

# 미국 대도시권 환경불평등 연구: 건강위험도를 중심으로\*

## Environmental Inequality on Health Risks in US Metropolitan Areas

이상윤\*\* · 권태정\*\*\*

Lee, Sangyun · Kwon, Tae Jung

### Abstract

Although environmental justice studies often provide social and economic inequality on locations of hazardous waste facilities or locally unwanted land-use, this dimension of inequality does not inform health consequences of residents who live near them. This study analyzed National Air Toxic Assessment Data through the lens of both a ordinary least squares method and a fixed-effect model to examine socioeconomic disparity on cancer, respiratory, and neurological hazards from air pollutants at the national scale as well as the local context. We found that minority presence in the census tracts is a statistically significant predictor for health hazards even when controlling for critical socioeconomic characteristics such as income and poverty level as well as geography. In addition, within metropolitan areas, as percentages of African Americans and Hispanics in census tracts increase, those hazards also increase when controlling for other socioeconomic characteristics such as income and poverty level. Such findings indicate minorities do live in areas where cancer, respiratory, and neurological hazards are high not only in the national context but also in the local context (metropolitan areas).

키 워 드 ▪ 환경정의, 대기오염 노출, 건강위험도, NATA, 고정효과인

Keywords ▪ Environmental Justice, Air pollution exposure, Health risks, National Air Toxic Assessment, Fixed-effect model

### I. 서론

환경정의 연구는 환경자원 또는 환경피해로 인한 위험이 모든 계층에게 균등하게(proportionately) 배분되어 있는지 살펴보는 것을 주된 목표로 하고 있다(Scholsberg, 2007). 환경정의 논의가 최초로 본격화 되었던 미국의 환경청(EPA: Environmental Protection Agency) 정의에 따르면 환경정의는 환

경위험에 보다 초점을 맞추며 개인 및 지역사회가 인종 또는 경제적 지위와 관계없이 환경 피해로부터 동등하게 보호받을 수 있도록 전개되고 있는 사회적 운동과 이를 뒷받침할 수 있는 관련 연구로 인식될 수 있다(반영운, 2007; 이은기, 2012). 이와 같은 맥락에서 초기 환경정의연구는 유해폐기시설물(Hazardous Waste Facility)이나 비선호시설물(Locally Unwanted Land Uses)이 소수인종이나

\* 본 연구는 동아대학교 교내연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사의 뜻을 포함합니다.

\*\* Korea Environment Institute (sylee@kei.re.kr)

\*\*\* Dona-A University (Corresponding author: edankwon@dau.ac.kr)

서민계층이 밀집된 지역에 집중되어 분포하는지를 규명하는데 중점을 두었다(Mohai et al. 2009). 그러나 이러한 시설물의 입지가 거주민이 느끼는 지역애착심(place attachment)이나 주변지가에 부정적인 영향을 미치고 있다는 심리적·경제적 연관성에도 불구하고 상기 시설물의 입지 자체가 인근 주민의 건강문제에 직접적으로 부정적 영향을 미친다고 단언하기엔 많은 어려움이 있다고 알려져 있다(이상윤, 권태정 2013; Mohai et al. 2009). 이는 산업시설별로 배출하는 오염 물질이 상이하며 지역별 대기오염물질에 대한 정확한 정보가 부재한 상황에서 단순 입지만으로는 인근주민의 건강과 관련된 부정적 영향을 평가하기 힘들다는 점에서 기인한 것으로 판단된다.

이러한 이유로 최근 환경정의 연구의 관심은 유희폐기시설물이나 비선호시설물의 입지에서 특정지역 환경오염물질의 농도와 오염물질로 파생되는 건강위험도 간의 상관관계에 대한 연구로 바뀌고 있다. 특히 1990년대 후반에 들어서면서 특정 지역을 대상으로 대기오염물질의 노출에 따른 부정적 건강 영향을 살펴보는 사례연구가 늘어나면서 건강불평등에 대한 이론적인 기반이 형성되기 시작하였고 이것을 기반으로 실질적인 오염물질 노출정도를 중심으로 한 환경불평등 현황을 연구하기 시작하였다(Gee and Payne-Sturges 2004).

그러나 대기오염물질의 노출을 중심으로 한 실질적인 환경불평등 연구를 가능하게 한 기반은 관련 데이터의 개발·축적이다. 첫 번째, Risk Screening Environmental Indicator(이하 RSEI)는 미국 환경청이 주도하여 구축한 데이터로서 대규모 산업시설의 독성물질 배출량을 보고하는 Toxic Release Inventory(이하 TRI)를 모델링하여 800미터 단위의 정사각형을 공간적 단위로 대기오염정도를 추정한 데이터이다(US EPA 2013). 이와 더불어 National Air Toxic Assessment(이하 NATA)는 센서스트랙

을 바탕으로 다양한 독성물질 배출자료와 차량운행 정보를 종합하여 암위험도, 심폐질환위험도, 신경질 환위험도를 추정한 데이터이다. 상기 데이터들은 일반에게 무료로 공개되고 있으며 이를 통해 대기오염 추정치를 활용한 환경불평등 연구의 본격적 추진이 가능하였다. 본 연구는 환경정의 연구와 관련된 이러한 추세를 바탕으로 미국 대도시권의 다양한 건강위험도를 예측하는 데 있어서 인종, 사회·경제적 여건, 지리적 여건의 중요도를 살펴보는 것을 주된 목표로 진행되었다. 금번 연구는 다민족 사회로의 전환과 계층 간 양극화가 주요 도시·사회 현상으로 인식되고 있는 최근 국내 상황 변화를 고려하면 향후 국내 환경정의 연구의 적극적 전개를 위한 방향성 설정에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대되는 바이다.

## II. 선행 연구 검토

앞서 언급한 바와 같이 초기 환경정의 연구는 시설물의 입지와 인근지역의 사회경제적 여건을 조사하였으며, 환경정의 연구의 당위성 확보를 위한 대기오염도와 사회·경제적 여건 간의 상관관계 규명과 관련된 연구는 2000년에 들어서면서 본격화되었다. Morello-Frosch and Jesdale (2006)은 1996년 NATA를 이용하여 미국 대도시의 인종관련 거주지 차별성(Residential segregation) 정도와 암위험도 간의 상관관계를 조사하였다. 해당 연구에 따르면 암위험도가 높은 센서스트랙은 모두 인종 기반 거주지 차별이 심한 대도시권에 속해 있는 것으로 밝혀졌으며, 센서스 트랙의 사회경제적 여건을 통계적으로 고려하여도 인종 기반 거주지 차별정도는 암위험도를 예측하는 데 통계적으로 유의한 변수라는 것이 확인되었다.

