

연구논문

시간별 교통량 변화에 따른 환경오염지도(대기 및 소음) 구축방안에 관한 연구

조동명* · 권우택** · 나 영***

(주)동아기술공사 환경영향평가부*, 을지대학교 보건환경과학부**, (주)대지 티아이에이 환경영향평가부***
(2007년 10월 9일 접수, 2007년 12월 7일 승인)

Hourly Environmental Pollution (Air Pollution and Noise) Mapping Method by the Traffic Volume Change

Dong-Myung Cho* · Woo-Taeg Kwon** · Young Na***

Division of Environmental Impact Assessment, Dong-a Engineering Co., Ltd.*

The Faculty of Health & Environmental Science, Eulji University**

Division of Environmental Impact Assessment, Daeji T.I.A Co., Ltd***

(Manuscript received 9 October 2007; accepted 7 December 2007)

Abstract

Air pollution and traffic noise from roads distributed near residential area has been a major social problem. In this study, an environmental pollution map for a residential area of Shihung-city was made by an expectation model based on hourly traffic volume change. Using the result from the model, a plan to reduce population in the residential area was established. The result of the modelling is summarized as follows:

1. At peak traffic hours (18 o'clock), 301-500 degree in hazardous and d_{25} degree (25% of the residents are suffering extremely from the noise) in noise pollution were predicted in Jeongwang Main Road in Shihung city.
2. The calculated critical pollutant standard index, PSI showed the air pollution level, especially PM-10 high enough to require re-entrainment.
3. It was expected air pollution would extensively extend over the area distribution of each degree. However, noise pollution problem was limited to the area near roads.

Key words : traffic noise, hazardous, d_{25} , PSI, Simulation, Air Pollution

1. 서론

1990년대 이후 각종 국책사업 및 민간건설 부문에 의한 개발사업이 활발히 진행되어 환경오염에 대한 진정이 꾸준히 증가하던 이래 대기 및 소음에 의한 환경오염 피해진정건수는 2004년 기준 각각 40.7%, 47.5%로서 대부분을 차지하는 것으로 조사되었다.

또한, 도로의 접근성을 감안하여 주거지역과 연결하여 분포하고 자동차의 운행대수가 2004년 기준 1,500만대에 육박하고 있고 갈수록 증가추세²⁾에 있음을 감안할 때 도시차량 교통에 따른 대기오염과 소음영향에 의한 피해진정건수도 차량증가와 동일선상에 있다고 할 수 있다.

한편, 기존에 연구된 논문에서는 이러한 문제를 인식하고 다양한 연구결과를 내놓았으나 대기오염과 소음영향을 단일문제로 취급하는 경향을 보이고 있다.

따라서, 본 연구에서는 차량통행에 따른 대기오염도와 소음도 분포를 간편하게 확인할 수 있는 환경오염지도를 구축하고자 수행하였다. 본연구의 결과는 쾌적한 생활환경을 위한 도로교통관리 방안을 수립하는데 도움이 될 수 있을 것이다.

II. 연구의 범위 및 방법

1. 연구대상지역

본 연구는 시간별 교통량 변화에 따른 환경오염도 변화를 인체에 미치는 영향을 기준으로 살펴보고 향후 교통정책에 반영할 수 있는 참고자료로 활용하고자 하였다. 시흥시의 경우 도시기본계획에서 제시하고 있는 목표상 인구의 꾸준한 유입에 따른 유발 교통량의 증가가 예상됨에 따라 본 연구의 대상지역으로 선정하였다.

특히, 시흥시의 남부 대생활권내 정왕동은 공동주택 등이 밀집 분포하고 있어 향후 통행차량 증가에 따른 환경상 변화가 클 것으로 예상되어 정왕대로 주변(주공아파트 1단지 ↔ 주공아파트 5단지)으로 한정하여 연구를 실시하였다.

2. 연구의 방법

본 연구는 선행연구 및 현황조사, 교통량 변화에 따른 환경오염도(대기 및 소음) 공간분포 모델링, 환경오염등급(대기 및 소음) 중첩분석 등의 방법을 통하여 진행하였다.

대기 및 소음도의 공간분포를 분석하기 위하여 예측모형을 통해 모델링을 실시하였다. 대기오염 모델링은 ISC3를 이용하였고 소음 모델링은 SoundPLAN을 이용하였다. 예측된 자료는 인체에 미치는 영향을 기준으로 재분류하기 위하여 PSI 및 소음도등급(dn: 피해가 심한 주민의 비율-damage n%)을 도입하였다.

또한, 환경오염분포 현황을 효과적으로 전달하기 위하여 GIS 상용프로그램(Arc View9.0)을 이용하여 그리드 형태로 표현하고 대기 및 소음도를 중첩(Overlay)하여 환경오염지도로 표현하였다.

III. 대기오염지수 및 소음등급

1. 대기오염지수(PSI)

미국 EPA에서는 PSI(Pollutant Standard Index)라고 불리는 전국적으로 통일된 대기질 지수(uniform air quality index)를 개발하여 주 정부와 지방정부에서 사용하고 있다.

