

Environmental Justice Characteristics Analysis of the Areas Expected to Be Exposed to the Damage of Hydrofluoric Acid Gas Leakage Accident

- Focused on Cheongju City -

Yong Un Ban[#], Sang Sup Lee, Gyeong Ho Jin, Jong In Baek, Na Eun Hong, Sang Wook Gang⁺, Tae Ho Kim⁺

Department of Environmental · Urban · Chemical Engineering, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Republic of Korea

Abstract

This study intends to analyze environmental justice characteristics of the areas expected to be exposed (AEE) to hazardous Hydrofluoric (HF) acid gas in case of leakage accident. The findings from this study include: (1) in comparison to the areas not expected to be exposed (ANEE), the average value of public lands was three times higher, the proportion of children aged 14 years old or less appeared 2 percent higher, and the proportion of elderly aged 65 years old or more appeared 2 percent lower in the AEE, (2) for an increase of hazardous Hydrofluoric (HF) acid gas concentration from 0.1ppm to 0ppm in the AEE to the damage, the average value of public lands decreased while the proportion of children aged 14 years old or less, the proportion of elderly aged 65 years old or more and the average number of children's facilities increased.

Key words: environmental justice, socio-economic characteristics, Hydrofluoric(HF) Acid gas, hazardous gas leakage, AERMOD model, industrial park

1. 서론

인간은 누구나 깨끗한 환경에서 살 권리를 가지고 있는 동시에 오염되고 위험한 환경에 노출되지 않을 권리도 가지고 있다. 하지만 이러한 권리가 자의가 아닌 타의나 권력에 의해 박탈당하거나 강요당할 때 우리는 이를 '부정의(不正義)'하다거나 '불평등' 하다고 말한다. 원자력발전소, 화력발전소, 화학물질배출시설, 송전탑

등과 같이 사회에 필요하지만 위험한 환경위험시설이 가난하고 소외된 계층이 사는 지역에 들어서는 현상을 '환경부정의' 라고 할 수 있다.

미국의 경우 1970년대 후반부터 미국의 환경오염 및 오염물질 처리시설들이 흑인 및 저소득 계층지역에 집중되고 있다는 연구 결과가 발표되면서 환경정의에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되기 시작하였다(Bryant, 1995). 우리나라는 1970년대 이후 산업화가 본격적으로

[#] The 1st author: Yong Un ban, Tel. +82-43-273-3391, Fax. +82-43-273-3393, e-mail, byubyu@chungbuk.ac.kr

⁺ Corresponding author: Sang Wook Gang, Tel. +82-43-273-3391, Fax. +82-43-273-3393, e-mail, keigun91@naver.com
Tae Ho Kim, Tel. +82-43-273-3391, Fax. +82-43-273-3393, e-mail, kimth9769@naver.com

진행됨에 따라 그에 따른 환경오염 및 피해가 사회·경제적, 생물학적 약자들에게 집중되고 있다고 할 수 있다. 그러나 우리나라에서는 아직까지 환경정의에 관한 논의가 본격화되지 못하고 있으며, 정부의 관심도 그렇게 깊지 못한 상황이다(Ban, 2007). 미국에서는 1995년도에 환경정의와 관련된 대통령령(행정명령, Executive Order 12898)이 발효되어 정책 수행이나 부처 운영에 있어서 환경정의를 확보하기 위한 계획을 세울 수 있게 되었다(Ban 1999). 반면에 우리나라 정부에서는 정책을 계획 또는 시행함에 있어 환경정의를 확보할 수 있는 노력이나 조사 및 분석은 초기단계에 머물러 있다. 또한 환경정의라는 개념 자체가 일반인들에게는 매우 생소하게 느껴지는 영역임과 동시에 학계 및 시민단체 사이에서도 환경정의 개념에 대한 명확한 합의가 이루어지지 못하고 있는 실정이다(Jeong, 2013).

환경정의의 구성요소는 크게 경제 요인, 문화·사회 요인, 생태·환경 요인, 위험·건강 요인 그리고 법제화·공공참여 요인으로 이루어져 있다(Ban, 2007). 이중 위험·건강 요인은 인간의 생명과 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에 가장 기본적으로 보장되어야 하는 요인이라고 할 수 있다. 특히, 화학물질로 인한 위험은 생명과 직결되어 있는 문제로 심각하게 고려하여야 한다. 산업발전과 더불어 유해화학물질의 사용량은 지속적으로 높아지고, 실제로 유해화학물질을 다루는 사업장 사고에 따른 유출사고가 빈번하여 사회적 문제로 대두되고 있다. 2012년 구미 국가산업단지에서 불산 가스가 누출되는 사고가 발생하여 당시 근무 중이었던 직원 5명이 사망하고, 인근 주민 약 1만 여명이 위험에 노출되었다. 불산 가스는 저 농도(1%) 이하에서도 유해성이 높은 물질로 대형 참사로 이어질 수 있는 위험물질이다.

이러한 환경 위험에 노출되는 사람들이 사회·경제적으로 취약한 계층에 집중되는 환경부정의 문제가 나타나는지에 대한 연구가 필요하다. 기존의 연구들은 특정 거리를 설정하여 위험에 노출되는 범위를 설정하는 방법을 이용하여 유해화학물질에 대한 환경부정의 문제 연구를 진행한 경우가 대부분이다. 또한, 유해화학

물질의 농도에 따른 확산범위를 예측하여 분석한 연구는 진행되지 못하고 있는 실정이다.

이에 따라 본 연구의 목적은 청주시를 중심으로 불산 가스 누출 사고 발생 시 피해가 우려되는 지역에 대한 확산지도를 도출하여 피해 우려지역과 비(非) 우려지역 간의 사회·경제적 특성 비교 및 피해 우려지역 내 불산 가스 누출 농도별 사회·경제적 특성 분석을 통해 환경정의 특성을 도출하는 것이다.

