

航空環境研究



*The Journal
of
Aviation Environment Research*

No. 6, 2002

挨拶

- 環境問題への新たな視点 山田一郎 1

焦点

- 航空機騒音の評価と環境政策 五十嵐寿一 2

地球温暖化の健康インパクト評価を考える

-兜 真徳 20

ISO/TC 159（人間工学）における

- メンタルワーカロードの規格 青木和夫 25

地球環境に関連したエーロゾル及び大気微量

- 気体成分の航空機による観測 牧野行雄 32

海外主要空港における最近の騒音対策

-小松 明 44

研究報告

航空機騒音予測結果評価支援システムについて

-岩崎 潔 51

航空機の補助動力エンジン(APU)排出物の

- 実測(I)－主要大気汚染物質の測定結果－

-橋本弘樹・柴田正夫・水島 実・鈴木孝治 55

都市住民の主観的環境評価の構造解析

-後藤恭一・金子哲也 61

内外報告

- ICAO/CAEP の動向 (航空機騒音) ... 吉岡 序 65

ICAO/CAEP の動向 (航空機排出物)

-橋本弘樹 69

Inter Noise 2001 会議報告

-山田一郎 73

ドイツの航空研究、調査機関を訪問して

-相原康彦 83

航空環境を取り巻く話題

成田空港における環境対策への取組み

- について 齊藤 恒 89

「関西国際空港環境管理計画」について

-土谷 武 96

エッセイ

航空機騒音防止策としての ANC 技術

-末永昌久 102

ヨルダンの航空環境

-松本優一 104

騒音に携わって半世紀

-時田保夫 106

修理のインフォームドコンセント

-川田和良 109

活動報告

研究センターの動き

-管理部 113

文献情報

航空環境関連文献情報 (米国政府出版物)

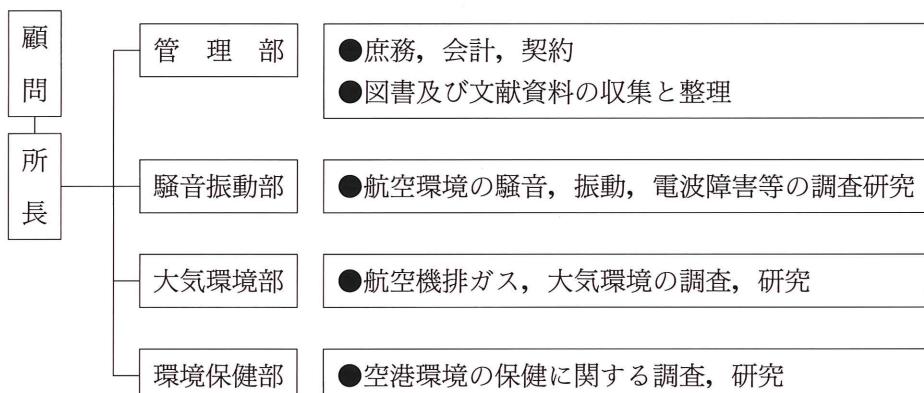
- データベースより 文献資料室 116

航空環境研究センターの沿革と組織及び業務内容

産業、経済、文化の発展とともに航空輸送需要の増大とジェット旅客機の開発運航は、空港周辺における環境阻害に深刻な問題を提起し、昭和43年8月航空公害防止対策について国の施策を補完する目的で「(財)航空公害防止協会」が公益法人として設立されました。当協会は設立以来、東京、大阪両国際空港をはじめ、主要空港において、各種の航空公害の調査に取り組んで来ましたが、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。



挨 拶

環境問題への新たな視点*

山 田 一 郎**

近頃は誰もが当たり前に携帯電話を使うようになりました。好きなときに話し、メールします。たまに携帯を持って出るのを忘れる落着かない気持ちすらします。いつでも誰かと繋がり耳のそばで声が聞こえる、そんな感覚を普通に持つようになっているのではないかでしょうか。元来、視・聴・嗅・味・触の五感のうちの、味・触は接触感覚（触って感じるもの）であり、舌触りや肌触りは良い意味にも悪い意味にも使いますが、視・聴は遠隔感覚（遠く離れて感知するもの）であり、鼓膜が震えるような大きな音が聞こえれば耳に障るのが当たり前でした。しかし、何時でも好きな時にコミュニケーションを取る、迫力ある音量で音楽を楽しむこの時代、耳に触る感触はそれだけではストレートに障害を意味するものでなくなりつつあるかもしれません。

航空機の発生する音の強さはこの三十年ほどの間に低騒音エンジンの開発によりおよそ20 dB 小さくなりました。百分の一になったということです。それと併せて空港周辺の環境対策も進められ、激しい騒音にさらされることは少なくなりました。しかし、これで騒音問題が解決したと考えてもよいのでしょうか。耳の聴こえに支障をきたすような深刻な騒音はなくなりましたが、依然としてテレビや電話が聞き取りにくいとか音がうるさいと

いった状況は残ります。ジェットエンジンの低騒音化に伴ってファンの音が優勢となり、低周波成分が増えて音色も変わりました。しかも、騒音発生源の低騒音化にも関わらず、航空交通の発展に伴って騒音の発生回数が増加し、騒音暴露量も増加する傾向にあります。つまり、これまでの総力を挙げた環境対策が実を結び、騒音被害の甚大なレッドゾーンは激減したのですが、騒音被害が生じないとはいえない程度の音が聞こえるグレーゾーンは拡大する傾向にあるのです。騒音は物理事象としての性質だけで問題の程度が決まるものではありません。音を聞き、それをうるさいと思う人の感覚、音を発生する者と受音する者の社会的な関係によっても問題のされ方は大きく変わります。騒音の程度が極端でない言わばグレーな状況の場合、騒音が大きな問題になるかどうかは空港と周辺地域の社会的関係で左右されるといつても過言ではありません。

地球温暖化や酸性雨など地球規模の問題からダイオキシン、環境ホルモンなどミクロなレベルの問題まで様々な環境要因が問題として取り上げられ、その改善が重要課題として注目されている昨今ですが、暮らしが豊かになって生活の質が重要視されるようになっていることを思いますと、空港周辺の音環境についても一層改善の努力をして行かなければ、いつ何時再び航空機騒音が深刻な社会問題となるかもしれません。研究センター一同、空港周辺にお住まいの皆様の生活環境がより良いものとなりますよう研究、調査に精進努力し、貢献して行きたいと願っています。

* New Points of View on Environmental Issues, by Ichiro Yamada (Head, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター所長

焦 点

航空機騒音の評価と環境政策*

五十嵐 寿一**

1. はしがき

我が国において航空機騒音が社会問題になったのは、第二次大戦後大阪伊丹空港が米軍と共に用になっていて、米軍のジェット戦闘機が金属属性の騒音を発生し、空港周辺から苦情が発生してからであろう。この頃、欧米では民間航空にもジェット機が参入して、その騒音はプロペラ機と違って騒音計で測った大きさが人の感覚に合わないことが判明し、K. D. Kryter は PNdB という新しい評価尺度を提案した。また、ジェット騒音は排出される気流速度の 8 乗に比例するという M. J. Lighthill の画期的な理論が発表されて、ジェットエンジンの改良も急速に進展した。

ここでは、今後益々増加が予想される航空交通に対する国際的な取り組みとして、航空機騒音の評価とその測定方法に関する研究、ファンエンジンの開発による音源対策及び空港周辺の環境対策に関する現在までの経過について総括してみることにする。

2. 航空機騒音の測定と評価

2.1 ジェット機の騒音に関する研究

(1) Kryter によるジェット騒音の評価
方法：第二次大戦後、ジェット機が軍用及び民間輸送として運航されるに及んで、その発

生する金属属性の騒音については、通常の騒音計の指示では感覚に合わないことが分かり Kryter は新しい評価量 Perceived noise level (PNL) を提案した¹⁾ (1959)。これは音の大きさの尺度 phon が、1 kHz 40 dB の音圧レベルを基準の音の大きさ 1 sone としている方法に代わり、白色雑音 (white noise) の 1 kHz を中心周波数とした 1/3 オクターブバンドレベル、40 dB を音のうるさきの基準 1 noy とした尺度である。これは音の大きさに関する聴感曲線の 2~4 kHz に特に重みをおいてジェット騒音のうるさきを評価する尺度である (図-1)。

(2) Lighthill によるジェット騒音の発生機構の理論：Lighthill は、ジェット機の発生騒音は排出されたジェット気流速度の 8 乗に比例するという理論を発表した²⁾ (1962)。この理論によると、排出気流の速度が 2 倍になるとジェット騒音のエネルギーは $2^8 = 256$ 倍、即ち 24 dB 増加する。逆に気流速度が 1/2 になると 24 dB 騒音が減少することになる。欧米の航空機製造会社はこの理論に基づいて、推力を保持したままジェット気流の排出速度を減少することによって、発生騒音を抑制したファンエンジンの設計に着手することにした。この開発はジェットエンジンに流入する空気流を大口径のファンによってバイパスさせ、ジェットエンジンから流出する高速気流とファンによって排出された低速の気流が混合することによって、エンジンの排気流と静止している大気間の相対速度

* Aircraft Noise: Criteria and Environmental Policy, by Juichi Igarashi (Adviser, Kobayashi Institute of Physical Research)

** (財)小林理学研究所 名誉顧問

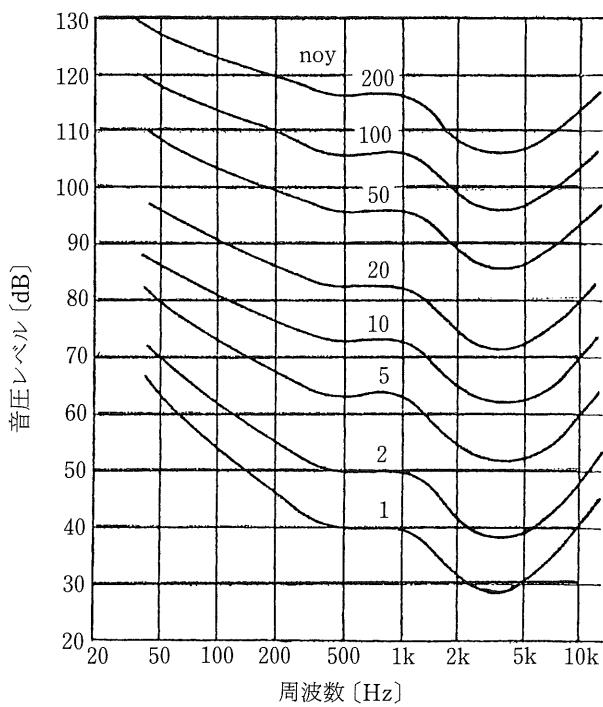


Fig. 1 Perceived Noise Level (Kryter)

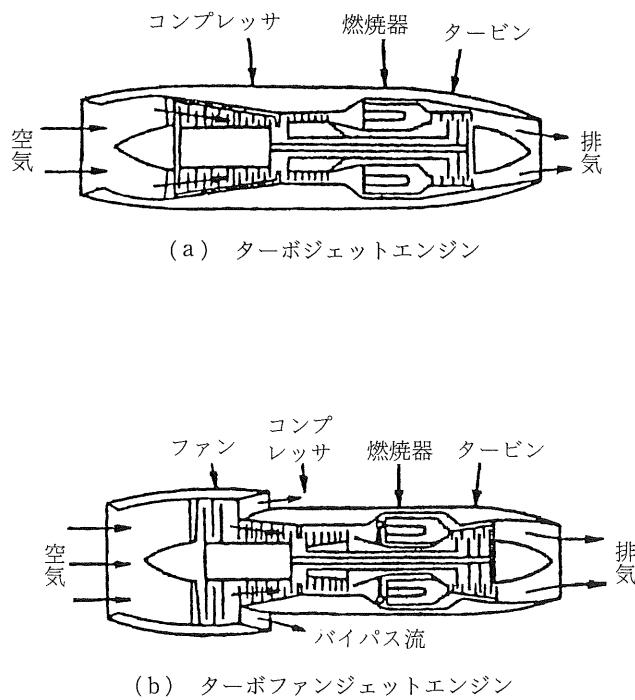


Fig. 2 Turbo-jet Engine & Turbo-fan Engine (Boeing Co.)

が減少して騒音の発生を抑制するものである(図-2)。

2.2 ISOにおける航空機騒音測定方法の審議—ICAOとの関係—

ICAO(国際民間航空機構)は1950年代、将来の航空輸送はジェット機が主力になることは確実であるが、その発生する騒音によって苦情が発生することになり、航空交通の健全な発展に支障のあることが懸念されるとして、ジェット機の騒音対策を最大の課題にしていた。1961年、ヘルシンキにおけるISO(各種測定方法に関する国際標準機構)の総会に、ICAOの代表としてPuvrezが出席し、航空機騒音の影響を測定する方法について、ISOにおいて審議を開始することを要請した。これに対してISOはad hoc委員会を設けて航空機騒音を将来の議題とすることにした³⁾。ISOは次に開かれたドイツのバーデンバーデンにおける総会において、航空機騒音については交通騒音に関するWG(Working Group)7のChairman, DenmarkのIngerslevにad hoc Committeeとして発足することを要請した。委員として、Austria(Brückmayer), Germany(Grützmacher), Netherland(Kosten), UK(Perkin, Fleming), USA(Kryter, Parrack)等が選出され、筆者も参加していて日本の委員として指名された。この委員会では、ISOがこの議題を取り上げるにいたった経緯と同じ議題が他の国際機関において重複して審議されることがないように周知することが確認された後、審議の目的と既にOECDで検討をはじめている検討内容の説明が行われた⁴⁾。引き続いて航空機騒音の影響を評価するための指標として、KryterのPNdB, StevensのLoudness Level, Zwickerが提案している改訂されたLoudness Level及び当時すでに広く使用されていたA特性音圧レベルのいずれを選択するかが論議された。評価量としてdBAを主張する意見も述べられたが、今後

ジェット機の騒音が問題になることから、その特殊性から PNdB を採用し特異音や騒音の継続時間等の補正方法についても検討することになった。また、PNdB は周波数分析して求める必要があるので、航空機騒音をモニターする際の簡便法としての規定も必要であるとの意見もあり、これについては別途規格を作成することにした。その後この委員会は航空機騒音に関する WG 12 として独立し、空港周辺における騒音の測定方法と航空機騒音に対する人の反応を表現する物理的パラメータについて検討を進め、1965 年 “Draft ISO R 507: Procedure for describing Aircraft Noise around an Airport” として発行した⁵⁾。この草案には、航空機騒音を録音してオクターブバンド分析を行いその結果から PNdB を計算することになっている。また航空機が単独飛行したときの測定結果から空港周辺における騒音のフットプリントを求める方法、繰り返し飛行する場合にそれぞれの $L_{PN\max}$ の平均に基づいてコンターを描く方法が示されている。さらに当時のジェット騒音は高周波成分が卓越していたことから、ジェット騒音の指向性を考慮してスラントデスタンスに $\sqrt{2}$ をかけた距離に対する空気吸収の補正をすることになっていた。その後、PNdB を 1/3 オクターブ分析して求めることに変更され、航空機が単独で飛行した場合の騒音の継続時間、特異音及び繰り返し飛行したときの機数、時間帯、季節に関する補正についても逐次追加されている。またこの頃一般の環境騒音の評価指標が等価騒音レベルに統一されたことを受けて、空港周辺における騒音指数としても、年間平均した等価 PNdB を採用することになった。一方、この間 ICAOにおいても、ロンドン会議等を開催してジェット航空機の騒音対策として、騒音証明制度の必要性とその実施方法、騒音軽減運航方式、騒音と両立する土地利用方法等についての検討が進められ、日本から

は航空局の寺井、森氏等が出席して当時の報告書も残っている⁶⁾。

3. ICAO における航空機騒音の審議

3.1 航空機騒音特別会議

ICAO はジェット機の騒音対策について各国と協議を続けてきたが、ISO における測定方法の原案が完成し、ジェット機の生産国における騒音証明についての合意がえられたことを受けて、1969 年 11 月～12 月 4 週間にわたり、カナダ、モントリオールにおいて航空機騒音特別会議を開催した。日本からは寺井運輸省東京航空局長を主席代表とし、石野事務官、日本航空から川田氏、ISO における航空機騒音 WG の委員であったことから筆者も出席することを要請された。我々は提出されていた Working Paper とそれに対する日本の対処方針について打ち合わせの上会議に出席することにした。

議題 1 航空機騒音の測定評価方法

この議題については、ISO で審議されていた Draft ISO 507 が分割されて測定方法の基本は ISO R 1760、モニタリングについては ISO R 1761 として提出され、ISO WG の Chairman, Ingerslev も出席した。測定単位として PNdB を用いることについては、西ドイツ、南アフリカは dBA を採用することを強硬に主張した。しかし、PNdB はジェット機が発生する騒音の正確な評価方法であること、また英米仏の航空機生産国はこの単位を使用して航空機騒音証明制度などの騒音対策に取り組んでいることの説明が行われ、日本も事前に打ち合わせた対処方針どおりこの提案に賛成することにした。ただ ISO の案では、単独飛行の場合の指標として L_{EPN} 、繰り返し飛行する場合が L_{PNeq} となっていたのを、下付き文字は適当ではないとする意見があり、夫々 EPNL (Effective Perceived Level), ECPNL (Equivalent Continuous Perceived Noise Level) とすることにした。

議題 2 航空機騒音の影響

事務局案では、今回の会議で騒音証明制度を発足して、航空機騒音の規制を実施することになっているので、将来騒音軽減の見込みもあり、人の生理心理面の影響を問題にする必要はないとしていたが、将来航空交通が発展するためには楽観は許されないとの反対意見が強く、WHO（世界保健機構）等の国際機関と協力して慎重に対処することが合意された。また空港周辺の住民に対する影響の評価にはECPNLが適当で、時間帯及び季節についての補正も考慮し、時間帯補正をする場合は指標をWECPNLとすることになった。

議題 3 航空機の騒音証明

航空機騒音の証明制度については、以前から航空機生産国の英米仏三国で協議が進められていて、これが今回の主要議題であった。騒音証明には、議題1の測定方法に基づくことが確認され、測定点として離陸については、滑走開始地点から6,500mの航空機の直下地点、着陸は進入する滑走路端から2,000m及び滑走路側方650mの地点の3ヶ所とすること、証明のための飛行回数(6回)とその信頼性の限度及び飛行条件と測定時の気象については標準状態への補正方法、騒音証明の実施時期等に関する事務局案が議論され、測定点の位置についてヤードをメートルとすることなど原案に修正を行い採択された。騒音証明としては、事務局から最大離陸重量に於ける離陸、側方及び着陸の際の測定点における騒音限度が提案され、特別な異議もなくICAOの理事会の議を経て勧告されることになった。

議題 4 騒音を軽減する運航方式

ICAOが推薦する騒音軽減のための運航方式として、カットバック、優先滑走路方式、二段階着陸方式等が提案され、騒音軽減の効果と安全性について検討が行われた。

議題 5 空港周辺の土地利用

航空機騒音は影響の及ぶ範囲が広いので、騒音と両立する土地利用を進めることが重要性が確認され、その指標としてECPNLとすることが議題1で決定したが、その場合の測定を容易にするために、騒音レベルからPNLを求める方法として、着陸時には+15dB、それ以外は+13dBとすること、時間帯補正是各国の事情によって日中、夜間と2つに分けるか、夕方を別にわけてもよいことになった。また土地利用計画におけるNoise zoneの設定については、各国における情報を集めることとし、取り敢えずICAOとして3つのゾーンを提案し、それぞれのゾーンに相当する騒音レベルについては改めて検討することにした。

Zone 1 騒音と両立 例 学校 住宅

Zone 2 土地利用が制限される地域

例 事務所、銀行、倉庫等

Zone 3 特定の使用が許可される地域

例 農地、機械工場等

議題 6 地上試運転における騒音軽減方法

最大運転パワーにおける試運転の必要性が減少し、試運転用防音運転場を採用することによって重要な問題ではないという意見もあったが、各国が実施している地上運転における騒音軽減の資料を収集して、Guidance Materialとして周知することになった。

このICAOにおける航空機騒音特別会議については、日本代表団が報告書としてまとめている⁷⁾。またICAOはこの特別会議の決議を理事会で審議のうえ、1971年、ICAO ANNEX(付属書)16として発行した。

3.2 特別会議以降のICAOの動向

特別会議の後ICAOは、航空機騒音委員会(CAN)を設けて審議を継続し、ジェット機以外のプロペラ機、ヘリコプターについても騒音証明による規制を実施することにした。またジェット機の騒音証明の規制値についても、1977年になってこの限度を強化す

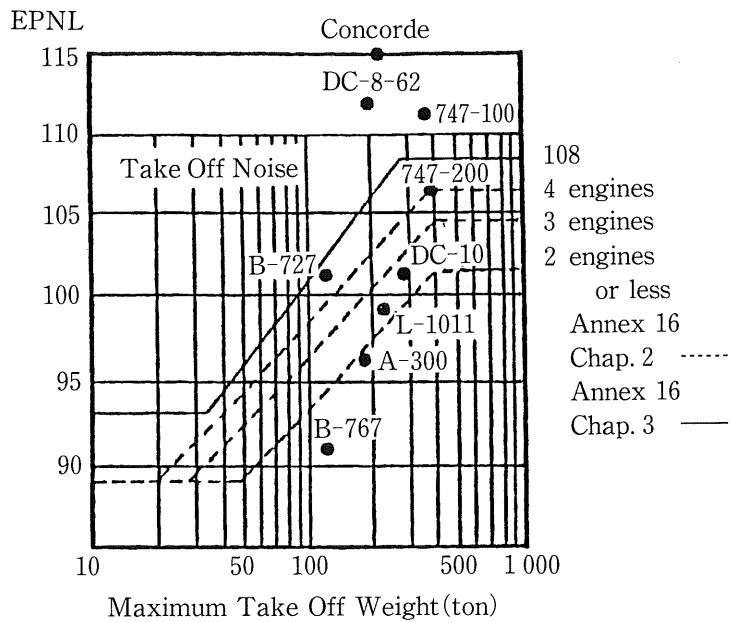


Fig. 3 ICAO Aircraft Noise Certification (ICAO)

ることとし、エンジンの数（2, 3, 4）別に設定することに変更した。以前の規制限度をChapter 2, 改訂された規制限度をChapter 3, またはPhase 3という。尚、側方における測定点が滑走路中心から650mであったのを450mに変更した。図-3はバイパス比2以上のエンジンを装着したジェット機が、最大離陸重量で離陸した場合の規制限度で、1971年に勧告されたChapter 2（実線）と、1977年に改訂され現在主流となっている航空機に適用されているChapter 3（点線）を示したものである。一方CANは1983年までCAN 1～CAN 6として運営されたが、1983年以後は騒音に加えて航空機の運航に伴う排出ガスによる大気汚染も規制の対象とすることになり、委員会の名称をCAEP（Committee on Aviation Environmental Protection）と変更して活動を続けている。この委員会において最近亜音速ジェット機の騒音規制を更に強化することになり、現在のChapter 3に規定された限度を、測定対象である3地点の合計で10dB, 2地点の合計で2dB以上厳しくすることに変更して、2006年以降耐空証明を申請した機種から適用する

ことになった。これをChapter 4という⁸⁾。

一方、ICAOは空港周辺の騒音暴露指標として、(W)ECPNLを採用することを推奨していたが、航空機の騒音対策によって特異音が減少したことから、土地利用等については必ずしも複雑なPNdBを使用する必要がないこと、また(W)ECPNLを採用している国は日本はじめ数ヶ国で、そのうち日本の指標は本来のICAOの提案とは異なることを理由に、(W)ECPNLを L_{Aeq} に変更することになり、1988年ANNEX 16から(W)ECPNLを削除した。また、ISOにおいても騒音証明等に用いる測定方法の改訂版を、ISO 3891 “Procedure for describing Aircraft Noise heard on the Ground” (First Edition 1978)として発行し、この中で空港周辺における土地利用に用いる騒音評価指標として L_{Aeq} を追加している。

3.3 超音速機に対するICAOの対応

1970年代になって、超音速機コンコードが民間航空に参入するにあたり、ICAOはソニックブーム委員会を開催して、その影響及び超音速機の運航規制等について協議を行った⁹⁾。この委員会では、軍用超音速機、コン

コードの試作機及びソ連が開発した超音速試作機 TU-144 の運航により発生したソニックブームによって陸上の人體や建物及び家畜特にミンクの飼育に及ぼす被害、雪崩発生の可能性、また海上における船舶及びその乗員に対する影響等について調査結果を報告している。これによるとソニックブームによって、各種の影響や被害が予測されるので、その運航については、離陸後海上に出て高度が 20 Km 以上になってから音速を超えること及びその運航にあたっては、領域を通過する各国に及ぼすソニックブームの影響について、事前に了解を得る必要のあること等を勧告することになった。また、就航が予定されていたコンコードの生産は 16 機で打ち切ることとし、コンコード以外で将来生産される超音速機についての騒音証明は、亜音速機に準ずる(同一重量で)ことなどが確認されている。ソニックブームの衝撃波についての詳細とその影響については、文献^{10,11)} 参照。この会議には日本航空の川田氏と筆者が出席した。

最近の情報によれば、コンコードの後継機として開発が予定されている超音速機の就航は 2020 年頃を予定しているとのことである¹²⁾。米国では音響学会 (ASA) でソニックブームシンポジウムを度々開催しているが、最近それらの研究成果が JASA に紹介されている¹³⁾。

4. 社会調査

4.1 社会調査の意義

騒音の影響を評価する場合は、その騒音を聞く場所と時間帯に応じた生活妨害の影響があるので、通常の生活と異なる実験室では的確な判断は困難である。その上これらの影響は瞬時的な音の大小とともに、生活の中で経験した記憶に基づいて判断されることが多く、自分の利用する交通機関の音であるか等の音源との係わり方や、その地域における音以外の環境等にも関係して個人によって大き

く変動する。また交通等の公共機関から発生する騒音については、それを管理する行政の対応、特に対策に係る情報等が公開されているか否かによっても個人の判断は左右される。従って、対象とする地域においてランダムに被験者を選定して、面接または電話による回答を求めるか、あるいはアンケート用紙を郵送して記入する方法により空港周辺住民を対象とした意識調査を実施することが行われ、これらの社会調査の結果が広く騒音の評価に取り入れられている。

4.2 社会調査の概要

日本における騒音の社会調査としては、1953 年大阪都市騒音委員会が伊丹空港周辺において実施したのが最初であろう¹⁴⁾。更に 1964 年、伊丹空港に初めて民間のジェット機が就航して空港周辺から苦情が多発したとき、関西都市騒音対策委員会は、空港周辺地域における騒音暴露の測定とともに反応調査を実施し、騒音指標として英國で用いている NNI、反応として“さわがしさ”について 6 段階評価尺度を用いている¹⁵⁾。その後、航空公害防止協会が東京国際空港（現羽田空港）及び伊丹空港において社会調査を実施している^{16,17)}。

欧米諸国においても騒音問題が激化するにつれて、各国において地域住民の反応調査が行われるようになり、Wilson Report¹⁸⁾ をはじめ航空機騒音、鉄道、及び道路交通騒音の影響について多くの調査が行われた。1978 年 T. J. Schultz は、これらの資料を用いて L_{dn} （夜間 10 dB 加算した等価騒音レベル）と Highly Annoyed とした反応との関係を示す Synthesis（総合）曲線を提案した¹⁹⁾。図-4 は各国で実施した 11 の調査結果の平均曲線と、この調査における 161 ポイントの 90% が分布している範囲を示している。Schultz はその後 Fidell, Barber 等と図-4 のデータとして用いた 11 調査の 161 ポイントと、それ以後 1989 年までに実施された 15 調

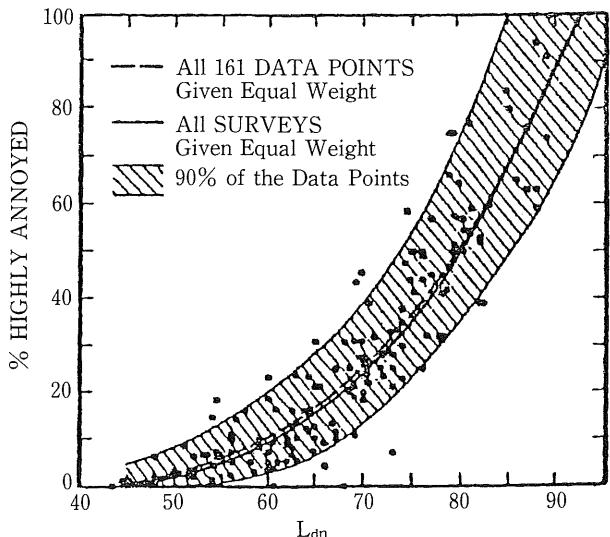


Fig. 4 Schultz's Synthesis Curve. (Schultz)

査の 292 ポイントの資料を含めた 453 データポイントについて再検討を行っている²⁰⁾。これらの資料について統計処理した結果、平均として以前の Synthesis 曲線と大差がないことを確認したとしている。しかし、個々の調査の中には、データポイントの全部が図-4 の Synthesis 曲線より上位または下位に分布しているものもあって、調査による大きな片寄りを示している。これは社会調査に変動が多いことを示すもので、この 453 データポイントの分布図及び個々の調査結果の詳細は文献²⁰⁾にある。Fields は Schultz の synthesis 曲線については、文献の選択、異なる評価尺度の変換方法及び各調査における騒音の測定方法、被験者の数とその選択方法の違い等によって調査結果に不確実性の生じていることを指摘し、これらの変動を少なくして社会調査の信頼性をまし相互の比較を容易にするためには、まず国際的に反応尺度を統一することが必要であるとしている。これについては、ICBEN (騒音の影響に関する国際委員会) のメンバーを中心に検討を重ね、うるさきの程度を示す副詞を伴う 5 step 尺度、及び 11 step の数値尺度に限ることを提案している²¹⁾。さらに 5 step の尺度に用いる副詞についても、各国語毎に適正な言語を使用

することの必要性を指摘して現在 9 カ国語による検討が進められている。5 step とすると英語では、not at all annoyed, a little annoyed, moderately annoyed, very annoyed, extremely annoyed であるが、日本語では moderately に相当する表現語が得にくいので、5 step 尺度に用いる程度を表す副詞について、全国的な調査を実施した結果に基づいて、「全くうるさくない、余りうるさくない、多少うるさい、大分うるさい、非常にうるさい」とする 5 step 尺度を提案し国際規格との整合を図ることになった²²⁾。さらに社会調査の結果を相互に比較するためには、各国語の annoyance についての解釈の相違という難問がある。例えば、日本語の“うるさい”は音に対する“騒がしさ”についても使われるが、Annoyance には“悩まされる”と言う意味が強く音が“騒がしい”という日本語とは必ずしも対応しない。S. Fidell は “annoyance”とした尺度と “noisiness” の尺度では反応に大きな差のあることを報告している²³⁾。外国では “noisiness” という場合は環境全体の騒がしさ、または静けさを意味するようである。また、“annoyance” という判断は特定の音に対する心理的な反応で、個人の感受性、音源に対する価値判断等騒音以外の要因にも関係があり、調査の結果は個人による変動が大きい。

4.3 睡眠に対する影響

騒音による睡眠障害は、日常生活環境において特に影響が大きい反応として、各種の騒音を対象に主として実験室において睡眠中の EEG (脳波) の測定等が行われてきた。しかし、実験室は日常生活における環境と異なることから、最近社会調査の一環として別途自宅における調査が行われている²⁴⁾。まず、睡眠の状態は大きく 2 つの stage に分けられ、覚醒の状態に近い REM (Rapid Eye Movement) と、NREM (Non REM) があるサイクルで出現する。NREM はさらに 4

つの stage に分けられ、4 番目が最も深い眠りであるが、この stage の時間は年齢とともに減少し、年輩者は若者より覚醒の度数が多い。また REM は年齢に関係なく約 90 分毎に現れる。睡眠中の脳波のサイクルを年代別に示した結果が図-5 で、EEG (Electro-encephalogram : 脳波計) によって測定することができる。通常、睡眠中に暗騒音等による刺激の後 1 分以内に脳波のパターンが変化して REM の状態を示す。この REM と NREM の 2 つの stage は交互に現れ、睡眠の深さの度合いは図に示すように変動するが、睡眠の前半よりも後半の時間帯で睡眠の stage は浅くなる。従って、例えば空港の夜間使用については、午前 3 時から 7 時までの制限が重要であることを示している。睡眠障害について最も適切な予測指標は、一つの騒音事象の総エネルギー量を表す SEL (Sound Exposure Level : 騒音暴露レベル) とされている。睡眠における騒音の影響として、実験室の結果は実生活の自宅における結

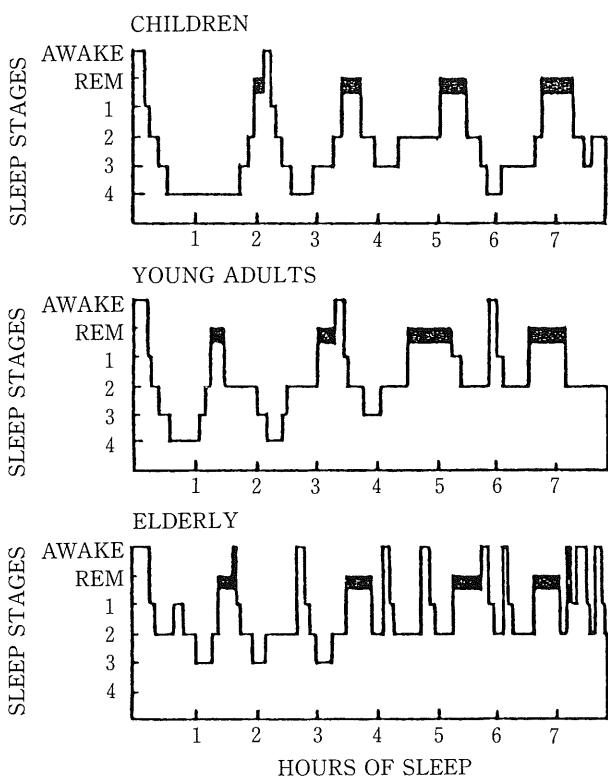


Fig. 5 Normal sleep cycles. (FAA Report)

果に比べて大きな違いのあることも分かってきた。騒音暴露レベルが 10 dB 大きい場合の反応の増加（目覚めの回数）は、自宅で 1%，実験室では 10% の増加になるという結果が得られている²⁵⁾。自宅における実験としては、Pearson²⁶⁾及び英国における航空機騒音に対する睡眠実験（アクチメーター：体の動きを測定するリストバンドを使用）等が報告されている²⁷⁾。最近、米国の FICAN（航空機騒音に関する各省連絡委員会）は、自宅において実施された睡眠影響の新しい測定結果も総合して、目覚めの確率と SEL の関係について図-6 を提案している²⁸⁾。一方 WHO は、睡眠に影響のない騒音の指針値を以前は L_{Aeq} 35 dB としていたが、最近 L_{Aeq} 30~35 dB, L_{max} 45 dB と改訂した²⁹⁾。しかし、これは目覚めとともに EEG による睡眠 Stage の変化、寝付き易さ等も考慮した実験室における実験に基づいた結果である。

4.4 反応に関係のある要因

社会調査から明らかになった反応に関係のある要因としては、騒音レベル以外にも次のような多くの要因がある。

(1) 個人的要因：個人のうるささの反応については、被験者の年齢（同じ年齢でも聴力の差はある）、性別、教育の程度、職業、収入、居住年数、居住する家屋の構造、音源との関係、音源に対する態度、過去の経験、

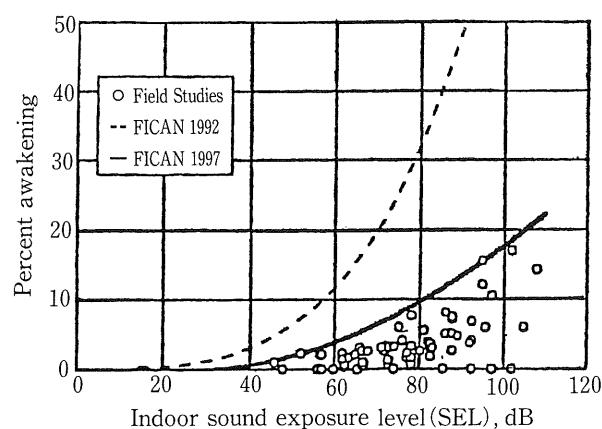


Fig. 6 Sound Exposure Level vs. Percent of Awakening (Field Study) (FICAN)

その地域の環境のほか、音に敏感かどうかという個人的要因に左右される。これらの要因の影響する程度を推定することは非常に困難で社会調査における変動の原因となっている。特に図-4のSchultzの結果からも分かるように、音に敏感な人は L_{Aeq} 55 dB 以下でもほぼ5%の人が highly annoyedとして苦情をいうことがあるので、このような人を選んで別途調査の必要があることも指摘されている。

(2) 慣れ：普段生活している自宅では実験室における調査に比べて、反応が極端に違うことは慣れの現象を示しているとも思われる。例えば自宅で睡眠中に外部から聞こえる騒音について、救急車や普段聞きなれない音には目を覚ますが、屋外を通過する車の音で目ざめることが少ないので、自己防衛のための学習による慣れと見ることもできる。Fidellは米国の空港で1989～1995年の間に年間の騒音暴露レベルが3.5 dB 減少している地域について社会調査(1,236人)を実施したが、騒音が緩和されたことを認識している結果にはならなかった³⁰⁾。しかし大阪伊丹空港においては、関西新空港の開港によって国際便が新空港に移転したため周辺の騒音が

平均5 dB 軽減した。これについて筆者等は、同空港周辺地域において航空機騒音に対する反応調査を郵送によって実施した結果(有効回答数240, 39%)、多くの回答者はうるさきの減少を認めていることが判明した³¹⁾。これは短期間における急激な変化(図-7)については明瞭に認識されることを示している。しかしこの空港は過去20年間に同図に示すように、ジェット機の機数制限(一日200機)と新型機の導入によって騒音が10～15 dB 軽減していて、これが反応に如何に関係しているかも調査の目的であった。地域の変化等もあって直接の比較は難しいが、25年前、1970～1973年に実施した社会調査³²⁾と比較することにした。前回の調査で観測されたWECPNLと現在同じ暴露レベルが観測された二つの地域について近隣の静けさについて比較したが、反応には変わりはなく騒音の軽減が反応の緩和に寄与していると推測された。しかし、うるさきについては、騒音暴露が同じ他空港の地域に比べて伊丹空港周辺では反応が幾分大きくなっていることは、これまでの経験や記憶が反映されているものと推測される。以上のことから静けさとうるさきについての反応の相違とともに

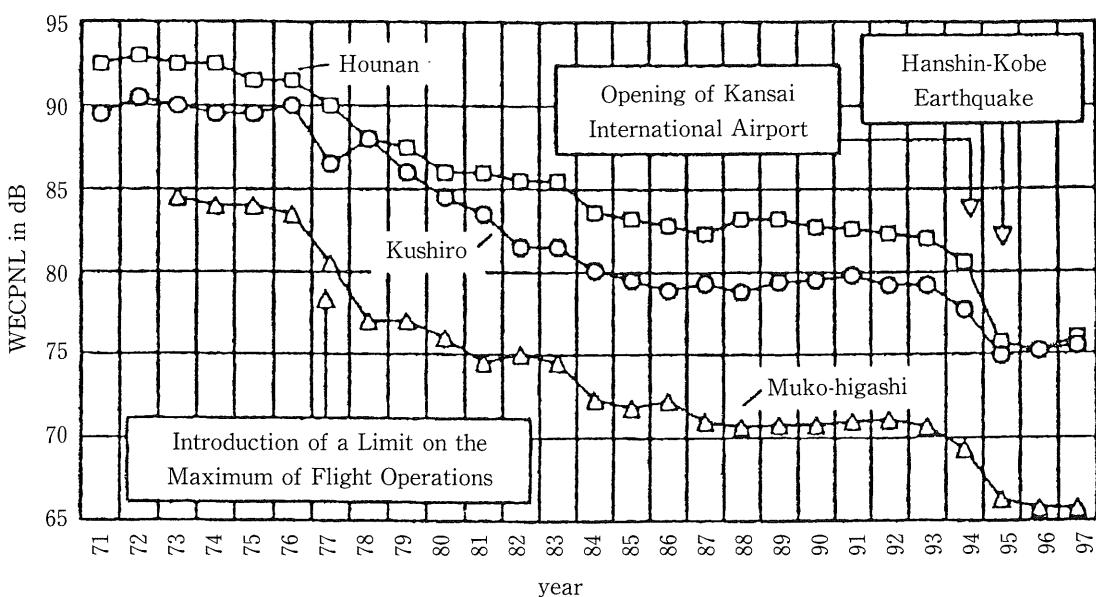


Fig. 7 Change of Noise Exposure Levels around Itami Airport

に、騒音暴露レベルの変化に対する認識(Noticeability)と慣れ(habituation)順応(adaptation)という心理的判断の検討が必要であることも判明した。

(3) 音源の種類による反応の相違：Schultzは航空機、鉄道、道路交通騒音に対する社会調査について、これらを音源によって区別することなく平均的なSynthesis曲線を提示したが、その後得られた航空機173、道路170、鉄道53の社会調査のデータを音源別に比較した結果によれば、図-8のように交通機関によって65dB以下では余り差はない、70dB以上で5~10dBの相違がある結果になっている²²⁾。航空機は道路交通に比べて約10dB反応がきびしいことを指摘している報告もあるが、図-8によると反応の違いは騒音レベルによって異なっており、その差が10dB以上になるのは80dB以上で、この結果から差がXdbと結論することは難しい。また航空機騒音に対してうるさきの反応が大きいのは、地上の音源と異なって家屋全体の遮音が関係するとされているが、一方飛行コースに近く騒音レベルが大きいときは、事故や落下物等に対する恐怖から特に反応が大きいことがあり、騒音以外の要因による典型的な例である。

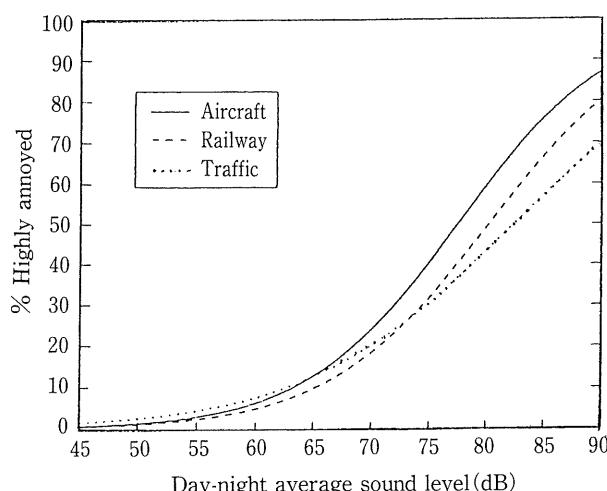


Fig. 8 Comparison of Noise Response to different Noise Sources. (Gierke et al.)

