

現状のエンジンから派生したエンジンの取り扱いについては、1998 年 4 月の ICAO/CAEP 4 で議論された。新しい排出基準を派生型エンジンにどのように適用するかが課題であり、特に派生型エンジンの定義が明確でないことが問題となっている。ICAO 付属書 16 第 2 卷、第 1 章第 1 節で派生型エンジンの定義がなされているが、これについてはコンセンサスを得ていない。CAEP 4 では、米国が派生型エンジンの定義を明確にすべきであると主張した。このため、新しい排出ガス基準が適用される派生型エンジンの定義を明確にすべきであると主張した。このため、新しい排出ガス基準が適用される派生型エンジンの標準基準とそれに関連した重要要素を含めての検討を要求した。

米国 FAA と英国通商産業部 (DIT) との話し合いの結果、以下の対応策をとることになった。

○派生型エンジンの問題は WG 3 とは別のタスク・グループを構成して検討する。

○タスク・グループの活動の目的は次の 2 つとする。

- ・現状の派生型エンジンの定義を明確化する。
- ・派生型エンジンがどの時点で、オリジナルモデルと比べて十分に新しい排出ガス基準を適用することが好ましいかを決定する。

3) 航空機排出ガス対策に係わる主な研究

WG 3 では主に航空機排出ガス対策に係わる技術面での対策をとりあつかっている。具体的には以下の内容が主たる研究対象となっている。

a . 科学的な対応

現状及び将来の航空機の排出ガスの総合的な影響についての研究（上空及び地上）

b . 技 術

技術的な NO_x 等の排出ガス低減と燃料消費率 (CO₂) のトレードオフ等についての評価。排出ガス低減による潜在的な便益、NO₂, CO₂ トレードオ

フの問題、今後の研究目標、マイルストーン、スケジュール等が検討にされている。

- c. 排出ガスの新評価方法/原単位の作成 地球規模環境問題、地域環境問題の双方を勘案しての、航空機エンジンの型式認証についての検討。ここでは対象となる排出物質やその測定方法、予測、規制方法等について検討がされている。

d. データベースの整備

ICAO のエミッション・データバンクの整備。

e. 排出ガスの長期低減目標の設定

排出ガス低減を目指しての長期的な技術実現性等についての関連機関を支援するとともに、検討にあたっての技術開発、実用化の方向性、温暖化ガス(CO_2)の抑制、低減方法の研究等を実施する。

f. 次世代超音速輸送機の排出ガス問題

次世代超音速輸送機の排出ガス問題については、NASA が 1999 年に事実上、HSRP (High Speed Research Program) の研究プログラムを中止したことから、プログラムの進展は大幅に減速することになる。

なお、CAEP/4 以降、WG 3 では 3 回の会合が開催されている。

○ 1998 年 12 月：米国アリゾナ州フェニックス

○ 1999 年 4 月：フランス・ツールーズ

○ 1999 年 10 月：米国ミシガン州ミシガン
これらの会合での WG 3 の主な討議内容は以下のとおりである。

①航空機環境対策

航空機環境対策としては、上空（対流圏上層部）と地上での航空機からの排出ガス対策の重要性が指摘されている。

上空（対流圏上層部）においては、IPCC

のスペシャルレポートでも指摘されているように、 CO_2 の低減が重要な課題となるが、同時に上空での NO_x の影響やエアロゾル、パティキュレートなど科学的に十分な理解がまだ得られていない課題もある。ただし、京都プロトコルと直接関連するのは CO_2 対策である。

一方地上では、航空機から排出される排出ガスの現状と将来、他の地上発生源と比較しての航空機の寄与度を明らかにすることが重要であると指摘している。WG 3 では、空港を中心とした地域環境問題への取り組みとして、オゾン、パティキュレート、CO 等の排出実態や航空機の寄与度等についての科学的な研究を開始している。

また、WG 3 では健康や地域環境対策の観点からオゾンやパティキュレートの規制をより厳しくすべきだとする報告がなされた。また、WG 3 では、今後、空港を中心とした地域環境問題特性の一層の研究や、航空機から排出される排出ガスの影響を緩和する技術的アドバイスを進めていく方針である。

②国連機関との連携 (FPL : Focal Point on Liasion)

ICAO/CAEP では国連の他機関との連携を図るために、ICAO/CAEP 4 の段階で新たに FPL (Focal Point on Liasion) を設置した。FPL は特にモントリオールプロトコル、IPCC のスペシャルレポートの実施などを支援してきた。なお、FPL の支援は ICAO/CAEP の WG 3, WG 4, WG 5 により主に実施されている。

現状、FPL は国連機関、特に IPCC や UN-FCCC と、地球温暖化対策 (CO_2 等の温暖化ガス対策) で連携をとっている。また、CLRTLP (Converntion on Long Range Transboundary Air Pollution : 長期の境界領域での大気汚染についての研究) との関連では、 NO_x ドラフト・プロトコルの検討がされている。

今後は排出ガス認証、排出ガス規制強化、航空機排出ガスの割当責任等の勧告を含めた検討がされることになるが、現状 FPL では次の 4 点に焦点をあてて活動を行っている。

○京都プロトコルに対する ICAO 決議 (Resolution A 32-8) のアクション・プラン

○温暖化ガスインベントリー (National greenhouse gas inventories) への国際線航空機の排出ガスの割り当て (UN-FCCC, SBSTA で検討されている課題)

○UN-FCCC との連携

○航空機排出ガス対策の新たなアクション プラン・ドラフトの作成

③低公害エンジンの開発

CAEP 1 の基準よりも 50% NOx を低減し、かつ、CO, HC については現状の最も優れたエンジンと同程度で、コスト的な影響も少ないエンジンの開発が各国の共同開発プロジェクトで進められている。

(6) ICAO/CAEP WG 4 (エンジン排出物一運航面)

WG 4 は 1998 年 4 月に ICAO CAEP/4 で新たに設立されたワーキンググループである。WG 4 は各地域で進められている CNS/ATM 計画を勘案して、環境面から最善の航空機の運航形態を明らかにすることを目的としている。WG 4 の会合には各国行政機関、メーカー、航空管制の専門家、航空会社等が参加し、また ACI (Airport Council International), IFALPA (International Federation of Air Line Pilots Association) の 2 つの組織が参加している。

ICAO CAEP/5 を目指して WG 4 の目標は以下のとおりである。

○環境面から最善の航空機の運航、空港の運輸の指針の草案 (第 1 案) を作成

○CNS/ATM の便益評価方法の確立と 2015 年までの世界規模の便益評価

○ ICAO の Global Air Navigation Plan に包含される草案資料の作成

1) CNS/ATM による航空機排出ガス低減効果 (FAA の試算)

ここで特に重要なのが CNS/ATM 計画 (全地球レベル及び地域レベル) を勘案して航空機排出ガスの影響を定量的に評価する手法の開発である。現状、1998 年に開催された ICAO の「Global CNS/ATM Systems Implementation Conference」で米国 FAA (Federal Aviation Administration : 米国連邦航空局) の手法を適用することが多くのメンバーから支持されている。

2) NAS の CNS/ATM 近代化計画

現状、NAS の近代化計画は以下の 3 フェーズに沿って実施される予定である。

①フェーズ 1 (1998 年～2002 年)

限定されたフリーフライト (Free Flight) のプロトタイプを開発する。技術的には ADS-S (航空機間), GPS, WAAS による、航空機管制、精密誘導着陸 (Precision Approach) を実施する。

- ADS-B : Automatic Dependent Surveillance Broadcast の略で、GPS により航空機が自分の位置を計測し、その情報を自動的に送信するシステムをいう。
- WAAS : Wide Area Augmentation System の略で、GPS を補完する広域補強システム

②フェーズ 2 (2003 年～2007 年)

フリーフライトへの以降期間とする。GPS, WAAS, LAAS を利用した CAT II/III 自動着陸、航空機間に加え航空機と地上との間での ADS-B を実現する。

- LAAS : Local Area Augmentation System の略で、GPS を補完する境域補強システム。我が国の MTSAT はこのひとつである。

③フェーズ 3 (2008 年～2015 年)

限定されたフリーフライトを実用化する。

表-14 CNS/ATM の実現による航空機の運航の変化

CNS / ATM	導入技術	CNS/ATM 導入によるメリット	現行システム
通信 (Communication)	衛星利用 (衛星通信)	世界中どこでも信頼性の高い通信が可能	VHF で見通し範囲は約 200NM、 HF は伝播品質が悪く信頼性が低い
	データ通信	地上 - 航空機関の直接的な通信が可能 高信頼性、周波数帯不足解消	常時直接的通信ができない
	ATM 導入 (パケット数準拠)	同一端末で、目的や地域特性に応じて最適な メディアが選択できる	キャラクターオリエンテドなテレ タイプ方式
航法 (Navigation)	GNSS	GPS、GLONASS 等、精度が高い。通常 10m ～ 100m、D-GPS で 10m 以下	精度は INS で 1500m、ロラン C で 400m
	広域補強システム	MSAS [MTSAT Augmentation] (日本) WAAS [Wide Area Augmentation] (米国)	
	RNP	エアラインが自ら使用機器を選択できる (RNP: Required Navigation Performance)	
監視 (Surveillance)	ADS	洋上等レーダがカバーしていない空域を ADS (Automatic Dependent Surveillance) が監視 → 管制間隔、左右前後 5NM	左右それぞれ 100NM 前後 10 分間
	SSR・S モード	個別質問機能で高密度空域での監視能力強化	
ATM Air Traffic Management	AMSS を利用した ADS	半径 15NM で自由飛行が可能	水平距離 50NM 縦距離 10 分可能
	RNAV(広域航法)	自由なルート設定可能	航空保安無線施設
	その他	バイパス経路推奨、飛行速度調整、国際洋上可変 経路方式、空域への時間分離の導入	の位置で高速

次世代エンルート・オートメーション、デジタル通信を全面的に採用したシステムとなる。

なお、CNS/ATM の実現により、航空機の運航は表-14 に示すように変革することになる。

3) 地域別の CNS/ATM の実施計画

WG 4 では地域別の CNS/ATM に実現による便益効果を評価しているが、評価にあたっては全地球レベルの効果と、各地域で進められている CNS/ATM 計画に基づいた評価との 2 つが検討されている。地域別については、現在 7 地域の CNS/ATM の計画実行地域グループ (PRIG : CNS/ATM Planning and Implementation Regional Groups) が検討を進めている。ここで、7 地域は以下の地域をいう。

- ・アジア/太平洋 (APANPIRG)
- ・ラテンアメリカ (GREPELAS)
- ・北アメリカ (NAMPG)
- ・アフリカ (APIRG)
- ・北太平洋 (NATSPG)
- ・欧州 (EANPG)

・中 東 (MIDANPIRG)

(7) ICAO/CAEP WG 5 (環境課金・環境税)

ICAO/CAEP では、環境税（環境対策のための課金であり、我が国で徴収されている燃料税及び着陸料とは別のものである）の実現性、実現方策、環境面の効果等を評価するために、新たなワーキング・グループ (WG 5) 「MBO : Market Based Options」が 1998 年 10 月に英国を中心に設置された。WG 5 は、主に航空機排出ガスに係わる環境課金、環境課税の問題を検討するグループである (MBO : Market Based Options)。WG 5 は 8 ケ国 (メンバ) に 2 ケ国 (オブザーバ) から構成され、さらに ICCAIA (International Coordination Council of Aerospace Industries Association : 航空宇宙工業会国際協議会), IATA (International Air Transport Association : 国際航空運送協会), ACI (Airport Council International : 国際空港審議会) がオブザーバとして参加している。

WG 5 設置に先立ち、1998 年 10 月 15 日

～16日にかけて英国メンバーがホストとなり、プレ・ミーティングがロンドンで開催された。このプレ・ミーティングには24名の委員が参加、WG 5の設置、役割、他の検討会との関連などについて検討がなされた。

WG 5のスケジュールに関しては、1999年6月に開催予定のCAEP 5のステアリング・グループ会議にWG 5のプログラム及びスケジュールを報告し、さらに、2000年9月に開催予定のステアリング・グループ会議において最終報告を提出することになっている。最終的には2001年5月開催予定のICAO総会で審議される。

1) WG 5での主な討議内容

WG 5の会合では、主に以下の項目について説明、討議された。

○現状における環境課金、課税の法的な考え方

現状、航空機の課税の問題は、シカゴ条約の24条をベースとしており、国際線を運航する航空機の燃料は課税控除対象となっている。この点が、現在UN-FCCCで討議されている国際線を運航する航空機から排出する排出ガスの割当問題（国際バンカー燃料の割当）に関連してくる事項である。

○課税と課金

UN-FCCCで討議されている問題と関連して、ECによる検討結果が以下のように報告されている。

- ・課税/課金効果が最も期待される影響
→ 航空機の燃料に課税する。
- ・課税/課金効果が最も小さいと考えられる形態 → 航空券や乗客に課税/課金する。

○エミッション・トレーディング

エミッション・トレーディングについては、米国から酸性雨対策で実施した事例が紹介され、その有効性が指摘された（コスト的に安く、より大きな低減効果が得られる）。

2) WG 5の対象についての検討

WG 5の活動で最も重要となるのが、どの排出ガスをMBOの対象とするかである。これまでWG 5では、次の3例について検討対象とするかについて討議が行われている。

①地域の大気汚染物質（地域環境問題）

地域の大気汚染物質（地域環境問題）として最も注目されているのは、LTOサイクル時に航空機から発生するNOxである。

WG 5のメンバーには、地域環境問題やNOxに対してWG 5でなんらかの対応（政策）を期待するメンバーも多く、将来のCAEPの決定によっては今後取り扱うこととなることになった。なお、WG 5のNOx等の地域環境問題への対応は、基本的には各地域が実施すべきであるという考え方、現状、問題となっているローカルルールの重要性を改めて示す結果となった。本来、ICAO/CAEPでの決定事項が世界的な基準となり、これをベースとして各地域の対応策が取られるべきであるとするICAOのローカルルールに対する姿勢と、このWG 5の見解とは明らかに矛盾するところがある。これまでのところ、この矛盾についてはICAO/CAEPの資料では特に指摘、問題視されていないが、ステアリング・グループや理事会が、この問題をいかに取扱うかは、今後のICAO/CAEP基準とローカルルールとの位置づけを決定づけるため、重要な事項となろう。