PSI는 8시간 및 1시간 O_3 , PM-10, PM-2.5, CO, SO_2 와 NO_2 에 대한 부지수(sub-index)를 갖고 있으며, 대기 중 오염물질의 농도를 0에서 500까지 점수 척도로 나타낸 지수값과 관련PSI 산정방법은 매 시간별 오염인자 및 농도에 따라서 아래식을 이용하여 8시간 및 1시간 O_3 , PM-10, PM-2.5, CO, SO_2 , NO_2 의 7개 항목에 대한 지수값을 각각 계산한 후 그 계산된 부지수값(sub-index) 중에서 가장 높은 값을 PSI로 선정하게 되고 PSI로 선정된 지수값을 나타낸 오염물질을 주요오염물질로 채택하게 된다. 여기에서 오염물질지수 I_p 는 다음과 같다.

1) 2005 환경통계연감, 환경부

2) 건설교통부 「도로현황조사」

$$I_p = \frac{I_{Hi} - I_{Lo}}{BP_{Hi} - BP_{Lo}}(C_p \cdot BP_{Lo}) + I_{Lo}$$

여기서, I_p : 오염물질 P 에 대한 지수값

C_p : 오염물질 P 의 농도

BP_{Hi} : C_p 이상의 기준값

BP_{Lo} : C_p 이하의 기준값

I_{Hi} : BP_{Hi} 에 대응하는 PSI 값

I_{Lo} : BP_{Lo} 에 대응하는 PSI 값

PSI 값 = $\max[I_p]$ 시키고 있다.

2. 소음도 등급(dn)

교통소음의 영향은 피해받는 주민들의 견지에서

Table 1. PSI Levels and Its Implication

Index Values	Descriptor	Color	Purpose
0-50	Good	Green	Convey positive message about air quality.
51-100	Moderate	Yellow	Convey message that daily air quality is acceptable from public health perspective, but every day in this range could result in potential for chronic health effects; and for O ₃ , convey a limited health notice for extremely sensitive individuals.
101-150	Unhealthy for Sensitive Groups	Orange	Health message for members of sensitive groups.
151-200	Unhealthy	Red	Health advisory of more serious effects for sensitive groups and notice of possible effects for general population when appropriate.
201-300	Very Unhealthy	Purple	Health alert of more serious effects for sensitive groups and the general population.
301-500	Hazardous	Maroon	health warnings of emergency conditions.

GOOD
MODERATE
UNHEALTHY for SENSITIVE GROUPS
UNHEALTHY
VERY UNHEALTHY
HAZARDOUS

Legend

Table 2. Percentage of Residents Affected by Different Noise Levels

Expected Noise Level (dB(A))	% of Affected Residents	Applied Level
50 below	0	d ₀
51~58	5	d ₅
59~63	10	d ₁₀
64~70	15	d ₁₅
71~74	20	d ₂₀
74~81	25	d ₂₅

주) 적용등급의 d는 damage의 약자이며, 숫자는 피해가 심한 주민의 비율(%)을 의미한다.

보면 평가하기가 용이한 편이다. 따라서, OECD는 회원국내의 조사결과를 종합하여 소음도와 피해받는 주민의 비율간의 연관성을 아래식과 같이 제시하였다.

$$I = 6.7[2^{(Ln - 50)/10} - 1]$$

여기서 I : 피해가 심한 주민의 비율

Ln : 소음도

50: 피해의 기준치(크게 피해받는 것으로 생각되지 않는 소음도)

6.7: I 를 0~100% 사이의 변동을 주기 위한 계수

본 연구에서는 소음 모델링을 통한 예측 소음도 값을 일정비율로 고정된 피해가 심한 주민의 비율(%) I 를 기준으로 재분류하고 d₀~d₂₅로 6개 등급으로 구분하였다.

3. 대기 모델링 기법 선정

본 연구에서 시간별 교통량 변화에 따른 대기질 영향을 예측하기 위하여 EPA의 복합적인 오염원을 고려하여 장기 및 단기적인 오염 농도를 예측할 수 있는 ISC3(Industrial Source Complex Dispersion Model Version-3) 모델중 단기모델인 ISCST3(Industrial Source Complex Short Term Model)를 예측모델로 선정하였다.

기상자료는 2005년도 수원지역 연간 시간대별 기상자료(기상청)를 이용하였다.

4. 소음 모델링 기법 선정

본 연구에서 소음 모델링을 위하여 SoundPLAN을 이용하였다. SoundPLAN은 각종 소음(도로, 철도, 항공기, 건물내부)을 평가 예측할 수 있는 소프트웨어로서 도시전체, 단일도로나 철도, 공항, 산업시설, 공장, 레저시설 등으로부터 가상의 소음확산 효과와 최적의 소음예측을 가능하게 한다.

SoundPLAN에서는 소음예측을 위한 다양한 예측식을 포함하고 있는데 본 연구에서는 독일표준인 RLS90을 채택하였다.

RLS90은 두 개의 분리된 모델로 구성되어 있는데 음원모델(The Source Level LME)은 교통량 입력자료에 대해 25m 이격된 지점, 지면높이 4m에서의 소음도를 예측한다. 그리고 전달모델(The Propagation)은 수음점에서의 소음영향을 예측한다.

음원모델(The Source Level LME)

$$L_{m,E} = L_m(25, basic) + C_{Speed} + C_{RoadSurface} + C_{ient} + C_{Ref}$$

여기서 $L_m(25, basic)$ 은 승용차 100km/hr, 트럭 80km/hr의 속력으로 직선의 아스팔트 도로를 달릴때의 소음도이며, 다음과 같이 구한다.

$$L_m(25, basic) = 37.3 + 10\log(M \times (1 + 0.082 \times P))$$

여기서 M은 시간평균교통량(대/hr)이나, 일일평균교통량(ADT)을 말하고 P는 2.8ton이 넘는 트럭의 비율을 말한다.

