Printed in the Republic of Korea
ANALYTICAL SCIENCE & TECHNOLOGY
Vol. 24, No. 5, 368-377, 2011
http://dx.doi.org/10.5806/AST.2011.24.5.368

소음과 대기오염도의 연계성에 대한 연구 – 일반주거지역의 도로 및 비도로지역의 비교

이민희 · 박찬구[1] · 류인철[1] · 김기현★
세종대학교 환경에너지융합학과, [1]서울시보건환경연구원
(2011. 8. 10. 접수, 2011. 9. 1. 승인)

Relationship between noise and air pollution levels in Residential areas: comparison between roadside and non-roadside sites

Min-Hee Lee, Chan Goo Park[1], In Cheol Ryu[1] and Ki-Hyun Kim★
Dept. of Evironment & Energy, Sejong University
[1]Seoul Metropolitan Institute of Public Health & Environment
(Received August 10, 2011; Accepted September 1, 2011)

요 약: 대기오염도와 소음의 연계성을 파악하기 위하여, 서울시 행정구역 중에서 6 개 구에서 각 1 지점씩 6 개 지점을 택하여 조사를 실시하였다. 그리고 세부적인 조사는 도로(road: RD)와 비 도로지점(non-road: NR)으로 구분한 후 다시 활동 시간대(06:00-22:00)와 비 활동 시간대(22:00-06:00)로 나눈 후 비교하였다. 소음 주파수 자료와 대기오염물질 농도와의 상관분석을 통하여 양자간의 연관성을 알아보고자 하였다. 시간대별 분석을 통해서는 양자간의 차이를 명확하게 구분하기가 어려웠다. 반면, 공간적 규모를 기준으로 상관분석을 실시한 결과, 전체 시간대에서 도로지역의 소음도와 대기질의 연관성은 비 도로지역에 비해 높다는 것을 확인하였다. 활동기와 비 활동기로 구분하여 비교한 결과, 도로지역의 경우 활동기에서 비 활동기로 접어들면서 소음도와 대기질의 상관성이 줄어드는 것으로 나타났다.

Abstract: In this study, we analyzed the relationship between noise and air pollution from 6 residential sites from 6 districts in Seoul. The survey of all noise date obtained from 6 sites were also compared between road and non-road area and between active (06:00-22:00) and inactive time bands (22:00-06:00). Comparison of the data between two time bands indicates that their differences are not large enough. On the other hand, if comparison of data is made by correlation analysis for road and non-road areas, strong correlations between noise levels and air pollution tend to be prevalent consistently in road area relative to the non-road area. In contrast, a correlation between noise levels and air pollution tends to decrease at the road area in inactive period relative to active period.

Key words : audio frequency, air pollutants, noise pollution, non-road, road

★ Corresponding author
Phone : +82-(0)2-3408-3233 Fax : +82-(0)2-3408-4320
E-mail : khkim@sejong.ac.kr

www.kci.go.kr

1. 서 론

20세기 과학기술의 발달과 함께 대량생산과 대량소비, 인구의 급속한 도시집중, 자동차의 증가 등과 같은 현상은 도시의 생활환경에 다양한 변화를 초래하고 있다.[1,2] 과학문명 중에서 자동차는 인간이 창조한 가장 위대한 업적중의 하나로 볼 수 있다. 국내 자동차(등록대수)는 환경청이 발족한 '80년에 53만대에서 '95년 말에 847만대로 급증하였다. 그리고 '90년대 이후에는 매년 100만대 이상으로 증가하고 있다. 그 결과, 대기질을 손상하는 주요인으로 작용하고 있다. 그 외에도 인간의 에너지 공급을 위한 화석연료의 사용은 대기질의 변화에 큰 영향을 미치게 되었다.

도로를 주행하는 자동차 군으로부터 발생하여 도로주변에 전파되는 소음을 일반적으로 도로교통소음(Road Traffic Noise)이라 하고, 이러한 도로교통소음은 중요한 공해에 속한다. 이들은 직접 귀를 통해 인체에서 감지된다는 점에서 도로환경의 관리관점에서 가장 큰 문제 중의 하나에 속한다.[3,4] 소음에 대한 인간의 감성은 단순히 소음의 크기만으로 양적인 크기를 결정하는 것이 아니다. 그 외에도 음원의 물리적인 특성(음색, 고저 등), 소음유형(자연소음, 산업소음, 교통소음 등), 소음발생시점(휴식기간, 의식집중상태, 수면상태, 작업상태), 개인적 소음의 민감도 및 친숙성 등에 따라 수음자의 반응은 상이하게 나타난다.[5] 실제로 소음 및 대기에 의한 환경오염 피해진정건수는 2009년 기준 2,242 건 중 소음의 경우 1,922 건(86%)에 달한다. 이에 반해, 세부항목으로는 제시되어 있지 않았지만, 대기관련 피해진정은 152 건(7%)을 차지하는 것으로 조사되었다.[6]