II. 이론적 고찰

1. 환경정의 개념

환경정의(Environmental Justice)는 1970년대 말부터 1980년대 미국에서 인권운동으로서 흑인 밀집지역에 환경혐오시설 및 환경유해시설들이 들어서고 있다는 환경인종주의(Environmental Racism) 관점에서부터 시작되었다(Pedersen, 2010). 1970년대 후반 개발의 부산물(Byproduct)인 환경오염 및 오염물질 처리를 위한 시설들이 주로 흑인지역과 저소득 계층에게 편파적으로 집중되고 있다는 연구 결과가 발표되면서 환경정의 운동이 더욱 활발히 전개되었다(Bryant, 1995; Ban, 2007). 특히, 1982년 미국 노스 캐롤라이나(North Carolina)주 워렌 카운티(Warren County)에서 유해화학폐기물 매립을 위한 유해폐기물 매립장(Hazardous Waste Landfill) 설치에 반대하여 흑인을 중심으로 대규모 시위가 발생하면서 본격적으로 인종 및 형평성과 환경적 피해 노출 간의 관계에 대한 사회적, 학문적 관심이 증가되었다(Cutter, 1995; Kwon, 2001, 2002; Yun, 2006; Gen, et. al., 2010; Laurent, 2011; Pedersen, 2010).

이후 환경정의에 대해서 학문과 인권운동으로서의 논의가 활발히 진행되어 1994년도에는 클린턴 행정부에 의해 환경정의와 관련하여 대통령령(행정명령, Executive Order 12898)이 발효되기에 이르렀다(Ban, 1999). 대통령령의 핵심 내용은 모든 연방기관에게 소수집단과 저소득계층에 대한 환경영향과 관련된 데이터를 수집하고, 이를 바탕으로 실행가능하고 또한 법상

허용되는 최대한의 범위에서 환경평등을 실현할 수 있는 정책을 수립할 것을 지시하는 것이다(Bradford, 2008; Lee, 2013).

환경정의의 개념은 학자 및 지역에 따라 다양하게 정의되고 있다. 미국의 환경보호국(EPA; Environmental Protection Agency)에서는 환경정의의 개념을 “인종, 피부색, 민족, 소득 수준과 관계없이 모든 사람이 환경 관련 법, 규제, 정책 등의 개발과 집행 과정에서 공정하게 대우받으며, 이러한 과정에 의미 있는 참여를 하는 것이다. 또한 환경정의는 모든 사람이 환경과 보건적 위해요소로부터 동일하게 보호받고, 거주, 학습 그리고 노동의 공간을 건강한 환경으로 만들기 위한 의사결정과정에서 모두가 동등한 접근권을 가질 때 달성되는 것”이라고 정의하고 있다. 최근에는 그 개념이 확대되어 잠정적으로 영향을 받을 지역주민 뿐만 아니라 노인, 아동, 환자, 미래 세대와 같이 취약 집단을 포함하기도 하고, 환경의 범주에 건조환경, 자연환경, 정치적, 경제적, 사회적 환경까지 포함한다(Maantay & Maroko, 2009).

환경정의는 다양하게 분화되어 발전하여 왔다. 환경정의의 기본 원리는 실질적, 분배적, 절차적 정의 관점에서 접근되고 있다(Agyeman, 2005; Yun, 2006; Eom, 2013). 실질적 정의(Substantive Justice)는 모든 사람이 깨끗한 환경에 살 권리가 있다는 관점이고, 분배적 정의(Distributive Justice)는 환경편익과 부담이 공평하게 배분되어야 한다는 관점이다. 절차적 정의(Procedural Justice)는 정책, 법, 계획 등의 결정이나 이행과정에 대한 참여를 중시하는 관점이다.

2. 관련연구 동향

국내에서의 환경정의 관련 연구는 생태학 관점에서

환경정의를 인식하는 연구(Choi, 1998)로 시작되었다. 이후 에너지 사용 및 환경오염(자동차 배기가스, 토양오염)과 같은 문제에 대해서 환경정의 관점의 불평등을 실증하는 연구(Yun, 2004, 2005; Kim, 2013)와 폐기물 처분장, 군사시설과 같은 기피시설에 대한 입지선정의 불평등에 대한 연구(Yun, 2006; Huh, *et. al.*, 2015)들이 주를 이루고 있다. 그 외에도 생활폐기물 관리정책, 지방 상하수도 서비스와 같은 공공서비스(Jeong, 2013; Bae, *et. al.*, 2014)와 침수 취약성(Park & Song, 2014)에 대한 환경정의 실증 연구들이 진행되어 왔다. 하지만 아직까지 인체에 치명적인 영향을 주는 유해화학물질에 대한 환경정의 관련 연구는 진행되지 않고 있다.

반면에 국외에서는 유해화학물질에 대한 환경정의 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 환경정의가 인종에 대한 불평등 문제로 시작된 만큼 주로 인종 및 민족에 대한 불평등 평가 연구들이 주로 진행되었다(Lejano, 2001; Wilson, *et. al.*, 2012; Ash, *et. al.*, 2013; Zwick, *et. al.*, 2014). 인종 및 민족뿐만 아니라 사회·경제적 수준에 대한 유해화학물질 관련 환경정의 연구도 진행되고 있다(Charkraborty, 2014).

더 나아가 지표 및 모델 개발, 정책 검토 등의 연구도 다음과 같이 활발하게 진행되고 있다. Burger & Gochfeld(2011)은 노출 인구에 대한 노출의 화학적 경로를 평가하기 위한 개념적인 모델을 개발하였다. Lewis & Bennett(2013)는 뉴욕을 중심으로 유독물질에 노출된 인구 및 유독물질 데이터를 정량화하여 유독물질의 농도를 고려한 환경영향평가를 제안하였다. Cotton(2014)은 사회·경제적 약자를 고려하였는지, 지역 주민과의 협의를 충분히 하였는지 등의 환경정의의 시각을 통해 영국 인프라 계획에서의 소각로 사업을

Table 1. Study on foreign research

Researcher	Environmental Justice Characteristics	Damage Factor
Lejano(2001)	Demographics(Racial and Ethnic)	Hazardous Waste Treatment, Storage, and Disposal Facilities (TSDs)
Wilson, <i>et. al.</i> (2012)	Racial and Ethnic, Socioeconomic States	Toxic Industrial Facilities
Ash, M., <i>et. al.</i> (2013)	Racial and Ethnic, Income	Toxic Industrial Facilities
Chakraborty(2014)	Socio-economic Indexes for Areas	Industrial Pollution Sources
Zwickl, <i>et. al.</i> (2014)	Racial and Ethnic, Income	Industrial Air Toxics

검토하였다.