②上空での大気汚染物質（高空での環境問題）

IPCCのスペシャルリポート等で指摘されている高空でのCO₂、水蒸気(H₂O)、NOx、SO₂、煤などの取扱いについては、現状ではこれらの多くが上空でどのようなメカニズムで地球環境に影響を与えていているかが明確でないことから、今後の科学的な研究成果を持って、再度、WG 5でどのように扱うかを検討することとなった。

③京都プロトコルの対象大気汚染物質（地球環境問題）

京都プロトコルでは、温暖化ガスに関連して、航空機から排出される CO₂, メタン, NOx など 6 種類の大気汚染物質の低減が求められた。ただし、航空機の場合、CO₂ 以外の排出量はそれほど大きくなないことから、WG 5 では特に CO₂ に焦点をあてて検討を進めることができた。

3. その他機関での研究と ICAO/CAEP との関連

航空機排出ガスの問題については、ICAO/CAEP 以外にも IPCC（気候変動に関する政府間パネル）、UNFCCC（国連気候変動枠組条約）、UN/ECE（国連ヨーロッパ経済委員会）等で検討が行われている。

以下、国際バンカー燃料の割当や環境税の問題に取り組んで UN-FCCC の動向について述べる。

UN-FCCC は ICAO/CAEP と連携をとりながら、高いプライオリティで CO₂ の排出割当この問題に取り組み、早期に結論を出す方針を決めている。1999 年 6 月のドイツ・ボンでの SBSTA 会合以降、SBSTA の活動状況は以下のとおりである。

- 1998 年 6 月 SBSTA 会合（ドイツ・ボン）

- 1998 年 11 月 ブエノスアイレスの COP 4 に関する SBSTA のミーティングを開催

- 1999 年 6 月 SBSTA 会合（ドイツ・ボン）

- 1999 年 10 月 25 日～11 月 5 日 SBSTA 会合（ドイツ・ボン）

また、SBSTA の会合では、以下の内容について報告がなされている。

- 航空機・船舶燃料データの提出

SBSTA の要請に応える形で、UN-FCCC は国際線を運航する航空機と船舶から排出さ

れる排出ガス量の推計に焦点をあてて、これらの国際線航空路、航路向けに航空機、船舶に販売された燃料に関する情報が提出された。

○ ICAO 活動の説明

SBSTA からの要請に応え、ICAO から航空機排出ガスに関する研究活動の状況の説明がなされた。特に ICAO/CAEP の WG 3, 4, 5 の動向が説明された。

○ IPCC のスペシャルレポートの説明

IPCC からスペシャル・リポートの概要について報告がされた。

以下に、SBSTA で確認された重要事項について述べる。

①国際バンカー燃料（Aviation Bunker Fuels）の定義

航空機バンカー燃料（Aviation Bunker Fuels）の定義について、ICAO は COP-4 で次のような質問を行っている。

○京都プロトコルでの航空機バンカー燃料（Aviation Bunker Fuels）は、国際線の航空機だけを対象としているのか、あるいは国内線の航空機も対象とするのか。

この問題に関連して ICAO は、SBSTA に提出された報告書で、「international bankers」と「bunkers fuel」が同じように使われており、「Aviation Bunker Fuels」は国際線の航空機や船舶を対象にしていると解釈できるとしている。このことを京都プロトコルに当てはめれば、京都プロトコルの対応は国内線の航空機に拡大されることはないが、もし、国際線に適用されている ICAO の規制等が国内線に適用されないとすれば、ローカルルールが問題となりつつある現在、ICAO の意志に反した結果となる。

したがって、航空機バンカー燃料は当初、国際線のみを対象とすると考えられていたが、今後の ICAO や UNFCCC の定義やその取り扱いによっては、国内線の航空機にも影響してくる可能性がある。

②国際線航空機のバンカー燃料の割当問題

SBSTA で検討されている国際線航空機のバンカー燃料の割当問題について、SBSTA では結論を出すにはまだ時間がかかるとしている。なお、SBSTS 会合では、国際線航空機のバンカー燃料の割当問題が、京都の COP-3 で決まった各国の削減目標（2008 年～2012 年）に取り組まれることはまずないとの見方をしている。

また、エミッション・トレーディングについて、各国の航空機から排出され将来の排出ガス量に関して、共通した認識を持つ必要があるとの指摘がなされた。

このように国際線航空機のバンカー燃料割当については、割当方式やエミッション・トレーディング等の対応策がまだ多くの検討課題が残されている。国連等から早急に結論を出すように求められている国際線航空機バンカー燃料割当問題であるが、結論が出るまでにはまだ時間がかかると見られる。

③データ収集

SBSTA では国際線の航空機、船舶の燃料に関するデータを取得しているが、さらに ICAO、WMO に対してデータ、情報の提供を求めていている。

4. IPCC スペシャル・レポート

(1) IPCC スペシャル・レポート 「Aviation and the Global Atmosphere」の構成

このスペシャルリポートは地球規模の環境対策について、特に民間航空輸送に焦点を当てて検討が行われている。また IPCC のスペシャルリポートとしては、個別の産業分野（民間航空輸送）に絞って地球規模の環境についてとりまとめた初めてのリポートとしても注目されている。

このスペシャルリポート「Aviation and the Global Atmosphere」は全体の 8 つの章から構成されており、以下の内容について記

述されている。

- ①航空機排出ガスのオゾン層への影響
- ②航空機から発生する二酸化炭素、メタン、エアロゾル（煤、硫黄酸化物）、水蒸気（巻雲、飛行機雲）の影響
- ③将来の大気予測モデル
- ④地上での太陽紫外線の放射
- ⑤航空機による気候変動への影響
- ⑥航空機技術と航空機排出ガスの関係
- ⑦航空機排出ガスの現状と将来
- ⑧航空機の運航と排出ガスとの関係

基本的に地球規模環境問題である温暖化ガス、オゾン層破壊等に焦点があてられており、技術、運航の双方から、航空機から排出される排出ガスによる気候変動への影響等についてとりまとめが行われている。ここで、航空機排出ガスの観点から本スペシャル・レポートで注目されるのは、従来から研究が取り組まってきたオゾン層破壊の問題に加えて、航空機から排出されるエアロゾル（煤、硫黄酸化物）や水蒸気（巻雲、飛行雲）の問題が一項目としてとりあげられている点である。また、航空機から排出される NOx については、対流圏上層部でのオゾン生成等に関連して記述されている。このため、航空機から排出される NOx 排出量の現状や、将来について記述はない。しかし、上空で発生した NOx は対流圏上層部でのオゾン生成など、現在まだメカニズムが充分には解明されていない領域であり、地球環境の変化に重要な役割を果たしていることが指摘されている。なお、NOx は、地球環境問題の観点からは、もっとも重要な排出ガス物質として位置づけられている。また、エンジン等の技術的な対応策だけでなく、ICAO で検討されている CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance/and Air Traffic Management) 等の航空機運航による対策の重要性が指摘されている。いずれにしろ、今後 ICAO/CAEP での地球規模環境問題への対応策に

スペシャル・レポート「Aviation and the Global Atmosphere」が大きな影響を与えることになる。

(2) IPCC スペシャル・レポート「Aviation and the Global Atmosphere」の概要

IPCC スペシャルリポートでは、先の対象排出ガス物質を中心に、主に以下の記述がされている。

○対象排出物質の地球環境に与える影響、航空機から発生した場合の地球環境に与える影響のメカニズム等

○対象排出物質の航空機からの発生状況（1992年値が中心）

○対象排出物質の2050年における航空機から発生状況の予測（IPCC シナリオに基く）

航空機のエンジンから排出される二酸化炭素（CO₂）の排出量が今後増加し、2050年には最大で人為的な CO₂ 排出量の 10% に達

するとした「航空機と地球規模の大気」についての「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」のスペシャル・レポートの草案が3月6日明らかになった。4月12日～13日にコスタリカで開催された IPCC 総会で採択された。

IPCC は、今後の旅客需要や燃料使用の効率化技術の進歩などいくつかの仮定を設定、コンピュータシミュレーションで2050年の航空機からの CO₂ 排出量等を予測している。表-15 に主な対象排出物についての記述内容のとりまとめを、図-3 に航空機から排出される CO₂ 排出量の現状（1992年）と将来予測（2050年）、図-4 に CO₂ 蓄積分の人為的全増加率に対する比率の現状（1990年後半）と将来（2050年）を示す。また表-16 に2050年の推計にあたってのシナリオの前提を示す。なお、スペシャルリポートでは、2050年に向けてのシナリオとして、シナリオ Fal をベースとしているが、これは IPCC

表-15 IPCC スペシャルリポートにおける航空機排出物の現状と将来

	1992年		2050年			備考
	航空機からの年間排出量又は影響	全人為的起源の排出量全体に対する割合	全ての輸送機の発生源に対する割合	航空機からの年間排出量又は影響予測	中間シナリオ Fal のケース	
放射強制力	0.05w/m ² (0.01 ~ 0.1w/m ²)	約 3.5 %		0.13 ~ 0.56w/m ²	0.19w/m ²	5 %
CO ₂	0.14Gt C/年 (1ppm)	約 2 % (増加分の約 1 %)	約 13 %	0.23 ~ 1.45Gt C/年 (5 ~ 1.3ppm)	0.40Gt C/年	約 3 % (約 4 %)
O ₃	亜音速航空機からの NO _x 排出がない場合に比べて北半球中緯度での巡航高度のオゾン濃度は最大 6 % 増加（オゾン増加率 4 %）				亜音速航空機からの NO _x 排出ガスがない場合に比べて北半球中緯度での巡航高度のオゾン濃度は最大 13 % 上昇（オゾン増加率 1.2 %）	上部対流圏（主に北半球）でのオゾン濃度が増加すれば地表面は暖まる。航空機から排出される NO _x がオゾンを増加させるが成層圏での硫黄、水はオゾンを減少させる
CH ₄	亜音速航空機からの NO _x 排出がない場合に比べて約 2 % 少ない				亜音速航空機からの NO _x 排出ガスがない場合に比べて約 5 % 少ない	上部対流圏で航空機から排出される NO _x は温暖化ガスがあるメタンを減少させる。メタンの変化は全地球規模である。
H ₂ O	年間平均で地球表面の約 0.1 % (1996 ~ 1997 年に中央欧州上で 0.5 % の記録がある)				年平均値で地球表面の約 5 %	飛行機雲は薄い高層雲同様、地球表面を暖める。
卷雲	地球表面の 0 ~ 0.2 % の範囲 (1990年代)			地球表面の 0 ~ 0.8 %		巻雲の被覆増加は航空機排出物と飛行機雲がある。増加は地球表面を暖める。ただし、メカニズムは未だ詳細不明
エアロソル			地表の発生源に比べ少ない			煤の増加は温暖化、硫黄が地球表面での温度を下げる

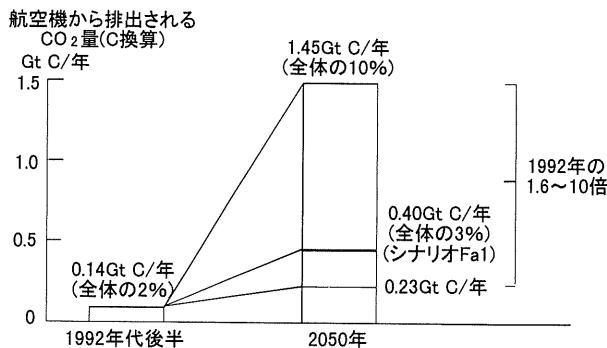


図-3 航空機から排出される CO₂(C 换算) の現状と将来

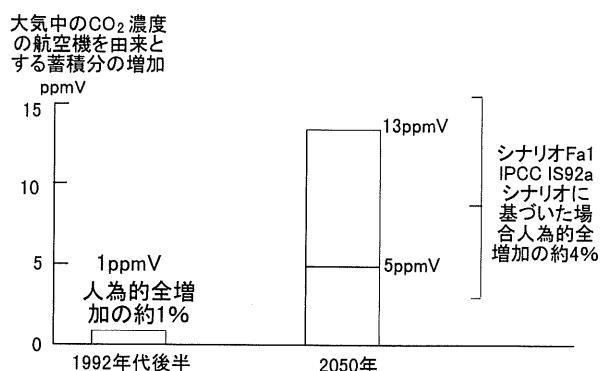


図-4 大気中の CO₂ 濃度の航空機を由来とする蓄積分の増加の現状と将来

表-16 IPCC スペシャルリポートでの将来予測の前提

シナリオ	平均年間交通量成長率 (1990-2050) ※	平均年間燃料消費量成長率 (1990-2050) ※※	平均年間経済成長率	平均年間人口増加率	交通量伸び率 (2050/1990)	燃料消費量伸び率 (2050/1990)	備考
Fa1	3.1 %	1.7 %	2.9 % 1990-2025 2.3 % 1990-2100	1.4 % 1990-2025 0.7 % 1990-2100	6.4	2.7	ICAO 予測・経済支援グループ(FESG)による基準シナリオ: IPCC(1992)の中間的経済成長シナリオ; 燃料効率改善と NOx 削減の技術
Fa1H	3.1 %	2.0 %	2.9 % 1990-2025 0.7 % 1990-2100	1.4 % 1990-2025 1.7 % 1990-2100	6.4	3.3	超音速航空機が亜音速航空機の一部を代替。他は Fa1 シナリオに同じ
Fa2	3.1 %	1.7 %	2.9 % 1990-2025 2.3 % 1990-2100	1.4 % 1990-2025 0.7 % 1990-2100	6.4	2.7	NOx 削減に重点を置いた技術(燃料効率改善はわずかに少ない)他は Fa1 シナリオに同じ
Fc1	2.2 %	0.8 %	2.0 % 1990-2025 1.2 % 1990-2100	1.1 % 1990-2025 0.2 % 1990-2100	3.6	1.6	FESG の高成長シナリオ: 技術は Fa1 シナリオに同じ
Fe1	3.9 %	2.5 %	3.5 % 1990-2025 3.0 % 1990-2100	1.4 % 1990-2025 0.7 % 1990-2100	10.1	4.4	FESG の高成長シナリオ: 技術は Fa1 シナリオに同じ
Eab	4.0 %	3.2 %			10.7	6.6	環境防衛基金(EDF)による IS92a に基づく交通量成長シナリオ: NOx 削減技術の大幅な進歩を仮定
Edh	4.7 %	3.8 %			15.5	9.4	EDF による高度な交通量成長シナリオ: NOx 削減技術の大幅な進歩を仮定