본 연구에서는 대기오염물질과 소음의 발생이 자동차와 같은 이동수단을 통해 발생한다는 점을 감안하여, 양자간의 연계성에 주목하고자 하였다. 이러한 관계를 조사하기 위해, 2009년 9월과 11월에 서울시의 일부 일반주거지역들을 조사대상으로 선정하고, 이들 지점을 다시 도로지점과 비도로지점을 구분하여 소음자료와 대기질 자료의 분석을 실시하였다. 환경소음에 대한 평가단위는 음압레벨(sound pressure level)과 등가소음레벨(LEQ)을 주로 사용한다. 그러나 사람이 지각하는 소리의 크기는 주파수에 따라 차이가 있지만 이를 선형적으로 감별하기는 쉽지 않다. 그러한 차이는 단순히 물리적인 음압의 형태로 표현할 수 없는 경우도 흔히 존재한다. 따라서 이러한 감각적 특성을 반영하여 본 연구에서는 소음자료를 주파수 특성을 중심으로 분석하고자 하였다.[5] 이들 자료에 대한 분석결과를 토대로 소음과 대기오염 간의 연계성에 대한

Table 1. Classification of land-use types for various districts in Seoul and 6 target sites

Land use type	Site						
A. Sites of actual measurement (n=6)							
Residential plus others	District	Dong Jak	Ma Po	Gang Buk	Yang Cheon	Jung Nang	No Won
	Abbreviation	DJ*	MP*	GB*	YC*	JN*	NW*
B. Examples of other land-use type in Seoul							
Residential only	District	Gang Nam					
	Abbreviation	GN					
Residential plus commercial	District	Yeong Deung Po	Gang Dong				
	Abbreviation	YD	GD				
Semi industrial	District	Geum Cheon					
	Abbreviation	GC					
Semi residential	District	Gang Seo					
	Abbreviation	GS					
Grassland	District	Song Pa					
	Abbreviation	SP					
School	District	Seo Cho					
	Abbreviation	SC					
Hospital	District	Jong NO					
	Abbreviation	JR					

*The sites where actual measurements are made

www.kci.go.kr

측면을 평가하고자 하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 대기오염도와 소음의 연계성을 파악하기 위하여, 서울시의 행정구역 중에서 1차적으로 14개 구역을 조사대상으로 설정하였다(*Table* 1). 그리고 이를 다시, 8 개 유형의 토지사용 특성에 따라 데이터를 분류하여 *Table* 2에 제시하였다. 1 차 설정한 14개 구역 중 6 개의 일반주거지역을 택하여, 도로(road: RD)와 비도로지점(non-road: NR)으로 코드명을 구분하여 소음발생특성을 분석하였다. 소음측정기기는 SC-310 (CESVA)과 Microphone Type C-130을 사용하였다. Microphone을 지면으로부터 1.2 m 높이로 소음원 방향으로 유지하였다. 반사음 등의 영향을 최소화하기 위해 측정자와 주변물체로부터 최소한 50 cm 이상의 거리를 이격시켰다. 소음변동이 적은 평일(월요일부터 금요일 사이)에 측정을 실시하였다. 활동 시간대(06:00-22:00, 오전-오후)에는 측정지점에서 2시간이상 간격으로 4 회, 비활동 시간대(22:00-06:00, 심야)에는 측정지점에서 2 시간 간격으로 2 회 측정하였다.[7] 주파수는 보정하지 않은 물리적인 양을 나타내는 C특성을 이용하여 1/1 옥타브밴드로 분석하였다.

자료분석은 조사대상지점의 차이와 시간대별 차이(활동시간 대비 비활동 시간대)기준으로 변화양상을 NR과 RD간의 관계와 연계하여 비교분석하였다. 또한 주파수 자료와 대기오염물질농도의 상관분석을 이용하여 양자간의 연관성을 알아보고자 하였다.

3. 결과 및 토론

3.1. 전체 결과 비교

일반주거지역을 도로지점과 비도로지점으로 나누어서 비교할 수 있도록 주파수 측정자료들의 기본적인 통계분석을 *Table* 3에 제시하였다. 건강한 성인의 표준 가청범위는 약 20 Hz-20 kHz이고 사람이 주관적으로 지각할 수 있는 소리의 크기는 음압의 크기에 및 주파수에 동시에 의존하는 것으로 알려져 있다. 그러나 소리는 동일한 강도에서도 사람이 주파수에 따라 다르게 느끼기 때문에 소음 레벨은 주파수를 보정하여 사용한다. 본 연구에서는 인간이 가장 민감하게 반응한다는 4,000 Hz와 임의의 측정시간 동안 발생한 변동소음의 총 에너지를 같은 시간내의 정상 소음의 에너지로 등가하여 산출한 등가소음도(LEQ)를 기준으로 각각의 평균값(Mean)을 비교해 보았다. 그 결과 모든 지역에서 규칙적으로 RD의 소음도가 NR보다 높게 나타났다. 예를 들어 4,000 Hz 대의 주파수에서 NR은 42.7 dB를 RD는 55.3 dB를 보임으로써 RD가 NR보다 4,000 Hz대의 주파수에서 더 높게 나타났다. NR의 LEQ(dB) 값도 NR은 52.3 dB 인데 반해 RD는 67.1 dB로 RD가 높았다.

