

# 철도 소음의 실태 및 평가 방법에 관한 연구

이성춘\* 김준호\* 김형기\* 김두훈\*

(A Study on Survey of Rail Road Noise and its Evaluation)

(Seong-Choon Lee, Joon-Ho Kim, Hyeong-Gi Kim, Doo-Hoon Kim)

## 1. 서론

현재 국토의 효율적인 이용과 지역간 균형적인 발전의 필요성과 함께 지방자치 시대를 맞아 전국으로 지역 특성에 따라 산업 시설이 분산되고 이들 각 지역별로 대규모 거점 도시들이 탄생하고 있다. 이에 따라 전국에 걸쳐 인원과 물량의 이동이 급격히 확산되고 있다. 우리 나라 국토의 크기와 지형 특성을 감안할 때 이들 물동량은 대부분 도로 및 철도 등의 육상 교통 수단에 의존할 수 밖에 없고 극심한 도로 교통 체증 등으로 철도의 중요성이 점점 더 증대하고 있다. 이와 같은 요구에 부응하여 현재 정부 고속철도 건설, 경부선 철도의 복복선화, 중요 간선 철도망의 복선화 등이 추진되고 있다. 그리고 철도의 운행 횟수가 급격히 증가하고 있으며 최근의 기술 발전에 따라 열차는 점점 더 대형화, 고속화되고 있다. 이에 따라 철도 소음 문제는 전국적으로 확산되어 가고 있으며 문제의 내용 또한 단순히 수면 방해, 귀찮음 등 인체에 미치는 영향에서부터 가족의 수태 및 산란에 미치는 영향 등으로 까지 확대되어 문제는 점점 더 심각하고 복잡, 다양해 가고 있다.

실제 경부선의 경우 시간당 10대 이상의 열차가 통과하고 있으며 철도변에 인접한 고층 아파트의 경우 수음점에서 90dB(A)이상의 최고소음도를 나타내고 있는 경우가 허다하다. 현재 우리 나라의 환경 정책 기본법 시행령에 명시된 소음환경기준은 철도소음, 항공기소음 및 건설자업소음에는 적용하지 않는 것으로 명시되어 있다. 이는 철도변 지역의 수많은 상주인원을 감안할 때 모범인 환경정책 기본법 10조에 명시된 "국민의 건강을 보호하고 쾌적한 환경을 조성하기 위하여 환경기준을 설정하여야 하며 환경여건의 변화에 따라 그 적정성이 유지하여야 한다"는 조항에 크게 위배되는 사항이다.

철도소음이 환경기준에서 제외된 데에는 여러가지 사유가

있겠지만 그중 철도소음의 특성상 사람에게 미치는 영향을 정량화할 수 있는 적절한 평가량이 없음도 그중 하나가 되었을 것으로 생각된다. 철도망은 현재 전국적으로 확대되어 있고 열차운행 횟수는 주야 구분없이 급격히 증가하는 추세에 있을 뿐만 아니라 그 원리상 때문에 철도역을 중심으로 도심이 발달되어 피해면적 또한 광범위하다. 따라서 열차소음의 최대 소음레벨, 주파수특성, 운행빈도, 소음지속 시간 등 사람에게 미칠 수 있는 영향 인자들을 종합하여 사람에게 미치는 영향을 정량적으로 평가할 수 있는 새로운 평가량을 고안하는 것이 시급한 것으로 사료된다.

본고에서는 상기 평가량 고안을 위한 기초자료로서 철도소음의 실태와 특성을 측정결과를 바탕으로 제시하고 아울러 외국의 사례 및 기타 참고 평가량을 소개하여 합리적인 철도소음 평가량을 도출하는데 참고자료를 제공하고자 한다

## 2. 철도소음의 발생 및 일반적 특성

철도소음의 원인은 레일과 바퀴의 상호작용에 의하여 발생하는 소음, 차체에서 직접 발생하는 소음, 열차추행시 공기의 난류등에 의한 공기역학적 소음 그리고 철교등 주변 구조물의 진동에 의한 2차소음 등으로 대별할 수 있다.

