

항공기 소음영향도의 평가방법에 관한 연구

박 용 한* , 송 병 흠**

A Study on the Methods for Measuring the Influence of Aircraft Noise

Yong-Han Park and Byung-Heum Song

목 차

- I. 서론
- II. 항공기 소음영향도 평가의 이론적 고찰
- III. 항공기 소음영향도 평가법의 비교분석
- IV. 우리나라 항공기 소음영향도 평가방법의 분석
- V. 결론

* 한국항공대학교 항공운항학과 교수

** 한국항공대학교 비행교육원 교관

요 약

본 연구에서는 ICAO, 미국, 영국, 프랑스, 일본 등 세계 각국의 항공기소음 평가방법을 이론적으로 비교분석하여 우리나라에 가장 적합한 항공기 소음영향도의 평가방법을 도출, 우리나라 항공기소음에 대한 환경기준의 설정 및 공항주변의 항공기 소음대책에 관한 기초자료를 제공하고자 한다.

I. 서론

인류는 15세기부터 선각자들에 의하여 하늘을 날 수 있다는 과학적 근거가 제시되었으나, 실제적으로 항공산업의 눈부신 발전은 비행기의 효용가치가 증대된 세계대전과 산업혁명을 거치면서 최근 100년 사이에 급속하게 이루어졌다. 그 결과로, 현재에는 모든 운송수단 중 가장 신속하고 안락한 교통수단으로 확고한 지위를 차지하게 되었다.

그러나, 운송수단으로서의 효용성을 배가하기 위하여 항공기의 대형화, 고속화 및 엔진의 고출력화가 되면서 항공기 소음문제가 대두되기 시작되었다. 최근에는 항공운송수요의 증가로 항공기 운항횟수가 급증하면서 소음폭도 더욱 증대되어, 급기야는 우리나라에서도 항공기 소음 방지대책과 항공기소음부담금제의 실시를 공포하게 되었고, 항공기소음의 영향을 더욱 체계적으로 평가할 수 있는 평가척도가 필요하게 되었다.

따라서, 우리나라에 가장 적합한 항공기소음에 대한 영향도의 산정방법을 도출하기 위하여 본 연구에서는 세계 각국의 항공기소음 평가방법인 NNI, CNR, \bar{Q} , NEF, N, B, \overline{NI} , CNEL, L_E , WECPNL 등의 이론과 시대적으로 요구된 배경 및 소음영향평가의 산정식 결정과정에서 필요한 모든 변수들을 비교분석한다. 또한 각 산정식상의 유사성과 각 평가치간의 등가치를 알아내어 상호함수관계를 분석한다.

이와 같은 비교분석을 거쳐 여러가지 용도별로 우리나라에 가장 적합한 항공기소음의 영향도 평가방법을 규명하여, 우리나라 항공기소음에 대한 환경기준의 설정 및 공항주변의 항공기 소음대책에 관한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 항공기 소음영향도 평가의 이론적 고찰

1. 항공기소음의 평가법 동향

1950년대 Jet기의 출현으로 고출력과 음원의 이동특성으로 광범위한 지역에 영향을 주는 항공기소음이 중대한 사회문제로 인식되어 1950년대말 K.D.Kryter는 Jet기 특유의 음질에 기인하는 불쾌감에 착안하여 PNL을 제안하였다.

이 때부터 항공기소음의 특수성을 고려한 평가법의 연구가 시작되어 여러가지 보정방법 및 새로운 평가척도가 발표되었다. 1960년대 영국에서는 NNI, 미국에서는 CNR 및 NEF, ICAO에서는 항공기소음 증명제도에 이용되는 EPNL 등이 발표되어, 1970년대에 들어서는 ICAO 및 일본에서는 WECPNL이 항공기 소음평가법으로 채택되었다.

이렇게 항공기소음을 대상으로 한 각 국에서 개발된 평가법들은 소음평가법의 계보중에서 독자적 분야를 차지하게 되었고 오늘날까지 계속 연구발전되어오고 있다.

2. 각 국의 평가이론

2-1. NNI (Noise and Number Index)

영국에서 1961년 항공기소음의 성가심(Annoyance)을 평가하기 위하여 설문조사와 실측한 소음치를 대응시켜 도출한 지표로서, 항공기소음의 Peak Level의 에너지평균과 어느 설정기간에 소음을 발생한 운항횟수를 계산에 도입한 합성척도이다.

NNI는 항공기소음 평가법으로 가장 최초로 제안된 것으로 항공기소음의 성가심 정도에 관한 질문항목으로부터 Cuttman방법¹⁾에 의하여 성가심 정도가 척도화되었다.

조사에 의한 성가심 정도와 소음레벨인 PNdB과의 상관분석결과 운항횟수가 4배로 되면 9PNdB 만큼 증가하는 효과²⁾와 같이 나타나서 이것을 "15logN" 으로 표시하였고, 전 소음량과 거의 직선적인 관계로 성가심 정도가 변화하여 약 80PNdB에서 성가심 정도가 "0"이 되는 것으로부터 전 소음량의 값에서 80을 뺀 수치를 NNI라고 명명하였다. 식으로 나타내면 다음과 같다.

1) Cuttman 방법 : 척도해석의 방법으로 어떤 태도에 관한 몇개의 항목을 선출하여, 그것을 일차원적으로 배열하는 방법.

2) Wilson Report : Wilson, A., (Chairman): NOISE, Final report, by the committee on the problem of noise, Cmnd. 2056, Her Majesty's Stationary Office, London, July 1963.

$$NNI = \overline{PNL}_{\max} + 15 \log_{10} N - 80 \quad (2.1)$$

\overline{PNL}_{\max} : Peak PNL의 Power 평균

$$\overline{PNL}_{\max} = 10 \log_{10} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i/10}$$

L : 1대의 비행중 PNL의 Peak Level

N : 설정기간(1일)의 운항횟수

NNI는 시간대별 보정은 하지 않지만 필요에 따라 야간은 주간에 비하여 NNI로서 10만큼 적은 수치를 기준에 적용한다.

NNI는 항공기 소음대책의 기준평가량으로 이용되어 왔지만 그 후 항공기 운항횟수의 증가로 수정이 필요하게 되어 1967년 영국의 통산성 사회조사부에 의하여 1961년의 조사결과를 다변량 중회귀분석에 의하여 다음과 같은 NNI식을 만들었으나, 성가신 정도는 소음레벨의 증가에는 잘 대응하지만 운항횟수의 증가에 대해서는 잘 대응이 안된다고 보고되었다.³⁾

$$NNI = L + 24 \log_{10} N - 70 \quad (2.2)$$

따라서, 소음레벨과 운항횟수사이에 상호보완관계가 있다는 증거가 없어서 NNI와 같은 형태로 표현되는 성가심의 평가량에 의문이 제기되고 있고, 사회반응까지도 잘 예측할 수 있는 평가량의 개발은 현재에도 남겨진 과제이다.

2-2. CNR(Composite Noise Rating)과 NEF(Noise Exposure Forecast)

미국에서는 환경소음의 예측, 평가에 CNR을 사용되어 왔지만 이 것을 항공기소음에 적용하는 CNR이 개발되었고 PNL을 기본척도로 하게 되었다.

$$CNR = \overline{PNL}_{\max} + 10 \log_{10} N - 12 \quad (2.3)$$

\overline{PNL}_{\max} : 1대의 Peak PNL의 Power평균

N : 1일의 운항횟수

3) MIL Research Ltd.: Second survey of aircraft noise annoyance around London (Heathrow) Airport, Her Majesty's Stationary Office, London, 1971.

