소음지도

연구과제 : 소음지도 작성을 위한 연구

박인선*

1. 서 론

교통수단의 발달과 인구 밀집에 의해 소음원이 다양해지고 생활환경이 복잡해짐에 따라, 주변의 소음원으로부터 실제적으로 미치는 영향을 파악하거나 새로운 개발 사업으로부터 소음의 발생을 제어하기 위한 정보를 얻고자 하는 경우, 기존의 소음평가 방식으로는 소음피해 현황 파악 및 환경영향평가 시 소음예측에 한계가 있다.

또한 지역, 지방, 국가의 단계적인 소음 문제 해결 방안 및 종합적이고 지속적인 생활소음 저감대책 수립이 절실해짐에 따라, 유럽 및 선진국에서 활용하고 있는 소음지도 작성 기술 도입의 필요성이 제기된다.

따라서, 이 연구를 통하여 우리나라 실정에 맞는 소음지도 제작을 위한 표준안을 제시하고, 개발 사업 및 다양한 소음원에 의한 환경영향평가의 근거를 확립하여, 현재 발생되는 소음원들과 차후에 발생될 상황이나 현상들의 비교를 통해 다양한 소음 발생 시나리오를 전개함으로써, 효과적인 소음저감대책 수립에 활용하고자 한다.

2. 국내·외의 소음지도 활용실태

국내의 경우 소음지도는 공장소음이나 항공기소음과 같은 단일 소음원에 대한 국소적인 소음현황 파악과 소음대책의 효과를 예측하기 위한 방법으로 주로 사용되고 있으며, 아직까지는 유럽의 경우와 같이 행정구역 단위의 종합적인 소음지도가 작성되어 사용되고 있지 않은 실정이다.

따라서 합리적이고 계획적인 소음 관리를 위해 지방자치단체에 의한 소음지도 제작이 필수적이며, 이를 위해 소음지도의 활용목적에 따른 합리적인 표준안의 마련이 시급하다.

EU의 Directive 2002/49/EC[1)]에서는 소음지도의 작성을 통하여 환경소음의 정도를 측정하고, 환경소음에 관한 정보와 소음이 사회에 미치는 영향을 확인하여 소음지도 작성 후 그 결과를 토대로 소음의 영향이 적은 지역은 보존하고 소음의 노출이 인간의 건강에 해가되는 지역은 소음저감정책을 수립하는 등 대응책을 채택함에 목적이 있다. 이에 따라 EU구성국은 2007. 7. 30일까지 아래에 해당하는 지역에 대한 소음지도를 작성할 예정이다.

소음지도 작성지역(2007. 7. 30)

- 인구 250,000명 이상의 지역
- 연 교통량 6,000,000대 이상의 주요도로
- 연 철도교통량 60,000대 이상의 주요철도
- 연 50,000대 이상 항공기 운항 주요공항

* 연세대학교 환경공학부
E-mail : parkinsun@yonsei.ac.kr

표 2 국내 소음지도 연구현황 종합

구 분		원주시 도로교통 소음지도[2]	서울시 중랑구 소음지도[3]	부산시 도로교통 소음지도[4]
크 기		· 867.76 km^2	· 22 km^2	· 30.8 km^2
소음원		· Road Traffic Noise	· Road Traffic Noise · Railway Noise	· Road Traffic Noise
평가지표		· L_{10} (CRTN), L_{eq}	· L_m (도로소음 : RLS90) · L_{rk} (철도소음 : Schall-03)	· L_m (RLS90) · L_{WAeq} (ASJ Model 1998)
제작SW		· Noisemap 2000 (WS Atkins 社)	· SoundPLAN (SoundPLAN 社)	· SoundPLAN (SoundPLAN 社)
입력 인자	도로	· 노면특성 (전장, 차로수, 도로포장상태) · 교통량, 대형차량 비율 · 차량 평균속도	· 지면경사, 노면종류 · 교통량, 대형차량 비율 · 차량 평균속도	· 지면특성, 지형정보 · 교통량(7종 분류) · 차량 평균속도
	철도	·	· 평균속도 · 일일 통행횟수	·
	지형정보	· Digital 수치지도 (1:25000)	· Digital 수치지도	· Digital 수치치도 (1:5000)
	기타	· 건물정보 · 인구밀도 ※ 소음노출인구산출 및 소음노출지도제작	· 건물정보, 방음벽 정보 · 인구밀도	· 건물정보 · 방음벽 정보

