



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

도시계획학 석사학위논문

도시공간구조와 지역 특성이  
1인당 에너지소비량에 미치는 영향  
- 분위회귀모형을 활용하여 -

2022년 2월

서울대학교 환경대학원  
환경계획학과 환경관리학전공

신수민

도시공간구조와 지역 특성이  
1인당 에너지소비량에 미치는 영향  
- 분위회귀모형을 활용하여 -

지도교수 윤순진

이 논문을 도시계획학 석사학위논문으로 제출함  
2021년 10월

서울대학교 환경대학원  
환경계획학과 환경관리학전공

신수민

신수민의 석사학위논문을 인준함  
2022년 1월

위원장           송재민          (인)

부위원장           김태형          (인)

위원           윤순진          (인)

## 초 록

전 세계적으로 3%의 면적에 위치한 도시는 세계 에너지의 67%를 소비하고 있다. 도시화 속도는 점차 가속되고 한국에서는 2019년 말 사상 처음으로 국내 전체 인구의 절반 이상이 수도권에 거주하게 되었다. 도시 거주 인구가 증가하면서 도시는 에너지 소비 급증, 온실가스 배출, 대기오염과 같은 부정적인 환경 영향을 받고 있고 지속가능한 도시의 유지를 위해 적절한 에너지 공급과 더불어 도시 에너지수요 관리의 필요성이 점차 대두되고 있다.

도시의 압축적인 개발은 지속가능한 도시 유지와 에너지 활용을 위해 역세권과 기존 도심 등 특정 지역에 사회·경제적 활동을 집중시키고 주거·상업·업무 기능을 복합적이고 고밀도로 발전시키는 것이다. 이러한 압축적인 도시는 자동차 이동거리 단축, 도시 열섬효과 감소와 공공서비스 전달 효율성 증진 등의 효과를 통해 기후변화의 한 대응전략으로서 도시 내 온실가스 배출 감소에 매개변수나 조절변수로 기능할 수 있다.

도시는 인구가 삶을 꾸려나가는 공간으로 가구원 수, 인구 연령 비중, 경제 활동처럼 지역의 다양한 특성을 지니고, 이러한 특성으로 형성되는 고유한 지역의 구조를 가지게 된다. 이러한 도시구조는 도시 기온에 영향을 주기도 받기도 하며 1인당 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인이 되기도 한다. 즉 파리협정에 기초한 신기후체제의 중장기 목표에 도시 차원에서 대응하기 위해서는 도시 에너지 소비에 영향을 미치는 도시구조와 교통 체계와 같은 도시의 특성을 파악하

고 도시의 근본적인 재구조, 특히 도시개발사업 부문에서의 온실가스 감축 등 기후변화 대책을 수립할 필요가 있다.

도시의 에너지소비에 대한 영향 요인의 효과 파악을 위해 다양한 도시의 물리적, 인구·사회학적, 경제적, 그리고 기온 요인에 관한 탐색이 선행되어야 한다. 또한, 수도권·광역시와 그 외 지역은 도시의 개발 정도가 다르고 도시화의 단계가 달리 진행되고 있기에 지역에 따른 도시구조와 특성 차이를 반영하여 분석할 필요가 있다. 도시 간 차이를 반영하여 분석한 에너지 소비량에 대한 영향 요인은 지역에너지계획을 위한 정책적 대응 방안으로 제언할 수 있을 것이다. 또한, 선행연구에서는 꾸준히 에너지 소비량에 영향을 미치는 최적 밀도와 임계점 등 관계의 비선형성을 의심하였다. 이 연구에서는 분위회귀분석을 진행하여 1인당 에너지소비량 분위에 따른 도시공간구조 효과 변화 가능성을 살피고 해당 관계의 비선형성 잠재력을 실증적으로 확인하였다.

도시별로 다른 산업 특성의 영향을 통제하고자 산업부문을 제외한 수송·가정·상업·공공 부문의 에너지를 합산하여 주민등록인구수로 나누어준 1인당 에너지소비량을 종속 변수로 활용하였다. 또한, 도시지역 인구밀도, 혼합토지이용, 주택공급형태, 교육시설 대중교통/도보 접근성, 직주근접비율과 1인당 녹지면적으로 대표되는 도시구조와 1인가구, 고령화율, 1인당 지방세납부액, 냉방도일, 난방도일의 지역 특성 변수를 활용하여 해당 변수들이 1인당 에너지 소비량에 미치는 영향 효과를 살펴보았다. 2019년 전국 시군구 자료를 활용하여 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역 모형으로 구분 후 실증 분석을 진행하였으며, 1인당 에너지 소비량에 미치

는 변수별 효과를 분위에 따라 확인하기 위하여 1인당 에너지 소비량을 10, 30, 50, 70, 90 분위로 세분화하여 파악하였다.

전국 모형의 경우 대부분의 분위에서 도시지역의 인구밀도가 증가할수록 1인당 에너지 소비량이 감소하고, 교육시설에 대한 대중교통과 도보 접근 가능 인구 비율이 증가할수록 1인당 에너지 소비량이 감소하는 결과가 도출되어 선행연구 결과를 뒷받침하였다. 이는 도시 특정 지역에 집적된 인구밀도, 교육시설로 대표되는 지역 서비스에 대한 공공교통체계의 높은 접근성 구축이 1인당 에너지 소비량 감축에 도움이 됨을 의미한다. 하지만 선행연구와 달리 동일 지역 내 주거·상업·공공·녹지 용도의 혼합적 이용은 1인당 에너지 소비량을 증가시키는 것으로 나타났다. 이는 현재까지 토지 이용이 합리적인 융합이 아닌 무분별한 용도 혼재로 오히려 비효율적인 에너지 소비가 발생하고 있었음을 의미한다. 지역 특성 요인의 경우에는 대부분의 분위에서 난방도일이 증가할수록 1인당 에너지 소비량이 증가하는데, 이는 향후 기후변화로 인해 도시에 미치는 기온 특성 영향력이 높아질 상황에서 노후화된 건물의 에너지 효율 증진과 신규 건축물의 에너지 기준 강화 등의 정책이 필요함을 시사한다.

수도권·광역시 모형과 그 외 지역 모형의 분석 결과를 비교 분석하자면, 수도권·광역시는 1인당 에너지 소비량에 도시의 압축성과 관련한 도시구조 요인이 주로 유의성을 보였다. 반면, 그 외 지역은 도시지역 인구밀도를 제외한 도시구조 요인은 큰 유의성을 보이지 않았고 1인당 지방세납부액, 냉방도일, 난방도일과 같은 지역 특성 요인이 유의미하게 나타났다. 이 결과를 통해 도시화 정도에 따라 도시구조의 압축성 요인이 1인당 에너지 소비량에 미치는 영향에 차이가 있으며 수도

권·광역시와 그 외 지역은 지역에너지계획 수립 시 접근 방향을 달리해야 한다는 함의를 도출할 수 있었다. 수도권·광역시는 1 인당 에너지 소비량을 절감하기 위한 근본적인 도시구조 재구축 정책 수립 시 인구밀도 향상보다는 토지 이용 개선이나 공공교통체계 점검을 통해 시민들이 대중교통시설을 사용하여 지역 서비스에 쉽게 접근할 수 있도록 하여야 한다. 그 외 지역은 도시구조의 압축성으로 인한 에너지 소비량 감소 계획 수립 전 충분한 근린생활권 형성을 우선으로 도시지역 인구 밀도를 향상시켜 1 인당 에너지 소비량을 감축할 필요가 있고 지역 특성 중 기온 요인에 더 영향을 받고 있기에 에너지 효율이 높은 가전제품 구입에 인센티브 제공 정책 또는 근린생활권 형성으로 현재 수도권·광역시에서 주로 설치되는 지역난방 도입을 고려하여 난방에너지를 절감할 수 있을 것이다.

따라서 향후 기후변화 대응전략으로서 도시의 지역에너지계획을 수립할 때, 지역별 에너지 소비량에 미치는 영향 요인의 차이를 고려하여 각 지역 특성에 알맞은 적절한 지역별 에너지 수요 관리방안을 도출하여야 한다. 이 연구는 1 인당 에너지 소비량의 각 분위에 따른 도시구조와 지역 특성 요인을 밝힘으로써 도시 차원의 기후변화 대응을 위한 지역에너지계획에 기여할 수 있을 것이다.

**주요어** : 도시 에너지 소비, 지역에너지계획, 지속가능한 도시, 기후변화, 도시공간구조, 분위회귀모형

**학 번** : 2020-28359

# 목 차

제 1 장 서론.....	1
제 1 절 연구의 배경 및 목적.....	1
제 2 절 연구의 방법과 구성.....	7
1. 연구 방법.....	7
2. 연구 구성.....	8
제 2 장 이론 및 선행연구 고찰.....	10
제 1 절 도시구조와 에너지소비량.....	10
제 2 절 지역 특성과 에너지 소비량.....	12
제 3 절 연구의 차별성과 가설.....	15
1. 연구의 차별성.....	15
2. 연구의 가설.....	16
제 3 장 연구 설계와 자료 현황.....	19
제 1 절 연구 설계.....	19
1. 연구 개요.....	19
2. 변수 구성.....	20
제 2 절 지역별 1인당 에너지소비량과 영향 요인의 공간 특성.....	25
제 4 장 도시구조에 따른 1인당 에너지소비량 영향요인 분석	31



제 1 절 1인당 에너지 소비량 다중회귀모형 .....	31
1. 지역별 분석자료의 특성 .....	31
2. 지역별 다중회귀분석 결과 .....	34
제 2 절 분위회귀모형을 활용한 에너지소비량 영향요인 분석 .....	38
1. 전국 .....	39
2. 수도권·광역시 .....	44
3. 그 외 지역 .....	49
제 3 절 분석 결과 요약 및 정책적 함의 .....	53
<b>제 5 장 결론 .....</b>	<b>61</b>
제 1 절 연구의 요약 및 시사점 .....	61
제 2 절 연구의 의의 및 향후 연구 과제 .....	66
<b>참 고 문 헌 .....</b>	<b>69</b>
<b>부록 .....</b>	<b>74</b>
1. 분위에 따른 시군구 목록 .....	74
<b>Abstract .....</b>	<b>80</b>

## 표 목 차

[표 2-1] 도시의 압축성과 에너지 소비 관련 선행연구.....	11
[표 4-1] 분석자료 기초통계_전국.....	32
[표 4-2] 분석자료 기초통계_수도권·광역시, 그 외 지역.....	33
[표 4-3] 지역별 1인당 에너지소비량 다중회귀모형.....	35
[표 4-4] 1인당 에너지소비량 분위회귀모형_전국.....	39
[표 4-5] 1인당 에너지소비량 분위회귀모형_수도권·광역시.....	45
[표 4-6] 1인당 에너지소비량 분위회귀모형_그 외 지역.....	50

## 그림 목 차

[그림 1-1] 연구 흐름도.....	9
[그림 2-1] 연구 가설 모형.....	17
[그림 3-1] 2019년 전국 1인당 에너지소비량 5분위 분포.....	25
[그림 3-2] 2019년 전국 도시지역 인구밀도, 혼합토지이용의 5분위 분포.....	26
[그림 3-3] 2019년 전국 주택공급형태, 교육시설 대중교통/도보접근성의 5분위 분포.....	27
[그림 3-4] 2019년 전국 직주근접비율, 1인당 녹지면적의 5분위 분포.....	28
[그림 3-5] 2019년 전국 1인가구비율(위), 고령화율(위), 1인당지방세납부액(아래)의 5분위 분포.....	29
[그림 4-1] 도시구조 및 지역특성 변수의 분위회귀계수 (전국).....	42
[그림 4-2] 도시구조 및 지역특성 변수의 분위회귀계수 (수도권·광역시).....	46
[그림 4-3] 도시구조 및 지역특성 변수의 분위회귀계수 (그 외 지역).....	51

# 제 1 장 서론

## 제 1 절 연구의 배경 및 목적

2007 년 인류 역사상 최초로 세계 전체 인구의 절반이 도시에 거주하는 호모 우르바누스(Homo Urbanus) 시대에 도달했다(Rifkin, 2020). ‘2018 년 도시계획현황 통계’에 따르면 한국에서는 2018 년 주민등록 총인구 5,182 만 명 중 91.8%에 달하는 4,759 만 명의 인구가 국토면적의 약 16.7%인 도시에 거주하고 있다.<sup>1</sup> 도시 거주 인구가 급증하여 도시 내부에서 대량생산과 소비가 이루어지게 되었고, 이는 에너지 소비의 급증과 온실가스 배출, 대기오염과 같은 다양한 환경문제를 초래하였다(김광익·서동희, 2019). 즉 세계적으로는 지구 표면의 3% 면적을 차지한 도시가 전세계 에너지 소비의 67%를 차지한다(이명주, 2020; Chen, S.·Chen, B., 2015). 도시로 인구가 편중되어 집중된다면 코로나 19 바이러스와 미세먼지, 해수면 상승 등 기후위 기시대 위험이 가중될 우려가 있다는 지적도 높아지고 있다(이명주, 2020).

이처럼 기후변화와 도시화가 급속하게 진행하여 그 전에는 인식하지 못했던 도시 내 에너지 위기와 환경 가치의 재평가가 요구되기 시작함과 동시에 기후위기 상황 아래 지속가능한 도시 개발 관점의 논의가 심화하였다(이재영·김형철, 2002). 1987 년 UN 보고서에서 지속가능 발전 개념이 제시된 이후 ‘지속가능한 도시 개발’이란 도시민의 삶의 질을 향상하며 도시의 부정적 환경 영향을 완화하고, 현재 세

---

<sup>1</sup> 국가승인통계. (2021). 2020 도시계획현황통계. <https://www.eum.go.kr/web/cp/st/stUpisStatDet.jsp>

대가 미래 세대를 위해 반드시 지킬 원칙으로 인식되고 있다(장창호·송재민, 2020). 따라서 도시의 부정적 환경 영향을 완화하고 에너지 위기를 극복하는 등 도시를 지속가능하게 유지하기 위해서는 적절한 에너지 공급과 에너지 소비에 대한 수요 관리 정책이 필요하다.

