

焦点

航空機騒音測定・評価マニュアル：改訂の経緯と今後の課題*

山田 一郎*

1. まえがき

日本で民間航空にジェット機が導入されてから70年近く経つ。その導入で空港周辺に深刻な騒音公害が勃発したが、1973年(昭和48年)暮れの「航空機騒音に係る環境基準(以下、環境基準)」告示を契機に国が包括的な騒音対策に取り組み、様々な施策を行った結果、騒音被害は次第に軽減されていき、騒音暴露も低減し、住民の音環境も改善され静穏化が進んだ。しかし、航空機騒音が問題でなくなったわけではない。それどころか、今世紀に入り、航空機騒音のアノイアンス反応が厳しくなったといわれている。また、十年あまり前に広域航法(PBN)に基づく新しい運航方式が導入され、列車が線路を走るがごとくに航空機が決まった経路を高頻度で飛行するようになって、低レベル高頻度の騒音暴露の状況が生じて激しい騒音苦情が起き、今に至っている。欧米も同様である。さらに首都圏の航空交通容量拡大を目指し、羽田では都心上空を通る新たな経路が導入されて騒音と落下物の懸念が訴訟提起に繋がっているし、成田では夜間への運航拡大や第三滑走路の建設が始まり、睡眠妨害や健康影響が懸念されている。このような航空と空港を巡る動きの中、2013年に一部改正された航空機騒音に係る環境基準が施行され、航空機騒音の評価指標が $WECPNL$ から L_{den} へと変わったこともあって航空機騒音を測定評価するためのマニュアルが作られ、航空機騒音測定・評価マニュアル」として出版された(以下、現行マニュアルと記す)。現行マニュアルは、その後、3回にわたって改訂され、最新版は本年2020年(令和2年)春に発行された第4版である。この最新版は環境省のホームページからダウンロードすることができる¹⁻³。

本稿ではこの航空機騒音の測定・評価に関するマニュアルの開発の経緯を回顧し、概要紹介するとともに今後の課題について若干考察した結果を述べる。

2. 航空機騒音監視測定マニュアル1988年版

わが国で航空機騒音を監視測定する方法を記した手引きとしてマニュアルが作成されたのは、基準の告示から15年後の1988年(昭和63年)に発行された航空機騒音監視測定マニュアルが最初である⁴(以下、1988年版や旧マニュアルと記す)。その序文によれば「基準告示から15年経ったが、基準の達成されない飛行場が多く残り、引き続き航空機騒音の監視測定を行い、基準の達成遵守を図っていく必要がある。しかし、基準や関連する通達には測定・評価の実務的な手順(測定地点や測定時期の決め方、等々)が示されていないため、様々な飛行場の態様に応じて騒音の状況を適切に評価するうえで不十分なので、航空機騒音の監視測定を実施する方法やデータ整理の方法を記したマニュアルを作った」と策定の趣旨を述べている。ジェット旅客機の騒音対策が喫緊の課題となり、航空機騒音防止法の制定、環境基準の告示を経て、その後十年を目途に国を挙げて様々な施策が推進され、次第に改善されていった。告示後15年とはそんな時期であり、基準の達成を判定するための評価値の測定で混乱することがあって測定評価の手順を明確にすることが求められたからである。訓練飛行などで飛行回数が大きく変化する自衛隊等の飛行場の測定期間は定期便主体で発着回数の安定した民間空港と同じでよいのか、測定点から飛行経路が見通せない場所で測定してもよいのか、一機しか飛ばない

* Manual for the measurement and evaluation of aircraft noise: Historical review of revisions and future issues,” by Ichiro Yamada, (Director of the Organization of Airport Facilitation and Advisor of RION Co. Ltd.