Table 4에는 일반주거지역의 대기오염물질들을 대기환경인자(SO_2 외 11 종)와 기상인자(WS 외 5 종)로 구분하여 제시하였다. 대기오염물질의 자료는 NR와 RD로 구분할 수 없으므로, *Table* 3에 제시한 조사대상 6 개 일반주거지역에 대한 소음도의 측정일자 및 시간과 동일하게 분리하여 제시하였다. 일부 선행연구들에 의하면, 교통량 증가에 의한 대기오염 또는 소음문제를 단일형상 대신 두가지 문제의 해결을 동시에 파악함으로써 환경개선의 대책을 수립하고자 하였다. [8]

3.2. 주파수의 시간대별(활동시간대 & 비활동시간대) 비교

주파수에 대한 비교대상 기간대별(Active & Inactive) 평균을 활동시간대(06:00-22:00, 오전-오후, 4차례), 비활동시간대(22:00-06:00, 심야, 2 차례)로 구분하여 비교하였다. NR과 RD에 대한 시간대별 측정자료를 *Fig.* 1에 제시하였다. 이에 따르면, 활동기가 비활동기

Table 2. The information of measurement sites for sound levels in Seoul, Korea

Site symbol	DJ		MP		GB	YC		JN		NW	
	NR	RD	NR	RD	NR	NR	RD	NR	RD	NR	RD
District	Dong Jak Gu		Ma po Gu		Gang buk Gu	Yangcheon Gu		Jung nang Gu		Nowon Gu	
Subdistrict	Sang Do Dong		Seogyo Dong		Mia Dong	Mok Dong		Myeonmok Dong		Sanggye Dong	
1st measurement	13-Sep-10		14-Sep-10		30-Sep-10	5-Oct-10		11-Oct-10		12-Oct-10	
2nd measurement	11-Nov-10		26-Nov-10		25-Nov-10	4-Nov-10		18-Nov-10		29-Nov-10	
Time of analysis	1/9/12/16/20/24		1/9/12/16/20/24		1/9/12/16/20/24	1/9/12/16/20/24		1/9/12/16/20/24		1/9/12/16/20/24	
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	10

www.kci.go.kr

Table 3. The average noise levels(dB) at different sound frequencies between road(RD) and non-road(NR) site

Sound (Hz)	31.5	63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000	16,000	LEQ(dB)[a]
AF[b]	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	
A. All period											
NR site											
Mean	21.9	32.6	37.7	41.4	45.6	47.2	45.7	42.7	34.9	21.8	52.3
Min	9.0	21.4	29.7	31.2	31.3	32.7	34.6	31.8	21.9	10.8	40.3
Max	35.8	51.0	56.5	62.1	65.4	66.0	63.2	55.9	49.4	39.6	70.6
Medium	21.6	32.2	37.3	40.7	45.0	47.6	45.5	43.1	34.7	21.5	52.6
SD	4.84	4.90	4.80	4.88	5.34	5.55	5.84	5.25	5.70	6.03	5.20
SE	19.0	30.3	35.5	38.8	40.6	41.1	38.4	38.2	29.0	15.7	48.4
N	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
CI (90%)	0.95	0.96	0.94	0.96	1.05	1.09	1.15	1.03	1.12	1.19	1.02
RD site											
Mean	35.2	47.1	52.1	56.7	60.6	62.5	60.7	55.3	47.0	38.3	67.1
Min	21.8	33.3	38.9	42.9	46.3	50.1	48.1	41.7	31.4	22.4	54.1
Max	43.5	54.7	59.3	66.3	67.3	69.4	67.2	65.6	58.1	56.5	72.6
Medium	35.7	48.0	53.1	57.8	61.5	63.1	61.4	55.4	47.1	37.6	68.0
SD	5.34	4.70	4.62	4.62	4.14	3.68	3.71	4.42	4.56	6.51	3.74
SE	0.64	0.56	0.55	0.55	0.49	0.44	0.44	0.53	0.55	0.78	0.45
N	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
CI (90%)	1.05	0.92	0.91	0.91	0.81	0.72	0.73	0.87	0.90	1.28	0.73
B. Active period (06:00-22:00)											
NR site											
Mean	22.4	33.2	38.3	42.2	46.8	48.3	47.0	43.8	35.5	22.3	53.4
Min	14.8	25.2	31.2	34.3	38.0	39.7	37.6	34.1	24.8	13.1	45.8
Max	33.4	50.4	51.5	50.9	54.2	55.5	56.1	51.4	44.7	37.6	60.8
Medium	21.9	33.0	38.6	42.6	47.4	49.2	47.7	44.9	35.9	21.5	54.2
SD	4.26	4.44	4.01	4.00	4.37	4.76	5.18	4.75	5.14	5.65	4.42
SE	0.63	0.65	0.59	0.59	0.64	0.70	0.76	0.70	0.76	0.83	0.65
N	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
CI (90%)	1.03	1.08	0.97	0.97	1.06	1.15	1.26	1.15	1.25	1.37	1.07
RD site											
Mean	36.8	48.9	53.6	57.8	61.6	63.4	61.9	56.8	48.3	40.3	68.2
Min	27.2	40.0	45.5	49.6	54.2	56.9	56.0	50.6	41.3	27.9	61.5
Max	43.5	54.7	59.2	63.5	66.8	69.4	67.2	65.6	57.7	56.5	72.6
Medium	37.8	49.6	53.7	58.5	62.4	63.7	61.9	56.8	47.9	40.4	68.7
SD	4.68	3.35	3.28	3.30	2.89	2.58	2.68	3.65	3.63	5.91	2.60
SE	0.69	0.49	0.48	0.49	0.43	0.38	0.40	0.54	0.54	0.87	0.38
N	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
CI (90%)	1.14	0.81	0.80	0.80	0.70	0.63	0.65	0.89	0.88	1.43	0.63

a. LEQ: Equivalent noise level
b. AF: Audio frequency = log(sound(Hz))

