

航空環境研究



The Journal of Aviation Environment Research

No. 2, 1998

時評

航空機騒音問題と情報公開……………時田保夫 1

焦点

航空機騒音の測定と評価に関する国際規格
ISO 3891 の改訂作業……………山田一郎 3
航空機エンジンと環境保護……………玉木貞一 10
航空機騒音の評価法と「慣れ」の問題
……………難波精一郎 16

研究報告

航空環境と健康に関する疫学的調査 I
—空港周辺と隣接町における健康診断
諸データの比較—
……………後藤恭一・金子哲也・山崎晴一郎 25
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
……………柴田正夫・水島 実・横山長之・鈴木孝治 32
航空機騒音測定の省力化に関する問題点
……………大沼保憲 48
電波障害調査の問題点……………若栗 尚 52

内外報告

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—……………吉岡 序 57

ICAO/CAEP の動向 (航空機排出ガス)

……………柴田正夫 61
Inter Noise 97……………時田保夫 73
航空機騒音証明に関する測定機器の
規格について……………瀧浪弘章 78

航空環境を取り巻く話題

離島空港における航空機騒音の問題……………有延正喜 82
航空機に対する環境規制について……………北澤 歩 84
関西国際空港の生い立ちと 2 本目の
滑走路建設に向けて……………武本武彦 86
中部新国際空港の環境影響予測案
(中間まとめ) について……………佐藤勝行 89
排気と騒音の絡み合い……………川田和良 93

エッセイ

航空機の客室騒音軽減策……………村林淳吉 96
環境関連の記事と真実……………鈴木孝治 99

研究センター活動報告

研究センターの動き……………鈴木 彰 101

文献情報

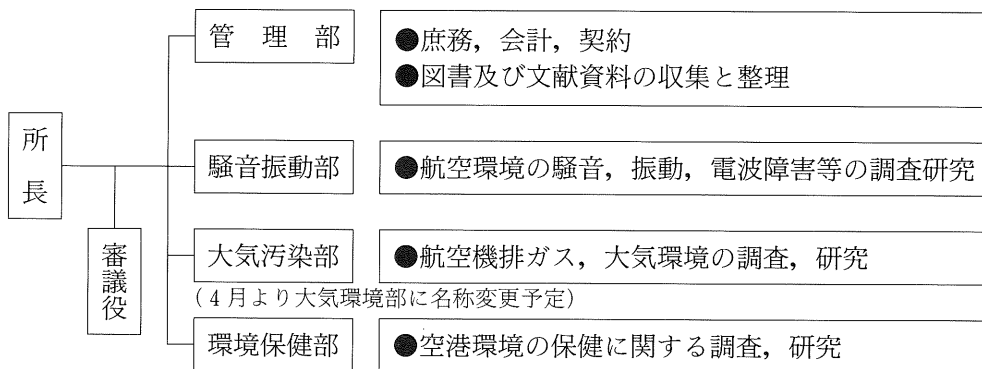
航空環境関連文献情報 (米国政府出版物
データベースより)……………仰山博文 103

航空環境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。



時 評

「航空機騒音問題と情報公開」*

時 田 保 夫**

「環境影響評価法」が平成9年6月に制定され、2年以内に同法が施行されることになっているので、現在各省庁はこれにかかわる細目の準備に追われている状況にある。かつて環境アセスメントの法制化のために法案として昭和56年に提出されたが58年に廃案になってしまった経緯があり、とりあえず昭和59年に閣議決定で実施要項が定められ、その要項により環境アセスメントが実施されてきていたが、今回法律として生きてきて、明確な根拠を持って国民の目の前に事業の内容や影響の度合いが示されることになったわけである。

公害という言葉が高度経済成長によるひずみの結果出てきたのはもう40年近くも前になる。この対応に苦慮した行政の経験が実って、やっと環境という大きな視点で世の中を見た後に計画を立てることが法律で決まった。まことに喜ばしいことである。更に注目されることは、かつての公害というある程度局部的な立場だけでなく、もっと広く考えた環境という言葉が事業の前面に押し出されるようになったことであろう。今度制定されるこの法律の中で特徴的なことは、単に事業決定の後の環境予測と言うことではなく、決定前に何を対象にどのような予測をするかの検

討も加えて法制化されたということである。今後は環境の問題を抜きにして新しい事業は出来ないという基本的な考え方を持って事業展開を考えて行かなければならないわけで、今までのものと比べて非常に大きな違いが見られるものである。別の見方をしてみると、この違いの大本は情報は公開して皆で考えましようと言うことではなかろうか。

そもそも明治の始めから国力の整備のために官主導で突っ走ってきた日本の政治は、「寄らしむべし、知らしむべからず」という上意下達思想の権化であったと言っても過言でない。その時代の情報伝達機能は、都会で始まったばかりの新聞、街中での演説会などわずかな機会に少人数の人たちが目に、または耳にする情報しか世の中にはとけ込む手段がなかったわけで、現在と比べてみると本当に格段の差があった。その後の国民に対する教育制度の浸透、戦争という大きな犠牲の上での経験、さらには情報伝達手段としての通信、ラジオ、テレビなどの技術の発達普及は、日本国中殆どの人たちが家の中にいても座して世界の現実をのぞき見て、自分でいろいろなことを判断できるようになってしまったわけで、この状態では結果の伝達だけで旧態依然の行政は出来なくなってしまっていることは周知の通りである。

航空機騒音の公害問題は、戦後の日本にあっては民間航空よりも米軍基地周辺での過大な航空機騒音暴露という社会問題から始まった。戦前または戦時中は、国民の多くが全く

* Comments on current events Aircraft noise and Disclosure of information, 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

現在とは違う判断基準で動いていたために、当時のことを現在の生活環境問題と一緒に土俵で考えることは出来ない。少なくとも戦後は、戦時中の不正確だった情報伝達の反省から、個人個人が自分の生活を自分で考えることが出来る世の中になったために、各自の知識で世の中を評価判断が出来るようになった。過大な航空機の騒音暴露を受けていた時代は、個人の生活を乱し、健康と安全を無視した暴露量をいかに少なくするかという防御的な航空機騒音対策で終始し、行政的には財政的に可能な対策からというお金の問題にすり替わってしまった経緯がある。また技術的には、軍用機の場合は性能重視の開発であるから騒音は二の次であったのであるが、ジェット機が民間航空に使われるようになって、航空機騒音に関しては機械の方の技術集団よりも音響という分野に関わっていた学際的な研究者集団が、学問と社会との実用的な繋がりとという視点で騒音の計測、影響、評価、対策に関する研究に取り組むことになった。これは国際的にも共通の話題として認識されて有望な研究テーマになっていった。我が国では都市騒音に悩まされていた行政と学会が手を結び、その研究に携わるようになってから大いに研究にも加速度がついて来たと言って良からう。

航空機騒音問題の解決策として、空港を設置する側、航空機を造る側、航空機を飛ばす側、航空機を利用する側、騒音被害を受ける側それぞれの立場において考えられる方策はみんな違ってくるものであるが、永年の発生源側の努力や空港周辺整備の拡充、さらには

航空機の利用者が年々増加するにつれて、航空機に対する認識や航空機騒音低減の限界などの認識も変わってきて、航空機騒音とのつきあい方に広い意味での変化が出てきていることは否めない事実である。また我が国独自の問題として簡単に割り切って処理できない国際的な課題を含んでいる点も見逃すことは出来ない。大いに情報の収集と主張の発表を活発にして国際的な交流を密にしなければならない状況にある。

航空機騒音に関する行政の担当者であった方の発言で、航空機騒音の被害者側の要求は、時には財政や技術の限界を超えているときもあって対応に苦慮する場面もあったが、話し合いで解決を見るためには、如何なる検討がどのような機関でどのように行われて、その結果が現時点ではこのようになるという実態を知って貰えることが一番の解決方法であったと言う記述を見たことがある。誠実な話し合いと隠し立てのない情報の伝達である。技術屋の立場としては論理的に詰めることの出来る方法で、検討の結果を数量的に認識してもらうことが出来ることが大切で、現時点での最良の検討がなされたことを了解してもらうことが重要である。これらのことはすべて現在いろいろ問題になっている情報の公開に繋がって行くものである。

今、環境影響評価法の制定と施行に当たって、改めて情報公開ということの重大性と必要性を痛感するものである。この航空環境研究という小冊子が、いろいろな意味で技術と行政を結びつける橋になることを期待するのである。

焦点

航空機騒音の測定と評価に関する 国際規格 ISO 3891 の改訂作業*

山田 一郎**

1. はじめに

本稿では ISO (the International Organization of Standardization, 国際標準化機関) が 1978 年に発行した国際規格 ISO 3891 'Acoustics-Procedure for describing aircraft noise heard on the ground, First Edition.' の制定から改訂に至る経緯および改訂作業の現状を述べる。ISO 3891 は屋外での航空機騒音の測定・評価方法を述べた唯一の国際規格である。規格の国際整合化や環境基準の改訂の流れを考えると、今も航空機騒音が大きな環境問題の一つであるわが国も ISO 3891 の改訂作業に注目し、積極的に関与していく必要がある。

2. ISO 3891 の制定から改訂に至る経緯

2-1 ISO 推奨規格 R507 の出版(第一版, 1966 年)

わが国では経済が高度成長を遂げた昭和 30 年代後半から次第に航空交通が発展し、それと同時に航空機騒音が深刻な問題となった¹⁾。この頃はまだターボジェットの時代であり、広帯域雑音にファンの回転による純音性の強い音が重なり非常にうるさかった。そんな航空機騒音を計測し、評価する方法は国

により様々だったが、ISO の技術委員会 TC 43 (音響) の 1961 年会議で ICAO 代表から騒音が航空交通の発展の障害となるのを危惧して「ISO で航空機騒音の測定評価方法を審議するよう」要請されたのを契機にして検討が始められ、草案 R 879 を経て 1966 年に ISO 推奨規格 R 507 (第一版)²⁾ が発行された。これが ISO 3891 の始まりである。

R 507 では 1/3 オクターブバンドの周波数分析をして騒音のやかましさに基づく評価量 PNL を算出する手順が取られた。測定には精密騒音計を使用することと規定されている。さらに、騒音コンターを作成する場合は、Evans と Bazley の方法 (1956 年) で空気吸収を補正して気温 15°C, 相対湿度 70% の PNL 値に基準化し、航空機が通過する間の最大値を算出して用いることとされた。なお、40 noy の逆特性や A 特性の周波数補正フィルタを用いる直読式機器で近似評価する手順が付記されている。ただし、騒音監視や概況調査を意図した簡易測定は適用対象から除外されている。

2-2 ISO 推奨規格 R507 の改訂(第二版, 1970 年)

さて、その後、ターボファンの時代となったが、まだ低バイパスで、非常に強い純音成分があった。そうしたことから、騒音の純音成分や継続時間がやかましさにおよぼす影響を考慮する手順が検討され、その結果が R 1760 として 1969 年に開催された ICAO の航空機騒音特別会議に提出された³⁾。それを

* Circumstances of revising International Standard ISO 3891 for the measurement and evaluation of aircraft noise heard on the ground, by Ichiro Yamada (Director, Kobayasi Institute of Physical Research)

** (財)小林理学研究所 所長

踏まえ、ISO は 1970 年に R 507 (第二版)⁴⁾ を発行し、ICAO は 1971 年に ANNEX 16/航空機騒音 (第一版) を出版し、航空機騒音の発生源対策として騒音基準適合証明制度を発足させた。

この第二版では、ICAO の要請に応じて、航空機が上空通過する際の騒音暴露を、純音補正付き PNL の最大値に継続時間補正を加えて算出する実効感覚騒音レベル EPNL で評価する手順が採用された。今風に言えば基準時間 10 秒の PNL ベースの単発騒音暴露レベルが EPNL である。1/3 オクターブバンド分析を基本とすることは変わらないが、PNL を騒音レベルで近似する時は 9~14 dB の補正値を加えると記してある。多数の航空機の累積騒音暴露を評価する方法としては、一機毎の騒音を EPNL で評価し、そのエネルギー加算値である総合騒音暴露 total noise exposure を算出し、基準時間 (24 時間/86400 秒) で平均して等価感覚騒音レベル L_{PNeq} (ICAO ではこれを ECPNL とした) を求めると記してある。なお、この版では空気吸収の計算が Harris の方法 (1966 年) に代わっている¹⁰⁾。

なお、この第二版と同時に騒音監視に関する推奨規格 R 1761⁵⁾ が出版された。主に固定装置による無人監視の方法を規定したもので、R 507 に従い、40 noy の逆特性または A 特性のフィルタを用いた騒音計で PNL を評価する方法を取っている。

2-3 ISO 3891 の出版(第一版, 1978 年)

航空機の騒音証明制度が定着するにつれ、測定評価方法への要求も厳しくなり、1978 年に R 507 を改廃して国際規格 ISO 3891⁶⁾ が制定された際は内容がかなり変化した。R 507 では騒音監視は適用範囲外だったが、ISO 3891 になると R 1761 の内容を統合して騒音証明・監視・土地利用と幅広い応用を適用対象とすることになった。騒音証明と一般測定を明確に区別して測定評価方法を記述し

ている。

騒音証明ではマイクロホンを grazing incidence に配置して測定し、1/3 オクターブバンド分析して 1 機毎の EPNL と L_{PNmax} を求め、 L_{PNeq} を算出する。空気吸収の補正は ARP 866 の方法 (1975 年)¹⁰⁾ を用いるように改訂された。基準条件も気温 25°C、湿度 70% が基本で、15°C/70% は代替条件とされた。さらに簡易測定として L_{Dmax} による L_{PNmax} の近似も提案されている。このように ISO 3891 は騒音証明の色濃いものとなり、主にその用途に活用されるようになった。一般測定では D 特性 (40 noy の逆特性と同じ) または A 特性、時定数 slow (低空飛行の場合は fast) で測定し、EPNL の代わりに SEL (単発騒音暴露レベル) を求め、 L_{PNmax} の代わりに L_{Amax} を求める。多数の航空機の騒音の評価では L_{PNeq} の代わりに L_{eq} を求める。これは ISO R 1996⁷⁾ との整合性に注意が払われた結果である。

2-4 ISO 3891 の改訂作業の開始⁸⁾

ISO 3891 の出版から 10 年後の 1988 年に ICAO ANNEX 16 が改訂され、それまで ISO 3891 を引用していた空気吸収や EPNL の計算に関する記述が ANNEX 16 の本文に取り込まれてしまった。そのため ISO 3891 が顧みられることは無くなり、1991 年に ISO/TC 20 (航空機/宇宙船) から「ISO 3891 は不要であり、廃止すべきだ」という勧告が出されるに至った。そこで、この年に開催された ISO/TC 43/SC 1 の総会でこの規格を存続すべきか否かが審議されたが、「この規格は騒音証明だけを意図したのではなく、各国で行われている航空機騒音の測定と記述の方法の基本を形成するために作られたものである」という指摘があり、騒音証明に関わる記述を削除し、最新の技術と計測方法を反映するよう改訂することを加盟国に提案し、賛否を問うことになった。この年はちょうど 5 年毎の定期的な規格見直しの年に

もあたり、二重の意味で改訂の是非が問われた。結局、米国は反対したが、ニュージーランドが必要性を主張し、日本を含む多数の国が賛成し、1993年のISO/TC 43/SC 1の総会で正式に承認されて規格改訂の作業が始められることになった。同年8月、ISO/TC 43/SC 1に作業委員会 WG 43が組織され、ニュージーランドの Philip Dickinsonが会議招集者 (convener) 兼主査に選ばれた。作成期限はWDが1995年6月、CD草案が1998年6月と定められた (WD: 作業委員会草案 Working Draft, CD: 技術委員会草案 Committee Draft)。ちなみに日本の委員として筆者が指名され、以後、審議に参加している。

3. WG43におけるISO 3891改訂の審議経過

3-1 審議の経緯 (その1): ロンドン会議

改訂作業は1994年11月にロンドンで開かれたWG 43の第一回会議から始まった。この会議では基本方針として以下の事項が採択された (筆者は出席できなかったが、日本の航空機騒音の基準や測定・評価方法を紹介する文書を convener に送付した)。

(1) 騒音証明に関する記述を削除し、空港周辺で観測される航空機騒音の記述に重点を置く。航空機が発生する騒音の評価に重点を置く考えから周辺地域が被る騒音暴露に重点を置く immission standard の考え方に切り替えることを意味する。

(2) 航空機が離陸滑走を開始する時点以降、および着地するまでの騒音を考慮に入れる。小規模飛行場の騒音暴露を監理・制御する手順を示す。この考え方は1991年のISO/TC 43/SC 1の総会ですでに出されていたが、後述する通り、以降の審議でその是非を巡り多くの意見が寄せられた。

(3) 短期測定並びに無人監視に基づく騒音評価を考える。信頼限界95%を基本に考え

る。騒音予測とそれに関する測定は対象としない。無人の騒音監視の端末で何を測るか、端末をどこに置くか、何を報告させるべきかを考える。音源識別の手順は先の課題として保留する。

(4) 周波数補正特性 A (および C) による測定を前提とし、周波数分析はしない。騒音の評価は騒音暴露 (sound exposure) と最大騒音レベル L_{Amax} を基本にし、EPNL と PNL は使わない。ISO 1996⁹⁾ との両立、様々な騒音との総合評価も視野に置く。騒音暴露 (レベル) の定義を示しておく。 $P_A(t)$ は A 特性音圧 (μPa)、 t_1 、 t_2 は騒音の始まりと終わりの時刻 (s)、 T_0 は基準時間 1 s、 p_0 は基準音圧 20 μPa である。

$$\text{騒音暴露;} E_A = \frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{p_0^2} dt$$

単発騒音暴露レベル; $L_{AE} = 10 \log_{10}(E_A)$

(5) この二十年著しく発達したコンピュータと計測技術、特に騒音暴露を算出できる積分型騒音計の利用を前提とする。ただし、その詳細はIECの規格に依るものとし、WG 43で短時間 (1秒以下) 等価騒音レベルによる L_{Amax} の算出手順を検討するようなことは考えない。

(6) マイクロホンの高さについては従来から用いられてきた 1.2 m は信頼性が劣るので推奨しない (長い歴史があるので、使用をやめるには十分納得できる理由を示す必要がある。地面に直置きする案、10 m の高さに置く案、3 m の高さに置く案が提案された。3 m は人が支えなしで扱える高さであり、それより下は思わぬ被害を受ける可能性がある。とりあえず、無人測定のマイクロホンはできるだけ高い所に置くこと、少なくとも地面から 3 m 程度上に置くことと記述する。

(7) general aviation (総重量 9 トン以下、ジェット以外の軽飛行機) の騒音制御を付属書で記述する方向で検討する。建物内での航空機騒音の測定は極力避けるべきだという結

論となった。

3-2 審議の経緯(その2):作業委員会草案(Working Draft/WD-1~3)

ロンドン会議後、convenerであるPhilip Dickinsonが中心になり、1995年に最初の作業委員会草案WD-1が作成された。この案は一部構成で記述しており、まだ素案の域を出ず、まとまりも悪かったが、レベル表現よりもエネルギー表現を優先して記述してあること、ロンドンでの合意を無視して短時間(1秒)等価騒音レベル $L_{eq,1s}$ を用いて評価する記述を入れたことなど、convenerらが常々主張していることを強く反映したものであった。1995年の暮れ、inter-noise 95の折りに作業委員会の第二回会議が開かれ、この案を討議した際にこうした点に強い反対意見が出た。しかし、WD-1の内容が多すぎるということで意見が一致し、それ以上内容には立ち入らず、草案を四部仕立ての構成に作りなおすこととなった。すなわち、第一部/評価指標や測定方法の基本、記録事項、第二部/長期の無人監視、第三部/短期測定に基づく評価、第四部/航空機騒音の監理と制御に分けて記述する。第一、三、四部はconvener、第二部はD. Wallisが作ることとなった。1996年になって作業委員会草案WD-3が順次部別に作成され、討議のため委員に配布された。まず、第一部と第四部、次に第三部が作成、配布された。ただし、第二部はいまだに作成されていない。また、WD-2は委員に配布されなかった。

さて、WD-3(および次に述べるCD-1)の内容は基本的にWD-1と変わっておらず、問題点がそのまま残されていた。エネルギー表現に基づく記述を優先してあること、 $L_{eq,1s}$ に基づき L_{Amax} を評価する手順が入れていること、小規模飛行場の騒音を監理する意図から騒音暴露の割当によって騒音を監理・制御する手順が入っていること、予測を併用する記述があること、騒音証明と混同した測定手

順が入っていること、騒音限度や騒音区域など各国が個別に取り組むべきことにまで立ち入りすぎていること等である。こうした点について各国の委員から多数の反対意見が寄せられた。一方、第三部は短期測定を基本にして長期の騒音暴露を評価する手順を記述することを意図したものだが、意気込みが空回りしている感じで、中途半端な記述や現実的でない記述が目立ち、素案の域を出ていなかった。

各国の委員から規格作成の基本的な方針を含めて反対意見が寄せられたため、convenerはICAOに書簡を送り、その賛同を得ようとしたが、返答はつれないものだった。しかし、convenerは意見の一部を取り入れて草案を改修したものの審議の格上げを画策し、強引に第一部と第四部の草案をWDからCDへ進める手続きをしてしまった。それが次に述べるCD-1である。第三案の改訂はその後進められていない。

ちなみに $L_{eq,1s}$ から L_{Amax} を推定する案に対しては日本とオランダから不具合が指摘された(無視できない誤差が生じ、繰り返し再現性も悪いというものである)。筆者の検討結果では1dBを越える誤差が生じた¹⁴⁾。オランダも最大2dBの差が生じると指摘しており、次のCD-1でこの部分の記述は削除された。

3-3 審議の経緯(その3):技術委員会草案(Committee Draft/CD-1)

1997年になってCD-1/3891-1, 3891-4が配布され、技術委員会草案として加盟国の賛否が問われた。それに対する各国の意見を見ると、格別意見もなく賛成する国もあったが、多数の国々が反対の意見を寄せており、作業委員会の改組を示唆する国もあった。特に英国と米国の反対が激しく、作業委員会の解散勧告や自国委員の引き上げまで書いてあった。この事態を受け、さすがにconvenerも方針を改めざるを得なくなった。各国から

意見が返された後にブダペストで開かれた作業委員会の会議の内容を convener がまとめた文書 (ISO/TC 43/SC 1 N 1097 の付属文書) により、各国の意見を要約した結果とそれに対する convener の考えを簡単に述べる。convener らのエネルギー表現へのこだわりと厳しい反論を受けた後の硬い気分がひしひし伝わる文書である。

反対意見の要約

- エネルギー表現 (sound exposure) という新たな評価指標と単位 (Pa^2) が、明確な根拠なしに流布するのは問題であり、それだけでなくも十分に複雑な航空機騒音の問題にさらに混乱を招くことになる。
- 航空機騒音の問題に行政的に対処することは ICAO が取り扱う事項であり、ISO の行うことではない。WG 43 の 3891 見直し作業を止めるべきだ。

肯定的意見

- 各国が用いる測定評価手順で得た結果を相互に関係付けて考察するために用いる指標と位置付け、手直しをしたらどうか。

convener の考え

- CD-1 で用いた指標 (A 特性騒音レベルと sound exposure) は騒音測定の基本であり、明確な根拠を持つものである。また、現在使われている監視装置はどれも短時間の sound exposure を算出し、評価指標値を導いている。CD-1 は上記の肯定的意見の立場でこれらを基本にしており、誤りはない。
- ICAO は航空機が発生する騒音を規制する立場にあるが、CD-1 は周辺地域が被る騒音について評価する観点に立って書かれており、ICAO の権限を侵すものでない。noise immission を取り扱うことは少なくとも ICAO だけの権限ではない。

さて、ブダペスト会議で審議された結果、各国の意見を反映して convener が CD を作

り直すことになった。骨子は次の通りである。ただし、作業が全体に及ぶため、時期的に迫っていた ISO/TC 43/SC 1 総会 (浜松会議) には暫定的な改訂案が提出された。

• 第一部 CD-1/3891-1 について

- 評価量の定義や測定方法を加盟国が賛成できる記述に直す。ただし、エネルギー表現が優先であり、従来 of 指数平均によるレベル尺度は従とする。
- E_{dn} や L_{dn} など、具体的な評価尺度は規格に明記せず、利用者の判断に任せる。
- 自動監視のマイクロホンの高さは少なくとも設置表面から 6 m 上とする。周囲に過剰吸音する草地や森がなく、航空機の方向を遮るものもないこと。可搬型の監視装置のマイクロホンでも同じ考え方とする。
- 測定員のいる測定ではマイクロホンの高さは従来通り 1.2-1.5 m とする。
- 無人監視は過大騒音を出す航空機にペナルティを課す手段や騒音暴露の推移を調べる手段であり、騒音証明や土地利用に使用するものでないことを明記する。
- 必要なら 1/3 オクターブバンド分析に基づく PNL や EPNL 算出手順を付記する。
- 暗騒音の測定に関する記述は省く
- 自動監視および短期測定に関する記述に校正に関する記述を入れる。
- 第四部の CD-1/3891-4 は、技術的な事項に重点を置く ISO のあり方とそぐわないという反対意見を入れて取り下げ、適用範囲を general aviation に限定したものに作り替える。
- 第二部については作成中のため、1997 年末までに CD を作る。
- 第三部の短期測定は、ISO 1996 を改訂する WG 45 の convener である P. D.

Schomer が ISO 1996 と対応する形で 1997 年末までに CD を作る (なお, Schomer は浜松会議で ISO 1996 の方に取り込むことも考えられるとコメントしていた)。

このうち暗騒音の推定手順や活用方法については筆者も実験に基づいて作成した資料¹²⁾を送付して提案したが, 意図した通りに取り入れられてはいる。マイクロホンの高さも含めて今後も積極的に意見を述べていくつもりだが会議に参加して主張しないと説得力がないのかも知れない。

結局, WG 43 の ISO 3891 改訂作業の開始時からあった規格のあり方に関する基本的な考え方の食い違いが埋められないまま進行し, ついに破綻をきたしたと言って良い。convener の基本的な考えは誤りではないが, それを強く前面に出し, 主張することが騒音という極めて政治的な問題に新たな混乱を引き起こしかねない点を理解せず, 頑に譲歩する姿勢を取らなかったということであろう。

3-4 1997 年 ISO/TC43/SC1 総会 (浜松会議) での審議と今後の見通し

1997 年 10 月の ISO/TC 43/SC 1 総会 (浜松会議) で CD-1 に対する各国の反応とそれに対応するブダペスト会議の経過が報告された。改訂の方向を示す案も示されたが, 同時に convener が用意した第一部の改訂案 CD-2/3891-1 も提出された。しかし, この案は convener が自らの主張に固執し, エネルギー表現を優先したまま作成したものであり, 総会の審議の中でも反論を受けた。そのため, ニュージーランド代表の A. D. Wallis (英国人) が, 初日の会議後, 夜のうちに慌ただしく作業して, 新たな改訂の方向を示す概要説明と代替案 (未完成) を作成し, 翌朝の審議に提出した。その骨子は, 元来, 3891 の改訂は航空機騒音の監視を行う際の仕様や機器の設置の仕方, 運用の仕方を統一的に記述すること, 航空機騒音の識別手順を示すこと等

を意図したものであり, 決して騒音証明に使ったり, 騒音証明を検証したり, 土地利用計画の基準を定めたりするものではないこと, sound exposure はあくまでも各国が評価指標を策定する基本となる素材を提供するものであり, 決してそれ自体を新たな指標として用いることを強要するものではないことを確認している。結局, 次の事項が総会で決議された。

(決議 4) WI 3891-1 (第 1 部) の project leader としてデンマーク C. Svane を指名する。WI 3891-2 (第 2 部) の project leader としてニュージーランド代表 A. D. Wallis を指名する。

(決議 5) 各国から寄せられた意見に沿う形で作られ, 浜松会議に出された代替案 43/1 N 1127 に示された内容を CD-1 改訂の基本とすることを承認し, かつ, これに基づき, CD-2 をまとめあげるよう WG 43 に要請する。

CD-1/3891-4 (第 4 部) については, ブダペスト会議の決定通り, 「小型機に関する記述に限定して全面改訂した案を用意する」が確認された。Wallis が提出した CD-2/3891-1 代替案は convener の案から sound exposure の記述を削除したものだが, 未完成であり, 年内を目途に仕上げることで了解された。この改定案は 1997 年 12 月末までに ISO/TC 43 事務局に届く予定になっている。

4. おわりに

屋外での航空機騒音の測定と評価の方法を記述する国際規格 ISO 3891 の制定の経緯と改訂作業の経過を紹介した。昨年秋に浜松で行われた ISO/TC 43/SC 1 の総会で示された 3891 改訂の考え方および修正の内容は筆者が WG の委員として草案作成の最初から主張してきたことと概ね合致するものである。英米といった大国から強い反論を受けて

初めて考え方が修正された訳だが、回り道をした感が否めない。筆者には外国で開かれる WG 会議に度々出席するのは容易なことではなく、基本的に文書で意見を述べてきた。しかし、直接、審議の場で主張しないと根幹に関わる意見はなかなか通らない。規格の国際整合化の流れの中で、この規格はわが国の航空機騒音問題への取り組み方に大きな影響を持つことになると思われる。わが国の航空機騒音への対応のあり方とうまく整合する規格への改訂を目指して、今まで以上に積極的に審議に関与していきたい。わが国の航空機騒音に係る施策に技術的かつ行政的に支障が生じないように、広く皆様からご意見やご指摘を頂戴して WG の討議へ反映していきたいので、ご協力をお願いし、筆を置くことにする。最後に、本稿（特に第 2 章）の記述に際し、五十嵐寿一先生（小林理研名誉顧問）から有益なご助言をちょうだいしたことをここに記し、深謝する。

文 献

- 1) 五十嵐：航空機騒音問題の歴史(1)～(3), 小林理研ニュース, No 51, 52, 54.
- 2) ISO Recommendation R507 (1st Edition), Procedure for describing aircraft noise around an air-

- port, 1966.
- 3) 吉岡, 時田, 山田：航空機騒音の評価量をめぐる ICAO の動向, 騒音制御, Vol. 17. No. 1, 1993.
- 4) ISO Recommendation R507 (2nd Edition), Procedure for describing aircraft noise around an airport, 1970.
- 5) ISO Recommendation R1761, Monitoring aircraft noise around an airport, 1970.
- 6) ISO 3891 (1st Edition), Acoustics-Procedure for describing aircraft noise heard on the ground, 1978.
- 7) ISO R1996, Assessment of Noise with Respect to Community Response, 1st Edition, 1971.
- 8) P. Dickinson, Background to the revision of ISO 3891 : 1978, WG43 資料, Mar. 1994.
- 9) ISO 1996/1~3, Acoustics-Description and measurement of environmental noise-Part 1: Basic quantities and procedures (1982), Part 2: Acquisition of data pertinent to land use (1987), Part 3: Application to noise limits (1987).
- 10) 山田：空気による音の吸収, 騒音制御, Vol. 14 No. 1, 1990.
- 11) 山田, 林：航空機騒音の評価と LASmax の LAeq, 1s, max による代用の可否, 音響学会講演論文集, 1997 年 3 月.
- 12) 山田, 林：航空機騒音の自動監視における暗騒音レベルの算定手順について, 音響学会講演論文集, 1997 年 9 月.

著 者 略 歴

昭和 46 年東京大学工学部計数工学科卒業, 東京大学宇宙航空研究所入所。昭和 55 年財団法人小林理学研究所入所。平成 7 年同研究所所長。工学博士 (東京大学)。日本音響学会理事。日本騒音制御工学会理事。

航空機エンジンと環境保護*

玉 木 貞 一**

1. まえがき

近年飛躍的に向上している世界的な経済成長にしたがい、必然的に大量の資源とエネルギーを使用することになった。それにとともに、自然や生活環境への影響が大きくなり、その保護を求めて環境問題に対する関心が大きな高まりを見せている。旅客、貨物輸送分野も例外ではなく種々の検討、対策が迫られている。航空機、航空エンジンに関連した環境問題としては、空港周辺の騒音や排出ガスによる比較的局所的な問題と地球温暖化、酸性雨被害、オゾン層破壊といった地球規模の環境問題とが考えられる。空港周辺の騒音、排出ガスに関しては、ICAO等により規制されているが、最近、それら規制値の強化の動きがあると共に、地球環境保護の観点から上空における排出ガスの影響の検討がなされている。航空輸送は量的に多くはないが発展を続けており、この傾向は今後も続くものと予想され、従来以上に環境に適合した航空機、航空エンジンの研究開発が求められている。ここでは、亜音速機用エンジンの騒音、排出ガスの低減のために取られてきた対策と将来

の技術について述べる。

2. 環境規制の動向

2-1 空港周辺の騒音

空港周辺の騒音に関しては、ICAO (International Civil Aircraft Organization) により、ANNEX 16として基本的な騒音規制値が定まっている。ICAO ANNEX 16では、機体の最大離陸重量に対して離陸、側方および着陸のそれぞれの点における騒音レベルの規制値が決まっている。現在、型式証明の取得時期が1977年以前の機体に対してはCHAPTER IIが適用され、その後の機体に対しては、CHAPTER IIIが適用されている。また、空港によっては夜間離着陸時の規制など独自の規制をもっている所もある。騒音規制の見直しや強化については、航空機の生産国と非生産国、先進国と発展途上国との間で意見の違いがあり、スカンジナビア諸国等積極的な国もあるが、CHAPTER IIIの強化もさることながら、より現実的な対応としてCHAPTER II適合機の飛行禁止に関心が持たれている。

2-2 空港周辺の排ガス

空港周辺の排ガスに関しては、同じくICAOによって規制されている。航空機による地上の大気汚染に着目しているため、実際の航空機の運行スケジュールから、LTO (Landing Take off) サイクルと呼ぶ標準運行モードを設定し、地上1,000 mからの着陸、駐機、離陸して1,000 mに達するまで

* Aircraft Engine R & D Activities for Environmental Protection,
by Teiichi Tamaki (Division Director,
Research & Engineering Div., Aero-Engine Operations,
Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd.)

** 石川島播磨重工業(株)航空宇宙事業本部 技術開発事業部長

の間の排ガスの排出総量で評価することを行っている。規制される排ガスの種類としてはCO（一酸化炭素）、UHC（未燃炭化水素）、NO_x（窒素酸化物）などがある。

ICAOは1996年より新規航空機に対し、NO_xの排出基準を20%強化する基準を施行したが、最近の航空環境保全委員会で将来NO_xの排出基準をさらに16%強化する案が検討されるなど基準強化の動きがある。

2-3 地球環境と排ガス

地球温暖化、酸性雨被害、オゾン層破壊といった地球規模の環境問題が近年とみに話題となっている。地球環境と航空機との関連については未だ上空における排出ガスの環境に与える影響度が不明であること、輸送機関全体の燃料消費量に占める航空機の割合は小さく、その寄与量も小さいこともあるが、航空機が運行される高空の大気は稀薄で、浄化力も小さいことも考えられること、将来航空機需要の伸びが見込まれることや総量規制の立場からCO₂（二酸化炭素）やNO_xなどの排出量の低減が検討されている。

3. 騒音低減対策

図-1に示すように騒音レベルは年代の経過と共にかなりの低減がなされている。その最も大きな理由はエンジン形式が高速の排気ジェットにより推力を得ていたターボジェットエンジンから排気速度は小さいが大量の空

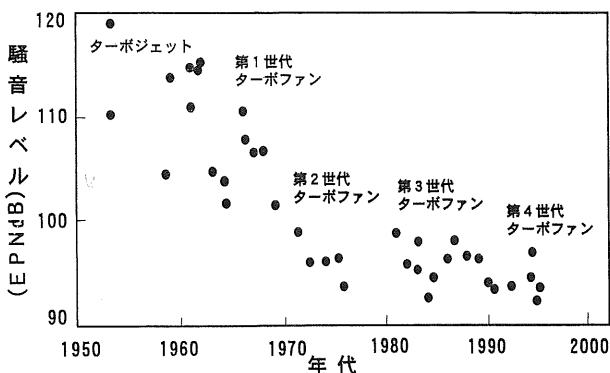


図-1 航空機騒音レベルの推移

気を排出することで推力を得る高バイパス比ターボファンエンジンへと替わり、ジェット騒音が低減したことが挙げられる。現在、通常の亜音速旅客機に用いられるエンジンは高バイパス比のターボファンエンジンであるが、その主な騒音源は、ファン部から発生する騒音となっている。

エンジンの騒音低減のために行われている代表的な対策を図-2に示す。主音源であるファン騒音低減のため、種々の対策が考えられているが、それらは音の発生を抑えることとダクトにて音の伝播を減衰させるものとに大別される。具体的には以下の通りである。

- ・入口案内翼をなくすことで動翼と静翼との干渉音のレベルを減らす
- ・ファン動翼と静翼との間隔を拡げることでポテンシャル干渉音を減らすと共にファン動翼の後流の強さを小さくすることで静翼との干渉音を減らす
- ・ファン動翼と静翼との枚数比を選択することでダクト遮断現象などを利用してダクトを伝播する音のモードを制御する
- ・吸排気ダクトに吸音ライニングを施すことで音のエネルギーを吸収する

民間用航空機の騒音が低減してきているのは以上のようにエンジンに騒音低減対策が施され、発生する騒音が低減したことのほか、機体の空力性能が向上したことや騒音を減少させる飛行方式の自由度が増したこ

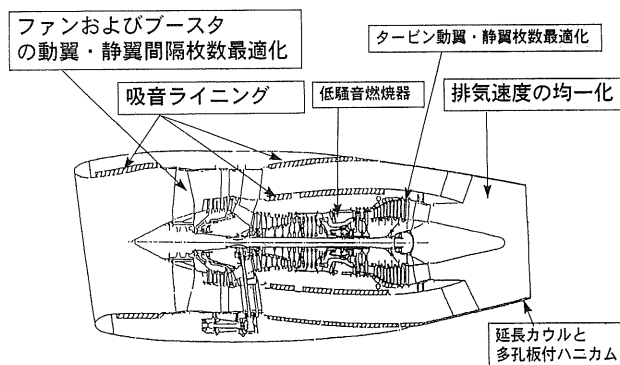


図-2 高バイパス比エンジンの騒音低減対策

となどがあげられる。

4. 排ガス低減対策

航空エンジンからの排ガス中で環境保護の面から注意すべきものとしては、CO, UHC, NO_x, CO₂ が考えられる。

CO₂ は燃料消費量と直接的に結び付いており、その低減にはエンジン性能の向上と機体性能の高効率化が重要である。図-3 にエンジンの燃料消費率の推移を示す。高バイパス比エンジンの採用、サイクル圧力比、温度の上昇、エンジン要素の効率向上等による熱効率の向上により、年代と共にエンジン性能が向上していることが示されている。CO, UHC, NO_x を支配する燃焼器の燃焼条件としては、燃焼器入口空気圧力、温度、流速、燃料粒径、燃料と空気の混合当量比などがあげられる。この内 CO および UHC は圧力、温度が低く、また、燃料粒径が大きかったり、燃料に比べ空気の割合が少ないと多く発生する。NO_x は空気中の窒素が酸素と反応して発生するものであり、入口空気温度が高く、燃料と空気の混合当量比が1に近いと局所的に火炎温度が高くなり多く発生する。これらの関係をエンジンの出力レベルに対して整理すると図-4 のようになる。CO および UHC は燃焼器入口空気圧力、温度の低い低出力時に排出レベルが高く、燃焼器入口

空気圧力、温度が高くなる高出力時には急速に減少する。これに対し NO_x の排出レベルはエンジン出力レベルと共に増加する特性を持つ。

これらの排ガス成分を低減させるためには、噴射する燃料の粒径の微細化や燃料と空気との混合の促進などが共通に有効な手段であり、例えば、かつての圧力噴射式燃料噴射弁から燃料と空気を同時に出すことで微粒化を促進させると共に、燃料が過濃となる領域に空気を供給して混合促進を図る気流微粒化式噴射弁が用いられている。図-5 に NO_x の

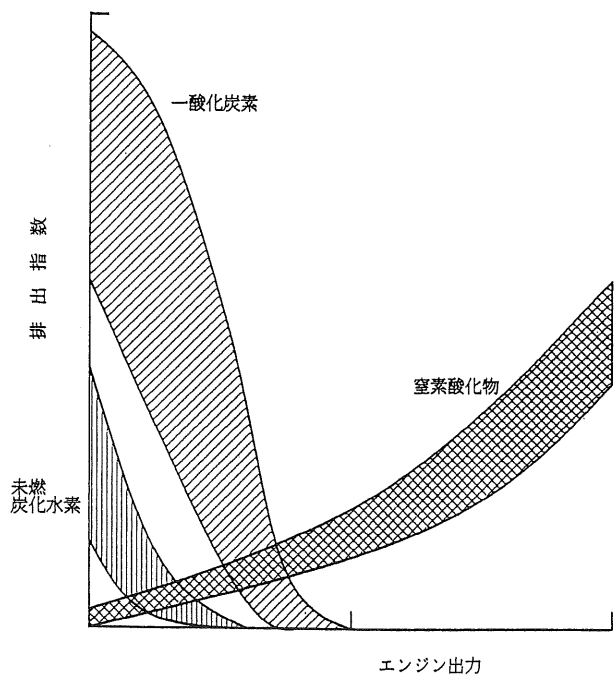


図-4 エンジン出力と排ガス量の関係

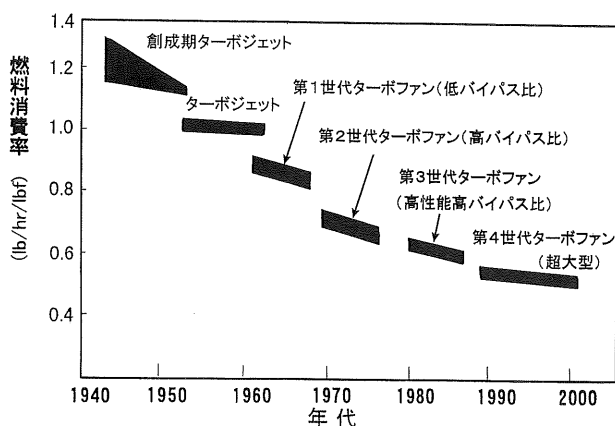


図-3 燃料消費率の推移

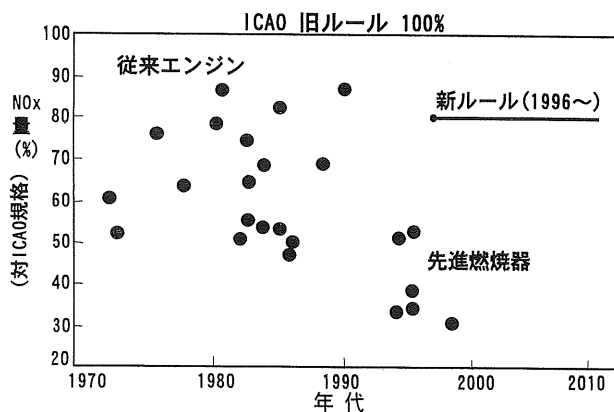


図-5 NO_x 排出レベルの推移

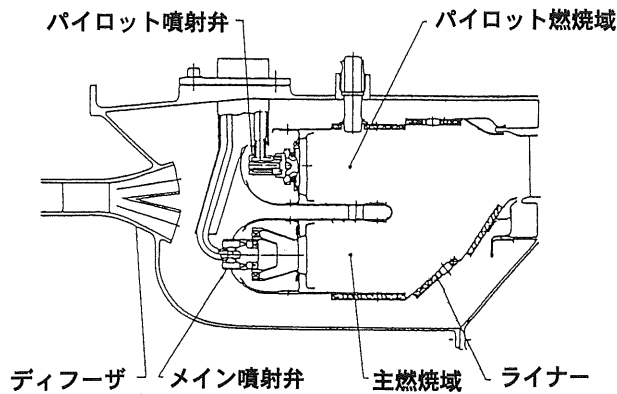


図-6 ダブルアニュラ型多段燃焼器

排出レベルの推移を示す。ばらつきはあるものの近年先進燃焼器の採用により、低NO_x化が図られていることが分かる。

COおよびUHCは低出力時にNO_xは高出力時に排出量がそれぞれ多くなる特性を持っている。これらを同時に抑制する手段として考えられている先進燃焼方式の一つに低出力時および高出力時に最適である2つの燃焼領域を持つ多段燃焼方式の概念がある。多段燃焼器はNASAのE³エンジン(Energy Efficient Engine)研究の中で種々の形態の燃焼器が研究されたが、図-6に示す形態はGE 90エンジンでも用いられている半径方向に並列に2つの燃焼領域を持つダブル・アニュラ型燃焼器の概念である。低出力時には外側のパイロット段のみを作動させ、当量比を1近辺にすることでCO、THCの排出量を制御し、高出力時には内外ともに作動させ、当量比を低く抑えることでNO_xの排出量を減らすなど両条件時共最適な燃焼がなされるよう工夫されている。多段燃焼器は従来の燃焼器に比べ、30%~50%のNO_x低減が期待できる。

5. 航空エンジンの将来技術

航空エンジンは将来に於いても、従来行われてきた高効率化、高出力化、軽量化への努力は変わらず行われ、そのため、高温、高圧エンジンの出現や要素の高効率化による、熱

効率の向上、バイパス比の増大による推進効率の向上が狙いとなると考えられる。また、それに加えて、現在以上に環境適合性への対応が求められる。

将来エンジンの技術研究としては、米国でNASAを中心にAST(Advanced Subsonic Technology)プログラム等により低騒音、低エミッションエンジンの研究が進められ、欧州でもTEFA(The Environmentally Friendly Aircraft)プログラム等で研究が行われている。日本では航空宇宙技術研究所やAMG(先進材料利用ガスジェネレータ研究所)の研究として、高性能コアエンジンや低騒音、低NO_xに関する基礎的技術研究が行われている。それら研究の例を以下に示す。

5-1 騒音低減技術

亜音速機の騒音低減のための方策としては、まず、エンジンシステムとしてエンジンバイパス比をさらに上げた超高バイパス比エンジンを採用することでジェット騒音をさらに下げることが考えられる。

高バイパス比エンジンで最も高い騒音源であるファン騒音の低減については過去かなりの努力が払われており、抜本的な低減が難しい状況にあるが、研究としてはANC(Active Noise Control)の研究が始められている。

5-2 高性能化技術(低CO₂技術)