(4) 行政の騒音源に対する対応：各種の騒音源に対する行政の対応が、その地域における住民の反応に影響があると考えられている。従って環境行政の当局者はその地域における騒音の状況とともに、行政として進めている騒音対策の効果についても社会調査等によって反応の変化を確認してその情報を適宜公開することは、地域住民の環境に対する理解を深めることにもなり、都市開発の有効な方策であるので積極的に進めていく必要がある。

4.5 数量化理論による要因分析

近藤等は軍用基地周辺における航空機騒音の影響として、機種、離着陸時の最大騒音レベル、騒音の継続時間等の物理的要因について³³⁾、また西宮はこれらの物理要因のほか、個人の年齢、職業、居住年数、家屋の構造、地域の環境等騒音以外の要因についても林の量化理論³⁴⁾を用いた相関分析を行い、それぞれの要因によるうるさきへの寄与度が数值として求められるとしている³⁵⁾。反応への寄与度として騒音レベルの影響は最も大きいが、他の要因も関係していることを示している。このような要因による寄与度は、対象とする音源、地域、時期等にも関係するので、詳細な解析を行って統計的に各種要因の寄与度を求めれば、社会調査における不確実性の解明にも役立つものと思われる。

注：NHKの西宮氏が航空機騒音に関与されたのは、空港周辺地域において、騒音によってラジオ、テレビの聴取に妨害があるため受信料の減免を実施していたので、NHKが航空機騒音対策に積極的に取り組んでいたからである。要因分析にはNHK放送文化研究所が放送番組の解析に用いていたプログラムが使用された。また、西宮氏はNHKの大型計算機によって、要因分析をはじめ大阪空港周辺の騒音センター等を日本で最初に作成³⁶⁾するとともに、東京羽田、仙台空港及び浜松基地等についても独自に社会調査を実

施している。

5. 航空機騒音にたいする評価方法

5.1 PN dB か dBA か

航空機騒音の評価尺度を PNdB にするか、通常の騒音計で測定できる dBA にするかは、ISOにおいて当初からの問題であった。しかし、航空機騒音の苦情が主としてジェット機が就航して発生したことと、またジェット機の騒音は騒音計の指示が感覚に合わないことから、周波数分析等測定の煩雑さにも係わらず PNdB が採用されてきた。航空機製造メーカーはこの尺度によって特異音、継続時間補正を含めて騒音対策を進め、この尺度を騒音証明に使用することになった。しかし、空港周辺における測定において EPNL, (W)ECPNL を算出するにあたっては、通常の騒音計による結果に 13~15 dB の補正をする簡便法が用いられてきた。またジェット機以外のプロペラ機やヘリコプターの騒音証明には dBA 尺度を使用することになっている。その後空港周辺の騒音指標として PNdB に基づく NEF を使っていった米国も、FICON (各省庁連絡騒音委員会)において、航空機騒音についても道路、鉄道等の環境騒音指標として使用されている L_{dn} を用いることに変更し³⁷⁾、英国も長らく使用してきた PNL に基く NNI を L_{Aeq} に変更することにした。このように最近は国際的にも環境騒音の指標として、航空機騒音も含めて統一して L_{Aeq} を使用する傾向にある。これはジェット騒音がファンエンジンの開発とエンジン内部の吸音処理によって金属的な高音成分が減少し、複雑な PNdB を使用する必要がなくなったことによるものと考えられる。ただ航空機製造メーカーは厳格な騒音証明を取り組んできたこともあり、測定方法の一貫性から現在も PNdB を使って開発を進めている。

5.2 特異音補正

騒音証明に用いる測定方法として特異音補

正がある。これは 1/3 オクターブ分析した結果からスペクトル中の特異音を抽出するもので、一定の信号処理を要し通常の測定には非常に複雑である。また最近のジェット機の騒音は以前に比べて特異音の成分が減少しているので、空港周辺における測定において特異音補正を計算することは少ない。

5.3 時間帯補正

一般の環境騒音を評価する際、一日 24 時間で平均した等価騒音レベルを用いるか、日中に比べて夕方や夜間の基準を厳しくする場合、あるいは米国のように夜間の騒音レベルに 10 dB 加算した等価騒音レベルを单一の指標 L_{den} とすることがある。日本においては航空機騒音以外の場合、朝、日中、夕方、夜間と分けてるので、航空機騒音の環境基準においても、ICAO の勧告にある日中、夕方、夜間の 3 時間帯を採用することにした。日本の WECPNL では、A 特性音圧レベルの最大値に夜間 +10 dB、夕方 +5 dB の補正(実際には機数で調整)を加え、PNdB に変換するために定数 13 を加えた近似的な等価 PN レベルを採用しているので、WECPNL から定数 13 を引くと夕方の時間帯にも補正を加えた等価騒音レベル L_{den} になる。なお、夜間の補正を 10 dB とすることについて、夜は住宅地において平均 10 dB 音が小さくなるので、睡眠への影響も考慮して 10 dB 加算することが通例になっている。最近欧州においても L_{den} を採用し、夕方の時間帯は通常 19:00~22:00 であるがこれを 19:00~23:00 とし、夜間を 23:00~07:00 に設定した。しかし国毎の生活パターンの違いによって変更も可能であるとしている³⁸⁾。

5.4 間欠音の回数評価

間欠音の発生回数がうるささの反応に及ぼす影響が検討されたのは、1961 年英國が Fanborough における航空ショー及び Heathrow 空港周辺地域で社会調査を行い、PN dB と飛行回数に対するうるささの反応

を調査して、空港周辺地域の騒音評価指標として NNI を決定してからであろう¹⁵⁾。

$$NNI = PNL + 15 \log_{10} N - 80$$

この式は飛行回数 N の常用対数の係数を 15 とし、1 機が飛行したときの最大レベルが 80 PNdB (67 dBA) のときに NNI=0 となるように設定してある。Wilson Report の続編³⁹⁾では、再度 Heathrow 空港周辺半径 10~15 マイルの地域において、飛行回数に関係した係数 15 の是非について社会調査を行い、測定時期や運航状態によって係数が 4 から 24 まで変化することを報告している。その後間欠音を等価騒音レベルで評価することの妥当性について多くの研究者によって検討されている。Sweden の Rylander は、航空機騒音については運航回数 50 までは回数による反応の増加は認められるが、それ以上では回数ではなく主として $L_{A\max}$ によって反応が決まるとしている⁴⁰⁾。しかし、筆者がこの論文の資料を用いて再解析したところ、航空機の運航回数が 50 以上の場合の回数効果は、ほぼ $10 \log_{10} N$ の関係になり、回数 100 以上では等価騒音レベルとさらに良い相関を示すことが判明した。一方 Fields 等は、今まで実施された航空機と鉄道騒音に関する多くの社会調査の資料から、間欠音の回数効果について再検討を行った結果、 $k \log_{10} N$ の係数 k としては、Heathrow 空港の特定の時期における最大 $k=23.8$ から Denver 空港における -3.7 まであり、平均 5 以下で調査対象や観測時期によって係数は大きく変動している。しかし、間欠音の評価として $k=10$ より大きい例は少なく、音のエネルギー則に基づいた等価騒音レベル $k=10$ が妥当であるとしている⁴¹⁾。日本においても騒音評価には、連続音のみならず間欠音についても等価騒音レベルが優れていることを、難波等は実験によって確認している⁴²⁾。

5.5 継続時間補正

単独の航空機が飛翔した時の評価指標、

EPNL としては、騒音が 10 秒継続したとして規準化し、その大きさによって騒音のエネルギーレベルを表示することになっている。しかし、航空機以外の間欠音については、1 秒で規準化してこれを騒音暴露レベル L_{AE} としているので、空港周辺における測定に際しても、個々の航空機の発生する騒音のエネルギーを積分して、1 秒で規準化した騒音暴露レベル L_{AE} とすれば、特に継続時間補正の必要はない。

5.6 航空機による低周波騒音

大型機が離陸する時、空気の擾乱によって低周波空気振動が発生し、直下の建物の振動で屋根瓦が剥離したり落下することがある⁴³⁾。また、Fidell によると離陸滑走や離陸直後には側方に伝搬する騒音が地面の吸収等によって高周波成分が減衰するので、騒音として問題がない地域においても低周波空気振動によって建具をガタつかせることがある⁴⁴⁾。またエンジンの試運転に際して消音器等を使用した時にも低周波空気振動が観測されている。

5.7 野生動物、家畜に対する航空機騒音の影響

騒音は野生動物にも影響のあることが米国 EPA の報告にあるが、航空機騒音による影響としては、前に述べたソニックブームのミンクへの影響のほか、漁業や乳牛、鶏の産卵に対する影響が検討されている。漁業については音が空中から水面に入射する際に殆んど水面において反射し、音の入射角が 14 度以上では全反射するので航空機騒音の影響は余りないと考えられ、むしろ船舶の航行音の影響の方が大きいという結果が報告されている。乳牛の搾乳や鶏の産卵への影響についての調査もあり、米国における結果も参照されているが、生産性の低下は 5% 以下である^{45,46)}。

5.8 軍用基地周辺地域における騒音暴露の評価

軍用基地周辺における航空機による騒音暴露は、民間空港と違ってスケジュールが一定していないため、測定期間の設定はかなり困難である。このような場合の調査方法として、離着陸する滑走路の近くに設置されたモニターポイントにおける最低2週間の平均観測値を参照して任意の点における騒音暴露を推定する方法が提案されている⁴⁷⁾。

6. 環境騒音の軽減政策 (Policy Making)

6.1 諸外国における環境騒音政策

(1) WHO の提案：WHO（世界保健機構）は早くから騒音が人間に及ぼす影響について報告を出版しているが、最近その改訂版を公表した。それによると日常生活で望ましいと考えられる室外騒音レベルは、 L_{Aeq} 50～55 dB、室内で窓を開けて 45 dB、さらに夜間睡眠に支障のない騒音レベルを以前は L_{Aeq} 35 dB としていたが最近 L_{Aeq} 30～35 dB、 L_{max} 45 dB と変更した²⁹⁾。

(2) 米国の騒音政策：米国は 1972 年、Noise Control Act を制定し、EPA は望ましいと考えられる騒音レベルについて、所謂 Level Document を発行した⁴⁸⁾。これには日常生活に支障が無く、望ましいと考えられる騒音レベルとして、屋外で L_{dn} 55 dB、室内 45 dB、また聴覚に支障のない L_{Aeq} として、最も影響を受け易い 4 kHz における聴力損失が 40 年間で 5% 以下という騒音職場のデータを基礎に、その限度として L_{Aeq} 70 dB を勧告している。但しこれらの勧告は技術的、経済的な考慮を加えていないので、目標とする指針値で、基準値や規制値ではないとしている。

一方、政策的には前述の省庁間の連絡委員会 FICON、1993 年からは引き続いて FICAN を設けて、環境騒音特に航空機騒音に重点をおいて政策の審議を行ってい

る^{28,37)}。ここでは、航空機騒音と道路、鉄道騒音も含めて同じ騒音指標にすることを決定したほか、空港周辺の騒音については、Schultz の社会調査及び騒音に関する会話その他の影響も考慮した上で、 L_{dn} 65 dB 以上の地域については、住宅防音等の対策が必要であるとしている。またそれ以下の地域については、測定結果に変動があって予測が困難なことと、この騒音レベルの範囲についてはその影響が明確でないことを理由にして、一応監視はするが騒音対策の対象とはしていない。さらに最近になって特に問題の多い夜間における睡眠影響については、前述のように実験室実験ではなく実際の住宅内における騒音に対する目覚めの資料に基く必要のあることを提案している。

(3) EU (欧州) における騒音政策：欧州においては、EU の統合に伴い騒音問題も一国内ばかりではなく域内全体の問題として取り組む必要が生じている。EU 委員会は交通騒音に対する方策として、Green Paper^{49,49')} を発行して EU 諸国共通の政策立案を行っているが、その基本は WHO の望ましい指針値、 L_{Aeq} 、55 dB を環境の目標値とし、静穏を要する地域及び新設の交通機関とその周辺地域の住宅の開発についてはこの指針値を適用することとし、騒音レベルがこれを越え L_{Aeq} 、55 dB～65 dB の既存の地域については現状を悪化させないこと、 L_{Aeq} 65 dB 以上の地域は早急に解消するか、それが不可能な場合には防音工事等によって日常生活の保全を図ることを環境政策の基本としている。また、既設の交通機関の周辺地域については、技術、経済的に達成が可能で、費用効果を考慮した基準を設定して対策を講ずる必要があることを勧告している。またこれらの対策を推進するためには経済的な Incentive (奨励策) と Noise Charge 例えば低公害車に対する税の免除、空港着陸料の新設(例えば低騒音機の購入にあてる)などの試

案を示している。さらに環境の状況や対策の効果については、その内容を公開すること、また騒音に関する知識の普及を図ることが環境政策として必要であることをあげている。

最近英国の NPL は、環境庁から健康影響に基づいた騒音基準の設定は可能かどうかの検討を委託されている^{50,50'}。これによると、騒音評価における不確実性に鑑み、騒音に関する環境問題は水質、大気等の化学物質による汚染と違って、個人の心理的な影響も含めることにすると、騒音以外の汚染で設定しているような健康に影響のある域値の設定は極めて困難であること、また騒音以外の公害については、通常個人がそれによる影響の程度を判定することは困難であるが、騒音は聴覚によって自分で判断してコントロールできる場合も多く、他の公害に比べて深刻な健康被害が発生したという例は比較的に少ない。また対策のために WHO が提案している理想的な指針値を設定しても、経済的、技術的に実現が困難で、これを達成しようとすると騒音の被害から救済する効果よりも、基準達成のために他の分野に及ぼす影響が大きいことも挙げている。従って個人によって判断が分かれる、“うるさき”という漠然とした反応ではなく、直接健康に及ぼす影響について詳細な調査を行い、分かりやすい基準を設定する必要のあることを述べているが、一方、このような基準の設定には今後時間がかかると思われる所以、差し当たり WHO の指針を採用するとしても、他分野への影響について充分留意する必要があると述べている。

また、ドイツの D. Gottlob は、航空機騒音に関する各国における規制の状況について、使用されている騒音指標と規制の限度値及びそれを L_{Aeq} に換算して比較している⁵¹⁾。

6.2 日本における環境騒音政策

(1) 環境政策の経過：戦後間もなく施行された、東京、大阪はじめ各都市における騒音条例は、交通を除く工場や日常生活によっ

て発生する騒音に対する地方レベルの行政措置であった。1965 年、朝鮮における動乱に際して、立川、板付等の米軍基地周辺における航空機騒音に対して、政府は学校、病院の防音工事を実施することにした。この場合は騒音測定に関する JIS に準拠して、発生する最大騒音レベル (dBc) と騒音の発生頻度によって工事の等級が定められていた⁵²⁾。

ついで戦後の復興に伴い、各種の公害が発生したことを見て、1967 年公害基本法が施行され、厚生省において騒音に係る環境基準の審議が開始された。この委員会は 1971 年、一般環境と道路交通騒音について環境基準を答申した。この年は米国においても Noise Control Act を制定した時で、一方国際騒音制御工学会が設立された年でもある。また ISO は環境騒音のうるさきに関する R 1996 を発行していたので⁵³⁾、日本においても ISO で提案している地域補正を加えて一般及び道路交通騒音の基準が設定された。航空機と新幹線騒音については、諸外国における資料も少なく、当初基準の設定は困難であると考えられたが、周辺からの苦情が激しかったことから取りあえず暫定的な対策として、基準設定に先立って騒音暴露の大きい地域に対する緊急措置を講ずることになった。

(2) 航空機騒音に係る環境基準：航空機騒音については、ジェット機の導入によって、伊丹、羽田等の主要空港周辺において多くの苦情が発生していたことから、まず緊急対策が検討され、間欠音としての航空機騒音の指標について、道路交通騒音の基準設定に平行して審議が進められた。それまで航空機騒音については、JIS の規定によって最大騒音レベルと飛行回数を求めるこにしていたが、これは評価量として好ましくないので、NNI のような単一の指標にすることになった。伊丹空港周辺の社会調査で NNI を用いていたこともあって、NNI がよいとする意見もあったが、回数に対する評価は、前述の

ように飛行形態や測定時期によって大きく変動することが報告されていたことと、ICAO の特別会議で(W)ECPNL が提案され、国際的にこの指標に統一することを推奨していたことを受けて、航空機騒音の評価指標としてWECPNL を採用することになった。しかし、空港周辺地域における測定方法としてICAO 方式は複雑過ぎるので、指示騒音計で測定できる方法として、dBA に定数13 を加えてPN dB を求めること、周波数分析が必要な特異音補正を省略し継続時間補正も一定の10 dB とすることになった。継続時間を一定にした理由は、空港に近く飛行高度が低い着陸時には、継続時間が短く通常負の補正になるが、騒音レベルが大きく障害が予想されるのでこの補正を省略し、かつ着陸の際のPNdB への変換もICAO の提案する15 dB ではなく一律に13 dB としてこの地域を救済できるように考慮した。反面離陸の際には空港から離れた地点において継続時間は長くなるが、その補正は1~2 dB の増加に過ぎないことが測定結果から判明していたので、簡単のためにこの補正も省略することになった。時間帯補正については、日中、夕方、夜の3 時間帯とし、その補正方法としてエネルギーで等価になるように機数を増加することによって計算を簡便化することにした。ついでこの方法を適用して、緊急対策を実施することになり、取りあえずWECPNL 85 以上の地域に、音源及び伝播対策のほか防音工事も含めた対策を講ずることにした。引き続いて空港の周辺地域における社会調査を行い、これらの資料と諸外国における航空機騒音に対する対策の文献を参考にして基準の審議が行われた。ここでの問題点は、基準値をいかに設定するかであったが、英国がNNI 55 以上の地域に防音工事を実施することについていたので、これに準じてWECPNL 85 を緊急対策として採用し、NNI 40 を環境基準値とすることになった。例えば、 L_{Amax} 70 で、

N=300 の場合、NNI=40.5 となりこれはほぼWECPNL 68, L_{den} 55 dB になり、米国EPA の指針値にもほぼ同等になる。次に検討されたのは、この基準達成のための対策で、低騒音機の導入、騒音を軽減する運航方法とともに、騒音と両立できる施設による有効な土地利用である。この土地利用はICAO でも推奨していたが、私権が絡む問題なので法的な対応が必要であることが指摘されていた。また基準値とともに基準の達成期間を示すことになって、既成の空港についてはその規模によって5年または10年、新設に際しては開港後直ちに達成すべきことを明示することになった。

(3) 交通騒音に対する基準値の比較：1971年以降、わが国では一般環境のほか道路、航空、鉄道（新幹線）についてそれぞれ環境基準が制定された。一般環境については、生活環境として望ましいと考えられる基準であるが、交通機関についてはそれとの制定手順にやや相違がみられる。道路交通騒音については一般環境における基準に道路の特殊性を考慮した補正が上乗せされて設定されたが、航空機、新幹線騒音については、これらの交通機関周辺における社会調査等に基いて基準が設定されている⁵⁴⁾。しかし、それぞれの交通機関に対する測定方法の違いもあって、音源相互の基準値の関係が必ずしも明白になっていない。特に社会調査における反応は、調査の時期や方法、対象とする地域によって反応の結果に違いがあって、音源毎の基準値の整合性については基準設定時の検討課題であった。当時、基準値を等価騒音レベルに換算して比較することも行われたが、基準値は5の整数倍が好ましいとの意見もあって、多少の不整合は止むを得ないとされていた。1983年、ISO 1996 に等価騒音レベル $L_{Aeq,T}$ が環境騒音共通の評価指標として規定され、JIS Z 8731 にも取り入れられることになった。これを受けて1999年道路交通騒音

については L_{50} に代わって $L_{Aeq,T}$ を採用することになり、今後新幹線、航空機騒音についても共通の指標 $L_{Aeq,T}$ に変更する検討も始まっている。環境基準に用いられている現行の基準値（道路交通騒音は参考のために旧基準と改訂された新基準も併記）について、運行条件も考慮した評価指標を $L_{Aeq,T}$ に変換した結果が表-1 である⁵⁵⁾。

現行の環境基準値の $L_{Aeq,T}$ への変換については、航空機は第一種、第二種空港、新幹線については路線別に計算してある。（表-1）前述のように航空機については米国 EPA や WHO が提案している望ましい指針値に近い基準値であるが、新幹線については東海道、山陽が航空機より厳しい基準で、特に東海道、山陽新幹線以後に建設された路線は運行回数が少ないので、 L_{Aeq} で評価すると更に 5 dB 以上厳しくなっている。それぞれの基準値については、音源の性状によって測定方法が異なっているので、交通機関相互の比較は簡単ではなかったが、 L_{Aeq} に変換してみると基準が公布された時期によって設定レベルとして道路>航空機>新幹線の順に次第に厳しくなっている。日本における騒音に係る環境基準については、道路騒音の地域補正は別として、諸外国では目標としている指針値を基準値として別途達成期間を設定している。この達成期間については、新設の場合は完成時直ちに、既設の場合は達成が困難とみられる場合は 10 年、状況に応じて 5 年または 3 年となっている。しかし、現在基準が設定されてから 30 年以上経過しているので、達成期限も過ぎていることは勿論、基準が設定さ

れた後に建設された交通機関が多く、当然基準を満たしているはずであるが、現状は必ずしもそのようにはなっていない。通常基準には達成の方策が述べられているが、政府が技術開発を促進し、財政支援及び土地利用の活用によって強力に推進するとしているように、抽象的な提言で具体性がなく経済的な見とうしや責任の所在も明確にされていない。望ましい環境を実現するためには、EPA や WHO が提唱している指針値を目標にすることは必要であるが、現実的な騒音対策としては、そこに至るプロセスを明確にすること、その第一段階として、生理的にその影響が比較的明確な聴覚に対する影響の限度を越えた地域を解消すること、土地利用の法制化、次に望ましいとされている指針値をどの程度まで超過した騒音レベルを許容できるかの検討と共に、目標とする望ましい指針値を達成する方策について更に議論を詰める必要があると考えられる。

7. 航空機騒音政策に対する提言

1. 航空機騒音評価方法の改訂
 $WECPNL \rightarrow L_{den}$
2. 基準値の変更、各国の基準との整合
3. 既存の空港周辺における騒音暴露の実態調査（暴露人口）
4. $L_{den} 65 \text{ dB}$ (WECPNL 68 dB) 以上の地域の解消 5 年を目途にその達成方法の検討
5. 基準値達成にいたる方策の設定 (step by step の低減)

表-1 環境基準値の比較 ($L_{Aeq,24}$ に換算：道路交通騒音は旧基準と新基準)

基準値 音源	環境基準値 (居住地)	$L_{Aeq,24}$ に換算 (全日)	新基準 $L_{Aeq,24}$
道路交通騒音	L_{50} 55~65 dB	58.9~68.9 dB	60~70 dB
航空機騒音	WECPNL 70 dB	55 ~56.5 dB	?
新幹線騒音	L_{Amax} 70 dB	45.9~51.5 dB	?

文 献

- 1) K. D. Kryter: The effects of noise on man. Academic Press. INC. Second Edition (1985)
- 2) M. J. Lighthill: On sound generated aerodynamically. (a) General theory (b) Turbulence as a source of sound. Proc. Royal Society. 211 A 564-589 (1952) 222 A 1-52- (1954)
- 3) Report of the 6th meeting of ISO/TC 43 Helsinki (1961)
- 4) ISO/TC 43: Notes of the opening Plenary Session (Baden Baden (1962))
- 5) ISO R 507: Procedure describing aircraft noise around an airport. (1965)
- 6) London 会議報告 寺井久美, 森 浩 (1962)
- 7) ICAO 航空機騒音特別会議報告書 寺井久美, (1969)
- 8) Result of ICAO CAEP/5 (2001)
- 9) ソニックブーム委員会 ICAO (1972)
- 10) 河村竜馬: ソニックブーム 音響学会誌 31(1) 37-43 (1975)
- 11) 五十嵐: ソニックブームの影響 音響学会誌 29(12) 734-737 (1973)
- 12) Alan Marsh: Private Communication
- 13) Sonic boom symposium. J. Acoust. Soc. Am. 111, No. 1, Part. 2 of 2, 479-641 (2002)
- 14) 伊丹空港騒音調査 大阪市騒音委員会 (1953)
- 15) 大阪国際空港周辺の航空機騒音調査報告書: 第2報: 航空機騒音の影響 関西都市騒音委員会 (1965)
- 16) 大阪国際空港周辺における生活環境調査報告: 航空公害防止協会 第1報 (1970) 第2報 (1971) 第3報 (1973)
- 17) 西宮 元: 騒音による社会調査手法について 音響学会誌 31(1) 37-43 (1975)
- 18) Wilson Report (1): Noise (1963) Her Majesty's Office, London
- 19) T. J. Schultz: Synthesis of social surveys on noise annoyance. J. Acoust. Soc. Am. 64 377-405 (1978)
- 20) S. Fidell, D. S. Barber and T. J. Schultz: Updating a dosage-effect relationship for the prevalence of annoyance due to general transportation noise. J. Acoust. Soc. Am. 89(1) 221-233 (1991)
- 21) J. M. Fields: A review of an updated synthesis of noise/annoyance relationship. NASA Contract report 194950 (1994)
- 22) T. Yano et al.: Construction of standard noise annoyance scale in Japan Westprac 2000 943-946 (2000)
- 23) S. Fidell: Relation between judgements of neighbourhood noisiness and prevalence of noise-induced annoyance. ASA Meeting, 5 aNS, May (1996)
- 24) FAA Report: Aviation noise effects. (Sleep interference) FAA Report No. FAA-EE-85-2 (1985)
- 25) H. von Gierke et al: Effect of noise on people Noise/News International 1(2) p. 75
- 26) K. S. Pearson: Predicting noise induced sleep disturbance. J. Acoust. Soc. Am. 97(1) 331-338 (1994)
- 27) J. B. Ollerhead et al: UK Report of Field study: Aircraft and sleep disturbance. The Department of Transportation of England. (1992)
- 28) The report of FICAN (Federal Inter-Agency Committee on Aircraft Noise) (1994)
- 29) B. Berglund and T. Lindvall: Community noise. Draft prepared for WHO (1995)
- 30) S. Fidell: Noticeability of a decrease in aircraft noise. Noise Control Eng. J. 46(2) 46-56 (1998)
- 31) 山田一郎, 加来治郎: 航空機騒音の暴露状況の変化に伴う住民反応の変化 音響学会誌 55(7) 474-485 (1999)
- 32) 大阪国際空港周辺に於ける生活環境調査報告書 (その1~3) 航空公害防止協会 (1970~1973)
- 33) 近藤ほか: 数量化理論による航空機騒音の解析 音響学会誌 28(10) 539-546 (1972)
- 34) 林知己夫: 情報処理と統計数理学 産業図書 (1970)
- 35) 西宮 元: 騒音・振動による社会反応とその特徴について 音響学会誌 32(3) 147-155 (1976)
- 36) J. Igarashi & G. Nishinomiya: Determination of noise exposure around an airport ISAS Report No. 476 (1972)
- 37) FICON (Federal Inter-Agency Committee on Noise) Report (1992)
- 38) T. Wolde: The EC Policy of environmental noise. Inter-Noise 2000 Proc. p. 1880
- 39) Wilson Report (2): Noise (1967) Her Majesty's Office, London
- 40) R. Rylander et al: Aircraft noise annoyance contours: Importance of over-flight frequency and noise level. J. Sound Vib. 69(4) 583-695 (1980)
- 41) J. M. Fields: The effect of number of noise events on people's reaction to noise: An analysis of existing survey data. J. Acoust. Soc. Am. 75(2) 447-467 (1984)
- 42) 灘波精一郎 種々の変動騒音の評価法としての L_{eq} の妥当性並びにその適用範囲の検討 音響学会誌 38(12) 774-785 (1982)
- 43) 航空機の発生する空気振動が建物に及ぼす影響に関する調査報告書 航空振興財團 (1969)
- 44) S. Fidell: Field study of the annoyance of low frequency runway sideline noise. J. Acoust. Soc. Am. 106(3) 1408-1415 (1999)
- 45) 橋本富寿: 航空機騒音の漁業への影響 関西国際

- 航空資料 兵庫県企画部 (1967)
- 46) 岡本正幹: 航空機騒音の家畜への影響 関西国際
航空資料 兵庫県企画部 (1966)
- 47) J. Igarashi & I. Yamada: Aircraft noise
monitoring by short term measurement. Acoust.
Soc. Japan (E), 10(4) 197-204 (1989)
- 48) US EPA (Level Document) : Information on
levels of environmental noise requisite to protect
public health and welfare with an adequate margin
of safety. EPA 550/9-74-0004 (1974)
- 49) European Committee, Green Paper: Future
noise policy. Noise/News International 5(2) 77-98
(1997)
- 49') (要約) 五十嵐寿一: EU諸国に於ける騒音の状況
と対策の将来計画 騒音制御 22(6) 310-316 (1998)
- 50) N. D. Porter, B. F. Berry and H. Frindell:
Health effect-based noise assessment method: A
review and feasibility study. NPL Report CMA 16
(1998)
- 50') (要約) 五十嵐寿一: 健康影響に基づいた騒音評価
の方法 小林理研ニュース No. 65 9-16 (1997)
- 51) D. Gottlob: Regulation for community noise.
Noise/News International 3(4) 223-233 (1995)
- 52) 五十嵐寿一: 基地の騒音対策 音響材料 4 p. 15
(1955)
- 53) ISO R 1996: Assessment of noise with respect to
Annoyance. (1970)
- 54) 環境六法 環境法令研究会編 (2001)
- 55) 加来治郎: L_{Aeq} による各種環境基準値の比較
騒音・振動研究会資料 (2000-02)

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。

焦点

地球温暖化の健康インパクト評価を考える*

兜 真 徳**

1. はじめに

昨年の IPCC 第三次評価報告によれば、これから 100 年の間に地球上の平均気温が最高で 5.8 度も上昇すると予想されている。これはいくつもの対策シナリオに基づくシミュレーションの結果で、現時点では温暖化ガスを削減してもしなくとも気温は数十年後には上昇し始めるとされており、生態系や健康へのインパクトやリスク（ここでは同意語として扱う）についての評価や適応策を考えるべき段階にシフトしてきた。ここでは、予想される地球温暖化の健康インパクト評価のために必要となる研究の枠組みについて、最近の Kasperson & Kasperson (2001) らの「地球環境リスク (Global Environmental Risk)」の概念や評価法試案を基本とし、また、筆者のこれまでのストレス研究、疫学研究あるいは最近の中国を中心とする環境汚染等の健康リスク研究などで得られた知見も加えて考えておくことにしたい。なお、これは今後、各国参加型の研究として進めたいと考えているアジア地域における地球環境リスクの地域横断的かつ統合的な評価モデル構築のための基礎作業の一部であり、大胆な仮説をも含むとりあえずの試案であることをお断り

しておかねばならない。

2. 暑熱ストレスと“冷房病”

気温が大幅に上昇することによってとくに人間にはどのようなストレス状態やリスクが発生してくるのであろうか？ これは人間に生存や疾病のリスクをもたらさない範囲の温度範囲、至適温度環境、とはどの程度かという質問でもある。すでに人類が居住している温度環境の範囲が物語るように、人間は文化的に適応している部分が大きいことは明らかであろう。生物学的には 36~37°C の体温を超える高温下では発汗による体熱の放射が必要となりそれ自体ストレスとなりうる。平均気温が最高 5.8°C も上昇する状況下では熱波なども増加し、地球上の中緯度より赤道の地域ではこうした高温ストレスが必然的に増大することは容易に予想される。この地域では今後も途上国の人口が増加し、地球上の人口の大半が居住する地域もあり、ストレス人口も必然的に増加するであろう。

ところで、これまでの温熱生理学によれば、生体の熱代謝にとって湿度、輻射熱あるいは気流の影響も大きいことが示されている。例えば、気温は 30°C でも輻射熱を含む黒球温度は 60°C となっている職場環境では、軽度作業条件下でも発汗が 4 リットルにもなり血液濃縮による循環器系への負担が極端に大きくなることが知られている。これまでの熱波のリスク評価には輻射熱は考慮されていないが、例えば、冷房が効いて気温が一定に

* A Consideration of Health Impact Assessment for Global Warming, by Michinori Kabuto (Acting Director for Health Researches, National Institute for Environmental Studies)

** 独立行政法人国立環境研究所 首席研究官

保たれている室内であっても窓ガラスを透過する輻射熱のために体温が上昇し死亡リスクが上昇する可能性も否定しえない。さらに気温、湿度、輻射熱あるいは気流の極端な条件下では熱中症が発生することになる。なお、熱中症とは、暑熱環境下にさらされる、あるいは運動などによって体の中でたくさんの熱を作るように条件にあった者が発症し、体温を維持するための生理的な反応より生じた失調状態から、全身の臓器の機能不全に至るまでの、連続的な病態である。熱波により主に高齢者に起こるもの、幼児が高温環境で起こるもの、暑熱環境での労働で起こるもの、スポーツ活動中に起こるものなどがあり、医学的には熱痙攣 (heat cramps), 热疲労 (heat exhaustion) および熱射病 (heat stroke) が区別される。いずれにしても、温暖化が進行すれば発汗による水や塩分の不足による循環器系へのストレスが増大し、熱中症や高齢者の死亡などが増加すると予想される。

高温による熱中症などの極端なインパクトは空調利用によってある程度回避できるとしても、こうした人工環境によって“冷房病”に代表されるマイルドなストレス状態が増加してくるであろう。このことは、すでに高温環境に適応してきている熱帯・亜熱帯地域の人々であっても例外ではない。ただし、冷房施設をもつてない貧困層や、先進国でも冷房施設が利用できない場合や病気のため極端に冷房に不適応な人がおり、熱中症はじめ暑熱ストレスへの配慮も必要であろう。

ところで、“冷房病”については、それがマイルドなストレス状態であることを示す動物実験モデルがある。SALTストレスモデルと呼ばれるもので、常温室と寒冷室を繰り返し移動させることによって副腎の肥大、副腎ホルモンの分泌、交感神経系緊張と血圧上昇、免疫系の低下、痛み閾値の低下などを伴う慢性的なストレス状態が作られるのであ

る。“冷房病”的本態については、こうした慢性モデルの知見を基本とした評価ができるのではないかと予想される。汗腺の数などの生物学的な温度適応能の異なる人口集団間では“冷房病”に対するストレス耐性も異なっていることが予想され、例えば、アジア全域について地域横断的な評価をする場合の共通の評価法を考える上で重要である。また、こうした評価法は将来の温暖化のシナリオに対応させたストレスの予測評価をするためにも必要となるであろう。

3. 暖熱ストレスの増加と疾病リスク

以上では暖熱環境によるストレスについて考えてみたが、さらに疑問が出てくる。つまり、一般的に慢性ストレスが続くと“心身症”と呼ばれる高血圧、心疾患、ストレス性潰瘍、免疫機能低下による感染症あるいは発がんなどのリスクが上昇することが示唆されている。また、“うつ病”なども精神ストレスの代表格である。温暖化によって“冷房病”や暑熱ストレスが増加するとして、その場合にもそれらの疾患リスクは上昇するのであろうか？ ストレスの中でも、例えば騒音ストレスの場合には、心理反応や情動反応が起こることによって生理反応が発生することから、生理反応はコーピングと呼ばれる心理的適応や回避行動によってすみやかに消失し、慢性的なストレス状態が発生することはまれであろう。一方、上述のような“冷房病”や暑熱ストレスは、外気温の変化に対して体温を一定に保とうとするための熱代謝系への過剰負担を介して発生するストレス群であり、心理適応や回避は困難なために慢性的なストレス状態が容易に発生することが予想される。

ところで、これまでのストレスと疾患リスクとの関係に関する研究では一般に、ストレスの定量的評価が困難なことから、例えば、ストレスに陥り易い性格行動特性と予想され

る疾患の発生率を比較する、あるいは、がんの罹患リスクが高いC型性格の人に心理療法による介入をした集団としなかった集団でがんリスクに差が出るかどうかを比較する研究などが行われてきた。また、職場の健康管理においてストレス関連性格や労働内容の違いによる循環器疾患リスクの違いを調べている研究もある。一方、地球温暖化によって“冷房病”や暑熱ストレスが増加するとして、関連疾患のリスクが上昇するかどうかについては、殆ど検討されていない。また、ストレス性疾病や非ストレス性疾患をとわず、病気をもった人の中には極端にストレス耐性が低下している場合のあることも予想されるが、系統的な研究に乏しい。

こうした“冷房病”や暑熱ストレスの疾病リスクを総合的に評価するためには、個人の温度曝露状態を調べ類型化し、それら異なる集団について疾病構造や死亡構造の違いを比較してみるのがとりあえずの方法であろうか。

4. 地域横断的かつ統合的評価モデルが必要

以上のように暑熱ストレスによる疾病リスクについて地域横断的に評価することを想定すると、地域によって環境リスク群が大きく異なるために疾病や死亡構造がすでに大きく異なっていることが問題となる。つまり、同じ高温環境条件下であっても、途上国の低栄養で免疫系の低下している集団と先進国の栄養のとれている集団では、暑熱ストレスも異なり、さらに疾病リスクも異なってくるであろう。

以上のような状況は、カーカ・スミスの言うリスク・オーバーラップ現象を考慮すると理解しやすいであろう。彼は、これまでの先進国が迎ったような健康転換や人口転換現象に着目し、先進国では経済開発が進むことによって生活水準や環境衛生・医療水準が向上することで「伝統型の健康リスク群」(伝染

病、感染症、寄生虫などのリスク)が減少し、代わって「現代型の健康リスク群」(公害などの人為的リスク:ただし、筆者はこれをさらに2分し、公害型をI類、地球環境リスクの類をII類に分けることを提案している)が増加していくことを「環境リスク転換」と名付けている。しかし、この転換モデルが現在の途上国には当てはまらない場合も多く観察されるようになってきた。つまり、改善されない「伝統型の健康リスク群」と増大する「現代型の健康リスク群」のオーバーラップによって極めて深刻な複合的な健康リスク状況が発生する現象が顕在化しているのである。例えば、未だ低栄養状態にある集団が増加する農薬などの汚染に暴露することによって免疫機能低下のリスクが増悪するような現象である。上述の地球温暖化のリスクについても同様、深刻な大気汚染によって発生した呼吸器疾患や心肺疾患の患者集団では“冷房病”や暑熱ストレスによるそれら疾患が悪化したり、同死亡リスクが大きく増幅されることも予想されるのである。

ここで参考までに、最近行った中国28都市の死因別死亡率と大気汚染との関連についての疫学研究の結果を紹介しておこう。これは、死亡データと大気汚染データが1991-98について利用可能な中国の28主要都市を対象とした相関分析であるが、まず、それらの都市間で二酸化硫黄(SO_2)の年平均レベルと慢性閉塞性肺疾患(COPD:慢性気管支炎、肺気腫あるいは喘息などの総称)などの呼吸器系疾患死亡や循環器疾患である心肺疾患による年間死亡率との間に有意な相関が認められた。これらの相関関係から、中国の大気 SO_2 の環境基準である $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ではリスクがゼロとした場合の年間過剰死亡リスクを計算してみると、呼吸器疾患死亡は127,000(標準誤差(SE):5,800)、循環器疾患死亡は205,000(SE:8,100)および肺がん死亡は44,000(SE:2,100)と推計され

る。これらは死亡リスクであるので、実際に激甚な大気汚染によるそれら疾患リスクが、世界銀行などが推定しているように相当大きなものであることは想像に難くない。

一方、米国や我が国だけでなく中国の上海などでも、夏季の日平均気温と高齢者の循環器疾患を主体とする死亡数とが有意に相關することが示されていることから、上記のように推定される大気汚染に起因する呼吸器系疾患や肺性心などの罹患者が“冷房病”や暑熱ストレスによる死亡の高リスク集団となっていることが予想される。なお、中国のうち寒冷な北部地方（暖房利用は長江以北の地域とされている）では冬季の大気汚染がひどく、同汚染によって発生する呼吸器系疾患では夏季の高温ストレスよりは冬季の極端な寒冷ストレスによるリスクが大きいであろう。このことは、中緯度に位置する上海でも温度一死亡曲線が「V字型」を示し、冬季にもリスクが上昇しているが、それより平均気温の高い亜熱帯地域では明確なトレンドが見られなくなることからも示唆される。ただし、亜熱帯地域や熱帯地域では暑熱ストレスが年間を通して循環器死亡のリスクを全体的に上昇させているかどうかについては、さらに確認が必要であろう。いずれにしても、地球温暖化の死亡リスク評価には、大気汚染が原因となっている高リスク集団の存在を考慮した高温化のストレス増加によるリスク上昇と当時に冬季温度の上昇によるリスク低下も同時に考慮する必要があろう。また、長期的には大気汚染対策が進むことによるリスク低下もあるので、いくつかのシナリオ別評価も必要となろう。

以上のように、地球温暖化によるリスクが既存の健康リスク群にオーバラップしてくる可能性は、こうした大気汚染の場合だけではないことは言うまでもない。途上国の健康リスクをみると、貧困と密接に関連する低栄養状態や医療水準の低さなど公衆衛生活動に直

結する多くの「伝統型の健康リスク群」山積している場合も多い。それらの地域で急速な工業化や都市化が進むと極端なリスクが発生し、新たなオーバーラップ現象が生じる。そしてそこに地球温暖化によるリスク群がオーバーラップされることになる。

5. おわりに

アジア地域を念頭において、地球温暖化による健康リスクの地域横断的かつ、今後の開発や現在の健康リスク構造をも考慮した統合モデルの概念や手法について考えてみたが、その具体像にどこまで迫れるのか、なお距離が遠いと言うのが実感である。Kasperson & Kasperson (2001) も指摘しているように、現在のシミュレーションモデルは linear-model であり、その限りにおいてこれまで発展してきたリスク分析の手法を適用できることが期待されるが、non-linear な現象として突発的に大きな変動が発生する可能性も否定しえない。また、マラリアなどが蔓延するリスク、食料生産を支えている生態系へのインパクトが先行して生活基盤が崩れるリスクあるいは自然災害のリスクの方が大きいかも知れない。McMichael が提唱している人間の生存・健康・生活を取り巻く生態系全体を視野に入れた統合モデルなどによる評価も必要であろう。さらには、とくに途上国の貧困層において暑熱ストレスが野外労働の生産性を制約するために農業生産性が変化し、健康に大きく影響する可能性もある。

いずれにしても、以上のようなリスク評価とその対策に向けて今後多くの研究がなお必要である状況に変わりはない。最初に挙げた IPCC 報告は、今後気候変動による個々の社会の脆弱性や適応能の評価が必要な段階に入ったことを示唆している。こうしたリスク評価には高度の科学的なリスク分析が必要となる一方、その対策にはそれぞれ特殊な社会経済文化的背景のもとに展開される個々の地域

での経済政策的な取り組み方についての研究も必要となる。なお、後者については地球環境研究分野における人間次元研究 (Human Dimension Program: HDP) の対象として強調されているところであるが、自然科学のような理論的展開が見られないことも事実であろう。したがって、こうした地球環境リスク評価の作業は、全ての地域による参加型の研究として進めることが最適のアプローチと考えられる。とは言え、地球環境リスクは、有害廃棄物や化学物質汚染などの越境型リスク問題が拡大してくる可能性（これも地球環境リスクの1側面である）もあり、いわゆる南北問題（人口増や貧富差の拡大など）を背景として、次第に危機的な大きなリスクへと姿を変えていく可能性を秘めていることも否定できない。とりあえずは、アジア諸国との関連研究者との連携をさらに強化していくことが重要ではないかと考えている。

謝 辞 本誌に発表する機会を与えて頂いた山田一郎センター長はじめ関係各位に心より感謝申し上げる。同センターには航空公害防止協会の時代に大変お世話になったこともあります、その時代を振り返りつつ懐かしい思いで本稿を書かせて頂いた。地球環境リスクのみならず、最近でも航空機騒音の健康影響評価や道路騒音の睡眠影響評価などにかかわつ

てるので、今後もいろいろと交流を深めて頂けることを期待しつつ筆を置くことにする。

文 献

- 1) 三浦豊彦ほか(編)現代労働衛生ハンドブック, (財)労働科学研究所, 1988.
- 2) 兜真徳, 小泉明: 地球規模の環境問題—地球環境保健学序説, てらべいあ社, 1995.
- 3) McMichal, AJ et al. (edt.) : Climate Change and Human Health, WHO/EHG/96-7.
- 4) Kabuto, M. and Honda, Y.: Awareness and Perception of Health Risks Associated with Regional and Global Environmental Issues among Community People in 5 Major Cities, China. Global Environmental Research 5(1) : 85-95, 2001.
- 5) Kasperson, JX and Kasperson, KE (edt.) : Global Environmental Risk, United Nations University Press, Tokyo, 2001.

著 者 略 歴

- 昭和 47 年 東京大学医学部卒（保健学）
 昭和 52 年 東京大学大学院医学系研究科終了（保健学博士）
 昭和 52 年 厚生省国立精神衛生研究所（精神薄弱部，老人部，生理部併任）
 昭和 54～56 年 米国 MIT 留学（神經内分泌制御）
 昭和 57 年 長崎大学医学部 助教授（公衆衛生）
 昭和 62 年 環境庁国立公害研究所環境保健部 室長（環境心理）
 平成 2 年 環境庁国立環境研究所 総合研究官（都市環境影響評価プロジェクト）
 平成 8 年 同研究所 上席研究官（環境リスク研究部門）
 平成 13 年 独立行政法人国立環境研究所 首席研究官

焦 点

ISO/TC159（人間工学）における メンタルワークロードの規格*

青 木 和 夫**

1. はじめに

適切な作業システムを設計することは、作業者の負担を軽減し、作業による健康障害や事故の発生を予防する上で重要である。ISO(国際標準化機構)/TC 159(人間工学)のSC 1(基本原理)では、1981年にISO 6385「作業システム設計のための人間工学の原則」を制定し、適切な作業システムを設計するための指針を示してきた。また、近年では、監視作業などの精神的な作業負荷が増大し、これに対処するための対策が必要となってきたため、ISO 6385の追加規格としてISO 10075「精神的作業負荷に関する人間工学の原則—一般用語及び定義」が1991年に制定され、さらにこれに続く規格としてISO 10075-2「精神的作業負荷に関する人間工学の原則—設計の原則」が1996年に制定された。現在、ISO 10075「精神的作業負荷に関する人間工学の原則—精神的作業負荷の測定と評価」が作成されており、第1回目の投票(CD投票)が行われている。

本稿では、このようなメンタルワークロードに関する国際規格の概念と定義を紹介し、規格の内容や今後の規格化の方向について論じることとする。

2. ISO/TC159の組織

メンタルワークロードの規格について述べる前に、ISO/TC 159の組織と活動について簡単に紹介させていただく。ISOの活動は多岐にわたり、かつ、規格の作られる手順も複雑であるので、若干の知識を持っていただいたほうが理解しやすいのではないかと考えられるからである。

ISOの活動目的は言うまでもなく国際規格の作成であるが、規格作成のためにTC(Technical Committee)と呼ばれる分野別の技術委員会があり、現在TC 1からTC 224までの委員会が作られている。しかし、実際に存在するのは186の委員会である。ちなみに、TC 1は「ねじ」であり、TC 224は「上下水道サービスの標準化」となっている。このTCの下にSC(Subcommittee)があり、さらにその下にWG(Working Group)が作られている。実際に規格を作るのは一番下のWGの仕事であり、SCは規格作成の調整や手続きに関する仕事を行っている。

また、ISOに加盟している国は143カ国であり、このメンバーもP(参加)メンバーとO(オブザーバ)メンバーに分かれている。TC 159には日本はPメンバーとして積極的な参加と活動を行ってきている。Pメンバーには投票権があり、各段階の投票(NWI投票、CD投票、DIS投票、FDIS投票)の権利を有している。

* Standards of Mental Work-Load in ISO/TC 159 (Ergonomics), by Kazuo Aoki (Professor, Graduate School of Science & Technology, Nihon University)

** 日本大学大学院理工学研究科、教授

TC 159 の組織は表-1 に示すように、4 つの SC からなっている。SC 1 は人間工学の指導原理に関する規格を扱っている。メンタルワークロードに関する規格も、この SC 1 で取り扱っている。SC 3 は人体測定と生体力学、SC 4 は人間とシステムのインターラクション、SC 5 は物理的環境の人間工学である。SC 2 はかなり前に活動を停止して消滅している。これらの SC の下に、SC 1 が 4

表-1 ISO/TC 159（人間工学）の組織

ISO/TC159（人間工学）
SC1（人間工学の指導原理）
WG1（作業システムの設計原理）
WG2（精神作業に関する人間工学の原理）
WG3（用語）
WG4（日用品のユーザビリティ）
SC3（人体測定と生体力学）
WG1（人体計測）
WG2（作業姿勢の評価）
WG4（人体の物理的強度）
SC4（人間とシステムのインターラクション）
WG1（制御器と信号表示法の基礎）
WG2（視覚表示の要件）
WG3（制御装置、作業空間、環境の要件）
WG5（ソフトウェアの人間工学と人間－コンピュータの対話）
WG6（インターラクティブシステムの人間中心設計）
WG8（制御室の人間工学）
SC5（物理的環境の人間工学）
WG1（温熱環境）
WG2（照明環境）
WG3（騒音環境下での危険信号と通信伝達）

つ、SC 3 が 3 つ、SC 4 が 6 つ、SC 5 が 3 つの WG を持っており、それぞれの WG が規格を作成している。現在、TC 159 の扱っている規格の数は 93 にのぼっている。

3. TC159/SC1 の組織

ISO/TC 159 の中の SC 1 は、人間工学の基本的な原則についての分野を扱っており、WG 1（作業システム設計）と WG 2（精神作業）、WG 4（日用品のユーザビリティ）が活動を行っている（表-2）。なお、WG 3 は人間工学に関する用語を担当することになっているが、まだ活動を開始していない。SC 1 は、TC 159 の全体を含む原則を取り扱っており、他の SC と異なり、具体的な基準の数値等を示そうというものではない。従って、表現も定性的なものとなっており、規格というイメージからはやや遠い感もある。しかし、用語の定義や、人間工学的設計の方向性を示そうとするものであり、重要な問題を取り扱っているといえる。また、最近では、ユニバーサルデザインに関して、日用品のユーザビリティに関する規格が作られつつある。

本稿の目的であるメンタルワークロードの規格もこの SC 1 が担当しており、具体的には WG 2 が作成を行ってきた。しかし、実はこのメンタルワークロードの規格である

表-2 TC 159/SC 1 の作業内容

〈WG1〉
ISO 6385 「作業システム設計のための人間工学の原則」
〈WG2〉
ISO 10075 「精神的作業負荷に関する人間工学の原則－1. 一般的用語と定義」
ISO 10075-2 「精神的負荷に関する人間工学の原則－2. 設計の原則」
ISO/CD 10075-3 「精神的負荷に関する人間工学の原則－3. 測定と評価」
〈WG3〉 （人間工学用語）
〈WG4〉
ISO/CD 20282-1「日用品のユーザビリティ－ユニバーサルデザインと使いやすさ、効率、満足度－1. ユニバーサルユーザー」
ISO/CD 20282-2「日用品のユーザビリティ－ユニバーサルデザインと使いやすさ、効率、満足度－2. 試験方法」

ISO 10075 シリーズが作られたのは、別の規格の一部を詳細に規定する必要が生じてきたためであった。その別の規格とは、ISO 6385「作業システム設計のための人間工学の原則」であり、現在この規格は改定の最中である。そこで、次項では、ISO 6385について簡単に説明することとする。

4. ISO 6385（作業システムの設計）

ISO 6385「作業システム設計のための人間工学の原則」は1981年に制定された規格であるが、内容に作業システムの評価を盛り込むことになり、1991年改訂をめざして改訂作業を行ってきた。しかし幹事国（イギリス）議長の死亡や湾岸戦争などの予期しない事態が生じ、作業は大幅に遅れた。さらにその後も、欧州規格（CEN）との調整に手間取っていたが、現在2段階目の投票（DIS投票）が行われている。順調にいければ2002年末から2003年はじめには規格が制定される予定である。なお、この規格の担当は表-2に示したようにWG 1である。

ISO 6385の主な内容は、表-3に示すように用語の定義と作業設計の原則である。しかし、作業の内容が身体的なものから精神的なものにウェイトが移ってきたため、精神的作業に関する作業設計を別の規格として作成する必要がしてきた。旧版では用語の定義の中に、「作業負荷（work stress）」と「作業負

担（work strain）」があったが、workのかわりに精神的（mental）という単語をつけて、「精神的負荷（mental stress）」と「精神的負担（mental strain）」に関する内容をISO 10075として新規に作成したのである。この「負荷」と「負担」という用語については、採用したストレス・モデルと日本語の表現について多くの議論があり、現在もまだ解決していない。

ストレスという言葉は我が国でも広く用いられている言葉であるが、そのために曖昧な意味のまま便利に使われている感がある。ISO 6385ではストレスは外的な負荷（external load）と定義している。従って、日本語では作業負荷が適切な用語として選択されたのである。これに対し、作業負担（work strain）のほうは内的な反応（internal reaction）と定義されている。このストレス・モデルは刺激一反応モデルであり、日本や米国などではむしろストレッサー一ストレス反応（stressor-stress response）とすべきであるという意見が強い。しかし世の中ではストレスという言葉をストレッサーの意味で用いていることが大部分であるのも事実である。

一方、負荷という日本語にも問題があった。stressを負荷と訳しているが、実はwork-loadも作業負荷と訳している。日本語ではstressとloadを区別する言葉がみつからないのである。この点については、ストレス・モデルについて議論した折に、日本語ではstressとloadの区別がつかないことを説明したが、実は欧州でも同じであることがあとでわかった。ISO 6385の題名にはwork-loadという言葉が使われているのだが、この言葉を定義すべきだという意見を日本が出した。しかしこれがうまく定義できなくて、ストレス・モデルを刺激一反応というような単純なものではなくもっと複雑なモデルに変えようというような議論にもなったのであるが、結局のところstressをやめてloadとい

表-3 ISO 6385（改定案）の内容

-
- | | |
|-----|-------------|
| 1 | 適用範囲 |
| 2 | 用語の定義 |
| 3 | 作業システムの設計 |
| 3.1 | 一般的原則 |
| 3.2 | 作業システムの設計過程 |
| 3.3 | 目標の設定（要求分析） |
| 3.4 | 分析と機能配分 |
| 3.5 | 設計概念 |
| 3.6 | 詳細設計 |
| 4 | 評価 |
| 5 | 適用 |
-

う用語に置き換えることになったのである。日本語ではこの2つの言葉を区別して表現できなかったのであるが、実はストレス・モデルを根本から考えてみたところ、やはり英語でも区別がつかなかったというのは面白いことである。

5. ISO 10075-1（精神的作業負荷の定義）

前にも述べたように ISO 6385 の中の精神的作業負荷の部分を細かく規定しようとして新たに作成されたのが ISO 10075-1 である。この規格が提案された理由は、最近の作業では身体的負荷から精神的負荷へと比重が移行しており、ストレス等の精神作業関連用語の使用の混乱が生じていることから、これらの用語の定義や作業設計の指針を示す必要があるというものである。

まず最初に ISO 10075 「精神的作業負荷に関する人間工学の原則—全般的な用語及び定義」が 1991 年に制定された。（この規格番号には -1 が付いていないが、改訂の折に 10075-1 と訂正されることになっている。）この規格は題名にあるように、精神的作業負荷に関する用語の定義である。この規格では、精神的負荷 (mental stress) を「外部から人間にに対して作用を及ぼし、かつ、精神的に効果を与える評価可能な影響の全体」と定義している。また、精神的負担 (mental strain) を「精神的負荷によって個々の人の内部に直ちに起こる効果（長期にわたる影響ではない）であって、各人の対処様式を含み、個人の習慣及びそのときの事前条件に依存するもの」と定義した。