보다 LAT(dB)값이 NR과 RD에서 모두 3 dB 정도 높은 경향을 보였다. *Fig.* 1을 살펴보면, NR에서 양기간대의 소음이 비슷한 패턴으로 AF의 변화에 따라 증가 후 감소를 보였다. 특히 3 AF에 가장 높은 dB수치를 보임을 알 수 있다. 1.5 AF와 4.2 AF에서는 양자간의 차이가 1.4 dB이었으나, 2.7 dB~3.3 dB구간에서는 약 3.5 dB정도 차이로 3 AF에 가까워질수록 dB의 차이가 증가하는 경향을 볼 수 있다.

www.kci.go.kr

Table 3. Continued

Sound (Hz)	31.5	63	125	250	500	1,000	2,000	4,000	8,000	16,000	LEQ(dB)[a]
AF[b]	1.5	1.8	2.1	2.4	2.7	3.0	3.3	3.6	3.9	4.2	
C. Inactive period (22:00-06:00)											
NR site											
Mean	21.0	31.7	36.6	39.8	43.4	45.0	43.2	40.4	33.9	20.9	50.3
Min	9.0	21.4	29.7	31.2	31.3	32.7	34.6	31.8	21.9	10.8	40.3
Max	35.8	51.0	56.5	62.1	65.4	66.0	63.2	55.9	49.4	39.6	70.6
Medium	20.2	30.7	35.4	39.0	42.9	45.2	42.7	39.2	32.5	20.8	49.9
SD	5.80	5.64	5.97	6.02	6.34	6.41	6.32	5.54	6.65	6.74	6.02
SE	1.18	1.15	1.22	1.23	1.29	1.31	1.29	1.13	1.36	1.37	1.23
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
CI (90%)	1.95	1.89	2.00	2.02	2.13	2.15	2.12	1.86	2.23	2.26	2.02
RD-Night site											
Mean	32.2	43.6	49.4	54.7	58.6	60.7	58.4	52.4	44.4	34.4	65.1
Min	21.8	33.3	38.9	42.9	46.3	50.1	48.1	41.7	31.4	22.4	54.1
Max	42.3	52.8	59.3	66.3	67.3	67.3	64.8	58.7	58.1	47.9	71.7
Medium	33.3	45.0	51.1	55.3	60.0	62.0	60.0	53.0	43.8	34.1	66.5
SD	5.26	4.97	5.57	6.00	5.40	4.73	4.35	4.38	5.09	5.89	4.69
SE	1.07	1.01	1.14	1.23	1.10	0.97	0.89	0.89	1.04	1.20	0.96
N	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
CI (90%)	1.77	1.67	1.87	2.02	1.81	1.59	1.46	1.47	1.71	1.98	1.57

3.3. 대기질의 시간대별(활동시간대 & 비활동시간대) 비교

대기환경 인자와 기상인자의 주야간 자료를 비교하기 위하여 일반주거지역을 시간대별로 자료를 구분하여 *Table* 4에 제시하였다. 그 결과 18 개 항목 중 활동기가 비활동기 보다 높은 경향을 보이는 항목은 6 가지로 나타났다. 나머지 항목은 모두 비활동기에 더 높은 결과값을 보여주었다(*Fig.* 2). SO_2 외 8 종의 가스상물질 중 NO 외 6 종의 물질에서 활동기 보다 비활동기에서 더 높은 경향을 보였다. SO_2 와 O_3 는 활동기에 측정값이 더 높게 나타났다. O_3의 경우 2 차 광화학오염물질로서 NOx, VOC와 광화학반응을 통해 생성되고, NO와의 반응을 통해 소멸된다. 이러한 발생 소멸과정의 차이로 인해 O_3의 일 중 농도차가 2 배 이상 나타나는 것으로 사료된다. 입자상물질의 경우 4 가지 항목에서 모두 비활동기에서 더 높은 측정값이 나왔다. 특히 TSP의 경우 각각 102와 171 μg/m^{3}으로 활동기가 약 40% 정도 낮은 결과를 보여주었다. 그러나 기상인자의 경우 RH의 항목만이 비활동기에 높은 수치를 보였다. 이를 제외한 나머지 항목들은 활동기에 더 높은 것을 확인할 수 있다. 활동기는 비활동기에 비해 오염원의 배출량이 더 증가하지만 기류활동 또한 활발히 이루어져 대부분의 오염원 농도가 낮게 측정되고, 비활동기의 경우 활동기에서 배출되었던 각종 오염물질들이 기류의 안정으로 침강하여 활동기보다 더 높은 농도가 측정된 것으로 추정할 수 있다.