Appelberg et al. (2006)은 미국 메릴랜드(Maryland)주를 대상으로 1996년 NATA 암위험도

와 2000 인구센서스를 이용하여 사회경제적 여건과 암위험도 간의 상관관계를 조사하였다. 해당 연구에 따르면 센서스트랙의 흑인 비율이 증가할수록 암위험도가 증가하고 사회·경제적 여건이 열악해 질수록 암위험도가 증가하는 것으로 밝혀졌다. 또한 대기오염의 원인별로 건강위험도 불평등을 비교·분석한 결과, 인종 및 사회경제적 불평등은 비점오염원 중심으로 발견되었으나 점오염원과 같이 대규모 산업시설에서 유발된 오염물질에 대한 불평등은 통계적으로 유의한 수준은 아닌 것으로 판명되었다. 마지막으로 인종과 소득간 의미 있는 상관관계가 발견되었는데, 소득수준이 낮은 흑인은 소득 수준이 낮은 백인이나 소득 수준이 높은 흑인에 비해 불균형하게(disproportionately) 높은 암위험도에 노출되어 있는 것으로 밝혀졌다.

Chakraborty(2008)는 플로리다에 위치한 탬파 대도시권(Tampa Metropolitan Statistical Area)의 센서스트랙을 대상으로 차량에서 유발된 암위험도 및 심폐질환위험도와 사회경제적 여건과의 상관관계를 조사하였다. 암 및 심폐질환위험도와 사회경제적 여건간의 상관관계는 각각 1999년 NATA와 2000년 인구센서스 자료에서 도출하였으며, 이를 근거로 센서스트랙 내에서의 암위험도와 심폐질환위험도가 증가하면 흑인비율도 따라서 증가한다는 것을 발견하였다. 특히 센서스트랙의 암위험도와 심폐질환위험도가 증가할수록 차량을 소유한 가구의 비율은 감소한다는 것이 밝혀졌는데, 위의 연구에서는 차량에 의한 암위험도와 심폐질환위험도를 종속변수로 이용하였다. 즉 위험도가 높은 지역에 거주하는 주민은 자신이 아닌 타인으로부터 기인하는 오염에 보다 노출되었다는 점에서 이는 심각한 환경불평등 현상이라고 할 수 있다.

Pastor et al. (2006)는 미국 캘리포니아에 위치한 학교를 대상으로 학교인근 대기오염도와 학업성취도 간의 상관관계를 조사하였다. 학교가 위치한

센서스트랙의 암위험도와 심폐질환위험도를 학교의 환경적 요인으로 간주하고 해당 학교 학생의 평균 학업성취도를 종속변수로 하여 분석을 실시하였다. 그 결과 평균 학업성취도를 예측하는 데 학교가 속한 센서스트랙의 암위험도나 심폐질환위험도는 다른 중요한 변수를 통계적으로 처리하여도 유의한 변수로 나타났다. 다른 중요한 변수는 무상급식학생의 비율, 부모의 학력수준, 학생의 인종, 학교의 크기 등이 포함되는 것으로 나타났다.

Ash and Fetter(2004)는 RSEI를 이용하여 센서스트랙의 1998년 대기오염도와 1990년 인종 및 사회경제적 여건간의 상관관계를 조사하였다. 위의 연구에서는 도시간의 상관관계 뿐 아니라 도시 내 상관관계도 조사하였는데, 도시간 상관관계는 Ordinary Least Squares Method (이하 OLS)를 활용하였고 도시 내 상관관계는 고정효과모델(Fixed-effect model)을 통해 분석하였다. 연구결과 흑인은 오염이 심한 대도시권에 살고 있을 뿐 아니라 대도시권 내에서도 오염이 심한 지역에 살고 있다는 점이 발견되었다. 이에 반해 히스패닉은 상대적으로 오염이 심하지 않은 대도시권에 살고 있지만 대도시권 내에서는 오염이 심한 지역에 살고 있다는 것이 밝혀졌다. 위의 연구는 환경불평등을 연구하는 데 있어서 지역적 차이의 중요성을 일깨워준 연구라고 할 수 있다.

마지막으로 Mohai et al.(2011)은 미국 미시간주를 대상으로 학교인근 대기오염도와 학업성취도 간의 상관관계를 조사하였다. 해당 연구는 RSEI 데이터를 이용하여 미시간에 입지한 학교들의 반경 2킬로미터 이내 대기오염도를 추정하였고 학교의 학업성취도는 미시간 표준 시험에 통과하지 못한 학생의 비율을 활용하였다. 연구 결과로는 첫째, 미시간주에 입지한 학교의 인근 대기오염도는 학교가 속한 시 혹은 카운티의 대기오염도보다 높은 경향이 있음이 밝혀졌다. 둘째, 대기오염이 심한 지역에 입

지한 학교에는 흑인이나 히스패닉의 비율이 높다는 것이 발견되었다. 마지막으로 학교 인근 오염도는 학업성취도를 예측하는 데 무상급식학생의 비율, 교원과 학생의 비율, 학생수, 학교의 지출예산 등 중요변수를 고려함에도 불구하고 통계적으로 유의한 변수로 밝혀졌다.

실질적인 대기오염도를 활용하여 환경불평등을 연구한 사례가 2000년에 들어서 많이 늘어났고 불평등의 유형도 단순 사회경제적 여건에서 인종에 기반을 둔 거주지 차별, 학생들의 학업능력, 오염 책임 등으로 다양해지고 있는 것은 고무적인 일이다. 하지만 많은 연구들이 미국 전역을 대상으로 다양한 오염원을 활용하지는 못하고 있는 실정이다. 따라서 본 연구는 미국 전역을 대상으로 다양한 건강위험도와 사회경제적 여건의 상관관계를 Ash and Fetter 연구(2004)를 응용하여 대도시권과 대도시권내로 구분하여 조사하였다. 본 연구는 미국 전역을 대상으로 서로 다른 세 가지의 건강위험도와 관련하여 지역의 사회·경제적 여건 차이를 알아보는 환경불평등 연구로서 미국은 물론 국내 환경불평등연구의 연구 주제 발굴 등 미래 관련 연구 방향 설정에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

### III. 연구방법

본 연구는 대기오염물질의 배출을 근거로 건강위험도(health hazard)를 추정하고 NATA를 2000년 인구센서스 데이터와 연계하여 분석하였다. 분석 범위는 미국 인구센서스국(Census Bureau)이 정의한 329개 미국 대도시권을 대상으로 하고 있으며 분석 단위는 인구 5,000 ~ 8,000명 규모인 센서스트랙으로 설정하였다. 인구센서스 자료를 통해서는 센서스트랙 별 사회·경제적 여건을 조사하였고 구체적인 변수는 Mohai & Saha 연구(2007)에서 사용된 변수를 중심으로 선정하였다. 사무직 종사자는 전문직

과 경영직에 종사하는 인구의 합을 근거로 산출하였고 제조업 종사자는 건설, 생산, 수송, 자재운반과 관련된 종사자 수의 합을 사용하였다.

