

## 지역별 온실가스 배출량에 따른 지역유형화 및 특성분석 연구\*

### A Study on the Regional Type and Characteristics of Greenhouse Gas Emissions by Region

오상원\*\* · 박지용\*\*\* · 정주철\*\*\*\*

Sangwon Oh · Ji-yong park · Juchul Jung

요약: 온실가스에 영향을 주는 지역특성들에 대한 파악이 필요함에 따라 도시의 온실가스 배출량에 영향을 주는 도시특성을 요인분석을 통해 분류하고 군집분석을 통해 군집화하여 요인점수로 특성을 도출하였다. 또한, 발전소 입지여부에 따른 온실가스 배출량의 차이도 분석하였다. 분석결과로, 1인당 온실가스 배출량의 영향을 미치는 요인으로는 공업면적 비율, 산업용 전력사용량이 가장 높으며, 발전소가 입지해 있는 지역이 1인당 온실가스 배출량에 영향이 더 큰 것으로 나타났다. 이에 따라 본 연구질문에 대한 결과로는 시군구 단위의 지역특성에 따른 1인당 온실가스 배출량에 차이가 있는 것을 알 수 있었으며, 위와 같은 연구 결과에 따라 연구가설을 지지하는 결과가 도출되었다.

핵심주제어: 1인당 온실가스 배출량, 지역특성, 요인분석, 군집분석, 교차분석

Abstract: To elucidate the regional characteristics that affect greenhouse gas emissions, urban characteristics that affect greenhouse gas emissions in cities were classified through factor analysis and clustered through cluster analysis to derive characteristics as factor scores. In addition, the difference in greenhouse gas emissions according to the power plant location was analyzed. The results showed that the industrial area ratio and the industrial power usage were the factors with the most significant influence on greenhouse gas emissions per person, while the power plant location had a greater impact on greenhouse gas emissions per person. Moreover, the greenhouse gas emissions per person differed according to the regional characteristics of each city, county, and district, and the research results supported the research hypothesis.

Key Words: Per capita greenhouse gas emissions, factor analysis, cluster analysis, cross-analysis

\* 본 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원되었음.

\*\* 주저자, 부산대학교 도시공학과 박사과정

\*\*\* 공동저자, 국제기후환경센터 연구원

\*\*\*\* 교신저자, 부산대학교 도시공학과 교수

## I. 서론

IPCC 4차 보고서에 의하면 세계 온실가스 70% 이상이 도시민의 생활에 의해 배출되고 있다고 밝히고 있어 이에 따른 도시별 여건에 맞는 기후 변화 대책이 필요한 상황이다(김인현, 2011; IPCC, 2007). 도시는 온실가스배출량의 주요 원인들이 구조적으로 에너지를 많이 소비하는 구조를 가지고 있기 때문에 도시공간의 특성이 온실가스배출에 미치는 영향이 크며(김인현, 2011), 환경부에서 제시한 국가 온실가스 인벤토리 보고서(2020)에 따르면 비도시 지역들도 농축산업에 의한 높은 배출량을 차지함에 따라 비도시지역 또한 농축산업 등으로 인한 온실가스 배출량에 대한 영향을 주고 있다.

한국 온실가스감축 관련 정책과 사업은 배출원 중심의 접근으로 ‘지자체와 공간단위’ 접근이 취약하며, 건물·수송·폐기물·흡수원 부문에 대해서는 지자체가 인허가권을 가지고 있으므로 지자체가 중심이 된 정책이 보다 효과적이다(최영국 등, 2008).

환경부 온실가스종합정보센터에서는 현재 시도별 온실가스 인벤토리(1990~2019) 자료를 공표하고 있다. 그러나 시군구 자료의 경우 시도별 인벤토리 자료와 달리 부문별 배출량을 알기 힘들고 총 배출량, 간접배출량만 나와 있어 부문별 배출량을 토대로 해당 지역의 온실가스배출 특성을 알기 힘들다. 최영국 등(2008)은 지역별 온실가스 배출량 분석에 따르면, 산업부문의 입지, 온실가스 배출량, 에너지부문, 인구규모 등의 각 행정구역별(시군구) 지역특성에 따라 배출량이 차이가 발생되며, 이러한 온실가스에 영향을 주는 지역특성들에 대한 파악이 필요하다고 주장하였다.

이에 따라서 본 연구는 온실가스 배출량에 영향을 주는 지역특성을 요인 분석을 통해 분류를 하고 지역 유형의 군집유형화를 하고자 한다.

온실가스 배출량에 영향을 주는 특징을 군집 유형화 했을 경우 유형화 된 지역 간의 상호 연계 등을 통해 개선에 유리하기 때문이다. 또한 연계협력은 지역 간에 유사·중복 투자와 불필요한 경쟁을 줄이고, 각 지역이 보유한 비교우위 장점을 연계협력을 통해 활용함으로써 지역의 경쟁력 강화와 주민의

삶의 질 개선, 그리고 지역 간 상생발전을 지향할 수 있다.(송우경·정만태·최준석, 2013). 그러므로 정책 및 관리가 용이할 것으로 판단된다.

## II. 선행연구 및 이론적 고찰

각 지역은 산업부문의 입지 및 특성 온실가스 배출량, 에너지부문, 인구규모 등의 각 행정구역별(시군구), 공간적 특성 등에 따라 온실가스 배출량에 차이가 발생한다(김인현, 2011; 최영국 등, 2008; 환경부 온실가스종합정보센터, 2020). 이에 따라 온실가스 배출량에 영향을 주는 지역특성을 분류하고 지역 특성 유형을 분류하여 파악할 필요가 있다.

지역 특성유형화한 선행연구는 크게 두 가지 방법을 사용하였다. 첫번째로, 도시규모(인구규모)로 지역을 유형화하는 방법, 두 번째로 군집분석을 통해 유형화하였다.

도시규모(인구규모)로 지역을 유형화한 연구는 인구의 규모별로 우선적으로 분류하고 지역의 특성을 분석하였는데, 각 연구마다 인구규모 분류기준이 상이하였다.

최영국 등(2008)은 전국 167개 시군구 자료를 기반으로 도시유형화를 인구 규모별로 대도시(인구 50만 이상), 중대도시(인구 30만~50만 미만), 중도시(인구 10만~30만 미만), 중소도시(인구 5만~10만 미만), 소도시(인구 5만 미만)으로 분류하여 인구, 면적, 경제, 토지이용, 건물, 교통 등 6가지로 분류하여 피어슨(Pearson) 상관분석을 수행하였다.

장명준·신예철·최형선·김태호(2012)는 서울특별시, 6개 광역시, 인구 30만 이상 도시, 인구 30만 미만 도시로 4개 유형으로 도시를 분류하여 도시규모별 온실가스배출량 범위를 기준으로 군집을 분석하고 PLS-구조방정식을 통해 종합적 도시특성과 온실가스배출량과의 영향을 검증하였다. 노경식 등(2013)의 연구는 전국 167개 시군구를 인구규모에 따라 대도시(100만 이상), 중대도시(50만 이상 ~ 100만 미만), 중도시(30만 이상 ~ 50만 미만), 중소도시

(10만 이상 ~ 30만 미만), 소도시(10만 미만)로 분류하여 상관성 분석을 수행하였다. 위의 도시규모(인구규모)별로 지역유형화를 진행한 선행연구의 연구범위 및 지역특성 변수는 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 도시 규모별로 구분한 지역유형화 관련 선행연구

구분	저자			
	최영국 등(2008)	장명준 등(2012)	노경식 등(2013)	
연구범위	2005년, 전국 167개 시군구	2010년, 전국 124개 시군구	2005년, 전국 167개 시군구	
지역 특성 변수	온실가스 관련 특성	1인당 온실가스 배출량	온실가스 배출량	1인당 온실가스 배출량
	인구·사회 특성	인구밀도	인구수, 인구밀도	인구수 인구밀도 도시지역 인구밀도
	경제적 특성	1인당 지방세 부담액	지방세수입	-
	토지이용 특성	행정구역 면적, 만인당 시가 화비용, 주거비용, 공업비용,	행정구역면적, 주거밀도, 기 반시설밀도(학교, 문화, 공 공시설), 산림면적, 산림율	시가화비용, 주거비용, 상업비용 공업비용
	교통환경 특성	도로율, 만인당 차량등록대수	도로면적, 도로율, 자동차등 록대수, 자동차보유율	1인당차량등록대수,
	산업 특성	-	-	1인당 종사자수 1차산업 종사자 비율 2차산업 종사자 비율 3차산업 종사자 비율
	흡수원 특성	산림면적, 녹지비용, 공원 비율	공원면적, 산림면적, 산림율, 하천면적	녹지비용, 공원비용

