

2. 航空機騒音の評価方法の現状

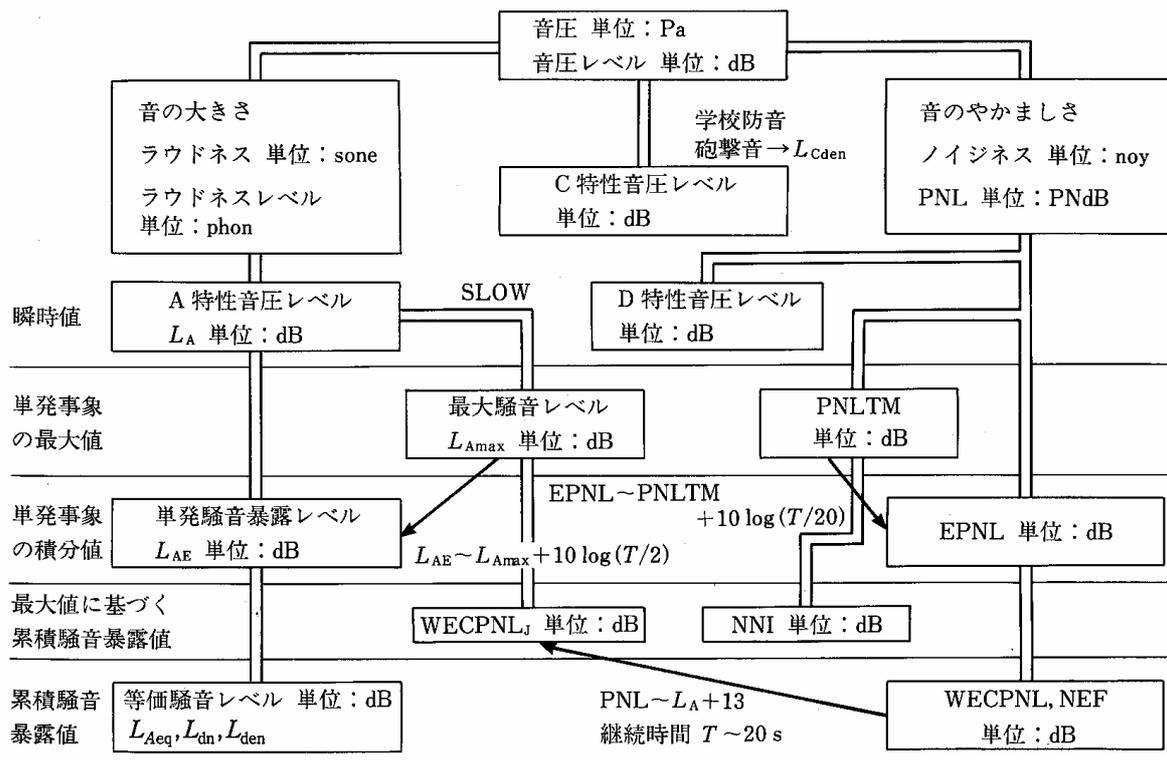
2.1 航空機騒音の特徴と騒音評価の考え方

航空機の音は広帯域雑音に周期的な音が重なった間欠的な音であり、ジェット機では雑音性が強く、プロペラ機やヘリコプタでは周期性が強い。

航空機は、地上の騒音源に比べて桁違いに音源パワーが大きく、広範囲に騒音暴露をもたらすが、機種や飛行形態、飛行重量が変化し、気象の状況に応じてエンジン出力やフラップ設定の調整が行なわれ、騒音放射の程度が大幅に変わる。さらに風向きにより離着陸の方向が変わり、離着陸の混み具合によっては飛行経路（フライトトラックや高度プロファイル）も変化する。また音源から受音点までの距離が数キロメートルまで大きな音が聞こえるため、音の伝搬経路での気象条件の変化の影響も無視できず、地上で聞こえる騒音の大きさや性状は時々刻々変化する。こうした特徴は道路交通や鉄道など地上交通の騒音源とは異なるものであり、航空機騒音の環境騒音としての評価を難しくしている。

騒音の妨害度は、雑音であれ周期音であれ、音の物理的強度が大きいくほど高くなる。雑音と周期音が重畳する航空機の音も例外ではない。また、初期のジェット機は広帯域雑音に強い高周波純音成分が加わって一段とやかましさが増すとされたが、高バイパスターボファンエンジンを装備した最近の航空機ではそうした純音成分は顕著でなくなっている。その代わりに、高バイパス化に伴い低周波音成分が大きくなる傾向がある。次に、間欠的に発生する騒音の妨害度については暴露回数の増加とともに増加し、その程度はエネルギー則に従うとする考え方が一般的であるが、騒音暴露量の増加によってそれよりさらに影響の程度が増大するという考え方や、その増大にも上限があるとする考え方もある。次に、騒音と生活時間の関係については、夜間に聞こえる音は昼間に聞こえる音に比べて影響が大きいことから、ペナルティを科すという考え方が採用されている。これは家庭でくつろいでいるときや静かに放送を聴くときに騒音が聞こえると、妨害度が大きくなるという考え方、静かな環境中で聞こえる騒音は暗騒音との対比効果によって一層うるささが増すという考え方によるものである。

航空機騒音の環境影響を評価する方法は、いずれも、こうした事実や考え方に基づき構築されているが、整理すると図 2.1.1 に示すように、音の大きさ（loudness）に基づく方法と音のやかましさ（noisiness）に基づく方法とに大別される。騒音レベル（A 特性音圧レベル： L_A ）に基づく方法と知覚騒音レベル（PNL： L_{PN} ）に基づく方法といってもよい。なお、目的によって A 以外の周波数重み特性（C, D）が使われることもある。