燃料消費量を低減し、CO₂の排出量を減らすためには航空エンジンの高性能化、すなわち熱効率と推進効率の向上による全体効率の向上や軽量化が必要である。21世紀に入ると全体効率が0.5を上回るとした予測もある。

熱効率の向上は全体圧力比の増加とサイクル温度(タービン入口温度)の増加が考えられている。そのためには、高負荷、高効率要素の実現に向けた空力技術の向上が必要であり、伝熱技術向上による高性能冷却技術の実現、超耐熱材料の開発が不可欠である。

推進効率の向上については、従来のバイパ

ス比をさらに上回る超高バイパス比エンジンの出現が考えられる。バイパス比を非常に大きくして、ファンケースを持たないエンジンの研究はアドバンスドターボプロップエンジンとして研究されているが、経済的、技術的理由により、従来のターボファンエンジンに変わるまでの影響力を持っていない。むしろ、現在将来亜音速エンジンとして出現が期待されているエンジンに、ファンダクトを有しながらバイパス比を大きくする、超高バイパス比ターボファンエンジンがある。バイパス比が10以上で、圧力比の比較的低いファンは可変ピッチファンを備えているのが特徴であり、技術課題としてはコアエンジンの高圧、高温化、軽量化、可変ピッチファンや減速機そして大外径のファン、タービンの軽量化が挙げられる。

5-3 低NO_x化技術

現在の先進燃焼器である多段燃焼器はいわば複数の燃焼器により燃焼条件を最適にすることで有害排ガス成分を減少しようとする試みであるが、例えば燃焼器に入る空気量を調整する可変機構を有すること等で高出力時、低出力時とも最適な条件で燃焼させる概念の可変燃焼器の研究が行われている。コンパクト化が可能となるが、燃焼、機構、制御の信頼性、高コスト化が課題となる。

NO_xの発生は火炎温度に対し指数関数的な関係にあるため、燃料と空気の局所的な比率と混合度が大きな影響を与える。NO_xを大幅に低減する対策としては、燃料が稀薄な状態であつ均一な混合状態を作り出し、燃焼させることで局所的な火炎温度を制御することが考えられる。その例としては図-7の予混合稀薄燃焼器がある。噴射弁内で予混合させると共に燃料が稀薄な状態で燃焼させることでNO_xの低減を狙ったものである。この予混合稀薄燃焼器はNO_xを大幅に低減するポテンシャルを持つものの、フラッシュバック(逆火)やオートイグニッション(自着

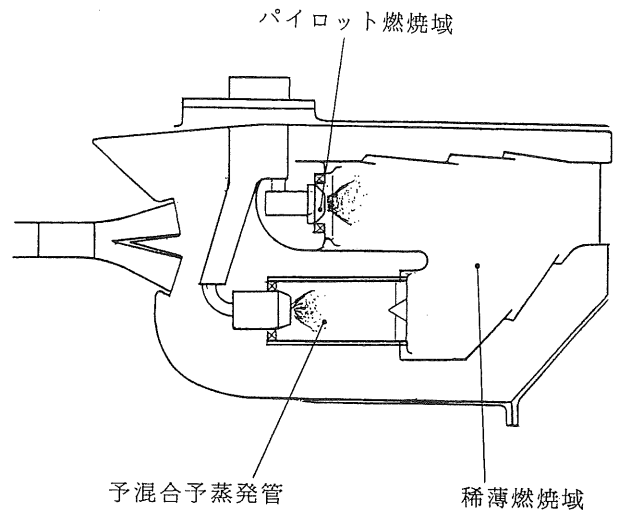


図-7 予混合希薄燃焼器

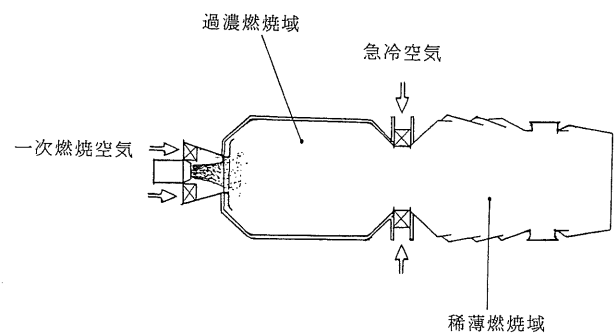


図-8 過濃/急冷/希薄燃焼器

火)などの問題がおき易く、これらの課題克服のための研究開発が必要である。

燃料と空気の比率を調整することでNO_xの低減を図ることを考えた燃焼器のもう一つの例に、図-8に示す過濃/急冷/稀薄燃焼器がある。この概念は空気と燃料の割合が当量比から外れた状態、すなわち燃料が過濃の状態、および燃料が稀薄の状態の燃焼でNO_x発生が抑えられることを利用したものである。燃焼器の上流側のパイロット燃焼領域では燃料過濃状態を作ることによってNO_xの発生を抑える。スロート部から多量の空気を噴射してホットガスと急激に混合させた後、メイン燃焼領域では燃料稀薄混合状態にし、NO_x発生を抑えることを狙ったものである。

この燃焼器では燃料過濃状態と燃料稀薄状態とのふたつの燃焼状態を同時に有している

ため、その間の遷移状態が問題となる。燃料過濃状態から燃料稀薄状態へ急激な空気の注入と混合をおこない、NO_x発生 の最も多い当量比1近くの領域を短くすることが重要であり、そのための研究開発が必要となる。

6. まとめ

環境保護の観点から航空エンジンの騒音、排ガス対策研究の例について概説した。

騒音については高バイパス比ターボファンエンジンの採用によるジェット騒音の低減、ファン部を中心とした騒音低減対策の実施により、かなりの騒音低減がなされている。

排ガスについてはCO、UHC、NO_x、CO₂に対してその低減対策が取られており、実効をあげているが、最近、とくに地球環境との関係からNO_x低減の要請が高く、そのための研究開発が世界的に行われている。それらの中にはまだまだ概念段階のものもあり、実用化にはなお一層の努力が求められている。

エネルギーと環境保護の関心の高まりの中、環境に適合した航空機、エンジンへの要請はますます高くなるものと予想され、それに対する研究開発を今後とも続ける必要がある。

文 献

- 1) 平成3年度日本航空宇宙工業会報告書, 1992
- 2) 吉岡, 航空環境研究 No. 1 p 51, 1997
- 3) 柴田, 航空環境研究 No. 1 p 56, 1997
- 4) 中村, 騒音制御 12-1, 1988
- 5) 機械学会調査報告書 PSC 190, 1992
- 6) NASA-CR-4233, 1989
- 7) Strack, W. C., AIAA-88-2985, 1988
- 8) Russo, C. J., ISABE 97-7002, 1997
- 9) Karadimas, G., ISABE 97-7006, 1997

著 者 略 歴

昭和46年3月東京工業大学博士課程終了, 同年4月石川島播磨重工業入社。航空宇宙事業本部研究開発部配属。以後, 空力関係を中心として, 航空エンジンの研究開発に従事。平成元年7月技術開発事業部エンジン性能技術部長。以降, 研究開発部長, 副事業部長兼エンジン設計部長を歴任。平成9年7月現職。

航空機騒音の評価法と「慣れ」の問題*

難波 精一郎**

1. はじめに

騒音の心理学的影響の指標としてラウドネス（音の大きさ）およびノイジネス（やかましき、音そのものに付随した不快感、喧噪感）があげられる。ここでラウドネスは主として音のエネルギーに対応する属性で大小で表現される。ノイジネスは騒音の質に関する属性でエネルギー以外に音のスペクトル構造の複雑性や騒音の継続時間や衝撃性などの時間的影響が関係する。たとえば広いスペクトルの中に強い純音成分がある条件などノイジネスは増加するがラウドネスはあまり変化しない場合がある¹⁾。

航空機騒音の環境基準として我国では、独自の評価法すなわち簡便化された WECPNL が用いられている。この WECPNL は Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level の略で、PNL はノイジネスの指標である。さて K. D. Kryter¹⁾ が提案した本来の PNL (Perceived Noise Level) は、純音成分が強かった亜音速ジェット機騒音のノイジネスを推定するために、S. S. Stevens²⁾ が提案したラウドネス・レベルの計算法のラウドネスの等感曲線を改定し、4000 Hz 近傍の感度を高めたものである。全体のノイジネスの計算法は Stevens のラウ

ドネス・レベルの計算法を踏襲している。このラウドネスとは別にノイジネス曲線を提案したことに對し、Stevens³⁾ より激しい批判があり、種々の騒音について計算してもラウドネスとノイジネスは同じだとして、Stevens は両者を統合した属性として Perceived Level を提案している。この論争は Stevens の早い逝去によって決着をみななかったが、そもそも PNL が ISOR 507⁴⁾ として標準化された当時から、ノイジネス曲線を用いることに批判があったことは確かである。ジェットエンジンが改良されて顕著な純音成分が少なくなつてからは、特にノイジネス曲線を用いる必要性に疑問がもたれる。

ノイジネスとラウドネスが確かに異なる点として、時間的な累積効果がある。すなわちラウドネスの時間積分の限界はたかだか1秒以内と短い、ノイジネスの場合には数時間を越える可能性がある。すなわち音が長く継続してもラウドネスが次第に増加することはないが、不快な音が継続して発生するとノイジネスはますます増加することは理解できる。また発生回数の効果もラウドネスの場合には短い発生間隔のパルスの場合にはパルスの数が増加するとラウドネスも増加する。ただし、この場合もラウドネスが積分されるのは短時間である。一方、ノイジネスの場合には回数を重ねることによって、相当の長時間にわたり蓄積する可能性がある。

このように時間条件、航空機騒音の場合には機数の影響については考慮する必要がある

* Evaluation of Aircraft Noise and Habituation by Seiichiro Namba (Takarazuka University of Art and Design).

** 宝塚造形芸術大学教授

として、周波数特性に関しては、特にノイジネス曲線を積極的に用いる理由はないように思える。それは騒音に顕著な純音成分が含まれていない場合には、ラウドネス・レベルと騒音レベル (dBA) との間に、ほとんど1に近い高い相関係数が得られることが多い。従って現代のジェット機騒音の場合にはA特性による補正で実用上十分ではないかと考えられる。問題は時間的な積分効果であるが、エネルギー平均値に基づく等価騒音レベルの概念が普及するに至り、この時間軸に関する問題も特に複雑な ISOR 507 による計算法を用いる必要性は少ないものと考えられる。すなわち 1/3 オクターブ分析を 0.5 秒ごとに行って PNL を算出し、観測時間にわたって積分する方法である。一方、等価騒音レベルの場合には観測時間で割ることでエネルギー平均値を求めるが、割らずにトータルのエネルギー量、すなわち単発騒音暴露レベルを求めることもできる。あるいは観測時間を標準化しておけば、例えば、1機の通過時間を10秒とするとか、1日(24時間)を等価騒音レベルの基準とすれば、やはり1日の機数を考慮した全体のエネルギー量を反映することになる。

さて、現在の我国の WECPNL は騒音レベルの slow max の値から10秒のトータル・エネルギーを推定し、さらに $10 \log N$ の機数を加算することで1日の全体のエネルギーを反映する値となっている。時間帯補正の問題を除けば、我国の WECPNL は等価騒音レベルの変形と言えないこともない⁵⁾。ただ世界各国で航空機騒音の評価に次第に等価騒音レベルが用いられるようになる傾向にある時、このような日本式 WECPNL を使用することにどのような積極的意義があるのか問題である⁶⁾。

ここで航空機騒音の評価に等価騒音レベルを用いた場合の適用の妥当性をA特性適用の問題および時間的にエネルギー平均値を採

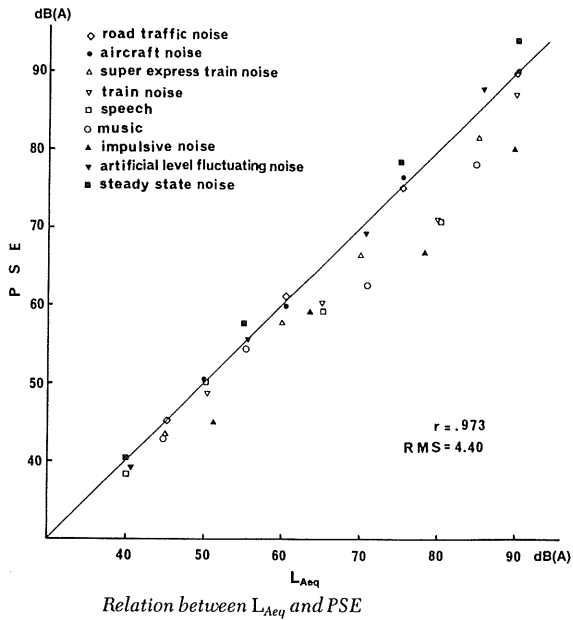
用する問題、ラウドネスの継時的変化と慣れの問題など、筆者らの実験を中心に論じてみたい。

2. 航空機騒音の評価と等価騒音レベル

まず、種々の等価騒音レベルのラウドネスあるいはノイジネスに等価騒音レベルを用いた場合の両者の対応関係についてデータをみてみよう。

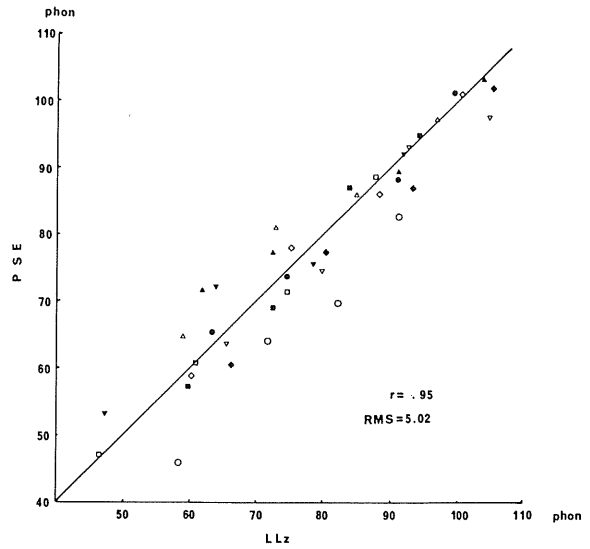
2-1 単機の等価騒音レベルとラウドネス

図-1-a は航空機騒音を含む種々の環境騒音のラウドネスと等価騒音レベルの関係を示したものである⁷⁾。0.9を越える高い相関係数のあることが分かる。一方図-1-b は同じデータについて、ラウドネスと ISO 532 B のラウドネス・レベルの関係を示した例である。両者でほぼ同じ相関係数が得られ 1/3 オクターブ帯域分析に基づき、刺激について詳細な分析を行った場合と単純な A 特性に基づく等価騒音レベルの間で改良がみられないことが分かる。次に図-2-a は広帯域騒音に振幅変調した純音成分が付加された音のラウドネスと等価騒音レベルの関係を示したものである。両者の間の相関係数は極めて低い。このように純音成分が強い場合には A 特性による周波数補正では不十分であることが分かる。一方、図-2-b は ISO 532 B によって求めたラウドネスレベルとの関係を示したものであるが、両者の間に有意な相関係数が得られていることが分かる。ラウドネス・レベル算出の場合にはほぼ臨界帯域に対応する 1/3 オクターブ帯域の中に卓越した周波数成分を含む場合には全体のラウドネスに寄与するので、ある意味で純音補正を行っていることになる。このように騒音源に特に強い純音成分が含まれる場合には A 特性による周波数補正は不十分であり、過去のジェット騒音の場合に純音補正が必要だった理由は分かる。図-3 は図-1 に刺激として用いたジェット騒音の1部を周波数分析したものである



Relation between L_{Aeq} and PSE
 (●—aircraft noise; △—super express train noise; ▽—train noise;
 ◇—road traffic noise; □—speech; ○—music; ▲—impulsive noise;
 ▼—artificial level-fluctuating noise; ■—steady-state pink noise)

図-1-a LL_z (ラウドネス・レベル) と種々の変動騒音のラウドネスとの関係



Relation between LL_z and PSE
 (●—aircraft noise; ○—sound of footsteps; ▲—music; △—sound of pipe organ; ■—sound with prominent low-frequency components; □—sound with prominent high-frequency components; ▼—sound with both prominent low- and high-frequency components; ▽—sound whose level and frequency increase; ◆—sound whose level and frequency decrease; ◇—pink noise)

図-1-b L_{Aeq} (等価騒音レベル) と種々の変動騒音のラウドネスとの関係

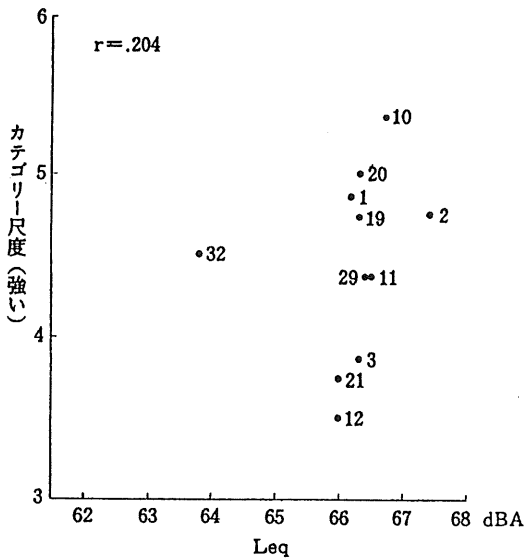


図-2-a L_{Aeq} (等価騒音レベル) と純音成分を含む広帯域騒音の強さ (ラウドネス) との関係。単純な A 特性による周波数補正では 7 段階のカテゴリー尺度で測定した主観的な音の強さの印象との間に対応関係がみられないことが分かる。

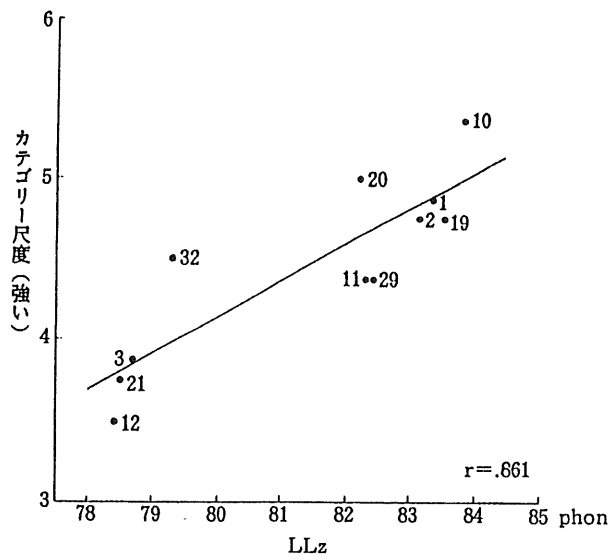


図-2-b LL_z (ラウドネス・レベル) と純音成分を含む広帯域騒音の強さ (ラウドネス) との関係。図-2-a と同じデータに聴覚モデルに基づくラウドネス・レベルの計算法 (ISO 532-B) によって求めた LL_z と主観的な音の強さの印象との関係を求めたもの。高い相関係数 ($r = .861$) が得られていることが分かる。

が、特に顕著な純音成分はみられない。すなわちジェット旅客機の騒音の場合には純音補正は必要でなく、A 特性による周波数補正

で実用上十分であると思われる。

さらに単機が通過した場合の騒音レベルの測定法だが、現在の日本式 WECPNL では

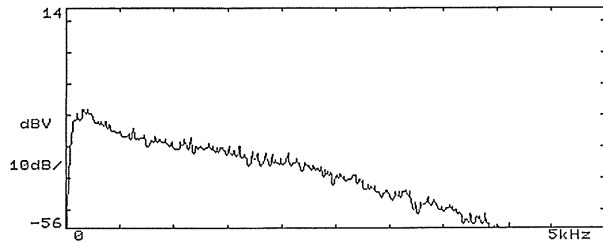


図-3 ジェット機 (B-747) 音の FFT による周波数分析。横軸が周波数、縦軸は相対的なパワースペクトルレベル。顕著な純音成分のないことが分かる。

slow max の値が測定値として用いられている。飛行パターンが同じ場合なら、確かに騒音レベルの最大値は単発騒音暴露レベルの推定に用いる。編成が同じ列車騒音の場合などその 1 例である。しかし航空機の場合には機種や積載重量の相違によって当然飛行パターンは異なることが考えられる。また測定点が滑走路の近くでは継続時間が短く、離陸後上空を旋回し、その旋回の輪の内側の中心付近で測定する場合には継続時間は数分を越えるほど長い。また **slow max** の値を読み取ることも容易ではない。継続時間の影響が含まれること、測定値が安定することなどから、単機の騒音の測定には等価騒音レベルあるいは単発騒音暴露レベルを用いる方が **slow max** よりも妥当ではなかろうか。

2-2 機数の影響

航空機騒音の影響には当然、1 日の離着陸回数 (N) を考慮に入れる必要がある。WECPNL の場合には時間帯のウェイトを考慮した上で、 $10 \log N$ としてエネルギー的に加算されている。等価騒音レベルの場合には元来がレベル変動のエネルギー平均値に基礎を置く評価法なので、観測時間を 24 時間にすればそれだけで機数の影響を含んだ値となる。背景騒音の影響を考慮する必要があるので実際の測定は簡単ではないが、機数の影響を考慮するという点でも等価騒音レベルには問題がない。また単機の場合、等価騒音レベルの測定は容易であり、航空騒音の等価騒音レベルとラウドネスとの間に大変高い相関係

数が得られるという実験的データもある⁷⁾。しかし、1 日の時間経過を考えて個々に飛来する航空機騒音のラウドネスが 1 日を通して平均されて、1 日の騒音の評価がきまるのか、あるいはノイジネスが時間と共に累積してその累積効果が $10 \log N$ として表現されるのか、あるいは時間と共に騒音に対し慣れが生じて時間と共に騒音に対する反応が減少するのか、あるいはある平均的なレベルに適應しているが、時に大きな音を発生して通過する航空機があると、その音に敏感に反応するのか、など 1 日全体あるいはもっと長期間の影響についての実験的検討は容易でない。それはこの種の累積効果を見るには刺激の提示時間が長くなること、刺激提示後に判断を求めても、それが果して刺激全体の印象に基づく判断なのか、それとも判断した時点に接近した刺激の後半の部分の影響を強く受けた判断なのか分からないこと、また刺激条件が複雑になって刺激の物理量と反応との間の明白な法則性を見つけることが難しいなどの問題があるからである。

このような長時間の影響を知るには社会調査が適しているが、やはり社会的要因など物理量以外の多くの要因が絡むので、物理量と心理量とも明白な関数関係を見いだすことは難しい。そこで、我々のグループでは通常の実験心理学実験のように刺激提示後に判断を求めるのではなく、長時間の刺激を聞きながら時々刻々の印象をカテゴリーを用いて判断し、その結果をキーボードを通じてコンピュータに連続的に入力する方法を考案した。次にその方法によって得られた航空機騒音のラウドネス、ノイジネス判断の結果を紹介する。

2-3 カテゴリー連続判断法による航空機騒音の評価

図-4 に航空機騒音のレベル変化とノイジネスについての時々刻々のカテゴリー連続判断の結果の 1 例を示す⁹⁾。また図-5 に刺激の

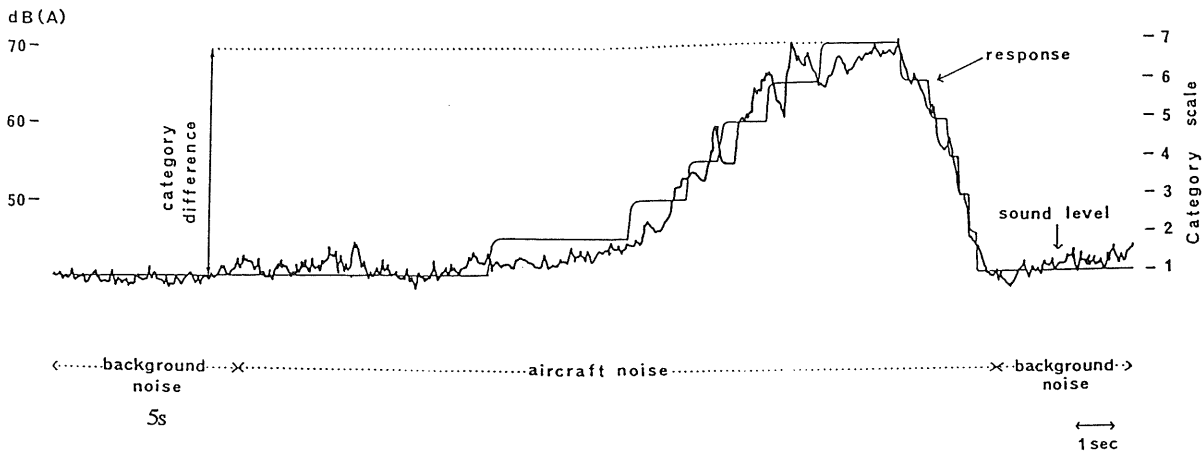


図-4 航空機の騒音レベルの変化と時々刻々のカテゴリー判断

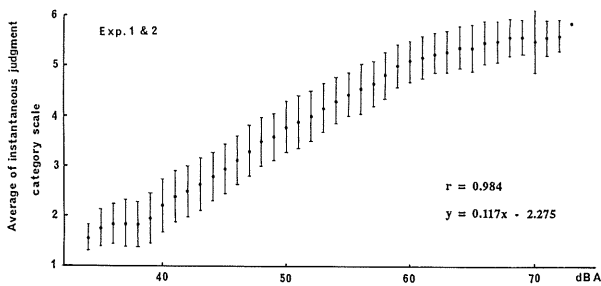


図-5 時々刻々のカテゴリー判断と騒音レベルの関係

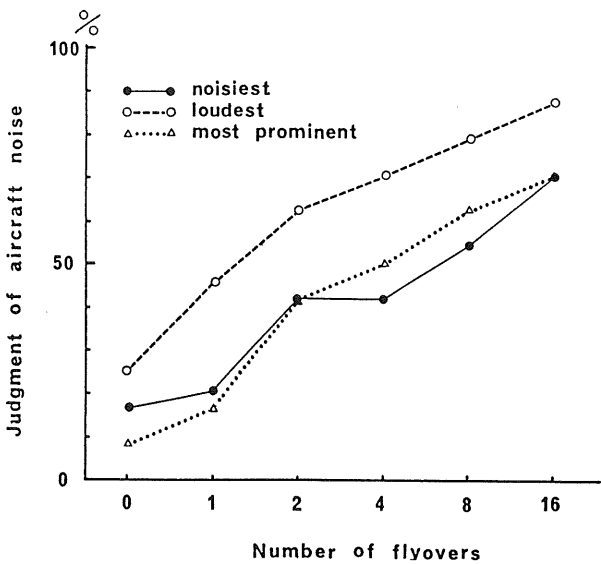


図-6 飛行機数と最も大きい、やかましい、目立つ判断の比率

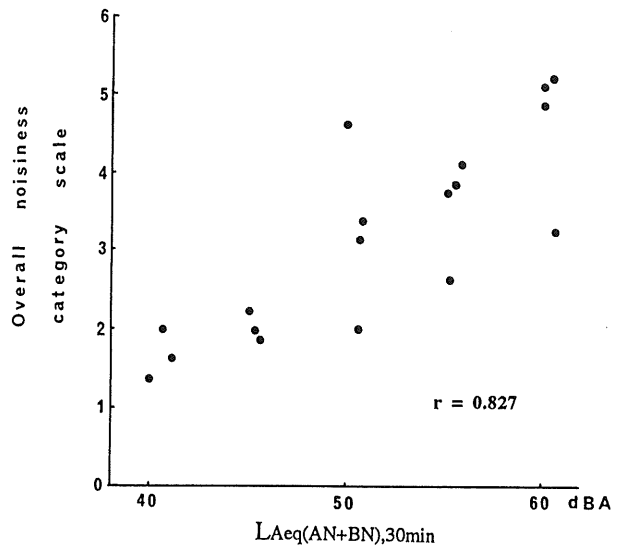


図-7 30分間の等価騒音レベルとやかましきの全体判断

長さが30分の場合の1秒ごとのA特性音圧レベル(騒音レベル)と1秒毎にサンプルしたカテゴリー連続判断の結果を対応関係を示す。両者の間に高い相関係数が見られ、時々刻々の航空機騒音のノイズネスが時々刻々の

騒音レベルによって規定されていることが分かる。一方30分間全体を通して、航空機騒音が種々の背景騒音の中で、最も大きい、あるいはもっともやかましい、最も目立つ音の判断された回数を図-6に示す。飛行回数が増加すると航空機騒音を最も大きい、やかましい、目立つ音として判断される回数が増加し、慣れは見られない。勿論航空機の機数が増えると等価騒音レベルも高くなるので、等価騒音レベルと30分全体のノイズネス判断の間に比較的高い相関係数($r=0.827$)が見られる(図-7)。しかし、30分間には種々の音が混在し、その全体の印象について記憶

に基づいてなされた判断なので高い相関係数にはならない。すなわち先の時々刻々の知覚に基づく判断が $r=0.984$ とほとんど1に近い高い相関係数であるのと比べると低い。比較的实验統制のよく行われた実験室実験においても、短い継続時間の刺激についての知覚による判断は物理量との間に高い対応関係が期待できるのに、30分といえども種々の音が混在し、かつ記憶によって行う判断の場合には、相関係数の値が低下するのであるから、社会調査の場合に高い相関係数を得ることが難しいのは当然といえるだろう。さらに長い1時間および2時間のセッションについて行った別の実験¹⁰⁾の結果について、時々刻々の判断の平均と長時間の判断(全体判断)とを比較した結果が図-8である。このように長いセッションになると、刺激系列の中の大きな部分のみが印象に残り、小さい部分は無視されて判断が行われるので、長時間の判断は過大評価される傾向がある。この傾向は道路交通騒音の場合にもみられ、最大レベルより20 dB以下の騒音は無視される傾向があった¹¹⁾。すなわち長時間たてば刺激全

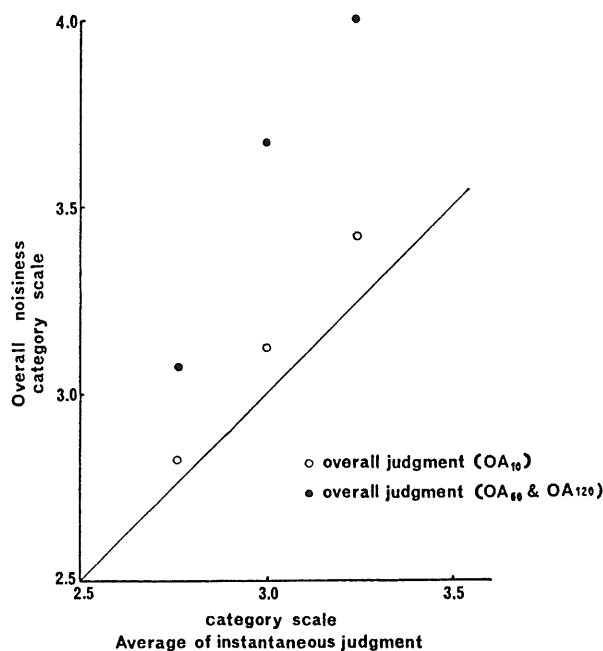


図-8 時々刻々のカテゴリー判断の平均値と10分間(OA₁₀)、1時間(OA₆₀)または2時間(OA₁₂₀)の全体判断

体の印象が薄れ、騒音の過少評価すなわち慣れが生じるとはいえず、大きい部分が印象に残ってかえって過大評価される傾向すらある。このように限られた実験データでみる限り航空機騒音には慣れは存在しないようにみえる。しかし、現実の日常体験からみて、我々は可聴閾以上の総ての音信号に反応しているわけではなく、反応するのは極一部の刺激に限られる。このような刺激の選別過程における慣れの役割とその測定について考えてみたい。

3. 慣れの測定

「慣れ (habituation)」とは同じ刺激が反復提示されることによって、始めには生じていた反応が起こらなくなる現象をいう。すなわち慣れとは新奇性のないいわば情報量の少ない刺激に対する反応を時間経過と共に減少させる現象である。この慣れは適応行動上で無用な刺激に対する感受性を低下させ、必要な刺激を選択的に知覚させる働きである。この意味で、慣れは音環境に対する適応を支える極めて重要な機能である。慣れについては反射など生理学的指標を用い、原生動物から高等動物にいたる種々のレベルの動物を対象に研究が行われている。しかし、慣れは個人の生理学的水準のみだけでなく、環境への適応という視点でみれば種々の水準で生じている。例えば、従来の社会調査にみられるように、ある音がその社会、文化においていかなる価値を持つか、さらにある文化が他者の音に寛容であるか否かにも音環境への適応に関係する。この意味で慣れは環境への適応の指標とも言え、環境心理学における重要な概念となり得る。このような広い文脈での慣れの測定は容易でない。

先に紹介したカテゴリー連続判断法は長時間の刺激に適用できる上に、被験者に特定の刺激にのみ反応を強いるのではなく、時々刻々の刺激の変化に対して判断を求める。従

って被験者がある音源に慣れてその変化を意識しなくなれば、変化に対する反応は消失する。すなわち反応の無い時間が慣れの指標となると考えられる。このカテゴリー連続判断法を用いて種々の訪問販売の拡声器からの音に対するノイジネス判断を80分間にわたって求めた¹²⁾。この実験中に同時に精神作業を課し、その作業に注意を集中した場合には騒音に対するノイジネス判断が減少するものと予想した。同様のセッションを2回実施し、2回を間のノイジネス判断が生じなかった時間を図-9に示す。被験者には主婦30名を用いたが2回のセッションの間での判断の生じなかった時間の間に $r = .796$ の相関があり、慣れの傾向に一貫性があることが分かる。す

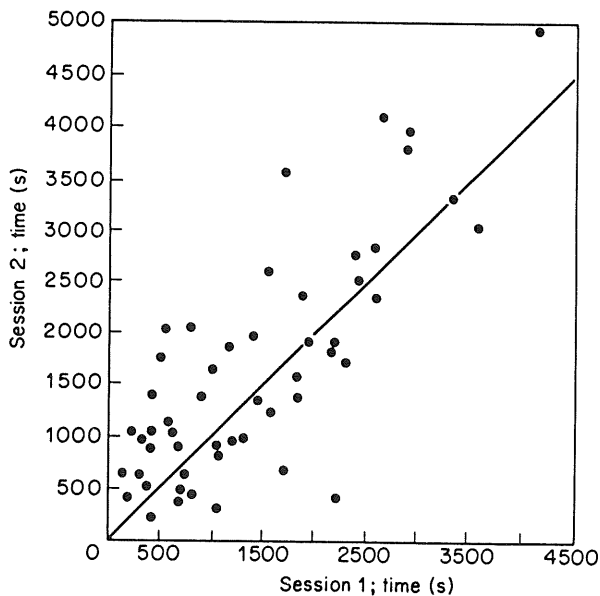


図-9 2回のセッションの慣れ(無反応)の時間の相関関係

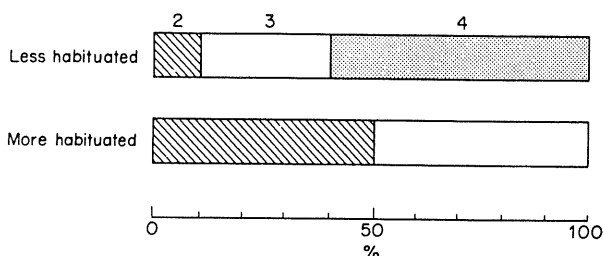


図-10 慣れやすいグループと慣れ難いグループの質問項目とのクロス集計(1.よく慣れる, 2.やや慣れる, 3.場合による, 4.あまり慣れない, 5.全然慣れない)

なわち慣れやすい被験者と慣れ難い被験者のあることが分かる。そこで別にアンケート調査の項目を用いて、日常生活における体験をしらべたところ、図-10のように実験で慣れが生じなかった被験者は現実の生活でも音に慣れにくいことが分かる。このようにカテゴリー連続判断法によって慣れの測定は可能だが、慣れには大きな個人差があることがわかる。なお L_{Aeq} と慣れの間には負の相関があり、やはり全体の傾向として大きな音には慣れにくいことが分かる(図-11)。なお同じ拡声器からの音でもカラオケの場合には慣れは全然生じなかった。訪問販売の音は被験者の主婦には単に騒音としてではなく、生活にプラスになる情報を伝える音として必ずしも全面的に否定されていなかった。従って反復すると情報の新味がなくなって注意を引かないという面と、一方では無駄な情報をしつこく流すということによって不快感を引き起こす可能性があり、この音の受け止める態度の相違が個人差となって現れた可能性もある。カラオケ音の場合には一方的な侵入音として感情的にマイナスの影響を与え、慣れが生じなかったものと思われる。

難波他¹³⁾は自動車車内騒音に対する慣れ

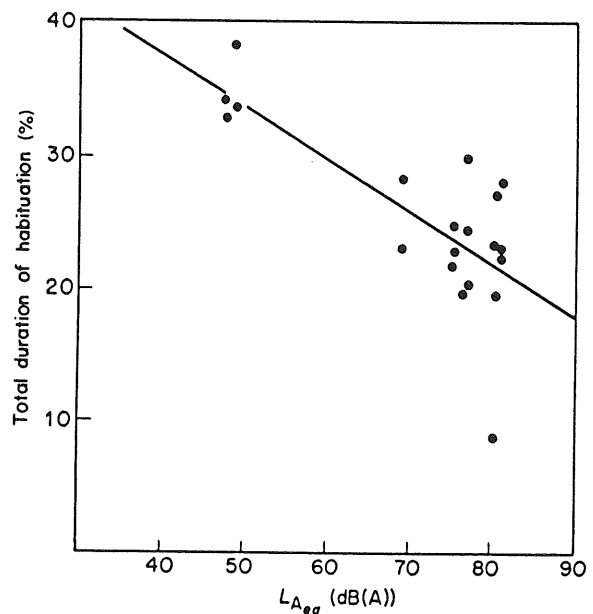


図-11 等価騒音レベルと慣れとの関係

をカテゴリー連続判断法を用いて調べているが、特に新たな情報がつけ加わらない場合には慣れが生じることを示している。

また溝口他¹⁴⁾は音に慣れていないと僅かな音の増加でも検知できるが、慣れた場合には相当に大きくなると検知できないとの仮説のもとに、音の変化速度と慣れの結果について実験的に検討している。その結果、白色雑音や空調音のように定常的な音は慣れが生じるが、工場騒音や道路交通騒音のように変化する音の場合には慣れが生じにくいとの結果を得ている。

また Hellbrück 他¹⁵⁾は発話された単語を記憶する作業に対して騒音の妨害の効果を実験的に調べている。騒音の種類によって妨害的に働く刺激と影響の少ない刺激が存在するが、慣れは生じないとの結論を得ている。

航空機騒音に対する慣れについて、Cohen 他¹⁶⁾の field 調査の結果によれば、生理的なストレス反応（血圧の変化など）には慣れの影響が見られるが、アノイアンス反応に対する慣れは見られないとの結果を得ている。道路騒音に関しては Vallet 他¹⁷⁾は逆に騒音にさらされているとアノイアンスが高まるという結論を得ている。また Kastka 他¹⁸⁾は遮音塀の長期間の影響について調査しているが、遮音塀がアノイアンスを下げる上で、効果があることを示しながら同時に、遮音塀建設以前の騒音に対する悪い印象が遮音塀建設後も下がらない例を上げている。すなわち感情的にマイナスの印象をもった場合にはレベルが下がっても、アノイアンスは下がらないケースがある訳で、騒音の種類を問わず、音源に悪印象を持った場合には慣れは生じ難いと言える。なお曾根他¹⁹⁾の新幹線騒音に関する社会調査では、この調査が行われた時期と開業との時期が接近していた山陽新幹線の方が住民の新幹線騒音に対する態度が、東海道新幹線に対する場合よりも厳しく、この差が慣れによるものではないかと論じられてい

る。

このように慣れの測定結果はまちまちである。それは一般に長期間における慣れの影響を調べようとすれば、当然刺激も複雑になり物理量と反応との対応関係の把握も容易でなく、さらにその間に騒音の変化だけでなく、種々の居住環境の変化やさらに住民の加齢による身体的な変化もあり、騒音に対する慣れを明白に調べることに困難を伴うからである。

4. まとめ

航空機騒音の評価には機数の加算が行われている。このことは機数が増えれば騒音の影響も増加することを意味し、少なくともこの加算が行われる範囲では慣れは生じないといえる。もっと長期間の影響については社会調査によってしらべる必要があるが、長期間にわたる調査ではその間の種々の環境の変化や住民自体の変化もあって、騒音に対する慣れそのものを純粹に明白することは難しい。実験室的検討の結果、レベルの低い音、比較的定常な音、新しい情報がつけ加わらない音の場合には慣れが生じやすい傾向がある。航空機騒音の場合もレベルが低く、背景騒音からあまり目立って抜け出ない場合には、慣れが生じる可能性がある。しかし、航空機の場合で背景騒音に比べてレベルが高い場合には、航空機騒音の間欠的発生の特徴が顕著となり、慣れにくい傾向を示す可能性がある。特に騒音源との間に感情的な対立があった場合など、慣れるどころか、かえってアノイアンスが増加する可能性もなしとは言えず、十分慎重な対応が望まれる。

文 献

- 1) K. D. Kryter, "Perceived Noisiness (Annoyance)" Chap. 8 in *The effects of noise on man*, 269-331, (Academic Press, 1970)
- 2) S. S. Stevens, "Procedure for calculating loudness: Mark VI" *J. Acoust. Soc. Am.* 33. 1577-1585

- (1961)
- 3) S. S. Stevens, "Perceived level of noise by Mark VII and decibels (E)" J. Acoust. Soc. Am. 51, 575-601 (1972)
 - 4) ISO Recommendation: "Procedure for describing aircraft noise around an airport" ISO/R 507-1970 (E)
 - 5) 吉岡 序, 若栗 尚, 時田保夫, 山田一郎, "実測値に基づく民間空港周辺における WECPNL と L_{dn} の関係の考察" 日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 733-734, 1994
 - 6) 五十嵐寿一, "航空機騒音の環境基準をめぐる課題について" 航空環境研究, 1, 4-8, 1997
 - 7) 難波精一郎, 桑野園子, "種々の変動音の評価法としての L_{eq} の妥当性, 並びにその適用範囲の検討", 日本音響学会誌, 38, 774-785 (1982).
 - 8) S. Kuwano, S. Namba and T. Hashimoto, "On the psychological evaluation of amplitude-modulated sounds, Proceedings of International Conference on Noise Control Engineering, 797-802, (1986)
 - 9) S. Kuwano and S. Namba, "Evaluation of aircraft noise: Effects of number of flyovers" Environmental International, 22, 131-144, 1996
 - 10) S. Namba and S. Kuwano, "The relation between overall noisiness and instantaneous judgment of noise and the effect of background noise level on noisiness", Journal of the Acoustical Society of Japan (E), 1, 99-106 (1980).
 - 11) S. Kuwano and S. Namba, "Continuous judgment of level-fluctuating sounds and the relationship between overall loudness and instantaneous loudness", Psychological Research, 47, 27-37 (1985).
 - 12) S. Namba and S. Kuwano, "Measurement of habituation to noise using the method of continuous judgment by category", Journal of Sound and Vibration, 127, 507-511 (1988).
 - 13) S. Namba, S. Kuwano, A. Kinoshita and Y. Hayakawa, "Psychological evaluation of noise in passenger cars-The effect of visual monitoring and the measurement of habituation" Journal of Sound and Vibration, 205, 427-433 (1997)
 - 14) 溝口耕三, 岡本建久, 田中 洪, 桑野園子, 難波精一郎 "慣れの測定における負荷騒音のレベル変化速度の影響について—準定常音に対する慣れの測定その2—日本音響学会春季研究発表会講演論文集, 743-744, (1996.3)
 - 15) J. Hellbrück, S. Kuwano and S. Namba, "Irrelevant background speech and human performance: Is there long-term habituation?" Journal of the Acoustical Society of Japan (E), 17, 239-248 (1996).
 - 16) S. Cohen, G. W. Evans, D. S. Krantz and D. Stokols, "Physiological, motivational and cognitive effects of aircraft noise on children-moving from the laboratory to the field-", American Psychologist, 35, 231-243, (1980)
 - 17) M. Vallet, M. Maurin, M. A. Page, B. Favre and G. Pachiaudi, "Annoyance from and habituation to road traffic noise from urban expressways", Journal of Sound and Vibration, 60, 423-440, (1978)
 - 18) J. Kastka, E. Buchta, U. Ritterstaedt, R. Paulsen and U. Mau, "The long term effect of noise protection barriers on the annoyance response of residents" Journal of Sound and Vibration, 184, 823-852, (1995)
 - 19) 曾根敏夫, 香野俊一, 二村忠元, 亀山俊一, 熊谷正純, "沿道住民に及ぼす新幹線鉄道騒音の影響" 日本音響学会誌, 29, 214-224, (1973)

著者略歴

昭和31年大阪大学文学部哲学科卒業, 大阪大学文学部助手, 同教養部講師, 同助教授を経て, 昭和48年同教授, 平成5年同工学研究科教授(兼任), 平成6年同人間科学部教授, 平成8年定年退職, 大阪大学名誉教授, 宝塚造形芸術大学教授(現在)。

昭和55年西ドイツ・オルデンブルグ大学客員教授(心理学部門)(DAAD, DFG.による招聘), 昭和56年英国サウザンプトン大学音響振動研究所客員研究員(文部省長期在外研究員)。

昭和58年, 昭和62年日本音響学会佐藤論文賞, 昭和58年産業公害防止協会優秀論文賞, 平成8年日本騒音制御工学会研究功績賞(業績)授賞。文学博士(大阪大学), オルデンブルグ大学名誉哲学博士。

研究報告

航空環境と健康に関する疫学的調査 I^a — 空港周辺と隣接町における健康診断諸データの比較 —

後藤 恭一^b 金子 哲也^c 山崎 晴一朗^d

要約 航空機騒音の身体への影響に関しては、これまで様々な角度から調査・研究が行われてきたが、その結果は様々で健康影響の全容を解明しているとは言い難い。また、多くの研究は高レベル、短期暴露における局所的、断片的である。一方、我が国における空港周辺での航空機騒音に関する調査は、1980年代以降の報告件数は少なく、その影響が解明されないまま既に15年以上が経過している。確かに、以前に比べ空港周辺での騒音量は低減したが、今なお空港周辺には多くの人が生活しており航空機騒音にさらされている。また一方では、航空機の便数は増加の一途をたどっている。こうしたなか、今あらためて航空環境下における長期的身体影響を調査する必要がある。今回我々は、空港周辺地域に長期にわたって居住している住民と空港近郊の住民の健康診断データをもとに、これまで航空機騒音との関連が指摘されていた高血圧との関連を中心に検討した。