최근 압축도시는 지속가능한 도시의 유지와 에너지 활용의 한 해결책으로 언급되고 있다(왕광익 외, 2011; 내손안의서울, 2018; 이명주, 2020; 정현욱, 2019; OECD, 2012). 왕광익 외(2011)에 따르면, 압축도시는 역세권 및 기존 도심과 같은 도시 특정 지역에 사회·경제적 활동을 집중시키기 위해 주거·상업·업무 기능을 고밀도·복합적으로 발전시키는 도시개발방식이다. 즉 압축도시는 지속가능한 도시 개발의 명제 하에 기반시설의 고밀도 개발을 특징으로 하는 모형을 의미하며(조운애·최무현, 2013), 이를 통해 자동차 이동거리 단축, 공개 공간 증가, 공공서비스 전달 효율성 증진과 도시 열섬효과 감소 등의 효과를 얻을 수 있다(왕광익 외, 2011). 이명주(2020)는 역설적으로 ‘과밀적이게 집중’된 도시가 기후변화의 대응전략으로 기후변화의 부정적인 영향에 매개변수나 조절변수로서 중요하게 기능함으로써 지속가능한 도시로 발돋움할 수 있다고 말한다.

왕광익 외(2011)는 도시 차원으로 기후변화에 대응하려면 도시 형태와 교통 체계와 같은 도시의 근본적인 재구축, 특히 도시개발사업 부문에서의 온실가스를 감축하는 등 기후변화 대책이 필요하다고 주장한다. OECD 또한 도시 지역의 에너지 의존도를 낮추고 CO<sub>2</sub> 배출량을 감소하는 등 환경·사회·경제적으로 지속가능한 도시로 압축도시를 제안한다(OECD, 2012). 한국의 경우 서울시는 2018년 12월 ‘주택공급 5대 혁신방안’을 발표하며 ‘도심형 공공주택 확대로 직주근접 실현’과 같

은 도시 압축성의 중요성을 언급하고(내손안에서울, 2018.12.26.), 울산 또한 인구감소와 저성장 시대에 대비한 도시계획 목표를 압축도시로 설정하는 등 도시의 압축성에 관심을 가진다(정현욱, 2019).

도시구조의 압축적 개발은 도시 쇠퇴, 생산인구 감소 등의 도시문제 해결책으로도 제안된다. 예를 들어, 강인호(2018)는 일본의 지방도시가 기존의 도시 인프라를 활용하면서 동시에 지속적으로 활력을 유지하는 방안으로 일본의 압축도시 추진전략을 언급하며 이를 통해 한국의 중소도시가 나아갈 방향성을 제안한다. Clifton K. (2008)는 도시 구조가 경관 생태학, 경제학, 교통학, 지역계획, 디자인 등 다학제간 모두 상이한 관점으로 접근되고 있으며, 여러 규모와 다양한 이유를 들어 혼합적이고 압축적인 도시 개발의 이점을 강조하고 있다. 또한, 과거에는 밀도를 단순한 혼잡도와 오픈 스페이스에의 접근으로 정의하였으나, 최근 연구는 도시 내 접근가능성과 에너지와 밀도의 연관성을 인식하여 어떻게 에너지가 활용되는지를 핵심적으로 살펴본다(Batty M, 2009). 물론 압축도시가 복잡한 도시문제의 유일한 해결책일 순 없지만, 생산인구의 감소, 고령 인구증가 등 도시 내 기반시설 문제에 관한 재정 관리의 한 대안으로 작용할 수 있다(강인호, 2018; 장창호·송재민, 2020; OECD, 2012).

한국의 도시구조와 에너지 효율에 관한 연관성을 찾은 연구는 다음이 있다. 왕광익 외(2011)는 도시구조의 공간적 구성과 밀도와 같은 도시발전형태가 지역 에너지 소비량과 온실가스 배출 규모에 영향을 준다고 언급하며, 도시 밀도가 증가하면 도시의 전기소비량이 상당량 감소한다고 분석한다. 즉 환경과 경제성장이 도시 과밀화와 도시 수준에서 보완 관계(Complementarity)를 가진다고 말한다(왕광

익 외, 2011). 한국의 7 대 광역시와 74 개 자치구의 도시개발밀도와 교통에너지 사용량을 분석한 연구에 따르면, 대다수의 자치구에 있어 도시의 압축개발이 여전히 유용하다고 평가한다(조운애·최무현, 2013). 김광익·서동희(2019)는 전국 229 개 시군구를 범위로 하여 에너지 소비 최적화에 도달할 수 있는 압축 비율을 도출하며 압축도시의 개발 기준을 설정하였는데, 도시의 압축적 개발이 에너지 효율에 긍정적일 뿐 아니라 녹지공간의 확보로 주민의 건강과 삶의 질을 향상하고, 택지의 재개발과 재건축 사업으로 이산화탄소 배출 감축의 방안이 되기도 한다고 주장한다.

하나의 기반시설 당 사용 인구가 증가함으로써 총 에너지 소비량을 감소시킬 수 있다는 압축도시의 장점에도 불구하고 아직 압축도시 연구는 교통 분야가 주를 이룬다. 정민선·조희선·변병설(2015)은 도시의 압축적인 개발과 교통에너지 관계를 규명한 연구들이 압축도시와 에너지 효율성 관계에 있어 상반된 견해를 보인다고 말한다. 김리영·서원석(2011)은 압축도시의 특성이 수도권과 비수도권의 지역별 교통에너지 소비에 미치는 영향을 분석하며, 수도권의 경우 압축도시가 교통에너지 소비 저감에 효과적이지만 비수도권의 경우 규모의 경제를 확보할 수 있는 인구 부족으로 충분한 근린생활권이 형성되는 것이 우선이라고 밝힌다. 또한, 조운애·최무현(2013)은 교통에너지 효율성의 관점에서 압축도시의 필요성을 실증적으로 분석하는데, 적정개발밀도 이하에서는 도시개발 밀도와 교통에너지 소비량이 부(-)의 관계를 가짐을 보여주며 공공 대중교통체계를 정비하여 활용성과 경제성을 높일 필요가 있다고 말한다.

도시구조의 압축적인 개발과 건축물 에너지소비량과의 연관성을 확인한 연구로는 다음이 있다. Rickwood, P. et al.(2008)은 주거 주택의 건설 및 운영 에너지를 살

펴보았고, 도시 내 및 도시 간 비교에서 고밀도, 교통 중심 도시가 1 인당 수송 에너지사용량이 적다는 것을 밝혔다. 하지만 주택 밀도가 건물에너지 사용에 미치는 영향은 명확하지 않다고 말한다(Rickwood, P. et al., 2008). 도시의 에너지 사용에 있어 건물이 교통보다 훨씬 큼에도 도시의 건축물 고밀개발이 에너지 사용을 감축하는가의 인과관계가 명확하지 않다(Batty M, 2009). 위와 같은 연구에도 불구하고 아직 교통요소를 제외한 도시구조의 다양한 물리적 구성이 1 인당 에너지소비량에 미치는 영향을 통합적으로 연구한 시도는 부족하다.

이에 이 연구는 기후변화, 에너지 과소비, 인구집중·인구유출 등 각종 위협에 노출된 도시를 지속가능하게 유지하는 방안으로 제시되고 있는 ‘압축도시’의 다양한 물리적 도시구조가 1 인당 에너지 소비량 감축에 어떤 효과를 미치는지 확인하고자 한다. 압축도시를 대표하는 특성인 TOD 전략, 기반시설의 중앙집중화, 고밀도 근접 개발, 그리고 도시계획과 지역에너지정책 수립 시 압축도시 요소 반영이 1 인당 에너지 소비량에 미치는 영향력을 분석하고자 한다.

이 연구의 목적은 도시에서 어떤 특성 요인이 도시 차원의 에너지 소비 감소에 영향을 미치고, 지속가능하게 도시를 유지할 수 있는지, 도시구조와 인구·사회학적, 경제적, 기온 특성이 1 인당 에너지소비량에 미치는 영향 요인을 분석하고자 한다. 이를 구체화한 연구 질문은 다음과 같다: “지역의 물리적 구조가 1 인당 에너지소비량에 미치는 영향 요인이 무엇인가?”, “도시 차원에서 에너지소비량을 감축시킬 수 있는 요인이 무엇인가?”, “1 인당 에너지소비량의 분위에 따라 도시구조가 미치는 정도가 다른가?”. 즉 이 연구는 도시 내에서 발생하는 활동들의 물리적 구성을 교통 에너지에 한정하지 않고 도시구조 및 지역 특성과 1 인당 에너지 소비와



의 관계를 규명한다는 데에 의의가 있다. 이를 통해 도시구조가 지역 에너지 소비  
량에 미치는 영향 요인을 파악할 수 있고, 지역 에너지 소비에 영향을 미치는 도시  
구조 요인을 파악하여 지역 에너지 소비 절감을 위한 정책적 시사점을 도출할 수  
있을 것이다. 더 나아가 도시 내 에너지 과다 소비, 수도권 인구 집중에 직면한 상  
황에서 지속가능한 도시구조 형태에 관한 시사점 또한 도출할 수 있다.

## 제 2 절 연구의 방법과 구성

### 1. 연구 방법

이 연구의 공간적 범위가 분석 단위는 전국 222 개 시군구이다. 모든 자료의 수합이 되지 않은 세종시와 제주, 그리고 데이터 분석을 위해 이상치로 발견된 4 시군구(서울시 중구, 부산시 중구, 인천시 중구, 경기도 과천시)를 제외하였다.<sup>2</sup> 시간적 범위는 자료 취득 가능성에 따라 최대한 근접한 시기인 2019 년으로 설정하였다. 이 연구의 주요 대상은 도시구조 요소이며, 선행연구를 참고하여 도시구조 중 압축성의 세 가지 특성인 고밀도, 대중교통개발, 지역서비스 접근성을 대표하는 변수를 활용해 분석한다. 또한, 지역의 인구·사회학적, 경제, 기온 요인을 통제변수로 활용하였다.

이 연구의 연구 방법은 크게 3 가지이다. 가장 먼저 이론적 고찰을 통해 도시구조와 지역의 인구·사회학적 구조와 경제적 구조, 기온 등 지역 특성이 지역 에너지 소비량에 미치는 영향 변수를 살펴본다. 그 다음 GIS 를 활용하여 도시구조와 1인당 에너지소비량 변수를 지도화한 자료로 서술적 분석을 추가한다. 이 과정에서 QGIS 프로그램을 활용하며 결과의 서술적 분석을 통해 연구문제 분석의 이해를 돕는다. 마지막으로 분위회귀분석을 통해 1인당 에너지 소비량에 영향을 미치는 도시구조 요소와 지역 특성 요소를 도출한다. 지역은 도시화 정도와 도시구조의

---

<sup>2</sup> 서울시 중구와 부산시 중구(직주근접비율), 인천시 중구(1인당 에너지소비량), 경기도 과천시(1인당 지방세납부액)는 전국 모형과 수도권·광역시 모형 내 데이터 왜도를 보였다.

압축성 정도의 차이 구분을 위하여 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역으로 분석을 진행하며, 종속변수인 1인당 에너지 소비량의 조건부  $\tau$  분위(Quantile)를 10, 30, 50, 70, 90 분위로 구분하여 분석한다.

분위회귀분석(Simultaneous Quantile Regression)은 Koenker 와 Bassett(1978)이 소개한 분석 방법으로 선형회귀분석과 달리 반응 변수의 이상값에 영향을 받지 않아 이상치 분석이 용이하며, 이로 인하여 사회·경제 부문에서 널리 활용된다(최문선, 2013; 박종문, 2020). 이 연구에서는 STATA 15.0 프로그램의 qreg 패키지를 활용하였고, 붓스트랩 계산 반복값 1000 회 설정 후 붓스트랩 재표본추출방법으로 표준오차를 산출한다.

수집자료를 통해 종속변수인 1인당 에너지 소비량 변수와 독립변수, 통제변수인 도시구조 및 인구·사회학적, 경제적, 기온 변수를 포함한 지역 특성의 타당성(validity)과 신뢰성(reliability)을 파악하며 다중공선성(Multicollinearity) 확인 후 피어슨의 상관계수를 통해 상관성을 검정한다.

## 2. 연구 구성

제1장 서론을 통해 연구의 배경 및 목적, 방법과 구성을 설명하며 제2장의 이론 및 선행연구 고찰에서 국내 도시 내 에너지 소비의 추세와 도시구조 및 지역 특성과 에너지 소비와의 연관성과 관련한 선행연구를 정리한다(그림 1-1). 또한, 선행연구와 해당 연구와의 차별성과 연구의 가설을 제시한다. 제 3 장에서는 연구의 개요, 도시구조와 1인당 에너지 소비량과의 영향 요인 분석에 활용할 변수를

구성하고 이를 QGIS 프로그램으로 지도화한 자료를 제시하며 서술적 분석을 구축한다. 제 4 장에서는 도시구조에 따른 1인당 에너지소비량의 영향요인을 분석하고 선형회귀분석(OLS)과 분위회귀분석방법으로 분석한 결과를 제시하여 각 지역의 유형에 따라 에너지소비 요인에 차이가 있는지 살펴본다. 각 모형은 전국 시군구의 도시화 정도가 다르고 비수도권의 경우 수도권·광역시에 비해 물리적 압축성을 분석할 충분한 근린생활권 형성 정도가 다를 수 있기에 수도권·광역시 지역과 그 외 지역으로 구분하여 에너지소비량 영향 요인을 비교한다. 더하여 연구결과를 요약하고 정책적 함의를 제시한다. 제 5 장의 결론에서는 연구의 함의 및 시사점, 의의와 한계를 논의한다.



[그림 1-1] 연구 흐름도

## 제 2 장 이론 및 선행연구 고찰

### 제 1 절 도시구조와 에너지소비량

도시의 압축성과 에너지 소비 관련 선행연구를 정리하면 [표 2-1]과 같다. 김광익·서동희(2019), 조윤애·최무현(2013), 김리영·서원석(2011)은 도시가 압축적으로 개발됨에 따라 수송에너지 사용량이 감소하여 에너지 효율에 긍정적인 영향을 준다고 주장한다. 하지만 김리영·서원석(2011)은 수도권과 비수도권의 지역별 수송에너지의 소비 형태가 다를 수 있음을 언급하며, 수도권의 경우는 도시구조의 압축개발이 수송에너지 소비 절감에 도움을 주지만 비수도권은 규모의 경제를 확보하기 위한 충분한 근린생활권 형성이 우선이라고 말한다. Ewing, R. et al.(2018)은 인구 밀도가 높아질수록 자동차 총이동거리(VMT)가 짧아져 에너지 소비량이 감소한다는 Newman 과 Kenworthy 의 연구 결과를 분석·비판하며 도시화된 압축지역에서 자동차 총이동거리가 감소하는 것은 개별 지역의 밀도 때문이 아니라 인접 지역과의 접근성, 연료 가격 등 다른 변수의 영향이 더욱 중요하다고 강조한다.

