

航空環境研究



The Journal of Aviation Environment Research

No. 1, 1997

挨拶

「航空環境研究」発刊に当って ……時田保夫 1

発刊に当って

最近思うこと ……岩村 敬 2

航空輸送産業と地球環境問題 ……原 貞夫 3

総説

航空機騒音の環境基準をめぐる課題について
……五十嵐寿一 4

排ガスの拡散と熱対流現象 ……横山長之 9

航空機騒音の睡眠影響 ……長田泰公 15

研究報告

ヘリコプター騒音証明とその証明手順の
簡易化に関する検討 ……吉岡 序 24

長期間にわたる都市型空港周辺環境大気
の変動と航空機排出ガスの影響—大阪
国際空港を例として—
……柴田正夫・古泉政市・水島 実・
勝田信二・柳沢三郎・鈴木孝治 30

騒音評価に及ぼす主体要因—主観的環境
評価と個人要因の関連性—
……後藤恭一・金子哲也 43

内外の動き

ICAO/CAEP の動向 (航空機騒音) ……吉岡 序 51

ICAO/CAEP の動向 (航空機排出ガス)
……柴田正夫 56

IATA の動向 ……中尾純夫 68

ICCAIA の動向 ……中村良也 71

Inter Noise 96 ……時田保夫 76

航空環境を取り巻く話題

航空会社のCO₂排出抑制への取組み…山崎武行 79

ナリタの環境, 最近の動きから……辻 信雄 81

エッセイ

書評: “Aircraft Noise” ……村林淳吉 83

関西人のモラル……川田和良 84

研究センター活動報告

研究センターの動き 85

文献情報

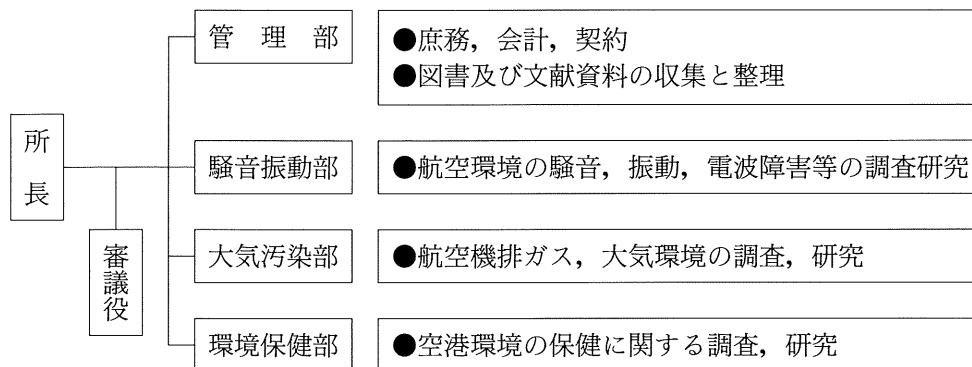
航空環境関連文献情報 (米国政府出版物
データベースより) ……中村千都世 87

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。



「航空環境研究」発刊に当たって*

時 田 保 夫**

1974年に空港環境整備協会の前身である航空公害防止協会の機関誌として、「航空公害・研究と対策」という冊子を刊行し、一年に1~2号を発刊してまいりました。

昭和40年代は、産業優先の高度成長の付けが公害として現れ、民間航空輸送でも、大量高速輸送のニーズに対応するべくジェット機の導入が行われ、海外でも航空機騒音問題が大きく検討され始めた時期に当たります。

国民の生活環境を守るために環境庁が設置されて、各種環境基準が決められてきたのもこの頃です。当協会にも研究調査センターが設置され、航空行政の技術的なサポート機関として動き始めた時期に当たります。

航空機は、これを利用する人たちにとっては極めて利便性の大きな輸送機関ですが、空港周辺の住民にとっては、騒音や大気汚染などで日常生活に大変な障害を及ぼします。

航空機騒音問題は、発生源の航空機と受け手の住民の間に音を遮るものとしては、建物の他は僅かに樹木や土手のような遮蔽物しかありません。そのためこの問題の解決のためには、音源対策は勿論、航空機の飛行・運航方式、周辺の土地利用計画、建物の遮音対策など、多くの技術的な手法が使われておりますし、各種の研究も新しい技術の開発とともになされてきております。さらに航空機の排ガスに関しては、空港周辺という狭い範囲だけでなく地球環境の問題にまで広がってきております。このような航空をとりまく環境の変化に対応出来ますよう、此の度私共は航空局や研究者、航空環境に関係のある方々のご協力をいただき、これまで航空環境問題の歩んで来た歴史や、最近の事情、更に当研究センターの活動も併せて御紹介できますよう、この機関誌を上梓することにいたしました。

本号はこれまでの航空環境問題に関して、多くの諸先輩が築いてこられました成果の集積も含めて執筆をお願いいたしました。

これからも、総合的に航空環境という視点で、この問題に関係する方々に大いに裨益することの出来るような息の長い研究誌に育てたいと思っております。

本誌に関しては、皆様方からのご要望も入れて、今後の本誌の内容に反映させたいと思っておりますので、忌憚のないご意見とご叱正を頂きたく、お願い申し上げます。

* For the start of the Journal,
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

発刊にあたって

最近思うこと*

岩村 敬**

最近、空港の環境問題に対する世間の関心が薄れたように思うのは私だけだろうか。大阪国際空港について飛行差し止めの訴訟が提起され、廃港の決議が地方議会で採択され、軒先をかすめ飛ぶ（ように撮影された）ジャンボ機に皆が驚き、空港問題が即環境問題であったのが嘘のような昨今である。最近では騒音対策は終わった、特別着陸料はもういらぬといった声すら聞かれる。

なるほど、空港周辺の環境対策が進み、騒音が少ない新型の飛行機が次々と導入され、空港周辺の騒音問題は飛躍的に改善されてきている。また、市街地を避けて、山の中や海の中へと空港が移設されたことによって、旅客の皆さんには不便を強いることとなったが、騒音問題は抜本的に解決された。これらの対策が進んだことにより環境対策に投じられる費用は、空港投資の40パーセント以上に達した昭和50年代に比べれば、大幅に減っている。とは言え、今なお大阪国際空港だけで270億円もの巨費が投じられている事実を知る人は少ない。余談ながら、これまでに同空港の騒音対策に使われた費用が国費だけでも6800億円に上ることを知らない人や忘れた人が多いのも驚きである。最近では、福岡空港や名古屋空港で便数の増加に伴い、以

前にもまして騒音対策に力を入れる必要が高まっている。また、飛行機がいくら静かになったとはいえ、滑走路の直近では90 dBを超える激しい騒音に曝されるわけであり、空港が内陸に設置される限り騒音対策は疎かにできない。決して騒音対策はもういらぬ等とは言えないのが現実の姿である。

騒音の問題とは異なるが、空港周辺の環境問題として最近ウエートが高まりつつあるのが、空港周辺の土地利用の問題である。騒音対策の一環として移転をお願いした住宅などの跡地が、空き地として無秩序に残され、街の荒廃につながっているとの指摘が周辺自治体からなされている。騒音対策に一定の成果が上がっている今日、この問題にも積極的に取り組んでいく必要がある。具体的には空港の設置者は、周辺の自治体が行う街作りに積極的に協力し、空港と周辺の街とが真の共生を図れるよう努力することが重要である。

関西空港が開港して2年、大阪国際空港は発着する飛行機が大幅に減り、周辺の自治体からは街がさびれてしまったとの声も聞こえてくる。空港と街とが対立する関係から共生する関係へと変化する最初の機会が伊丹周辺にやっと訪れたように思う。他の空港も同様であるが、空港が周辺の地域から愛され、利用されるよう運輸省としても空港周辺の環境対策にこれまで以上積極的に取り組んでいきたいと思う。

* To my way of thinking recently,
by Satoshi Iwamura (Director General of the
Aerodrome Department, Civil Aviation Bureau,
Ministry of Transport).

** 運輸省航空局飛行場部長

発刊にあたって

航空輸送産業と地球環境問題*

原 貞 夫**

火山噴火で崩壊したエーゲ文明の中心地クノッソス、あるいはイタリアのポンペイの例もあるが、古代文明の栄えたメソポタミア・敦煌は現在砂漠の中に存在している。しかしながら、その当時より砂漠であったのではなく、森林伐採による自然破壊が砂漠化をもたらしたのではなかったか。

地球環境を考える場合、地球誕生以来、氷河期などを含め激しい変動を経験してきているが、基本的に自然は動物をはじめとして適者生存のサイクルが効果的になされ、人類だけが地球を汚染し、破壊しつづけていると言っても過言ではなかろう。フロン問題などは、その典型的な例で、宇宙まで含めた地球規模での評価をせずに、単純に人類にとって至極便利なものとして自然界に存在しない物質を作り出した責任は重く、明らかに人為的な環境破壊と言える。

しかし、我々が小学生であったころの自然循環型社会にまで回帰することは不可能な以上、また、地球近くに移住し得る惑星が存在しない以上、我々の世代で地球環境破壊進行に終止符を打つことが是非とも必要であることは論を待たない。

この時期に、航空環境全般にわたる研究誌として『航空環境研究』が発刊されることになったことは、誠に時宜を得たものと思われる。

そこで、航空輸送事業における地球環境問題への取り組みについて日頃考えていることを述べてみたい。

航空輸送事業は、基本的には現在のファーストクラス利用者を対象に発展しつづけてきた。従って当然のことながら船舶、電車などの代替交通機関と「競存」してきたが、今や場合によっては、一般公共の輸送手段として相当の社会的使命を果たさなければならない時代にある。従って、航空による海外観光にしても人間としての生活の一部になりつつあり、豪華客船によるデラックス旅行の復活はあっても、航空輸送が更なる発展を続けることは明白であろう。

このような状況から、地球温暖化の元凶とされる二酸化炭素排出量のうち航空輸送によるものがたとえ0.6%（運輸省データ）であったとしても、有限である化石燃料に代るエネルギー源の見込みが近未来に予期されない以上、また高度10,000メートル上空での汚染源が航空輸送のみにあることを念頭に、率先して森林保護、植林活動をはじめとする環境改善に取り組まなければならない。空港をとりまく騒音環境にしても、一時に比較して飛躍的に改善されつつある。しかしながら21世紀は、人間性回復の世紀として定義づけられており、交通機関としての安全性向上のみならず、直接航空輸送の恩恵に浴しない空港周辺住民の方々への大気汚染、騒音環境改善についてたゆみない努力を継続しなければならないと実感している。

* Air transportation industry and global environment problems,
by Sadao Hara (Senior Vice President, Japan Airlines).

** 日本航空(株)取締役

航空機騒音の環境基準をめぐる課題について*

五十嵐 寿 一**

1. 航空機騒音問題の背景

第二次大戦の頃から開発が進められていたジェット機を、戦後、民間航空に導入することになったが、従来のプロペラ機に比べて異常にうるさく、発生騒音の軽減について多くの研究が進められた。K. D. Kryter はジェット機の騒音を評価するために、新しく、PNL という評価尺度を提案した。また、M. J. Lighthill はジェット気流から発生する騒音が、気流速度の 8 乗に比例することを理論的に導いた。これが後にファンエンジンを開発する有力な基礎になり、その後ジェット機についての騒音対策に大きく貢献している。このように、ジェット機の発生する騒音に対する測定評価方法と対策が重要な課題として浮上し、英国では、ヒースロー空港周辺の航空機騒音に関する調査を行なって、“Wilson Report” (1963, 1971)¹⁾ をまとめている。ここでは、空港周辺における騒音暴露量として、PNL を採用した指標 NNI がはじめて提案され、NNI に基づいた騒音コンターが作成されている。米国では、NASA, FAA が中心になって航空機騒音に対する対策を検討し、空港周辺における土地利用のための指標として、CNR (Composite Noise Rating)

を用いることにしていたが、後に NEF (Noise Exposure Forecast) に変更した。一方、ICAO (国際民間航空連盟) もジェット機の騒音が、将来、航空交通の発展に大きな障害になることを憂慮し、1959 年、ISO (国際標準機構) に対して、航空機騒音の測定評価方法について規格の制定を要請するとともに、航空機の騒音証明制度、騒音軽減運航方式及び土地利用方策についても独自に審議を行っていた。さらにこれらに関する航空機騒音特別会議を 1969 年、カナダのモントリオールにおいて、世界 29 ヶ国を召集して行った。会議の詳細は「ICAO 航空機騒音特別会議」報告²⁾にある。この中で、航空機騒音に関する証明制度は、航空機騒音の軽減に大きく貢献した。また空港周辺の土地利用について、各国が各種の指標を使用していることから、ICAO は新しく WECPNL を提案し、この指標に換算して比較することと、今後指標を新しく設定する国は、WECPNL を採用するよう勧告を行っていた。

2. 航空機騒音に係る環境基準³⁾

航空機騒音に係る環境基準は、昭和 45 年、新幹線騒音とともに特殊騒音として審議が進められた。当時、国内においても、ジェット機の民間空港への乗り入れによって、東京羽田空港初め、大阪空港において騒音問題が深刻化していた。この審議の直前、ICAO において航空機騒音に関する詳細な報告書が作成されていたので、この報告書と大阪空港にお

* Environmental standard on aircraft noise and its related problems,
by Juichi Igarashi (Kobayasi Institute of Physical Research)

** (財)小林理学研究所

ける調査結果等が主要な参考資料であった。またこの審議で特に議論の対象になったのは、特殊騒音としての環境基準の性格と航空機騒音の評価指標の選択であった。

2.1 環境基準の性格：航空機騒音に係る環境基準については、最初にその性格について論議されたが、その主要な論点、「性格(1)」及び各種資料の検討を行った後、再び述べられた意見、「性格(2)」を改めて取り上げ、基準設定との関係及びそれ以来20数年を経過した現時点においても未解決な課題について考察してみることにする。

ここで◎はこの項目に対する基準設定の際の結論と今後の課題と考えられる点である。

「性格(1)」

(a) 特殊騒音である航空機騒音も一般環境と同様な考え方でよいか、あるいは許容基準、補償基準のようなものになるか。

◎当時の航空機騒音の状況から、種々の議論はあったが、ほぼ一般環境と同様の望ましい基準として設定された。

(b) 屋外基準ではなく、屋内基準のようなものになるか、

◎家屋構造の相違や屋内で発生する騒音の影響があるので、屋外における騒音レベルによって評価することになっている。この場合、当時の状況から、家屋の遮音を10dBと推定しているので、今後、現在の家屋の遮音量とともに、航空機騒音による屋内環境の検討も必要である。

(c) 基準は新設家屋には適用できるとしても、既設家屋については防音設備に対する補償が必要であろう。

◎現在、既設住宅の地域がWECPNL 75を超過しているときに防音工事による保障が行われている。基準を超過している地域における新設住宅の制限、あるいは防音工事を義務づけるようにはなっていない。

(d) 基準は損失補償の意味はないので、法律的には使われないが、地裁で使われる可能

性はあるかもしれない。

◎直接損失補償の意味では使われないが、裁判において判断の基準として使われている。

(e) 基準達成の方法については、技術的問題を指摘しておき、その適用は審議会の部会または行政に任せることにしてはどうか、

◎基準の答申に際し、達成期間及び対策も含めることになった。

「性格(2)」

(a) 基準は新設の空港に限らず、現存の空港、基地に適用できるか、

◎現在、一日の運航回数10以上のすべての空港・基地に適用することになっている。

(b) 基準は事業者及び住民にとって負担が公平でなければならない。

◎これは、環境基準とは別の問題で、事業者側の対策の努力と騒音を受ける側の騒音を容認する態度(許容できる範囲)に対する考え方で、土地利用の基本である。

(c) 土地利用が制約されない地域の基準が環境基準と考えられるが、達成が困難でもその見通しを明らかにしておく。

◎環境基準は土地利用の制約されない地域の基準として設定されたが、航空機騒音の特殊性から、防音工事による土地利用も含めて対策を行う必要がある。

(d) 環境基準は、現状の技術のみならず相当の努力をすれば達成可能であるという前提に立った望ましい基準でなければならない。

主要空港における基準の達成期間としては10年程度を目標とし、基準は現在の技術を前提としたゴールと考えて対策を実施するが、同時に土地利用も積極的に進める必要がある。

◎土地利用は航空機騒音対策の柱とされたが、土地の規制等は法的な制約があるので、その法制化は今後の重要な課題である。

土地利用としては、騒音と両立する施設として土地を有効に利用することと、住宅の防

音工事による土地の利用があり、基準を超過している地域については、既設住宅の防音工事とともに新設住宅に遮音を義務づける制度も必要であろう。

(e) 海外の資料を参考にし、国際的に通用する基準を作る必要がある。

◎基準は国際的にみてほぼ同水準で設定されているが、最近海外では、評価指標を等価騒音レベルに統一する傾向にあるので、再検討が必要である。

(f) 他の騒音との整合性を考慮すべきである。

◎等価騒音レベルに変換して整合性の検討は行われたが、評価方法の相違等によって、厳密には整合しているとは言えない。

2.2 WECPNL を採用した理由

航空機騒音は間欠音なので、ピークレベル、発生頻度を含む評価が必要で、これを一つの指標で表すために、主として WECPNL と NNI について比較検討が行われ、次のような理由から WECPNL とすることになった。

1) 航空機の国際性を考慮し、ICAO の提案による WECPNL とする。

2) NNI と WECPNL は運航回数の評価が若干異なるが、通常の空港における運航回数の範囲では本質的な差がない。また、その後の英国における調査¹⁰⁾によると、測定時期等によって回数¹⁰⁾の係数 15 が、これと著しく異なることもあること。

以上のような理由から航空機騒音に対する環境基準の指標を WECPNL とすることになったが、ICAO 方式の WECPNL は、PNL の算出と特異音補正のために周波数分析を必要とする。従って、騒音計による測定結果から容易に WECPNL を求めるため、現行の簡易測定方法を採用することになった。

3. 国内における航空機騒音問題の経過

航空機騒音に係る環境基準の設定は、当初非常に困難であると考えられたが、ICAO において騒音証明制度が勧告され、将来大幅な騒音低減が見込まれること等もあって、その

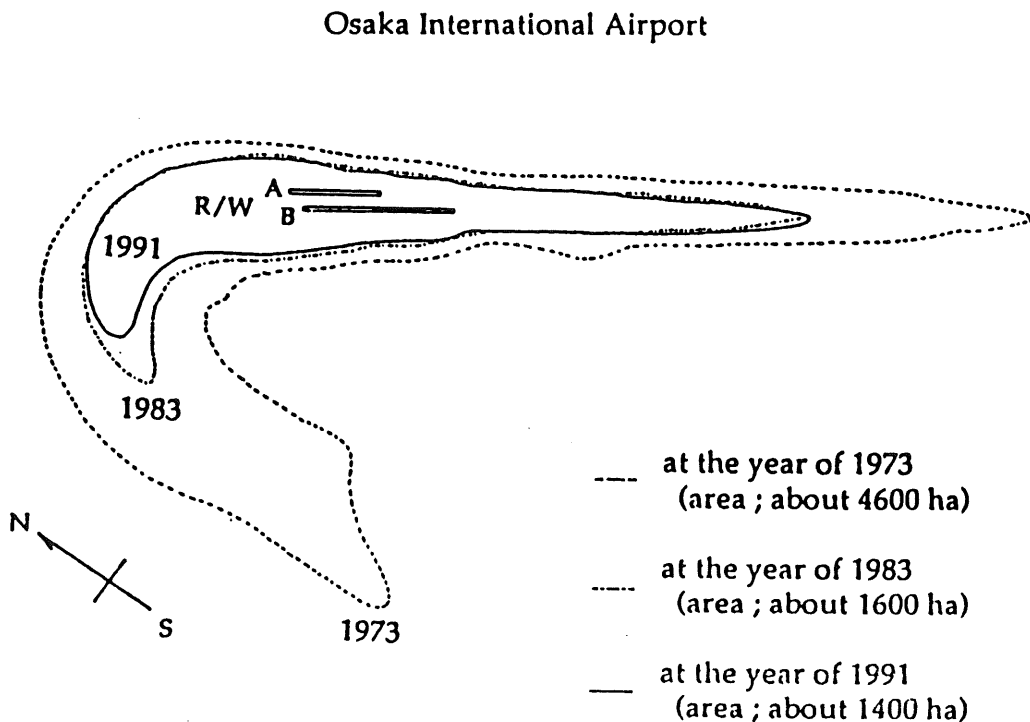


図 大阪空港における騒音コンター WECPNL 75 の推移 (北沢)

制定に踏み切ることになった。航空機騒音対策はこの環境基準を目標に実施され、特に被害が大きかった大阪空港周辺においても、WECPNL 75以上の地域については防音工事等によってほぼ対策が完了している。また、各空港周辺の環境は、主として低騒音機の導入によって著しく改善された。図⁴⁾は、大阪空港における1973年、1983年及び1991年におけるWECPNL 75の騒音コンターで、この間面積でほぼ3分の1、騒音レベルで約10dB減少している。さらに、最近、関西新空港の開港によって、国際線と国内線の一部が新空港に移ったため騒音はさらに軽減されている。(推定3dB)

4. 諸外国における航空機騒音の規制

各国における航空機騒音に関する規制の現状は表⁵⁾で、異なった指標についてはこれを L_{Aeq} に変換してある。各国における環境改善の目標値は、ほぼ日本の基準と大差はないが、土地利用のため別途規制値を定めている国が多い。国際的には航空機騒音の評価指標を L_{Aeq} としている国が多く、米国はすでに従来使用していたNEFを L_{dn} に変更し、英国のNNIも1991年から L_{Aeq} に変更された。従って、WECPNLを採用している国として日本以外では2~3ヶ国(中国、イタリア等)に過ぎない。また、日本の指標は、ICAO本来の指標と異なることを理由にICAOは、土地利用に関する航空機騒音の指標として、航空機1機毎の騒音暴露量 L_{AE} から計算した等価騒音レベルに変更することとして、1985年のICAO Annex(付属書)からWECPNLの条項を削除した。ICAOにおいては、その後も騒音証明の基準の強化を実施し、新しく開発される航空機の騒音限度を改訂しているの、今後ICAOの動向にも注目して対応することが必要である。

表 各国の航空機騒音に対する基準値 (Gottlob)

| 国名 (評価指数) | L_{Aeq} | 規制 |
|-------------------------|-----------|---------------|
| オーストラリア (ANEF) | < 53 | 規制ナシ |
| | 53~58 | 新設住宅遮音 |
| | > 58 | 新設不許可 |
| カナダ (NEF) | ≤ 57 | 規制ナシ |
| | 60~62 | 新設住宅遮音 |
| | > 68 | 新設不許可 |
| フランス (IP) | < 62 | 制限ナシ |
| | 62~71 | 既設住宅遮音を要す |
| ドイツ (L_{Aeq}) | < 62 | 制限ナシ(州による) |
| | 67~75 | 新設住宅遮音を要す |
| | > 75 | 新設不可、既設住宅遮音援助 |
| 英国 ($L_{Aeq, 16}$) | < 55 | 制限ナシ |
| | 55~64 | 新設住宅遮音を要す |
| | > 64 | 新設住宅強い抑制 |
| | > 70 | 新設不可 |
| ノルウェー (EFN) | < 55 | 制限ナシ |
| | > 55 | 新住宅地域不許可 |
| | 55~65 | 遮音対策 |
| 米国 (L_{dn}) | ≤ 62 | 制限ナシ |
| | 62~67 | 開発は抑制 |
| | 67~72 | 開発は強く抑制 |
| | > 72 | 開発禁止 |
| 日本 (WECPNL) | < 54 | 制限ナシ |
| | > 69 | 遮音工事援助 |

5. 航空機騒音に関する今後の課題

航空機騒音に関する課題については、基準の性格に関連して上で述べたが、その主要な点とその他幾つかの事項をまとめておく。

1) 環境基準は、現状の技術のみならず相当の努力をすれば達成可能な望ましい基準としているが、航空機騒音の特殊性から、対策として新築住宅の抑制あるいは防音工事の義務づけ等の土地利用が不可欠である。基準設定の際に、主要空港における基準達成期間を10年としたのも、土地に関する法律の改訂を前提にしていた。

2) 基準設定にあたって、日本家屋の遮音

は平均10 dBであるとしたが、現在は20~25 dBである。従って、一般住宅の屋内環境は、基準設定の頃に比べて、格段に改善されている。今後、防音工事を実施する場合も含めて、航空機騒音の及ぼす屋内の環境についても調査を進める必要がある。外国においては、防音工事を行う場合の屋外騒音について、別途指針値を設定している例、あるいは屋外における騒音レベルに対応して家屋の必要遮音量を定めている国もある。

3) 空港周辺の騒音コンターは、通常予測計算によって作成されるが、実測及び騒音監視点の資料によって、その予測の適否(精度)を常に監視することが必要である。このためには予測精度の向上を図るとともに、実測値についてはその変動を注意深く監視し、変動する理由を把握することが必要である。

米国の各省連絡委員会 FICOM⁶⁾ は、航空機騒音が L_{dn} 65 dB (=WECPNL 78) 以上の地域について土地利用を規制しているが、この地域については、予測に比べて平均1.5 dB 以上の変化があるときに、その地域の評価を見直すことにしている。しかし、 L_{dn} 65 dB 以下 60 dB (=WECPNL 73) までの地域については、測定値の変動が大きく正確な値が得にくいことから、平均3 dB 以上の変化がある場合にのみ、必要があれば見直すとしているが、規制の対象にはしていない。

4) 航空機以外の他の騒音との基準値の整合性については、評価指標の相違もあり、かつそれぞれの基準値を5の倍数にして設定してあるので、今後各種騒音について L_{Aeq} に統一して検討することが必要である。特に、航空機騒音については、国際的な動向に沿って、日本の WECPNL も L_{Aeq} に変更する時

期にきている。この際、現行の WECPNL についての簡易測定方法の見直し(継続時間、時間帯補正等)も重要な課題である。

5) 現在、道路交通騒音について、時間率レベル、 L_{50} を L_{Aeq} に変換することが検討されているので、今後航空機、新幹線騒音とともに評価方法が統一されることになれば、都市における環境アセスメントが格段に容易になるものと思われる。

文 献

- 1) Wilson Report :
 - (a) Noise (1963)
 - (b) Aircraft Noise: Annoyance around London Airport (1967) Her Majesty's Stationary Office
- 2) (a) 「ICAO 航空機騒音特別会議」報告書昭和44年
 - (b) ICAO: Report of the Special Meeting on Aircraft Noise in the Vicinity of Aerodromes. ICAO Doc. 8857 (1969) ICAO Annex 16, Aircraft Noise.
- 3) 航空機騒音に係る環境基準の設定経過について 小林理研ニュース No. 20 (1988)
- 4) M. Kitazawa: Kansai International Airport, its the last solution to airport noise problem. Inter-Noise 94 (1994) p. 205
- 5) D. Gottlob: Regulation for Community Noise. Noise/News Vol. 3 (1995) p. p. 223-236
- 6) Policy Report: Federal Agency Review of Selected Airport. Report of FICOM: Vol. 1: Noise Analysis Issues. (1992)

著 者 略 歴

昭和16年3月、東京帝国大学理学部卒業。理学博士。東京大学教授、東京大学宇宙航空研究所所長、(財)小林理学研究所理事長、日本音響学会会長、日本騒音制御工学会会長、中央公害対策審議会騒音振動部会長、航空審議会委員を歴任。現在、東京大学名誉教授、(財)小林理学研究所名誉顧問。

排ガスの拡散と熱対流現象*

横 山 長 之**

1. はじめに

排ガスなどの煙の大気中における拡散は大気中の細かい変動, 乱流によって起こされる。低層大気中における乱流は熱対流と地表面摩擦によって主として作り出される。熱対流によって作られる乱流は, 対流の特別な構造のために拡散も独特の様相を呈する。これに対し摩擦が原因となって起こる乱流は素直な性質で, 拡散も単に濃度の高い方から低い方へ煙は運ばれる。また海岸線など地表面の性質が変わる所ではそこから内部境界層が形成され, それが拡散に影響を与える。空港周辺における航空機排出ガスの拡散にもこれらの現象は影響を及ぼすと考えられるが, 必ずしも現在使われている拡散モデルに正確にこれらの現象が取り入れられているとはいえない。これらの問題について紹介する。

2. 混合層中における拡散

風の強くない晴れた昼間, 日射で暖められた地表面から熱対流セルが上昇する。このような晴れた日には夜間温度逆転層などの安定層が形成されやすい。また, 低層大気は平均的に安定な温位勾配になっている。対流セルは周囲の空気と混合しながら熱を周囲に与

え, やがて上昇が停止する。熱対流セルの上昇が止まる平均的な高度までの層を混合層と呼んでいる。熱対流セルの上昇速度は1-2 m/sと比較的早いいため混合層中の温位はほぼ高度によらず一定な, 中立状態の分布になる。図-1に混合層が形成された場合の近似的な温位分布を示す。図中ハッチで示した部分が地表から運ばれた熱によって温度が上昇し, 混合層になった部分である。今, 日の出から混合層中に熱量 Q_0 (J) が運ばれ, 混合層の厚さが h (m) になったとする。ハッチで示した3角形の面積と注入された顕熱は比例するから, 次の関係(式1及び式2)が成り立つ。

$$Q_0 = \int_0^T q_0 dt = C_p \rho (\theta - \theta_0) h / 2$$

$$= C_p \rho \gamma h^2 / 2 \dots\dots\dots (1)$$

$$h = \sqrt{2Q_0 / C_p \rho \gamma} \dots\dots\dots (2)$$

ただし, 日の出前の温位 θ の分布は $\theta = \theta_0 + \gamma z$ とする。ここで γ は温位勾配である。また, q_0 は顕熱フラックス, C_p, ρ は空気の設定比熱と密度である。

もし顕熱フラックスが時間的に一定であれば, 混合層は日の出からの時間の平方根に比例して増大する。日射量は一定ではないので厳密にはこの関係は成り立たないが, 近似的にはこの様な関係が成り立つ。図-2に示したのは混合層高度の時間変化の観測例である。

第1近似としての混合層は図-1に示したような構造であるが, もう少し詳しく見ると

* Diffusion and thermo-convection of smoke emissions,
by Osayuki Yokoyama (Japan Weather Association)

** 日本気象協会

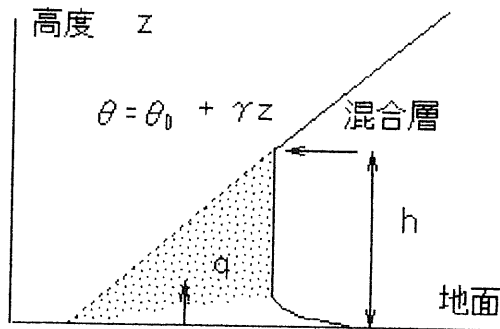


図-1 混合層中の温度分布

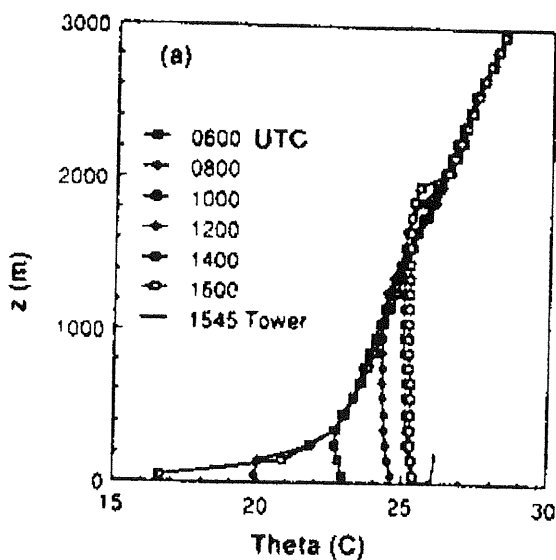


図-2 混合層の時間変化 (Stull, et al., 1974⁴⁾ による)

混合層の上端付近では熱対流セルが上空へ貫入する部分がある。この上端付近では相対的に温度の高い上空の空気を混合層中に取り込むため熱が下方へ向かって運ばれる。これを示したのが図-3である。この様な現象のために混合層の上端では図に示したように強い温度逆転が形成される。これを混合層の蓋(リッド)と呼んでいる。煙の拡散はこのリッドによって抑えられる。ただし、リッドは混合層が発達中は時間と共に高くなっているため、拡散を扱う場合には時間変化を考慮することが必要である。

さて、混合層の温度分布に関する基本構造は今見た通りであるが、熱対流セルの上昇域

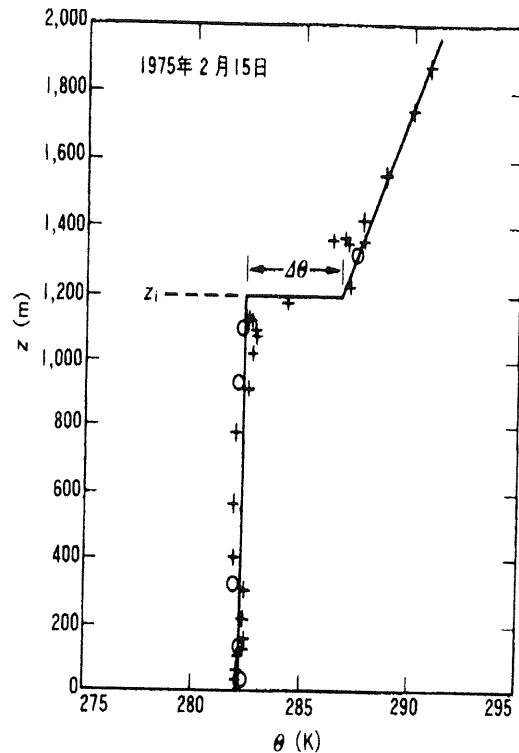


図-3 混合層上端におけるリッド (温位ギャップ $\Delta\theta$ の部分。Wyngaard, 1978⁵⁾ による。)

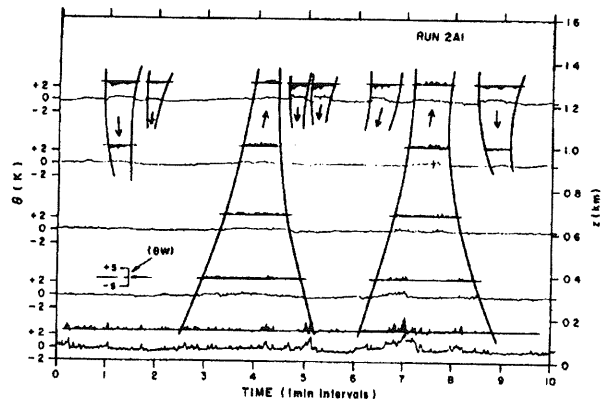


図-4 混合層中の上昇流域と下降流域 (矢印で示す。Kaimal 等, 1972¹⁾ による。)

とそれに釣り合う下降流の領域を調べると独特の構造がある。図-4に示したのは Kaimal 等¹⁾が飛行機を使って測定した混合層中の上昇域と下降域の立体構造である。熱対流セルは狭い領域にあって速い上昇速度を持つ。それに釣り合う下降流域は広い範囲をしめるが速度はゆっくりしている。これを上昇流、下降流の出現頻度分布で示したのが図-5であ

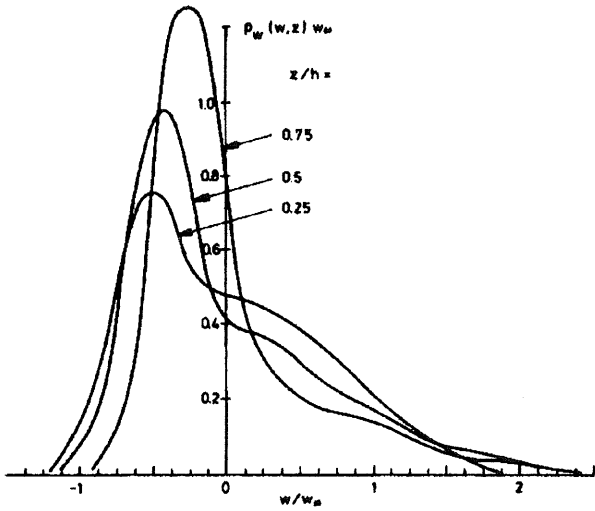


図-5 混合層中における上昇, 下降流の出現頻度分布 (右が上昇, 左が下降流速)

る。鉛直流速の出現頻度の極大値は0ではなく上昇流域にある。もちろん、鉛直流速の平均値は0になる。この様な、鉛直流速の偏りによって混合層中の鉛直拡散は不思議な振る舞いをする。写真-1は混合層中で拡散する煙を見たものであるが、煙は上昇する対流セルに吸い込まれるようにして混合層中を急速に上昇し急速に全層に拡散するのが分かる。このように混合層中では、下層部で注入された煙は煙の重心が上昇し、急速に全層へ拡散する。煙の拡散による流れは煙の濃度勾配に比例すると考える普通の拡散理論では説明できない現象である。この様な混合層中の拡散を調べるために、現地実験や水槽を使ったモデル実験が数多く行われた。モデル実験で調べた混合層中に拡散する煙の等濃度線を図-6に示す。層の下部へ注入された煙の重心が上昇していくのが良く分かる。レーダーの電波を反射するチャフと呼ばれる糸屑状の反射体を用い、混合層の下層部からチャフを撒き、レーダーでチャフ濃度を求めた実験例を図-7に示す。現地実験でも煙の中心が上昇する様子が良く分かる。

これと反対に混合層上部に注入された煙は下降流に乗りながらゆっくりと下降し一部は

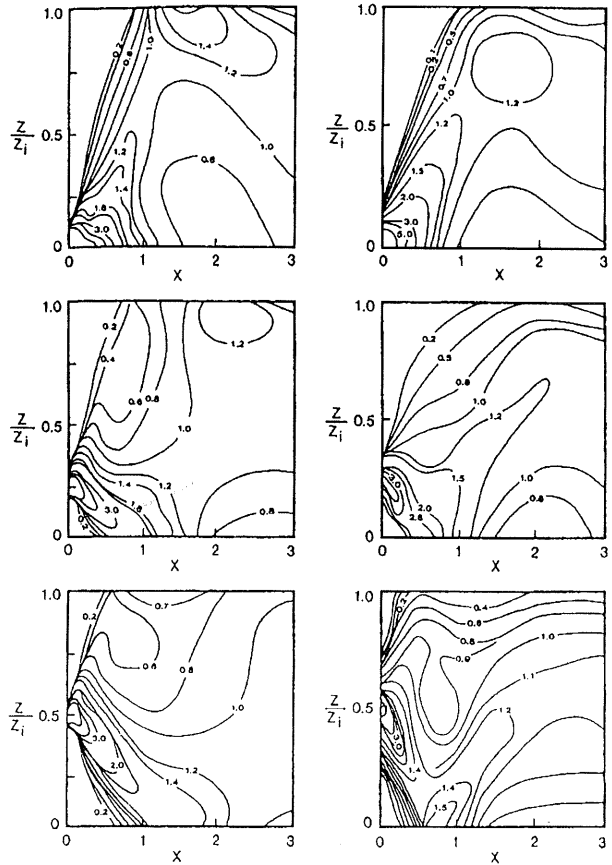
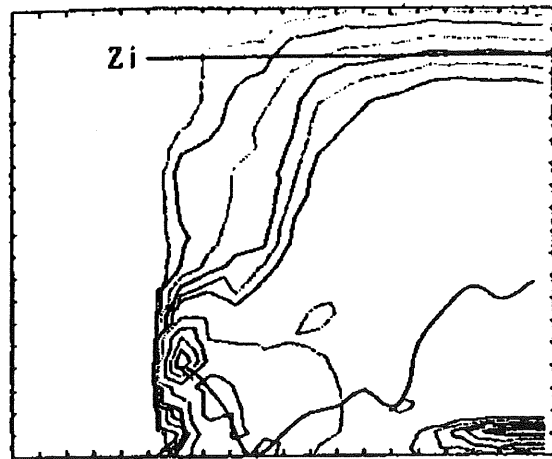


図-6 モデル実験による混合層中の煙の鉛直拡散の等濃度線 (z/z_i: 高度/混合層高度, X: 無次元化した風下距離, Deardorff et al., 1974⁶⁾による。)

No. 5-83 C_{max}:391 Z_s/Z_i=0.318



2.96

図-7 現地実験による混合層中の煙の等濃度分布 (縦軸: 高度, 横軸: 無次元化風下距離, Kaimal, 1986⁷⁾による。)

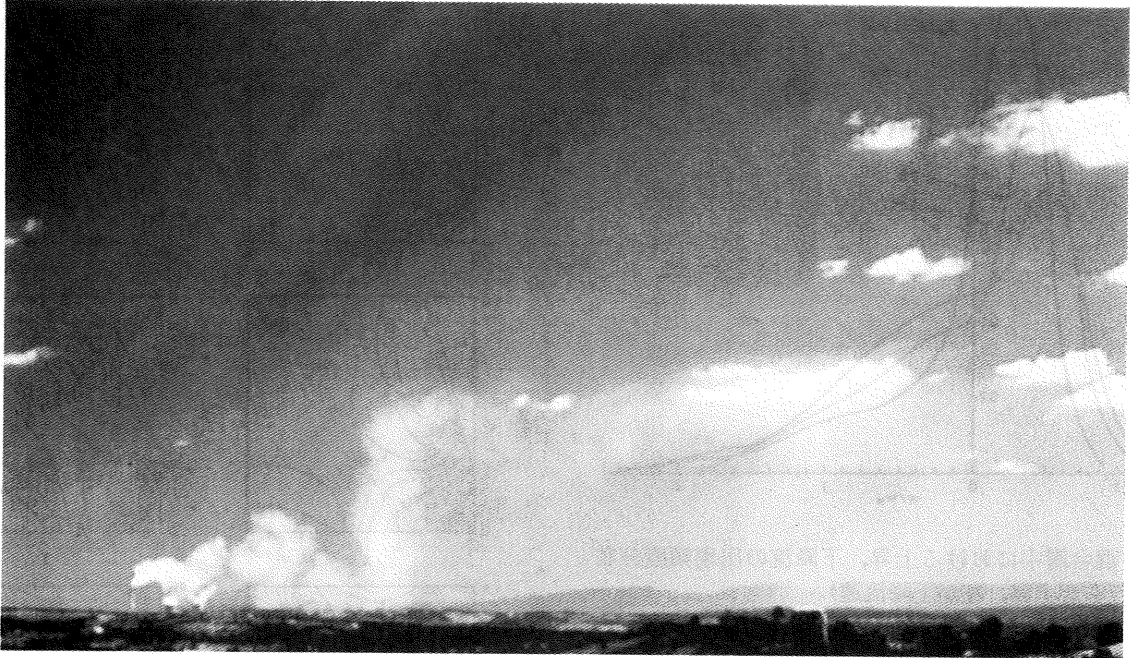


写真-1 混合層中の拡散（煙が一度下降しそれから混合層中を上昇する様子が良く分かる。モデル実験の図と比較されたい。オーストラリア，メルボルン郊外のラトループ渓谷にある石炭火力発電所の煙）

