

# 航空環境研究



## The Journal of Aviation Environment Research

### No. 3, 1999

#### 時評

地球温暖化問題と空港周辺環境対策…土屋 修 1

#### 特別寄稿

Aircraftnoise-a global pollutant  
……………Ragnar Rylander 3

#### 焦点

航空機騒音の健康影響  
—最近の調査研究動向から (その1)  
……………鈴木庄亮 9

次世代型 SST への期待と課題 ……山 康博 14

民間輸送機の需要予測と騒音規制の影響  
……………萩原 晟 20

#### 研究報告

ハイブリッドエアポートモデルについて  
……………吉岡 序 28

航空機ジェットエンジン排出物の実測と  
その測定結果  
…柴田正夫・水島 実・橋本弘樹・鈴木孝治 32

航空環境と研究に関する疫学的調査II  
—航空機騒音のストレス影響に関する  
パイロットスタディ…後藤恭一・金子哲也 46

#### 内外報告

ICAO 航空環境保全委員会 (CAEP)

第4回会議に出席して……………末永昌久 56

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 64

Inter Noise 98 ………………時田保夫 84

騒音影響研究の現況……………金子哲也・後藤恭一 90

#### 航空環境を取り巻く話題

地上動力利用による環境保全……………奥平幸彦 94

航空輸送事業者の地球環境問題への取り組み  
……………太田憲興 99

エコ・エアポート基本構想……………玉木康彦 102

関西国際空港における新飛行経路の  
設定について……………武本武彦 109

#### エッセイ

WECPNL の功罪……………川田和良 117

隠居のたわごと……………川井 力 119

#### 研究センター活動報告

研究センターの動き……………鈴木 彰 120

#### 文献情報

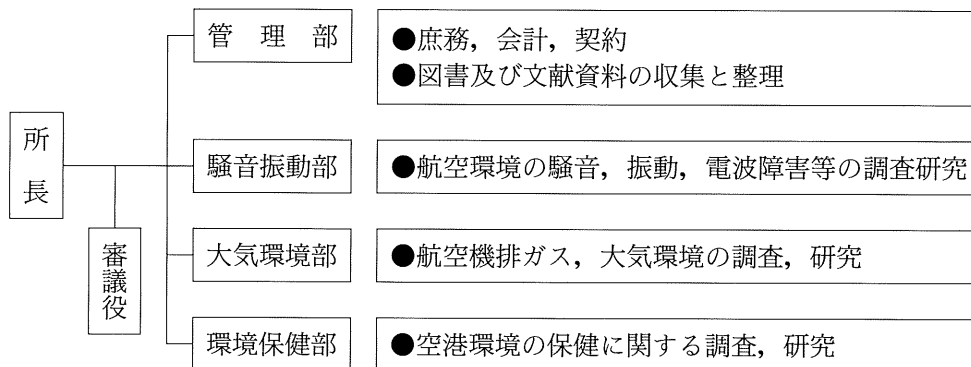
航空環境関連文献情報 (米国政府出版物  
データベースより) ………………仰山博文 123

## 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。



エッセイ

## 地球温暖化問題と空港周辺環境対策\*

土 屋 修\*\*

一昨年12月に京都で、気候変動枠組第3回条約国会議（COP3：地球温暖化防止京都会議）が開催されてから早くも一年が経った。

その内容は、連日のマスコミの報道にとり上げられたように、各国代表の激しい議論の結果、京都議定書の採択となった。削減対象とする温暖化ガスの種類やそれに関する先進国の削減目標が定められる等、大きな前進を見せたものの、発展途上国の自発的取り組み問題については、はかばかしい進展がなく先送りとなった。

昨年11月、COP4がブエノスアイレスで開催されたが、外国の、それも日本から見れば完全に地球の反対側にある場所であったためか、国内へのニュースとしては簡潔なものであった。その討議内容は、各発展途上国の主張が強いため、目的とする「地球全体の環境汚染対策」に近づくものでは無かったようである。

振り返ってみると昨年は、日本のみならず東南アジア一般に、口を開けば不景気、金融危機の言葉の連発であり、景気対策を望む声ばかりであった。経済成長率がマイナス2%程度の日本でこの混乱であり、他国はもっと激しい状況であろう。

温暖化ガスを削減するということは、その国の燃料使用量を削減するということでもあるので、もしこれを実行に移せば、即、生産活動の抑制になり、経済成長どころか経済「縮小」への加速となるのは目に見えている。このような事情からすれば、COPにおいて、それぞれの国の温暖化ガス削減の目標を設定することの難しさは理解出来る。

さて、前述の京都会議において我が国の削減目標は6%と決まり、既に官民共にこの目標に向けて動き始めているが、私が身を置く航空界は何故か他の業界に較べて切迫感に乏しいように感じられる。

何故なのか。調べてみると、京都議定書を受けて我が国の政府の地球温暖化対策本部は、昨年6月にその推進大綱を決定しているが、その中で航空機については、エネルギー消費原単位を2010年迄に1995年比で7%改善することにしている。

近年の傾向では、定期航空に使用される航空機は15から20年で更新されているから、2010年迄の15年間には使用機の殆どが、より燃料消費率の向上した新型機に入れ替わり、7%の向上が比較的容易に達成できるであろうと楽観しているのかも知れない。

しかし、このひっ迫した経済状態の中で航空機の更新は順調に進むのであろうか。また、「エネルギー原単位を7%改善」というのは国内線消費における目標であって、国際線消費についてはこれからICAO（国際民間航空機関）等で議論されるとのことであり、

\* Problems of Global Warming and Environmental Countermeasures Around Airports, by Osamu Tsuchiya (Managing Director, Airport Environment Improvement Foundation)

\*\* (財)空港環境整備協会 専務理事

どのような目標が設けられるのか予断を許さない。

技術の進歩と機材との更新がはかばかしくない、即ち、エネルギー消費原単位における改善が進まないとなれば、「相応の燃料消費量削減のための便数の削減」ということを求められるかも知れない。

ところで、当協会は空港周辺の環境対策をその使命としており、航空環境研究センターでは専ら空港周辺の騒音、大気汚染等の環境問題について調査研究を行っているが、その目標とするところは、これらの事業を通じて航空交通の健全な発展を期することにある。

空港周辺環境問題と温暖化問題は共に環境問題であり、対策の面で相互に関係してい

る。空港周辺大気汚染対策のための航空機排ガス証明制度や運航上の諸工夫は、そのまま温暖化対策につながるものであり、また、かつて燃費改善を目指し開発された高バイパス比ターボジェットエンジンが空港周辺環境問題に画期的改善をもたらしたという実績がある。

当協会の航空環境研究センターでは、前述のように専ら空港周辺の環境問題について調査研究を行ってきた。

しかし、温暖化問題は、あらゆる関係機関がそれぞれの立場で努力していくことを求められている課題であり、今後は我々もこの温暖化問題に目を向けていく必要があるであろう。

特別寄稿

## Aircraft noise—a global pollutant\*

Ragnar Rylander

### Introduction

Ever since the introduction of the jet engine and the coming of mass transportation by air, the problem of aircraft noise has plagued the inhabitants around airports all around the world. Early airports were built near the city centres or near sea shores within the cities to enable the few passengers around at that time to reach their mode of transportation without loss of time. Over the years, the increase in air traffic has outgrown the early airports and they have mostly been moved outside of built up areas. In cities where this move did not take place, such as Geneva, Switzerland, aircraft noise today is the major nuisance present in the environment.

The purpose of this review is to present some important problems relating to aircraft noise and its effects on humans. The literature is extensive and the reader is referred to the publications given in the reference list for further reading.

### Noise sources

The introduction of the jet engine brought new standards of speed and reliability and quietness to the passengers. On the same time, it exposed the populations around airports to previously unknown levels of noise and, as traffic increased, also at unusual times of the day and night. Fortunately, the development of jet engines with increasing thrust, led to decreases in the noise emissions, due to the introduction of large fans. The air masses moved by the fans shield the turbulent air created by the burning of fuel and the noise levels did not follow the increase in thrust over the years. The engines have indeed become so quiet that the major source of noise when landing is air friction around the aircraft body instead of the engine noise.

The emission of noise from aircraft—where take-offs represent the most important exposure—can be measured at different distances from the aircraft and constitutes the basis for aircraft noise contours. By superimposing noise contours from different aircraft on one another, the noise exposure at a given point away from the airport can be calculated.

Apart from noise from starting aircraft, some additional aircraft noises should be considered. Helicopters generate noise from the rotors which gives the noise particular acoustical characteristics in terms of a “chopping” or irregular sound. Small aircraft used for pleasure flying, often engaged in towing sailplanes on weekends, create another type of irregular noise. The sonic boom, which is a rapid compression/decompression of the air caused by aircraft flying at

---

\* Aircraft noise—a global pollutant, by Ragnar Rylander (Professor, Department of Environmental Medicine, Gothenburg University, Sweden)

supersonic speeds, is a noise event that strikes without warning [Rylander *et al* 1974].

So what are the effects caused by these noises in the general population?

### Effects of aircraft noise

A large number of investigations has studied the effects of aircraft noise, either in the laboratory with simulated noises or in field studies. Initially, a distinction must be made between experience obtained under laboratory conditions with acute exposures and data from field studies on exposed populations, where the effects are due to a long-term (chronic) exposure. It has been shown that the effects in these different settings sometimes are contradictory, particularly regarding the importance of the basic acoustical characteristics of the noise [Rylander and Persson 1997]. Results from laboratory settings should thus be interpreted with care.

Aircraft noise in the environment is easy to identify and the noise level increases relatively slowly, suggesting that the adaptation potential is quite large. Not until the noise is experienced as interfering with different activities such as rest, recreation or verbal communication, will a sensation of dissatisfaction develop. This event is related both to the noise level and the number of events as will be shown in the following. Although the interference with activities and the subjective dissatisfaction of the noise can be studied in the laboratory, it still does not correspond to the real life conditions where the interference over days and months is experienced as a disturbance, summarising all the interference on every day activities. This condition is referred to as annoyance and has been defined as “a feeling of displeasure associated with any agent or condition realised or believed by an individual or a group to be adversely affecting them” [Borsky 1972]. The degree of physical exposure as well as intervening psycho-social variables determine the occurrence and the severity of the annoyance response. Considerable efforts have been spent on attempts trying to characterise the various psycho-social factors determining annoyance and how they are interlinked [Lercher 1996; Job 1996; Osada *et al* 1997]. It has been shown that individual sensitivity to noise is an important factor [Öhrström *et al* 1988; Matsumura and Rylander 1991]. Attitudes, previous experience of noise exposure and demands on the particular environment also play important roles.

There is increasing evidence that a continuous feeling of annoyance could gradually lead to the development of a defeat reaction [Folkow 1997]. This is well known from experimental physiology and represents a situation where the individual gives up the mental fight—in this case against the noise—and retreats into an apathic stage with reduced external responsiveness. Such reactions were found in a study on road traffic noise where those exposed to high levels of noise were more prone to have less of social contacts and feel more isolated and depressed [Öhrström 1989]. The presence of this reaction in the population may explain the indications found in several studies that mental health is affected by noise exposure [Tarnopolsky *et al* 1980; Kryter 1990; Hiramatsu *et al* 1997].

Of all the activities that may be disturbed by aircraft noise, sleep interference is the most important from a physiological point of view [Öhrström 1993]. A normal sleep with appropriate sleep depth and over a number of hours is a prerequisite for the normal functioning of the body and a sound mental status. Disruption of sleep will be felt both as a severe interaction with activities, promoting a feeling of annoyance, and cause fatigue, all of which favour the above

mentioned defeat reaction.

### Dose-response relationships

To control aircraft noise exposure, there is a need to establish dose-response relationships. The first attempts to relate exposure to aircraft noise and the extent of annoyance were made by McKennell [1963] who used a questionnaire survey and related the average extent of annoyance at different distances from the airport to the noise exposure. A large number of similar studies was performed in the 1970 s and 1980 s. Common for these studies is the paradigm that the noise exposure must be expressed as a single unit. This was achieved by combining the number of events and the noise levels from each event into an average number—the equal energy principle ( $L_{eq}$ ). This could be calculated for different time periods—24 hours, day or night—and the relative importance of the acoustical measures could be weighed by correction factors. When compiling data from a large number of studies, relatively good dose-response relationships were found [Schultz 1978]. A dose-response relationship for sleep disturbances, based on the same principle, has also been presented [Carter 1996].

Contrary to the current paradigm, a number of studies has evaluated the relative importance of number of overflights and their noise levels as independent variables [Rylander *et al* 1972 ; 1980 ; Rylander and Björkman 1997 ; Björkman *et al* 1992]. In summary, these studies have demonstrated that noise levels and numbers of overflights should be treated as independent variables. Only overflights equal to or exceeding 70 dBA are taken into account—those with lower levels would not cause any annoyance in built-up areas. When the number of overflights exceeding 70 dBA is less than 50/24 hours, the extent of annoyance is determined by the maximum noise level of overflying aircraft, defined as the average of the three highest noise levels recorded in 24 hours. If the number of overflights exceeding 70 dBA is larger than 50/24 hours, the extent of annoyance is determined by the maximum noise level and the number of overflights is then not important. This new principle is illustrated in Figure 1.

### The future

Aircraft transportation is here to stay and projections for the future estimate that the annual growth will continue. This implies that aircraft noise is also here to stay and that measures must

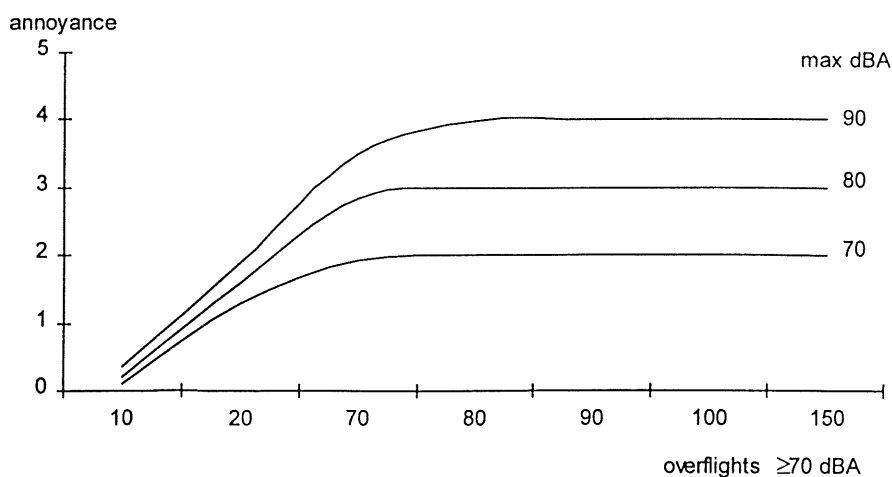


Figure 1 Relation between exposure to aircraft noise and extent of annoyance.

be undertaken for its control. It is essential that the possibility to predict changes in the effects among exposed populations is refined and that such predictions be used for planned alterations in the traffic pattern. With the international trend to deregulate air traffic, there is a danger that older, more noisy aircraft will be increasingly used or continue to be used. If the new principles to express aircraft noise exposure as described above are correct, they would exert an increased pressure against the use of such aircraft. It would also be possible to modify take-off routes to more effectively avoid noise disturbances and to predict the consequences of alterations in the fleet composition of aircraft using a particular airport.

## References

- Björkman M, Åhrlin U, Rylander R. Aircraft noise annoyance and average versus maximum noise levels. *Arch Env Health* 1992 ; 47 : 326-329.
- Borsky PN. Sonic boom exposure effects II. 4: Annoyance reactions. *J Sound Vibr* 1972 ; 20 : 527-530.
- Carter NL. Transportation noise, sleep, and possible after-effects. *Environ International* 1996 ; 22 : 105-116.
- Folkow B. Physiological aspects of the "defence" and "defeat" reactions. *Acta Physiol Scand* 1997 ; 161 : 34-37.
- Hiramatsu K, Yamamoto T, Taira K, Ito A, Nakasone T. A survey on health effects due to aircraft noise on residents living around Kadena air base in the Ryukyus. *J Sound Vibr* 1997 ; 205 : 451-460.
- Job RFS. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environ International* 1996 ; 22 : 93-104.
- Kryter KD. Aircraft noise and social factors in psychiatric hospital admission rates : a reexamination of some data. *Psychol Med* 1990 ; 20 : 395-411.
- Lercher P. Environmental noise and health : an integrated research perspective. *Environ International* 1996 ; 22 : 117-128.
- Matsumura Y, Rylander R. Noise sensitivity and road traffic annoyance in a population sample. *J Sound Vibr* 1991 ; 151 : 415-419.
- McKinnell AC. Aircraft noise annoyance around London (Heathrow) airport. 1963 ; SS 337, London HMSO.
- Osada Y, Yoshida T, Yoshida K, Kawaguchi T, Hoshiyama Y, Yamamoto K. Path analysis of the community response to road traffic noise. *J Sound Vibr* 1997 ; 205 : 493-498.
- Rylander R, Sörensen S, Kajland A. Annoyance reactions from aircraft noise exposure. *J Sound Vibr* 1972 ; 24 : 419-444.
- Rylander R, Sörensen S, Andrae BO, Chatelier G, Espmark Y, Larsson T, Thackray RI. Sonic boom exposure effects : a field study on humans and animals. *J Sound Vibr* 1974 ; 33 : 471-486.
- Rylander R, Björkman M, Åhrlin U, Sörensen S, Kajland A. Aircraft noise contours : importance of overflight frequency and noise level. *J Sound Vibr* 1980 ; 69 : 583-595.
- Rylander R, Björkman M. Annoyance by aircraft noise around small airports. *J Sound Vibr* 1997 ; 205 : 533-538
- Rylander R, Persson-Waye K. Human perception of environmental noise in acute and chronic exposure conditions. In F Augusztinovicz (ed) *Proceedings of Intern-Noise 1997, Vol 2*, pp 971-976.
- Schultz TJ. Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J Acoust Soc Amer* 1978 ; 64 : 377-405.
- Tarnopolsky A, Barker SM, Wiggins RD, McLean EK. The effect of aircraft noise on mental health of the community. *Psychol Med* 1980 ; 8 : 219-233.
- Öhrström E, Björkman M, Rylander R. Noise annoyance with regard to neurophysiological sensitivity, subjective noise sensitivity and personality variables. *Psychol Med* 1988 ; 18 : 605-613.
- Öhrström E. Sleep disturbance, psycho-social well being and medical symptoms—a pilot survey among persons exposed to high levels of road traffic noise. *J Sound Vibr* 1989 ; 133 : 117-128.
- Öhrström E. Research on noise and sleep since 1988 : Present state. In M Valle (ed) *Noise and Man '93. Noise as a Public Health Problem. Proceedings of the 6th International Congress. 1993, Vol 3*, pp 331-339.



## 航空機騒音—地球規模の汚染因子〈抄訳〉

ジェット機の導入は多くの利便性をもたらした反面、その騒音は大きな社会問題となった。その後、多くの空港は都市部から移転したが、ジュネーブ空港のような例では、騒音はいまだに大きな悩みとなっている。

### 騒音源

ジェット機の普及とともに空港周辺の人々は昼夜、これまで経験の無いような騒音にさらされることになった。幸い、技術の進歩でジェットエンジンは低騒音化し、着陸時の主要な騒音は機体の風切り音となった。航空機からの騒音は今日、離陸時の方が重要となっているが、航空騒音コンターによって空港からの距離をもとに推定できるようになった。ヘリコプターは“chopping”と呼ばれる特異な騒音を発生する。観光などに用いる小型航空機もイレギュラーな騒音源である。ソニック・ブームは超音速飛行に伴った空気の急速な圧縮/開放で生じるものだが、予告無しに突然襲ってくる騒音である。

これらの騒音によってもたらされる公衆への影響はどんなものだろうか？

### 航空機騒音の影響

多数の研究が発表されてきたが、実験室での急性暴露影響と地域住民における長期（慢性）影響とを結びつける知見が必要である。騒音の基本的特性の違いによって結果が逆になる事さえある（Rylander and Person 1997）からである。

航空機騒音は容易に認識でき、立ち上がりも遅いので、適応の可能性は高いと考えられる。そもそも航空機騒音も、休息や娯楽、会話の妨げとなるまでは、さして不満の種ではなかったのだ。この種の障害発生には、騒音の大きさだけでなく回数も重要な要因となっている。日常活動妨害の研究は実験室でもできるが、日々の実生活におけるさまざまな障害には対応していない。こうした事態の根元は「アノイアンス」であり、「個人又は集団にとって有害だと思われる要因または条件のもたらす不快感」（Borsky 1972）と定義されてきた。この頻度や程度には、物理的暴露のみならず心理—社会的な要素が絡んでいる。アノイアンスに関わる心理—社会要因については、これまで多大な努力が傾注されてきた（Lercher 1996, Job 1996, 長田他 1997）。個々人の感受性が重要であることは既に報告されている（Öhström 他 1988, 松村& Rylander 1991）。心構え、騒音暴露の経験、特別な環境に対する要求・不満なども重要な役割を果たしている。長期のアノイアンスが次第に挫折感に結びつく事も明らかになってきた（Folkow 1997）。実験心理学では良く知られていることだが、<sup>あらが</sup>抗いようの無い外部からの侵襲に対しては、ひとは無気力になってゆくのである。このような現象はひどい道路騒音下でも見られ、社会交流の減少や孤独感、抑うつ感が報告されている（Öhström 1989）。いくつか騒音による精神保健学的影響の研究で見られた知見（Tarnopolsky 他 1980, Kryter 1990, 平松他 1997）も、このような住民の反応で説明できるかもしれない。

航空騒音によって引き起こされるすべての活動障害の中でも、睡眠妨害は生理学的にも最も重要な問題である (Öhström 1993)。適切な長さ、深さの睡眠は心身の健康に不可欠なのだ。睡眠妨害は日常活動を阻害し、アノイアンスを増幅し、疲労の原因となり、すべてを台無しにしてしまうからだ。

### 量一反応関係

航空機騒音の暴露を制御するためには、量一反応関係を確立する必要がある。アノイアンスとの関連を最初に求めようとしたのは McKennell (1963) である。彼は質問票を用いて、空港からの距離とアノイアンスの関係を調査した。1970年代から1980年代にかけて、同様の研究があまた行われた。こうした研究の枠組みでは、騒音暴露は1変数として扱われねばならなかったが、その条件は騒音件数と騒音レベルとを組み合わせた平均的な数値、「等価騒音レベル: Leq」として使うことで満たされた。これなら24時間、昼夜を問わず、異なった時間帯でも計算でき、音響測定値の相対的な重み付けもできる。これまでの膨大な数の研究を積み重ねて行くと、比較的良い量一反応関係が得られる (Schultz 1978)。睡眠妨害に対する量一反応関係も同様の手法で得られている (Carter 1996)。

こうした流れとは反対に、数多くの研究が上空飛行の数と騒音レベルをそれぞれ重要な独立変数として扱うようになってきている (Rylander 他 1972, 1980, Rylander & Björkman 1997, Björkman 他 1992)。70 dBA 以上の上空飛行数を計算に入れ、それ以下はアノイアンスを起こさないとみなすのである。この70 dBA 以上の飛行数が24時間に50以下であれば、アノイアンスの程度は飛行騒音の最大値-24時間中の上位3値の平均一によって決まる。もしそれ以上なら、飛行数に加え最大騒音レベルがアノイアンスの決定要因になる (付図参照)。

### 今後の課題

航空運輸は今後も発展を続けるであろうが、同時に航空機騒音も制御されるべき問題であり続ける。騒音暴露住民における影響を正しく把握し、その変化を予測して将来の交通計画に役立てなければならない。国際的な航空規制緩和に伴って、旧式で騒音のひどい機材が飛びつづけることも危惧されている。もし上述した航空機騒音暴露の新しい表現が正しいとすれば、そうした機材の使用に対して圧力をかけるのに有効だろう。この方式はまた、騒音による生活妨害を効果的に避けるための離陸航路の修正においても、特定空港における使用機材の構成変更がもたらす結果の予測においても、一定の役割を果たすと考えられる。

### 著者略歴

ラグナ・ライランダー博士 (スウェーデン・イエーテボリ大学教授)。

騒音、粉塵等の環境要因による健康影響評価で世界的に著名な研究者。設立当初より当センターと交流がある。2000年5月にイエーテボリで開催される、第4回・日本-スウェーデン・騒音シンポジウム大会長 (予定)。同大会は両国間で3年に1回、騒音影響の専門家会議として開催されている。関心をお持ちの方は、当センターまでご連絡いただきたい。

1961年カロリンスカ大学医学部卒業。1968年医学博士 (カロリンスカ大学)。1968~73年スウェーデン国立公衆衛生研究所環境衛生部副部長。1973年~現在イエーテボリ大学環境医学教室教授。1974~75年ジュネーブ大学社会予防医学研究所客員教授。1975年~現在ジュネーブ大学医学部準教授 (兼務)。

焦点

## 航空機騒音の健康影響\* —最近の調査研究動向から その 1.—

鈴木 庄 亮\*\*

### 1. はじめに

国際関西空港が供与されて以来、さしもの大阪国際空港の騒音問題は社会的にはかげをひそめた。「カンクウ」の開港以来、日本の大都市の夜間の離発着が可能になったので、わが国にとっても大きな利便が生じた。海外の国際空港の案内表示板に「カンクウ」行きと書かれているのをよく見かけるようになった。不景気でも、気のせいか東京より大阪の方が活気が感じられ、落ち込みを少なくしているように見える。

地域騒音問題は、普通、大騒音の発生→社会問題→騒音調査→健康調査→飛行コースや時間などの音源対策→住宅の防音対策→ゾーニングへとすすむ。これでもだめで、さらに問題が訴訟に持ち込まれると、10年以上の永い期間をかけた裁判によって決着がはかれる。その間に、対策も進み、社会的反応も発生初期と比べるとかなり落ちついてくる。判決が出ても騒音とその影響問題は「解決」したわけではない。社会的に「あるところ」に落ち着いただけである。

わが国の航空機騒音問題は昭和40年頃以降大阪、福岡、羽田国際空港にジェット機が本格的に就航して社会的に大きな問題になっ

たが、騒音対策が効を奏し、また成田開港、関西空港開港などにより社会的には下火になった。しかし現在でもなお、横田、嘉手納などの基地の騒音が最大の健康影響問題を提出している。

国際学会「騒音の影響'98」での学術報告を中心に、最近の航空機騒音による健康と生活への影響に関する国際動向を概観してみた。

### 2. 国際学会「騒音の影響'98」

この学会は、「騒音の生物影響国際委員会 Interanational Commission on Biological Effect of Noise」を親組織として、その第1回を1968年に米国のワシントンで開催して以来、5年おきに開かれ、第7回の学会が、1993年フランスのニースで開かれたのに続いて、1998年11月22-26日に南半球では初めてオーストラリアのシドニーで開催された。正式の名称は、“7th International Congress on Noise as a Public Health Problem”，学会長はシドニー大学建築学科のノーマン・カーター Norman Carter 教授であった。

この直前にニュージーランドで開催されたインター・ノイズ98が騒音の主として理工学的側面を扱うのに対し、この学会は「公衆衛生問題としての騒音」が示すように、騒音の心理、社会、健康、生活、睡眠などへの影響を中心に扱う。

学会の演題のテーマは次の9領域に分類さ

\* Health Effect from Aircraft Noise  
Trends in Noise Research-1-  
by Shousuke Suzuki (Professor, Department of  
Public Health, Faculty of Medicine, Gunma  
University)

\*\* 群馬大学 医学部公衆衛生学・教授

れている：

1. 騒音性難聴, 2. 意志疎通, 3. 生理学的影響, 4. 仕事と行動への影響, 5. 睡眠への影響, 6. 社会反応, 7. 動物への影響, 8. 複合的影響, 9. 騒音環境基準と規制。

航空機騒音は、これら9つの全ての領域で問題になっていた。表題だけを見ても、全部で250題近い発表のうち約1割は航空機騒音や空港を直接のそのテーマにするものであった。これは、航空機騒音が間欠騒音であり、ピーク音が大きい高周波音で、夜間にも発生するなどのため、世界中どこでも問題が生じていることを示している。

日本からの航空機騒音影響研究で著しく目立ったのは、沖縄の米軍嘉手納基地周辺の騒音影響について武庫川女子大学の平松浩三教授、沖縄中部病院與座朝義医師など8名のチームによる調査研究が7題も発表されたことであった。

### 3. 航空機騒音による騒音性難聴 Noise Induced Permanent Threshold Shift

航空機の整備などで職業的に暴露される場合は別として、空港・基地周辺住民に騒音性難聴が見られることはまずないというのが定説である。

#### 3.1

與座ら<sup>1)</sup>は、嘉手納基地周辺の「砂辺」と「屋良」地区の40-69歳の男女住民756人を対象に航空機騒音による難聴が発生しているかどうかを目的に聴力検査と職歴等のアンケート調査をした。受診した277人のうち36人に3-6キロHzに聴力低下がみられ騒音性難聴を疑われたので、この者達には耳鼻科で既往歴や鼓膜の精査と職業性あるいは趣味活動での騒音暴露等について医学的面接と検査がなされた。その結果、両耳性で2, 30 dB以上のC5-dipのある11人が騒音性難聴と確定された。

11人はその住所に19-40年間住み、うち

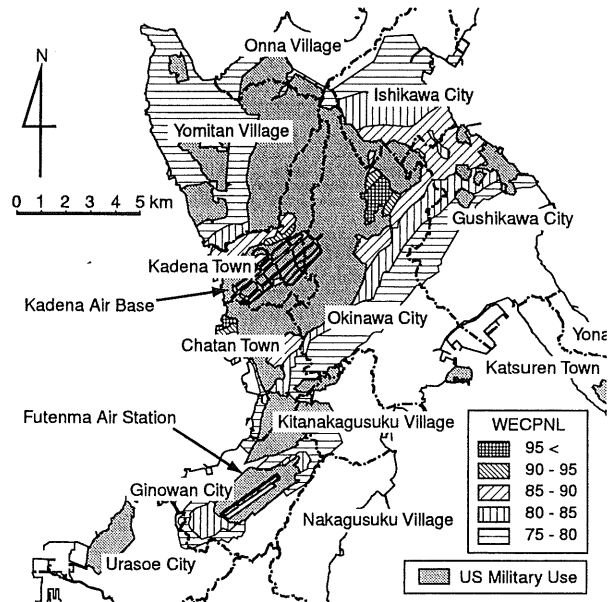


図-1 沖縄県の嘉手納および普天間空軍基地とその周辺地域。WECPNLのコンターは防衛施設庁の測定によるもの。(T. Matuno et al.: Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1, (1998), pp. 285.)

10人は男、6人はWECPNL 95以上の地区に住み、4人は90-95の、1人は85-90の地区に住んでいた。この出現率は騒音暴露量が大きくなるにつれて大きくなっており、統計的に有意であった。以上の証拠から與座らはこの11人を基地騒音暴露による騒音性難聴と結論した。

この結論に関しては、地域のデータでありながら11人中の男女比が著しく偏っていること、従って男の聴力低下における基地での職業的騒音暴露の寄与を見積もることが重要な検討課題として残されている。

#### 3.2

松井ほか<sup>2)</sup>は、基地航空機騒音によるこの騒音性難聴の発生を理論的にも妥当であることを証明するため、騒音の激しかったベトナム戦争時期の1968・72年の騒音暴露を消防署と砂辺地区での騒音の記録から、騒音性一時的閾値移動(NITTS, Noise Induced Temporal Threshold Shift)を算定した。

基地に隣接した消防署での当時の6日連続

記録で、昼夜を問わず1日24時間100回前後の飛行があり、範囲で最大ピークレベル100-114 dB, LAeq 24で80-93 dB, WECPNLで88-110, 平均でそれぞれ108 dB, 80-88 dB, 99-108であった。ただし、WECPNLの範囲は、エンジン調整時間が全体の記録時間の10%と仮定した場合と、100%と仮定した場合である。結局、当時のWECPNLは平均105で、LAeq 24は85 dBとされた。エンジン調整時間を70%としてこの暴露量を臨界帯域レベルにあてはめ伊藤のNITTS損失算定式<sup>3)</sup>から計算すると、4キロ Hzで、平均21 dBとなった。演者らはこれらによって、当時の基地騒音暴露でNITTSの感受性の大きい者ではこれ以上の聴力損失があったと考えている。NITTSは、騒音性永久的閾値移動(NIPTS)と同等とされているので、先に観察した基地周辺住民の疫学調査(上記3.1)による難聴者の発生は理論的に肯定されることを言外に語っているかのようである。しかしながらこの見積りは同時に、上記疫学調査で見られたような30-60 dB(4 kHz)もの聴力損失は生じないことも示唆しており、聴力低下を示した11名の多くの者にはやはり別の騒音暴露の機会があったものと推測すべきであろう。

### 3.3

英国空軍健康研究所(Royal Air Force Institute of Health)のSixsmith<sup>4)</sup>とLudlowは、英国空軍属が家族で各地の空軍基地に赴任したとき、幼少者が騒音に暴露されるのが原因で成人時に騒音性難聴になっているかどうかを、16-25歳の153人の関係家族で調べた。そのうち48人は幼少時Laeq 70 dBA内の、一部はLaeq 83 dBA内の空軍基地周辺の住宅地に平均6.8年住んだことのある者であった。153人のうちその他の105人は非暴露者なので対照群とした。両群で、ディスコや射撃の経験等に差はなかった。聴力測定の結果、4 kHzの聴覚閾値はそれぞれ

4.4 dBと4.8 dBであり、差はなかった。結局、幼少時基地周辺居住で騒音性難聴は発生していないとの結論であった。

## 4. 生理学的影響 Non-Auditory Physiological Effects induced by Noise

航空機騒音による非聴覚的生理学的影響の発表は、ミュンヘン空港での児童の認知機能の影響、シドニー空港周辺学童の血圧値への影響、日本沖縄の基地騒音による質問紙一般健康調査結果、および同所での低体重児出生割合への影響についてであった。

### 4.1 ミュンヘン空港での児童の認知機能への影響

1991年ミュンヘン空港が閉鎖され新空港に変更されるのに伴って、旧、新、およびその3年後の3時点で、約300人の9-12歳の児童の慢性的騒音暴露の心理生理学的影響を、各種心理テストとストレス検査とを各対照群と比べて観察した。

環境騒音は、旧空港周辺は閉鎖により68→58 dBLeqにまた、新空港周辺では開港で53→62 dBALeqに変化した。テストは、長期の記憶、複雑語リスト、動機付け、QOLの自己評価、尿中エピネフリン時間排泄量、血圧値などである。その結果、複雑な認知と思考を要する作業は、騒音の影響を受けるが単純なものは影響をうけないこと、尿中エピネフリンと血圧は静→騒の変化で上昇することが見られた<sup>5)</sup>。

### 4.2 シドニー空港周辺学童の血圧値への影響

シドニー空港にもう1つ滑走路がつくられることになり、反対運動がおきた。Morrelら<sup>6)</sup>は、騒音の血圧への影響という古くて新しい問題を、シドニー空港周辺の小学3年生1,230人について調査した。騒音と血圧の問題では、1980年すでにロサンゼルス空港周辺の騒音校と非騒音校の児童で調査され、騒音校児童が3 mmHgだけ高血圧であったと報告されている<sup>7)</sup>。この調査で騒音校は黒人

を32%含むが、非騒音校は18%しか含まず、一般に米国の黒人は白人より高血圧であると言われており、これが効いていたと疑われた。そこでシドニー調査では、騒音暴露量のほか、人種、言語、体重、肥満、食塩摂取、朝食抜き、身体活動、遮音窓等の要因を詳しく調べ、収縮・拡張期血圧を外的基準として、重回帰分析をした。その結果、血圧値に対して、騒音暴露量は有意な関係は見られず、その他の2-3の変数が有意な関係が見られた。

#### 4.3 沖縄の基地騒音の質問紙による一般健康調査の結果

WECPNLで75-95以上の地域を5間隔に分けて抽出した嘉手納基地周辺住民5,172人と対象地区1,031人の東大式自記健康調査票(THI)<sup>8)</sup>記入結果から、12尺度得点を求めてそれぞれ80および90%タイルで2分し、多重ロジスティック分析を行い、12尺度のオッズ比を縦に、横軸に5WECPNL階級での住民群を置くと、多くの尺度で量反応関係が見られた。著者の宮北ら<sup>9)</sup>は、航空機騒音がうるささ等の心理的影響、睡眠妨害、自律神経と内分泌系を介したストレス反応等で広

範な全身的影響を与え得るとしている。

次いで、平松ら(1998)はこの結果を因子分析し、判別値を出し、身体的と精神的の2大因子得点についてオッズ比をもとめ、同様のWECPNLとの量反応関係を確認した。オッズ比はWECPNL95以上地区住民でも2程度であるが、これは質問した心身症状の有症状率が対照地区と比べて2倍程高い頻度であることを示している。こうした地区ではうるささを訴える割合などはオッズ比は5以上になるであろうから2は決して大きな数とは言えないが、訴えが心身の症状であるだけに健康上の重要性は大きい。平松らの結果は高騒音地区において、これら主観的総合健康指標に基いた心身への影響(ストレス影響)が明確に示していると言えよう。

#### 4.4 日本沖縄の基地騒音による低体重児出生割合の増加

航空機騒音と低体重児の出生については、大阪空港周辺住民では相関性があつたとの報告がある一方<sup>11)</sup>、福岡空港周辺では認められなかったことも報告されている<sup>12)</sup>。1974-94年の沖縄の出生児約36万人を嘉手納空港周辺の嘉手納町と茶谷町、沖縄市、その他の沖

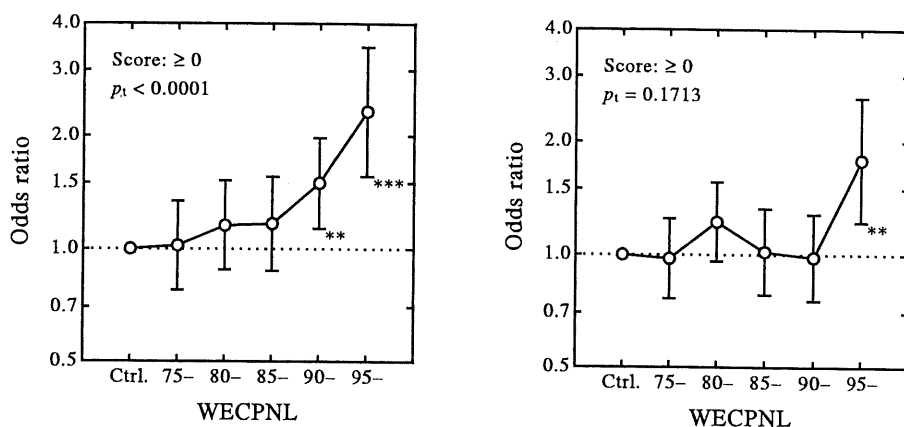


図-2 沖縄県基地周辺住民のWECPNLによる地域の居住者群別に、東大式自記健康調査票による心身症傾向値と神経症傾向値のオッズ比の群平均値を結んだもの。オッズ比2.0とはその群には1.0の群と比べて2倍の心身症傾向者が存在することを示す。このデータでは質問紙を基にした神経症傾向者あるいは心身症傾向者がWECPNL90以上あるいは95以上で有意に存在することを示す。(K. Hiramatu et al.: Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1 (1998), 283頁より引用)

縄県内に分け、2,500 g 未満の低体重児の出生割合を調べて比較した。嘉手納町では  $407/4542=9.0\%$ 、茶谷町では  $465/6178=7.6\%$ 、沖縄市では  $7482/98036=7.6\%$ 、その他の沖縄全体では  $17673/247793=7.1\%$  であった。統計的検討の結果、嘉手納町の  $9.0\%$  のみが有意であった。WECPNL では嘉手納が 85-95、茶谷町では 95 以上と高いが、住民の多くは 75-80 の地域に住むという。演者らは嘉手納で高率であった理由を騒音暴露に求めているが、その他の要因（多分、社会経済的要因）もありうると結論している<sup>13)</sup>。

《続く》

#### 文 献

- 1) T. Yoza et al.: Results of the hearing tests conducted in the vicinity of Kadena US airfield, Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1, (1998), pp. 110-113.
- 2) T. Matui et al.: An estimation of hearing loss due to aircraft noise exposure recorded around Kadena US airfield in the Ryukyus. Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1, (1998), pp. 102-105.
- 3) A. Ito et al.: Empirical formulae of TTS growth applicable to the noise exposure of lower level and longer duration, J Acoust. Soc. Jpn. 43 (1987), pp. 573-582. (in Japanese)
- 4) K. C. Sixsmith, B. P. Ludlow: Long-term effects of military jet noise exposure during childhood on hearing threshold levels, Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1, (1998), pp. 91-94.
- 5) S. Hygge et al.: The Munick airport noise study -Effects of chronic aircraft noise on children's cognition and health, Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1, (1998), pp. 102-105.
- 6) S. Morrel et al.: Cross-sectional relationship between blood pressure of school children and aircraft noise, Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1, (1998), pp. 275-279.
- 7) S. Cohen et al.: Physiological, motivational, and cognitive effects of aircraft noise on children: Moving from the laboratory to the field. Am. Psychol 35, (1980), 231-243.
- 8) S. Suzuki and R. E. Roberts: Methods and Applications in Mental Health Survey: the Today Health Index, Tokyo, the University of Tokyo Press, (1991).
- 9) T. Miyakita et al.: General health questionnaire survey around Kadena US airfield in the Ryukyus-an analysis of the 12 scale scores. Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 2, (1998), pp. 608-612.
- 10) K. Hiramatu et al.: General health questionnaire survey around Kadena U. S. airfield in the Ryukyus-an analysis of the discriminant score and the factor score, Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1, (1998), pp. 280-283.
- 11) Y. Ando, H. Hattori: Statistical studies on the effects of intense noise during human fetal life. J. Sound & Vibration 27, (1973), pp. 101-110.
- 12) S. Suzuki, M. Kabuto: A statistical study on the relationship between aircraft noise and the birth rate of low-birth-weight babies in the vicinity of Fukuoka airport, Fukuoka, Japan, Jpn. J. Public Health, 25, (1978), pp. 37-43.
- 13) T. Matuno et al.: higher rate of low-birth-weight infants observed in the vicinity of US airfield in the Ryukyus, Noise Effects '98, Congress Proceedings, Vol. 1, (1998), pp. 284-287.

#### 著 者 略 歴

鈴木 庄亮博士 (群馬大学医学部教授) 重金属, 大気汚染, 騒音など, 環境要因による健康影響評価の権威で, 当センター環境保健部の初代部長。THI (東大式健康調査票) の開発者としても著名。環境汚染に関する著者多数。近年, インドネシア等海外でも環境調査を指導されており, 御多忙である。

1962年群馬大学医学部卒業。1967年医学博士 (東京大学大学院・公衆衛生学)。1973~78年航空公害研究センター (現・航空環境研究センター) 環境衛生部 (現・環境保健部) 部長 (兼務)。1975~81年東京大学医学部人類生態学教室助教授。1981年~現在群馬大学医学部公衆衛生学教室教授。

## 焦点

## 次世代型 SST への期待と課題\*

山 康 博\*\*

## 1. 超音速旅客機の歴史

1995年8月16日、エールフランスのコンコルドが31時間27分49秒で世界を一周、最短記録を更新したとのニュースが報じられた。現用のどんな最新鋭旅客機でも破れない記録を1969年に初飛行した機体が更新しているという事実は、速度に関するコンコルドの優位性を世界に如実に示した。

超音速旅客機計画の発端は意外に古く、37年前の1958年頃から米政府内で始まったようである。1961年には当時のケネディ大統領が米国航空界の将来目標についての特別研究を命じ“Project Horizon”がスタートした。そして1963年6月、ケネディ大統領は超音速旅客機開発の決意を空軍大学の卒業式で公表したのである。

一方ヨーロッパでは英国とフランスが各々超音速旅客機の研究を進めていたが、1962年11月英仏協定が結ばれ、コンコルドの共同開発が正式に決まった。コンコルドは1969年3月2日に初飛行し、1971年にも路線就航が可能と見込まれていたが実用化に手間取り、実際の就航は1976年1月21日になってしまった。当時活況を呈していた航空輸

送の伸びは1970年代になると鈍化し、航空会社にとって高価なコンコルドは重荷になった。当初16社から74機の発注を得ていたが、1973年パンアメリカン航空がオプション契約を解除すると追従する会社が続いた。更にこの年10月に勃発したオイルショックはコンコルド離れに拍車をかける結果となり結局生産は16機で終了した。この内、現在飛行可能な機体は英国航空に7機、エールフランスに5機の計12機である。現在ロンドンやパリとニューヨークを結ぶ北大西洋路線に就航している機体も、初期のものは就航以来20年になろうとしている。

米国の超音速旅客機計画は1968年10月ボーイング社のモデル2707-300に決まり、20社より122機の発注を得たものの、1971年3月議会により開発予算が否決されてしまった。

また当時のソ連は1968年ツポレフ Tu-144の初飛行に成功したが、1973年のパリエアショーでは大観衆の目の前で墜落、その後1975年貨物便に、1977年旅客便に就航したものの結局は1978年に運航を中止した。このように実用化に成功したのはコンコルドだけであったが、定期運航の他にチャーター便も運航され、1994年9月の関西空港開港時にも飛来した。

## 2. 米国の超音速旅客機開発計画

米国の超音速旅客機計画は10年間の歳月と10億ドルの税金を費やしたあげく、挫折

\* Expectations & Issues for the Next Generation SST,  
by Yasuhiro Yama (Manager, Satellite Services  
Division, JRANSA).

\*\* (財)航空保安無線システム協会・衛星技術部衛星  
業務課長



した。この時の論点となったのは、①予算の優先度②経済性ある機体が開発できるかの不安③環境への影響だった。3番目の環境問題は最も論議を呼んだ点であり、実績が無く予想に基づく議論や感情論が支配的となり、超音速旅客機のマイナス・イメージが拡大される結果になった。超音速旅客機が環境に及ぼす影響としては、まず離着陸時の騒音と巡航時のソニックブームそして高層大気への影響が挙げられた。この内の高層大気への影響は、その評価を行うための科学的根拠が不足ということで、運輸省に対し議会より報告が求められた。これに応じたのがCIAP (Climate Impact Assessment Program) で、1971年より4年間かけて報告書がまとめられた。

これに引き続き汚染物質の許容限度を推定する目的で、1975年よりFAA主管のHAPP (High Altitude Pollution Program) が発

足、当面のガイドラインとしては北半球のオゾン減少がオゾン全量の0.5%を超えないことと平均地表温度の上昇が0.1°C以内に収まることが挙げられた。また将来の超音速旅客機開発再開に備えて関連技術の開発を図るため、SCRP (Super-sonic Cruise Research Program) がNASAにより1972年~1981年の間実施された。

1985年には大統領府の航空産業振興策に沿って、NASAのHSCT (High Speed Civil Transport) Programと称するフィージビリティ・スタディが始まり、超音速旅客機が高層大気に及ぼす定量的影響が1986年から調査されることになった。

このHSCTPに続いてHSRP (High Speed Research Program) がNASAで1989年より始まり、基礎研究に続くフェーズIの研究に4億ドルの予算がつき、主に環境面の研究が行われた。

また1993年から始まったフェーズIIの研究では、2001年までに15億ドルの予算で経済的に成立しうる機体とエンジンの高度技術開発と環境関連実証実験が行われることになっている。図-2はHSRP予算の推移を示したもので、フェーズII予算の伸びに注目されたい。

NASAにおける研究費の内、約2/3は民間会社に対する委託研究費であり、エンジンについてはGEエアクラフト・エンジンズ社

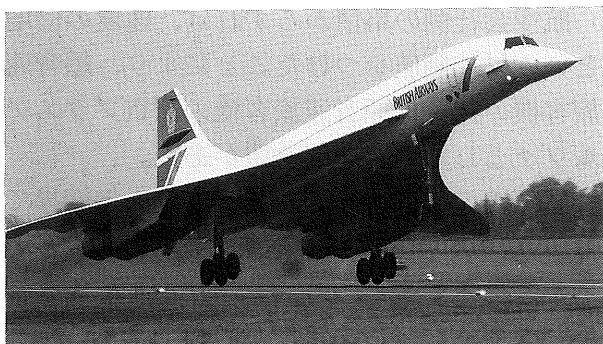


図-1 英国航空のコンコルド

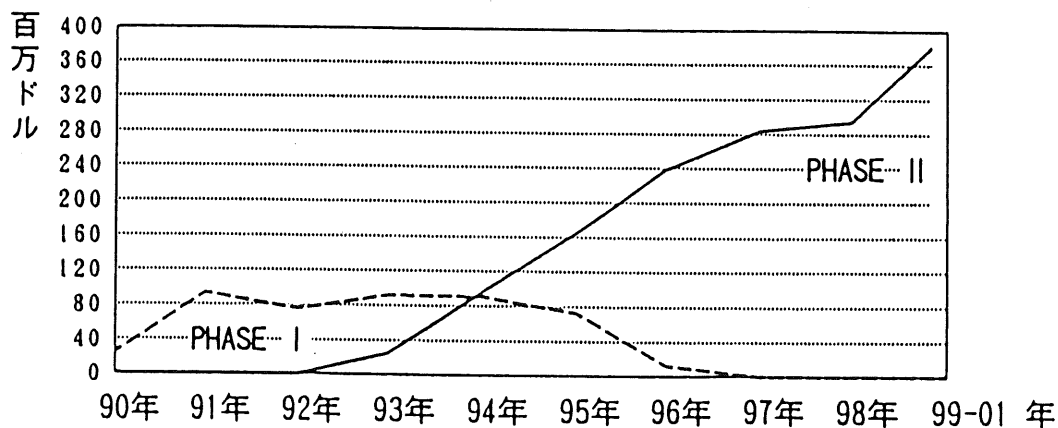


図-2 HSRP 予算の推移

とプラット・アンド・ホイットニー社、機体についてはボーイング社と旧マクドネル・ダグラス社が研究を受託した。

更にこの HSRP では、前述のロシアの超音速旅客機であるツポレフ Tu-144 を使用しての飛行試験に 800 万ドルの予算が計上された。ロシアに 4 機残っていた Tu-144 は宇宙飛行士の訓練などに使用されていたが、その内の 1 機が改修された。改修はまずオリジナルのエンジンからクズネツォフ NK-321 への換装が行われ、更に計測センサーの取付けと計測機器の搭載も行われた。改修が終了した機体は 1996 年 3 月 17 日にモスクワ近郊のジュコフスキー飛行試験センターにてロールアウトし、4 月より半年間で 32 回に及ぶ飛行試験に入った。

### 3. 超音速旅客機は復活するか？

一度下火となった超音速機開発の機運が再び盛り返してきた要因は、近年亜音速機の航続性能が向上して長距離路線が多くなり所要時間短縮のニーズが出てきたこと、そして航空技術の発達により過去問題となった経済性と環境適合性をクリアーできる見通しが立ったことにある。亜音速旅客機の性能が向上し、航続距離が伸びると今まで不可能だった 2 地点間の直行が可能となった。これにともない例えば 10 時間を超えるような長時間の飛行では、所要時間の短縮化が次の課題として出てきたという訳である。表-1 は在来機と超音速機の飛行時間の比較と短縮効果をまとめたものであるが、直行できない路線では短縮効果も半減する。

旅行する人にとって旅行時間の短縮は時差や肉体的疲労の軽減に資するばかりか、日本から南米やアフリカなどの遠距離地点へのアクセスを容易にしてくれる。また出張者を出す企業にとっても、出張期間の短縮によるコスト抑制や社員の労働時間の効率化といった効果は無視できず、運賃さえ適正であれば超

表-1 在来機と超音速旅客機 (M=2.4, 5000 nm) の飛行時間比較

単位：時間

Route	在来	超音速	短縮率	Route	在来	超音速	短縮率
TYO-JFK	12.5	9.3 ①	26 %	TYO-LHR	12.5	6.1 ②	51 %
TYO-ORD	11.6	8.2 ①	30 %	TYO-LAX	9.9	4.4	56 %
TYO-SYD	8.7	3.9	55 %	TYO-SIN	7.1	2.8	60 %
TYO-HNL	6.9	3.2	53 %	① SEA経由 ② 5500nm 必要			



音速旅客機の需要は十分見込まれる。このあたりの変化はちょうど日本で新幹線が開通したことにより、それまでの一泊出張圏がすべて日帰り圏に変化したのに似ている。

航空会社側の事情からすれば、速度の倍増という付加価値をつけたことにより、超音速旅客機の運賃は亜音速旅客機の運賃プラスアルファとしたいという希望がある。

国際線の乗客へのアンケート調査の結果では、差額の上限は在来運賃の 2~3 割増といったところが最も多く、そのレベルで座席提供できる運航経費の実現が必要である。機体の速度が倍になるということは、例えば一日で一往復していた区間が二往復できることになり、生産性も倍増することになるが、出発・到着時間の関係もあり単純にそうはいかない。

### 4. 環境への適合性

環境への適合性は、具体的に言えば離着陸時の騒音、超音速飛行時のソニックブームそして高層大気への排出ガスの影響の 3 つがポイントとなる。特に超音速旅客機の巡航高度はオゾン層が濃く分布する高度であり、排出

ガスによるオゾン層破壊の可能性が1970年代より指摘されていた。(図-3参照)

オゾン層における大気組成の変化は数値モデルを用いて大気の運動や成分の化学反応をシミュレートした計算で予測されている。従来は光解離と均質気相反応のみを考えていたが、近年これに不均質気相反応(大気中の微小液滴状エアロゾル表面でおきる水分子と気体分子の反応)を取り入れることにより更に精密な予測結果が得られることがわかった。この予測結果によれば、巡航速度マッハ2.4以下、高度が6万フィート以下で排出指数(1kgの燃料消費に対して排出されるNO<sub>x</sub>のグラム数)が5以下であれば、オゾン層の減少は無視できるくらい少ないことが判明した。今後の課題としては排出ガスの地球温暖化への関与の度合いを調査することが挙げられる。

ICAOの第3回CAEP(Committee on Aviation Environmental Protection)は1995年12月に開催されたが、この委員会にて航空機騒音や排出ガス中のNO<sub>x</sub>に関する新基準が提案された。この新基準では騒音については現在のICAO Annex 16 Chapter 3よりも2-4 dB引き下げた厳しい基準が、またNO<sub>x</sub>については1991年に決定された1996年以降の新型式および2000年以降の全製造エンジンに適用される20%削減より更に10~40%削減する案が提案された。

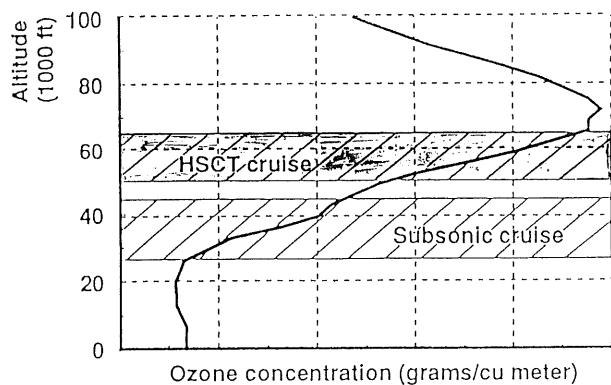


図-3 高度によるオゾン層の分布

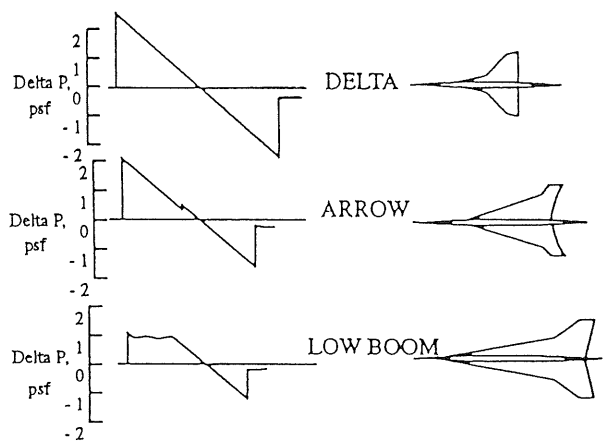
討議の結果、NO<sub>x</sub>については更に20%ではなく16%削減と幅が小さくなり、かつ最終的な決定は先送りとなったが、最終的には圧力比30以下では16%削減に落ち着きそうである。

2005年以降に出現する超音速旅客機としては新基準に適合する必要がある、各々技術開発が進められている。例えば騒音に関して亜音速機と超音速機のエンジンでは音源となる排出ガスの速度が大きく異なるが、現在のところ速度を大幅に低減できる混合流形式のターボファンが有望視されている。表-2にコンコルドとの環境面の比較を示す。

ソニックブームを完全に防止することは不可能であり、現段階では超音速飛行は海上のみで陸上ではマッハ0.95で飛行するのが原則である。陸上部分で人口の少ない地方では回廊を設けて超音速飛行することが考えられていたり、機体の形状をソニックブームが出にくい形にすること(図-4)やソニックブー

表-2 コンコルドと次世代超音速旅客機の環境面比較

	コンコルド	次世代超音速機
騒音	ICAO Annex 16 適用除外	ICAO Annex 16 Stage 3
NO <sub>x</sub>	排出指数(EI)=20 程度	排出指数(EI)= 5 以下
Sonic Boom	ΔP = 2 psf	ΔP = 0.5 psf



Low-boom shaping concepts.