이렇게 산업단지의 유해화학물질에 대한 환경정의 연구는 세계 각국에서 활발하게 진행되고 있으나 현재 까지 국내에서는 이와 관련된 연구가 매우 부족한 상황이다. 기존의 연구들은 특정 거리를 설정하여 위험에 노출되는 범위를 설정하는 방법을 이용하여 유해화학물질에 대한 환경부정의 문제 연구를 진행한 경우가 대부분이다. 또한, 유해화학물질의 농도에 따른 확산범위를 예측하여 분석한 연구는 진행되지 못하고 있는 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 청주시를 중심으로 불산 가스 누출 사고 발생 시 피해가 우려되는 지역에 대한 확산지도를 도출하여 피해 우려지역과 비(非) 우려지역 간의 사회·경제적 특성 비교 및 피해 우려지역 내 불산 가스 누출 농도별 사회·경제적 특성 분석을 통해 환경정의 특성 분석을 실시하였다.

III. 분석 방법

1. 분석의 방법 및 흐름

환경정의 특성을 분석하기 위하여 불산 가스 누출 시 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성을 비교하고 불산 가스 누출 농도별 피해 우려지역의 사회·경제적 특성을 분석하였다. 불산 가스 누출 시 피해 우려지역은 불산 가스 농도 0.01ppm(parts per

million)의 확산범위 내에 있는 지역으로 선정하였고, 비 피해 우려지역은 피해 우려지역 외의 구(舊) 청주시¹⁾ 전체로 선정하였다. 불산 가스 누출 농도별 피해 우려지역의 사회·경제적 특성을 분석하여 위하여 불산 가스 누출 농도는 0~0.01, 0.01~0.02, 0.02~0.03, 0.03~0.05, 0.05~0.08 그리고 0.08~0.1로 총 5개의 범위로 구분하였다.

환경정의 특성을 비교하기 위한 사회·경제적 특성 지표로 14세 이하 인구 비율, 65세 이상 인구 비율, 평균 어린이 이용시설 수, 평균 공시지가를 선정하였다. 14세 이하 인구 비율과 65세 이상 인구 비율은 생물학적 약자인 어린이와 노인의 거주인구를 파악하기 위하여 선정하였다. 평균 어린이 이용시설 수는 어린이들이 실제 활동하는 공간의 밀집정도를 파악하기 위하여 선정하였다. 그리고 평균 공시지가는 거주민의 경제적 수준을 파악하기 위하여 선정하였다. 사회·경제적 특성 지표들의 기준연도는 2010년으로 집계구 단위의 자료를 기반으로 구축하였다.

사회·경제 특성 지표 값의 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하기 위하여 t-검정을 실시하였다. t-검정은 두 집단 간 평균을 비교하는 통계분석 기법으로 두 집단 간 평균 차이에 대한 통계적 유의성을 검증하는 방법이다. t-검정을 실시하기 위하여 IBM SPSS 21 통계분석 프로그램을 사용하였다.

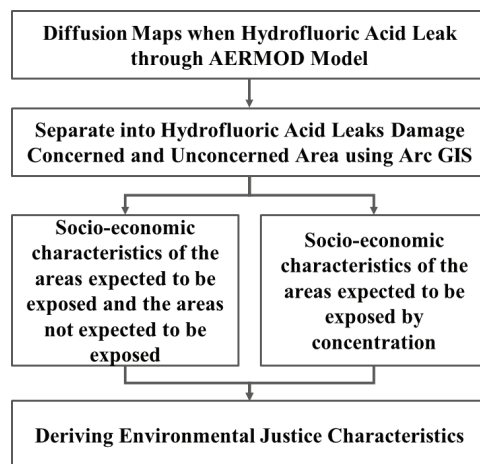


Figure 1. Flow of analysis

1) 청주시는 2014년 7월 1일 청원군과 통합되었음

이를 위한 분석의 흐름은 <Figure 1>과 같다. 첫 번째, 대기확산모델인 AERMOD를 이용하여 불산 가스 누출 시 확산지도를 도출한다. 두 번째, 확산지도를 바탕으로 ArcGIS를 이용하여 피해 우려지역과 비 우려지역을 구분하다. 세 번째, 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성을 비교하고 불산 가스 누출 농도 별 피해 우려지역 사회·경제적 특성을 파악한다. 네 번째, 앞서 살펴본 사회·경제적 특성을 종합하여 환경정의 특성을 도출한다.

2. 대상지 선정

불산 가스 누출 시 피해 우려지역의 환경정의 특성 분석 대상으로 청주일반산업단지 내에 있는 SK 하이닉스 공장을 선정하였다.

청주일반산업단지는 충북 청주시 흥덕구(송정, 향정, 복대, 지동, 비하, 송절, 봉명동) 일대에 조성된 지방 산업단지이다. 1969년 지방 공업개발 장려지구로 지정되어 연차적으로 청주공업단지를 조성하였다. 1969년 9월 착공을 시작으로 1977년까지 2차에 걸쳐 제 1단

지 조성, 이어 1978년부터 1979년까지 제 2단지 조성, 1979년부터 1986년까지 제 3단지 조성, 1987년부터 1989년까지 제 4단지를 조성함으로써 총면적 4,099천 m^2 에 달하는 중부권 최대의 공업단지가 완공되었다 (<Figure 2> 참고).

그 중 청주 SK 하이닉스 공장은 청주일반산업단지에 위치해 있지만, 불과 500m 거리 안에는 대규모 주상복합 아파트단지인 지웰시티와 롯데아울렛, 현대백화점, CGV 등의 대규모의 상권이 인접하고 있어 불산 가스 누출 사고 시 타 지역에 비하여 대규모 피해를 야기할 위험을 가지고 있다. 또한, 불산 가스 누출 시 직접적인 영향이 예상되는 예측범위인 2km 범위 내에는 4개의 초등학교, 3개의 중학교, 1개의 고등학교 등이 위치해 있으며, 주로 주거단지가 위치하고 있다.

청주 SK 하이닉스에서는 2013년에 이미 염소가 누출되는 사고가 발생되었다. 다행이 인명피해는 발생하지 않았지만 사고 은폐의혹²⁾ 등으로 인근 주민들의 불안감은 여전히 남아있는 상황이다.