레일과 바퀴의 상호작용에 의한 소음으로는 차륜운동음, 레일이음매 타격음, 바퀴 요철면음, 레일 진동음 등을 들 수 있고 차체 직접발생 소음으로는 엔진소음, 구동장치소음, 차체진동음, 냉각팬, 공기압축기, 공조기 등 보조장치 소음 등을 들 수가 있다. 고속주행하는 열차의 경우 공기역학적 소음이 문제가 될 수 있고 천교인접 지역의 경우 철교 구조물의 진동에 의한 2차 소음이 문제가 될 수 있다.

이상의 원인에 의하여 발생하는 철도소음은 도로교통소음, 공장소음 등 이타 소음과 뚜렷이 구별되는 다음과 같은 특징이 있다.

첫째, 철도소음은 주기가 비교적 길고 불규칙적인 간헐소음이다. 철도 교통량은 우리나라 경부선처럼 교통량이 극히

유니슨산업(주) 유니슨기술연구소, 정희원

많은 경우라도 시간당 10대 안팎이며 한적한 권도의 경우 시간당 한대 이하인 경우도 있다.

첫째, 철도소음은 주야간 발생빈도 및 그 크기에 차이가 거의 없다. 일반적으로 철도는 장거리 노선이 많고 비교적 안락한 교통수단으로 야간운행이 빈번하고 경부선처럼 물동량이 많은 경우 야간에 화물열차가 집중적으로 배치되어 운행빈도가 주간과 별로 차이가 나지 않는다. 그리고 열차의 경우 케도위를 주행하므로 야간이라도 운행속도를 낮추는 등 소음발생이 낮아질 요인이 거의 없다.

셋째, 철도선로에 인접한 지역의 경우 소음레벨이 90dB(A) 이상으로 아주 높고 창문이 흔들리는 등 진동문제를 수반하여 불안감과 불쾌감을 더욱 증폭시킨다.

넷째, 철도소음의 경우 피해지역 주민이 철도 수해자인 경우가 적다. 일반도로의 경우 도로주변 주민들은 도로소음의 피해자이지만 자신도 도로를 요긴하게 사용하는 수해자이며 공사장 소음의 경우 해당 공사가 끝나면 인근 주민들이 그 공사의 결과로 상당한 혜택을 입지만 철도소음의 경우 역 주변의 소수의 주민을 제외하고는 철도의 혜택을 받는 경우가 그리 많지 않고 소음 및 진동에 의한 피해만 일방적으로 입고 있어 심리적으로 실제보다 더 큰 피해를 느끼고 있다.

이상의 특징에서 언급한 바와 같이 철도소음은 일반 교통소음 및 여타의 소음과 상당히 다른 점이 있고 따라서 피해양상도 여타소음과 차이가 있을 것으로 생각된다. 예상되는 가장 심각한 피해는 야간에 간헐적으로 발생하는 비교적 높은 레벨의 소음에 의한 수면방해일 것으로 생각된다. 따라서 철도소음의 경우에는 항공기소음의 경우와 마찬가지로 일반적인 소음평가방법과 다른 별도의 평가방법이 요구되어야 할 것으로 생각된다.

### 3. 철도소음 측정 결과

#### 3.1 측정개요

본고에 언급된 철도소음은 경부선 동대구역 부근 S 아파트에 대한 측정결과이다. 측정은 1994년 9월 9일에서 11일 사이에 아파트의 1층, 5층, 10층, 15층에 대하여 주,야로 구분하여 각 측정시간 15분, 주간 4회, 야간 2회씩 측정하였으며 아파트의 복도 창문을 완전히 열고 개구부의 중앙에 소음계의 마이크로폰을 두고 측정하였다. 측정결과와 기록은 측정시간동안 음압레벨(SPL값, dB(A)) 변동을 레벨레코더로 연속 출력하고 측정시간동안의 등가소음레벨( $L_{eq}$ , dB(A))을 기록지에 수기하였다. 측정에 사용된 장비 및 작동상태는 <표.1>과 같고 측정위치 약도는 <그림 1>과 같다.