C_{Speed} 는 차량속도, $C_{RoadSurface}$ 는 노면의 종류, C_{ient} 는 노면의 경사, C_{Ref} 는 다중반사의 효과에 의한 보정치이다.

전달모델(The Propagation)

$$L_m = L_{M,E} + C_{Sectionlength} + C_{Spreading} + C_{Groundabsorption} + C_{Screening}$$

여기서 $L_{M,E}$ 는 음원의 방사레벨이 되고 $C_{Sectionlength}$ 는 도로구간의 길이, $C_{Spreading}$ 는 음의 확산, $C_{Groundabsorption}$ 는 지표흡음과 기상의 영향, $C_{Screening}$ 는 장애물에 의한 영향에 의한 보정치이다.

IV. 연구결과

1. 교통량 변화에 따른 환경오염도 예측

1) 시흥시 정왕대로 시간별 교통량 변화 현황

시흥시 정왕대로의 교통량 현지 조사³⁾결과 출근시간대(08시) 및 점심시간대(13시)에 비슷한 교통량을 보이고 있으며, 퇴근시간대(18시)에 교통량이 일 최대치를 보여 첨두시가 되며, 이후 23시에 최소 교통량을 보이는 것으로 조사되었다. 한편, 교통량 조사는 승용차, 버스, 소형화물, 중형화물, 대형화물 등 차종별로 실시하여 교통량과 더불어 이 지역의 차량통행 특성을 함께 파악하였다.

Table 3. Daily Traffic Status on Jungwang St. in Shihung City

Time	No. Cars (ea/hr)						Velocity (km/hr)
	total	Car	Bus	Truck			
				Small	Mid	Large	
08hr	1,668	1,201	67	267	67	67	54.8
13hr	1,620	1,166	65	259	65	65	56.8
18hr	1,944	1,400	78	311	78	78	51.3
23hr	951	685	38	152	38	38	65.8

2) 시간별 교통량 변화에 따른 대기모델링 결과

(1) 대기오염물질 배출량 산정

본 연구에서는 차량 통행에 의한 대기 오염물질 배출량 산정을 위하여 한국에너지기술연구원의 차종별 배출계수 산정식 및 미국 EPA 계산식 등을 이용하였다.

Table 4. CO emission factor for different automobiles

Type	Pollutant	CO	
		Emission factor (g/km)	r ²
Car	Unleaded	• 65.759*V(-1.1804)	0.98
	Taxi	• 232.52*V(-1.2534)	0.99
Bus	Midium	• 16.937*V(-0.6203)	0.90
Truck	Small	• 3.331*V(-0.386)	0.87
	Midium	• 30.701*V(-0.6688)	0.99
	Large	• 44.229*V(-0.7411)	0.98

자동차에 의해 소비되는 경유 및 휘발유에 함유된

3) 시간별 교통량 현황은 2006년 9월 12일 현지조사 결과임.

Table 5. NOx emission factor for different automobiles

Pollutant		NOx	
		Emission factor (g/km)	r ²
Car	Unleaded	• 7.4128*V(-0.803)	0.97
Bus	Midium	• 30.015*V(-0.6054)	0.98
Truck	Small	• 12.86*V(-0.7046)	0.98
	Midium	• 2544.224*V(-0.5514)	0.99
	Large	• 82.397*V(-0.3783)	0.98

※ V : Average Velocity

자료 : “자동차 오염물질 배출량 산정연구” 한국에너지기술연구원, 2001.

유황에 의한 SO₂의 배출계수는 연료소비량을 추정하여 산정하며, 우리나라의 경우에는 별도의 연비식이 개발되어 있지 않기 때문에(다만, 우리나라 자동차 속도별 연료소비 함수는 현재 공공투자 사업과

Table 6. The Fuel Consumption for different automobiles by Vehicle Speed

Types	Engine Capacity /Car Weight	Velocity (km/hr)	Fuel Consumption Emission factor (g/km)
Car	1.41<cc<2.01	10-130	• 0.01740V ² -2.4558V +135.42
Bus	urban	5-50	• 1371.6V ^{-0.4318}
Truck	Weight<7.5t	5-60	• 1425.2V ^{-0.7593}
	7.5<Weight<16t	5-60	• 1068.4V ^{-0.4905}

자료 : CORINAIR, 『Emission Inventory Guidebook』 1999.9.

Table 7. SO₂ emission factor Calculated for different Fuels

Gasoline : SO ₂ (g/km) = Fuel Consumption × $\frac{S}{100} \times 2$
Diesel : SO ₂ (g/km) = Fuel Consumption × $\frac{S}{100} \times 2$

자료 : “대기오염물질 배출량” 환경부, 2000.

Table 8. PM emission factor for different automobiles

Pollutant		PM
		Emission factor (g/km)
Car	Unleaded	0
Bus	Midium	• 45 ≥ : 3.6875 * V ^ (-0.7865) • 45-100 : 9E-07*V^2-0.0078*V+0.4259
	Small	• 0.3646*V^(-0.2444)
Truck	Midium	• 55 ≥ :2.962*V^(-0.5834) • 55-110:6E-08*V^2-0.0105*V+0.6703
	Large	• 5.9671*V^(-0.4199)

자료 : “자동차 오염물질 배출량 산정연구” 한국에너지기술연구원, 2001.