※ : 交通量は旅客 km で評価

※※ : 全航空輸送(旅客、貨物、軍用)を含む

シナリオ 92 の中間シナリオに当るものである。

その結果、航空機を発生源とする CO₂ は 2015 年ごろから急増、これが、すべての人為的な CO₂ の排出に占める割合は、現在の 2% から最大 10% まで増加するとの結果を示した。また、高度 10,000 m 付近を飛ぶ航空機から排出される窒素酸化物 (NOx) から、光化学反応によって生成されるオゾンの量も 2050 年には現在の 2 倍以上に増加するとの予測結果も得られた。

CO₂ にオゾンを加えると、航空機が原因

の温室効果ガスが、すべての人為的な温室効果ガスに占める割合は、現在の 3.5% から 2050 年には最大 17% にまで増加するとしている。

一方で、スペシャル・レポートは航空機需要が伸びず、排出ガス対策技術が急速に進めば、航空機が原因の温室効果は現在のレベルとほとんど変わらない可能性もあるとの計算結果も併せて示している。また、温室効果の軽減対策として、エンジンや機体の改良に加え、航空機の不要な荷重の削減、運航方式の合理化、航空機燃料への課税などによって

CO₂などの大幅な削減が可能だと指摘している。

この他、IPCCでは2000年にスペシャルリポートをテーマとしたシンポジウムを開催予定であるが、日程等の詳細はまだ発表されていない。また、ICAO/CAEPではこのスペシャルリポートの結果を受けて、今後は地球温暖化ガスであるCO₂対策をより重視するとしている。

5. 今後の展望

現状、航空機から排出される排出ガスの問題に技術的な側面から検討を行っているWG 3では、今後、地球環境問題と地域環境の双方から、検討を実施していくことが求められている。

地球環境問題については、京都プロトコルやIPCCのスペシャルリポートを受けて、こ

れらの問題に対するICAOの貢献度をより高めるために、温暖化ガス対策等で航空機排出ガス対策の長期目標をより明確化することが必要となる。

一方、地域環境問題では、各空港ごとの排出ガス対策、即ち、ローカルルールの重要性が増しており、この点で現状のエンジン型式認証手続きがローカルルールに十分対応できるものではないことが課題となっている。しかし、その一方でローカルルールがエンジンの設計基準となるべきものでは無いとしており、型式認証が環境対策の目的で使われているのは、本来の航空機エンジンの認証制度の目的とはズレていると指摘している。

このように、航空機エンジンの排出ガス対策は、地球環境問題と地域環境問題の双方からその対応が急速に求められつつある。

内外報告

Inter Noise 99*

時 田 保 夫**

1. はじめに

1999 年の INTER NOISE 99 は米国, Fort Lauderdale において, 12/06~08 の 3 日間, 第 28 回の会議として “Noise control in the new Millennium” というテーマで行われた。参加者は 2000 年がフランスのニースに決まっているせいか, 今回の登録で約 660 名と少なかったが, 実際はもっと多くの参加者があったように記憶する。参加国は 40 ケ国であるが, 参加者の一番多いのは主催国のアメリカで約 180 名, 次は日本で同伴者も入れて総勢 90 名くらいかと思う。あと多くの参加者があったのは英国, フランス, オランダ, ドイツ, カナダ, スエーデン, ポーランドなどが 20 名以上の参加国となっていた。

例年の Inter Noise では航空関係の Special session が組まれているのだが, 今回は Aircraft and Airport Noise に関する special session は組まれなかった。しかしこれらに関する次のような session があり, 興味ある発表も多かった。

- Active noise and vibration control
- Acoustical simulation, modeling, identification and prediction.
- Global Noise Policy

- Outdoor sound propagation
- Physiological and psychological effects of noise.
- Standards, regulations.
- Subjective evaluation : sound quality, sound quality engineering.
- The social response to environmental noise and vibration.

ここでは会議の概要と航空機騒音に関する項目について述べるが, 主観的な記述になるので, 特に興味がある発表については会議の proceedings を参照してほしい。

2. 全体会議

[開会式]

今回の co-chairmen の一人である, Florida Atlantic University の Joe Cuschieri 教授が司会して始まったが, 非常に若い。例年どおり, 会長の W. W. Lang 氏の挨拶と会務報告があり, 次いでこの会の初期から何時もデスクにいて, INCE の事務を裏方でサポートしてくれた事務局長 Dr. Mailing の奥さんの Rolla さんが今回で引退されるので表彰された。

その後, ニューオリンズジャズのアトラクションがあって開会式は終了したが, いかにもアメリカ風という感じの開会式であった。

[特別講演]

6, 7 の二日間は特別講演が組まれていて, 個別の Session はその後に各室に分かれて発

* Report of Inter Noise '99,
by Yasuo Tokita (Director General, 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

表があった。

12/6 :

昨年のニュージーランドのインターノイズ98で組織委員長だった H. Marshall 教授が建築音響の立場から, “Noise control by design in the 21st Century—An architectural acoustics perspective” という題目で講演した。

室内環境の音基準の要求値は年々厳しくなってきているが, Noise design の立場からの方法として, cessation, separation, isolation, insertion, absorption, cancellation, adaptation の 7 項目でそれぞれについて述べ, ニュージーランドの素晴らしい自然の風景を示しながら, 音環境は護るに値するものということを強調した。

12/7 :

高名なコンサルティング会社である Wyle Laboratory の Dr. B. Sharp が “A perspective on noise control technology and future implementation” という題目で講演。彼の言によると, 1960 年代の残された騒音苦情の課題と現在残されている課題は全く変わっていないと当時の課題を示したスライドを重ねながら皮肉な発言があった。課題は航空機, 自動車, 列車などの交通騒音や工事騒音のような戸外の騒音源のものと, 建物の遮音の問題とのこと。機械騒音については構造と流体の相互作用, damping や ANC (能動騒音制御) の限界についてのことも述べていて, 騒音低減の限界をスペクトルの図で示してあったのが印象的であった。

[総合会議]

12/8 :

例年アメリカで行う会議では, INCE/USA の行事も並立で行うのが慣行で, 今回は INCE 賞と若い人への奨励賞に相当する賞が贈られた。INCE 賞に相当するものは “香港鉄道会社” が受賞した。香港新空港へのアクセスの鉄道であるが, これに関連する

騒音対策が評価されたものである。学生の奨励賞の方は東洋人（日本人ではない）とアメリカ人, また建築音響関係で Martin Hirschner 賞というのはこれも中国人が受けた。現在中国, 台湾, 韓国などの若い人達がこぞってアメリカで勉強をしているようで, アメリカの音響学会誌を見ても中国系の名前が非常に目に付く状況である。

表彰が終わって, INCE の歴史を会長の Lang さんが述べたが, 今回で次期会長をスエーデンの Professor T. Kihrman に譲ることにしたと発表した。Dr. Lang は, 今後の INCE の在り方は国際的に動くことが必要で, INCE の研究の動向が, 例えば国際的な基準統一の方向に向かわせるような動きにしようということで締めくくられた。

3. 個別発表

○Airport and aircraft noise 関係

この Session は特別には組まれていなかつたのであるが, 各種の Session の発表の中にある航空機騒音に関する発表としては次のような発表が目に付いた。

- Reduction of airframe and installation noise : L. C. Chow (UK) 他。EC のサポートで英, 仏, 独が共同研究している機体騒音の解析実験で, 総量として 8 年間に 6 EPN dB の減少が期待されるとしている纏めの報告。
- On the helicopter noise : A case history ; G. Bisio (Italy) 他。ヘリコプター騒音は各種の輸送手段の中で特に大きな音を出しているので評価に 5 dB のペナルティーを課している国もある。低音域の騒音に関する低減策が今後の課題であるとの発表。
- Airport noise management : How efficient are instrument procedure as tool for noise abatement : K. H. Liasjø (Norway) 他。ノールウェーの空港マネ

ージメントの方法についての発表で、成田の NAA のやり方と本質的には違いが無い。飛行経路の分散を小さくするために飛行制限の回廊を設定し、情報公開を積極的にやっているとのこと。

- **Reaction to combined noise sources : The roles of general and special noise sensitivities :** R. F. S. Job (Australia)
他。個別騒音源に関する評価と多数の音源が混在するときの評価の違いをシドニー空港周辺でアンケート調査をし、航空機騒音が他の交通騒音と比較して厳しい評価を受けるが、他の騒音源と分離評価することが難しい。
- **Auditory impact of aircraft noise on civilian populations : Examination of the scientific literature for evidence. :** K. Sixsmith (UK) 他。民間空港、軍用飛行場周辺などで行われた航空機騒音の聴感への影響を文献で調べて整理をし纏めたもので、著者も完全なものではないと言っているが、航空機騒音が直接聴力影響を示している調査結果はないとしている。これは連続暴露でなく間欠音というのがキーワードと判断をしている。
- **Quality assurance and control combined with user-friendliness in aircraft noise calculations. :** H. Olsen (Norway) 他。空港周辺の航空機騒音のデーター処理の煩わしさを解消するために開発されたノールウエーの航空機騒音予測モデルーNORTIM 2.0 の内容紹介で、航空機騒音の測定データー処理の迅速、正確、簡便さと使いやすさを説明したもので INM 4との比較をしている。
- **Source classification of environmental noise using short-term L_{Aeq} and sound arrival direction. :** 大島 (Japan) 他。複合音の中の特殊音の到来方向を決める方法の研究で、エンジンランナップの音と飛

行騒音との分離を図っており、NAA で実用に供されている測定方法の紹介。

- **A review of criteria used to control and assess noise from low flying military jet aircraft :** G. Kerry (UK) 他。英米独の三国で共同で検討をしている低空飛行に関する各国における規制の比較で、各国の評価方法が違う点を上げている。英国は 125 dBA max と高度 250 ft 迄、独は 115 dBA max、高度 300 mまで、on set rate 60 dBA/s、米国は on set rate が 11 dB の補正という。実際の飛行を対象に飛行形態についての比較をして、適合しないものが多いことを示している。今後、判断は annoyance と health で評価する必要があるとしている。
- **The environmental noise impact of light aircraft : A method for comparing different light aircraft types. :** D. Humpheson (UK) 他。初等訓練機である軽飛行機の騒音が問題になるケースが増えているが、飛行方法のコントロールが annoyance を軽減出来ることを示した発表である。最後は騒音の小さい飛行機を選ぶのが大切と結論。
- **Results of a study monitoring noise from low flying military aircraft activity in Mid-Wales. :** M. D. Hayes (UK)。
英国の基地で低空飛行の実態を 51 日間に亘って調査した結果の発表。データは L_{Amax} と、onset rate の測定方法が違う NPL 法、Bschorr 法などデータの取り方をそれぞれの基準に合わせて測定し比較している。onset rate のばらつき、最大値、 L_{max} の分散などの実態を示し、それぞれの測定方法についての検討をした発表。
- **High frequency hearing and military low flying. :** P. D. Weeler (UK) 他。独逸の Ising のデータで若年者の高周波域の聴力が軍用機の低空飛行で低下することが

発表され、300 m という制限になっているが、あらためて子供の聴力障害についての検討をした結果、Ising の言うような聴力障害は見当たらないとの発表で、疑問を投げかけている。

- Sustainable airport development : Investigating psychological and health-related noise effects and potential counter-measure. : J. Vogt (Germany)

他。空港開発の方策について住民との合意が必要なのだが、騒音の心理的影響や健康影響を調べても、今までの研究の結果を見ると分散が大きく明確な基準を出すのが難しい。しかし大体 Leq 50~55 が反応の分岐点になっている。これからは調査の正しい情報提供をすることが一番必要なことと結論している。

- Some recent applications of Active Noise Control. Active Noise Control の session で Dr. G. Leventhal が総合的に上記の題名で発表をした。航空機に関してはいろいろなケースの例示をして現状の研究の紹介をしているが、航空機騒音に関する研究の現状としては、操縦席・客席の機内騒音の制御、個人の耳覆、更に発生源対策としてジェットエンジンのアクチュエーターを用いた ANC の基本的な研究が紹介されただけで、戸外の騒音伝搬に関する ANC には言及していなかった。

○Global Noise Policy

騒音の問題を行政で取り上げる場合に何時も総論と各論のギャップがあることは痛感されているが、世界的に問題の取り扱い方を考えたほうがよいということで設定された Session であろう。環境騒音のゴールとして国際的な基準を考えた方が良いと言う意見と、それぞれの国の事情に任せると言うような意見とまちまちであるが、騒音源によってそれぞの対応するレベルが考えられると言うことで、INCE を代表して W. W. Lang,

EU を代表して B. Ross らが全体的な発表の後、三日間に亘って各国を代表していろいろな現状紹介、提案などが発表された。Dr. Lang は騒音源によっては自治体まかせで対応できるもの、国レベルでの対応が必要なもの、国際的な連携が必要なものなどがあるが、自然環境 (natural quiet) の保護は local, recreation noise は準 local, 工場騒音は local と national が半々、地上交通と国内航空は national、国際航空は global と分類して考えるべきとの説明をした。

EU は作業方針を統一して Noise map を作りあげ、騒音レベルをデータベース化して統一したいと説明していた。

- Announcement of new World Health Organization guidelines on community noise. 1980 年に最初のガイドラインが出されてから数次の検討が行われて 1999.4 月に改定されたので解説を兼ねて発表された。健康に着目した環境騒音のガイドラインの値として明瞭度、ダメージリスク、睡眠影響などを L_{Aeq} と暴露時間、 L_{Amax} 値でいろいろなケースについて示されている。非常に低い値が示されており、行政に関係するものであるから、十分に検討しなければならないものである。