のに複数の騒音イベントが観測されたり、複数機が飛行したのに騒音イベントが一つしか観測されなかったりした時どう処理するべきかといったことが問題になっていた。基準の未達成な飛行場の状況改善を図るうえで不可欠な騒音評価の手順が必ずしも一貫していなかった。旧マニュアルは、そんな状況に対処する手引きとして作成されたもので、飛行場の種別から始めて測定点と測定期間、測定器、短期測定の注意事項、自動監視装置、データ処理方法までの6章立てで記述され、タイプ別飛行場一覧、環境基準と関連通達、測定点の配置の考え方、特殊飛行場の判定手法、その他の注意事項の附録が付された。

1973年に告示された環境基準では航空機騒音の評価指標に $WECPNL_J$ を使用したが、その定義は、国際航空条約附属書ICAO ANNEX 16（環境保護）附録に記載されていた空港周辺の土地利用計画の評価指標 $WECPNL_{ICAO}$ を近似したものだ^{5,6}。 $WECPNL_{ICAO}$ の算出は、航空機騒音を測定録音し、0.5秒毎に1/3オクターブバンド周波数分析をして複雑な手順で計算する必要があり、コンピュータ（ミニコン等）を使って分析しなければならず、現場で簡単に行うことができるものではなかった。そのため、騒音計とレベルレコーダで簡単に算定できる方法としてA特性最大音圧レベルのパワー平均値に騒音機数の補正を加える簡便な近似式を用いて定義された⁶。

その当時、主要空港の騒音状況を監視するため、国等は大規模な騒音監視システムを設置して自動監視を始めていたが、一般には基準達成の確認にそうした装置を使うことはできず、航空機騒音を測定する簡単な方法が強く求められていた。 $WECPNL_J$ であれば、騒音計とレベルレコーダで騒音レベルを記録し、最大騒音レベルを読み取り、電卓で評価値を算出することができる。暗騒音を耳で判断し、航空機の音が聴こえ始める直前の暗騒音のレベルから10dB以上大きければ航空機の騒音と判定する。航空機騒音識別も評価値算定も簡便が第一だった。それでも、有人測定なので、短期間しか続けられないため、連続する1週間

の測定が基本とされた。そうした状況であったため、旧マニュアルには適用範囲や用語、報告事項等の記述はなく、欠測や暗騒音混入等の影響に関する定量的な目安も示すには至らなかった。

旧マニュアルは地方公共団体等に配布されたが、普及啓発を図る講習会が開催されたか分ならず、活用状況も調査していないと思われる。そのため、測定方法の統一や信頼性向上にどれほど役立ったかは分からない。

3. 現行マニュアル発行の経緯

3.1 環境基準の一部改正

航空機騒音に係る環境基準の部分的な改正が2007年（平成19年）に行われ、騒音評価指標が $WECPNL_J$ から時間帯補正等価騒音レベル L_{den} へ変更された。それを算出する基礎となる単発騒音の評価指標も最大騒音レベル $L_{A,Sm\max}$ から単発騒音暴露レベル L_{AE} に代わった。その契機は成田空港における2002年（平成14年）の暫定平行滑走路供用開始後の「W値の逆転問題」である⁶。暫定平行滑走路の供用開始後に、騒音測定したところ、便数が増えたにも関わらず $WECPNL$ の値が低下した測定点があった。極めて些少な変化だったが不合理な現象として問題視され、それを端緒に、環境基準の騒音評価指標と算出方法が見直されることになった。前述の通り、 $WECPNL_J$ の計算式がICAOの定義の近似表現であり、その条件を満たさないことで起きた些少な誤差とみるべきものであったが、不合理の解消が求められ、近似表現を止めてエネルギーベースの騒音評価を定義通りに行うことになって、新たな評価指標として時間帯補正等価騒音レベル L_{den} が採用された。昼夕夜の時間帯に分けた補正を行うこと、単一数値で評価することは変わらなかった。まだ基準が未達成の地域を残す飛行場があることから指標は変えても基準値は同じに維持したいという方針があった。騒音評価の観点からみれば、ノイジネス評価からラウドネス評価に変わったが、多数の航空機騒音の総暴露量の評価という点では変わらないし、 $WECPNL_J$ の計算式がA特性最