표 3 EU 소음지도 관련 정책 (Green Policy)

구 분	EU 최고위원회	EU 구성국 실시사항
2002. 7	인증 / 공표	
2004. 7		관련법안 제정
2005. 7		EU 최고위원회에 지역별 소음한도 보고
2007. 7		주요지역에 대한 소음지도 작성 · 인구 250,000명 이상 지역 · 교통량 6,000,000대/년 이상 주요도로 · 철도교통량 60,000대/년 이상 주요철도 · 항공기 운항 50,000 대/년 이상 공항
2008. 7		주요지역에 대한 action plan 설정
2009. 7	전략소음지도 및 활동계획의 목표설정	
2012. 7		전 지역에 대한 소음지도 작성 (매 5년 주기) · 인구 100,000명 이상 지역 · 3,000,000대/년 이상 주요도로 · 30,000대/년 이상 주요철도
2013. 7		전 지역에 대한 action plan 설정 (매 5년 주기)

3. 소음지도 제작을 위한 표준안

3.1 소음지도 제작 표준방법

소음지도 제작을 위한 표준안을 수립하기 위하여 아래의 사항을 고려한다.

(1) 소음 예측식 및 소음지도 S/W선정

소음지도 제작시 필요한 소음예측식과 소음지도 S/W는 EU Directive와 유럽의 소음지도 제작국가에서 사용한 예측식과 S/W를 대상으로 검토하였다.

(2) 소음지도 제작 및 활용대상

소음지도를 제작하고 활용해야 할 대상 지자체를 선정함에 있어 EU Directive의 인구 기준을 고려하였으며, 국내의 실정을 고려하여 적용방안을 제시하였다.

(3) 소음지도 격자의 표준크기

소음지도 격자의 크기는 소음의 전파양상 및 정확한 소음도 계산을 위하여 조절되어야 하며, 격자의 크기가 작아질수록 정확한 소음도 계산이 가능해진다. 그러나 격자의 크기가 작아질수록 계산시간이 크게 증가하며, 이를 위해서 시스템의 구동환경 및 계산된 데이터 저장 공간의 개선이 필요하다. 따라서 적절한 소음지도 격자의 크기에 대한 비교를 통하여 표준안을 제시하였다.

(4) 소음노출인구 산정을 위한 표준안

소음노출인구 산정을 위한 방법을 제시하였으며, 소음노출인구 산정 예시를 통하여 표준안을 제시하였다.

(5) 대상 자치단체 규모별 소음지도 제작비용

소음지도 제작비용을 수치지형도 구축, 하드웨어 · 소프트웨어 구입, 시스템 개발 등의 기초자료 구축비용과 소음지도 제작 및 관리 등의 소음지도 제작비용으로 구분하여 산정하였다.

3.2 소음 예측식 및 소음지도 S/W 선정

현재 국내에서는 국립환경과학원에서 제시한 교통소음 예측식이 있으며, 철도소음, 항공기 소음 등의 평가는 외국의 예측식을 사용하는 실정이다.

더욱이 국제적으로 통용되고 있는 상용 소음지도 S/W에는 우리나라의 교통소음 예측식이 포함되지 않은 상황이다. 또한 국내의 도로교통소음 예측식은 장애물이 비교적 적은 넓은 공간에서는 효과적이지만, 최근 들어 고층아파트가 급격히 건설되어 인구가 밀집하여 생활하는 경우에서는 그 효용성에 대해서 적지 않은 논란이 있는 상황이다.

뿐만 아니라 국내의 도로, 주거형태, 교통현황 등이 상용 S/W를 제작한 나라들과 상이하므로 우리나라 실정에 맞는 교통소음, 철도소음, 항공기소음, 공장소음 등에 대한 예측식이 궁극적으로는 확립되어야 한다.

그러나 주민들의 소음관련 민원이 매년 급증하고 있으므로 아무런 대책 없이 장기적인 기초연구에만 매달리고 있을 수는 없는 현실이다.