수송에너지 외에 압축도시와 건물에너지 소비량과의 연관성에 대한 연구도 존재하지만, 직접적인 연관성을 찾을 수 없다거나 기후조건과 같은 변수의 영향을 발표한 것이 대부분이다(Rickwood, P. et al., 2008; Batty M, 2009; Quan et al., 2020; Li et al., 2019). Rickwood, P. et al. (2008), Batty M (2009)는 압축도시 내 건축물의 밀도와 에너지 사용과의 인과관계가 명확하지 않다고 주장한다. Quan et al. (2020)은 따뜻한 기후조건을 가진 도시가 추운 기후조건인 도시보다 건물에너지와 밀도의 연관성

이 낮다는 것을 발견하였다. Li et al. (2019)은 압축적으로 개발된 도시는 일반적인 예상보다 더욱 복잡성을 지니고 있기에 주거용 건물 개발에 있어 태양에너지, 식재와 같은 기후조건을 더욱 고려해야 한다고 언급한다. 또한, 높은 밀도를 지닌 압축도시일수록 시민들이 자연과 조경을 접할 기회가 낮아짐을 언급하며 냉방 에너지 감소와 삶의 질을 위한 도시 내 식재의 중요성을 주장한다(Li et al. 2019). 앞서 언급한 선행연구를 살펴본 결과, 압축도시는 수송에너지 소비량 절감에는 영향을 주지만 건물에너지에는 직접적인 영향을 주지 않거나, 식재와 차광, 미기후와 같은 기후조건에 따라 건물에너지가 간접적인 영향을 받음을 알 수 있다.

도시구조와 에너지 소비량과의 연관성을 살펴본 대부분의 연구들이 변수간 관계를 선형으로 가정하여 다중선형회귀모형을 채택한 것과 달리 도시구조 요인과 에너지 소비량의 영향 요인의 비선형성 관계가 꾸준히 제기되었다. 도시구조가 압축적으로 개발되면 에너지효율이 증가하고 CO2 배출량과 에너지소비량이 감소

[표 2-1] 도시의 압축성과 에너지 소비 관련 선행연구

저자 (연도)	내용
김광익·서동희(2019)	- 전국 시군구의 에너지 최적 압축비율을 도출하여 압축도시 개발기준 설정 - 압축도시 개발이 에너지 효율뿐 아니라 녹지공간의 확보로 주민의 건강과 삶의 질 향상, 이산화탄소 배출 감축의 방안이 됨을 주장
김리영·서원석(2011)	- 수도권/비수도권의 지역별 수송에너지 소비 형태가 다름 - 수도권의 경우 압축개발이 수송에너지 소비 절감에 도움을 주지만 비수도권은 규모의 경제를 확보하는 충분한 근린생활권 형성이 우선
Li et al. (2019) Batty M (2009)	압축도시는 수송에너지 감소에는 영향을 미치지만, 건물에너지 소비량과는 직접적인 연관성이 없음
Quan et al. (2020)	압축적으로 개발된 도시가 에너지 효율적일 수 있지만, 어느 임계점까지만 유효
Ewing, R. et al. (2018)	압축지역에서 자동차종이동거리가 감소하는 것에 대한 인접 지역과의 접근성, 연료 가격 등 다른 변수의 중요성 강조
조윤애·최무현(2013)	도시가 압축적으로 개발됨에 따라 수송에너지 사용량이 감소하여 에너지효율에 긍정적 영향
Rickwood, Pet al. (2008)	고밀도, 교통 중심 도시가 1인당 수송 에너지사용량이 적지만, 주택 밀도와 건물에너지 사용의 연관성을 명확하지 않음

하지만 최적 인구밀도까지만 유효하다(Quan et al., 2020; 김광익·서동희, 2019; Hong, 2017). 즉 일정 임계점 이상에서는 도시구조 요인이 1인당 에너지 소비량에 미치는 영향이 미미할 수 있다. 따라서 변수간의 비선형성을 고려하여 종속변수와의 관계를 확인할 필요가 있다. Gim(2021)은 도시구조의 압축적인 사용은 차량주행거리와 시간에 역 S 자형의 관계를 가짐을 언급하며 인구밀도, 교육시설 밀도, 토지 이용 등의 요인과 통근 시간 연관성을 분석하였다. 분석결과 통근 시간이 적은 통근자가 교육시설 밀도에 더 잘 반응함을 발견하였다(Gim, 2021). Hong(2017) 또한 도시구조의 밀도와 차량주행거리(VMT) 사이의 비선형 관계를 제기하는데 이러한 차량 주행거리는 도시의 수송에너지의 대리변수로서 도시구조와 지역 에너지 소비량 간의 비선형적 관계가 존재할 가능성을 살펴볼 수 있다. 이렇듯 도시구조와 에너지소비량 사이의 비선형적 관계에 대한 가능성이 이론적으로 제안되었다.

## 제 2 절 지역 특성과 에너지 소비량

도시구조 외에도 다양한 지역 특성이 에너지 소비와 연관성을 지니며, 이를 분석한 선행연구는 [표 2-2]와 같다. 가장 먼저 지역의 인구·사회학적 특성은 1인당 에너지소비량에 큰 영향을 미친다. 홍중호·오형나·이성재(2018)는 다른 가구 형태와 비교하여 1인 가구가 1인당 에너지 소비가 많음을 밝히며, 에너지 소비 패턴이 1인 가구와 가구주의 연령에 따라 변화한다는 것을 발견하였다. 또한, 고령화와 에너지 소비 패턴과의 관계를 조사하였는데, 실내 거주 시간이 고령이 됨에 따라 증가하면서 전력 소비를 증가시키지만 낮은 가처분 소득과 노인 빈곤 문제로 인해

가스 기반의 높은 주거 에너지효율을 지닌 공간에 거주할 가능성이 작음을 언급한다(홍중호·오형나·이성재, 2018). 박종문(2018)은 가구원 수가 증가함에 따라 전력 사용량은 늘어나지만, 도시가스 사용량은 가구원 수 5 인을 기점으로 점차 감소함을 발견한다. 해당 결과는 지역 인구·사회학적 특성과 에너지소비량간의 역 U자형 관계 형성 가능성을 제안한다.

에너지 소비에 영향을 미치는 경제적 지역 특성 요인은 다음과 같다. 박종문(2018)은 소득계층에 있어 전력 사용량은 소득이 증가함에 따라 함께 늘어나지만, 도시가스는 소득 구간 400-500 만 원 이후 점차 감소하는 추세를 보인다고 말한다. Banister(1997)는 도시의 경제적, 물리적, 사회적 구조가 에너지 소비와 연관이 있음을 밝히며, 차량 소유와 같은 경제적 요소는 더 많은 차량 소유가 더 긴 주행 거리에 영향을 미침으로써 지역별 에너지 소비량의 차이를 끌어낸다고 말한다. 또한, Ewing, R. et al.(2018)은 다변량분석을 통해 미국의 157 개 도시를 분석하며 개인소득, 연료 가격 등 지역의 경제적 특성 요인이 에너지 소비량에 영향을 미친다고 밝혔다.



도시 지역 기온과 지역 에너지 소비량에 영향에 관한 연구는 다음과 같다. 박종문(2020), 이동성·문태훈(2017)은 국내 기상관측지점별 관측 자료를 통해 시군구 단위에서 에너지 소비량과 기온의 연관을 발견했고, 냉난방도일, 열대야냉방도일, 폭염냉방도일 등의 기온 변수와 지역별 주택용 전력 소비 및 1인당 에너지 소비량과의 영향을 밝혔다. 홍중호·오형나·이성재(2018)는 주택특성 요인으로 냉난방 기기 변수를 활용하였고, 이에 따라 에어컨을 보유한 가구일수록 가구 내 총에너지 소비량이 증가함을 언급한다. 위의 선행연구들을 통해 다양한 인구 구조 요인, 사회경제적 요인, 기후 요인 등 도시의 지역 특성이 지역 에너지 소비량에 영향을 미침을 알 수 있다.

[표 2-2] 지역 특성과 에너지 소비 관련 선행연구

저자 (연도)	내용
홍중호·오형나·이성재(2018)	- 1인 가구와 가구주의 연령에 따라 지역 에너지 소비 패턴이 변화 - 고령화와 에너지 소비 패턴과의 관계: 고령 인구의 실내 거주 시간이 증가하며 전력 소비 증가
박종문(2020)	- 국내 기상관측지점별 관측 자료를 통해 시군구 단위에서 에너지소비량과 기온의 연관을 발견 - 냉난방도일, 열대야냉방도일, 폭염냉방도일 등 기온 변수와 지역별 주택용 전력 소비와의 영향을 밝힘
박종문(2018)	- 가구원수가 증가함에 따라 전력 사용량은 증가하지만, 도시가스 사용량은 가구원수 5인을 기점으로 점차 감소 - 소득 계층에 있어 소득이 증가함에 따라 전력 사용량은 증가하지만, 도시가스는 소득구간 400-500만원 이후 점차 감소 추세
Banister(1997)	- 도시의 경제적, 물리적, 사회적 구조가 에너지 소비와 연관 있음 - 지역의 차량 소유가 많아지면 자동차충이동거리에 영향을 미쳐 지역별 에너지소비량 차이 유도
Ewing, R. et al. (2018)	- 다변량분석을 통해 미국의 157개 도시를 분석 - 개인소득, 연료 가격 등 지역 특성 요인이 에너지소비량에 영향을 미침

## 제 3 절 연구의 차별성과 가설

### 1. 연구의 차별성

이 연구는 도시구조를 포함한 도시의 물리적, 인구·사회학적, 경제적, 기온 특성이 1 인당 에너지 소비량에 미치는 영향을 파악하고 있다. 지역 에너지 소비량에 영향을 미치는 도시구조 요인을 분석한 연구들은 수송에너지를 종속변수로 한 것이 대다수였다. 또한, 다양한 연구에서 이러한 특성이 전국 혹은 수도권 지역에 미치는 영향을 분석하고 있지만(김광익·서동희, 2019; 유윤진 외, 2012; 이동성·문태훈, 2017; 이원도·황철수, 2011; 정민선·조희선·변병설, 2015), 대체로 변수간 관계를 선형으로 가정하여 다중회귀모형이나 상관관계분석을 주로 활용하고 있다. GIS를 연구방법으로 활용한다면 지리가중회귀모형을 사용한 경우가 대부분이며 변수간 비선형성 관계를 기반으로 하여 분위회귀모형을 적용한 연구가 많이 수행되지 않은 상황이다. 분위회귀모형을 활용한 연구는 최문선(2013)과 박종문(2020)이 있는데, 두 선행연구 모두 국내 주거 에너지 소비를 종속변수로 하여 지역 특성과의 영향을 분석하였다. 따라서 이 연구는 산업 부문을 제외한 수송·가정·상업·공공 부문을 합산한 도시의 1 인당 에너지 소비량과 도시구조 및 지역 특성의 영향 요인을 분위회귀모형으로 분석한 차별성을 지닌다.

또한, 선행연구가 전국이나 서울지역·수도권으로 한정하여 분석을 진행한 반면 이 연구에서는 수도권·광역시와 그 외 지역의 도시화 정도나 근린생활권 규모의 차이를 더욱 자세하게 분석하기 위해 공간적 범위를 전국, 수도권·광역시, 그

외 지역 모형으로 구분하여 분위회귀분석을 진행하였다. 이 과정에서 지역간 1 인당 에너지소비량에 미치는 영향 요인의 차이를 파악하고 이를 통해 지역별 에너지 소비량 관련 정책적 대응에 기여하고자 한다.

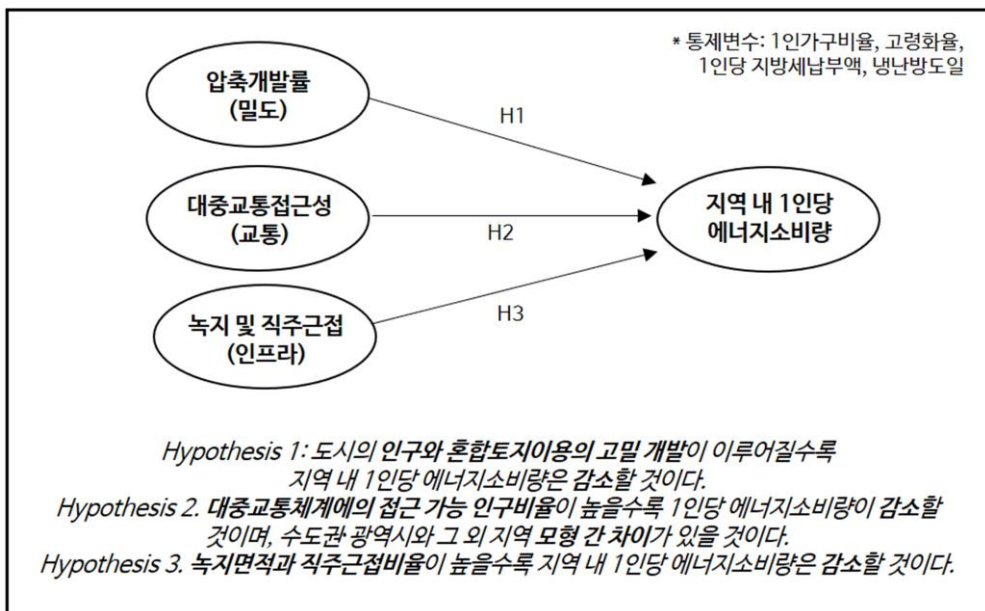
## 2. 연구의 가설

이 연구의 가설은 [그림 2-1]에서 간략하게 확인할 수 있다. 도시구조의 높은 압축성은 도심 내 인프라의 밀도 증가를 의미하며, 이를 통해 시민들의 차량 총 주행 거리 감소, 직주근접, 인프라 당 사용인구 증가를 유도한다. 도시구조의 압축적인 개발을 위한 택지 재개발, 재건축 사업 등을 통한 건물에너지 효율 향상과 차량 총 주행 거리 감소 등은 에너지 소비량 감소에 효율적일 것으로 추정되므로(김광익·서동희, 2019), 인구와 혼합토지이용 밀도가 증가하는 압축성이 높아질수록 지역 에너지 소비량이 감소할 것으로 가정하고 이를 통계적으로 검증하고자 한다.