大音圧レベルに基づく近似表現だったので違和感を持たれることもなかった。等価騒音レベルによる騒音評価は環境基準が騒音測定の方法として引用するJIS Z 8731「環境騒音の表示・測定方法」でもすでに1983年(昭和58年)の改訂で導入されており、基準適用対象から除外されていたヘリポート等の環境保全指針として1990年(平成2年)に策定した小規模飛行場環境保全暫定指針でも L_{den} 評価を採用したこと、等々、騒音評価の趨勢がそうになっていた⁷。なお、空港周辺の航空機騒音の評価は、広範囲を対象とするため、離着陸騒音のみを評価の対象とするのが一般的であったが、2007年の一部改正で航空機の地上運用(タクシーニング・APU稼働・エンジンランナップ)の騒音影響も無視できない場合があるとされ、基準に明記しないが、必要な時は測定・評価対象として考慮することになった。

3.2 現行マニュアルの作成と改訂の経緯

新基準はこのような経緯を経て2007年暮れに告示されたが、航空機騒音防止法等の関係法規の改正が必要であったため、施行は6年後の2013年(平成25年)まで先送りすることになった。それゆえ、それに先立ち航空機騒音測定・評価方法を記述するマニュアル(現行マニュアル)を新たに作るようになった。基準の一部改正で航空機騒音測定・評価方法が大きく変化した：単発騒音暴露レベル L_{AE} になり、妨害音の混入の影響が大きくなったほか、地上騒音の測定・評価方法の記述が必要になったためである。マニュアルを作成する目的は、基準達成を判定するための測定・評価の標準的かつ統一的方法を確立し、評価の信頼性と透明性を担保することであり、マニュアル活用の価値を高めるため、参考となる情報や実務事例をできるだけ記述することにした。些少な不合理を切っ掛けに指標を改めたことや地上騒音の寄与も考慮することの他、旧マニュアルの時代から長い年月が経って測定やデータ処理に使用する機器やコンピュータが大幅に進歩し変化していることを踏まえ、航空機騒音を適切かつ効率的に評価することが重要であり、測定・評価の信頼性の

担保について様々な状況での処理の事例を挙げて分かりやすく説明する必要があると考えたからである。

上述した通り、現行マニュアルの作成は2007年から始まり、2009年(平成21年)に本文と附録から成る初版(2009年版)が完成して、地方公共団体に配布して試験活用してもらい、不十分な点について意見が求められた。測定・評価の信頼性を担保する条件(妨害音の取り扱い等)の解析検討、参考となる事例収集も行われた。その結果に基づいて内容を改善し、本文・附録・参考資料の三部構成にした第2版が2012年(平成24年)に公表された(2012年版)。その後、2015年(平成27年)には、計量法の騒音計検定に関する技術基準である特定計量器検定検査規則が改正されて、それを受けて騒音計の取り扱い方法の記述を修正した第3版が作られ、同年公表された(2015年版)。さらに環境省は、2012年版ができた後、2013~2014年の2か年にわたって地方公共団体の担当者らに向けてマニュアルの講習会を開催して普及啓発を図った。その終了時点において、未だ対処し難い場合や分かりにくい点はないか精査し、19項目の課題に整理した。環境省は、2016年以降3か年にわたり、それら19課題の解析、調査、検討を行い、改善策を検討して新たな改訂版を作成した。その改訂版の講習会を2019年(令和元年)に開催し、最後に全体の記述確認を行い、本年3月、第四版(2020年版)として発行した⁸。これが現行マニュアルの最新版で環境省ホームページからダウンロードできるものである。

3.3 現行マニュアルの初版と第2版の概要

本節では現行マニュアルの初版(2009年版)と第2版(2012年版)の内容を簡単に振り返る。なお、第3版(2015年版)は、前述した通り、騒音計の取り扱い方法の記述を修正した以外には第2版と変わらないので省略する。

