

수도권 초·중학교 지역의
이산화질소 농도와 호흡기질환에 관한 연구

연세대학교 보건대학원

환경보건전공

원 중 구

수도권 초·중학교 지역의
이산화질소 농도와 호흡기질환에 관한 연구

지도 신 동 천 교수

이 논문을 보건학 석사학위 논문으로 제출함


2014년 12월 일

연세대학교 보건대학원

환경보건전공

원 중 구

원종구의 보건학 석사학위 논문을 인준함

심사위원 신 등 천 

심사위원 임 영 국 

심사위원 양 지 연 

연세대학교 보건대학원

2014년 12월 일

감사의 말씀

남들이 열심히 학교를 다닐 때는 관심도 안보이다가 나이 오십이 다되어서 인생의 새로운 의미를 찾고자 연세대학교 보건대학원의 문을 두드렸습니다. 설레는 마음으로 학업을 시작한지가 엇그제 같은데 벌써 논문을 완성해야 하는 시간이 되었습니다. 그동안 도와주신 많은 분들께 감사의 말씀을 올립니다.

먼저 연세대학교 보건대학원 입학에 허락해 주시고 본 논문이 완성되기까지 많은 지도와 도움을 주신 신동천 교수님과 언제나 바쁘심에도 불구하고 세심한 지도와 조언을 아끼지 않으신 임영욱 교수님, 양지연 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 또한, 연세대 환경공해연구소 이건우 조교님과 직원분들에게도 깊은 감사를 드립니다.

그리고, 제가 대학원 공부를 시작할 수 있도록 용기와 조언을 해주신 환경부 이상훈 사무관님, 조성준 사무관님, 민재홍 사무관님께 깊은 감사를 드리며 바쁜 업무에도 학업에 정진할 수 있도록 격려 해 주시고 배려해주신 국립생물자원관 김진한 과장님께 감사드립니다.

특히, 이번 논문을 쓰면서 많은 격려와 아낌없는 조언과 도움을 주신 국립환경과학원 유승도 과장님, 정순원 박사님께 감사드리며, 대학원 생활이 즐거운 추억이 될 수 있도록 함께 동고동락한 서보람 선배, 정수정 선배, 정인화 선배, 곽은경 동기 등 학우 여러분들께도 깊은 감사를 드립니다.

아울러 대학원 입학 축하 장학금 주신 원주원씨 종친회, 저를 나아주시고 보살피 주신 부모님, 뒤늦게 시작한 학업을 자랑스럽게 생각하며 물심양면 뒷바라지 해 준 사랑하는 아내 박여사와 내년 수능대비에 여념이 없는 든직한 아들 지수에게도 감사의 마음을 전하고 싶습니다.

2014년 12월

원 중 구 올림

차 례

국문요약

I. 서론	1
II. 연구내용 및 방법	4
1. 연구내용	4
2. 연구방법	6
2.1 호흡기질환 연구동향	6
2.2 연구대상 지역 선정	11
2.2 이산화질소 농도 측정 및 분석	12
2.2.1 측정 기간 및 지점	12
2.2.2 시료 채취 및 분석	12
2.3 연구자료 조사	14
2.3.1 어린이 호흡기질환 환자수	14
2.3.2 자동차 등록대수	17
2.4 통계분석	18
III. 연구결과	19
1. 연구대상 지역의 선정 결과	19
2. 수도권 지역 자동차 등록대수	22
2.1 차종별 자동차 등록 현황	22
2.2 연료별 자동차 등록 현황	24

3. 학교 주변 이산화질소 농도	28
3.1 수도권 이산화질소 분포 현황	28
3.2 대기환경기준 초과 현황	31
4. 수도권 지역 어린이 인구수	33
5. 어린이 호흡기질환 환자수	35
5.1 수도권지역 호흡기질환 환자수	35
5.2 어린이 인구 1,000명당 호흡기질환 환자수	39
6. 상관성 분석 결과	44
6.1 학교주변 이산화질소 농도와 어린이 호흡기질환과의 상관성	44
6.2 자동차 등록대수와 이산화질소 농도와의 상관성	47
6.3 자동차 등록대수와 어린이 호흡기질환의 상관성	48
6.4 이산화질소 농도에 따른 호흡기질환 교차비(Odds Ratio)	49
IV. 고 찰	51
V. 결 론	56
참고문헌	59
영문초록	62

표 차 례

표 1. 수도권과 비수도권 대기농도 비교	1
표 2. 수도권 지역 이산화질소 농도	2
표 3. 해외의 이산화질소 관리 정책	9
표 4. 이산화질소 측정 참여학교 현황	11
표 5. 호흡기계통 질병 분류	14
표 6. 국가측정망과 학교지역 이산화질소 농도와의 상관성 분석 결과	20
표 7. 연구대상 지역의 범위	21
표 8. 연도별 자동차 등록대수	23
표 9. 차종별 자동차 등록대수	24
표 10. 연료별 자동차 등록 대수	27
표 11. 학교주변 이산화질소 농도 분포 현황	28
표 12. 지역별 이산화질소 환경기준 초과 현황	31
표 13. 국가 대기환경기준	32
표 14. 수도권 지역 어린이 인구수	33
표 15. 어린이 인구수 상위 지역 현황	34
표 16. 질병별 어린이 호흡기질환 환자수	36
표 17. 지역별 어린이 호흡기질환 환자수	38
표 18. 급성후두염 및 기관염 환자수	39
표 19. 급성상기도감염 환자수	40
표 20. 폐렴 환자수	41
표 21. 급성기관지염 및 급성세기관지염 환자수	42
표 22. 천식 환자수	43
표 23. 학교주변 이산화질소 농도와 호흡기질환 환자수와의 상관성	44

표 24. 서울지역 이산화질소 농도와 호흡기질환 환자수와의 상관성	45
표 25. 인천지역 이산화질소 농도와 호흡기질환 환자수와의 상관성	46
표 26. 경기지역 이산화질소 농도와 호흡기질환 환자수와의 상관성	46
표 27. 차종별 차량등록대수와 이산화질소 농도와의 상관성	47
표 28. 차종별 차량등록대수와 호흡기질환 환자수와의 상관성	48
표 29. 이산화질소 농도 상위군(75%) 하위군(25%)에 따른 교차비	50

그림 차례

그림 1. 연구의 틀	5
그림 2. 시료채취기와 분석장비(비색계)	13
그림 3. 수도권 대기관리 권역	21
그림 4. 자동차 등록대수	22
그림 5. 연료별 자동차 등록대수	26
그림 6. 학교지역 지점별 이산화질소 농도	29
그림 7. 학교주변 이산화질소 농도	30
그림 8. 연평균 이산화질소 환경기준 초과현황	31
그림 9. 연구대상 5개 질병 환자수	37
그림 10. 급성후두염 및 기관염 진료실 환자	39
그림 11. 급성상기도감염 진료실 환자	40
그림 12. 폐렴 진료실 환자	41
그림 13. 급성기관지염 및 급성세기관지염 진료실 환자	42
그림 14. 천식 진료실 환자	43

국문요약

수도권 초·중학교 지역의 이산화질소 농도와 호흡기질환에 관한 연구

우리나라 수도권 지역의 이산화질소(NO_2) 농도는 비수도권 지역보다 1.4배 높은 수준이고 서울은 뉴욕, 런던, 파리, 동경 등 선진국의 주요 도시보다 1.2~1.7배 높은 수준이다. 그럼에도 불구하고 산업화와 도시화의 영향에 따른 인구의 도시집중으로 수도권 지역의 교통량 및 화석연료의 사용은 갈수록 증가하고 있고, 이로 인하여 학교 지역으로 이산화질소(NO_2) 등 오염물질이 확산되고 있어 학교 주변의 오염물질 관리는 어린이 건강에 매우 중요한 요인으로 대두되고 있다.

이에 본 연구는 수도권에 위치하고 있는 초등학교와 중학교 주변의 이산화질소(NO_2) 오염도가 어린이(10~14세) 호흡기질환 환자수 발생과 상관성이 있는지를 알아보기 위하여 2006년부터 2009년까지 서울, 경기, 인천 지역의 71개 시·군·구를 대상으로 어린이 인구수, 자동차 등록대수, 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도, 어린이 호흡기질환 환자수 등을 조사하고 상관성 분석을 통해 학교 주변의 오염인자가 어린이 호흡기 질환에 영향을 주는지를 알아보고자 하였다.

먼저, 수도권의 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도와 어린이(10~14세) 호흡기질환 환자수 발생과의 상관성 분석결과, 연구대상 5개 호흡기질환 관련 질병 중 폐렴과 통계적으로 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났고($p < 0.05$) 상관계수는 0.198 이었으며, 나머지 급성후두염 및 기관염, 급성상기도감염, 급성기관지염 및 급성세기관지염, 천식과는 유의한 상관성이 발견되지 않았다.

둘째, 자동차 등록대수가 이산화질소(NO_2) 농도와 어린이 호흡기질환에 영향을 주는 지를 알아보기 위한 상관성 분석에서는, 승용차와 승합차의 상관계수가 0.274, 0.225로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였으며($p < 0.05$), 어린이 호흡기질환 환자수 발생과의 상관성은 발견되지 않았다.

셋째, 학교 주변의 이산화질소(NO_2) 오염도에 따른 상위군(75percentile)과 하위군(25percentile)의 교차비(Odds Ratio)를 분석한 결과, 95% 신뢰구간에서 서울 지역은 상위군이 하위군보다 폐렴 질환을 가질 위험도가 1.03배 높게 나타났다, 인천 지역은 상위군이 하위군보다 호흡기질환을 가질 위험도가 급성후두염 및 기관염은 1.14배, 천식은 1.01배 높은 것으로 나타났다. 경기 지역은 상위군이 하위군보다 호흡기질환을 가질 위험도가 급성기관지염 및 급성세기관지염은 1.77배, 급성상기도감염 1.75배, 급성후두염 및 기관염 1.48배, 천식 1.43배, 폐렴 1.27배 높게 나타났다.

넷째, 2006년 대비 2009년을 기준으로 어린이 1,000명당 호흡기질환 유병환자 증가율은 연구대상 5개 질병 중 4개 질병이 서울 지역에서 높게 나왔는데, 급성후두염 및 기관염은 43.5%(32.4명), 급성상기도감염은 24.4%(73.7명), 급성기관지염 및 급성세기관지염은 51.7%(127.3명), 천식은 19.0%(7.6명)의 증가율을 보였고, 폐렴은 인천 지역에서 37.5%(6.3명) 증가한 것으로 나타났다.

다섯째, 수도권 학교 주변에서 측정한 이산화질소(NO_2) 오염도(ppb)의 평균 농도는 34.9이고 최소값은 9.9, 최대값은 70.0, 표준편차는 11.8로 나타났다, 제1사분위수(25%)는 26.1, 중위수(50%)는 34.9, 제3사분위수(75%)는 42.8로 나타났다. 4년 동안 연평균 환경기준(30ppb)을 초과한 비율은 인천 지역이 46.4%로 가장 높았고, 서울 지역 44.9%, 경기 지역 25.6%로 나타났다, 24시간평균 환경기준(60ppb)을 초과한 비율은 경기 지역에서만 2.22%로 나타났다, 서울과

인천지역은 환경기준을 초과하지 않았다.

이상의 연구결과를 종합하여 볼 때, 수도권 지역 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도와 통계적으로 유의한 상관성($p < 0.05$)이 있는 호흡기질환 질병은 폐렴으로 나타났고 상관계수는 0.198임을 알 수 있었다. 승용차와 승합차의 차량 등록대수와 이산화질소(NO_2) 오염도와의 상관계수가 각각 0.274, 0.225로 나타나 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였고($p < 0.05$). 또한 이산화질소(NO_2) 농도 상위군(75%)이 하위군(25%)에 비해 호흡기질환 질병을 가질 위험도가 1.77~1.27배가량 높다는 것을 확인할 수 있었다.

향후 연구에서는 현재 진행되고 있는 수도권 지역 학교주변의 이산화질소(NO_2) 오염도 측정활동을 보다 내실화하고, 학교 주변에서 발생하는 오염물질이 어린이 건강에 미치는 영향을 보다 종합적이고 체계적으로 연구할 필요가 있다.

중심어 : 이산화질소, 호흡기질환, 상관관계, 상관계수, 교차비

I. 서론

우리나라 수도권 지역의 대기오염은 매우 심각한 수준으로 서울의 경우 뉴욕, 런던, 파리, 동경 등 선진국의 주요 도시에 비해 미세먼지(PM₁₀)는 1.8~3.5배, 이산화질소(NO₂)는 1.2~1.7배 수준으로 매우 높은 상황이다. 또한, 비수도권 지역에 비해서도 이산화질소는 1.4배, 미세먼지는 1.3배 높은 수준으로 나타나 있다(표 1).

표 1. 수도권과 비수도권 대기농도 비교

구 분	NO ₂ (ppb)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
수도권(서울)	31(38)	67(69)
비수도권	22	53

(출처 : 환경부, 수도권 대기환경관리 기본계획 2005)

정부에서는 심각한 수도권 지역의 대기오염을 저감하기 위하여 2005년 ‘수도권 대기환경관리 기본계획’을 수립하고 2014년까지 미세먼지(PM₁₀)와 이산화질소(NO₂)의 농도를 각각 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 22ppb 수준으로 개선하는 목표를 설정하고 도로이동오염원, 사업장, 에너지 등 광범위한 분야에 걸친 오염물질 배출량 저감정책을 시행하여 왔다.

특히, 자동차에서 배출되는 오염물질을 저감하기 위해 배출허용기준 강화, 저공해자동차 보급, 결함확인검사 강화, 배출가스 저감장치 부착, 연료 품질기준 강화 등 다양한 대책을 추진하였고, 사업장에 대해서도 대기오염물질을 관리하기 위하여 대형사업장 총량관리, 소각시설 관리 강화, STAGE-II, 저녹스(Low NOx) 버너 설치 등 다양한 대책을 적극 추진하여 왔다.

이와 같이 수도권 지역의 대기질을 개선하기 위하여 그동안 정부의 지속적인 대기오염물질 저감정책 추진에도 불구하고 이산화질소(NO₂) 오염물질은 가시적인 개선효과가 나타나지 않고 있는 실정이다(표 2).

표 2. 수도권 지역이산화질소 농도(ppb)

구 분	2005	2007	2009	2011
서울	34	38	35	33
인천	25	31	30	30
경기	28	31	30	30

(출처 : 환경부, 대기오염실시간공개시스템(AirKorea))

또한, 수도권 지역의 심각한 대기오염뿐만 아니라 대기오염으로 인한 건강 피해도 심각한 수준인데, 수도권 지역의 미세먼지로 인한 조기 사망자수는 연간 11,127명으로 추정(경기개발연구원, 2003)하고 있고, 대기오염으로 인해 1세 이하 영아 사망률이 9% 증가하고, 이중 호흡기질환 사망률은 2배 증가(이화여대, 2001)하였다는 보고가 있다.

특히, 이산화질소는 성장기 어린이·청소년의 호흡기 및 기관지 계통에 영향을 주는 유해물질로서 자동차, 발전소 및 산업공정에서 주로 발생되고 있지만, 산업화와 인구의 도시집중에 따라 수도권 지역의 화석연료 사용은 갈수록 증가하고 있고, 이로 인하여 수도권 지역에 위치하고 있는 학교시설은 주변에 교통량 및 산업활동이 많은 지역으로 변화되면서 학교 주변의 이산화질소 문제는 학생들의 건강에 매우 중요한 요인으로 대두되고 있다.

이산화질소는 기도자극제이며 폐기능과 기관지염 및 천식에 영향을 주는 것으로 알려져 있어 대기 및 실내중의 이산화질소의 농도와 이로 인한 폐기능 장애, 기관지관련 질병들의 유병률과의 관계를 밝히려는 많은 연구가 있어왔다.