군집분석을 이용한 지역유형화를 통해 온실가스 배출량에 영향을 주는 지역특성 관련 선행연구로는 남궁근·최병선·원미연(2010)은 시급 도시 총 84개 도시 자료를 기반으로 온실가스 배출량에 영향을 주는 도시특성요인을 요인분석으로 상관관계를 분석하고 군집분석을 수행하였다. 양혜미·송재민(2017)은 지역별 전국 232개 시군구 자료를 기반으로 다중회귀 분석을 통해 변수를 도출하고 군집분석을 통하여 지역 유형화를 수행하였다. 이건원(2017)의 연구는 전국 232개 시군구 자료를 기반으로 온실가스 배출량에 영향을 주는 도시특성요인을 요인분석으로 상관관계를 분석하고 군집분석을

진행하였다.

〈표 2〉 군집분석을 활용한 지역유형화 관련 선행연구

구분	저자			
	남궁근 등(2010)	양혜미·송재민(2017)	이건원(2017)	
연구범위	2008년, 시급 도시 84개	2013년, 전국 232개 시군구	2015년, 232개 시군구	
지역 특성 변수	온실가스 관련 특성	1인당 석탄온실가스비량, 1인당 석유소비량, 1인당 도시가스 사용량, 1인당 프로판·부탄 사용량, 1인당 산업용 전력사용량, 1인당 가정·공공·서비스업용 전력 사용량	1인당 에너지 소비량	온실가스 배출량
	인구·사회 특성	인구밀도	인구밀도	인구수, 인구밀도, 세대수, 경제활동인구수, 고령인구비율, 주간 인구 비율
	경제적 특성	1인당 소득세	1인당 지방세	지방세 부담액, 재정자립도, 시 예산, 고용밀도
	토지이용 특성	1인당 시가화비용, 1인당 주택수	-	행정구역 면적, 도시 지역비율, 주거비용, 공업비용, 주택수, 주거 건축허가율, 상업 건축 허가율, 공업 건축 허가율
	교통 환경 특성	1인당 포장도로연장	자동차보유율, 도로비용	차량등록대수, 주차장 비용, 등록된 대중교통 수
	산업 특성	-	산업밀도, 제조업 기업체수, 에너지 다소비 업종 기업체수, 에너지 다소비 업종 중 사자율	사업체수, 사업체수(300명 이상), 1차 산업비율, 2차산업 비율, 3차 산업 비율
	흡수원 특성	-	-	산림면적, 녹지비용, 공원 비율

온실가스 배출량에 영향을 주는 지역특성을 유형화하는 연구들의 선행연구에서는 공간적 범위 설정을 데이터 구득의 한계로 인하여 시도단위의 지역특성을 분류하여 지역유형화를 진행하였다. 그러나 각 행정구역별(시군구) 지역특성에 따라 배출량이 차이가 있고 이러한 온실가스에 영향을 주는 지역특성들에 대한 파악이 필요하다(국토연구원, 2008).

또한, 대부분의 선행연구에서 에너지 소비특성에만 중점을 두어 시군구 단위 분석하였다. 그러나 에너지 소비만으로 파악하지 못하는 온실가스 배

출량도 존재하므로 에너지소비특성과 온실가스 배출량을 통합적으로 고려하여야 지역에 맞는 정책이 제시될 것이라 판단된다.

그러므로 본 연구는 환경공단 제공한 시군구별 온실가스 배출량 데이터를 포함하여 에너지소비량을 통합적으로 분류하여 지역유형을 보았으며, 또한 선행연구에서 도출된 사회인구특성 변수, 경제특성 변수, 토지이용특성 변수, 교통특성 변수, 산업특성 변수, 자연환경특성 변수를 포함하여 지역의 특성으로 발전소 입지 유무의 지역유형특성에 따른 분류화를 진행하였다.

### III. 연구설계 및 방법

#### 1. 연구질문 및 가설설정

지역 특성이 온실가스 배출량에 미치는 영향에 대한 선행연구를 통하여 본 연구는 시군구 단위의 지역특성에 따른 1인당 온실가스 배출량에 차이가 있는가? 연구질문으로 설정하였으며, 선행연구의 이론을 바탕으로 지역특성 및 발전소입지에 따른 1인당 온실가스 배출량과의 관계를 실증하기 위해 “지역특성이 1인당 온실가스 배출량에 유의미한 영향을 줄 것이다.”를 연구가설로 설정하였다.

#### 2. 시군구 단위 지역특성변수 및 온실가스배출량 데이터 구축

연구자들마다 상이한 내용을 제시하고 있으나, 본 연구진은 선행연구를 통해 조사항목(변수)들을 도출하는 과정에서 온실가스 배출량에 영향 주는 유의미한 도시 특성 변수들 중 높은 빈도로 제시된 변수들을 중심으로 도출하여 조사항목을 구성하였으며, 이에 따라 7가지 도시 특성을 분류화하였으며, 총 24개의 변수 중 높은 빈도의 14개 변수를 도출하고 온실가스 관련 특성, 사회적 특성, 경제적 특성, 토지이용 특성, 교통환경 특성, 산업 특성, 자연환경 특성으로 분류하였다. 이에 대한 내용은 다음 <표 3>와 같다. 또한, 추

가적으로 발전소의 입지에 따른 영향도 알아보기 위하여 이와 관련한 변수를 추가하여 연구를 진행하였다.

〈표 3〉 시군구 단위로 온실가스배출에 영향을 미치는 요인 및 변수에 관련한 선행연구

특성 분류	특성변수	저자									
		최영국 등 (2008)	남궁근 등 (2010)	김병석·문태훈 (2011)	김인현 (2011)	장명준 등 (2012)	유윤진·손세형·김도년 (2012)	노경식 등 (2013)	유성필·황지욱 (2015)	양혜미·송재민 (2017)	이건원 (2017)
온실 가스 관련 특성	온실가스 배출량	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	에너지 사용량	●	●		●					●	●
	석유사용량	●	●		●					●	●
사회 인구 특성	인구 수					●		●	●		●
	인구밀도	●	●	●		●	●	●		●	●
경제 특성	1인당 GRDP										
	재정자주도										
	1인당 지방세 납부금액	●				● 일반			●	●	● 일반
	재정자립도								●		●
토지 이용 특성	주택수		● 인당								●
	시가화 비율	● 만인	●	● 면적				●			
	상업지역 비율				● 면적			●			
	주거지역 비율	●						●			●
	공업지역 비율	●						●	●		●
	녹지지역 비율	●					● 면적	●			●
교통 특성	도로비율	●								●	
	1인당 차량등록대수	● 만인			● 일반	● 일반	●	●			● 일반
산업 특성	사업체수										●
	사업체밀도									●	
	1차 산업 비율								●		●

	2차 산업 비율									●
	에너지 다소비 업종 비율								●	
자연 환경 특성	산림면적	●			● 일반	● 일반 면적	● 일반 면적			● 일반 면적
	산림율				●					

### 3. 연구범위의 설정

본 연구의 공간적 범위를 설정하기 위하여 온실가스 종합정보센터에서 제공하는 2021년 지역별 온실가스 인벤토리(1990-2019) 자료를 기반으로 높은 배출량의 추세를 보이고 있는 충청남도, 경기도, 전라남도 지역의 시군구 단위로 범위를 설정하였다.

또한, 시간적 범위의 경우 산림면적 변수, 1인당 지방세 부담액, 용도지역 데이터 등의 시계열 데이터의 한계가 있음에 따라 연구의 시간적 범위를 2015년 단일 연도로 설정하였다. 선행연구에서는 다루지 않았던 발전소 데이터의 경우 해당 지역 내 발전소 존재 유, 무로 인한 영향도 알아보기 위하여 변수로 구성하였다.