○Military Exercise Noise

この課題は各国でそれに取り組んでいるテーマは違うが、国防の軍事目的で行われる訓練やテストでの過大騒音に関する評価が一つの大きな騒音問題になっている。日本は沖縄の基地分散に関する処理方法として本土への演習地の移転をする上で問題となる砲撃演習時の衝撃騒音の評価をどのようにしたらよいか等が問題となり、防衛施設庁が委員会を作つて研究が行われたが、今回この成果が発表された。これは今まであまり発表の無かった日本政府が金を出してやった研究の取りまとめの発表で、画期的なものと言えよう。軍事演習の衝撃性騒音の評価は日本ばかりで

なくアメリカでも大きな課題になっている。航空機に関しては前述のように低空飛行訓練や、構造物への騒音の影響なども取り上げられるようになっており、これらは民間航空の場合にも適用できる研究成果と判断された。

○その他の Session の発表

- Reaction to noise : The roles of soundscape, enviroscape, and phychscape. R. Job (Australia) 他。新語が出てきて面白ったが、社会反応をもとにした騒音評価には3つのカテゴリーで考えるべきとの提案である。暗騒音との関係、騒音源に付随する騒音以外のもの、心理影響など幅広く取り上げる必要があると、社会調査のサンプルの抽出、インタビューのやり方などを説明。

4. 展示会

毎回展示は盛んになってきているのであるが、内容的には今どのメーカーも次の開発目標をどのように置くかが一番の問題のようで、今回の出品はそれほど目新しいものがあったという気がしなかった。いずれもパソコンを如何に活用するかが主体で、これが今後の計測の主流となるものかもしれないが、計測のセンサーを出品しているところは本当に少なくなってしまっていて、マイクロホンやピックアップの出力の処理方法の競い合いのように見うけられた。出品会社は馴染みのところが多かったが、かつては音響展示はこの会社で持っていると言われた Brüel & Kjær

社も他の会社と比較してずば抜けていた感じはしなくなった。但しこの会社からは日本を出発する前から、会場の別室で製品に関する説明会を開くことを通知しており、なかなかしぶといところを見せていた。日本からは5社ほど出していたが、いずれも健闘していたようである。

5. 終わりに

[閉会式]

今回の **chairman** は二人とも若く、あの位の若さで主役を勤めることが出来るのがアメリカの良いところなのかなと思った。ニューオリンズデキシーバンドジャズが賑やかに演奏されて終了。

次いで来年の INTER NOISE 2000 の組織委員長である **Dr. Vallet** が会場のニースの案内をした。その後はボジョレーの 1998 年物のワインでお別れのパーティーがリバーサイドのレストランで行われ、結構参加者は話が尽きないという感じだった。

今回のインターノイズ 99 の直前に **Active 99** というシンポジウムが同じ会場で開催された。この **Active Noise Control** の会議は 1993 年に東京で行われてから隔年で行われており、今回は 4 回目の会議であった。Proceedings を見ても航空機騒音に関連する目立った発表は無かったように思う。

以上

航空環境を取り巻く話題

航空機騒音と ANC 技術について*

末 永 昌 久**

空港内における航空機からの消音については従来から防音林、防音堤及び防音壁等により音のエネルギーを吸収して消音効果を得る方法（受動騒音制御方式）があるが、これは一般的に直進性の強い高周波音を主として減少させ、回折現象で減少しにくい低周波音の効果はあまり期待できなかった。

しかしながら、最近では、ANC（アクティブ・ノイズ・コントロールの略）技術により、騒音源からの騒音を何らかの手段で打ち消す技術、後ほど詳しく説明しますが、この技術を使って、空港内の航空機の地上エンジン運転音等の消音に利用できないかと昨年来調査研究をしてきた。昨年は民間会社に依頼して、シミュレーションによる消音効果及び実機音収録による調査研究を行った。その結果から推定されたことは、

①実機調査により発生する低周波音の性質は ANC 技術に必要なコヒーレンスという、互いに干渉することができる音波の性質が有ることがわかった。

②フィールド実験により純音及び帯域を制限したランダム音を用いて 3 次元空間にて消音出来ること。

③シミュレーション結果は②項の実験結果と傾向が一致することが確認できたこと。

そして、

* Aircraft Noise and ANC System,
by Masahisa Suenaga (Director, 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
騒音振動部長

④シミュレーション検討により、ANC による消音範囲は 2 次音源、エラーマイクの個数と配置を適切に選ぶことにより広げられること。

これらが確認できた。しかしながら、これらの事項については、ごく基礎的な物理現象の確認であり、実際の航空機による地上騒音の現象を把握するまでには至らなかった。

そもそも ANC の技術は 1936 年、米国の P. Lueg の特許によるものである。しかしながら、当時は音の環境を改善する研究はパイロット的な研究がほとんどであった。基本的には、図に示したように音源の出す音と逆相の音を出して、干渉で音を消すことであるが、実際には騒音が單一周波数成分でないこと、振幅と位相の厳密な調整が必要であること、さらには外部要因としての気象条件に追従して調整する必要があることで、高度な制御技術を必要としている。具体的な制御方式としては、あらかじめ外乱と出力信号との関係を把握し、外乱を検出したら出力信号に偏差が現れる前にあらかじめ定められた訂正動作を行わせる、フィードフォワード制御方式や制御系の出力信号をその入力側に戻すこと、すなわち負帰還によって、制御対象の制御しようとしている量（制御量）と目標としている値（目標値）とを比較して両者を一致させるように訂正動作を行わせる、フィードバック制御方式がある。現在、最も実用化が行われているのが前者のフィードフォワード制御方式である。

地上での航空機騒音の消音実験については、最近までの国内外での航空機の地上騒音

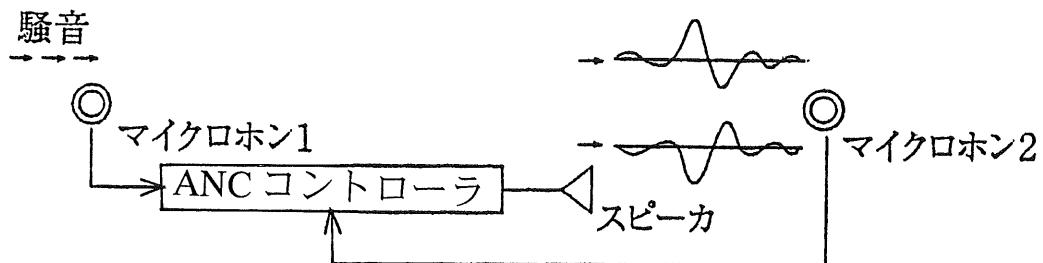


図 代表的な ANC の消音原理

を ANC 技術によって打ち消す実験の事例としては、米国のバージニア工科大学が小型ジェットエンジン (JT 15 D) を用いて、ANC による消音実験を行っている。*

その論文によると、この実験における消音の効果はエンジン後方の約 100 平方メートルについて、周波数は 1/3 オクターブバンド中心周波数で 20 Hz から 315 Hz まで評価しており、消音効果は約 10 dB であった、と発表されている。ここでも、まだ実際の飛行場での航空機騒音の消音ができる技術までには至っていない、と言うのが現状である。

一方、ごく最近デジタル信号処理技術の進歩によって、数年前から ANC の研究は新たな展開をして、各種の研究成果が盛んに現れてくるようになった。

昨年の 12 月、米国のフロリダにおいて ACTIVE 99 なる国際会議が開催された。

最近は世界の音響学会においては音や振動の分野でアクティブコントロール技術を利用する傾向がある。この国際会議においても、開催者はこの分野の状況について、急速に発展している分野であり、非線形システムコントロール、アダプティブ・ストラクチャ、振動制御におけるアドバンスド・センシング・ストラテジー、アクティブ・コントロールにおけるマイクロ・プロセッサーそしてアクティ

ブ・コントロールにおけるセンシティビティの問題の 5 項目が話題になっており、今回の会議においてもこれらの分野で最も多くの論文が提出されたのは“信号処理/アルゴリズム”的応用である。と報告されている。

今後は益々、コンピュータによる信号処理の方法が進んでくるものと思われる。

さて、航空機騒音以外の分野においては ANC の技術はどのように進んでいるかと言えば、工場における空調ダクト、自動車の室内等に実用化が期待されている。又、騒音が高い作業場においては一部では既に ANC ヘッドセットが利用されているのが現状である。

しかしながら、この分野においても、これらの技術は騒音に対して、全ての騒音を防止できるわけではなく、従来の受動騒音制御技術の欠点を補うかたちで開発され、普及していくものと予想されている。

地上における航空機騒音の消音については、将来的には、デジタル信号処理技術等が更に進歩して、このような ANC 技術に応用され、屋外における大規模な実用化が期待されると思われるが、現時点においては ANC 技術での実機の消音効果を期待することは前述したように多くの問題点があり、困難である。

しかしながら、現時点における ANC 技術での実機の消音効果について調査をしておくことは、今後の航空機騒音防止のために必要なことであると思われる所以、今年度において、そのための取りまとめをすることにしている。

* Jerome P. Smith, Vibration and Acoustic Laboratories, Department of Mechanical Engineering, Virginia Polytechnic Institute & State University, Blackburg, Virginia 24061, U.S.A
“Active Control of Low-frequency Broad band Jet Engine Exhaust Noise”

航空環境を取り巻く話題

関西国際空港 2期事業における環境保全対策*

角 浩 美**

1. はじめに

関西国際空港は、増大する航空需要と大阪国際空港の騒音問題に対処するため、大阪湾南東部の泉州沖約 5 km に建設され、24 時間空港として平成 6 年 9 月 4 日に開港した。

我が国の航空輸送を支えるハブ空港としての期待がますます高まっているが、現在の滑走路 1 本の状況では処理能力が年間離着陸回数 16 万回程度しかなく、2003 年頃にはその限界に達するものと予測されていることから(図-1)，現在、2 本目の滑走路(延長 4,000 m) 及び関連施設を建設する 2 期事業が進められている。(図-2)

関西国際空港 2 期事業の実施にあたっては、1 期事業と同様に環境アセスメントの結果等を踏まえ、環境保全対策に万全を期することとしており、以下に 2 期事業の環境保全対策の概要について触ることとする。

2. 騒音・振動・低周波空気振動に係る環境保全対策

(1) 航空機騒音

①騒音の影響の軽減方策

航空機騒音の影響については、環境基準 WECPNL 70 を満足するものと予測しているが(図-3)，泉州地域は環境騒音の低いことに鑑み、沿岸陸域への騒音の影響をできるだけ軽減するよう努める。

- 具体的には、
 - ・新しい出発経路(図-4)において、陸地上空に入る地点の高度は、天候等の条件が悪い場合でも最低 8,000 フィート以上とする。
 - ・深夜及び早朝の時間帯(午後 11 時～午前 6 時)は、大阪湾内の出入りを明石海峡及び紀淡海峡に限定した深夜用の飛行経路を設定し、昼間用の飛行経路との切り替えは、その前後の午後 10 時台及び午前 6 時台に行う。
 - ・大阪府南部の居住地域における騒音値を低減させる運航方式として、南西方向から進入する場合にディレイドフラップ進入方式を導入する。
 - ・航空機の安全で円滑な運航に支障のない範囲で、陸域への影響が低減されるような運用形態となるよう関係機関に要請していく。
 - ・2 期計画においては、将来の大型機も視野に入れ B 滑走路の延長を 4,000 m とし、将来の大型機への対応が可能なエプロン等を配置した計画としており、国際線用のスポットを多く配置する等、スポット計画においても考慮する。
 - ・2 期事業の工事期間中及び B 滑走路供用後

* Environmental Conservation at Kansai International Airport Project Phase II,
by Hiromi Kado (Director, Environmental Surveillance Division Coordination Department,
Kansai International Airport Co., Ltd.)

