

# 공간회귀분석을 이용한 전국 소각장의 입지특성 분석연구

## Spatial Regression Analysis on the Locational Characteristics of Incineration Plants in Korea

양원탁\* · 윤윤진\*\* · 장성주\*\*\*

\*한국과학기술원 건설 및 환경공학과 석사과정 / \*\*한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수 /

\*\*\*한국과학기술원 건설 및 환경공학과 교수

Yang, Wontak\* · Yoon, Yoonjin\*\* · Chang, Seongju\*\*\*

### 국문요약

증가하는 폐기물을 처리하기 위하여 소각시설의 설치는 증가하고 있으나 소각시설은 인근지역의 환경에 악영향을 미칠 가능성이 큰 환경기초시설이므로 지역단위의 객관적인 입지환경 분석이 요구되고 있다. 하지만 데이터 구축의 어려움으로 인하여 지리데이터를 이용한 종합적인 분석은 시도되지 못하고 있으며, 이에 본 연구는 소각시설의 사회·기술·환경 등의 다양한 데이터를 구축하여 지역단위의 소각시설의 입지특성을 규명하고자 한다. 먼저 핫스팟 분석기법을 이용하여 전국 소각시설의 입지밀도 분석을 수행하였으며, 수도권과 전라남도의 신규입지시설의 설치가능성이 높음을 도출하였다. 이를 토대로 통계적인 기법을 통한 전국단위와 두 지역단위의 입지밀도 증가와 상관관계를 지닌 요인을 규명하기 위하여 공간회귀모형을 수행하였으며 최소자승법에 의한 일반적 선형회귀모형에 비해 모형적합도가 향상된 결과를 도출할 수 있었다. 본 연구에 적용한 분석기법을 이용할 경우 지역단위의 다양한 시설의 입지환경을 종합적으로 분석할 수 있을 것으로 보이며, 나아가 소각시설의 관리에 대한 객관적인 자료로 이용이 가능할 것으로 예상된다.

### Abstract

Due to continuous establishment of new facilities, objective analysis of the locational characteristics of incineration plants based on regional conditions is needed. However, most studies in this domain have not actively dealt with this issue. In this context, the goal of this study is to explain trends in incineration plant location using a statistical approach implemented with geographic data. This study first analyzed the locational density of incinerators using Hot-spot analysis. The results show that metropolitan areas and Jeollanam-do have potential to install new incineration plants. Based on this result, this study conducted statistical analysis using spatial regression to control for potential spatial autocorrelation. The results indicate that the goodness-of-fit of the spatial regression model is superior to the Ordinary Least Squares (OLS) model. The analytical method employed by this study can be applied to the evaluation of the locational conditions of various facilities. Furthermore, regional studies can provide objective information for establishing waste management policies.

주제어 : 소각장, 입지특성, 입지밀도, 공간회귀분석, 회귀분석

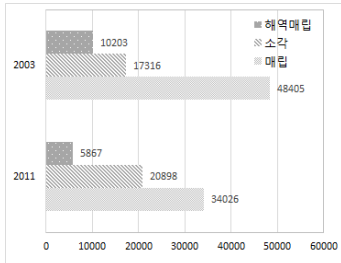
Keywords : Incineration Plant, Locational Characteristics, Spatial Density, Spatial Regression, Regression

본 연구는 국토교통부의 첨단도시개발사업의 연구비지원(11첨단도시G08)에 의해 수행되었습니다.

Corresponding Author : Chang, Seongju, Professor, Department of Civil & Environmental Engineering, Korea Advanced Institute of Science and Technology(KAIST), 291 Daehak-ro, Yuseong-gu, Daejeon 305-701, Korea, Tel: +82-42-350-3627, E-Mail: schang@kaist.ac.kr

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적



〈그림 1〉 국내의 폐기물 처리  
출처: 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2012, 환경부

우리나라의 경제성장과 생활수준 향상은 급속한 생활패턴의 변화를 가져왔으며, 이로 인해 폐기물 발생량은 지속적으로 증가하게 되었다<sup>1)</sup>. 폐기물을 처리하기 위하여 기존에는 그림1과 같이 주로 매립에 의한 처리에 큰 비중을 두고 있었으나 시간이 지나면서 점차 매립에 의한 처리량은 감소한 반면 소각에 의한 처리량은 증가하고 있다.

소각시설 확충의 필요성은 시간이 지남에 따라 증대되고 있으나 소각시설은 환경기초시설로서 악취, 소음, 대기오염 등의 문제를 지니고 있어 인근지역에 악영향을 미칠 가능성이 크다. 따라서 지역여건이 반영된 소각시설의 입지환경에 대한 실증분석이 요구되고 있으나 데이터 구축의 어려움과 신뢰성 문제로 인해 지역단위의 종합적인 입지특성에 대한 분석은 시도되지 못하였다(윤영봉, 2006). 하지만 최근 다양한 국가공간정보의 통합 및 공개의 확대에 인하여 다양한 공간데이터로의 접근이 용이해졌으며(김희수, 2013), 이를 이용하여 기존 소각시설의 입지환경에 대한 통계적인 분석을 수행하여 입지상의 문제점을 진단하고 시설관리에 이용가능한 객관적인 정보를 제공할 필요가 있다.

이러한 배경에 따라 본 연구는 ① 국내 소각장의 위치정보에 의한 입지밀도의 변화를 분석하고, ② GIS에 의해 구축된 지리데이터를 통계적인 분석기법을 이용하여 밀도가 높은 소각장의 입지특성을 종합적으로 분석하여 소각시설의 관리 및 인근 지역에 예상되는 피해에 대한 객관적인 정보를 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 1.2. 연구의 범위

폐기물 처리시설은 환경기초시설로서 지역여건에 의해 입지가 이루어지므로, 지역단위의 분석이 불가피하다. 따라서 본 연구에서는 입지밀도분석을 수행하여 신규 소각시설의 설치가능성이 높은 수도권과 전라남도 지역을 대상지역으로 설정하였으며, 이와 함께 전국단위의 입지특성분석을 함께 수행하였다. 이때 소각시설은 지자체가 운영하는 시설로 한정하였다. 또한 각 소각장의 지리데이터 구축을 위한 1차적인 반경은 『폐기물 처리시설 설치촉진 및 주변지역지원 등에 관한 법률』에서 규정하는 간접영향범위인 2km, 2차적인 반경은 국내 8개 소각장의 평균 부지면적으로 산출한 133m로 설정하였다. 각 폐기물 처리시설의 입지밀도변화분석을 위한 시간적 범위는 『폐기물 처리시설 설치촉진 및 주변지역 지원 등에 관한 법률』의 주요 개정시점인 1999년, 2007년, 2011년으로 설정하였으며, 회귀분석에 의한 입지특성분석은 2011년을 기준시점으로 하였다.