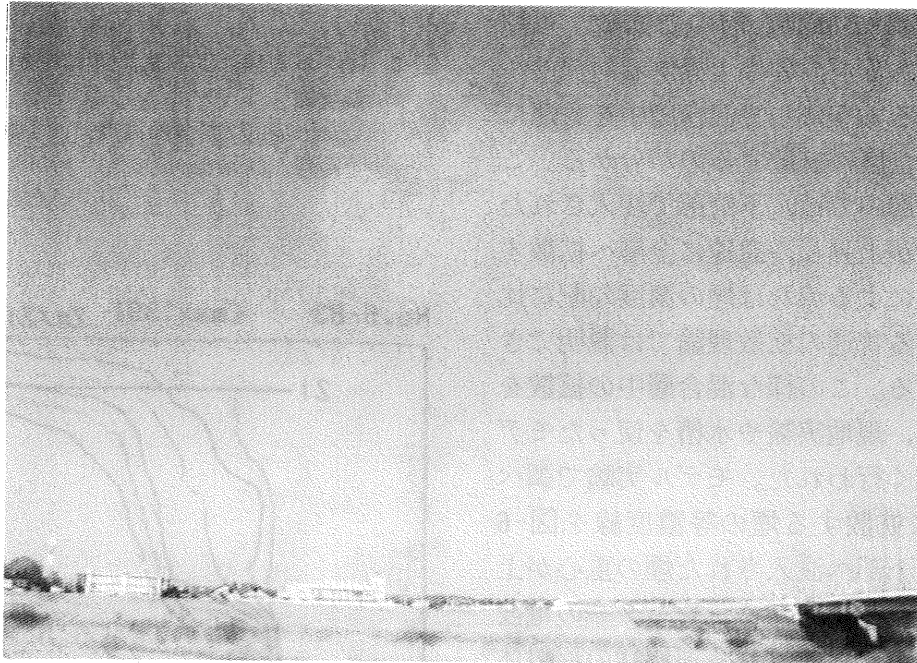


写真-2 稲藁焼きの煙が混合層中を上昇している様相（浮力が無くなっても上昇を続ける。小貝川，藤代付近）

上昇流にとらえられ層全体に急速に拡散する。混合層の中間高度より下方で注入された煙は上昇し，上部で注入された煙は下降する

様子が分かる。

写真-2 に示したのは稲藁焼きの煙がのどかに立ち昇る様子である。この様な風景は晩

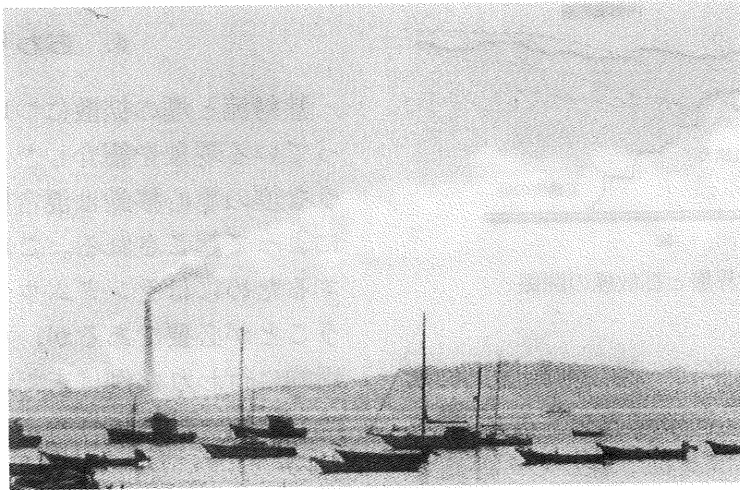


写真-3 海岸にある煙突排煙の拡散の様相（朝方で混合層がまだ形成され拡散煙は降りてこない。）

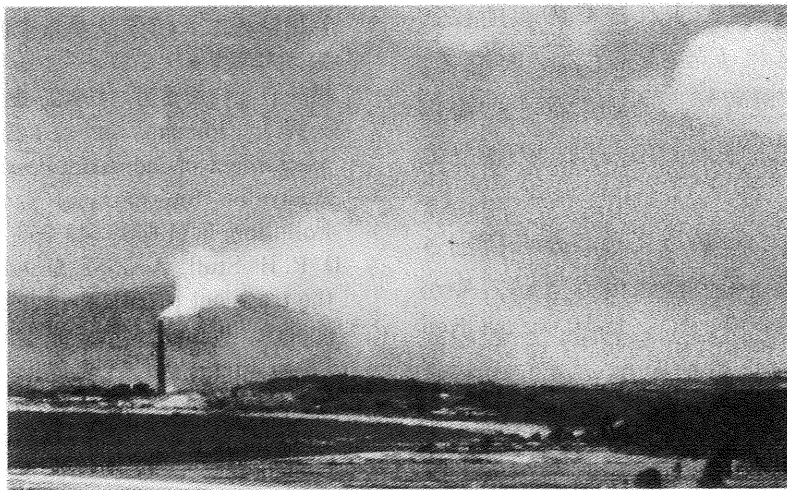


写真-4 海岸にある煙突排煙の拡散の様相（昼過ぎで混合層が形成されているため、煙の下降が顕著に見られる。）

秋によく見られるが、煙は初期には燃焼温度によって上昇すると考えられるが、いつまでも引き続き上昇するのはやはり混合層中での鉛直拡散に見られる特徴である。

混合層中でのこのような拡散をシミュレートし、さらに理解を深める目的でランダムウォークモデルが適用される。このような例としては山田（横山長之編著：1992）²⁾、Physick W. L. et al. (1995)³⁾等の研究報告がある。

3. 内部境界層における拡散

内部境界層は地表面の性質が異なる境界線

から発生する。大別して地表面粗度の違う場合と熱的な特性の違う表面の接する所から発生する。前者は力学的な内部境界層、後者は熱力学的な内部境界層である。まず熱力学的な内部境界層について述べる。代表的な例は海岸線や湖岸線に見られる内部境界層である。晴れた昼間に良く海風が発生する。これはよく知られているように相対的に冷たい海上から暖かい陸へ向かって風が発生するからである。冷たい空気は海岸線を越えて陸に入り込むと地表面で下から暖められて混合層が発生する。これを模式的に示したのが図-8

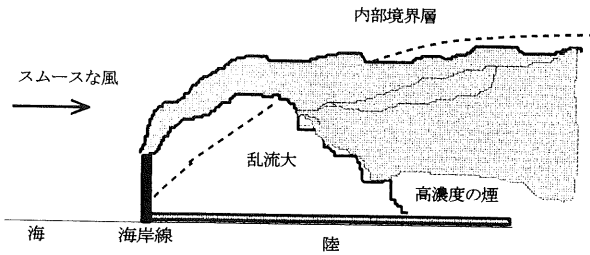


図-8 内部境界層と拡散煙の関係

である。混合層は水平に一様な地表面上に形成され、日の出からの時間と共に成長するが、内部境界層は時間を海岸線からの距離に置き換えて考えればよい。内陸部へ向かって次第に成長する。混合層中の拡散の章で述べたとおり、海岸線から内陸へ距離 x の間に Q_0 の熱が供給されたとすればその場所における混合層の厚さは $h = \sqrt{2Q_0/C_p\rho\gamma}$ になる。ただし、 γ は内部境界層形成前の海上の温位勾配である。また、他の記号は前出の通りである。

煙突が海岸線近くにあつてそこから排出された煙が海風に乗って内陸に向かう時、やがて内部混合層に入り込む。この時、一般の混合層中の拡散と同じ現象が起こると思われる。すなわち、混合層の上端から煙は進入するので、一度急速に煙は下降し、やがて上昇に転じて全層に広がると考えられる。写真-3, 4 は海岸線近くにある煙突からの煙が海風によって内陸部に拡散する様子を撮ったもので前者は朝方で、まだ混合層が形成されていない状態であり、後者は昼で内部混合層が形成され煙が巻き込まれている状態が見られる。このような現象が発生すると煙の着地濃度が増加する事が考えられるが、一方で煙は急速に混合層全体に拡散するので濃度値は定量的なシミュレーションで調べることが必要である。一般の混合層中での鉛直拡散のシミュレーション結果から内部混合層中での拡散煙の様相を示したのが図-8 である。

4. おわりに

熱対流と煙の拡散について現在明らかになっている現象を紹介した。ここに見られたような煙の重心移動は混合層の特殊な対流構造によって起こされる。これを正確にモデル化するためにはランダムウォークモデル等を使うことが必要であるが、大気汚染の問題で実用的に行われた例は未だわが国ではない。今後の展開が期待される。

文 献

- 1) J. C. Kaimal et al.: Spectral characteristics of surface layer turbulence, Quart. J. Roy. Met. Sec., 98 (1972), 563-189.
- 2) 山田哲二: 3次元大気乱流拡散モデル, (横山長之編「大気環境シミュレーション; 一大気の流れと拡散」), 白垂書房, (1992), 第III章.
- 3) W. L. Physick et al.: Environmental impact assessment of industrial development at Gladstone Australia, International J. of Environment and Pollution, 5 (1995), 548-556.
- 4) R. B. Stull, A. G. M. Driedonks: Application of the transient turbulence parameterization to atmospheric boundary layer simulations, Boundary Layer Met., 40 (1987), 209-239.
- 5) J. C. Wyngaard et al.: The temperature-humidity covariance budget in the convective boundary layer, J. Atmos. Sci., 35 (1978), 47-58.
- 6) J. W. Deardorff, G. E. Willis: Physical modelling of diffusion in the mixed layer, 2nd Symposium on Atmospheric Diffusion and Air Pollution, Am. Met. Sec. (1974), 387-391.
- 7) J. C. Kaimal et al.: Project CONDORS, Convective diffusion observation by remote sensors, Boulder Atmospheric Observatory, NOAA (1986), AD13F2A251.

著 者 略 歴

昭和33年金沢大学理学部物理学科卒業。同年気象庁観測部, 昭和38-40年ロンドン大学留学, 昭和41年通産省資源環境技術総合研究所へ出向。平成3年同所所長, 平成6年退職, 気象協会参与, 技師長。大気拡散の研究。昭和54年気象学会賞, 環境賞。理学博士。大気環境学会理事。

航空機騒音の睡眠影響*

長 田 泰 公**

1. 航空機騒音の睡眠影響—まえがき—

騒音が安眠を妨げることは私達の日常の経験からも明らかである。航空機の騒音も例外ではない。とくに空港の周辺では住民の苦情の種になっている。そのため内外の空港では夜間の離着陸が禁止されているところが多く、増便計画が制限される結果となっている。これに反して軍用空港では離着陸時間が規制されていないため、夜間の運行が困らん、安眠を妨害し、住民の反対運動や民事訴訟まで引き起こしていることは周知の通りである。そこで、航空機騒音が睡眠を妨害することには異論はないが、問題はどの程度の騒音から影響が始まるのか、騒音の程度と睡眠妨害度との間に関係があるか、騒音をきく人の性別、年齢などによって差があるか、などである。これらの点については4半世紀前から研究が盛んになったが、ジェット機の利用が飛躍的に増加し、苦情が広範に発生したことが契機になったに相違ない。以下、これまでの研究結果を紹介するが、最近の研究がむしろ減っているように見える。ジェット機の改良、運行スケジュールの制限、空港用地の整備、民家等の防音など、騒音対策が進んできたためであろう。

2. 実験室での睡眠影響実験

騒音の睡眠影響を実験的に調べるために最もよく用いられるのは、脳波、筋電図、眼電図などによって被検者の睡眠状態を客観的に測定する方法である。このほか体の動き、呼吸、脈拍なども測定され、また翌朝の安眠感、心理作業能率なども調べられる。筆者らは1972年、男子学生5名を被検者とし、無響室内で睡眠中に列車とジェット機の音をピークレベル50および60 dBAできかせた¹⁾。暴露回数は42回で、ひと晩の暴露時間の合計は列車が約14分、ジェット機はピークから10 dB、20 dBまでの時間が12秒、30秒であったので、それぞれ約8分、21分であった。脳波などで測定した睡眠深度の平均は図1のようであった。図にはそれまでにおこなった実験結果も示しているが、音をきかせずに眠った時の深度が、各種の騒音で浅くなっている。このうち白色騒音、ピンクノイズ、工場、道路の音は連続音であるが、列車とジェット機によるひと晩8-21分間の間欠暴露でも同程度の影響が出ており、睡眠中は連続的な静かさが必要であることがわかる。図2は睡眠前後に採血して測定した好酸球と好塩基球の濃度の変動率である。両者とも白血球のなかの種類であるが、睡眠中に増加し日中に減少するのが普通である。したがって安眠しているときには、翌朝に増加するが、安眠が妨げられると増加せず、ときに減少する。図のように列車やジェット機で減少し、

* Effects of aircraft noise on sleep,
by Yasutaka Osada (The Institute of Public
Health).

** 国立公衆衛生院

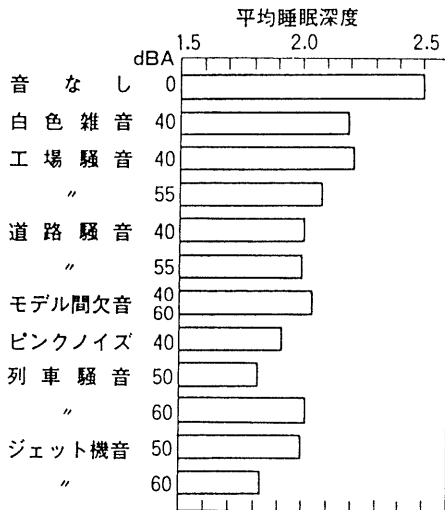


図-1 各種騒音の平均睡眠深度への影響 (覚醒：0—熟睡：3として) (長田)

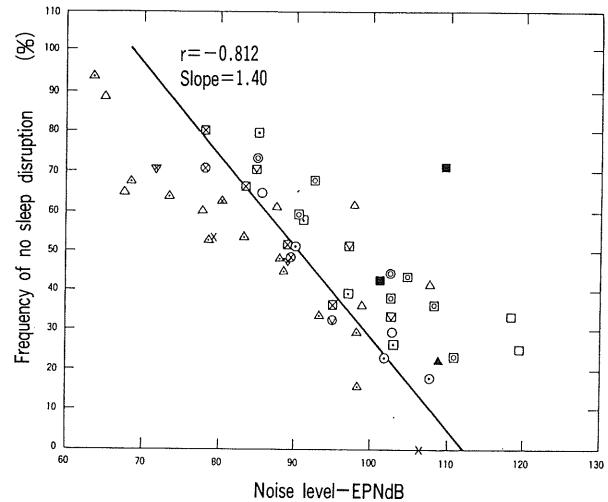


図-3 航空機騒音, ソニックブーム等のレベル (EPNdB) と睡眠影響の非出現率 (%) との関係 (多数の実験データから) (Lukas, J. S.)

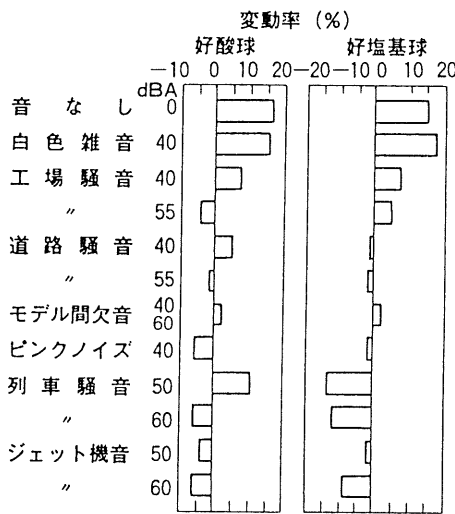


図-2 睡眠中の好酸球数, 好塩基球数の変動率に対する各種騒音の影響 (長田)

睡眠妨害は明きらかである。以上のように、暴露時間は短くとも影響が大きいことがわかった。ただし、音なし、白色騒音以外の騒音についてはピークレベルのよる差は検出出来なかった。

ジェット機騒音のレベルによる睡眠深度変化の差を調べたのは騒音影響調査研究会である²⁾。再生したピークレベル 65, 75, 85 dBA の音を 8 人の男子学生にきかせた。脳波によって睡眠深度は I~IV, および REM

に分類されたが、65 dBA によって浅い睡眠である深度 I の 90%は覚醒し、IIでは半数に深度変化がみられた。75 dBA ではIIの深度変化が 73.2%に及び、85 dBA ではIIの全例に深度変化がおり、そのうちの 59%は覚醒した。REM 睡眠では眼球運動が特徴であるが、この現象がジェット音で抑制され、REM 睡眠妨害が証明されたが、抑制のおこる割合はピークレベル増加とともに増えた。なんらかの睡眠深度の変化がみられた割合は、65, 75, 85 dBA でそれぞれ 51.5%, 61.7%, 78.2%であった。またおとがい筋の筋電図にも音のレベルとの相関がみられた。

Lukas, J.S.は 1975 年、それまでに得られた航空機騒音や、ソニックブーム模擬音の睡眠妨害実験データを主として図 3 を作成した³⁾。横軸は EPN 単位での騒音 (effective PNL), 縦軸は睡眠脳波等で測定した影響で、ただし全く影響の見られなかったパーセントで表示している。引用した報告ごとに異なる形の点を記入している。データのばらつきは大きい、量-反応関係は明らかである。EPNdB はピークレベル dBA+13 で近似できるから、睡眠影響は 40 dBA 位からはじまり、レベル上昇にともなって強くなり、

ピークレベル 65 dBA, 75 dbA, 85 dBA ではそれぞれ 20%, 60%, 80%ほどになり, 前記の騒音影響研究会のデータもほぼこの傾向に沿っているといえよう。

3. 現地での睡眠測定

実験室でおこなった睡眠実験の結果が, 実際の家での睡眠を表わしているかどうかは, いつも問題となるところである。最も問題になるのは, 実験室, ことに無響室という慣れない部屋では, 普段通り眠れないとことである。そのため, 実験の最初の晩のデータは「初夜効果あり」として採用せず, 2晩目から採用する。2, 3日のデータも捨てることがある。そこで, 現地の住民について, その住居で睡眠を測定することがある。脳波装置の軽便化によってこのようなことが可能になり, ヨーロッパでは道路騒音での測定が盛んにおこなわれている。航空機騒音についての例はまだ多くない。Globus, G. らはロスアンジェルス国際空港の近くに住む6組の中年夫婦と, 数マイル離れた所に住む5組の中年夫婦を被検者として, 自宅で脳波, 眼電図と爆音を記録して比較した⁴⁾。空港近い家でのレベルは戸外で 105 dBA であったが, 寝室では約 77 dBA であった。一方, 対照群では 57 dBA である。対照群にくらべて, 全睡眠時間, 深い睡眠の時間が短く, 浅い睡眠(深度1およびREM), 覚醒の時間が長かった。Vallet, M. らはパリの Roissy 空港の近くで, 20-55歳の男子40人の睡眠脳波を住居内で記録した⁵⁾。ひと晩約12回の飛行音を1人4晩づつきかせ, 合計143夜の脳波記録を得た。脳波への影響はピークレベル(dBA), 暗騒音との差(dBA), ピーク持続時間と有意な相関があった。しかし, ピークレベル40-70 dBAまでは深度浅化+覚醒の頻度が増加するが, 以後はむしろ減少した。これを従来の短時間の実験室実験の結果と併記したのが図4である。このような違いにつ

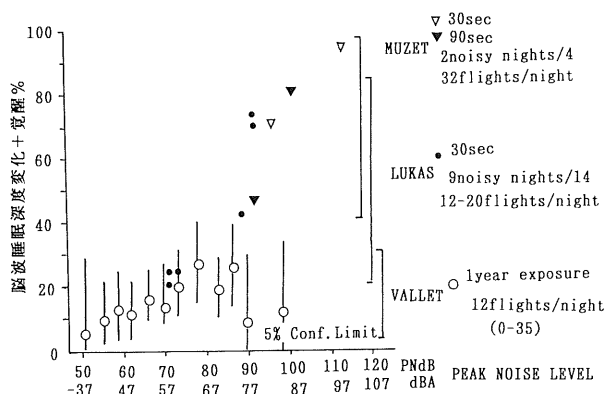


図-4 航空機騒音のピークレベルと脳波睡眠深度変化+覚醒%との関係(実験室 Muzet, Lukas および現地測定 Vallet の結果を併記)(Vallet, M. ほか)

表-1 現地調査と実験室実験による覚醒率と屋外騒音暴露レベルとの関係
(von Gierke, H. E. & Eldred, K. McK.)

| 覚醒率 (%) | | 屋外騒音暴露レベル (SEL dB) | |
|---------|------|--------------------|-------|
| 家で | 実験室で | 窓開状態で | 窓閉状態で |
| 1 | 1 6 | 7 5 | 8 5 |
| 3 | 3 6 | 9 3 | 1 0 3 |
| 5 | 5 6 | 1 1 1 | 1 2 1 |

いて Vallet, M. らは, ピークレベルによる影響が暴露回数が増すと減弱するのではないかというが, 理由ははっきりしない。

実験室と現地での睡眠測定の大きな違いに関して, von Gierke, H. E. & Eldred, K. McK. は最近, Pearsons, K. S. らの仕事をつぎのように紹介している⁶⁾。1回ごとの暴露騒音のピークレベルに対する脳波等の覚醒反応率の量-反応関係をみると, ピークレベルの上昇とともに反応率が増加するが, その増加度は実験室実験では 10 dB ごと 10% であるのに対して, 現地測定では 1% に過ぎない。この原因は, 慣れた自宅での睡眠と慣れていない実験室での睡眠の差と考えられる。さて窓を開けているときと閉めているときのピークレベルの内外差をそれぞれ 15 dB, 25 dB と見積もると, 従来のデータから覚醒率

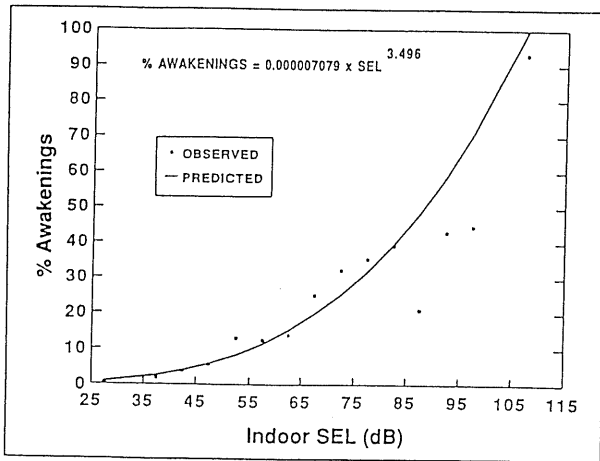


図-5 室内での騒音レベルと覚醒率との関係
(US-EPA 作成, von Gierke, H. E. ほか)

は表1のようになる。表中のレベルは戸外でのSEL(騒音暴露レベル)(dB)で、 L_{max} (ピークレベル)(dBA)+10 dBに相当する。これによると家のなかでピークレベル50 dBA, 68 dBA, 86 dBAの音で、現地ではそれぞれ1%, 3%, 5%の覚醒率であり、これに対して実験室ではそれぞれ16%, 36%, 56%となる。またこの覚醒率は暴露1回ごとの率であるので、ひと晩の L_{eq} (L_n)に換算するには $SEL-45\text{ dB}=L_n$ で概算できるといふ。すると表中の現地1%, 3%, 5%覚醒率に相当する L_n は、窓を閉じた状態での戸外で40, 58, 76 dBAとなる。いずれにせよ実験室と現地のデータに差が大きいので、米国EPAは、これまでの実験室、現地のデータを単純平均して図5を作成し、当面の用に供することにしたという。

さて von Gierke, H. E. にも触れているが、最近イギリスでは空港周辺での大規模な現地測定をおこなった⁷⁾。それはイギリスのヒースロー、ガトウィック、スタンステッド、マンチェスターの4空港周辺、各2箇所、計8箇所でおこなわれた現地測定である。ただし従来の脳波による睡眠測定にかえてアクチグラム(腕につけて体の動きを検出、連続記録する方法)を採用した。脳波を用いる方法に比べて、はるかに簡便で多数の人で測定が可

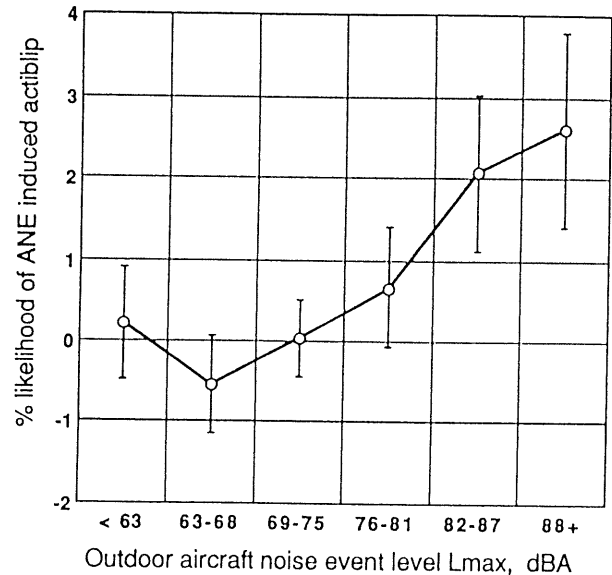


図-6 戸外の航空機騒音のピークレベル(L_{max})とアクチグラム反応出現率との関係(Horne, J. A. ほか)

能である。被検者は1戸から1人とし、20-70歳の男子189人、女子211人。各人で15夜測定して、5,742夜の有効データを得た。うち178夜は脳波と併用して、アクチメータによる睡眠影響の検出精度をチェックしたところ、88%の一致率を得たという。アクチグラムで検出された体動回数は女子より男子に、年齢が若いほど多かったが、航空機騒音に対する反応としては男子のほうが多かった。年齢による差は明らかでなかった。騒音に対する覚醒率は、翌朝の睡眠感と有意な相関があった。騒音のレベル(戸外でのピークレベル L_{max})とアクチグラム反応率の関係として図6が示されている。屋内レベルは約20 dB低いという。図には95%信頼区間が示され、有意な反応が得られたのは82 dBA以上であった。この図の反応率は表1に近似している。しかしこの調査の分析はまだ終わっていないという。

4. 性、年齢、感受性などによる差

騒音の影響が性、年齢などによって差があることはよく知られているが、航空機騒音の睡眠影響も例外ではない。騒音研究会は

1971年、幼児を対象に実験した⁸⁾。年齢2.5-4歳の幼児40人に昼間、薬物(トリクロール・シロップ)を与えて眠らせ、ジェット機音65-95 dBAをきかせた。騒音レベルが高いほど、脳波などの検査項目の反応が大きくなった。脳波反応の出現率は65 dBA, 75 dBA, 85 dBA, 95 dBAの順に8%, 17%, 40%, 84-93%となった。睡眠深度の変化はそれぞれ、8%, 16%, 40%, 89%になった。指の容積脈波でも心電図でも変化出現率に量-反応関係がみられた。しかしこの出現率は前出の成人での値²⁾に比べると小さい。薬物による昼間の睡眠と夜間の睡眠では条件が異なるが、一般に幼児は成人より騒音下でもよく眠るから、この差になったと考えられる。Lukas, J. S. は模擬ソニックブームとジェット機音とを室内で被検者に暴露し、睡眠深度への影響を調べた⁹⁾。ソニックブームは30-240 N/m²、ジェット機は101-119 PNdBである。脳波での覚醒反応、および覚醒したときボタンを押す行動反応の出現率は図7のようになった。子供はほとんど目覚めない。高齢者では中年者より目覚めやすい。また感受性の高い人ではより目覚めやすい。感受性の高い人の間では、男より女のほうが反応が高い。ソニックブームとジェット機音では、中年女子において後者のほうが反応が高かったという。Rylander, R.らは野外の兵舎でジェット機のソニックブーム56-66 N/m²をき

かせて、睡眠中の体動と押しボタン反応をしらべた¹⁰⁾。60 N/m²で体動と押しボタン反応が増えるが、神経質な人のほうが、また年齢の高い人のほうが反応が出やすい。また兵士より民間人のほうが影響を受けやすい。乳幼児では70 N/m²以下では反応が見られず、80-90 N/m²でも僅かに反応し、すぐ元にもどったという。

5. アンケート調査に現れた睡眠影響

航空機騒音についての社会調査では、アンケートによって住民の受ける生活妨害が調査され、妨害の訴え率と騒音レベルとの関係が検討される。生活妨害のなかには当然、睡眠妨害が含まれるので、そのデータから騒音レベルと睡眠妨害の量-反応関係がわかる。筆者は新東京国際空港(成田空港)周辺のアンケート調査データを解析した^{11,12)}。成田での調査では、空港周辺地域をWECPNLによって5地域(85以上, 80-84, 75-79, 70-74, および70未満)に分け、733世帯を対象に1990年にアンケート調査している。筆者はその結果を1971年におこなわれた横田基地周辺の同種のアンケート調査と比較した。横田の調査ではNNI 30台, 40台, 50台, 60台の4地域に区分して991世帯を対象にしている。そこでまず千葉県が測定した騒音調査データによってWECPNLとNNIの関係を計算したところ、WECPNL = NNI + 32という関係を得た。この換算によって成田と横田のアンケートデータを比較したが、騒音レベルと会話妨害、電話妨害、TV・ラジオ聴取妨害、読書・思考妨害の訴え率との関係では近似した結果となった。ただし睡眠影響では必ずしも一致しなかった。図8にその比較を示した。騒音によって「寝つきが悪い」という訴え率は成田で高く、「夜中に目覚める」という訴え率は横田で高い。「朝早く目覚める」という割合は似ている。この違いは両空港の運用時間の差によ

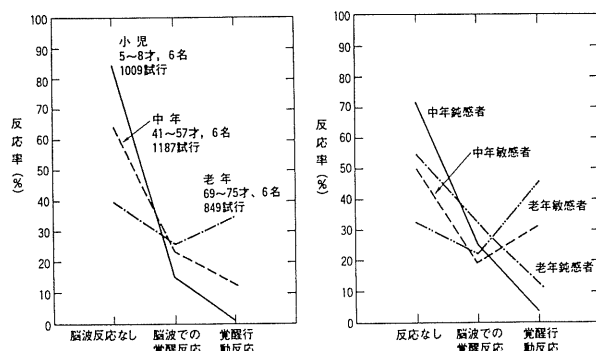


図-7 騒音による睡眠脳波反応の年齢差
(Lukas, J. S.)

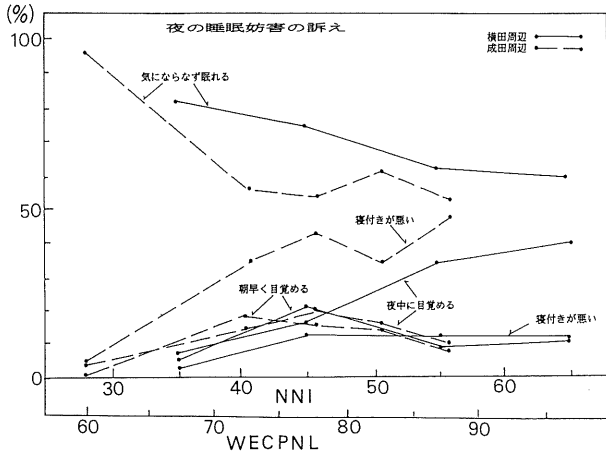


図-8 空港周辺のアンケート調査での睡眠妨害の訴え率 (横田はNNI, 成田はWECPNL) (長田)

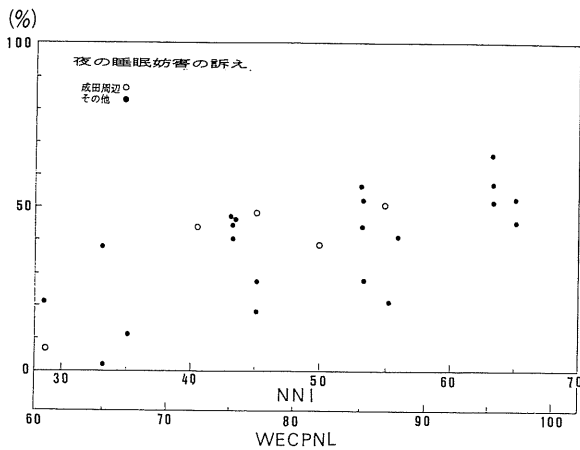


図-9 成田その他の空港周辺でのアンケート調査における睡眠妨害の訴え率 (長田)

て説明できる。成田では深夜の離着陸が禁止されているが、夕方から夜にかけての飛行回数が多く、一方、横田は軍用基地であるので、調査当時に夜間の離着陸が多かったためであろう。なお筆者は成田のデータを横田、千歳、羽田、大阪、福岡、宮崎の調査とも比較したが、睡眠妨害についての結果は図9の通りである。成田の睡眠妨害の訴え率は「気にならず眠れる」割合を100%から引いて求めた。空港ごとのばらつきが大きい。離着陸の様態が異なり、地域社会にも差があるうえ、質問形式にも違いがあるからであろうか。それにしても成田の訴え率は大きい方である。

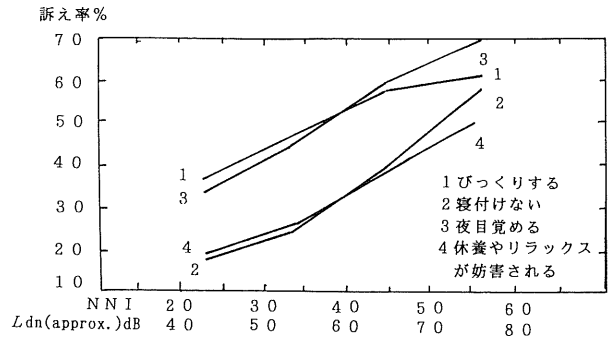


図-10 ヒースロー空港周辺での睡眠妨害訴え率 (Wilson Report) (ただしL_{dn}はUS-EPAが換算) (US-EPA)

海外での同種の報告も、それほど多くはないようである。Grandjean, E.らは1971-1972年にスイスの3空港周辺で各400戸について調査をおこなったが、NNI 25-34, 35-44, 45-54の3地域での睡眠妨害訴え率はそれぞれ8%, 11%, 22%, 睡眠薬の使用率は、4%, 4%, 8%であったという¹³⁾。ロンドンのヒースロー空港周辺での社会調査はWilson Reportとして1963年に発表されたかなり古いものであるが、その後のこの種の調査研究の基盤となった。調査は空港から10マイルの範囲の住宅約200戸を対象にしておこなわれている。睡眠への影響の集計は図10のようである¹⁴⁾。これによればNNI 20台, 30台, 40台, 50台での「夜目覚める」の訴え率はそれぞれ33%, 48%, 60%, 70%と読み取れる。また「寝つけない」という率はそれぞれ、20%, 28%, 40%, 58%となる。図の下のL_{dn}尺度はEPAが概算したもので、L_{dn}=NNI+20としている¹⁵⁾。その後1979年、4カ月かけてヒースロー空港とガトウィック空港の周辺で、約4400戸を対象に調査がおこなわれた。この時にはすでに11時半から6時まで夜間の運行が禁止されていたので、「寝つけない」訴え率と午後10時-12時のL_{eq}との関係、「夜目覚める」訴え率と午後11時-午前7時までのL_{eq}との関係が分析された¹⁶⁾。図11

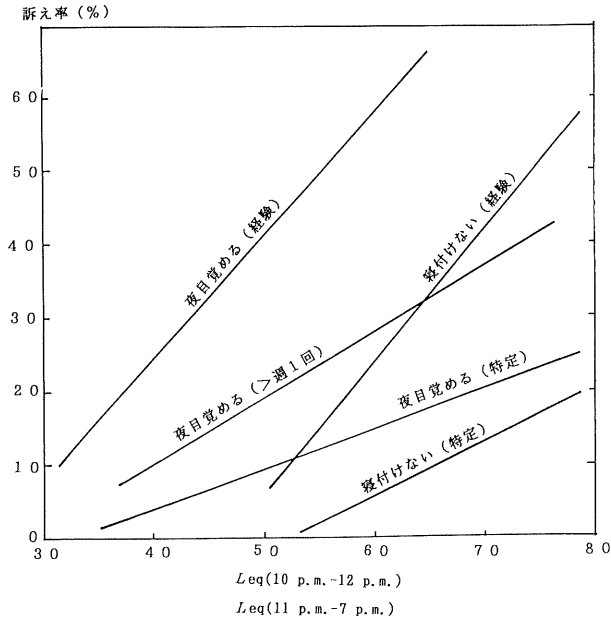


図-11 ヒースローおよびガトウィック空港周辺での睡眠妨害訴え率の関係（「寝つけない」は L_{eq} 10 p.m.-12 p.m., 「目覚める」は L_{eq} 11 p.m.-7 a.m. との関係）(Kryter, K. D. の図から長田作成)

はそれらの回帰線を示したものである。図中の（経験）というのは、過去数カ月の間の経験（general experience）を問われた質問に対する回答率，（特定）とは特定の夜（designated night）の状態を問われた質問に対する回答率である。また目覚めについては、週1回以上の目覚めの経験のある率を（>週1回）で示した。 L_{eq} の算定時間が違うので単純に比較は出来ないが、「目覚め」でも「寝つけない」についても、（経験）と（特定）の線が約 20 dB の間隔でほぼ平行していること、「目覚め」の訴えのほうが「寝つき」の訴えより大きいことがわかる。

いくつかの調査データを紹介したが、相互の比較は難しい。調査ごとに質問内容に差があるし、空港の運行状態も異なる。そのうえ騒音の評価単位が NNI, WECPNL, L_{dn} , L_{eq} とまちまちであるから、これらを換算して比較する必要がある。また道路、列車など他の騒音での睡眠影響を比較することも興味がある。Kryter, K. D. によると、Grand-

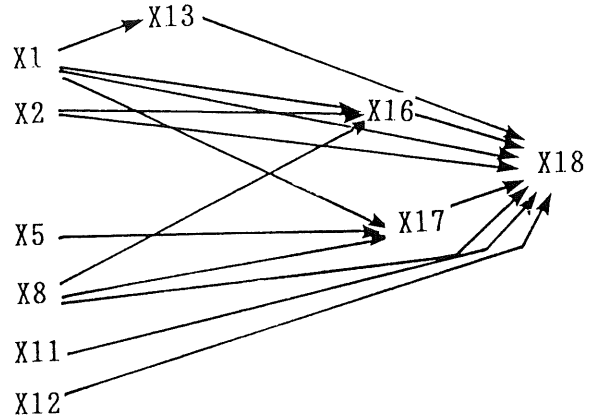


図-12 航空機騒音についてのアンケート調査のパス解析 (Taylor, S.M.)

