

# 航空環境研究



## The Journal of Aviation Environment Research

### No. 5, 2001

#### 巻頭言

航空機をめぐる環境問題の国際性……塩田澄夫 1

#### 焦点

日本航空定期便を利用した温室効果ガスの  
定常観測……未永民樹 3  
空港周辺における低周波音問題のこれから  
……時田保夫 26

#### 研究報告

航空機騒音の予測をめぐる ICAO の動向と  
予測精度向上の検討……吉岡 序 35  
関西国際空港開港時を含む大阪国際空港周辺の  
長期大気環境調査と解析  
……橋本弘樹・柴田正夫・水島 実・鈴木孝治 39  
騒音評価に及ぼす主体要因II  
—精神状態とアノイアンスに関する検討—  
……後藤恭一・金子哲也 51

#### 内外報告

ICAO 航空環境保全委員会ステアリング  
グループ会議に出席して……未永昌久 55  
日独音響学会ジョイント・シンポジウム報告  
……吉岡 序 59

ICAO/CAEP の動向 (航空機騒音) ……吉岡 序 60  
ICAO/CAEP の動向 (航空機排出ガス)  
……柴田正夫 66  
Inter Noise 2000 ……時田保夫 94

#### 航空環境を取り巻く話題

第4回日本—スウェーデン騒音影響  
シンポジウム……金子哲也 99  
ACI & IATA グリーンポート 2000 ……玉木康彦 102  
米国ワシントン DC 地域の主要3空港における  
騒音対策の概要……川勝弘彦・新田慎二 108

#### エッセイ

失敗は成功のもと……川田和良 114  
飛行機雲……佐藤淳造 117

#### 活動報告

研究センターの動き……管 理 部 120

#### 文献情報

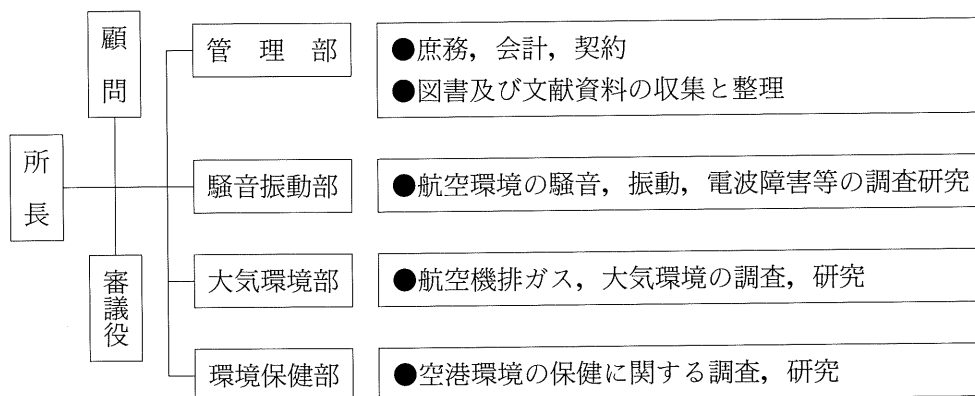
航空環境関連文献情報 (米国政府出版物  
データベースより) ……文献資料室 123

## 航空環境研究センターの沿革と組織及び業務内容

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

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

なお，航空環境研究センターの組織及び業務内容は次のとおりです。



## 巻頭言

## 航空機をめぐる環境問題の国際性\*

塩田 澄夫\*\*

1960年代から始まった高度成長期に我が国の交通は、幹線交通において新幹線鉄道、高速道路及び航空の各分野で大きな発展を続けましたが、それぞれ交通機関による大きな騒音問題を引き起こしました。中でも航空の分野においては、航空機のジェット化と大型化が空港周辺における騒音問題を深刻なものとし、その対策を待たないものとしたのです。航空機の騒音については、航空機が外国で製造される場合が多く、外国の航空会社が我が国の空港を使用することも通例であり、また航空機の運航は世界各国をネットワークで結ぶことが望まれることなどから、その騒音についての環境対策としての規制は国際的に統一されることが望ましいことは言うまでもないところです。

また国際航空の比重が大きいところでは、例えば航空機の運航時間の制限を行う場合にも国際的な調整を要する場合があります。

航空機と同様に国際交通に使用されることの多い船舶については、IMO（国際海事機関）において国際基準を条約で定めて加盟国がこれを遵守してきましたが、1967年の英仏海峡におけるトリーキャニオン号の油濁事故を契機に海洋汚染防止のための環境基準をはじめ、諸々の環境対策の基準を定めてきま

した。

我が国の航空機騒音対策においては、ジェット機が就航した1960年頃から就航便数が多かった羽田空港周辺住民に騒音の被害が大きく、とても国際的な論議や国際基準の制定を待つ余裕はありませんでした。そしてその対策として当初は、航空機が住宅地上空を運航しないような措置をとっていましたが、まもなく便数増加に伴い、深夜のジェット機の離発着禁止の規制等を行い、同様の規制を大阪空港にも及ぼしたのです。

1967年には、航空機騒音防止法が成立し、羽田、大阪、福岡の各空港において住宅等の移転補償、学校病院等の防音工事の助成が行われ、テレビ受信障害対策も行われたのですが、騒音被害の救済には十分でなく、その後住宅の騒音防止工事の助成、緩衝緑地帯の整備、空港周辺整備計画の策定など一連の対策が次々に行われたのです。

このように我が国の航空機騒音防止対策は、羽田、大阪、福岡などの空港を対象として我が国独自の対策を緊急に講じてきたわけですが、1967年に環境対策の基本方策を定めた公害対策基本法が制定された年には、ほぼ同時に航空機騒音防止対策の特別法が制定されたことは、航空機騒音問題の緊迫した深刻さを妙実に示していたと思います。この前後から世界の各国においても航空機騒音の防止対策について論調が高まり、1969年にICAO（国際民間航空機関）において我が国

\* International aspect of environmental problems relating to civil aviation, by Sumio Shiota (President, Airport Environment Improvement Foundation)

\*\* (財)空港環境整備協会 会長

も積極的に討議に参画した航空機騒音特別会議が開催されたことがその後の航空機騒音防止対策の推進のために重要な契機となったのでした。この会議でまとめられた勧告とそれに基づき1971年に成立したICAOの航空機騒音に関する基準(第16附属書)は、我が国において航空機騒音に関する環境基準を定める支えとなり、また航空機騒音基準適合証明制度の導入を可能とし、我が国の空港をめぐる航空機の低騒音化に画期的な効果をもたらしたのです。

我が国においては、1970年代に入ると空港整備に関する特定財源に裏付けられながら、巨額の国費を投じて民家防音工事の大幅な拡充、空港周辺の緩衝緑地帯の整備など空港周辺環境対策が強力に進められたのです。

これらの総合的な対策により、深刻な騒音問題を抱えていた羽田、大阪、福岡の各空港を含め、問題の解決に向けて大きく前進し、大阪空港においては関西国際空港の開港の効果もあり、1999年には対象区域を大幅に縮小することが出来たことは象徴的なことでした。

航空機の排出する排気ガスについては、騒音とは大分事情を異にしていますが、窒素酸化物や炭酸ガスを対象として1971年以来ICAOにおいて検討が行われてきており、我が国においてもエンジンの改修や排出量の規制基準が設けられることになりました。

航空機の排気ガスについては、我が国においては、大阪空港周辺において23年間にわたり当センターも協力して観測結果が蓄積されています。その分析によれば大阪空港周辺においても有害になるほどの発生量ではなく、自動車工場等の全有害排出物全体に対し、航空機から排出するものは数パーセント程度とされており、この排出量をさらに抑制するための研究開発が航空機エンジンメーカーによって進められているということです。

他方航空にも関係のある地球温暖化対策

は、気候変動枠組条約の枠組みの中で、各国別の対策としてよりも、世界的な論議が先行しています。1997年に我が国で行われた京都会議で採決された京都議定書は、二酸化炭素等の温室効果ガスの排出量についての法的拘束力のある数値目標を盛り込んでいますが、この京都議定書とその目的達成のための京都メカニズムの導入をめぐる、世界各国により、これを実現するための努力が現在懸命に続けられています。国際航空の分野における温室効果ガスの排出規制については、国際海運の規制とともにそれぞれICAO、IMOに役割が与えられております。

またジェット機は、地上から高々度に至る大気汚染の観測に活用されておまして、地球温暖化対策のための調査に寄与することが期待されております。

我が国の航空輸送は着実な発展を続けていますが、最近においては、国内線に比べて国際線の伸びが大きくなっているように見えます。海上輸送についてIMOにおける政策の調整が重要であるように、今後は航空における環境対策もICAOをはじめとする国際的な政策の調整がますます重要になってくると考えられます。

最近においても、航空機の騒音基準をはじめ、航空機騒音防止対策全般についての総合的な会議がICAOを中心に活発に行われていますし、地球温暖化対策においても航空に関しては、ICAOの活動が期待されております。

航空環境研究センターも、設置以来29年活動を続けています。その間、空港周辺の騒音と大気汚染の状況の観測や観測手法の改善などを通じて環境調査事業を推進し、国の行う環境対策事業の一環を担ってきたところでありますが、今後はさらに調査研究の内容を充実させるとともに、ICAO等の国際的組織の活動にも、より一層貢献できるように努力したいと考えています。

焦点

## 日本航空定期便を利用した温室効果ガスの定常観測\*

末 永 民 樹\*\*

(おことわり)

日航財団および日本航空が、国土交通省の支援の下に気象庁気象研究所と共同して、上空大気に含まれている温室効果ガスの濃度の定常観測を行なってきたことは、前回紹介したとおりである。(航空環境研究 No. 4 参照)

ここでは、それ以降に得られた観測結果を報告するとともに、特に、地球温暖化とオゾン層破壊に焦点をあてつつ、現時点で得られている大気化学の知見の一部を紹介するなど、全般にわたって記載内容の充実を図ることにした。したがって、今回の記事の多くは、前回の内容と重複しているが、その点はご容赦願いたい。

### 1. はじめに

1993年4月から開始された、日航財団および日本航空による「上空大気中の温室効果ガス濃度の定常観測」は現在も1ヶ月に2回のペースで続けられており、2000年5月には150回目の観測を記録した。この観測は、民間の定期便を利用し広域をカバーする継続的な観測としては世界初のものであり、その後、フランスやドイツを中心とするグループ

も、民間旅客機を用いた継続観測（詳細は後述）を開始した。

### 2. 観測は気候変動予測の基本

地球温暖化に対処するための有効な施策を確立するためには、将来の地球の気候を十分な精度で予測できなければならない。そのためには、温暖化のメカニズムを詳細に把握し、そのメカニズムを数式化した数値モデル（気候モデル）を作成し、それを、スーパーコンピュータに計算させるといったプロセスが必要である。(図-1, 図-2)

このプロセスの中で、温暖化のメカニズムを把握するためには、定期的・長期的かつ広範囲にわたって正確に測定された観測結果が必要である。また、気候モデルの計算結果を検証するためにも、そのような観測結果が不可欠である。

このため、我が国を始め各国の気象機関が、大気の観測データを収集するための観測網を張りめぐらせてきた。しかしながら、これらの観測基地は、基本的には、地上あるいは観測船上に設置されてきたため、立体的な観測網を構築することは不可能であった。

そこで、日航財団および日本航空は気象研究所と共同して、旅客機を利用した大気観測を計画した。この計画は1991年9月にスタートし、実際の観測は1993年4月から開始された。

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

\*\* (財)日航財団 研究開発センター主任研究員

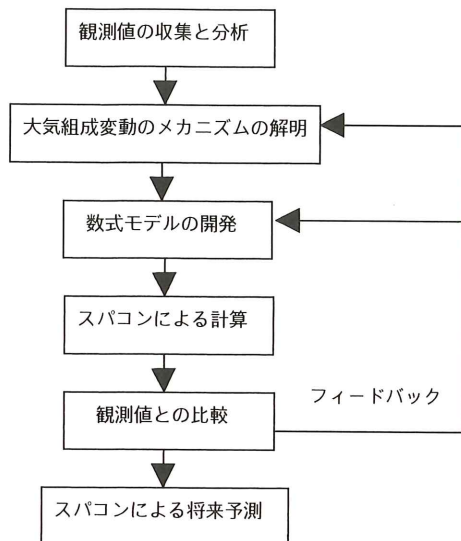


図-1 観測値とモデルとコンピュータの関係 (その1)

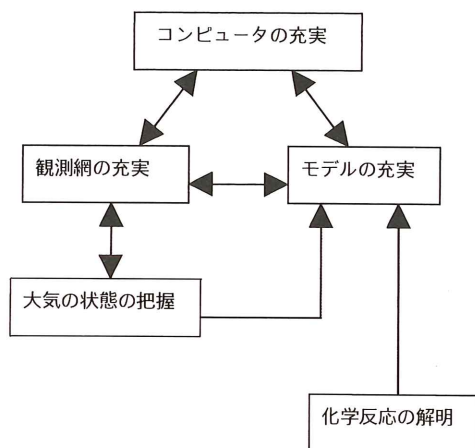
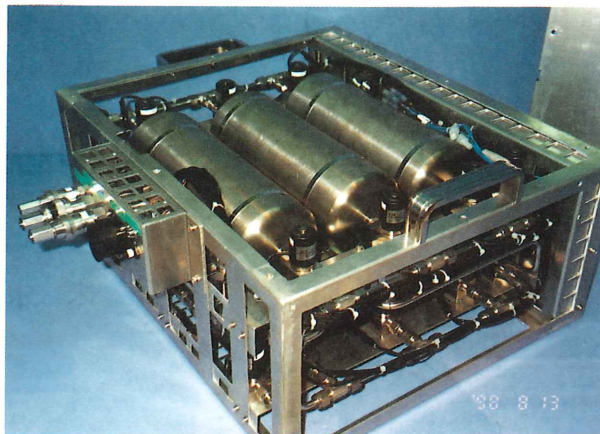


図-2 観測値とモデルとコンピュータの関係 (その2)

### 3. 捉えられた大気の動き

この観測は、シドニーと日本を結ぶ日本航空の定期便に、大気を採取するための特製の装置を取り付け、着陸後、その装置を気象研究所に運び込んで、上空の空気中に含まれている温室効果ガスの濃度を分析するものである。観測の対象は、二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ )、一酸化炭素 ( $\text{CO}$ ) およびメタン ( $\text{CH}_4$ ) である。(図-3)

この観測装置では12本のボトルに上空の大気を採取するようになっており、一回の飛行で、航空路に沿った12ヶ所の大気が採取される。シドニーは南緯34度付近、成田は



大気採取用のボトルが3本見えている。これが上下2段になっており、1個の装置で計6ヶ所の大気が採取される。このような装置が2個搭載されており、合計で12ヶ所の大気が採取される。これらの装置は、日本航空のボーイング747型機(ジャンボ)の前方貨物室に搭載されている。

図-3 自動大気採取装置

北緯36度付近に位置しているが、大気の採取は巡航高度だけで実施するようにプログラムされているため、南緯30度付近から北緯30度付近の計60度の緯度巾の中で、約5度刻みごとに上空大気のサンプルを採取することになる。(図-4)

この観測の結果、

①植物の光合成と土壌の呼吸の影響による  $\text{CO}_2$  濃度の季節変化が上空にも及んでいること、また、上空の  $\text{CO}_2$  の増加率は地上でのそれとよく一致していること、これら二つから、地上で発生した  $\text{CO}_2$  が大気の対流に乗って上空まで到達していること、(図-5)

②主に北半球の中緯度帯で発生する  $\text{CO}_2$  が、高層の大気の流れに乗って南半球に向かって運ばれていく様子が捉えられていること、また同時に、さらに上空まで達した  $\text{CO}_2$  は、超高層の大気の流れに乗って、いったん、南半球の中高緯度帯まで運ばれていること、(図-6)

など、多くの有益な情報を得ることができた。さらに、

③1997年の強いエルニーニョの結果生じ

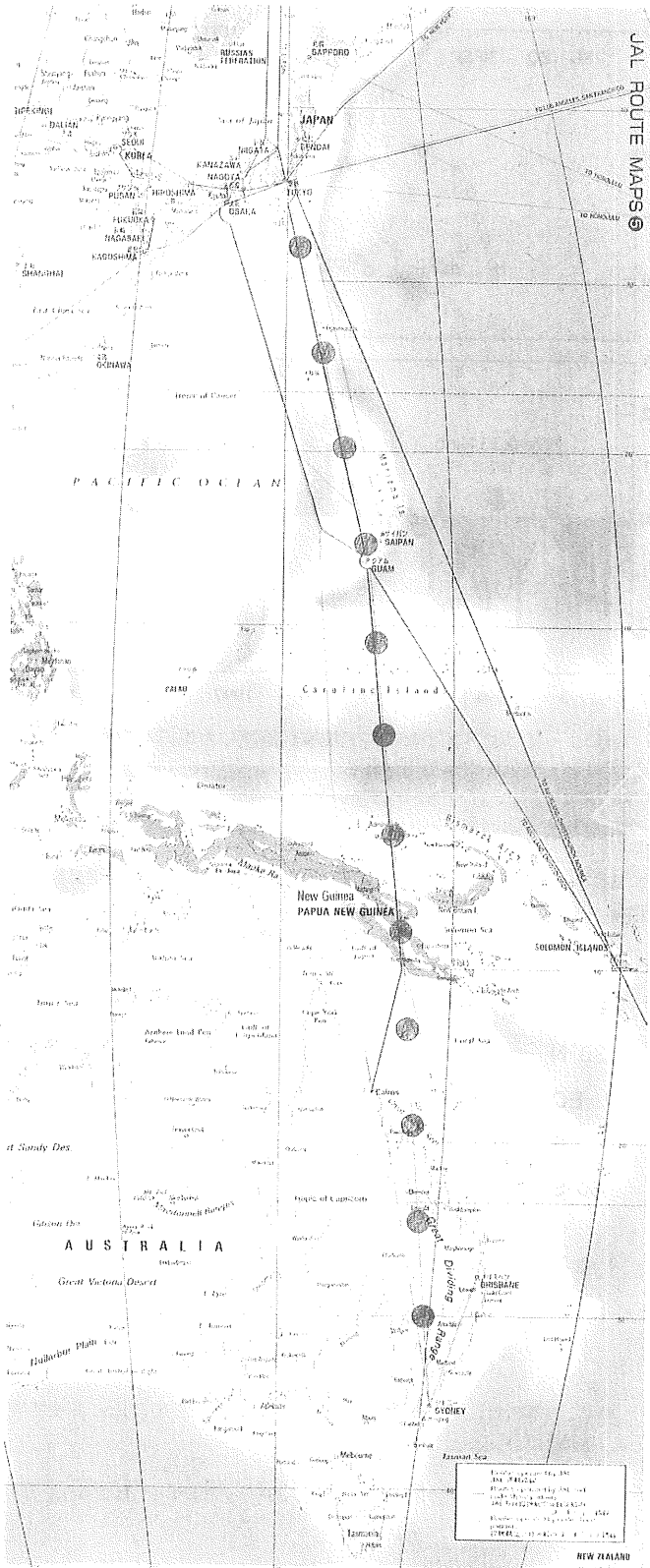
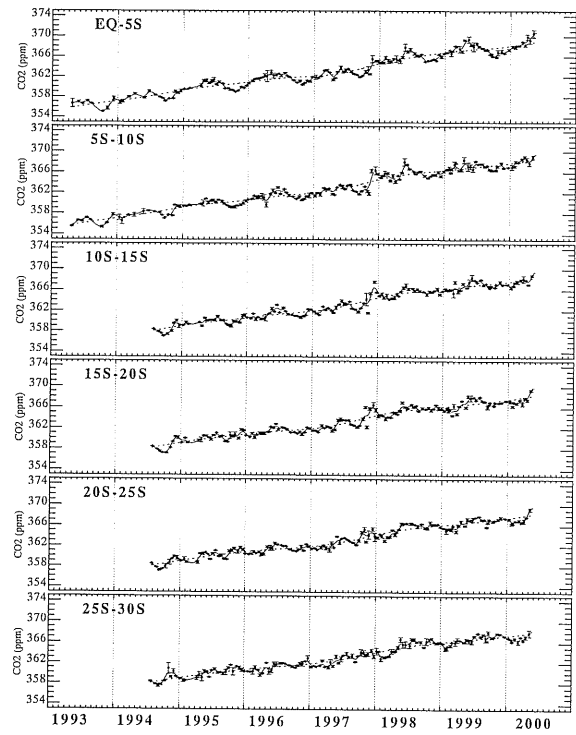
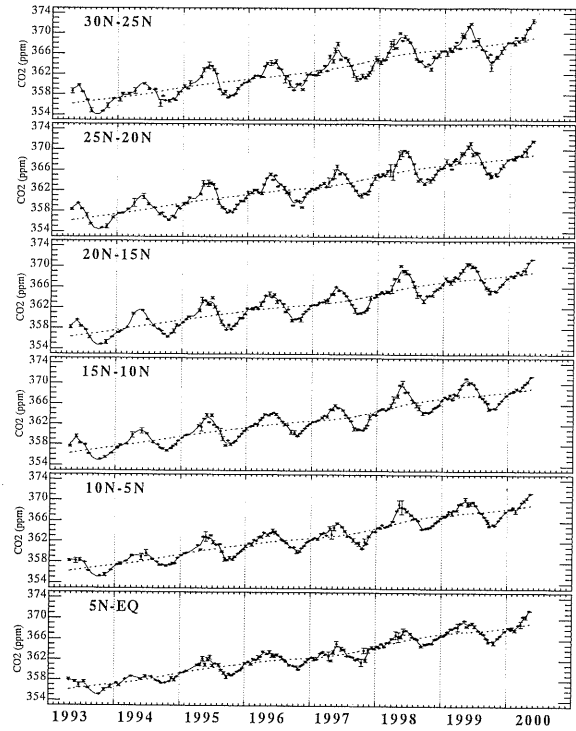


図-4 観測ルートと観測ポイント

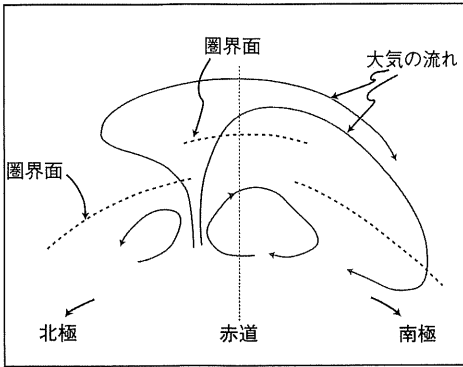


どの緯度帯においても、二酸化炭素は着実に増加し続けている。

年に一回の季節変動が生じる理由は、夏季には地上の植物の光合成によって大気中の二酸化炭素が吸収され、冬季には植物が枯れて二酸化炭素が放出されるためである。

北半球での季節変動が顕著である理由は、南半球よりも北半球の方が陸地の割合が大きいためである。

図-5 上空の二酸化炭素濃度の時間的変化



熱帯地方では四季が明瞭でないため、もともと「光合成による季節変動」は顕著ではないが、高層の大気の流れが、北半球の中・高緯度帯で生じた「季節変動」を赤道方向に向けて伝えるため、熱帯地方にも季節変動が現われる。(図-5 参照)

また、北半球の中・高緯度帯で生じた季節変動の一部は、超高層の大気の流れによって南半球の中・高緯度帯に達し、その後、赤道に向かって北上するため、南半球の季節変動は、南半球自身の季節変動に、北半球の季節変動が重なった形になっている。(図-5 参照)

注意：この図は、高度方向に大きく引き伸ばされていることに注意されたい。

地球の直径は約 13,000 km であり、成層圏上端の高度は約 50 km であるため、直径 130 cm の地球儀を作ったとすれば、成層圏の上端は、地球儀の表面から 5 mm の場所にある。同様に、現在のふつうのジェット旅客機は約 10 km 程度の高度を飛行しているので、直径 130 cm の地球儀の表面から 1 mm の高度を飛んでいることになる。

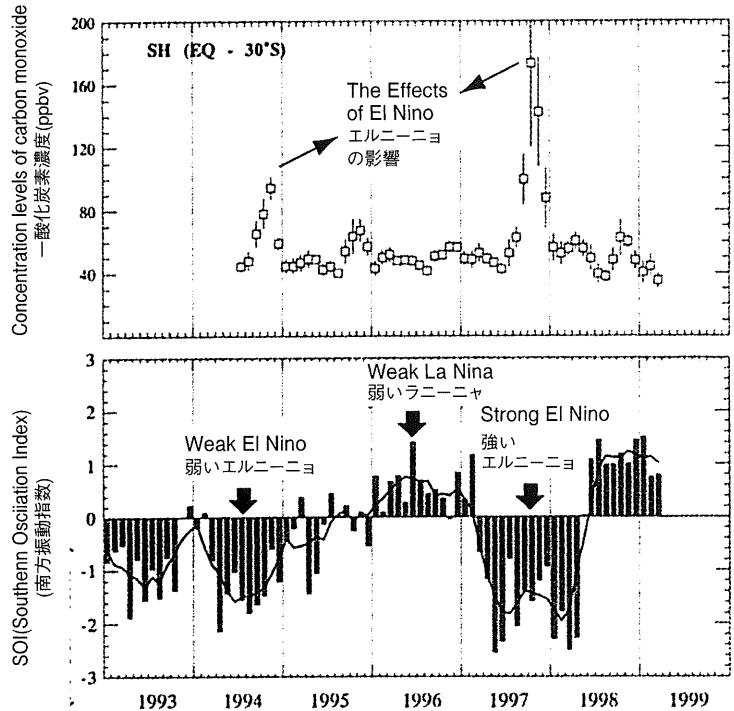
図-6 高層および超高層の大気の流れ

たアジア・オセアニア地域での森林火災に伴って発生した CO が上空に達して、高層の大気組成に影響を及ぼしていることも判明し、これが、日本気象学会「堀内賞」の受賞理由となった。(図-7)

なお、このときの CO の発生源は、この観測で CO<sub>2</sub> とともに測定されている CH<sub>4</sub> と CO の濃度変化の特徴や、輸送モデルの「計算結果」を用いて特定されたものである。(図-8)

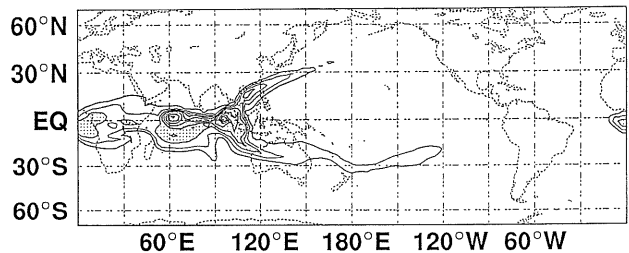
これらの観測結果は、温暖化を始めとする気候変動の予測のために大きく貢献できるものとして内外から高く評価されている。(表-1)

なお、この観測によって得られた結果は、



エルニーニョによってアジア・オセアニア地域が乾燥し大規模な森林火災が発生すると、大量の一酸化炭素が放出される。1994 年の弱いエルニーニョ、1997 年の強いエルニーニョのいずれの時期にも、上空の一酸化炭素濃度が増加した。

図-7 エルニーニョと上空の一酸化炭素濃度（南半球の平均）の関係



地上の任意の場所（数ヶ所）から一酸化炭素を放出した場合の、上空の一酸化炭素の広がりの様子をモデル上でシミュレートし、その結果を、実際に観測された高濃度の一酸化炭素の放出源を特定するために使用した。この例は、カリマンタンから放出したものである。

(この解析は、通産省資源環境技術総合研究所 田口氏によって実施された)

図-8 上空の一酸化炭素の広がり様子（モデル計算）

日航財団内に設置されている「地球環境観測検討委員会」（委員長：山元 龍三郎 京都大学名誉教授、メンバーは学識経験者 6 名を含む計 18 名）による審議を受けたのち、気象庁および日航財団を通じて全世界に公開され



表-1 表彰歴

1995年3月	日本工業新聞社主催の日本環境大賞フジテレビジョン賞（日本航空）
1995年11月	日本経済新聞社主催の日経地球環境技術賞（日航財団）
1996年6月	気象庁長官表彰（日本航空技術研究部）
1997年7月	フライト・インターナショナル社（日本航空）
1999年11月	日本気象学会「堀内賞」（気象研究所 松枝秀和主任研究官）
2000年6月	運輸大臣表彰（日本航空・日航財団）

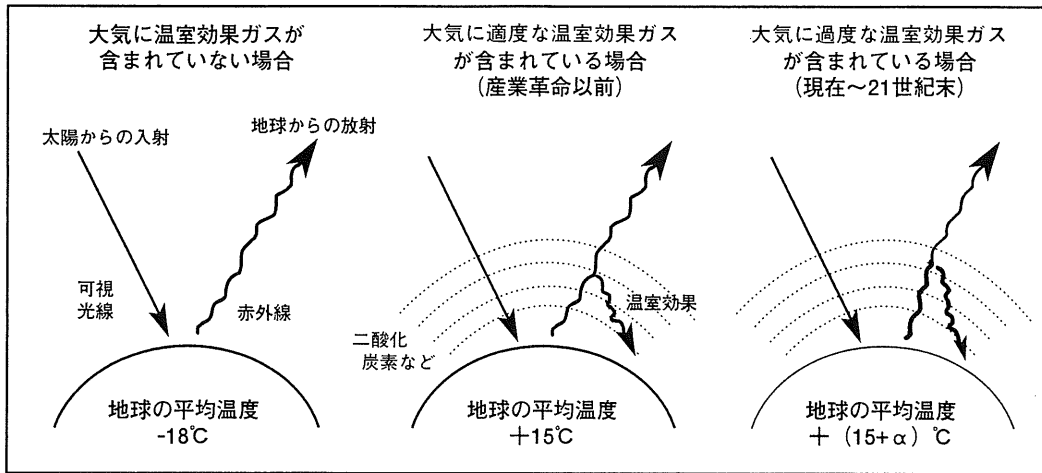


図-9 温室効果（太陽放射と地球放射の関係）

ている。

#### 4. 温暖化は放射冷却の逆？

地球は毎日、太陽からのエネルギーを受け取っている。そのままでは、地球の温度はどんどん上昇し続けることになるが、地球は、太陽から受け取ったエネルギーと同じ量のエネルギーを主に赤外線形で宇宙空間に向けて放射している。この結果、最終的に熱収支のバランスがとれて、ある一定の温度を保っている。

地球から赤外線が放射される理由は、白熱電球のように温度の高い物体からは主に可視光線が放射されるのに対して、電気ごたつのような低温の物体からは主に赤外線が放射されるのと同じである。

このようにして、太陽から受け取るエネルギーと地球が放射するエネルギーの収支のバランスがとれて、地球の温度が一定に保たれてきた。しかし、地球にいまのような大気が

なかったとすれば、地表の平均温度は約-18°Cになると言われている。

冬のあいだ、空が晴れわたった夜の翌朝は、冷え込みがきびしくなることをよく経験する。この「放射冷却」は文字どおり、地球からのエネルギーが、赤外線の形で宇宙空間に向けて放射され、地表や地表付近の大気が冷えることが原因である。

一方、大気に含まれている水蒸気には、可視光線は通すが赤外線についてはその一部を吸収するという性質がある。したがって、主に可視光線の形で到達する太陽からのエネルギーは地表まで届くが、赤外線の形で宇宙空間に向けて放射される地球からのエネルギーはその一部が水蒸気に吸収される。空が曇っていた場合には、このようにして「放射冷却」が緩和され、冷え込みが緩む。そのような効果を「温室効果」と呼び、温室効果を持つ気体を「温室効果ガス」と呼んでいる。

もしも、大気に温室効果ガスが含まれてい

なければ、 $-18^{\circ}\text{C}$ になるはずの地表の平均気温が、実際には、それよりも $33^{\circ}\text{C}$ も高い $15^{\circ}\text{C}$ となっているのは、大気中の温室効果ガスが赤外線を吸収することによって、地表の放射冷却を防ぐ働きをしているためである。

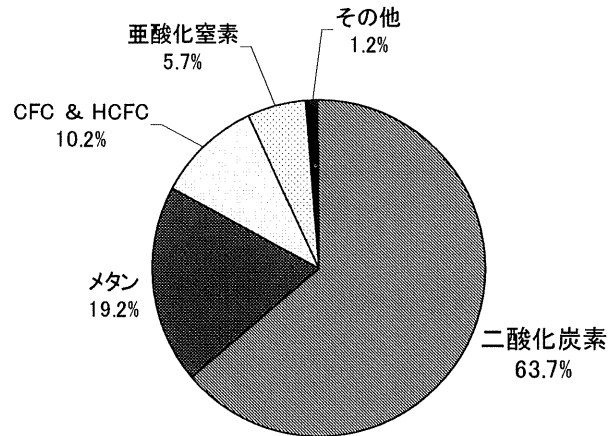
(図-9)

なお、水蒸気はもっとも強力な温室効果ガスの一つであるが、その量を人類がコントロールすることはできないため、一般的には、二酸化炭素などのことを温室効果ガスと呼んでいる。

### 5. 温暖化の主役は二酸化炭素

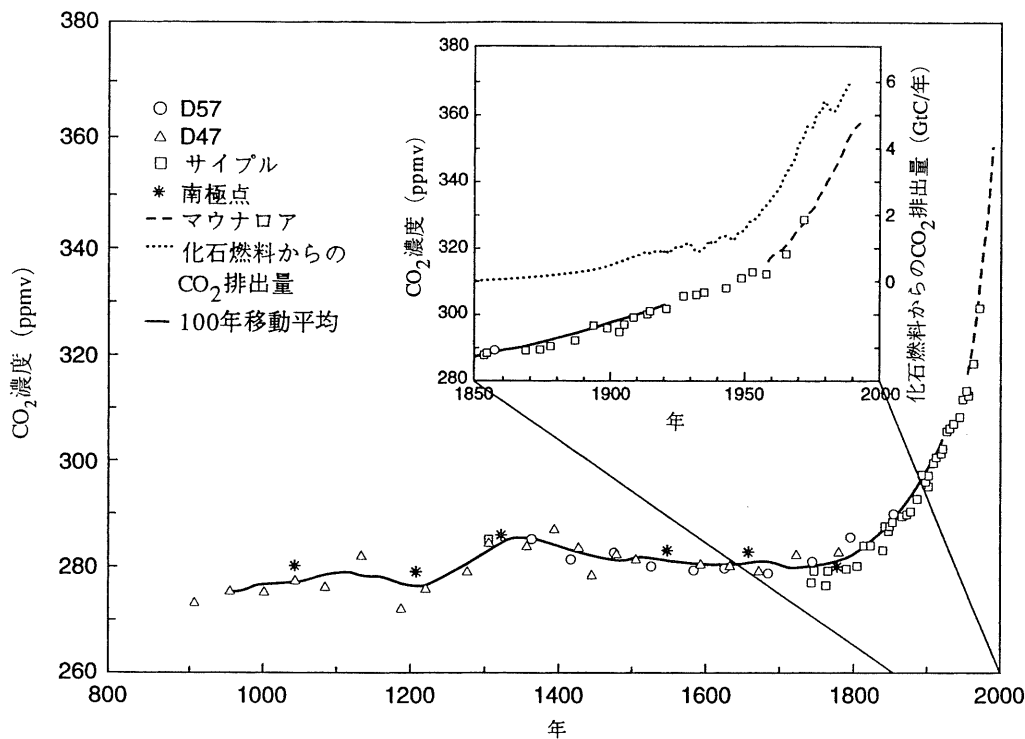
温室効果を持つ気体には、二酸化炭素のほかに、メタン、亜酸化窒素（一酸化二窒素）、ハロカーボン類（CFC, HCFC, HFC）などがある。(図-10)

(注：ハロカーボン類については、文末の注を参照されたい。)



出典：IPCC (1995)

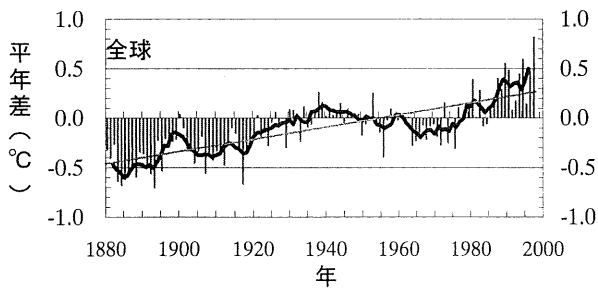
図-10 産業革命以降、人為的に排出された温室効果ガスによる地球温暖化への直接的寄与度 (1992年現在)



出典：IPCC (1995)

全体図は、産業革命以降、二酸化炭素濃度が急激に増加していることを示している。また、1850年以降の拡大図では、化石燃料の消費に伴う二酸化炭素の排出量（細い破線）と大気中の二酸化炭素濃度（太線）に密接な相関があることを示している。大気中の二酸化炭素濃度の精密な観測は、1958年から、ハワイ島マウナロア山の中腹にあるNOAA（米国海洋大気庁）の観測所において、スクリップス海洋研究所のキーリング博士によって開始された。それ以前の二酸化炭素濃度は、南極やグリーンランドに堆積した氷床の中に閉じ込められた「昔の大気」を分析することによって得られたものである。

図-11 化石燃料の消費量と二酸化炭素濃度の変化



出典：気象庁「平成 11 年度 今日の気象業務」

棒グラフは各年の値、折れ線は各年の値の 5 年移動平均、また、直線は長期傾向を示す。

図-12 全球の地上気温の経年変化

産業革命以降の森林破壊と化石燃料の大量消費によって、温室効果ガスが急激に増加しており、このままのペースで温室効果ガスが増加し続けると、地球が過大に温暖化してしまうのではないかと危惧されている。(図-11)

世界の多くの研究者は、温室効果ガスの増加に伴って地球の平均温度は今後徐々に上昇してゆくものと考えている。現に、観測から得られた過去の気温を見ても、地球の平均温度は、これまでの 100 年間に約  $0.6^{\circ}\text{C}$  上昇してきた。これは、二酸化炭素の増加のような人為的な影響が全球の気候に現われていることを示唆するものであると考えられている。

(図-12)

しかし、西暦何年には何度上昇するのか、そのとき、地球のどの部分が何度上昇し、どの部分の気候がどう変化するのか、といったことを予測することは、現在のところ極めて困難である。このような予測を行うためには、前述のとおり、温暖化のメカニズムの把握、気候モデルの作成、スーパーコンピュータによる計算、といったプロセスが必要である。(図-1)

## 6. 温暖化の予測と生命に対する影響

地球温暖化に対処するための有効な施策を進めるためには、気候モデルを用いて、将来の地球温暖化の見通しを立てることが必要である。

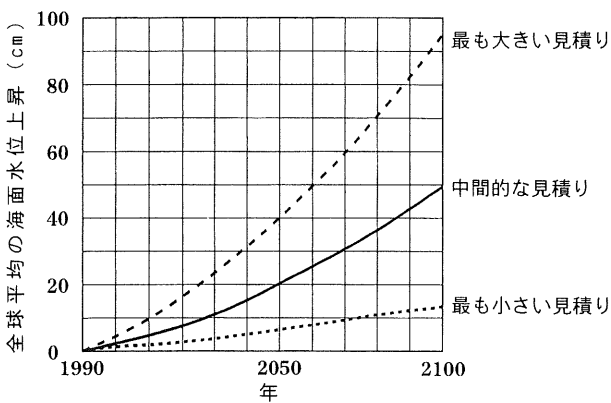
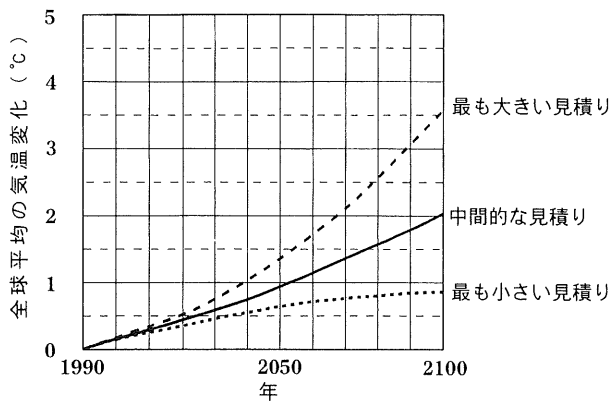
世界気象機関 (WMO: World Meteorological Organization) と国連環境計画 (UNEP: United Nations Environment Programme) は、1988 年に「気候変動に関する政府間パネル (IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change)」を設立し、各国の研究者の参加を求めて、地球温暖化の科学的・技術的評価を行っている。日本からも、関係省庁や大学などから多くの研究者が参加している。

IPCC が 1990 年に発表した第一次評価報告書は、1992 年にブラジルのリオデジャネイロで開催された「国連環境開発会議 (地球サミット)」で署名が開始された「気候変動に関する国際連合枠組条約 (地球温暖化防止条約)、FCCC (Framework Convention on Climate Change)」の科学的基礎となった。

また、IPCC が 1995 年 12 月に発表した第二次評価報告書では、このまま推移した場合には、最もあり得る可能性として、2100 年までに、地球の平均気温は現在より約  $2^{\circ}\text{C}$  上昇し、海面水位も約 50 cm 上昇すると見積っている。これらの値は、世界各国の主要な研究機関によって開発された気候モデルの計算結果を基にして求められたものである。もちろん、これらの値にはまだ多くの不確実性があり、今後とも、その精度向上に向けた活動を続けることが必要である。(図-13)

温暖化と言っても、わずか  $2^{\circ}\text{C}$  に過ぎないのかと思われるかも知れないが、その影響の大きさは決して無視できるものではない。むしろ、重大な影響を及ぼす可能性を持つと考えるべき値である。氷河期の温度は、間氷期である現在に比べて  $5^{\circ}\text{C}$  ほど低かったにすぎないのである。

さらに、IPCC によれば、平均気温が約  $2^{\circ}\text{C}$  上昇するといっても、地球全体が一様に温暖化するわけではない。このことは、我が国の各研究機関が開発した気候モデルの計算結果からも示唆されており、高緯度地方ほど



出典：IPCC (1995)

図-13 全球平均地上気温と全球平均海面水位上昇の変化の見通しの範囲 (1990年～2100年)

温度上昇が大きいものと見積られている。つまり、低緯度地方の温度はあまり変化せず、中・高緯度地方の温度がかなり上昇するものと考えられている。(図-14)

これらの予測が正しいとすれば、主に中緯度地方に分布している穀倉地帯が影響を受けることは必至であるし、砂漠化も進む可能性がある。また、樹木は一般に、種子を介して自らの適温域に移動して行くが、温暖化が急速に進んでしまうと、樹木の移動速度が間に合わず、結果的に、森林の分布も影響を受ける可能性がある。

さらに、温暖化によって、海水が膨張するとともに北極や南極近くの氷が融け出すことも考えられ、島嶼国や、海岸線に沿って発達している都市では、その一部が水没してしまうといった可能性も懸念されている。

このような事態に至ることを防止するため、当面は、二酸化炭素の排出量を規制することが最も効果的であるものと考えられている。先にも見たように、温室効果の総量のうちの半分以上が二酸化炭素に起因するためである。

## 7. オゾンは有益？ 有害？

地球温暖化が危惧されている一方で、南極のオゾンホールが拡大を続けるなど、オゾン層破壊の問題も懸念されている。

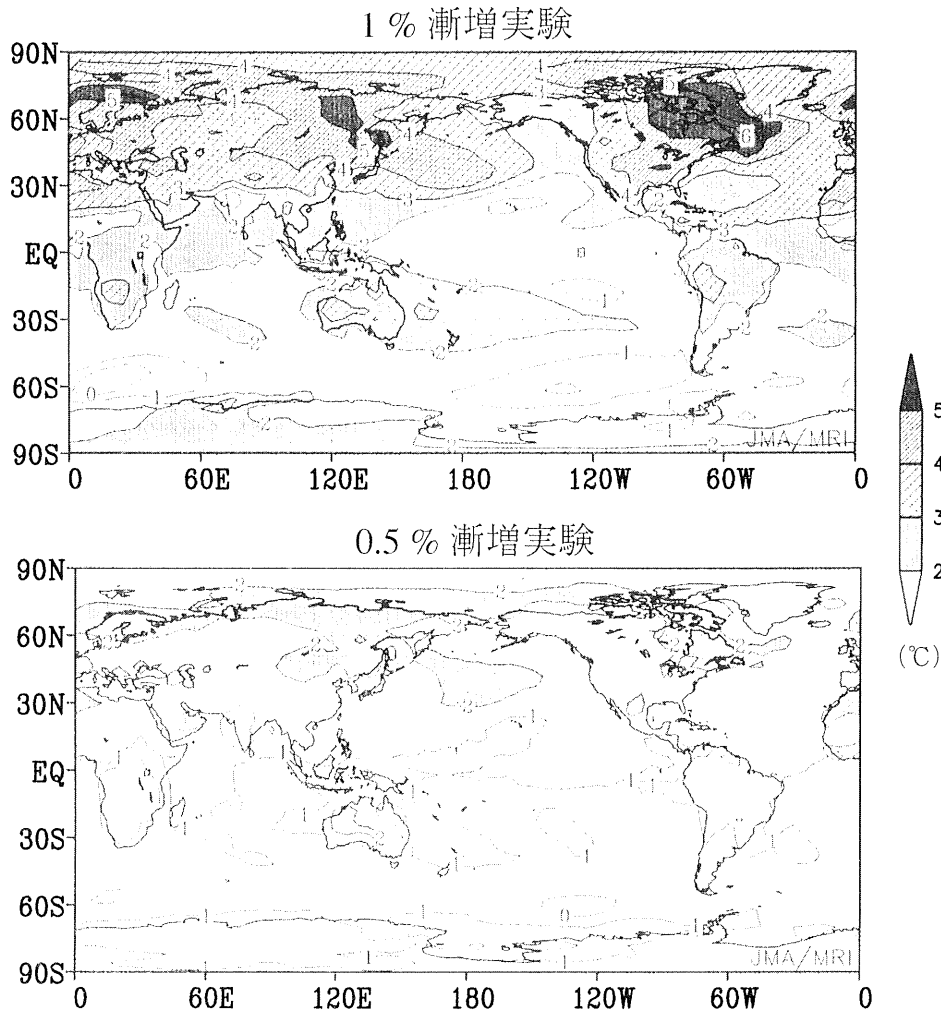
光化学スモッグの主な原因がオゾンであることから明らかなように、過剰のオゾンは、動物にとっても植物にとっても有毒である。

一方でオゾンは、太陽光に含まれている有害な紫外線を吸収するという働きも持っている。したがって、もし、オゾン層が無くなったとすれば、太陽からの強烈な紫外線がそのままの強さで地上まで届くため、動物も植物も死滅してしまうことになる。

大昔、生命は海の中で誕生した。水中では紫外線も急速に減衰するので、海の中では生物は有害な紫外線に曝されずに済んだからである。そして、海中で微生物が誕生し、その微生物によって生成された酸素が、より大型の生物の誕生を支えるとともに、海水に溶け込んでいた各種の金属原子を酸化させ沈殿させていった。その結果、現在我々が利用している鉄鉱石などの資源が作られ、同時に海水の組成も現在の姿に向けて変えられてきた。

その間、海水中の酸素濃度が飽和してくるにつれて、大気中にも酸素が放出され始めた。そして、その酸素分子が紫外線によって原子に解離し、そこで生じた酸素原子と、周りにあった酸素分子が結合してオゾンを生成した。この結果、有害な紫外線の地表への到達量が劇的に少なくなって、生物が上陸できる環境が整えられた。

オゾンには、このように有害な面と有益な



出典：気象庁「平成11年度 今日的气象業務」

正確ではないがオーダーを掴む議論としては、① 現在、二酸化炭素は年率で概ね0.5%づつ増加している。② 一方、図10に示されているように、二酸化炭素は、温室効果への寄与分の半分強を占めている。したがって、現状のまま推移したとすれば、温室効果は今後とも、二酸化炭素換算で0.5%~1%の間のどこかの値で増加し続けるものと推測される。

図-14 モデルを用いて予測された将来の地表気温

面がある。上記からも明らかなように、生物の活動範囲から離れた場所に存在するオゾンは有益、生物の活動範囲の中に存在するオゾンは有害ということであり、端的に言えば、成層圏に存在するオゾンは有益、対流圏に存在するオゾンは有害ということになる。

現在、成層圏オゾンが減少しつつある一方で、対流圏オゾンが増加しつつあるのではないか、ということが危惧されている。

つまり、南極のオゾンホールの中で起こっ

ているような「成層圏オゾンの破壊」があったとしても、その減少分だけ対流圏オゾンが増加してくれれば、有害な紫外線の到達量には変化はないことになるが、生命にとって有毒な物質であるオゾンが生活の場である対流圏で増加するという事は問題になるわけである。

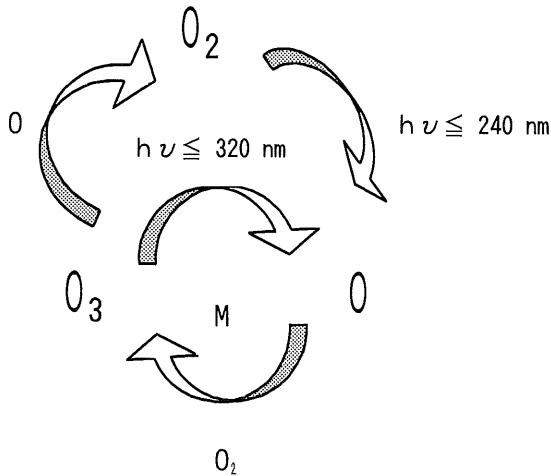
たとえば、最近では我が国でも一部の森が枯れ始めていることが話題になっているが、これには、酸性雨だけではなく対流圏オゾン

の増加も寄与しているのではないかと、という見解も出されている。

なお、成層圏オゾンとは前述のように、太陽からの紫外線によって光解離して生じた酸素原子が周りにある酸素分子と結合することによって生成される。しかし、このようにして生成されたオゾンは別の波長の紫外線によって、酸素原子と酸素分子に光解離する。こういった生成と消滅が平衡した結果として成層圏オゾンの濃度が維持されている。(図-15)

一方、対流圏のオゾンは、NO<sub>x</sub> (ノックス, NO<sub>2</sub> と NO の総称), メタンなどの炭化水素類, あるいは一酸化炭素 (CO) などが相互に反応する複雑な化学プロセスを介して生成される。このことから、NO<sub>x</sub>, 炭化水素類および CO などはまとめて「オゾン前駆物質」と呼ばれている。(図-16)

ちなみに、成層圏は、成層圏オゾンの生成時・消滅時に酸素分子やオゾンが吸収した紫



図は、下記の諸反応が平衡した結果オゾン濃度が決定されるとする理論を示したものである。

- ・酸素原子の供給 (UV による O<sub>2</sub> の光解離)  
O<sub>2</sub> + hν → O + O (波長 240 nm 以下)
- ・触媒 M によるオゾンの生成 (M: N<sub>2</sub> や O<sub>2</sub>)  
O + O<sub>2</sub> → O<sub>3</sub>
- ・UV によるオゾンの光解離  
O<sub>3</sub> + hν → O + O<sub>2</sub> (波長 320 nm 以下)
- ・奇数酸素同士の反応  
O<sub>3</sub> + O → 2・O<sub>2</sub>

参考: 紫外線の周波数は、UV-A が 320~400 nm, UV-B が 280~320 nm, UV-C が 280 nm 以下である。

図-15 成層圏オゾンの生成と消滅のプロセス

外線エネルギーによって加熱されるため、大気は上方から暖められる。これは、風呂の中のお湯を追い炊きしている場合に相当し、基本的には成層圏では対流は起こらず大気が層を成すようになる。これが、オゾン層が上空で形成される一因となっている。

これに対して、対流圏では、太陽光のエネルギーによって暖められた地表が大気を暖めるため、大気は下方から暖められる。これは、ヤカンで水を沸かしている場合に相当し、対流圏では盛んな対流が生じる。