신재생 에너지 발전 관련 변수의 경우 한국전력통계 기준 2016년부터 집계되어 있으므로 연구의 범위에 맞지 않아 제외하였다. 온실가스 및 에너지 특성변수는 1인당 직·간접 및 전력사용량, 석유사용량을 특성변수로 사용하였으며, 추가적으로 군집지역의 발전소 입지여부도 알아보기 위하여 더미데이터를 구축하였다.

온실가스 특성변수의 중 1인당 직·간접 온실가스 배출량에 대한 자료는 한국환경연구원 내부자료를 활용하였으며, 석유사용량은 한국 석유공사(www.petronet.co.kr)의 시군구별 산업별소비 데이터를 활용하였다. 또한, 전력사용량 및 발전소 입지 데이터는 전력통계정보시스템(EPSSIS)의 발전설비현황 자료와 한국전력공사(KEPCO) 자료를 기반으로 구성하였다.

사회인구 특성 변수는 인구밀도가 여러 연구에서 높은 빈도로 유의한 변



수로 나타남에 따라서 본 연구에서도 변수로 채택하였다. 경제 특성 변수에는 1인당 지방세 납부액과 재정자립도가 유의한 변수로 활용되었으나 지방세가 재정자립도에 포함되므로 빈도수가 높은 1인당 지방세 납부액만 채택하였다. 토지이용 특성의 경우 시가화면적율, 주거지역비율, 상업지역비율, 공업지역비율이 유의미한 변수로 빈도수가 높았으나 시가화면적율이 주거, 상업, 공업지역 면적비율을 합산한 값이므로 좀더 구체적인 유형화를 위하여 시가화면적율을 제외한 주거지역비율, 상업지역비율을 채택하였다.

교통 특성의 경우 1인당 차량등록 대수가 유의미한 높은 빈도수의 변수로 나타났으며, 산업 특성의 경우 높은 빈도로 분석된 유의미한 변수가 없었으나 선행연구에서 사용된 1차, 2차 산업 비율, 종사자 비율변수, 에너지 다소비 산업체 수 변수를 채택하였다. 1차산업의 경우 농업, 임업 및 어업, 2차산업의 경우 광업, 제조업, 전기, 가스, 증기 및 수도사업, 건설업, 에너지 다소비 산업의 경우 여러 선행연구에서와 같이 2차 산업 중 화학물질 및 화학제품 제조업, 의약품 제외, 비금속 광물제품 제조업, 1차 금속 제조업을 대상으로 하였다(김태현·임덕오·김윤, 2014; 양혜미·송재민, 2017; 오형나, 2011).

자연환경 특성변수의 경우 산림면적이 매우 높은 빈도의 유의미한 변수로 나타났다. 또한 지역 간 용도지역에 따른 해당 면적, 차량보유대수 등을 표준화하기 위하여 1인당 비율로 설정하였으며, 1차산업, 2차산업의 비율은 해당지역에 소재하고 있는 사업체 중 차지하는 비율을 설정하였다. 이에 대한 내용은 다음 <표 4>와 같다.

〈표 4〉 시군구 단위 지역유형화를 위한 온실가스배출량 및 지역특성변수 DB 구축

특성분류	특성변수		단위
온실가스 관련 특성	1인당 온실가스(직간접)배출량		천톤CO2eq/인
	석유 사용량	산업(산업, 에너지산업) 부문	KL
		수송부문	
		가정상업 부문	
		공공부문	
	전력 사용량	주택용	kWh
		산업용	
		농사용	
		일반용	
		기타용(가로등, 교육용, 심야)	
	발전소(유,무)	유(1), 무(0)	
사회인구적 특성	인구수	명	
	인구밀도	%	
경제적 특성	1인당 지방세 납부금액	명/천원	
토지이용 특성	상업지역 면적비율	%	
	주거지역 면적비율	%	
	공업지역 면적비율	%	
	녹지지역 면적비율	%	
교통 환경 특성	차량등록대수	대	
산업 특성	1차 산업 비율	%	
	2차 산업 비율	%	
	에너지 다소비 업종 비율	%	
자연환경 특성	산림면적	ha	

#### 4. 분석방법

지역 유형화와 관련한 대부분 선행연구에서는 주성분분석, 요인분석, 군집분석 등을 활용하고 있었다. 특히, 지역의 다면적인 특성을 반영하기 위해 다양한 지표를 설정하여 요인분석을 진행하고 요인점수에 대해 군집화하여 분석함으로써 지역을 구분하는 방법이 많이 이용되고 있다(남궁근 등 2010; 송민경·장훈 2010; 양혜미·송재민, 2017; 이진원 2017; 이종상 2002). 요인분석 특징으로 요인분석은 여러 개의 변수들을 몇 개의 공통된 요인으로 묶어줌으로써 자료의 복잡성을 줄이고 주성분 분석을 통해 몇 개의 요인은 정

보를 요약하는데 이용하며, 불필요한 변수를 제거할 수 있어 신뢰도가 낮은 변수들을 선별하여 제거할 수 있다. 또한, 변수들 간의 상관관계를 확인하고 동일한 요인으로 묶이는지의 여부를 확인함으로써 타당성을 검증해보는데 이용이 가능하며, 회귀분석, 군집분석, 판별분석 등에 요인점수를 저장하여 적용이 가능하다(노경섭, 2016).

요인분석의 종류로는 요인분석은 여러 변수들 간 상관성을 이용하여 적은 수의 요인으로 축소시키는 방법으로 탐색적 요인분석(Exploratory Factor Analysis)과 확인적 요인분석(Confirmative Factor Analysis)로 나눌 수 있는데 본 연구에서는 변수들 간의 구조를 발견하기 위하여 탐색적 요인분석을 진행하였다(와이즈리서치, 2016). 요인분석 결과를 이용하여 군집분석을 하는 것은 지역유형 해석에 용이하고 요인간에 상관관계가 0이기 때문에 지역 유형구분을 명료하게 할 수 있는 장점을 가지고 있다(이종상, 2002). 요인분석 방법으로는 두가지 종류의 방법이 존재하며, R-type 요인분석과 Q-type 요인분석으로 R-type 요인분석으로 변인들을 기준으로 요인들을 구분하고, Q-type 요인분석은 개별 표본들의 케이스별로 상이한 특성을 가지는 표본들을 상호 동질적인 몇 개의 집단으로 구분하는 것으로 일반적으로 군집분석을 대체하여 진행하므로 본 연구에서 군집 분석 시 대안으로 사용하였다(노경섭, 2016). 군집분석은 각 개체의 유사성을 측정하여 높은 대상 집단을 분류하고, 군집에 속한 개체들의 유사성과 서로 다른 군집에 속한 개체 간의 상이성을 규명하는 통계분석 방법이며, 비슷한 특성을 가진 개체를 합쳐가면서 최종적으로 유사 특성의 그룹을 발굴하는데 사용하고 개별 군집의 특성은 각 군집에 속한 구성원의 평균값으로 나타낼 수 있으며, 따라서 군집 분석의 알고리즘은 군집 내 구성원의 동질성과 군집 간 구성원의 이질성을 최대화하는 방법으로 등간척도 또는 비율척도로 측정된 두 개 이상 여러 개의 분류 변인을 이용하여 서로 유사한 또는 상이한 특징을 가진 대상의 집단을 찾아내는 방법이 군집분석이다(최현철, 2013). 또한 군집분석은 기법에 따라서 계층적 군집분석과 비계층적 군집분석으로 크게 두가지로 분류되며, 군집수가 자동으로 결정되므로 군집수를 확정하기 위해 탐색적 분석으로 사용되며, 대규