지금까지 이산화질소와 건강영향에 대한 대부분의 연구들은 이산화질소(NO_2)에 잠재적인 영향을 가진 민감한 집단이나 노약자에게서 중점적으로 이루어져 왔고, 시간적·공간적 범위에 있어서도 특정 지역이나 시설 그리고 특정 시간대에 한정해서 소수의 표본 집단을 대상으로 연구가 이루어진 관계로 보다 넓은 지역에 대하여 광범위한 추이를 보기에 한계가 있었다.

이에 본 연구는 2006년부터 2009년까지 4년 동안 서울, 경기, 인천 지역의 71개 시·군·구 단위를 대상으로 어린이 인구수, 자동차 등록대수, 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도, 어린이 호흡기질환 환자수 등을 조사하고 어린이 호흡기질환 환자수 발생과의 상관성 분석을 통해 학교 주변의 오염인자가 어린이 호흡기 질환에 영향을 주는지를 알아보려고 하였다.

본 연구의 세부목적은 다음과 같다.

첫째, 수도권 지역에 위치한 초등학교와 중학교 주변에서 이산화질소(NO_2) 농도를 조사하고 어린이 호흡기질환 유병환자 발생과의 상관성을 파악하고자 하였다.

둘째, 수도권 지역의 자동차 등록대수를 조사하고 차종별 등록대수가 이산화질소(NO_2) 농도 및 어린이 호흡기질환에 영향을 주는지를 알아보려고 하였다.

셋째, 학교 주변의 이산화질소(NO_2) 농도를 기준으로 상위군(75percentile) 과 하위군(25percentile) 간의 교차비(odds ratio)를 산출하고 호흡기질환 발생 위험도를 분석하였다.

II. 연구내용 및 방법

1. 연구내용

본 연구는 수도권 지역의 학교 주변에서 이산화질소(NO_2) 농도를 조사하여 어린이의 호흡기질환 유병환자와의 관련성을 알아보고, 어린이 건강보호를 위한 학교주변 대기오염물질 관리방안을 제안하는 것을 주요 내용으로 하고 있다.

이를 위해 수도권 지역에 위치한 초등학교와 중학교 주변에서 이산화질소(NO_2) 농도를 조사하여 어린이 호흡기질환 유병환자 발생과의 상관성을 파악하고, 수도권 지역의 차종별 자동차 등록대수가 이산화질소(NO_2) 농도 및 어린이 호흡기질환에 영향을 주는지를 알아보려고 하였다. 또한, 학교 주변의 이산화질소(NO_2) 농도를 기준으로 상위군(75percentile)과 하위군(25percentile) 간의 교차비(odds ratio)를 산출하고 호흡기질환 발생 위험도를 알아보았다. 그리고, 본 연구의 시작연도(2006년)와 끝나는 연도(2009년)를 기준으로 어린이 1,000명당 호흡기질환 유병환자 증가율을 연도별, 질병별로 분석하였고, 지역별 이산화질소(NO_2) 오염도를 기준으로 평균농도, 최소값, 최대값, 표준편차, 제1사분위수, 중위수, 제3사분위수 등 기술통계량을 산출하고 환경기준 초과현황 등 오염도 분포현황을 파악 하였다.

이를 위해 2006년부터 2009년까지 4년 동안 서울, 경기, 인천 지역의 71개 시·군·구 단위를 대상으로 어린이 인구수(10~14세), 자동차 등록대수, 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도, 어린이 호흡기질환 환자수 등 연구에 필요한 자료를 조사하고 연구 목적에 맞게 분석하였다.

본 연구의 틀은 다음과 같다.

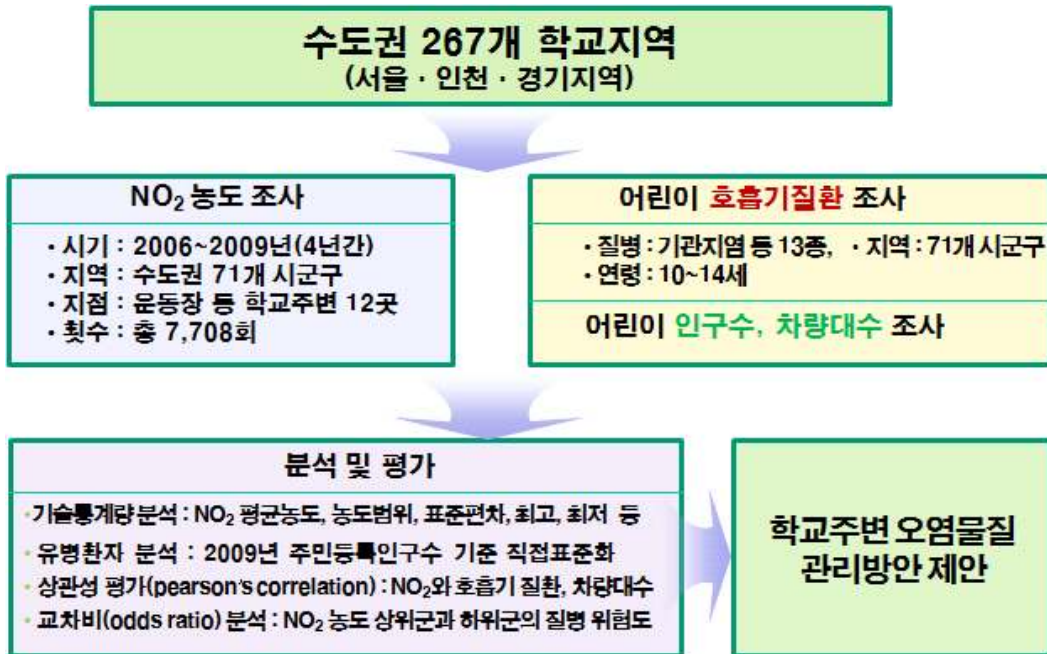


그림 2. 연구의 틀

2. 연구방법

2.1 호흡기질환 연구 동향

호흡기계 질환은 호흡과 관련이 있는 기관인 비강·인두·후두·기관·기관지·폐·흉곽·횡격막 등에 영향을 주는 질병을 말한다. 호흡기질환에는 만성폐쇄성 폐질환(폐기종, 만성 기관지염), 기관지확장증, 기관지천식, 폐암, 과오종, 카시노이드, 기관지선종, 고립성폐결절, 폐결핵, 농흉, 기흉, 늑막염, 폐렴, 폐농양, 감기, 독감, 폐의 조직구증식증, 급성호흡곤란증후군, 과민성폐장염, 간질성폐질환, 수면무호흡, 호흡부전증, 원발성 폐섬유화증, 폐고혈압, 과한기, 무기폐, 폐색전증, 유육종증, 간폐증후군 등이 있다. 이산화질소(NO_2)는 폐의 기능과 기관지염 및 천식 등에 영향을 주는 것으로 알려져 있는 기도자극제이다. 지금까지 공기 중 또는 실내 중의 이산화질소 농도와 이로 인한 폐기능의 장애, 호흡기관련 질병들과의 유병률 등 관련성을 밝히려는 연구가 많이 있어왔다.

Mohsenin(1988)은 2ppm의 이산화질소에 1시간 폭로되면 직접적으로 폐기능에는 영향을 미치지 않는지만, 특정 기도 전도(specific airway conductance)를 측정하였을 때, 메타콜린에 대한 반응성이 증가한다고 보고하였고, Schwartz(1991) 등은 독일에서 이산화질소(NO_2) 농도와 후두염으로 인한 일별 병원 내원 건수 간에 통계적인 유의성이 있음을 보고하였다. Sunyer(1991) 등은 만성 호흡기 질환으로 인한 응급실 내원 환자와 대기오염의 관련성을 논한 연구에서 아황산가스와 분진은 통계적으로 유의한 상관성이 있으나, 이산화질소(NO_2)와는 관련성이 관찰되지 않았다고 보고하였다.

일반 천식증상이 있는 성인을 대상으로 100ppb의 NO_2 , 400 ppb의 NO_2 에 1시간동안 노출시켰을 때의 1초치 노력성 호기량(FEV1)을 측정한 결과 FEV1가 7.76%, 8.13%씩 감소하는 것으로 나타났고(Tunncliffe, WS et al 1994), 가

스스토브를 사용하는 가정이 전기스토브를 사용하는 가정에 비해 NO₂의 농도가 8배정도 더 높고, 가스스토브를 사용하는 가정의 어린이들에게 기침, 감기, 기관지염이 많이 발생하는 것으로 나타났다(Melia, 1977). 많은 연구에서 2ppm 이상의 이산화질소(NO₂) 농도가 건강한 성인의 폐기능을 약화시키거나 상당히 변화시킬 수 있다고 밝혀졌고, 천식환자는 약 0.5ppm의 이산화질소(NO₂) 농도에서 자극을 나타내도 0.5ppm 이하에서 폐기능이 감소하는 것으로 보고되었다(WHO, 1987).

우리나라에서는 이종태 등(2000)이 서울시 호흡기질환 입원환자에 대한 대기오염의 급성영향에 관한 연구에서 1997년부터 1999년까지 서울시 소재 의료기관에 입원한 환자 중 15세 이하 환자를 대상으로 대기오염농도에 따른 급성 호흡기계질환의 병원 입원률과의 상관성을 분석한 결과, NO₂ 농도가 50ppb 증가 시 입원환자수는 50%정도 증가한다고 보고하였고, 이지영 등(2012)은 교통환경 대기오염 노출과 어린이 호흡기 질환과의 관련성 연구에서 서울지역에 거주하는 영유아를 대상으로 개인별 대기오염 노출값을 추정하고 호흡기 질환과의 관련성을 분석한 결과, NO₂ 농도가 높았던 군에서 모세기관지염으로 병원방문이 많았다고 보고하였다. 최현 등(2000)은 이산화질소와 응급실 내원 소아 호흡기질환 수진 건수의 상대 위험도와 95% 신뢰구간(C.I.)은 1.12, 1.05-1.14, 오존은 1.19, 1.09-1.28, 아황산가스는 1.19, 1.07-1.31, 부유분진이 1.03, 1.01-1.05로 이들 대기 오염 물질이 호흡기 환자 내원 수진 건수와 통계적으로 유의한 상관성이 있다고 보고하였다.

공단지역의 공장 및 차량 등에서 발생된 NO₂를 포함한 배기가스가 지역 주민 주택 실내공기질에 주된 영향 요인이며 또한 개인노출의 주된 영향 요인이라고 보고하였고(양원호 외, 2008), 폐의 기능은 흡연, 오염물질에의 노출 등 다양한 요인에 의해 영향을 받지만 경유 차량에서 배출되는 오염물질에 노출

됨으로써 총폐활량(FVC) 및 1초 노력성 호기량(FEV1)의 감소에 영향을 미치며, 폐기능 저하 위험을 2배 이상 높인다(김다혜, 2012). 실내와 개인의 NO₂ 노출에 따른 폐기능은 실내 NO₂의 농도가 증가할수록 1초치 노력성 호기량과 폐활량이 감소하였고, 개인의 NO₂ 노출 정도에서는 농도가 증가할수록 폐활량이 유의하게 감소하는 것으로 나타났고(정경화, 2004), 천식환자를 대상으로 개인의 NO₂ 농도가 10ppb 증가할수록 PEF가 1.7L/m 감소하는 결과가 나타났다고 보고하였다(권호장, 2003).

해외의 이산화질소 관리사례를 살펴보면, 일본 도쿄의 경우, 배출되는 NO_x의 약 50%는 자동차에서 배출되며 이중 약 80%는 경유차에서 배출되고 있고, 2005년도 NO_x 배출량은 2000년 대비 24% 감소하였으며 대부분 경유자동차를 통해서 저감되었다. 미국 캘리포니아 주의 경우, 1990년 이래 NO_x 배출량이 꾸준히 감소하고 있으며 대부분 이동오염원에서 감소하였다. 영국 런던의 경우, NO_x 배출량의 47%는 도로이동오염원이며 이중 약 41%는 화물차가 차지하고 있고, 승용차 35%, 버스는 22%를 차지하고 있다.

이상과 같이 국내·외의 이산화질소와 호흡기질환에 관련된 선행 연구사례를 조사한 결과, 본 연구의 시간적 범위, 공간적 범위, 연구내용 등은 타 연구사례와의 독립성이 충분히 확보되었고 중복성이 배제되었다고 판단된다. 아울러, 많은 선행연구에서 이산화질소와 호흡기질환과의 관련성이 있다고 보고된 폐렴, 기관지염, 천식, 후두염 및 기관염, 상기도 감염 등 5개 질병을 연구대상 질병으로 선정하여 연구를 진행하였다.

표 3. 해외의 이산화질소 관리 정책(계속)

분 류	미국 (캘리포니아)	일본 (도쿄)	영국 (런던)
제작차 배출허용기준 (경유차 NOx)	<ul style="list-style-type: none"> - 세계에서 가장 엄격한 배출기준 설정 및 휘발유 보다 높은 경유가격 정책으로 경유자동차의 보급률이 낮음 - (승용차) 1994년 0.12g/km, 2004년 0.03g/km - (중량차) 2004년 2.7g/kwh, 2007년 0.27g/kwh 	<ul style="list-style-type: none"> - 엄격한 배출기준 설정으로 경유자동차의 보급률이 낮음(2005년 4%이내) - (승용차) 2004년 0.15g/km, 2009년 0.08g/km - (중량차) 2005년 2.0g/kwh, 2009년 0.7g/kwh 	<ul style="list-style-type: none"> - 경유자동차의 보급률 지속적 증가(2008년 약 28%), 유럽국가의 평균적 경유자동차 보급률은 50%이상 - (승용차) 2005년 Euro 4 0.25g/km, 2009년 Euro 5 0.18g/km, 2014년 Euro 6 0.08g/km - (중량차) 2005년 Euro 4 3.5g/kwh, 2008년 Euro 5 2.0g/kwh, 2013년 Euro 6 0.4gkwh
경류품질 개선 (황함유량)	<ul style="list-style-type: none"> - 1993 500ppm - 2006년 15ppm 	<ul style="list-style-type: none"> - 2003년 50ppm - 2005년 10ppm 	<ul style="list-style-type: none"> - 2004년 50ppm - 2009년 10ppm
운행차 관리	<ul style="list-style-type: none"> - 미세먼지 저감을 주요 목적으로 경유차량의 저공해화 유도(DPF 장착, CNG, 연료전지 등 저공해차로 엔진개조 및 대체, 노후차 폐차 유도) - 배출가스 자기진단장치 부착 의무화 	<ul style="list-style-type: none"> - 휘발유 승용차를 제외한 모든 차량 중 PM과 NOx 배출기준 만족 차량만 도쿄도내 등록 및 수속 가능 - 자동차 공해감시원을 배치하여 비정기적 검사 및 단속으로 공해차량 관리 - 도내 200대 이상 자동차 사용사업자에 저공해차의 일정비율 도입 의무제 시행 	<ul style="list-style-type: none"> - 미세먼지 저감을 주요 목적으로 중·대형 경유차의 저공해화 유도 - 경유버스에 PM-NOx 동시저감장치 부착 시범사업 진행 - 저공해차(전기차, 하이브리드차, 유로5 이상)으로 대체 유도

표 3. 해외의 이산화질소 관리 정책

분 류	미국 (캘리포니아주)	일본 (도쿄)	영국 (런던)
운행제한 제도	-	- 승용차 제외 모든 경유차 대상으로 미세먼지 기준 부적합 차량의 도쿄도 운행 제한	- 2003년부터 혼잡 통행료 실시로 교통량 저감 - 2008년부터 배기가스 저배출지역 운영
DPF 인증기준	- 다른 대기오염물질의 배출이 저감장치 장착으로 인하여 증가해서는 안됨 - DPF 인증 시 미세 먼지 배출저감장치 부착으로 인한 NO ₂ 배출 증가량 20% 이내 설정	- 다른 대기오염물 질들이 저감장치 장착전보다 10% 측정오차 범위에서 증가해서는 안됨	- 미세먼지 외의 다른 대기오염물질에 대해서는 대상차량에 해당하는 Euro 기준 만족 요구 - 미세먼지 저감장치 부착 전·후에 측정하 NO ₂ /NOx의 비율을 기록하도록 하고 있으나 특별한 기준 미설정

(출처 : 서울시정개발원, 서울의 대기 중 이산화질소(NO₂) 저감 둔화 원인 분석 및 대응방안, 2011)

2.2 연구대상 지역 선정

본 논문의 연구대상 지역을 선정하기 위하여 2006년부터 2009년까지 4년 동안 수도권 대기관리권역 내에 있는 총 71개 시·군·구에 위치한 267개 초등학교와 중학교 주변에서 측정된(총 7,708회) 이산화질소(NO₂) 오염도를 시·군·구 지역별로 평균 농도 값을 산출하고, 지역별 평균 농도 값과 국가측정망에 측정된 이산화질소(NO₂) 농도 값과의 상관성 분석을 실시하여(표 5) 통계적으로 유의한 상관성(p<0.05)이 나타난 총 57개 지역을 최종 연구대상 지역으로 선정하였다.