図-4 機体形状とソニックブームの関係

ムの形を工夫して人間の聴感に負担が少なくなるような周波数特性を持たせることも考えられている。ソニックブームの低減が実現できれば、陸上での超音速飛行が可能となるかもしれない。

### 5. 技術的問題点

表-3は米国、ヨーロッパ、日本で計画中の超音速旅客機の諸元をまとめたものである。

速度はヨーロッパのマッハ2から米国のマッハ2.4まで幅があるが、乗客数はコンコルドの3倍の約300名前後で一致、航続距離は5000 nmから6000 nm、最大離陸重量は320トンから400トンの間である。航続距離について、米国は米西海岸から日本まで直行可能な5000 nm、ヨーロッパも日本まで直行可能な5500 nm、日本は米東海岸まで直行可能な6000 nmと各々の視点で決めているのは興味深い。

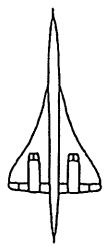
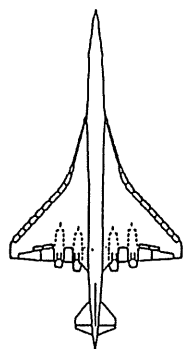
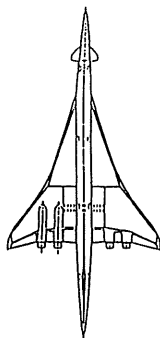
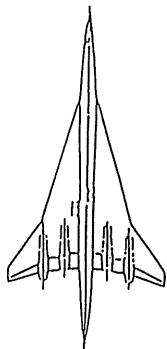
航続距離が5000 nmの機体でも、米国の航空会社は西海岸の着陸空港と米国内の多くの地点を結ぶネットワークを利用することに

より大きな時間的ロスを生じることなく乗り継ぎサービスを提供できる。ところが日本の航空会社ではそのようなサービスを提供することはできず、対等の競争は不可能になってしまう。したがって最大のビジネス路線である米東海岸線を直行できる航続距離6000 nmは、最低の要求と考えられる。

高速の空気との摩擦熱により飛行中の機体表面温度は上昇し、機首や主翼前縁での温度は200°Cにも達すると予測されている。したがって機体設計上のポイントは、どのようにして耐熱軽量構造を実現するかにかかっている。当然のことながら、複合材料の使用割合は在来機に較べて大幅に増加しており、主翼や胴体等の一次構造も含めて複合材料にならざるを得ない。軽量化という観点から複合材料の使用はまことに頼もしい手段であるが、検査方法や修理方法に改良の余地がある段階での全面的使用には賛成しかねる面もある。

また図-5に示すように現用のB747と較べて全長が1.5倍にも達するために、空港における取扱い、特にスポットのスペースや駐機方法、カーブのきつい誘導路でのタキシン

表-3 計画中の超音速旅客機の諸元

項目	コンコルド	米国	欧州	SJAC
座席数	100	304	250	300
巡航マッハ数	2.0	2.4	2.0	2.2
航続距離(NM)	3,350	5,000	5,500	6,000
最大離陸重量(ton)	183	333	340	408
				

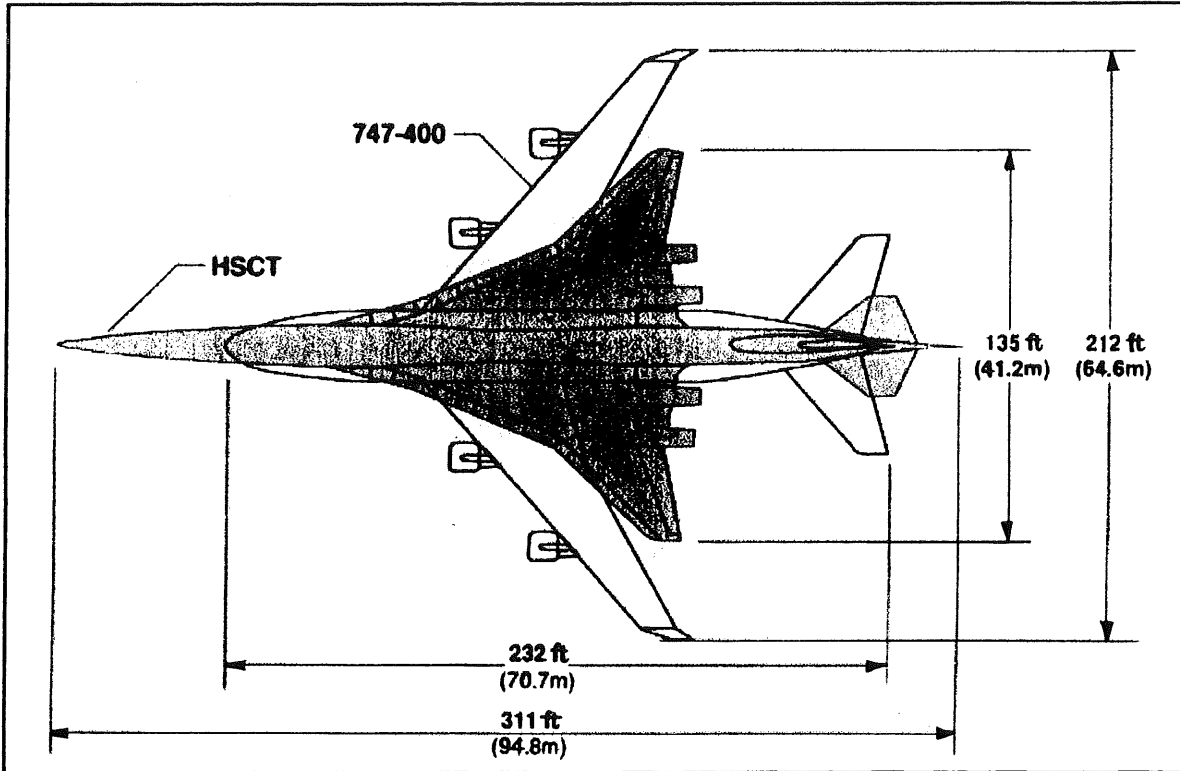


図-5 超音速旅客機と B747-400 の寸法比較

グに関して問題が生ずると予想される。

超音速機に使用されるデルタ翼は揚力傾斜が小さいので、離着陸のような大きな揚力係数が必要とされる時は機体のピッチ角も大きくならざるを得ない。コンコルドでは、このような状況でもコックピットの視界を確保するために機首が下方に折れ曲がる機構を採用していたが、次世代の超音速旅客機では重量の嵩むこのような機構を止めてビデオカメラを利用した合成視界が採用される見込みである。しかしながら、現段階ではパイロットよりの異論も多い。

### 6. 今後の見通し

2005 年から 2010 年頃にも出現が期待されているこの超音速旅客機であるが、開発費が巨額に及ぶと推定されていることや、需要機数がそれほど多くないという理由もあり、どの国も単独開発は困難で国際共同開発にならざるを得ないと思われる。

その場合には投入路線としてどこを想定す

るかにより、航続距離が大幅に変わるために調整に時間を要するであろう。常識的に考えれば最も短い 5000 nm より出発して、派生型として長距離型を開発していくことになると思われるが、単純に亜音速機並みにはいかないだろう。

環境への適合性については ICAO の動向がカギとなるが、技術的にはクリアーできる見通しは立っており、むしろいかに社会的合意を得るかの比重が大きいのではないだろうか。

超音速旅客機が主要な路線に就航した暁には、ちょうどジェット機が民間航空に導入された時と同じような変革が起こり、時間の価値は一層向上すると予想される。

### 著者略歴

昭和 50 年 3 月名古屋大学大学院修士課程修了。同年 4 月日本航空(株)入社、運航本部運航技術部配属。昭和 64 年運航本部飛行技術室、平成 4 年技術研究所。平成 9 年航空保安無線システム協会に出自。

## 民間輸送機の需要予測と騒音規制の影響\*

萩原 晟\*\*

1950年代終盤になって登場した本格的な民間ジェット輸送機の普及につれ、一大飛躍を遂げた民間航空輸送は、今日世界の空を覆い尽くす路線網上を11,000機のジェット機と6,500機のターボプロップ機が、1日平均69,000便飛び回っており、将来更に発展していくものと予測されている。従って必然的に増え続ける離着陸回数は一方で空港周辺住民への騒音の増加をもたらしている。こうした背景を基に、ここでは旅客と機材の最新の航空需要予測を紹介し、その予測において、環境問題特に騒音規制が需要にどんな影響を与えているかを述べることにする。

### 1. 航空旅客の予測

現在の世界の航空輸送量は2兆5270億人キロであるが、経済が成長するに伴い、20年後の2017年には2.8倍の6兆9980億人キロまで発展する。図-1に航空輸送とその成長要因との相関関係を示すが、経済が成長すれば、世界的にビジネスや観光による人の移動が活発になり、輸送機関である航空輸送も伸びることになるが、逆に不況の時はその伸びも鈍くなる。経済成長に加えて、実質的な航空運賃の低下も航空輸送発展の要因であ

る。つまり個人所得の増加と運賃の低下が相乗し、航空機による旅行が一般大衆のレベルまで拡がって航空輸送の発展に寄与してきた。

過去20年間、世界の経済は2度のオイルショックや湾岸戦争、また最近のアジア経済危機による不況を経験しながらも年平均3.8%の成長を続けてきた。航空運賃はB747を嚆矢とする座席当たりコストの低い大型機の出現や航空会社の経営努力により年平均3.9%で低下してきた。この結果航空輸送は世界平均で年6.4%の成長を達成している。

こうした成長の歴史の中で近年特筆されるべき変化は航空自由化によるものであろう。良く知られているように1978年、米国において従来免許制であった航空輸送業が、規制緩和法の施行により自由に参入できるようになったため、新規エアラインが続々と誕生した。彼らは安い中古機を購入し、低運賃を提供して既存エアラインの路線に参入してきた。このため既存のエアラインは旅客シェアを落とし、対抗上低運賃を提供せざるを得ないといったことにより軒並み収益が悪化した。しかし全米をカバーする路線網を有し、もともと体力的に勝る大手エアラインは一時の混乱から立ち直ると、コンピューターを駆使した運賃コントロール・システムを開発して低運賃に対抗、また不採算路線を整理して自社路線網を再整備し、運航の効率化と旅客の利便を両立させる運航形態の構築を行っ

\* Market Forecast with an Impact of Noise Regulation for Commercial Transport, by Sei Hagiwara

(General Manager, Group Leader—Marketing, Japan Aircraft Development Corporation)

\*\* (財)日本航空機開発協会第二企画室 市場調査グループリーダー主管

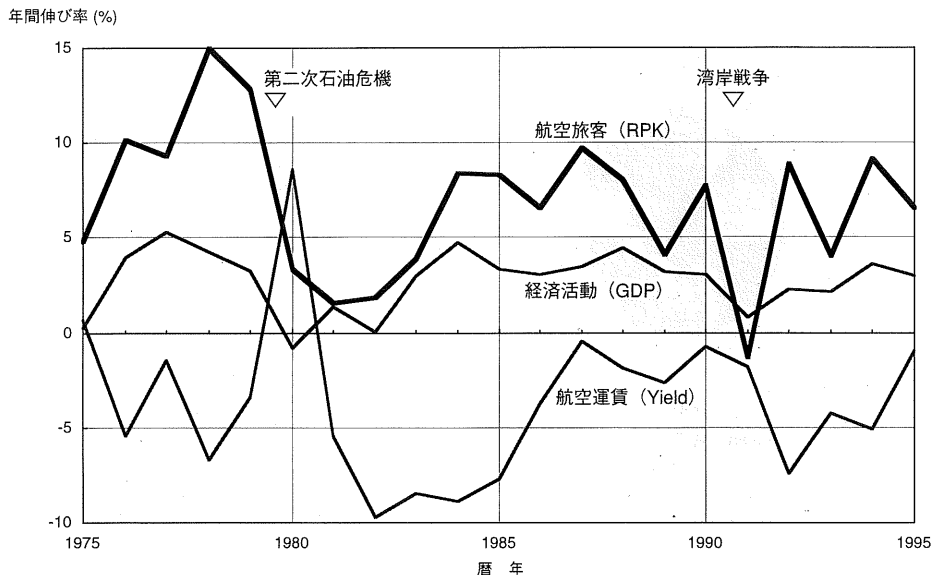


図-1 航空旅客と経済活動，航空運賃の関係（年間伸び率）

た。これがハブ・アンド・スポーク・システムと呼ばれるものである。こうした運航形態は旅客の利便性を考えて比較的小型機による多便数が基本であり、必然的に B 737, MD-80 や新世代 737 あるいは A 320 という 100~150 席機の需要増に繋がっている。また同時に大手の抜けた市場を埋めるコミューター航空の発達をも促している。

自由化の波は米国に留まらず、欧州にも押し寄せている。欧州は各国がそれぞれ国営のフラッグ・キャリアを有し、国益尊重の立場から二国間協定による相互平等が守られてきたが、欧州統一を図る EC の政策に合わせて、段階的な自由化が行われ、1997 年 4 月 1 日をもって EC 参加国域内は運賃の自由設定、自由な運航と便数の設定、外国（EC 内の）航空会社による自国国内線の運航が可能になった。この結果欧州においても大手航空会社間の競争が激しくなり、グループ化が加速され、また米国同様に低運賃で機内サービスを簡略化した航空会社が登場している。

自由化は国際間の輸送にも影響を与えている。その典型は北大西洋市場で、自由化により路線の細分化が起こり、B 767 や最新の B 777 等の双発機の需要が盛んになった。こ

の現象には双発機洋上飛行（180 分ルール）の普及も大きく貢献している。

こうした自由化による航空市場の活性化を視野に入れつつ、この先 20 年間の予測を行った結果、図-2 に示すように、旅客は年率 5.2% で成長すると予測され、地域別では、アジア・太平洋地域が北米の 4.0% や欧州の 4.9% より高い 6.5% の伸びを達成すると見られている。また長距離つまり主として国際間の輸送の伸びが短距離のそれを上回り、現在世界全体の座席キロで 37% の長距離市場のシェアは 20 年後には 41% を占めると予測されている。

この予測の背景となる世界経済は、米国や欧州の安定的な成長、アジア諸国の、現在陥っている経済危機脱出後に回復するとみられる高い経済成長の持続、旧共産圏諸国の自由主義経済移行や中南米の政情安定化による経済発展などの要因から年平均 3.6% で伸びる見通しである。もう一つの要因である運賃は、最新の機材による座席当たりコストの低減も限界に近づきつつあること、エアラインのコスト低減努力もかつてのように急激なものでなく、ゆっくりとしたものになるとの見方から今後は年 0.6% の緩やかな低下になる

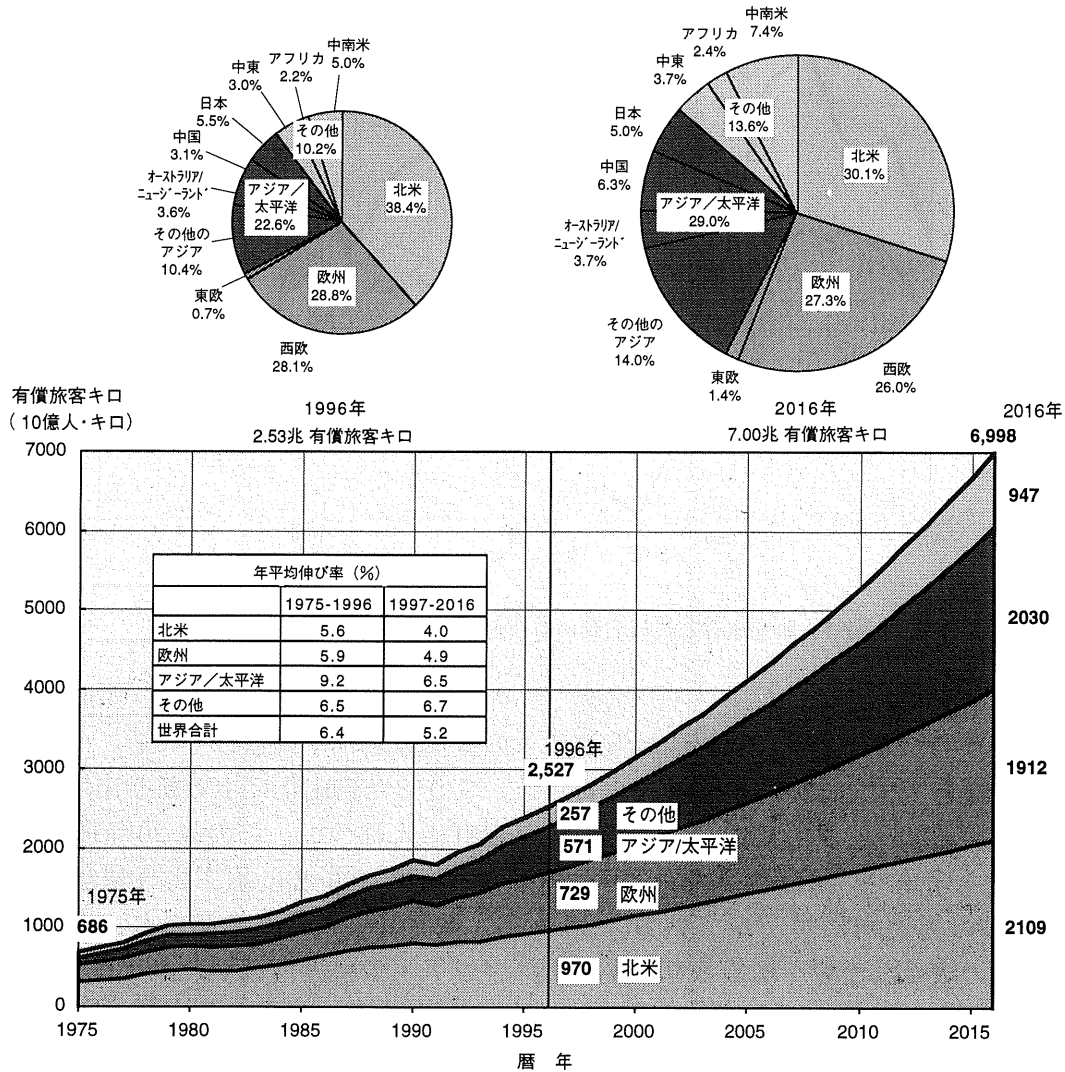


図-2 世界の航空旅客予測

と予想している。

この予測には現在各国で研究中の超音速輸送機や革新的な垂直離着陸輸送機の実現による新たな旅客需要の効果は盛り込んでいない。もし21世紀に超音速輸送機が出現すれば、長距離市場において、我が国の新幹線の例に見られる如く、高速による旅行時間短縮により新たな旅客需要が誘発される可能性が高い。またティルト・ローター機のような垂直離着陸機が都市の中心間を結ぶような短距離の路線に経済的に運航出来るようになれば、空港へのアクセス時間が短縮されて地上交通機関からのシフトによる旅客増が期待できる。しかしこうした超音速機や垂直離着陸

機の実用にはまだ時間がかかると思われる。

## 2. 航空機材の予測

前述の航空旅客の伸びに伴い、機材も増える訳であるが20年後に必要な機材数は図-3に示すように21,400機と予測されている。これは現在世界のエアラインで運航されているジェット機10,900機の2倍にあたる。その内訳は図-4に示されているが、細胴の121-170席の機材が7,000機で約1/3の大きなシェア占め、次いで広胴の230-400席の機材が5,500機で約1/4のシェアを占める。

この間に出荷される機数は図-5に示す騒音規制や老朽化により退役する6,300機の代



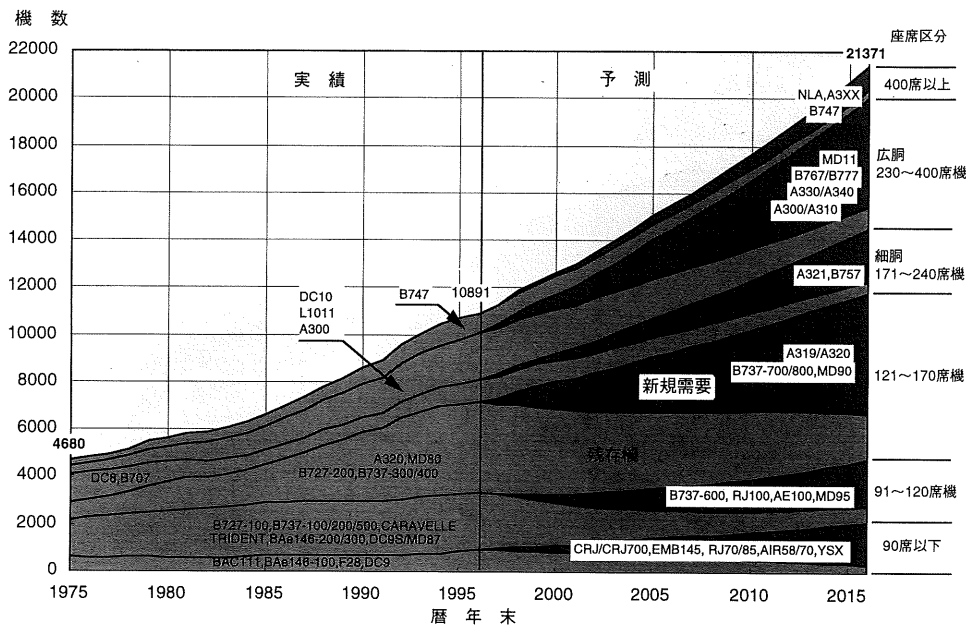


図-3 ジェット機の運航機材構成予測

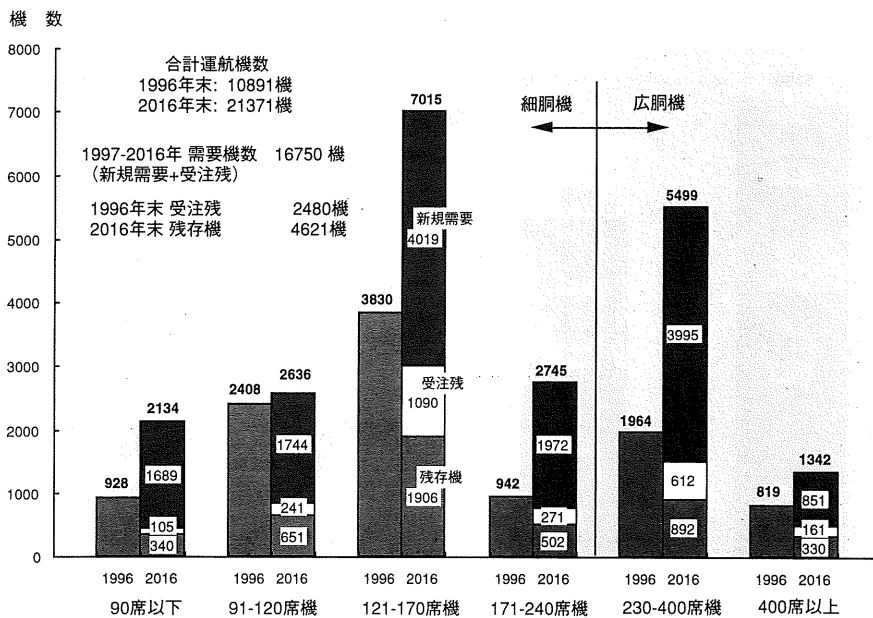


図-4 サイズ別ジェット機運航機数および需要予測

替需要と前述の旅客需要増大を賄うための新規需要分 10,500 機、合わせて 16,750 機である。しかしすでに約 2,500 機の発注残があるため、全くの新規需要は 14,250 機となる。機材サイズ別ではエアラインにとっての基本機材である B 737 シリーズや A 320 シリーズの 121-170 席クラスが約 4,000 機、B 767/

B 777 や A 330/A 340 の 230-400 席クラスが同じく約 4,000 機の新規需要があり、この両者で約 6 割を占める。この 230-400 席クラスの機材は今後の長距離国際線の主力機材と期待されており、欧米とアジアを直行する更に航続距離を延ばした派生型が開発中 (A 340-500/-600) あるいは計画 (B 777-200 X/-

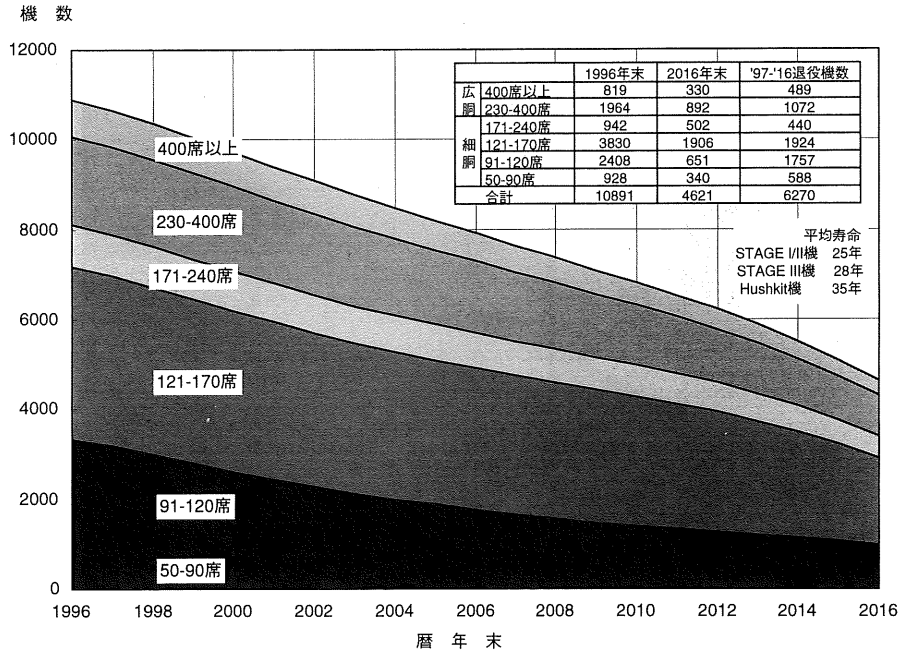


図-5 ジェット機の退役予測

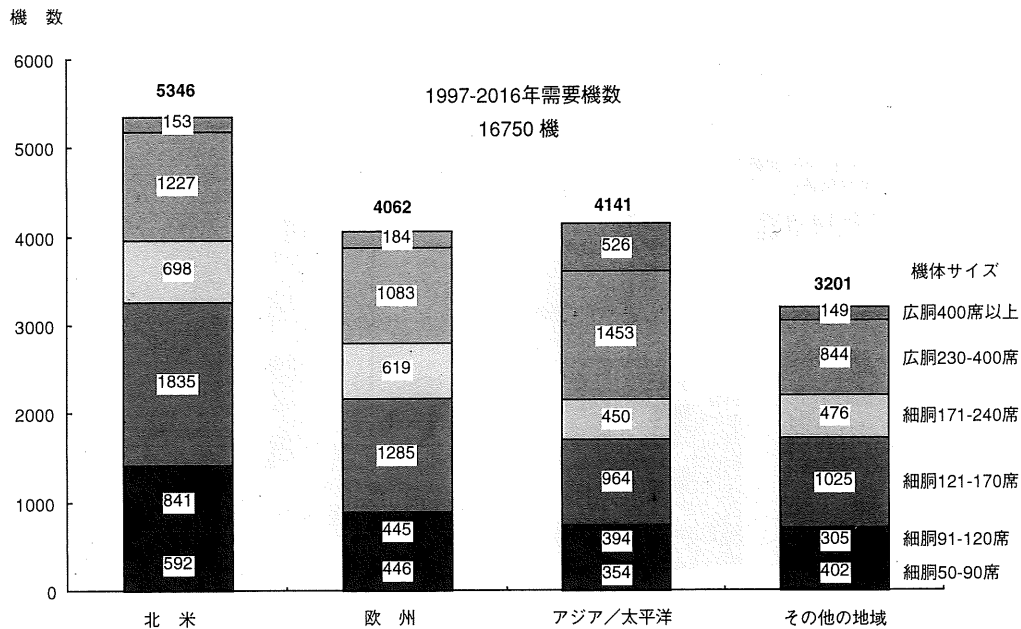


図-6 機体サイズ/地域別ジェット旅客機の需要予測

300 X) されている。また次の新規開発機と期待されるエアバスの A 3 XX やボーイングの 747-X, NLA (New Large Airplane) という大型の 400 席以上の機材は、既存の B 747-400 を含んで 1,000 機程度の需要が見込まれる。このうち 500 席以上の超大型機は、空港容量の制限から現在以上に発着回数

を増やせない成田やロンドンのヒスロー空港をベースとするエアラインや今後大きな伸びが予測されるアジア地域用に必要とされているが、市場としては限られたものという見方もある。こうした 100 席以上の市場は MDC 社が 97 年 7 月にボーイング社に吸収合併された結果、エアバス社との 2 社体制になり、

両社の競合は益々激しくなると思われる。

一方 120 席以下の小型ジェット機の需要は最近話題が豊富な 50 席クラスも合わせて 3,400 機の需要が予測される。この市場は自

由化の傾向が強まると共に必要性が増し、従来はターボプロップ機が運航されていた路線のジェット化や比較的旅客規模の小さい新規路線の開拓に使われている。この市場にはボ

#### (1) ICAO 規制

##### a : Phaseout の開始

・ ICAO 加盟国は、1995 年 4 月 1 日以降、Chapter 2 機の退役を加盟国内において強制できる。

##### ・ 適用猶予事項

(1995 年 4 月 1 日から 2002 年 3 月 31 日の 7 年間、下記に相当する機体は運航できる。)

- ① 耐空証明を受けてから、25 年を越えていない Chapter 2 機。
- ② Chapter 2 機の広胴機 (特に 747-100 と IL-86 が該当する)
- ③ High Bypass Ratio エンジン装備で広胴機の Chapter 2 機

##### b : Phaseout の終了

・ 2002 年 3 月 31 日までに、全ての Chapter 2 機を退役させる。

#### (2) 欧州規制

a : 規制の対象となる航空機は、欧州の運航者並びに EC に乗り入れている外国の運航者が所有するなかでその全備重量が 75,000lb 以上で座席数が 19 席以上のものである。

b : 前項の全ての航空機は、1995 年 4 月 1 日までに ICAO Annex 16 Chapter 3 Noise Limits に適合しなければならない。但し、次に該当する航空機は猶予される。

##### ・ 適用猶予事項

- ① 1994 年 4 月 1 日までに、Hushi Kit が代替機の発注がされた航空機。
- ② 耐空証明を受けてから、25 年を越えていない航空機。
- ③ 発展途上国の航空会社が乗り入れる航空機。
- ④ Engine Bypass Ratio が 2 以上の航空機。
- ⑤ 1 年間に Total Subsonic Jet Fleet の 10 % を越える比率で Chapter 2 機の退役

c : 前項の全ての航空機は、2002 年 4 月 1 日までに ICAO Annex 16 Chapter 3 Noise Limits に適合しなければならない。

(2002 年 3 月 31 日までに全ての Chapter 2 機を退役させる)

#### (3) 米国 FAA 規制

##### a : Final Compliance

・ 下記の適用除外事項を除き、Stage 3 ノイズ・レベルに適合した機体を除く全ての機体は、1999 年 12 月 31 日以降は運航できない。

##### 適用除外事項 (Waivers from final compliance)

1997 年 7 月 1 日までに、Stage 3 ノイズ・レベルに適合した機体が運航機材の 85 % に達し、適合していない機材については Stage 3 ノイズ・レベルに適合するように代替機の Firm orders か Modifying の計画を有するエアラインは、残存の Stage 2 機の運航が 2003 年 12 月 31 日まで許容される。

##### b : Phased Compliance

・ エアラインは夫々の時期において、下記の Stage 2 機を減らすか Stage 3 機を増やすかの 2 つから 1 つを選択できる。

イ、Stage 2 機の機数を減らす

1991 年 1 月 1 日から 1991 年 7 月 1 日の間の Stage 2 機の機数を基準とし、

- ① 1994 年 12 月 31 日以降、基準数に対する Stage 2 機の比率を 75 % 以下とする。
- ② 1996 年 12 月 31 日以降、基準数に対する Stage 2 機の比率を 50 % 以下とする。
- ③ 1998 年 12 月 31 日以降、基準数に対する Stage 2 機の比率を 25 % 以下とする。

ロ、Stage 3 機の機数を増やす

自社の運航機材に占める Stage 3 機の比率を

- ① 1994 年 12 月 31 日以降、55 % 以上とする。
- ② 1996 年 12 月 31 日以降、65 % 以上とする。
- ③ 1998 年 12 月 31 日以降、75 % 以上とする。

#### (4) 適合機材

##### Stage 2 機

F28, BAC111, Caravelle, Trident, Mercure, Concorde, CV880, CV990, B707-720, B727-100/200, DC-8 (-70 シリーズは除く), DC-9, B737-100-200, B747-100/200/SP(但し CF6, RB211, JT9D-7Q/-70/-7R4G を装備する機体は除く)

##### Stage 3 機

F100, BAe146, B737-300/400/500, A300, A310, A320, DC8-70 シリーズ, DC-10, MD-80, MD-11, L-1011, A330, A340, B757, B767, B777, B747-100/200/SP(但し CF6, RB211, JT9D-7Q/-70/-7R4G を装備しない機体は除く), B747-300/400

図-7 騒音規制による Stage 2 機の運航制限

ーイングの B 737-600 や B 717 (旧 MDC の MD-95), またエアバスの A 318 があるが, この 2 大メーカー以外にもカナダのボンバルディアは 50 席の CRJ-100/200 に続いて 70 席の CRJ-700 の開発を進めており, また 90 席の新型機の開発を決定している。またブラジルのエンブラエルはやはり 50 席の EMB-145, 続いて小型化した EMB-135 の販売に成功しており, 最近ではフェアチャイルド・ドルニエ社が 50 席, 70 席, 90 席をシリーズ化した 528/728/928 の開発を開始して, 激しい競争状況となりつつある。

地域別の需要では, 図-6 に示す如く北米が最大で, 欧州とアジア・太平洋地域がほぼ同一規模の需要があるが, 北米の需要のうち 3/4 は細胴機であるのに対しアジア・太平洋地域は約 1/2 が広胴機で, 大型機の必要性が高い。

この予測は今後 20 年間の見通しを述べたものであるが, 2015 年頃には超音速輸送機の出現も予想される。この予測はそれを含めたものになってはいないが, 別個にその需要を予測すると, 設定される割り増し運賃や旅

行時間の短縮率にもよるが, 出現後 10 年で 1,000 機程度の需要があると予測される。

### 3. 騒音規制による需要への影響

すでに述べた経済活動の活発化による航空輸送の伸びや, 更に広がりをもせる自由化による市場励起といった航空輸送市場自身の成長による需要を別として, 最も需要に影響をあたえる要因は環境問題, なかんずく騒音問題であろう。先進諸国 (米, 欧, 日) においては最も騒音の大きい Stage 1 機はすでに運航を禁止されており, 現在問題となっているのは Stage 2 の機材で, 図-7 に ICAO, 欧州, 米国での運航制限の状況を示す。

Stage 2 機は米国では 1999 年 12 月 31 日, 欧州では 2002 年 3 月 31 日をもって運航禁止が決まっており, 現在世界で 4,200 機が運航されているこれらの機材の代替がここ 1~2 年の需要に影響を与えている。図-8 に示す年間の出荷機数の予測では, 98 年に出荷 850 機のピークを迎え, その後は年間 700 機に落ちたのち, 再びピーク時と同レベルの 800 機前後に回復する。この過去の状況と比べては

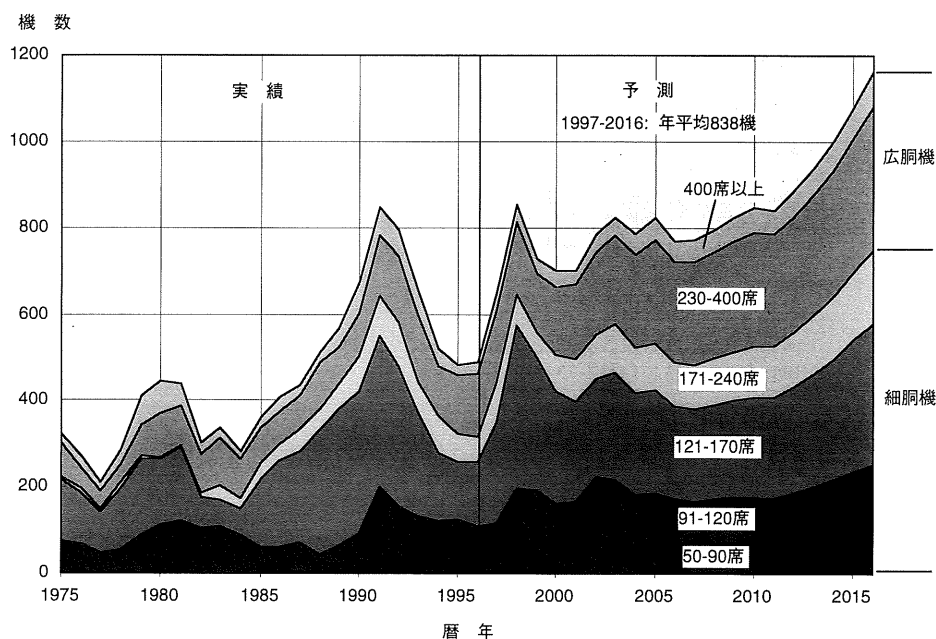


図-8 ジェット機の年間納入機数予測

るかに多い機数が出荷される 97 年から 2000 年までの間が、騒音規制による、Stage 3 機への代替需要が大きく影響を与えている。2005 年以降の出荷機数の増加は新規需要に対処するものであるが、現実的な生産能力がこれに対応できるかどうかは問題である。

一方前項の最後に述べた超音速輸送機においても、超音速飛行のための大出力エンジン搭載により必然的に騒音は大きくなるため、その低減には大きな努力が傾注されており、現在の基準はともかく、将来確実に予想される更に厳しい基準をクリアするにはかなりの困難を伴うと言われている。このため、一部には超音速輸送機の実現は遠のくとの見方も出てきている。そうなれば小型の超音速輸送機が出現する可能性が高くなるが、コンコルドの例に見られる如く、主要路線での主力機材とはなりにくく、需要も限られたものになることも予想される。従って超音速輸送機の出現時期もまた、環境問題に左右されると共に、需要にも影響を与えることになるが、その予測はまだ不確定要素が多く、困難である。

排出ガスの問題も話題になりつつあるが、**図-9**に示すように民間航空機が排出するエミッションの量は他産業に比較して著しく低く、何らかの規制が行われるまでには至っていない。更にエンジン・メーカーはエミッシ

**The airlines are very clean**

Contribution of pollutant emissions

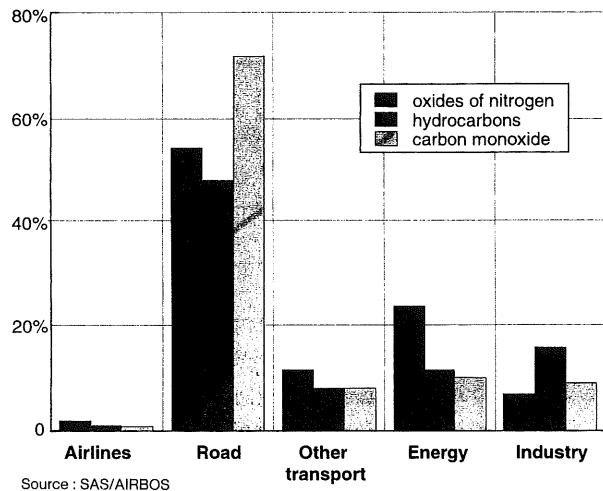


図-9

ョン低減の技術開発努力を続けており、新型エンジンの排出量は確実に少なくなってきている。従って騒音規制のように、機材需要に影響を与えるような事態には至らないであろう。

著者略歴

昭和 42 年 3 月工学院大学生産機械工学科卒。  
 昭和 46 年 1 月日本航空機製造(株)入社 YS-11 製造、YX/B 767 開発に従事。  
 昭和 57 年 9 月三菱重工(株)入社(財)日本航空機開発協会に出向。  
 以後民間輸送機の市場調査業務に従事。平成 8 年 4 月現職。

## 研究報告

## ハイブリッドエアポートモデルについて\*

吉 岡 序\*\*

## 1. はじめに

現在において航空機騒音のモデル計算は、新型機の導入、飛行経路変更、新空港建設などの新たな計画に際して事前に騒音の影響範囲を予測する場合だけでなく、現状の航空機騒音の影響を評価する上でも不可欠となっている。しかし、そのモデル計算には各国において様々な手法が用いられているのが実情である<sup>1)</sup>。モデル計算に関する国際的な動向としては、ICAO CAEP (国際民間航空機関・航空環境保全委員会) が1988年に作成した航空機騒音のモデル計算手法のガイドラインである Circular 205<sup>2)</sup> の見直し作業が1997年より進められている。この作業を行うためには各国のモデル計算手法の情報が必要であることから、CAEP ワーキンググループII<sup>3)</sup> の下にタスクグループが設置され、タスクグループへの参加協力が広くCAEP加盟国に対して呼びかけられた。一方、わが国の航空局は当協会に「航空機騒音予測技術の精度向上の検討」を指示していたこともあり、この呼びかけに積極的に応えることとして、当協会に設置されている「航空機騒音委員会」において対応することになった。実際の作業は航空環境研究センターが自主研究の一環とし

で行っている。このタスクグループでの作業は3段階に分けられている。まず第1段階は世界各国のモデル計算手法の情報を収集すること、次に第2段階では世界各国の空港の部分的な情報を幾つか組み合わせた仮想空港モデル、すなわちハイブリッドエアポートモデルを構築し、このモデルについて、各国が所有しているモデル計算プログラムにより空港周辺における24時間の等価騒音レベル(LAeq, 24 h)を計算し、各国の結果を比較検討すること、そして第3段階は更にそのモデル計算結果と実測値を比較検討し、これらを基にCircular 205を現状に即した内容に改定することである。なぜ「仮想空港」を構築することになったかについて補足すると、各国共にそれぞれ航空機騒音環境対策の基準が異なるため、特定の実在空港をモデルにした場合、その空港周辺の対策の良否が他国のものと明確に比較され、あれこれと批判的にされる懸念があるためと考えられる。

さて、1999年1月において、すでに第2段階まで完了しており、現在は第3段階の作業が進められているところである。本稿では第2段階のハイブリッドエアポートモデルの構築、並びに参加各国によるモデル計算結果について、1998年10月に開催されたタスクグループ第2回会議(ICAO CAEP WG II TASK MODEL 1 2<sup>nd</sup> MEETING)<sup>4)</sup>における討議結果を基に述べる。

\* Hybrid Airport Model,  
by Hisashi Yoshioka (Senior Research Engineer,  
Noise and Vibration Division, Aviation Environment Research Center)

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

## 2. ハイブリッドエアポートモデルの構築

ハイブリッドエアポートモデルとは、前述の通り実在する空港の部分的な情報を組み合わせて作る仮想空港のモデルである。このモデルを構築するために ICAO CAEP 加盟国に対し、①滑走路情報（滑走路座標、滑走路方位、滑走路長、滑走路の平均標高、離陸滑走開始座標、着地点座標）、②飛行時気象情報（風向風速、気温、相対湿度、大気圧）、③運航情報（運航方式、運航の形態、使用滑走路、航空機型式、エンジン型式、目的地または出発地までの距離、離着陸重量）、④飛行経路情報（飛行経路データ 3次元座標、飛行速度）、⑤騒音モニタリング情報（測定点位置座標、滑走路上からマイクロホンまでの高さ、暗騒音による足切りレベル、周辺の状況）、および⑥騒音データ（ピーク騒音レベル [L<sub>Amax</sub>]、単発騒音暴露レベル [L<sub>AE</sub>]) の提供が求められた。わが国を含め 8 カ国がこれらの情報の提供を行った。わが国が提供した情報については新東京国際空港、大阪国際空港の分が採択されている。

各国から提供された情報は、タスクグループリーダーであるイギリス NATS (ナショナル・エア・トラフィック・サービス) の J. B. Ollerhead 氏がとりまとめ、最終的に図-1 に示すように東西、及び南北に延びる 2 本の 4000 メートル滑走路を有する仮想空港が構築された。また、それらの滑走路に対して、離陸経路が 31 トラック、着陸経路が 19 トラック想定されている。図-2 に各飛行経路に

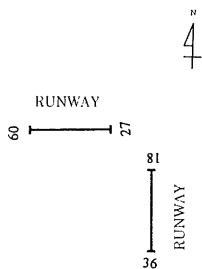


図-1 ハイブリッドエアポートモデルの滑走路配置

おける個々の飛行軌跡の例を示した（離陸のみ）。このハイブリッドエアポートモデルのデータは参加各国に配布され、各国の独自の手法により、図-2 で示した個々の飛行軌跡を基に平均飛行経路を算出し、その後モデル計算が行われる。図-3 はわが国が算出した各飛行軌跡の平均飛行経路である。図中の実線は離陸を、点線は着陸を表したものである。



図-2 個々の飛行軌跡の例（離陸時のみ）

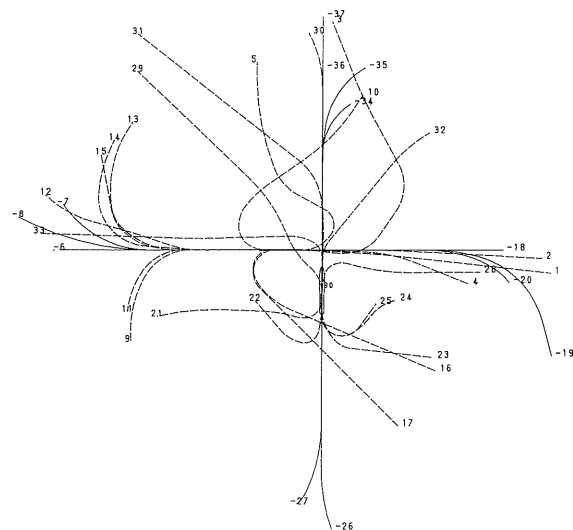


図-3 わが国のモデル計算に使用した平均飛行経路（離陸+着陸）

## 3. 各国のモデル計算手法の概略と計算結果について

ハイブリッドエアポートのモデル計算には、わが国を含めて計 9 カ国が参加したが、

前述のように行政的な問題もありモデル計算結果の公表を望まない国々もあったので、ここでは9カ国の実名は使わず、代わりにA～Iのアルファベットで表すこととする。

### 3.1 モデル計算手法の概略

- ①参加国 A：基礎データは空港周辺で実測して作成されている（飛行プロファイルはレーダー情報から）。LAeq, 24 h の計算方法は独自のもの。側方過剰減衰量の計算は実測に基づいた方法が使われており、SAE AIR 1751（米国自動装置技術者協会が提案している側方過剰減衰量算出方法）の減衰量のほぼ半分になるように、Air to Ground の減衰量が仰角 15 度以下で生ずるものと仮定している。
- ②参加国 B：基礎データは航空機製造会社からのデータを使っている。LAeq, 24 h の計算手法は独自のもの。側方過剰減衰量の計算方法は SAE AIR 923（前出 AIR 1751 の前身、1966 年のもので既に廃止されている）を使っている。減衰量については述べていなかったが、計算方法は参加国 A に似ている。
- ③参加国 C：基礎データは騒音証明データを解析したものと、INM のものを使っている。LAeq, 24 h の計算方法は独自のもの。側方過剰減衰量の計算は実測に基づいた方法が使われており、離着陸を別々に計算している。
- ④参加国 D：基礎データは空港周辺で実測して作成されている。周波数分析したデータと言われているが、バンドレベルのデータをそのまま基礎データとしているのか、それを基に LAE 等を算出して基礎データとしているのか不明。LAeq, 24 h の計算方法は独自のもので、飛行経路の分散も計算。側方過剰減衰量の計算方法は参加国 B と似た方法で、減衰量は仰角 15 度以下で SAE AIR 1751 の減衰量のほぼ半分になるようにしている。
- ⑤参加国 E：基礎データは空港周辺で実測して作成したものと、一部 INM のものを使用している。特に騒音基礎データには長期にわ

たる実測データが反映されていると言われている。LAeq, 24 h の計算方法は INM に似ているが、エンジン推力、速度の設定が異なっている。

⑥参加国 F：基礎データは航空機製造会社からのデータと、一部 INM のデータを使っている。LAeq, 24 h を直接計算せず、実測した ECPNL と LAeq, 24 h の関係から、求めようとする LAeq, 24 h に相当する ECPNL を計算して代用している。側方過剰減衰量の計算は SAE AIR 1751 の方法を一部変更して、Air to Ground の減衰量を実情に合わせて調整して使用している。飛行経路の分散も計算している

⑦参加国 G：INM のバージョン 5.0 (5.1?) を使っている。

⑧参加国 H：INM (Integrated Noise Model 米国連邦航空局が開発した航空機騒音モデル計算プログラム) のバージョン 3.0 を使っている（相当古い）。

⑨参加国 I：INM のバージョン 5.1 を使っている。

### 3.2 モデル計算結果について

モデル計算は離陸、着陸、及び離陸+着陸の3つのケースについて、LAeq, 24 h を算出してコンターを描いて比較した。コンターの形状は各国間で違いがあったが、その違いは着陸よりも離陸の方が顕著であったため、離陸時における LAeq, 24 h 55 dB で各国間のコンターが比較された。図-4 に離陸時における LAeq, 24 h 55 dB のコンターの比較を示し、表-1 には各国の LAeq, 24 h 55 dB の離陸コンター面積を示してある。