3.4. 지점별 소음도의 변화 비교

NR과 RD의 공간별 차이에 따른 소음발생 주파수의 특성을 위하여, NR과 RD의 평균치를 시간대별로 자료를 구분하여 *Table* 3에 제시하였다. 이들 평균값을 비교하면(*Fig.* 3), NR의 결과는 RD보다 모두 낮게 측정되었다. 두 측정지점에서 모두 3 AF까지 점차 증가하여, 정점에 이른 후 감소하는 양상이 유사하게 나타났다. 그러나 1.5 AF영역과 3.9 AF영역에서는 다른 AF영역보다 NR와 RD가 다소 낮은 차이를 보였다. 그러나 AF의 변화에 따른 주야 경향은 조금 다른 양상을 보였다. 활동기의 경우 AF의 변화에 따라 NR와 RD는 비교적 일정한 차이를 유지하는 반면, 비활동기의 경우 3 AF에 근접할수록 NR과 RD의 차이는 점차 증가 후 감소하는 양상을 나타냈다. 또한 활동기의 경우 3 AF에서의 RD는 63.4 dB, NR은 48.3 dB로 그 차이는 15.1 dB로 나타났다. 이에 반해, 4.2 AF에서는

www.kci.go.kr

Table 4. Summary of air pollutants and environmental parameters measured concurrently during the study period

		0.25th percentile	Mean	Min	Max	0.75th percentile	Medium	SD	SE[1]	N	CI[2] (90%)
A. All period											
(A) Air pollutants											
SO_2	(ppb)	4.00	5.50	1.00	20.0	6.25	5.00	3.13	0.62	68.0	0.62
NO	(ppb)	6.50	32.2	1.00	152	43.3	15.5	37.4	7.46	68.0	7.46
NO_2	(ppb)	26.0	37.2	12.0	71.0	47.0	34.0	14.2	2.84	68.0	2.84
NO_x	(ppb)	34.0	69.4	13.0	213	82.8	51.0	48.8	9.73	68.0	9.73
O_3	(ppb)	3.00	12.8	1.00	61.0	18.3	9.50	12.4	2.47	68.0	2.47
CO	(ppb)	400	608	200	1400	700	500	254	53.6	61.0	53.6
CH_4	(ppm)	1.94	2.13	1.79	2.78	2.27	2.06	0.26	0.07	42.0	0.07
NMHC	(ppm)	0.22	0.34	0.11	1.05	0.45	0.27	0.18	0.05	42.0	0.05
THC	(ppm)	2.18	2.47	1.94	3.48	2.76	2.39	0.37	0.09	42.0	0.09
PM10	($\mu g/m^2$)	36.5	66.3	21.0	743	67.0	47.0	90.1	18.1	67.0	18.1
PM2.5	($\mu g/m^2$)	16.0	29.3	8.00	77.0	38.5	27.0	16.6	3.33	67.0	3.33
TSP	($\mu g/m^2$)	60.8	127	23.0	1425	109	78.0	219.0	55.6	42.0	55.6
(B) Environmental parameters											
Hg	(ng/m^2)	1.76	4.26	1.33	11.2	4.64	3.41	3.40	1.77	10.0	1.77
WS[3]	(m/sec)	0.53	1.03	0.00	3.00	1.40	0.90	0.66	0.13	70.0	0.13
TEMP	(^oC)	5.28	13.0	-1.10	27.9	18.4	13.8	8.04	1.58	70.0	1.58
RH[4]	(%RH)	47.3	61.4	23.0	92.0	77.0	60.5	18.1	3.56	70.0	3.56
UV	(mW/cm^2)	0.00	0.30	0.00	1.79	0.54	0.02	0.43	0.10	46.0	0.10
Solar	(W/m^2)	1.00	137	0.00	708	241	1.00	195	42.1	58.0	42.1

[1]SE : Standard error
[2]CI : CONFIDENCE
[3]WS : Wind speed
[4]RH : Relative humidity

RD는 40.3 dB, NR은 22.3 dB로 그 차이가 18 dB로 고주파영역에서의 소음도의 차이가 더 높은 것을 알 수 있다. 비활동기의 경우 3 AF에서의 RD는 60.7 dB, NR은 45.0 dB로 그 차이는 15.7 dB로 나타났다. 이에 반해, 4.2 AF에서는 RD는 34.4 dB, NR은 20.9 dB로 13.5 dB의 차이로 활동기와 다른 양상을 보였다. 그러나 3.9 AF에서는 양기간 모두 그 차이가 크지 않음을 볼 수 있다.

3.5. 지점 및 시간대별 소음도의 통계적 유의성 검정

소음도의 특성을 명확하게 평가하기 위한 하나의 시도로 공간적 기준(NR과 RD)과 시간대별 기준(활동기 대비 비활동기)의 차이를 통계적으로 판단하기 위하여 짝비교 t-테스트(paired t-test)를 방식으로 실시하였다. 이를 시간별로 활동기와 비활동기, 공간대별로 NR지점과 RD지점의 차이를 유의수준 95%를 기준으로 비교하였다(*Table* 5). 우선적으로 시간별 차이를 확인하기 위하여 각지점에서의 활동기와 비활동기에 따른 경향성 차이를 비교하였다. 양 방식의 차이는 NR지역의 활동기와 비활동기로 나누어 비교하였을 때보다 RD지점을 활동기와 비활동기로 나누어 비교하였을때의 유의성이 더 크게 나타났다. 반면, 공간대별 차이는 활동기의 NR지점과 RD지점의 차이는 비활동기에 양자간의 차이 보다 더 유의성이 크게 나타났다.