出典：(社)日本騒音制御工学会編：騒音制御工学ハンドブック（技報堂，東京，2001）。

図 2.1.1 航空機騒音の評価量の関係

単発騒音としての評価方法

航空機騒音は航空機が上空を通過する間に単発的に発生するものであり、単発騒音として評価することが基本になる。その方法は騒音が発生している間の騒音の総量（時間積分値）で評価する方法と最大値で評価する方法に大別される。基本評価量が騒音レベルのときは、単発騒音暴露レベル（SEL： L_{AE} ）と最大騒音レベル（ $L_{A,Smax}$ ，時間重み特性S），基本評価量がPNLのときには実効知覚騒音レベル（EPNL： L_{EPN} ）や最大知覚騒音レベル（PNLM： L_{PNmax} ）が使われる。なお、基本評価量のエネルギー積分をレベルで表示するとき、正規化（無次元化）のための基準値は単発騒音暴露レベルでは1sであるが、実効知覚騒音レベルでは10sである。

累積騒音としての評価方法

航空機騒音は単発騒音であるが、間欠的に騒音暴露が繰り返されるため累積効果の評価が必要になる。これについては基準時間帯（たとえば24時間）にわたり発生するすべての単発騒音暴露をエネルギー的に加算し時間帯の長さで平均して求める平均騒音レベルで評価されることが多い。その基本評価量が騒音レベルの場合は等価騒音レベル $L_{Aeq,24h}$ や昼夜騒音レベル L_{dn} ，昼夕夜騒音レベル L_{den} が用いられ、基本評価量がPNLの場合にはECPNL

(Equivalent Continuous PNL) や WECPNL (Weighted ECPNL) , NEF , NNI が用いられる。

わが国の航空機騒音に係る環境基準で使われている WECPNL_J は、後述するように、ICAO ANNEX16 で土地利用のための騒音評価量として推奨された WECPNL を幾つかの前提のもとに近似的に簡略化した式に基づくものである。WECPNL は、元来、基準時間帯内の航空機騒音の総暴露量（エネルギー）を時間帯の長さで平均して求められる平均レベルとして定義されたものであるが、環境基準では、これを最大騒音レベルのパワー平均値に騒音発生回数の補正を加える形で近似しており、音の大きさに基づく方法と音のやかましさに基づく方法との折衷的な評価方法になっている。

2.2 諸外国における航空機騒音の評価方法

諸外国で使われている地域環境騒音としての航空機騒音の評価方法について、基本評価量(時々刻々聞こえる騒音に関する評価量)、単発騒音としての評価量(航空機が一機通過する間に観測される騒音暴露の評価量)、累積騒音としての評価量(繰り返し単発騒音が観測されるときに累積的騒音暴露の評価量)、基準時間帯(累積騒音暴露を評価する際の基準となる時間帯)、時間帯加重(夜間の騒音暴露の影響にペナルティを加える際の時間帯の区分と調整方法)、長期基準期間(基準時間帯で算定した累積騒音暴露の評価値をもって代表値とする長期にわたる期間)の六つの観点から整理してみた。

ここに記載する情報は過去に本学会が行った委託調査の結果から引用したものであり、今では変更されてしまっている点があるかもしれないが、世界的な傾向を眺めるうえで支障はないと考えた。これら ~ の観点から各国(その国の主要空港の場合もある)の評価方法を整理してみると次のようであった。

基本評価量

- ・ 騒音レベルを用いている国
アメリカ合衆国、イギリス、イタリア、オーストリア、オランダ、スウェーデン、スペイン、デンマーク、ドイツ、ニュージーランド、ノルウェー、フィンランド、EU(欧州連合)など
- ・ PNL を用いている国
アイルランド、オーストラリア、カナダ、ギリシア、スイス、フランスなど

単発騒音としての評価量

- ・ 単発騒音の基本評価量をエネルギー積分したレベルを用いている国
アメリカ合衆国、イギリス、イタリア、オーストリア、オーストラリア、カナダ、スウェーデン、デンマーク、ニュージーランド、フィンランド、EU(欧州連合)など
- ・ 単発騒音の基本評価量の最大値を用いている国
アイルランド、オランダ、スイス、ドイツ、ノルウェー、フランスなど

累積騒音としての評価量

- ・ DNL (L_{dn}), DENL (L_{den})
アメリカ合衆国、イスラエル、イタリア、オーストリア、スウェーデン、デンマーク、ニュージーランド、フィンランド、ベルギー
- ・ EQL (L_{eq})
イギリス、スペイン、ドイツ、ポルトガル、ルクセンブルク
- ・ NEF
オーストラリア、カナダ、ギリシア
- ・ NNI
アイルランド、スイス