한편 본 연구결과에 의하면, 비록 서울시 서초구 및 구로구의 일부 구간에 교통량이 비교적 한정된 결과이지만, 여러 상용 S/W에서 일반적으로 사용되는 영국, 독일, 프랑스, EU의 도로교통소음 예측식의 결과와 본 연구진이 실측한 측정값은 모두 3 dB 이내의 적은 오차를 나타내고 있다.

따라서 우리나라 독자적인 예측식이 확립되고 상용 S/W가 제작될 때 까지는 한시적으로 외국의 상용 S/W 및 예측식을 사용해도 무방하다고 판단된다.

예측식은 EU Directive에서 제시한 NMPB를 비롯한 독일의 RLS90, 영국의 CRTN, 덴마크의 Temanord 524 등이 효과적이라 사료된다.

현재 국제적으로 많이 사용되는 상용 S/W는 본 연구에서 사용한 LimA, CadnaA, SoundPLAN 등이 있으며, 해외 연구에서 사용한 NoiseMap SE 등도 성능이 우수한 것으로 알려져 있다.

그러나 2~3년간의 추가 연구를 통하여 우리나라 실정에 맞는 소음예측식의 제정 및 소음지도 제작이

필요하다고 판단된다.

3.3 소음지도 제작 및 활용대상 지자체 규모 검토

EU Directive에서는 인구 25만, 연 교통량 600만대, 연 철도 교통량 6만대, 연 5만대 이상 항공기가 운항하는 자치단체에 대해서 2007년까지 소음지도 제작을 의무화하고 있다. 또한 5년 후 2012년까지는 인구 10만, 연 교통량 300만대, 연 철도 교통량 3만대 이상의 자치단체에 대해서 소음지도를 확대할 계획이 있다.

한편 우리나라에서는 환경소음측정망을 확충하고 있으며, 2007년도에는 인구 50만 도시에 45개의 측정망을 설치할 계획이다.

따라서 대상도시 선정과 관련하여 다음과 같은 안을 제시하고자 한다.

표 4 EU Directive의 소음지도 제작기준

구 분	2007. 7	2012. 7
인 구	250,000명 이상	100,000명 이상
도 로	연 통행량 6,000,000대 이상	연 통행량 3,000,000대 이상
철 도	연 통행량 60,000대 이상	연 통행량 30,000대 이상
항공기	연 통행량 50,000대 이상 공항	주요 공항

표 5 소음지도 제작 대상도시 선정방안

방 안	내 용
1안 : EU Directive보다 완화된 방안	인구 50만, 인구 25만, 인구 10만
2안 : EU Directive를 따르는 방안	인구 25만, 인구 10만

표 6 인구기준 소음지도 제작 대상지자체[5)]

인 구	50만 이상	25만 이상 ~ 50만 미만	10만 이상 ~ 25만 미만
특별시	서울시	–	–
광역시	부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산	–	–
경기도	수원, 성남, 부천, 안산, 고양, 용인시	의정부, 안양, 광명, 평택, 남양주, 시흥, 군포, 화성시	구리, 오산, 의왕, 하남, 파주, 이천, 안성, 김포, 광주, 양주, 포천시
강원도	–	춘천, 원주시	강릉시
충 북	청주시	–	충주, 제천시, 청원군
충 남	천안시	–	공주, 아산, 서산, 논산시, 당진군
전 북	전주시	군산, 익산시	정읍시
전 남	–	여수, 순천시	목포, 광양시
경 북	–	포항, 경주, 구미시	김천, 안동, 영주, 영천, 상주, 경산시, 칠곡군
경 남	창원시	마산, 진주, 김해시	진해, 통영, 사천, 밀양, 거제, 양산시
제 주	–	제주시	–

3.4 소음지도 격자의 표준크기

(1) 해외 연구사례

EU Commission WG-AEN(Working Group Assessment of Exposure of Noise)에 의하면, 도심지역(agglomeration)에서는 10×10 m 이하의 격자를, 도심외곽지역(outside agglomeration)에서는 30×30 m 크기의 격자로 소음지도를 제작할 것을 권고하고 있다.