그 후 항공기소음만을 대상으로 하는 예측방법을 FAA가 중심이 되어 개발한 NEF가 1967년에 발표되었다. 4) 이 배경에는 PNL에 순음성분과 계속시간의 보정을 가한 EPNL을 항공기소음 증명제도에 사용하려는 기본방향이 정해졌기 때문이었다.

$$NEF = \overline{EPNL} + 10 \log_{10} N - 88 \quad (2.4)$$

\overline{EPNL} : 1대의 EPNL 평균

현재 토지이용에 관해서는 이 단위가 사용되고 있고 식(2.4)는 주간의 경우에만 적용이 가능하지만 야간시간대에 대해서는 원래 산정식을 이용하면 된다.

어느 지점에서의 항공기 소음폭로량은 기종 i 와 경로 j 에 의하여 결정되므로 NEF(ij)는 다음과 같다.

$$NEF(ij) = EPNL(ij) + 10 \log_{10} \left[\frac{N_D(ij)}{K_D} + \frac{N_N(ij)}{K_N} \right] - 75 \quad (2.5)$$

N_D : 주간(07:00-22:00)의 운항횟수

N_N : 야간(22:00-07:00)의 운항횟수

K_D, K_N : 주야간의 보정을 가한 정수

여기서, 주간운항시 $10 \log_{10} \frac{20}{K_D} = 0$, $K_D = 20$ 으로 하고, 야간에 대해서는 주간의 1시간당 운항횟수와 동수로 평균했을때 야간의 운항이 주간운항보다 NEF값으로 10만큼 크게 정하였다. 야간과 주간의 시간비는 9/15 이므로, $10 \log_{10} \left(\frac{K_D}{K_N} \frac{9}{15} \right) = 10$ 이고 $K_D = 20, K_N = 1.2$ 가 된다. 즉, 야간의 1회는 주간의 17회에 상당한다. 따라서 식(2.5)는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} NEF(ij) &= EPNL(ij) + 10 \log_{10} \left[\frac{N_D(ij)}{20} + \frac{N_N(ij)}{1.2} \right] - 75 \\ &= EPNL(ij) + 10 \log_{10} [N_D(ij) + 16.67N_N(ij)] - 88 \end{aligned} \quad (2.6)$$

4) Bishop, D.E. & Horonjeff, R.D.: Procedure for developing noise exposure forecast areas for aircraft flight operations, FAA Report DS-67-10, Washington, August 1967.

그리고, 어느 지점에서의 NEF는 전체 경로와 기종에 대한 NEF(ij)의 Energy 가산에 의하여 얻어진다.

$$NEF = 10 \log_{10} \sum_i \sum_j 10^{NEF(ij)/10} \quad (2.7)$$

이 NEF가 적용되는 것은 EPNL의 Data 및 운항방법의 Data가 입수가 가능한 민간항공기에 한정되며 군용기는 제외되고 있다.

2-3. \bar{Q} (Mean Annoyance Level)

1963년 서독의 E.W.Koppe, K.R.Mastshat, E.A.Müller 가 제안하였는데 항공기소음에 대해서는 최종적으로 얻은 특별한 형이 쓰여지고 있다. 이것을 "Mean Annoyance Level"이라하고 \bar{Q} 로서 표시한다.

$$\bar{Q} = 13.3 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \sum 10^{L_{A/13.3} \times T_i} \right) \quad (2.8)$$

L_A : dB(A), T_i : 계속시간, T : 관측시간

2-4. N (Isosonic Index)

프랑스 운수성이 개발한 항공기소음의 총폭로량에 대한 평가법이며⁵⁾, N 또는 R(indice de calssification)로도 표시한다.

주간에 운항에 대하여 다음식으로 계산된다.

$$N = \overline{PNL}_{\max} + 10 \log_{10} N - 30 \quad (2.9)$$

여기서, 정수 30은 주간 (06:00-22:00)이 960분으로 항공기 운항간격을 1분으로 하면 최대

5) Correlation of surveys with the determination of noise areas around aerodromes, Presentation by France, ICAO special meeting on aircraft noise in the vicinity of aerodromes, Noise 1969-WP/15, Item 2, Paper No.2, August 1969.

960회의 운항횟수가 얻어진다. 따라서, $N=960$ 으로 $10\log_{10}960 \approx 30$ 이 되므로 이 수치를 전체에서 감산하게 된다.

야간에 대해서는 영향이 큰것을 고려하여 다음식으로 하였다.

$$N = \overline{PNL}_{\max} + 6\log_{10}(3N_1 + N_2) - 1 \quad (2.10)$$

N_1 : 야간(22:00-02:00)의 운항횟수

N_2 : 심야(02:00-06:00)의 운항횟수

단, $3N_1 + N_2 < 64$ 일때는 단순히 $10\log_{10}(N_1 + N_2)$ 로 한다.

사회반응과의 관계는 실제로 프랑스의 4개 공항주변의 설문조사 결과 N값과 성가신 척도의 지역평균과 대응이 맞다고 보고 되었다.

2-5. B (Total Noise Load)

네덜란드의 스키폴 공항주변의 8개 지역의 주민 1000명을 대상으로 하는 설문조사와 1000대의 항공기소음을 측정된 후 설문조사로부터 주민반응의 점수(Mean Relative Nuisance Score)를 계산하여 소음폭로량과의 대응이 검토되었다. NNI와의 상관이 높다는 것을 알았지만 소음 측정에 간편한 dB(A)를 기본척도로 하는 것이 바람직하다는 생각에서 다음식으로 계산된 B를 제안하였다. 6)

$$B = 20\log_{10} \sum n 10^{L_A/15} - 157 \quad (2.11)$$

L_A : dB(A)로 측정된 Peak Level

n : 1일 운항분포에 대한 계수, 주간에 대해서는 $n=1$

B의 값은 주민반응의 백분율을 나타낸 수치가 되게하여 주거허용한도를 B=45로 제시하였다.

2-6. \overline{NI} (Noisiness Index)

남미(South Africa)의 연구기관들이 협력하여 개발한 항공기소음 평가법으로⁷⁾, 지상시운전

6) Evers, F.W.R.: Noise zoning around airports in the Netherlands, J.Sound Vib., Vol. 68, No.2, p.281-294, 1980.

에 의하여 측정된 소음레벨 dB(A)를 기초로 하여 엔진의 출력, 거리, 공기 및 지면에 의한 보정을 행한 것에 의하여 이착륙시 지상에 도달하는 소음레벨의 등가레벨선을 그릴 수 있다. 이것에다 실험식으로부터 얻어진 계속시간의 보정을 한 후에 Energy의 총화를 취한 것이 \overline{NI} 이다.

$$\overline{NI} = 10 \log_{10} (\sum 10^{L_A/10} \times T) - 10 \log_{10} T \quad (2.12)$$

T : 관측시간(초)으로 24시간=86400초, $10 \log_{10} T \approx 50$

L_A : 지상에 도달하는 Peak dB(A)

T : 계속시간

또는, 다음 식으로도 표시된다.

$$\overline{NI} = 10 \log_{10} \sum_n K \left(\frac{t}{t_0} \right) 10^{L_A/10} \quad (2.13)$$

t : 계속시간 t_0 : 86400초

K : 주야차이에 의한 계수, 결정할 자료가 부족하여 잠정적으로 K=1 로 가정

n : 1일의 운항횟수

\overline{NI} 는 dB(A)의 사용을 주장하고 있고, 계속시간(t)의 계산방법이 항공기중량, 대지속도, 항로까지의 거리, 최대소음시의 양각을 고려한 독특한 실험식을 사용하고 있다. 당시 ISO에서 제안된 Peak Level로부터 10dB내의 범위를 계속시간이라고 하는 방법은 대형 Jet수송기에서는 유효하지만 소형의 군용Jet기 등의 경우에는 부정확한 것으로 상기의 방법을 제안하고 있다.

설문조사결과 항공기소음의 불만율은 \overline{NI} 값 65-70사이에 급격히 증가하여 70에서는 주민의 반수가 피해를 호소하고 있어서 주거지역의 한계로 $\overline{NI} = 65-70$ 이 제안되고 있다.⁸⁾

2-7. CNEL (Community Noise Equivalent Level)

7) van Niekerk, C.G. & Muller, J.L.: Assessment of aircraft noise disturbance, J.Roy. Aero. Soc., Vol. 73, p.383-396, 1969.