관련되어 일부 차종별 속도와 연료소비 함수식을 연구 중에 있는 상태임) 유럽연비식을 이용하였다.

한편, PM의 경우 차종별 배출계수 외에 도로표면의 비산먼지 배출량을 고려하여 US EPA에서 제시하고 있는 비산먼지 산정계수를 추가적으로 적용하였다.

Table 9. Amount of Flying Dusts Calculated by Traffic Size on Street

Types	Light	Small	Midium	Large	HGV
Weight(ton)	1.0	1.5	3.5	3.5	3.5
기타자료	포장도로 Silt 부하량 : 0.36g/m ² 비포장 도로 Silt 함량 : 5% 비포장도 표면 수분함량 : 10% 연간 강우일수 : 116일(1991-1996 평균)				

자료 : “이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 방법 편람” 국립환경연구원, 2005.

포장도로의 배출계수는 도로표면 Silt 부하량과 평균차중의 함수이며, 아래에 제시된 식에 의하여 산정된다. 아래의 산출식은 US EPA에서 제시한 식으로 TSP와 PM-10에 대하여 별도로 배출계수를 산정하여 적용하도록 하고 있다. 평균차중은 위에서 제시하였다.

Table 10. PM Emission Factor Calculated with Flying Dusts

$E = k(SL/2)^{0.65}(W/3)^{1.5}$
E: 먼지배출계수(g/km)
k: 보정계수 TSP와 PM-10에 대하여 다르게 적용(g/VKT)
TSP - 24g/km, PM-10 - 4.6g/km
SL: 도로표면 Silt 부하량(g/m ²)
W: 평균차중(ton)

자료 : “이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 방법 편람” 국립환경연구원, 2005.

대기오염물질별 배출총량은 교통량이 가장 많은 첨두시(18시)에 가장 많은 것으로 산정되었으며, 항목 별로는 18시에 CO 0.82595g/sec, NO₂ 1.07210g/sec, SO₂ 0.02427g/sec, PM-10 2.02837g/sec로 산정되었다.

한편, PM-10의 경우 전체 발생량의 92.8%가 비산먼지에 의한 영향으로 나타났으며, 이를 통해 미세먼지의 경우 연료사용 등에 따른 차량의 직접배출 보다는 차량운행에 따른 간접적인 발생(먼지의 재비산)이 주요한 발생 원인으로 나타났다.

(2) PSI 지수 산정

대기오염물질 발생예측을 위한 ISCST3모델의 기상자료는 2005년도 수원지역 연간 시간대별 기상자료(기상청)를 이용하였으며, 대상지역을 50m × 50m 총 928개의 격자(2,320,000m²)로 구분하여 예측을 실시하였다.

대기 모델링을 통해 예측된 각 오염물질별 PSI 부지수(sub-index)를 산정하고 그 중 최대값을 갖는 오염물질을 주요오염물질(critical pollutant)로 결정하여 PSI를 산정한 결과는 Table 12와 같다.

PSI 산정결과 주요오염물질(critical pollutant)은 PM-10으로서 차량통행에 의한 대기오염인자 중 인체에 미치는 영향은 미세먼지에 의한 영향이 가장 큼을 예측값으로 확인할 수 있다.

(3) 대기오염지도 작성 및 결과분석

각 지점별 PSI 지수의 효과적인 전달을 위하여 GIS 상용 프로그램(Arc View9.0)을 이용하여 지점 자료를 래스터 이미지로 변환하고 재분류를 통해 PSI 등급별 색상을 적용하여 시각화 하였다.

교통량 변화에 따른 PSI 산정결과 도로변을 중심으로 Hazardous등급(Maroon)에서 이격거리에 따라 Good등급(Green)으로 변화하는 일반적인 현상을 보이고 있다. 교통량이 일정한 08시 및 12시에는 비슷한 양상을 보이거나 첨두시를 형성하고 있는 18시에는 Unhealthy for Sensitive Groups등급(Orange) 이상이 전체 면적의 72.7%를 차지하는 것으로 예측되었다.

3) 시간별 교통량 변화에 따른 소음모델링 결과

(1) 소음모델링 입력자료

대상지역의 Geo Data-base 구축은 수치지형도(5000도) 및 현장조사(공동주택 동별 층고 현황)를 통한 기초자료를 토대로 구축하였으며, 주 소음원인 정왕대로의 교통량은 현지조사결과인 차종별 교통량(승용차, 그 외 차종은 트럭으로 분류) 및 차속을 적용하였다.