・ その他

オランダ, 中華人民共和国, ノルウェー, フランス

基準時間帯：一日

時間帯区分と夕方・夜間の評価に関する時間帯補正の加重

・ アイルランド	一分割	0000-2400	なし, ただし $15 \log_{10}(N)$
・ アメリカ合衆国	二分割	0700 - 2200 / 2200-0700	dB(0:10)
・ イギリス	二分割	0700 - 2300 / 2300-0700	昼間と夜間で別基準
・ イスラエル	二分割	0600 - 2200 / 2200-0600	dB(0:10)
・ イタリア	二分割	0600 - 2300 / 2300-0600	WF(1:10)
・ オーストリア	二分割	0600 - 2200 / 2200-0600	dB(0:10)
・ オーストラリア	二分割	0700 - 1900 / 1900-0700	WF(1:16.67)
・ オランダ	九分割	0600 - 0700 / 0700 - 0800 / 0800 - 1800 / 1800 - 1900 / 1900 - 2000 / 2000 - 2100 / 2100 - 2200 / 2200 - 2300 / 2300-0600	WF(8:4:1:2:3:4:6:8:10)
・ カナダ	二分割	0700 - 2200 / 2200-0700	WF(1:16.67)
・ ギリシア	二分割	0700 - 2200 / 2200-0700	WF(1:16.67)
・ スイス	一分割	0000-2400 (0600 - 2200 / 2200-0600 ?)	なし, ただし $15 \log_{10}(N)$
・ スウェーデン	三分割	0700 - 1900 / 1900 - 2200 / 2200-0700	WF(1:3.14:10)
・ スペイン	二分割	0700 - 2300 / 2300-0700	dB(0:10)
・ デンマーク	三分割	0700 - 1900 / 1900 - 2200 / 2200-0700	WF(1:3.14:10)
・ ドイツ	二分割	0600 - 2200 / 2200-0600	WF(1:5)
・ ニュージーランド	二分割	0700 - 2200 / 2200-0700	dB(0:10)
・ ノルウェー	四分割	0600 - 0800 / 0800 - 1800 / 1800 - 2400 / 0000-0600	WF(10~1:1:1~10:10)
・ フィンランド	三分割	0700 - 1900 / 1900 - 2200 / 2200-0700	WF(1:3.14:10)
・ フランス	二分割	0600 - 2200 / 2200-0600	dB(0:10)
・ ベルギー	二分割	0600 - 2300 / 2300-0600	WF(1:10)
・ ポルトガル	一分割	0000-2400	なし
・ ルクセンブルク	二分割	0600 - 2200 / 2200-0600	WF(1:5)

注) WF は機数補正の重み (昼 1 倍, 夜 10 倍), dB(0,10)はレベルへのペナルティの形での補正 (昼 0dB, 夜 10dB) を意味する

長期基準期間

- ・ 1年間； 2ヶ国 オランダ，スウェーデン
- ・ 繁忙6ヶ月； 4ヶ国 イスラエル，オーストリア，ドイツ
- ・ 繁忙3ヶ月； 2ヶ国 デンマーク，フィンランド
- ・ 最繁忙月； 1ヶ国 スペイン
- ・ 最繁忙週； 1ヶ国 イタリア
- ・ 平均日； 4ヶ国 アイルランド，ギリシア，フランス
- ・ その他； 9ヶ国 アメリカ合衆国，イギリス，オーストラリア，
カナダ，スイス，ニュージーランド，ノルウェー，

この十年から十五年にわたる，諸外国の航空機騒音評価方法の動向を回顧してみる。米国などは早くから環境騒音の全体について L_{dn} を指標として用いているが，航空機騒音については省庁連絡会議（FICUN）を開いて評価方法の妥当性の検証をしており， L_{dn} を用いることが適切と確認している。カナダは NEF を指標として用いているが，90年代に見直しの必要性を検討したものの，結局，変更しなかった。一方，騒音評価の方法を変更した国の例としてイギリス（NNI L_{Aeq} ，）イタリア（WECPNL L_{Aeq} ）が挙げられる。EU全体の統一指標として L_{den} が採用されたことも大きな出来事である。国ごとに事情は異なるが少しずつ等価騒音レベルによる評価方法を採用する国が増えていると思われるが，依然として PNL ベースの評価を採用している国もある。そうした PNL ベースの指標を用いる国々では実際の算定手順としてどんな方法を用いているか，本報告書で述べる簡便計算による逆転等の問題は起きていないかなどについて調べてみることも必要であろう。

2.3 わが国の法令等における航空機騒音の評価方法

航空機騒音に係る環境基準

環境基本法（当時は公害対策基本法）に基づいて昭和 48 年 12 月 27 日に環境庁から告示された。基準値は WECPNL によって示されており，専ら住居の用に供される地域は 70，その他，通常の生活を保全する必要がある地域は 75 としている。

小規模飛行場環境保全暫定指針

航空機騒音に係る環境基準の対象から外れる飛行回数 10 回以下の飛行場，ヘリポートなどの周辺環境を保全するため，平成 2 年 9 月 13 日に環境庁から通知された。指針値は時間帯補正等価騒音レベル（ L_{den} ）で示されており，特に静穏を必要とする場所では 60 dB，それ以外では通常の生活を保全する必要がある場所は 65 dB としている。

公共用飛行場周辺における航空機騒音による障害の防止等に関する法律

この法律（以下，航空機騒音防止法という）は昭和 42 年 8 月 1 日に公布されたもの（法律第 110 号，国土交通省所管）で，特定飛行場，新東京国際空港を対象に WECPNL で示された騒音区域において次の対策をとることを定めている。特定飛行場に指定されているのは函館，仙台，新潟，東京（羽田），名古屋，大阪（伊丹），松山，高知，福岡，熊本，大分，宮崎，鹿児島，那覇の各空港である。

概ね 70 WECPNL 以上の地域	；	教育施設等防音工事の補助
75 WECPNL 以上の地域（第一種区域）	；	住宅騒音防音工事の補助
90 WECPNL 以上の地域（第二種区域）	；	移転の補償等
95 WECPNL 以上の地域（第三種区域）	；	緑地帯等の整備