많은 선행연구는 도시구조의 교통 특성이 지역별 수송에너지 소비에 영향을 미친다고 언급한다(김광익·서동희, 2019; 김리영·서원석, 2011; 정민산·조희선·변병설, 2015; 조운애·최무현, 2013; Ewing, R. et al., 2018). 조운애·최무현(2013)은 적정 개발밀도 이하에서는 도시 개발 밀도가 증가하면 수송에너지 소비량이 감소함을 언급하며 공공교통체계를 정비하여 활용성과 경제성을 높여야 한다고 주장한다. 또한, Ewing, R. et al.(2018)은 도시화된 압축지역에서 자동차 총 주행 거리가 감소하는 것은 인접 지역과의 접근성, 연료 가격 등 다른 변수의 영향이 중요하다고 말한다. 그렇기에 인접 지역 및 도시 내 광역, 공공교통체계를 개선하여 지역 수송에너지

소비량을 줄일 필요가 있음을 알 수 있다. 따라서 대중교통체계에 대한 접근 가능 인구비율이 높을수록 지역 에너지 소비량이 감소한다는 가정하에 이를 통계적 검정하고자 하며, 대중교통이 더 잘 발달된 수도권·광역시와 그 외 지역 간에 차이가 있는지 함께 분석하고자 한다.

도시구조의 압축적 개발은 지역 기반시설의 집중화와 이를 통한 직주근접, 고밀 개발을 특성으로 한다. 김광익·서동희(2019)는 녹지공간의 인프라 확대는 압축 도시 에너지 효율뿐 아니라 주민의 건강과 삶의 질 향상, 택지의 재개발 및 재건축 사업으로 이산화탄소 배출 감축에 도움이 된다고 말한다. Li et al. (2019) 또한 높은 밀도를 지닌 도시에 거주하는 도시민이 자연과 조경을 접할 기회가 없음을 언급하며, 도시 내 식재는 냉방 에너지 감소에 주는 도움을 준다고 주장한다. 이에 1 인당



[그림 2-1] 연구 가설 모형

녹지면적과 직주근접비율이 높을수록 지역 에너지 소비량이 감소할 것을 가설로 설정하여 이를 통계적으로 검정하고자 한다.

가설 1) 도시의 인구나 혼합토지이용의 고밀 개발이 이루어질수록 지역 내 1인당 에너지소비량은 감소할 것이다.

가설 2) 대중교통체계에의 접근 가능 인구비율이 높을수록 1인당 에너지 소비량이 감소할 것이며, 수도권·광역시와 그 외 지역 간 차이가 있을 것이다.

가설 3) 녹지 면적과 직주 근접 비율이 높을수록 지역 내 1인당 에너지 소비량은 감소할 것이다.

## 제 3 장 연구 설계와 자료 현황

### 제 1 절 연구 설계

#### 1. 연구 개요

이 장에서는 산업부문을 제외한 도시내 1 인당 에너지 소비량에 영향을 미치는 도시구조와 지역의 인문·사회학적, 경제적, 기온 특성의 효과를 분석하고자 한다. 도시의 에너지 소비는 도시구조와 도시 내 거주민의 다양한 특성 및 사회적 구성 등에 따라 영향을 받는다. 수도권·광역시와 그 외 지역은 도시화 정도가 다르거나 변수들의 공간적 특성이 다르기에 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역으로 모형을 세분화하여 요인을 살펴볼 필요가 있다.

이 연구는 분위회귀모형 구축 시 소비량 분위( $\tau$ )를 10, 30, 50, 70, 90으로 구분하여 에너지 소비량 요인을 분석한다. 박종문(2020)에 따르면, 분위에 따라 각 변수의 영향력을 확인하는 분위회귀모형은 같은 집단 내 에너지 소비량이 차등적일 수 있는 변수 특성의 분석 및 유의성 파악에 도움이 된다. 즉 종속변수인 1 인당 에너지 소비량의 분위에 따라 도시의 어느 특성 요인이 어떻게 영향을 미치는지, 에너지 저소비( $\tau=10$ )에서 다소비( $\tau=90$ )까지 각 경우를 비교 분석할 수 있다(박종문, 2020). 해당 과정을 통해 이 연구는 거주 지역(전국, 수도권·광역시, 그 외 지역) 모형, 1 인당 에너지 소비량의 분위에 따른 영향요인을 도출하여 더욱 세밀한 에너지 정책 수립의 제언에 기여할 수 있다.

## 2. 변수 구성

이 연구에서는 도시의 물리적, 사회적, 경제적 구조와 지역 에너지 사용량을 분석하기 위해 통계청의 국가통계포털에서 제공하는 자료와 국가에너지통계종합정보시스템, 한국토지주택공사 등에서 제공하는 자료를 활용한다. 구축 변수는 [표 3-1]과 같고, 각 자료는 모두 전국 시군구를 범위로 하는 자료로 수합하였다.

### 1) 1인당 에너지 소비량

이 연구의 종속변수는 ‘1인당 에너지소비량(TOE)’이다. 도시의 지역 특성에 따른 지역 내 1인당 에너지 소비량을 보고자 하기에 측정 단위는 전국 시군구에 따른 1인당 에너지 사용량으로 선정한다. 기존 연구를 참고하여 1인당 에너지 소

[표 3-1] 활용변수 목록

주요 변수		내용	단위	출처
에너지 소비량	1인당 에너지소비량	총 에너지(수송, 가정, 상업, 공공부문) /주민등록인구수	천 toe/인	국가에너지통계 종합정보시스템
도시 구조	도시지역 인구밀도	총 인구수/지역내 도시토지면적	인/m <sup>2</sup>	국가통계포털
	혼합도지이용	$-\left[\sum_{j=1}^k P^j \ln(P^j)\right] / \ln(k)$	-	한국토지주택공사 도시계획현황
	주택공급형태	(다가구주택/전체주택)*100	%	국가통계포털
	교육시설 대중교통/도보접근성	일평균 초등학교 15분 이내 대중교통·도보 접근 가능 인구비율	%	
	직주근접비율	지역 내 사업체수/주거수	개	고용노동통계, 국가통계포털
	1인당 녹지면적	지역 내 녹지면적/총 인구수	m <sup>2</sup> /인	국가통계포털
1인가구비율	(1인가구 수/총 인구수)*100	%		
고령화율	(65세이상 인구수/15세 미만 인구수) *100	%		
지역 특성	1인당 지방세납부액	지방세 징수액/주민등록인구	천 원/인	행정안전부 승인통계
	냉방도일	일평균기온>24°C 기준, Σ(일평균기온-24°C)	도일	기상자료개발포털
	난방도일	일평균기온<18°C 기준, Σ(18°C-일평균기온)	도일	

비량은 ‘시군구 최종에너지 소비량/주민등록인구’ 값으로 구축하며 시군구 에너지 소비량은 국가에너지통계종합정보시스템에서 제공하는 자료를 기본으로 한다. 수합한 자료는 산업·수송·가정·상업·공공부문 에너지소비로 구분하여 제공하고 있으며, 이 연구에서는 도시별로 다른 산업 특성의 영향을 통제하기 위해 산업부문 에너지소비를 제외한 수송·가정·상업·공공 네 부문에서의 에너지 소비량을 합산하여 활용한다.

## 2) 도시구조

이 연구의 독립변수는 ‘도시구조’이며 인구나 도시토지밀도, 교통, 접근성으로 구분하여 구축한다. 도시구조를 나타내는 물리적 요소는 OECD(2012)의 압축도시 지표를 참고하였다.

인구와 도시토지 지표를 판단할 수 있는 ‘인구 밀도’, ‘혼합토지이용’과 ‘주택 공급형태’는 도시의 압축성과 에너지 소비와의 연관을 살펴보는 선행연구가 가장 기본으로 살펴보는 변수로서, 도시의 고밀 개발 특성을 반영하는 지표이다(이동성·문태훈, 2017; 이원도·황철수, 2011; 정민선·조희선·변병설, 2015; 김광익·서동희, 2019). 인구 밀도는 국가통계포털 내 전국 시군구 주민등록인구 통계를 통해 ‘주민등록총 인구/지역면적’으로 산정되며, 도시화 정도를 살펴보기 위하여 국가통계포털 지역 면적 데이터 중 도시토지면적을 사용하여 산정한다.

혼합토지이용비율은 엔트로피 지수(ENT)를 통해 확인할 예정이다. Song, Y. et al.(2013)에 따르면, 엔트로피 지수는 동일 지역 내 두 개 이상 용도 유형의 상대적 비율을 고려한 용도 혼합의 척도를 뜻하며(Turner, M et al., 2001) 지역 내 각 용도의



면적 비율로 계산 시 혼합도가 높을수록 1 에 가까운 값을 보인다(Song, Y. et al, 2004). 이 변수는 한국토지주택공사 도시계획현황 데이터를 활용한다.

$$ENT = - \left[ \sum_{j=1}^k P^j \ln(P^j) \right] / \ln(k)$$

주택공급형태의 변수는 전체 주택 중 다가구 주택의 비율을 확인하는 변수로서 국가통계포털의 데이터를 활용한다.

도시구조 중 교통 지표는 교육시설로 대표되는 초등학교의 일평균(06-20 시) 대중교통과 도보로의 15 분 이내 접근 가능한 인구 비율로 살펴볼 예정이다. 김리영·서원석(2011), 조운애·최무현(2013)은 어느 임계점까지 압축도시 특성이 교통에너지 절감에 영향을 미침을 설명하며 공공 대중교통체계 정비의 중요성을 언급한다. 이에 대중교통과 도보를 활용한 교육시설에의 접근 가능 인구비율 변수를 구축하여 지역 내 공공 대중교통체계를 살펴보고 이와 1 인당 에너지 소비량과의 연관성을 살펴볼 예정이다. 이 변수는 국가통계포털의 전국 시군구 데이터를 활용한다.

기반시설의 중앙집중화는 압축도시의 특성 중 하나이며 OECD(2012)에서 선정한 압축도시 대표 지표 중 하나지만 아직 이를 변수로 구축한 선행연구는 부족하며, 구축하더라도 녹지면적 인프라만을 살펴본 경우로 한정된다(이동성·문태훈, 2017; 정민산·조희선·변병설, 2015). 이에 본 연구는 국가통계포털·고용노동통계의 ‘공원 면적’, ‘지역 내 종사자수’, ‘취업자수’ 시군구 데이터를 통해 녹지면적과 직주근접률을 변수로 추가하여 선행연구와의 차별성을 구축한다. 해당 변수들은 도시의 삶의 질 측면에서도 직주 근접 성향의 물리적 환경을 보일수록, 1 인당 녹지 면

적이 많을수록 지역 내 삶의 질 향상에 도움을 준다(손웅비·강현철, 2019; Li et al., 2019; 김광익·서동희, 2019).

직주근접률은 지역 내 일자리와 주거지 사이의 근접 비율을 일컬으며 ‘지역 내 종사자수/주택수’, ‘지역 내 회사수/주택수’ 등 여러 계산식이 활용되지만, 이 연구에서는 Certero, R.(1989)의 직주비(Job-Housing Banlance) 개념인 ‘지역 내 주택 수 대비 사업체 수’ 계산식을 활용한다. 이는 동일한 지역에서의 직장과의 주거지 간의 수적 균형 탐색에 용이하다(손승호, 2014).

1 인당 녹지면적은 ‘지역 내 녹지 면적 대비 총 인구수(m<sup>2</sup>/인)’의 계산식을 활용하며 국가통계포털의 데이터를 활용할 예정이다.

### 3) 지역 특성

이 연구의 통제변수는 도시 지역의 인구·사회학적, 경제적, 기온 특성이다. 홍종호·오형나·이성재(2018)는 지역의 고령화율이 증가하고, 1 인 가구 비율이 높아질수록 지역 에너지 사용량에 ‘정(+)’의 영향을 미친다고 말한다. 도시의 인구·사회학적 특성을 위해 1 인 가구 비율을 활용하는데 국가통계포털에서 제공하는 ‘행정구역별 인구밀도’, ‘행정구역별 주민등록세대수’ 등을 활용한다. 또다른 인구·사회학적 특성 변수로 선행연구를 통해 고령화율을 채택하였는데 해당 데이터는 국가통계포털의 ‘연령 및 성별인구’를 활용한다.

박종문(2020), 이동성·문태훈(2017)은 1 인당 지방세납부액을 통한 지역 경제요소를 변수로 구축하였고, 1 인당 지방세 납부율이 증가할수록 에너지 소비량이 증가한다고 언급한다. 이동성·문태훈(2017)은 지역 경제적 변수에 자동차등록대수를

추가하여 연구 결과에 정당성을 더하였다. 하지만 이 연구는 변수의 다중공선성 확인 결과, 서로 상관 정도가 높은 1 인당 지방세 납부액과 자동차 등록대수 중 1 인당 지방세 납부액만 채택하여 도시의 경제적 특성 변수로 활용한다. 해당 변수는 국가통계포털의 ‘지역소득: 1인당 개인소득’ 데이터를 활용한다.

박종문(2020), 이동성·문태훈(2017)은 기상청 기상자료를 활용해 관측소별 기온관측자료를 통해 시군구별 냉난방도일을 구축하였고, 이를 통해 지역의 냉난방도일이 증가할수록 지역 에너지 사용량이 증가함을 발견한다. 냉난방도일의 경우 기상청 관측소 지점이 전국 시군구에 고르게 분포하지 않고 지역마다 개수가 다르다. 이에 이 연구에서는 기상자료개방포털에서 제공하는 ‘시군구별 냉난방도일’ 데이터 중 행정구역별 가장 도시지역 인구밀도가 높은 것으로 집계되는 관측소를 선정하여 지역별 냉난방도일 값을 활용하였다. 하지만 전라남도의 경우 관측소 중 도시지역 인구밀도가 가장 높은 무안의 관측값이 존재하지 않아 두 번째로 높은 목포 관측소의 값으로 대체하였다. 냉방도일(Cooling Degree Days, CDD)은 2019년 5월 1일에서 9월 30일을 기간으로 산정하였고, 난방도일(Heating Degree Days, HDD) 기간의 경우 2019년 1월 1일~4월 30일, 10월 1일~12월 31일로 산정하였다. 냉방도일의 기준은 일평균기온 24℃, 난방도일은 일평균기온 18℃를 기준 온도로 하였다.