### 1.3. 선행연구 고찰

소각장의 입지환경에 대한 분석은 주로 적정 후보지를 선정하기 위한 평가항목 및 방법들의 도출 및 객관적인 평가항목들의 중요도를 산출하기 위한 방향으로 진행되었다. 김기철 외(1999)는 폐기물처리시설의 보다 효율적인 적정 후보지선정을 위하여 10인의 환경전문가를 대상으로 하는 설문조사결과를 이용한 순서척도기법을 제안하였으며, 이를 여주군에 적용하였다. 이희연 외(1999)는 단순도면중첩방식에 적용되는 기준치의 주관성을 보완하고자 퍼지집합과 AHP기법을 이용하여 서울시 10개구를 대상으로 한 후보지 간의 적합도를 분석하였다. 또한 추후 연구로서 다음해에는 다기준 평가방법을 이용하여 표1에 기술한 평가기준에 대한 상대적인 중요도를 부여하고, 퍼지 함수를 이용하여 이들 기준을

1) 환경부 환경통계에 따르면 2011년 폐기물 발생량은 383,333(톤/일)으로 2000년 234,283(톤/일)의 약 1.6배에 달함

표준화하여 적정 후보지를 선정하는 연구를 수행하였다(이희연, 2000). 한편 조인성(2006)은 폐기물처리시설의 입지타당성 평가보고서를 이용하여 평가항목을 도출하였는데, 주요 평가항목은 생태계, 대기오염, 악취, 수질, 진출입로의 설치, 처리용량, 접근성, 효율성, 인근 주거현황, 토지이용, 재해가능성, 건설용이성, 토지취득, 건설비용 등이다. 선행연구 분석결과 소각시설의 입지와 관련된 대부분의 분석은 지리데이터를 이용한 지역의 여건을 반영한 종합적인 분석에는 한계성을 지니는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 시도되어오지 못한 사회, 경제 등의 다양한 지리데이터를 이용한 통계적인 분석을 통해 지역별로 입지밀도가 높은 소각시설의 입지특성을 분석하고자 한다.

한편 공간적 분포와 이들의 영향요인을 통계적으로 규명하고자 하는 연구는 주로 지리데이터를 이용함에 따른 공간적 자기상관성을 측정하고, 이를 통제하기 위하여 공간가중치를 반영한 공간회귀모형을 이용하는 연구가 진행되는 것으로 나타났다. 변문정(2007)은 울산시 의료시설의 공간적 입지분포에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위하여 공간 데이터를 이용하여 공간회귀분석을 수행하였다. 정경석(2010)은 도시 내에서 발생하는 범죄의 분포패턴과 이에 미치는 영향을 분석하기 위하여 시계열 공간패턴분석과 공간회귀분석을 수행하였다. 심준석 외(2013)는 역세권의 공간구조특성을 분석하기 위하여 지리가중치에 따른 공간회귀분석을 수행하였다. 본 연구는 지리데이터를 이용하여 소각장의 입지특성을 통계적으로 분석하고자 하는 것으로 각 시설 사이에 공간적 종속성이 발생할 가능성이 높기 때문에 공간회귀분석을 이용하여 이를 통제할 필요가 있다.

〈표 1〉 폐기물처리시설의 입지평가항목 (이희연, 2000, 조인성, 2006)

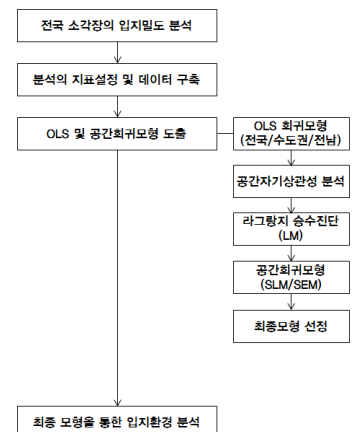
조건	세부항목
제한요인	토지이용
	지질현황
기준요인	바람에 의한 영향
	수계
	경사
	표고
	인근 주거 현황
입지타당성 평가항목	도로현황
	생태계, 대기오염, 악취, 수질, 진출입로 설치, 처리용량, 접근성, 효율성, 인근주거현황, 토지이용, 재해가능성, 건설용이성, 토지취득, 건설비용

## 2. 연구의 방법

본 연구는 그림2와 같이 총 4단계로 구성된다. 첫째, 전국의 소각시설을 대상으로 입지밀도와 운영현황에 대한 분석을 통해 연구의 대상지역을 설정하였다. 둘째, 소각시설의 입지환경을 분석하기 위한 지표를 설정하고, 지리데이터를 구축하였다. 셋째, 전국단위와 입지밀도분석에 의해 향후 신규 소각시설의 설치가능성이 가장 높은 지역을 대상으로 선형회귀모형과 공간회귀모형을 도출하였다. 넷째, 최종 회귀모형을 통한 전국 및 지역단위 소각장의 입지밀도가 높은 지역의 입지환경을 분석하였다. 본 연구에서 군집성 분석 및 지리데이터 구축은 ArcGIS 10.1을 이용하였고, 입지밀도 분석은 Crimestat 3.3을 이용하였으며, 회귀분석은 SPSS 20과 GeoDa를 이용하였다.