8) van Niekerk, C.G. & Muller, J.L.: Assessment of aircraft noise disturbance, J.Roy. Aero. Soc., Vol. 73, p.383-396, 1969.

1970년 미국 캘리포니아주에서 항공기소음 평가법으로 정해졌던 CNEL⁹⁾은 A특성이용하여 어느 레벨이상의 소음에만 기초하여 저녁과 야간에 각각 5dB, 10dB의 Penalty를 가하여 24시간의 평균레벨로 나타낸 것이다.

계산방법은 다음과 같이 실측치의 이용유무에 따라 다르다.

(1) 실측치인 HNL(Hourly Noise Level)을 사용하는 경우

$$CNEL = 10\log_{10} \left[\frac{1}{24} \left(\sum_{i=1}^{24} W_i 10^{HNL_i/10} \right) \right] \quad (2.14)$$

(2) 실측치인 SENEL(Signal Event Noise Exposure Level)을 사용하는 경우

$$CNEL = 10\log_{10} \left[\frac{1}{86400} \left(\sum_{i=1}^n W_i 10^{SENEL_i/10} \right) \right] \quad (2.15)$$

(3) 운항횟수와 그 시간대만 사용하는 경우

$$CNEL = SENEL + 10\log_{10}(N_D + 3N_E + 10N_N) - 49.4 \quad (2.16)$$

식(2.14), (2.15)에서, W_i 는 시간대 보정의 비중으로 주간(07:00-19:00)은 $W=1$, 석간(19:00-22:00)은 3, 야간(22:00-07:00)은 10으로하였고, HNL은 역치이상인 소음레벨의 1시간 Energy평균치, SENELi는 역치이상인 단발음의 등가Energy를 가진 계속시간 1초이상의 정상음의 레벨을 사용한다. 식(2.16)에서, N_D, N_E, N_N 은 각각 주간, 석간, 야간의 운항횟수이고, $10\log_{10}86400(\text{초}) \approx 49.4$ 를 취하였다.

이외에, 공항주변에서 소음영향의 경계를 정하는 용도로는 다음 식에서 나타난 1년간의 CNEL이 사용된다.

$$Annual\ CNEL = 10\log_{10} \left[\frac{1}{365} \left(\sum 10^{CNEL/10} \right) \right] \quad (2.17)$$

9) Pearsons, K.S. & Bennett, R.: Handbook of noise rating, NASA CR 2376, 1974.

$CNEL_i$: 1일의 CNEL

2-8. L_E (Aircraft Exposure Level)

ISO/R 507-1970(2nd Edition)¹⁰⁾에 규정된 항공기소음의 총폭로량을 표기하는 방법으로 다음과 같이 정의한다.

$$L_E = k \log_{10} \sum 10^{EPNL_i/K} + 10 \log_{10} T_o/t_o \quad (2.18)$$

T_o : 기준화를 위한 정수로 10초로 함

t_o : 1초

$K = 10$

$EPNL_i$: i 번째 발생한 EPNL

따라서, 식(2.18)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_E = 10 \log_{10} \sum 10^{EPNL_i/10} + 10 \quad (2.19)$$

또한, 이 것과 함께 L_{eq} 와 같은 사고방식으로 L_E 의 시간평균을 취한 등가PNL인 L_{PNeq} 는 다음과 같이 정의된다.

$$L_{PNeq} = L_E - 10 \log_{10} T/t_o \quad (2.20)$$

T : 고려대상이 되는 관측시간

t_o : 1초

2-9. WECPNL (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)

1971년 ICAO는 ANNEX 16 Aircraft Noise(1st Edition)¹¹⁾를 공포하여 WECPNL을 다수의 항공기에 의한 장기연속폭로의 척도로 제안되었다. 일본에서는 1973년 항공기소음의 환경기준척도로 고시되었고¹²⁾, 1974년에는 방위시설주변의 구역지정을 위한 척도로서 WECPNL을 채용하였

10) ISO Recommendation, Procedure for describing aircraft noise around an airport, ISO/R 507-1970.

11) ICAO : Aircraft noise-Annex 16 to the convention on international civil aviation, 1st edition, 1971.

다. 13)

이상과 같이, 같은 WECPNL 을 평가척도로 사용하더라도 그 내용과 운용에 차이가 있어서 다음에서 상호의 차이를 기술하고자 한다.

2-9-1. ICAO가 제안한 WECPNL

ANNEX 16종의 항공기 소음의 평가척도로서 EPNL, TNEL, ECPNL, WECPNL 등이 있다.

ECPNL은 항공기소음 증명제도¹⁴⁾에 이용되는 척도이며 1대의 통과에 의한 소음폭로를 나타낸다. ISO/R507에서 사용되는 L_{EPN} 과는 계속시간의 처리방법을 제외하면 거의 동일하다.

$$EPNL = PNLTM + D \quad (2.21)$$

PNLTM은 1대의 통과에 의한 소음의 시간변동을 PNL(Tone Corrected Perceived Noise Level)의 변화로 표시할 때의 최대치이다. D는 계속시간의 보정이며 다음과 같다.

$$D = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T_o} \int_{t_{(1)}}^{t_{(2)}} \text{antilog} \left(\frac{PNLT}{10} \right) dt \right] - PNLTM \quad (2.22)$$

PNLT가 Δt 초마다 산발적으로 주어질 경우는

$$D = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T_o} \sum_{K=0}^{n/\Delta t} \Delta t \text{antilog} \left(\frac{PNLT(K)}{10} \right) \right] - PNLTM \quad (2.23)$$

일반적으로 규준화된 시간(Normalizing Time Constant)인 T_o 에는 10초, Δt 에는 0.5초가 쓰여지는데, 이때 D는,

$$D = 10 \log_{10} \left[\sum_{K=0}^{2n} \text{antilog} \left(\frac{PNLT(K)}{10} \right) \right] - PNLTM - 13 \quad (2.24)$$

12) 航空機騒音に係る環境基準について, 環境廳告示第154號, 1973.

13) 防衛施設周辺の生活環境の整備等に関する法律施行規則, 總理府令第43號, 1974.

14) Aircraft Noise Certification : 1대마다 소음배출한도를 항공기의 성능class별로 정하여 그 기준한도 이내에 있음을 증명하는 제도.

단, 계속시간(Time Interval)인 d 를 결정하는 방식은 다음과 같다.

- (1) PNLTM이 100TPNdB이상이면 PNLTM가 (PNLTM-10)이상으로 되는 시간, 이하이면 PNLTM가 90TPNdB이상으로 되는 시간.
특수한 경우에는,
- (2) PNLTM이 90TPNdB이하이면 $D=0$ 으로 하여 $EPNL=PNLTM$.
- (3) D 값이 음(-)이고 절대치가 (PNLTM-90) 보다 큰 경우에는 $D=90-PNLTM$ 으로 $EPNL=90$.

식(2.21)의 EPNL을 구하는 근사법이 Annex 16에서는 다음과 같다.

(순서1) PNL 혹은 PNLTM를 옥타브분석에 의하여 구하거나 다음식에서 구한다.

$$PNLTM = dB(A) [\text{or } dB(D)] + K \quad (2.25)$$

$dB(A)$, $dB(D)$ 는 소음계의 청감보정회로를 A, D 특성으로 하여 측정된 소음레벨이고, 정수 K 값은 표 2-1 과 같이 항공기 종류와 이착륙으로 구분되어 있다.

(순서2) 계속시간 보정 D 를 다음식에서 구한다.

$$D = 10 \log_{10} d/20$$

d 는 PNLTM가 최대치보다 10dB 낮은 Level이상의 시간이다. 단, 최대치가 암소음 혹은 TPNdB 보다 10dB가해진 Level보다 낮은 경우에는 암소음 혹은 90TPNdB이상으로 되는 시간으로 한다.