全体的にみてコンター面積は、空港周辺で実測したデータ（実態調査データがベース）を基礎データとする参加国のモデルでは大きめ、また航空機製造会社からのデータ（騒音証明データがベース）を基礎データとする参加国のモデルでは小さめとなる傾向がある。この両者の傾向の違いの大きな原因として



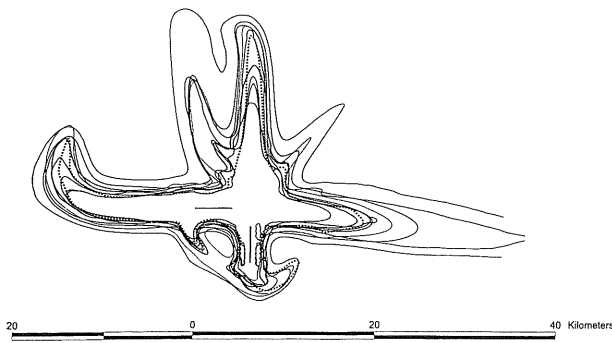


図-4 離陸時における LAeq, 24 h 55 dB コントアの比較

表-1 LAeq, 24 h 55 dB のコントア面積比較

国名	コントア面積(km <sup>2</sup> )
参加国 A	597
" B	330
" C	322
" D	311
" E	222
" F	199
" G	173
" H	166
" I	164

は、計算時の飛行重量、並びにエンジン推力設定等に関する考え方の相違と思われる。この件について、前者グループの参加国 A の説明では、「レーダーを使って実運航時飛行プロファイルの測定を行い、そのプロファイルの分布から離陸重量を推定している。モデルでは推定したその重量で使われる推力設定で計算している。」であり、後者グループの参加国 F の説明では、「飛行プロファイルとエンジン推力設定は機体性能データから、また離陸重量の設定については目的地までの距離に応じた平均重量を設定している。」となっている。また側方過剰減衰の計算方法も各国で異なっており、これも計算結果に影響を与える一因となっている。側方過剰減衰の計算方法は SAE が提案した AIR 1751 があり、INM 等に組み入れて使われているが、その計算方法による過剰減衰量は実情に合わなくなってきたとして、SAE において見直しが進められている。

わが国は上記 9 カ国のうちのどれであるかは明記できないが、さほど偏ったものではないことを付言しておく。

#### 4. むすび

ハイブリッドエアポートモデルの計算結果から各国間における相違が明確になったが、これは基礎データと、計算手法が国によって異なることから当初から予想されたことであった。ここで重要なことは、どこの国のモデルがより正確に計算できるかというよりも、各国がその国の実情に合った独自のモデル計算手法を確立し、その計算結果を基に空港周辺の騒音環境対策が進められてきたということではなかろうか。

ハイブリッドエアポートモデルの構築に先立ち、ICAO CAEP より Circular 205 の改定についてアンケート調査があった。22 の ICAO CAEP 加盟国にアンケートを配布し、17 カ国から回答得られ、「改定後の Circular 205 はどうあるべきか？」の質問の中で、「標準となるべきである」に賛成したメンバーが 9、反対が 6、無回答が 2 であった。

ちなみに、わが国の航空局は、「Circular 205 は今後、新たにモデル計算手法を開発する国等の指針になるようなもので、国際的標準とするべきものではない。」という立場をとっている。

#### 文 献

- 1) 「航空機騒音の予測手法について—FAA 及び ICAO の手順との比較—」吉岡, 牧野, 山田, 日本騒音制御工学会技術発表会, 平成 7 年 9 月
- 2) 「Recommended Method for Computing Noise Contours Around Airports」ICAO CAEP CIRCULAR 205-AN/1/25 1988
- 3) 「ICAO/CAEP の動向 (航空機騒音)」吉岡, 航空環境研究, No 1, 1997
- 4) 「Round Robin Exercise using the Hybrid Airport: Phase 2 Results」, Presented by Focal Point, ICAO CAEP WG II TASK MODEL 1 2<sup>nd</sup> Meeting, October 1998

## 研究報告

## 航空機ジェットエンジン排出物の実測とその測定結果\*

柴田正夫\*\* 水島 実\*\* 橋本弘樹\*\* 鈴木孝治\*\*,\*\*

## 1. はじめに

航空機エンジンから排出される化学物質には、一般大気環境において人体の健康に影響を与える汚染物質として監視及び規制されているものが少なくない。このため本研究センターでは、航空機エンジン排出物が一般大気環境に与える影響について調査するために、大阪国際空港内及び空港に隣接する地点に大気汚染常時監視測定室を設けて大気汚染物質の常時監視を継続的に行っている<sup>1)</sup>。このような大気汚染物質を全国のすべての空港において常時監視することが望まれるが、これには莫大な費用がかかる。そこで空港に離着陸する航空機の数、機種及び気象条件等を基に空港周辺における大気汚染物質をシミュレーションすることで空港周辺の大気汚染の実態を推測する方法を開発した<sup>2)</sup>。シミュレーションを行うためには航空機エンジンの基礎資料として排出物原単位（エミッション・インデックス）が必要となる。この排出物原単位とは航空機エンジンを航空機の運航モード（通常は ICAO（国際民間航空機関）の LTO

（Landing and Take off）サイクル）で運転させたときに排出される大気汚染物質を各エンジンについて測定し、まとめたものである。

我が国においては、平成9年10月に航空法の一部改正がなされ、耐空証明の中に ICAO の決定に基づく航空機排出物規制が導入された。これに伴い、今後の航空機エンジン排出物規制への適合性証明を行うにあたって排出物の測定が必要となる場合がある。このため、証明にあたっての航空機ジェットエンジン排出物を計測するための方法を検討し、マニュアル化をする目的で航空機エンジン排出物の実測を検討した。

現在我が国の航空機排出物証明は、ICAO の規制を踏襲しており、スモーク、一酸化炭素、炭化水素、窒素酸化物についての規制値が定められている。これらの物質は、いずれも代表的な大気汚染物質であるが、我が国では平成8年5月に大気汚染防止法が改正され、従来問題となっていたこれらの大気汚染物質以外にも有害大気汚染物質として新たな物質にも対策を講じることになった。中央環境審議会では、「有害大気汚染物質に該当する可能性がある物質」として234物質からなるリストを示すとともに、この中から、優先的に対策に取り組むべき「優先取組物質」として22物質を選定している<sup>3)</sup>。そのうちベンゼン、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンの3種類に環境基準を平成9年4月に設定した<sup>4)</sup>。このように近年は航空機排出

\* Inorganic and Organic Chemical Components Emitted from a Boeing 767 Jet Engine, by Masao Shibata, Minoru Mizushima, Hiroki Hashimoto, 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）

物証明で規制されていない物質に対しても大気規制が進んでいく傾向があるため、航空機エンジンから実際どのような物質が排出されているかを詳しく把握しておくことが重要である。本報告では航空機排ガスとして規制対象となっているスモーク、一酸化炭素、炭

化水素、窒素酸化物のほか、従来ほとんど報告されていない詳細な炭化水素類の成分と濃度についても測定を行った。また、悪臭成分として規制されているカルボニル化合物や地球温暖化の原因物質として注目されている亜酸化窒素についても濃度計測を行った。測定

表-1 航空機エンジン排出ガス測定調査結果の比較

調査実施年	昭和47年度	昭和48年度	昭和57年度	平成3年度	平成8年度
調査組織	環境庁 大阪府	環境庁	運輸省	東京都	環境庁
調査対象 エンジン	PW JT8D-9 RR Dart-10	PW JT3D-3B PW JT9D-7	PW JT9D-7Q	JT9D シリーズ及び CF-6 シリーズを対象 に9機種のエンジン	PW JT9D-7R4G2 PW PW4460
調査項目	①ガス状物質 CO, THC, NOx, SOx, アルデヒド類 ②粒子状物質 排出量, 金属成分	①ガス状物質 CO, CO <sub>2</sub> , THC, NOx, アルデヒド類, 炭化水素組成, シアン化物 ②粒子状物質 排 出量, 金属成分, 形態観察, 多環芳 香族化合物	①ガス状物質 CO, CO <sub>2</sub> , THC, NOx, アルデヒド類 炭化水素組成, ②煙(スモーク)	①ガス状物質 CO, CO <sub>2</sub> , THC, NOx	①ガス状物質 CO, CO <sub>2</sub> , THC, NOx
排出ガス 採取方法	逆推力機構を利用した排ガス採取法	改造 PT-7プロープ(タービン出口圧力測定用プロープ)を利用した排ガス採取法	ICA0の要求仕様を満足するサンプリング・プロープによる排ガス採取法	エンジン下流の排気ダクト内の試料大気を吸引ポンプで採取する方法	PT-7プロープ(タービン出口圧力測定用プロープ)を利用した排ガス採取法
調査結果	CO, THC, NOxに関しては各資料(調査結果及び文献値:PW社のデータ)の間にも相当なばらつきが見られる。	CO, THC, NOxに関しては文献値(PW社のデータ)と極めて良く一致した結果が得られている。	CO, THC, NOxに関しては文献値(ICA0のデータ)と極めて良く一致した結果が得られている。	CO, THC, NOxに関しては文献値(ICA0のデータ)に近いデータが得られているが、THCに関しては文献値と大きく異なる。	CO, THC, NOxに関しては文献値(ICA0のデータ)に近いデータが得られているが、THCに関しては文献値と大きく異なる。
課題	排出口の位置によって、汚染物質の濃度に差が生じた。したがって平均的な濃度を正確に求めるには、さらに多くの採取管をもうける必要がある。	特にコメント無し。	実測値を検証する場合、エンジンの個有差を含めたバラツキが出るためバラツキに対して正確な評価をなし得るだけの十分な実測回数を重ねる必要がある。	実測値を検証する場合、サンプリング方法、計測方法を十分に考慮する必要がある。	導管部のヒータイングが充分でなかったため測定のための排出ガスが測定器にくるまでに冷えてしまい(約30度前後)、水が凝縮してしまった。このため、HC等のデータの信頼性に問題有り。

は、代表的な航空機のジェットエンジン一種類であるが、航空機排出物の原単位量を知る上で貴重なデータとなるであろう。

## 2. 測定

### 2.1 航空機エンジン排出物の計測方法

航空機エンジン排出物の計測方法は、代表的なものとして国際民間航空機関 (ICAO)、米国環境保全局 (EPA) 等の方法がある<sup>5,6)</sup>。我が国においては環境庁などにより過去に数回航空機エンジン排出ガスの測定が行われている。表-1 に過去の計測方法と結果を比較した。ICAO の計測方法では、排出物採取のための特別なプローブが必要であり、また、それぞれ異なるエンジンでは異なるサンプリングプローブを要するため、実際にこの方法を適用するには、かなりの費用が必要である。一方、平成3年度に行われた方法はエンジン排出後の排出ガスを大型の排気ダクト中で測定するため、簡便ではあるが炭化水素類がダクト内で凝集したり、付着するために測定値が低くなる問題があった。

こうした中、昭和48年度及び平成8年度に実施されたエンジン排出口付近に取り付けられた圧力及び温度計測用のプローブを利用して排出ガス成分を計測する方法は、エンジン排出口でガス成分を採取している点、排出ガス採取用のプローブとして既に取り付けられているプローブ (PT-7) (図-1) を利用する点から、排ガスをエンジン出口で捕集する ICAO の方法に酷似しており、信頼性の高いデータを取得できるという特長がある。この PT-7 を利用すれば2次空気 (ファンを通過した燃焼に無関係な空気) の影響を受けることなく、1次空気 (燃焼室を通過した空気) の排出ガス濃度を直接測定できる利点があるが、PT-7 プローブを利用できるのがプラット・アンド・ホイットニー系のエンジンに限定される。

本研究におけるエンジン排出物実測の目的

が、航空機エンジン排出物実測を国内で行うことが可能なこと及び信頼性のある排出物原単位 (エミッション・インデックス) を算出すること、さらに、従来ほとんど測定されることのなかった排出ガス成分 ( $N_2O$ 、アルデヒド、ベンゼンといった有害大気汚染物質) の測定を行い、それぞれの原単位を算出することである。このような観点から、信頼性が高く、ICAO の方法のような特殊なサンプリングプローブを作製することなしに実測できる方法が求められた。このため、その対象となるエンジンの型式が限定されるという点はあるにせよ、本研究ではタービン出口圧力測定用プローブ (PT-7 プローブ) を利用したエンジン排出物の実測を採用した。

### 2.2 測定対象エンジン

本調査は、日本で使用されている航空機エンジンの中から調査対象エンジンとして、B767型航空機に搭載されている次のエンジンを用いた。

エンジン名称：プラット・アンド・ホイットニー社製 JT9D-7R4 Dエンジン

型式：ターボファン、二軸 (16段圧縮機、6段タービン) アニュラー型燃焼室

型式証明：E3NE, 申請日1979年2月14日, 取得日1980年11月25日

エンジン使用時間/使用サイクル：12,592時間/1,763サイクル

定格離陸推力：213.5 KN (48,000ポンド, 21,773 kgf)

全圧縮比：23.4

空気流量：725.3 kg/sec (Typical), バイパス比5.0

### 2.3 測定実施場所

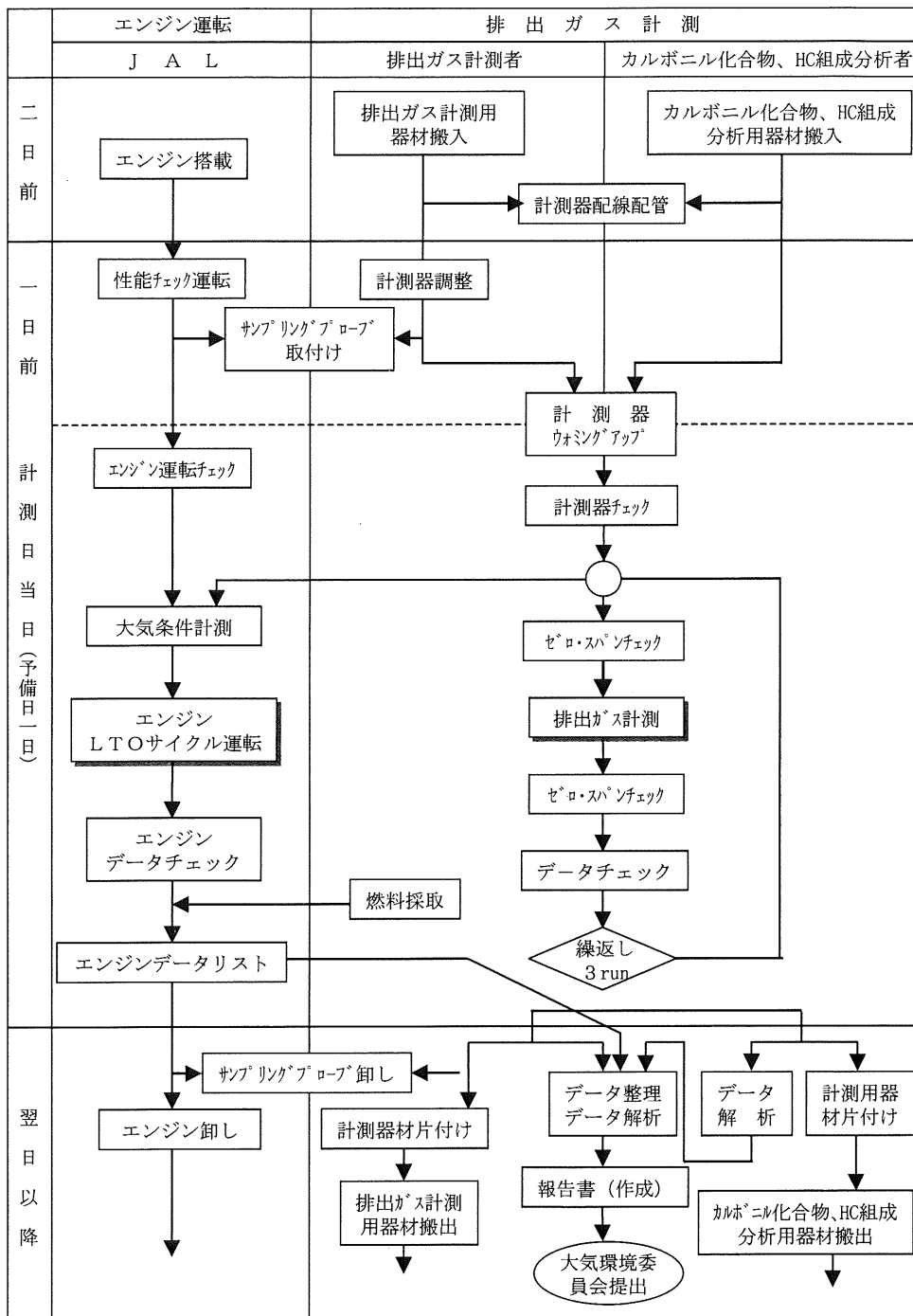
航空機エンジンからの排出物の採取及び測定は非常な危険を伴う作業なので、まず測定

者の安全をはかり、ついで測定の実施が天候等で左右されないようにするため、新東京国際空港内の日本航空株式会社エンジン整備工場第3工場内エンジン・テスト・セルで実施した。

### 2.4 測定実施日

測定実施年月日は、平成9年8月27日(水)で天候は晴れ、湿度は64.5~67.4%であった。航空機エンジン排出物を測定するための準備及び計測の実施については、表-2に従った作業を行った。

表-2 航空機エンジン排出物計測のための作業日程表



## 2.5 測定対象成分

測定する成分は、次のものを対象とした。

- ①窒素酸化物 (NO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>x</sub>) (ppm 表示)
- ②全炭化水素 (THC) (ppmC 表示)
- ③一酸化炭素 (CO) (ppm 表示)
- ④二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) (%表示)
- ⑤スモーク (スモーク・ナンバー表示)
- ⑥カルボニル化合物 (ppb 表示)
- ⑦亜酸化窒素 (ppb 表示)
- ⑧炭化水素組成 (ppbC 表示)
- ⑨酸素 (%表示)
- ⑩水分 (%表示)

## 2.6 使用計測機器及び測定方法 (表-3)

- (1) 主要大気汚染物質 (NO<sub>x</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, THC)

航空機エンジンの排出ガス中の NO<sub>x</sub>, THC, CO 及び CO<sub>2</sub> の測定にさいして、エンジンの種類及び設定モードによって、排出ガス中のこれらガス状成分の濃度は大幅に濃度変動が生じるものと予想される。また、本調査の離陸 (Take Off) モードの運転時間

は最高 5 分間であるため、これらガス状成分を短時間にかつ、正確に測定するためには機器分析による連続分析が適当である。

これらガス状成分の連続分析装置は各成分ごとに各種の原理にもとづくものが使用されているが、現在自動車排出ガス用としてこれらの成分の測定が行える装置があり、これを航空機エンジン排出ガスの成分ならびに濃度計測に適用した。

なお、使用した窒素酸化物計測装置、全炭化水素計測装置、一酸化炭素計測装置及び二酸化窒素計測装置の仕様は、全て ICAO (国際民間航空機関) の計測器に関する要求を満足している。

- (2) 炭化水素組成

炭化水素組成については、リザーブタンクより各運転モード毎に 50 リットルのテドラバッグに採取し、研究室に持ち帰り、前処理を行った。Tenax-GC 捕集管により、各 4 リットルを吸着捕集し、200°C で加熱脱着し、試料導入して FID (FID: Flame Ionization Detector) または質量分析計を接続したガスクロマトグラフにより分析を行った。この場合の分析条件は以下のとおりである。なお、メタンについては、コールドトラップで捕集されないことから、測定が出来なかった。

- ① C 6 以上の炭化水素組成

装置：ヒューレット・パッカー製 HP-5890 II ガスクロマトグラフ (クロムパック社サーマルデソープションコールド&トラップインジェクター付属)

カラム：DB-1 (0.32 mm id., 60 m, 1 μm)

検出器：FID

キャリア：He, @1 ml/min

スプリット：1/20

T<sub>inj</sub> : 270°C

T<sub>col</sub> : 35°C (2 min) - 7.5°C/min  
- 280°C (Hold)

表-3 測定成分と測定方法

成分	測定方法	メーカ	型式
NO <sub>x</sub> , NO <sub>2</sub> , NO	JIS B7982に定める化学発光法	ヤナコ	ECL-88A0
THC	水素炎イオン化検出器(FID)法	ヤナコ	EHF-7C
CO, CO <sub>2</sub>	JIS K0098に定める非分散型赤外線吸収(NDIR)法	堀場	VIA-510
スモーク	TRUE-SPOTスモークテスター	Bachrach	RCC-B
カルボニル化合物	高速液体クロマトグラフ(HPLC)法	ウオーターズ	E-600
亜酸化窒素	電子捕獲検出器(ECD)法	島津	GC-8A
炭化水素組成	水素炎イオン化検出器(FID)法	ヒューレット・パッカー	5890-2
酸素	JIS K0095に定める磁気力方式(デジタル)による	ヤナコ	ECL-880A
水分	JIS Z8808に定める吸湿管による方法	-	-

$T_{det}$  : 290°C

サンプル：4,000 ml

## ② C5以下の炭化水素組成

装置：ヒューレット・パッカー製  
HP-5890 II ガスクロマトグラフ (CTi 付属)

カラム：DB-1 (0.32 mm id., 60 m, 1  $\mu$ m)

検出器：FID

キャリア：He, @1 ml/min

$T_{inj}$  : 270°C

$T_{cot}$  : -60°C (1 min) -5°C/min  
-50°C (1 min) -7.5°C/min  
-280°C (Hold)

$T_{det}$  : 290°C

$C_{Ti}$  : キャピラリ (-180°C/200°C)

サンプル：100 ml

## (3) 亜酸化窒素

航空機エンジン排出物中に含まれる亜酸化窒素の採取及び分析は以下のように実施した。リザーブタンクより、水分除去管（硫酸カルシウム  $CaSO_4$ ）を介してテドラーバッグに採取し、ECD (ECD: Election Capture Detector) ガスクロマトグラフにより分析を行った。分析は以下の機器を用いた。

- ・ガスクロマトグラフ：島津製作所製 GC 8 A
- ・カラム：モレキュラーシーブ 5 A
- ・温度 200°C
- ・キャリアーガス：純窒素 B 40 ml/min
- ・検出器温度：340°C
- ・試料量：1 ml

## (4) カルボニル化合物

航空機エンジン排出物中に含まれるカルボニル化合物の採取及び分析は以下のように実施した。リザーブタンクより各運転モード毎に 50 リットルのテドラーバッグに採取し、研究室に持ち帰り、前処理を行った DNPH シリカカートリッジ（ウオーターズ製）により濃縮し、誘導体化した。この誘導体化試料

を以下の条件で高速液体クロマトグラフ (HPLC) で分離定量した。

- ・装置名：ウオーターズ製 HPLC E-600 型
  - ・検出器：ウオーターズ製蛍光検出器 490 E 型
  - ・カラム：Zorbax ODS 25 cm
  - ・カラム温度：40°C
  - ・キャリア：アセトニトリル/水；55/45, 1 ml/min
  - ・試料前処理：DNPH シリカカートリッジ（ウオーターズ製）により濃縮し、分析した。
  - ・濃縮量：10 リットル
- ## (5) スモーク

航空機エンジンから排出されるスモークの測定は、Bachrach 社製 TRUE-SPOT スモークテストを用いて実施した。この装置によるスモークナンバーと ICAO 方式のスモークナンバーの関係から、測定した値を ICAO 方式のスモークナンバーに換算した。

## 2-7 サンプリング・プローブ及び配管

排出ガス実測では、図-1、写真-1, 2, 3 に示すように、エンジン排出口付近に取り付けられた 6 本の PT-7 プロブから 1 本（内径 6 mm で長さ 5 m のステンレス鋼管）のまとまった取り出し口を経てエンジン内を通り、エンジン据え付け部上部まで延長した導管の先端に内径 6 mm のステンレス鋼管約 20 m をつなぎ、このステンレス鋼管末端に内径 6 mm のテフロン管を接続した。これを図-2 に示すように測定室のリザーブタンクまで導き、排出ガスの連続自動測定に接続した。一印のガスは、スモークやバッグサンプリング等の採取に用いた。なお、排出ガスを導く、サンプリング導管は ICAO の要求仕様を満足するように、全長 24 m、外径 3/8 インチ（内径 6 mm）のステンレス鋼管及びテフロン管を用い、外側をリボンヒータを用いて 160°C にヒータリングを行い、導管の温

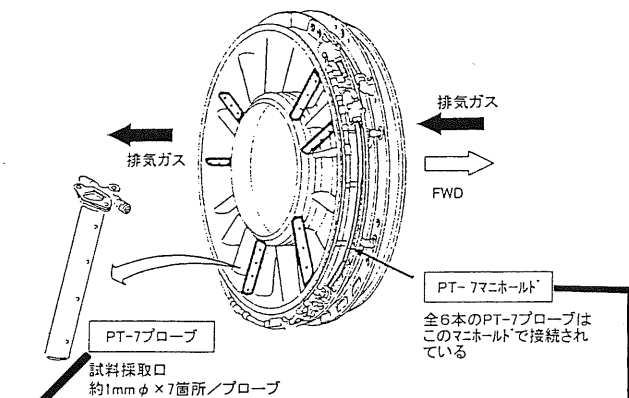


図-1 排出ガス採取用 PT-7 プローブ装着

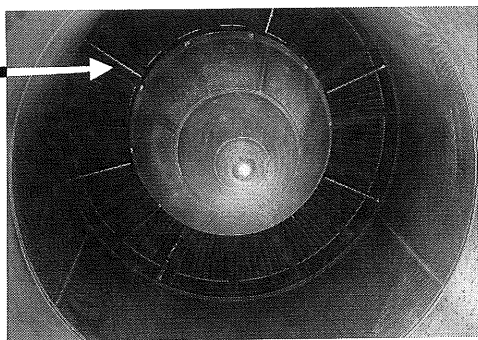


写真-2 ジェットエンジン (背面)

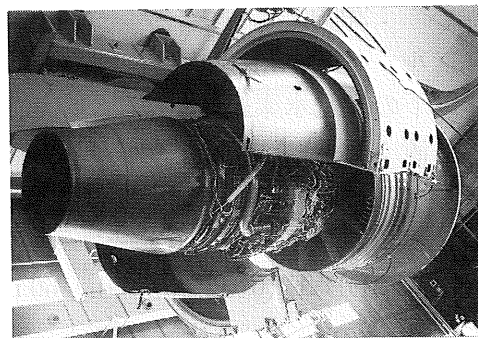


写真-1 ジェットエンジン (側面)

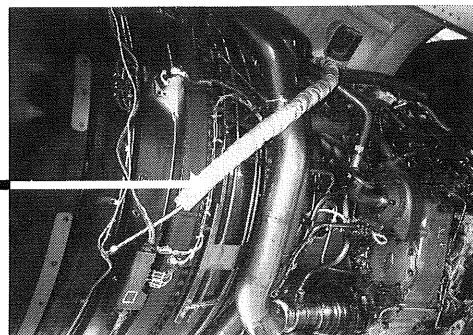


写真-3 PT-7-導管接続部

度は熱電対で計測監視した。また、最近の PT-7 プローブは小型化し、圧力孔及び温度孔共に小さくなっている。このため、十分な排出ガス流量の確保のために、吸引ポンプを使用してサンプリングした。

## 2.8 運転サイクル及び計測点

排出物計測時のエンジン基本運転サイクルを図-3に示すようなモードで実施した。ここで、設定推力は、ICAO の LTO のサイクルにおけるタキシング/アイドル (地上走行)、アプローチ (降下)、クライム (上昇) 及びテイクオフ (離陸) を基本に、これにクルーズ (巡航) を加えた 5 モードとした。実際の運転では、この基本運転サイクルを 3 回繰り返して行い、暖気運転及び性能比較などをする目的で、各運転サイクル共フライト・アイドルで 10 分間の運転を追加した。なお、それぞれのサイクル・モードは、排出物測定における安定性を考慮して、測定時間を各々

5~10 分間とした。

各排出物計測成分の計測点はガス状物質 (CO, CO<sub>2</sub>, THC, NO<sub>x</sub>)、スモーク及び亜酸化窒素 (N<sub>2</sub>O) については全運転定格で計測を行ったが、炭化水素組成及びカルボニル化合物の分析等の計量を行うための排出ガスのサンプリングは 2 サイクル目の運転でサンプリングバッグ (テドラーバッグ) に採取し、分析を行った。

## 2.9 使用燃料

運転に用いた燃料は、日本航空(株)でエンジン試運転用に購入し、試運転場の燃料タンクに貯蔵してある ASTM D 1655-81 JetA-1 燃料を用いた。また、使用した燃料は 1 サイクル目の運転と 2 サイクル目の運転の間で採取し、性状分析を行った。

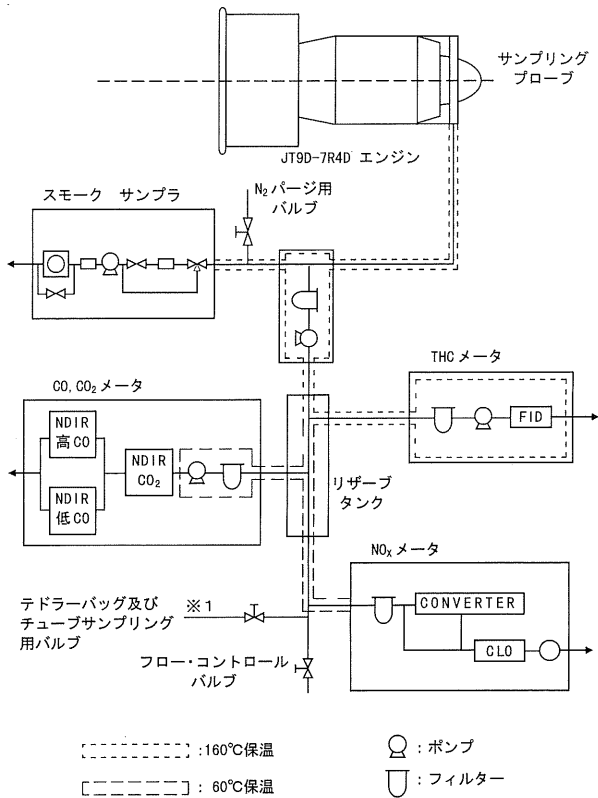
なお、計測に使用する燃料は、ICAO の使用に合致したのものとして、減煙効果を持たせた添加剤を用いていない。



### 3. 測定結果及び検討

#### 3.1 主要エンジン排出物 (NO<sub>x</sub>, NO<sub>2</sub>, NO, CO, CO<sub>2</sub>, THC, スモーク, 水分)

表-4 及び 図-4 に窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>,



※1: カルボニル化合物等サンプル位置を示す

図-2 サンプルング系統図

NO<sub>2</sub>, NO), 一酸化炭素 (CO), 二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>), 全炭化水素 (THC), スモーク及び水分の運転モード別の測定結果を示す。

各排出物の運転モード別の特徴をまとめると以下ようになる。

1) 窒素酸化物 NO<sub>x</sub> (NO, NO<sub>2</sub>) はエンジン推力が高くなるほど排出濃度が高く、逆に推力が低くなれば排出濃度も小さくなる。

2) 一酸化炭素及び全炭化水素はエンジン推力が低いほど排出濃度が高く、逆に推力が高くなると排出濃度も小さくなる。

3) 二酸化炭素, 水分及びスモークは窒素酸化物と同様な傾向を示した。

4) 排出量ではクルーズ, クライム, テイクオフにおける窒素酸化物 NO<sub>x</sub> (特に NO<sub>2</sub>) の値が相対的に高い。

これらの結果は, エンジンの推力と燃焼状態の関係を示している。つまりエンジンの推力が低い不完全燃焼のときにはその産物である一酸化炭素, 全炭化水素の排出量が多くなり, エンジンの推力が高いときには高温燃焼時に温度に比例して急速に発生する窒素酸化物の排出量が多くなる。またエンジンの推力が高くなると燃料の使用量が多くなるため二酸化炭素及び水分の排出濃度が高くなる。

排出物測定結果の再現性についてみると, 表-4 よりクルーズ, クライム, テイクオフ

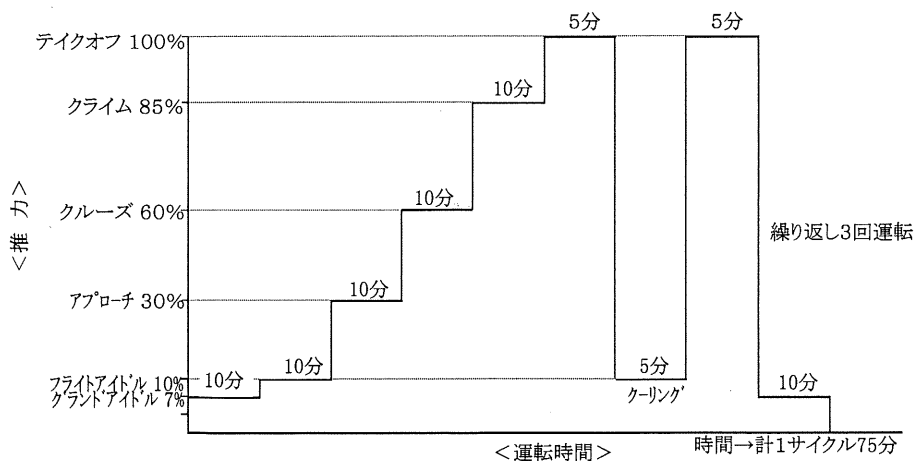


図-3 エンジン運転サイクル

における THC の変動係数が比較的高いが、その他の物質では 10%以下であり、この測定の再現性には問題ないと考えられる。

### 3.2 炭化水素組成

炭化水素組成の運転モード別の測定結果を表-5、表-6 及び図-5 に示す。これらから以下のような特徴が確認された。

- 1) 炭素数の範囲としては、C2 から C17 まで検出されたが、組成の中心は C2 から C6 程度の比較的低い所にある。
- 2) 炭素数別にみると、エンジン推力の低い場合は、C5 以下の炭化水素類が主で、高推力になると C6 以上の炭化水素類が増加する。
- 3) エンジンの推力が高まると飽和炭化水素の排出濃度が高くなる。逆にエンジン推力

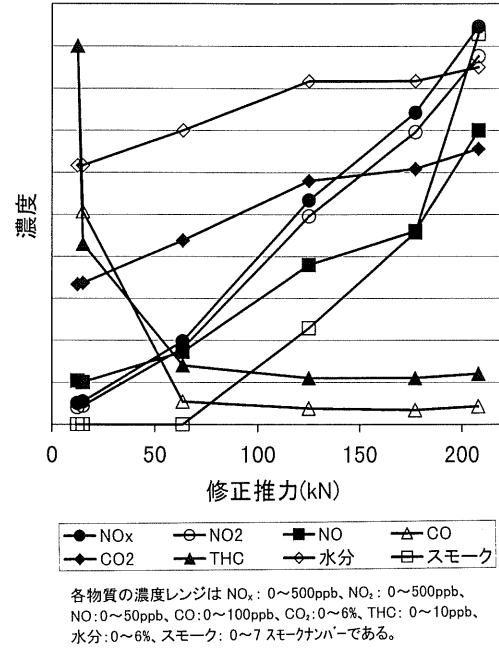


図-4 排出物濃度

表-4 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%	124.85	0.06%	177.29	0.16%	208.07	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-5 炭化水素組成 (炭素数別)

モード	単位: ppbC																	
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17 以上	C2~C17 合計
グラウンド アイドル (7%)	-	2510	710	890	101	717	513	680	594	470	560	330	256	216	165	85	160	8957
フライト アイドル (10%)	-	1050	180	90	74	177	99	151	90	86	118	113	77	68	50	33	61	2472
アプ ローチ (30%)	-	240	80	90	23	50	22	15	21	10	30	22	71	74	70	34	58	910
クルーズ (60%)	-	180	N. D	N. D	32	27	19	7	14	10	4	9	25	18	33	95	78	551
テイク オフ (100%)	-	210	N. D	75	41	77	24	19	18	13	14	18	50	49	58	13	26	705
屋外 ブランク	-	120	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	N. D	120

(注)表中のN.D.は検出せず、また表中の一印は測定なし。

表-6 炭化水素組成

単位: ppbC

炭素数	成分名	運転モード					
		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	テイクオフ	屋外ブランク
C2	エチレン	1900	700	110	110	140	50
	エタン	610	350	130	70	70	70
	小計	2510	1050	240	180	210	120
C3	プロパン	710	180	80	N.D.	N.D.	N.D.
C4	ブタン	890	90	90	N.D.	75	N.D.
C5	2-プロパン	24	14	7.9	10	12	N.D.
	1-ペンテン	46	31	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C5以下と推定される成分	31	29	15	22	29	N.D.
	小計	101	74	22.9	32	41	N.D.
C6	1-ヘキセン	170	16	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	ベンゼン	460	110	4.9	4.4	7.8	N.D.
	C6と推定される成分	87	51	45	23	69	N.D.
	小計	717	177	49.9	27.4	76.8	N.D.
C7	1-ヘプテン	83	11	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	トルエン	190	48	4.3	2.7	1.4	N.D.
	C7と推定される成分	240	40	18	16	23	N.D.
	小計	513	99	22.3	18.7	24.4	N.D.
C8	2,2,3-トリメチルペンタン	38	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1-オクテン	42	9.1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	オクタン	40	12	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	エチルベンゼン	98	25	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	m,p-キシレン	170	37	2.8	1.9	4	N.D.
	o-キシレン	82	16	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C8と推定される成分	210	52	12	4.8	15	N.D.
	小計	680	151.1	14.8	6.7	19	N.D.
C9	3-メチルオクタン	40	6.5	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	1-ノン	31	5.1	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	ノナン	150	25	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	プロピルベンゼン	33	5.6	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	トリメチルベンゼン	120	24	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.
	C9と推定される成分	220	24	21	14	18	N.D.
	小計	594	90.2	21	14	18	N.D.
C10	デカン	150	25	4.7	1	0.9	N.D.
	C10と推定される成分	320	61	5.6	8.7	12	N.D.
	小計	470	86	10.3	9.7	12.9	N.D.
C11	ウンデカン	120	26	6.9	1.3	1.1	N.D.
	C11と推定される成分	440	92	23	2.8	13	N.D.
	小計	560	118	29.9	4.1	14.1	N.D.
C12	ドデカン	110	24	15	2.4	2.5	N.D.
	C12と推定される成分	220	89	7.4	6.2	15	N.D.
	小計	330	113	22.4	8.6	17.5	N.D.
C13	トリデカン	96	37	48	23	48	N.D.
	C13と推定される成分	160	40	23	1.6	2.3	N.D.
	小計	256	77	71	24.6	50.3	N.D.
C14	テトラデカン	96	29	29	5.3	7.8	N.D.
	C14と推定される成分	120	39	45	13	41	N.D.
	小計	216	68	74	18.3	48.8	N.D.
C15	ペンタデカン	25	12	16	3.3	N.D.	N.D.
	C15と推定される成分	140	38	54	30	58	N.D.
	小計	165	50	70	33.3	58	N.D.
C16	ヘキサデカン	20	14	11	5.1	N.D.	N.D.
	C16と推定される成分	65	19	23	4.4	13	N.D.
	小計	85	33	34	9.5	13	N.D.
C17	C17と推定される成分	160	61	58	78	26	N.D.
	合計	8957	2517.3	910.5	464.9	704.8	120

N.D.: 検出せず(屋外ブランク:0.15ppbC以下、それ以外のモード:0.75ppbC以下)

が低い場合では、オレフィン系炭化水素の排出濃度が高く、また比較的炭素数の少ないC4以下の炭化水素が多い。すなわち、運転サイクル別にみるとアイドル、及びアプロ

チ時でオレフィン系炭化水素類、クライム及びテイクオフ時では飽和炭化水素類の排出濃度が高くなる傾向が見られる。ただし、グラウンドアイドル(7%)とフライトアイドル

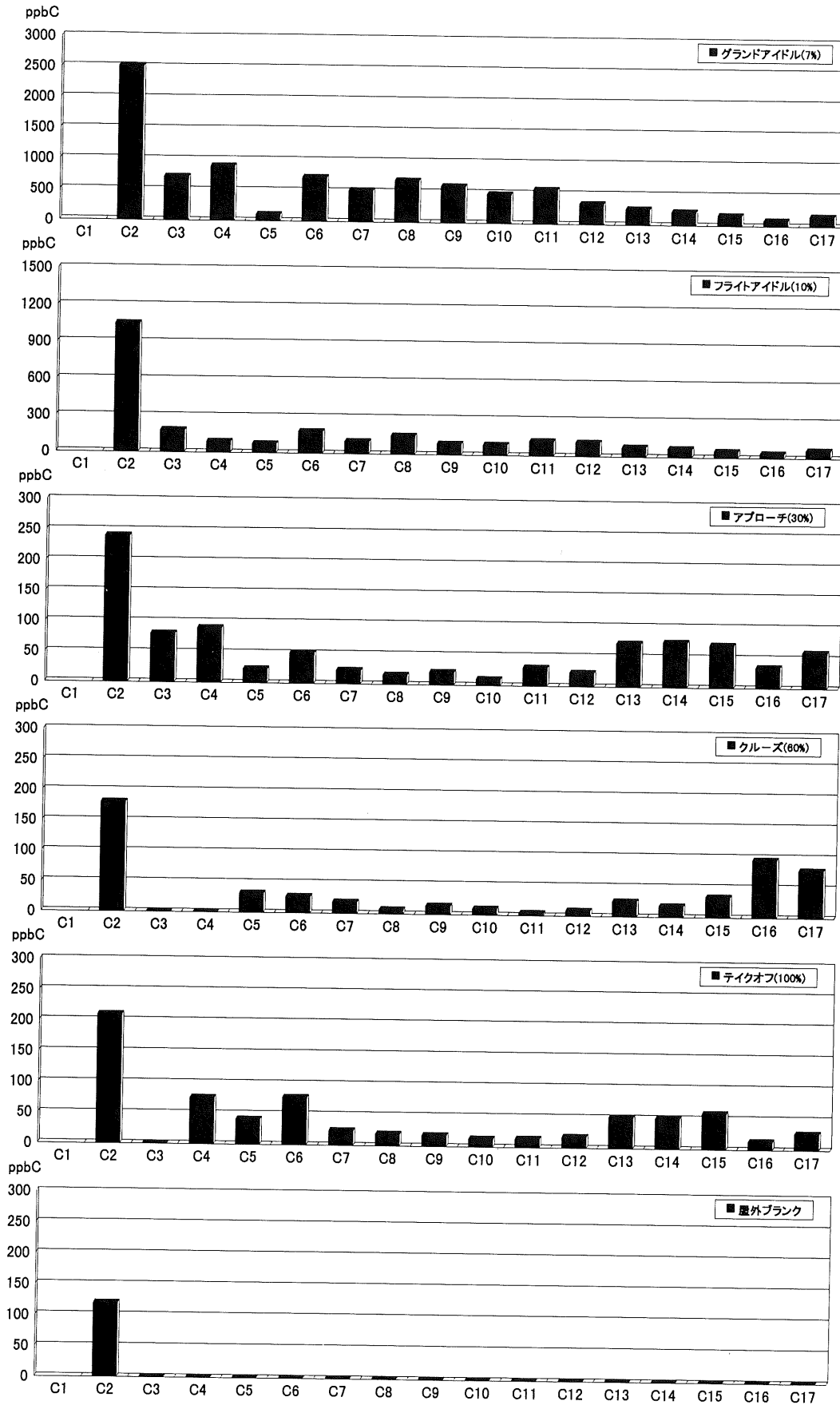


図-5 炭化水素組成 (炭素数別)

(10%) 以上に推力を上げた場合 (10%以上) には、それぞれの炭化水素量は C2 成分を除いて 100 ppb 以下とかなり低くなる。

### 3.3 エンジン排出有害大気汚染物質 (亜酸化窒素, ベンゼン, トルエン, カルボニル化合物)

有害大気汚染物質の運転モード別の測定結果を表-7 及び図-6(1)~(3)に示す。なお表-7 に示すホルムアルデヒド, アセトアルデヒド, アセトンは検出されたが, プロピオンアルデヒド, アクロレイン, クロトンアルデヒド, メチルエチルケトン, n-ブチルアルデヒド, ベンズアルデヒド, バレルアルデヒド, m-トルアルデヒド, ヘキサアルデヒドは、検出されなかった。

これらから以下のような特徴が確認された。

1) 亜酸化窒素は窒素酸化物と同様にエンジン推力が高くなるほど排出濃度は高くなる。

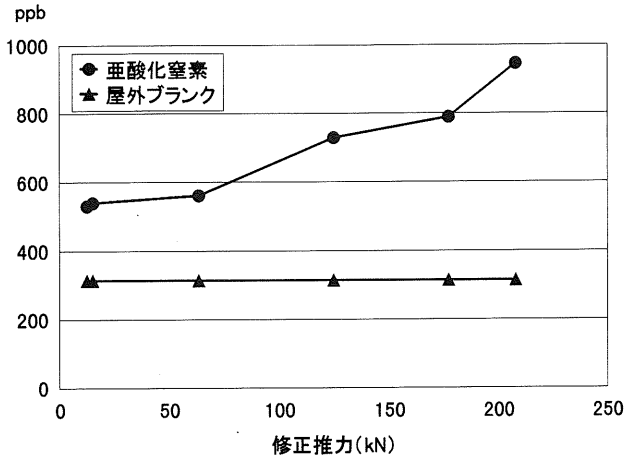


図-6 (1) 亜酸化窒素濃度

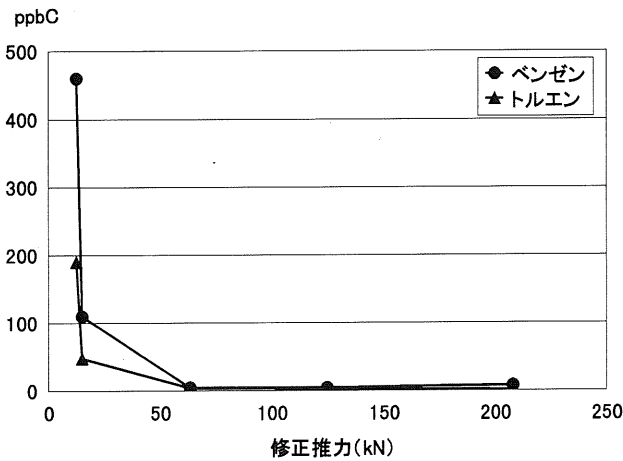


図-6 (2) ベンゼン, トルエン濃度

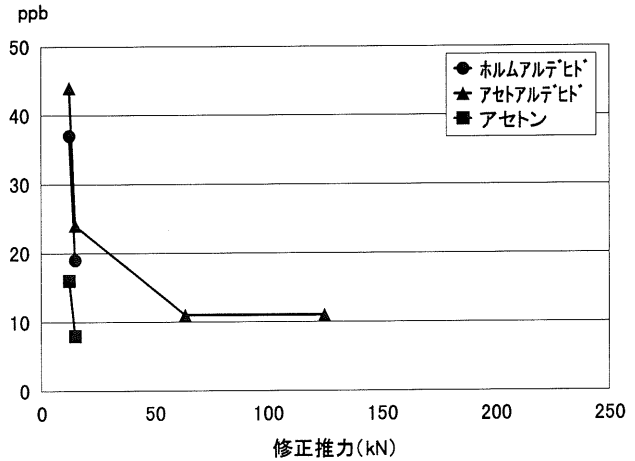


図-6 (3) カルボニル化合物濃度

表-7 有害大気汚染物質

単位: ppb

成分	亜酸化窒素	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。

表-8 燃料分析結果

性 状	使用燃料	許容値	ASTM D 1655-81 Jet A-1
比重(15°C)	0.79	0.78~0.82	0.78~0.84
分留性状(°C)			
10% Boiling Point	165.5	155~201	204.4 max
Full Boiling Point	255.5	235~283	300 max
真発熱量(kJ/kg)	43,400	42,860~43,500	42,795 min
ナフタレン分(容量%)	—	1.0~3.5	3 max
芳香族分(容量%)	17.9	15~23	20 max
煙点	25.5	20~28	25 max
H分(重量%)	13.8	13.4~14.1	—
S分(重量%)	0.03	<0.3	<0.3
動粘度(-20°C, mm <sup>2</sup> /s)	3.75	2.5~6.5	8 max

表-9 実験結果の比較

運転モード		エンジン 負荷率 (%)	今回の実測結果 (推力上昇時平均) (g/燃料kg)	ICAO エミッション インデックス (g/燃料kg)
CO (g/燃料kg)	グラントアイドル	7	8.60	8.84
	フライトアイドル	10	7.67	—
	アプローチ	30	1.51	1.36
	クルーズ	60	0.31	—
	クライム	85	0.21	0.48
	テイクオフ	100	0.21	0.51
THC (g/燃料kg)	グラントアイドル	7	0.54	1.25
	フライトアイドル	10	0.49	—
	アプローチ	30	0.12	0.13
	クルーズ	60	0.05	—
	クライム	85	0.04	0.12
	テイクオフ	100	0.04	0.15
NO <sub>x</sub> (g/燃料kg)	グラントアイドル	7	4.90	4.10
	フライトアイドル	10	5.25	—
	アプローチ	30	12.91	9.80
	クルーズ	60	25.00	—
	クライム	85	36.87	30.00
	テイクオフ	100	42.82	38.50
スモーク (スモーク ナンバー)	グラントアイドル	7	0.00	0.00
	フライトアイドル	10	0.00	—
	アプローチ	30	0.00	0.00
	クルーズ	60	1.60	—
	クライム	85	3.20	0.00
	テイクオフ	100	6.50	4.60

(注) 比較のため今回の測定結果を一部エミッション・インデックスに変換している。

2) 芳香族炭化水素類のうちベンゼンの排出濃度が高くトルエンの2~3倍である。ただし、ベンゼンとトルエンの量の比は、自動車の場合においてはエンジンによって逆転するものがあり、航空機エンジンでも同様であると思われる。

3) ベンゼン、トルエン及びカルボニル化合物は、一酸化炭素などと同様、エンジン推力が低くなるほど排出濃度が高くなる傾向がみられる。

### 3.4 使用燃料

分析結果を表-8に示す。今回用いた燃料は規格に合致したものであることが確認された。

## 4. 測定結果の比較

本研究調査での排出ガス実測結果とICAOの数値(エミッション・インデックス)を比較した結果を表-9及び図-7(1)~(4)に示す。

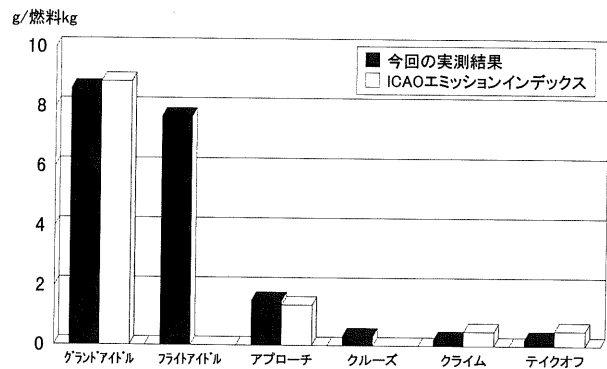


図-7 (1) 一酸化炭素の実測結果の比較

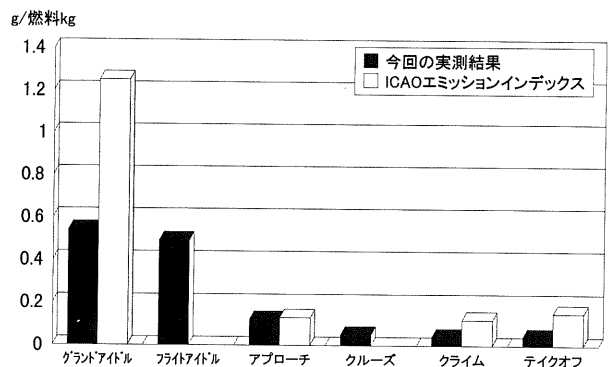


図-7 (2) 全炭化水素の実測結果の比較

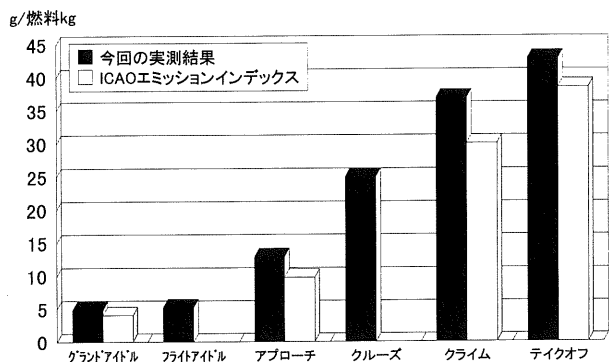


図-7 (3) 窒素酸化物の実測結果の比較

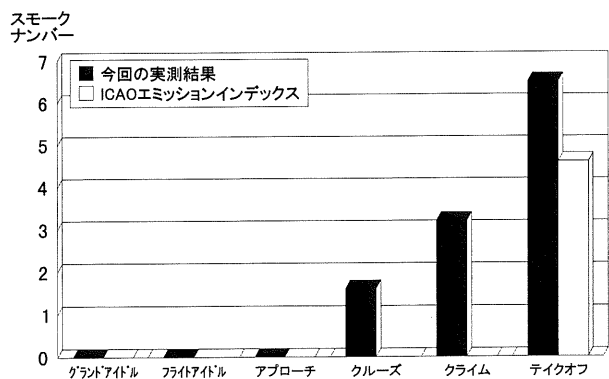


図-7 (4) スモークの実測結果の比較

ICAOのエミッション・インデックス・データベース<sup>7)</sup>の値と比較して、一酸化炭素及び全炭化水素は今回の実測結果の原単位が全般的に低い。なかでも全炭化水素は各モード毎の値が2分の1程度となっている。この点はエンジンそのものに依存しているかあるいは近年のエンジンや燃料の改良によるものと考えられる。窒素酸化物はICAOのエミッション・インデックスとほぼ近い値となっている。スモークはやや高めの値を示した。

### 5. まとめ

本報告では、航空機ジェットエンジン排出物の測定を行った。ICAOで規制対象となっている窒素酸化物、全炭化水素、一酸化炭素及びスモークといった成分濃度は、これまで

報告されてきたとおりにエンジンの推力にそれぞれ高い相関を持つことがわかった。またそれぞれの物質に対するエミッション・インデックスは、ICAOのデータとほぼ同じレベルの値を示し、今回の計測方法の信頼性をある程度証明できた。また、排ガス実測のためのマニュアル及びビデオも同時に製作した。

さらにこれまであまり測定されていなかった有害大気汚染物質（揮発性有機化合物、カルボニル化合物、亜酸化窒素など）を測定することができた。しかし、この結果に対しての評価、検討は、これまでの測定データ<sup>8)</sup>が少なく、また、測定した方法、エンジンの種類なども異なることから十分に行うことはできなかった。今回の測定から得られた排出物の成分の測定結果は、これから航空機排出物が大気環境に与える影響を論じるうえで貴重な資料のになるものと考えている。

### 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) 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.
- 3) 高橋登, “改正大気汚染防止法による有害大気汚染物質対策”, 環境研究, No. 106(1997), p 44.
- 4) 環境庁環境法令研究会編, 環境六法 平成10年版, 中央法規, (1998), p 248.
- 5) ICAO, Annex 16 Environmental Protection Volume II Aircraft Engine Emissions Second Edition, (1993).
- 6) EPA, Federal Register Vol 38, (1973).
- 7) ICAO, ICAO Exhaust Emissions Databank, (1995).
- 8) J. G. J. Olivier, Inventory of Aircraft Emissions: A Review of Recent Literature, Available from the National Technical Information Service, Springfield, VA, U.S.A, (1991).