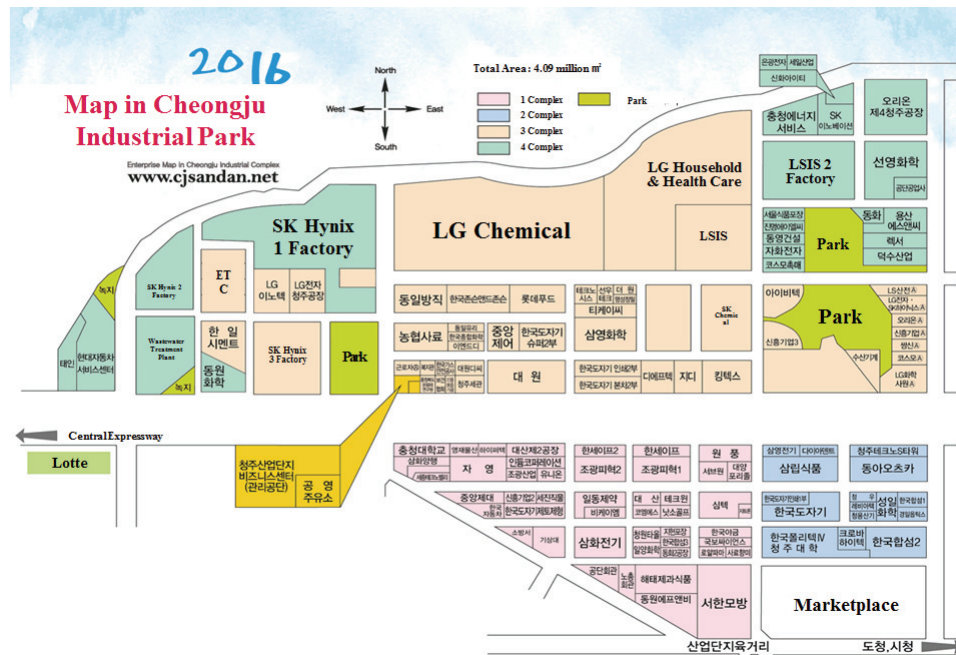


Figure 2. Enterprise map in cheongju industrial park

* Source: www.cjsandan.net

2) '하이닉스 청주공장 염소 누출...은폐 의혹도' 기사 내용 참조 (The Hankyoreh, 2013.03.22.)

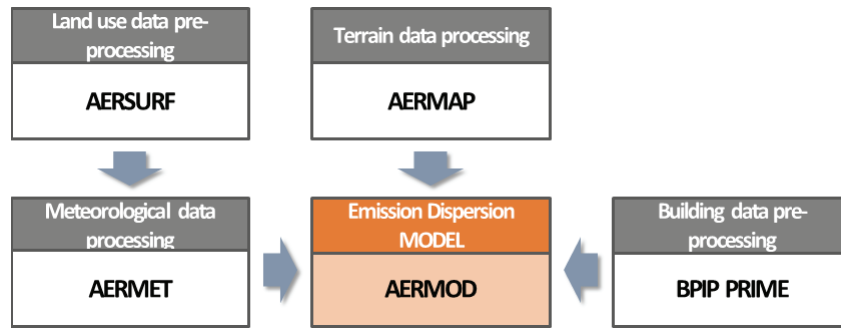


Figure 3. The structure of the AERMOD(Kim, et. al., 2014)

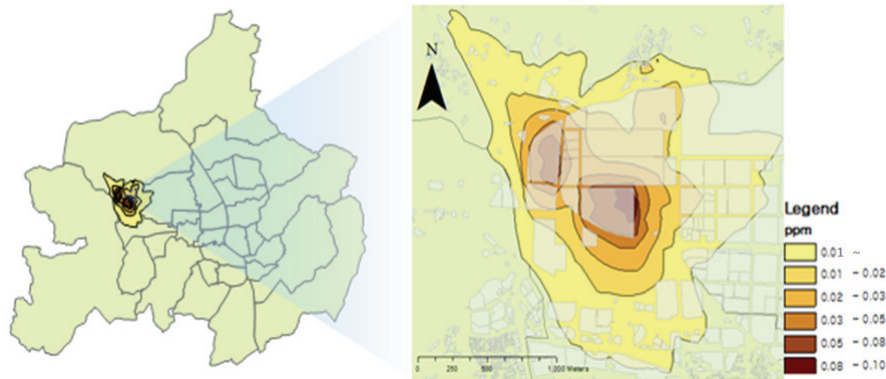


Figure 4. Spread map for hydrofluoric leaks, SK Hynix, Cheongju

3. 불산 가스 누출 시 확산 지도

불산 가스 누출 시 확산 범위 및 정도를 예측하기 위하여 대기확산모델인 AERMOD(American Meteorological Society/United States Environmental Protection Agency Regulatory Model)를 이용하였다. AERMOD은 정상상태 가우시안 플룸모형(Gaussian plume model)으로 실외 대기오염물질의 농도를 예측하기 위해 사용되는 모형이다. 이 모형은 실외 대기오염물질의 농도를 예측하는 최신 모형으로 미국 환경보호청(EPA)에서 공식적으로 지정한 모형으로 50km 이하의 영역에 적합하다(Kim, et. al., 2014). 이 모형은 기상 전 처리용 프로그램(Pre-Processor)인 AERMET, 지형입력자료 작성을 위한 AERMAP, 확산계수를 위한 AERMOD로 구성된다(Yang, et. al., 2013).

AERMOD에 사용된 기상입력 자료는 청주관측소 기상자료를 종합·분석하여 입력하였으며, 그 중 풍향은 주풍향인 서북서풍(WNW), 혼합고(MMD; Maximum Mixing Depth) 1,127m(중부지방 평균치; Lee, 1991)와 같이 대상지의 기상특성을 대표할 수 있는 기상조건

을 입력하여 인근주거지의 영향 여부를 예측하였다. 범위로는 화학물질 유출에 따른 주변지역에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 인근지역 2km를 예측범위로 설정하였다. 격자망 구성으로는 격자간격은 TM좌표를 이용하여 200m 간격으로 구분하여 영향예측을 하였다. 불산 가스 누출 농도별 확산지도는 다음 <Figure 4>와 같다.