대기오염노출 위험도는 2002년 NATA를 활용하였는데, NATA는 미국 전역을 대상으로 센서스트랙별 암위험도(Cancer risk)와 심폐질환위험도(Respiratory risk), 신경계질환위험도(Neurological risk)를 측정하여 지방정부의 우선적 관심이 필요한 지역을 도출하는데 편의를 제공하기 위해 개발되었다. NATA는 미국 청정대기법(Clean Air Act)에서 규제하는 187개 대기독성 물질 중 180개와 디젤엔진에서 배출되는 미세물질을 대기오염추정 모델에 사용하는 데, 상기 물질은 National Emission Inventory에 기록되어 있다. NATA는 각각의 위험도를 점오염원(Point source)과 비점오염원(Non-point source)으로 구분하여 제공하고 있다. 점오염원은 지역단위 배출시설물인 Major Source와 동네단위 배출시설물인 Area Source로 구분하고 있으며, 이와 유사하게 비점오염원도 자동차나 트럭을 대상으로 한 On-road Source와 농업기계나 비행기 등을 대상으로 한 Non-road Source로 구분하고 있다. 마지막으로 미국환경청(US Environmental Protection Agency)은 기존에 배출된 오염물질 농도와 자연에서 배출되는 오염물질의 농도를 고려하여 모델에 포함시키고 있는데 이를 배경소스(Background source)라고 명명하였다. 그리고 앞서 설명된 세부적인 부분을 합하여 각 영역별 총 위험도로 표현하고 있다(EPA, No date).

NATA의 방법론을 간략하게 소개하면 2002년 NATA는 대기오염도를 추정하고 각 센서스트랙별 인구학적 특성을 추가적으로 고려하여 위험도를 측정한다. 이럴 경우 위험도는 각 센서스트랙에 살고 있는 사람들에게 노출된 위험도를 대변한다고 판단할 수 있다. 그리고 상기 위험도를 측정하기 위해 Hazard Air Pollution Exposure Model을 개발하여

Table 1. Descriptive statistics of NATA's pollution estimations and racial and socioeconomic characteristics

N=50,821	MIN	MAX	Mean	STD	Skewness	Kurtosis
Total cancer risk	1.52	761.6	40.84	19.62	6.8	151.9
Total respiratory risk ratio	0.027	79.1	5.27	3.64	2.1	10.1
Total neurological risk ratio	0.014	12.7	0.085	0.107	45.9	4373.7
%African Americans	0%	100.0%	15.21%	0.251	2.1	3.4
%Hispanics	0%	100.0%	13.24%	0.202	2.3	4.7
%Persons below the poverty line	0%	100.0%	13.07%	0.122	1.8	3.9
% Unemployed persons	0%	96.67%	6.54%	0.061	3.6	23.4
Median Household Income	\$0.00	\$200,000	\$46,989	22,105	1.5	4.6
%Employed in white collar occupations*	0%	100.0%	33.23%	0.149	0.6	0.0
%Employed in blue collar occupations**	0%	100.0%	23.26%	0.112	0.4	0.6

\* White collar occupations include the professional and managerial occupations

\*\* Blue collar occupations include the construction, production, transportation, and material-moving occupations

적용하였는데, 이 모델은 인구센서스에서 추출한 연령, 성별, 인종 등 기본적인 인구학적 데이터와 공원이용현황 등을 포함한 활동관련 데이터를 활용하여 각 센서스트랙 별로 가중치를 계산하고 이를 위험도 산정에 반영하고 있다(US EPA 2005).

앞서 언급했듯이 NATA는 세 가지 다른 건강유형에 대한 위험도와 관련된 정보를 제공하고 있다. 암위험도는 추정된 대기오염농도를 기반으로 대기오염물질에 노출되어 추가적으로 발생하는 암위험도로 표현되는 Upper Risk Estimate를 곱하여 구해진다. 일반적으로 암위험도는 백만 명 당 한 명을 기본으로 하기 때문에 NATA에서 표현되는 암위험도는 정확히 말해서 추가적인 암발생 위험도(Excessive cancer risk)로 볼 수 있다. 한편 심폐질환이나 신경계질환 위험도는 오염물질의 농도를 질환이 발견되는 농도를 나타내는 Reference Concentration으로 나누어 계산한다. 따라서 상기 위험도는 비율로 표시되며 1 이하는 추정된 대기오염농도가 해당 질환이 발견되는 농도보다 낮다는 것을 의미하고 1 이상은 그 반대를 의미한다(US EPA No date).

본 연구의 종속변수는 암위험도, 심폐위험도, 신

경계위험도이다. 독립변수는 사회경제적 여건으로 인종, 빈곤도, 실업률, 소득, 노동직과 사무직 종사자 비율이다(표 1 참조). 분석의 방법으로는 미국 대도시권을 구분하지 않고 전체적인 불평등 현황 조사를 위해서는 Ordinary Least Squares Model (OLS)을 이용하였다. 또한 기존 환경불평등 연구에서는 환경부담을 예측하는 경우 인종이 소득으로 대변되는 사회·경제적 여건으로부터 독립적인 변수 인지 우선 고찰할 것을 제안하고 있다. 하지만 미국의 지역별로 생활수준이 상이하며 미국 전역을 대상으로 하는 연구의 경우 이러한 지역간 차이점을 반영하는데 한계가 있다. 따라서 지역의 사회경제적 차이를 고려한 불평등 현황을 조사하기 위해 본 연구는 Ash and Fetter(2004)가 제안한 고정효과모형(Fixed-effect model)을 활용하였으며(다음 수식 참고), 이때 대도시권(Metropolitan Statistical Areas)을 고정효과의 대상으로 간주 하였다.

$$Risk_{ij} = \beta_0 + \beta_{Race}Race_{ij} + \beta_{SES}SES_{ij} + \beta_{GEO}GEO_{ij} + \delta_j + \epsilon_{ij}$$