特定空港周辺航空機騒音対策特別措置法

この法律は昭和 53 年 4 月 20 日に公布されたもの（法律第 26 号，国土交通省所管）で，空港周辺における航空機騒音による障害の発生を未然に防止し，併せて適正かつ合理的な土地利用を進め，地域振興を図ることを目的として制定された法律であり，対象となる特定空港には成田国際空港が指定されている。空港周辺の土地利用や地域振興に寄与する施設の整備に関する基本的事項の策定のほか，住宅等の建築制限，建築制限に伴う損失補償や既存住宅等の移転補償を実施することが盛り込まれている。障害防止地区は WECPNL で示されている。

80 WECPNL 以上の地域（航空機騒音障害防止特別地区）	；	住宅等の建築禁止
75 WECPNL 以上の地域（航空機騒音障害防止地区）	；	防音工事の義務付

防衛施設周辺の生活環境の整備等に関する法律

この法律は昭和 49 年 6 月 27 日に公布されたもの(法律第 101 号 ,防衛施設庁所管)で ,
防衛施設周辺の生活環境等の整備等について次の対策をとることを定めている。騒音区域
は WECPNL で設定されている。ただし , その算出手順は民間空港の場合と異なる。

75 WECPNL 以上の地域 (第一種区域);	住宅防音工事の助成
90 WECPNL 以上の地域 (第二種区域);	移転の補償等
95 WECPNL 以上の地域 (第三種区域);	緑地帯の整備等

2.4 航空機騒音に係る環境基準における WECPNL 採用の経緯

航空機騒音に係る環境基準は、告示以降現在に至るまでわが国の空港周辺環境改善目標として貢献してきた。環境基準設定の経緯については、下記資料に詳述されているが、ここではその中から環境基準における航空機騒音の評価指標として WECPNL が採用されるに至った経緯に関する部分を引用し、その考え方を振り返る。本節の記述は、若干体裁を直したことを除いて、下記資料からの抜粋(6-2節)である。ここにその旨を明記し、著者に謝意を表す。

<http://www.kobayasi-riken.or.jp>

五十嵐寿一：航空機騒音問題の歴史(3)，No.52 1996/4，小林理研ニュース

五十嵐寿一：環境基準(騒音)の設定経過(その2) II．航空機騒音に係る環境基準，No.20 1988/4，小林理研ニュース

航空機騒音の影響と評価指数

航空機騒音の影響については、国内、海外の社会調査、および各国が採用している航空機騒音の評価指標について比較検討が行われた。評価指標については、ICAO が提案している WECPNL を採用するか、または大阪空港、ロンドン空港の社会調査で用いている NNI とするかについて検討が行われたが、次のような理由から WECPNL とすることになった。

- 1) 航空機の国際性を考慮したこと、
- 2) NNI と WECPNL は、運航回数の取り扱いが若干異なるだけで、通常の空港における運航回数の範囲では本質的な差はないと考えられること、
- 3) その後の英国における調査の結果によると測定時期等の状況によって NNI の算出における回数の係数 15 が著しく異なることもあること、

ただし、評価指数を ICAO 方式の WECPNL とした場合、PNL の算出と特異音補正のため周波数分析を必要とする。従って騒音計による測定結果から近似的に WECPNL を求める方法を採用する。本来の ICAO の評価方式は、一機が飛行したときの騒音暴露レベル EPNL (PNL 尺度を用い 10 秒で基準化したレベル) を用い、一日 24 時間の全航空機による騒音を総計し、平均した等価 PNL である。これを ECPNL といい、さらに時間帯に応じて加重した指標が WECPNL である。これに対して環境基準における測定方法としては次のように簡便化する。

- a) ジェット機の発生する騒音の PNL は近似的に $PNL \sim L_A + 13$ となるので、騒音計の測定結果 L_A に補正 13 を加えて PNL とする。
- b) 継続時間補正： ICAO の WECPNL は一機毎の EPNL に基づいていて、騒音の継続時間も一機毎に測定する必要がある。しかし、離着陸における騒音の平均継続時間

(騒音の最大値から 10 dB ダウンの時間)はほぼ 20 秒と考えられるので補正は 10dB 一定とする。しかし,このようにすると,着陸時の空港近傍では過大評価になるが,この地域は騒音レベルが極端に大きいので地域保護の目的と簡便化のために一律 10dB とする。

- c) 時間帯補正: ICAO は時間帯の分け方として,日中(07:00 - 22:00)と夜間(22:00 - 07:00)の 2 分類と,日中(07:00 - 19:00),夕方(19:00- 22:00),夜間(22:00-07:00)の 3 分類を提案しており,後者を採用するが,計算の容易さから夕方 5dB 加算する代わりにエネルギー的にほぼ等価であることから,夕方の時間帯に運航される機数を 3 倍,また夜間は 10dB 加算する代わりに機数を 10 倍とする。
- d) 特異音補正: ICAO の特異音補正の方法は周波数分析と複雑な計算を必要とすること,今後の航空機はファンエンジンが主流になって,特異音についての補正量が顕著でなくなってきたのでこの補正は省略する。