IV. 분석 결과

1. 불산 가스 누출 시 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성 비교 분석

불산 가스 누출 시 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성 차이를 분석하였다. 피해 우려지역과 비 우려지역을 비교해본 결과, 14세 이하 인구 비율의 경우 피해 우려지역은 19.93%, 비 우려지역은 17.85%로 피해 우려지역 내 14세 이하 인구 비율이 2% 이상 더 높게 나타났다. 65세 이상 인구 비율의 경우 피해 우려지역은 6.3%, 비 우려지역은 8.63%로 피해

Table 1. Socio-economic characteristics of the areas expected to be exposed and the areas not expected to be exposed

Socio-economic Characteristic	The Areas Expected to be Exposed(AEE)	The Areas not Expected to be Exposed(ANEE)
The Proportion of People under the Age of 14(%)	19.93	17.85
The Proportion of People over the Age of 65(%)	6.30	8.63
The Average Number of Children Using Facilities(Unit/Area)	1.77	1.30
The Average Appraised Value of Land(won)	562,127	184,293

Table 2. Socio-economic characteristics of the areas expected to be exposed by concentration

Socio-economic Characteristic	Hydrofluoric Acid Concentration(ppm)					
	0.1~0.08	0.08~0.05	0.05~0.03	0.03~0.02	0.02~0.01	0.01~0
The Proportion of People under the Age of 14(%)	0.36	0.12	5.48	5.48	18.40	24.81
The Proportion of People over the Age of 65(%)	0.73	0.23	3.95	3.95	7.98	5.94
The Average Number of Children Using Facilities(Unit/Area)	2	4	6	6	11	28
The Average Appraised Value of Land(won)	510,173	500,907	382,047	382,047	402,112	426,188

우려지역이 2% 이상 낮게 나타났다. 평균 어린이 이용 시설 수의 경우 피해 우려지역은 1.77개, 비 우려지역은 1.30개로 피해 우려지역 지역이 비 우려지역보다 평균 어린이 이용시설 수가 0.44개 더 높게 나타났다. 평균 공시지가의 경우 피해 우려지역은 562,127원, 비 우려지역은 184,293원으로 피해 우려지역의 평균 공시지가가 약 3배 정도 높은 것으로 나타났다. 이를 종합해보면 피해 우려지역은 비 우려지역보다 14세 이하 인구 비율, 평균 어린이 이용시설 수, 평균 공시지가가 더 높고, 65세 이상 인구 비율은 더 낮게 나타났다.

2. 불산 가스 누출 농도별 피해 우려지역 사회·경제적 특성 분석

불산 가스 누출 농도별 확산지도를 도출하여 피해 우려지역 내 농도별 사회·경제적 특성을 분석한 결과, 14세 이하 인구 비율의 경우 불산 가스의 농도가 낮을수록 높아지는 것으로 나타났다. 65세 이상 인구 비율의 경우 불산 가스의 농도가 낮을수록 높아지는 것으로 나타났다. 평균 어린이 이용시설 수 역시 불산 가스의 농도가 낮을수록 높아지는 것으로 나타났다. 평균 공시지가의 경우 불산 가스의 농도가 낮을수록 낮아지는 것으로 나타났다. 이를 종합해보면 불산 가스가 누출되는 농도가 낮아져 확산범위가 좁아질수록 14세 이하 인구 비율, 65세 이상 인구비율, 평균 어린이 이용시설 수는 높은 것으로 나타났고 평균 공시지가는 낮은 것으로 나

타났다.

피해 우려지역 내 농도별 사회·경제적 차이의 결과에 대한 통계적 유의성을 확보하기 위하여 SPSS 일원 배치 분산분석을 이용하였다. 90% 신뢰구간에서 평균 공시지가와 평균 어린이 이용시설 수의 경우 통계적으로 유의하지 않고, 14세 이하 인구 비율과 65세 이상 인구 비율의 경우 통계적으로 유의함을 알 수 있었다. 사후검정 분석 결과, 14세 이하 인구 비율과 65세 이상 인구 비율에는 유의미한 차이를 보였다($\alpha < 0.01$).

3. 불산 가스 누출 시 피해 우려지역에 대한 환경정의 특성 분석

불산 가스 누출 시 피해 우려지역에 대한 환경정의 특성을 분석하기 위하여 불산 가스 누출 시 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성을 비교 분석하고 불산 가스 누출 농도별 피해 우려지역 사회·경제적 특성을 분석하였다.

불산 가스 누출 시 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성 비교 분석 결과를 살펴보면, 피해 우려지역이 비 우려지역보다 14세 이하 인구 비율과 평균 어린이 이용 시설 수가 더 높은 것으로 나타났다. 이는 불산 가스 누출 시 피해가 우려되는 범위 내에 생물학적 약자인 어린이들이 상대적으로 많이 노출 될 수 있다는 것을 의미한다. 생물학적 약자인 어린이에 대해서는 불산 가스 등과 같은 유해화학물질에 대한 노출을

최소화하고 관리되어야 한다. 따라서 어린이가 불산 가스 누출 시 피해 위험에 상대적으로 높게 노출되어 있다는 점에서 환경부정의 특성이 나타난다고 할 수 있다. 65세 이상 인구 비율의 경우에는 피해 우려지역이 비 우려지역보다 더 낮은 것으로 나타났고, 평균 공시지가의 경우에는 피해 우려지역이 비 우려지역보다 더 높은 것으로 나타났다. 일반적으로 생물학적 약자인 노인이나 경제적 취약계층이 피해 위험에 상대적으로 더 노출되어 있을 때, 환경부정의 특성이 나타난다고 한다. 따라서 본 연구에서는 65세 이상 인구 비율과 평균 공시지가의 경우 환경부정의 특성이 나타났다.

불산 가스 누출 농도별 피해 우려지역 사회·경제적 특성 분석 결과를 살펴보면, 14세 이하 인구 비율의 경우 불산 가스 누출 농도가 낮을수록 높아지는 것으로 나타났다. 불산 가스 누출 농도가 낮을수록 불산 가스의 확산 예상범위가 좁아지게 된다. 따라서 불산 가스 누출 위험 지점으로부터의 거리가 인접한 지역에 어린이들이 거주한다는 것으로 불산 가스 누출 시 어린이들에 대한 노출 위험이 심각할 수 있다는 것을 의미한다. 65세 이상 인구 비율의 경우에도 불산 가스 누출 농도가 낮을수록 높아지는 것으로 나타났다. 따라서 불산 가스 누출 위험 지점으로부터의 거리가 인접한 지역에 노인들이 거주한다는 것으로 불산 가스 누출 시 노인들에 대한 노출 위험이 심각할 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 생물학적 약자인 어린이들과 노인들이 불산 가스 누출 시 인접한 위험지역에 거주하여 불산 가스에 단시간에 노출 될 수 있다는 것으로 환경부정의 특성이 나타났다.