ここでいう精神的負荷とは、外部から作用を及ぼす何かであり、人間に精神的な影響を与えるものを指している。従って、我々が「精神的ストレス」という用語を主に身体的ではなく精神的な外部刺激という意味で用いているものとはやや異なっている。身体的な刺激でも、精神に影響を及ぼすものはすべて

精神的負荷と考えるのである。さらに、精神的負担は、負荷によってすぐに起こる、急性の反応であるとしているが、慢性的な負担についてはさまざまな態様があるので、規定することができなかったというのがその理由である。慢性影響については、日本から改訂案を提出しており、間もなく始まる改訂の審議では、慢性の影響も定義する予定である。

なおこの規格は日本語に翻訳されて 1994 年 12 月 1 日に JIS Z 8502 として日本工業規格で制定された。ISO 10075-1 の日本語訳は前述のとおり、stress を「負荷」 strain を「負担」と訳した。この訳語については load と stress がどちらも同じ「負荷」となってしまうため、区別すべきかどうかについて何度も議論がなされた。しかし、既に日本語訳となっている ISO 6385 に従ってこのような訳語を採用したという経緯がある。

この他の用語の定義としては、精神的負担の良い効果（促進的効果）として、「ウォーミングアップ効果」と「活性化」、良くない効果（減退的効果）として「精神疲労」と「疲労様状態」を定義している（表-4）。良い効果のほうは精神的負担がけっして悪い影響ばかりを及ぼすのではなく、適切な負担は人間の活動レベルを上げるようにはたらくことを示している。一方、精神疲労は負担がかかりすぎて機能低下を起こした状態であり、疲労の程度が強いほど回復に時間がかかるとしている。これに対して疲労様状態には「単調

表-4 ISO 10075-1 で定義された用語

・精神的負荷	
・精神的負担	
・促進的効果	・ウォーミングアップ効果
	・活性化
・減退的効果	・精神疲労
	・疲労様状態
	・単調感
	・注意力の低下
	・心的飽和
・その他の効果	・練習効果

感」「注意力の低下」「心的飽和」などの状態が含まれ、これらは疲労状態とほぼ同じ状況を示すが、負荷がなくなると瞬時に消滅する点で疲労と異なるものと定義している。これは、たとえば単純繰り返し作業中に単調を感じていても、仕事が終わると同時に単調感は消滅してしまうというような例を考えると理解しやすいだろう。これに対して精神疲労は、仕事が終わっても頭がぼーっとして考えがまとまらない状態が続くというような場合が考えられる。

なお、心的飽和は「反復的な課業又は状況に対し神経的に不安定になって、強い感情的な拒否を示す状態であり、経験的には、“はかどらない”又は“うまくいかない”というような状態」と定義されている。もう仕事をやりたくないというような否定的な感情が生じているような状態を示している。

6. ISO 10075-2（精神的作業の設計の原則）

精神的作業負荷に関する用語について ISO 10075-2「精神的作業負荷に関する人間工学の原則—設計の原則」が1996年に制定された。この規格は、作業を設計するときに、どのようにすれば良くない影響（減退的効果）を防止できるかについての指針を示したものである。内容は表-5に示すとおりである。

精神疲労に関しては、精神的負荷の大きさは、作業強度、持続時間、時間配分によって決まるとして、これらを適切に設計する方法を

表-5 ISO 10075-2 の内容

1 適用範囲
2 参照規格
3 定義
4 設計の原則
4.1 一般的な原則
4.2 疲労に関する指針
4.3 単調感に関する指針
4.4 注意力低下に関する指針
4.5 心的飽和に関する指針

具体的に示している。これらの方法は作業強度は29項目、持続時間と時間配分は6項目にわたって、人間の知覚から判断、行動のプロセスに従って配列されている。例えば、提示する情報のあいまいさは精神的負荷を強めることや、仕事を並列で行うと逐次処理に較べて精神的負荷が高いこと、誤操作の許容度が高いほど精神的負荷は小さいことなど、実際の作業設計において注意すべき点が列記されている。

また、単調感に関する指針では、共同作業者がいなかつたり、身体を動かす機会が少ない場合、あるいは仕事の内容が変化しない場合などに単調感が増すので、仕事の拡大や複雑さを増すこと、身体を動かすようになると、共同作業者とのコミュニケーションが容易にできるようにするなどの配慮をするよう勧めている。注意力の低下、心的飽和に関する指針も同様なガイドラインが示されている。なお、この規格は翻訳されて、1998年にJIS Z 8503として制定されたので、内容の詳細についてはJIS規格を参照していただきたい。

7. ISO/CD 10075-3（精神的負荷の測定と評価）

上記2つの精神的作業に関する規格が完成した後、1995年9月にケルンで開催された会議に、ISO 10075-3「精神的作業負荷に関する人間工学の原則—測定と評価」の原案を携えて筆者が参加した。しかしながら日本の提案したこの新規格案は、幹事国であるドイツが作成に消極的であった。その理由は、ドイツでは経営者、労働者双方ともに規格を作ることに反対を表明しているというものであった。

経営者側の言い分は、新たに精神的負荷の測定を行うことは財政的に負担が大きくなるというものであり、労働者側は個人の能力の評価につながるというものであった。この後

数回にわたって作業を進めるかどうかについて議論が行われたが、日本の積極的な姿勢が認められたのか、ドイツ以外の国ではほぼ規格作成に賛成を表明してくれたため、この原案をもとに規格の作成作業を継続することができた。ちなみに、日本国内の反応はむしろ早く精神的負荷の測定法や評価法を示してほしいという意見が大部分であり、国による受けとめ方の違いがあることがわかった。

このような状況下、規格の作成には時間がかかり、2001年末にやっと1回目の投票(CD投票)にこぎつけた。その内容を表-6に示す。

当初、この規格では精神的負荷の良くない影響、すなわち精神疲労、単調感、注意力低下、心的飽和について測定評価法の例を示す計画であった。その折、自覚症状、作業行動、心理生理的指標などの方法ごとに分ける予定であった。しかし、実際にはこの例をすべて挙げることはできないことがわかり、また、自覚症状の調査法に関しては数多くの方法があり、かつ言語の違いによって同じ測定法を用いることは不可能という結論になったため、測定評価法の例は挙げずに、その方法の満たすべき条件について規定することになった。すなわち、方法の客観性、信頼性、妥当性などが一定水準以上であることが検証された方法を採用しなければならないという規定になったのである。従って、この規格を使

表-6 ISO/CD 10075-3 案の内容

-
- 1 適用範囲
 - 2 参照規格
 - 3 用語の定義
 - 4 記号と略号
 - 5 精神的作業負荷の測定と評価
 - 5.1 一般的原則
 - 5.2 手順に関する要求事項
(客観性、信頼性、妥当性、感受性、診断性、一般化可能性)
 - 5.3 記録に関する要求事項
(方法の開発記録、測定結果報告)
-

って測定を行うのは、測定方法に詳しい人間工学の専門家ということになっている。

この点に関しては、規格は誰でも使えるものであるほうがよいという議論があるが、実際には精神的作業負荷の測定のような複雑なものには、訓練を受けた専門家による必要があると考えた方が良いのかもしれない。実際、国際人間工学会では、人間工学専門家の資格認定に関して、その満たすべき要件を示している。米国と欧州の人間工学専門家資格認定制度が承認されているが、我が国も日本人間工学会が資格認定制度を立ち上げるための準備を進めている。従ってISO 10075-3は、このような認定制度によって認められた人間工学専門家が使う規格となる可能性が高い。

この他、ISO 10075-3では、測定と評価の段階を、問題発見(orienting)、問題の明確化(screening)、精密な測定(accurate measurement)の3段階に設定している。これらの各段階に応じて、用いる方法の信頼性の程度も高くなってゆく必要があるとしている。しかし、各段階でどのような方法を用いるか、あるいはどのように組み合わせて用いるかの具体的な方法が示されないので、さらに内容を検討してゆく必要があると考えている。また、実際にはまだ方法の開発が未完成のものも多いことから、多くの議論が出てくる可能性もあると考えられる。精神的作業負荷の測定は、ある時は作業者個人の負担を測ることになり、それは個人差も反映することから、個人の能力をも測定してしまうことになる。従って、測定の方法やプロセスを規格で明文化して公開しておくことは、作業者個人の保護のためにも必要なことであると考える。

8. おわりに

以上、メンタルワークロードに関するISO規格について述べてきたが、規格の作成には多くの意見をいただくことが重要である。

ISO の活動や TC 159 の人間工学の規格についての情報は下記のホームページを参照していただきたい。また、規格に対するご意見も mail でお送りいただければありがたい。

ISO のホームページ <http://www.iso.ch/>
日本人間工学会のホームページ

<http://plaza8.mbn.or.jp/~jes/>

JIS のホームページ <http://www.jsa.or.jp/>

文 献

- 1) ISO 6385: 1981 Ergonomic principles in the design of work systems
- 2) ISO/DIS 6385: 2001 Ergonomic principles in the design of work systems [Revision of first edition (6385: 1981)]
- 3) 日本人間工学会標準化委員会：作業システム設計のための人間工学の原則. 人間工学 18(6) : 333-336, 1982
- 4) ISO 10075: 1991: Ergonomic principles related to mental work-load-General terms and definitions
- 5) 青木和夫: ISO/TC 159 におけるメンタルワークロードの概念と定義および設計の指針. 人間工学 29(6) : 339-342, 1993
- 6) JIS Z 8502-1994 人間工学—精神的作業負荷に関する原則—用語及び定義. (財)日本規格協会, 1994

- 7) 青木和夫: JIS Z 8502 (人間工学—精神的作業負荷に関する原則—用語及び定義) の制定. 人間工学 31(2) : 171, 1995
- 8) ISO 10075-2: 1996: Ergonomic principles related to mental work-load-Part 2: Design principles
- 9) JIS Z 8503-1998 人間工学—精神的作業負荷に関する原則—設計の原則. (財)日本規格協会, 1998
- 10) 青木和夫: ストレスの定義と測定・評価. Health Sciences 13(1) : 1-5, 1997
- 11) 青木和夫: 精神負担の評価. 労働衛生 38(12) : 30-31, 1997
- 12) ISO/CD 10075-3: 2001: Ergonomic principles related to mental work-load-Part 3: Measurement and assessment of mental work-load

著 者 略 歴

- 昭和 54 年～ 東京大学医学部助手（保健管理学）
平成 4 年～ 日本大学理工学部助教授（医療・福祉工学）
平成 8 年～ 日本大学理工学部教授（医療・福祉工学）
ISO/TC 159 人間工学国内対策委員会委員長
日本人間工学会関東支部長
専門分野 人間工学（精神的作業負荷）
健康工学（運動による健康増進）

焦点

地球環境に関連したエーロゾル及び大気微量気体成分の航空機による観測*

牧野行雄**

1. はじめに

地球温暖化やオゾン層破壊などの地球環境問題に関連した大気中のエーロゾルや微量気体成分の分布や変動過程を調査するために、航空機を用いる観測は欠かせないものとなっている。特に、大気中で生成・消滅を繰り返すオゾンやエーロゾルの動態を調査するには太陽光・月光やレーザー、赤外放射等を用いた遠隔測定（地上・衛星観測を含む）のほかゾンデや航空機等の飛翔体による直接測定・サンプリングが不可欠である。西太平洋域を中心とする上層大気の微量成分については、米国 NASA の DC-8 を使って実施された PEM-West 計画が総合的な結果を示している^{1,2)}。一方、国内の研究者を中心にインドネシア (EORC/宇宙開発事業団：小川利紘他) やシベリア (国立環境研究所：井上元他), 北極 (国立極地研究所/名古屋大学：塩原匡貴, 岩坂泰信他) 等のキャンペーン観測と、日本からオーストラリア間の定期航空路線による温室効果気体の定期観測 (日本航空・気象庁/気象研究所：松枝秀和他)³⁾ 等が実施されている。ここでは筆者らが気象研究所で行った環太平洋及び西太平洋域のキャンペ

ーン観測 (PACE)⁴⁾ の一部を紹介する。

若干の経緯を述べると、気象研究所 (杉村行勇ら) を中心に国立環境研究所 (秋元肇他), 名古屋大学 (近藤豊他), 東京大学 (小川利紘) 等の研究者が協力して 1988 年から 3 年間実施された INSTAC (気候変動に係わる成層圏下部及び対流圏の化学的研究：科学技術振興調整費による) は、それまで国内を中心とする大気成分の航空機観測 (例えば MAP (中層大気国際協同研究計画：名古屋大学小野晃他, 気象研究所村松久史他) を海外の太平洋域に拡大したものだった。PACE (「地球温暖化の原因物質の全球的挙動とその影響に関する観測研究」：海洋開発及び地球科学技術調査研究促進費による) は 1990 年に、これを受ける形で始まり、10 年にわたって測器開発等の準備を経て、1997 年のインドネシア森林火災調査など試験観測 2 回と 7 回のキャンペーン観測を実施した。PACE 計画の観測航路図を図-1 に示す。対象とした高度は主として対流圏内の高度 8 km まで (PACE-7 のみ 11 km まで) で、エーロゾルやオゾン等の大気微量成分の広域分布と変動の実態把握を行った。主な観測域は、南半球オーストラリア大陸から北半球の日本列島に至る南緯 38 度～北緯 38 度, 東経 115 度～150 度における西太平洋域である。

これらの結果からは、アジア・ユーラシア大陸からの大陸性気団の吹き出しとその変質、夏季の海洋性気団の日本付近への張り出しとそれに伴う低オゾン濃度、海洋上におけ

* Aircraft Measurements of Atmospheric Aerosol and Gases related to Global Change, by Yukio Makino (Chief, Atmospheric Environment Division, Observations Department, Japan Meteorological Agency)

** 気象庁 観測部環境気象課 課長

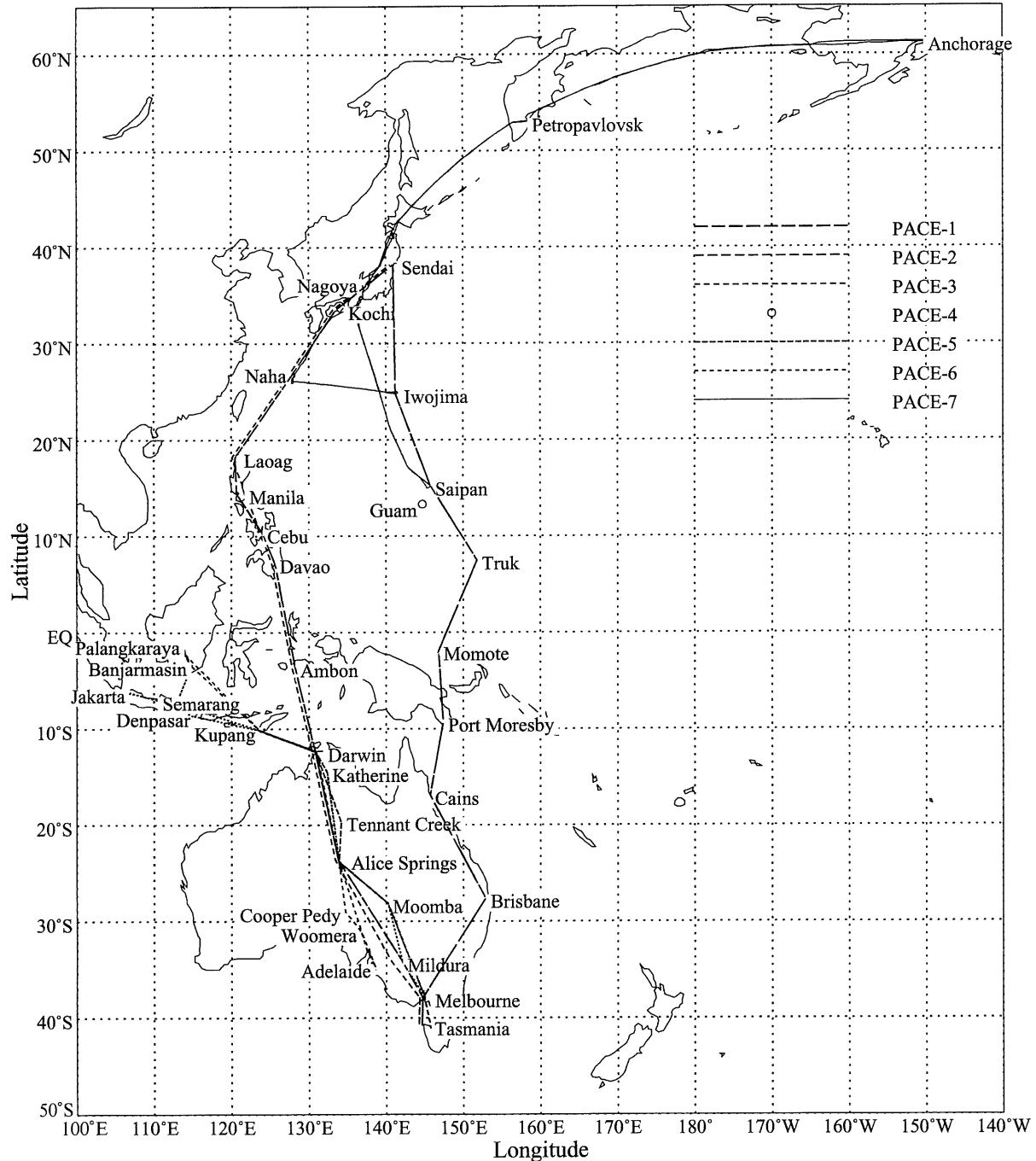


図-1 航空機によるエアロゾル・大気微量成分の観測経路。Flight routs of PACE campaigns.

るバックグラウンド・エアロゾルの生成、赤道熱帯域対流活動による下層から上層への物質輸送、オーストラリア大陸や熱帯におけるバイオマスバーニング、そして成層圏・対流圏交換過程等の現象を見ることができる^{5~10)}。さらに、近年の経済活動の活発化に伴い、この地域からは人為起源汚染質が大量

に大気中へ放出されており、その実態把握はグローバルな気候・地球環境への影響を考える上で重要なテーマとなっている。

以下、1997, 1998年のインドネシア森林火災の調査結果^{11,12)}を紹介する。

2. 測定方法

2.1 測定上の問題点

境界層及び上部の自由対流圏及び成層圏の大気微量成分の航空機を利用した調査では、主に現場での直接測定 (in-situ measurement) と試料空気のグラブサンプリング法が適用されている。一般にオゾンや窒素酸化物のように反応性があり短寿命の成分は、航空機に搭載した測定器で外気を直接計測する方法がとられる。一方、二酸化炭素、一酸化二窒素、メタン、非メタン炭化水素等の長寿命の成分については、フラスコや金属容器に採集・密封された試料空気を実験室にもちかえり NDIR やガスクロマトグラフ等で分析する方法がとられる。長寿命成分についても細かい空間分布を調べるためにには応答性に優れた機上測定が必要であるが、測定器の重量・容積や精度等の制約から、サンプリング法が確実である。また、試料空気を取り込んだ後の、測定器や捕集装置までの流路中の内壁からの汚染や内壁表面での損失に注意する必要がある。例えば、大気オゾンの測定にはテフロンチューブ等を使用する。

大気エーロゾルの測定については、試料空気の取り入れ等について気体成分とは異なる注意が必要である。測定器への取り込みは等速度条件が実現できるように工夫したノズル状取り込み口 (Isokinetic inlet tube) を用いる。エーロゾルの測定効率 E は、 E_a を吸引効率 (aspiration efficiency), E_r を入り込み効率 (entry efficiency), E_t を通過効率 (transmission efficiency) とすると、

$$E = E_a \cdot E_r \cdot E_t \dots \dots \dots \quad (1)$$

で与えられる¹³⁾。 E_a は乱れのない環境中のエーロゾル粒子濃度に対する inlet 前面でのエーロゾル粒子濃度の割合を示す。 E_r は inlet 先端部での反発による効果と中に入り込む際の沈着量に依存するが、inlet の先端部の管壁の厚みが薄ければ 1 に近いとみな

す。 E_t は inlet tube 内部を沈着せずに通過する割合を示す。このうち、 E_a は航空機の真対気速度 (U_w : true air speed) と inlet 先端口での空気流入速度 U_i が等しい場合 (等速: isokinetic) は 1 になる。超等速 ($U_i > U_w$) の場合、特に大きな粒子については粒子数の過小評価、亜等速 ($U_i < U_w$) の場合は過大評価になる。 E_t は inlet 内の乱流、管が曲がっていることによる慣性衝突、静電効果による壁への沈着による。inlet が等速条件に近く先端が細ければ、数 μm の粒子では損失は少ない。最近の航空機観測では、等速かつ inlet 内外で剥離や乱流が起こらないように曲面形状を採用したものが使われている。inlet から測定器や採集器に到る直線上の管内においても乱流による損失が起こる可能性があるが、例えば、流速 5 m/s、内径 7 cm、長さ 20.5 m のチューブ内の透過率は、粒径 15 μm の粒子 (密度 $\rho_p = 1 \text{ g/cm}^3$ とする) について 63% と見積もられる¹⁴⁾。管内の流速が遅くエーロゾルの粒径が小さい場合の損失誤差は小さい。

2.2 使用した測定器 (表-1)

大気エーロゾルには、陸地や海洋表面からの土壤粒子・海塩粒子や火山からの噴出物、バイオマス燃焼物、煤煙等の大気への放出物のほかに、大気中に放出された気体状の硫黄化合物が酸化され、最終的には硫酸液滴 (H_2SO_4) となったものがある。土壤粒子など前者は、比較的大きい粒径をもつ。一方、気体分子からの生成物は分子が数個～数十個集まったエンブリオの状態から凝縮等により μm のオーダーまで成長する。このようなエーロゾル粒子の生成・成長・凝縮・沈着などを含む動態を明らかにするために、粒径別にエーロゾル濃度分布を把握する必要がある。ここでは、Optical Particle Counter (ダストカウンターまたは光散乱粒子数計測器；以下 OPC と略す) により半径 0.15 μm 以上の大きさのエーロゾル (大粒子) を、凝縮核測

定装置 (Condensation Nucleus Counter; 以下 CNC と略す) により小さな粒子 (エイトケン粒子=小粒子) を測定した。Inlet tube は等速条件を満たすよう風洞で確認されたものを使用した。

大気オゾンは、機内に導入した空気中のオゾン濃度を紫外吸光式オゾン計により測定した。対流圏オゾンの消長には、成層圏から対流圏への混合・輸送過程と地表での消滅過程

及び大気中の光化学反応による生成・消滅過程が重要である。このため、窒素酸化物 (NO_x) や一酸化炭素 (CO) 等の光化学反応成分の測定法の開発と観測をあわせて行った。

CO 濃度測定には、約 3 分ごとに測定を行うガスクロマトグラフ (検出器: 酸化水銀還元法) と連続測定が可能な酸化水銀還元法連続測定器の 2 種類の測器を使用した。濃

表-1 PACE で使用した主な航空機搭載機器
Table 1 Instruments used during airborne experiment of PACE

番号(number)	装置名(instrument)	maker model / institute
(1)	エーロゾル捕集装置 aerosol impactor	気象研究所/大誠産業 MRI/Taisei Industry Co.
(2)	ダストカウンター Optical Particle Counter	DANIndustry/PM-730-NS15P ($r \geq 0.015 \mu m$)
(3)	凝縮核測定装置 Condensation Nucleus Counter	TSI model 3020($r \geq 0.0035 \mu m$) TSI model 3025($r \geq 0.0015 \mu m$)
(4)	静電分級器 Differ. Mobil. Analyzer	TSI model 3071
(5)	二酸化硫黄計 SO ₂ Analyzer	Thermo Electron Co./model 43s
(6)	オゾン計 Ozone Meter	Thermo Electron Co./ model 49
(7)	窒素酸化物計 NO _x meter	Thermo Electron Co./MRI model 430 (modified)
(8)	ガスクロマトグラフ(CO 計) Gaschromatograph	Yanaco/TRA-1
(9)	連続一酸化炭素計 Flow-type CO meter	MRI/Yanaco
(10)	二酸化炭素計 CO ₂ -analyzer (NDIR)	HgO-reduction sensor LI-COR LI-6252I
(以上、気象研究所所有: (1)~(10) belong to MRI)		
(11)	大気センサー部 (静水圧、差圧 外気温、相対湿度、液状水) Environmental Pod (static/ Differential Pressure, Temperature, Humidity Liquid water content)	CSIRO
(12)	等速空気取り入れ装置 Isokinetic Inlet	CSIRO
(13)	露点計 Dewpoint Hygrometer	EG&G
(14)	エーロゾルスペクトロメータ Aerosol particle counter	PMS ASASP/NIWA

(続く : to be continued)

表-1 続き (continuation)

番号(number)	装置名(instrument)	maker model/institute
(15)	雲粒子測定器 Cloud Drop Size	PMS FSSP
(16)	位置検出装置 Global Positioning System	Trimble GPS/COSSA
(17)	慣性航法装置（機体付属） Inertial Navigation System	Honeywell INS/COSSA
(18)	雲凝縮核測定装置 Cloud Condensation Nucleus Spectrometer	CSIRO
(19)	ノーズコーン Nose cone (Fast pressure and temperature)	CSIRO
(20)	放射計 Kipp and Zonen pyranometers (up and down)	CSIRO
(21)	リモート温度計 Downward looking remote Thermometer	Barnes PRT-5/CSIRO
(22)	ネフェロメーター nephelometer	Radiance Research M903 /CSIRO
(23)	ピラジオメーター Pyrgometers (up and down)	Eppley/CSIRO
(以上、豪州科学産業研究機構及びニュージーランド水大気研究所の所有または準備による： (11)～(23) belong to or prepared by CSIRO except (14), which belongs to NIWA)		

度較正は観測中および実験室で数種類の標準ガス (PACE-5 では 49.1 ppbv, 200.0 ppbv, 493.7 ppbv, 3.00 ppmv, 10.07 ppmv, PACE-6 では 80.3 ppbv, 986.0 ppbv, 6.97 ppmv) を用いて行った。搭載した測器類を表-1 に示す。

3. 観測の結果

1997 年 10 月と 1998 年 10 月に、オーストラリア北部ブッシュファイヤー及びインドネシア森林火災の大気環境に及ぼす影響を調査するため、航空機観測 (Pacific Atmospheric Chemistry Experiment: PACE-5 と PACE-6 と略す) を実施した。これらはオーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO) 及びインドネシア気象・地球物理庁 (MGA) と協力して行った。PACE-5 では 1997 年 10 月 23～25 日にカリマンタン上空の集中観測を実施した。PACE-6 では、1998 年 9 月 23 日にメルボルン～タスマニア

島間で観測後、同 24 日より豪州北部へ出発し、ダーウィン付近での集中観測 (鉛直分布調査) を行った。その後、観測機に異常が発生したため、修理後の同年 10 月 14 日にアデレードを再出発し、カリマンタン島まで高度 4.5～5.5 km で水平移動観測を行った。10 月 19 日～21 日の間にカリマンタン島上空で計 6 飛行 (各 3～4 時間: 高度 5.2 km 以下) の鉛直面内の分布等の集中観測を行った。

1997 年 10 月はエルニーニョ現象に伴う乾期が長引きカリマンタン島では大森林火災 (泥炭層火災) が発生したことがよく知られている。一方、1998 年 10 月は、既に雨期が始まっていたため大規模火災はみられず、通常年のバックグラウンド大気組成の状況を知ることができた。

3.1 エーロゾル粒子濃度分布

(1) カリマンタン上空の鉛直分布の特徴

図-2 は、半径 0.062 μm 以上のエーロゾルのカリマンタン上空での鉛直濃度分布図で

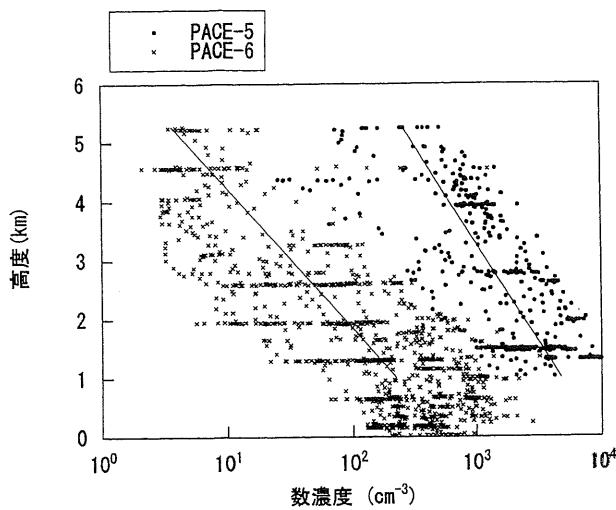


図-2 カリマンタン上空のエアロゾル粒子（半径 $0.062 \mu\text{m}$ 以上）の鉛直濃度分布。1分間の平均値を示す。PACE-5 (1997年10月) のデータ (●) は3日間3フライト (約12時間) の全測定値, PACE-6 (1998年10月) のデータ (×) は3日間6フライト (約24時間) の全測定値。(Zaizen et al., 投稿中)

ある。1点は1分間の平均値を示し, PACE-5 (森林火災時) のデータ (●) は3日間3フライト (約12時間) の全測定値を, PACE-6 (静穏時) のデータ (×) は3日間6フライト (約24時間) の全測定値を示している。エアロゾル濃度は高度と共に指数関数的に濃度が減少しているが, 森林火災により1~2桁濃度が高くなっている。境界層高度はどちらの年も2~3 km であったが, 境界層上端に明瞭な濃度の境界はみられず, 積雲対流により境界層内のエアロゾルが自由対流圏に輸送された結果, 境界層と自由対流圏の境界がエアロゾル濃度から見て不明瞭になったと考えられる。静穏時には高度4 km 以上で高度に対する濃度勾配が緩やかとなり, 絶対値はほとんどバックグラウンド濃度に近い。一方, PACE-5では, 高度5 kmまで森林火災の影響が強くみられた。

(2) 自由対流圏中の緯度分布

水平移動中の測定で得られたインドネシアおよびオーストラリア上空の高度約4.5~5.5 kmにおけるエアロゾル粒子 (半径

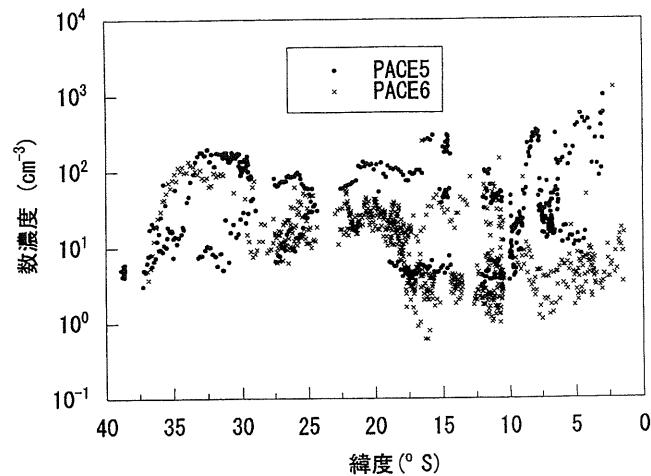


図-3 高度約4.5~5.5 kmにおけるエアロゾル粒子 (半径 $0.062 \mu\text{m}$ 以上) 濃度分布。インドネシアおよびオーストラリア上空の水平移動観測で得られた。1997年10月 (●) および1998年9~10月 (×) の比較。

$0.062 \mu\text{m}$ 以上) の南北の濃度分布を図-3に示した。インドネシア上空の 10°S 以北で1997年 (●) の方が1998年 (×) に比べて約2桁濃度が高く, 約 $100\text{--}1000 \text{ cm}^{-3}$ に達している。これは大規模な森林火災の影響と考えられる。オーストラリア上空でも1997年の方が比較的濃度が高い場合が多い。しかし, 1998年にも約 100 cm^{-3} 程度の粒子数が 11°S 近辺と 30°S ~ 35°S などで観測されており, これらの高い濃度は離れた地域からの汚染大気の流入によるものと推定され, エルニーニョの影響を受けた1997年に限らずこの緯度帯の広い範囲の自由対流圏がバイオマスバーニングの影響を受けていることが分かる。1998年 (PACE-6) は, 15°S ~ 20°S にかけて濃度の境界がみられる。これはそれ以北の熱帯性の気団とそれ以南の中緯度の気団の境界に対応するものと考えられる。静穏時に熱帯性の気団中よりも南半球中緯度の気団の方がエアロゾル濃度が高いのは注目される。

(3) 粒径分布

図-4(a)にカリマンタン島及び図-4(b)に豪州北部の上空で得られた粒径分布をそれぞ

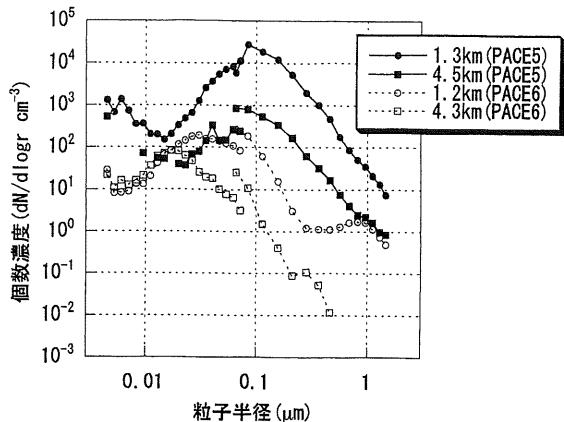


図-4 (a) インドネシア・カリマンタン島上空で観測されたエーロゾル粒子の粒径別個数濃度(対数表示) (Zaizen et al., 投稿中)

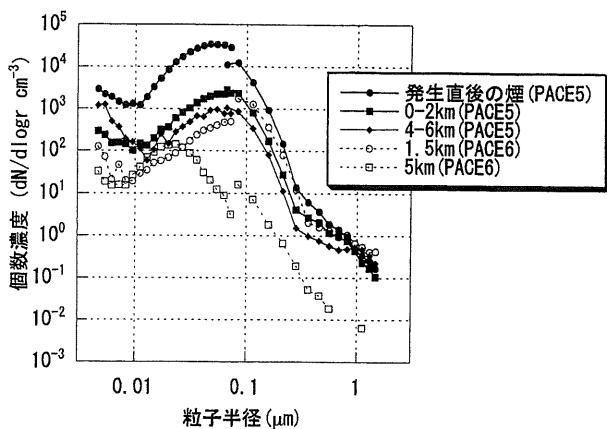


図-4 (b) 図4(a)と同じ。ただし、豪州北部上空。
(Zaizen et al., 投稿中)

れ示す。これらの粒径分布は、バックグラウンドのエーロゾルの粒径分布を反映しているものと、バイオマスバーニングの影響が大きいものとに分けられる。前者は、静穏時(PACE-6)のカリマンタン島上空の4.3 km(図-4(a)の□)およびダーウィン上空の5 kmで得られたもの(図-4(b)の□)である。これらは半径約0.02 μmに極大があり、比較的粒径が小さいのが特徴である。これらの粒子はバックグラウンド大気の代表的なエーロゾルである硫酸粒子か硫酸塩粒子が中心であると推定される。それらに比べ後者は比較的粒径が大きく、極大が約0.07 μm付近にあるものが多い。その中で、1997年

(PACE-5)の豪州北部キャサリン付近で観測された燃焼直後の煙(FRESH SMOKE)中の粒径分布(図-4(b)の●)は、極大が約0.06 μmとバックグラウンド・エーロゾルより大きいが、他と比較して半径0.02から0.07 μmの間の小さい粒子の割合が大きい。これは発生直後の煙の中のエーロゾルは粒径が小さいが、時間の経過と共に凝集(coagulation)などによって大きな粒径へ変化していくためと考えられる。特に、1998年(PACE-6)のカリマンタン島上空のヘイズ中の粒子(図-4(a)の●)は極大が約0.1 μmにあり、また半径0.1 μm以上の粒子の個数濃度が他の粒径分布と比べて非常に大きい。高度4.5 kmの粒子(図-4(a)の■)も同様な特徴を持っている。

3.2 オゾン及び関連微量気体成分

(1) 1997年森林火災の影響: オゾンの鉛直断面分布

1997年10月、インドネシア・カリマンタン島バンジャルマシン空港を基点として、約160 km西に離れた地点で約60 km幅を風向に沿って高度を変えて往復しながら観測を行った。観測域内では煙霧が広域的に一様に広がっており、煙の層の上端は高度4,000 m付近まで達した。低層では広域的に広がった濃い煙霧のため視界が悪く火災源を確認できなかった。しかし衛星データから火災源上空を風上から風下に風に平行に4高度で飛び越えたことが確認されている。また大気成分の濃度分布からも確認される(図-5)。一般にバイオマスバーニング時には、燃焼による放出物(炭化水素やNOx)が太陽光のもと反応し高濃度のオゾンが大気中に生成される。しかし、この観測の場合はオゾン前駆物質であるCOとNOx濃度が低層で高濃度であるにもかかわらず、オゾン濃度は中層に極大値があった。一方、ブッシュファイヤー(豪州北部)では煙霧中で極大濃度を示しオゾンは100 ppbvを越えた。しかし、カリマンタン

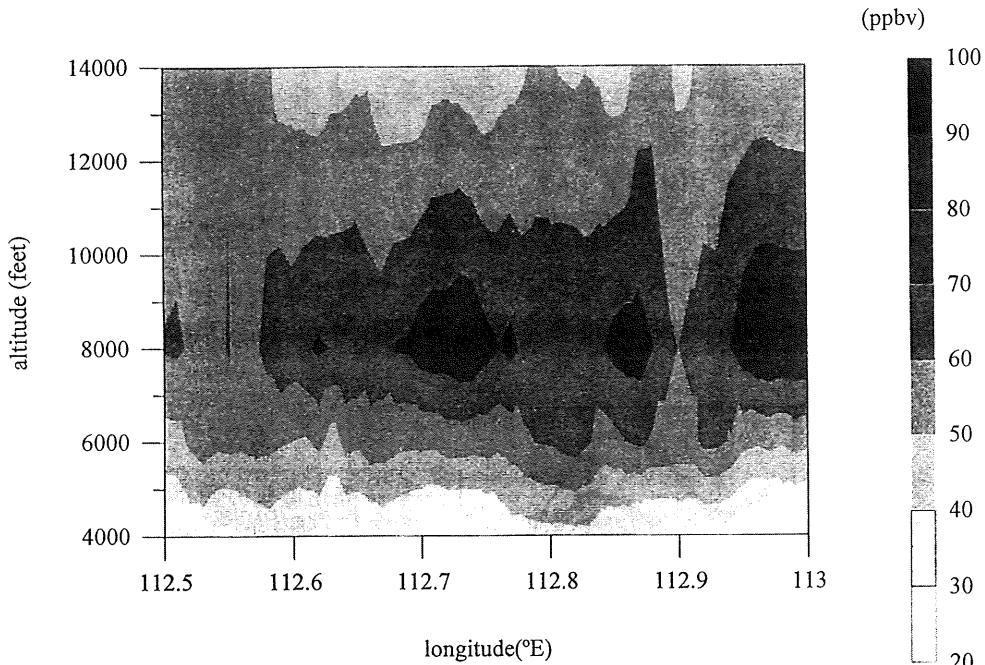


図-5 カリマンタン上空のオゾン混合比濃度分布（経度方向鉛直断面）。1997年10月23日。(Tsutsumi et al., 1999)

上空では最大70~80 ppbvにとどまり、しかも煙霧のすぐ上に極大層が見出される（図-5）。オゾンは光化学反応によって生成されるが、カリマンタンの場合は煙霧が極端に濃いため煙霧の中及び下層では生成されにくく、あるいは破壊されたためと考えられる。

(2) 一酸化炭素(CO)濃度

1998年10月に、オーストラリア及びインドネシア上空の高度4km以上で観測されたCO濃度は、37°Sから3°Sまでほぼ一様な分布をもち、80~150 ppbvの値を持っている（図-6）。19°S~23°S付近に約150 ppbvの比較的高いCO濃度域が観測された。これは帰路の測定であるが、豪州北部の局所的なバイオマス・バーニングの影響の可能性が考えられる。図-6で分かるように、1998年の結果はインドネシアでの大規模な森林火災の影響を受けた1997年10月の非常に高いCO濃度（最大3.2 ppmv）とは対照的に静穏であったといえる。

4. まとめ

インドネシア・カリマンタン島で大森林火災が発生した1997年10月（PACE-5）と1998年の同時期に航空機観測（PACE-6）を実施した。これらの比較等から以下の点が明らかになっている。

- 1) 1997年（PACE-5）のカリマンタン森林火災において粒径の大きい粒子が多量に作られた。濃度も静穏時より2桁近く多かった。原因として、森林火災が大規模であったため単位面積単位時間あたりの放出量が大きかったこと、すなわち、原料物質が多かったことがあげられる。また、吸湿性の粒子が多くなったため、吸湿膨張により粒子が膨張したことがある。これには、カリマンタン島上空の粒子はイオウの含有率が高かったことが寄与している。事実、現場で採取されたエアロゾル粒子の電子顕微鏡分析によれば他のバイオマスバーニングに比べて4~5倍も大きい硫黄対カリウム比が求められている¹⁵⁾。また0.1~2ミクロンの粒径のエアロゾルをみると

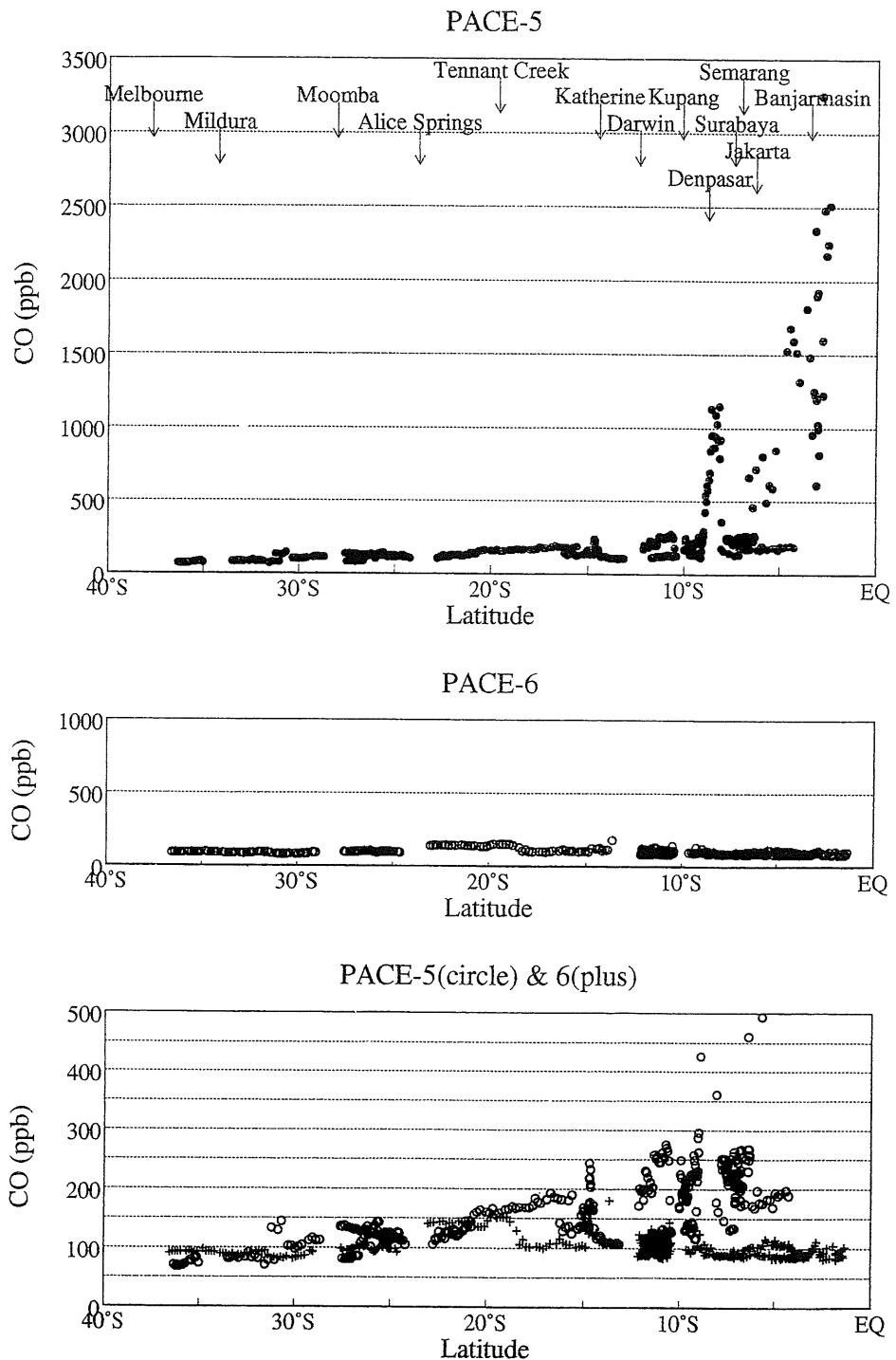


図-6 オーストラリア上空及びインドネシア上空で観測された一酸化炭素の緯度分布。
上段：高度 4 km 以上で観測された一酸化炭素濃度。1997 年 10 月。中段：同上。
1998 年 10 月。下段：同上。1997 年と 1998 年について 500 ppbv 以下の濃度についてのみ示す。○が 1997 年、+が 1998 年の観測値を示す。(Sawa et al., 1999 より)

水溶性の有機物と硫酸アンモニウム塩を主とする内部混合状態であったことが確認されている¹⁶⁾。このエーロゾルの性質と合わせて、積雲対流が活発であったため雲粒との相互作用によって大きな粒子が作られたこともあげられる。

2) オゾンはブッシュファイヤー（豪州北部）では煙霧中で極大濃度を示し、100 ppbv を越える値であったが、カリマンタン森林火災では最大70~80 ppbv で煙霧の中心ではなく、すぐ上に極大層が見出された。この分布を考える場合の条件として以下の4点が考えられる。

- ・熱帯海洋上の低濃度オゾン大気の下層への流入
- ・煙による太陽光減衰がもたらすオゾン光化学生産率の変化
- ・プリューム内の混合による地表でのオゾン破壊
- ・エーロゾル表面での不均一(相)反応によるオゾン破壊

しかし、離陸時のオゾンの鉛直分布から判断して熱帯海洋上の低濃度オゾン大気の下層への流入効果は少ないものとみられる。また、煙霧中の高度1,300 mでの日射は高度4,000 mの約1/5であったが、日射量によるオゾン生成濃度を $J/k^*[NO_2]/[NO]$ として推算すると、カリマンタンでは約52 ppbvとなり、観測値30 ppbvは光化学生産量の低下のみでは説明できない。(但し、ここでJ, kは、それぞれ、 NO_2 の光解離係数、NOとオゾンの反応係数である。) また、鉛直混合速度の大きい豪州北部の例と比較しても地表での破壊量の影響は相対的に小さいとみられる。一方、カリマンタン森林火災では前述のようにエーロゾル粒子の粒径が大きく高濃度である。特に低層ほどエーロゾル粒子濃度は高く、また、エーロゾルの表面積濃度も大きい。煙粒子表面のタール、すす、灰などはオゾンと不均一反応を起こしてオゾンを破壊す

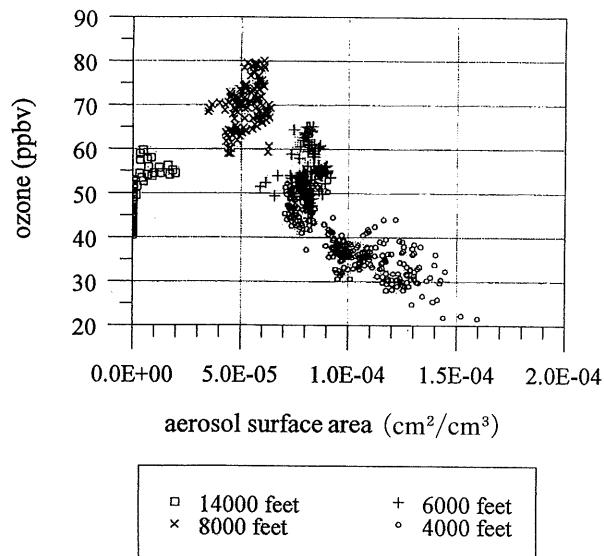


図-7 インドネシア・カリマンタン上空での高度別のオゾン (ppbv) と単位体積当たりのエーロゾル表面積 (cm^2/cm^3) の関係。(Tsutsumi et al., 1999)

る可能性がある。単位体積あたりのエーロゾル粒子表面積とオゾン濃度の関係を図-7に示す。表面積濃度が $5 \times 10^{-5} cm^2/cm^3$ 以上ではオゾン濃度が大きく変化することがわかる。高度4,000 フィートでは、 $1.3 \times 10^{-4} cm^2/cm^3$ を超える付近からオゾン濃度は30 ppbv以下になった¹¹⁾。これらの結果は、対流圏オゾンの生成消滅のうち、太陽光による光化学生産と不均一(相)反応による消滅という2つの極端を包含する観測例を与えており、今後、対流圏化学の新たな展開のために重要な示唆を与える観測例といえる。

3) 一酸化炭素 (CO) のバックグラウンド大気中濃度は通常0.1~0.2 ppmvであるが、カリマンタンの煙霧中で最大9 ppmvを記録した。一方、ブッシュファイヤー（豪州北部）では煙霧の中で最大5 ppmvであった。バイオマス発生域上空で観測されたCOに対するH₂、窒素酸化物 (NOx)、エーロゾル粒子数の濃度をみると、いずれもCO濃度にほぼ比例して増加した。COに対するH₂の増加割合は豪州北部及びカリマンタン上空でほぼ等しく0.1、NOxは豪州北部で

は約 0.01 に対しカリマンタンでは 0.001 以下と小さい。また、CO に対するエーロゾル粒子数の増加割合は豪州北部では約 5 であるのに対し、カリマンタン上空の下層(<3,500 m) では約 1, 上層 (>3,500 m) では約 0.4 と小さい。これまでの研究による値と比較するとカリマンタン上空での増加割合は低い傾向にある。これはインドネシアでのバイオマス・バーニングでの燃焼が CO の発生割合が多い低酸素濃度下であったことを示すものと考えられる。また NO_x の増加割合が豪州北部とカリマンタン上空で大きく異なるのは、燃焼状態の違いに加え NO_x の寿命が CO に比べ短く、カリマンタン上空で観測された空気は比較的時間の経っているものであることが示唆される¹²⁾。

以上述べたように、森林火災という大気環境に重大な影響を及ぼす現象の空間的な実態把握を得ることができた。地上だけでは得られない貴重な資料であり、現象の概念のモデル化の基礎を与えるものである。しかし、実は、観測準備をたまたま行っていたという幸運もあったことを忘れてはならない。このような万一の場合に備えた観測技術の確立と継承・維持が急務であり、恒常的な組織的取り組みが期待される。一方、熱帯対流圏は気象観測データが少なく、また水蒸気等による非断熱過程も活発なので輸送の詳細な追跡は難しい。硫黄成分を多量に含む粒径の大きなエーロゾルの存在や高濃度オゾンの起源の解明には、広域的な観測の強化と多成分の気体の測定、精密なモデルの助けが必要であると考えられる。

謝 辞 本研究はオーストラリア連邦科学産業研究機構 (CSIRO) 及びインドネシア気象・地球物理庁 (MGA) と共同で実施した。関係機関の担当者、外事関係者の並々ならぬご協力と、航空機観測の実施にあたり Australian Flight Test Service Ltd. 及び昭和航空株式会社、ダイヤモンドエアサービス

株式会社等の支援によるところ大である。ここに記して感謝する。

文 献

- 1) J. M. Hoell et al., "Pacific Exploratory Mission-West A (PEM-West A) : September–October 1991", *J. Geophys. Res.*, **101** (D 1) (1996), 1641–1653.
- 2) J. M. Hoell et al., "The Pacific Exploratory Mission-West Phase B: February–March, 1994", *J. Geophys. Res.*, **102** (D 23) (1997), 28223–28239.
- 3) 末永民樹, 日航財団/気象庁気象研究所/日本航空による大気観測プロジェクト, 航空環境研究, No. 4 (2000), 6–14.
- 4) Y. Makino, K. Okada, M. Ikegami, Y. Tsutsumi, Y. Zaizen, H. Y. Inoue, H. Matsueda, Y. Sawa, J. B. Jensen, J. L. Gras, B. F. Ryan, I. E. Galbally, Kristament, and M. Harvey, Aircraft Observation of Aerosol and Atmospheric Chemistry–Pacific Atmospheric Chemistry Experiment (PACE), International Symposium on Atmospheric Chemistry and Future Global Environment, 11–13 November, Nagoya, Japan (1997), 359–362.
- 5) M. Ikegami, K. Okada, Y. Zaizen and Y. Makino, "Aerosol Particles in the Middle Troposphere over the Northwestern Pacific", *J. Meteorol. Soc. Japan*, **71** (1993), 517–527.
- 6) M. Ikegami, K. Okada, Y. Zaizen, and Y. Makino, "Sea-salt particles in the upper tropical troposphere", *Tellus*, **46 B** (1994), 142–151.
- 7) Y. Zaizen, M. Ikegami, K. Okada and Y. Makino, "Aerosol Concentration Observed at Zhangye in China", *J. Meteorol. Soc. Japan*, **73** (1995), 891–897
- 8) Y. Tsutsumi and Y. Makino, Vertical distribution of the tropospheric ozone over Japan: The origin of the ozone peaks, *J. Meteorol. Soc. Japan*, **73** (1995), 1041–1058.
- 9) Y. Zaizen, M. Ikegami, Y. Tsutsumi, Y. Makino, K. Okada, J. Jensen and J. L. Gras, Number Concentration and Size Distribution of Aerosol Particles in the Middle Troposphere Over the Western Pacific Ocean, *Atmospheric Environment*, **30** (1996), 1755–1762
- 10) Y. Tsutsumi, Y. Makino and J. Jensen, Aircraft Measurements of Tropospheric Ozone Over the Western Pacific Ocean, *Atmospheric Environment*, **30** (1996), 1763–1772.
- 11) Y. Tsutsumi, Y. Sawa, Y. Makino, J. B. Jensen, J. L. Gras, B. F. Ryan, Sri Diharto, H. Harjanto, Aircraft measurements of ozone, NO_x, CO, and aerosol concentrations in biomass burning smoke

- over Indonesia and Australia in October, 1997: Depleted ozone layer at low altitude over Indonesia, *Geophysical Research Letters* Vol. 26 (1999), 595–598.
- 12) Y. Sawa, H. Matsueda, Y. Tsutsumi, J. Jensen, H. Y. Inoue, and Y. Makino, Tropospheric carbon monoxide and hydrogen measurements over Kalimantan in Indonesia and northern Australia during October, 1997, *Geophysical Research Letters*, (1999), Vol. 26, 1389–1392.
- 13) S. P. Belyaev and L. M. Levin, "Investigation of aerosol aspiration by photographing particle tracks under flash illumination", *J. Aerosol Sci.*, **3** (1972), 127–140.
- 14) B. Y. H. Liu, and J. K. Agarwal, "Experimental observation of aerosol deposition in turbulent flow", *J. Aerosol Science*, **5** (1974), 145–155.
- 15) M. Ikegami, K. Okada, Y. Zaizen, Y. Makino, J. B. Jensen, J. L. Gras, H. Harjanto, Very high weight ratios of S/K in individual haze particles over Kalimantan during the 1997 Indonesian forest fires, *Atmospheric Environment*, **35** (2001), 4237–4243.
- 16) K. Okada, M. Ikegami, Y. Zaizen, Y. Makino, J. B. Jensen, J. G. Gras, The mixture state of individual aerosol particles in the 1997 Indonesian haze episode, *Aerosol Science*, **32** (2001), 1269–1279.