## 研究報告

## 航空環境と研究に関する疫学的調査Ⅱ\*

### —航空機騒音のストレス影響に関するパイロットスタディー—

後藤 恭一\*\* 金子 哲也\*\*\*,\*\*\*\*

#### 1. はじめに

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

ところで、航空機騒音の人体影響に関しては、これまで様々な角度から調査・研究が行われてきた。音の直接的・特異的な影響である聴覚器影響についてはひとまず解き明かされ、航空機騒音のレベルでは空港周辺住民への聴覚影響はないとの見方が一般的である。それに対して、音の間接的影響である、非聴覚的生理影響 (Non-Auditory Physiological Effects induced by Noise) に関する調査はまだ解明されているとはいいがたい。なかでも騒音による循環器系への影響に関しては古くから検討されており、Knipschildらはスキポール空港周辺で多くの調査を実施し、循環器疾患での受診経験、投薬を受けたことがある者が高航空機騒音の地域で有意に多く、さらに心臓 X 線像の異常や高血圧 (175/100 mmHg) の割合も有意に多いと報

告している<sup>1-4)</sup>。しかし、騒音暴露と高血圧は関連性を示さない<sup>5)</sup>との報告や、我々が大阪国際空港周辺<sup>6)</sup>および福岡空港周辺で実施した調査<sup>7)</sup>でも航空機騒音と血圧との関連性は認められず、未だ騒音と循環器の関連性は明確ではない。他方、心理精神的影響に関しては、東谷が大阪空港周辺で THI (東大式質問紙健康調査票) を用いた調査を実施、各年齢層ごとに検討した結果、年齢層で一貫した傾向は認められなかったが 20, 30 歳代では直情径行性に、60 歳代では直情径行性、情緒不安定性、および抑うつ性の訴えが高騒音地域ほど多いことを指摘<sup>8)</sup>している。伊藤らも THI を用いた調査を嘉手納基地周辺で行い、多愁訴、情緒不安定、抑うつ、神経質などの各尺度と WECPNL の関連性を報告<sup>9)</sup>し、さらに松井らは嘉手納でのデータを因子分析し、身体因子と精神因子の 2 因子を抽出、高 WECPNL ほど量-反応関係が認められる<sup>10)</sup>との報告もある。その他、精神病入院率、心身症状の訴え率、トランクライザーや睡眠薬の服用率など多くの調査が空港周辺で実施されたが結果はまちまちであり、騒音による心理精神的影響について明確な結論は得られていない。騒音レベルとの関連が認められた場合でも音に対する感受性の介在が大きいことが報告されている。

ここで騒音による非聴覚器影響への影響のメカニズムに目を転ずれば、影響への原因は暴露された音の大小ではなく、音を騒音であると知覚・認識した量に左右されると考えら

\* The Effect of Aircraft-Noise on the Mental Health: a Pilot Study

\*\* (財)空港環境整備協会 航空環境研究センター 環境保健部

\*\*\* 杏林大学 保健学部環境保健学・教授 (環境保健部長兼務)



れる。前者が音の客観的な物理量であるのに対し、後者は音に対する「うるささ」「不快感」といった音の個人レベルでの主観的な感覚量であり音の評価、いわゆる騒音評価であろう。騒音とは、日本工業規格（JIS）によると「望ましくない音の総称」と定義され、受け手（主体）側の主観的な感覚に委ねられるとともに、基準が相対的であることを示している。この主体側の相対的な判断である騒音評価には多くの修飾要因が関与するため、客観的に測定することは困難とされ、数多くの心理—社会調査からの蓋然性をもって客観的の反応としてきた。すなわち、主体側要因の多くを捨象し、多くの代表的な反応を平均化した数値を用いることによって、それ以外のバラツキや不明瞭なものを個人差と称し、騒音感受性の違いとされてきた。だが、音評価の修飾要因である騒音感受性には、音の文化的な意味や発生時間帯などの条件要因や主体属性である性・年齢・健康状態・性格等が関与していると言われるが、体系的に整理されてはいない。

確かに騒音に対するヒトの反応を、大きな集団を対象に近似的に推し量ることは然るべき方法ではある。しかし、大きな集団を対象とした場合には未だに構造が解明されていない個人差の介入が常につきまとう。さすれば限られた年齢層の小集団を対象にすれば結果の普遍性に疑問が残る。そこで、騒音が受け手側である個々人の評価によって決まるという点に立脚し、個人がその音をどのように感じ取っているかという最も重要な因子である感覚評価量を把握し、精神・身体反応との関連性を確認する。また、主体属性を軸に騒音評価をとらえ、騒音の感受性に関する主体属性を体系的に検討する、質的な議論も重要であると考えた。この目的のため本研究では手始めとして、自記式質問票による環境意識・自覚症状調査を行ない、航空機騒音による精神的影響について検討するとともに個々人の主

観的な環境評価を客観的に把握して、音環境評価を中心に関る主体属性の関連性についても解析したのでここに報告する。

## 2. 調査・解析方法

### 2.1 調査方法

某空港周辺で実施された健康診断の受診者を対象に自記式質問票を実施した。

質問票は、年齢、居住年数等のフェイスシートその他、Goldbergが一般健康調査質問紙法 General Health Questionnaire (GHQ) をもとに作成した不安・抑うつ尺度スケール、タイプ A 行動スケール (Bortner)、社会的支援度および主観的環境評価等で構成されている。

心理的精神の状態の指標として Goldberg の不安・抑うつスケールから得られた得点と、この不安スケールと抑うつスケールの両得点を加算したストレス得点を使用した。本来このスケールは精神症状のスクリーニングのための自記式質問票として開発されたものである。この質問票によって不安得点が5点以上の者、抑うつ得点が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、これより得点が多ければ可能性はずっと大きくなることを示している<sup>1)</sup>。本調査では見方を変えて、同スケールは被験者の心理・精神状態を反映しているものと解釈した。今回、不安得点と抑うつ得点を加算したものをストレス得点として使用したが、2つのスケールの作成過程を考えるならば、むしろこの得点は本来の GHQ 得点に近く、本来の目的から逸脱するものではないと判断した。

タイプ A 行動スケールはタイプ A 型性格傾向あるいは A 型行動様式ともよばれ、積極的かつ攻撃的な性格傾向を測るものである(以下タイプ A 型と記す)。この性格傾向は、個人の性格傾向と疾病患者の相関性を解析した研究より、とくに冠状動脈性心疾患 (Cor-

onary Heart Disease) との関連性に注目された性格傾向である。本調査では、音評価の形成にこうした積極的かつ攻撃的な性格傾向が関与すると仮説して質問票に採択したものである。

社会的支援度とは、手段的 (instrumental) に、情緒的 (emotional) に支援 (support) をしてくれる人々のネットワークに対する満足感を回答者自身が持っているか、その粗密を配偶者、家族および近所・友人について評価してもらうものである。これは、社会支援がストレス反応の軽減、解消といったいわばストレス反応の修飾因子となることが知られていることを考慮し採択したものである。本調査では配偶者、家族および近所のそれぞれの得点を加算合計して社会的支援度得点として取り扱った。

主観的環境評価とは、我々の既報の通り<sup>12)</sup>、住民が居住地の周辺環境に対して下す評価構造が「音環境」、「大気環境」、「都市空間の快適性 (都市空間)」、「自然環境」、「住居環境」、「地域社会環境」、および「生活利便性 (生活環境)」の7つの環境軸で構成されていることに基づいて作成した7つの環境尺度である。各尺度は、不満傾向を持つほど高得点になるように得点化した。

## 2.2 調査時期

健康診断は平成10年4～7月に計8回にわたり実施された。質問調査票は、健康診断受診者に対して受診日の1週間前に受診者宅に郵送しておき、健康診断当日に会場で回収した。

## 2.3 調査対象

健康診断の受診者を対象に調査票を配付し567名全員から回答が得られた。調査対象は、一般的に男性よりも女性の方が居住地での生活時間が長いことを考慮して、成人女性に限定した。対象者数は390名であった。

## 2.4 解析方法

対象者の航空機騒音暴露量の推定にあつ

ては、居住地の指定区域 (昭和54.7.10公示: 以下、区域と呼ぶ) により、1種隣接区域、1種区域および2種区域の3群に分け、当該区域制定時における WECPNL、すなわち第1種指定区域隣接には WECPNL 70、第1種指定区域は同75、第2種指定区域は同90を与えた。なお、調査時点における航空機騒音音量 (WECPNL) は、指定区域の設定時に比べ大きく減少していることが予想されたが、3群間での航空機騒音の大小関係に違いはないと判断した。

解析にあたり、記入の漏れ、返答に著しく偏りがある等データに不備がある者、また幹線道路や鉄道に隣接した居住者については、解析上の障害となることが予想されたので解析対象群から除いた。

まず、音環境評価や年齢、心理的精神的状態、タイプA性格傾向といった個人特性に航空機騒音音量の異なる3群間で違いが生じているかを一元配置分散分析 (ANOVA: F検定) により検討した。また、航空機騒音音量と音環境評価や個人特性等との関連性については相関係数を求め検討した。さらに進んで音評価やストレスは、航空機騒音音量のみならず個人特性などと相互に関連している、と仮説して、音環境評価・ストレス得点を基準変数とした重回帰モデルをたてて、他要因との影響の程度を検討した。

データ統計解析には、SPSS 7.5 J (エス・ピー・エス・エス社)、HALWIN (現代数学社) および SAS (SAS インスティテュート社) を使用した。

## 3. 結 果

### 3.1 対象者プロフィール

#### 1) 年齢、居住年数

対象者の年齢構成と、居住年数構成および同居家族数を図-1に示す。年齢は20歳～85歳まで幅広く分布しており、特に50、60歳代が最も多くを占めていた。対象者集団の平

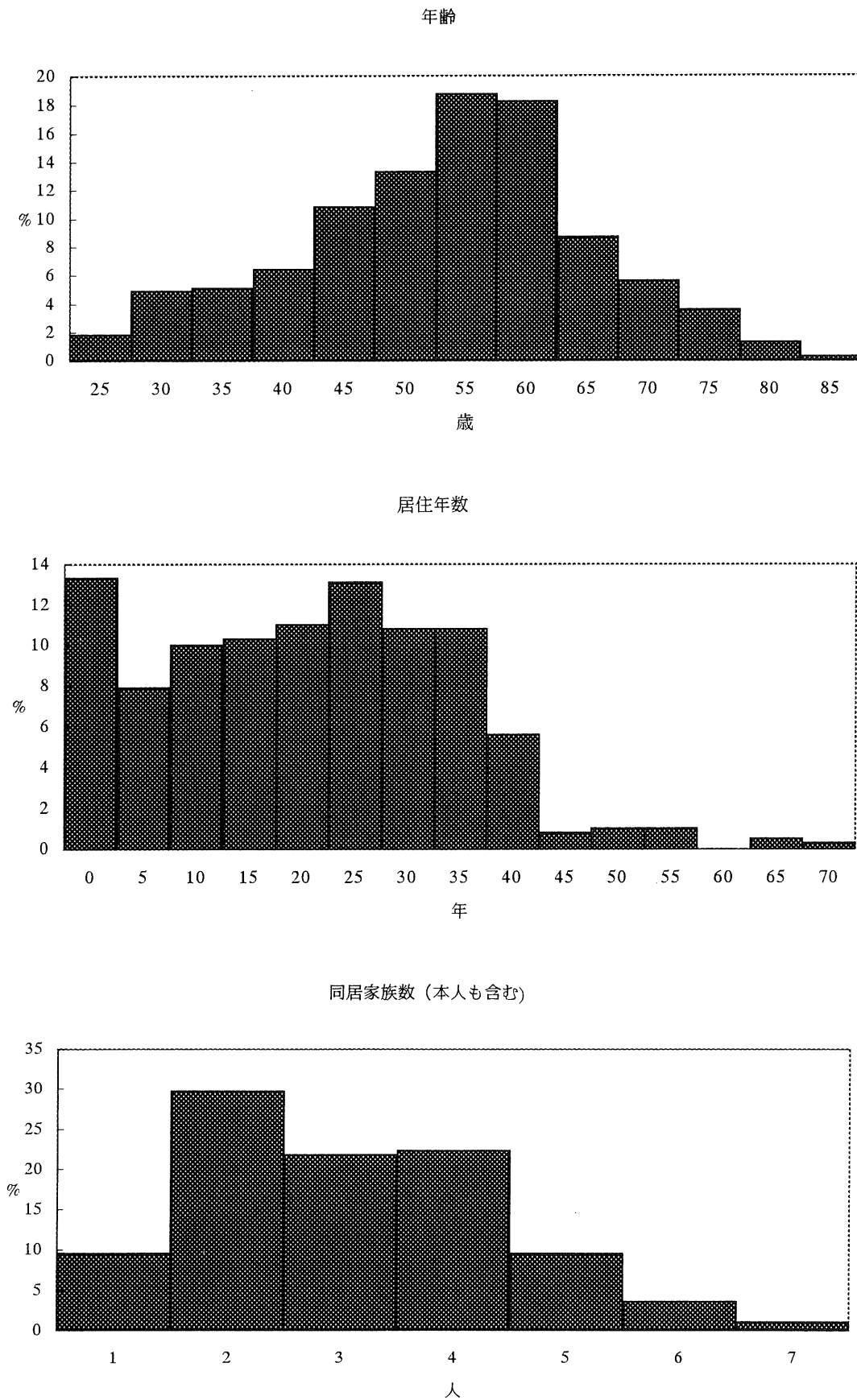


図-1 年齢，居住年数および同居家族数のヒストグラム

均年齢は  $54.7 \pm 12.4$  歳、平均居住年数は  $22.0 \pm 13.8$  年であった。また、居住年数は 0 年～45 年までほぼ均等に広がっているが、45 年以上居住しているものは少いことを示していた。本人も含めた同居家族数は 2～4 人が多くを占め、家族構成が核家族世帯であることがうかがわれる一方で、60 歳以上が半数を占めることを考慮するならば高齢者のみの住宅も多いことが予想される。

### 3.2 航空機騒音暴露量の異なる 3 区域の各得点比較

#### 1) 航空機騒音暴露量の異なる 3 区域の「うるささ」反応比較

音環境評価尺度を構成項目である「うるささ」評価に対する 5 段階の回答のうち、最上位の不満傾向を Highly Annoyed (以下 HA と称する) とみなし、航空機騒音指定区域各 3 区域での割合をもとめ比較した。第 1 種隣接群では 11.1%，第 1 種区域では 23.1%，第 2 種区域では 43.8% であり、Pearson のカイ二乗検定で有意差が得られた ( $p < .001$ )。

#### 2) 航空機騒音暴露量の異なる 3 区域における騒音評価およびストレス得点の差異

表-1 は、航空機騒音指定区域 3 区域間の各得点の平均値の差を比較検討したものである。解析にあたっては分散分析を用いた。音環境評価得点は高騒音指定区域ほど高く不満傾向にあることを示し統計学的有意差が得られた ( $p < .001$ )。

心理的精神的指標の検討では、抑うつ得点

は第 2 種区域群が他 2 群に比べ高い傾向がみられたが有意差は認められなかった。不安得点およびストレス得点の平均値は 3 区域間でほぼ等しかった。年齢や居住年数、性格および社会的支援度に 3 群による差異は認められなかった。

#### 3) WECPNL と音評価およびストレス傾向の関連性

表-2 に騒音量と各得点間の Pearson の相関係数を示す。なお解析にあたり指定区域は WECPNL を割り当てて数量変数として取り扱った。

結果、WECPNL は音環境と有意な正相関性が得られ、高航空機騒音区域 (WECPNL) に住んでいる人ほど、居住地の音環境に不満を持っていることを示していた。不安、抑うつ傾向は WECPNL 間では相関性が見られなかった一方で、音環境評価とは有意な正相関性を示していた。これは騒音による不満傾向を強く感じる人ほどストレス傾向を生じていることを示唆している。年齢や居住年数、タイプ A 性格および社会的支援度は音環境、航空機騒音量のいずれとも関連性を示していなかった。

### 3.3 音環境評価に及ぼす WECPNL、心理的精神的状態および個人要因の関連性

騒音評価得点を基準変数に、説明変数には航空機騒音量 (WECPNL)、年齢、ストレス得点、性格傾向などを用い重回帰分析を行ない騒音評価に対する各説明変数の影響の程度を検討した。なお、重回帰分析に先立ち、

表-1 航空機騒音量の異なる 3 群間の個人特性および音環境評価の比較

	第1種隣接区域			第1種区域			第2種区域			合計			anova
	n	Mean	± SD	n	Mean	± SD	n	Mean	± SD	n	Mean	± SD	
AGE	132	55.4	± 12.2	242	54.4	± 12.7	16	54.5	± 8.9	390	54.7	± 12.4	
居住年数	129	21.4	± 13.2	235	21.9	± 14.0	12	28.3	± 15.7	376	22.0	± 13.8	
音環境評価													
不安	119	13.1	± 3.64	210	14.28	± 3.72	11	15.27	± 2.94	326	13.93	± 3.71	p < .001
抑うつ	127	1.4	± 2.4	206	1.3	± 2.4	15	1.5	± 3.1	348	1.3	± 2.4	
ストレス得点	130	1.3	± 2.2	219	1.4	± 2.2	16	2.1	± 2.8	365	1.4	± 2.2	
A型性格傾向	126	2.7	± 4.2	198	2.5	± 3.9	15	3.7	± 5.3	339	2.6	± 4.0	
社会的支援度	118	23.2	± 5.3	216	22.7	± 4.9	15	21.3	± 6.0	349	22.8	± 5.1	
	106	8.9	± 2.1	192	8.5	± 2.1	12	9.1	± 1.5	310	8.6	± 2.1	

表-2 WECPNL, 音環境評価および個人特性の関連性

	区域 (WECPNL)	音環境	AGE	居住年数	不安	抑うつ	ストレス得点	A型性格 傾向	社会的支 援
区域(WECPNL)	相関係数	.194**	-.006	.090	.013	.016	.008	-.088	-.024
	有意確率(両側)	.000	.909	.082	.813	.765	.877	.101	.668
音環境	N	390	390	376	348	365	339	349	310
	相関係数	.194**	.028	.029	.158**	.131*	.163**	-.011	-.119
AGE	有意確率(両側)	.000	.615	.606	.006	.021	.006	.846	.051
	N	326	326	318	294	311	287	302	270
居住年数	相関係数	-.006	1.000	.511**	-.072	.122*	.022	-.008	-.091
	有意確率(両側)	.909	.615	.000	.179	.020	.693	.879	.110
不安得点	N	390	390	376	348	365	339	349	310
	相関係数	.090	.511**	1.000	-.103	.065	-.028	-.033	.009
抑うつ得点	有意確率(両側)	.082	.606	.000	.057	.220	.609	.546	.870
	N	376	318	376	339	355	330	341	308
ストレス得点	相関係数	.013	.158**	-.072	1.000	.546**	.890**	.149**	-.050
	有意確率(両側)	.813	.006	.179	.057	.000	.000	.008	.407
A型性格傾向得点	N	348	294	339	348	339	339	317	280
	相関係数	.016	.131*	.065	.546**	1.000	.867**	.039	-.264**
社会的支援	有意確率(両側)	.765	.021	.220	.000	.000	.000	.482	.000
	N	365	311	355	339	365	339	332	297
A型性格傾向得点	相関係数	.008	.163**	-.028	.890**	.867**	1.000	.106	-.154**
	有意確率(両側)	.877	.006	.609	.000	.000	.000	.062	.010
社会的支援	N	339	287	330	339	339	339	309	274
	相関係数	-.088	-.011	-.033	.149**	.039	.106	1.000	.143*
A型性格傾向得点	有意確率(両側)	.101	.846	.546	.008	.482	.062	.014	.014
	N	349	302	341	317	332	309	349	296
社会的支援	相関係数	-.024	-.119	.009	-.050	-.264**	-.154*	.143*	1.000
	有意確率(両側)	.668	.051	.870	.407	.000	.010	.014	.000
N	310	270	310	308	280	297	274	296	310

\*\*、相関係数は1%水準で有意(両側)です。

\*、相関係数は5%水準で有意(両側)です。

表-3 音評価とストレス得点に対する各指標の寄与

基準変数	説明変数	偏回帰係数	F 値	R2 乗値
音環境評価	WECPNL	0.153	6.847***	0.061
	不安・抑うつ得点	0.148		
	社会的支援	-0.161		
ストレス得点	音環境評価	0.190	7.266***	0.051
	社会的支援	-0.287		

F-test: \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ , \*\*\* $p < 0.001$

各説明変数間の相関係数を求めたところ、不安得点と抑うつ得点間、各社会的支援間に高い相関性が得られた。強い相関性を持つもの同志を説明変数に加えることは適切ではない、と判断して心理的・精神的状態指標はストレス得点のみを、社会的支援は配偶者、家族および近所の得点を合計した得点を説明変数とした。重回帰分析における変数選択には、F in, F out 値を 2.0 に設定したステップワイズ (stepwise) 法を用い、有意性が得られた説明変数のみを表-3 に示す。音評価への寄与が高かったものは WECPNL であった。その他、不安抑うつ合計点、社会的支援も寄与することを示していた。

### 3.4 ストレス得点に対する WECPNL, 音評価および個人特性の影響

不安・抑うつ合計点を基準変数に、説明変数には WECPNL, 年齢, 社会的支援, 性格傾向などを用い 3.3 の検討と同様に重回帰分析を行ない、騒音評価に対する各説明変数の影響の程度を検討した。結果を表-3 に示す。ストレス得点の増減には音環境評価と社会的支援が寄与することを示していた。

## 4. 考 察

調査は空港周辺住民を対象にアンケート調査を実施し、航空機騒音の精神的ストレスに及ぼす影響と騒音評価に係る個人要因の関連性についての検討を試みたものである。

### 調査対象者について

本研究では、調査対象を女性に限定した。女性のみを対象にしたのは、居住地での生活

時間が男性と比べ一般的に長いことが予想されたからである。これは航空機騒音の暴露時間を長いことを意味し、航空機騒音による住民を対象とした疫学的調査を行なう場合には、まず最初に対象とすべき集団といえる。

対象者居住地区を地図上にプロットしたところ、空港の南側に隣接して分布していた。同空港は、航空機離発着のうち年間 90% 以上が北側に向かって離陸・着陸するコースをとっている。従い、本解析対象は航空機の着陸側住民を対象にした調査であるといえよう。

まず、解析に先立ち調査上の障害を取り除いた。本調査の回収率はほぼ 100% と他例と比べてはるかに高い。しかし、高回収率で得られた標本の中には、信頼性が低い回答も多く含まれると考えたからである。そこで、1 つでも記入漏れがあったもの、acquiescence set と称されるほとんど全ての項目の回答が「はい」あるいは「いいえ」など著しい偏りがみられた不自然な回答者を取り除いた。解析に当たっては年齢による影響を避けるべく、比較しうる群で年齢に相違がないことを確認しながら実施した。

### 航空機騒音に対するうるささ反応および音評価について

音環境評価尺度を構成する項目に、居住環境での「うるささ」を 5 段階評価で問う項目がある。5 段階評価でうるささに対する最も上位の不満傾向を Highly Annoyed とみなし、航空機騒音指定区域各 3 群での割合をもとめた。第 1 種隣接区域群では 11.1%, 第 1

種区域では23.1%、第2種区域では43.8%で、Pearsonのカイ二乗検定で有意差が認められた ( $p < .001$ )。東谷が1981年に同地区を対象にした調査によると、騒がしさを強く訴えた人の割合がWECPNL 70台で18%、同80台で23%、同90台で60%と報告している。東谷は、対象者の航空機暴露量の推定にあたって、運輸省航空局による航空機騒音測定結果と1年間の運航形態、飛行コースなどを考慮して計算された航空基騒音暴露予想地図である航空機騒音予測コンターを用いている。よって、調査時期やWECPNLに差があるため直接的な比較は出来ないが、第1種区域はWECPNL 75、第2種区域は同90で区分されていることを照らしあわせるならば、東谷の報告よりも低い。低騒音機の導入や同空港における飛行回数の削減など、その後の航空機騒音暴露状況の改善が、住民の航空機騒音へのうるささ反応の低下への表れとなっているとも考えられる。

居住地におけるWECPNLと音環境評価の検討では、高WECPNL群ほど音環境評価得点が高いこと、さらにWECPNLと音環境評価得点間で正相関性が認められることが確認できた。この結果は、WECPNL区域に住むものほど音環境に対して不満感を持っていることを示唆するものである。これは、主観的な音環境評価が居住地における音環境を正しく反映することを示すものと考えた。また、従来型の社会調査的手法である騒音量とHighly Annoyedの割合から得られた量-反応関係が、個々人の音評価と騒音量という一対一の対応関係からも得ることを確認した。

#### 航空機騒音による精神的影響と音評価に関わる個人要因について

高WECPNL群ほど居住地における音環境に不満傾向を持っていることは確認された。一方で、WECPNLと不安、抑うつ得点およびストレス得点といった心理的精神的状

態間では関連性は認められなかった。しかし、これらストレス得点は音環境評価とは有意な関連性を示している。ここで重要な点は音の大小と騒音評価、いわば音の主観量と客観量という2つの評価次元は精神的因子に対し異なる様相を見せているということである。音の暴露は直接的にストレスには影響せず、音を知覚・認識の過程を経て騒音であると判断している者が不安・抑うつ傾向にある、と解釈できる。本来、騒音とは日本工業規格(JIS)でも「望ましくない音の総称」と定義され、聞えてくる音が「単なる音」であるか「騒音」であるかの判断は主体側(=人間)に委ねられてたものである。こうした主体側要因によって騒音が規定されていることに照らしてみると、この結果は妥当的であろう。

ところで、音評価に個人差が関与されることは周知の通りである。この個人差を形成するものとしてはいくつかの要因が考えられるが、音に対する感受性も一つの要因とされている。Jonesらは社会反応に対する騒音影響を調べたところ、回答者によって異なる反応が得られたが、この反応変動の内、物理量(NNI)で説明できるのは8%とか21%に過ぎないと報告している<sup>13)</sup>。また、MoreiraとBryan(1972)は種々の心理テストと、街頭騒音、航空機騒音、工場騒音のうるささについて検討した結果、55-60 dBA程度の低いレベルの音に対しては、騒音に敏感な方が、そうでない者よりも、有意にannoyanceを高く評価すると指摘している<sup>14)</sup>。つまり、音評価と不安・抑うつ間でみられた関連は、音環境に不満傾向を持っている者が不安・抑うつ傾向を示唆する一方で、高不安・抑うつ傾向が音評価を修飾する要因としてはたらし騒音に対して敏感に反応させている、いわゆる騒音に対する心理的高騒音感受性として作用していることも考えられる。そこで不安・抑うつといった精神状態の他、年齢、社会的支

援、性格傾向といった内的要因と、騒音という外的因子に対する評価である音環境評価の相互関連を重回帰分析によって検討した。

音環境評価への寄与が高い項目をステップワイズにて選択したところ、WECPNL がもっとも寄与が高い因子として、さらに不安抑うつ合計点、社会支援得点も項目として選択された。なお、年齢、タイプ A 性格は変数から除外された。今度は逆向きに、不安抑うつ得点へ寄与する項目を求めると、音環境と社会支援が選択され、ここでも年齢、タイプ A 性格は変数から除外された。音に対する対処行動 (coping behavior) のひとつとして、音源並びに自治体への抗議行動や苦情、ひいては訴訟などが挙げられるが、こうした行動の過程において A 型行動様式、すなわち積極的かつ攻撃的な性格傾向が関与している仮定したが、A 型行動様式と音評価および WECPNL には関連性はみられなかった。また「住めば都」といったように、年齢あるいは居住年数の延長が居住環境に対する馴れを生じて抑制的にはたらいていると仮説したが、関連を示していなかった。音環境評価への寄与がもっとも高かったのは WECPNL である。これは住民が WECPNL の大小を把握するとともに、居住地の音環境を的確に評価していることを示している。ここで、社会支援は 2 つのモデルともに選択された。社会支援がストレス反応の軽減、解消といったいわばストレス反応の (修飾) 抑制因子となることは知られている。察するならば、音環境を基準変数とした重回帰モデルでは不安抑うつ得点との間の相互影響によって変数として選択されたと考えるのが妥当である。たしかに社会的支援は音評価およびストレス反応の 2 つのモデルに対して抑制的にはたらいている。一方、音環境と不安抑うつ傾向は互いに関与している関係にあった。この点に関し、音環境への不満がストレスに関与すると考えるのは妥当である。しかし、不安抑うつ

傾向にある者、いわゆるストレスフルな状態の時は音に対して敏感になる、つまり音感受性が高まるとも考えられる。音評価と不安抑うつ傾向の相関性は、これまでの我々の調査のなかで指摘してきた項目である<sup>15)</sup>。この音環境評価と不安、抑うつ傾向の関連性が調査年や調査場所に係らず、時空を越えて生じていることがわかった。この音環境評価と精神状態のどちらが先行するののかについてはパス解析などを施して確認する必要があるが、本研究では標本数の制約などから至らなかった。しかし、むしろ対象者には、騒音によって不安・抑うつ状態が高まった者と、音以外の作因 (ストレッサー) によって不安、抑うつ傾向が引き起こされて、騒音に対する感受性が高まった者の両者が混在していると考えた。ここで、重回帰モデルの結果は共に R 二乗値が低い値を示していた。つまりこれは説明変数に対する目的変数への当てはまりが低いことを示す。この僅少さの原因には音環境評価や精神状態は説明変数として加えた要因だけではなく、それ以外の様々な因子が複雑に絡み合っていることがまず考えられる。さらに、線形モデル Linear model を想定した重回帰分析の当てはめが適切ではなかったこと、個々対象者に与えた WECPNL 値の妥当性への疑問も原因であろう。前述のとおり航空機騒音音量推定量には当該地域における指定区域制定時 WECPNL 値を代入した。もちろん三区域間の大小関係にはかわりはないものの、現状の WECPNL とは懸け離れていることは十分予想できる。今後、非線形モデルを適応させたモデルを検討や現状に近い住民の航空機騒音暴露量を把握し代入する必要もあろう。

以上、不安・抑うつといった精神症状と航空機騒音暴露量には明確な関係は見られなかった。しかし、高 WECPNL 群ほど居住地における音環境に不満傾向を持っていること、音環境評価の不満と精神状態に関連性が



認められることが確認できた。ここで音の大小と騒音評価, いわば音の主観量と客観量という2つの評価次元は精神的因子に対し異なる様相を見せていた。つまり, 航空機騒音暴露が直接的にストレスには影響せず, 「音源—伝播—知覚・認識」の過程を経て騒音であると判断している者が不安・抑うつ傾向を生じていることが推測された。こうした間接的な騒音影響を示唆する一方で, 本調査結果は高不安, 抑うつ状態ゆえに騒音感受性が高まっているともことも示唆された。今後, 騒音による影響および音評価に対する修飾要因の構造の解明についてさらに検討が必要であろう。

**謝 辞** 本研究を実施するに際し, Goldbergの不安抑うつ尺度の日本語版を御提供下さった川上憲人先生(岐阜大医学部公衆衛生学教室), 今中雄一先生(日本医科大学病院管理学教室), 並びに質問票調査の際に御協力いただいた日本予防医学協会関西支部の関係各位に感謝いたします。

#### 文 献

- 1) Knipschild, P, and Oudshoorn, N: VI. Medical effect of aircraft noise: General Practice Survey, *Int Arch. Occuo. Environ. Hlth.*, 40(3)191-196, 1977
- 2) Knipschild, P, and Oudshoorn, N: VII. Medical effect of aircraft noise: Drug survey, *Int Arch. Occuo. Environ. Hlth.*, 40(3)197-200, 1977
- 3) Knipschild, P,: V. Medical effect of aircraft noise: community cardiovascular survey, *Int Arch. Occuo. Environ. Hlth.*, 40(3)185-190, 1977
- 4) Knipschild, P.: Aircraft Noise and Hypertension, *Proceedings of 3<sup>rd</sup> International Congress on Noise as a Public Health Problem*, ASHA Report No. 10, pp. 283-287 (1980).
- 5) Malchaire, J. B. and Mullier, M.: Occupational exposure to noise and hypertension.: A retrospective study.
- 6) 後藤恭一, 金子哲也.: 大阪国際空港周辺住民の健康実態調査, *航空と環境*, Vol. 19, No 31, pp. 102-107 (1993).
- 7) 後藤恭一, 金子哲也.: 航空環境と健康に関する疫学的調査 1, No. 2, pp. 25-31 (1998).
- 8) 東谷圭子: 航空機騒音の精神的および身体的研究に関する研究, *日本公衛誌*, 34(5), 225-238, s 62
- 9) 伊藤昭好, 松井利仁, 宮川隆志, 他: 航空機騒音暴露と自覚的健康度の関連(1), *日本公衛誌*, 45(10), 736, 1998
- 10) 松井利仁, 宮川隆志, 伊藤昭好, 他: 航空機騒音暴露と自覚的健康度の関連(2), *日本公衛誌*, 45(10), 737, 1998
- 11) Goldberg, D; Bridges, K; Duncan-Jones P, Grayson D: Detecting anxiety and depression in general medical settings., *BMJ*, 297 (6653): 897-9 1988 Oct 8
- 12) 後藤恭一, 金子哲也, 原谷隆史, 他: 主観的環境尺度の試作と個人要因の関連性, *日本環境科学会 97 年会*
- 13) Jones, D. M., and Davies, D. R.: Individual and ground difference in the response to noise., in *Noise and Society*, D. M. Jones & A. J. Chapman Eds. (John Wiley & Sons, 1984), chap. 6, pp. 125-153
- 14) Moreria. N. M., and Bryan, M. E.: Noise annoyance susceptibility., *J. Sound Vib.*, 21(4), 449-462, 1972
- 15) 後藤恭一, 金子哲也: 騒音評価に及ぼす主体要因. *航空環境研究*, 1, 43-50, 1997

内外報告

## ICAO 航空環境保全委員会 (CAEP) 第 4 回会議に出席して\*

末 永 昌 久\*\*

### 1. はじめに

1998年4月6日から4月8日(3日間)にモントリオール(カナダ国)において、ICAO 航空環境保全委員会(CAEP)第4回会議が開催され、アドバイザーとして出席しました。

ICAOには、航空機騒音及び航空機エンジン排出ガス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ガス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ます。

1995年12月に開催された第3回委員会(CAEP/3)においては委員会のメンバー/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)に報告されまし

た。1998年1月に第2回ステアリング・グループ会議がオーストラリアのキャンベラにて開催されました。今回の航空環境保全委員会第4回会議はこの第2回ステアリング・グループ会議による調整を経て開催されたものです。

### 2. 会議の内容について

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91名が出席して行われました。会議の議題は初日から議題1; ANNEX 16, VOL II 排出ガス基準値の改訂案について、2日目、議題2; ANNEX 16, VOL I の騒音に関する改訂案、議題3; エンジン排出ガスに関連した課金制度の報告書について、そして最終日は議題4; 将来の作業について討議され、各議題を討議して必要な勧告等が行われました。以下に各議題についてその概要を紹介します。

#### 2.1 議題1 ANNEX 16. VOL II の NOX 排出ガス基準値の改訂案について

議題1の改訂案については過去に、CAEP/3 報告書の勧告2/3であるANNEX 16 VOLIIの改訂が採用されず、その代替として理事会は1977年3月に1年以内にその見直しをして、報告することを要求してきました。このため、この問題を検討して、促進するため、排出ガス・プランニング部会(略・EPG)を設置しました。そして、この会合において、メンバーやオブザーバー

\* Report of The Fourth Meeting of 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

からのコメントを集積して、新しい NOX 規制値を提案しました。これが、EPG/4 会合において、さらに改訂されたものとなって CAEP のステアリング・グループに提出され、今回の CAEP/4 にて承認されました。

承認した主な点は ICAO の ANNEX 16, VOLII PartIII chapter 2 paragraph 2. 3. 2 に新しい sub-paragraph c) として、以下の通り、改訂することでありました。

”最初の個別生産モデルの製造年月日が 2003 年 12 月 31 日以後の型式又はモデルのエンジンについては、

- 1) 圧力比 30 又はそれ以下について
  - i) 89.0 kN より以上の最大定格推力のエンジン  
 $DP/F_{\infty} = 19 + 1.6\pi_{\infty}$
  - ii) 26.7 kN 以上 89.0 kN 以内  
 $DP/F_{\infty} = 37.572 + 1.6\pi_{\infty} - 0.2087 F_{\infty}$
- 2) 30 以上 62.5 以内の圧力比のエンジン
  - i) 89.0 kN 以上の最大定格推力のエンジン  
 $DP/F_{\infty} = 7 + 2.0\pi_{\infty}$
  - ii) 26.7 kN 以上 89.0 kN 以内  
 $DP/F_{\infty} = 42.71 + 1.4286\pi_{\infty} - 0.4013 F_{\infty} + 0.00642\pi_{\infty} \times F_{\infty}$
- 3) 62.5 かそれ以上の圧力比のエンジン  
 $DP/F_{\infty} = 32 + 1.6\pi_{\infty}$ ”

に改訂するというものです。

注；DP；着陸及び離陸サイクルにおけるエンジンの排出ガス量。

$F_{\infty}$ ；エンジン排出ガス測定のために定められた最大定格推力。

$\pi_{\infty}$ ；参考圧力比

なお、これらの記号の正しい定義については ICAO ANNEX 16, VOLII を参照願ひ、また、内容については別報告 ICAO/CAEP の動向（航空機排出ガス）を参照下さい。

## 2.2 議題 2 ANNEX16. VOL I の騒音に関する改訂案について

CAEP/3 以来、WG 1 と WG 2 により騒音問題についての作業プログラムを実施してきました。両 WG の報告書が CAEP STG の第 2 回会議に提出され、この報告書はその STG 報告書を評価して今回提出されたものです。

WG 1 については WG 1 のグループは彼らの作業計画において、多くの項目について種々の作業過程をこなしてきました。その結果、その提案が ANNEX 16. VOL I の改訂となりました。主な内容は米国 FAR/ヨーロッパ JAR 統一のための手続きにおける国家/多国家間の法律の合意のため、それらの相違について ANNEX で整理することの提案やプロペラ駆動軽飛行機の騒音基準をより強化する提案及び当該飛行機による騒音ニューサンス（生活妨害）を軽減するためのローカル・アクションを記載したガイダンス・マテリアルの提案。さらに、国家/多国家間の耐空証明をそろえるため chapter 11 でカバーされるヘリコプターの重量限界を 3175 kg (7000 LB) まで拡張すること、などでした。

WG 2 については現在の作業状況について以下が討論された主な点でありました。

a) CAEP/3 では新しい騒音軽減手法を十分に開発することができなかった。出発方式に関して、ICAO の航空委員会 (ANC) は PANS-OPS, DOC 8168 に組み込まれる前に、その方式について、ICAO の運航研究グループ (OPSSG) により評価するように要請した。しかしながら、この評価が受け入れられたかどうか明らかでない。この状況においてメーカーは嫌々この業務をゆずりうけたが、作業はあまり進んでいない。

b) 騒音軽減方式を評価するためのガイダンス資料の開発に関して討論した。得られた情報では使用中の方式に大きな相違があること等が討論された。

c) 土地利用に関するタスク及び、当該問題に関する各国からのデータについて検討された。

d) 空港環境問題のタスクとしては今や地上の設備を含むものとされたこと。

e) 騒音モデルに関する ICAO サーキュラー (サーキュラー 205) (空港周辺の騒音コンターを計算するための ICAO サーキュラー勧告方式) の評価と改訂のタスクは慎重な取扱いをすることとされた。当該作業は SAE 委員会 A-21 と親密に実施された。作業の第一段階である、騒音コンターモデルの情報を集めることは完了した。第 2 段階はこれと同じデータセット (ハイブリッド空港) を使用して全てのモデルに作動させてみる。第 3 段階は実際の運航の騒音測定及び各モデルによって作成された予測について詳しく比較すること。その作業は 1998 年の年末には終了する予定で、ガイダンスの改訂はこの結果によって始めることになる。(なお、この第 3 段階の作業が現在、数ヶ月は遅れている。)

f) 騒音及び飛行経路設置システムのタスクは進められている。SAE A-21 は既に騒音モニターリングに関する作業を終了しており、その研究の結果が ICAO の利用に適切であるかどうか評価することにした。

g) WG 2 グループは騒音の世界的広域影響推定方法という米国 FAA の研究を討議した。ワーキング・グループは INM に基づいたモデルを現在再評価しているので、この作業が終了した後に、再度、確認することにした。なお、この研究は運航方式等の変更による評価を十分な精度として確立しているかどうかについては疑問があった。又、この研究は空港周辺の人口経過による分布変化について取り扱うことができるようにする必要もあることも申し添えられた。

h) CAEP の将来の役割についての産業界の見解が出席した ICCAIA, ACI 及び

IATA のそれぞれのオブザーバーから報告され、CAEP はメンバー及びオブザーバーの間での統一的な議題を構築することが必要であると述べられた。このことは技術的そして、経済的なものばかりでなく、政治的要因も含むべきであるとされた；長期間に渡って、プロ的アプローチで問題を定義し、予想することを行って、タイムリーな行動、そして、CAEP による公表の効果、このことが航空環境保全のためのきわめて優秀な組織として CAEP を長く継続させていくものである、とされた。全ての団体と共同して、CAEP はもっと強力なプロ意識を持って騒音削減のためのバランスのとれたアプローチという新しい試みは将来において必要であるということが申し述べられた。もし、これがなされなかったら、ICAO の影響力の衰退、これらは既に起こっているが、必然的に加速することになると述べられた。以上です。

### 2.3 議題 3 エンジン排出ガスに関連した課金制度の報告書について

1990 年の初めより ICAO の CAEP/3 によって設置された課徴金検討部会 (FPC) で航空機エンジン排出ガス課金の討議についての報告を中心にして検討してきました。1991 年の空港及び航路施設管理会議の勧告に従って、ICAO 研究は課金が航空機エンジン排出ガスの削減に有効な手段であるかどうか、さらに 1995 年の CAEP による研究によって、ICAO の第 31 回総会は理事会にこの問題をさらに研究し、次回の総会 (1998 年) に報告することになり、CAEP/3 はこの問題を”排出ガス課金又は地域資金又は規制値を導入して、航空輸送システム及びその環境利益を費用で判定する”ことの委託事項として FPC に割り当てた。1998 年 1 月の CAEP 第 2 回 STG 会議において、この FPC 報告の取り扱いが討議され、その結果、環境税の導入については報告書において「勧告」としては含めないことで了承されました。

## 2.4 議題4 将来の作業について

将来作業についてはCAEPとしては気象変動に関する京都会議 (COP3) をフォローアップして、航空機騒音や航空機エンジン排出ガスにおけるICAOの活動計画を策定し、これが承認されました。

## 2.5 その他

当該会議はCAEPの次の会議 (CAEP/5) を2001年の第一四半期に開く予定で、このため、2つのSTG会議は、第一回目は1999年の5月か6月に開催し、ここではIPCCの報告書が討議されることになる予定。第2回目は2000年の9月か10月に予定しており、ここではワーク・プログラムの経過の査定とCAEP/5のための議題を提案する予定です。

## 3. 結 び

昨年4月に開催された航空環境保全委員会 (CAEP) 第4回会議で取りまとめられた前述の議題についてはそれぞれの議題について勧告や承認が行われて、今回の報告書が作成されました。この報告書が昨年10月のICAO第32回総会において審議され承認されたと聞いています。従って、今後はこの報告書の各議題の実施事項や勧告が適宜に実施されるものと思われれます。私見ですが、CAEP第3回会議からCAEP第4回会議に至って、今回承認を得たことは今後の航空環境保全のためには大きな前進となったのではないかと思います。

内外報告

## ICAO/CAEP の動向 (航空機騒音)\*

吉 岡 序\*\*

### 1. まえがき

1998年4月に第4回国際民間航空機関・航空環境保全委員会 (ICAO/CAEP 4) が開催された。過去の CAEP 1, CAEP 2, 及び CAEP 3 に至るそれぞれの会議開催間隔は4年から5年であったが, CAEP 3 と CAEP 4 の間隔は2年半に満たず, 異例のことであった。これは, 1995年の CAEP 3 で否決された Nox 削減強化新基準の改定案が, ワーキンググループ III (WG III: 航空機排出ガス) から提案されることになっており, それについて早急に審議する必要性から開催が早められたようである。この詳細については本誌「ICAO 航空環境保全委員会 (CAEP) 第4回会議出席報告」<sup>1)</sup> 及び「ICAO/CAEP の動向 (航空機排出ガス)」<sup>2)</sup> を参照されたい。本稿では, 2001年に予定されている CAEP 5 に向けてのワーキンググループ I (WG I: 航空機騒音) の作業の取り組みと, CAEP 4 の直後に開催された第1回 CAEP 5/WG I 会議<sup>3)</sup> の概要について述べる。

### 2. WG I の CAEP5 に向けての取り組み

WG I の活動については, 1995年12月に

開催された CAEP 3 において長期的な方針が示されており, それに従い具体的なテーマに沿ったタスクグループが設置され, CAEP 4 に向けた作業が進められてきた。CAEP 4 が開催された1998年4月の時点においては, 完全に終了したタスクはなく, 一部タスクが統合されたり, WG II へ移管されたりしたタスクはあるものの, 基本的には CAEP 3 において方向付けられたタスクが再編成され, CAEP 5 に向けて継続して進められている。編成されたタスクは, ①分野を問わず全てに関する事項 (Crosscutting), ②亜音速ジェット機に関する事項, ③超音速ジェット機に関する事項, ④ヘリコプターに関する事項, ⑤チルトローター機に関する事項, ⑥その他の事項, の6つのタスクに分類されており, それぞれにタスクグループが設けられている。表-1 に各タスクにおける主な作業の概要を示した。これらの作業の優先度は以下のように定められている。

A: 優先度高 (CAEP 5 で勧告するための短期的なタスク)

- JET-9・JET-11・HELO-2
- TR-1

B: 優先度中 (CAEP 6 または CAEP 7 で勧告するための長期的なタスク)

- NOISE-2・JET-2・JET-10
- HELO-1・HELO-3

C: 優先度低 (保留中のタスク)

- JET-1

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

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

表-1 各タスクの主な作業概要

タスク名	作 業 概 要
①分野を問わず全てに関連するタスク	
NOISE-1	・環境技術マニュアル(ETM)の整備
NOISE-2	・解析手順の変更により生ずる0.3dBの誤差についての検討
②亜音速ジェット機に関するタスク	
JET-1	・静止状態の機体から飛行中の騒音を推定する検討(ファミリーコンセプト)
JET-2	・音響吸収減衰式の研究
JET-5	・騒音軽減技術研究プログラムのモニター
JET-9	・航空機騒音の更なる低減の見込みの評価
JET-10	・ANNEX 16, Chapter3の見直しの検討
JET-11	・騒音証明の簡易化と証明経費低減に関する調査
③超音速ジェット機(SST)に関するタスク	
SST-1	・将来のSSTに関する技術開発に関する検討
④ヘリコプターに関するタスク	
HELO-1	・Chapter8の手順の簡易化の可能性についての検討
HELO-2	・カテゴリーが異なる機体における騒音基準強化の可能性についての検討
HELO-3	・証明と土地利用の両方に使えるような騒音証明方法の調査
⑤チルトローター機に関するタスク	
TR-1	・将来のチルトローター機の騒音証明実施法と基準値の調査
⑥その他のタスク	
	・重量級プロペラ機の側方騒音値の計算法代替の検討
	・広範囲にわたる国際的な騒音証明データベースの開発
	・広域空港騒音影響評価モデルの開発と有効性の実証

### 3. 第1回 CAEP5/WG I 会議 t 概要

第1回 CAEP 5/WG I 会議は1998年3月27、28日の2日間、アメリカ・シアトルのボーイング社で開催された。会議はアメリカ、イギリス、フランス、ドイツ、カナダ、オランダ、イタリア、日本、及び国際航空宇宙工業会 (ICCAIA)、国際航空運送協会 (IATA) から、23名が出席し、アメリカ・連邦航空局 (FAA) の Tom Conner 氏の議長により進められた。日本からは石川島播磨重工(株)の中村氏が出席された。今回は CAEP 5 に向けての第1回目の会議とあって、CAEP 4 から継続しているタスクの一部について経過報告がなされたものの、その他は今後の作業を明確にするに止まっているようである。

#### 3.1 ヘリコプターとチルトローター機について

##### (1) ヘリコプター

現在の ANNEX 16 第8章 (全ヘリコプターを対象とする騒音証明) の簡易化に関して議論があったが、第8章に簡易化を盛り込む

ための適切な修正案がないので、簡易化については新しい章に明記するとして、「ChapterX」を新設することが提案された。また「ChapterX」には、証明と土地利用計画の両方に利用できるデータが取得できる手法を盛り込む提案もなされた。更に、「ChapterX」は Chapter 8 と Chapter 11 (軽量ヘリコプターだけを対象とする騒音証明) の両方を含むべきかどうかという問題について議論された。これは行政的な問題として扱い、技術的な判断によるべきものではないとした上で、行政的とは何か、技術的とは何か、そして WG I の役割とは何かについて様々な意見が述べられた後、「ChapterX」は Chapter 8 だけを対象とするもので、Chapter 11 は含まないことが明確にされた。

第8章のヘリコプター騒音基準の強化について、離陸、水平飛行、及び着陸について、それぞれ (-3 dB, -3 dB, -1 dB) と (-3 dB, -4 dB, -1 dB) の2通りの案が示された。この案は東ヨーロッパの国々で製造されたヘリコプターにも影響を及ぼすことになる

ので、基準強化により経済に与える影響の分析を行うために、関連データの蓄積が重要な問題となっている。騒音基準強化に関しては、未だ証明当局側と製造者側の考え方は一致していないようである。

騒音証明と土地利用計画の両方に使える証明手順の検討について経過報告があった。アメリカ・航空宇宙局 (NASA) と主要なヘリコプター製造会社が試験を行い、その結果を取りまとめることになっているが、未だまとまっていないとのことである。この方法に切り替えるとなると広範囲に影響を及ぼすことが懸念され、そのために作業が進んでいないようである。ヘリコプター製造会社に対して、積極的にこの作業活動に取り組むことが促された。議長の Tom Connor 氏は SAE A 21 (SAE において航空機騒音に関する検討を行っている部署) で航空機騒音のモデル化に関する作業が進められており、その作業とリンクすることになるので、A 21 のチームリーダーとコンタクトしながら作業を進めるべきであると述べている。

## (2) チルトローター機

タスクグループは CAEP 4 が開催される前に、ベル社のチルトローター機設計チームから、チルトローター機開発の広範囲にわたる状況説明を受けた。そこでチルトローター機の騒音証明を確立するためのガイドラインについて議論が行われた結果、ガイドライン作成にあたり、以下の a)~d) の項目を基本的な考え方として含むことが合意された。

