

# 항공기 소음자동측정망 자료를 이용한 소음평가단위와 WECPNL과의 상관관계 비교 연구

A correlation comparative method with noise assessment unit and WECPNL that use aircraft noise automatic measuring system.

전형준†·장서일\*·이기정\*\*

Hyung-Jun Chun, Seo-Il Chang and Ki-Jung Lee

**Key Words** : correlation, WECPNL, Ldn, NNI, automatic measuring system

### ABSTRACT

This study is about correlation between WECPNL and other units such as NNI, Leq and Ldn for aircraft noise that were measured by automatic measuring system networks for grasping the effect of aircraft noise and investigated the aircraft noise level from 2004 to 2005 nearby 10 airports in Korea. It is very important to find the relationship among the various noise units, because exchange between the results of many other nation's study can improve the assessment and mitigation study of the aircraft noise. Correlation between WECPNL and NNI is better than one between WECPNL and Leq and between WECPNL and Ldn, because WECPNL and NNI are based on the PNL.

## 1. 서론

현재 항공기소음에 대한 기준은 나라별로 각기 다른 평가단위를 사용하고 있으며 이에 따른 법규치 또한 나라별 단순비교는 어려운 상황이다. 현재 국내에는 15개의 공항이 있으며, 15개 공항 중 14곳이 한국공항공사에서 관리하고 있으며, 인천국제공항 한 곳만 인천국제공항공사에서 관리하고 있다. 이러한 공항주변의 국내 항공기 소음의 평가는 WECPNL에 의하여 나타내어지고 있으며, 환경부내 자동측정망 자료에는 각 지점별로 Ldn, NNI등의 외국의 소음 평가 측정치가 나오고 있다. 이에 본 연구에서는 각 공항별로 있는 자동측정망 자료를 이용하여 국내의 항공기 소음 기준으로 적용되고 있는 WECPNL과 다른 평가값들과의 상관관계에 대하여 검토하여 보고 이러한 결과를 통하여 외국 기준과의 상관관계를 이용한 국내 항공기소음 평가 및 법규 비교에 대한 기반조건으로 활용 할 수 있을 것이라 생각되어진다.

## 2. 항공기 소음평가 방법 및 국내 자동측정망 현황

### 2.1 항공기 소음 평가 척도

#### (1) WECPNL(Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)<sup>(1)</sup>

1971년에 국제민간항공기구(ICAO)에서 공표한 부속서 16 Aircraft Noise 중에서 다수의 항공기에 의해 장기간 노출된 소음의 척도로써 제안되었다.

$$WECPNL = \overline{EPNL} + 10 \log \left( \frac{T_0 \times N}{24 \times 60 \times 60} \right)$$

$\overline{EPNL}$  : 1일중 각 항공기의 EPNL 피크치의 파워평균값

$T_0$  : 평균지속시간 10초

$N$  : 1일의 항공기 운항횟수(  $N = N_1 + 3N_2 + 10N_3$  )

$N_1$  : 주간(07:00~19:00)의 운항횟수

$N_2$  : 저녁(19:00~22:00)의 운항횟수

$N_3$  : 야간(22:00~익일07:00)의 운항횟수

#### (2) WECPNL<sub>J</sub> (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)<sup>(2)</sup>

일본은 ICAO의 원본 방정식과 근사한 WECPNL<sub>J</sub>를 사용한다. 이 근사치는 항공기소음 이벤트들의 지속시간이 대략 20 sec이고,  $EPNL = L_{Amax} + 13$ 과 소음 이벤트들의 평균  $L_{Amax}$ 는 주간, 저녁, 야간 시간대에

† 정희원, 서울시립대학교 환경공학부 석사과정  
E-mail : yoplhj@hanmail.net  
Tel:(02) 2210-2986, Fax : (02) 2210-2877

\* 서울시립대학교 환경공학부

\*\* 도로교통기술연구소

관계없이 변하지 않는다는 가정들을 기반으로 한다.