このようにして環境基準として採用した測定方法は次のとおりである。

$$\begin{aligned} \text{WECPNL} &= \overline{L_{A,S\max}} + 13 + 10 + 10 \log_{10} N - 50 \\ &= \overline{L_{A,S\max}} + 10 \log_{10} N - 27 \end{aligned}$$

$$N = N_1 + 3N_2 + 10N_3 \quad \text{継続時間補正: 10 dB}$$

N_1, N_2, N_3 はそれぞれ日中,夕方,夜間の機数

$$(1 \text{ 日}: 86400 \text{ 秒}, 10 \log_{10} 86400 = 49.4 - 50)$$

このようにして航空機騒音についてはその評価指標を WECPNL とするが,簡単に騒音計で測定できる方法に変更することとなった。従って,この航空機騒音に係る評価指標 WECPNL は,A 特性音圧レベルを基本とした音響エネルギー量に基づくもので,時間帯補正をした等価騒音レベルに常数 13 を加えた量になる。

$$\text{ECPNL} = L_{Aeq24} + 13, \text{WECPNL} = L_{den} + 13$$

- (注) ICAO は 1985 年,WECPNL を採用している国が少ないことと,日本の指標は本来の ICAO 方式と異なることを理由にあげて,WECPNL の記述を ICAO 議定書(Convention)から削除した。

2.5 ICAO の WECPNL と環境基準の WECPNL の関係

前節では環境基準の騒音評価量 WECPNL の定義式が導かれた経緯を示した。その意図は、騒音測定の実務を担当する人達はその当時に使用できた測定機器や解析ツールの能力を考えて実用的な評価方法とすることに重点を置く点にあったものと推測される。その当時、指示騒音計やレベルレコーダはあったが、屋外で使えるのは普通級であった。0.5s ごとに 1/3 オクターブバンド周波数分析を行うことはアナログの分析器による測定結果を読み取るか、ミニコンピュータと連動する分析装置によるしかなかった。最大騒音レベルのパワー平均を求めるための指数計算やエネルギー加算、対数計算をする関数電卓も必ずしも手元にあるものではなかった。

改めて、ICAO / ANNEX 16 の WECPNL の式（土地利用のための騒音評価量として推奨されたもの）から環境基準の WECPNL の式が導出されるまでの手順を示しておく。なお、これ以降の記述では、両者の区別を明示する必要がある場合は、ICAO / ANNEX 16 の定義は $WECPNL_I$ または W_I 、環境基準の定義は $WECPNL_J$ または W_J と記すことにする。

ICAO ANNEX16 において、 $WECPNL_I$ は、以下の(2.5.1)、(2.5.2)式に示すように、EPNL から時間帯別 ECPNL を算出し、夕方及び夜間の値について各々 5 dB と 10 dB の時間帯補正を加え、それらをエネルギー的に加算し、最後に、1 日(=24 時間)で時間平均し、レベルとして表した値として次式のように定義されている。

$$WECPNL_I = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{2} 10^{ECPNL_d/10} + \frac{1}{8} 10^{(ECPNL_e+5)/10} + \frac{3}{8} 10^{(ECPNL_n+10)/10} \right] + S \quad (2.5.1)$$

$$ECPNL_i = 10 \log_{10} \sum_k 10^{EPNL_k/10} + 10 \log_{10} \left(\frac{T_0}{t_0} \right) - 10 \log_{10} \left(\frac{T_i}{t_0} \right) \quad (2.5.2)$$

ただし、 i : d (昼間 7:00-19:00), e (夕方 19:00-22:00), n (夜間 22:00-7:00), $T_0=10$ s: (EPNL の基準時間), $t_0=1$ s, T_i : 対象とする時間帯の長さ[s], S : 季節補正。

上式において、ECPNL は各時間帯における全単発騒音の EPNL をエネルギー加算し、その時間帯の長さ ($T_i=12$ h/昼, 3h/夕方, 9h/夜間) で除して求めた時間平均レベルである。以下、この式から環境基準の $WECPNL_J$ 式が導かれる過程を記しておく。まず、個々の単発騒音について、次式により EPNL が PNL (または PNLT) をエネルギー積分して求められる。

$$EPNL = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T_{10}} \int 10^{PNLT/10} dt \right] \quad (2.5.3)$$

ここで、 $PNL \sim L_A + 13$ が成り立ち、さらに騒音レベルの時間変化を三角形状に近似できるものとするれば単発騒音暴露レベルを $SEL \sim L_{A,Smax} + 10 \log_{10}(T_{dur}/2)$ と近似表現することができ、EPNL は次式で求められることになる。ただし、 T_{dur} は継続時間である。

$$\text{EPNL} \sim L_{A,S_{\max}} + 10 \log_{10}(T_{\text{dur}}/20) + 13 \quad (2.5.4)$$

これを(2.5.2)式に代入すると次式が得られる。

$$\text{ECPNL}_i \sim 10 \log_{10} \sum_k 10^{(L_{A,S_{\max}} + 10 \log_{10}(T_{\text{dur}}/20) + 13)/10} + 10 - 10 \log_{10}(T_i/t_0) \quad (2.5.5)$$

ここで、(2.5.5)式の右辺第1項のパワー合成をパワー平均の形に書き換えれば、(2.5.6)式のように表すことができる。ただし、 N_i は騒音発生回数である。

$$\text{ECPNL}_i \sim \overline{L_{A,S_{\max},i} + 10 \log_{10}(T_{\text{dur}}/20)} + 10 \log_{10}(N_i) + 23 - 10 \log_{10}(T_i/t_0) \quad (2.5.6)$$