### 8. 米国 SST の開発中止と大気化学の発展

成層圏に存在するオゾンの濃度は、高度 25 km 付近に最大値を持つ分布をしている。

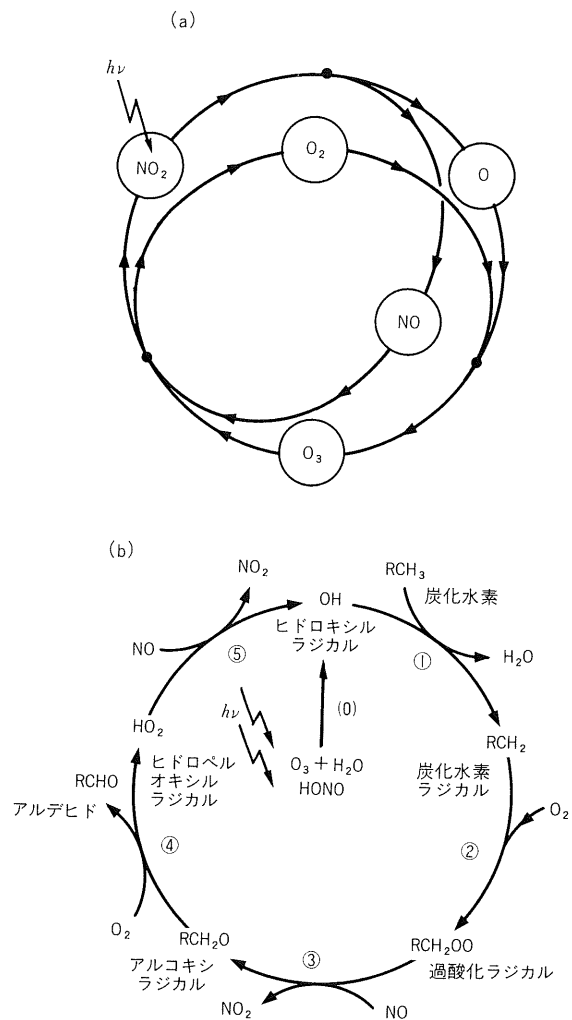


図-16 対流圏オゾンの生成と消滅のプロセス

これが、いわゆるオゾン層と呼ばれるもので、生物を紫外線の脅威から保護してきたわけである。近年になって、主に南極上空の成層圏オゾンが激減する「オゾンホール」と呼ばれる現象が注目を集めている。

結論から言えば、成層圏オゾンを破壊しオゾンホールを作る原因となる物質は、ハロカーボン類などから放出された塩素原子およびその酸化物であることが分かってきたのであるが、この結論に至るまでの道のりは簡単ではなかった。

成層圏オゾンに関する研究は、ボーイング社が開発を計画していた超音速旅客機(SST)の開発のための財政的援助の要請を、1971年3月に米国連邦議会の上院が否決した時点から本格化した。SSTの開発計画を中断させた理由には、財政上の理由と環境問題に対する懸念という両面があったと言われている。特に、当時の米国は公害問題に対する世論が盛んな時期にあっていた。高々度を飛行するSSTのエンジンから排出されたNO<sub>x</sub>が成層圏に直接注入され、成層圏オゾンを破壊するのではないかという危惧がSSTの開発計画にブレーキをかけたわけである。

この開発計画の中断決定と同時に、SSTが環境に及ぼす影響を調査するために、CIAP (Climate Impact Assessment Program) と呼ばれる委員会が米国運輸省内に設けられ、これが契機になって成層圏オゾンに関する研究が推進されることになった。このCIAPでは、物理学、化学、地球物理学、エンジン工学、生物学、医学など多岐にわたる専門家が参加した学際的な研究が行われ、この研究を基にして、新しい学問分野であり現在もっとも脚光を浴びている学問のひとつである「大気化学」の基礎が作られることになった。

その後、1982年10月には、我が国の南極観測隊によって、南極上空のオゾンが急速に

減少していることが発見された。当初、この発見に対する世界の反応は冷やかであったが、1986年にNASAが、気象衛星ニンバスによって観測されたデータをカラーで示し、南極の上空だけでオゾンが激減していることを公開して以来、オゾンホールとして世界の注目を集めることになった。

この間、大気化学の専門家を中心とする各国の研究者グループが、南極上空のオゾンの消滅プロセスの解明に力を注ぎ、1987年10月には、NASAのDC-8、ER-2 (U-2の改造機)を用いた集中観測によって、オゾンを破壊している物質は、CFC (いわゆる特定フロンなど) から解離された塩素原子 (Cl) と一酸化塩素 (ClO) であることが突き止められた。

注1: ClとClOなどをまとめてClO<sub>x</sub>…ク  
ロックスと呼ぶ

注2: 同様に、臭素 (Br) および一酸化臭  
素 (BrO)などをまとめてBrO<sub>x</sub>…  
ブロックスと呼ぶ。

BrO<sub>x</sub>がオゾンを破壊する能力は、ClO<sub>x</sub>のそれよりも大きい。そのため、臭素を含む化合物であるハロンのオゾン破壊能力は、CFCのそれよりもさらに大きくなる。

また、ClO<sub>x</sub>といえども、ふつうの気体同士の反応では、これほど効率よくオゾンを破壊することはできないが、極域には特有の極成層圏雲 (PSC, Polar Stratospheric Cloud) が存在し、その雲を構成する粒子の表面上で異相反応 (気体と液体といったように、異なった相が反応するプロセス) が生じ、その反応によって、ClO<sub>x</sub>のオゾンを破壊する速度が衝撃的に高められることも確認された。この研究が、オゾンホールの解明を大きく前進させることになった。

## 9. なんとも奇怪な大気化学

対流圏のメタンは、大気中に存在するOH

や NO の働きによって酸化され CO<sub>2</sub> となる。また、一部はホルムアルデヒドになって雨に溶けて大気から除去される。この過程を示したものが次の式である。オゾンの場合には、図のように、これよりもはるかに複雑なプロセスを経て生成と消滅を繰り返している。(図-17, 図-18)

これからも想像できるように、大気中で生じる化学反応を解明するためには、ありとあらゆる気体の濃度を同時に測定できるような観測を行わなければならない。したがって、専用の観測機を用いた「短期的・集中的な観測」を行なうことが効果的である。前述の、南極のオゾンホール生成原因を突き止めた NASA の観測機はその代表例である。

CIAP 発足以降、この種の研究が精力的に実施されたが、これらを通じて到達した現時点の知見では、NO<sub>x</sub> は、対流圏ではオゾンを増加させ、成層圏ではオゾンを減少させる働きを持っているとされている。こういった観点から見れば、NO<sub>x</sub> はまさに悪役である。

しかし一方で NO<sub>2</sub> は、南極などで主に極夜の間、ClO (一酸化塩素) と結合して ClONO<sub>2</sub> (クロライン・ナイトレート) となって ClO を安定化させる。いったん安定化した ClONO<sub>2</sub> も、極夜が明けて太陽光線が届くようになると、再び NO<sub>2</sub> と ClO に光解離することはあるものの、一部の ClONO<sub>2</sub> は雨などによって大気から除かれる。したが

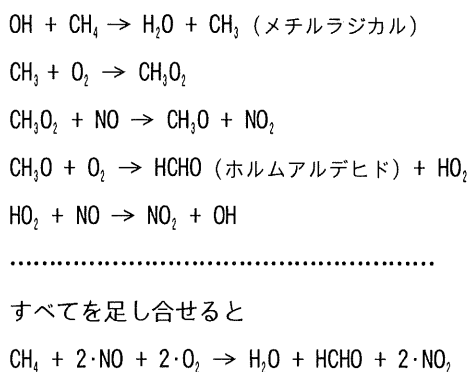


図-17 メタンの酸化反応

って、ClO<sub>x</sub> が成層圏にかなり大量に存在するという現下の環境条件のもとでは、NO<sub>2</sub> は悪役よりもむしろ善玉の働きをするとも言われている。

つまり、悪役である NO<sub>x</sub> には、それよりもはるかに悪役である ClO<sub>x</sub> を中和するという働きを持っているわけであって、まさに「毒をもって毒を制する」という働きをしていることになる。

さらに、対流圏での NO<sub>x</sub> の増加は、温室効果の強い気体であるメタンを減少させるため、温暖化の面だけから言えば NO<sub>x</sub> は善玉の振る舞いをする。このように、大気の中では、なんとも複雑怪奇な化学反応が随所で起きているため、まだまだその全容の解明には至らないというのが現状である。

振り返って、SST のエンジン排気によって成層圏に直接注入される NO<sub>x</sub> が成層圏オゾン破壊するのではないかという危惧が、SST の開発を中断させ CIAP を発足させた原動力となったことを考えると、現時点での大気化学の知見には隔世の感がある。

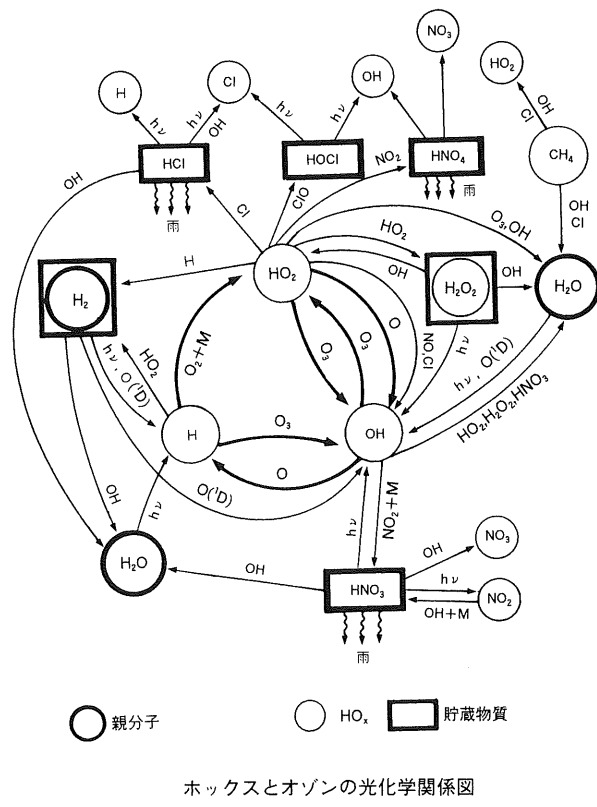
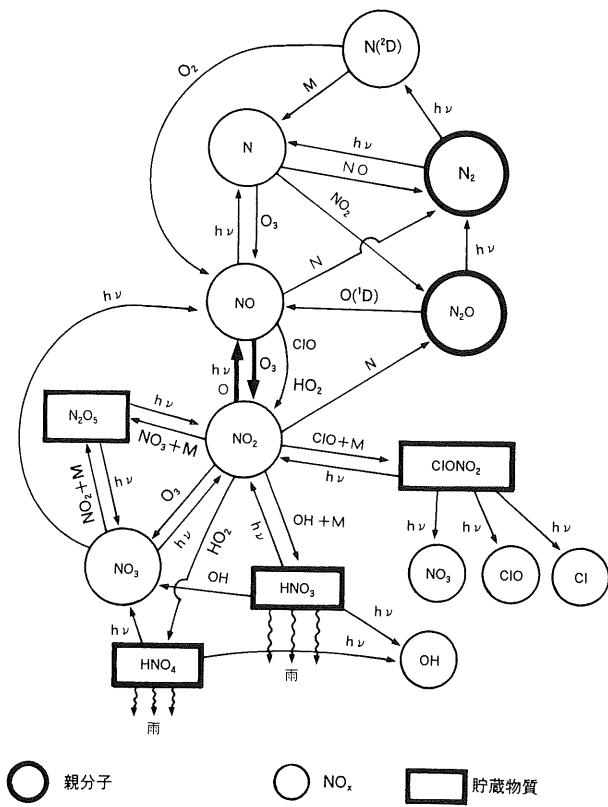
## 10. 北極圏にもオゾンホール

上述のように、オゾンがこれほどの速度で破壊されるためには、ClO<sub>x</sub> と PSC (極成層圏雲) の両者が存在していることが必要である。そして、この PSC が生成されるためには、気温が十分に低いという条件が必要である。

現時点での地球の公転軌道と地軸の傾きから考えれば、南極の冬は北極の冬よりも寒冷である。その上に、南極付近には風を遮る大陸がないため、南極大陸をめぐる風 (極渦) が定常的に吹くので、いったん冷えた大気は、この極渦によって南極大陸上空に閉じ込められてしまい、南極上空の気温をさらに低下させる。(図-19, 図-20)

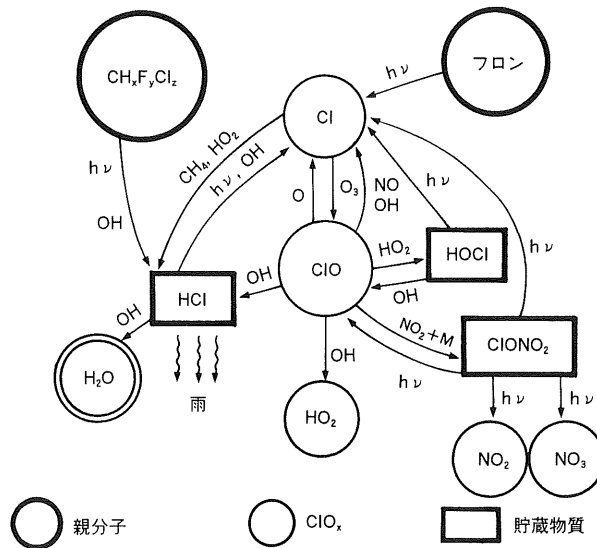
したがって、もともと南極上空には PSC (極成層圏雲) を生成させる条件が整ってい





ノックスとオゾンの光化学関係図

ホックスとオゾンの光化学関係図



クロックスとオゾンの光化学関係図

図-18 成層圏オゾンの生成と消滅のプロセス

たことになり、ひいては、オゾンホールができる可能性を本来備えていたことになる。ただし、議論はこれだけで終わるわけではない。地球温暖化によって対流圏の温度が上昇す

ると、その反作用として成層圏の温度は低下する。このため、最近では北極圏でもPSCが発生し始め、オゾン層破壊が進んでいる。したがって、今後は、南極だけではなく北極

圏のオゾンホールにも注目する必要があると言われている。

もちろん、成層圏の温度がさらに下がったとしても、CFC などから解離された塩素原子が原因となって生じる  $\text{ClO}_x$  が無くなれば、両極のオゾンホールともに、オゾン層破壊の速度は鈍ることになると思われるが、モントリオール議定書による CFC/HCFC の生産禁止が効いて  $\text{ClO}_x$  の濃度が元に戻る時期については、研究者の間でもまだまだ議論さ

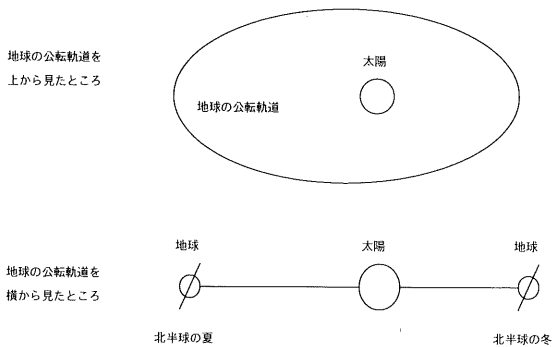
れている段階であり、予断は許されないところである。

### 11. ハロカーボン類の温室効果は段違い

話が混みいつてくるが、対流圏に存在するオゾンは、それ自身が温室効果ガスである。ただし、オゾンの温室効果は大して強くはない上に存在の絶対量そのものが少ないため、いまのところ、オゾンの温室効果が大きな影響力を及ぼすということはない。一方で、オゾンを破壊する最大の原因物質であるハロカーボン類は、二酸化炭素などよりもはるかに強烈な温室効果を有している。

たとえば、CFC や HCFC の場合には、それらの絶対的な存在量は著しく少ないにも拘わらず、単位重量あたりの赤外線を吸収する度合いが猛烈に大きいため、温室効果に対してかなりの寄与度を持つことになる。(図-10)

ある温室効果ガスが増加した場合の、温室効果に及ぼす影響の度合いは、その気体が地球から放射される赤外線をどの程度吸収するかという度合いに依存している。一方で、そ



注：この図は、地球の公転軌道の離心率を非常に誇張して描いたものであり、実際の離心率はごくわずかである。

図-19 地球の公転軌道と地軸の傾き



図-20 南極大陸をめぐる極渦

表-2 地球温暖化指数

地球温暖化指数（抜粋）

ガスの種類	化学式	寿命（年）	地球温暖化指数（GWP）		
			20年	100年	500年
二酸化炭素	CO <sub>2</sub>	不定	1	1	1
メタン	CH <sub>4</sub>	12±3	56	21	6.5
亜酸化窒素	N <sub>2</sub> O	120	280	310	170
HFC-23	CHF <sub>3</sub>	264	9,100	11,700	9,800
HFC-32	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	5.6	2,100	650	200
HFC-41	CH <sub>3</sub> F	3.7	490	150	45
HFC-125	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> F <sub>3</sub>	32.6	4,600	2,800	920
HFC-134	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>4</sub>	10.6	2,900	1,000	310
HFC-134a	CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>	14.6	3,400	1,300	420
HFC-143	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	3.8	1,000	300	94
HFC-143a	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	48.3	5,000	3,800	1,400
HFC-152a	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	1.5	460	140	42
HFC-227ea	C <sub>3</sub> HF <sub>7</sub>	36.5	4,300	2,900	950
HFC-236fa	C <sub>3</sub> H <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	209	5,100	6,300	4,700
HFC-245ca	C <sub>3</sub> H <sub>3</sub> F <sub>5</sub>	6.6	1,800	560	170
六フッ化硫黄	SF <sub>6</sub>	3,200	16,300	23,900	34,900
パーフルオロメタン	CF <sub>4</sub>	50,000	4,400	6,500	10,000
パーフルオロエタン	C <sub>2</sub> F <sub>6</sub>	10,000	6,200	9,200	14,000
CFC-11	CFC <sub>1</sub>	55	4,500	3,400	1,400
CFC-12	CF <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	116	7,100	7,100	4,100
CFC-113	C <sub>2</sub> F <sub>3</sub> Cl <sub>3</sub>	110	4,600	4,500	2,500
CFC-114	C <sub>2</sub> F <sub>4</sub> Cl <sub>2</sub>	220	6,100	7,000	5,800
CFC-115	C <sub>2</sub> F <sub>5</sub> Cl	550	5,500	7,000	8,500
HCFC-123	C <sub>2</sub> HF <sub>3</sub> Cl <sub>2</sub>	1.71	330	90	30
HCFC-124	C <sub>2</sub> HF <sub>4</sub> Cl	6.9	1,500	440	150
HCFC-141b	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> FC <sub>2</sub> Cl	10.8	1,800	580	200
HCFC-142b	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> F <sub>2</sub> Cl	22.4	4,000	1,800	620

出典：IPCC（1995）。ただし、CFC/HCFCについてはIPCC（1992）

それぞれの気体には大気中での固有の寿命がある。したがって、20年とか100年といった長い時間スケールでの各気体の温室効果を見るためには、その気体の「温室効果の強さ」と、その気体の「寿命」の積のようなものを考えて、トータルとしての温室効果を算定しておけば便利である。

このために考案されたのが、地球温暖化指

数（GWP：Global Warming Potential）と呼ばれるものである。これは、単位重量の二酸化炭素による温室効果を1として、各種の気体の単位重量あたりの温室効果の度合いを示したものである。（表-2）

表からも分かるように、ハロカーボン類の地球温暖化指数が著しく大きくなっているが、これは、ハロカーボン類の赤外吸収が著

しく強い上に、寿命も長いためである。このように、ハロカーボン類は、オゾン層破壊だけではなく、地球温暖化に対しても大きな影響力を持っており、その規制は、温暖化防止の上からも重要である。

## 12. 大気の中は分からないことだらけ

地球温暖化は、気温の上昇、海面水位の上昇などを招くことが予想されており、農業生産、あるいは生態系全般に影響を及ぼすなど、さまざまな方面に影響を及ぼす可能性があるものとして危惧されている。またオゾン層の破壊も、生物の生存を脅かしかねないものとして危惧されている。

このような、地球温暖化やオゾン層破壊を防止するための効果的な対策を立案し実行するためには、何らかの対策を採った場合と採らなかった場合の、将来の気候変動の様子を、高い精度で予測できる必要がある。何度か触れたように、気候変動を予測するためには、気候を支配する各種の現象をモデル化し、それをコンピュータに計算させるという手順が必要である。

ここで使用されるモデルは気候モデルと呼ばれている。この気候モデルは、地球大気を緯度・経度方向に細かいメッシュに分割した上で高度方向にも何層にもスライスして、膨大な数のブロックに分割し、その一つ一つの中に気候を支配する各種の方程式を入力し、それらを連立させて解くというものである。このようなブロック化は、大気だけではなく海や陸に対しても行う必要があるため、その計算量は膨大なものとなる。したがって、気候モデルの計算には超々大型のスーパーコンピュータが必要である。

また、気候モデルを正確に作るためには、まず観測網を充実させて現在地球上で起こっている現象を正確に把握し、それを基に、気候変動のメカニズムを詳細に解明することが必要である。前述したとおり、従来から各国

の気象機関が観測網を張りめぐらせてきたが、最近では、これらに加えて、航空機を用いた観測が重要視されるようになってきている。

こういった航空機観測には、大気中の化学物質同士が反応する「化学プロセス」を解明するためのものと、対流を始めとする地球レベルでの大気の循環によって各種の気体がどのように移動していくのかといった「物理プロセス」を解明するためのものがある。

化学プロセスの解明には、オゾンホールの原因究明のために NASA が南極上空で実施したような短期的・集中的な観測が効果的である。一方、物理プロセスの解明には、長期的で広範囲をカバーできる観測が必要である。

物理プロセスの解明には、二酸化炭素やオゾンなどといった気体がトレーサーとして使用される。トレーサーというのは、ゆるやかな水の流れの中にインクを落とすと、水の動きが見えるのと同じように、大気中の二酸化炭素などの濃度を定期的に測定することによって、大気の動き方を知ろうというものである。

二酸化炭素のように寿命の長いものは、長時間スケールつまり全球スケールでの大気の動きを追うためのトレーサーに向いている。一方、オゾンや一酸化炭素あるいはメタンのように寿命の短いものは、短時間スケールつまり局地的スケールでの大気の動きを追うためのトレーサーに向いている。

さらに、二酸化炭素を作っている炭素の同位体比 ( $^{13}\text{C}$  と  $^{14}\text{C}$  の  $^{12}\text{C}$  に対する比) を測ってやれば、その二酸化炭素が、化石燃料起源なのか海洋起源なのか陸上の植物起源なのか、といったことを追跡することも可能である。

## 13. エアラインの協力が重要

大気中の物理プロセスを解明するためには、トレーサーとして用いる気体の濃度を定

期的かつ長期的に観測し続ける必要がある。したがって、この種の観測を行なうためにはエアラインの協力が必須である。現在、エアラインの協力の下に行われている観測プログラムには3つのものがある。

一つは、何度か触れてきた、日航財団と日本航空が気象研究所と共同で行なっている「大気観測プロジェクト」である。この観測は1993年4月に開始され、現在も月に2回のペースで続けられている。

二つめは、フランスを中心とする欧州各国が共同してオゾンと水蒸気の濃度分布を分析するMOZAICと呼ばれるプログラムで、1994年8月から観測が開始された。オゾンは化学的活性が著しく高く、大気をボトルに採取して持ち帰るという方法が不可能であるため、専用の空気取り入れ口から取り入れた大気を機上で分析するようになっている。なお、この分析は、離陸直後から着陸直前まで、4秒に一回づつ連続的に実施される。この観測には、ルフトハンザ、エアフランス、サベナ、オーストリアの4社の、エアバスA 340型機（計5機）が使用されている。

三つめは、ドイツのマックスプランク研究所を中心とするグループが実施しているCARIBICと呼ばれるプログラムで、1997年11月から観測が開始された。CARIBICでは、CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、CO、N<sub>2</sub>O、O<sub>3</sub>、エアロゾル（空気中を浮遊する微粒子）、CFC、HCFC、HFC、SF<sub>6</sub>、<sup>13</sup>C、<sup>14</sup>C、<sup>17</sup>O、<sup>18</sup>O、といった、化学プロセスの解明にも物理プロセスの解明にも利用できる多くの物質が分析される。この観測にはLTU航空のボーイング767型機が用いられているが、観測時には、CARIBIC専用のコンテナ（1個）が使用される。この観測では、活性が高いものは機上で分析され、不活性あるいは濃度が低いものは、ボトルに採取して持ち帰った大気を地上の設備で分析するという手法が採られている。

なお、1995年5月から約1年にわたって、チューリッヒ工科大学とスイス航空局を中心とするグループによって、NO<sub>x</sub>とオゾンの濃度を観測するNOXARと呼ばれるプログラムが実施されたが、この観測には、スイス航空のボーイング747型機が用いられた。

さらに、最近では、米国のNASAも同種の観測を開始すべく計画を進めている。

#### 14. 欧州では国家プロジェクト

表は、これらをまとめたものである。日航財団/日本航空/気象研究所による「大気観測プロジェクト」は、民間の資金によって運営されているものとしては世界で唯一のものである。これに対して、欧州のプログラムでは、国家あるいはEU、および各研究所が費用を負担している。（表-3）

また、エアライン側の協力体制であるが、MOZAICではエアラインは機器を無償で運搬し、CARIBICではエアラインは機器の運送費を補填されるほか諸経費も補填され、NOXARではエアラインは機器を無償で運搬するほか初期投資の一部も負担した。このように、濃淡の差はあるものの、エアラインの積極的な協力姿勢が目立っている。

欧州のプロジェクトを調査した際に入手した情報によれば、協力したエアラインに対して何らかのインセンティブが与えられているわけではなく、純粹に、宣伝効果を狙っているものであるとのことであった。このことを逆に言えば、アルプスの氷河の後退などを目の当たりにした欧州の人々の、温暖化を始めとする気候変動に恐怖している度合いが、我々の想像をはるかに超えており、このような気候変動の予測のための観測への協力に、強力な宣伝効果を持たせているのではないかと思われる。

#### 15. オールジャパン体制の必要性

振りかえって、食糧自給率が他の先進諸国

表-3 民間旅客機を利用した大気観測計画

## 民間旅客機を利用した大気観測計画（観測開始順）

	大気観測	MOZAIC	NOXAR	CARIBIC
観測方法	フラスコ	現場測定	現場測定	フラスコ+現場測定
観測対象	CO <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 、CO	O <sub>3</sub> 、H <sub>2</sub> O 近日中に CO 追加予定  ルフトハンザ 1 機に NOy 追加予定	O <sub>3</sub> 、NOx	現時点では、CO <sub>2</sub> 、CO、NOx、O <sub>3</sub> 、 CH <sub>4</sub> 、CFC、HCFC、HFC、 <sup>13</sup> CO <sub>2</sub> 、 <sup>14</sup> CO <sub>2</sub> 、CO <sup>17</sup> O、CO <sup>18</sup> O、エアロ ゾル、など約 40 種。最大能力 としては、約 80 種の化学種を 分析できるとしている
観測頻度	2 回/月	連続測定（離陸直後から 着陸まで 4 秒ごと）	連続測定（離陸直後から 着陸まで）	目標：24 回/年 99 年実績：9 回/年
航空会社	日本航空	ルフトハンザ エアフランス サベナ オーストリア	スイス航空	LTU
観測期間	93.04 ~	94.08 ~	95.05~96.05	97.11 ~
観測路線	シドニー=成田 (94.07 までは、 ケアンズ=成田)	太平洋・オセアニア線を 除く多数	スイス=北米 スイス=上海（北周り） スイス=香港（南周り）	ドイツ=モルジブ
観測概要	1 機の 747 型機 を使用。 巡航中、12 本の フラスコに空調 用エアを採取 し、気象研究所 で分析	5 機の A340 型機を使用。 電子機器室内の特設ラ ックに取付けられた機 器（常時搭載）によっ て自動分析。電子機器 室の横面に空気取り入 れ口を設置	1 機の 747 コンビ型機 を使用。 機器は、メインデッキ最 後部に搭載したパレット （常時搭載）に収容。	1 機の 767 型機を使用。 高活性のもの（CO、NOx、O <sub>3</sub> 、 エアロゾルなど）は現場分析。 不活性または低濃度ものはフ ラスコサンプリング。機器は、 前方貨物室の最前方に搭載する コンテナに収容。その直下に空 気取り入れ口を設置
重量増加	機器 40 Kg 機体 45 Kg	140 Kg(O <sub>3</sub> 、CO、H <sub>2</sub> O) 70 Kg (NOy)	580 Kg	1200 Kg
費用負担	初期費用/運営費 とも、日航財団、 日本航空が全額 を負担	初期費用は、EU および 参加した研究所・大学が 拠出。 機器の運賃は航空会社 が負担	初期費用の約半額をスイ ス航空局が拠出。残りは 機器のメーカーとスイス 航空が負担。機器の運賃 はスイス航空が負担	初期費用は、EU およびマック スプランク研究所（MPI）が拠 出。MPI は運営費として、機器 の運賃（貨物運賃分）と諸経費 を LTU に支払っている

に比べて圧倒的に低く、気候変動によって現在の食料輸出国がその輸出能力を失えば、国民が深刻な食糧問題に直面する我が国としては、安全保障の一環としても、この種の観測体制を整備し、モデルによる将来予測にさらなる努力を傾注することが重要なのではないと思われる。

また、アジア大陸からの汚染物質の影響を直接受ける我が国としては、東南アジア地域と太平洋地域の広域にわたる観測網を構築す

ることが急務であると考えられる。さらに、東南アジア地域と太平洋地域は、大気科学のデータの空白域であることから、我が国による観測網が充実されれば、世界に対する貢献度は極めて大きい。もちろん、このような大規模な観測網を構築するためには、「オールジャパン型の観測網」を目指す必要があるものと思われる。

そのような考え方の下に、「定期航空機を利用した大気観測研究会」と称する研究会が

1998年10月から開催されてきた。ここでは、そのような観測網が実現できたとすれば、大気中のどの化学成分を観測しなければならないのか、それらをどのようにして観測するのか、それにはどの程度の費用を要するのかなどが議論された。

気象研究所と日航財団を世話役とするこの研究会には、官庁、大学、国立研究所、航空会社などから50人を超える有志の参加を得ることができ、この中で議論された結果は、「研究会としての基本的な考え方」としてまとめられ、中間報告書として2000年5月に発行された。このような活動がさらに活発になり「オールジャパン型の観測網」が実現できる日が来ることを期待したい。

### 16. 意外と少ない航空機からの排出量

現在、我が国から排出されている二酸化炭素の総量のうち、約22%は運輸部門からのものである。そして、運輸部門のうちの約4%が航空機から排出されている。つまり、航空機から排出される二酸化炭素の量は、我が国全体の排出量の約0.8~0.9%程度となっている。(図-21)

一方、IPCCは1999年に、Aviation and the Global Atmosphere と題した特別報告書

を発行した。これによると、現在、世界中の航空機から排出されている二酸化炭素は、世界中で発生している化石燃料起源の二酸化炭素の約2~3%を占めている。(また、その80%以上が民間機からのものであると見積っている)

このように、航空機から排出される二酸化炭素が意外に少ないのは、航空機輸送の絶対量そのものが少ないこともさることながら、航空機の燃費が思ったよりも優れているからである。たとえば、ボーイング777-300型機が、札幌から東京までの約900kmを満席で飛行したとすれば、約10,450ℓの燃料を消費するので、1ℓあたり約0.086kmしか飛行できないことになるが、470名の乗客を運んでいるから、1ℓあたり約40km・人(0.086×470)という輸送量を達成できていることになる。

こういった優れた燃費性能は、燃費の向上による燃料そのものの節約と、燃料消費の低減に伴う航続性能の向上による大都市間の直行化の実現、というエアライン側からの要請に応じて、航空機メーカーなどが燃費改善のための努力を重ねてきた結果である。(図-22)

一方、NOxは、エンジン燃焼室の中の

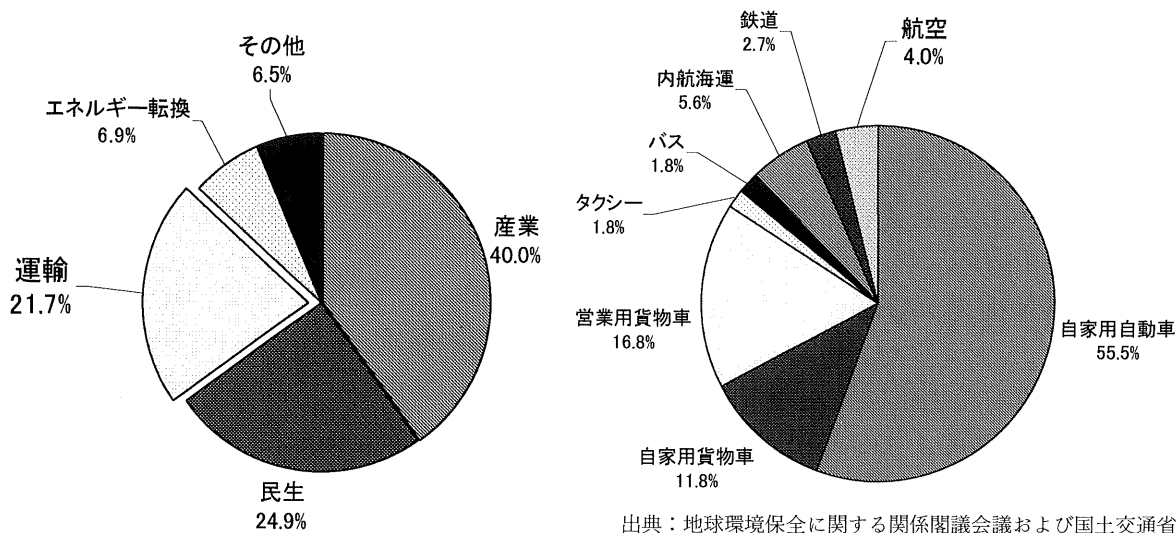


図-21 航空機から排出される二酸化炭素の割合 (1998)

機体重量 1 kgあたりの燃料消費量 (リットル) の変遷

飛行距離=1000海里 (約1850km)

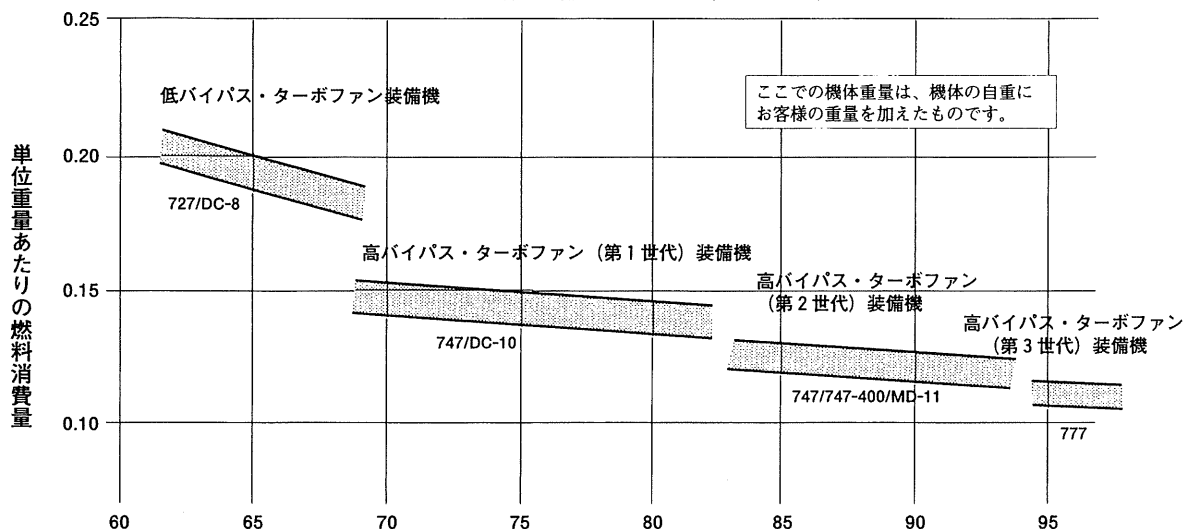


図-22 旅客機の燃費の向上

「高温」という条件の下で、空気中の窒素が酸化されることによって発生するため、その排出量削減については、話はそれほど簡単ではない。エンジンの燃費を向上させるためには、圧縮比と燃焼温度を上げて熱サイクルを改善する必要があるが、燃料効率を改善しようとして燃焼温度を上げると、二酸化炭素の発生量は少なくできるものの、逆に NOx の発生量は増加するというジレンマに陥るからである。

ちなみに、初期の大型機に取り付けられていたジェットエンジンでは、その圧縮比は 16 程度、燃焼温度は 1100°C 程度であった。これに対し、最新型のエンジンでは、それぞれ、33 程度、1300°C 程度といった値まで向上している。もちろん現在も、さらなる燃焼効率の向上を目指しつつ NOx の発生量を抑えるための技術開発が精力的に続けられている。

IPCC が公表した上述の特別報告書「Aviation and the Global Atmosphere」では、航空機から排出された NOx は、1992 年現在で、北半球中緯度帯の「対流圏オゾン」を 0.4% 程度増加させたとしている。

なお、この報告書では、2015 年と 2050 年の時点で、航空機エンジンから排出される各種の化学物質が温室効果やオゾンに与える影響を、超音速旅客機が就航したケースとそうでないケースのそれぞれについての評価がなされている。

ただし、当然のことながら、これらの見積りには非常に多くの前提条件が必要であり、全部で約 350 ページにも及ぶこの報告書の内容の大部分は、これらの前提条件を記載するためのものであったと言っても過言ではない。したがって、その結論だけをここに紹介すると、そういった前提条件を抜きにした数字だけが独り歩きする危険性もあるため、ここではあえて紹介はしないが、興味のある方は、是非一読されることをお勧めしたい。

終わりにあたって

いま問題となっている地球温暖化は、人間活動による影響よりもはるかに大きな影響を持った「地質学的な長い時間スケールで起こり得る地球寒冷化のサイクル」にたまたま飲み込まれて、結果的には、実はそれほど心配することはなかった、ということになるかも



しれない。しかし、そのような僥倖はなく、本当に温暖化に向かうのかもしれない。

かりに温暖化に向っているとした場合、温暖化のメカニズムが完全に解明されるまで効果的な対策が採られず、気が付いたときにはすでに手後れであった、という事態となることだけは何としても避けなければならない。

我々を含むすべての生物が今後とも生存し続けられるようにするために、いまのライフスタイルを変える必要があるのか、あるとすればどのように変えれば良いのか、そういった予測を行なうために必要な知見のレベルに比べて、現在の我々が持ち合わせている自然の理解はあまりにも稚拙である。にもかかわらず、人々は研究者に対して、将来の気候変動を速やかにかつ正確に見積るよう求めている。まさに、「リハーサルも終わっていない俳優が初日の舞台上で演技しなければならない」、そのような比喩が使われるゆえんである。

何度か触れてきたとおり、気候変動を正確に予測するためには、厳密な気候モデルを作成するとともに、それを計算する能力を持ったスーパーコンピュータを準備する必要がある。もちろん、この種の気候モデルを完成させるためには、地球の全域にわたる観測網を構築することがその大前提であり、したがって、観測衛星、観測船、観測ブイ、潜水艇、観測気球、観測機など、あらゆる形態の観測用プラットフォームをネットした立体的・総合的な観測網を構築することが急務である。

なぜなら、我々には、将来の気候変動の原因となり得る基本的なメカニズムが、まだまだ分かっていないのである。なかでも、いまだに不明な点が多い大気中の「化学プロセス」と「物理プロセス」の解明に航空機観測が果たす役割は大きく、特に、物理プロセスの解明には、エアラインの寄与がますます重要になってくるものと思われる。そのような観点から、エアラインの協力のもとに実施さ

れる大気観測が、今後、世界中に広がっていくことを期待したい。

最後になるが、複雑なこの分野の説明をできるだけ分かりやすくするために、表現をかなり簡略化してあることをご了解願いたい。たとえば、温暖化が進むと海水などの蒸発量が増える結果、「雲の生成量」が多くなるが、その一部は太陽光を反射して「温暖化を阻止する方向」に作用すると考えられるし、一部は、水蒸気の温室効果によって「温暖化をさらに加速させる」方向に作用すると考えられる。また、エアロゾルは、オゾンの生成・消滅に直接的な影響を与えるほか、温室効果にもかなりの影響を与えるものと考えられている。

しかし、このような事象をすべて網羅しようとすれば、全体像が霞んでしまうことになりかねないため、本稿では細かいことは省き、本質の理解に迫れるような表現を採った。したがって、厳密に言えば正しくない表現も多々あるかと思うが、その点はご了承願いたい。

#### 注：ハロカーボン類について

フロンとハロンを総称してハロカーボン類と呼んでいる。フロンは、メタン ( $\text{CH}_4$ ) やエタン ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) を構成している水素のすべてまたは一部を、塩素やフッ素で置換した化合物であり、ハロンは臭素が含まれている化合物である。いずれも、塩素、フッ素あるいは臭素といったハロゲン元素を含むため、まとめてハロカーボン類と呼ばれる。

フロンには、CFC (クロロ・フルオロ・カーボン)、HCFC (ハイドロ・クロロ・フルオロ・カーボン)、および HFC (ハイドロ・フルオロ・カーボン) があるが、これらは冷蔵庫やエアコンの冷媒用に大量に使用されており馴染みの物質である。

CFC は、図のように、炭化水素 (この例ではメタン) の中の水素をすべて、塩素およ

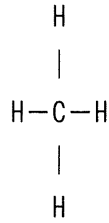


図-23 メタンの分子構造

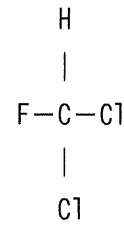


図-25 HCFC-21 の分子構造

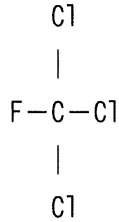


図-24 CFC-11 の分子構造

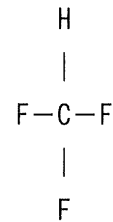


図-26 HFC-23 の分子構造

表-4 各種ハロカーボン類のオゾン破壊係数

オゾン破壊係数 (抜粋)

付属書	グループ	名称	化学式	ODP
A	I	CFC-11	$\text{CFCl}_3$	1.0
		CFC-12	$\text{CF}_2\text{Cl}_2$	1.0
		CFC-113	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	0.8
		CFC-114	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$	1.0
		CFC-115	$\text{C}_2\text{F}_5\text{Cl}$	0.6
	II	haron-1211	$\text{CF}_2\text{BrCl}$	3.0
haron-1301		$\text{CF}_3\text{Br}$	10.0	
haron-2402		$\text{C}_2\text{F}_4\text{Br}_2$	6.0	
B	I	CFC-13	$\text{CF}_2\text{Cl}$	1.0
		CFC-111	$\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$	1.0
		CFC-112	$\text{C}_2\text{F}_4\text{Cl}_2$	1.0
		CFC-211	$\text{C}_3\text{F}_3\text{Cl}_3$	1.0
		CFC-212	$\text{C}_3\text{F}_4\text{Cl}_2$	1.0
		CFC-213	$\text{C}_3\text{F}_5\text{Cl}$	1.0
		CFC-214	$\text{C}_3\text{F}_6\text{Cl}_2$	1.0
		CFC-215	$\text{C}_3\text{F}_7\text{Cl}$	1.0
		CFC-216	$\text{C}_3\text{F}_8\text{Cl}_2$	1.0
	CFC-217	$\text{C}_3\text{F}_9\text{Cl}$	1.0	
	II	四塩化炭素	$\text{CCl}_4$	1.1
III	1・1・1 トリクロロエタン	$\text{C}_2\text{H}_3\text{Cl}_3$	0.10.1	
C	I	HCFC-123	$\text{C}_2\text{HF}_2\text{Cl}_2$	0.02~0.06
		HCFC-124	$\text{C}_2\text{HF}_3\text{Cl}$	0.02~0.04
		HCFC-141b	$\text{C}_2\text{H}_3\text{FCl}_2$	0.11
		HCFC-142b	$\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_2\text{Cl}$	0.065
	II	HBFC-22B1	$\text{CHF}_2\text{Br}$	0.74
E	I	臭化メチル	$\text{CH}_3\text{Br}$	0.7

注1：付属書 A および B に示されている物質はすべて記載した。

付属書 C および E の物質は多数であり代表例にとどめた。

注2：異性体が多い場合には、ODP を範囲で示した。

注3：HFC 類は、ODP がゼロであるため、ここには記載していない。

出典：モントリオール議定書

びフッ素によって置き換えたものである。(図-23, 図-24)

CFCには、炭素、塩素、フッ素の組み合わせによってたくさんの種類があるが、図には、その一例としてCFC-11の分子構造を示してある。CFCは、化学的な安定度が高く、また無害であり、その上に、その沸点が、冷媒として使用するにあたって極めて都合な範囲内にあるため、冷蔵庫やエアコンなどに多用されてきた。

しかし、CFCは、その化学的な安定度が高いため、いったん放出されたCFCは、対流圏では分解されず成層圏まで上昇する。そして、紫外線が強くなる成層圏まで上昇すると、CFCは、光解離によって分解され、大気中に塩素を放出し、その塩素がClO(一酸化塩素)とともに成層圏のオゾン破壊する。

こういったCFCの欠点を改善するためには、化学的な安定度を低下させてやれば良い。そうすれば、その物質は、対流圏の中で分解してしまい、成層圏まで到達しないからである。そのために、CFCに含まれている塩素あるいはフッ素の一部を、水素で置き換えることが考えられた。これが、HCFCである。図は、その一例としてHCFC-21の分子構造を示したものである。HCFCには、塩素も含まれているが、水素が入っているため対流圏で分解されやすく、成層圏のオゾン破壊する能力はCFCよりも小さいとされている。

この考え方をさらに進めたものが、HFC(ハイドロ・フルオロ・カーボン)であり、図は、その一例としてHFC-23の分子構造を示したものである。このように、HFCでは、塩素のすべてが水素で置き換えられているため、オゾン破壊することはない。(図-25, 図-26)

ちなみに、我が国では、CFC, HCFC, HFCのことをすべてフロンという名称で呼

んでいるが、この名称は海外では使用されないもので注意が必要である。

なお、ハロカーボン類がオゾン破壊する能力を指数化したものを、オゾン破壊係数(ODP: Ozone Depletion Potential)と呼んでいる。これは、CFC-11が持つオゾン破壊能力を1として、他のハロカーボン類によるオゾン破壊能力を比較したものである。CFCのODPが大きいことはもちろんであるが、ハロンのODPも極めて大きいことに注目されたい。(表-4)

## 文 献

- 1) 田中正之: 温暖化する地球, 読売科学選書 23, 読売新聞社
- 2) 川平孝治・牧野行雄: オゾン消失, 読売科学選書 21, 読売新聞社
- 3) 島崎達夫: 成層圏オゾン, 東京大学出版会
- 4) 野崎義行: 地球温暖化と海, 東京大学出版会
- 5) 蒲生俊敬: 海洋の科学, 日本放送出版協会
- 6) 地球環境サイエンスシリーズ①~⑫, 三共出版
- 7) ポール・J・クルツツェン他著, 松野太郎監修: 気候変動, 日経サイエンス
- 8) J. アンドリュース他著, 渡辺正訳: 地球環境化学入門, シュプリンガー・フェアラーク東京
- 9) 松枝秀和: 定期航空機を用いた上部対流圏における微量気体分布の観測研究, 天気, 日本気象学会, 47巻 11号, P 767~775
- 10) 松枝秀和・末永民樹: 地球温暖化と航空, 航空技術 2000年4月号, 5月号, (社)日本航空技術協会
- 11) 日航財団: 定期航空機による上層大気中の温室効果気体の観測プロジェクト報告書, 2000年9月
- 12) 定期航空機を用いた大気観測研究会事務局: 定期航空機を用いた大気観測研究会報告書, 2000年5月

日航財団/日本航空/気象研究所による大気観測のURL

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

追記:

IPCC第3次報告書は現在、その発行に向けて最終調整中である。これによれば、2100年時点での平均地表気温の上昇は1.4~5.8°Cであると見積られている。つまり、IPCC第2次報告書(本稿の図-13)よりもかなり高めの値に変更されている。一方、平均海面水位の上昇については9~88cmであると見積られており、IPCC第2次報告書での見積りとほぼ同程度である。

## 空港周辺における低周波音問題のこれから\*

時 田 保 夫\*\*

### 1. はじめに

環境省が新しい年度の重点項目として、低周波音の課題の調査研究にもう一度取り組むという姿勢を示したことから、このテーマはNHKをはじめ民放の番組にもしばしば登場するようになり、新聞でもこの問題が取り上げられて来ている。騒音と違い、低周波音という今まであまり聞かなかった語句であるために、分からないもの、不思議なものという取り上げ方が多く、その結果、一般の方々にはいささか間違った恐怖心の輪を醸成している節もあり、まともにこのテーマに取り組んで来たものとしては、これまでに得られている総合的な知見の披露をして、これからの課題はという点に問題を絞り込んで説明をしておく必要があると思う。ここでは、これまでの低周波音に関する調査研究の経過を説明しながら、航空関係、特に空港環境では如何なるものかを私見で展望してみる。この30年の流れの概要を理解してもらえれば幸いである。

### 2. 空港周辺での低周波音問題

空港の周辺では航空機騒音が生活環境における大きな問題であって、その環境への対策のために行政としては種々の施策をしてきて

いる。航空機騒音の暴露量を基準とする地域指定とこれに関連する行政的な措置が取られ、更に一定の騒音値以下の航空機でなければ就航が出来ないような騒音証明の制度を適用した。騒音源である航空機メーカーには発生騒音の小さな航空機の開発が求められ、また空港当局は行政と連携して空港の運用に当たって飛行の時間制限や、騒音低減のための滑走路の使い方、飛行方式の採用、周辺への騒音伝搬低減の方策としての防音堤や防音林の設置、さらには個別の住環境の保全のための防音工事など、きめ細かい対策を施してきているのは周知の通りである。この極限の対策として海上空港を造り上げたのが関空であるが、狭い国土の日本でどの空港もこのような立地条件で問題が解決できるわけでもない。関係者がいろいろと苦慮しているのが現状である。それにしても行政の努力と技術の進歩でジェット機導入時のような強烈な騒音暴露量を大きく減少させることが出来たのであるが、この間における住民の環境問題に対する意識の変化は、さらなる厳しい騒音低減の要求にも繋がり、対応が難しい新たな問題も出てくるという状況になっている。

今まで空港の環境で低周波音に関連する問題があったものとしては、①夜間のエンジンテスト音：上空に温度の逆転層がある夏場の夜中にエンジンテストの音が、遠くから低音が優った唸りのような感じの音として聞こえてきて安眠できないというものや、その音と連動して戸障子や建具が振動してがたつき音

\* Low frequency noise problem around the airport, by Yasuo Tokita (Director General, Aviation Environment Research Center)

\*\* (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 所長

が出るというものである。時には音が聞こえないのに窓だけが揺れるというので非常に気持ちが悪くという例もある。②着陸時のリバース音の長距離伝搬：逆噴射による低音成分の優勢な騒音が数 km 離れたところまで伝搬して、昼間の離着陸が多い時間帯や、他の騒音が大きくなった時間帯ではなく、早朝のような温度の逆転層が考えられる時間帯で問題になる。③ヘリコプターのばたばたと聞こえるブレードスラップ音：空港周辺と限らないがヘリコプターの特徴的な低音が優先する騒音が腹に響くと問題にされる。

低音領域が優先する騒音は騒音計で計測される dB(A) 値で評価した数値とは異なるということが言われて低周波音問題が注目されるようになった。エンジンテスト騒音の環境への影響を低減するために防音塀や防音堤も使われたが、機体が大型化してエンジンの位置が高くなると、塀は音源に対して遮音の効果が減少する。すでに開発が海外で行われていた直接音源のところで騒音を減少させるキセル型の消音設備が自衛隊機のノイズサプレッサーとして登場した。

民間機のエンジンテスト用としては、成田にある JAL のノイズサプレッサーが有名である。最初この設備で運転した時は、エンジンの排気からダクトへの気流の流れが乱れて大きな低周波音が発生し、騒音レベルは減っても戸障子のがたつきが生じ、これが無視できないことになった。この対策として補助ダクトを採用してこの問題は解決することが出来た。現在この設備の使用には風向が制限されるために、全天候で使えるハッシュハウス型の新消音施設が計画され設備された。この設備でエンジンテストの騒音も低周波音も問題解決となると期待されている。