연구기간(2006~2009) 동안 이산화질소(NO₂) 농도 측정에 참여한 학교는 총 267개교에 해당한다. 서울 지역에서 114개교(초등 50개교, 중등 64개교), 인천 지역 42개교(초등 20개교, 중등 22개교), 경기 지역 111개교(초등 58개교, 중등 53개교)가 참여하였다. 이는 2009년 기준 서울, 경기, 인천 지역의 총 2,981개 초·중학교의 약 9% 수준에 해당되며, 초등학교가 총 1,924개교(서울 586개, 인천 224개, 경기 1,114개) 중 128개교, 중학교는 총 1,057개교(서울 374개, 인천 126개, 경기 557개) 중 139개교가 오염도 측정에 참여하였다(표 4).

표 4. 이산화질소 측정 참여학교 현황

구분	합 계			참여학교 수											
				2006년			2007년			2008년			2009년		
	소계	초	중	소계	초	중	소계	초	중	소계	초	중	소계	초	중
합계	267	128	139	49	23	26	48	23	25	77	34	43	95	49	46
서울	114	50	64	22	11	11	20	8	12	33	11	22	39	20	19
인천	42	20	22	7	3	4	8	4	4	12	4	8	15	9	6
경기	111	58	53	20	9	11	20	11	9	32	19	13	39	19	20

(출처 : 수도권대기환경청 ‘푸른하늘 지킴이’ 활동보고서(2006~2009))

2.2 NO₂ 농도 측정 및 분석

2.1.1 측정 기간 및 지점

본 연구에 사용된 이산화질소(NO₂) 오염도는 2006년부터 2009년까지 4년 동안 수도권 지역의 267개 초등학교와 중학교 주변에서 측정되었고, 오염도 측정에 참여한 학교는 각 지점별로 매월 1회씩 1년간 총 10회를 측정하였다.

측정지점은 학생들의 활동 영역 등을 감안하여 학교를 중심으로 반경 1km 이내에서 선정하였으며, 도로변, 공단 등 오염지역에서 2개 지점을 선정하고, 교문, 화단, 공원 등 비오염지역에서 2개 지점을 선정하는 등 학교별로 총 4개 지점을 선정하여 오염지역과 비오염지역의 농도 비교가 가능하도록 하였다.

이와 같은 과정을 통해 4년 동안 학교 주변에서 오염도 측정이 이루어진 지점은 교문, 운동장, 화단, 도로변(2차선~8차선 이상으로 구분), 공원, 공단, 마트, 터널, 정류장, 터미널, 시장 등 총 12곳으로 다양한 지점에서 오염도 측정이 이루어졌으며, 오염도 측정 횟수는 약 7,700회 이상 이루어졌다.

2.2.2 시료 채취 및 분석

이산화질소(NO₂) 농도 측정을 위한 시료 채취는 Tube-type의 passive sampler(캡슐)를 이용하여 각 학교별로 학생들과 교사가 직접 채취하였고, 이산화질소(NO₂) 농도 측정의 신뢰도를 높이기 위하여 농도 측정에 참여한 인원을 학교별로 학생 20명과 지도교사 1명을 지정하여 1년간 측정활동을 진행했다. 지도교사와 학생들이 이산화질소(NO₂) 농도를 측정함에 있어 어려움이 없도록 하기 위하여 사전에 지점선정 방법, 샘플러 부착 및 수거방법, 분석장비(비색계 등) 사용방법, 농도계산 방법 등 오염도 측정의 전 과정에 대하여 학교별로 1:1 현장

맞춤교육을 실시하고, 이산화질소(NO_2) 측정 지침과 상세 안내서를 배포하는 등 농도 측정에 필요한 이론 및 실무교육을 충분히 실시한 후 측정을 진행하였다.

또한, 농도 측정에 참여한 교사 및 학생들에 대한 동기유발과 참여 효과를 높이기 위하여 시료채취기, 비색계 등 오염도를 측정할 수 있는 기자재를 지원하고, 매월 이산화질소 측정활동을 실시한 학교에는 활동비를 지원하는 등 학생들의 적극적인 참여와 자료의 신뢰도 제고에 내실을 기했다.



시료채취기



분석장비(비색계)

그림 2. 시료채취기와 분석장비(비색계)

2.3 연구자료 조사

2.3.1 어린이 호흡기질환 환자수

어린이 호흡기질환 환자수 자료는 국민건강보험공단의 ‘298 질병분류별 연령별 급여현황’ 자료를 공개 청구하여 사용하였다. 질병자료의 생산 시기는 연구기간과 일치되도록 2006년부터 2009년까지 4년간의 자료를 활용하였다.

호흡기질환 질병자료에는 연도별, 시·군·구별로 기관지염 등 13종의 질병유형 자료가 포함되었고, 연령은 0세~4세, 5세~9세, 10세~14세 등 5세 단위로 구성되었으며, 각 질병 유형에는 진료실인원수, 내원일수, 급여일수, 진료비, 급여비 등의 항목이 포함되어 있다.

동 질병자료를 연구에 활용하기 위해 급성인두염 및 급성편도염(J02~J03), 급성후두염 및 급성기관염((J04), 기타 급성상기도감염(J00~J01, J05~J06), 폐렴(J12~J18), 급성기관지염 및 급성세기관지염(J20~J21), 만성부비동염(J32), 편도 및 아데노이드(J35), 기타 상기도질환(J36~J39), 폐기종 및 만성폐질환(J40~J44), 천식(J45~J46), 기관지확장증(J47), 기타 호흡기계질환(J22, J66~J99) 등 13개의 질병유형 자료를 본 연구의 기간, 연도, 지역 등과 일치 되도록 가공하였다. 그리고, 호흡기계통 질병분류는 국민건강보험공단의 298질병분류코드와 한국질병분류정보센터의 질병분류코드를 근거로 작성하였다(표 5).

표 5. 호흡기질환 질병 분류(계속)

구 분	질병코드	질 병 명
급성인두염 및 급성편도염(165)	J02	급성 인두염
	J03	급성 편도염
급성후두염 및 기관염(166)	J04	급성 후두염 및 기관염

표 5. 호흡기질환 질병 분류(계속)

구 분	질병코드	질 병 명
기타 급성상기도감염(167)	J00	급성 비인두염[감기]
	J01	급성 부비동염
	J05	급성 폐색성 후두염[크루프] 및 후두개염
	J06	다발성 및 상세불명 부위의 급성 상기도 감염
폐렴(169)	J12	달리 분류되지 않은 바이러스폐렴
	J13	폐렴연쇄구균에 의한 폐렴
	J14	인플루엔자균에 의한 폐렴
	J15	달리 분류되지 않은 세균폐렴
	J16	달리 분류되지 않은 기타 감염성 병원체에 의한 폐렴
	J17	달리 분류된 질환에서의 폐렴
	J18	상세불명 병원체의 폐렴
	J19	급성 폐렴
급성기관지염 및 급성세기관지염(170)	J20	급성 기관지염
	J21	급성 세기관지염
만성부비동염(171)	J32	만성 부비동염
기타 코 및 비동의 질환(172)	J30	혈관운동성 및 알레르기성 비염
	J31	만성 비염, 비인두염 및 인두염
	J33	코폴립
	J34	코 및 비동의 기타 장애
편도 및 아데노이드(173)	J35	편도 및 아데노이드의 만성 질환
	J36	편도주위 농양
기타 상기도질환(174)	J37	만성 후두염 및 후두기관염
	J38	달리 분류되지 않은 성대 및 후두의 질환
	J39	상기도의 기타 질환

표 5. 호흡기질환 질병 분류

구 분	질병코드	질 병 명
폐기종 및 만성폐질환(175)	J40	급성인지 만성인지 명시되지 않은 기관지염
	J41	단순성 및 점액농성 만성 기관지염
	J42	상세불명의 만성 기관지염
	J43	폐기종
	J44	기타 만성 폐색성 폐질환
천식(176)	J45	천식
	J46	천식지속 상태
기관지확장증(177)	J47	기관지확장증
기타 호흡기계질환(179)	J22	상세불명의 급성 하기도감염
	J66	특수 유기물먼지에 의한 기도질환
	J67	유기물먼지에 의한 과민성 폐렴
	J68	화학물질, 가스, 훈증기 및 물감의 흡입에 의한 호흡기 병태
	J69	고체 및 액체에 의한 폐렴
	J70	기타 외부요인에 의한 호흡기 병태
	J85	폐 및 종격의 농양
	J86	농흉
	J90	달리 분류되지 않은 흉막삼출액
	J91	달리 분류된 병태에서의 흉막삼출액
	J92	흉막관
	J93	기흉
	J94	기타 흉막의 병태
	J95	달리 분류되지 않은 처치후 호흡장애
	J96	달리 분류되지 않은 호흡부전
J98	기타 호흡장애	
J99	달리 분류된 질환에서의 호흡장애	

(출처 : 한국질병분류정보센터 웹사이트(<http://www.koicd.kr>), 2014)

2.3.2 자동차 등록대수

자동차 등록대수가 이산화질소(NO_2) 오염도와 어린이 호흡기질환 환자수 발생에 영향을 주는지를 알아보기 위하여 수도권 지역의 시·군·구 단위로 자동차 등록대수를 조사하였다. 자동차 등록대수 조사는 국토교통부에서 매월 공개하는 “전국 자동차통계” 자료를 활용하였으며, 이산화질소(NO_2) 농도와 어린이 호흡기질환 자료와의 시기, 지역 등이 일치되도록 가공하였고, 승용차, 승합차, 화물차, 특수차 등 차종별로 구분하여 연도별 합계와 비중을 산출하였다.

차종별 자동차 등록대수와 이산화질소(NO_2) 농도와의 상관관계와 통계적 유의성 등을 알아보기 위해 상관성 분석을 실시하였고, 마지막으로 차종별 자동차 등록대수와 급성후두염 및 기관염, 급성상기도감염, 폐렴, 천식, 급성기관지염 및 급성세기관지염 등 연구대상 5개 질병과의 상관성을 분석하여 자동차 등록대수가 어린이 호흡기질환에 영향을 주는지를 알아보았다.

또한, 연료별 차량 등록대수와 교통량이 이산화질소(NO_2) 농도에 영향을 주는지를 알아보기 위하여 자료조사를 실시하였으나, 현재 관련 기관에서 제공하고 있는 자료로는 연료별 차량 등록대수와 교통량을 확인할 수 없었다.

2.4 통계분석

학교주변의 대기 중 이산화질소(NO₂) 농도 분포를 파악하기 위하여 기술통계 분석을 실시하였고, 모든 통계학적 분석은 SAS version 9.3(SAS Institute, Cary, NC)을 이용하였다.

이산화질소(NO₂) 농도와 호흡기질환 유병환자수 및 자동차등록대수와의 상관성을 알아보기 위하여 Pearson's correlation 상관분석을 실시하여 상관계수를 구하였다. 통계적 유의성 검정은 p값이 0.05보다 작은 경우 유의한 것으로 판정하였다. 이산화질소(NO₂) 농도와 호흡기질환 환자수와의 관련성을 평가하기 위하여 교차비(odds ratio)와 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)을 산출하였다. 이산화질소(NO₂) 평균 농도가 상위군(75 percentile)인 지역과 하위군(25 percentile)인 지역의 환자수를 이용하여 교차비의 증가 또는 감소경향을 추정하였다.

호흡기질환 유병환자 산출은 국민건강보험공단의 연령별 급여현황자료를 이용하여 각 질환별 연간 유병환자를 산출하였다. 동 자료는 건강보험공단에 청구한 내역을 기준으로 산출된 것으로 근본적으로 유병 자료 활용으로는 제한점을 가지고 있다. 이 연구에서의 유병환자는 병·의원의 진료실에서 진료를 받은 경우에 해당질환의 유병으로 간주하였다. 유병률은 지역별 2006년부터 2009년까지의 시·공간적 비교를 위해 통계청 2009년 10~14세 주민등록인구수를 기준으로 직접표준화를 실시하였다. 예를 들어 2006년 유병환자를 2009년 기준인구로 직접표준화 한 것은 다음의 식과 같다.

$$2006\text{년 유병환자} = \frac{2006\text{년 유병환자} \times 2009\text{년 주민등록인구수}}{2006\text{년 주민등록인구수}}$$

최종적으로 유병 환자수 자료를 해당 지역의 인구수를 이용하여 1,000명당 유병환자수로 산출하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 연구대상 지역의 선정 결과

본 연구를 위해 2006년부터 2009년까지 4년 동안 수도권 71개 시·군·구에 위치한 267개 학교 지역에서 총 7,700회 이상의 이산화질소(NO_2) 오염도 측정이 이루어졌다. 오염도 측정이 이루어진 지점은 학교의 화단, 운동장, 교문 등 학교 주변에서부터 도로변, 주택가, 버스정류장, 전철역, 공단, 공원, 주택가, 마트·시장, 터널 등 12 곳에 해당한다.

측정된 오염도 값을 12개 지점별로 평균값을 산출하고 각 지점이 위치한 지역의 국가측정망에서 측정된 이산화질소(NO_2) 농도 값과의 상관성 분석을 실시하였다. 상관성 분석결과, 학교주변(S1)과 공장(S8) 지점에서 통계적으로 유의한 상관성이 있는 것으로 나타났고($p < 0.05$), 상관계수는 각각 0.434, 0.439로 나타났다. 나머지 주택가, 도로 등 다른 지점들과는 상관성이 없는 것으로 나타났다. 측정 횟수가 적은 마트, 터널 등 일부 지점은 제외하고 총 10개 지점에서 측정된 이산화질소(NO_2) 농도를 대상으로 상관성 분석을 하였다.

각 측정 지점별 상관계수는 학교주변(S1) 0.434, 2차로(S2) 0.116, 4차로(S3) 0.198, 6차로(S4) 0.131, 8차로(S5) 0.173, 전철역(S6) 0.178, 지하철(S7) 0.118, 공단(S8) 0.439, 공원(S9) 0.174, 주택가(S10) 0.236로 나타났다(표 6).

본 연구에서는 초등학교 학생에 해당하는 연령(10~14세)을 대상으로 호흡기질환과의 상관성을 평가하고자 하였기에 총 12개 측정지점 중에 국가측정망에서 측정된 이산화질소(NO_2) 농도와 상관성이 높고, 학생들이 가장 많은 시간을 보내는 '학교주변' 지점을 연구대상 지점으로 선정하고 이 지점이 위치한 57개 시·군·구 지역을 연구대상 지역으로 선정하였다.