X1: L_{eq} 24h; X2: 飛行経路との方向; X5: 年齢; X8: 騒音の感受性; X11: 航空機運航への態度 I; X12: 同上II; X13: 騒音以外の影響; X16: 会話妨害; X17: 睡眠妨害; X18: アノイヤンス

表-2 航空機騒音のアノイヤンスに対する各変数の効果 (図-12 の解析) (Taylor, S. M.)

| 目的変数 | 説明変数 | 直接効果 | 間接効果 | 総合効果 |
|--------------|-------------------------|-------|--------|--------|
| アノイヤンス (X18) | 感受性 (X8) | 0.195 | 0.093 | 0.288 |
| | 会話妨害 (X16) | 0.286 | - | 0.286 |
| | 航空機騒音 L_{eq} 24h (X1) | 0.115 | 0.119 | 0.234 |
| | 運航への態度 I (X11) | 0.201 | - | 0.201 |
| | 睡眠妨害 (X17) | 0.188 | - | 0.188 |
| | 飛行経路との方向 (X2) | 0.086 | 0.026 | 0.112 |
| | 運航への態度 II (X12) | 0.078 | - | 0.078 |
| | 騒音以外の影響 (X13) | 0.071 | - | 0.071 |
| | 年齢 (X5) | - | -0.016 | -0.016 |

jean, E. のスイスのデータでは航空機騒音と道路騒音の L_{dn} に対する睡眠妨害訴え率はほぼ同じになったという¹⁷⁾。

睡眠妨害に限らず騒音の影響は、騒音の大きさのみでなく、年齢、性別、住居など受音者側の条件によって左右される。これを調べるにはアンケート調査を統計的に解析する必要がある。その例として Taylor, S. M. の航空機騒音のアノイヤンス（不快感、迷惑感）に関するパス解析を紹介する¹⁸⁾。因果分析のひとつであるパス解析は予め因果モデルを設定し、目的変数に対する説明変数の効果を回帰分析によって評価する。データはトロント国際空港の周辺で得た 673 人のアンケート回答である。目的変数はアノイヤンス，説明変

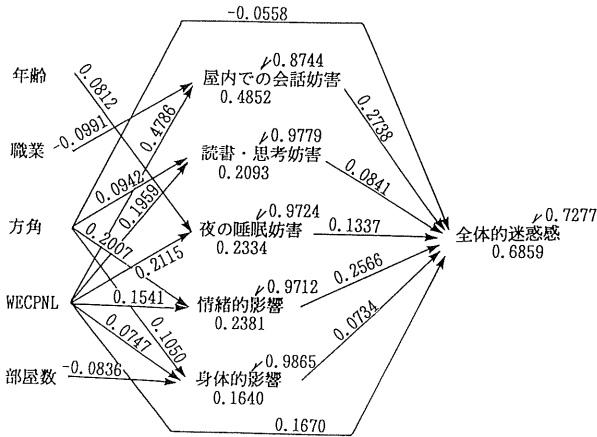


図-13 成田空港周辺でのアンケート調査のパス解析 (長田)

表-3 全体的迷惑感に対する各変数の効果 (図-13の解析) (長田)

| 項目 | 直接効果 | 間接効果 | 総合効果 |
|-------------|---------|---------|---------|
| W E C P N L | 0.1670 | 0.2208 | 0.3878 |
| 屋内での会話妨害 | 0.2738 | - | 0.2738 |
| 情緒的影響 | 0.2566 | - | 0.2566 |
| 夜の睡眠妨害 | 0.1337 | - | 0.1337 |
| 読書・思考妨害 | 0.0841 | - | 0.0841 |
| 身体的影響 | 0.0734 | - | 0.0734 |
| 方角 | -0.0558 | 0.0671 | 0.0113 |
| 年齢 | - | 0.0109 | 0.0109 |
| 部屋数 | - | -0.0061 | -0.0061 |
| 職業 | - | -0.0271 | -0.0271 |

自由度修正済み決定係数 0.4705

数のうちの独立変数には L_{eq} (24 h), 性, 年齢, 感受性, 航空機運行に対する態度, 住居位置, 居住年数など, 説明変数のうちの従属変数には「窓を閉じる」, 会話妨害, 睡眠妨害などを採用した。回帰分析によって有意な関係のみを残した最終モデルは図12の通りである。睡眠妨害に有意な影響があったのは, L_{eq} (24 h), 年齢, 騒音に対する感受性であった。表2にアノイヤンスに対する各変数の効果を示す。睡眠妨害のアノイヤンスに対する寄与度がわかる。

筆者も前記の成田空港周辺でのアンケート調査結果についてパス解析を試みた (未発表)。有意な回帰係数を残して最終的に得た因果関係は図13である。左列は独立変数で,

回答者の年齢, 職業など, 空港からみた居住地の方角, 住居の部屋数, WECPNL, 中央列は従属変数で各種の影響項目, 右は目的変数としての全体的迷惑感 (アノイヤンス) である。矢印経路上の数字は標準偏回帰係数, 項目の下に数字は重相関係数, 小さい矢印のついた数字は外乱である。睡眠妨害に有意な関係のあったのは年齢と騒音であった。全体的迷惑感に対する睡眠妨害などの効果は表3のようであった。

6. まとめ

航空機騒音の睡眠影響は, 実験室実験, 現地での睡眠測定, アンケートによる社会調査によって研究されてきたが, 音の側, 被検者側の条件, 調査方法, 評価方法の差などから, 相互比較は大変困難である。実験によって有意な影響が出るのは 50 dBA くらいからである。現地での測定でも屋内ピークレベル 50 dBA くらいから覚醒反応がみられる。この場合の出現率は 1-3% と低く, 実験室との差が問題となっている。それでも屋外での夜間の L_{eq} が 75 dBA で 5% ほどの出現率になるという。アンケートによる騒音妨害の訴え率は, 特定の夜では戸外 75 dBA で「寝つけない」が 10%, 「目覚める」が 20% ほどになっている。その経験があるという率ははるかに高い。いずれにせよ, これらのデータの詳しい比較は今後の問題である。また睡眠影響には騒音側の条件のみでなく, 性, 年齢, 職業, 性格, 地域, 家屋など, 個人や社会条件の関与が大きいことも忘れてはならない。

文 献

- 1) 長田泰公, 綱島清三, 吉田敬一, 小川庄吉, 大久保千代次: 列車および航空機騒音の睡眠への影響, 公衆衛生院研究報告, 21 巻 3 号 (1972), pp. 133-138.
- 2) 騒音影響調査研究会, 航空機騒音の睡眠に及ぼす影響について, (同「昭和 45 年度騒音影響調査報告書」) (1971), pp. 43-75.
- 3) Lukas, J. S.: Measures of noise level: their rela-

- tive accuracy in predicting objective and subjective responses to noise during sleep, Report for US-EPA, Contract, 68-01-3120, (1975), 40 pp.
- 4) Globus, G., Friedmann, J., Cohen, H., Pearsons, K. S., and Fidell, S.: The effects of aircraft noise on sleep electrophysiology as recorded in the home, (ed. Ward, W. D., Proc. Intern. Cong. on Noise as Public Health Problem, 550/9-73-008, US-EPA, 1973), pp. 587-591.
 - 5) Vallet, M., Gagneux, J. M., and Simonnet, F.: Effects of aircraft noise on sleep: An in situ experience, (ed. Tobias, J. V., Jansen, G., and Ward, W. D., Proc. 3rd Intern. Cong. on Noise as a Publ. Health Problem, ASHA Report 10, 1980), pp. 391-396.
 - 6) von Gierke, H. E. & Eldred, K. McK.: Effects of noise on people, Noise/News Intern., vol. 1, no. 2 (1993), pp. 67-89.
 - 7) Horne, J. A., Pankhurst, F. L., Reyner, L. A., Hume, K., and Diamond, I. D.: A field study of sleep disturbance: Effects of aircraft noise and other factors on 5,742 nights of actimetrically monitored sleep in a large subject sample, Sleep, vol. 17, no. 2 (1994), pp. 146-159.
 - 8) 騒音影響調査研究会: 航空機騒音の睡眠に及ぼす影響について—幼児を対象として—, (同研究会, 昭和46年度騒音影響調査報告書, 1972), pp. 47-63.
 - 9) Lukas, J. S.: Awakening effects of simulated sonic booms and aircraft noise on men and women, J. Sound Vib., vol. 20, no. 4 (1972), pp. 457-466.
 - 10) Rylander, R., Sörensen, S., and Berglund, K.: Sonic boom effects on sleep — a field experiment on military and civilian populations, J. Sound Vib., vol. 24, no. 1 (1972), pp. 41-50.
 - 11) Osada, Y.: Comparison of community reactions to traffic noise, J. Sound Vib. vol. 151, no. 3 (1991), pp. 479-486.
 - 12) 長田泰公: 航空機騒音に対する空港周辺の住民反応, 共立女子短大生活科学科紀要, no. 34 (1991), pp. 103-108.
 - 13) Grandjean, E., Graf, P., Lauber, A., Meier, H. P., and Muller, R.: Survey on the effects of aircraft noise around three civil airports in Switzerland, Inter Noise (1976), pp. 85-90.
 - 14) Kryter, K. D.: The Effects of Noise on Man, 1st ed., Acad. Press (1970), p. 388.
 - 15) US-EPA: Information on Levels of Environmental Noise Requisite to Protect Public Health and Welfare with an Adequate Margin of Safety (1974), p. D11.
 - 16) Kryter, K. D.: The Effects of Noise on Man, 2nd ed., Acad. Press (1985), pp. 434-442.
 - 17) *ibid*, pp. 552-553.
 - 18) Taylor, S. M.: A path model of aircraft noise annoyance, J. Sound Vib., vol. 96, no. 2 (1984), pp. 243-260.

著者略歴

昭和22年東京大学医学部医学科卒業。医学博士。昭和23年国立公衆衛生院に入り、生理衛生学部長、次長を経て昭和60年院長、平成元年定年退職、同年共立女子短大教授、平成6年定年退職。現在国立公衆衛生院顧問。専門は環境生理学、とくに温熱および騒音条件の心身影響の研究に従事。日本音響学会第16回功績賞授賞。その他、日本騒音制御工学会等。

研究報告

ヘリコプター騒音証明とその証明手順の簡易化に関する検討*

吉岡 序**

1. はじめに

航空機輸送の需要の増加に伴い、空港周辺で暴露される航空機の騒音は大きな社会問題を引き起こすこととなり、この問題は国際民間航空機関 (ICAO) においても重要課題として取り上げられた。増加しつつある航空機騒音の影響を低減するためには騒音発生源対策が最も効果的であることから、騒音が所定の限度に収まっていることが証明されなければ、原則として商用航空の用途に供する承認が得られないという「航空機騒音適合証明制度」が ICAO において提案され、加盟各国により合意された。

1971年に ICAO/ANNEX 16 Aircraft Noise First Edition¹⁾ が公布されて、まず亜音速ジェット機騒音を規制するための制度として発足した。その後 1976年に小型プロペラ機、また 1981年にはヘリコプターの騒音適合証明制度が追加された。

ヘリコプター騒音証明手順の方法は亜音速ジェット機騒音証明の手順に準じているため複雑であり、一機あたりの騒音証明に要する費用は機体取得の価格から考えるとかなり大

きいものになっていた。そのため国際民間航空機関・航空環境保全委員会 (ICAO. CAEP) では騒音証明費用の軽減を図るために、証明手順の簡略化に関する検討が行われることとなった。一方、わが国に対しても国際貢献の見地から積極的な参画が求められ続けており、このような情勢の中、航空環境研究センターは運輸省航空局の要望を受けて、ベル 230 型機等についてヘリコプター騒音証明試験の試行を行うなどヘリコプター騒音に関する研究を行ってきた。

ここでは現状のヘリコプター騒音証明の概要について述べ、更にヘリコプター騒音証明試験の試行結果と、米国連邦航空局 (FAA) のレポートを再整理した結果に基づき、騒音証明手順の簡易化の可能性について検討する。

2. 現状のヘリコプター騒音証明について

ヘリコプター全般を対象とする騒音証明の手順が、航空環境保全委員会 (CAEP) の前身である航空騒音委員会 (CAN) の第 5 回会議 (CAN/5-1976) と第 6 回会議 (CAN/6-1979) を経て、Chapter 8 として ICAO/ANNEX 16 の Volume I First Edition (1981)²⁾ に記載された。しかし、騒音限度が厳しすぎるとして議論が続き、第 7 回会議 (CAN/7-1983) を経て Second Edition (1985) へ改訂される際に Chapter 8 の騒音限度が緩和された。さらに航空環境保全委員会の第 2 回会議 (CAPE/2-1991) では、へ

* Helicopter noise certification and consideration to simplification of the noise certification procedure,
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

リコプターの騒音証明手順が複雑で機体価格に比べて証明のための費用が高くつきすぎることにについて議論され、もっと簡便で安価な証明手順を開発すべきであることが合意された。その結果、Third Edition (1993) になって、最大離陸重量が2,730 kgを超えないヘリコプターを対象とした簡易な騒音証明手順である Chapter 11 が新たに設けられ現在に至っている（以後 Edition が変わっても変更のない事項について述べる場合は単に ANNEX 16 と言う）。

以下に現状の Chapter 8 と Chapter 11 の概要について述べる。

(1) Chapter 8 の概要

- a) 適用の対象となるヘリコプターは1985年1月1日以降に製造されたもの及び1988年11月17日以降に型式が設計変更されたもの。ただし、農業・消防・外部荷重運搬の用途に特別に設計されたものは除く。
- b) 試験をする飛行方式は離陸、水平飛行、着陸の3通り（図-1 参照）。
- c) 騒音評価量は固定翼航空機と同じ Effective Perceived Noise Level (EPNL)。
- d) 騒音測定地点は飛行経路の直下1箇所と左右150 mの地点2箇所（図-1 参照）であり、騒音値はその3箇所の値の算術平均値で評価。
- e) 基準条件への補正は距離補正、大気吸収補正、継続時間補正、音源補正。
- f) 騒音限度は次の通り。
 - 離陸：最大離陸重量が80 ton以上のヘリコプターについては109 EPNdB、それより軽いヘリコプターについては最大離陸重量の対数に比例して減少する値（重量が半減するごとに-3 EPNdB）。ただし、下限は89 EPNdB。
 - 水平飛行：最大離陸重量が80 ton以上のヘリコプターについては108

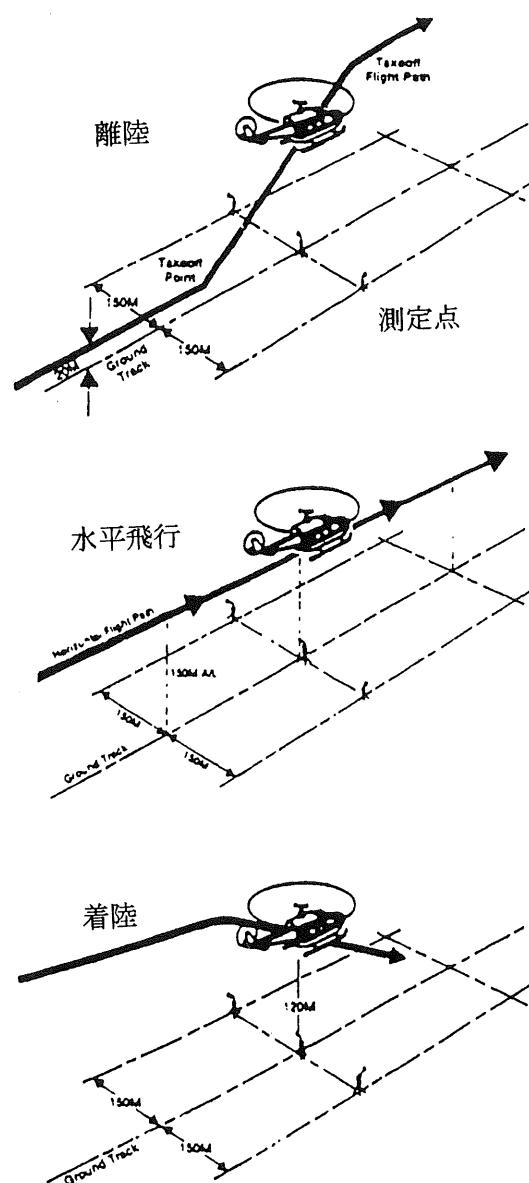


図-1 Chapter 8 の騒音証明飛行と測定点

EPNdB、それより軽いヘリコプターについては最大離陸重量の対数に比例して減少する値。ただし、下限は88 EPNdB。

着陸：最大離陸重量が80 ton以上のヘリコプターについては110 EPNdB、それより軽いヘリコプターについては最大離陸重量の対数に比例して減少する値。ただし、下限は90 EPNdB。

(2) Chapter 11 の概要

- a) 適用の対象となるヘリコプターは最大離

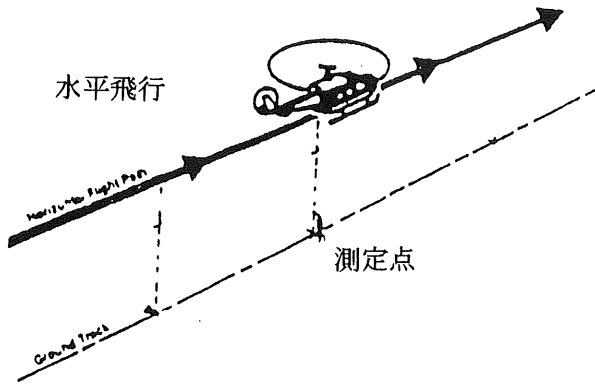


図-2 Chapter 11 の騒音証明飛行と測定点

陸重量が 2,730 kg を超えないもので、1993 年 11 月 11 日以降に製造されたもの。ただし、農業・消防・外部荷重運搬の用途に特別に設計されたものは除く。

- b) 試験をする飛行方式は高度 150 m の水平飛行のみ (図-2 参照)。
- c) 騒音評価量は Sound Exposure Level (SEL)。
- d) 騒音測定地点は飛行経路直下 1 箇所(図-2)。
- e) 基準条件への補正は距離補正のみ。
- f) 騒音限度は次の通り。

水平飛行：最大離陸重量が 788 kg 以下のヘリコプターについては 82 dB, それより重いヘリコプターについては最大離陸重量の対数に比例して増加する値。

3. 証明手順の簡易化に関する検討

(1) 大気吸収減衰補正の省略

基準飛行経路補正の一つである大気吸収減衰補正は測定された騒音ピーク値について、ヘリコプターから測定地点までの距離における大気吸収減衰量を、基準大気条件 (気温 25°C, 相対湿度 70%) と試験時大気条件の違いについて補正するものである。そのためには騒音を録音しておき 1/3 オクターブバンド周波数分析を行い、各バンドごとに大気吸収減衰量を求める必要がある。この手順が省略できるかどうか検討を行った。

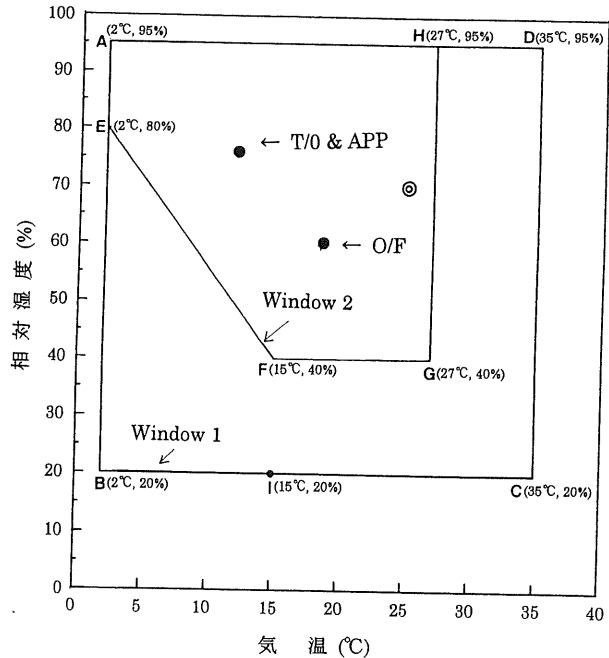


図-3 大気吸収減衰補正量の検討のための大気条件

図-3 に ANNEX 16 で定める許容試験大気条件 (気温, 相対湿度) の範囲を Window 1 (A, B, C, D 及び I で囲む範囲) とし、ANNEX 16. Chapter 10 で定める 9,000 kg を超えないプロペラ機の騒音証明において、大気吸収減衰補正が省略できる気温と相対湿度の範囲を Window 2 (A, E, F, G, 及び H で囲む範囲点) とし示し、また同図中の◎印は基準大気条件を、また●印はベル 230 型機の騒音証明試験の試行時の気温と相対湿度を示した。

ベル B 230 型機の試行結果から離陸、水平飛行、及び着陸の各 1 ケースについて側方測定点で得られた騒音の 1/3 オクターブバンド周波数分析結果を用い、まず基準大気条件での大気吸収減衰量を求め、次に図-3 中の Window 1 及び Window 2 とし示した範囲の各点の大気条件での大気吸収減衰量を求めた。表-1 は基準大気条件と Window 1 に示す各点の大気条件での大気吸収減衰量の差を示したものである。この大気条件下での基準大気条件に対する補正量は -0.02 ~ +1.5 dB であり、気温と相対湿度が極端に低い条

表-1 Window 1 の大気条件下での大気吸収減衰補正量の検討

| Window 1 で示す点 | 気温 (°C) | 相対湿度 (%) | 大気吸収減衰補正量の差(dB) | | |
|------------------|------------|-------------|-----------------|-------|-------|
| | | | 離陸 | 水平飛行 | 着陸 |
| A | 2 | 95 | +0.03 | +0.05 | -0.02 |
| B | 2 | 20 | +1.32 | +1.50 | +1.03 |
| C | 35 | 20 | +0.41 | +0.46 | +0.32 |
| D | 35 | 95 | +0.21 | +0.23 | +0.17 |
| I | 15 | 20 | +1.29 | +1.27 | +0.89 |

表-2 Window 2 の大気条件下での大気吸収減衰補正量の検討

| Window 2 で示す点 | 気温 (°C) | 相対湿度 (%) | 大気吸収減衰補正量の差(dB) | | |
|------------------|------------|-------------|-----------------|-------|-------|
| | | | 離陸 | 水平飛行 | 着陸 |
| A | 2 | 95 | +0.03 | +0.05 | -0.02 |
| E | 2 | 80 | +0.16 | +0.22 | +0.09 |
| F | 15 | 40 | +0.30 | +0.36 | +0.19 |
| G | 27 | 40 | +0.08 | +0.09 | +0.06 |
| H | 27 | 95 | +0.04 | +0.04 | +0.03 |

件（気温 2°C，相対湿度 20%）で補正量が最も大きい。表-2 は基準大気条件と Window 2 に示す各点の大気条件下での大気吸収減衰量の差を示したものである。この大気条件下での基準大気条件に対する補正量は -0.02~+0.36 dB と僅かであった。この結果から試験大気条件の範囲を狭めることにより補正量は小さくなることが分かる。従って適切な試験大気条件と、適切な許容誤差を設定することにより、大気吸収減衰補正の省略は可能と考えられる。

(2) 測定点からヘリコプターまでの距離の算出の簡略化

基準飛行経路補正（大気吸収減衰補正，距離減衰補正，及び継続時間補正）を行うには，まず騒音ピーク（PNLTM）発生時のヘリコプターから測定点までの距離を算出しなければならない。このためには，騒音ピーク発生時のヘリコプターの位置を決めることが必要であり，騒音測定と飛行経路測定との同期が不可欠となっている。この距離算出手順の簡略化について検討した。

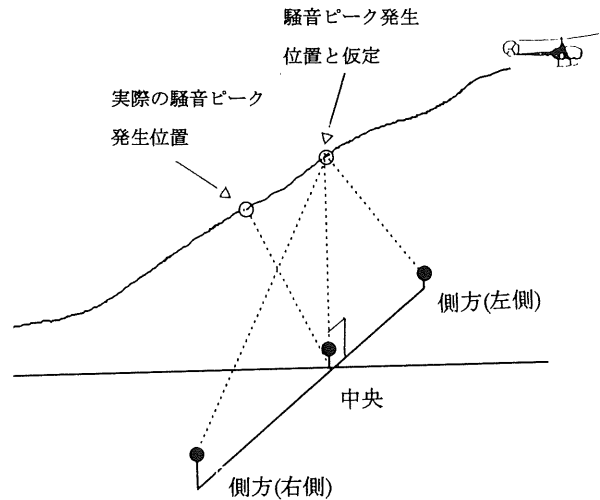


図-4 測定点からヘリコプターまでの距離算出の簡略化

表-3 簡略化した距離と正規の距離を用いて補正したEPNLの差

| 形態 | 測定点 | EPNL(平均値)の差 (dB) | | |
|------|-----|------------------|------|------|
| | | 中央点 | 側方点 | 側方点 |
| 離陸 | | +0.1 | -0.2 | -0.1 |
| 水平飛行 | | -0.1 | 0.0 | 0.0 |
| 着陸 | | +0.1 | +0.2 | +0.1 |

まず図-4 に示すように，騒音ピーク値（PNLTM）は中央，左右の測定点を結ぶ直線上で常に発生するものと仮定して，ヘリコプターから測定点までの距離を簡略的に求め，その距離を用いて基準条件に補正したEPNLを算出した。表-3 はこのEPNLと，正規の手順で算出した距離を用いて基準条件に補正したEPNLとの差を，飛行形態別，測定点別に平均値で示したものである。その差は -0.2~+0.2 dB と僅かであり，適切な許容誤差範囲（場合によっては飛行経路の変動範囲も）を設定することにより，距離計算の簡略化は可能と考えられる。

(3) 騒音評価量の変更

Chapter 8 で定める EPNL は騒音を録音し，その録音データを周波数分析をして複雑

な計算をして求める。大気吸収減衰補正が省略でき、騒音評価量を SEL に変更することができれば、周波数分析の作業がなくなる。騒音評価量を SEL とすることについて検討した。FAA のレポートのデータを用いて、最大離陸重量が 2,730 kg を超える B 222, SA 365 N, S 76, CH 47 の 4 機種を区別せずに EPNL と SEL の相関係数を算出した。

表-4 は測定点別、飛行形態別、及び測定点飛行形態を分類しない全データについてそれぞれの相関係数を示したものである。その相関係数は測定点別、飛行形態別では 0.98~0.99 であり非常に強い相関を示しており、測定点飛行形態を分類しない全データについても 0.91 と強い相関を示している。

表-5 は測定点別、飛行形態別に EPNL と SEL のそれぞれの平均値のバラツキ（標準

表-4 FAA のレポートのデータから算出した EPNL と SEL の相関係数

| 測定点 形態 | 相関係数 | | |
|-----------|------|------|------|
| | 中央点 | 側方点 | 側方点 |
| 離陸 | 0.98 | 0.98 | 0.99 |
| 水平飛行 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 着陸 | 0.99 | 0.99 | 0.99 |
| 全データ | 0.91 | | |

表-5 EPNL, SEL の平均値のバラツキ(σ)

| 測定点 機種形態 | 中央点 | | 側方点 | | 側方点 | | |
|-------------|------|------|-----|------|-----|------|-----|
| | SEL | EPNL | SEL | EPNL | SEL | EPNL | |
| SA365N | 離陸 | 0.4 | .5 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.5 |
| | 水平飛行 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.2 | 1.1 | 1.1 |
| | 着陸 | 0.8 | 0.8 | non | non | 1.7 | 1.7 |
| S-76 | 離陸 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.8 | 0.7 |
| | 水平飛行 | 1.1 | 1.0 | 1.2 | 0.9 | 0.6 | 0.5 |
| | 着陸 | 0.8 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 1.6 | 1.6 |
| B222 | 離陸 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.1 | 0.1 |
| | 水平飛行 | 0.7 | 0.8 | 0.4 | 0.5 | 0.3 | 0.6 |
| | 着陸 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.7 | 0.7 | 0.6 |
| CH47 | 離陸 | 0.7 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 0.5 | 0.1 |
| | 水平飛行 | 0.4 | 0.5 | 0.1 | 0.3 | 0.6 | 0.7 |
| | 着陸 | 0.6 | 0.7 | 1.2 | 1.7 | 0.9 | 0.3 |

偏差) を示したものである。平均値のバラツキは両者とも概ね同程度であることが分かる。

EPNL と SEL の相関の強さ、また平均値のバラツキの程度を考慮すると騒音評価量の変更は可能であると考えられる。

(4) 試験飛行の形態について

Chapter 8 では、離陸、着陸及び水平飛行の 3 飛行形態について騒音を測定することになっている。Chapter 11 と同じ水平飛行のみとすることについて検討した。

図-5 は FAA のレポート (参考文献 3~6) のデータを基に飛行経路直下点での水平飛行時と離陸時の騒音 (SEL) の比較例を示したものである。SA 365 N と B 222 のように水平飛行時と離陸時の騒音値の関係が大きく異なるものもある。水平飛行時の騒音値と他の飛行形態時の騒音値が常にほぼ一定の関係であるのなら、試験飛行の形態は Chapter 11 と同じ水平飛行だけでも良いと考えられるが、図から分かるように水平飛行時と離陸時の騒音値の関係は機種によって大きく異なるため、水平飛行だけとすることは難しい。

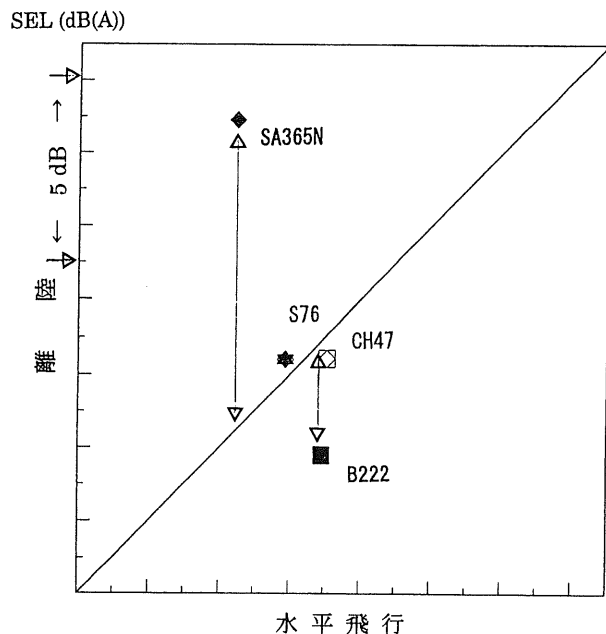


図-5 水平飛行時と離陸時の騒音(SEL)の比較(飛行経路直下)

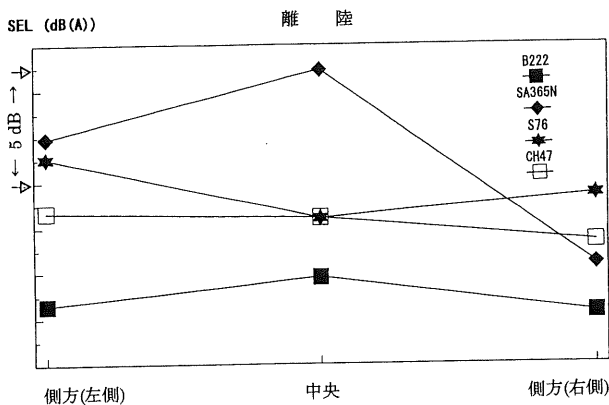


図-6 飛行経路直下と左右の測定点での騒音値の相違

(5) 測定点について

ヘリコプターの騒音は機種によって程度の違いはあるものの、飛行経路直下と左右では相違があるため、Chapter 8では飛行経路の直下と左右の計3個所で騒音を測定する事になっている。Chapter 11と同じ飛行経路直下だけとすることについて検討した。

図-6はFAAのレポート(文献3~6)のデータを基に、離陸時の飛行経路直下と左右の測定点の騒音値(SEL)の関係を例として示したものである。飛行経路直下点と左右の測定点の騒音値は機種によってまちまちであり、S76とSA365Nのように、飛行経路直下と左右の測定点の騒音値の関係が顕著に異なるものもある。どの機種も常に飛行経路直下と左右の測定点の騒音値がほぼ等しいか、あるいは飛行経路直下点の騒音値の方が大きければ、左右の測定点を省略し、飛行経路直下の測定点だけで代表させることができると思われる。しかしながら、図で示したように

飛行経路直下と左右の測定点の騒音値の関係は機種によってまちまちであり、飛行経路直下の測定点だけで代表させることは難しい。

4. おわりに

Chapter 8の証明手順について、簡易化することにより証明費用が軽減すると思われる5項目について検討を行った。その結果、(1)大気吸収補正の省略、(2)距離計算の簡略化、及び(3)騒音評価量の変更についての可能性を見出すことができたが、いずれも誤差が伴うものであり、その許容範囲は騒音証明基準の緩和につながらないように十分な検討が必要と考える。

文 献

- 1) ICAO ANNEX 16 AIRCRAFT NOISE FIRST EDITION-AUGUST 1971
- 2) ICAO ANNEX 16 ENVIRONMENTAL PROTECTION VOLUME I AIRCRAFT NOISE FIRST EDITION-1981
- 3) Noise Measurement Flight Test: Data/Analyses Bell 222 Twin Jet Helicopter, Federal Aviation Administration (Report No. FAA-EE-84-1).
- 4) Noise Measurement Flight Test Data/Analyses Aerospatiale SA365N Dauphin 2 Helicopter, Federal Aviation Administration (Report No. FAA-EE-84-2).
- 5) Noise Measurement Flight Test: Data/Analyses Sikorsky S-76 A Helicopter, Federal Aviation Administration (Report No. FAA-EE-84-6).
- 6) Noise Measurement Flight Test: Data/Analyses Boeing Vertol 234/CR 47-D Helicopter, Federal Aviation Administration (Report No. FAA-EE-84-7).

長期間にわたる都市型空港周辺環境大気の変動と航空機排出ガスの影響

—大阪国際空港を例として—^a

柴田正夫^b 古泉政市^b 水島 実^b
 勝田信二^b 柳沢三郎^c 鈴木孝治^{b,d}

1. 緒 言

大阪国際空港では、航空機排出ガスによる大気汚染防止対策を検討する目的で、昭和48年7月に空港内（誘導路に隣接した地点）に大気汚染常時監視測定室を設置し、種々の大気汚染物質の継続的測定が実施されてきた。設置は当協会により行われた。昭和52年に同空港への広胴機（低騒音大型機又は、エア・バスともいわれる）の就航がなされたことから、周辺地域への影響をさらに考慮して、昭和52年10月より新たに空港に隣接した豊中市勝部及び伊丹市西桑津の2地点に測定室を増設し、以後3測定地点で大気汚染物質の継続的測定が本研究センター大気汚染部により行われている。

大阪国際空港は、図-1に示すように周辺を工業地域、住居地域及びそれらを取り巻く大型高速道路を含む路線網や河川に囲まれた

都市型空港の典型といえる。このような立地条件で空港及び空港周辺の大気は、航空機によってどのように影響を受けているであろうか。

本報告では、この都市型空港をモデルケースとして、20年以上に渡り測定されてきた大気汚染物質の濃度の推移及び気象や時季の影響、発生源の見積りなど、空港を取り巻く環境と航空機排出ガスの影響を明らかにする。

2. 測 定

2-1 大気汚染常時監視測定室

大阪国際空港は、兵庫県伊丹市と大阪府豊中市及び池田市の2府県3市にまたがり、大阪平野のほぼ中央に位置し、南約6kmに尼崎臨海工業地帯、南東約6kmに大阪大都市圏、西側に伊丹市の工場地帯に囲まれている。

同空港の、総面積は約3.17万m²で、南北方向にA滑走路(1,825m×45m)とA誘導路並びにB滑走路(3,000m×60m)とB誘導路が設置され、年間約11万8千回の発着がある。

空港周辺に設置した大気汚染常時監視測定室の設置場所を図-1中の地図内に記号④～⑥で明記する。各測定室における周辺の環境

^a Long-term variation of the trace atmospheric compounds around the City Airport of Osaka, by Masao Shibata, Masaichi Koizumi, Minoru Mizushima, Shinji Katsuta, Saburo Yanagisawa, Koji Suzuki (Air Pollution 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 慶應義塾大学名誉教授

^d 慶應義塾大学助教授 (大気汚染部部長兼務)

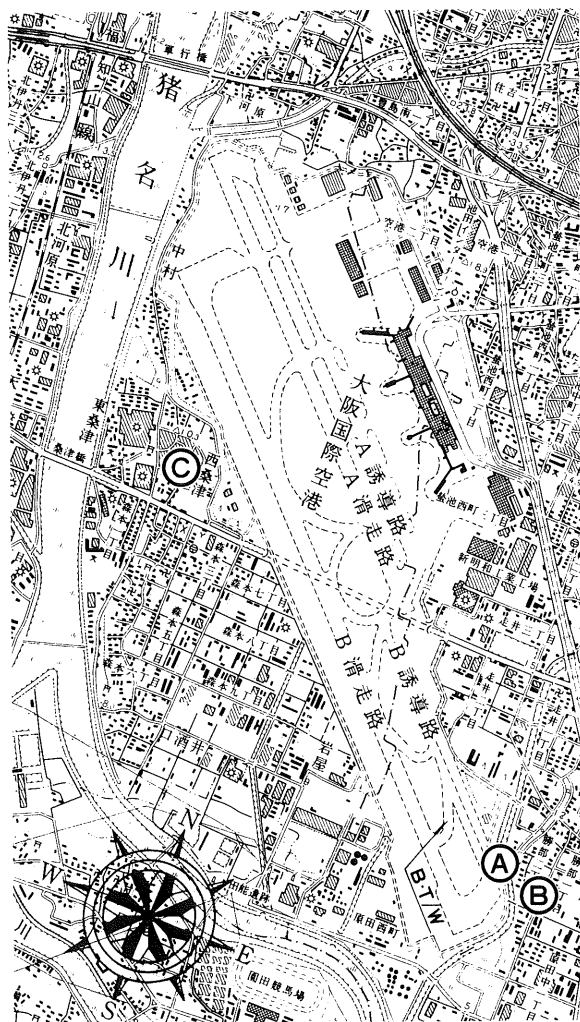


図-1 大気汚染常時監視測定室の設置場所

①：勝部地区空港内大気測定室 ②：勝部大気測定室
 ③：西桑津大気測定室 B・T/W：バイパス誘導路

は、以下のとおりである。

(ア) 空港内大気測定室 (図-1 中の①地点)

測定室は B 誘導路に隣接しており、防音堤端付近の場週道路際に設置されている。B 誘導路の中心から、約 250 m の位置にある。

(イ) 勝部大気測定室 (図-1 中の②地点)

測定室は空港末端に位置し、B 誘導の中心から最短距離で約 200 m の所にある。周辺は準工場地帯で、測定室から東約 350 m に高速道路 (高速大阪池田線)、西約 30 m に道路が走っている。

表-1 大気汚染物質及び気象測定の方法と機器

| 測定項目 | 測定方法 | 測定機器 | 測定に準ずる規格 |
|--|----------------------|------------------------------|---------------|
| 一酸化炭素 (CO) | 非分散型赤外分析法を用いた吸光光度法 | APMA-3500 (堀場製作所) | JIS B 7 9 5 1 |
| 炭化水素 (THC, CH ₄ , NMHC) | ガスクロマトグラフ法 | APMA-2000' (堀場製作所) | JIS B 7 9 5 6 |
| 窒素酸化物 (NO, NO ₂ , NO _x) | ザルツマン試薬を用いた吸光光度法 | GPH-74H-2 (電気化学計器) | JIS B 7 9 5 3 |
| 窒素酸化物 (NO, NO ₂ , NO _x) | 化学発光法 | HL-8840 (モニター・ラボ) | JIS B 7 9 5 3 |
| 光化学オキシダント (O _x) | 中性ヨウ化カリウム溶液を用いた吸光光度法 | GXH-73M-1 (電気化学計器) | JIS B 7 9 5 7 |
| オゾン (O ₃) | 紫外線吸収法 | 1006-AHJ (ダイレック) | JIS B 7 9 5 7 |
| 浮遊粒子状物質 (SPM) | ベータ線吸収法 | DUB-12 (電気化学計器) | JIS B 7 9 5 4 |
| 二酸化硫黄 (SO ₂) | 溶液導電率法 | GRH-76M (電気化学計器) | JIS B 7 9 5 2 |
| 風向風速 | 風向風速計による毎時連続測定 | A-1158(小笠原計器) プロベラ式 風向風速計 | 気象庁 |
| 気温 相対湿度 | 自動計測器による毎時連続測定 | A-1158(小笠原計器) 白金抵抗式温度計 毛髪湿度計 | 「地上気象観測法」 |

(ウ) 西桑津大気測定室 (図-1 中の③地点)

測定室は滑走路の西側で、B 滑走路の中心から最短距離で約 250 m の位置にある。周辺は住居地域で、測定室から西約 300 m に工場、南約 200 m に幹線道路 (伊丹一豊中線) が走っている。

2-2 測定項目と測定機器

測定した物質は、一酸化炭素 (CO)、炭化水素 (HC) {全炭化水素 (THC)、メタン (CH₄) 及び非メタン炭化水素 (NMHC)}, 窒素酸化物 (NO_x) {一酸化窒素 (NO) 及び二酸化窒素 (NO₂)}, 光化学オキシダント (O_x), オゾン (O₃), 浮遊粒子状物質 (SPM) 及び二酸化硫黄 (SO₂) である。

気象因子として、風向、風速、気温及び相対湿度を計測した。

これらの測定は、各測定室に設置された自動計測器により行ったが、その方法と装置を表-1 にまとめて示す。

3. 測定結果及び考察

空港周辺における環境大気の常時監視測定室は、空港内地点及び周辺 2 地点 (勝部、西

桑津)で行ったが、一般の都市大気や道路周辺大気との比較のため、環境庁がとりまとめた「日本の大気汚染状況」¹⁾及び「道路周辺の大気汚染状況」²⁾からの測定データも必要に応じて取り上げた。

3-1 大気汚染物質濃度の年平均値の推移

図-2に3測定室の大気汚染物質の年平均値と一般都市大気及び道路周辺大気のそれらの値との比較を示す。

(1) 一酸化炭素

主要な発生源は、自動車の排気ガスであり、かつては自動車の排気ガスによる大気汚染の主要物質であったが、数次にわたる排気ガス規制により近年の汚染状況は大幅に改善されている。

空港における一酸化炭素の年平均値の推移をみると、昭和53年度からわずかながら減少する傾向にあったが、ここ数年はほぼ一定となっている(図-2(1))。また、環境基準の対応状況をみると、昭和53年度以降各測定室で1日の平均値が10ppmを超えたことのある測定値と8時間値が20ppmを超えたことのある測定値はなく、環境基準を下回っている。また、年平均値においても、53年度以降、引き続き各測定室が環境基準を満たしている。

(2) 炭化水素類

炭化水素は、反応性の乏しい安定した物質であるメタンと、反応性に富む非メタン炭化水素に分類される。このうちの非メタン炭化水素は、光化学スモッグの原因物質の一つと考えられており、現在、指針値が定められている。

炭化水素の主要発生源は、自動車の排出ガスであり、その他、石油精製、石油化学工場、ガソリンスタンド等の化石燃料から大気への放出がある。

空港における全炭化水素の年平均値の推移をみると、昭和53年度から平成元年度にかけてわずかながら増加傾向がみられたが、そ

の後はほぼ一定となっている(図-2(2))。

非メタン炭化水素による汚染の程度は、53年度から56年度にやや増加したもののその後58年度まで減少し、再び平成元年度まで増加し、近年は減少の傾向にある。(図-2(3))。また、指針値との対応状況は、午前6時から9時までの3時間平均値が0.20ppmvから0.31ppmvの範囲内またはそれ以下であることに対して、各測定室でこの値を上回っており、過去16年間でもっとも超過率の少ない測定室(空港内)でも測定日数の約46%を占めている。