低周波音問題は単なるがたつきや数値の問題ではなく、暴露量に対する非常に幅の広いレスポンスを示す人間が相手のために評価が難しくなっている。従って苦情が上がってき

たときに、問題の把握にも低周波音についての知識を持たない初心者が対応をするか、熟練者が全体を知って対応をするかによって、現場での取り組みが全く違ったものになってしまうことがあるのは否めない。

### 3. 低周波音とは

低周波音という用語の定義は確定していない。環境庁は当初公害問題として低周波空気振動という用語を用いたが、最近は低周波音に統一している。低周波空気振動は環境庁が作った用語で、必ずしも超低周波音と言われる人間には聞こえない周波数領域だけのものではないということから考えられたものである。英語で Infrasound と言うときは可聴音領域以下の 20 Hz より低い周波数の音波を言うが、低周波音に相当する音に関しては、Infra and low frequency sound と範囲を広げて表現している。

我が国では関連する苦情の実体を考慮して、およそ 100 Hz 以下の低周波数の可聴音と超低周波音を含む音波を低周波音と言う。周波数範囲は、環境省が今回各自治体に調査を依頼している低周波音測定のマニュアル<sup>52)</sup>では、1/3 オクターブバンド中心周波数で 1-80 Hz の音波としている。

### 4. 低周波音問題の歴史

環境における低周波音の問題が日本の中で持ち上がってきただけから、既に 30 年以上が経過している。最初の頃は、発生源が特定出来なかったのも、不可解な現象として原因の把握や、それに伴う計測、さらには暴露された場合の評価の問題など、多くの課題を次々に採り上げながら調査と研究は進められてきた。従って最初の頃の問題提起に携わった人の認識と、現在いろいろな形で取り上げている人たちの低周波音問題の取り扱い方との間では、大分違いが出てきていると思われる。

海外においては、自然現象や労働環境にお

ける可聴音領域よりも低い周波数の音波の課題として超低周波音 (Infrasound) を研究調査の対象として研究は進められていて、昭和37年には文献<sup>2)</sup>で我々も研究課題として認識するまでになっていた。日本では丁度昭和40年前後の産業復興最優先政策に伴う歪が顕現化して来た頃で、環境保全や公害規制が検討されるようになった時期である。

昭和40年代のはじめから、特定の工場の周辺で、騒音苦情とは違って、建家の窓や戸障子の振動に関連する苦情として取りあげられるようになって来た。現象としては、騒音の規制値以下に対策をしても、戸や窓などの建具のガタつきが、離れたところにある大型エンジンや送風機、コンプレッサーの運転に同期して、比較的広い範囲で生ずるというものであった。その後、1970年代になると、堰やダムの放流時や高速道路の高架橋における大型車の通過時、新幹線トンネルの出入り口周辺などでも、同様の現象が問題として持ち上がり、環境問題の大きなターゲットとなった。

海外では主として作業環境における強烈な音波という観点から、日本では環境問題としての立場からの出発であったために、双方の取り扱いの考え方にギャップがあったのは否めない。低周波音の国際会議が開かれるようになって、現在は海外でも生活環境における課題として取り上げられて来ている。

## 5. 低周波音に関する苦情

環境庁の調査によると、低周波音に関する苦情の件数は騒音、振動に比べて遥かに少ないのであるが、この問題を国が取り上げた一因に、高速道路橋の傍らで苦情を訴えていた人の中から自殺者が出たという不幸な事件があげられる。

低周波音の発生機構とそれに関連する発生源とを例として示すと

1) 平板の振動によるもの：

大型の振動篩道路橋、溢水ダムの水流など

2) 気流の脈動、容積変動によるもの：

コンプレッサー、真空ポンプなど

3) 気体の非定常励振によるもの：

大型送風機、燃焼炉など

4) 空気の急な圧縮解放：

発破、トンネルへの列車の高速突入

など多くのものがあるが、高速道路を走る車の窓を少し開けると、ぼこぼこという強烈な圧迫感を感じたり、周辺が静寂な時に車のアイドリングの音が気になったり、ビルの中での空調の低音が気になったり、ヘリコプターのばたばたというブレードスラップ音が気になるというような多くの事例がある。

環境庁は昭和52年度から全国的に苦情実態の調査を開始し、工場、事業場、高速道路橋、新幹線のトンネル、発破作業など多くの資料を集めたが、一般環境の中の低周波音に関しても調査をすると、我々の生活している周辺でも、普段は気にもしないで生活をしていても、多くの低周波音発生現場があることが分かった。

苦情の内容としては、人体に関する苦情(心理的苦情、生理的苦情、睡眠影響など)と、建具等に関する苦情(物的苦情)とに大別される。生理的な影響に関しては作業環境におけるような強烈な低周波音の暴露がある場合には実験でも影響は現れるが、一般に生活している環境中の低周波音のレベルにおいては明確な生理的な影響を判断することは難しい。しばしば心理的な影響が蓄積されて長期間の間に生理的な影響に結びつくことも有ろうかと思われるが、長期間の暴露に関する影響の調査は困難を伴い、この辺の判断は極めて難しいのが実状である。

環境庁が昭和56～58年度に行った騒音、振動、低周波空気振動の生活環境に関する住民アンケート調査では、物的なガタツキに起因する苦情(物的苦情)が、直接的な心理

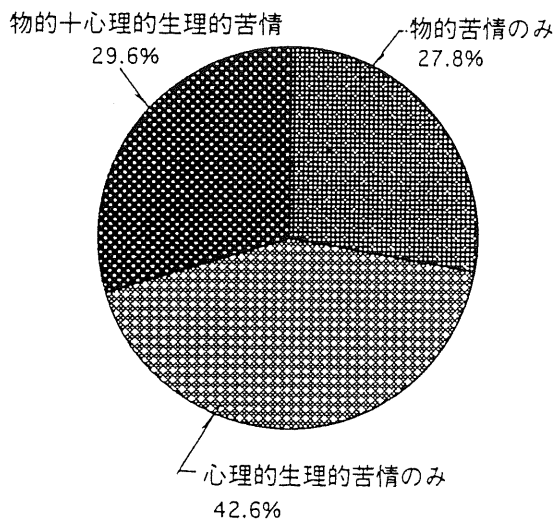


図-1 苦情の内容（環境庁調査結果）

的、生理的苦情を遙かに引き離していた。多くは「音もないのに窓や建具がガタガタする」というような被害感が多く、それに伴って「気持ちが悪い」、「体の調子が悪い」などの苦情が取り上げられた。最近の調査によると低周波音の苦情内容は図-1のようになって心理的生理的苦情が増えている。

やはり実態を調査してみると、冷静であれば何でもないと言う人も多くいて、大声で苦情を言う人たちの思惑にのってしまうと、なかなか厳正な判断が出来なくなるということを認識させられた。

## 6. 低周波音の評価

低周波音が何等かの形で生活環境や人間に影響を及ぼすことを知るのは、被害を受けていると思っている人からの訴えによるのが普通で、一般にはその現場の音の解析から、その音の特徴と訴えとを結びつけるものを引き出して、関係の一般性を確かめることから評価のあり方を見極めてゆく過程をとるものである。現在のように、世間で大きく取り上げられるようになる前は、工場とか、発電所などの大型ディーゼル機関や送風機などによって、比較的離れた場所の家屋の窓ガラスや建具が揺れたりガタついたりするという苦情か

ら始まった。調査の結果は、騒音計の計測値では評価のできない低い周波数成分の音波の発生が原因であることが分かり、事例収集などから、対策に必要な減衰量の見当をつけることができるようになった。従ってこのガタつき（物的被害と呼んでいる）については、分析したスペクトルレベルで評価することが可能となり、その後の調査研究の集積から、ほぼ実用上満足な評価と対策の方法が纏まったと考えてよい。

これに対し、生理的や心理的と判断される苦情は、非常に多岐にわたり、且つ、個人差が大きく、量（低周波音のレベル）と反応（生理、心理影響度）とを明確に結びつけることは極めて難しいのが実情である。

### ●心理的影響

事象を評価するとき、一般には人間の刺激に対するレスポンスを調査して、判断基準を考えるものであるが、低周波音の場合には一般に生活しているところでの低周波音の音圧レベルは大きなものではないので、生理的な影響に相当するものは得られず、殆どが感覚実験結果を基にした心理実験になってしまっている。従って心理的なことを判断の材料に考えるのが一番適当な評価方法になる。一般には低いレベルの低周波音は、意識して気にならなければ殆ど認識しない場合が多い。意識して認識するレベルとして感覚閾値は一つの判断基準と考えられる。

感覚閾値：感覚の閾値についてはヘッドセットを用いる実験方法と全身を進行波の音場や圧力場における感覚の閾値を決める実験で求めるが、それぞれの閾値の値には差がある。但し周波数に対してはほぼ似た傾向で閾値が出せる。低音側の減衰特性はほぼ12 dB/octの傾斜になっている。図-2が多くの研究者による実験結果である。

この結果からも分かるが、一般には10 Hzで95~100 dB程度の音圧レベルがなければ感知されないのが普通である。これよりも低

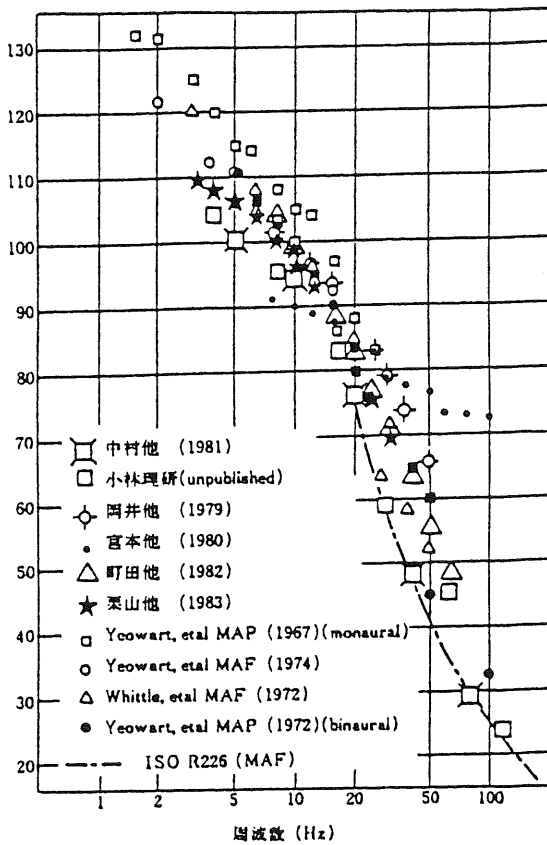


図-2 低周波音領域に於ける感覚，聴感の閾値<sup>43)</sup>

い周波数ではより大きな音圧レベルが必要で、高い周波数では耳で聞こえるようになるので急速に感度は良くなる。但し、この閾値は音波の存在が分かるということで、苦情と直接結びつくものではないし、感度の良い人と悪い人とでは 10 dB を越える差が出ることもある。

ラウドネス：音の場合は、大きさの感覚は一つの評価量であるが、音と感ずる領域でない周波数域の音波に対して、大きさというのは異様であるが、実験結果を図-3 に示す。この図でみられるように感覚に対するレベル差は周波数が低くなると縮まるが、ほぼ音領域の感覚の延長線上にあるということである。  
優先感覚：アノイアンスは、感覚評価の中でも各種の感覚が混ざり合った“わずらわしさ”とか、“いやらしさ”というようなものであるが、低周波領域の音を聞いて、我々がどのような感覚が優先するものであるかを実

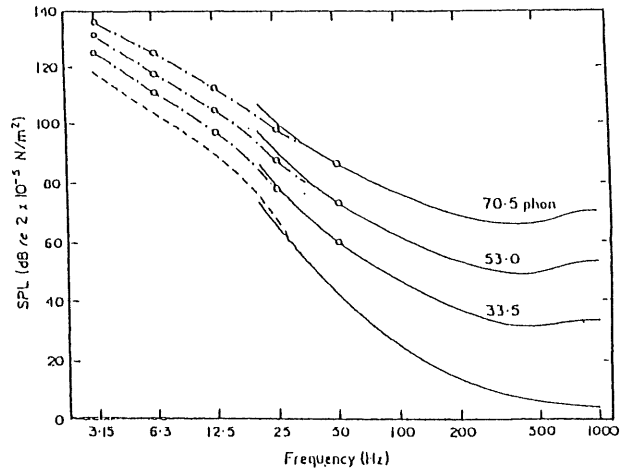


図-3 ラウドネスの等感曲線<sup>4)</sup>

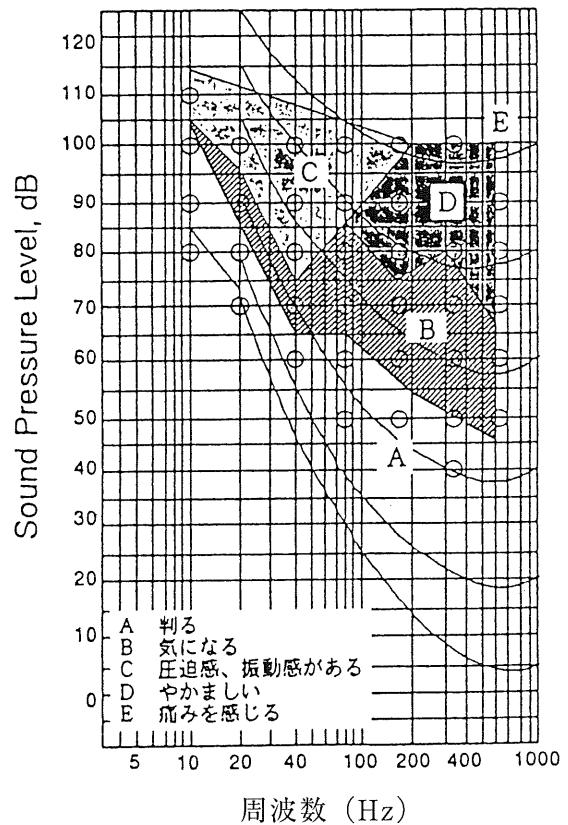


図-4 低周波域の優先感覚<sup>37)</sup>

験した。図-4で見られるように、ほぼ 20 Hz 以上では耳に聞こえる可聴音領域であるから、数百 Hz の領域では、音圧を上昇させてゆくと、判る、気になる、やかましい、痛みを感じるというように優先感覚は変化するが、低周波音領域では、判る、気になる、圧



迫感・振動感があるというように違った評価感覚が出てくるのが分かった。これは低周波音領域で特徴的な感覚で、結局低周波音領域の評価として、この圧迫感・振動感が大きなキーワードになっていると考えられた。

この結果は海外の研究ともマッチしている。この評価の曲線で計測した量の値と苦情との関係は未だに解明されていない。従って、低周波音の評価については、定量的な判断が出来る資料は現在のところでは未だ無い。判断資料としては、今までの現場での苦情事例のようなものとの対比で考えるより無かろうと思う。現在環境庁では評価の考え方をまとめようと作業を開始したところである。

●生理影響

低周波音の課題が取り上げられてから、我が国では環境庁が中心になって実態調査、対策手法、生理影響、心理影響、などの研究が多く行われた。その成果の中で生理影響に関しては、実験設備の不備であった初期の実験よりも曝露実験室が完備した後期の実験の方が信頼度が高く、その結果によると一般環境

中に存在するレベルの低周波音の短時間曝露の範囲では、人体に及ぼす生理的影響を証明しうるデータは得られなかったのである<sup>43)</sup>。

無意識下の影響として、振動の場合と同じような睡眠実験を行ったが、一般環境中で得られるレベルの曝露では睡眠に影響は現れなかったが、これより高いレベル（たとえば10 Hz 100 dB）の曝露では浅い睡眠の状態に影響が現れるという結果が得られた<sup>40)</sup>。現在のところ、この実験以外には睡眠に関する文献は見ることが出来ない。

●物的影響

しばしば低周波音で苦情が出るのが「建具のがたつき」による被害である。原因が可聴音領域以下の周波数の場合は、聞こえることが無くて窓、戸、障子のゆれなどが観測され、また大きな変位になると、枠への衝突でがたつきの衝突音が聞こえるようになって苦情となる。現場で調査した結果ばかりでなく、条件を設定して行った実験から、一応「建具のがたつきの始まる音圧レベル」が示されている。

この図（図-5）から、しばしば実線の値を

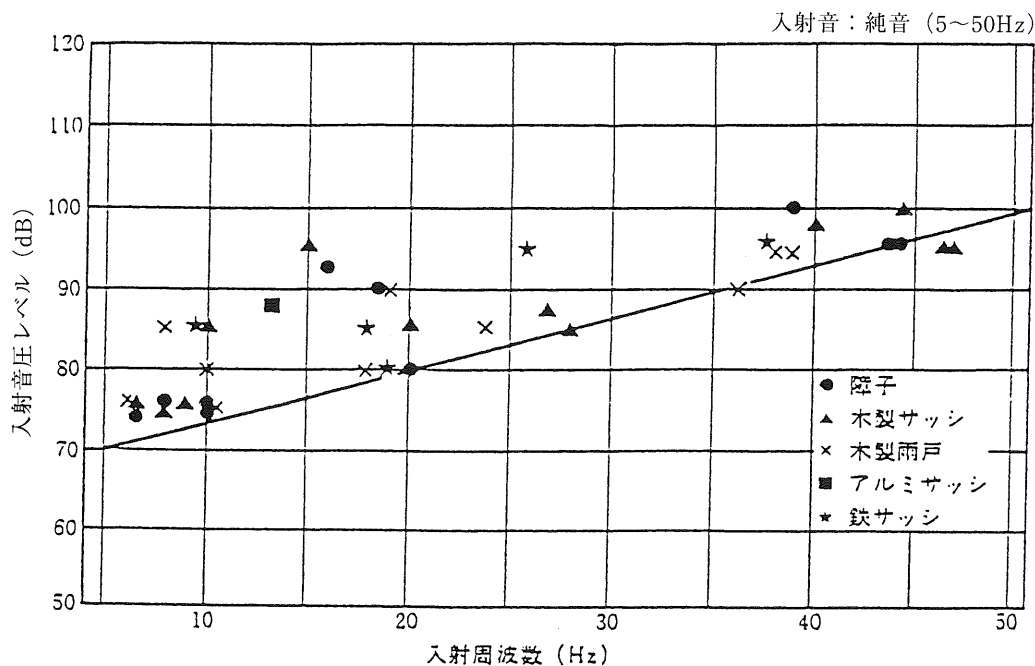


図-5 がたつきの始まるレベル<sup>32)</sup>

「がたつきの閾値」と称して、この値を超える音圧レベルでは、建具はがたつくと判断をする人もいるが、この実験ではこの線よりも下のレベルでは、がたつかなかったということである。現在は、がたつかない窓、サッシが出ているので、建具の種類、設定状態などでこの値は変化をする。建具構造で大きな音圧レベルでも、何もがたつかない場合もあるということを確認しておく必要がある。10 Hz で 70 dB というのが一つの目安である。

## 7. 国際的な流れ

1980年に初めて Infrasonic frequency の音の評価を、人間を対象にして考える特性曲線が提案された。騒音が A 特性の周波数補正特性をかけた dB 値で示されるのと同様な考え方で、特性が提案された。この ISO 提案では 2~20 Hz という範囲の評価と限定し、提案されているものは 20 Hz をピークとする急峻なフィルタ特性のようなもので、2種類の特性が考えられていた。その後 1995年にやっと ISO 7196 Acoustics-Frequency weighting characteristic for infrasound measurement が  $-12$  dB/oct の傾斜を持つ特性の G 特性として決まった。(図-6)

我が国からは、時田らが出した LSL 特性が提案されたが、これは可聴音も含んだものである。低域の特性は、 $-12$  dB/oct の閾値特性に合わせたもので G 特性と同じである。これはあくまでも 20 Hz 以下の超低周波音領域の評価曲線として出ていて、人間が知覚することによる苦情に対応させるものである。評価の基準値を何 dB にするかは決められていないが、ISO では 100 dB を一つの基準と考えている。但し、研究者の中には個人差を考慮して 85 dB 以下が妥当と考えているグループもある。我が国ではまだこの基準値についての判断が出来ていないが、環境庁がこれから本腰を入れてやろうとしている課題である。

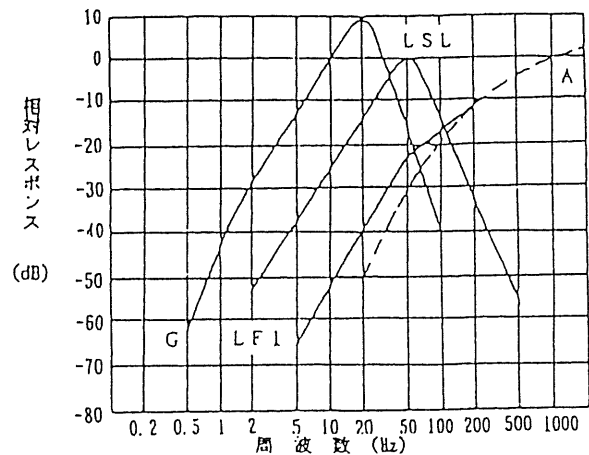


図-6 G 特性 (ISO 7196-1995), と LSL 曲線<sup>46)</sup>

作業職場での規制基準値は確定したものはないが、ポーランドでは 50 Hz 以下の低周波音に対して、4~16 Hz の範囲で 85 dB 以下、31.5 Hz で 80 dB 以下と決められていて、スウェーデンでは推奨基準のような形で 2~20 Hz で、最小可聴値の 5~10 dB 上の値を示している。

これに対して住宅内の苦情に対する推薦基準については各国まちまちであるが、スウェーデンやドイツでは最小可聴値より少し上の値というような提案がなされている。これについては私見としては異論がある。人間は無音の世界で生活しているものではないので、音と共存できなければ生活が無味乾燥になってしまうというくらいことは認識してしかるべきものと考えられるので、この値の設定は全く現場を知らない人たちが決めたものではないかと考えさせられる所である。

そもそも苦情というのは、その人のおかれた状態、すなわち健康状態や生活における不満不平のような精神状態が全部判断に影響してしまうことなので、どのように基準を決めるかは本当に難しい。客観的な判断が出来る事例と知見の集積がどうしても必要になってくる。この場合、統一された計測方法で資料をまとめると言うことが必要で、今回我が国ではこれが実行されつつある。世界の趨勢

は、必ずしも科学的な知見だけでは動いていないという感じがするが、この結果を踏まえて行政は、早急に一応の判断基準を勇断を持って決めなければならない所であろう。

## 8. これからは

現在、低周波音として環境問題で持ち上がっていて学問的研究の興味の対象にあるのは、①長時間暴露による人間への影響はどうか、対象とする被験者の幅も広げる必要があるだろう。②変動をする低周波音を評価できる評価指標は何か、特に衝撃的な低周波音、例えば発破、砲撃音、ソニックブームなど。③対策の難しい戸外の大型発生源対策などであろうが、さらに、苦情の現場で対応するためには、じっくり話を聞いてあげる専門家のカウンセリングを考える必要があるだろう。これは技術屋ばかりではなく、病理や心理的な知見を備えた低周波音問題に関しての人材育成ということで考えなければならない問題ではなかろうか。

空港の環境では、最近の発表を見ても、航空機騒音の上空通過音と滑走路のサイドラインで聞こえるがたつき音の混じった音とでは感じ方が違うというアノイアンスに関する発表<sup>20)</sup>、航空機騒音の低音域の対策に能動制御技術の可能性を示す発表<sup>24)</sup>などもあり、空港の周辺環境における騒音の問題は、低周波音を加えて新たな研究の取り組みが期待されるようなことになるのではないかと考えられる。

## 文 献

- 1) ISO Recommendation R 226-1961. "Normal equal loudness contours for pure tones and normal threshold of hearing under free field listening condition" (1961)
- 2) Cook. R. K. : "Strange sound in the atmosphere" Sound 1, 2, P 12-25, (1962)
- 3) Yeowart. N. S, Bryan. M. E and Tempest. W. "The normal M. A. P. threshold of hearing at frequencies from 1.5 to 100 c/s" J. Sound Vib 6, 335-342, (1967)
- 4) Whittle. L. S. Collins S. J. and Robinson. D. W. "The audibility of low frequency sounds" J. Sound Vib. 21, 431-448 (1972)
- 5) Colloque International sur les INFRA-SONS (1973.9)
- 6) Yeowart. N. S. and Evans. M. J, "The audibility for very low frequency pure tones" J. Acoust. Soc. Am. 55, 814-818 (1974)
- 7) Tempest ed; Infrasound and Low Frequency Vibration (1976) Academic Press
- 8) Broner. N. "The effect of low frequency noise on people-A review" J. Sound and vib., 58(4). P. 483-500 (1978)
- 9) Brüel. P. V. : "Infrasound measurements" INTER NOISE '73 Proc. 598-602 (1973) "Units for infrasound and ultrasound in factories" NTER NOISE '79 Proc. P. 849-853 (1979)
- 10) Proceeding of Low Frequency Noise and Hearing Conference. (1980.5)
- 11) Okai O : Proceeding of Low Frequency Noise & Hearing (1980)
- 12) ISO/DP 7196 : Method of Describing Infrasound with respect to its effect on humans. (1980.6)
- 13) Tokita Y & Nakamura S : Proceedings of INTER NOISE" 81 (1981.10)
- 14) Takeda S ; J. Low freq. noise & vib. 1, 4 (1982).
- 15) Møller. H. "Construction of a test chamber for human infrasound exposure" J. Low Freq. Noise & Vib. 1(3) 123-124 (1982)
- 16) Nakamura S & Tokita Y : Proceedings of INTER NOISE "83 (1983)
- 17) Møller. H and Andresen. L, "Loudness of pure tones at low and infrasonic frequencies," J. Low Freq. Noise & Vib. 3(2) (1984)
- 18) Andresen. L and Møller. H : Equal annoyance contours for infrasonic frequencies. J. Low Freq. Noise & Vib. 3(3) 1-9 (1984)
- 19) Ochiai. H, Tokita. Y, Yamada. S : Study on evaluation method of infra and low frequency noise, Proceeding INTER NOISE '99 P.1153 (1999.12)
- 20) Fidell. S, Silvati. L, Pearsons. Kstephens L, Hows R : Field study of the annoyance of low frequency runway sideline noise, J ASA 106(3) 1408-1415
- 21) Fidell. S : Developing a criterion for the annoyance of low frequency aircraft noise Proceeding INTER NOISE '2000 P. 601 (2000.8)
- 22) Silvati. S, Fidell. S, Pearsons. K, Howe. R, Sneddon. M : Studies of the annoyance of low frequency aircraft noise at two civil airports : INTER NOISE '2000 P. 607 (2000.8)

- 23) Pearsons. K, Fidell. S, Silvati. L, Sneddon. M: Laboratory study of the annoyance of aircraft-induced secondary emissions: INTER NOISE '2000 P. 611 (2000.8)
- 24) Hobbs. C, Karantonis. K, Sharp. B,: Active reduction of airport noise: INTER NOISE '2000 P. 1917 (2000.8)
- 25) 時田保夫, 清水和男: 音響学会講演論文集 (昭44, 10月)
- 26) 時田保夫, “超低周波音の測定器” 音響技術 Vol 4, P. 17-23 (1975)
- 27) 清水和男, 時田保夫: 低周波音公害の実態, 音響技術 6 (1978)
- 28) 時田保夫. 清水和男: “低周波音評価に関する一考察” 騒音制御工学会技術発表会講演論文集. 131-134 (1978.11)
- 29) 中村俊一, 時田保夫. 織田厚 “低周波音に対する感覚と評価に関する基礎研究” 昭和55年度文部省科学研究費「環境科学」特別研究 (1979)
- 30) 時田保夫. “低周波音公害問題をめぐって” 音響学会誌 35, 395-401 (1979)
- 31) 岡井治. 齊藤正男. 西脇仁一. 森 卓支, “低周波音による一時間の生体反応” 騒音制御工学会講演論文集, 225-227 (1979.9)
- 32) 落合博明, 小見茂光, 山下充康, “低周波空気振動の家屋等へ及ぼす影響” 騒音制御 4, 201-204 (1980.8)
- 33) 時田保夫, 山田伸志: 日本音響学会誌, Vol. 36 No. 9 (1980.9).
- 34) 時田保夫, 中村俊一: 日本音響学会講演論文集 (1980.10)
- 35) 末岡伸一: 音響学会誌講演論文集 (1980.10)
- 36) 宮本俊二, 末岡伸一, “超低周波音及び低周波音に関する感覚反応実験について” 音響学会講演論文集, 183-184 (1980.10)
- 37) 時田保夫, 中村俊一: 昭和55年度科研費「環境科学」特別研究報告書 (1981.3)
- 38) 栗山洋四, 犬飼幸男, 篠原正美, 官埜寿夫, 永村寧一, 八木昭宏, 田方田重昭, 卜部 啓. “低周波空気振動の心理-生理的計測に関する研究” 昭和55年度環境保全研究成果集. 環境庁, 87 (1981) 昭和57年度環境保全研究成果集, 環境庁 85-1-16 (1983)
- 39) 宮本俊二. 青木一郎, “低周波空気振動に関する感覚実験 (第3報), 東京都公害研究所年報 (1982)
- 40) 山崎和秀. 時田保夫, “低周波領域音波の睡眠に対する影響” 音響学会講演論文集 423-424 (1982.10)
- 41) 町田情夫, 吉田義之, “低周波音異数による人体への影響” 音響学会講演論文集 425-426 (1982.10)
- 42) 山本剛夫, 長田泰公編: 騒音の影響文献抄録 (1980.1) ナカニシ出版
- 43) 環境庁大気保全局, 低周波空気振動実態調査報告書——低周波空気振動の実態と影響——7 (1984.12)
- 44) 犬飼幸男, 多屋秀人, 永村寧一, 栗山洋四, “低周波音の心理的影響の評価法について” 音響学会講演論文集. 379-380 (1985.3)
- 45) 時田保夫, 山下充康, 織田厚, 清水和男, “低周波音の評価と周波数加重特性,” 音響学会講演論文集, 461-462 (1985.9)
- 46) 犬飼幸男: 低周波音の閾値, ラウドネス, アノイアンスについて, 日本騒音制御工学会技術レポート No. 6, 2-17 (1986)
- 47) 山田伸志: 低周波音問題の現状と将来, 日本音響学会誌, 43(3) 189-193 (1987)
- 48) 辻井洋一, 奥田孝史, 金城巖, 厚井弘志, 松井千明, 佐古望央, 松井利仁, 高木興一: 航空機の逆推力装置から発生する低周波音の遠距離伝搬, 日本音響学会騒音振動研究会資料 N-93-51 (1993.7)
- 49) 犬飼幸男, 多屋秀人: 低周波音の心理的影響の計測・評価について, 日本音響学会騒音振動研究会資料 N-93-52 (1993.9)
- 50) 落合博明: 低周波音の評価, 騒音制御 17, No. 6, 285-288 (1993)
- 51) 落合博明, 山崎邦彦, 高橋尚人: “低周波音の苦情の現状” 日本騒音制御工学会第4回騒音振動研究発表会論文集 (1998.3)
- 52) 環境庁大気保全局: 低周波音の測定方法に関するマニュアル (2000.10)
- 53) 日本音響学会編 “騒音振動(下)” コロナ社 (1982)
- 54) 日本騒音制御工学会技術部会低周波音分科会編 “発破による音と振動” 山海堂 (1996)
- 55) “特集—低周波音” 騒音制御 Vol. 23, No. 5 (1999.10)

## 研究報告

## 航空機騒音の予測をめぐる ICAO の動向と 予測精度向上の検討\*

吉 岡 序\*\*\*

### 1. ま え が き

1973年に環境庁が「航空機騒音に係る環境基準」<sup>1,2)</sup>を告示して以来およそ25年経過した。この間積極的に発生源対策や周辺対策が進められた結果、空港周辺における航空機騒音の暴露およびその影響は大幅に軽減されている。その環境対策の基礎となる航空機騒音の評価を行う上で、航空機騒音の予測計算が大きな役割を果たしてきた。ここではICAO/CAEP（国際民間航空機関航空環境保全委員会）における航空機騒音予測についての最近の動向を紹介し、次いでそれに関連し運輸省航空局が使用する航空機騒音予測モデル（JCABモデル）の予測精度向上に関する最近の検討結果について述べる。

### 2. ICAOにおける航空機騒音の予測手法をめぐる最近の動向

ICAO/CAEPにおける航空機騒音の予測計算手法のガイドラインであるCircular 205<sup>3)</sup>の見直しが加盟国および航空機製造会社からなる作業部会の手で進められており、仮想混成空港を対象に各国の予測モデルを用いて同一条件で計算し結果を比較検討し

てCircular 205の改定をどう行うかが議論されることになっている<sup>3,4)</sup>。見直しの作業は三段階に分けて進められている。まず、①各国の航空機騒音予測モデルに関する情報を収集する（Phase 1）。次に、②予測計算の対象として多数の空港の運航状況を混成したHybrid Airport Model（仮想混成空港モデル）を作り、実際に各国が使用している予測モデルによって予測計算を実行する（Phase 2）。最後に、③予測計算結果と実測値の整合性について検討し、Circular 205の改定に進むかどうかを検討する（Phase 3）。すでにPhase 1、及びPhase 2のHybrid Airport Modelの構築は完了し、現在は騒音予測計算とその比較検討作業が行われつつある。

Hybrid Airport Modelについての予測計算では、まず、機種、便数、飛行経路だけが指定され、参加各国が自国の予測モデルにより $L_{Aeq}$ コンターを作成した。その結果、コンター形状に顕著な差異があり、55 dBのコンター面積では最小と最大の間に約3.5倍もの違いのあることが分かった。その原因については各国の予測モデルが使用する離陸重量、エンジン推力等の運航条件設定や基礎データ、側方過剰減衰の計算方式の相違によるものであることが判明している。

当初の予定ではその次の作業としてPhase 3に進むはずであったが、各国間の相違があまりにも大きいことから、Phase 2の続きとして、機種を限定して離陸重量、エンジン推力等の運航条件設定を揃え、同一の基礎デー

\* Recent trends about aircraft noise prediction and factors affecting the accuracy of noise prediction, 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

タを使い、側方過剰減衰を考慮せずに  $L_{AE}$  フットプリントの予測計算が行われることになった。さすがにこの計算条件では、各国の計算結果に  $L_{Aeq}$  コンターの場合ほど大きな相違はなかったが、それでも差異が見られた。予測モデルの計算手法として、時々刻々の航空機の位置に応じて瞬時の騒音レベルを求め、全時間にわたって積分して  $L_{AE}$  を算出するシミュレーションモデルと、飛行経路を適切なセグメントに区切ってセグメントごとに騒音エネルギーを加算して  $L_{AE}$  を算出するセグメントモデル、および単に経験式により  $L_{Amax}$  から  $L_{AE}$  を求めるモデルの三通りがあり、 $L_{AE}$  を算出する際の時間またはフライトトラックのセグメンテーションに違いがあり、それに伴い継続時間補正が異なるため、差異が生じることが確認された。

このことより、予測計算の結果に大きな影響を及ぼす予測モデル上の要因は何よりもまず基礎データと計算手法であり、次に側方過剰減衰の見積もり方が挙げられるであろうということで作業部会の意見が一致した。今後、もう一度条件を変えて  $L_{AE}$  フットプリントを計算した上で、Phase 3に進むことになっている。

### 3. 予測精度の向上に関する検討

JCAB モデルは、INM<sup>6)</sup> の前身である米国連邦航空局の旧予測モデルを参考に1978年に開発されて以来、幾度かにわたり予測精度の向上を目指してプログラムおよび基礎データの改修が行われてきた。ここでは新機種の導入に伴って空港周辺で実測調査を行い、基礎データの妥当性を検証した事例を紹介する。通常、新機種が導入されると、航空会社から情報提供を受けて予測モデルで使用する高度プロファイルや騒音の基礎データを整備する。しかし、提供された情報がそのまま実際の運航とうまく合致するとは限らない。そこで実際に使用する前に必ず検証試験を行

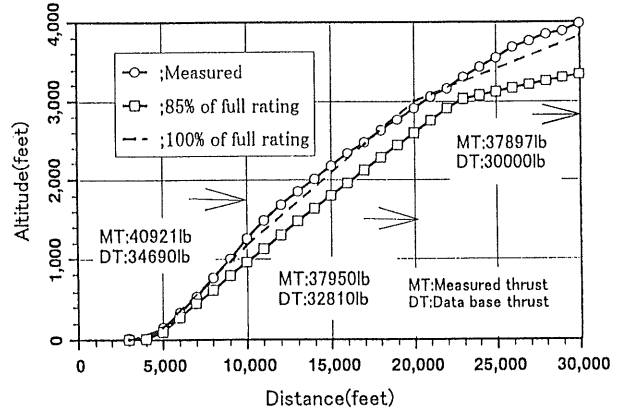


図-1 高度プロファイルの比較

い、実態と乖離のある場合は修正して使用される。図-1は検証例の一つで、ある機種の離陸重量 253800 lb での離陸高度プロファイル（提供情報に基づいて 85% of Full-Rating Thrust に設定した：□印）と実測した高度の変化（○印）を重ねて描いてある。図には滑走開始からの進出距離 10000, 20000, 30000 ft でのエンジン推力値も示してある。

両者を比較すると分かるように lift-off（地上滑走から滑空へと移る）地点は同じだが、その後の上昇勾配が異なり、実測の方が大きい。距離 10000, 20000 ft での高度プロファイルのエンジン推力は実測高度のおよそ 85% に留まっている。

そこで Full-Rating Thrust での高度プロファイルを描いてみたのが図中の破線であり、こちらは実測高度（○印）とほぼ合致した。言い換えると、提供された情報（85% of Full-Rating）とは異なり、実際の運航は 100% of Full-Rating で行われていたということである。逆に言えば、離陸重量とエンジン推力さえ適切に設定されれば高度プロファイルは実際の高度変化を正しく表すと結論できる。

次に図-2は騒音基礎データの妥当性について検証した例である。ある機種の離陸騒音を実測し、予測と比較した。定期便が就航している空港において飛行経路の直下に近い位

置 3ヶ所を選び、観測点から航空機を見る仰角が 60 度以上で通過する航空機の騒音を測り、その時の飛行高度と推力を入手して予測値を算出した。その結果、平均して実測の方がやや高く騒音基礎データを修正すべきであると帰結された。なお、乖離の原因についてメーカーに照会したが、未だ明確な回答は得られていない。図-3 は別の機種について同様に調べた結果であるが、こちらは予測と実測の整合性は良かった。

最後に、飛行経路の側方において航空機騒音を予測する場合は地表面の影響による過剰減衰を考える必要がある。現在のところ JCAB モデルでは米国 SAE AIR 1751<sup>7)</sup> の補

正式を用いているが、過大評価であることが多く、経験的に仰角項を調整して利用しており、現在屋外測定を行って新たな補正式の検討を進めているところである。

#### 4. おわりに

ICAO/CAEP における航空機騒音の予測手法をめぐる最近の動向を紹介し、JCAB モデルの予測精度向上に関する検討結果について述べた。ICAO/CAEP の作業部会の見解と同じく、JCAB モデルの予測精度に係る検討結果においても、航空機騒音をモデル化する際の主要な影響要因は何よりも基礎データであると明確にされた。

航空機騒音の予測と直接関係することではないが、わが国で一般環境基準が改定され、等価騒音レベルに基づく評価が採用された。航空機騒音については、「航空機騒音に係る環境基準」<sup>1)</sup>で定める  $WECPNL_j$  によって長年にわたって環境対策が行われ実績が積み重ねられてきた経緯があり、にわかに評価方法を変える状況にはないが、世界的には等価騒音レベルに基づく評価に移行しつつあり、そうした趨勢を見つつ基礎的な検討が行われているところである。なお、 $WECPNL_j$  は、定数の違いはあるものの、 $L_{den}$  の近似表現に他ならず、図-4 に示す通り、両者の対応

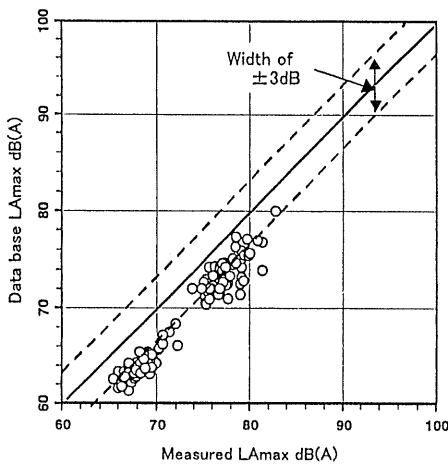


図-2 騒音レベルの比較(その 1)

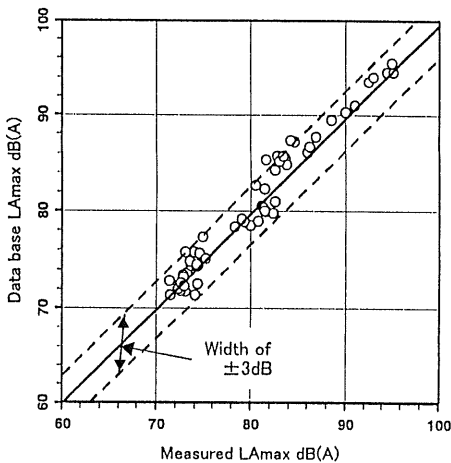


図-3 騒音レベルの比較(その 2)

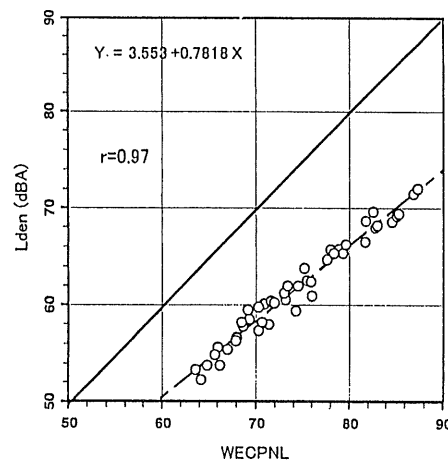


図-4  $WECPNL_j$  と  $L_{den}$  の関係

も良い (相関係数 0.97)。ちなみに, この図は日本の主要な 4 空港の周辺に設置されている騒音監視装置で実測された  $L_{Amax}$  と  $L_{AE}$  データから求められたものである。

#### 文 献

- 1) 「航空機騒音に係る環境基準」環境庁告示, 昭和 48 年.
- 2) International Standards and Recommended Practices ENVIRONMENTAL PROTECTION ANNEX 16 First Edition 1971.
- 3) 「ハイブリッドエアポートについて」吉岡, 航空環境研究, No. 3, 1999
- 4) 「ICAO/CAEP の動向 (航空機騒音)」吉岡, 航空環境研究, No. 4, 2000
- 5) ICAO Circular 205; Recommended method for computing noise contours around airports (1988)
- 6) Integrated Noise Model (INM) Version 1 User's Guide, FAA-AEE-72-02, 1972.
- 7) Prediction Method for Lateral Attenuation of Airplane Noise During Takeoff and Landing, SAE-AIR-1751, March 1981, reaffirmed March 1991.



## 研究報告

## 関西国際空港開港時を含む大阪国際空港周辺の 長期大気環境調査と解析\*

橋本 弘樹\*\* 柴田 正夫\*\* 水島 実\*\* 鈴木 孝治\*\*,\*\*

### 1. 調査目的と概要

航空機排出ガスが一般環境大気に与える影響を調査することは、空港周辺における環境保全対策を検討する上で重要である。このため本研究センターでは、大阪国際空港（伊丹空港）内及び空港に隣接する地点に大気汚染常時監視測定室を設けて、大気汚染物質の常時監視を空港内測定局は昭和48年7月から、勝部及び西桑津測定局は昭和52年10月から、継続的に行っている<sup>1)</sup>。一般に、空港での航空機の運航回数および運航状況に大きな変化がある場合は、航空機排出ガス量に変化が生じ、それに伴い航空機排出物が空港周辺に与える影響も変化する。

本報告では、長期間（昭和53年度～平成11年度）にわたる同空港周辺の大気汚染物質濃度の推移と航空機排出ガス量の変動との関係を調査し、航空機排出ガスが空港周辺大気環境に与える影響を調べた。

この中で特に、平成6年9月に関西国際空港が開港したことに伴う運航回数の激減によ

る航空機排出ガス量の低下が、空港周辺大気環境に与える影響を調べるために関西国際空港開港前（平成5年度）と開港後（平成8年度）の航空機排出ガス量、運航状況及び気象条件等の解析を行い、拡散シミュレーション計算を行うことにより両年度の濃度分布を算出した。拡散計算で得られた結果より、大阪国際空港に関する航空機排出ガスが空港周辺に与える影響を実大気の濃度と比べることから航空機の寄与度を求め、評価した。

### 2. 調査内容

#### 2.1 大気汚染常時観測調査

##### 2.1.1 大気汚染常時監視測定室

空港内1ヶ所（昭和48年7月設置）及び空港周辺2ヶ所（昭和52年10月設置）に大気汚染常時監視測定室を設け、現在も空港周辺の大気環境汚染物質濃度を測定している。ただし、空港内の1ヶ所については、平成6年9月6日から7日にかけて降った集中豪雨により浸水した際、全機器が使用不能となったため現在まで運用停止状態にある。このため平成5年度までのデータをまとめた。

空港周辺に設置した大気汚染常時監視測定室の設置位置と周辺の立地条件を図-1に示す。各測定室についての周辺環境は以下のとおりである。

(1) 空港内大気測定室（豊中市勝部大字原田1802-1）

測定室は大阪国際空港内B誘導路寄りで防音堤端付近の場周道路際に設置されてお

\* Air quality study of the environmental air around the Osaka International Airport at Itami before and after establishing the Kansai International Airport, by Hiroki Hashimoto, Masao Shibata, Minoru Mizushima, and Koji Suzuki (Aircraft Emission & Environmental Air Research Division, Aviation Environment Research Center).