해외 연구에서 적용된 소음지도 격자의 크기는 아래와 같다. 도심지역의 소음지도는 10×10 m 이하의 크기를 사용하였다.

표 7 해외 소음지도 격자 크기

구 분	London (UK)	Birmingham (UK)	Lisbon (Portugal)[6)]
전체면적(km^2)	1,600 km^2	330 km^2	84.6 km^2
격자크기(m)	10×10 m	10×10 m	5×5 m
계산지점(개)	16,575,000	3,300,000	3,384,000

(2) 국내 연구사례

국내 연구에서 적용된 소음지도 격자의 크기는 아래와 같다.

표 8 국내 소음지도 격자크기

구 분	원주시 도로교통 소음지도	서울시 중랑구 소음지도
전체면적(km^2)	867.76 km^2	22 km^2
격자크기(m)	5×5 m	10×10 m
계산지점(개)	34,710,400	220,000

(3) 소음지도 격자 크기비교

소음지도 격자의 표준크기를 결정하기 위하여 서울시 서초구 일대의 일부분 도로에서 모델링을 실시하였다. 모델링 지역의 총 면적은 약 6 km^2 (3×2 km)이며, 비교를 위한 격자의 크기는 5×5 m, 10×10 m, 20×20 m, 50×50 m 네 가지로 적용하였다.

비교기준은 아래와 같다.

- 계산시간 : 동일한 성능의 시스템에서 계산되는 시간을 비교하였다.
- 계산결과 : 계산결과를 가시화 하여, 음의 단절현상 또는 소음지도상의 왜곡현상 등을 시각적으로 비교하였다.

비교결과에 따라, 도심외곽지역 · 소음원으로부터 원거리 지역의 경우 소음도 관찰을 위한 격자의 크기는 20×20 m 또는 50×50 m, 소음원 주변이나 도심지역 · 건물 주변의 소음도를 관찰하기 위한 격자크기는 10×10 m이내가 적당하다. 단, 격자의 크기는 계산시간에 큰 영향을 주게 되므로 대규모 소음지도의 경우 계산환경과 가용시간을 고려하여 적용해야 한다.

표 9 소음지도 격자크기 비교결과

구 분	계산시간 (h:m:s)	계 산 결 과	비 고
Grid spacing 5×5 m	53:33:29	· 소음원(도로)에서 방사되는 음의 단절현상이 거의 없음 · 건물 후면의 미세한 부분까지 표현이 가능하여, 미세한 지역의 소음도 관찰이 용이함.	도심지역 적용가능
Grid spacing 10×10 m	15:41:33	· 소음원(도로)에서 방사되는 음의 단절현상이 부분적으로 나타남. · 5×5 m와 큰 차이 없이 비교적 세밀한 표현가능하며, 대부분 지역의 소음도 관찰이 용이함.	
Grid spacing 20×20 m	3:24:44	· 소음원(도로)에서 방사되는 음의 단절현상이 대부분에서 나타남. · 좁은 건물사이와 같이 세밀한 부분의 경우 왜곡현상이 나타남.	도심지역 적용제한
Grid spacing 50×50 m	0:42:14	· 소음원(도로)에서 방사되는 음의 단절현상이 대부분에서 나타남. · 좁은 건물사이와 같이 세밀한 부분의 경우 왜곡현상이 나타남.	

3.5 소음지도 제작 표준안 종합

소음지도 제작을 위한 사항을 종합하면 아래와 같다.

표 10 소음지도 제작 표준안 종합

구 분	내 용	비 고
소음지도 제작 및 활용대상	· 인구 50만 이상 지역	· 인구 50만 이상 지역에서 우선 실시하며, 차후 인구 25만, 10만 이상 지역으로 확대하여 실시한다.
	· 인구 25만 이상 지역	· 인구 25만 이상 지역에서 우선 실시하며, 차후 인구 10만 이상 지역으로 확대하여 실시한다.
소음지도 격자크기	· 10×10 m 이하 크기	· 격자의 크기는 계산시간 및 용량을 결정한다. · 고밀도 지역의 경우, Facade Map과 병행한다.
	· 30×30 m 이하 크기	· 저밀도 지역의 경우, 필요시 소음원 주변지역의 격자크기를 조절하여 적용한다.
소음지도 제작SW	· SoundPLAN	· 사용이 간편하고, 2D · 3D 그래픽을 통해 결과를 가시화 할 수 있으며, 소음저감대책의 최적평가가 가능하다.
	· LimA	· 빠르고 안정적으로 결과를 계산할 수 있으며, 다양한 포맷을 활용하여 자료를 입.출력 할 수 있다.
	· CadnaA	· 객체수의 제한이 없고, 뛰어난 3D 그래픽 구현이 가능하며, 간단하게 웹출판이 가능하다.
소음예측식	· CRTN	· 1.3 km^2면적에서 8지점의 Validation결과 S/W 평균오차 1.3 dB(A)