V. 결론 및 시사점

본 논문에서는 불산 가스 누출 시 피해 우려지역의 환경정의 특성을 분석하기 위하여 불산 가스 누출 시 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성을 비교하고 불산 가스 누출 농도별 피해 우려지역의 사회·경제적 특성을 분석하였다. 이를 위한 대상지로 청주시

의 SK 하이닉스를 선정하였고, 불산 가스 누출로 인한 피해 우려지역을 알아보기 위하여 대기확산모델링 AERMOD을 사용하였다.

불산 가스 누출 시 피해 우려지역에 대한 환경정의 특성을 분석하기 위하여 불산 가스 누출 시 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성을 비교 분석하고 불산 가스 누출 농도별 피해 우려지역 사회·경제적 특성을 분석하였다. 불산 가스 누출 시 피해 우려지역과 비 우려지역 간 사회·경제적 특성 비교 분석 결과, 피해 우려지역이 비 우려지역보다 14세 이하 인구 비율과 평균 어린이 이용 시설 수, 평균 공시지가가 더 높은 것으로 나타났고 65세 이상 인구 비율은 낮은 것으로 나타났다. 즉, 14세 이하 인구 비율과 평균 어린이 시설 수는 환경부정의 특성이 나타났다. 불산 가스 누출 농도별 피해 우려지역 사회·경제적 특성 분석 결과, 불산 가스 누출 위험 지점으로부터의 거리가 인접한 지역에 어린이들과 노인들이 거주하는 것으로 나타났다. 이는 불산 가스 누출 시 어린이들과 노인들에 대한 노출 위험이 심각할 수 있다는 것을 의미한다. 즉, 생물학적 약자인 어린이들과 노인들이 불산 가스 누출 시 인접한 위험지역에 거주하여 불산 가스에 단시간에 노출 될 수 있는 환경부정의 특성이 나타났다.

청주 산업단지에 있는 SK 하이닉스 주변의 사회·경제적 특성은 일반적인 산업단지 주변의 사회·경제적 특성과는 다르게 나타났다. 일반적으로 산업단지 주변에는 생물학적, 경제적으로 취약한 계층이 거주하여 불산 가스 등과 같은 유해화학시설에 노출될 위험이 높게 나타난다. 하지만 청주 산업단지의 경우 공업지역을 주거지역으로 변경함으로써 고층 아파트로 이루어진 신 주거단지가 형성되었다. 이 신 주거단지는 불산 가스 누출 시 피해 우려지역이 비 우려지역 보다 평균공시지가 약 3배 이상 높은 것을 통해 알 수 있듯이 상대적으로 고소득 계층이 주로 거주한다고 볼 수 있다. 이러한 상황으로 인하여 지가를 감당할 수 있는 생산 연령 인구인 청·장년층의 높은 비율, 그리고 높은 청·장년층의 비율로 인한 높은 어린이의 비율이 나타나고 있다.

불산 가스 누출 시 피해 우려지역에서는 생물학적 약자인 어린이들이 환경위험에 노출될 수 있음을 알 수 있다. 불산 가스뿐만 아니라 다른 유해화학물질은 소량의 유출로도 큰 사고로 이어질 수 있다. 따라서 불산 가스 등 과 같은 유해화학물질 누출 시 피해를 억제하는 단계를 넘어 피해가 예상되는 지역에 대하여 사전에 대응하는 것이 바람직하다. 위험상황에 대해 인식하는 센서, 예측시스템, 상시 모니터링 등 미리 대비하는 경보시스템의 구축이 필요하다. 이러한 책임을 산업단지에 입주한 기업에게만 지게 할 것이 아니라 청주시가 주도적으로 환경위험에 대해 대응할 수 있는 정책 및 전략이 필요하다. 이러한 상황임에도 불구하고 신 주거단지에는 추가적인 주거단지 개발이 진행 및 계획되고 있다. 청주시는 이러한 환경위험을 고려하여 주거단지 개발에 대한 전면 재검토와 대응책을 강구해야 할 필요가 있다.

알림 글

본 논문은 한국환경정책학회 2015 추계학술대회에서 발표된 '불산 가스 누출 시 피해 예상지역 간 사회·경제적 차이 비교를 통한 환경정의 특성 분석'의 내용을 수정·보완한 것임.

감사의 글

이 논문(도서, 작품)은 2015년도 충북대학교 학술연구 지원사업의 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음(This work was supported by the intramural research grant of Chungbuk National University in 2015).

References

- Agyeman, Julian. 2005. *Environmental Justice in Sustainable Communities and the Challenge of Environmental Justice*. New York: New York University Press: 14-38.
- Bae, Su Ho, Jun Feel Yang, and Sung Woo Hong. 2014. Local Water and Sewer Services from the Perspective of Environmental Justice: Focusing on the Comparison between Cities and Counties in Korea. *The Korean Association for Local Government Studies*. 17(4): 213-237.
- Ban, Yong Un. 1999. Environmental Justice and Superfund NPL Designation in the Application of the Hazard Ranking System: Case Study in EPA Region III Using GIS. Ph. D. Dissertation. University of Pennsylvania. Philadelphia, Pennsylvania.
- Ban, Yong Un. 2007. Development of Environmental Justice Indicators. *Korean Urban Management Association*. 20(3): 3-23.
- Bryant, Bunyan. 1995. *Environmental Justice: Issues, Policies, and Solutions*. Washington, DC: Island Press.
- Burger, Joanna and Michael Gochfeld. 2011. Conceptual Environmental Justice Model for Evaluating Chemical Pathways of Exposure in Low-income, Minority, Native American, and Other Unique Exposure Populations. *American Journal of Public Health*. 101(S1): S64-S73.
- Chakraborty, Jayajit and Donna Green. 2014. Australia's First National Level Quantitative Environmental Justice Assessment of Industrial Air Pollution. *Environmental Research Letters*. 9(4): 1-10.
- Choi, Byung Doo. 1998. Ecology and Environmental Justice. *Journal of the Korean Geographical Society*. 33(4): 499-523.
- Cotton, Matthew D. 2014. Environmental Justice Challenges in United Kingdom Infrastructure Planning: Lessons from a Welsh Incinerator Project. *Environmental Justice*. 7(2): 39-44.
- Cutter, Susan L., Bryan J. Boruff, and Lynn Shirley. 2003. Social Vulnerability to Environmental Hazards. *Social Science Research*. 384(2): 242-261.
- Eom, Eun Hui. 2013. Spatialities of Environmental (In)justice and Politics of Scales through the Electricity Transmission Tower Conflicts in Miryang, Korea. *Korean Association of Space & Environment Research*. 22(4): 52-90.
- Gen, Sheldon, Holley Shafe, and Monique Nakagawa. 2010. Perceptions of Environmental Justice: The Case of a US Urban Wastewater System. *Sustainable Development*. 20(4):