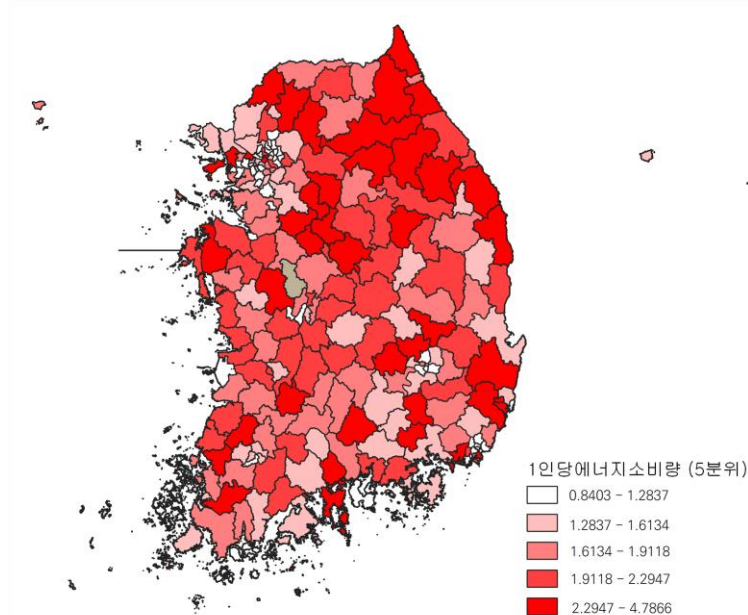
$$CDD = \sum_{i=1}^N CDD_i, CDD_i = \max(T_i - T_0, 0)$$

$$HDD = \sum_{i=1}^N HDD_i, HDD_i = \max(T_0 - T_i, 0)$$

## 제 2 절 지역별 1인당 에너지소비량과 영향 요인의 공간 특성

이 연구는 2019년 전국 222개 시군구의 1인당 에너지소비량에 미치는 도시구조의 영향요인을 파악하고자 한다. 이 절에서는 영향요인 분석 전 연구에 사용한 변수들의 2019년 공간적인 현황을 살펴보고자 한다. 각 변수의 지도화는 QGIS 버전 3.16.9 프로그램을 활용하였다.

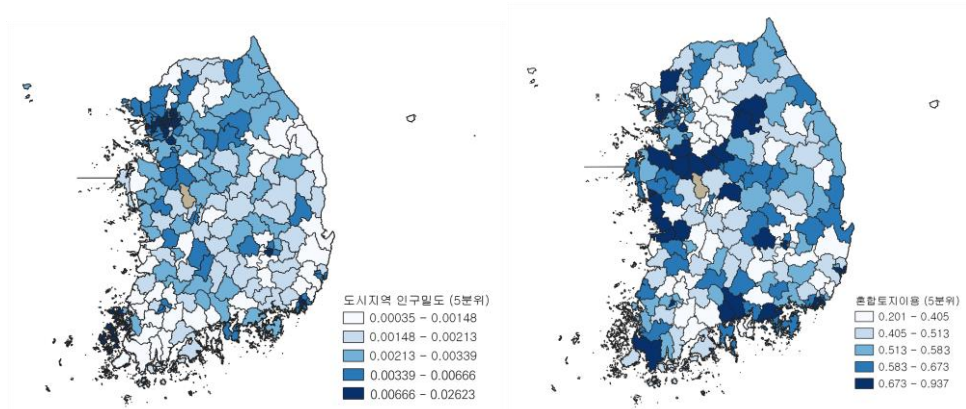
연구의 종속변수인 전국 시군구 1인당 에너지 소비량의 공간상 5분위 분포는 [그림 3-1]과 같다. 최대 4.79천 toe/인에서 최소 0.84천 toe/인으로 나타났으며, 서울, 경기, 대구, 부산 등 수도권·광역시의 1인당 에너지 소비량이 그 외 지역보다 비교적 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 현황의 이유에 관해서는 제 4장에서 더욱 자세히 살펴볼 예정이다.



[그림 3-1] 2019년 전국 1인당 에너지소비량 5분위 분포

1 인당 에너지 소비량뿐 아니라 도시구조를 살펴볼 수 있는 요인들도 2019 년 공간상 현황이 다르게 분포한다. [그림 3-2]는 도시지역 인구밀도와 혼합토지이용 의 2019 년 전국 시군구 5 분위 분포를 보여준다. 도시지역 인구밀도는 지역 내 도 시지역의 면적 대비 주민등록 인구수를 나눈 것으로, 그 지역의 인구밀집 정도를 살펴볼 수 있다. 최대 0.0262 인/m<sup>2</sup>에서 최소 0.0003 인/m<sup>2</sup>로 서울을 비롯한 수도권 의 인구밀도가 높음이 드러난다. 또한, 강원도와 전라남도를 포함한 그 외 지역의 도시지역 인구밀도가 낮은 경향을 보인다.

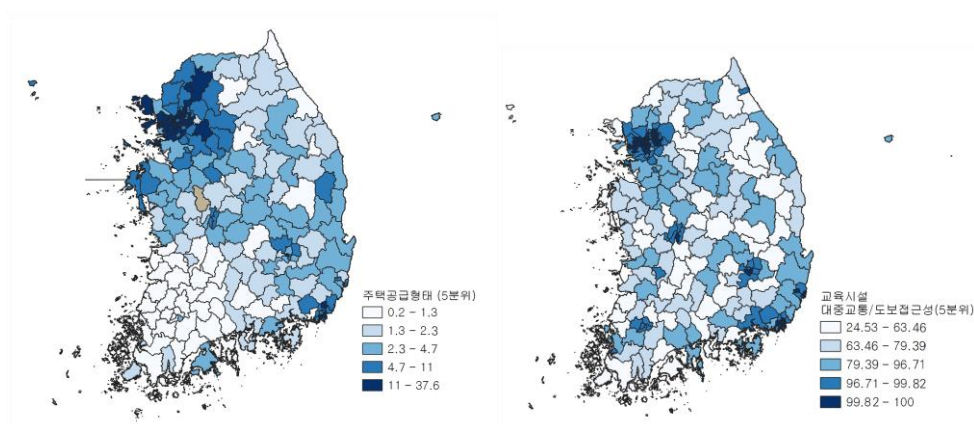
[그림 3-2]를 통해 혼합토지이용 정도를 살펴볼 수 있는 엔트로피 지수의 지도 상 분포 또한 살펴볼 수 있다. 엔트로피 지수는 동일 지역 내 두 개 이상 용도 유 형의 상대적 비율을 고려한 용도혼합의 척도를 뜻하며 지역 내 각 용도의 면적 비 율로 계산 시 혼합도가 높을수록 1 에 가까운 값을 보인다(Song, Y. et al, 2013). 서울 영등포구, 부산 동구 등의 지역이 최대 0.94 로 혼합토지이용정도가 상당히 높았으 며, 경기도 광주시에서 최소 0.20 의 가장 낮은 값을 보인다.



[그림 3-2] 2019 년 전국 도시지역 인구밀도(좌), 혼합토지이용(우)의 5 분위 분포

[그림 3-3]은 2019 년 전국 시군구의 주택공급형태와 교육시설 대중교통/도보 접근성의 5 분위 분포를 지도상에 표현한 자료이다. 주택공급형태는 지역 내 전체 주택수 대비 다가구주택의 비율을 알아볼 수 있는 변수로서, 최대 37.6%에서 최소 0.2%의 값을 가진다. 주택공급형태 변수는 도시지역 인구밀도 변수와 유사하게 서울을 포함한 수도권 및 광역시 지역에서 높은 경향을 보인다. 혼합토지이용 비율이 가장 낮은 값을 가졌던 경기도 광주시에서 가장 높은 주택공급형태 비율을 보이고 있는데, 이는 경기도 광주의 토지이용 중 주거 용도가 상당히 높음을 미루어 볼 수 있다.

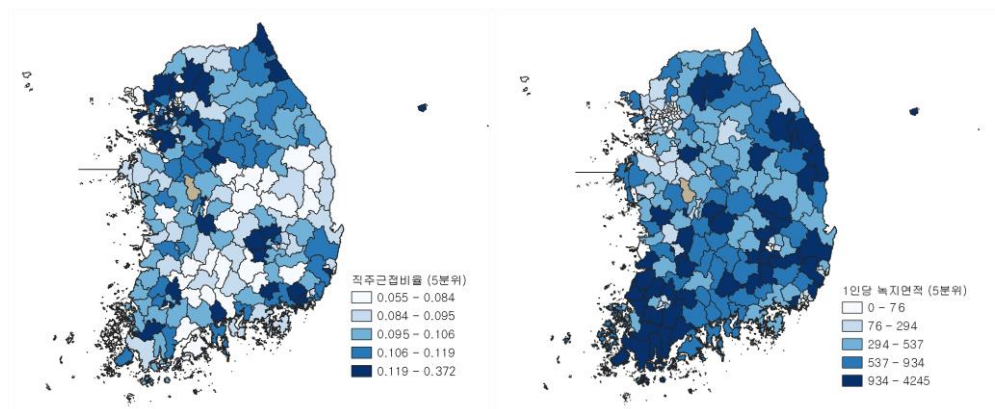
교육시설 대중교통/도보접근성은 일평균(06-20 시) 초등학교에의 15 분 이내로 대중교통과 도보 접근 가능 인구 비율을 알아보는 변수이다. 서울을 포함한 수도권과 광역시 지역에서 높은 값의 5분위를 보였고 그 외 지역이 대체로 1분위를 나타냈다. 가장 높은 비율은 100%이고 전라남도 신안군이 24.53%로 가장 낮은 비율을 가졌다.



[그림 3-3] 2019 년 전국 주택공급형태(좌), 교육시설 대중교통/도보접근성(우)의 5분위 분포

[그림 3-4]는 2019년 전국 시군구의 직주근접비율과 1인당 녹지면적의 5분위 분포를 지도상에 표현한 자료이다. 직주근접비율은 Cervero(1989)의 직주비(Job-Housing Balance) 개념인 지역 내 주택 수 대비 사업체 수를 활용하였고, 이는 동일한 지역에서의 직장과 주거지 간의 수적 균형 탐색에 용이하다(손승호, 2014). 일부 서울, 경기도 지역이 직주근접비율이 높은 경향을 찾아볼 수 있었으며 서울시 종로구에서 최대 0.37개의 값을, 서울시 관악구에서 최소 0.06개의 값을 보였다.

2019년 전국 시군구 1인당 녹지면적 비율의 지도상 5분위 분포 또한 [그림 3-4]에서 확인할 수 있다. 1인당 녹지면적은 ‘지역 내 녹지면적 대비 총 인구수(m<sup>2</sup>/인)’식을 활용하였다. 용도지역상 서울의 녹지면적은 대체로 1분위의 낮은 값을 보이고 있다. 1인당 녹지면적 비율의 변수는 도시지역 용도 상 녹지 면적을 주민등록인구로 나눈 값으로써 최대 4245%에서 최소 0%의 값을 나타낸다.



[그림 3-4] 2019년 전국 직주근접비율(좌), 1인당 녹지면적(우)의 5분위 분포

1인당 에너지소비량에는 도시구조뿐 아니라 인구·사회학적, 경제적 요소 등 지역 특성도 영향을 미칠 수 있다. 이에 이 연구에서는 해당 변수들을 통제변수로 활용하고자 하며 통제변수 중 2019년 전국 시군구 1인가구비율과 고령화율, 1인당 지방세납부액의 5분위 분포를 지도상에 표현하였다(그림 3-5).

[그림 3-5]에서 1인가구비율은 일부 서울과 경상도 지역에서 높은 5분위 분포를 보였는데, 이는 2030의 젊은 층 1인가구와 고령층의 1인가구 비율이 해당 지역



[그림 3-5] 2019년 전국 1인가구비율(상좌), 고령화율(상우), 1인당지방세납부액(하)의 5분위 분포



에 위치하기 때문인 것으로 미루어볼 수 있다. 최대 비율은 서울시 관악구 24%, 최소 비율은 경기도 남양주시의 7% 값을 보이고 있다.

2019년 전국 시군구 고령화율의 공간 특성 현황은 [그림 3-5]에서 확인할 수 있다. 서울 및 경기도와 광역시는 고령화율이 낮은 1 분위 분포를 주로 보이고 있으며 그 외 지역이 높은 고령화율의 경향을 나타낸다. 고령화율은 경상북도 군위군에서 최대 737% 값을 가지고 울산광역시 북구가 최소 42%의 값을 가진다.

지역의 경제적 지표를 살펴볼 수 있는 1인당 지방세납부액 변수의 2019년 전국 시군구 5분위 분포도 [그림 3-5]에서 확인할 수 있다. 수도권과 광역시에서 1인당 지방세납부액이 대체로 높은 것을 살펴볼 수 있다. 2019년 전국 시군구 중 서울시 강남구에서 6247 천 원/인으로 가장 높은 1인당 지방세를 납부하였고 부산광역시 북구가 450 천 원/인으로 전국에서 가장 낮은 1인당 지방세를 납부하였다.

## 제 4 장 도시구조에 따른 1인당 에너지소비량 영향요인 분석

이 장에서는 선행연구를 기반으로 구축한 변수를 바탕으로 도시구조에 따른 1인당 에너지 소비량의 주요 영향 요인을 파악하고자 한다. 해당 연구에서 활용하는 분위회귀모형 실행 전 변수들의 기초통계량과 선형회귀분석인 다중회귀모형을 활용하여 지역별 분석자료의 특성을 살펴본다. 그 후 분위회귀모형을 통해 전국, 수도권 및 광역시, 그 외 지역으로 구분한 도시 특성에 따른 1인당 에너지소비량 영향요인을 분석하고 결과 요약 및 정책적 함의를 도출한다.

### 제 1 절 1인당 에너지 소비량 다중회귀모형

#### 1. 지역별 분석자료의 특성

연구 가설을 검증하기에 앞서 이 연구에서 활용하는 변수의 분포를 정리한 기초통계 분석을 실시하였다. [표 4-1]은 전국의 주요 변수의 현황을 보여주는데, 전국 222개 시군구의 1인당 에너지소비량은 평균 1.87천 toe/인을 보인다. 도시의 압축성을 나타내는 주요 변수들을 살펴보자면 전국 도시지역의 인구밀도는 1인당 평균 0.0049 m<sup>2</sup>이며 토지의 혼합적 이용을 볼 수 있는 혼합토지이용 변수의 경우 엔트로피 지수는 평균 0.54임을 알 수 있다. 전국 시군구의 전체 주택 대비 다가구 주택의 비율은 평균 6.74%이고 교육시설인 초등학교에 대한 대중교통/도보 접근성

은 평균 82.53%이다. 손웅비·강현철(2019)은 직주근접 성향의 물리적 환경을 보일 수록, Li et al. (2019)와 김광익·서동희(2019)는 1인당 녹지 면적이 많을수록 지역 내 삶의 질이 향상한다고 말한다. 삶의 질을 나타내는 변수 중 지역 내 주택수 대비 사업체수 비율인 직주 근접 비율은 전국 시군구 평균 0.11 개이며, 녹지 면적은 1인당 평균 555.75 m<sup>2</sup>이다. 1인가구는 전국 시군구에 평균 13.06% 거주하고 있으며 고령화율은 평균 217.71%의 수치를 보인다. 1인당 지방세납부액은 1,260 천 원이고 5월~9월의 일평균기온이 24℃가 넘는 일자의 누적 냉방도일은 평균 140.28 도일, 1월~4월과 10월~12월의 일평균기온이 18℃보다 낮은 일자의 누적 난방도일은 평균 2,356.38 도일로 나타났다.