2009年版：現行マニュアルを作成するにあたり、本文の構成は、航空機騒音の無人監視の国際規格ISO 20906に倣い、目的、用語、測定器、測定地点、測定期間と時期、測定・評価方法、取りまと

めの7章仕立てにした⁶。国際規格と同じ方が馴染み易いと考えたものである。このマニュアルの作成時に新幹線と在来線の鉄道騒音の測定マニュアル作成も並行して進められたため、技術的な事項で共通にできることはなるべく揃えるよう配慮した。本文はなるべく簡潔に記述すること、附録を充実することとされた。附録には環境基準等の引用に加え、飛行場一覧、測定地点の選定上の注意事項、年間平均値の推計方法や特殊な場合の取り扱い、改正基準施行前に L_{den} の評価を行う場合の過渡的措置についても記述した。なお、旧マニュアルと異なり、レベルレコーダは、騒音測定システムの表示装置としてJIS C1509-1に適合しないので、レベル変動の監視や暗騒音レベルの確認の目的で使用するように規定された。

2012年版：マニュアルの構成を新幹線・在来線のマニュアルと揃えることになって、本文・附録・参考資料の三部仕立てになった。2009年版からの主な変更点は以下の通りである：本文の第1章の測定・評価の目的が変更された。2009年版は一般的な航空機騒音の状況把握と基準達成状況の把握だったが、2012年版では後者に限定された。2章では航空機騒音に係る用語が航空機に係る用語に改められ、記述内容も見直された。3章ではIII型騒音計(積分型騒音計)が削除されて無くなり、ウィンドスクリーンの記述も変更された。4章は測定地点選定の記述変更、5章は季節ごとの測定・評価を求める通達の廃止に対応するための測定の時期と期間の記述の変更が行われ、マニュアルの重要性が高くなる結果となった。6章では測定・評価手順の記述の大幅な見直し、7章では測定・評価の結果取りまとめの記述を簡素化した。測定項目等の記述は6章に移された。その他、レベル値の取り扱いは四捨五入によることとし、評価の途中のレベルは小数第一位までの数値、最終的な評価値は整数値として表すこととされた。附録は基準等、飛行場一覧、補足用語、測定地点選定の注意事項等、マニュアルの一部を成すものに限定した。年間推計の方法や特殊な場合の扱扱いは参考資料に移し、事例を増やして実

用性を高めた。改正基準の施行に伴い過渡的措置の記述を削除し、*WECPNL*で評価する場合の取り扱いを記述することとなった。

3.4 現行マニュアルの19課題の検討と改訂

現行マニュアルの第二、三版でも分かりにくい点や対応し難い場合として挙げられた19課題は、測定計画に関する6課題(適切な測定環境の判断、暗騒音の状況の判断、測定時期の判断の目安等)、データ処理や評価方法に関する10課題(妨害音取り扱い方法や積分範囲変更の判断、地上騒音の評価方法等)、解説の充実などの3課題であった。これらについて様々な飛行場の監視データを収集して行った解析、シミュレーション計算、自治体へのアンケートを通じた実態把握をして改善策を検討し、新たな改訂版を作成した。19課題の検討とは別だが航空機騒音の常時監視における欠測や測定地点変更の取り扱いについても追加的に検討した⁹。

旧マニュアルは1973年に告示された環境基準に対応したアナログ式の騒音計とレベルレコーダで*WECPNL*を測定・評価する手順を記述したものであったが、現行マニュアルは2007年に一部改正された環境基準に対応してデジタル式の騒音計でエネルギーベースの L_{den} の測定・評価を定義通りデジタルの時代にマッチした手順で行うもので、二度の改訂を経て充実した内容になっていたが、最新の2020年版は、19課題への検討を踏まえてさらに改訂され、信頼性の観点でも完成度の高いものになっている。