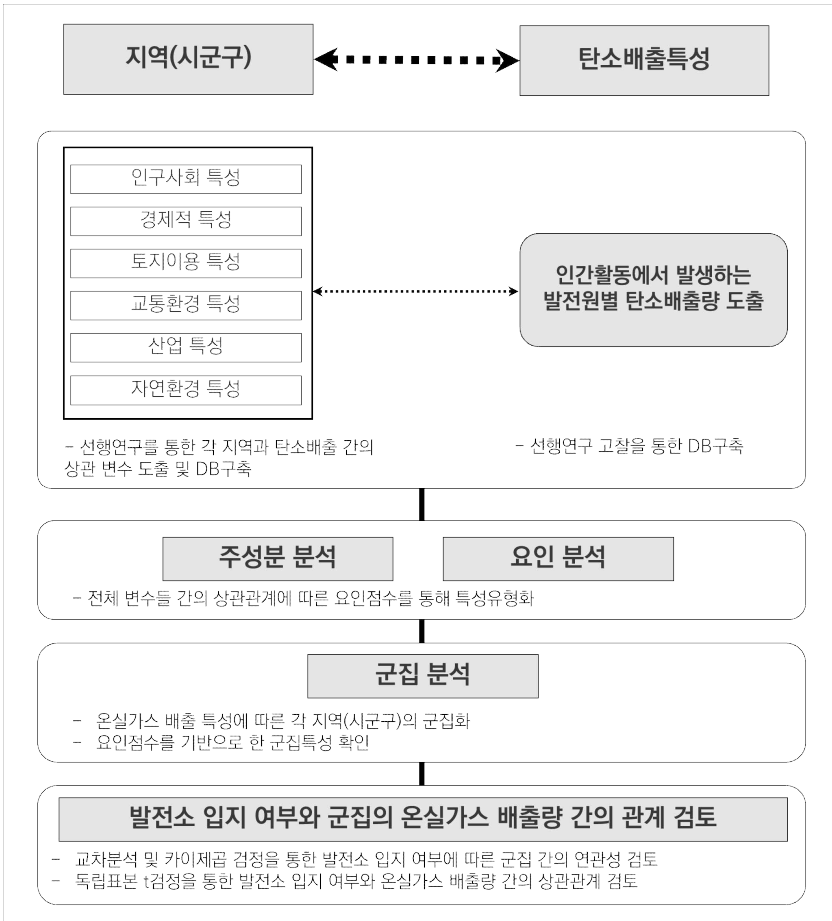
모 데이터처리에는 적합하지 않다. 비계층적 군집분석의 경우 군집을 설정하여 분석하여야 하므로 계층적 분석 이후 대략적 군집수를 파악하고 비계층적 군집분석을 진행하는 것이 효과적이라고 볼 수 있다(와이즈리서치, 2016). 따라서 본 연구에서는 계층적 분석을 통해 대략적 군집수를 파악하고 비계층적 군집분석을 진행하여 군집화하는 방향으로 연구를 진행하였다.

## 5. 분석 절차

경기도, 충청남도, 전라남도 68개 시군구 도시특성 변수들 데이터의 상관성 확인, 요인분석 모델의 적절성 확인, 변수 분산이 추출된 요인들에 의한 설명도 값을 확인하기 위하여 주성분 분석을 실시하였다. 요인분석을 통하여 요인들의 특성에 따른 재분류를 진행하였고, 도시특성에 맞는 요인과 지역을 군집화하기 위하여 추출된 요인들의 분류와 요인점수를 군집분석에 적용하여 각 군집을 유형화하였다.

이후 교차분석 및 카이스퀘어 검정을 통해 군집별로 발전소 입지와 온실가스 배출량 간의 관계가 군집에 연관성이 있는지 확인하였다. 분석절차에 대한 흐름은 <그림 1>과 같다.

〈그림 1〉 연구 흐름도



요인분석의 요인추출 방식으로 선행연구들의 도시 및 지역 특성 변수들을 도출하여 변수들의 요인의 선형 결합을 가정하여 자료의 총분산을 이용해 주 성분 요인을 추출하였다. 도시 및 지역 특성을 보여주는 요인들 간의 전체적인 상관관계를 알아보고 주성분 요인을 추출하기 위해 하나의 요인에만 높게 적재하는 변수들을 줄일 수 있고 다중공선성 문제를 완화하기 위해 Varimax 회전방법을 적용하여 연구를 진행하였다.

또한 군집분석의 경우 연구의 특성상 데이터양이 많으며, 군집내의 지역

이 중첩되는 현상이 발생됨에 따라 계층적 군집분석이 적합하지 않아 비계층적 군집분석(K-means)을 진행하여 군집의 유의성 확인 및 군집이 개별화되지 않는 적합한 군집 개수를 설정하는 방향으로 연구를 진행하였다.

## IV. 분석결과

### 1. 요인분석 모델의 적합성 확인 및 요인 추출

주성분 요인분석 결과로 사용한 모델의 표본인 68개 시군구 데이터와 변수 간 상관성이 결측값 없이 적절하였다. KMO는 변수들 간의 편상관을 확인하는 것으로 변수의 숫자와 케이스의 숫자의 적절성을 나타내는 표본 적합도를 의미하며, Bartlett은 요인분석을 할 때 사용되는 상관계수의 행렬이 적절한지 이에 따른 모델의 요인분석 진행이 적절한지를 나타내는 값이다(노경섭, 2016). 아래 <표 5>과 같이 KMO와 Bartlett 검정 결과가 나타났으며, 기준(KMO>0.5)을 만족하여 표본의 적절성을 확인하였으며, Bartlett검정의 유의확률 기준( $p < 0.05$ )을 만족하므로 요인분석모델은 적절한 것으로 판단된다.

<표 5> KMO와 Bartlett 검정 결과

KMO와 Bartlett의 검정		
표본 적절성의 Kaiser-Meyer-Olkin 측도.		0.761
Bartlett의 구형성 검정	근사 카이제곱	1720.836
	자유도	231
	유의확률	0.000

추출 방법: 주성분 분석.

공통성은 변수의 분산이 추출된 요인들에 의해 설명되는 정도를 나타내는 공통성 0과 1 사이의 값을 가지며, <표 6>과 같이 공통성 기준(공통성)0.5) 이상의 값을 가져 각 변수의 설명이 적절함에 따라 요인 분석 적합도가 적절하다고 판단이 가능하며, 전체 변수들은 기준보다 높은 값을 가지므로 전체변

수가 요인분석 적합도가 적절하다고 판단된다.

〈표 6〉 요인추출에 따른 변수별 공통성 결과

변수	공통성	
	초기	추출
1인당 온실가스 배출량	1.000	0.689
석유배출량-산업부문	1.000	0.707
석유배출량-수송부문	1.000	0.931
석유배출량-가정·상업부문	1.000	0.721
석유배출량-공공부문	1.000	0.514
전력사용량-주택용	1.000	0.956
전력사용량-산업용	1.000	0.744
전력사용량-농사용	1.000	0.629
전력사용량-기타용	1.000	0.879
전력사용량-일반용	1.000	0.951
인구수	1.000	0.958
인구밀도(명/km <sup>2</sup> )	1.000	0.824
1인당 지방세(천원)	1.000	0.691
상업지역 면적비율	1.000	0.796
주거지역 면적비율	1.000	0.768
공업지역 면적비율	1.000	0.833
녹지지역 면적비율	1.000	0.814
1차산업비율	1.000	0.661
2차산업비율	1.000	0.840
에너지다소비기업비율	1.000	0.784
차량보유대수(대)	1.000	0.963
산림면적 (ha)	1.000	0.601

공통성>0.5

추출 방법: 주성분 분석.

이에 따라 요인분석의 결과로 〈표 7〉과 같이 총 6가지의 요인이 추출되었다. 요인1의 경우 주택용, 일반용, 기타용의 전력사용량, 가정·상업부문, 수송부문의 석유배출량, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수가 요인의 특성변수로 묶임에 따라 대도시의 특성을 보이는 요인의 특성이라 볼 수 있다.

요인2는 인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율이 요인 특성변수가 포함

됨에 따라 밀집화된 중심도시의 특성요인으로 볼 수 있다.

요인3은 1인당 온실가스 배출량, 공업 면적비율, 산업용 전력사용량이 묶였으며, 이는 공업면적 비율이 넓고 산업용 전력사용량이 높음에 따라 1인당 온실가스 배출량이 높은 지역의 요인이라고 볼 수 있다.