- a) 最初は Chapter 8 のようなものとする。
- b) メーカーにより叩き台 (Strow-man) が作成される。
- c) 土地利用計画に利用できるデータが得られる測定点配置とする。これについては前述の SAEA 21 と連携をとりながら進める。
- d) 民間のチルトローター機の研究だけでなく、その他に、それに関連する活動

についてモニターする。

現在のチルトローター機の開発状況について述べられた。それによるとベル社はボーイング社をパートナーとせず、独自に BELL 609 型の開発計画を進めており、EUROFAR 社では議論の段階であるものの、その BELL 609 型よりも更に大きな機体が想定されている。また、シコルスキー社ではローター直径が可変する XV-15 型を研究中で、その測定プログラムは 1998 年の夏に実施されることになっており、その結果は第 2 回会議で報告されることになっている。議論の中で、飛行機状態からヘリコプター状態に変わる飛行モードの過渡状態についても、証明の対象となるかどうかについて議論されている。タスクグループは飛行モードの過渡状態について証明の定義を行うことについては、基準となる手順の確立をする観点から非常に難しいと答えている。飛行モードの過渡状態においてもたらされる騒音の性状についての検討はまだ残されているようである。XV-15 型の測定プログラムでは、飛行モードの過渡状態における騒音の特性試験も予定されている。タスクグループは、想定されるチルトローター機の証明手順は ANNEX 16 に示される短距離離着陸機 (STOL) のガイドラインに似たものとなると述べ、またこれに関するタスクは順調に進んでおり、CAEP 5 に勧告できる見込みだとも述べた。

## 3.2 亜音速ジェット機と超音速ジェット機について

### (1) 超音速ジェット機

超音速機 (SST) の騒音低減技術について検討が続けられているが、数年前と比べて SST に関する作業の優先順位は低くなったようである。ICCAIA は、アメリカの SST 開発プログラム開始時期が 2007 年まで繰り下げられたこと、日本の開発プログラムは基礎研究段階であることを確認した。

### (2) 亜音速ジェット機



騒音証明における騒音測定解析に関するデジタル機器規格を、ANNEX 16の付録2に取り入れるための作業の経過報告があった。IEC（国際電気規格）1256を基本とするデジタル機器の規格の検討が進められている。証明のための機器要件を明確にした上で、ANNEX 16の付録2に機器規格に関する新しいセクションを設けるという提案がなされた。デジタル機器規格を付録2にとり入れるにあたり、以下の点が強調されている。

- a) 基準強化にならないこと。
- b) 現在適合している機器は新しい規格に適合すること。
- c) 現在使われているプリアンファシス・ネットワークを含めること。
- d) 測定機器の性能を表すための基準となる環境状態について明確にすること。

機器の許容誤差についても議論されたが、現在採用している許容誤差はIEC規格であり、許容誤差の範囲については検討しないことが明確にされた。WGのメンバーはこの提案を受け、ANNEX 16の付録2に組み入れることに同意した。このことにより、環境技術マニュアルに記述されている機器規格の部分が重複するので、この部分については削除されることになる。

### 3.3 飛行船の騒音に関する問題

イギリスのG. Readman氏から飛行船の騒音証明の話題について紹介された。軽飛行船の運航会社から飛行船の騒音について、ICAOによる騒音基準制定の働きかけがあったという。この会社は、飛行船の騒音について苦情を受け続けており、苦情の増加に伴い、運航の制限を余儀なくされていることから、ICAOの騒音証明の制定により運航者側の救済を目論んでいるようである。騒音基準値は自社の飛行船が発する騒音値より高いところに設定してもらえるとでも考えていたのだろうか。これはICAO・CAEPの精神に反

すると思うが。この会社の目論みはさておき、ここ数年ヨーロッパにおいて、飛行船の騒音問題が注視されつつあるとのことである。そして、オランダでは飛行船の開発が進行しており、飛行船の騒音問題を解決する方法の一つとして騒音証明の制定が有効であると、オランダのJ. Franken氏は述べている。飛行船の騒音に関する予備的な調査をCAEPに呼びかけるかどうかについては、G. Readman氏とJ. Franken氏を中心とするグループが、ICAO・CAEPの歴史を振り返り、また現在の飛行船の設計と運航について評価した上で、決定されることになった。

## 4. あとがき

以上、CAEP 4以後のICAO・CAEPの航空機騒音に関する動向について述べた。CAEP 4が開催されて間もないこともあり、各タスクグループの活動はあまり活発ではないと思われる。ワーキンググループの作業は、かつてはWG Iとワーキンググループ II（WG II：空港周辺と運航）で明確に分けられていたが、最近では相互に重複する作業が幾つかあるようである。

また、亜音速ジェット機の騒音証明の基準強化については、CAEP 3で決着がつかず総会まで持ち越されて否決されて以来、改めて議論されている様子はない。

本稿を執筆中に第2回目のCAEP 5/WG I会議が1999年2月中旬に開催されるという通知があった。その会議の内容については資料を収集して次号で報告したい。

## 文 献

- 1) ICAO 航空環境保全委員会（CAEP）第4回会議出席報告、末永、航空環境研究、No. 3, 1999
- 2) ICAO/CAEPの動向（航空機排出ガス）、柴田、航空環境研究、No. 3, 1999
- 3) Report of the first Meeting of CAEP 5/WG I, ICAO CAEP/5-WG/1 WP 2, 1998

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

現在 ICAO では ICAO/CAEP (国際民間航空機関, 航空環境保全委員会: International Civil Aviation Organization, Committee on Aviation Environmental Protection) を中心に表-1 に示すような航空機排出ガス対策の検討を進めている。

航空機排出ガスについては 1970 年代から関心を持たれたが、当初は超音速旅客機によるオゾン層の破壊に対する懸念が中心であった。現在では、このオゾン層破壊の影響は小さいと考えられているが、ICAO (国際民間航空機関) 付属書 16 第 2 巻として、大気汚染の排出規制が 1981 年に採択された。1990 年代になって、地球温暖化への影響が未解明であること、航空機エンジンの燃費改善の結果、NO<sub>x</sub> 排出単位が増加していることなどから、NO<sub>x</sub> を中心として、その排出削減の強化が ICAO において議論された。この議論の結果、1991 年に ICAO の下部機関である CAEP (航空環境保全委員会) で NO<sub>x</sub> の排出量を 20%削減する案が合意され、1993 年 ICAO において採択された。このときに確定した規制基準が航空機エンジンからの大

気汚染物質 (未燃炭化水素, 窒素酸化物, 一酸化炭素及びスモーク) の排出に係わる現行の ICAO 基準である。我が国でも 1996 年 3 月に、この ICAO 基準に対応した大気汚染物質の排出規制等を行うべく、航空法改正案が国会で審議され、翌年 10 月に施行された。

現在、ICAO CAEP においては、騒音と合わせ、さらに大気汚染物質の排出基準を強化する案が議論されており、EC (European Community: 欧州共同体) から NO<sub>x</sub> を 20%削減する案が提案された。この案は、当初、1995 年 12 月に採択を行う予定であった。しかし、地球環境への影響が不明確でどのような基準強化を行えばどの程度の効果があるのか不明で、新基準に要するコストを誰が負担するかが不明との理由で、米国、カナダ等の反対もあり、NO<sub>x</sub> の削減案も 16%まで縮小され再度討議されることとなった。その後、ICAO では CAEP 3 で提案された NO<sub>x</sub> のさらなる 16%低減案に関連して、航空機から排出される NO<sub>x</sub> について、専門に検討を行う小グループ EPG (the Emissions Planning Group) を組織し、NO<sub>x</sub> 低減に向けて技術課題や政策検討を行うこととなった。

1998 年 1 月に開催された ICAO/CAEP 4 SG (Steering Group Meeting) 会議では、NO<sub>x</sub> 16%低減案の取り扱いについて各国から提案がなされ討議が実施された。EPG の圧力比 30 で 16.25%強化、30 以下は CAEP/3 の提案通り、30 以上では CAEP/2

\* 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

表-1 ICAO における航空機の環境保全対策の取り組み

1971	CAN (Committee on Aircraft Noise) 発足
1971.04	Annex 16 Vol.1 Chapter2 騒音基準制定
1976.06	Annex 16 Vol.1 Chapter3 騒音基準採択 (1977.10.06 以降の Type Certification に適用)
1977	CAEE (Committee on Aircraft Engine Emissions) 発足
1981.06	Annex 16 Vol. II (排出ガス基準) 制定
1982	CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) 発足 - CAN/CAEE 統合
1986.06	第1回 CAEP 本委員会
1990.01	第28回 ICAO 総会で Chapter2 機材の Phase-out を採択 ・ 1995.04 以降 Chapter2 機材の運航を禁止 (機齢 25 年未満、Wide Body, Hi Bypass Ratio Engine 装備の何れかに該当するものを除く) ・ 2002.04 以降、全ての Chapter2 機材の運航を禁止
1991.12	第2回 CAEP 本委員会 ・ 排出ガス基準について NOx20 %削減が合意された ・ 第3回 CAEP で以下の対策を採択することが合意された 騒音：2002年に Chapter2 機材の退役が完了するが、その後の空港周辺の騒音被害拡大を防止するための、運航方式・土地利用・技術革新にわたる調和のとれた対策 排出ガス：地球規模の環境保全(オゾン層破壊及び地球温暖化の抑制)のための必要で可能な対策
1992.06	第1回 Working Group Meeting (リオネジャネイロ) ・ Cost/Benefit Analysis と技術的可能性の探求が必要であることが確認された
1993.03	排出ガス基準について NOx 20 % 削減を採択 ・ 1995.12.31 以降の新型式 ・ 1999.12.31 以降の製造
1993.06	第2回 Working Group Meeting (スウェーデン) ・ 第3回 CAEP を 1994年から 1995年に延期することが合意された
1994.01	第3回 Working Group Meeting (オタワ) ・ 騒音基準強化による運航コストと消費燃料の増加に関する報告が了承された ・ 2002年および 2015年における騒音被害予測の報告が了承された ・ Cost/Benefit Analysis の対象とする騒音および排出ガスの基準強化案が確定された
1995.06	第4回 Working Group Meeting (ボン) ・ Cost/Benefit Analysis の結果が了承された ・ 第3回 CAEP に討議すべき事項が了承された
1995.12	第3回 CAEP 本委員会 ・ 騒音および排出ガス基準強化について採択を行う ・ その後の CAEP の活動を承認する
1997.9	スイスのチューリッヒ空港では、排出ガス税 (Green Tax) を 9月から導入 ・ 古い機材から 5つのカテゴリーに分類して、着陸料に最大 40% の超過料金を課す ・ 超過料金は、40%、30%、10%、5%、無しの 5段階。 ・ ジュネーブ空港でも 1998年 1月から実施
1998.4	第4回 CAEP 本委員会 ・ 1995年 12月に否決された新基準案/CAEP3 (NOx16%強化)の改訂版を公表 ・ 対象は新型エンジンのみとする ・ 実施は 2004年からに後退する ・ CAEP としては次回の本委員会 (2001年 2月予定)で正式提案する予定

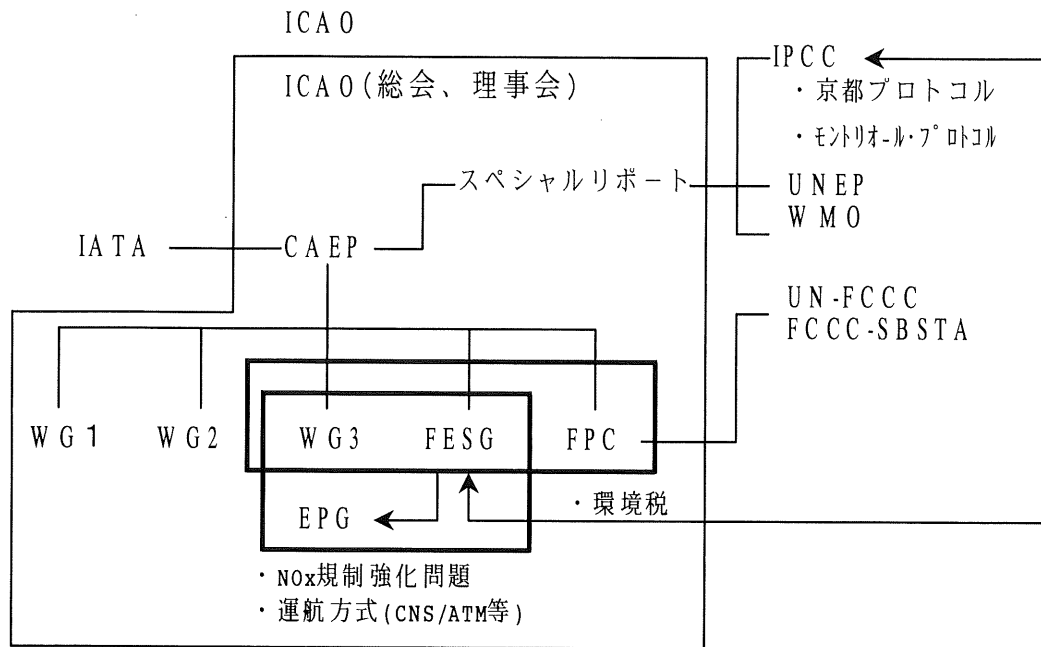
で採用された 1.6 値を 2.0 値のスロープとする提案に対して、米国とスウェーデンから圧力比 30 以上の領域で、より厳しい規制案が提出された。これらを含め、NOx 16%低減の規制案は、最終的な決定に至っていないままである。

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

## 2. ICAO 及び ICAO/CAEP の活動状況

### (1) ICAO 活動の状況

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



ICAO	International Civil Aviation Organization (国際民間航空機関)
CAEP	Committee on Aviation Environmental Protection (航空環境保全委員会)
WG	Working Group
EPG	the Emissions Planning Group (ICAO / CAEP4 における小委員会)
FESG	Future Emissions Study Group (ICAO / CAEP4 における小委員会)
FPC	Focal Point on Charges
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change (気候変動に関する政府間パネル)
UNEP	United Nations Environmental Programme (国連環境プログラム)
WMO	World Meteorological Organization (世界気象機関)
UN-FCCC	United Nations-Frame work Convention on Climate Change (国連気候変動枠組条約)
SBSTA	the Subsidiary Body on Scientific and Technological Advice (ICAO / CAEP4、FCCC 下部組織)
IATA	International Air Transport Association (国際航空運送協会)

図-1 ICAO を中心とした航空機排出ガス対策

○ICAO スペシャル・リポート「Aviation and the Global Atmosphere」(IPCC: 地球変動に関する政府間パネル等と共同)

○航空機排出ガス対策の検討 (WG3: Working Group 3)

- NO<sub>x</sub> 規制強化案 (WG3 下の EPG (the Emissions Planning Group) が中心, 費用対効果, シナリオは FESG: Future Emissions Study Group)
- 運航方式による改善 (EPG 及び費用対効果は FESG, IATA が協力)
- FPC: the Focal Point on Charges (環

境税の検討, その他機関等と連携)

1) ICAO での航空機排出ガス環境対策の取り組みの基本的枠組み

ICAO における航空機排出ガス環境対策の取り組みの基本的な枠組みを図-2 に示す。環境対策については, 地球規模環境問題と地域環境問題の2つとしてとらえられており, それぞれで重要となる排出ガス物質は異なる。特に地球規模環境問題では CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, 地域環境問題では NO<sub>x</sub> への対策を重視している。また, 近年, 上空におけるエアロゾルの重要性が指摘されつつある。

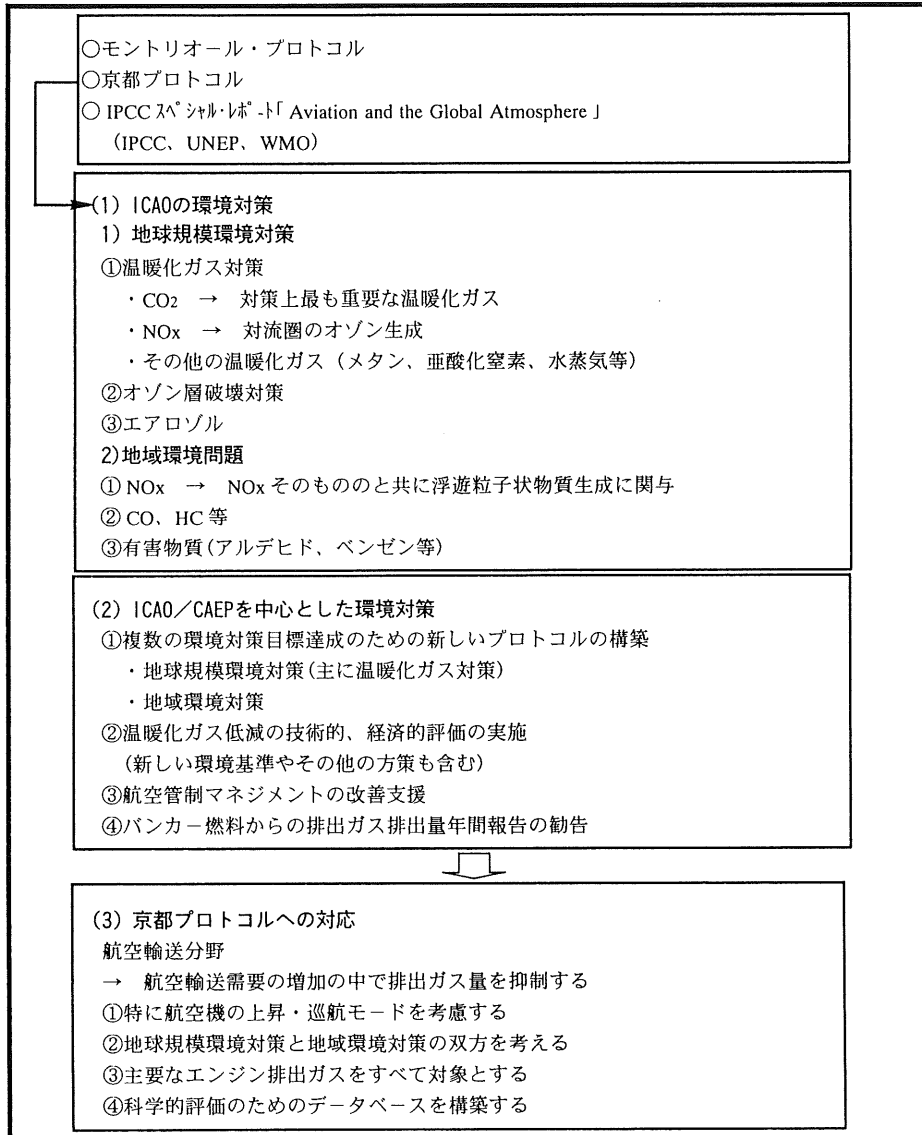


図-2 ICAO の航空機排出ガス対策の基本的な考え方

①地球規模環境対策

○温暖化ガス対策

- ・ CO<sub>2</sub> → 対策上最も重要な温暖化ガス
- ・ NO<sub>x</sub> → 対流圏のオゾン生成
- ・ その他の温暖化ガス（メタン、亜酸化窒素、水蒸気等）

○オゾン層破壊対策

○エアロゾル

\* CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> については両者のトレードオフも重要

②地域環境問題

○NO<sub>x</sub> → NO<sub>x</sub> そのものと共に浮遊粒

子状物質生成に関与

- CO、HC 等（例えば、エンジン始動時の CO）
- 有害物質（アルデヒド、ベンゼン等）

2) ICAO の航空機排出ガスに関するアクション・プラン

図-2 に示す航空機排出ガス対策に対する基本的な考え方を受けて、ICAO/CAEP では図-3 に示す 5 つの項目を中心にアクション・プランに取り組んでいる。

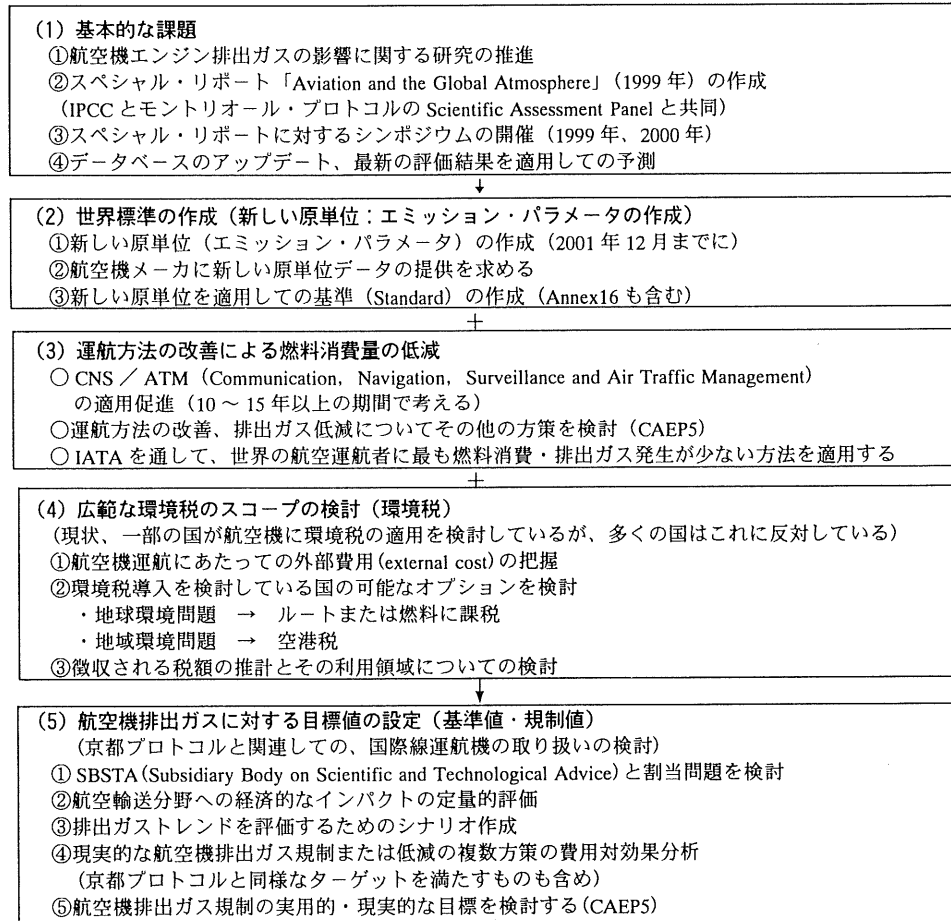


図-3 ICAOの航空機排出ガスに関するアクション・プラン

## (2) ICAO/CAEPを中心とした環境対策

### 1) ICAO/CAEPでの航空機排出ガスに関連した主な活動

ICAO/CAEPにおける活動は、前述の航空機排出ガス対策に関するICAOの考え方、アクション・プランを受けたものとなっている。主に次の4つが中心的議題となっている。なお、この他環境税の問題は、FPCが中心となり検討され、その方針は理事会の考え方として示されている傾向が強い。

- ①複数の環境対策目標達成のための新しいプロトコルの構築
  - ・地球規模環境対策(主に温暖化ガス対策)
  - ・地域環境対策
- ②温暖化ガス低減の技術的、経済的評価の実施(新しい環境基準やその他の方策も含む)

む)

- ③航空管制マネジメントの改善支援
- ④バンカー燃料からの排出ガス排出量年間報告の勧告

また、今後は京都プロトコルへの対応が重要となるが、特に、航空輸送分野においては、航空輸送需要の増加の中で排出ガスをいかに抑制するかが課題となる。

- 特に航空機の上昇・巡航モードを考慮する
- 地球規模環境対策と地域環境対策の双方を考える
- 主要なエンジン排出ガスをすべて対象とする
- 科学的評価のためのデータベースを構築する

## 2) ICAO の主な組織の役割

## ①理事会 (Council)

ICAO/CAEP 4 の検討事項のとりまとめ、承認を行っている。例えば、CAEP 3 での NO<sub>x</sub> 規制強化案は理事会では承認されずに CAEP に差し戻されていた。なお、環境税問題に対する ICAO の考え方は、すべてこの理事会レベルでとりまとめが行われている。

## ②WG 3 (Working Group 3)

航空機排出ガス対策に関する事項の検討は、ICAO/CAEP 4/WG 3 が中心となり実施している。

なお、WG 3 の結果を受けて、ステアリンググループが、航空機排出ガス対策検討の中核となっており、現在、IPCC, UNEP, WMO と共同でスペシャル・リポートの作成を行っている。

## ③EPG (the Emissions Planning Group)

WG 3 下で特に NO<sub>x</sub> 低減強化案について検討を行っているが、インパクト評価等については FESG と連携して検討を行ってきた。また、CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance and Air Traffic Management) 等の運航関連に関しても、FESG, IATA 等と連携している。

## ④FESG (Future Emissions Study Group)

NO<sub>x</sub> 低減強化案等の環境面、経済面へのインパクト評価、CNS/ATM 等の運航関連については、IATA 等と連携して活動を行っている。なお、評価のベースとなるシナリオについて IPCC シナリオを適用している (シナリオ作成にも関与)。

## ⑤FPC (the Focal Point on Charges)

環境税の導入可能性、インパクト評価等を実施しており、これらは UN - FCCC, SBSTA と連携をとりながら検討を進めている。

## 3) ICAO/CAEP 4~CAEP 5 の動向

ICAO/CAEP 4~CAEP 5 のミーティング

は以下の日程で開催された。

○ICAO/CAEP 4 WG 3 第 3 回委員会  
1997 年 5 月 20-23 日 (米国・サバンナ)

○ICAO/CAEP 4 WG 3 第 4 回委員会  
1997 年 11 月 12-14 日 (スイス・ベルン)

○ICAO/CAEP 4 SG 第 2 回委員会  
1998 年 1 月 19-23 日 (オーストラリア・キャンベラ)

○ICAO/CAEP 4 本委員会 1998 年 4 月 6-8 日 (カナダ・モントリオール)

## ① ICAO/CAEP 4 WG 3 第 3 回委員会の概要

WG 3 第 3 回委員会では主に次の点について報告がなされた。

○ICAO における中心的な研究 (Focal Point) (TOPIC 3)

○EPG の活動について

a. ICAO における中心的な研究 (Focal Point) (TOPIC 3)

ア. 航空機排出ガスの実態と研究調査の課題について

NASA の Wesoky 氏から、航空機排出ガスの問題について、次の点が指摘されている。

○航空機排出ガスにおける CO<sub>2</sub> の重要性

近年の研究から、航空関連の研究者、政策決定者の間で、航空機排出ガス問題においては特に CO<sub>2</sub> の重要性が認識されている。CO<sub>2</sub> に関して航空機排出ガスが気候に与える影響は大きくなりつつあり、その比率は航空機が消費している化石燃料の比率 (~1.5%程度) とほぼ同等と見られる。

○航空機排出ガスにおける NO<sub>x</sub>

航空機から排出される NO<sub>x</sub> については、状況は CO<sub>2</sub> とほぼ同じと考えることができる。しかし、近年のエンジン技術の向上、CO<sub>2</sub> と異なり残留期間が数週間~数カ月と短いことから、将来的には CO<sub>2</sub> ほど深刻な問題にはならないと考えられている。なお、

NOx が地球規模環境問題に与える影響はまだ明確でなく、対流圏上層部、成層圏下層部における NOx については、人間の活動（航空機）を発生源とするものが大きい点は十分考慮すべきであるとしている。

○エアロゾル、粒子状物質

航空機から排出されるエアロゾル、粒子状物質の研究はまだ始まったばかりで、信頼に足るデータ等もなく、数値的な指針を出すには至っていない。しかし、航空機から排出されるエアロゾル、粒子状物質によるインパクトは CO<sub>2</sub> と同等か、それ以上と推測される。

○シナリオについて

航空機の技術発展、需要予測等の研究では、航空機から排出される CO<sub>2</sub>、NOx のインパクトは、今後の需要増加に比べて相対的に小さくなるであろうと推測されている。その意味から、WG3 では EDF (Environ-

mental Defense Fund：環境保全基金) の中期シナリオについて、技術発展の考慮などの問題点を指摘している。

○今後の活動

モニタリングとレポートのアップデート、とりわけ対流圏での NOx の他発生源についての情報収集の重要性が指摘されている。

なお、表-2 に航空機排出ガスと環境問題（オゾン層破壊、温暖化、酸性雨、地域の大気質の問題）における、重要となる成分、それほど重要ではないと考えられる成分及び関連が不確かな成分をまとめて示す。

b. EPG (the Emissions Planning Group) の活動について

○ICAO/CAEP では CAEP 3 で提案された NOx のさらなる 16%低減案に関連して、航空機から排出される NOx について、専門に検討を行う小グループ EPG (the Emissions Planning Group) を組

表-2 航空機排出ガス成分と環境問題の関係

影響 (インパクト) 項目	重要	重要でない	不明
オゾン層破壊 (Ozone Depletion)	NOx (1)	CO <sub>2</sub> , HC, CO, SOOT	SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, エアロゾル, 粒子状物質, すず
地球温暖化 (Greenhouse effect)	CO <sub>2</sub> , NOx	HC, CO	
酸性雨 (Acidification)	NOx	CO <sub>2</sub> , HC, CO, エアロゾル, 粒子状物質, H <sub>2</sub> O, SO <sub>2</sub> (2)	
地域の大气質 (2)	HC, CO, SO <sub>2</sub> , NOx, すず, 粒子状物質	CO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O, 臭気, エアロゾル	

(1) オゾン層破壊への高度(対流圏上層部、成層圏下部の双方)での超音速航空機から発生する NOx の影響は不明。おそらく影響は小さいと考えられる。

(2) 環境への影響は、地域統制・環境に大きく依存している。

表-3 EPG (the Emissions Planning Group) の検討事項

EPG 検討項目	具体的内容
技術の実現可能性 (Technical feasibility)	・最新の排出レベル、排出対策の把握と将来予測
経済的な妥当性 (Economic reasonableness)	・NOx 低減策強化による、航空機メーカー(エンジンメーカーも含め)、航空会社への経済的インパクトの評価 ・CAEP2 以降の既存航空機の評価への影響(価格低下など)
環境ニーズ (Environment need)	・航空機から排出された NOx の大気質の影響比較 ・他の排出大気汚染物質の大気質への影響分析
運航形態の改善	・先進的な管制システム、最前の運航形態を適用することによる燃焼特性改善などに伴う排出量の削減
CO <sub>2</sub> / NOx のトレードオフ	・CO <sub>2</sub> / NOx 排出量の相関関係、双方の環境へ与える影響の比較 ・NOx 低減の燃費への影響の分析



織した。

#### ○EPGの組織化について

EPGは、ICAO/CAEP 4/WG 3の組織では、NO<sub>x</sub>低減に向けて技術課題や政策検討をするには組織が大きすぎるとするWG 3の委員の考えに基づいて組織された。しかし、WG 3が関連の情報の提供・助言を行う際、“filtering”を行い、EPGの活動で重要な役割（key role）を果たすこととなる。

○EPGの検討会議は1997年5月、7月、10月及び12月に開催された。

○EPGの組織に伴い、NO<sub>x</sub>についてのみ検討を行う“mini”CAEPが1998年4月6日に開催された。

#### ○EPGにおける主な検討事項

EPGではNO<sub>x</sub>規制強化に関して、次の4つの観点について検討を行う（表-3参照）。

- ・技術の実現可能性（Technical feasibility）
- ・既に運航されている航空機への対処（Protection for the existing fleet）
- ・経済的インパクト（とりわけ航空機の機体価格への影響）（Economic impact）
- ・環境面からのニーズ（Environmental need）

また、議長（ICAO/CAEP 4/WG 3）は、NO<sub>x</sub>低減案が技術的に可能であり、かつ経済的に妥当なものであれば、EPGは環境面の効果（Environmental benefits）が明確でなくても、NO<sub>x</sub>低減を提唱するべきと考えている。また、EPGでは、航空機の運航形態（Operational measures）による効果、NO<sub>x</sub>とCO<sub>2</sub>、のトレードオフの関係についても検討を行う。

○透明性：EPGの活動においては、その透明性が重要となる。

#### ○目標とその達成

EPGメンバー内ではその活動の明確な目標についてはコンセンサスが得られているが、目標の達成については疑問視するメンバ

ーもいる。特に航空機の運航形態による燃料や排出ガスの低減の検討が除外された場合の合意方法の難しさが指摘されている。

#### ○低空域におけるNO<sub>x</sub>の影響について

酸性雨や地域大気汚染対策という観点から、低空域で航空機から排出されたNO<sub>x</sub>の影響については、これまで考慮されてこなかった。今回、この低空域でのNO<sub>x</sub>の影響を加えるかどうかについて検討する必要があるかが指摘された。今後、低空域も含めてEPGではNO<sub>x</sub>の問題を検討することになるろう。

○WG 3のEPGに対する“filtering”の問題（適切に評価がなされるか）。

#### ○NO<sub>x</sub>低減策に対するメンバーの見解

WG 3ではCAEP 3のNO<sub>x</sub>低減策について次の2つの異なる見解が示されている。

- ・NO<sub>x</sub>をさらに16%低減する案に対して、提案側はこの案が妥協案であったら受け入れられないとしている（より厳しい案を求めていると考えられる）
- ・産業界はCAEP 3の案はあまりに厳しすぎるとしている。

したがって、いかに妥協点を見出すかが最大の課題となる。そして、CO<sub>2</sub>対策の重要性の認識から、CO<sub>2</sub>対策で妥協を求められる可能性があるNO<sub>x</sub>低減策は、CO<sub>2</sub>とリンクして論じられるべきでなく、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>双方での将来に向かっての前進が必要であると考えられている。

②ICAO/CAEP 4 WG 3第4回委員会の概要  
WG 3第4回委員会では主に次の点について報告がなされた。

#### ○EPG（the Emissions Planning Group）の活動

##### ○主な研究活動

○スイスのNOXARプロジェクト

○排出ガス対策技術の報告

○長期シナリオ

○ICAO 排出ガス原単位データ・バンク

なお、1998年1月のICAO/CAEP 4 SG委員会でも上記のテーマが引き続き討議されている。

#### a. EPG (the Emissions Planning Group) の活動

EPGの活動に関しては、環境面から次の3点の対応が重要であることが述べられている。

- ・成層圏でのオゾン層破壊
- ・地球温暖化問題への対応 (CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>の双方を重視すべき)
- ・地域の大气汚染対策 (CO<sub>2</sub>がより重要と考える)

#### b. 主な研究動向

現在、進められているLOWNOX, Brite-Euram研究プログラムの概要 (目標値: NO<sub>x</sub>を80%低減等), 低公害化における騒音性能への影響等について言及。

#### c. スイスのNOXARプロジェクト

スイスのNOXARプロジェクトは、スイス航空のボーイング747貨物機にNO<sub>x</sub>測定装置を搭載して、極東、大西洋路線上空のNO<sub>x</sub>値を測定する計画である。既にプログラムは開始されている。なお、NASA (米国航空宇宙局) でも民間旅客機を利用して同様なプログラムを検討している。

#### d. 排出ガス対策技術の報告

NO<sub>x</sub>低減技術に関しては、特に燃費との関係が問題視されている。また、DAC燃焼器を用いた低公害エンジンでは騒音に悪影響を与える可能性がある点が指摘されている。

#### e. 長期シナリオ

2015年~2050年にかけて長期シナリオについては、IPCCへの報告がなされている。シナリオはIPCCのIS 92シナリオをベースとしているが、2050年のシナリオはANCAT (Abatement of Nuisances Caused by Air Transport: 航空機排出ガスに係わるシナリオで欧州で研究されているもの)/EC 22015インベントリーをベースとしてい

る。なお、航空機のNO<sub>x</sub>エミッション・インデックス (排出原単位) の平均値は、2015年の11から2050年には7になると想定している (英国DTI: 通産省が担当)。

f. ICAO排出ガス原単位データ・バンク  
ロシア連邦のPS-90 Aエンジン (ツポレフ204型機等に搭載) をデータとして追加。

この他、航空機運航形態による燃料消費削減等について報告がなされている。

#### ③ ICAO/CAEP 4 SG (Steering Group) 委員会

ICAO/CAEP 4 SG委員会で、重要な課題となったのはNO<sub>x</sub>の16%低減案の取り扱いであった。以下、NO<sub>x</sub>対策を中心に、CAEP/4の動向について述べる。

#### a. EPGの活動 (NO<sub>x</sub>低減案)

現在、ICAO/CAEP 4でのNO<sub>x</sub>低減策の検討は、特別に編成されたEPG (the Emissions Planning Group) のもとで実施されている。EPGでは1997年5月、7月、10月、12月の4回、委員会を開催しており、1998年1月のICAO/CAEP 4 SG委員会で再提案された内容には、次のような項目が含まれている。

- 航空機の運航形態により、航空機から排出される排出ガス量を削減する。
- 新しい排出規制を作成する場合は、機体価格への潜在的な影響を明確にする。(費用対効果評価の重視)
- NO<sub>x</sub>については排出規制を強化する。
- 航空機産業が積極的に取り組めるような視点を入れた、排出ガスの新しいパラメータを作成する。
- ・上昇、巡航時の排出原単位 (Emission Index) を早急に開発する
- ・すべての機体の性能を整理する (エンジン、機体双方)
- ・航空輸送の生産性 (例えば、人・km, トン・km ベース) のデータを整理する  
このうち、NO<sub>x</sub>排出規制強化 (16%強化

案) については、CAEP 委員会内で賛否両論がでており、特に次のような議論が行われている。

#### ア. エンジン技術

NO<sub>x</sub> 排出規制強化案は、現在の技術レベルを十分考えたものではない。また、NO<sub>x</sub> 排出規制強化案が、NO<sub>x</sub> を低減した先進的なエンジンの開発に結びつくとは考えにくい。

#### イ. トレードオフの問題 (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>)

NO<sub>x</sub> 低減と燃費低減のトレードオフについては、これまで双方が改善されてきていることから正当化されたものではない。

ア、イは相対する見解であるが、現状では NO<sub>x</sub> 低減型エンジンの開発において、次の点が問題視されていることは確かである。

##### ○NO<sub>x</sub> と CO<sub>2</sub> のトレードオフの問題

この点については、NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> の双方の改善可能性も指摘されている。

- ・ NO<sub>x</sub> → CAEP/2 の NO<sub>x</sub> 規制基準値よりもさらに 50~70% を削減
- ・ CO<sub>2</sub> → SFC (Specific Fuel Consumption: 燃料消費率) が 8~10% 改善
- ・ 上記の性能を有したエンジンの実現には、10 年はかかるであろう

○低 NO<sub>x</sub> を実現することで、HC, CO の排出量が増加することが指摘されている

#### ウ. NO<sub>x</sub> 排出規制の緩和について

- ・ 圧力比 50 以上のエンジンで、NO<sub>x</sub> 規制の基準を緩めることは受け入れられない。
- ・ 小型エンジン

小型エンジンでの NO<sub>x</sub> 規制基準緩和に関して、エンジンの上限を 89.0 kN (20,000 lb) を 111.2 kN (25,000 lb) とすることを認める。

#### エ. NO<sub>x</sub> の 16% 強化案について

EPG から提案されている NO<sub>x</sub> 排出規制強化案は、空港や空港周辺等、地域の大気質改善には大きく寄与すると考えられる。ま

た、NO<sub>x</sub> 排出原単位が大きい、「上昇」、「巡航」時の NO<sub>x</sub> 排出量低減も期待される。

しかし、CO<sub>2</sub> と NO<sub>x</sub> がトレードオフの関係にあること、LTO (Landing and Take Off) サイクル特性がエンジン等により異なるため、場合によっては「上昇」、「巡航」時の CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> 排出量が増加する可能性があることなどが指摘されている。従って、この点についての研究調査はトッププライオリティで対応すべきとしている。なお、委員会では NO<sub>x</sub> 16% 低減案に積極的な欧州からペーパーが提出されたが、内容は定性的な内容で、定量的な検討結果などについては触れられていない。結果として、ICAO Annex 16, Volume II, Part III, Chapter 2, Paragraph 2.3.2 は、以下の Sub-Paragraph を加えることとなった。

##### ○適用

適用されるのは、2003 年 12 月 31 日以降に生産される、個々の航空機モデルのエンジンを対象とする。

##### ○圧力比 30 以下のエンジン

- ・ 定格最大推力 89.0 kN のエンジンでは下記の式を適用する。

$$Dp/F_{oo} = 1.9 + 1.6\pi_{oo}$$

(Dp/F<sub>oo</sub> が NO<sub>x</sub> の排出量にあたる)

ここで Dp = (EIn) \* (Wfn) \* (Tm)

EIn: LTO サイクルでの EI 値 (NO<sub>x</sub> 排出原単位 g/燃料 kg)

Wfn: 燃料質量流量 (kg/秒)

Tm: LTO サイクル時間(秒)

F<sub>oo</sub>: 定格エンジン出力

π<sub>oo</sub>: 定格エンジン推力での圧力比

- ・ 定格最大推力が 26.7 kN より大きく、89.0 kN より小さいエンジン

$$Dp/F_{oo} = 37.572 + 1.6\pi_{oo} - 0.2087 F_{oo}$$

(Dp/F<sub>oo</sub> が NO<sub>x</sub> の排出量にあたる)

○圧力比が 30 より大きく、62.5 未満のエンジン

- ・ 定格最大推力 89.0 kN のエンジンでは

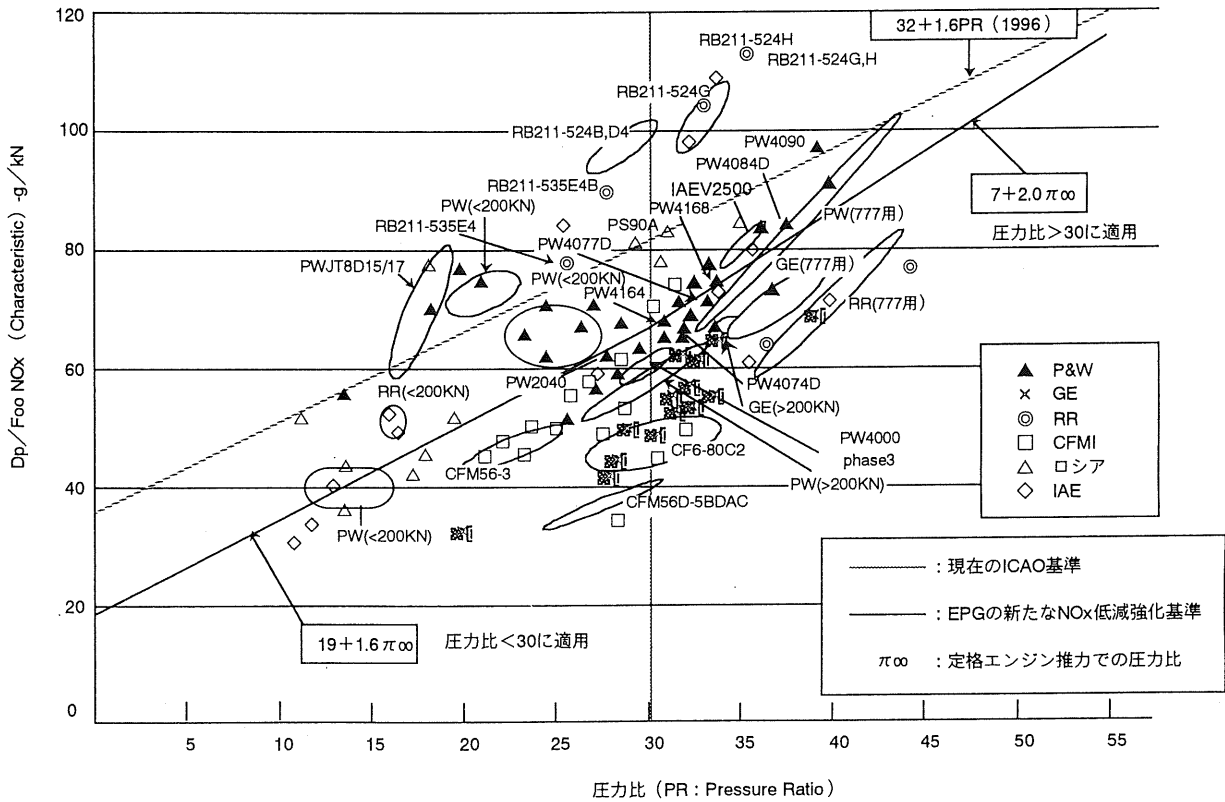


図-4 NOx 低減案の比較 (NOx 排出量及びエンジン圧力比の関係)

下記の式を適用する。

$$Dp/Foo = 7 + 2.0\pi\infty$$

(Dp/Foo が NOx の排出量にあたる)

- ・ 定格最大推力が 26.7 kN より大きく、  
89.0 kN より小さいエンジン

$$Dp/Foo = 42.71 + 1.4286\pi\infty$$

$$- 0.4013 Foo + 0.00642\pi\infty \times Foo$$

(Dp/Foo が NOx の排出量にあたる)

○ 圧力比が 62.5 以上のエンジン

$$Dp/Foo = 32 + 1.6\pi\infty$$

図-4 に、今回、ICAO/CAEP 4 で討議された NOx 規制基準 (圧力比との関係) を示す。

なお、今回の EPG の提案に対して、米国とスウェーデンから圧力比 30 以上の領域で、より厳しい規制案の提案があった。これらを含め、NOx 16%低減の規制案は、1999 年春の理事会で正式に決定されることとなった。

b. その他の討議内容 (ICAO/CAEP における長期活動について)

ICAO/CAEP の今後の長期活動については、特に排出ガス規制基準の作成では、技術的可能性、経済面からの実現性、環境改善の便益の 3 点を十分検討することの重要性が指摘されている。また、京都会議 (COP-3) の結果を受けて、米国などは ICAO が航空機分野で地球環境問題への対策を主導的に進めていくべきであると認識している。そして、現状で進めている大気質改善のための基準作りと合わせて、地球環境問題の視点からの評価基準作成が必要となるようとしている。対策としては、既存・将来技術の双方を考えて、新しい規制基準を作成するとともに、航空機の運航形態などによるアプローチの検討の重要性が指摘されている。

さらに、UN-FCCC で問題となっている国際線で発生した排出ガスをどこの国に割り当てるかという問題とも関連していると考えられる。バンカー燃料からの CO<sub>2</sub> について、国別に年次報告を作成すべきであるとの考え

が示されている。

また、近年、空港周辺地域での環境問題がより重視されているが、この点についてもICAOが環境基準、対策などを検討するのに最適な組織と認識されている。

なお、以前、スイスから提案された、航空機エンジン・スタート時のHC排出量をLTOサイクルに組み込む点については、その後、特に新しい提案、報告はなされていない。

#### ④ ICAO/CAEP 4 本委員会

従来開催されてきたICAO/CAEP 4は1998年4月で終了、6月に理事会（Council）で、承認され、最終的には1998年秋に予定されているICAO総会で提出されることになった。なお、ICAO/CAEP 4を受けて、ICAO/CAEP 5の細かな日程はまだ決まっていない。

ここで、ICAO/CAEPでは次の3点を重点課題と位置付けている。

○ EPG (the Emissions planning Group), IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change: 気候変動に関する政府関パネル) の活動の支援が主な作業

○ 現状は新原単位（パラメータ）の作成最重要項目

○ この他、超音速機の排出ガス規制も重要な課題

なお、今後の計画では主に以下の組織により活動が進められる予定である。

#### ① ICAO/CAEP 5 の活動計画

##### a. 理事会

1998年4月6日～8日にかけて、カナダ・モントリオールで第4回ICAO/CAEP理事会が開催された。この後、ICAO/CAEP 5が開始され、現状、2001年1月または2月に分科会を開催する予定である。

b. ステアリング・グループ・ミーティング (Steering Group Meeting)

1999年5月または6月にスペイン、2000年10月にシアトルで開催予定。

##### c. ワーキング・グループ 3

航空機排出ガス問題を討議するワーキング・グループ 3では、5回のワーキング・グループの分科会を計画している。

##### d. ワーキング・グループ 2

航空機の運用（オペレーション）・空港関連事項について、討議するワーキング・グループ 2は4回のワーキング・グループ分科会開催を計画している。

##### e. ワーキング・グループ 1

騒音問題の討議が中心のワーキング・グループでは5回のワーキング・グループ分科会開催を計画している。

#### ② 第4回 ICAO/CAEP 4 分科会の動向

第4回 ICAO/CAEP 4 分科会 (WG 1～WG 3) では、主に以下の4つが議題となっている。

○ NOx 規制強化案に対する検討

○ 航空機騒音に関する提案事項の検討

○ 航空機排出ガスへの課金に関する報告についての検討

○ 今後の計画

このうち、航空機排出ガスについては以下の4点が焦点となっている。

##### a. NOx 規制強化案に関する事項

NOx 規制強化については、EPG (the Emissions Planning Group: NOx 規制強化案を専門に検討している小委員会) がその中心となっている。

内容的には、Annex 16 との関連、経済的問題の検討（コスト面での妥協点等）など、現実的な対応に関連しての事項が目立つ。

ここで NOx 規制強化案に関しては、強化案そのものとその費用対効果等のインパクトの2つが重要な議題となっている。そして、インパクトに関連して、CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance and Air Traffic Management) の導入が重要な

ポイントとなってきた。

b. 運用面からの環境対策

航空機排出ガス低減策として、CNS/ATM等航空管制面からより効率的な航空機運航を行うことの有効性、経済的インパクト等の評価が検討されている。特に、CNS/ATMの重要性について、EPGから指摘されている。

e. 新しい原単位（パラメータ）

原単位については、従来のLTOサイクルとは別に離陸時をベースとした新しい原単位（パラメータ）の作成が検討されている。また、原単位（パラメータ）のデータベースについては、ターボファン・エンジン、ターボプロップ・エンジンの排出ガスデータベース（エミッション・データバンク）に関して、現状、小型ターボファン・エンジン、ターボプロップ・エンジンのエミッション・データは整備されていないが、こうしたエンジンのデータ整備が検討されている。

d. 環境対策（環境税）

航空機エンジンから排出される排出ガスへの課金、税金などの施策、国際線での排出される排出ガスの割当てに関する事項等。これらの問題は、UN-FCCC (United Nations

Framework Convention on Climate Change：国際気候変動枠組条約)において、OECD (Organization for Economic Co-operation and Development：経済協力開発機構)等により検討調査がなされてきた事項である。

なお、表-4に今後の検討課題を示す。

1) NOx規制強化 (EPG, FESGの航空機排出ガス対策の動向)

現在、ICAO/CAEPの排出ガス対策については、WG3で活動が進められている。ここでの最大の課題は既に決定されたNOx規制案をさらに強化するNOx規制強化案(16%低減案)をいかにするかである。

この問題については、ワーキング・グループ3ではNOx低減に向けての技術課題や政策検討を行うためには、ワーキング・グループでは組織が大きすぎるとして、新たにEPGを組織した。このため、NOx規制強化等については、このEPGの活動・提案がその中心となる。

なお、EPGではこれまでに4回の検討会を開催してきたが、検討にあたってはワーキング・グループ3やFESG等が、データ提供や活動支援を行っている。

表-4 今後の検討課題

航空機エンジン排出ガス	検討項目	巡航時(LTOサイクル以外、特に高々度)における、亜音速、超音速機から排出される排出ガスの大気への影響調査の基礎的な研究を行う研究者の育成。気候への影響、上空での化学反応の双方を対象とする。 先進エンジンや他の先進技術(亜音速機、超音速機の双方)が航空機排出ガス、燃料等に与える影響の分析。潜在的な効用、トレードオフを実現時期、導入リスクも含めて検討する。 将来の亜音速機、超音速機のレギュレーションの枠組み、認証方式、標準の検討。エンジン、機体、材料等について検討
	提言	認証強化の政策的オプションへの提言。時期、アプローチ、コスト、技術実現性等を考察する。 将来の科学的評価のためのエミッション・インベントリーについて規制変更の効用を定量的に示すための排出ガスの長期的な影響についての検討 航空機排出ガス及び排出ガスの大気への影響を低減する有効な運航方式の検討
騒音		亜音速機と大型プロペラ機の騒音基準 小型プロペラ機の騒音認証基準について ヘリコプターの騒音認証基準について 将来の超音速機の騒音認証の規定について
	空港及び航空機運航	騒音低減のための運航方式 空港周辺地域の活用 空港計画の環境ガイドライン 空港における騒音モニタリング

Dp / F <sub>00</sub> が NOx 排出量に当たる	
圧縮比 30 以下のエンジン	
定格最大推力 = 89.0kN	$Dp / F_{00} = 19 + 1.6 \pi_{00}$
26.7kN < 定格最大推力 < 89.0kN	$Dp / F_{00} = 37.572 + 1.6 \pi_{00} - 0.2087F_{00}$
圧縮比が 30 より大きく、62.5 未満のエンジン	
定格最大推力 = 89.0kN	$Dp / F_{00} = 7 + 2.0 \pi_{00}$
26.7kN < 定格最大推力 < 89.0kN,	$Dp / F_{00} = 42.71 + 1.4286 \pi_{00} - 0.4013F_{00} + 0.00642 \pi_{00} \times F_{00}$
圧縮比が 62.5 以上のエンジン	
	$Dp / F_{00} = 32 + 1.6 \pi_{00}$

$Dp = (EIn) * (Wfn) * (Tm)$
EIn : LTO サイクルでの EI 値 (NOx 排出原単位 g/燃料 kg)
Wfn : 燃料質量流量 (kg/秒)
Tm : LTO サイクル時間 (秒)
F <sub>00</sub> : 定格エンジン出力
$\pi_{00}$ : 定格エンジン推力での圧力比