	· NMPB	· 1.3 km^2면적에서 8지점의 Validation결과 S/W 평균오차 1.4 dB(A)
	· RLS90	· 1.3 km^2면적에서 8지점의 Validation결과 S/W 평균오차 1.6 dB(A)
지형정보 획득	· 디지털수치지도(DXF)	· 국토지리정보원에서 축척별로 구입할 수 있으며, 레이어별로 구성되어 특성에 맞게 활용하기 용이하다.

3.6 소음지도의 시범제작

소음지도 제작순서는 다음과 같다.

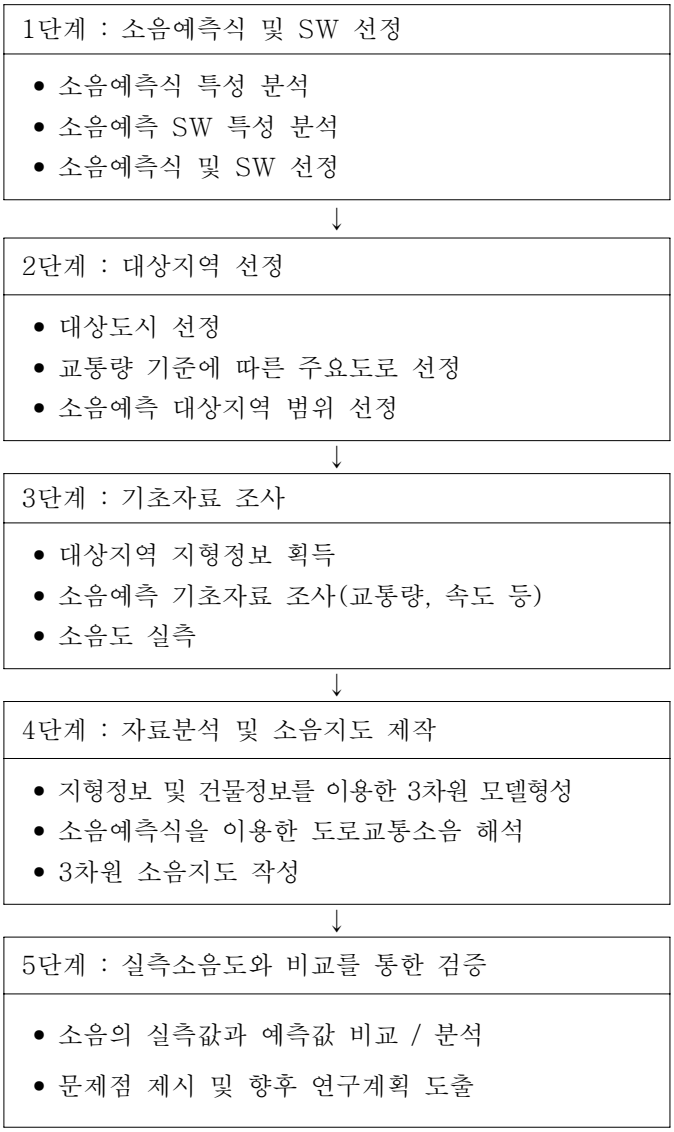

그림 1 소음지도 제작순서

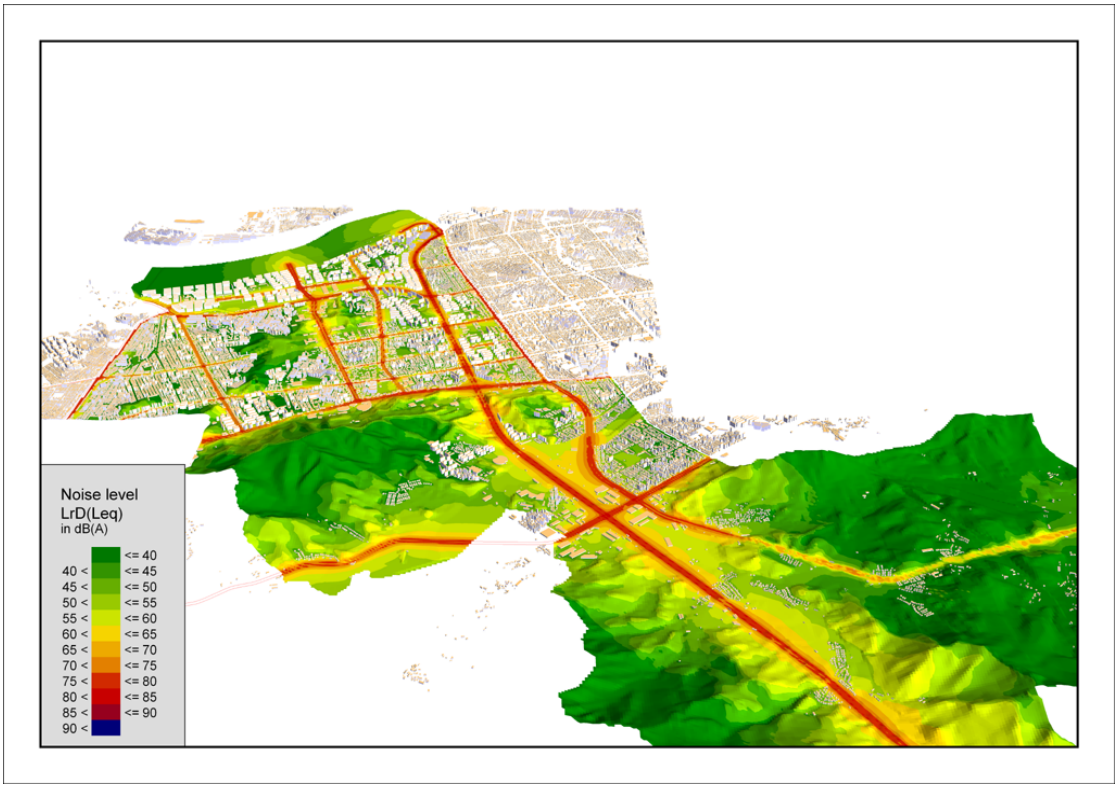

그림 2 소음지도 시범제작(서울시 서초구)

4. 소음지도의 정책 활용

소음지도는 다양한 원인에 의하여 발생하는 소음이 주민들에게 미치는 영향을 파악하거나, 도시개발사업과 도로건설사업 등으로 인하여 야기될 수 있는 소음을 예측함으로써 효과적인 소음 제어를 위한 정보를 신속하게 제공할 수 있다는 장점으로 인하여 그 중요성이 점차적으로 증가하고 있는 추세이다. 다음과 같은 기술의 활용이 가능하다.