(2) 시간별 교통량 변화에 따른 소음모델링 결과

모델링을 통한 예측 소음도 값을 일정비율로 고

Table 11. Air Pollutant Emission by different automobiles (Unit:g/sec)

Types		CO	NO ₂	SO ₂	PM-10		
08hr	Auto	Car	0.36589	0.14012	0.00466	0.00000	
		Bus	0.04928	0.06952	0.00509	0.00004	
		Truck(S)	0.09902	0.07542	0.00570	0.09191	
		Truck(M)	0.07356	0.12974	0.00143	0.00679	
		Truck(L)	0.07934	0.47365	0.00314	0.02633	
		Subtotal	0.66709	0.88844	0.02002	0.12507	
	Street	Car	-	-	-	0.64617	
		Bus	-	-	-	0.23506	
		Truck(S)	-	-	-	0.26380	
		Truck(M)	-	-	-	0.23506	
		Truck(L)	-	-	-	0.23506	
		Subtotal	-	-	-	1.61515	
	Total		0.66709	0.88844	0.02002	1.74022	
	13hr	Auto	Car	0.34063	0.13222	0.00444	0.00000
			Bus	0.04680	0.06607	0.00487	0.00000
			Truck(S)	0.09485	0.07142	0.00539	0.09005
			Truck(M)	0.06975	0.12331	0.00135	0.00172
			Truck(L)	0.07504	0.45381	0.00299	0.02519
Subtotal			0.62706	0.84684	0.01904	0.11696	
Street		Car	-	-	-	0.62758	
		Bus	-	-	-	0.22830	
		Truck(S)	-	-	-	0.25621	
		Truck(M)	-	-	-	0.22830	
		Truck(L)	-	-	-	0.22830	
		Subtotal	-	-	-	1.56867	
Total		0.62706	0.84684	0.01904	1.68563		
18hr		Auto	Car	0.46102	0.17220	0.00566	0.00000
			Bus	0.05983	0.08433	0.00611	0.00079
			Truck(S)	0.11839	0.09221	0.00699	0.10540
			Truck(M)	0.08960	0.15737	0.00175	0.00823
			Truck(L)	0.09711	0.56599	0.00377	0.03155
	Subtotal		0.82595	1.07210	0.02427	0.14597	
	Street	Car	-	-	-	0.75309	
		Bus	-	-	-	0.27395	
		Truck(S)	-	-	-	0.30745	
		Truck(M)	-	-	-	0.27395	
		Truck(L)	-	-	-	0.27395	
		Subtotal	-	-	-	1.88241	
	Total		0.82595	1.07210	0.02427	2.02837	
	23hr	Auto	Car	0.16807	0.06897	0.00246	0.00000
			Bus	0.02508	-	0.00268	0.00000
			Truck(S)	0.05260	-	0.00283	0.05480
			Truck(M)	0.03711	-	0.00071	0.00000
			Truck(L)	0.03950	-	0.00163	0.01390
Subtotal			0.32235	0.06897	0.01032	0.06870	
Street		Car	-	-	-	0.36841	
		Bus	-	-	-	0.13402	
		Truck(S)	-	-	-	0.15040	
		Truck(M)	-	-	-	0.13402	
		Truck(L)	-	-	-	0.13402	
		Subtotal	-	-	-	0.92087	
Total		0.32235	0.06897	0.01032	0.98957		

Table 12. Example Calculation of PSI (AM 08)

NO	TM of Coordinares		PSI				
	x	y	CO	NO ₂	SO ₂	PM-10	Result
1	174900	427250	0	-	0	53	53
2	174950	427250	0	-	0	54	54
3	175000	427250	0	-	0	55	55
4	175050	427250	0	-	0	55	55
5	175100	427250	0	-	0	56	56
6	175150	427250	0	-	0	57	57
7	175200	427250	0	-	0	58	58
8	175250	427250	0	-	0	59	59
9	175300	427250	0	-	0	60	60
10	175350	427250	0	-	0	61	61
11	175400	427250	0	-	0	62	62
12	175450	427250	0	-	0	64	64
13	175500	427250	0	-	0	65	65
14	175550	427250	0	-	1	66	66
15	175600	427250	0	-	1	68	68
16	175650	427250	0	-	1	70	70
17	175700	427250	0	-	1	72	72
18	175750	427250	0	-	1	75	75
19	175800	427250	0	-	1	77	77
20	175850	427250	0	-	1	80	80
21	175900	427250	0	-	1	83	83
.
928

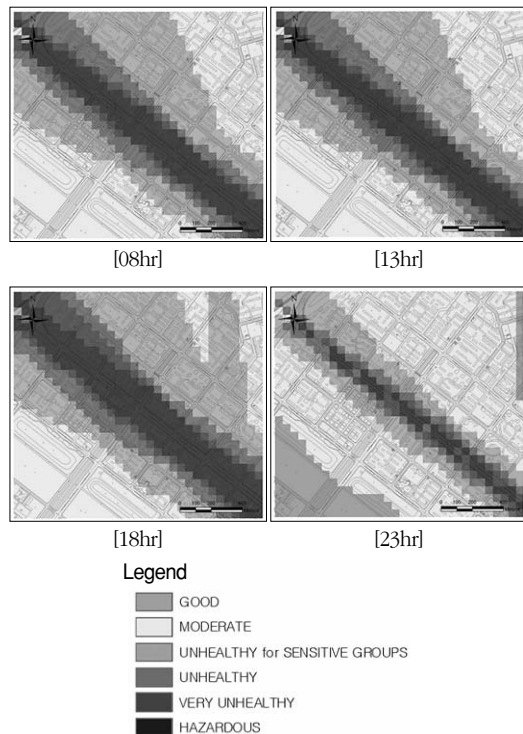


Figure 1. Result of Modeling of Airpollution over Time

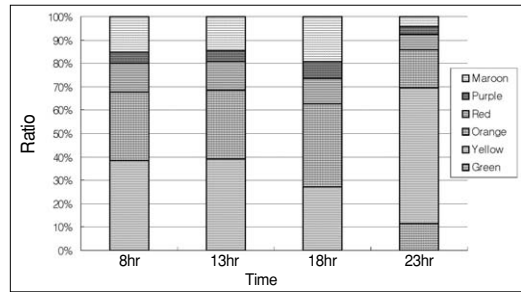


Figure 2. Space Profile of Each PSI Level over Time

정된 피해가 심한 주민의 비율(%) 를 기준으로 재분류하고 d0~d25로 6개 등급으로 구분하였다.