焦点

海外主要空港における最近の騒音対策*

小 松 明**

はじめに

ICAO では航空機騒音基準を全体で 10 dB 強化することについて、昨年合意が得られ手続きが進められているが、空港の騒音対策は、各国の事情を反映して様々な取り組みが行われたり、行われなかつたりしている。途上国においては空港は経済発展に直結するものであり、航空機騒音は福音に聞こえるという人もいる。いささかオーバーであるが、少なくとも途上国ではあまり航空機騒音の被害が深刻にはとらえられていないのが実情である。

一方、先進国では旺盛な航空需要に押されて、最近は特に欧州を中心に積極的な騒音対策への取り組みが行われている。ここでは欧米主要国の最近の航空機騒音対策を紹介する。

1. 騒音評価指標

1973 年に日本が WECPNL を取り入れて以降、ICAO では WECPNL を騒音評価指標として推奨することをやめてしまい、各国の事情に応じて様々な指標が用いられている。最近指標の改訂を行った国や、これから

改訂を検討している国もある。

アメリカでは環境保護庁 (EPA) が航空機騒音の評価指標として昼夜等価騒音レベル DNL (Day-Night Average A-Weighted Sound Level) を推奨し、1980 年以降土地利用計画などに用いることとされた。DNL は夜間 (22~07) の騒音に 10 dB 加算して計算する 1 日の等価騒音レベル (測定期間中の騒音のエネルギーを平均したレベル) である。連邦航空局 (FAA) の指針では、土地利用上制限のない範囲は DNL 65 (WECPNL 79 に相当) 未満であるが、実際の騒音規制は州や自治体の権限である。環境に厳しいカリフォルニア州では、DNL に夕方の重み 5 dB を加えた CNEL (Community Noise Equivalent Level) という評価量を導入している。

イギリスでは 1990 年に NNI から昼間及び夜間の等価騒音レベル ($L_{Aeq,7-23h}$ 及び $L_{Aeq,23-7h}$) に変更された。道路や鉄道など種々の騒音規制との整合を図る上で都合がよいようである。土地利用上制限のない範囲は $L_{Aeq,7-23h}$ 57 及び $L_{Aeq,23-7h}$ 48 未満であり、それぞれ WECPNL 72 及び 70 に相当する。

フランスでは航空機の騒音証明に用いる PNLmax と、夜間の重みづけをした発生回数による指標 Ip (Psophique index) を用いている。土地利用上制限のない範囲は Ip 78~84 (WECPNL 71~77 に相当) 未満であり、空港毎に地方政府の判断でこの制限を設ける Ip 値を決定している。なお、現在

* Recent Noise Measures Taken by Major Airports in the World, by Akira Komatsu (Director, Noise Abatement Technology Office, Environment Division, Civil Aviation Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport)

** 国土交通省航空局飛行場部環境整備課騒音防止技術室 室長

新たな騒音基準を定めようとする計画があり、調査が実施されている。

ドイツでは等価騒音レベルをベースに、飛行回数が2倍になると4dB増加するQという指標を用いている。Q値の算定では、昼間の飛行が主体の空港と夜間の利用の多い空港の双方を評価できるように2通りの計算を行い、大きな数値を評価量とする。法律により土地利用上の制限のない範囲はQ67(WECPNL82に相当)未満であるが、州によってはより厳しいQ62(WECPNL77に相当)で住居建築の規制を行っている。

オランダではLA_{max}に発生時間帯できめ細かく重みづけして、年間平均騒音レベルを求めるKe(Kosten Unit)が用いられている。Keは1963年にKosten教授らが開発した評価方法である。土地利用上制限のない範囲はKe30(WECPNL61に相当)未満である。騒音のストレスを感じる人の比率は“Ke-10”%であり、Ke30の場所では20%の人がストレスを感じるとされている。また、年間のKe値とは別にL_{Aeq23-6h}を夜間の評価量とし、寝室内でL_{Aeq23-6h}26dB以上の地域の居住者は防音工事が受けられる。建物の遮音効果を20dBAと想定すれば、L_{Aeq23-6h}26dBはWECPNL68に相当する。

各国の評価指標と基準値を表-1に示す。

2. 空港周辺の土地利用規制と周辺対策

アメリカでは基本的な方針は連邦法として制定されるが、具体的な運用と規制は各州に権限がある。航空機騒音と両立する土地利用に関しても、連邦航空局(FAA)が指針を示し、実際の土地利用規制は州政府が実施している。FAAの指針ではDNL65~75の騒音レベルの土地は、防音対策をしなければ住宅や学校、病院、教会などには適さない。DNL75(WECPNL89に相当)以上の地域は、防音しても住宅などには適さないが、そ

れ以外で適する用途が示されている。建物の遮音性能の基準も示されており、自治体が条例で定める建築構造規制に反映されている。

また、FAAの補助金と旅客施設利用料などを財源として、騒音影響区域の自治体が住宅や学校の防音工事及び住居の移転補償などの周辺対策を実施している。対策の範囲は空港毎に相違があるが、住宅や学校の防音工事はDNL65以上の区域、移転補償はDNL75以上の区域で実施している空港が多い。

イギリスでは空港周辺地域で住居新築許可を与える場合の指針を国が定め、自治体がその指針に基づいて許可を与えている。この指針の分類は表-1のとおりである。

イギリスでは防音工事の制度はないが、周辺の市街化が進んでいる空港では空港管理者の自主的な防音工事が行われている。ヒースロー空港ではL_{Aeq,7-23h}69dB(WECPNL84に相当)以上の地域で、住民からの希望により窓の二重化などを実施している。防音工事の内容により100%補助と50%補助がある。マン彻スター空港ではL_{Aeq,7-23h}62dB(WECPNL77に相当)以上の地域で防音工事を実施している。

フランスでは騒音暴露計画PEB(Plan d'Exposition au Bruit)と呼ばれる10~15年先の騒音センターがまず作成され、このPEBを前提に土地利用計画が決定される。この計画に基づき、住宅、学校、病院などの騒音影響区域への設置は法的に規制される。

周辺対策では、Ip78~84(地方政府の判断で空港毎にこのIp値を決定している)以上の地域の住宅に対して、国が防音工事の補助金を交付している。防音工事の基本となるセンターは10~15年先の長期的予測ではなく、PGS(Plan de Gene Sonore)と呼ばれる騒音影響の現況センターである。また、Ip89(WECPNL82に相当)以上の区域において住宅の移転補償を実施している。なお、これらの対策の実施主体はADEME

表-1 航空機騒音評価指標と基準値

国	評価指標	土地利用上の基準値	WECPNL換算値	防音対策なし 住宅や学校の防音工事はDNL65 以上が多い。 移転補償はDNL75以上が多い。 89以上	WECPNL換算値
アメリカ	夜間騒音に10dB加算した24時間の等価騒音レベル $DNL = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \left(\sum 10^{L_{Aeq,di}/10} + \sum 10^{(L_{Aeq,ni}+10)/10} \right) \right)$ L_{AEdi}, L_{AEni} : 昼間(7~22)及び夜間(22~7)のSEL T : 86400s(1日) (カリオルニア州では双方の重み5dBを加算したCNEIを用いる。)	65未満: 用途制限なし 65~75: 住宅には適切な防音対策が必要 75以上: 防音しても住宅には適さない、(FAAの指針による。)	79未満 79~89 89以上	79未満 70未満 移転補償はDNL75以上が多い。 89以上	79以上 79~84以上
イギリス	昼間及び夜間の等価騒音レベル $L_{Aeq,7-23h}$ 及び $L_{Aeq,23-7h}$	A: 計画許可に当つて騒音考慮は不要 B: 騒音を考慮し防音等の条件を付けるべき C: 許可すべきではないがやむを得ない場合に防音条件を課すべき D: 計画は拒否すべき (住宅等の計画許可を与える際の政府指針による。)	57未満 57~66 66~72 72以上	A: 72未満 B: 72~81 C: 81~87 D: 87以上	73~77h 70未満 70~79
フランス	$p = PNL_{max} + 10 \log_{10} (Nd + 10Nn) - 32$ PNL_{max} : 空港騒音の PNL_{max} のノイバー平均値 Nd, Nn : 昼間(6~23)と夜間(23~6)の騒音発生回数	84(~78)未満: 用途制限なし 84(~78)以上: 住居新築の際、防音が必要 89以上: 工業用途のみ可能、新規居住は認めない 96以上: 空港用途のみ可能 (航空騒音に関する法律による。用途制限の境界 $p=84$ は地方政府の判断で $Db=78$ ~80の間で変更が可能。)	66以上	57~66 66~88以上	79~84(~78)以上の地域で防音工事を実施。 Ip99以上の地域で住宅の移転補償を実施 82以上
ドイツ	以下の二通りの計算を行い、大きい値を評価値とする。 (1) 昼間(6~22h)のみ $Q = 13.3 \log_{10} \left(\frac{1.5}{T} \sum \tau_i \cdot 10^{L_{Amax}/13.3} \right)$ (2) 全日 (昼間6~22h、夜間22~6h) $Q = 13.3 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \left(\sum \tau_i \cdot 10^{L_{Amax}/13.3} + \sum 5 \cdot \tau_j \cdot 10^{L_{Amax}/13.3} \right) \right)$ τ_i : 航空機騒音 <i>i</i> の継続時間 T : 評価する期間の長さ L_{Amax} : A特性騒音レベルの最大値 $Ke = 20 \log_{10} \left(\sum g_i \cdot 10^{L_{Amax,i}/5} \right) - 157$ L_{Amax} : A特性騒音レベルの最大値 g_i : 時間帯加重係数 6~7h: $g=8$ 、7~8h: $g=4$ 、8~18h: $g=1$ 、18~19h: $g=2$ 、19~20h: $g=3$ 、20~21h: $g=4$ 、21~22h: $g=6$ 、22~23h: $g=8$ 、23~6h: $g=10$ Ke 値とは別に夜間の室内の評価量として $L_{Aeq,23-6h}$ (室内)	67未満: 用途制限なし 67~75: 学校、養老院、療養所等建設禁止、住宅新築は防音対策義務づけ 75以上: 住居新築不可 (航空機騒音に関する連邦法による。ほとんどの地方政府は用途制限の境界を $Q=62$ として上乗せ規制を実施。)	62未満 62~90 90以上	77	77(~71)以上 77(~71)未満 82以上 89以上
オランダ	$L_{Aeq} = A \log_{10} \left(\sum g_i \cdot 10^{L_{Amax,i}/5} \right) - 157$ L_{Amax} : A特性騒音レベルの最大値 g_i : 時間帯加重係数 6~7h: $g=8$ 、7~8h: $g=4$ 、8~18h: $g=1$ 、18~19h: $g=2$ 、19~20h: $g=3$ 、20~21h: $g=4$ 、21~22h: $g=6$ 、22~23h: $g=8$ 、23~6h: $g=10$ Ke 値とは別に夜間の室内の評価量として $L_{Aeq,23-6h}$ (室内)	30未満: 用途制限なし 30以上: 大規模な住宅開発は許可されない。 35以上: 新規の住宅建設は許可されない。	61未満 61以上 64以上	Ke40以上の地域で移転補償を実施。 Ke65以上の地域で住宅の移転補償を実施。 Ke65以上の地域で防音工事を実施。 Ke65以上的地域で防音工事を実施。	68以上 87以上
日本	$WECPNL = L_{Amax} + 10 \log_{10} (Nd + 3Ne + 10Nn) - 27$ L_{Amax} : A特性騒音レベルの最大値 Nd, Ne, Nn : 昼間(7~19)、夕方(19~22)、夜間(22~7) (新東京国際空港を除き土地利用規制は行っていない。) $L_{Aeq,23-6h}$ (室内) の隆音発生回数	環境基準として 70以下: 専ら住居の用に供される地域 75以下: その他通常の生活を保全すべき区域 (参考に、騒音発生1日200回、そのうち夜間(22~7h)に10%が発生する設定で計算した。両時間帯での騒音発生間隔は均等としている。			68以上

(注)WECPNLへの換算は、D.Gottlobによる規制値の比較研究を参考に、騒音発生1日200回、そのうち夜間(22~7h)に10%が発生する設定で計算した。両時間帯での騒音発生間隔は均等としている。

(Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) という官庁である。

ドイツでも空港周辺の土地利用は法律により規制されている。Q 67 以上の地域は学校、養老院、療養所などの建設は禁止され、住宅は防音対策が義務づけられている。Q 75 (WECPNL 90 に相当) 以上の地域では住宅の建設は絶対に認められない。なお、Q 62 以上の区域は州が独自に土地利用を制限できることとなっている。

ドイツの法律では空港管理者が住宅の防音工事を行う範囲は Q 75 以上の地域とされているが、ほとんどの州ではより厳しい Q 62 以上で防音工事を行っている。また、主な空港では夜間に 75 dBA の単発騒音が 6 回以上発生する地域について防音工事を実施しており、さらにミュンヘン空港では 2001 年 3 月から、70 dBA の単発騒音が 6 回以上の地域まで夜間対策を強化している。このほかデュッセルドルフ空港などでは、空港直近の住宅で移転補償を実施している。

オランダでは騒音防止のための法律の中で、空港周辺のゾーニングが位置付けされている。Ke 30 のゾーン内では大規模な住宅開発は許可されない。Ke 35 (WECPNL 64 に相当) のゾーン内では新規の住宅建設は許可されない。

また、Ke 40 (WECPNL 68 に相当) 以上の騒音影響区域の住宅に対して、空港管理者が着陸料の騒音チャージなどを資金として防音工事を行っている。夜間騒音に対しては、室内で $L_{Aeq,23-6h}$ 26 dB 以上の住宅に対して寝室の防音工事を行っている。さらに、Ke 65 (WECPNL 87 に相当) 以上の区域内で住宅移転を進めている。

3. 騒音軽減運航方式

以下、各国の代表的な空港の事例を紹介する。

アメリカでは空港毎に様々であるが、環境

に厳しいカリフォルニア州でロサンゼルス空港についてみると、優先滑走路方式として、着陸機は外側の滑走路を優先使用している。一方、夜間 (22:00~7:00) は内側の滑走路を優先使用し、24:00~6:30 の時間帯では洋上からの離着陸を優先している。他空港でも、騒音と適合する土地利用がなされている区域の上空、例えば幹線道路上などに離陸騒音が集中するような飛行経路を設定したり (アトランタ)、夜間は人口密集地上空の飛行を避ける (シカゴ) など、運航方式に工夫を凝らしている。

ヒースロー空港では、2 本の平行滑走路のうち着陸用滑走路を時間帯により使い分ける、滑走路交互使用方式を取っている。

6:00~15:00 まで例えば北側滑走路を使用すると、15:00 から深夜 (最終出発便) までは南側滑走路を使用する。このパターンを 1 週間継続し、次の週は逆になる。ただしこの使い分けは西風運用の時であり、東風の際は北側滑走路の東端に近接する居住地域との協定 (Cranford Agreement) を遵守し、北側滑走路を着陸専用とする。一方、深夜 ~6:00 の着陸滑走路の使い分けは滑走路 2 本 × 2 方向で、滑走路 4 パターンを 1 週間毎に交代させる (風向が逆の時もあらかじめ決まっている)。なお、交互使用方式は離陸の場合には適用されないが、効率化のため着陸用滑走路は離陸にはあまり使用しない。

夜間の運航方式では 23:00~6:00 の着陸の際に 7,000 ft 上空から連続降下させる CDA (Continuous Descent Approach) 方式を導入し、85% の航空機が CDA 方式を使用することを目指している。この方式は、通常の ILS 進入と比べて水平飛行部分がないため、エンジン出力を抑えて低騒音で着陸が可能となる。しかし、滑走路処理能力が落ちるため、混雑時間帯では採用できない。

シャルル・ド・ゴール空港では 4 本ある滑走路のうち、外側の 2 本を着陸用、内側の 2

本を離陸用に使い分けている。南側滑走路(4,215 m)は通常離陸用であるが、着陸用には短縮運用している。また、夜間(23:15~6:00)の離陸機は騒音軽減のための出発方式を遵守することとなっている。なお、空港としての規制ではないが、パリ市街上空を飛行する場合は高度6,000 ft以上を確保することとなっている。

フランクフルト空港では3本の滑走路を持っているが、横風用の南北の滑走路は北側市街地への騒音配慮から、南向きの離陸専用としている。2本の平行滑走路についても離陸機の市街地上空の飛行をできるだけ避けて飛行ルートを設定している。

スキポール空港では横風20 kt, 追風7 ktを前提に、市街地上空をできるだけ飛行しないように滑走路の優先順位を設定している。また、夜間の出発経路で、市街地を避けるためS字状に上昇する計器飛行経路を設定するなど、騒音軽減のための飛行経路を工夫している。さらにヒースロー空港と同様に、夜間(23:00~5:00)の着陸運航方式として7,000 ftの高度から連続的に降下するCDA方式を採用している。

4. 機材制限など

アメリカではFAAが機材の騒音評価方式をICAOとは別にステージ2, 3として定めており、空港によりステージ2機材の運航制限が行われていたが、2000年1月以降ステージ2機材の運航が禁止された。

ヒースロー空港では航空機の騒音量に応じてQC値(Qouta Count=0.5, 1, 2, 4, 8, 16の6段階)を機種毎に与え、夏季と冬季のシーズン毎に、夜間(23:30~6:00)の累積飛行回数と累積QC値を設定して運航制限を行っている。現在の設定では飛行回数夏季3,250回、冬季2,550回、QC値夏季5610、冬季4140となっている。さらに、最もうるさいQC16とQC8の航空機は夜間

(23:00~7:00)は飛行させない。

また、夜間(23:30~6:30)の定期便の出発は通常は行わないが、早朝(4時台)の致着便があるため、前述のCDA方式などの工夫をしている。

発生源対策の一環として低騒音機材の導入を促進するため、騒音値に応じて着陸料を増減しており、チャプター2機材は基準着陸料の2倍、高騒音のチャプター3機材は1.1倍、低騒音機材(QC=0.5, 1)には0.9倍が設定されている。

シャルル・ド・ゴール空港でも騒音レベルにより航空機を分類し、南側滑走路の西側延長線上に位置する密集市街地への騒音を軽減するため、南側滑走路からの西向き離陸は騒音レベルの低いグループ4, 5の航空機に限定している。高騒音のチャプター3機材について夜間の離陸(23:15~6:00)と着陸(23:30~6:15)を段階的に規制していくため、同機材の年間の夜間騒音累積値の目標を2005年までに段階的に削減する規制を進めている。

また、分類したグループ毎に基準着陸料に対する倍率を決めている(表-2)。さらにこの他に、機材別、時間帯別に適用される騒音税がある。

フランクフルト空港では夜間の運航制限がきめ細かく設定されている。まず1:00~4:00の時間帯は全ての着陸が禁止され、24:00~5:00はホームベース機以外の着陸が禁止され、23:00~6:00は訓練飛行の離着陸が禁止され、22:00~6:00は臨時チャ

表-2 ドゴール空港の着陸料倍率

	6:00~23:30	23:30~6:00
グループ1	1.30	2.90
グループ2	1.20	2.70
グループ3	1.15	2.50
グループ4	1.00	1.00
グループ5	0.85	0.90

ーター機の離着陸が禁止されている。

また、空港使用料については騒音量に応じて機材を7カテゴリーに分類し、1離着陸当たり0~560ユーロと設定している。さらに、夜間割増(22:00~6:00)もカテゴリーに応じて1離着陸当たり32~1,500ユーロとされている。

スキポール空港の機材の制限ではチャプター3機材の中でも高騒音機の23:00~6:00の離陸を禁止している。

また、スキポール空港でも騒音量と最大離陸重量により機種毎に騒音税を設定している。さらに、夜間(23:00~6:00)は20%増しである。これらの税は、空港周辺の防音工事などの資金とされている。なお、ECでは2002年4月以降のチャプター2機材の運航を禁止している。

5. 騒音監視と協議会など

ロサンゼルス空港では空港管理者が飛行経路と騒音データを収集し、カリフォルニア州条例で必要とされる騒音監視報告を作成している。ロサンゼルス空港周辺で25箇所の騒音監視点を設置し、飛行経路はサンディエゴのトラフィックコントロールセンターで収集している。管理者はこれらのデータから各騒音監視点での年間平均騒音レベル(CNEL)を算出し、さらにFAAの騒音予測モデル(INM)により現状の騒音センターを作成している。

ヒースロー空港ではGEMSと呼ばれる騒音と飛行経路の監視システムを用いている。離陸開始点から6.5kmの地点に10箇所の騒音監視点を設置し、離陸機の騒音が政府の設定した騒音限界値を超過しないよう監視している。ヒースローにおける規制値は、滑走路端から6.5kmの地点で94dBA(0700-2259), 87dBA(2330-0559), 89dBA(その他の時間帯)となっている。さらにロンドンで28機の移動測定機を使用している。こ

れらのデータは公開されている。

また、CAA(Civil Aviation Authority)では毎年6月16日から9月15日の92日間の飛行データを用いて騒音予測モデル(ANCON Noise Model)により、各年の実績騒音暴露センターを作成し、これにより空港周辺の騒音影響を経年的に把握している。

フランスでは政府として空港騒音を監視し、改善していく独立した組織ACNUSA(Autorite de Controle des Nuisances Sonores Aeroportuaires)が2000年から活動を始め、空港周辺住民と空港管理者、航空会社など航空関係者との間に、新しい重要な役割を占めている。例えば2001年に夜間騒音を低減させるためのガイドラインを作成し、また、パリの2空港において騒音規則を違反した航空会社に罰金を科すこととした。

シャルル・ド・ゴール空港ではSonate Systemと呼ばれる飛行経路と騒音を監視するシステムを運用し、空港内の環境情報センター(騒音の家)で公開している。飛行経路データはレーダー情報処理システムから、また、騒音データは空港の東西8地点の騒音測定点から送られ1ヶ月間保存されていて、地域住民は過去1ヶ月間の飛行経路や騒音レベルを確認することができる。

フランクフルト空港では空港周辺の25箇所で騒音測定をしているほか、3機の移動測定機を活用して騒音監視をしている。機材毎に許容騒音レベルが決められ、4dBA以上超過すると航空会社に説明が求められる。飛行経路に関しては苦情があるとレーダーデータをもとに担当者がチェックをしている。

スキポール空港では20箇所で騒音測定し、NOMOSと呼ばれるシステムでデータ解析をしている。また、飛行経路はオランダ航空局のFANOMOSと呼ばれる経路追跡システムにより記録されている。これらのシステムを活用して住民からの苦情を検証し、適切な対応を取るとともに空港内のビジターセンタ

一では飛行経路と騒音レベルを表示して情報公開している。なお、適切な理由がなく、指示された飛行経路を遵守しないパイロットに対しても法的な措置を取っている。

最後に、これらの騒音対策を推進するためにつくられた、対策協議会などの組織を調べてみた。

サンフランシスコやロスアンゼルス空港では、空港管理者、自治体、FAA、航空会社、地域住民の他に、騒音に関心を持つ住民団体が参加するコミュニティ円卓会議を設置して、騒音調査の結果などを審議している。

ヒースロー空港では地方議会や住民代表が参加するヒースロー空港評議委員会が組織され、その下部組織として騒音と飛行経路のワーキンググループがある。このWGのメンバーは運輸・地方自治省(DTLR)、CAA、英国航空、空港管理者及び評議委員会のメンバーである。

フランスの主要空港では、中央政府、地方政府、空港管理者、航空会社及び地域住民代表により構成される環境評議委員会が組織され、騒音対策などの検討を行っている。また、シャルル・ド・ゴール空港では空港管理者、航空局、航空会社、管制官とパイロットのそれぞれの代表が騒音軽減を目指す行動憲章に調印し、低騒音運航を推し進めている。

フランクフルト空港では、空港管理者、管制担当機関、自治体(市)、航空会社、米軍、市民代表などからなる騒音対策委員会を設置して、騒音対策を行っている。

スキポール空港では、空港管理者、周辺自治体及び航空会社などで、騒音迷惑委員会を組織して、情報提供や苦情への対応を行い、その結果から騒音軽減方策などを運輸省に提言している。

おわりに

最近の動きとしては特に欧州で夜間騒音対策が重要となっており、各国の事情に応じて夜間対策が進められている。そのような状況でヨーロッパ人権裁判所がヒースロー空港の夜間飛行を禁止する判決を出したため、イギリスとしては異議を唱えている。

今回の情報は、制度面は環境庁の平成10年度調査報告書を参考に、対策面は調査出張時の各空港の資料やウェブサイト等を参考にした。また、新東京国際空港公団国際業務室の萩原誠氏には、主要空港への質問でご協力頂いた。紙面をお借りして謝意を表します。

制度や考え方の違う海外の事情ゆえ、古い情報や勘違いも多いことと懸念しています。新しい情報やお気づきの点などご連絡いただければ幸甚です。

研究報告

航空機騒音予測結果評価支援システムについて*

岩 崎 潔**

1. はじめに

国土交通省航空局は平成 11 年度に航空機騒音予測結果評価支援システム（以下：電子地図システム）の開発を行った。このシステムは基本 GIS (Geographical Information System : 地理情報システム) プログラムに改良を加え、コンピュータ上で空港周辺図と騒音予測結果等を重ね合わせ表示するものである。手作業の削減による業務の効率化、地図データと騒音予測結果を同一座標系上で処理および管理することによる精度向上、ならびに騒音予測評価等を従来に比して多くのデータを用いながらも、より容易に行うことが可能となった。

この電子地図システムの開発に技術協力という形で当初より参加してきたが、各方面からの様々な要望に応えるため、当協会においても早急に電子地図システムの整備を行い、騒音予測業務の態勢を整える必要があり、平成 12 年度に同システムの整備を完了したので、その概要について紹介する。

2. システム構成と機能

当研究センターにおける電子地図システム

が稼働するハードウェアの構成を図-1 に示す（写真 1, 2）。

電子地図システムは、ベースとなる GIS プログラム本体と機能拡張部のプログラムから構成されている（図-2）。基本の GIS プログラムは Cadcorp 社のアプリケーションである Spatial Information System を使用し、騒音予測結果データ等を利用できるよう機能拡張の改良を行っている。電子地図システムは 32 bit Windows System のパーソナルコンピュータ上で動作し、作成した図面を指定された出力装置へ出力し、またファイル形式で保存することで、一度作成した図面は何度でもプリントアウトが行える。必要に応じてネットワークを介して他の場所で出力することも可能である。

出力装置としては、あらゆる要望に応えるため、A3 版カラーレーザープリンターのほか当協会独自の整備として大判出力を可能とした B0 版プロッターを整備している。

プログラムの機能としては基本 GIS プログラムが既に備えている機能、そして機能拡張の改良による騒音センターや飛行経路を地図データに同一座標上で重ね合わせする機能、複数の指定座標点での騒音値、地点番号、マークなどを地図上に表示する機能、標高データを使用した縦断面図の作成機能、各種範囲（センター等）の面積計算機能、また位置情報や長さ等の計測機能、座標系についても複数の座標系から選択が可能である。

細かな機能については省略するが、通常の

* About the Support Systems of Predictive Noise Outcome Assessment, by Kiyoshi Iwasaki (Vice Senior Research Engineer, Noise and Vibration Division, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
騒音振動部 副主任研究員

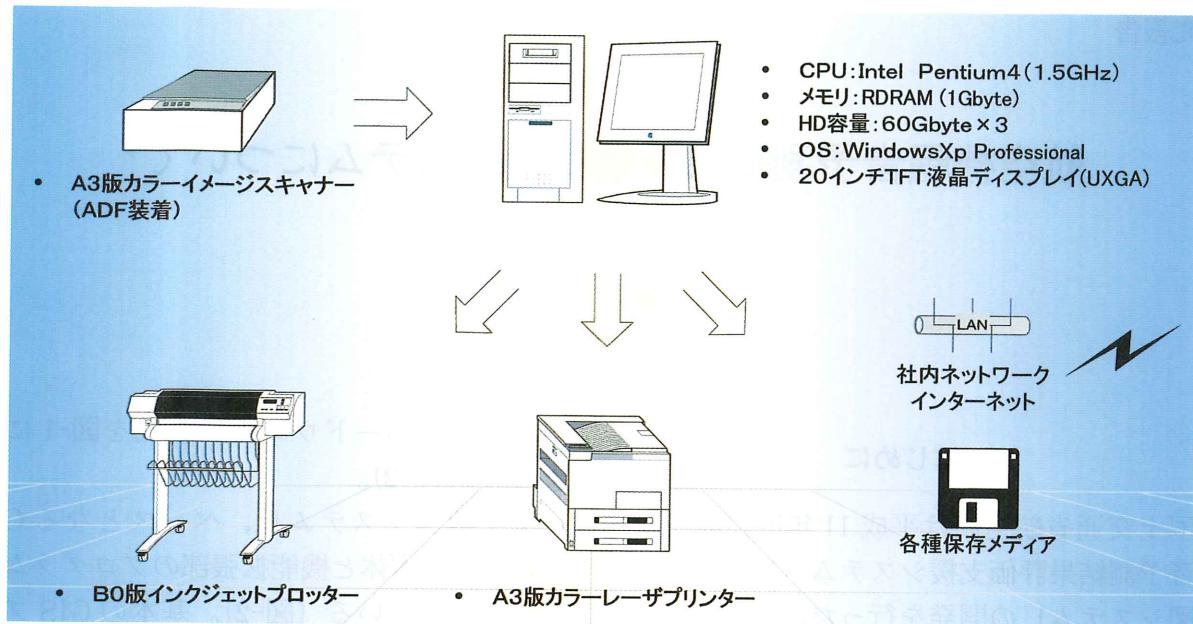


図-1 ハードウェアの構成



写真-1 航空機騒音予測結果評価支援システムで使用するパーソナルコンピュータシステム



図-2 航空機騒音予測評価支援システムの構成



写真-2 出力装置

WindowsProgram が備える基本的な機能も有している（写真3）。

3. 騒音予測センター作成

空港周辺における航空機騒音分布の評価や土地利用計画などの騒音対策の基礎資料とするために、航空機騒音の予測センター（等騒音レベル曲線図）を作成する機会が多くある。計算された結果を作図する場合、通常は

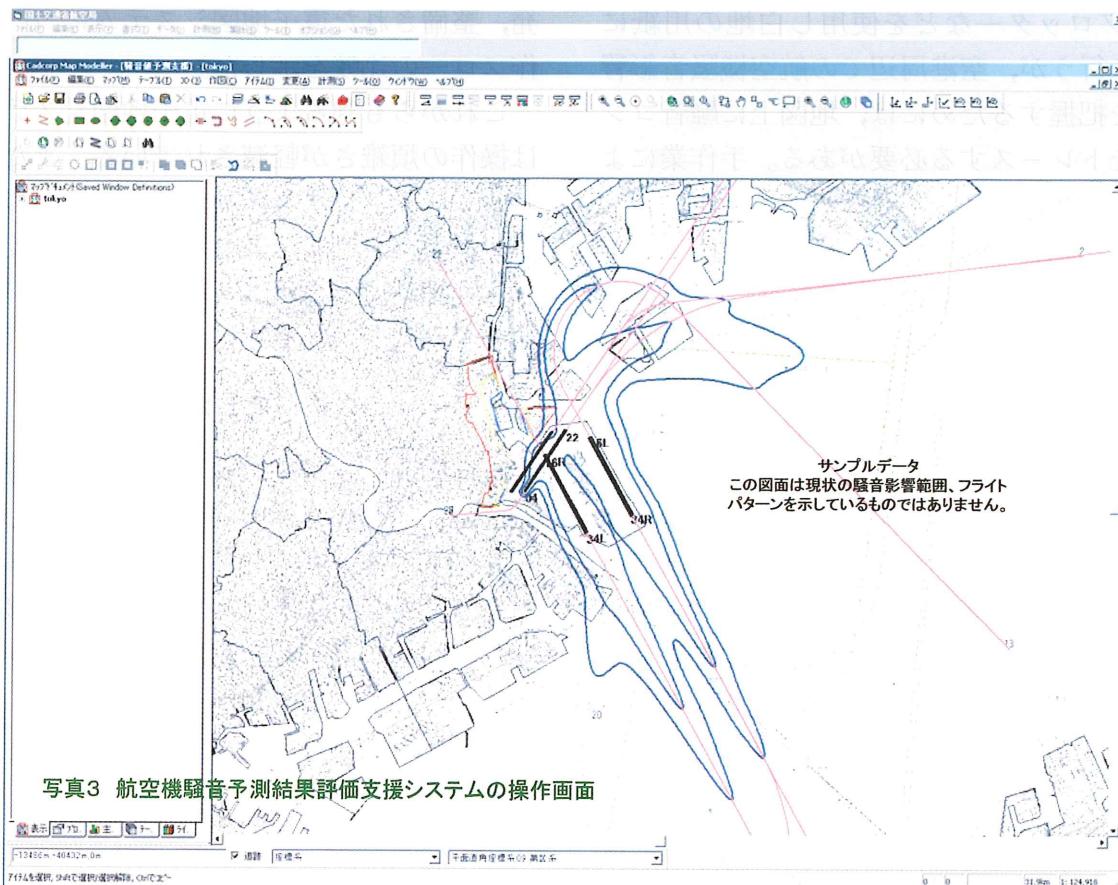
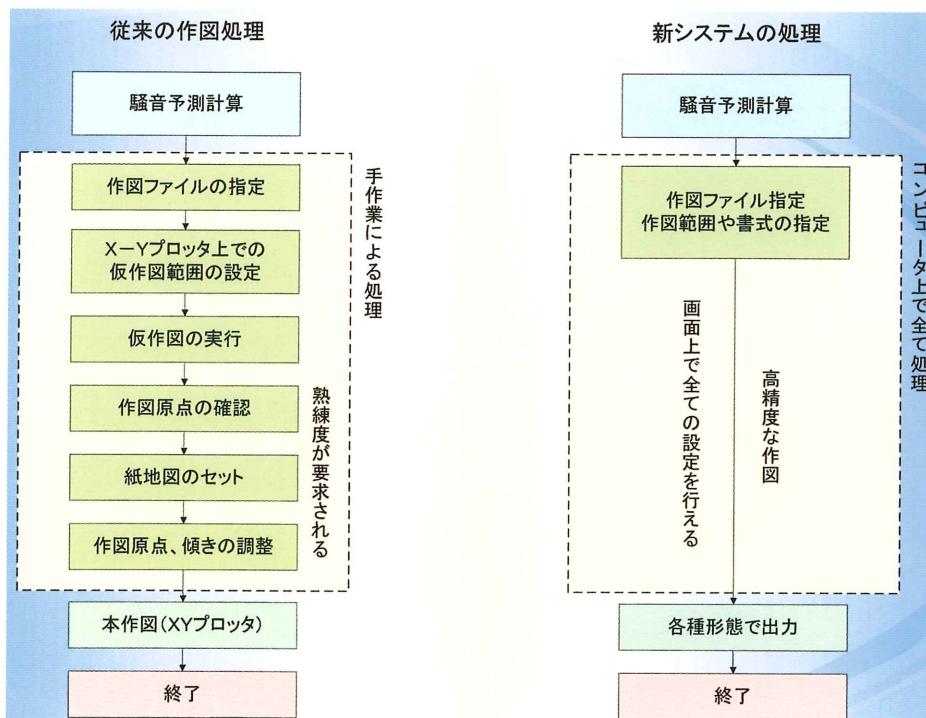


写真3 航空機騒音予測結果評価支援システムの操作画面

図-3 航空機騒音予測センター図作成フロー
(従来処理と新システムを利用した場合の比較)

X-Y プロッターなどを使用し白地の用紙に作図を行うが、空港周辺での航空機騒音影響範囲を把握するためには、地図上に騒音センターをトレースする必要がある。手作業によるトレース作業にはかなりの熟練度が必要になり、出来上がりにも個人差が生じてしまう。高精度な計算を行っても、地図上に正確な騒音センターを描けなければ影響評価をする上で問題となる。また、図面の再現性についても同様のことが言える。このような問題点を解決するため、プロッター上に地図をセットし、コンピュータで直接作図する方法が考えられる。作図精度は大きく向上するが、大きな地図に作図するような場合、大型の X-Y プロッターの整備や正確な位置あわせを行うなどの問題は残る。図-3 に従来行われていたプロッター上に地図をセットし、コンピュータで直接作図する方法と、今回開

発、整備された電子地図システムについて操作フローの比較を示した。

これからも判るように電子地図システムでは操作の煩雑さが軽減されている。また、コンピュータ上ですべての処理を行うため、熟練度を要求される位置合わせなどが不要となり、作図精度と再現性そして入力データや結果の管理についても大幅な向上が図られた。

4. あとがき

今回紹介した電子地図システムは、騒音予測センター作成の精度向上と予測業務の効率化を図るため、そして各方面からの要望等にも応えるため整備を進めてきたが、今後はさらなる業務の効率化と精度向上を実現するため、プログラムの独自開発なども含め、国土交通省航空局への技術協力体制をより一層の強化を図りたい。

研究報告

航空機の補助動力エンジン (APU) 排出物の実測(1)* —主要大気汚染物質 (NO_x , CO, THC) の測定結果—

橋本 弘樹** 柴田 正夫** 水島 実** 鈴木 孝治***,***

1. はじめに

空港関連の大気汚染物質の主要排出源としては、航空機主エンジン、航空機の補助動力エンジン (Auxiliary Power Units, APUs)，地上支援車両 (Ground Support Equipment, GSE)，空港利用車両及び固定電源施設などがある。空港から排出される大気汚染物質の排出量低減対策を検討するためには、これら排出源からの排出量を排出源別にできるだけ正確に推計する必要がある。

空港における排出ガス対策としては、航空機主エンジンの主要排出物の規制が国際民間航空機関 (ICAO) 及び日本の航空法で定められていることに加え、航空機の補助動力エンジン (APUs) の運用規制も国内外の空港で行われている。しかし、APUsの運用規制は、主に空港周辺の騒音対策のために行われている例が多く、大気汚染に配慮した対策としての効果や有効性については、ほとんど把握されていない。

今後の空港における排出ガス対策のあり方を総合的に検討するためにも、主エンジン排出物だけではなく、APUsとして使用されるエンジンからの排出物の実測調査を実施し

た。本調査では、ガス状物質として窒素酸化物 (NO_x ; NO_2 , NO)，全炭化水素 (THC)，メタン (CH_4)，一酸化炭素 (CO)，二酸化炭素 (CO_2)，酸素 (O_2)，水分，亜酸化窒素 (N_2O)，カルボニル化合物，及び炭化水素組成を、粒子状物質としては排出全粒子，金属成分，炭素成分，イオン成分，及び多環式芳香族成分を測定した。また、燃料中の炭素及び水素元素分析，排出ガス中のスマーカ濃度の測定を行った。

本報告では、このうち窒素酸化物 (NO_x ; NO_2 , NO)，全炭化水素 (THC)，メタン (CH_4)，一酸化炭素 (CO)，二酸化炭素 (CO_2)，酸素 (O_2)，水分，スマーカの測定結果，及びそれらの結果から算出された NO_x , CO, THC の排出原単位について報告する。

2. 調査内容

2.1 測定方法

2.1.1 排出ガス採取法

APU (ターボジェットエンジン) からの排出ガスは、排出口直後のガス温度で 400°C ~ 500°C の高温度であるのに加え、流速が $100\sim200 \text{ m/sec}$ にも達するため、きわめて強靭な試運転用架台がない限り、APU エンジン本体の排出口直後に排ガス測定用の採取プローブを取付けることは困難である。そのため、写真-1 に示す排気ダクトの温度測定用プローブ (既存部品) 取付部の 4箇所を利用してガスサンプリングプローブを取付けた。取付けの要領は写真-2 に示すように 4 本のプローブ先端が排気ダクトの壁から 125

* Aircraft Emissions from an Auxiliary Power Unit (1): Measurement of NO_x , CO, and THC as Major Exhaust Gas Components, by Hiroki Hashimoto, Masao Shibata, Minoru Mizushima, and Koji Suzuki (Aircraft Emission & Environmental Air Research Division, Aviation Environment Research Center).