<표.1> 측정장비 및 작동 모우드

순번	장비명	모델명	용도	작동상태
1	Sound Level Meter	B&K 2230	소음도 측정	시간특성 : Fast 청감보정 : A특성 측정범위 : 100dB
2	Level Recorder	B&K 2317	소음레벨 기록	AC Average : Fast Paper Speed : 0.3mm/s Dynamic Range : 50dB
3	Piston Phone	B&K 4220	소음계 검증	

#### 3.2 측정결과

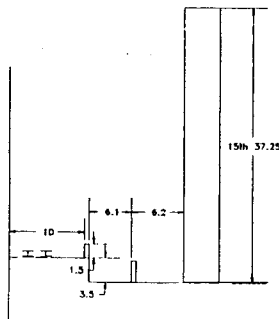
철도소음의 측정결과는 <표.2>과 같고 시간변동특성은 <그림.2>와 같이 나타났다.

<표.2> 철도소음 측정결과

층수	주야	회차	피크 소음도					전체 Leq	피크 평균
			1	2	3	4	Leq		
1	주	1	88 무.상.9	84 무.하.9	70 새.하.8		62.4	61.8	84.6
		2	84 무.하.8				59.3		
		3	88 무.상.10	70 무.하.2	79 새.상.16	75 화.하.25	64.6		
		4	76 새.하.18				57.3		
1	야	1	88 무.하.8	89 화.상.27	69 무.상.3	88 무.상.9	61.7	60.8	88.8
		2	78 새.하.16	90 새.상.8	86 화.상.26		59.6		
5	주	1	87 무.상.9	90 새.상.17	92 새.하.16		71.2	71.5	93
		2	89 통.하.11	90 통.하.10	95 무.상.5, 화.하.16		74.5		
		3	94 새.상.8	85 새.하.8			69.6		
		4	94 통.하.11				68.2		
5	야	1	94 무.상.9	94 무.상.10	94 화.상.25		72.3	72	94
		2	82 무.하.9	90 새.하.16	92 통.상.6		71.7		

<표 2 계속>

층 수	주야	회차	피크 소음도				전세 Leq	피크 평균				
			1	2	3	4						
10	주	1	81 화.하.29	86 새.상.8	78 무.하.3		72.7	90.9				
		2	74 화.하.15	95 무.상.9	84 무.상.17		71.4					
		3	88 새.하.8	84 통.하.12	95 통.상.11		72.6					
		4	96 무.하.14	77 무.상.3	81 무.상.5	94 무.상.10	74.3					
	야	1	94 무.하.9	77 무.상.3	82 새.하.16	94 무.상.10	69.8		69.3			
		2	96 무.하.10	80 무.하.3	85 새.상.8		68.8					
		15	주	1	93 무.하.7	94 통.상.11	75 화.하.19			91 무.상.10	71.7	90.7
				2	84 새.상.9	82 새.하.17					70.8	
3	90 새.하.9			93 무.상.9	79 통.상.7	81 새.상.8	73.7					
4	72 무.상.3			90 무.하.5	77 새.하.16		69.8					
야	1		85 새.상.16	75 무.상.3	93 (무.상.1 5)	78 무.하.2	63.3	65.3				
	2		87 새.상.8	81 새.하.17	84 새.하.8	78 무.하.3	66.7					



<그림.1> 측정위치 약도

3.3 측정결과 고찰

철도소음 측정결과 다음사항을 알 수 있었다.

1) 열차소음의 최대값은 주로 90dB 이상으로 아주 높고 발생빈도도 시간당 10~13회로 빈번하다.

2) 1층의 경우 5층 이상에 비해 소음레벨이 상대적으로 10dB 가량 낮다. 이는 지형특성상 1층이 철도노면보다 아래에 있고 철도부지 경계선의 울타리가 방음벽 역할을 일부 하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

3) 차종별 소음레벨은 고속주행하는 여객용 열차(무궁화)가 가장 크고 소음지속시간은 지속 주행하는 화물차 소음이 가장 길다.