[표 4-2]는 전국 시군구의 주요 변수를 수도권·광역시와 그 외 지역으로 구분하여 기초통계를 분석하였다. 이는 전국 시군구의 도시화 정도가 다르고 김리영·서원석(2011)에 따르면 수도권·광역시에 비해 그 외 지역의 경우 충분한 근린생활

[표 4-1] 분석자료 기초통계\_전국

주요변수		표본수	최소값	최대값	평균	표준편차
에너지 소비량	1인당 에너지 소비량	222	0.8403	4.7866	1.8712	0.7063
도시 구조	도시지역 인구밀도	222	0.0003	0.0262	0.0049	0.0054
	혼합토지이용	222	0.2010	0.9365	0.5446	0.1558
	주택공급형태	222	0.1530	37.63	6.74	7.60
	교육시설	222	24.53	100	82.53	18.85
	대중교통/도보접근성	222	0.0546	0.3719	0.1075	0.0404
	직주근접비율	222	0	4245.03	555.75	592.39
지역 특성	1인당 녹지면적	222	6.96	23.97	13.06	2.67
	1인가구비율	222	41.77	736.64	217.71	137.02
	고령화율	222	449.79	6247.34	1259.85	746.94
	1인당 지방세납부액	222	54.40	218.10	140.28	44.51
	냉방도일	222	1618.30	2811.30	2356.38	354.74
	난방도일	222				

권이 우선으로 형성되어야 한다고 언급하기에 구분하여 비교하도록 한다. 우선 산업부문을 제외한 수송·가정·상업·공공부문의 1인당 에너지 소비량은 수도권 및 광역시는 1인당 평균 1.65 천 toe/인, 그 외 지역의 경우 2.06 천 toe/인으로 그 외 지역의 1인당 에너지소비량이 수도권과 광역시보다 많다. 도시지역 면적의 인구밀도는 수도권·광역시가 평균 0.0082 m<sup>2</sup>로 그 외 지역의 0.0021 m<sup>2</sup>보다 높고, 혼합토지이용 변수는 수도권·광역시가 평균 엔트로피 지수 0.57 로 그 외 지역의 엔트로피 지수 0.53 보다 높음을 알 수 있다. 이는 그 외 지역보다 수도권과 광역시의 도시화가 더욱 진행되었기 때문으로 보인다. 전체 주택 대비 다가구주택의 경우 수도권·광역시는 평균 12.20%이며 그 외 지역의 평균 2.19%보다 더 높은 비율을 보였다. 일평균(06-20 시) 초등학교에 대중교통과 도보로 15 분 이내 접근 가능한 인구 비율을 살펴보는 교육시설 대중교통/도보접근성 변수는 수도권·광역시는 95.30%인 반면 그 외 지역은 71.87%에 머물렀다. 삶의 질 명목의 직주근접비율과 1인당 녹지 면

[표 4-2] 분석자료 기초통계\_수도권·광역시, 그 외 지역

주요변수		수도권·광역시			그 외 지역		
		표본수	평균	표준편차	표본수	평균	표준편차
에너지 소비량	1인당 에너지소비량	101	1.65	0.81	121	2.06	0.54
도시 구조	도시지역 인구밀도	101	0.0082	0.0064	121	.0021	.0013
	혼합토지이용	101	0.5659	.01720	121	.5269	.1381
	주택공급형태	101	12.20	8.37	121	2.19	1.38
	교육시설 대중교통/도보접근성	101	95.30	11.99	121	71.87	16.81
	직주근접비율	101	0.1167	0.5545	121	.0999	.0200
	1인당 녹지면적	101	222.75	344.17	121	833.72	613.46
지역 특성	1인가구비율	101	11.97	3.03	121	13.98	1.90
	고령화율	101	141.14	67.93	121	281.63	147.22
	1인당 지방세납부액	101	1469.67	1008.86	121	1084.71	333.71
	냉방도일	101	164.96	21.28	121	119.67	48.27
	난방도일	101	2270.33	335.99	121	2428.20	355.34

적의 변수를 살펴보자면, 수도권·광역시의 직주근접비율이 평균 0.12 개, 그 외 지역은 0.10 개를 보이고 1인당 녹지 면적은 그 외 지역이 833.72 m<sup>2</sup>로 수도권·광역시의 평균 222.75 m<sup>2</sup>보다 더 넓게 나타났다. 지역 특성 변수를 살펴보자면 1인가구는 수도권·광역시에는 평균 11.97% 거주하지만 그 외 지역에 평균 13.98%로 더 많이 거주하고 있었으며, 고령화율도 마찬가지로 그 외 지역이 평균 281.63%으로 수도권·광역시 평균 141.14%보다 높았다. 1인당 지방세 납부액은 수도권·광역시가 1,470 천 원으로 상대적으로 더 많았다. 기온 변수인 냉방도일은 수도권·광역시 평균 164.96 도일, 그 외 지역은 119.67 도일이고 난방도일은 그 외 지역은 2,428.20 도일로 수도권·광역시 평균 2,270.33 도일보다 높게 나타났다.

## 2. 지역별 다중회귀분석 결과

이 연구는 분위회귀분석에 앞서 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역으로 구분하여 각 지역별 다중회귀분석을 실시하였다(표 4-4). 다중회귀분석 전 각 변수들 간의 다중공선성(Multicollinearity) 문제를 해결하기 위하여 모형별 분산팽창요인(VIF) 확인 결과 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역 모형의 VIF는 각각 4.16, 3.11, 4.94로 5보다 작아 다중공선성에 문제가 없음을 확인하였다. 또한, 각 모형의 회귀계수는 표준화 회귀계수로 작성하였으며, 설명력은 수도권·광역시 모형이 가장 높았고 전국 모형에서 설명력이 낮게 나타났다.

각 지역별 선형회귀분석의 유의성을 중심으로 살펴보자면, 도시구조의 물리적 압축성 변수 중 OECD(2012)에 따른 압축도시 개발지표의 ‘밀도’를 의미하는 ‘도시

지역 인구밀도'의 경우 모든 모형에서 유의성을 보였고 1 인당 에너지 소비량과는 부(-)의 관계를 가진다. 즉 도시지역에 인구 밀도가 높아질수록 전국, 수도권·광역시와 그 외 지역의 1 인당 에너지소비량은 감소하고 있다. 그 외 지역 모형은 '도시 지역 인구밀도' 변수 외에는 도시구조 변수에서는 1 인당 에너지소비량에 영향을 미치는 요인을 발견할 수 없었다.

전국과 수도권·광역시 모형은 모든 도시구조 영향 요인이 동일하게 나타났다. 혼합토지이용 변수의 경우 전국과 수도권·광역시에서 한 지역 내 두 개 이상 용도 유형의 상대적 비율을 고려한 용도혼합이용 비율이 높아질수록 1 인당 에너지 소비량이 증가한다는 결과를 보였다.

[표 4-3] 지역별 1 인당 에너지소비량 다중회귀모형

주요 변수		전국	수도권·광역시	그 외 지역
		표준화 회귀계수	표준화 회귀계수	표준화 회귀계수
도시 구조	도시지역 인구밀도	-.3907***	-.2037*	-.2219**
	혼합토지이용	.2407***	.2920**	.1227
	주택공급형태	.0688	.0477	-.0734
	교육시설 대중교통/도보접근성	-.3206**	-.2728**	-.1708
	직주근접비율	.0023	-.0190	.1021
	1인당 녹지면적	.2780***	.4119***	.0454
지역 특성	1인가구비율	.0587	.1003	-.0441
	고령화율	-.1677	-.1330	.2539
	1인당 지방세납부액	.2575**	.2470*	.5014***
	냉방도일	-.0124	-.1030	.2972**
	난방도일	.0806	-.0128	.4328***
R <sup>2</sup>		0.4122	0.4835	0.4502
VIF 최대값(평균)		4.16(2.57)	3.11(2.29)	4.94(2.38)
표본수		222	101	121

\*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.001

전체 주택 중 다가구주택의 비율을 확인할 수 있는 주택공급형태 변수의 경우 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역 중 어떠한 모형에서도 유의성을 보이지 않았다. 주택공급형태는 도시의 주거용도 압축성을 살펴볼 수 있는 변수로서 도시구조 중 물리적 압축성을 확인할 수 있을 것이라 예상하였으나, OLS 다중회귀분석에서는 유의하지 않음을 발견하였다.

교육시설 대중교통/도보 접근성 변수는 전국과 수도권·광역시 모형에서 유의성을 보였다. 이 결과는 초등학교에 대한 대중교통/도보 15 분 이내 접근성과 직장 과 주거지 간의 거리가 근접할수록 1 인당 에너지 소비량이 감소함을 의미한다. Gim(2021)은 학교 밀도 역시 통근자가 아이들을 학교에 데려다 주는 행위로 교통 에너지에 영향을 미칠 수 있음을 언급하는데 가까운 초등학교를 다닌다면 해당 행위의 필요성이 사라져 1 인당 에너지 소비량이 감소함을 추측할 수 있다. 하지만 직주근접비율 변수는 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역 모든 모형에서 유의성을 보이지 않고 있다.

1 인당 녹지 면적 또한 전국과 수도권·광역시 모형에서 유의성을 보였다. 김광익·서동희(2019)는 도시구조가 압축적으로 개발된다면 녹지공간을 확보하여 이산화탄소 배출을 감축할 뿐 아니라 주민의 건강과 삶의 질 향상에도 영향을 미침을 언급하였는데, OLS 다중회귀분석 결과 오히려 전국과 수도권·광역시의 1 인당 녹지 면적이 증가할수록 1 인당 에너지 소비량이 증가한다는 정(+)의 관계를 나타냈다. 추후 연구 진행 시 해당 결과가 녹지 불평등과 관련이 있는지 살펴볼 필요가 있다. 가령 서울의 경우 지역 내 소득이 증가할수록 1 인당 녹지 면적이 증가하는 경향이 있다면 1 인당 녹지 면적 비율의 변수가 1 인당 에너지 소비량에 영향을 미치는 데

있어 지역 내 소득 혹은 지가와 같은 지자체 재정능력이 매개변수가 되고 있는지 확인할 필요가 있다.

통제변수로 활용한 지역특성 변수의 경우 그 외 지역 모형은 도시구조 변수들과 달리 1인 가구 비율과 고령화율을 제외한 1인당 지방세 납부액, 냉난방도일 모두 유의성을 보인다. 그 외 지역 모형은 1인당 지방세 납부액과 냉방도일, 난방도일의 지역특성 변수 모두 값이 증가할수록 1인당 에너지 소비량이 증가한다는 정(+)의 영향을 미친다. 지역 특성 변수에서도 전국과 수도권·광역시 모형은 동일한 결과가 나타났다. 1인당 지방세 납부액만 정(+)의 관계로 1인당 에너지 소비량에 영향을 미치고 있는데, 이는 경제수준이 높아질수록 전력 사용 제품이나 자동차를 소유하며 1인당 에너지를 더 많이 소비할 가능성이 있음을 추측할 수 있다.



## 제 2 절 분위회귀모형을 활용한 에너지소비량 영향요인 분석

이 연구에서는 변수의 조건부 분포를 파악하기 위하여 조건부 분위수 추정을 활용하는 분위회귀모형을 사용한다. 분위회귀모형은 Koenker 와 Bassett(1978)이 소개한 분석 방법이다. 분위회귀모형은 선형회귀분석과 달리 반응 변수의 이상값에 영향을 받지 않아 이상치 분석이 용이하고, 선형회귀분석의 가정을 위반하는 데이터에도 잘 작동하기에 이로 인하여 사회·경제 부문에서 널리 활용된다(최문선, 2013; Gim, 2021; Kuan et al, 2017; Koenker, 2005; Chen, 2007). 이 연구에서는 전국, 수도권 및 광역시, 그 외 지역의 도시화 정도가 다르기에 각 지역별 소비량 분위( $\tau$ )를 10, 30, 50, 70, 90로 구분한 후 분석한다. 이를 통해 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역의 1인당 에너지 소비량에 영향을 미치는 변수별 효과를 분위에 따라 비교할 수 있고, 전체 분포에 대한 변수의 정보를 전달할 수 있다. 소비량 분위( $\tau$ )는 10 분위는 1인당 에너지 소비량이 상대적으로 가장 적으며, 50 분위는 중간 수준, 90 분위는 1인당 에너지 소비량이 상대적으로 가장 많다고 할 수 있다(박종문, 2020).

전국, 수도권·광역시, 그 외 지역의 도시 특성과 1인당 에너지 소비량 영향 요인에 관한 분위회귀모형 분석 수행 결과는 [표 4-4]부터 [표 4-6]에서 살펴볼 수 있다. 각 변수는  $\tau=10, 30, 50, 70, 90$ 에 따라 서로 다른 유의값을 보이고, 분위에 따라 차이가 있기에 분위회귀분석 활용의 유용성을 확인할 수 있다.

## 1. 전국

전국의 분위회귀모형의 경우 앞서 제 3 장 1 절에서 설명한 도시구조, 지역특성 변수에 수도권·광역시와 그 외 지역으로 구분한 지역 더미를 추가하였다([표 4-4]). 또한, [그림 4-1]을 통해 도시구조와 지역특성 변수의 선형회귀모형의 고정 계수와 분위회귀계수가 분위수에 걸쳐 어떻게 변화하는지 살펴볼 수 있다.

### 1) 도시구조

도시구조를 살피는 변수는 도시지역의 인구밀도와 혼합토지이용이 대부분의 분위값에서 유의미하며, 교육시설 대중교통/도보 접근성과 1 인당 녹지 면적은 일부 분위에서 유의하다.

[표 4-4] 1인당 에너지소비량 분위회귀모형\_전국

주요 변수		OLS	10분위	30분위	50분위	70분위	90분위
도시 구조	도시지역 인구밀도	-.3907***	-.29.9141**	-.26.6313**	-.32.7469**	-.31.4160**	-.36.9424
	혼합토지이용	.2407***	.3714	.3599	.6249**	.8629**	1.8472**
	주택공급형태	.0688	.0030	.0005	-.0022	.0022	.0059
	교육시설 대중교통/도보 접근성	-.3206**	-.0028	-.0136***	-.0148***	-.0093	-.0175
	직주근접비율	.0023	.4533	.9251	.0390	4.3132	-2.0367
	1인당 녹지면적	.2780***	.0001	.0002	.0003**	.0004**	.0008*
지역 특성	1인가구비율	.0587	.0047	.0147	.0255	.0345	.0140
	고령화율	-.1677	-.0002	-.0012**	-.0012**	-.0004	-.0008
	1인당 지방세납부액	.2575**	.0002**	.0001**	.0002*	.0002	.0005
	냉방도일	-.0124	.0013	.0006	.0010	.0015	-.0004
	난방도일	.0806	.0002**	.0003***	.0003**	.0003*	-.0002
더미	지역더미	.0942	-.1990*	-.1522*	.0249	-.0041	.5185

\*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.001

도시지역 인구밀도는 1 인당 에너지를 가장 다소비하는 지역 외 모든 분위 ( $\tau = 10, 30, 50, 70$ )에서 유의하였고 도시지역의 인구밀도가 증가할수록 1 인당 에너지 소비량이 감소하였다. 이는 인구밀도가 증가할수록 에너지 소비가 감소한다는 선행연구 결과를 뒷받침하는 결과로서, 특히 1 인당 에너지소비량이 중위 분위( $\tau = 50$ )에서 에너지소비량의 감소 효과가 가장 크게 나타났다.