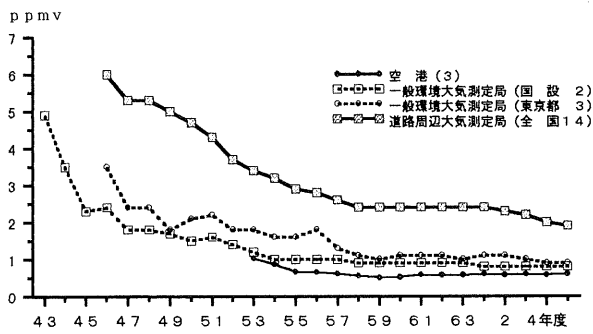
このことから、航空機の影響は特に認められないが、都市部では非メタン炭化水素が相変わらずの大気汚染物質として存在している。

(3) 窒素酸化物

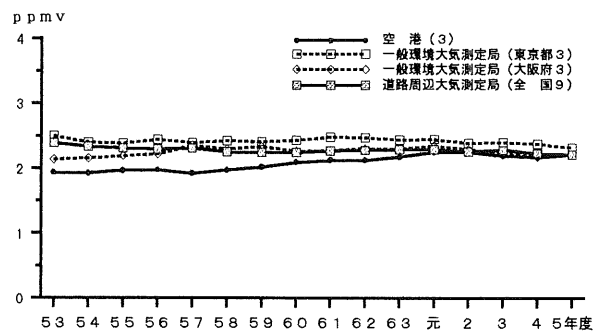
窒素酸化物は、空気中や燃料中に含まれる窒素が高温の燃焼課程で生成される物質であり、排出時には一酸化窒素が大部分を占め、大気中で酸化されて二酸化窒素あるいは四酸化二窒素に変化する。主要発生源としては、工場、事業所、自動車からの排出ガスであるが、ビルや家庭等の暖房、ガスレンジなどからも発生する。

空港における二酸化窒素の年平均値の推移は、昭和56年度以降減少傾向がみられたが、58年度以降はやや増加している(図-2(4))。環境基準との対応状況は、53年度以降各測定室で日平均値の年間98%値が0.06ppmを超えた測定室はなく、環境基準を下回っている。

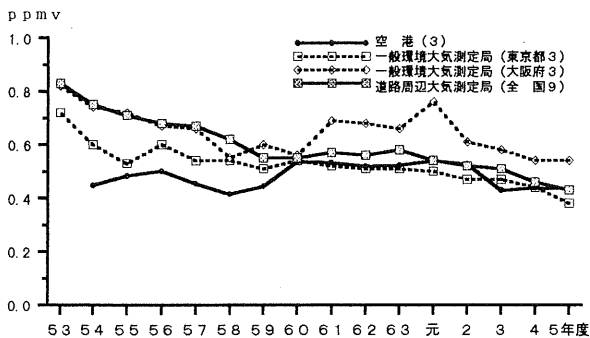
一方、一酸化窒素による汚染の程度は、二酸化窒素とは異なり、昭和53年度からほぼ一定した値である(図-2(5))。特徴的なことは、一般環境大気や道路周辺大気では二酸化窒素の年平均値がやや増加しているのに対して、一酸化窒素は減少の傾向にある。ただ近年ではどちらもほぼ一定した値に近づいている。



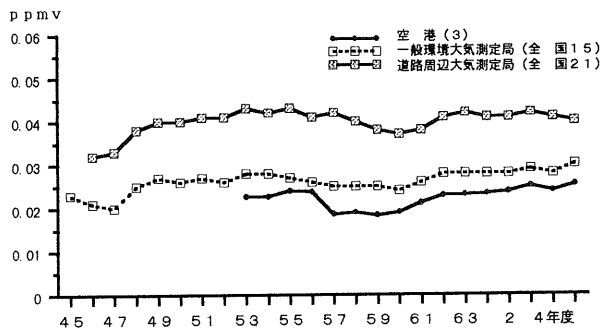
(1) 一酸化炭素濃度の年平均値の経年変化



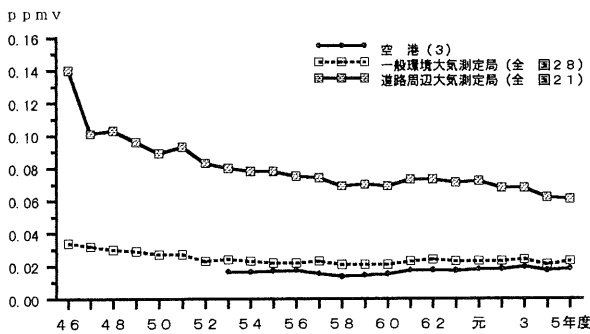
(2) 全炭化水素濃度の年平均値の経年変化



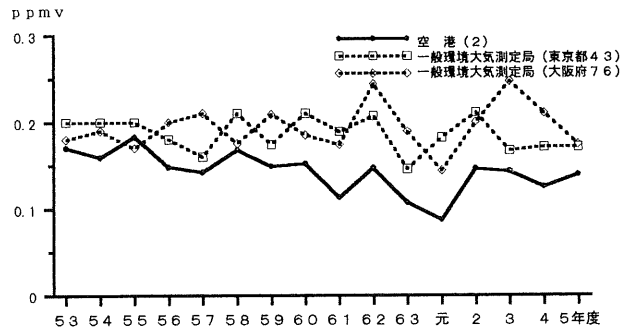
(3) 非メタン炭化水素午前6~9時の3時間平均値の年平均値の経年変化



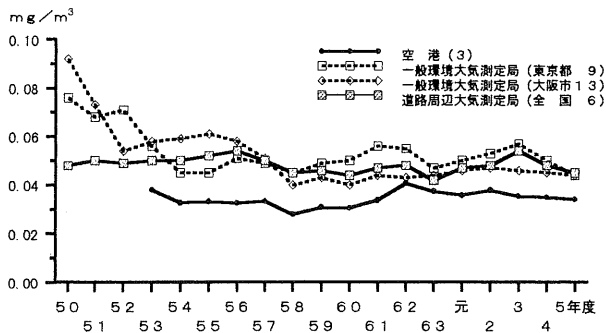
(4) 二酸化窒素濃度の年平均値の経年変化



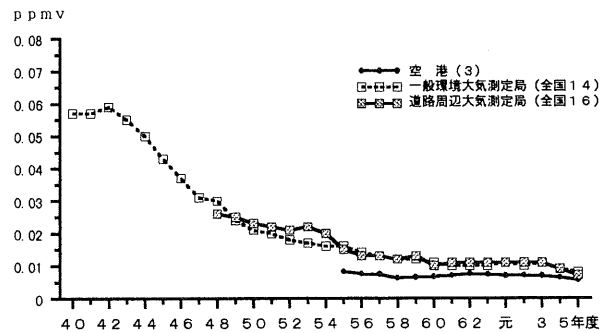
(5) 一酸化窒素濃度の年平均値の経年変化



(6) 光化学オキシダント濃度の年平均値の経年変化



(7) 浮遊粒子状物質の年平均値の経年変化



(8) 二酸化硫黄濃度の年平均値の経年変化

(注) 図中の () 内の数値は測定局数を示す。

図-2 大気汚染物質の年平均値の経年変化

(4) 光化学オキシダント

光化学オキシダントは、大気中の窒素酸化物、炭化水素等が太陽光線中の強い紫外線により光化学反応を起こし生成される酸化物質(中性ヨウ化カリウム溶液からヨウ素を遊離するものであり、二酸化窒素を除く)である。

光化学オキシダントは光化学反応により生成されるため、いわゆる二次汚染物質で気温、日射量、風向、風速等の気象条件の影響を強く受ける。このため、年により増加したり減少したりしているものの、昭和53年度からの光化学オキシダント濃度の最高値の推移は、0.15 ppm 前後である(図-2(6))。環境基準との対応状況では、53年度以降各測定室で1時間値が0.06 ppm を超えた日数があり、環境基準は達成されていない。また、光化学スモッグ注意報の環境基準である0.12 ppm 以上については、勝部が59年度、61年度、63年度、平成元年であり、西桑津が61年度、63年度、平成元年度、4年度の各々16年間に4年発令された。都市部での光化学オキシダントは図-2(6)に示すように0.2 ppm 前後であり、現在でもあまり減少傾向はない。

(5) 浮遊粒子状物質

浮遊粒子状物質は、大気中に浮遊する粒子状物質であって粒径が10 μm 以下のものと定義される。浮遊粒子状物質については、工場、事業場からのばいじん、自動車排出ガスだけではなく、気象や交通などの土壌の巻き上げなどからも発生する。各発生源からの発生状況を把握するための情報が少ないこと、ガス状で排出された物質が大気中の物理的・化学的变化により粒子化するいわゆる二次生成についての反応機構、変換速度等が不明確であることから、その汚染機構は十分明らかではない。

空港における浮遊粒子状物質の年平均値の推移をみると、ほぼ一定しており0.035 mg/

m³ 前後である(図-2(7))。一般大気も昭和54年度以降はほぼ一定値で、0.05 mg/m³ 前後である。環境基準との対応は、53年度2測定室(勝部、西桑津)、54年度2測定室(勝部、西桑津)、55年度3測定室、56年度3測定室、58年度3測定室、59年度1測定室(西桑津)、60年度2測定室(空港内、西桑津)続いて62年度3測定室で未達成であったが、その後、63年度以降は3測定室で環境基準を下回っている。ただし、平均値としてはほぼ一定しており、一日平均で評価をすると、過去16年間で、57年度(空港内)及び平成4年度(勝部)を除き、環境基準を達成した測定室は皆無である。従って、都市部での浮遊粒子状物質は、相変わらずの汚染物質として位置づけられる。

(6) 二酸化硫黄

二酸化硫黄は、石油、石炭等の化石燃料中の硫黄分がその燃焼課程で酸化されることにより生成する。以前は、大気中に排出されるスモッグの原因となっていたものの、使用燃料の低硫黄化、排煙脱硫装置の設置等の対策により、大気中の硫黄酸化物濃度はかなり減少してきた。この傾向は図-2(8)の年平均値の推移に明瞭に表れている。

空港における二酸化硫黄の年平均値の推移はほぼ一定で、燃料中の脱硫が十分行われた結果を示している。環境基準との対応状況では、55年度以降すべての測定室の1時間値が0.1 ppm を超えたことのある測定室と日平均値が0.04 ppm を超えた測定室はなく全日環境基準を下回っている。他の世界の大都市大気中の硫黄酸化物の濃度と比較して、日本の都市大気では低く、近年の我が国の脱硫政策は、硫黄酸化物発生の減少に大きく貢献している。

3-2 大気汚染物質濃度の月平均値の変動

16年間の測定結果を月別累年平均値の変動を図-3(1)、図-3(2)に示す。

これによると、一酸化炭素濃度は、年間を

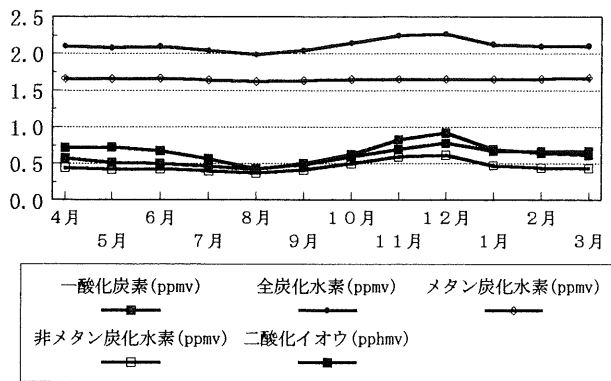


図-3 (1) 汚染物質濃度の月別変化

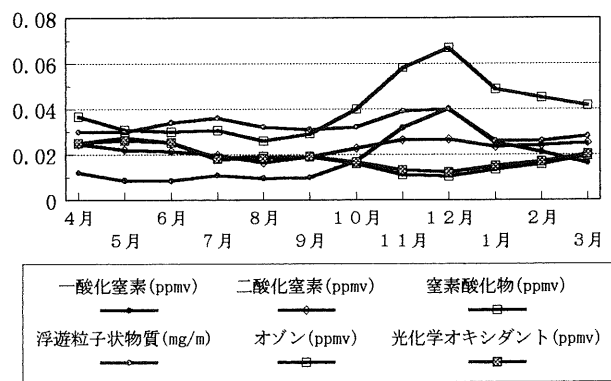


図-3 (2) 汚染物質濃度の月別変化

通じてあまり大きな変化はみられないが、7月から8月の夏期がやや低く、12月前後が少し高くなる傾向を示している。また、冬期に向かって濃度が上昇しているが、これは気象要因のほかに暖房などによる排煙の影響によるものであろう。

全炭化水素濃度は、年間を通じてあまり大きな変化はみられないが春、夏期に比べ冬期の濃度が高く、11月から12月にかけてピークが多く出現している。これは、この時期に大気が安定して風速も弱く、逆転層が形成されやすいためである。

メタン濃度は、年間を通じて変動も少ない。

非メタン炭化水素濃度は、春、夏期に比べて秋、冬期の濃度が高く、11月から12月にかけてピークが多く出現している。夏期に最低濃度を示す理由として、非メタン炭化水素は紫外線量の強い夏場に大気中で化学反応(これらの反応は、紫外線の強度と炭化水素の活性度及びその濃度によって左右される)を受けるために、消費されて濃度が減少するものと考えられる。

一酸化窒素濃度は、冬期を中心に濃度が高く、春から秋にかけて低くなり、季節的な変化が大きくなっている。これらの傾向は二酸化窒素と同様で、春から秋に濃度が減少することは、一酸化窒素が光化学オキシダントをつくる二酸化窒素の前身であるからである。

二酸化窒素濃度は、夏期に若干濃度が低く秋から冬にかけて徐々に濃度が高くなり、さらに春になると徐々に濃度が減少している。また、一酸化窒素濃度のような鋭いピークはみられない。このように、冬期に濃度が高くなる理由としては、12月頃が一年中でもっとも大気境界層の大気安定度がよく、また、日射量がもっとも少ないためであろう。一方、夏期に濃度が低くなる理由としては、二酸化窒素は近紫外から可視部の全波長領域にわたってかなり強い吸収をもつため、大気中にみられる物質のうちでは紫外線をもっともよく吸収し、種々の二次的な化学反応を引き起す。このような光化学反応において、二酸化窒素はこの強い光吸収により自らも分解して一酸化窒素と原子状の酸素を生成し、減少する。このように、冬期に高濃度を持つような濃度変動を示すことから一酸化窒素の月別変化と関連している。

光化学オキシダント濃度は、4月から6月に最高濃度となり、その後夏と秋に濃度は減少し、11月と12月が最も低い濃度を示す。春から夏にかけて濃度が高くなる理由として、大気中のオゾン濃度が一年中でこの時期にもっとも高くなることによることに関連している。このオゾン濃度について、4月から6月にかけて5月を頂点とした一山型の濃度上昇がみられる。特に、夏期において高くなる理由は、いわゆる光化学オキシダントが大

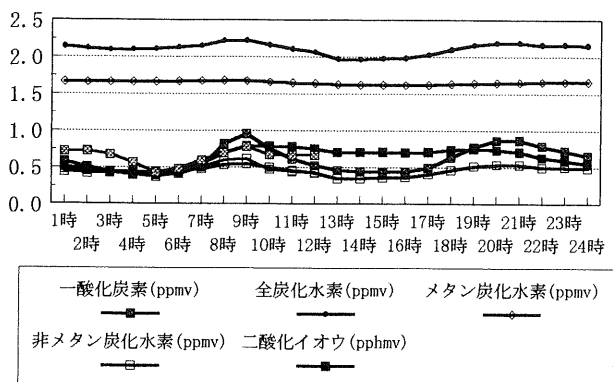


図-4 (1) 汚染物質濃度の時間変化

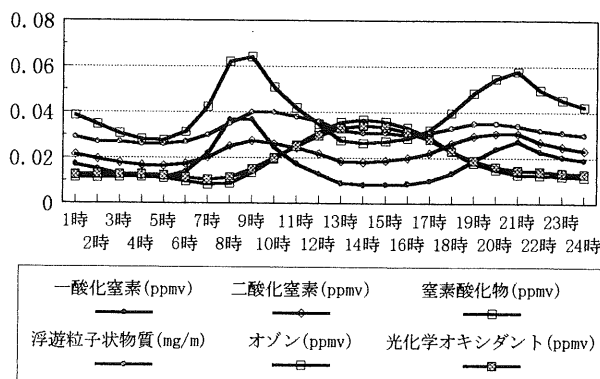


図-4 (2) 汚染物質濃度の時間変化

量に生成されるためと推察される。

浮遊粒子状物質濃度は、年間を通じてあまり大きな変化はみられないが、3月から5月の春期にやや低く、秋期から冬期にかけてゆるい上昇傾向を示している。これは、この時期に頻繁に接地逆転層が発生したり、弱風の日が多いので、発生源より出た汚染物質が大気に十分拡散（移流）しなかったためである。

二酸化硫黄濃度は、四季を通じて大きな濃度変動がみられないが、7月から9月の夏期にやや低く、秋期から冬期にかけてゆるい上昇傾向を示している。これは気象要因の他に暖房などの排煙の影響によるものであろう。

3-3 大気汚染物質濃度の時間別平均値の変動

16年間に渡る測定値の時間別累計平均値の変動は図-4(1)、図-4(2)に示す。

これらの図から、時間別変化のパターンは各汚染物質によって異なるが、一酸化炭素、全炭化水素、一酸化窒素、二酸化窒素、浮遊粒子状物質及び二酸化硫黄は多くの場合午前6時から12時及び午後6時から12時の二つの時間帯にピークを持つ二山型のパターンを示している。また、このパターンは冬期から春期に向かって大きな起状を示し、かつ濃度も上昇する。これは気象の影響が加わるためであろう。このような時間別変化のパターンは環境大気中濃度に強い影響を与える固定発

生源及び移動発生源による排出量の日内変動と、気象要素による大気拡散の強さの日内変動の相乗効果によって生ずる。このうち、二酸化窒素については、日中の濃度の方が早朝より常に高いが、これは日中光化学反応によって一酸化窒素の一部が二酸化窒素に酸化されるためであろう。

光化学オキシダント及びオゾン濃度の時間変化パターンは、これらの成分とは異なり14時頃に最大値を持つ典型的な一山型を示している。このことは光化学オキシダント及びオゾンが光化学反応によって生成されることを直接的に示している。

以上の結果から、濃度の高低はあるが、汚染物質濃度の日変化パターンは類似しており、汚染物質濃度は、各地点とも気象からの影響を受けている。また、これらの汚染物質の時間変化パターンは通常の都市でみられるものとほぼ同様な傾向であり、空港の存在が直接影響されているとは考えにくい。ただ、移動発生源に起因する汚染物質（一酸化窒素）は、測定地点の条件により発生源の影響を直接受けやすく、空港内の滑走路に近い測定点では、他の地点と違った濃度変動を示す場合がある。

3-4 大気汚染物質濃度の曜日別平均値の変動

16年間に渡る曜日別の累計平均値の変動を図-5(1)、図-5(2)に示す。

一般的な傾向として、曜日変動は一酸化炭素、全炭化水素、非メタン炭化水素、一酸化窒素、二酸化窒素、浮遊粒子状物質及び二酸化硫黄は日曜日が最低で、平日では木曜日が高い。一般に発生源の活動は日曜日は平日よ

り緩慢となり、汚染物質の排出量は減少する。光化学オキシダント、オゾン及びメタンについてはとくに大きな濃度変動は認められない。

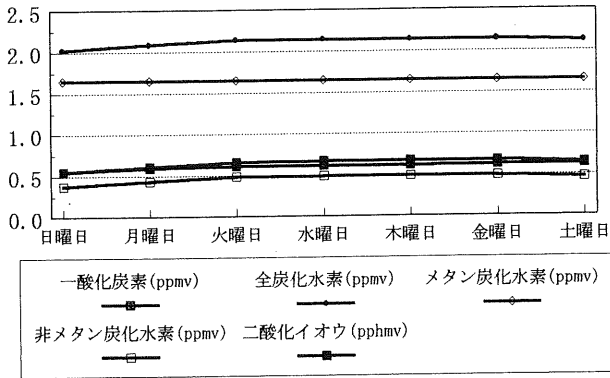


図-5 (1) 汚染物質濃度の週変化

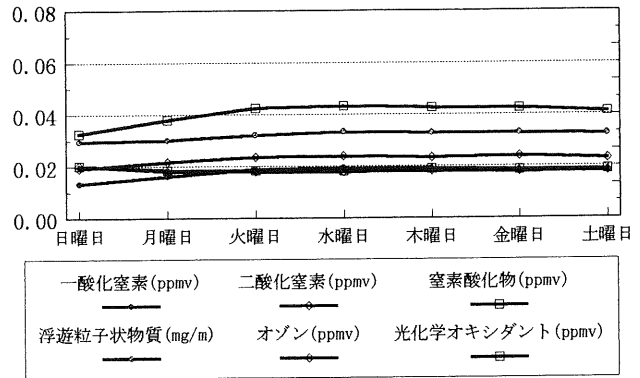


図-5 (2) 汚染物質濃度の週変化

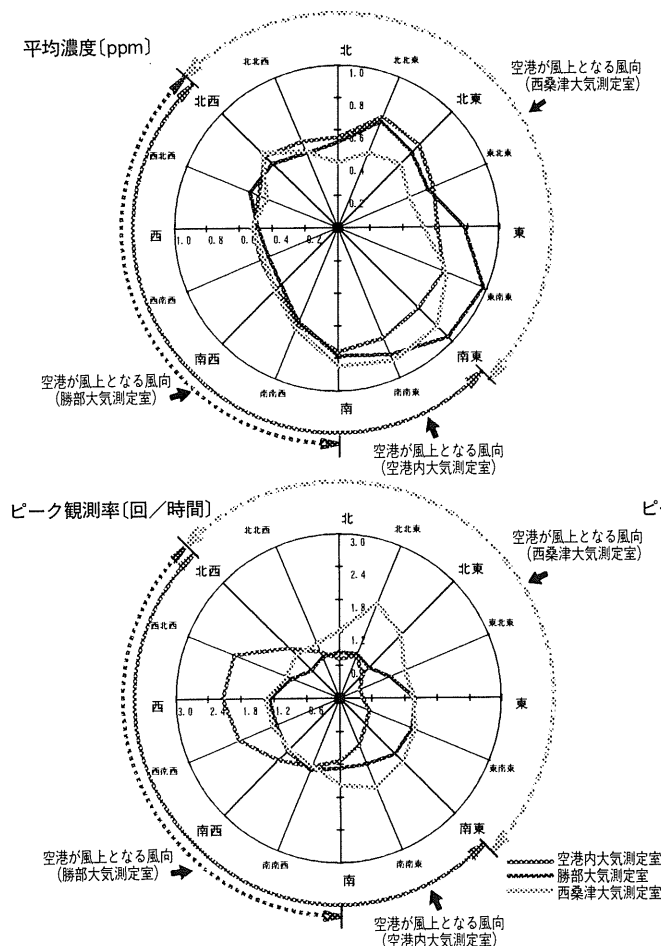


図-6 (1) 風向別一酸化炭素濃度のピーク観測率及び平均濃度

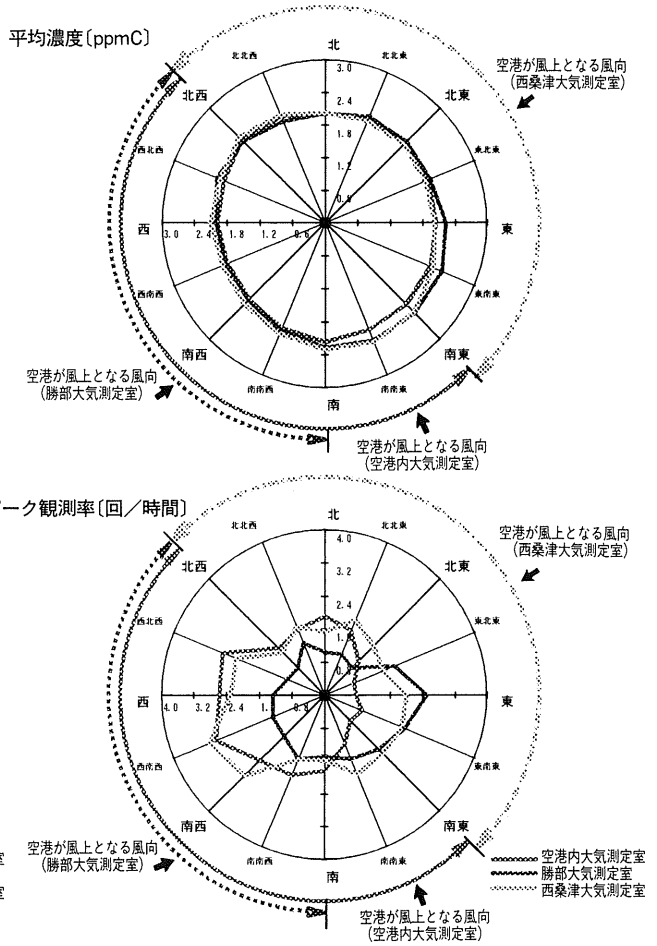


図-6 (2) 風向別全炭化水素濃度のピーク観測率及び平均濃度

3-5 大気汚染物質濃度と気象因子との関係

大気汚染は、発生源からの排出された汚染物質が気象条件によって拡散、滞留あるいは移動などの作用をすることによって状況が大きく変わる。したがって大気汚染を把握もしくは解析するうえで、気象は非常に重要な要素になっている。このようなことから同空港周辺3地域では、気象観測を行っている。観測結果では、調査期間中の風向は北西成分の風が卓越しており夏期以外は圧倒的に北から北西風が多く、夏期は南から北までかなり広範囲である。全体的には、東及び西成分の風が少ない。また、調査期間中の風速は経年的には変動はほとんどなく、年平均値では2 m/sを示している。年間では、8月の風速が

若干強く、1月が弱くなっている。

(1) 大気汚染物質濃度と風向との関係

大気汚染物質濃度と風向の関係は、各風向時における一酸化炭素、全炭化水素、一酸化窒素及び二酸化窒素濃度の1時間当たりのピークの出現回数及び平均濃度の関係を図-6(1)から図-6(4)に示す。

全体的にみると、滑走路方向に当たる風向の場合にピークの出現頻度が多くみられるが、平均濃度は滑走路方向に当たる風向の場合に必ずしも高くない。むしろ滑走路方向より道路等の影響が強く現れ、航空機の排出ガスの影響は少ない。ただ、窒素酸化物の一酸化窒素と二酸化窒素については、濃度ピーク時の風向が空港とほぼ一致しており、航空機排出ガスの影響が認められる。

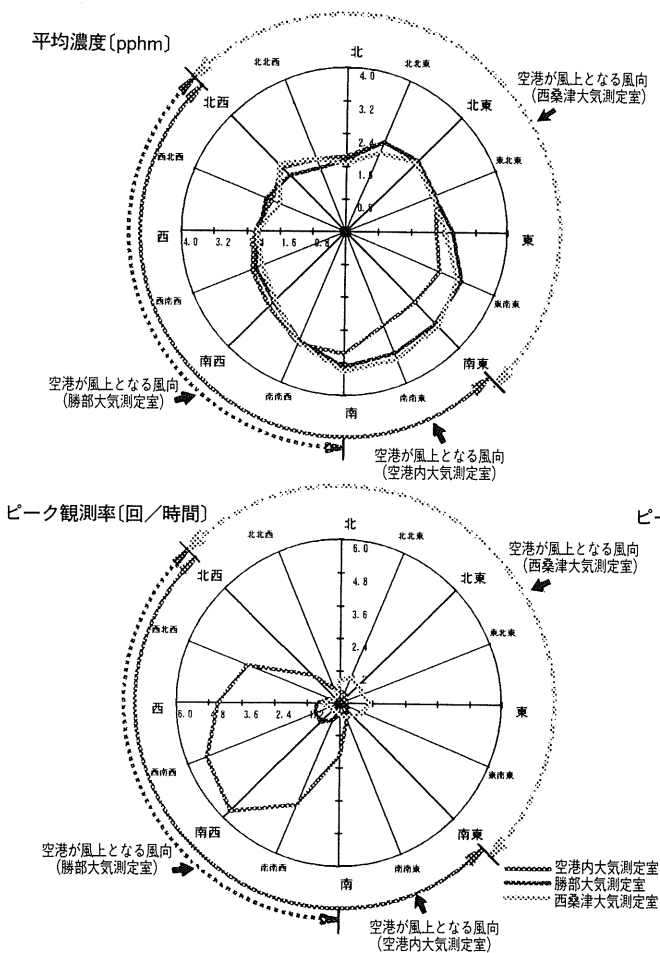


図-6 (3) 風向別二酸化窒素濃度のピーク観測率及び平均濃度

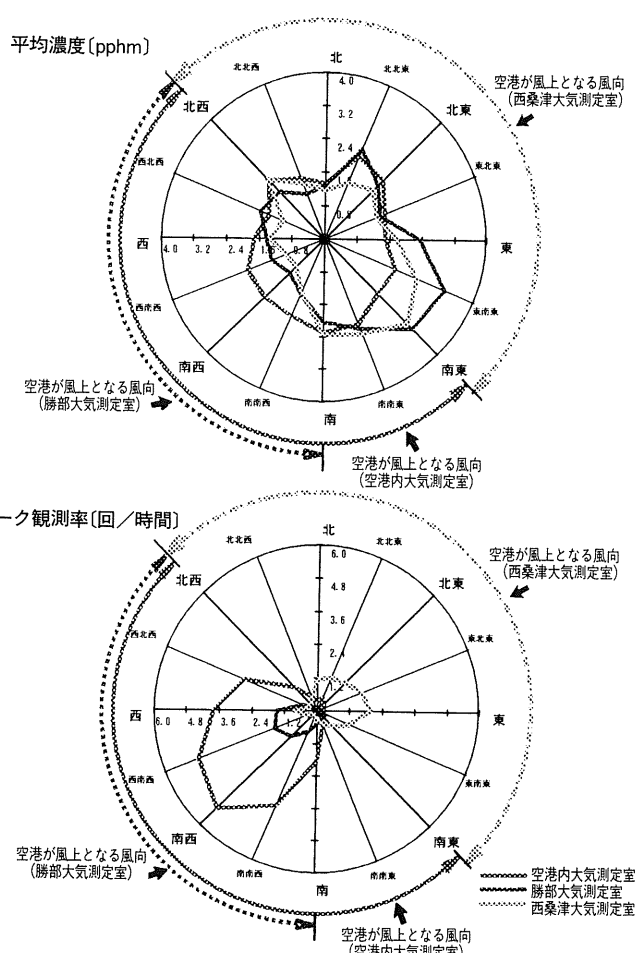


図-6 (4) 風向別一酸化窒素濃度のピーク観測率及び平均濃度

(2) 大気汚染物質濃度と風速との関係

大気汚染物質濃度と風速の関係は、風速を11階級に分け、各風速時における一酸化炭素、全炭化水素、一酸化窒素及び二酸化窒素濃度について整理した結果を図-7に示す。

各汚染物質とも風速が強まるにつれて平均濃度が低くなり、特異な現象はみられない。

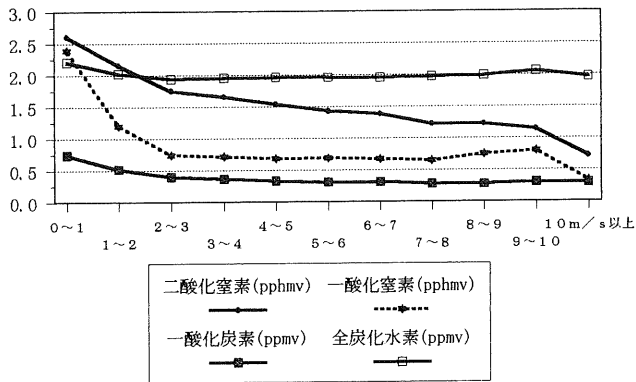


図-7 風速階級別汚染物質濃度

(3) 大気汚染物質の気象相関

大気汚染物質及び気象要因の相互関係をみるため、各汚染物質及び気象要因の時間値の相関を調べた。表-2に各測定項目間の相関係数を示す。

表-2より相関係数0.9以上のもっとも関連性の強い項目の組み合わせは、一酸化窒素と二酸化窒素、全炭化水素と非メタン炭化水素である。これらはいずれも同一の発生源を意味する。その他やや相関が確かめられるのは、相関係数で0.8から0.9を示す項目の組み合わせで、一酸化炭素と一酸化窒素、二酸化窒素と窒素酸化物、一酸化炭素と非メタン炭化水素である。これらとは異なり風速と各汚染物質の関係は、-0.34から0.43の範囲で相関は低い。

3-6 測定地点間の大気汚染物質濃度の相関

大気汚染物質及び気象因子と測定地点間相

表-2 測定項目間の相関係数

| | NO | NO2 | NOX | CO | THC | CH4 | NMCH4 | SO2 | DUST | O3 | OX | WS | T | HUM |
|------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 一酸化窒素 (NO) | | 0.5521 | 0.9556 | 0.8658 | 0.7282 | 0.1910 | 0.7485 | 0.4838 | 0.5174 | -0.3935 | -0.3262 | -0.2578 | -0.2629 | 0.2604 |
| 二酸化窒素 (NO2) | △ | | 0.7732 | 0.7299 | 0.6469 | 0.2491 | 0.6278 | 0.7141 | 0.6271 | -0.4106 | -0.3449 | -0.2626 | -0.1457 | 0.1452 |
| 窒素酸化物 (NOX) | ● | ○ | | 0.9161 | 0.7830 | 0.2333 | 0.7913 | 0.6202 | 0.6157 | -0.4444 | -0.3696 | -0.2889 | -0.2514 | 0.2494 |
| 一酸化炭素 (CO) | ◎ | ○ | ● | | 0.8003 | 0.2007 | 0.8252 | 0.5905 | 0.6720 | -0.3518 | -0.2881 | -0.2970 | -0.2028 | 0.2187 |
| 全炭化水素 (THC) | ○ | □ | ○ | ◎ | | 0.4806 | 0.9210 | 0.4762 | 0.6133 | -0.3934 | -0.3310 | -0.3096 | -0.1882 | 0.2937 |
| メタン (CH4) | × | × | × | × | ▽ | | 0.1094 | 0.0800 | 0.2314 | -0.1769 | -0.0803 | 0.0594 | -0.1139 | 0.1605 |
| 非メタン炭化水素 (NMCH4) | ○ | □ | ○ | ◎ | ● | × | | 0.5053 | 0.5986 | -0.3756 | -0.3455 | -0.3819 | -0.1692 | 0.2575 |
| 二酸化硫黄 (SO2) | ▽ | ○ | □ | △ | ▽ | × | △ | | 0.6430 | 0.0019 | 0.0238 | -0.1497 | -0.0334 | -0.2130 |
| 浮遊粒子状物質 (DUST) | △ | □ | □ | □ | □ | × | △ | □ | | -0.0968 | -0.0706 | -0.2208 | 0.1092 | 0.1152 |
| オゾン (O3) | -)× | -)▽ | -)▽ | -)× | -)× | -)× | -)× | × | -)× | | 0.9282 | 0.3064 | 0.3268 | -0.6085 |
| 光化学オキシダント (OX) | -)× | -)× | -)× | -)× | -)× | -)× | -)× | × | -)× | ● | | 0.3924 | 0.2848 | -0.5771 |
| 風速 (WS) | -)× | -)× | -)× | -)× | -)× | × | -)× | -)× | -)× | × | × | | 0.0873 | -0.3349 |
| 温度 (T) | -)× | -)× | -)× | -)× | -)× | -)× | -)× | -)× | × | × | × | × | | -0.1161 |
| 湿度 (HUM) | × | × | × | × | × | × | × | -)× | × | -)□ | -)△ | -)× | -)× | |

注) 1) 記号の左側の-)は負相関
 2) 相関係数値
 0.9以上 ●
 0.8~0.9 ◎
 0.7~0.8 ○
 0.6~0.7 □
 0.5~0.6 △
 0.4~0.5 ▽
 0.4未満 ×

表-3 測定地点間の相関

| 汚染物質等 | 測定地点 空港内大気測定室 — 勝部大気測定室 | 勝部大気測定室 — 西桑津大気測定室 | 西桑津大気測定室 — 空港内大気測定室 |
|-----------------|-------------------------------|-----------------------|------------------------|
| 一酸化窒素 (ザルツマン) | ● | ◎ | ◎ |
| 二酸化窒素 (ザルツマン) | ● | ◎ | ◎ |
| 窒素酸化物 (ザルツマン) | ● | ◎ | ◎ |
| 一酸化窒素 (ケミルミ) | ● | ○ | ○ |
| 二酸化窒素 (ケミルミ) | ● | ◎ | ◎ |
| 窒素酸化物 (ケミルミ) | ● | ◎ | ◎ |
| 一酸化炭素 | ● | ◎ | ◎ |
| 全炭化水素 | ◎ | ○ | ○ |
| メ タ ン | □ | □ | △ |
| 非メタン炭化水素 | ◎ | □ | □ |
| 二酸化硫黄 | ● | ◎ | ◎ |
| 浮遊粒子状物質 | ● | ○ | ○ |
| オ ゾ ン | ● | ● | ● |
| 光化学オキシダント | | ● | |
| 風 速 | ○ | □ | □ |
| 温 度 | ● | ● | ● |
| 湿 度 | ● | ● | ● |
| 一酸化窒素最高値 | △ | ▽ | × |
| 二酸化窒素最高値 | ○ | □ | ▽ |
| 窒素酸化物最高値 | □ | △ | × |
| 一酸化炭素最高値 | ▽ | ▽ | × |
| 全炭化水素最高値 | × | × | × |
| メ タ ン最高値 | △ | ▽ | × |
| 非メタン炭化水素最高値 | × | × | × |
| 一酸化窒素ピーク出現回数 | □ | -)× | -)× |
| 二酸化窒素ピーク出現回数 | △ | × | × |
| 窒素酸化物ピーク出現回数 | □ | × | -)× |
| 一酸化炭素ピーク出現回数 | ▽ | × | × |
| 全炭化水素ピーク出現回数 | × | × | × |
| メ タ ンピーク出現回数 | × | × | × |
| 非メタン炭化水素ピーク出現回数 | ▽ | × | × |

1) 記号の左側の-)は負相関

2) 相関係数

| | |
|---------|---|
| 0.9以上 | ● |
| 0.8~0.9 | ◎ |
| 0.7~0.8 | ○ |
| 0.6~0.7 | □ |
| 0.5~0.6 | △ |
| 0.4~0.5 | ▽ |
| 0.4未満 | × |

互の関係をみるため、各汚染物質濃度の時間値、ピーク値とピーク出現回数の相関を調べた。また、各汚染物質濃度と風速、温度、相対湿度の時間値の相関を調べた。

これらの結果を整理して、測定地点間の大気汚染物質及び気象因子の関係を表-3にまとめた。

表-3より相関係数が0.9以上でもっとも関連性の強い測定地点間の項目は、空港内一勝部では一酸化窒素、二酸化窒素、窒素酸化物、一酸化炭素、二酸化硫黄、浮遊粒子状物質及びオゾンの7項目である。勝部一西桑津では光化学オキシダント及びオゾンの2項目である。空港内一西桑津ではオゾンの1項目である。

その他、相関係数の0.8から0.9の範囲で確かめられる項目は、空港内一勝部では全炭化水素及び非メタン炭化水素の2項目である。勝部一西桑津では一酸化窒素、二酸化窒素、窒素酸化物、一酸化炭素及び浮遊粒子状物質の5項目である。空港内一西桑津では一酸化窒素、二酸化窒素、窒素酸化物、一酸化炭素及び二酸化硫黄の5項目である。また、ピークの出現回数と測定地点間相互の関係をみると、相関係数0.6以上では空港内一勝部の一酸化窒素のみである。

以上のように、全体としては距離的に近い地点間で相関が大きく、遠くなると相関が小さくなる傾向がみられる。

4. ま と め

一般に大都市の空港周辺の大気汚染の状況は航空機よりも、周辺の産業活動、道路交通等によって大きく影響される。この報告でも濃度ピーク時に観測された窒素酸化物を除いては、航空機排出ガスの周辺大気に与える影響は特に確かめられなかった。本報告から得られた結果をまとめると、以下のようである。

(1) 航空機排出ガスの主要成分は、一酸

化炭素、炭化水素、一酸化窒素、二酸化窒素であるが、これらは自動車排出ガスや工場排ガスの影響が大きい。また、二酸化硫黄は航空機排出ガスには特に関係が認められない。

(2) 成分別では、一酸化炭素及び炭化水素は航空機排出ガス汚染の90%以上の発生が空港内地上走行時の汚染であり、一酸化窒素と二酸化窒素は離陸、上昇、着陸時に排出される汚染物質である。自動車と同一の地上汚染源たる一酸化炭素、炭化水素の場合、一酸化炭素についてはここ数年空港内周辺ともに0.6 ppmであり、空港内及び周辺の一酸化炭素は全般的に低い。また、その濃度も、一般交差点付近のデータと比較すると概して低い。炭化水素についても一酸化炭素と同様な傾向である。航空機の場合1日何百機の離発着があっても自動車のように一定時においての渋滞がないことや、空港自体が広く障害物がないことが、こうした大気汚染物質の広域拡散を容易にしている。

(3) 窒素酸化物は一酸化炭素、炭化水素と異なり、高温燃焼時に温度に比例して発生量が増加する。この場合、排出形態の大部分は一酸化窒素であり、環境大気中の二酸化窒素は排出された一酸化窒素が酸化されて生成する。このため、燃焼等により生じた一酸化窒素は、環境大気中の種々条件により二酸化窒素に変化することから、一酸化窒素、二酸化窒素の各濃度及びその比率から測定点における発生源の影響状況を推定することが出来る。一般的には発生源から離れた測定地点では昼間二酸化窒素が多く、夜間は逆に二酸化窒素<一酸化窒素の関係にある。一方発生源と近い測定地点では一酸化窒素から二酸化窒素への変換前の一酸化窒素が多いと考えられ、昼夜を問わず一酸化窒素>二酸化窒素の関係を示す。こうした一般的な傾向から考えると、空港内は航空機排出ガスの影響を直接的に受ける場所でありながら、一酸化窒素<二酸化窒素という傾向であった。一般に交通

量の激しい道路では発生源に近いこともあって一酸化窒素>二酸化窒素の濃度関係があるが、大阪国際空港の場合にはそれらがみられなかった。また、一酸化窒素から二酸化窒素への酸化の程度を示す二酸化窒素/(一酸化窒素+二酸化窒素)の関係では、空港は53から60%の範囲であった。このことから、直接的な発生源の影響は少ないと考えられる。事実、環境庁の「道路周辺の大気汚染状況(継続25局)」のデータでは18から55%である。

(4) 16年(昭和53年度~平成5年度)以上に渡る長期的な測定データからは、空港及びその周辺は、ほぼその都市の大気汚染物質濃度を反映しており、直接的な航空機排出ガスの影響は確かめられない。ただ、都市部での炭化水素、窒素酸化物、光化学オキシダント、浮遊粒子状物質については、近年になっても減少傾向がないことから引き続き監視(測定)が必要である。

(5) 汚染物質濃度と風向との関係では、窒素酸化物に限り空港が風上となる風向の場

合のピーク濃度出現頻度が多くなる傾向がみられるが、平均濃度は空港が風上となる風向の場合に必ずしも高くなっていない。また、風速との関係はあまりない。

以上、本報告では16年以上に渡る長期間の大気汚染物質の測定から都市型空港大気の状態を把握することができた。航空機排出ガス中には明らかに汚染物質が存在し、環境に対して負荷無影響ということはありませんが、都市部では航空機以外の様々な汚染物質によってその影響が隠されてしまっている。現在(平成5年度)の発着回数が今以上に大きく増加することはないと思われるが、航空機が大型化すれば排出汚染物質量は一般に増加する。都市では、今後航空機からの影響が引き続き小さいようなクリーンな排気特性をもつエンジンの開発が望まれる。

文 献

- 1) 環境庁大気保全局大気規制課：日本の大気汚染状況, 平成7年版
- 2) 環境庁大気保全局自動車公害課：道路周辺の大気汚染状況, 平成7年版

研究報告

騒音評価に及ぼす主体要因 —主観的環境評価と個人要因の関連性—^a

後藤 恭一^b 金子 哲也^{b,c}

1. 研究目的

騒音は今なお最も苦情の多い公害問題として取り上げられている。Graig は都市におけるストレス、人口密度、騒音、大気汚染等の諸問題の総体を一種の圧力“urban press”と表しており¹⁾、「騒音」は、数ある環境ストレスのなかでも代表的なものである。とりわけ都市部では都市化の進行にともなう自動車数の増加や住宅密集により、騒音問題はますます複雑かつ多様化し、解決困難な公害である。一方、航空機騒音では、低騒音機材の導入による発生源対策や空港の発着制限、運航方式の改善、海上空港の建設・移転等騒音対策が行われた結果、住宅地での騒音レベルは以前に比べ大幅に減ったとはいえ、騒音苦情が皆無になった訳ではない。また、ヘリコプター騒音など新たな騒音問題も起きている。

騒音とは、日本工業規格 (JIS) によれば「望ましくない音」と定義されており、望ましい・望ましくないという受け手 (主体) 側

の主観的な感覚に委ねられ、基準が相対的なものであることを示している。騒音は悪臭と並び感覚の公害と呼ばれる所以である。

元来、環境とは人間から切り離され独立して成り立っているものではなく、ひとつのシステム「主体—環境系」を形成し存在している。環境による人間への影響もこのシステムのなかで、環境因子と主体因子との相互作用で決定される。一般に環境に対する評価は2つに大別できよう。一つは客観的な指標に基づくもの、もう一つは主観的な指標に基づくものである。前者は一定条件下で数量的に把握できる指標が重視される傾向にあり、物理・化学的計測方法においては多数が確立されている。人間を除いた生物学的な環境指標は、質的論議を中心にせざるを得ない側面が強く、いまだ十分確立しているとはいいがたい。他方、主観的環境評価については、上述のように客観的測定量の補正項として取り扱われてきたものは少なくないが、これまで直接測定の対象とされたことはほとんどなかったとあって良い。その理由は、ひとつには環境への評価をください主体=人間、個々人を取りまく条件がきわめて多岐にわたり、かつ評価体系の内部構造がほとんど不明である、という主体側の制約であり、ひとつにはこれらを外部から客観的に評価・定量する方法が確立していない、という測定側の制約でもある。主観的評価のレベルは実際に住民がその環境をどう感じ取るか、という最も重要な因

^a Subjective value of living environment and relating factors; associations between personality, mental state and noise sensitivity, by Kyoichi Goto and Tetsuya Kaneko (Department of Environmental Health, Aviation Environment Research Center).