(순서3) 따라서, EPNL은 다음과 같이 된다.

$$EPNL = L_A (\text{or } L_D) + K + 10 \log_{10} d/20 \quad (2.26)$$

L_A or L_D : Peak Level [dB(A) or dB(D)]

표 2-1. 근사적으로 PNL 또는 PNLTM를 구하기 위해 부가하는 보정치¹⁵⁾

15) ICAO : Report on the special meeting on aircraft noise in the vicinity of

항 공 기		정 수 K 의 값				
		PNL		PNLT		
		dB(A)	dB(B)	dB(A)	dB(D)	PNL
Turbofan	이 록	13	7	13	7	0
	착 록	13	7	13	9	2
Turbojet	이 록	13	7	13	7	0
	착 록	13	7	13	7	0
불명(不明)의 기종		13	7	13	7	0

ECPNL은 공항주변의 토지이용계획에 관한 국제적인 소음폭로단위로 권고된 것으로 일정시간 내의 다수의 항공기에 의한 소음의 폭로를 나타낸다. ISO/R507에서는 L_{PNeq} 라고 표현한다.

$$ECPNL = TNEL - 10 \log_{10} \frac{T}{t_o} \tag{2.27}$$

T : 고려시간으로 주간, 야간, 1일, 특별한 기간, 1년 등
 $t_o = 1$ 초

$$TNEL = 10 \log_{10} \sum_{n=1}^N \text{antilog} \frac{EPNL(n)}{10} + 10 \log_{10} \frac{T_o}{t_o} \tag{2.28}$$

EPNL(n) : 식(2.21)에서 정의된 n번째의 EPNL

$T_o = 10$ 초, $t_o = 1$ 초

TNEL : ISO/R507에서 L_E 로 표시되어 있다.

WECPNL은 ECPNL에 소음발생시각 및 계절에 의한 보정을 가한 척도로 제안되었다. 1일의 시간을 구분하는 방식은 다음 두 가지가 있다.

(방법1)

$$WECPNL_1 = 10 \log_{10} \left(\frac{5}{8} \text{antilog} \frac{ECPNLD_1}{10} \right)$$

$$+ \frac{3}{8} \text{antilog} \frac{ECPNLN_1+10}{10}) + S \quad (2.29)$$

$ECPNLD_1$: 주간(07:00-22:00)의 ECPNL

$ECPNLN_1$: 야간(22:00-07:00)의 ECPNL

S : 계절보정

S=-5 : 월중 20℃ 이상의 시간이 통상 100시간보다 적은 월에 대한 보정치

S = 0 : 월중 20℃ 이상의 시간이 통상 100시간을 넘고 25.6℃ 이상의 시간이 100시간보다 적은 월에 대한 보정치

S = 5 : 월중 25.6℃ 이상의 시간이 통상 100시간을 넘는 월에 대한 보정치

(방법2)

$$WECPNL_2 = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{2} \text{antilog} \frac{ECPNL_2}{10} + \frac{1}{8} \text{antilog} \frac{ECPNLE+5}{10} + \frac{3}{8} \text{antilog} \frac{ECPNLN_2+10}{10} \right) + S \quad (2.30)$$

$ECPNLD_2$: 주간(07:00-19:00)의 ECPNL

$ECPNLE$: 저녁(19:00-22:00)의 ECPNL

$ECPNL_2$: 야간(22:00-07:00)의 ECPNL

S : 계절보정으로 (방법1)과 동일

또한, 지역여건에 따라 Data에 근거하여 합당한 시간구분을 결정하는 것도 좋다. 연간 WECPNL은 각 계절마다의 WECPNL의 Energy 평균으로 나타낼 수 있다.

이상과 같이, 어떤 지점에서의 WECPNL값은 어떤 일정기간내에 발생한 항공기 소음의 총폭로량을 평균하여 나타낸 것인데 L_{eq} , L_{dn} 과는 본질적으로 같은 사고방식인 Energy 가산을 기본으로 하고 있다.

2-9-2. 항공기소음의 환경기준에 사용되고 있는 WECPNL

일본에서 환경기준의 척도로서 ICAO가 제안한 WECPNL을 극히 간략화한 형태로 사용하고 있다.¹⁶⁾

$$WECPNL = \overline{L_A} + 10 \log_{10} N - 27 \quad (2.31)$$

$\overline{L_A}$: 암소음보다 10dB(A)이상 높고, 소음계의 동특성을 slow로 한 Peak Level의 Energy 평균[dB(A)]

N : 발생시각보정을 가한 운항횟수

$$N = N_1 + 3N_2 + 10N_3$$

N_1 : 주간(07:00-19:00)의 운항횟수

N_2 : 석간(19:00-22:00)의 운항횟수

N_3 : 야간(22:00-07:00)의 운항횟수

기준에서는 연속한 7일간을 날마다 WECPNL을 식(2.31)로 구하고 그것들을 Energy 평균한 값이 그 지점의 WECPNL이라고 하고 있다.

식(2.31)은 다음과 같이 ANNEX 16에서 제안된 근사법으로부터 구하는 것이 가능하다.

식(2.26), (2.27), (2.28)로부터,

$$ECPNL = 10 \log_{10} \left[\sum_{n=1}^{N_0} 10^{\frac{L_A(n)+K}{10}} \frac{d(n)}{20} \frac{T_0}{T} \right] \quad (2.32)$$

1대마다의 $L_A(n)$ 과 $d(n)$ 에 큰 차이가 없다면,

$$ECPNL \approx 10 \log_{10} N_0 10^{\frac{\overline{L_A}+K}{10}} \frac{\overline{d}}{20} \frac{T_0}{T} \quad (2.33)$$

$\overline{L_A}$: $L_A(n)$ 의 Energy 평균[dB(A)]

\overline{d} : $d(n)$ 의 산술평균(초)

$T_0 = 10$ 초

1일을 3분하여 각 시간대에서 $\overline{L_A}$, \overline{d} 가 같다고 가정하여, 식(2.30)에 식(2.33)을 대입하면,

16) 航空機騒音に係る環境基準について、環境廳告示第154號、1973.

$$\begin{aligned}
 WECPNL &= 10 \log_{10} \left(\left[\frac{1}{2} N_1 \frac{10}{12 \times 60 \times 60} + \frac{1}{8} N_2 \frac{10}{3 \times 60 \times 60} 10^{5/10} \right. \right. \\
 &+ \left. \left. \frac{3}{8} N_3 \frac{10}{9 \times 60 \times 60} 10^{10/10} \right] 10^{\frac{\overline{L}_A + K}{10}} \frac{\overline{d}}{20} \right) + S \\
 &= 10 \log_{10} (N_1 + 3N_2 + 10N_3) + \overline{L}_A + K + 10 \log_{10} \frac{\overline{d}}{20} - 39.4 + S \quad (2.34)
 \end{aligned}$$

여기에서, dB(A)로부터 PNL로의 변환계수 K는 표2-1로부터 K=13, 평균계속시간 $\overline{d}=20$ 초, 계절보정 S=0, 정수 39.4 \approx 40 으로서 식(2.31)이 된다.

이것은 1대마다의 Peak Level과 계속시간에 큰 차이가 없고, 년간을 통하여 1일당 운항횟수도 거의 일정한 경우는 환경기준에 의한 방법으로는 ICAO의 방법과 거의 일치하나, Peak Level과 운항횟수가 변수가 되는 식(2.31)은 ICAO의 WECPNL과는 다른 척도이며 오히려 NNI에 가까운 척도라고 생각된다.