새년 엔트로피지수를 통해 확인한 혼합토지이용을 살펴보자면 1 인당 에너지 고소비 분위기를 포함한 대부분의 분위 ( $\tau = 30, 50, 70, 90$ )에서 유의했다. 가장 1 인당 에너지를 많이 소비하는 90 분위에서 가장 큰 효과를 보이는데 유의미한 모든 분위에서 지역의 토지를 혼합적으로 이용할수록 1 인당 에너지 소비량이 증가하고 있었다. 이동성·문태훈(2017)은 전국적으로 혼합토지이용 변수는 지역 에너지 사용량에 있어 비슷한 영향력을 가지고 있음을 발견하였는데, 이 연구 또한 분위회귀 분석을 통해 10 분위기를 제외한 모든 분위에서 혼합적으로 토지를 이용하는 엔트로피 지수가 1 인당 에너지 소비량에 유의미한 영향을 미침을 밝혔다.

전국 모형 중 주택공급형태는 어떠한 1 인당 에너지 소비량 분위에도 영향을 미치지 않았다. 이 결과는 OLS 모형의 결과와도 일치한다. 제 3 장 2 절 [그림 3-3]에서 주택공급형태를 GIS 로 지도화한 그림을 살펴보자면 주택 공급 형태 변수는 도시지역 인구밀도 변수와 유사하게 서울을 포함한 수도권 및 광역시 지역에서 높은 경향을 보였으나 인구밀도와 달리 OLS, 분위회귀모형에서 일관되게 의미를 나타내지 않았다.

일평균(06-20 시) 초등학교에 대중교통과 도보로 15 분 이내 접근 가능한 인구 비율을 살펴보는 교육시설 대중교통/도보 접근성 변수를 살펴보자면 OLS 모형에

서 유의미한 결과가 도출되었지만, 분위회귀모형에서는 일부 분위( $\tau=30, 50$ )에서만 유의미함이 밝혀졌다. 이 결과는 OLS 보다 분위회귀모형이 더욱 정확한 결과를 끌어냄을 뒷받침한다. 교육시설에의 대중교통/도보 접근성이 좋을수록 1인당 에너지 소비량이 감소하는 부(-)의 효과를 나타내고 있는데 이는 교육시설 주변 주거지역이 더욱 밀집하였거나 공공교통체계가 잘 발달된 지역일수록 승용차가 아닌 대중교통과 도보를 활용함으로써 교통에너지를 비롯한 1인당 에너지소비량 감소에 영향을 미침을 추론할 수 있다.

직장과 주거의 접근성을 알아볼 수 있는 직주근접비율 변수는 OLS 를 포함한 어떠한 분위에서도 유의성을 보이지 않고 있다.

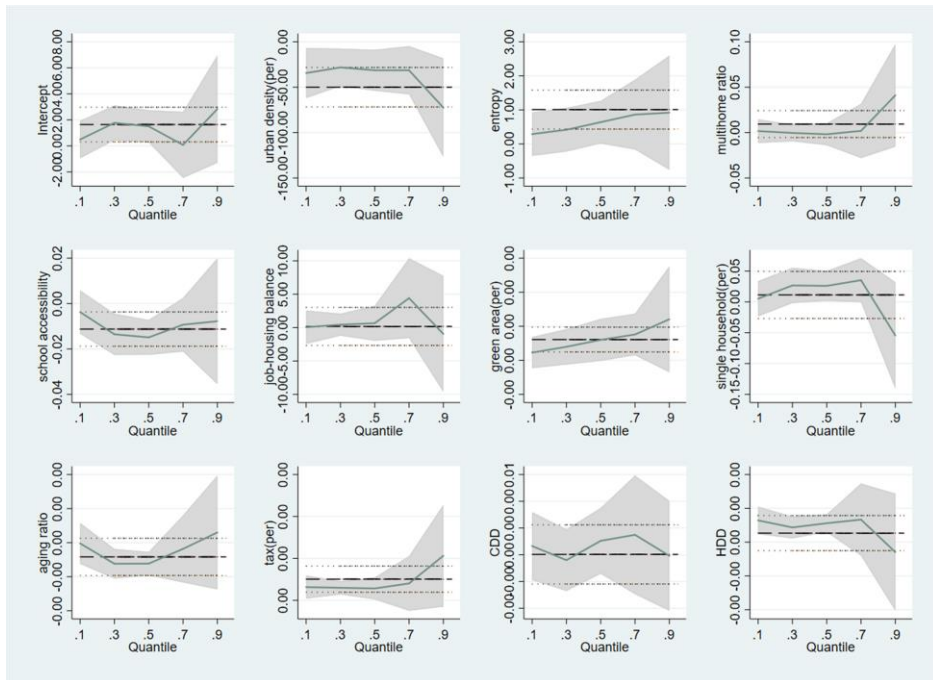
1인당 녹지 면적은 1인당 에너지소비량의 중상위 분위( $\tau=50, 70, 90$ )에서 대체로 영향을 미치고 있었고 1인당 에너지를 다소비할수록 더 큰 효과를 보이고 있다. 직주근접비율과 1인당 녹지 면적 변수는 모두 증가할수록 삶의 질에 긍정적인 영향을 미친다는 선행연구 결과가 있었지만, 이 연구에서는 1인당 녹지 면적 변수의 결과값이 높아질수록 1인당 에너지 소비량이 증가하는 결과를 보였다. 이와 관련하여 삶의 질과 경제적 요소와의 연관성이 있는지, 소득이 매개변수로 에너지 소비량을 증가하는 영향을 보였는지 추후 연구할 필요가 있다.

## 2) 지역 특성

전국의 1인당 에너지소비량의 지역 특성 변수에의 영향을 분석한 결과, 지역 특성의 인구·사회학적 변수인 1인가구비율과 냉방도일 변수는 모든 분위에서 유의성을 띠지 않았다. 이는 OLS 모형과도 일치하는 결과이다.

지역의 인구·사회학적 특성인 고령화율 변수의 경우 30 분위와 50 분위에서만 1 인당 에너지소비량과 부(-)의 관계로 유의하였다. 홍중호 외(2018)에 따르면 독거 노인이 은퇴 등 집에서 TV·미디어 시청 시간이 길어져 다른 연령과 비교하여 상대적으로 비용이 저렴한 에너지원인 전기 사용은 비슷하지만, 난방에너지 등 총에너지 소비를 살펴보자면 1 인당 에너지 소비량이 더 낮을 수 있음을 언급한다.

지역의 경제적 특성인 1 인당 지방세 납부액 변수는 1 인당 에너지를 다소비 ( $\tau=70, 90$ )하는 분위기를 제외한 10 분위, 30 분위, 50 분위와 OLS 에서 유의한 효과를 지닌다. 1 인당 지방세를 많이 납부할수록 1 인당 에너지를 많이 소비하는 정(+)의



[그림 4-1] 도시구조 및 지역특성 변수의 분위회귀계수 (전국)

결과를 도출하는데, 이는 경제적으로 여유가 있을수록 에너지 소비 제품 혹은 자동차를 소유할 가능성이 높아짐에서 이유를 추측할 수 있다.

기온 특성을 반영한 난방도일 변수의 경우, 가장 다소비( $\tau=90$ )를 제외한 1인당 에너지소비량의 10분위, 30분위, 50분위, 70분위에서 유의한 정(+)의 값을 나타냈다. 해당 분위 모두 난방도일이 증가할수록 에너지 소비량이 증가하고 있었는데, 유의 분위에서 모두 유사한 효과를 보이고 있다. 이는 1월~4월, 10~12월의 난방도일이 증가할수록 난방기기 사용이 많아져 에너지 소비량에 영향을 미쳤음을 예측할 수 있다. 박광수(2012)에 따르면 기온 변수 중 연간 에너지 소비에서 동절기 에너지 소비가 차지하는 비중이 매우 높기에 난방도일의 영향력이 크고, 난방용 에너지의 수요가 매우 크게 나타난다. 2000년대 이후 에너지 수요에의 기온변화 영향력이 더욱 확대되고 있기에 1인당 에너지 감소를 위하여 난방기기의 에너지 효율 향상, 적정 온도 설정에 관한 홍보 등이 더욱 필요할 것으로 보인다(박광수, 2012). 기온특성 변수 중 냉방도일은 난방도일과 반대로 어떠한 분위에서도 유의성을 띄지 않았다.

### 3) 지역 더미

전국 모형의 경우, 수도권·광역시와 그 외 지역의 1인당 에너지 소비량과의 유의성을 분석하기 위해 수도권·광역시를 1, 그 외 지역을 0으로 설정하여 지역더미를 추가하여 분석에 활용하였다. 분석 결과 에너지 저소비( $\tau=10, 30$ )에서 수도권·광역시에 지역이 위치한 경우, 1인당 에너지 소비량과 유의한 부(-)의 관계를 보였다. 즉, 에너지를 적게 소비하는 집단 중 수도권·광역시에 지역이 위치한다면 1인당 에너지 소

비량이 감소하고, 그 외 지역에 위치한다면 1 인당 에너지 소비량이 증가하는 결과가 도출되었다.

## 2. 수도권·광역시

수도권·광역시의 분위회귀모형 분석 결과, 도시구조 요인은 어떠한 유의성도 보이지 않은 1 인당 에너지 소비량의 중위 분위( $\tau=50$ )를 제외하고 각 분위에서 일부 도시구조 요인에만 유의함을 띠었다([표 4-5]). 지역 특성 요인 또한 1 인당 지방세 납부액 요인만 OLS 와 일부 분위( $\tau=30, 50, 90$ )에서 유의미하였고 다른 요인은 1 인당 에너지 소비량에 영향을 미치지 않았다. 이는 1 인당 에너지소비량에 유의미해 보이는 요인이 많은 선형회귀분석과는 다소 다른 결과로 분위회귀분석에서 해당 관계에 대해 더욱 자세하게 분석할 수 있음을 추론할 수 있다. 수도권·광역시에서의 분위회귀분석 결과는 수도권·광역시가 도시구조의 압축성을 비롯한 지역의 인문·사회학적, 경제적, 기온 변수에 큰 영향을 받지 않음을 미루어볼 수 있다. 따라서 추후 연구에서 해당 지역의 1 인당 에너지 소비량에 영향을 주는 다른 변수를 도출하여 수도권·광역시 에너지 저감을 위한 대책을 마련하여야 할 것이다.

[그림 4-2]는 수도권·광역시 모형에서 도시구조와 지역특성 변수의 선형회귀모형의 고정 계수와 분위회귀계수가 분위수에 걸쳐 어떻게 변화하는지를 나타내고 있다.

### 1) 도시구조

수도권의 도시구조 중 1인당 에너지 소비량의 영향 요인을 분위회귀모형을 통해 살펴보자면, 전국 모형에서 대체로 유의하게 나타난 도시지역 인구밀도 변수가 에너지 저소비( $\tau=30$ )에서만 유의성을 보였다. 도시지역의 인구밀도가 증가함에 따라 1인당 에너지 소비량이 감소하는 특성을 보였지만, 수도권·광역시 모형의 경우 그 외 지역과 비교하여 도시화가 상당히 진행되었기에 에너지 저소비인 30분위를 제외하고는 인구밀도뿐 아니라 다른 에너지저감 정책을 더 모색해야 할 필요가 있다. 김광익·서동희(2019) 또한 이미 대도시지역의 대부분은 에너지 소비를 최소화할 수 있는 최적의 인구밀도에 도달해 있음을 발견하였는데, 이 연구에서도 수도권·광역시는 OLS와 1인당 에너지소비량의 30분위를 제외한 분위회귀분석에서 도시·도시지역 인구밀도가 1인당 에너지 소비량에 영향을 미치지 못함을 발견하였다.

[표 4-5] 1인당 에너지소비량 분위회귀모형\_수도권·광역시

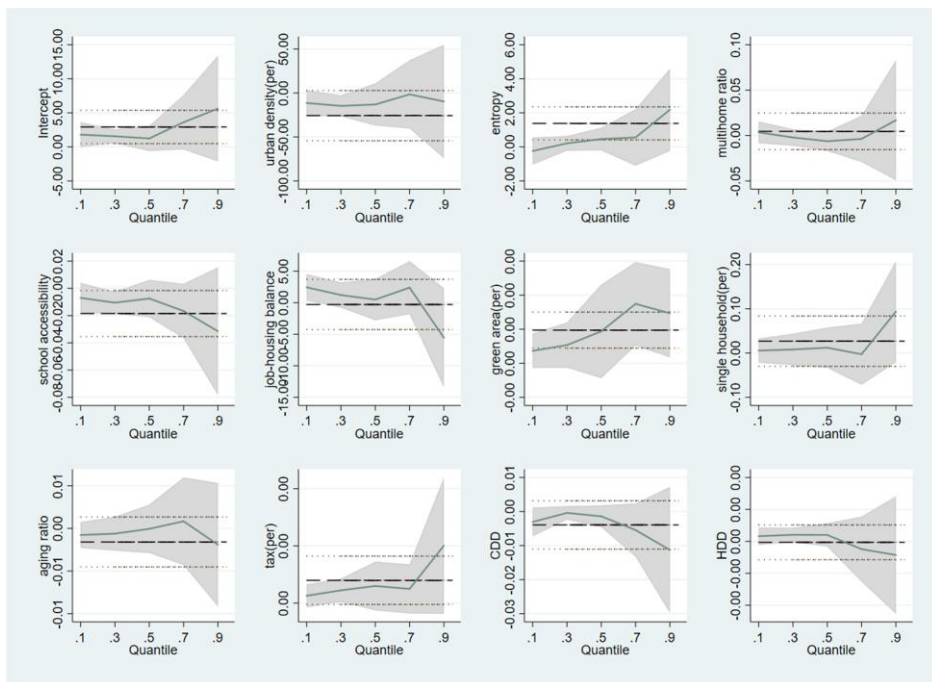
주요 변수		OLS	10분위	30분위	50분위	70분위	90분위
도시구조	도시지역 인구밀도	-.2037*	-11.3793	-14.6729**	-13.0527	-1.5659	-9.5922
	혼합토지이용	.2920**	-.2419	.2071	.4592	.5536	2.1807*
	주택공급형태	.0477	.0035	-.0021	-.0062	-.0037	.0169
	교육시설 대중교통/도보 접근성	-.2728**	-.0070	-.0105	-.0075	-.0166	-.0315
	직주근접비율	-.0190	2.4387**	1.2157	.4905	2.3904	-5.5497
1인당 녹지면적	4.119***	.0004	.0005	.0009	.0017**	.0045**	
지역특성	1인가구비율	.1003	.0055	.0081	.0121	-.0026	.0936
	고령화율	-.1330	-.0008	-.0006	-.0001	.0008	-.0019
	1인당 지방세납부액	.2470*	.0001	.0001**	.0001*	.0001	.0005**
	냉방도일	-.1030	-.0031	-.0004	-.0014	-.0054	-.0113
	난방도일	-.0128	.0002	.0002	.0002	-.0002	-.0004

\*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.001



또한, 주거·상업·공업·녹지 면적의 혼합적 이용 지수를 보여주는 혼합토지이용 변수의 경우에는 90 분위를 제외한 어떠한 분위에서도 유의성을 나타내지 않았다. OLS 모형에서는 1인당 에너지 소비량에 정(+)의 영향을 보이지만 분위회귀분석을 진행할 경우 영향이 미미할 수 있다는 것을 의미한다. Gim(2021)은 해당 결과가 엔트로피 측정의 방법론적 결함 때문일 가능성을 언급하며 엔트로피 측정은 각 토지의 용도 변경 가능성을 무시할 수 있고(Gim, 2018), 주거·상업·공업·녹지를 동일한 가치로 취급하기 때문이라고 말한다(B. B. Brown et al, 2009). 이 결과를 통해 분위회귀분석이 더욱 엄격한 결과를 나타냄을 확인할 수 있다.