その結果、高血圧発症の誘因となる、食生活や喫煙、飲酒などの生活習慣をコントロールしても、空港周辺地域と近郊地域の血圧平

均值に差はなく、航空機騒音の血圧への関与は認められなかった。一方、いくつかの検査項目において空港周辺のほうが高い結果を得たが、2地域間に各判定における正常者率に差異が認められないこと、その変動は正常範囲に留まっていることから、現時点では疾病に結びついているものではないと判断した。しかし、飲酒・喫煙率は空港周辺群の方が対象群に比べ高く、航空機騒音に対する手段の退避行動とも考えられ、航空機騒音によるストレスが関与している可能性を示唆していた。今後、精神および身体の両面から継続的な調査検討が必要であろう。

キーワード 航空機騒音、高血圧、騒音影響、疫学調査、ストレス

1. はじめに

航空機騒音は、高周波成分を多く含み強大な騒音量ゆえ大きな不快感を受け手に与える。さらに音源が上空にあるため影響が広範囲にわたる特徴をもっている。多くの国で航空機騒音は社会問題化し、わが国でも大阪国際空港や福岡国際空港において航空機騒音訴訟の歴史がある。

航空機騒音の人体影響に関しては、これまで様々な角度から調査・研究が行われてきたが、多くは高レベル、短期暴露における局所的、断片的なもので、航空機騒音が心身面に及ぼす影響はまだ解明されているとは言いがたい¹⁾。これまでの騒音による身体影響に関する研究をみると、典型的な騒音影響である

^a Statistic analysis on health check data of people living around Fukuoka international airport, by Kyoichi Goto, Tetsuya Kaneko and Seiichiro Yamazaki

^b (財)航空環境整備協会 航空環境研究センター環境保健部

^c 杏林大学教授 (環境保健部長兼務)

^d (財)福岡県医療情報研究協会 理事長 (久留米大学名誉教授)

聴覚器については多くの知見が得られている。一方で、聴覚器以外の心身面への騒音影響については心拍数や血圧に及ぼす影響については様々な研究報告があるが、その結果はまちまちであり解明されているとは言いがたい。空港周辺における現地調査では Knipschild ら (1977) は Amsterdam の Schipol 空港周辺に居住する成人を対象に疫学調査を実施、循環器疾患での受診経験、投薬を受けたことがある者が B 40 (NNI 約 37) 以上の地域で有意に多く^{2),3)}、さらに心臓形態異常や高血圧 (175/100 mmHg) の割合も有意に多い⁴⁾と報告している。また、Knipschild は心疾患と高血圧が Ldn 62.5 以上の高レベル騒音地域に多いとも指摘している⁵⁾。さらに、航空機騒音にさらされている子供たちは対照群に比べ血圧が高いとの報告もある⁶⁾。しかし、等価騒音レベルが 95 dB(A) と空港周辺に比べはるかに高い騒音環境下での工場勤務者を対象にした調査では、騒音暴露と高血圧に関連性を示さない⁷⁾との結果もあり、音と高血圧の関連性は明確ではない。これまで我々も大阪国際空港周辺地域集団を対象に航空機騒音の血圧に対する影響を調査したが、航空機騒音と血圧と関連性は認められなかった⁸⁾。

一方、我が国における空港周辺を対象にした航空機騒音に関する調査は、大阪国際空港騒音訴訟の最終判決が決定し、航空機自体の低騒音化が進んできた 1980 年代以降の報告件数は少なく、その影響が解明されないまま既に 15 年以上が経過している。確かに、空港周辺は環境対策が進み運航方式なども改善された昨今、騒音量は低減し、騒音が特に甚だしかった滑走路直近である第二・三種区域の居住者は既に移転している。しかし、今なお第一種区域には多くの人々が生活しており航空機騒音にさらされているのも事実である。最近では新関西国際空港が開港し国際便が移転した大阪国際空港を除けば、便数は増加の

一途をたどっている⁹⁾。

こうしたなか、今あらためて低減化した航空機騒音下での長期間にわたる身体的影響を調査する必要があるだろう。強いて言うならば航空機騒音の低レベル長期暴露の心身影響を検証していくことは、今後空港と周辺住民の共生を図っていくためにも意義のあることである。今回我々は空港周辺地域に長期にわたって居住している住民と空港近郊の住民の健康診断結果を比較検討する機会を得て、これまで航空機騒音との関連が指摘されていた心疾患および血圧との関連を中心に検討したのでここに報告する。

2. 対象と方法

調査対象は福岡国際空港周辺の巡回健康診断受診者と福岡市に隣接している町の一般健康診断受診者のうち、1994 年に受診した 65 歳以下の女性である。対象者数は福岡空港周辺地域 (以下、空港周辺群とする。) の受診者数は 469 名、隣接町の一般健診受診群 (以下、対照群) は 1,177 名の、計 1,646 名であった。対照地を選出するに当たっては、空港周辺と同一の経済圏に含まれること、幹線道路や鉄道等航空機騒音以外の騒音の諸条件が類似していること。健診受診者層が共通していること、を条件とした。解析するにあたり調査対象は在宅時間の長い者が適当であると判断し、女性の受診者のみを取り上げた。なお、この両地の健康診断は同一の機関が実施している。

健康診断データは、身体計測、血圧値測定、心電図測定、血液検査および問診の 5 項目の判定と、収縮期血圧 (以下、SBP と記す)、拡張期血圧 (DBP) 並びに、血液血清検査の GOT、GPT、中性脂肪 (TG)、総コレステロール (TCHO)、尿酸 (UA)、白血球数 (WBC)、赤血球数 (RBC)、ヘマトクリット値 (HT) およびヘモグロビン数 (HB) の計 16 項目で構成されている。この

他、一部対象者ではアルカリホスホターゼ (ALP)、乳酸脱水素酵素 (LDH)、総タンパク (TP)、尿窒素 (BUN) および総ビリルビン (TBIL) の5項目が追加実施されている。また、健診に際し受診者に質問票を配布し、血圧治療の有無、飲酒・喫煙の有無及び味付けの好みなどの記入を求めた。

これら健康診断結果をもとに、空港周辺群と対照地域を比較することで航空機騒音の身体影響を検討した。各比較に先立ち2群間に年齢による差がないことを確認した後、各判定については比率の差を2群間の χ^2 (カイ) 2乗検定で、また標本数が少ないときはFisherの直接法を用い比較した。血圧及び血液検査測定値などの比較は、Leveneの等分散性検定の後、t検定で検討した。統計解析には NEC PC 9821 RaII 上で SAS 及び SPSS を使用した。

3. 結果

3-1 対象者プロフィール

年齢は空港周辺群、対照群ともには50歳代が最も多く、平均年齢は空港周辺群が54.1±13.3歳、対照群が55.5±14.8歳であった。2地域間に年齢による差はみられなかった。(表-1)

3-2 2地域における血圧の検討

従来報告で航空機騒音の影響が指摘されてきた血圧に着目し、2群間に血圧測定値の差がみられるか検討した。結果を表-1に示す。

SBP (収縮期血圧)、DBP (拡張期血圧) ともに空港周辺群と対照群に差はなかった。しかし、解析対象者に投薬など血圧治療者を受けている者が混在する場合、比較の支障となることがある。よってこれら血圧治療者を解析対象から除き、再度解析した。結果は同様であり、差は認められなかった(表-1)。

高血圧は食生活など生活要因との関連性が指摘されている。航空機騒音以外の要因の関与を考慮し、喫煙者、飲酒者および塩分摂取が多いと推測される“濃い味付けを好む”者を対象から除き、さらに検討を加えた。結果、SBP、DBP ともに空港周辺群と対照群に差は認められなかった。

表-2 2群の血液検査項目平均値の比較

(Leveneの等分散性の検定後、t検定)
上段: 空港周辺
下段: 対照地域

項目名(正常範囲)	全対象者			非喫煙・非飲酒群		
	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差
GOT (8-40)	469	22.8	8.2	290	23.0	8.2
	1167	21.8	8.0	858	21.8	6.8
GPT (5-35)	469	17.0	13.0	290	17.5	13.8
	1167	14.9	7.7	858	15.0	7.5
TG (40-170)	469	109.3	62.5	290	111.0	60.8
	1167	106.9	66.4	858	109.7	69.3
TCHC (130-219)	469	212.5	37.3	290	215.2	37.5
	1167	207.6	37.8	858	209.9	37.7
UA (女性2.6-6.0)	469	4.31	0.91	290	4.31	0.94
	1167	4.21	1.01	858	4.18	1.02
RBC (女性379-516)	467	431	34	289	431	35
	1167	424	34	858	424	35
WBC (女性3500-9700)	467	6266	1512	289	6130	1447
	1167	5554	1390	858	5561	1380

統計学的有意差

p<.01

p<.001

表-1 2群の血圧平均値の比較

(Leveneの等分散性の検定後、t検定)
上段: 空港周辺
下段: 対照地域

項目名(正常範囲)	全対象者			血圧未治療者群			非喫煙・非飲酒群			濃い味付けを除去		
	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差	N	平均値	標準偏差
AGE	469	54.1	13.3	426	53.0	13.3	290	56.3	12.7	409	54.2	13.3
	1177	55.5	14.8	1060	54.4	15.0	866	56.8	14.5	1032	55.4	14.8
SBP	468	127.7	21.2	425	125.4	20.0	289	129.2	21.3	408	129.2	21.3
	1176	129.2	19.5	1059	127.1	17.8	865	129.7	19.3	1032	126.9	19.5
DBP	468	75.6	11.2	425	74.1	10.9	289	76.7	10.9	408	75.3	11.2
	1176	75.5	11.0	1059	76.2	10.6	865	75.6	10.8	1032	75.5	11.0

統計学的有意差

p<.01

p<.0

表-3 月別、地域別 WBC の平均値の比較

	検定		WBC (/μl)			解析対象
			N	平均値	± 標準偏差	
受診月 p<0.01	分散分析	1994 05月	26	5,477 ±	1,443	全対象 空港周辺+対照地域
		1994 06月	600	5,538 ±	1,457	
		1994 07月	152	5,719 ±	1,393	
		1994 08月	381	5,490 ±	1,241	
		1994 10月	207	6,192 ±	1,424	
		1994 11月	268	6,348 ±	1,595	
		TOTAL	1634	5,758 ±	1,462	
地域 p<0.05	t検定	空港周辺	171	6,051 ±	1,357	10~11月 非喫煙・非飲酒者
		対照地域	195	5,743 ±	1,477	

3-3 血液検査項目の検討

GPT, RBC 及び WBC において空港周辺群は対照群に比べ高く有意差が検出された(表-2)。血圧値の検討と同様、解析対象から喫煙者及び飲酒者を取り除いた結果でも空港周辺が有意に高い。

WBC は季節により変動があることが知られている。受診月間に WBC に差異があるか確認したところ、10~11月は他の月に比べ WBC 平均が著しく高い値を示していた(表-3)。そこで解析対象を限定、季節変動による影響を制限しつつさらに追加検討した結果、空港周辺群と対照群の間では有意な差が認められた。

4. 考 察

本調査は、福岡国際空港周辺の住民と近郊の町の居住者を対象として、従来航空機騒音の関与が指摘されている高血圧を中心に検討したものである。解析の結果、航空機騒音の血圧への関与は認められなかった。これは、以前我々が大阪で実施した調査の結果とも合致していた。

本調査対象の空港周辺群とは福岡国際空港の「公共用飛行場周辺における航空機騒音による障害の防止に関する法律」に基づく運輸省告示の第一種区域内(航空機騒音のうるささ指標である WECPNL が概ね 75 以上の地域)に指定された地域内に居住する住民である。同空港は福岡市に隣接した我が国を代表する都市型空港である。平成 4 年時点での 1

日の平均離発着回数は 262 回、乗降客数は 37,980 人であり、年々増加傾向がみられる¹⁰⁾。空港周辺居住者の平均居住年数は 21.34 ± 14.62 、平均年齢は 54.1 ± 13.3 であることを考え併せると、空港周辺の居住者は 30 歳前後で同地に嫁いできた者と考えられる。21 年前は福岡空港において昭和 51 年に航空機騒音に係る 1 次訴訟が提起された時期に重なり、その時分が航空機騒音のもっとも甚だしい頃と推測される。その後、運航方式や航空機自体の改良など騒音の低減化がなされ、以前に比べれば騒音量は減っている。空港周辺居住者はこの低減化されてきた航空機騒音を暴露してきた者ともいえよう。居住年はそのまま暴露歴である。一方、対照群は就労人口の大半が福岡市内への通勤者で構成され、調査年度時での人口が約 23,000 人、空港から 8 km 付近に位置する町を諸条件を考慮した上で選出した。

高血圧とは WHO によると、収縮期血圧が 160 mmHg 以上あるいは拡張期血圧が 95 mmHg 以上の血圧の状態と定義されている。その成因は腎疾患、心疾患など血圧調整に直接、間接的に関与する各器官からの障害に伴う二次性高血圧と、それ以外の、原因となる疾患がない一次性高血圧、即ち本態性高血圧にわかれ、本態性高血圧は全高血圧の 80% を占めている。本態性高血圧の成因は不明な点が多いが、これまでに数多くの研究が行われており、遺伝、食塩の多い食生活や喫煙、飲酒などの生活習慣が発病の誘因となること

が報告されている。また、精神的緊張や身体的運動などの交感神経の緊張が高血圧を招来することはよく知られているが、これは一過性の現象であって、交感神経の緊張の減退とともに血圧も元に戻る。騒音に曝された場合でも同様に末梢血管は収縮、暴露が終了されると収縮は収まり、この収縮の強さは音のレベル、立ち上がり速度などに影響される。この騒音による末梢血管の収縮は交感神経による反射で、末梢血流抵抗が高まることにより拡張期血圧が上昇し、さらにこの状態が増強されると収縮期血圧も上昇するが、急性反応には個人差や馴れが生ずる。こうした音刺激に対して鋭敏な末梢血管の急性反応の繰り返しが、慢性的に高血圧や心疾患をおこし得るのかについてはこれまでに様々な報告がある。Petersonら(1981)はサルを用いた動物実験により証明している¹¹⁾。一方、ヒトへの影響については、空港周辺での疫学調査において子供の血圧が高いことや、成人では高血圧、心疾患などが多いと報告されている^{2)~5)}。しかし、前述した通り高血圧には騒音と高血圧の関連性の検討においてはこれら要因を塩分摂取量や喫煙、飲酒といった生活諸要因や年齢といった介在要因が存在しており、考慮しなくてはならない。そうした意味においては「これまでの疫学調査は十分に揃っているとはいえない。」との指摘もあった¹²⁾。そこで今回、飲酒や喫煙といった嗜好物および食生活の生活習慣並びに高血圧の治療歴などを制御しつつ検討を加えたが、空港周辺と対照の血圧平均値に差は認められなかった。

血圧値では対照群と空港周辺が同じ傾向を示し、航空機騒音による影響が関与していないことを示唆していた一方で、空港周辺群の方が有意に高い項目もあった。GPTおよび白血球数(WBC)である。さらに、これまで我々が実施した調査(未発表報告)で航空機騒音との関連因子として着目していた乳酸

脱水素酵素(LDH)などについては、一部受診者のみの検査項目であったため標本数の制約上詳しい解析に至らなかったが、空港周辺のほうが対照群に比べ高い傾向を示していた。血圧の検討と同様に、喫煙・飲酒による影響を取り除いて検討したが、空港周辺のほうが高く有意差が認められた。一般にWBCには季節変動があることは知られている。健診の実施期間を確認したところ対照群が通年実施しているのに対し、空港周辺では10~11月に実施している。受診月のWBC変動を求めたところ、確かに秋から冬にかけてWBCが高い。(図-1)

よって得られたWBCの差異が季節性の関与による疑いもあるため、解析対象を10~11月の受診のみに限定、季節性を制御して追加検討した。受診日間でWBC値平均に差があるかを一元配置分散分析(ANOVA)で、受診日毎についてはBonferroni及びTamhaneの多重比較で検討したが、受診日に差は認められなかった。しかし、空港周辺群と対照群の地域間では空港周辺地区が高く統計学的有意差が認められ、航空機騒音による関与を示唆していた。こうしたWBCの増加に見いだされる反応は航空機騒音によるストレスとも考えられる。騒音が自律神経・内分泌系を介して生理影響を及ぼすことは良く知られている。動物を対象にした実験では、

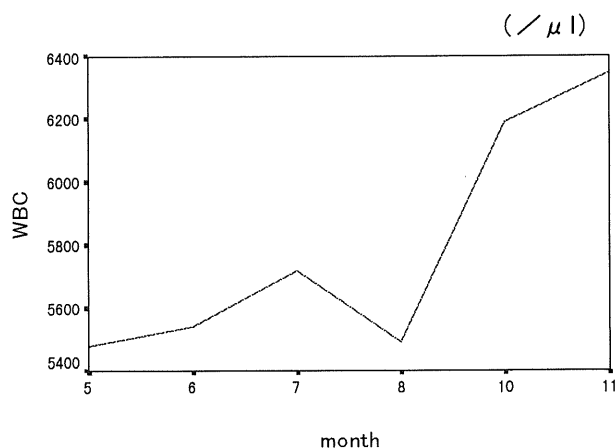


図-1 月別 WBC 平均値

Nayfieldらはウサギやラットに高レベルの騒音を暴露させて副腎重量の増加，好酸球%の減少，白血球(WBC)の増加がみられたことから，騒音がストレスとして働いている¹³⁾，と結論しており，今回の結果と一致する。一方，ヒトを対象にした航空機騒音をストレス源(ストレッサー)とする生理的影響の研究報告例は乏しいが，東谷は大阪空港周辺で健康診断と質問票調査を実施し，臨床検査結果としての身体的影響についてはどの項目にも関連性は認められなかったが，航空機騒音高暴露群ほど心身の自覚症状の訴えが多かった¹⁴⁾，と報告している。さらに Kryter, K. Dは，航空機騒音による健康障害についての報告で，Ldn 62以上の地域で騒音と精神病院の利用率に正相関を認め，ストレスによる健康障害の影響を示唆している¹⁵⁾。本調査結果において空港周辺群では喫煙率，飲酒率がともに高いのは(表-4)，航空機騒音に対する手段的退避行動(instrumental coping behavior)の現われとも考えられ，航空機騒音によるストレスの関与を示唆している。

ところで，航空機騒音による人体影響調査について健康診断受診者を対象に解析した場合，自ら受診を希望した集団で得られた結果がその母集団を反映しているものであるかは

議論の余地がある。たしかに，内山らの報告によれば¹⁶⁾健康診断受診者は自分の健康管理を積極的に行っている。それゆえ，岡村らが報告しているように，健康診断の受診者群と非受診者群の循環器疾患等の死亡率を比較した場合，受診群は非受診群に比べ有意に循環器疾患の死亡率が低い¹⁷⁾，という結果が現れる。しかし，本調査では対照・被対照地域ともに健診の呼びかけに対し自ら希望した受診者であり，常日頃から健康への意識・関心を持ち注意を払っている受診者集団同士を比較するという意味では，両者とも同条件であり比較に支障はない。よって，健康的な集団を対象とした調査ゆえに，受診しない一般集団に比べ異常率が少なく見積もられている可能性も残ってはいるが，得られた結果はそれら母集団でも当てはまるものと考えた。

今回，GPT，WBCなどいくつかの検査項目において空港周辺群のほうが有意に高いことが見いだされた。ただ，これらの変動は正常範囲にとどまっており，さらに医師が下す各判定結果では，2群間で正常者判定率に差はみられない。従い，これら変動は現時点において疾病に移行しているとは考えにくい。しかし，本調査で採用した臨床検査項目が航空機騒音による客観的精神影響の存在を検出する上で適切であるか議論の余地もある。今

表-4 2群の飲酒・喫煙習慣の比較

		(人)			
		喫煙		合計	
		非喫煙	喫煙		
タバコ P<.001	地区	空港周辺 N	413	41	454
			91.0%	9.0%	100.0%
	対照地域 N	1080	66	1146	
			94.2%	5.8%	100.0%
合計 N		1493	107	1600	
			93.3%	6.7%	100.0%

		(人)				
		飲酒			合計	
		飲まない	時々飲む	飲む		
酒 P<.001	地区	空港周辺 N	310	106	32	448
			69.2%	23.7%	7.1%	100.0%
	対照地域 N	908	161	73	1142	
			79.5%	14.1%	6.4%	100.0%
合計 N		1218	267	105	1590	
			76.6%	16.8%	6.6%	100.0%

後、航空機騒音による精神的影響も考慮し、ストレス評価項目を追加するとともに、さらに臨床検査項目を検討したうえで継続的な追加調査の実施が望まれる。

文 献

- 1) Institute for Research in Construction, National Research Council Canada and Transport Canada, (2) Review of Aircraft Noise and its Effects, Contract Report A-1505.5 (Final), pp. 21, 1995
- 2) Knipschild, P, and Oudshoorn, N “VI. Medical effect of aircraft noise: General Practice Survey,” Int Arch. Occuo. Environ. Hlth., 40 (3) 191-196, 1997
- 3) Knipschild, P, and Oudshoorn, N “VII. Medical effect of aircraft noise: Drug survey,” Int Arch. Occuo. Environ. Hlth., 40 (3) 197-200, 1977
- 4) Knipschild, P, “V. Medical effect of aircraft noise: community cardiovascular survey,” Int Arch. Occuo. Environ. Hlth., 40 (3) 185-190, 1977
- 5) Knipschild, P., “Aircraft Noise and Hypertension”, Proceedings of 3rd International Congress on Noise as a Public Health Problem, ASHA Report No. 10, pp. 283-287 (1980)
- 6) Cohen. S, “Cardiovascular and behavioral effect of community noise.”, Am. Scientist, 69, No5, pp528-535, 1981
- 7) Malchaire, J. B. and Mullier, M. “Occupational exposure to noise and hypertension. : A retrospective study.”
- 8) 後藤恭一, 金子哲也, “大阪国際空港周辺住民の健康実態調査”, 航空と環境, Vol. 19, No31, pp. 102-107 (1993)
- 9) 運輸省航空局監修, 数字でみる航空, 航空振興財団, 1997
- 10) 運輸省航空局監修, 数字でみる航空, 航空振興財団, 1994
- 11) Peterson, E, A., Augenstein, J. S., Tanis, D. C., Augenstein, D. G., : Noise raises blood pressure without impairing auditory sensitivity., Sience, 211 (4489), 1450-1452, 1981
- 12) 小野圭子, 兜真徳, “生活環境騒音の聴覚外影響に関する疫学的研究の現状”, 航空公害, Vol 7, pp 1-27, 1980
- 13) Nayfield, K. C and Besch, E. L., “Comparative responses of rabbits and rats to elevated noise.” , Lab. anim. Sci., 31 (4), 386-390, 1980
- 14) 東谷圭子, “航空機騒音の精神的及び身体的影響に関する研究—自覚症状を中心に—”, 日本公衛誌, Vol134, No5, 1987
- 15) Kryter, K. D, “Environmental aircraft noise and social factors in stress-reeated health disorders.” Proc Inter Noise, Vol. 87, No2. pp949-952, 1987
- 16) 内山有子, 田中哲朗ほか, “基本健診者のライフスタイルと健康意識”, 第 56 回公衆衛生学会総会抄録集, pp230 (1997)
- 17) 岡村智教, 三宅 智ほか, “追跡調査による健診状況の転帰”, 第 56 回公衆衛生学会総会抄録集, pp232 (1997)

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^a

水 島 実^b 柴 田 正 夫^b
横 山 長 之^c 鈴 木 孝 治^{b,d}

1. はじめに

空の大量輸送と超音速化の時代が進むにつれて、地球環境における航空機の持つ公害源としての側面を無視出来なくなってきた。今後益々重要な交通手段としての航空機の健全な発展を考えるうえでは、このような公害源としての側面を十分に把握し、生活や自然環境への影響を予測して、これを最小限に防止する対策を予め立てることが望まれる。

現在、汚染物質である炭化水素や窒素酸化物の排出源の一つとして、航空機が大気環境に与える寄与率は2%未満である。しかしながら、この数値は、陸上交通が石油以外のエネルギー源を積極的に取り入れようと努力していることや航空機の便数が増加しつつあることを考慮すると、近い将来には増大する傾向にある。

航空機排気中の炭化水素は使用燃料が灯油や軽油に近い成分であるため、自動車排出ガスよりやや高沸点炭化水素類が多いのが特徴である。このような高沸点成分は液化しやすく、付着等によって大気中の光化学反応系か

らは除外されると考えられていた。また、自動車に比べて航空機は運航量が少なく光化学大気汚染に対する寄与はあまり考慮されていなかった。ところが近年、運航量の増大や高沸点炭化水素も大気中に浮遊していることが報告され、大気中の一次汚染物質として無視できないことが指摘されている。また、空港内や空港周辺地域では航空機排出ガスによる特有の臭いの問題も指摘されている。

このような航空機排出ガスは自動車のように容易には測定できず、排出ガスを採取するには堅ろうで大型の設備が必要である。また、空港そのものも地域的に大きく、空港周辺の環境大気の把握にはかなり多地点での大気測定が必要である。このような理由から、航空機排出ガスにおいては、大気中への排出ガス濃度を拡散計算によって推定するいわゆる“シミュレーション”が空港周辺の環境大気を評価するうえでの重要な手法の一つであると考えられる。

しかしながら、空港周辺の排出ガスの移流・拡散モデルは少なく、汚染物質濃度の把握は十分なされていない。そこで本報ではまず最初に、空港周辺の汚染物質の濃度推定のための短時間平均濃度及び長時間平均濃度を求める拡散計算モデルを作成した。いずれも発生源は点源とし、滑走路、誘導路等に沿って並べる。拡散式には一般的なブルーム及びパフ式を用いる。次に、空港周辺において航空機排出ガスの拡散濃度を推定する拡散モデルのうち、時間変化を調べる動的拡散シミュ

^a Simulation for the diffusion of aircraft emissions around airport, by Masao Shibata, Minoru Mizushima, Osayuki Yokoyama, Koji Suzuki (Air Pollution Research Division, Aviation Environment Research Center)

^b (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 大気汚染部

^c 日本気象協会

^d 慶應義塾大学助教授(大気汚染部部長兼務)

レーションモデルを作成した。この拡散計算モデルを使えば、少数の固定的な測定点で得られたデータから、初期拡散幅などの未定の拡散パラメータを決定することが可能である。また、空港における滑走路、進入路、駐機場等の配置と大気汚染濃度の現れ方の検討にも役立つ。最終的にはこれらの拡散計算モデルを最適化（修正）し、航空機の通過時間、上昇下降経路を考慮した着地濃度を求めるリアルタイムに近い短時間濃度拡散計算モデルを作成した。この場合、結果も容易に把握できるように、等濃度分布図で表示されるようにした。

本報ではこのような空港周辺における航空機排出ガスの拡散とその濃度分布を推定するシミュレーション手法の開発と実際の応用例について述べる。

2. 拡散の定量的な取り扱い

航空機が地上にいる場合の排出ガスの拡散は、自動車排出ガスの拡散と基本的に同様と考えてよい。ただし、航空機エンジンの排出ガスは比較的高温で多量にまとまって発生するので、浮力による大気中での上昇運動が発生する可能性がある。特に静穏時にこのような浮力による排出ガスの上昇が起こり易い。航空機エンジン排出物の浮力上昇については実測例がなく、具体的な数値としては説明できないが、上昇高度は図-1に示すように初期の排気の塊の大きさ（これは排気量と速度、機体速度、風速などで変わる）、その平均排気温度及び気温の鉛直分布によって決定される。

拡散の定量的取扱いは無風時と有風時で異なる。図-2に示すように無風時には排出ガスは排出源のまわりに煙塊の形で拡がる。このように排出ガスを一塊の煙（パフと呼ぶ）として取扱う方法を拡散のパフモデルと呼ぶ。煙源が一点に固定されていれば煙のパフはその点のまわりに拡がることになるが、滑

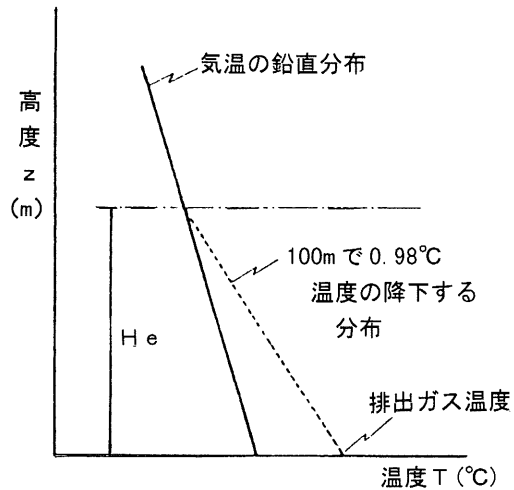


図-1 排出ガスの上昇高度 H_e と排ガス温度、気温分布の関係

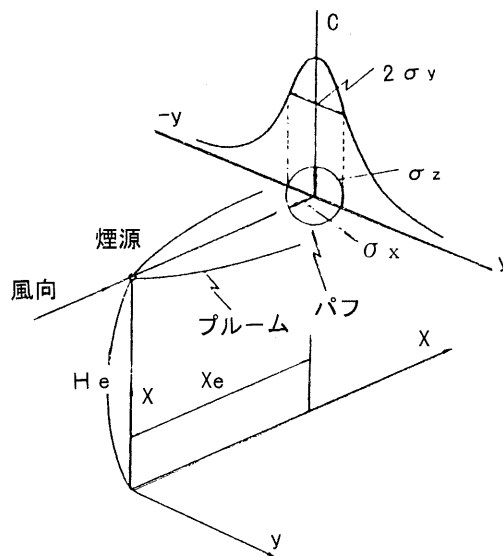


図-2 ブルーム、パフの形状、座標系および y 軸にそっての濃度 C の分布 (σ は拡散幅である)

走路を走って行く航空機の場合には最初に細長い線状の煙のパフがその周辺に拡散して行となると仮定できる。

パフの中の煙の濃度は放出された煙量に関係するが、パフの体積には逆比例する。有風時には次々に排出される煙のパフを平均風速で流し出し、次々に通過するパフの濃度の和を対象とする地点までの時間で割って平均濃度を求めることができる。航空機の排出ガスの拡散濃度を推定するには、このようなパフ

モデルが適している。排出ガス源が移動しない場合には、最初から煙は風に乗った煙流（プルームと呼ぶ）として取扱う簡便なプルームモデルを用いることもできる。プルーム中の汚染ガス濃度は単位時間当たりに放出される汚染ガス量に比例し、平均風速とプルームの拡散面積に逆比例する。

一個のパフの濃度は図-2に見られるように、パフの中心部で最も高く、中心から距離が増すにつれて低くなる。この距離にそつての濃度分布は次のような正規分布式で表される。

$$C(y) = C(o) \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $C(y)$ はパフの中心からの距離 y の場所での濃度、 $C(o)$ は中心での濃度、 e は定数 (2.7182)、 σ_y は濃度が $C(o)$ の $1/\sqrt{e}$ になる距離に等しく、通常は拡散幅と呼ぶ。

パフの中心の濃度 $C(o)$ は質量保存の法則を用いて決定される。すなわち、一度大気中へ放出された煙は拡散によって濃度は薄くなるが総量は一定である。また図-3に示すように、煙は地面で反射されることを仮定する。

このような条件で、図-2に示したパフあるいはプルームの煙濃度は、それぞれ次式で計算される。

$$\text{パフ} : C(x, y, z) = \frac{q'}{(2\pi)^{3/2} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} F(x)F(y)F(z) \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{プルーム} : C(x, y, z) = \frac{q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U}$$

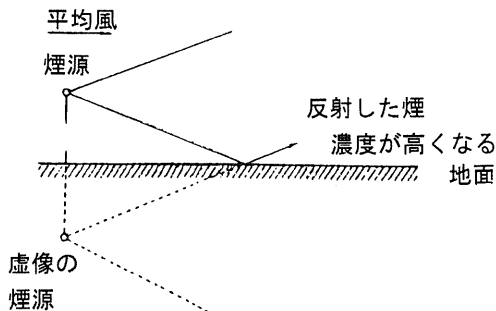


図-3 地面による煙の反射とその表し方の説明図

$$F(y)F(z) \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $C(x, y, z)$ は煙源の風下 $x(m)$ 、横風距離 $y(m)$ 、地面からの高さ $z(m)$ における濃度 (m^3/m^3)、 q' は1個のパフとして放出された汚染質量 (m^3)、 q は1秒当たりに排出される汚染物質の量 (m^3/s)、 U は平均風速 (m/s)、 $F(x), F(y), F(z)$ は各々距離 x, y, z にそつての濃度分布を表す。これらは(1)式と同様に(4)式で表される。

$$\left. \begin{aligned} F(x) &= \exp\left(-\frac{(x-x_o)^2}{2\sigma_x^2}\right) \\ F(y) &= \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \\ F(z) &= \exp\left(-\frac{(He-z)^2}{2\sigma_z^2}\right) \\ &\quad + \exp\left(-\frac{(He+z)^2}{2\sigma_z^2}\right) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 x_o はパフの中心位置 (図-2参照)、 He は煙の中心の高さ (m)、 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ は各々距離 x, y, z にそつての拡散幅を表す。

煙の拡散幅 σ_y, σ_z (σ_x は通常 σ_y に等しい) は拡散時間、風速の変動の大きさ、大気熱的な安定度などによつても変化する。加えて、水平拡散幅 σ_y は濃度を測定する時間によつても変化する。この場合、数分から数時間の範囲の測定時間において、 σ_y は測定時間の平方根に比例することが知られている。

拡散幅を求めるには Pasquill (1974)¹⁾、Turner (1964)²⁾ の方法が一般に用いられている。Pasquill の拡散幅推定法では表-1に示すように地上風速、日射量および雲量を用いて大気安定度を A~F の6階級に分類し、各々の安定度に対応する拡散幅を図-4(a)及び(b)のグラフより求める。この図での拡散幅は30分~1時間の測定時間に該当した例である。Turner の方法では表-2に示すように地上風速と全放射のインデックスの組合せによつて安定度を1~7に分類し、各々の安定度に対応して拡散幅を図-5(a)及び(b)のグラフから求める。Pasquill の拡散幅は煙源の風下距離に対して与えられるのに

表-1 Pasquill の安定度分類¹⁾

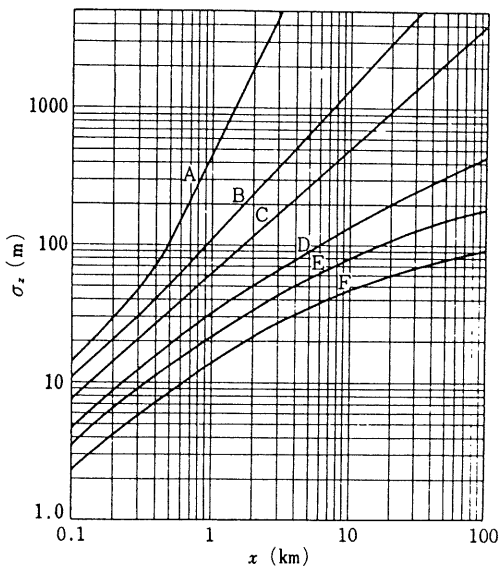
地上風速 (m/sec)	日 中			本 雲 量 (8~10)	夜 間	
	日射量 (cal/cm ² /hr)				上層雲量 (5~10)	雲量
	強	並	弱		中下層雲量 (5~7)	(0~4)
<2	A	A~B	B	D	-	-
2~3	A~B	B	C	D	E	F
3~4	B	B~C	C	D	D	E
4~6	C	C~D	D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D	D

* 日本式に修正したもの

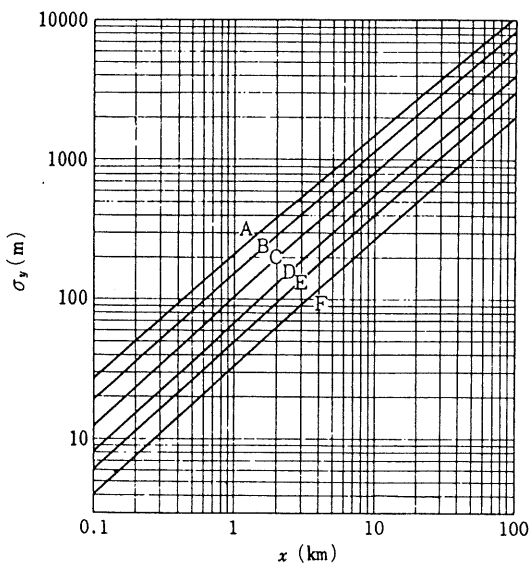
表-2 Turner の安定度分類²⁾

風速ノット*	Net radiation index						
	4	3	2	1	0	-1	-2
0.1	1	1	2	3	4	6	7
2.3	1	2	2	3	4	6	7
4.5	1	2	3	4	4	5	6
6	2	2	3	4	4	5	6
7	2	2	3	4	4	4	5
8.9	2	3	3	4	4	4	5
10	3	3	4	4	4	4	5
11	3	3	4	4	4	4	4
12	3	4	4	4	4	4	4

* 1ノットは 0.52 m/sec

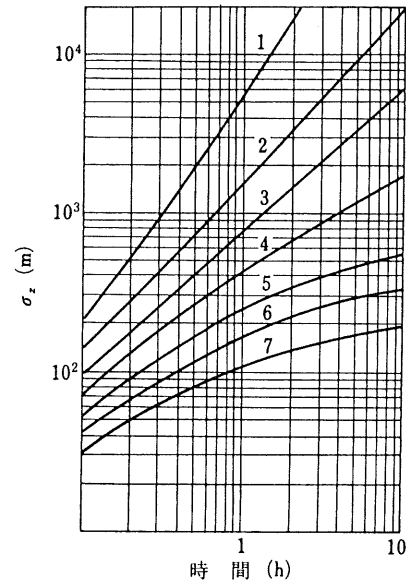


(a) 鉛直方向拡散幅 σ_z

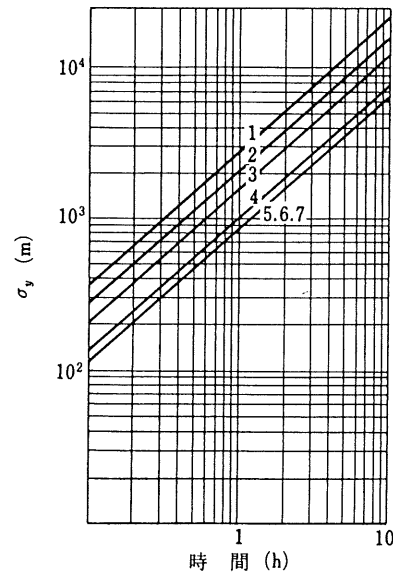


(b) 横方向拡散幅 σ_y

図-4 Pasquill の拡散幅 (σ_y は水平, σ_z は鉛直拡散幅)¹⁾



(a) 鉛直方向の拡散幅 σ_z



(b) 横方向の拡散幅 σ_y

図-5 Turner の拡散幅 (σ_y は水平, σ_z は鉛直の拡散幅)²⁾

対し、Turner の拡散幅は拡散時間に対して拡散幅が設定される。拡散幅の推定法には、これらのほかに、風向変動角度の標準偏差値から算出する方法（横山ら³⁾）がある。Pasquill の方法でプルーム式を用いて求められるのは約 1 時間の平均濃度である。パフ式を用いて 1 時間平均濃度を求めるには、通常は 10 分間に排出される汚染物質質量を q' とし、10 分毎に 1 個のパフが放出されるとして 6 個のパフの濃度の和を求める。1 時間以上の長時間にわたる平均濃度を推定するには、対象とする期間の 1 時間毎の風向、風速、拡散幅を用いて 1 時間平均濃度を計算し、利用する。

いずれの場合も、(2)～(4)式が適用できる以下の 3 つの条件を満足していることが必要である。

- (i) 煙源は点である。
- (ii) 地形は比較的平坦である。
- (iii) 汚染物質は拡散中に変化したり、地物に沈着して消滅しない。

3. 航空機排出ガス拡散のモデル化

航空機排出ガス拡散シミュレーションのモデルは、大別して次の 2 つのモデルから構成される。

①短時間平均濃度モデル

短時間平均濃度モデルは、排出ガス物質の移流・拡散の変化を連携的に推算するモデルである。排出が一時的になされた場合のその大気の移流・拡散をシミュレーションすることを目的としている。

②長時間平均濃度モデル

長時間平均濃度モデルは、風向・風速・大気安定度ごとの出現時間を入力することで、空港周辺の排出ガス物質濃度の長期的な平均値を統計的に推計するものである。このモデルでは月/年単位の風向・風速データ等を統計的に扱える。

3-1 短時間平均濃度モデル

(1) 発生源の配置

滑走路、誘導路などにそって点源として並べる。ここで述べるプログラムでは、1 本の滑走路を想定した。滑走路路上にならべる点源の数は任意に選べることとし、各点源の排出ガス発生量は同一とした。発生量には排出汚染物質質量を入力する。

(2) 拡散式

短時間平均のプルーム式及びパフ式であり、濃度は正規分布関数で、それぞれ式(5)及び式(6)のように表す。

プルーム式

$$C = \frac{q}{2\pi\sigma_y\sigma_z U} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{H^2}{2\sigma_z^2}\right) \dots\dots\dots (5)$$

パフ式

$$C = \frac{q}{(2\pi)^{3/2} \alpha^2 \beta R^2} \exp\left(-\frac{R^2}{2T^2}\right) \dots (6)$$

ただし、 $R = \frac{r^2}{\alpha^2} + \frac{H^2}{\beta^2}$, $r = (x^2 + y^2)^{1/2}$

ここで、 C : 着地濃度 (m^3/m^3)、 q : 汚染物質排出量 (m^3/s)、 σ_y, σ_z : 各々水平横風方向、鉛直方向の拡散幅 (m)、 y : 横風方向

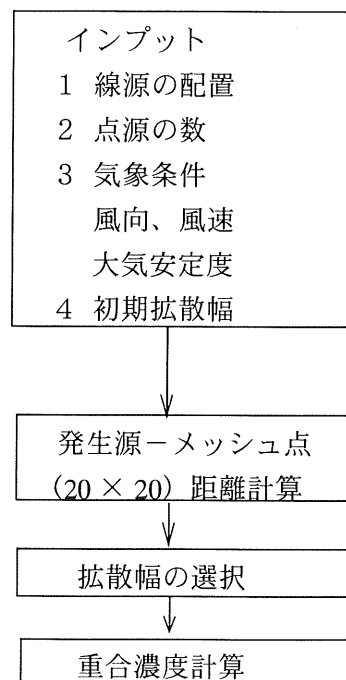


図-6 短時間平均拡散計算の手順

の距離 (m), H : 発生源高度 (m), α, β : 拡散パラメータ ($\sigma_y = \alpha T, \sigma_z = \beta T$), T : 拡散時間 (s), x : 風下距離 (m) である。

上式の拡散幅 σ_y, σ_z には図-4に示したPasquillの拡散幅を用いた。また, パフ式の拡散パラメータには図-5に示したTurnerの線図より求めた値を用いた。これらのパラメータは数値としてプログラム中に導入することができる。

(3) 算出手順

計算の手順は, 図-6に示す方法による。これは短期間平均拡散モデルを求めるための計算であり, 数分~1時間の平均濃度が得られる。

3-2 長時間平均濃度モデル

(1) 発生源の配置

3.1の(1)に示す短時間平均濃度モデルの場合と同様である。

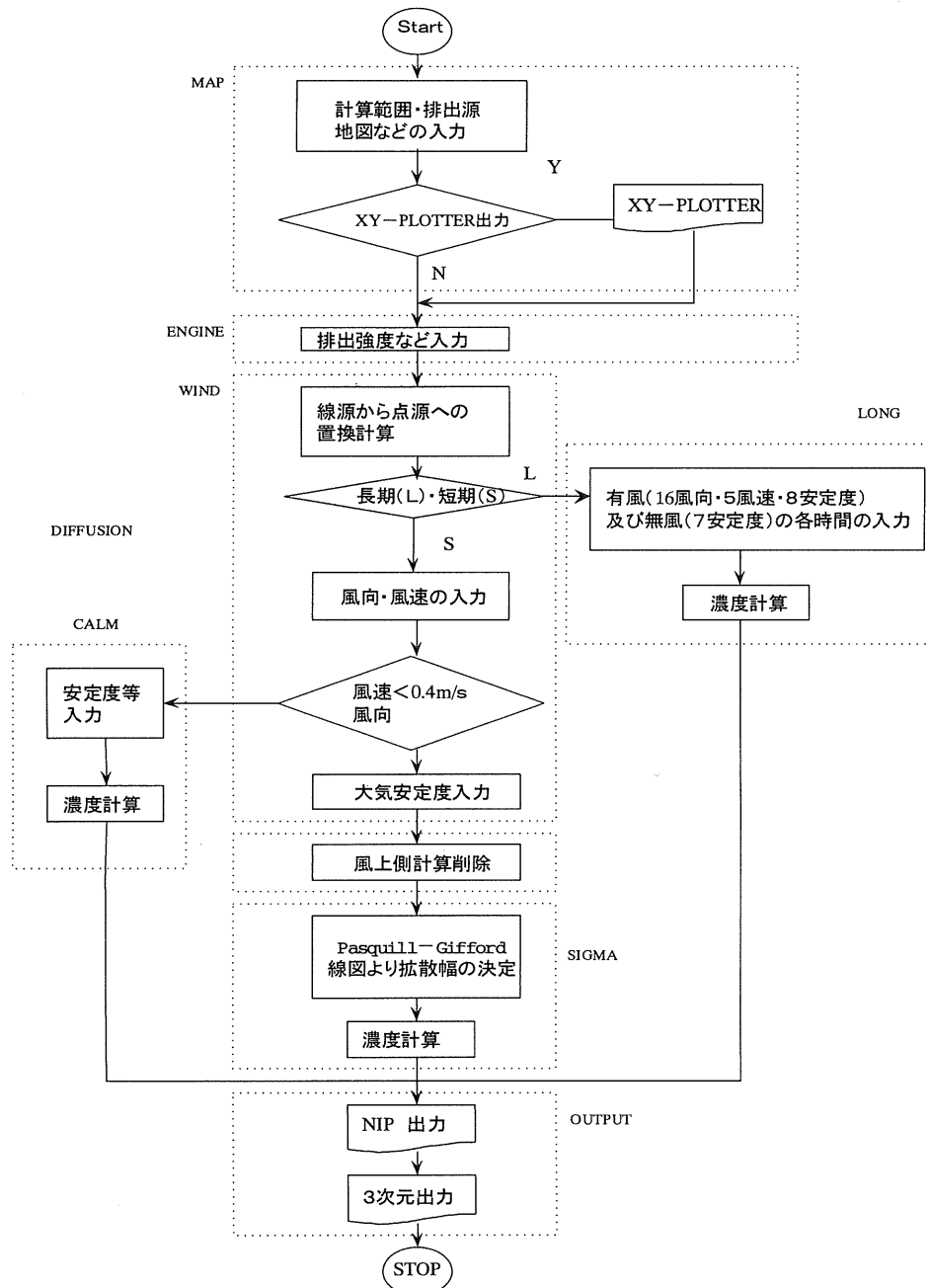


図-7 長時間平均濃度拡散計算のフローチャート

(2) 拡散式

プルーム式は(5)式の σ_y を(7)式のように定義し、長期平均濃度式に変形する。

$$\sigma_y = x \cdot (\pi/2)/8 \quad \dots\dots\dots(7)$$

パフ式は(6)式と同様である。

(3) 計算の手順

計算プログラムの構成及び拡散計算のフローチャートを図-7にまとめて示す。このモデルは長時間といっても、短期(S)及び長期(L)に分けて計算するようになっている。長期の場合、風向は16方位と無風、風速段階は5階級、大気安定度は有風5階級、無風5階級それぞれに分け、各階級の出現確率を実測し、計算された各階級での拡散濃度にその出現確率を乗じて長期平均濃度を求める。