요인4는 2차산업비율, 에너지다소비산업비율, 녹지지역 면적비율이 요인 특성 변수로 묶여 2차산업과 에너지다소비산업을 보이는 지역 특성을 보였다.

요인5의 경우 1차산업비율, 산림면적, 농사용 전력사용량이 묶여 1차 산업이 발달한 농촌지역의 특성을 보였다.

요인6의 경우 산업과 공공부문의 석유배출량이 특성변수로 나타났다.

〈표 7〉 요인점수에 따른 변수 분류

요인분류	요인 특성변수
요인1 (대도시 영향요인)	전력사용량-주택용
	전력사용량-일반용
	전력사용량-기타용
	석유배출량-가정·상업부문
	석유배출량-수송부문
	차량보유대수
	1인당 지방세
	인구수
요인2 (밀집화 도시 영향요인)	인구밀도(명/km <sup>2</sup> )
	주거면적비율
	상업면적비율
요인3 (공업 발달도시 영향요인)	1인당 온실가스 배출량
	공업지역 면적비율
	전력사용량-산업용
요인4 (제조업 발달도시 영향요인)	2차산업비율
	에너지다소비기업비율
	녹지지역 면적비율
요인5 (1차산업 발달도시 영향요인)	1차산업비율
	산림면적 (ha)
	전력사용량-농사용
요인6 (석유화학 발달도시 영향요인)	석유배출량-산업부문
	석유배출량-공공부문



## 2. 군집분석 결과

먼저 지역유형을 분류하기 위해 요인점수를 이용해 먼저 계층적 군집분석을 시행한 결과 집단 간 연결법에서 일반적인 군집화가 이루어졌으나 군집이 되지 않고 개별적·독립적으로 흩어지는 도시 및 지역들이 많이 존재하였다. 이 경우 군집이 되지 않는 도시들을 제외하고 다시 계층적 군집분석을 실시하는 방법과 군집 추출방식이 다른 비계층적 군집분석을 이용하는 방법이 존재한다(남궁근 등, 2010, p.244). 본 연구에서는 비계층적 군집분석을 통해 68개 시군구 모두를 군집화하는 방향으로, K-평균법(K-means)을 활용한 군집화를 진행하였으며, 5군집화, 7군집화, 8군집화가 유의확률 기준( $p < 0.05$ )을 만족하는 유의한 군집 확인하였다. 8군집화 이상의 군집화의 경우 도시의 파편화가 심각하여 제외하였다. 다음 아래 <표 8>와 같이 군집분석 ANOVA 분석의 결과로 요인점수와 군집화 간의 유의확률의 차이를 볼 수 있으며, 유의확률이 가장 기준치에 적합한 군집은 8군집화이므로 군집의 케이스를 8군집화로 설정하였으며, 군집에 포함된 지역들은 다음 <표 9>과 같다.

〈표 8〉 군집분석 ANOVA test 군집별 유의확률

요인	5군집화	7군집화	8군집화
표준화 점수: REGR factor score 1 for analysis 1	0.005	0.000	0.000
표준화 점수: REGR factor score 2 for analysis 1	0.000	0.000	0.000
표준화 점수: REGR factor score 3 for analysis 1	0.000	0.000	0.000
표준화 점수: REGR factor score 4 for analysis 1	0.018	0.002	0.000
표준화 점수: REGR factor score 5 for analysis 1	0.000	0.000	0.000
표준화 점수: REGR factor score 6 for analysis 1	0.000	0.000	0.000

〈표 9〉 군집별 포함 지역

분류	시도지역	시군구지역
군집1	충청남도	서산시
	전라남도	여수시
군집2	경기도	평택시, 안산시, 시흥시, 파주시, 이천시, 안성시, 김포시, 화성시, 광주시, 양주시, 포천시, 여주시
	충청남도	아산시

군집3	경기도	가평군, 양평군
	충청남도	공주시, 논산시, 부여군
	전라남도	순천시, 고흥군, 보성군, 화순군, 장흥군, 강진군, 해남군, 함평군, 완도군, 진도군
군집4	경기도	의정부시, 동두천시, 구리시, 오산시, 군포시, 의왕시, 하남시, 연천군
	충청남도	계룡시, 금산군, 서천군, 청양군, 홍성군, 예산군
	전라남도	목포시, 나주시, 담양군, 곡성군, 구례군, 영암군, 무안군, 영광군, 장성군, 신안군
군집5	경기도	수원시, 안양시, 부천시, 광명시
군집6	경기도	성남시, 고양시, 남양주시, 용인시
	충청남도	천안시
군집7	충청남도	보령시, 당진시, 태안군
	전라남도	광양시
군집8	경기도	과천시

요인점수는 각 변수의 원 데이터 값의 평균이 아니므로 크기를 나타내는 기준이 필요하다(조용준·김영화, 2007). 군집별 요인점수의 특성을 요인점수가 가장 높은 값을 가지는 군집을 1로 표현하고 낮을수록 커지는 방식으로 다음 <표 10>과 같이 표현하였으며, 1은 ‘가장 높음’, 2는 ‘높음’, 3은 ‘조금 높음’, 4~5는 ‘보통’, 6은 ‘조금 낮음’, 7은 ‘낮음’, 8은 ‘가장 낮음’으로 군집의 특성을 나타냈다. 또한 더욱 자세한 비교를 위해 요인점수를 평균화하여 군집별 요인점수를 그래프화하여 <그림 2>과 같이 비교하였다.

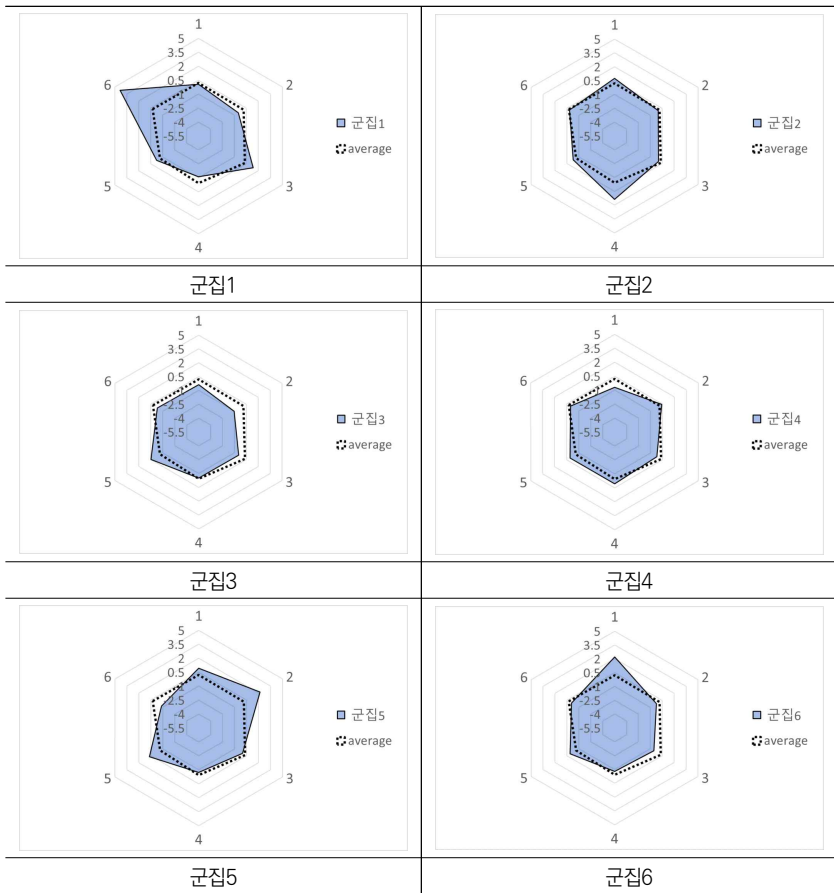
<표 10> 군집별 요인점수 순위

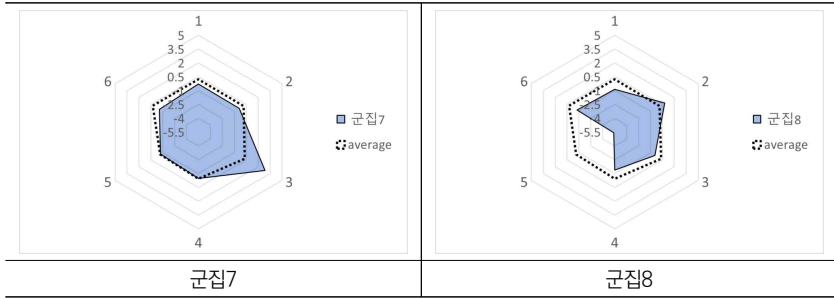
	군집							
	1	2	3	4	5	6	7	8
표준화 점수: REGR factor score 1 for analysis 1	4	3	6	7	2	1	5	8
표준화 점수: REGR factor score 2 for analysis 1	7	4	8	3	1	5	6	2
표준화 점수: REGR factor score 3 for analysis 1	2	3	7	5	4	8	1	6
표준화 점수: REGR factor score 4 for analysis 1	7	1	4	2	5	6	3	8
표준화 점수: REGR factor score 5 for analysis 1	5	6	2	4	1	3	7	8
표준화 점수: REGR factor score 6 for analysis 1	1	2	5	3	8	4	6	7