$$WECPNL_f = \overline{L_{Amax}} + 10 \log(N_d + 3N_e + 10N_n) - 27$$

$\overline{L_{Amax}}$  : 1일간 항공기 통과사마다 측정된 소음도 최고치의 평균 값

$N_d$  : 07:00~19:00 동안의 비행횟수

$N_e$  : 19:00~22:00 동안의 비행횟수

$N_n$  : 22:00~07:00 동안의 비행횟수

일반적으로 WECPNL을  $Leq$ 로 환산하는 식은 다음과 같다.<sup>(3)</sup>

$$L_{eq} \approx WECPNL - (13 + C), \quad C : \text{순음 보정 량}$$

**(3) Ldn(Day Night Average Sound Level)<sup>(3)</sup>**

주야 평균소음레벨이라고 불리며, 미국, 뉴질랜드, 유럽의 일부국가 등에서 사용하고 있는 항공기소음 평가단위로 등가소음레벨을 기준 단위로 한다.

$$L_{dn} = 10 \log \left[ \frac{1}{24} \{ 15 \times 10^{L_d/10} + 9 \times 10^{(L_n+10)/10} \} \right]$$

$L_d$  : 07:00~22:00 사이의 매시간  $Leq$  값

$L_n$  : 22:00~07:00 사이의 매시간  $Leq$  값

**(4) PNL(Perceived Noise Level)<sup>(4)</sup>**

항공기소음의 크기에 대한 청각적인 음의 시끄러움에 대한 감각을 고려한 척도이다.

$$N_i = K_1 \sum_{j=1}^n N_{ij} + K_2 N_{max}$$

1/1 옥타브 밴드 :  $K_1 = 0.3, K_2 = 0.7$

1/3 옥타브 밴드 :  $K_1 = 0.15, K_2 = 0.85$

$N_i$  : 각 대역별  $Noy$  값

$N_{max}$  : 각 대역별  $Noy$  값 중 최대치

$N_i$ 는 다음 식에 넣어 감각소음레벨(PNL)을 산출한다.

$$PNL = 33.3 \log(N_i) + 40 \quad PNdB$$

**(5) NNI(Noise and Number Index)<sup>(4)</sup>**

영국에서 사용되는 항공기소음의 평가척도로 주파수 특성에 따른 인체의 감각보정 및 지속시간, 운항횟수 등을 보정 평가한 단위로 다음 식으로 구한다.

$$NNI = \overline{PNL} + 24 \log n - 70$$

$\overline{PNL}$  : 1일 중 총 항공기 통과시의 PNL의 평균치

$n$  : 1일 중 총 항공기 이착륙 횟수

**2.2 국내 항공기 소음 자동측정망 현황**

Table 1. 공항별 자동소음측정망 운용 현황

운영 형태	공항명	소음도 조사 지점
민간	김포공항(12개소) 공항자체측정망 9개소	소준부락, 벌말부락, 월정국교, 오곡동, 서원 APT, 금성공업사, 고척도서관, 신월동, 대장국교, 송정중학교, 강서초등학교, 사우고교
	양양공항(6개소)	중광정, 여운포, 상운, 학포, 수여, 송전
	여수공항(6개소)	수문포, 덕산, 구암, 학서, 노촌, 남해촌
	제주공항(7개소) 측정망6개소	도평동, 도두1동, 이호2동, 예원동, 용담1동, 용담2동, 성화마을
	울산공항(5개소)	농소, 상안, 서동, 남외, 만구
민간 균	김해공항(7개소)	만치, 중덕, 초선대, 배영초교옆, 염막, 동자, 신천
	대구공항(6개소)	지저동, 복현2동, 서변동, 용계동, 신평동, 방촌동
	광주공항(7개소)	우산동, 덕흥동, 차평동, 송대동, 본덕동, 신촌동, 송정동
	청주공항(6개소)	외남동, 신평리, 입상 1구, 덕일 APT, 신대2구, 한국 JCC
민간	인천국제공항 (9개소)	강화도, 장봉도(서), 장봉도(동), 모도, 시도, 신도, 무의도, 공항지역(북), 공항지역(남)

**3. 국내 항공기 소음 실태 조사 및 항공기 소음 평가 단위 상관관계 비교**

본 연구에서는 국내 공항 주변의 소음 실태조사를 위하여 환경부내에 조사되어지는 9개 지점의 지난 2년(2004~2005년)간의 자동측정망 결과 값 중 상관관계를 비교할 WECPNL, Ldn, NNI,  $Leq$ , 배경소음 등 5가지의 평가척도를 이용하였다.