3.6. 주파수와 대기질의 비교

주파수와 대기질의 연계성을 파악하기 위해 항목별 측정자료에 대한 상관분석을 전체 시간대와 활동기, 비활동기로 나누고 NR지역과 RD지역으로 구분하여 실시하였다(*Table* 6). 상관분석의 결과를 P값 (probability of no correlation)을 기준으로 가장 상관성이 높은 경우($p < 0.01$ (Level 2 = L2) 이하)와 그 다음단계($0.01 < p < 0.05$ (Level 1 = L1))로 구분하였다. 그 결과 NR지역에서의 주파수와 대기질에서 L2의 경우는 104 개, L1의 경우는 27 개로 나타났다. 반면 RD지역의 경우,

www.kci.go.kr

Table 4. Continued

		0.25th percentile	Mean	Min	Max	0.75th percentile	Medium	SD	SE[1)]	N	CI[2)] (90%)
B. Active period (06:00-22:00)											
(A) Air pollutants											
SO_2	(ppb)	4.00	5.84	1.00	20.0	7.00	5.50	3.57	0.54	44	0.89
NO	(ppb)	9.25	24.6	1.00	118	27.5	14.0	27.8	4.20	44	6.90
NO_2	(ppb)	25.0	34.3	13.0	59.0	43.0	33.0	11.8	1.79	44	2.94
NO_x	(ppb)	34.8	58.9	17.0	164	72.5	48.5	35.2	5.30	44	8.72
O_3	(ppb)	5.75	15.8	2.00	61.0	20.8	13.0	13.1	1.97	44	3.25
CO	(ppb)	400	546	200	900	600	500	162	25.9	39	42.7
CH_4	(ppm)	1.93	2.07	1.79	2.57	2.15	1.98	0.22	0.04	26	0.07
NMHC	(ppm)	0.20	0.30	0.12	0.63	0.38	0.27	0.14	0.03	26	0.04
THC	(ppm)	2.16	2.37	1.95	2.91	2.54	2.36	0.28	0.05	26	0.09
PM10	($\mu g/m^2$)	34.0	55.9	21.0	245	63.5	47.0	36.6	5.52	44	9.08
PM2.5	($\mu g/m^2$)	14.8	27.1	8.00	77.0	36.3	26.5	15.1	2.27	44	3.73
TSP	($\mu g/m^2$)	64.0	102	23.0	516	109.0	85.0	91.3	17.6	27	28.9
(B) Environmental parameters											
Hg	(ng/m^2)	1.76	3.55	1.37	9.12	4.15	2.20	2.98	1.21	6	2.00
WS	(m/sec)	0.70	1.12	0.10	2.60	1.50	1.00	0.63	0.09	46	0.15
TEMP	(°C)	6.25	13.6	-1.1	27.9	19.3	14.2	8.16	1.20	46	1.98
RH	(%RH)	46.3	56.8	23.0	90.0	72.8	54.5	17.9	2.64	46	4.35
UV	(mW/cm^2)	0.02	0.46	0.00	1.79	0.71	0.38	0.46	0.08	30	0.14
Solar	(W/m^2)	8.25	209	0.00	708	374	155	208	33.7	38	55.4
C. Inactive period (22:00-06:00)											
(A) Air pollutants											
SO_2	(ppb)	3.00	4.88	2.00	10.0	6.00	5.00	2.01	0.41	24	0.67
NO	(ppb)	4.50	46.2	1.00	152	76.3	36.5	48.0	9.8	24	16.1
NO_2	(ppb)	29.0	42.6	12.0	71.0	57.3	41.0	16.8	3.43	24	5.64
NO_x	(ppb)	30.5	88.8	13.0	213	138	78.0	63.4	12.9	24	21.3
O_3	(ppb)	2.00	7.38	1.00	35.0	10.3	3.50	8.79	1.79	24	2.95
CO	(ppb)	425	718	200	1400	975	650	343	73.2	22	120.3
CH_4	(ppm)	2.05	2.23	1.83	2.78	2.39	2.18	0.29	0.07	16	0.12
NMHC	(ppm)	0.22	0.41	0.11	1.05	0.46	0.42	0.23	0.06	16	0.09
THC	(ppm)	2.31	2.64	1.94	3.48	2.92	2.66	0.45	0.11	16	0.18
PM10	($\mu g/m^2$)	40.5	86.0	27.0	743	75.0	48.0	145	30.3	23	49.8
PM2.5	($\mu g/m^2$)	21.0	33.5	8.00	74.0	48.5	28.0	18.8	3.91	23	6.43
TSP	($\mu g/m^2$)	57.5	171	43.0	1425	111	71.0	349	90.1	15	148.1
(B) Environmental parameters											
Hg	(ng/m^2)	3.49	5.32	1.33	11.2	6.20	4.37	4.18	2.09	4	3.44
WS	(m/sec)	0.40	0.85	0.00	3.00	1.08	0.65	0.70	0.14	24	0.24
TEMP	(°C)	4.98	11.7	0.00	24.2	16.7	12.3	7.83	1.60	24	2.63
RH	(%RH)	64.8	70.2	35.0	92.0	82.3	72.5	15.2	3.10	24	5.10
UV	(mW/cm^2)	0.00	0.00	0.00	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	16	0.00
Solar	(W/m^2)	1.00	0.80	0.00	1.00	1.00	1.00	0.41	0.09	20	0.15