표 6. 국가측정망과 학교지역 이산화질소 농도와의 상관성 분석 결과

측정망	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	
측정망	1										
S1	0.434*	1									
S2	0.116	0.341*	1								
S3	0.198	0.381*	0.227	1							
S4	0.131	0.503*	0.563*	0.518*	1						
S5	0.173	0.120	-0.094	0.598*	0.909*	1					
S6	0.178	0.179	-0.271	0.760*	-0.033	0.537	1				
S7	0.118	0.662*	0.762*	0.197	0.744*	0.781*	0.825	1			
S8	0.439*	0.097	0.225	0.119	0.154	0.448	0.313	0.658	1		
S9	0.174	0.462*	0.557**	0.184	0.171	0.249	0.540*	0.598*	0.281	1	
S10	0.236	0.572*	0.538*	0.589*	0.134	0.189	0.571	0.144	0.258	0.410*	1

*: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, 측정망: 국가측정망, S1: 학교, S2: 2차선도로, S3: 4차선도로, S4: 6차선도로, S5: 8차선도로, S6: 버스정류장, S7: 전철역, S8: 공단, S9: 공원, S10: 주택가

연구대상 지역은 서울 지역에서 강남구, 중랑구, 종로구 등 22개 구가 포함되었고, 인천 지역에서는 강화군, 남동구 등 7개 구·군이 포함되었으며, 경기 지역에서는 고양시덕양구·일산동구, 과천시, 수원시 권선구·영통구 등 총 28개 시·구가 포함되었다(그림 3). 이산화질소(NO_2) 측정이 이루어지지 않은 노원구, 양천구, 인천 계양구, 평택시 등 일부 지역과 수도권 대기관리 권역 이외의 지역인 연천군, 포천군, 가평군, 양평군, 광주시, 여주군, 안성시 등 7개 시·군은 연구대상 지역에서 제외하였다.



그림 3. 수도권 대기관리 권역

(출처 : 환경부 수도권 대기환경관리 기본계획, 2005)

표 7. 연구대상 지역의 범위

시·도	지역수	지 역 범 위
서울시	22	강남구, 강동구, 강북구, 강서구, 관악구, 광진구, 구로구, 금천구, 도봉구, 동대문구, 동작구, 마포구, 서대문구, 서초구, 성동구, 성북구, 송파구, 용산구, 은평구, 종로구, 중구, 중랑구
인천시	7	강화군, 남구, 남동구, 동구, 부평구, 서구, 연수구
경기도	28	고양시(덕양구, 일산동구), 과천시, 광명시, 구리시, 군포시, 김포시, 남양주시, 동두천시, 부천시, 오정구, 성남시(분당구, 수정구), 수원시(영통구, 권선구), 시흥시, 안산시 단원구, 안양시 만안구, 양주시, 오산시, 용인시(기흥구, 수지구, 처인구), 의왕시, 의정부시, 이천시, 파주시, 하남시, 화성시

2. 수도권 지역 자동차 등록대수

2.1 차종별 자동차 등록 현황

자동차 등록대수가 어린이 호흡기질환 환자수 발생 및 이산화질소(NO₂) 오염도에 영향을 주는지를 알아보기 위해 국토교통부에서 제공하는 연도별 “자동차등록현황” 자료를 활용하여 차종 및 연료별 등록대수, 비율 등을 분석하였다.

2006년부터 2009년까지 수도권 지역의 누적 자동차 대수는 2006년 7,330,316대(46.1%), 2007년 7,578,907대(46.1%), 2008년 7,708,389대(45.9%), 2009년 7,864,914대(45.4%)로 나타났고, 서울이 2,856,854대(18.0%), 2,933,286대(17.8%), 2,949,211대(17.6%), 2,954,704대(17.0%), 인천은 822,317대(5.1%), 853,226대(5.2%), 870,322대(5.2%), 895,818대(5.2%), 경기도 3,651,142대(23.0%), 3,792,395대(23.1%), 3,888,856대(23.1%), 4,014,392대(23.2)로 조사되었다(표 8).

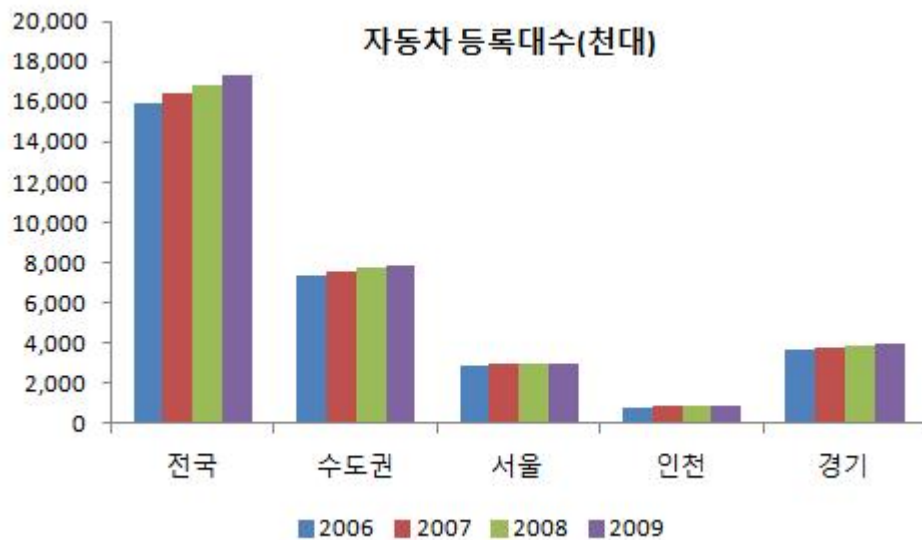


그림 4. 자동차 등록대수

표 8. 연도별 자동차 등록대수

구 분	연도별 등록대수			
	2006	2007	2008	2009
전 국	15,895,234	16,428,177	16,794,219	17,325,210
수도권	7,330,316 (46.1)	7,578,907 (46.1)	7,708,389 (45.9)	7,864,914 (45.4)
서울	2,856,854 (18.0)	2,933,286 (17.8)	2,949,211 (17.6)	2,954,704 (17.0)
인천	822,317 (5.1)	853,226 (5.2)	870,322 (5.2)	895,818 (5.2)
경기	3,651,142 (23.0)	3,792,395 (23.1)	3,888,856 (23.1)	4,014,392 (23.2)

(출처 : 국토교통부 자동차등록현황 보고 2006~2009)

2.2 연료별 자동차 등록 현황

승용차의 약 66~68%가 가솔린 연료를 사용하고 있고, 디젤연료를 사용하는 비중은 승합차 61.3~63.9%, 화물차 85.1~90.1%, 특수차 97.0% 이상으로 나타나, 디젤 연료는 승용차보다 승합차, 화물차 및 특수차에서 더 많이 사용하는 것을 알 수 있다(표 9).

표 9. 차종별 자동차 등록 대수(계속)

종 별	연료별	연도별 누적 등록대수(%)			
		2006	2007	2008	2009
승 용	휘발유	3,835,954 (68.5)	3,918,988 (67.2)	3,974,315 (66.6)	4,059,086 (66.2)
	경유	1,091,894 (19.5)	1,190,903 (20.4)	1,235,194 (20.7)	1,293,782 (21.1)
	LPG	669,119 (12.0)	716,542 (12.3)	751,189 (12.6)	774,024 (12.6)
	기타	2,016 (0.04)	2,094 (0.04)	5,165 (0.1)	9,051 (0.1)
	소계	5,598,983 (76.4)	5,828,527 (76.9)	5,965,863 (77.4)	6,135,943 (78.0)
승 합	휘발유	5,558 (1.0)	5,092 (1.0)	4,741 (0.9)	4,226 (0.8)
	경유	339,300 (63.9)	336,674 (63.4)	325,662 (61.9)	316,754 (61.3)
	LPG	178,587 (33.6)	179,136 (33.8)	182,990 (34.8)	180,611 (35.0)
	기타	7,510 (1.4)	9,838 (1.9)	12,548 (2.4)	15,101 (2.9)
	소계	530,955 (7.2)	530,740 (7.0)	525,941 (6.8)	516,692 (6.6)

표 9. 차종별 자동차 등록 대수

종별	연료별	연도별 누적 등록대수(%)			
		2006	2007	2008	2009
화물	휘발유	5,998 (0.5)	5,448 (0.5)	4,949 (0.4)	4,571 (0.4)
	경유	1,067,677 (90.1)	1,061,963 (88.2)	1,030,467 (85.9)	1,017,421 (85.1)
	LPG	98,993 (8.3)	122,273 (10.2)	149,506 (12.5)	157,829 (13.2)
	기타	13,200 (1.1)	13,950 (1.2)	14,998 (1.2)	15,575 (1.3)
	소계	1,185,428 (16.2)	1,203,634 (15.9)	1,199,920 (15.6)	1,195,396 (15.2)
특수	휘발유	16 (0.1)	17 (0.1)	18 (0.1)	17 (0.1)
	경유	14,508 (97.0)	15,560 (97.2)	16,240 (97.4)	16,451 (97.4)
	LPG	142 (0.9)	140 (0.9)	135 (0.8)	132 (0.8)
	기타	284 (1.9)	289 (1.8)	272 (1.6)	283 (1.7)
	소계	14,950 (0.2)	16,006 (0.2)	16,665 (0.2)	16,883 (0.2)
합 계		7,330,316 (100.0)	7,578,907 (100.0)	7,708,389 (100.0)	7,864,914 (100.0)

(출처 : 국토교통부 자동차등록현황 보고 2006~2009)

2006~2009년까지 가솔린 연료를 사용하는 차량은 각각 3,847,526대(52.5%), 3,929,545대(51.9%), 3,984,023대(51.7%), 4,064,900대(51.7%), 디젤 연료 차량은 2,513,379대(34.3%), 2,605,100대(34.4%), 2,607,563대(33.8%), 2,644,408대(33.6%)로 나타났다(표 10).

2006년 이후에는 휘발유와 경유 차량의 등록대수 비중이 연도별로 비슷한 수준을 보였고, 2006년 대비 2009년도의 차량 증가는 휘발유 차량은 220,374대(5.7%), 경유 차량은 131,029대(5.2%)가 증가된 것으로 나타났다.

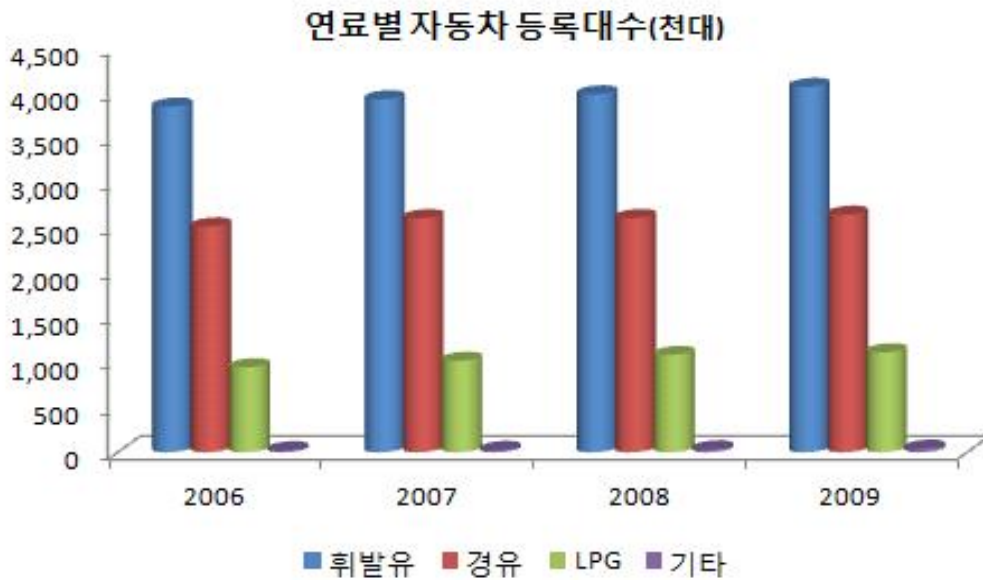


그림 5. 연료별 자동차 등록대수

표 10. 연료별 자동차 등록 대수

연도별 연료별	연도별 누적 등록대수(%)			
	2006	2007	2008	2009
휘발유	3,847,526 (52.5)	3,929,545 (51.9)	3,984,023 (51.7)	4,067,900 (51.7)
경유	2,513,379 (34.3)	2,605,100 (34.4)	2,607,563 (33.8)	2,644,408 (33.6)
LPG	946,401 (12.9)	1,018,091 (13.4)	1,083,820 (14.1)	1,112,596 (14.2)
기타	23,010 (0.3)	26,171 (0.3)	32,983 (0.4)	40,010 (0.5)
합계	7,330,316 (100.0)	7,578,907 (100.0)	7,708,389 (100.0)	7,864,914 (100.0)

(출처 : 국토교통부 자동차등록현황 보고 2006~2009)

3. 학교 주변 이산화질소(NO₂) 농도

3.1 수도권 이산화질소(NO₂) 분포 현황

2006년부터 2009년까지 4년 동안 수도권 지역에서 이산화질소(NO₂) 오염도 측정이 이루어진 지역은 누적하여 모두 207곳에 해당한다. 207곳에서 측정된 오염도를 토대로 수도권 지역의 이산화질소(NO₂) 오염도 분포 현황을 분석하였다.

수도권 207개 지역의 연평균 NO₂ 농도는 42.6±13.7ppb였고, 농도 범위는 13.9~89.7ppb로 나타났다. 오염도는 터널 지점이 70.2ppb로 가장 높았고, 공원 지점이 32.1ppb로 가장 낮았다. 한편, 연구대상 지점인 학교주변의 평균농도는 34.9±11.8ppb였으며 농도 범위는 9.9~70.1ppb로 나타났다(표 11).

표 11. 학교주변 이산화질소 농도 분포 현황(2006~2009년)

Site	N	Mean	S.D.	Min	1st Q.	Median	3st Q.	Max
연평균	207	42.6	13.7	13.9	34.7	41.4	49.8	89.7
학교주변	114	34.9	11.8	9.9	26.1	35.0	42.9	70.1
2차로	67	40.7	13.9	11.0	32.6	39.4	46.7	81.9
4차로	105	48.6	18.3	14.0	38.5	46.1	56.1	105.2
6차로	52	55.6	25.9	7.0	37.5	53.0	68.1	117.5
8차로	50	53.3	22.9	13.6	39.8	47.2	61.5	143.6
정류장	36	47.5	21.5	11.0	34.6	46.7	55.1	110.9
전철역	43	52.1	21.1	26.0	40.1	45.2	59.4	108.0
공 장	46	34.1	14.9	6.1	23.8	32.1	44.1	70.7
공 원	123	32.1	11.6	6.1	25.0	30.8	39.2	71.9
주택가	65	38.4	13.2	8.4	30.6	36.6	47.5	80.6
마트/시장	19	45.9	19.8	16.6	32.5	39.8	57.0	92.8
터 널	10	70.2	23.9	42.8	51.8	65.3	80.6	124.3

S.D. : standard deviation, 1st Q.: 25percentile, 3st Q.: 75percentile

서울, 인천, 경기 지역의 12개 지점별 이산화질소(NO_2) 오염도는 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났으나, 인천 지역의 6차선 도로의 오염도는 다른 지역에 비해 낮았고, 서울 지역의 지하철역 주변 오염도는 다른 지역보다 높게 나타났다. 지역별로는 서울 지역이 4차선 도로를 제외한 모든 지점에서 오염도가 가장 높게 나타났다.