첫째, 소음지도는 소음 발생지역의 평면뿐만 아니라 수직방향의 소음전파까지 표현이 가능하여 대상지역의 소음현황을 시각적인 면에서 효과적으로 파악이 가능하다. 이러한 다각적인 소음현황의 파악은 소음저감대책을 우선적으로 수행하여야 할 지역을 구분해냄으로서 소음에 의한 민원을 저감하는데 유용하게 활용될 수 있다.

둘째, 대상지역의 주소음원을 파악·결정하는 것은 소음저감 대책을 수립하기에 앞서 우선적으로 수행되어야 하지만, 서로 다른 음원들이 혼재되어 있는 상황에서 각각의 소음원을 개별적인 측정을 통하여 주소음원을 결정하는 것은 현실적으로 불가능하므로, 소음지도를 이용하여 각각의 소음원을 개별적으로 분석하여 간단하게 주소음원을 파악함으로서, 그에 맞는 대책의 마련과 분쟁의 조정을 가능하게 해준다. 더욱이 소음발생원을 큰 범위에서 구분하는 것(도로교통소음, 항공기소음, 철도소음, 공장소음 등)뿐만 아니라, 보다 자세하게 (도로교통소음원 중 대형차량, 소형차량, 폐기물운반차량 등) 구분하는 것도 가능하므로, 민감한 환경 분쟁에 대하여도 정확한 판단의 근거로 사용될 수 있다.