図-5 圧力比に関する NOx 16%低減案の適用 (適用されるエンジンは 2003 年 12 月 31 日以降に生産される航空機について)

以下、EPG の活動を中心に ICAO/CAEP における航空機排出ガス対策の動向について述べる。

① NOx 規制強化案について

NOx 規制強化案においては、圧縮比 30 以上での規制値を決定する式の傾きの値が中心課題となった。なお、EPG 案は図-5 に示す。

a. 圧縮比-NOx 排出量関係式での傾きの決定

○ EPG 案

- 圧縮比 ≤ 30 → 当初の CAEP 案と同じ (圧縮比 = 30 で 16.25% の強化となる)
- 圧縮比 > 30 → 傾きを 2.0 とする (エンジンメーカーでの燃費向上の余地を残す)

○ スウェーデン等からの提案

- 圧縮比 > 30 → 傾きを 1.8 とする

↓

○ ここで EPG 案は次の理由から圧縮比 30 をこえるエンジンの傾きを 2.0 としている。

- 環境影響と技術実現性の双方から、CO<sub>2</sub>

の増大を避ける

- 現実的な対応としては、2.0 が妥当 (CAEP 2 では 1.6 以下にすべきでないと指摘されていた)

b. EPG の考え方

NOx 規制強化案に関する EPG の基本的な考え方を以下に示す。

○ NOx 規制強化は、現用の航空機 (エンジン) に影響を与えない

- 新設計のエンジンにのみ適用する (現用、生産されているエンジンには適用しない)

↓

○ NOx 低減に伴う CO<sub>2</sub> 増大は避ける

○ 将来エンジンについても、エンジンの燃費改善の余地を残す

↓

○ 既存エンジンの定義が課題

• ICAO Annex 16 Vol. II で一応定義されている

• EPG 案に影響を与えない定義のコンセンサス作りが必要

↓

- ・ FAR」(米国連邦航空局の航空規制：Federal Aviation Regulations), JAR (欧州の航空規制：Joint Aviation Regulations) と協調して対処すべきである

## ② 運航面からの環境対策の検討

EPG では FESG とも連携して、運航面 (特に CNS/ATM) からの対応を重視している。

### a. CNS/ATM の導入

- ・ CNS/ATM 導入による環境効果・便益を導入する (できるだけ早急に対応をとる必要がある)
- ・ CNS/ATM の導入は 1996 年 5 月のリオで提案された → ブラジルメンバーによる対応を要望
- ・ 今後の CNS/ATM 導入の進展については、CAEP でモニターする

なお、CNS/ATM は NO<sub>x</sub> の規制強化案の代替案となってはならない

### b. 技術の普及 (運航面での燃料消費量低減, 排出ガス低減について)

- ・ すべての航空機運航者に最も有効な技術導入とその普及を促すべき

### c. FESG との提携

これら EPG の活動では FESG の検討結果が大きく関連している。現在、FESG では以下の活動、提案を行っている。

#### (a) FESG での主な活動

- 2050 年航空輸送/排出ガス発生シナリオの作成 (IPCC 活動の支援)
- ・ IPCC GDP プロジェクションをベースとしている (1995, 2015, 2050 年)

- ・ 低 NO<sub>x</sub> → より厳しい NO<sub>x</sub> 削減 (燃費との兼ね合い)

#### ○ EPG 活動の支援

- AERO (オランダの the AERO model assessment team) モデリング・システムのレビュー

- ・ FPC に適用,
- ・ AERO モデルについて合意, FPC の内容については検討の要有り
- ・ 問題の一つはどこで航空分野での課税, 課金をコメントすべきか → FPC でコメントすべきことではないとの意見あり

- ICAO/CAEP WG 1 (騒音) と関連しての活動

#### (b) FESG の EPG に対する提言

- CNS/ATM 導入の費用対効果分析 (cost-benefit analysis)

- ・ CNS/ATM 導入による環境効果・便益が考慮されていない
- ・ 燃料消費低減効果の予測に幅がある (1%~15%)

- 航空機価格と NO<sub>x</sub> 規制との関係が不明確 (インパクト分析に必要)

- ・ CAEP 2 規制の航空機価格への影響が不明確
- ・ 排出ガスよりも騒音のプライオリティが高かった

- 既存エンジン (運用, 生産) に影響を与えてはならない

- ・ CO<sub>2</sub> 発生量等との関連

#### (c) EPG 案による経済的インパクト分析

- 新型エンジンの開発コスト増加 → 約

表-5 EPG の活動ポイント

<ul style="list-style-type: none"> <li>○ NO<sub>x</sub> 規制強化案は EPG 案となる可能性が高い           <ul style="list-style-type: none"> <li>・ CO<sub>2</sub> とのトレードオフが極めて重要 (IPCC との関連, 新設計エンジンのみ)</li> <li>・ 運航面 (CNS / ATM 等) の費用対効果が大きくクローズアップ</li> </ul> </li> </ul> <p style="text-align: center;">↓</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 新しい原単位 (パラメータ) の作成</li> <li>○ 運航面の拡大から空港・地上での排出ガス低減対策が重要となる</li> <li>○ 地球温暖化への対応</li> </ul>
---



0.5 億ドル

○エンジンメーカーが自主的に投じるコスト (エンジン性能向上, テスト等) → 約 0.5 億ドル

○航空機運航者のコスト → 0~約 20 億ドル

○CAEP 2 規制以降にメーカーにかかるコスト (CAEP 2 対応の開発計画をこえるもの) → 約 1.5 億ドル

### ③新しい原単位 (パラメータ) の作成

NO<sub>x</sub> 規制強化案が見通しが立った後, 重要課題と位置付けられているのが新しい原単位 (パラメータ) の作成である。

a. 上昇/巡航をベースとした原単位 (パラメータ) の作成

b. CO<sub>2</sub> の原単位 (パラメータ) の作成

・上記, 原単位の作成には 3 年程度必要 (作成開始は早くても 1998 年最終四半期)

・EPG は既に一度, これら原単位を作成している → 認証, メーカーでの利用前に ICAO に報告すべきである

以上のことから EPG の活動では主に表-5 の点がポイントとなっている。

## 2) FPC (The Focal Point on Charges) の活動

FPC で航空輸送に対する課金 (charge), 税 (tax) の環境面・経済面の影響を分析を行っている。特にこうした環境税に関する問題は今後の動向が大いに注目される。

### ①ICAO における取り組み

a. ICAO では環境税に関する問題は, 理事会がとりまとめた

・国際航空輸送の分野での課税に関する ICAO の方針 (Doc. 8632)

・空港及び航空管制利用料金に関する関係諸国への負担金についての告知 (Doc 9082)

・環境付加金及び税金に関しての委員会としての結論 (1996)

b. 他の機関との連絡 (特に UN-FCCC:

国連気候変動枠組条約との連携を重視している)

### c. 環境税導入の背景

・UN-FCCC, 京都プロトコルを受けたもので, 航空輸送セクターでは, 航空輸送量の増大が予測され, 排出ガスの低減への圧力が高まっている。

## ②航空機排出ガス規制に向けての環境税の課題

### a. 対象となるエンジン排出ガス成分

環境税については, 現在, 対象とする排出物質, 課題, 考慮すべき事項が検討・指摘されている。

・CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>, SO<sub>x</sub>, H<sub>2</sub>O, すす

・最も重要なポイント → 地球温暖化・オゾン層破壊・地域環境問題に影響を与える物質

### b. 環境税導入の課題

・現状, 一部の国が独自の環境税を導入している

・環境税導入を検討している国もあり, 今後, 増えることが予測される

・各国がばらばらの環境税を導入した場合, 混乱が生じる

・航空輸送事業の市場やコストに大きな影響を与える

### c. 環境税に関して考慮すべき事項

・環境税をかける対象排出ガス物質

→ 現状は CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> が地球環境問題

・地域環境問題の観点から対象となろう

→ 航空機排出ガス成分の環境に与える影響を明確化することが不可欠

・環境税徴収の方法

→ 燃料税, 航空料金への上乗せ, 飛行路線へ課金, 空港使用料

→ 航空輸送事業への影響の評価が必要

・環境税の使い道

→ 航空関連事業への適用, その他環境事業への適用等

→ 行政側の実施可能性を検討することが必要

### ③ FPC のオプションとして考慮すべきこと

#### a. 地域環境対策への環境税 (local emission levies)

FPC では環境税のオプションとして考えられるべき事項として以下の点をあげている。

- 環境税の好ましい徴収オプション  
→ 空港税への組み込み
- 空港環境税は公正に活用する
- 空港環境税の適用
  - 通常の税と同様
  - 空港の環境対策に焦点をあてての、排出ガスの一層の低減
  - 空港周辺の環境対策, 対策費用に充当する
- NO<sub>x</sub> 及びその他排出ガスを低減する最も費用対効果の高いこと (航空セクタだけに限らず)

#### b. 地球環境対策への環境税 (global emission levy system)

- 環境税の好ましい徴収オプション → 飛行路線, 燃料への課金
- 環境税はエンジン排出ガス低減技術の開発支援に適用
- 地球環境対策の環境税の適用
  - 通常の税と同様
  - 新技術開発, 機材の更新の促進
- 地球環境対策の環境税は, 航空分野での地球環境対策に適用する

### ④ 環境税での ICAO の役割

環境税実施にあたって, ICAO の果たすべき役割としては次の点が指摘されている。

#### a. コンセンサス作り

航空機排出ガス低減のために ICAO メンバー国の協調活動の重要性認識・受容

#### b. 環境税徴収方式の検討

最も効果的な環境税徴収方式について検討する

• 地球環境問題対策 → 飛行路線税, 燃料税

• 地域環境対策 → 空港税への組み込みただし, 既存の法, 協定 (Air Service Agreements) との調整等が必要

c. 地球環境問題対策の活動プログラムで主導力を発揮する

d. 環境税の導入について

民間航空輸送事業 (市場) を歪めることなく, 環境税導入推進を図る (ステップ・バイ・ステップで進めていく)

e. 環境税導入の指導・調整 (guidance, harmonisation)

実際の環境税の導入にあたっての指導・調整を行う (地球環境問題, 地域環境問題)

f. NO<sub>x</sub> と燃費に関するコンセンサス

NO<sub>x</sub> と燃費プライオリティについて航空機メーカー, エンジンメーカーに対する指導について, 世界的なコンセンサスを得る

### ⑤ 今後の課題

#### a. 航空会社の考え方の把握

環境税の規模, 環境・経済面に与える影響に関する航空会社の考えについて分析

#### b. 環境対策技術の可能性

環境対策技術の開発・導入を促進することの可能性分析 (メーカー, 航空会社)

#### c. 航空会社の外部コストの分析

現在, 航空インフラストラクチャ整備の財源になっている外部コストの一層の分析

#### d. 環境税徴収方式

環境改善に最も良く, 航空会社等に影響がなるべく少ない徴収方式の検討

#### e. NO<sub>x</sub> 環境税

NO<sub>x</sub> 環境税検討のために, LTO サイクル, 巡航時双方の NO<sub>x</sub> 排出量の算出方式の開発・適用

#### f. NO<sub>x</sub> と燃費 (CO<sub>2</sub>) トレードオフ

NO<sub>x</sub> と燃費 (CO<sub>2</sub>) トレードオフについて

て一層の研究を行う（受容可能なNO<sub>x</sub>排出量検討）

g. 京都プロトコルへの対応

ICAOとしての京都プロトコルへの対応を進める（環境税導入の観点も含め）

h. 環境税（地球規模環境，地域環境）システムの検討

- ・環境税（地球規模環境，地域環境）システムのハーモニゼーションの可能性調査
- ・地球規模環境，地域環境の双方を合わせたシステムの可能性調査

⑥ ICAO/CAEP 4メンバー諸国からの指摘

なお，環境税についてはICAO/CAEP 4では，メンバー諸国から以下の指摘がなされている。

a. スウェーデン，スイスで実施されている

b. スウェーデンからの提案

ここで国別に進められる環境税導入の課題は各国が異なる環境税を異なる航空機・エンジン分類に適用されることで，複数の内容の異なる環境税による混乱をきたす可能性が大きい。このためICAOがガイドラインを示すべきである（航空機・エンジン分類等）。そして，エンジン排出ガスに基づき環境税適用の航空機分類を作成することが必要となろう。なお，スウェーデンがワーキンググループの中心的役割を果たす用意がある。

c. 英国からの指摘

○航空機排出ガスの環境への影響は十分に認識されている。

→ 環境税（environmental levies）導入は正当化

○環境税の導入は，航空機排出ガス量の低減を目的とするべきである

→ 航空輸送量の低減，新しい技術による排出ガスの低減等

○航空会社の外部コストの増加

→ 市場と競争の状況によって対応はきまる（旅客運賃への転嫁等）

○ICAOは航空機の環境税の必要性を確認すべきである

○現状，航空機の環境税案は全く提案されていない

→ CAEP提出前にこうした案を検討すべきである

### 3. その他機関での研究と ICAO/CAEPとの関連

航空機排出ガスの問題については，ICAO/CAEP以外にもIPCC（気候変動に関する政府間パネル），UN-FCCC（国連気候変動枠組条約），UN/ECE等で検討が行われているが，その主な内容を表-6にまとめて示す。

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

IPCCでは地球規模環境問題対策の視点（特に京都プロトコル，モントリオール・プロトコルの結果を受けて）から，特にCO<sub>2</sub>（温暖化ガスの2/3を占める）対策の重要性を指摘している。また，航空機からの排出ガスに関しては，高空で排出されるエアロゾル（これは航空機のみが排出源である）の重要性が高くなろうと指摘している。この他，CO<sub>2</sub>以外の温暖化ガスや，温暖化による被害の定量的な評価の難しさも課題となっている。

なお，IPCCではICAOと共同で，1999年にスペシャル・レポートを完成させる予定である。

(2) UN-FCCC（国連環境プログラム：United Nations Framework Convention on Climate Change）

UN-FCCCでは，国際バンカー燃料の割当や環境税の問題に取り組んでおり，ICAOにおいてもFPCが緊密な連携をとりながら，環境税の問題等について検討を行っている。

表-6 関連機関における航空機排出ガス対策の検討状況

IPCC / MPSR (Intergovernmental Panel on Climate Change / Montreal Protocol Special Report)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ IPCC の Special Report への航空専門家の参加 (技術、運航、シナリオ作成)</li> <li>・ 航空分野のシナリオは IPCC IS92 をベースとする。</li> </ul>
UN-FCCC (United Nations / Framework Convention on Climate Change)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 航空機排出ガスの課税、課金に対する検討が中心</li> <li>・ CO<sub>2</sub> などの排出に関連して国際線でのバンガー油の割合についての検討 (Allocation)。全く割り当てを行わないのか、あるいは燃料が販売された国への割り当て、航空機が登録されている国に割り当てるなどの案がある。</li> </ul>
OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 「Carbon Change on Aviation Fuel」報告書を、FCCC での議論をうけて OECD が作成。</li> <li>・ OECD としては炭素税などの導入を行う場合は、統一的に実施することが重要としている (これがこの報告書の第一の目的となっている)。</li> <li>・ 産業界は OECD の報告書について、航空産業での技術向上など技術的進展に関する幾つかの視点が欠けていると指摘している。</li> </ul>
UN / ECE (United Nations / Economic Commission for Europe)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ NO<sub>x</sub>, VOCs について CLRTAP (Convention on Long Range Transboundary Air Pollution: 長期の成層圏と対流圏境界領域での大気汚染についての研究) プロトコルの変更可能性について検討されている。</li> <li>・ UNECE では 1998 年末に輸送と環境に関するカンファレンスを開催予定 (航空が含まれることになる)。</li> <li>・ 航空分野に対する関心が高まっている。</li> </ul>

表-7 国際バンカー燃料から発生する排出ガスの割当て方式オプション (SBSTA)

割当て方式	現状または課題
1、割当てなし	現状。搭載燃料量から排出ガス量を算出
2、国ごとに割当てる	例えば、国際線の CO <sub>2</sub> が全体の 2% であるから、各国の国内線排出量に 2% を加える。
3、バンカー燃料を販売した国に割り当てる	燃料を販売地ベースでみるもので、現状の基本となっている。
4、航空機の登録国、または運航会社の国籍で割当てる	運航会社に割り当てる方が容易である。機体の登録国の場合、リース、他国企業が保有していた場合、割当てが複雑になる。
5、航空機の出発地、到着地の国に割当てるか、出発地、到着地の国でシェアする	詳細な飛行時間 (flight data) により、シェアする必要がある。また、経由便 (出地、到着国以外の国) の割当てシェア等、複雑な問題がある。
6、航空機の乗客貨物の搭乗、搭載地、降機積みおろし地で割当てられるが、5、と同様にシェアする	問題点は 5、と同じ。特に経由地で乗降する乗客の取り扱いが問題。
7、乗客の国籍、貨物の保有国で割当てる	5、6、の問題点に加え、貨物をどこの国籍にするか、困難さが増す。貨物の支払者の国籍など、より多くのデータが必要となる。
8、航空機排出ガスが発生している国 (領空) に割当てる	可能ではあるが、管制のデータ等、多くのデータが必要で複雑になる。また、公海上の飛行については、上記、1～7、のいずれかの方法を適用しなければならない。

特に地球規模環境問題の対策としての環境税は、各国がばらばらの環境税を策定すると混乱を来すことが考えられ、国際統一的なものの作成が重要となってくる。この点について、ICAO/CAEP においても ICAO が中心となり検討を進めることが求められている。

ところで、こうした国際統一基準の策定にあたっては、国際線で発生する航空機排出ガ

スの発生源をどこに割り当てるかが課題であり、既に UN-FCCC の SBSTA (The Subsidiary Body on Scientific and Technological Advice) が、表-7 に示す検討案を作成している。

#### 4. 今後の展望

これまで述べてきたように、ICAO/CAEP

では NO<sub>x</sub> 規制強化案だけでなく、広範な領域で航空機排出ガス対策の検討・実施を進めている。

今後の課題としては、従来の騒音、NO<sub>x</sub> (NO<sub>x</sub> 規制強化案) 以上に、運航面での対策、燃費 (CO<sub>2</sub> 問題、特に NO<sub>x</sub> とのトレードオフが課題)、HC/CO 等の他排出ガスの問題、経済性、信頼性といった問題がより重要になってくると考えられている。これは、ICCAIA (航空宇宙工業会国際協議会: The International Coordinating Council of Aerospace Industries Associations), IATA から提出されたものである。なお、ICCAIA, IATA からの指摘であるために、環境税の問題はふれられていないが、実際には環境税を含めての対応が今後の重要な課題となろう。

今後の ICAO/CAEP の動向としては、大きく次のステップで対応が進むものと考えられる。

- NO<sub>x</sub> 規制強化案の承認 (EPG 案の理事会での承認)
- 新しい排出原単位 (エミッション・パラメータ) の作成
- 総合的な排出ガス低減対策の検討
  - ・NO<sub>x</sub> と CO<sub>2</sub> のトレードオフ問題への対応
  - ・地球規模環境問題への対応として、CO<sub>2</sub> をはじめとする温暖化ガス対策の検討

- ・地域環境問題での排出ガス対策 (APU: Auxiliary Power Unit 補助動力装置), GSE: Ground Support Equipment 空港で航空機運航を支援する施設機器等も考慮)
- ・航空機運航面からの対応 (CNS/ATM 等)

- 排出ガス対策の費用対効果評価
- 環境税の導入可能性・有効性評価
- 国際的な航空機排出ガス規制の策定に向けての検討

なお、ICAO/CAEP 4 で重要課題となった NO<sub>x</sub> 規制強化についても、将来的にはさらなる規制強化が考えられる。この場合、CO<sub>2</sub> とのトレードオフ、経済性などを十分検討していくことが重要となり、主に次の点が、ICCAIA, IATA の資料で示されている。

- 燃焼性能の飛躍的向上が必要
- 航空機排出ガスのインパクトの科学的定量評価が重要
- ICAO/CAEP 2 での NO<sub>x</sub> 規制よりも、さらに 50~70%NO<sub>x</sub> を低減する国際共同研究プログラム
- 運航面での排出ガス低減策の検討 (CNS/ATM 等を含む)

この結果として、今後 10~15 年で低 NO<sub>x</sub> 性能領域での実証が進められることとなる。

内外報告

## Inter Noise 98\*

時 田 保 夫\*\*

### 1. はじめに

第27回目になる騒音の国際会議 **Inter Noise 98** は、11月15-18の4日間ニューージーランドのクライストチャーチ、コンベンションセンターで開催された。会議のテーマは“**SOUND AND SILENCE: SETTING THE BALANCE**”ということで、騒音の課題もかつての激甚騒音問題の解決のために腐心をしてきた時代とは大きく様変わりしてきていることを痛感させられた。参加者約650名、参加国44ヶ国との報告が開会式の時に会長からあったが、実際にはもう少し多かつたのではないかと思う。今回はこの会議の後19、20日にクインズタウンでのサテライトシンポジウム、更に次週22日から連続してシドニーでの **Noise Effect '98** が26日までであるので、どちらかの会議に参加という人もいたようで、**Inter Noise 98** だけの参加がここ数年の参加者に比べて少な目だったのではないかと思われた。

会議は、特別講演という全員を対象のものと、各個の発表を22のスペシャルセッションを含む40のテーマごとに構成したセッションの口頭発表とに分かれており、8会場平行に時間をきめて進行した。講演会場に連なって各メーカーなどによる測定機器、シ

ステムなどの展示会があり、日本からの参加もあってこれも大いに賑わった。以下に会議の様子に合わせて航空環境に関連する発表をピックアップして概略を紹介してみる。多分に主観的な判断も入っているので参考程度に読んでいただきたい。

### 2. 特別講演

開会式の後及び17、18日の午前の最初に全体を対象として特別講演が組まれていて、初日は環境騒音と健康、二日目は **ANC** (騒音の能動制御)、三日目は **FEM** (有限要素法) に関する講演があった。初日は **Dr. Prof. B. Bergland: Community noise in a public health perspective (Sweden)**。これは **Stockholm** 大学の女性教授で **WHO** の“**Environmental Health Criteria 12, Geneva: World Health Organization 1980**”の訂正版を纏め上げた人の報告を兼ねた総合講演である。**Leq** ばかりでなく **Lmax** も考えなくてはということを示しながら、これからの **Human Health** について **Annoyance, Communication, Sleep disturbance, Performance, Social environment** などに関しての提言を示した。**Long term health effect**, 聴覚障害, 心理から生理影響への移行などが検討項目として挙げられていた。

### 3. 航空機騒音関係の発表

航空機騒音関係は空港周辺の問題や発生源としての音源、機内騒音、更には受け手の評

\* Report of Inter Noise 98,  
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

価としての航空機騒音の特殊性、建物への航空機騒音の進入と遮音など、多くの課題があるので、1セッションですべてがシリーズに発表されているわけではない。ここでは順不同となるが、主だった発表についての簡単な紹介にとどめておく。

(発表論文は第一著者、国、題目の順序で示す。P. No. の数字は Paper Number でページ数ではない)

航空機騒音と社会影響というセッションではオランダの Bekebrade がアレンジして次の発表があった。

**G. Bekebrede (Netherlands) :**

**The Dutch airport noise budget system : Balancing between environment, economics, safety and capacity. P. No. 444**

航空需要の増大に対応して考えなければならない空港環境問題の総合報告として、オランダスキポール空港の場合を参考に、2010年6000万人輸送を考えての滑走路の増設があるが、騒音問題の解決策として、航空機製造側への強い要望、運行側に対する ATCL (航路制御) などがあることを列挙して説明。騒音制御は経済的な考慮もし、安全抜きには考えられないことも強調している。

**N. M. Standen (Swiss) :**

**Toward managing airport noise in an operational context. P. No. 468**

空港周辺の騒音問題について、現状と見こみを騒音源、伝搬、暴露の観点で紹介したが、家屋の振動についても言及していたのが興味を引いた。

**M. Hunt (New Zealand) :**

**Development of an improved airport noise monitoring system for Wellington International Airport. P. No. 73**

ウエリントン空港はニュージーランドにおける地方ハブ空港で周辺の Ldn 65 の中に500戸の住宅がある。新しいモニタリングシステムの設置にあたって、風の強いところで

の計測なので音響識別システムの場合風の影響が無視できない点を強調、風速の頻度分布や風速対発生音圧レベルのデータを示して説明。

**I. Yamada (Japan) :**

**New phases of airport noise management coping with growing demand of air traffic in Japan P. No. 275**

日本における航空需要増加に対応するために行ってきた騒音対策の総括を、4空港 (成田, 羽田, 関空, 伊丹) の例を引用して説明。関空の増便に伴うフライトパスの見直し、伊丹の便数変化に伴う騒音ゾーニングの改定、羽田の沖合い展開、成田の航空環境情報公開など、最近の日本における航空環境の情勢について説明をし、空港周辺住民との共生の意識が重要と纏めてる。

**M. J. Beliën (Netherlands) :**

**Realization of a Rotterdam airport noise monitoring system (RANOMOS) ; Technical and political aspects. P. No. 498**

スキポール空港に隣接するロッテルダム空港のモニタリングステーションのありかたは、それぞれの役所の要求に対応してシステムや内容は違ってくる。技術的なことと政治的な社会要求によって決めなければならないので、各要求を満足させるものは難しい。不満の発表か。

**T. Matsui and et al (Japan) :**

**Monitoring and analysis of aircraft noise exposure around military and civil airfield in the Ryukyus P. No. 298**

沖縄の嘉手納、普天間基地と那覇空港周辺に設置した騒音モニタリングステーションのデータをもとに、民間空港と基地の場合とでの航空機の飛び方による違いから、基地周辺の騒音曝露は民間空港に比べ変動幅が大きいことを示し、WECPNL を評価値として考える場合の問題点を指摘。

**J. Preisser and et al (USA) :**

**Flight acoustic measurement technique and applications. P. No. 11**

航空機騒音データを決めるときの標準化のためデータを集めた。軍用機，ヘリコプター，垂直離着陸機など多くの機種を対象に，各種の目的に合わせた測定方法について説明をし，将来計画や測定解析についての提案をしたもの。

**N. P. Miller and et al (USA) :**

**Low frequency noise from aircraft start of takeoff. P. No. 302**

ジェット機の離陸時の航空機騒音による家屋振動や窓振動など，特に低周波音成分の影響の問題が浮き彫りにされている。バルチモア空港周辺で観測調査した dBA と dBC とを比較して，家屋外 dBC と壁の振動加速度レベル及び居住者の評価との対応が良いことから，評価する指標としてのグラフを示した。

**O. M. J. Ritchi and et al (Netherlands) :**

**Sound insulation measurements in residential properties near military airports P. No. 312**

基地周辺の防音住宅や学校を対象に 5 年間にわたって実態の調査を行い，遮音の基準としている 30~40 dBA としているのに達しない欠陥の理由をガラス窓，隙間，床遮音，換気システムなどに分類して解析して示したものの。発表者欠席で座長が原稿を読んだ。

**X. G. N. Oh et al (New Zealand) :**

**Insulating houses against airport noise. The approach in New Zealand - Is it enough P. No. 474**

空港周辺の騒音曝露の基準としてニュージーランドでは独自の規範を決めて，Ldn 55-65 のゾーンでは遮音基準として室内 Ldn 45 dBA 以下としているが，実測の結果この数値は不十分であるということの調査結果と提言。

**T. Miyakita and et al (Japan) :**

**Is residential sound proofing an effective measure in reducing the effects of aircraft noise? P. No. 299**

基地周辺の調査の内，周辺対策で遮音対策をした家としなかった家の人について，遮音効果，遮音対策の満足度についてのアンケート調査結果で，両者の間には満足度の差はなかったという結論で，現在行われている対策は疑問との問題提起。この調査に何処がお金を出したかの質問があった。

**J. L. Goldberg (Australia) :**

**Sydney's second airport proposal: A critical review of noise impact predictions in the environmental impact statement. P. No. 414**

シドニーの第 2 空港建設にあたっての予測の問題を，今までの騒音影響に関する考え方の不十分さを示しながら問題提起している。例えば睡眠影響というのは覚醒ということのみでなく睡眠深度の変化を考えるべきだし，慣れは必ずしも騒音暴露には寛容にはならないなど文献と資料で説明。

**S. Sutton (New Zealand) :**

**Aircraft noise impacts in the glaciator region of the west coast of New Zealand. P. No. 508**

ニュージーランド観光の一つの目玉である氷河訪問で，遊覧飛行機によるものが人気がある。この地区の航空機騒音に対する意識調査をアンケート形式でしたもので，1 時間あたりの飛行回数で 18 回が反応変化のところで指摘。

**K. Hiramatu and et al (Japan) :**

**Evaluation of the residential environment by the inhabitants around airfield in the Ryukyus. P. No. 215**

一連の沖縄基地周辺住民の生活環境意識のアンケート調査結果で，WECPNL75~95 地区とコントロール地区との結果を比較し，



騒音暴露地区とコントロール地区とに差のあることが明確になった。

**T. Tokuyama and et al (Japan) :**  
**Disturbance of TV and Telephone use by aircraft noise reported around an airfield in the Ryukyus. P. No. 165**

基地周辺におけるTVや電話妨害に関する調査例として、沖縄基地周辺におけるアンケート面接調査結果の報告。横軸にコントロール地区+WECPNL75~95の数値と縦軸オッズレシオで示して、会話妨害、電話妨害に関してプロットすると相関が極めて良いことを指摘。

その他、騒音伝搬のセッションで次のものがあった。発表の中から順不同で上げてみる。

**H. Olsen and et al (Norway) :**  
**Overview of recent development in methods and algorithms of aircraft noise modeling. P. No. 457**

航空機騒音の予測における検討項目を引き出して具体的な計算方法を提示。フライトパスの平面分布は平均コースを中心にガウス分布の4コースで計算、鉛直分布はFAAの基礎データをもとに離陸飛行機の重量、飛行プロファイルで計算する。地形、地表インピーダンスによる地表伝搬減衰、風、温度などが重要であるが、更に音源の特性として指向性と周波数成分をあげている。

**K. J. Plotkin (U. S. A) :**  
**Examination of the lateral attenuation of aircraft noise. P. No. 337**

航空機騒音の伝搬における側方過剰減衰の問題はICAOでも討議されているが、実機を使って測定する方法を提示した。コースに沿って3高度、側方4距離でLmaxのレベルとスペクトルを取って解析をしたものであるが、当人が欠席したので討議は行われなかった。

**K. M. Adams (Australia) :**  
**Advances in aircraft noise event characterization P. No. 262**

都市内騒音の中から航空機騒音と他の音源からの騒音との識別を考える方法についての提案で、個人認識と計測器認識との比較検討をしたもの。Lmaxが大きい場合と環境騒音と同等な場合とでは識別率は違ってくることを指摘。

**Thomas J. Meyer and et al (Germany) :**  
**Aircraft flight model for computing aircraft noise immission forecast. P. No. 499**

航空機騒音の予測値が±1 dB以内に納まるようにしたいという希望で式を立てようとするが、エンジンから地上に到達するまでに航空機騒音に影響する事項が多様で、且つそれぞれがお互いに影響しあっているために複雑で、補正項を入れて検討をしている。結果としては今までの予測手法に追加するような新しいことは示されていない。

**N. Shinohara and et al (Japan) :**  
**Measurement of noise propagation at the edge of a soundproofing embankment and its comparison with an airport noise prediction. P. No. 329**

成田の滑走路横に設置をした防音堤についての発表で、有限長の堤を計算に持ち込む考え方と実測の結果についての発表。

睡眠影響に関する考え方やアンケート調査の発表も次のようなものがあった。

**M. Vallet and et al (France) :**  
**Noise control at night around Paris-Roissy Airport P. No. 318**

既存空港に新滑走路を計画するときの騒音問題として夜間の騒音の設定をどう考えるかの発表で、1997年のシャルルドゴール(CdG)空港の値を担保として、睡眠の覚醒影響が問題との考えからの提案。夜間におけるエンジンテストの制限、chapter2機種の

排除, 低騒音運用のマニュアル化, などと共に空港周辺の土地利用などに関する提言。

**R. F. S. Job and et al (Australia) :**  
**Relationship between reactions to aircraft noise, physiological health and sleep disturbance. P. No. 439**

シドニー空港周辺において騒音の暴露域を分類し, 子供の睡眠影響を対象に 1015 人の調査を行ったレポート。騒音地域として滑走路の新設によって, 現在航空機騒音が大きく将来も大きいままの地域を (**high-high**) と表示すると (**high-low**), (**low-high**), (**low-low**) の 4 地区に分類して調査を行い, 各地区ごとに違う反応が出た。

#### 4. その他の関連する発表

騒音全般に関することで航空機騒音にも関係があると思われる発表は数多い。目に付いたものの中から一部の概要を次に示す。

**D. P. A. Gottlob (Germany) :**  
**German Standard For Rating Low-Frequency Noise Immissions. P. No. 288**

個人的に興味ある低周波音の課題で, 今回ドイツから低周波音評価のドイツ規格が説明された。騒音の中で低周波音域に優先成分を持つものについて, 室内のモードで戸外騒音から室内が推定できない, 嫌な感じが評価できないなどのことから, 室内での測定方法, 1/3 オクターブバンド分析手段などのことを規格化している。現在日本でも同じようなことを検討中なので興味深い。これに関連して次の論文の発表もがあった。

**N. Broner (Australia) :**  
**Low frequency noise loudness vs annoyance. P. No. 353**

航空機騒音の伝搬に関しては既に示してあるが, 遠距離伝搬に関する発表の中でも参考になるものがあったように思う。上空の温度逆転層による異常伝搬では

**R. L. Bronsdon and et al (USA) :**  
**A propagation model based on Gaussian Beams that accounts for wind and temperature inversions No. 536**

地表の状況による音響伝搬では

**S. A. Storeheier and et al (Norway) :**  
**Acoustic impedance model applied to ground surfaces. P. No. 258**

低周波音の伝搬ではトランス 100 Hz の 4 km までの伝搬で次の発表が目についた。

**G. P. van den Berg**  
**Long range outdoor propagation and interference of low frequency tonal sound. P. No. 455**

騒音の睡眠影響に関するものでは

**S. Kuwano and et al (Japan) :**  
**The effect of the noise on the effort to sleep. P. No. 379**

航空機騒音は対象音から外れていたが, 入眠時の騒音影響に関して行った実験。空調音, 道路騒音, カラオケ騒音などを用い, 騒音の大きさによる違い, レベル変動の様子, 有意音か否かなど影響する要素は多く, 検討事項についての方向を示している。

**Active noise control** に関しては航空機に関するものは機内の問題で直接環境問題とは関係無い。特別講演で Adelaide 大学の Hansen 教授が “**Active Noise Control-Extending the Limits**” という題目で話されたが, 論点は違う。

航空機に関するものは

**S. Johansson and et al (Sweden) :**  
**A novel multiple-reference, Multiple-channel, normalized filtered-x LMS algorithm for active control of propeller-induced noise in aircraft cabins. P. No. 224**

**T. Rohde and et al (Germany) :**  
**Experimental and theoretical investigation for aircraft active noise and vibration control. P. No. 319**

などが目に付いた。ヘリパットに関する発表もあったが、聞いていない。

**5. Recreational Noise Symposium**

今回サテライトシンポジウムとして計画されたこの企画は、今回のインターノイズにおける一つのヒットであったように思う。予定に組まず参加をしなかったのも、この内容については参加された小林理研、山田一郎氏からいただいたものを参考に簡単な紹介を載せる許可をいただいたので次に掲載します。

このシンポジウムは広大な土地と自然を持ったニュージーランドならではの企画と言われている。内容は“**Noise and National Parks**”というセッションと“**Effects of Music and Motor sports**”という二つのセッションに分かれていて、前者は国立公園の“**Natural Quiet**”と言われる本当の自然の静寂さをテーマに発表があった。この自然の静寂さを破っているものの代表が遊覧飛行機のように、我々が扱っているジェット機の騒音とは違うが、音環境という点では非常に興味のある発表であったようである。

**5. 終わりに**

今までインターノイズが行われていた国は、大体都市化が進んでしまって、生活環境に騒音が浸透していて、喧騒の中で騒音に関する討議がなされていたように思うし、これからという発展過程の国においても産業や社会基盤の整備が大きな騒音を撒き散らしていて、騒音公害ということが当たり前と考えられる所であったように思う。今回のクライストチャーチ、クインズタウンという都会は、近代的ではあるが、日本ではあまり考えられないような静けさを持ったところで、人間の生き様を考えさせられたような気がしたのは小生だけだったろうか。クインズタウンでタクシーの運転手に航空機騒音が煩いというような苦情は無いのかという質問をしたのだが、全く無いという返事にこちらが戸惑ってしまった。1週間で1日だけが国際空港になるのだからと笑っていたが、広い土地で遊覧飛行や近距離航空だけで利用されている飛行機は住民にも密着しているのであろう。結構騒音を出すものでも自分達の生活に密着した利用機関と考えると苦情も減ってしまうということなのか。静寂の国ニュージーランドで、改めて環境問題を考えさせられた次第である。

以上

内外報告

## 騒音影響研究の現況\*

### —Noise Effect '98 より—

金子哲也\*\*,\*\* 後藤恭一\*\*

Noise Effect '98 は、昨年11月22日から26日の間、「第7回・公衆衛生学的問題としての騒音に関する国際会議」として、シドニーで開催された会議である（以下、NE 98）。主要演題については本誌別稿で鈴木庄亮教授（群大医学部）が詳しく解説されているので、お読み頂きたい。本稿ではNE 98の演題や討議を中心に騒音影響研究の動向を概観したい。

本会議は5年に1度の専門家会議でもあり、この間の成果をアピールしようとする関係者の意気込みは相当なものだった。裏を返せばこの分野で、騒音の生体影響研究が一頃の勢いを失っている、ということでもある。かつては労働環境でも生活環境でも、多くの人々が昼夜を問わず「激甚」騒音に曝されており、動物実験、モデル実験を含め、そのレベルの生体影響研究はある意味で取り組みやすかったのではないだろうか。ここ10年ほどの日本公衆衛生学会における演題数も決して多いとは言えない。NE 98の演題や近年の動向をみると現代は、公衆の中に「高感受性群」があることを前提としつつ、「心理的影響」「生活妨害」を介した「身体影響」を中心に、「長期/低レベル騒音曝露」の影響を「疫学的」に実証すべき段階であるように思

える。

NE 98における総数演題数は206題、うち招待口演47、一般参加口演84、示説75で、これらが9テーマ、騒音性難聴（43演題）/騒音とコミュニケーション（11演題）/騒音の非聴覚生体影響（28演題）/作業・行動への影響（28演題）/睡眠影響（13演題）/騒音への社会的反応（38演題）/騒音と動物（9演題）/他因子との複合影響（16演題）/制御と基準（17演題）に分類されて発表・討議された。全演題の内、航空機または空港環境に直接言及した演題は26演題、その他の鉄道、道路騒音等交通騒音については25演題、住環境騒音として概括したもの3演題、他に総説で触れた発表も2題あった。プログラムでは「難聴」部門への申請が最多だったが、必ずしも大会の熱気を反映していたわけではない。直前に開催されたニュージーランドでのInter Noise' 98の影響か、ポスターセッションを中心に「難聴」や「制御」などの演題取り下げが相当数有ったためである。実際には社会、心理、生理的反応に関する基礎研究や、道路騒音や産業騒音などの会場で熱い議論があった。そうした中であって、航空機騒音の問題は相応の比重を占めていた、といえる。

航空機騒音の社会・人体影響に関する演題では、従来からの社会反応（アノイアンス）や睡眠影響に関する議論に加え、子供の精神発達や学習・情緒への影響、主観的健康度や心臓疾患との関連が取り上げられていた。

\* Trends in Research on Noise Effects  
—Topics from Noise Effect '98—

\*\* (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）

子供は、騒音の生体影響に関して感受性が高いと考えられてるグループのひとつである。主題として取り上げた5演題のみならず、いくつかの演題でも副次的に取り上げられ、活発に論議されていた。鈴木教授の総説でも取り上げたように、新旧両ミュンヘン空港での調査から、子供における騒音下の学習(記憶)影響は可逆的なものと結論された。ヒースロー空港周辺の調査でも、読解力の低下がアノイアンス存在下で指摘されたが、集中力への影響は社会経済要因を検討することにより関連性が否定された。欧米諸国の疫学調査では、空港周辺と静穏地域とでは民族や社会経済条件の差異が大きい場合もあるからである。いずれにせよ学童期における知的発達への航空機騒音の影響は限定的なものであろう。

航空機騒音を道路交通騒音と比較した調査では、一定レベル以上(66 dB)の騒音下では子供の認知力への影響に両者間の差があった、と報告された。道路騒音に関する別の発表では、緑地帯が住民反応を和らげる効果があるが、中～高周波域の減衰で説明されていたが、騒音特性とアノイアンス発生に関連があるならば、上記ヒースロー空港の調査と同様、こうした認知への影響もアノイアンスの大小で説明が可能であろう。

睡眠影響研究に関しては、英米両国の空港周辺で行われた実地調査で、体動を計る器具「アクチメータ」に基づく予測がフィールドでの実測・覚醒データと一致した、との報告があった。また、ベルリン空港周辺で行われた夜間騒音への「馴れ」に関する研究では、コルチゾール分泌のレベルと主観的な「快適度」の測定により、ストレス学説にいう「抵抗期」に相当する適応が見られた、と報告されていた。睡眠妨害の生体影響、それ自体は医学・生物学的な問題であり、「騒音」抜きでも検討できる。騒音と睡眠妨害の関連こそがこの分野の研究対象であるのだが、多少、

手詰りの感があった。

騒音の心理的な影響と、これを介した身体影響、とくに生理的变化とその蓄積効果についての研究も新たな展開を迫られている。

多くの心理学的・精神保健学的問題がアノイアンスの延長上に語られているが、前者の測定・評価法、および両者の関連性、等についてはまだ課題が多い。心理的影響は大別して、ストレスなどの一般的な負荷と、精神・神経系疾患のような病的なものがあり、これらへのアプローチには自己評価に基づくものや医療機関への受療に基づくものなどがある。自己評価法の典型は、当センターの調査票が以前から採用している不安・抑鬱尺度のように、ストレスや精神的影響を聞き取り、又は自記式質問票で評価しようとするものである。受診・受療に関する調査は、精神科受診者、精神安定剤等の服用者などを指標として、地域ごとの騒音影響を評価する試みである。総説講演ではこれら2様の指標がともに騒音影響を反映する可能性のあることを解説していたが、一般演題で取り上げたものは少なかった。住民において質問票による精神面の影響評価を行うことには困難な側面があること、精神科への受療実態も国情によっては調査しにくいこと、など、原因はいくつかあろう。

ストレスを介した身体影響として注目されるのが心臓血管系障害である。本会では航空機騒音としてではなく、交通騒音、環境騒音との関連で論じられており、公衆衛生学的影響というシンポジウムの性格からか、疫学的研究の発表が目についた。

過去5年ほどの非聴覚器影響に関する総説でも子供への影響が取り上げられ、70 dBA以上の騒音下で幼児にも血圧上昇があることや、ミュンヘン空港周辺では小児の尿中カテコールアミン値(ストレスホルモンの一種)が有意に高いこと、などの報告が紹介され、こうした状況の持続が成人期、高齢期の心臓

病リスクを押し上げる可能性を指摘していた。この他に、成人での血管系への影響、ストレスホルモン、免疫力低下、出生、事故等々、多くの事象について騒音との関連性を検討して紹介していたが、要は研究デザイン、曝露量の評価法、交絡因子の制御など、多くの課題をクリアしてゆかねばならない、という提言であった。

心疾患のコホート研究で著名な、英国ケプリー、スピードウェル両地域における10年間の追跡調査からは、道路騒音影響による心筋梗塞および他の心疾患のリスク上昇は認められない、との報告があった。同時に、その中心メンバーである Babish 氏が、騒音と血圧上昇および心臓血管系疾患に関する膨大な数の報告を再評価（いわゆる meta-analysis）して求めた相対危険度を発表し、血圧上昇に関して騒音の寄与はほとんど無い、と結論した。これに関しては相当の議論があったが、多大の資金と人手が必要な疫学研究の困難さを浮き彫りにした格好だった。我々も手持ちデータを紹介して、一部の研究者と意見交換を行ったが、「高感受性群データ」の取り扱いにおいては見解の一致をみることができなかった。また、道路騒音の身体影響については大気汚染との相乗作用が取り上げられ、航空機影響の評価においても示唆するものがあった。喘息発作の誘発など一部の身体影響には、大気汚染と心理的なストレスの影響が相乗的に作用すると考えられるからである。当日の討論では、疫学調査に先立って両者の正確な曝露推定値がなければ議論は難しい、という当たり前の結論になった。

主観的健康度と健康リスク評価に関しては、スキポール空港の研究グループが取り組んでいた。空港 25 km 圏内の 30,000 戸に対する質問調査によって、航空機騒音の寄与を重回帰分析で求めようとしていた。これと平行して、健康登録データを用いた、医療機関への受療、医学的措置の動向を明らかに

し、生態学的なアプローチで心臓血管系および呼吸器系疾患との解析を進めようとする試みもあった。これらはまだ緒についたばかりのようであり、この点では、対象者数こそ少ないが、我々の方が先行しているように思えた。

騒音影響研究一般について出席者の意向が端的に現れていたのは、アノイアンス等社会反応の調査研究ガイドラインに対する“straw vote”（意見集約のための非公式投票）だったろう。WHO 指針を意識して関係者が練り上げた原案は、調査デザインから解析方法に至るまで詳細なものだった。騒音の測定・評価法の統一、曝露量推定のためのライフスタイル調査、疫学的に妥当な対象抽出、聴取および解析法等々、個々の問題は大半が挙手で採択された。しかし、「郵送法調査は不適。インタビュー方式を強く推薦」（主に社会学分野からの意見に基づく）など反対の強い項目もあって、同案を本会議提言とするかどうかという動議ではあっさり否決されてしまった。アノイアンス評価法の統一、正確な騒音曝露量の測定など、論理的な重要性は理解できるが達成困難な問題が多かったことも、「ガイドライン」として打ち出されることに躊躇いが生じた一因であろう。騒音影響研究が今日、長期低レベル曝露の影響評価のために大規模な調査を迫られており、研究者間はもちろん国境をも越えた研究協力が必要な局面にある事を物語っていた。

以下、航空機関連の演題（一部を除く）と筆頭発表者名を略記する。

#### 子供への影響

- B. Staatsen 子供の神経—行動学的測定（スキポール空港）
- S. Hygge 子供の認知能力と慢性騒音曝露（ミュンヘン空港）
- S. Morell 子供の血圧と騒音（シドニー空港）
- T. Tokuyama 子供の行動異常（嘉手納）

M M. Haines 子供の認知能力とストレス  
(ヒースロー空港)

#### 主観的健康度・満足度・精神的負担

E. Fransssen 自己評価健康度と満足度  
(スキポール空港)

E. Franssen 健康影響アセスメント (スキポール空港)

K. Hiramatsu 東大式健康調査票 THI  
(嘉手納基地)

T. Miyakita 東大式健康調査票 THI (嘉手納基地)

K. Hiramatsu アノイアンスと関連反応  
(嘉手納基地)

#### 社会・政治的反応

E. Gross 社会反応—生活妨害の金銭評価  
(シドニー空港)

A. Rees 政治的な反応

C. Oliva 空港騒音防止のための社会的展望

B. Elias 野外娯楽への飛行騒音影響の緩和策

#### 身体影響

T. Yoza 聴力損失評価 (嘉手納基地)

T. Matsui 聴力損失の騒音寄与推定 (嘉手納基地)

G. Kerry 低空飛行音暴露時の聴覚反応

K. Goto 空港周辺住民と乳酸脱水素酵素

#### 睡眠影響

K. Minoura 睡眠妨害 (嘉手納基地)

W. Passchier-Vermeer 睡眠影響 (スキポール空港)

K. Hume 睡眠時の心拍変動

K. Pearsons 飛行騒音と覚醒, 体動

C. Maschke 夜間飛行騒音と適応

#### 動物 (鳥類) 影響

A. Bowles 低空飛行の走鳥類 (ダチョウ等) への影響

P. Trimper ミサゴ (鷹の一種) の営巣行動への影響

#### 軍用機騒音の推定

N. Standen 空軍の低空飛行時の騒音推定モデル

航空環境を取り巻く話題

## 地上動力活用による環境保全\*

奥平 幸彦\*\*

### 1. 地球温暖化と航空業界

昨年(1998)の11月にアルゼンチンのブエノスアイレスにおいて第4回気候変動枠組み条約締結国会議が開催された。開催当初から開発途上国からの温暖化ガス削減方法に関し先進各国への不信感による強力な意見が協議進行にも影響を与え、あるいは「地球温暖化による海面水位上昇により祖国は滅んでしまう」(ミクロネシア)との切実な訴えが続いた。会議は一応行動計画を採択してなんとか閉幕した。しかし自然環境破壊は待たなしで進行している。たとえば生物の絶滅速度は自然淘汰の1万倍と言う恐るべきスピードで進んでいると言われる。一昨年(1997)12月には京都にて同様第3回国際会議が開催され各国の温暖化ガスの排出削減目標が採択されたのはまだ記憶に新しい。これは西暦2012年までに1990年の温暖化ガスの排出レベルの6%まで削減するというものである。箇々の業務における削減達成量は微々たるものと思われ、「役にたたないと」諦めてはならない。この微細な削減量が数多く集まり小川を集めて大河となる如く困難な目標も達成される。各業界の努力が要である。全世界年間の二酸化炭素排出量は62億トン炭素換算(注参照)といわれて

おり、このうち日本が占める排出量は4.9%、3.29億トン炭素換算である。運輸部門はこのうちおよそ20%でさらに運輸部門中航空は約3%となっている。従って日本国内産業の航空部門としては0.6%となり影響は少ないと思われそうであるが、次のように視点を変えると異なる面が見えてくる。

国内航空輸送を育ててきた理由の一つに一度に大量の人々を運び燃料効率も良いジャンボジェットを導入があった事は現在論を待たないだろう。しかし各種交通機関毎に乗客人員一人当たりの炭酸ガス排出量を計算してみると以下のようになり航空機のエンジン性能技術は急速に向上しているものの、このように比較すると意外と炭酸ガスの発生量が多い事がわかる。

各種交通機関別 東京～大阪間 乗客一人当たりの炭酸ガス排出量(KG-C; 炭素換算)	
新幹線	3.3
高速バス	4.8
航空機(B747 500人搭乗)	15.0
自家用車(5人乗車)	25.8

NIKKEI BUSINESS 1998年8月31日号 P21より換算したもの

又、成層圏で炭酸ガスを排出しているのは当然の事ながら航空機のみであり希薄な大気層での排ガスの影響が心配される。さらに航空産業に従事する人数あたりの炭酸ガス排出量を計算すると他産業部門より人数が少ないために大きな数値となるとも言われている。いずれにしろポイントを変えるとこのように捉え方が変わり再認識する事ができ、航空産業も当然の事ながら温暖化ガスの減少に協力しなければならない。

\* Environment Protection by Utilization of Ground Power,  
by Sachihiko Okudaira (General Manager, Marketing, Japan Airport Ground Power Co., Ltd.)