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
大気環境部

*** 慶應義塾大学教授 (大気環境部長兼務)



写真-1 排気ダクト (プローブ取付位置)



写真-2 プローブ取付状況

mm の位置に成るように設置した。これらのサンプリングプローブ先端は排ガス捕集効率を良くするため、プローブ先端を斜めにカットして、排ガス流れに直向する方向に設置した。設置したサンプリング系の概要を系統図として図-1に示す。

サンプリングは、APU から排出されたガスを多環芳香族成分、微量金属成分、ガス成分の3系統に分け、導管を150°Cに保温して行った。ガス成分は、一度リザーバタンクに集められた後に、それぞれの分析計で測定した。

2.1.2 排ガス測定モード

APU 使用時の運転モードに合わせ、測定は、無負荷（定常状態）、負荷（抽気状態）、及び最大負荷（主エンジンスタート時）の状態で運転を行い、各モード毎に対象物質を測定した。測定は2サイクル行い、各サイクルでの濃度の読み取りは計器の指示値が安定した時点で行った。尚、最大負荷運転は長時間出来ないため、5分程度の運転とし、各測定項目の安定したデータが取得できるまで繰り返し行った。表-1にAPU運転モード時の仕様を示し、図-2にエンジン運転時間およびサイクルを示す。

2.2 調査実施日及び調査実施場所

調査は、平成13年11月22日（木曜日）

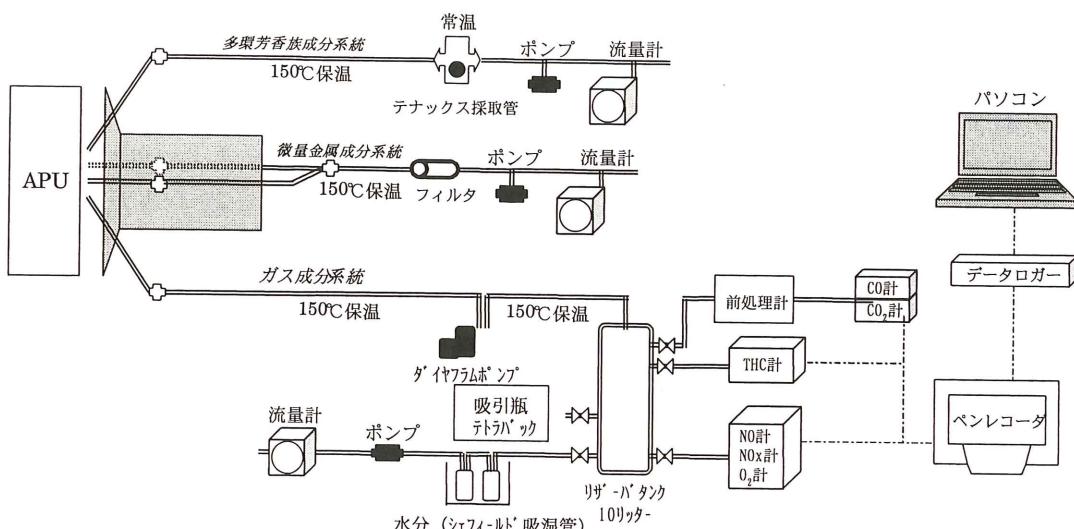


図-1 サンプリング系統図

表-1 APU エンジン運転モード時の仕様

モード	エンジン回転数(RPM)	供給電力(KVA)	抽出空気量(LB/MIN)(MAX)	抽出空気圧力(PSIA)(MAX)	大気温度(°F/°C)
無負荷	39,850	90	—	—	59/15
負荷	39,850	52	200	45.6	103/40
最大負荷	40,400	60	270	54.3	59/15

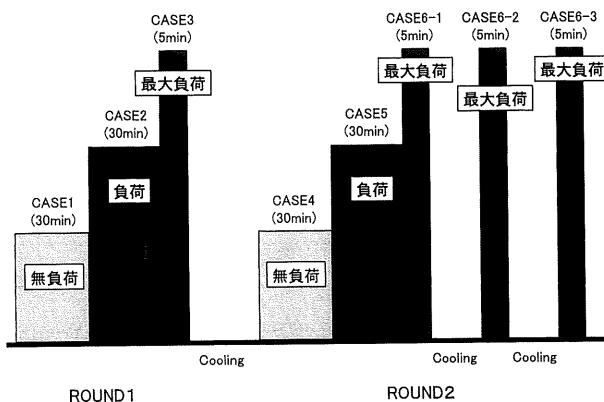


図-2 APU 運転モード

に屋内で実施した。APUからの排出物の採取及び測定は危険を伴う作業なので、まず測定者の安全を図り、ついで測定の実施が天候等で左右されないようにするため、東京国際空港内の全日本空輸株式会社エンジン試運転場内で実施した。

2.3 測定対象 APU(ターボジェットエンジン)

本調査には、現在、日本で使用されている代表的な航空機であるボーイング767-200型機最後尾に装着されているハネウエル社製GTCP 331-200型エンジンを用いた。

2.4 測定対象成分

- ①窒素酸化物 (NO_x ; NO, NO_2)
- ②全炭化水素 (THC)
- ③メタン (CH_4)
- ④一酸化炭素 (CO)
- ⑤二酸化炭素 (CO_2)
- ⑥酸素濃度 (O_2)
- ⑦水分 (H_2O)
- ⑧スモーク (smoke)

表-2 測定成分と測定方法

成分	測定方法	メーカー	型式
NO_x , NO_2 , NO	JISB7982に定める化学発光法	ヤナコ	ECL-88AO
THC	水素炎イオン化法(FID)	ヤナコ	EHF-7C
CH_4	ガスクロマトグラフ	島津	
CO	JISK0098に定める非分散型赤外線吸収法(NDIR)	堀場	VIA-510
CO_2	JISK0098に定める非分散型赤外線吸収法(NDIR)	島津	CGT-10·1A
O_2	JISK0095に定めるジルコニア方式	ヤナコ	ECL-88AO
水分	JISZ8808に定める方法	—	—
スモーク	AIA方式	BACHARACH	—

2.5 使用計測機器および測定方法

表-2に使用した計測機器と測定方法を示す。 NO_x , NO, NO_2 , THC, CO, CO_2 , O_2 は、自動計測器を用いた。水分量およびスモークナンバー測定については、それぞれのモード(Case)毎に行った。但しCase3(最大負荷)については、運転時間約5分の制限のため、一回の計測では正確な測定が出来なかつたので、これらのデータを補うために同様の最大負荷モードとしてCase6-2, Case6-3(図-2)の2回の追加計測を実施し、データを取得した。 CH_4 はテトラバッケルにガスを捕集し、後に分析を行った。

3. 測定結果

表-3, 表-4, 及び図-3に測定結果を示す。また、BACHARACH法でのスモークナンバー測定後のフィルター写真および標準スケールを写真-3に示す。これらの結果から以下の特徴が確認された。

- ・APU排ガス測定の結果は図-3のグラフよりNO, NO_x , CO_2 , 水分についてはRound1, Round2の両方の測定時において無負荷, 負荷, 最大負荷と段階的に排出濃度が増加している。一方、これとは逆に, NO_2 , THC, CH_4 , CO, O_2 は減少の傾向を示している。各運転モードにおいて

表-3 濃度計測結果 (ROUND 1)

成分	単位	無負荷 Case1	負荷 Case2	最大負荷 Case3	備考
NO	ppm	30	50	108	
NO ₂	ppm	11	6	<1	NOx-NO
NOx	ppm	41	56	108	
THC	ppm	9	2.5	1.7	
CH ₄	ppm	1.4	0.8	0.4	
CO	ppm	56	23	14	
CO ₂	%	1.5	2	3.3	
O ₂	%	18.9	18.3	16.4	
水分	%	2.4	2.7	—	
スモーク	No.	4	4	—	

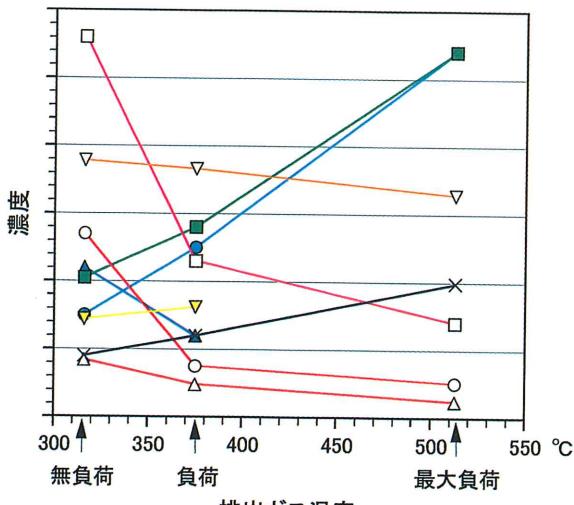
ては、濃度のバラツキは少なく、濃度変化も同様な傾向を示し、測定再現性の確認が出来た。

- ・スモークデータは、着色の識別検査（比較試験）で計測を行ったが、どの条件でもすべて BACHARACH NO. 4 の値を示した。図-4 に BACHARACH スモークナンバーと ICAO 方式スモークナンバーの換算グラフを示す。この換算グラフから今回の測定結果は、約 16 (ICAO 方式) スモークナンバーとなつた。

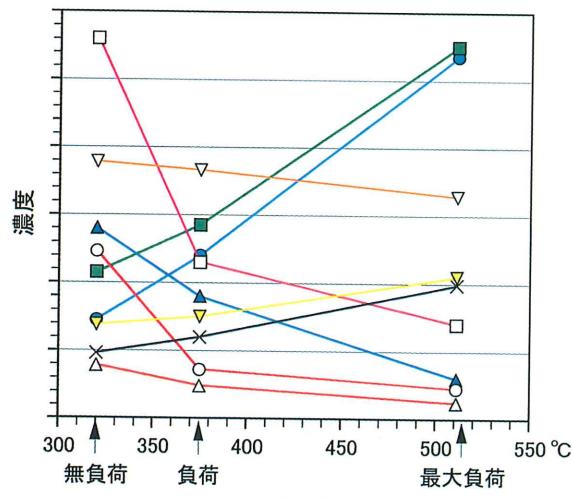
表-4 濃度計測結果 (ROUND 2)

成分	単位	無負荷 Case4	負荷 Case5	最大負荷 Case6-1	最大負荷 Case6-2	最大負荷 Case6-3	備考
NO	ppm	29	48	107	—	—	
NO ₂	ppm	14	9	3	—	—	NOx-NO
NOx	ppm	43	57	110	—	—	
THC	ppm	8.2	2.4	1.5	—	—	
CH ₄	ppm	1.3	0.8	0.4	—	—	
CO	ppm	56	23	14	—	—	
CO ₂	%	1.6	2	3.3	—	—	
O ₂	%	18.9	18.3	16.4	—	—	
水分	%	2.3	2.5	3.5	—	3.6	
スモーク	No.	4	4	4	4	—	

Round1



Round2



各物質の濃度レンジは NO : 0~120 ppm, NO₂ : 0~30 ppm, NO_x : 0~120 ppm, THC : 0~20 ppm, CH₄ : 0~20 ppm, CO : 0~60 ppm, CO₂ : 0~10 ppm, O₂ : 0~30 ppm, 水分 : 0~10 ppm である。

図-3 排出物濃度

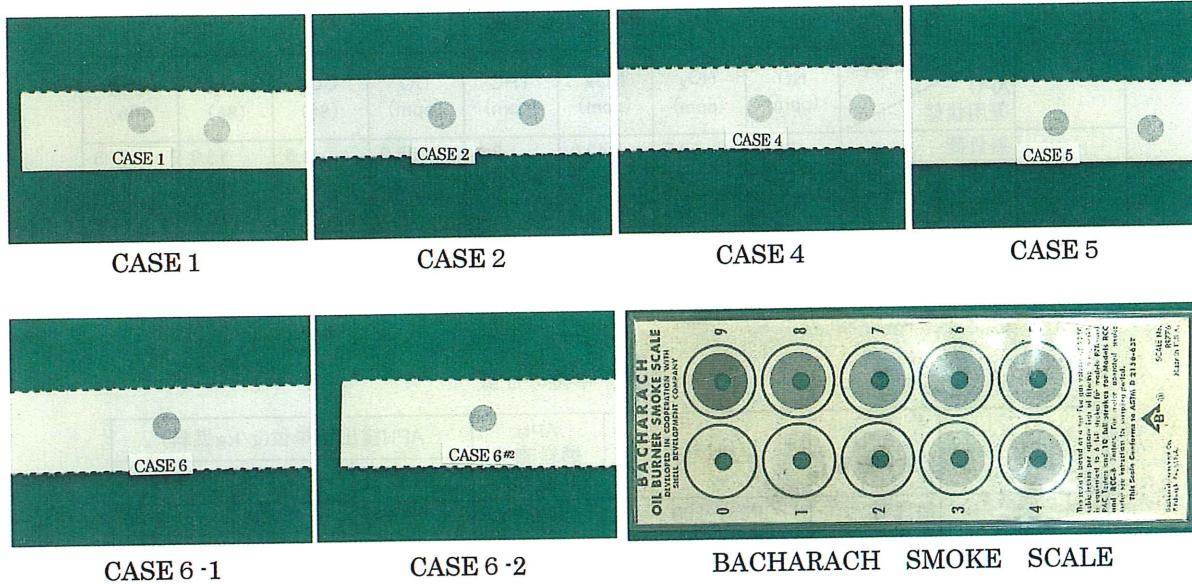


写真-3 BACHARACH SMOKE ナンバー観察

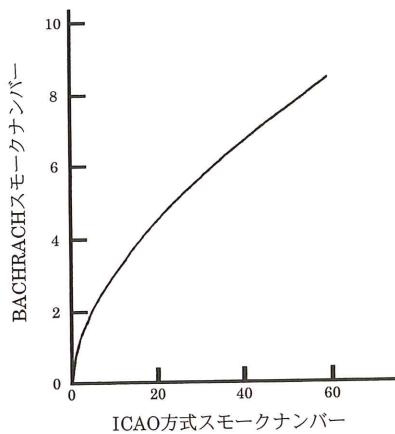


図-4 ICAO 方式スモークナンバーへの換算グラフ

4. 測定結果の比較

本調査の測定結果と平成12年2月に行われた環境庁（現、環境省）の測定結果¹⁾を表-5にまとめて示す。平成12年2月に行われた環境庁の測定は、本調査と同じ型式のAPU (GTCP 331-200型) を用いている¹⁾。また、排出ガスの採取法及び測定方法もほぼ同様であった。

測定結果を比較すると、NO, NO₂, NO_x, CO, CO₂, O₂については、両測定結果で同様の傾向を示している。THCは、本調査で無負荷: 8.6 ppmC, 負荷: 2.5 ppmC, 最大負荷: 1.6 ppmCと段階的に濃度が減少していくのに

対して、環境庁のデータにおいては、無負荷: 1.5 ppmC, 最大負荷: 1.4 ppmCとほぼ一定の値となっている。一般的にエンジンの排出物特性は、不完全燃焼のときに比べて完全燃焼のときには、THC, COは濃度が低くなり、NO_x濃度は高くなる傾向を示す。これを考えると本調査の測定結果は、最大負荷時の方が無負荷時よりも完全燃焼条件に近いと考えられる。

また、水分量については、本調査で無負荷: 2.35%, 負荷: 2.60%, 最大負荷: 3.50%と段階的に濃度が増加していくのに対し、環境庁のデータでは、無負荷: 1.47%, 最大負荷: 1.08%と段階的に濃度が減少している。排出ガス中の水分量は、入り口から流入する大気の水分量と燃料中の水素が燃焼して発生する水分の合量として計算することが一般的である。本調査の計算水分量は、無負荷: 2.49%, 負荷: 2.82%, 最大負荷: 4.03%であり、段階的に濃度が増加していくことが予想され、実測でもこのような増加傾向が認められた。

5. 排出原単位（エミッションインディクス、EI値）の比較

本調査の測定結果から算出された排出原単

表-5 測定結果の比較

	測定物質 APU 運用状態	NO (ppm)	NO ₂ (ppm)	NOx (ppm)	THC (ppm)	CO (ppm)	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	水分 (%)
本調査	無負荷	29.5	12.5	42.0	8.6	56.0	1.6	18.9	2.35
	負荷	49.0	7.5	56.5	2.5	23.0	2.0	18.3	2.60
	最大負荷	107.5	3.0	109.0	1.6	14.0	3.3	16.4	3.50
環境庁 データ	無負荷	23.0	17.0	40.0	1.5	77.0	1.5	18.6	1.47
	最大負荷	105.0	10.0	115.0	1.4	11.0	3.4	16.0	1.08

注)本調査の結果はRound1とRound2の平均値。

表-6 排出原単位の比較

	APU 運用状態	APU型式	APU 燃料流量 (kg/秒)	APU排出原単位(g/kg燃料)		
				THC	CO	NOx
本調査 A	無負荷	GTCP331-200	0.02592	0.650	7.35	9.05
	負荷	GTCP331-200	0.03192	0.145	2.30	9.40
	最大負荷	GTCP331-200	0.05103	0.057	0.86	11.00
航空会社データ	不明	GTCP331-200/250	0.04660	1.137	11.09	7.98
環境庁データ B	無負荷	GTCP331-200	0.02684	0.120	10.40	8.90
	負荷	GTCP331-200	0.05670	0.048	0.65	11.20
比較 A/B	無負荷	GTCP331-200	0.97	5.42	0.71	1.02
	最大負荷	GTCP331-200	0.90	1.18	1.32	0.98

注)本調査の結果はRound1とRound2の平均値。

位と航空会社の公表データ及び平成12年2月に行われた環境庁(現、環境省)の測定データ¹⁾を表-6に示す。但し、航空会社の公表データは、測定方法や運転モードは不明である。このため、本調査と環境庁のデータだけを比較した。燃料流量については、0.90～0.97とほぼ同様の結果であった。THCについては、最大負荷時は、1.18とほぼ同様な結果であったが、無負荷時は、本調査の結果が5.42であった。これは、先の測定結果の比較にあるように、環境庁のデータが無負荷時に極端に小さい値であったためと考えられる。COについては、無負荷時に0.71、最大負荷時に1.32となっており、それぞれ負と正のやや異なった結果であった。NO_xについては、0.98～1.02とほぼ同様の結果であった。

6. まとめ

APUエンジン排出物の調査を実施し、窒素酸化物(NO_x: NO₂, NO), 全炭化水素(THC), メタン(CH₄), 一酸化炭素(CO), 二酸化炭素(CO₂)の測定結果、及

びNO_x, CO, THCの排出原単位を算出した。先に測定された環境庁のデータと比較して、THC及び水分量でやや違いが見られたが、本調査の結果の方が妥当な値であると考えられた。今後は異なる型式のAPUを測ることを通じて、データをさらに検証し、簡便かつ正確な測定法を確立する必要があろう。

本調査では、本報告の主要排出物以外に亜酸化窒素(N₂O), カルボニル化合物, 炭化水素組成, 粒子状物質, 金属成分, 炭素成分, イオン成分, 及び多環式芳香族化合物の測定も行っている。これらの結果については、別途報告する予定である。

APU排出物測定において、このようにたくさんの測定項目を調べた例はほとんどなく、本調査は今後の空港における排出ガス対策を考える上での貴重なデータとなるであろう。

文 献

- 1) 環境庁委託調査「平成11年度 空港環境保全対策検討調査報告書」(平成12年3月 株式会社三菱総合研究所)

都市住民の主観的環境評価の構造解析*

後 藤 恭 一** 金 子 哲 也***,***

1. はじめに

都市部では都市化の進行とともに自動車数の増加や住宅密集により、環境問題はますます複雑かつ多様化し解決困難な課題である。従来、環境評価の方法には、生活環境を取りまく各種の要因、例えば、騒音、大気汚染、河川水質などについて、それぞれ騒音量、各種大気成分、水質成分などの客観的指標が用いられてきた。しかし、人間は環境から切り離され独立しているものではなく、本来不可分一体であり、ひとつのシステム「主体－環境系」を形成し存在している。環境評価と一口に言っても住民が居住環境に対して評価を下す際に、それを自然環境および人為環境という2つの概念に明確に分けているものではない。日常生活の中でより直感的に把握し易いいくつかの概念を通じて、総体としての評価が決定されると考えられる。

そこで本研究では、住民の視点からみた環境とは何かを検討するため、自記式調査票による主観的評価をもとにして住民の意識に基づく各種環境構造の把握し、さらに、道路・

建築物等都市基盤、自然環境あるいは社会環境などいずれに重点を置いて快適性を評価しているか、環境評価における各種環境の優先順位を検討を試みた。換言すれば、住民一人一人が地域の主体になり、人々と地域環境との豊かな関係が持続されるために、個々の住民は、どのように居住環境をとらえ、何を優先にとらえているかを把握しようとするものである。環境評価の構造を解明することにより、住民の視点に立った本来のまちづくりが進められ、さらには、豊かさを実感できる生活の質の向上につながり、地域の環境整備の発展に寄与することができるものと考える。

2. 対象と方法

居住環境に対する住民の不満意識構造を明らかにするため自記式質問票調査を実施した。調査は東京都大田区、品川区の住民を対象に、'95、'96年の2カ年にわたって行われた。本解析対象者は、全回収者のうち有効回答を得た1,003名である。調査票は、①年齢、居住年数等のフェイスシート、②主観的環境評価、③総合環境評価などで構成されている。

主観的環境評価とは、居住地における30項目の各種環境項目に対する不満感についてを「満足」から「不満足」の5段階にて評価をもとめたものである。それについて不満感が強いほど高得点になるようにコーディングした。

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

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
環境保健部

*** 杏林大学 保健学部 環境保健学・教授 (環境保健部長兼務)

総合環境評価とは、居住環境に対する全般的評価を求めたものである。回答方法およびコーディングは30項目の各種環境評価項目と同様とした。

以上について、住民が居住環境を評価する際の環境のとらえ方、すなわち環境評価構造の把握を目的に、30項目の環境について因子分析の後、各軸が直交していると想定して直交回転（バリマックス回転）を用いて各因子成分の解釈を試みた。なお因子分析にあたりサンプリングの適切性については Kaiser-Meyer-Olkin の測定値をもとめて検討した。こうして得られた各因子成分毎に、因子負荷量が高い項目の評価得点を加算して、各種環境の尺度得点とした。同尺度は主観的環境評価の下位尺度と位置づけられ、高得点ほど各

種環境に対する不満感が高いことを表している。尺度の内的妥当性についてはクロンバッカの α 係数を求めて検討した。さらに総合環境評価形成に係わる各種環境要因の構造については、総合環境評価と各種環境尺度との関係についてスピアマン（Spearman）の順位関係係数により検討した。

データ解析には HALBAU（現代数学社）および SAS（SAS Institute Inc.）を使用した。

3. 結 果

3.1 主観的環境評価に基づく環境評価構造の分析

因子分析の結果、6つの因子成分が抽出された（累積寄与率 62.9%）。表-1 にバリマッ

表-1 因子分析からみた環境評価構造

	因子					
	1	2	3	4	5	6
静けさ	0.831					
音環境	0.810					
静肅	0.785					
うるささ	0.768					
空気の汚れ	0.726					
大気きれいさ	0.691	0.341				
空気のにおい	0.679				0.306	
道幅		0.800				
街並		0.748				
歩道		0.743				
見通し		0.673	0.316			
住宅密集度	0.318	0.531	0.399			
にぎやかさ		0.510				0.337
地域安全性		0.434		0.364	0.360	
公園			0.719			
運動施設			0.610			
自然	0.426	0.387	0.564			
みどり		0.514	0.545			
景色・景観		0.374	0.543			
風通し				0.787		
日当たり				0.727		
家の間取り				0.623		
プライバシー	0.324			0.421	0.379	
区役所					0.613	0.306
交番・派出所				0.411	0.612	
近所づきあい			0.361		0.498	
地域の雰囲気					0.491	
買物・交通の便						0.800
商店		0.373	0.369			0.716
文化施設					0.343	0.413
因子の寄与率	16.80%	14.32%	9.24%	8.27%	7.66%	6.64%
累積寄与率	16.80%	31.12%	40.36%	48.63%	56.29%	62.93%

因子抽出法：主成分分析

回転法：Kaiser の正規化を伴うバリマックス法

クス回転後の因子負荷量を示す。サンプリングの適切性を示す Kaiser-Meyer-Olkin 測定値は 0.925 と高値を示していた。

第 1 因子成分の構成項目に着目すると「静けさ」、「音環境」、「静謐」、「うるささ」、「空気の汚れ」、「大気のきれいさ」および「空気のにおい」といった項目において因子負荷量が高く『騒音・大気型』の因子であると解釈した。第 2 因子成分は「道幅」、「歩道」といった道路に関する項目や「住宅密集度」、「にぎやかさ」、「見通し」及び「地域の安全性」といった項目に負荷量が高く『都市環境』の因子、第 3 因子成分は「運動施設」、「自然」、「みどり」、「景色景観」といった項目で構成されており『自然環境』を示すものと考えられた。第 4 因子成分は「風通し」、「日当たり」、「家の間取り」、「プライバシーの保護」といった『住居環境』。第 5 因子成分は「区役所」などの公共施設や、「地域の雰囲気」、「近所づきあい」といった『地域環境（コミュニティ）』を、そして第 6 因子成分は「買い物・交通の便」、「商店」、「文化施設」といった『生活環境』で構成されていた。

3.2 環境尺度の試作

因子分析から得られた因子成分毎に構成する各種環境項目の評価得点を加算して環境尺度の作成を試みた。なお、第 1 因子は騒音と大気質に関する項目で構成されていたが、騒音と大気の 2 つに分けるのが適当であると判断し『騒音環境』および『大気環境』の 2 尺度とした。各々の下位尺度の内的整合性についてを Cronbach の α 係数によって検討したところ、『騒音環境』の α 係数は 0.904、『大気環境』が 0.871、『都市環境』は 0.862、『自然環境』は 0.825、『住居環境』は 0.708、『地域社会環境』は 0.662 および『生活環境』は 0.722 であった。『地域社会環境』が 0.7 以下と小さい値を示していたが、その他項目に関しては高い値を示していた。

表-2 総合環境評価と各環境尺度との関連性

	騒音環境	大気環境	都市環境	自然環境	住居環境	地域社会	生活環境
総合環 境評価	0.465***	0.430***	0.535***	0.487***	0.491**	0.521***	0.471***
統計学的有意差検定 (Spearman の順位相関係数)							*** : $p < .001$

3.3 総合的環境評価と各環境尺度との関連性

総合環境評価と 7 種の環境尺度との関係を Spearman の順位相関係数をもとめ検討した（表-2）。総合環境評価と最も関連性が高かったのは『都市環境』($r=0.535, p < .000$) であった。次いで、『地域社会環境』($r=0.521, p < .000$)、『住居環境』($r=0.491, p < 0.000$)、『自然環境』($r=0.487, p < .000$) および『生活環境』($r=0.471, p < .000$) の順であった。

4. 考 察

因子分析の結果によると、環境評価の構造は『騒音・大気環境』、『都市環境』、『自然環境』、『住居環境』、『地域社会環境』および『生活環境』の 6 つに大別された。これは個々住民が居住環境を評価する際には、この 6 つの軸をもとに環境を評価していることを示唆する。個々の環境軸についてみると因子分析において第 1 因子成分として得られた『騒音・大気型』は、騒音および大気に関する項目で構成されていた。対象地域は、幹線道路が東西南北に横切っており交通量も都内有数であり、さらに夜間の交通量も少なくない。因子分析において第 1 因子成分として得られた『騒音・大気型』はこうした道路交通からの被害感を示すものとも推測できる。一方、これら騒音と大気が同一因子を形成していることは、住民は騒音、大気汚染をそれぞれ別々の観点からとらえるのではなく、一体として捉えている様子が伺われる。これは、住民側の視点に立った場合、騒音および大気汚染という 2 つの公害問題を解消するには、環境を包括的にとらえて、両面から対策を講じなければならぬことを示唆している。

ところで、住民が環境評価を下す際の視点は6つの軸に大別することができるることを示唆していたが、住民はそれらのいずれに重点を置いて快適性を評価しているのであろうか。言うなれば、総合的環境評価の形成に係わる各種環境要因の関与について総合的居住環境評価の不満足感と各尺度との関連性のなかから検討した。検討に当っては、スピアマンの順位相関係数を指標として用いた。もし各環境尺度間に相互関連があると仮定されるならば、重回帰モデルにて各因子成分間の交絡を制御して検討を行うのが一般的である。しかし本研究では、環境評価の下位構造である各環境尺度は互いに直交しているとの前提条件の下で因子分析を行ったため、相関係数を用いた。総合環境評価との相関係数に着目すると、『都市環境』が最も高く、続いて『地域社会環境』、『住居環境』、『自然環境』及び『生活環境』の順であった。これは、総合環境評価の不満感が強い者は都市環境、地域社会環境、住居環境などに対する不満も高い傾向にあることを示している。一方、換言すれば、これは居住環境におけるプライオリ

ティの順位を示すものとも考えられる。つまり、より良い居住環境のためには先ず『都市環境』、すなわち“街の暮らしやすさ”が最も優先され、次いで『地域社会環境』が求められ、さらに“住みかの環境”である『住居環境』が望まれることが示唆された。

以上は、都市部に限局した調査結果からの推定であり、したがって他の地域でもこれら結果が適用できるか検討の余地があるが、住民が居住環境の評価を下す際には6つの視点から環境を評価していることが示唆された。それらのうち、公害に関する評価、すなわち騒音、大気に対しては、住民は騒音と大気を別個に評価するのではなく一体としてとらえていることが推測された。さらに、より豊かな居住環境を構築するためには、先ず『都市環境』が最も重要であり、次いで『地域社会環境』および『住居環境』を重視していることなども示唆された。

今後、実用性のある環境評価尺度を作成するためには、さらに調査対象範囲を都市部以外の地域にも広げて検討することが必要であろう。

内外報告

ICAO/CAEP の動向（航空機騒音）*

吉 岡 序**

1. はじめに

ICAO CAEP/5（国際民間機関・第5回航空環境保全委員会）が2001年1月に開催され、ハイライトの一つであった亜音速ジェット機騒音証明 Chapter 3 の基準強化について、離着陸、及び側方騒音値の累積値で、トレードオフを認めない -10 dB が採択された。これは Chapter 4 となり 2006 年 1 月 1 日以降に原型機証明申請が行われるものについて適用されることは前号で紹介した。また前号では触れなかったが、この他に注目されていた空港周辺の騒音制御（バランスのとれた対策：Balanced Approach と言う）にかかる決議については、多くの議論がなされたものの、①騒音源（エンジン）での騒音低減、②空港周辺における土地利用計画と管理、③騒音軽減運航方式、及び④運航制限を、各国の実情にあわせてバランス良く遂行するということに留まった。この件については CAEP/6 に向けて引き続き議論されることになっていた。

次の CAEP/6 は 2003 年末に予定されており、それに向けての体制は今までと同じく、CAEP 委員会の下にステアリンググループ会議をおき、ワーキンググループを I から V

とし、ステアリンググループ会議が各ワーキンググループの方向付けを行う。各ワーキンググループでは更に幾つかのタスクグループに分かれて作業が行われる。

CAEP/6 に向けての最初の作業として、2001 年 4 月に協議会（Colloquium）が開催され、CAEP/5 議事内容、理事会、及び総会決議案等の加盟国への周知と、加盟各国の立場の表明が行われた。

本稿においては、この協議会（Colloquium）、並びに 2001 年末までに開催されたワーキンググループ II 会議とステアリンググループ会議について航空機騒音に関する概要を紹介する。

2. 協議会（Colloquium）

協議会は 4 月 9~11 日にかけカナダ・モントリオール ICAO 本部にて開催された。事務局より「問題の基本事項」、「ICAO の現行方針」、「CAEP/5 の結果報告」、「CAEP/5 以降の進捗状況」、及び「今後の取り組み」について説明がなされた。それに引き続き ECAC（欧州民間航空委員会）、米国、ブラジル、ACAC（アラブ民間航空委員会）、ロシア、ACI（国際空港委員会）、ATAG（航空交通アクショングループ）、及び ICCAIA（国際航空宇宙工業会）によるプレゼンテーションがなされた。プレゼンテーションの概要を国土交通省航空局松井課長補佐の報告から引用して以下に紹介する。

ECAC：騒音基準の強化及び Balanced

* 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

Approachによる取り組みの強化(CAEP/5の提言)を指示する。EUとして、航空交通の拡大に対応するためには Noisest Chapter 3機のPhase outが必要と指摘。当面、Operational Restrictionについて協調した取り組みに期待。空港ごとの運航規制は運航者にとって不利であることを指摘。

米国：CAEP/5の提言を支持。騒音問題は各空港周辺での環境問題であって Chapter 3機の世界的な Phase out は不適正と指摘。Balanced Approachによる対応を強く推奨し Operational Restriction は空港ごとの実施を主張。Operational Restriction以外の方法による対応の優先を主張。

ブラジル：ブラジルでは Balanced Approachにより騒音問題に対処。Chapter 3を超える騒音基準の強化は途上国としては現行では不要だが、将来的な必要性を考慮して支持。先進国の騒音問題は Chapter 3機の寿命等による退役により着実に改善。騒音問題について米国と共通の認識あり。Chapter 3機のグローバルな Phase out に反対。Operational Restriction では途上国への配慮(適用除外)が必要と主張。

ACAC：航空機騒音は途上国では問題ではなく、経済発展には Chapter 3を超える騒音基準強化は不要。Chapter 4を超える基準強化には将来的にも否定的。Chapter 3のいかなる Phase out, 及び Operational Restrictionについても強く反対。特に ECによる Operational Restrictionについて反対を表明。課金については原則 charge であるべきであって税には反対。

ロシア：ロシアにおける航空機の騒音基準への適合状況を説明。ロシアが国際運航に使用している航空機の半数以上は Chapter 2適合機であって、Phase outについてはハッシュキット装着及びエンジン変更により対処する方針。Chapter 4に適合するものは極めて少数であり、これ以上の騒音基準強化に対応

することは困難。ECが主張する更なる基準の強化及び Phase out (Operational Restrictionを含む)には反対。

ACI：CAEP/5の提言を支持。航空需要の増大に対応するため、更に-14 dBの騒音基準強化が必要。Marginal Chapter 3(ハッシュキット機)の騒音が、通常の Chapter 3機と比較して著しく高いことを指摘。Noisest Chapter 3機のPhase outの必要性を主張。Operational Restrictionについては ICAOによる統一的なガイドラインの設定を要望。

ATAG：米国及びブラジルの主張に沿っての提言。Chapter 3機(マージン5以下)のグローバルな Phase out に反対し、Balanced Approachによる対応を主張。Operational Restrictionについては、これ以外の方法による騒音問題への対応状況の検証と、空港使用者との協議が必要と主張。国際的に統一されたプロセスの策定を含むフレームワークの設定を要望。

ICCAIA：航空機産業における航空機騒音の提言に対する技術的な取り組み状況を説明。Chapter 3への騒音基準強化により航空機騒音が大きく改善されたことを説明。一方騒音の低減技術は限界に近づいており、Chapter 4以上の騒音基準の強化については既存機が適合するとしても、発展型の開発を考慮して Balanced Approachによる対応を優先するよう要望。

3. ワーキンググループII会議

ワーキンググループII会議は2001年末までに3回開催されており、第一回目は、前述の協議会(Colloquium)開催途中の4月10日に同じ ICAO本部、第二回目は、6月19日から21日にかけてカナダ・モントリオールの IATA本部、そして第3回目は10月16日、17日にフランス・パリのフランス航空局(DGAC)において開催された。レポーターはブラジル航空局の Allemander Per-

eira, 副ラポーターはカナダCAAのAlec Simpsonが努めている。

作業を進めるに当たり、①Modernization(騒音証明の改訂), ②MAGENTA(広域的航空機騒音暴露影響の評価), ③Noise Abatement Procedure(騒音低減運航方式), ④Airport Planning & Land use planning(空港計画・土地利用計画), 及び⑤Airport Noise Modeling & Monitoring(空港周辺騒音モデル及び騒音監視), からなる5つのタスクグループが設置されることになり, 我が国は②MAGENTA, ④Airport Planning & Land use planning, 及び⑤Airport Noise Modeling & Monitoring, に参加することを表明した。

事務局によると, CAEP/5の結果を理事会に諮っているが特に反対ではなく, 総会決議案が理事会で採択される見通しのこと(後の第三回WG II会議で総会決議が採択されたとの報告があった)。また決議案はワーキンググループからの報告を参考にCAEP事務局が作るものであり, ワーキンググループ報告がそのまま採用されるわけではないとのことであった。ただしワーキンググループがそれに意見を述べることはできる。

会議は, この総会決議案についての意見を出し合うことから始った。各国からはBalanced Approach Programに関するCAEP/5での結論が適切な形で決議案に取り入れられていないという指摘が相次いだ。

Balanced Approachの作業を進める上で, Noise Abatement Procedure, 及びAirport Planning & Land use planningタスクについての作業計画や方針, これからの会議開催予定が検討された。このフォーカルポイントはブラジル運輸省Elizabeth Andradeでコーディネータの役割を重視するという。オランダ運輸省Bram Koppertが助力することになった(CAEP/3以来, このタスクのフォーカルポイントであった。各国に質問票

を送り30ヶ国から回答を得て整理し, Airport Planning Manual改訂版を作った。現在事務局でエディトリアルな編集を行い, 印刷に掛けるところ)。これを今後の検討の基礎として活用することとなり, 各国理事に働きかけて出版を早めるよう依頼することになった。

ワーキンググループIIの作業優先順位は, 第一にAirport Planning Manualの見直し, 第二にBalanced Approach Programとすることになった。

Modernizationタスクの作業計画についてフォーカルポイントが用意した文書のレビューがなされた。作業計画に挙げられた事項の大半はワーキンググループIの作業に協力して行うもので, 唯一このタスクグループ主導で行うこととされたのは空港から離れたところで発生する低レベルの騒音問題の性状について手引きを用意し, 騒音証明の必要性を検討する作業であり, それがどういう問題なのかが話し合われた。結局, そのような問題の実情を調査し明確にした後, 検討することとなった。

MAGENTAタスクのフォーカルポイントはCAEP/5まではJohn B Ollerheadであったが, 今回からJohn M. Guldinと交代した。MAGENTAの実務作業はWyle研究所のBen Sharpらによって行われており, 費用をFAAが負担するためではないかと推察される。この事情によりこのタスクの最終まとめもGuldinが行った。なお, MAGENTAとAirport Noise Modeling and Monitoringの作業計画は共通する部分が多いので統一について検討すること, 及び課題として挙げられたものが大小様々であるため, 何がやれるか, 何からやるべきか優先順位をつける必要があることなどが指摘された。

MAGENTAタスクの作業計画についてOllerheadがCAEP/5報告書の2つの計画

案 (CAEP 事務局がまとめた作業計画とタスクグループが作成した作業計画) を整理・統合して順に説明する形で討議が行われた。何をやるかを決めるのはワーキンググループかステアリンググループかという話が出たが後者に委ねられるようだ。

Ollerhead の付けた優先順位の第一は MAGENTA MODEL のアップデートである。MAGENTA と INM は共通点も多いが同じでなく、CAEP/5 で 200 空港の試算を行う際に機種を等価な 4 機種にまとめるなど簡略化を図っており、人口データも US 政府のデータベースを使っており、必ずしも十分ではないらしい。第二に、MAGENTA のデータベースを拡張・充実する必要がある。インドや中国など免除地域の大空港を取り込む必要がある。

続いて、Airport Noise Modeling and Monitoring タスクの作業計画についても Ollerhead が整理・統合した作業計画案を説明したが、要は INM を基本として用いること、INM に基づいて ICAO データベースを構築すること、SAE/ A-21 の活動に協力することである。

ワーキンググループ II は、2001 年末の時点では、方法論の議論に時間をついやしており、各フォーカルポイントは努力しているようであるが、実質的な作業の進行は停滞ぎみである。

4. ステアリンググループ会議

12 月 3 日から 7 日にかけてブラジル・サンパウロ市国際会議場においてステアリンググループ会議が開催された。

ワーキンググループ II の活動についてラボ

ーターから報告があった。第 33 回総会決議をうけて特に Operational Restriction を含む Balanced Approach の実現に向けて議論が集中した。Balanced Approach の方法については、標準的な ICAO 方式を設定することとして、そこでの損益分析に基づいて当該方法を決定するようなフレームワークを設定すべきとする提案（ブラジル）があった。しかしながら、Balanced Approach はもともと各国の実情に合わせて柔軟に総合的な騒音問題の解決を図るという趣旨のものであり、各国ごとのフレキシビリティの主張が相次ぎ、当該提案については取り下げられた。

Balanced Approach の各要素についての損益分析の方法について至急 FESG と調査することが必要であるとの提案については、FESG に過大な負荷がかかること等から、FESG に対する他のワーキンググループからの要請事項も勘案して今後調整することとした。なお、FESG に対するワーキンググループ II からの要望内容としては、当初は 1) 各要素の経済的な損益の分析、2) アセスメント時の損益分析方法の策定、及び 3) アセスメント時の損益分析そのものの 3 つがあり議論に混乱があったため、1) 3)のみが課題として残った。更に 2) については FESG の任務からはずれるのではないかとの議論もあり、関連ワーキンググループ及び事務局で更に検討することとなった。

フレームワークとする提案（用語の使用にこだわったもの）がブラジルより為されたため、ワーキンググループ II の今後の検討作業について ICAO 総会決議 A 33-7 App. C に基づく実施方針をワーキンググループ II のフレームワークとすることとなった。

内外報告

ICAO/CAEP の動向（航空機排出物）*

橋 本 弘 樹**

1. はじめに

航空機の排出物対策については、民間航空輸送に関する国際機関である国際民間航空機関 (ICAO: International Civil Aviation Organization) において環境対策を取り扱っている航空環境保全委員会 (CAEP: Committee on Aviation Environmental Protection) が中心となり排出物削減等の検討を行っている。

一方、地球環境問題の観点からは、国連の気候変動に関する政府間パネル (IPCC: International Panel on Climate Change), 国連気候変動枠組み条約 (UN-FCCC: United Nations Framework Convention on Climate Change) 等が、ICAO と連携して航空機排出物が地球環境に与える影響を検討している。

2. ICAO/CAEP の組織

図-1 に ICAO/CAEP の組織図を示す。ICAO には、航空機騒音及び航空機エンジン排出物の問題を審議するため、CAEP が設置されている。さらに CAEP の下には、政策的方向付け及び全体の取りまとめを行うた

めに、ステアリング・グループ (STG) が設置され、ワーキング・グループ (WG) の進捗状況等の取りまとめ及び新たな議題の研究報告を CAEP に報告することになっている。騒音及びエンジン排出物の証明要件に係わる技術基準の制定、見直しなどの具体的な検討は、5 つの WG が行っている。

航空機排出物に関連した WG は、WG 3, WG 4 及び WG 5 であり、それぞれ次のような事項について検討を行っている。

WG 3 (航空機エンジン排出物-技術面)

航空機エンジン排出物に係わる技術面での対策

WG 4 (航空機エンジン排出物-運航面)

航空機エンジン排出物に係わる運用面での対策

WG 5 (地球温暖化物質の削減策)

地球温暖化物質の削減に向けた環境課金、排出権取引等の検討

3. 2001 年の活動

2001 年に行われた航空機排出物に関連した主な会議を下記に示す。

1月 CAEP 第 5 回会議 (モントリオール)

4月 Colloquium (モントリオール)

4月 WG 5 (モントリオール)

5月 WG 3 (オタワ)

5月 WG 4 (ワシントン)

7月 WG 5 (オスロ)

9月 第 33 回 ICAO 総会 (モントリオール)

* Trends of ICAO/CAEP (Aircraft emissions),
by Hiroki Hashimoto (Vice Senior Research
Engineer, Aircraft Emission & Environmental
Air Research Division, Aviation Environment
Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
大気環境部 副主任研究員

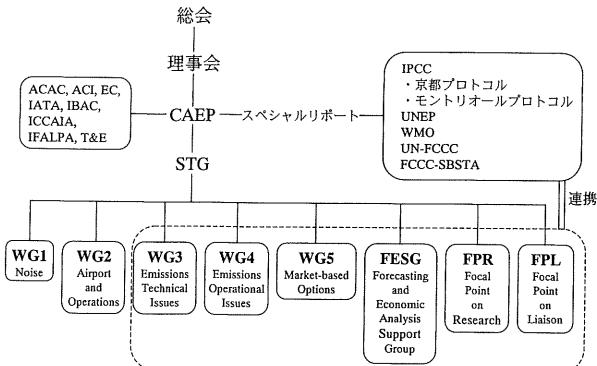


図-1 ICAO/CAEP の組織図

ル)

- 10月 WG 3 (パリ)
- 11月 WG 5 (ワシントン)
- 12月 Steering Group Meeting (サンパウロ)

4. 航空機排出物の動向

4.1 CAEP 第5回会議

航空機の排出物対策については、特に目立った勧告内容はなく、各WGから報告が行われたが、次の2点について簡単に述べる。他の報告内容は、現在も引き続き検討されているので、各WGの項で述べる。

① WG 4 (CNS/ATMの効果)

FAA及びEUROCONTROLでの調査結果より、5%程度のCO₂削減効果が期待されることが報告された。また、排出物低減に係るbalanced approachの要素として、この運用方法を認めることとし、当該内容をICAO サーキュラー草案として発行することとした。

② WG 5 (market-based options)

WG 5及びFESGより民間航空輸送についての市場経済を通じたCO₂排出削減策(market-based options)に係る解析及び検討内容について以下のとおり報告が行われた。

解析及び検討の実施対象となったoptionは次の3点である。

- A) 排出物課金 (Emissions-related levies : Tax 及び Charge)

- B) 排出権取引 (Emission trading : Open 及び Closed)

- C) 自主的取り組みによる排出削減 (Voluntary Measures)

また、主要な解析及び検討結果は次の3点である。

- D) 課金制度及び自主的取り組みによる排出削減による方策については、それ自ら単独で削減目標を達成することは困難である。

- E) 排出権取引について、Open-Market tradingを使用するものを費用対効果及び目標達成の可能性の点で最も優れないと評価。Closed-Market tradingについては今後の検討には値しない。

- F) 排出権取引については京都議定書の発効を前提とする長期的方策であることから、それまでの間の短期的方策としては課金(charge)及び自主的取り組みについても活用が考えられることからさらに検討を進める。

4.2 第33回総会

第32回総会で決議されたA 32-8を改定し、第33回総会決議 A 33-7が採択された。排出物に関する項目として付録H及び付録Iが盛り込まれた。付録Hには、次の点が記されている。民間航空機の排出物が地球温暖化問題やオゾン層の減少に影響を与えることの懸念から、これまでIPCCスペシャルリポートの作成をUNFCCC、IPCC等と協力して行ってきた。しかし、航空機排出物の気候変動に与える影響は、まだ科学的に不確実な点があるため、今後も協力して研究する必要があること。排出物(特に温室効果ガス)を低減させるための方策を策定すること。付録Iには、次の点が記されている。市場経済を通じてCO₂排出削減を行う方策についてさらに検討すること。特に自主的取り組み、環

境課金・課税、排出権取引について解析・検討を行い、早急に方策を適用することができるようすること。

4.3 WG3 の動向

WG 3 では、CAEP/5 に引き続き、排出物低減に向けて下記の項目について検討を行っている。

a) 排出物低減技術 (Emissions reduction technology)

ICCAIA の各メーカーが現在開発しているエンジンは、CAEP 2 で定めた排出抑制目標を 30%から 50%下回っており、2010 年には 2022 年目標を達成可能と考えられる。しかしながら、NOx と CO₂ 及び騒音がトレード-オフの関係にあることが顕著になりつつあることから、NOx 低減技術の動向について今後も調査を継続する必要がある。

b) 航空機排出物の大気環境に与える影響 (Atmospheric effects of aircraft emissions)

航空機排出物の地球環境に与える影響に関連した新しいプロジェクトが、EC の環境と持続可能な開発プログラムと NASA により合計 7 つ開始された。特に、これらのプロジェクトは、上部対流圏及び下部成層圏における巻雲の特性についての化学的プロセス等を観測するものである。今後も引き続き IPCC, UNFCCC, WMO 等の他の国連機関と共同で、この問題を調査していく必要がある。

c) 地表における航空機排出物の影響 (Ground level effects of aircraft emissions)

排出ガス対策の長期的技術目標の策定に関連しており、航空機排出物の地表における影響を評価するモデリングツールを開発していく必要がある。

d) 排出物証明問題

- 排出物の方法論 (Alternative Emissions Methodology Task Group : AEMTG)

このタスクグループでは、これまでクルーズ・クライムでの排出原単位の作成を行ってきた。これについては、地上でのテストデータをもとに排出原単位を算出することとし、いわゆる P 3-T 3 法が一番有効な方法であるとされている。さらに、現行の LTO サイクルにおいて粒子状物質の排出原単位の作成方法も検討することになっている。

• 基準問題 (Standards Task Group : STG)

このタスクグループは、CAEP/6 で新しく AEMTG から切り離されて、現在の LTO サイクルでの新しい基準及び AEMTG で議論されているクルーズ・クライムにおける基準を作成するために作られた。

e) 生産打ち切り問題 (Production cut-off standard/exemption provisions)

CAEP/4 において NOx をさらに 16% 規制強化することが決められた。この規制は、2003 年 12 月 31 日以降に新たに設計されたエンジンに適用されることとなっている。新しい基準に適合しないエンジンの生産打ち切りをいつから行うことが妥当かを議論するために費用対効果分析を FESG に依頼している。また、これについての免除規定についても検討している。

f) エミッションデータバンク (ICAO Engine Emissions Databank)

このデータベースは、エンジンの排出原単位などの情報を記したもので英国の QinetiQ (旧 DERA) とエンジンメーカーが共同でアップデートを行っている。これは、web 上で公開されている。

g) スモーク・粒子状物質のサンプリングと測定 (Measurement and sampling)

現在、スモーク及び粒子状物質が、特に飛行機雲の生成に関連すると考えられているため地球温暖化問題等の観点から注目されている。このため、スモーク・粒子状物質のサンプリングと測定に係る専門的な技術問題を

SAE (Society of Automotive Engineers) E 31 分科会で検討してもらっている。

h) 長期的技術目標 (Long-Term Technology Goals Task Group : LTTG)

現在はまだ長期的技術目標が示されていないが、欧米の空港周辺の大気環境に与える航空機排出物の寄与度が増加するとの報告もあり、今後は、このような視点から排出物削減目標を考えていくことも重要になると思われる。

4.4 WG4 の動向

運航面での排出抑制に係る評価モデルとして、EUROCONTROL プロジェクト/AERO 2 K と FAA プロジェクト/SAGE が進められており、5%程度の CO₂ 削減効果が期待されるとしている。今後両者の内容を精査し、また可能であれば統合したモデルの作成及び検証についても検討することとしている。また、環境面からの最適な航空機の運航指針の作成について、CAEP 5 で報告されたサーキュラー草案の改訂を進めており、この最適運航技術の内容を各国航空当局代表へ周知し、かつメンバーへ報告するためのワークショップを 2002 年 5 月にマドリッドで開催することになっている。

4.5 WG5 の動向

WG 5 には、3 つのサブグループがあり、それぞれ以下に示す内容を検討している。

a) 自主的取り組み (Voluntary Measures)

- ・プログラム開始以前の排出量の設定
- ・排出物削減達成目標の設定
- ・計画の実施とその監視及び検証（透明性の確保）
- ・早期の実施または Baseline protection 達成の見込をつける

b) 排出物課金 (Emission-related Levy)

- ・これまでの ICAO ガイドラインに基づいて課金に関するガイドanceを作ること

- ・お金の集め方、分配の仕方、使い方に関する法的措置を研究すること

c) 排出権取引 (Open-Emission trading)

- ・航空部門のターゲット設定
- ・許容範囲の初期設定
- ・適合の監視と報告
- ・他組織との連携

これらの検討を行うにあたって、次の点を考慮する必要がある。

- ・国内航空と国際航空の排出物の取扱いを調和させること
- ・国によるやり方の違いの影響を取り除くこと
- ・開発途上国への影響を考えること
- ・騒音や他の排出物の取扱いとの関係を調和させること