\*\* (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 大気環境部

\*\*\* 慶應義塾大学教授（大気環境部長兼務）

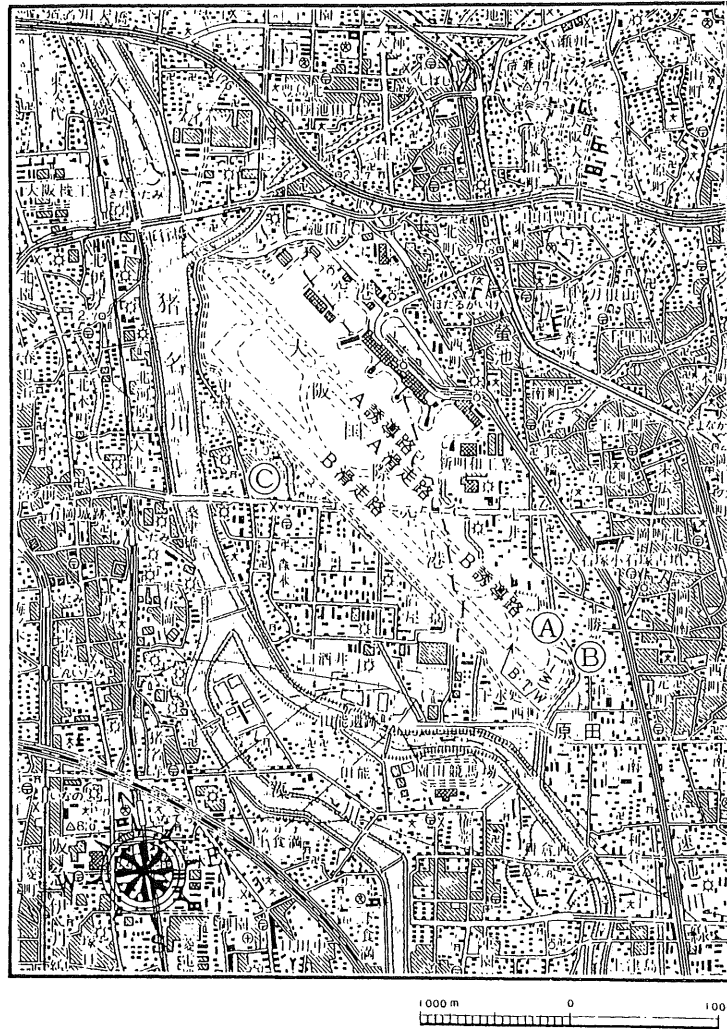


図-1 大気汚染常時監視測定室の設置場所

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

り、B誘導路の中心から最短距離で約50m、同じくB滑走路の中心から約250mの位置にあり、航空機から排出されるガスが近接する場所である。この地点で空港が風上となる風向は南東～南～南西～北西方向である。

(2) 勝部大気測定室(豊中市勝部2丁目132番地)

測定室は空港末端に近い地点で、B誘導路の中心から最短距離で約200mの位置にあり、周辺は準工業地域であることに加え、測定室から東約350mに高速道路〔高速大阪・池田線〕、西約30mに道路が走ってい

る。この地点で空港が風上となる風向は南～南西～西～北西方向である。

(3) 西桑津大気測定室(伊丹市西桑津前213番地4)

測定室は滑走路の西側で、B滑走路の中心から最短距離で約250mの位置にあり、周辺は住居地域であるほか、測定室から西約300mに工場、南約200mに幹線道路(伊丹―豊中線)が走っている。この地点で空港が風上となる風向は北西～北～北東～東～南東方向である。

#### 2.1.2 測定項目と測定機器

測定項目と測定機器を表-1に示す。測定

表-1 測定項目及び測定機器

平成11年4月1日現在

測定項目	測定原理	測定機器
一酸化炭素 (CO)	非分散型赤外線分析法 (NDIR)	APMA-3500 (掘場製作所)
炭化水素 (THC, CH <sub>4</sub> , NMHC)	差量式水素炎イオン化法 (FID)	APHA-360' (掘場製作所)
窒素酸化物 (NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> )	(1) ザルツマン試薬を用いた吸光度法 (注)	GPH-74H-2 (電気化学計器)
	(2) 化学発光法	ML-8840 (モーター・ラボ)
光化学オキシダント (O <sub>x</sub> )	中性ヨウ化カリウム溶液を用いた吸光度法	GXH-73M-1 (電気化学計器)
オゾン (O <sub>3</sub> )	紫外線吸収法	1006-AHJ (ダイレック)
浮遊粒子状物質 (SPM)	β-放射線吸収法	DUB-12 (電気化学計器)
二酸化硫黄 (SO <sub>2</sub> )	溶液導電率法	GRH-76M (電気化学計器)
風向、風速	プロベラ法	A-1158 (小笠原計器)
温度	白金抵抗体法	A-1158 (小笠原計器)
相対湿度	毛髪湿度計	A-1158 (小笠原計器)

注) ザルツマン係数0.84(酸化率70%)

は全て自動計測器である。機器から得られた各汚染物質濃度の経年変化に加えて、気象との関係を考慮し、測定項目間の相関係数について整理した。これらの結果から大阪国際空港周辺における大気環境状況を把握した。

## 2.2 航空機排出ガス量の算出

航空機排出ガスが地域環境に与える影響を調査するためには、まず実際に航空機から排出されているガス量を算出する必要がある。このため、実際の運航量及び運航状況を調査し、実際の運航状況と航空機に関する既知の排出係数<sup>2),3),4)</sup> から、各年度毎の航空機排出ガス量を算出した。

調査対象期間

昭和 53 年度～平成 11 年度

調査項目

a) 航空機の機種及び搭載エンジンの性能等の調査

b) 離着陸回数 (機種別) の調査

c) 運航状況 (モード別所要時間、飛行経路、離陸上昇経路及び着陸進入経路) の調査

d) 機種別モード別排出係数 {窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>), 硫黄酸化物 (SO<sub>x</sub>), 一酸化炭素 (CO), 炭化水素 (HC) 及び浮遊粒子状物質 (SPM)} の調査

e) a)～d)の調査結果からの航空機排出ガス (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, HC 及び SPM) 量の算定

調査方法

排出量算定のための運航状況の設定値を算出するため、文献等の資料<sup>5),6)</sup> やエアライン各社へのヒアリングによる調査及び実際の現地調査を行った。この設定値と排出係数から、航空機排出ガス量を算出した。

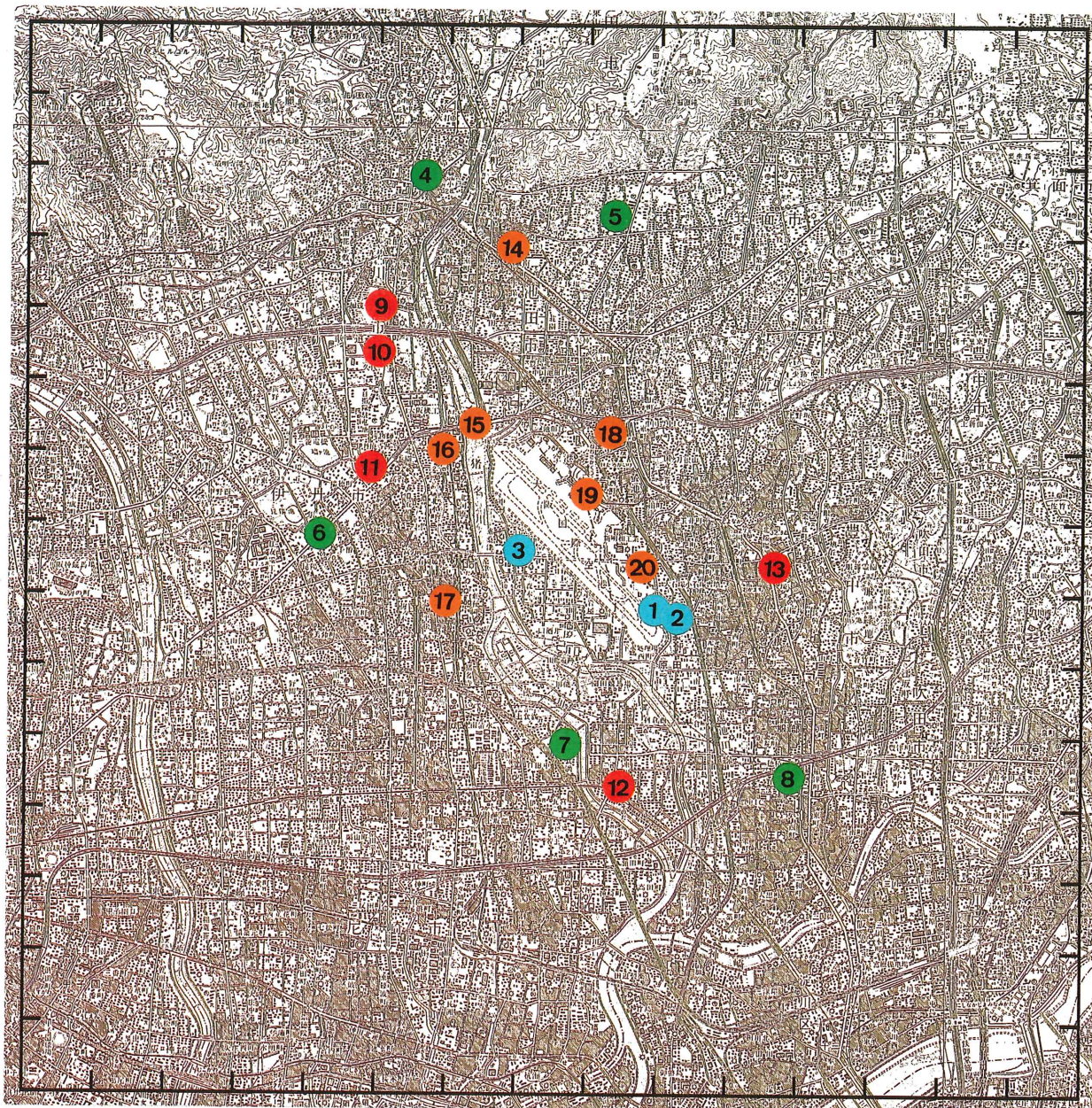
## 2.3 拡散シミュレーションによる航空機排出ガスからの大気汚染物質濃度の算出及び影響評価

航空機排出ガス量をもとに、気象条件を加味して、当研究センターで開発した拡散シミュレーション<sup>7)</sup> 計算を実施することにより、航空機煙源による濃度分布を計算した。特に拡散計算では、関西国際空港開港前 (平成 5 年度) と開港後 (平成 8 年度) を対象とした。この拡散計算で得られた結果より、関西国際空港開港前と開港後の大阪国際空港に関する航空機排出ガスが空港周辺の大気環境に与える影響を、影響度及び影響範囲等から総合的に評価した。

### 2.3.1 航空機煙源による長時間平均濃度の計算

NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, HC 及び SPM の平成 5 年度及び平成 8 年度の平均濃度を拡散シミュレーション計算<sup>7)</sup> により求めた。この場合、それぞれの排出量は運航モードによって異なるため、高度別に算出した。また、排出量の算出にあたっては高度 1,000 m 以下の範囲を対象とした。

計算は、図-2 に示す東西 15 km×南北 15 km の範囲とし、この領域を東西及び南北と



0 3,000m

(注)図中の①～⑳は評価地点、□は予測対象地域を示す。

凡例			
空港	一般環境大気測定局	道路周辺大気測定局	調査地点
① 空港内	④ 川西市役所	⑨ 川西市加茂	⑭ 池田市役所
② 勝部	⑤ 池田市南畑会館	⑩ 川西市久代	⑮ 軍行橋
③ 西桑津	⑥ 伊丹市役所	⑪ 伊丹市緑ヶ丘	⑯ 伊丹市北伊丹
	⑦ 尼崎市尼崎東高校	⑫ 尼崎市園和小学校	⑰ 伊丹市伊丹
	⑧ 豊中市野田	⑬ 豊中市役所	⑱ 豊中市蛍池北町
			⑲ 空港ターミナルビル
			⑳ 豊中市走井

図-2 予測対象地域と評価地点

も約1,000 m毎のメッシュに分割して行った。また、計算に当たっては、航空機煙源（エンジン部）から排出される硫黄酸化物を二酸化硫黄として、炭化水素は非メタン炭化水素として濃度を求めた。

### 2.3.2 航空機排出ガスが周辺に与える影響評価

図-2に示す空港周辺の20地点を評価地点とした。各地点ごとに、地点の航空機煙源からシミュレーション計算により算出された濃度を環境濃度と比べることによって航空機の寄与度(%)を評価した。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 大気汚染常時監視測定結果

平成5年度までの測定結果は文献1)に詳細に記述されているので、本報告では平成6年度～平成11年度について記す。各大気汚染物質濃度の年平均値の推移及び環境基準との対応状況は以下のとおりである。

#### (1) 一酸化炭素(CO)濃度

各測定室における経年変化は、ほぼ横ばい傾向を示している。

環境基準の対応状況は、短期的評価の基準である1日平均値が10 ppm以下であり、8時間値が20 ppmを以下であることに対して、全ての測定室で環境基準を達成している。また、長期的評価の基準である1日平均値の2%除外値が10 ppm以下であることに対して、各測定室とも環境基準を達成している。

#### (2) 非メタン炭化水素(NMHC)濃度

各測定室における経年変化は、やや減少する傾向を示している。

指針値との対応状況は、指針値の午前6時から9時までの3時間平均値が0.20 ppmCから0.31 ppmCの範囲内またはそれ以下であることに対して、各測定室ではこの値を超過することが多く、過去22年間でもっとも超過率の少ない西桑津測定室でも測定日数の

約18%を占めている。

#### (3) 全炭化水素(THC)濃度

各測定室における経年変化は、現在まで継続してやや減少する傾向を示している。

#### (4) メタン(CH<sub>4</sub>)濃度の推移

各測定室における経年変化は、現在まで継続してやや増加する傾向を示している。

#### (5) 二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)濃度

各測定室における経年変化は、平成8年度まで増加傾向にあったが、それ以降減少傾向を示している。

環境基準との対応状況は、環境基準の日平均値の年間98%値が0.06 ppm以下であることに対して、各測定室で環境基準を達成している。

#### (6) 一酸化窒素(NO)濃度

各測定室における経年変化は、平成8年度まで増加傾向にあったが、それ以降やや減少傾向を示している。

#### (7) 窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)濃度

各測定室における経年変化は、平成8年度まで増加傾向にあったが、それ以降やや減少傾向を示している。

#### (8) 光化学オキシダント(O<sub>x</sub>)濃度

各測定室における経年変化は、ほぼ横ばい傾向を示している。

環境基準との対応状況は、環境基準の1時間値が0.06 ppm以下であることに対して、各測定室とも基準を超える日が年に一日以上あり、環境基準が達成されていない。また、光化学スモッグ注意報の発令基準である0.12 ppmを超えなかった測定室は、平成6年度以降では、西桑津測定室で平成8年度にあったのみである。

#### (9) オゾン(O<sub>3</sub>)濃度

各測定室における経年変化は、現在まで継続してほぼ横ばい傾向を示している。

#### (10) 浮遊粒子状物質(SPM)濃度

各測定室における経年変化は、平成8年度まで横ばい傾向を示していたが、それ以降や

や減少する傾向を示している。

環境基準との対応状況は、長期的評価の基準である1日平均値の2%除外値が $0.1 \text{ mg/m}^3$ 以下であることに対して、平成6年度以降はすべての測定室で環境基準を達成している。また、短期的評価の基準である1時間値の1日平均値が $0.1 \text{ mg/m}^3$ 以下であり、1時間値が $0.2 \text{ mg/m}^3$ であることに対して、平成6年度以降では、勝部測定室で平成9年度、平成10年度、平成11年度に環境基準を達成している。

#### (11) 二酸化硫黄 ( $\text{SO}_2$ ) 濃度

各測定室における経年変化は、やや減少する傾向を示している。

環境基準との対応状況は、短期的評価の基準である1時間値の1日平均値が $0.04 \text{ ppm}$ 以下であり、1時間値が $0.1 \text{ ppm}$ 以下であることに対して、各測定室とも環境基準を達成している。また、長期的評価の基準である1日平均値の2%除外値が $0.04 \text{ ppm}$ 以下であることに対して、各測定室とも環境基準を達成している。

### 3.2 航空機排出ガス量の算定

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

#### 3.2.1 航空機の機種、搭載エンジンの諸元及び使用燃料調査

機種とエンジン型式に関して文献5)中の資料を参照した。また、航空機に使用される燃料の種類、硫黄分(含有率)等をエアライン各社にヒアリング調査を行った。航空機には、灯油系のJet A-1規格のものが燃料として使用されていた。

使用燃料中の硫黄分は、 $0.05\%$ として排出ガス量を計算した。

#### 3.2.2 離着陸回数調査

昭和33年から平成11年における航空機の離着陸回数について、文献5)中の資料や大

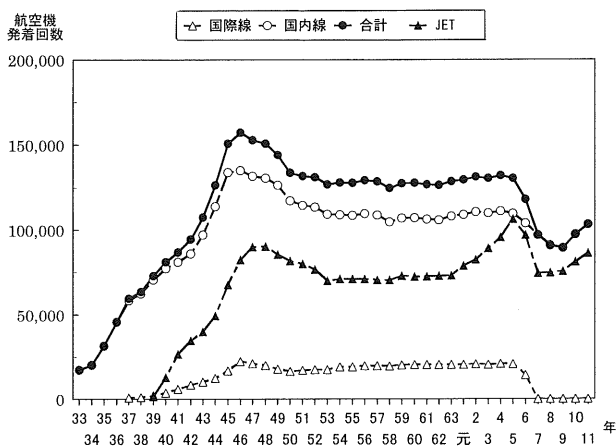


図-3 航空機年間発着回数

阪国際空港騒音調査年報(大阪航空局大阪空港事務所)から滑走路別、機種別、離着陸回数を調査した。図-3に年別離着陸回数を示す。

航空機の離着陸回数は、昭和46年まで航空輸送の発展とともに増大してきたが、環境問題等から運航便数の規制により昭和53年まで減少し、それ以降平成5年まで概ね横ばいで推移していたが、平成6年9月に関西国際空港が開港し、大阪国際空港に就航していた国際線の全ての便と国内線の5分の1の便が関西国際空港に移転したことから、平成6年以降減少傾向を示していたが、平成9年以降やや増加している。1日当たりの平均発着回数(離着陸とも)を関西国際空港開港前の平成5年の約356回と比較すると、平成8年は約248回(うち、ジェット204回)であって、離着陸機数は平成8年の方が108回程度(29.6%)減便されている。

また、ジャンボ機クラスの大型機材の運航割合が、平成5年度までは増加する傾向にあったが、それ以後減少している。

#### 3.2.3 運航状況調査

航空機排出ガス量を推定する場合、エンジンの出力状態で排出ガス量が変わるため、運転の状態(モード)に応じて排出ガス量を調べる必要がある。運航モードは一般にタクシング・アイドル、テイクオフ、クライム、

アプローチの4つに区分できる。各運航モードの所要時間をエアライン各社へのヒアリング調査及び現地での実地調査から設定した。

また航空機排出ガスによる大気汚染濃度の予測を行うに当たって航空機煙源を設定するため飛行経路、離陸上昇経路、着陸進入経路を文献6)中の資料及びエアライン各社へのヒアリング調査を行い設定した。

### 3.2.4 航空機排出ガス (NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, HC 及び SPM) 量の算定

機種別モード別排出係数を設定するために文献2)~4)からデータを収集した。ICAO (国際民間航空機関) では、航空機エンジン排出物規制を NO<sub>x</sub>, CO, HC について行っている<sup>9)</sup>。このため、ICAO の資料には、民間航空機で使用されているほとんどのエンジンについて NO<sub>x</sub>, CO, HC の運航モード別エンジン排出係数 (Emission Index) が記載されているので、この3つの化学種については ICAO のデータを使用した。

大阪国際空港での航空機運航状況及びエンジン排出係数をもとに、昭和53年度から平成11年度の大阪国際空港に発着する航空機から排出される排出ガス量を算出し、昭和53年度を基準の100とした指数で図-4に表示した。

航空機排出ガス指数の経年的変化をみると、主として不完全燃焼産物である一酸化炭素 (CO) の排出指数は昭和53年度の100を

ピークに、その後減少傾向で推移し、平成11年度には昭和53年度比71.5%減の28.5となっている。全炭化水素 (THC) の排出指数も昭和53年度の100をピークに大幅に減少する傾向を示し、平成11年度では昭和53年度比88.5%減の11.5となっている。これは、エンジンの燃焼効率の向上した機体の更新が進んだ結果、不完全燃焼の産物であるCOやTHCが減少したと考えられる。

一方、一酸化炭素及び全炭化水素の傾向と全く対象的で、排出レベルはエンジン出力レベルとともに増加する特性をもつ窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の排出指数は、昭和53年度の100を底にその後は徐々に増加し、ピーク時の平成5年度には189.7と16年前の昭和53年度の1.9倍となっている。その後、平成9年度まで減少する傾向にあったが、ここ数年はやや増加している。これは、燃焼効率が向上したエンジンであっても窒素酸化物の総排出量が増加するためと考えられる。

浮遊粒子状物質 (SPM) 及び二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) の排出指数については、NO<sub>x</sub> と同様な傾向を示し、ピーク時の平成5年度には140と16年前の昭和53年度の1.4倍となっている。その後平成9年度まで減少する傾向にあったが、ここ数年はやや増加している。これは、昭和53年度から平成5年度まで発着回数はほぼ横ばいで推移していたが、発着回数に占めるジェット機の割合の増加、機体の大型化が進んだ結果、燃料の消費量は増加傾向にあったものと考えられる。

また、どの汚染物質の排出量も関西国際空港が開港に伴い国際線の全ての便と国内線の5分の1の便が関西国際空港に移転したことから、平成5年度を境に大きく減少している。

### 3.2.5 航空機排出ガス指数と濃度の関係

昭和53年度から平成11年度までの各汚染物質濃度の推移と排出ガス指数の変動を比較したグラフを図-5(1)~(8)に示す。各大気

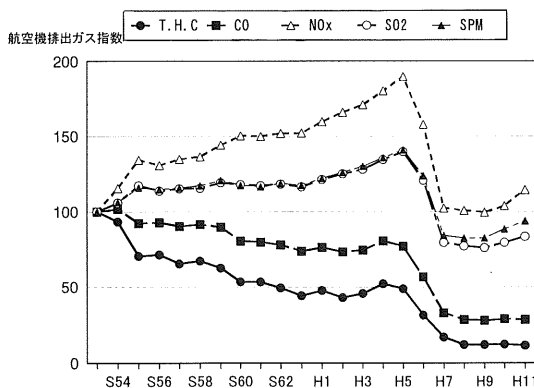
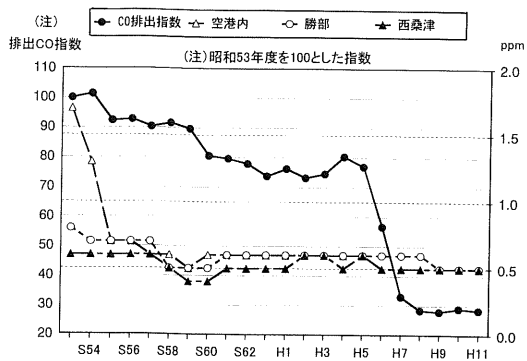
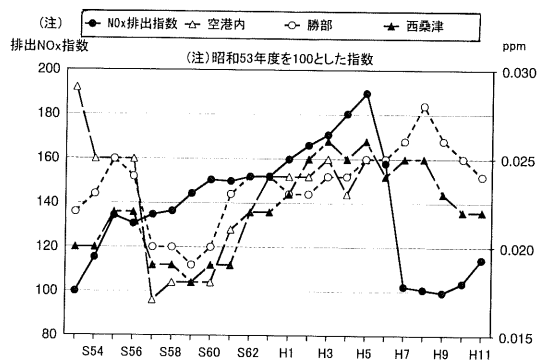


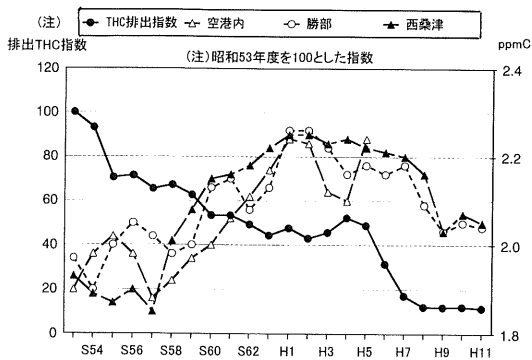
図-4 航空機排出ガス指数の経年変化



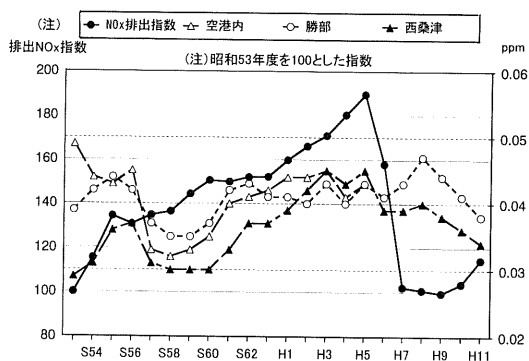
航空機排出 CO 指数と一酸化炭素濃度の推移 (1)



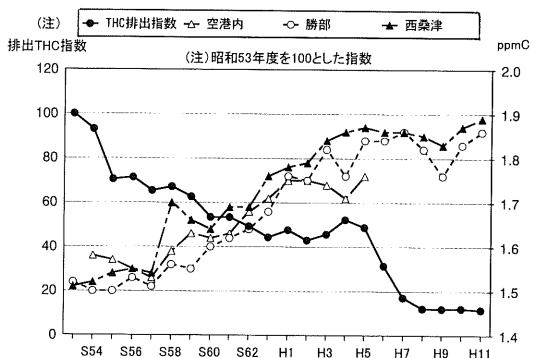
航空機排出 NOx 指数と二酸化硫素濃度の推移 (5)



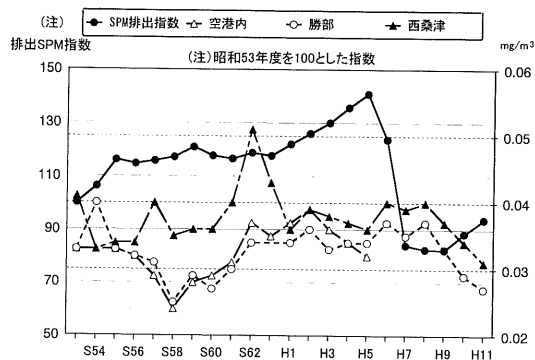
航空機排出 THC 指数と全炭化水素濃度の推移 (2)



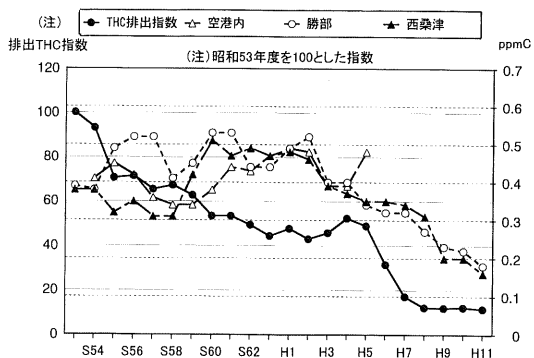
航空機排出 NOx 指数と窒素酸化物濃度の推移 (6)



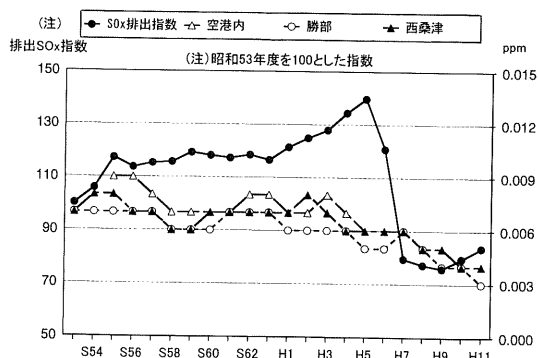
航空機排出 THC 指数とメタン濃度の推移 (3)



航空機排出 SPM 指数と浮遊粒子状物質濃度の推移 (7)



航空機排出 THC 指数と非メタン炭化水素濃度の推移 (4)



航空機排出 SOx 指数と二酸化硫黄濃度の推移 (8)



汚染物質濃度と航空機排出ガス指数との関係は次のとおりである。

(1) 一酸化炭素：排出CO指数の減少傾向に対して、濃度は横ばいに推移しており、特に関係は認められない。

(2) 全炭化水素、メタン、非メタン炭化水素：排出THC指数の減少傾向に対してTHC濃度、メタン濃度の推移に相似の傾向が明らかに認められない。非メタン炭化水素濃度は平成2年以降、やや似た変動の様相を示しているが、その他の期間では違った様相を示している。このため、これらのガスにおいては全体的に特に因果関係が認められない。

(3) 二酸化窒素、窒素酸化物：NO<sub>2</sub>濃度、NO<sub>x</sub>濃度は、昭和57年度から平成5年度にかけて排出NO<sub>x</sub>指数の増加傾向とほぼ相似の変動を示しているが、その他の期間ではまったく違った様相を示している。このため、これらのガスにおいては全体的に特に関係が認められない。

(4) 浮遊粒子状物質：SPM濃度は、昭和58年度から平成5年度にかけて排出SPM指数の増加傾向とほぼ相似の変動を示しているが、その他の期間では違った様相を示している。このため、SPMにおいては全

体的に特に関係が認められない。

(5) 二酸化硫黄：排出SO<sub>x</sub>指数の変動傾向に対して、濃度はほぼ横ばいに推移しており、特に関係は認められない。

これらの結果から、空港周辺の大気環境濃度の推移と航空機排出ガス量の変動の間には、明確な関係が認められなかった。このことは、空港周辺の大気環境に航空機排出ガスが与える影響は小さく、その他の要因の影響の方が大きいことが推察される。

3.2.6 平成5年度及び平成8年度における航空機排出ガス量

平成5年度（関西国際空港開港前）及び平成8年度（関西国際空港開港後）における航空機排出ガス量を運航モード別に表-2に示す。また平成5年度と平成8年度の排出ガス量の比較を表-3に示す。

表-3 平成5年度および平成8年度の航空機排出ガス量の比較

汚染物質	平成5年度 (トン)	平成8年度 (トン)	削減量 (トン)	削減率 (%)
NO <sub>x</sub>	1266.0	672.8	593.2	46.9
SO <sub>x</sub>	84.4	46.6	37.8	44.8
CO	1612.9	596.1	1016.8	63.0
HC	591.9	146.4	445.5	75.3
SPM	63.1	37.0	26.1	41.4
合計	3618.3	1498.9	2119.4	58.6

表-2 平成5年度、8年度の大気汚染物質の排出量

運航モード	平成5年度(トン)					平成8年度(トン)				
	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	CO	HC	SPM	NO <sub>x</sub>	SO <sub>x</sub>	CO	HC	SPM
離陸 アイドル	60.1 (4.7)	18.0 (21.3)	980.8 (60.8)	370.5 (62.6)	25.7 (40.7)	35.0 (5.2)	9.5 (20.4)	362.5 (60.8)	90.2 (61.6)	15.3 (41.3)
テイク オフ	472.2 (37.3)	14.7 (17.4)	9.1 (0.6)	5.2 (0.9)	3.8 (6.0)	244.1 (36.3)	8.3 (17.7)	5.4 (0.9)	1.9 (1.3)	2.3 (6.2)
クライ ム	505.0 (39.9)	19.8 (23.5)	14.1 (0.9)	8.0 (1.4)	6.6 (10.5)	258.8 (38.5)	11.2 (24.0)	7.2 (1.2)	3.1 (2.1)	4.1 (11.1)
アプローチ	199.5 (15.8)	23.2 (27.5)	133.1 (8.2)	28.5 (4.8)	14.5 (23.0)	117.9 (17.5)	13.1 (28.0)	45.1 (7.6)	7.4 (5.1)	7.8 (21.1)
着陸 アイドル	29.2 (2.3)	8.7 (10.3)	475.8 (29.5)	179.7 (30.3)	12.5 (19.8)	17.0 (2.5)	4.6 (9.9)	175.9 (29.5)	43.7 (29.9)	7.5 (20.3)
合計	1266.0 (100.0)	84.4 (100.0)	1612.9 (100.0)	591.9 (100.0)	63.1 (100.0)	672.8 (100.0)	46.6 (100.0)	596.1 (100.0)	146.4 (100.0)	37.0 (100.0)

(注) 表中の( )内は合計に対する構成比を示す。

運航モード別にみると、NO<sub>x</sub> ではテイクオフ及びクライム時が多く、CO 及び HC ではタクシング・アイドル時が圧倒的に多くなっている。

平成8年度のNO<sub>x</sub>量は年間672.8トンで平成5年度の1266.0トンと比べて593トンの削減され、削減率は46.9%であった。SO<sub>x</sub>量は年間46.6トンで平成5年度の84.4トンと比べて37.8トンの削減され、削減率は44.8%であった。CO量は年間596.1トンで平成5年度の1612.9トンと比べて1016.8トンの削減され、削減率は63.0%であった。HC量は年間146.4トンで平成5年度の591.9トンと比べて445.5トンの削減され、削減率は75.3%であった。SPM量は年間37.0トンで平成5年度の63.1トンと比べて26.1トンの削減され、削減率は41.4%であった。

平成5年度と8年度の排出ガス排出量を比較した場合、8年度では各汚染物質とも41～75%の減少がみられた。これは、関西国

際空港開港によって国際線の全ての便と国内線の5分の1が移転したこと、さらに、同空港における大型機材が3分の1程度に減便されたことによるところが大きいと考えられる。

### 3.3 航空機排出ガスによる大気汚染濃度の算出及び影響評価

#### 3.3.1 航空機煙源による長時間平均濃度の算出

NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, CO, HC 及び SPM の平成5年度及び平成8年度の拡散濃度をシミュレーションにより求め、各汚染物質の濃度分布を地図上に表した。その結果、各汚染物質についてほぼ同じ傾向を示した。ここでは、典型的な例としてNO<sub>x</sub>の濃度分布を図-6に示す。

濃度分布図は、中心最大濃度地点からの相対値(0.8, 0.6, 0.4, 0.2, 0.1, 0.08, 0.04, 0.02, 0.01, 0.005)の等濃度線で示している。各汚染物質の最大濃度を表-4に示す。

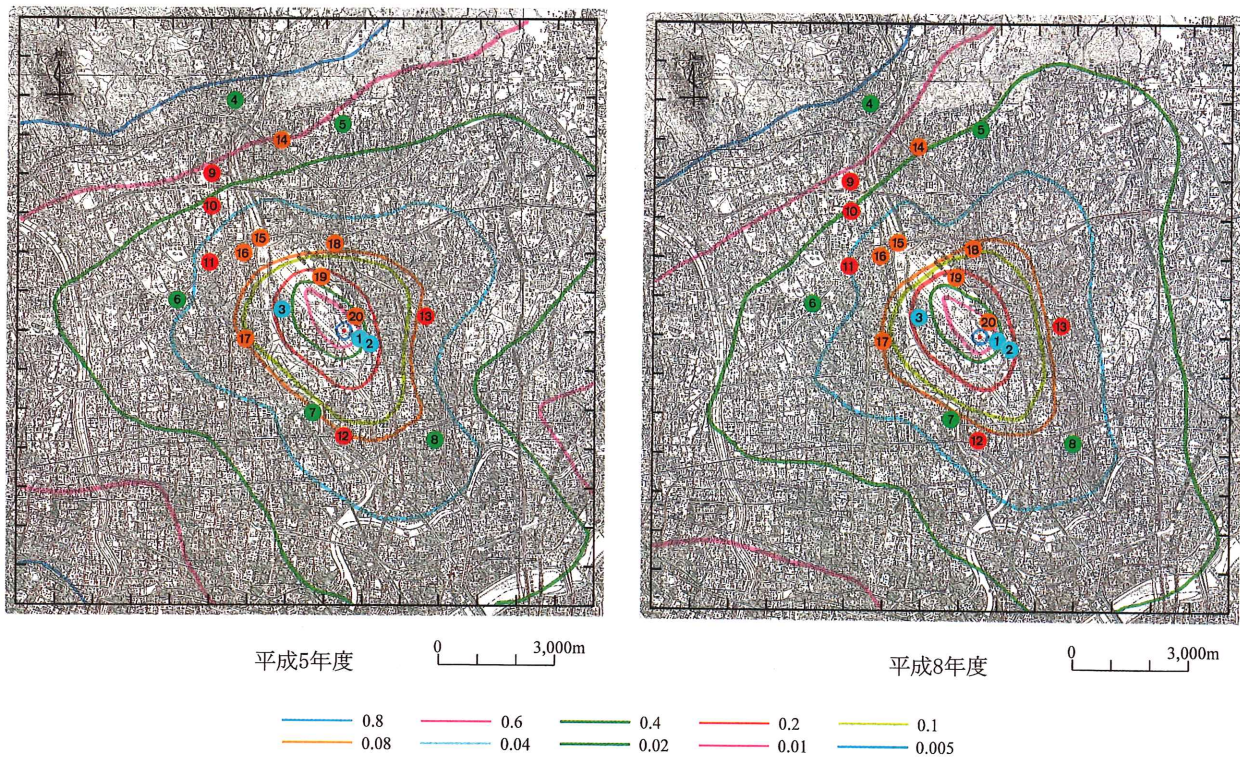


図-6 窒素酸化物濃度分布

表-4 拡散計算による中心最大濃度

単位：ppb

汚染物質	NOx	SO2	CO	NMHC	SPM
平成5年度	22.15	2.061	214.7	134.2	8.248
平成8年度	10.96	0.957	71.8	28.8	4.236

NOx の中心最大濃度は、平成5年度 (22.15 ppb) に比べ平成8年度 (10.96 ppb) は約2分の1に減少した。SOx の中心最大濃度は、平成5年度 (2.061 ppb) に比べ平成8年度 (0.957 ppb) は約2分の1に減少した。CO の中心最大濃度は、平成5年度 (214.7 ppb) に比べ平成8年度 (71.8 ppb) は約3分の1に減少した。HC の中心最大濃度は、平成5年度 (134.2 ppb) に比べ平成8年度 (28.8 ppb) は約5分の1に減少した。SPM の中心最大濃度は、平成5年度 (8.248 ppb) に比べ平成8年度 (4.236 ppb) は約2分の1に減少した。

これらの結果は、航空機排出ガス量が平成5年度に比べて平成8年度は各汚染物質とも約2分の1から5分の1に減少した測定結果と一致している。

NOx の中心最大濃度地点は、B 滑走路の南東部の離陸開始地点からやや北側にずれたところに見られた。その他の汚染物質では、

空港の中央部付近に見られた。これは、特にNOx が離陸のときに一番多く排出されるために、その他の物質と違うところに最大濃度地点が見られたと考えられる。

またNOx 濃度分布は、平成5年度と比べて平成8年度は、気象条件の違いにより、やや北東及び南西方向から多く風が吹く傾向が見られた。この傾向は、他の汚染物質でも同様であった。このことから平均濃度分布は、気象条件の風速の分布に大きく依存していることが考えられる。

### 3.3.2 航空機排出ガスが周辺に与える影響評価

図-2 に示す20地点を評価地点とした。平成5年度及び平成8年度の年平均値について各評価地点の航空機煙源による予測濃度を環境濃度と比べ航空機の寄与度を評価した。それぞれの汚染物質における航空機の寄与度を評価地点ごとにまとめ、図-7 に示す。

航空機の寄与度は、各年度とも各汚染物質の中心最大濃度地点近傍が極めて高かった。

また、各大気汚染物質について各年度における航空機の寄与度を見ると、NOx では平成5年度は0.2~33.6%で平均すると6.9%であった。平成8年度は0.2~15.4%で平均すると3.3%となり、平成5年度と比べて約

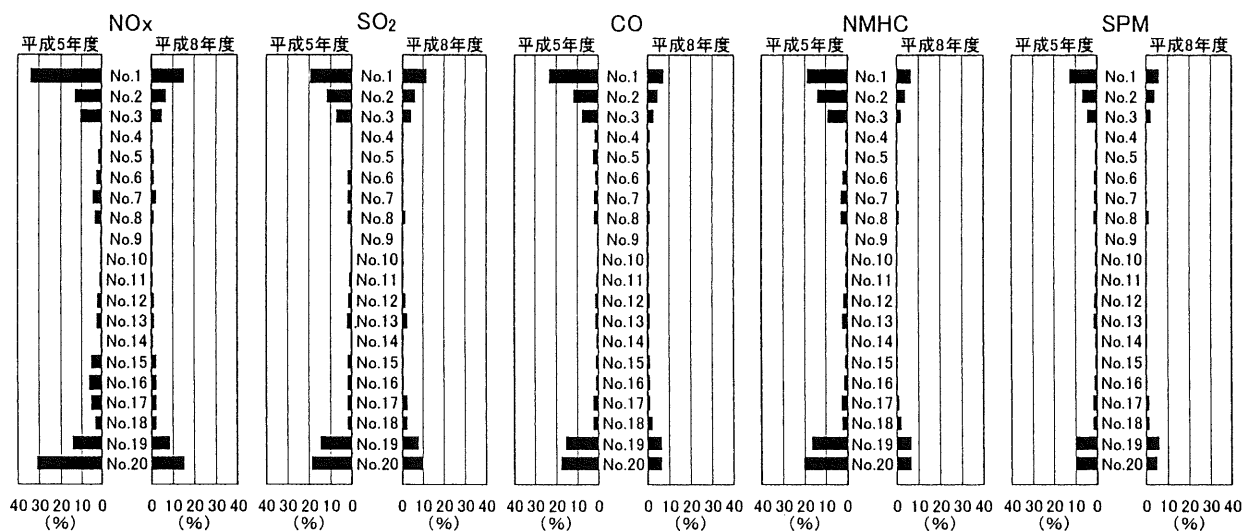


図-7 環境濃度に対する航空機排出分の寄与度

2分の1に減少していた。SO<sub>2</sub>では平成5年度は0.0~19.0%で平均すると4.4%であった。平成8年度は0.0~11.3%で平均すると2.3%となり、平成5年度と比べて約2分の1に減少していた。COでは平成5年度は0.1~23.1%で平均すると4.5%であった。平成8年度は0.0~7.4%で平均すると1.6%となり、平成5年度と比べて約3分の1に減少していた。NMHCでは平成5年度は0.2~20.0%で平均すると3.9%であった。平成8年度は0.1~6.6%で平均すると1.5%となり、平成5年度と比べて約5分の2に減少していた。SPMでは平成5年度は0.2~12.3%で平均すると2.5%であった。平成8年度は0.0~5.3%で平均すると1.3%となり、平成5年度と比べて約2分の1に減少していた。

この結果から、どの汚染物質についても、航空機の寄与度は平成5年度に比べて平成8年度は、3分の1から2分の1に減少しており、関西国際空港開港に伴い大阪国際空港周辺への航空機排出ガスの影響は大きく改善されたことになる。

#### 4. ま と め

本報告では、昭和53年度~平成11年度までの大気汚染物質濃度の推移と航空機排出ガス量の変動を比較することで、航空機からの排出物と空港周辺の大気環境との関係を明らかにしようとした。その結果、空港周辺の大気環境濃度の推移と航空機排出ガス量の変動の間には、明確な関係が認められなかった。このことは、空港周辺の大気環境に航空機排出ガスが与える影響は小さく、その他の要因の影響の方が大きいことが推察される。このため周辺の道路や工場等のその他の発生源についても詳細に検討する必要があると考える。

一方、航空機から排出される大気汚染物質

が空港周辺の大気環境濃度に及ぼす影響について、関西国際空港開港前（平成5年度）及び開港後（平成8年度）において航空機排出ガス量の比較及び拡散シミュレーション計算による濃度算出を行い、航空機からの寄与度を評価したところ、航空機排出ガス量は、平成5年度と平成8年度を比較した場合、平成8年度では各汚染物質とも41~75%の大幅な減少がみられた。また、どの汚染物質についても、航空機の寄与度は平成5年度に比べて平成8年度は、3分の1から2分の1に減少した結果となった。これは、関西国際空港開港によって国際線の全ての便と国内線の5分の1が移転したこと、さらに、同空港における大型機材が3分の1程度に減便されたことによるところが大きいと考えられる。このことから、関西国際空港開港に伴い大阪国際空港周辺への航空機排出ガスの影響は実際にはかなり改善されたことがシミュレーション結果から推察される。

#### 文 献

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

## 研究報告

## 騒音評価に及ぼす主体要因Ⅱ —精神状態とアノイアンスに関する検討—\*

後藤 恭一\*\* 金子 哲也\*\*,\*\*

### 1. はじめに

かつて大きな社会問題化した航空機騒音や新幹線騒音は、音源対策などが効をなし環境基準制定当時と比べると改善傾向にある。環境に関わる苦情件数でも騒音苦情は以前に比べ減少傾向にはあるが、苦情数全体からみると依然として大きな比重を占め、騒音公害は今なお深刻な問題である。特に、最近ではカラオケ、ピアノ、ペットの鳴き声などの生活・近隣騒音などの身近な騒音への苦情が相対的に増えており、内容に質的变化が生じ、多様化を呈している。

こうした騒音苦情の件数は、地域の騒音評価にしばしば用いられるが、他に、騒音指標として annoyance (以下、アノイアンスと記す) がよく知られている。アノイアンスとは、音の物理量に起因する不快感と、音に随伴して生じるうるささ、邪魔などといった心理的な不快感の両方を包括したものである。よって、その評価は音の持つ文化的な意味、あるいは主体属性によって大きく変わるとされている。こうした集団・個人による騒音評価の差を騒音感受性の差とし、感受性を問う質問項目もいくつか考案されている。しか

し、「あなたは他の人に比べて騒音に対して敏感ですか？」の問いに集約されるように、評価時における評価者の騒音に対する状態を聞いているにしかすぎず、背景にある要因には触れられていない。個人の主体要因として性、年齢、健康状態、性格、音源に対する態度や孤立主義的態度、不安および騒音感受性などの主体属性が騒音評価の修飾要因を形成するとされている<sup>1,2,3)</sup>が、騒音評価を修飾する主体要因はいまだ系統的には整理されていない<sup>4)</sup>。

ところで、騒音による人体影響の指標として、精神状態やストレスがしばしば用いられる一方で、不安神経症あるいはパニック症候群などの神経症あるいは神経症傾向の人は、騒音に対して心理的に感受性が高い<sup>5)</sup>との報告もあり、精神状態が騒音感受性の一要因であることも示唆されている<sup>6,7)</sup>。もし、一般集団において騒音に対するアノイアンスと、精神状態によるアノイアンスが重なり合って生じるならば、心身影響を考える際には影響の実体がかみにくくなるとも考えられる。精神状態と騒音評価の関係は整理しておく必要がある。

本研究では、騒音アノイアンス・スコアの試作を行うとともに、精神状態、ストレスによるアノイアンス評価への影響を検証することとした。しかし、横断的調査では両者に統計学的関連性が認められたとしても、ストレスとアノイアンスのどちらが先行しているか、は確認できない。そこで、騒音よりはる

\* Annoyance and Mental Health Status of People around an Airport,  
by Kyōichi Gotō and Tetsuya Kaneko

\*\* (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)

かに大きなストレッサーである個人におけるライフイベントに着目し、その経験の有無によって騒音評価がどの程度異なるかを比較検討した。

## 2. 対象と方法

1998年4～7月に、大阪府豊中市の航空路直下とその近傍において実施されている健康診断受診者を対象に自記式質問調査を実施した。本解析対象者は、これら受診者のうちの女性233名である。調査票は健康診断の実施日の2週間前に自宅へ郵送し、健康診断当日に会場で回収した。調査票は、住居周辺の環境の満足感、精神状態およびライフイベントなどで構成されている。

住環境の意識は21項目の環境要素についての不満感をもとめたもので、不満感が高いほど高得点になるように1～5点が与えられている。環境要素の21項目中には「うるささ」、「音環境」、「静けさ」および「静粛性」の音環境に関する評価が4項目含まれおり、今回、これらをアノイアンスの指標とした。なお、4項目の音評価において、最も上位の不満感を訴えた者をHA (Highly Annoyed) とした。また、4項目の素得点を加算した得点をアノイアンスの総合指標、アノイアンス・スコアとした。

ライフイベントは、過去1年以内に心理的負担の重い本人の病気やケガ、または配偶者の病気やケガの経験などの大きな生活上の変化を、3項目例示してその経験の有無を尋ねた。

ストレス状態の判定には、Goldbergによる不安、抑うつ尺度の日本語版を用いた。各項目について「あてはまる」あるいは「あてはまらない」のいずれかを選択してもらい、原典に従って不安および抑うつスコアを算出した。スコアは0～9点の範囲に分布し、高得点ほど不安および抑うつ傾向を示している。不安スコア5点の者、抑うつスコア2点

の者は臨床的に意味のある疾患を持っている可能性が50%あり、もし得点がそれより高い場合には可能性も大きくなるとされている<sup>8)</sup>。

今回、ライフイベントを経験し、かつ不安スコア5点以上の者を「ストレス不安状態者(AL)」とし、また、ライフイベントを経験し、かつ抑うつスコア2点以上の者を「ストレス抑うつ状態者(DL)」とした。これらはいずれもライフイベントによりストレス状態を生じた者とみなした。他方、ライフイベントの経験がなく、不安得点が5点未満の者を「非ストレス不安状態(NAL)」、同じく抑うつ得点が2点未満の者を「非ストレス抑うつ状態者(NDL)」とした。これらは非ストレス状態の者とみなした。

居住地の騒音暴露量の推定には、当該居住地における航空機騒音対策区域(以下、区域と記す)を用いた。対象者を居住地によって「第一種区域外(以下、区域外と記す)」、「第一種」および「第二種」の3群に分類した。

## 3. 結 果

回収率は92.6%であった。対象者の年齢は50歳代が32.0%ともっとも多く、次いで60歳代が26.9%、40歳代17.2%、30歳代10.0%の順であり、区域間に年齢差は認められなかった。

不安および抑うつスコアの平均(標準偏差)はそれぞれ1.3(2.4)、1.4(2.2)であった。また、本対象においてストレス不安状態と見なされた者は25名(10.7%)、ストレス抑うつ状態者は47名(20.3%)であった。

ライフイベントの経験、非経験別に集計すると、経験群の不安スコアは2.3(2.9)、非経験群は0.8(0.8)と有意差が認められた(t-test,  $p < 0.001$ )。抑うつスコアでも経験群が2.2(2.6)と非経験群1.0(2.0)よりも有意に高かった(t-test,  $p < 0.001$ )。また、区域別にストレス状態者を集計したが、区域間に

よる比率の差異はみられなかった。(表-1)

ストレス状態とアノイアンスの関連をみると、ストレス不安状態は非ストレス不安者に比べ「うるささ」、「音環境」、「静けさ」および「静粛」の4項目すべてにおいて、HA者が有意に多かった( $\chi^2$ 検定, Fisherの直接法, 両側検定)。他方、ストレス抑うつ状態でも「音環境」、「静けさ」および「静粛」の3項目の騒音評価に有意差が認められた。

(表-2)

アノイアンス・スコアの作成にあたってCronbackの信頼性係数をもとめたところ、 $\alpha$ 係数は0.87と高く4項目間の内的一貫性は十分であると考えられた。アノイアンス・スコアの平均(SD)は13.8(3.8)であった。

表-1 区域別のストレス状態の割合

地域	区域外	第一種	第二種	合計	検定
AL	9.6%	11.4%	10.0%	10.7%	
NAL	90.4%	88.6%	90.0%	89.3%	n. s
DL	17.7%	21.4%	25.0%	20.3%	
NDL	82.3%	78.6%	75.0%	79.7%	n. s

$\chi^2$ 乗検定による統計的有意性;

\* p<0.05, \*\* p<.01, \*\*\*p<0.001, なし n. s

表-2 ストレス状態別 Highly Annoyed 出現率

	うるささ	音環境	静けさ	静粛
AL	37.5%	52.2%	40.0%	34.8%
NAL	16.0% ]*	17.7% ]**	14.9% ]**	16.0% ]*
DL	30.4%	38.6%	32.6%	36.4%
NDL	17.0% ]n. s	16.3% ]**	14.4% ]**	14.4% ]*

$\chi^2$ 乗 Fisherの直接法(両側)による統計的有意性;

\*\* p<.01, \* p<0.05, なし n. s

表-3 各項目間の相関性

	区域	年齢
アノイアンス・スコア	.20**	.07
不安スコア	-.00	-.08
抑うつスコア	-.03	.16*

n=192

Spearmanの順位相関係数による統計的有意性;

\*\*p<.01 \*p<0.05

ストレス状態と非ストレス状態での同スコア平均値を比較したところ、ALの平均(SD)が16.0(4.5)、NALが13.5(3.7)と有意に高い結果を得た(t-test, p<0.001)。また、DLも15.2(4.1)とNDLの13.4(3.7)に比べて有意に高かった(t-test, p<0.01)。ストレス状態者がよりアノイアンスを訴えていることを示していた。

アノイアンス・スコアと区域の関連性についてSpearmanの順位相関係数にて検討したところ、有意な正の相関性が得られ(0.20, n=192, p<0.01)(表-3)、量-反応関係が認められた。

#### 4. 考 察

居住環境の評価にあたっては、当該地域に一日の大半を過ごす者が適任であると考え、対象者を女性に限定した。年齢構成から対象者は主婦であることが推測される。

まず、ライフイベントの経験別の不安および抑うつスコアを比較したところ、不安および抑うつスコア共に経験群のほうに有意に高いことを示しており、ライフイベントは不安、抑うつに対して有意に大きなストレスサーになっていることが確認された。一方、区域間でライフイベントの経験者率に差が認められなかったことから、これら高不安、抑うつ者はライフイベントによってストレスが惹起された者と推定できる。

ストレス状態者と音評価の関連をみると、「音環境」、「静けさ」および「静粛性」への不満感を訴える者(HA)はストレス状態者に多いこと、さらにアノイアンス・スコアの平均値も高いことが確認された。

キャノン<sup>1)</sup>は、怒り・恐怖などの緊急な事態に対する生体反応を緊急反応とよび、これは現在の危険を乗り切るための一連の身体反応であるとした。これに照らし合わせると、ストレス状態が外界への警戒を高め、音に対する注意力が高じたとも考えられる。こうした

音に対する反応の差異が、ストレス状態と非ストレス状態における音評価の差となって現われたと推測できる。

一方、ライフイベントの経験率が区域間で差がないことは、抑うつ・不安傾向の者が一般住民に一定の割合で存在することを示している。どんなに静かなところでもアノイアンスを訴える者が存在することの理由として、こうしたライフイベント、すなわち私的な精神ショックによってアノイアンスを訴える者の存在が示唆される。

今後、騒音反応や騒音による影響を検討する際には、主体側、すなわち聞き手側である人間にも配慮して総合的に取り組む必要があると考えられる。

**謝 辞** 本研究を実施するに際し、不安、抑うつ尺度の日本語版を提供して下さった川上憲人先生、今中雄一先生に感謝いたします。

## 文 献

- 1) Naomi M. Moreira and M.E. Bryan, Noise Annoyance Susceptibility, *J. Sound Vib.*, 21(4), pp. 449-462, 1972.
- 2) Jones DM, Davies DR (1984) Individual and group differences in the response to noise in "Noise and Society" edit. By Jones DA and Chapman AJ, John Wiley & Sons Ltd., N. Y.: pp. 125-153.
- 3) Pearson, R. G., and Hart F. D., Studies Relating the Individual Characteristics of People with Their Responses to Noise, NASA SP 189 n 69, 11542, 1969, pp. 561-572.
- 4) 景山隆之. 健康影響の評価と住民反応 騒音・振動・低周波との関係で. 小泉明・村上正孝編. 環境保健入門. 東京: からだの科学, 1990; p. 61-65.
- 5) Jones DM, Davies DR (1984) Individual and group differences in the response to noise in "Noise and Society" edit. By Jones DA and Chapman AJ, John Wiley & Sons Ltd., N. Y.: pp. 125-153.
- 6) 後藤恭一, 金子哲也: 騒音評価に及ぼす主体要因—主観的環境評価と個人要因の関連性—, 航空環境研究, (1), pp. 43-50, 1997.
- 7) GUIDLINE for COMMUNITY NOISE, WHO, pp. 60, 1999.
- 8) Goldberg, D. P., Hiller, V. F.: A scale version of the General Health Questionnaire., *Psychol. Med.* 9, 139-145, 1979.