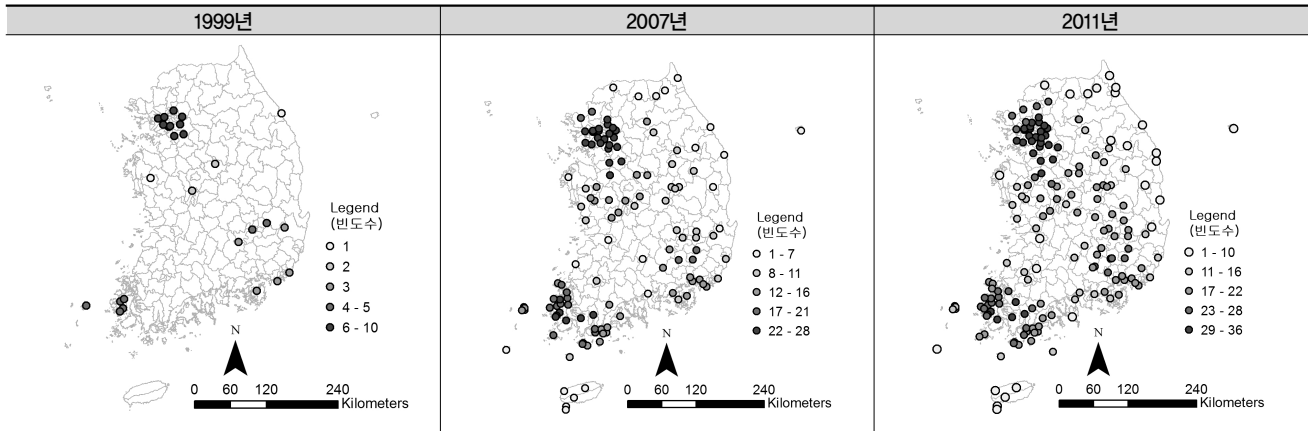
### 2.1. 분석의 대상지역 설정

국내 소각장 입지분포의 특징적인 지역을 도출하기 위하여 각 시설의 입지분포밀도 분석과 지역별 폐기물 발생 및 처리현황분석을 수행하였다. 먼저 입지밀도 분석은 세 가지 시간적 범위에 따라 공간적 분포밀도분석에 이용되는 핫스팟(Hot-spot) 분석기법인 점위방법을 이용하여 전국 소각장의 군집특성 지역을 도출하였다. 점위 방법은 사상의 입지밀도가 가장 높은 지역으로부터 서수적으로 핫스팟을 지정하는 방법으로 영역을 구체화하지 못하나 각 사상에 대한 특징을 직관적으로 이해할 수 있는 장점이 있다(진창중 외, 2012). 특히 퍼지 모드(Fuzzy Mode)를 이용할 경우 각 소각시설 인근의 입지빈도수를 도출할 수 있으며, 이를 표2와 같이 지도에 표현하여 시각화하였다. 그 결과 1999년에는 수도권을 중심으로 소각시설이 입지해온 반면, 점차 수도권과 전라남도 지역을 중심으로 입지밀도가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 이 두 지역을 중심으로 폐기물 발생 및 처리현황을 조사하였다. 서울, 경기, 인천을 포함한 수도권의 총 폐기물 발생량은 123,576(톤/



〈그림 2〉 연구 흐름도

〈표 2〉 국내 소각장의 입지밀도변화 분석



〈표 3〉 지역별 소각시설 운영현황

구분	시설 수	처리용량*	시설 당 처리용량*
수도권	31	8,848	285
강원도	14	355	25
충청북도	9	465	52
충청남도	14	1,166	83
전라북도	2	600	300
전라남도	49	876	18
경상북도	23	564	25
경상남도	24	3,146	131
제주도	6	274	46

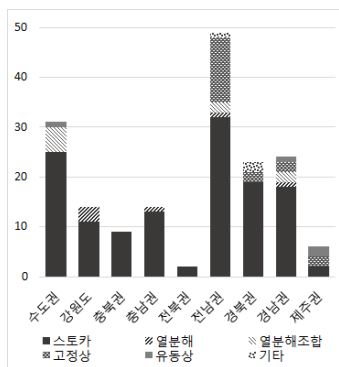
\*처리용량의 단위는 톤/일으로 환산함  
(2011년 기준으로 지자체가 운영하는 시설을 대상으로 조사하였음)

출처: 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2011, 환경부

일)으로 전국의 약 33%를 차지하고 있으며, 표3과 같이 시설 당 처리용량이 285(톤/일)인 31개의 소각시설을 통해 처리되는 폐기물의 양은 약 8,848(톤/일)에 이른다. 한편 전라남도의 총 폐기물 발생량은 39,265(톤/일)로 수도권 제외 타 지역 대비 높은 수치를 나타내고 있고, 49개의 시설이 운영되고 있음에도 불구하고 대부분 중·소규모시설에 해당하여 처리용량은 수도권의 1/10에 불과하다. 지자체의 폐기물 처리시설의 확충, 폐기물의 감량 및 자체 처리를 유도하기 위하여 시행되고 있는 『폐기물반입총량제도』에 따라 전국 폐기물 발생량의 1/3을 차지하고 있는 수도권과 폐기물 처리시설의 수요 대비 공급이 부족한 전라남도 지역이 신규소각시설의 설치가능성이 높은 것으로 판단되므로 이 두 지역을 분석의 대상지역으로 설정하였다.

## 2.2. 전국 소각시설의 유형분류

지역별 소각장의 소각로 유형을 살펴보면 그림3과 같이 대부분의 지역에서 스토키(Stoker) 방식을 이용하고 있었으며, 전라남도의 경우 유동상 방식이 비교적 높은 비율을 차지하고 있었다. 스토키 방식은 이동 화격자 위에 피소각물을 투입하여 교반 및 이송시키면서 소각하는 방식으로 전처리 과정이 필요 없고 대규모의 생활폐기물 처리에 적합하며 폐열을 이용할 수 있기 때문에(이정임 외, 1999) 대부분의 지역에서 이 방식을 선호하는 것으로 보인다. 반면 유동상 방식은 소각로의 바닥에서 공기를 송입하고, 분산판 위에 불연성 유동매체를 이용하여 유동층을 형성하여 피소각물을 소각하는 방식으로, 대규모 처리는 불가능하나 축열 효과에 의한 간헐적 운전이 가능하여(배재근, 2008) 폐기물 자체 처리가 필요한 전라남도의 섬 지역을 중심으로 주로 설치된 것으로 판단된다.



〈그림 3〉 전국 소각장의 유형

출처: 전국 폐기물 발생 및 처리현황, 2011, 환경부

## 2.3. 회귀분석을 이용한 소각장의 입지특성 분석

### 2.3.1. 지표의 선정 및 데이터 구축

회귀분석을 위한 변수의 1차적인 구성은 표4와 같다. 종속변수는 각 폐기물의 입지밀도를 이용하여 밀도가 높은 시설주변의 환경특성을 분석하고자 하였다. 독립변수는 소각장의 적정입지선정을 위한 평가기준(이희연, 2000)과 폐기물 처리시설의 입지타당성 평가항목(조인성, 2006)을 참고하여 용도지역, 도로와의 거리, 지목, 반경 내 인구, 표고, 경사, 지질 현황 등 소각장 주변 환경변수가 포함되었으며, 이와 함께 소각 방식과 용량, 운영비, 초기투자비, 공시지가를 포함한 총 39개의 변수가 선정되었다. 이때, 초기투자비와 운영비, 계획 시점의 공시지가 등은 식 (1)과 같이 해당연도의 실질이자율을 적용하여 분석의 시점을 2011년으로 환산하였다<sup>2)</sup>. 세부적인 데이터의 출처는 표5와 같다.

〈표 4〉 소각장 입지특성 분석을 위한 변수의 구성

구분	변수			설명		변수특성			
독립 변수	종속변수		소각장 분포밀도		소각장의 점 사상 별 입지밀도 (2011년)		개소		
	입지			소각용량		1일 소각용량		(톤/일)	
				소각방식		스토카 화격자, 고정화격자, 열분해, 열분해조합, 유동상		더미변수 (0, 1)	
		경제	설치비용	소각장 설치비용	초기설치비용		백만원		
	운영비용		연간 유지관리비	연간 유지관리비		백만원			
	부지조성		계획시점의 공시지가		계획시점에서의 표준공시지가		원/㎡		
	접근성		인접도로와의 거리		각 소각장으로부터 인접한 도로와의 거리		m		
			도로 연장길이		1차 영향권(2km) 내의 총 도로 연장거리		m		
	사회	토지이용			지목		대지, 잡종지, 임야, 전, 답		더미변수 (0, 1)
			용도지역	도시	주거지역	1종일반주거지역		더미변수 (0, 1)	
						2종일반주거지역			
					공업지역	준주거지역			
						일반공업지역			
			관리지역	준공업지역					
				계획관리지역					
				보전관리지역					
			생산관리지역						
			농림지역						
		자연환경보전지역							
				주거지역과의 거리		각 소각장에서 인접한 초등학교와의 거리		m	
		바람, 악취 등에 의한 영향		1차 영향권(2km) 내의 총 인구수		명			
기술	지질현황	모암	쇄설성 퇴적암	퇴적암류	더미변수 (0, 1)				
			쇄설성 퇴적층						
			탄산염 석회암						
			비다공질 화산암	화성암류					
			다공질 화산암						
			화성암						
			준편마암	변성암류					
		토심	2차적 반경(133m) 내의 평균 토심			cm			
	표고 현황		2차적 반경(133m) 내의 평균 고도			m			
	평균 경사도		2차적 반경(133m) 내의 평균 경사도			°			
환경	생태계	생태자연도 상 각 등급지역과의 거리	생태자연도 1등급지와의 거리		m				
			생태자연도 2등급지와의 거리		m				
			별도관리지역과의 거리		m				
	수질		인접한 수계와의 거리		m				

