

## 항공기 소음 환경 기준 설정을 위한 연구

### A Study on the Establishment of the Environmental Noise Criteria for Aircraft

김선우† · 장길수\* · 이수갑\*\* · 송민정\*\*\* · 장세명\*\* · 전지현\*\*\*\* · 안병옥\*\*\*\*

Sun-Woo Kim, Gil-Soo Jang, Soo-Gab Lee, Min-Jeong Song, Se-Myong Chang, Ji-Hyun Jeon and Byung-Og Ahn

(2001년 10월 27일 접수 ; 2002년 4월 24일 심사완료)

**Key Words** : Aircraft Noise(항공기 소음), Environmental Noise Criteria(소음환경기준),  $L_{eq}$ (등가소음레벨),  $L_{dn}$ (주야등가소음레벨),  $WECPNL$ (가중등가감각소음레벨)

#### ABSTRACT

Rating scales for environmental noise are varied in their calculation procedure. Among them  $WECPNL$ (weighted equivalent continuous perceived noise level) is the rating scale for aircraft noise currently being used in domestic and applied only for aircraft noise. However  $L_{dn}$  calculated from  $L_{eq}$  is used as a rating scale for not only aircraft noise but also environmental noise. Besides, it is easy to calculate and internationally preferred. It is, therefore, not adequate for the evaluation of residents' exposure. Moreover, it is very difficult to measure the aircraft noise by  $WECPNL$  due to the complicated calculating procedures if automatic measuring system is not used. Accordingly, this study aims to propose alternative evaluation procedure for the aircraft noise. To achieve this purpose, the data measured by automatic measuring system were gathered and calculated with three evaluation procedures :  $WECPNL$ ,  $L_{eq}$  and  $L_{dn}$ , and the results calculated from different methods were compared and analyzed.

#### 기호 및 약어 설명

**ANSI** : 미국규격협회(American National Standards Institute)

**CDA** : 캘리포니아주정부

**CNEL** : 지역소음등가레벨(Community Noise Equivalent Level)

† 책임저자, 정회원, 전남대학교 건축학과  
E-mail : swk@chonnam.ac.kr

Tel : (062) 530-1635, Fax : (062) 530-0780

\* 정회원, 동신대학교 건축학과

\*\* 정회원, 서울대학교 기계항공공학부

\*\*\* 정회원, 전남대학교 공업기술연구소

\*\*\*\* 정회원, 전남대학교 대학원

**DOD** : 미국방성(Department of Defense)

**DOT** : 미운송국(Department of Transportation)

**ECPNL** : 등가감각소음레벨(Equivalent Continuous Perceived Noise Level)

**EPA** : 미환경보호청(Environmental Protection Agency)

**FAA** : 미연방항공국(Federal Aviation Administration)

**HUD** : 미주택·도시개발국(Department of Housing Urban Development)

**ICAO** : 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization)

$I_p$  : Psophic 지수(프랑스 항공기 소음 평가 지수)

$Ke$  : Kosten 단위(네덜란드 항공기 소음 평가 지수)

$L_{den}$  : 낮·저녁·밤 소음도(Day-Evening-Night Level)

- $L_{dn}$  : 주야등가소음레벨(Day-Night Average Sound Level)
- $L_{eq}$  : 등가소음레벨(Equivalent Sound Level)
- $L_r$  : 평가소음레벨(Rating Sound Level)
- NEF : 소음폭로예측(Noise Exposure Forecast)
- WECPNL : 가중등가감각소음레벨 (Weighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)

## 1. 서론

현재 국내 환경오염 피해진정 건수 중 소음·진동 관련 민원은 60% 정도로, 그 중 항공기 소음으로 인한 민원은 인천국제공항의 개항과 무안국제공항의 착공으로 인해 지속적으로 증가할 것으로 보여진다.

항공기 소음의 평가 물리량인 WECPNL은 한국, 일본에서만 사용하고 있는 평가척도로서 전세계적인 추세로는  $L_{eq}$ 에 기반을 둔 평가척도를 채용하는 방향으로 나아가고 있다.

이는 공항 주변 환경이 항공기 소음만의 영향을 받는 것이 아니라 도로 교통 소음, 철도 소음 그리고 생활 소음 등의 복합적인 소음에 의해 영향을 받게되므로 이의 평가를 위해서는 항공기 소음만을 평가하기 위해 만들어진 WECPNL보다는  $L_{dn}$ 과 같이 생활 전반적인 소음 수준을 평가할 수 있는 평가척도를 사용하는 것이 더 바람직하기 때문인 것으로 사료된다.

이에 본 연구에서는 국내 항공기 소음 평가 척도로 사용되고 있는 WECPNL과  $L_{eq}$ ,  $L_{dn}$  등 3가지 평가척도를 사용하여 우리 나라 공항 주변의 소음 실태를 조사·분석한 후 항공기 소음 평가를 위한 적정 환경 기준안을 제시하는데 목적을 두고자 한다.

## 2. 항공기 소음 평가 방법 및 기준

### 2.1 국내 소음 평가 척도

국내 실태 조사에서 적용되어진 세 가지 평가 척도를 살펴보면 다음과 같다.

#### (1) WECPNL

ICAO가 1971년에 공포한 Annex 16 Aircraft Noise<sup>(1)</sup> 중에서 다수의 항공기에 의해 장기간 연속

폭로된 소음 척도로서 제안된 것으로, ECPNL에 소음 발생 시각 및 계절에 대한 보정을 가한 것이다.