- 239-250.
- Huh, Hun and Sung Woo Hong. 2015. Analysis on the Conflicts and Damage by Military Installations in Terms of Environmental Justice: Focusing on the Youngpyeong Firing Range. *Dispute Resolution Studies Review*. 13(3): 29-64.
- Jeong, Seong Young. 2013. Solid Waste Management Policy from the Perspective of Environmental Justice: Focusing on Input and Output in Policy System Model. Master's thesis. Sungkyunkwan University.
- Kim, In Su, Choong Heon Yang, and Hye Jung Hu. 2014. Emission Dispersion Analysis Based on the Development Density Associated with Urban Planning- A Case Study of the Delft City. *Korean Society of Road Engineers*. 16(3): 21-33.
- Kim, Sung Bae. 2013. Land Contamination Case and Environmental Justice. *Korean Environmental Law Association*. 35(2): 3-60.
- Kwon, Hae Soo. 2001. Environmental Justice Movements and Its Political and Social Effects in US. *Environment and Life*. 28: 150-163.
- Kwon, Hae Soo. 2002. Environmental Justice Movement in Korea. *Seoul Association for Public Administration*. 13(2): 151-166.
- Laurent, Éloi. 2011. Issues in Environmental Justice within the European Union. *Ecological Economics*. 70(11): 1846-1853.
- Lee, Chong Bum. 1991. A Study on the Air Pollution Potential in the Central Part of Korea. *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*. 7(1): 41-47.
- Lee, Duk Yon. 2013. Extension and Connotation of Environmental Justice Concept- Interpreting Methodology of the Constitution and Environmental Legal Implications. *Korean Environmental Law Association*. 35(2): 133-176.
- Lejano, Raul P. and Hiroyuki Iseki. 2001. Environmental Justice: Spatial Distribution of Hazardous Waste Treatment, Storage and Disposal Facilities in Los Angeles. *Journal of Urban Planning and Development*. 127(2): 51-62.
- Lewis, Tonya and Sean Bennett. 2013. Environmental Justice and the Demographic Threshold: Are Benefits Reaching Communities at Risk?. *Environmental Justice*. 6(6): 213-218.
- Maantay, Juliana and Andrew Maroko. 2009. Mapping Urban Risk: Flood Hazards, Race, & Environmental Justice in New York. *Applied Geography*. 29(1):111-124.
- Mank, Bradford C. 2008. Executive Order 12, 898. In M. B. Gerrard/Sh. R. Foster(ed.). *The Law of Environmental Justice*. 2nd. Ed. *American Bar Association*.
- Michael Ash, James K. Boyce, Grace Chang, and Helen Scharber. 2013. Is Environmental Justice Good for White Folks? Industrial Air Toxics Exposure in Urban America. *Social Science Quarterly*. 94(3): 616-636.
- Park, Han Nah and Jae Min Song. 2014. Empirical Study on Environmental Justice through Correlation Analysis of the Flood Vulnerability Indicator and the Ratio of the Poor Population. *Korea Planning Association*. 49(7): 169-186.
- Pedersen, Ole W. 2010. Environmental Principles and Environmental Justice. *Environmental Law Review*. 12(1): 26-49.
- The Hankyoreh. 2013. 3. 22. Hynix Cheongju Factory Chlorine Leak...Suspicion of Concealment. <http://www.hani.co.kr/ar-ti/society/area/579282.html>.
- Wilson, Sacoby M., Herb Fraser-Rahim, Edith Williams, Hongmei Zhang, Lashanta Rice, Erik Svendsen and Winston Abara. 2012. Assessment of the Distribution of Toxic Release Inventory Facilities in Metropolitan Charleston: An Environmental Justice Case Study. *American Journal of Public Health*. 102(10): 1974-1980.
- Yang, Choong Heon, In Chul Yang, Chun Joo Yoon, and Jung Gon Sung. 2013. Impact Analysis of Air Quality of Mobile Sources Using Microscopic Emission and Dispersion Model. *Korean Society of Road Engineers*. 15(4): 167-175.
- Yun, Sun Jin and Mi Jin Jang. 2005. [Special Theme: Environmental Justice: Empirical Studies] Looking at the Ambient Air Pollution Caused by Car Emission from the Perspective of Environmental Justice: Problem Construction, Analysis and Exploration of an Alternative Approach. *ECO*. 9: 7-44.
- Yun, Sun Jin. 2004. Energy and Environmental Justice: Focused on Environmental Inequity of a Nuclear: Centered Electricity System. *ECO*. 7: 78-114.
- Yun, Sun Jin. 2006. Connecting Social Justice with the Environment-Environmental Justice: Focussing on the Case of Nuclear Powerplants' Siting and Operation. *Institute of Social Research, Korea University*. 7(1): 93-143.
- Yun, Sun Jin. 2006. Looking at the Selection Process of Low and Medium Level Radioactive Waste Disposal Site from

an Environmental Justice Perspective. *ECO*. 10(1): 7-42.
 Zwickl, Klara, Michael Ash and James K. Boyce. 2014. Regional Variation in Environmental Inequality: Industrial Air Toxics Exposure in U.S. Cities. *Ecological Economics*. 107: 494-509.