4. 基本拡散濃度計算

4-1 基本計算式

拡散計算には基本として有風時はプルーム式を、無風時はパフ式を用いた。ただし、パフ式では拡散幅が経過時間に正比例するとし、単純化した拡散式を用いた。

モデルは予測時間の短期・長期、及び有風時・無風時の組合せで計四つの要素からなる。この場合にも、有風時にはプルーム式に従い、無風時にはパフ式に従うとした。このモデルの特徴は滑走路のような線源を点源の列として考える点であり、短期とは排出が一時になされた場合のその大気の流れ・拡散の様子を調べるもので、長期とは月や年単位の長い期間の風向・風速データ等を統計的に扱うものである。

それぞれの条件により使用される式を以下に示す。

i) 短期・有風時 (プルーム式)

$$C(x, y) = Q / (\pi \sigma_y \sigma_z U) \cdot \exp(-y^2/2\sigma_y^2) \cdot \exp(-He^2/2\sigma_z^2) \quad \dots\dots\dots(8)$$

ここで、 $C(x, y)$ は座標 x, y での濃度、 Q は煙源強度 (Nm^3/sec)、 H は有効煙突高度

(m)、 U は風速 (m/sec)、 σ_y, σ_z は煙流の拡散幅 (m) で図-4に示すPasquill線図より算出する。

ii) 短期・無風時及び長期・無風時 (パフ式)

$$C(x, y) = 2Q / (2\pi)^{1.5} / (\alpha^2 \beta) / R^2 \cdot \exp(-R^2/2T^2) \quad \dots\dots\dots(9)$$

ここで、 R は距離(m)、 T は拡散継続時間 (sec) である。

ただし、長期では無限とし、(9)式の \exp の項は1となる。 α, β は係数 (短期・長期で異なる) である。

iii) 長期・有風時 (プルーム式)

$$C(x, y) = 2Q(2\pi)^{0.5} / (\pi/8) / R / \sigma_z \cdot \exp(-He^2/2\sigma_z^2) \quad \dots\dots\dots(10)$$

4-2 拡散幅の推定

ここでは、有風時には図-4に示すPasquillの推定図、無風時には図-5に示すTurnerの推定図から求めた値を拡散幅の基本値とした。さらに、この図に示された、水平、鉛直拡散幅 σ_y, σ_z を次式(11)及び(12)式で近似して求めた。

$$\text{プルーム式} \quad \sigma_y = AX_a; \quad \sigma_z = BX_b \quad \dots\dots\dots(11)$$

$$\text{パフ式} \quad \sigma_y = aT; \quad \sigma_z = \beta T \quad \dots\dots\dots(12)$$

ここで、 X は煙源からの風下距離 (m)、 T は拡散時間 (sec)、 A, a, B, b 並びに α, β は大気安定度によって変わる係数である。(大気安定度の分類は表-1、表-2に示す)

異なる安定度における α, β のパラメータと σ_y, σ_z を求めた結果を表-3及び表-4に示す。この場合、パフ式については拡散時間が1時間の場合を基準に求めた。拡散時間が1時間を超える場合には、この基準では拡散幅をやや過小に見積もる可能性がある。

4-3 初期拡散幅

航空機から排出されたジェット噴流は発生時には高温、高速であり、それ自身広がる力

表-3 Turner 線図における1時間値の σ_y , σ_z から求めた拡散パラメータ α 及び β

安定度		α	β
Pasquillの分類	通産省方式分類		
A	CA	0.948	1.569
A~B	CB	0.859	0.862
B	"	0.781	0.474
B~C	CC	0.702	0.314
C	"	0.635	0.208
C~D	"	0.542	0.153
D	"	0.470	0.113
E	"	0.439	0.067
F	CD	0.439	0.048
G	"	0.439	0.029

通産省大気汚染濃度予測マニュアル, (1985) より抜粋

表-4 Pasquill 図から求めた係数 σ_y 及び σ_z

σ_y, σ_z	安定度	X a	X b	Distance x (m)
σ_y	A	0.901	0.425	0 ~ 1000
		0.850	0.602	1000 ~ ∞
	B	0.914	0.281	0 ~ 1000
		0.865	0.396	1000 ~ ∞
	C	0.924	0.177	0 ~ 1000
		0.885	0.232	1000 ~ ∞
D	0.929	0.110	0 ~ 1000	
	0.888	0.146	1000 ~ ∞	
E	0.920	0.086	0 ~ 1000	
	0.896	0.101	1000 ~ ∞	
F	0.929	0.055	0 ~ 1000	
	0.888	0.073	1000 ~ ∞	
σ_z	A	1.121	0.079	0 ~ 300
		1.513	0.008	300 ~ 500
		2.108	0.000	500 ~ ∞
	B	0.964	0.127	0 ~ 500
		1.093	0.057	500 ~ ∞
	C	0.917	0.106	0 ~ ∞
		C-D	0.838	0.126
	0.756		0.235	2000 ~ 10000
	0.815		0.136	10000 ~ ∞
	D	0.826	0.104	0 ~ 1000
		0.632	0.400	1000 ~ 10000
		0.555	0.810	10000 ~ ∞
	D-E	0.776	0.111	0 ~ 2000
		0.572	0.528	2000 ~ 10000
		0.499	1.038	10000 ~ ∞
	E	0.788	0.092	0 ~ 100
		0.565	0.433	1000 ~ 10000
		0.414	1.732	10000 ~ ∞
F	0.784	0.062	0 ~ 1000	
	0.525	0.370	1000 ~ 10000	
	0.322	2.406	10000 ~ ∞	

環境庁総量規制マニュアル, (1982) より抜粋

があるほか、飛行中では翼端から発生する渦流によっても排出ガスは広がる。したがって、大気の流れによる以前に排出ガスはある程度の広がりを持つ。この広がりの中におけ

る濃度分布はほとんど実測された例がなく正確には不明であるが、一様分布に近いものと推察される。また、滑走路の極く近傍を除けば、その分布は正規分布に近くなるものと考えられる。ここでは、単に拡散幅は乱流拡散による上述の拡散幅と初期拡散幅の和で近似した(13)式を用いる。

$$\sigma_y = \sigma_y + \sigma_{y0}; \sigma_z = \sigma_z + \sigma_{z0} \dots\dots\dots (13)$$

ここで、 σ_0 (添え字) は初期拡散幅を示すが、実測と比較照合して最も正しい初期拡散幅を見いだすことが重要である。

5. シミュレーション

点源モデルは線源を一定間隔に区切って点源の列として、一定時間後の定常濃度を求めるのに対し、無限線源パフモデルは発生源(滑走路)を無限に続く直線と仮定し、その中心を発生源とみなす拡散モデルである。この場合、計算時間を任意の値に設定することが可能である。すなわち、排出後の拡散の様子を順に眺めることができる。

このような拡散モデルに従い、計算プログラムは2種類開発した。一つは無限線源モデルで、もう一つは連続点源モデルである。

5-1 無限線源モデルによる計算

このモデルでは、図-8に示すように座標を設定する。風向に平行にx軸を取り、滑走路はy軸と角度 θ に傾いているとした。滑走路は測定点(x,y)に対し、無限に長いとする。このモデルは、滑走路の近傍における濃度を推定するのに適している。拡散は(1)式を線源についての式に変形し、(14)式として計算する。

$$C(x, y) = Q / (\pi \sigma_y \sigma_z) \cdot \exp(-(x - vt) \cos \theta)^2 / (2 \sigma_y) \cdot \exp(-He)^2 / (2 \sigma_z) \dots\dots\dots (14)$$

ここで、Qは線源の単位長さ当たりの排出汚染物質質量 (Nm³/sec/m) である。

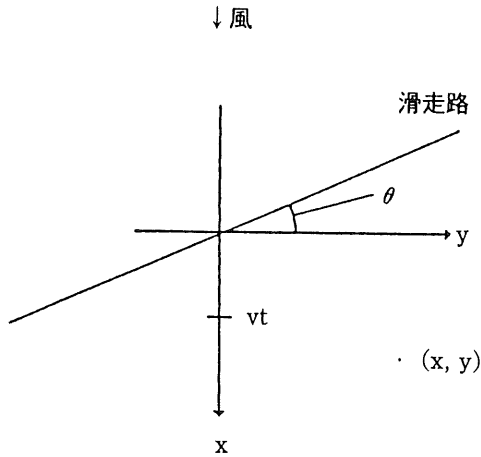


図-8 無限線源の座標

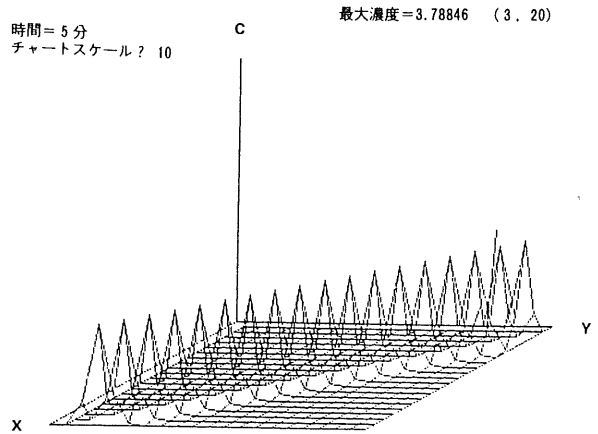
なお、このモデルは Calder (1973)⁴⁾ によって検討され、 θ が 85 度程度まで積分式厳密解による濃度値と良く一致することが報告されている。

この計算方式に従い、空港周辺モデルを用いて拡散計算を行った例を三次元出力で図-9 の M1 図及び M2 図に示す。これらの図ではピークの高さが濃度に相当する。排出強度などのデータは排出強度を除いて代表的な状況をモデルケースとして、すべて仮定で与えた。ただし、移流にかかる時間が十分に短いため、化学反応による濃度変化は考慮していない。その結果、時間の経過と共に煙のパフが風下へ移動し、濃度が低下するとともに広がりが増加して行く様子が示される。なお、ここでの大気安定度 1, 2, 3...とは、Pasquill 安定度の A, B, C...に対応した数値である。

5-2 連続点源モデルによる計算

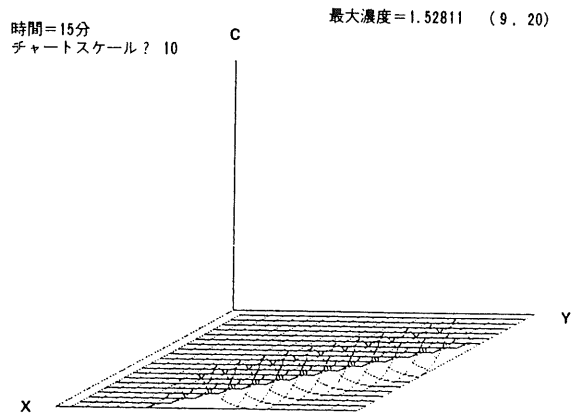
このモデルでは、滑走路等を点源の集まりとして表現する。計算時間はやや長いですが、線源の形を自由に取れる利点があり、無限線源より現実的な場への適応性が広い。

計算式は(2)のパフ式を用いる。対象線源を 10 分割し、10 個の点源として表す。各点源の汚染物質排出量は対象線源上で排出される量の 1/10 に取る。



M 1

経過時間 5.00分
 風向=0° 滑走路方向=45° 角度=45° (.785398 rad.)
 排出強度 .277778 Nm³/sec.
 風速=2 m/s 発生源高度=5 m
 計算時間間隔=5' 全時間=20' 出力=4回
 スケール=200m/mesh チャートスケール=10 (-)
 大気安定度=3 初期拡散幅 Sig Y 200.0 Sig Z 50.0m
 最大濃度=3.78846 (3, 20)



M 2

図-9 無限線源モデルによる計算の出力例

濃度を求める地点は格子状の点でなく、任意の点とすることができる。ここでは、点源の最大数は 10 とした。また、線源の数も 10 までとした。ただし、この点源や線源の数は任意に増やすことができるが、計算時間は長くなる。

ここでの例では、代表的な状況をモデルケースとして条件を設定した。その結果は、滑走路、濃度計算点の地図として図-10 のように表示される。ここでは滑走路 3 本、濃度計算点 5 地点とした。滑走路は図-10 の P1 図

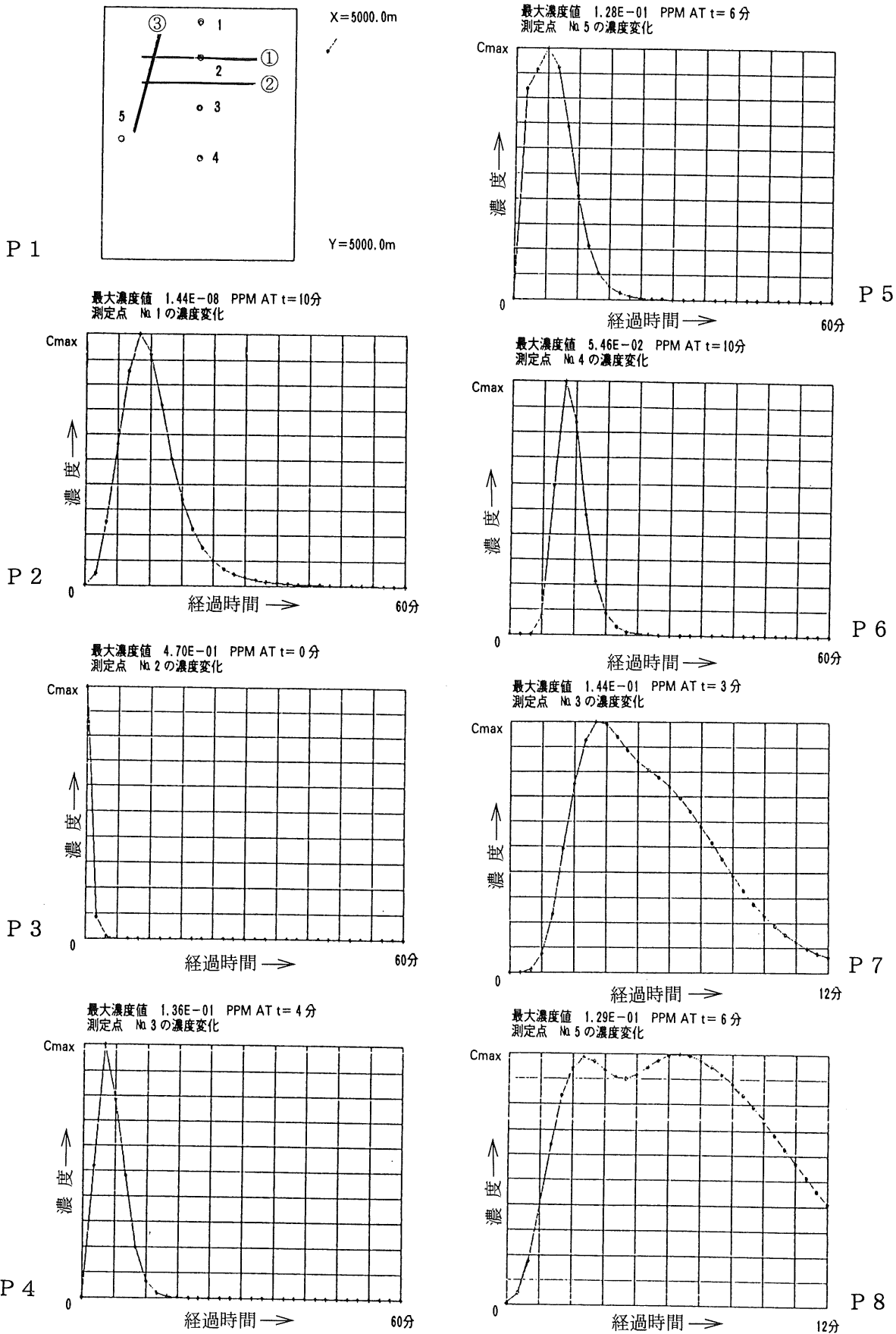


図-10 連続点源モデルによる計算の出力例

に示すように、一番上の東西に走るのが①、それと平行のが②、傾斜しているのが③である。測定点は、P1図の上から下へ直線状に並んだ地点が上から1, 2, 3, 4, 左の地点が5である。風向は右上の矢羽で示す。計算結果は数値表、各地点における濃度の時間変化図でそれぞれ示されるようになっている。

地点1から5における濃度の時間変化をそれぞれ図のP2からP6図に示す。地点1は滑走路の風上にある地点であるが、パフの広がり移動速度が早いため、濃度は発生後10分で最大になる。地点2, 3, 4の順に滑走路の風下距離が増すにつれて最大濃度の出現する時間が遅くなる。地点3及び5について、より詳細に時間変化を算出したのがP7及びP8図である。P7図では、滑走路①と②の影響で濃度の山に中腹的な変化が見られる。また、P8図では、滑走路①及び②、さらには滑走路③の影響で濃度変化に2つの山が現れている。

5-3 動的拡散シミュレーションモデルによる計算

空港周辺において航空機排出ガスの拡散濃度を推定する拡散モデルのうち、時間変化を調べる動的シミュレーションモデルを開発した。この拡散モデルを使えば、少数の固定的な濃度測定局で得られたデータを使って、初期拡散幅などの拡散パラメータを推定することが可能である。また、空港における滑走路、進入路、駐機場などの配置と大気汚染濃度の分布や現れ方が検討できる。さらに、この拡散モデルを発展させ（修正し）、空港とその周辺で航空機から排出される窒素酸化物や浮遊粒子状物質の短時間平均濃度をリアルタイムに近いかたちで求める拡散シミュレーションモデルを開発した。これらのシミュレーションモデルから、航空機の通過時間、上昇下降経路を考慮した着地濃度を求めることが可能となった。この場合、結果は等濃度分布図で分かり易く表示するようにした。

いま最も単純な点源パフ式を用い、滑走路などを適当な区間で分割して、その中心 x_0, y_0 に点源を配置とすると、点源から距離 x, y (m) 離れた地点の着地濃度 C (m^3/m^2) は次の拡散式で与えられる。

$$C = \frac{2q}{(2\pi)^{2/3} \sigma_x \sigma_y \sigma_z} \times \exp\left\{ -\frac{(x_0 - x)^2}{2\sigma_x^2} - \frac{(y_0 - y)^2}{2\sigma_y^2} - \frac{H^2}{2\sigma_z^2} \right\} \dots\dots\dots (15)$$

ここで、 q : 汚染物質排出量 (m^3 または g)、 $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$: 各々 x, y, z (鉛直) 方向の拡散幅 (濃度分布の標準偏差) (m)、 H は発生源高度 (m) である。

拡散計算で最も重要なのは拡散幅の推定である。拡散幅は大気の熱力学的な安定度によって変化する。従って安定度に応じて出来るだけ正確に拡散幅を推定する必要がある。ここでは安定度として表-1に示したPasquillの安定度を用い、対応する拡散幅は図-1のTurnerの拡散幅と風下1kmで一致し、拡散時間に正比例する値を使うこととした。

この場合は、汚染物質は点源からある時刻に瞬間的に放出され、拡散しながら風によって移動すると設定する。排出物の移動方向と距離は風向風速によって決まり、濃度計算は特定の地点と範囲を指定した範囲内の 20×20 のメッシュ点において行うこととした。

これらの仮定に従った基本的な動的拡散シミュレーションモデル計算の手順を図-11に示す。具体的には次の通りである。1) 発生源の位置を決定する。2) 滑走路などを線源と見なし、その両端の座標 x_1, y_1, x_2, y_2 から線の長さを求め、これを指定した数で分割する。3) 各々の線分に点源を置く。4) 航空機がこの走路へ進入した時刻と通過した時刻から各線分を横ぎる時刻を算出する。5) 計算する時刻における点源位置を発生位置、発生時刻、風向風速、経過時間から算出する。6) 経過時間の関数として、拡散幅を単純化した

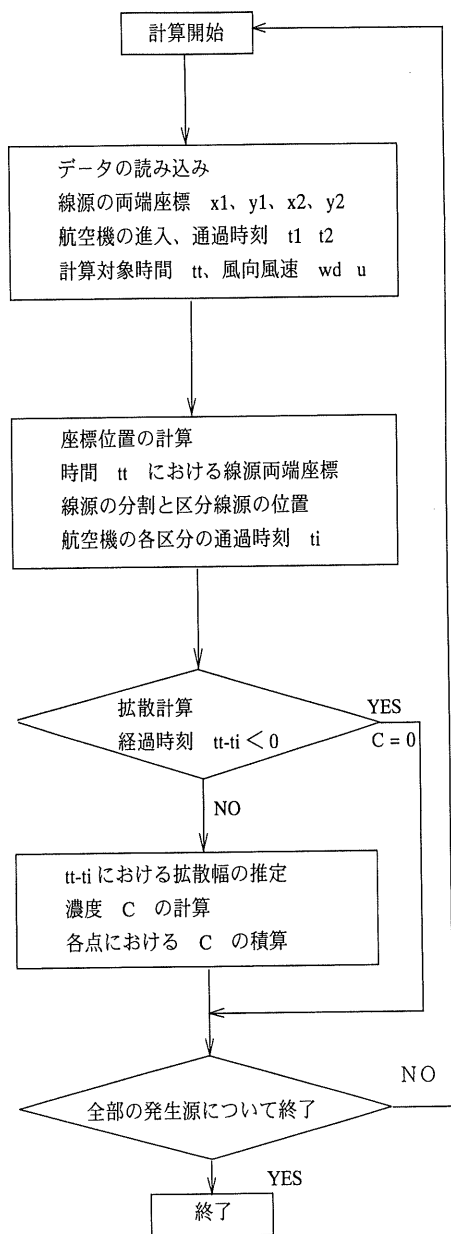


図-11 動的拡散シミュレーションモデル計算の手順

Turner の拡散幅推定法を用いて算出する。
7) (1)式を使って、濃度を求め、全ての点源からの濃度を積算する。

実際の計算では計算時間の短縮を考慮して、線源両端座標の位置を計算し、次いで対象時刻における両端位置を求め、それを区分する方法で各点源位置を求める。

5-4 計算プログラムと使用方法

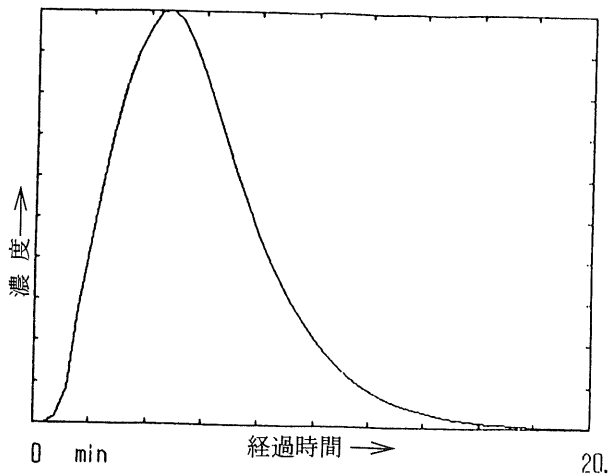
拡散計算の基本プログラムは上述の動的拡散シミュレーションモデルに基づき C 言語で書かれたもので「RUNWAY 97」と命名

した。なお、現在はパーソナルコンピュータ (PC-9800) の Windows 95 上に Visual Basic で書かれたものを使用している。

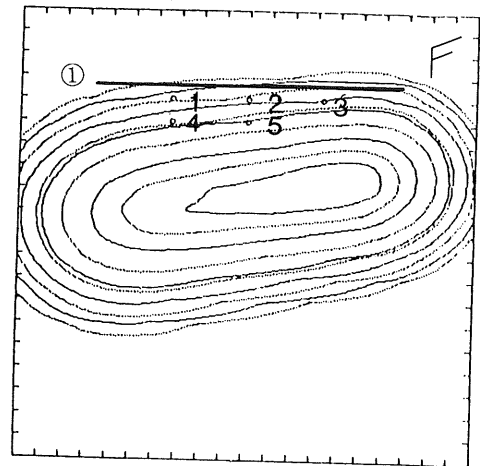
これらの具体的な使用法を基本的なサンプルファイルを基に以下に説明する。

まず、データファイルとしてディスク装置 1 にシステムディスクを、2 にデータディスクを入れ、「RUNWAY 97」と入力する。すると、データファイル名を表示して入力待ちになる。各々のデータファイルには、「MAP」、「SOD」、「SOK」なるイクステンションがある。「MAP」には対象範囲、滑走路の位置、線源の分割数が記録されている。「SOD」は航空機の滑走路への進入、通過時刻、排出ガス量、排出高、初期拡散幅のソースデータと風向風速、Pasquill 安定度の気象条件と測定点での濃度を計算する時間 (TT) と時間間隔 (dT) が記録されている。「SOK」には測定点位置が記録されている。

次に、サンプリングの計算を既存のサンプルファイル (TEST ファイル) を用いて計算する場合を例にとる。ここでは滑走路数、航空機数、TT/dT をそれぞれ 100 までとした例をとりあげる。この場合、「TEST 5 空港」と呼ぶサンプルファイルが最も単純であるので、この例をまず始めに説明する。「TEST 5 空港」では、計算対象範囲は 6×6 km で、滑走路は原点 (左上の角、地図上では北西端) から東 (x) 1000 m、南 (y) 1000 m の地点で高度 (z) 0 m に走路の一端があり、x=5000 m、y=1000 m、z=0 m に他端がある。滑走路の番号は①とする (図 12 B の滑走路位置参照)。この走路の x1, y1 から航空機が時刻 0 に進入し、300 s 後に他端 x2, y2 から脱出することを考える。排出ガス (ここでは NO_x を想定) 量は総量で 3 m³、排出高度は 3 m、初期拡散幅は水平 100 m、鉛直 30 m である。気象条件として風向は北から時計回りの角度で 0 度、風速は



A 「TEST 5 空港」の測定地点4における着地排出ガス濃度の時間変化



B 「TEST 5 空港」による排出ガス濃度分布 (15分経過後)

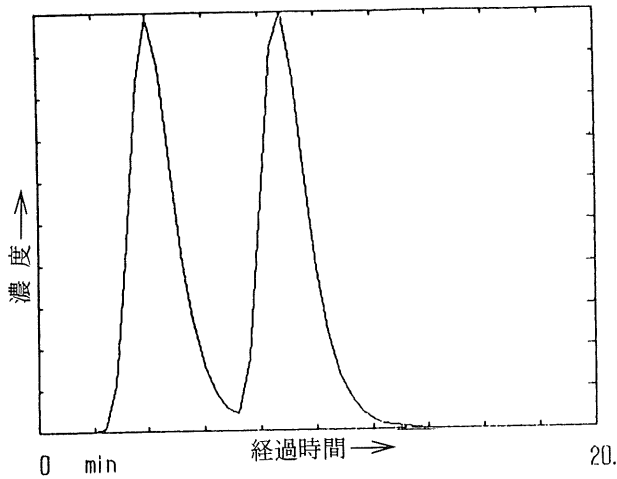
図-12 サンプルファイル「TEST 5 空港」による拡散計算の結果の表示例

2.0 m/s Pasquill 安定度は C-D とした。また $TT=20.0$ 分, $dT=0.5$ 分とする。このような仮定条件でプログラムを走らせ、「TEST 5 空港」を読み込む。プリンターを準備しておくでデータがプリントアウトされる。このとき、LTO (航空機離着陸におけるエンジン出力の基本モード) のデータファイルの名前を尋ねてくるので、これも「TEST 5 空港」と入力する。測定地点の濃度計算をするかどうかを決める。測定地点での濃度は先に指定した TT (分) までの dT 刻みで濃度の時間変化を計算する。このとき、一定地点 (この場合、測定地点 4) の濃度変化は図-12A のようにグラフで表示される。また、航空機毎の数字でも表示される。ついで、濃度分布の計算に入るが、時刻を尋ねてくるので指定する。15 分経過後の二次元の濃度分布図を図-12B に示す。図では滑走路を点線で、測定点を小円で示している。この例の場合、航空機が図の左側から進入し右へ進んだため、濃度分布の中心軸はやや左下がりになっている。

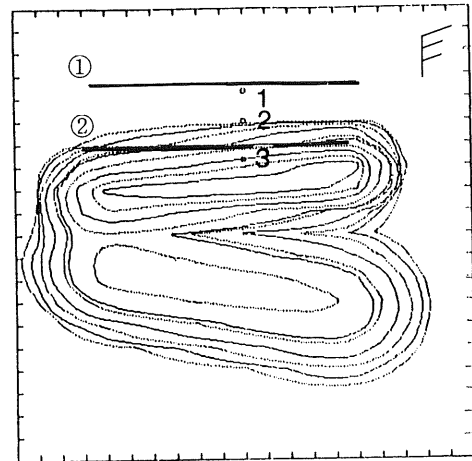
次にサンプルファイル「TEST 4 空港」の結果の例を示す。「TEST 4 空港」では 1 本の滑走路①、②があり、ここを 2 機の航空機が通る場合が想定される。1 機は x_2, y_2 か

ら (滑走路番号を負に指定する) 0 s に進入し、120 s に通過する。もう 1 機は x_1, y_1 側から 300 s に進入、360 s に通過する場合である。風向 0 度、風速 5 m/s 安定度 D としてある。測定点 3 における濃度は図-13A に、10 分後の濃度分布を図-13B にそれぞれ示す。図-13C はパフ模式図で、パフを円で示し、その移動距離が直線で示される。パフの大きさは実際の水平拡散幅に比例している。これを等濃度線図を描くと図-13D のようになる。

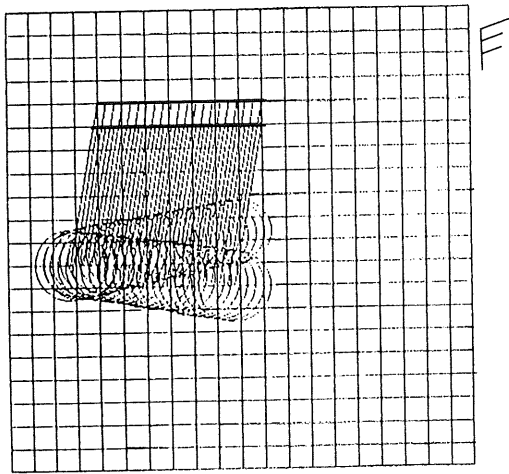
より複雑なサンプルファイル「TEST-K 空港」は図-14 に示すように全部で 4 本の滑走路が存在する例である。点線の部分は滑走路の両端の高度が互いに異なる場合である (このような図も計算中に表示される)。この 4 本の滑走路を④→③→①→②の順で 1 機の航空機が順次移動して行くのを想定し、(実際にその空港での動きに近い)、短い滑走路と上昇時では分割数を 5、長い滑走路は 10 にとって計算を行った。その結果得られた濃度分布を図-14 の A~C 図に示す。上昇路はこの例では比較的短い、滑走路と同じ排ガス量とした。この影響で上昇に入る地点近くに濃度の高い範囲が存在を確認することができる。このように、このプログラ



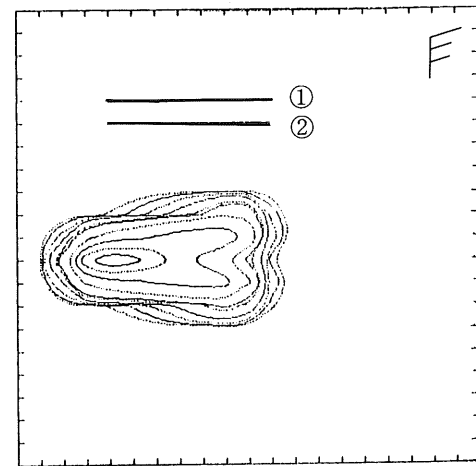
A 「TEST 4 空港」測定地点3における排出ガス濃度の時間変化



B 「TEST 4 空港」による排出ガス濃度分布 (10分後)



C パフ模式図



D 図Cに対応した排出ガス濃度分布図

図-13 サンプルファイル中の仮想空港での排出ガス拡散計算結果の表示例

ムでは様々な形の空港を想定した排出ガス拡散濃度分布が算出できる。

6. 拡散シミュレーションモデルの応用

開発した拡散シミュレーションモデルを利用して、大阪国際空港のNO_xの濃度分布を推定した。この場合の拡散シミュレーション条件を以下に示す。

①算出濃度値

年間平均値を算出するモデルとした（実際には、任意に季節、週、時間別等の算出が可能である）。

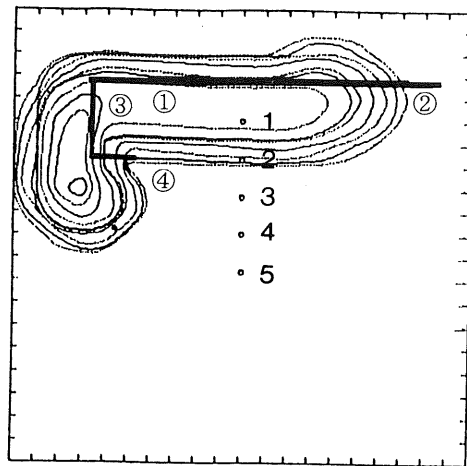
②排出ガス排出源

空港での発生源については、スポットに駐

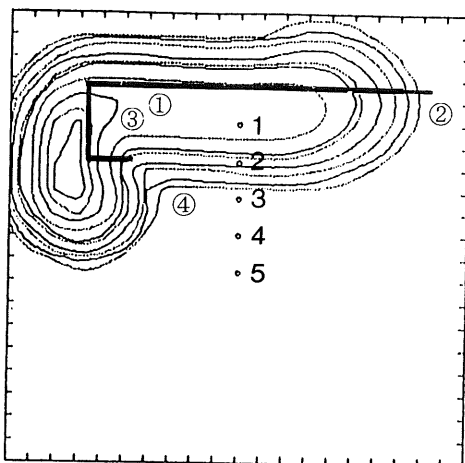
機している航空機から排出される排出ガスは固定発生源（点源）、誘導路及び滑走路上の航空機は移動発生源（線源）として算出した。なお、排出量に関するLTOモードのテイクオフ（離陸）とクライム（上昇）及びアプローチ（降下）とタキシング/アイドル（地上滑走）については、滑走路上でモード変更（速度の変化）が起きるために、空港での実測結果に基づいて、滑走路は2分割した。即ち、滑走路は2つの線源（この2つはモードが異なる）から構成されていると仮定した。

③基準点

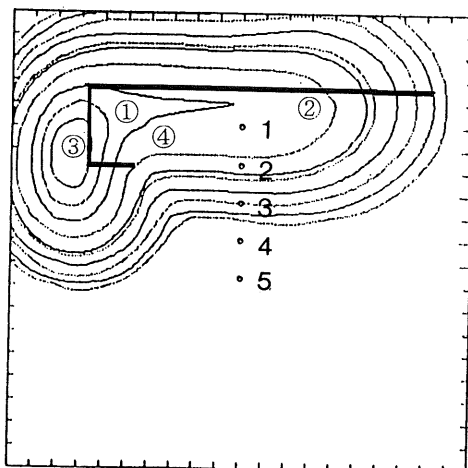
空港周辺は20×20のメッシュで区切った



A 「K空港」の濃度分布 (5分後)



B 「K空港」の濃度分布 (10分後)



C 「K空港」の濃度分布 (20分後)

図-14 サンプルファイル「TEST-K 空港」による拡散計算結果の表示例

が、メッシュを切る際の基準点は、経緯度法によるメッシュ区分（地域メッシュ区分）での基準メッシュ及び分割メッシュ辺長を用い

た。

大阪国際空港については、大阪12号（北緯34度40分，東経135度15分の大阪湾上）をそれぞれ基準点として，ここから基準メッシュの縦・横長さを当てはめ，同空港の北西地点に拡散シミュレーションのメッシュ区分のための基準点をとった。

④メッシュ区分

1メッシュ当たりの長さは1000メートルとした。

⑤航空機の運航

運航形態はICAOのLTOサイクルをもとに，大阪国際空港におけるLTO時間の実測結果を適用した。

⑥気象データ

気象データは1996年4月～1997年3月までの大阪管区気象台の1年間のデータを適用した。

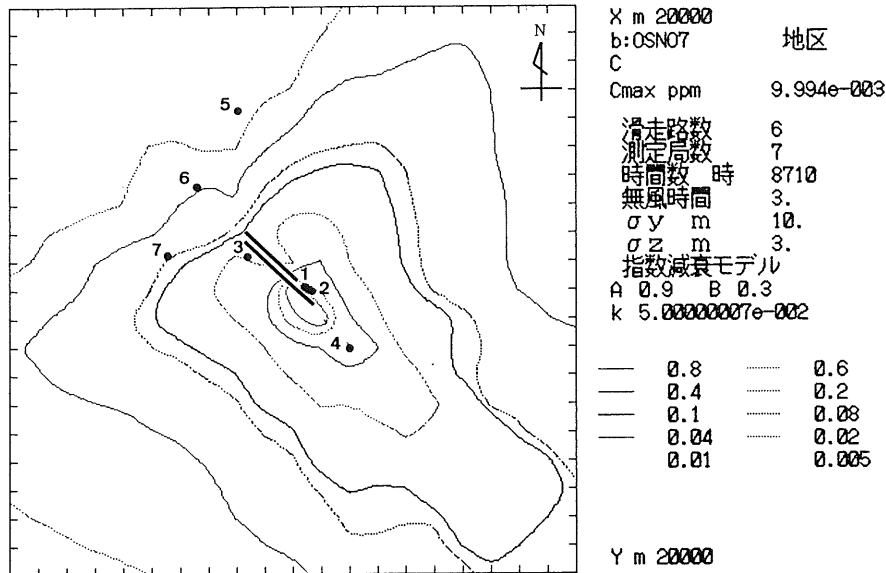
⑦入力データ

入力データは①スポット，誘導路，滑走路座標 (x, y, z) ②初期拡散幅 $(y$ 方向， z 方向)③ NO_x 年間排出量とした。

図-15に本拡散シミュレーションによる航空機排出ガス中の NO_x 濃度の分布を示す。

なお，図-15中の濃度等高線は最大濃度を 9.994×10^{-3} ppmとして，その相対値(0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0.1, 0.08, 0.04, 0.02, 0.01, 0.005)を示している。

この拡散シミュレーションから，空港及び空港周辺における NO_x 濃度は使用される滑走路に沿った形で濃度分布が生じていることがわかる。また，これとは別に，航空機が駐機している駐機エリアでの NO_x 濃度が相対的に他と比べて高くなっている点が注目される。実際の駐機エリアには，航空機の主エンジン以外にも，補助動力装置（APU），固定電源，作業用車両などの排出ガス発生源が多数存在する。このため，航空機の駐機エリアの NO_x 濃度が他の測定点に比べて高いという報告がある。これら個々の排出ガス発生源



(注) 同図の濃度等高線は最大濃度を 9.994×10^{-3} として、その相対値 (0.8、0.6、0.4、0.2、0.1、0.08、0.04、0.02、0.01、0.005) として示されている。

図-15 大阪国際空港における NO_x の拡散シミュレーション結果
 ①空港内 ②豊中市勝部 ③伊丹市西桑津 ④豊中市野田
 ⑤川西市市役所 ⑥川西市久代 ⑦伊丹市市役所

単位は小さいとしても、より正確なシミュレーションには、今後航空機以外の発生源の影響を把握しておくことが必要となろう。

8. まとめ

本報では空港周辺の大気拡散モデルを二種類開発した。一つは各風向・風速・大気安定度ごとの出現時間を入力することにより空港周辺の長期間の平均的な汚染物質濃度を統計的に予測するモデルであり、もう一つは汚染物質の移流・拡散の様子を連続的に推算することができる短期モデルである。

これらのモデルにより、空港周辺地域の悪臭や NO_x・SO_x の暴露量の評価等の大気汚染の状況を把握することができる。ただし、初期拡散幅及び拡散幅の推定法については今後さらに航空機毎に適合する条件や方法を検討することが必要と思われる。また、排出ガス温度の拡散に与える影響については考慮を

していないので、今後検討が必要であろう。

近年航空機の運航量は増大しているうえ、空港が都市部から郊外や海上に移りつつあるため、航空機排気中の汚染物質の排出は局地的な大気汚染源として位置づけられている。今後交通量の変化に伴う空港周辺の大気や新たに予定されている空港周辺環境大気のアセスメントを考えるうえで、本研究でのシミュレーションは最も有効な手段であろう。

文 献

- 1) Pasquill, F., (1974) Atmospheric Diffusion. (2nd EdNOition), Ellis Horwood Publisher.
- 2) Turner, D. B., (1964) A diffusion model for an urban area, J. App. Met., 3, 1, 83.
- 3) 横山長之編著「大気環境シミュレーション」白亜書房 (1992).
- 4) Calder, k. l., (1973), Atomospheric diffusion of particulate material considered as a boundary value problem, j. Met., 18, 413.