3.5 現行マニュアル第4版の改訂概要

現行マニュアル第4版(2020年版)への改訂にあたって、基準が引用するJIS Z 8731が改訂され、それと整合性を保ちつつ、本文への追加修正は、必要最小限度に止めることとした。附録は必要に応じて追加・改訂する、参考資料は一層の充実を図ることを基本の方針とした。

2020年版の改訂の主な修正は以下の通りである。

マニュアル本文の改訂：章節単位の追加・削除はなく、一部の記述の最低限の修正・追加に止めた。
〔はじめに〕：附録4、附録5に測定評価の全体に

わたる手順を示してあることを追記した。個々の事項が記述してある章・節の番号を付記して読みたい記述個所に容易にたどり着ける。

2章の飛行場のカテゴリーの定義の見直し：定期航空便の有無で各カテゴリーの対象を明確化した。関連して附録3のタイプ別飛行場一覧も更新した。

5.1節の測定時期に関する記述変更：「例えば夏と冬」という記述を「例えば季節を変えて」に変更して、夏と冬にこだわらず、飛行場ごとに適切な時期を選択できるように変えた。これに関連して参考資料3.1「測定時期と回数の設定」を追加した。

5.2節の測定期間に関する記述変更：タイプ3のカテゴリーの飛行場の定義の明確化に伴い適切でなくなった記述を削除した。このタイプは基本的には運航頻度が低いので騒音影響の大きな時期に測る。参考資料3.2「飛行場タイプ別の測定時期の考え方」を追加した。

6.3.1 (2) の測定器の動作確認の記述変更：測定の現場で騒音計の正常な動作を確認するために音響校正器により表示値を点検するが、第3版までの記述では表示値の差が ± 0.7 dB以上の場合には性能劣化や故障の可能性があるので「測定に使用しない」と言い切っていたが、第4版ではこれを改め、「使用しないことが望ましい」と表現を緩めた。その代わりに、「差が 0.7 dBを超える状態で測定した場合は測定結果は参考とする」との注記3を追加し、騒音計は点検修理するよう推奨することにした。これと関連して参考資料4.3「騒音計の動作確認」の記述を追加変更し、この判断目安 ± 0.7 dBの設定の根拠や感度変化をもたらす故障の原因、参考値とする場合の取り扱いについて説明した。

6.4.3 の最大騒音レベル算出の記述変更：最大騒音レベルをII型騒音計の $L_{Aeq,1s,max}$ で算出する方法を測定の信頼性の観点から削除した。

マニュアル附録の改訂事項：改訂の方針に従い、必要なものに限り、記述の追加変更をした。地域類型に係る処理基準の追加、飛行場一覧の見直し、測定・評価手順のフローチャートの変更と

充実を行った(短期測定と通年測定の手順を分けた)他、騒音評価に係る用語説明を参考資料へ移した。

マニュアル参考資料の改訂：以下の事項の解説の充実を図った。測定計画の立案の参考となる資料として、測定地点の選定方法、適正な測定環境の判断目安、測定の時期と期間、タイプ3の小規模飛行場やヘリポートでの測定における留意事項を記述した他、騒音計の動作確認やセミ等自然音の影響や準定常騒音と単発騒音の重畳の取り扱い、 L_{den} の年平均の推計方法の記述追加、騒音評価に関する解説(騒音評価指標の意味や時間帯補正の意義の解説)の追加を行った。

I型とII型の騒音計の違いについての付記事項の追加：飛行経路から離れた地点でII型はI型より 0.5 dB以上小さくなることもあり、設備更新時にI型へ変えていくよう推奨する記述を追加した。

4. 今後の課題

環境基準が告示された時代から現代まで半世紀近く経ち航空機の運航や騒音暴露の状況は大きく変化した。人が求める生活の質の高さも変化した。今では新たな運航方式の導入で航空機が高頻度で頭上を飛び、昔より 20 dB以上も低い騒音レベルでも環境基準の対象にならない低騒音暴露の地域からも厳しい騒音苦情が寄せられて騒音の状況の説明が求められ、騒音対策を迫られる。そのため、そうした低騒音暴露の地域でも騒音を測定し評価する必要が生じている。評価に求められる信頼性、透明性も高くなっているため音源の識別や分離も不可欠になってきた。