군집의 특성을 해석하기 위하여 각 군집별 요인점수를 순위화 하였다. 군집의 가장 강한 특성을 보인 군집으로 요인점수가 ‘가장 높음’ 군집 특성의 경

우 군집1은 요인6, 군집2는 요인4, 군집 5는 요인2, 요인5, 군집6은 요인1, 군 집7은 요인3으로 나타났으며, '가장 낮음'의 군집 특성의 경우 군집3은 요인 2, 군집5는 요인6, 군집6은 요인3, 군집8이 요인1, 요인4, 요인5가 낮은 특성을 보였다.

〈그림 2〉 요인점수 평균화를 통한 군집특성 분석





군집별 특성요인에 따른 특성변수들을 정리하였으며, 다음 <표 11>, <표 12>과 같다.

<표 11> 군집별 특성 요인 및 특성변수(군집1~군집4)

군집구분	특성구분	특성요인	특성변수
군집1	가장높음	요인6	석유배출량-산업부문, 석유배출량-공공부문
	높음	요인3	1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용
		보통	요인1
	낮음	요인5	1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용
		요인2	인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율
		요인4	2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율
군집2	가장높음	요인4	2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율
	높음	요인6	석유배출량-산업부문, 석유배출량-공공부문
		요인3	1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용
	조금높음	요인1	전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수
		보통	요인2
	조금낮음	요인5	1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용
군집3	높음	요인5	1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용
		보통	요인4
	조금낮음	요인6	석유배출량-산업부문, 석유배출량-공공부문
		요인1	전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수
	낮음	요인3	1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용
	가장낮음	요인2	인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율

군집4	높음	요인4	2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율
	조금높음	요인6	석유배출량-산업부문, 석유배출량-공공부문
		요인2	인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율
	보통	요인5	1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용
		요인3	1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용
낮음	요인1	전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수	

〈표 12〉 군집별 특성 요인 및 특성변수(군집5~군집8)

군집구분	특성구분	특성요인	특성변수
군집5	가장높음	요인2	인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율
		요인5	1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용
	높음	요인1	전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수
	보통	요인3	1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용
		요인4	2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율
가장낮음	요인6	석유배출량-산업부문, 석유배출량-공공부문	
군집6	가장높음	요인1	전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수
	조금높음	요인5	1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용
		요인6	석유배출량-산업부문, 석유배출량-공공부문
	보통	요인2	인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율
		요인4	2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율
조금낮음	요인3	1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용	
군집7	가장높음	요인3	1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용
	조금높음	요인4	2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율
		요인1	전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수
	보통	요인6	석유배출량-산업부문, 석유배출량-공공부문
		요인2	인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율
낮음	요인5	1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용	
군집8	높음	요인2	인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율
	조금낮음	요인3	1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용
		요인6	석유배출량-산업부문, 석유배출량-공공부문
	가장낮음	요인4	2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율
		요인1	전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수
요인5		1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용	

3. 교차분석 및 카이제곱 검정 결과를 통한 군집별 발전소 입지 유무 특성

발전소 입지유무에 따른 군집 간의 연관성을 알아보기 위해서 교차분석을 실시하였으며, 교차분석의 분석결과로  $x^2=20.477$ ,  $p=0.005$ 로 나타났다. 유의수준 0.01기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다.

〈표 13〉 군집\*발전소 입지유무 교차표

교차분석				
구분		발전소Dummy		전체
		무	유	
군집1	발전소 입지 빈도	0	2	2
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	0.0%	100.0%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	0.0%	2.9%	2.9%
군집2	발전소 입지 빈도	10	3	13
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	76.9%	23.1%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	14.7%	4.4%	19.1%
군집3	발전소 입지 빈도	13	2	15
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	86.7%	13.3%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	19.1%	2.9%	22.1%
군집4	발전소 입지 빈도	20	4	24
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	83.3%	16.7%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	29.4%	5.9%	35.3%
군집5	발전소 입지 빈도	2	2	4
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	50.0%	50.0%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	2.9%	2.9%	5.9%
군집6	발전소 입지 빈도	3	2	5
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	60.0%	40.0%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	4.4%	2.9%	7.4%
군집7	발전소 입지 빈도	0	4	4
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	0.0%	100.0%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	0.0%	5.9%	5.9%
군집8	발전소 입지 빈도	1	0	1
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	100.0%	0.0%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	1.5%	0.0%	1.5%
전체	발전소 입지 빈도	49	19	68
	군집 내 발전소 입지 유무 비율(%)	72.1%	27.9%	100.0%
	전체 발전소 입지 유무 비율(%)	72.1%	27.9%	100.0%
$x^2(p)$		20.447(0.005)**		

$p^* < 0.05$ ,  $p^{**} < 0.01$ ,  $p^{***} < 0.001$

〈표 14〉 군집별 발전소 입지유무에 따른 1인당 온실가스 배출량 특성

군집구분	1인당 온실가스 배출량 특성	발전소 입지	
		무	유
군집1	높음	0(0%)	2(100%)
군집2	조금높음	10(76.9%)	3(23.1%)
군집3	낮음	13(86.7%)	2(13.3%)
군집4	보통	20(83.3%)	4(16.7%)
군집5	보통	2(50%)	2(50%)
군집6	가장낮음	3(60%)	2(40%)
군집7	가장높음	0(0%)	4(100%)
군집8	조금낮음	1(100%)	0(0%)

〈표 13〉, 〈표 14〉와 같이 군집별 발전소 입지 유무에 따른 특성을 확인하였을 때, 군집 내 지역의 발전소가 존재하는 지역이 많은 군집은 군집1, 군집7이며, 군집5의 경우 발전소가 존재하는 지역 50%, 존재하지 않는 지역 50%였다. 이외 나머지 군집은 발전소가 존재하지 않는 지역으로 나타났다.

또한, 발전소 입지 유무에 따라 1인당 온실가스 배출량에 차이가 있는지 알아보기 위해 독립표본  $t$ 검정을 실시하였다.

〈표 15〉 독립표본  $t$ 검정 표(발전소 입지 유무와 1인당 온실가스배출량 상관관계)

구분		N	평균(M)	표준 편차(SD)	$t(p)$
온실가스배출량	발전소입지				
1인당 온실가스 배출량	무	49	0.01276	0.009234	-4.051(0.000)
	유	19	0.10121	0.153965	

. $p$ <.05, .. $p$ <.01, ... $p$ <.001

그 결과로 〈표 15〉와 같이  $t=-4.051$ ,  $p=0.000$ 으로 유의수준 0.001을 기준으로 통계적으로 유의하게 나타났다. 따라서 발전소 입지 유무에 따라 1인당 온실가스 배출량에 차이가 있다고 할 수 있으며, 발전소가 입지하지 않은 지역들의 평균은 0.01276, 발전소가 입지해 있는 지역들의 평균은 0.10121으로 발전소가 입지해 있는 지역이 없는 지역보다 상대적으로 높은 평균을 나타냈다.