Risk : 센서스트랙  $i$  대도시권  $j$ 의 암, 심폐질환, 신경정신계질환의 위험도

Race : 센서스트랙  $i$ , 대도시권  $j$ 의 흑인과 히스패닉의 비율

SES : 센서스트랙  $i$ , 대도시권  $j$ 의 소득 중간치, 실업률 등 사회경제적 여건

GEO : 센서스트랙  $i$ , 대도시권  $j$ 의 중심도시 여부

$\delta$  : 대도시권 고정효과

$\varepsilon$  : 일반적인 오류치

2000년, 미국 329개 대도시권을 포함하는 센서스트랙은 50,821개가 있다. 본 연구의 분석에 사용된 변수의 기술통계(Descriptive Statistics) 분석결과를 살펴보면, 평균 암위험도는 40.84로써 대기오염물질에 노출되어 추가된 암발생인구는 백만 명당 40명이 넘는다는 것을 의미한다. 평균 심폐위험도는 5.27로써 대기오염물질의 농도가 해당 질환이 발견되는 농도에 비해 약 5.3배 정도 높다는 것을 의미한다. 평균 신경계위험도는 1 이하이고 이는 대기오염물질 농도가 해당 질환이 최초로 발견되는

농도에 비해 낮다는 것을 의미한다. 신경계위험도가 낮은 이유는 모델에 포함된 180개 오염물질 중 신경계 질환을 유발하는 물질의 수가 적기 때문으로 유추해 볼 수 있다. 기술적 통계에서 유의해야 할 부분은 비대칭도와 첨도로써 이 수치가 정상범위를 넘어서는 경우 정규분포의 가정에 위배되어 통계분석의 오류를 유발할 수 있다. 따라서 비대칭도(Skewness) 뿐만 아니라 첨도(Kurtosis)가 정상범위를 벗어난 암위험도, 심폐질환위험도, 신경계위험도, 실업률은 이를 교정하기 위해 자연로그로 변환하였다(Gujarati 1995; Kachigan 1991).

#### IV. 연구결과

OLS와 고정효과분석 결과를 소개하기 전에 각 독립변수들 간의 상관성분석 결과를 먼저 소개하고자 한다(표 2. 참조). 먼저 각각의 건강위험도 간은

Table 2. Correlation coefficients among dependent and independent variables

n=50,821		Resp.	Neur.	%African	%Hisp.	% Poverty	% Unemp.	Income	%White collar*	%Blue collar**
Logged total cancer risk	Coeff.	0.847	0.785	0.211	0.252	0.256	0.201	-0.081	0.009	-0.108
	Sig.	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.043	0.000
Logged total respiratory risk ratio	Coeff.		0.656	0.165	0.271	0.162	0.140	0.041	0.083	-0.167
	Sig.		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Logged total neurological risk ratio	Coeff.			0.214	0.195	0.271	0.213	-0.158	-0.072	-0.021
	Sig.			0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
%African Americans	Coeff.				-0.096	0.513	0.432	-0.373	-0.300	0.096
	Sig.				0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
%Hispanics	Coeff.					0.354	0.309	-0.248	-0.348	0.313
	Sig.					0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
% Persons below the poverty line	Coeff.						0.624	-0.675	-0.518	0.318
	Sig.						0.000	0.000	0.000	0.000
Logged % unemployed persons	Coeff.							-0.550	-0.508	0.337
	Sig.							0.000	0.000	0.000
Median Household Income (\$100,000s)	Coeff.								0.720	-0.525
	Sig.								0.000	0.000
%employed in white collar occupations*	Coeff.									-0.825
	Sig.									0.000

\* White collar occupations include the professional and managerial occupations

\*\* Blue collar occupations include the construction, production, transportation, and material-moving occupations

양(+의) 관계에 있고 이는 건강위험도 유형이 공간적으로 연결되어 있다는 것을 의미한다. 달리 말하면 암위험도가 높은 지역은 심폐질환이나 신경계질환 위험도 또한 높다는 것을 의미한다. 건강위험도가 높은 지역은 소수인종이 밀집되어 있고 사회경제적으로 열악한 것으로 발견되었고 이는 기존 환경불평등 연구의 결과와 부합된다고 할 수 있다 (Ash and Fetter 2004; Mohai et al. 2009).

센서스트랙의 흑인과 히스패닉 비율이 증가하면 암위험도도 증가한다는 것이 OLS나 고정효과모델에서 공통적으로 확인되었다(표 3 모델 1 참조). 사회경제적 여건을 통계적으로 처리한 후에도 센서스트랙의 흑인과 히스패닉 비율이 증가하면 암위험도

도 증가한다는 것이 OLS이나 고정효과모델에서 공통적으로 확인되었다(표 3 모델 2 참조). 하지만 사회·경제적 여건을 모델에 소개한 경우 계수의 증감 폭은 OLS의 경우 다소(0.157 → 0.134) 감소한 반면 고정효과모델의 경우 상대적으로 크게 (0.134 → 0.072) 감소하였다. 상기 발견은 암위험도를 전국적으로 예측하는 데 있어서 소수인종 밀집과 사회경제적 여건과는 독립적이지만 대도시권별로는 소수인종이 밀집된 지역의 사회경제적 여건이 열악하다는 점을 간접적으로 시사해 준다.

이와 비슷한 맥락으로 OLS 분석에서는 암위험도와 소득중간치 간에 양(+의) 관계를 가지지만 고정효과모델에서는 두 변수가 음(-)의 관계를 가지는

Table 3: Multivariate regression of logged cancer risk on racial and socioeconomic conditions of census tracts in U.S. Metropolitan areas

n=50,821	Model 1				Model 2				Model 3			
	OLS		Fixed-Effect		OLS		Fixed-Effect		OLS		Fixed-Effect	
	B	Sig	B	Sig	B	Sig	B	Sig	B	Sig	B	Sig
Constant	1.523 0.001	***	1.530 0.001	***	1.497 0.006	***	1.587 0.005	***	1.489 0.006	***	1.560 0.005	***
%African Americans	0.157 0.003	***	0.134 0.002	***	0.134 0.003	***	0.072 0.003	***	0.112 0.003	***	0.041 0.003	***
%Hispanics	0.227 0.003	***	0.198 0.003	***	0.253 0.004	***	0.222 0.004	***	0.233 0.004	***	0.188 0.004	***
% Persons below Poverty Level					0.180 0.009	***	0.192 0.006	***	0.103 0.010	***	0.130 0.006	***
% Unemployed persons (logged)					0.013 0.001	***	0.001 0.001		0.150 0.016	***	0.000 0.001	
Median household income (\$100,000)					0.013 0.005	**	-0.139 0.004	***	0.047 0.005	***	-0.095 0.004	***
% persons in white collar occupations <sup>b</sup>					0.124 0.010	***	0.145 0.008	***	0.070 0.010	***	0.093 0.007	***
% persons in blue collar occupations <sup>c</sup>					-0.279 0.011	***	-0.257 0.009	***	-0.241 0.011	***	-0.205 0.008	***
Central cities (vs Suburbs)									0.064 0.002	***	0.072 0.001	***
R <sup>2</sup>	0.119	***	0.119	***	0.186	***	0.158	***	0.212	***	0.181	***

\* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001

<sup>a</sup> Standard Error

<sup>b</sup> White collar occupations include the professional and managerial occupations

<sup>c</sup> Blue collar occupations include the construction, production, transportation, and material-moving occupations

것으로 나타났다(표 3 모델 2). 이는 미국 전역으로 보면 센서스트랙의 소득중간치가 증가하면 압위험도도 함께 높아진다는 것을 의미하는 것으로서 압위험도가 높은 지역은 개발이 많이 되었으며 따라서 그렇지 않은 지역과 비교해 부유하다는 것을 의미한다고 해석할 수 있다. 따라서 OLS에서 소득중간치는 지역 간 개발의 정도를 간접적으로 측정하는 것으로 판단해 볼 수 있다. 한편 고정효과모형을 통해 대도시별로 분석하면 소득중간치가 낮아지면 압위험도가 증가하는 것으로 발견되었고 이것은 기존의 환경불평등 연구 결과와 부합한다고 볼 수 있다.

사무직 종사자 비율이나 제조업 종사자 비율의 경우 기존의 발견과 상충되는 결과를 보였다. 센서

스트랙의 사무직 종사자 비율이 증가하거나 제조업 종사자 비율이 감소하면 압위험도는 증가하는 것으로 밝혀졌다. Anderton et al. (1994)은 유해폐기물 처리시설이 입지한 센서스 트랙이 그렇지 않은 트랙에 비해 제조업 종사자의 비율이 높았고 이는 이러한 시설에 고용된 인구가 시설물 인근에 집중적으로 거주하기 때문이라고 설명하였다. 하지만 도로망의 발달로 인해서 많은 사람들이 고용된 곳에서 멀리 떨어진 곳에 거주하는 최근 행태를 고려하면 사무직 종사자나 제조업체 종사자 비율은 특정 센서스트랙의 개발정도를 간접적으로 나타내고 있다고 유추해 볼 수 있다.

마지막으로 지리적 여건을 고려한 경우에도 인종이나 사회경제적 여건의 통계적 유의성은 크게 변

Table 4. Multivariate regression of logged respiratory risk ratio on racial and socioeconomic conditions of census tracts in U.S. Metropolitan areas

n=50,821	Model 1				Model 2				Model 3			
	OLS		Fixed-Effect		OLS		Fixed-Effect		OLS		Fixed-Effect	
	B	Sig	B	Sig	B	Sig	B	Sig	B	Sig	B	Sig
Constant	0.535 0.002	***	1.530 0.001	***	0.489 0.011	***	0.663 0.007	***	0.460 0.011	***	0.620 0.007	***
%African Americans	0.229 0.005	***	0.134 0.002	***	0.282 0.006	***	0.134 0.004	***	0.253 0.006	***	0.086 0.004	***
%Hispanics	0.428 0.006	***	0.198 0.003	***	0.567 0.007	***	0.385 0.006	***	0.537 0.007	***	0.332 0.006	***
% Persons below Poverty Level					0.163 0.018	***	0.204 0.009	***	0.086 0.018	***	0.107 0.009	***
% Unemployed persons (logged)					0.173 0.029	***	0.000 0.001		0.178 0.029	***	-0.001 0.001	
Median household income (\$100,000)					0.165 0.009	***	-0.139 0.006	***	0.219 0.009	***	-0.070 0.005	***
% persons in white collar occupations <sup>b</sup>					0.136 0.018	***	0.149 0.011	***	0.074 0.018	***	0.068 0.011	***
% persons in blue collar occupations <sup>c</sup>					-0.585 0.020	***	-0.508 0.013	***	-0.542 0.020	***	-0.427 0.012	***
Central cities (vs Suburbs)									0.079 0.003	***	0.113 0.002	***
R <sup>2</sup>	0.110	***	0.109	***	0.209	***	0.163	***	0.221	***	0.167	***

\* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001

<sup>a</sup> Standard Error

<sup>b</sup> White collar occupations include the professional and managerial occupations

<sup>c</sup> Blue collar occupations include the construction, production, transportation, and material-moving occupations

하지 않았다. 도심지역이 외곽지역에 비해 암위험도가 높게 나왔지만 이러한 지리적 여건을 고려하여도 인종과 사회경제적 여건과 관련된 대부분의 변수들은 통계적으로 유의한 수준을 유지했다(표 3 모델 3). 따라서 지리적 여건이 암위험도를 예측하는 데 통계적으로 유의한 변수라고 할 수 있지만 이것이 인종이나 사회경제적 여건을 대체하지는 못한다고 판단할 수 있다. 종합하면 미국 전역을 대상으로 분석하는 OLS모델의 경우 인종이나 사회경제적 여건 외에 지역의 전반적인 개발정도가 암위험도를 예측하는 중요한 변수이라는 것이 밝혀졌으며, 대도시권별 분석을 가능하게 한 고정모델 분석은 대기 오염으로 인한 암위험도와 인종 및 사회경제적 여건의 관계를 보다 잘 설명하고 있다고 판단할 수

있다.

심폐질환위험도의 경우, 일반적인 패턴은 암위험도와 비슷하지만 몇 가지 다른 점이 발견되었다. 암위험도와 유사하게 센서스트랙의 흑인과 히스패닉 비율이 증가하면 심폐질환위험도가 증가한다는 것이 OLS나 고정효과모델에서 공통적으로 확인되었다(표 4 모델 1 참조). 또한 사회경제적 여건을 통계적으로 처리한 후에도 센서스트랙의 흑인과 히스패닉 비율이 증가하면 심폐질환위험도도 증가한다는 것이 OLS나 고정효과모델에서 공통적으로 확인되었다(표 4 모델 2 참조). 그러나 앞선 암위험도와는 달리 사회·경제적 여건을 통계적으로 고려하면 OLS에서는 흑인과 히스패닉 비율 계수 모두 상승하였으나, 고정효과모델의 경우 히스패닉의 계수