** 関西国際空港株式会社 調整部環境管理課長

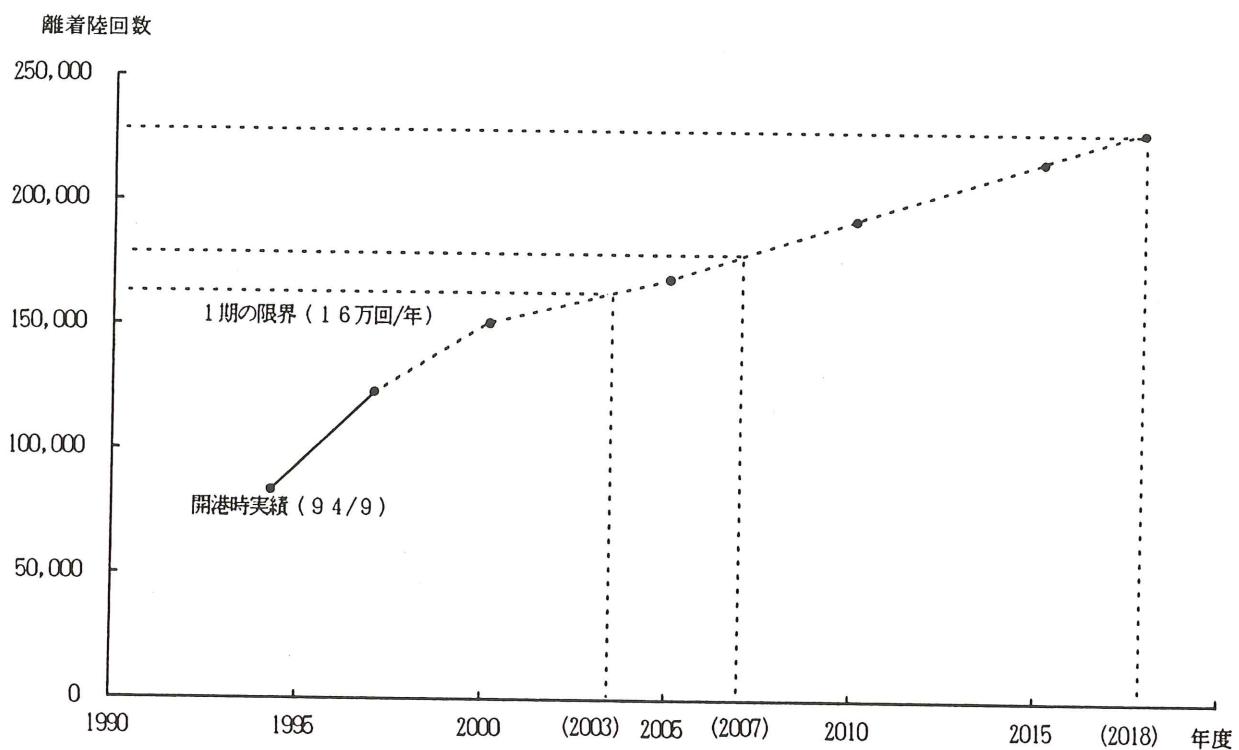


図-1 航空輸送需要に基づく関西国際空港の離着陸回数

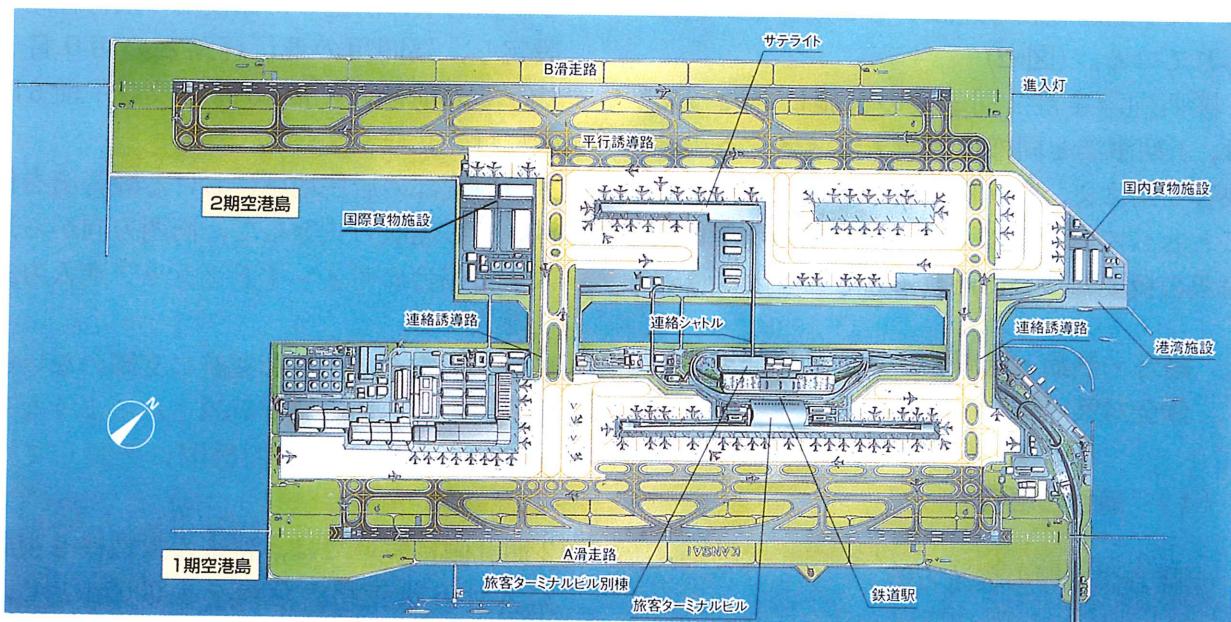


図-2 関西国際空港 2期構想図

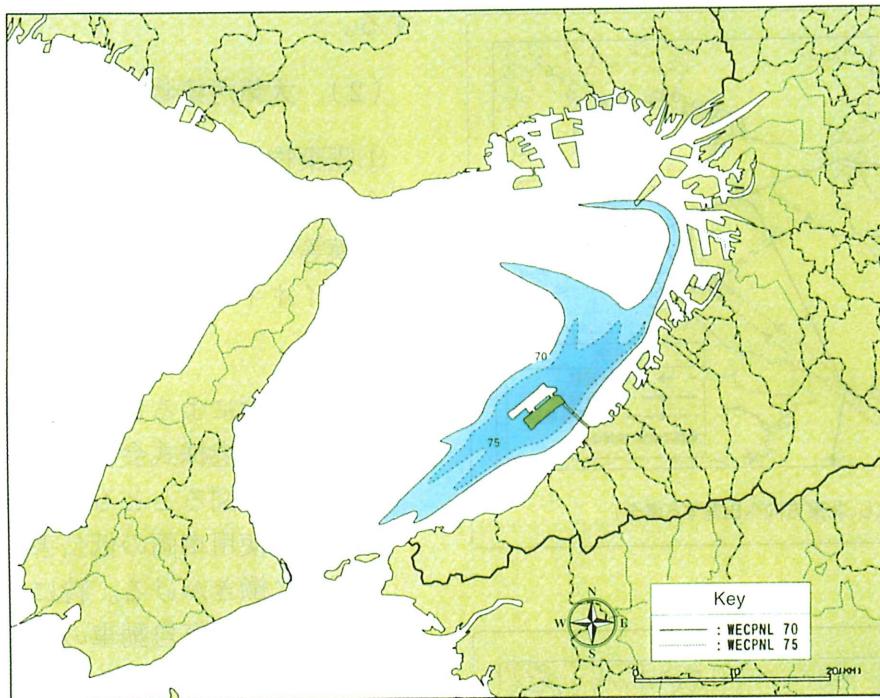


図-3 航空機騒音の予測結果（離着陸回数23万回相当時）

においても継続して環境監視を行う。

②エンジンテスト騒音

夜間におけるエンジンテストに当たっては、これまで実施してきたように時間帯への配慮、テスト機のエンジンの方向についての工夫等騒音軽減の措置について整備関係者に要請するなど周辺の環境に十分配慮する。

(2) その他

①振動及び低周波空気振動については、予測結果からは大部分の地域住民の日常生活への影響は想定されないが、供用後に何らかの影響が生じた場合には、原因の究明を行い必要に応じて関係機関に協議要請する等適切に対処する。

②航空機による低周波空気振動については、今後も引き続き調査を実施することによりデータの集積に努めるとともに、影響についての知見の収集に努める。

③鉄道については、鉄道利用状況等の情報

交換を行うとともに、沿線の生活環境に留意するよう、鉄道事業者への働きかけを行う。

3. 大気汚染に係る環境保全対策

(1) 省エネルギー化等

①より一層の省エネルギー化を図るため、熱供給プラントにおいては、クーリングタワーにより上水を気化させる従来の方式に替え、冷却水に海水を利用する方式を導入する。

23万回相当時において、これにより節約できる電力量、二酸化炭素の排出量の削減効果は、それぞれ20万7千kwh/年、16,560kg-C/年と試算される。

②空港施設の整備においては、設計時に通風、断熱等の先進技術の導入を検討する。

③太陽光発電等の新エネルギー技術についても、今後、空港内の各施設の規模形状が具体化する中で先進技術の導入を前向きに検討

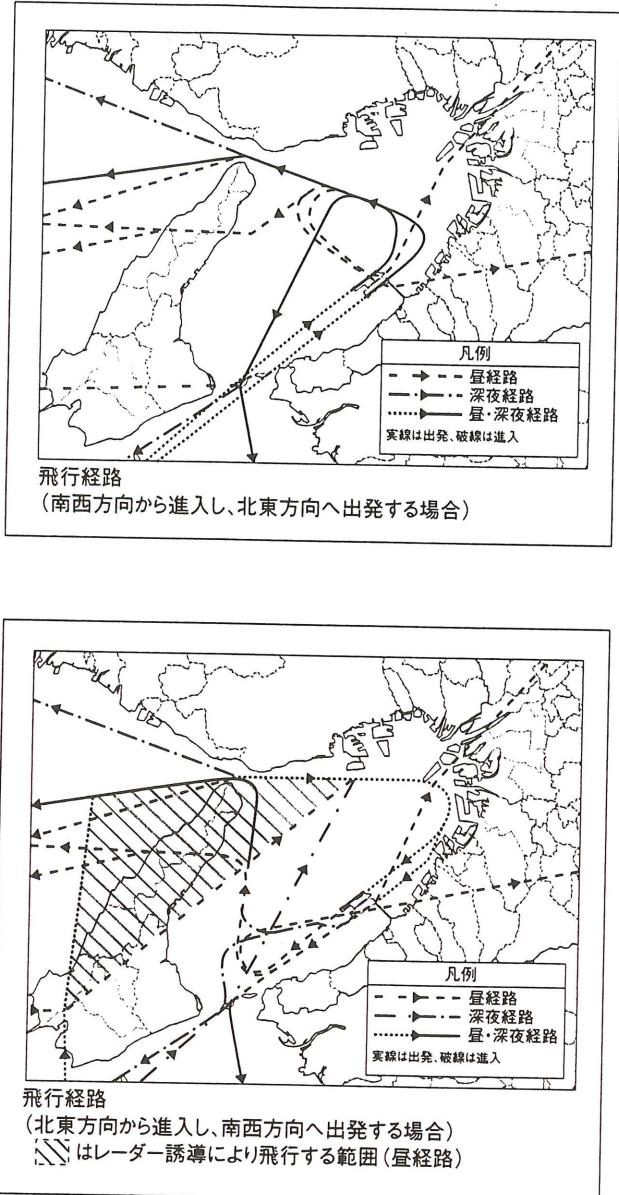


図-5 貨物輸送する電気自動車

する。

(2) 大気汚染物質の排出抑制

①廃棄物処理施設においては、今後、関係法令の動向及び技術進歩等を踏まえ、焼却炉の規模等の設備内容及び運用形態の検討を行い、ダイオキシン等の大気汚染物質の発生抑制を図る。

②空港車両による負荷の低減

- ・関西国際空港株式会社が率先して低公害車等の導入を図るとともに、空港関連事業者に対して使用車両の低公害車等への転換を積極的に働きかける。特に、島内作業車両については電気自動車の使用の拡大を要請する。(図-5)併せて、島内事業者に対しては、貨物車両の積載効率の向上についても要請する。
- ・CNG スタンド等の基盤整備について、関係機関と協議を行いながら、詳細な施設配置計画の検討の中で十分に配慮していくとともに、低公害車利用車に対する優遇措置についても検討を行う。
- ・鉄道やリムジンバス等の公共交通機関の利用が促進されるよう、これらの事業主体に要請するとともに、空港ターミナルについても利便性の高い施設整備に努める。
- ・空港島内におけるアイドリング停止のための啓発に努めるとともに、実態調査に努め、アイドリング停止の徹底が図られるよう対策を講ずる。

③航空機のタキシング経路の最適化等

- ・航空機のタキシング経路の最適化などにより大気汚染物質排出量の抑制が図られるよう、関係機関において滑走路、エプロンの使用方法等、運航計画への配慮を要請する。
- ・2期空港島においても、1期空港島と同様に地上電源の整備を推進し、さらに、その利用について関連事業者に要請するととも

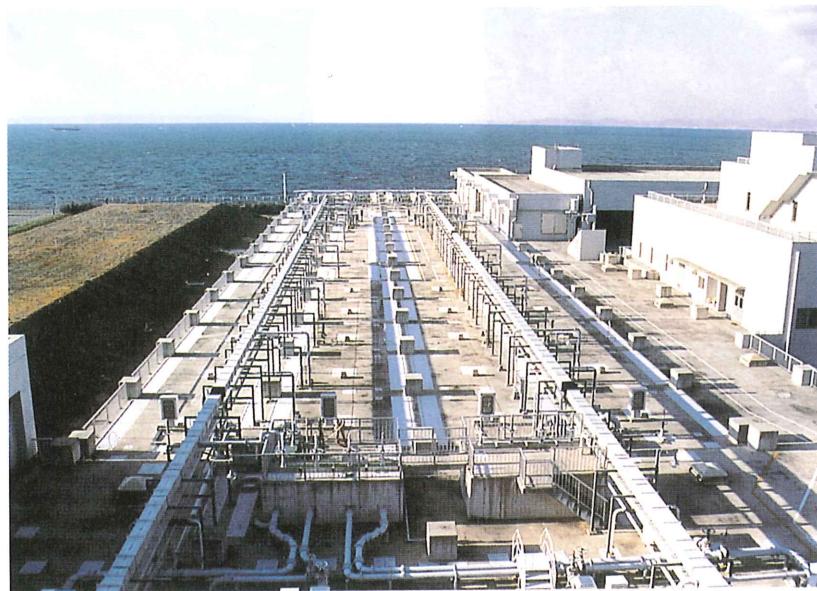


図-6 処理センター（1期空港島内）

に、利用促進方策を検討する。

- ・航空機からの大気汚染物質の排出規制の強化について、必要に応じて ICAO の構成員である運輸省に対して働きかけを行う。

④タンカーからの大気汚染物質排出量を削減するため、タンカーの運航会社などの関係者に対して、燃料の良質化などの取り組みを要請するとともに、その実態把握に努める。

4. 水質汚濁に係る環境保全対策

(1) 排出負荷量の削減、用水利用の合理化

①各施設で使用する上水については節水に努める。なお、熱供給プラントにおいては、冷却水に海水を利用する方式を導入することにより、上水使用量は 23 万回相当時において 45 万 m³/年程度節約できることとなる。

②空港施設からの排水は、1 期事業と同様に、現状程度以上の良好な水質となるよう高度処理を行ったうえ COD 等の常時監視を行い放流するとともに、さらに中水利用を促進

する。（図-6）

(2) 内部水面の水質保全

1 期空港島と 2 期空港島との間に生じる内部水面においては、連絡誘導路下に管路を設置して外海との十分な通水を確保するとともに、水質等の状況を適切に把握し、必要に応じ、自然浄化力の向上、底質の改善、上下層水の混合等の適切な措置を講じる。

(3) 雨水排水対策

雨水排水対策については、1 期空港島と同様に、集水柵に泥溜を設けることとするが、設計に際しては、1 期空港島の実績を基に、適切な容量等の構造とする等、空港島から流出する負荷量を極力削減するように努める。