WECPNL은 야간에 발생하는 항공기 소음에 대해서 큰 가중치를 부과한 것이 특징이며, 국내에서 사용되고 있는 식은 대폭적으로 단순화한 간략식<sup>(2)</sup>으로 다음과 같다.

$$WECPNL \approx \overline{dB_A} + 10 \log N - 27 \quad (1)$$

여기서,  $\overline{dB_A}$ 는 이·착륙하는 항공기마다 1일 단위로 계산한 당일 평균 최고 소음레벨로서 1일 중의 항공기 소음측정횟수  $n$ 과  $i$ 번째 통과한 항공기의 최고소음레벨  $L_i$ 를 이용해서 다음과 같이 산정한다.

$$\overline{dB_A} = 10 \log \left[ \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \right] \text{ dB(A)} \quad (2)$$

또한  $N$ 은 발생시간에 대해 가중치를 반영한 항공기 운항 지수로서

$$N = N_1 + 3N_2 + 10N_3 \quad (3)$$

-  $N_1$  : 주간(07:00 ~ 19:00)의 운항 횟수

-  $N_2$  : 석간(19:00 ~ 22:00)의 운항 횟수

-  $N_3$  : 야간(22:00 ~ 07:00)의 운항 횟수

이다.

#### (2) $L_{eq}$

$L_{eq}$ 는 변동하는 소음의 에너지 평균레벨로서 등에너지 가설에 입각하고 있다. 등에너지 가설이란 2개의 소음에너지가 같을 때 양자의 심리적·생리적 영향도 같다고 하는 가설로써, 이 가설에 따르면 계속 시간이 2배로 되는 것과 피크 레벨이 3dB 상승하는 것은 동등한 효과를 가진다.

이러한 가정 하에 각 측정 일의 24시간 등가소음레벨은 다음과 같이 구한다.

$$L_{eq}(A) = 10 \log \left[ \frac{1}{24} \left( \sum_{n=1}^{24} 10^{\frac{L_{eqn}}{10}} \right) \right] \quad (4)$$

여기서  $L_{eqn}$ 은 1시간 등가소음레벨(dB)이며,  $n$ 은 1, 2, 3, ... 24이다.

#### (3) $L_{dn}$

$L_{dn}$ 은 현재 미국에서 사용되고 있는 항공기 소음 평가 단위중의 하나로, EPA(1973~1974)에 의하여 제안되었으며 같은 레벨의 소음이라도 주간보다 야간에 더욱 불쾌하게 느낀다는 것을 감안하여 야간에 10dB의 벌칙을 부과하여 구한 하루 동안의 주야등가소

음레벨로서 다음과 같이 산정한다.

$$L_{dn} = 10 \log \left[ \frac{1}{24} (15 \times 10^{0.1L_d} + 9 \times 10^{0.1(L_n + 10)}) \right] \quad (5)$$

여기서  $L_d$ 는 주간(07:00-22:00) 동안의  $L_{eq}$ 이고,  $L_n$ 는 야간(22:00-07:00) 동안의  $L_{eq}$ 이다.

국제 표준화 기구에서는 저녁 시간대의 소음에는 5 dB을, 야간시간대의 소음에는 10 dB의 보정값을 가하도록 권장하고 있으며,  $L_{dn}$ 은 이와 같은 방법으로 보정한 소음을 24시간 평균한 등가소음레벨이다.<sup>(3)</sup>

### 2.2 평가 척도의 비교<sup>(4)</sup>

현재 ICAO에서 권장하고 있는 항공기 소음평가량은 *WECPNL*이다. 이 단위는 항공기 소음에 노출되는 주민의 반응을 객관적으로 나타낼 수 있어서 공항 주변 소음평가에 적절하다는 인정을 받고 있다. 이 같은 장점에도 불구하고 현재 세계적으로 *WECPNL*를 쓰는 나라는 우리나라와 일본 뿐이다. 미국을 비롯한 유럽의 대부분 국가들은 이미  $L_{dn}$ 을 사용하고 있고 다른 평가척도를 사용하는 영국 등의 국가도 앞으로  $L_{dn}$ 으로 바꿀 준비를 하고 있다.

$L_{dn}$ 을 선호하는 이유는 *WECPNL*이 가지는 표면적인 장점에도 불구하고, 일선 소음행정에 종사하는 사람들이 그 근본 뜻을 이해하기가 쉽지 않다는데 있다. 즉 청감보정 소음도인 dB(A)나  $L_{eq}$  등 비교적 단순한 개념의 단위에 익숙해온 사람들이 새롭고 복잡한 개념의 단위를 기피하는 경향이 있기 때문이다.

또한 세계적으로 대부분의 큰 공항들이 도로소음과 각종 생활소음이 혼재하는 지역에 둘러싸여 있기 때문에 항공기 소음을 이들 다른 환경소음과 분리하여 취급하는 것이 무의미하기 때문이다. 즉, 공항주변 도로지역 주거지의 환경 소음은 항공기 소음과 교통소음을 동시에 다루기 때문에 두 경우의 소음 평가단위가 다르게 되면 그 주거지 전체의 소음 문제를 적절히 평가할 수 없게 된다. 따라서 *WECPNL*은 공항 주변의 항공기 소음을 객관적으로 평가할 수 있는 가장 이상적인 단위임에도 불구하고 현실적인 적용상의 어려움 때문에 이용을 기피당하고 있는 실정이다.

반면에  $L_{dn}$ 은 비교적 단순하고 사용하기 편하다. 항공기 소음 평가단위로  $L_{dn}$ 을 사용하면 편할 뿐만

Table 1 Criteria for aircraft noise of each country

Country	Noise index	Criteria		Description
		Values according to the noise index	$L_{Aeq}$ (24h) in dB	
Australia	NEF	< 20	< 53	Possible to dwell Needs noise control for building residence Prohibition of building residence
		20~25	53~58	
		25 <	58 <	
Canada	NEF	≤ 25	≤ 57	Possible to dwell Needs noise control for building residence Prohibition of building residence
		28~30	60~62	
		35 <	68 <	
Denmark	$L_{den}$	≤ 55	≤ 51	Possible to dwell Needs noise control for building residence Support noise control to Copenhagen airport
		55 <	51 <	
		60 <	56 <	
France	$I_p$	< 84	< 62	Possible to dwell Needs noise control for existing residence
		84~89	62~71	
Germany	$L_{eq}$ (24h)	< 62	< 62	Housing possible Noise control for residence (sound insulation performance > 40 dB) Support noise control for existing residence prohibition of building residence (sound insulation performance > 45 dB)
		67~75	67~75	
		75 <	75 <	
England	$L_{eq}$ (24h)	≤ 57	≤ 55	Possible to dwell Needs noise control for building residence Rigid restriction of residence building Prohibition of building residence Sound insulation plan at London airport
		57~66	55~64	
		66 <	64 <	
		72 <	70 <	
Netherland	$K_e$	69 <	67 <	
		≤ 35	≤ 50	Possible to dwell Generally prohibition of developing residential land Generally prohibition of building residence Support noise control for existing residence (sound insulation performance : 30~35 dB) Support noise control for existing residence (sound insulation performance : 30~40 dB)
		35 <	50 <	
40 <	53 <			
		40~50	53~60	
		50~55	60~64	