4) 화물열차 소음의 경우 기관차 통과시 소음이 화물차량 통과 소음에 비해 7dB~18dB 가량 높다.

5) 주민과 대화 결과 화물열차 소음이 가장 심각한 것으로 파악되었다. 이는 화물열차의 소음지속시간이 길고 야간에 집중적으로 배차되어 수면방해에 큰 영향을 미치기 때문으로 생각된다.

4. 각국의 철도소음 평가 방법

4.1 우리나라

우리나라의 경우 철도소음을 적절히 관리하기 위한 특별한 기준 및 평가방법은 확립되어 있지 않으며 주택건설기준(주택건설촉진법)에 철도변에 공동주택을 건축할 경우 당해지역의 소음도가 65dB를 초과할 경우 건축물을 철도로부터 수평거리 50m 이상 이격시키든지 또는 방음벽 등의 방음시설로 소음수준을 65dB(A)이하로 저감시키도록 하고 있다. 이는 도로변지역 주간 환경기준을 준용한 것으로 생각된다.

4.2 미국

미국은 주택 및 도시개발부(HUD), 교통부(DOT) 및 환경보호청(EPA) 등에서 교통(도로 및 철도) 소음 권고기준을 Ldn 55 하고 <표 3>과 같은 판정기준을 선정하여 운영하고 있다. 그리고 Ldn 레벨과 주민의 반응은 <표 4>과 같은 것으로 조사된 바가 있다.

<표 3> 소음수준에 따른 토지이용 권고기준

구분	감각정도	Ldn [dB(A)]	주택의 신축 허용여부	비고
A	약간 시끄러움	55 이하	허용됨	통상의 주택은 20dB 차음
B	꽤 시끄러움	55~65		
C-1	상당히 시끄러움	65~70	통상 허용되지 않음	>25dB 방음공사시 허용
C-2	상당히 시끄러움	70~75	통상 허용되지 않음	>30dB 방음공사시 허용
D	아주 시끄러움	75초과	허용되지 않음	

<표 4> Ldn레벨과 주민반응

dB(A)		
Ldn레벨	일반적인 주민반응	주민불만율
55	불만을 호소하지 않음	10%
62	불만 호소하며, 다소의 소송발생 우려	20%
72	강렬한 집단행동 발생	50%

4.3 일반

일본은 신간선이 개통되면서 철도소음문제가 본격적으로 검토되어 1975년에는 신간선 철도소음에 관한 환경기준이 공포되었고 일반철도에 대해서는 규제기준은 설정되어 있지 않았으나 평가방법은 1986년 환경청시안에 도입되었다.

일본의 경우 철도소음은 최고 평균소음도를 기준으로 하고 있으며 본 최고평균 소음도는 20회 이상의 열차통과시 최고소음도 중 상위 반수의 최고소음도를 산술평균하여 구한다.

신간선 철도소음 환경기준은 <표 5>와 같다.

<표 5> 신간선 철도소음 환경기준

dB(A)		
지역구분	기준치	비고
주거지역 등 기타 통상의 생활환경 보전지역	70[≒Leq 55] 75[≒Leq 60]	열차 통과시 최고소음도의 파워 평균

\*본 값은 동경-대판간 운행횟수 251편(06:00~23:50)을 기초로 하여 설정됨.

일반철도를 대상으로 한 평가방법은 다음 식과 같다.

$$L_{av} = L_{peak} + 10 \log [ \text{낮운행횟수} + (10 \times \text{밤운행횟수}) ] - 42$$

그리고 최고평균 소음도와 사람들의 불만호소율은 <표 6>에 보인 바와 같다.

<표 6> 최고소음도와 불만호소율

항 목	dB(A)					
	불 만 호 소 율					
	60%	50%	40%	30%	20%	10%
수면방해	83	81	78	75	72	-
회화방해	78	76	74	72	69	67
전화방해	80	78	75	72	71	67
TV, 라디오 청취방해	72	68	65	62	-	-
공부방해	86	83	80	78	75	72

4.4 유럽

유럽의 경우 신설되는 철도에 대해서 Leq 값은 철도소음 기준으로 삼고 있는 경우가 많으며 각국별 소음규제 기준은 <표 7>와 같다.