さらに、この(2.5.6)式で継続時間 $T_{\text{dur}} = 20 \text{ s}$ とした結果を(2.5.1)式に代入すれば、(2.5.7)式が得られる。季節補正 S は省略した。

$$\text{WECPNL}_I \sim 10 \log_{10} \left[N_d \cdot 10^{\overline{L_{A,S_{\max},d}}/10} + N_e \cdot 10^{(\overline{L_{A,S_{\max},e}+5})/10} + N_n \cdot 10^{(\overline{L_{A,S_{\max},n}+10})/10} \right] + 23 - 10 \log_{10}(24 \cdot 60 \cdot 60) \quad (2.5.7)$$

ここに、 $\overline{L_{A,S_{\max},d}}$ 、 $\overline{L_{A,S_{\max},e}}$ 、 $\overline{L_{A,S_{\max},n}}$ は各時間帯のパワー平均値である。

さらに、 $(23 - 10 \cdot \log_{10}(24 \cdot 60 \cdot 60) = -26.4)$ を整数値 27 に丸めると(2.5.8)式が得られる。

$$\text{WECPNL}_I \sim 10 \log_{10} \left[N_d \cdot 10^{\overline{L_{A,S_{\max},d}}/10} + N_e \cdot 10^{(\overline{L_{A,S_{\max},e}+5})/10} + N_n \cdot 10^{(\overline{L_{A,S_{\max},n}+10})/10} \right] - 27 \quad (2.5.8)$$

このとき、一日のパワー平均値 $\overline{L_{A,S_{\max}}}$ を導入すると、(2.5.8)式は(2.5.9)式のように表すことができる。

$$\text{WECPNL}_I = \overline{L_{A,S_{\max}}} + 10 \cdot \log_{10} \left[\gamma_d \cdot N_d + \gamma_e \cdot N_e \cdot 10^{5/10} + \gamma_n \cdot N_n \cdot 10^{10/10} \right] - 27 \quad (2.5.9)$$

γ_d 、 γ_e 、 γ_n は一日のパワー平均値と時間帯別のパワー平均値のエネルギー比である。

さらに、これらがすべて 1、すなわち各時間帯のパワー平均値が一日のパワー平均値と同じ値を取るとすれば、(2.5.10)式が得られる。

$$\text{WECPNL}_J = \overline{L_{A,S_{\max}}} + 10 \cdot \log_{10} \left[N_d + N_e \cdot 10^{5/10} + N_n \cdot 10^{10/10} \right] - 27 \quad (2.5.10)$$

最後に、夕方の時間帯補正を $(10^{5/10} - 3)$ と近似すると環境基準の WECPNL_J の式が次のように得られる。

$$\text{WECPNL}_J = \overline{L_{A,S_{\max}}} + 10 \cdot \log_{10} [N_d + 3N_e + 10N_n] - 27 \quad (2.5.11)$$

なお、上式では、全単発騒音の最大騒音レベルが同じ値 $\overline{L_{A,S_{\max}}}$ をとると仮定されているが、環境基準では観測された単発騒音の最大騒音レベルのうち暗騒音より 10 dB 以上大きいもののパワー平均に置き換えている。

2.6 航空機騒音の評価において WECPNL_J が果たしてきた役割

戦後、わが国の経済社会は驚異的な成長を遂げ、国内総生産はおよそ十倍にもなった（1955年を基準に1995年をみたとき）。この間、交通が経済発展のボトルネックにならないよう輸送力の増強が図られ、まずは効率的な大量輸送の手段として戦前から整備されてきた鉄道、海運が発達し、その後利便性に優れた自動車交通、高速性に優れた航空交通が進展した。しかしその反面、それと共に交通騒音が深刻な問題となった。

航空交通はジェット旅客機の就航とともに活発になったが、それに伴い、空港周辺の騒音被害が深刻な問題になった。羽田空港では1959年にジェット機が就航し、早くも1962年に空港周辺で騒音測定が実施されている。これは民間空港で初の騒音測定であった。大阪空港でも1964年にジェット機が就航してすぐに騒音の苦情が発生し、騒音対策委員会が組織されて翌1965年に騒音調査と社会調査が行われている。しかし、こうした調査や陳情では問題の解決に至らず、夜間の離着陸禁止や損害賠償を求めて幾つも訴訟が起こされた。