(4) 工事中の濁りの影響の軽減

①空港用地の造成に当たっては、周辺海域に及ぼす濁りの影響を軽減するため、所要の護岸を概成したのち埋立を行う。

②工事の実施に当たっては、周辺海域で濁りの環境監視を実施し、濁りの拡散状況に応



図-7 空港島護岸に生息するアイナメ

じた施工調整等、きめ細かい施工管理を行う。

また、丁寧に敷砂を施工する等の施工上の工夫に加え、工事工程上の早い時期に汚濁防止膜を工事区域のほぼ全周に展張する。護岸概成後の埋立工事段階には護岸開口部に汚濁防止膜を展張するなど、濁りの拡散を軽減するよう万全の措置を図る。

5. 海域生物に係る環境保全対策

① 2期空港島護岸の全外周 11.6 km（内部水面を除く）のうち、10.6 km に緩傾斜石積護岸を採用する。近年、減少している大阪湾全体の藻場の新たな創造に寄与し、一層の海域生物の生息環境の創出とともに、生物の多様性の確保を図る。（図-7）

②生物量（湿重量）の増減の試算の結果、動物については、海域の消失等により減少する底生生物及び磯浜生物の生物量（約 70 トン）を上回る磯浜生物（約 140 トン）が、植物については、内部水面となる 1 期空港島北西側護岸における減少量（約 120 トン）を上回る海草類（約 360 トン）が、それぞれ 2 期空港島護岸に新たに出現することが期待される。

③ 1 期空港島護岸の藻場の生育・分布状況



図-8 淡路・三原 SHF テレビ中継放送局

及び魚介類の生息状況を踏まえ、幼稚仔保育機能の高いホンダワラ類や藻食性動物の餌となる海中林で構成される良好な藻場を造成するため、人工的な種苗移植や着底基盤の造成の手法等について調査研究を行い、その成果を基に藻場の育成と維持に努めるとともに、藻場造成の効果及び護岸周辺の生態系を適切な方法で調査・把握する。

6. 陸生動物（鳥類）に係る環境保全対策

（1）バードストライクの防止

今後も鳥類の飛来・生息状況の実態調査を行い、国内、国外の実態調査結果等を参考にしながら、バードストライクの要因及び鳥類の生態等を踏まえ、2期運用後もより効果的な対策を検討する。

（2）鳥類の実態調査の実施

これまで実施してきた調査内容を踏まえつつ、建設工事期間中から 2 期運用最大時までの間、定期的に実態調査を実施する。

7. 自然景観に係る環境保全対策

(1) 緑化の推進

1期空港島における緑化の経験を活かしつつ、空港の管理・運営上影響を及ぼさない範囲で内部水面の護岸敷き等において、景観にも配慮しつつ、親水空間の整備と合わせた緑化を推進する。

(2) 建築施設の色彩、形状

今後、施設の詳細計画策定の中で1期空港島内施設との調和に十分配慮する。

(3) 親水空間の整備

内部水面の護岸周辺については、空港を利用する人々がターミナルビル等からアプローチでき、水辺に親しむことができるよう、親水空間の適切な配置を図ることとする。

8. テレビジョン電波に係る環境保全対策

(1) テレビジョン電波受信障害対策

航空機の運航によりフラッター障害が発生すると予測される地区については、適宜実態調査を行ったうえ、必要に応じ、地域の実情を踏まえたテレビジョン電波受信障害対策を実施する。(図-8)

9. 廃棄物に係る環境保全対策

(1) 廃棄物の減量化・再資源化の推進

①空港島内で発生する一般廃棄物については、分別収集を徹底するとともに、可燃ゴミについては廃棄物焼却施設にて全量消却し、最終処分量の減量に努める。また、分別種別の細分化やリサイクルの推進について関係機関とも協議し、対策を進める。



図-9 航空機騒音常時観測局



図-10 水質の監視調査

②航空機から排出される航空機取卸しゴミの分別収集の試験運用を継続し、その結果とともに税関との協議を行った上で、他の航空会社にも協力を求め分別収集の拡大に努める。

(2) 空港島内で発生する産業廃棄物

島内の排出事業者を対象に、廃棄物の処理についての講習会等を開催するなどにより、産業廃棄物の適正な処理に加え、具体的な発生抑制・再資源化を推進するよう要請するとともに、その実態の把握に努める。

(3) 建設発生土等の活用

①関西国際空港における建設工事で発生する建設副産物については、再資源化に努め、可能な限り用地造成の埋立用材等として利用する。

②関西国際空港以外から発生する建設発生土については、搬入方法、造成工程に支障がなく発生量及び土質性状等をはじめとする諸条件が整い、環境上の問題がなければ空港用地造成の埋立用材として受け入れる。今後とも、継続的に建設発生土に関する情報収集及び発生者側との協議調整を積極的に進め、可能な限り多くの建設発生土を受け入れる。

10. 環境監視の実施

関西国際空港の環境監視は、関西国際空港株式会社法の制定時における国会決議、1期時の公有水面埋立法に基づく環境庁長官意見などでその実施が求められており、大阪府及び泉州9市4町から構成される関西国際空港環境監視機構の指導・助言を踏まえ、1期事業から当社により自主的に行われてきている。

2期事業においても、平成11年6月に環境監視機構の指導・助言を踏まえて策定した「関西国際空港2期事業の実施に伴う環境監視計画」に基づき、騒音（航空機騒音を含む）、交通量、大気質・気象、水質（特に埋立に伴う海水の濁り）、底質、海域水象、海域生物、陸生動物（鳥類）について監視調査を実施し（図-9、図-10）、建設工事等の環境への影響を把握するとともに、必要に応じて適切な環境保全上の措置を講じることとしている。

11. おわりに

これらの環境への負荷の低減と環境の創造に関する諸対策（1期空港島も含めて）を計画的に推進するため、環境管理に関する計画を策定することとしている。

計画の策定においては、関係行政機関等の意見、島内事業者の協力も得ながら、2期事業に係る環境影響評価を踏まえ、空港の事業活動を点検するとともに、これまでの環境保全に対する取り組みを見直しながら、さらなる目標に向かって具体的な方策を検討していきたい。

このように、2期事業の推進にあたっては、環境保全・環境管理という視点に立ちながら、空港が単なる空の玄関口としてだけでなく、人々が集い賑わいのある場所として地域の中で発展・成長していくために、今後とも努力と工夫を積み重ねていきたい。

エッセイ

燃料節約*

川 田 和 良**

昨年11月末、久しぶりに海外出張した。行先はロンドンである。成田からの搭乗機はB 747-400型機、数週間前に予約した時の係員の口調ではかなり余席がありそうだったので、エコノミー席の窓側を予約してある。空いているなら、長時間の飛行は窓際がよい。私自身はあまりトイレに立つ方ではないし、机を出して仕事が出来て、それに寝ている時に隣りの客に起こされる心配もない。

「やれやれ、これでロンドンまで、のんびり出来る。私の座る44 Aは？」と、ファースト、ビジネスの客室を通り抜けて機体後部の客室へ入った途端、異様な錯覚に見舞われた。一瞬、満杯の大きな“牛舎”に迷い込んだのかと思ったのである。

人間を牛にたとえるのはえらく失礼な、と思われるかもしれないが他意はない。その巨大きさを表現したかったまでのことで、エコノミーの客室は、いずれもまるまる太った英国人老夫婦の団体客で一杯であった。私が通路に入った瞬間、皆の目が私に注がれる、「もう一杯だよ！ どこに座るの？」と言わんばかりで、これも牛舎に入った飼育人みたいな気分にさせられる。

もう少し、別の表現をすると、中身のたつ

ぶりした羽二重餅の菓子折を開いたみたいで、中仕切りの中に収まっているべき一個一個の餅が、仕切りを越えて隣りの席に溢れんばかりの状況であって、44 Aの席は“かすかな隙間”でしかない。“隙間”的隣りの老夫婦は遠慮深いタイプで、お互いに気を使うのだが、何せ前後の座席間隔は国内線より狭いし、ロンドン迄の13時間はまさに“生き地獄”であった。

ところが4、5時間経過すると、尻も腰もしびれて感覚がなくなり、奇妙なことに苦しくなってしまったのである。「心頭滅却すれば火もまた涼し」と言うところであろうか。

少し諦めがついて座席の周囲を見回すと、一席一席に小型テレビと、それをコントロールするリモコンの小道具がついている。食事も、エコノミーなのに結構な保温用の器に入れられて出てくる。

ファーストクラスのシートに至っては、より高度のテレビとそのゲームセットに加えてリクライニングまで総て電動方式になっている。むろん食事は、幾種類もの有名酒ボトル揃いで、豪華な食器であるまわれる。

昭和48年の第一次石油ショックの時、街の中のネオンは消され、航空会社も暴騰した航空燃料の節約に四苦八苦したものであった。

当時の航空会社の経費構成は、燃料費が全体の25%程度であり、利益は1%から2%であったと思う。要するに燃料費をその5%分だけ節約できれば、それだけで会社は“浮

* Fuel Saving,

by Kazuyoshi Kawada (Special Assistant to Director General, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター審議役

く”ことになるのである。

会社の技術部門は、エンジンの出力を減らして飛べるように、重心位置の調整とか、機体表面を磨き上げるとかの他に、飛行重量の削減に必死になった。

機内の食器は重い金属や瀬戸物から、軽量の合成樹脂に変えられたり、確かに毛布等も軽量化されたと思う。要は、爪の垢まで搔き取って捨てたのである。

結果として、燃料費は5%節約出来た。

しかし、この数年の競争激化により、低運賃なのに客寄せのためのサービス向上を迫られた結果、再び機体重量の肥大化になっているのであるが、ロンドンまでの消費燃料は重量の肥大化分だけ増加する。そもそも13時間も飛ぶと、100キロの重量増に対して40キロの燃料を余計に消費するので、客室の贅沢化による重量増は確実に消費燃料増を意味する。B747-400一機分で、その重量増はおそらく1000キロ下るまいから、消費燃料増も同様に400キロ以上である。一機分の消費量が110トン位だから、全体からみれば微々たるものではあるが、爪の垢を搔いて捨てる程の「初心」は何処へ行ったのだろうか。

我々、公害対策関係のものから言えば、燃料無駄遣いの最たるもののはボジョレヌーボー

運びの貨物機である。葡萄酒の1瓶の重さのうち、中身分は60%だけ、それもフランスでは飲み水程度に使われる価値のものだから、時間を惜しんでたった数十トンの葡萄酒のために貴重なケロシン110トンを消費することには頷きかねる。

解禁日を厳守してのお祭りをしたいからであろうが、それなら所要日数を見積もって船便で送ればよい。

多分、「航空貨物運賃が安いから」という説明があるのであろうが、それなら運賃が不当に安すぎるるのである。

話を前半に戻して、羽二重餅の隙間に押し込まれた恨みを繰り返すと、「運賃を安くするからと言って、そんなに詰め込まなくたっていいじゃないか。」と言いたい。食事だって駅弁程度で重量の軽い、安いものでよい。テレビなんて家で見飽きているからつけなくてよい、その分だけを座席の容量拡大に振り向けてはどうかと思う。

これも多分、「だったらビジネスかファーストもありますよ」と切り返されそうだが、私の持論は、「今の航空運賃は、その価値以上に安くなり過ぎている。」ところにあって、それにはまだまだ紙面が足りないので、説明を別の機会に割愛したい。

エッセイ

ふくろうの羽音*

佐 藤 淳 造**

ベトナム戦争が長引いて人々がすっかり戦争に嫌気を感じ始めていた1960年代後半に、米軍は音のしない忍者飛行機の開発を試みていた。今ならば、忍者飛行機と云えば、レーダーに映らないステルス飛行機であろうが、この時代は装備の乏しいベトコン相手なので、音が問題にされていた。ジャングルに隠れるベトコンを上空からヘリコプタで偵察・攻撃していた米軍は、音の大きなヘリコプタの接近に気付いたベトコンがジャングルの地下に掘ったトンネルに隠れ、隙をうかがっては小火器で攻撃をかけ、またすばやく地下に隠れるという作戦をとるのに手を焼いた末、裏をかいて密かに上空から近づき相手の動きを探ろうと言う“名案”に達したようだ。

たまたま、サンフランシスコ近郊にあるNASAのAmes研究所に隣接した米海軍Moffett Field基地で試験飛行をするこの忍者飛行機を盗み見る機会があった。スイス製の2人乗りグライダーに、自動車用の消音器をつけたエンジン（記憶は定かではないが、確かエンジン本体も自動車用でマツダのロータリーエンジン）を乗せ、木製の直径の大きな2枚羽根プロペラを比較的低回転数で回すこの試作機は、飛行場の外に出るときはいつも音の大きなヘリコプターのお供を従えて飛び、飛行場の近くの住人にその秘密兵器である低音性を知られないように気遣っていたものであった。その後、この飛行機はベトナム

戦線に運ばれて実戦で効果を試されたとのことであったが、やはりベトコンの小銃の餌食になってしまったので、開発は沙汰止みとなったと聞く。

このような飛行機開発の必要性が多分その動機であったと思われるのだが、忍者飛行機の試作に前後してNASAのAmes研究所では、飛行機の空力騒音の研究が研究者の間で流行った。その時には既に退官して民間の研究請負会社の一員であった、元Ames研究所長のAllen博士もその一人であった。

山は多いが深い森の少ない日本では、あまり民話などでもふくろうについて語られることは少ないとと思うが、森の中で暮らすヨーロッパの人たちの間では子供でも良く知る常識に、ふくろうは夜の闇の中を音を立てずに飛び回ってネズミ等の獲物を捕るという事実があるらしい。童話や民話に出てくるふくろうは、闇の中から静かに襲いかかるのが常であると云う。ふくろうに見習えば、音を立てずに飛び回れる飛行機が作れるかも知れない。Allen博士は流体力学の専門家であったので、ふくろうを追い回すことから始めたわけではないのだが、ふくろうの羽根に見られる小さな出っ張りと同じ働きをすると思われる仕掛けを考案した。

物体の表面に沿って流れる流体には、乱れの少ない層流と不規則に流速が変動する乱流が区別されることは良く知られている。流体による摩擦抵抗は、層流中に比べ乱流ではなくと大きな値を示すので、飛行機の表面でもなるだけ流れを層流に保ちたい。しかし、層流には困った性質がある。下流にゆくほど流速が速くなる加速流域では問題が少ないので