<표 7> 철도소음 관리기준

국가	Leq, dB(A)				
	네덜란드	독 일	스 위 스	프 랑 스	영 국
기본 법 대 상 선	법 률	법 률	법 률	SNCF의 목표기준	Bolton시 주택건축 금지 권고기준
신 선	신 선	신 선	신 선		
시 간 대 별 기 준 치	60 (07~19시) 55 (19~23시) 50 (23~07시)	67 (06~22시) 57 (22~06시)	60 (06~22시) 50 (22~06시)	60~65 (08~20시)	L <sub>eq</sub> (24hr) 60dB(A)를 초과하는 지역  최고소음도가 80dB(A) 를 초과하는 지역

5. 철도소음 평가량 선정시 고려사항

5.1 소음평가량 일반사항

현재 정숙한 생활환경을 유지하기 위하여 여러 가지 소음대책이 연구, 시행되고 있다. 이 때 대책을 시행하기 위한 기준을 설정하고 시행후 효과를 평가하기 위하여 해당 소음이 인간의 생활에 미치는 영향을 정량적인 수치로 나타내어야 한다. 특히 법적 제도적 구속력을 갖는 기준에 이용되는 평가량이 되려면 그 평가량은 다음사항을 구비하여야 한다.

- 1) 소음에 대한 주관적인 사람의 반응과 좋은 상관관계를 가질 것
- 2) 소음의 순간적인 현상의 표현 및 영향 뿐만 아니라 장기간에 걸친 누적효과도 감안될 것
- 3) 보편적인 소음 측정기로 쉽게 측정할 수 있고 산출이 간편할 것
- 4) 다른 종류의 소음평가량과 비교 및 환산이 가능할 것
- 5) 특정 경우의 측정값으로 이타 경우의 소음정도 및 피해정도를 충분한 정도로 예측 가능한 것

이상의 요건을 만족하는 평가량이 되려면 해당 소음의 특성, 사람의 생활양식, 지역특성, 인체의 생리, 시판되는 측정장비의 실태 등이 종합적으로 검토되어야 할 것이다. 예를 들면 WECPNL은 항공기 소음평가 척도로서 사람의 반응과 아주 좋은 상관관계를 가지는 평가량으로 ICAO(International Civil Aviation Organization, 국제민간항공기구)에서 제안된 평가량이지만 그 계산의 복잡성으로

전세계적으로 거의 채택되지 않고 일본과 우리나라에서는 ICAO에서 제안한 것을 대폭 간단히 한 변형된 형태의 WECPNL 값이 사용되고 있는 뿐이다.

## 5.2 유사 평가량

### 가. TNI (Traffic Noise Index)

TNI는 도로교통소음 평가량으로서 영국의 BRS(Building Research Station)에서 제안한 것이다. TNI는 다음과 같이 구하고 TNI 값이 91이면 약 반수의 사람이 불만을 호소하는 것으로 조사되었다.

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

### 나. WECPNL (Wighted Equivalent Continuous Perceived Noise Level)

WECPNL 값은 공항주변 항공기 소음의 평가적으로서 소음레벨에 주파수 특성보정을 한 값(PNL)에 계속시간과 특이음(순음) 보정을 한 값(EPNL)을 한대의 항공기 소음 평가량으로 하고 이 값의 1년 또는 1일간의 등가소음레벨(ECPNL)을 구하여 이 값에 소음발생시간 및 계절에 대한 보정을 하여 구해진 값(WECPNL)이다.