Table 5: Multivariate regression of logged neurological risk ratio on racial and socioeconomic conditions of census tracts in U.S. Metropolitan areas

n=50,821	Model 1				Model 2				Model 3			
	OLS		Fixed-Effect		OLS		Fixed-Effect		OLS		Fixed-Effect	
	B	Sig										
Constant	-1.217 0.001	***	-1.218 0.001	***	-1.209 0.009	***	-1.132 0.007	***	-1.245 0.009	***	-1.171 0.007	***
%African Americans	0.219 0.004	***	0.181 0.003	***	0.148 0.005	***	0.086 0.004	***	0.112 0.005	***	0.043 0.004	***
%Hispanics	0.253 0.005	***	0.305 0.005	***	0.233 0.006	***	0.299 0.006	***	0.195 0.006	***	0.253 0.006	***
% Persons below Poverty Level					0.249 0.013	***	0.253 0.011	***	0.154 0.013	***	0.165 0.010	***
% Unemployed persons (logged)					0.014 0.002	***	-0.018 0.017		0.014 0.002	***	-0.013 0.017	
Median household income (\$100,000)					-0.054 0.007	***	-0.215 0.006	***	0.014 0.007		-0.155 0.006	***
% persons in white collar occupations <sup>b</sup>					0.112 0.015	***	0.188 0.011	***	0.032 0.015	*	0.119 0.011	***
% persons in blue collar occupations <sup>c</sup>					-0.264 0.016	***	-0.276 0.013	***	-0.210 0.016	***	-0.205 0.013	***
Central cities (vs Suburbs)									0.101 0.002	***	0.097 0.002	***
R <sup>2</sup>	0.093	***	0.089	***	0.125	***	0.111	***	0.158	***	0.142	***

\* p<0.05; \*\* p<0.01; \*\*\* p<0.001

<sup>a</sup> Standard Error

<sup>b</sup> White collar occupations include the professional and managerial occupations

<sup>c</sup> Blue collar occupations include the construction, production, transportation, and material-moving occupations

만이 상승하였다. 이는 심폐질환위험도를 예측하는 경우 인종이 사회·경제여건과는 연관성이 적은 독립적인 변수라는 것을 시사하고 있다.

이러한 발견의 주된 원인으로는 암위험도의 경우 위험유발요인이 점오염원으로 구성되어 있어서 암위험도가 지역적으로 집중된 특성이 있다. 따라서 그 지역 내 소수인종이 밀집되면서 사회경제적으로 열악해 진다면 인종과 사회·경제적 변수의 연관성이 증가하기 마련이다. 이와 달리 심폐질환위험도 관련 요인은 비점오염원으로 구성되어 있고 이러한 오염원은 지역적으로 넓게 분포하고 있다. 따라서 지역적으로 소수인종이 밀집된 지역이 포함되어 있을 수도 있고 사회·경제적으로 열악한 지역이 포함되어 있을 수도 있으며, 소수인종이 밀집되면서 사회경제적으로 열악한 지역이 포함되어 있을 수도 있다. 이러한 원인으로 심폐질환위험도를 예측하는데 인종은 사회·경제적 여건으로부터 독립적인 변수가 될 수 있을 것으로 추측된다.

암위험도에서의 발견과 유사하게 OLS 모델에서 심폐질환위험도를 예측하는 사회·경제적인 변수는 개발정도를 대변하고 있다고 추측된다. 또한 도심지역이 외곽지역에 비해 심폐질환위험도가 높고, 이러한 지리적 여건을 고려하였을 때 인종과 사회·경제적 여건의 중요도가 감소하지만 대다수의 변수가 통계적으로 유의한 수준을 유지했다(표 4 모델 3). 이와 같은 발견은 암위험도에서의 발견과 유사하나 암위험도와 달리 심폐질환위험도를 예측하는데 OLS의 도심지역 계수가 고정효과모델 계수에 비해 낮다는 것은 도심과 외곽지역 간 차이의 경우 대도시권을 통계적으로 고려했을 때 보다 분명해 진다고 판단할 수 있다.

신경질환위험도의 경우 다른 유형의 위험도와 유사하게 센서스트랙의 흑인과 히스패닉의 비율이 증가하면 신경질환위험도도 함께 증가하는 것으로 나타났다(표 5 모델 1 참조). 단, 특이한 점은 사회·

경제적인 여건을 통계적으로 고려하면 OLS와 고정효과모델 모두 심폐질환위험도를 예측하는데 흑인 비율의 중요성이 크게 감소하지만 히스패닉 비율은 흑인 비율에 비해 감소폭이 적은 것으로 나타났다. 이와 같은 발견은 히스패닉의 경우 남부와 서부 지역에 집중되어 있고 해당 지역에 대한 개발이 최근 활발히 이루어지고 있다는 점이 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 이와 더불어 신경질환위험도를 결정하는 대부분의 오염물질이 규모가 큰 시설물로부터 유입되는 경향이 있다. 따라서 이 두 가지를 종합하면 히스패닉을 대상으로 예측하는 경우 지역적으로 중요성을 가지기 때문에 미국 전역을 대상으로 할 때 보다 대도시권 별로 분석 하는 것이 보다 효율적이라고 판단 할 수 있다(Ash and Fetter 2004).

또한 신경질환위험도를 예측하는 데 있어서 소득 중간치는 OLS와 고정효과모델 모두에서 음(-)의 관계를 가지는 것으로 나타났다(표 5 모델 2). 이는 미국 전역으로 분석하는 경우나 대도시권별로 고찰하는 경우 모두 신경질환위험도가 높은 센서스트랙은 소득중간치도 낮아지는 경향이 있다고 볼 수 있다. 그러나 중요도의 경우는 고정효과모델에서 보다 크게 나타났다. 한편, 사무직·제조업 종사자 비율과 신경질환위험도와와의 관계는 암위험도와 심폐질환위험도의 발견과 유사하다.

끝으로 지리적 여건과 관련해서는 앞선 발견과 유사하게 도심지역이 외곽지역에 비해 신경질환위험도가 높게 나타났으며 이러한 지리적 여건을 고려하는 경우, 인종과 사회·경제적여건의 중요도가 감소하지만 대다수의 변수가 통계적으로 유의한 수준을 유지했다(표 5 모델 3).

종합하면 대기오염으로 유발된 다양한 건강위험 유형을 예측하는 데 있어서 인종은 사회경제적 여건과 지리적 여건을 통계적으로 고려하더라도 여전히 유의한 변수이며, 고정효과 분석을 통해 지역

간 소득자를 고려하는 경우는 소득수준과 건강위험도의 관계가 보다 명확해 지는 것으로 나타났다.