〈표 5〉 데이터의 출처

구분	출처
도로	전국 표준노드링크
공시지가	한국토지정보시스템
지목	
용도지역	기상청 한국기후도
강수량	
생태자연도	환경공간정보서비스
하천정보	국가공간정보유통시스템
지질현황	국가지하수정보센터
초등학교위치	(주) Biz-GIS 공간데이터
거주인구	
표고 및 경사	
유효 토심	XsDB

입지적인 특성은 소각용량과 소각방식으로 구성되어 있으며, 이는 입지밀도가 높은 소각장의 설비특성을 파악하기 위하여 1차적인 변수로 구성하였다. 경제적 요인은 입지밀도가 높은 소각시설의 경제적 특성을 분석하기 위한 것으로 소각장 설치비용과 운영비용, 부지조성 비용과 접근성 등 4개의 지표로 구성하였다. 이 중 소각장 설치비용과 운영비용은 직접조사 방식과 환경부 통계를 이용하였으며, 부지조성 비용은 대표지번의 공시지가(원/㎡)를 이용하여 환산하였다. 한편 접근성을 파악하기 위하여 GIS를 이용하여 각 시설과 인접도로와의 거리 및 영향권 내 도로 연장길이를 이용하였는데 인접 도로와의 거리는 진출입로의 설치용이성을 파악하기 위함이며, 영향권 내 도로 연장길이는 폐기물 수집효율성을 파악하기 위하여 변수로 구성하였다.

사회적 요인은 토지이용현황과 주거지역과의 거리, 바람에 의한 영향 등 3개의 지표를 선정하였다. 먼저 각 소각시설의 토지이용현황을 파악하기 위하여 지목과 용도지역을 변

$$I_t = \frac{1+i_t}{1+f_t} - 1 \quad (1)$$

$I_t$ : t시점 실질이자율,  
 $i_t$ : t시점 명목이자율,  
 $f_t$ : t년도의 물가상승률

2) 본 연구에서는 한국은행 경제통계시스템에서 제공하는 1989년부터 2010년까지의 시중은행 정기예금금리(명목 이자율), 소비자물가지수, 물가상승률을 이용하여 각 년도의 실질이자율을 산출하였다.

수로 구성하였는데, 두 변수 모두 정성적인 데이터에 해당하므로 실제 회귀모형에 투입시키기 위하여 더미변수를 이용하여 정량화하였다. 또한 주거지역과의 거리를 분석의 지표로 선정하였으나 주거지역의 개념이 명확하지 않고, 실제 근린주구의 공간적 범위를 초등학교를 중심으로 한 도보권 내로 한정하여 계획이 이루어져왔기 때문에(김홍배 외, 2013) 이를 고려하여 초등학교를 주거지역의 중심으로 가정하여 각 소각시설과 가장 인접한 초등학교의 거리를 측정하였다. 한편 소각시설 운영에 따른 대기질, 악취 등에 대한 영향을 측정하기 위해서는 각 소각시설 인근의 기류에 대한 실제 모델링을 통해 영향권을 등농도 곡선으로 표시하고 이 영향권 내 거주하는 인구를 집계하여야 하나(김신도 외, 2010) 전국의 모든 소각시설에 대한 모델링이 현실적으로 불가능하다고 판단하여 관련법에 의한 간접영향범위인 반경 2km 내의 거주인구를 산정하였다. 기술적인 요인은 실제 소각시설의 건설에 영향을 미치는 지표들을 설정하였으며 직접영향권 내의 평균 고도, 경사, 지반의 안정성에 영향을 미칠 가능성이 있는 지질현황, 평균 토심으로 구성된다. 특히 지질현황에 따른 모암은 지반의 안정성에 대한 지표인 『산지관리법』에 의한 산사태위험지의 판정기준의 동일점수를 나타내는 퇴적암류, 화성암류, 변성암류 등 세 가지의 변수로 구성하였다. 마지막으로 생태환경적인 영향요인을 규명하기 위하여 『자연환경 보전법』에 의해 전국 자연환경정보에 따라 보전지역을 등급화한 생태자연도(Ecological Map)를 이용하였으며, 이에 보전이 우선적으로 필요한 생태1등급, 훼손을 최소화하는 지역인 생태2등급, 습지보호지역, 야생 동·식물 보호구역 등 별도의 법에 의해 보전이 요구되는 지역인 별도관리지역과의 거리를 환산하여 보전지역과 소각시설의 거리에 따른 영향을 파악하고자 하였다. 또한 인근 수계에 미치는 영향은 대기, 악취와 마찬가지로 주변 하천의 산화환원조건과 관련된 pH, 용존산소량 등의 실측조사가 필요하나(박정구, 2008), 각 소각시설 인근의 하천의 수질측정이 불가능하다고 판단되어 거리가 멀어질수록 수계에 미치는 영향이 줄어들 것이라는 가정 하에 인근 하천과 소각시설의 거리를 환산하여 분석에 이용하였다.

### 2.3.2. 회귀분석에 의한 소각장의 입지특성 분석

회귀분석에 앞서 1차적으로 선정된 변수들 간의 종속성 문제를 예방하기 위하여 변수 간 상관관계분석을 수행하였다. 분석에는 두 변수 사이의 공분산(2)을 이용한 피어슨 상관계수(3)를 이용하였는데, 이 수치가 0.7 이상인 독립변수들에 대하여 종속변수와 상관성이 낮은 변수들을 순차적으로 제외하는 방법을 이용하였다(이희연 외, 2012).