(3) 소음오염지도 작성 및 결과분석

각 지점별 소음도등급을 GIS 상용 프로그램(Arc View9.0)을 이용하여 대기오염지도 작성과 동일한 절차를 통해 등급별 색상을 적용하여 시각화 하였다.

교통량 변화에 따른 소음도등급 산정결과 도로변 지역은 대부분 d₂₅ 등급을 보이고 있어 보행자나 도로변 인접 생활권자에게 소음영향이 큰 것으로 예측 되었으며, 이격거리에 따라 소음도등급은 낮은 수준으로 이동하고 자유음장을 형성하는 도로 등의 개구부를 통해 소음도가 확산되는 양상을 보여 준다.

4) 교통량 변화에 따른 환경오염지도 구축결과

(1) 환경오염지도 구축

도로교통에 의한 환경영향은 크게 대기오염과 소음공해로 구분할 수 있으며, 교통량 증가에 의한 대책수립시 대기 또는 소음의 단일문제로 대처하기 보다는 영향범위 확산 특성이 상이한 두가지 문제를 함께 고려하는 것이 도로변 보행자 입장에서 더욱 쾌적한 환경을 제공할 수 있을 것이다. 따라서, 상기 각각의 모델링을 통해서 산정된 환경오염도 등급을 중첩하여 제시함으로써 시간대별 교통량 변화에 따른 환경오염도 변화 파악을 용이하도록 하였다. 여기서 소음도의 경우 각 격자안에 d₀~d₂₅의 문자로 표시하여 구분이 용이하도록 하였다.

(2) 환경오염도 변화 결과

그래프를 통해 시간대별 교통량 및 차속 대비 환경오염도 변화를 살펴본 결과 PSI 등급의 경우

Table 13. Example Calculation of Noise Level (AM08)

NO	TM Coordinares		Prediction of dB(A)	Noise Level
	x	y		
1	174900	427250	40	d ₀
2	174950	427250	40	d ₀
3	175000	427250	41	d ₀
4	175050	427250	41	d ₀
5	175100	427250	42	d ₀
6	175150	427250	42	d ₀
7	175200	427250	43	d ₀
8	175250	427250	43	d ₀
9	175300	427250	43	d ₀
·	·	·	·	·
928	·	·	·	·

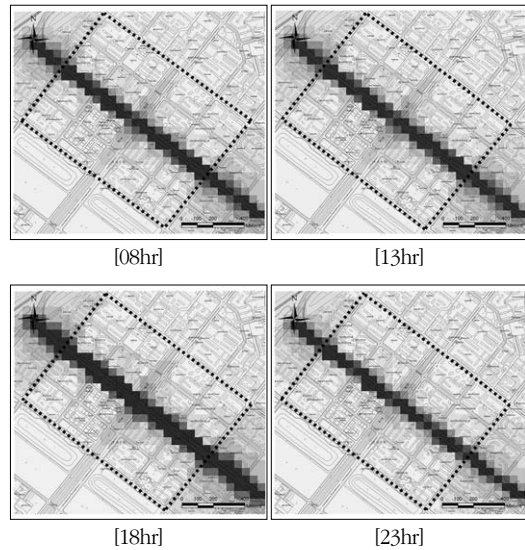
Good(Green) 및 Moderate(Yellow) 등급은 교통량과 반비례하고 Very Unhealthy(Purple) 등급 이상은 교통량의 증감과 유사한 패턴을 보이는 것으로 예측되었다. Unhealthy(Red) 등급의 경우 비교적 완만한 변화를 보이고 있는 것으로 예측되었다.

소음도 등급의 경우 교통량 변화에 따른 변화가 크지 않음을 알 수 있었으나 이는 대상구간의 시간대별 교통량 변화가 크지 않고 차량교통에 의한 소음 확산범위가 도로변으로부터 일정 이격거리 이내로 국한되는 특성에 의한 것으로 판단된다.

2. 환경오염 저감을 위한 도로교통 관리 방안

시간대별 교통량 변화에 따른 주변지역의 환경오염도(대기 및 소음)를 예측한 결과 차량교통에 의한 대기 및 소음도는 도로구간을 중심으로 PSI 지수 301~500의 Hazardous등급(Maroon) 및 소음도 등급 d25수준(피해가 심한 주민의 비율 25%)을 보이는 것으로 예측되어 보행자 등에게 건강상 영향이 큰 것으로 나타났다.