5. 2002 年の予定

2002 年に行われる予定の航空機排出物に関連した主な会議を下記に示す。

- | | |
|-----|---|
| 2 月 | WG 4 (ワシントン) |
| 3 月 | WG 5 (ブリッセル) |
| 5 月 | WG 3 (ダラス) |
| 5 月 | Workshop on Operational Opportunities and Land Use Planning (マドリッド) |
| 9 月 | Steering Group Meeting (パリ) |

6. まとめ

航空機排出物は、空港周辺の大気環境だけでなく地球環境にも影響を与えており、ICAO/CAEP では、排出物削減に向けて様々な検討を行っている。最近は、特に地球温暖化問題の観点から航空機排出物の気候変動に与える影響の調査・研究が精力的に進められており、これらの成果を ICAO/CAEP の検討に反映させることが重要になると思われる。

内外報告

インターノイズ 2001 会議報告*

山 田 一 郎**

国際騒音制御工学会 I-INCE が主催する騒音の国際会議インターノイズ 2001 (8月 28 日～30日：オランダハーグにて開催) に出席し、自ら企画した特別セッション A 7-1 (航空機の騒音制御の有効性) の座長をしたほか日本音響学会代表として総会にも出席した。さらに、同じハーグで開かれた幾つかの会議、I-INCE の技術研究部会 TSG 6 の会議 (25日)、SAE/A 21 委員会 (30日 9～16 時)、ISO/TC 43/SC 1/WG 45 (26日)、WG 52 (27日) の会議にも出席した。なお、インターノイズ終了後、空港公団及び新東京国際空港振興協会の方々とハンブルグ空港を訪問した。この空港は四方が市街化しており、エンジンテスト用に新たに作られた騒音軽減ハンガーなどを見学した。

さて、インターノイズは I-INCE が主催する騒音振動の制御に関する国際会議で毎年各國加盟団体の持ち回りで開催され、騒音・振動の発生から伝搬、暴露に至る物理特性、人体影響、規制や基準などあらゆる側面から騒音・振動の問題が討議される。昨年はオランダのハーグで開催された。会議への参加は、オランダはもとより欧州、米州、アジア各国 (45カ国) からおよそ 950人の参加登録があった (同伴者登録 110人)。会議で発表された論文の総数は 558 件、うち 453 件が口頭発表、105 件がポスターであった。日本からの参加は 105 人で各國の中で 2 番目に多かった。

ここでは航空機騒音に関する発表について簡単に内容を取りまとめる。関連する論文発表は次に示す 12 のセッションに分かれて合計で 51 件あった。このうち、実際に発表を聞くことができたのは屋外の航空機騒音を主題とするセッション A 7-1 と B 7-3のみである。以下、航空機騒音関連の発表全ての題目と著者名を記し、A 7-1 と B 7-3を中心にして主な発表の要旨を紹介する。

(A 3-1)	騒音のうるささ—その 1	5 件
(A 4-1)	振動の人体影響	2 件
(A 4-2)	騒音とレクリエーション	1 件
(A 7-1)	航空機の騒音制御の有効性	13 件
(B 3-1)	静かな建物正面と遮音	1 件
(B 3-2)	騒音の睡眠、ストレス等への影響	3 件
(B 3-3)	児童に対する騒音の影響	1 件
(B 5-2)	指向性形成用マイクロホン配列	1 件
(B 7-1)	航空機騒音の騒音源	6 件
(B 7-3)	航空機騒音のモデル化と監視	16 件
(C 5-1)	騒音マッピング	1 件
(C 7-2)	計測機器と測定技術	1 件

なお、本会議に先立って開かれた I-INCE の年次総会では加盟資格の審議、年次会計報告、新年度予算、今後のインターノイズ開催予定などが審議された。インターノイズ 2002 は、米国シカゴの北にある Deaborne で開かれる予定で、交通騒音が議題として取り上げられている。その前後に騒音振動の能動制御に関する会議 ACTIVE 2002 やレクリエーション活動に伴う騒音の問題を議題とするシンポジウム Second Recreational Noise、音の品質を議題とするシンポジウム Sound Quality Symposium も予定されている。ちなみに 2003 年のインターノイズは韓

* Report of Inter Noise 2001, by Ichiro Yamada
(Head, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
所長

国の濟州島で開かれる予定である。

ついでながら、I-INCE/TSG 6 は騒音振動に関わる議題について最新の成果を取りまとめ、技術文書を出版して知識の啓蒙に努めるために I-INCE が設けた研究部会の一つで、騒音の影響と社会反応について調べるものである。SAE/A 21 は米国の自動車技術者協会の主催する委員会で FAA の航空機騒音予測モデルの INM の基本となる文書 SAE/AIR 1845 や地面の過剰減衰評価を定めた文書 AIR 1751 を作成している。今回、EU との連携強化を意図して初めて米国外で委員会を開催した。我々の研究成果も説明させて貰い、今後の交流の端緒を開くことができた。ISO/TC 43/SC 1/WG 45 は環境騒音の記述と測定評価に関する国際規格の草案を審議する作業委員会、ISO/TC 43/SC 1/WG 52 は航空機騒音の自動監視に関する国際規格の案を審議する作業委員会である。

(A 3-1) 騒音のうるささーその1

(招待講演) 空港の存在は人々の生き方や都市環境に影響を及ぼすか？

Gooitske Marsman, オランダ

スキポール国際空港は今後何年かの間にさらに発展する。新滑走路ができ、飛行回数が増え、空港周辺での航空交通も増える。しかし、発展はスキポール周辺の住民が経験する住みやすさに悪影響を及ぼす圧力となる。その影響を知るには人が生活や環境を経験する仕方について知る必要がある。特に航空機によって生じるうるささが果たす役割について知る必要がある。そこでスキポール周辺地域の住みやすさの指標を調べるプロジェクトが始まられた。住みやすさは住民が都市環境について好意的に評価する程度と定義される。このプロジェクトでは「人々の住みやすさについての判断は環境の様々な要因についての判断を総合したものとして決まる」と仮定する。指標には、住居の物理特性から航空機に

対するうるささまで様々なものが含まれる。この報告ではそうした指標の影響を空港存在と結びつけて論じる。言い換えると、人が都市環境の良否を判断する仕方に航空公害（騒音、悪臭）が及ぼす役割について論じる。

(招待講演) 個人用暴露指数—簡単かつ貴重な航空機騒音評価ツール

David Southgate, Nick Fisher and Donna Perera, オーストラリア

(招待講演) 航空機騒音が児童にもたらすうるささの質的研究：理論的な意味

M. M. Haines, S. L. Brentnall, S. A. Stansfeld, 英国

(一般講演) 航空機騒音に対する苦情はうるささ指数として使えるか？

Ken Hume, Daniela Terranova, Callum Thomas and Martin Gregg, 英国

(一般講演) 都市部拡張に伴うイスタンブル新空港周辺の騒音暴露増大の可能性の予測

Ayse Erdem Aknesil, トルコ

(A 4-1) 振動の人体影響

(招待講演) 商用空港における気流による超低周波音

Mariana Alves-Pereira, M. Salome Castelo Branco, Jerzy Motylewski, Ana, Pedrosa and Nuno A. A. Castelo Branco, ポルトガル

(A 4-2) 騒音とレクリエーション

(招待講演) 軍用機の飛行がレクリエーションのため国立公園を訪れる人に及ぼす影響

Nicholas P. Miller, 米国

この研究は、軍の訓練飛行が国立公園にもたらす可能性のある潜在的な悪影響について知り、効果的に制御するために米空軍と国立公園局 NPS の共同事業として始められたものである。ニューメキシコ州の White Sands National Monumentにおいて騒音測定と公園訪問者へのインタビューを同時に実施して軍用ジェット機の上空飛行が訪問者の経験にどのように影響しているか調べた。結果の解析

から幾つかの有益な所見が得られた。まず、訪問者は航空機騒音のうるささと妨害という概念を区別しており、うるささは感情の段階の反応であり、妨害はもっと客観的判定の結果である。航空機騒音は公園の自然な音風景を妨げているものの必ずしもうるさいわけではないが、妨害が繰り返されたり、程度がひどくなるとうるささに繋がると思っている。次に訪問者は公園ではそうした飛行機の音が聞こえたり見えたりするものだと分っていればうるさきの程度はもっと低くなると考える傾向にある。この点は訪問者に航空機の上空飛行が有り得ることを周知しておくこと、つまり訪問者に予め予期させておくことの重要性を示している。最後に、航空機が時間間隔を空けて飛ぶより短い間隔、極端なことを言えば一度に飛ぶ方が騒音のうるささは低いようだ。

(A 7-1) 航空機の騒音制御の有効性

空港周辺の騒音問題を討議する特別セッションを企画するよう実行委員会に依頼されて筆者がノルウェーの K. Liasjo が編成した。会議のテーマが Cost and benefits だったため、セッション名をこのようにし、チュートリアル講演を M. Vallet (フランス) に依頼したほか 6 件の招待講演を用意したが、投稿による一般講演 2 件、ポスター発表 4 件を加えて合計 13 件の講演があった。

(チュートリアル講演) 長期土地利用計画と短期の方策のための航空機騒音規制

Michel Vallet, フランス

空港周辺の騒音問題により空港の拡張や航空交通の発展が制限を受ける。こうした空港騒音問題に対する騒音管理と規制は費用対効果の観点から評価されるべきである。確かに、空港周辺の住民は騒音発生回数を所定の限度に規制することは好むが、騒音指数について理解しようとしない。最近の航空機の騒音値が次第に減少していることも考慮に入れようとはしない。この論文では航空交通のコ

ンスタントな増加によるうるささの増大を抑えるための様々な方策のうち、主に土地利用計画を念頭に置いた長期にわたる規制、世界的な騒音規制、短期的な方策を区別しつつ論じる。

(招待講演) 通常運航条件下での航空機騒音の放射の測定

D. F. Oude Lansink, Foort De Roo, M. M. Boone & S. P. Galis, オランダ

航空交通の騒音影響を予測するために通常運航条件での騒音放射について調べる手順を準備している。受音点で観測された音が放射された時の航空機の性状や飛行経路、エンジン設定、気象条件を知るため、マイクロホン配列による指向性受音装置を用意し風雑音や地面反射の影響を避ける工夫を考えている。音源の指向性も考慮する。これから実施する計画の紹介であったが、我々の調査の参考となると考えられたため、成果物が得られたら提供してくれるよう依頼した。

(招待講演) 航空機騒音の気象による長期の変動航空機

N. Shinohara, S. Ogata & I. Yamada, 日本

長期間にわたる騒音の自動監視データを活用して滑走路側方への航空機騒音の伝搬特性への気象の影響について調査した結果を報告したもの。その結果を利用して航空機騒音の予測に用いる地面の過剰減衰の評価方法について検討した結果も併せて話された。

(招待講演) 木製鉄打ち壁 (スタッドウォール) による航空機騒音の減衰

J. S. Bradley & J. A. Birta, カナダ

北米では一戸建てあるいはタウンハウスのような複数住戸が繋がった建物が木製鉄打ち建造物として作られることが多い。こうした家屋の低周波領域の遮音性能が限られているため、屋内騒音は低周波音が支配的である。これを改善する方法を開発するため実験室で 41 戸分の鉄打ち建造物の遮音性能の試験測定を行った。その結果、低周波領域での共鳴

が遮音性能の総合評価に重要な役割を果たしていることが分った。レンガでカバーした壁が遮音の観点からは理想であると言われるが、それと異なる方法で高性能の遮音特性を実現することも可能であり、場合によっては軽量の材料であっても良い結果が得られ、費用対効果の点で勝ることを示す。

(招待講演) 香港における航空機騒音問題のレビュー

Maurice Yeung, K. S. Chan, C. L. Wong and K. Y. Fung, 香港

新Chek Lap Kok空港は、市の中心部にあった旧Kai Tak空港を引き継ぐものとして1998年から供用が開始された。空港移転は非常に激しい航空機騒音に曝されていた38万人の市民に直ちに救済をもたらした。新空港の計画においては、旧空港の騒音問題が繰り返されることのないよう、場所の選定から影響評価、基準値設定(NEF 25)に至るまで、多大な努力が払われた。新空港の騒音センター(NEF 25)は、その端の村のごく一部の住宅が引っかかるものの、大部分は海上である。こうした計画時の努力にも関わらず、供用が開始されたとき、飛行騒音によりかなりの苦情が発生した。そこで騒音影響を最小に抑えるために飛行手順等を工夫して問題を解決した。この報告ではこれら香港における新空港建設に係る航空機騒音問題の経緯を振り返る。騒音の監視についても述べる。

(招待講演) 成田空港における騒音対策の有効性

M. Sugai and K. Igarashi, 日本

航空機騒音は空港周辺の地域に深刻な影響を及ぼす問題の一つである。それ故、騒音の軽減は成田空港の環境政策の主要な柱として関心の高いものの一つです。この報告では、成田空港において実施されてきた騒音対策の最近の進展について述べ、騒音影響軽減への有効性を検証する。これらの騒音対策、発生源対策(高騒音機の規制、飛行手順の改善)、

空港構造改良(緑地帯整備、防音堤、低騒音エンジン試運転場)、周辺環境対策(防音助成、家屋移転など)はいずれも航空機騒音防止法に基づいて行われているが、その他、騒音区域での土地利用を規制する騒音特法の施行や平行滑走路の建設の現状についても紹介する。

(招待講演) 航空の環境特性を改善する新技術に関する政策的な可能性

G. Bekebrede, オランダ

航空の急速な拡大により騒音影響がここ30年以上問題になってきたが、今後も引き続きその発展は続くと考えられるため、持続的な形で発展するよう対策されなければならない。その対策の一つとしてより静かな航空機の開発と導入が期待される。しかし、市場経済的理由等により、技術の粋が全て使われるわけではないため、より厳しい騒音基準の採用や高騒音機の退役などの対策を推し進めることで新技術の導入を促進する政策が重要であり、この報告ではそれらについて論じる。こうした政策的対策について、ICAO/CAEPのような政策に関する国際組織が活動に活動している。2001年にCAEPの第5回会議が開かれ、18カ国から200人もの参加者があった。この会議から、ICAO理事会に対し、次の3つ事項が勧告された。

- ・離陸・着陸・側方の累積値で現行のChapter-3基準より10dB低い騒音の新基準の採用
- ・既存機が新基準に適合するかどうか調べるための再証明手順を作ること
- ・ヘリコプタの騒音に関するより厳しい騒音基準の採用

(一般講演) 航空機の上空飛行の音響特性

Federico Miyara, Susana Cabanellas, Patricia Mosconi, Vivian Pasch, Marta Yanitelli, Juan C. Rall and Jorgevazquez, アルゼンチン

ICAOの基準は空港周辺の騒音を予測する方法や騒音評価方法を提供するが、その評価に航空機が放射する騒音の音響データが用い

られており、それを取得するのにお金が掛かる。ここではこうしたデータを飛行中の航空機騒音の測定から取得する方法について報告する。航空機騒音を観測し、計算機に取り込んで離散処理して2種類の騒音スペクトルを算出する。一つは航空機が頭上を通過する間のドプラーシフトによる周波数変化であり、飛行速度の推定を使う。もう一つは地面反射による干渉縞の等高線図であり、飛行高度と仰角を推定する。これらを用い騒音伝搬の影響を除外して、飛行騒音から音源の指向特性を推定する。

(一般講演) Cockpit：スキポール空港周辺における騒音負荷算定に関する手引

H. B. G. Ten Haven and S. Jonkhart, オランダ
NLR はスキポール空港とともに短期騒音負荷に関する解析・決断支援システム Cockpit を開発している。このシステムは、11月1日から翌年の10月31日の一年間を基準の期間とする時間枠の騒音負荷を予測するため、2通りのデータ処理を行って結果をまとめる。それらは翌基準期間の交通予測データと監視システム FANOMOS による現在の騒音及び交通データである。交通予測は運航スロットの割り当てに基づくもので、その結果から翌期間の騒音負荷を評価する。スロットの分配は、平均気象条件とばらつきを考慮し、SID の回避や優先滑走路方式の使用、代表的な ATC 運用条件を想定して算定する。この手順は多数の地点 (zone-points) における騒音負荷を予測するために使われる。すなわち法律によって zone-points における限度が決められており、空港当局は zone-points における翌年の騒音負荷予測値を公表しなければならない。この予測値からいわゆる臨界 (zone) points が評価され、さらに、それを用いて実施する対策が決定される。対策は航空交通の算定と予測に含めて効率を評価し、空港周辺の騒音が騒音限度内に保つ上で最善となる対策がどれか決める。

(一般講演) オランダにおける航空機騒音の対策と騒音予測因果モデルの能力の限界

P. Bouter and F. D. Van Der Ploeg, オランダ
因果律に基づく航空機騒音の計算モデル (FAA/INM など) が空港周辺への騒音影響評価に広く用いられている。代表事例として騒音センターによる土地利用計画、センター面積やセンター内人口による騒音規制対策 (騒音軽減運航方式や滑走路/飛行経路の配置) の評価が挙げられる。オランダではこのような航空機騒音計算モデルの概念が規制や処罰の手順を含めたセンター境界での限度値の設定にまで拡張されている。問題は、個別地点における予測計算が測定と合致するかどうかである。個別の地点における少なくとも10年先の騒音レベルを予測することを要求するこれらの規制は計算方法と手順に高い信頼性を求める。そこで様々な観点から航空機騒音因果計算モデルの感度分析を行った。その結果、精度が1dB (A) 以内の精緻な予測を行うことは難しいことがわかった。1dB (A) の不正確さとは運航回数の20-25% 变化に相当する。これを解決する方法は現在調査中であるが、経験的手法かハイブリッド計算方法を用いることが考えられる。これらは経験的に決める種々の効果が時間に依らないことを想定するものであり、計算モデルの因果関係をあいまいにするが、予測精度向上をもたらすと思われる。

(ポスター発表) ドイツにおける小規模飛行場周辺の騒音軽減規制—小型機産業の挑戦

W. Dobrzynski and U. Stocker, ドイツ
1990年代、ドイツ国内の小規模飛行場周辺住民からの Chapter 6 及び 10 に該当する小型プロペラ機の飛行に対する騒音苦情が増加した。そのため、交通建築住宅省は、1999年に、新たな小規模飛行場に関する騒音関連の運航規制を発効させた。これは小型機の運航者に騒音軽減技術の導入を検討させる原動力となった。規制の基本的な考え方は最もう

るさい訓練機の周回飛行の騒音を減らそうというものであり, General Aviation (GA) の商用運航を妨げるものではない。該当機が規制を受けることなく運航するには機種ごとに厳しい騒音限度に合致することを確認したという騒音証明を受ける必要がある。これは古い航空機にとってなかなか困難なことである。GA 機用の推進装置の低騒音設計技術が利用できるが, 古い高騒音機を低騒音のプロペラやエンジンマフラーを使って首尾よく改修するには, 各機材の騒音状況について詳しく知る必要がある。多くの場合, それは既知でないが, この論文で紹介する基本指針に従えば適切な騒音低減手順を選択することができる。

(ポスター発表) 地方空港周辺の航空機騒音の計算評価と実験による検証

Gianni Cesini, Antonio Iannotti, Eugenio Mattei, イタリア

中央イタリアのアドリア海に面した地方空港 Ancona-Falconara における騒音影響の研究を行った。離着陸の向きと分布を想定して予測計算を行った。騒音評価はイタリアの条例で決められた航空機騒音評価量 Lva を用いて行った。個々の飛行の最大騒音を評価するため, L_{Amax} と SEL も算定した。固定地点測定及び移動測定により騒音実測も行って予測の検証を行った。

(ポスター発表) 騒音基準強化がスキポール空港の運航機種構成と騒音暴露に及ぼす影響

J. J. Busink, オランダ

地域騒音に対する航空交通の影響を抑えるため, EU と各 government は ICAO により騒音基準を一層厳しくすることを検討している。現在のところ Chapter 3 の基準を 8~14 dB 厳しくし, 新基準に適合しない機材を退役させることを提案する強化案に於ては絞られている。オランダ航空局のためにこれらの基準強化案がスキポール空港における運航機材割合と騒音暴露に及ぼす影響について様々なシナ

リオによる調査が行われている。それらのシナリオの時間枠は, 基準強化が 2002/2003 年に実施されると想定し, 1999~2020 年の 20 年間とされている。まず, 1999, 2002, 2010, 2020 年の各時点での航空会社と空港当局による機材の見込に基づく騒音暴露を計算し, 次に基準強化に加えて機材退役のシナリオも入れて 2010, 2020 年の騒音暴露を試算し, 基準強化の効果を調べた。その結果, スキポール空港においては, 8 dB 及び 11 dB の基準強化では騒音暴露の増加抑制に限られた効果しか見込めず, 14 dB の強化だけが有意義な効果をもたらすものと試算された。

(B 3-1) 静かな建物正面と遮音

(招待講演) シドニー空港近傍での増大する騒音影響への対策としての家屋防音: 有効性と関心についての調査

R. F. Soames Job and Julie Hatfield, オーストラリア

家屋の遮音は騒音影響に対する主要な対策手段である。しかし, その有効性については依然として議論が残る。ここでは, シドニー空港の滑走路が整備し直され騒音が増大した地域の住民で国の費用で家屋防音を行ったものについて小規模だが詳細な社会調査を実施した結果を報告する。被験者は家屋防音工事の前後にインテビューを受けた。防音工事は, 基本的には騒音に対するうるささや不満, 影響を受ける程度などの住民反応や騒音による睡眠妨害などの活動妨害, 主観的な健康影響を軽減した。しかし, 受容されたと言うにはほど遠い反応が残り, 回答者の 40~50% は防音の後も騒音の影響が大きいと回答している。さらに, 一部の住民は家屋が密閉されたことにより快適さや健康に負の影響を及ぼしたと回答し, 空調装置は熱に関しては良好ではあるが音がやかましいと指摘した。また, 防音設備の修理費用や空調装置の稼動費用に關心を示した。家屋の遮音を騒音対策

として受け入れ、有用と認めるかどうかは気候、および自然喚起の利用に関する文化次第と思われる。

(B 3-2) 騒音の睡眠、ストレス等への影響

(招待講演) 鉄道、航空機、道路交通の夜間騒音による睡眠妨害：継続的調査の計画とこれまでに収集したデータ

Gunn Marit Aasvang and Bo Engdahl,
ノルウェー

交通騒音が睡眠に及ぼす生理的及び主観的影響についての継続的調査について報告する。これまでには社会調査を行って主観的な睡眠の質と夜間の騒音のうるささに関するデータを収集してきた。今後は、騒音軽減対策が睡眠に及ぼす主観的及び生理的効果を検討する。

(招待講演) 夜間の航空機騒音が人に及ぼす影響—新たな包括的取り組み

M. Basner ほか、ドイツ

(招待ポスター発表) 沖縄の嘉手納飛行場周辺における航空機騒音暴露と血圧の関係

T. Matsui, T. Uehara, T. Miyakita, K. Hiramatsu, Y. Osada and T. Yamamoto, 日本

(B 3-3) 児童に対する騒音の影響

(招待ポスター発表) スキポール空港周辺に住む子供たちの振る舞い等の測定：測定手法に関する考察

H. H. Emmen, B. A. M. Statsen, J. B. Deijen, P. H. Fischer and I. Van Kamp, オランダ

(B 5-2) 指向性形成用マイクロホン配列

(招待ポスター発表) 航空機騒音を計測するためのマイクロホン配列

A. Mast, Marinus M. Boone and T. C. Van den Dool, オランダ

(B 7-1) 航空機騒音の騒音源

(一般講演) 音響負荷の特性：三通りの間接推定方法

S. N. Baranov and L. S. Kuravsky, ロシア

(一般講演) 超音速ジェットと傾斜偏向板の干渉による騒音発生

V. V. Koudriavtsev and A. V. Safronov,
ロシア

(一般講演) 流れによる機体フレーム騒音の低減

L. Koop, K. Ehrenfried, A. Dillmann and U. Michel, ドイツ

(一般講演) 円形超音速ジェットから放射される螺旋振動モードのキー音の音源

Y. Umeda, R. Ishii and Y. Honmachi, 日本

(一般講演) 着陸フラップ端の流れが側方端騒音放射に及ぼす影響

L. Stechow and M. Herr, ドイツ

(一般講演) 小段差を越える流れによる航空機内騒音の予測—その1：共鳴音伝達

B. M. Efimtsov, A. Ya. Zverev, A. O. Andersson and S. V. Kravchenko, ロシア

(B 7-3) 航空機騒音のモデル化と監視

このセッションは米国の G. Fleming が企画し、フランスの Michel Vallet と司会した特別セッションで、口頭発表 13 件（招待講演 6 件、一般講演 7 件）、ポスター発表 3 件の講演があった。イスのシミュレーションモデル FLULA の妥当性を検証した話、米国 FAA の予測モデル INM の最新版開発に係るレビューおよびその新しい過剰減衰式に関する Engine Installation Effects の実験結果の話、米国の軍用版予測モデル NOISEMAP のシミュレーションモデルの話、ICAO/CAEP 5 における作業計画 MAZENTA の実施に際して採用された包括的な騒音暴露評価手順の話、英国の予測モデル紹介等があった。英国の発表では予測と実測の乖離について調べた結果の報告があり、B 767-300 は高レベルのところで乖離が大きいこと、B 747-400 は良い相関を示したことなどが報告された。このセッションは SAE/A 21 委員会のメンバーらが中心となって企画したものである。

(招待講演) 航空機騒音の計算に用いるシミュレーションモデル FLULA の検証

R. Buetikofer and G. Thomann, スイス

空港周辺の騒音区域を定義するために用いる計算プログラムはなるべく正確でなければならぬ。プログラムが精確な結果をもたらすことを検証する最善の試験は航空機騒音の計算と測定を比較することである。スイスでは、過去 20 年にわたり、30 機種もの航空機の指向性を考慮した音源スペクトルの測定値に基づき航空機騒音の推移をシミュレーションするプログラム FLULA の開発が行われてきた。この報告では、FLULA お呼び飛行中の音源指向性データベースについて簡単に説明し、有効性の検証結果を示す。この検証は 2000 年夏にチューリヒ空港周辺で行った測定に基づくもので、離陸滑走開始地点から 10 km までの 5ヶ所で得た様々な機種の航空機の離陸音 495 データを得て行った。飛行経路はレーダー記録を用いて、騒音レベルの時間変化を FLULA で計算した。計算と実測の SEL の乖離のばらつきは条件を整えれば 1 dB 以下であった。そのばらつきをもたらす原因是、(i) 航空機の出力設定であり、(ii) 上昇高度プロファイルのモデル化である。この検証により FLULA の計算が正確であることが確かめられた。

(招待講演) 音響的にハードな水面上を伝わる航空機騒音の側方過剰減衰：ローガン空港における検討事例

Gregg G. Fleming, 米国

マサチューセッツ州ボストンのローガン国際空港において 1999 年に騒音測定を実施し、航空機騒音の側方減衰について現在利用できる数学的モデルの応用の可能性を検証した。収集したデータの解析から、側方減衰が航空機に搭載されるエンジンの位置により異なること、すなわち、tail-mounted と wing-mounted で異なることが分かった。tail-mounted の場合は既存の航空機騒音予測モ

デルで使われている考え方と合致するが、wing-mounted の場合はそれより小さな減衰となることが分かった。これは既存のモデルでは側方の騒音を小さめに予測してしまうことを意味する。

(招待講演) 米国連邦航空局の騒音モデル INM に関する研究開発のまとめ

John M. Guldin, 米国

INM は世界の 600 以上の組織に配布されており、政策立案者による様々な航空機騒音の低減戦略の費用対効果の評価における援助ツールとして広く使われている。INM は SAE-1845 「空港近傍の航空機騒音の計算手順」に記述されている騒音モデルの指針を実行するものであり、EU の文書 ECAC Doc. 29 や ICAO Circular 205 と類似した内容を持っている。これら既存の文書がでてからの年月を考えると、これらに基づき作られた騒音モデルは過去 15 年ほどの研究開発成果を反映して改善または新規開発されたアルゴリズムを使っていると思われる。計算機の高速化で大規模な処理が行えるようになっており、これら既存文書のデータ収集に関する記述を改める必要が生じている。現在の研究ニーズは運航手順評価に要求される詳細手順のモデル化を記述する洗練された指針を必要としている。

(招待講演) 航空機騒音のシミュレーションモデルが果たす役割

Kenneth J. Plotkin, 米国

騒音シミュレーションモデルは、ある地点に聞こえる騒音の詳細な時間経過を計算するものだが、通常は特別な研究のツールと考えられてきた。しかし、こうした詳細が重要な場合もあるし、計算能力の進歩によりさらに広い範囲の問題に利用できる実用的な手段となってきた。この論文では騒音シミュレーションモデルの構成や利点、実用的ツールへの展開、適用事例について述べる。

(招待講演) 航空機の等価性を応用した航空

機騒音センター作成

Ben H. Sharp, Fabio Grandi and John B. Ollerhead, 米国

航空交通による騒音暴露のグローバルな評価を行うモデル MAGENTA は、ICAO の航空機騒音低減対策がもたらすクローバルな便益評価に用いられるものであるが、ジェット機が就航する全世界で 1724 の民間空港周辺の騒音センターを計算するものである。185 の空港については、これで全体の騒音暴露の 90%まで説明できると推定されたが、詳細な運航情報が得られ、INM により騒音センターを計算することができた。だがそれでも次の 2 つの問題をクリアしなければならなかった。一つは現実的な時間の内にセンターの計算を終えること、もう一つは残りの 1539 空港の騒音暴露をどう評価するかであった。いずれも航空機を等価的なものに置き換えるという考えにより解決された。この報告ではその手順の詳細と推定精度、どのように適用したかについて述べる。

(招待講演) 航空機騒音モデルの検証

Darren P. Rhodes and John B. Ollerhead, 英国

今では多くの国々で航空機騒音の予測モデルが使われており、内容は利用者のニーズにより異なるが、次第に洗練されてきた。伝統的には騒音モデルは長期にわたる騒音暴露を記述するために使われてきたが、騒音軽減を図るために様々な選択肢やシナリオ評価にも使われる。こうした応用に関心を持つグループが多く予測モデルを詳しく調べており、それが更なる検証やモデル開発へと駆り立てる。この論文ではロンドンヒースロー空港における進入騒音の研究から得たデータを使って様々な技術と手法について例示する。現行予測モデル技術で用いられる側方減衰などの欠点について議論し、さらなる改善の方策について考察する。

(一般講演) 家屋内における航空機騒音の識別と定量評価

John Van der Heijden and Fokke Van der Ploeg, オランダ

航空機騒音と家屋内環境評価パラメータ(例えば睡眠妨害)の関係を調べるには航空機通過を判定し、それを評価する必要がある。それには騒音レベルの監視が必要であるが、筆者らは大規模な社会調査の協力者としてアムステルダム・スキポール空港周辺の様々な地域にある多数の家屋内の騒音レベルを監視している。他の調査機関が実施した試験調査では、騒音レベルと継続時間等が所定の閾値を越えたかどうかで航空機騒音の識別と定量評価を実時間ベースで行っているが、この方法の欠点は暗騒音が大きかったり、車両通過等の妨害音があったりして航空機騒音と誤判別することである。そこで、時々刻々の騒音レベルを記録しておいて後で詳しく解析する方法を開発した。騒音データと飛行経路監視システム (FANOMOS) の観測データを結びつけて航空機の通過時刻を特定する方法であり、自動化されて個々の騒音事象について最大値と SEL を算定する。そして幾つかの基準値に基づいてそのデータを考慮に入れるかどうか評価する。この手順によって航空機騒音の識別精度は前記の方法より高くなつた。

(一般講演) 風雑音混入時の低周波航空機騒音の風速情報を用いた推定方法

Y. Takakuwa, S. Kodani and M. Ohta, 日本

この論文では風雑音の混入したデータから航空機の低周波音を推定する簡便かつ実用的手法について実験的に検討した結果を述べる。屋外の測定では風が強いと通常のウインドスクリーンでは風雑音による低周波成分を取り除くことが難しく、何か特別な方法を取ることが必要になる。ここでは風雑音に関する 2 種類の情報、(1) マイクロホン近傍の風速、(2) 風雑音の低周波成分から推定する簡便な実用法を提案する。まず、風雑音と 2 成分との相関を示す。風雑音の音圧レベル

とスペクトルはこれら 2 種類の情報が既知である時の条件付平均で表される。次にその組み合わせに基づき簡便な推定法を導く。最後に提案方法の有効性を示すために空港近傍の公園と建物屋上で観測した航空機騒音と風雑音を合成して行ったシミュレーション実験を行った。

(一般講演) ニューラルネットワークによる航空機騒音の同定の成功と失敗

Keith Adams, オーストラリア

(一般講演) 空港の処理容量評価モデルと騒音予測モデルの結合の可能性

L. Montrone, F. J. M. Wubben, A. J. C. Roeloffs and P. Vogel, オランダ

(一般講演) 空港近傍における騒音低減の数値モデル

J.-F. Rondeau and Ph. Jean, フランス

(一般講演) 騒音の自動監視データに基づく航空機騒音暴露予測モデル

F. J. M. Wubben and S. P. Galis, オランダ

(一般講演) 空港騒音の統計解析：イタリアにおける検討事例

Lorenzo Lombardi and Simone Relandini, イタリア

(ポスター発表) 航空機騒音監視のためのレーダーによらない知的測定装置の開発経験

Rein C. Muchall, オランダ

(ポスター発表) 空港内地上音源の騒音評価手法

Oleksander Zaporozhets, Vadim Tokarev and Keith Attenborough, ウクライナ

(ポスター発表) 軍用機の通常運航時の騒音測定

Luigi Maffei, Saverio F. Del Gatto, Vincenzo Filomena, Gianluca Pezzullo, Rosario Roman and Daniela Siano, イタリア

(C 5-1) 騒音マッピング

(招待講演) 空港及び飛行場周辺の航空機騒音ゾーン提示に関するオーストリアの新指針

Judith Lang, オーストリア

オーストリアには空港及び飛行場周辺の航空機騒音に関する法律はない。しかし、1986年に空港周辺の騒音を取り扱う指針 OAL-guideline 24 が編纂された。およそ 3 年前には作業グループができ、この指針の part 1 (空港) を改訂し、part-2 (飛行場) を作成することとなった。その基礎として騒音暴露を記述する評価量と計算する方法、使用する音源データを決めることになった。さらに土地利用計画に関連し、騒音レベルの基準値を選択しなければならなかった。これまで日中と夜間、それぞれの A 特性の等価騒音レベルが用いられてきたので新指針も LA_{eq} が用いられることになった (欧州委員会の WG 1 で新たな時間帯分割と新しい指標 L_{den} が用いられることになった L_{day} , $L_{evening}$, L_{night} と L_{den})。様々な国で用いられている計算方法と音源データを比較し、ドイツの新しいデータと計算方法とが採用された。小規模飛行場については LA_{eq} は相応しくないため、最大騒音レベル LA_{max} の区域も追加で計算する。

(C 7-2) 計測機器と測定技術

(招待講演) 音響インテンシティを用いた航空機騒音の同定

Ole-Herman Bjor, Jørund Enger and Bjørn Winsvold, ノルウェー

この論文では三次元の音響インテンシティプローブを用いて航空機騒音を他の騒音から識別する屋外騒音監視システムについて述べる。この方法は一度にひとつしか音源がない場合に有用である。このシステムを用いると航空機以外の騒音がある環境で航空機の活動に伴う騒音の寄与を評価するのに利用できる。騒音の種類を自動識別するため指向性情報とスペクトル情報をニューラルネットワークで処理する。

内外報告

ドイツの航空研究、調査機関を訪問して*

相 原 康 彦**

1. はじめに

ドイツのアレキサンダー・フォン・フンボルト財団の招聘で2001年10, 11月の2ヶ月間ドイツの航空関係研究機関を訪問する機会を頂いた。主な目的は、これまでの空気力学での成果についての討論とこれに関心のあるドイツの若い研究者に後事を託すことであるが、ホストのダルムシュタット(Darmstadt)工科大学のRoesner教授の厚意で、筆者の最近の仕事の参考のために、関連する2, 3の研究機関等の方針や運営についても触れることができた。このうち、筆者が在籍させていただいている航空環境研究センターや独立行政法人電子航法研究所の方々や、関連する業務に携わる方々にも関心があると思われる、ドイツ航空宇宙技術センター(DLR: Deutches Zentrum fuer Luft- und Raumfahrt e.V.)のゲッティンゲン(Goettingen)の研究所、ならびにブラウンシュバイク(Braunschweig)の航空事故調査機関(BFU: Bundesstelle fuer Flugunfalluntersuchung)の状況について述べることにしたい。

2. ゲッティンゲン流体力学研究所 (Institut fuer Stroemungsmechanik)

本研究所は隣接するマックスプランク研究所の流体力学部門と共にドイツのみならず世界の流体力学研究のメッカとして活動してきたが、今後、時代の変遷にどう対応していくかとしているのかに関心がもたれる。特に、最近マックスプランクが流体力学分野から撤収し、一方、DLRがEUの中でどの様に対応していくか等、周辺の状況が流動する中で研究所の運営は注目されるところである。所長のMeier教授が在米中のため、代行のDr. BuetefischとDr. Sarmaから説明を受けたが、以下項目別に概略を記したい。

(1) DLR および本研究所の組織

DLRは本部のおかれているKoeln-Porzをはじめ、Berlin-Adlershof, Bonn, Braunschweig, Goettingen, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen, Stuttgartの8ヵ所に航空宇宙の各技術に関する研究所を有する組織であり、更に大学等にも分室を設け、全職員数は約4,500名である。研究対象は、従来の航空宇宙航行の技術を拡張して、航法、エネルギー等への積極的な展開を行いつつある。この中で、地上の車両も含む輸送技術全般への取り組みも行われている。

DLRはEUの航空宇宙関係研究費の約半分を受けているが、今後関連する他機関との競争の激化が予想される。

この全体の方針の中で、ゲッティンゲンの研

* Visit to Aeronautical Institutions in Germany, by Yasuhiko Aihara (Adviser, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
顧問

究所は約 300 名の職員を擁して、ブラウンシュバイクの研究所と一体となり、空気力学および流体技術に関する研究機関として活動している。ブラウンシュバイクの研究所の所長は Dr. Koerner で、両研究所の事務は統合されている。

双方で分担する研究業務には、ゲッティンゲンでの実験法、高速機形状、流体技術の研究、ブラウンシュバイクでの輸送機、音響工学の研究、の他に共同して行う宇宙飛翔体、数値解析法の研究があり、更に Koeln-Porz の風洞も管轄されている。各グループでは director と呼ばれるリーダーの指導で作業が行われている。

国際的協力も重要で、エアバスの耐空証明の取得や ONERA の A 340 から A 380 に至る作業にも参画している。また、広く他の輸送技術への寄与についてはオランダに設置されている大型亜音速風洞 (DNW : Deutch-Netherland Windkanal) との共同研究も行われている。

ゲッティンゲンでの予算の半分程度は受託研究費であり、他機関との競争が今後の課題であり、各方面からの資金導入が必須である。

所の運営の合理化としては、大型コンピューターや設営等を所の運営から切り離して、契約制度を導入している。また雇用に関しては、正規の職員は役職者を含む少数であり、オーバー Dr. や Dr. 論文作成中の研究者、海外からの研究者等も研究で重要な役割を担っている。

(2) 研究の評価とマネージメント

DLR は 20 年前から独立採算制度と業績評価制度を導入し、特に EU との協力では受託研究をはじめ、重要な役割を担ってきている。現制度における作業の企画から成果の評価の過程は、大略次のようである。

まず各研究所の director が研究計画を策定して、提出する。ここでは、ビジネスプラン、予算、能力、期待される成果等が説明さ

れなければならない。

計画書に基づいて、board で審議され採否が決定される。board member は、DLR 以外に、産業界、学界等からも選ばれる。

採択された研究については、毎年口頭による審査が行われ、計画のマイルストーンでは細かいチェックが行われる。すなわち継続的なモニタリングが伴うものと解釈される。

更に、5 年毎に各研究所による評価と報告書の作成が行われる。1999 年に出版されたゲッティンゲンの研究報告書の例では、研究所の説明、各研究の内容、研究会の開催等の活動状況を詳しく紹介し、論文等の業績が示されている。

また、5 年毎に外部からの評価が行われる。これには外国人が参加する場合もある。この結果によっては、各研究への更なる推進の提言も為されるし、中止の可能性もある。

現時点においては、上記の過程での評価が個々の研究者の待遇に直接影響することはなさそうである。研究所への利益をもたらした研究に関しては関係者へのボーナスが配慮されているとのことである。

上記の運用を通して director の役割の重要性が認識される。彼等には個々の研究能力もさることながら、組織のリーダーとしての戦略が望まれている。計画の策定における先見性が必要であり、誤れば組織にパニックをもたらしかねない。

このような各研究所における研究の評価やマネージメントの必要性は、DLR がその能力を発揮して各課題における競争に打ち勝っていく為であるから、今後も続くことであろう。その一方で、DLR が EU との関係をどの様にしていくのか、あるいはドイツ国内での活動に重点を置く運営が有利なのか、等の首脳陣の模索も垣間見られるところがあつた。

(3) 環境問題および安全問題への取り組み

従来世界各国で航空関連の殆どの研究所の目標とするところは、新航空機の開発、性能の向上にあった。筆者が先にこの研究所に滞在した1975年当時、活動の原動力はここにあった。しかし近来の航空界と社会との関わりは、更に広範囲の研究、技術開発を進める求めている。すなわち、航空輸送の公共性から必然的に航空に関する環境問題および安全問題が重要な課題になりつつあるが、同研究所においてこの課題にどう取り組んでいるかは興味のあるところであった。これらの課題は一般には、航空に於けるテクノロジーアセスメントとして捉える段階から、今後のハイテクと人間社会の共通のテーマとしての認識に亘り、取り組み方も多様であるように思われる。

DLRとして、環境問題に関しては、空港周辺での低騒音で大気汚染の少ない飛行のための解析、および大型輸送機の着陸時のwake turbulenceを採り上げ、関連研究所の協力のもとで研究が進められている。

同じく、安全問題に関しては、通信、航法、モニタリング、パイロットおよび管制官への支援システム、表示および制御システムを取り上げ、有効な具体的方策の研究に取り組んでいる。

これらの研究を実施するに当たり、成果の実際的な意義への関心も強いように見受けられる。たとえば、フランクフルトやハンブルグのような大空港でのwake turbulenceによる便数制限は、エアラインにとって重要な問題であると同時に航空輸送全体に影響し、ひいては製造会社にも波及する問題であることが認識されている。さらに、空港周辺での観測や対策には、航空の総合的な技術協力が必要であることも指摘されている。

wake turbulenceへの対策には、エアライン、管制、製造会社、行政のそれぞれの役割

があるようと思われるが、DLRのような総合的な取り組みの中から、総合的に合理的な技術が開発されるのかもしれない。

(4) 次世代の教育

世界の航空界の現状と今後の予想の中で、各国が自国の次世代の航空科学、技術をどのように考えていくかは重要であり、かつ難しい事柄である。筆者は大学での経験からそのような話題を持ち出したにすぎなかったが、これに対する反応は予想以上に真剣で、彼等が一研究所の枠を越えて次世代の教育を重視しているという印象を強く受けた。

従来も DLR が大学に分室を設置して、航空科学、技術の基礎から実用に亘る幅広い活動や交流を行ってきていることは承知していたが、最近のインフラストラクチャーに伴い、大学での工学教育への参画、技術員の養成等が DLR の業務の一つになっている。大学との間に相互協力に関する契約を結び、双方での公的なプログラムとして、人事交流、Dr. 論文作成の指導、正規の講義等が実施されている。

ゲッチンゲンの研究所では、所長の方針で特に教育への参画には力を入れているようで、所の存在理由の一つの重要な位置付けを考えている。DLR-School-Lab という企画で高校生にも所内の見学を認め、かの歴史的に有名なゲッchinゲン風洞もこの趣旨で解放されている。

今回筆者がダルムシュタット工科大学に滞在中、新学期の学生に対するガイダンスが行われていたが、機械系の各研究室にとっても学生にとっても航空関係のテーマは魅力のあるもののように見受けられた。ある研究室では、庭前に高性能のグライダーを展示して学生の関心を引こうとしていた。この様子を見る限り、ドイツにおける航空の社会的基盤には心配は無さそうである。

従って、今後の航空の科学、技術について、DLR の研究者達が高い見識を持って学

生達に講義することは、大学にとって有意義なことであろうし、一方、大学で多方面に急速に発展しつつある技術の基礎研究に DLR の研究者達が接する機会が増えることは、航空の新しい展開に役立つことになろう。

(5) 所内の見学

空気力学の研究所としての設備に加えて宇宙関係の設備、建物が増えているが、全体としての風格は依然として残されている。所内の研究や設備の詳細は割愛して、ここでは、これまでに述べてきた事柄と関連すると思われる個々の研究についての印象を記したい。

既に述べたような所の目的、運営から、全体として、より実用的な、試験研究的な内容に重点が置かれているように感じられる。今後大型装置の新設は困難であるとの見通しから、現有装置の活用とこれまでの know how を如何に役立てるかが極めて重要な点であるとの認識がある。

試験の内容も、風洞の高圧化による高レイノルズ数の実現と同時に、このような環境下での測定法をどの様に確立するかに取り組み、この中から感圧塗料の開発や応用も為されてきている。試験の対象も、従来行われていなかったヘリコプターにも広げられている。

新たな測定法の開発にも力を注いでいて、上記の感圧や感温の塗料の開発においても、なぜ塗料の色が圧力あるいは温度で変化するのかを理解するための材料物性の量子論による基礎研究や応用研究の論文も出ている等、確かな底力がある。又、現在進歩の目覚ましい流れの観察法である PIV (Particles Image Velocimetry) 法も同研究所で開発されたもので、所内外で広く用いられている。これらの測定法の実用には、他の技術、例えば、レーザー、高速度カメラ、光学系等との組み合わせが必要な場合が多く、さらにデータ処理システムが必要であり、今後の進展が期待される。新しい試験法に関して日本の研

究者との交流も行われている。

大型装置については、既存の装置の維持、活用が大きな課題である。最近の景気の動向が世界の宇宙関連計画や予算の縮小につながり、研究所の同関連設備の関係者の心労は深刻である。スペースチャンバー（直径 5 m, 長さ 7 m）は現在日本の研究者が使用中で、双方に有意義な状況にある。一方、High Enthalpy Shock Tunnel（マッハ数=8.2, 280 t, 60 m）ともなると、対策は容易ではなく、来年度にはスクラムジェットの研究に転用することも考えている様子であった。さらに、これら大型装置に必要な練達のテクニシャンの確保も今後心配されるところである。

亞音速の境界層の安定性や遷移の実験に若い研究者が取り組んでいるのを見学して、同研究所の原点を見る思いがした。彼が案内してくれた研究室のコーヒーブレイクで、筆者がお世話になった 1975 年当時既に著名な乱流の研究者であった Dr. Rotta に再会できたのは予想もしない幸せであった。Dr. Rotta が若い後輩の敬愛の中で談笑している様子は誠に微笑ましいものであった。この伝統のあるゲッチングの研究者達は、彼等が論文を発表しているジャーナルのレベルの高さから判断しても、それぞれ優れた実績と能力の持ち主であるが、今後の研究所の方針の中で新たな研究テーマに立ち向かうものと思われる。

3. ドイツ連邦航空事故調査機関 (BFU)

BFU は、ブラウンシュバイクの東北郊外にあるフォルクスワーゲン社の運用する飛行場（滑走路長 1,800 m）に隣接し、周辺には連邦航空局や DLR の研究所がある。機関の長は Chief Inspector の Schlegel 氏で、組織は、彼が指揮を兼ねる調査部門 (17 名), 解析や支援の部門 (5 名), 調査結果の分析や処置の部門 (5 名), および事務部門 (6 名),

から構成されている。Schlegel 氏の全般に亘る紹介と、各部門の主任 (head) の説明ならびに案内は、率直且つ友好的であった。概略は以下に記す通りである。

1994 年に EU が定めた共通の Directive に従って、加盟各国が国内の航空事故調査に関する法整備を行い、これに基づいた運用が実施されている。同 Directive で各国内法を尊重する配慮も示されているので、国毎に運用に若干の違いが見られるものの、調査機関の独立性は各国に共通する基本として認識されている。

BFU は 2 年前に連邦航空局から独立し、これにより、予算は直接政府から入り、調査官の採用等も独自に行っている。作業内容への他からの介入はない。委員会は置かず、必要に応じて外部の法律の専門家等に協力を依頼している。

ドイツにおける航空事故件数は、2000 年には 309 件でこれには熱気球による 29 件も含まれている。2001 年には 10 月末までに既に 316 件を数えている。内訳は、5.7 t 以上の大型機が 7 件、2.0—5.7 t が 10 件、2.0 t 以下が 112 件、ヘリコプター 18 件、モーターグライダー 32 件、グライダー 115 件、熱気球 21 件である。この件数や内訳にドイツ人の航空への関わりが見受けられよう。

調査官はパイロットの資格または同等の経験を持つ航空技術者であることが必要である。オフィスに並ぶハンガーには常時 2 台のマイクロバスと必要携行品が彼等の出動に備えている。

今後の A 380 等の就航に伴う新技術の研修も必要であろう。また、現在の調査官の引退後の人材の確保が必要で、若手の調査官の米国のカリフォルニア大学、英国のクランフィールド大学等での研修も行われている。