회귀분석은 선형회귀분석(OLS)을 통해 공간적인 가중치가 들어가지 않은 1차 회귀모형을 도출한 뒤 이들에 대한 공간회귀모형과의 비교를 통해 적합한 모형을 선정하는 절차로 진행되었다. 특히 변수의 선정은 진입 및 제거변수를 교환하여 전방선정 및 후방제거법의 문제를 보완할 수 있는 단계적 선택법을 이용하였다. 또한 표준잔차가  $\pm 3$ 인 변수를 대상으로 이상치 판별을 수행하였으며, Cook 거리가 1보다 큰 경우를 영향력 있는 사례로 판별하였다(이희연 외, 2012). Multicollinearity Condition Number를 이용하여 다중공선성을 진단하였으며, 이때 기준 값은 30으로 하였다(Anselin, 2005). 오차의 정규성은 오차항이 정규분포를 지닌다는 귀무가설의 Jarque-Bera 검정을 이용하여 검정하였다.

공간회귀분석은 종속변수와 오차항의 공간적 자기상관성 여부에 따라 공간시차모형(SLM), 공간오차모형(SEM)을 모두 고려하였으며, 이를 위해 공간적 자기상관성 분석과 공간회귀모형의 적합성 진단을 먼저 수행하였다. 공간적 자기상관성 분석에는 Moran's I 통계량을 이용하였는데, 이 지수는 연구대상지역 내 유사성을 지닌 값의 전반적인 군집경향을 하나의 지표로 나타낸다. 이때 1에 가까울 경우 양의 상관성을 의미하고 -1에 가까울 경우 음의 상관성을 지니며, 유의미한 공간적 자기상관성이 도출되면 공간회귀분석을

$$cov(X, Y) = \frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{n} \quad (2)$$

$cov(X, Y)$ : X와 Y의 공분산  
 $n$ : 총 사상 수  
 $\bar{X}, \bar{Y}$ : X와 Y의 표본평균

$$r = \frac{cov(X, Y)}{\sigma_x \sigma_y} \quad (3)$$

$r$ : 피어슨 상관계수  
 $cov(X, Y)$ : X와 Y의 공분산  
 $\sigma_x, \sigma_y$ : X와 Y의 표준 편차



수행할 필요가 있다(이희연 외, 2012).

공간모형 적합성 진단은 적용 가능한 공간회귀모형을 탐색하기 위한 분석을 의미하며, 라그랑지 승수검정(Lagrange Multiplier)의 유의확률을 이용하여 공간시차모형(4)과 공간오차모형(5)의 유의도를 비교하여 각 지역에 적합한 공간회귀모형을 진단하였다. 이때 유의도가 높은 모형을 최종적으로 선택할 수 있지만 본 연구에서는 각 지역에 대하여 공간시차모형, 공간오차모형을 모두 도출하였으며, 이들 모형 및 선형회귀모형의 모델 적합성 지수 평가를 통해 최종모형을 통해 비교분석하였다. 이때 적합성지수는 로그우도, AIC, SC를 이용하였다.(이희연 외, 2012). 최종적으로 선형 및 공간회귀모형의 이분산성은 오차항에 이분산성이 존재한다는 귀무가설의 Breusch-Pagan 검정을 통해 검정하였다.

$$y = \rho W_y + \beta X + \epsilon \quad (4)$$

$W$ : 공간가중행렬

$\rho$ : 공간적으로 시차된 공간자기회귀계수

$\epsilon$ : 오차

$$y = \lambda W_\mu + \beta X + \mu \quad (5)$$

$W$ : 공간가중행렬

$\lambda$ : 오차의 공간적 자기회귀계수

$\mu$ : IID(Independent and Identically

Distributed)오차

### 3. 국내 소각장의 입지특성 분석결과

#### 3.1. 최소자승법에 의한 선형회귀모형 분석결과

변수 간 상관계수 분석 결과 전국 및 전라남도 단위에서 초기투자비용과 소각용량이 각각 0.866, 0.965의 높은 상관관계를 지니고 있었으며, 최종적으로 종속변수와 상관성이 낮은 소각용량을 분석에서 제외하였다. 수도권지역의 경우에는 스토카 화격자방식과 열분해 조합 방식이 -0.895의 높은 음의 상관관계를 지니고 있었으며, 최종적으로 스토카 화격자방식이 분석에 제외되었다.

선형회귀분석결과는 표7에 나타내었다. 먼저 전국단위의 선형회귀모형은 33.5%의 설명력을 지니고, Multicollinearity Condition Number가 4.510으로 다중공선성 문제가 없는 것으로 나타났다. 또한 Jarque-Bera 검정에 의한 오차 비정규성에 대한 귀무가설이 0.496의 유의수준으로 기각되어 오차가 정규성을 지니는 것으로 나타났다. 단계 선택법에 의해 선정된 입지밀도 증감에 영향을 미치는 변수는 2km 내 도로의 총 연장길이, 평균 고도, 열분해조합(소각방식), 별도관리지역(생태자연도)과의 거리, 준공업지역(용도지역), 대지(지목), 유지관리비 등 7개 변수인 것으로 나타났다. 수도권의 경우 선형회귀모형의 설명력은 78.7%로 비교적 높은 수치를 나타내었고, 다중공선성의 문제가 없었으며, 오차 역시 정규분포를 나타내었다. 수도권의 입지밀도에 영향을 미치는 요인은 계획관리지역(용도지역), 담(지목), 임야(지목), 초등학교와의 거리, 열분해조합(소각방식) 등 5가지로 나타났다. 전남권의 OLS모형의 설명력은 68.6%이며, 다중공선성 문제가 없는 것으로 나타났고 오차의 정규성 역시 확인하였다. 입지밀도에 영향을 미치는 요인은 인근 도로와의 거리, 2km 내의 도로 총 연장길이, 화성암(지질도), 고정 화격자(소각방식), 인근 수계와의 거리 등 5개의 변수 인 것으로 나타났다.

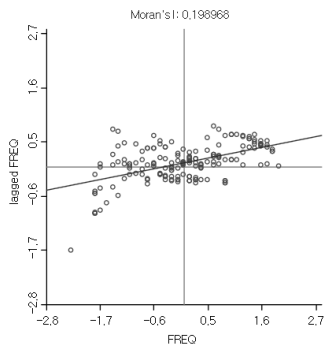
#### 3.2. 공간회귀모형 분석결과

전국단위와 핫스팟 지역으로 도출된 두 지역에 대하여 공간적 자기상관성 분석결과는 그림4와 같다. 분석 결과 전국, 수도권, 전남권 세 가지 지역단위에서 모두 유의미한 정적 자기상관이 존재하였으며, 각 수치는 0.1989 0.6648, 0.2155인 것으로 분석되었다. 또한 각 지역에서 나타나는 공간적 자기상관성의 위치를 파악하여 적합한 공간회귀모형을 선택하기 위하여 실시한 라그랑지 승수검정 결과는 표6과 같다. 그 결과 전국단위에서는 공간시차모형과 공간오차모형이 모두 유의한 것으로 나타났으며, 수도권과 전남권의 경우에는 공간시차모형만이 유의한 것으로 분석되었다. 따라서 전국단위는 두 모형을 비교분석하여 최종모형을 선택하였고, 수도권과 전남권은 공간시차모형을 최종모형으로 선정하였다. 각