WECPNL값은 대단히 복잡한 계산을 통하여 구해지지만 일본에서는 이를 대폭적으로 간단히 한 다음 식을 이용하여 구한다. 환경기준에는 연속 7일간의 WECPNL 값의 에너지 평균값을 기준으로 하고 있다.

$$WECPNL = \overline{LA} + 10 \log N - 27$$

여기서, LA : 당일평균 최고소음도 (배경소음보다 10dB 이상인 소음기준)

N : 발생시간 보정을 위한 통과 대수

$$N = N_2 + N_3 + 10(N_1 + N_4)$$

$N_1$  : 24:00 ~ 07:00 사이의 통과 대수

$N_2$  : 07:00 ~ 19:00 사이의 통과 대수

$N_3$  : 19:00 ~ 22:00 사이의 통과 대수

$N_4$  : 22:00 ~ 24:00 사이의 통과 대수

### 다. NNI (Noise and Number Index)

NNI는 영국에서 채택한 항공기소음 평가량으로서 측정 시간대에 통과하는 전 항공기에 대하여 PNL 값을 구하고 그 파워 평균값과 항공기 통과대수로 다음 식을 이용하여 구한다.

$$NNI = \overline{PNL}_{max} + 15 \log N - 80$$

$\overline{PNL}_{max}$  : PNL 피크치의 파워평균

N : 기간중 항공기 통과 대수

## 6. 결론 및 추후 연구방향

철도주변 아파트의 소음 측정 결과 소음의 피크 평균이 주야 구분없이 90 dB(A)를 넘는 경우가 허다하고 최고 96 dB(A)의 소음이 기록되었다. 그리고 일차 운행회수도 주야 구분없이 시간당 10회를 상회한다. 이는 평균 5분간격으로 90 dB(A)가 넘는 소음이 간헐적으로 발생함을 의미한다. 적절한 평가량으로 주민들의 피해정도를 정량적으로 평가할 수는 없지만 이는 주거에 적합한 환경이라고 볼 수 없다. 현재 우리나라는 도로수송에 비하여 상대적으로 신속하고 안전하며 또한 대량수송이 가능한 철도수송에 대한 요구가 점점 증대하여 경부고속철도의 신설, 경부선 철도의 복복선화, 대도시내 지하철 및 진철 등의 철도시설 확충사업이 진행되거나 계획 중에 있다. 특히 고속철도의 경우 그 소음공해가 예상외로 문제가 아닐 것으로 생각된다. 따라서 철도소음 평가방법이 시급히 확립되어야 할 것이다.