Japan	WECPNL	< 70 85 <	< 57 72 <	Possible to dwell Needs noise control (indoor noise level ≤ 65 WECPNL)
Newze-land	$L_{dn}$	≤ 55 55~65 65 <	≤ 52 52~62 62 <	Possible to dwell Needs noise control for building residence Prohibition of building residence
Norway	NEF	≤ 60 60 < 60~70	≤ 55 55 < 55~65	Possible to dwell Prohibition of building residence Needs noise control (indoor noise level < 35 NEF)
Switzer-land	$L_r$	45 < 45~55	62 < 62~72	Prohibition of building housing Suppor tnoise control - Sound insulation per- formance of wall > 50 dB - Sound insulation per- formance of window > 35 dB
America	$L_{dn}$	≤ 65 65~70 70~75 75 <	≤ 62 62~67 67~72 72 <	Possible to dwell Generally prohibition of developing residential land (sound insulation perfor- mance > 25 dB) Rigid restriction of devel- oping residential land (sound insulation perfor- mance > 30 dB) Prohibition of developing residential land
Korea	WECPNL	< 80 80~95 95 <	< 67 67~82 82 <	Possible to dwell Noise control for existing residence, restriction of building residence Moving, prohibition of building residence

아니라 항공기 소음을 다른 환경소음과 동일한 차원에서 비교 평가할 수 있는 장점이 있다. 또한  $L_{dn}$ 을 사용함으로써 주민들은 항공기 소음에 대한 피해 정도를 이미 익숙해져 있는 다른 환경소음과 비교할 수 있고, 피해보상이나 토지이용 규제 시행 등을 위한 공항관리측과 협의시 서로의 의사를 입증하는데 활용될 수 있다.

### 2.3 각 국의 항공기 소음 관련 기준

Table 1<sup>(5)</sup>은 12개 주요 환경 선진국과 국내의 항공기 소음에 대한 규제기준 또는 권고 내용을 도표화한

**Table 2** Construction restriction criteria for facility (relating to article 274 of aviation law enforcement regulations)

Facility	(WECPNL) noise value	Area damaged by the airport noise		Anticipated to be amaged by the airport noise
		type 1	type 2	type 3
Facility		Above 95	Above 90 Below 95	Above 80 Below 90
Facility for residence	Prohibition of building, extension and reconstruction		<ul style="list-style-type: none"> <li>Prohibition of building</li> <li>Permission of reconstruction and extension below the terms of soundproofing</li> </ul>	Permission of reconstruction and extension below the terms of soundproofing
Facility for education and medicine	Prohibition of building, extension and reconstruction		<ul style="list-style-type: none"> <li>Prohibition of building</li> <li>Permission of reconstruction and extension below the terms of soundproofing</li> </ul>	Permission of reconstruction and extension below the terms of soundproofing
Public facilities	Prohibition of building, extension and reconstruction		<ul style="list-style-type: none"> <li>Prohibition of building</li> <li>Permission of reconstruction and extension below the terms of soundproofing</li> </ul>	Permission of reconstruction and extension below the terms of soundproofing
Factory, storehouse and transportation facilities	Permission of facilities related to airport management			Permission of building, extension and reconstruction for facilities not related to aircraft noise

것으로 주택 신축, 기존 주택 방음 시설, 택지 개발 계획에 관계된 내용들을 나타내고 있다.

이 표에서 보는 바와 같이 국가마다 항공기 소음 평가 척도(소음 지수)가 달라서 상대적으로 비교하기가 곤란하나 근사식( $WECPNL \approx L_{eq}(24h) + 13$ )에서 1일 비행 운항의 90%는 07:00시와 22:00시 사이, 10%는 22:00시와 07:00시 사이에 발생하고, 1일 200대가 비행한다고 가정하여 24시간 등가소음레벨  $L_{eq}(24h)$ 로 대략 환산하여 비교한 것으로 대개는 우리나라 항공기 소음 기준보다 더 낮게 설정되어 있음을 확인할 수 있다.<sup>(6)</sup>

국내에서는 항공기 소음을 소음·진동 규제법(환경부 제정)과 항공법(건설부 제정)으로 규제하고 있으며, 항공법 시행규칙 제274조에서는 Table 2<sup>(7)</sup>와 Table 3<sup>(8)</sup>에 나타난 바와 같이 시설물 용도제한 및 설치제한 기준을 제시하고 있다.

**Table 3** Use restriction criteria for facility (relating to article 274 of aviation law enforcement regulations)

Zone	Category of area	Noise value (WECPNL)	CRestricted zoning
Area damaged by the airport noise	Type 1	Above 95	1. Buffer green zone (safety zone of taking off and landing) 2. Permission of facilities related to airport management
	Type 2	Above 90 Below 95	1. Exclusive industrial district 2. Common manufacturing zone 3. Green zone 4. Permission of building, extension and reconstruction for facilities not related to aircraft noise
Anticipated to be damaged by the airport noise	Type 3	Above 80 Below 90	1. Semi-industrial zone 2. Commercial zone 3. Soundproofing obligatory zone

### 3. 미국, 일본, 한국의 항공기 소음 환경 기준

#### 3.1 미국

미국의 항공기 소음 기준은 연방 정부에서 정책 및 방향 제시만을 하고 실제 규제 대상, 규제 방법, 규제 기준은 각 주 정부나 시에서 적절히 조정하여 시행하고 있다.