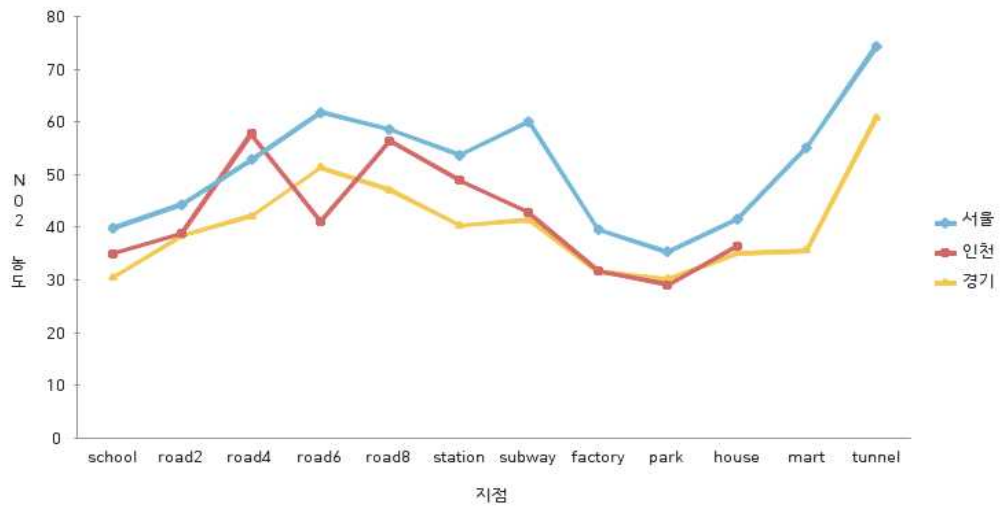


그림 6. 학교지역 지점별 이산화질소 농도

국가측정망에서 측정된 이산화질소(NO_2) 농도와 상관성 분석에서 통계적으로 유의하게 상관성이 나타난 학교 주변의 4년간 평균농도를 기준으로 오염도 분포현황을 분석한 결과, 오염도가 상대적으로 높은 5개 지역에는 서울 지역이 4곳, 인천 지역 1곳으로 나타났고, 반면 오염도가 상대적으로 낮은 5개 지역에는 경기 지역이 4곳, 인천 지역이 1곳으로 나타났다(그림 7).

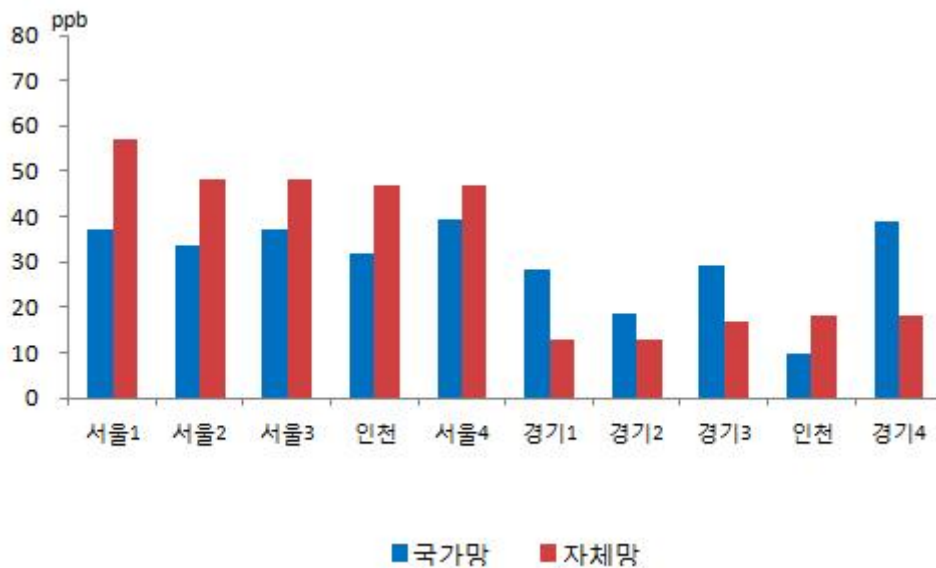


그림 7. 학교주변 이산화질소 농도(2006~2009)

3.2 대기환경기준 초과 현황

수도권의 총 207개 지역에서 측정된 NO₂ 농도값을 기준으로 대기환경기준을 초과한 현황을 분석한 결과, 연평균기준(30ppb)을 초과한 지역은 207곳 중 76(36.7%)곳이 초과된 것으로 나타났다. 인천 지역이 28곳 중 13(46.4%)곳이 초과되어 초과율이 가장 높았고, 서울 지역은 89곳 중 40(44.9%)곳, 경기 지역은 90곳 중 23(25.6%)곳이 초과된 것으로 나타났다. 24시간평균기준(60ppb)을 초과한 지역은 207곳 중 2(0.97%)곳이며, 모두 경기 지역에서 초과된 것으로 나타났고, 서울과 인천에서는 환경기준을 초과한 지역이 없었다(표 12).

표 12. 지역별 이산화질소 환경기준 초과 현황

지 역	연평균(30ppb) 초과 현황			24시간평균(60ppb) 초과 현황		
	측정지역수	초과지역수	비율(%)	측정지역수	초과지역수	비율(%)
서 울	89	40	44.9	89	0	0
인 천	28	13	46.4	28	0	0
경 기	90	23	25.6	90	2	2.22
합 계	207	76	36.7	207	2	0.97

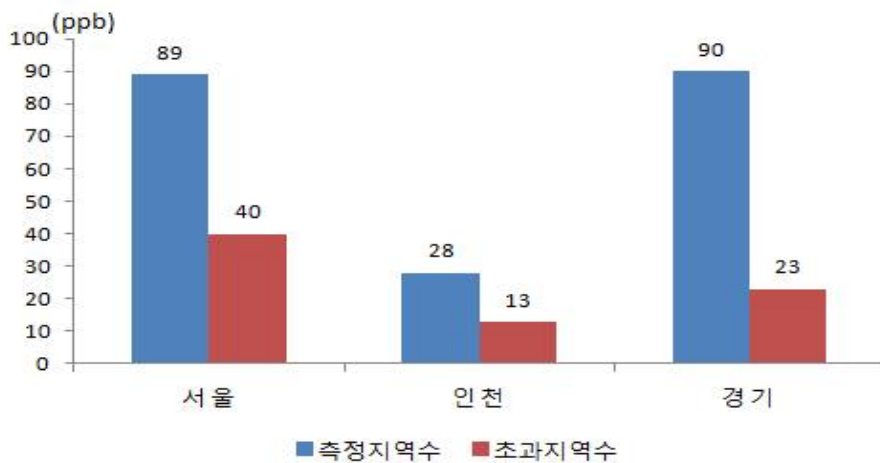


그림 8. 연평균 이산화질소 환경기준 초과현황

표 13. 국가 대기환경기준

구 분		환경기준	구 분		환경기준
	연평균	0.02		연평균	0.03
SO ₂ (ppm)	24시간 평균	0.05	NO ₂ (ppm)	24시간 평균	0.06
	1시간 평균	0.15		1시간 평균	0.1
	8시간 평균	9		8시간 평균	0.06
CO (ppm)	1시간 평균	25	O ₃ (ppm)	1시간 평균	0.1
	연평균	50			연평균
PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24시간 평균	100	PM _{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	24시간 평균	50
	연평균	0.5			연평균
Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	연평균	0.5	벤젠 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	연평균	5

4. 수도권 지역 어린이 인구수

수도권 지역의 어린이(10~14세) 인구수 통계를 파악한 결과, 2006년도에 1,657천명, 2007년 1,630천명, 2008년 1,594천명, 2009년 1,490천명으로 매년 조금씩 감소하는 것으로 나타났다(표 14).

표 14. 수도권 지역 어린이 인구수

시 도	연도별 어린이(10~14세) 인구수(명)			
	2006	2007	2008	2009
합 계	1,657,088	1,628,934	1,594,329	1,490,033
서울시	651,969	634,031	614,792	545,750
인천시	204,549	199,927	193,134	177,795
경기도	800,570	794,976	786,403	766,488

(출처 : 통계청, 동읍면 5세별 주민등록 인구)

서울 지역에 거주하는 어린이 인구는 2006년 652천명, 2007년 634천명, 2008년 614천명, 2009년 545천명 이었고, 인천 지역은 2006년 204천명, 2007년 200명, 2008년 193천명, 2009년 177천명, 경기 지역은 2006년 800천명, 2007년 794천명, 2008년 786천명, 2009년 766천명으로 조사되었다.

2006년부터 2009년까지 수도권에서 어린이 인구수가 많은 지역은 서울 지역은 노원구, 송파구, 양천구, 강남구, 강서구이고, 경기 지역은 남양주시, 성남시 분당구, 부천시 원미구, 시흥시, 인천시에서는 부평구로 나타났다(표 15).

표 15. 어린이 인구수 상위 지역 현황(2006~2009)

No.	지 역	조사년도	어린이(10~14) 인구수
1	서울 송파구	2008	43,716
2	경기 남양주시	2008	38,179
3	서울 강남구	2008	36,221
4	서울 강서구	2006	35,967
5	인천 부평구	2009	35,959
6	경기 시흥시	2006	35,157
7	성남 분당구	2009	35,088
8	인천 서구	2008	32,558
9	인천 남동구	2008	32,204
10	경기 의정부시	2007	31,941

(출처 :통계청, 동읍면 5세별 주민등록 인구)

5. 어린이 호흡기질환 환자수

5.1 수도권지역 호흡기질환 환자수

2006년부터 2009년까지 4년 동안 어린이(10~14세) 호흡기질환 누적 환자수는 진료실 환자를 기준으로 총 16,443,197명이며, 이중 급성인두염 및 급성편도염 환자가 3,964,800명(24.1%)으로 가장 많았고, 기타급성상기도염 3,651,497명(22.2%), 급성기관지염 및 급성세기관지염 3,013,393명(18.3%), 기타 코 및 비동의 질환이 2,372,800(14.4%)명으로 나타났다.

연구대상 5개 질병의 진료실 환자는 급성후두염 및 기관염이 898,507명(5.5%), 급성상기도감염 3,651,497명(22.2%), 폐렴 188,289명(1.1%), 급성기관지염 및 급성세기관지염 3,013,693명(18.3%), 천식 385,745명(2.3%)으로 나타났고, 4년간 5개 질병의 누적환자는 총 8,137,731명(49.5%)으로 나타났다. 한편, 내원 환자는 급성후두염 및 기관염이 1,751,835명(4.8%), 급성상기도감염 7,696,226명(21.1%), 폐렴 451,499명(1.2%), 급성기관지염 및 급성세기관지염 6,823,463명(18.7%), 천식 1,033,392명(2.8%)으로 나타났고, 4년간 누적 환자수는 총 17,756,415명(48.7%)으로 진료실 환자보다 2.18배 많았다(표 16).

본 연구에서는 의료기관을 방문한 진료실 환자를 토대로 호흡기질환 환자수를 분석하였으며, 진료실 환자는 병·의원의 진료실에서 진료 받은 환자수를 의미하며, 같은 질병으로 여러 번 병원을 방문해도 1회로 간주하였다. 내원환자는 병·의원의 입원환자와 외래환자를 합한 환자수이며, 같은 질병으로 여러 번 방문해도 중복하여 계산하였다. 질병자료는 요양기관에서 환자진료 중 진단명이 확정되지 않은 상태에서의 호소, 증세 등에 따라 일차 진단명을 부여하고 청구한 내역중 주 진단명을 기준으로 발췌한 것이므로 최종 확정된 질병과는 다를 수 있다.

표 16. 질병별 어린이 호흡기질환 환자수(2006~2009 누적)

No.	질병명(코드)	호흡기질환 환자(명)	
		진료실환자 ¹⁾	내원환자 ²⁾
1	급성인두염 및 급성편도염(165)	3,964,800 (24.1%)	8,133,329 (22.3%)
2	기타 급성상기도 감염(167)	3,651,497 (22.2%)	7,696,226 (21.1%)
3	급성기관지염 및 급성세기관지염(170)	3,013,693 (18.3%)	6,823,463 (18.7%)
4	기타 코 및 비동의 질환(172)	2,372,800 (14.4%)	5,731,163 (15.7%)
5	급성 후두염 및 기관염(166)	898,507 (5.5%)	1,751,835 (4.8%)
6	만성 부비동염(171)	718,483 (4.4%)	2,266,053 (6.2%)
7	기타 상기도 질환(174)	498,341 (3.0%)	963,290 (2.6%)
8	폐기종 및 만성폐질환(175)	381,817 (2.3%)	717,349 (2.0%)
9	천식(176)	385,745 (2.3%)	1,033,392 (2.8%)
10	기타 호흡기계 질환(179)	230,295 (1.4%)	530,607 (1.5%)
11	폐렴(169)	188,289 (1.1%)	451,499 (1.2%)
12	편도 및 아데노이드(173)	137,542 (0.8%)	348,344 (1.0%)
13	기관지 확장증(177)	1,388 (0.0%)	3,079 (0.0%)
합 계		16,443,197	36,446,629

(출처 : 국민건강보험공단의 '298 질병분류별 연령별 급여현황')

1) 병·의원의 진료실에서 진료 받은 환자수이며, 같은 질병으로 여러 번 병원을 방문해도 1회로 계산함

2) 병·의원의 입원환자와 외래환자를 합한 환자수이며, 같은 질병으로 여러 번 방문해도 중복하여 계산함

인구대비 환자수는 경기 지역이 2,492천명(79.2%)으로 가장 많았고, 서울 지역 1,862천명(76.1%), 인천 지역 575천명(74.2%)으로 나타났다. 질병별 환자수는 급성상기도감염이 2,178천명(34.2%)으로 나타나고, 급성기관지염 및 급성세기관지염은 1,840천명(28.9%), 급성후두염 및 기관염이 510천명(8.0%), 천식 272천명(4.3%), 폐렴 127천명(2.0%)으로 나타났다. 급성후두염 및 기관염(8.4%)과 폐렴(2.3%)의 환자 비중은 서울 지역이 가장 높았고, 급성상기도감염(35.6%)과 급성기관지염 및 급성세기관지염(29.6%)은 경기 지역, 천식(4.6%)은 인천 지역에서 환자 비중이 높게 조사되었다(표 17).