**3.1 각 공항별 소음실태**

각 공항별 5가지의 평가척도의 평가 값을 다음과 같이 정리하였다.

Table 2. 국내 공항주변의 자동측정망 측정값

구분	$Leq$	WECPNL	Ldn	Ldn- 배경소음	배경소음	NNI
광주공항	64.9	77.0	65.9	64.3	64.3	43.1
김포공항	60.2	69.5	62.5	60.1	60.1	35.8
김해공항	61.9	72.0	63.1	61.3	61.3	39.2
대구공항	65.4	77.7	66.4	64.2	64.2	44.1
양양공항	55.5	62.2	59.1	56.9	56.9	23.9
여수공항	57.3	66.9	60.5	58.0	55.7	29.6
울산공항	60.3	67.5	63.2	60.7	59.3	29.7
제주공항	61.4	71.3	63.0	60.3	58.7	62.9
청주공항	63.4	74.3	64.0	60.6	59.2	40.7
포항공항	59.5	68.3	62.2	60.2	58.2	32.4
평균	60.9	70.6	62.9	60.6	59.7	38.1

각 공항주변의 자동측정망 분석 결과 WECPNL 80 초과지역은 없으나,  $Leq$  와 배경소음이 다소 높은 편으로, 공항 주변의 지역들이 평상시에도 소음도가 큰 것을 확인 할 수 있다.

3.2 항공기소음 평가 단위 상관관계 비교

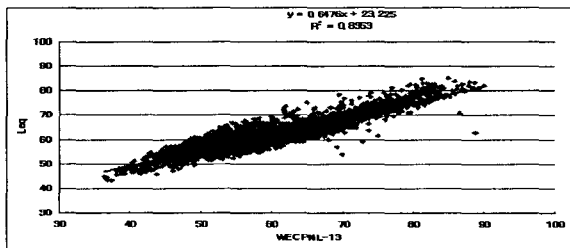
(1) Leq=WECPNL-13

Table 3. Leq=WECPNL-13의 상관관계<sup>(3)</sup>

구분	상관관계 R <sup>2</sup>	구분	상관관계 R <sup>2</sup>	구분	상관관계 R <sup>2</sup>
광주공항	0.88	포항공항	0.61	여수공항	0.44
대구공항	0.85	김포공항	0.70	울산공항	0.39
양양공항	0.86	김해공항	0.67	전체	0.83
청주공항	0.92	제주공항	0.63		

Table 3.에서 보듯이 Leq=WECPNL-13의 관계를 가장 만족하는 상관성이 가장 큰 지역은 광주, 대구, 양양, 광주공항인데 이곳들의 특징은 군+민간공항이며 항공기 운행에 따른 소음감지횟수가 많고 지속시간도 길다. 반대로 상관성이 아주 낮은 여수, 울산공항의 경우 운행회수가 평균 20회 미만 이어서 WECPNL 값과 Leq 값의 차이가 미비하여 상관성이 낮게 나타났다. 전체적인 상관관계를 비교 했을 때는 0.83으로 높은 상관관계를 보였으나, 이는 비교인자들의 수가 많아서 여수공항이나 울산공항의 측정값들이 큰 영향을 끼치지 못하는 것으로 보인다. 이러한 상관관계를 봤을 때 일반적으로 국내 전 공항에 일률적으로 WECPNL을 Leq로 환산 하는 것은 어려우나 상관관계가 큰 청주공항의 경우 적용 할 수도 있을 것으로 보인다.

Fig 1. Leq=WECPNL-13의 상관관계(n=12,900)



$$y = 0.6476x + 23.225$$

$$R^2 = 0.8353$$

(2) NNI-WECPNL의 상관관계

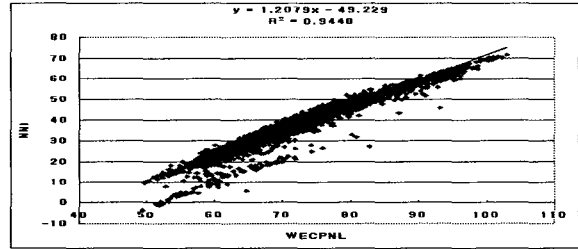
Table 4. NNI-WECPNL의 상관관계(n=12,791)