* Aeroacoustics of Crows, by Junzo Sato (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

が、流速が下流で遅くなる減速流域になると、層流の流れは物体の表面に沿って流れるることをやめて、表面から剥離してしまうというものである。いったん剥離した流れは、多くの場合、すぐに乱流に遷移して、再び物体表面に沿った流れとなる。この剥離流の再付着がうまくいかないときには、下流には大きな乱れを伴う抵抗の大きな流れが見られるようになり、飛行機などでこのような部分が生じると、著しく性能を損なう原因になる。流れの再付着が旨くいった場合には、剥離点から再付着点の間に物体表面に沿った層流剥離泡と呼ばれる逆流を伴う領域が観測される。普通の軽飛行機などの小型機では、主翼の上に見られる層流剥離泡は、流れ方向の長さが数ミリメートルほどの小さなもので、速度が速くなるほど、あるいは機体が大型になるほどさらに小さくなる。この小さな剥離泡の中を観察すると、流れが物体表面から剥離した直後は、まだ流速に時間変動の見られないきれいな層流であるが、じきに特定の振動数を持った流速変動が観測されるようになり、さらに下流になると変動が不規則になって乱流に遷移する。この観測される特定の振動数を持った変動は、剥離した剪断流の持つ固有の不安定に基づく規則的な振動で、まるで発信器の出力のように綺麗に揃った振動を示し、これが源となって音を出す。ベトコンの裏をかき損ねた忍者飛行機では、音として最も大きなエンジン音とプロペラ音を消すことに努力が注がれたが、主翼の羽音までには手が及ばなかつたので、これがもとでベトコンを欺くことに失敗したのであったかは定かでないが、ふくろうが羽音を消して獲物取りに成功している理由は、この層流剥離泡の出す空力音を消す技を身につけているからであるという。

剥離剪断流の不安定による変動があらわになるには、流れが層流のままで剥離することが前提として必要である。もしも、剥離をする前に強制的にでも流れを乱流に遷移させてしまうと、乱流の中には層流剥離泡は生じないために、それにもとづく空力音も生じない。ふくろうは、どのようにして知ったのか

は不明であるが、翼の上で層流剥離泡の出来る部分より前の部分で、羽根毛の一部を立てて、これにより翼に沿った空気の流れを強制的に乱して、乱流への遷移を早めることにより剥離泡の発生を押さえ、羽根音を消すことに成功している。NASA の Allen 博士の serration と名付けた仕掛けは、飛行機主翼の前縁付近に、ふくろうに見習って小さな突起物を並べて取り付けるもので、これによる擾乱により層流から乱流への遷移を促進して層流剥離泡の発生を押さえ、風洞中の翼型模型の発する空力騒音を減らして見せた。

剥離剪断流の不安定理論を頼りに、層流剥離泡が出る空力音の振動数を調べると、ふくろうの飛行速度と翼の大きさではおよそ数百 Hz 程度、小型の飛行機の主翼となると数千 Hz、さらに大型・高速の飛行機では超音波の領域に相当する振動数が対応している。昨今問題とされている飛行機の騒音のうちで、この原理による発音は必ずしも重要ではないかも知れないが、ふくろうが他の鳥よりも静かに飛んでみせると云う事実に流体力学的な説明が出来るあたり、自然界の不思議に感動を覚えずにいられない。

ふくろうは、自分でもっと静かに飛びたいと念じていたのであろうか。その願いが何世代も続ければ、ついには理にかなう仕掛けが手にはいるのであろうか。仮に「静かに」という意志があったとして、自分でもいろいろと工夫を試してきたのであろうか。たまたま何かの巡り合わせで静かに飛べた個体が、他よりもたくさん獲物にありつくことが出来て、これが何代も重なって特技として残ったと言うのが進化論の使う普通の説明であろうが、どうしてふくろうだけが静かに飛ぶ技を持ち合わせているのであろうか。獲物は他の鳥達も、みんな欲しい筈なのに。

我々の場合は「静かに飛びたい」と念じてさえいれば、いつの日にか音のしない飛行機を手に出来ると云うわけにはいかないのだが、「少しでも音を小さくしたい」と思うことが、やはり静かな飛行機を作る物事の始まりではある。

エッセイ

空港環境と都市デザイン*

金子 哲也**

現代の都市に空港が重要な役割を持っていることは疑いないが、我が国の都市デザインではまだ、「必要だが厄介なお荷物」として位置づけられているように思うのはひが目だろうか。

パソコンゲーム「Sim City」が登場したのはもう10年も前。以来改良を重ねて、よりリアルになったが基本コンセプトは同じ。自分が市長になって町をデザインし、大都市に育ててゆくゲームだが、さすがにアメリカで生まれたゲームだけあって、空港立地が一貫して都市繁栄の重要な位置を占めている。ここでは空港は都市基盤の一つなのである。それでは、と翻って我が国の現状をみると、まだまだ多くの空港が、近隣都市に十分活用され、都市生活や都市空間に十分馴染んでいるようには見えないのである。

空港の活性化について考えるとき、思い浮かぶのはインターネットの情報網である。インターネットによって、身近なコンピューターから遠く離れた地のローカルな情報も比較的容易に入手できるようになった。世界中の主要コンピュータが情報交換できるネットワークは、生物進化になぞらえればまだクラゲの神経網レベルにすぎない。全体を制御する情報処理の中核を持たないからである。しかしこの先世界が着実に意志決定の統合化に向

かうであろう、その下地ができた、と言える。他方、物流の世界ではどうか。瞬時にデータを伝えるのがインターネットなら、人・物を短時間で長距離移動させる手段は目下、航空機以外にない。ところがその流れを見る限り、違いは歴然である。インターネットでは各中継点にあたるサーバーから各利用者のパソコンへの「乗り継ぎ」は殆ど意識されないのに対して、我が国の航空機利用ではまだ「ドア・トゥ・ドア」の気軽さが無い。このギャップを埋めるのが自家用車の利用ということになる。空港駐車場の利便性が求められるのはこうした理由だろう。近隣都市、住宅地域へのアクセス環境が悪ければ利用者が延びないのは当然といえる。自動車排ガスの問題を考えれば、多方面へ延びた公共交通網の充実が最良の策だろう。しかしそれでも人と物を同時に運ぶには、自家用車に近い利便性をもったデリバリーシステムが必要だ。郊外型空港が増えるに従って、こうした「アクセス環境」への要求はますます大きくなるに違いない。

空港が都市や周辺環境との調和を獲得し、維持してゆくには、やはり長期のグランドデザインが必要である。広大なアメリカや平野部の広い英、仏、独などの空港・都市デザインはそのままでは、山地が多く平地の人口密度が高い我が国にはなじまない。都市そのものが、城郭都市から出発したヨーロッパと、その多くが城「下」の市を中心としていた我が国のとでは、基盤概念を異にしている、とさえ思う。我が国では山河の野生を間近に背

* Environmental Design for The City Airports,
by Tetsuya Kaneko (AERC, Environmental
Health Div./Dpt. Environmental Health, Kyorin
University)

** 杏林大学 保健学部環境保健学・教授（航空環境研究センター環境保健部長兼務）

負い、自然と居住地との明確な境界を持たずには発達してきた都市が多いのではないか。

空港は巨大な人工構築物を伴う、広大な地域開発事業である。空港を核にした都市計画、そこに暮らす人々を想定した周辺都市の総合的なデザインがなければ、つぎはぎだらけの、矛盾した都市空間が出現しかねない。

いうまでもなく都市は単なる機能を持った構造体、「マシン」ではない。人間の集う場所でもある。そこに暮らす人々の生活が快適でなければ、生きた都市とはいえないだろう。世界保健機構（WHO）が提唱する「健康都市」とは、住人の健康の維持増進が図れるような環境の都市である。当然ながら、空港を持った都市は「健康都市」でもなければならない。人々の健康を客観的に評価する手段は、すでに相当程度、確立していると言つてよいだろう。だが、すぐさま「死」に結びつくような状況ではなく、環境汚染やストレスのような、健康への慢性的な影響が課題となつた現代が求める、主観的な「快適さ」の指標には、定かなものが未だない。とはいへ、人々が何をもって「快適環境」とするか、は難しい問題である。数年前、東京都が中心となって、環境汚染や身近な自然に関する個々のデータから総合的な評価指標を作る試みをした。都内全域をメッシュに区切つてその指標でランク付けしたが、それがその後どのように都市計画に役立てられているかは聞こえてこない。

音環境の分野では、従来からの騒音問題が「アノイアンス（迷惑）」を対象にしてきたのに対し、ここ10年程、その対局にある「アメニティ（快適）」への取り組みが行われている。当環境保健部でも以前から、騒音問題を含め、さまざまな住環境条件に対する人々の主観的な評価を解析してきた。都心部から地方都市まで、数千のデータをもとに見てみると、住民は6つ因子で、自分の町を評価していることがわかった。ここで詳しくは書け

ないが、「住み易さ－住み難さ」の総合評価に対する関連の深さは、「都市空間」「住居環境」「騒音」の3者が上位を占めた。空港周辺の緑地化、住居の防音工事、航空機騒音対策など、当協会の事業がこれに当たっているのは決して偶然ではない。人々のニーズが高い分野に力を注いだ結果がこうした方向性を生み出したのだと思う。今後、周辺環境の改善によって、更なる「アメニティ」向上に寄与するとすれば、すでに述べた利便性や安全性の向上か、自然環境の回復・保全が重要課題となるのではなかろうか。

自然環境に関して言えば、空港の特性を生かす方策がないではない。現在の技術では、周辺部における一定レベルの騒音条件は動かしがたい。しかし目を転ずれば、空港周辺は緑地や水系の自然環境が保全しやすい条件にある。森林公園化は騒音、大気汚染対策になるとともに、防災上の意味も大きい。森林の育成はまた、水環境の保全にも役立つことは周知の事実である。水環境の保全は空港の水利用・水処理、海上立地等の問題と絡んで、今後の重要な課題になると思われる。

地域の文化もまた、アメニティ向上における重要な一要素である。昨年2月、穴守稻荷神社の赤鳥居が移設されたが、なぜ鳥居が長い間、旧駐車場の位置にあったのか、その由来と場所の意味など、由来を知る者は少ない。大田区では現在、東京国際空港を中心とした沿岸部の総合都市計画を練っていると聞くが、是非こうした地域の歴史や文化を大切にしたプランであってほしい、と願っている。

空港の活性化と周辺環境との調和は、空港環境における表裏一体の課題である。今、多くの地で、空港という巨大な人工構造物が、利便性向上の要求と、自然環境の後退で生じた人々の自然回帰の狭間にあって、どのような併せて、どのように振る舞うべきか、を問われているように見える。ことはゲームのように、簡単にはゆかないのである。

活動報告

研究センターの動き*

平成 11 年 1 月から 12 月までの間、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

(1) 「航空機騒音及び飛行経路実態調査」

航空局等から委託を受けて実施した航空機騒音及び飛行経路実態調査は、次の空港について実施した。

那覇空港（飛行経路実態調査のみ）

福岡空港

東京国際空港

函館空港

大阪国際空港

(2) 「航空機騒音予測センター図の作成」

将来計画としての空港建設及び運行方式の変更等のためのアセスメントの一環として、地方自治体及びコンサルタント会社等から委託を受けて、次の空港についてセンター図を作成した。

奥尻空港

新千歳空港

福岡空港

庄内空港

八丈島空港

新東京国際空港

(3) その他の調査

(ア) 「空港周辺における航空機騒音影響範囲予測調査」

(イ) 「航空機騒音基礎調査」

(ウ) 「東京国際空港航空機騒音測定記録

集計業務

- (エ) 「東京国際空港沖合展開完了後の騒音監視システムプログラム基礎調査」
- (オ) 「テレビ電波受信障害対策調査」
（鹿児島空港）

●大気環境部

- (1) 「大阪国際空港周辺大気汚染調査」
- (2) 「大阪国際空港周辺大気汚染測定結果の取りまとめ調査」

●環境保健部

- (1) 「空港周辺住民健康調査」

2. 自主研究（調査）

●騒音振動部

- (1) 「航空機騒音予測精度の検討」
- (2) 「空港における航空機騒音低減技術の調査」
- (3) 「航空機の側方過剰減衰の研究」
- (4) 「航空環境の保全に関する動向調査」

●大気環境部

- (1) 「航空機排出物質低減に関する研究調査」
- (2) 「航空環境の保全に関する動向調査」

●環境保健部

- (1) 「空港環境と健康に関する疫学的調査」
- (2) 「航空機による睡眠に及ぼす影響」
- (3) 「低騒音レベル変動に伴う住民意識の動向調査」

3. 研究発表

●騒音振動部

- 「The Phase 3 results of JCAB model for Hybrid Airport」吉岡主任研究員、永里副

* Annual Activities of Aviation Environment Research Center

主任研究員, ICAO CAEP WG2 TASK MODEL1 3rd meeting (平成 11 年 5 月 米国 アトランタ)

●大気環境部

「航空機ジェットエンジン排出物の実測とその測定結果」鈴木大気環境部長, 柴田部長代理, 水島, 橋本副主任研究員, 日本化学会 (平成 11 年 3 月 横浜)

4. その他

- (1) 航空機騒音委員会を開催 時田所長, 川田審議役, 末永騒音振動部長他 (平成 11 年 1 月 東京)
- (2) 航空環境研究センターの機関誌 「航空環境研究第 3 号」を発刊 (平成 11 年 3 月)
- (3) 大気環境委員会を開催 時田所長, 川田審議役, 鈴木大気環境部長, 柴田部長代理他 (平成 11 年 3 月)
- (4) ICAO 航空環境保全委員会タスクグループ会議に出席 騒音振動部吉岡主任研究員, 永里副主任研究員 (平成 11 年 5 月米国 アトランタ)
- (5) 日本化学会に参加 鈴木大気環境部長, 橋本副主任研究員 (平成 11 年 6 月 東京)
- (6) ICAO 航空環境保全委員会スタアリンググループ会議に出席 大気環境部橋本副主任研究員 (平成 11 年 6 月 スペイン マドリード)
- (7) 日本音響学会サマーセミナーに参加 末永騒音振動部長, 菅原研究員 (平成 11 年 7 月 長野)
- (8) 大気環境委員会を開催 時田所長, 川田審議役, 鈴木大気環境部長, 柴田部長代理他 (平成 11 年 7 月 東京)
- (9) 日本分析化学会に参加 大気環境部橋本副主任研究員 (平成 11 年 9 月 神戸)
- (10) 日本音響学会 "99 秋季研究発表会に