**Table 4** Environmental criteria for aircraft noise in America (residential zone)

Organization	Applied noise	Restriction criteria		
		Index	Restriction value (dB)	Restriction contents and basic reason
EPA (1972)	All noises	$L_{dn}$	55	Criteria for maintaining health (considering safety error by 5%)
FAA - DOT	Aircraft noise	$L_{dn}$	Less 65	Criteria based on public dissatisfaction (almost nearly no dissatisfaction)
			Above 65	Dissatisfaction
HUD (1971)	Aircraft noise	$L_{dn}$	Less 65	Generally possible to accept
			Above 65	Ordinarily impossible to accept
HUD (1979~80)	Aircraft noise, road traffic noise	$L_{dn}$	Less 65	Permission
			Above 65	Generally possible to accept
Joint Federal Agencies (1980)	Aircraft noise, road traffic noise	$L_{dn}$	Less 55	Possible to accept
			55~65	Partially possible to accept
			Above 65	Impossible to accept
CDA (1971)	Aircraft noise	CNEI	Less 65	Possible to accept
			Above 65	Impossible to accept
ANSI (1980)	Aircraft noise	$L_{dn}$	Less 55	Possible to accept
			55~65	Partially possible to accept
			Above 65	Impossible to accept

FAA, DOD 및 HUD는 연방 정부 소속으로 NEF와  $L_{dn}$ 을 평가량으로 사용하고, 캘리포니아 주정부의 경우 *CNEL*을 사용하여 실내 소음값을 평가하고 있으며, 자세한 사항은 Table 4<sup>(9)</sup>에 나타낸 바와 같다.

### 3.2 일본

기존의 '공해 대책 기본법(1974년)'을 보완해 '항공기 소음에 관한 환경 기준에 대하여(1973년 12월)'에서 Table 5<sup>(10)</sup>와 같은 환경 기준을 설정하여 시행해 오고 있다.

**Table 5** Environmental criteria for aircraft noise in Japan(article 154 of notification of japanese environmental ministry, 1993)

Region	Criteria value ( <i>WECPNL</i> )	Contents
1	Below 70	Exclusive residential district
2	Below 75	Zone except for 'region 1' where needs to preserve common life

**Table 6** Present evaluation criteria for aircraft noise(guide of environment impact assessment)

Rank	<i>WECPNL</i>	Zone applied
i	Below 70	Residential zone, tourist zone, environmental conservation zone, school zone, hospital
ii	70~75	Zone partially needed soundproofing of building for residential zone, hospital and school etc.
iii	75~80	Zone necessary to soundproof building for commercial zone, semi-industrial zone, housing hospital and school etc.
iv	80~90	Possible to build only for the facilities without relation to noise with industrial zone, parking lot, storehouse, and farm etc. for the case of other use zone necessary to soundproof existing facilities
v	Above 90	Exclusive airport zone, facilities related to airport management

### 3.3 한국

Table 6<sup>(11)</sup>에 나타낸 것은 환경부에서 발표한 환경영향 평가 작성 지침으로 일종의 환경 기준의 성격을 대신하고 있다. 상기 지침에서는 공항 주변 인근지역은 90 *WECPNL* 이하, 기타 지역은 80 *WECPNL* 이하로 규정하고 있다.

### 4. 국내 항공기 소음 실태 조사 및 환경기준 제시

국내 공항 주변의 소음 실태 파악과 *WECPNL* 기준이 어느 정도로 평가되고 있는지를 살펴보고자 지난 2년(98~99년) 동안 국내 항공기 소음 자동측정망에 의해 측정된 값을 *WECPNL*,  $L_{eq}$ ,  $L_{dn}$  등 3가지 평가척도로 나타내었다.

소음 실태 조사의 대상으로 선정된 공항 중 A 공항, B 공항, C 공항은 민간 공항(국내선, 국제선 겸

**Table 7** Numbers and positions of measuring points (in : km)

Measure point Airport	1P	2P	3P	4P	5P	
A	2.5	1	3.5	2.5	7	
	6P	7P	8P	9P	10P	11P
1	6.6	2.5	Side direction 1	Side direction 1.5	3.4	
Measure point Airport	1P	2P	3P	4P	5P	6P
B	0.75	2	4	2	3.5	-
C	3	Side direction 1	7.5	1.8	1	0.5
D	0.6, Right side direction 0.6	2.3, Left side direction 0.1	3, Right side direction 0.9	1.5	3.7, Right side direction 0.1	Right side direction 0.3
E	1.4, Left side direction 0.3	3.8, Left side direction 0.3	3, Right side direction 0.9	1.5	3.7, Right side direction 0.1	Right side direction 0.3

\* Distance(km) : Distance from the end of a runway

용)이며, D 공항, E 공항은 민간 공항(국내선)과 군용 공항의 기능을 함께 겸용하고 있다.

각 공항별 소음 측정 위치는 Table 7에 나타나 있다.

#### 4.1 국내 항공기 소음 실태

국내 공항별 항공기 소음에 대한 소음도 실태조사 결과는 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 1은 평균 소음도가 *WECPNL* 80 이상으로 항공기 소음에 의한 피해가 예상되는 지역에 해당한다. 이러한 지역은 전체 35 곳의 측정점 중에서 10곳이 해당되며, 본 논문에는 각 공항별로 한 곳씩 예를 들어 나타내었다. Fig. 2는 소음피해예상지역으로 분류되는 10곳을 제외한 나머지 25곳에 해당되는 지역에서의 소음실태조사 결과로서 평균 소음도가 *WECPNL* 80 미만이다.