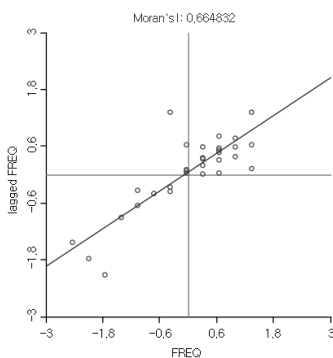
〈표 6〉 라그랑지 승수검정 결과

구분	Lagrange Multiplier	
	LM(lag)	LM(error)
전국	56,797*	55,960*
수도권	4,487*	2,891
전남권	7,894*	1,836

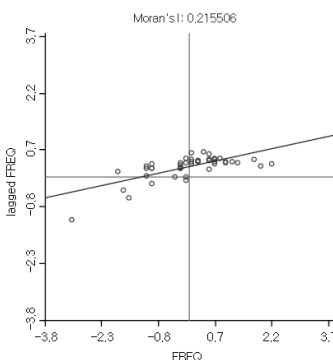
\* 유의수준 0.05 이하



(a) 전국단위의 공간자기상관성



(b) 수도권의 공간자기상관성



(c) 전남지역의 공간자기상관성

〈그림 4〉 공간적 자기상관성 분석결과

지역에 대한 공간시차모형과 공간오차모형은 OLS모형과의 비교를 위해 표7에 함께 나타내었다.

전국단위 공간시차모형의 설명력은 45.2%로 선형회귀모형보다 11.7%, 공간오차모형 43.8% 보다 1.4% 향상되었으며 공간효과를 나타내는  $\rho$ 는 0.782로 인접 소각장으로부터 약 78.2%의 유의미한 영향력을 받는 것으로 나타났다. 또한 비정규성과 이분산성의 귀무가설을 기각하여 오차의 정규성과 등분산성을 확인할 수 있었다. 수도권의 공간시차모형의 설명력은 82.8%로 선형회귀분석 78.7%에 비해 4.1% 향상되었으나 공간오차모형의 84.2%에 비해 1.4% 낮았다. 뿐만 아니라 로그우도, AIC, SC의 수치 역시 공간오차모형이 공간시차모형에 비해 적합한 것으로 나타났다. 하지만 본 연구에서는 라그랑지 승수검정(LM)에 의해 공간적 독립성에 대한 귀무가설을 0.05의 유의수준에서 기각한 공간시차모형을 최종모형으로 선택하였는데 이때 오차는 정규성을 지니고 공간효과는 38.4%인 것으로 나타났다. 전라남도의 공간시차모형은 74.1%의 설명력을 지니고, 세 모형 중 가장 적합도가 높았으며, 70.4%의 유의한 공간효과를 지니는 것으로 나타났다.

### 3.3. 최종 모형을 통한 지역별 소각장의 입지특성 분석결과

전국단위에서는 소각장의 입지밀도 증가에 긍정적인 영향을 미치는 요인은 2km 내 도로 총 연장길이, 열분해조합(소각방식), 별도관리지역(생태자연도)과의 거리, 대지(지목) 등 4개 변수인 것으로 나타났으며, 입지밀도 증가에 부정적인 영향을 미치는 요인은 평균고도, 준공업지역(용도지역) 등 2개변수인 것으로 분석되었다. 이를 통해 전국단위 소각시설의 입지밀도가 높은 지역의 특성은 ① 인근에 도로가 많이 분포되어 수집효율성과 접근성이 양호한 지역, ② 평균고도가 낮고 대지에 속하여 건설이 용이한 지역, ③ 발열량과 폐기물의 적용범위가 넓은 열분해조합방식을 이용하는 경우, ④ 준공업 지역에 속하지 않는 경우, ⑤ 생태보호를 위한 별도관리지역과의 거리가 멀어 생태계에 영향을 미칠 우려가 적은 지역인 것으로 나타났다. 또한 OLS 모형에서 유의한 변수로 나타난 유지관리비는 최종모형에서는 유의성이 없는 것으로 나타났다.

수도권의 경우에는 소각시설의 입지밀도 증가에 긍정적인 영향을 미치는 요인은 지목이 답 또는 임야에 속하는 경우인 것으로 나타났으며, 입지밀도 증가에 부정적인 영향을 미치는 요인은 계획관리지역, 초등학교와의 거리, 열분해조합방식을 이용하는 경우인 것으로 분석되었다. 이 지역의 입지밀도가 높은 지역은 ① 부지확보에 용이한 논이나 산지에 속하고, 도시화가 예상되는 계획관리지역에 속하지 않으며, ② 스토카 방식에 비해 대규모의 생활폐기물 처리에 경제성이 떨어지는 열분해 조합방식을 이용하지 않는 것으로 나타났다. 반면 ③ 초등학교와 가까운 곳에서 입지밀도가 증가하는 것으로 나타났으며 실제로 수도권 내 소각시설과 인근 초등학교와의 거리는 평균 1,389m에 불과한 것으로 나타나 주거지역에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 높은 것으로 판단된다.

전라남도 지역은 2km 내 도로의 연장길이, 화성암지대, 고정상의 소각방식을 이용하는 경우 입지밀도에 부정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이를 통해 입지밀도가 높은 소각시설의 지리적 특성은 ① 인근에 도로가 적게 분포되어 있고, ② 모암이 화성암이 아니며, ③ 운영을 위한 인력이 비교적 많이 필요한 유동상 방식을 이용하지 않는 것으로 분석되었다. 반면 ④ 수계망으로부터의 거리가 가까운 지역에 입지밀도가 높아지는 것으로 나타나 수계에 대한 영향이 발생할 것으로 예상된다. 특히 도로의 분포 측면에서 이 지역 소각시설의 90%는 영향권 내에 왕복 2차선 이상의 도로 연장길이가 500m 미만인 것으로 나타났으며 이 중 22개 시설은 인근에 단일차선의 도로만이 입지한 것으로 나타나 수집환경이 매우 열악한 것으로 나타났다.