航空機騒音測定省力化に関する問題点*

大 沼 保 憲**

わが国の航空機騒音問題は1960年代に各地の空港で発生し、1970年代に入ると民家の防音工事や航空機の改良等、公害対策が促進された。

防音工事等の対策区域を定めるには、まず、その騒音の影響程度を調べる必要があり、実測調査が行われ、区域が設定された後にも、航空機の機種や便数が大幅に変化した時は、再度確認のための実測調査が実施される。

以上のような実測調査は、同時に多くの測定点で音を測るために多数の人員を配置せざるを得ず、費用も膨大なものとなるため、調査の実施回数、その期間ともに限られている。このような基本的な問題点を抱えつつも、騒音実測調査の対象空港が増加してきたために、担当者は、その都度人員機材の配置に苦労を重ねてきたのである。

上記のような悩みを解決すべく、当研究センターにおいて、この数年間騒音測定の自動化およびそのデータ処理の省力化を検討してきたので、現在までの結果を報告したい。

1. 省力化に当たっての問題点

(以下に述べる問題点は、裏返せば、現状

において実測点毎に人手を要している理由となる。)

a. 他の音との重なり

例えば、民間航空機の騒音のみを実測しようとしたとき、隣接滑走路を発着する軍用機の騒音が録音されれば、後刻の判定が困難になる。(共用飛行場等)

プリセットレベル(当該地点における航空機騒音とみなす指定騒音レベル)以上の騒音ピークを複数箇所もつ場合、それぞれのピークが別機のものであっても、セットレベル以下にならない限り、一機分として処理される。また、同一機であっても二つのピークの間がセットレベル以下になれば、二機分として観測される。

飛行経路の直下等、航空機騒音の卓越しているところはよいが、道路騒音や鉄道騒音が同程度に発生しているところでは判別が極めて困難である。

着陸コースに近い場所は、着陸音の次にリバース音、そして別機の離陸音が連続的に測定され、判別が困難なことになる。

b. 機器の設置場所

マイクロホンの設置場所としては、近辺に音響的に大きな反射や遮蔽の効果をおよぼすものがないこと、つまり大きな建築物から離れた露天が望ましい。

このことから、測定音に大きな影響を与えない全天候型マイクロホンと独立の電源(長時間持続する電池等)、それに悪戯や盗難に対する配慮が必要となる。

* Problems on Unattended Aircraft Noise Measurements,
by Yasunori Ohnuma (Vice 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 副主任研究員

2. 省力化（自動化）のための各種測定装置について

これまでに実用化されている測定装置を第1表に示す。1の方式は、メモリーカードにプリセットレベル以上の騒音を全測定時間中、記録させ、後日、運航情報（発着時刻）で照合するものであり、2は、単なる指向性マイクロホンではなく、別のマイクロホン2個により、音源の方向を積極的に識別し、主マイクロホンで測定/記録するものである。3は、三次元的に音の方向を探り、音源の移動

方向を求めた上で、離着陸の分別まで行う。

4, 5はさらに高度のものであるが、3以上の方式はかなり大型であり、常設の測定点には適当とみられても、臨時的に設置されるには機動性に乏しい。特に4および5の方式は、かなりの識別能力が強化されているものの、その場所において調整された「その場所」における識別能力であり、場所が変わればまた事前の調整に手間を要する。

3. 実用化のための調査

前項において述べた通りの理由により、比

表-1

各種の自動測定機能と実態調査上の問題点

自動測定機能の種類 (名称: 私称)	判定方法	問題点
① レベル・継続時間型	騒音レベル (プリセットレベル) と継続時間	・航空機以外の音との判別なし
② 単方向音源識別型	①+音源の位置判定 上空音源を航空機と識別。	・設置場所にやや制限がある……反射, 倒壊対策 ・価格: ①の3倍~4倍
③ 多方向音源識別型	①+音源の三次元的な位置判定 音源が上空にあること及び移動方向で離着陸かの判定をする。	・設置場所にやや制限がある……反射, 倒壊対策 ・電源 (AC) の確保が必要 ・やや機動性に欠ける。
④ 機材大別型	③+ジェット機かプロペラ機かの判定 ジェット機とプロペラ機との周波数特性の特異差から判定	・事前に多くのデータ収集と分析が必要 当該場所での周波数特性の特異点の抽出 最適、プリセットレベル及び継続時間 ・電源 (AC) の確保が必要 ・機動性に欠ける。 ・装置が高価。
⑤ 機材細別型 (機種識別型)	④+機材の判定 機材別の周波数特性の特異差から判定	・概ね同上 ・当該場所でのあらゆる機種の周波数特性の特異点の抽出のため、事前により多くのデータ収集と分析が必要 ・装置がより高価。

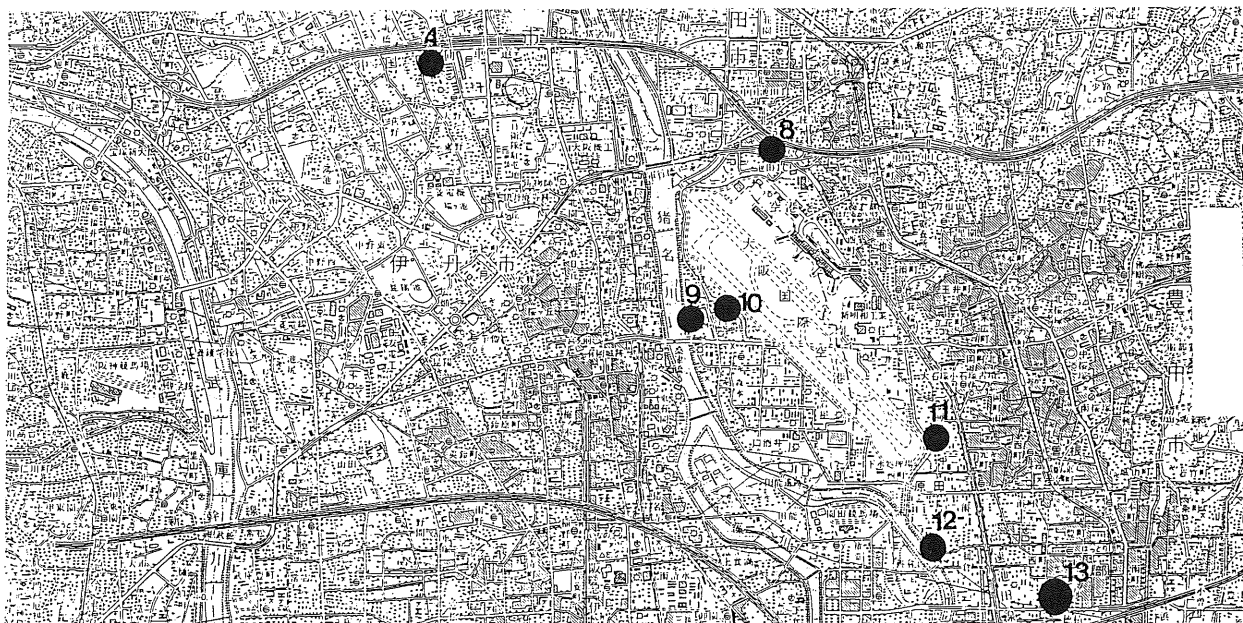


図-1

表-2

市販自動測定器及びメモリーカードを用いた無人測定と有人測定との比較
 場所 : 大阪国際空港
 日時 : 平成7年11月15日～16日
 方法 : 調査では、上空通過音等が明確に測定される場所及び暗騒音と航空機騒音との差が小さいとか仰角が低く条件の悪い場所等での比較を試みた。
 装置は、実態調査に鑑み、機動性のあるものとした。
 ① 無人測定 ……メモリーカードに、1ヶ/秒または3ヶ/秒のサンプル数にて、全測定時間の個々の騒音データを記録
 レベルレコーダー波形を全測定時間、連続記録したのと同じ。
 ② 自動測定 ……単方向音源識別型の市販自動測定器による計測
 結果 : 有人測定との照合率%

地点 番号	測定条件	①メモリーカード使用		②市販自動測定器 : 単方向音源識別型			補足説明 (位置、状況等)
		アリットレベル (dB)	継続時間 (s)	アリットレベル (dB)	継続時間 (s)	アリット角度 (度)	
No. 4	良 : 離陸騒音のみ	5.9	5	5.9	なし	なし	・ 11/16 離陸機ほぼ直上通過
No. 8	中 : 離陸騒音のみ 仰角 : 15° 以下	6.3	5	6.3	5	1.5	・ 11/15 ・ 2階ペランダにて測定、反射あり ・ 仰角設定不備 ・ 離陸コースの側方
No. 9	中 : 離陸及びリバース騒音	6.1	5	6.1	なし	なし	・ 11/15 夜のデータがリバース騒音は少なく、離陸騒音が主だった。 ・ 11/16 離陸コースの側方
No. 10	(雑) 離陸及びリバース、タリ音が測定される。	6.5	5	6.5	なし	なし	・ 11/15 終始、工事があり
No. 11	(雑) 全ての形態騒音	6.5	5	5.7	5	1	・ 11/16 離陸コースの側方
No. 12	悪 : 着陸騒音が主 仰角 : 10° 以下 AR/W : ≒ 10° BR/W : ≒ 8°	6.3	5	6.2	5	1.0	・ 11/15 ・ 暗騒音との差が小さい 暗騒音 ≒ 58dB(A), データの平均値 66dB(A) ・ 着陸コースの側方
No. 13	良 : 着陸騒音と上空通過	6.0	なし	6.0	5	2.5	・ 11/16 着陸機ほぼ直上通過

有人測定との照合率 (%) : 運航情報との照合結果データ数 / 有人測定データ数
 () : 運航情報との照合結果データ数 / 有人測定データ数からアリットレベル以下を除いたデータ数
 *1 : 市販自動測定器の設置場所が、有人測定の場合と異なる (近傍) 事から、適切な照合と言えない。

較的手軽な1および2の方式について、実用化するに当たっての問題点を調査した。

調査期間は平成7,8年の年末、場所は大阪、福岡、新千歳空港周辺等である。

一例を大阪にとり、調査の方法および検討結果を以下に述べる。

表-2にあるとおり、航空機騒音の識別/測定に有利な場所および不利な場所を7点選定し、方式1(メモリーカード)または方式2(単方向音源識別型)のいずれか、あるいは双方を設置し、同時に、さらに有人での測定/識別を行って「有人測定との照合率」を求めた。(表-2 欄外注記参照)

次に、図-1に同空港周辺の比較試験場所を示すが、表-2にもあるとおり、第4点は高速道路の近辺ではあるものの、離陸する航空機はその直上を通過するために騒音が大きく、暗騒音からは明確に識別可能である。

第8点は周囲の交通騒音のある場所であるが、航空機騒音の識別率はかなり高い。

第9,10,11点は空港に近いので、着陸時のリバース音、タキシング音(地上走行音)、それに離陸音が三つ巴となり、どの航空機のものか判別がかなり困難である。

第12点は、着陸コースから横へずれるため、暗騒音からの識別がさらに困難である。

第13点は、第4点と同じく航空機が直上を通過するので、識別率は高い。

(なお、測定点は上記7点のみで、番号は便宜的につけたものである。)

4. 調査の結果

予想されたとおり、標準の飛行航路近辺とか、運航状態が離陸のみとか、着陸のみとか、単純で定型化しているところは、航空機騒音の値が大きいことから明確に識別しやすく、測定時間との照合により、後刻のデータ自動処理が容易である。

空港滑走路近辺は、表-2にあるように、空港からの離陸音、着陸リバース音、タキシ

ング音が交差し、より高度の周波数による識別か、目視による確認が必要となる。

暗騒音が60 dBA前後のレベルであり、飛行航路から離れていると、識別不能のケースが多くなり、有人の場合と自動化(省力化)測定の場合との照合率が低下する。

5. 結論

もっとも簡便なメモリーカード使用の測定方法を用いても省力化は可能と考えられる。

理由として、騒音測定の最大の目的は、WECPNL 70または75の区域の確認にあり、それに該当する場所は、通常の発着数からすれば、一回当たりの騒音値が70 dBA以上であり、周辺の暗騒音よりも十分に大きいこと、仮に欠測となっても、照合率が80%を下回ったとしても、原因はその航空機騒音が小さいことによるものが多く、WECPNL値の値は、照合された、より大きな他の航空機騒音によって決まるからである。(但し、前述の共用飛行場における軍用機との音の重なりについては、時間照合等の操作によりデータとして再調査する必要がある。)

本調査例の中の第4,8,13測定点が上述の区域に相当し、このような実測点は、無人化(省力化)しても問題は生じない。

また、第10,11測定点についても、各種航空機騒音を一括して空港周辺騒音とみなし、そのままWECPNL値に積算すればよいと考える。

大阪国際空港以外の資料についても現在検証中であるが、従来のすべて人力に頼る調査結果に較べ、省力方式による実測WECPNL値の差は極めて少ないものと期待している。

但し、各機種毎の基礎的な騒音値、例えば離陸時の側方騒音と距離の関係とか、リバース音の大きさとかを調査することが目的であるならば、このような簡易型省力方式では不十分である。

研究報告

電波障害調査の問題点*

若 栗 尚**

電波障害と言われるものには多くの種類があるが、ここでは移動する物体により生ずる障害、特にフラッター障害について、その調査において問題となる点を取り上げ、今後のより正確な調査の一助としたい。

移動する物体によりテレビジョンの受信に対して生ずる障害には、遮蔽により生ずる障害と反射波によるフラッター障害の2種類がある。

1. 遮蔽障害

遮蔽障害は送信点と受信点との中間に遮蔽物体が入って、電波を遮蔽し、受信点での電界強度が大きく低下して、正常な受信が出来なくなる現象である。

遮蔽物体が固定物体であれば障害は物体が除去されるまでは継続されることになる。ビルディングの陰による障害がその代表的なものである。

最近、衛星放送の受信者が増加していることと受信できる放送衛星、通信衛星が増加していることから、衛星に対する障害、航空機による遮蔽障害が問題になりつつある。

2. フラッター障害

この障害は、移動する物体からの反射波

が、物体の移動とともに反射の状態が変化して、送信点からの直接波と干渉して受信電界強度が変動し、複雑な障害が生ずるものである。

移動物体には、鉄道車輛、船舶、航空機、大型貨物車輛等が挙げられる。

また、時には、建設現場のクレーンなどが原因となることもある。

鉄道車輛については、その移動する経路が固定されていることから、障害の発生範囲が限定され、共聴施設などの設置により改善が得られやすい点がある。

大型貨物車輛も走行する道路がほぼ決まることになり、対策が得られやすい。船舶も絶対数の少ないこと、運航が水上の一部に限定されることなどから、大きな問題になりにくい点がある。

これらの移動物体による障害は、航空機によるものに比較すると障害の発生する範囲が限定されるので、測定点の選定も容易である。

航空機については、飛行経路に比較的幅のあること、高度にもバラツキがあること、特に、着陸時は降下角度が比較的浅いこと及びアンテナの指向性の比較的広い垂直面に近い方向からの反射になること等のために問題になりやすい面がある。

特定の地域では、受信アンテナの方向と飛行経路が並行することがあり、比較的長い時間にわたって、障害が継続することがある。

* Problems about the Investigation of TV Reception Interference, by Takashi Wakuri (Senior Staff, Aviation Environment Research Center).

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 調査役

3. フラッター障害調査の基本的な方法

通常、フラッター障害の調査は、障害の発生が予想される地域で、実際に、その地域で使用されている素子数のアンテナを普通の民家で使用しているアンテナの高さで使用し、受信した電波を普通の受信機で画像を見て、障害の程度を主観評価し、記録する。このとき同時に、受信電界の強さ、変動などを計測器により測定、記録する。また、現場での障害の評価に限られた人員によることになるため、ビデオテープレコーダーに受信画像を記録し、後に、複数の評定者による主観評価を行う。

測定点は、通常、調査しようとする地域の全体にわたるように選定し、その地域の受信者の代表的な受信状況の地点になるようにする。

ある特定の受信点の障害状況についての調査では、特定点の周囲に複数の測定点を比較的接近して設定し、周辺の地点も含めて状況の確認を行う。

また、各測定点の電界強度をアンテナ高を変えて測定し、フラッター障害のない状態で平常時の受信画像の評価を行う。

さらに、航空機との関係を求めるために、対象航空機の飛行経路を観測・記録し、受信アンテナ指向方向との関係を求める。

4. フラッター障害の評価

フラッター障害の主観評価には、CCIR（国際無線通信委員会）の5段階評価に準じた評価を行う。但し、通常は評価3については3+、3、3-の3段階を使用し、7段階評価とすることが多い。例を表-1に示す。

この主観評価には幾つかの注意すべき問題点がある。

個人の評価は、比較的安定していて、同一障害画像に対しては、1/3 ランク以内となることが多いが、一般的に評価を始めた時点から評価を続けるに従って、評価が甘くなる傾向があり、注意をする必要がある。

また、評価は現場で行うのが望ましいが、評価者の人数の点などで、VTR に収録した記録を再生して評価することが、通常、行われるが、このとき、VTR や再生に使用した受信機の AGC (Automatic Gain Control) などの補正特性の影響で、フラッター周期の低いものについては、評価値がよくなることがある。しかし、全体としては、1/3 ランク程度の差に収まる場合が多い。

いずれにしても、VTR の再生による評価では現場での評価を基準にして、注意する必要がある。

現在は、評価の基準となるビデオテープが自由に入手できない状態であり、当協会では基準テープを試作し、部内で使用しているが、適当な機関での統一的な評価基準テープ

表-1 フラッター評価基準

評価	評価内容	画面の状態	評価の境界と D/U	障害区分
5	フラッター障害が認められない	殆ど変化無し	20~30dB (検知限)	
4	フラッター障害があるが、気にならない	画像がわずかに揺れる		
3	フラッター障害が気になるが、邪魔にならない	画像が揺れて気になる	15~20dB (許容限)	軽微な障害 評価 3 障害 評価 3以下
2	フラッター障害がひどく、邪魔になる	画像が揺れて、ひどく邪魔になる	10~15dB (我慢限)	
1	フラッター障害が、特にひどい	画像が流れて、受信不能になる		

註 評価3については、その程度に応じて 3+、3、3- に区分する。

の作成，配布が待たれる。

また，絵柄により評価の値が変化することもあり，十分な注意が必要である。

フラッター障害の評価では，現在は，測定期間中に発生した最も悪い評価をその点の評価として採用することになっている。従って，極めて短時間でも悪い評価があると，その点の評価はこの値によって決まることになる。

この状態を改善するために，同時に図-1に示す方法で評価の各ランクの発生時の継続時間を測定するが，継続時間の評価への重みづけは，はっきりとした基準がなく，行われ

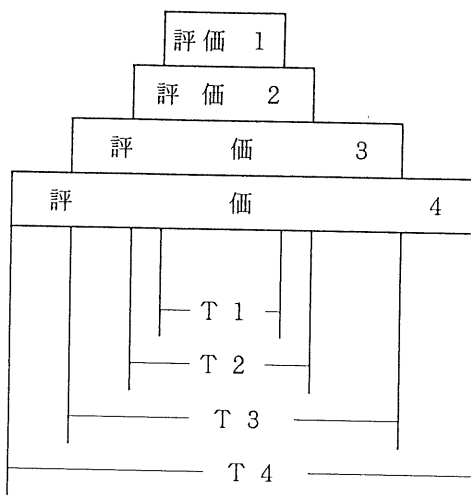


図-1 継続時間

- T 1：評価 1 継続時間
- T 2：評価 2 継続時間
- T 3：評価 3 継続時間
- T 4：評価 4 継続時間

ていない。今後考慮すべき問題である。

同一機によるフラッターで評価 5 を挟んで何回も評価 4 以下が発生することもあり，全て加算すると評価 4 以下の障害継続時間が意外に長くなる場合がある。

測定には十分な機数を選んで，発生するフラッターを評価することになっているが，季節により風の影響などで航空機の運航に測定期間中に偏った傾向が見られることがあり，最大の影響を生ずる飛行経路を含めて十分な機数の測定が必要である。

普通は，1 測定点当たりで最低 10 機から 10 数機の調査が行われる。多い方が望ましいが調査期間の問題等により制約を受ける。

5. D/U の測定

フラッター障害の物理的な判定基準として，受信電波の D/U (D：直接波，U：移動体からの反射波) を使用する。

これは送信所からの直接波と移動物体からの反射波との干渉，合成による受信電界強度の変動を図-2 に示すように記録し，この記録波形より，次式で示すように D/U を求める。

$$D/U = E_o - E_R$$

ここで

E_o ：平常時の電界強度 [dB]

E_R ：航空機からの反射波の電界強度 [dB]

$$E_R = 20 \log_{10} (10^{E_P/20} - 10^{E_o/20})$$

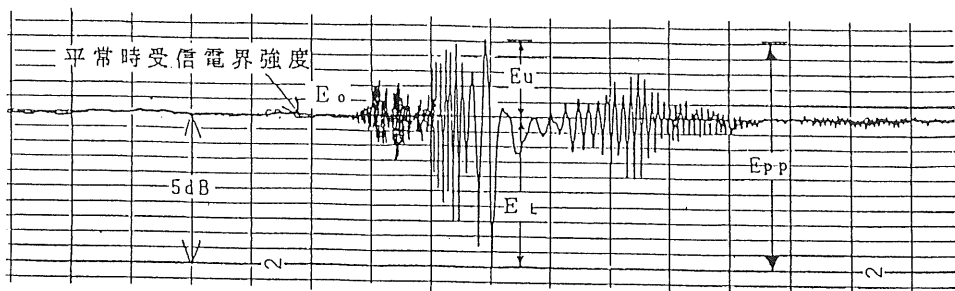


図-2 受信電界強度のレベル変動

- E_u ：電界強度レベルの航空機からの反射による増加分 (Peak 値) [dB]
- E_l ：電界強度レベルの航空機からの反射による減少分 (Peak 値) [dB]
- E_{PP} ：電界強度レベルの航空機からの反射による変動分 (Peak to Peak 値) [dB]
- E_o ：平常時の受信電界強度レベル [dB]

ここで

$$E_p = E_o + E_u$$

E_p ：航空機からの反射により増加した電界強度のピークレベル [dB]

この値は物理量としての意味があり、レベル変動の周期、ゴースト遅延時間の影響などで、主観評価とは必ずしも一致しない。

しかし、判定及び対策の基礎としての意味は大きい。

現在、このレベル変動の周期、ゴースト遅延時間等の影響を取り入れた評価 D/U と呼ばれる主観評価との対応の良い D/U の測定が行えるシステムの検証を進めている。

6. 調査地点の選定

前述のとおり、測定点は調査を行う地域の受信状況を代表するような地点を選び、調査地域内に均等に分布させるのが望ましいが、表-2 に例を示すように相対的に 10 数 m の間隔で選んだ 3 点の間でも、前方の建造物などの影響により受信電界強度の相当な変化が認められることも多い。従って、特定の測定点の測定に当たっては、少なくとも近傍の何点かでの予備測定を通して、測定点を決めることが大切になる。

山、建造物、送配電線等による遮蔽や反射の影響についての確認が必要であるが、個々の原因と結果について調査することは、非常に手間のかかることになり、問題がある。主なものについて調査することだけでも、必要なことが多いが、なかなか実施できない。

実態を広く捕らえるためには、調査地域内に測定点がある程度の密度で設ける必要がある。

表-2 近傍 3 点の測定値

測定点	実測端子電圧		実測電界強度	
	CH 1	CH 8	CH 1	CH 8
A	63.9	50.2	65.9	57.2
B	65.2	60.4	67.2	67.4
C	71.5	54.4	73.5	61.4

るが、実際には、測定期間、経費、人員の制限や、航空機の運航状況などを考えた測定機数の選択、決定との関係で適当な間隔で選ばざるを得ないことになる。

また、測定点の位置は、調査の目的との関係で、特殊な配置を考慮することがある。例えば、電波伝搬上の問題の解明のために、意図的に送信方向に向けて直線上に配置することが必要なこともある。

最近では、交通事情による制限も多く、測定に最適の点が必ずしも測定できる場所でないこともあり、問題がある。

7. 受信アンテナの種類と高さ

放送法の「放送局の開設の根本的基準」によると、電界強度は地上 4 m の高さにおける値となっている。また、普通、電界強度の測定に当たっては、半波長ダイポールアンテナを使用する。電波障害調査などでは、実用的な方法として、一般的な 5 素子八木アンテナなどを使用して測定し、補正して電界強度を求めることが多い。

調査に使用するアンテナについては、電波障害調査という点から見ると、調査地域で使用されているアンテナを使用し、その地域の一般的なアンテナ高で測定、調査を行うのが障害の実状の把握と言う点からは、好ましい。

また、アンテナの指向性主軸の方向は、その地域の受信者のアンテナの指向性主軸の方向と同じにすることが望ましい。

同時に、アンテナ高を変えて、端子電圧を測定し、補正して、電界強度を求める。

この時の補正量は測定系に依存するので、出来るだけ頻繁に校正しておくことが必要である。

アンテナ高を 4 m、6 m、8 m 及び 10 m として測定しておくことで、ハイトパターンの推測も可能になる。

8. 平常時の画質評価

フラッター障害調査では、比較対象となる平常時の（フラッター障害のない時の）受信画質評価を行う。

測定点で入力端子電圧、反射（ゴースト）の状態、雑音その他の状態を把握しておくことは、最終的な障害の程度の判定や障害対策の検討の上で重要なことである。

また、受信時の最適アンテナ高の選定にも役に立つ。

普通は、測定に使用するアンテナを用いて、受信電界強度の測定と同時にアンテナ高を変えて、画質評価を行う。

評価項目は、ゴースト、スノーノイズ、ビートノイズ、その他として、各項目毎に評価を行い、最終的に、総合画質評価を行う。

フラッター障害発生時には、この評価の画像にフラッターが加わることになる。

平常時の画質評価の方がフラッターの評価を下回るときでも、フラッター評価はフラッター障害単独の評価で扱う。

理由としては、各々の改善方法が異なることが挙げられる。

しかし、今後、総合的に見て、平常時の画

質評価がフラッター障害の評価を下回る場合の判定については、考える必要がある。

9. フラッター障害の発生回数

現在、フラッター障害については、測定時に発生した障害の最悪の主観評価値をもって、その測定点の評価値としていて、評価値3-を障害発生の判定値としている。

実際には、一日で考えると、何回も障害は発生していて、その中には、上記の評価値より障害の程度としては少ない障害が数多くあることもありうる。発生時間帯によっても、受信者への影響の程度は異なる。

一日に反復して何回も発生する障害の評価を回数、発生時間帯を含めた何らかの形で取り入れる方法を考える必要がある。

過去にも何回か、回数を取り入れることが考えられてきたが、現在までには、ごく一部の地域で障害の判定に取り入れられたことはあるが、普遍的な考え方はない。

以上、電波障害調査で起きる問題と考慮しなければならない点を簡単に挙げた。

今後、実態に即した障害評価の方法の確立が大切になると考えられる。

内外報告

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—

吉岡 序**

1. まえがき

前号において国際民間航空機関・航空環境保全委員会 (ICAO/CAEP) が果たしてきた役割と、1995年12月に開催された第3回航空環境保全委員会 (CAEP/3) の概要について紹介した。

CAEP/3以後航空環境保全委員会では1998年春に開催予定の第4回航空環境保全委員会 (CAEP/4) に向け、作業体制を構成し直して作業を進めているところである。

作業体制は次のように再構成されている。まず、本委員会の下に環境保護の政策的な方向付けを行うための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、①航空機騒音問題を扱うワーキンググループ I (WG I)、②空港周辺と運航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) が設置された。更にその下にはワーキンググループ委員会へ上程するための問題を討議して取りまとめを行うテクニカル・タスクグループが分野別に設置されている。

* Trends of ICAO/CAEP (Aircraft noise)
-Summary of the third WG I meeting-,
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

WG I 委員会の会議は CAEP/3 以後、現在 (1997年12月) までに4回開催されているが、そのうち第3回会議は1997年3月に東京で開催された。日本で開催された ICAO/CAEP 関連の会議としては1985年以来、まさに12年ぶりであった。

以下に第3回 WG I 会議の概要を報告するので、ここから最近の ICAO/CAEP の動向について推察していただければ幸いである。

2. 第3回 WG I 会議の概要

第3回 WG I 会議は1997年3月25日 (火) から27日 (木) までの3日間、運輸省航空局の国際会議室で開催された。会議はアメリカ、イギリス、フランス、ドイツ、オランダ、イタリア、カナダ、ポーランド、日本、及び国際航空宇宙工業会 (ICCAIA)、国際航空運送協会 (IATA) から27名が出席し、米国 FAA の Tom Conner 氏の議長により進められた。

2.1 亜音速ジェット機、及び超音速機に関する問題

(1) 大気吸収減衰に及ぼす大気圧の影響

騒音証明を行う際、試験航空機の飛行経路が基準飛行経路からずれた場合に、測定騒音値に対して、そのずれた分の距離に応じた距離減衰量と大気吸収減衰量を算出して補正することになっている。大気吸収減衰量の算出手順については、騒音証明の制定当時から海

面上大気圧を想定しており、試験場所の標高の違いによる大気圧の影響は考慮されていない。

実際の証明試験は標高の高い場所でも行われることもあるので、大気圧の違いによる大気吸収減衰量の変化の調査が進められている。パリ郊外の Roissy 空港で測定が行われたが、まだその結果の取りまとめが終了しておらず、次の会議で報告されることになっている。

(2) ICAO. ANNEX 16 Chapter 3 で定める側方測定点の変更について

ICCAIA から亜音速ジェット機を対象とした騒音証明の側方測定点の変更について提案があった。現状の規定では滑走路中心線から直角に側方へ 650 m 離れた点で、離陸推力で離陸上昇する時の最大騒音値を測定する事になっており、その測定点を決定するために多大な費用がかかることから、側方測定点を飛行経路直下点に変更し、その上空を離陸推力で飛行させて測定を行うというものである。

その考え方として、(a)測定点の位置を定めず、上空通過高度だけを定める。(b)ブレーキリリースから測定点までの距離を定め、上空通過高度は定めない。以上の2通りが示された。

側方測定点と直下点での測定値の整合性についての疑問が提示され、更に検討が進められることになり、結論には至っていない。

(3) 騒音低減技術研究の状況について

a) 亜音速ジェット機

空港周辺に与える騒音暴露量を 2000 年までに 10 dB 低減させることを目標として、バイパス比が 1.5 から 6.0 のエンジンを搭載した航空機を対象に、1992 年から「亜音速ジェット機騒音低減プログラム」が FAA と NASA の共同で進められている。ステアリンググループ委員会とテクニカル・タスクグループ委員

会は暫定目標値として、ジェット騒音、及びファン騒音について各 3 dB の低減、ナセルダクトの改修で 1 dB の低減が実現されているかどうか調査しており、近々「亜音速ジェット機騒音低減プログラム」の暫定評価が行われることになっている。

b) 将来の超音速機

超音速機のエンジンは低バイパス比エンジンであり、バイパス比を大きくして騒音を低減することは期待できない。新しい騒音低減技術を開発するために風洞でモデル実験が進められている。また、アクティブノイズコントロールを応用したエンジン騒音低減技術についても報告された。その実現の可能性について質問があったが、研究中であるとのことで明確な解答はされていない。

(4) IEC 1265 の ICAO. ANNEX 16 への組み入れ

騒音証明手順等を記述している ANNEX 16 には、騒音証明試験に用いる騒音計、分析機器に関する規格が定められているが、全てアナログ技術に関するものである。近年、航空機騒音に関するデジタル技術の規格が整備され、国際規格として IEC 1265 が公布されている。そのデジタル技術の規格を ANNEX 16 へ組み入れることが提案されているが、測定値におけるアナログとデジタルの整合性の問題もあり、今後とも検討が続けられる。現在の技術の流れから ANNEX 16 へデジタル技術の規格が組み入れられることは間違いないと思われる。

2.2 プロペラ機に関する問題

(1) 小型プロペラ機の騒音証明評価量 (LAmax) について

小型プロペラ機の騒音証明 (Chapter 10 で定める 1988 年以降に製造された最大離陸重量が 9000 kg を超えない機体) では騒音レ

ベルのピーク値で評価することになっている。テクニカル・タスクグループ(PROP 3)において、騒音証明評価量を騒音レベルのピーク値(LAmax)から単発騒音暴露レベル(SEL)に変更することが検討されていたが、LAmaxとSELの間には強い相関があることは認められるものの、SELに変更する必要はないと結論づけられた旨の報告があった。

(2) 小型プロペラ機の騒音証明時の音源補正について

小型プロペラ機の騒音証明(Chapter 10で定める1988年以降に製造された最大離陸重量が9000 kgを超えない機体)では、ヘリカル・チップマックナンバーを関数として音源補正を行うことになっているが、この音源補正は旧型小型プロペラ機の騒音証明(Chapter 6で定める1988年以前に製造された最大離陸重量が9000 kgを超えない機体)と同じ手順で行われることになっている。音源補正を更に適切に行うために別々に補正手順を設定することが、テクニカル・タスクグループで同意された旨の報告があった。補正手順の相違による騒音値の違いは僅かであると考えられる。

(3) 小型プロペラ機の騒音証明(Chapter 10で定める1988年以降に製造された機体)の騒音基準値の強化について

Chapter 10の騒音基準値の強化が検討されている。Chapter 10に該当する単発プロペラ機の証明値が示され、現状の基準値に対して十分なマージンがあり、対象となる機体の大半は30年以上前に設計されたエンジンを搭載しているもので、基準強化により不利益を被る機体はごく僅かであることが述べられた。新基準は、最大離陸重量が500 kg以下では6 dB、1600 kg以上では3 dBと提案されている。騒音基準値の強化については引き続き検討が行われる。

2.3 ヘリコプターに関する問題

(1) ヘリコプター騒音証明(Chapter 8)の簡易化について

簡易化の手順としてa)からc)の3項目が挙げられている。a)とb)は昨年(2017年)の12月にパリで開催された第2回ヘリコプターテクニカル・タスクグループ会議で、日本が提案した簡易化項目の趣旨に沿ったものである。更に日本はそのタスクグループ会議で騒音評価量をEPNLからSEL(A)へ変更する提案も行っているが採用されていない。その後、ワシントンで開催された第3回ヘリコプターテクニカル・タスクグループ会議での、A特性補正をかけたSEL(A)よりもD特性補正をかけたSEL(D)の方が、EPNLとの対応が良いという判断によるものである。

- a) 大気吸収減衰計算における気温・相対湿度の無補正枠の採用
- b) 測定点からヘリコプターまでの距離計算の簡易化
- c) 対地速度測定のとりやめ

簡易化の手順について、現Chapter 8を部分的に修正加筆するか、あるいは新しいChapter XとしてANNEX 16に追加するのか、今後の課題として検討されることとなった。

(2) ヘリコプター騒音証明(Chapter 8)の基準強化について

Chapter 8の騒音基準値の強化が検討されている。強化案として以下のa)、b)の2案が示されているが、決定には至らず更に検討が続けられる。

- a) CAN 6で緩和した3 dBを基に戻す(一律に-3 dB)。
- b) TAKE-OFFとFLYOVERを各-3 dBとし、APPROACHは-1 dBとする。

(3) 軽ヘリコプター騒音証明(Chapter 11)で定める最大離陸重量が2730 kg以下の機体の最大離陸重量の拡大について

Chapter 11 では対象ヘリコプターの最大離陸重量は 2730 kg (6000 ポンド) までとなっているが、FAA 及び JAA (JOINT AVIATION AUTHORITIES) の耐空要件との整合性をとるために、最大離陸重量は 3175 kg (7000 ポンド) までとなった。

(4) テールローター騒音の低減化について
シコルスキー社はテールローター騒音の低減の研究を行っている。風洞実験ではテールローターに関する騒音が 5 から 8 dB 低減したものの、騒音証明試験の騒音値では 1 から 1.5 dB の低減であり、離陸時騒音の低減が最も多く、次に水平飛行時、そして着陸時ではわずかな低減だけであったと報告された。

2.4 チルトローター/ウイング機の問題

チルトローター/チルトウイング機についての具体的な活動はまだ始まっておらず、今後の活動に関する作業手順の説明だけがあった。

3. あとがき

1995 年 12 月に開催された CAPE/3 では亜音速ジェット機騒音の基準強化がハイライトになっていた。

採決の結果基準強化案は可決されず、今後続けて更に検討が行われることになったが、今回の会議では亜音速ジェット機騒音の基準強化に関する議論は一切なかった。おそらく、第 1 回会議、第 2 回会議において亜音速ジェット機騒音の基準強化に関する取り組み方について議論され、当分は基準強化については積極的な活動は行わないことで合意されたものと思われるが、詳細は不明である。

1998 年春に予定されている CAEP/4 では騒音の基準強化よりも、騒音証明手順の簡素化を進めて証明費用の低減を図ることに重点を置いた議論がなされるのではないだろうか。



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

航空機から排出される排出ガスについては、空港及び空港周辺での環境保全対策と、地球温暖化対策と関連する巡航時に高空で航空機から排出される排出ガス対策の2つの観点から環境対策が講じられている。

こうした航空機排出ガスの対策に関しては、ICAO (International Civil Aviation Organization: 国際民間航空機構) の CAEP (Civil Aviation Environment Program: 航空環境保全委員会) が中心となり、実態の把握や具体的な対策・規制の検討・実施を行っている。また、IPCC (気候変動に関する政府関パネル), UN-FCCC (国連気候変動枠組条約), ICCAIA (航空機関連メーカの団体組織) などでも実態把握・分析の研究調査、排出ガス低減対策技術に関する研究開発に取り組んでいる。ただし、これらの機関も基本的には ICAO/CAEP の方針に沿って検討を進めているため、現状では ICAO/CAEP が環境対策を決定する中心的な活動機関となっている。

なお、ICAO は、国際民間航空機輸送の健全な発展を助長することを目的に 1944 年にシカゴ国際民間航空条約に基づいて暫定的に

設けられ、1949 年 4 月に正式に設立された。主な業務としての航空環境保全を含め、国際航空の安全と効率化を目的に、航空保全施設、空港施設、航空規則、航空管制、国際航空輸送、税関出入国手続きなどの国際標準及び勧告方式の採択と決定を行っている。1997 年 9 月時点で 184 カ国が加盟しており本部はカナダのモントリオールにある。

本報告では ICAO/CAEP (特に CAEP/4) を中心とした航空機排出ガス対策に関係する主な関連機関の最近の動向について述べる。

2. ICAO/CAEP/4 の動向

ICAO/CAEP では航空機排出ガス問題を取り扱う委員会である WG 3 (Working Group 3) を 1996~97 年の 2 年間に 4 回開催している。

最近の ICAO/CAEP/4 WG 3 関連委員会の開催日程を下記に示す。

○ ICAO/CAEP/4 WG 3 第 1 回委員会
1996 年 5 月 30 日~31 日 米国ワシントン

○ ICAO/CAEP/4 WG 3 第 2 回委員会
1997 年 1 月 15 日~16 日 スペイン, セルビア

○ ICAO/CAEP/4 WG 3 第 3 回委員会
1997 年 5 月 23 日~26 日 米国, ジョージア州, サバンナ

○ ICAO/CAEP/4 EPG (Emission Planning Group) 委員会 1997 年 7 月 9 日

○ ICAO/CAEP/4 WG 3 第 4 回委員会
1997 年 11 月 12 日~14 日 スイス, ベルン

* Trends of ICAO/CAEP (Aircraft emissions) by Masao Shibata (Assistant General Manager, Air Pollution Division, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 大気汚染部 部長代理

○ ICAO Steering group meeting 1998年1月19日～23日 オーストラリア, キャンベラ

○ ICAO council への報告 1998年3月

○ ICAO/CAEP 委員会 1998年4月6日
1996年5月に米国ワシントンで ICAO/CAEP/4 WG 3 の初の会合が開催され, ここでは WG 3 のミッション, 計画などについて報告がなされた。

ICAO/CAEP/4 WG 3 においては今後以下の研究活動が実施される計画である。

① 高空における航空機排出ガスの大気への影響評価

現状の LTO サイクルに含まれない高々度を飛行する航空機 (亜音速機及び超音速機) のエンジンから排出される排出ガスが, 化学や気象を含めて大気にどのような影響を与えるか評価し, その科学的な根拠を明確化することに努める。

② 航空機排出ガス排出レベルと燃料消費率の関係

既に ICAO/CAEP/3 などでも問題となった航空機排出ガスの低減と燃料消費率のトレードオフ問題について, 主に次の2つの観点から研究調査を実施する。

- ・ 亜音速機及び超音速機のエンジン設計技術の進展をもとに, これらの技術進展が排出ガス排出レベルや燃料消費率にどのような影響を与えるかを評価し, 双方のトレードオフ, 技術の導入時期, リスクなどを評価する。
- ・ 亜音速及び超音速機エンジン, 機体に対する基準, 型式証明などについての適切な評価を行う。また, ICAO の ANNEX 16 Volume II に取り入れるべき必要な項目を検討する。

③ 将来の技術評価のためのエミッション・インベントリーの評価

長期的な排出ガス削減量を定量的に算出し規制内容の変更などにより削減量がどのよう

に変化するかを定量的に評価する。また, 航空機排出ガス排出量の削減と航空機排出ガスによる大気への影響を低減するために, より効果的な航空機の運航方式を検討する。

第2回から第4回委員会では ICAO/CAEP で以前から懸案事項となっていた NO_x のさらなる 16% 低減案については, 特に議論がなされなかった。

以下, 特に航空機排出ガス対策に関連した事項についてその概要を記す。

① 航空機エンジンの燃焼器技術

a. シングル・アニュラ型燃焼器

米国プラット・アンド・ホイットニー (P & W), 英国ロール・スロイスの新型エンジンでは, シングル・アニュラ型燃焼器 (Single annular combustors) の大幅な性能改善により, 既に ICAO/CAEP で決定された NO_x の 20% 削減基準をクリアできることが確認された。

b. フュエル・ステージ型燃焼器

フュエル・ステージ型燃焼器 (fuel stage combustors) については, 一部で実用化しているが, 今後は当初発生したトラブルの解決が重要となる (スイスエア A 320 での V 2500 エンジンでタービンにクラックが入った問題など)。

② IPCC の特別評価 (IPCC special assessment) のための ICAO の技術シナリオ

ICAO では IPCC の特別評価に関連して, 航空機の燃費低減, 排出ガス対策技術として, 以下の点を指摘している。

a. 航空機環境対策 (排出ガス) の鍵となる燃費と排出ガスの特性

- ・ エンジンから排出される燃焼生成物 (CO_2 , H_2O など) の低減については, 燃費の向上と燃料性状の改善によってのみ対策を講じることができる。
- ・ NO_x 削減は, HC, CO と比べて技術的に難しい。
- ・ ICAO の航空機環境対策技術のシナリオと

しては、特に次の技術が重要となろう。

- ・高圧縮 (>50) あるいは BPR (バイパス比) >10 のエンジンの開発
- ・航空機の空力特性の改善及び構造の改善 (軽量化など)

なお、燃費改善への寄与度はエンジンの改善が 70%、機体の改善が 30% の割合

- ・航空会社では、NO_x 規制等の強化が、今後燃費向上を妨げる可能性がある」と指摘

b. VLA (Very Large Aircraft) の導入

エアバスは 2003 年に UHCA (Ultra High Capacity Aircraft) A 3 XX の実用化を目指しているが、ボーイングはボーイング 747-500 X/600 X の計画を 97 年 1 月に凍結した。従って、VLA (Very Large Aircraft: 500~600 人乗り以上の航空機) の実用化は早くても 2000 年前半となろう (エアバスの A3XX)。

c. 代替航空機燃料の研究

ロシア連邦などではメタン、水素エンジンの開発研究が行われているが、その実用化は 2010 年以降となろう。

③ ICAO における中心的な研究 (Focal Points)

a. CO₂ の排出予測

航空機排出ガスの全地球規模の大気汚染の影響については、EDF 及び WG 3/EISG では、2050 年までに航空機から排出される CO₂ が全体の 10% に達すると予測している。

b. NO_x の排出予測

NO_x については、特に対流圏上層部では航空機が重大な発生源であるが、その実態についてはまだ不明確である。

c. 地球温暖化に与える影響

全体的に航空機から排出される大気汚染物質が地球全体に与える影響は大きくない。しかし、その重要性は認識されつつある。特に残存時間の長い CO₂ についてより重要視されつつある。

d. NASA/AEAP 及び DLR のシミュレーション

NASA/AEAP, DLR では航空機から排出される大気汚染物質による直接的・間接的な影響 (インパクト) 調査を行っている。この研究では、航空機排出ガスは他の発生源と同様であり、かつパーセンテージは相対的に低いとしている。

e. エアロゾル等

航空機との関連では雲 (飛行機雲) やエアロゾルの問題が重要でかつ、現状の実態が分かっていない点が指摘されている。

f. 航空機の運航便増加に伴う影響

スウェーデンは航空機エンジンの低公害化がなされても、航空機の運航便数が増えれば航空機による環境問題は改善されないと指摘した。また、同国では、航空機エンジンの排出ガス低減技術により、どの程度まで航空機の運航便数の増加が可能かを研究評価している。

g. 超音速旅客機 (SST)

SST (マッハ 2.4 クラス) が導入されれば、2015 年には航空機の燃料消費の 22% を SST が占めることとなるとしている。

④ 上昇/巡航時の亜音速機のエンジン型式認証方法

a. 測定方法

短期にはシミュレーションやデータ解析からの推計値と高空試験装置 (ATF: Altitude test Facility) の結果との比較方法が課題となる。NO_x, CO についてはエンジン・メーカーの P 3/T 3 法があるが、粒子状物質やエアロゾルについては計測方法が確立されていない。

b. 巡航時の排出原単位

巡航時の排出原単位 (EI: Emission Index) については、現状では LTO サイクルと同程度の信頼性が得られている (ただし、LTO サイクルより複雑でコストがかかる)。また、産業界では巡航時の排出原単位

の問題は手法の研究から基準値 (Standard) を定める段階に入ったと考えているが、実際に基準値をつくるかどうかはニーズや状況を見て決めるべきだとしている。さらに巡航時の排出原単位に関連して重要なことは、巡航中の航空機から排出される排出ガスの大気への影響は、排出原単位が重要なのではなく、排出された総量である点が指摘された。

⑤ ICAO/CAEP 以外の各機関での研究

ICAO/CAEP 以外の IPCC, OECD, UN などでの航空機排出ガス対策に関する研究を表-1 にまとめて示す。

このうち、UN/ECE (United Nation-Economic Commission for Europe), CLRTAP (Convention on Long-Range

Transboundary Air Pollution) 等の主な動きを下記に記す。

a. CLRTAP の戦略作業部会 (Working Group on Strategies)

CLRTAP の戦略作業部会では NO_x と VOC_s (Volatile Organic Compounds: 揮発性有機化合物) の一層の削減に向けてのプロトコル作成作業が進められている。その結果の一つとして、1997年3月に、2000年及び2005年に向けての新たな排出物規制が作成された。

この案は、オーストリア、フランス、ドイツ、オランダ及びスイスの代表によって提出されたもので、自動車 (ガソリン及ディーゼル) 及び航空機の双方について付属資料が提出されていたが、航空機については2000年

表-1 各機関における航空機排出ガス対策の検討状況

IPCC/MPSR (Intergovernmental Panel on Climate Change / Montreal Protocol Special Report)	<ul style="list-style-type: none"> ・ IPCCのSpecial Reportへの航空専門家の参加 (技術、運航、シナリオ作成) ・ 航空分野のシナリオはIPCC IS92をベースとする。
UN/FCCC (United Nation/Framework Convention on Climate change)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 航空機排出ガスの課税、課金に対する検討が中心 ・ CO₂などの排出に関連して国際線でのバンカー油の割合についての検討 (Allocation)。全く割り当てを行わないのか、あるいは燃料が販売された国への割り当て、航空機が登録されている国に割り当てるなどの案がある。
OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)	<ul style="list-style-type: none"> ・ "Carbon Change on Aviation Fuel" 報告書を、FCCCでの議論をうけてOECDが作成。 ・ OECDとしては炭素税などの導入を行う場合は、統一的に実施することが重要としている (本報告書の第一の目的)。 ・ 産業界ではOECDの報告書は、航空産業での技術の向上など技術的進展に関する幾つかの視点から欠けていると指摘している。
UN/ECE (United Nation / Economic Commission for Europe)	<ul style="list-style-type: none"> ・ NO_x, VOCsについてCLRTAPプロトコルの変更可能性について検討されている。 ・ UNECEでは1997年末に輸送と環境に関するカンファレンスを開催予定 (航空が含まれることになる)。 ・ 航空分野に対する関心が高まっている。

及び 2005 年の規制案ともに HC, NO_x について具体的な数値は示されていない。

b. 「Regional Conference on Transport and the Environment」

UN-ECE の「Regional Conference on Transport and the Environment」は、1997 年 11 月 12 日～14 日にかけてウィーンで開催された。これに先立ち、非公式準備委員会が 5 月初旬に開催され、最終の準備委員会は 6 月 30 日～7 月 22 にジュネーブで開催された。

本委員会は陸上輸送に重点を置いているものの、幾つかの航空輸送に係わる事項を含んでいる。航空関連のこれらの事項は、基本的には ICAO/CAEP に則したものとなっているが、幾つかの事項については「ECE は目標達成のために ICAO 内で活動すべきである…」としている。なお、ECE 側は誤りを指摘する以外、政策的内容にコメントできる立場にはないとしている。

c. UN Commission on Sustainable Development (CSD)/General Assembly

国連 General Assembly は、1997 年 6 月 23 日～27 日に 1992 年の地球サミット以降の対策進展を総括する特別セッションを開催した。50 ページのテキストには、航空燃料に対する世界的な課税準備の重要性 (an initiative to prepare, at the international

level, a tax on aviation fuel) が含まれている。

⑧APU 及び型式証明のないエンジンについて (APU, Non-Certificated Engines)

- ・CAEP に対して、APU 及び型式証明がなく規制されていないエンジンについて検討すべきと提案。
- ・データが不足していることが最大の課題。
- ・スイスの研究成果や米国 EPA (Environment Protection Agency: 環境保護局) の APU データなどが活用可能。
- ・スイス、スウェーデン、ICCAIA などが研究中 (スイスが国内の圧力で研究を推進中)。