구분	상관관계 R <sup>2</sup>	구분	상관관계 R <sup>2</sup>	구분	상관관계 R <sup>2</sup>
광주공항	0.94	포항공항	0.86	여수공항	0.92
대구공항	0.97	김포공항	0.91	울산공항	0.50
양양공항	0.75	김해공항	0.97	전체	0.94
청주공항	0.97	제주공항	0.96		

국내의 WECPNL은 일본의 WECPNL식을 사용하는데 일본의 WECPNL은 PNL의 지속시간과 순음과

같은 특이음 등에 대한 보정 척도 값인 EPNL을 이용한다. 그리고 NNI의 경우 PNL값을 기본으로 한 평가단위 이므로, 두 소음평가 단위의 기본인자들이 비슷하여 WECPNL과 NNI의 상관관계는 아주 높은 평균 0.94의 상관관계를 보인다.

Fig 2. NNI-WECPNL의 상관관계(n=12,791)



$$y = 1.2079x - 49.229$$

$$R^2 = 0.9448$$

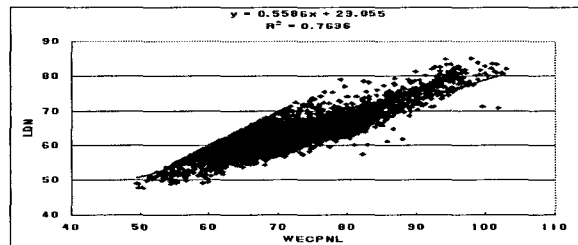
(3) Ldn-WECPNL의 상관관계

Table 5. Ldn-WECPNL의 상관관계(n=12,791)

구분	상관관계 R <sup>2</sup>	구분	상관관계 R <sup>2</sup>	구분	상관관계 R <sup>2</sup>
광주공항	0.81	포항공항	0.49	여수공항	0.35
대구공항	0.85	김포공항	0.62	울산공항	0.35
양양공항	0.79	김해공항	0.47	전체	0.76
청주공항	0.96	제주공항	0.47		

Ldn과 WECPNL과의 상관관계는 공항별로 편차가 크지만 대체적으로 상관관계가 있는 0.76을 나타내었다. 또한 앞서 비교한 Leq=WECPNL-13과 같이 광주공항, 대구공항, 양양공항, 청주공항 등의 4곳의 지역에서 상당히 높은 상관관계를 보였는데, 이 역시 앞서 살펴 본 것과 같이 운행횟수와 지속시간의 기인한 것으로 분석된다.

Fig 3. Ldn-WECPNL의 상관관계(n=12,791)



$$y = 0.5586x + 23.055$$

$$R^2 = 0.7636$$

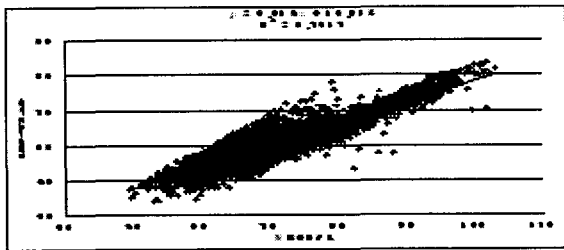
(4) (Ldn-배경소음)-WECPNL의 상관관계

Table 6. (Ldn-배경소음)-WECPNL의 상관관계

구분	상관관계 R <sup>2</sup>	구분	상관관계 R <sup>2</sup>	구분	상관관계 R <sup>2</sup>
광주공항	0.85	포항공항	0.49	여수공항	0.40
대구공항	0.90	김포공항	0.56	울산공항	0.42
양양공항	0.75	김해공항	0.57	전체	0.79
청주공항	0.92	제주공항	0.60		

Ldn은 주간평균소음임으로 이에 배경소음을 제한 소음 값으로 WECPNL과 비교하여보았다. 가정과는 달리 평균적으로는 큰 변화가 없었으나, 특이한 점은 앞서 살펴본 4곳의 상관관계 수치가 대구공항을 제외 하곤 낮아졌으며, 김해공항과 제주공항은 다소 상당히 높아졌다. 이에 대해서는 특별한 패턴이 발견되지 않아 향후 연구과제로 남기겠다.