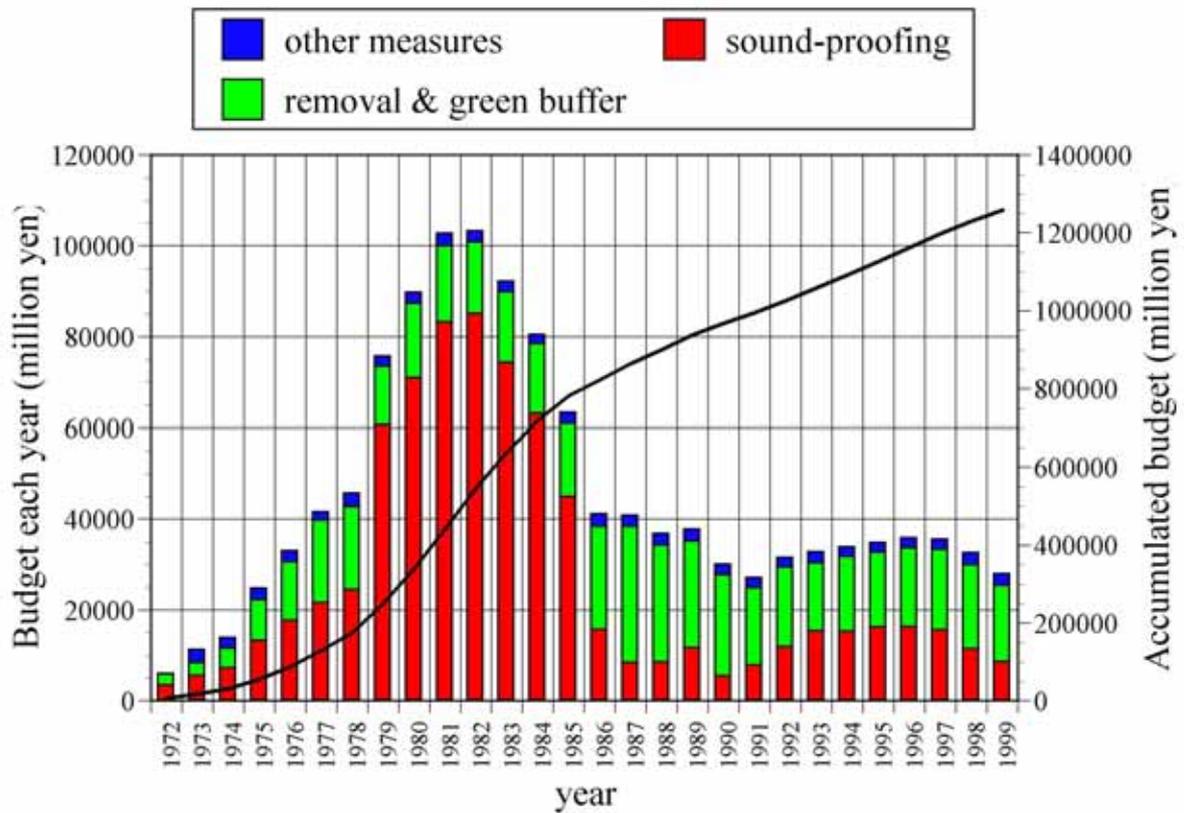
その中で、1967年に航空機騒音防止法が制定され空港周辺の静けさを回復するための環境対策を推進する根拠はできたが、それを実行に移すには客観的な評価方法が必要であった。騒音被害の実態を正確に把握することや、環境対策を実施する範囲を定めたり対策効果を確認したりすること、音環境が悪化しないように監視すること、将来予測を行なうことなどを行なわねばならず、その基本手段として簡便に活用できる騒音評価方法を確立することが不可欠であった。

しかし、この当時わが国においては、1966年にJIS Z 8731-1966「騒音レベル測定方法」が制定され、道路交通騒音等の変動騒音を評価する方法として時間率騒音レベル(中央値 L_{50})が使われていたが、航空機騒音を評価する確定した方法はなかった。国際的には、1963年に英国ヒースロー空港の航空機騒音に関する調査報告(Wilson Report)が出され航空機騒音の評価方法としてNoise Number Index (NNI)が提唱されている。これはPNLにより評価される騒音の最大値 PNL_{max} の平均値に観測回数補正を加える方法である。1966年に航空機騒音の測定・評価方法を規定する最初の推奨規格としてISO/R507-1966, ISO Recommendation: Procedure for Describing Aircraft Noise around an Airportが制定されたが、やはり $1/3$ オクターブ分析によりPNLの最大値 PNL_{max} を評価することに基づく方法であり、騒音監視や簡易測定は対象外とされた。1967年に米国連邦航空局(FAA)が提案した騒音評価量Noise Exposure Forecast (NEF)もEPNLに基づくものであり、時間帯補正、飛行回数補正に加え、純音・継続時間を考慮するものであった。1969年にフランス運輸省も航空機騒音評価量Sophic Indexを提案したが、これも PNL_{max} の平均に飛行回数補正を加味したものであった(夜間の運航は3倍に数える)。各国がそれぞれ異なる指標を使っていた状況の中、ICAOが空港周辺の土地利用に用いる統一指標として提唱した評価量がWECPNLであ