〈표 7〉 국내 소각장의 입지밀도에 대한 회귀모형

구분	변수	일반적인 선형회귀모형(OLS)				공간시차모형(SLM)			공간오차모형(SEM)		
		B	t-통계량	유의확률	VIF	B	Z-value	유의확률	B	Z-value	유의확률
전국	(상수)	16,4777	15,376	0,000*		1,0382	0,627	0,531	13,3491	4,393	0,000*
	2km 내 도로 연장길이	0,00549	3,076	0,002*	1,932	0,0037	2,527	0,012*	00045	3,044	0,002*
	평균 고도	-0,0197	-3,618	0,000*	1,039	-0,0169	-3,625	0,000*	-00120	-2,361	0,012*
	소각유형-열분해조합	7,9429	3,281	0,001*	1,058	6,9985	3,249	0,001*	7,3210	3,397	0,001*
	별도관리지역과 거리	0,0003	2,962	0,004*	1,039	0,0003	2,946	0,003*	00003	2,851	0,004*
	용도-준공업지역	-13,2925	-3,052	0,003*	1,185	-11,0103	-2,820	0,005*	-12,3741	-3,147	0,002*
	지목-대지	6,2289	2,283	0,024*	1,060	5,4481	2,246	0,025*	5,4963	2,270	0,023*
	유지관리비	0,0004	2,059	0,041*	1,872	0,0003	1,787	0,074	0,0004	2,086	0,037*
	모델의 설명력		R <sup>2</sup> : 0,335, 수정된 R <sup>2</sup> : 0,307			R <sup>2</sup> : 0,452			R <sup>2</sup> : 0,438		
	F-검정		F: 11,743, p: 0,000*			-			-		
	오차 정규성	Jarque-Bera	1,404, p=0,496			-			-		
	오차 등분산성	Breusch-Pagan	8,063, p=0,273			5,083, p=0,650			6,998, p=0,429		
	모델 적합성	log likelihood	-565,102			-550,673			-553,310		
AIC		1146,2			1119,35			1122,62			
SC		1171,29			1147,57			1147,71			
공간효과(Log Coefficient)		-			ρ(Rho): 0,782, p=0,000*			λ(Lamda): 0,838, p=0,000*			
Likelihood Ratio		-			28,858, p=0,000*			23,583, p=0,000*			
다중공선성 진단		Durbin-Watson: 1,517, Multicollinearity Condition Number: 4,510									
수도권	(상수)	33,3398	68,283	0,000*		20,7882	4,583	0,000*	32,8347	47,980	0,000*
	용도-계획관리지역	-6,0266	-7,322	0,000*	1,315	-4,5067	-4,641	0,000*	-5,8704	-6,643	0,000*
	지목-답	11,0610	5,945	0,000*	1,551	8,2364	4,579	0,000*	9,0540	5,273	0,000*
	지목-임야	4,2607	4,574	0,000*	1,088	2,4478	2,767	0,006*	2,6327	2,737	0,006*
	초등학교와의 거리	-0,0011	-3,949	0,001*	1,152	-0,0008	-3,222	0,001*	-0,0007	-2,531	0,011*
	소각유형-열분해조합	-2,5648	-3,166	0,004*	1,274	-2,0952	-3,174	0,002*	-1,9855	-3,378	0,001*
	모델의 설명력		R <sup>2</sup> : 0,787, 수정된 R <sup>2</sup> : 0,745			R <sup>2</sup> : 0,828			R <sup>2</sup> : 0,842		
	F 검정		F: 18,529, p: 0,000*			-			-		
	오차 정규성	Jarque-Bera	0,054, p=0,973			-			-		
	오차 등분산성	Breusch-Pagan	5,831, p=0,323			3,193, p=0,670			7,573, p=0,181		
	모델 적합성	log likelihood	-52,595			-49,977			-49,896		
		AIC	117,189			113,955			111,793		
		SC	125,793			123,993			120,397		
공간효과(Log Coefficient)		-			ρ(Rho): 0,384, p=0,006*			λ(Lamda): 0,612, p=0,000*			
Likelihood Ratio		-			5,234, p=0,022*			5,396, p=0,020*			
다중공선성 진단		Durbin-Watson: 1,986, Multicollinearity Condition Number: 4,119									
전남권	(상수)	32,8921	28,175	0,000*		13,4592	3,475	0,000*	28,1115	11,059	0,000*
	인근 도로와의 거리	-0,0002	-3,451	0,001*	5,041	-9,850E-005	-1,615	0,106	-0,0002	-2,633	0,008*
	2km 내 도로 연장길이	-0,0263	-9,007	0,000*	1,414	-0,0137	-6,501	0,000*	-0,0117	-5,010	0,000*
	지질현황-화성암	-3,4762	-3,485	0,001*	1,184	-2,8474	-2,503	0,012*	-3,3031	-2,954	0,003*
	소각유형-고정상	-5,1523	-4,537	0,000*	1,350	-4,8368	-3,822	0,000*	-4,2948	-2,818	0,004*
	인근수계와의 거리	-0,0001	-2,726	0,010*	5,711	-0,0001	-2,194	0,028*	-9,847E-005	-1,758	0,078*
	모델의 설명력		R <sup>2</sup> : 0,686, 수정된 R <sup>2</sup> : 0,648			R <sup>2</sup> : 741			R <sup>2</sup> : 722		
	F 검정		F: 18,362 p: 0,000*			-			-		
	오차 정규성	Jarque-Bera	2,632 p=0,268			-			-		
	오차 등분산성	Breusch-Pagan	13,010, p=0,02*			9,081, p=0,106			5,183, p=0,394		
	모델 적합성	log likelihood	-130,729			-127,064			-128,897		
		AIC	273,458			268,128			269,794		
		SC	284,685			281,226			281,021		
공간효과(Log Coefficient)		-			ρ(Rho): 0,704, p=0,000*			λ(Lamda): 0,755, p=0,000*			
Likelihood Ratio		-			7,330, p=0,006*			3,664, p=0,06			
다중공선성 진단		Durbin-Watson: 2,156, Multicollinearity Condition Number: 7,477									

\*: 유의수준 0.05 이하

## 4. 결론

본 연구에서는 국내 소각장의 지리 데이터를 이용한 통계적 분석을 통해 지역별 소각시설의 입지밀도와 상관관계를 지닌 요인을 도출하였으며 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1) 전국의 소각시설의 입지밀도 변화를 분석한 결과 수도권과 전라남도 지역이 입지밀도가 뚜렷하게 증가하는 특성을 보였으며, 지역별 시설운영현황을 분석한 결과 수도권이 평균 385(톤/일)로 처리규모로 대규모 시설이 많은 반면, 전라남도지역은 18(톤/일)으로 중·소규모의 시설이 많이 차지하는 것으로 분석되었다.

2) 전국단위, 수도권, 전라남도지역 모두 종속변수에서 유의미한 공간적 자기상관성이 도출되었으며, 이에 따라 공간시차모형이 가장 적합한 회귀모형인 것으로 분석되었다.

3) 전국단위에서는 인근 도로의 연장길이, 열분해조합방식, 생태보호지역인 별도관리지역과의 거리, 대지가 입지밀도 증가에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 평균고도, 준공업지역이 입지밀도 증가에 부정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이는 인근에 도로 분포에 따른 수집효율성, 평균고도와 지목에 따른 건설용이성, 폐기물 적용범위, 생태보전지역에 대한 영향력에서 유리한 지역에서 입지밀도가 높은 경향을 보이는 것으로 해석된다.