## V. 소결

요인분석에 대한 결과로는 요인1의 대도시의 영향요인과 요인2의 밀집화된 영향요인의 경우 인간활동에 대한 온실가스 배출에 대한 공통점이 있으나 개발밀도차이에 따라 교통량에 영향을 주기 때문에 이에 따른 에너지원의 차이가 발생하므로(Holden and Norland, 2005; Newman and Kenworthy, 1989; Wegener, 1996) 구분된 것으로 예상된다.

요인3, 요인4, 요인5의 경우에는 공업, 제조업, 1차산업 등의 산업특성에 따라 분류가 되었으며, 요인6의 경우 국내 산업화학단지의 입지로 인해 산업, 공공부문의 석유배출량 변수가 요인으로 묶인 것으로 예상된다.

군집분석에 대한 결과로는 군집 1은 요인6 산업부문과 공공부문의 석유배출량이 가장 높은 특성을 보이며, 요인3 1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용이 높은 특성을 보임에 따라 군집 1은 서산시, 여수시가 국내 3대 석유화학단지가 입지함에 따라 위와같은 특성을 보이며 공업적인 도시의 특성으로 볼 수 있다. 또한, 군집 내 지역들의 전부가 발전소가 입지해있는 지역의 특성을 보인다.

군집 2의 요인4 2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율이 가장 높은 특성을 보였다. 이는 군집2에 해당하는 경기도지역의 2차산업 및 에너지 다소비 산업의 입지가 대부분 녹지지역 주변지역에 설립이 되는 특성(황선근·이수기·박정일, 2018)을 가지고 있으므로 요인 및 군집의 특성으로 묶였다고 해석된다. 또한, 요인6 산업부문과 공공부문의 석유배출량이 높은 특성을 보이는 군집으로 나타남에 따라 2차산업 및 에너지다소비 산업이 활발한 도시의 특성으로 볼 수 있다.

군집 3은 요인5 1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용 변수가 높은 특성을 보임에 따라 1차산업이 발달한 농촌, 산림지역 등의 군집특성을 보인다.

군집 4는 군집2와 같이 2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율이 높은 특성을 보이나 군집2와 달리 인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율이 특성변수로 포함되어 있으며, 군집2에 비해 평균적으로 낮은 성향



의 특성을 보인다. 이에 따라 도시환경이 2차산업 및 에너지다소비기업이 발달하고 도시밀도가 높은 군집특성으로 나타났다.

군집 5는 요인2, 요인5의 특성변수인 인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율, 1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용이 가장 높은 특성을 보임에 따라 도시밀도 특성과 1차산업이 균형적으로 발달한 군집으로 나타났다.

군집 6은 요인1의 전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수의 변수가 가장 높은 특성을 보이며, 가정 및 생활에 사용되는 대부분의 전력사용량이 많이 사용되는 특성을 보이며, 석유배출량의 경우에도 가정상업, 수송 등이 많이 사용되는 도시로 가정 및 상업이 발달된 대도시의 군집특성으로 나타났다.

군집7은 요인 3의 변수 1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용이 가장 높은 특성을 가짐에 따라 공업도시의 특성이 높은 군집이며, 발전소가 군집 내 지역에 모두 입지해있어 1인당 온실가스 배출량에도 영향을 주었을 것으로 예상된다.

군집8의 경우 요인2의 변수 인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율을 제외한 모든 특성이 상대적으로 낮은 결과를 보이며, 특성요인에 따른 변수도 다른 군집에 비해 상대적으로 가장 높은 특성을 가지지 않았다. 이는 개발과정 중인 3기 신도시의 개발과정 특성으로 판단된다.

## VI. 결론

본 연구는 지역별 온실가스 배출량 분석에 따르면, 산업부문의 입지, 온실가스 배출량, 에너지부문, 인구규모 등의 각 행정구역별(시군구) 지역특성에 따라 배출특성의 차이가 발생된다.

이러한 온실가스에 영향을 주는 지역특성들에 대한 파악이 필요함에 따라 도시의 온실가스 배출량에 영향을 주는 지역특성을 분류하고 도시 유형의 특

성을 분석하고자 하였다.

본 연구는 시도단위의 온실가스 배출이 가장 높은 경기도, 충청남도, 전라남도 3개 지역의 시군구 단위를 지역특성에 따라 유형화하여 1인당 온실가스와와의 영향을 비교하는 연구로써 기존 선행 연구들에서 온실가스 배출량과 도시 구성 요소와의 관련성이 깊은 지역특성들을 사회인구, 산업경제, 토지이용, 도로교통 자연환경 등과 관련된 변수들을 도출하여 요인분석 및 군집분석을 실시하여 온실가스배출에 따른 지역특성을 총 8군집화로 유형화되었으며, 군집의 특성을 파악하기 위하여 요인점수에 따른 특성과 요인의 특성변수들로 지역의 특성을 파악하였다.

군집 1은 요인6 산업부문과 공공부문의 석유배출량이 가장 높은 특성을 보이며, 요인3 1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력사용량-산업용이 높은 특성을 보였다. 이에 따라 군집 1은 석유화확단지입지와 공업적인 도시의 특성으로 판단된다.

군집 2의 요인4 2차산업비율, 에너지다소비기업비율, 녹지지역 면적비율이 가장 높은 특성을 보이며, 요인6 산업부문과 공공부문의 석유배출량이 높은 특성을 보이는 군집으로 나타남에 따라 2차산업 및 에너지다소비 산업이 활발한 도시의 특성으로 판단된다. 군집 3은 요인5 1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용 변수가 높은 특성을 보이며, 인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율이 가장 낮은 변수의 특성을 보임에 따라 1차산업이 발달한 농촌, 어촌 등의 비도시 지역으로 판단된다. 군집 4는 군집2와 특성이 비슷하나 특성의 성격이 군집2에 비해 평균적으로 낮은 성향의 특성을 보인다.

군집 5는 요인2, 요인5의 특성변수인 인구밀도, 주거면적비율, 상업면적비율, 1차산업비율, 산림면적, 전력사용량-농사용이 가장 높은 특성을 보임에 따라 도시의 밀도적 특성을 가진 1차산업 발달 군집으로 판단된다.

군집6은 요인1의 전력사용량-주택용, 전력사용량-일반용, 전력사용량-기타용, 석유배출량-가정·상업부문, 석유배출량-수송부문, 차량보유대수, 1인당 지방세, 인구수의 변수가 가장 높은 특성을 보이며, 가정 및 생활에 사용되는 대부분의 전력사용량이 많이 사용되는 특성을 보이며, 석유배출량의

경우에도 가정상업, 수송 등이 많이 사용되는 도시로 가정 및 상업이 발달된 도시의 군집특성으로 판단된다.

군집7은 요인 3의 변수 1인당 온실가스 배출량, 공업지역 면적비율, 전력 사용량-산업용이 가장 높은 특성을 가짐에 따라 공업도시의 특성이 높은 군집으로 분석된다. 군집8의 경우 요인2의 변수 인구밀도, 주거면적비율, 상업 면적비율이 높은 특성을 보이며, 군집5와 특성이 비슷하나 특성의 성격이 군집5에 비해 평균적으로 낮은 성향의 특성을 보인다. 요인분석시 온실가스 배출량의 영향으로는 공업면적 비율, 산업용 전력사용량이 가장 높은 것을 알 수 있었으며, 발전소 입지와와의 관계에서도 발전소가 입지해 있는 지역이 1인당 온실가스 배출량에 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

특히, 군집7에 해당하는 충청남도 지역인 보령시, 당진시, 태안군, 전라남도 광양시 등처럼 공업지역과 산업용 전력 사용량이 높은 지역에 대한 정책 및 계획이 필요하며, 발전소 입지에 대한 부분도 계획시 고려가 필요하다는 것을 알 수 있다.

또한 군집1에 해당하는 충청남도 서산시, 전라남도 여수시처럼 국내 석유 3대 석유화학단지가 입지해(이보혜, 2021) 공공부문과 산업부문의 석유배출량이 가장 높으며, 공업면적 비율과 산업용 전력사용량이 높은 지역 역시 1인당 온실가스 배출량이 높으므로 이러한 지역들에 대한 대책마련도 필요하다고 판단된다. 이에 따라 본 연구질문에 대한 결과로는 시군구 단위의 지역특성에 따른 1인당 온실가스 배출량에 차이가 있는 것을 알 수 있었으며, 위와 같은 연구 결과에 따라 연구가설을 지지하는 결과가 도출되었다.