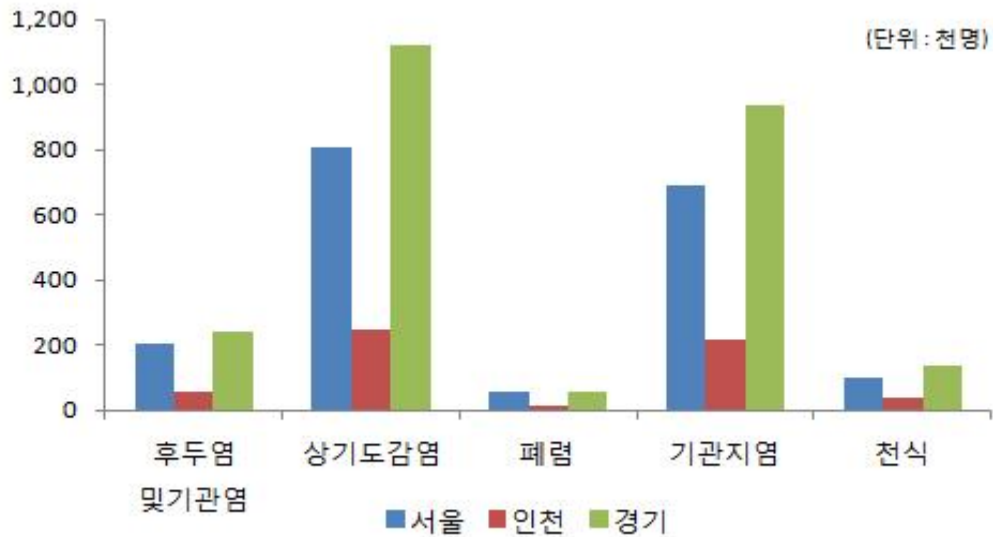


그림 9. 연구대상 5개 질병 환자수

표 17. 지역별 어린이 호흡기질환자 환자수(2006~2009 누적)

구분	인구 (10~19세)	어린이 호흡기질환자 발생 현황(10~14세, 명, %)					천식
		합 계	후두염 및 기관염	상기도 감염	폐렴	기관지염	
합계	6,370,384	4,929,434 (77.4)	510,234 (8.0)	2,178,322 (34.2)	127,595 (2.0)	1,840,659 (28.9)	272,624 (4.3)
서울	2,446,542	1,862,051 (76.1)	206,701 (8.4)	809,119 (33.1)	57,435 (2.3)	688,420 (28.1)	100,376 (4.1)
인천	775,405	575,080 (74.2)	59,596 (7.7)	247,894 (32.0)	12,804 (1.7)	219,142 (28.3)	35,644 (4.6)
경기	3,148,437	2,492,303 (79.2)	243,937 (7.7)	1,121,309 (35.6)	57,356 (1.8)	933,097 (29.6)	136,604 (4.3)

(출처 : 국민건강보험공단의 '298 질병분류별 연령별 급여현황')

5.2 어린이 인구 1,000명 당 호흡기질환 환자수

2006년부터 2009년까지 4년 동안 수도권 지역의 병·의원에서 진료를 받은 진료실 환자를 기준으로 어린이 인구 1,000명당 환자수 발생현황을 분석하였다. 급성후두염 및 기관염은 경기와 인천 지역에서 2008년까지는 점차 줄어들다가 2009년에 다시 증가하였고, 서울 지역은 증감을 반복하는 경향을 보였으며, 2006년 대비 2009년 증가율은 서울 지역이 43.5%로 가장 높았고, 인천 지역 22.9%, 경기 지역은 -15.1%로 나타났다. 2006년부터 2009년까지 연도별 환자수는 경기 지역이 126.5명, 113.5명, 103.1명, 107.3명이었고, 서울 지역은 74.4명, 83.2명, 66.3명, 106.8명, 인천 지역은 74.0명, 70.9명, 58.4명, 91.0명으로 경기 지역에서 환자수가 가장 많이 나타났다(표 18).

표 18. 급성후두염 및 기관염 환자수

(단위 : 명/인구 1,000명당)

연도	서울	인천	경기
2006	74.4	74.0	126.5
2007	83.2	70.9	113.5
2008	66.3	58.4	103.1
2009	106.8	91.0	107.3

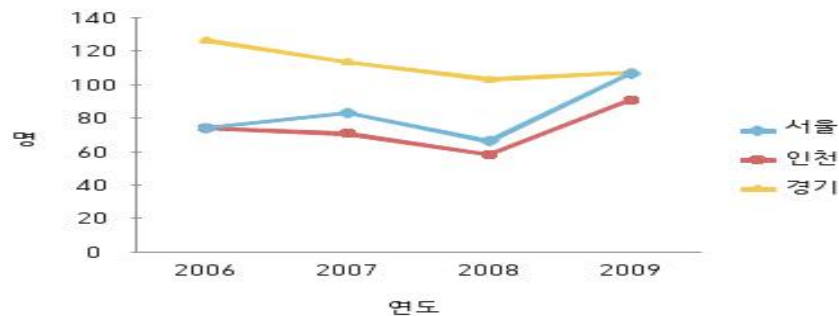


그림 10. 급성후두염 및 기관염 진료실 환자

급성 상기도감염의 경우, 경기 지역은 2006년부터 2009년까지 환자수가 연속적으로 줄어드는 경향을 보였으며, 서울 지역은 증감을 반복하였고, 인천 지역은 2008년까지 감소하다가 2009년에 큰 폭으로 증가하는 경향을 보였다. 2006년 대비 2009년 증가율은 서울 지역이 24.4%, 인천 지역 14.2%, 경기 지역은 -25.2%로 나타났다. 연도별 유병 환자수는 경기 지역이 595.4명, 519.1명, 500.8명, 444.8명으로 가장 많았고, 서울 지역은 299.9명, 343.5명, 269.9명, 373.2명, 인천 지역은 316.9명, 315.7명, 252.2명, 362.1명으로 나타났다(표 19).

표 19. 급성 상기도감염 환자수

(단위 : 명/인구 1,000명당)

연 도	서 울	인 천	경 기
2006	299.9	316.9	595.4
2007	343.5	315.7	519.1
2008	269.9	252.2	500.8
2009	373.2	362.1	444.8

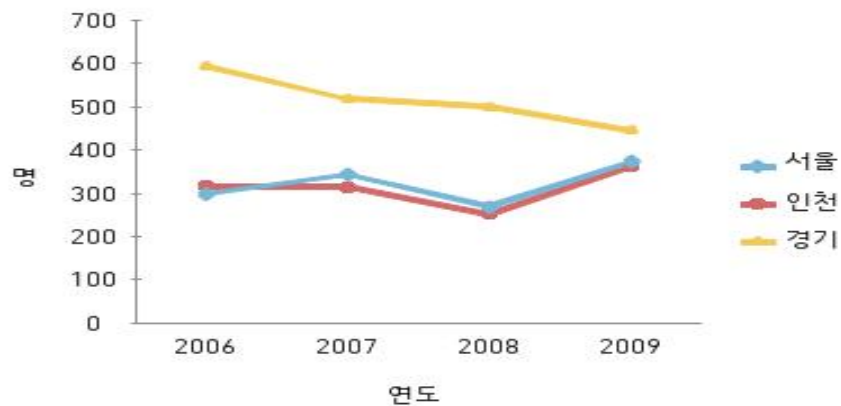


그림 11. 급성 상기도감염 진료실 환자

폐렴의 경우에는 서울과 경기 지역은 2006년부터 2008년까지 환자수가 줄어들다가 2009년에 다시 큰 폭으로 증가하는 경향을 보였고, 인천 지역은 증감을 반복하는 경향을 보였다. 2006년 대비 2009년 증가율은 서울 지역이 21.2%, 인천 지역 37.5%, 경기 지역은 -17.6%로 나타났다. 인구 1,000명당 환자수는 경기 지역이 30.6명, 23.5명, 21.4명, 25.2명, 서울 지역은 22.6명, 20.8명, 17.9명, 27.4명, 인천 지역은 16.8명, 18.0명, 11.4명, 23.1명으로 나타났다(표 20).

표 20. 폐렴 환자수

(단위 : 명/인구 1,000명당)

연도	서울	인천	경기
2006	22.6	16.8	30.6
2007	20.8	18.0	23.5
2008	17.9	11.4	21.4
2009	27.4	23.1	25.2

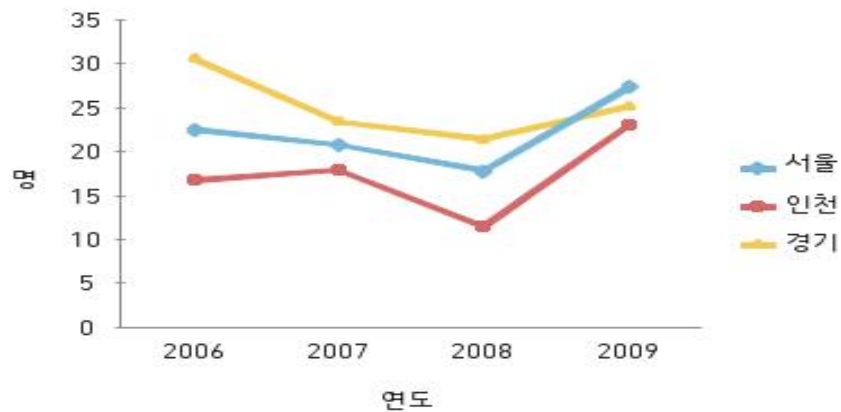


그림 12. 폐렴 진료실 환자

급성기관지염 및 급성세기관지염의 경우, 경기 지역은 2006년부터 2008년까지 환자수가 줄어들다가 2009년에 다시 증가하는 경향을 보였고, 서울과 인천 지역은 증감을 반복하는 경향을 보였다. 2006년 대비 2009년 증가율은 서울 지역이 51.7%, 인천 지역 49.1%, 경기 지역은 -11.5%로 나타났다. 인구 1,000명당 환자수는 경기 지역이 487.6명, 421.3명, 393.1명, 431.7명, 서울 지역은 246.0명, 262.5명, 224.3명, 373.3명, 인천 지역은 256.5명, 275.5명, 215.0명, 382.5명으로 나타났다(표 21).

표 21. 급성기관지염 및 급성세기관지염 환자수

(단위 : 명/인구 1,000명당)

연도	서울	인천	경기
2006	246.0	256.5	487.6
2007	262.5	275.5	421.3
2008	224.3	215.0	393.1
2009	373.3	382.5	431.7

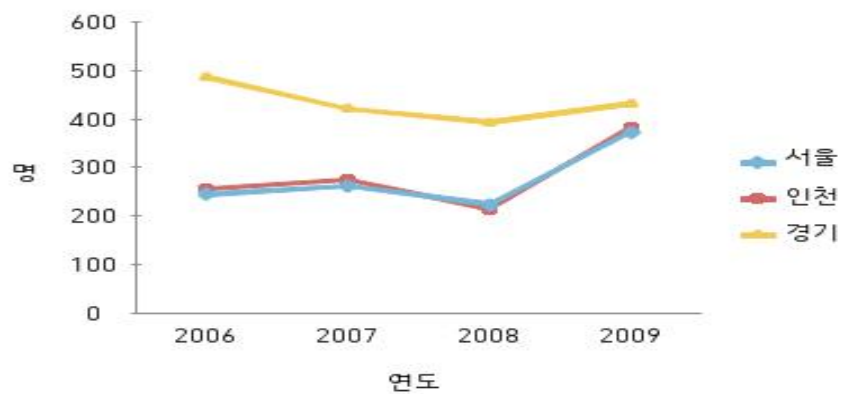


그림 13. 급성기관지염 및 급성세기관지염 진료실 환자

천식은 경기와 인천 지역은 2006년부터 2008년까지 환자수가 줄어들다가 2009년에 다시 증가하는 경향을 보였고, 서울 지역은 증감을 반복하는 경향을 보였다. 2006년 대비 2009년 증가율은 서울 지역이 19.0%, 인천 지역 6.0%, 경기 지역은 -27.7%로 나타났다. 인구 1,000명당 환자수는 경기 지역이 76.4명, 59.4명, 51.1명, 55.2명, 서울 지역은 39.8명, 41.0명, 31.0명, 47.4명, 인천 지역은 47.8명, 46.6명, 34.0명, 50.7명으로 나타났다(표 22).

표 22. 천식 환자수

(단위 : 명/인구 1,000명당)

연도	서울	인천	경기
2006	39.8	47.8	76.4
2007	41.0	46.6	59.4
2008	31.0	34.0	51.1
2009	47.4	50.7	55.2

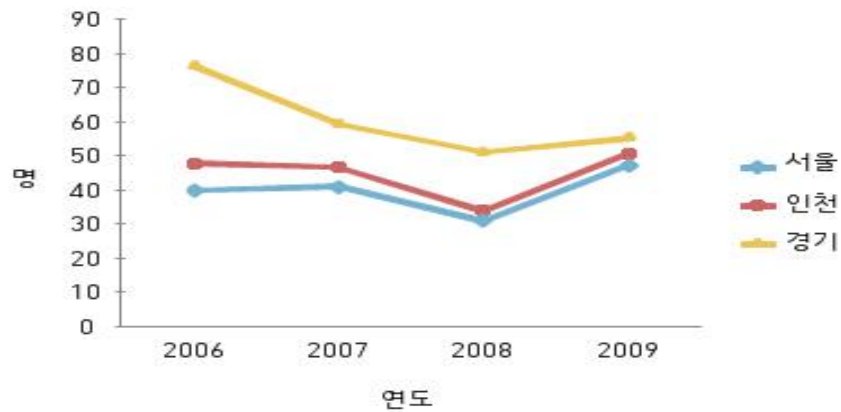


그림 14. 천식 진료실 환자

6. 상관성 분석 결과

6.1 학교주변 이산화질소 농도와 어린이 호흡기질환과의 상관성

2006년부터 2009년까지 수도권 지역 학교 주변에서 조사한 이산화질소(NO₂) 농도와 의료기관에서 진료를 받은 진료실 환자를 기준으로 급성후두염 및 기관염, 기타 급성상기도감염, 폐렴, 급성기관지염 및 급성세기관지염, 천식 등 연구대상 5개 질병 환자수와의 상관성을 분석하였다.

상관성 분석결과, 학교 주변 이산화질소(NO₂) 농도와 폐렴 환자수 발생과는 통계적으로 유의한 상관성이 있었으며(p<0.05), 상관계수는 0.198로 나타났다. 나머지 질병 환자수 발생과의 상관성은 통계적으로 유의한 결과는 나타나지 않았다(표 23).

표 23. 학교주변 이산화질소 농도와 호흡기질환 환자수와의 상관성

	school	j166	j167	j169	j170	j176
school	1					
j166	0.188	1				
j167	0.090	0.922*	1			
j169	0.198*	0.689*	0.716*	1		
j170	0.148	0.925*	0.939*	0.754*	1	
j176	0.108	0.913*	0.908*	0.719*	0.914*	1

* p<0.05, sch: 학교주변 NO₂ 농도, j166: 급성후두염 및 기관염, j167: 급성상기도감염, j169: 폐렴, j170: 급성기관지염 및 급성세기관지염, j176: 천식

서울 지역에서는 학교주변 NO₂ 농도와 연구대상 5개 호흡기질환 환자수와
의 상관성이 기관지염을 제외한 4개 질병에서 양의 상관관계를 나타냈으나,
통계적으로 유의하지는 않았다. 상관계수는 급성후두염 및 기관염 0.169, 급성
상기도감염 0.144, 폐렴 0.239, 급성기관지염 및 급성세기관지염 0.166, 천식이
-0.043으로 나타났다(표 24).

표 24. 서울지역 이산화질소 농도와 호흡기질환 환자수와의 상관성

	school	j166	j167	j169	j170	j176
school	1					
j166	0.169	1				
j167	0.144	0.874*	1			
j169	0.239	0.569*	0.656*	1		
j170	0.165	0.821*	0.837*	0.772*	1	
j176	-0.043	0.740*	0.810*	0.682*	0.729*	1

* p<0.05, sch: 학교주변 NO₂ 농도, j166: 급성후두염 및 기관염, j167: 급성상기
도감염, j169: 폐렴, j170: 급성기관지염 및 급성세기관지염, j176: 천식

인천 지역의 학교 주변 NO₂ 농도와 연구대상 5개 호흡기질환 환자수와의
상관성은 5개 질병 모두 양의 상관관계를 보였으나, 통계적 유의성은 없는 것
으로 나타났다. 상관계수는 천식이 0.433, 급성기관지염 0.355, 급성상기도감염
0.352, 폐렴 0.348, 급성후두염 및 기관염 0.289 순으로 나타났다(표 25).

표 25. 인천지역 이산화질소 농도와 호흡기질환 환자수와의 상관성

	school	j166	j167	j169	j170	j176
school	1					
j166	0.289	1				
j167	0.352	0.913*	1			
j169	0.348	0.808*	0.898*	1		
j170	0.355	0.8974*	0.944*	0.956*	1	
j176	0.433	0.952*	0.934*	0.876*	0.915*	1

* p<0.05, sch: 학교주변 NO₂ 농도, j166: 급성후두염 및 기관염, j167: 급성상기도감염, j169: 폐렴, j170: 급성기관지염 및 급성세기관지염, j176: 천식

경기 지역의 학교주변 NO₂ 농도와 5개 호흡기질환 환자수와의 상관성은 5개 질병 모두 양의 상관관계를 보였으나 통계적 유의성은 없었고, 상관계수는 급성기관지염이 0.128, 급성후두염 및 기관염 0.115, 천식 0.085, 급성상기도감염 0.078, 폐렴 0.064 순으로 나타났다(표 26).