内外報告

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

末 永 昌 久\*\*

### 1. はじめに

2000年9月25日から9月29日(5日間)にシアトル(米国)において、ICAO航空環境保全委員会(CAEP)ステアリング・グループ会議が開催され、アドバイザーとして出席した。

ICAOには、航空機騒音及び航空機エンジン排出物の問題を審議するため、航空環境保全委員会(CAEP)が設置されており、更に同委員会の下には、ワーキング・グループ(WG)が設置され、技術的な見地から、ジェット機、プロペラ機、ヘリコプター及び超音速機(SST)に対する騒音及びエンジン排出物の証明要件に係わる技術基準の制定、見直し等の検討が行われている。

1995年12月に開催された第3回委員会(CAEP/3)において、委員会のメンバー/オブザーバ及びWGラポーター等で構成されるステアリング・グループ(STG)を新設することが合意され、政策的方向づけ及び全体取りまとめを行うために年1回STG会議を開催することとし、WGの進捗状況等の取りまとめ及び新たな課題の研究報告を航空環境保全委員会(CAEP)に報告された。今

回のステアリング・グループ会議は第5回航空環境保全委員会(2001年1月開催)に向けての調整会議である。なお、現在のICAO航空環境保全委員会(CAEP)及びワーキング・グループ等の構成を図に示した。

### 2. 会議の内容

会議は各国の代表及び国際関係機関の関係者を含めて総計78名が出席して行われた。今回の会議はチャプター3の航空機に対する騒音規制強化が主なものであった。以下が各議題の内容であった。

#### 議題1: 前回のSTG会議後の展開

会議の冒頭に、アメリカ連邦航空局環境エネルギー室長のジェームス・デー・エリックソン氏による歓迎の挨拶があり、今回の会議の議長にオランダのメンバー(Mr. Gerard Bekebrede)が選出された。また、今回の議事日程及び議題に従って議事を進めていくことが了承された。更に、前回STG会議以後の活動について事務局及び各WGのラポーターから紹介された。

#### 議題2: 航空機騒音—WG1

この議題は今回の会議の主なものとなった。1998年4月の第4回航空環境保全委員会(CAEP4)以来、WG1は6回開催された。この間に当初の作業に加えて、騒音証明及び再騒音証明(re-certification)作業が加えられた。各々の業務をさらに専門的に作業してきた。FESG(Forecasting and Economic Support Group)及びWG2において

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

も騒音規制強化による費用対効果の分析を含めた問題として検討してきた。WG1の勧告(recommendation)は付属書16第1巻(Annex 16, Volume 1)又は環境技術マニュアル(Environmental Technical Manual)の改訂を含むものとなった。

FAR/JAR Harmonizationについては米国のFAAとヨーロッパのJAAの作業のもとにJoint Aviation Requirements (JAR 36)が設定された。そして、以下のような勧告案が了承された。

〈勧告案〉WG1はSTGが付属書16第1巻にデジタル機器の使用についての新セクション3を導入することを受け入れるよう勧告する。

〈勧告案〉WG1は将来の作業として、SAE A-21の作業を監視することを勧告する。

〈勧告案〉WG1はSTGに対して以下のことを勧告する。

- ・“best practices”の定義と，“best practices”を導入した騒音軽減技術による現在及び将来の製造機のデータベース化
- ・既存のICAO/Annex 16 Chapter 3の強化策を超えた騒音証明規制のオプションの提案
- ・騒音強化によるコスト等が証明当局に受け入れられるための再証明制度のオプション化
- ・最大着陸重量による進入騒音値の解析
- ・実行可能性のある技術の判定
- ・既存の付属書16第1巻、CHAPTER 3の騒音証明実施方法の改訂等
- ・ヘリコプターの基準の簡素化等
- ・チルトローターの騒音証明のためのガイドラインの承認等
- ・将来の作業プログラム等

以上の報告であった。

### 議題3：ノイズ・シナリオ

1999年6月7日、第157回ICAO理事会は、CAEPに対して、CHAPTER 3より厳しい騒音基準についての作業を、特定委任事項として採択した。これを受けた形で、1999

年のマドリッドのSTG会議から討議が始まった。以後、NSG (Noise Scenarios Group) と呼ぶタスクの名称で活動を行ってきた。

NSGは報告書を1999年11月に作成するまで、5回の会議を行っている。この間にNSGはFESG, WG1, ACI, IATA, MAGENTA, ICCAIA等と調整会議を行ってきた。

WG1のJET 9, WG2のMAGENTA, FESG及びWG3はそれぞれの部会の問題として検討した。その結果、NSGはMAGENTAとFESGが2つのシナリオ(1つはCHAPTER 3のまま、つまりノーアクション・シナリオと2つ目は新型機のみ適用する新基準のシナリオ)の作業をすすめることに同意した。

WG1は新騒音基準をCAEP/5での勧告として、新しい付属書16とすることを説明した。

結局、今回のSTG会議では強化策及びフェーズアウト更に実施時期との関係から、8つのオプションを選択した。

なお、ICAOの総会決議案となるフェーズアウト決議案は航空機騒音軽減のため土地利用政策や最適な運航方式を伴う決議案であり、更に、全てのフェーズアウトはCHAPTER 2のフェーズアウトが完了した国によって実施されることとしている。以上の内容についてCAEP/5で討議することが報告された。

### 議題4：空港及び運航による騒音問題—

#### WG2

WG2の主な活動は、MAGENTAとMODEL 1のタスクグループ活動であった。MAGENTAでは、NSGグループからの報告を受けて騒音規制強化案に対するモデルの構築を行った。MODEL 1では、SAE A-21委員会との共同で、サーキュラー205の技術的基礎となるSAEガイダンス・マテリアルを評価していた。しかしながら、今のとこ

# Committee on Aviation Environmental Protection (CAEP)

Secretary of CAEP - Ms. Jane Hupe

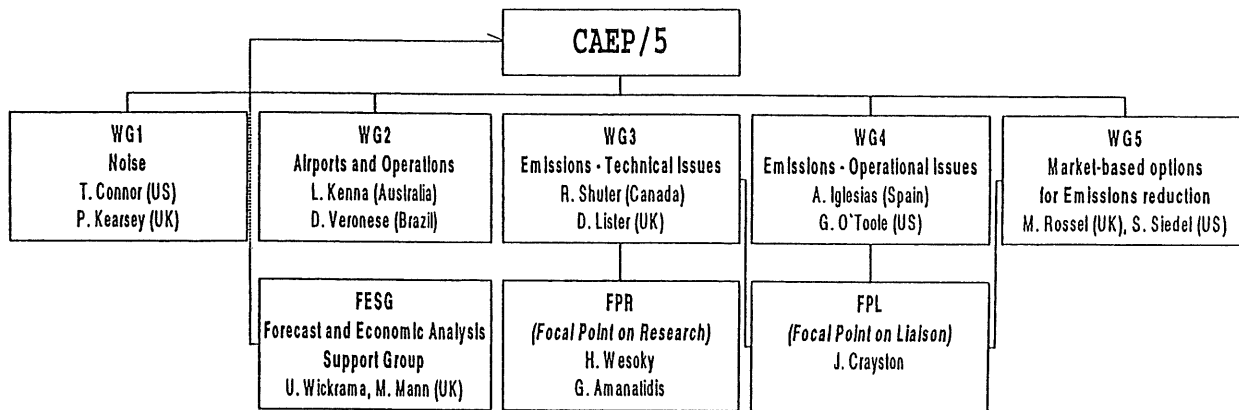


図 ICAO. CAEP の構成

ろ、CAEP/5 までにこの C 205 の改訂等を提出することは難しいとのことであった。なお、議題 4 の中で、「土地利用計画についての総会決議案」が WG 2 のラポーターから提案された。この件については日本のメンバー（航空局）により、ワーキング・ペーパーが提出され、説明された。提案は日本における空港周辺対策として長年の防音工事の実績から、総会決議案の中に「防音工事を含む騒音軽減方策」を土地利用管理方策の項に追加するようもとめた修正案である。この件については今回の会議で追加修正案として承認された。

### 議題 5：エンジン排出物—技術問題—

#### WG 3

CAEP/4 での委任事項、COP 3 での取り扱い及び他の国連機関との連絡調整を行っている。SBSTA との共同作業では国際航空バンカーフェューエルからの排出物再配分問題について、CAEP/5 に報告するとのことであった。更に WG 3 は排出ガスの規制について飛行中の巡航及び上昇段階での排出証明、

長期的な技術開発を行っており、CAEP/6 での勧告に向けて進めていること。又、WG 3 は IPCC と活動を通じて、お互いに貢献してきていること等が説明された。

### 議題 6：エンジン排出物—運航問題—

#### WG 4

このグループは CAEP/4 からのワーク・プログラムである、航空機の排出ガス（飛行中及び地上）を短期に減らすために最適な実施手順を確立すること、更に CNS/ATM システムを進めて環境へのインパクトを評価することである。これらに関連した作業を進めていることが説明された。

### 議題 7：エンジン排出物—マーケットベース・オプション—WG 5

#### WG 5

CAEP/4 のワーク・プログラムによる、排出ガス課金、燃料税、炭素オフセット及び排出ガス交換制度を含めた、市場の潜在的役割を確立し、評価しており、いままでの作業により、CO<sub>2</sub> 削減目標値として、

(1) 2010 年に 1990 年対比 5%削減……  
COP 3 の基準

(2) 2010年BaU(1990年からの増分)対比50%削減

(3) 2010年BaU(1990年からの増分)対比25%削減

これらに対して、検討案として、

(1) Fuel Taxation

(2) Charges with & w/o recycling of revenue

(3) Revenue-neutral Aircraft Efficiency charges

(4) Open Emissions Trading

(5) Closed Emissions Trading

(6) Voluntary Mechanism

が検討されていることが報告された。

#### 議題8: FESG (Forecast and Economic Support Group)

このグループは最新の包括的交通量予測の提供、費用対効果分析に基づく包括的経済分析の提供そして、排出ガス課金、燃料税、Open emissions trading, Closed emissions trading 及び Voluntary Mechanisms 等による、市場に基づく経済的評価の作業を行っている。FESGの分析はGlobal Fleetに対して当初の1990年をベースとしたものに追加して1998年をベースとして2020年までの交通量予測を行っていること、それはCAEP/4で提案されたAero-modelに基づいていること、そして、上記議題7のCO<sub>2</sub>削減目標値に対する2010年、2020年の影響についても分析をした。

討議の中ではClosed trading systemは現時点では十分な評価が得られなかった。Open trading systemは排出ガス削減による効果をもたらすこと、又、現時点では、課金や税金等の制度より、よりよい費用対効果が得られることを示していた等が報告された。

#### 議題9: FPL (FOCAL POINT ON LIAISON)

CAEP/5に向けて、航空機エンジンの排

出規制についてのアクション・プランを作成することが報告された。

#### 議題10: その他の問題

CAEP/5の会議までの各グループの検討事項が報告された。

#### 議題11: 将来の作業

WG1からWG5までの将来の作業について、各グループのリーダーから説明があり、これらについて承認された。

### 3. 結 び

今回はCAEP/5に向け、現在の航空機騒音基準より厳しい新たな騒音基準の設定を勧告するためにWG1等のワーキング・グループによって作業が進められてきた。

しかしながら、今回の会議では結論が得られなかった。今後、CAEP/5の開催までに更に検討して調整することとなった。

追記) CAEP/5は2001年1月8日から17日までカナダのモントリオールにおいて開催された。会議の結果、チャプター3の航空機騒音規制強化について、CAEP/4以来検討してきた、新しい概念のCumulative Margin Conceptにより、Lateral, ApproachおよびFlyoverの騒音値の合計が、現在のICAO第16付属書のチャプター3の合計値に対して10dB以上のMarginがあること、またLateral, ApproachおよびFlyover3点の内2点の合計がチャプター3に対し2dB以上のMarginがあること、Trade Offは認めない。というものであり、2006年1月1日より、それ以降の新型機登録について適用することを承認した。これを新たにチャプター4とすること。そして、現在のチャプター4はチャプター12とすることが決められた。これらについて、ICAO理事会に勧告することが合意された。

## 内外報告

## 日独音響学会ジョイント・シンポジウム報告\*

吉岡 序\*\*

外務省が後援する「ドイツにおける日本年」の一環として2000年3月22日に、ドイツ・オルデンプルグで開催された日独音響学会ジョイント・シンポジウムに参加した。

オルデンプルグは、ブレーメンから列車で40分ほどの小さな町であり、日本からの観光客はまず訪れることのない静かな場所である。開催会場となったオルデンプルグ大学(写真-1)は心理学と工学を融合させた教育を特徴としており、また大学の歴史は僅か20数年であり、その歴史の浅さではドイツでは極めて珍しい大学であるとのことである。

日独音響学会ジョイントシンポジウムは「環境騒音の測定と評価」をテーマとして、大阪大学・桑野教授とミュンヘン工科大学 Fastl 教授がオーガナイザとなり、日独各1名ずつの基調講演と、日独各5名ずつの招待講演が行われた。

基調講演は、日本からは東京大学・橘教授が「日本における環境騒音行政の最近の動向」というタイトルで、またドイツからはドルトムント大学 Griefahn 教授から「騒音の非聴覚的影響」というタイトルで行われた。

東京大学・橘教授、大阪大学・桑野教授の他に、日本からは三重大学・久野教授、成蹊大学・橋本教授、JR 東日本・小野氏、及び筆者が講演を行った。

日独音響学会ジョイント・シンポジウムにおける講演題目と講演者は以下の通りであった。



写真-1 開催会場となったオルデンプルグ大学

大阪大学・桑野教授「 $L_{Aeq}$ による変動騒音の評価と日本の環境基準」、ミュンヘン工科大学 Fastl 教授「聴覚の特性に基づいた音の計測」、オルデンプルグ大学 Schick 教授「ドイツにおける音響心理学、および日本との関係」、オルデンプルグ大学 Mellert 教授「騒音伝搬の予測」、アイヒシュタットカソリック大学 Hellbrueck 教授「騒音評価における記憶の影響」、ドイツ環境庁 Gottlob 博士「騒音の指標、予測、計測方法に関するヨーロッパ連合の最近の活動」、三重大学・久野教授「住民の中性反応に基づく環境騒音の基準」、成蹊大学・橋本教授「車内および車外騒音の音質：周波数に関連した要因と衝撃性の数量化」、JR 東日本小野氏「日本における鉄道騒音の計測と分析」、及び筆者「日本における航空機騒音の評価と予測」。

これらの講演に関連づけて、環境騒音の測定と予測、及び環境騒音の評価方法等について様々な方面から議論され、多くの意見が交換された。

詳細については桑野教授により日本音響学会誌(56巻9号)で紹介されているので参照されたい。

\* Joint Symposium between German Acoustical Society and the Acoustical Society of Japan, 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

内外報告

## ICAO/CAEP の動向 (航空機騒音)\*

吉 岡 序\*\*

### 1. はじめに

2001年1月にCAEP/5会議の開催が迫っていたこともあり、2000年におけるICAO/CAEP(国際民間航空機関航空環境保全委員会)ワーキンググループの活動は活発であった。CAEP/5に向けての航空機騒音に関する活動は、亜音速ジェット機騒音証明チャプター3<sup>1)</sup>の基準強化に関する事項、並びに空港周辺の騒音制御の取り組み方に関連する事項の二つに大別でき、それぞれワーキンググループIとワーキンググループIIで検討が重ねられてきている。

本稿では、ここ1年の間筆者が参加してきたワーキンググループII関連会議と、CAEP/5会議の内容を紹介し、航空機騒音に係るICAO/CAEPの動向に関する報告とする。

### 2. MODEL1アムステルダム会議

2000年3月20日、21日の両日、オランダ・アムステルダムにおいて、MODEL1<sup>2)</sup>タスクグループ会議が開催され、Hybrid Airport Model<sup>2)</sup>のPhase 2Cの結果について、国名を明らかにして比較検討が行われた。

今回のPhase 2Cにおける各国間の相違は、前回のPhase 2Bと比べてさほど大きいものではなかった。Phase 2Bでは機種、運航重量、飛行コースは統一したが、基礎データは自国のモデルのものを使っていた。Phase 2Cでは基礎データも統一して計算することにしたため、全体的に見てPhase 2Bほどの相違は見られなかった。

このことより、基礎データが航空機騒音をモデル化する際の結果に大きな影響を及ぼすことが、まず明確にされた。更に結果に影響を及ぼすその他の主要因は側方過剰量の見積もり方であろうということで全ての意見は一致した。

今回の会議の重要な目的は個々のモデルの結果の特徴を明確にして議論することであった。最初に配布されていたPhase 2Cの結果を示すワーキングペーパーには、国名はなくA, B, Cのアルファベットで表現されていたが、提出された結果を明確にして議論しなければならないことを再度確認したうえで、アルファベットに対応する国名が示された。

また、INM(米国連邦航空局の開発した航空機騒音予測プログラム)のA320のデータは現実的でないとの指摘があった(Phase 2C用に用意された基礎データはINMのものだったようである)。Phase 2C用の騒音基礎データとして、単発騒音暴露レベル $L_{AE}$ 、騒音レベルピーク $L_{Amax}$ 等、がセットで用意されていたが、 $L_{AE}$ と $L_{Amax}$ の関係についても問題があるとの指摘があった。

\* 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

米国連邦航空局は、これを受け入れエアバスインダストリー社に確認することになった。このようなこともあり、ある国は A 320 と B 747 について自前の基礎データを使ったと言い、これが原因となり計算結果は他と比べて大きな相違となっていた。

単発騒音暴露レベル  $L_{AE}$  を算出する際の継続時間補正方法について、時間或いはフライトトラックのセグメンテーション化の方法の違いにより誤差が生じることが確認された。日本の予測モデルは単に騒音レベルピーク  $L_{Amax}$  から単発騒音暴露レベル  $L_{AE}$  に変換しているため、変換の誤差（継続時間補正に関する）が潜在的に含まれており、その誤差は各国間の結果に相違をもたらす原因とは別のものであると指摘された。

予測モデルには、時々刻々の航空機の位置に応じた瞬時の騒音レベルを求め、全ての時間を積分して  $L_{AE}$  を算出するシミュレーションモデルと、飛行経路を適切なセグメントに区切って、各セグメントごとに騒音のエネルギーを加算して  $L_{AE}$  を算出するセグメントモデルがあることが分かった。

計算結果から予測モデルは、次の3つのグループに大別された。①シミュレーションモデル、②セグメントモデル A、③セグメントモデル B。即ち計算結果は3通りに分布しているということである。

以上 Phase 2 C の結果の検討から、モデル化の際に相違を引き起こす主要因として、以下に示す見解が示された。

- Circular 205<sup>3)</sup> 等でフォローされているセグメントモデル間での結果の整合性は一般的に良いが、セグメントモデルとシミュレーションモデル間における騒音レベル積分方法の違いは、相違を引き起こす問題となっている。
- 側方の過剰減衰量の仮定は、地表面の影響と音源の指向性の両方について考慮しておく必要がある。

- 航空機メーカーからの騒音基礎データとシミュレーションモデルに組み込むために測定されたデータの違いについては検討する必要がある。

この会議において、各国間の相違についての本質的な要因が明確になった。今回のように、計算条件等を明確にして議論することについては、各国間の相違の原因究明に効果があったと考える。各国間の相違の主要因として、 $L_{AE}$  を算出する際の計算方法について議論が費やされた。日本の場合は  $L_{Amax}$  を基に経験式を用いて  $L_{AE}$  に変換しているため、詳細な  $L_{AE}$  算出の議論になると、他の国とは別のプラットフォームにいるようである。誤解のないように付け加えるが、 $L_{Amax}$  を基本量とするわが国の WECPNL が不備であるということではない。これは行政的には十分な機能を果たし効果を上げてきたのである。

### 3. MAGENTA ロンドン会議

MAGENTA<sup>4)</sup> タスクを進める上での、将来予測要因とその前提条件について検討するための会議が、2000年4月27日、28日、及び7月19日、20日の計4日間英国・ロンドンの航空当局 CAA ハウス、並びに通産省で開催された。

会議は、ワーキンググループ II に設置されている将来における全世界の空港の発着便数の予測について検討を行っているグループからの報告から始まった。

空港容量問題を扱うためには、容量が制限されない自由な上限と、全ての空港に適用できるような単純な理論上の下限、そして現実的で中間的なケースについて検討することが基本であると述べられた。空港容量の定義は、滑走路容量と管制容量とが組み合わせて計画されており、また年と共に変化しているので非常に難しいが、空港容量の考え方を更に簡便化することが提案された。

作業を進める上で、各グループ間の緻密な調整が必要とされ、CAEP/4 会議の後に、ワーキンググループ間調整チームが新たに設置されている。

今回の会議に先立ち、ワーキンググループ I, FESG (ステアリンググループの下に設置されている需要予測等の経済分析を行うグループ)、及びマゼンタの各議長により、第 1 回目のワーキンググループ間調整会議が持たれた。特に、騒音証明基準強化案、運航に係る将来予測については、各グループ間で整合性を取りながら進めることが必要であると認識された。

運航の需要予測については基本的には FESG、騒音基準の強化の予測については NSG, JET 9 (ワーキンググループ I に設置されている騒音基準強化の検討を行うグループ) の作業に整合させることになっている。また人口密度データについては既存のデータベースを利用するようであるが、一つのデータベースだけでは全世界をカバーすることは難しく、複数のデータベースを使うこととなるようである。

CHAPTER 3 騒音証明基準値強化に係る案は、26 通りの選択肢が提案されている。これは現 CHAPTER 3 における側方、離陸、着陸の 3 飛行形態でのそれぞれの基準値をベースにして、そこから低減させる量の総和を表している。例えば、 $-8$  dB とはそれぞれの飛行形態での証明値と CHAPTER 3 基準値の差の総和が  $-8$  dB より大きくてはならないことを意味する。

低減量は  $-5$  dB,  $-8$  dB,  $-11$  dB, 及び  $-14$  dB が候補となっており、これらの低減量とフェーズアウトさせる時期 (4 年, または 7 年) の組み合わせにより、結果的に 26 通りの選択肢が提案されている。

低減量についてトレードオフを認めるかどうかの問題、及びフェーズアウトの方法については、他のサブグループと共通の認識の基

で作業が進むように調整が進められる。

各国の空港データは、二つのグループに分類され、第 1 グループに分類された 151 の空港の 95% について、CHAPTER 2 がフェーズアウトしていることが確認されている。マゼンタではこの第 1 グループだけについて基準強化に関する分析を行うことが支持された。

運航便数の予測と経済分析については、前述 FESG が作成したデータを使うことが検討されていたが、キャンベル・ヒルモデルと 1999 年版の世界のジェット便に関するデータベースを使うこととなった。キャンベル・ヒルモデルにはプロペラ機、ジェネラルアビエーション、ビジネスジェットのデータは含まれていないので、対象とする航空機は座席数 50 以上のジェット機となる。

貨物便の増加についての予測も議論されてきたが、旅客便よりも影響度は少ないので、議論は進展していない。昼間と夜間の運航割合については、貨物便も旅客便も同じく基準となる 1998 年での割合を用いることとなった。

今まで議論されてきた予測に用いられる要因と前提条件が整理され、37 項目の予測要因とその前提条件の考え方が定まった。

#### 4. ワーキンググループ II ポストン会議

11 月 14 日から 16 日の 3 日間にわたり米国、ボストンの DOT. Volpe Center でワーキンググループ II と SAE (米国自動装置技術者協会) A-21 の合同会議が開催された。この会議から航空局環境整備課が正式にワーキンググループ II のメンバーとして参加することになった。

##### 4.1 SAE A-21 関連について

- Wallops Island における機体による遮蔽効果実験の経過報告がなされた。これは現在 INM<sup>5)</sup> に取り入れられている航空機騒音の側方過剰減衰効果評価方法の見直しの



- 一環として行われ、機体による遮蔽効果について検討するものである。実験は地面に投影した飛行経路に直交する 850 feet の間の地上に 9 点のマイクロホンを、そして更にその両側に 200 feet の高さのクレーンを立て垂直に 5 点のマイクロホンを設置して、その間を離陸と着陸を模擬して実機を通過させ、機体遮蔽による騒音の指向性について実測を行ったものである。キングエア、ファルコン、B 767、DC 9 の機種について 4 日間で約 90 データが取得された。
- SAE で検討中の事項の優先度について述べられた。優先度の最も高い事項としては、INM の評価、AIR 1845<sup>6)</sup> と AIR 1751<sup>7)</sup> の見直し、INM への入力データの標準化、レーダデータの利用についての調査等であり、中期的な目標としては気象状況のモデルへの反映、長期的な課題としては騒音軽減離陸方式の効果の研究、INM における地形の影響等であった。
  - エアバス社が独自に開発している INM 用データの作成ツール、OCTOPER（性能及び飛行経路の解析）、PSEUDO（航空機騒音評価：騒音証明）及び NLCP（運航を想定した騒音影響解析）について説明があった。INM 用データベースとして、近々 A 319-131, A 320-211, A 320-232, A 330-301, A 340-211 が追加されることになる。
  - 進入時の低推力時におけるイギリスの予測モデルで用いられている NPD データ（騒音基礎データ）の解析について報告があった。進入時の推力設定が計算値と実測値で異なること、単発騒音暴露レベル ( $L_{AE}$ ) についての計算値と実測値の比較では高度 400 フィート又は接地点から 4 nm から空港よりでは良く一致するが、より遠方では計算値が下回る (2~5 dB) ことが報告された。わが国における調査では、逆に計算値が大きめに出る傾向がある。
  - GPS を利用した航空機位置計測装置 (ENHANCE) の試行結果について報告があった。ENHANCE の結果とレーダー及び FDR のデータが比較され、FDR (フライトデータレコーダ) の結果には 0.7 nm のバイアスがかかっているとの指摘があったが、FDR のどのようなデータが使われたかは不明。
- #### 4.2 ワーキンググループ II 関連
- 騒音軽減運航方式の考え方について述べられた。ここで議論される騒音軽減運航方式は、環境に係る benefit を議論するものであり、安全に係る問題は ICAO の他の部門で議論されるべきであるとして、ワーキンググループの考え方が提示された。即ち、CAEP/5 が環境に利点のある運航方法があると考えれば、これを第一ステップとして決めて、その後、安全性を担当するグループがこの手順の安全性について検討を行なうという ICAO の考え方が明確にされた。
  - 空港周辺の騒音制御に係る決議案についてはメンバー及びオブザーバーのみ別室で検討が進められた。IATA（国際航空運送協会）よりバランスのとれた対策 (Balanced Approach) について多くのコメントがなされ、かねて提案されていたラポーターの案をより積極的な案に修文する必要があるとされた。まず最初の部分に、バランスのとれた対策の目的として、「騒音影響を受ける人口を 2002 年のレベルに維持し、可能であれば削減すること」を追加すること、次に、「旧基準機（チャプター 2 適合機）の退役が騒音影響を軽減するために設定され、…」との表現をより積極的な「旧基準機の退役により騒音影響が軽減し…」との表現に改める旨の提案がなされ了承された。
- これについての決議は、全ての国に全ての項目を義務づけるものではなく、各国で現実

的な対策を行うとの理解で良いかとの質問について、その通りであり、日本の事情も十分に踏まえているとのこと。

・MAGENTA について CAEP/5 に報告する事項として以下の報告がなされた。

世界を4つの地域に分類し、そのうち3つは、旧基準機が退役する地域で、(1)北米、(2)欧州 (ECAC)、及び(3)日本、豪州及びニュージーランドである。これらの3つの地域は、新基準 (チャプター 3) を適用除外しない地域 (Non-Exempt Region) と呼んでいる。4番目の地域はその他の地域であり、適用除外地域 (Exempt Region) と呼ばれ、その地域が新ルールを適用するしないに拘わらず、地域(1)~(3)の適用の影響を受ける地域である。

MAGENTA のデータベースには、ジェット機の運航する 1700 以上の民間機空港が含まれている。実際に MAGENTA に使われる空港は、シェル 1 とシェル 2 に分類されており、シェル 1 には 192 の空港が含まれ、地域 1:99, 地域 2:30, 地域 3:22, 及び地域 4:41 の空港がある。これらの空港については、輸送量と路線 (traffic and routes) データが含まれ、INM による騒音コンターが計算できることとなる。そしてコンターが人口分布図に重ね合わされることとなる。

26 通りの基準強化のオプションのうち、シアトルステアリング・グループ会議で絞られた表-1 の 8 のオプションについて、次ぎ

に示す①から⑤の条件で MAGENTA の解析が行われている。

- ①新基準を適用除外しない地域については、更新された航空機材騒音/性能データベースにより再計算する。
- ②新基準を適用除外しない地域については、再証明について、現在運航し製造されている機種については、同じクラスの他の機種の平均的なマージンを確保できるように改修されると仮定し、既に製造が中止されている機種については、(a) 新基準、(b) 新基準+1.5 dB 設計余裕に適合するように改修されると仮定する。
- ③新基準を適用除外しない地域については、最低保証寿命については、(a) 35 年未満の航空機は退役しない、(b) オプション 5.1 については運航離着陸サイクル 12000 回未満では退役しないとする。
- ④オプション 5.2 及び 6.1 については、欧州 (ECAC) に限ってフェーズアウトすることとする。
- ⑤適用除外地域において①と②を行う。

以上の報告に対し、空港の容量の制約について中間値をとることが ICT で合意されていないのであれば、全てのデータ (制約あり、制約無し) を示すべきであるという意見が IATA から述べられた。

・MODEL 1 についての作業は停滞しているようである。イギリス CAA の Ollerhead

表-1 MAGENTA OPTION

Scenario	2002	2006	2009	2013	2016	2020
2.1	- 8dB					
2.2	- 11dB					
2.3	- 14dB					
4.1	- 8dB	- 8dB (7yrs)				
5.1		- 8dB / - 5 (4yrs)		- 8dB (7yrs)		
5.2		- 11dB / - 5 (4yrs)		- 11dB (7yrs)		
5.3		- 14dB / - 5 (4yrs)		- 14dB (7yrs)		
6.1	- 8dB / - 5 (4yrs)	- 8dB (7yrs)				

氏がMODEL 1とMAGENTAのラポーターを務めており、仕事のウェイトがMAGENTAに偏っていたようであり、MODEL 1の作業は3月のオランダ会議から進捗していなかった。従って、Circular 205<sup>3)</sup>の改定案はCAEP/5には上程されず、CAEP/6に向けてSAE A-21と協調しながらMODEL 1が継続されることになった。

## 5. CAEP/5 会議

2001年1月8日から17日にかけてカナダ・モントリオールICAO本部においてCAEP/5会議が開催された。この会議内容については、いずれ国土交通省航空局の担当官から詳細な紹介があると思われるので、ここでは亜音速ジェット機騒音証明チャプター3の基準強化に関してだけ簡単に述べる。

チャプター3騒音基準の強化案については、CAEP/5会議に至るまでに前述（第3項）のように強化量を-5 dB、-8 dB、-11 dB、及び-14 dBとし、これらとフェーズアウトさせる時期を組み合わせたオプションについて議論されてきた。CAEP/5会議においては各国の意見表明の後、各国の事

情を考慮してフェーズアウトさせる時期を切り離し、強化量を-8 dBにするか-10 dBにするかについて議論された。その結果、トレードオフを認めない-10 dBが採択され、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になる。

この新基準はチャプター4とすることとし、現行超音速機に係る基準はチャプター12となる。

## 文 献

- 1) ICAO Environment Protection ANNEX 16 Volume 1 Third Edition 1993.
- 2) 吉岡：ハイブリッドエアポートモデルについて、航空環境研究, No 4, 1999.
- 3) ICAO CIRCULAR: Recommended method for computing noise contours around airports, Circular 205-AN/1/25 (1988).
- 4) 吉岡：ICAO/CAEPの動向（航空機騒音）、航空環境研究, No 3, 1999.
- 5) Olmstead, et. al., Integrated Noise Model (INM) Version 5.1 User's Guide, FAA-AEE-96-02, December 1996.
- 6) Procedure for the Calculation of Airplane Noise in the Vicinity of Airports, SAE-AIR-1845, SAE A 21 Committee, March 1986.
- 7) Prediction Method for Lateral Attenuation of Airplane Noise During Takeoff and Landing, SAE-AIR-1751, March 1981, reaffirmed March 1991.

内外報告

## ICAO/CAEP の動向 (航空機排出ガス)\*

柴田 正夫\*\*

### 1. はじめに

航空機の排出ガス対策については、民間航空輸送に関する国際機関である ICAO (国際民間航空機関: International Civil Aviation Organization) で、環境対策を取り扱っている CAEP (航空環境保全委員会: Committee on Aviation Environmental Protection) が中心になり、規制強化等の検討作業を進めている。

一方、地球規模環境問題の視点からは、航空機を含め、国連の IPCC (気候変動に関する政府間パネル: Intergovernmental Panel on Climate Change), UN-FCCC (国連気候変動枠組条約: United Nations Framework Convention on Climate Change) 等が、ICAO と連携して航空機排出ガス規制の検討を進めている。この他、各国の関連機関等においても航空機排出ガス問題の研究が取り組まれている。

ここでは、ICAO/CAEP の動向を中心に航空機排出ガス対策の取り組みについて述べる。

### 2. ICAO/CAEP における航空機排出ガス対策の全体像

#### (1) ICAO/CAEP を中心とした航空機排出ガス対策の取り組みスキーム

図-1 に現状の ICAO/CAEP (International Civil Aviation Organization/Committee on Aviation Environmental Protection: 国際民間航空機関/航空環境保全委員会) を中心とした、環境保全対策の活動動向を示す。現状、ICAO の活動は IPCC, UN-FCCC 等と連携しながら進められている。

ICAO/CAEP 自体は、以下の5つの WG (Working Group: 作業部会) を中心に研究活動を進めている。

WG 1 (航空機騒音): 航空機騒音対策

WG 2 (空港及びオペレーション): 航空機の運用面からの航空機騒音の低減等

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

WG 4 (エンジン排出物-運航面): 航空機排出ガスの運用面での対策

WG 5 (環境課金・環境税など): 環境税・環境課金の検討

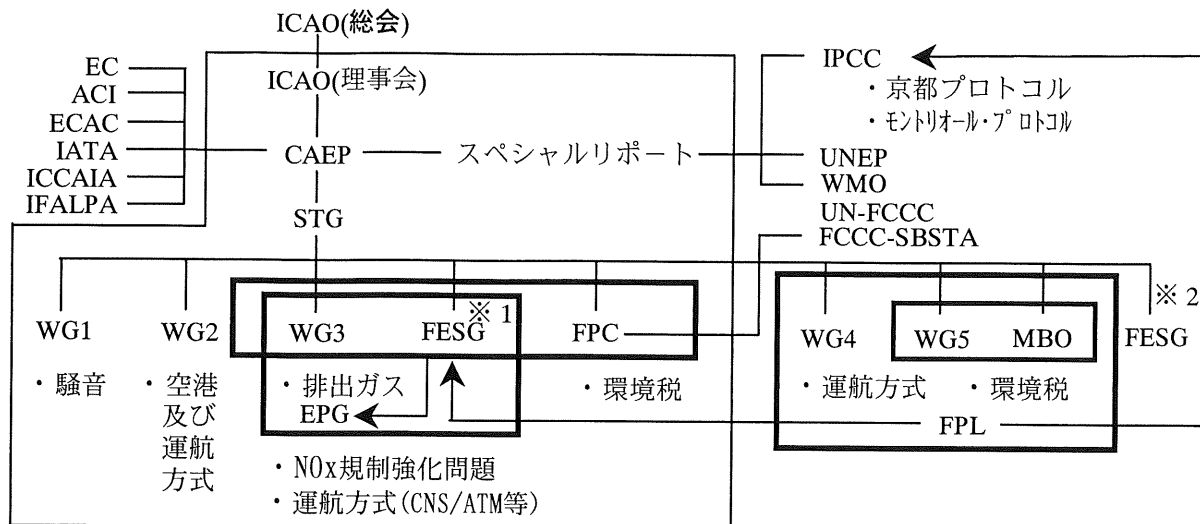
WG 1~WG 5 の各ワーキンググループの作業は、2001年1月上旬の開催が予定されている ICAO/CAEP 5 を目標に検討作業が進められている (図-2)。

#### (2) ICAO の理事会 (The Council) 「決議 (Resolution) A32-8」

1999年の ICAO 理事会は、航空機の大気汚染について、以下の「決議 (Resolution)

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

\*\* (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 大気環境部 部長代理



ICAO	International Civil Aviation Organization (国際民間航空機関)
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection (航空環境保全委員会)
STG	Steering Group Meetings
WG	Working Group
EPG	the Emission Planning Group (ICAO / CAEP4 における小委員会)
FESG ※ 1	Future Emission Study Group (ICAO / CAEP4 における小委員会)
FPC	Focal Point on Charges (ICAO / CAEP4 における小委員会)
FPR	Focal Point on Research (ICAO / CAEP5 における小委員会)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (気候変動に関する政府間パネル)
UNEP	United Nations Environmental Program (国連環境プログラム)
WMO	World Meteorological Organization (世界気象機関)
UN-FCCC	United Nation-Frame work Convention on Climate Change (国連気候変動枠組条約)
SBSTA	the Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (ICAO / CAEP4、FCCC の下部組織)
EC	European Community (欧州共同体)
ACI	Airport Council International (国際空港審議会)
ECAC	European Civil Aviation Conference (欧州民間航空会議)
IATA	International Air Transport Association (国際航空運送協会)
ICCAIA	International Coordination Council of Aerospace Industries Association (航空宇宙工業会国際協議会)
IFALPA	International Federation of Air Line Pilots Association (定期航空パイロット協会国際連盟)
MBO	Merket Based Options
FPL	Focal Point on Liaison
FESG ※ 2	Forecast and Economic Analysis Support Group (ICAO / CAEP5 における小委員会)

図-1 ICAO を中心とした航空機排出ガス対策

A 32-8」を採択した。

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

これを受けて、ICAO/CAEP では、次の

点に留意して航空機排出ガス対策が進められている。

○CO<sub>2</sub>：京都プロトコルで設定された目標をベースに対応

・技術的対応から CO<sub>2</sub> を抑制、低減する計画を策定 (WG 3 が中心)

・LTO サイクルでの排出量低減のための包



括的な対応策を含め、長期的な技術対策を策定

○NOx：巡航高度における NOx 問題が最もプライオリティが高い

- ・新しい原単位 (巡航, 上昇モード) の作成
- ・さらなる NOx の規制 (NOx 低減については 2000 年中に新たな報告書が提出される予定)

なお, IPCC のガイダンス, 京都プロトコルの双方が, ICAO/CAEP に対して長期のアクション・プランの策定を求めている。

●地球規模環境問題として, CO<sub>2</sub> 抑制・低減に焦点を当てた研究

●LTO サイクルでの NOx 低減を含め, 地球大気質の改善を進める

(3) ICAO/CAEP の航空機排出ガス対策の目標 (長期的技術目標)

ICAO のステアリング・グループでは, 航空機排出ガス低減の長期的技術目標について報告がなされている。これらの長期的技術目標は, 基本的に航空機に搭載されているエンジンの燃費改善, 低 NOx 化を目標としたもので, 従来は NASA の AST プログラム (Advanced Subsonic Technology Program) が積極的な研究開発を進めていた。しかし, NASA は 1999 年で ASTP 及び HSRP (High Speed Research Program)

を打ち切ることを決定しており, 今後こうしたエンジンの環境対策技術は, 新たに開始される次世代エンジンの研究開発のプログラムの中で, 研究が進められることになると思われる。

表-1 に主な機関が発表している航空機排出ガスの低減目標を示すが, 全体として以下の特徴がみられる。

①CO<sub>2</sub> (二酸化炭素)

温暖化ガスである CO<sub>2</sub> については, 今後 20 年で約 20~25% の低減が目指されている (いずれも CAEP/2 で決定された基準に対して)。また, IPCC の長期目標では 2050 年までに, 現状に比べて 40~50% の燃費改善が目標とされている。

②NOx (窒素酸化物)

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

③CNS/ATM による燃料消費量の低減 (IPCC)

この他, 表-2 に示すように IPCC では航空機の運航面からの燃料消費量を低減させることが可能と予測している。具体的には

表-1 主な機関が発表している航空機排出ガスの低減目標

	CO <sub>2</sub>	NOx
IPCC (スペシャル・レポート)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 2010 年までに 8 から 10 % 改善</li> <li>・ 2015 年までに 20 % 改善</li> <li>・ 2050 年までに 40 ~ 50 % 改善</li> </ul>	—
NASA (AST プログラム)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 当初 8 % 削減</li> <li>・ 2001 年までに 25 % 削減</li> </ul>	当初の計画 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1999 年までに ICAO/CAEP/2 の値に比べて 50 % 低減 (燃焼器)</li> <li>・ 2001 年までに ICAO/CAEP/2 の値に比べて 70 % 低減 (燃焼器)</li> <li>・ 設計・問題で 40 % 低減のものを実証する</li> </ul>
EC (目標)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 20 % 削減</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 80 % 削減</li> </ul>
米国エネルギー省 (Energy Information Administration) の 1998 年 10 月の報告書	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1990 年以降何ら削減策を施さない場合に比べて:</li> <li>2010 年で 18.3 ~ 30.5 % 低減</li> <li>2020 年で 23.9 ~ 35.1 % 低減</li> </ul>	—

表-2 航空機の燃料消費率の改善及び航空管制 (ATM) による燃料消費量削減の予測 (IPCC)

	2010年まで	2015年まで	2050年まで
燃費改善	8～10%改善	20%改善	40～50%改善
	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ケロシン中の硫黄含有量削減 → SO<sub>x</sub>, 硫酸粒子形成減少</li> <li>・水素燃料(代替燃料) → 水蒸気排出増大</li> </ul>		
ATM (Air Traffic Management) による低減効果	2020年まで		2050年まで
	燃料消費量を6～12%改善		燃料消費量を8～18%改善
	1人当たりで2～6%の範囲で改善 <ul style="list-style-type: none"> <li>・航空機の大型化、軽量化、運航速度の最適化、APU使用制限、タキシング時間削減等による</li> </ul>		

CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance/Air Traffic Management) の導入により、2020年までに、燃料消費量を6～12%、2050年までに8～18%改善できるとしている。

### 3. ICAO/CAEP等のWG(ワーキンググループ)における航空機排出ガス対策の取り組み

ICAO/CAEP/5では航空機排出ガス対策に関する検討作業はWG3(エンジン排出物-技術面)、WG4(エンジン排出物-運航面)、WG5(環境課金:環境税など)の3つのワーキンググループで実施されている。特に重要となるのはWG3とWG5で、この2つのワーキンググループの活動状況を以下に示す。

- 1998年12月:米国アリゾナ州フェニックス
- 1999年4月:フランス・ツールーズ
- 1999年9月:WG5(課金・課税-Market Based Option)第3回会合(カナダ・モントリオール)
- 1999年10月:WG3(排出ガス-技術面: Emissions-Technical)第3回会合(米国・アンアーバ)
- 2000年1月:WG3(排出ガス-技術面: Emissions-Technical)第4回会合(ドイツ・ベルリン)
- 2000年1月:WG5(課金・課税-Market Based Option)第4回会合(スイス・ジュネーブ)

○2000年4月: FESGシナリオ案がWG5に報告

○2000年5月: WG5(課金・課税-Market Based Option)第5回会合(カナダ・モントリオール)

○2000年6月: WG5(課金・課税-Market Based Option)第6回会合(英国・ロンドン)

○2000年6月: WG3(排出ガス-技術面: Emissions-Technical)第5回会合(米国: クリーブランド)

○2000年9月: ステアリンググループ会議(米国: シアトル)

○2001年1月: ICAO/CAEP/5会議(カナダ: モントリオール)

○2001年4月: 航空環境問題共同討議(The colloquium on Environmental Aspects of Aviation)

○2001年9月または10月: 第33回ICAO総会

以下にWG3, WG4, WG5における活動動向について述べる。

#### (1) WG3(排出ガス-技術面: Emissions-Technical)の動向

1999年10月以降に開催されたICAO/CAEP WG3(排出ガス-技術面: Emissions-Technical)の会合では、主に次の点について報告がなされた。

##### ①WG3の主な活動項目

WG3(エンジン排出物-技術面)では主に航空機排出ガス対策に係わる技術面での対



策を取り扱っている。具体的には以下の内容が主たる研究対象となっている。

#### ○科学的な研究

現状及び将来の航空機の排出ガスの総合的な影響についての研究（上空及び地上）

#### ○技術

技術的にはNO<sub>x</sub>等の排出低減と燃料消費率（CO<sub>2</sub>）のトレードオフ等についての評価として、排出ガス低減による潜在的な便益、NO<sub>x</sub>とCO<sub>2</sub>のトレードオフの問題、今後の研究目標、マイルストーン、スケジュール等が検討されている。

#### ○排出ガスの新評価方法/原単位の作成

地球規模環境問題、地域環境問題の双方を勘案しての、航空機エンジンの型式認証についての検討。ここでは対象となる排出物質やその測定方法、予測、規制方法等について検討がなされている。

#### ○データベースの整備

ICAOのエミッション・データバンクの整備。

#### ○排出ガスの長期低減目標の設定

排出ガス低減を目指しての長期的な技術実現性等について関連機関を支援するとともに、検討にあたっての技術開発、実用化の方向性、温暖化ガス（CO<sub>2</sub>）の抑制・低減方法の研究等を実施する。

#### ○次世代超音速輸送機の排出ガス問題

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

### （2）WG3の主な活動内容

ここで特に重要となるのが、国連機関（IPCC, UN-FCCC等）と連携して作業が進められている「技術」面の研究及びLTOサイクルの見直しに係わる排出ガスの新評価方法/原単位の作成、派生型機の取り扱い、データベース等である。以下、この3点についての動向について述べる。

#### ①航空機環境対策

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

上空（対流圏上層部）においては、IPCCのスペシャルリポートでも指摘されているように、CO<sub>2</sub>の低減が重要な課題となるが、同時に上空でのNO<sub>x</sub>の影響やエアロゾル、パーティキュレートなど、科学的に十分な理解がまだ得られていない課題もある。ただし、京都プロトコルと直接関連するのはCO<sub>2</sub>対策である。

一方地上では、航空機から排出される排出ガスの現状と将来、他の地上発生源と比較しての航空機の寄与度を明らかにすることが重要であると指摘している。WG3では、空港を中心とした地域環境問題への取り組みとして、オゾン、パーティキュレート、CO等の排出実態や航空機の寄与度等についての科学的な研究を開始している。

また、1999年4月のWG3の会合では、健康や地域環境対策の観点からオゾンやパーティキュレートの規制をより厳しくすべきだとする報告がなされた。現状、米国の一部地域では、航空機から排出される排出ガスが、地域環境の悪化に今後大きな影響を与える可能性が高いと指摘されている。

その一方で、こうした空港周辺の地域環境対策については、経済的に可能な対応が重要となるとしている。WG3では、今後、空港を中心とした地域環境問題特性の一層の研究や、航空機から排出される排出ガスの影響を緩和するための技術的アドバイスを進めていく方針である。

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

ICAO/CAEPでは国連の他機関との連携を図るために、ICAO/CAEP/4の段階で新たに（FPL: Focal Point on Liaison）を設置した。FPLは特にモンテリオール・プロ

トコル、京都プロトコル、IPCC のスペシャルリポートの実施などを支援してきた。なお、FPL の支援は ICAO/CAEP の WG 3, 4, 5 により主に実施されている。

現状、FPL は国連機関、特に IPCC や UN-FCCC と、地球温暖化対策 (CO<sub>2</sub> 等の温暖化ガス対策) で連携をとっている。また、CLRTLP (Convention on Long Range Transboundary Air Pollution: 長期の境界領域での大気汚染についての研究) との関連では、NO<sub>x</sub> ドラフト・プロトコルの検討がなされている。

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

- 京都プロトコルに対する ICAO 決議 (Resolution A 32-8) のアクション・プラン
- 温暖化ガスインベントリー (National greenhouse gas inventories) への国際線航空機の排出ガスの割り当て (UN-FCCC, SBSTA で検討されている課題)
- UN-FCCC との連携
- 航空機排出ガス対策の新たなアクション・プラン・ドラフトの作成
  - a. 京都プロトコルに対する ICAO 決議 (Resolution A 32-8) のアクション・プラン

ICAO 決議 (Resolution A 32-8) に対して、理事会は CAEP を通じて民間航空機から排出される温暖化ガスの抑制・低減のための政策的オプション (policy option) の検討を求められている。そして、IPCC のスペシャルリポートと京都プロトコルを勘案した報告書を次の総会に提出することとなっている。このことは、ICAO/CAEP の WG 5 の活動 (環境課金、環境税) と深く関連すると考えられるが、現状、WG 5 を含め WG 3,

WG 4 とともに実際の活動にはステアリング・グループからのガイダンスが必要であるとしている。このため、ステアリング・グループでは、政策的オプションをいかに決めるかについての検討を進めている。

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

当初 ICAO/CAEP/4 では、国際線で運航される航空機の燃料や排出ガスの割合問題については検討作業の対象外としていた。しかし、総会で ICAO に対する UN-FCCC (SBSTA) 等の要請が高まってきたため、現在は UN-FCCC 等との連携を強めている。

このことは A 32-WP/243 でも以下のとおり指摘されている。

- 国際線を運航する航空機からの温暖化ガスを、各国の温暖化ガス・インベントリーに取り入れるかに関して、UN-FCCC と引き続き協力していくことが ICAO 理事会で求められた。
- 国際線航空機から排出される排出ガスの割合については、UN-FCCC の SBSTA でいくつかのオプション策が提示されているが、ICAO は速やかにそれぞれのオプション策の影響について検討することを求められている。ICAO は SBSTA と密接に連携をとり、実行可能な割合策の提案を行うべきであり、かつ、いかなる決定も ICAO を通してなされるべきである。

1999 年 2 月以降の FPL (Focal Point on Liaison) の会合では、こうした総会の要請の対応策が検討された。なお、この中では前記 UN-FCCC の項で述べたように、以下の動きがみられた。

- COP 3 (京都プロトコル) の各国の削減目標 (2008~2012 年) への組み込みの可能性はまず無い

○エミッション・トレーディングを実施する際の各国航空機排出ガス発生量予測の必要性について

c. UN-FCCCとの連携

FPLではUN-FCCCとの連携を重視しているが、こうしたUN-FCCC・SBSTAとの連携については前記、UN-FCCCの項参照。

d. 航空機排出ガス対策の新たなアクション・プラン・ドラフトの作成

ICAO/CAEP/4でのステアリング・グループの要請に応じて、京都プロトコルに対応するいくつかの案が出されている。航空機エンジンからの排出ガスに対するICAOのアクション・プラン作成もその一つである。

1999年2月のFPLでは、現状いかにICAOのアクションプランを作成すべきかが討議された。

③新排出原単位の作成 (Alternative Emissions Methodology Task Group)

ICAO/CAEP/WG3は、航空機排出ガスの新しい原単位作成作業を行っており、2001年12月までに作業を完了されることになっている。作業そのものはAlternative Emissions Methodology Task GroupがAEM (Alternative Emissions Methodology) について以下の点を検討している。

○現状のLTOサイクルでの排出原単位 ( $D_p/F_{00}$ ) に代替する

○新たに上昇 (climb), 巡航 (cruise) モードの排出原単位を作成する

○高空での実測は行わず、地上テストから巡航時の排出原単位を算出する。算出はP3/T3方式を適用することが決定されたが、現状、精度、信頼性に問題がある。

○対象排出ガス物質はNO<sub>x</sub>とCO<sub>2</sub>に焦点が絞られている。ただし、パーティキュレート、CO、HCについても依然、その取り扱いについて検討がなされている。

ここで、Alternative Emissions Metho-

dology Task Groupの作業は、次の項目がキーエレメント (Key elements) となっている。

○新排出原単位の排出データは、型式認証だけでなく環境影響評価など他の目的にも適用する

○排出ガス算出方法は航空機 (aircraft) に適用される。

ただし、すべての排出データは、エンジン・テストによるデータである。

○対象とする航空機

- ・推力が26.7 kN (6,000 lb) より大きいジェット機 (定期便, チャータ便に供されるすべて旅客・貨物の亜音速航空機)

- ・軍用機, ジェネラルエビエーション機, ターボプロップ機, 超音速機 (SST) は含めない

○対象とする飛行モード

- ・すべての飛行モード (LTOサイクルを含む)

○航空機の性能 (capability), 排出ガス発生量 (productivity) については, ATM (Available Ton-Mile) 又は ATK (Available Ton-Kilo) を使用する。

○巡航モードについては1つ又はそれ以上の巡航ポイントを定義する必要がある

○対象とする排出ガス物質

- ・NO<sub>x</sub>, CO, HC及びスモーク。さらにパーティキュレートも考える。

- ・巡航時のNO<sub>x</sub>排出原単位が最もプライオリティが高い事項

- ・CO, HCは巡航時の発生量が少ないが, LTOサイクルは重要。また, HCについてはパーティキュレートの算出方法を勘案する必要がある

- ・スモークとパーティキュレートは飛行機雲, 巻雲と関連すると考えられるが, その予測方法は現状不明

○巡航時の排出原単位については, 表-3に示す2つの方法を考える (P3-T3法,

表-3 高空を飛行する航空機の排出ガス排出原単位の測定方法

方法名	記述内容	概要	特徴
P3 - T3 法	ICAO 付属書 16.Vol. II に規定	<ul style="list-style-type: none"> <li>既存エンジンのテストデータに基づき指数を決める</li> <li>新型エンジン（ステージ型燃焼器等）では、上記の指数は異なるため修正される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エンジン認証方法としては好ましい</li> <li>精度や不確かな点の検討が必要</li> </ul>
FF 法 (フュエル・フロー法)	NASA、ボーイング、DLR(ドイツ航空宇宙研究所)が開発。	図-3 参照のこと	<ul style="list-style-type: none"> <li>理解しやすく容易</li> <li>精度摘要性の検討が必要</li> </ul>