3. 国連関連機関における航空機排出ガス問題との関わり

現在、航空機排出ガス対策の問題は、主に ICAO/CAEP で検討されているが、こうした ICAO の研究成果は国連の関連機関と関わりをもっている。ただし、国連では航空機の環境問題については基本的に ICAO に任せられた形態であり、国連に ICAO から技術的な資料などが提供されている。

以下、国連と航空機排出ガス問題との関わりについて述べる。

国連と航空機排出ガス問題は、図-1 に示すように主に次の 4 点において関わりを持つ

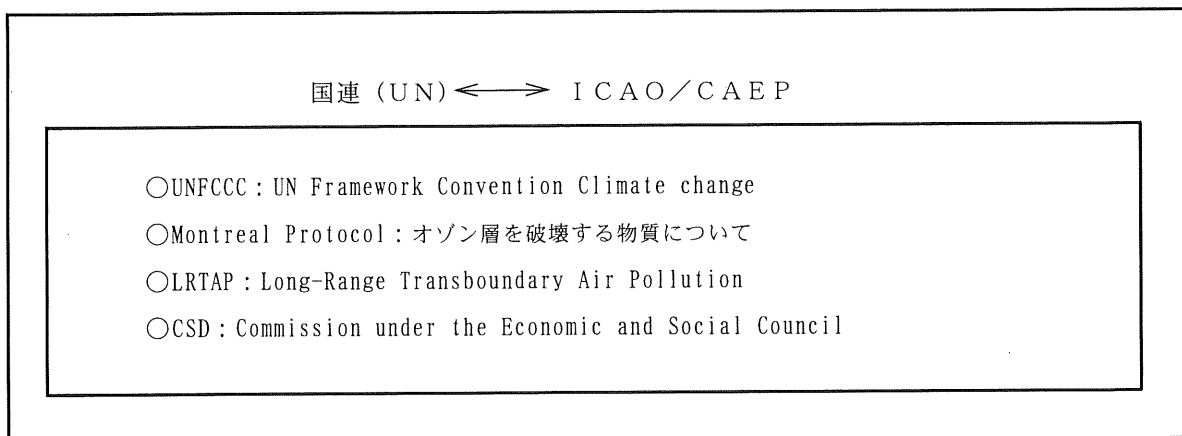


図-1 国連の航空機排出ガスへの関心と課題

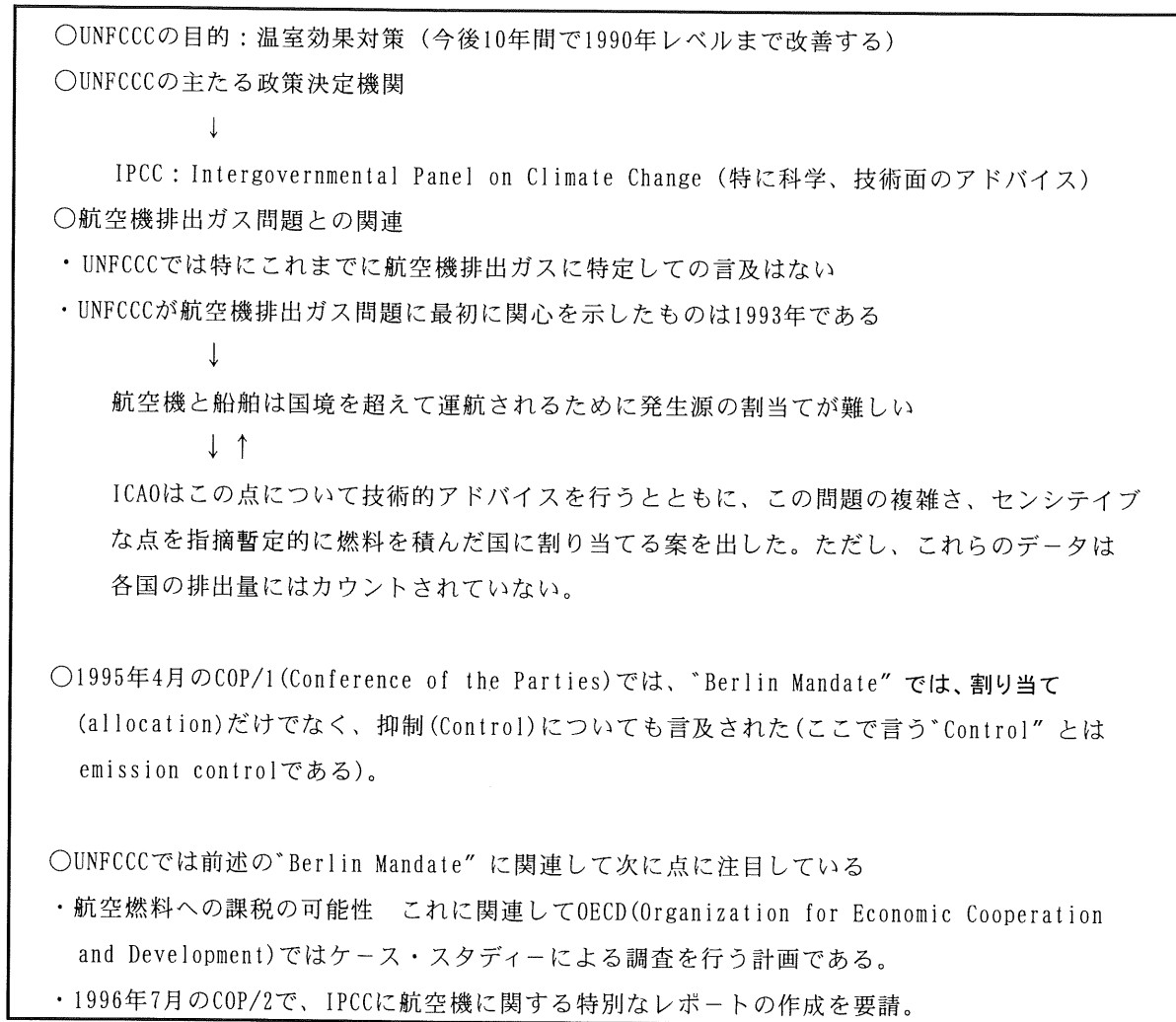


図-2 UNFCCCにおける航空機排出ガス問題の推移

ている。

○UNFCCC: United Nation Framework Convention on Climate Change

○モントリオール・プロトコル（オゾン層の破壊物質と関連して）

○LRTAP: Long-Range Transboundary Air Pollution

○CSD: Commission under the Economic and Social Council

(1) UNFCCC: United Nation Framework Convention on Climate Change

UNFCCCは、地球規模での温室効果対策を推進することを目的としており、今後10年間で二酸化炭素の量を1990年レベルまでに改善することを目標としている。図-2に

示したように、IPCCとも密接に連携して活動を行っている。

UNFCCCでは、これまで特に航空機排出ガスに限って言及した例はない。しかし、1993年に航空機や船舶は国境を超えて運航されるために、その発生源をどこの国に特定するかが問題であることを指摘している。これがUNFCCCが航空機排出ガス問題に関心を示した最初の例である。この問題について、ICAOでは技術的なアドバイスを行うとともに、当面の解決策として、燃料を積み込んだ国での発生と考える案を提示した。しかし、実際には各国での発生量には自国で積み込んだ燃料により国外で発生する排出ガスは含めていない。また、ICAOでもこの問題は

非常に複雑で微妙な問題であると指摘している。

さらに、1995年4月に開催されたUNFCCCのCOP/1（Conference of the Parties）では、前記の問題についてどの国で発生しているかを考えるだけでなく、発生した排出ガスの低減についても言及している。この問題について、COP/1では「Berlin Mandate」に焦点をあてており、UNFCCCでは以下の研究に力を注いでいる。

①航空燃料への課税の可能性

航空燃料への課税の可能性を検討しており、これに関連してOECD（Organization for Economic Cooperation and Development）ではケーススタディによる調査を行っている。この結果は1997年3月に「Special Issues in Carbon / Energy Taxation: Carbon Charges on Aviation Fuels」として報告書にとりまとめられ、発表された。

②IPCCの特別報告書の作成

1996年7月のCOP/2では、IPCCに航空機に関する特別報告書を作成することを求めた。UNFCCCでは、航空機排出ガスの問題について、前述のどこの国を発生源として考えるか（allocation）と、排出された排出ガスの低減対策（control）の2つの問題を別々のものとして認識している。

「allocation」の問題については、どのような方法で排出ガスを割り当てるかの方法（methodology）については、UNFCCC内で検討されている間にも各国の対処すべき問題としてその内容が徐々に明確になるであろうとしている。しかし、「control」については、各国が航空機排出ガス削減問題に個別に取り組むとすれば、現在進められているICAOの規制との間で矛盾が生じる可能性があるとしている。従って、航空機排出ガス削減にあたっては各国が共通の認識に立つことが重要であり、ICAOで進められている対策と同じことをUNFCCCで行うべきではない

としている。結果としてUNFCCCは、ICAOが航空機排出ガス削減において中心的な役割を果たすべきと考えている。

以上のことから、UNFCCCと航空機排出ガス問題との関わりについてはICAOとUNFCCCとの間で地球温暖化問題に対する共通の認識と協力関係を確認し、IPCCでの航空機排出ガスに関する特別報告書作成にあたってはICAO/CAEPの協力が重要であることが指摘されている。なお、公海上などで発生した航空機排出ガスの排出がどこの国で排出されたものかを検討すること（allocation）についても、UNFCCCの検討項目の一つとしている。

(2)モントリオール・プロトコル（オゾン層の破壊物質と関連して）

オゾン破壊物質と関連してのモントリオール・プロトコルについては、WMOとUNEPにより1991年及び1994年にアセスメントが実施された。このうち、航空機の排出ガス問題については1994年のアセスメントで次世代超音速輸送機及び既存の亜音速機の影響について言及された。今後、ICAOがこの研究の共同研究者として参加することが求められよう。

(3)LRTAP: Long-Range Transboundary Air Pollution

LRTAPは酸性雨及び光化学スモッグ対策を目的としたもので、特にNO_x発生量の制御が重要な課題となっている。既に各国におけるNO_xの発生量を1994年までに1987年レベルまで削減することを求めており、同時に未燃焼炭化水素などVOC_s（Volatile Organic Compounds）の削減についても検討を行っている。

LRTAPにおいても、ICAOが「移動発生源からの排出ガスのワークショップ」に参加しているが、ここではECE（LRTAPの中心機関）が航空機エンジンの排出ガスについて、既にICAOで行われている対策と同じ

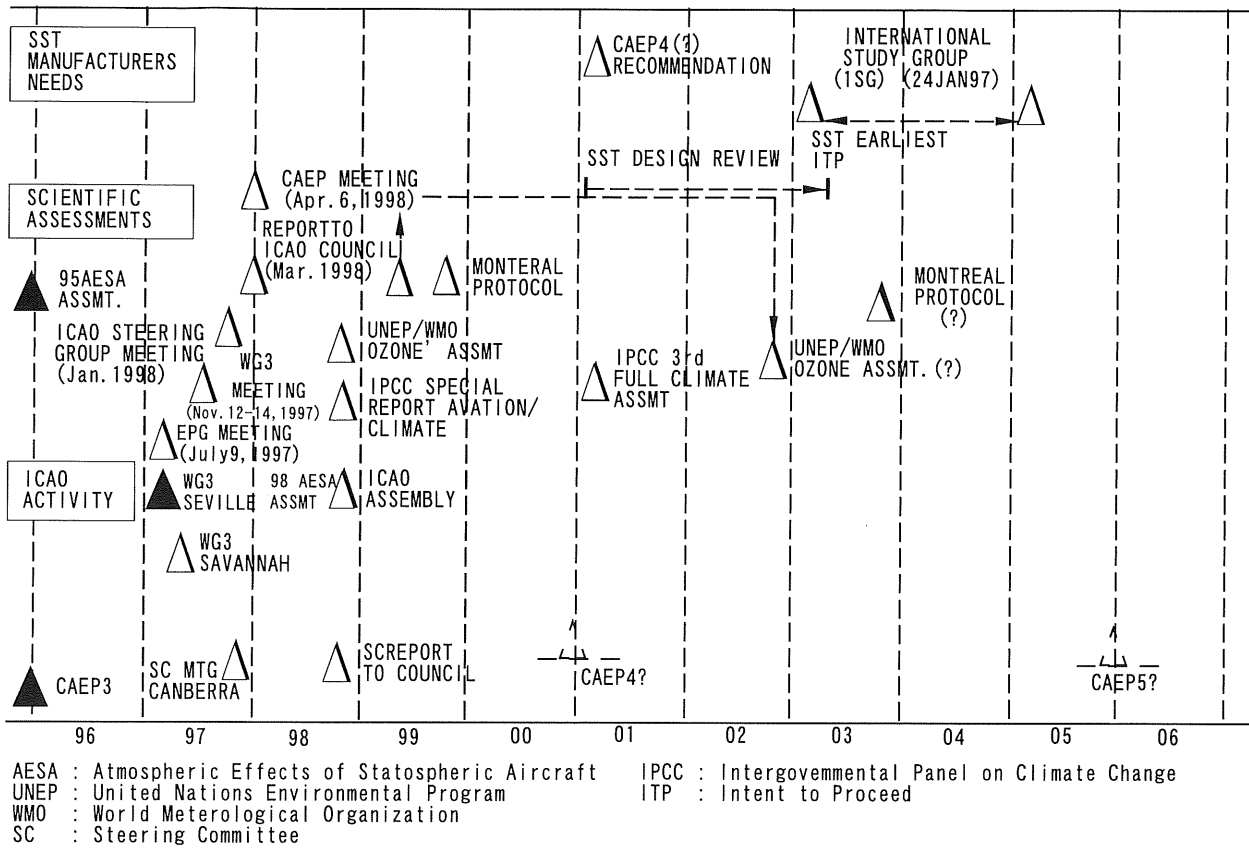


図-3 航空機排出ガスに関する ICAO/CAEP を中心とした各機関の検討スケジュール

ことを検討しないという前提のもとで ICAO が参加している。

(4) CSD: Commission under the Economic and Social Council

1992年に設立された CSD においては、排出ガス対策の財源をどうするかが最大の問題であった。これらの財源としては、航空機燃料への課税、利用者料金への転嫁などが考えられる。しかし、こうした方法は非常に難しい問題を内包しており、1995年4月に開催された CSD の第3回セッションにおいても、航空機利用者への環境負加料金 (environmental user charge) の研究提案はなされなかった。また、1996年4月の第4回セッションの報告書では「an internationally agreed tax on air transport」が言及されたが、この件について CSD は具体的な行動を起していない。むしろ、ICAO や国連メンバーが協力して革新的な財政メカニズム (in-

novative financial mechanisms) を構築することが重要であることを強調している。

以上のように、国連の地球環境問題対策においても、近年、航空機排出ガスは対策のための財源も含めて重大な問題として注目されてきている。しかし、国連としては ICAO における航空機排出ガス対策を基本としており、ここでも ICAO/CAEP が技術面や排出ガス削減において中心的な役割を果たしている。

なお、図-3 に航空機排出ガス対策に関する各機関の検討スケジュール (超音速輸送機関連も含む) の概要を示す。

4. 国際関連機関における航空機排出ガスに関わる研究動向

現在、航空機排出ガスに関わる問題について各機関が討議・検討している主な項目を表-2 に示す。また、ICAO/CAEP を中心とし

表-2 各機関における航空機排出ガス問題の主な検討項目

ICAO/CAEP	エンジン/燃焼室/航空機	技術シナリオ	長期シナリオ	環境問題の中心的研究課題	EI(LTO)	EI(巡航時)	上昇/巡航時TC	APU対策等	課税/課金等
ICAO	ICAO (EPG/WG3) IPCC/MPSR	○	○(FESG+WG3) ○IPCC special assessment/WP6	○(FESG+EDF+WG3) ○NOx16%低減 強化案検討専門委員会 ○IPCC special assessment	○(ターベース)	○	○	△(スイスから提案)	
国際機関	UN-FCCC	○FCCC-SBSTA		○(GLRTAPの変更) (NOx, VOCs) (RCTE: 航空分野の関心増)					○
	UN-ECE								○(航空燃料への課税)
	UN-CSD								
	UNEP			○(オゾン層破壊対策)					
	WMO			○(オゾン層破壊対策)					○(FCCC向け報告書)
	OECD								
米国	NASA	○AST, HSRP, AEP, SASS等		○FFモデルによるシミュレーション, START SUCCESS-C等	○	○			
	FAA	○AEP			○			○	
	USA-EPA								
	NOAA	○AEP							
欧州	EU	○BRITE/EURAMLOW ECT, AEROJET等		○POLMAT II, STREAM II, CARIBIC, AEROCHEM, MOZAIK II, AERCONTRAIL, TOASTE-C等					
	DLR			○(FFモデルによるシミュレーション)		○	○(FFモデル/P3/T3)	○(ベルリン工科大学)	
	ドイツ(運輸省)								
	オランダ								
	スイス							○(エンジン始動時HCも)	
	スウェーデン					○		○	
	英国/DERA								
民間企業	ICCAIA	○(2つのシナリオ)						○(P3/T3法)	
業界団体	エンジンメーカー	○						○	
	航空会社	低公害型エンジン燃焼室による ETOPS取り消し可能性を示唆							
重要研究課題	シングル・アニュラ型 ・フェル・ス・テージ型 ・Ultra Low NOx ・NOxとCO2トレードオフ ・次世代超音速輸送機向け	NOx規制などの強化が進めば、燃費 向上が妨げられる可能性がある	・今後50年間で対象 ・IPCC IS92シナリオをベース ・マクロ経済を考慮 ・SSTは含まれないが、SST シナリオも検討	・排出ガス成分排出予測 ・地球温暖化問題 ・シミュレーション ・エアロノル、パチイキュレート			・高空試験装置での解析 ・P3/T3法の比較 ・パチイキュレート、エア ロノル計測方法未確立		・航空税 ・航空機排出ガス課税 ・国際線ハブカー油割 当
課題と目標	・AST: 1999年(50-70%) 2001年(70%) ・ICCAIA: 2020年/2050年 ・代替燃料機: 2050年以降 /ICCAIA	・AST: 1999年(50-70%) 2001年(70%) ・ICCAIA: 2020年/2050年 ・代替燃料機: 2050年以降 /ICCAIA	・2050年 (2015予測をベース)	・Nox, VOCsは2000年、2005年 に新排出基準決定可能性有り(ECE) ・地球温暖化GIに航空機を入れるか (1997年10月に検討される)					

図中の丸印は検討中を意味する

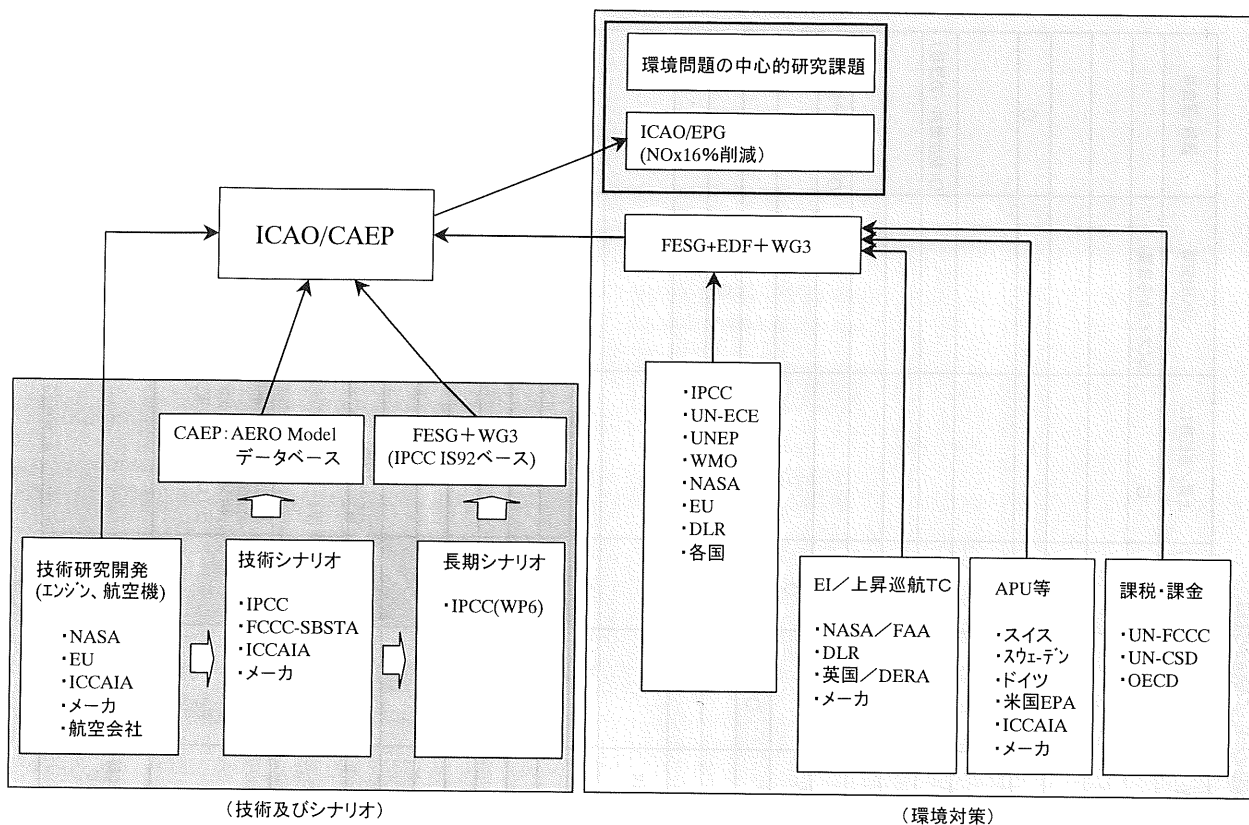


図-4 ICAO/CAEP を中心とした航空機排出物削減活動の連携と概要

た国際関連機関，各国の官轄機関，研究機関，民間企業等の関連を図-4 に示す。

ここで，各機関が行っている主な研究項目別の特徴をまとめれば，以下のようなものである。

①エンジン及び航空機

低公害エンジン及び航空機の研究開発を行う。

- ・ NASA, ICCAIA, エンジンメーカーなど航空関連の研究機関，メーカーが中心となり，ICAO/CAEP に報告
- ・ NO_x 低減に伴う CO₂ (燃費) とのトレードオフが重要な課題
- ・ 次世代超音速輸送機向けの低公害エンジンの開発
- ・ 米国では AST, HSRP, AEAP, SASS 等のプログラムが NASA を中心となり推進中
- ・ 欧州では EU が BRITE/EURAM Low Emission Control Technology, AERO-JET 等を実施

②技術シナリオ

航空機排出ガスの今後の環境に与える影響(特に地球規模環境問題)を分析し，次項に述べる長期シナリオを作るためのバックグラウンドとなる技術進展を示すシナリオ作成する。

- ・ NASA 及び ICCAIA が独自の複数の技術シナリオを策定 (目標ターゲット，スケジュールを提示)
- ・ IPCC は ICAO/CAEP, FCCC (SBSTA) と連携をとり，1998年9月を目標に技術シナリオの Special Report を作成中である。ICAO/CAEP ではオランダの「The AERO Model Assessment Team」が技術シナリオのデータベース化を進めているが特に次の点が重要である。
- ・ 重要となる排出ガス成分 (NO_x, CO₂, CO, HC など) の排出原単位の見込み
- ・ 燃費と燃料性状との関係
- ・ 航空機環境対策技術のシナリオ

- ・将来の超大型機（VLA, UHCA 等）、代替燃料機の実現化シナリオ

③長期シナリオ

前述の技術シナリオに基づき、長期（2015年、2050年など）にわたる航空機から排出される排出ガスの影響について研究を行う。マクロ経済指標、航空輸送需要予測、航空機運航便数、管制方式、燃料問題（エネルギー問題）など幅広い要因を考慮したシナリオを作成する。

- ・IPCCのIS 92シナリオをベースし、ICAO/CAEPのFESG, WG3でシナリオ作成中
- ・IPCCはWP6で特別評価を進行中。
- ・ICAO/CAEPではオランダの「The AERO Model Assessment Team」が運航等の将来シナリオのデータベース化を検討中

④環境問題の中心的課題

ICAO/CAEPに限らず、航空機排出ガス問題に取り組んでいる公的機関、民間企業等の最も重要となる研究課題である。

- ・ICAO/CAEPではWG3のほか、EDF, FESG, EPG等の小委員会が活動を行っている。ICAO/EPGは、CAEP/3で欧州諸国を中心に提出されたNO_x規制の16%強化案を専門に検討する小委員会である。
- ・IPCCでは特別評価が行われている。
- ・地球温暖化ガス・インベトリーに航空機を入れるかどうかについては、1997年10月に討議された。
- ・UN-ECE, UNEP, WMO等においても、オゾン層問題、NO_x, VOC_s等についての検討・討議を行っている。

これらの検討・討議は、ICAO/CAEPと連携をとりながら進められる。特に近年では航空分野への関心が高まっている（一例として、地域輸送での環境問題を討議する会議に航空分野を追加することを検討中）。

- ・ECEでは2000年及び2005年にNO_x,

VOC_sの新排出基準策定の可能性を示唆している。

- ・米国NASA, ドイツDLRが中心となり、フュエル・フロー・モデルによる航空機排出ガス排出シミュレーションを実施した。
- ・米国START, SUCCESS-C, 欧州POLNAT II, STREAM II, CARIBIC, AERO-CHEM, MOZAIIC II, AERO-CONTRAIL, TOASTE-C等は、高層大気の実態と把握に関する研究プログラムを進めている。
- ・スウェーデンがWG3で、航空機単体の環境対策以外に航空機運航便数の増加を憂慮して研究成果を発表した。

以上のことから、中心的な課題の特徴は、次の3項目にまとめられる。

- ・航空機排出ガス規制の内容について討議と検討
- ・高層における環境問題の実態及び航空機との関連等の基礎的な研究（シミュレーションを含む）
- ・対策の推進（ICAO/CAEPが個別の研究成果を総合的に取り入れて、前述の技術シナリオ及び長期シナリオを合わせ、対策の検討を中心的に推進している）

⑤EI：エミッション・インデックス

エミッション・インデックス（EI）については、従来からのLTOサイクル時のものと、巡航時のものに大別される。さらに、現在は航空機の上昇/巡航時の型式認定方式の問題、APU等の空港における環境対策の問題が研究され、その対策や効果等が討議されている。

- ・EIについてはICAO/CAEPが中心となり、とりまとめが行われている。
- ・LTOサイクル時のEIについては、新しいデータが英国/DERAから提供された。
- ・巡航時のEIについては、NASA/ボーイング, DLRが研究を進めている。
- ・航空機の上昇/巡航時の型式認定方式につ

いては、メーカーの他、DLRからの報告がある。

- APU 関連については、ICAO/CAEP よりも欧州（スイス、ベルリン工科大学/ドイツ運輸省、スウェーデン、米国 EPA 等）からの提示が目立つ。ICAO/CAEP では今後の課題となっている。
- 計測方法については、高空試験装置と従来からの P 3/T 3 法との比較、粒子状物質、エアロゾルの測定方法の未確立等が今後の課題として指摘されている。

⑥課税・課金など

航空機排出ガス対策のひとつとして、炭素税に代表される課税、課金等についての研究が進行中である。

- 課税・課金の研究は UN-FCCC, UN-CSD, OECD 等で検討されているが、ICAO/CAEP ではまだ具体的な項目として取り上げられていない。ただし、これらの3機関はいずれも ICAO/CAEP との連携を重視している。

5. あとがき

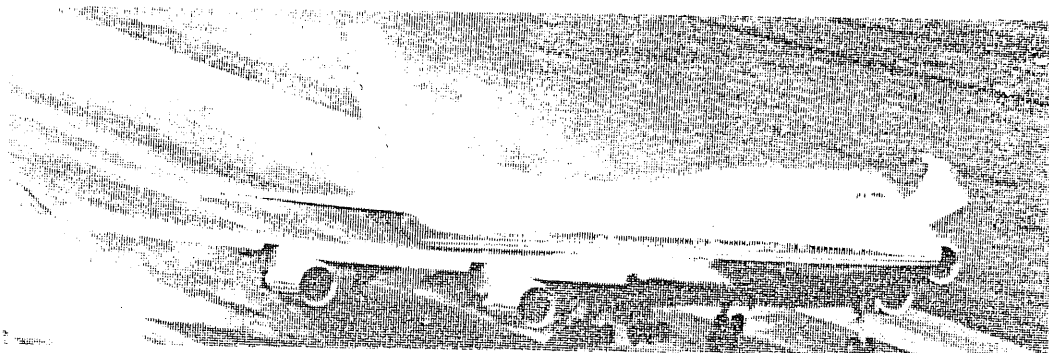
近年、ICAO/CAEP では大型航空機だけではなく、小型のビジネス・ジェット機、ターボプロップ機の排出ガスについても検討を加える必要性を指摘しており、排出ガス規制対象は拡大する方向にある。日本での航空機

の需要については、平成8年度の東京国際空港に離発着した航空機の約15%が定期旅客・貨物便以外の航空機であったが、こうした傾向は国際チャーター便の比率が相対的に大きい地方空港では一層顕著である。さらに、一部の空港では多種多様な航空機が数多く使用されている軍用機の運航も考慮する必要があるが、このような航空機の排出ガス特性はほとんど明らかになっていない。

我が国の航空機排出ガスの規制は、ICAO/CAEP/4, FCCC, ICCAIA 等の規制案が航空法に反映された（1997年10月には運輸省が航空法の耐空証明の中に航空機排出ガス規制を導入した）。また、1997年4月に OECD が報告書を発表した炭素税等の導入策の検討は、今後の我が国の環境政策にも影響を及ぼすと思われる。

こうした中、航空機排出ガス削減対策は国内の空港及び空港周辺のみならず、日本を離れた海洋上などの高空での環境負荷低減をも考える時代が来ている。

このような見地からすると、ICAO/CAEP に代表されるような国際的な航空機排出ガス対策の動向を継続的に把握、整理、分析することが必要である。また、これと並行して国内外の空港や航空会社の航空機排出ガス対策等環境保全対策の実態、今後の計画などを熟知しておく必要がある。



内外報告

Inter Noise 97*

時 田 保 夫**

1. はじめに

騒音の国際会議 **Inter Noise 97** は、1972年に発足して以来第26回目に当たり、8月25、26、27の3日間ハンガリーのブダペスト工科大学で開催された。会議のテーマは“**Help Quiet the World for a Higher Quality Life**”というものである。今回の正確な参加者数を判断するのは難しいが、30ヶ国以上から700~800名の参加者があり、日本からは **exhibition** 会場のメーカー等の担当の人達を除いて約60名位の人達が参加したと思う。また、この会議の直前には隔年で行われる騒音の能動制御に関する国際会議 **Active '97** が同市の他の会場であって、参加者は分散したものであると思う。

会議は、基調講演、招待講演という全体会議と、各個の発表をスペシャルセッションとしてテーマ毎に構成した口頭発表と、ポスターセッションとしてパネル展示で行う発表があり、また会期中は展示会、レセプションと多彩な行事の連続で終始した。

以下、航空環境として見るときに関連のあるようなテーマについての発表についての概要を紹介したい。

2. 招待講演

B. F. Berry: Standards for a quieter

* Report of Inter Noise 97,
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

world; some acoustical reflections from the UK National Physical Laboratory

19世紀末に設立された英国国立物理学研究所が、これまでに各種音響規格に関して寄与した歴史の紹介であるが、**Lord Rayleigh** (物理学者で、**Theory of Sound** の名著が有名) をはじめ、著名な物理学者が研究所の運営にあたって、1920年代からは騒音に関する研究—音響測定が始まった等、大きな音響学の足跡を築いた先達の業績を平易に述べた特別講演で、昔懐かしい騒音測定器などが **OHP** で示され、第二次大戦後の音響計測の発展と結びつけられて、昔の測定器を知るものにとっては極めて興味深い講演であった。この研究所の仕事の中で、航空機騒音については、計測、評価、指標などでは世界をリードした業績が多く、最近では研究と行政の連携の中で航空機騒音の評価指標を **NNI** から **Leq** へ変換するなど、新しい国際的な動きの中心にもなっている点が示された。

M. Vallet: Noise as a Human Stressor

フランスの方の発表で、微細な音刺激に対する人間のレスポンスは生理的なことより心理的な反応が問題になってきている。かつての聴力への影響のような過大騒音による問題から **non-auditory effects** へ研究の中身が代わってきていて、慣れの問題が大きな課題になる。航空機騒音に関する人間の反応について、航空機騒音を **Leq** で評価をすると、**Leq** が **45 dB** 以上では回数を与える影響がでるが、以下では変化がないという。騒音暴

露の評価は居住年数が影響するということも含め、だんだん人間の感覚が鈍くなって、ついには人間が環境の音に対して鈍いものになってしまったら大変だと強調していた。

3. 航空機騒音関係の発表

航空機騒音に関する発表は、**Airport noise** と **Aircraft noise** の session ばかりではなく、環境騒音や騒音評価のところでも発表されており、問題も多岐にわたっている。多くの発表のうち、特に印象に残ったものについての概要を示してみる。(P. は proceedings の頁を示す)

3-1 Airport noise

Methodologies for conducting large scale aircraft noise exposure field studies : R. Weston and D. Humpheson (UK) p. 855

航空機(特に軍用機)の低空飛行に対する健康影響アセスメントに関して、英・米・カナダの三国で行っている調査方法に関する報告。騒音と気象条件、映像による機種識別など各種のシステムを使ってデータを採取。遠隔無人観測の場合の問題点、環境騒音の実状などがそれぞれの観測点で異なっているので、現場での設定の難しさ、電源、湿度などの影響の問題点など多くの課題を指摘。今後の取り組みについての示唆を与えたもの。

Airport noise monitoring-The benefits applied to industrial and community noise measurement : C. P. Stollery (Australia) p. 859

航空機騒音モニタリングシステムが長年の蓄積で、測定器の信頼性や新しいシステム構築に大きな寄与をしてきたので、これを航空機騒音ばかりでなく、建設、工場、道路、鉄道などの一般的な騒音問題へ活用をするべきだとの見解での意見を述べたもので、今後の

課題としてはシステムのコスト低減、音源識別、音信号の蓄積などをあげている。

The accuracy of airport noise monitoring system : A. D. Wallis and C. G. Lice (England) p. 863

発表者は現在 Southampton 大学の ISVR の所属であるが、以前は計測器メーカーの Cirrus Res plc の技術者で、航空機騒音のモニタリングステーションの責任者であった人である。現在のモニタリングシステムの内容を説明した時、航空機騒音、暗騒音、鉄道、道路騒音などを色分けして示し、問題点の理解に色分けが貢献する事を強調。いろいろな問題点のうち、実際の識別限界として、エンジン違いの同型機の識別、低空飛行時の識別などの識別確率がそれぞれ違うことを指摘。今後は周波数分析必要との発表。

Airport noise modeling : Maintaining accuracy at low noise level : I. L. N. Granoien, H. Olsen and K. H. Lisajio (Norway) p. 875

オスロ空港の進入、進出の最適ルートを考える上での、比較的低騒音レベルのノイズコンターを作る作業を行って、Ldn 50 迄の検討をしている。ノルウェーの計算プログラム NOLTIM と INM 4.11 などとの照合を行って精度について検討をした報告。距離を上げると計算と実測の差が大きくなる例として、MD 82 の場合 70 dBA では合致しているのに 60 dBA では 5 km もの差が出ることを示した。また直線離陸と、多方向別離陸とでは大きく違う点を指摘。予測には気象条件の遠距離伝搬に関する検討と取り込みが更に必要との指摘。

Interactive database version of the radar-based airport noise modeling process : A. S. Harris and C. E. Rassano

(USA) p. 879

1995年に開港したデンバー空港(5滑走路)周辺の騒音予測値は、新しい **radar-to-contour airport noise model**, [ARTS-MAP] を用いて、レーダーの航跡と FAA の INM のデータベースから出している。発表者はこの空港周辺にモニタリングステーション 101ヶ所を設置し、実測値と予測との整合をとるために U. S. Air force の NOISEMAP と整合するプログラムで精度向上を図っている。

Numerical study of general aviation noise abatement procedures correlation's between energy costs and environmental benefits: L. Norgia (Germany) p. 887

離陸騒音低減に関して、地上への騒音暴露、燃料消費、エネルギーコスト解析の3点で検討した。フランクフルト空港の例を挙げて、エネルギーコストと環境利益との関係を論じている。一般に各空港で使っている市街地上空飛行の時にエンジンを絞るカットバック飛行方式を例にとって、経済的にも成り立つカットバックの最適高さが **2050 feet** になるとの計算結果を例として示した。

3-2 Physiological effects-methodological aspects in annoyance survey

Valuing transportation noise annoyance: J. Lambert (France) p. 1191

交通機関の整備で騒音問題が浮上して、騒音で土地の値段が下がる反面、基盤整備が出来るために地価は上昇する。このような問題を NDI (Noise Depreciation Index) や CAN (cost of noise annoyance) なる index で検討。航空機騒音に関しては、NNI や NEF を評価量として計算すると、NDI は最近段々減ってきており、1960年に **1.9-2.0** だったのが最近では **0.6-0.9** と下がって

る。騒音と地価問題に関するユニークな発表。

An overview of noise and health effects-One way forward?: B. P. Ludlow and I. H. Filindell (UK) p. 1199

騒音の健康影響についての検討をする場合に、いろいろな観点から見直してみる必要があるという提言で、次の4点についての配慮を要望している。**1. 個人の騒音に対しての感じやすさ、傷つきやすさ 2. 慣れの問題: 慢性的な暴露に対する検討 3. 勉強への影響 4. 衝撃的な音の含まれる割合。**

Significance of the variation of annoyance relationships based on field and laboratory studies: S. Kurra and I. Orur (Turkey) p. 1211

神戸大学で研究をした人がトルコに帰って、さらにいろいろ実験室実験と現場調査の違いについての研究を重ねた結果の発表。室内騒音レベルで **30分 Leq 30-60** の範囲では航空機騒音が鉄道騒音に比べて厳しくないのだが、**field** 調査では航空機騒音が一番厳しくなった。同じ評価量で考えることに無理があるのでとの意見で、**correction factor** が音源別に必要ではないかとの発表。

3-3 Psychological effects

—aircraft annoyance—

Research strategies for investigating the effects of aircraft noise on human health: The results of a tri-national feasibility assessment study: L. S. Finegold and S. J. Thompson (USA) p. 1215

航空機騒音の曝露量と血圧、その他の健康影響についての研究は、軍用機の低空飛行による過大騒音の曝露によるものが主であるが、各国の研究結果はばらばらという状態なので、米国、英国、カナダ三国での共同研

究がなされている。**Lmax, Leq, Ldn**などとの関連で、曝露人口を考えてみると、道路交通騒音の曝露量は航空機騒音の曝露量よりも遙かに多い。健康影響評価の不確かさをちゃんと考えるためには、居住年数、年齢、性格その他個人情報の整理が必用。

Low flying military aircraft noise and human health-A tri-national study of the feasibility of epidemiological research: E. H. Findell (UK) p. 1219

上記3国共同の航空機騒音曝露に関する健康障害の疫学的研究の一つで、研究方法、曝露量の推定、現場予備調査、社会調査、サンプルサイズなどについての考え方を示したが、三国で構成した委員会では、各調査を完全に意味づける疫学的意味を明確にすることは出来なかった。

The measurement of light aircraft & microlight noise at military airfield: G. Kerry, P. D. Eheeler and D. J. James (UK) p. 1223

軽飛行機によるトレーニングやレジャーでの飛行による騒音問題は、一般の旅客機や軍用機とは違ったもので、騒音レベルだけの苦情との対応は相関が良くない。ここでは軽飛行機に関する苦情や航空機騒音と苦情との対応についての文献紹介と、特定3基地周辺の苦情に関する内容を検討し、苦情対策のマニュアルについてのまとめを出したもの。

Assessment and relevance of methods for calculating onset-rate of low altitude flight noise: G. Kerry, C. Lomax and D. J. James (UK) p. 1227

軍用機の低空飛行に関する住民の反応は騒音レベルの時刻歴経過だけでは苦情とは対応をしないので、新たに考えた立ち上がり時間を評価に入れたもの。この考え方は ANSI

の新規格案 “**Quantities and procedures for description and measurement of environmental sound-Part 4. Assessment and prediction of long-term community response.**” にも示されている。

Minimizing aircraft noise exposure at the new Oslo airport-Gardermoen: J. Borchgrevink, J. Sjolander, K. Fuglum and K. H. Liasjo (Norway) p. 1231

1998年8月に開港する新オスロ空港周辺の騒音暴露量を最小にするために考えられた方策とその効果についてのまとめの発表。現在使われている空港の混雑緩和のために新設する空港による予測方法について、会話妨害、睡眠妨害、**recreational area** のアノイアンス等を検討項目に、夜間航路、有視界着陸、制限高度、使用滑走路制限等の項目を入れて予測をして、各項目の影響人口を基準に検討を加えた発表。

Measurement of noise exposure on Ospry nesting site from low-flying military aircraft in Labrador: N. N. Standen (Canada) p. 1235

騒音の環境影響の中で自然生物に関する影響は検討項目の一つだが、ここでは鳥の巣に騒音モニタリング装置を付けて航空機騒音の影響をレベルと頻度の測定をして観察し、自然環境騒音の影響が大きいことを示した。航空機騒音の環境影響予測の中で鳥に関する影響という点で検討した珍しい発表。

3-4 その他のセッション

Influence of propagation path characteristics on aviation noise: O. Zaporozhets, V. Tokarev, V. Shylo, K. Attenborough and K. M. Li (Ukraine, UK) p. 319

航空機騒音の遠距離伝搬における各種減衰項目についての総合報告的レポートである

が、音源の特性、地表状況、音源の方向（角度）などと遮蔽物の効果などについて言及している。

Basic model considerations for aircraft noise assessment around airport Analysis and some results

空港周辺の騒音問題では、音源の音響特性、空港周辺の飛行経路と実際の分布、その他重量、気象条件などいろいろな要素で変化がでる。ここでは各要素についての検討をして、騒音源の特性によって減衰が違うことを強調している。

Some statistical analysis of noise reduction by long range propagation over sea : K. Konisi and J. Maekawa (Japan) p. 339

関空開港前に行った航空機騒音の海上伝搬実験の解析：海上伝搬の膨大なデータの解析をして、音速の空間プロファイルが重要とはわかったが、一つの理論で解析できるものでもないし、結論を出すことはできない。長距離伝搬の予測は空気の乱れが関連することはわかっても、数量的に解析する技術はまだまだだということを強調。

Active noise control 関係

Inter Noise 97 の前に行われた Active 97 における航空機騒音に関連する論文の紹介をするつもりであったが、空港環境という観点からは見るべきもの、読むべきものは見つけだすことが出来なかった。その中で、特別講演で発表があった次のものは機内騒音のこと

ではあるが、航空機騒音に関係するものとして見ておく価値があろう。

Active cabin noise control : C. F. Ross and M. R. J. Purver (England) p. XXXIX

1994 年以來、ターボプロップ、プロペラ機やジェット機に適用されているキャビン騒音低減、客席騒音低減のスピーカシステムの他に、機体の構造振動をアクティブに制御して、騒音低減をさせる研究についても紹介。航空機騒音が機内に伝わる根本の所の解析と能動制御の実用の期待が今後の研究に掛かっている。

おわりに

Inter Noise 97 の参加者は、最近若い人が多くなってきたことに強い印象を受けたが、何でこんなに外国人のお年寄りの先生方は元気なのだろうと驚くこともあった。Dr. Brüel は 82 才だが、コペンハーゲンからブダペストまで、3 時間半自家用機を自分で操縦をして参加をしている。操縦は現在 8700 時間で、健康が一番大事だと話してくれた。本誌に執筆を依頼しようと思った Prof. Rylander は、自分の発表の時間に合わせて会場に来て、ほんの数時間の参加でジュネーブに飛んで行ってしまった。その活動力に驚く。これからは若い人たちが相互に話し合いながら研究の内容の理解を深めて、対等に協力して学問と実社会との共存を模索して行かなければならないと痛感する。

以上

航空機騒音証明に関する測定機器の規格について*

瀧 浪 弘 章**

1. はじめに

航空機騒音証明に用いる音響計測システムの性能を規定する規格として、IEC 60561 “Electro-acoustical measuring equipment for aircraft noise certification” が1976年に発行された。この規格は、アナログ機器で構成するシステムを想定して作成されたもので、デジタル信号処理技術を導入した機器が普及してきた1980年代後半には当時の技術水準を反映したものとはいえなくなった。ICAO (International Civil Aviation Organization: 国際民間航空機関) からの要請で、電気音響機器の規格を審議している IEC/TC 29 (International Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議/ Technical Committee: 専門委員会) は、1988年、デジタル機器の技術水準を反映させるために IEC 60561 の改訂に着手することを決定した。改訂版を作成するために WG 15 (Working Group: 作業グループ) が設置され、R. H. Higginson (NPL, 英国) が主査に就任した。以後、10回の WG 会議を開催し審議を重ねた結果、1995年に IEC 61265 として改訂版が発行された。

筆者は、1990年に開催された第4回の WG 会議から、メンバーの大熊 (リオン)

に代わり会議に出席した。改訂版の詳細は、規格の原文を参照していただくこととし、本稿では、審議過程の概略を紹介した後、主な審議内容を解説する。

なお、1997年より IEC 規格の番号体系が変更になり、従来の規格は全て 60000 を加えた番号で参照することになった。すなわち、IEC 60561 とは従来の IEC 561 を指すもので内容に変更はない。

2. 審議の過程

規格作成に参加することを表明した加盟国から推薦された専門家が、WG のメンバーとして登録される。WG 15 のメンバーを表-1 に示す。メンバーの多くは、騒音計などの音響測定器の規格を作成する WG メンバーも兼ねている。WG 15 の特徴は、航空機関係者が参加している点である。とはいえ、メンバーには、加盟国や所属機関の代表としてではなく中立の有識者として活動することが求められており、決してそれぞれの利益を代表する者ではない。

IEC 61265 の名称は、“Electroacoustics — Instruments for measurement of aircraft noise — Performance requirements for systems to measure one-third-octave-band sound pressure levels in noise certification of transport-category aero-planes” と極めて長いものである。確かに名称からその内容を理解する助けにはなるが、引用の際に煩わしくなる。

1988年に新業務項目として改訂作業が認

* Outline of International Standard for Measurement Instruments of Aircraft Noise Certification, by Hiroaki Takinami (Assistant Manager, Acoustic Engineering Department, RION Co., Ltd.)