Fig. 1의 공항별 각 측정위치들은 *WECPNL* 80 이상인 측정지점 중 한 곳으로, Table 2와 Table 3에 나타난 국내 항공법 시행규칙을 적용하였을 때 3종 소음피해예상지역으로 분류되는 곳으로서 준공업지역, 상업지역, 방음시설 의무화 지역으로만 용도가 제한되며 방음시설 시공을 조건으로 증·개축이 허가 된다.

또한 측정된  $L_{dn}$  값을 Table 1의 미국 FAA 규제기준에 적용하였을 때 일반적으로 택지개발이 금지되거나, 택지개발이 엄격하게 제한되는 지역으로 분류되며, 우리나라와 동일한 평가척도를 사용하고 있는 일본의 기준에 적용할 경우에도 주거지역에서의 방음대책이 필요한 지역으로 분류된다.

Fig. 2에 나타난 결과들은 *WECPNL* 80 미만인 측정지점 중 한 곳에서의 결과로서, 항공법 시행규칙에 적용할 경우 소음의 피해가 없는 지역으로 분류되지만, 측정된  $L_{dn}$  값을 FAA 규제기준에 적용하였을 때는 Fig. 1에 나타난 측정지점과 마찬가지로 택지개발이 금지되거나, 택지 개발이 엄격하게 제한되는 지역으로 분류되며, 일본의 기준에 적용할 경우에도 방음 대책이 필요한 주거지역으로 분류된다.

각 공항의 평가 척도별 평균 소음도는 Fig. 3과 같고, 5개 공항의 평가 척도별 평균 소음도를 전체 평균하면 국내 공항 주변의 항공기 소음도가 *WECPNL*은 76.7(68.2~80.3),  $L_{eq}$ 는 66.6 dB(62.5~69.3 dB),  $L_{dn}$ 은 66.0 dB(61.6~68.9 dB)임을 알 수 있다.