FF 法)。基本的に地上で試験設備などを使って計測した結果を換算する方法を採用する（上空で航空機から排出される排出ガスを直接計測する方法はとらない。）。

#### ④派生型の取り扱い

近年、排出ガス規制では派生型機をいかに取り扱うかが重要な課題となってきた。米国からは派生型機の定義を明確にすべきであるとの見解がだされており、WG3でも派生型機に関する2つのフォーラムが開催された。しかし、ICPIF (International Certification Procedures Task Force) を、FAA/JAA Harmonisation process の2つのフォーラムでは、派生型機の取り扱いについて十分な議論はなされなかった模様である。この派生型機（またはエンジン）の取扱いは今後も引き続き重要な課題となると考えられる。

#### ⑤N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>

米国からは航空機から排出される N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> の重要性について報告があった。本件については NASA が中心となり DERA (英国防衛庁: Defence Evaluation and Research Agency), DLR (ドイツ航空宇宙研究所: Deutsche Forschung sansalt Fur Luft and Raurnfahrt) が共同して検討することが決まった。

#### ⑥ICAO エンジン・エミッション・データバンク

アップデートについて作業が DERA が中心に進められている。

#### ⑦低公害エンジンの開発

CAEP/1 の基準よりも 50%NO<sub>x</sub> を低減し、かつ、CO, HC については現状のもっとも優れたエンジンと同程度で、コスト的な影響も少ないエンジンの開発が、各国の共同開発プログラムで進められている。1998 年には最新の燃焼器を備えたものの実証テストに BMW/RR が成功している。また、NASA の AST プログラムでもフルニューラー型のものが 1999 年末にテストされた。

#### ⑧地球環境問題と地域環境問題

現状、航空機から排出される排出ガスの問題に技術的な側面から検討を行っている WG3 では、今後、図-4 に示すように地球環境問題と地域環境問題の双方から、研究・検討を実施していくことが求められている。

地球環境問題については、京都プロトコルや IPCC のスペシャルリポートを受けて、これらの問題に対する ICAO の貢献度をより高めるために、温暖化ガス対策等で航空機排出ガス対策の長期目標をより明確化することが必要となる。

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

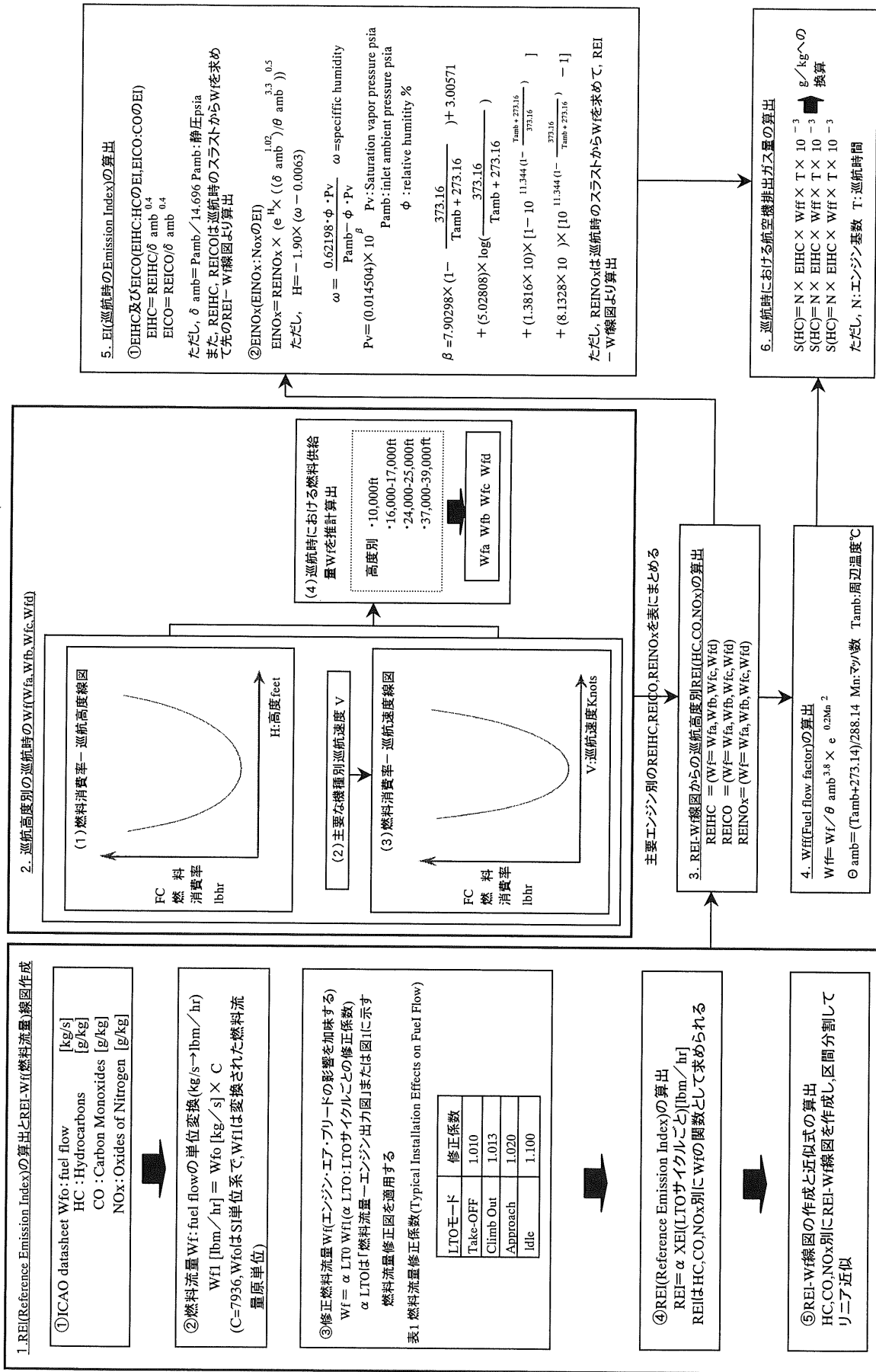


図-3 巡航時のエミッション・インデックス EI\* の算出フロー (FF2: フェエルフロー2)

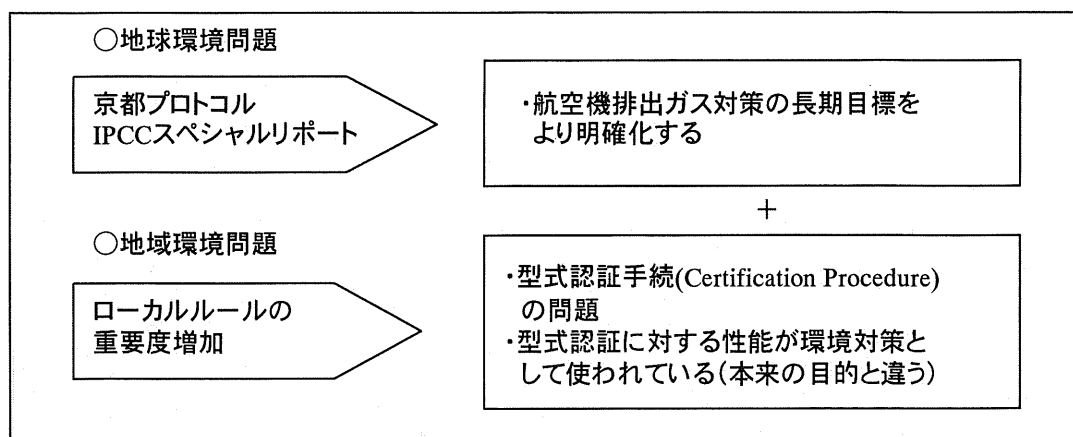


図-4 ICAO/CAEP WG 3における地球環境問題と地域環境問題

目的とはずれていると指摘している。

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

## (2) WG 4 (エンジン排出物—運航面)の動向

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

ICAO/CAEP/5を目指してのWG 4の目標は以下のとおりである。

- CNS/ATMの便益評価方法の確立と2015年までの世界規模の便益評価
- 環境面からの最善の航空機の運航、空港の運輸の指針の草案を作成
- ICAOのGlobal Air Navigation Planに包含される草案資料の作成

## 1) CNS/ATMによる航空機排出ガス低減効果 (FAAの試算)

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

ちなみにFAAの調査では、CNS/ATMが完成する2015年までに、米国の国内線への環境面でのCNS/ATMの便益は次のように算出されている。

- ・燃料の低減量: 100億ポンド (6%減)
- ・NOxの低減量: 2億ポンド以上 (10%減)
- ・COの低減量: 2億ポンド以上 (12%減)
- ・HCの低減量: 6,000万ポンド (18%減)

特にCO, HCの低減量が相対的に多いことから、空港でのタキシング時間の低減や低負荷時の排出ガス低減への影響が大きいことが予想される。なお、上記の( )内の減は、本シミュレーションのデータベースとなっている航空管制等になんら近代化策をとらなかった場合と比較しての低減量である。また、FAAでは2005年、2010年、2015年の3点で予測を行っており、このベースとなってい

るが NAS (National Airspace System) の計画である。

2) NAS の CNS/ATM の近代化計画

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

○フェーズ 1 (1998 年~2002 年)

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

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

○フェーズ 2 (2003 年~2007 年)

フリーフライトへの以降期間とする。

GPS, WAAS, LAAS を利用した CAT II/III 自動着陸, 航空機間に加え航空機を地上との間での ADS-B を実現する。

• LAAS

Local Area Augmentation System の略で, GPS を補完する境域補強システム。我が国の MTSAT はこのひとつ。

○フェーズ 3 (2008 年~2015 年)

限定されたフリーフライトを実用化する。次世代エンルート・オートメーション, デジタル通信を全国的に採用したシステムとなる。

なお, CNS/ATM の実現により, 航空機の運航は表-4 のように変革することになる。

3) 地域別の CNS/ATM の実施計画

WG 4 では CNS/ATM の実現による便益効果を評価しているが, 評価に当たっては全地球レベルでの効果と, 各地域で進められている CNS/ATM 計画に基づいた評価との 2

表-4 CNS/ATM の実現による航空機の運航の変化

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

つが検討されている。地域別については、現在7地域のCNS/ATMの計画実行地域グループ(PIRG: CNS/ATM Planning and Implementation Regional Groups)が検討を進めている。ここでは7地域は以下の地域をいう。

- ・アジア/太平洋 (APANPIRG)
- ・ラテンアメリカ (GREPECAS)
- ・北アメリカ (NAMPG)
- ・アフリカ (APIRG)
- ・北大西洋 (NATSPG)
- ・欧州 (EANPG)
- ・中東 (MIDANPIRG)

WG4では、これらの地域グループとも連携をとりながら、CNS/ATMの影響評価等を進めていくことになる。また、WG3、WG5とも連携して活動を展開している。

### (3) WG5 (環境課金, 環境税) の動向

1998年10月に英国を中心に設立されたICAO/CAEPのWG5は、主に航空機排出ガスに係わる環境課金、環境課税の問題を検討するグループである(MBO: Marked Based Option)。

WG5は8ヶ国のメンバーに2ヶ国のオブザーバーから構成され、さらにICCAIA (International Coordination Council of Aerospace Industries Association: 航空宇宙工業会国際協議会), IATA (International Air Transport Association: 国際航空輸送協会), ACI (Airports Council International: 国際空港評議会) がオブザーバーとして参加している。

#### 1) WG5の主な討議内容

WG5の最初の会合は1999年2月に開催され、それ以降の会合では、主に以下の項目について説明、討議がなされた。

#### ①現状における環境課税・課金の法的な考え方

現状、航空機の課税の問題は、シカゴ条約の24条をベースとしており、国際線を運航

する航空機の燃料は課税控除対象となっている。この点が、現在UN-FCCCで討議されている国際線を運航する航空機から排出される排出ガスの割当問題(国際バンカー燃料の割当)に関連してくる事項である。

#### ②課税と課金

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

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

#### ③エミッション・トレーディング

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

#### ④MBOの対象について

WG5の活動で最も重要となるのが、どの排出ガスをMBOの対象とするかである。これまでWG5では、次の3例についてWG5で検討対象とするかについて討議が行われている。

- ・地域の大気汚染物質(地域環境問題)
- ・上空での大気汚染物質(高空での環境問題)
- ・京都プロトコルの対象大気汚染物質(地球環境問題)

##### a. 地域の大気汚染物質(地域環境問題)

地域の大気汚染物質(地域環境問題)として最も注目されているのは、LTOサイクル時に航空機から発生するNO<sub>x</sub>である。これまでNO<sub>x</sub>についてはWG5で除外すべき対象でないとしながらも、基本的にはスイス・チューリッヒの事例のように各地域で対応すべきであるという姿勢を示している。

しかし、WG5のメンバーには、地域環境問題やNO<sub>x</sub>に対してWG5でなんらかの対



応（政策）を期待するメンバーも多く、将来のCAEPの決定によっては今後取り扱うこととなった。

なお、WG5のNO<sub>x</sub>等の地域環境問題への対応は、基本的に各地域が実施すべきあるという考え方、現状、問題となっているローカルルール的重要性を改めて示す結果となっている。

本来、ICAO/CAEPでの決定事項が世界的な基準となり、これをベースとして各地域の対応策が取られるべきであるとするICAOのローカルルールに対する姿勢と、このWG5の見解は明らかに矛盾するところがある。

これまでのところ、この矛盾についてはICAO/CAEPの資料では特に指摘、問題視されていないが、ステアリング・グループや理事会が、この問題をいかに取り扱うかは、今後のICAO/CAEP基準とローカルルールとの位置づけをみる上で、重要な事項となろう。

#### b. 上空での大気汚染物質（高空での環境問題）

IPCCのスペシャルリポート等で指摘されている、高空でのCO<sub>2</sub>、水蒸気、NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、煤などの取り扱いについては、現状ではこれらの多くが上空でどのようなメカニズムで地球環境に影響を与えているかが明確でないことから、今後の科学的な研究成果を待って、再度、WG5でどのように扱うを検討することとなった。

#### c. 京都プロトコルの対象大気汚染物質（地球環境問題）

京都プロトコルでは、温暖化ガスに関連して、航空機から排出されるCO<sub>2</sub>、メタン、NO<sub>x</sub>など6種類の大気汚染物質の低減が求められた。ただし、航空機の場合、CO<sub>2</sub>以外の排出量はそれほど大きくないことから、WG5では特にCO<sub>2</sub>に焦点をあてて検討を進めることが確認された。

以上の結果を受けて、WG5では今後、ステアリング・グループに対して、特にCO<sub>2</sub>に焦点をあてて、環境課金/環境課税の問題を検討すべきか、あるいはNO<sub>x</sub>等他の大気汚染物質も対象とすべきかについて指示を仰ぐことになる。

#### 2) WG5におけるシナリオ作成活動

WG5では、シナリオ作成にあたっては、その透明性、評価基準の明確化に留意し、特にFESGのモデルについては以下の点を考慮している。

- ・モデルは透明性が高く、ドキュメントが整備されること
- ・すべてのオプションに対して、同じモデルを適用すること
- ・モデルは技術開発、運航課金の双方について、供給サイドの潜在的なインパクトを十分に考慮すること
- ・モデルはいかなる課金、課税方策にも適用できること
- ・モデルは世界規模での適用を考え、同時に開発途上国に対しては異なる実効策をとれること
- ・モデルは他領域とのエミッション・トレーディングが可能であること

#### ①シナリオ

シナリオはIPCC特別報告書（スペシャルリポート）のFa1のシナリオをベースとしている。シナリオではベース年を1992年とし、1998年をベース年の代替案として提案している。

シナリオにおけるCO<sub>2</sub>の削減目標については、以下の2つの目標が設定されている。

- ・京都会議でのすべての開発途上国の削減目標：2008年～2012年めどにベース年より5%低減
- ・IPCC Fa1シナリオで、CO<sub>2</sub>増加を50%削減：2012年～2020年を目標としている。

#### ②FESGの活動状況

FESGでは経済的インパクト、環境面の便

益、費用対効果について、2005年、2010年、2012年、2015年、2020年について評価予測を行っている。なお、FESGの分析のリファインは2000年末のWG5に報告される予定である。

#### a. エミッション・トレーディング

##### (a) エミッション・トレーディング・システム

現在、FESGでは次の3つのエミッション・トレーディング・システムについて検討が求められている。

##### ○オープン・システム (Open)

航空機を発生源とする排出ガスを他分野からの排出ガスと同一に扱い、エミッション・トレーディングを行う。ここでは、発生源として国際線、国内線航空機を区別しない。

##### ○クローズド・システム (Closed)

国際線の航空機からの排出ガスは、航空機分野だけでトレードする。また、CAP (排出制限量) が設定する。

国内線の航空機から排出される排出ガスについては、UN-FCCC SBSTAのトレーディング・ルールにしたがう。

##### ○ハイブリッド・オプション

CAPを超えた国際線航空機からの排出ガスのエミッション・トレーディングでは、国際線航空機の最適効果評価と関連して認可 (Emission Permits) を分配する。

この場合、追加されるすべての認可は、オープン・マーケットから購入することになる。ここでは、評価にあたっては次の点が指摘されている。

##### ○認可価格 (Open market permit prices)

FESGでは認可価格 (Open market permit prices) の正確な値を取得できなければ、Cトン当たり25ドル~75ドルに設定する。

##### ○OCAP

CAPについては、1992年の航空機からのCO<sub>2</sub>排出量5億2,000万トンを採用するこ

とを検討している。このうち、70%が国際線、30%が国内線からのものであり、軍用機は含まれていない。したがって、国際線のCAPは1992年のCO<sub>2</sub>排出量の7割にあたる3億6,400万トンとなる。

##### ○エミッション・トレーディングの開始時期

2005年をエミッション・トレーディングの開始時期と仮定することで合意している。

FESGではこの3つのシステムのうち、オープン・システムを制限する要因 (他の領域からの影響) の分析を進めている。

##### (b) シナリオ

FESGでは以下の3つのシナリオ目標について検討作業を進めている。

##### ○京都プロトコルの目標 (数値的には最も厳しいシナリオ案)

1992年をベースに5.2%低減する京都プロトコルの目標に従う。例えば、2012年までに国際線から排出されるCO<sub>2</sub>を3億4,500万トンまで削減する。

##### ○IPCCのシナリオ Fa1 を考慮した目標

IPCCのシナリオ Fa1では、1992年をベースに燃料消費量は50%増加すると予測しており、このことを考慮して2012年までに4億3,500万トンまで国際線から排出されるCO<sub>2</sub>排出量を削減する。なお、シナリオ Fa1では2012年までにCNS/ATMへの移行を完了し、技術的進展も考慮している。

##### ○CNS/ATMの完全実施、新型生産機への完全移行を前提としたシナリオ (最も楽観的なシナリオ)

2012年までCNS/ATMの完全実施、燃費が改善された新型生産機への完全移行を前提としたシナリオで、全体として燃費効率が16%改善される。また、必要となる許可 (Emission Permits) はオープン・マーケットから獲得できる。

このシナリオに基づきFESGでは以下の点について評価を実施している。

##### ・クローズド・システムで可能性の高い

Permit Trading Price (開始時期は 2005 年, 2012 年, 2020 年を考える)

- すべてのシステムによる環境面の便益 (CAP レベルにより異なり, 2012 年と 2020 年で評価)
- 便益実現に必要な総合コスト (2012 年と 2020 年で評価)  
コストと関連してのサプライ・サイドの反応 (2012 年と 2020 年で評価)

• 費用対効果

(c) 環境税 (課金・課税)

現在, 以下の 4 つの複合的なオプション案が検討されている。

- 燃料税: 他の税金削減に結びつける
- RNAEC (Revenue Natural Aircraft Efficiency Charge): 燃費が悪い航空機 (エンジン) 程高い
- 路線 (En route) 排出課金: 得られた資金は航空管制システムの近代化, 古い機体の退役促進, 研究開発活動の促進に投入
- 路線 (En route) 排出課金: 他の税金削減に結びつける

(d) ボランタリー・プログラム

現在, 表-5 に示す 6 つのオプションが提案されており, FESG で評価が進められている。

4. IPCC, UN-FCCC 等における航空機排出ガス対策

これまで述べてきたように ICAO/CAEP では, NOx 排出量について CAEP/3 で 1981 年の規制値を 20%強化する案が決定されたが, CAEP/4 ではさらに平均 16.5%強化する案が検討されてきた。この強化案は 1998 年 4 月の CAEP/4 で承認され, 1999 年 3 月の理事会で正式に決定された。そして, NOx 規制強化の検討が一段落した現在, CAEP に対しては, さらなる NOx 規制の検討と, 地球温暖化ガスである CO<sub>2</sub> 低減の積極的な取り組みが求められている。従って CAEP では地球環境問題と地域環境問題の双方への対応が重要となっている。こうした中, 現状 CAEP における航空機排出ガスの検討に, 大きな影響を与えているのは以下の 3 つの事項である。

○IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府間パネル) の活動

○UN-FCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change: 国連気候変動枠組条約) の活動

○ICAO の理事会の「決議 (Resolution) A 32-8」(前述)

ここでは, ICAO/CAEP と連携をとりな

表-5 ボランタリープログラム

案	1992 年から 2012 年までの国際線航空機からの CO <sub>2</sub> の絶対削減率	RPK(有償旅客キロ数)当たり CO <sub>2</sub> 削減値(1992 年=224)	条件
I	5 %	115	IATA と ICAO 間(すべての航空会社)で世界規模のボランタリー・アグリメントを締結
II	燃料消費量増加率を半減	162	IATA と ICAO 間(すべての航空会社)で世界規模のボランタリー・アグリメントを締結
III	5 %	115	Annex B 諸国レベル
IV	燃料消費量増加率を半減	162	Annex B 諸国レベル
V	5 %	115	地域レベル(EU, スイス, ノルウェー, アイスランド等)で AEA, EC との間で締結
VI	燃料消費量増加率を半減	162	地域レベル(EU, スイス, ノルウェー, アイスランド等)で AEA, EC との間で締結

がら活動を行っている IPCC, UN-FCCC の活動を中心に、以下の機関での航空機排出ガス対策の動向についてとりまとめる。

- ・ IPCC
- ・ UN-FCCC

### (1) IPCC の動向

#### 1) IPCC のスペシャルリポート

IPCC では 1999 年 5 月にスペシャルリポート「IPCC Special Report on Aviation and the Global Atmosphere」を発表した。このスペシャルリポートは、概要版 (SPM: Summary for Policy-Makers) と技術版 (Technical-200 頁) の 2 つから構成されている。

#### ① スペシャルリポートの構成

スペシャルリポートは地球規模の環境対策について、特に民間航空輸送に焦点を当てて検討が行われている。また、IPCC のスペシャルリポートとしては、個別の産業分野 (民間航空輸送) に絞って地球規模環境問題につ

いてとりまとめた初めてのレポートとしても注目されている。

スペシャルリポート概要版の報告項目を表-6 に示すが、主に以下の排出ガス等が対象となっている。

- ・ 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)
- ・ オゾン (O<sub>3</sub>)
- ・ メタン (CH<sub>4</sub>)
- ・ エアロゾル (煤, 硫黄酸化物)
- ・ 水蒸気 (飛行機雲, 巻雲)

ここで特徴的なことは、航空機から排出される NO<sub>x</sub> については、対流圏上層部でのオゾン生成等に関連して記述されているものの、NO<sub>x</sub> そのものを一項目として取り上げていない点である。このため、航空機から排出される NO<sub>x</sub> 排出量の現状や、将来についての記述はない。しかし、上空で排出された NO<sub>x</sub> は対流圏上層部でのオゾン生成など、現状まだメカニズムが十分に解明されていない領域であり、地球環境の変化に重要な役割

表-6 IPCC スペシャルリポートの主な報告項目

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. はじめに</li> <li>2. 航空機はどのように気候とオゾンに影響するか</li> <li>3. 将来、航空機の排出はどのように増加すると予想されるか</li> <li>4. 現在及び将来の亜音速航空機による放射強制力及び紫外放射への影響は何であるか             <ol style="list-style-type: none"> <li>4.1 二酸化炭素</li> <li>4.2 オゾン</li> <li>4.3 メタン</li> <li>4.4 水蒸気</li> <li>4.5 飛行機雲</li> <li>4.6 巻雲</li> <li>4.7 硫酸と煤エアロゾル</li> <li>4.8 亜音速機の気候影響は全体として何であるか</li> <li>4.9 亜音速機の UV - B への影響は全体として何であるか</li> </ol> </li> <li>5. 現在及び将来の超音速航空機による放射強制力及び紫外放射への影響は何であるか</li> <li>6. 排出と影響を最小化する選択肢は何であるか             <ol style="list-style-type: none"> <li>6.1 航空機とエンジンの技術の選択肢</li> <li>6.2 燃料の選択肢</li> <li>6.3 運航の選択肢</li> <li>6.4 規制、経済、そして他の選択肢</li> </ol> </li> <li>7. 将来への提言</li> </ol>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

を果たしていることが指摘されている。なお、NO<sub>x</sub> は、地球環境問題の観点からは、最も重要な排出ガス物質として位置付けられている。

②スペシャルリポートの主な内容

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

○対象排出物の地球環境に与える影響、航空機から排出した場合の地球環境に与える影響のメカニズム等

○対象排出ガスの航空機から排出状況 (1992年値が中心)

○対象排出ガスの 2050 年における航空機から排出状況の予測 (IPCC シナリオに基づく)

a. 炭酸ガス (CO<sub>2</sub>)

航空機による炭酸ガス排出量は 1992 年で 0.14 GtC/y である。これは人為的発生源による全排出量の約 2% になり、運輸部門による排出量の約 13% に当たる。ここで考察しているシナリオの範囲では、航空機の炭酸ガ

表-7 IPCC スペシャルリポートにおける航空機排出物の現状と将来

	1992 年			2050 年			備 考
	航空機からの年間排出量又は影響	全人為的起源の排出量全体に対する割合	全ての輸送機の発生源に対する割合	航空機からの年間排出量又は影響予測	中間シナリオ Fa1 のケース	全人為的起源の排出量全体に対する割合	
放射強制力	0.05w/m <sup>2</sup> (0.01 ~ 0.1w/m <sup>2</sup> )	約 3.5 %		0.13 ~ 0.56w/m <sup>2</sup>	0.19w/m <sup>2</sup>	5 %	
CO <sub>2</sub>	0.14Gt C/年 (1ppm)	約 2% (増加分の約 1 %)	約 13 %	0.23 ~ 1.45Gt C/年 ( 5 ~ 1.3ppm)	0.40Gt C/年	約 3 % (約 4 %)	温暖化ガス
O <sub>3</sub>	亜音速航空機からの NO <sub>x</sub> 排出がない場合に比べて北半球中緯度での巡航高度のオゾン濃度は最大 6 % 増加(オゾン増加率 4 %)			亜音速航空機からの NO <sub>x</sub> 排出ガスがない場合に比べて北半球中緯度での巡航高度のオゾン濃度は最大 13 % 上昇(オゾン増加率 1.2 %)			上部対流圏(主に北半球)でのオゾン濃度が増加すれば地表は暖まる。航空機から排出される NO <sub>x</sub> がオゾンを増加させるが成層圏での硫黄、水はオゾンを減少させる
CH <sub>4</sub>	亜音速航空機からの NO <sub>x</sub> 排出がない場合に比べて約 2 % 少ない			亜音速航空機からの NO <sub>x</sub> 排出ガスがない場合に比べて約 5% 少ない			上部対流圏で航空機から排出される NO <sub>x</sub> は温暖化ガスがあるメタンを減少させる。メタンの変化は全地球規模である。
H <sub>2</sub> O	年間平均で地球表面の約 0.1 % (1996 ~ 1997 年に中央欧州上空で 0.5 % の記録がある)			年平均値で地球表面の約 5 %			飛行機雲は薄い高層雲同様、地球表面を暖める。
巻雲	地球表面の 0 ~ 0.2 % の範囲 (1990 年代)			地球表面の 0 ~ 0.8 %			巻雲の被覆増加は航空機排出物と飛行機雲がある。増加は地球表面を暖める。ただし、メカニズムは未だ詳細不明
エアロゾル				地表の発生源に比べ少ない			煤の増加は温暖化、硫黄が地球表面での温度を下げる

ス排出量が増加をつづけ、2050年までに0.23 GtC/y から1.45 GtC/y に達するとみられている。つまり、2050年までの炭酸ガス排出量の増加の範囲は1992年現在から1.6倍から10倍の値になる。リファレンスのシナリオ (Fa1) では、この排出量の増加は2050年には0.4 GtC/y となり1992年の約3倍になる。

航空機による炭酸ガス濃度が1992年現状の大気におよぼしている寄与は1 ppmV であり、人為的発生源全体の約1%強である。この比率は排出量の比率 (2%) よりも小さいが、これは航空機からの排出が過去50年のものでしかないことになる。表-8 に示したシナリオの範囲では、航空機による大気中

の炭酸ガスの蓄積は今後の50年に5~13 ppmV に増加する。IPCCの中位推計シナリオ (IS 92 a) を用いたりファレンスのシナリオ Fa1 では、人間の活動全体によるものの4%になる。表-7 に航空機による炭酸ガス排出量。航空機の燃料使用量に関する6種類のシナリオによる。排出量は年間のGtC (あるいは炭素10億トン)。GtCをGtCO<sub>2</sub>に換えるには3.67を乗じる。右側の軸は1990年からの増加を示す。航空機の炭酸ガス排出量は1992年の化石燃料からの炭酸ガス排出量の2.4%、あるいは人為的な全炭酸ガス排出量の2%である。

#### b. オゾン (O<sub>3</sub>)

亜音速航空機による1992年のNO<sub>x</sub> 排出

表-8 IPCC スペシャルレポートでの将来予測の前提

シナリオ	平均年間交通量成長率 (1990 2050) ※	平均年間燃料消費量成長率 (1990 2050) ※※	平均年間経済成長率	平均年間人口増加率	交通量伸び率 (2050/1990)	燃料消費量伸び率 (2050/1990)	備考
Fa1	3.1 %	1.7 %	2.9 % 1990 - 2025 2.3 % 1990 - 2100	1.4 % 1990 - 2025 0.7 % 1990 - 2100	6.4	2.7	ICAO 予測・経済支援グループ (FESG) による基準シナリオ : IPCC (1992) の中間的経済成長シナリオ : 燃料効率改善と NO <sub>x</sub> 削減の技術
Fa1H	3.1 %	2.0 %	2.9 % 1990 - 2025 0.7 % 1990 - 2100	1.4 % 1990 - 2025 1.7 % 1990 - 2100	6.4	3.3	超音速航空機が亜音速航空機の一部を代替。他は Fa1 シナリオと同じ
Fa2	3.1 %	1.7 %	2.9 % 1990 - 2025 2.3 % 1990 - 2100	1.4 % 1990 - 2025 0.7 % 1990 - 2100	6.4	2.7	NO <sub>x</sub> 削減に重点を置いた技術 (燃料効率改善はわずかに少ない) 他は Fa1 シナリオと同じ
Fc1	2.2 %	0.8 %	2.0 % 1990 - 2025 1.2 % 1990 - 2100	1.1 % 1990 - 2025 0.2 % 1990 - 2100	3.6	1.6	FESG の高成長シナリオ : 技術は Fa1 シナリオと同じ
Fe1	3.9 %	2.5 %	3.5 % 1990 - 2025 3.0 % 1990 - 2100	1.4 % 1990 - 2025 0.7 % 1990 - 2100	10.1	4.4	FESG の高成長シナリオ : 技術は Fa1 シナリオと同じ
Eab	4.0 %	3.2 %			10.7	6.6	環境防衛基金 (EDF) による IS92a に基づく交通量成長シナリオ : NO <sub>x</sub> 削減技術の大幅な進歩を仮定
Edh	4.7%	3.8 %			15.5	9.4	EDF による高度な交通量成長シナリオ : NO <sub>x</sub> 削減技術の大幅な進歩を仮定

※ : 交通量は旅客人 km で評価

量により、北半球中緯度帯の巡航高々度におけるオゾン濃度は航空機の排出量がない場合の大気と比較して6%増加しているものと予測されている。このオゾンの増加は、リファレンスのシナリオ（Fa1）によると2050年までに約13%の上昇となると予測される。

対流圏上層部でのオゾンの生成には航空機から排出されるNO<sub>x</sub>のほうが地表面で排出されたNO<sub>x</sub>よりも効果的である。また、対流圏上層部におけるオゾンの増加は、より低層でのオゾン増加よりも放射強制力の増加の効果が大きい。これらの増加により北半球中緯度のオゾン全量は、1992年には0.4%、2050年には1.2%の増加となると予測されている。しかし、航空機から排出される硫黄分と水分により成層圏においてはオゾンが減少する。部分的にはNO<sub>x</sub>起源のオゾンの増加となる。これが起こる程度はまだ定量化できていない。それゆえ、成層圏オゾンに対する亜音速航空機の影響を評価する必要がある。航空機NO<sub>x</sub>によるオゾン濃度の増加が最高となるのは対流圏界面付近であろうと計算されている。

#### c. メタン（CH<sub>4</sub>）

航空機からのNO<sub>x</sub>は温室効果ガスの一つであるメタン濃度を減少させ、地球表面を冷やすことになると予想されている。1992年のメタン濃度は航空機からの排出がない場合と比較して2%低下したと推定されている。この航空機NO<sub>x</sub>によるメタンの低減は、工業化時代以前からの増加（全体で2.5倍）よりもずっと小さい。メタンの発生源と吸収源が不確定なことから、大気観測により航空機メタンの寄与を確認することは困難である。リファレンスのシナリオ（Fa1）では、メタンは航空機なしの場合の2050年の大気について計算した場合よりも約5%少なくなる。

#### d. 水蒸気（H<sub>2</sub>O）

亜音速航空機からの水蒸気の大部分は対流圏で排出されるが、降水により1~2週間で

急速に除去される。わずかであるが排出水蒸気のうちの一部が成層圏の下部で排出され、かなりの濃度になる。水蒸気も温室効果ガスであるから、水蒸気の増加は地球の温暖化につながる。亜音速の航空機については、この効果は炭酸ガスやNO<sub>x</sub>など他の物質よりも小さい。

#### e. 航跡（コントロール）

1992年においては航空機による線状の航跡が年平均で地球表面積の0.1%を覆ったと推定されている。地域的にはもっとも大きい場所もある。航跡は高層雲と同様に地球表面の温暖化につながる。リファレンスのシナリオ（Fa1）の場合には、この航跡のしめる面積は2050年までには0.5%拡大すると予測され、この増加は航空機の燃料消費量の伸び率よりも大きい。これは航空機の運航が主に対流圏上層部において増加することによる。ここでは航跡がたやすく形成されるし、航空機燃費の改善の結果としてもこれが起こる可能性がある。航跡は衛星からは飛行回数の多い地域で線状の雲として観測され、1996年および1997年には中部ヨーロッパの面積の約0.5%を占めている。

#### f. 巻雲（Cirrus clouds）

航空機の航跡が形成された後に広範囲にわたって巻雲が発生するのが観測される。巻雲が覆う範囲の拡大は航空機の排出量と正の相関を持つことがみとめられている。地球の約30%は巻雲で覆われており、巻雲で覆われる領域の拡大は地球表面の温暖化につながる。航空機起源の巻雲が覆う領域については、1990年代の終わりでは地球表面の0ないし0.2%の範囲にあると推定されている。シナリオFa1によれば、これは2050年までに4倍に増加する（0ないし0.8%となる）可能性がある。しかしながら、巻雲の覆う領域の拡大による効果のメカニズムはよくわかっておらず、今後の研究に必要な分野である。

## g. 硫酸と媒じんによるエアロゾル

1992年におけるエアロゾルの質量濃度は、航空機に起因するものについては、地表面の排出源に起因するものに比べて小さい。エアロゾルは航空機の燃料使用量の増加とともに蓄積されていくが、航空機によるエアロゾルの質量濃度は2050年には地表源に比較して小さいままにとどまると推定されている。媒じんの増加は温暖化につながるが、硫酸塩の増加は寒冷化の傾向を持つ。硫酸塩と媒じんのエアロゾルの直接の放射強制力は他の航空機排出物に比べて小さい。エアロゾルは雲の形成に影響するので、航空機からのエアロゾルの蓄積は雲の形成を促し、雲の放射特性を変化させる。

### (2) UN-FCCCの動向

UN-FCCCではSBSTA (The Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice) が、国際線で運航される航空機から排出されるCO<sub>2</sub>の排出割合問題について、引き続き検討を進めている。UN-FCCCはICAO/CAEPと連携をとりながら、高いプライオリティでこの問題に取り組み、早期に結論を出す方針を決めている。1998年6月のドイツ・ボンでのSBSTA会合以降、SBSTAの会合では、以下の報告がなされた。

#### ○航空機・船舶燃料データの提出

SBSTAの要請に応える形で、UN-FCCCは国際線を運航する航空機と船舶から排出される排出ガス量の推計に焦点を当てて、これらの国際線航空路、航空路向けに航空機、船舶に販売された燃料に関する情報が提出された。

#### ○ICAO活動の説明

SBSTAからの要請に応え、ICAOから航空機排出ガスに関する研究活動の状況の説明がなされた。

特にICAO/CAEPのWG 3, 4, 5の動向が説明された。

#### ○IPCCのスペシャルリポートの説明

IPCCからスペシャルリポートの概要について報告がなされた。

これらの報告に対して、スイス、日本、ドイツ、オーストラリア、米国、韓国、サウジアラビアから意見が出されている。

以下、SBSTAで確認された重要事項(key points)について述べる。

#### ①航空機バンカー燃料 (Aviation Bunker Fuels) の定義

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

○京都プロトコル (2.2章) での航空機バンカー燃料 (Aviation Banker Fuels) は、国際線の航空機だけを対象としているのか、あるいは国内線の航空機も対象とするのか。

この問題に関連してICAOではSBSTAに提出された報告書 (FCCC SBSTA 1999) で、「international bunker」と「bunker fuel」が同じように扱われており、「Aviation Bunker Fuels」は国際線の航空機や船舶を対象としていると解釈できるとしている。このことを京都プロトコルの2.2章に当てはめれば、京都プロトコルの対応は国内線の航空機には拡大されないと理解される。しかし、その一方で国際線の航空機に適用されるICAO標準は、各国の国内線にも適用されるデファクト・スタンダードであり、国際線と国内線で一貫した政策が求められる。

即ち、航空機バンカー燃料 (Aviation Bunker Fuels) について、1999年6月のボンでの報告資料に基づけば、京都プロトコルへの対応は国内線の航空機に拡大されることは無いが、もし、国際線に適用されているICAOの規制等が国内線に適用されないとすれば、ローカルルールが問題となりつつある現在、ICAOの意見に反した結果となる。

したがって、航空機バンカー燃料は当初、



国際線のみを対象とすると考えられていたが、今後のICAOやUN-FCCCの定義やその取り扱いによっては、国内線の航空機にも影響してくる可能性がある。

### ②航空機バンカー燃料の割当問題

SBSTAで検討されている国際線航空機のバンカー燃料の割当問題について、SBSTAでは結論を出すにはまだ時間がかかるとしている。SBSTAでは各国に対して1999年8月16日までに意見を出すことを求めたが、現段階ではその結果は明らかになっていない。この内容については次回のSBATA会合で報告される予定である。

なお、SBSTA会合では、国際線航空機のバンカー燃料の割当問題が、京都のCOP-3で決まった。各国の削減目標（2008年～2012年）に取り組みられることはまずないとの見方をしている。

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

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

今後のSBSTA会合で、各国がどのような見解を出すかが注目される。

### ③データ収集

SBSTAでは国際線の航空機、船舶の燃料に関するデータを取得しているが、さらにICAO、IMO（International Maritime Organization：国際海事機関）に対して、情報の提供を求めている。

### ④UN-FCCCの近況

国際線航空機のバンカー燃料の割当について検討を進めているUN-FCCC SBSTAに

対して、1999年6月の会合では、ICAO側がICAO/CAEPの活動内容について、IPCCが特別報告書の内容について説明を行った。1999年10月以降の会合でも引き続き検討がなされたが、この間の成果は、前述のICAO/CAEP WG 5（MBO）での検討内容が中心となっている。したがって、具体的な割当方式はまだ検討段階である。

なお、SBSTAでは国際バンカー燃料の定義、割当問題（SBSTAでは結論に達するまでには、まだ時間がかかるとしている）、国際バンカー燃料から排出される排出ガスのデータ収集などが主な課題となっている。

### （3）FAAの動向（派生型エンジン）

ICAO/CAEPで既に決定したNO<sub>x</sub>規制強化対策に関連して、航空機エンジンの派生型をどう定義するかが重要な課題となった。本件は、1998年4月に開催されたICAO/CAEP 4で焦点となったもので、FAA（米国連邦航空局）が航空機エンジン・メーカーとの間で検討を進めていた。

1999年10月にミシガン州アンアーバで開催されたICAO/CAEP WG 3では、本件についての報告がなされた。1999年5月にFAAは航空機エンジン・メーカーと会合を開き、派生型エンジンの定義をより明確にするための検討を行った。そして、6月にそれぞれの代表からの派生型のエンジンの定義のとりまとめを行った。その結果、派生型エンジンの定義は皆、同じものであった。

### ○派生型エンジンの定義

このように、既に設計されたエンジンをベースに開発された新しいエンジンで、共通のセンターラインを有しているエンジン。

しかし、派生型エンジンに対する規制を実施するための特定のファクタや評価基準が不十分であるという課題が残った。

このため、FAAでは派生型の定義を明確にするため、ICAOのエンジン・エミッション・データベースを使って、引き続き分析作

業を行っている。1999年12月にはこの分析結果が報告されることになっていたが現段階ではまだ明らかになっていない。

#### (4) 空港周辺の大気質に関する EPA の報告

米国 EPA (環境保全局) では、空港周辺の地域レベルでの大気質 (Local Air Quality) について、航空機の米国内空港に与える潜在的な影響、オゾン及びパティキュレート (PM) について報告を行っている。

##### ①航空機の米国内空港に与える潜在的な影響

1999年10月発表された報告書の中では、米国内の10空港で、航空機排出ガスの潜在的な影響についての評価がなされている。この結果、航空機からの排出ガスは、10空港いずれも地域の大気質に大きな影響を与えている。報告書では NO<sub>x</sub> について、1990年時点で航空機は移動発生源から発生する NO<sub>x</sub> の0.6%から3.6%程度を占めていたが、2010年にはこの割合は1.9%~10.4%に増加するだろうとしている。本報告書は航空機から発生する排出ガスの周辺地域への寄与について評価した最初のものであり、EPA では今後も必要に応じて、調査研究を実施していくこととしている。

##### ②オゾン及びパティキュレート

EPA ではオゾン及びパティキュレートによる健康や環境への影響について、NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) の概要について報告を行っている。米国の大気浄化法 (Clean Air Act) では、5年ごとに6つの大気汚染物質についての規制等のあり方のレビューを定めているが、オゾンとパティキュレートはいずれもこの6つに含まれている。EPA では科学的評価と CASAC (Clean Air Scientific Advisory Committee) の勧告を受けて、オゾン、パティキュレートについてどのような規制を実施していくべきかを検討しており、航空機についても今後、EPA の動向に注視する必要がある。

#### (5) 欧州の空港での排出ガス対策の活動例

欧州ではドイツ、オランダ等で航空機排出ガスへの取り組みが進められている。

##### ①UBA (ドイツ連邦環境庁: German Federal Environment Agency)

UBA (ドイツ連邦環境庁: German Federal Environment Agency) では「空港周辺の大気汚染物質濃度の決定手法の開発と適用」に関するプロジェクトを1999年に開始、フランクフルト・マイン空港周辺の研究調査だけでなく、手法の評価・適用調査を実施している。現在、フランクフルト・マイン空港周辺の大気汚染物質濃度は基準以下であるが、同プログラムが主に次の理由により実施されている。

- フランクフルト・マイン空港内外の一部で高い濃度の NO<sub>x</sub> が測定されている。
- EC の大気質基準が厳しくなる。
- 1999年4月に Council Directive (理事会指示) として、新しい SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, パティキュレート, 鉛の基準値が適用される。
- 2010年に発行されることになる NO<sub>2</sub> 基準を、フランクフルト・マイン空港では1995年時点で3カ所の測定点のうち1カ所が大きく上回っていた。

なお、UBA ではモデルによるシミュレーションを実施していないが、大まかな予測を実施している。

- 1995年~2010年の間に、航空機から排出される NO<sub>x</sub> は30~35%増加する (IPCC 報告書に基づく)。
- バックグラウンドの NO<sub>x</sub> 値は40%低減する (UBA の1997年~2010年シナリオで、主に自動車の EURO 4 規制等による)。

##### ②アムステルダム・スキポール空港

オランダの研究機関による調査研究では、2010年におけるアムステルダム・スキポール空港での全排出源からの NO<sub>x</sub> 排出量は、

1990 年時と大きく変わらないとしている。ただし、航空機からの NOx 排出量は増加する。

(6) 米国エネルギー省 EIA の報告

米国エネルギー省 EIA (Energy Information Administration) では、米国議会の要

請を受けて 1998 年 10 月に京都プロトコルが米国の国内輸送機関に与える影響について報告書を発表している。この報告書では、表-9 に示すように 7 つのシナリオに基づいて 1990 年値に対する CO<sub>2</sub> の変化率が示されている。また、民間航空輸送分野については、

表-9 米国エネルギー省 EIA のシナリオ

ケース	1990 年に対する増加率	備 考
ケース (ベースケース)	33 %	1998 年以降 CO <sub>2</sub> 低減等になんらの処置も講じない場合
ケース B	24 %	CO <sub>2</sub> のエミッション・トレーディングやある程度の国内措置を講じた場合
ケース C	14 %	1998 年の CO <sub>2</sub> 排出レベルと同等とするための措置を講じた場合
ケース D	9 %	排出ガス、CO <sub>2</sub> に対してオフセット策を講じるなど国際的な対応をとった場合
ケース E	0 %	1990 年の CO <sub>2</sub> 排出レベルと同等とするための措置を講じた場合
ケース F	- 3 %	国内での抑制処置、オフセット策を実施した場合
ケース G	- 7 %	京都プロトコルでの米国の目標値 (日本は - 6 %)

(注) 上記のケースはいずれも実施期間は 2005 年から 3 年以上をかけての期間を目標としている。米  
 国上院科学委員会は 2008 年～ 2012 年の米国におけるエネルギーの使用、価格及び経済予測に  
 ついての分析結果を求めた。

表-10 米国エネルギー省 EIA の民間航空輸送産業でのシナリオ

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

表-11 4 つの民間航空輸送シナリオでのカーボンフィーと燃料料金

Variable	1996	2010				2020			
		Base	+9 %	+9 % Hi Tech	-7 %	Base	+9 %	+9 % Hi Tech	-7 %
U.S. Carbon Emissions (million metric ton)	1,463	1,791	1,462	1,463	1,243	1,929	1,468	1,466	1,251
Emission Reductions (percent change from base)		—	18.4	18.3	30.6	—	23.9	24.0	35.1
Carbon Fee (1996 dollars per metric ton)		—	163	122	348	—	141	59	305
Jet Fuel Price (1996 dollars per gallon) (percent change from base)	0.75 —	0.76 —	1.10 44.7	0.97 27.6	1.51 98.7	0.78 —	1.08 38.5	0.81 3.8	1.45 85.9

表-12 4つの民間航空輸送シナリオでの航空チケット，航空会社収益等への影響（2010年）

Variable	1996	2010			
	Base	Base	+9 %	+9 % Hi Tech	-7 %
<b>Inputs</b>					
Jet Fuel Prices (1996 dollars million Btu)	5.52	5.62	8.15	7.17	11.20
Real Disposable Personal Income (billion dollars)	5,077	6,886	6,823	6,821	6,727
Real Gross Domestic Product (billion dollars)	6,928	9,433	9,260	9,262	9,046
Real Merchandise Exports (billion dollars)	628	11,910	1,862	1,859	1,812
Load Factors-Domestic	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69
Load Factors-International	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72
<b>Outputs</b>					
Ticket Prices (cents per revenue passenger mile)	13.07	13.13	14.67	14.07	16.50
Revenue Passenger Mils-Domestic personal (billion) (change from base)	220.7 —	340.0 —	310.9 8.6 %	324.9 4.4 %	255.8 24.8 %
Revenue Passenger Miles-Domestic Business (billion) (change from base)	203.7 —	276.4 —	254.5 7.9 %	264.6 4.3 %	214.3 22.5 %
Revenue Passenger Miles-International (billion)	157.6	315.8	289.1	301.7	239
Revenue Ton Miles-Dedicated Air Freight (billion)	13.6	42.2	41.7	41.2	42.1
Seat Miles Demand (billion) (change from base)	998.7 —	1,754 —	1,638 6.6 %	1,685 3.9 %	1,434 18.2 %
Average New Aircraft Efficiency (seat-mile per gallon) (change from base)	50.5 —	56.0 —	57.4 2.5 %	71.2 27.1 %	62.2 11.1 %
Average Stock Aircraft Efficiency (seat-mile per gallon) (change from base)	50.6 —	55.6 —	55.6 0.0 %	57.5 3.4 %	55.4 0.4 %
Jet Fuel Consumption (quadrillion Btu) (change from base)	3.27 —	4.98 —	4.68 6.0 %	4.66 6.4 %	4.18 16.1 %

表-13 4つの民間航空輸送シナリオでの航空チケット，航空会社収益等への影響（2020年）

Variable	1996	2020			
	Base	Base	+9 %	+9 % Hi Tech	-7 %
<b>Inputs</b>					
Jet Fuel Prices (1996 dollars per million Btu)	5.52	5.76	8.01	6.01	10.73
Real Disposable Personal Income (billion dollars)	5,077	8,218	8,256	8,327	8,334
Real Gross Domestic Product (billion dollars)	6,928	10,899	10,856	10,957	10,964
Real Merchandise Exports (billion dollars)	628	2,923	2,861	2,839	2,836
Load Factors-Domestic	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69
Load Factors-International	0.73	0.72	0.72	0.72	0.72
<b>Outputs</b>					
Ticket Prices (cents per revenue passenger mile)	13.07	13.12	14.58	13.37	16.21
Revenue Passenger Mils-Domestic personal (billion) (change from base)	220.7 —	422.9 —	403.1 4.7 %	430.6 1.8 %	364.7 13.8 %
Revenue Passenger Miles-Domestic Business (billion) (change from base)	203.7 —	317.9 —	300.5 5.5 %	319.0 0.35 %	271.5 14.6 %
Revenue Passenger Miles-International (billion)	157.6	413.8	392.6	418.9	354.2
Revenue Ton Miles-Dedicated Air Freight (billion)	13.6	63.7	63.2	62.1	64.6
Seat Miles Demand (billion) (change from base)	998.7 —	2,285.3 —	2,196.6 3.9 %	2,289.0 0.16 %	2,059.6 9.9 %
Average New Aircraft Efficiency (seat-mile per gallon) (change from base)	50.5 —	60.1 —	60.2 0.17 %	77.1 28.3 %	60.2 0.17 %
Average Stock Aircraft Efficiency (seat-mile per gallon) (change from base)	50.6 —	59.4 —	59.8 0.67 %	66.7 12.35 %	59.9 0.67 %
Jet Fuel Consumption (quadrillion Btu) (change from base)	3.27 —	5.93 —	5.68 4.2 %	5.34 9.9 %	5.35 9.8 %

4つのケース（表-10）について炭素課金（Carbon Fee）、燃料料金を試算している（表-11）。さらに2010年、2020年での航空チケット料金、航空会社の収益への影響を算出している（表-12、表-13）。

## 5. 規制外の航空機排出物についての動向

航空機から排出される排出ガスについては、現在、ICAO等で規制されているもの以外にパティキュレート（PM）、揮発性有機物質（VOC）、メタン（CH<sub>4</sub>）、亜酸化窒素（N<sub>2</sub>O）といった物質の対策が一部で検討されている。また、IPCCのスペシャルレポートにおいてもこれらの物質が今後、重要となる可能性が指摘されている。以下、規制外の航空機排出物質の動向についてとりまとめる。