Fig 4. (Ldn-배경소음)-WECPNL의 상관관계



$$y = 0.615x + 16.612$$

$$R^2 = 0.7917$$

#### 4. 결론

현재 각 나라별 항공기 소음 범규는 각 나라의 실정에 맞게 사용되고 있으며, 그에 따른 토지이용 규제 지역 및 기준치가 서로 다른 상황이다. 그러면서도 각 나라에서는 가장 항공기 소음과 상관관계가 인간의 성가심의 가장 가까운 평가척도를 표시 할 수 있는 단위를 제안하고자 노력하고 있다. 이에 현재 국내에서 사용하고 있는 WECPNL과 미국 등에서 사용하는 Ldn, 그리고 영국의 NNI을 가지고 각각의 상관관계를 비교하였다.

자동측정망 측정결과의 분석 결과 국내 항공기 소음 평가단위의 특징 및 외국의 소음평가단위의 상관관계는 다음과 같다.

1) 자동측정망 측정값 결과 국내 항공기소음 평가단위인 WECPNL은 전체 평균 70.6으로 WECPNL80을 초과하지는 않았지만, 각 공항별 지점으로 보면 초과 지역이 있는 것으로 나타났다. 또한, Leq값이 60.9dB로 상당히 높게 나타나 공항주변이 고소음지역임을 보여 주고 있다. 그리고 국내에서도 WECPNL을 Leq로 변환하는 Leq=WECPNL-13의 식이 다소 상관관

계가 있는 것으로 나타났으며, 특히 청주공항의 경우 0.92의 상관관계로 상당히 높은 수치를 보였다. NNI-WECPNL의 경우 평가단위 인자(PNL)의 상호연관성으로 평균 0.94라는 아주 높은 상관관계를 보여주었다. 국내 소음평가단위인 Ldn과 외국의 평가단위인 WECPNL의 상호비교의 경우 평균 0.76으로 보통 이상의 상관관계를 보였으나, 이를 가지고 범규에 적용하기에는 무리라고 생각되어진다. 이에 추가적으로 비교한 Ldn에서 배경소음을 제한 측정값과 WECPNL의 경우 가정했던 것보다는 다소 적은 0.79의 상관관계를 보였다.

2) 분석결과 값에서 공통된 점은 청주공항의 경우 모든 관계에서 0.92~0.97의 아주 높은 상관관계를 보였는데, 이는 군용 및 민간공항으로서 항공기 운행횟수 및 지속시간이 많은 것으로 판단되어진다. 이외에 다른 인자는 좀 더 연구를 진행하여야 할 것으로 판단되어진다.

3) 이러한 연구를 위해서는 현행 환경부 항공기 자동측정망 측정값들의 평가단위 및 비행정보등이 재검토 되어야 하는데, 이러한 인자로는 L<sub>Amax</sub>, EPNL, SEL등의 평가단위 및 각 공항별 항공기 운항경로에 따른 측정지점의 재배치와 항공기 고도 등의 비행정보가 필요하며, 이들 인자를 고려하여 자동측정망을 이용한 국내 항공기 소음 실태가 최적의 조건에서 정확히 이루어지도록 해야 할 것이다.<sup>(6)</sup>

#### 후 기

본 연구는 과학재단 특정기초과제 "폭발성 충격소음의 특성 및 전파 시뮬레이션과 위해성 분석"(R01-2006-000-10301-0)를 수행하면서 얻어진 결과이며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

- (1) 김수인, 1998, "항공기소음 측정 평가", 한국소음진동공학회지 제8권 제1호, p37
- (2) Hisashi Yoshioka, Ichiro Yamada, 2004, Consideration to noise index for evaluating airportnoise in Japan , inter-noise 2004
- (3) Z. Maekawa, 1994, Environmental and Architectural, E & FN SPON, p.323
- (4) 이준호, 2005, "dB(A)에 의한 WECPNL과 ICAO WECPNL과의 비교", 한국항공진흥협회, p.104
- (5) 정일록외, 2004, "최신 소음진동-이론과 실무", 신광문화사, p.48~50
- (6) 이주엽 외, 2003, 자동측정망 데이터를 이용한 국내 항공기 소음 실태조사, 대한건축학회 학술대회는문발표집 제23권 1호 p637~640