現行マニュアルは三度の改訂を経て測定評価に関する最新の知見を反映し、完成度の高いものになっている。マニュアル最新版は、印刷物配布に加え、環境省のホームページに電子版が掲載してありダウンロードできる。講習会も繰り返し開催されており、マニュアルに基づく航空機騒音測定・評価方法は広く普及しているとみてよいと思う。

そうした現行マニュアルではあるが、一週間の短期測定を行って、最大騒音レベルが暗騒音から10dB以上大きい騒音のみ測定して評価値を算定することが基本である点ではまだ旧版と変わらず、新旧が入り混じった評価方法にとどまっていると云わざるを得ない。通年監視についても記述してあるが、それを主体とした測定・評価の方法にはなっていないのである。

今は旧マニュアルの時代と異なり、測定機器もデータ処理や通信の技術も格段に発達している。飛行経路の情報も自動収集できるようになった。それらを十分に活用することを前提にして基準や測定・評価の方法を社会情勢や航空交通の発達に応じてニーズに対応できるものに変えていくようさらなる改善が求められるのではないだろうか。

5. おわりに

本報告では航空機騒音に係る環境基準の達成と遵守を判定するための測定・評価方法の手引きである航空機騒音測定・評価マニュアルの作成から改訂に至る経緯を振り返り最新版である第4版の改訂概要を示した。このマニュアルに基づく測定・評価の実際的な手順については本誌の解説記事「航空機騒音測定・評価マニュアルに基づく短期測定の実際」¹⁰も参照されたい。

今後の課題について若干の考察を述べた。今世紀に入ってはや二十年、航空機騒音のアノイアンス反応が厳しくなったといわれるなか、首都圏では都心上空を通る経路と新たな運航方式の導入で騒音状況が変わっていく。航空機騒音に係る基準や測定・評価方法が適切か見直すことが常に求められるのではないだろうか。

謝辞

本稿を執筆するに際し、環境省が令和元年度に公益社団法人 日本騒音制御工学会に委託をした業務のなかで実施された「航空機騒音測定・評価マニュアル改訂 講習会 テキスト」を参考にした。筆者はその改訂作業に委員会委員としてならびに学会の会員として関与した。末尾ながら環境省 水・大気環境局 自動車対策課、騒音制御工学会、委員会委員の皆様には謝意を表す。

参考文献

- 1) 山田一郎、航空機騒音測定・評価マニュアルの制定に至る経緯と今後の課題、日本騒音制御工学会秋季研究発表会、2019年（令和元年）。
- 2) 駒形洋介、航空機騒音測定・評価マニュアルにかかる課題の検討について、日本騒音制御工学会秋季研究発表会、2019年（令和元年）。
- 3) 環境省、航空機騒音測定・評価マニュアル改訂 講習会 テキスト、2019年（令和元年）。
- 4) 環境庁大気保全局、航空機騒音監視測定マニュアル、1988年（昭和63年）。
- 5) 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、小林理研ニュース、No.20、1988年（昭和63年）。
- 6) 山田一郎、航空機騒音の環境基準と測定・評価方法の改定に係る考察、日本騒音制御工学会秋季研究発表会、2009年（平成21年）。
- 7) 山田一郎、航空機騒音の自動監視に関する国際規格の審議における論点あれこれ、騒音制御工学会秋季研究発表会、2008年（平成20年）。
- 8) 環境省、航空機騒音測定・評価マニュアル、2020年（令和2年）3月。
- 9) 環境省、平成30年度航空機騒音測定・評価方法に関する検討調査業務報告書、2019年（令和元年）3月。
- 10) 篠原直明、航空機騒音測定・評価マニュアルに基づく短期測定の実際、Vol.24（本誌）。