Korean References Translated from the English

권해수. 2001. 미국의 환경정의 운동과 정치·사회적 영향. *환경과생명*. 28: 150-163.
 권해수. 2002. 우리나라의 환경정의운동 연구. *한국사회와 행정연구*. 13(2): 151-166.
 김성배. 2013. 토양오염사건과 환경정의. *환경법연구*. 35(2): 3-60.
 김인수, 양충현, 허혜정. 2014. 도시계획에 따른 개발밀도에 근거한 도시 대기오염 확산분석. *한국도로학회논문집*. 16(3): 21-33.
 박한나, 송재민. 2014. 침수 취약성 지표와 사회적 취약계층 비율 간의 상관관계 분석을 통한 환경정의 실증 연구. *국토계획*. 49(7): 169-186.
 반영운. 2007. 환경정의 지표 개발. *도시행정학보*. 20(3): 3-23.
 배수호, 양준필, 홍성우. 2014. 환경정의 관점에서의 지방상하수도서비스 분석: 일반시·군 지역 간의 비교를 중심으로. *지방정부연구*. 17(4): 213-237.
 양충현, 양인철, 윤천주, 성정근. 2013. 미시적 탄소배출량 및 대기확산 모형을 이용한 이동오염원에 의한 대기 질 영향 분석. *한국도로학회논문집*. 15(4): 167-175.
 엄은희. 2013. 환경(부)정의의 공간성과 스케일의 정치학: 밀양

송전탑 갈등을 사례로. *공간과사회*. 22(4): 52-90.
 윤순진, 장미진. 2005. [특집: 환경정의: 경험적 연구] 자동차 배기가스 오염. 환경정의 관점에서 바라보기: 문제의 구성과 해부. 대안의 탐색. *환경사회학연구 ECO*. 9: 7-44.
 윤순진. 2004. 에너지와 환경정의: 원자력 중심 전력체제의 환경불평등을 중심으로. *환경사회학연구 ECO*. 7: 78-114.
 윤순진. 2006. 사회정의와 환경의 연계. 환경정의: 원자력 발전소의 입지와 운용을 중심으로 들여다보기. *한국사회*. 7(1): 93-143.
 윤순진. 2006. 환경정의 관점에서 본 중·저준위 방사성 폐기물 처분장 입지선정과정. *환경사회학연구 ECO*. 10(1): 7-42.
 이덕연. 2013. 환경정의 개념의 외연과 내포-헌법해석론 및 환경법적 함의. *환경법연구*. 35(2): 133-176.
 이종범. 1991. 중부지방 각지의 대기오염잠재력에 관한 연구. *한국대기보전학회지*. 7(1): 41-47.
 정성영. 2013. 환경정의 관점에서의 생활폐기물 관리정책. *성균관대학교 석사학위논문*.
 최병두. 1998. 생태학과 환경정의. *대한지리학회지*. 33(4): 499-523.
 한겨레신문. 2013년 3월 22일자. 하이닉스 청주공장 염소 누출...은폐 의혹도. <http://www.hani.co.kr/arti/society/area/579282.html>.
 허훈, 홍성우. 2015. 환경정의 관점에서의 군사시설 입지와 운용에 따른 갈등 및 피해실태 분석: 미군 영평사격장 사례를 중심으로. *분쟁해결연구*. 13(3): 29-64.

Received: Aug. 21, 2016 / Revised: Nov. 22, 2016 / Accepted: Feb. 27, 2017

불산 가스 누출 시 피해 우려지역의 환경정의 특성 분석

– 청주시를 중심으로 –

국문초록 본 연구의 목적은 불산 가스가 누출되는 사고가 발생했을 경우 피해가 우려되는 지역의 환경정의 특성을 분석하는 것이다. 분석방법으로는 대기질에 미치는 영향범위 및 정도를 예측하기 위하여 대기확산모델인 AERMOD와 사회·경제적 특성을 살펴보기 위하여 ArcGIS를 사용하였다. 피해 우려지역과 피해 비 우려지역의 사회·경제적 특성을 비교한 결과는 다음과 같다. 1) 피해 우려지역의 경우, 평균 공시지가 562,127원, 평균 14세 이하 인구 비율 19.93%, 평균 65세 이상 인구 비율 6.3%이다. 반면, 피해 비 우려지역의 경우 평균 공시지가 184,293원, 평균 14세 이하 인구 비율 17.85%, 평균 65세 이상 인구 비율 8.63%이다. 따라서 피해 우려지역의 평균 공시지가가 비 피해 우려지역보다 약 3배 높았고, 14세 이하 인구 비율은 약 2% 높게 나왔고, 65세 이상 인구 비율은 약 2% 낮게 나왔다. 2) 피해우려지역 내에서 불산 가스의 농도가 0.1 ppm에서 0 ppm으로 갈수록 평균 공시지가는 낮아졌지만, 14세 이하 인구 비율, 65세 이상 인구비율, 평균 어린이 이용시설 개수는 증가하였다.

주제어 : 환경정의, 사회·경제적 특성, 불산 가스, 유해화학물질 누출, AERMOD 모델, 산업단지

Profiles **Yong Un Ban** : He received his M.A. from Yonsei University and Ph.D. from University of Pennsylvania. He is a professor of the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included sustainable development, urban spatial configuration, space syntax, eco-industrial park, climate change, and environmental justice. He has published 74 articles in journals and written 5 co-author books(byubyu@chungbuk.ac.kr).

Sang Sup Lee : He received Ph.D. in Environmental Engineering in the University of Cincinnati and worked as a postdoctoral researcher at Stanford University. He is an associate professor in the Department of Environmental Engineering at Chungbuk National University. His research interests include combustion, air pollution control, energy conversion process and mercury chemistry(slee@chungbuk.ac.kr).

Gyeong Ho Jin : He received his B.S. from Chungbuk National University, Korea. He is at a Master's course in the Department of Environmental Engineering at Chungbuk National University. His research interests included air pollution control(bluei4174@hanmail.net).

Jong In Baek : He received his M.A. from Chungbuk National University, Korea in 2008. He finished the coursework in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included sustainable development, urban spatial configuration, eco-industrial park, climate change, and environmental justice(yahoback@nate.com).

Na Eun Hong : She received her B.S. from Chungbuk National University, Korea in 2015. She is at Master's course in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. Her research interests included climate change adaptation, urban regeneration(kongna92@nate.com).

Sang Wook Gang : He received his B.S. from Chungbuk National University, Korea in 2016. He is at a Master's course in the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University. His research interests included climate change adaptation, urban regeneration, eco-industrial park, and environmental justice(keigun91@naver.com).

Tae Ho Kim : He received his MSE. from the Department of Urban Engineering at Chungbuk National University, Korea in 2017. His research interests included climate change adaptation, low impact development, eco-industrial park, and environmental justice(kimth9769@naver.com).