주파수와 대기질에서 L2 가 118 개, L1 이 43 개로 나타났다. 따라서 NR지점에 비해 RD지점의 소음이 대기질과 더 높은 상관성이 나타나는 것을 알 수 있다. 그 중, NR지역의 CH_4 자료는 31.5 Hz, 250 Hz, 500 Hz, 1,000 Hz에서만 L1의 상관성이 나온 것에 반해, RD의 지역에서는 16,000 Hz를 제외한 나머지 전

www.kci.go.kr

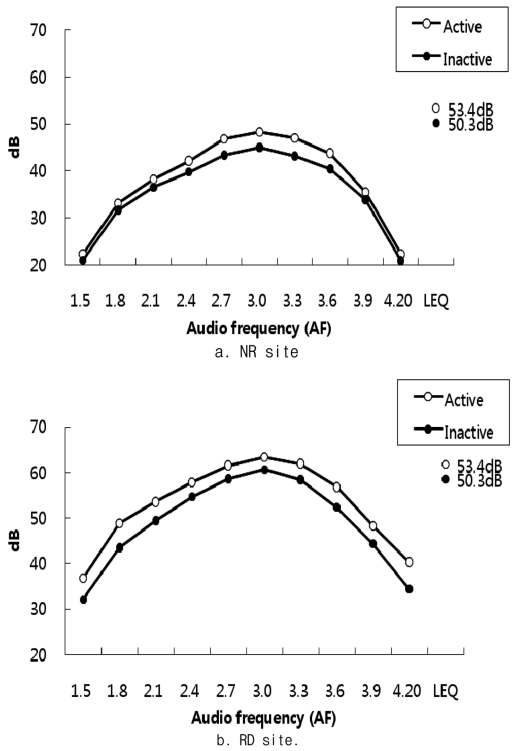

Fig. 1. Comparison of noise levels between active and inactive period at RD and NR sites.

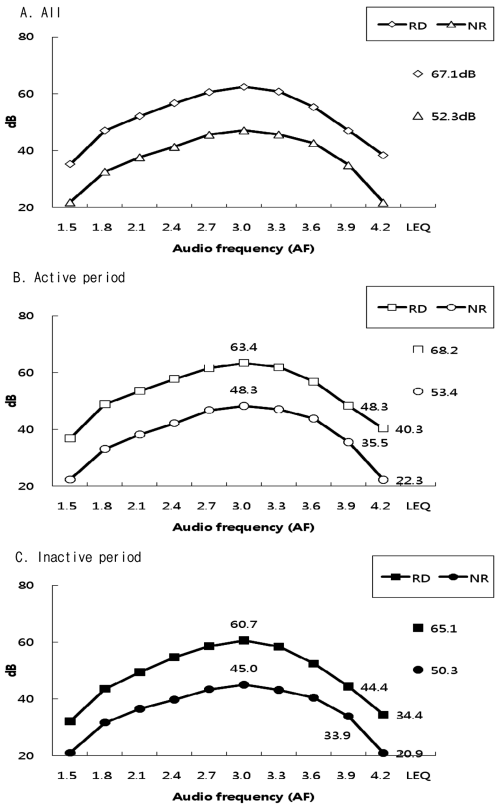

Fig. 3. Comparison of noise level between RD and NR sites at different time bands.

역대에서 L2 5 개, L1 3 개로 높은 상관성이 빈번하게 나타났다. 또한, 역상관성을 나타내는 경우는 NR 지역에서 137 개 RD지역에서 104 개였다. 활동기와 비활동기로 나누어 살펴보면, 활동기의 경우 NR지점의 L1+L2은 96 개, RD지점의 L1+L2은 106 개로 구분되었다. 따라서 활동기의 상관성은 RD의 상관성이 더 높게 나타나는데 반해, 비활동기의 경우 활동기와

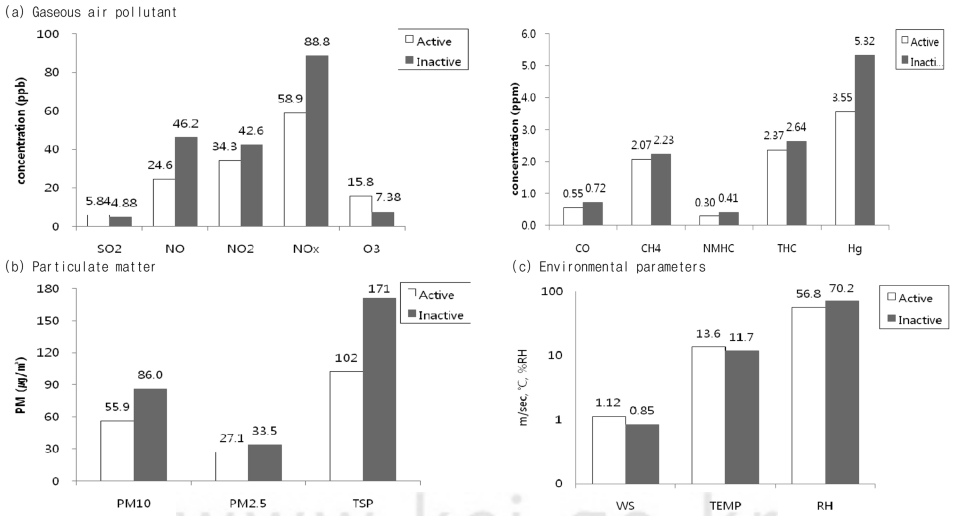

Fig. 2. Comparison of air pollutant concentration leuels between active and inactive period.

www.kci.go.kr

Table 5. Results of paired t-test between different sites and between different time bands
A. Results between NR vs. RD sites