기존 선행연구에서 나타났던 온실가스 배출량에 영향을 많이 주는 요인인 도시생활 습관인 인구 및 사회적 특성으로는 도시의 고밀화 압축도시, 도시의 중심 시가지 쇠퇴와 스프롤(sprawl) 현상 등보다는 본 연구에서는 대단지 산업에너지 사용량 및 발전소 입지에 대한 특징들이 더욱 큰 영향을 주고 있다는 차이점이 나타났다.

연구의 한계점으로는 단일연도만을 사용하여 시계열 데이터를 통해 비교가 필요하다고 판단되며, 또한 각 시군구마다 특성이 연구에서 사용된 지표

에서 지역의 특성 세분화할 필요가 있다고 판단된다. 특히, 에너지소비의 다양한 데이터가 구축되어야 지역특성을 디테일하게 분석할 수 있다고 판단된다. 이러한 한계점들이 데이터의 가용성에서 기인하는 부분이 큰 만큼, 지역과 기관 차원에서 관련 데이터를 수집하고 데이터베이스를 구축할 필요가 있다고 판단된다.

## ■ 참고문헌 ■

- 김병석·문태훈, 2011, “압축도시의 토지이용 특성이 이산화탄소 배출에 미치는 영향,” 『환경정책』, 19(2), pp.101-115, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artid=ART001562191>
- 김인현, 2011, “탄소배출량과 도시형태요소 관계분석에 관한 연구,” 박사학위 논문, 한양대학교 대학원, 서울, <http://www.riss.kr/link?id=T12335772&outLink=K>
- 김태현·임덕오·김윤, 2015, “2008~2011년 산업부문의 에너지소비 및 온실가스 배출 급증에 대한 요인분해 연구,” 『에너지경제연구』, 14(3), pp.203-227, DOI : 10.22794/keer.2015.14.3.007
- 남궁근·최병선·원미연, 2010, “에너지 소비특성에 따른 도시유형별 정책방향 연구,” 『국토계획』, 45(1), pp.237-250, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artid=ART001427245>
- 노경섭, 2016, 『제대로 알고쓰는 논문 통계분석』, 한빛아카데미, pp.141-163.
- 노경식·왕광익·유선철·민경주·이건원·김세용·권용우, 2013, “탄소저감 도시계획 수립을 위한 모델구상 및 적용방안 연구,” 『국토지리학회지』, 47(1), pp.1-10, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artid=ART001758413>
- 송민경·장훈, 2010, “군집분석을 이용한 수도권 도시의 유형화에 관한 연구,” 『대한공간정보학회』, 18(1), pp.83-88, <https://scienceon.kisti.re.kr/srch/selectPORSrchArticle.do?cn=JAKO201033538931932&dbt=NART>
- 송우경·정만태·최준석, 2013, “광역경제권 연계협력사업의 실태와 활성화 방안 연구,” 산업연구원, 연구보고서 2013-666, [https://www.kiet.re.kr/research/reportView?report\\_no=680](https://www.kiet.re.kr/research/reportView?report_no=680)
- 양해미·송재민, 2017, “에너지 소비특성에 따른 도시 유형화 및 유형별 특성 분석,” 『한국

- 지역개발학회지』, 29(3), pp.113-134, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART002266433>
- 오형나, 2011, “제조업부문 에너지 수요에 대한 연구,” 『한국개발연구원』, [https://www.kdi.re.kr/research/reportView?&pub\\_no=12728](https://www.kdi.re.kr/research/reportView?&pub_no=12728)
- 와이즈리서치, 2016, 『고급통계분석 SPSS를 활용한 Advanced Statistic Analysis』, 와이즈컨퍼니, pp.104-166.
- 유성필·황지옥, 2015. “지역별 도시특성이 이산화탄소 배출에 미치는 영향,” 『국토계획』, 50(2), pp.197-210, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART001967286>
- 유운진·손세형·김도년, 2012, “도시공간구조와 탄소배출량간 상관관계 실증 분석,” 『한국대기환경학회지』, 28(3), pp. 273-281, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART001670542>
- 이건원, 2017, “도시 유형별 도시특성요소와 온실가스 배출량 간의 관계 분석,” 『한국산학기술학회』, 18(11), pp.62-71, DOI:10.5762/KAIS.2017.18.11.62
- 이보혜, 2021, “2019년 기초지자체 에너지밸런스 작성 결과,” 에너지포커스, 18(3), pp.46-61.
- 이종상, 2002, “지역유형구분을 위한 요인점수의 군집분석,” 『국토계획』, 37(4), pp.191-199, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART000999887>
- 장명준·신예철·최형선·김태호, 2012, “도시규모를 고려한 탄소배출량과 도시특성요소와의 관계 연구,” 『한국도시행정학보』, 25(4), pp.57-87, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART001731272>
- 조용준·김영화, 2007, “요인분석과 군집분석을 통한 세분화 및 전략방향 제시: 특수법인 사례를 중심으로,” 『한국통계학과』, 20(1), pp. 23-38, <https://www.kci.go.kr/kciportal/ci/sereArticleSearch/ciSereArtiView.kci?sereArticleSearchBean.artiId=ART000983646>
- 최영국·정진규·심우배·이문원·임은선·김명수 등, 2008, 『기후변화에 대응한 지속가능한 국토관리 전략(1)-지역별 온실가스 인벤토리 구축 및 지역특성 분석-』, 안양: 국토연구원, <https://library.krihs.re.kr/search/detail/CATTOT000000156044>
- 최현철, 2013, 『사회과학 통계분석』, 나남출판, pp. 653-655
- 황선근·이수기·박정일, 2018, “수도권 개별입지 공장의 시공간적 입지특성 분석,” 『지역연구』, 34(2), pp. 21-34, DOI:10.22669/krsa.2018.34.2.021
- 환경부 온실가스종합정보센터, 2020, 『2020 국가 온실가스 인벤토리 보고서』, p.2-3.

- Holden, E. and Norland, I. T., 2005, "Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: household consumption of energy and transport in eight residential areas in the greater Oslo region," *Urban Studies*, 42(12), pp. 2145-2166., DOI:10.1080/00420980500332064
- IPCC, 2007, "Climate Change 2007 - The Physical Science Basis: Working Group I Contribution to the Fourth Assessment Report of the IPCC," Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Newman, P. W. and Kenworthy, J. R., 1989, "Gasoline consumption and cities: a comparison of US cities with a global survey," *Journal of the American Planning Association*, 55(1), pp. 24-37, DOI:10.1080/01944368908975398
- Wegener, M., 1996, "Reduction of CO2 emissions of transport by reorganisation of urban activities," *Transport, land-use and the Environment*, Springer, Boston, pp. 103-124, DOI:10.1007/978-1-4757-2475-2\_6

---

**오상원:** 부산대학교 도시공학과 박사과정으로 재학중이며, 현재 탄소중립, 지속가능한 발전, 균형발전 등에 관한 연구를 수행하고 있다.(ohssang1006@pusan.ac.kr).

**박지용:** 부산대학교 도시공학 박사를 취득하였으며, 현재 국제기후환경연구소 연구원으로 재직 중이다. 주요 관심 분야로는 탄소경제, urban and regional growth, urban carbon management 등을 연구하고 있다. (jyxnq@daum.net)

**정주철:** The University of Texas at Austin에서 도시 및 지역계획학 박사학위를 취득하고 현재 부산대학교 교수로 재직 중이다. 주요 관심 분야로는 토지이용계획, 성장관리, 스마트성장, Sustainable Development, 환경재난관리, 환경영향평가/전략환경평가, 환경갈등관리 및 사회영향평가, 탄소중립도시계획 등이다(jcjung@pusan.ac.kr).

투 고 일: 2022년 11월 30일  
심 사 일: 2022년 12월 07일  
게재확정일: 2023년 02월 09일