\*\* 日本空港動力株式会社 営業企画部長



## 2. 地上動力設備の役割

航空産業は2回のオイルショックを経験し、更に近年の自然環境への関心の高まりから航空燃料の効率的運用と環境保全が時代の要求となり、業界としてこれらへの対応は重要な課題となってきた。

日本空港動力（AGP）は国内主要空港に於いて、航空機が空港到着後、次の出発までの準備作業時に必要な電力、空調気等を地上動力設備からの供給という事業を展開している。この事業は上記時代要求と符合し航空業界としての課題の一端を担っている。

最近の航空機はそのほとんどがAPU（Auxiliary Power Unit：補助動力装置）を装備しており、自力で上記電力、空調気等の供給が可能である。しかし、APUは航空機自体の設計要求によりかなりの高出力が必要で多量の燃料を消費する。従って地上に於ける動力供給時でも燃料多消費型であり、従って炭酸ガス排出量も大きい。一方地上動力の動力源は基本的に電力供給会社が生産する電力である。日本国内の電力生産は世界的に大変優秀で火力発電の熱効率は年々向上しており、又、原子力発電も総発電量の約3～4割に達しており、電力は炭酸ガス排出量の面から見ると環境保全に対して大変好ましいエネルギー源と言える。結局地上動力はAPUに替わって動力供給を行う事で航空燃料を節約し、同時に炭酸ガス発生量をおさえ、加えて騒音防止にも役だっている。

次に1997年度AGP動力供給実績値、各電力供給会社1997年度炭酸ガス発生量（原単位）、各機体別APUの炭酸ガス発生量等を用いて地上動力供給に絡む数値を算出してみる。

## 3. 地上動力利用による効果

### （1）二酸化炭素排出量の低減

地球温暖化ガスの半分近くを占める二酸化

炭素排出量を減らす事は地球温暖化の原因である過剰な温室効果を阻止する事に大きな効果があると思われる。地上動力設備を利用する場合とAPUにより動力供給する場合、各々当該二酸化炭素ガス発生量は以下の通りである。

APUはその装着機体別に見ると機体サイズが大きいほどガス発生量は大きい。一方地上動力の方も動力供給対照の機体サイズ毎の違いはあるものの絶対値そのものが小さく、機体間の差も問題にならない（図-1）。1997年度地上動力供給総時間は355,425時間であった。この時間に対応する地上動力からの炭酸ガス総排出量を計算すると、6,402トン-CO<sub>2</sub>\*となる。ここでこの地上動力供給総時間と同時間APUを運転して動力供給を総て航空機自身で賄った（言い換えると地上動力を全く用いない）と仮定すると245,933トンの炭酸ガスが排出される計算となる。従って地上動力を用いると炭酸ガス発生量は

$$6,402 \text{ トン} \div 245,933 \text{ トン} = 2.6\%$$

に抑えられた事となる。このAPUの炭酸ガス排出量は東京ドームで測るとおよそ100杯分に相当し、また普通乗用車に換算するとおよそ88,500台分に相当する容量である。

### （2）燃料節減効果

APUは機体内の燃料タンクに搭載されているジェット燃料を燃焼させ運転されるが前述したように高出力、大燃料消費のため地上動力設備のジェット燃料消費量換算値と比較するとその差が大きい事が良くわかる（図-2）。前述の炭酸ガス排出量と同様に計算してみる。APUの運転により動力供給を総て航空機自身で賄ったとすると104,231キロリットルのジェット燃料が消費される計算となるが、実際はこのエネルギーは地上動力からの

\*「炭素換算」とは酸ガスの炭素の重量のみを取り出して炭酸ガスの発生量として表現し「トン-C」等の表示で表される。一方「トン-CO<sub>2</sub>」は炭酸ガスそのものの重量を示す。

APU/AGP炭酸ガス排出量の比較

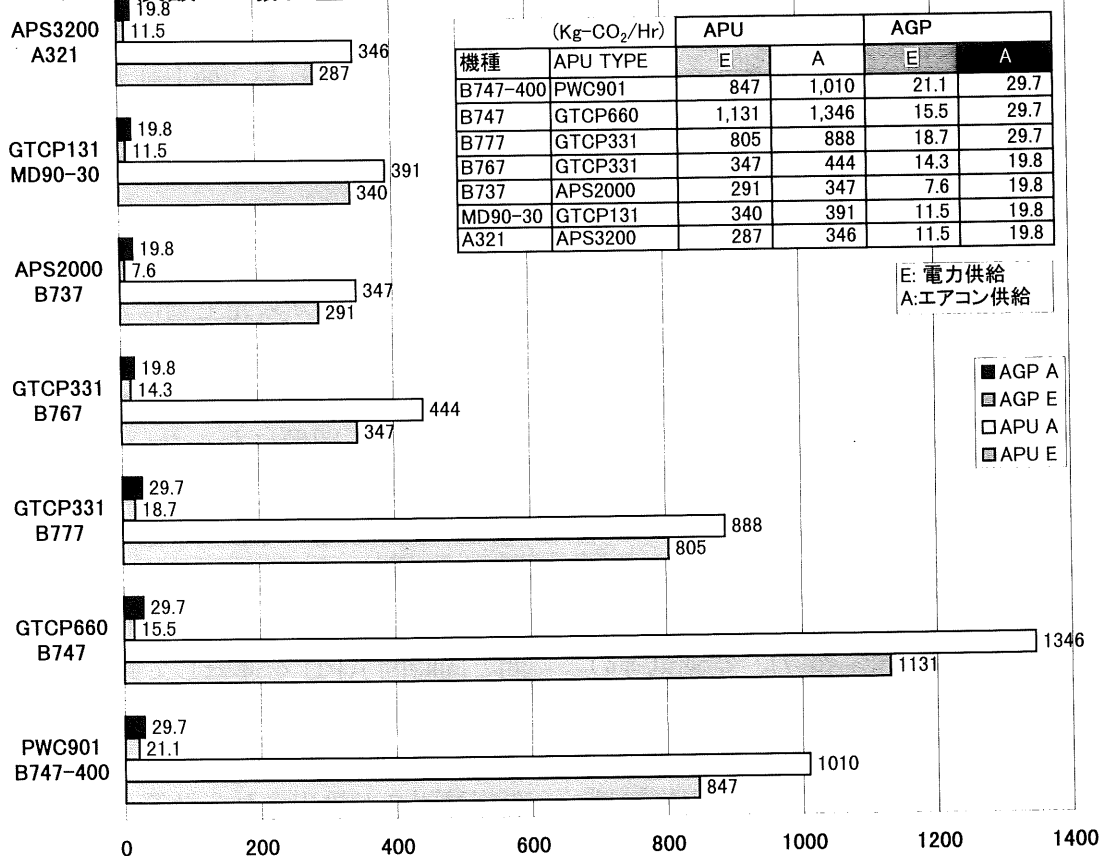


図-1 炭酸ガス排出量(Kg-CO<sub>2</sub>/h)

APU/AGP燃料消費量の比較

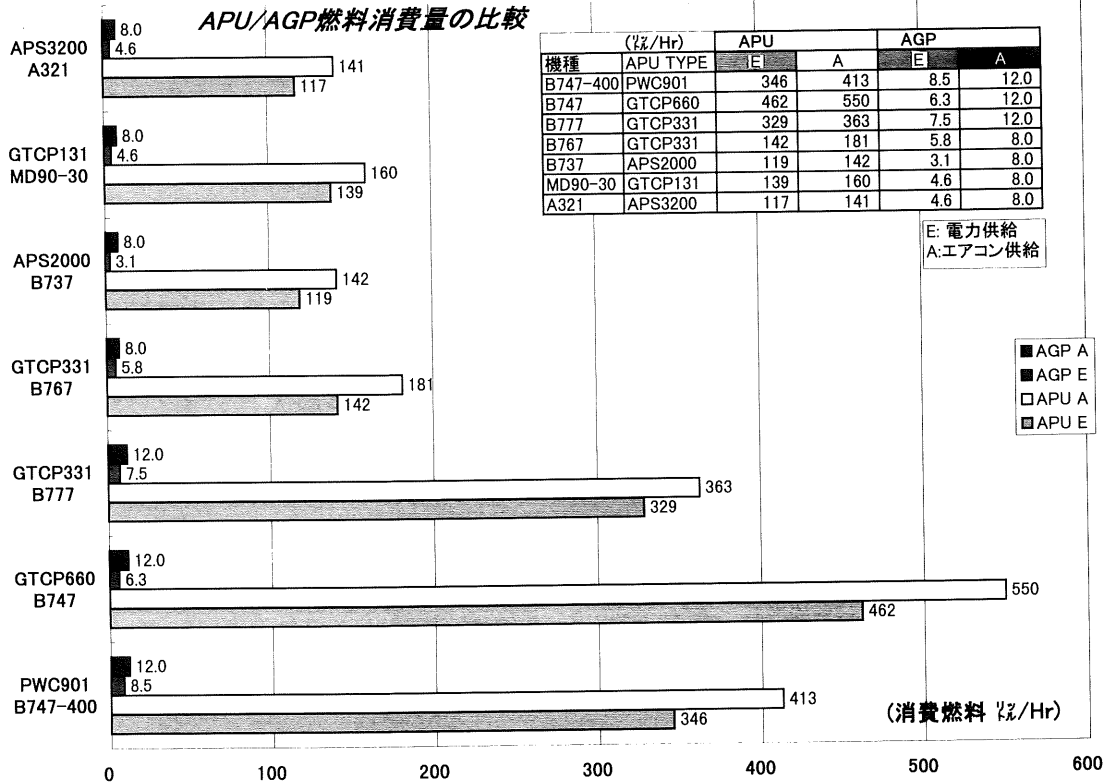


図-2

供給であり、この地上動力の供給エネルギーをジェット燃料換算すると2,615キロリットルにしかならない(図-3)。換言すると

104,231キロリットル-2,615キロリットル=101,616キロリットルものジェット燃料を地上で消費することなく

本来用途としての「飛行」に用いることが出来たわけである。(実際にはこの「2,615キロリットル」も便宜的に換算した値でジェット燃料その物ではない) ジェット燃料は他のエネルギーでは現在のところ代替えが効かない事から航空機は「最後の化石燃料使用交通

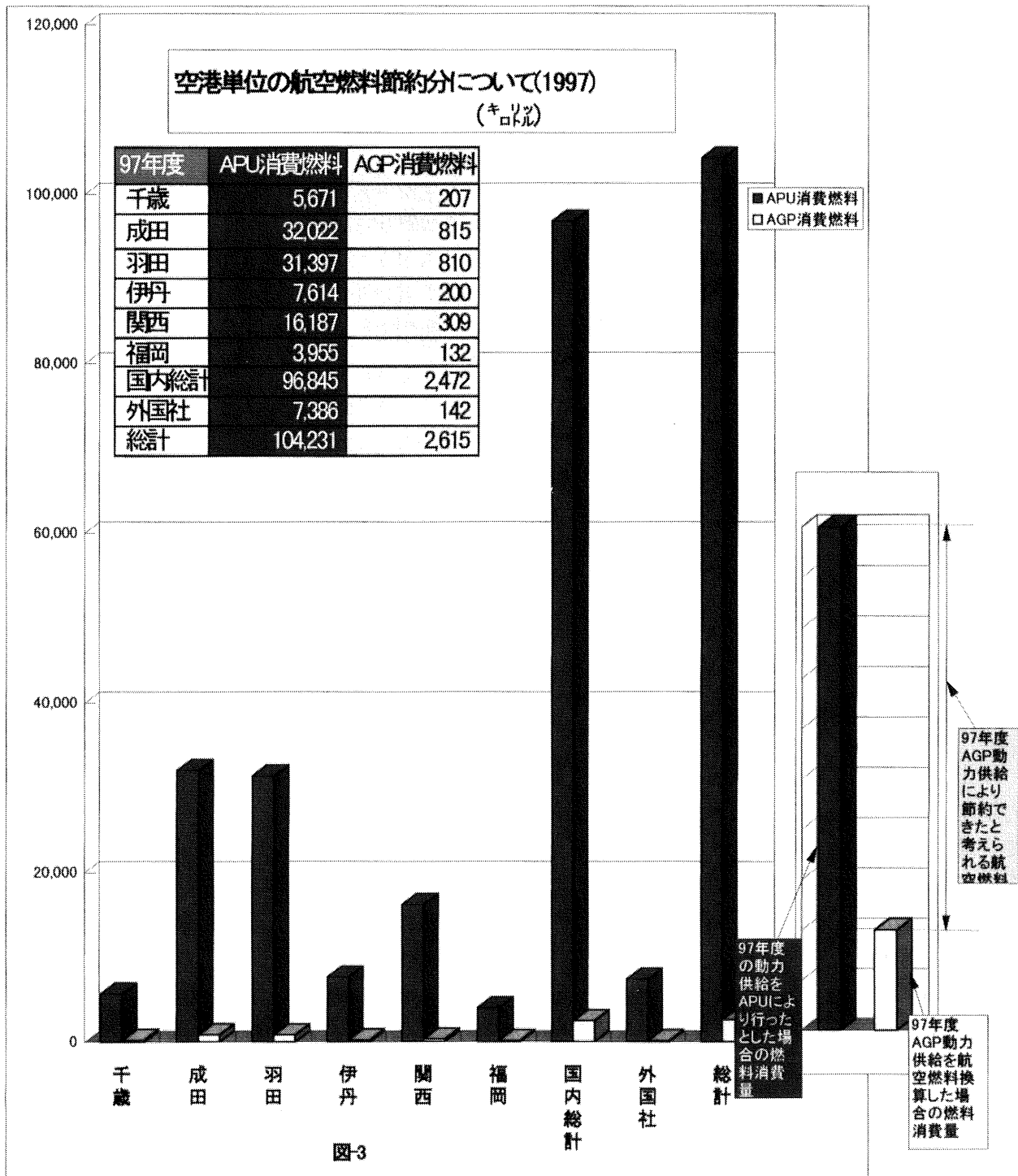


図-3

機関」と考えられており、これからもジェット燃料の用途はこのように飛行に限られるべきであろう。なお東京～札幌間の往復飛行はボーイング B 747-400 でおよそ 29,000 リットルが消費されるので、この値で上記の節約されたジェット燃料量を割ると約 3,500 回の往復飛行が可能となる。またこれは年間国内消費ジェット燃料の約 3 日分に相当する膨大な量である。

### (3) 騒音低減効果

現在稼働中の地上動力設備の内、最近特にその装備台数が増加してきたスタティックインバーターと呼ばれる航空機用電源変換装置はダイオードを用いており、機械的可動部分が殆ど無く、このため運転騒音は発生しない。その他の地上動力装置も騒音レベルは APU と比較しても問題とならない。APU は一般にその装着位置が高く B 747 では地上からおよそ 10 m の高さになる。騒音レベルも駐機中は APU 自体の安定運転のため圧縮機から外気への抽気を大量に行うため大きな騒音が発生する。また 3～4 万回転と大変高速回転であるため発生騒音も高い周波数となり減衰しにくく、結果としてこの APU 騒音は遠方まで到達してしまう。(表-1)

## 4. 航空業界の環境保全

以上のようにして見ると APU の使用を極力地上動力に置き換えることが航空業界として炭酸ガス排出量の低減のみならず、化石燃料の効率的運用、騒音防止にかなりの貢献が出来ることが分かる。また航空機騒音と大気汚染は空港の周辺地域との共生問題として大きく取り上げられている事柄で、APU の使用抑制はこの共生問題に関しても、また空港

表-1

騒音源	騒音値 ( dBA )	暗騒音	音源からの距離 ( m )
B747 型機APU	92	84	20
移動式電源車両	70	62	10
移動式空調車両	84	62	10
固定動力電気設備	0	62	10
固定動力空調設備	0	62	10

内の作業環境保全に対しても有効である。1998 年 4 月から新東京国際空港公団（成田空港）が APU の使用制限を環境対策として打ち出したが、これは今後の空港のあり方を示すものであろう。さらに航空会社としても廉価な費用で運用でき、コストメリットを生み出す事が出来る。

航空機は近年一般化され、日常交通手段として利用されるようになった。そして海外旅行、マイレージ、新規航空会社の参入、格安航空券、新空港建設、あるいは禁煙等々話題提供にも事欠かない。言い換えると航空は生活の一部となり、常に動向が注目され、炭酸ガスの実際の排出量の多少などに拘わらず、総ての事柄に対する姿勢が関心事となる。従って環境問題への取り組みに関して見ても然りである。APU を作動させるには操縦席に座ったままスイッチひとつだけの操作で出来るが、これに替わって地上動力を接続し供給する作業は人手と時間を要する。しかし環境保全の観点からこれらを比較すればその結論はここで述べた事から明らかであろう。要は一般論としても言える事であるが、少しの手間を惜しまず環境保全の行動を実行することで航空業界としての責務も果たせ、その上地球温暖化が阻止でき、素晴らしい自然と地球が取り戻せる事となる。

## 航空輸送事業者の地球環境問題への取り組み\*

日本航空(株)地球環境委員会事務局

### 1. はじめに

我が国の95年度の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の総排出量は、約3億3千2百万ト(炭素換算)であり、部門別で見ると下のグラフに示す通りである。

CO<sub>2</sub>排出総量の約2割を占める運輸部門の中で、航空輸送が排出する割合は3.5%程度と言われており、我が国全体からするとCO<sub>2</sub>排出量の約0.7%を航空輸送が関与していることになる。

航空輸送は、その機動性からしても社会への貢献度は高いものの、一方、高度1万mの成層圏において、地球温暖化や大気汚染を招く二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)や窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)などを排出しているのも、まぎれもない事実であるが、代替燃料が未だ開発され

ていない現状においては、残念ながら抜本的なCO<sub>2</sub>の削減策は見当たらない。

環境保全への取り組みもまた、航空輸送を担う企業の当然の使命と捉えるべきである。

### 2. 航空輸送と地球環境問題

航空輸送事業の運営に伴う環境への負荷(原因と結果)は、次頁の通りで、航空輸送事業者の特徴的対応の概要を以下に紹介する。

#### 2.1 地球温暖化防止

(1) 高燃料効率機材の導入：燃料消費効率の改善された新型機への機材更新及び導入の推進。

(2) 運航方式の改善：通信衛星や航法衛星を利用した航法システム(CNS/ATM)やカテゴリ(CAT)-III運用等の導入による飛行経路・時間の短縮、運航の最適化。

(3) 日常運航での対応：最適飛行高度、最適飛行速度、最短飛行距離の選択等による燃料消費の少ない運航の実施。最適な燃料量の搭載、機体搭載物の軽量化、機体装備の補助動力装置(APU)の使用抑制、エンジン試運転時間の短縮等。

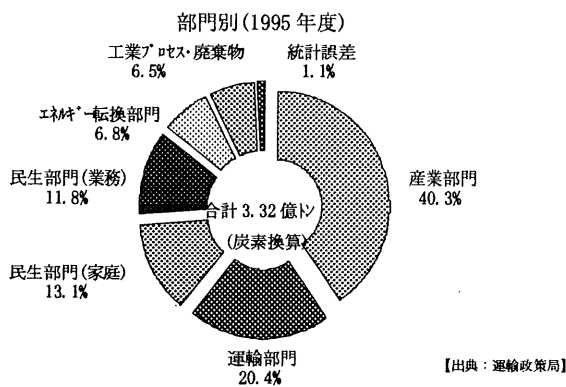
(4) シミュレーターの活用：シミュレーター活用による実飛行訓練・審査時間の節減。

(5) その他：航空機を利用した大気採取プロジェクトを支援。

#### 2.2 大気汚染防止

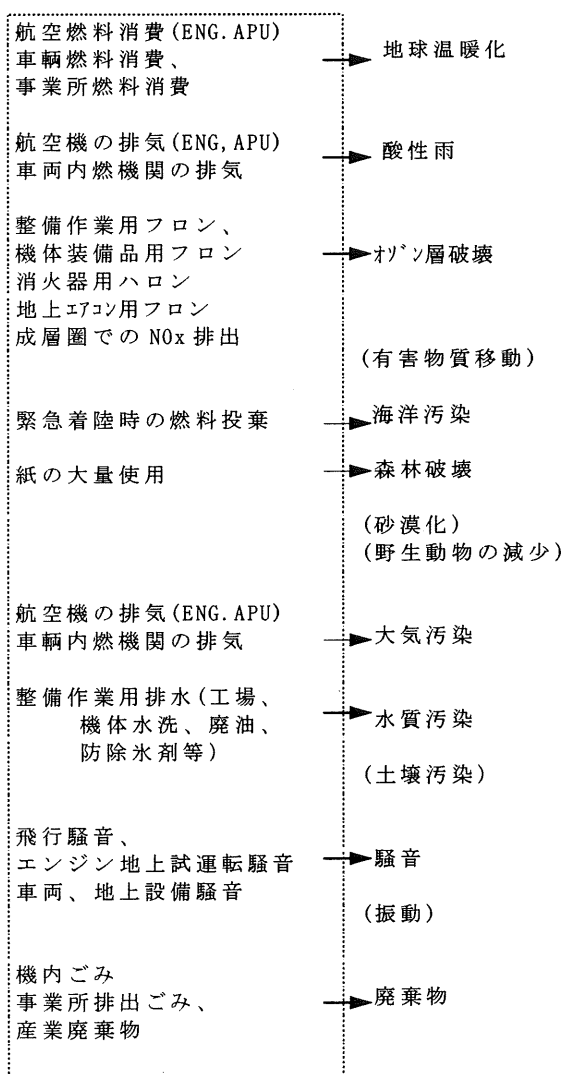
(1) NO<sub>x</sub>への対応状況：大気放出NO<sub>x</sub>の内約2%が航空機によるものとされているが、NO<sub>x</sub>は過去20年間殆ど改善が見られない。

我が国の二酸化炭素排出量



\* Airline's Activities on Environmental Issues, by Noriyo Ohta (Manager, Secretariat of Environmental Committee, Japan Airlines Co., Ltd.)

< 航空会社の事業活動と環境問題との関わり >



(2) 低公害車両の使用：空港の貨物、手荷物荷捌場で電動車両を使用。業務用に電気自動車、天然ガス自動車を試験的導入。

2.3 オゾン層保護

(1) 航空機整備関係：作業で使用される特定フロン及びトリクロロエタンは、95年末迄に代替物質・方式に置換え済み。

(2) 消火装置のハロン：回収・再生装置を導入。また、乗務員の消火訓練には代替物質を使用。

2.4 航空機騒音問題

ICAO では、チャプター II 基準適合機を、2002年4月迄に全機退役させることになっている。各社は、この基準に適合するよう機

材更新をすすめている。

2.5 産業廃棄物の削減例

航空機塗装剥離には、非塩素系剥離剤を使用等、廃棄量の削減に努めている。

また、ペイントを塗る代わりに、航空機のアルミ表面を適当な間隔で磨きあげる方式 (Polished Skin System) を試験的に採用し評価中である。

2.6 省資源、リサイクル活動

(1) 機内サービス関係：テーブルマットの材質を替えたり、シュガーセットを必要量だけ配ったり、廃棄物の削減にも努力。

また、機内の使用済み新聞紙やアルミ缶の分別回収を実施。

(2) 空港部門関係：旅客・貨物運送用の非自走 GSE (Ground Service Equipment) について、防錆処理が施されているものは無塗装にして、塗料・有機溶剤の節減に伴う省資源・大気汚染の防止。

(3) 貨物部門関係

- a. 補助器材・器具の節減，資源節約を実施。一例は，ラベル類で貼付台紙不要のノンタック方式を導入。
- b. ULD (Unit Load Device, 航空貨物搭載器具) の航空3社での共有化，仕様統一による共同購入の実施。
- c. 貨物や手荷物の防水，防雨のためのポリエチレンシートを回収圧縮して，再生専門業者にリサイクルを委託。
- d. 廃棄困難な FRP (強化プラスチック) の使用を極力避け新規保冷コンテナの主要部分は FRP からアルミに変更。

(4) 整備部門関係

- a. 航空機タイヤの再生処理・繰返し使用，整備排水，エンジンオイル，及び廃金属の一部は再利用 (処理) したり，雨水の機体水洗作業や工場内の中水道利用。
- b. B-777 を対象に，航空3社で部品や地

上器材の共用，部品整備の相互分担，ハンガー等の相互利用，エンジンの整備協力等による資源の有効活用を推進。

(5) 一般管理部門関係

コピー用紙の両面利用，裏面利用による紙廃棄物の節減，オフィス古紙等の分別回収・再利用を実施。

また，再生紙はタイムテーブル，印刷物等に使用。

3. 今後の対応

3.1 環境自主行動計画の推進

航空3社は，地球環境保全活動をより推進するために，定期航空運送協会を通じて，経済団体連合会，運輸省に，環境自主行動計画（ボランティアプラン/概要：下記参照）を提出し，地球環境保全活動に取り組んでいる。

提出計画の概要

「燃費性能の良いエンジン（高バイパス・ターボファンタイプ）を装備した航空機を計画的に導入し，航法システムの著しい向上による飛行経路の短縮や効率的な日常運航による消費燃料の節減等により，2010年迄に航空機のエネルギー消費原単位（座席距離当り/ASKベース）を1990/2010年度対比で10%の改善を図る。」

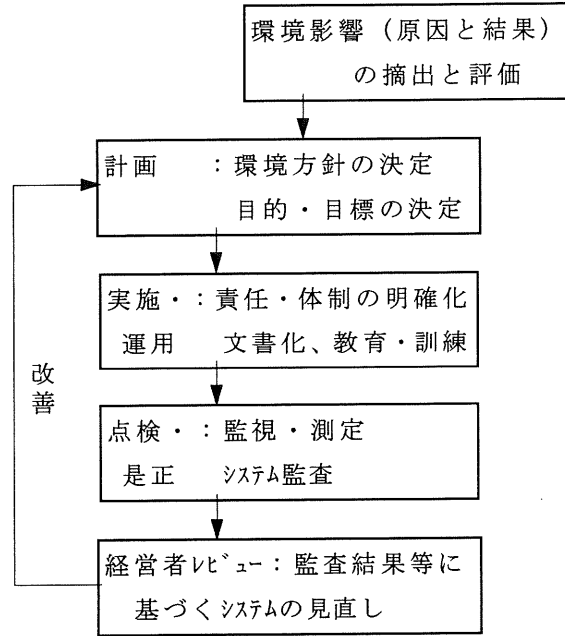
3.2 環境管理システム

環境問題への取り組みについては，国際標準化機構による環境マネジメント規格「ISO 14001」が有効なツールであるとの認識の下に，一部事業所でのシステム構築や導入に関する検討等を実施している。

環境マネジメントシステム規格の概要

1) マネジメントシステム

環境マネジメントシステムは，企業経営のマネジメントシステムの対象が環境となっているだけで，企業の環境問題への取り組みを継続的に改善するための仕組みである。



2) 規格要件の特徴

- a) 規格は，17項目から構成されているが，責任と体制の明確化，手順の5W1Hの体裁に基づく明確化等，属人化を排除するための文書化を要求している。
- b) 規格は，システム構築に伴って組織が定めた環境方針として適用範囲，目的・目標，法の遵守等を顧客や地域住民等に公開することを要求している。（情報公開）

4. その他

航空燃料の消費に伴って排出される温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>量の把握は，次の変換式による。

・炭素換算量 kg-C：ケロシン使用量 (kl) × 667

・CO<sub>2</sub>換算量 kg-CO<sub>2</sub>：炭素換算量 × 3.67  
 因にガソリンおよび軽油については，次による。

・ガソリン kg-C：ガソリン使用量 (kl) × 643

・軽油 kg-C：軽油使用量 (kl) × 721

航空環境を取り巻く話題

## エコ・エアポート基本構想\*

玉 木 康 彦\*\*

### 1. 成田空港の現況

成田空港（新東京国際空港）は、昭和53年の開港以来、昨年（平成10年）5月20日に開港20周年を迎えました。平成10年12月現在、34ヶ国2地域89都市と直行便で結ばれ、国際線、国内線の通算旅客数はこの20年間で3億3千万人、現在では一日あたり約7万人（開港時の3.4倍）の利用があり、離発着回数も昨年12月に累計200万回に達するまでになりました。

このように、成田空港は我が国の活発な国際交流を支える施設としてご利用いただいておりますが、今後さらに人、物の国際交流が、経済、社会、文化の各般にわたり活発さを増すに伴い、空港の役割はますます高まってくるものと思われまふ。また、現在、カンボジア、サウジアラビア、ジャマイカ等38ヶ国が我が国に対して航空協定締結を申し入れている状況にもあり、我が国においても国際拠点空港の整備が急務となっております。

成田空港は、現在、滑走路1本で運用していますが、将来にわたって日本の空の表玄関としての役割を十分に果たすことができるよう、シンポジウムや円卓会議を通じて形成されてきた話し合いによる解決という流れを大

切に、平行滑走路等の完成に向け、努力を続けていきます。

### 2. 基本構想誕生の経緯

「成田空港問題円卓会議」の結論の一環として設置された「地球的課題の実験村」構想具体化検討委員会が、3年余りの検討を経て最終報告書「若い世代へ—農の世界から地球の未来を考える」を平成10年5月1日にまとめました。「若い世代へ」では、現代社会が突き当たった地球環境問題や資源・エネルギーの枯渇などの問題を解決するためには、人間と自然環境との関わりを踏まえ、循環を基礎として自らを律していくという考え方（実験村の理念＝「農的価値」）を大事にする必要があるとの認識が示されています。

運輸省、NAA（新東京国際空港公団）は、この考え方を真摯に受け止めると同時に、空港が周辺地域の自然環境や農業に様々な影響を与えてきたことに思いをいたし、環境への負荷やエネルギー消費をできる限り小さくした循環型の空港づくりを目指すこととし、地球的視野にた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つの柱とする「エコ・エアポート基本構想」をさる平成10年5月27日に発表いたしました。本稿は、この基本構想の内容について紹介するものです。エコ・エアポート基本構想の概要を表-1に、その構成を図-1に示します。

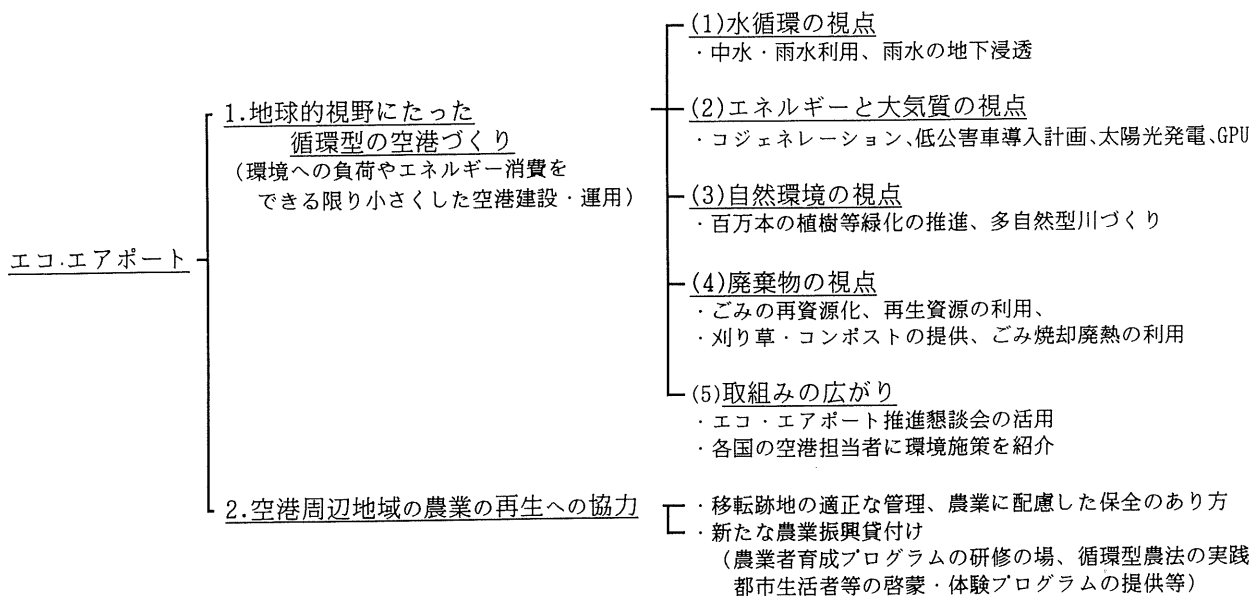
\* The Fundamental Blueprint for an Eco-Airport, by Yasuhiko Tamaki (Manager, New Tokyo International Authority)

\*\* 新東京国際空港公団環境管理室 課長代理



表-1 エコ・エアポート基本構想の概要

地球環境問題等の現代工業文明が抱える基本的な諸課題に取り組むための実験的運動を展開していくべきとの考え方を、国・空港公団は今後の成田空港の建設・運営に反映させていくこととする。



### 3. 循環型空港づくりの鍵となる4つの視点

空港の最大の環境問題である航空機騒音に対して、成田空港ではこれまで積極的に取り組んで参りました。しかしながらその一方で、環境負荷削減やエネルギー消費問題への対応は必ずしも十分でありませんでした。基本構想では、循環を守り支えていくために重要な鍵となる4つの視点、①水循環、②エネルギーと大気質、③自然環境、④廃棄物の視点に立って成田空港の建設・運用のあり方を見直すこととしました。

#### 4. 水循環

成田空港では、これまでも雨水排水は油分離施設や沈砂池を経由し、水質浄化を行った後に利根川水系の取香川へと排水しています。下水排水も周辺河川へ流出しないよう、良好な水質を確保したうえで専用下水道へ放流するなど水質浄化に取り組んできました。

今後は水循環の視点に立ち水資源の一層の

有効利用を図るため、中水や雨水を有効利用する施設の整備を行い、空港で必要な水の1割をこれらの施設で賄うこととします。また、地域農業における水循環の重要性を踏まえ、雨水の地下浸透を促進します。このため、歩道部舗装の透水化を進めるとともに、平成9年11月に策定した芝地部雨水浸透対策基本計画に基づき、延長30kmの碎石浸透トレンチの整備を進めます(図-2)。これらの対策を実施することで、平行滑走路など今後の整備により減少する雨水の地下浸透量の8割が回復できるものと予測しています。

#### 5. エネルギーと大気質

成田空港では、これまでGPU(地上動力装置)の整備や空港運用管理規程の改正によるAPU(補助動力装置)の使用制限に取り組んできました。

今後は、省エネルギーを徹底し、クリーンな自然エネルギーの導入を進めることが重要です。このため、大気に放散していた熱エネ

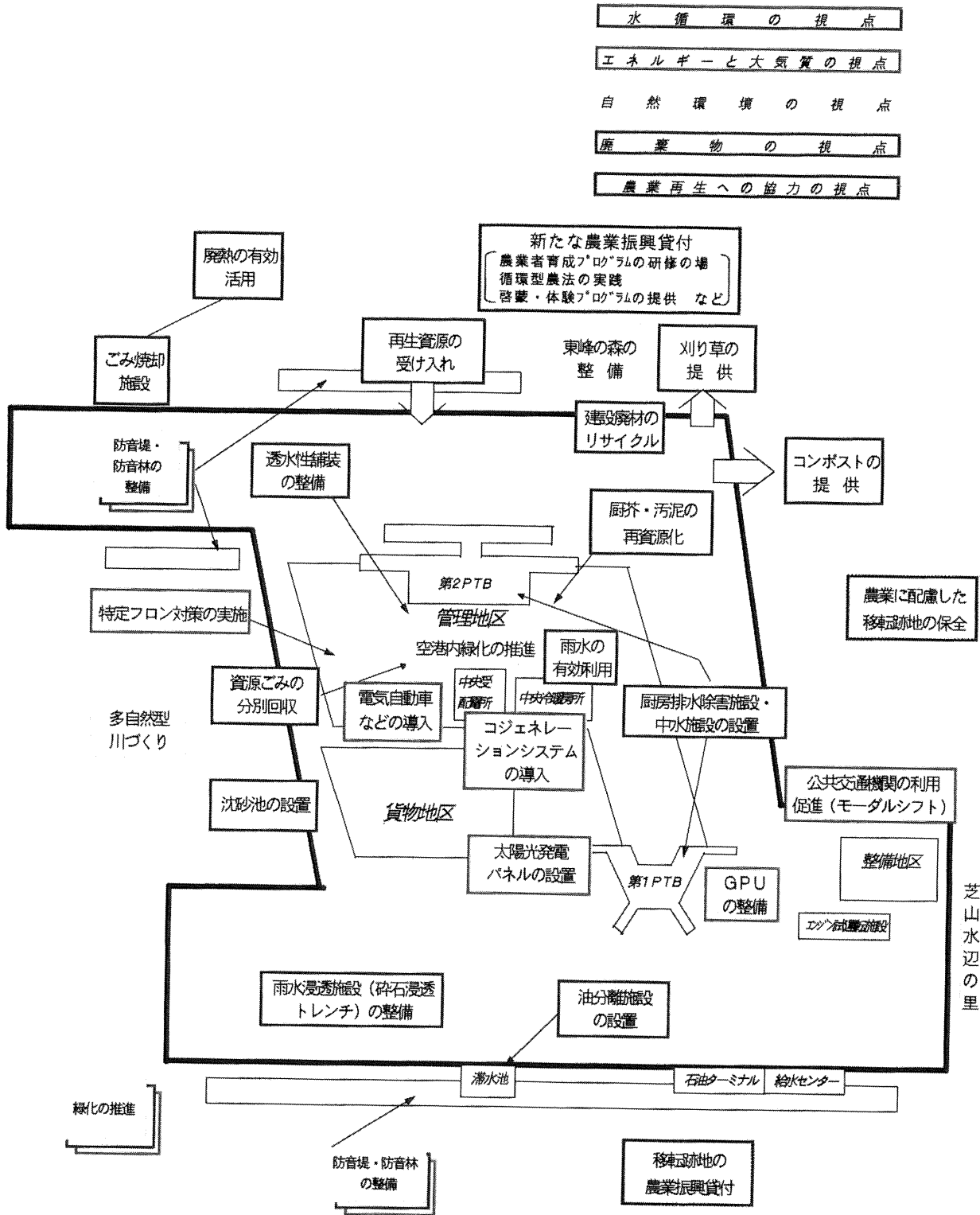


図-1 エコ・エアポートの構成イメージ

ルギーの利用が可能なコジェネレーションシステムを導入し、省エネルギー（空港全体で

約3%）を促進します。

また、低公害車の計画的な導入を図るた

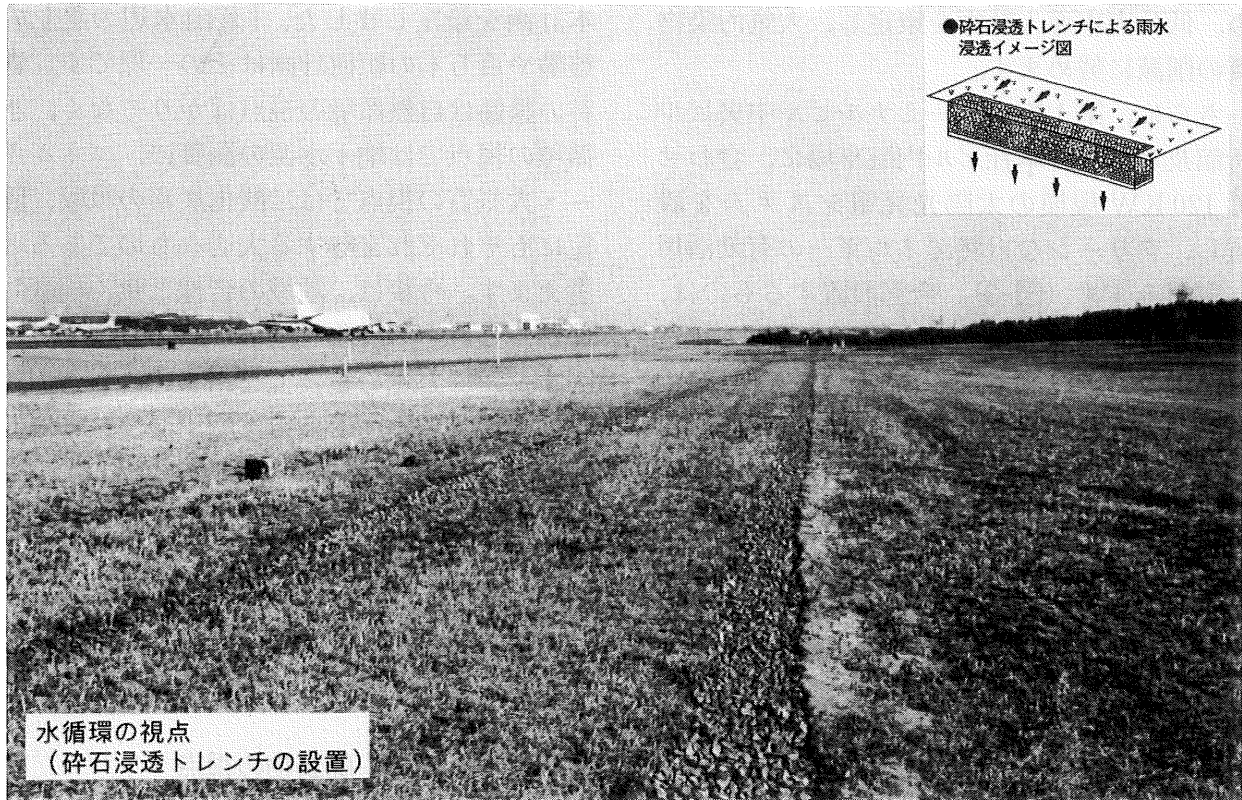


図-2

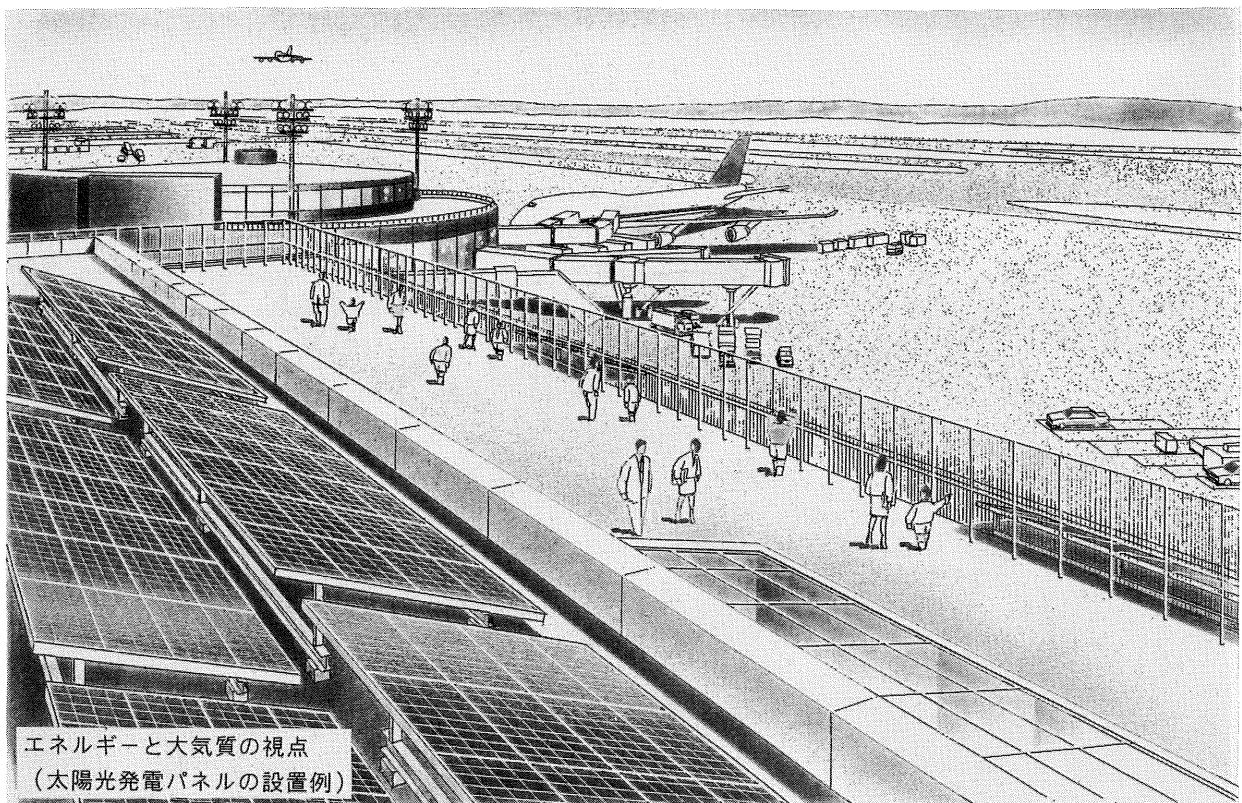


図-3

め、低公害車導入計画を策定し、大気汚染物質の削減に努めます。

さらに、第1旅客ターミナルビル中央ビル新館及びNAA本社ビル内駐車場に、合わせて120KW規模の太陽光発電システムを設置し、クリーンな自然エネルギーの有効活用に取り組めます(図-3)。今回設置するものは、空港における太陽光発電システムとしては日本最大であると同時に、全国的にみても日本有数のものになります。設計作業は本年3月に終了し、その後工事に着手し、今年の秋頃に供用を開始する予定です。この他、現在改修中の第1旅客ターミナルビルに順次GPUを整備していきます。

## 6. 自然環境

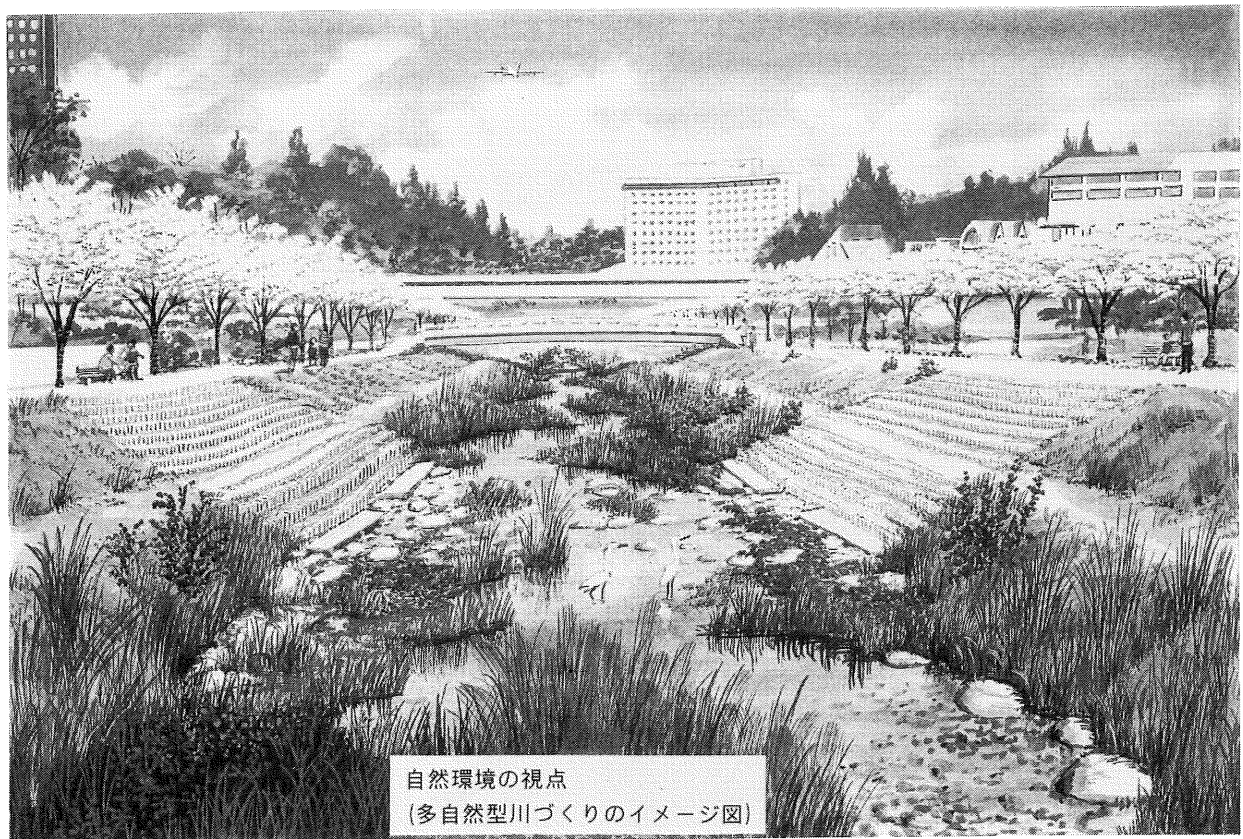
NAAは、一度壊れてしまった自然を復元し、よりよい自然を創るというミチゲーションの考え方にに基づき、空港建設により失われた緑の回復を図るため、成田空港周辺緑化基

本計画を策定しました。「芝山水辺の里」の整備や百万本の植樹計画はその一環です。森林の整備は自然環境の視点ばかりでなく、水循環の視点では地下水源の涵養に、エネルギー・大気質の視点では二酸化炭素の吸収、固定にもそれぞれ寄与する大切なものであると考えます。今後は、地域の皆様と良く相談しながらこれらの計画を進めてまいります。

また、緑と水の重要性を踏まえ、取香川へ通じる場外放水路で多自然型川づくりに取り組んでいます(図-4)。昨年11月から12月にかけて、100m程度の区間で試験施工を行いました。今後約1年間を目安に、流量や流速を観測して治水上の安全性等の確認を行い、本格施工に向けての課題検討などを行ってまいります。

## 7. 廃棄物の視点

成田空港では、ターミナルビル内のごみの分別回収や建設廃材が多く出ない工法の採用



自然環境の視点  
(多自然型川づくりのイメージ図)

図-4

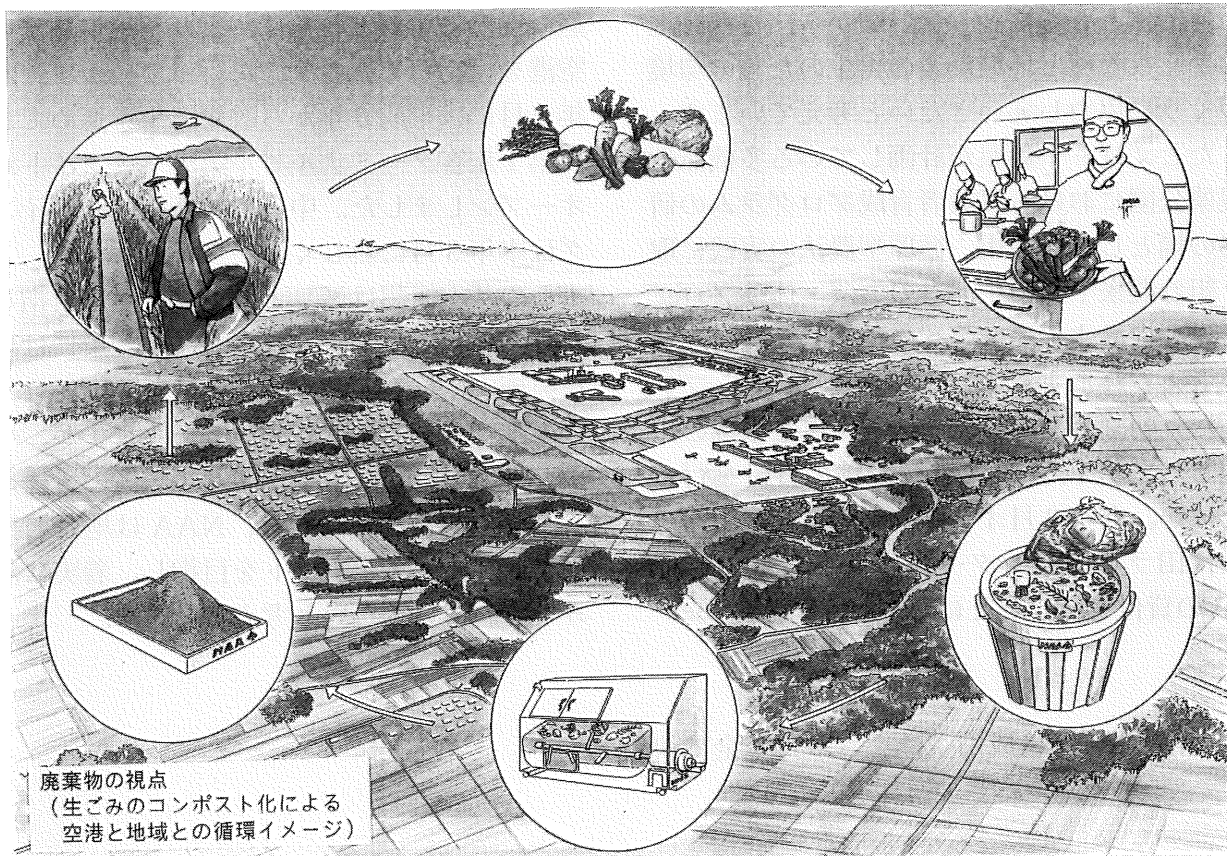


図-5

など廃棄物の総量抑制，リサイクルに努めてきました。また，地元の農家の方々に年間約2,000トンにものぼる空港内芝地より発生する刈り草を堆肥として有効活用して頂いています。今後も，分別回収やリサイクルをさらに進め，廃棄物総量の抑制を図るとともに，空港と地域との物質循環を大切に育てていこうと考えています。

このため，空港内で発生する厨芥のコンポスト化（堆肥化）に取り組めます（図-5）。まず，第2旅客ターミナルビルから発生する分別された生ゴミ（年間約20トン程度）を原料として，コンポストの試作を今年3月から開始します。当面は空港の緑化整備に利用しますが，将来は空港周辺農家の方々に使っていただくことを目指して，需要先や流通体制について検討を行います。さらに，廃棄物の焼却時に発生する廃熱の有効活用にも取り組んでいきたいと考えています。

## 8. 取組みのひろがり

平成10年2月に設置された「エコ・エアポート推進懇談会」（航空会社，ターミナルビル内テナントをはじめとする空港関連事業者など25団体から構成）等を生かし，NAAを含む成田空港の関連事業者が相互に連携して，循環型の空港づくりに取り組みます。

また，世界の先進的事例について謙虚に学ぶ努力を続けることにより，空港環境問題の解決に貢献していきたいと考えています。

## 9. 空港周辺地域の農業の再生への協力

NAAでは，周辺農家の方に対して移転跡地の農業振興貸付を行っています。しかしながら，未貸出地のなかには人手が入らないため荒廃している場所も見られます。これからは，空港の側も農業地域の一員として良好な農業環境が存続できるよう，周辺の農家や地

元自治体とともに話し合いながら、移転跡地の適正な管理と地域農業の再生のための環境づくりに協力していきたいと考えています。

たとえば、千葉県が計画している多機能型農業公園における農業者育成プログラムの研修の場としての活用、循環型農法の実践に取り組む農家や都市生活者の啓蒙・体験プログラムを提供する農家等への積極的な貸付などが考えられます。すでに昨年8月にオープンした丸朝園芸農協の人参・トマト選果場の用地として約1万m<sup>2</sup>の移転跡地の貸付を行ったほか、今年8月オープン予定のJA山武の千代田ライスセンターの用地として約6400m<sup>2</sup>の貸付を行うことにしています。

## 10. おわりに

現在、NAAは成田空港をさらに安全で快

適な空港にするとともに、より利用しやすい空港を目指して施設改修を行っています。昨年2月には平成6年から改修工事を進めてきた第1旅客ターミナルビル第1サテライトがオープンしました。中央ビル新館と北ウイングは本年3月に新しくオープンします。

この基本構想はエコ・エアポートを目指した歩みの第一歩です。基本構想の施策には現在実施中、検討中の施策だけでなく、これから取り組みを開始する施策もありますが、今後とも地域の皆様や空港関連事業者の皆様からのご意見を聞きながら、NAAは地域と共生するエコ・エアポートを目指し、着実に歩みを重ねていきたいと考えています。

## 関西国際空港における新飛行経路の設定について\*

武本 武彦\*\*

### 1. はじめに

平成6年9月に開港した関西国際空港の飛行経路は、兵庫県の淡路島上空を除いてすべて海上に設定されていた。その後、運輸省が、平成8年7月に地元3府県に対し、現行経路の現状と問題点について説明を行い、大阪府の陸域上空等を飛行する新飛行経路が平成10年12月から運用されるようになるまでの経過について述べてみる。

なお、航空機の運航に関しては運輸省の専管事項であることから、新飛行経路の設定については運輸省が、地元自治体と協議し、同意を得て設定したものであり、関西国際空港株式会社（以下「関空会社」という）は、新経路運用後の航空機騒音測定等の環境監視業務や苦情対応業務を行っている。

### 2. 関西国際空港の開港までの経緯

関西国際空港は、大阪国際空港の航空機騒音問題を解消するとともに、近畿圏の航空需要の増加に対応するために建設されたものである。

運輸省は、昭和56年5月に地元3府県（大阪府、兵庫県、和歌山県）に三点セット（空港計画案、環境影響評価案、地域整備の

考え方）を提示し、この中には、空港は航空機騒音に配慮して大阪府泉州沖合5kmを埋め立てて建設する案とともに、兵庫県淡路島の上空を除いて海上だけを飛行する経路案が示されていた。

埋め立て工事は、昭和62年に始まり、平成3年に空港島造成工事が完了し、その後滑走路・旅客ターミナルビル等の空港施設が整備され、平成6年9月4日に日本で初めての24時間空港として開港されたが、開港当初の飛行経路は、三点セットで示されたとおりの経路であった。

しかしこの間、当初示された飛行経路が変更されるような動きが何度かあり、平成4年9月には新聞各紙に、大阪府域上空を飛行する陸上ルート固まる旨の記事が掲載されたため、泉州地域の9市議会が陸上ルート又はルート変更に反対する意見書を採択するなど、三点セットで示された飛行経路の変更に対しては、地元自治体及び住民ともに全体として反対の意向が非常に強かった。

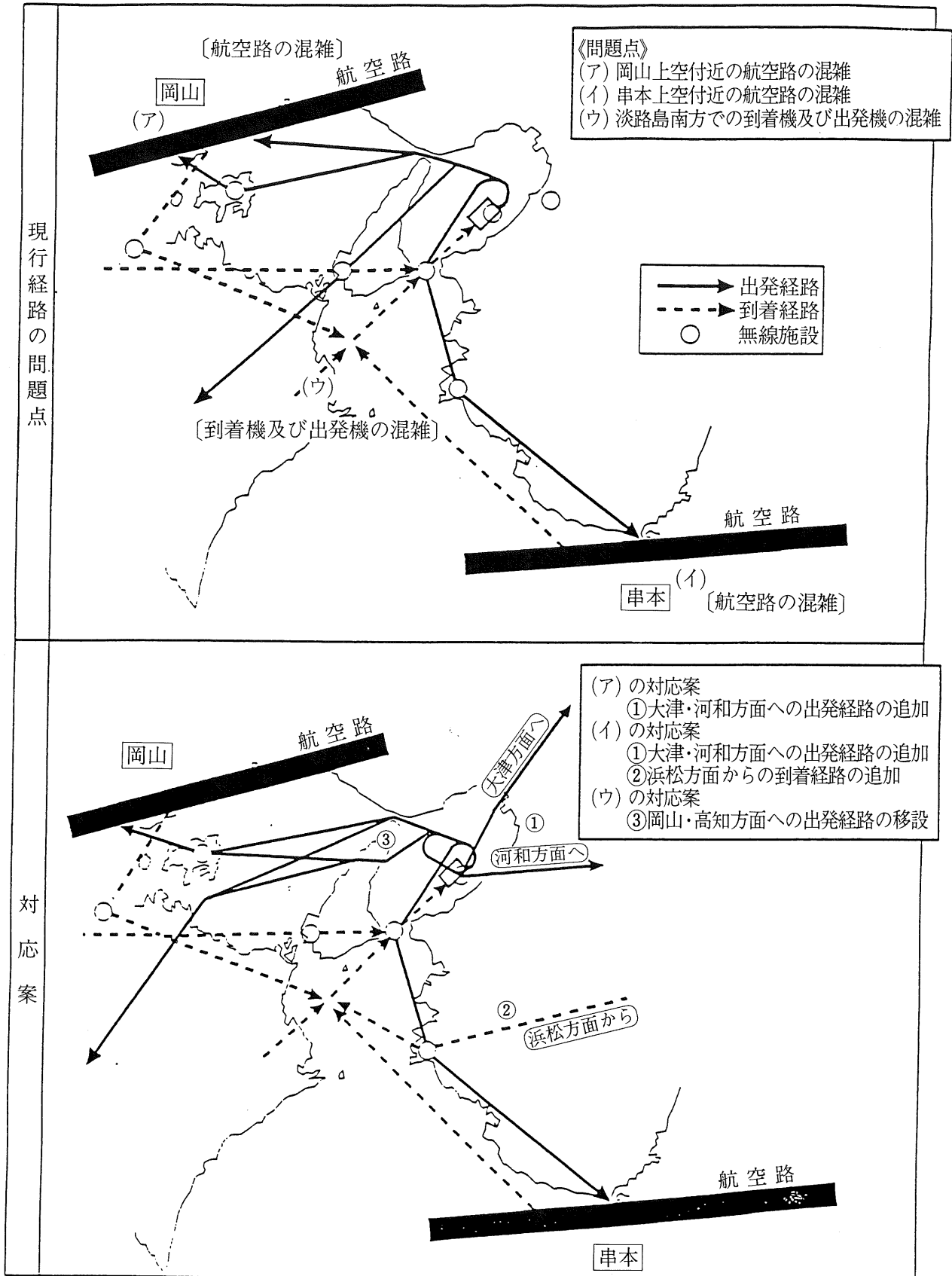
### 3. 運輸省からの飛行経路に関する説明

運輸省は、平成8年7月23日に3府県に対し「関西国際空港における飛行経路の現状と問題点」について説明を行ったが、その概要は以下のとおりである。（図-1～4の現行経路の問題点参照）

15年以上前の三点セット策定時には想定し得なかった現行経路の問題点が、乗り入れ便数の増加とともに現実のものとなった。現

\* Setting up New Flight Route in Kansai International Airport,  
by Takehiko Takemoto (Deputy Manager, Environment Division, Coordination Department, Kansai International Airport Corporation).