** リオン(株)音測技術部 主任

表-1 WG 15 の構成

名前	所属
R. Higginson	NPL, 英国
D. Boston	ボーイング, 米国
P. Brüel	B&K, デンマーク
C. Cloud	ICAO, フランス
P. Dickinson	保健省, ニュージーランド
H-O. Finke	PTB, ドイツ
A. Marsh	コンサルタント, 米国
T. Myles	CEL, 英国
T. Okuma	リオン, 日本
R. Westley	コンサルタント, カナダ
G. Wong	NRC, カナダ

められてから 1995 年に IEC 規格として発行されるまで 6 年半を要している。当時としては平均的な年数であるが、1990 年代に入り迅速な規格作成が求められるようになり、現在は新業務項目提案から規格発行までの期限を 3 年としている。また、少なくとも 2 回は原案に対する加盟国の投票が行われ、その他コメントを求めるための原案回付が行われて審議が進められる。しかしながら、当時はこのような手続きの履行に関して鷹揚な面があり、この規格の場合、最終投票も含めて加盟国に原案が配布されたのは 2 回のみであった。加盟各国に対する文書の提供には現在の基準からすれば十分でない点があったかもしれないが、規格改訂の依頼元である ICAO/Annex 16 の審議グループには WD (Working Draft: 素案) を改訂する都度コメントを求めることは欠かかさなかった。

IEC 61265 の発行により、旧規格である IEC 60651 は 1995 年 4 月 4 日付けで廃止されている。また、直接関係するものではないが、航空機騒音のための周波数重み特性として規定された D 特性の規格 IEC 60537: 1976 は既に 1991 年に廃止の手続きがとられている。

3. IEC 61265 の概要

以下に、WG 15 での審議の中で、議論の中心となった重要な項目について解説する。

3-1 規格の位置付け

規格の改訂が提案された当初は、普及し始めたデジタル機器の性能に合わせた仕様を規定する原案を作成することが目的であった。しかしながら、実際に現場で測定を行う立場のメンバーから、その時点で使用している機器が新規格に適合できなくなることへの強い抵抗が示された。IEC 60561 で規定するシステムは録音系を含むことがあり、アナログの録音器を用いている場合、その性能でシステム全体の性能が決まってしまう。

その時点で使用している機器を救うために、IEC 60651 はそのまま存続させ、審議中の案はデジタル機器を用いたシステム専用の別の規格とすることが提案された。この提案は、測定器の規格の根本原理（規格に適合する機器を用いて測定すれば、型式や製造業者が異なるものであっても一定範囲内で同じ結果を得ることができる）に反するため受け入れられなかったが、妥協の産物として IEC 61265 はアナログ機器で構成するシステムでも適合できるものとなり、当初の ICAO からの要請からはやや逸脱する結果となった。AD 変換を行う場合にはアンチエイリアシングフィルタを用いることを規定していることで、かろうじてデジタル機器のことを考慮したことが伺われる程度である。

3-2 ウィンドスクリーンの扱い

この測定システムを用いる場合、通常マイクロホンは屋外に設置され、マイクロホンにはウィンドスクリーンが装着される。実際に測定をする側からは、ウィンドスクリーンを装着した状態で性能を規定するべきであるとの強い意見が出された。使用者側からすればもっともな話である。そこで、製造者側にウィンドスクリーンを装着した場合の影響に関するデータの提出が求められた。提出されたデータは、定常流の風に起因する雑音低減効果と風がない場合の周波数特性や指向特性に与える影響についてのみである。ここで、審

議は暗礁に乗り上げた。使用者が求めているデータは、風がある場合の周波数特性や指向特性に与える影響がどの程度のものかである。これは、殆ど測定することは不可能である。

この難問は、ある騒音計メーカーのオブザーバーの一言で解決された。“ウィンドスクリーンはマイクロホンを機械的な衝撃から保護するだけのものであり風の影響を低減するものではない。したがって、マイクロホンの周波数特性などに影響を与える程大きいものであってはならない。”居直りとも思える発言であるが、実際、必要なデータを得ることができないため、ウィンドスクリーンを装着した状態で性能を規定することはあきらめた。これは、他の IEC 規格でも同様の状態である。

3-3 マイクロホンの音入射角度の扱い

IEC 60561 から IEC 61265 への改訂で最も変わった点が、マイクロホンへの音入射角度の規定であろう。

IEC 60651 ではマイクロホンの周波数特性をかすり入射 (grazing incidence) で平坦となるように規定している (3.3 項)。筆者は、3.1 項の備考の記述“音圧型マイクロホンを用いることが望ましい…”に捕らわれて音場型マイクロホンを使用することができると長い間誤って理解していたのだが、事実上、音圧型マイクロホンでなければこの規格に適合させることができない。これに対し、IEC 61265 では、マイクロホンの指向特性を詳細に規定はするが、平坦な周波数特性を規定する音入射方向をかすり入射に限定していない。言い換えれば音場型マイクロホンを使用することができるようになっている。この変更は筆者が WG 会議に参加し始めた時点で既に決まっており、経緯の詳細は残念ながら正確には分からない。確かに、常に音がかすり入射となるように飛行経路を設定できれば、IEC 60651 の方法は原理的に正確な測定

をすることができる。しかしながら、実際の飛行経路のばらつきを考慮した場合、指向特性を詳細に規定し、入手しやすい音場型マイクロホンを使用できるようにした方が実務的には有利と判断したのではなかろうか。

IEC 61265 の指向特性に関する規定を表-2 に示す。一般の 1/2 インチマイクロホンであれば、この規定に適合することができる。ただし、騒音計のような筐体にマイクロホンを装着した場合には適合することはできない。

3-4 リニアリティレンジ

リニアリティレンジの最低要求事項は 50 dB となっている。3-1 で述べたように、IEC 61265 は現在使用されている測定システムでも規格に適合できるように配慮した。50 dB という値は、アナログ系の録音器の仕様に基づいたものである。1990 年代に入って、通常の音響測定器のリニアリティレンジは、アナログかデジタルかに関わらず、非常に広がっている。例えば騒音計の場合、カタログには 60 dB と記載されていても実際には 80 dB 程度のリニアリティレンジを備えていることが多い。

3-5 算出量

この測定システムが算出し表示する量は、1/3 オクターブバンド等価音圧レベルである。審議の途中までは、この等価音圧レベルは 0.5 s 毎に算出するように規定されていたが、ICAO の ANNEX 16 の改訂状況に合わ

表-2 正面入射と指定角度での入射によるマイクロホンの音場感度レベルの最大差 dB

公称中心周波数 kHz	音の入射角度 deg				
	30	60	90	120	150
0.05~1.6	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
2	0.5	0.5	1.0	1.0	1.0
2.5	0.5	0.5	1.0	1.5	1.5
3.15	0.5	1.0	1.5	2.0	2.0
4	0.5	1.0	2.0	2.5	2.5
5	0.5	1.5	2.5	3.0	3.0
6.3	1.0	2.0	3.0	4.0	4.0
8	1.5	2.5	4.0	5.5	5.5
10	2.0	3.5	5.5	6.5	7.5

せ、算出する時間（表示周期）の規定は削除された。

4. 最近の規格との構成の違い

IEC 61265 は 1995 年に発行されたもので、かなり新しい規格に属する。しかしながら、その構成は最新の IEC 規格とは異なっている。

欧州統合の影響を受け、製品の規格などへの適合性評価の重要性が高くなってきた。適合性評価においては、試験方法や試験項目を詳細に規定する必要がある。また、試験した結果の信頼性も評価しなければならない。IEC 61265 と現在審議中の IEC 規格案との最大の相違点は、測定の不確かさを適合性評価でどのように考慮するかが述べられていないこと、EMC (Electro-magnetic Compatibility: 電磁気両立性) に関する規定があいまいであることの二点である。EMC とは、簡単にいえば、他の機器に影響を与えるような電磁波を発生しないこと、また、(放電や商用電源周波数の電磁場による影響と共に) 外来の電磁波により影響を受けないことである。特に欧州では、欧州指令により、EMC に関する要求事項を満足することを証明した

CE マーキングを貼付しなければいかなる電子機器も市場を流通させることができず、EMC の規定は非常に重要なものとなっている。

5. あとがき

IEC 61265 の概要を、審議の背景と共に解説した。詳細は、是非、原文を参照していただきたい。

既に述べたように、IEC 61265 は必ずしも最近の測定器の性能を十分に反映した規格ではない。1/2 インチマイクロホンを延長ケーブルを用いて設置することに配慮しさえすれば、最近の測定器を用いてシステムを構成すれば、規格に適合させることは容易である。国際規格は international consensus (国際的合意) に基づいて作成されるのが原則である。これはまた、国際規格が international compromising (国際的妥協) の産物であることを意味している。規格は常に完全なものであるとは限らない。そのため、規格は常に改訂の可能性を検討され続けなければならない。これらのことを意識して規格を読んでもいただければ幸いである。

航空環境を取り巻く話題

離島空港における航空機騒音の問題*

有 延 正 喜**

意外な空港で航空機騒音が問題になっている。遙か南国，石垣空港である。

八重山諸島の経済ならびに行政の中心となっている石垣島は，北緯 24 度 20 分にあり，中華民国の台北市より更に南に位置している。気候は亜熱帯海洋性気候に属し，気温の年平均は 24.3 度と高く，群島周辺を流れる黒潮の影響で年間の気温変化は小さい。この八重山諸島には石垣島をはじめ，イリオモテヤマネコで知られる西表島，星の砂で有名な竹富島等の観光資源に恵まれ，年間を通じ観光客で賑わっている。

平成 8 年度の統計資料でみると，乗降客数 118 万人，貨物取扱量 8,320 トン，1 日の平均着陸回数 25 回で，それぞれ 22 位/20 位/23 位にランクされている。乗降客数の比較では，B 767 や A 300 型機が就航する青森空港に次ぐ順位であり，石垣空港の運航規模が想像できるであろう。

石垣空港は市の中心より東へ約 3 km の市街地の外れにあり，八重山諸島における拠点空港として，東京・名古屋・大阪・福岡・那覇・宮古・与那国・多良間および波照間空港へ定期便および不定期便が就航している。平成 9 年 10 月現在 27 便が運航されているが，特記すべきはうち 15 便が石垣—那覇線に就航していることである。これは滑走路長が小

型ジェット旅客機のみが運航可能な 1500 m であるため，需要には運航回数の頻度で対応せざるをえないからである。

使用機材は，5 便がプロペラ機の YS-11 および DHC-6 型機，残りの 22 便が全て B 737 型機で，B 737 型機の内訳は旧型で騒音値の高い B 737-200 型機，および B 737-200 型機の派生型でハイバイパスエンジンに換装し低騒音化の図られた B 737-400 および B 737-500 型機となっている。

空港の沿革を遡ってみると，昭和 43 年 YS-11 型機が就航し，B 737-200 型機は昭和 54 年 (1979 年) より就航している。以来，需要とともに増便され現在に至っているが，その増便のほとんどが B 737-200 型機で行われてきたため，空港周辺の環境を急激に悪化させていった。要因としては，滑走路が短いため機材の大型化が図れなかったこと，ならびにこれも滑走路長が短いことに起因するが離陸推力を低減して運航することができないことがあげられる。

沖縄県はこのような厳しい周辺環境を踏まえ，B 737-200 型機が投入された昭和 54 年以降，騒音対策として教育施設の防音工事等を実施してきたが，平成 8 年 2 月，新たな騒音問題が提起された。

本件は，空港からやや離れた離陸飛行経路下に位置する教育施設の騒音軽減について，地元の教育委員会より航空会社へ直接要望書が提出されたことで始まった。

環境問題がクローズアップされる昨今，航

* Aircraft Noise in the Vicinity of Airports, by Masaki Arinobu (Manager, Flight Performance Engineering, Air Nippon Co., Ltd).

** エアーニッポン(株)運航部性能技術課 課長代理

空会社においても空港と周辺地域の調和のある発展に寄与すべく有効な騒音対策を講じるべきとの立場より、積極的に対応をすることとした。

検討の結果、抜本的な対策としては離陸飛行経路（標準計器出発方式）の変更が必要であると判断されたため、空港管理者へ検討結果を報告し善後策をお願いした。

しかし、標準計器出発方式の変更については当局における検討ならびに飛行点検等の手続きによりある程度の遅延が予想されたため、早急に実施可能な騒音軽減運航方式を別途検討し、標準計器出発方式が改正されるまでの間の暫定運用を実施することとした。

この検討においては、上空通過を避けることが最も騒音軽減に寄与するため、2つの出発方式毎に新たな飛行経路が新たな騒音問題にならないことを念頭に最も望ましい飛行経

路を検討後、当該運航方式について運航乗務員の操縦上の問題点等を確認するため、フライトシュミレーターによる検証を行った。

続いて定期便で当該運航方式を実施し騒音軽減効果を確認した。結果はかなりの騒音軽減が確認でき、対象となる教育施設ならびに住居地区の環境改善が期待できたため、平成8年4月よりパイロットへ周知し運用を開始した。（具体的な実施内容は下記のとおり。）

現在、石垣空港の位置づけはジェット化暫定空港のため、空港施設の拡充が控えられており、新空港が建設されない限り1500m滑走路での運用が予想されている。しかし、現滑走路では今以上の機材の大型化は望めず貨客輸送能力の限界に近づいていること、ならびに騒音問題の改善の観点からも新石垣空港の早期建設が望まれるところである。

騒音軽減運航方式

空港の北東に位置する宮良小学校、白保小学校等の教育施設ならびに住居地域における航空機騒音を軽減するため、航行の安全に支障のない範囲で以下の騒音軽減運航方式を適用する。
 （騒音軽減運航方式の採用に係る基本的な考え方についてはREGを参照すること。）

1. 離陸

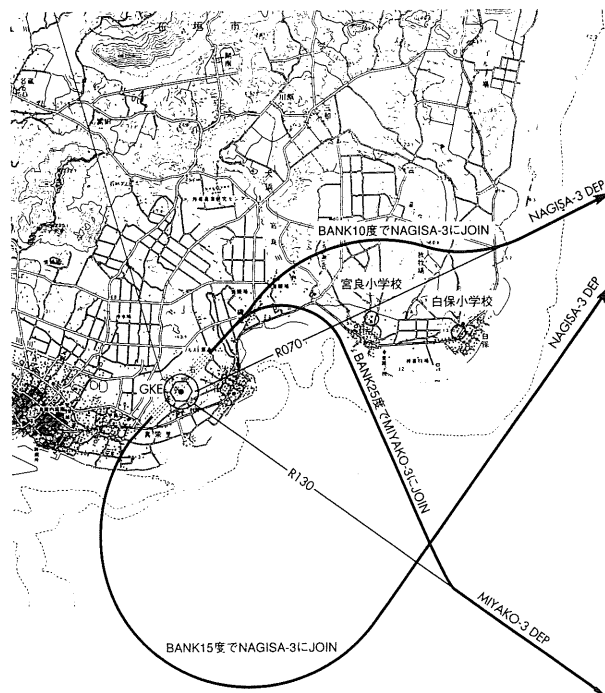
離陸方式ならびに優先飛行経路（航行に支障のない範囲で遵守すべき飛行経路。下記参照。）は次のとおりとする。

- ① RWY04/MIYAKO-3 DEP
 CLOSE-IN TURNを実施する。
 最低旋回開始高度（AFE 500ft）で25度以上（25度以上30度以下）のBANKで飛行すると下図の経路を飛行できる。また、ROLLOUT HEADINGは160度以上とし、陸上からの早急な離陸に努める。
- ② RWY04/NAGISA-3 DEP
 STEEPEST CLIMB PROCEDUREを実施する。
 RUNWAY HEADINGで高度1000ft程度まで上昇し、10度程度のBANKで飛行すると下図の経路を飛行できる。
- ③ RWY22/NAGISA-3 DEP
 通常の離陸方式とする。（B737-500はSTEEPEST CLIMB PROCEDURE）
 RUNWAY HEADINGで高度1000ft程度まで上昇し、15度程度のBANKで飛行すると下図の経路を飛行できる。また、ROLLOUT HEADINGは40度程度とし、陸上に近づかないように努める。

B737-200型機については、管制上支障がない範囲でMCLTの使用は極力避けて飛行すること。

2. 着陸

VFRでRWY 04のTRAFFIC PATTERNに進入する場合、宮良・白保地区上空は安全上支障のない範囲で可能な限り避けて飛行すること。



航空機に対する環境規制について*

北 澤 歩**

平成9年10月1日、航空機検査制度の改正を柱とする航空法の一部を改正する法律が施行されました。今回の改正は、航空機の安全性等に係る国の証明制度について、民間事業者の能力、輸出国の証明を活用することにより、国の検査を省略できる範囲を拡大すること、騒音規制の対象を従来のジェット機のみからプロペラ機及びヘリコプターにも拡大すること、タービンエンジンを装備した航空機に対するエンジン排出物規制を新たに導入すること等がその主な内容です。

騒音規制については、航空機騒音が社会問題化していた昭和50年に、ジェット機を対象に騒音基準適合証明制度が導入され、航空機が発する騒音について、各航空機毎に国の検査に合格しなければ航空の用に供してはならないこととされました。その後、騒音基準については何度か改正が行われてきましたが、その規制対象がジェット機のみであるということには変更はありませんでした。

しかしながら、ジェット機以外のプロペラ機やヘリコプターに対する騒音規制について国際民間航空条約附属書にもその基準が制定されるなど国際的にも定着してきていることに加え、我が国においてはヘリコプターの機数が急増してきたなど、これらの航空機についても騒音問題を生じかねない情勢にありま

した。

また、航空機のエンジンから排出される燃料及びガスに対する規制についても、その基準が国際民間航空条約附属書として制定され、諸外国においてその導入に向けた動きが顕著になってきたことに加え、平成6年11月には海洋法に関する国際連合条約が発効し、締約国に対してエンジン排出物規制を行うことが求められました。(我が国は平成8年6月に同条約を批准)

こうした動きを受け、今回航空機検査制度の改正が行われましたが、環境に係る規制は国際民間航空条約附属書と同等のものであり、その概要は以下のとおりです。

(1) 騒音規制

航空法施行規則附属書第2第1章から第6章に、航空機の種類、最大離陸重量、原型機の耐空証明の申請受理日、個々の航空機の初回の耐空証明発行日等により、各章に掲げられた騒音規制の適用を受ける航空機及びその適用除外を受ける条件等が規定されており、適用を受ける航空機は、離陸、着陸等を模擬した飛行において基準騒音測定点における騒音値が各章毎に規定された騒音基準値を超えてはならない。

なお、測定の方法は国際民間航空条約附属書に規定された方法に基づく。

(2) エンジン排出物規制

1. 排出燃料

タービンエンジンを装備した航空機のうち、1982年2月18日以降に製造されたもの

* Environmental Requirement for Aircraft,
by Ayumu Kitazawa (Airworthiness Engineer
Airworthiness Division, Civil Aviation Bureau)

** 運輸省航空局技術部航空機安全課 航空機検査官

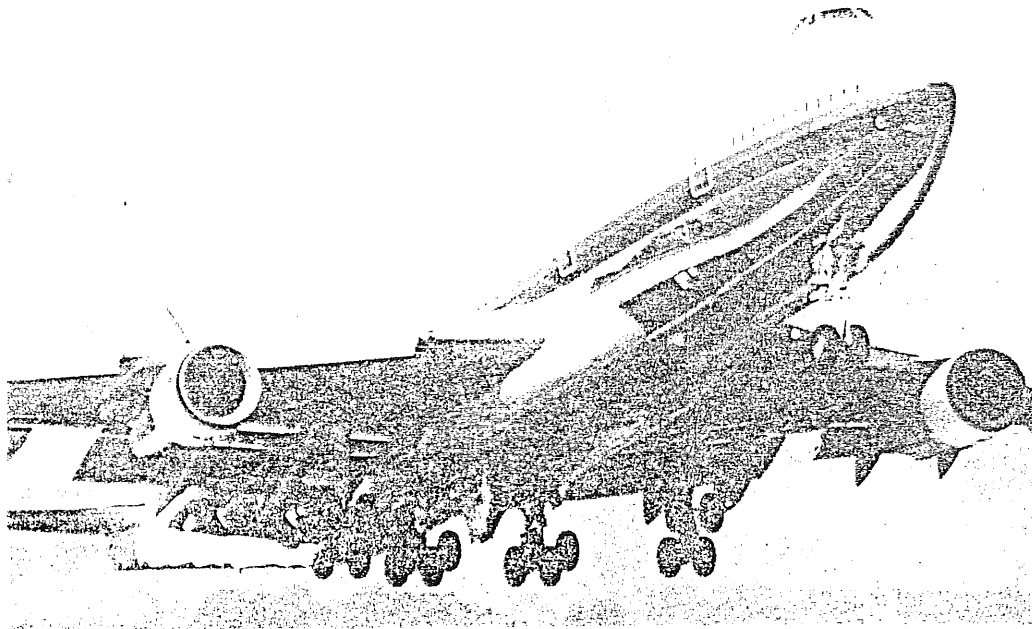
は、通常の飛行又は地上走行後のエンジン停止の際、液体燃料が燃料ノズル・マニフォールドから大気中に意図的に排出されることのないよう、設計及び製造されていなければならない。(航空法施行規則附属書第3第1章)

2. 排出ガス

航空法施行規則附属書第3第2章に、ターボジェットエンジン及びターボファンエンジンについては、その製造日、定格等により、排出ガス規制の適用を受けるもの及びその適用除外を受ける条件等が規定されており、適用を受けるエンジンは、国際民間航空条約附

属書に基づく方法で行う運転試験により排出ガス中の煤煙、炭化水素、一酸化炭素、窒素酸化物について測定を行い、計算を実施した結果、規定された基準値を超えてはならない。

上記の環境規制に基づく航空機の検査は、平成9年10月1日に始まったところですが、環境保護は安全性の確保と同様に重要な問題であり、今後とも、国際民間航空機関等の動向を踏まえつつ、適切に環境保護を図っていくことが重要と考えられます。



関西国際空港の生い立ちと2本目の滑走路建設に向けて*

武本 武彦**

1. 関西国際空港の生い立ち

関西国際空港は、大阪国際空港の環境問題及び近畿圏の航空需要に適切に対処するため建設されたものである。大阪国際空港における航空機騒音は、昭和39年のジェット機の就航に伴い、空港周辺の住民に深刻な影響を及ぼしはじめた。騒音被害に悩む住民は、昭和44年から5次にわたる大阪国際空港公害訴訟を提訴し、また、公害等調整委員会に対しては空港の撤去を求める申請が提起されるなど、大阪国際空港を取り巻く環境は厳しく、航空機の大型化や航空需要の増大に伴う空港の拡張や増便が見込めないことから、新空港として関西国際空港の建設が構想されたものである。

昭和43年に運輸省が、関西国際空港の建設候補地として神戸沖、明石沖、大阪府泉州沖、淡路島等の8ヶ所を対象に調査を開始した。昭和49年に航空審議会の「泉州沖が最適」との答申を受け、運輸省は昭和51年に関西国際空港調査の実施方針を決定し、昭和53年1月に建設に向けた調査が開始された。

昭和56年に運輸省は、大阪府、兵庫県、和歌山県の3府県に3点セット（関西国際空

港の計画案、関西国際空港の環境影響評価案、関西国際空港の立地に伴う地域整備の考え方）を提示し、計画の具体化に同意する3府県の回答を得た。昭和59年に関西国際空港(株)が発足し、空港の建設が具体的に推進されることとなった。

昭和62年に埋め立て工事が始まり、平成3年に空港島造成工事が完了し、その後、滑走路・旅客ターミナルビル等の空港施設が整備され、平成6年9月4日に日本ではじめての24時間空港として開港された、まだ開港4年目の新しい空港である。

2. 環境に配慮した空港

関西空港は、周辺地域への騒音を配慮して、大阪府泉州沖5kmの沖合を埋め立てて建設された、日本ではじめての本格的な海上空港である。騒音だけでなく、環境全般に配慮しており、空港島内から発生する廃水については窒素・磷まで除去する高度処理を行い、処理水は樹木の散水やトイレの洗浄水としてできるだけ再利用している。また、ごみは、原則として空港島から出さないこととし、可燃性のごみは空港島内に設置しているクリーンセンター（焼却場）で焼却処分し、缶や瓶については回収しリサイクルを図っている。

また、自動車交通量の増大を抑制するため、鉄道や海上アクセス等の公共交通機関が整備され、利用者の利便性が高いものとなっている。

* The constructional process of Kansai International Airport and the construction of second runway,
by Takehiko Takemoto (Deputy Manager, Environment Division, Cordination Department, Kansai International Airport Corporation).

** 関西国際空港(株)調整部環境対策課 課長代理

3. 航空機騒音等に対する苦情の発生状況

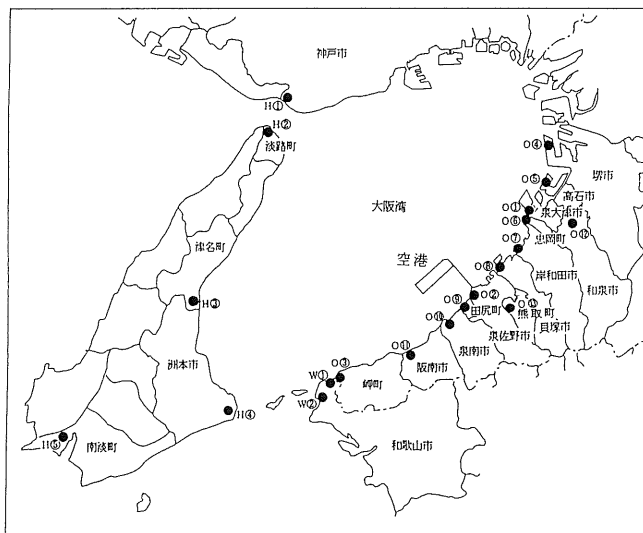
環境影響評価においては、住居専用地域における航空機騒音の環境基準である WECPNL 70 を超える地域はすべて海上にとどまり、陸域においては環境基準を下回っているという予測であった。開港後の周辺地域 20 地点における騒音測定結果においても、すべての地点で上記の環境基準を下回っており、予測が正しかったことが裏付けられている。

しかしながら、騒音に係る苦情が月に 10

件前後発生している。その原因は、沖合を飛行している大阪府泉州地域や和歌山市並びに上空を飛行している兵庫県の淡路島は、もともと静かな地域であるため、空港ができたことにより、それまで聞こえなかった航空機の騒音が聞こえるようになったことが大きな要因であると考えられる。

騒音の苦情は、1日単位で算出される「うるささ指数 WECPNL」が環境基準を下回っているかどうかではなく、1機ごとのピーク騒音レベルの大小によって発生していること

航空機騒音測定地点図



航空機騒音測定結果

(単位：WECPNL)

府県名	地点番号	市町名	調査地点名	開港1年目	開港2年目	開港3年目	備考
大阪府	O①	泉大津市	汐見町	5.4	5.4	5.5	常時観測
	O②	泉佐野市	りんくう往来南	< 5.0	5.1	5.2	常時観測
	O③	堺市	多奈川小島	6.2	6.2	6.2	常時観測
	O④	堺市	築港新町	< 5.0	< 5.0	< 5.0	
	O⑤	高石市	高砂3丁目	< 5.0	< 5.0	5.1	
	O⑥	忠岡町	新浜3丁目	5.4	5.3	5.7	
	O⑦	岸和田市	地蔵浜町	5.5	5.5	5.4	
	O⑧	貝塚市	二色3丁目	5.4	5.7	5.4	
	O⑨	田尻町	りんくうボート南	5.6	5.4	5.2	
	O⑩	泉南市	りんくう南浜	5.6	5.3	5.5	
	O⑪	阪南市	箱作	5.3	5.1	5.2	
	O⑫	和泉市	府中町	--	< 5.0	< 5.0	
	O⑬	熊取町	大久保	--	< 5.0	< 5.0	
和歌山県	W①	和歌山市	大川	6.0	6.0	6.0	常時観測
	W②	和歌山市	深山	5.8	6.0	5.9	
兵庫県	H①	神戸市	垂水区	< 5.0	< 5.0	< 5.0	
	H②	淡路町	岩屋	< 5.0	< 5.0	< 5.0	
	H③	津名町	里	< 5.0	5.2	5.6	
	H④	洲本市	由良	< 5.0	< 5.0	5.1	
	H⑤	洲本市	福良	< 5.0	5.0	5.4	

(注) -- はピーク騒音レベルが観測できなかったことを示す。

が多い。すなわち、陸域に寄ったり飛行高度が低かったりしてピーク騒音レベルが高い場合に苦情が発生することが多い。

航空機騒音苦情には、迅速に、また、誠意を持って対応するとともに、管制や航空会社の協力を得て可能な限りの騒音対策を講じているところである。

また、開港して航空機が飛び出したことにより、淡路島と大阪府岬町の一部でテレビ電波受信障害が発生した。電波障害発生の有無については十分な調査を行い、障害が認められた地域に関しては、SHF 放送や共同受信等、地域の特性にあわせた対策を講じている。対策戸数は、淡路島で約 7,900 軒、岬町で約 100 軒である。

4. 2 本目の滑走路の建設に向けて

現在の A 滑走路 1 本による処理能力は、離着陸回数で年間約 16 万回といわれている。1 日当たりの離着陸回数は、開港当初約 230 回（年間換算約 8 万 4 千回）であったが、開港 3 年後の平成 9 年 9 月の時点で約 330 回（年間換算約 12 万回）と順調に伸びてきており、今後の便数の増加予測によると、6 年後の平成 15 年頃には処理能力の限界に達する見込みである。

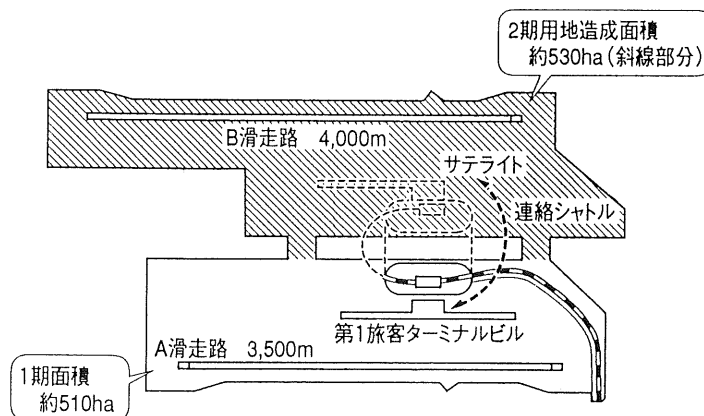
そのため、現在 2 本目の B 滑走路の建設

に向けた 2 期事業の準備が進められている。既に完了した 1 期事業では、約 510 ha を埋め立て、長さ 3,500 m の A 滑走路やターミナルビル等の施設を建設したが、2 期事業では、現在の空港島より沖合に約 530 ha を埋め立て、長さ 4,000 m の B 滑走路、エプロン、旅客取扱施設及び ISL・進入灯等の航空保安施設等を整備する他、1 期地区と 2 期地区間には、2ヶ所の連絡誘導路及び業務用車両等の連絡施設を整備する。なお、1 期地区と 2 期地区はお互いの沈下防止のため、200 m 離して埋め立てを行うものである。

2 期事業は、平成 10 年度末の現地工事着工、平成 19 年供用開始を目指し、環境アセスメント手続きをはじめとする着工に向けた準備が進められているところである。2 期事業が完了すると、年間離着陸回数 23 万回に対応できる空港施設が整備されることになる。

なお、2 期事業についても環境保全に十分配慮し、現在の空港島の沖合を埋め立てることにより陸域への航空機騒音の影響を防止し、また、1 期事業において海域生物の育成場となることが確認された緩傾斜石積護岸を採用し、さらに、工事中の水質汚濁対策として防止幕を展張するなど、できるだけ対策を講じることとしている。

2 期事業の完成予想図



航空環境を取り巻く話題

中部新国際空港の環境影響予測案（中間まとめ）について*

佐藤 勝行**

1. はじめに

伊勢湾の常滑沖に計画されている中部新国際空港は、事業着手に向け、環境をはじめ様々な調査、検討が行われており、ここでは平成9年3月にとりまとめを行った「環境影響予測案（中間まとめ）」の内容を中心に紹介し、地域住民の皆様の反響についても併せて紹介したい。

2. 中部新国際空港の調査の経緯

中部新国際空港は、名古屋空港の航空需要が増大し、21世紀初頭には滑走路処理能力等に限界がくると予想されることから、地元で昭和60年ごろから候補地の選定をはじめとする本格的な調査が開始された。

新空港の候補地は伊勢湾の3カ所、三河湾の1カ所合わせて4カ所に絞り込まれ、平成元年3月、それまでの調査結果をふまえ、地元3県1市（岐阜県、愛知県、三重県、名古屋市）の首長懇談会において、「伊勢湾東部の海上（常滑沖）」が候補地として望ましい旨の合意に至った。

その後、中部新国際空港は、第6次空港整備五箇年計画において、調査空港としての位置付けを得、国と地域が連携して調査を進め

ることとなり、平成7年8月、第7次空港整備5箇年計画（中間とりまとめ）において、事業推進が明示された。これを受け、地域として空港計画とアクセス計画をあわせたプロジェクト全体の推進について調整する組織として、3県1市、関連する国の地方機関、地元経済団体、(財)中部空港調査会の長などで構成する「中部新国際空港推進調整会議」が設置された。そして、平成9年3月、第3回中部新国際空港推進調整会議において、「中部圏における新たな拠点空港に関する計画案（中間まとめ）」、「環境影響予測案（中間まとめ）」、「アクセス整備方策案」、「空港事業推進方策案」、「地域整備構想案」等について、とりまとめ公表した。

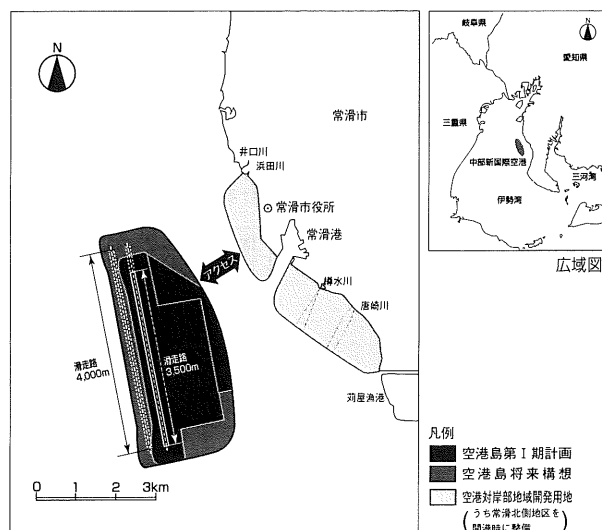


図-1 空港島の位置図

* Outline of Environmental Impacts on the Chubu International Airport,
by Katsuyuki Sato (Director Research Div., The Chubu International Airport Research Foundation)

** (財)中部空港調査会 調査部長

3. 空港計画案の概要

(1) 位置：名古屋の南約 35 km 常滑市沖
 合約 3 km の海上 (図-1)

(2) 空港規模

	第 I 期計画	将来構想
滑走路規模	3,500 m 1 本	4,000 m 2 本
空港規模	約 470 ha	約 700 ha

(3) その他

- ・建設工法：埋立工法 (平均水深 5~6 m)
- ・建設費：約 7,000 億円

4. 環境調査の経緯

中部新国際空港の立地に伴う環境への影響を検討するため、平成 4 年に学識経験者らで構成する「中部新国際空港に関する環境影響

表-1 環境影響予測案における予測・評価結果

環境要素	予測・評価項目	環境目標		予測結果および評価	
大気質	二酸化硫黄	1 時間値の 1 日平均値が 0.04ppm 以下であること		空港島の寄与濃度が 0.001ppm を超える常滑市中央部の沿岸域での将来環境濃度は 0.02ppm 未満である。また、全域での将来環境濃度は 0.03ppm 未満であることから環境目標を満足するものと考えられる。	
	二酸化窒素	1 時間値の 1 日平均値が 0.04ppm から 0.06ppm までのゾーン内又はそれ以下であること。		空港島の寄与濃度が 0.001ppm を超える常滑市から美浜町北部にかけてと半田市西部での将来環境濃度は 0.04ppm 未満である。また、全域での将来環境濃度は 0.06ppm 未満であることから環境目標を満足するものと考えられる。	
水質	化学的酸素要求量	類型	基準値	化学的酸素要求量、全窒素、全燐のいずれの項目とも、空港島西側から伊勢湾西側にかけての海域でやや増加しており、知多半島側の海域ではやや減少している。環境基準の達成は現況とほぼ同様であるが、全燐の類型 III の水域では改善されている。以上のことから、環境目標を満足するものと考えられる。	
		A	2mg/l 以下		
	B	3 mg/l 以下			
	全 窒 素	類型	基準値		
		II	0.3mg/l 以下		
	III	0.6mg/l 以下			
全 燐	類型	基準値			
	II	0.03mg/l 以下			
III	0.05mg/l 以下				
騒音等	航空機騒音	類型	基準値	環境基準の地域の類型指定ごとに左記のとおりとする。 ただし、現況において、左記の値を超過している場合には、「水質に著しい影響を及ぼさないこと」とする。	
		I	WECPNL70 以下		
	II	WECPNL75 以下			
	航空機による低周波空気振動	地域住民の日常生活に支障を及ぼさないこと。		音圧レベルのピーク値の予測結果は、離陸時 71~84dB、着陸時 54~71dB である。室内では心理的影響は軽微であり、生理的影響、物的影響はほとんどないことから環境目標を満足するものと考えられる。	
鳥類	鳥類への影響	該当する鳥類		カワウについては、航空機騒音がカワウコロニーに及ぼす影響はなく、採餌量の減少や航空機との衝突の可能性は低いことから環境目標を満足するものと考えられる。 ワシカ類については、航空機との衝突の可能性は低く、渡りについてモニタリング調査を実施し、必要に応じて適切な対策を講じることにより環境目標を満足するものと考えられる。 水鳥等については、空港島等の存在が生息に及ぼす与える影響は少ないと考えられる。また、航空機との衝突の可能性は否定できないが、バードパトロール等の適切な忌避対策を講じることにより、環境目標を満足するものと考えられる。	
		保全レベル A 努めて影響を避ける。	美浜町コロニー (鶺鴒の山ウ繁殖地)、オオタカ、ハヤブサ		
		保全レベル B 相当程度影響を避ける。	カワウ、ミサゴ、カンムリカイツブリ、ツクシガモ、コアジサシ		
	保全レベル C 努めて影響を最小化する。	ハチカ、ヒタカ、チゴ、ハヤブサ、チョウゲンボウ、サシハ、等大規模な渡りを行うワシカ類、フェウサギ、アサギ、ヨシガモ、シロトリ、カササギ			
電波	テレビ電波の受信	地域住民の日常生活に支障を及ぼさないこと。		フラッターの発生が、伊勢湾周辺の一部地域で予測されるが、この予測結果を基本に今後、関係機関と調整の上、詳細な調査を行い、必要に応じた適切な対策を行うことから環境目標を満足するものと考えられる。	

調査検討委員会」が設置され、以後、地元自治体、(財)中部空港調査会が中心となり平成4年より陸域での現況調査（大気、環境騒音、動植物、電波等）、平成5年には海域での現況調査（海底地形、地質、潮流・水質、漁業等）が開始された。また、愛知県等は飛行機の音が地域住民の関心が深いことから、平成5年と8年に実際の飛行機を飛行させて生活の場でその音を体感していただく実機飛行調査を実施した。

5. 環境影響予測案について

平成9年3月にとりまとめた環境影響予測案は、常滑市沖合に空港島を埋立て、運用した場合、並びに常滑市前面の海域を埋立て、開発した場合に伊勢湾周辺地域の環境に与える影響について、予測・評価したものである。

また、具体的な空港計画や地域整備構想は、今後、地元の意見や関係者の検討を踏まえてとりまとめを行うということから、環境影響予測案では、現段階における空港計画案と地域整備構想案を基に、地元において関心の高いと思われる大気質、水質、騒音等、鳥類および電波について、その影響を予測・評価したものである。

環境影響予測案では、主に第I期計画（年間離着陸回数13万回時）を予測するものとし、予測時期を2,025年に想定。（なお、航空機騒音については、図-2に示す将来構想（年間離着陸回数16万回時）の予測も行っている。）表-1は環境影響予測案で整理した項目についてまとめたものである。また、生活環境、自然環境等を保全する観点から、環境影響の予測結果を客観的に評価するため、環境基準等を踏まえて、環境目標を設定している。

環境影響予測案は、さらに今後の取組について、「環境監視」、「環境配慮」をあげている。環境監視にあたっては、関係機関との連携を十分に図りながら具体的な環境監視計画を策定し、実施体制を整備していくこととしている。

また、環境配慮については今後、国における環境基本計画などの理念を踏まえ環境への影響をさらに軽減するため、事業主体と関係機関は、表-2に示す項目について配慮していくとしている。

以上の内容について、地元では平成9年4

表-2 環境影響予測案における環境配慮

- <大気質関係>
 - ・電気自動車、天然ガス自動車等の低公害車の導入
 - ・効率的な貨物輸送による物流の効率化
 - ・公共交通機関の利用促進
- <水質関係>
 - ・節水や水の再利用など水使用の合理化
 - ・雨水排水の適正処理
- <航空機騒音関係>
 - ・ディレイドフラップ進入方式などの航空機騒音を軽減する飛行方式の採用
 - ・海上を有効に活用できる飛行経路の採用
- <鳥類関係>
 - ・採餌環境および休息環境設定に関する調査研究
 - ・衝突防止に有効とされるバードパトロールなどの実施
 - ・鳥類を誘引しない空港島護岸、緑化方法のあり方など忌避方法に関する調査研究
- <エネルギー関係>
 - ・省エネルギーの推進
 - ・エネルギー利用の平準化に向けた取組
 - ・太陽エネルギーやごみ焼却排熱の活用
 - ・対岸部での地域熱供給システムの導入
- <廃棄物関係>
 - ・ごみを排出しにくいシステムの構築やリサイクルの推進などゼロ・エミッションに向けた取組

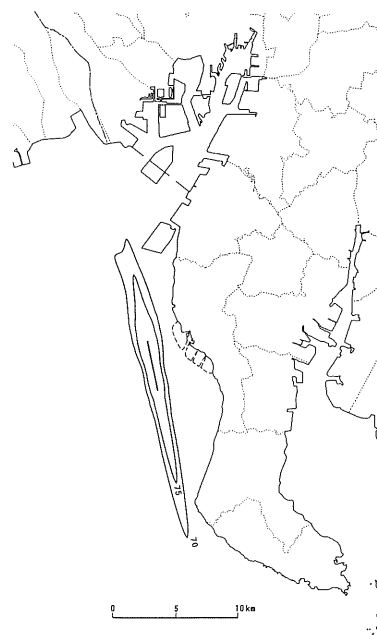
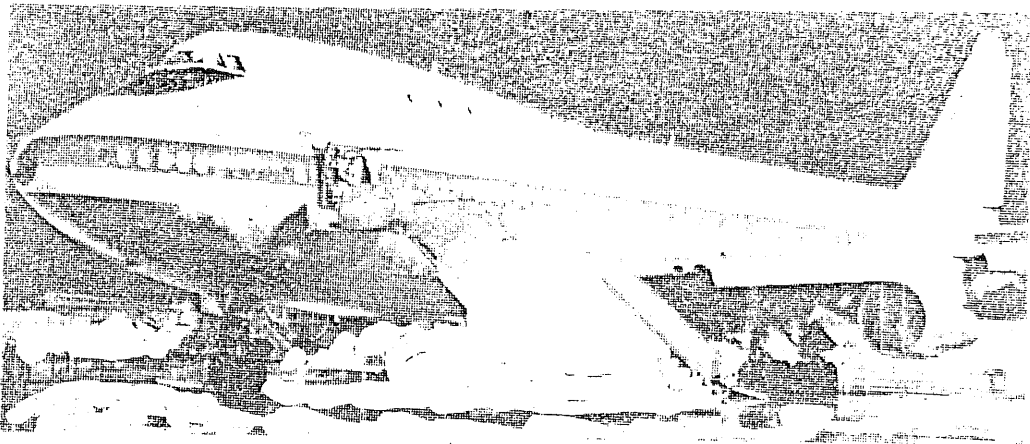


図-2 将来構想時の航空機騒音予測結果（WECPNL）

月から、住民説明会が開催された。その結果、地元市町等から空港島の位置、飛行経路の沖出し等の要望が提出され、平成9年7月に空港島の沖出しについて変更がなされたところである。

6. おわりに

これまで、中部新国際空港のプロジェクトは、地元自治体、経済界が中心となって国と連携をとりながら計画を進めてきた。今後は平成10年度に事業主体が設立され、最終的な空港計画案等の成案が得られ次第、所要の手続きに従い、環境影響評価準備書が作成される予定である。



排気と騒音の絡み合い*

川 田 和 良**

最近、温暖化防止京都会議で炭酸ガスを含む有害気質の削減が議論された。いろいろな公害の中でも大気汚染の問題は、地球上の生物の生存に直接関係していることぐらい誰でも知っているのであるが、海面上昇という、人間の生活圏を大きく狭める副作用まで生じることになれば、地球上の大問題であり、各国の代表が激しい議論を戦わすのは当然である。増えすぎると一匹のリーダーのもとに整然と何万匹も入水自殺するというネズミの話しよりも、海面上昇を防ごうとする人間の方がやはり賢く思える。

大気汚染対策は究極のところ、石油石炭エネルギーの消費を下げるしかない。勿論、それぞれの局面、例えば発電所においては窒素酸化物を減らそうと努力し、製鉄所では硫黄酸化物を少なくする工夫を続けていることを「無意味」としているわけではなく、真意は、もっとも効果的で手っ取り早いのが「身近なところでの無駄遣いを避けること」と言いたいのである。

では具体的なやり方として…と続けられないこともないが、これ以上書くと、どこかの新聞の社説と同じになり陳腐化するから、この辺で話題を航空機騒音の方へ変更したい。

航空機の公害として真っ先に登場したの

は、空港周辺の騒音問題であった。ジェットエンジンの噴流が直接空気をたたいて作り出す音のエネルギーはまことにすさまじく、人工的に作り出された連続音としては群を抜いている。初期のジェット機の騒音はエネルギーの大きさでいけば、自動車等のそれより5ないし6桁大きく、鉄道騒音の3, 4桁以上のパワーがある。

民間ジェット機の就航以来、40年近くが経過したわけであるが、その騒音公害対策は、空港周辺の土地利用規制や防音工事を行う地上側の対策と、エンジンの減音を行う空側の対策の2手段を主として実施されてきた。

各国とも同じような時期に対策に着手したのであるが、国情の違いはあるものの、質的、量的にみて、地上側の対策は、日本が最も進捗していると言えよう。しかし、騒音の「現場」に最近行ってみると、空側の対策、つまりジェットエンジンの減音対策が如何に進歩したか、よく判る。初期のものに較べ、最近のジェット機では騒音が約4分の1になっていることを知らされているのだが、実感としてもそのように受け取れる。外国では、この空側の対策によって救われた部分が殆どではなかろうか。

さて、その空側の対策とは具体的にどのようなものであったかと言うと、ジェットエンジンの構造的改善によるものである。

1960年当時のジェットエンジンでは、前方の空気吸入口から取り入れた空気を全てコンプレッサーの中で圧縮し、そのまま燃焼室

* "The Tangle of Air Pollution and Noise Problem",
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

でケロシンとともに燃やして高速の噴流とし、何枚ものタービン翼に当てて、タービンを回してから後方へ噴出するという過程をとる。

全体的にみると、前から入った空気は出るとき迄にエンジン内部で加速されるため、その反動として相当の力をエンジンに「お返し」し、これが推力になるわけであるが、このようなストレートジェット、別名純ジェットエンジンは、出口の噴流速度がかなり大きい。

運動量の法則から言えば、同じエネルギーを使うなら、少量のものを高速で後ろへ噴出する時より、出来るだけ多量のものを少々の加速で後ろへ噴出する方が反動力、つまり推力は大きくなる。このような原理から、次代のジェットエンジンは、コンプレッサーの途中から、取り入れた空気の一部を直接後方へ噴出させ、そのまま推力の一部に成り変わらせる方法を採用ようになった。これが現在大流行のファンエンジンの原種である。

この方式では、上述の法則により、同じ燃料消費量なら、より大きい推力を、また、同じ推力でよければ、より少ない燃料消費量でよいことになるので、「よいことばかり」に思えるが、技術的には難問があった。

それはコンプレッサーから直接外へ出なかった空気が燃焼室へ入り、そこでは前より燃料噴射量が比率的に大きいため、より高温になり、そのままでは燃焼室やタービンの羽根が耐えられないのである。

しかし、エンジンの冷却方法や耐熱材料の発達によって、「より多くの空気を少々加速して後ろへ押し出す」方式は、燃料効率のよい新型エンジンの設計思想となり、最近のファンエンジンではコンプレッサーを通り抜けるだけの空気（バイパスエアと言う）の比率は、全体の80数%に達している。

以上、少しジェットエンジンの構造の説明に“はまりこみ”過ぎたかも知れないが、こ

のファンエンジンは減音能力における優等生でもある。それは、燃焼室やタービンをくぐり抜け、かなりの高速で噴出している中心流を外から包み込み、騒音発生の原因となる渦の規模を大幅に減らすからであり、このメカニズムの功績を音のエネルギーで表現すれば、初期のジェットエンジンの約百分の一に減少させた。

これまでに述べたように、ファンエンジン化への原動力は省エネルギー効果と減音効果が両輪であったから、エンジンメーカーはそれに向かって脇目もふらずの熱心さであったし、航空会社もそれを“熱烈”歓迎した。

ところが、今年の春、東京で開催された航空機の騒音証明制度検討会議で、フランスの委員が洩らした独り言みたいな意見が、私の耳に引っかかっている。「我々は高バイパス比のファンエンジンをもてはやしてきたが、エンジン燃焼室の高温化は、窒素酸化物の比率も増大させるから、このままではエンジンの排気規制値を越す方向へ行くのでは？」という懸念であった。

私自身の率直な意見を言わせてもらおうと、「騒音はもともと人殺しをすることはないが、多くの人の日常の生活を乱すことも事実であるから、多大なエネルギーをこれまでに費やしたし、対策も整ってきた。しかし、我々が直接は感知出来ないが、温暖化を中心とする大気汚染の問題がもっと身近に迫っている。これからは、そちらの方向に、より重点的なエネルギーの集中をすべきである。」となる。

航空機擁護派の言い分からすれば「地球上の人工的総汚染量に対する航空機の負荷量は、わずか3%に過ぎない。」のであるが、そのままでは「オレはケチな掏摸にしか過ぎないよ、切りとり強盗の方が悪い。」と弁解するのと同意義に聴こえるであろう。やはり、掏摸は微罪であっても、出来るだけ人様のポケットに手を突っ込む回数を減らす努力をすべきである。

前記のフランス人の意見は、別々の技術的な改善努力が絡み合うことへの疑問であるが、冒頭に述べかけた「身近なところでの無駄遣い」の具体例を一つ挙げてみたい。

最近の関西地区における航空環境を取りまく話題として、関西国際空港を発着する航空機の陸域飛行問題がある。

この空港は「航空機騒音問題を起こさない」という大号令のもとに、陸岸から5キロ離れた海中に建設されたものであり、空港近辺の住民に対しても、発着直前直後の航空機の飛行経路が大阪湾内だけに納まった図面をもとに、説明されている。説明者側は、「騒音公害と見なされない程度の高度になったら、陸域に入っても問題はあるまい」と考えていたと思う。

しかし、「頭上を飛ぶなんて約束が違う」と、周辺住民の反対が根強く、開港当初から東京や北海道、欧州方面の便は紀伊半島の南

端まで南下したり、岡山近辺まで迂回させられている。約15分の余計な飛行時間を要しているが、私の心に重いのは、その間に無駄に消費される、ドラム缶にして10本以上の燃料である。そのような航空便は一日数十便を下るまい。

現在、運輸省は、航空路および管制上の問題として「航空機が安全に流れよく飛ぶためには陸域ルートが必要」と地元への説得を続けているが、公害対策の仕事に携わる人間からみれば、毎日数百本を下らぬ無駄遣いのケロシンを救う方も大切だと思う。

もともと、頭上を飛ぶ、飛ばないの話の発生源は、「騒音公害を防止する」ことにあった筈で、公害にはならない程度の騒音以下であることが確認されたら、「頭の上を飛ぶのは怪しからん」という主張は、迫力が減少するのではなかろうか。

エッセイ

航空機の客室騒音軽減策*

村 林 淳 吉**

今から2年ほど前に、航空局の某OBが或る専門雑誌に掲載された航空機の客室騒音軽減策に関する記事をFAXで送ってくれた。送信記事の執筆者名の部分が不鮮明なため、辛うじてBY PEERY BRADLYとも読めるが、定かではない。記事の表題とその雑誌名は、次のとおりである。：“The Active Assault on Cabin Noise”, Business & Commercial Aviation, September 1995; pp. 122-132.