특히, 대기오염의 경우 PSI 결정인자인 비산먼지에 의한 PM-10 항목에 대해서 저감방안 수립이 필요한 것으로 나타났다. 이는 대기오염물질 배출계수를 이용한 PM-10 배출량 산정결과 자동차 배출가스에 의한 PM-10 배출량 기여율은 7.2%에 그친 반면, 비산먼지에 의한 기여율은 92.8%에 이르는 통째서 알 수 있으며, 차량에 의한 대기오염 저감을 위해서 정부에서 추진하고 있는 청정연료로의 전환



※ 점선으로 표시된 지역에 대해서만 건물 고도자료 입력

Legend

- d₀ 소음 피해가 심한 주민의 비율 0%
- d₅ 소음 피해가 심한 주민의 비율 5%
- d₁₀ 소음 피해가 심한 주민의 비율 10%
- d₁₅ 소음 피해가 심한 주민의 비율 15%
- d₂₀ 소음 피해가 심한 주민의 비율 20%
- d₂₅ 소음 피해가 심한 주민의 비율 25%

Figure 3. Result of Modeling of Noise Level over Time

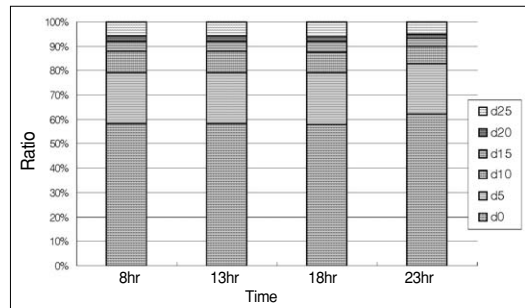


Figure 4. Space Profile of Each Noise Level over Time

을 통해서도 도시 대기질 관리에 한계가 있음을 예상할 수 있다.

따라서, 차량에 의한 대기 및 소음 저감방안으로 배출원 자체의 저감방안 외에 화물차량 통행 제한, 도로변 살수차량 운행 등의 발생원 대책을 수립·시행하여 보행자 등에게 미치는 영향을 최소화 하여야 하겠다. 더 나아가서는 구축된 환경오염지도를 통해 환경오염 우심지역을 선정하고 해당지역에

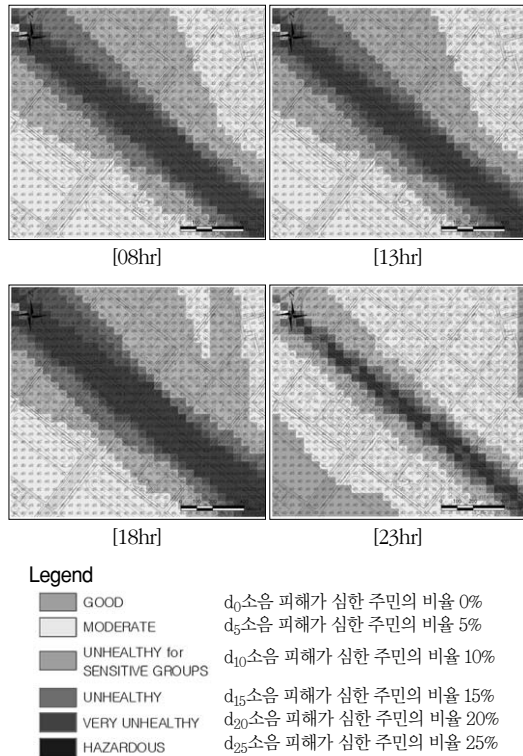


Figure 5. Prediction of Environmental Pollution Level over Time

대해서는 환경오염 경보제를 실시하여 시민들에게 정보를 전달하고 환경 질 개선을 위해 도시계획적, 환경정책적 차원에서 통합적인 관리정책의 수립의 기초가 될 수 있을 것이다.

V. 결론 및 향후 연구방안

1. 결론

본 연구는 교통량 변화에 따른 대기 및 소음도의 공간분포를 분석하기 위하여 예측모형을 통해 모델링을 실시하였다. 예측결과는 다음의 PSI 및 dn등급으로 구분하여 제시하였다.

PSI - 대기오염물질별 오염농도를 0~500으로 지수화하고 총 6개 등급으로 분류하고 격자별로 Color를 부여하여 구분

dn (damage n%)등급 - 소음에 의해 피해가 심한 주민의 비율(%)을 총 6개 등급으로 분류하고 격자별로 d₀~d₂₅의 문자를 부여하여 구분

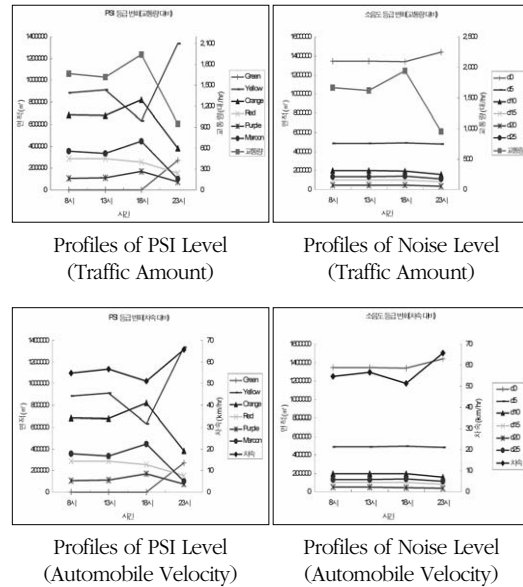


Figure 6. Profiles of Environmental Pollution Level according to Traffic Amount and Automobile Velocity

또한, 일중 교통량 변화에 따른 PSI 및 dn 등급의 변화 양상을 쉽게 파악할 수 있도록 두가지 등급을 중첩 제시하였다.

분석결과 시흥시의 경우 주간시간대 교통량 변화가 크지 않아 시간대별 오염도 변화 양상을 보는데 미흡한 점이 있었다. 그러나 도로구간을 중심으로 PSI 지수 301~500의 Hazardous 등급(Maroon) 및 소음도 등급 d₂₅ 수준(피해가 심한 주민의 비율 25%)을 보이는 것으로 예측되어 수용체에 미치는 영향이 큰 것으로 나타났다.