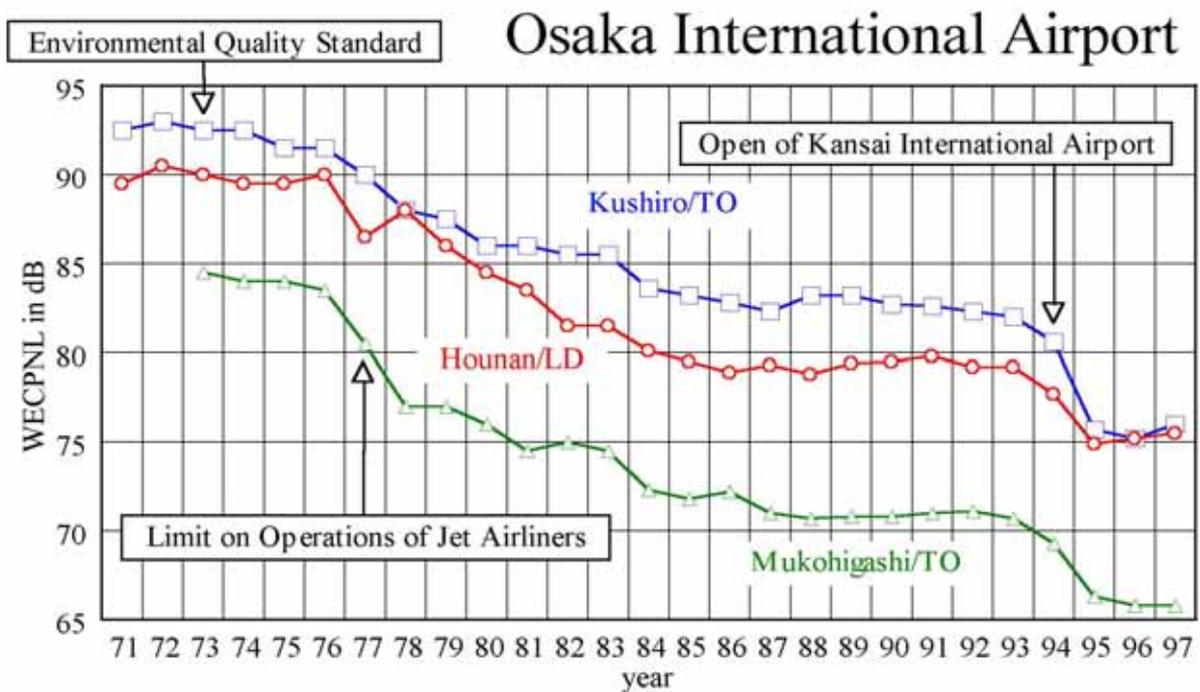
るが、これも PNL に基づいて算出する指標であり、0.5 s ごとに 1/3 オクターブ分析を行い、複雑な計算処理をして結果を得る手順は、当時の状況では、およそ現場測定で簡便に行なえるものではなかった。大阪国際空港の調査において NNI が使われ、騒音影響との関係についての資料も多かったことから環境基準の騒音評価量に NNI を採用すればよいという意見もあったようであるが、PNL を基本とする計算手順であることは変わらず、そのまま、騒音評価の基本手順として採用されていけば、きわめて複雑で実際的でなく、評価量が WECPNL か NNI かには関わらず、現場測定において使われる頻度は高くはならなかったであろう。そうであれば航空機騒音防止法に基づく環境対策も実用的な評価基準を欠き、対策の推進に大きな妨げとなったと考えられる。そうした当時の実務的な技術レベルを考えれば、騒音計だけで簡便に測定でき、かつ、国際的動向にも沿った騒音評価方法として WECPNL の環境基準式が導かれたことには大きな意義と必然性があったといえる。

図 2.6.1 に 2000 年度までに投入された、国の環境対策費（予算）の推移を示す。

図から分かるとおり、環境対策費は環境基準の告示後次第に増え、1979～1985 年に突出して大きくなった。国が環境基準の告示後 10 年を目途に総力を挙げて対策に取り組んだことがよく分かる。環境対策費は、その後急激に減少し、ほぼ一定の状態が続いているが、これは空調機の更新工事の費用等の支出であり、住宅防音工事の実施率は 1985 年までに対象家屋の 95% に達し、対策に投入された資金の累計は、2000 年度までで、1 兆 2850 億円に達している。図 2.6.2 に大阪国際（伊丹）空港周辺における WECPNL の推移状況（離陸側：久代，武庫東，着陸側：豊南）を示す。国の常時監視局による長期観測結果をグラフにしたものである。環境基準制定時のきわめて激しい騒音暴露が次第に軽減されていく様子から環境基準を目標として包括的に環境対策が推進されたことがわかる。成田国際空港の状況は 3 章に述べるが、1973 年の開港後、急速に大型旅客機の発着が増える中、空港周辺での騒音暴露（WECPNL）がほぼ一定の状態に推移していることがわかる。



データの出典：数字でみる航空，(財)航空振興財団
 図 2.6.1 航空機騒音防止法に基づく空港周辺の環境対策の予算の推移



データの出典：大阪国際空港 騒音調査年報，大阪航空局
 図 2.6.2 大阪国際空港周辺における騒音状況の推移

最後に、今一度、わが国の空港周辺での騒音問題の経緯を振り返ってみると、民間航空にジェット旅客機が登場した 1950 年代の半ば頃から航空交通の発展とともに空港周辺での騒音被害が激化し、深刻な社会問題となった。1970 年代前半にかけて航空機騒音に係る環境基準が告示されて法律の下に国を挙げて騒音対策を行い、航空機の低騒音化や周辺対策により空港周辺地域の生活環境の保全に取り組んだ。1970 年代半ばから 1980 年代にかけて民家防音工事等の周辺対策も進み、空港周辺の騒音状況は大幅に改善され、空港と地域の調和に重点が置かれるようになった。その後現在に至るまでさらに航空機の低騒音化が進んで音源特性が変化しているだけでなく、航空交通や空港を取り巻く社会の情勢や経済、人の生活程度・様式、文化が大きく変化している。

わが国は、現在、航空機騒音の評価量として WECPNL を用いているが、海外ではわずか韓国、中国がこれを採用するのみとなり、国際的には等価騒音レベル L_{Aeq} の考え方に基づく騒音評価が次第に広く使われるに至っている。わが国は 1998 年に騒音に係る環境基準（道路交通騒音が主な対象）を改訂して騒音評価量を 50% の時間率騒音レベル L_{A50} から L_{Aeq} に変更しており、航空機騒音および新幹線鉄道騒音に係る環境基準についても見直しの必要性が強く認識され始めた。さらに、成田国際空港において暫定平行滑走路が供用された際に行われた騒音測定をきっかけに、WECPNL の環境基準式が ICAO の定義式の近似として導かれたことに起因する誤差に関連して、いわゆる「逆転現象」が問題となっており、これを解決するため見直し作業を始めている。