解析や支援の部門のメンバーは、大学で電子工学を専攻してきた専門家とヘリコプターの技術者であり、主任は情報工学、音響学の

専門家でもある。この部門の仕事は、BFU 内のみならず他国の航空事故調査機関への支援、事故解析技術の向上等に亘り、積極的な成果を上げているように見られる。

たとえば、1994 年以降カナダの RAPS との協同で、欧米、オーストラリアで使用されている DFDR に適用される解読方式を開発し、その結果から事故機の飛行過程をアニメーションで見ることもできるようにされている。地道な仕事であるが関係方面に寄与するところが多いものと思われる。また、ジェネラルアビエーション (GA) の事故調査に、事故機に搭載されていた記録装置付きの GPS の解析が行われている。この GPS の搭載は義務付けられているわけではないがグライダー競技の盛んなドイツで自然に普及したものと思われる。事故機からの GPS の取り外し、破壊された GPS からの記録用チップの回収には細心の注意が必要であり、更に有為なデータの取得には高度な技術を要する。まさに事故調査のプロの仕事である。

航空安全のためのシステムが今後どのようになるであろうか、その予想もたてているようであった。今後のシステムは一般によりダイナミカルなものになるであろう。例えば、コックピットの状況のカメラでの撮影、ボイスレコーダーと DFDR の統一されたシステム、ボイスレコーダーからのノイズの低減、レコーダーを機内 2 カ所に設置しそれぞれの電源の確保等が挙げられている。これらは彼等自身の経験からの提言でもあるのであろう。

調査結果の分析や処置の部門では、BFU の事故および重大インシデントに関する調査の速報と同時に、終了した調査の報告、最近の報告書リストを月毎に刊行している。これらを取りまとめた年報では、データの統計的分析ならびに傾向、BFU の活動の効果等について公表している。公表はインターネットでも行っている。この際、個人名、事業者名

は公表せずに調査結果のみを周知させることで、情報の早い公開とプライバシーの保護の両立を図っているが、このような処置が講じられるのは統計処理が出来るほどの件数が背景にあるからとも考えられる。調査に基づく安全勧告が為されるが、約70%が受け入れられている状況も又年報で知ることが出来る。

この部門の重要な仕事として過去の事故を整理してデータベースを作成する作業を進めている。これには1973年以降のドイツのデータの他に、ICAOのデータも参照されている。事故に至る過程、機種、フェーズ等について分類して、有用な資料を導こうと試みている。事故原因を、単に直接原因のみではなく、引き金となったトラブルとの関連についても調査しているものと思われる。今後適正と認定された外国の調査結果をも参考することになるものと思われる。

先に、同じEUのDirectiveに従ってはいても運用には国毎に若干の違いがあり得ることを記したが、これについて経験した2例を述べて終わりとしたい。

はじめの例はコンコルドの飛行再開に関するものである。先のパリでのコンコルドの事故は、乗客の大半がドイツ人であったことからも、BFUでの英仏の事故調査への関心は

高かったものと思われる。今回のコンコルドの飛行再開に関する英仏当局の決定をやや意外に感じたBFUのスタッフもいたように見えた。

次の例はウルトラライトプレーン(ULP)の事故調査に関するものである。BFUのハンガーに複数のULPの事故機の残骸が置かれてあったが、ドイツの法律ではULPはパラシュートを装備しなければならず、従って事故機のパラシュートが正常に開傘したかどうかが事故調査の要点の一つになっている。一方英国ではULPにパラシュートを装備することは禁止されているとのことである。この違いは、仮に両国で同様な事故が起こっても、それぞれの調査から得られる教訓に違いをもたらす結果となるのではなかろうか。

4. おわりに

以上記した事柄は、日本とドイツの航空を取り巻く環境が異なることを考えればそのまま我が国に当てはまる場合は少ないであろう。少しでも参考になるところがあれば幸いである。筆者にとって、個人の勤勉さ、優秀さでは世界で有数な日本とドイツで、航空に関して何故現在の違いがあるのかを考えさせられた旅であった。

航空環境を取り巻く話題

成田空港における環境対策への取組みについて*

斎 藤 恒**

1. はじめに

成田空港は、昭和 53 年（1978 年）の開港以来 4,000 m 滑走路 1 本の運用により、現在、世界の 35 カ国 2 地域 95 都市と結ばれています。55 の航空会社が乗り入れている。平成 12 年度における運用実績は、年間発着回数が 13.3 万回（日平均約 365 回）、年間旅客数が約 2,773 万人（日平均約 7 万 6 千人）、取扱貨物量は年間約 184 万トンとなっている。

一方、平行滑走路の整備については、現計画に基づく 2,500 m の平行滑走路の早期着工・供用を目指し、今後とも地権者の方々との話し合いを行い、その早急な解決を図ることとなっている。それが当面困難な場合の暫定的措置として、地域社会の理解を得て、2002 年初夏に間に合うよう 2,180 m の暫定平行滑走路を整備することとなった。（図-1）

この暫定平行滑走路は、本年 4 月 18 日に供用開始することとなっている。その供用を間近に控えた成田空港における環境対策の取組みについて紹介するものである。

2. 航空機騒音対策

2.1 航空機騒音の監視

NAA では、航空機の離発着に伴い発生する航空機騒音の現状を把握するため、昭和 53 年（1978 年）から固定の常時測定期局を有する航空機騒音監視システムにより、年間を通じて 24 時間連続で測定を行う通年測定と、原則として夏季及び冬季の各々連続した 7 日間の測定を行う短期測定により、航空機騒音の監視を行っている。

（1）通年測定

通年測定は、従来、県、周辺市町村および空港設置管理者の NAA（新東京国際空港公団）がそれぞれ独自に航空機騒音監視システムを整備し、騒音監視を実施していた。

平成 9 年（1997 年）10 月からは、第三者機関として設立された『成田空港地域共生財団』において、各団体が空港周辺に設置した測定期局データを収集し、集計処理を行う集計処理システムを整備し、一元的に処理を行い、測定結果の標準化・公正化が図られている。

また、平行滑走路供用を踏まえた航空機騒音の監視体制について、騒音監視を効率的に行うため、NAA は、関係自治体と調整を進め測定期局の配置を決定した。

その結果、NAA は平行滑走路飛行コースに沿って新たに 16ヶ所へ測定期局を設置するとともに、関係自治体は 13ヶ所に設置することとして、本年 3 月末を目途に整備を進め

* Tackling to the Environmental Measure in Narita Airport, by Hisashi Saito (General Manager, Environment Administration Office, New Tokyo International Airport Authority)

** 新東京国際空港公団 地域共生部環境管理室
調査役

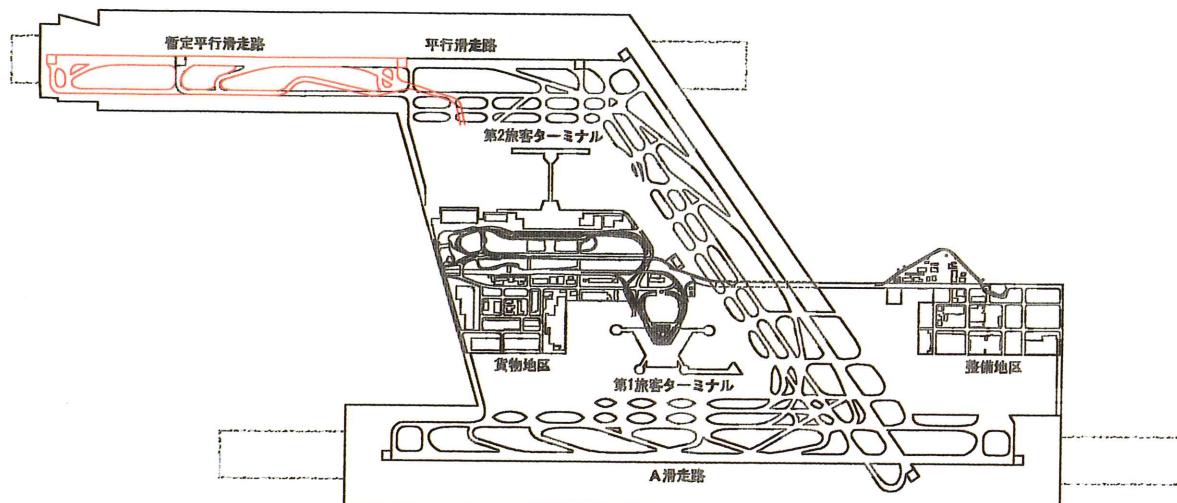


図-1 空港の概要図

ている。併せて、現行滑走路にかかる騒音の状況を把握している既存測定局についても同一地点等重複して設置されている局の1局を移設し、再配置を行って騒音の監視を行うこととなっている。

これらの測定局データは、共生財団により集計処理が行われ、その測定結果は、設置した団体の測定局データだけではなく、他団体が設置した測定局データについても入手可能となっている。(図-2, 図-3)

NAAは、これらの測定結果を入手して、きめ細かな騒音の現状把握に努めると共に騒音対策上有効に活用することとしている。

また、共生財団においては、平行滑走路の供用を踏まえて測定局の増加に対応とともに航空機騒音の判定精度を高めるため、管制レーダー情報を活用した新たな集計システムを構築中である。これにより処理の迅速化・省力化が期待されているところである。

(2) 短期測定

NAAは、上述の常時監視に加え騒防法に基づく騒音区域の妥当性の確認を目的に騒音区域境界において、環境基準に基づき、原則として夏季・冬季にそれぞれ連続する1週間の測定を行う短期測定を実施している。また、平行滑走路についても、現行滑走路と同

設置者別測定局数

設置者	既設局	新設局	計
茨城県	9	-	9
千葉県	14	9	23
成田市	21	1	22
芝山町	8	1	9
横芝町	1	-	1
松尾町	1	-	1
下総町	-	1	1
多古町	-	1	1
空港公団	17	16	33
計	71	29	100

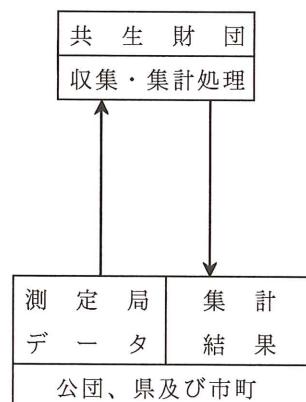


図-2 測定データの流れ図

様に短期測定を実施し、きめ細かな騒音監視に努めることとしている。

そのため、4月の供用開始を控えた現在、短期測定の地点について、地域の意向を踏まえた地点とすべく関係自治体等と調整を図っ

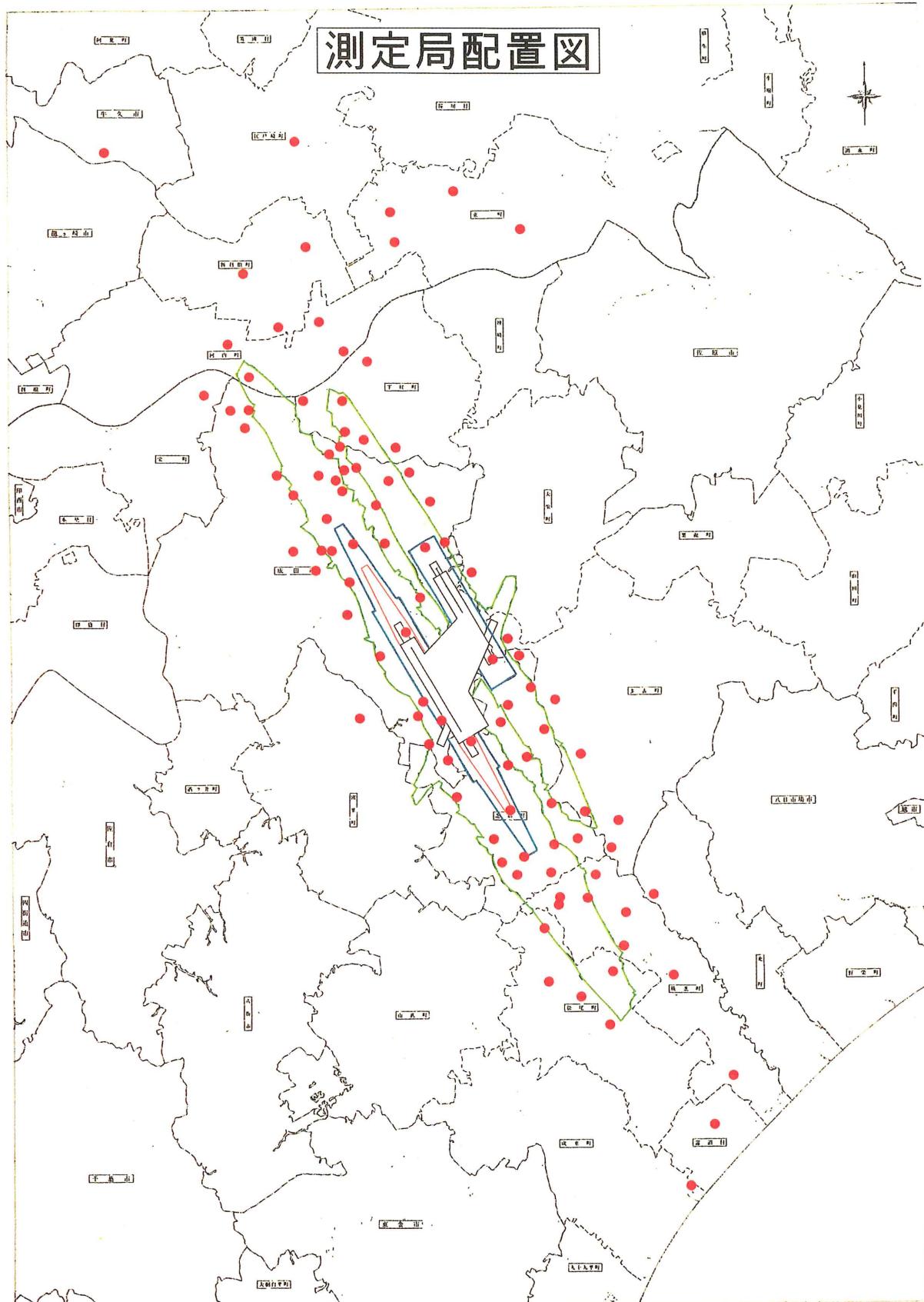


図-3 測定局配置図

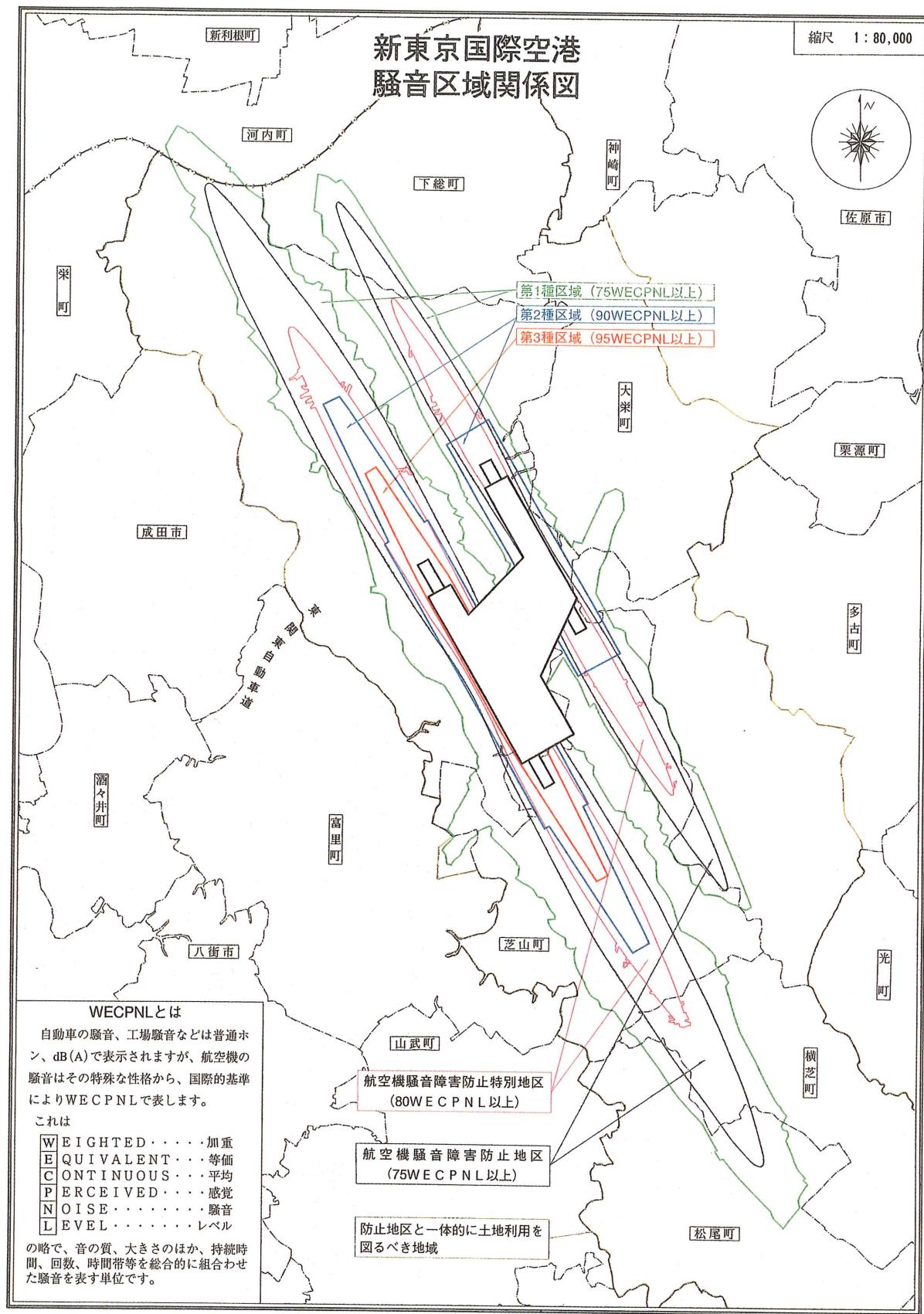


図-4 区域指定図

ているところである。

2.2 住宅防音工事の助成等

NAA は、航空機騒音による障害の軽減を図るため、騒防法に基づき第1種区域内の住宅（対象戸数：現行滑走路3,580戸、平行滑走路1,338戸）に対して住宅防音工事の助成を行っている。さらに、騒特法に基づく平成13年（2001年）5月の都市計画決定に伴い航空機騒音障害防止地区内における防音工事済みの住宅の改築に対して防音工事の助成を行っている。

加えて、よりきめ細かな対策を実施し、成田空港と周辺地域との共生の実現を図ることを目的に設立された『成田空港周辺地域共生財団』において、騒防法の第一種区域に隣接する地区内住宅に対する防音工事等の民家防音工事助成事業を行っており、空港周辺における騒音対策の充実が図られているところである。

また、移転する場合の建物補償及び建物の所在する土地の買い取りについて、NAA では、騒防法に基づき指定された第2種区域内外及び騒特法*に基づき航空機騒音障害防止特別地区内における住宅の移転補償等を実施している。（図-4）

3. 営業騒音

3.1 営業騒音の測定

空港の運用に伴って、航空機の離着陸時の騒音以外にも航空機のエンジン試運転時の騒

音、航空機補助動力装置（APU）使用時の騒音等の地上騒音（営業騒音）が発生する。これらの営業騒音は、航空機の運航時間（6:00から23:00）以外の深夜・早朝の時間帯にも発生する。これらの営業騒音の状況を把握し騒音対策に活用するため、空港の整備地区を中心とした空港内外の8ヶ所に常時測定局を設置し、年間を通じて連続した測定を行っている。

3.2 営業騒音対策

航空機の整備後に行われるエンジン試運転時に発生する騒音の影響を低減するため、成田空港では消音施設を使用することとしている。特に深夜・早朝（22:00から6:00）にエンジン試運転を実施する際には、消音施設の使用を義務づけている。

開港当初から航空会社により導入されている消音施設（写真-1）は北風か無風時の使用



写真-1 ノイズサプレサー



写真-2 ノイズリダクションハンガー

* 騒特法とは、空港周辺で住宅等の開発が見込まれる地域について、従来の助成措置を中心とする空港周辺対策では、航空機の騒音対策を根本的に解決することが困難な状況になったことから、空港周辺の一定区域内では、住宅・学校等静穏を要する建物の建築を制限とともに生活環境施設、産業基盤施設などの整備を計画的に進め、航空機騒音による障害の発生を未然に防止し、併せて適性かつ合理的な土地利用を進め、地域振興を図ることを目的に、昭和53年（1978年）に騒特法が制定された。この法律の適用は、現在、成田空港のみとなっている。

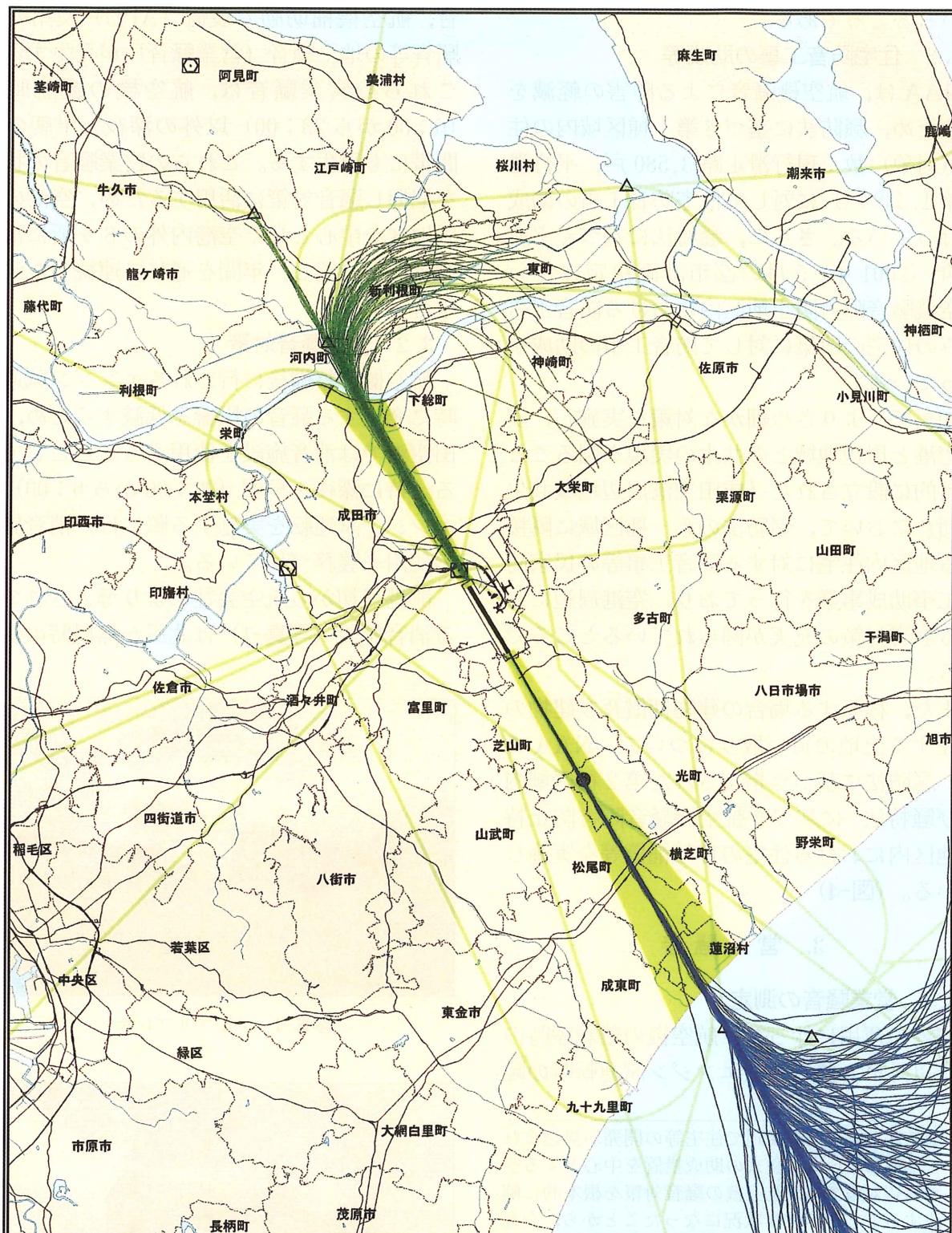


図-5 航跡図

に限られることから、NAA は航空会社と共に南風時にも使用可能な新たな消音施設(写真-2)を整備し、その運用は平成13年(2001年)年4月から開始した。これにより空港周辺地域へおよぼす騒音の低減が図られている。また、駐機中のAPU使用を一部制限するなど営業騒音の低減に努めているところである。

4. 飛行コース幅の監視

成田空港の開港以来、空港を離発着する航空機の飛行コースを監視するため、測量用の機器(セオドライト)等を用いて航空機の位置を測定し航跡図を作成してきたものであるが、この測定は目視によることから、悪天候時の航跡が把握できないなどの不都合があった。このため、国土交通省(運輸省)の管制レーダー情報を活用し、通年で日々の航跡図を作成するシステムを整備し、平成10年(1998年)3月からその運用を開始した。

さらに、平成11年(1999年)1月からは、飛行コースの遵守により航空機騒音の影響範囲の拡散を防止する目的で利根川から九十九里浜までの直進上昇降下の部分に設定された

「飛行コース幅」の監視を行っている。同様に平行滑走路についても「飛行コース幅」が設定され、監視を行っていくこととしている。(図-5)

飛行コース幅を逸脱した航空機については、その理由を調査し、合理的理由がない場合は便名を公開するとともに必要に応じて国土交通省により指導・監督が行われており、航空機騒音の拡散防止が図られている。

5. おわりに

本年4月の平行滑走路の供用開始により、空港の処理能力は大きく向上し、航空機の発着回数も大幅に拡大され、空港周辺の環境も新たな段階を迎えようとしている。この状況に対応するため、新しい滑走路の騒音対策をはじめとする環境施策を進めているところである。

今後も、空港の運用に伴い発生する影響を低減し、環境への負荷を抑制する循環型の空港づくりを目指してさまざまな環境施策を進めていくとともに、本来の2,500m滑走路の早期完成に向け、さらなる努力を重ねていくこととしている。

航空環境を取り巻く話題

「関西国際空港環境管理計画」について*

土 谷 武**

1. はじめに

現在の関西国際空港は、滑走路1本で運用され、21世紀初頭には処理能力が限界に達すると予想されていることから、2本目の滑走路の2007年供用開始をめざして、現空港島の沖合に埋立・空港整備を行う二期事業を進めています。

年間の旅客数は2,000万人を超え、関西圏をはじめ各地域の多くの人々にご利用いただいております。

この様な状況の中、関西国際空港株式会社では、21世紀幕開けの昨年1月、環境保全への取り組みを推進する体制として社内に環境管理委員会（委員長：社長）を設置し、会社の全部署が参画して、昨年6月環境月間に「関西国際空港環境管理計画」を策定・公表しました。

愛称として「エコ愛ランド・プラン」と名付けました。

この計画は地域と共に環境にやさしい空港づくりのための将来のあり方を示す環境に関する指針であります。

関西国際空港における環境保全への取り組みについて、この計画を通じて御紹介致します。

* Explanation of Kansai International Airport Environment Management Plan, by Takeru Tsuchiya (Deputy General Manager, Coordination Department, Kansai International Airport Co., Ltd)

** 関西国際空港株式会社 調整部次長

2. 計画の背景

関西国際空港は、大阪国際空港における騒音問題の抜本的な解決を図り、航空輸送需要の増大に対処するため「公害の無い、地域と共存共栄する空港づくり」を原点として、泉州沖約5kmに海上空港として建設され、1994年9月に日本初の本格的な24時間運用可能な国際空港としてオープンしました。

環境にやさしい空港を目指し、当初より関空は環境保全に積極的に取り組んできました。事業段階での詳細な環境アセスメントを実施し、環境監視の結果を公開しながら、地域社会の理解と協力のもとに、環境に配慮した空港づくりを先進的に進めてきました。

昨年5月には環境面への取り組みも評価され、米国土木学会より20世紀の十大事業の一つとして「モニュメント・オブ・ザ ミレニアム」の表彰を受けました。

2000年12月、国においては地球環境問題や循環型社会の形成など新たな施策の展開に向けて新しい環境基本計画が策定されました。

「環境の世紀への道しるべ」と言う副題がついています。

21世紀初頭における環境政策の基本的方向と取り組みを示したものです。

計画の目標と推進方向として、環境保全へのあらゆる主体の「参加」が求められています。

国全体における新たな環境政策が進展する

中、21世紀にも発展していく空港事業者として環境保全への自発的・積極的な取り組みを引き続き進めていくため、21世紀のスタートに環境にやさしい空港づくりのための計画を策定することにしました。

3. 計画の基本

「計画の目的」は環境への負荷を可能な限り低減し、大阪湾及びその周辺地域の環境に及ぼす影響を最小限にとどめ、人と自然にやさしい空港を目指すことです。

「計画期間」は2001年から2本目の滑走路が供用される2007年までです。

2期供用に際しては、二本の滑走路を有する国際空港として新しい計画を策定することにしています。

「計画の対象範囲」は、環境保全へのあらゆる主体の「参加」と言う考え方たって、空港島すなわちこのアイランドを1つの共同体としてとらえ、島内事業者や空港利用の方々も対象にしています。

この点につきましては、計画を作る際、学識経験者のご意見等をいただきましたが、計画の特徴として評価をいただきました。

4. 計画の基本方針と主要施策

計画の基本方針は、

- 1) 公害のない空港
- 2) 環境負荷の少ない空港
- 3) 自然を大切にし、ふれあいのある空港
- 4) 地域の人々や利用者とともに生きる空港

です。

以下に、その内容と主要施策の取り組み状況を紹介します。

4.1 公害のない空港

関空は、「公害のない空港」という空港建設の原点に立ち、航空機騒音対策として市街地から離れた海上に立地していますが、飛行経路・高度遵守の徹底、低騒音型航空機の導

入、2本目の滑走路を含めた運用方法の検討などについて関係機関へ要請するなど発生源対策を促進することで航空機騒音の影響を低減させていくこととしています。また、電波障害については、障害が新たに発生した場合は速やかに実態を把握して適切な改善措置を実施していきます。

航空機騒音については、11地点で常時監視を行い、20地点で定期監視を実施しております。また、航空機の飛行経路や高度についても定期的に環境監視を実施しています。

すべての監視地点で航空機騒音に係る環境基準値70Wを下回っています(図-1)。

大阪府岬町など60Wを超える地域もあり、ディレイド・フラップ進入方式に加えて昨年3月からギアダウン対策の導入が図られるなど騒音低減の努力も続けられています。

苦情や問い合わせの件数は、新飛行経路導入前後の1998年度に一時増加しましたが、翌年度からは年間100件強の件数で推移しています(図-2)。

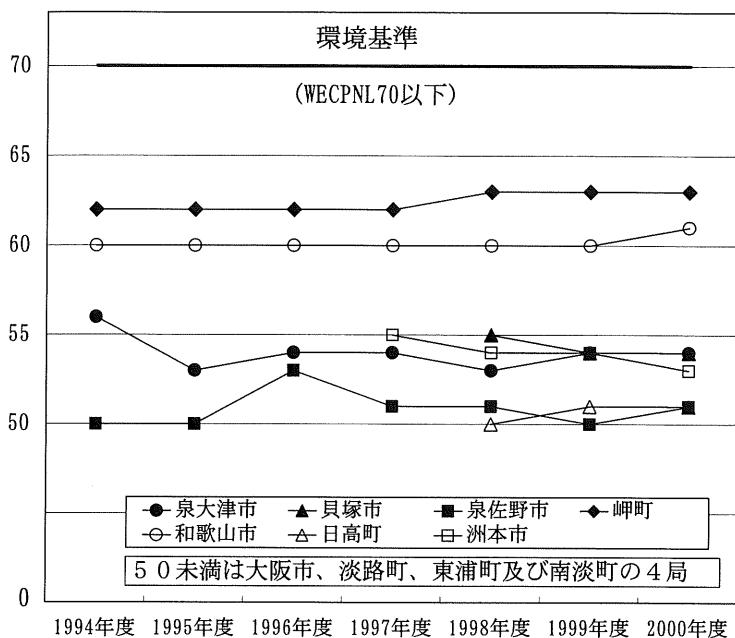
飛行経路を逸脱した航空機等があった場合には国土交通省から状況や原因等情報連絡があり、その内容を当社から速やかに関係自治体に連絡するなど、適切な環境監視の実施と迅速かつ丁寧な苦情対応等に努めています。更に、航空会社に対する飛行経路の遵守等の要請も行っています。

航空機の航行によるテレビ電波の受信障害の改善対策については実施要綱を定め、それに基づき受信障害が発生した地域についてテレビ共同受信施設の設置など改善措置を実施してきました。1998年12月に導入された新飛行経路の運用により、新たに兵庫県淡路島北部地域で受信障害が発生したため改善対策を実施しており、現在障害が発生している地域は本年度中に対策を完了することとしています。

4.2 環境負荷の少ない空港

環境への負荷を出来るだけ少なくするため

WECPNL



【備考1】 淡路町では、1998年1月から常時観測を開始。なお、淡路町における1997年度の観測結果は51(定期調査分を含む。)

【備考2】 大阪市、東浦町及び南淡町では、1998年12月から常時観測を開始

図-1 常時観測局(11局)における航空機騒音の観測結果

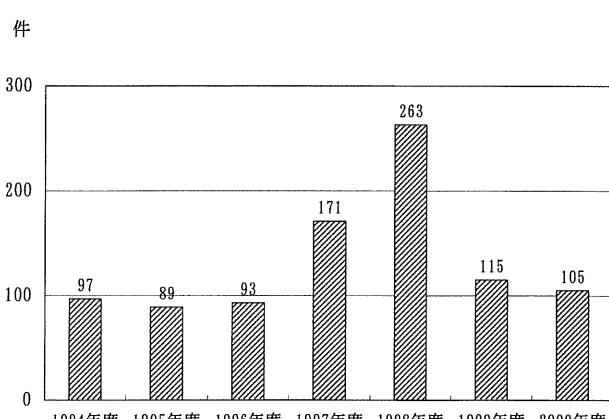


図-2 苦情・問い合わせ件数

に、発生源対策の重点的な実施など発生抑制に主眼をおいた対策を進めるとともに、省資源・省エネに取り組み、循環サイクルの形成を目指します。

瀬戸内海の水質保全のため、富栄養化防止対策として窒素・磷の削減を図る島内排水の高度処理や中水道による水の循環利用を行っ

ており、トイレ用水など3割以上の水が節約出来ています。

エネルギーセンターでは、発電と同時に蒸気を作るコージェネレーション型の発電設備でエネルギーの有効利用を図り、その蒸気を利用する地域冷暖房システムを導入しています。

また、弊社では、オフィス環境マニュアルを策定して昼休みの消灯や再生紙の利用などきめ細かな取り組みも行っています。

現在フォークリフトなど飛行場の作業用車両には電気自動車が約150台使用されていますが、今後弊社使用の自動車は更新時に低公害な自動車に変えていくこととしています。

低公害車等の導入や地上電源装置(GPU)の利用促進など島内事業者とともに取り組んで行くこととしています。

島内事業者や利用者の方々のご協力とご理解が必要ですが、大阪府から光化学ス

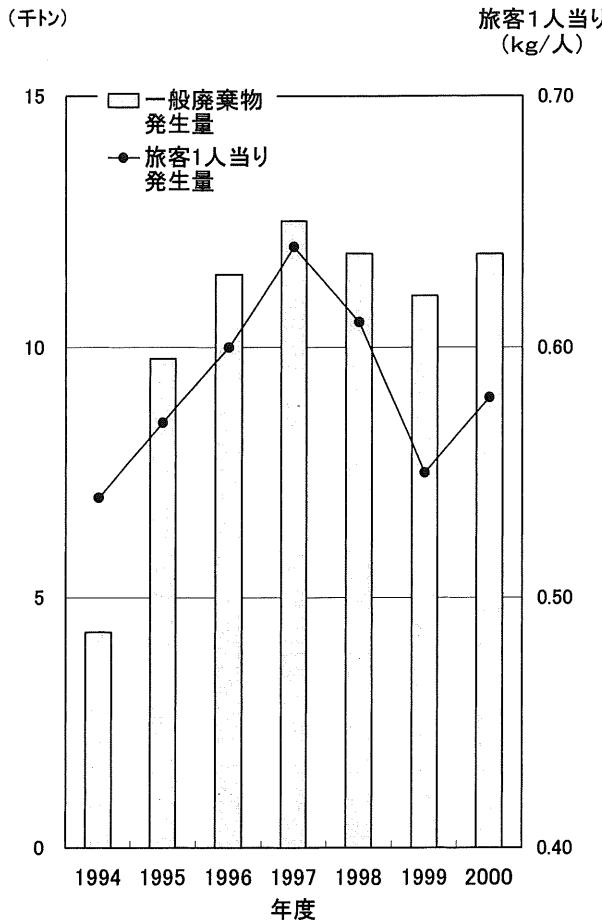


図-3 一般廃棄物発生量

モッグ注意報等が発令された場合には、空港内にある12カ所のテロップで自動車利用の自粛やアイドリング・ストップの呼びかけを行いました。

旅客1人当たりの一般廃棄物の発生量は、昨年度は上昇しましたが、おおむね減少傾向あり、缶・瓶類や段ボール類を中心とした再資源化の率は10%弱程度で推移しています(図-3、図-4)。

一般廃棄物の処理については、7種類に分別収集し、島内にあるクリーンセンターで焼却処理を行っています。ゴミの種類毎に色分けした指定ポリ袋を使用し、通し番号による排出者が特定できるシステムにより資源化・減量化を進めています。また、昨年6月より航空機内において、缶類の分別に取り組んでいる航空会社が3社に増加しています。

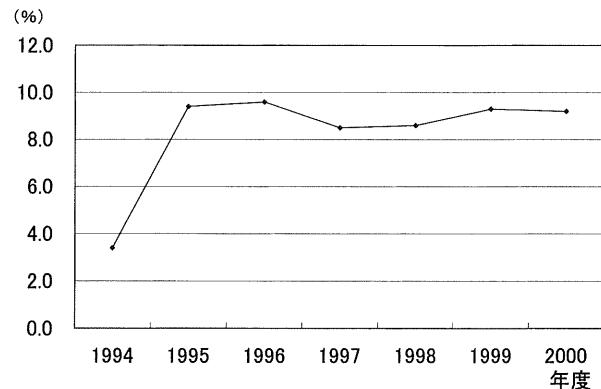


図-4 一般廃棄物再資源化率

さらに、地球温暖化防止への取り組みとして資源やエネルギーの有効利用による二酸化炭素の発生抑制とともに、温室効果ガスでもあるフロン等を適切に管理していきます。

4.3 自然を大切にし、ふれあいのある空港

海上空港という特性を活かし、やすらぎを感じられる空間と生態系に配慮した生息環境の形成に努めます。

環境の創造として、1期島の緩傾斜護岸における藻場造成に取り組んできました。

約23ヘクタールの藻場が形成され、大阪湾全体の藻場の約5%を創出したことになります(図-5)。

これまでに確認された藻類は63種類、魚介類は141種類であり、生産性・多様性に富んだ生態系を作り出しています(表-1)。

昨年度京都大学大学院農学研究科の坂本亘教授の御指導等を得て、空港島護岸で生産された魚類の周辺海域への広がりをメバルを使って調査しました。

その結果、緩傾斜護岸のメバル成魚は外部海域へも移動していることがわかりました。

また、メバルの稚魚は春先緩傾斜護岸から流れ藻に追従して大阪湾に広く広がり、その量は数十万尾にも及ぶものと推計されています。

2期島の緩傾斜護岸においても、1期島の経験を基に、藻が付着しやすいように工夫し

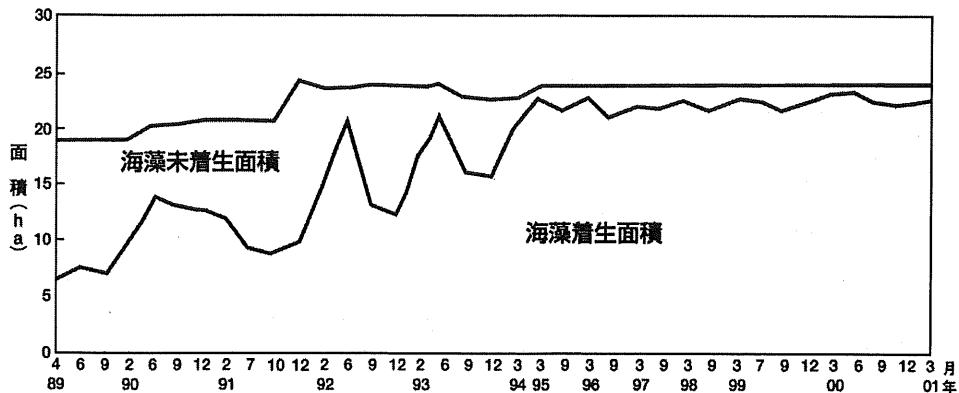


図-5 藻場面積の推移

表-1 主な出現魚介類

保育場	ゴンズイ、ボラ、イシダイ、ネンブツダイ、スズキ、メジナ、イサキ、コショウダイ、コロダイ、マダイ、クロダイ、マアジ、ウミタナゴ、スズメダイ、オヤビッチャ、コブダイ、キュウセン、キンチャクダイ、アイゴ、カワハギ、ウマヅラハギ、メバル、クジメ、アサヒアナハゼ
周年の棲み場	アイナメ、クジメ、スズメダイ、メバル、カサゴ、ボラ、マダコ、サザエ、クロアワビ、マダカアワビ、ムラサキウニ、バフンウニ、マナマコ
一時的回遊	ハマアジ、ブリ、カンパチ
高水温時に出現	メジナ、イシダイ、クロダイ、アイゴ、イシガキダイ、マコガレイ、マダイ、ウマヅラハギ、コブダイ、オヤビッチャ、ゲンロクダイ、チュウチョウウオ、ハタタテダイ、ソラスズメダイ、ツノダシ、
低水温時に出現	マナマコ
時々大群で出現	マアジ、マイワシ、マルアジ、マサバ
有用種	ヒラメ、カンパチ、クロソイ、キジハダ、シマアジ、イセエビ、クロアワビ、マダカアワビ、ムラサキウニ、バフンウニ、マナマコ

た環境共生型ブロック（図-6）を開発するなど藻場の早期造成を目指して取り組んでいます。

緑化や景観の保全については、一期島内では3.6ヘクタール、9万本の植樹を行っており、引き続き計画的に進めて行くこととしています。

4.4 地域の人々や利用者と共に生きる空港

空港活動について十分な理解を得るために、環境の状況について情報公開していくとともに、情報提供機会の多様化や交流を通して、地域社会との対話と連携を進めています。

航空機騒音、大気、水質、生物などの環境監視の結果は、従来から報告書にまとめて公表しておりますが、更に親しみやすくアクセ



従来の消波ブロックの一部に溝を設け、カジメなどの根の付着機能を高めたもの。溝の角度・深さ・幅・施工性などを検討し、最終的な溝の形状・位置を決定しました。

図-6 環境共生型消波ブロック（意匠登録出願中）

スし易いように、昨年9月より航空機騒音に加えて、大気、水質、生物の環境監視結果もインターネットで公開を始めています（URL <http://www.kald.co.jp/kankyo/index.html>）。緩傾斜護岸の生物、周辺海域の生物、島内の鳥類などの環境監視結果が写真入りで出ていますので多くの方々に是非ご覧いただきたいと思っています。

また、昨年4月に地元貝塚市にオープンした自然・環境体験学習施設関空交流館などへの環境情報の提供など積極的な協力・連携を図っています。

5. 計画の推進体制

関西国際空港島には、弊社をはじめ航空会社など約400の事業所、2万人弱の人々が働き、運営されていることから、計画の推進においてはすべての関係者が共通の認識を持ち、ネットワークを形成していくことが重要です。

先ほど紹介しました環境管理委員会において計画の進捗状況をチェックし、毎年度環境報告書を作成し公表いたします。

空港事業について多くの方々の理解と協力を得ていくためには、環境コミュニケーションを推進することが重要になってきていると考えています。

また、環境保全への取り組みの結果を示すことは、それに携わる者の励みとなり、各種施策の推進に役立つものと考えています。

昨年12月より、島内事業者との環境保全に関する情報交換の場としてホームページ

を開設しました（URL <http://www.kansai-airport.or.jp/kanku-eco/index.html>）。もちろん、公開しています。

この様な場を通じて、多くの方々と環境パートナーシップを深めていくことも大切であると考えています。

6. おわりに

関空は、先述したように航空機騒音に係る環境基準の達成、航空需要への対応という事業の原点・目的を実現してきた空港であり、21世紀においてもさらに本格的な国際空港として航空全体のなかで大きな役割を果たしていくことになります。

のことからも、この計画を通じて環境保全の環をこの空港島（エコアイランド）を基点に広げていくことが望まれます。

環境保全の推進に当たって、経営状況や社会経済動向の中で個別の事項にジグザグがあるかと考えていますが、国が環境基本計画の中で示した環境保全へのあらゆる主体の「参加」という方向をしっかりと踏まえて進んで行きたいと考えています。

関空の姿を環境保全への取り組みを通じて、多くの人々に積極的に発信するとともに、他の地域の環境状況や取り組みも受信し、相互の理解を深めることが求められます。

このエコ愛ランド・プランを推進することは、関空の原点である環境にやさしい空港を、この21世紀においても引き継ぎ、発展させていくことになると確信しています。

エッセイ

航空機騒音防止策としての ANC 技術*

末 永 昌 久**

航空機騒音の大きな特徴はその被害が航空機が離着陸する空港周辺に限られており、空から直接被害をもたらすために、その完全な対策が難しいことです。航空機騒音の音源はジェット・エンジンですが、ジェット・エンジンはピストン・エンジンにくらべて高出力を出しますので大きな騒音が発生いたします。さらに最近では航空機の大型化によってエンジンもより大きく、強力なものになっていきます。こうした中で空港周辺では、航空機騒音の対策として防音対策を行っています。この防音対策については従来から防音林や防音壁そして防音堤の造成などで対策をしてきました。最近では ANC (Active Noise Control) 技術 (以下、ANC 技術と略す) を利用した防音壁も現れています。ANC 技術は基本的には音源の出す音と逆相の音を出して、干渉で音を消すことであります。既に色々な分野で応用されています。コンサートホールなどの空調ダクトシステムへの応用、ヘッドホンへの応用、車室内騒音の制御、航空機や新幹線の座席シートへの適用と色々な方面に活用されています。ANC 技術における制御方式はフィードフォワード型 ANC とフィードバック型 ANC に分けられます。

こうした中で昨今のデジタル技術の進歩やフィードバック型 ANC はエラーマイクロホンのみで制御を行うため、フィードフォワード型 ANC に比べて低コストで実現出来ること、設置については困難な場所でも適用出来ること等のメリットがあり、今後の研究に期待ができますので現在の研究の状況と将来性について検討してみようと思います。

フィードバック型 ANC では、今までに理論としてもわかっていることは、消音する対象物との距離が短いと消音周波数帯域が広く消音量が大きいが、距離を長くすると消音周波数帯域が広くなるという特徴を持っている。従って、フィードバック型 ANC において良い制御効果を得るためには距離を近づける必要があることです。

現在、代表的な応用例としてはイヤーディフェンダーがあり、これは各社から既に製品化されています。この装置は二次音源からエラーマイクロホンまでの距離を非常に短くできるため、フィードバック型 ANC が有効となりました。又屋外の装置として、現在、開発中のものは、道路交通騒音等の低減を目的として、移動する音源にも対応できる ANC 技術を用いた遮音壁が開発されています。

この装置は以前からフィードフォワード型 ANC での研究が進められてきていましたが、最近ではアクティブソフトエッジ遮音壁 (以下、ASE 遮音壁と略す) が考案されています。ASE 遮音壁は天端に複数の ASE セルを配置したものであります。ASE セルはマイ

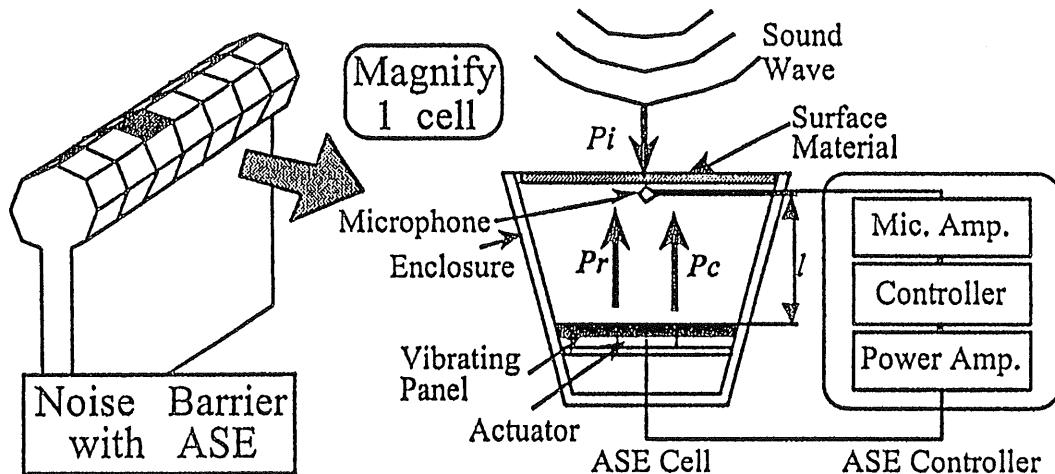
* ANC Technology as Aircraft Noise Prevention Measures, by Masahisa Suenaga (Director, Noise and Vibration Division, Aviation Environment Research Center)