## V. 결론 및 향후 연구과제

초기의 환경정의 연구는 유해폐기물처리시설, 오염유발시설물, 비선호시설의 입지에 집중되는 경향이 있었다(Mohai et al. 2009). 시설물의 입지는 그것만의 특수한 환경불평등을 유발하지만 건강영향을 대변하기에는 불확실성이 높은 것이 사실이었다. 비록 많은 연구들이 대기오염도를 종속변수로 환경정의 연구를 실시했으나 미국 전국규모의 건강위험도를 종속변수로 조사한 연구는 존재하지 않았다. 따라서 본 연구는 NATA에서 제공하는 암위험도, 심폐질환위험도, 신경질환위험도를 예측하는 데 있어서 전국규모의 인종, 사회적 여건, 지리적 여건의 중요도를 조사하였다.

본 연구는 건강위험도의 유형과 상관없이 센서스트랙내에서 흑인이나 히스패닉의 비율이 증가하면 건강위험도가 따라서 증가한다는 것을 발견하였다. 그리고 사회·경제적 여건이나 지리적 여건을 고려하여도 인종은 건강위험도를 예측하는 데 통계적으로 유의한 변수임을 도출하였다. 인종은 개인의 선택에 의해 결정되는 것이 아니기 때문에 인종에 따른 환경불평등성이 발견되면 이는 국가의 정책적 관심과 노력을 통해서 해결되어야 한다.

OLS에서 암위험도와 심폐위험도를 예측하는 데 소득중간치는 양(+)의 관계를 가지지만 고정모형모델에서는 음(-)의 관계를 가진다. 이는 환경불평등 연구에 있어서 지역 간 상대적 비교의 중요성을 강조하는 것이라고 볼 수 있다. 즉 미국 전역에 존재하는 물가차이로 인하여 뉴욕과 세인트루이스에서의 화폐 가치는 큰 차이를 보인다. 따라서 OLS에서 암위험도와 심폐위험도를 예측하는 데 소득중간치가 양(+)의 관계를 가진다는 것은 암위험도나 심폐

위험도가 높은 지역은 개발이 많이 되어서 소득수준과 함께 물가가 높은 곳일 가능성이 크다고 간접적으로 판단해 볼 수 있다. 이러한 지역적 차이를 고려한 것이 고정모형모델이고 이를 통해 지역적 차이를 고려하는 경우, 암위험도와 심폐위험도를 예측하는 데 소득중간치는 음(-)의 관계를 가진다는 것이 밝혀졌다. 달리 말하면 하나의 대도시권 내에서 센서스트랙의 소득중간치가 감소하면 암위험도가 증가한다는 것으로 사회·경제적으로 열악한 지역이 환경적으로도 열악하다는 것을 의미한다.

이와 비슷한 맥락에서 심폐질환위험도를 예측하는 경우 OLS의 도심지역 계수가 고정효과모델 계수에 비해 낮다는 것도 지역간 상대 비교의 중요성을 뒷받침하고 있다. 예를 들어 소득수준이 높은 지역의 도심은 소득수준이 낮은 외곽지역과 유사한 특성을 보일 수 있고 이러한 이유로 대도시권 별로 분석하는 고정모형모델에서 도심과 외곽지역의 차이가 보다 명확해진다고 할 수 있다. 하지만 여기서 “이러한 현상이 왜 심폐질환에서 발견되고 암위험도와 신경질환위험도에서는 발견되지 않는 것인가?”와 같은 의문이 생긴다. 심폐질환위험도의 경우 비점오염인 on-road mobile과 non-road mobile이 총 위험도에서 차지하는 비중이 매우 높다. 이에 반해 신경질환위험도는 점오염인 major source와 area source가 총 위험도에서 차지하는 비중이 높다. 한편, 암위험도의 경우 비점오염원과 점오염원이 총 위험도에서 차지하는 비중이 비슷하다. 점오염의 경우 공간적으로 구체적인 특징이 있지만 비점오염의 경우 넓은 지역에 분포하는 특성이 있어서 상기 차이점이 발견된 것으로 추정된다.

환경불평등에 대한 대응이 지역이나 커뮤니티단위로 이루어지는 현실을 고려하면 미국 전역을 대상으로 환경부담과 관련된 연구를 진행하는 경우 지역이나 커뮤니티에서 경험하는 문제가 미국에서 발생하는 일반적인 문제인지 고찰하는 것이 필요하

다. 하지만 분석을 수행할 때 지역의 사회·경제적 차이를 고려하지 않으면 사회·경제적 여건이 우수해 질수록 건강위험도도 증가한다는 왜곡된 결론에 도달할 수 있다. 따라서 지역의 사회·경제적인 여건을 고려하여 분석하는 방법이 보다 정확한 환경불평등 현황을 알려준다는 것이 본 연구의 중요한 시사점이라고 할 수 있다.

이 밖에도 본 연구는 국내의 향후 환경정의 연구에도 두 가지 주요 시사점을 제공하고 있다. 국내 사회의 소득 양극화는 물론 지역별 주택가격의 양극화 추세가 가속화되고 있는 여건을 고려하여 특정계층 거주지의 불평등한 건강위험도에 대한 실증적 연구의 필요성을 본 연구는 시사하고 있다. 혐오시설 및 환경오염 유발시설 입지에 따른 불평등한 심리적 영향 외에도 특정계층 거주지가 실질적인 건강위험요인에도 불평등하게 노출되고 있는 지에 대한 검증은 향후 관련 정책 수립 및 집행을 위한 당위성을 크게 제고시켜 줄 수 있을 것이다.

또한 향후 국내의 환경정의 연구는 최근 국제결혼건수의 증가와 국내 외국인 근로자의 증가, 인구감소에 따라 예견되는 개방적 이민정책을 고려하는 경우, 과거 사회·경제적 요인 중심의 연구주제는 물론 출신국가·인종·민족요인을 고려한 폭 넓은 주제로 확대되어야 한다. 외국인 근로자 중 노동직과 사무직에 종사하는 출신국가·인종의 비율이 상이할 것으로 예측되는 상황에서 특정 출신국가·인종이 차별적으로 건강위험 요인에 노출될 수 있는 개연성이 매우 높으며 이에 대한 정확한 문제인식이 시급한 상황이다. 또한 출신국가·인종·민족에 따라 농촌과 산업단지, 대도시권 등 밀집 거주지역이 상이할 것으로 예상되는 만큼 본 연구에서 도입한 고정효과분석모델이 향후 국내 관련연구를 위해 유용할 것으로 판단된다. 하지만 본격적 도입에 앞서서 지역 간 차이를 밝히는 데 도입·활용이 가능한 또 다른 분석 방법인 임의효과(Random effect)모델과의

비교가 요구되며 국내 환경불평등 현상 설명에 적합한 분석모델 선정과 관련된 연구가 뒤따라야 할 것으로 판단된다.