^b (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 環境保健部

^c 杏林大学教授 (環境保健部部長兼務)

子の一つであるが、主観的評価には個人差が大きく、指標としての価値は低い、というのが従来の基本的な見方である。従い、これまで、騒音評価も含め環境評価の主流をなしてきたのは客観的かつ定量的な「環境要因」の評価であったといえる。たしかに騒音評価はdB(A) (A特性)、PNLやWECPNL等のように人間の感覚的・心理的要因に基づいた補正や指数が考案、使用されてはいる。しかし、これら指標の作成に当たっても、多岐にわたる主体側の要因が考慮されたきたわけではない。極言すれば、複数の健常被験者（多くは成人男子）を用いた実験結果からの蓋然性をもって代表的な生体反応としたにすぎない。すなわち、主体側要因の多くを捨象し、実験環境で得られた基本的属性についてのみ平均化した数値を用い、バラツキや不明瞭なものを個人差と称し、騒音感受性の違いとしてきた。たしかに同じレベルの音に接していても、ある人にはそれが単なる音でも他の人では非常に煩わしく騒音と認識することをしばしば経験する。こうした騒音感受性に対する聞く側の性、年齢（加齢）、精神・心理状態、性格傾向といった主体属性の関与、すなわち騒音評価に及ぼす主体属性の関連性については体系的な研究データが乏しい。

本研究は質問票調査から得た主体要因の分析に立脚して、主観的評価の形成に係わる身体条件やライフスタイル等といった主体側の要因を解析することを目的としている。換言すれば、従来個人差と称されてきた部分の背景にある要因の構造を明らかにすることである。これにより航空機騒音等がもたらす様々な環境圧に対して住民個々人が下す主観的評価そのものを客観的に把握し評価する方法、あるいはこれを積極的に取り入れた新しい航空機騒音の評価法を確立するための基礎的知見が得られるものと考えられる。本研究ではその手始めとして、自記式質問票による自覚症状・意識調査を行い、環境評価、とりわけ

騒音評価を中心とする住環境要因の評価に係わる諸因子の関連性を解析したので報告する。

2. 調査・解析方法

対象者と方法

平成4年9月、某空港周辺で自記式による質問票調査を実施した。結果、男性240名、女性470名、計710名から有効回答が得られ、本研究の分析対象とした。調査表の概略を表-1に示す。調査票は11項目、総質問数計133問で構成した。質問項目内容は、年齢・居住年数などのフェイスシート（face sheet）の他、不安・抑うつ尺度14問²⁾、タイプA尺度（type A score）³⁾7問、社会支援度2問、居住環境に対する一般的評価、および住居構造2問と各種騒音に関する騒音関連2カテゴリ13問などからなっている（表-2）。

表-1 調査票の概略

-
- 1) 性、年齢、居住年数
 - 2) 不安・抑うつ
 - 3) 社会支援度
 - 4) タイプA
 - 5) ライフイベント
 - 6) 身体症状
 - 8) 健康習慣・行動
(喫煙・飲酒・睡眠・食事・運動)
 - 9) 住居構造
 - 10) 主観的環境評価
 - 11) 各種騒音評価
-

表-2 騒音の分類

-
- 1) 道路交通の音（警笛、走行音など）
 - 2) 暴走族の音・笛（クラクションなど）
 - 3) 物売り等の拡声器音
 - 4) 鉄道交通の音（電車・列車など）
 - 5) 航空交通の音（飛行機など）
 - 6) 海上交通の音（船の霧笛など）
 - 7) 工場や工場の音
 - 8) 隣近所の人の声（子供、カラオケなど）
 - 9) 隣近所の生活音（排水、足音、ケ-ラなど）
 - 10) 隣近所の娯楽音（テレビ、ステレオ、楽器など）
 - 11) 自然の音（せせらぎ、虫の声、鳥の声など）
 - 12) その他
-

フェイスシートでは、音環境との関連性を考慮すべく住居構造や居住年数といった居住に関する設問を重視した。不安・抑うつ尺度は元来、Goldbergが不安および抑うつスクリーニングを目的に開発したものだが、見方を変えて被験者の心理・精神状態を反映する尺度と解釈、いわば主体が受けているストレスの度合いの指標とした。タイプA尺度は、A型行動様式ともよばれている。これは、個人の性格傾向と疾病罹患の相関性を解析した研究により、とくに心臓血管系疾患との関連が大きいと解釈された性格傾向を測るものである。この行動様式の特徴として、積極的かつ攻撃的な性格が挙げられる。ある音を騒音であると評価し、あるいは訴える反応に、これらの性格傾向が大きく関与している可能性を考慮して採択した。

社会支援度とは、信頼できる人間関係を回答者が持っているか、その粗密を配偶者、家族及び近所・友人について評価してもらうものである。これは、特に近隣騒音の考慮において、近所づきあいの度合いが騒音評価を左右すると考慮して採択した。

一般環境への評価では、居住地域における生活の便、および周辺環境への評価を各2問設定した。前2者は日常の活動に伴う行動対象としての環境の条件であり、後2者は受動的な環境の受容に関する評価である。具体的には、「買い物・交通の便（以下、買い物と記す）」「公園・学校など公共施設（以下、公園）」「静けさ」及び「自然の豊かさ（以下、自然）」の4項目について、「満足」から「不満」まで5ランクの選択方式とした。

騒音環境に関しては、木造一鉄筋、集合一戸建、居間の位置等、住居構造や居住条件に関する設問と合わせ、各種騒音源に対する聞こえと迷惑の程度を記入する形式とした。尚、ここに掲げた騒音源リスト作成に当たっては、日本音響学会の調査報告書⁴⁾を参考とした。

データ解析に先立ち、記入態度が疑われる例、即ち「はい」または「いいえ」一方のみを惰性で回答していると疑われる例は除外した。また各設問のうち10%以上の無回答があった者も信頼性が劣るとみなし解析対象からはずした。こうして得られた710名を本解析対象とした。解析はまず、男女間の相違について数量データにはt、F検定を、ランクで与えられたデータについてはノンパラメトリックなKruskall Wallisのカイ2乗検定並びにWilcoxonのU検定を用いた。また主観的環境評価と各因子間の相関にはSpearmanの相関係数を、音評価と各種騒音との関連性についてはKendallの τ_b を用いた。データ解析にはSAS統計パッケージ及び統計パッケージHALBAUを使用した。

3. 結 果

3-1 対象者プロフィールおよび性差

対象集団の平均年齢及び居住年数を表-3に、分布を図-1に示す。

年齢は男女ともに60歳代がもっとも多く、平均年齢は男性が56.4歳、女性55.2歳であった。男女間で年齢に統計学上有意の差はなかった。他方、居住年数は、男女ともに35~40年の割合がもっとも多かった。しか

表-3 男女別、プロフィール、社会、家族、個人要因及び主観的環境評価の平均値

| | t検定 | | U検定 |
|------------|-----------|-----------|-----|
| | 男性 | 女性 | |
| 年齢 | 56.4±14.2 | 55.2±11.9 | N.S |
| 居住年数 | 31.7±18.4 | 27.4±15.8 | ** |
| 不安 | 2.3±1.4 | 3.1±1.8 | *** |
| 抑うつ | 1.4±1.5 | 1.7±1.7 | ** |
| 社会支援度（配偶者） | 6.5±2.1 | 6.4±2.1 | N.S |
| 社会支援度（家族） | 5.4±2.0 | 6.6±1.5 | *** |
| 社会支援度（近所） | 2.8±2.0 | 4.5±2.0 | *** |
| タイプA | 15.4±3.4 | 15.5±3.7 | N.S |
| 買い物 | 1.7±1.0 | 1.7±0.9 | N.S |
| 公園 | 1.9±0.9 | 1.8±0.8 | N.S |
| 静けさ | 2.8±1.2 | 3.0±1.3 | N.S |
| 自然 | 3.6±1.1 | 3.2±1.2 | N.S |

N.S有意差なし *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

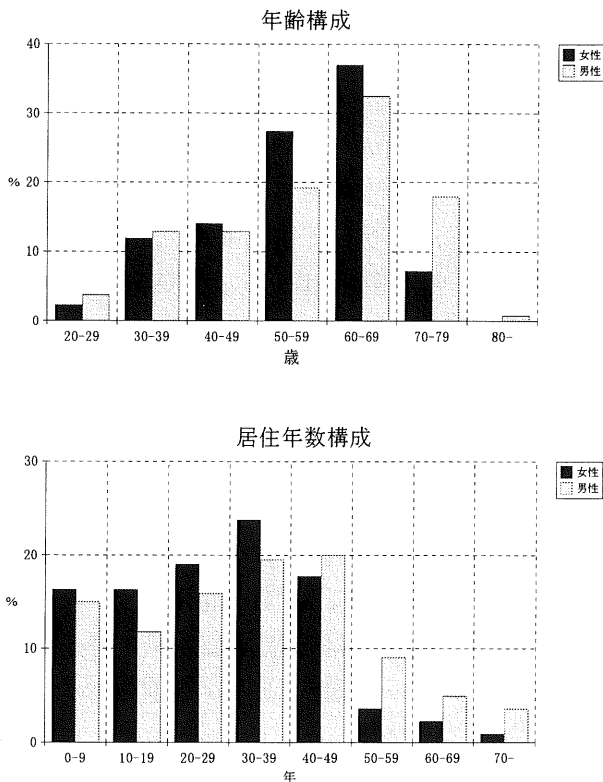


図-1 対象群の年齢, 居住年数分布

し, 平均居住年数では男性が31.7年, 女性が27.4年と男性が女性より長く, 有意差が認められた。

次に個人・家族・社会要因および環境評価について性差を検討した。

不安スコアや抑うつスコアでは女性が男性よりスコアが高く, 有意性が認められた。これは女性の方が精神的ストレス傾向が高いことを示唆している。

社会的支援スコアでは, 配偶者に対しては男性と女性では同程度であるのに対し, 家族や近所に対する関係は男女間に大きな差があり, 女性の方が有意に得点が高く信頼が高いことを示していた。社会的支援スコアを高得点順にみると, 男性では配偶者との関係(依存性)がもっとも高く, 続いて家族, 近所の順であるのに対し, 女性では家族—配偶者—近所の順であり, 男女間で差が見られた。タイプAスコア及び4項目の環境に対する主観的評価に男女による差は見られなかった

(表-3)。

主体側の背景要因である居住年数や不安・抑うつ等スコアや環境評価において性差が認められたことより, 以下の検討は男女別に行うこととした。

3-2 主観的環境評価と主体要因の関連

主観的環境評価と社会・家族・個人要因との関連(Spearmanの相関係数)を表-4に示す。年齢と4項目の環境に対する主観的評価の間には, 男女とも負の相関性が認められる。

居住年数をみると, 女性において買物の便や公園・学校等公共施設などの動的な環境評価への不満と負の相関性を示したが, 静けさや自然といった静的環境評価との関連性は認められなかった。

静けさ, 音環境に対する評価には女性でのみ不安スコア, およびタイプAスコアに正の相関性が見られた。さらに自然評価も音環境と同様に女性でのみ不安, 抑うつ, タイプAスコアと正の関連性を示した。

4項目の環境評価とタイプAスコアの平均に男女差はなかったが, 相互の関連性には明らかな性差が認められた。男性では, 静的評価には年齢以外に相関する項目はなく, 関心の薄さが推測される。また, 動的環境は社会的支援と負の関連が見られ, 妻からの支援が弱いと感ずる者ほど交通の便や公共施設への不満傾向が高いことがわかった。一方, 女性では, 動的評価には不安やタイプAスコアの関連は認められなかったが, 社会支援の関連で公共施設は家族の支援が弱いと感ずる者ほど不満が高い傾向が見られた。また, 静的評価には不安・抑うつ傾向及びタイプAスコアが相関性を示していた。

不安スコア5点以上, 抑うつスコア2点以上の者は臨床的に意味のある疾患を持っている可能性があることが知られている²⁾。そこでこれらを正常群と高得点群に層別化し, これら2群間で静けさ評価に差があるか Wil-

表-4 主観的環境評価と個人・家族・社会要因との相関

女性 n=470 (Speaman相関係数)

| | 年齢 | 居住年数 | 不安 | 抑うつ | 社会支援 配偶者 | 社会支援 家族 | 社会支援 近所 | タイプA |
|------|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------|---------------|------------|--------------|
| 交通の便 | -0.098 * | -0.105 * | -0.003 | 0.033 | -0.066 | -0.063 | -0.028 | -0.032 |
| 公共施設 | -0.141 *** | -0.139 *** | -0.007 | 0.056 | -0.078 | -0.137 *** | -0.090 | -0.008 |
| 静けさ | -0.143 *** | -0.076 | 0.130 *** | 0.123 *** | 0.001 | -0.035 | -0.042 | 0.160 *** |
| 自然 | -0.105 * | -0.055 | 0.124 *** | 0.099 * | -0.041 | -0.041 | 0.006 | 0.167 *** |

男性 n=240

| | 年齢 | 居住年数 | 不安 | 抑うつ | 社会支援 配偶者 | 社会支援 家族 | 社会支援 近所 | タイプA |
|------|---------------|--------|--------|-------|---------------|------------|------------|--------|
| 交通の便 | -0.278 *** | -0.172 | -0.006 | 0.082 | -0.171 *** | 0.028 | -0.015 | -0.029 |
| 公共施設 | -0.159 * | -0.099 | 0.016 | 0.020 | -0.146 * | 0.023 | -0.051 | -0.040 |
| 静けさ | -0.171 ** | -0.072 | 0.025 | 0.057 | -0.096 | 0.061 | 0.045 | 0.123 |
| 自然 | -0.206 ** | -0.076 | 0.041 | 0.037 | -0.019 | 0.111 | 0.065 | 0.122 |

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

表-5 スコア別環境評価の比較

検定: Wilcoxon U検定

| 不安スコア | N | 正常群 | N | 高得点群 | 検定 |
|--------|-----|---------|-----|---------|-----|
| (女性) | | | | | |
| 静けさ評価 | 361 | 2.9±1.3 | 82 | 3.6±1.7 | ** |
| 自然評価 | 361 | 3.1±1.2 | 82 | 3.5±1.2 | * |
| (男性) | | | | | |
| 静けさ評価 | 217 | 2.8±1.2 | 18 | 2.5±1.3 | N.S |
| 自然評価 | 217 | 3.6±1.2 | 18 | 3.3±1.0 | N.S |
| 抑うつスコア | N | 正常群 | N | 高得点群 | 検定 |
| (女性) | | | | | |
| 静けさ評価 | 243 | 2.9±1.3 | 204 | 3.2±1.3 | ** |
| 自然評価 | 243 | 3.1±1.2 | 204 | 3.4±1.8 | * |
| (男性) | | | | | |
| 静けさ評価 | 152 | 2.7±1.2 | 79 | 3.0±1.2 | N.S |
| 自然評価 | 152 | 3.3±1.2 | 79 | 3.5±1.1 | N.S |

N.S有意差なし *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001
注)便宜上平均値で各得点を示す。

Wilcoxon U 検定で検討した。結果を表-5 に示す。男性では差が認められなかったが、女性では静けさ及び自然評価の得点は不安、抑うつ

とともに高得点群が正常群に比べ有意に高く、不満が高い傾向を示していた。

3-3 騒音評価と各種騒音源の関連

騒音を12種類の音源別に分類し、個々の騒音源と音評価の関連性を検討した。Kendallの τ_b によって解析した結果を表-6 に示す。これは静けさへの評価が各種音源の迷惑感とどのように関連するかを表したものである。具体的に言うならば、どの音源が音全般の評価と関連するかを表す。男女共通して、静けさへの不満と有意な相関を示した音源は、道路交通騒音であった。男女別にみると、男性が航空機騒音や工事・工場音と正の相関性を示すのに対し、女性では近隣の人の声などとの間に正方向の相関を示していた。

3-4 騒音分類と不安・抑うつ、タイプA尺度

上記結果よりパーソナリティと静けさ評価の関連が示唆された。そこで、騒音を音源別

表-6 静けさに対する不満と各種騒音との関連

(Kendall τ b)

| | 女性 n=470 | 男性 n=240 |
|---------|-------------|-------------|
| 道路交通騒音 | 0.197 ** | 0.280 ** |
| 暴走族 | 0.078 | 0.108 |
| 拡声器 | 0.071 | 0.099 |
| 鉄道騒音 | -0.177 | 0.095 |
| 航空機騒音 | 0.030 | 0.254 ** |
| 海上交通騒音 | 0.080 | 0.620 |
| 工場・工事音 | 0.132 | 0.315 ** |
| 近隣(人の声) | 0.160 * | 0.048 |
| 近隣(生活音) | 0.093 | 0.198 |
| 近隣(娯楽音) | 0.141 | 0.222 |
| 自然の音 | 0.092 | 0.337 |
| その他 | 0.248 | 0.546 |

* : p<0.05 ** : p<0.01

に分類し、個々の騒音源の「聞こえる」または「悩まされている」の2つの評価の違いにパーソナリティ(個人要因)や家族・社会要因が影響するか着目し検討した。結果を表-7に示す。男女とも「悩まされている」群では「聞こえる」群に対して年齢、居住年数、不安・抑うつスコア、社会支援度およびタイプAスコアが若干高い傾向を示したものの、有意差は認められなかった。

4. 考 察

環境評価への性差の検討では、環境に対する主観的評価スコアの平均値に男女差は見られなかった。自宅周囲の環境を評価する際、男女における自宅での活動時間や生活様式の

表-7 騒音評価別スコア平均値

| 女性 | 音源：道路交通騒音 | | | | |
|------------|-----------|-----------|----|-----------|-----|
| | N | 聞こえる | N | 悩まされている | 検定 |
| 年齢 | 229 | 53.1±11.9 | 54 | 55.2±11.4 | N.S |
| 居住年数 | 222 | 25.4±15.1 | 51 | 29.7±18.2 | N.S |
| 不安 | 229 | 3.2±1.8 | 54 | 3.2±1.9 | N.S |
| 抑うつ | 175 | 2.5±1.6 | 43 | 2.4±1.4 | N.S |
| 社会支援度(配偶者) | 215 | 7.0±1.4 | 51 | 6.5±1.6 | N.S |
| 社会支援度(家族) | 227 | 6.8±1.4 | 54 | 6.4±1.4 | N.S |
| 社会支援度(近所) | 222 | 4.8±1.9 | 54 | 4.4±1.8 | N.S |
| タイプA | 229 | 15.9±3.6 | 54 | 16.1±4.2 | N.S |

| 女性 | 音源：隣近所の人の声 | | | | |
|------------|------------|-----------|----|-----------|-----|
| | N | 聞こえる | N | 悩まされている | 検定 |
| 年齢 | 169 | 52.3±11.7 | 19 | 53.3±12.4 | N.S |
| 居住年数 | 164 | 26.6±15.0 | 18 | 26.1±12.8 | N.S |
| 不安 | 169 | 3.2±1.9 | 19 | 3.6±1.8 | N.S |
| 抑うつ | 126 | 2.5±1.7 | 18 | 2.4±1.1 | N.S |
| 社会支援度(配偶者) | 163 | 7.0±1.4 | 18 | 6.6±1.9 | N.S |
| 社会支援度(家族) | 168 | 6.7±1.4 | 19 | 6.5±1.3 | N.S |
| 社会支援度(近所) | 164 | 4.9±1.9 | 18 | 4.4±1.7 | N.S |
| タイプA | 169 | 15.7±3.7 | 19 | 16.2±4.5 | N.S |

| 男性 | 音源：道路交通騒音 | | | | |
|------------|-----------|-----------|----|-----------|-----|
| | N | 聞こえる | N | 悩まされている | 検定 |
| 年齢 | 102 | 54.3±15.5 | 18 | 53.1±12.6 | N.S |
| 居住年数 | 95 | 31.7±19.1 | 17 | 34.5±21.7 | N.S |
| 不安 | 102 | 2.3±1.3 | 18 | 2.8±1.5 | N.S |
| 抑うつ | 102 | 1.4±1.6 | 18 | 1.7±1.2 | N.S |
| 社会支援度(配偶者) | 102 | 6.4±2.4 | 18 | 6.9±2.1 | N.S |
| 社会支援度(家族) | 102 | 5.7±2.1 | 18 | 6.1±1.8 | N.S |
| 社会支援度(近所) | 102 | 3.2±2.2 | 18 | 3.8±2.2 | N.S |
| タイプA | 102 | 15.8±3.8 | 18 | 16.6±2.5 | N.S |

| 男性 | 音源：航空交通騒音 | | | | |
|------------|-----------|-----------|---|-----------|-----|
| | N | 聞こえる | N | 悩まされている | 検定 |
| 年齢 | 86 | 54.3±14.5 | 8 | 51.9±17.6 | N.S |
| 居住年数 | 79 | 32.5±18.3 | 8 | 30.1±18.6 | N.S |
| 不安 | 86 | 2.4±1.4 | 8 | 3.2±1.5 | N.S |
| 抑うつ | 86 | 1.4±1.5 | 8 | 1.4±1.5 | N.S |
| 社会支援度(配偶者) | 86 | 6.3±2.5 | 8 | 6.8±1.6 | N.S |
| 社会支援度(家族) | 86 | 5.4±2.3 | 8 | 6.2±1.5 | N.S |
| 社会支援度(近所) | 86 | 3.5±2.2 | 8 | 4.0±2.1 | N.S |
| タイプA | 86 | 15.7±3.7 | 8 | 17.3±5.0 | N.S |

N.S有意差なし *p<0.05 **p<0.01 ***p<0.001

違いが反映することは当然予測される。だが本対象の場合、対象地区は中小の各種機械部品や金属加工等比較的小規模の工場を中心とした商・工業地域で形成されており、回答者は商店、中小企業・工場等の自営業者や、平均年齢から推し量りうるば退職・年金生活者等の地域密着性の高い集団であると考えられる。従い、自宅が生活・活動の拠点であり、大半が主婦である女性群と居住環境評価を下す際の時間的かつ曜日的条件は共通であると予想される。よって、4項目の主観的環境評価スコア得点に男女差が見られない事実は環

境評価に根本的な性差がないことを示唆している。しかし、男女を問わず地域の生活環境に比較的関心の高い集団だったため生活環境への関与に性差が乏しかった、とも考えられ今後の検討の余地がある。一方、環境評価には性差が認められなかったものの、精神状態の指標である不安・抑うつスコア、社会支援度及び性格傾向の指標であるタイプ A には性差が認められた。

4項目の主観的環境評価と個人、家族および社会要因を表す各尺度との関連性の検討において、周囲環境の4項目はいずれも、男女とも年齢と負の相関を示していた。これは高齢者ほど現実肯定の傾向を示しているものと推測できる。もし単に居住年数の延長が「住めば都」という現状の受容を示すものだとすれば、すべての環境条件に該当するはずである。しかし居住年数との相関性をみると、静的評価への不満はこれに該当しない。これは日常における生活環境への適応と、過去の記憶との対比を伴う環境変化への受容とは対応が異なることを示していると考えられる。

パーソナリティと主観的環境評価の関連を検討したところ、静けさ評価は女性において性格傾向並びに精神状態と正の関連が認められた。性格傾向との関連では攻撃的、積極的な性格ほど音環境に不満を持っていることを示していた。斉藤ら⁵⁾は騒音感受性と性格傾向に関する調査を行い、「話をしているうちにいらいらして人に思いがけないことを言ってしまう」や「議論する時自分の考えが正しいと確信できるまで言うのを控えることができる」という2項目の質問に対する回答パターンによって生活上気になる事項としての騒音に対する回答が異なり、行動抑制の強弱と騒音感受性に関連が見られると報告している。本調査において性格傾向の指標として用いたのはタイプ A スコアであるが、内容的には共通性が高く、この種の性格傾向の指標としてタイプ A スコアが有用であること、

騒音評価に性格傾向が関与していることが示唆された。精神状態との関連では、不安、抑うつとの両スコアともに静けさ評価と正の相関傾向を示していた。ただ、「音環境に不満を持つがゆえにストレス傾向が高まる」のか「精神ストレス傾向が強い者が音環境の不満を訴える」のか、因果関係は明らかにできなかった。この点については今後検討が必要であろう。一方、男性は性格傾向、精神状態ともに相関が低く、関連が薄いことが示唆された。しかし、そもそも主観的静けさ評価得点に男女差は見られず、静けさ全般に対する評価に性差はないこと推測できる。だが、評価へのパーソナリティの関与が女性で認められた一方で、男性では関連が薄い。また、静けさ評価に及ぼす音源別の迷惑感でも、女性が人の声を、男性が航空機や工場・工事騒音を気になる音として挙げており、男女によって騒音評価が質的に異なることが示唆されていた。男女の本質的な音に対する関心や感受性の差異の現れであると解釈した。

静けさ評価にはパーソナリティが関与することが本調査の結果で示唆された。そこで、個々の音源別の評価との関連性について検討を加えた。これは、「聞こえる」または「悩まされている」の評価の違いに個々の要因が影響するかといった点に着目したものである。聞こえるか否か、は真に聞こえているか否かの判断とは異なり、音源認識の有無の結果であると考えられる。さらに「聞こえる」と「悩まされている」の間には音源に対する迷惑（アノイアンス）の認識に差異があると推測できる。従い、各音源に対する反応の差異は、パーソナリティーが関連し、特に近隣騒音に対する反応には隣近所とのつきあいの粗密が関与すると仮説したからである。しかし、全対象者に対する解析では、男女とも「悩まされている」群では「聞こえる」群に対して年齢、居住年数、不安・抑うつスコア、社会支援度およびタイプ A スコアが若

干高い傾向を示したものの、有意差は認められなかった。パーソナリティや社会要因は、特定音源への反応には大きな差異がないことを示唆していた。

性格、精神状態といったパーソナリティは静けさ全般への評価には関与するが、音源への特異性はないと推測された。

謝 辞

本研究にご協力いただいた財団法人ガン知識普及協会、騒音分類の参考資料をいただいた難波精一郎先生、桑野園子先生、不安抑うつ尺度日本語版に関する資料をいただいた川上憲人先生、今中雄一先生に感謝いたします。

尚、本文の一部は平成5年11月、第9回日本健康科学学会学術大会（大阪）にて、「住民の主観的環境評価と社会、家族、個人要因

の関連性について—航空機、自動車、環境騒音を中心として—」の演題で報告した。

文 献

- 1) E. Graig. Stress as a consequence of the urban physical environment. "Handbook of stress. eds. E. Goldberger & S. Breznitz", Free Press, NY, 1993
- 2) Goldberg, D. P., Hiller, V. F.: A scaled version of the General Health Questionnaire. Psychol. Med. 9, 139-145, 1979
- 3) Matthews, K. A., Glass, D. C., Rosenman, R. H. H. & Bortuner, R. W: Competitive drive, pattern A, and coronary heart disease. Journal of Chronic Disease, 30, 489-498, 1977
- 4) 難波精一郎: 「騒音問題に関する社会調査・調査委員会報告」騒音に関する社会調査・調査委員会報告について、日本音響学会騒音研究会資料, N-91-09 (1991)
- 5) 斉藤ゆり子, 星山佳治, 山本和郎: 騒音感受性とCAS質問票を利用した性格尺度との関連に関する研究, 昭医会誌, 55巻4号 (1995), pp. 380-391.

内外の動き

ICAO/CAEP の動向 (航空機騒音)*

吉 岡 序**

ま え が き

わが国において航空機騒音に係る環境基準が環境庁の告示として定められてから 20 数年が経過した。その間主要な民間空港周辺での騒音暴露状況は大幅に改善され、現在では概ね環境基準を維持している¹⁾。環境基準を維持するために様々な対策が導入されたが、中でも個々の音源を規制するために、一定基準を超える騒音を発生する航空機の運航を禁止するという「航空機騒音基準適合証明制度」は、空港周辺における騒音暴露状況を改善する上で大きな役割を果たしたと言える²⁾。

この制度は、国際民間航空機関 (ICAO) を中心とする航空機騒音の状況に関する国際比較や情報交換のための会議の中で、ICAO 加盟国によって合意されたものである。その後 1969 年にモントリオールで開催された「空港周辺における航空機騒音に関する特別会議」の勧告に基づき、1971 年に騒音証明の手順及び騒音基準値等を示す ICAO/ANNEX 16 Aircraft Noise First Edition³⁾ が公布され、まず亜音速ジェット機騒音を規制する制度として発足した。その後、数回の改訂が加えられて現在に至っている。

世界の多くの国々では ICAO で定められ

た諸基準に基づいて法制化が進められており、国際的な航空環境保全の動向は ICAO によって方向づけられてきたと言っても過言ではない。以下に、航空機騒音に関して ICAO が果たしてきた役割について振り返り、そして航空環境保全の動向について述べる。

2. 航空機騒音に関する ICAO の役割

1960 年頃から主要な航空機製造国では、航空機が一機飛行した時のやかましさを基本にして騒音評価が行われていた。その後、一機のやかましさを基本に騒音の継続時間と発生回数を組み合わせる形で、多数の航空機による騒音総暴露量の一日平均を算出して評価する手順が用いられるようになったが、計算式は各国まちまちであった。そこで 1971 年の ICAO/ANNEX 16 Aircraft Noise First Edition では各国の評価量を統一して相互比較を可能にすることを意図する ICAO 方式の評価手順 Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level (WECPNL) が示された⁴⁾。

1971 年の Aircraft Noise First Edition の公布に先駆けて、1970 年に ICAO は航空機騒音問題を専門に審議するための航空機騒音委員会 (CAN) を内部に設置した。委員会の下には幾つかの作業部会が置かれ、ICAO 加盟国からの委員だけでなく、その他の国々や国際航空宇宙工業会協議会 (ICCAIA)、国際航空運送協会 (IATA) 等の国際機関か

* Trends of ICAO/CAEP (aircraft noise), by Hisashi Yoshioka (Senior Research Engineer, Noise and Vibration Division, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 騒音振動部 主任研究員

らのオブザーバーの参加が認められている。CANの会議は合計7回開かれた。その後CANは航空機排出物委員会(CAEE)と統合され、航空環境保全委員会(CAEP)と名称を改めたが、作業部会の検討は継続して行われている。

CAN及びCAEPの開催時期と主要議題、そしてANNEX 16の改訂の流れを表-1に示す。ANNEX 16は公布以来9回の大きな

改訂があり、そのうち5回は改版されている。公布時のANNEX 16では亜音速ジェット機の騒音を主として規制することを目的に制定されたが、その後小型プロペラ機やヘリコプターの騒音証明制度、APU(補助動力装置)の地上運転に係るガイドライン等が順次追加され、Environment Protection Volume I First Edition⁵⁾からは一部追加されて5つの部、及び6つの付録、6つの別紙と

表-1 CAN及びCAEPの開催時期と主要議題並びにANNEX 16の改訂の流れ

| 会議名と開催時期 | 主要議題 | 改訂と発効時期 |
|------------------|--|---|
| CAN/1 (1970/9) | 将来の亜音速ジェット機とその改修機の騒音証明及び航空機重量を記述する術語の更新。 | 改訂1回目 1972/4 |
| CAN/2 (1971/11) | 改訂に関する議題なし。 | 改訂なし |
| CAN/3 (1973/3) | 最大離陸重量 5,700Kg以下の亜音速ジェット機、及びプロペラ機の騒音基準の設定。 | 改訂2回目 1974/8 |
| CAN/4 (1975/1) | STOL機以外の将来型亜音速ジェット機及びプロペラ機の騒音基準の設定。 将来型SST機、プロペラSTOL機、APU関連システムの地上運転時の騒音基準の指針。 | 改訂3回目 航空機騒音(第2版) 1976/7 |
| CAN/5 (1976/11) | すべての形式の航空機に同水準の技術を適用するため、新規のパラメータとしてエンジン数の導入と、詳細な試験手順の改善。 | 改訂4回目 航空機騒音(第3版) 1978/7 |
| CAN/6 (1979/5) | タイトルを航空機騒音から環境保全に変更。ヘリコプターの騒音基準の設定、将来型SST機の騒音基準及び、APU関連システムの騒音基準指針の更新。Annex5に適合させるための編集上の変更。 | 改訂5回目 環境保全 Volume I (第1版) 1981/9 |
| CAN/7 (1983/3) | 騒音軽減運航方式の導入 騒音証明手順の改善、ヘリコプターに対する騒音基準の緩和。 | 改訂6回目 1983/7 改訂7回目 1985/7 |
| CAEP/1 (1986/6) | 騒音証明手順の追加改善、最大離陸重量9,000Kg以上のプロペラ機の騒音基準の設定。第VI部の編集上の改正。 | 改訂8回目 環境保全 Volume I (第2版) 1988/7 |
| CAEP/2 (1991/12) | ヘリコプター騒音証明の簡易化についての検討。 | 改訂9回目 環境保全 Volume I (第3版) 1993/7 |

なっている。タイトルも1978年のThird EditionまではAircraft Noise（航空機騒音）であったが、その後Environment Protection（環境保全）と変わった。現在はANNEX 16 Environment Protection Volume I Third Edition⁶⁾が最新版である。ICAO/ANNEX 16はVolume IとVolume IIに別れているが前者は航空機騒音、後者は航空機排出物に関する内容となっている。Volume Iには国際民間航空の用途に供される航空機の騒音証明に係る制度と評価量が定められており、それらは国際基準、勧告、提案の3つに分類されている。ICAOの航空機騒音に関する活動は全てが（直接的、間接的に）ANNEX 16に反映されている。

3. 第3回航空環境保全委員会（CAEP/3）の動向

第3回航空環境保全委員会（CAEP/3）は1995年12月にモントリオールのICAO本部において、15カ国の代表と7つの国際機関等のオブザーバー、及びそれらのアドバイザーが参加して開催された。委員会の下に航空環境保全に係るテーマ別に4つのワーキンググループが組織されており、委員会は各ワーキンググループのレポートからの作業結果の報告について審議するという形で進められた。ワーキンググループの構成については本誌「ICAO/CAEPの動向（航空機排出ガス）」で紹介されているので参照されたい。

この第3回委員会での主要議題は、亜音速ジェット機騒音に関しては、①騒音基準の強化、②基準強化に係る経済分析、③土地利用計画との調和、そしてヘリコプター騒音に関しては、①騒音基準強化、②証明手順の簡易化などであった。

以下にこれらの概要について述べる。

（1）亜音速ジェット機騒音に関して

航空輸送の需要はこれからも伸び続け、その結果主要な空港の周辺ではさらに騒音が増

大することは、1991年のCAEP/2から指摘され続けてきた。今回はANNEX 16 Chapter 3 該当機の騒音基準強化について離陸重量が35トンから400トンの間の航空機を対象にして、大幅な強化（1案）、中程度の強化（2案）、及び僅かに強化（3案）の3つの基準強化案が提案された。

表-2は基準強化時に製造されていると予想される主な機種について、その強化された基準に適合させるために改修或いは改造が必要となる機数の割合を示したものである⁷⁾。

表-2 強化騒音基準に適合させるために改修改造が必要となる機数割合

| Aircraft Type | 騒音基準強化案 | | |
|------------------------------------|---------|------|-----|
| | 1案 | 2案 | 3案 |
| Boeing 737-300/400/500 | 30% | 30% | |
| Boeing 747-400 | 30% | | |
| Boeing 747-400 derivatives | 30% | | |
| Boeing 747-SR/D | 30% | | |
| McDonnell-Douglas MD-80 | 100% | 100% | 30% |
| Airbus A300-600 | 100% | 50% | |
| Airbus A330-300 | 30% | | |
| Ultra High Capacity Aircraft(UHCA) | 30% | | |

更に、それらの基準値を採択した場合の経費を算出するために、経済分析が行われた。これらの経費は今後生産される航空機について、強化された基準に適合させるための経費と基準に適合しないために生ずる資産価値の減損額から成っている。経済分析の結果は、表-3に示すように計算する上での仮定の立て方によって大きく変わるものの、基準強化のためには膨大な経費がかかる事が認識され

表-3 強化騒音基準を採択した場合の経済分析

(discounted present values, 1993 US \$ millions)

| | 騒音基準強化案 | | |
|---|-----------|-----------|-----------|
| | 1案 | 2案 | 3案 |
| ATA/IATA cash flow model ¹⁾ | \$ 27 502 | \$25 216 | \$ 10 051 |
| ATA/IATA financial survey ²⁾ | | | |
| Low estimate | \$ 17 200 | \$ 16 200 | \$ 6 700 |
| High estimate | \$ 22 700 | \$ 21 300 | \$ 8 900 |
| EC study ³⁾ | \$ 3 111 | \$ 2 072 | \$ 1 262 |