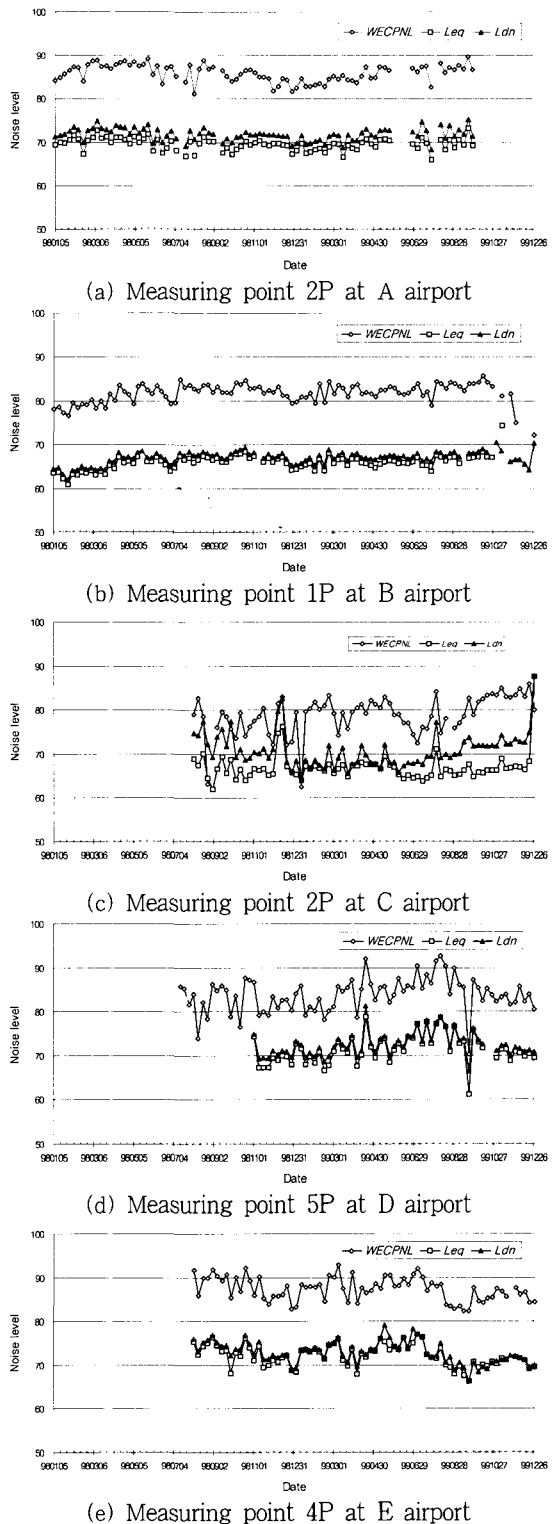


Fig. 1 Measuring points above 80 *WECPNL* at each airport

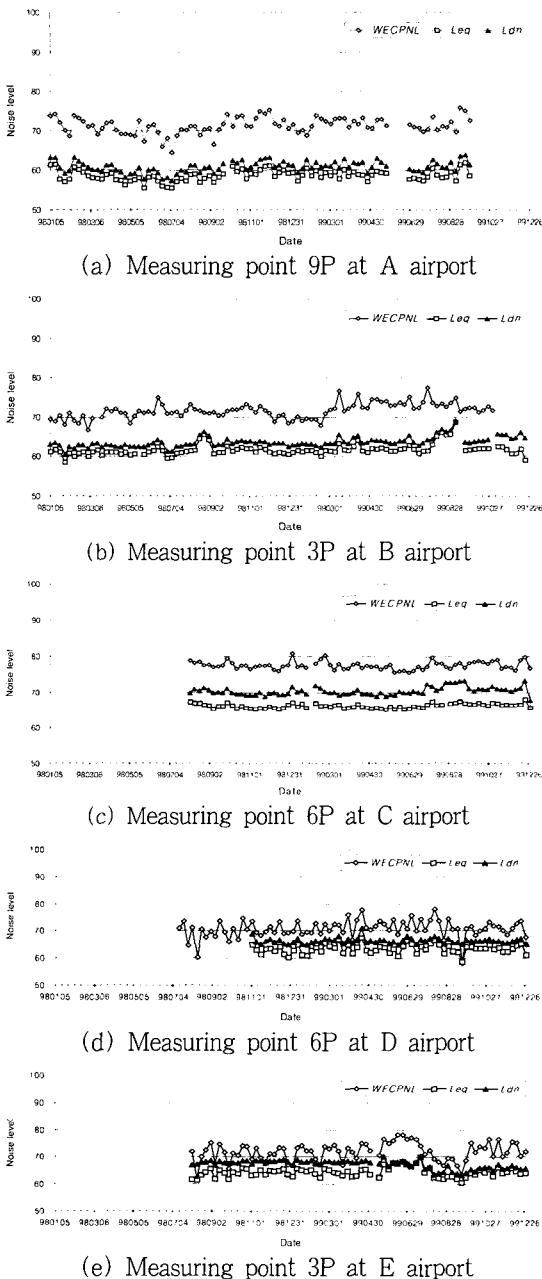


Fig. 2 Measuring points below  $WECPNL$  80 at each airport

항공기 소음의 특성상 공항 주변의 소음 평가는 주로 이·착륙 시 발생하는 소음이 문제가 되므로 항공기의 이·착륙 회수 및 시간대 등이 함께 고려되어야 한다.

Fig. 3에서 민항기만 운행되는 공항(A, B, C 공항)의 경우 C 공항이 가장 낮은 소음도를 나타내고 있

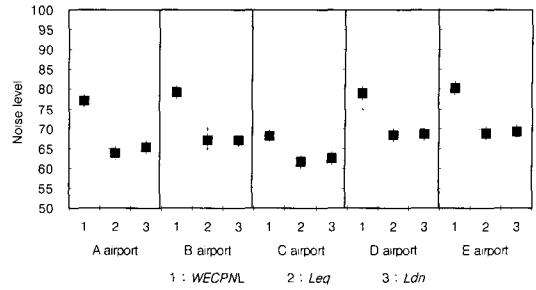


Fig. 3 Noise level by evaluation metrics at each airport

다. 이는 다른 두 공항(A, B 공항)과 비교하였을 때 전체 항공기 운행 회수와 야간(22:00~07:00)에 운행되는 항공기의 수가 적기 때문인 것으로 판단된다.

또한 군사 공항을 겸하고 있는 D 공항과 E 공항의 소음도가 항공기 운행 회수가 많은 다른 공항(A, B, C 공항)보다 높게 나타나는 원인은 군용기 운행에 따른  $WECPNL$  평가치의 차이가 최대 20에 이르기 때문이다.<sup>(12)</sup>

#### 4.2 측정 척도별 소음차 비교

현재  $WECPNL$ 은 일본과 우리 나라에서만 사용하고 있는 평가척도로 여러 선진국에서는  $L_{dn}$ 을 사용하고 있거나 사용 검토 중에 있다. 우리 나라의 항공기 소음 적용 기준은 일본의 개정전 적용기준과 같은 수준으로<sup>(13)</sup> 환경기준으로는 환경부에서 발표한 환경영향지침서에 제시된 기준인  $WECPNL$  70만이 권장되고 있는 실정이다. 따라서 종합적인 소음 환경을 평가할 수 있는  $L_{dn}$ 의 사용 고려를 위해 5개 공항의 소음 측정에 사용되었던 3가지 평가 척도간의 소음값 차이를 분석하고 그 결과를 Table 8에 나타내었다.

Table 8에서  $WECPNL - L_{dn}$ 값을 살펴보면 A 공항의 3번 측정점에서의 최대값(23.4)과 최소값(2.4)의 소음차가 21인 반면, 5번 측정점의 최대값(14.2)과 최소값(9.1)의 소음차는 5.1로 동일 공항일지라도 측정 위치에 따라 심한 편차를 나타내고 있다.

이러한 결과는  $WECPNL - L_{eq}$ 값에서 유사하게 나타나고 있으며,  $L_{dn} - L_{eq}$ 값에서도 편차는 작지만 유사한 패턴으로 나타나고 있다. 이렇듯 측정 위치에 따라 평가 척도간의 소음차가 다르게 나타나는 원인은 공항의 활주로를 축으로 하는 길쭉한 타원형 영역에 대해서 등소음곡선을 그릴 수 있다는 선행연구<sup>(14)</sup>