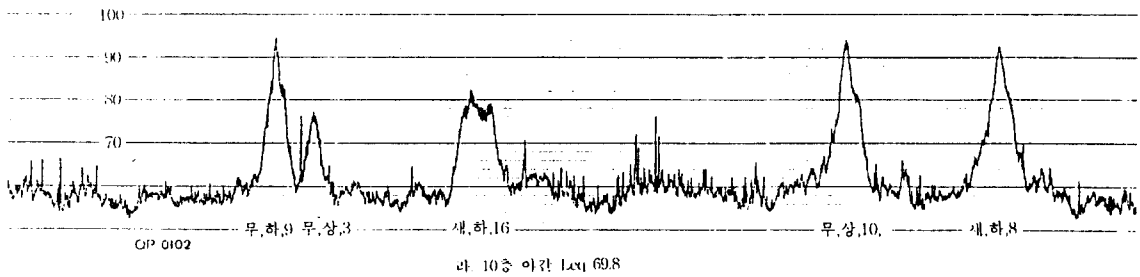
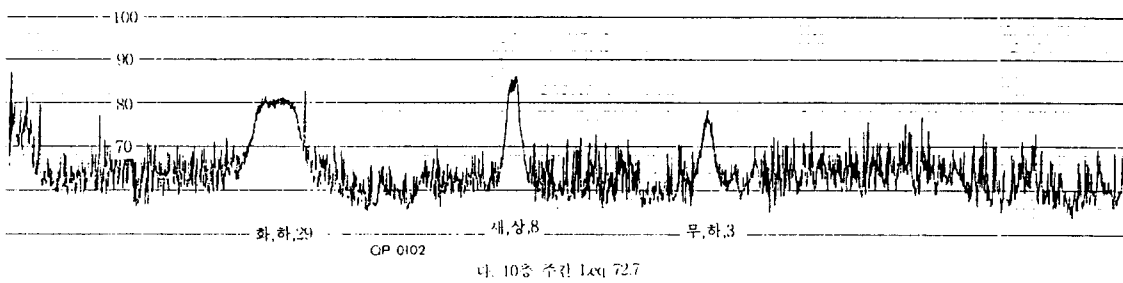
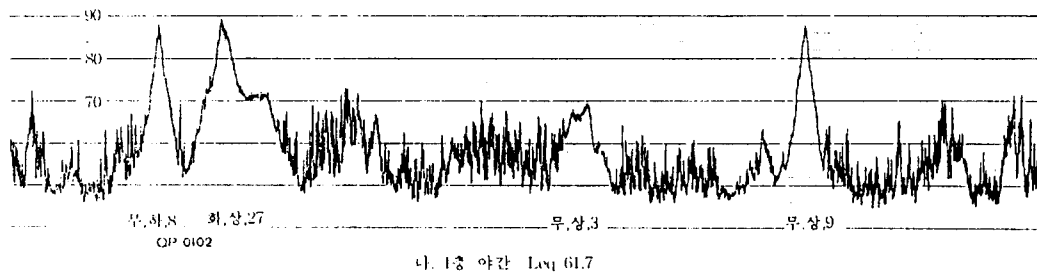
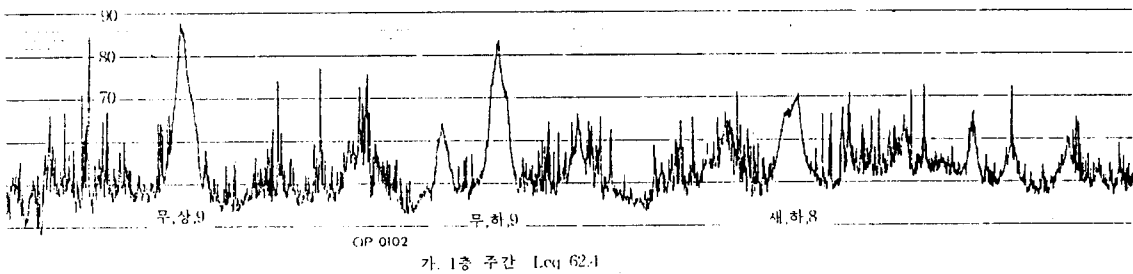
철도소음이 사람의 반응에 미치는 영향요소 중 비교적 큰 비중을 차지하는 것은 다음 사항들일 것으로 생각된다.

- 1) 소음레벨
- 2) 소음지속시간
- 3) 발생빈도
- 4) 발생시간대 및 계절

철도소음 피해중 예상되는 가장 심각한 피해는 야간에 간헐적으로 발생하는 높은 레벨의 소음에 의한 수면방해가 될 것으로 생각된다. 철도소음 평가량의 선정은 상기한 각각의 영향인자별로 사람의 반응에 미치는 영향을 면밀히 분석하여 도출되어야 할 것이다. 이에 본고에서는 철도소음 공해를 정량적으로 예측하고 또한 적절한 대책을 수립하기 위하여 철도소음의 양상과 일반적인 소음평가량의 조건, 그리고 참고 가능한 평가량들을 소개하였다. 우리 실정에 부합하는 합리적인 철도소음 평가량을 도출하기 위해서는 기존 철도변 지역에 대한 광범위한 소음실태 파악과 주민들의 불만정도에 관한 설문조사가 수반되어야 할 것이다.

### 참고문헌

1. 정일록, 철도 및 항공기 소음의 영향평가, '92 소음계측 및 제어기술강습회, 한국소음진동공학회, 1992. p231-249
2. 진성택역, 소음진동편람(소음편), 동화기술사, 1991.
3. 철도소음측정 및 방음벽 설계보고서(경부선 동대구역 주변지역), 유니슨기술연구소, 1994.



<그림 2> 철도소음 시간 변동 특성