표 26. 경기지역 이산화질소 농도와 호흡기질환 환자수와의 상관성

	school	j166	j167	j169	j170	j176
school	1					
j166	0.115	1				
j167	0.078	0.943*	1			
j169	0.064	0.863*	0.877*	1		
j170	0.128	0.958*	0.960*	0.892*	1	
j176	0.085	0.952*	0.934*	0.865*	0.955*	1

* p<0.05, sch: 학교주변 NO₂ 농도, j166: 급성후두염 및 기관지염, j167: 급성상기도감염, j169: 폐렴, j170: 급성기관지염 및 급성세기관지염, j176: 천식

6.2 자동차 등록대수와 이산화질소 농도와의 상관성

자동차 등록대수가 학교 주변 이산화질소(NO₂) 오염에 영향을 주는지를 알아보기 위해 수도권 지역의 차종별 차량등록대수와 학교주변 이산화질소(NO₂) 농도와의 상관성을 분석하였다. 분석 결과 승용차, 승합차의 상관계수가 0.274, 0.225로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였고.(p<0.05), 화물차, 특수차³⁾는 상관관계가 나타나지 않았다(표 27).

표 27. 차종별 차량등록대수와 이산화질소 농도와의 상관성

	school	car	omnibus	truck	expert
school	1				
car	0.274*	1			
omnibus	0.225*	0.857*	1		
truck	0.057	0.695*	0.885*	1	
expert	-0.032	0.003	0.071	0.327*	1

* : p < 0.05, school : 학교주변 NO₂ 농도, car : 승용차, omnibus : 승합차, truck: 트럭, expert: 특수차량

3) 구난차, 견인차, 고소작업차, 고가사다리소방차, 오가크레인 등

6.3 자동차 등록대수와 어린이 호흡기질환의 상관성

자동차 등록대수가 어린이 호흡기질환 환자수 발생에 영향을 주는지를 알아보기 위하여 차종별 자동차 등록대수와 호흡기질환 질병별 환자수와의 상관성을 분석하였다. 분석결과, 급성후두염 및 기관염, 급성상기도감염, 폐렴, 급성기관지염, 천식 등 5개 질병 모두 자동차 등록대수와 양의 상관관계 또는 음의 상관관계를 보였으나, 통계적으로는 유의하지 않았다. 따라서, 자동차 등록대수가 어린이 호흡기질환 환자수 발생에 영향을 주지 않는 것으로 판단된다.

승용차의 경우 급성후두염 및 기관염, 폐렴 항목에서 양의 상관관계를 나타냈고, 급성상기도감염, 급성기관지염 및 급성세기관지염, 천식 항목에서는 음의 상관관계를 보였다. 승합차의 경우 폐렴 항목을 제외한 모든 질병항목에서 음의 상관관계를 나타냈으며, 트럭과 특수차는 모든 질병 항목이 음의 상관관계를 나타냈으나 통계적으로는 유의하지 않았다(표 28).

표 28. 차종별 차량등록대수와 호흡기질환 환자수와의 상관성

	j166(p)	j167(p)	j169(p)	j170(p)	j176(p)
car	0.018 (0.803)	-0.053 (0.464)	0.110 (0.126)	-0.090 (0.211)	-0.090 (0.211)
omnibus	-0.044 (0.536)	-0.085 (0.238)	0.059 (0.410)	-0.111 (0.121)	-0.109 (0.130)
truck	-0.114 (0.111)	-0.073 (0.311)	-0.034 (0.633)	-0.101 (0.157)	-0.151* (0.034)
expert	-0.058 (0.421)	-0.019 (0.787)	-0.163* (0.022)	-0.043 (0.553)	-0.053 (0.458)

* p<0.05, j166: 급성후두염 및 기관지염, j167: 급성상기도감염, j169: 폐렴, j170: 급성기관지염 및 급성세기관지염, j176: 천식, car:승용차, omnibus:승합차, truck:트럭, expert:특수차

6.4 이산화질소 농도에 따른 호흡기질환 교차비(Odds Ratio)

학교 주변에서 측정된 이산화질소(NO₂) 농도를 기준으로 상위군(75percentile)과 하위군(25percentile)의 교차비(Odds Ratio)를 산출하였다. 상위군은 이산화질소(NO₂) 농도가 42.9 ppb 이상인 지역이고, 하위군은 이산화질소(NO₂) 농도가 26.1 ppb 이하인 지역으로 나타났다.

수도권 전체 지역에 대한 교차비는 급성후두염 및 기관염은 0.88배(95% CI, 0.86-0.90), 기타 급성상기도감염은 0.82배(95% CI, 0.81-0.84), 폐렴(j169)은 1.03배(95% CI, 0.97-1.08), 급성기관지염 및 급성세기관지염은 0.75배(95% CI, 0.74-0.76), 천식은 0.69배(95% CI, 0.66-0.71)로 나타났다.

서울 지역의 교차비는 폐렴이 1.03배(95% CI, 0.97-1.08)로 가장 높았고, 급성후두염 및 기관염이 0.88배(95% CI, 0.86-0.90), 급성상기도감염 0.82배(95% CI, 0.81-0.84), 급성기관지염 및 급성세기관지염 0.75배(95% CI, 0.74-0.76), 천식 0.69배(95% CI, 0.66-0.71)로 나타났다.

인천 지역의 교차비는 급성후두염 및 기관염과 천식은 각각 1.14배(95% CI, 0.09-1.19), 1.01배(95% CI, 0.96-1.06)로 나타났고, 급성상기도감염, 폐렴, 급성기관지염 및 급성세기관지염은 각각 0.73배(95% CI, 0.71-0.75), 0.75배(95% CI, 0.70-0.81), 0.71배(95% CI, 0.69-0.72)로 나타났다.

경기 지역은 모든 질병유형에서 교차비가 높게 나왔는데, 급성기관지염 및 급성세기관지염이 1.77배(95% CI, 1.75-1.80)로 가장 높았고, 다음으로 급성상기도감염 1.75배(95% CI, 1.73-1.77), 급성후두염 및 기관염 1.48배(95% CI, 1.45-1.51), 천식 1.43배(95% CI, 1.38-1.47), 폐렴 1.27배(95% CI, 1.21-1.33)로 나타났다.

호흡기질환 질병별 교차비는 급성후두염 및 기관염의 경우 경기 지역이 1.48배(95% CI, 1.45-1.51)로 가장 높았고, 인천과 서울이 각각 1.14배(95% CI, 1.09-1.19), 0.88배(95% CI, 0.86-0.90)로 나타났다. 급성상기도감염은 경기 지역이 1.75배(95% CI, 1.73-1.77)로 가장 높았고, 서울 지역은 0.82배(95% CI, 0.81-0.84), 인천 지역 0.73배(95% CI, 0.71-0.75)로 나타났다. 폐렴은 경기 지역이 1.27배(95% CI, 1.21-1.33), 서울 지역이 1.03배(95% CI, 0.97-1.08), 인천 지역이 0.75배(95% CI, 0.70-0.81)로 나타났고, 급성기관지염 및 급성세기관지염은 경기 지역 1.77배(95% CI, 1.75-1.80), 서울 지역 0.75배(95% CI, 0.74-0.76), 인천 지역 0.71배(95% CI, 0.69-0.72), 천식은 경기 지역 1.43배(95% CI, 1.38-1.47), 인천 지역 1.01배(95% CI, 0.96-1.06), 서울 지역 0.69배(95% CI, 0.66-0.71)로 나타났다(표 29).

표 29. 이산화질소 농도 상위군(75percentile) 하위군(25percentile)에 따른 교차비

지역	j166		j167		j169		j170		j176	
	OR	95% C.I.	OR	95% C.I.	OR	95% C.I.	OR	95% C.I.	OR	95% C.I.
서울	0.88	0.86-0.90	0.82	0.81-0.84	1.03	0.97-1.08	0.75	0.74-0.76	0.69	0.66-0.71
인천	1.14	1.09-1.19	0.73	0.71-0.75	0.75	0.70-0.81	0.71	0.69-0.72	1.01	0.96-1.06
경기	1.48	1.45-1.51	1.75	1.73-1.77	1.27	1.21-1.33	1.77	1.75-1.80	1.43	1.38-1.47
전체	0.88	0.86-0.90	0.82	0.81-0.84	1.03	0.97-1.08	0.75	0.74-0.76	0.69	0.66-0.71

OR: odds ratio, 95% C.I.: 95% confidence interval, 상위군 : NO₂ 농도가 42.9 ppb 이상인 지역, 하위군 : NO₂ 농도가 26.1 ppb 이하인 지역, j166: 급성후두염 및 기관지염, j167: 급성상기도감염, j169: 폐렴, j170: 급성기관지염 및 급성세기관지염, j176: 천식

IV. 고 찰

질소산화물은 대부분 고온에서 연소할 때 연소공기 중의 질소가 산화하여 발생하기 때문에 고온의 연소과정을 거치는 자동차나 산업용 보일러, 소각로, 전기로, 공장의 연소시설 등에서 주로 발생한다. 배기가스에서 나오는 질소산화물에는 일산화질소(NO)와 이산화질소(NO₂)가 있는데 NO는 대기 중에서 NO₂로 산화되므로 이 둘을 합쳐서 NO_x라고 부르며 같이 규제를 하고 있다.

이와 같이 이산화질소(NO₂)는 자동차, 발전소 및 산업공정에서 주로 발생되고 있지만, 산업화와 도시화의 영향에 따른 인구의 도시집중으로 수도권 지역의 교통량 및 화석연료 사용은 갈수록 증가하고 있고, 이로 인하여 수도권 지역에 위치하고 있는 학교 주변으로 이산화질소(NO₂) 오염 현상이 확대되고 있어 어린이 건강에 매우 중요한 요인으로 대두되고 있다.

이산화질소(NO₂)는 기도자극제이며 폐기능과 기관지염 및 천식에 영향을 주는 것으로 알려져 있어 대기 및 실내중의 이산화질소(NO₂)의 농도와 이로 인한 폐기능 장애, 기관지관련 질병들의 유병률과의 관계를 밝히려는 많은 연구가 있어왔다. Schwartz(1991) 등은 독일에서 이산화질소(NO₂) 농도와 후두염으로 인한 일별 병원 내원 건수 간에 통계적인 유의성이 있음을 보고하였고, 이종태 등(2000)은 1997년부터 1999년까지 서울시 소재 의료기관에 입원한 환자 중 15세 이하 환자를 대상으로 대기오염농도에 따른 급성 호흡기계질환의 병원 입원률과의 상관성을 분석한 결과, NO₂ 농도가 50ppb 증가시 입원환자수는 50%정도 증가한다고 보고하였고, 또한 서울지역에 거주하는 영유아를 대상으로 개인별 대기오염 노출값을 추정하고 호흡기 질환과의 관련성을 분석한 연구(이지영 등, 2012)에서는 이산화질소(NO₂) 농도가 높았던 군에서 모세

기관지염으로 병원방문이 많았다고 보고하고 있다.

본 연구에서는 학교 주변 이산화질(NO_2) 농도의 차이에 따라 어린이(10~14세) 호흡기질환 환자수 발생에 영향을 주는 것으로 예상하고 서울, 인천, 경기 지역을 대상으로 어린이 인구수, 자동차 등록대수, 어린이 호흡기질환 환자수, 초·중학교 주변의 이산화질소(NO_2) 농도 등을 조사하고 연구를 시작하였다.

먼저, 2006년부터 2009년까지 4년 동안 수도권 지역의 의료기관에서 진료를 받은 진료실 환자 자료를 활용하여 2006년 대비 2009년을 기준으로 어린이(10~14세) 인구 1,000명당 환자수 발생 현황을 분석하였다. 그 결과, 호흡기질환 유병환자 증가율은 서울 지역이 연구대상 5개 질병 중 4개 질병에서 가장 높게 나왔는데, 급성후두염 및 기관염이 43.5%(32.4명), 급성상기도감염이 24.4%(73.7명), 급성기관지염 및 급성세기관지염이 51.7%(127.3명), 천식이 19.0%(7.6명)으로 나타났고, 폐렴은 인천 지역에서 37.5%(6.3명)로 가장 높게 나타났다. 또한, 수도권 전체 지역의 어린이 호흡기질환 환자수 발생 추이를 살펴보면 2006년부터 2008년까지는 환자수가 점차 줄어들다가 2009년에 다시 증가하는 경향을 보임에 따라 원인 파악이 필요한 것으로 보여진다. 특히, 지역별 어린이 인구 1,000명당 환자 발생 현황을 보면 연구대상 5개 질병 모두 경기 지역에서 환자가 많이 발생하였는데 이는 경기지역의 어린이 인구가 서울이나, 인천 지역보다 많기 때문으로 추정된다. 그러나, 일반적으로 이산화질소에 노출되면 인체의 호흡기 증상과 관련된 각종 질환을 유발시키는 것으로 보고되고 있어(이종태 등, 2000), 경기 지역의 어린이 호흡기질환에 대한 정확한 모니터링이 필요한 것으로 판단되며, 아울러 자동차 운행 자제, 산업단지 및 도심 상업지역 등 대기오염 취약지역에 대한 모니터링 강화, 수도권 대기환경개선 특별대책 강력 추진 등 유해물질로부터 어린이 건강보호를 위한 정

책들이 차질 없이 추진되어야 할 것으로 판단된다.

자동차 등록대수가 어린이 호흡기질환 환자수 발생에 영향을 주는지를 알아보기 위하여 진행한 자동차 등록대수와 호흡기질환 유형별 환자수와의 상관성 분석에서는 후두염 및 기관염, 급성상기도감염, 폐렴, 기관지염, 천식 등 연구대상 5개 질병 모두 차량등록대수와 양의 상관관계를 나타냈으나 통계적으로 유의하지는 않았다. 승용차의 경우 급성후두염 및 기관염, 폐렴과는 양의 상관관계를 나타냈고, 급성상기도감염, 급성기관지염 및 급성세기관지염, 천식과는 음의 상관관계를 보였다. 승합차는 폐렴 항목을 제외한 모든 연구대상 질병항목에서 음의 상관관계를 나타냈으며, 트럭과 특수차는 음의 상관관계가 나타났으나 통계적으로는 유의하지 않았다. 단순히 차종별 자동차 등록대수 만으로는 호흡기질환 환자수 발생과의 상관성은 확인할 수 없었다. 따라서, 교통관련 오염인자가 호흡기 질환에 영향을 주는지를 알아보기 위해서는 자동차 등록대수 뿐만 아니라 교통량, 산업시설 등 호흡기질환에 영향을 줄 수 있는 요인들이 종합적으로 고려되어야 할 것으로 보여 진다.

다음은, 이산화질소(NO_2) 농도가 어린이 호흡기질환에 영향을 주는지를 알아보기 위하여 급성후두염 및 기관염, 기타 급성상기도감염, 폐렴, 급성기관지염 및 급성세기관지염, 천식 등 연구대상 5개 질병 환자수와 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도와의 상관성을 분석하였다. 수도권 전체 지역을 대상으로 한 상관성 분석에서는 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도와 폐렴 환자수와의 상관성이 있는 것으로 나타났고($p < 0.05$), 상관계수는 0.198로 나타났다. 한편, 나머지 질병별 환자수 발생과의 상관성은 통계적으로 유의한 결과는 나타나지 않았다.