Table 8 Differences among evaluation metrics at each airport

Airport	WECPNL- $L_{dn}$			WECPNL- $L_{eq}$			$L_{dn}$ - $L_{eq}$			
	max	min	avg	max	min	avg	max	min	avg	
A	1	17.6	8.4	15.2	20.1	8.9	17.4	3.3	0.5	2.2
	2	16.8	10.1	14.0	19.0	12.1	16.3	3.7	1.5	2.3
	3	23.4	2.4	9.4	23.8	4.0	10.8	2.5	0.4	1.5
	4	12.8	3.1	8.3	15.4	5.5	10.3	3.2	1.5	2.0
	5	14.2	9.1	11.8	16.3	7.7	13.7	2.5	0.7	2.0
	6	16.7	10.6	13.7	18.7	12.4	16.1	3.3	1.4	2.4
	7	14.1	7.4	11.0	16.0	8.4	12.7	3.0	1.2	1.7
	8	22.7	5.9	16.8	24.1	9.5	18.9	4.1	1.1	2.0
	9	12.5	6.1	10.4	15.4	4.6	12.5	3.4	1.6	2.2
	10	16.6	1.7	7.7	18.6	2.7	9.7	4.2	1.0	2.1
	11	16.8	8.9	12.4	18.6	1.3	14.0	3.1	1.1	1.7
<b>Avg.</b>	<b>16.7</b>	<b>6.7</b>	<b>11.9</b>	<b>18.7</b>	<b>7.0</b>	<b>13.9</b>	<b>3.3</b>	<b>1.1</b>	<b>2.0</b>	
B	1	16.8	1.9	14.6	17.6	6.1	15.7	2.1	0.1	1.0
	2	20.8	5.2	8.5	22.7	6.8	10.6	4.6	0.3	2.4
	3	19.0	4.8	8.5	38.9	5.5	10.7	2.8	0.4	1.8
	4	18.3	1.6	12.3	16.0	1.7	13.4	3.0	0.1	1.2
	5	15.0	2.8	12.5	17.3	2.8	13.8	4.6	0.1	1.6
	6	21.2	1.7	17.7	22.4	1.3	17.9	4.5	0.1	0.8
<b>Avg.</b>	<b>18.5</b>	<b>3.0</b>	<b>12.4</b>	<b>22.5</b>	<b>4.0</b>	<b>13.7</b>	<b>3.6</b>	<b>0.2</b>	<b>1.5</b>	
C	1	12.2	1.8	5.3	10.7	1.0	3.2	9.7	2.0	8.8
	2	18.8	1.2	8.9	21.8	5.0	12.1	8.6	1.2	4.7
	3	-	-	-	7.9	1.0	4.8	8.8	6.5	7.9
	4	13.1	1.0	3.9	19.0	1.0	4.1	9.1	4.5	6.7
	5	6.4	1.5	3.3	12.2	1.1	4.6	9.3	1.9	7.7
	6	10.1	3.7	7.1	13.9	2.2	11.0	6.1	2.3	4.0
<b>Avg.</b>	<b>12.1</b>	<b>1.8</b>	<b>5.7</b>	<b>14.3</b>	<b>1.9</b>	<b>6.6</b>	<b>8.6</b>	<b>3.1</b>	<b>6.6</b>	
D	1	10.7	2.3	8.4	13.3	7.2	9.9	6.4	1.0	1.7
	2	15.1	3.9	9.8	20.0	7.2	10.9	5.5	1.0	2.1
	3	10.6	2.3	6.2	13.1	3.6	8.2	8.5	1.0	2.2
	4	12.5	2.4	9.4	14.0	5.2	11.0	6.8	1.0	1.9
	5	14.2	3.8	11.5	15.2	9.1	12.6	5.3	1.0	1.6
	6	9.9	1.2	5.0	11.4	4.5	8.0	6.7	1.5	3.0
<b>Avg.</b>	<b>12.2</b>	<b>2.7</b>	<b>8.4</b>	<b>14.5</b>	<b>6.1</b>	<b>10.1</b>	<b>6.5</b>	<b>1.1</b>	<b>2.1</b>	
E	1	18.1	5.4	11.6	18.7	9.3	12.2	4.7	1.0	1.9
	2	11.8	2.2	7.9	12.8	6.8	9.9	11.0	1.1	3.2
	3	10.2	1.5	5.4	11.2	1.0	7.4	6.2	1.0	3.2
	4	17.2	11.2	14.4	17.4	11.4	15.1	4.1	1.0	1.9
	5	15.5	1.0	8.5	15.7	6.0	11.2	9.4	1.1	4.1
	6	12.9	6.8	10.8	13.4	9.5	11.4	4.2	1.0	1.7
<b>Avg.</b>	<b>14.3</b>	<b>4.7</b>	<b>9.8</b>	<b>14.9</b>	<b>7.3</b>	<b>11.2</b>	<b>6.6</b>	<b>1.0</b>	<b>2.7</b>	

\* Avg. : average

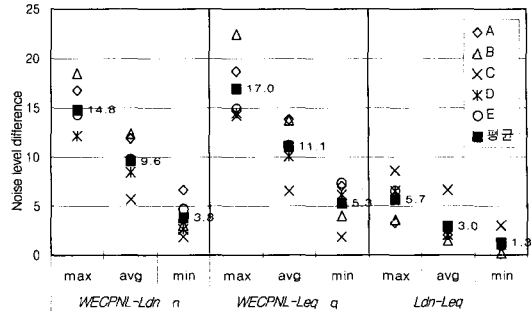


Fig. 4 Averaged difference of among evaluation metrics at each airport in dB

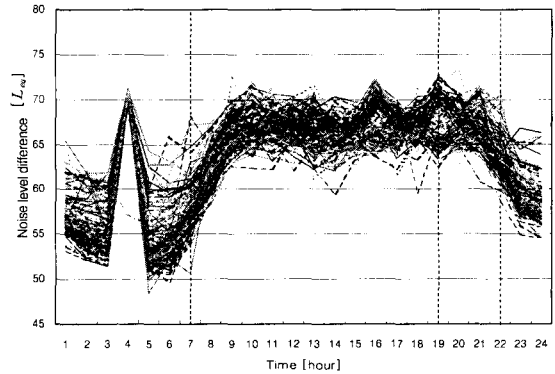


Fig. 5 Noise level vs. time period at 4P of C airport

의 결과에서 찾을 수 있으며, 이는 공항과의 단순한 지리적 거리보다 항로와의 이격거리가 소음레벨을 좌우한다는 사실도 알 수 있다.

Fig. 4는 Table 8에 나타난 공항별 각 위치들의 Avg값을 전체 평균한 그래프로서 WECPNL- $L_{dn}$ 의 평균 소음차는 9.6(5.7~12.4), WECPNL- $L_{eq}$ 의 평균 소음차는 11.1(6.6~13.9)이며,  $L_{dn}$ - $L_{eq}$ 의 평균 소음차는 3.0 dB(1.5~6.6 dB)을 나타냄을 확인할 수 있다.

위 그래프를 살펴보면, C 공항의 경우에만 다른 공항과 반대되는 유형으로 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉, WECPNL- $L_{dn}$ 의 평균 소음차 분포와 WECPNL- $L_{eq}$ 의 평균 소음차 분포는 다른 공항에 비해 낮게 나타나고 있는 반면,  $L_{dn}$ - $L_{eq}$ 의 평균 소음차는 6.6 dB (1.5~2.7 dB)로 다른 공항의 분포보다 높게 나타나고 있다. 이는 식 (3)에서 살펴보았듯이 10배의 가중치를 두고 있는 22:00~07:00 시간대의

Table 9 Environmental criteria

Airport	Criteria value (evaluation metrics : <i>WECPNL</i> )	
	New airport (including In-chon airport)	Existing airport
Zone	Application from the service time	Achievement within ten years
Residential zone	70	
Commercial zone, semi-industrial zone	75	

소음도가 다른 시간대에 비해 낮게 나타나고 있다. 이는 Fig. 5에 나타난 C 공항의 24시간 소음시간이력으로 확인할 수 있듯이 밤 시간대인 22:00~07:00까지는 4시를 제외하고 항공기의 운항이 중단되고 있기 때문이다.