그러나 이러한 국내 관련 연구 진행을 위해선 다양한 대기오염물질 농도 추정치와 관련된 지역별 데이터의 국내 구축과 공개가 시급하다. 미국의 경우 환경청이 나서서 미국전역을 대상으로 다양한 대기오염물질 농도의 추정치를 개발하여 대중에게 공개하고 있는데 앞서 소개한 NATA나 RSEI가 좋은 예이다. 이러한 정보의 개발과 공개는 환경정의 및 환경불평등과 관련된 연구의 방향 전환에 큰 도움이 되었으며, 일례로 환경정의 연구의 주제가 혐오·위해시설물의 입지 중심에서 위험물질에의 노출로 인한 건강위험으로 비로서 진화할 수 있었다. 하지만 한 가지 중요한 점은 NATA나 RSEI는 실측치가 아니라 모델링으로 얻은 추정치이므로 이에 대한 검증이 이루어져야 할 것이다. 물론 미국 환경청 내부에서는 자체적으로 추정치와 실측치간의 차이를 비교했을 것으로 추측되지만 이에 대한 학술적인 연구는 아직 이루어지지 못한 실정이다. 따라서 향후 국내에서는 관련 데이터 구축 및 정보 공개의 필요성과 함께 실측치 데이터를 바탕으로 한 모델링 수치 신뢰도 평가가 병행되어야 할 것이다. 신뢰도 평가가 병행되는 경우, 모델링 데이터를 바탕으로 특정 기준을 만들지는 못하지만 관련 국내 연구의 신뢰성 제고는 물론, 우선개선지역의 선정 또는 특별관리지역의 지정 등 상대적으로 국가가 우선적으로 관리해야 하는 공간적 범위의 설정은 가능 할 수 있을 것으로 판단된다.

## 인용문헌

### References

1. 반영운, 2007. "환경정의 지표 개발", 『도시행정학보』, 20(3): 3-23.

- Ban, Y., 2007. "Development of Environmental Justice Indicators", *Journal of the Korean Urban Management Association*, 20(3): 3-23.
2. 박한나.송재민, 2014. "침수 취약성 지표와 사회적 취약계층 비율 간의 상관관계 분석을 통한 환경정의 실증 연구", 「국토계획」, 49(7): 169-186.
- Park, H. and Song, J., 2014. "Empirical Study on Environmental Justice through Correlation Analysis of the Flood Vulnerability Indicator and the Ratio of the Poor Population", *Journal of Korean Planners Association*, 49(7): 169-186.
3. 이은기, 2012. "기후변화와 환경정의 - 지속가능한 지구의 미래를 위한 선순환구조의 모색", 「환경법연구」, 34(3): 325-373.
- Lee, E., 2012. "Climate and Environmental Justice - Searching Circulation for Sustainable Earth", *Environmental Law Review*, 34(3): 325-373.
4. 이상윤.권태정, 2013. "미국 미시간 주 환경유해 제조시설의 입지와 환경불평등", 「국토계획」, 48(2): 155-166.
- Lee, S. and Kwon, T., 2013. "Locations of Hazardous Manufacturing Facilities and Environmental Inequality in Michigan, US", *Journal of Korean Planners Association*, 48(2): 155-166.
5. Apelberg, B., Buckley, T. and White, R., 2005. "Socioeconomic and Racial Disparities in Cancer Risk from Air Toxics in Maryland", *Environmental Health Perspectives*, 113(6): 693-699.
6. Ash, M. and Fetter, T., 2004. "Who Lives on the Wrong Side of the Environmental Tracks? Evidence from the EPA's Risk-Screening Environmental Indicators Model", *Social Science Quarterly*, 85(2): 441-462.
7. Chakraborty, J., 2009. "Automobiles, Air Toxics, and Adverse Health Risks: Environmental Inequities in Tampa Bay, Florida", *Annals of the Association of American Geographers*, 99(4): 674-697.
8. Gee, G. and Payne-Sturges, D., 2004. "Environmental Health Disparities: A Framework Integrating Psychosocial and Environmental Concepts", *Environmental Health Perspectives*, 12(1): 1645-1653.
9. Gujarati, D., 1995. *Basic Econometrics, 3rd ed.*, New York: McGraw-Hill.
10. Kachigan, S., 1991. *Multivariate Statistical Analysis, 2nd ed.*, New York: Radius Press.
11. Mohai, P., Pellow, D., and Roberts, J., 2009. "Environmental Justice", *Annual Review of Environmental Resources*, 34: 405-430.
12. Mohai, P., and Saha, R., 2007. "Racial Inequality in the Distribution of Hazardous Waste: A National-Level Assessment", *Social Problems*, 54(3): 343-370.
13. Mohai, P., Kweon, B., Lee, S., and Ard, K., 2011. "Air Pollution Around Schools is Linked to Poorer Student Health and Academic Performance", *Health Affairs*, 30(5): 852-862.
14. Morello-Frosch, R. and Jesdale, B., 2006. "Separate and Unequal: Residential Segregation and Estimated Cancer Risks Associated with Ambient Air Toxics in U.S. Metropolitan Areas", *Environmental Health Perspectives*, 114(3): 386-394.
15. Pastor, M., Morello-Frosch, R., and Sadd, J., 2006. "Breathless: Pollution, Schools, and Environmental Justice in California", *The Policy Studies Journal*, 34(3): 337-62.
16. Schlosberg, D., 2007. *Defining Environmental Justice: Theories, Movements, and Nature*, London: Oxford University Press.
17. US Environmental Protection Agency (US EPA). "Assessment Methods", Accessed February 2, 2015. <http://www.epa.gov/ttn/atw/nata2002/methods.html#hapmod>.
18. US Environmental Protection Agency (US EPA). 2005. *The HAPEM5 User's Guide: Hazardous Air Pollutant Exposure Model*,

Version 5 Assessed February 1,  
[http://www2.epa.gov/sites/production/files/2013-08/documents/hapem5\\_guide.pdf](http://www2.epa.gov/sites/production/files/2013-08/documents/hapem5_guide.pdf).

- 19 US Environmental Protection Agency (US EPA). 2013. *User's Manual for RSEI Version 232 196 - 201 TR Data* Accessed January 30 [http://www.epa.gov/opptintr/rsei/pubs/rsei\\_users\\_manual\\_v232.pdf](http://www.epa.gov/opptintr/rsei/pubs/rsei_users_manual_v232.pdf).

Date Received	2015-03-05
Reviewed(1 <sup>st</sup> )	2015-07-10
Date Revised	2015-10-07
Reviewed(2 <sup>nd</sup> )	2015-11-01
Date Accepted	2015-11-02
Final Received	2015-11-04