일본에서는 방위시설주변에서 항공기 소음규제지역을 지정하기 위해 또 다른 방식의 WECPNL을 사용하고 있는데, 그 배경은 환경기준에서의 방법을 그대로 적용하여 WECPNL을 구하면 ICAO가 제안한 본래의 WECPNL에 적합하지 않게 되기 때문이다. 이 방식은 군용기의 특성을 고려하여 90% 누적도수를 적용한 운항횟수, 계속시간 \overline{d} 를 일정시간(20초)으로 처리하는 등 명확한 상위점(相違点)을 가진 WECPNL이다.¹⁷⁾

III. 항공기 소음영향도 평가법의 비교분석

1. 연구방법론적 분석

항공기소음의 평가법은 장기간의 항공기 소음폭로량을 기초로 하여 소음영향도를 수량적으로 척도화하는 것으로 이러한 산정식 결정과정에서 다음과 같이 2가지 방법론으로 크게 분류할 수 있다.

17) 久我, 木村ほか : 防衛施設周邊における航空機騒音コンタ-作成基準(昭和52年), 防衛施設周邊騒音調

査報告書, p.81-91, 1978.

첫째는 귀납적 방법론으로 물리적측정과 사회조사의 결과를 대응시켜 회귀적 수법에 의하여 함수관계를 구한 것이다. 이 것은 량(量)적인 사고방식을 중시한 사고방식으로 주민반응을 묻는 앙케이트 조사를 주체로 하여 사회과학적인 통계적 수법을 이용하였다. NNI가 대표적인 것이며 B, PAANI 등이 이 계통에 포함된다.

둘째는 연역적 방법론으로 계측가능한 물리량을 이용해서 경험적인 가정을 통하여 폭로량의 산정식을 구하는 것이다. 이것은 계측한 물리량을 중시한 사고방식으로 소음폭로량의 예측식이라는 성격도 강하다. 개개의 항공기 소음발생량과 운항조건을 기초로 하여 순음성분, 계속 시간, 발생시기, 발생횟수 등의 구성요인을 도입한 평가척도를 설정하고, 이 척도를 이용하여 주민반응을 추정하려는 공학적인 접근이다. CNR, NEF의 연장선상에 있는 WECPNL이 대표적인 것이고 N , \overline{NI} , L_E , $CNEL$, \overline{Q} 등이 이 계통에 속한다.

2. 기본 평가단위의 비교

항공기소음에 대한 영향도 산정식의 기본 평가단위는 각 평가법 및 국가별로 서로 다른 단위와 방식을 연구 개발하여 사용하고 있어서, 본 연구에서는 선진 각국의 방식을 상호 비교하기 위하여 표 3-1에 각 평가법의 산정식을 간략화한 형태로 나타내었다.

표 3-1 각 평가법의 산정식을 간략화한 형태

NNI (영국)	$\overline{PNL}_{\max} + 15 \log_{10} N - 80$
\overline{Q} (서독)	$13.3 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \sum 10^{L/13.3 \cdot T} \right)$
CNR (미국)	$\overline{PNL}_{\max} + 10 \log_{10} N - 12$
NEF (미국)	$EPNL + 10 \log N - 88$
N (프랑스)	$\overline{PNL}_{\max} + 10 \log N - 30$
B (네델란드)	$20 \log_{10} \sum 10^{L/15} - 157$
\overline{NI} (남아프리카)	$10 \log_{10} \sum 10^{L/10} - 50$
CNEL (캘리포니아주)	$10 \log_{10} \sum 10^{HNL/10}$
L_E (ISO)	$10 \log_{10} \sum 10^{LEPN/10} + 10$
WECPNL (ICAO)	$EPNL + 10 \log_{10} N - 39.4$
WECPNL (일본)	$\overline{L}_A + 10 \log_{10} N - 27$

위의 표 3-1 에서 소음평가의 기본단위를 살펴보면
 dB(A)가 기본단위인 것 : \overline{Q} , \overline{NI} , B, CNEL, PAANI
 PNL이 기본단위인 것 : CNR, N, NNI
 EPNL이 기본단위인 것 : NEF, L_E , WECPNL 등으로
 크게 3종류로 구분되는 것을 알 수 있다.

이 3가지 기본단위의 특성을 소음과 인간의 감각과의 대응정도에 기준하여 기술하고자 한다.

인간의 감각은 항상 접하는 일반소음에 대해서는 소음레벨에 잘 대응한다고 할 수 있다. 그러나 제트기 소음은 프로펠러기 소음에 비해 소음레벨 dB(A)값은 작지만 주파수특성으로 인하여 감각적으로는 정반대로 더욱 시끄럽게 느껴진다는 것이 연구결과 판명되어 dB(A)값으로 소음영향을 평가하는 것은 적당하지 않다고 보고 되었다. 특히 제트기가 주류를 이루는 항공기 소음영향도의 평가에서는 주파수와 소음레벨을 함께 고려한 Noy값을 사용하여 산출된 PNL이

주민반응과 더 잘 대응한다는 것이다.

또한, 소음에 대한 시끄러운 느낌은 Noy 값의 크기 뿐 아니라 그 소음의 지속시간에 관계가 되었고 금속성의 높은 소리는 측정기에 나타난 수치이상으로 시끄럽게 느껴지게 되었다. 그래서 항공기 소음의 시끄러움을 엄밀히 평가하기 위하여 PNL에 계속시간과 특이음 즉, 순음보정을 한 EPNL이 사용되게 되었다.

따라서, dB(A), PNL, EPNL 순으로 인간이 시끄러움을 인지하는 감각과 점점 더 잘 대응하도록 보완되고 있음을 알 수 있다.

3. 평가법의 구비조건 분석

소음의 영향평가에 사용되는 평가량은 소음현상 그 자체가 통계적인 것이고 그 영향을 받는 인간의 주관이나 속성, 개인특성인 성별, 학력, 직업, 연령 등 너무 다양하여 사상(事象)을 정확히 표현하는 평가량을 설정하려면 막대한 구성요인이 필요하게 된다. 음원의 종류에 따라 가미할 구성요인도 변동하지만 일반적으로 소음평가량으로 구비하여야 할 조건은 다음과 같이 요약된다.¹⁸⁾

- (1) 평가량은 소음에 대한 시끄러움에 상관을 가질 것.
- (2) 평가량은 순간적인 현상 및 장시간에 걸친 축적효과를 평가할 것.
- (3) 평가량은 간단한 측정기로 직접 측정할 수 있을 것.
- (4) 필요한 측정기는 특성의 표준화 및 상업적 생산이 가능할 것.
- (5) 평가량은 여러종류의 소음평가와 다른 평가량과 환산이 가능할 것.
- (6) 어느 측정점에서의 예측치는 음원의 작동에 의한 Data로서 충분한 정확도를 가질 것.

이상의 6가지 구비조건을 살펴보면 다음과 같은 두가지 상반된 입장이 있음을 알 수 있다.

- (1) 모든 관련요인을 조합하여 정확한 평가량 설정.
- (2) 간단한 계측으로 정확히 표현할 수 있는 간단한 평가량 설정.

이 두가지 상반된 입장은 평가량의 사용목적에 따라 우선하여 적용되는 입장이 다르게 되는데 (1)항은 소음대책기술을 위한 평가량에 (2)항은 환경보전목적의 소음감시를 위한 평가량에 우선하여 적용되게 된다.

18) 鄭一錄 : 騒音・振動學, 新光出版社, p.62, 1984.
 金聖鐸 : 騒音振動便覽, 東和技術, p.201, 1991.

4. 산정식상의 유사성 비교

각종 평가법은 연구의 방법론 및 기본 평가단위의 사용이 상이하고 순음성분, 계속시간, 발생시기, 발생횟수 등의 설명변수를 처리하는 방법이 다르나, 최종적인 산정방법을 비교하면 이들사이에는 현저한 유사성이 있음을 발견할 수 있다.