参加 時田所長 (平成 11 年 9 月 松江)

- (11) The ,3rd International, Conference on Nutrition and Aging 栄養と加齢に関する国際会議への参加 環境保健部後藤副主任研究員
- (12) 日本騒音制御工学会に参加 時田所長, 末永騒音振動部長, 吉岡主任研究員, 菅原研究員 (平成 11 年 9 月 東京)
- (13) 痘学研究会に参加 環境保健部後藤副主任研究員 (平成 11 年 9 月 東京)
- (14) 時田航空環境研究センター所長, 日本航空協会より「航空功績賞」を受賞する(平成 11 年 9 月 東京) [写真]
- (15) 航空機騒音委員会を開催 時田所長, 川田審議役, 末永騒音振動部長他 (平成 11 年 10 月 東京)
- (16) 当協会主催「空港環境対策担当者研修会」に講師として出席 時田所長, 伊藤顧問, 末永騒音振動部長, 鈴木大気環境部長, 金子環境保健部長, 柴田部長代理, 吉岡主任研究員 (平成 11 年 10 月 東京)
- (17) 痘学研究会に参加 環境保健部後藤副主任研究員 (平成 11 年 10 月 東京)
- (18) 日本公衆衛生学会に参加 金子環境保健部長, 後藤副主任研究員 (平成 11 年 10 月 大分)
- (19) 日本分析化学会に参加 鈴木大気環境部長, 橋本副主任研究員 (平成 11 年 10 月 東京)
- (20) 大気環境委員会を開催 時田所長, 川田審議役, 鈴木大気環境部長, 柴田部長代理他 (平成 11 年 11 月 東京)
- (21) 関西国際空港開港 5 周年記念国際シンポジュームに参加 時田所長,

- 末永騒音振動部長（平成 11 年 11 月
関空）
 (22) 日本健康科学会に参加 環境保健部
後藤副主任研究員（平成 11 年 11 月
名古屋）
 (23) 疫学研究会に参加 環境保健部後藤
副主任研究員（平成 11 年 11 月
東京）
 (24) ICAO 航空環境保全委員会タスクグ

- ループ会議に出席 川田審議役
 (平成 11 年 11 月 英国 ロンドン)
 (25) インターノイズ'99 に参加 時田所
長（平成 11 年 12 月 米国 フロリ
ダ）
 (26) 疫学研究会に参加 環境保健部後藤
副主任研究員（平成 11 年 12 月
東京）



日本航空協会会長より「航空功績賞」を受賞する時田
所長（平成 11 年 9 月 20 日）



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、平成10年4月から平成11年3月までの間に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：03-3343-5200, FAX：03-3343-6860）にお願い致します。

(騒音)

●測定

SAE ARP 1801/XAB

Measurement of Exterior Sound Level of Specialized Aircraft Ground Support Equipment (Reaffirmed, May 91). (SAE Standard), cFeb 82

SAE AIR 1081/XAB

House Noise-Reduction Measurements for Use in Studies of Aircraft Flyover Noise (Reaffirmed, Apr 91). (SAE Standard), cOct 71

SAE ARP 1307A/XAB

Measurement of Exterior Noise Produced By Aircraft Auxiliary Power Units (APUs) and Associated Equipment During Ground Operation (Reaffirmed, Apr 91). (SAE Standard), cDec 87

SAE AIR 1751/XAB

Prediction Method of Lateral Attenuation of Airplane Noise During Takeoff and Landing (Editorial Change, Jun 1 81) (Reaffirmed, Feb 91). (SAE Standard), cMar 81

DE98722761/XAB

Observations and model calculations of B 747 engine exhaust products at cruise altitude and inferred initial OH emissions, Jun 97

ADA351505/XAB

Computation of Aircraft Noise Propagation Through the Atmospheric Boundary Layer, 30 Jul 97

N19980232084/XAB

Flight Performance of a Transonic Turbine-Driven Propeller Designed for Minimum Noise, May 59

N19980228220/XAB

Noise Survey Under Static Conditions of a Tur-

bine-Driven Transonic Propeller with an Advance Ratio of 4.0, May 59

N19980228210/XAB

Preliminary Measurements of the Noise Characteristics of Some Jet-Augmented-Flap Configurations, Jan 59

N19980228189/XAB

Some Measurements of Noise Transmission and Stress Response of a 0.020-Inch Duralumin Panel in the Presence of Air Flow, Sep 60

●評価

ADA353797/XAB

Initial Development of an Assessment System for Aircraft Noise (ASAN) : Software Listing (Final rept. Feb 87-Oct 89), Jun 89

●予測

SAE AIR 1557/XAB

High and Extended Vibration Environment (Reaffirmed, Nov 91). (SAE Standard), cOct 79

SAE AIR 1327/XAB

Acoustic Effects Produced by a Reflecting Plane (Reaffirmed, Feb 91). (SAE Standard), cJan 76

SAE AIR 1845/XAB

Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports (Reaffirmed, Feb 91). (SAE Standard), cMar 86

SAE AIR 1407/XAB

Prediction Procedure for Near-Field and Far-Field Propeller Noise (Reaffirmed, Apr 91). (SAE Standard), cMay 77

N19980163020/XAB

Supersonic Coaxial Jets: Noise Predictions and Measurements, May 98

N19980169273/XAB

Computation of Large Turbulence Structures and Noise of Supersonic Jets (Final Report, 1 Jan. - 31 Dec. 1996), 1996

* United States Government Reports for Aviation Environment ; Selections from NTIS Database

** Library, Aviation Environment Research Center

●対策

AD-A334 216/9/XAB

Federal Interagency Committee on Aviation Noise: 1994 Annual Report (Interim rept. Jan 94-Dec 95), Dec 97

SAE AIR 746B/XAB

Environmental Control for Civil Supersonic Transport. (SAE Standard), cDec 94

N19980193234/XAB

Use of Airport Noise Complaint Files to Improve Understanding of Community Response to Aircraft Noise, Apr 98

●規制

PB98-853856/XAB

Noise Control and Abatement: Transportation Systems and Heavy Industry. (Latest citations from Information Services in Mechanical Engineering Database) (Published Search), Mar 98

●騒音機構

N19980018958/XAB

Noise from Supersonic Coaxial Jets, Part 2, 1997

N19980228155/XAB

Transonic Performance Characteristics of Several Jet Noise Suppressors, Jul 60

●ヘリコプター

SAE AIR 1989A/XAB

Helicopter External Noise Estimation. (SAE Standard), cDec 92

SAE AIR 1289A/XAB

Evaluation of Helicopter Turbine Engine Linear Vibration Environment. (SAE Standard), cMar 92

N19980032586/XAB

Reduction of Helicopter Blade-Vortex Interaction Noise by Active Rotor Control Technology, 1997

N19980230627/XAB

Vibration Absorber for Two-Bladed Helicopters, Nov 60

●ソニックブーム

N19970011188/XAB

Sonic Boom Propagation Codes Validated by Flight Test (Technical rept), 1 Oct 96

MIC-98-04553/XAB

Underwater measurements of a sonic boom, c 1997

●環境影響評価

SAE AIR 1826/XAB

Acoustical Considerations for Aircraft Environmental Control System Design (Reaffirmed, Jul 96). (SAE Standard), cJul 89

●その他

JANE-0296/XAB

Environmental Management for Airports and Aviation. (Transportation-Related Special Report), 1998

N19980148012/XAB

Aeroacoustic Codes for Rotor Harmonic and BVI Noise. CAMRAD. Mod1/HIRES: Methodology and Users' Manual, Mar 98

N19980227802/XAB

Aerodynamic Characteristics, Temperature, and Noise Measurements of a Large-Scale External-Flow Jet-Augmented-Flap Model with Turbojet Engines Operating, Sep 61

N19980228218/XAB

Noise Problems Associated with Ground Operations of Jet Aircraft, Mar 59

(大気汚染)

●測定

DE98050018/XAB

Aircraft measurements of nitrogen dioxide and peroxyacetyl nitrates using luminol chemiluminescence with fast capillary gas chromatography, Sep 97

DE97007745/XAB

Initial airborne CO_(sub 2) DIAL measurements: Discussion of results and data analysis considerations, 1997

●予測

SAE AIR 1905/XAB

Gas Turbine Coaxial Exhaust Flow Noise Prediction (Reaffirmed, Apr 91). (SAE Standard), cDec 85

DE98000872/XAB

Atmospheric CO_(sub 2) concentrations the CSIRO (Australia) monitoring program from aircraft 1972-1981, Sep 84

N19980007190/XAB

Vertical Transport Rates in the Stratosphere in 1993 from Observations of CO₂, N₂O and CH₄ (Technical rept), 15 Nov 94

●大気質に及ぼす影響**N19980007189/XAB**

Distribution of Hydrogen, Nitrogen, and Chloride Radicals in the Lower Stratosphere: Implications for Changes in O₃ due to Emission of NO(y) from Supersonic Aircraft (Technical rept), 15 Nov 94

DE98764045/XAB

Impact from emitted NO_x and VOC in an aircraft plume. Model results for the free troposphere, Apr 98

●排出機構**SAE ARP 1179C/XAB**

Aircraft Gas Turbine Engine Exhaust Smoke

Measurement (Revised Oct 97). (SAE Standard), cOct 97

SAE ARP 1179B/XAB

Aircraft Gas Turbine Engine Exhaust Smoke Measurement. (SAE Standard), cApr 91

N19980210977/XAB

Analyses of Scenarios for Past and Possible Future Aircraft Emissions, 1 Nov 97

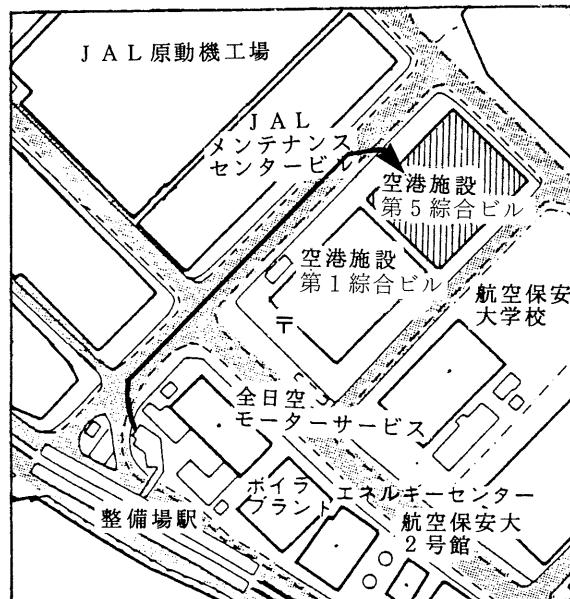
●その他**DE98741848/XAB**

NO_x emission indices of subsonic wide-bodied jet aircraft at cruise altitude: In situ measurements and predictions, Oct 96

編集後記 事務局より

2000年3月の発行で、本誌も第4号になりました。内容について、ほぼ充実してきたのではと思っております。しかし研究誌である故、当研究センターでも航空機とその環境問題についてグローバルな観点から騒音、大気そして人間の健康に及ぼす影響等をより深く調査研究し、今後とも読者の皆様に報告して参りたいと思います。同時に外部の専門家の方々の有益な記事も掲載致しますのでご期待下さい。

なお、本誌では航空機や空港と環境との関わりをテーマとした研究論文や技術報告、並びにこれらにまつわる記事、エッセイ等の投稿を受け付けております。
投稿規定等詳細につきましては、事務局までお問い合わせ下さい。



航空環境研究センター案内図

編集事務局：航空環境研究センター
文献資料室 仰山

航空環境研究 第4号 平成12年3月10日印刷 平成12年3月15日発行 © 2000

発行人 時田保夫

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

CONTENTS

FOCUSES

Health Effect from Aircraft Noise Trends in Noise Research -2-	Shousuke Suzuki	1
Observation by JAL's Airliner of Concentration of Trace Gases in Atmosphere	Tamiki Suenaga	6
Aircraft TV Flutter Trouble and Digital Terrestrial TV Broadcasting	Hiroshi Miyazawa	15

RESEARCH REPORTS

A Prediction Method of Disturbance to Television Reception by an Aircraft	Masayuki Sugawara	22
	Yasunori Ohnuma	
	Shirou Ito	
Effect of Aircraft Emission on the Environmental Air of Near Tokyo-Haneda International Airport and the Evaluation of its Effect on Air Quality Based on the Simulation of the Environmental Air Distribution	Hiroki Hashimoto	30
	Masao Shibata	
	Minoru Mizushima	
	Koji Suzuki	
The Effect of Noise on Sleep Disturbance Around Airport : a Pilot Study	Kyouichi Goto	45
	Tetsuya Kaneko	

DOMESTIC AND FOREIGN REPORTS

Report of The First Steering Group Meeting on the Committee on Aviation Environmental Protection	Hiroki Hashimoto	51
Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Noise)	Hisashi Yoshioka	53
Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Emissions)	Masao Shibata	58
Report of Inter Noise '99	Yasuo Tokita	78

CURRENT TOPICS

Aircraft Noise and ANC System	Masahisa Suenaga	83
Environmental Conservation at Kansai International Airport Project Phase II	Hiromi Kado	85

ESSAY

Fuel Saving	Kazuyoshi Kawada	93
Aeroacoustics of Crows	Junzo Sato	95
Environmental Design for The City Airports	Tetsuya Kaneko	97

ACTIVITIES OF AERC

Annual Activities of Aviation Environment Research Center	Takashi Nemoto	99
---	----------------	----

REPORT INFORMATION

United States Government Reports for Aviation Environment ; Selections from NTIS Database	Hirofumi Ohgiyama	102
--	-------------------	-----

Airport Environment Improvement Foundation

Aviation Environment Research Center

K5 Building 6-5, Hanedakuko 1-chome, Ota-ku, Tokyo, 144-0041, Japan