4) 수도권 지역에서는 지목이 ‘답’ 혹은 ‘임야’에 해당하는 경우 입지밀도가 증가하는 경향을 보였으며, 용도지역이 계획관리지역에 속할 경우, 초등학교와의 거리가 멀어질 경우, 열분해조합방식의 소각유형을 이용하는 경우에 입지밀도가 감소하는 경향을 보였다. 이는 수도권에서 용지확보가 타 지역에 비해 어렵기 때문에 비교적 부지취득이 용이한 논과 산지에서는 입지밀도가 증가하지만 도시화가 예상되어 부지취득이 비교적 어려운 계획관리지역에서는 입지밀도가 감소하는 현상을 나타낸 것으로 보인다. 또한 스톡아 방식에 비해 생활쓰레기의 대량처리에 경제성이 떨어지는 열분해조합방식을 이용할 경우 입지밀도가 감소하는 현상을 보였다. 한편 초등학교와의 거리가 짧을수록 입지밀도가 증가하는 현상을 나타내었으며 이때 평균 거리는 1.4km 미만인 것으로 나타나 주거지역에 대한 피해가능성이 높다. 또한 밭과 임야에서 입지밀도가 증가하여 대기오염물질의 대량방출 시 농작물 및 생태계에 큰 피해를 미칠 가능성이 있으므로 시설주변의 기류에 대한 모델링을 통해 피해에 상지역을 도출하고, 대기오염물질에 대한 주기적인 모니터링이 필요할 것으로 보인다.

5) 전라남도에서는 인근도로의 연장길이가 짧은 지역, 화성암지대가 아닌 지역, 유동상방식을 이용하지 않는 경우, 수계와의 거리가 짧은 경우에 입지밀도가 증가하는 현상을 보였다. 이는 유동상방식이 섬 지역의 소규모의 광범위한 폐기물 처리에 용이하여 이용비용이 비교적 높지만 실제 입지밀도가 높은 지역은 내륙에 위치하여 스톡아 화력자 방식이 유리하기 때문에 입지밀도 증가에 부정적 영향을 미치는 것으로 판단된다. 한편 각 시설의 영향권 내에 왕복 2차선 이상의 도로가 거의 분포하지 않아 수집환경이 매우 열악한 것으로 나타나 폐기물 운송효율을 높이기 위한 최적경로의 설정이 필요할 것으로 보인다. 또한 하천 등 인근 수계에 대하여 악영향을 미칠 가능성이 있으므로 소각시설 인근수질의 정기적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

본 연구에서는 소각장의 입지밀도에 영향을 미치는 요인을 전국과 지역단위로 구분하여 분석하였다. 그 결과 각 지역단위에서 입지밀도에 영향을 미치는 요인이 상이함을 알 수 있었으며 공간회귀모형을 이용하여 모형의 적합성을 향상시킬 수 있었다. 한편 폐기물 처리시설의 입지결정은 지자체 고유의 사안으로 지역여건에 따라 이루어지므로 분석결과를 모든 지역에 동일하게 적용하는 것은 불가능하다. 하지만 본 분석방법을 다른 지역 혹은 다른 시설에 적용한 종합적인 입지특성의 분석이 가능할 것으로 예상되며, 이는 각 시설의 운영 및 관리를 위한 주요정책 수립을 위한 기초자료로 이용할 수 있을 것으로 판단된다.

## 참고문헌

1. 김기철 외 3인 1999, “폐기물 처리시설 입지선정의 효율화 방안에 관한 연구”, 『환경영향평가』, 8권, 1호, pp.71-79.
2. 김성중·박현서 2004, “폐기물 소각기술의 변천과 신기술 동향”, 『자원리싸이클링』, 13권, 4호, pp.46-52.
3. 김신도 외 6인 2010, “On-line GC-PID를 이용한 부천시 대기 중 BTEX 농도 분포 특성에 관한 연구”, 『한국도시환경학회지』, 10권, 3호, pp.325-334.
4. 김홍배·박준화 2013, “저탄소 도시개발을 위한 녹색인증기준에 관한 연구-근린주구 중심으로”, 『국토계획』, 48권, 2호, pp.281-293.
5. 김희수 2013, “정부 3.0 구현을 위한 국가공간정보정책 방향”, 『국토』, 제379권, pp.5-11.
6. 박정구 2008, “비위생매립지의 지하수에 의한 주변지하수 오염의 거동특성에 관한 연구”, 안동대학교 대학원 박사학위논문.
7. 배재근, 2004, 『폐기물처리공학』, 서울, 구미서관.
8. 변문정 2007, “울산시 의료시설이 공간적 입지패턴 연구”, 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.
9. 변필성 2007, “공간계량경제모델링: 지리학의 제1법칙과 공간회귀모델”, 『국토』, 제304권, pp.111-119.
10. 심준석 외 3인 2013, “지리가중회귀모델을 이용한 역세권 공간구조 특성 분석”, 『한국지리정보학회지』, 16권, 1호, pp.67-79.
11. 오길중 외 8인 2008, “전과정평가기법을 이용한 생활폐기물 관리 지원시스템 개발 (I) - 수집·운반을 중심으로”, 환경부 국립환경과학원.
12. 윤영봉 2006, “폐기물 매립지 적지선정을 위한 평가기법 개발”, 전남대학교 대학원 박사학위논문.
13. 이정임 외 4인 1999, “폐기물 소각방식의 비교분석 및 경기도 적용에 관한 연구”, 『경기개발연구원 기본연구』, 경기개발연구원, pp.3-19.
14. 이희연 2000, “공공시설물 입지선정에 있어서 다기준평가기법의 활용에 관한 연구”, 『대한지리학회지』, 35권, 3호, pp.437-454.
15. 이희연·임은선 1999, “쓰레기 소각장 입지선정에 있어서 퍼지집합과 AHP이론의 활용”, 『한국GIS학회지』, 7권, 2호, pp.223-236.
16. 정경석 2010, “공간범죄통합분석모형을 이용한 도시범죄의 시공간적 분포 특성 및 영향요인 분석”, 경상대학교 대학원 박사학위논문.
17. 진창중·박현신·강준모 2012, “홍대앞 커피전문점 입지성향에 관한 실증분석”, 『도시설계』, 13권, 5호, pp.71-82.
18. 환경부 2012, “전국 폐기물 발생 및 처리현황”.
19. Anselin, L 2005, *Exploring spatial data with Geoda*, Second Edition, The University of Illinois Press, Illinois.
20. Levine, N 2010, *CrimeStatIII : a spatial statistics program for the analysis of crime incident locations*, Third Edition, The National Institute of Justice, Washington DC.
21. <http://www.gims.go.kr> (2014.3.2.).
22. <http://www.nodelink.its.go.kr>, (2014.3.2.).

- |         |            |     |  |
|---------|------------|-----|--|
| 투고      | 2014.03.14 | 23. | <a href="http://www.kreic.org">http://www.kreic.org</a> , (2014.3.2.).         |
| 1차심사완료일 | 2014.04.18 | 24. | <a href="http://www.kma.go.kr">http://www.kma.go.kr</a> , (2014.3.2.).         |
| 2차심사완료일 | 2014.05.15 | 25. | <a href="http://www.egis.me.go.kr">http://www.egis.me.go.kr</a> , (2014.3.2.). |
| 게재확정일자  | 2014.06.09 | 26. | <a href="http://www.biz-gis.com">http://www.biz-gis.com</a> , (2014.3.2.).     |
| 최종수정본접수 | 2014.08.14 |     |  |