각 평가법의 산정식을 간략화한 형태로 집약시킨 표 3-1을 참고하여 보면 대부분 소음레벨과 운항횟수에 대한 상용대수 1차결합의 형태로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{산정식} = L + K \log_{10} N + C$$

L : 최대레벨의 에너지 평균치 [dB(A) 또는 PNdB]

N : 운항횟수(소음발생횟수 또는 항공기대수)

K : 운항횟수의 효과를 나타낸 계수

C : 임의정수

여기서, 정수 K의 값은 표 3-1에 나타난 것과 같이 10을 많이 취하였는데, 이것은 등에너지 측면을 고려하여 L_{eq} 와 L_{dn} 과 같은 사고방식의 선상에 있는 것이 된다. 즉, K=10은 항공기 대수에 대해 에너지적으로 가산하는 방법으로 다른 소음평가치와의 제합도 좋으며, ISO도 이것을 채용하고 있다. 회귀적 방법에 의하여 정수 K의 값을 정했던 NNI 및 B, 그것에 독특한 등가파라메타를 가진 \bar{Q} 에서는 각각 독자적인 값을 채용하고 있다.

그 외에 CNEL, N, NEF 와 WECPNL은 소음발생시간대의 차이에 따라 운항횟수에 무게(비중)를 더 주도록 되어있다.

결론적으로, L(소음레벨)과 N(운항횟수)로 표현되는 점은 서로 같으며 운항횟수의 처리에 대하여 넓게 생각한다면 거의 동등한 평가법으로 서로 변환이 가능하다고 할 수 있다.

5. 각 평가량의 등가치 비교

각 평가량은 각기 다른 방법으로 소음영향도를 평가하고 있어서 여기서는 전체적인 각 평가치와의 환산관계를 나타내었다.

우선 그림 3-1에서는 1대의 항공기 소음레벨을 110PNdB(또는 110EPNdB)로 하고 유효시간(계속시간)을 10초로 가정할 때 운항횟수와 각 평가치와의 관계를 표시하였다.

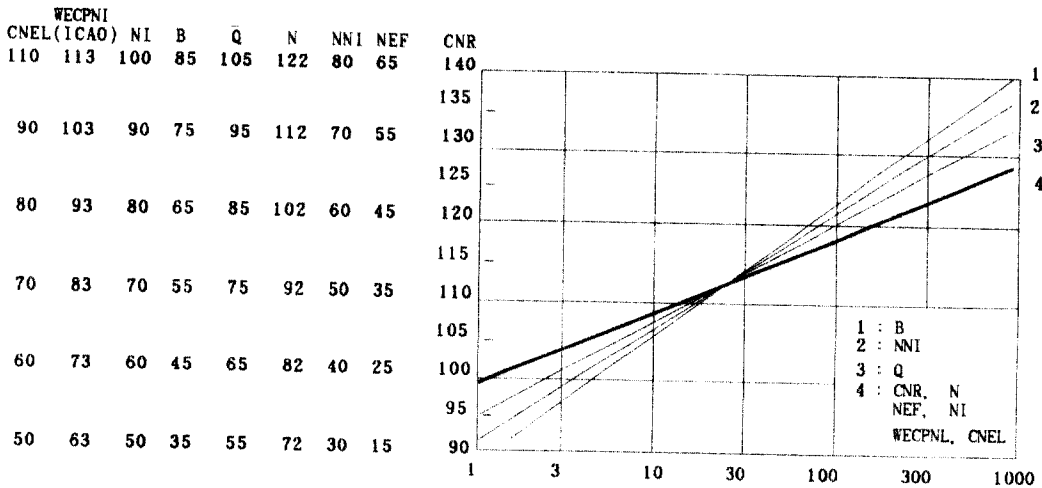


그림 3-1. 항공기 1대의 소음을 110PNdB (NEF, WECPNL 은 110EPNdB),
계속시간을 10초로 할 때의 각 평가치의 상호관계¹⁹⁾

그림 3-1은 비행횟수가 30회이상으로 증가되면 각 평가치는 정비례하여 증가하게 되는 것을 표시하는데 증가율인 기울기는 B가 가장 크고, NNI와 \bar{Q} 가 그 다음이고, NEF와 WECPNL등은 거의 비슷한 기울기로 증가한다. 즉, 비행횟수가 10배가 되면 평가치의 증가는 B가 18, NNI가 15, \bar{Q} 가 13, WECPNL 등은 10만큼 증가됨을 알 수 있다.

그리고, 그림 3-2에서는 각 평가량 간의 개략적인 등가치와 항공기 소음에 대한 주민의 반응정도나 토지이용구분의 범위를 나타내었다.

19) Pearsons, K.S. & Bennett, R. : Handbook of noise rating, NASA CR 2376, 1974.

NEF	CNR	N	Q	NNI	B	NI	WECPNL
미국(현재)	미국(과거)	프랑스	서독	영국	네델란드	남아프리카	일본
-45 소음이 중요 문제화 진정발발 집단행동이상 방음대책이 필요	-120 집단행동 이 예상됨	A지역: 공장건축물이외는 금지 -100	-85 주택 불가	공장, 창고, 방음이 완벽한 호텔(주간) -60- 성가심에 견딜수 없음(주간) -55 주택에 방음공사필 요(주간)	-70 -65 주거지 역으로 허용 되지 않음	-80 -75	-90 기존주택의 이전추진 및 방음공사 시 행 -85
-40- 진정발생 집단행동의 가능성 방음대책이 필요	-115- 진정발생 집단행동의 가능성	-95 B지역: 지역개발, 공공건축(학교, 병원등)의 계 한 주택에서는 방음대 책이 부과 -90	-75 주택은 긴급 한 경우만 -70 방음대책이 부과됨 주택허용	-50- 방음, 창고 방음이 완벽한 호 텔(야간) -45- -40 성가심에 견딜수 없음(야간) -35	-60 -55 -50 주거지역으 로 허용됨 -40	-70- 주택지역에 대하여 제한 되는 한계의 범위 -65- -60	-80 -75- 상공업지역 허용 -70- 주거지역 허 용
-35	-110	C지역: 새로운 택지개발의 역제 방음대책정려 -85	-65 제한없음	-40 성가심에 견딜수 없음(야간) -35	-45- 주거지역으 로 허용됨 -40	-65- -60	-75- -70- 상공업지역 허용 -70- 주거지역 허 용
-30- 어느정도의 진정 생활방해가 있을 수 있음	-100- 진정은 발생 하지 않는다 고 생각됨	D지역: 제한이 없음 -80	-60	-30	-35 -30	-60 -55	
-25	-95	-75	-55	-25	-25	-55	
			-50	-20	-20		

그림 3-2. 각종 평가량간의 대략적인 등가치 및 주민의 반응정도 또는 토지이용구분의 범위²⁰⁾

그림 3-2에서 보면 각국의 환경기준은 미국이 평가법을 CNR에서 NEF로 변경사용하면서 기준을 강화하여 다른 나라보다 더 소음피해를 줄이려고 하였고, 프랑스와 일본은 대략적으로 비슷한 수준의 환경기준을 설정하고 있다. 독일은 자체적으로 독자성을 가진 기준을 설정하였고, 네델란드와 남아프리카는 간단한 주거지역에 대한 기준을 설정하여 놓고 있다.

20) Galloway, W.J. & Bishop, D.E. : Noise exposure forecast : evolution, evaluation, extension, and land use interpretations, BBN Report No. 1862, December 1969, and FAA Report NO-70-9, August 1970.

따라서, 각국의 환경기준치중 비교적 평균값에 가장 근접되었다고 할 수 있는 프랑스와 일본의 기준치를 우리나라도 적용하는 것이 가장 타당성이 있다고 생각된다.

6. 성가심(Annoyance)과 dB(A)과의 상관관계분석

본 연구에서는 1970년대를 전후하여 프랑스의 4개공항과 스칸디나비아의 8개 공항에서 행하여진 조사결과를 근거 Data로 이용하여 분석하고자 한다.