수도권에서는 버스중앙차로제를 시행중이며, 시흥구간을 계속 확대해나갈 계획을 갖고 있다. 물론 버스중앙차로제 시행으로 대중교통을 이용하는 시민들의 출·퇴근 시간 단축 등 긍정적인 효과도 확인되었다. 그러나 버스중앙차로제 시행에 따른 버스 이용자 및 보행자는 대기오염 및 소음공해에 무방비로 노출되어 장시간 노출시 심각한 건강상 영향이 예상된다.

본 연구는 교통량 변화에 따른 대기 및 소음도를 인체에 미치는 영향을 기준으로 지수화하여 미래 시간대에 특정지역에서의 소음도를 쉽게 파악이 가능하도록 하였다. 따라서 장기적인 대책 마련 등 도

시계획 또는 환경정책에 반영할 수 있다는 점에서 의의가 있다고 할 수 있다.

또한, 환경부에서는 도심지 내 대기 및 소음환경 전광판을 설치하여 실시간 현황실측값을 일반 시민들이 확인할 수 있도록 하고 있으나 농도값(ppm 등) 또는 소음도(dB(A)) 수치로만 제시하고 있어 전문지식이 없는 개개인은 신체에 얼마만큼의 위해요소가 되는지 인지하지 못하고 있다. 따라서 본 연구에서 제시하고 있는 PSI 지수 및 dn 지수로 변환된 현황 등급 또는 내일의 예상 등급을 제시한다면 환경오염 경보제로서의 역할도 가능할 것으로 판단된다.

2. 연구의 한계 및 향후 연구방안

본 연구는 모델링을 통한 대기 및 소음도를 예측하고 지표를 통한 환경오염지도를 구축하는 방법론을 제시하고 있다. 따라서 저감방안을 통한 저감효과의 정도는 다루지 않고 있다. 또한, 예측값은 대기오염 및 소음유발의 다양한 인자를 배제한 상태에서 차종별 차량통행만을 고려한 예측치이므로 실측치와는 상당한 오차가 예상된다. 따라서, 도심지 버스이용자 및 보행자의 동선을 중심으로 현장 실측을 통하여 최대영향이 예상되는 시간대 및 오염인자를 명확히 하고 모델링 결과와의 비교를 통해서 효과적인 저감 대책 수립의 기초자료로 활용할 필요성이 있다.

현재 국립환경과학원 및 한국에너지기술연구원 등에서 각기 다른 차종별 대기오염물질 배출계수 산정방법을 개발하여 다양한 분야에서 적용되고 있으나 두 기관에서 제시하고 있는 차종분류, 산출식 등에서 서로 상이한 점이 있어 통합된 배출계수의 개발이 필요하다. 또한, PSI 등급 및 dn 등급을 환경오염 경보제로서 활용하기 위해서는 제도적, 하드웨어를 포함한 기술적인 보완 등이 필요하다. 향후 연구에서는 대상지역에 대한 각 노선별 교통량 조사, 세부 지형자료 조사 등 충분한 현황조사와 개선된 배출계수 및 모델을 적용하고 실측값과의 비교·분석을 통해 예측값의 정확성을 높이는 방향으로 연구가 진행되어야 하겠다.

참고문헌

- 김석철, 1998, 사업 특성별 환경영향평가에 적용되는 모델의 비교연구, 환경정책평가연구원.
- 이기호 외 2인, 1999, PSI 지수를 이용한 제주도 대기질 평가, 제주대 해양연구논문집, 23.
- 권우택, 이재영, 김형철, 2002, 2, 간선도로의 입지와기상특성에 따른 주거지의 대기오염물질 분포 변화에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회지, 37(1), 137-152.
- 박영민, 2001, 21세기 소음·진동 환경정책방향 연구, 한국환경정책평가연구원.
- 김형철, 2004, 시흥시 산업단지 개발에 따른 화물교통 대기오염 추정과 저감방안에 관한 연구, 시흥환경기술개발센터.
- 김기범, 권우택, 김형철, 2007, 8, 대기오염 노출지표에 의한 도시개발 입지의 평가에 관한 연구, 환경영향평가학회지.
- 이희관, 2004, 산업단지 화물교통에 의한 대기오염 영향과 저감방안에 관한연구(시화국가산업단지를 중심으로), 경원대학교 석사학위논문.
- 이희관, 김형철, 권우택, 2006, 2, 교통체계개선에 의한 화물교통 대기오염 영향 저감방안(시흥시 시화국가산업단지를 중심으로), 환경영향평가학회지, 15(1), 23-33.
- 충주대학교, 도로교통소음 개선에 관한 연구, 환경부, 2004.
- 국립환경연구원, 이동오염원 대기오염물질 배출량 산정 방법 편람, 대기연구부 대기총량과, 2005.
- 2005, 시흥시 통계연보, 2005.
- 2020, 시흥시 도시기본계획(안), 2005.
- 환경부, 2005 환경통계연감, 2005.
- Federal Register/Vol.63, NO.236/Wednesday, December 9, 1998/Proposed Rules, 1998.
- United States Environmental Protection, Guideline for reporting of daily air quality-pollutant standards index (PSI), 1998.