### 4.3 환경기준안 제시

국내 공항 주변의 소음 실태 파악을 위해 실태 조사 대상으로 선정된 5개 공항의 소음도 측정 자료를 미국 FAA 규제기준 및 일본의 기준과 비교해 보면 국내 기준인 *WECPNL* 80은 항공기 소음에 대한 피해의 정도를 평가하기에 미흡하다는 사실을 알 수 있다. 따라서 현행과 같이 *WECPNL*을 평가척도로 적용할 경우 Table 9와 같이 환경기준을 강화시키는 것이 바람직하다고 판단된다.

이 기준안은 기존 건설 교통 및 환경 소음 진동 기준을 유지시키면서 단지 데시벨 단위로 규제치를 병기·보완하는 내용으로, Table 1에서 국내 규제 기준을 다른 나라와 비교할 경우 약 5~10 dB( $L_{eq}(24h)$ ) 정도 높은 것과, Fig. 4에서 *WECPNL*- $L_{dn}$ 의 평균 소음차와 *WECPNL*- $L_{eq}$ 의 평균 소음차가 10 정도의 차를 보이고 있음을 감안하였다.

한편 *WECPNL* 척도로 평가할 경우 항공기 소음을 평가하기에 적합하다는 장점이 있기는 하나, 장기간 측정해야 한다는 사실과 복잡한 평가방법에 자동 측정방법만을 사용해야 하는 어려움이 있으므로 측정법이 간편하고 가중 평균된 데시벨(dB) 단위를 기본으로 하는  $L_{dn}$ 으로 평가법을 적용시키는 방향도 고려

해 볼 사항이다.

## 5. 결 론

세계 각국에서는 자국 실정에 적합한 항공기 소음 평가 단위를 개별적으로 사용하고 있으며, 이렇듯 다양한 소음 평가 지표들 중에서 보다 나은 청감 반응성을 표시할 수 있는 단위를 제안하는데 연구의 초점을 맞추고 있다. 이러한 세계적 동향에 맞게 기존에 사용되고 있는 *WECPNL*과 종합적인 소음 환경을 평가할 수 있는  $L_{dn}$ (미국에서 현재 사용중이고 유럽 등에서 사용 검토중)을 가지고, 국내의 항공기 소음 실태를 파악하였다.

측정 결과 분석에서 나타난 국내 항공기 소음 평가 방법의 문제점들은 다음과 같다.

(1) 국내 항공기 소음 평가척도인 *WECPNL*의 경우 평가방법 자체가 복잡하여 일부 지역에 설치된 자동측정망을 제외하면 정확한 측정이 이루어지기 힘든 상황으로 이에 대한 개선이 필요한 것으로 사료된다.

(2) 측정결과에 있어서 *WECPNL*의 경우 항공기 소음에 대한 피해의 정도가 적게 평가되는 경우가 많아 좀 더 강화된 환경기준을 제안할 필요가 있는 것으로 나타났다.

위와 같은 사항들을 미루어 볼 때 주거지역 환경기준은 *WECPNL* 70을 적용하는 것이 적합하다고 판단된다. 또한 공항 주변 거주민을 대상으로 한 설문 조사 등을 병행하여 항공기 소음에 대한 주민반응에 관한 정확한 검증을 하고 FAA의 규정 등 선진국의 기준과 비교하면서 추가적인 연구를 진행하여야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- (1) ICAO, 1971, Aircraft Noise Annex 16.
- (2) 전남대학교 공업기술연구소, 1998. 6., 대한예수교장로회 광주제일교회 신축교회 항공기 소음 영향 평가 및 대책, p. 32.
- (3) Schultz, T. J. 1982, Community Noise Rating (Second Edition), Applied Science Publishers, pp. 161~165.
- (4) 김정태, 1994. 1., 항공기 소음의 방지대책 및 환경기준, 한국소음진동공학회, 교통소음대책 심포지

음-철도소음과 항공기 소음을 중심으로-, p. 59.

(5) 국립환경연구원, 1988. 2., 공항주변 항공기 소음-일반 공항을 중심으로, 환경연구 요약.

(6) 국립환경연구원, 1998., 공항주변 항공기 소음-일반 공항을 중심으로, 환경연구 요약.

(7) 김선우, 김경모, 최형욱, 송민정, 1997. 5., 항공기소음 영향평가 척도에 대한 실험적 고찰, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, p. 392.

(8) 전지현, 안병옥, 김선우, 송민정, 장길수, 2001. 11., 항공기 소음의 평가 척도에 대한 비교 연구, 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, p. 705.

(9) 전남대학교 환경연구소, 1996. 10., 광주 상무택지개발지구내 학교예정부지에 대한 항공기 소음 실태

측정 및 평가 보고서, p. 31.

(10) 健, 木鳴 1993., 交通騒音・振動の評價, 騒音制御, Vol. 17, No. 6, pp. 4~5.

(11) 환경청, 1989. 12., 환경영향평가서 작성지침서 공항건설편, pp. 239~250.

(12) 전남대학교 환경연구소, 1996. 10., 광주 상무택지개발지구내 학교예정부지에 대한 항공기 소음 실태 측정 및 평가 보고서, p. 63.

(13) 환경부, 2001. 3., 항공기 및 철도 소음의 환경기준 설정에 관한 연구, p. 94.

(14) 환경부, 2001. 3., 항공기 및 철도 소음의 환경기준 설정에 관한 연구, p. 172.