特定メーカーの客室騒音軽減装置の宣伝臭が感じられないこともないが、ちょっとユニークな内容なので、その概要を以下に紹介する。

航空機の客室騒音は、航空機の胴体外板から客室に伝達される騒音であり、その基本原理は、声帯から発する騒音と同じく共に振動現象である。言い換えれば、空気に擾乱を与えて圧縮波 (pressure waves) を生じさせ、その圧縮波が順繰りに鼓膜を振動させて音として感知されるのである。この胴体外板からの騒音を軽減する客室騒音軽減装置は、ANC (Active Noise Control) システムと呼ばれるもので、その原理は、一連のスピーカーを航空機の客室にうまく配列しておき、適切な時機を狙ってスピーカーから音波を流

して不快感を与える騒音を相殺して抑える方法である。即ち、一つの音波の高圧領域が他の音波の低圧領域に対応するように、両者を合わせて一定の低い音圧にして音を静めるのである。

ジェット機であろうとターボプロップ機であろうと、航空機の客室騒音は、二つの異なった成分から成る。その一つは、胴体外板の外側を通過する高速空気流、エンジンの轟音、油圧系統や空気調和系統のようなシステムの作動による騒音であって、500 Hz 以上のものが多く、防音覆 (acoustic blankets) や同調ダンパ (tuned dampers) のような通常の装備で最大の効果を発揮出来る騒音である。

もう一つの成分は、動力装置の回転に起因する騒音スパイク (noise spikes) で、ノイズフロア (noise floor) の最頂点の音量で時には30 dB 以上にもなる騒音である。この騒音の不快感を最も大きく与えるのは、主翼に装着されたターボプロップ・エンジンと胴体に装着されたターボファン・エンジンである。これらの騒音は、調性騒音 (tonal noise) であり、70 Hz に近い値から約250 Hz までの比較的low周波数のもので、ANCシステムがその機能を発揮する周波数範囲のものである。

ターボプロップ機の場合は、プロペラと胴体の相互作用が騒音の主因である。プロペラ・ブレードが回転すると、圧縮波が発生する。ブレードが胴体を通過すると、圧縮波が

* The Noise Control on Aircraft Cabin, by Junkichi Murabayashi (Former Advisor, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 前顧問

胴体に激しくぶつかり、外板を振動させ、その振動が胴体内部の内装材に伝わり、その後、騒音として放射される。プロペラからの渦流も主翼を叩いて、振動と騒音を発生させる。

ターボファン機の場合は、タービン軸とコンプレッサー軸の回転が振動を発生させ、その振動がパイロンを通して客室区域へ伝達される。各スプール毎に異なった独自の調性騒音を出し、周波数もターボプロップ機に比して急激に変化する。

ANCシステムの機器メーカーは英国、スコットランド、米国の各国にあり、これらの各社によって、Saab 2000型機、同340B型機、ATR 42-500型機、DC-9型機、King Air C 90型機、同200型機、Jetstream 41型機等の機種にオプションとして同システムを搭載出来るようになってきている。その価格は、一式当たり最も大きいSaab 2000型機用で約10万ドル、King Air C 90型機用で約2万5,000ドルである。何れにしても、このANCシステムは、低周波の調性騒音を軽減する装置である。

ANCシステムは、コントロール・ボックス (control box)、エレクトレット・マイクロホン (electret microphones) 及びスピーカーの三つの基本要素から成る。

コントロール・ボックスは、操作運用の頭脳部分で、下張り床 (subfloor) とか航空電子機器ラック (avionics rack) に装着される。そのサイズは、1/2-ATR short (4 MCU)⁽¹⁾ で、重量は、約12ポンド又はそれ以下である。エレクトレット・マイクロホ

ンは、客室内装材の中に隠されている。スピーカーは、騒音打消音 (antinoise) を流す機器である。騒音打消音を流すという原理は簡単だが、長時間にわたって大容積の客室全体に流し続け、しかも発する音の条件を変えろという機能は、非常に難しい。しかし、十分小さくて処理速度が速くなったデジタル・マイクロプロセッサ (digital microprocessors) のおかげでこの機能が可能となった。

二つの入力情報が、コントロール・ボックスに入る。その一つは、フィード・フォワード (feed-forward) 信号で、エンジンの運転状態をコントロール・ボックスに伝達して騒音打消音の基本特性を明確に定める。もう一つは、マイクロホンから入ってくる入力情報で、これらのマイクロホンは、フィードバック (feed-back) 信号をコントロール・ボックスに送って、客室温度、客室与圧、乗客の混み具合等の変動量に対してコントロール・ボックスの出力情報を微調整する。

マイクロホンは、殆どそれと分からないように設置されていて、直径約2mmの開口部が設けられている。コントロール・ボックスは、1秒間に1,000個以上の計算が出来るもので、入力データを分析して適切な騒音打消音の信号を計算し、その信号をスピーカーに送る。スピーカーは、重量が軽く、高さの低い扁平型で側壁パネルか天井パネルに取り付けられる。直径は約5インチで、重量をスピーカー囲い (speaker enclosure) 込みで1個当たり約1~2ポンドにするために、希土類磁石 (rare-earth magnets) を使用している。その整備性向上のため、内装材を取り外さなくても整備出来るようになってきている。マイクロホンとスピーカーの個数の割合は、2対1である。

ANCシステムの一般的な作動原理は、最終端の利用者にとっては同じであるとは言っても、その機器メーカーによって何らかの微

⁽¹⁾(訳者注): ATR (Austin Trumbull Radio) は、ラジオ架に搭載されるブラック・ボックス類の外形サイズの規格単位で、1 ATR=幅257.05×奥行495.8×高さ193.5mmと定められ、奥行495.8mmのものをlong、奥行318.0mmのものをshortと称する。また、MCU (Modular Concept Unit) は、電子機器のブラック・ボックスのサイズの単位で1 MCU=1/8 xATRである。

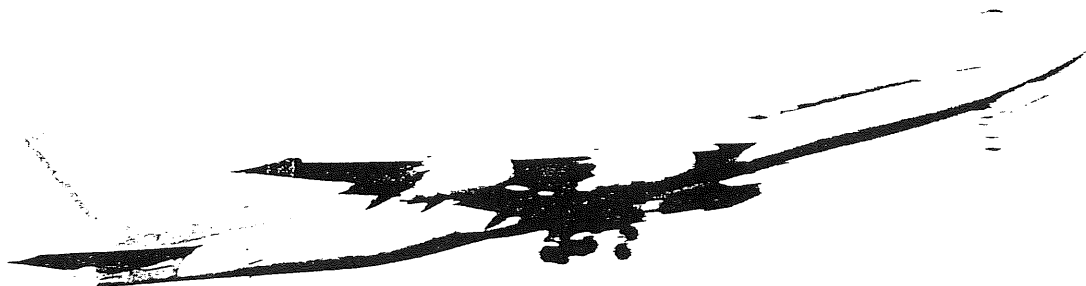
妙な相違点がある。コントロール・ボックスへの入力情報であるフィード・フォワード信号の取り方もその一例である。

また、操縦室には、マイクロホンとかスピーカーに伝送損失があったり、幾つかの部品がオフライン状態になったり、或いはコントロール・ボックス本体に故障が発生したりすると、それを乗員に知らせる警報灯パネルが設置されている。何らかの不具合が発見されると、ラップトップ型コンピューターを使用してコントロール・ボックスと一体になったままの状態でも保守整備することが出来るし、また、各系統にはそれぞれ特殊な専有ソフトウェアが組み込まれていて、その構成部分毎に試験することにより、故障したり機能低下した部品をはっきりと識別出来るようになっている。現在のところ、システム全体の寿命は5,000時間である。

このANCシステムは、あらゆる飛行状態でエンジン出力の変化に応じてその騒音打消音の信号特性を変えるようになっているのであるが、客室全体を通してどの場所も同じよ

うに騒音を軽減するのは難しく、また、人が立っているか座っているかによって、乗客の減音効果の感じ方が違う。このため開発初期には、客室の中で最もうるさい区域で20 dBほどの騒音軽減量を達成出来るが、他の区域ではそうもいかない場合もあった。しかし、ソフトウェア性能向上はじめ各種改良が計られた結果、騒音軽減機能も改善され、例えば、Saab 340 B Plus型機の客室騒音が騒音軽減率で約60%軽減されるようになった。

ANCシステムの機器メーカーとしては、航空機用の発注が増えれば、同システムの価格の低減に繋がるが、他の分野へのこのシステムの応用も模索している。例えば、自動車のエンジン排気音を従来のマフラーで低下させる代わりに、このANCシステムを利用したマフラーを作ろうとしているし、電気掃除機、レンジ・フード (range hoods)、暖房・通風・空気調和装置の騒音軽減のためのこのシステムの利用方法の試作研究が進められている。



エッセイ

環境関連の記事と真実*

鈴木 孝 治**

盛り上がるワールドカップサッカー熱とは対照的にクールで冷静な中田選手。彼曰く、「マスコミは本当のことを言ってくれませんかから、よけい無口になります。」

私事だが、私の場合は化学、特に分析化学が専門で、国際標準化機構大気質委員会 (TC 146) のメンバーでもあるので、環境関連記事はよく目にするが、「これで真実を伝えているのかな？」といつも疑問を抱く。

ここ一年では、二酸化炭素 (CO₂) とダイオキシンが国民の関心を引いたが、この問題を問いかげられるとなぜか無口になってしまう。例えば、CO₂ については、地球温暖化防止会議が昨年 12 月に京都で開かれたことから、CO₂ の環境影響が広く国民に周知されることとなった。CO₂ はこの化学記号から分かるように、炭素と酸素が結び付いたものである。炭素は化石燃料といわれる石油や石炭を原料としたものの主成分であり、酸素は空気中に約 29% 含まれる成分で、要するに化石燃料が燃えると必ず CO₂ が出てくる。このガスは赤外線を吸収してばねのように振動し、主にこの振動のエネルギーを周りの気体成分に与え、気体を暖めるのは事実である。

CO₂ は現在平均して大気中に約 0.035~

0.040% あり、300 年前は現在より 0.01% ほど少なかった。長期間の過去のデータからは気温の変化 10 °C に対して 0.01 ppm (1% = 10000 ppm) の CO₂ 変動がみられたから、この計算だと 300 年前は現在より 10 °C 気温が低かったのだろうか。事実は 1 °C も変わっていない。ある著名な科学者は、過去のデータから気温の変化が CO₂ 変化をもたらしたと断定している。CO₂ は空気を暖める気体であるのは確かだが、過去の事実では気象変動の要因の方が大きく影響している。加えて、地球温暖化ガス成分に関しては、CO₂ よりはるかに多量に存在する水分子 (水蒸気や水滴など) の影響の方が大きいと考えられるが、これに関する考察がない。

CO₂ 問題で認識しなければならないのは、「排ガス=廃ガス」であるという点である。物を燃やすと排ガスが出るが、これを大気にばらまくことはゴミ捨て問題と同様である。ちなみに我が国の CO₂ 排出に占める航空機排ガスの寄与率は、全体の 1~2% である。ただし、発生源のほとんどない海洋上ではかなり寄与率が大きいことは容易に想像できる。地球の直径は約 12800 km で、我々が吸っている空気の層の主要なところ (対流圏) は約 11 km (地球の直径の約 1/1000) しかない。超薄皮まんじゅうのようで、皮の部分しか大気がない。ここへ汚れたガスを出すことは、ゴミが狭い家の中にたまっていくのと同じである。

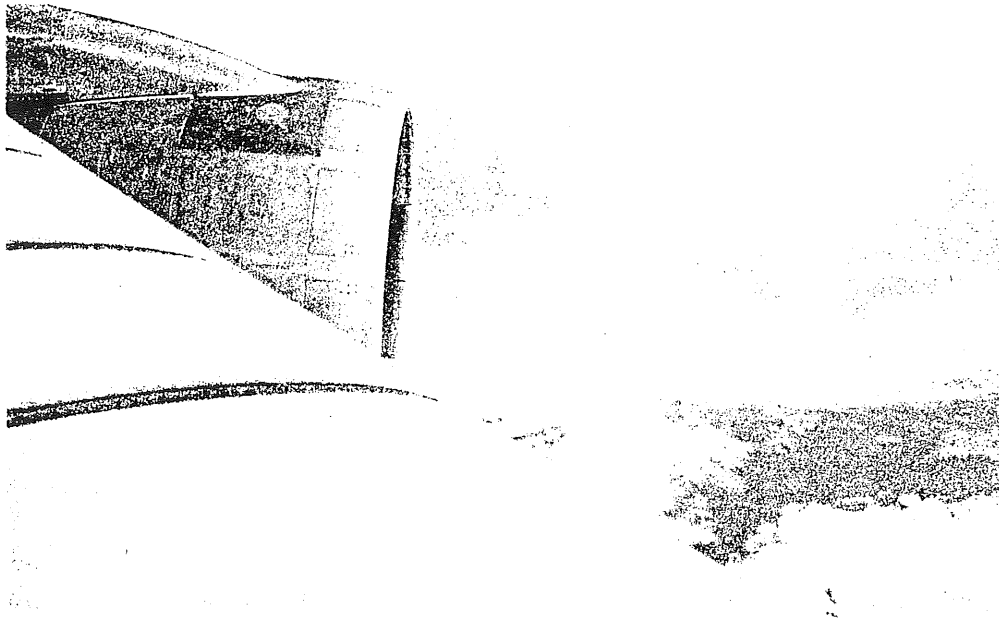
実は CO₂ 問題に関して最も大事なことは、

* Comments on Articles relating Environmental Issues,
by Koji Suzuki (Air Pollution Research Division,
Aviation Research Center)

** 慶應義塾大学助教授 ((財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 大気汚染部部長兼務)

石油や石炭などの化石燃料がここ数百年で確実になくなるといふ事実である。この問題は、地球にいる限り避けて通れない。一昔前のエネルギーの節約の大合唱はどうしたのか。現在の日本では誰もいわなくなった。この方が人類にとって深刻な問題なののである。化石燃料に代わるエネルギーはいろいろあると思っている人も多いが、実際はほとんどないといつてよい。

報道とは国民を教育する力を持つという視点に立てば、事実はどうで、何がどこまで分かっている、何が分かっていないのか、そして何が問題なのか、その問題の重要性はどうかなどを正確に伝えなければならない。現在のような平和な時代においては、特にこのようなことが皆で冷静に議論できるような報道が望まれる。



活動報告

研究センターの動き*

平成9年1月から12月までの間、航空環境研究センターでは、次の受託事業、調査研究等を実施した。

1. 受託業務

●騒音振動部

(1) 航空機騒音の実態調査

航空局等から委託を受けて実施した航空機騒音調査及び飛行経路調査は次の空港についての6件。

名古屋空港，東京国際空港(3件)，高知空港，那覇空港

(2) テレビ受信障害実態調査

航空局から委託を受けて実施した空港周辺でのテレビ受信障害調査は次についての2件。

大阪国際空港周辺，東京国際空港周辺(君津市)

(3) 航空機騒音予測コンター図の作成

将来計画としての空港建設のためのアセスメントの一環として，地方自治体，コンサルタント会社等からの委託を受けて次の空港等についてコンター図を作成。

富山空港，山形空港(3件)，八丈島空港，能登空港(2件)，新東京国際空港(2件)，中部新国際空港，与那国空港，首都圏候補地空港，播磨空港，岡山空港，びわこ空港，調布離着陸場，熊本空港，関西国際空港，広島空港，新千歳空港

(4) その他

(ア) 航空機の地上騒音に係る基礎的調査

(イ) 空港周辺における航空機騒音影響範囲予測調査

(ウ) 航空機騒音基礎調査

(エ) ヘリコプター騒音基礎調査

(オ) 東京国際空港航空機騒音測定記録集計

●大気汚染部

(1) 航空機排ガスによる大気汚染実態調査

(2) 航空機排ガス基礎調査

●環境保健部

(1) 空港周辺住民健康調査

2. 自主調査

●騒音振動部

(1) 騒音測定方法及びデータ処理の省力化に関する研究

(2) 電波障害予測コンタープログラムの精度向上

(3) 航空機騒音予測技術検討調査

(4) 航空環境の保全に関する動向調査

●大気汚染部

(1) 航空機排ガス中の汚染物質が環境に与える影響の調査

(2) 航空機エンジンの排出物測定に関する検討調査

●環境保健部

(1) 航空環境と健康に関する疫学的研究

(2) 航空機騒音の睡眠に及ぼす影響の調査

3. 研究発表

●騒音振動部

(1) 「ヘリコプター騒音を対象としたEPNLとLAEの関係」吉岡，日本騒音制御工学会研究発表会(横浜)，平成9年9月

(2) 「ヘリコプターの騒音特性についてー飛行重量及び速度の影響ー」吉岡，山田，日本音響学会(札幌)，平成9年

* Annual activities of Aviation Environment Research Center

9月

●環境保健部

- (1) 「音評価における個人要因の関連性から主観的環境評価尺度の試作と個人要因の関連性」後藤，金子，原谷，川上，関，環境科学会1997年会（北九州），平成9年10月
- (2) 「局所的環境条件と主観的環境評価」関，金子，後藤，藤井，環境科学会1997年会（北九州），平成9年10月
4. その他
- (1) 航空環境研究センターの機関誌「航空環境研究創刊号」を発刊（2月）。
- (2) 東京都立工業技術センター中小技術者短期講習会（工場排ガスの分析技術）で「大気汚染物質の測定法」を講師として講演（2月東京）。[鈴木大気汚染部長]
- (3) 研究センター羽田整備場地区に移転（3月中旬）。
- (4) 環境計量士試験委員会に出席（東京）。[時田所長]
- (5) ICAO CAEP/4第3回ワーキンググループ I会議に出席（4月東京）。[時田所長，川田審議役，吉岡主任研究員]
- (6) 中部国際空港調査会環境影響検討委員会に出席（名古屋）。[時田所長及び柴田部長代理]
- (7) 名古屋高速道路低周波空気振動研究検討会に出席（名古屋）。[時田所長]
- (8) 公害防止管理者国家試験作成委員会に出席（3～11月東京）。[鈴木大気汚染部長]
- (9) 国際標準化機構大気測定専門部会国内委員会に出席（3～12月東京）[鈴木大気汚染部長]
- (10) 振動公害検討対策委員会に出席（東京）[時田所長]
- (11) 低周波音影響評価検討委員会に出席（東京）。[時田所長]
- (12) 新東京国際空港飛行コース幅検討委員会に出席（成田）。[時田所長]
- (13) 制振材料研究会に出席（東京）。[時田所長]
- (14) 騒音防止法制定30周年記念シンポジウムに出席（8月大阪）。[時田所長，川田審議役，末永騒音振動部長]
- (15) インターノイズ97に出席（8月ブダペスト）。[時田所長]
- (16) 日本分析化学会/日本分析機器工業会主催「第1回分析化学東京シンポジウム」運営に参加（9月千葉）。[鈴木大気汚染部長]
- (17) 日本音響学会研究発表会に出席（9月札幌）。[時田所長，吉岡主任研究員]
- (18) 日本騒音制御工学会発表会に出席（9月東京）。[時田所長，吉岡主任研究員]
- (19) 国際標準化機構「大気の質」部会（ISO/TC146）に出席（9月マウイ島）。[鈴木大気汚染部長]
- (20) 日本公衆衛生学会に出席。（10月横浜）。[金子環境保健部長，後藤副主任研究員]
- (21) 環境科学会に出席（10月北九州）。[金子環境保健部長，後藤副主任研究員]
- (22) 日本健康科学会に出席（11月東京）。[金子環境保健部長，後藤副主任研究員]

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8年4月から平成9年3月の間に NTIS データベースから入手した文献データより選択したものです。文献の入手に関するお問い合わせは MRI 情報ネットワーク (株) NTIS サービス部 (電話番号: 03-3277-0793) にお願ひします。

〔騒音〕

●測定

N96-26574/9/XAB Hover Acoustic Characteristics of the XV-15 with Advanced Technology Blades, 27 May 93

●評価

N19960045469/XAB Assessment of Commuter Aircraft Noise Impact, 1 Jun 96

N19960045293/XAB Comparison of the Performance of Noise Metrics as Predictions of the Annoyance of Stage 2 and Stage 3 Aircraft Overflights, 1 Jul 96

●予測

PB96-154224/XAB Riga International Airport. Noise Calculation, 18 Sep 95

N96-25303/4/XAB Prop Rotor Acoustics for Conceptual Design (Final Report), 1 Apr 96

N96-25336/4/XAB Radiated Noise from Isotropic Turbulence and Heated Jets, 1 Dec 95

N96-24055/1/XAB Prop Rotor Acoustics for Conceptual Design (Final Report), 1 Apr 96

AD-A306 586/9/XAB Software Development Plan for the Assessment System for Aircraft Noise, Version 2.0 (Final rept), Feb 96

N96-26590/5/XAB Direct Computation of Sound Radiation by Jet Flow Using Large-Scale Equations, 1 Mar 95

N96-26252/2/XAB Aeroacoustic Codes for Rotor Harmonic and Bvi Noise—Camrad. MOD1/Hires, 1 Jan 96

AD-A308 802/8/XAB Single Event Noise Model (SENM) Description and User's Guide (Final rept. Aug 93-Jul 95), May 96

AD-A310 795/0/XAB Feasibility Analysis of a Noisemap Calculation Procedure for Helicopter and VTOL Aircraft Noise Exposure (Rept. for

May 93-Feb 94), Jun 96

AD-A310 616/8/XAB Routemap Version 2.0: Military Training Route Noise Model User's Manual (Final technical rept. May 92-Aug 95), Jun 96

N96-29625/6/XAB Use of Linearized Euler Equations in the Prediction of Jet Noise, 1 May 95

N 19960042711/XAB Aircraft Noise Prediction Program (ANOPP) Fan Noise Prediction for Small Engines, 1 Apr 96

N19960047313/XAB Validation of Aircraft Noise Models at Lower Levels of Exposure, 1 Jun 96

●対策

AD-A302 568/1/XAB Summary Highlights of the Advanced Rotorcraft Transmission (ART) Program, 8 Jul 92

TIB B96-01841/XAB Concept study for demonstrating the noise reduction of propeller-driven General Aviation airplanes, which is feasible in accordance with the state of the art, Aug 95

N96-21660/1/XAB Large-Eddy Simulation of Turbulent Wall-Pressure Fluctuations, 1 Feb 96

TIB/A96-02866/XAB Concept study into the environmental situation of Rhein/Main Airport, Frankfurt/Main, 1993

PB96-869409/XAB Noise Control and Abatement: Transportation Systems and Heavy Industry. (Latest Citations from Information Services in Mechanical Engineering Database), Apr 96

AD-D017 809/5/XAB System for Determining an Interior or Exterior Acoustic Noise Level of an Enclosed Structure and Noise Reduction Device Incorporating Such System (Patent Application), 31 Oct 95

N96-24504/8/XAB Aerodynamic Requirements for BVI Noise Control (Final Report), 1 Apr 96

PB96-211339/XAB Conceptual Study of Advanced VTOL Transport Aircraft Engine (Technical rept), Apr 96

N96-29094/5/XAB Genetic Algorithms in Conce-

* United States government reports for aviation environment; selections from NTIS Database

** Library, Aviation Environment Research Center

- ptual Design of a Light-Weight, Low-Noise, Tilt-Rotor Aircraft (Final Report), 1 Jun 96
- N96-30814/3/XAB** Genetic Algorithms in Conceptual Design of a Light-Weight, Low-Noise, Tilt-Rotor Aircraft (Final Report), 1 Jun 96
- PB97-851877/XAB** Noise Control for Aircraft. (Latest citations from the INSPEC Database (Published Search), Nov 96
- PB97 - 853337/XAB** Aircraft Gas Turbine Engines : Noise Reduction and Vibration Control. (Latest citations from Information Services in Mechanical Engineering Database) (Published Search), Dec 96
- TIB/B96-06529/XAB** Aeroacoustic design of a 6-blade propeller. Part of the project 'Low-noise propeller-driven airplane', Nov 95
- AD - A317 573/4/XAB** NOISENET : A Noise Monitoring and Noise Data Management System for Airbases (Final rept. Mar 93-Apr 96), Oct 96
- 土地利用
- MIC-96-06745/XAB** Noise assessment criteria in land use planning, C1995
- 機内騒音
- AD-A302 172/2/XAB** Communication and Noise Hazard Survey of CH-47D Crewmembers (Final rept), Nov 95
- AD - A304 622/4/XAB** Communication Earplug and Active Noise Reduction : Hearing Protection Technologies for Air Warrior (Final rept), Apr 95
- 騒音機構
- N96-23167/5/XAB** Aeroacoustics of Turbulent High-Speed Jets (Final Report), 1 Mar 96
- N96-25337/2/XAB** Aerodynamic Sound of Flow past an Airfoil, 1 Dec 95
- N96-24573/3/XAB** Aeroacoustic Analysis of Turbofan Noise Generation (Final Report), 1 Mar 96
- N96-26563/2/XAB** Refraction and Shielding of Noise in Non-Axisymmetric Jets (Final Report), 1 May 96
- N96-29181/0/XAB** Computational Study of a Contoured Plug-Nozzle as a Supersonic Jet Noise Suppressor (Final Report), 1 Jun 96
- AD-A311 288/5/XAB** Active Noise Reduction: Their Interaction with Very Low Frequency Acoustic Energy, Aug 94
- N19960045755/XAB** Nonlinear Stability of Supersonic Jets, 1 Sep 96
- 人体影響
- PB96 - 868120/XAB** Noise Induced Hearing Impairment and Loss. (Latest citations from Pollution Abstracts) (Published Search), Apr 96
- N96-22325/0/XAB** Noise-Induced Sleep Disturbance in Residences Near Two Civil Airports (Final Report), 1 Dec 95
- PB96-872445/XAB** Behavior and Physiological Effects of Noise. (Latest citations from the NTIS Bibliographic Database) (Published Search), Aug 96
- PB97-124044/XAB** Community Response to High-Energy Impulsive Sounds: An Assessment of the Field since 1981, C1996
- 生物影響
- AD-A303 873/4/XAB** Behavioral and Physiological Responses of Horses to Simulated Aircraft Noise (Final rept. Dec 89-Jan 91), Jan 91
- AD-A305 234/7/XAB** Effects of Military Noise on Wildlife. A Literature Review (Final rept), Jan 96
- ヘリコプター
- N96-19055/8/XAB** Reduction of Blade-Vortex Interaction (BVI) Noise Through X-Force Control, 1 Sep 95
- AD - A302 685/3/XAB** Boeing Helicopters Advanced Rotorcraft Transmission (ART) Program Summary of Component Tests, 8 Jul 92
- PB96-163183/XAB** Effect of Blade Tip Planform on Shock Wave of Advancing Helicopter Blade (Technical rept), C1995
- AD-A302 897/4/XAB** Preparation for Testing a Full Scale OH-6A Rotor System with HHC Installed (Master's thesis), Jun 95
- AD-A304 104/3/XAB** Directionality of Helicopter Noise and Its Exploitation (Final technical rept), Jan 96
- N96-21271/7/XAB** Flow Structure Generated by Perpendicular Blade-Vortex Interaction and Implications for Helicopter Noise Prediction. Volume 1: Measurements (period ending 18 Jan. 1996), 1 Jan 96
- N96 - 22308/6/XAB** Efficient Helicopter Aerodynamic and Aeroacoustic Predictions on Parallel Computers, 1 Jan 96
- N96-22286/4/XAB** Efficient and Robust Method for Predicting Helicopter Rotor High-Speed Impulsive Noise, 1 Jan 96
- DE96010692/XAB** Airborne sunphotometer for use with helicopters, Apr 96
- AD-A310 560/8/XAB** Comparison Between the Scanning Fast-Field Program and Helicopter Data (Final rept), Dec 95
- N19960045625/XAB** New Computational Methods for the Prediction and Analysis of Helicopter Noise, 1 May 96
- ソニックブーム
- N96-24087/4/XAB** Response of a Panel Structure Forced by the Noise from a Nearly Sonic Jet, 1

Feb 96

●その他

PB96-177456/XAB Proceedings of the NAL Symposium on Aircraft Computational Aerodynamics (13th). Held in Tokyo, Japan on June 7-9, 1995, C1996

N96-26387/6/XAB Research and Training Activities for the Joint Institute for Aeronautics and Acoustics (Annual Report), 1 Jul 95

TIB/B96-04698/XAB First joint CEAS/AIAA aeroacoustics conference. Proceedings. Vol. 1, 1995

TIB/B96-04697/XAB First joint CEAS/AIAA aeroacoustics conference. Proceedings. Vol. 2, 1995

AD-A316 869/7/XAB Full-Scale S-76 Rotor Performance and Loads at Low Speeds in the NASA Ames 80- by 120-Foot Wind Tunnel. Volume 1 (Technical memo), Apr 96

〔大気汚染〕

●測定

N96-19232/3/XAB Report to the Chairman, Subcommittee on Oversight and Investigations, Committee on Energy and Commerce, House of Representatives. Air Pollution: Faa'Sreliance on Manufacturers for Jet Engine Emission Testing, 13 Jul 94

TIB/B96-02291/XAB Aircraft measurements on the formation and dilution of contrails. (Final report), 1995

TIB/B96-02263/XAB In-flight measurements of cruise altitude nitric oxide emission indices of commercial jet aircraft, Dec 95

N96-22315/1/XAB Counting Particles Emitted by Stratospheric Aircraft and Measuring Size of Particles Emitted by Stratospheric Aircraft (Final Report, 1 May 1990-31 Dec. 1992), 19 Apr 94

DE96740826/XAB Aircraft measurements on the formation and dilution of contrails. (Final report), 1995

TIB/B96-05110/XAB Colors of contrails from fuels with different sulfur contents, Mar 96

DE96767749/XAB In-flight measurements of cruise altitude nitric oxide emission indices of commercial jet aircraft, Dec 95

TIB/B96-06433/XAB In situ observations of airtraffic emission signatures in the North Atlantic flight corridor, Jul 96

TIB/A96-06510/XAB Detection of trace gases from aircraft emissions using infrared spectroscopic telemetry methods. (Final report), Aug 95

●分析

N19960045921/XAB Gas Chromatograph/Mass Spectrometer System for Ultralow-Emission Combustor Exhaust Studies, 1 Jun 96

AD-A318 391/0/XAB Formation and Emission of Nitrogen Oxide in Gas Turbine Engines: Plume Effluent Characteristics of TF30-P111+ and TF33-P9 Engines (Final technical rept. 1 Nov-17 Dec 93), 30 Jun 96

●予測

N96-19053/3/XAB Jet Aircraft Engine Emissions Database Development: 1992 Military, Charter, and Nonscheduled Traffic, 1 Nov 95

PB96-168109/XAB Changes in Tropospheric NO_x and O₃ Due to Subsonic Aircraft Emissions (Scientific rept), Feb 95

TIB/B96-02265/XAB Simulating the global atmospheric response to aircraft water vapour emissions and contrails. A first approach using a GCM, Oct 95

N96-24506/3/XAB Aircraft Emission Inventories Projected in Year 2015 for a High Speed Civil Transport (HSCT) Universal Airline Network (Final Report), 1 Jul 95

N96-26520/2/XAB High-Speed Civil Transport Forecast: Simulated Airlines Scenarios for Mach 1.6, Mach 2.0, and Mach 2.4 Configurations for Year 2015, 1 Mar 96

●対策

AD-A307 000/0/XAB Non-Ozone Depleting Supercritical Cleaning Fluids: Design, Fabrication, and Operation of First Preproduction Natural Convection Device (Final rept. 15 Nov 93-15 Dec 95), Dec 95

●空港及び周辺の調査

PB96-177712/XAB Analysis of Soil and House Dust for Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (Final rept. Jul 95-Jan 96), 1996

●大気質に及ぼす影響

N96-17772/0/XAB 1995 Scientific Assessment of the Atmospheric Effects of Stratospheric Aircraft, 1 Nov 95

N96-17772/0/XAB 1995 Scientific Assessment of the Atmospheric Effects of Stratospheric Aircraft, 1 Nov 95

N96-18725/7/XAB Development of Techniques for the in Situ Observation of OH and HO₂ for Studies of the Impact of High-Altitude Supersonic Aircraft on the Stratosphere (Final Report, 1 Aug. 1990-31 Jul. 1993), 8 Sep 94

DE96740908/XAB Simulating the global atmospheric response to aircraft water vapor emissions and contrails. A first approach using a GCM,

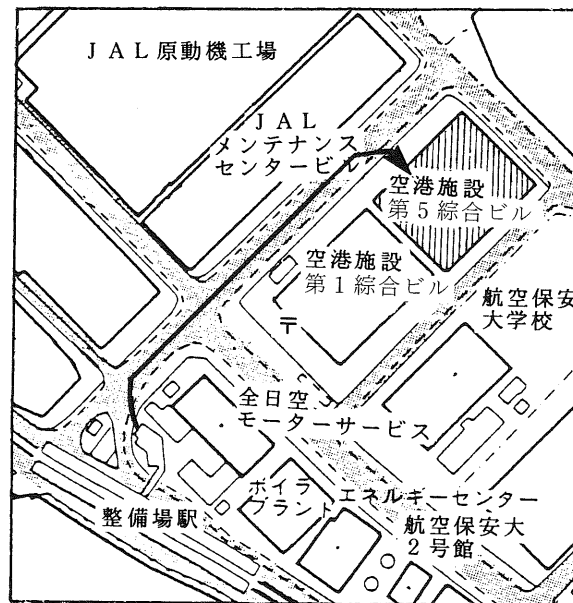
- Oct 95
- N96-28530/9/XAB** Atmospheric Effects of Aviation: First Report of Subsonic Assessment Project, 1 May 96
- DE96010830/XAB** O₃ and stratospheric H₂O radiative forcing resulting from a supersonic jet transport emission scenario, Jan 96
- DE96013679/XAB** Technical support for the measurements of atmospheric gas constituents. (Final report) (PROGRESS REPT), 1996
- AD-A314 312/0/XAB** Experimental Characterization of Gas Turbine Emissions at Simulated Flight Altitude Conditions (Final rept. Jan 95-Apr 96), Sep 96
- TIB/A96-05523/XAB** Study on the regional and global rise in NO(x) and non-methane hydrocarbon concentrations in the upper troposphere and lower stratosphere as a consequence of airplane emissions. (Final report), 5 Jan 96
- TIB/A96-05336/XAB** Three-dimensional calculation of the propagation of aircraft emissions using a global circulation model. Phase 1. (Final report), 27 Oct 95
- TIB/A96-06088/XAB** Calculation of the emission distribution and its trends. (Final report), Pt. 1. (Technical report), Jan 96
- DE97700427/XAB** Study on the regional and global rise in NO (sub x) and non-methane hydrocarbon concentrations in the upper troposphere and lower stratosphere as a consequence of airplane emissions. (Final report), 5 Jan 96
- N19960041243/XAB** DC-8 Scanning Lidar Characterization of Aircraft Contrails and Cirrus Clouds (Semiannual Report), 13 Aug 96
- AD-A317 787/0/XAB** Atmospheric Chemistry of Coating Systems (Final rept. Nov 95-Jul 96), Oct 96
- DE97712746/XAB** Contributions of aircraft emissions to the atmospheric NO (sub x) content, Feb 96
- 排出機構
- N96 - 22187/4/XAB** Aircraft - Borne, Laser - Induced Fluorescence Instrument for the in Situ Detection of Hydroxyl and Hydroperoxyl Radicals, 1 Jan 95
- DE96740916/XAB** Conditions for contrail formation from aircraft exhausts, Oct 95
- TIB/B96-06441/XAB** Large-eddy-simulation of contrails, Jul 96
- DE97712967/XAB** Large-eddy-simulation of contrails, Jul 96
- 人体影響
- PB97-142210/XAB** Public-Sector Aviation Issues Graduate Research Award Papers 1994-1995 (Transportation research record), Jul 96
- その他
- TIB/B96 - 02815/XAB** Identification of discrepancies in international statistics concerning the global annual aviation fuel consumption and the "Missing Fuel" in calculations by NASA to the global cadastral survey of emissions from aviation, 1995
- N96-30529/7/XAB** Scheduled Civil Aircraft Emission Inventories for 1976 and 1984: Database Development and Analysis (Final Report), 1 Jun 96
- N96-30911/7/XAB** Scheduled Civil Aircraft Emission Inventories for 1992: Database Development and Analysis (Final Report), 1 Apr 96
- DE96785808/XAB** Colors of contrails from fuels with different sulfur contents, Mar 96

編集後記 事務局より

昨年2月に創刊号を発行し、今回ようやく第2号を皆様にお届け出来るようになりました。私どもの研究センターは、先端的な研究を行うよりも身近な日常の公害問題に関する調査研究が役目と考えており、本誌も現実的な事項に目を向け、なるべく多くの方々に興味をもって頂けるようそれぞれの専門家に執筆をお願い致しました。前回にもお願いしましたが、ご覧頂いた後で感想とかご意見、或いは次号への投稿ご希望などをお聴かせ願えれば幸いです。

なお、第2号作成にあたり、表紙のデザインを変更すべきか否か、議論致しましたが、創刊号での評判がよかったので、読者の皆様への「馴染み」も考え、色ともども変更しないことに致しました。但し、表紙中ほどの発行番号と出版年を大きくしましたのでご判別ください。
(仰山)

連絡先：編集事務局 (鈴木彰, 仰山博文)



航空環境研究センター案内図

航空環境研究 第2号 平成10年3月2日印刷 平成10年3月5日発行 ©1998

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)

CONTENTS

COMMENTS

- Comments on current events Aircraft noise and Disclosure of information Yasuo Tokita 1

FOCUSES

- Circumstances of revising International Standard ISO 3891 for the measurement and evaluation of aircraft noise heard on the ground Ichiro Yamada 3
- Aircraft Engine R&D Activities for Environmental Protection Teiichi Tamaki 10
- Evaluation of Aircraft Noise and Habituation Seiichiro Namba 16

RESEARCH REPORTS

- Statistic analysis on health check data of people living around Fukuoka International Airport Kyoichi Goto 25
Tetsuya Kaneko
Seiichiro Yamazaki
- Simulation for the diffusion of aircraft emissions around airport Masao Shibata 32
Minoru Mizushima
Osayuki Yokoyama
Koji Suzuki
- Problems on Unattended Aircraft Noise Measurements Yasunori Ohnuma 48
- Problems about the Investigation of TV Reception Interference Takashi Wakuri 52

DOMESTIC AND FOREIGN REPORTS

- Trends of ICAO/CAEP (Aircraft noise) —Summary of the third WG1 meeting— Hisashi Yoshioka 57
- Trends of ICAO/CAEP (Aircraft emissions) Masao Shibata 61
- Report of Inter Noise 97 Yasuo Tokita 73
- Outline of International Standard for Measurement Instruments of Aircraft Noise Certification Hiroaki Takinami 78

CURRENT TOPICS

- Aircraft Noise in the Vicinity of Airports Masaki Arinobu 82
- Environmental Requirement for Aircraft Ayumu Kitazawa 84
- The constructional process of Kansai International Airport and the construction of second runway Takehiko Takemoto 86
- Outline of Environmental Impacts on the Chubu International Airport Katsuyuki Sato 89
- The Tangle of Air Pollution and Noise Problem Kazuyoshi Kawada 93

ESSAY

- The Noise Control on Aircraft Cabin Junkichi Murabayashi 96
- Comments on Articles relating Environmental Issues Koji Suzuki 99

ACTIVITIES OF AERC

- Annual activities of Aviation Environment Research Center Akira Suzuki 101

REPORT INFORMATION

- United States government reports for aviation environment; selections from NTIS Database Hirofumi Ohgyama 103
-

Airport Environment Improvement Foundation

Aviation Environment Research Center

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