Sound (Hz)	NR			RD		
	Active		Inactive	Active		Inactive
31.6	22.4		21.1	36.8		32.2
63	33.2		31.5	48.9		43.6
125	38.3		36.3	53.6		49.4
250	42.2		39.7	57.8		54.7
500	46.8		43.5	61.6		58.6
1,000	48.3		45.1	63.4		60.7
2,000	47.0		43.1	61.9		58.4
4,000	43.8		40.4	56.8		52.4
8,000	35.5		33.7	48.3		44.4
16,000	22.3		20.7	40.3		34.4
Mean	38.0	>	35.5	53.0	>	48.9
p-value (t)	1.59E-05 (8.3)			5.84E-07 (12.4)		

B. Results between active vs. inactive periods

Sound (Hz)	Active			Inactive		
	NR		RD	NR		RD
31.6	22.4		36.8	21.1		32.2
63	33.2		48.9	31.5		43.6
125	38.3		53.6	36.3		49.4
250	42.2		57.8	39.7		54.7
500	46.8		61.6	43.5		58.6
1,000	48.3		63.4	45.1		60.7
2,000	47.0		61.9	43.1		58.4
4,000	43.8		56.8	40.4		52.4
8,000	35.5		48.3	33.7		44.4
16,000	22.3		40.3	20.7		34.4
Mean	38.0	<	53.0	35.5	<	48.9
p-value	1.25E-10 (-32.4)			2.99E-09 (-22.7)		

Table 6. The result of correlation analysis between the noise level and air pollutant concentrations

Code	Point	Significant		(a)[c]	Insignificant	N	Significant (%)
		Level 1[a]	Level 2[b]				
All	NR	27	104	0	247	378	34.7
	RD	43	118	0	217	378	42.6
Active	NR	26	70	0	282	378	25.4
	RD	40	66	0	272	378	28.0
Inactive	NR	24	76	2	276	378	26.5
	RD	27	62	2	287	378	23.5

a. Level 1 = Correlation is significant at $p<0.05$ (2-tailed)
b. Level 2 = Correlation is significant at $p<0.01$ (2-tailed)
c. (a) = Can not be computed because at least one of the variable is constant

www.kci.go.kr

반대로 NR지점의 L1+L2은 100 개, RD지점의 L1+L2은 89 개로 나타나 NR의 상관성이 더 높게 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 도로지점과 비도로지점에서의 주파수와 대기오염물질에 대한 양자간의 연관성에 대하여 활동시간과 비활동시간으로 구분하여 조사하였다. 주파수의 경우 도로지점과 비도로지점의 활동기와 비활동기 모두 저주파에서부터 고주파에 이르기까지 도로지점에서 높은 소음도를 나타냈다. 전체 평균 주파수 영역은 비도로지점이 37.1±18.3 Hz, 도로지점 51.6±16.3 Hz로 비도로지점이 약 30% 높게 나타났다. 두 지점에서의 최고주파수 영역과 최저주파수 영역이 각각 1,000 Hz와 31.5 Hz를 나타내며 양지점간의 상대적 경향은 규칙적으로 유사하게 나타났다. 대기질의 경우 활동기와 비활동기로 구분하여 단기간에 측정한 자료를 비교할 경우, 양자간의 연계성을 바로 찾기가 쉽지 않았다. 또한, 소음도의 NR과 RD의 공간별 차이와 시간대별 차이를 명확하게 판단하기 위하여 95% 유의수준으로 통계비교(t-테스트)를 실시하였다. 그 결과, 시간대별로는 RD지점에서 활동기와 비활동기의 양자간 차이가 더 크게 나타났다. 반면, 공간대별로는 NR지점과 RD지점에 대한 활동기의 차이에 유의성이 크게 나타나는 것을 확인하였다.

주파수와 대기질의 연계성을 파악하기 위해 항목별 측정자료에 대한 상관분석을 전체 시간대와 활동기, 비활동기로 나누고 NR지역과 RD지역으로 구분하여 상관분석을 실시한 결과, 시간대별 소음과 대기질의 연계성보다는 공간적 규모에서 특히, 도로지역의 경우 활동기에서 비활동기로 시간이 지남에 따라 소음의 발생원인 자동차와 같은 이동수단의 통행량이 줄어들고 이에 따라 발생하는 대기오염물질의 양도 줄어들어 양자간의 연계성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

감사의 글

본 연구의 일부는 한국연구재단의 지원을 통해 이루어졌습니다 (2010-0007876).

참고문헌

1. Onuu, M. U., *J. Sound Vibration*, **233**(3), 391-405 (2000).
2. Ouis, D., *J. Environ. Psychology*, **21**, 101-120 (2001).
3. Kim, J.-S, E.-H. Choi, C.-W. Ahn, C.-S. Lee, C.-Y. Moon and J.-H. Kim, *Korean J. Sanitation*, **17**(2), 55-62 (2002).
4. Kook. C., G.-S. Chang, K.-Y. Chung and S.-W. Kim, *Noise and Vibration Engineering*, **1**, 53-56 (1991).
5. Hur, D.-J., K.-S. JO, D.-S. Hwang and Y. Cho, *Noise and Vibration Engineering*, **17**(5), 398-404 (2007).
6. Korea Ministry of Environment (KMOE), Environmental Dispute Resolution statistics (2009).
7. Korea Ministry of Environment (KMOE), Noise, vibration test method process (2010).
8. Cho, D.-M., W.-T. Kwon and Y. Na, Environmental Impact Assessment (2007).

www.kci.go.kr