셋째, 수립된 소음저감대책을 실행·시공하기 전, 소음지도를 이용하여 해당 대책의 실질적인 효과를 확인하고, 저감대책 시나리오별 소음저감의 효과와 경제성을 비교함으로서 최선의 대책을 결정하는 것이 가능하다.

넷째, 기존의 소음노출인구 조사의 경우, 설문조사나 경험적 계산식을 이용하였지만 소음은 감각공해이기 때문에 설문조사와 경험적 계산식의 결과는 객관성을 띄기 어려우며 공간적 · 시간적으로 제약을 받는다. 하

지만 지형 레이어(Layer)와 인구 및 주거 통계 커버리지(Coverage), 그리고 GIS 공간통계분석기법을 이용하여 재구성 소음지도(Over-ride Value Noise Map)를 작성할 경우 객관적인 소음 노출인구와 주거수를 산출할 수 있으며 기존의 방법에 비하여 공간적 · 시간적 제약을 받지 않는다. 또한 획득된 정보는 지리정보시스템을 통하여 지역별 노출지도를 작성할 수 있으며, 이것은 지역개발 및 계획에 따른 영향 예측 및 환경정책 수립 시 많은 정보를 제공할 수 있다.

다섯째, 현재 우리나라의 소음 · 진동규제기준은 토지 용도에 따라 적용기준이 다르다. 따라서 소음지도를 통하여 상황에 적합한 토지 용도의 재설정과 개발 방향성의 정립은 국토의 효율적 이용을 가능하게 하며, 지역적으로는 소음 분포도를 고려한 주변지역의 토지나 건물의 이용 계획을 수립을 가능케 한다.

여섯째, 도시의 거대화와 인구의 과밀화는 각종 개발 및 교통의 발달과 함께, 소음에 의한 폐해도 야기하였다. 이러한 문제점에 대한 해결책으로 기존 시가지의 재정비와 신시가지 및 신도시의 건설 등이 있지만, 계획단계에서부터 환경 친화적 요소를 고려하지 않을 경우 이러한 대책 역시 근본적인 해결책일 수 없다. 이에 전략적 소음지도 (Strategic Noise Map)의 제작은 도시의 계획 단계에서부터 도로 및 철도와 같은 소음발생원의 형태를 그 영향이 최소화되도록 제시하여 보다 쾌적하고 정온한 환경의 유지와 함께 친환경적·에너지 절약형 도시의 개발을 가능하게 한다.

위에서 언급한 바와 같이 소음지도의 제작은 정온하고 쾌적한 환경을 조성 하는데 이바지함은 물론 효율적인 방음대책의 수립과 수행으로 경제적 손실을 최소화할 수 있으며, 민원저감이라는 사회적 성과를 거둘 수 있다.

후기

본 연구는 2006년도 국립환경과학원 연구용역사업인 소음지도 작성을 위한 연구 를 수행하면서 얻어진 결과이며, 이에 국립환경과학원 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

(1) EU Directive 2002/49/EC relating to the assessment and management of environmental noise, Official Journal of the European Communities

(2) 박인선 · 박상규, 2003, 정온한 도시환경을 위한 소음지도 개발 및 응용연구, 한국소음진동공학회 2003년도 춘계학술논문집

(3) 오진우, 장서일, 이기정, 2004, 국내의 소음지도 제작과 활용에 관한 연구, 한국소음진동공학회 논문집

(4) 김화일, 2006, 부산시내 주요 도로 교통소음도 조사 및 소음지도 작성, 부산지역 환경기술 개발센터

(5) 통계청, 2005, 총조사인구(2005), 통계정보시스템. http://kosis.nso.go.kr

(6) J. L. Bento Coelho · D. Alarcao, 2005, Noise Mapping in Large Cities in Portugal, ICSV12