### （1）パティキュレート（PM）

パティキュレートについてはICAOエンジン・エミッション・データバンクに含まれていないが、スモークナンバーとしての原単位はあり、欧州委員会によればパティキュレートの質量をこのデータから知ることは可能である。しかし、パティキュレートの粒径（平均と分布）については、航空機からのパティキュレートの場合、その粒径の分布ピー

クが50～100 nmにあると推計されているが、実際のデータはほとんどないのが実状であった。

その後、1990年代（特に1995年以降）になり、米国などでエンジン排出ガスの粒径測定がなされ、現状、航空機から排出されるパティキュレートの粒径は30～100 nmにピークがあることが確認されている。また、パティキュレートの粒子総数、体積、表面積は飛行高度が増すにつれて減少する。

### （2）VOC（揮発性有機物質）

VOC（揮発性有機物質）については、1970年半ばに米国気象影響アセスメント・プログラムでエンジン実測がなされ、その後、軍用機エンジン等でいくつかの報告がある。1994年にSpicerらがTF-39エンジン、CFM 56エンジンで実測を行っている（表-14）。

この他、欧州のAEROTRACEでも1996年に実測報告がなされている（表-15）。

### （3）CH<sub>4</sub>（メタン）、N<sub>2</sub>O（亜酸化窒素）

ICAO/CAEP WG3でその重要性が指摘されたCH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oについても、実測事例は非常に少ない。欧州のAERONOX、AEROTRACEである程度研究されているにとどまっている。

表-14 TF-39, CFM-56 エンジンでの VOC 発生量

単位：ppm V

エンジン 推 力	TF - 39 エンジン			CFM - 56 エンジン		
	アイドリング	30 %	80 %	アイドリング	30 %	80 %
メタン	9.42	1.63	1.09	5.58	0.58	0.44
エタン	2.04	0.05	0.11	1.11	0.04	ND
エテン	62.28	3.03	0.04	35.25	ND	0.05
プロパン	0.89	0.01	ND	0.17	0.01	ND
アセチレン	16.85	1.23	ND	9.67	ND	ND
プロペン	21.33	0.42	0.02	10.34	0.01	ND
1,3ブタジエン	8.28	0.29	ND	3.99	ND	0.01
ベンゼン	7.45	0.49	0.03	4.13	0.02	0.02
トルエン	2.71	0.11	0.01	1.56	0.01	ND
ホルムアルデヒド	14.6	1.2	0.34	13.1	0.77	0.17
アセトアルデヒド	7.5	0.51	0.09	6.2	0.03	0.041
アクロレイン	6.17	0.35	0.03	4.2	<0.01	<0.01

（注）表中のN.Dは検出せず。

表-15 ダブルアニュラー型燃焼機から検出された VOC の排出物の例

単位 : ppm V

エンジン型式 推 力	ダブルアニュラー型燃焼器			
	19 %	30 %	85 %	100 %
メタン	0.47 ~ 1.22	1.09 ~ 1.58	0.23	0.15
プロパン	0.010 ~ 0.005	0.004 ~ 0.006	<0.001	0.002
イソブタン	0.020 ~ 0.026	0.023 ~ 0.035	<0.011	0.017
n-ブタン	0.028 ~ 0.032	0.026 ~ 0.045	<0.011	0.022
エテン	0.196 ~ 1.06	0.006 ~ 0.187	<0.005	<0.005
プロペン	0.290 ~ 1.32	0.293 ~ 0.901	<0.014	<0.016
1-ブテン	0.237 ~ 0.867	0.211	0.043	0.061
イソブテン	0.167 ~ 0.312	0.132 ~ 0.211	0.045	0.175
ベンゼン	0.021 ~ 0.122	0.010 ~ 0.030	<0.002	<0.002
トルエン	0.013 ~ 0.021	0.010 ~ 0.012	<0.002	0.004
m・pキシレン	<0.001	<0.001	0.01	0.025
O-キシレン	<0.001	<0.001	<0.001	0.002
カルボニル化合物	1.76 ~ 1.94	2.7 ~ 4.56	0.19 ~ 0.28	0.18

表-16 エンジン排出物計測値の平均値と変動係数

エンジン 排出物	グラウンドアイドル		フライトアイドル		アプローチ		クルーズ		クライム		テイクオフ	
	平均値	変動係数	平均値	変動係数	平均値	変動係数	平均値	変動係数	平均値	変動係数	平均値	変動係数
修正推力(KN)	12.5	0.46%	15.02	1.37%	63.45	1.32%	124.9	0.06%	177.3	0.16%	208.1	0.23%
NO <sub>x</sub> (ppm)	25.2	2.47%	27.0	1.05%	98.7	1.01%	267	1.70%	371	2.20%	473	2.22%
NO <sub>2</sub> (ppm)	20.3	3.48%	22.0	1.34%	90.1	0.86%	248	1.98%	348	2.71%	438	2.26%
NO (ppm)	5.2	7.85%	5.0	1.63%	8.6	8.07%	19.0	6.56%	23.0	6.15%	35.0	2.33%
CO (ppm)	81.0	1.18%	50.7	3.93%	5.4	0.87%	3.8	1.24%	3.4	2.77%	4.3	1.90%
CO <sub>2</sub> (%)	2.0	0.40%	2.02	0.62%	2.63	5.20%	3.48	0.00%	3.65	0.52%	3.94	0.24%
THC (ppmC)	9.0	2.40%	4.3	9.37%	1.4	8.91%	1.1	14.85%	1.1	14.85%	1.2	18.00%
スモーク (スモークナンバー)	0.0	/	0.0	/	0.0	/	1.6	0.00%	3.2	0.00%	6.5	0.00%
水分(%)	3.7	/	3.7	/	4.2	/	4.9	/	4.9	/	5.1	/

表-17 有害大気汚染物質

単位 : ppb

成分	硫酸化窒素	ベンゼン (ppbC)	トルエン (ppbC)	ホルムアルデヒド	アセトアルデヒド	アセトン
グラウンドアイドル	530	460	190	37	44	16
フライトアイドル	539.5	110	48	19	24	8
アプローチ	560.8	4.9	4.3	N.D	11	0
クルーズ	729.1	4.4	2.7	N.D	11	0
クライム	788.7	—	—	—	—	—
テイクオフ	945.8	7.8	1.4	N.D	N.D	N.D
屋 外	313.5	N.D	N.D	N.D	N.D	N.D

(注) 表中のN. D. は検出せず、また表中の—印は測定なし。

なお、日本では運輸省によって1998年のJT9D-7R4Dエンジン実測調査でVOC、 $N_2O$ について実測を実施している（表-16～表-17）。

## 6. あとがき

近年、航空機の環境問題は空港及び空港周辺での環境保全対策としての排出ガス削減や地球環境問題からの巡航時（高空）の排出ガス汚染の実態の把握・対策が主たる課題となっている。国土交通省では航空機から排出される大気汚染物質の実態及び対策については、平成8年4月に航空法の一部改正し、耐空証明にあたっての検査の基準に航空機用ガスタービンエンジンの排出物を基準に加えることとなり、平成9年10月にICAO規制法と同様の排出基準を施行した。

一方、海外においてはICAO・CAEPでここ数年検討されてきた航空機排出物中の $NO_x$ の20%削減に続く、さらなる16%削減案が承認された。現在、ICAOでは航空機排出ガスの総合的な環境保全対策の分析・検討がなされている。ここでは、旅客機の主エンジンだけではなく、小型機に搭載されているターボファン・エンジン、ターボプロップ・

エンジンや補助動力装置（APU）、さらには空港内を走行する自動車からの排出ガスまで含めての対応策の重要性が指摘されている。また、国際線航空機から排出される排出ガスの割合、環境税・環境課金についても、WG5でシナリオ作成などが進められた。

また、航空機エンジンからの排出大気汚染物質については、従来からの炭化水素（HC）、一酸化炭素（CO）、窒素酸化物（ $NO_x$ ）、二酸化炭素（ $CO_2$ ）に加え、近年はVOCs（揮発性有機物）、メタン（ $CH_4$ ）、亜酸化窒素（ $N_2O$ ）といった有害大気汚染物質への関心が高まっている。今後、主エンジン、APUともに実測を含めての実態把握が必要となろう。また、高空でのエアロゾル等の影響についてもIPCCの特別報告書でふれられている。

以上のことから、今後も海外や国内における対策動向を引き続き把握し、適切な対策をとっていくことが非常に重要となってくる。加えて、今後のアジア・太平洋地域における航空需要の急速拡大を考えた場合、国内の主要空港とともに地方空港も含めて、航空機排出ガスの環境負荷低減のための対策ガイドライン等が必要となってくる可能性がある。

内外報告

## Inter Noise 2000\*

時 田 保 夫\*\*

### 1. はじめに

**Inter Noise 2000** は **France-Nice** の **ACROPOLIS** で 8 月 27 日から 30 日まで開催され、これに参加をした。20 世紀最後の **Inter Noise** というのか、申し込みの件数も多く、**1,000** 件を越える申し込みが結局 **860** 件に絞られたが、この件数は今までの最高のもので **Oral : 578, poster : 282** 件である。44 ヶ国から **1,251** 名の参加登録、同伴者が **191** 名とのことであった。

今回の **main theme** は “**Transport and Community Noise**” であったが、戸外の騒音源がこれからの大きなテーマ (表-2) の中で、太文字は航空機騒音に関係するものである。

### 2. 航空機騒音に関する研究発表

この内容は年々変わって来ている。今回の特徴としては、行政も含めて **EU** が纏まって交通騒音そのものの検討に入ったということであろうか。経済的に社会が成り立つためには、施策が行政的に実現される必要があつて、技術的な解決方法だけでは行き詰まり、土地利用や規制の仕方との実際的なアンバランスが大きな問題となつてきているので、総合

的に考えようということであろう。

次にこれらを分類して概要を紹介する。なお、( )内のページ数は **proceedings** のページ数を示す。

#### 航空機騒音と睡眠影響

英国では 1992 年に航空機騒音に関する評価についての指針を作ったのだが、**1999** 年に改訂するに当たって多くの実験や調査が行われ、この内容が今回紹介されている。夜間の航空機騒音に対する評価で、騒音の特徴である慣れの影響なども考えると **Leq** 的な平均で考えるか **Lmax** と回数というようなイベント量で考えるかが大きな相違点になる。**N. Porter** 他(963)は研究の全体像を、**K. Robertson** 他(968)内容説明、**I. Diamond** (974)は各空港周辺で行った睡眠影響の社会調査と許容限度の報告で、騒音暴露量と反応の数値的な関係を示している。地域によって反応の度合いが違ふこともあり、**long term** の影響については夜間こそその影響は大きいとの判断が示されている。**I. Diamond** 他(1,353)では **1992** 年のフィールド調査したデータの解析で睡眠中の航空機騒音による覚醒に関するモデル式を提案した。睡眠影響は騒音の敏感性が一つの要点という **A. Smith** 他(984)の報告は注目される。夜間飛行の覚醒に関する米国 **K. Pearsons** 他(979)の報告でもフィールド調査や実験室実験の数値の乖離は健常者のみのデータでは健康影響の判断にはならないとしている。**I. Enmarker** 他

\* Report of Inter Noise 2000,  
by Yasuo Tokita (Director General, Aviation  
Environment Research Center)

\*\* (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター  
所長



表-1 最近の Inter Noise

	96	97	98	99	2000
テーマ	Noise control - next 25 Years	Help Quiet the world for a higher quality life	Sound and silence: Setting the balance	Noise control in the new Millennium	Transport and community noise
場所	Liverpool (England)	Budapest (Hungary)	Christchurch (New Zealand)	Ft. Lauderdale (U.S.A.)	Nice (France)
論文	~600	~400	~400	~400	~860
参加者	~1300	~800	~650	~700	~1250

表-2 目立ったテーマ

Sources of noise in railway systems  
 Smart and conventional monitoring systems for noise control  
 Modeling tire/road noise  
 Noise mapping and Geographical Information Systems (GIS)  
 Noise annoyance and physical and mental health  
 Sound quality inside vehicle  
 Noise transportation and planning, an investigated approach  
 Sound insulation of buildings against external noise  
 Economic evaluation of transport noise

(623)の報告は航空機騒音の長期間記憶の差によって老人の方が子供よりも影響を受けやすいので今後は年齢差の影響度合いの実験を計画する必要があるとしている。この一連の発表とは違うが、**N. Poter (2,237)**の航空機騒音の影響についての検討結果はオープンにして工場や一般市民代表も加えて討議すべきだという反省もあった。

### 社会調査とアノイアンス

ミュンヘン、シドニー、ヒースローなど、特定の空港周辺での騒音の影響に関する調査結果を発表したものが多く、調査結果の判断には人それぞれの考え方が反映されてしまうので、資料としては玉石混淆というところで、ポスターセッションが多かった。**S. Hygge 他(373)**は、1992年に新空港へ代わったミュンヘン空港周辺の調査で、学童への学力への影響はアノイアンスの延長で、生物学的レベルの影響ではない。**M. Haines 他(369)**は、ヒースロー空港周辺での騒音暴露による基本テスト結果であるが、128という膨大な学校を対象に数学国語科学などの学力検査を行って、航空機騒音は学力低下に関係があるが、社会経済的な要素や地位がより強い関係があり、騒音単独の影響は評価し難

いとしている。**P. J. Stallen (589)**は、アムステルダム空港周辺の騒音対策についての長期投資は明確にアノイアンス低減に寄与していると結論。アノイアンスと社会環境との関係から説き起こして航空機騒音につなげ、対策として国際的にきめるレベル、自治体のレベル、個別に考えるレベルと段階的に策定するべきとしている。**A. J. Grigg 他(596)**は、バンクーバー空港の新滑走路完成前後での社会反応の調査を行ない、地域によって騒音暴露量のLdnに関係しない反応が半数あることを提示している。ポスターセッションでは、**K. Goto 他(1,379)**が空港周辺の航空機騒音のアノイアンスとメンタルヘルス調査結果から、精神的健康状態は航空機騒音と相関性はなく、むしろ各人の騒音感受性に関わる日常の精神的ショックや周囲の人々の支えが深く関与していることの予測コンターで評価するのに対して、4ANEFだけ大きくする必要があるという結果を示した。**S. Morrell 他(2,076)**は、シドニーの調査で子供の血圧との関係は再現性のあるデータではないということを発表。**R. F. S. Job (2,098)**他は、シドニーでannoyance, activity, noise exposureの関係を見ると相関は明白というものではないとしており興味深い。**K. Hiramatsu 他(2,089)**は、沖縄基地周辺の航空機騒音の高いところでは、航空機騒音と高度のアノイアンス反応を示す関係は相関がよいと指摘。滑走路拡張に伴う騒音影響についての調査で等価騒音レベル積算平均値よりもむしろ単発の表示量の方が良いという**P. Teague (2,769)**の発表もあり、依然として航空機騒音の評価のあり方については論争が続くそうである。この辺の課題をdiscussion paperとして纏め上げたオーストラリアの“Expanding Ways to Describe and Assess Aircraft Noise”は興味深い内容の冊子で、苦情が必ずしもコンターで線引きした騒音地域の順序になっていない点に注目して、予測

の暴露量としては、土地利用に供する予測量と、実際の暴露量、ある条件における仮定の暴露量というような仕分けの必要を提案しているのが面白い。

**K. Peasons** 他(611)は、滑走路側方の **ratteling** による発生騒音が上空通過の航空機騒音の評価よりも厳しくなることを研究室実験で調べている。**R. F. S. Jobb** 他(617)は、**shift worker** の航空機騒音に対するアノイアンスを調べて、統計的に明確ではないが、特に睡眠に関しては差が出るとしている。**M. Mallebrera** 他(1,375)は、スペインのアノイアンス社会調査の報告、**B. Vincent** 他(1,382)は、都市計画に使われる騒音のアノイアンスに対応する指標を社会調査で求め、結局 **Ldn** や **Leq** で良からうという結論を出している。

**S. Fidell**(1,615)、**M. Haines** 他(1,609)は、アノイアンスは騒音暴露に一番影響し、航空機騒音は作業や考察に一番影響が大きいと指摘、**E. Franssen** 他(2,103)は、スキポール空港周辺と離れた所との **annoyance** と健康調査で、空港周辺では低いレベルのところでも騒音影響がでたと報告。**B. S. Fortkamp** 他(1,603)は、ジェット、プロペラ、ヘリコプターなどの騒音、振動評価を実機と実物大模型で行って考察している。**H. Mitsuhashi** (2,502)は、現役パイロットとしての立場から騒音低減方策と操縦についての発表をした。

#### 騒音予測

**T. Elliff** 他(2,534)は、航空機騒音の予測計算のヨーロッパ版を説明し、エラーの原因についての説明。**H. Olsen** 他(2,749)では、ノルウェーの単発航空機騒音の予測計算方法に関する time-history をもとに計算する方法を解説。**O. Zaporzhets** 他(2,753)は、地上でのエンジンテスト時のデータから飛行時の **EPNL** を計算して  $-7\text{EPNL}$  の差がでる

ことを示すイリュージョンでのデータを示していたが欠席した。**I. Yamada** (2,777)は日本の21世紀初頭の航空機騒音問題を大局的に纏めて説明した。

#### 航空機騒音の Active Noise Control (ANC)

**J. Guo** 他(1,723)は、プロペラ機のエンジンランアップ騒音をブラストフェンスのところに **ANC** を使って減少できると計算し、テスト実験をして、今度の課題として天候の問題や多チャンネル化の検討が必要との結論を示している。**C. Hobbs** 他(1,917)は、小規模空港の周辺でモデル的に行った **ANC** の航空機騒音低音部の効果についての発表で、エンジンテストばかりでなく離陸ジェットの **30~130 Hz** で効果を確認したと発表している。

#### 航空機騒音の測定関係

**J. C. Buyère** 他(2,773)は、空港拡張に伴う実態調査、**M. El-Fadel** 他(2,784)は、騒音緩和の方策、**M. J. Palma** 他(2,787)は、ノイズマップの実態調査、**L. Molgia** (2,791)は、空港周辺の航空機騒音計算方法の解説、**J-P. Clarke** (1923)は、航空機騒音の被害範囲をもっと少なくする方法として、**ILS** の変更や種々の方法で可能なことを計算で表示する事を提案。**A. Knowles** (1787)は、厳寒地域における気候の変化と伝搬の問題についての発表をしている。

#### 航空機騒音の建物の遮音

このセッションでの発表は、実際に結びつくためか発表の件数は多かった。**J. Bradley** 他(1,805)は、壁や窓の遮音を航空機騒音について実験室実験と現場データとで比べ、指向性の他にまだ検討すべき課題があると指摘。**I. Rocco** 他(1,821)は、遮音について夜間飛行の睡眠影響の基準を考える計算手法の提案をしている。**X. Oh** (1,829)は、オークランド国際空港周辺での建物の遮音調査で、

計算と測定値は中高音域ではよく合っているが、低音域が問題と指摘。**C. Pagoldh** 他(1,841)は、ストックホルムの空港周辺での建物遮音をスピーカーで調査し、航空機騒音のスペクトルテから遮音量の計算が可能との発表をしている。**M. Burgess** 他(2,512)は、シドニーで行われている遮音の実情についての報告を、**L. Mazzarella** 他(2,765)は、空港周辺の建物遮音を調べ、航空機騒音に対して低音の遮音が不足という報告をしている。

### 航空機騒音関係の情報公開

このセッションでは、航空機騒音に関する騒音対策としては如何に情報を正確に提供すべきかというような発表が多かった。いろいろな意味で我が国の情報公開についての現状を考えさせられるところが多い。

**D. Southgate**(1,907)は、オーストラリアの情報公開の内容説明で、情報の公開の仕方について参考になる。**K. Adams**(1,913)は、航空機騒音は減ってきていても苦情は増えるという状況もあり、短時間暴露指標との対応を各種要因と検討しても結論は出せないとしている。我が国からは、成田空港公団の発表で**S. Ogata** 他(1,930)が、新しく設置した航空機騒音の飛行音と地上音とを分離識別してモニターする計測システムを発表。**C. Thomas** 他(1,936)は、マンチェスター空港を例に、WWW システムを使つての映像表示の方法の有効性について発表。**J. Machet**(1,942)は、シャルルドゴールのモニターシステムを、**V. Trefois** 他(1,948)は、3D表示になっているリエージュのグローバルノイズマネージメントポリシーを説明し、情報公開の典型的な様子が分かった。

### ICAO 関係の資料説明や法律

国際的な航空機騒音の問題として、**Collin** (2,526)は、ICAO の CAEP での現在検討されている項目に対するヨーロッパの対応につ

いて紹介している。**V. Nitshe**(2,516)は、音源制御、土地利用、騒音改善量の導入など、ICAO の現在問題にしているテーマについての解説をし、**G. G. Fleming** 他(2,497)は、FAA の INM の側方過剰減衰の検討中の内容について、エンジンの搭載方法、地表面の影響 (soft, hard) などの再検討の現状説明。一番の問題点は浅い仰角での伝搬問題で、伝搬地表面の影響を理論値と実験補正值で作りに上げることをやっていることの紹介で、ハードとソフトの混合した現実の地面の扱い方が今後の課題で、この後でエンジンの搭載効果の定量化が出来るだろうとの発表であった。**L. Jacob**(2,522)は、フランスの空港周辺の航空機騒音対策に関する法律の内容説明をした。

### 軍関係の航空機騒音

航空機騒音の問題で、軍用機が民間機よりも厳しい評価を受けているのが我が国の現状であるが、諸外国においても低空飛行や訓練での強烈的な騒音は問題になっているのは同じである。**H. D. Marohn**(811)は、NATO の軍用ヘリコプター騒音予測モデルの総合報告で、最近の動きを述べたもので、指向性が重要と指摘。**H. D. Marohn**(817)は前の報告のつながりで、指向性の測定データを示して検討している。**P. D. Wheeler**(823)は、軍用機の低空飛行による高音域の聴力障害のデータの取り方に関する提言で、**C. Lomax** 他(829)は、軍用機の低空通過時の聴力障害評価には短時間  $L_{eq}$  が適しているとの発表があった。**O. K. φ. Pettersen** 他(836)は、軍用演習場周辺の騒音予測計算で、戸外騒音伝搬の計算手段の Nord 2000 を基本にした計算手法を説明し、**L. Mafei** 他(2,529)は、軍用機の上空通過騒音の予測計算方法に関する試算方法を提言し、実測と良く合っているとのこと。

### Noise Policy に関すること

このセッションは、今回の **Inter Noise** における一つの大きなテーマであったのではなからうか。EU における騒音基準の統一化が緊急の課題と受け止めているようである。**G. G. Biondi(1,861)** は、イタリアの騒音発生規制、受音量限度、環境基準などを **Class I~Vi** までの **Leq** で決めていると説明。**S. Curcuruto** 他(2,961) は、イタリアの法規制の考え方を、**G. Fubrel** 他(3,401) は、財産の価値評価方法についての発表で興味を引く。**A. Knowles(1,954)** は、**BAA** が使っているスマートシステムについて説明をし、**BAA** は世界のリーダーだと言っているが、年間 25,000 件以上の苦情があり、最近 2 年間で 300 万ポンド (5 億円弱?) 以上の対策費を出していると説明。**J. Lambert(3,413)** は、交通政策の金銭的評価についての発表であるが、道路騒音についての話で、**A. Ohm(3,419)** もデンマーク交通政策のコスト (道路)、**J. oertli(3,433)** は、鉄道の騒音対策の費用効果の解析を、**S. Navrud(3,395)** は、アノイアンスのコストに言及している。行政の問題は、理想と現実との狭間にあって恒に実現性の問題を抱えている点が今後の課題になるということであろう。

### 3. エアバス社, Malpensa Airport 訪問 見学

今回 **Inter Noise** の後で、新東京国際空港公団の方々に同行して **Toulouse** の **Airbus** 社と **Milan** の **Malpensa Airport** を訪問見学する機会を得た。**Airbus** の **A3xx** の実物大模型を見学させて貰ったが、そばで見ると本当に大きいのに驚いた。機内はファーストクラスの模型を見たのだが、本当に空飛ぶホテルと言う感じがした。こんなのが頭の上を通過するのかと考えたら、技術屋のはしくれであるが、大丈夫だろうなという気持ちの方

が優先してしまうように思われたが、2005~6 年には我が国にも飛んでくるような予定である。**Malpensa Airport** の訪問は、環境問題の管理のことが主体であったが、管制塔の見学の後、午後は排水の処理場の見学をした。地方自治体との共同で造った施設で、規模は大きいだけでいささか旧式に見えた。処理技術は、空港公団が水質の管理を自動的にしているのに比べると旧式で、人手で取り込んで時々チェックをするというような管理をしているようで、我が国の工場の公害処理を始め公害先進国と言われる日本の方が進んでいるように見えた。

### 4. 終わりに

最近の傾向として、他の国からの参加も多くはなっているが、日本からの参加が主催国に次ぐ多くの参加者になっているのは本当に不思議なくらいである。若い研究者たちが国際的な発表の機会を伺っているのがよく分かる。今回の発表件数の増加でプログラムの編成に苦慮したのは分かるが、必要な聞きたい部門の同じようなテーマが並行する会場で時間が重なってしまい、大会の運営にはいささか疑問を持った。また英語が **official language** であったにも関わらず、**French-English** の通訳がシリーズで行われて時間をとり、フランス語が出過ぎの感じがした。今回は研究センターからは、後藤の発表があったが、発表件数の増加のためにポスターセッションに廻ってしまい、これは如何に参加者の目を引いて質問者を引きつけるかが勝負になってしまうところが非常に難しいところである。今回の発表に関しては、いろいろな意見があるのは当然であるが、金子、後藤の両氏は、医者関係の発表の場とはいささか違った感じを持ったようである。また彼等の意見は工学系の我々にとって非常に参考になるところである。

航空環境を取り巻く話題

## 第4回 日本-スウェーデン・騒音影響シンポジウム\*

金子哲也\*\*

表記シンポジウムが Gothenburg 大学環境医学教室 (Ragnar Rylander 教授) 主催・欧州 IC BEN 共催で 2000 年 8 月 16 日～19 日の 4 日間にわたり、ストックホルム郊外の Rosenön で行われた。本会は前回の前橋会議 (1996) を受け、当初 99 年開催の予定であったが、Rylander 教授の健康問題により 2 度の会期順延を経て開会にこぎつけたものである。Rosenön は風光明媚なストックホルム湾のリゾートエリアにある周囲 1 km ほどの小島だが、200 人以上収容可能な会議場とバンケット・ハウス、コテージ式の宿泊施設が整っており、島そのものが瀟洒な国際会議場ある。

会議は Rylander 教授の開会の辞に続き、T. Gjestland 氏からは今回スポンサーとなった IC BEN (International Committee on Biological Effects of Noise: <http://www.icben.com>) の役割と今大会参加への期待が語られた。IC BEN が抱えている課題を優先順位に基づいて列記すると、1) 心臓血管障害誘発の可能性、2) 学校児童・生徒への影響、3) 薬物などとの複合影響、4) 注意力、記憶力、認知能力への影響、5) 対策、6) アノイアンスと複数音源の関連、7) 各国の騒

音規制ガイドラインなどであり、良い環境音の特性についても関心があるとのことだった。同じくスポンサーとなったスウェーデン交通通信研究局の C. Unge 氏からは同国での研究体制と予算、プロジェクト動向などについて解説があった。

以下、航空騒音に限らず環境騒音について、各演題で提起された問題を網羅したい。

睡眠影響については日本から 3 題あり、まず加速センサー型の睡眠モニターをつけた夫婦 1 組の 1 年間のデータから、週間変動、季間変動について報告があった (群大・川田助教授他)。環境騒音の質と睡眠影響の関連では、交通騒音と蛙のなき声との差異を脳波で観察した発表 (群大・笹沢氏他) が関心を集めた。また、種々の環境騒音下で眠りの質を評価した報告 (阪大・桑野教授他) では、カラオケや話し声が入眠妨害を起こすと報告された。人声/機械音への忌避反応に男女差もあることは既に我々も報告したが (航空環境研究第 1 号)、このような人間側の属性による感受性の違いは従来、物理量だけで議論されてきた騒音規制も、意味論的な分析の段階に入るべきことを示唆している。心理的側面では騒音への慣れの問題も重要な課題である。交通騒音への慣れを脳波と自記式評価法 (OSA) で比較した実験では、主観的には慣れた気がしても客観的にはその兆候はない、と報告された (群大・鈴木教授他・代読黒岩氏)。同じく慣れについては、船乗員を想定した船音の実験報告があった (群大・田村氏

\* The 4th Japanese-Swedish Noise Symposium on Medical Effects,  
by Tetsuya Kaneko (AERC, Environmental Health Div./Dpt. Environmental Health, Kyorin University)

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

他)。

職業性の騒音曝露については、低周波音の発生実態 (K. Holmberg 氏, KP. Wayne 氏), 作業効率影響 (B. Johanna 氏), 騒音職場退職者の生活の質 (QOL) と難聴 (熊大・宮北教授) についての発表があった。

道路騒音に対する住民反応の日・瑞の違いを文化的背景から比較した報告も注目された。量-反応関係をみると (北海学園大・佐藤教授他), 一戸建住宅では日本よりスウェーデンにアノイアンスが強く, 庭やバルコニーでの憩いの妨げが関連しているようで, 住宅事情も含めたライフスタイルの差異が反映されていると考えられる。また, 振動へのアノイアンスは一戸建てに強く, 排ガスへのアノイアンスは同レベルだった。パス解析の結果 (熊大・矢野教授), アノイアンスは排ガスとの相関が強く, 住民反応全体に日・端間で大差があり, LAeq は強い関連が認められなかった。ここでは庭仕事などのライフスタイルや, 家の構造, 住環境, 自然環境との関わりまで, どこまでを「文化的背景」とするか議論されたが, 容易に割り切れない難しいテーマである。

日常における静寂へのアクセスの意義に関する報告 (A. Skånberg 氏他) も, 住宅事情を反映するものだった。交通騒音が大きな道路に面する家屋で, 反対側の窓や扉が静寂な空間に通じているものと, 騒音はやや低い静寂な空間に接していない家屋とで, 個人騒音曝露とアノイアンスや心身症状を比較したデータだが, デザインそのものが議論の中心となった。居住環境に関しては, 生活道路への車乗入れを規制するためのコブ状構造物“バンプ (bump)”も“騒音・振動源”として取り上げられた (M. Björkman 氏)。また, 交通渋滞緩和用のトンネル建設による住民反応の変化を観察した報告 (E. Öhrström 氏他) では, アノイアンスの変質と発生場所の移動が生じるだけだ, との議論もあり, 一

筋縄ではゆかない自動車問題の難しさを改めて見た思いがした。これら 2 題に共通して強調されたのは, 自動車通行量と速度の規制強化であった。

ヒトの聴覚系モデルによる鉄道騒音評価 (神戸大・酒井氏他), 環境騒音対策に関する教育用 CD-ROM の試作 (B. Pettersson 氏) も注目を集めた。

騒音と音楽や自然音との複合影響では, 日頃の経験に合致するような興味深い報告がいくつもあった。

定常音, 変動騒音および音楽と血圧変動の関連を比較した報告では (三重産業保健センター・坂本名誉教授), 定常音のみが LAeq と明確な量-反応関係を示し, 変動音ではむしろピーク数が血圧上昇と相関を見せ, 音楽では音階と音色が関連因子であった, という。血圧は音ストレスに対して, まず情緒的反應で素早く上昇した後下降し, やがてまた徐々に上昇を始める。この後者の変化が健康影響を考える上での鍵であろう, との指摘もあった。さまざまな間歇騒音曝露の脳波への影響 (神戸大・安藤教授) は, 極めて狭い帯域に絞った騒音の影響 (神戸大・佐藤氏他) とともに報告され, 加えて背景音に音楽を採用した場合のデータも紹介された。それによるとスローテンポの曲ではアップテンポの曲より反応が遅い傾向にあるという。ゆったりした音楽を聴いていると主観的な時の流れが遅くなることを脳波が示している, というコメントだった。騒音と自然音との関連では, コオロギや川のせせらぎが交通騒音への苦情を軽減する効果があることを実験室と実地の双方で示した報告も注目された (熊大・川井氏)。臨床面での応用が期待されたのは, ある種の音を聞かせることで聴覚損傷を防ぐ試み (B. Canlon 氏ら) だった。失礼ながら若干半信半疑ではあるものの, 外傷レベルの騒音曝露の「後」でも, コンディショニング音によって損傷を防げる, というデータは産業

保健などの分野を想起して魅力的に映った。またスウェーデンらしいテーマだが、風力発電タービンの騒音とアノイアンスについての報告 (KP. Waye 氏ら) があった。風は強いものの人工騒音が殆どなかった環境に、昼夜を分かつたぬラップ音源が24基も出現し、住民の不快感は無視できないという。コミュニティにおける騒音の位置づけを考えさせるレポートに、さまざまな環境騒音の類似性と選好性を比較した実験データ (B. Berglund 氏ら) もあった。騒音に対する不快の程度は、認知過程での類似性に基づく振り分けと、情緒過程での好き嫌い判定の2段階で決定する、というモデルを実証する試みであったが、音の曝露法など実験条件に左右される部分が多いようだ。

最終のセクションが航空機騒音で、4題の報告があった。我々の報告を除いた3題は、一昨年度発表された嘉手納・普天間両基地周辺での調査報告に属し、東大式健康質問票 (THI) のデータを WECPNL との関連で解析したものだった。12尺度のデータでは多愁訴、呼吸器不調、消化器不調、不安、抑鬱、攻撃性、神経過敏などに有意な関連が (熊大・宮北氏)、多重ロジスティック解析では心身症や神経症で有意な関連が認められたとのことだった (武庫川女子大・平松氏)。また騒音感受性に関連して、アノイアンスと主観的な健康評価との関連性は、高騒音地域より中等度の騒音地域の方が高い、という興

味ある結果も報告された (旭川医大・松井氏)。われわれの報告は、WECPNL と血圧との関連を横断調査およびコホート調査で解析したもので、年齢や医療ケア、喫煙などのライフスタイルを考慮すべきことを指摘したものである。

おわりに本シンポジウムの大会長、Rylander 教授がまとめられた、今後の騒音影響研究における展開を記したい。騒音対策は大きく前進してきたが、まだまだ残された問題は多く、新たな騒音問題も生まれている。環境側、騒音側の因子では、物理特性のみならず音源の価値や特性も重要である。前者については、等価騒音による評価が確立すると同時に、最大騒音レベルの重要性も主観量との関連で再評価されている。主体側についていえば、健康影響評価法、個人の感受性評価、ライフスタイル等交絡因子の扱い等々が挙げられる。こうした機会を生かして情報交換、研究協力を進めて欲しい、という締めくくりだった。教授が冒頭にも言われたことだが、課題を絞った継続的なミニ・シンポジウムの故か、みな率直に、意見の相違を恐れず、感情的な衝突も無く、緊密な意見交換ができた。それもこれもみな、オーガナイザーの Yvonne Peterson 女史の心遣いと、スウェーデンの自然が支えてくれたように思う。静かで穏やかな「静穏」環境の恩恵を感じた北欧の夏だった。

航空環境を取り巻く話題

## ACI & IATA グリーンポート 2000\*

玉 木 康 彦\*\*

### 1. はじめに

「ACI & IATA グリーンポート 2000」国際会議 & 展示会が、平成 12 年 5 月 29 日 (月) から 6 月 1 日 (木) までの 4 日間、リーガロイヤルホテル成田で開催された。

今回開催された「ACI & IATA グリーンポート 2000」は、平成 11 年 4 月にオランダ・アムステルダムで初めて開催された「グリーンポート '99」に引き続くものであり、NAA (新東京国際空港公団) がホスト役を務めた。今回は「Living together on Planet Earth～地球の上で共に生きる」をテーマとし、空港と航空会社が共に環境問題に取り組んでいく必要があるとの観点から、ACI (国際空港評議会) と IATA (国際航空運送協会) との共同開催となった。

### 2. ACI とは

ACI は、Airports Council International の略称で、国際空港評議会と訳されている。1991 年にそれまで北米の空港を中心に組織されていた AOCI (Airport Operators Council International) と欧州の空港を中心に組織された ICAA (International Civil Air-

ports Association) が統合して設立された。世界の空港や空港ビルの管理者または所有者を会員とする世界機構で、会員数 530 (162 カ国及び地域、約 1400 の空港) で構成される国際的団体であり、ICAO (国際民間航空機関)、IATA とともに国際航空運送を支える 3 本柱のひとつとなっている。

ACI の活動目的は、空港間の協力と相互援助はもとより、各空港に共通の利益を有する問題についての意見を取り交わし、統一的な見解として取りまとめ、ICAO 等の航空関係機関に表明及び提唱することとされている (図-1)。また、航空運送に係る他機関との協力を強化する政策と慣行の確立、空港経営の向上のための情報の交換等もその目的の 1 つである。

これらの目的を遂行するため、世界共通の問題を検討する経済、環境、保安、技術・安全、簡易化・施設の 5 つの常設委員会が設置されている。

さらに、世界を 6 つの地域 (北米、欧州、アジア、太平洋、アフリカ、ラテンアメリカ・カリブ海) に分けて、それぞれに地域部会を設けており、年に一度これらの地域部会総会が開かれている。NAA は太平洋地域部会に所属 (1970 年加盟) しており、同部会はカナダ、北米の太平洋に近い部分、ハワイ、オセアニア、東南アジアなど会員数 56 (26 カ国および地域、124 空港) で組織されている。事務局はバンクーバーに置かれており、日本国内では、NAA、関西国際空港

\* ACI & IATA Greenport 2000, by Yasuhiko Tamaki (Regional Symbiosis Department Manager, Environmental Administration Environmental Planning Division, New Tokyo International Airport Authority).

\*\* 新東京国際空港公団 地域共生部環境管理室環境計画課 課長代理



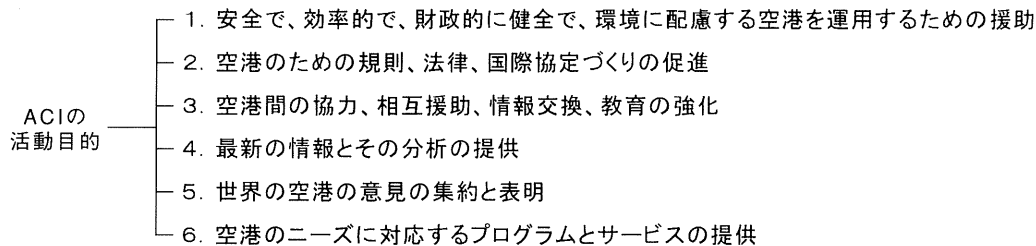


図-1 ACIの活動目的

(株)、日本空港ビルデング(株) など7者が会員となっている。

### 3. グリーンポートとは

会議名の「グリーンポート」は、環境をイメージさせるカラーである緑すなわち「グリーン」と「エアポート」の2つの言葉を合わせた造語である。21世紀には、航空機による輸送がさらに発展を続け、私たちの生活や経済活動に貢献をしていくようになると同時に、これを支える空港の役割もますます大きくなる。その一方で、空港の開発・運営にあたり環境問題への対応が今までにも増して強く求められるようになり、これに対してどのように取り組むかが今後の航空・空港産業の発展にますます重要な意味を持つようになると思われる。このような空港と環境との関わり合いを討議する場として企画されたのが「グリーンポート」である。

### 4. ACI & IATA グリーンポート 2000

今回開催された「ACI & IATA グリーンポート 2000」には、国内はもとより海外25カ国・地域の航空産業界、政府、自治体、環境団体、研究所および旅行・観光業界等の関係者約400名が参加し、環境に配慮することと、空港の発展を継続し安全で効率的な輸送システムを維持することのバランスをいかに保っていくかについて、貴重な講演や活発な意見交換が行われた。また、会議に平行して最新の環境技術や製品に触れることができる展示会が開催された。表-1に示すプログラ

ムに従い、講演の概要について、簡単に以下にまとめる。

#### 4.1 第1日目 (5月29日)

初日には、会議登録と成田空港周辺の環境施設を視察するツアーが行われた。(図-2) 視察ツアーにおいては、成田空港の環境への先進的な取り組みに対して海外参加者から多くの質問が寄せられた。また、会議開催に先立って開かれた記者会見では、ジョナサン・ハウ ACI 事務総長が、成田空港の環境に対する取り組みは、世界のトップレベルであるとのコメントを発表した。(図-3)

#### 4.2 第2日目 (5月30日)

30日には、中村徹 NAA 総裁 (ACI 太平洋地域部会長)、ガネム・アルハジリ ACI 議長、ジョナサン・ハウ ACI 事務総長、そしてケヴィン・ドビー IATA 副会長による開会式の後、ジェラルド L. バライレス前バージニア州知事による「環境問題に取り組む」と題した基調講演を経て、実質的な討議の場であるセッションが開始された。

##### (1) セッション1

ジェフリー・チューダー氏 (日本航空) の進行によるセッション1「サステナビリティ：新しい概念は将来のトレンドとなるのか？」では、マンチェスター・メトロポリタン大学のカラム・トーマス教授による「環境の方程式」、AAPA (アジア太平洋航空会社協会) のリチャード・ステアランド氏による「航空会社の見解」と題した意見発表が行われた。

このセッションでは、経済性と環境問題

表-1 グリーンポート 2000 プログラム

<b>Monday, 29 May 2000</b>	
10:00-17:00	Registration
14:00-16:00	Narita Airport Environment Facility Tour
17:00-20:00	Exhibition
19:00-21:00	Welcome reception
<b>Tuesday, 30 May 2000</b>	
08:00-19:00	Exhibition
09:00-09:30	Opening ceremony
09:30-10:15	Keynote address-Getting to grips with environmental issues: The way forward 「環境問題に取り組む」
11:00-12:00	Session I - A new buzzword or the future trend? 「サステナビリティ:新しい概念は将来のトレンドとなるのか？」 Sustainability: The environmental equation 「環境の方程式」 Sustainability: An airline view 「航空会社の見解」
14:00-15:15	Session II -Green travel: Marketing gimmick or a new form of tourism 「グリーントラベル:市場の開拓と新しい形態のツアー」 The green traveller: Modifying behavioral patterns through industry action 「産業界の活動を通じて旅行パターンを調整」 Sustainable tourism: Balancing protection of natural assets and revenue earning 「自然環境の保護と収入確保とのバランス」
16:00-17:00	Session III -Airports and the community: The love-hate relationship 「空港とコミュニティ」 The Narita experience: Challenges and successes 「成田空港の事例:挑戦と成功」 The French experience 「フランスの事例」
<b>Wednesday, 31 May 2000</b>	
08:00-19:00	Exhibition
09:00-10:30	Session IV -Air transport and the atmosphere: Addressing a global concern 「航空輸送と大気:地球的課題に取り組む」 Emissions trading: The possibilities 「排気の取引、その可能性」 Trading emissions in house: Experiences of a major company 「主要企業の経験から」 Reducing emissions: What airlines can do 「排気の削減:航空会社のできることは」
11:15-12:45	Session V -Protecting the environment around airports: Practical perspectives 「空港周辺の環境保護、その実用的な観点」 Case Study 1: Eco-Airport: Creating an environment-friendly airport 「エコ・エアポート、環境にやさしい空港づくり」 Case Study 2: Restoring water quality in an arid environment 「水質の回復」 Case Study 3: Reducing odours and ambient noise 「騒音と臭気の削減」 Case Study 4: Using emission charges to reduce pollution 「汚染を削減するための排出課金」
14:00-15:15	Session VI -Intermodality: Seamless travel in the 21st Century 「インターモダリティ:21世紀での継ぎ目のない旅行」 Transport distribution networks: theory and reality 「輸送の配分ネットワーク-理論と実態」 Air-rail in practice 「航空と鉄道の連結」
16:00-17:15	Session VII -Airports of the future: Where, when, how? 「空港の将来:どこに、いつ、どのように？」 Amsterdam: The business case for the North Sea Island Airport 「アムステルダムビジネスケース」 Future of metropolitan airport development in Japan 「日本における将来の空港の発展」
17:15-17:45	Concluding remarks
<b>Thursday, 1 June 2000</b>	
09:00-18:00	Haneda Airport and Central Tokyo Tour

等、空港を取り巻く諸要素が絡み合いながら、空港がどのように発展し続けることができるか、またこの概念は先進国だけに当てはまるのかについて話し合われた。

## (2) セッション2・3

続いてジョージ・ベリユー氏(クライストチャーチ空港)の進行によるセッション2「グリーントラベル:市場の開拓と新しい形

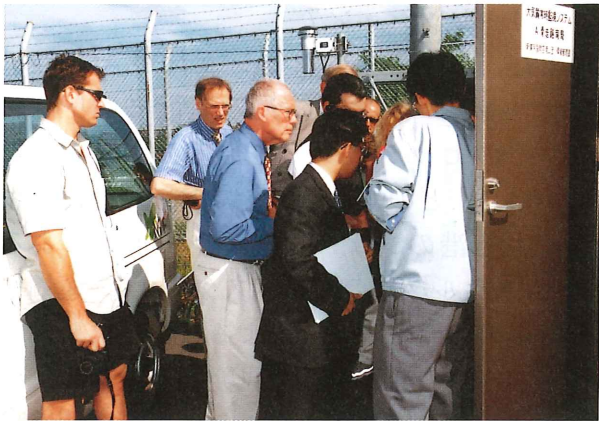


図-2 大気質常時監視システムの見学



図-3 会議開催にあたっての記者会見

態のツアー」において、サステイナブル・ツーリズム研究所のテリー・デ・レーシー氏による「産業界の活動を通じて旅行パターンを調整」と、PATA（太平洋アジア旅行協会）のジョー・マキナーニ氏による「自然環境の保護と収入確保とのバランス」と題した講演が行われた。

ここでは、発展途上国が観光産業発展のために自然環境を破壊することを、先進国の環境専門家たちは非難できるのかなどの意見が述べられている。

2日目最後のセッション3「空港とコミュニティ」では、カンタス航空のビル・バーク氏を進行役に迎え、NAA 地域共生部の荒川武副主幹による「成田空港の事例：挑戦と成功」と題した講演に引き続き、パリ空港公団

のディディエ・アモン氏による「フランスの事例」の2つの意見発表が行われ、空港と環境の関わり合いについて意義深い議論がなされた。

特に、地域と共生するために、空港管理者が地域社会との関係をどのように改善していくのかが、このセッションの主なテーマであった。

#### 4.3 第3日目（5月31日）

##### (1) セッション4

3日目の31日には、まずはじめにセッション4「航空輸送と大気：地球的課題に取り組む」において、IATAのレオニー・ドビー氏の進行による「排気の取引、その可能性」、BP Amocoのミカエル・リグレスワース氏による「主要企業の経験から」、そして英国航空アンドリュー・センテンス氏による「排気の削減：航空会社のできることは」と題した3つの意見発表が行われた。このセッションにおいては、航空産業の環境への影響が世界的規模で拡大していることに関する最新の科学的情報はどうなっているのか、また排気量取引の結果および排気量削減のための新技術などをテーマに話し合われた。(図-4)

##### (2) セッション5

続いて、IATAの加藤皓氏の進行によるセッション5「空港周辺の環境保護、その実用的な観点」において、筆者による「ケーススタディ1：エコ・エアポート、環境にやさしい空港づくり」、ツーソン空港公団のシュザンヌ・マククリーン氏による「ケーススタディ2：水質の回復」、ハンブルグ空港のアグゼル・シュミット氏による「ケーススタディ3：騒音と臭気の削減」、チューリッヒ空港公団のエマニュエル・フルーティ氏による「ケーススタディ4：汚染を削減するための排出課金」と題した4つの空港管理者による講演が行われた。(図-5)

ここでは、空港が、周辺住民に与える人体的影響を理由に、環境専門家の非難の対象と



図-4 セッションの様子



図-5 講演をする会議参加者

なることから、空港管理者の環境保全への取り組みの実例が紹介された。

### (3) セッション6

そして、セッション6「インターモダリティ：21世紀での継ぎ目のない旅行」が、エア・トランスポート・アクショングループのフィリップ・ロシャット氏の進行により行われ、その中で、IATAのミカエル・フェルドマン氏により「輸送の配分ネットワーク理論と実態」、エア・トランスポート・アクショングループのマルティナ・プリーブ氏による「航空と鉄道の連結」の2つの発表が行われた。さまざまな交通体系が環境に与える影響と評価法及び交通機関統合を視野に入れた21世紀の交通体系が、このセッションのテーマであった。

### (4) セッション7

また、今回最後のセッションがACIのジョナサン・ハウ事務総長の進行により行われ、そのセッション7「空港の将来：どこに、いつ、どのように？」においては、スキポール空港のジューブ・クルール氏による「アムステルダムビジネスケース」、運輸省航空局の藤原威一郎氏による「日本における将来の空港の発展」の意見発表が行われ、将来の空港像、空港にふさわしい場所、環境専門家が納得する空港及び現在の空港施設はどうなるかをテーマに熱心な討議が行われた。

セッションの後、2日間の会議のまとめとして、ACIのアヴィ・ギル環境部長とIATAのレオニー・ドビー環境部長によりコンクルーディング・リマークスが行われ、実質的な会議を終了した。

### 4.4 第4日目(6月1日)

6月1日には、オプションツアーとして、30名の参加による羽田空港見学ツアーが行われた。日本の代表的な空港の見学後、東京の下町として有名な浅草や、皇居の見学を行い、日本の情緒を味わうことができた参加者には大好評であった。

## 5. 展示会

会議に併せて開かれた展示会では、環境保護の観点からの各種展示が行われ、国内外から24社のブースが設営され、世界における最新の技術や製品などが紹介されていた。NAAもブースを出展し、(図-6)かねてから取り組んでいる地球的視野に立った循環型の空港づくりと周辺地域の農業の再生への協力を2本柱とする「エコ・エアポート」構想を、本格的な展示模型やデモンストレーション、あるいはパネルやビデオを通じて広く分かりやすく紹介した。さらに、屋外においては低公害車と防音実体験車デモンストレーションを行った。(図-7)

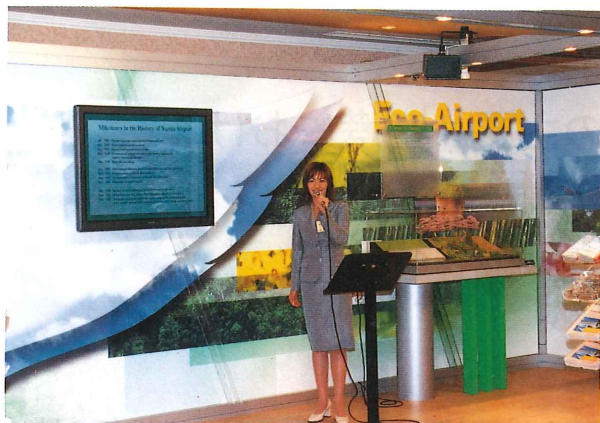


図-6 NAA 展示ブース



図-7 低公害車と防音実体験車の展示

## 6. おわりに

会議開催前日に行われたウェルカムレセプションには、会議参加者はもちろんのこと空港周辺自治体の首長をはじめとする地元の方々が多数参加し、世界の航空・空港関係者との実のある交流が図られていた。NAA にとっても「グリーンポート2000」は、成田空港の地域と一体となった空港づくり及び空港の運用を海外に向けてアピールする絶好の機会であった。

なお、第3回のグリーンポートは、2001年5月14日から5月16日までパリにおいて開催される予定で、これまで以上の参加と活発な議論が期待されているところである。

航空環境を取り巻く話題

## 米国ワシントン DC 地域の主要 3 空港における 騒音対策の概要\*

川 勝 弘 彦\*\* 新 田 慎 二\*\*\*

米国のワシントン DC 地域には凡そ 50 キロ圏内にダレス空港, ナショナル空港及びボルティモア空港の 3 空港が所在しているが, 各空港の騒音対策の内容がそれぞれ異なっている。ここでは, 各空港の運航規模及び騒音対策について, 各空港から聴取した内容を紹介したい。