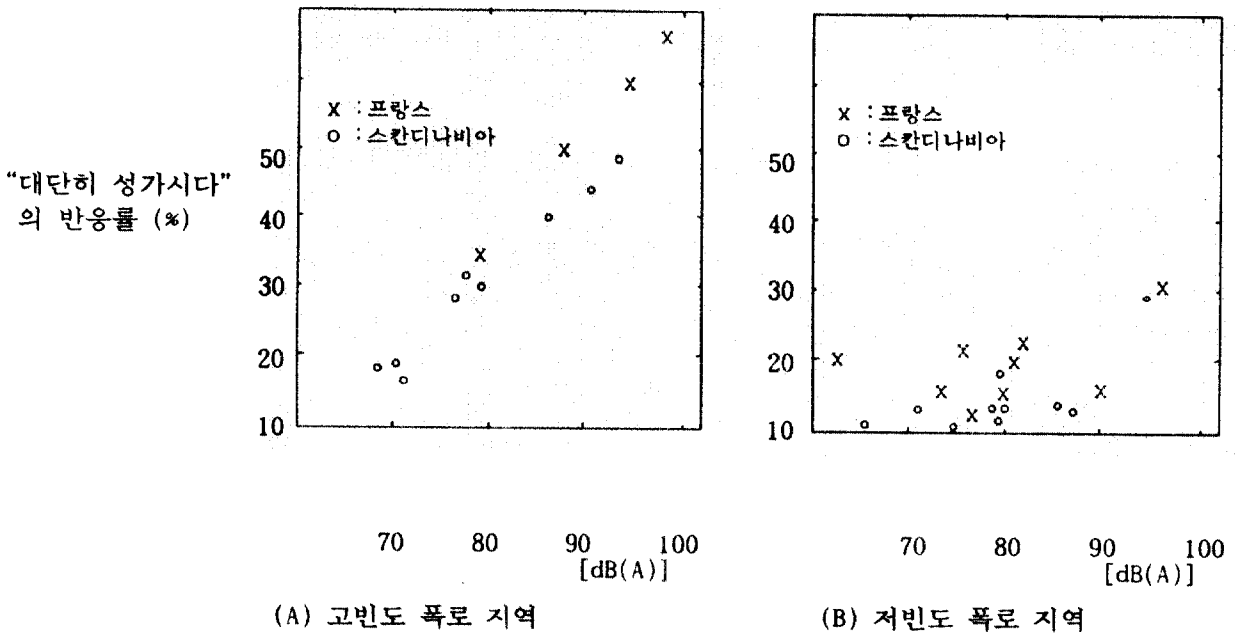


그림 3-3. 주민의 성가심과 소음레벨 dB(A)과의 상관²¹⁾

그림 3-3에 나타난 것처럼 “대단히 성가시다”(Very Annoyed)라는 반응률은 1회 비행의 소음레벨인 dB(A)과 대항히 높은 상관을 나타내었다. 고빈도 폭로지역에서는 “대단히 성가시다”라는 반응률은 소음레벨 70dB(A)부근부터 거의 직선적으로 증가하지만, 저빈도 폭로지역에서는 소음레벨이 90dB(A)까지는 거의 10%이하의 반응률로 변하지 않다가 그 후 증가하고 있다.

21) Rylander, R., Sörensen, S., Alexandre, A. & Gilbert, P.: Determinants for aircraft noise annoyance - a comparison between French and Scandinavian data, J. Sound Vib., Vol. 28, No.1, p.15-21, 1973.

운항횟수와 소음레벨을 별개의 변수로 취급하여 행하여진 이 조사에서 다음과 같은 결과를 도출할 수 있었다.

- (1) 운항횟수는 총 폭로량의 지표에 영향을 주지만 인간의 성가심에는 크게 영향을 주지 않는다. 단지, 저빈도와 고빈도 폭로지역으로 분류(고빈도와 저빈도의 경계치는 24시간당 50회 정도내외로 추정하지만 더 연구가 필요하다)하기 위하여 유용하다.
- (2) 각 지역에서 성가심을 결정하는 것은 주로 대표적인 비행기 1대에 의한 소음레벨이다.

이상에서, dB(A)과 성가심의 상관이 아주 높다고 나타났지만 여러 평가지표와 성가심 정도와의 상관을 알아보기 위하여 표3-2를 작성하였다.

표 3-2 각 평가지표와 성가심의 상관계수²²⁾

지표	대단히성가시다	성가시다
dB(A)	0.71	0.75
NNI	0.60	0.68
CNR	0.64	0.70
NEF	0.58	0.67
<i>L_{EPN}</i>	0.74	0.78

표 3-2에서 dB(A)는 성가심과의 상관이 대략 0.73으로 NNI, CNR 및 NEF 보다 높게 나타났으나, *L_{EPN}* 은 0.76으로 가장 높은 상관을 보여주고 있다. ISO/R507에서 사용되고 있는 *L_{EPN}* 은 계속시간의 취급방법을 제외하면 거의 EPNL과 동일하므로 EPNL은 성가심과 아주 높은 상관이 있다고 할 수 있다.

IV. 우리나라 항공기 소음영향도 평가방법의 분석

1. 우리나라 항공기소음관련 법규 동향

22) Rylander, R., Sörensen, S. & Kajland, A.: Annoyance reactions from aircraft noise exposure, J.Sound Vib., Vol. 24, No. 4, p.419-444, 1972.

우리나라는 1991년 12월 14일 처음으로 항공기 소음피해를 방지할 목적으로 항공법을 개정하였다. 개정의 주요 이유는 항공기 소음기준을 설정하고 소음을 발생시키는 항공기를 사용하는 운송업자에 대하여 소음기준에 따라 차등을 두어 소음부담금을 과세 및 징수할 수 있는 근거를 마련하게 되었다.

또한, 이 법개정을 근거로 하여 1993년 2월 13일 항공법 시행규칙을 개정하였다. 개정내용은 지방항공청장이 공항의 소음피해지역을 항공기 소음영향도에 따라 3개의 구역으로 분류하여 지정하도록 하였고, 기타 소음피해 대책사업의 시행범위, 소음영향도의 산정방법, 소음영향도에 따른 시설물의 설치제한, 소음부담금 부과 및 징수절차, 항공기 기종별 소음등급고시절차 등을 정하였다. 비로서, 우리나라도 실제적인 항공기소음 규제가 가능하도록 되었다.

2. 우리나라 평가방법의 분석

2-1. 우리나라 산정식 개요

우리나라 항공기 소음영향도의 산정방법은 ICAO의 권장방법이 아닌 일본에서 사용되는 WECPNL과 거의 동일한 방법을 사용하였으며 산정식은 다음과 같이 나타난다.²³⁾

$$WECPNL = \overline{dB(A)} + 10 \log N - 27 \quad (3.1)$$

여기서, $\overline{dB(A)}$ 는 1일 평균 최고 소음도로, $dB(A) = 10 \log [1/n (\sum_{i=1}^n 10^{L_i/10})]$ 로서 나타내며, n 은 1일중 항공기소음 측정횟수, L_i 는 i 번째 통과한 항공기 최고 소음도를 말한다. N 은 1일간의 항공기 이착륙 횟수로 $N = N_1 + 3N_2 + 10N_3$ 로 표시되는데, 이것은 발생시간에 대한 보정으로 N_1 (06:00-18:00시의 운항횟수)을 1로 할때 N_2 (18:00-22:00시의 운항횟수)에는 3배의 비중을 주고, N_3 (22:00-06:00시의 운항횟수)에는 더 많은 10배의 비중을 주었다.

식(3.1)에서, 환경기준 평가량으로서의 우리나라의 WECPNL은 ICAO의 WECPNL에다 실측데이터에 기초한 일정한 계수치 즉, 정수 $K=13$, 계속시간 $d=20$ 초, 계절보정 $S=0$ 을 대입시켜 간략화시킨 척도임을 알 수 있다. 항공기 1대마다의 소음의 Peak Level과 계속시간의 변동이 없고 년간을 통하여 1일당 운항횟수가 거의 일정한 경우는 환경기준에 의한 방법으로는 ICAO의 방법과 일치한다고 볼 수 있다.