¹⁾ ATA/IATAによる現金流動モデル

²⁾ ATA/IATAによる財務調査

³⁾ ECによる研究

た⁸⁾。

最近騒音証明を受けた機種について、ANNEX 16 Chapter 3の基準値に対するマージンが示された。表-4は航空機は座席の規模により6分類し6~22サンプルの平均値で示してあり、300席を超える機種では着陸時のマージンが約1dBであり、大幅な騒音基準強化には技術的な限界があることが示された⁹⁾。

表-4 現在の ANNEX 16 Chapter 3 適合機の騒音基準に対する平均マージン

| Class | Seats | Sample No. | Lateral (dB) | Flyover (dB) | Approach (dB) |
|-------|-------------|------------|--------------|-------------------|---------------|
| 1 | < 80 Jets | 6 | 7.4 | 6.2 | 6.4 |
| | < 80 Props. | 20 | 9.7 | 5.8(TOP) 9.2(CBP) | 5.3 |
| 2 | 81 - 150 | 17 | 4.6 | 4.0 | 2.3 |
| 3 | 151 - 210 | 16 | 3.7 | 4.8 | 3.5 |
| 4 | 211 - 300 | 22 | 3.9 | 4.4 | 3.9 |
| 5 | 301 - 400 | 12 | 5.3 | 7.0 | 1.1 |
| 6 | 401 - 500 | 7 | 4.4 | 6.1 | 1.2 |

ANNEX 16 Chapter 2 該当機（いわゆる高騒音機）は段階的に削減され西暦 2002 年までに完全にフェイズアウトするので、ANNEX 16 Chapter 3 該当機について騒音基準値を強化しても、その間は騒音の低減の効果は極めて低いことが指摘され、また、空港周辺の航空機騒音の影響を低減するためには、空港周辺の土地利用計画、運用方式の見直し、航空機に関する新技術の研究を組み合わせたバランスのとれた取り組みが必要であるとして、ANNEX 16 Chapter 3 の基準強化については結論に至らず、更に CAEP/4 へ向けて検討が続けられることとなった。

騒音証明手順の見直しについては、側方騒音の測定は多数の騒音計を設置するために測定コストが大きいと、離陸直下での最大離陸出力時の騒音を測定するという考え方が示されたが、現行基準との等価な基準設定が難しいことが指摘された。

また着陸騒音の測定点を住居地域の現状に合わせて現行の 2 km から 4 km 以上の点に

変更することについて議論がなされたが結論に至っていない。着陸時の騒音基準値を最大離陸重量に対して定める現行方式は最大離陸重量と最大着陸重量との差の大きい機種に有利に働くので、最大着陸重量を基準にすることが適当であると認識されたものの、変更するに至っていない。更に検討が続けられる。

(2) ヘリコプター騒音に関して

ANNEX 16 Chapter 8 の簡易化の問題に関して、「簡易化」の定義とは、証明費用の低減が最終目的であることで同意された。ただし、簡易化を進める上で、簡易化によって測定結果に誤差をもたらす、その誤差が基準緩和にならないように測定精度を維持すること、そして、簡易化の有る無しの間で測定値が統計的に同じとなることが条件付けられた。これは簡易化による測定結果に適切な許容範囲を設けることで精度を保つことができるとされ、この誤差量については 0.2 dB と 0.5 dB が提案されていたが結論は出ていない。簡易化と測定精度の維持はリンクされているものであり、この考え方はヘリコプターだけの問題ではなく他の航空機の簡易化の考え方に共通することでもあり、さらに検討が続けられる事になった。

騒音証明で得られたデータを土地利用計画に用いることについて議論がなされた。現在の騒音証明飛行方法は、離陸では比較的实际の運航に近いものの、着陸では進入角度、及び進入速度は実際とは異っている。このように騒音証明のための飛行方式は実際の飛行方式と異なっており、そのデータを直接土地利用計画のためには利用できない。そのため騒音証明の試験を実際の飛行方式で行い、そのデータを土地利用計画にも利用できるようにすべきであるという提案があったが、具体的な証明手順の変更の検討にはならなかった。

ANNEX 16 Chapter 8 の騒音基準強化については、ヘリコプターを極めて大雑把に 3 つのカテゴリーに分類して提案されたが、騒

音基準を 2 dB, 3 dB, 及び 4 dB 強化した場合には, それぞれ現在の全ヘリコプターの 72%, 26%, 及び 5% の機体しか適合しないことも示され, 騒音基準強化についての結論は出されていない。

4. 第四回航空環境保全委員会 (CAEP/4) に向けての取り組み

1998 年に開催が予定されている第四回委員会 (CAEP/4) に向けて既に活動が始まっている。第三回委員会 (CAEP/3) では委員会の下に 4 つのワーキンググループが新設されていたが, CAEP/4 では委員会の下に, 政策的な方向づけと全体取りまとめを行うためのステアリンググループが新設され, 更にその下に 3 つのワーキンググループ (WG1: 航空機騒音, WG2: 空港周辺と運航, WG3: エンジン排出物) が設置された。

これからの航空環境保全について考えるにあたり, 今後 15 年から 25 年にわたる長期的な視点でのアプローチが必要であるとの認識に立ち, 第三回委員会 (CAEP/3) でなされた議論を踏まえ, CAEP/4 では以下の項目について策定されたプログラムに沿って作業が進められている。

- 1) 新しい騒音低減技術
- 2) 騒音軽減運航方式と土地利用計画
- 3) 航空輸送需要の予測

5. あとがき

1970 年初頭に制定された「航空機騒音基

準適合証明制度」は空港周辺における騒音暴露状況の改善に効果をあげたことは既に述べた通りである。これは低騒音かつ低燃費を可能にしたハイバイパスエンジンの出現が大きく影響していると言える。その後, 騒音基準の強化案が提案され, そのたびに流されているが, ハイバイパスエンジンの出現から 1/4 世紀以上経過し, そのエンジンの低騒音化に関する技術も限界に近づきつつある現在, エンジンの低騒音化技術の実状も合わせて航空環境保全について考えなければ今後も同じことの繰り返しになると思われる。

航空機騒音はどの程度まで静かになれば良いのか。そろそろ, ICAO, CAEP は航空環境保全の具体的な最終目標を明確にすべきではなかろうか。

文 献

- 1) 運輸省: 平成 6 年版運輸白書
- 2) 吉岡: 航空機騒音, 騒音制御, 第 20 巻 4 号
- 3) ICAO ANNEX 16 AIRCRAFT NOISE FIRST EDITION-AUGUST 1971
- 4) 吉岡, 時田, 山田: 国際民間航空条約第 16 付属書について, 航空と環境, 第 19 巻 31 号
- 5) ICAO ANNEX 16 ENVIRONMENTAL PROTECTION VOLUME I AIRCRAFT NOISE FIRST EDITION-1981
- 6) ICAO ANNEX 16 ENVIRONMENTAL PROTECTION VOLUME I AIRCRAFT NOISE THIRD EDITION-1993
- 7) ICAO, CAEP/3 WG 1 OTTAWA MEETING WP 1994 9
- 8) ICAO, CAEP/3 MONTREAL MEETING WP 1995 12
- 9) ICAO, CAEP/3 Bonn MEETING WP 1995 6

内外の動き

ICAO/CAEP の動向 (航空機排出ガス)*

柴田 正 夫**

1. はじめに

航空機からの排出ガスは、1980年代後半の地球環境問題への関心の高まりとともに、各国での取り組みがますます盛んになってきている。図-1はこれまでの航空機排出ガス問題の展開と現状における内外の航空機排出ガスの問題点をまとめたものである。航空機排出ガス問題は、地球規模の環境問題であり、各国各機関の航空機排出ガス規制の強化に伴い、世界的にその対応が注目されている。現状では航空機が高空(対流圏や成層圏)で環境汚染物質を含むガス成分を排出する唯一の発生源であるにもかかわらず、その実態やメカニズム、地球環境への影響なども十分明らかにされていない。さらに、こうした研究の基本となる航空機エンジンからの排出原単位や地表への影響についても、検討・分析すべき多くの課題がある。

以上の観点から、航空機の排出ガスに関連して、国際的な規制を推進しているICAO(International Civil Aviation Organization: 国際民間航空機関)の航空環境保全に関わる航空機排出ガス規制・対策を紹介し、今後の動向について考える。

2. ICAO 航空環境保全の動向

ICAOにおける航空機環境問題に対する活動は、1965年頃よりはじまったが、当時は、社会問題として深刻化しつつあった航空機騒音を規制するための国際基準の制定に努力が傾注されていた。しかし、1970年代に入り、航空機エンジン排出ガスの空港及びその周辺に与える大気汚染が、一部の特定の空港において社会問題化しはじめ、一方では航空機以外の汚染源に対する規制が設けられたことから、1971年7月のICAO第18回総会において、航空機エンジン排出ガスを含めた航空機環境問題全般についての活動方針が見直され、次のような総会決議が採択された。

- ① ICAO及びその加盟国は、国際民間航空の発展と人間環境維持との調和を図る責任を有することの自覚をすること。
- ② 人間環境維持を図るために必要な標準、勧告、手引き等の設定を今後さらに促進するように理事会に要請すること。

(注) このようなICAOの立場は、1972年6月にスウェーデンにおいて開催された国連人間環境会議で表明され、国際的にも注目された。

この決議を受けて、理事会は1971年12月に具体的計画を策定し、関係諸国の意見を聴取した上、1972年6月にこの計画を正式に承認し、これに基づき航空委員会に技術検討をするように要請した。1973年3月、航空委員会は上記具体的計画を実行に移すための

* 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

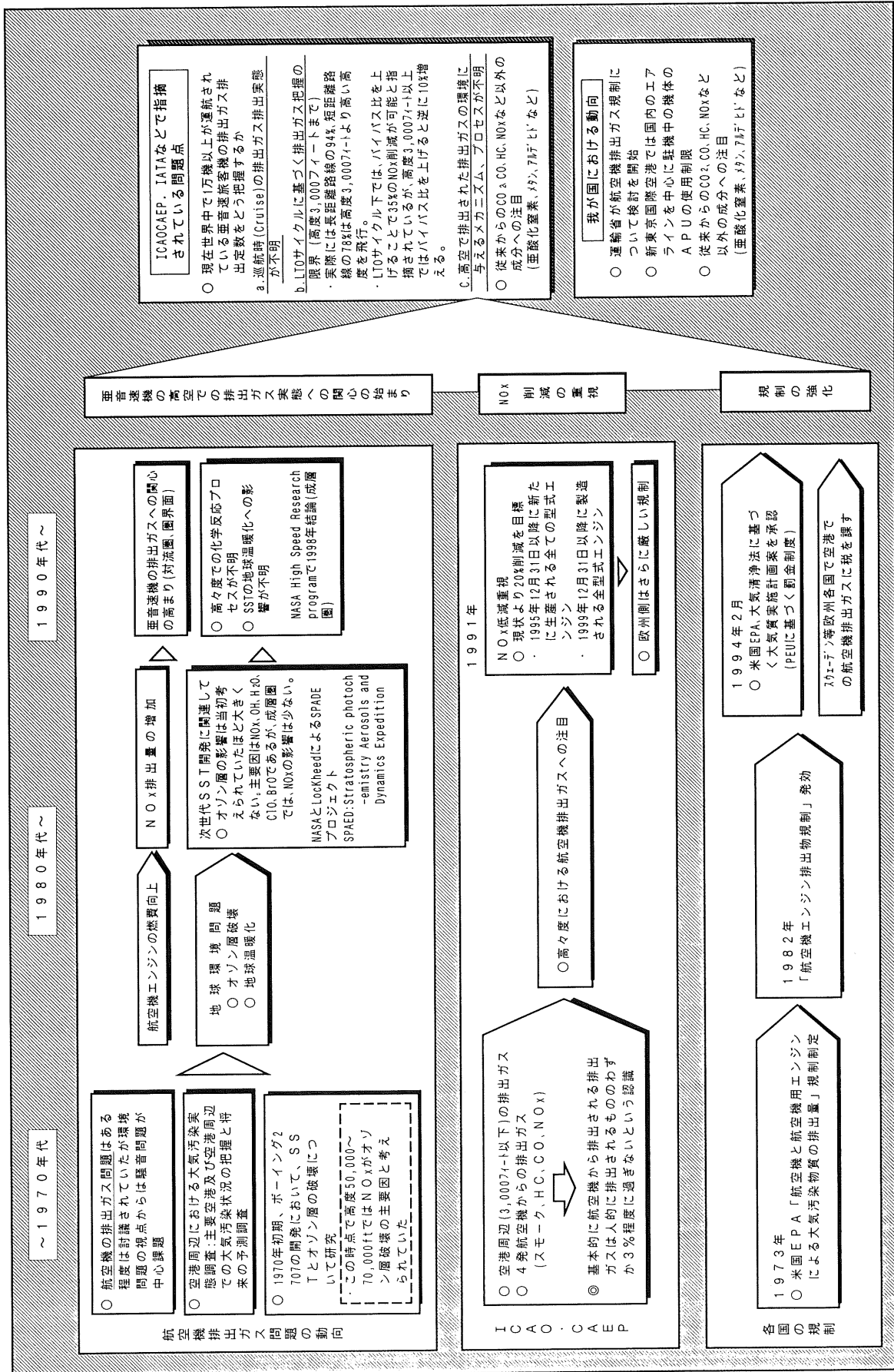


図-1 航空機排出ガス問題の動向 (全般的な動き, ICAO, 規制など) 及び現状の重要課題

検討を行い、航空機エンジン排出ガス問題については、ICAO 事務局が中心となって排出ガスの測定方法及び評価単位等に関する技術仕様を作成する他、排出ガス規制の必要性についても検討することとされ、これを補佐する機関としての研究会 (Aircraft Engine Emission Study Group—AEESG) を設立することを決定した。

AEESG は日・米・仏・独、旧ソの5カ国よりなり、その第1回会議が1974年5月に開催され、その後1975年5月、1976年5月、1977年3月、1977年9月及び1978年3月と総計6回の会議がもたれた。我が国は、全ての会議に参加し、構成国として積極的に協力した。この間、サブ・グループとしてIMT (Instrument and Measuring Technique) Sub-Group 及び SST (Supersonic Transport) Sub-Group が設けられ、排出ガスの測定技術及び SST エンジンに関する特有な問題についての専門的な検討も加えられた。これらの検討結果をまとめ、ICAO 事務局は、1977年に手引 (Guidance Material) として ICAO Circular 134—AN/94 「Control of Aircraft Engine Emission」を発行し、亜音速機用ターボ・ジェット/ファン・エンジンを対象とした排出ガス規制のガイドラインを作成した。

このサーキュラの骨子は次のようなものであった。

- ① 1979年1月以降に製造されるターボ・ジェット/ファン・エンジンは、通常の運用中液体燃料を大気中に排出しないように設計、製造すること。
- ② 1981年1月1日以降に製造されるターボ・ジェット/ファン・エンジンは、煙について規定の最高許容値を超えないこと。
- ③ 1978年3月1日より以前に型式証明の申請がなされたものであって、1981年1月1日以降に製造されるターボ・ジ

ェット/ファン・エンジン又は1978年3月1日以降に型式証明の申請がなされるターボ・ジェット/ファン・エンジンは、それぞれ炭化水素 (HC)、一酸化炭素 (CO) 及び窒素酸化物 (NO_x) について規定の最高許容値を超えないこと。

AEESG では主に技術的な面から検討がなされてきたが、1977年4月、ICAO 理事会は、AEESG における活動は所期の目的を十分に果たしたとして、これを発展的に改組し、より公式な形態である航空機エンジン排出ガス委員会 (Control of Aircraft Engine Emission—CAEE) を設立することを決定し、経済的な側面も含め、航空機エンジン排出ガス証明に係る国際的基準の確立に向けての検討活動をさらに推し進めることになった。これを受けて、CAEE 第1回会議が1978年6月に開催され、空港周辺における大気汚染の現況についての各国間の情報交換が活発になされた他、航空機エンジン排出ガス規制に関する SARPS の原案がまとまり、これを ICAO 付属書として制定するように理事会に勧告することが決定された。その内容は以下のようなものである。

- ① 基準の施行日以降に製造される航空機は、通常の運用において液体燃料を大気中に排出しないように設計、製造すること。
- ② 基準の施行日以降に原型式としての型式証明の申請がなされる亜音速機用及び超音速機用ターボ・ジェット/ファン・エンジンは、煙について規定の最高許容値を超えないこと (最高許容値は、前記の ICAO サーキュラーより若干緩和されたものとなっている)。
- ③ 在来型式のものも含め、1981年1月1日以降に新しく製造される亜音速機用及び超音速機用ターボ・ジェット/ファン・エンジン (最大離陸推力が 26.7 KN (6,000 LB) 以下の亜音速機用エン

ジンを除く）について、ガイドラインとしてのガス状排出物の最高許容値を示し、規定の方法に従って炭化水素（HC）、一酸化炭素（CO）及び窒素酸化物（NO_x）の排出量を実際に計測するように義務づけること。

CAEE第1回会議では、高々度汚染を含めて航空機エンジンが環境に及ぼす影響を評価する技術が未だ十分に確立されていないこと、排出ガス測定技術及び統計的処理方法に関して未解決な問題が多いこと、今後の規制の在り方については、単に技術面だけでなく費用対策効果の観点からも検討を加える必要があること等が指摘された。このため、以下

の3つのワーキング・グループを設置し、これらの問題について引き続き検討することとなった。

ワーキング・グループ A—環境への影響
ワーキング・グループ B—排出ガス証明基準

ワーキング・グループ C—排出ガス測定技術

これらのワーキング・グループは、CAEE第1回会議後、それぞれ付託された問題を検討するために数回の会議がもたれた。

CAEEでは主に技術的な側面を含めた排出物基準の検討がなされたが、1982年12月ICAO理事会は、CAEEにおける活動の所期

I C A O 航空環境保全委員会
(C A E P) の 構 成

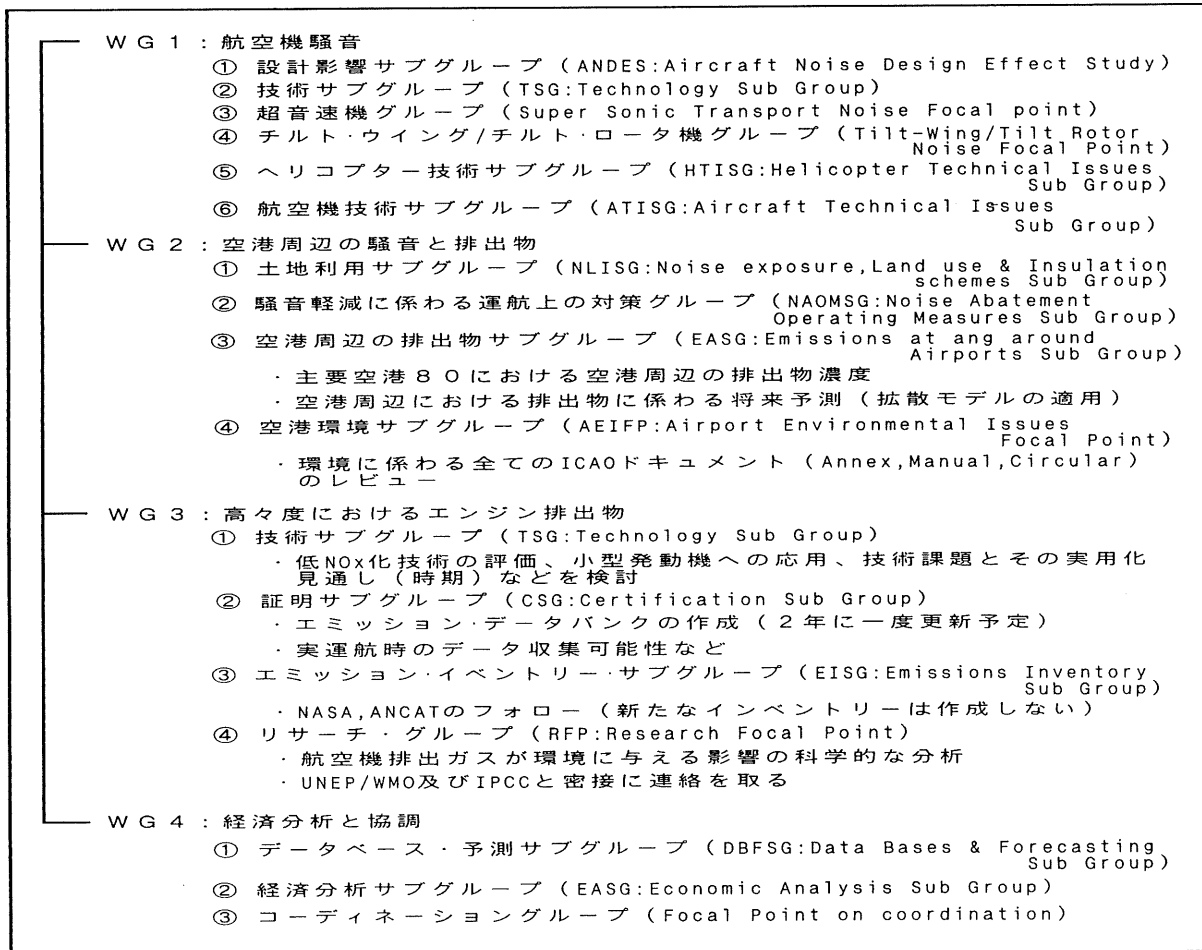


図-2 ICAO 航空環境保全委員会 (CAEP) の構成

の目的を十分に果たしたとし、航空機騒音委員会 (CAN: Committee on Aircraft Noise) と統合した航空環境保全委員会 (CAEP: Committee on Aviation Environmental Protection) を設立した。

CAEP 第1回会議は、1986年6月、第2回会議は1991年12月に開催され、排出物基準、地上排出源又は運航方式の変更が環境大気に与える影響についての各国間の情報交換が活発になされた他、高々度における航空機排出物についての検討がなされた。

その結果、次のような決議がなされた。

- ① 1995年12月31日以降に証明を受けたエンジン及び1999年12月31日以降に製造される全てのエンジンについては、窒素酸化物 (NO_x) 基準値を厳密

に20%強化すること。

- ② 炭化水素 (HC)、一酸化炭素 (CO) 及び煙 (Smoke) の基準については変更を必要としない。

- ③ 今後の検討課題の中心を、航空機が高々度大気中で放出する物質に置くこと。

- ④ 次回CAEP会議は、3年から5年以内に開催すること。

また、CAEP第2回会議では、将来の検討課題についての組織をワーキング・グループ1から4までを設置し、高々度汚染を含めて、航空機エンジンが環境に及ぼす影響を検討する活動をさらに推し進めることになった。

なお、図-2はCAEPの構成と各ワーキン

I C A O 航空環境保全委員会
(C A E P) の 検 討 内 容

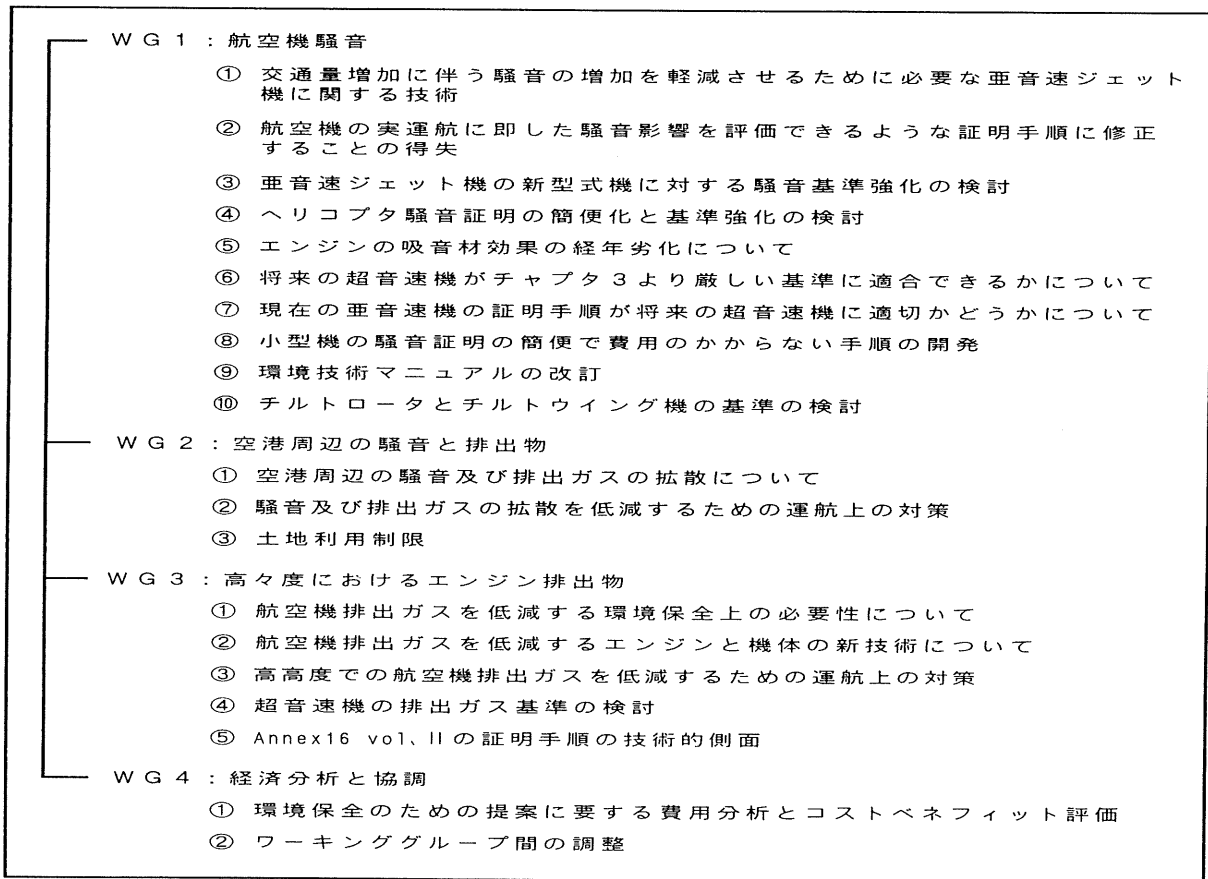


図-3 ICAO 航空環境保全委員会 (CAEP) の検討内容

グループの下に設けられているサブグループ及び図-3にはその検討内容をまとめて示す。

なお、ワーキンググループのメンバーおよびオブザーバーは以下の通りである。

メンバー (15カ国)：オーストラリア，ブラジル，カナダ，フランス，ドイツ，イタリア，日本，オランダ，ポーランド，ロシア，スペイン，スウェーデン，スイス，イギリス，米国

オブザーバー：ギリシャ

(1カ国と5団体)

ACI—Airports Council International

EC—European Commission

IATA—International Air Transport Association

ICCAIA—International Coordinating Council of Aerospace Industries Association

IFALPA—International Federation of Airlines Pilots Association

CAEP 第2回会議後，ワーキング・グループ第1回会議は1992年6月(リオデジャネイロ，ブラジル)，第2回会議は，1993年6月(ヴィスビー，スウェーデン)，第3回会議は，1994年9月(オタワ，カナダ)，第4回会議は，1995年6月(ボン，ドイツ)で開催された。そのうち，ワーキング・グループ3会議においては，以下の活動内容について活発に討議が進められた。

- ① 排出物にかかる基準の見直し
- ② エンジンにおける技術上の進歩が排出物のレベルをどう変化させたかの調査
- ③ 高々度における航空機排出物の影響の調査
- ④ 航空機排出物を減少させるための運航上の対策の検証
- ⑤ Annex 16, Vol IIへのAmendmentの追加の提案

これらのワーキング・グループは，CAEP

会議後，それぞれ付託された問題を検討するために数回の会議がもたれた。

これまで航空機排出ガスは，どちらかというところと空港周辺への影響のみが注目されたが，航空交通量の増大，巡航高度の上昇，超音速機の新規開発の検討等から，近年では高層大気を主とする地球環境への航空機の大気汚染問題が世界的な関心をあつめるところになり，米国，英国及び仏国等の主要航空機製造国を中心に調査研究が活発に進められている。

CAEP 会議では，排出ガス成分が成層圏のオゾン層に与える化学的挙動についての知識が不十分であり，これを解明するための研究を継続する必要があることが認識された。しかしながら，現在近い将来に予想される高々度における航空輸送量は成層圏に重大な変化を与えることが予想されないとして，現時点では高々度運航時の排出ガス規制を行う必要性は認められないとされた。高層大気汚染の問題は，CAEP 第2回会議で設立されたワーキング・グループ3において検討が加えられてきた。この面の研究は未だ不十分であり，今後解明すべき問題も多いが，最近の研究成果によれば，成層圏におけるオゾン量は減少するものの，逆に対流圏におけるオゾン量は増大するため，全体としてはむしろ若干増えるとの報告例もある。

以上のことから，対流圏，成層圏を飛行する航空機の排出ガス問題は，地球温暖化，オゾン層破壊と密接に関連した事項として，その実態，環境への影響の解明，対策が求められている。

騒音問題も含めて，ICAO CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) 委員会ではこれまで航空機の環境保全対策に関して表-1に示すような活動を行ってきた。

表-1 ICAOにおける航空機の環境保全対策の取り組み

| | |
|---------|--|
| 1971 | CAN(Committee on Aircraft Noise)発足 |
| 1971.04 | Annex 16 Vol. I Chapter2 騒音基準制定 |
| 1976.06 | Annex 16 Vol. I Chapter3 騒音基準採択 (1977.10.06 以降のType Certification に適用) |
| 1977 | CAEE(Committee on Aircraft Engine Emissions)発足 |
| 1981.06 | Annex 16 Vol. II (排出ガス基準) 制定 |
| 1982 | CAEP(Committee on Aviation Environmental Protection)発足 - CAN/CAEE統合 |
| 1986.06 | 第1回CAEP本委員会 |
| 1990.01 | 第28回ICAO総会で Chapter2 機材の Phase-out を採択 ・ 1995.04 以降 Chapter2 機材の運航を禁止(機齢25年未満、Wide Body、Hi Bypass Ratio Engine 装備の何れかに該当するものを除く) ・ 2002.04 以降、全ての Chapter2 機材の運航を禁止 |
| 1991.12 | 第2回CAEP本委員会 ・ 排出ガス基準についてNO _x 20%削減が合意された ・ 第3回CAEPで以下の対策を採択することが合意された 騒音：2002年にChapter2機材の退役が完了するが、その後の空港周辺の騒音被害拡大を防止するための、運航方式・土地利用・技術革新にわたる調和のとれた対策 排ガス：地球規模の環境保全(オゾン層破壊及び地球温暖化の抑制)のための必要で可能な対策 |
| 1992.06 | 第1回 Working Group Meeting(リオデジャネイロ) ・ Cost/Benefit Analysis と技術的可能性の探求が必要であることが確認された |
| 1993.03 | 排出ガス基準についてNO _x 20%削減を採択 ・ 1995.12.31 以降の新型式および1999.12.31 以降の製造 |
| 1993.06 | 第2回 Working Group Meeting(スウェーデン) ・ 第3回 CAEP を1994年から1995年に延期することが合意された |
| 1994.01 | 第3回 Working Group Meeting(オタワ) ・ 騒音基準強化による運航コストと消費燃料の増加に関する報告が了承された ・ 2002年および2015年における騒音被害予測の報告が了承された。 ・ Cost/Benefit Analysis の対象とする騒音および排出ガスの基準強化案が確定された |
| 1995.06 | 第4回 Working Group Meeting(ボン) ・ Cost/Benefit Analysis の結果が了承された ・ 第3回 CAEP に討議すべき事項が了承された |
| 1995.12 | 第3回 CAEP本委員会 ・ 騒音および排出ガス基準強化について採決を行う ・ 排出ガス基準についてNO _x をさらに16%削減するよう理事会へ勧告 ・ その後のCAEPの活動を承認する |
| 1996.5 | 第1回Working Group Meeting(ワシントン) ・ 第4回CAEP本委員会に向けてWG3のミッション、計画などについて了承された |
| 1996.7 | 第1回Steering Group Meeting(ハーグ) ・ 騒音および排出ガスについても長期的目標を策定することで合意された |

3. CAEPの排出ガス基準

特に1991年12月の第2回CAEP本委員会では、航空機の排出ガスのうちNO_xを20%削減することを合意した。さらに1995年12月の第3回CAEP本委員会で採択予定であったNO_xの20%規制強化案を、16%強化案とし、その採択を1996年の理事会に先送りした。しかし、この16%NO_x強化案についても、強化案を推進する欧州とこれに慎重な態度をとる米国、カナダ、ロシア連邦、ポーランドなどとの間で決着つかず、今後の動向が注目されている。

これまでの委員会では全般的に以下に述べるように、基準の強化に否定的な見解が幾つか出されている。

- ① 現時点では航空機の排出ガスが地球環境に与える影響がまだ明らかになっていない。その意味でどのような基準強化を行えば、どの程度の効果があるかが明確でない。
- ② 新しい基準を導入した場合に生じるコストがどの程度で、また、それを誰が負担するかが明らかになっていない。

このため米国、カナダ、オーストラリアからは地球環境への影響が判明するまでは、基準強化すべきでないとの意見が出ている。また、航空会社の集まりであるIATAは効果が明確でないことにコストをかけることに反対しており、むしろNO_x削減を行った場合のトレードオフ（燃費が悪くなり他の排出ガス成分の排出量が増加するなど）を指摘している。これに対してEUは予防措置として基準強化を図るべきで、CAEPで新基準の導入が見送られた場合にはEUだけでも独自に規制強化を行うこととしている。さらに航空機製造メーカーの集まりであるICCAIAはNO_x対策の技術的な難しさについて述べるとともに、EUの規制強化案が基準となるよりは、より緩やかなICAO CAEP案が基準

となることを望んでいると考えられる。

現在、1996年10月に開催が予定されている理事会に向けて、ICAOが各国の意見を取りまとめて調整を行っている段階である。また、現段階では16%削減案（これはさらにゆるい10%削減案も含めて）について、最終的に承認されるどうかは不透明な部分が多い。

今後は、航空機排出ガス規制の基準作りを担当するFAA、ドイツDLR大気物理研究所、EC、NASAなどと、エンジンメーカーなどが参加しているICCAIAとの間の論点の違いにどう対処するかが問題となろう。

一方、WMO (World Meteorological Organization)、EDF (Environmental Defense Fund) といった環境問題を取り扱っている組織は、航空機排出ガス、特に飛行中の航空機から排出される排出ガスによる影響が明確でないことは理解しているものの、もし早急な対応が必要であるとすれば、現在の研究の進展があまりにも遅すぎると指摘している。

4. CAEPにおけるCost/Benefit Analysis (費用対効果の分析)

ICAO・CAEPでは排出ガス規制を強化した場合の費用対効果を以下のように分析している。

なお、表-2から表-5に新基準による費用対効果の結果を示す。このうち、表-2に

表-2 2000年に適用を4種、2005年に適用を2種の強化案

| |
|---|
| -10% Year 2000, 100% Compliance assumed in 2008 |
| -20% Year 2000, 100% Compliance assumed in 2008 |
| -30% Year 2000, 100% Compliance assumed in 2008 |
| -40% Year 2000, 100% Compliance assumed in 2008 |
| -20% Year 2005, 100% Compliance assumed in 2013 |
| -40% Year 2005, 100% Compliance assumed in 2013 |

注：新基準案は、1996年基準（現行よりNO_x20%削減）からの削減量である。

表-3 2003年及び2015年における上空におけるNO_x残留量の比較

| Stringency Option | Year | | | | |
|-------------------|--------------------|--------------------|------------------------------|--------------------|------------------------------|
| | 1993 | 2003 | | 2015 | |
| | Tg NO ₂ | Tg NO ₂ | % change from 2003 base case | Tg NO ₂ | % change from 2015 base case |
| Base Case 2000 | 1.12 | 1.62 | | 2.49 | |
| -10% | 1.12 | 1.61 | -0.6% | 2.46 | -1.2% |
| -20% | 1.12 | 1.61 | -0.6% | 2.42 | -2.8% |
| -30% | 1.12 | 1.59 | -1.9% | 2.35 | -5.6% |
| -40% | 1.12 | 1.52 | -6.2% | 2.00 | -19.7% |
| 2008 | | | | | |
| -20% | 1.12 | 1.62 | 0.0% | 2.44 | -2.0% |
| -40% | 1.12 | 1.62 | 0.0% | 2.12 | -14.9% |

1Tg = 1million metric tons

表-4 直接運航費の比較 (金利=7%)

| Stringency Option | Certification Rule 2000 Production Compliance 2008 | Certification Rule 2005 Production Compliance 2013 |
|-------------------|---|---|
| -10% | \$ 621 | \$ 340 |
| -20% | \$ 1,302 | \$ 887 |
| -30% | \$ 3,671 | \$ 2,721 |
| -40% | \$ 5,583 | \$ 3,736 |

表-5 残存機材の資産価値低下分の比較 (NO_x規制に伴う機体の価値の低下)

| Option | Cost Range |
|------------|------------------|
| -10%, 2000 | \$ 700-1,300 |
| -20%, 2000 | \$ 2,500-3,000 |
| -30%, 2000 | \$ 7,200-11,300 |
| -40%, 2000 | \$ 11,000-13,400 |

2000年に適用を4種、2005年に適用を2種の強化案、表-3に上空におけるNO_xの残留量の比較、表-4に直接運航費の増加分、表-5に資産価値の影響を示す。

(1) Cost/Benefit Analysisの方法

費用対効果は排ガスの基準強化が行われないと仮定した場合の状況をBase Case(基本例)とし、それに対し幾つか基準強化が実施された場合のCost/Benefitを評価する。なお、Base Caseには、既にICAOで採択されている1996年以降の新型式および2000年以降の全製造エンジンに適用される20%NO_x削減が折り込まれている。

評価の対象期間は1992~2015年とし、機材の耐用年数は25年と仮定しており、8年後には全ての新造機に適用され、新基準に適

合しない機材は、改修・改造により基準に適合させて製造を続け、製造中止には至らないと仮定している。また、全世界の地域および地域間別に機材構成と交通量の伸びを予測し、排ガスの総量を予測している。これは基本的には離着陸および地上運航(LTO Cycle)における排出ガス規制であるが、基準の強化により上空においても同率で排出物の削減が図られると仮定して分析が行われている。

Costについては、今後製造される機材について、新基準の適用による直接運航費の増加量で計る。また、Benefitについては上空でのNO_xの残留量をもって計量するものとしている。

さらに新基準が設けられることで、新基準に適合しない現存機材の資産価値が低下する一方、それらの機体の退役が早まることによるNO_x排出が減少することが考えられ、このことはCostとBenefitに当然のこととして影響を与えるが、ここではこの点について考慮せず、資産価値の低下額が参考程度に示されるにとどまっている。

(2) 排ガス基準強化案

表-2に示すように以下の6種類(2000年適用を4種、2005年適用を2種)の案についてCost/Benefit Analysisが行われた。

(3) 新基準の効果(Benefit)

表-3に2003年および2015年における上空におけるNO_x残留量の比較を示す。

上空のNO_x残留が地球環境にどのような影響を及ぼすかは研究段階にあり、いまのところ一般に認められる結論は得られていない。

(4) 新基準によるコスト

1992~2015年の評価対象期間に生ずる直接運航費の増加を、金利7%を仮定して1993年単年の支出に換算すると表-4のようになる。直接運航費にはCapital Cost(航空機、エンジン、予備部品の金利)と運航コスト

(燃料, 整備, 保険費用) が含まれる。

Cost/Benefit Analysis には含まれないが, 現存機材の資産価値下落も同様の方法で算定された。表-5 に示すように新基準ができる, それに適合しない機材の運航を禁止または制限をする飛行場や国が出現し機材の稼働が低下することが予測されることによる。

Staged Combustor (多段燃焼器) 等の新技術を導入すれば大幅な NO_x 削減が可能との憶測が一部にあるが, GE 90 等の最新エンジンの実績をみても現行基準から 20%以上 NO_x を削減するのは非常に困難であるとのデータが示された。

(5) 機材への影響

さらに, こうした新基準が採択された場合

は, 現在開発計画が検討されている NLA (New Large Airplane), VLCT (Very Large Commercial Transport) が大きな影響を受けると考えられる。即ち, このような大型機では大出力エンジンを装着するために騒音面が問題となるとともに, 圧縮比, 燃焼温度の増加に伴い NO_x が増加する可能性がある。

また, 新基準が採用された場合の現在の機材 (一部計画中のものも含む) への影響 (対策を含め) をまとめた結果を表-6 (その1) ~6 (その2) に示す (改修・改造の度合いを 5 レベルで示す)。これらは機材別に幾つかの排出ガス対策措置を講じた場合 (全く講じないものもある) に, 排出基準をクリアで

表-6 NO_x 規制基準をクリアするための機種別対策 (その1)

| seat size(generic class) | | revised limit 1995 | | | | |
|--------------------------|--------------|--------------------|------|------|------|------|
| 81-150 | | 0% | -10% | -20% | -30% | -40% |
| JT8D-209 | MD80 | ● | × | × | × | × |
| JT8D-217 | MD80 | ● | × | × | × | × |
| JT8D-217A | MD80 | ● | × | × | × | × |
| JT8D-217C | MD80 | ● | × | × | × | × |
| JT8D-219 | MD80 | ● | × | × | × | × |
| Tay 650-15 | F100 | ◎ | ◎ | × | × | × |
| Tay 650-15 | BAe111 | ◎ | ◎ | × | × | × |
| V2525-D5 | MD90 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| V2527-A5 | A320-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| CFM56-3B1 | B737-3/4/500 | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| CFM56-3B2 | B737-3/4/500 | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| CFM56-3B2 | 737X | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| CFM56-3C1 | B737-3/4/500 | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| CFM56-3C1 | 737X | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| CFM56-5B4 | A320-200 | ◎ | ◎ | ◎ | △ | △ |
| CFM56-5A1 | A320-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| CFM56-5A3 | A320-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | △ |

| seat size(generic class) | | revised limit 1995 | | | | |
|--------------------------|----------|--------------------|------|------|------|------|
| 151-210 | | 0% | -10% | -20% | -30% | -40% |
| RB211-535E4 | B757-200 | ● | ● | ● | △ | △ |
| PW2040 | B757-200 | ◎ | ◎ | ● | △ | × |
| CFN56-5B1 | A321-11 | ◎ | ◎ | △ | △ | △ |
| CFM56-5B2 | A321-112 | ◎ | ◎ | △ | △ | △ |
| V2530-A5 | A321-100 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4152 | A310-300 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW2037 | B757-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| CF6-80C2A2 | A310-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| CF6-80C2A2 | A310-300 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| CF6-80C2A8 | A310-300 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |

◎ : 現状のままでよい
 ○ : マイナーチェンジなどで対応
 ● : 大幅な変更を要するが燃焼器はそのまま
 △ : ダブル・アニユラやステージ技術の適用が必要
 × : 既存のものではクリアできないため新型エンジンと代替

表-6 NO_x 規制基準をクリアするための機種別対策 (その2)

| seat size(generic class) | | revised limit 1995 | | | | |
|--------------------------|----------|--------------------|------|------|------|------|
| 211-300 | | 0% | -10% | -20% | -30% | -40% |
| RB211-524H | B767-336 | ● | ● | △ | △ | △ |
| PW4168 | A330-300 | ◎ | ◎ | ● | △ | △ |
| PW4164 | A330-300 | ◎ | ◎ | ● | △ | △ |
| TRENT 768 | A330-300 | ◎ | ◎ | ● | △ | △ |
| TRENT 772 | A330-300 | ◎ | ◎ | ● | △ | △ |
| PW4056 | B767-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4056 | B767-300 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4060 | B767-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4060 | B767-300 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4158 | A300-622 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| CF6-80E1A1 | A330 | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| CF6-80E1A2 | A330 | ◎ | ◎ | ◎ | ○ | △ |
| CF6-80C2A1 | A300-600 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| CF6-80C2A3 | A300-600 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| CF6-80C2A5 | A300-600 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| CF6-80C2A8 | A300-600 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ○ |
| CF6-80C2 | B767-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| CF6-80C2 | B767-300 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| CF6-80C2 | B767-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |
| CF6-80C2 | B767-300 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |

| seat size(generic class) | | revised limit 1995 | | | | |
|--------------------------|----------|--------------------|------|------|------|------|
| 301-400 | | 0% | -10% | -20% | -30% | -40% |
| RB211-524H2 | B747-400 | ● | ● | △ | △ | △ |
| RB211-524H | B747-400 | ● | ● | △ | △ | △ |
| PW4084 | B777-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4074 | B777-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4077 | B777-200 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4056 | B747-400 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| PW4460 | MD11 | ◎ | ◎ | ◎ | ● | △ |
| CFM56-5C2 | A340-200 | ◎ | ◎ | ◎ | △ | △ |
| CFM56-5C3 | A340-200 | ◎ | ◎ | ◎ | △ | △ |
| CFM56-5C2 | A340-300 | ◎ | ◎ | ◎ | △ | △ |
| CFM56-5C3 | A340-300 | ◎ | ◎ | ◎ | △ | △ |
| GE60 | B777 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ●* |
| CF6-80C2 | B747-400 | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ |

* already staged combustor

きるか否かを示したものである。この結果から、マクダネル・ダグラス MD-80 型クラスや大型のボーイング 747-400 型クラスへの影響が相対的に大きい点が指摘されている。

5. 今後の展望

近年、オゾン層破壊、酸性雨被害、地球温暖化問題等の地球規模での環境問題、地域での環境問題の重要性がより一層高まり、産業・民生の多くの分野でその研究調査がますます重要となってきている。大気汚染物質を排出するという観点からは運輸分野の占める割合は比較的高く、自動車、船舶、航空機などから排出される大気汚染物質の割合は、わ

が国の場合、CO₂ が約 20%、CO が約 50%、NO_x が約 53% である。しかしながら、こうした物質の発生の多くは自動車に起因するもので、航空機からの排出量は全体の 1~2% 程度と推測されている。

航空機からの排出ガスの影響については、1971 年にカリフォルニア大学の H. S. Johnston によって超音速輸送機 (SST: Super Sonic Transport) が成層圏下層部を飛行する際に NO_x を放出し、オゾン層を破壊する可能性があるとして指摘したのを初めに、こうしたオゾン層破壊と関連して成層圏での SST からの排出ガスの影響が注目された。その後、高々度 (巡航時) に排出される排出ガス

に関連しても、航空機から排出される NO_x が地表から人工的に排出される NO_x と同程度地球温暖化に関与しているという発表がなされ、また、対流圏のオゾンの 10～20% に関与しているとの報告や、高々度の NO_x は地表よりも残存寿命が 100 倍近く長いといった報告がなされた。ここでは高々度における排出ガスの発生源が航空機だけであることが極めて重要なポイントである。

一方、空港周辺の住民、空港で働く人々への影響から、ICAO の LTO（着陸から離陸までの 1 サイクル）サイクルをベースとした航空機の排出ガスが関心を集め、米国 EPA、ICAO などが規制値を設けるようになった。

先に述べたように 1990 年代になって、地球温暖化への影響が未解明であること、航空機エンジンの燃費改善の結果、NO_x 排出単位が増加していることなどから、NO_x を中心として、その排出削減の強化が ICAO において議論されている。そして、1991 年に CAEP で NO_x の排出量を 20% 削減する案が合意され、1993 年には採択された。一方、我が国でも ICAO 基準に対応した航空機排出ガスの規制等を行うべく、航空法改正案が国会で審議されている。

現在、CAEP においては、騒音と合わせ、引き続き航空機排出ガスの排出基準を強化する案が議論されている。

このほか、現在、排出ガス規制を受けていないエンジン、APU（補助動力装置）の規制のほか NO_x 排出量削減の観点から、空港で運用されている GSE（地上支援車両）について、検討することが提唱されている。

このように、航空機エンジン等からの大気汚染物質の排出規制については、現在、重要な事項の決定が議論されている段階である。この際、現実的な対策の検討を行うことが重要であり、騒音や燃費等とのトレードオフや経済性の観点についても留意しなくてはならない。

なお、CAEP に設置された排出ガス・ワーキンググループでは、NO_x 排出量削減の観点からは、航空機だけではなく、空港で運用されている車両の対策に重点を置く必要があると強調している。航空輸送がますます重要視されてくる我が国の状況を考えると、この対策の効果と方策が我が国にどのようなメリットをもたらすのか、より詳細な情報の収集と独自のガイドラインの作成が求められることになろう。

内外の動き

IATA の動向*

中 尾 純 夫**

1. はじめに

近年、地球環境の保全は世界的に重要な取組課題として認識されており、IATAにおいても航空機の運航に関する環境問題について専門の組織および Member Airline の有志から構成される Task Force を設置し、検討を行っている。本稿では最近の IATA の活動について概要を紹介する。

2. IATA の概要

IATA (International Air Transport Association/国際航空運送協会) は 1945 年設立され、現在、254 の Airline が加盟し、標準約款の設定、国際運賃の決定/精算から航空機の運航、整備に関する国際的な基準の検討、航空路の設定等、広範な Airline の支援業務を行っている。事務局は本部がモントリオール、分室がジュネーブに置かれている。環境問題に関しては、航空機の環境に関する国際基準 (騒音および排ガス) を取り扱う組織と環境税/課金および個々の空港特有の問題を取り扱う組織がそれぞれモントリオールおよびジュネーブに設置されている。また、下記の Airline をメンバーとする ENTAF (Environment Task Force) が結成され、環境問題に関する討論および情報交

換を目的として、年 2 回 Meeting が開催されている。この Meeting には Observer の Airline および技術的な Advisor として Boeing, McDonnell Douglas, Airbus Industrie 等の機体 Maker や Pratt & Whitney, GE, Rolls-Royce 等の Engine Maker も参加している。

ENTAF Airline Member は以下のとおり。

Air Canada/Air France/American Airlines/British Airways/Czech Airlines/Lufthansa/Egyptair/Federal Express/IBERIA/KLM/Middle East Airlines/Qantas Airways/SAS/Swiss Air/VARIG/JAL

3. 最近の活動

3.1 第 3 回 CAEP での主張

航空機の環境に関する国際基準 (騒音および排ガス) は ICAO ANNEX 16 に規定されている。過去 ICAO では CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection/航空機環境保全委員会) で技術的な検討が行われてきた。もっとも最近に開催された第 3 回 CAEP (1995 年 12 月) において将来の騒音基準および排出ガス基準の規制強化案が議論され、重要な決定がなされた。その場において IATA は Member Airline の意向を踏まえ、以下の主張を行った。

CAEP での議論および Sub-group の報告によれば現時点で基準の強化が実施された場合、IATA Member Airline に対し課せられ

* Status of IATA activity,
by Sumio Nakao (Director, Performance Group,
Flight Operations Engineering, Japan Airlines).

** 日本航空株式会社 運航技術部 性能グループ
課長

る莫大な経済的負担に引き合わない程度の非常に僅かな、また不明確な環境上の改善しか得られないと予想される。従って、IATAは下記観点から現時点での騒音および排ガスの基準強化に反対する。

技術的可能性

○騒音

2002～2015年の騒音低減技術には革新的な改善は困難であり、現水準と同程度と予想。

○排ガス (NO_x)

現在提案されている新技術はまだ実運航での検証が行われておらず、20%以上の改善はCAEPも困難と予想している。

経済的合理性

基準が強化された場合、現有機材の10～25%の売却価格の低下によりIATA Member Airline全体で320億ドルの損失が予想される。さらに新基準非適合機の運航制限や課金の賦課により一部のChapter 3適合機の早期退役を余儀なくされる可能性がある。

環境へのメリット

○騒音

2002年に高騒音のChapter 2機材が全機退役することにより顕著な騒音軽減効果がある。騒音基準が強化されたとしても2002～2015年に実現しうる騒音軽減効果は僅かである。

○排ガス (NO_x)

CAEPの活動の結果、航空機のNO_xが環境へ与える影響については、Airport周辺では僅かであるが、地球大気への影響は不確定であること示された。NO_xの削減は燃料消費増、結果としてCO₂の増加を伴うことから、NO_x、燃料および他の排ガスの削減のTradeoffについて、どれを優先すべきかの指針はまだない。現時点での

NO_xの基準強化が本当に環境改善に有効であると断定はできない。

新型機材およびエンジンの開発への影響

現時点での騒音および排ガスの基準効果は既存機の派生型や新型機の開発に影響を与え、その安全性や信頼性の低下が懸念される。

土地利用計画

Airport周辺の効率的な土地利用計画策定、運用は必須である。これは国および地方公共団体の専権事項であるが、今後の検討課題である。

3.2 第3回CAEP結論のFollow-up

第3回CAEPでは、騒音基準に関しては賛否が拮抗したため、採択には至らなかったが、排ガス基準に関しては下記案が多数の支持を得たため、ICAO Council (理事会)に勧告されることになった。

2000年1月1日以後の新型式、および2008年1月1日以後の製造エンジンに対し、1996年レベル対比16%削減するようにICAO ANNEX 16を改定する。

その後、本結論は1996年1～3月のICAO ANC (Air Navigation Commission/航空委員会)での技術面の検討および1996年2月のICAO ATC (Air Transport Committee/航空運送委員会)での経済面の検討を経て、ICAO Councilに上げられた。ICAO Councilは本案について各国政府の意見を照会するため、1996年6月State Letterを発信した。IATAは本State Letterに対し、前記3.1と同様の理由で、排ガス基準強化案に反対するコメントを1996年10月23日返信した。今後、ANCとATCによる各国政府のコメントの検討の後、ICAO CouncilはICAO Annex 16および関連規定の改定の決定を行う予定である。

3.3 第4回CAEPに向けての活動

1998年秋にICAO Assembly (総会)が開催される予定であり、これに関連して次回の

CAEPの日程が決められるが、現時点では未定である。第3回CAEPで下記の5つのWorking Groupの設置が決定され、現在、それぞれが第4回CAEPでの報告に向けて活動をおこなっている。

- Working Group 1 [Noise] : Noise Certification Process および SST の騒音基準の開発など。
- Working Group 2 [Airports and Operations] : 安全で騒音軽減効果の大きな騒音軽減運航方式の検討など。
- Working Group 3 [Emissions] : 航空機の排ガスの環境への影響予測の科学的研究など。
- Forecasting and Economic Support Group : 将来の Traffic 増加予測など。
- Focal Point on Charge : 排ガス関連の Charge (課金) の評価など。

IATAでもCISG(CAEP Issues Sub Group)を結成し、そのメンバーがICAOの各Working GroupにIATA代表として参加するとともにENTAFへ報告を行っている。現在、メンバーは以下のとおり。

American Airlines/British Airways/Federal Express/Qantas Airways/SAS/Delta/JAL

3.4 London 3 空港における騒音規制強化への対策

Londonの3空港(Heathrow, Gatwick および Stansted)では騒音証明の値に対応した夜間の発着枠規制に加えて、Noise Monitoring Pointでの実際の離陸時の騒音値が規制値を超過した場合の罰金制度の二つの騒音規制が行われている。1995年暮れに英国運輸省は後者の規制の強化を提案し、各界のコメントを求めていたが、1996年夏に、1997年1月1日から本規制の強化を実施する旨公示した。この強化が実施された場合、Airline、特に長距離747の運航に影響が大きく、より厳しい夜間の規制値に対しては最

も騒音値の低い747-400を含むすべての747が超過し、昼間の規制値に対しては多くの747-200、-300の超過することが予想されている。

IATAでは当初から本規制強化案に対し、反対の意向を表明していたが、1996年11月28日、英国運輸省の措置に対処するため英国運輸省を相手取ってJudicial Review(司法審査手続き)を開始した。この結果、UK High Court(高等裁判所)はJudicial Reviewの受理が決定するまでは本規制強化を発効させないことを命令し、とりあえず1997年1月1日の実施は延期されることになった。

3.5 ECACによる高騒音ICAO Chapter 3 適合機の新規登録禁止案への対策

第3回CAEPで騒音基準強化について合意が得られなかった対抗処置として、欧州各国からなるECAC(European Civil Aviation Conference/欧州民間航空会議)は新たな騒音基準に関するRuleを検討している。現在3つの測定値(Takeoff, Sideline および Approach)それぞれで制限値が規定され、Chapter 3 適合の可否が判定されているが、検討案によれば、Chapter 3の制限値を単純平均し、これから約2, 3EPNdB引き下げたLevelを新制限値として、各機の測定値の単純平均値がこれを超えないこと、また3つの測定値が新制限値からそれぞれ5EPNdB以上超えないことにより適合の可否を判定するというものである。このRuleは加盟国の新規登録機に適用することを要求しており、Chapter 3 適合機の中でも比較的高騒音機、特に、Hushkit等の改修によりやっとChapter 3に適合できるような機材の排除を目的としたものである。また、この新制限値を使用した新たな騒音の機材分類も提唱している。IATAはこの動きを第3回CAEP結論に対する欧州の反発ととらえ、重大な関心をもってFollowしている。

内外の動き

ICCAIA の動向*

中 村 良 也**

1. ICCAIA とは

ICCAIA (International Coordination Council of Aerospace Industries Association; 国際航空宇宙工業会協議会) は主として ICAO (国際民間航空機構) への意見具申を目的として設立された米・欧・加・日の航空宇宙工業会の協議会であり、日本は日本航空宇宙工業会 (SJAC; Society of Japanese Aerospace Industries) がメンバーとして参加している。ICCAIA は ICAO 内の耐空性問題、環境保全問題、未来航法問題、ヘリコプター運用問題等の委員会に対応して活動してきているが、環境保全問題については ICAO CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection; 航空機環境保全委員会) における基準強化の動きに対応すべく 1994 年 ICCAIA 内に ANEEC (Aircraft Noise and Exhaust Emissions Committee) が設置され、製造者としての意見を集約し CAEP に対して発言を行ってきている。ANEEC は固定翼騒音、回転翼騒音、排気ガスの 3 つのグループに分かれ、それぞれのグループは上記 4 つの工業会の代表メンバーで構成されている。したがって各社の意見はその所属する工業会を通して ICCAIA に吸い上げられる仕組みになっているが、欧米各社

の環境基準に対する関心は極めて高くそれぞれの代表をオブザーバとして各グループの会議や CAEP の会議に送り込んでいる (図 1-1 参照)。

2. CAEP に対する取り組み

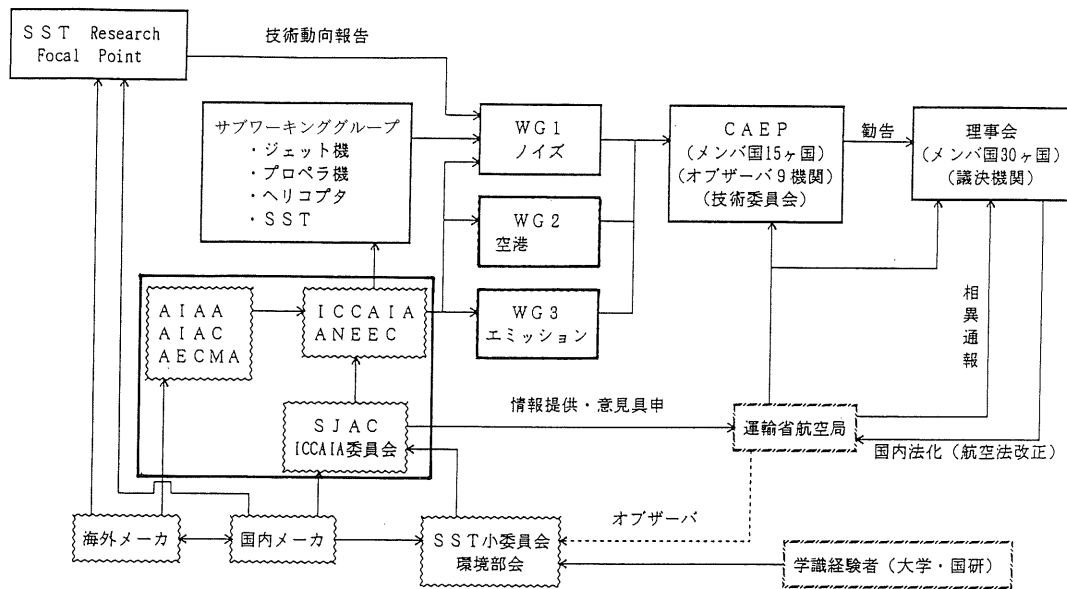
ICAO の CAEP はメンバーとして 15 カ国の行政当局の代表で構成されているが、ICCAIA はオブザーバーとして、IATA (International Air Transport Association; 国際航空運送協会)、ACI (Airport Council International; 国際空港評議会)、IFALPA (International Federation of Air Line Pilots Association) 等とともに参加し、意見具申に加え、基準の強化や改訂の議論に必要なデータの収集などの諸調査の主要な担い手として貢献している。SJAC としても我が国の航空工業界を代表して ICCAIA を通じて貢献・活動する一方、日本の代表である運輸省航空局へも航空工業界としての要望を必要に応じて申し上げさせて頂いている。CAEP の動向については別章で紹介されるので、ここではそれぞれの課題に対する ICCAIA の取り組みについて述べる。

1) 空港騒音環境の改善について

亜音速ジェット機等に対する現行騒音基準の強化については、CAEP 3 (1995 年 12 月) で熱心に議論されたが、旧型機の退役/新型機の導入の効果が機材数の増加を上回ることから現行基準のままで 2015 年までは空港騒音環境の改善が自ずと進むこと (図 2-1)、

* ICCAIA's view on environmental protection, by Yoshiya Nakamura (Advanced Technology Department, IHI)

** 石川島播磨重工業(株)要素技術部



米国 → A I A (Aerospace Industries Association of America Inc.)
 カナダ → A I A C (Air Industries Association of Canada)
 日本 → S J A C (Society of Japanese Aerospace Companies Inc.)

ヨーロッパ → AECMA

Association
Européenne des
Construc-teurs de
Matérial
Aérospatial

英国 (S B A C)
 スイス (A S I A)
 スウェーデン (S A I - S A A B - S C A N I A)
 スペイン (A T E C M A)
 オランダ (N A I - F o k k e r / B F W - F o k k e r B . V .)
 イタリア (A I A)
 ドイツ (B D L I)
 フランス (G I F A S)
 ベルギー (G E B E C O M A)
 デンマーク (F D D F F)

図1-1 ICCAIAの構成およびICAO/CAEPとの関係

従って基準を強化してもコストの割りにメリット (騒音暴露面積・人口で評価) は微々たるもの、との調査結果が支持され、現行基準 (Chapter 3) の強化の勧告はCAEP 3としてはしないことになった。ICCAIAとしてはこの考え方および結果を支持しているが、空港環境の改善のためにはこのような音源 (航空機) に対する規制を議論するだけでなく、離着陸の手順の改善 (運航基準の見直しや管制設備・技術、機体技術の向上を計る) によりかなりの効果が期待できること、一方不十分な土地利用政策により空港周辺に居住区域が押し寄せ結果として居住環境が悪化して問題となっている例も多いことなどから、環境対策としては、音源・騒音回避手順・土地政

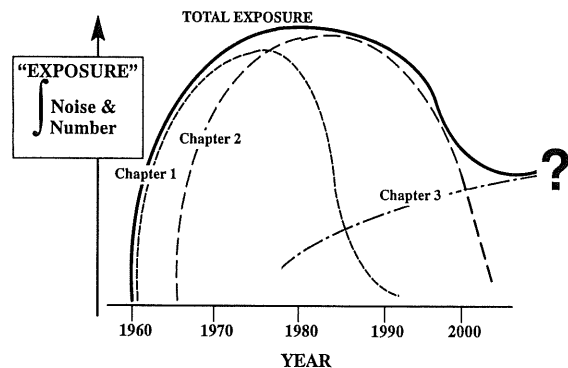


図2-1 空港騒音環境の推移の予測 (CAEP/3-IP/10)

策の間でバランスをとって進めるべきと提言している。また過度な騒音低減要求は騒音対策による重量増からエミッションの増加につながる点に注意すべきなど、技術的側面からの検討・発言を行っている。なお、CAEP 4

CAEP/4 Working Group 1 Tasks – ICCAIA Focals & Member Participation

Revised 6/26/96 ✓

| Task | Description | ICCAIA Focal | Provide Support | General Interest |
|--------|--|--------------|---|--|
| JET-7 | Describe noise technology milestones in support of the establishment of future CAEP noise objectives | K. Orth | P. Hopkins E. Hinterkeuser N. Haight L. Ericsson | R. Edwards J. Bonnet Y. Nakamura N. Kang B. Pang |
| JET-8 | Resolve implications of IEC 1265 | N. Haight | P. Hopkins K. Orth J. Bonnet | J. Bonnet E. Hinterkeuser Y. Nakamura |
| SST-1 | Review state of the art and technological developments pertaining to future SST | A. Mortlock | R. Cuthbertson Y. Nakamura P. Lempereur | N. Haight P. Hopkins K. Orth E. Hinterkeuser |
| SST-2 | Identify sections of Annex 16 Chapter 3 that are (1) appropriate for future SST or (2) require further work | A. Mortlock | R. Cuthbertson Y. Nakamura P. Lempereur | N. Haight K. Orth E. Hinterkeuser |
| HELO-1 | Review possibility to simplify Chapter 8 procedures | J. Leverton | | |
| HELO-4 | Investigate possibility to extend Chapter 11 weight limit to correspond with FAA/JAA harmonization of the airworthiness weight categories | J. Leverton | | |
| JET-2 | Resolve effect of atmospheric pressure on sound attenuation | N. Haight | K. Orth | E. Hinterkeuser P. Hopkins L. Ericsson Y. Nakamura |
| JET-4 | Review possible development of simplified measurement related to current lateral measurement for Chapter 3 turbojet powered airplanes | P. Lempereur | K. Orth J. Bonnet B. Pang N. Haight L. Ericsson | E. Hinterkeuser P. Hopkins Y. Nakamura B. Magliozi |
| JET-5 | Monitor noise reduction technology research programs | D. Collin | N. Haight K. Orth | R. Edwards E. Hinterkeuser Y. Nakamura N. Kang B. Pang L. Ericsson E. Hinterkeuser |
| PROP-1 | Receive source noise adjustment for helical tip Mach Number | B. Magliozi | B. Pang | |
| PROP-3 | Analyze noise nuisance problems and possible solutions including noise stringency for Chapter 10 limits. | R. Howes | | B. Magliozi |
| HELO-2 | Review possibility of developing different noise stringency requirements for different categories (new types, derived versions, etc.) | J. Leverton | | |
| HELO-3 | Investigate ways to make helicopter noise certification schemes more effective in addressing both noise certification and land use planning purposes taking into account the work of SAE A-21 PWT 4.1 – Procedures for Assessment of Rotocraft Noise in the Vicinity of Terminal Operations. | J. Leverton | | |
| TR/W-1 | Monitor civil tiltrotor/wing research and other related activities | C. Cox | | |
| JET-1 | Resolve static to flight predictions ("Family Concept") | K. Orth | N. Haight | P. Hopkins Y. Nakamura E. Hinterkeuser |
| JET-3 | Review possible use of satellite navigation for tracking | K. Orth | N. Haight | P. Hopkins Y. Nakamura E. Hinterkeuser |
| SST-3 | Develop SST noise certification scheme | A. Mortlock | R. Cuthbertson Y. Nakamura P. Lempereur | N. Haight P. Hopkins K. Orth E. Hinterkeuser |
| SST-4 | Develop noise stringency options for cost/benefits analysis | A. Mortlock | R. Cuthbertson Y. Nakamura P. Lempereur | N. Haight P. Hopkins K. Orth E. Hinterkeuser |
| PROP-2 | Clarify Tech Manual procedures for calculation of reference height and reference conditions for source noise adjustments (Chapter 10) | R. Howes | | B. Magliozi |
| JET-6 | Develop specifications for seaplanes | | | |

図 2-2 CAEP/4 WG1 (ノイズ) の各タスクと ICCAIA の取組体制

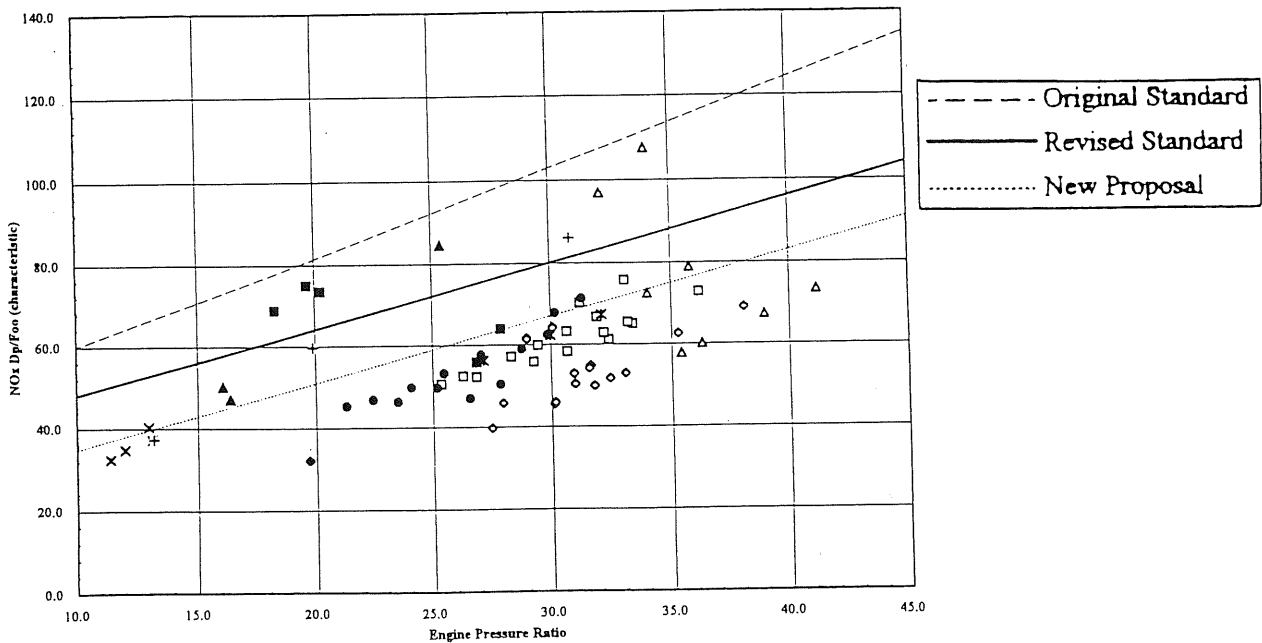


図 2-3 NO_x 基準強化改訂案 (既存エンジンとの比較)

に向け設置された各タスクに対し、ICCAIA内の取り纏め (Focal Point) と担当を定め、優先順位に従って取り組んでいる (図 2-2 参照)。

2) NO_x 基準強化について

エンジンの NO_x 排出量は最近の技術進歩により著しく低減してきており、CAEP 2 (1991 年 12 月) で 20% 強化が決められた。CAEP 3 (1995 年 12 月) ではさらに 16% 強化を勧告することになり (図 2-3 参照) 近く開催予定の ICAO 理事会の裁決に委ねられているが、ICCAIA としては以下のような考え方で取り組んでいる。即ち NO_x についても騒音と同様に科学的・合理的・現実的に進めることが大切で、結果として最も環境改善に繋がるような基準とは何かを十分検討することが必要である。また基準の強化だけでなく、例えば空港の混雑により地上や空中での待機を余儀なくされることが各地で日常化してきているが、これでは折角のエンジン排出物低減の効果はたちまちなくなってしまうことになるので、空港や航空管制の整備を含めた総合的な対策を併行して進める必要がある。また現在エミッション基準は空港周辺を対象範囲としていることから離着陸および地上走行時のみ (いわゆる LTO サイクル) に適用されているが、将来的には地球環境の観点から巡航時にも拡大していく必要があると考えられる。ただこの時の証明方法が容易ではなく、研究していく必要がある。

3) SST 騒音・排気ガス基準作成について

近い将来出現が期待される次世代超音速機は環境適合性の克服が最重要の課題と考えられており、開発の立ち上げに際しては基準が明確になっている必要がある。このため IC-CAIA としても出現時期を睨みながら技術検討を進めており、SJAC としても CAEP のタスクグループに参加するなどして貢献を図っている。騒音については亜音速機並みのレ

ベルが求められようが、離陸上昇率が優れているなど SST 機の特徴を考慮した基準とすべきと考えている。

NO_x については巡航高度が高いためオゾン層への影響が懸念されることから巡航時の規制が必要であるが、その相関関係についての量的な評価の信頼性を上げなければならない。

4) 基準の統一 (Harmonization)/簡素化について

ICAO で定められた諸基準に基づき各国はそれぞれ法制化を進めるので、航空機の製造・改修にあたっては実際にはこれらの国内法に縛られることになる。ところがこれらのレベル自体はたとえほぼ同等であっても計測方法や適用範囲などは必ずしも同一ではなく、結局同じような証明試験を 2 度 3 度と受ける必要があるこのための費用・時間はばかにならない。寧ろ環境技術の向上にこそ使いたいところである。既に FAR/JAR 間の統一化に向けた調整 (Harmonization) が始まっており、ICCAIA としても IATA とともにこの動きを強く支持・要望しているところで、騒音関係だけでも数十項目ある差異をできるだけ統一して欲しいと考えている。

またプロペラ機やヘリコプター等にとって現行の証明取得手続きは過度に複雑であり、証明制度の簡素化を CAEP に提案し、ラテラルノイズ (横方向の騒音レベル) の評価方法や現行基準との同等性など、ワーキンググループでの検討作業に主体的に参画している。

また CAEP 3 で Chapter 3 の強化が見送られたことでヨーロッパでは独自基準化に向けた動きが見られ、EC の “Non Addition Rule (一定の基準レベル以上の機体は EC 内の空港には新たには立ち入りを認めないというもの)”，ロンドンの 3 空港 (ヒースロー、ガトウィック、テンシュテット) の基準強化の動きが具体化するなどしており論議を呼ん

でいる。これらは Harmonization の動きに逆行するもので、特にヒースロー空港は国際的なハブ空港であり、カルフォルニアのローカル空港であるオレンジカウンティに比べ大きなインパクトがあり、ICCAIA としても英国航空局に対し慎重に対処するよう要望を出している。

以上 CAEP に対する ICCAIA の取り組みについて概略を紹介したが、CAEP そのものの役割について、そろそろ見直すべき時期にあるのではないかということで、CAEP 3 において ICCAIA が行ったプレゼンテーション（参考文献 1、騒音関係を対象としているが考え方はエミッションも同じ）を引用してまとめたい。

- ・ ANNEX 16 制定以来これまで多くの騒音会議が開かれ（CAEP の 3 回を含め 10 回以上で、この間の新型機の開発総数より多い）その度に基準強化が議題となってきたが、政治的な議論が多かったのではないか。CAEP は技術委員会であり、技術の議論に集中すべきである。
- ・ 空港騒音環境は旧型機の退役で今後 10 年間は自然に改善が進み、CAEP のワーキンググループの調査でもさらに 2015 年までは悪化しないことが示されている。
- ・ 技術的にも今のところ利用可能な騒音低減の新技术はない。
- ・ 寧ろ基準を強化すると Chapter 3 や Chapter 10 の適合機の価値が下落し、エアラインの機材調達に支障をきたすことにより新型機の導入が進まず、かえって騒音環境が悪化してしまう。

- ・ 現行基準に対して新型機のマージンが大きく見えるが、派生型開発で失われていくことに留意する必要がある。
- ・ 離着陸手順の工夫により騒音コンタが改善されることが確認されているが、法規や設備の一部見直しが必要となる。ICAO はどのようにすればこれを実現できるか追求すべきである。
- ・ 空港隣接地域への新たな居住区域建設の防止、空港拡張のための土地の確保など、適切な土地政策の推進が環境の維持・改善に不可欠である。ICAO はこのためのリーダー役を勤めるべきである。
- ・ ICAO は空港環境改善に有効な全ての方策を追求していくべきである。

以上について誤解のないように付記すると、ICCAIA は、環境改善について消極的ということではなく、合理的に進めることが大事だと主張しているのもであって、これまでも環境に大きな関心を払い、CAEP の調査活動やデータの提供、関連会議への参加等、積極的に関わってきた。ANEEC 前議長の M. J. T. Smith (元 RollsRoyce) 以来 ICCAIA 内のまとまりも良く、今後も航空輸送あるいは航空産業の健全な発展のために環境保全は最重要課題と認識しており、航空機製造業界としても環境技術の向上に努めるとともに、適正な環境基準の制定に貢献していく必要があると考えている。

文 献

- 1) ICCAIA: Where to go with Aircraft Noise Control? Manufacturer's Viewpoint, CAEP/3-IP/10 (Des. 1995)

内外の動き

Inter Noise 96*

時 田 保 夫**

1. はじめに

毎年行われている騒音制御の国際会議である INTER NOISE 96 が、7/30~8/2 の4日間、英国 Liverpool の Britania Adelphi Hotel を主会場にして行われた。今年は1972年に Washington で第1回の INTER NOISE が始まってからの25年を記念して“Noise control-The Next 25 Years”というキャッチフレーズがついた会議である。

今回は発表論文約600、参加者は登録同伴を含めて約1,300名、日本からの参加者も英国に次いで米国と並ぶ90名を越す多勢が参加した大きな会議であった。

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構成した口頭発表、ポスターセッションとして展示で行う発表、展示会、レセプションと多彩な行事の連続で賑わった。

以下、主な内容の中で航空機騒音に関連するものについての報告を主体に紹介をする。

2. 基調講演

W. W. Lang 会長が開会式で次のような講演をした。Inter Noise 96 までの経過 25年前における騒音問題と、その後とでは画然

とした変化がある。技術的には、FFT や Computer 利用技術がそれまでの音信号の解析方法を変えた事と、騒音制御技術が一般にも認知されたという事である。注目すべき技術では、次のものが上げられる。

- Sound intensity measurement
- Numerical acoustics
- The advent of the virtual instrument
- Active noise and vibration control

これからの21世紀への挑戦には、いろいろな分野の協力と参加が必要と力強く宣言した。

3. 招待講演

音響予測：P. A. Nelson 教授：次の25年という将来予測は極めて難しいが、予測が可能になると、これからは Active control 技術で対応が出来るようになる。この講演の中で航空機騒音に関する事にも言及し、航空機客席で11 dB 機内騒音が下がる例やターボファンエンジンの能動制御 (AC) などの例を示して説明した。これらはこの IN 96 で発表。

自然騒音制御：K. Attenborough 教授：自然環境と騒音との関わりについての講演で、騒音伝搬における地表状態の影響に関する内容であったが、風で自然騒音が発生するので、静かな環境では防音林の植林は必ずしも騒音防止にはならないこともあるなど、興味ある話があった。

* Report of Inter Noise 96,
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

4. 航空機騒音関係の発表

航空機騒音に関係する発表は、**Airport Noise** と **Aircraft Noise** のスペシャルセッションばかりでなく、他のセッションにもあって、総数 50 編位の発表があった。我が国で行われた Inter Noise 75 や 94 での発表は必ずしも多くなかったが、将来とも重要な騒音問題としての認識からか、多くの発表があった。内容は、予測、計測、評価、防止技術など多岐にわたる。特に印象に残った発表の幾つかを次にピックアップしてみる。なお括弧内の数字は 3000 ページに及ぶ Proceedings の中のページ数を示す。

空港の移転、滑走路の延長、運行状態の変化などに対応する**空港周辺住民の社会調査**等は多くの関心を集めた。Munich 空港移転における子供への影響 (p. 2189)、Seattle 空港での低騒音機導入による L_{dn} の変化に対する調査 (p. 2247)、Düsseldorf 空港での 8 年間の L_{eq} と highly annoy の変化関係についての発表 (p. 305)、annoyance と航空機騒音 L_{dn} との対応 (p. 2329)、騒音影響を受ける人数を時間的に考慮している Heathrow 空港の例 (p. 2469)、大阪国際空港の例 (p. 2079) などがあるが、特に目に付いたのは Sydney 空港に関する発表 (p. 2165, 2277, 2311, 2317, 2413, 2419, 2457) である。この空港は航空需要に対応するために滑走路の増設をしたため、国立音響研究所、Sydney 大学、民間などで多くの調査研究が一気に行われたものであろう。

航空機騒音の環境基準に関しては日本の最高裁判決の受忍の限度との関連について山田らの発表 (p. 3253) があり、今後の重要な検討課題として問題提起をした。また韓国が航空機騒音のガイドラインとして地域別 WECPNL を紹介していたが (p. 2425)、そ

の値は極めて大きい。

航空機騒音の規格に関しては、地上での測定評価の新 ISO の検討状況を、主査として担当している Dickinson が説明 (p. 3281)、 L_{max} を基本に 6 月にはまとめると報告。彼は更に持論である dB でなく $Pa^2 \cdot S$ の使用についても発表 (p. 121) している。また小型機専用の飛行場での騒音評価についての規格化の動きを Brüel が紹介 (1941) している。

航空機騒音の予測では INM (Integrated Noise Model) と関連づけていろいろな発表があった。Svane (デンマーク) は Single Point Calculation Method (SPM) を用いた「北欧の航空機騒音計算ガイドライン」を紹介して INM と比較 (p. 3187)、また新しい試みとして次世代の SST (p. 335) の騒音基準についての発表もあった。

航空機騒音の発生源問題としては、エンジン騒音の低減に関する実験 (p. 317) や予測方法 (p. 341)、さらに U.S.A の DOT からは ICAO の CAEP の動きと絡ませて音源の騒音証明その他 FAA の寄与の説明 (p. 3321) があり、また ICAO での CAEP の審議状況を説明した Scheeper の発表 (p. 3299) では、基準値低減の討議が進展しない原因の一つに莫大な経費が掛かることを上げていた。航空機騒音問題は理想論だけでは進められないジレンマを感じた。また対策技術のエンジンテストの騒音対策としての消音、防音設備についての発表はドイツ (p. 743) や韓国 (p. 2781) のハッシュハウスタップ等があったが特には目新しいものではなかった。

航空機騒音の伝搬問題では、関空のアセスメントで行った騒音の海上長距離・長期間伝

搬の計測システムや気象との関係についての解析を発表した小西らの発表 (p. 611, 615) は注目された。

航空機騒音の評価に関してはいろいろあって、環境騒音における航空機騒音の位置づけ (p. 2321, 2379, 2501) では他の音源の方が影響が大きいなど、興味ある発表も目に付いた。アノイアンス (p. 111), 健康影響 (p. 329, 2165), 睡眠妨害 (p. 2073, 2261, 2277), カナダの Bradley は航空機騒音の受忍限度の決定 (p. 2541) と大上段に振りかぶった発表, 時田は新中部国際空港に関する騒音課題の紹介 (p. 2451), BA は会社の方針として安全と騒音低減の努力をしている点を強調 (2337), さらに新しい研究課題としてソニックブームと爆発のような high-energy impulsive sound の人間に対する影響の比較 (p. 2489) など、興味ある課題が多かった。

航空機騒音のモニタリングシステムについては日本 (p. 1931) とマレーシア (p. 1937) から発表があった。これからの新しい装置の開発の必要性を痛感した。

また環境問題ではないが、**機内騒音**の問題も幾つか発表 (p. 1147) があった。乗員の会話妨害としての発表 (p. 349) も機種毎の違いを示し興味あった。

5. 展示会

展示の主体は騒音計測と解析, 対策技術であるが, 計測のシステムが完全にコンピュータ化されてしまったために, 各社の特徴を出

すのが大変で, みんな似たり寄ったりになってきている。如何にシステムの信頼性が保たれているかがセールスポイントになって来ているのでは無かろうか。日本からの展示も, 欧米に互して数社が頑張っているのが印象づけられた。

6. Manchester 空港訪問

Technical visit でこの空港を視察した。この空港施設は利用客にとって評判がよいと言われているが, 環境対策でも評価が高い。地域との共生にどれほどの力を入れているか, 騒音問題をどのように処理しているかを見学した。地域との共生に力点をおいて, 職員の環境管理, 環境教育を充実し, また情報公開を正直にするのを基本にしている。リアルタイムの騒音レベルは完全に公開されているが, これは結局航空機の飛行経路をレーダーアウトプットで利用できるかどうかにかかっている。ここでも日本の騒音監視モニタリングシステムの立ち後れが印象づけられた。この辺は, 日本でも情報公開が強く求められてきている時代なので, 早急に対応が必要と認識した。

終わりに

膨大な発表件数の中で, 他のセッションにも航空機騒音と関連するものがあったとは思いますが, どのようなことが主題になっているかという簡単な紹介しかできなかつた。日進月歩の技術革新の中にあつて, 行政との結びつきも大きい航空機騒音の問題では, 国際的な動きには常に関心を持ってサーチをし, 且つ我が国の研究の独創性も出せるようにしたいと感じてきた次第である。

航空環境を取り巻く話題

航空会社の CO₂ 排出抑制への取組み*

山崎 武行**

地球環境問題の中で最も切実な問題は地球温暖化問題であろう。気候変動枠組み条約が発効し先進国は温室効果ガスの排出を2000年には1990年レベルに安定化させると公約した。しかし、日本をはじめ幾つかの国は目標達成が厳しい状況にある。

航空が地球温暖化に与える影響は1%以下といわれるが、需要の増大に伴ない航空燃料の消費は増える一方である。代替燃料がない航空輸送は「化石燃料最後の乗り物」となりそうで、CO₂の排出を総量で抑えることは極めて難しい。航空会社にとってのCO₂排出抑制対策は効率のよい運航をすること、すなわち、お客さま一人あたりの燃料消費を低減することに尽きる。

航空機の技術発展は著しく、技術進歩につれ燃費は著しく改善された。座席・マイルあたりの燃料消費量は現在の主要機であるB747-400型機は1970年代のB727型機に比べて40%近くも向上した。数年後に就航するB777-300はさらに8~9%の改善が期待されている(図参照)。航空会社にとって低燃費の機体を導入することや、旧機材を更新して行くことがCO₂の排出を抑える最大の貢献になる。

燃料節減は技術開発に期待するところが大きい。将来、これ以上の革新的技術は望め

そうもない。しかしその中で管制に関わる技術が注目される。その代表的なものにFANSと呼ばれる「将来航空航法システム」がある。航空機と地上の管制機関、航空会社間の地球規模での航空通信ネットワークによる効率の高い飛行や管制を行う航空交通管制システムで、これにより管制間隔が短縮でき、空域の容量の増加および最適経路の飛行が可能になる。まもなく国際線ルートで試験運用に入ろうとしており、飛行時間の短縮は燃料消費の低減をもたらすと期待される。一方、国内ルートではエリアナビゲーションによる効率的な飛行ルートの設定が進められており短縮飛行が可能となる。これらの運用には当然のことながら機上設備も必要になり航空会社には積極的に装備することが求められる。

日常の運航の中でもいろいろな工夫が行われている。最適巡航高度、最適巡航速度で飛行することや重量軽減対策等で、航空会社は少しでも機体を軽くしようとオシボリの予備数を減らすことまでしている。その他、着陸

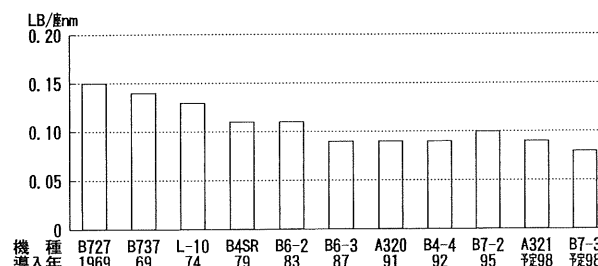


図 機種別燃料消費効率

(全日空の国内線機材の500nm, 満席でのモデル試算)

* Challenge to the global warming, by Takeyuki Yamazaki (Environmental Affairs, All Nippon Airways Co., Ltd.).