### 1. ワシントン DC 周辺 3 空港の概要

#### 1.1 位置関係

米国ワシントン DC 地域には, DC 中心部の西方約 40 キロに国際線の主要空港としてのワシントン・ダレス国際空港, DC 中心部の南方約 5 キロのポトマック河河畔に国内線の主要空港としてワシントン・ナショナル空港, そして DC の北方約 50 キロ, ボルティモア市から 15 キロの地点に国内線を主体とするボルティモア・ワシントン国際空港がある。

#### 1.2 空港の運営

運営組織については, ダレス空港及びナショナル空港は, 連邦政府が整備し連邦航空局

(FAA) が運営してきたが, 1987 年 6 月に公団組織であるメトロポリタン・ワシントン・エアポート・オーソリティ (以下 MWAA) に移管されている。一方, ボルティモア空港は, 1972 年にメリーランド州がボルチモア市から購入したもので, 以後メリーランド州が管理・運営している。

#### 1.3 環境対策の特徴

ダレス空港及びナショナル空港は MWAA により運営されているものの, 空港周辺の土地利用政策は, 地元のそれぞれの関係自治体の意向により自治体が自ら責任を持つて行うこととなっており, 両空港への対応は大きく異なっている。ダレス空港は運航制限は全く行っておらず, 騒音影響に応じた空港周辺の土地利用制限を行っている。一方, ナショナル空港の場合は, 地元自治体が同空港周辺地域を最大限活用したいと考えており, 騒音軽減運航方式の採用や夜間の騒音規制等様々な発生源対策を行う一方, 空港周辺の利用制限は現時点では実質的には行われていない。また, ボルティモア空港については, 州政府が運営しているため, 空港周辺の騒音対策も同州運輸局の航空局 (メリーランド航空局) が空港運営と一体となって行っている。

### 2. 各空港の運航規模及び周辺対策

#### 2.1 ダレス空港

##### 2.1.1 空港施設

敷地面積は 11,000 エーカーもあり, この内約 5,000 エーカーが航空関係に使用されて

\* Environmental Countermeasures at Three Major Airports in Washington DC Area, by Hirohiko Kawakatsu (Deputy Director, Noise Abatement Technology Office, Environment Division, Civil Aviation Bureau, Ministry of Land, Infrastructure and Transport), and Shinji Nitta (Deputy Representative, Washington Office Japan International Transport Institute)

\*\* 国土交通省航空局飛行場部環境整備課騒音防止技術室課長補佐

\*\*\* 運輸政策研究機構在ワシントン研究所調査役

いる。滑走路は、3,500 m が 2 本、3,200 m が 1 本、合計 3 本ある。

### 2.1.2 運航規模

総離着陸回数は約 47 万回 (1999 年) あり、乗降客は国内線が 1,600 万人、国際が 400 万人、合計約 2 千万人であった。搭乗ゲートは約 120 あり、1 日当たり約 60 万人の乗降客がある。1999 年には乗降客数で前年比 26% 増を記録し、世界の大型 50 空港の中で最も成長の大きい空港、米国でも年間の利用者百万人を超える空港の中で最も成長の大きい空港となっている。なお、乗り入れしている定期航空会社は、旅客便が 34 社、貨物専用便が 5 社ある。

1 日当たりの離着陸回数は、定期便が 450 回程度、通勤便が 700 回程度、全体では 1,400 回程度となっている。

また、1 時間当たりの運航回数は、定期航空会社と通勤便の合計で日中時間帯でも 20~100 回と時間帯によりばらつきが大きく、最大は 17 時台の 110 回となっている。

### 2.1.3 機材構成

米国では 1990 年の法改正により、2000 年 1 月以降、34 t を超える旧基準機 (ICAO 第 16 付属書第 1 巻第 2 章の基準に適合する航空機で、同第 3 章の基準に適合しないもの) の運航が禁止された。このため、旧基準機はエンジンの換装又はハッシュキットの装着により対策をとることが必要となっている。

定期便 (通勤便を除く) における機材構成は、旧基準機の割合が 1990 年で 57%、1996 年では 36% であり、この他、新基準機 (同第 3 章の基準に適合する航空機) の内、広胴 4 発機 (B 747) は 3%、広胴 3 発機 (DC-10 等) は 7% と非常に少なく、広胴双発機 (B 767 等) が 1990 年に 6%、1996 年に 8%、2004 年に 13%、狭胴双発機 (B 737 等) は、1990 年に 24%、1996 年に 44%、2004 年には 72% と急増し、大半を占めることが見込まれている。なお、22 時~7 時の深

夜早朝便割合は 10% 弱程度である。

### 2.1.4 騒音低減対策

本空港においては、特別な騒音低減運航手順は設定されていない。

### 2.1.5 空港周辺対策

ダレス空港でとられている対策の内容は、各州の各地区が独自に採用する騒音対策プログラムによって異なるが、1985 年に見直された騒音暴露マップに基づいて、DNL 75 の地域の産業 (製造業、研究、事務所等)・空き地等への用途制限、DNL 65 以上の地域における宅地新規開発の原則禁止、販売者に対する制限地域 (バッファーとして外側 1 マイル以内の隣接地域を含む) について販売契約や広告に空港騒音に係る必要な情報開示の義務付け等の対策が行われている。

DNL 65 以上の地域の住宅数は、1990 年時点では約 40 軒 (約 100 人) であったが、同時点での予測では、1996 年には 40~50 軒 (110~130 人)、旧基準機退役後の 2003 年末においては、約 10 軒 (約 30 人) となっている。

### 2.1.6 騒音監視システム

騒音監視については、12 の固定騒音監視点を設置し騒音監視を行っている。

## 2.2 ナショナル空港

### 2.2.1 空港施設

空港面積は 860 エーカーで、滑走路は 2,060 m、1,556 m、1,351 m の 3 本がある。

### 2.2.2 運航規模

総離着陸回数は約 29 万回 (1999 年) で、総乗降客数は、約 1,500 万人 (同年) となっている。同空港に就航している定期航空会社は、旅客便が 15 社で、外国社はカナダの 2 社のみである。

1 日当たりの運航回数は、定期便は 500 回程度、通勤便は 200 回程度、全体では 1,000 回程度 (2000 年) となっている。また、1 時間当たりの運航回数は FAA の

High Density Rule に従って制約されていて、定期ジェット便については1時間当たり37離発着、コミュータは12離発着、ジェネアビは13離発着までとなっている。また、就航路線距離については、ノンストップとしては一部を除き最大1,250マイルまでに限定されている。

### 2.2.3 機材構成

ナショナル空港では独自に旧基準機について、1996年末までに午後8時以降の運航禁止、1998年末までに終日運航禁止を決議しており、1989年現在では、旧基準機の割合が62%であったが、現在では全ての機材が新基準機となっている。

しかしながら、旧基準機にハッシュキットを装着することにより新基準に適合させている機材が多く運航しており、これらの機材は比較的高騒音を発している。

現時点でのハッシュキット装着した元旧基準機の割合は約16%であるが、2000年末には11%まで減少すると見込まれている。

### 2.2.4 騒音低減方策

現行の騒音低減方策としては、できる限りポトマック河及びアナコステア河に沿うこ

ととする優先飛行経路、進入時の脚出し及びフラップ下げ時期の遅らせ、夜間騒音規制(午後10時から7時まで一定以上の騒音を発する機材の飛行制限で、同規制に違反した場合には、1回当たり最大5,000ドルの罰金が課せられる)、エンジン・ランナップの制限(午後10時～午前7時はジェット機のランナップは禁止)、タッチ・アンド・ゴー及び計器進入の訓練飛行の禁止等がある。

### 2.2.5 空港周辺対策

現時点では、ナショナル空港の周辺では土地の実質的な利用制限は行われていない。これは、関係自治体が利便性の高い同空港周辺地域を出来る限り有効に活用したいとの意向を反映している。

1989年においては、DNL 65を超える地域に居住する人口は約24,000人(約12,000軒)であり、この内約21,000人(約11,000軒)はDNL 65～70の地域に居住していた。同時点での予測では、運航機の全てが新基準機となる予定の1999年以降は、DNL 65以上の地域の人口は533人まで減少すると予測していた。

ナショナル空港周辺の土地利用計画は連邦

表-1 連邦航空規則 (FAR) パート 150 で定める主な土地利用に係る適切な騒音レベル

土地利用の内容	DNL	65以下	65-70	70-75	75-80	80-85	85超え
住宅、学校		○	×*1	×*1	×	×	×
病院、老人ホーム、教会、公会堂		○	△25	△30	×	×	×
政府機関、事務所、一般小売		○	○	△25	△30	×	×
交通施設		○	○	○*2	○*2	○*2	○*2
製造業(一般)、駐車場		○	○	○*2	○*2	○*2	×
農業、林産業		○	○*3	○*3	○*4	○*4	○*4
酪農、動物の繁殖		○	○*3	○*3	×	×	×
鉱業、漁業		○	○	○	○	○	○
屋外運動施設		○	○	○	○	×	×
アミューズメントパーク、公園、リゾート		○	○	○	×	×	×

\*1: 地域社会が不可欠と考え、必要な遮音対策 (25, 30 dB) が講じられていれば可能

△ 25, △ 30: 25 又は 30 dB の遮音対策が必要

\*2: 公共用の場所、事務所等、必要な部分に 25, 30 又は 35 dB の遮音対策が必要

\*3: 居住部分は、25 又は 30 dB の遮音対策が必要

\*4: 居住施設は不可



航空規則 (FAR) パート 150 (表-1) に基づき設定されている。

住宅については、DNL 75 以上については認められない。また、DNL 65~70 の地域及び DNL 70~75 の地域については、新たな住宅開発は不適切であり、既存の住宅地域近傍の開発等、その他の開発が行えない場合に限り認められる。この場合、DNL 65~70 の地域においては 25 dB(A) 以上の防音性能、DNL 70~75 の地域においては 30 dB(A) 以上の防音性能が要求される。

学校については、DNL 65~70 の地域においては適当とされているが、この場合 30 dB(A) 以上の防音性能が要求される。

また、病院については、DNL 65~70 の地域においては 30 dB(A) 以上、DNL 70~75 の地域においては 35 dB(A) 以上の防音性能が要求される。

1990 年に定められた空港周辺の防止方策では、土地利用計画及びゾーニングマップの見直しによる新規開発の制限、建築基準における防音要件の改訂、リース又は販売契約の際の騒音影響の開示、空港の騒音影響、騒音対策等の情報の周知、学校、病院等の公共施設に対する防音工事の補助等が提案されていた。なお、教室の防音工事 (20 dB(A) 低減) に係る経費は、1 室あたりの 2 万ドル程度としており、この費用の 80% は連邦政府からの補助金で対応可能としていた。

#### 2.2.6 騒音監視システム

騒音監視については、20 の固定騒音監視点を設置し騒音監視を行っている。

### 2.3 ボルティモア空港

#### 2.3.1 空港施設

ボルティモア空港には、滑走路は 3,150 m, 2,850 m, 1,500 m, 1,800 m の 4 本がある。

#### 2.3.2 運航規模

総離着陸回数は約 29 万回 (1998 年) で、

総乗降客数は約 1,740 万人 (同年) となっている。総乗客数の伸びで見た場合、1999 年には対前年比 16.7% で、全米でダレス空港に次いで第 2 位の成長を見せている。

1 日当たりの運航回数は、民航ジェット (凡そ 100 席以上) が 450 回程度、全体では 800 回程度となっている。

#### 2.3.3 機材構成

1996 年の運航実績で、航空機種別の割合を比較すると以下ようになる。

全航空機で最も運航回数の多い機種は、B 737 の約 95,000 回 (33%)、第 2 位が DHC-8 の約 44,000 回 (15%)、第 3 位がパイパー PA-34 (6 人乗り双発プロペラ機) の約 19,000 回 (7%) となっており、一方、B 747 は 0.1%、B 747 を含む広胴機あわせても全体の 1.9% (約 5,000 回) に過ぎない。

また、民航ジェット (同) で比較すると、1 日当たりの発着回数は、最も多いのが B 737 で 260 回 (約 60%)、続いて B 727 が 44 回 (約 10%)、B 757 で 42 回 (約 10%) で、狭胴機の割合が大きい。

また、夜間の運航規制は特に無く、離着陸回数は昼間 (7 時~22 時) が 85%、夜間 (22 時~7 時) が 15% の割合となっている。

#### 2.3.4 騒音低減運航方式

離陸時の旋回開始点を定める優先飛行経路方式や、居住地区を出来る限り避ける優先滑走路方式が採用されている。

#### 2.3.5 地上騒音の軽減

エンジン・ランナップは、突発的な整備のための場合を除き原則として、7 時~23 時に限り指定された場所で行うことができ、スラスト・アイドルを超えるランナップを行う場合には、承認をとることが必要である。

#### 2.3.6 空港周辺対策

1974 年、メリーランド州環境騒音法が施行され、州内の空港周辺の不適切な土地利用を抑制し、空港周辺住民への航空機騒音影響

を最小限に抑えるために有効な施策を講じることとなり、騒音暴露量により空港周辺に空港騒音ゾーン (ANZ) を設定し、ANZ 内の土地利用を制限することとなった。同法律で、ANZ の計算方法、騒音暴露量に応じた土地利用方法が規定されている。最近では 1998 年に改訂されている。

また、ANZ の手順の一部に、騒音軽減プログラム (NAP) の策定が含まれる。最初の NAP は 1976 年に策定され、1988 年に大幅な見直しが行われた。同プログラムは、FAR パート 150 で定められる騒音整合プログラム (NCP) として FAA に提出され、1990 年に承認されている。

メリーランド州では、空港周辺対策として、以下のような周辺区域の開発抑制及び騒音関連支援プログラムを行っている。

#### (1) 空港騒音ゾーン (ANZ)

ANZ は、騒音暴露量により空港周辺をゾーン分けするもので、騒音レベルに応じて土地の利用・開発行為が制限されることとなる。計算方法は、単位を DNL とし、FAA の INM モデルが用いられている。

自治体は、ANZ 内の開発について、空港ゾーニング許可が出る前に許可することは出来ない。このため、ANZ 内で新たな構造物を建てようとする者又は既存の建物の用途を変更しようとする者は、州航空局から空港ゾーニング許可を得ることが必要となる。また、州法により、州航空局は、提案された開発が騒音レベルに整合しない場合には、申請を不許可としなければならない。

現在の ANZ は 1998 年に見直されたものであるが、同見直しでは、対象面積は 7,100 エーカーと 1993 年 ANZ より 5% 縮小され、ゾーン内の住宅は 1,350 軒 (1993 年 ANZ 比 39% 減)、人口は 3,400 人 (同 41% 減) となっている。

#### (2) 空港ゾーニング提訴委員会 (BAZA)

空港ゾーニング許可が不許可となった場合には、申請者は BAZA に訴えることが出来る。BAZA は、①州航空局が定めた防音等の基準を満足すること、②物件上空を航空機が通過する地役権を認めること (訴訟する権利の放棄) 等を確認し、例外的許可を行うことが出来る。なお、防音性能の審査に当たっては、事前に十分な遮音性能があることを審査すると共に、完成後も騒音の専門家により実測を行い、証明することが必要となる。コストは全て申請者の負担となる。

BAZA の訴えの件数は以前は多かったが、最近ではゾーンが縮小されたこともあり減少しており、年間 3, 4 件程度となっている。

#### (3) 騒音支援プログラム

以下の騒音支援プログラムがある。

##### a. 土地購入プログラム

1985 年、州航空局は、騒音影響の激しい地域 (DNL 75 以上、1988 年以降、DNL 70 以上に拡大) で、自治体により住宅から騒音整合利用に切り替えるべき地域として指定されている地域の場合、住居用の土地を購入するプログラムを開始した。2000 年 3 月末までに買収した物件 218 件 (対象物件 343 件)、買収費用は 30.2 百万ドルとなっている。

##### b. 住宅所有者支援プログラム

1988 年、州航空局は、DNL 70~75 ではあるが土地購入プログラムの対象外の者に対して、経済的な支援を開始した。同プログラムの対象者は航空機が上空を飛行する地役権を認めることが条件となる。同プログラムには 2 つの選択肢がある。なお、これらの支援は元来の所有者に対してのみ行われるもので、後からの転入者に対しては行われない。

第 1 の選択肢は、ANZ から転出したいとしている住居所有者に対する再販保証であり、物件の価値を ANZ 以外の地域にあると同様に価格評価しようとするものである。また、第 2 の選択肢に防音工事があり、室内を DNL 45 以下にするような防音工事の支

援がある。

対策実施物件 514 件（対象物件 902 件）で再販保証が 404 件，防音工事が 110 件で費用は 13.3 百万ドルであった。

なお，防音工事にかかる費用は，1 軒当たり 25,000 ドル程度で，工期は 3 ヶ月程度とのことである。工事の内容としては，二重窓の取付，防音扉の取付，空調装置，換気装置の取付等が含まれる。

#### c. 学校の防音工事プログラム

対象となる 4 校すべてについて防音工事を実施済みであり，費用は 9.3 百万ドルとなっている。

#### 2.3.7 騒音監視

騒音監視については，23 の固定騒音監視点を設置し，騒音監視を行っている。

注 1) 我が国の航空機騒音に係る環境基準は，昭和 48 年 12 月の環境庁告示により定められているが，基準値の単位は，加重等価平均感覚騒音レベル (WECPNL) が用いられ，各地域の環境基準は，都道府県知事が地域の類型を「専ら住居の用に供される地域」として指定する地域については W 70 以下，前記以外の地域であって通常の生活を保全する必要がある地域については W 75 以下となっている。

注 2) 我が国では，「公共用飛行場周辺における航空機騒音による障害の防止等に関する法律」に基づき，WECPNL 値が 75 を越える騒音影響があると認めて国土交通（運輸）大臣が定める第一種区域内の住宅（同区域指定の際に現に所在する住宅）については，防音工事に關し助成の措置をとることとしている。また，同様に，W 値が 90 を越える場合には住宅及び宅地の移転補償を，W 値が 95 を越える場合には農地等を含む土地の移転補償の枠組みがあり，緑地帯等の緩衝地帯として整備することとしている。

注 3) WECPNL 値と DNL 値は，共に特定の地点に影響する 1 日の騒音のエネルギーを数値化した評価指数であるが，一定の運航規模（1 日の運航回数 200 回等）を仮定した場合，DNL 65,70,75 はそれぞれ約 W 80, W 86, W 93 に相当する。

エッセイ

## 失敗は成功のもと\*

川田 和良\*\*

空港周辺の住民の苦情で最も激しいものは、深夜に発着するジェット機への抗議であった。夜は自動車その他の騒音が減り、周囲が静かになったところに「ゴーッ」と大きなエンジン音がするのだから、目が覚めるのは当然である。日本国内の主要空港は、早々に21～23時以降の空港発着禁止に踏み切った。国内の各路線は、東京の羽田と大阪は伊丹の2空港を中心に組まれているから、主要空港と言っても羽田と伊丹を押さえれば、それから飛行時間の分、つまり1時間ぐらい遅れて、各空港ともに実質的に発着禁止の効果が現れる。

ところが、国際線の場合はそう簡単でことが済むわけではない。最大の理由は、世界各地との時差および飛行時間の関係にある。“冷戦” 時代の時代はシベリア上空を通過出来ないから、東京－ロンドン間はすべてアンカレッジ経由となっていた。従って、給油時間を加えると約15時間が所要時間となる。

一方、東京とロンドンの時差は9時間であり、両空港ともに23時から6時位までの発着禁止となっているから、航空会社としては22時から23時までのわずか1時間の間に自社機を出発させ、目的地ロンドンには禁止令

解除の直後の早朝に着陸する他はない。

それも順調に飛んでいる間はよいが、事故や悪天候で成田を出発出来ないことになると即時その便は中止とならざるを得ない。当然のこととして、航空会社はグループで、あるいは個々に、在日大使館経由で空港当局に苦情を申し入れたが、自国内にも似たような制限を加えている国が多いから、だんだん語気は弱まって行き、そのまま既成事実となって定着するのが多くの場合であった。

昭和54年の夏、現場勤務の希望を出していた私に、大阪空港支店への転勤辞令が出た。日本航空に入社後、約20年を東京の本社勤めで過ごし、毎日の半分ぐらいの時間を騒音問題に費やしていた。伊丹空港の夜間発着禁止措置に関しても運輸省との折衝をしていたから、会社としては「お前、自分でやったことの後始末をして来い。」との意味であったろう。私の責任範囲には、整備課と、航空機の重量計算や気象の資料をパイロットのために準備する航務課があった。日常、航空機が正常に飛んでおれば、それぞれの技術資格を持つ職員の力で諸作業は順調に進む。私みたいに資格免状の無い人間は、直接その作業に手を出してはならないから、傍で“うずうず” しているだけである。

着任後約1年経ったろうか、勤務が終わって社宅に帰っていたら、夜の7時半頃、航務課の当直管理職から電話が掛かってきた。金曜日の夜だった。曰く、「現在、羽田は激しい雷雨で空港閉鎖の状態です。19時半羽田

\* Failure Teaches Success, by Kazuyoshi Kawada (Special Assistant to Director General, Aviation Environment Research Center)

\*\* (財) 空港環境整備協会 航空環境研究センター 審議役

発の大阪行き最終便は既に旅客が搭乗し、離陸待機中です。」とのことである。すぐに会社に出社する旨を返答し、「運輸省の空港事務所に21時以降の着陸を臨時に認めるよう交渉するので離陸を待つように」と、羽田への連絡を依頼した。当夜の空港事務所長代理はX次長であった。私は「航空会社の手落ちや、機体の故障ではなく、不可抗力の悪天候であるから周辺住民にも十分説明できること、場合によっては自分で各関係市に事情説明にいてもよい」旨、説得に努めたが、このX次長さんは性格がやさしいために、判断も踏ん切りがつかない。

そのうちに会社の航務課からは「当該機は羽田を離陸した」と言ってきたので、さらに迫ったところ、「とにかく急いで飛んでくること、その上で時間切れになったら管制官の判断により、着陸の可否を決める」ことになった。

私は自分の事務所に帰り、課員と刻々近づいてくる航空機と管制官のやりとりを傍聴することにした。通常、羽田-伊丹は45分の実飛行時間であるが、当夜は速度を上げて急いだので、40分を切った状態で新大阪駅の上空を通過し、空港から4キロ手前の江坂の上空まで降下してきた時に、NHKテレビ21時のチャイムが鳴った。

途端に流れた管制官の声、「エアポートクローズ！」の冷たい、冷たい声。

すでに高度200メートル近くに迄下がって、十分に大きな“騒音”を出していた機体は、皮肉にも再上昇のためにさらに大きな音を響かせて東京へ引き返して行った。

さきほどの次長の言葉の中に「最後は管制官に任せる」とあったのを、「僅かの遅れなら着陸を認めてやれ」と言い含めてあるのだろうと解釈した自分が甘かった。直ちに7階の空港事務所に抗議に行ったが、「事態を知るのが遅かったから関係各市への事前連絡が出来なかった、今回は勘弁しろ。」とラチが

あかない。

「じゃあ、空港長も出勤する月曜日にまた来ますよ。」と言い置いて自分の席に戻ったが、その直後からあくる土曜日、日曜日にかけて東京本社サイドの電話のうるさいこと。

日常の運航を管理する部門や整備部門、乗員部長等々から何回も、何回も同じ質問をしてくる。東京サイドは、私が「飛んでこい」と言ったから離陸させたことになっているらしく、それも含めて「何故、離陸OKのサインを出したか？」とか、「すぐ傍まで行ったのに着陸拒否したのは何故か？」等々である。要するに本社サイドの各部門自体の無罪証明のためであった。

ところが有難いことに、私への強力な味方が現れた。月曜日の朝、また空港事務所へ文句を言いに行こうと思っていたら、逆に向かうの次長さんから電話が掛かってきて、「ボク、困ってんねん。あのあくる日の土曜日の朝、東京の大田区に住んでる小田さんとか言う人が事務所に現れて、責任者を出せ！と怒ったらしい。当直の課長に、自分は昨夜の追い返された飛行機に乗っていたが、何故そこまで来たのに追い返した？と、怒鳴らはって、空港長や次長の出勤する月曜日の朝にまた来るぞ！とその日は帰ったんやそうやけど、さっき予告通りに現れて、ひとしきり抗議の後に、もう一発、痛いところを突かれたんや……」と。

その“痛いところ”とは、「君達は金曜日の晩に、同じ大阪行きでも日本航空と全日空と違うやり方を採ったのを知っているか？全日空は19時発が最終便なのに早々と便を中止した。一方、日本航空は満席のお客を載せて最後まで待ち、遂に飛び上がってそこまで来てから追い返された。どちらが旅客の運送業者として立派か判るか？最後まで粘った日本航空の努力が可哀想と思わんのか！それを保護するのが運輸省だろうが！」と言うことらしい。私は是非ともその人に会っ

て、百回もお礼を言いたい気持ちであった。

この一件は運輸本省にも持ち込まれ、流石に発着制限のやり過ぎとの評価を受けたらしく、その後、件の次長さんからの「この次はうまくやりましょう」との申し入れに落ち着いた。

私が事件の後に本社から幾度も電話で照会を受けるのを見た部下は、今後は杓子定規な“運航中止派”になった方が無難と思っただけ。何となく沈滞ムードになっていた。

そして1ヶ月ほど経ったある朝、気象系の説明を聞いていると、その日の夕刻、今度は福岡の周辺が激しい雷雨になるだろうとの予報であった。

失地回復、と言うよりも部下の気力回復のために、もう一度やりたいと思っていた私には好機到来である。早速、空港事務所の次長さんに状況を話したところ、「よし、やろう」となって、私は午前中から福岡近辺の気象状況と航空機の運航状況を次長さんに報告し、彼は周辺市の担当職員にその実況報告を開始した。

予想通り、福岡空港周辺は夕刻に大雷雨となり、日本航空のみならず各社の便が遅れだし、大阪は伊丹空港の締め切り時刻の9時をオーバーして到着したのが5便に達したが、事前説明が功を奏して、周辺市からの反撥は一切無かった。

一切無かったのは反撥だけではなかった。前回の“追い返され事件”の時に何回も何回もあった、本社からの、非難で味付けされた説明要求の場合とは異なり、お褒めの言葉はもちろん、今回が何故うまく行ったかの理由説明の要求すら一切無かったのである。

腹の虫が治まらない私は、本社の運航統制部門のボスに電話をかけて、ねっちりと絡んだ。曰く、「失敗例だけを調査し、成功例の事由には無関心ならば、そちらには何の知的財産も残らないではないか。」と。文句を言った後、傍にいた何人かの職員と昼飯に出かけ、勤務時間中にもかかわらずビールを呑んで腹の虫を治めた。

永年のサラリーマン生活の中で、最も頼りになる同僚や部下は「失敗とその回復策の経験を合わせ持つ人」であった。素晴らしい秀才や緻密な思考力を持つ人は、当然、仕事も良く出来る。しかし、人間であるから、たまには失敗をすることがある。その時の回復力が真価を決定するようだ。

失敗の多い私の経験からすれば、百に一つも失敗しない部下を持つよりも、十に一つは失敗するが、転んでも只では起きない部下の方が心強かった。「何、またシマッタだって？ で、解決策はどうなってんの？」と尋ねる方が楽しみでさえあるからだ。

エッセイ

## 飛行機雲\*

佐藤 淳 造\*\*

ライト兄弟による飛行機の発明より100年が過ぎようとしている。この間に飛行機は驚くべき発達をしてきたことは言うまでもない。新しい世紀を迎えて、この発達の勢いがそのまま続くとすれば、次世代はどのような飛行機を生み出すのであろうか。

今や世界の旅客機供給を二分する Boeing と Airbus も、B 777 あるいは A 340 に続く次世代の旅客機として、超大型機を検討しているとのことだ。元々、増大し続ける旅客需要を賄うには、旅客機の機数を増やすよりは一機当たりの乗客数を増大させる方が経済的であるという議論がある。パイロットの人件費を考えただけでも、一人のパイロットが出来るだけ沢山の乗客を運ぶ方が安上がりだ。その上、飛行機の数を増やすと今でも問題になっている航空路上や飛行場周辺での航空機の混雑が更にひどくなるので、この点からも機数を増やすより一機当たりの乗客数を増やすことの方に魅力がある。ボーイングが1969年に747を投入したのも、この経済性の向上が見込まれたからである。

任期も終わりに近づいた米国大統領クリントンは12月に大統領令を出して、FAAの中に新しい部局(Air Navigation Services Organization)を設け、最近とみにひどくなっている航空路の混雑に対して対策を立

て、増加しているエアラインの遅れやフライトのキャンセルを減少させるように命じたと報じられている。具体的な方策として既に検討が始められているものにAVOSS(Aircraft Vortex Spacing System)と名付けてNASA Langley研究所が研究している航空機後流渦の動きを知って、後続の飛行機が渦の影響を受けて姿勢を乱され危険な状態に陥ることのない安全間隔を求め、これによってこれまでよりも沢山の飛行機を航空路上に飛ばし、輸送力を増強しようと言うものなどがある。これには、既存の機体をより短い間隔で飛ばすという面だけではなくて、現存するジャンボ機などよりも更に大型で輸送効率のよい超大型機を導入すると、これまでの機体によるよりも更に強力な後流渦が発生し、このためこれまでよりも更に広い機体間隔を航空路上でとる必要を生じて、輸送力の増強にネガティブに働きかねないという要素も視野の内に入っているのであろう。具体的には、レーザー光線を使用したレーダー(ライダー Lidar などと呼ばれている)を用いて翼端渦を観測し、これを基に計算機で渦の挙動を素早く計算することにより、その日その場の気象状態に見合った渦の寿命を予測し、これによって安全な機体間隔を決めようと云うもので、航空路上では前方を飛行する機体の出す翼端渦を測定しながら後続機は飛ぶことになり、飛行場の周辺では地上に設けた固定の観測装置で滑走路周辺の渦を確認するつもりのものである。既にDallas/Fort Worth国際

\* Contrail, by Junzō Satō(Ex-adviser, Aviation Environment Research Center)

\*\* (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 前顧問

空港ではこのテストが進められていると云う。

Dallas は雨の少ない乾燥した地帯にあるから霧などは少ないであろうが、Lidar はレーザー光線が対象の翼端渦にまで届かなければ働かない。従って霧や雲の中では役に立たないし、空中に漂う微少な粒子にレーザー光線が当たって散乱される微弱な後方散乱成分を、レーザー光を照射している所で観察して渦の挙動を知るのであるから、使用するレーザー光線はかなりの強度のものでなければならない。講演会などでスライドを用いて説明をする時に使用する小さなレーザーポインターでもその赤い光が直接目に入ると、網膜を痛めて失明をする危険性があるというので騒がれているのであるから、まして数百メートル先の渦を後方散乱光で確認できる Lidar の強力レーザー光は核ミサイルを撃ち落とす SDI ほどに破壊力はなくとも色々な危険を含んでいる。AVOSS を開発している側も“eye safe”等と言い始めているのは、今の道具は危険なのであろう。空港周辺に住む人達は、これまでも飛行機によって巻き起こされる騒音・排気ガス・テレビの受信障害・屋根瓦の渦被害等、色々な問題点を耐え忍ばされてきたのだが、この上に殺人光線もどきのお見舞いを受けては堪るまい。レーザー光線を用いる代わりに通常の Radar 波を使用する RASS (Radar Acoustic Sounding System) 等と呼ばれるものなど幾つかの異なる方式が試されている様ではあるが、決定的なものはまだ用意されていない。

ヨーロッパでも巨人機 A3XX (Airbus A380) の出現に対処するために幾つかの同様な活動が見られ、現在は European Commission が主催する後流渦に関するネットワーク WakeNet のもとに組織化され、多くの研究機関やメーカーがその組織のもとに多角的に活動しているし、これまでも既に EUROWAKE, WAVENC, EUROPIV 等が当

初の目的を達成して活動を終了している。元々国土の狭いヨーロッパでは、早くから飛行場に於ける後流渦の動きに対する関心が強かったと見え、オランダのスキポール空港では小さな風車を建て並べて、これによる後流渦の予測システムを試みたことがあったそうであるが、信頼性が不足して実用には到らなかったと聞いた。

後流渦の挙動に関しては、これまでも色々な研究があり、非粘性を仮定した純粋な渦の理論的な動きに関しては詳しく知られているが、その減衰を支配している粘性流としての渦の動きに就いては必ずしも我々の知識は完全ではない。現在は研究者達が数値計算を利用して局所的な気象条件の違い、特に乱れや剪断流、風の影響などを詳しく検討しているところであるが、地表面近くに於ける渦の動き・減衰を正確に予測出来るところまでには到っていない。

飛行機の翼端から出ている後流渦は、たまたま気象状態が適しているときだけは、肉眼でも飛行機雲としてその存在を確認できる。実際に雲になるかどうかはその時の気象状態に依存するが飛行機が飛行機雲を引きながら空を飛ぶと、晴れた空に一筋の雲が出来る。この程度の雲は飛行機の数が少ない間は問題にもならないであろうが、機数が増えてくると本来飛行機が飛ばないときには晴れであったはずの天気が曇り空になり、これが地上の日射量を減らして環境に影響するのではないかと云う疑念を述べる人達が居る。この問題は米国で盛んに研究されており、実際に飛行機を飛ばして一定の空域を周回させ、その結果出来た飛行機雲の大きな輪がその後どの様に変化するかを、人工衛星から写真に撮ると云う大がかりな実験も行われている。雲が出来やすい気象条件が辺りに存在する時に、飛行機雲が引き金になり更に多くの雲が発生するのではないかと云う懸念が、特にこの研究を真剣なものにしているようだ。ICAO の環



境関係にも既に話題として扱われていると聞く。

この話を聞いて思い出すのだが、かつて太平洋戦争の最中、B 29 の爆撃を受ける東京に居た。その当時はまだ子供で目は良かった。空を見上げると B 29 が短い飛行機雲を引きながら悠々と通り過ぎて行く。成層圏を飛んでいても機体が大きいので、地上からその姿が良く見えた。飛行機雲は機体の後方あまり遠くない所でなぜか薄くなって消えていた。ところがこの B 29 を追いかける長い長い飛行機雲がある。その先端に時々、太陽光反射の加減できらきらと光るのが日本の迎撃戦闘機だ。こちらは小さいので飛行機雲と「きらきら」でしかその存在が判別できない。どうして同じ高度を同時に飛ぶ飛行機同士があのように異なる飛行機雲を作るのだろうか。日本の戦闘機が作る飛行機雲は全天を隅から隅まで届くほどの長さで B 29 のそのように途中で消えてしまわない。4 発の大型機と単発の小型機で飛行機雲の出来具合があのように異なりうるとすれば、飛行機雲と雲量の関係の研究は色々と気付かぬ条件に左右されて意外な困難がありそうだ。

飛行機の後流渦はまた、別の面倒を起こしてきた。後流渦が飛行場周辺の物件にまつわりついて何らかの被害を起こす可能性については、ジャンボ機の導入以来しばしば語られてきた。日本でも最近は年に数回、屋根瓦が後流渦でずれたとか窓ガラスが外れたという苦情が空港にもたらされる。この後流渦による屋根瓦の被害ではロンドンのヒースロー空

港が目立つ。殆ど三日に一軒ほどの被害が続いているという。世界中でヒースロー空港だけ何故この様に被害件数が多いのかに就いては、今のところ説明困難であるが、ヒースローで聞いた話に意外なものがあった。この後流渦による被害を調べるために行われた測定で、超音速旅客機コンコルドによる渦が屋根にまつわり付く回数は、ボーイング 737 の 2 倍、747 の 3 倍であったと云うのだ。ヒースロー空港を出入りする飛行機の中で、コンコルドの占める離着陸回数は他の機種と較べて極端に少ないはずにもかかわらず、このような測定結果であったと云うことは、低速時に積極的に渦を翼面上に発生させて、これによって揚力を稼ぐコンコルドの様なデルタ翼機は、普通の高アスペクト比翼を持った機体よりも、渦による問題を起こしやすいと云う事を物語っていると思われる。幸いコンコルドは現在のジャンボ機などに較べればかなり軽い小さな機体であるから、屋根瓦を引き剝がすにいたる場合はそれほど多くはなかったかもしれないが、将来の飛行機としてしばしば語られる第二世代超音速機が開発されると、コンコルドよりもかなり大きな重たい機体になると思われ、この時には、ただでは済まされそうにない。

次世代の旅客機として、超大型機、第二世代超音速機などが現実に検討されているのだが、何れもその造り出す渦が巻き起こすであろう渦（混乱）を予め良く検討しておくことが、それらの成功に欠かせない。

## 活動報告

## 研究センターの動き\*

平成12年1月から12月までの間、航空環境研究センターでは、次の受託業務及び自主研究等を実施した。

## 1. 受託業務

## ●騒音振動部

## (1) 「航空機騒音及び飛行経路実態調査」

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

- ・新千歳空港
- ・鹿児島空港
- ・東京国際空港
- ・松山空港

## (2) 「航空機騒音予測コンター図の作成」

将来計画としての空港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、次の空港についてコンター図を作成した。

- ・宗谷南部地域コミューター空港
- ・新潟空港
- ・青森空港
- ・普天間飛行場代替施設
- ・大阪国際空港（航空機騒音軽減効果予測調査）

## (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。

- ・「空港周辺における航空機騒音影響範囲予測調査」
- ・「航空機騒音基礎調査」

- ・「東京国際空港航空機騒音測定記録集計業務」
- ・「航空機騒音影響範囲予測調査」
- ・「首都圏ヘリコプター等飛行経路実態調査」
- ・「航空機騒音範囲予測調査」

## ●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」
- ・「大阪国際空港航空機排出ガス大気シミュレーション調査」

## ●環境保健部

航空局から委託を受けて、次の調査を実施した。

- ・「空港周辺住民健康調査」

## 2. 自主研究

航空局からの要請及び研究センター独自の研究を実施した。

## ●騒音振動部

- ・「航空機騒音予測精度の検討」
- ・「航空機の側方過剰減衰の研究」
- ・「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航空機騒音測定」
- ・「テレビ電波受信障害範囲の予測調査」

## ●大気環境部

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

## ●環境保健部

- ・「空港環境と健康に関する疫学的調査」
- ・「航空機による睡眠に及ぼす影響」

\* Annual Activities of Aviation Environment Research Center

- ・「低騒音レベル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
- ・日独音響学会ジョイントシンポジウムにおいて発表「Evaluation and prediction of airport noise in Japan」吉岡主任研究員（平成12年3月 独・オルデンブルグ）
  - ・日本騒音制御工学会において発表「航空機騒音の予測をめぐる最近の話題と予測精度向上の検討」吉岡主任研究員（平成12年9月 東京）
  - ・日本音響学会において発表「航空機騒音予測時の地面による過剰減衰の評価方法に関する考察」吉岡主任研究員（平成12年9月 岩手・盛岡）
- 環境保健部
- ・日本一スウェーデン騒音影響シンポジウムにおいて発表「Distribution on blood pressure data from people living near an airport」金子環境保健部長（連名著者後藤副主任研究員）（平成12年8月 スウェーデン・ストックホルム）
  - ・インターノイズ2000国際会議において発表「Annoyance and mental health status of people around an airport in Japan」時田所長，金子環境保健部長，後藤副主任研究員（平成12年8月 フランス・ニース）
4. その他
- (1) 航空機騒音委員会を開催 時田所長，川田審議役，末永騒音振動部長他（平成12年3月 東京）
  - (2) 日本音響学会に出席 時田所長，吉岡主任研究員（平成12年3月 千葉）
  - (3) ICAO 航空環境保全委員会タスクグループ会議及び日独音響学会ジョイントシンポジウムに出席 吉岡主任研究員（平成12年3月 オランダ及びドイツ）
  - (4) 大気環境委員会を開催 時田所長，川田審議役，鈴木大気環境部長，柴田部長代理他（平成12年3月 東京）
  - (5) 「航空環境研究」第4号の機関誌を発売（平成12年3月）
  - (6) ICAO 航空環境保全委員会タスクグループ会議に出席 吉岡主任研究員，菅原研究員（平成12年4月 英国・ロンドン）
  - (7) グリーンポート国際会議に出席 時田所長，川田審議役，末永騒音振動部長，吉岡主任研究員，橋本副主任研究員（平成12年5月 千葉・成田）
  - (8) 中部空港国際シンポジウムに出席 橋本副主任研究員（平成12年5月 名古屋）
  - (9) (財)空港環境整備協会全国事務所長会議に出席 時田所長，管理部長（平成12年6月 東京）
  - (10) ICAO 航空環境保全委員会タスクグループ会議に出席 吉岡主任研究員（平成12年7月 英国・ロンドン）
  - (11) 大気環境委員会を開催 時田所長，川田審議役，鈴木大気環境部長，柴田部長代理他（平成12年7月 東京）
  - (12) インターノイズ2000国際会議に出席 時田所長，金子環境保健部長，後藤副主任研究員（平成12年8月 フランス・ニース）
  - (13) 航空機騒音委員会を開催 時田所長，川田審議役，末永騒音振動部長，吉岡主任研究員他（平成12年9月 東京）
  - (14) 日本騒音制御工学会に出席 時田所長，吉岡主任研究員（平成12年9月 東京）
  - (15) 日本音響学会2000秋季研究発表会に出席 時田所長，吉岡主任研究員（平成12年9月 岩手・盛岡）
  - (16) 日本分析化学会に出席 橋本副主任研究員（平成12年9月 岡山）

- (17) ICAO 航空環境保全委員会ステアリンググループ会議に出席 末永騒音振動部長（平成12年9月 米国・シアトル）
- (18) 西太平洋地区音響会議に出席 時田所長，吉岡主任研究員（平成12年10月 熊本）
- (19) 日本公衆衛生学会に出席 金子環境保健部長，後藤副主任研究員（平成12年10月 群馬・前橋）
- (20) (財)空港環境整備協会主催「空港環境対策担当者研修会」に講師として出席
- 時田所長，伊藤顧問，川田審議役，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，吉岡主任研究員他（平成12年10月 東京）
- (21) ICAO 航空環境保全委員会タスクグループ会議に出席 吉岡主任研究員（平成12年11月 米国・ポストン）
- (22) 大気環境委員会を開催 時田所長，川田審議役，鈴木大気環境部長，柴田部長代理他（平成12年12月 東京）

## 文献情報

## 航空環境関連文献情報 (米国政府出版物データベースより)\*

## 管理部文献資料室\*\*

以下の文献は、平成 11 年 4 月から平成 12 年 3 月までの間に NTIS データベースから入手した文献データより選出したものです。文献の入手に関するお問い合わせは、株式会社ジー・サーチ (電話：03-3343-5200, FAX：03-3343-6860) にお願ひ致します。

〔騒音〕

## ●測定

**N19990032081/XAB**

Survey of Turbulence Models for the Computation of Turbulent Jet Flow and Noise (Final Report), Mar 1999

## ●対策

**PB2000-100441/XAB**

Emerging Strategy of General Aviation Noise Reduction (Technical pub), 23 Oct 1996

## ●騒音機構

**N19990070316/XAB**

Aviation System Analysis Capability Noise Impact Model (Final Report), Jul 1999

**N19990024834/XAB**

Jet Aeroacoustics: Noise Generation Mechanism and Prediction (Progress Report, 1 Jan. -31 Dec. 1998), 1998

**N19990028489/XAB**

Subsonic and Supersonic Jet Noise Calculations Using PSE and DNS (Final Report, Period ending 30 Sep. 1998), Mar 1999

**N19990009583/XAB**

Aviation System Analysis Capability Noise Impact Model (Final Report), 1 Nov 1998

## ●機内騒音

**N19990021022/XAB**

Hybrid Active-Passive Systems for Control of Aircraft Interior Noise (Final Report, 16 Jan. 1998-15 Jan. 1999), 1999

## ●環境影響評価

**PB2000-100510/XAB**

Ambient Sound Levels at Four Department of Interior Conservation Units (In Support of Homestead Air Base Reuse). Supplemental Environmental Impact Statement (SEIS) (Final rept. Jul 98-Jun 99), Jun 1999

## ●人体影響

**ADA372331/XAB**

Assessing the Feasibility of a Prospective Epidemiologic Study of Possible Effects of Military Aircraft Noise on the Health of Overflown Populations (Final rept. Aug 95-Dec 96), Apr 1998

## ●生物影響

**ADA367285/XAB**

Effects of Flight Noise From Jet Aircraft and Sonic Booms on Hearing, Behavior, Heart Rate and Oxygen Consumption of Desert Tortoises (*Gopherus Agassizii*) (Final rept. Mat 94-Nov 95), May 1999

**ADA366786/XAB**

Effects of Aircraft Noise and Sonic Booms on Domestic Animals—A preliminary Model and a Synthesis of the Literature and Claims (Final rept. 31 Dec 88-31 Dec 89), Jan 1990

## ●ヘリコプター

**N19990028654/XAB**

Signal Analysis of Helicopter Blade-Vortex-Interaction Acoustic Noise Data, 20 Mar 1998

**AVA16916-VNB1/XAB**

Helicopter—Vibrations and Resonance, Pt 4, Ground Resonance, 1994

**ADA370913/XAB**

Operation Heli-STAR—Helicopter Noise Levels Near Dekalb Peachtree Airport. Volume 2 (Final rept.), Sep 1997

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

\*\* Library, Aviation Environment Research Center

**ADA370912/XAB**

Operation Heli-STAR-Helicopter Noise Annoyance Near Dekalb Peachtree Airport. Volume 3 (Final rept), Sep 1997

**ADA370911/XAB**

Operation Heli-STAR-Helicopter Noise at Helicopters. Volume 4 (Final rept), Sep 1997

## ●解説

**N19990021241/XAB**

Noise Certification Predictions for FJX-2-Powered Aircraft Using Analytic Methods, Feb 1999

## ●その他

**N19990009583**

Aviation System Analysis Capability Noise Impact Model (Final Report), Nov 98

**PB2000-100023/XAB**

Plane Wave Synthesis Facility for Sound Transmission Measurements on Panels (Technical pub), 28 Oct 1996

**PB2000-100740/XAB**

Prices, Noise Levels and Re-Engineering Costs of Aircraft (Memorandum rept), Sep 1998

**N19990092372/XAB**

Investigation of the Relationship of Vortex-Generated Sound and Airframe Noise (Final Report, 1 Mar. 1998-31 Oct. 1999), 20 Nov 1998

## 〔大気汚染〕

## ●空港及び周辺の調査

**PB99-176778/XAB**

Comparison of the Amount of Pollutant Emissions from Different Transport Modes. A First Progress Report, Jul 1996

## ●環境影響評価

**PB99-176612/XAB**

MANEP (Mixed Airtraffic Noise Evaluation Program), een Bespreking van de Geluidsmodellen van en Analyses Met Het Programma dat de Geluidsbelasting van Gemengde Luchtvaart Berekent, Jun 1997

**PB99-153611/XAB**

Evaluation of Air Pollutant Emissions from Subsonic Commercial Jet Aircraft (Final rept), Apr 1999

**N19990087369/XAB**

Assessing the Impact of Aircraft Emissions on the Stratosphere, 1999

## ●その他

**N19990040662/XAB**

Aircraft NO(x) had no Unique Fingerprint on Sonex; Lightning Dominated Fresh NO(x) Sources, 4 Mar 1999

**N19990064358/XAB**

High-Altitude Aircraft and Balloon-Borne Observations of OH, HO<sub>2</sub>, C<sub>10</sub>, BrO, NO<sub>2</sub>, C<sub>10</sub>NO<sub>2</sub>, C<sub>100</sub>C<sub>1</sub>, H<sub>2</sub>O, and O<sub>3</sub> in Earth's Stratosphere (Final Report, 1 Jul. 1991-31 Dec. 1998), 23 Jul 1999

## 編集後記 事務局より

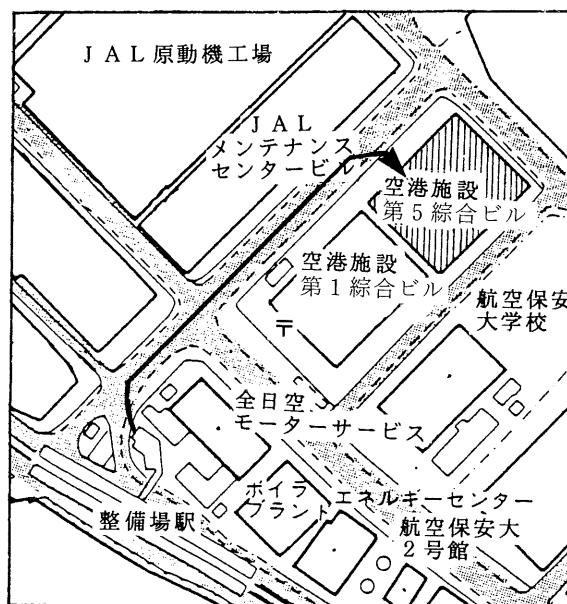
2001年発行の本誌第5号は、21世紀を迎えた航空環境の課題を集めて編集致しました。

焦点では、前号に引き続き温室効果ガスの定常観測におけるその後の観測結果と地球温暖化に関わるオゾン層破壊などについて現時点での知見を、又これからの調査研究の対象にも上げられる、空港周辺における低周波音問題を掲載致しました。

航空環境を取り巻く話題では、米国主要3空港における騒音対策の概要、グリーンポート2000、スウェーデンにおける騒音影響シンポジウムを寄稿して頂きました。

なお、当研究センターにおける研究報告及び内外報告についても前年に続く成果を掲載しております。

編集事務局：航空環境研究センター  
文献資料室 仰山



航空環境研究センター案内図

---

## 航空環境研究 第5号 平成13年3月25日印刷 平成13年3月30日発行 © 2001

発行人 時田保夫

発行所 財団法人 空港環境整備協会 航空環境研究センター

144-0041 東京都大田区羽田空港 1-6-5 第5総合ビル5階

電話 (03)3747-0175 FAX (03)3747-0738

印刷所 三美印刷株式会社

116-0013 東京都荒川区西日暮里 5-9-8

電話 (03)3803-3131(代)

## CONTENTS

**FOREWORD**

- International Aspect of Environmental Problems relating to Civil Aviation Sumio Shiota 1

**FOCUSES**

- Routine Observation by JAL's Airliner of Concentration of Greenhouse  
Effect Gases in Atmosphere Tamiki Suenaga 3
- Low Frequency Noise Problem Around the Airport Yasuo Tokita 26

**RESEARCH REPORTS**

- Recent Trends about Aircraft Noise Prediction and Factors Affecting the  
Accuracy of Noise Prediction Hisashi Yoshioka 35
- Air Quality Study of the Environmental Air Around the  
Osaka International Airport at Itami Before and After Establishing the  
Kansai International Airport Hiroki Hashimoto  
Masao Shibata  
Minoru Mizushima  
Kōji Suzuki 39
- Annoyance and Mental Health Status of People Around an Airport Kyōichi Gotō  
Tetsuya Kaneko 51

**DOMESTIC AND FOREIGN REPORTS**

- Report of Steering Group Meeting on the Committee on  
Aviation Environmental Protection Masahisa Suenaga 55
- Joint Symposium between German Acoustical Society and the  
Acoustical Society of Japan Hisashi Yoshioka 59
- Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Noise) Hisashi Yoshioka 60
- Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Emissions) Masao Shibata 66
- Report of Inter Noise 2000 Yasuo Tokita 94

**CURRENT TOPICS**

- The 4th Japanese-Swedish Noise Symposium on Medical Effects Tetsuya Kaneko 99
- ACI & IATA Greenport 2000 Yasuhiko Tamaki 102
- Environmental Countermeasures at Three Major Airport  
in Washington DC Area Hirohiko Kawakatsu  
Shinji Nitta 108

**ESSAY**

- Failure Teaches Success Kazuyoshi Kawada 114
- Contrail Junzō Satō 117

**ACTIVITIES OF AERC**

- Annual Activities of Aviation Environment Research Center Executive Department 120

**REPORT INFORMATION**

- United States Government Reports for Aviation  
Environment ; Selections from NTIS Database Literature Morgue 123
-