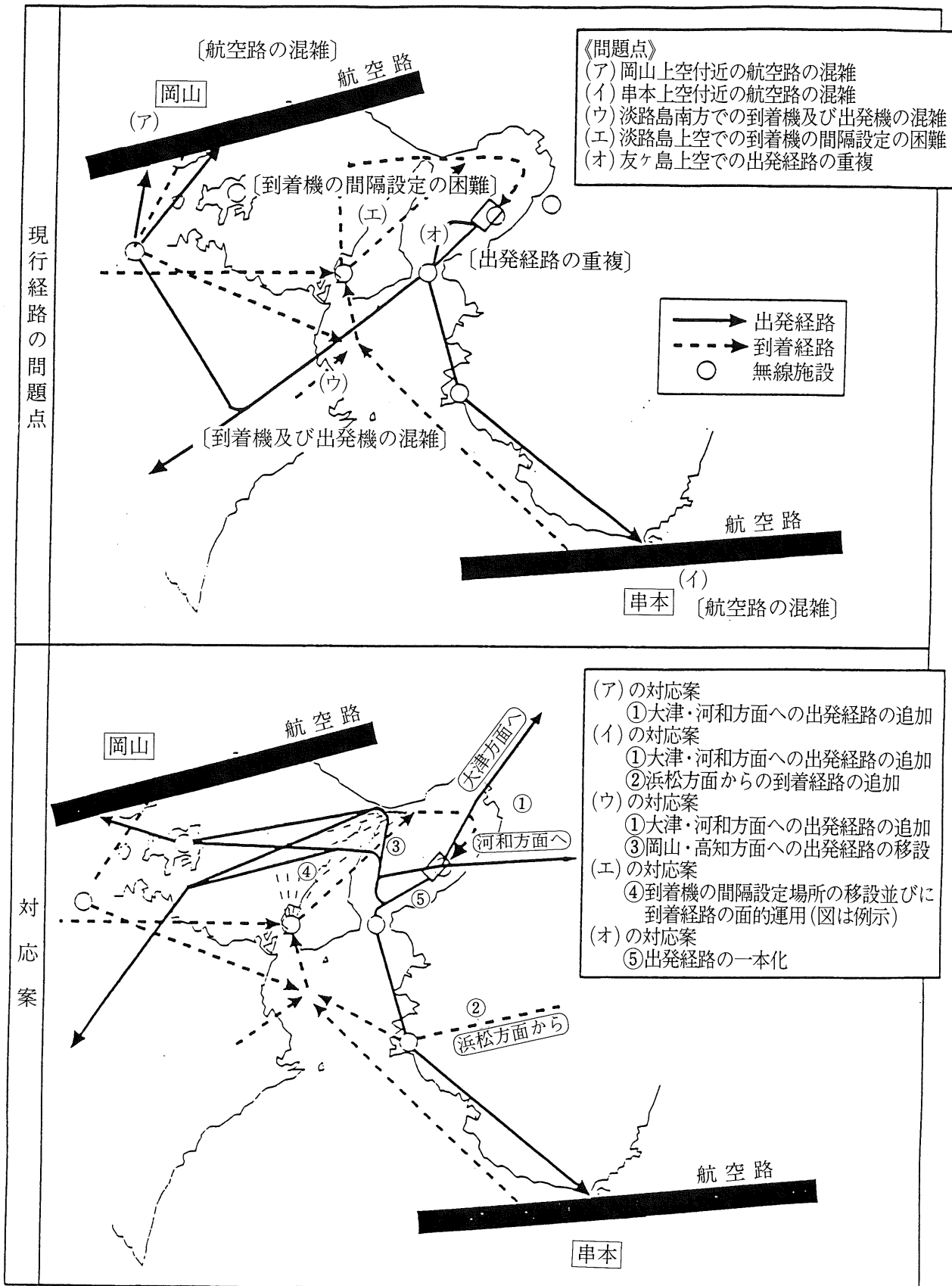
\*\* 関西国際空港(株)調整部環境対策課 課長代理



(運輸省資料)

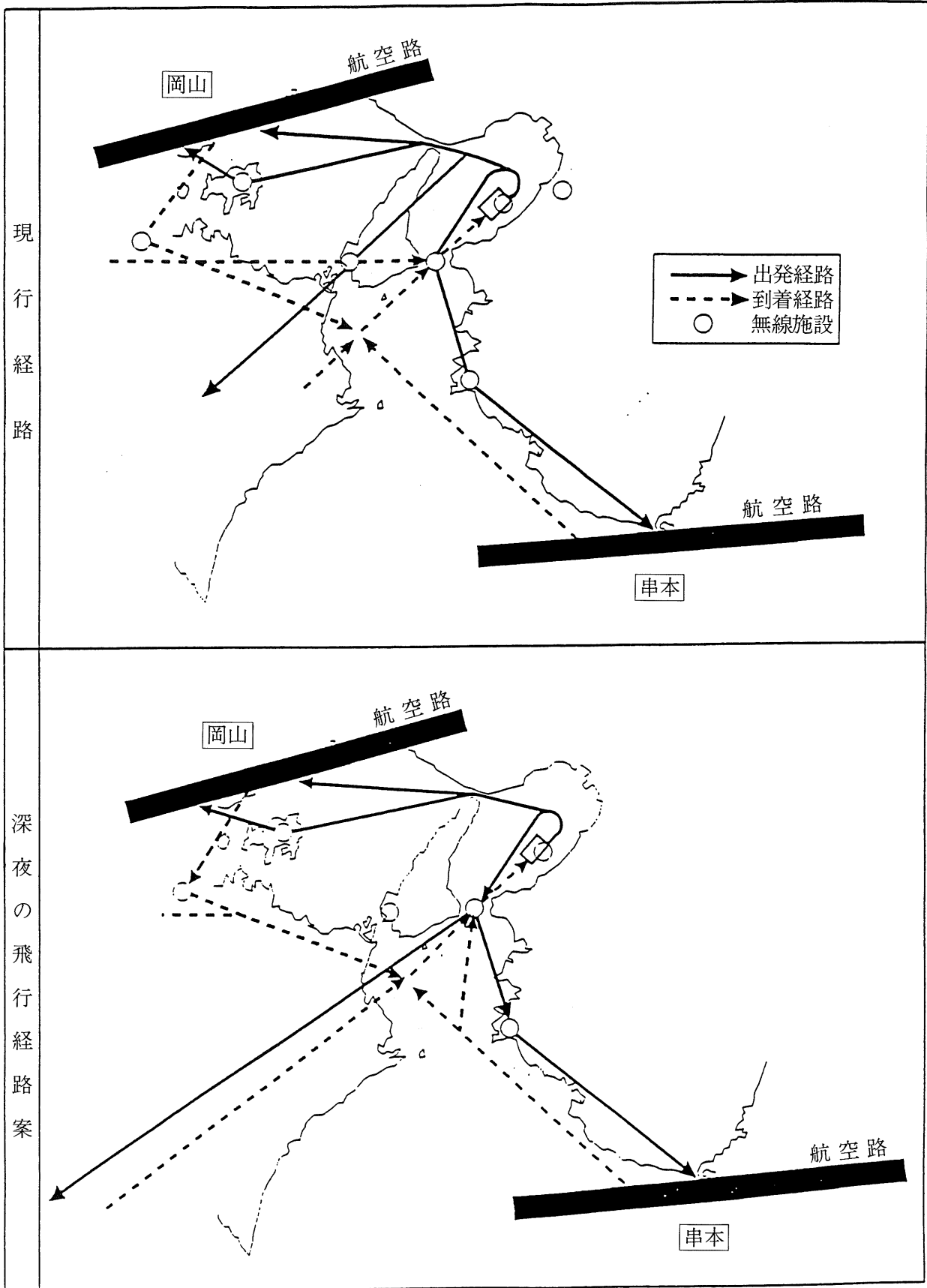
図-1 関西国際空港の現行経路の問題点と対応案  
(南西方向から進入し、北東方向へ出発する場合)





(運輸省資料)

図-2 関西国際空港の現行経路の問題点と対応案  
(北東方向から進入し、南西方向へ出発する場合)



(運輸省資料)

図-3 関西国際空港における深夜の飛行経路案  
(南西方向から進入し、北東方向へ出発する場合)

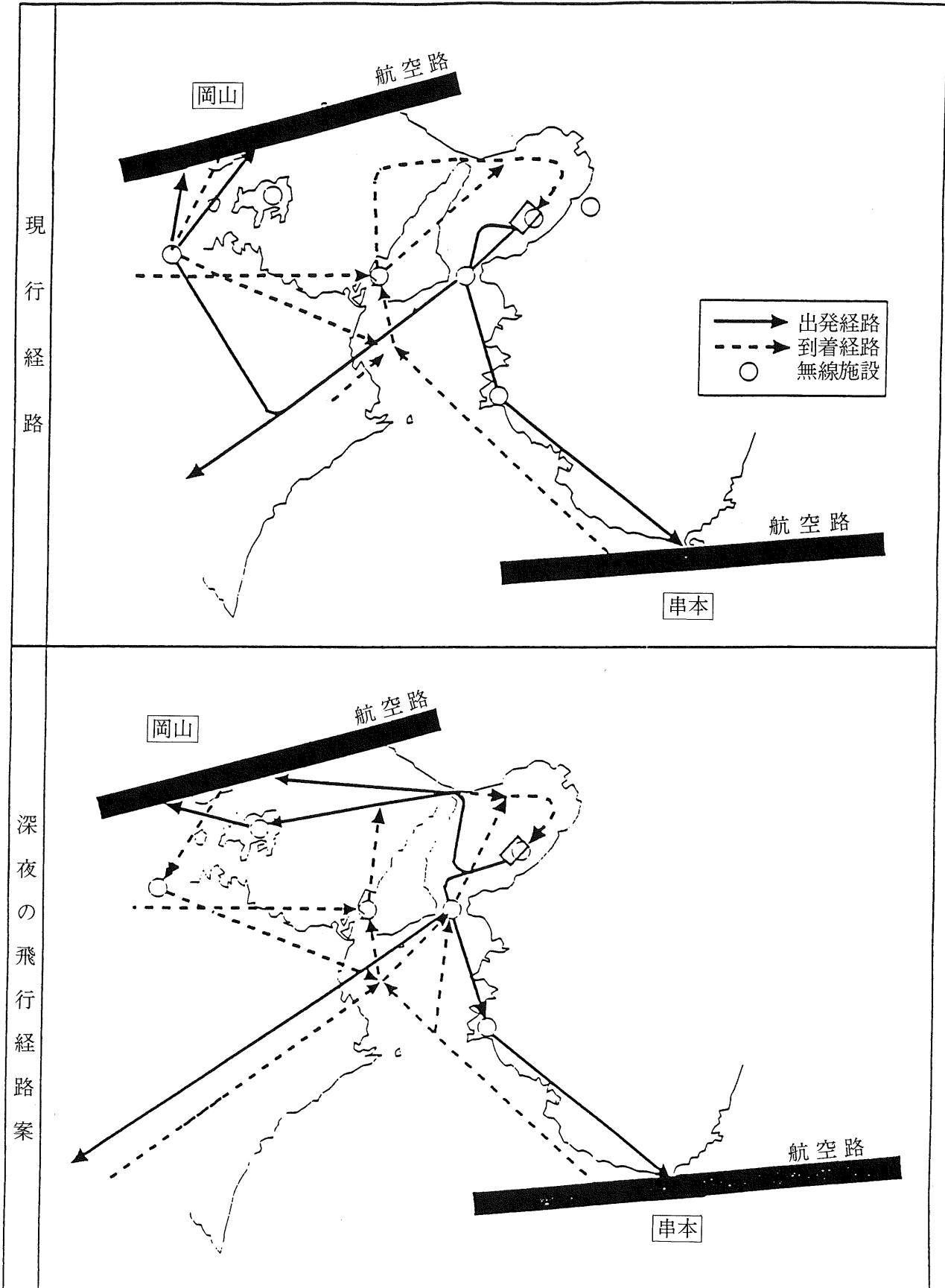


図-4 関西国際空港における深夜の飛行経路案 (運輸省資料)  
(北東方向から進入, 南西方向へ出発する場合)

在の1本の滑走路で年間16万回の離着陸が可能であると見込んでいたものが、現行経路のままであると今後の増便が困難になり、12～13万回が限度である。現行経路の主な問題点は、①岡山及び串本における出発機の航空路への乗り入れ地点の混雑、②出発機と到着機との錯綜、③到着機の間隔設定が困難、の3点である。運輸省としては、関西国際空港のさらなる発展のため、「騒音問題を生じさせない空港作り」という基本的な考え方を堅持しながら、空港能力を十分活用できるような対応策を早急に作成し、地元の十分な理解を得たい。

#### 4. 地元の対応状況

一部には開港2年足らずで新飛行経路の必要性を説明する運輸省に対する不信感があつたものの、泉州地域の地元自治体は、平成8年10月には大阪府知事に対し運輸省の説明に関して公正かつ科学的見地から検証が行われるよう強い要望を行うなど、開港前とは異なり、全体的には冷静な対応であった。

大阪府は、「飛行経路の現状と問題点」について公正かつ科学的見地から検証するため、有識者5名からなる公開を原則とする「関西国際空港の飛行経路等に係る専門家会議」（以下「専門家会議」という）を平成9年1月に設置した。「専門家会議」は、必要に応じ会議に運輸省担当職員の出席を求め説明を受ける等、5回の専門家会議での議論を踏まえ、5月に「中間とりまとめ」を行った。

大阪府は、平成9年6月3日にこの「中間とりまとめ」を基に、「関西国際空港の飛行経路等に係る諸問題に関する大阪府の見解」を公表するとともに運輸省に送付した。この大阪府の見解の概要は①関西国際空港の発着処理能力は、現行の管制方式と運用下では、昼間の時間帯を中心に限界に近づいており、今後の増便が困難な状況にあることから、何

らかの対応が必要であると判断される、②この問題点の背景が、三点セット当時の予測技術の限界や予測の甘さに加え、わが国の航空政策において全国的な航空交通容量の確保が十分になされなかったことにあるとの認識に基づき、関西国際空港をハブ空港として育成していくためには、長期的展望に立ち、関西国際空港の発着処理能力の確保を含めた航空交通容量の拡大について、総合的な取り組みが必要である、③関西国際空港の飛行経路のあり方については、上記の長期的な展望に立った総合的な取り組みの中で検討されるべきであるが、その際、地域との合意を前提に、「航空機騒音による障害が居住地域に及ばない」等とする三点セットにおける飛行経路の基本的な考え方が堅持されるべきである、というものである。

運輸省は、この大阪府の見解を受けた後の6月16日に3府県及び大阪市に「関西国際空港の飛行経路問題に係る総合的な取り組みについて」（以下「総合的な取り組み」という）説明を行った。飛行場部長からは、「三点セット策定時の予測が甘かったこと、また、その結果として当時の説明と異なる事態を招いていることについて陳謝したうえで、全国的な航空交通容量と関西国際空港における発着処理能力の拡大に関し、総合的な取り組みを進める」旨の説明が行われ、この中で新飛行経路案が提示された（図-1～4の対応案参照）。新経路案では、航空機騒音に配慮し、離陸機が陸域上空に入る際には大阪湾上で旋回し高度を8,000フィート以上とするとともに、23時から翌朝6時の深夜時間帯には、陸域上空を飛行せず海上のみを飛行することとなっていた。

大阪府は、7月の第6回「専門家会議」を皮切りに、運輸省の「総合的な取り組み」について検討を再開した。11月に開催された第9回「専門家会議」においては、知事に対し「総合的な取り組み」の検討状況について

「中間報告」を行うとともに、新飛行経路を航空機が実際に飛行した場合、どの程度の航空機騒音が発生するのかを調査する「実機飛行調査」の必要性について提言が行われた。

その後「実機飛行調査」については、幾多の議論を重ねた後、新飛行経路の導入を前提としない環境面での検証の一環として実施することで地元自治体の合意が得られたことから、平成10年2月9日と4月11日に実機飛行が実施された。そして、実機飛行調査における航空機騒音のピーク値は、最大でも70dB(A)程度と概ね運輸省の予測の範囲内であった。

この間の3月11日に、大阪府は、「専門家会議」の検討結果を踏まえ、運輸省に対し「総合的な取り組みに」に係る6項目にわたる環境面の特別の配慮を要請した。その内容は、①大阪府南部の居住地域において騒音苦情が生じている現状を踏まえ、騒音影響を軽減するための措置、②深夜用経路の運用時間帯をさらに拡大する措置、③新経路案の具体的運用について航空需要の動向、環境影響等を考慮した措置、④大阪府域の陸地上空に入る際の最低飛行高度や飛行経路の遵守に関する明確な担保措置、⑤苦情処理体制について運輸省と関西空社との責務の明確化と適切な役割分担に基づく強化措置、⑥環境監視体制の強化措置、である。

この大阪府の要請に対して、運輸省は、4月27日に回答を行ったが、その概要は上記の要請概要の番号に対応して以下のとおりである。①当該地域の騒音値は専ら住居の用に供される地域での環境基準であるWECP-NL70を超えるものではないが、苦情が発生している現状を踏まえ、着陸機に対してディレイドフラップ進入方式を導入する、②深夜用経路を23時～翌朝6時の間運用するため、経路の切り替えをその前後の22時台及び6時台に行うが、便数の少ない6時台における昼間用経路への切り替えについて原則と

して6時台後半とする、③大阪府貝塚市から陸域に入り愛知県河和に向かう新経路については、当初は国内線のみを運航させることとし、国際線の運航に当たっては地元と協議する、④航空機が陸地上空に入る地点の高度は天候等の条件が悪い場合でも最低8,000フィート以上となっているが、これを担保するため航空路誌(AIP)により周知する、⑤苦情については従来通り関西空社が対応することとするが、緊急やむを得ない場合を除き定められた飛行高度に違反したり飛行経路を明らかに逸脱した航空機については、当該航空機を運航する航空会社に対し今後は運輸省が指導する、⑥新飛行経路案において出発機が陸域上空に入る地点において常時騒音測定を行うとともに、定期的に飛行高度を測定する等の環境監視体制の強化を行う。

平成10年5月6日には、大阪府の設置した「専門家会議」が、「総合的な取り組みに」についての検討結果を取りまとめ、知事に報告を行った。大阪府は、この検討結果を踏まえ5月11日に「三点セットの基本的な考え方を堅持し、環境保全に配慮しつつ、関西国際空港の育成を図ることにより大阪・関西の将来の発展に結びつける観点から、全国的な航空交通容量の早期拡大に向けた積極的な取り組みや、『環境面の特別の配慮』が確実に履行されることを前提に、昼間の時間帯を中心とした関西国際空港の発着処理能力の拡大に寄与する新経路案を導入することは、現在の管制手法の下ではやむを得ないものと判断する」旨の考え方案を取りまとめ、関係機関と調整した結果、7月31日に運輸省に回答した。

その後、関係3府県と運輸省との調整が整い、平成10年10月8日に航空路誌(AIP)に新経路が記載され、12月3日から運用されることとなった。

## 5. 関空会社の対応状況

関空会社は、新飛行経路が設定されるにあたり、環境監視を強化することとし、常時観測局を5局増設（6局から11局に増設）し、定期定点観測地点（1週間/回、4回/年の測定を実施）を14地点から20地点に増加した。

また、新経路で新たに陸域に入る大阪府下の大阪市・貝塚市及び兵庫県淡路島の東浦町の3地点では、運輸省が地元で約束した高度が守られているかどうかを確認するため、新経路運用開始後1ヶ月間、上空を通過する航空機すべてを対象に飛行高度の観測を行うこととした。

## 6. 新飛行経路運用後の環境監視の状況

航空機騒音に関する測定結果は、陸域を飛行するようになった新経路直下のすべての地点においても、専ら住居の用に供される地域における航空機騒音に係る環境基準 WECPNL 70 を大幅に下回っていた。また、飛行高度の観測結果は、離陸機が陸域に入る大阪市、貝塚市、東浦町の3地点において1万数千フィート以上であり、運輸省が地元で約束した最低でも8,000フィートを大幅に上回っていたので、新たに陸域を飛行する離陸機に係る騒音は、地元の住民は非常に心配していたが、特に問題はない結果となっている。

なお、淡路島上空においては、航空機騒音に係る環境基準 WECPNL 70 を下回っているものの、これまで南西運用時の到着機が線的運用で最低でも6,000フィート以上で飛行

していたのが、面的に運用されるとともに飛行経路の変更にともない離陸機との高度差を確保するため、最低高度を4,000フィートに下げたため、到着機が上空を新たに飛行し始めた淡路島北部地域において、苦情が新たに発生している。

## 7. 終わりに

運輸省が「関西国際空港における飛行経路の現状と問題点」について説明をしてから、新飛行経路が設定される迄に約2年間の期間を要しており、この間の経過について述べてみたが、当初地元で示した海上経路と異なる陸域を飛行する経路を新たに設定するためには、関係者の並大抵でない努力が必要であった。

また、この経路問題と平行して、平成11年度末に着工を予定している2本目の滑走路建設に係る2期事業の環境影響評価手続きを行った。2期事業の環境影響評価準備書の大阪府への提出が平成10年4月3日であり、地元の合意ができていない新飛行経路を前提とした内容になっていたことから、環境影響評価準備書の住民説明会においては、経路問題が決着してから環境影響評価の手続きをすべきであると、厳しく追及されることがあった。

当社としては、近畿圏の発展のために必要な航空需要に対応できるよう、関西国際空港の発着能力をの拡大を図るとともに、環境への影響を極力防止するための方策を講じることにより、地域と共生できる空港づくりをめざしている。

エッセイ

## WECPNLの功罪\*

川田 和良\*\*

「功罪相半ばする。」とは、新聞の解説記事にみかけるが、以下に述べることで、「相半ば」ではなく功の方が遙かに大きい。

WECPNLが国内での航空機騒音問題に使用されるようになったのは、昭和44年末のICAO（国際民間航空機関）の騒音証明に関する会議で提唱されてからであり、各国各様の騒音評価方式の間であって、万国共通の評価単位として適当であるとされた。言葉の方で言えば、嘗て提唱されたエスペラント語と同意義のものである。

昭和48年末に「航空機に係わる環境基準」が設定されると、国内における正規の評価単位として認知されたかたちになり、急激に一般化していった。

功罪の語順とは逆に、罪の方を先に出すと、「WECPNLで、何やねん？ 何、WEIGHTED EQUIVALENT CONTINUOUS PERCEIVED NOISE LEVELやて？ えろう長うて訳の判らん単位やな、ごまかそうと思うてんのと違うか？」というのが、騒音問題の激しかった大阪空港周辺住民の率直な反応であった。確かに、米国人が流行らせた略語集においては、平均字数が3文字であるから、これはその倍もあって舌を噛みそうに長い。計算の手順も同じように複雑であ

る。

すなわち、まず録音された騒音をある周波数範囲毎に細分化し、これを「騒がしさ」の単位に置き換えて集積し、各瞬時値としてのPNLなる値を作成する。

次にこの瞬時値に、当時のジェット機に特有の不快感金属性特異音補正を加味の上、継続時間分だけ積分し、これをEPNLとする。

さらに、このEPNLの一日分を時間平均したものをECPNLと称するが、日中、夕方、深夜で騒音を受ける人間の感受性に差があるとして、夕方3倍、深夜10倍の重みづけをしたものがWECPNLである。

この単位のミソ、いや長所はEPNLの構成にあって、騒がしさ感覚を基礎におき、ジェット機特有の不快感を補正したところにある。従来使用されているLA (dBA) よりも、ジェット機騒音の評価に関しては、より厳密と考えられて航空機騒音証明に採用された。

ご承知の通り、昭和50年前後はコンピューターがそれほど一般化しておらず、私は試行錯誤の手計算によって、一回分のジェット騒音を計算してみたところ、丸一日を費やしてしまった。これでは空港周辺の騒音量を測る単位としては理に走りすぎ、実用的ではない。従って、前述の環境基準の単位として導入される際、EPNLとLAmaxの差が実測値の分析結果からほぼ一定であるとの確認をした上で、LAmaxさえ測定すれば比較的簡単にECPNLやWECPNLを算出し得る式

\* Merits and Demerits of WECPNL,  
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

が示された。

長々しい名前ほどに中身が食いつきづらいものではないが、冒頭の「罪」に相当するものとは言えば、「何やら厄介な…」と言う拒絶反応を多少誘発したところであろう。今から考えれば、原語に忠実な名前よりもトマト銀行やJAとか、JRみたいに「騒音親しみ度」ぐらいのとぼけた単位名をつけた方がよかったのではないかと思われる。

次は「功」つまり功績であるが、昭和44年のICAOの会議において、他国が自国の方式を宣伝し、固守しようとするのに対し、日本は至極あっさりとしたこの「エスペラント」的単位の採用を決意して、その後、防音工事等の騒音対策に没頭したことにある。

当時の各国の議論は、生け花の××流や○流の争いのように見え、我々は「そんなことにかかわりあっている暇はない」と、ひややかに眺めていた。

それから30年、各国のお家流はそのまま生き続け、ICAOの場における議論は尾を引

いている。一方、航空機の騒音はめざましく減少したものの、一向に海外の諸国において地上側の騒音対策等が進歩した話はきかれない。

高バイパス比ジェットエンジンの登場と減音対策への努力によって、初期のエンジン特有の不快な特異音が消されたために、騒音証明用としてのEPNLは必要であるが、空港周辺住民への影響度合いを調べるための音の単位としては、他種の騒音測定に用いられているLA単位で十分表現出来るし、その方が一般の騒音との比較上も便利であるとの見方がICAOの場においても強くなっている。

先に述べたように、国内で用いられているWECPNLの計算式は、もともとLAmaxをベースとしているからEPNLとLA系の単位の“合いの子”的存在であり、LA系に移住するのに違和感はない。

我が国のWECPNLには、「よくぞ大仕事をやってのけた」という賞賛を与えてもよいのではなかろうか。



トピックス

## 隠居のたわごと\*

川 井 力\*\*

隠居爺さんに何か書けとのご用命は、良く云えば今までの経験を、悪く云えば小言の一つでもとのご意向と思い駄文を書く事にしました。

先ずエンジンについて。航空機の技術は安全性と性能の向上を目指すものであるのに、これにブレーキをかける大きな要素は騒音軽減のための技術である。高バイパス比のエンジンの登場で音は格段に軽減されたが、これは同時に高出力、低燃費が得られたので一石三鳥である。一方排ガスによる大気汚染の中でNO<sub>x</sub>の軽減は性能と相反する技術なので厳しい要求である。従ってエンジンの改良に費す労力や費用を考えると、むしろ運航方法を変える方が効果的であると思う。例えば、成層圏を飛ぶ機数を制限するとか、成層圏を飛ぶ時にはエンジンの燃焼温度を下げるとかした方が遥かに安上りなのではないか。

客室の座席について。国内線では運賃が鉄道より安くなり、飛行機は完全に大衆化した乗物になったので、座席の豪華さを格下げして軽くできないものか。機体重量の軽減、エンジン出力の向上に払われる努力に比し、安易に重量増の要因になっているのではないか。また、座席の話のついでに国際線エコノミー・クラスの窮屈さは定員を若干減らしてでも、もう少し楽にできないものか。

乗客の手荷物について。手荷物は座席の窮屈さの一因であるばかりでなく非常脱出の際に障害となる。手荷物を機内に持込むのは、

到着後荷物を受取る時間や面倒さを避ける為であるから、手荷物受取迄の時間の短縮を進める事が効果的であろう。このため、エプロンのスポット毎に荷物の投入口を作り、荷物の受取り場迄地下をコンベアで結ぶ方式を、特に乗客の多い空港では採用して欲しいものである。

非常脱出用のブリーフィングについて。離陸前の非常脱出用のブリーフィングは、乗客が余り注意していないようである。この改善策として何故こうしなければならないかを一言付け加えておくといよいのではないか。飛行機旅行が一般化した最近では、色々の場で飛行機に関する話題が出るので理由を説明すれば主旨が分り易く、広がるのではないか。例えば、荷物を持たないとか、スライドを降りる時は上体を垂直に保つとか等である。

煙草について。我が家を出てから約4時間煙草を吸えない。ターミナル・ビルの中の喫煙場所が分り難い。このためバス乗り場には相当量の吸殻が落ちている。現に吸う人が居るのに吸わせないという姿勢は気になる。

飲食物のサービスについて。必要な人は搭乗口で持って入るようにしたらよい。小生は乗ったら眠る事にしているので、SWの声で起こされてしまう。

空港の汚染物対策について。最近話題になっているゴミ処理場や産業廃棄物の捨て場に困っている向きが多い。空港は、事情を知らない人から見れば空き地と思われるスペースが多い。特に騒音対策用地を持っている空港では、これらの用に供されないよう注意が必要であろう。

\* Folly from an Old Man,  
by Tsutomu Kawai (Ex-member, Aircraft Accident Investigation Commission)

\*\* 前航空事故調査委員会委員

## 活動報告

## 研究センターの動き\*

平成10年1月から12月までの間、航空環境研究センターでは、次の受託事業、調査研究等を実施した。

## 1. 受託業務

## ●騒音振動部

## (1) 航空機騒音の実態調査

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

熊本空港、宮崎空港、仙台空港、大分空港、函館空港、東京国際空港周辺（飛行経路調査のみ）

## (2) テレビ受信障害実態調査

空港周辺でのテレビ受信障害実態調査は次についての1件。

福岡空港周辺

## (3) 航空機騒音予測コンター図の作成

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

花巻空港、石垣・宮古島空港、南紀白浜空港、新石垣空港、新千歳空港、徳島飛行場、女満別空港、首都圏候補地空港、新東京国際空港、丘珠空港、中部新国際空港、新多良間空港。

## (4) その他

(ア) 空港周辺における航空機騒音影響範囲予測調査

(イ) 航空機騒音影響範囲予測調査

(ウ) 航空機騒音基礎調査

(エ) 東京国際空港航空機騒音測定記録集計

(オ) テレビ電波受信障害予測調査

## ●大気環境部

(1) 大阪国際空港周辺大気汚染調査

(2) 航空機排出ガス基礎調査

(3) 東京国際空港西旅客ターミナル北バスラウンジにおける環境測定

## ●環境保健部

(1) 空港周辺住民健康調査

## 2. 自主調査

## ●騒音振動部

(1) 空港における航空機騒音低減技術の調査研究

(2) 航空機騒音予測技術検討調査

(3) 航空環境の保全に関する動向調査

(4) 航空機騒音の側方過剰減衰の研究

## ●大気環境部

(1) 航空機排ガス中の汚染物質が環境に与える影響の調査

(2) 航空機排出物質低減に関する研究

## ●環境保健部

(1) 航空環境と健康に関する疫学的研究

(2) 航空機騒音の睡眠に及ぼす影響の調査

(3) 低レベル騒音変動に伴う住民意識の動向調査

## 3. 研究発表

## ●騒音振動部

(1) 「ヘリコプター騒音証明とその証明手順の簡素化に関する検討」吉岡序、時田保夫、山田一郎、日本音響学会騒音研究会（小樽）平成10年8月

\* Annual activities of Aviation Environment Research Center

- (2) 「ISO 5129 に準じた航空機機内騒音の測定」吉岡序, 岩橋清勝, 山田一郎, 日本音響学会講演論文集 (山形), 平成 10 年 9 月
- (3) 「The Phase 2 results of JCAB model for Hybrid Airport」吉岡序, ICAO CAEP WG II TASK MODEL 1 2nd meeting (Toulouse), 平成 10 年 10 月
- 大気環境部
- (1) 「航空機ジェットエンジンから排出される揮発性有機化合物の測定」柴田正夫, 水島実, 橋本弘樹, 鈴木孝治, 日本分析化学会第 47 年会 (岐阜) 平成 10 年 10 月
- 環境保健部
- (1) 「住環境評価と健康行動の関連性について」金子哲也, 関健介, 後藤恭一, 藤井昌仁, 健康科学会 1998 年会 (東京), 平成 10 年 10 月
- (2) 「空港周辺住民の健康に関する疫学的調査」後藤恭一, 金子哲也, 日本公衆衛生学会 1998 年会 (岐阜), 平成 10 年 10 月
- (3) 「DISTRIBUTIONS OF LACTATE DEHYDROGENASE DATA FROM PEOPLE LIVING NEAR AN AIRPORT」後藤恭一, NOISE EFFECT 98 (シドニー), 平成 10 年 11 月
4. その他
- (1) ICAO 航空環境保全委員会第 2 回ステアリンググループ会議に出席 (1 月オーストラリア国キャンベラ) [末永騒音振動部長, 柴田大気環境部長代理]
- (2) 新東京国際空港飛行経路幅検討委員会に出席 (2 月東京) [時田所長]
- (3) JICA の要請で航空局から依頼を受け, インドネシア国で「空港保全に関するセミナー」に講師として参加 (2 月ジャカルタ) [倉本騒音振動部主任研究員, 大沼副主任研究員]
- (4) 航空環境研究センターの機関誌「航空環境研究第 2 号」を発刊 (3 月)。
- (5) 日本音響学会春季発表会に参加 (3 月日吉) [時田所長]
- (6) 中部国際空港調査会環境影響検討委員会騒音部会及び大気部会に出席 (3 月名古屋) [時田所長, 柴田部長代理]
- (7) ICAO 航空環境保全委員会第 4 回会議に出席 (4 月カナダ国モントリオール) [末永騒音振動部長]
- (8) 環境庁総合研究推進会議に出席 (5 月東京) [時田所長]
- (9) 第 59 回分析化学討論会に出席 (5 月小樽) [橋本副主任研究員]
- (10) 名古屋高速道路低周波空気振動検討会に出席 (7 月名古屋) [時田所長]
- (11) 日本音響学会に参加 (8 月小樽) [時田所長, 吉岡主任研究員]
- (12) 名古屋高速道路低周波空気振動検討会に出席 (9 月名古屋) [時田所長]
- (13) 日本騒音制御工学会に参加 (9 月東京) [時田所長]
- (14) 日本音響学会に参加 (9 月米沢) [時田所長, 吉岡主任研究員]
- (15) 当協会主催「空港環境対策関係担当者研修会」に講師として出席 (10 月東京) [時田所長, 川田審議役, 鈴木孝治大気環境部長, 柴田部長代理, 若栗調査役, 吉岡騒音振動部主任研究員他]
- (16) 航空環境研究センターの業務案内パンフレットを発刊 (10 月)
- (17) 「航空機騒音 (村林淳吉氏による日本語訳版)」を発刊 (10 月)
- (18) ICAO 航空環境保全委員会第 2 作業部会に出席 (10 月フランス国ツール

- ーズ) [吉岡主任研究員, 藤松副主任研究員]
- (19) 健康科学会発表会に参加 (10月東京) [金子環境保健部長, 後藤副主任研究員]
- (20) 中部国際空港調査会環境影響検討委員会大気部会に出席 (10月名古屋) [柴田部長代理]
- (21) 日本分析化学会第47年会に参加 (10月岐阜) [鈴木大気環境部長, 橋本副主任研究員]
- (22) 日本公衆衛生学会に参加 (10月岐阜) [金子環境保健部長, 後藤副主任研究員]
- (23) インターノイズ98に参加 (11月ニュージーランド国クライストチャーチ) [時田所長]
- (24) ノイズエフェクト98に参加 (11月オーストラリア国シドニー) [金子環境保健部長, 後藤副主任研究員]
- (25) 中部国際空港調査会環境影響検討委員会騒音部会に出席 (11月名古屋) [時田所長]
- (26) 道路環境アセスメントマニュアルに関する振動検討委員会に出席 (12月東京) [時田所長]

## 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9年4月から平成10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 KMK デジテックス (電話: 03-3343-5200, FAX: 03-3343-6860) にお願ひ致します。

## 〔騒音〕

## ●測定

**N19970025364/XAB** Computational Investigation of Flap Side-Edge Flow Noise, Dec 96

## ●評価

**AD-A329 470/9/XAB** Evaluation of Structural Damage (Window Breakage) Potential in Caliente, NV Under Current Supersonic Flight Restrictions at Nellis AFB, Jan 97

**N19970025345/XAB** Assessment System Aircraft Noise (ASAN): A Training Course for the United States Air Force, Dec 96

**N19970018388/XAB** Flight Track Noise Impact Model (Final Report), Apr 97

## ●予測

**N19970024874/XAB** Numerical Simulation of the Effect of Heating on Supersonic Jet Noise, May 97

**N19970012638/XAB** Jet Aeroacoustics: Noise Generation Mechanism and Prediction (Progress Report, 1 Jan. 1996-21 Dec. 1996), 31 Dec 96

**PB97-178875/XAB** Hybrid Computational Model for Noise Propagation through a Fuselage Boundary Layer (Technical pub), 13 Mar 97

## ●対策

**N19970037698/XAB** Passive Vibration Control of Airborne Equipment using a Circular Steel Ring (Final Report), Oct 97

**AD-D018 601/5/XAB** System for Determining an Interior or Exterior Acoustic Noise Level of an Enclosed Structure and Noise Reduction Device Incorporating Such System, 24 Jun 97

**N19970025021/XAB** Ejector Noise Suppression with Auxiliary Jet Injection (Final Report), Jun 97

97

**N19970017613/XAB** Active Noise Control of Low Speed Fan Rotor-Stator Modes, May 96

**PB97-862163/XAB** Noise Control and Abatement: Transportation Systems and Heavy Industry. (Latest Citations from Information Services in Mechanical Engineering Database), Jul 97

**N19970003410/XAB** Definition of 1992 Technology Aircraft Noise Levels and the Methodology for Assessing Airplane Noise Impact of Component Noise Reduction Concepts, Jun 96

**N19970003744/XAB** Active Control of Fan Noise: Feasibility Study, Volume 3 (Final Report), Sep 96

**N19970001866/XAB** Active Control of Fan Noise: Feasibility Study, Volume 5 (Final Report), Sep 96

**N19970001270/XAB** Performance of Optimized Actuator and Sensor Arrays in an Active Noise Control System, Sep 96

**N19970001736/XAB** Active Control of Fan Noise: Feasibility Study, Volume 4 part 2 (Final Report), Sep 96

**N19970001748/XAB** Active Control of Fan Noise: Feasibility Study, Volume 6 (Final Report), Sep 96

**AD-A325 035/4/XAB** Requirements Analysis for Noise (Final rept), 31 Dec 96

## ●機内騒音

**N19980002835/XAB** Quelling Cabin Noise in Turboprop Aircraft via Active Control, 19 Aug 97

**N19970040793/XAB** Analytical Studies of Boundary Layer Generated Aircraft Interior Noise (Final Report, 15 Mar. 1995-30 Sep. 1997), 6 Oct 97

## ●騒音機構

**N19970010383/XAB** Laboratory Study of the Noticeability and Annoyance of Sounds of Low Signal-to-Noise Ratio (Final Report), Nov 96

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

\*\* Library, Aviation Environment Research Center

## ●人体影響

**N19970026011/XAB** Health Monitoring of Composite Material Structures using a vibrometry Technique (Progress Report, 1 Nov. 1996-31 Jul. 1997), 25 Jul 97

**PB97-187314/XAB** Health Hazard Evaluation Report HETA 95-0248-2562, Dirty Bird, Inc., Grady, Arkansas, Mar 96

**PB97-862577/XAB** Behavior and Physiological Effects of Noise. (Latest citations from the NTIS Bibliographic Database), Jul 97

**N19970004793/XAB** Influences of Lamination Angles on the Interior Noise Levels of an Aircraft, Aug 96

## ●ヘリコプター

**AD-A326 229/2/XAB** Acoustic Source and Data Acquisition System for a Helicopter Rotor Blade-Vortex Interaction (BVI) Noise Reduction Experiment, Dec 96

**N19970003317/XAB** Helicopter Blade - Vortex Interaction Noise with Comparisons to CFD Calculations, Dec 96

**PB97-857486/XAB** Helicopters: Vibration Analysis. (Latest Citations from the NTIS Bibliographic Database), Mar 97

## ●ソニックブーム

**N19970023685/XAB** Reactions of Residents to Long-Term Sonic Boom Noise Environments (Final Report), Jun 97

**AD-A331 794/8/XAB** Measurement of Sonic Booms and Aircraft Noise in the Gandy Range Extension, Aug 91

**N19970010460/XAB** Comparisons of Methods for Predicting Community Annoyance Due to Sonic Booms, Nov 96

## ●その他

**PB97-142210/XAB** Public-Sector Aviation Issues Graduate Research Award Papers 1994-1995, Jul 96

**N19970018293/XAB** Large Scale Turbulent Structures in Supersonic Jets (Final Report), Mar 97

## 〔大気汚染〕

## ●測定

**N19970023226/XAB** Comparison of Measurements from ATMOS and Instruments Aboard the ER-2 Aircraft: Tracers of Atmospheric Transport and Halogenated Gases, 15 Aug 96

## ●予測

**TIB/A97-02742/XAB** Stratflut. Simulation von Transport und chemischer Transformation von Flugzeugemissionen im Tropopausenbereich. Abschlussbericht. (Stratflut. Simulation of Transport and chemical transformation of aircraft emissions in the tropopause. . Final report), 1997

**N19970003566/XAB** Analysis of Lean Premixed/Pre-vaporized Combustion with KIVA-2, 1994

## ●対策

**DE98701336/XAB** Chemical conversion of aircraft emissions in the dispersing plume: Calculation of effective emission indices, Jun 97

**N19970037714/XAB** Design of a Vehicle Based Intervention System to Prevent Ozone Loss (Final Report, 16 Aug. 1994-15 Aug. 1995), 3 May 95

**DE97727581/XAB** Studie om forskningsprosjekt vedroerende utslipp fra fly i oevre luftlag. (Study on research projects concerning aircraft emissions in the upper troposphere and lower stratosphere), Mar 96

## ●大気質に及ぼす影響

**PB97-183297/XAB** Global Atmospheric Effects of Aviation. Report of the Proceedings of the Symposium. Held in Virginia Beach, Virginia on April 15-19, 1996, May 97

**DE97712746/XAB** Contributions of aircraft emissions to the atmospheric NO (sub x) content, Feb 96

**DE97723136/XAB** Contributions on the topic of impact of aircraft emissions upon the atmosphere, Oct 96

## ●その他

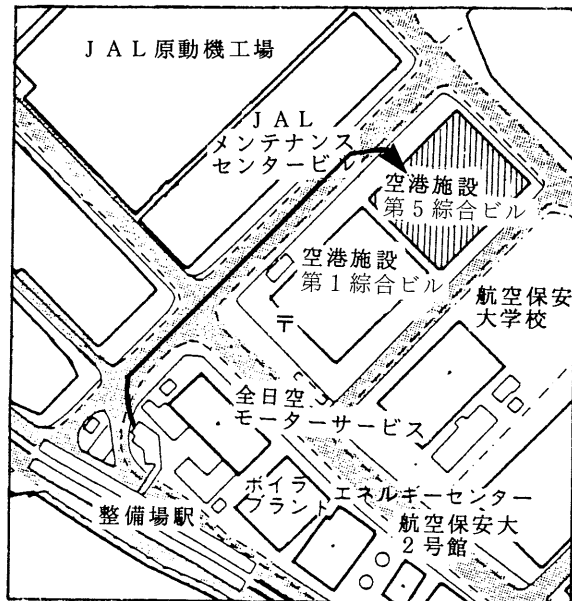
**N19970023221/XAB** No(y) Correlation with N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> in the Midlatitude Stratosphere, 15 Aug 96

## 編集後記 事務局より

年1回の発行とはいえ、早いもので今回で第3号を発行する運びとなりました。

本誌は、創刊以来航空環境に関する研究誌として、内外の報告はもとより、現実的な問題にふれた焦点並びに話題等を、それぞれの専門家にも執筆をお願いし、全体的になるべく堅い論文集にならないよう配慮はしているつもりではありますが、読者の皆様で、内容について何かご意見等がございましたら、どうぞ一報ください。

なお、今回は特別寄稿と致しまして、海外から騒音等、物理的環境要因による健康影響評価で世界的に著名な研究者でありますイエーテボリ大学（スウェーデン）のラグナ・ライランダー教授（医学博士）からも原稿を頂きました。



航空環境研究センター案内図

連絡先：編集事務局

当研究センター文献資料室 仰山

---

## 航空環境研究 第3号 平成11年3月5日印刷 平成11年3月9日発行 ©1999

発行人 時田保夫

発行所 財団法人 空港環境整備協会 航空環境研究センター

144-0041 東京都大田区羽田空港 1-6-5 第5総合ビル5階

電話 (03)3747-0175 FAX (03)3747-0738

印刷所 三美印刷株式会社

116-0013 東京都荒川区西日暮里 5-9-8

電話 (03)3803-3131(代)

## CONTENTS

**COMMENTS**

- Problems of Global Warming and Environmental  
Countermeasures Around Airports Osamu Tsuchiya 1

**SPECIAL REPORT**

- Aircraft Noise—a Global Pollutant Ragnar Rylander 3

**FOCUSES**

- Health Effect from Aircraft Noise Trends in Noise Research -1- Shousuke Suzuki 9  
Expectations & Issues for the Next Generation SST Yasuhiro Yama 14  
Market Forecast with an Impact of Noise Regulation  
for Commercial Transport Sei Hagiwara 20

**RESEARCH REPORTS**

- Hybrid Airport Model Hisashi Yoshioka 28  
Inorganic and Organic Chemical Components Emitted  
from a Boeing 767 Jet Engine Masao Shibata 32  
  
The Effect of Aircraft-Noise on the Mental Health : a Pilot Study Minoru Mizushima  
Hiroki Hashimoto  
Koji Suzuki  
Kyoichi Goto 46  
  
Tetsuya Kaneko

**DOMESTIC AND FOREIGN REPORTS**

- Report of The Fourth Meeting of the Committee  
on Aviation Environmental Protection Masahisa Suenaga 56  
Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Noise) Hisashi Yoshioka 60  
Trends of ICAO/CAEP (Aircraft Emissions) Masao Shibata 64  
Report of Inter Noise '98 Yasuo Tokita 84  
Trends in Research on Noise Effects—Topics from Noise Effect '98 Tetsuya Kaneko 90  
  
Kyoichi Goto

**CURRENT TOPICS**

- Environment Protection by Utilization of Ground Power Sachihiko Okudaira 94  
Airline's Activities on Environmental Issues Noriyo Ohta 99  
The Fundamental Blueprint for an Eco-Airport Yasuhiko Tamaki 102  
Setting up New Flight Route in Kansai International Airport Takehiko Takemoto 109

**ESSAY**

- Merits and Demerits of WECPNL Kazuyoshi Kawada 117  
Folly from an Old Man Tutomu Kawai 119

**ACTIVITIES OF AERC**

- Annual Activities of Aviation Environment Research Center Akira Suzuki 120

**REPORT INFORMATION**

- United States Government Reports for Aviation Environment ;  
Selections from NTIS Database Hirofumi Ohgiyama 123