그러나, 식(3.1)은 dB(A)의 Peak Level과 발생시간을 보정한 운항횟수(항공기 댓수)만이 변

23) 航空法施行規則第273條 (93. 7. 27 改訂以後)

수가 되는데, 이것은 ICAO가 제안한 WECPNL과는 다른 척도이며 오히려 귀납적인 연구방법론을 이용한 NNI에 가까운 척도라고 생각된다.

2-2. 우리나라 산정식의 분석

우리나라의 산정식인 식(3.1)은 환경기준 뿐만 아니라 소음대책으로도 사용되게 되어있다. 이것은 제III장의 3절의 분석에서 언급하였듯이, dB(A)를 기본단위로 하여 간단하게 측정이 가능한 우리나라의 WECPNL은 소음감시를 위한 환경기준 목적으로만 사용하여야 한다. 방음공사시행과 같은 막대한 예산이 소요되는 소음방지대책으로 사용할 경우에는 제III장의 2절과 6절의 비교분석에 근거하여, 인간의 감각과 더 높은 상관성을 갖는 EPNL을 기본단위로 하여 더 많은 설명변수를 포함하는 ICAO가 제안한 WECPNL을 사용하는 것이 타당하며, 더욱 정확한 소음피해판정을 할 수 있는 것이다.

그리고, 발생시각에 따른 보정을 가한 운항횟수 N 에 대하여서는 N_1 을 06:00-18:00시로 한 것은 ICAO 및 일본의 07:00-19:00시로 한 것에 비하여 1시간씩 앞당긴 것으로 명확한 연구보고서가 나타나기 전에는 여러 연구결과를 근거로 한 ICAO의 처리 방식을 따르는 것이 적합하다고 제안한다.

2-3. 우리나라 환경기준의 분석

우리나라의 환경기준치는 WECPNL값으로 주거지역이 80, 준공업 및 상업지역이 90, 공업지역이 95dB만으로서 제III장의 5절의 등가치비교의 결론에 비추어 볼 때, 전혀 타당성이 없으며 주민의 소음피해를 방지하기에는 아주 미흡한 환경기준임을 알 수 있다.²⁴⁾

따라서, 우리나라도 WECPNL 환경기준치를 제III장의 5절의 분석에 근거하여 상공업지역이 75이하로 하고, 85이상의 지역은 주택이전을 권장하고, 적어도 75이상의 지역에 있는 기존주택 및 공공시설(학교, 병원 등)에 대해서는 방음시설 의무화 지역으로 선정하여야 한다고 분석된다.

항공기 기종별 소음등급의 결정과 소음증명제도에서는 EPNL을 기준평가량으로 사용한 것은 제III장의 6절에서 성가심과의 상관분석결과와 일치하고 있어서 문제점이 없다고 분석된다.

24) 航空法施行規則第274條, 別表29 및 別表30 (93.7.27 改訂以後)

V. 결론

우리나라 항공기 소음영향도의 평가방법을 분석하기 위하여, 세계 각 국의 평가이론에 대하여 연구방법론, 기본평가단위, 평가척도의 유사성과 등가치, 성가심과의 상관관계 등의 비교 분석을 통하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 우리나라가 항공기 소음평가량으로 채택한 WECPNL방식은 ICAO의 WECPNL과는 다른 척도이며 오히려 NNI에 가까운 척도라 할 수 있다.
2. 우리나라의 WECPNL은 소음감시를 위한 환경기준 목적으로만 사용하는 것이 적합하고, 소음방지대책으로 사용시는 ICAO의 WECPNL이 제안된다.
3. 발생시각에 따른 보정에서 N_1 은 07:00-19:00시, N_2 는 19:00-22:00시, N_3 는 22:00-07:00시의 운항횟수로 하는 것이 적합하다고 제안된다.
4. 우리나라의 WECPNL 환경기준치는 주거지역이 70, 상공업지역이 75로하고, 75이상의 지역에 있는 기존 주택 및 공공시설에 대해서는 방음대책이 필요하며, 85이상의 지역은 주택이전을 권장해야 한다.
5. 항공기 기종별 소음등급의 결정과 소음증명제도에 EPNL을 기준 평가량으로 사용한 것은 적합하다.

參 考 文 獻

1. 鄭一錄 : 騒音・振動學, 新光出版社, p.59-72, p.171-171, 1984.
2. 金聖鐸 : 騒音振動便覽, 東和技術, p.78-81, p.97-98, p.114-116, p.199-276, 1991.
3. 金熙江外3名 : 最新騒音振動學, 東和技術, p.199-276, 1991.
4. 金孟善 : 國際民間航空協約 및 附屬書, 東和技術, p.1021-1046, 1990.
5. 李晶模 : 離陸時 航空機 Engine 騒音分布에 관한 研究, 韓國航空大學論文集 第二十九輯, p.19-31, 1992.
6. 日本騒音制御工學會編 : 騒音制御, Vol.5, No.3, 特集 航空機 騒音, p.5-8, 1986.6月.
7. 騒音評價分科會編 : 騒音の評價法, 日本建設學會 環境工學委員會, p.37-61, p.115-142, 1981.
8. 騒音振動研究擔當官室編 : 金浦空港周邊의 航空機 騒音分析에 관한 調査研究, 國立環境研究所 大氣研究部, 1983.
9. 皇山直隆 : 騒音・振動豫測手法, Vol.4, No.5.
10. 航空機騒音に係る環境基準について, 環境廳告示第154號, 1973.
11. 防衛施設周邊の生活環境の整備等に關する法律施行規則, 總理府令第43號, 1974.
12. 久我, 木村ほか : 防衛施設周邊におえる航空機騒音ユンタ-作成基準(昭和52年), 防衛施設周邊騒音調査報告書, p.81-91, 1978.
13. Richard H. Lyon : Transportation Noise, Massachusetts Institute of Technology, 1973. (松本嘉司譯, 技報堂, p.147-160, 1976.)
14. P. M. Nelson : Transportaion Noise Reference Book, p.2/13-2/19, p.19/3-19/23, 1973.
15. ICAO : Aircraft noise - Annex 16 to the convention on international civil aviation, 1st edition, 1971. and 2nd edition, 1976.
16. ICAO : Report on the special meeting on aircraft noise in the vicinity of aerodromes, Doc 8857. Noise, 1969.
17. ISO Recommendation, Procedure for describing aircraft noise around an airport, ISO/R507 - 1970 (E).
18. Wilson, A., (Chairman) : NOISE, Final report, by the committee on the problem of noise, Cmd. 2056, Her Majesty's Stationary Office, London, July 1963.
19. MIL Research Ltd. : Second survey of aircraft noise annoyance around London

- (Heathrow) Airport, Her Majesty's Stationary Office, London, 1971.
20. Bishop, D.E. & Horonjeff, R.D. : Procedure for developing noise exposure forecast areas for aircraft flight operations, FAA Report DS-67-10, Washington, August 1967.
 21. Correlation of surveys with the determination of noise areas around aerodromes, Presentation by France, ICAO special meeting on aircraft noise in the vicinity of aerodromes, Noise 1969-WP/15, Item 2, Paper No.2, August 1969.
 22. Pearsons, K.S. & Bennett, R. : Handbook of noise rating, NASA CR 2376, 1974.
 23. Evers, F.W.R. : Noise zoning around airports in the Netherlands, J.Sound Vib., Vol. 68, No.2, p.281-294, 1980.
 24. van Niekerk, C.G. & Muller, J.L. : Assessment of aircraft noise disturbance, J.Roy. Aero. So., Vol.73, p.383-396, 1969.
 25. Draft Secretariat Revision of ISO Recommendation 507, Document ISO/TC 43 (Secretariat-303) 433, November 1967.