** (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター
騒音振動部長

クロホン、振動板、アクチュエータ、エンクロージャ、表面材から構成され、ASE 制御回路により制御されます。現在は比較的に安価に実現できるとしてセルの制御はアナログで行われています。これらのセルを遮音壁エッジ部に複数設置します。交通騒音は広い周波数帯域の騒音スペクトルを持つため、概ね、600 ヘルツを越える周波数帯域においてはパッシブ吸音効果を用いて、ASE の制御と合わせて、減音させる周波数帯域を約 160

～600 ヘルツとして設計されています。

今後でありますと、演算精度と安定性に限界のあるアナログ回路を用いたシステムは、工業的運用には問題が多いこともあり、現在ではデジタル信号処理を用いたフィードバック型 ANC システムが検討されるようになっています。さらなる ANC 技術が進展して航空機騒音防止策として活用できることを望んでいます。



ASE 遮音壁の構成図

エッセイ

ヨルダンの航空環境*

松 本 優 一**

1. はじめに

ヨルダン政府から民間航空の環境と航空保安等に関する技術協力を求められている。

ヨルダンの面積は北海道の約1.2倍で大部分がやや起伏に富んだ砂漠になっている。これは、戦闘機やヘリコプターがレーダー網を避けて超低空で活動するに適した地形といえる。その他、海拔マイナス400メートルの死海、ペトラ、ネボ山、カラク城など聖書やローマ軍・十字軍とイスラムの戦いの歴史に由来する遺跡が随所にある。

人口は約400万人、大部分がアラブ人でその60%がパレスチナ系であるといわれている。アラブとはアラビア語圏のことであり、トルコ、イランなどは含まない。ただアフガニスタンなどもアラビア文字を使っていることから言語圏と文字圏が異なる。これは漢字を共有する中国と日本の関係に良く似ている。ちなみに我々が使うアラビア数字の123はアラブでは通用しない。0が5、7が6、Vが7に似ている。ヨルダンの国民を人種で分けるのは難しい。勝手に分類すればアラブ系のクエート、レバノン、エジプト等のほかパレスチナ系、ベドウイン系、コーカサス系(チェchen)などがいる。皮膚の色は赤・白・茶・黒と多様だが、昔モンゴルがシリアまで攻め込んだこともあり、日本人に良く似

た顔に出逢うこともある。

国教はイスラム教となっているが、モスク(イスラム教寺院)のほか教会もある。我々外国人がイスラムを意識するのは、早朝から市内全般に大音響で鳴り響くアザーン(お祈り)の呼びかけだろう。ゆったりと歌つていてるよう響き、街独特のスパイスの香りと共に強く記憶に焼き付いている。

首都アンマンは、標高900メートルにあるため過ごしやすい。夏にはサウジやクエートの産油国から避暑に来る人も多い。冬には雪が降ることもある。南のアカバでは1年中泳ぐことができる。紅海の珊瑚礁は世界のダイバーにとって一度は訪れてみたいポイントだろう。海面下10メートル以下では太陽光が弱い為、暗く色彩のない世界だが光を当てると実に美しい極彩色に変わる。数多くの熱帯魚が回遊していることは言うまでもない。

2. 今なぜヨルダンか

世界の民間航空におけるスタンダードが米国であることは多くの人が認めるであろう。しかし、中東にもそれとは別のスタンダードがある。例えば、航空法に日出とは日の出(暦学)の30分前、日没とは日の没した30分後という規定がある。雲がない場合の有視界飛行では技術的に特に問題はないが、昼と夜の時間区分が僅かながら異なると言うことはパイロットが保有しなければならない技能証明にも影響を及ぼす。昼間であれば事業用操縦士のライセンスで飛行できるパイロット

* Aviation Environment of Jordan, by Yūichi Matsumoto (JICA Senior Volunteer)

** 国際協力事業団 シニア海外ボランティア

が、夜間は計器飛行証明も必要となる。さらに飛行場燈火の点滅時期もぞれ微妙な時間差が生まれてくる。

アラブにおける民間航空のパイロット養成校はアラブ各国ではなく、パイロットを希望する学生は王立ヨルダン航空大学（RJAA）か米国の航空学校に入学する。学生全員が定期航空のパイロットを目指すことから就職に有利な RJAA を選ぶ学生が多い。一部の学生は航空会社に就職が内定した上で入学するともきいている。このことからヨルダンが中東の民間航空の牽引役を果たしていることは間違いない。少し先の話になるが JAS でヨルダン人のパイロットに逢ったことがある。RJAA の教育が全て英語でなされているため、卒業後外国の航空会社で勤務する人も多い。卒業生の出身国は、イラク、クエート、シリア、アラブ首長国、バーレーン、リビア、イエメン、サウジ、スーザン、モロッコ、マレーシア、リベリア、エジプト、レバノン、オマーン、イスラエル（ウエストバンク）となっている。

3. ヨルダンの航空環境

ヨルダンでは深夜航空機が首都の上空を超低空で飛行することがある。しかし軍用機・民間機を問わず騒音苦情がきたという話は聞いたことがない。軍はチーム名「ファルコン」という名前のアクロバットチームを持っている。首都近傍のマルカ空港で展示飛行を行うことがあるがギリギリまで高度を下げると騒音も相当なものになる。とはいえ通常、旅客機は騒音軽減のため急上昇方式で離陸している。エンジン出力が少なく急上昇のできない訓練機などは飛行経路により王宮等上空の飛行を避ける処置もとっている。ところでこの国では結婚式の後、銃を空に向けて発砲する。これは花嫁を銃に賭けても守るという意志表示で兄弟から従兄弟まで深夜まで延々と撃ち続ける。もちろん実弾だが中には曳光

弾も混じって弾丸の軌跡が見える。この音のレベルに比べれば航空機騒音などとるに足らないものになる。騒音には寛容なお国柄だ。

ナショナル・フラッグ・キャリアーであるロイヤル・ヨルダン航空やパレスチナ・エアー、その他乗り入れの航空会社は、エアバス機やボーイング機を使っているので個々のエンジンの大気汚染物質排出量は我が国と大差ないものと思われる。首都アンマンには工場がないため大気汚染物質の総量は、固定発生源では民生（家庭用）と移動発生源では車両及び航空の合計で求められるが、工場がない分だけ総排出量にしめる航空の寄与度がやや高くなる可能性がある。アンマン市中心部は慢性的交通渋滞で歩道ではのどが痛くなるほど汚染が激しい。市内を走る乗用車・小型トラックの約 50% は日本製で中には荷台に○○豆腐店と書かれたままの車もある。日本車は故障が少ないため中古車市場でも人気が高い。

空港排水による海洋汚染特に珊瑚礁に及ぼす影響や地下水（飲用）への混入も懸念されているが、水の問題は今のところ飲料水（水道）の確保と下水道の整備が優先課題となっている。水の絶対量が足りない上に水道管の老朽化に伴う不明水が一説には 50% とも言われている。アンマンは湾岸戦争後の難民急増で下水道はパンク状態にある。水道管の圧力が低下して破損部分から下水が混入するという最悪のシナリオも考えられる。飲用や調理用にミネラルウォーターを使う人も多い。

4. 結 び に

紅海に接するアカバ市からは、エジプト、イスラエル、サウジが一望に見渡せる。特に夕日がシナイ半島にかかる頃の景色は見飽きることがない。アカバ国際空港に着陸する航空機は着陸進入の際、エジプトやサウジ国境に入ることはあっても、イスラエル領に近づくことは決してない。市民レベルの緊張感とはその様なものだと思う。

エッセイ

騒音に携わって半世紀*

時 田 保 夫**

1. はじめに

昨年研究センターの所長職を山田一郎氏にお願いして現場から離れました。13年の間、騒音ばかりでなく多くの専門外のことにも揉まれながらも何とかやってこられたのは、職員をはじめ皆様が非力な小生を支えてくれたお陰で、今は感謝の念で一杯です。

昭和のはじめに複葉の小型飛行機にお目にかかるから現在まで、いろいろな形で航空機や騒音に関わって来ているので、思い出の記録の中に反省の意味を込めて、経験してきたことの中から断片的に今後のことにつかしらの役に立つことができればと、いくつかの項目に分けて書いてみようと考えました。今回は現場の大切さと、思いこみについて書いてみます。

2. 現場に学ぶ

そもそも私が騒音問題と取り組み始めたのは半世紀も前の話になりますが、騒音計を持って東京都の街頭騒音の測定に携わったのが始まりです。小林理研に入って二年目の事ですから、まだ研究者といってもペイペイの頃です。都市の騒音では、自動車は走行騒音そのものよりも無差別とも言えるようなクラク

ションが耳につき、街頭放送が電信柱に取り付けたスピーカからけたたましい音量で頭上に音を撒き散らしていた時代です。それまで大学や研究所の研究室で実験や測定という極めて局在したものを対象に仕事をしていた私にとっては、今までの仕事とは異質な全く違った対象を扱う仕事でした。変動する騒音の典型的なものを扱って、こんなものが系統だって学問、技術に繋がるのだろうかと不安と危惧の念を持ちながら現場の測定にタッチしたのがそもそも騒音との繋がりでした。かたや騒音計の開発という命題をもらいながら、その騒音計を扱う現場に直接携わったことが、その後の私の仕事に大きな影響をもたらしたのは事実です。

多くの現場を踏むことによって、騒音の問題は発生源から伝搬系を通して人の耳に入り、その同じ音の判断が、人それぞれ必ずしも同じにならないという感性の問題を含んでいる複雑なものだということを知らされました。それと同時に、規格に合格している測定器でも許容誤差があって、計測器というハードでのばらつきの他に、測定技術というソフトの曖昧さ、更には測定値のもつ意味の重要性についても思い知らされました。測定した数値の真値と誤差、人間の反応の人による幅などは、現場で実用的に分かってきたものでした。前述のように当初疑問に思っていた騒音も、いろいろと現場に携わると、本当に現場は研究対象の埋もれた宝庫だということが分かってきました。また長年の現場で得た

* My Memoirs on Noise Studies during a half Century, by Yasuo Tokita (Ex-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
前所長 現顧問

重要なことは、騒音そのものの大きさが記憶の倉庫にちゃんと整理されてしまわれたことでした。これはその後現場を離れても体で体得した財産として今でも非常に役に立っています。

昭和40年代から電子計算機が現場を扱う研究の仲間にも入ってきて、技術計算は複雑な計算でも音源から受音点に至るモデルを設定すると、特定の場所の騒音レベルが計算出来るようになってきました。いわゆる予測計算の始まりです。この時代は電子計算機が金科玉条のようにもてはやされ、電子計算機によればという接頭語をつけてデータを示すこともしばしば見受けられたものでした。出てきた結果については計算結果の信憑性を確かめもせず、現場を知っているものにとって変な数値であっても、電子計算機の権威はたいしたもので、屢々論争が起きたこともあります。

ある県の公害審議会に呼ばれて委員となつた時、工場団地の建設に関する予測計算であまりに変な数字を示されたので、説明をしている技術者に「あなたは騒音計を触ったことがありますか」と聞いてみたところ、「騒音計は見たことも触ったこともありません」という技術者の返答に啞然としたことがあります。どこかの数字を入れ間違える、または $(+)$ と $(-)$ を間違えるというようなことは良くあることで、現場を知っている人にとっては、桁が違うような数字が出たときには計算の間違いを疑ってかかるのが常識ですが、現場を知らず、電子計算機を信用してしまっている人は、数値について疑うきっかけを擋むことができません。

これも身近であったことですが、騒音曝露計という曝露した騒音量の積算値を出す計測器で、今の等価騒音レベル Leq を計測する器械と同等のものです。等価騒音レベルは曝露量（音のエネルギー量）の時間平均なので、現実に聞こえる瞬時の騒音の大きさとは

対応しない欠点があります。我々は音を聞いて大きい、小さいと判断をするときには、その最大値に着目するものです。従ってその音の継続時間や発生の間隔などにはあまり気を留めません。等価騒音レベルは単発的なものの場合、その出現回数や継続時間がもろに最大値との差にきいてくるので、しばしば気づかずに最大値レベルに近い値を信用してしまうことがあります。この場合は計測器の故障を知らずに、数値が出たことを良いことにして報告書に載せようとする寸前に発見して事なきを得ましたが、貴重な経験でした。

人間は何時どこで間違いを起こすか分からないものです。必ずチェック機能を働かせるシステムを作ておく必要があるということで、一人で判断するよりも二人というダブルチェック機能は必要不可欠のものなのです。

3. 思い込み

いわゆる公害の問題にタッチしてから、発生源側の人とともに被害を訴える人とも話をすることが非常に多くなり、発生源者と被害者との言い分には大きな違いがあることが分かりました。例えば都市整備の線引きがはっきりしていなくて、未指定だった土地に、近隣の住民から移転を求められて新しく建てた工場のところに、あとから次々と住宅が建ち始めて、工場の騒音や振動が大変だと訴えを起こされたようなケースはよくあります。工場側が先住権を盾に争っても、満足にならないのは分かりきっているのですが、住民のエゴを何とかしてくれという訴えが工場側から出されます。住民側からは、日曜日の騒音や振動の出でていないときに不動産屋に連れられてきて買ったところが、このようなところとはと不満を訴えるケースは間々あります。このように発生源と被害者が何を苦情の対象として問題にしているかが分かっているときには良いのですが、原因が不明な訴えにはほとほと困ることがあります。

この良い例が最近よくテレビや新聞紙上で扱われる低周波音のケースです。最初低周波音の問題は、耳に聞こえない超低周波音領域の問題と考えられていたのですが、訴えを聞いてみると聞こえる領域の音も入っていて、現在は低音域が優先するほぼ 100 Hz 以下の超低周波音も含めた音として考えられています。

はじめにこの問題を当時の環境庁が取り上げて、苦情のある場所の現場調査をしたときに次のようなケースがありました。某県のある工場の隣の人が訴えを起こし、新聞種にもなったケースですが、耳から血が出る、ねずみが死んだ、隣の工場から発する低周波音の筋が室内にあって夜眠れないほどの苦痛を与えるというような、まことに大変な被害を訴えたものでした。現場に行って苦情者の話を聞くと上記のような訴えを詳しく話されました。そのために多くの対策を自分なりにしたそうです。はじめは騒音それ自体はたいしたものではないけれども騒音対策というので窓は密閉型にして、かつ遮音のためにゴムシートを張り付けたが変化がないので、多分電波が進入してきているのだという自分の判断で電磁シールドのつもりで金網を壁面に張り巡らせたというのです。騒音計で計った騒音レベルでも変化はないという状況なので今回の環境庁の調査に協力したいということでした。結局部屋で音を聞いていますと、密閉された戸建ての住宅なので玄関の入り口を口とする壺の中に入っているような状態になっていました。苦情者は家の中を案内して、この場所よりもここが一番強い感じがするとか、この場所は今日は弱いとか言いながら案内してくれたのですが、全く小生には遠くの道路からの騒音が家の中でこもったものとしか感じられませんでした。それというのも工場には完全に電源を切って貰っていた状態での現

場調査だったので、何を問題にしているかが分かったわけです。工場には関係ないのですが、思いこんでしまうと、どうしても変更できなくなってしまいます。この苦情者に付き添って案内をしてくれた方はばつが悪いようにしておられましたが、自分でも困ったと思われたと思います。それで訂正されればよいのですが、何時までもこの工場問題は消えることなく今でもインターネットでホームページを引くとこの話が出ています。思いこみの怖さを示す一つの例です。

航空機騒音の予測センターを計算するのは、条件が整えばコンピュータがやってくれるので机上の仕事になります。ある空港の予測センターを示そうとする場合に、条件だけ与えられて計算をして、結果をセンターだけで提出すると、方位を間違えて地図と重ね合わせてしまうミスを犯すことがあります。一度間違えると、次もその通りと思ってしまうので、ミスの上塗りをすることになってしまいます。思いこみの怖いところです。

現場の地理を知らないときにはセンターの扱いを間違えないようにしないととんでもないことになります。屢々依頼のあった海外の新設空港の予測計算では、単に提示された条件の計算だけでなく、現場を見たい、知りたいというのが我々の希望でしたが、計算の重要性が認識されなかったのか、なかなか希望通りには行きました。

計算をする人も、現場を知ってこそ生きたセンターが描けると思いますので、今後の課題として考えていただきたいところです。

4. おわりに

全くの問わず語りという感じで書いてみましたが、今度はもう少し整理をしてお役に立てるものにしたいと思います。ご意見を頂きたいと思います。

エッセイ

修理のインフォームドコンセント*

川 田 和 良**

標記の言葉は最近、医学治療等でよく聞くのであるが、字引によると「同意」とか、「承諾」となっている。お医者さんが診察した後に患者に対して、病状を説明し、手術のやり方や投薬等の治療法とその手法の長短所を説明して、失敗の可能性も含め、患者が納得の上で処置に入ることを言うのだが、この場合は「納得」の訳語がピッタリだと思う。

私はもともと機械類の修理が好きで、中でもカメラの修理には深入りしてしまった。

大阪在勤中に、H デパートの中に店を持つ修理の専門家に教えを乞い、各機種ごとに異なる分解方法を知り、修理材料を分けて貰って経験を積んだのであるが、そのうちに或るアンティークカメラの店主と知り合ってからは、修理した台数がウナギのぼりに増加した。

複雑な部分の修理をしている時によく頭に浮かぶのは、「これが生きた人間の外科手術だったら、自分がやれるだろうか?」という疑問である。特に脳内部や心臓の手術とか、網膜剥離の縫い合わせとかは、相手が“ぬるぬる”して現に生きているのだから、カメラの修理のように時間をたっぷりかけ、失敗したら何度もやり直せばよいものとは、その困難さにおいて雲泥の差があろう。実は私自

身、かなり大きな網膜剥離を起こし、冷凍凍結方法による手術をして貰ったのであるが、執刀医の言によれば結果が「会心の出来」であり、10 年後の現在は剥離を起さなかった目よりも視力が良い。手術直後にあった縫合部の歪も今はまったくなくなった。

さて、カメラの修理をする場合に、最も単純明快で、依頼主も、また修理する私も、満足するのは、「父親の遺品があるのだが、どうにかして動くようにして貰えないだろうか。」というものである。むろん「永年愛用したのだが、ついに動かなくなった。捨てるに忍びない……」も同様である。

これは、依頼主が病状や古ぼけた程度をよく理解しており、生き返るだけでよいと最低限の希望しか持たないのであるから、いまさらインフォームドコンセントなどの行為は不要である。しかも、50 年や 60 年も前の機械式の“遺品”クラスは、レンズが割れているとかのよほど致命傷でもない限り、修理可能なのである。フォーカルプレンシャッターのゴム幕などは、最近の材質のものを使用すれば、新しい持ち主の遺品? として孫に受け継がれても健全に動くであろう。

私は、後に述べる理由により、代金を頂かないことにしているのだが、「やあ直った、直った!」と持主に喜ばれると、こちらの心中もホンワカとして嬉しくなることが報酬である。大げさな表現をすれば、瀕死の重傷を負い、もう駄目かと思われながら担ぎ込まれた患者が回復して退院するのを見送る医者

* Informed Consent for “Mechanical Repairing”
by Kazuyoshi Kawada (Ex-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
前審議役

の心境に似ている。

上記の例とはまったく反対の次のような例も経験した。

私が現在、お付き合い願っている京都のカメラ屋さんがあるが、ここは古い高級なカメラ、いわゆるアンティークカメラを扱っている。店主は、信用第一がモットーで、修理依頼があると、何がなんでも直しましょうと請負うらしい。私の方に要修理品が回送されてくるのだが、「修理用の部品が無い」と言うと、店主は自分の在庫品である同型の健全なカメラかを送ってよこし、「はずして使ってくれ」という人の良さである。自分のものを殺してまで、他人を助けなくてもよいのにと思うのだが。

このカメラ屋さんには、取引のある同業者がN市にいて、近在のカメラ修理屋さんで直らない難物を頼まれるようだ。或る時、そのN市の同業者自身のものと称するカメラが回送してきた。品物としては割に新しい(私流の表現)20年ぐらい前のもので、国産のしっかりしたボディのものである。添え状に「メーカーに持っていたが、部品がもう無いと断られ、大阪の修理“名人”にも頼んだが修理不能と言われた。」とあった。

その内容はいたく私の自尊心をくすぐった。「メーカーも、名人も持て余した? なら、やつたろうじゃないか!」というわけで故障個所を見たところ、故障場所は比較的単純なフィルム巻き戻しピンの折損であって、なるほど、部品がなければ完全には直らない。

しばらくいじりまわした後、樹脂製の折損部を少し削って、折れた部品を差込み、その外側に真鍮の帯を当てて補強し、樹脂系の接着剤で固める修理法を考えついた。完全な元の強度には戻らないし、見場も少し落ちるが、操作手順を誤らなければ十分に実用的である。しかも所有者は素人ではなく、カメラ屋であるからその辺は注意できるだろうと思

い、京都経由でN市に連絡して貰ったら「直りますか! それで文句はありません。」と大喜びだったそうである。

2, 3日後に、私は修理完了品に図面入りの修理個所説明文と使用上の注意書きを添付して、京都宛に送り返した。京都は修理代金をどうしようかと迷ったが、宅配料ぐらいは貰うかと数千円を請求したそうである。

2週間ほどしてまた京都経由で送り返されてきた。みると、補強した真鍮の帯が外れている。N市の本人は「つい注意書きを忘れた。年を取ったもので…」と弁明したそうである。私は前と同じように直し、今一度、丁寧な説明文を添付して返した。

ところが、さらに2, 3週間にならないのにまた同じルートで戻ってきた。

私は同じ処置をする、…さらに、驚いたことに、その後、もう2度、同じ返送が繰り返され、京都で受け取った最初の宅配料などはどこかへけし飛んでしまったらしい。

合計5回、送り返されたのであるが、気の毒だったのは中継の京都の店主である。この人の電話は回数を重ねるに従い、声が小さくなるのに反し、N市のそれは「金を払ったのだから、完全に元通りにして当然ではないか」と主張が居丈高になっているらしい。

人の良い京都の店主も流石に頭にきたらしく、「今回まで修理してやって欲しい、その品物に前に貰った数千円もつけて返すから」と頼んできた。

腹の虫を抑えながら、この何回も“児童虐待”を受けたカメラを直し、再三、いや再五かつ最後の説明書を書いた。その文章の末尾に「仏の顔でさえ、三度と言いますが、私はこれが五度目です。二度とこのカメラの顔を見ないで済むように成仏させて下さい。南無阿弥陀仏」と追記した。修理代を貰っていないから、これだけはっきり言える。

京都の店主はこれを見て大喜びし、そのまま転送したそうである。さすがにもう戻って

は来なかつた。

でもこのようなコンセントを忘れたやり取りは、生き物相手のお医者の世界でもあるのではなかろうか。まさか、南無阿弥陀仏とまでは言つまいが。

もうひとつ、これはインフォームドコンセントなどと、高尚な話ではなく、ただの契約違反に過ぎない例もある。

N市と同じ同業者とのケースであるが、コダックレチナと言うカメラが2台、送られてきた。このカメラはフィルムの巻き上げ機構の歯車部に弱い個所があり、殆どの故障個所がここである。この2台もそうであったが、生憎、私の手元には予備部品が一個しかない。そのことを京都に連絡すると、例によつて、自分の所有する同型品を送つて来、それから部品をはずして使つてくれとのことである。

手元にある予備部品は京都の店主からの預かり品だし、また仕入れなければならぬから修理代を一台当たり、16,000円貰うこととしたとのことであった。コダックレチナの完動品の市価は7万円ぐらいだし、町の中の修理屋さんは部品込みで2~3万円は取るだろうから決して高くはない。

早速、修理に掛り、一台目は予備部品で完了し、二台目は“生きている”カメラから部品を外しての入れ替えで終了した。まさに内臓の生体間移植で、脳死の人からの移植より残酷？である。

ここで、ふと猜疑心が沸いてきた。「このまま送り返したら、合計32,000円文句なしに払うだろうか？受け取つた後で高すぎる、負けろと言うのでは？」と。

そこで、京都経由で確認をしたところ、果たせるかな「そんなに高いのなら修理不要」との返事であった。多分、敵は「それでは2台で2万5千円にしきまっさ。」と言う答えを期待していたに相違ない。

私の仏顔は前回で使い切つてゐるから、今

度は鬼の顔しかない。京都の温情店主を説得して、直ちに元へ戻した。つまり、フィルム巻き上げ不能のコダックレチナ2台が、再度、死んだ状態でN市に戻り、温情店主の在庫品も生き返つたわけである。

こちらにしてみれば、“死に体”で入院した病人を内臓移植で元気にしたのに、高くもない入院費を払わないと言われ、また内臓を取り出すような殺人技である。心で「ゴメンネ」と、2台に詫びながら再び故障状態に戻した。後日、N市のカメラ店は、2台の依頼主に「勝手な返事をするな、もう一度頼め！」と、えらく怒られたらしく、再度の依頼があつたが、京都経由で「前回の修理分と再故障への復帰分を含め、6万4千円払え。」と、回答したら、その依頼は消えたのである。

先に私はカメラの修理代を頂かないと述べたのは、“赤ひげ”医者を気取つてゐるからでもあるけれど、有償のプロフェッショナルとして仕事をすると、大きなリスクと責任を負うことになるし、製造時やその後の使い方の欠陥によって完全な修理が出来ない場合に、ほんの僅かでも有料であれば、「小額と言えども金は払つたのだから…」と修理者に対する不満が出てくるからである。依頼主が友人の場合は、なおさらこのような傾向が強い。

こちらの技術力を信頼してくれて、「ベストを尽くしてくれたらそれでよい。」と言われたら、無我夢中でやつてしまうのだ。不思議なことに、そのような状態で修理したものに失敗はなかつた。

随分前の話になるが、修理能力への信頼感のことで思い出したことがある。私が余暇に修理を始めてしばらく経つたころ、配属先は違う先輩の職員が仕事中の私の席にやってきて、ニコンSPという昭和34年製の高級カメラを机の上に置いた。

以下のやり取りを口語体で書くと、

彼；「オイ、川田君、君はカメラの修理が上手いんだってな？ これ、僕の大事なカメラなんだが、判るかい？」

私；心の中で「ナニ言ってんだ、そんなことが判らいでか！」
口では「SP でしょ。ボクも持つてますよ。」

彼；「シャッターの調子がおかしいんだよ、キミ直せるかい？」

私；「ああ、大丈夫ですよ、2, 3 日預かりましょう。」

彼；「じゃ、頼むよ。」と言い置いて部屋を

出ながら、

「ホントに大丈夫かな？ 出来るのかね？」と2度、繰り返したのである。

私；カチンときて、
「大丈夫ですよ、他人様のものは雑念無くやれるから。但し、私の SP はニコンの代理店を持って行ったけど。どんな名医だって、自分の愛児の手術は他の医者に任せると言うでしょうが。」
と、からかったら、次の瞬間、彼は引き返すや、物も言わずカメラを引っ擱んで、部屋を飛び出して行った。

活動報告

研究センターの動き*

平成 13 年度、航空環境研究センターでは、次の受託業務及び自主研究等を実施した。

1. 受託業務

●騒音振動部

(1) 「航空機騒音及び飛行経路実態調査」

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

- ・福岡空港
- ・那覇空港
- ・高知空港
- ・長崎空港（航空機騒音調査のみ）
- ・新潟空港
- ・大島空港（DHC 8-300 型機航空機騒音調査のみ）

(2) 「航空機騒音予測センター図の作成」

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

- | | |
|--------|--------------|
| ・富山空港 | ・石垣空港及び新石垣空港 |
| ・与那国空港 | ・能登空港 |
| ・百里飛行場 | |
| ・新潟空港 | |

(3) 「その他の調査」

航空局から委託を受けて、次の調査を実施した。

- ・「東京国際空港航空機騒音測定記録集計業務」

- ・「東京国際空港騒音軽減運航方式調査」
- ・「航空機騒音基礎調査」（広島西）
- ・「空港周辺における航空機騒音影響範囲予測調査」
- ・「福岡空港騒音監視塔新設適地調査」
- ・「事後調査報告書工事の施工中（その 7）作成」
- ・「東京国際空港航空機騒音監視システム性能向上基礎調査」
- ・「テレビ受信障害実態調査」
- ・「航空機騒音影響範囲予測調査」

●大気環境部

航空局から委託を受けて、次の調査を実施した。

- ・「大阪国際空港周辺大気汚染調査」
- ・「福岡空港周辺大気環境調査」

2. 自主研究

航空局からの要請に基づいての研究及び研究センターの自主事業としての基礎研究として次の研究調査を実施した。

●騒音振動部

- ・「航空機騒音予測技術検討調査」
- ・「航空環境の保全に関する動向調査」
- ・「東京国際空港における新運用方式に係る騒音測定の調査・研究」
- ・「テレビ電波受信障害範囲の予測調査」

●大気環境部

- ・「航空機の航跡乱流による屋根瓦への被害についての調査・研究」
- ・「航空環境の保全に関する動向調査」
- ・「航空機排出物質低減対策に関する研究調査」

* Annual Activities of Aviation Environment Research Center

- ・「航空機から排出される有害大気汚染物質の実態に関する研究調査」

●環境保健部

- ・「航空環境と健康に関する疫学的調査」
- ・「航空機騒音の睡眠に及ぼす影響調査」
- ・「低レベル騒音変動に伴う住民意識の動向調査」
- ・「低周波音の人体影響調査」

3. 研究発表

●騒音振動部

- ・日本騒音制御工学会平成 13 年度研究発表会シンポジュームにおける講演
「新世紀初頭における交通騒音の見通しと環境対策のあり方」
山田一郎（平成 13 年 9 月 福岡）
- ・日本音響学会における研究発表
「航空機騒音予測時の地面による過剰減衰の評価方法—自衛隊の飛行場の場合」
月岡秀文・山元一平（防衛施設協会），
牧野康一（小林理研），篠原直明（新東京国際空港振興協会），吉岡序・
山田一郎（航空環境研究センター）
(平成 13 年 10 月 大分)

「航空機騒音予測時の地面による過剰減衰の評価方法—気象条件の発生頻度を考慮した評価」篠原直明（新東京国際空港振興協会），月岡秀文（防衛施設協会），
牧野康一（小林理研），吉岡序・
山田一郎（航空環境研究センター）
(平成 13 年 10 月 大分)

「PE 法による騒音伝搬と変動の予測—大気の乱れを考慮した推計値と実測値の比較」大島俊也（小林理研），廻田恵司（リオン），篠原直明（新東京国際空港振興協会），山田一郎（航空環境研究センター）(平成 13 年 10 月 大分)

「航空機騒音予測時の地面による過剰減衰の評価方法—INM 6.Oa の新しい考え方との比較」篠原直明（新東京国際空港

振興協会），月岡秀文（防衛施設協会），
牧野康一（小林理研），吉岡序・
山田一郎（航空環境研究センター）

(平成 14 年 3 月 東京)

「航空機騒音予測時の地面による過剰減衰の評価方法—上空飛行時の騒音の伝搬について」牧野康一（小林理研），
篠原直明（新東京国際空港振興協会），
月岡秀文（防衛施設協会），吉岡序・
山田一郎（航空環境研究センター）
(平成 14 年 3 月 東京)

●環境保健部

- ・日本健康科学会における研究発表
「大学生における健康意識と日常の食行動に関する疫学的調査」後藤副主任研究員（平成 13 年 10 月 金沢）
- ・日本公衆衛生学会における研究発表
「環境保全行動と個人属性，性格傾向，社会参加度及び教育歴の関連性について」金子環境保健部長，後藤副主任研究員（平成 13 年 10 月 高松）

4. 特許の取得

- ・特許番号 特許第 3231227 号
- ・発明の名称 「航空機の機種識別装置及び方法」
- ・特許権者 リオン(株)，(財)小林理学研究所，(財)空港環境整備協会
- ・発明者 林範章，山田一郎，
牧野康一，吉岡序
- ・取得月日 平成 13 年 9 月 14 日

5. その他の

- (1) 山田新所長（理事）に就任
(平成 13 年 4 月)
- (2) ICAO/CAEP WG 2 会議に出席
山田所長（平成 13 年 6 月 カナダ・モントリオール）
- (3) (財)空港環境整備協会全国事務所長会

- 議に出席 山田所長、管理部長
(平成13年6月 東京)
- (4) 「航空機騒音委員会」を開催 山田所長、末永騒音振動部長、小野・吉岡主任研究員他 (平成13年6月 東京)
- (5) 巡回健康診断担当者 (東京、大阪、福岡) 会議開催 山田所長、金子環境保健部長、後藤副主任研究員
(平成13年6月 東京)
- (6) 「大気環境委員会」を開催 山田所長、鈴木大気環境部長、柴田部長代理他
(平成13年7月 東京)
- (7) インターノイズ2001国際会議に出席 山田所長 (平成13年8月 オランダ・ハーグ)
- (8) 2001分析展研究機関部門に出展 鈴木大気環境部長、柴田部長代理、水島副主任研究員、橋本副主任研究員
(平成13年9月 幕張メッセ)
- (9) 「航空機騒音委員会」を開催 山田所長、末永騒音振動部長、小野・吉岡主任研究員他 (平成13年9月 東京)
- (10) 大気環境学会に出席 橋本副主任研究員 (平成13年10月 北九州)
- (11) 「大気環境委員会」を開催 山田所長、鈴木大気環境部長、柴田部長代理他
(平成13年10月 東京)
- (12) (財)空港環境整備協会主催「空港環境対策担当者研修会」に講師として派遣 山田所長、伊藤顧問、末永騒音振動部長、鈴木大気環境部長、金子環境保健部長、柴田部長代理、吉岡主任研究員
(平成13年10月 東京)
- (13) ICAO/CAEP WG3会議に出席 橋本副主任研究員 (平成13年10月 フランス・パリ)
- (14) 「大気環境委員会」を開催 山田所長、鈴木大気環境部長、柴田部長代理他
(平成13年11月 東京)
- (15) (財)空港環境整備協会全国事務所長会議に出席 山田所長、管理部長
(平成13年11月 東京)
- (16) ICAO/CAEP 6ステアリンググループ会議に出席 山田所長 (平成13年12月 ブラジル・サンパウロ)
- (17) 「航空機騒音委員会」を開催 山田所長、末永騒音振動部長、小野・吉岡主任研究員他 (平成13年12月 東京)
- (18) 国土交通省航空保安大学校へ講師の派遣 山田所長、吉岡主任研究員
(平成14年3月 東京)
- (19) ICAO/CAEP WG2会議に出席 吉岡主任研究員 (平成14年3月 フランス・ツールーズ)
- (20) 日本化学会春季年会(2002)に出席 橋本副主任研究員 (平成14年3月 東京)
- (21) 「大気環境委員会」を開催 山田所長、鈴木大気環境部長、柴田部長代理他
(平成14年3月 東京)
- (22) 「航空機騒音委員会」を開催 山田所長、末永騒音振動部長、小野・吉岡主任研究員他 (平成14年3月 東京)
- (23) 「航空環境研究」第6号の研究誌を発刊 (平成14年3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、2000年4月から2001年3月までの間にNTISデータベースから入手した文献データより選出したものです。文献の入手に関するお問い合わせは、株式会社ジー・サーチ（電話：03-3343-5200, FAX：03-3343-6860）までお願い致します。

〔騒音〕

●測定

N20000039433/XAB

Turbulence Measurements and Computations for the Prediction of Broadband Noise in High Bypass Ratio Fans (Final Report, 1 Feb. 1996-31 Jan. 2000), Apr 2000

N20000038213/XAB

Flight Test Measurements From The Tu-144 LL Structure/Cabin Noise Experiment, 2000

ADA377112/XAB

Experiments in External Noise Reduction of a small Pusher-Type Amphibian Airplane (Technical note), Jun 1952

ADA378823/XAB

Vibration & Noise Monitoring of Large Observation Platforms (Final rept. 16 Mar 1998-15 Mar 1999), 15 Mar 1999

PB2001-100947/XAB

Issues, Problems, and Performance Measures in Airports and Airspace (Transportation research record), 2000

●予測

N20000018005/XAB

Prediction of Noise Scattered by a Wing/Ducted Fan Configuration (Final Report, Period ending 30 Sep. 1999), Dec 1999

N20000068518/XAB

Validation of Aircraft Noise Prediction Models at Low Levels of Exposure, Apr 2000

N20000075259/XAB

Noise Prediction for Maneuvering Rotorcraft, 2000

●対策

ADA372473/XAB

Application of Adaptive Materials in Flutter Suppression of Aircraft Structures (Final rept. Oct 98-99), Oct 1999

PB2000-103820/XAB

Research on Noise Abatement Procedures, Feb 1998

N20000021244/XAB

Rotorcraft Noise Abatement Flight Path Modeling, Feb 2000

N20000031365/XAB

Piloted Simulation Study of a Dual Thrust-Cutback Procedure for Reducing High-Speed Civil Transport Takeoff Noise Levels, Dec 1999

N20000057531/XAB

Examination of the Lateral Attenuation of Aircraft Noise, Apr 2000

ADA378578/XAB

Improved Takeoff Roll Noise Model for NOISEMAP 6.2 (Interim rept. Sep 1991-Sep 1992), Sep 1992

ADA380552/XAB

Experiments in External Noise Reduction of Light Airplanes (Technical note), May 1950

N20000121142/XAB

Method to Further Reduce the Perceived Noise of Low Tip Speed Fans, Oct 2000

●規制

ADA377206/XAB

Providing the Air Force with Data on Species Sensitive to Noise from Low Flying Aircraft (Annual summary rept. 15 Aug 1998-14 Feb 2000), Feb 2000

N20000060850/XAB

Validation of Aircraft Noise Prediction Models at Low Levels of Exposure, Apr 2000

ADA380240/XAB

Reagan, National Airport Limited Opportunities to Improve Airlines' Compliance with Noise Abatement Procedures, Jun 2000

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

** Library, Aviation Environment Research Center

●機内騒音

N20000057338/XAB

Potential Subjective Effectiveness of Active Interior Noise Control in Propeller Airplanes, Apr 2000

●騒音機構

ADA373198/XAB

Multimode Acoustic Source (Final rept.), Dec 1999

N20000031362/XAB

Modelling Aerodynamically Generated Sound : Recent Advances in Rotor Noise Prediction, 2000

N20000025236/XAB

Noise Computation of a Shock-Containing Supersonic Axisymmetric Jet by the CE/SE Method, Dec 1999

N20000097572/XAB

Mixing, Noise and Thrust Benefits Using Corrugated Designs (1 Jun. 1997-31 May 2000), Aug 2000

N20000112947/XAB

Development and Demonstration of Active Noise Control Concepts (Final Report), Sep 2000

N20000085868/XAB

Performance of an Active Noise Control System for Fan Tones Using Vane Actuators, Jul 2000

●解説

N20000060806/XAB

Integrated Low-Speed Performance and Noise Prediction Methodology for Subsonic Aircraft, 2000

N20000057295/XAB

Engineered Solutions to Reduce Occupational Noise Exposure at the NASA Glenn Research Center : A Five-Year Progress Summary (1994-1999), 1999

PB2000-108002/XAB

Integrated Noise Model (INM) Version 6.0 User's Guide (Final rept. Jan 97-Sep 99), Sep 1999

ADA383436/XAB

Noise Levels in the USAARL NUH-60 (Black Hawk) Aeromed Flight Simulator (Final rept.), Aug 2000

●人体影響

PB2000-107831/XAB

Health Hazard Evaluation Report HETA 99-0060-2766, Continental Express Airlines, Newark, New Jersey, Sep 1999

●ヘリコプター

ADA374312/XAB

Study of the Thermal Effects in a Smart Structure Helicopter Rotor (Final rept. Mar-Sep 1998)

ADA378777/XAB

Planetary Gear Dynamics in Military Helicopters (Final rept. 14 Aug 1998-14 Feb 2000), 10 May 2000

N20000072489/XAB

Lead-Lag Control for Helicopter Vibration and Noise Reduction, 1995

ADA380793/XAB

Standard Symbols for Helicopters (Technical note), Jun 1948

ADA384583/XAB

Impulse Noise Levels of the UH-60 A/L Black Hawk Helicopter Cockpit Air Bag System, Aug 2000

●ソニックブーム

N20000014072/XAB

Nacelle Integration to Reduce the Sonic Boom of Aircraft Designed to Cruise at Supersonic Speeds, Dec 1999

N20000027440/XAB

High-Speed Research : 1994 Sonic Boom Workshop. Configuration, Design, Analysis and Testing, Dec 1999

PB2000-106822/XAB

Technical Report of National Aerospace Laboratory : An Aerodynamic Design Method for Generating Low Sonic-Boom Pressure Signatures, cFeb 2000

ADA379672/XAB

Determination of Aircraft Sonic Boom Noise Penetration into Seas, Bays, and Lakes for Environmental Assessment (Final rept. Apr 1996-Feb 1998), Feb 1998

ADA385651/XAB

Numerical Investigation of Sound Generation in Supersonic Jet Screech (Final rept. 1 Apr 1998-30 Sep 2000), 30 Nov 2000

●その他

N20000011598/XAB

Static and Vibration Analyses of General Wing Structures Using Equivalent Plate Models, 1 Jan 1999

ADA377360/XAB

Aero-Acoustic Environment of Rectangular Cavities with Length to Depth Ratios of Five and Seven (Final rept. Oct 1971-Apr 1974), Apr 1974

PB2000-106435/XAB

Lateral Attenuation of Aircraft Sound Levels Over an Acoustically Hard Water Surface: Logan Airport Study (Final rept. Aug 98-May 00), May 2000

N20000057037/XAB

Noise Reduction Potential of Large, Over-the-Wing Mounted, Advanced Turbofan Engines, Apr 2000

ADA380494/XAB

Flight Investigation of the Effect of Atmospheric Turbulence on the Climb Performance of an Airplane (Technical note), Oct 1951

ADA384332/XAB

Background Definitions and Metrics for Sound Properties in Air and in Water Relevant to Noise Effects (Interim rept. Oct 1996-Apr 2000), Apr 2000

ADA385630/XAB

Distributed Active Vibration Absorber (DAVA) and Associated Control Approaches for Active-Passive Reduction of Sound and Vibration (Final technical rept. 15 May 1999-14 Aug 2000), 4 Jan 2001

(大気汚染)

●測定

N20000021230/XAB

Development of a Mirror Pointing Mechanism for an Atmospheric Gas Measurement Instrument, 20 Feb 1998

N20000017967/XAB

Physical Processes Governing Atmospheric Trace Constituents Measured from Aircraft in Pem-Tropics (Final Report, 1 Oct. 1995-30 Sep. 1999), Dec 1999

DE99749419/XAB

Transport and production of NO_x in electrified thunderstorms: survey of previous studies and new observations at mid-latitudes, 31 Aug 1998

●大気質に及ぼす影響

N20000011665/XAB

Atmospheric Effects of HSCT Emissions Simulated by a 3-Wave Interactive Model, Oct 1999

DE99731550/XAB

Climate effect of ozone changes caused by present and future air traffic; Deutsches Zentrum fuer Luft-und Raumfahrt, Institut fuer physik der Atmosphaere. Report, v. 103, 31 Aug 1998

●排出機構

DE99717362/XAB

NOx Emissions from Aircraft. Effects of lighting and convection on changes in tropospheric ozone, 31 Dec 1998

●燃料

ADA374730/XAB

Characterization of Aerosols from JP-8 Fuels in Jet Engine Emissions (Final rept. Jun 1997-May 1998), 29 May 1998

●環境影響評価

ADA373835/XAB

Aviation and the Environment: Aviation's Effects on the Global Atmosphere Are Potentially Significant and Expected to Grow, Feb 2000

N20000011208/XAB

Influence of Transport on Two-Dimensional Model Simulation: 2. Stratospheric Aircraft Perturbations, 1 Jan 1999

PB2000-105069/XAB

Impact of National Airspace Systems (NAS) Modernization on Aircraft Emissions, Sep 1998

ADA380071/XAB

Emissions and Dispersion Modeling System (EDMS) Reference Manual (Final rept. Sep 1995-Apr 1997), Apr 1997

●その他

N20000011601/XAB

Taxiing, Take-Off, and Landing Simulation of the High Speed Civil Transport Aircraft, 1 Dec 1999

PB2001-102185/XAB

User's Guide for the Emissions Modeling System for Hazardous Air Pollutants (EMS-HAP, Version 1.1), Oct 2000

N20010003579/XAB

Introduction to the SONEX (Subsonic Assessment Ozone and Nitrogen Oxides Experiment) and POLINAT-2 (Pollution from Aircraft Emissions in the North Atlantic Flight Corridor) Special Issue, 10 Jan 2000

編集後記

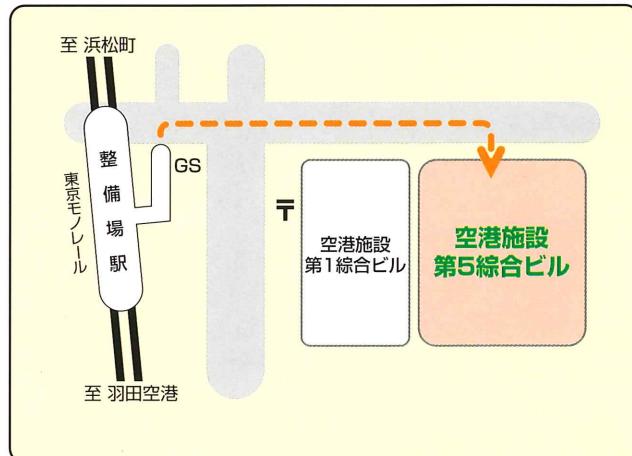
今年は暖冬に終わり、そして例年に比べ高い気温が続いている春の季節も様々な花が早々と咲き誇っておりますが、これは今年だけの現象なのか、それとも地球の温暖化と関係するものなのを考えさせられる今日です。

さて、本誌第6号は遅れての発行となりました。今号は外部者の寄稿も多く、特に焦点で環境対策についてそれぞれの権威ある学者等より貴重な論文をご寄稿頂きました。

航空環境を取り巻く話題においては、成田及び関西両国際空港の環境政策について大変参考となる原稿を頂きました。

又当センターにおける研究報告並びに内外報告についても、前年に続く研究成果を掲載しております。

エッセイも4編の原稿をいただき、全体的に内容の充実した研究誌になったのではと思ひます。各執筆者の皆様に厚く御礼申し上げ



航空環境研究センター案内図

ます。

なお、本誌の発行が遅れ、執筆者と読者の皆様方に大変ご迷惑をおかけ致しましたことをお詫び申し上げます。

編集事務局：航空環境研究センター

文献資料室 仰山

航空環境研究 第6号 平成14年3月25日印刷 平成14年3月30日発行 © 2002

発行人 山田一郎

発行所 財団法人 空港環境整備協会 航空環境研究センター

144-0041 東京都大田区羽田空港 1-6-5 第5綜合ビル 5階

電話 (03)3747-0175 FAX (03)3747-0738

印刷所 三美印刷株式会社

116-0013 東京都荒川区西日暮里 5-9-8

電話 (03)3803-3131(代)

無断転載を禁じます

CONTENTS

PREFACE

New Points of View on Environmental Issues	Ichiro Yamada	1
--	---------------	---

FOCUSES

Aircraft Noise : Criteria and Environmental Policy	Juichi Igarashi	2
A Consideration of Health Impact Assessment for Global Warming	Michinori Kabuto	20
Standards of Mental Work-Load in ISO/TC 159 (Ergonomics)	Kazuo Aoki	25
Aircraft Measurements of Atmospheric Aerosol and Gases related to Global Change	Yukio Makino	32
Recent Noise Measures Taken by Major Airports in the World	Akira Komatsu	44

RESEARCH REPORTS

About the Support Systems of Predictive Noise Outcome Assessment	Kiyoshi Iwasaki	51
Aircraft Emissions from an Auxiliary Power Unit (1) : Measurement of NO _x , CO, and THC as Major Exhaust Gas Components	Hiroki Hashimoto	55
Consideration on Dissatisfaction Structure of Environment among Urban Residents	Masao Shibata	
	Minoru Mizushima	
	Kōji Suzuki	
	Kyōichi Gotō	61
	Tetsuya Kaneko	

DOMESTIC AND FOREIGN REPORTS

Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Noise)	Hisashi Yoshioka	65
Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Emissions)	Hiroki Hashimoto	69
Report of Inter Noise 2001	Ichiro Yamada	73
Visit to Aeronautical Institutions in Germany	Yasuhiko Aihara	83

CURRENT TOPICS

Tackling to the Environmental Measure in Narita Airport	Hisashi Saitō	89
Explanation of Kansai International Airport Environment Management Plan	Takeru Tsuchiya	96

ESSAY

ANC Technology as Aircraft Noise Prevention Measures	Masahisa Suenaga	102
Aviation Environment of Jordan	Yūichi Matsumoto	104
My Memoirs on Noise Studies during a half Century	Yasuo Tokita	106
Informed Consent for "Mechanical Repairing"	Kazuyoshi Kawada	109

ACTIVITIES OF AERC

Annual Activities of Aviation Environment Research Center	Executive Department	113
---	----------------------	-----

REPORT INFORMATION

United States Government Reports for Aviation Environment ; Selections from NTIS Database	Library	116
--	---------	-----