수도권 지역의 이산화질소(NO_2) 농도에 따른 연구대상 호흡기질환 5개 질병

에 대한 상위군(75percentile)과 하위군(25percentile)의 교차비(Odds Ratio)를 분석하였다. 수도권 전체 지역에 대한 교차비는 95% 신뢰구간에서 폐렴 1.03배, 급성후두염 및 기관염 0.88배, 급성상기도감염 0.82배, 급성기관지염 및 급성세기관지염 0.75배, 천식 0.69배로 나타나 상위군과 하위군 간의 호흡기질환을 가질 위험도에는 큰 차이가 없었다. 그러나, 서울 지역에서는 폐렴의 교차비가 1.03(0.97-1.08)로 상위군이 하위군에 비해 폐렴 질환을 가질 위험도가 1.03배 높게 나타났고, 인천 지역은 급성후두염 및 기관염과 천식의 교차비가 각각 1.14(0.09-1.19), 1.01(0.96-1.06)로 나타나, 상위군이 하위군에 비해 급성후두염 및 기관염과 천식 질환을 가질 위험도가 1.14배, 1.01배 높은 것으로 나타났다. 경기 지역의 교차비는 기관지염 1.77(1.75-1.80), 상기도감염 1.75(1.73-1.77), 후두염·기관염 1.48(1.45-1.51), 천식 1.43(1.38-1.47), 폐렴 1.27(1.21-1.33)로 나타나 상위군과 하위군간의 교차비가 매우 크게 나타났으며, 호흡기 질환을 가질 위험도는 1.27배에서 1.77배로 나타났다. 특히, 경기 지역에서는 서울 지역이나 인천 지역과는 달리 모든 연구대상 호흡기질환 질병에서 교차비가 높게 나왔는데 이에 대한 원인 규명을 위한 개인노출 평가, 학교주변 대기오염물질의 체계적인 조사 등 추가 연구가 필요하다고 판단된다.

본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 본 논문에 사용된 학교주변의 이산화질소(NO_2) 농도는 전문가가 아닌 초등학생과 중학생들이 측정한 데이터로서 다소의 오차가 발생할 개연성이 있고 신뢰도 확보에 제한적일 수 있다. 또한 학생들의 체험프로그램의 일환으로 생산된 자료로서 국가의 공식적인 자료는 아니다. 둘째, 이산화질소(NO_2) 농도는 24시간 동안 시료를 채취하여 측정된 값이며 이를 국가에서 측정한 연평균, 24시간평균 자료와 비교하는 것은 적합하지 않을 수 있고, 이산화질소(NO_2) 농도를 측정한 지점수와 횡수가 지역별로 다르기 때문에 측정지점이 적은 지역이 많은 지역보다 대표성이

떨어질 수 있다. 셋째, 본 논문에 사용된 이산화질소(NO_2) 농도는 개인노출을 측정할 수 있는 자료가 아니고 학교 주변에서 측정된 농도값을 이용하였기 때문에 질병 환자수 발생과의 상관성을 정확하게 분석하기에는 한계가 있을 것으로 사료되며, 또한 이산화질소(NO_2) 농도만을 독립변수로 하여 호흡기 질환과의 관련성을 분석하였기 때문에 인과관계 규명이 제한적일 수 있다.

본 연구에서는 가능한 많은 지역을 대상으로 이산화질소(NO_2) 농도를 조사하고 호흡기질환과의 관련성을 파악하고자 하였다. 하지만 이러한 제한점들을 보완하기 위해서 현재 진행되고 있는 초등학교와 중학교 주변의 이산화질소(NO_2) 측정 활동을 보다 내실화하여 측정된 데이터를 체계적으로 축적하고 작은 지역 단위까지 어린이 건강 연구가 가능하도록 기초자료로 제공할 필요가 있다. 또한 동 연구에 사용된 이산화질소(NO_2) 농도는 2006년부터 2009년까지 조사된 자료이므로 향후 최근의 자료를 활용하여 어린이 호흡기질환에 영향을 주는 오염물질과 발생 요인을 체계적으로 분석하여 어린이 건강에 미치는 영향을 보다 심도 있게 연구할 필요가 있다.

V. 결 론

본 연구는 수도권에 위치하고 있는 초등학교와 중학교 주변에서 측정된 이산화질소(NO_2) 오염도가 어린이(10~14세) 호흡기질환 환자수 발생과 상관성이 있는지를 알아보기 위하여 2006년부터 2009년까지 서울, 경기, 인천 지역의 71개 시·군·구 단위를 대상으로 어린이 인구수, 자동차 등록대수, 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도, 어린이 호흡기질환 환자수 등을 조사하고 어린이 호흡기질환 환자수 발생에 미치는 상관성 분석을 통해 다음과 같은 연구 결과들을 도출하였다.

첫째, 수도권의 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도와 어린이(10~14세) 호흡기질환 환자수 발생과의 상관성 분석에서는 연구대상 5개 호흡기질환 질병 중 폐렴과 상관성이 있는 것으로 나타났고($p < 0.05$) 상관계수는 0.198 이었으며, 나머지 연구대상 질병과의 상관성은 통계적으로 유의한 결과는 나타나지 않았다.

둘째, 자동차 등록대수가 이산화질소(NO_2) 농도와 어린이 호흡기질환에 영향을 주는 지를 알아보기 위한 상관성 분석에서는 승용차와 승합차의 상관계수가 0.274, 0.225로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였으며($p < 0.05$), 어린이 호흡기질환 환자수 발생과의 상관성은 발견되지 않았다.

셋째, 2006년 대비 2009년을 기준으로 어린이 1,000명당 호흡기질환 유병환자 증가율은 연구대상 5개 질병 중 4개 질병에서 서울 지역이 가장 높게 나왔는데, 급성후두염 및 기관염은 43.5%(32.4명), 급성상기도감염은 24.4%(73.7명), 급성기관지염 및 급성세기관지염은 51.7%(127.3명), 천식은 19.0%(7.6명)로 나타났고, 폐렴은 인천 지역에서 37.5%(6.3명) 증가한 것으로 나타났다.

넷째, 학교 주변의 이산화질소(NO_2) 오염도에 따른 상위군(75percentile)과 하위군(25percentile)의 교차비(Odds Ratio)를 분석한 결과, 95% 신뢰구간에서 서울 지역은 상위군이 하위군보다 폐렴 질환을 가질 위험도가 1.03배 높게 나타났고, 인천 지역은 상위군이 하위군보다 호흡기질환을 가질 위험도가 급성후두염 및 기관염은 1.14배, 천식은 1.01배 높은 것으로 나타났다. 경기 지역은 상위군이 하위군보다 호흡기질환을 가질 위험도가 급성기관지염 및 급성세기관지염은 1.77배, 급성상기도감염 1.75배, 급성후두염 및 기관염 1.48배, 천식 1.43배, 폐렴 1.27배 높게 나타났다.

다섯째, 수도권 학교 주변에서 측정된 이산화질소(NO_2) 오염도(ppb)의 평균 농도는 34.9이고 최저값은 9.9, 최대값은 70.0, 표준편차는 11.8로 나타났고, 제1사분위수(25%)는 26.1, 중위수(50%)는 34.9, 제3사분위수(75%)는 42.8로 나타났다. 연평균 환경기준(30ppb)을 초과한 비율은 인천 지역이 46.4%로 가장 높았고, 서울 지역 44.9%, 경기 지역 25.6%로 나타났고, 24시간평균 환경기준(60ppb)을 초과한 비율은 경기 지역에서만 2.22%로 나타났고, 서울과 인천 지역은 환경기준을 초과하지 않았다.

이상의 연구결과를 종합하여 볼 때, 수도권의 학교 주변 이산화질소(NO_2) 농도와 어린이(10~14세) 호흡기질환 환자수 발생과의 상관성 분석에서는 폐렴과 상관성이 있는 것으로 나타났고($p < 0.05$) 상관계수는 0.198임을 알 수 있었다. 자동차 등록대수가 이산화질소(NO_2) 농도와 상관성 분석에서는 승용차와 승합차의 상관계수가 0.274, 0.225로 통계적으로 유의한 양의 상관관계를 보였다($p < 0.05$). 또한 이산화질소(NO_2) 농도 상위군(75%)이 하위군(25%)에 비해 호흡기질환 질병을 가질 위험도가 1.77~1.27배가량 높다는 것을 확인할 수 있었다.

향후 연구에서는 현재 진행되고 있는 수도권 지역 학교 주변의 이산화질소 (NO₂) 오염도 측정활동을 보다 내실화하여 학교 주변에서 발생하는 오염물질 또는 유해물질이 어린이 건강에 미치는 영향을 보다 종합적이고 체계적으로 연구할 필요가 있다.

참고문헌

- 임영욱, 전준민, 김호현, 이청수, 김수환, 정만호 등, 스쿨존 환경오염 실태조사 및 어린이 환경기준 도입 추진 연구, 국립환경과학원, 2011.11.
- 김동영 외. 수도권 대기오염에 의한 건강위해 취약지역의 평가.
경기개발연구원, 정책연구 2013-64.
- 양원호 외. 공단지역과 시골지역 주택 실내, 실외 및 개인의 이산화질소 노출평가. 대구카톨릭대학교 산업보건학과, 2008.
- 이지영 외. 교통관련 대기오염 노출과 어린이 호흡기 질환과의 관련성.
한국환경독성학회, 2012.
- 이종태 외. 서울시 호흡기질환 입원환자에 대한 대기오염의 급성영향에 관한 연구. 한국대기환경학회 추계학술대회 논문집, 2000.
- 최유진, 김운수. 서울의 대기 중 이산화질소(NO₂) 저감 둔화 원인 분석 및 대응방안. 서울시정개발연구원, 2011.
- 박주희. 도로교통량에 따른 대기오염물질과 초등학생 호흡기질환 증상 비교 연구[석사학위 논문] 연세대학교; 2013.
- 정경화. 일반 주택의 실내 NO₂ 농도와 건강 자각도 및 폐기능과의 관련성 연구[석사학위 논문] 연세대학교; 2004.
- 김다혜. 경유차량 배출물질의 노출과 폐기능의 상관성 연구[석사학위 논문] 연세대학교; 2012 .

최기운. 서울시에서 천식 입원환자와 대기오염에 관한 연구, 서울대학교, 1994.

인치경. 대기질 평가를 위한 Passive sampler의 개발 및 현장적용[박사학위
논문] 대전대학교; 2001.12.

최현 외 5인. 대기오염과 소아 호흡기 질환의 상호 관계에 대한 연구,
인하대학교 의과대학, 2000.

권호장. 천식환자에서 이산화질소 노출과 폐기능 변화의 관련성 연구.
대한예방의학회, 2003.

전수연 외 5인. 이산화질소 흡입에 의해 발생한 폐쇄성 세기관지염 1예.
대한산업의학회지 제22권 제1호, 2010:22(1):64-68.

조수현, 강종원, 강대회, 주영수, 성주현, 김대성. 대기오염 수준과 응급실 내
원 천식환자의 상관성 연구. 1997년 한국대기보건학회 춘계학술대회 요
지집. 1997: 71-2.

통계청. 동읍면, 5세별 주민등록인구(2006~2009), 국가통계포털.

환경부. 수도권 대기환경관리 기본계획, 2005.

환경부. 2차 수도권 대기환경관리 기본계획, 2014.

국토교통부. 2009년 4·4분기 자동차 등록 현황, 2009.

Tunncliffe W S, Burge P S, Ayres J G. Effect of domestic concentrations
of nitrogen dioxide on airway responses to inhaled allergen in

asthmatic patients. *Lancet*. 1994; 344:1733-1736

Melia R.J.W., et al. Association between gas cooking and respiratory disease in children. *Brit Med J*, 1977; 2: 149-152.

Mohsenin V. Airway responses to 2.0 ppm nitrogen dioxide in normal subjects. *Arch Environ Health* 1988;43:242-6.

Schwartz J, Spix C, Wichman HE, Malin E. Air pollution and acute respiratory illness in five German communities. *Environ Res* 1991;56:1-4.

Sunyer J, Anto J, Murillo C, Saez M. Effects of urban air pollution on emergency room admission for chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Epidemiol* 1991;134:277-86.

Sunyer J, Anto J, Murillo C, Saez M. Effects of urban air pollution on emergency room admission for chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Epidemiol* 1991;134:277-86.

WHO(1987). Air quality guidelines for Europe, WHO Pub. European Series Vol.23.

= ABSTRACT =

**Study on a Respiratory Disease and Nitrogen Dioxide
Concentration in Metropolitan School District**

Won, Jong Gu
Graduate School of
Public Health
Yonsei University

(Directed by Professor Shin, Dong Chun, M.D, Ph D)

NO₂ concentration of Korea's capital area is 1.4 times higher than noncapital region and 1.2 to 1.7 times higher than developed countries' major cities such as New York, London, Paris, and Tokyo. In spite of that, volume of traffic and use of fossil fuel are increasing as tendency to live in the city increases due to industrialization and urbanization. Due to the fact, concentration of NO₂ and other pollutants are spreading rapidly around school areas and children's health is on the rise.

Purpose of this research was to find the correlation between patient occurrence among children age group 10 to 14 and NO₂ concentration, around elementary and middle schools located in capital area. From 2006 to 2009, we investigated children population, number of registered cars, NO₂ concentration around schools and number of children with respiratory

diseases. Through relation analysis research, we tried to prove if pollutant factors around schools affect children's' respiratory diseases.

Firstly, we performed correlation analysis between patient occurrence among children age group 10 to 14 and NO₂ concentration, around elementary and middle schools located in capital area. Among 5 respiratory related diseases, pneumonia showed relevance with the coefficient 0.198 and p value smaller than 0.05, acute laryngitis and tracheitis, acute upper respiratory infections, acute bronchitis, acute bronchiolitis and asthma did not show any relevance.

Secondly, we analyzed the relationship between number of registered cars and concentration of NO₂. There were no correlation between the number of registered cars and concentration of NO₂. Cars and full-size van had coefficient of 0.274 and 0.225 which is statistically regardful positive correlation with p value lesser than 0.05.

Thirdly, we considered the odds ratio for top 75 percentile and bottom 25 percentile according to NO₂ pollution level. As a result, top percentile of Seoul had 1.03 times higher risk of getting pneumonia than bottom percentile in 95 percent confidence interval. Top percentile of Incheon had 1.14 times higher risk of getting acute laryngitis and respiratory disease and 1.01 times higher risk of getting asthma than bottom percentile. Gyeonggi area had 1.77 times higher risk for acute bronchitis and acute bronchiolitis, 1.75 times higher risk for acute upper respiratory infections, 1.48 times higher risk for acute laryngitis, tracheitis, 1.43 times higher risk for asthma and 1.27 times higher risk for pneumonia.

Fourth, rate of children patient with respiratory diseases for every 1,000

children in 2009 increased compare to 2006. Seoul was found to have high rate for 4 diseases. 43.5% of acute laryngitis and respiratory disease with 32.4 children, 24.4% of acute upper respiratory infections with 73.7 children, 51.7% of acute bronchitis and acute bronchiolitis with 127.3 children and 19.0% of asthma with 7.6 children Pneumonia increased to 37.5% with 6.3 children in Incheon.

Fifth, ppb concentration of NO₂ around capital school area had mean of 34.9 with minimum of 9.9, maximum of 70.0 and standard deviation of 11.8. 25% quartile had 26.1, median of 50% had 34.9, and quartile of 75% had 42.8. Cities exceeded annual mean of 30ppb during 4 years of time period, are Incheon with 46.4%, Seoul with 44.9% and Gyeonggi with 25.6%. Gyeonggi exceeded 24hours environmental quality standard of 60ppb with 2.22%. Seoul and Incheon did not exceed environmental quality standard.

According to the paragraphs above, only pneumonia showed correlation, with a coefficient of 0.198 and p value less than 0.05, between concentration of NO₂ around capital school areas and respiratory diseases. The number of registered cars and full sized vans and concentration of NO₂ had coefficient of 0.274 and 0.225 with p value lesser than 0.05. Moreover, NO₂ concentration with top 75% had 1.77 to 1.27 times higher chances of getting respiratory disease compare to bottom 25%.

Further research should measure more of the inside concentration and systematically study about the health effects on children from pollutants that are created around school area.

Key words: nitrogen dioxide, respiratory disease, correlation coefficient, odds ratio