** 全日本空輸(株)環境保全推進室 主席部員

後のタキシング中のエンジン運転数減，駐機中のAPU（補助動力装置）の使用削減など，整備作業では機体の空気抵抗を減らすために機体の洗浄を頻繁に行う等の努力をしている。

今年12月に京都で開かれる気候変動枠組み条約締約国会議に向けて，政・財界はCO₂排出抑制策の策定を進めているが，特に，経団連では加入団体に対して業界ごとの自主的

な行動計画を求めている。航空輸送業界は経団連加入団体ではないがアピールに賛同し行動計画を策定した。目玉となるCO₂の排出低減の目標値は，単位座席距離あたりの排出量を2010年には1990年レベルよりも10%向上させることを申し合わせた。前述した抑制対策を積極的に遂行することで達成は可能と判断したのである。「化石燃料を有効に使う乗り物」としての航空をめざしたい。

航空環境を取り巻く話題

ナリタの環境, 最近の動きから*

辻 信 雄**

成田空港では「成田空港問題円卓会議」(以下、円卓会議と記す)の代表的見解である「地域と空港が共生し、民主的な空港づくりを目指すこと」を真摯に受けとめ、これまでに同会議での合意項目をひとつ、ひとつ実行してきた。合意項目とは、その大部分が空港により周辺地域の方々が受ける航空機騒音や失われた緑の回復など環境問題を中心としたマイナスの面を補う対策に関する項目。もう一方は、残された滑走路整備や運航制限など空港計画に関する項目から構成されており、言わば「民主的な成田空港づくりの憲法」といった重みを持つといえる。

これらは「成田空港地域共生委員会」(以下、共生委員会と記す)により、合意項目の進捗ぶり等の点検を受けてきた。共生委員会とは第三者による外部監査機関として設置されたもので、学識経験者・県および周辺市町・地元住民の代表から構成されており、円卓会議のあとを受ける形で、平成7年1月からこれまで12回(平成9年1月現在)の会議が行われてきた。11回目の共生委員会から「国、公団は誠意のある対応で、実効をあげているものもあるが、実施状況はなお不十分。地域づくりと一体化を示す空港整備の全体像とその手順を具体的に明示すること」と

いった見解が出され、運輸省に対し共生策の進め方の改善要請をした。この動きを評して空港整備や地域整備を議論する新しい段階に入ったという見方も出ている。

共生委員会の見解を受けた運輸省は次の共生委員会で「今後の成田空港と地域の共生に関する基本的な考え方」を中間報告として発表した。その骨子は「国、公団はもう一度地域の視点に立ち返って問題点を見据え、これに対応するための総合的な共生策を速やかに実施することが必要」とし、特に共生策の充実を今後の対応方針の中で示している。即ち、従来の方法だけでは地域の意向に適切に添うことが出来ず、成田の実情にあった施策を実施するための新しい仕組みを協力を得ながら進めるといった、きめの細かい、積極的な内容を盛り込んだ新しい枠組を導入する予定である。また、地域整備のひとつとして空港と空港南部の町を結ぶ利便性の高い鉄道整備も明記されるなど、これらの動きは今後、更に具体性を帯びた形で呈示されていくだろう。

そんな中、空港公団も創立30周年(平成



新しい愛称とシンボルマークができました。

* Current situation of Narita Airport, by Nobuo Tsuji (Manager, Regional Environment Management Office, New Tokyo International Airport Authority).

** 新東京国際空港公団 地域環境管理室 主幹

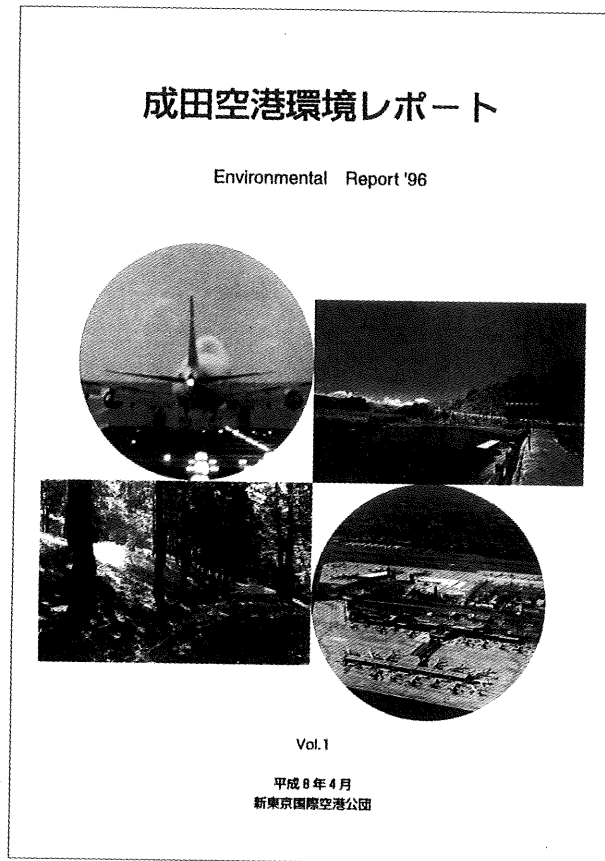


図-2 成田空港環境レポート創刊号

8年7月)を迎え、東京の本社機能も成田空港内に移転し、新しいシンボルマーク(図-1)も発表した。これは地域に一層親近感を持つ姿勢でもあり「NAA 成田空港」を合言葉に、地域の一員となる意気込みがこめられている。また、この年の5月には「ACI 太平洋地域部会総会」という成田市で初めての国際会議が開催された。公団がホスト役となり「空港と地域の共生を目指して」というテーマは36の国や地域から参加した人々と周辺市町村の皆様により行われた国際交流の中でお互い重要な認識をを深めることになった。

空港への不信感を無くすため、情報公開も積極的に行っており、空港情報や環境測定結果等は常設の空港情報センターで誰でも閲覧

出来る。周辺市町村の皆様を対象とした「くこうだより」というミニコミ紙も発行し、共生策の進捗や環境対策の様子を紹介している。また、関心の高い航空機騒音や緑化計画等、全編環境問題を平易に紹介している「成田空港環境レポート」(図-2)をやはりこの年4月に創刊し、今後毎年発行していく予定である。昨年は成田空港にとって、共生や環境に関する様々な取り組みの段階から実行への足掛りを踏み出した年でもある。

国、公団はこのような様々な努力をしているが、成田空港を取り巻く環境は依然として厳しいものがある。日本の表玄関として国際競争力のある空港への脱皮を願う一方、周辺の環境の声に耳を澄すというやさしさを持つことも空港管理者として大切な感覚である。

エッセイ

書評：“Aircraft Noise”*

村 林 淳 吉**

本書は、今世紀の環境問題の一つの最新の商業用航空機の騒音に関する書である。本書は、ジェット・エンジンの初期の時代から最新のターボファン・エンジンを装備した航空機の時代までにわたって広い視野で航空機騒音という題材を取り扱っている。本書では、過去15年間にわたって実施されてきたジェット・エンジンの最新技術による非常に効果的な改善処置とその理由が社会的、法規的、政治的及び技術的観点から説明されており、また、この騒音問題の将来予測までもが言及されている。

騒音問題に関わる中心となる重要事項がそれぞれの章で説明されているが、その主要事項を章の順に挙げれば、次のようになっている。:

現在世界中で使用されている騒音単位、その評価尺度の由来、騒音軽減のために航空機メーカーや航空会社に逐次課せられてきた制約事項、航空機騒音の主たる発生源(機体騒音、ソニック・ブーム、プロペラ・ファン・コンプレッサー・タービン・逆推力装置・補助動力装置による騒音、ヘリコプタ騒音・軍用機騒音)、それらの騒音規制に伴う技術的諸問題、騒音カウンター、騒音暴露の数理的モデル化、騒音測定法及び航空機騒音の今後の予測。

また、超音速旅客機コンコルドを特別な事例として論じている。最後に、騒音問題を処

理するために確立された法的規制に対する次世紀での予測及び勧告すべき変更事項にも言及している。

本書の著者 Michael J. T. Smith 氏は、ケンブリッジ大学卒業後、ロールス・ロイス社に入社して航空機用エンジンに取り組んできたエンジニアであり、また、エンジンの騒音制御にも責任ある地位におられた方である。また同氏は、RB 211 エンジンに関する業績に対し英国音響学会よりレイリー賞(Rayleigh Medal)を授与され、国際民間航空機関(ICAO)の活動の場でも環境問題について加盟各国の関係者とともに大いに活躍されるとともに、米国自動装置技術者協会(SAE)及び関係業界や政府の各種委員会での精力的に活動するメンバーであった。

このため、本書の航空機騒音発生メカニズム、その技術的規制措置の説明等は、著者のその道の専門家としての知識を駆使して書かれたものであるから、実に分かり易く述べられており、まさに当を得たものであり、我々にとって貴重な参考資料である。

従って、本書は、航空機騒音の調査研究に携わる研究者、航空輸送に携わる人々のみならず、騒音も含めた環境行政を担務されている政府及び地方公共団体の担当官にも好適の書であるとともに、航空機騒音とその規制方法を広く理解できるだけの十分な深みのある内容を備えた書であると信じて止まない。

なお、巻末に掲げられた広範囲にわたる参考文献リストは、航空機騒音問題をもっと深く調査研究しようとする方々に大いに役立つであろう。

* Book Review: "Aircraft Noise",
by Junkichi Murabayashi (Advisor, Aviation
Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター

エッセイ

関西人のモラル*

川田 和良**

当研究センターに勤務するようになったのは昨年の7月、それ迄の17年間は大阪での勤務であった。その大阪暮らしも終わりに近い平成7年1月17日朝6時前、「ドドーン」という大音響と激しい揺れで目が覚めた。おかしな事に、その瞬間に部屋がグニャリと曲がって、寝ている私の頭の上に窓が見えたように感じたが、後で考えると、自分自身の身体が転がって顔が窓を向いただけのことらしい。

すぐに東京の自宅に大地震があったことを告げ、関西空港にある会社に連絡したところ、空港は機能に問題はなく、既に初便が着陸寸前とのこと。それなら一安心とばかりにひっくり返った冷蔵庫をおこし、落ちた電灯を片づけてから近所のパン屋に食料を買い込みに行く。「大阪商人と言われるからにはもう値段を上げていくに違いない。」と思いつながら…

ところがこれが大違い、パン屋のオッさんは「お見舞いに行かはるんやったら、お安うしとくから仰山持ってき！」と、いつもよりずっと安いのである。

オッさんの言うとおりに、神戸方面に4軒ほど知人、親戚があり、連絡がつかないので、そのまま車で激震地区へ向かった。

途中の交差点の信号は消えているのだが、いつもの大阪流割り込みは無い。まったく紳士的そのものだ。その上、対向車からは降りてきて、私の進行方向の障害状況まで教えてくれる。むろん、クラクションなどいっさい聞こえない。

皆、無事だったので、自宅へ連絡しようと、近くの公衆電話へ行くと、これが長蛇の列で待つことを覚悟したが、意外に進みが早い。誰もが「…さん？　ウチは皆無事や、…に避難してる。他の人が待つてはるから切るよ」と、これまたいつもの長電話は無い。何人かは、二箇所にかけるが、その際は後ろの人に「すみません、もう一箇所だけ…」と、断っている。

最も感激したのは、ある下町で、大火に焼け出された人達が、毛布をかぶり震えながら整然と列をつくってスーパーの開店を待っているのを見た時である。ガラス一枚隔てただけで、中にはうず高く生活用品が積まれていた。「渴しても盗泉の水は吞まず」か。

大阪の十七年間にスリ一回、定期券の紛失二回を経験して、よい思い出ばかりとは言えないし、最近では、また元の「がらの悪さ」が少し戻ってきているように思えるが、あの時の底抜けと言えほどの人の善良さを知っているのだから、まだまだ安心しておられる。

以上、「空港環境研究」ならぬ「関西環境研究」報告の一部として……。

* Moral standards in Kansai,
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

活動報告

研究センターの動き*

平成8年1月から12月までの間、航空環境研究センターでは、次の受託業務、調査研究を実施。

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空港周辺での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7件。

福岡空港、新千歳空港、仙台空港、松山空港、新潟空港、福岡空港、鹿児島空港

(2) 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やヘリポート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下記コンター図を作成。

(ア) 国内空港

大島空港、新東京国際空港、大分県央飛行場、徳島飛行場、丘珠空港、中部新国際空港、青森空港、美保飛行場、出雲空港、熊本空港

(イ) ヘリポート

奈良県ヘリポート、横浜臨時ヘリポート

(3) その他

(ア) 航空機騒音基礎データの作成

(イ) 空港周辺における航空機騒音影響範囲現況予測調査

(ウ) 航空機騒音基準に係る検討資料の作成

(エ) 東京国際空港騒音測定記録集計

●大気汚染部

(1) 航空機排ガスによる大気汚染実態調査

(2) 岩国飛行場滑走路移設資料収集整理

2. 自主調査

●騒音振動部

(1) ヘリコプター騒音予測手法の検証及び騒音基礎データの調査

(2) ヘリコプター騒音の評価手法の検討

(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

(5) 航空機騒音調査システムの研究

(6) 電波障害予測コンタープログラムの精度向上

●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

●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. その他

(1) 中部国際空港調査会環境影響検討委員会に出席。時田所長及び柴田部長代理。

(2) ノースウエスタン大学教授フランク・A・スペンサー博士がまとめた「諸外国におけるジェット輸送機の騒音軽減対策(1980年版)」を当協会顧問村林淳吉氏が日本語訳し、製本を2月関係機関に配布。

(3) 公害防止管理者国家試験作成委員会に出席。鈴木大気汚染部長。

(4) 英国リバプールで7月下旬開催されたインターノイズ96に出席、発表。時田所長。

(5) 新東京国際空港公団地域環境保全委員会に出席。時田所長。

(6) ICAO環境保全委員会ワーキンググループ(騒音)ヘリコプタータスクグループ会議(12月にパリで開催)に航空局航空機安全課の要請を受け、吉岡主任研究員及び岩崎副主任研究員が出席。ヘリコプター騒音証明に関する我が国の意見を発表。

(7) ISO/TC146「大気の質」国内委員会(12月)に出席。鈴木大気汚染部長。

4. 研究発表等

平成4年11月から平成8年12月まで

●騒音振動部

(1) 「ヘリコプター騒音の予測手法について」吉岡、時田、山田、日本音響学会講演論文集、平成5年10月

(2) 「実測値に基づく民間空港周辺におけるWECPNLとLdnの関係の考察」吉岡、若栗、時田、山田、日本音響学会講演論文集、平成6年3月

(3) 「On structural damage due to aircraft noise—Is there any relationship between the roof-tile slip phenomena and SPL?—」Y. TOKITA, Y. OHNUMA, H. FUJII, M. YASUOKA, Inter Noise 94, 1994, 8.

(4) 「Basic Consideration for Developing a Helicopter Noise Prediction Model」H. YOSHIOKA, Inter-Noise 94, 1994, 8.

(5) 「航空機騒音の観測時間に関する考察」藤松、吉岡、若栗、時田、日本騒音制御工学会技術発

* Annual activities of Aviation Environment Research Center

- 表会, 平成6年10月
- (6) 「航空機騒音測定点の無人化における問題点」
鈴木, 永里, 吉岡, 若栗, 時田, 日本騒音制御
工学会技術発表会, 平成6年10月
- (7) 「航空機騒音の測定方法」吉岡, 騒音制御
VOL. 19, No. 3, 1995
- (8) 「航空機騒音の予測手法について—FAA 及び
ICAO の手順との比較—」吉岡, 牧野, 山田,
日本騒音制御工学会技術発表会, 平成7年9月
- (9) 「音響的手法による航空機の機種識別」牧野,
山田, 林, 吉岡, 永里, 日本音響学会講演論
文集, 平成7年9月
- (10) 「航空機の騒音予測—米国連邦航空局の航空機
騒音予測モデル—」吉岡, 山田, 騒音制御
VOL. 20, No. 3, 1996
- (11) 「航空機騒音」吉岡, 騒音制御 VOL. 20, No. 4,
1996
- (12) 「The assessment of noise exposure and counter-
measures for the new airport establishment—In the case of Chubu International
Airport—」Y. Tokita, Inter Noise 96, 1996, 8.
- (13) 「Consideration to Simplification of the Heli-
copter Noise Certification Procedure
Specified Chapter 8」H. YOSHIOKA, ICAO.
CAEP WG 1 Helicopter Technical TASK
GROUP 2 nd Meeting, 1996, 12.
- 大気汚染部
- (1) 「航空機による大気汚染研究 (その1)」柳澤,
柴田, 水島, 古泉, 産業と公害 Vol. 29, No.
11, 平成4年11月
- (2) 「航空機による大気汚染研究 (その2)」柳澤,
柴田, 水島, 古泉, 産業と公害 Vol. 30, No.
12, 平成4年12月
- (3) 「標準ガス及び排ガス中のNO_x新測定法」柳
澤, 柴田, 水島, 古泉, 日本機械学会エンジン

- システム部門, 平成5年2月
- (4) 「Rapid Photometric Method for the Determi-
nation of the Mass Concentration of Nitrogen
Monoxide and Nitrogen Dioxide」K. SUZU-
KI, T. NIIMI, N. YAMAMOTO, M.
SHIBATA, M. SAEKI, A. ONO, T. SHIRAI,
S. YANAGISAWA, Analytica Chimica Acta,
Vol. 295, p. 135~141, 1994, 10.
- (5) 「航空機排気規制の動向」柳澤, 柴田, 水島,
古泉, 日本ガスタービン学会誌 Vol. 23, No.
89, 平成7年7月

●環境保健部

- (1) 航空機騒音に対する感受性と個人要因の関連性
について発表。後藤, 金子
第9回日本健康科学学会 (大阪) 平成5年11月
- (2) 住民健診受診者における音環境評価の年次推移
について発表。後藤, 金子, 川上, 原谷
第53回日本公衆衛生学会 (鳥取) 平成6年10月
- (3) 羽田周辺と都下静穏地域との騒音等住環境評価
の比較調査結果について発表。
後藤, 金子, 原谷, 川上
第54回日本公衆衛生学会 (山形) 平成7年10月
- (4) 羽田周辺と都下静穏地域との騒音等住環境評価
の比較調査結果について発表。
金子, 後藤, 関, 藤井
環境学会 1995 年会 (東京) 平成7年10月
- (5) 都下静穏地域での比較調査から, 一般健康調査
票に基づく心理状態と音環境等, 局所環境条件
の関連性について発表。金子, 関, 後藤, 藤井
環境学会 1996 年会 (東京) 平成8年9月
- (6) 都下静穏地域での比較調査から, 一般健康調査
票に基づく心理状態と音環境等, 局所環境条件
の関連性について発表。金子, 関, 後藤, 藤井
第12回日本健康科学学会 (東京) 平成8年11月

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7年4月から平成8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: 03-3277-0794) にお願ひします。

[騒音]

●測定

PB95-198008/XAB In-flight acoustic mode measurements in the turbofan engine inlet of Fokker 100 aircraft (Technical pub), 14 Dec 93

N95-26951/0/XAB Preliminary results and research capabilities of a new jet facility at the University of Kansas, 1994

PB95-263307/XAB Aircraft management studies: Selecting a simplified method for acoustic sampling of aircraft and background sound levels in national parks (final rept), Jul 95

●評価

N96-16273/0/XAB Evaluation of the impact of noise metrics on tiltrotor aircraft design, 1 Nov 95

●予測

N95-22452/3/XAB Direct numerical simulations of on-demand vortex generators: Mathematical formulation, Dec 94

N95-26801/7/XAB Supersonic coaxial jet noise predictions, May 95

N95-26392/7/XAB Aircraft noise prediction program theoretical manual: Rotorcraft system noise prediction system (ROTONET), Part 4, Apr 95

N95-28193/7/XAB Flow structure generated by perpendicular blade vortex interaction and implications for helicopter noise predictions (Semi-annual report), Apr 95

AD-A289 698/3/XAB Updated computer programs for predicting single event aircraft noise data for specific engine power and meteorological condition (Final rept. 1 Oct 87-1 Apr 93), 7 Apr 93

PB95-257200/XAB Topography influence on aircraft noise propagation, as implemented in the

Norwegian prediction model, NORTIM, 23 May 95

N95-29452/6/XAB Extension of the Lighthill Theory of jet noise to encompass refraction and shielding, May 95

N95-32836/5/XAB Computation of noise radiation from turbofans: A parametric study (Final Contractor Report), Jul 95

N95-33831/5/XAB Fan noise prediction assessment (Final report), May 95

N96-13615/5/XAB Role and status of Euler Solvers in impulsive rotor noise computations, cAug 95

N96-13446/5/XAB Airframe noise prediction evaluation (Final report), 1 Oct 95

N96-14949/7/XAB Zonal approach for prediction of jet noise, 1 Oct 95

N96-15985/0/XAB Review of propeller noise prediction methodology: 1919-1994, Jun 95

AD-A301 027/9/XAB Noise calculation procedures contained in the MOA range noisemap (MR NMAP) computer program (Final technical rept. May 93-Mar 95), Oct 95

●対策

PB95-871117/XAB Urban noise pollution (Latest citations from the NTIS Bibliographic Database) (Published Search), Feb 95

PB95-873394/XAB Noise control and abatement: Transportation systems and heavy industry (Latest citations from Information Services in Mechanical Engineering Database), (Published Search), Feb 95

N95-21888/9/XAB Active control of fan noise-feasibility study Volume 1: Flyover system noise studies (Final report), Oct 94

PB95-197596/XAB Aircraft management studies. National Park Service visitors survey. Appendices. Volume 1 (Final rept), Jan 95

PB95-197604/XAB Aircraft management studies. National Park Service visitors survey. Appen-

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

** Library, Aviation Environment Research Center

- dices. Volume 2 (Final rept), Jan 95
- PB95-196002/XAB** Aircraft management studies : National Park Service visitors survey (Final rept), Jan 95
- PB95-196168/XAB** Jet mixer noise suppressor using acoustic feedback (Patent), Filed 10 Feb 94 patented 28 Feb 95
- N95-22675/9/XAB** Use of cowl camber and taper to reduce rotor/stator interaction noise (Final report), Feb 95
- N95-23178/3/XAB** Supersonic jet noise reductions predicted with increased jet spreading rate, Mar 95
- TIB/B95-02858/XAB** Luftfahrt-Bundesamt. Jahresbericht 1993. (Federal German Aviation Authority. Annual report 1993), 1994
- N95-26187/1/XAB** Jet mixer noise suppressor using acoustic feedback (Patent), Filed 10 Feb 94 patented 28 Feb 95
- N95-26160/8/XAB** Noise impact of advanced high lift systems (Final report), Mar 95
- N95-26947/8/XAB** Design of a high altitude long endurance aircraft with manufacturing considerations (Abstract only), 1994
- N95-28264/6/XAB** Evaluation of a doubly-swept blade tip for rotorcraft noise reduction, Oct 92
- AD-A290 344/1/XAB** Computerized design of low-noise face-milled spiral bevel gears (Technical memo), Aug 94
- N95-28670/4/XAB** Noise exposure reduction of advanced high-lift systems, May 95
- N95-29641/4/XAB** UHB engine fan broadband noise reduction study (Final report), Jun 95
- PB95-263323/XAB** Report on effects of aircraft overflights on the National Park System. Executive summary report to Congress. Appendixes, Jul 95
- PB96-853056/XAB** Aircraft gas turbine engines : Noise reduction and vibration control (Latest citations from Information Services in Mechanical Engineering Database) (Published Search), Oct 95
- AD-A297 840/1/XAB** Investigation of active noise reduction of jet engine runup noise (Final rept. Jul 93-Oct 94), Aug 95
- N96-13385/5/XAB** Active control of fan noise-feasibility study. Volume 2 : Canceling noise source-design of an acoustic plate radiator using piezoceramic actuators, Mar 95
- PB96-857636/XAB** Noise control for aircraft (Latest citations from the INSPEC Database) (Published Search), Dec 95
- N96-15219/4/XAB** Assessment of propeller aircraft noise reduction technology, 1 Aug 95
- 規制
- PB95-195202/XAB** Evaluation of the effectiveness of SFAR 50-2 in restoring natural quiet to Grand Canyon National Park (Final rept), 23 Jun 94
- 機内騒音
- N95-22455/6/XAB** Acoustics of laminar boundary layers breakdown, Dec 94
- PB95-878203/XAB** Helmholtz resonators : Technology and applications (Latest citations from the NTIS Bibliographic Database) (Published Search), May 95
- 騒音機構
- N95-27908/9/XAB** Numerical study of fundamental shock noise mechanisms (Ph. D. Thesis), cMay 95
- 解説
- PB96-133053/XAB** Aircraft propeller noise (Technical pub), 20 Apr 94
- 人体影響
- PB95-870002/XAB** Noise induced hearing impairment and loss (Latest citations from Pollution Abstracts) (Published Search), Jan 95
- AD-A240 778/1/XAB** Analysis of noise-induced hearing loss in army helicopter pilots (Preannouncement with new availability information) (Interim rept), Oct 88
- PB95-880852/XAB** Behavior and physiological effects of noise (Latest citations from the NTIS Bibliographic Database) (Published Search), Aug 95
- AD-A296 195/1/XAB** Noise-induced sleep disturbance in residential settings (Final rept. Jul 92-Feb 94), Feb 94
- AD-A298 507/5/XAB** Human auditory response to low-level aircraft flyover noise : Raw data (Interim rept. Jan 92-Sep 93), Aug 94
- 生物影響
- AD-A289 692/6/XAB** Effects of low-altitude aircraft on mountain sheep heart rate and behavior (Interim rept. Nov 92-Jun 93), Jul 93
- AD-A292 491/8/XAB** Behavioral responses of caribou to low-altitude jet aircraft (Final rept. Apr 89-Dec 93), Dec 93
- AD-A292 322/5/XAB** Energy expenditures of caribou responding to low-altitude jet aircraft (Final technical rept. Apr 89-Sep 93), Sep 93
- AD-A293 428/9/XAB** Behavior and milk yield responses of dairy cattle to simulated jet aircraft noise (Final rept. Dec 90-Jan 92), Jan 92
- PB95-263315/XAB** Review of the effects of aircraft overflights on wildlife : Annotated bibliography (Final rept), Aug 94

●ヘリコプタ

PB95-868378/XAB Military helicopters (Latest citations from the Ei Compendex*Plus database) (Published Search), Jan 95

PB95-255154/XAB BVI noise for the AH-1/OLS model rotor in forward flight, taking into account the rotor stand in the DNW wind tunnel (Final rept), Oct 94

AD-A294 466/8/XAB Effects of vortex modeling on blade-vortex interaction noise prediction, 1995

N96-13612/2/XAB Prevision du bruit externe des helicopteres: Les methodes numeriques vues par un industriel (Predicting helicopter external noise: Numerical methods as conceived by an industrialist), cAug 95

N96-13609/8/XAB Calculation of high-speed noise from helicopter rotor using different descriptions of quadrupole source, cAug 95

N96-13608/0/XAB Effect of higher harmonic control on helicopter rotor blade-vortex interaction noise: Prediction and initial validation, cAug 95

N96-13603/1/XAB External noise of single rotor helicopters, cAug 95

N96-13602/3/XAB Study of blade-vortex interaction aeroacoustics utilizing an independently generated vortex, cAug 95

N96-13601/5/XAB Effect of individual blade control on noise radiation, cAug 95

N96-13579/3/XAB Acoustic flight tests of rotorcraft noise-abatement approaches using local differential GPS guidance, 1 Sep 95

PB96-152947/XAB Application of the prediction code of the helicopter rotor noise ROTAC to a real-size helicopter: Comparison of calculations with measurements, c 1994

●ソニックブーム

PB95-877817/XAB Aircraft sonic boom: Biological effects (Latest citations from the NTIS Bibliographic Database) (Published Search), Apr 95

PB95-878443/XAB Aircraft sonic boom: Effects on buildings (Latest citations from the NTIS Bibliographic Database) (Published Search), May 95

N95-26651/6/XAB Design and testing of low sonic boom configurations and an oblique all-wing supersonic transport (Final report, Dec. 1991-Jan. 1995), Feb 95

AD-A293 101/2/XAB Seasonal sonic boom propagation prediction (Final rept. Sep 91-Oct 92), Mar 94

AD-A294 912/1/XAB Cumulative damage plaster tests (Final rept. May 91-Jun 93), 12 Oct 93

N96-12627/1/XAB Preliminary airborne measurements for the Sr-71 sonic boom propagation experiment, Sep 95

N96-16043/7/XAB Ground-based sensors for the SR-71 sonic boom propagation experiment, Sep 95

N96-16433/0/XAB Ground-recorded sonic boom signatures of F-18 aircraft formation flight, Sep 95

●環境影響評価

AD-A293 538/5/XAB Disposal and reuse of portions of Rickenbacker Air National Guard Base, Ohio, Environmental Impact Statement (Draft rept), Jul 94

●その他

PB95-212627/XAB Effect of airport noise on housing values: A summary report, 15 Sep 94

AD-A300 095/7/XAB Impact of airport noise on housing values: A summary report, 15 Sep 94

N95-20688/4/XAB Personal aircraft: Status and issues, Dec 94

PB95-199451/XAB Pricing, economic development, cost analysis, transportation impacts, and transportation management processes (Transportation research record), 1994

N95-24633/6/XAB Aviation system capacity improvements through technology, Mar 95

DE95755186/XAB Aviation and the environment. Needs for research in Sweden, 1994

PB95-258604/XAB Flystoeoyavgifter Basert pa Betalingsvillighet (Charges on air traffic noise by means of conjoint analysis), Jan 95

〔大気汚染〕

●測定

TIB/B95-07277/XAB In situ observations of particles in jet aircraft exhausts and contrails for different sulfur containing fuels, Jun 95

●予測

N95-23643/6/XAB Spray combustion experiments and numerical predictions, Jul 93

N95-23038/9/XAB Modeling aerosol emissions from the combustion of composite materials, Oct 94

AD-A289 336/0/XAB Numerical model to predict the fate of jettisoned aviation fuel (Master's thesis), Dec 94

TIB/B95-06997/XAB Estimate of diffusion parameters of aircraft exhaust plumes near the tropopause from nitric oxide and turbulence measurements, 7 Dec 94

TIB/B96-00388/XAB Large-eddy simulation of aircraft exhaust plumes in the free atmosphere:

- Effective diffusivities and cross-sections, Oct 95
- 対策
- TIB/B95-02584/XAB** Untersuchungen des Schadstoff-Emissionsverhaltens von Gasturbinen-Flugtriebwerken im Teillast - Betriebsbereich (Investigations of the pollutant emission behavior of gas turbine aircraft engines within the partial-load operating range) (Diss.(Dr.-Ing.)), 1994
- 空港及び周辺の調査
- PB95-225496/XAB** Modeling the time series of respirable suspended particles and carbon monoxide from multiple smokers: Validation in two public smoking lounges, Jun 95
- 大気質に及ぼす影響
- PB95-199808/XAB** Workshop summary: Aircraft mission measurement strategies for the NASA Subsonic Assessment Program. Held in Boulder, Colorado on January 5-6, 1994 (Technical note), Dec 94
- TIB/A95-02005/XAB** Untersuchung der Abgasemissionen von Verkehrsflugzeugen. Anteil und globale Verteilung der Abgasemissionen in der Stratosphaere. Schlussbericht. (Investigation of exhaust emissions of airliners. Percentage contained and global distribution of exhaust emissions in the stratosphere), Jun 93
- N95-24274/9/XAB** Atmospheric effects of stratospheric aircraft: A fourth program report, Jan 95
- TIB/B95-05640/XAB** Ozon - Stickoxid - Korrelationen in der Troposphaere (Ozone-Nitrogen oxides-correlation in the troposphere) (Diss), Dec 94
- TIB/A95-05629/XAB** Untersuchung der Abgasemissionen von Verkehrsflugzeugen. Anteil und globale Verteilung der Abgasemissionen in der Stratosphaere. Anhang zum Schlussbericht. (Investigation of exhaust emissions of airliners. Percentage contained and global distribution of exhaust emissions in the stratosphere. Annex to the final report), Jun 93
- 排出機構
- N95-21383/1/XAB** Two-dimensional imaging of OH in a lean burning high pressure combustor, Feb 95
- N95-24561/9/XAB** Effect of altitude conditions on the particle emissions of a J 85-GE-5 L turbojet engine, Feb 95
- 燃料
- N95-31768/1/XAB** Environmentally safe aviation fuels, Mar 95
- 環境影響評価
- AD-A293 538/5/XAB** Disposal and reuse of portions of Rickenbacker Air National Guard Base, Ohio, Environmental Impact Statement (Draft rept), Jul 94
- AD-A300 955/2/XAB** Draft environmental impact statement for the disposal of K. I. Sawyer Air Force Base, Michigan, Nov 95
- その他
- N95-20688/4/XAB** Personal aircraft: Status and issues, Dec 94
- AD-A298 462/3/XAB** Air pollution: Global pollution from jet aircraft could increase in the future, Jan 92
- DE95755186/XAB** Aviation and the environment. Needs for research in Sweden, 1994

巻頭の当センター所長の挨拶にあるように、前誌「航空公害」が発刊された頃は、公害問題の解説が主でした。それから20年余り、公害対策に狂奔した社会は冷静さをとり戻すとともに、より真剣に研究と対策に取り組む段階に入っております。

当センターもその間、数多くの地道な調査と研究をしてきましたので、今回はその成果の一端を発表しようと計画し、編集を始めましたが、馴れぬこととの弁解はしたいものの、とても満点をつけられる本にはなっていないことを承知しております。

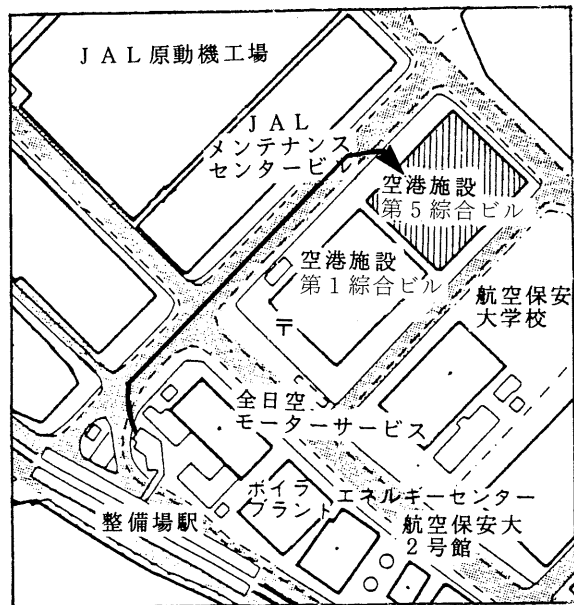
執筆をお願いした外部の方々、またお読み頂いた方もご不満かと思いますが、今後さらに改善の努力を続けますので、なにとぞご容赦のほどをお願い申し上げます。

なお、何か、読後のご感想とか、ご提案を事務局宛頂戴できれば有り難く存じます。

(川田)

連絡先：編集事務局（鈴木彰，中村千都世）

航空環境研究センターはこの度、羽田空港の沖合展開の関係で3月中旬に下図の場所へ移転することになりました。東京モノレールの整備場駅から歩いて2分ほどの距離です。電話番号・FAX番号は変わらない予定です。これからもよろしくお願いいたします。



航空環境研究 第1号 平成9年2月15日印刷 平成9年2月20日発行 ©1997

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 東京都大田区羽田空港 2-8-1 (3月13日まで)

144 東京都大田区羽田空港 1-6-5 第5総合ビル 5階 (3月14日以降)

電話 (03)3747-0175 FAX (03)3747-0738

印刷所 三美印刷株式会社

116 東京都荒川区西日暮里 5-9-8

電話 (03)3803-3131(代)

CONTENTS

PREFACE

For the start of the Journal Yasuo Tokita 1

IN STARTING THE JOURNAL

To my way of thinking recently Satoshi Iwamura 2

Air transportation industry and global environment problems Sadao Hara 3

REVIEWS

Environmental standard on aircraft noise and its related problems Juichi Igarashi 4

Diffusion and thermo-convection of smoke emissions Osayuki Yokoyama 9

Effects of aircraft noise on sleep Yasutaka Osada 15

RESEARCH REPORTS

Helicopter noise certification and consideration to simplification
of the noise certification procedure Hisashi Yoshioka 24

Long-term variation of the trace atmospheric compounds around
the City Airport of Osaka Masao Shibata 30

Masaichi Koizumi
Minoru Mizushima
Shinji Katsuta
Saburo Yanagisawa
Koji Suzuki

Subjective value of living environment and relating factors ;
associations between personality, mental state and
noise sensitivity Kyoichi Goto 43
Tetsuya Kaneko

DOMESTIC AND FOREIGN AFFAIRS

Trends of ICAO/CAEP (aircraft noise) Hisashi Yoshioka 51

Trends of ICAO/CAEP (aircraft emissions) Masao Shibata 56

Status of IATA activity Sumio Nakao 68

ICCAIA's view on environmental protection Yoshiya Nakamura 71

Report of Inter Noise 96 Yasuo Tokita 76

CURRENT TOPICS

Challenge to the global warming Takeyuki Yamazaki 79

Current situation of Narita Airport Nobuo Tsuji 81

ESSAY

Book Review : "Aircraft Noise" Junkichi Murabayashi 83

Moral standards in Kansai Kazuyoshi Kawada 84

ACTIVITIES OF AERC

Annual activities of Aviation Environment Research Center 85

REPORT INFORMATION

United States government reports for aviation environment ;
selections from NTIS Database Chitose Nakamura 87