전체 주택 대비 다가구주택의 비율을 알 수 있는 주택공급형태 변수의 경우 OLS 모형과 분위회귀분석 모두에서 영향력을 보이지 않았다. 최문선(2013)은 에너



[그림 4-2] 도시구조 및 지역특성 변수의 분위회귀계수 (수도권·광역시)

지 연간소비량의 경우 다세대/연립 주택과 비교하여 단독주택의 소비가 더 많기에 도시의 1 인당 에너지 소비량을 감축하기 위해서는 압축성의 요소인 다가구주택 비율보다 단독 주택의 에너지 효율을 개선하는 것이 더욱 효과적일 것이라 언급하지만, 이 연구에는 해당하지 않았다.

교육시설인 초등학교에의 대중교통/도보 접근성 변수를 살펴보자면, OLS 모형에서는 유의하였지만, 분위회귀분석은 모든 분위에서 유의성을 보이지 않았다. 서울시의 약 25,000명의 통근자를 대상으로 토지이용과 통근시간의 유의성을 분위회귀분석으로 확인한 Gim(2021)은 자동차 총이동거리에 영향을 미치는 직주 근접 비율과 학교의 밀집도 중 학교 밀집도가 단기 및 중간 분위의 통근자( $\tau=10, 25, 50$ )에게 영향을 미침을 확인하였다. 이는 수도권·광역시의 경우 그 외 지역보다 학교가 밀집되어 있기에 자녀의 통학을 돕는 행위가 자동차 총이동거리에 효과를 미칠 수 있음을 가늠할 수 있지만 승용차가 아닌 대중교통체계와 도보에 미치는 영향 확인까지는 어려움을 알 수 있다.

도시 내 직주근접비율을 살펴보자면 1 인당 에너지 저소비( $\tau=10$ )에서 정(+의 관계로 1 인당 에너지 소비량에 영향을 미치고 있다. 또한, OLS 모형에서는 유의미하지 않은 결과를 보이고 있었다. 손승호(2014)는 직주 근접 비율이 증가할수록, 특히 직주비 100 을 넘은 지역은 종사자수 초과지역으로 다른 지역에서 유입되는 통행이 발생한다고 말하는데 수도권·광역시의 1 인당 에너지 저소비 분위인 10 분위 또한 이로 인한 주간인구 증가로 에너지 소비량이 증가하는 것으로 해석된다.

직주 근접 비율 외의 도시 내 삶의 질에 영향을 미치는 1 인당 녹지 면적 변수의 경우에는 70 분위, 90 분위에서만 정(+의 관계로 영향을 미치고 있었으며, 해

당 변수는 직주 근접 비율 변수와 달리 OLS 모형에서는 유의한 결과를 보였지만 분위회귀분석에서는 1 인당 에너지 소비량에 큰 영향력은 미치지 않음을 확인할 수 있다.

## 2) 지역 특성

수도권·광역시 모형의 경우 OLS 모형과 분위회귀분석에서 유의한 요인이 동일하였다. 1 인당 지방세 납부액만 1 인당 에너지 소비량에 정(+)의 관계를 미치고 있으며, 도시구조 요인보다는 1 인당 에너지 소비량에 작은 영향을 보인다.

박종문(2020)은 수도권·광역시의 1인 가구 비율 변수가 모든 분위( $\tau=10, 30, 50, 70, 90$ )에서 1 인당 가구 전력 소비량에 영향을 미쳤음을 확인하였다. 이 연구의 1인 가구 비율은 OLS 모형과 어떠한 분위에서도 도시 내 산업 에너지를 제외한 수송·가정·상업·공공부분의 총합의 1 인당 에너지 소비량에 영향을 미치지 않음을 발견하였다. 이는 1 인가가구가 수도권·광역시의 가정 에너지 소비에는 매우 큰 영향력을 보일 수 있지만, 다른 부문이 합산될 경우 영향력이 감소함을 확인할 수 있다.

수도권·광역시 1 인당 에너지 소비량에 대한 지역 경제적 특성을 살펴볼 수 있는 1 인당 지방세 납부액 변수는 OLS 모형과 일부 분위( $\tau=30, 50, 90$ )에서 정(+)의 관계로 유의성을 보였다. 이는 경제적인 여유가 있는 사람일수록 가전제품, 자동차 등 에너지 소비를 유발하는 제품을 소유할 가능성이 큰 것에서 이유를 찾아볼 수 있다.

지역의 인구·사회학적 특성 중 고령화율을 포함한 도시의 기온과 1 인당 에너지소비량과의 영향을 분석할 수 있는 냉방도일, 난방도일 변수의 경우, OLS 모형

에서도 분위회귀분석에서도 유의하지 않아 수도권·광역시 경우 해당 변수들이 1인당 에너지 소비량에 큰 영향을 주는 요인이 아님을 발견할 수 있다.

### 3. 그 외 지역

그 외 지역의 분위회귀모형을 분석한 결과, 전국, 수도권·광역시 모형과 달리 지역특성 변수에서 상당한 유의성을 발견할 수 있었다(표 4-6). 지역 특성과 달리 도시구조 변수는 도시지역 인구밀도를 제외하고는 대체적으로 1인당 에너지 소비량과의 영향을 찾을 수 없었는데, 이는 김리영·서원석(2011)에 따른 비수도권의 경우 도시의 압축성이 1인당 에너지소비량에 영향을 미치기에는 아직 충분한 근린생활권이 형성되지 않았음에서 이유를 찾을 수 있다. [그림 4-3]은 그 외 지역의 도시구조와 지역특성 변수의 선형회귀모형의 고정 계수 및 분위수에 걸쳐 분위회귀 계수가 어떻게 변화하는지 보여주고 있다.

#### 1) 도시구조

그 외 지역의 도시지역 인구밀도 변수는 도시구조 변수들 중 OLS 모형에서는 유일하게 유의성을 보인 변수이자 1인당 에너지 다소비( $\tau=90$ )를 제외한 모든 분위에서 유의미한 결과를 보이고 있다. 도시지역 인구밀도가 증가할수록 1인당 에너지 소비량이 감소하는 효과를 보이는데, 1인당 에너지 저소비( $\tau=10$ )에서 가장 큰 효과를 보이고 있다. 수도권·광역시에서 30분위를 제외한 모든 분위에서 유의미하지 않았던 것과 상반된 결과로 그 외 지역의 경우 아직 최적 인구밀도까지는

인구밀도를 향상시켜 1 인당 에너지 소비량을 감소시키도록 인프라와 공공교통체  
계 등을 정비할 필요가 있음을 미루어 짐작해 볼 수 있다.

그 외 지역의 새년 엔트로피 지수를 통한 혼합도지이용 변수는 유의성을 보이  
지 않은 OLS 모형과 마찬가지로 모든 분위에서 유의미하지 않음을 확인할 수 있  
다. 또한, 전체 주택 대비 다가구주택 비율인 주택공급형태 변수와 1 인당 녹지 면  
적 비율 역시 OLS 모형과 모든 분위에서 1 인당 에너지 소비량과 큰 연관성을 도  
출할 수 없었다.

그 외 지역은 일평균(06-20 시) 초등학교에 대중교통과 도보로 15 분 이내 접근  
가능한 인구비율이 증가할수록 1 인당 에너지 소비량이 감소하는 부(-)의 관계를  
가지는데, 이는 1 인당 에너지소비량의 30 분위에서만 의미를 보였다. 해당 결과 또  
한 그 외 지역의 OLS 모형과 상반된 결과로 분위회귀모형 사용시 비선형적인 영  
향변수의 결과를 더욱 자세히 알 수 있음을 확인할 수 있다.

[표 4-6] 1인당 에너지소비량 분위회귀모형\_그 외 지역

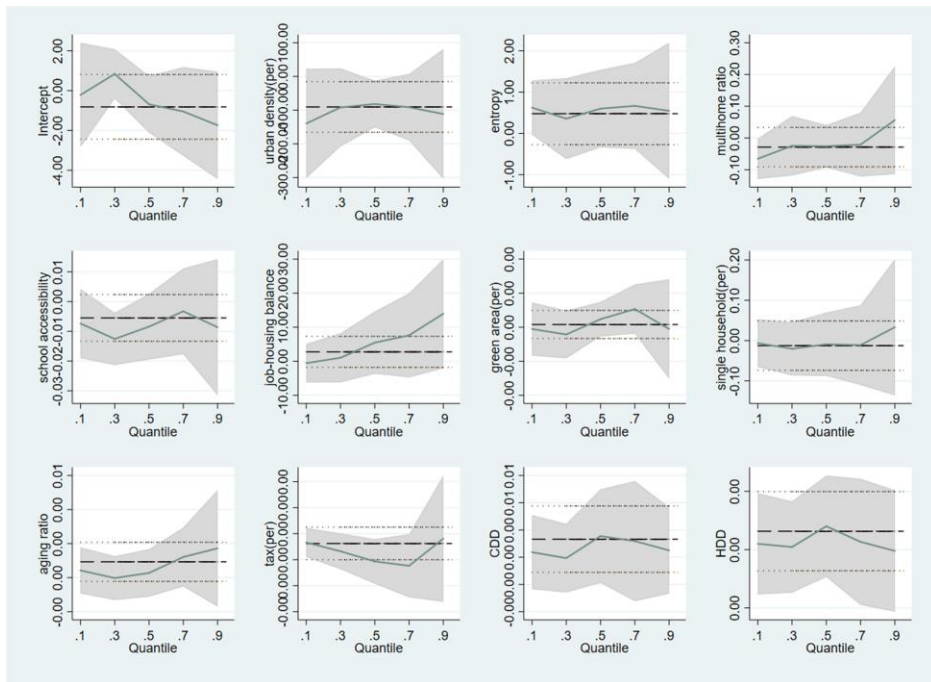
주요 변수		OLS	10분위	30분위	50분위	70분위	90분위
도시 구조	도시지역 인구밀도	-.2219**	-139.5474**	-91.8646*	-81.8632*	-91.3809*	-111.3326
	혼합도지이용	.1227	.6252	.3575	.6000	.6663	.5467
	주택공급형태	-.0734	-.0655	-.0246	-.0259	-.0209	.0562
	교육시설 대중교통/도보 접근성	-.1708	-.0074	-.0126**	-.0084	-.0033	-.0086
	직주근접비율	.1021	-.5540	1.0194	5.4695	7.6135	13.9488*
지역 특성	1인당 녹지면적	.0454	-.0000	-.0001	.0001	.0003	-.0000
	1인가구비율	-.0441	-.0063	-.0203	-.0092	-.0113	.0332
	고령화율	.2539	.0004	-.0000	.0003	.0012	.0017
	1인당 지방세납부액	.5014***	.0008***	.0007**	.0005**	.0004	.0009*
	냉방도일	.2972**	.0024*	.0019	.0036**	.0032*	.0025
난방도일	.4328***	.0005**	.0005**	.0007***	.0006**	.0005	

\*p<0.1, \*\*p<0.05, \*\*\*p<0.001

직주 근접 비율의 경우에는 1인당 에너지 다소비( $\tau=90$ )에서 직장장과 주거지가 근접할수록 1인당 에너지 소비량이 증가하는 정(+)의 관계를 보이며 유의성을 나타냈다. 해당 결과 또한 교육시설 대중교통/도보 접근성 변수와 마찬가지로 OLS 모형에서는 유의미하지 않지만 일부 분위에 미미하게 영향을 보이고 있음을 살펴볼 수 있다.

## 2) 지역 특성

그 외 지역의 인구·사회학적, 경제적, 기온 특성을 지닌 변수들은 인구·사회학적 변수들인 1인 가구 비율과 고령화율을 제외하고 대부분 1인당 에너지 소비량



[그림 4-3] 도시구조 및 지역특성 변수의 분위회귀계수 (그 외 지역)

에의 영향이 유의하게 나타났다. OLS 모형에서도 1 인 가구 비율과 고령화율을 제외한 모든 변수가 유의하였고, 나머지 설명변수 또한 대체로 유의성을 확인하였다.

지역의 인구·사회학적 변수인 1 인 가구 비율과 고령화율은 OLS 모형을 포함한 어떤 분위에서도 1 인당 에너지 소비량에의 영향을 보이지 않았다. 이는 그 외 지역의 1 인 가구의 경우 수도권·광역시와 달리 장년층과 노령층의 비중이 높아(안정근·김동성·박철홍, 2020), 고령층의 1 인가구가 에너지 소비량에 효과를 줄 것이라 예상한 것과 달리 두 변수 모두 1 인당 에너지 소비량에 큰 영향을 주지 못함을 나타냈다.

지역의 경제적 특성인 1 인당 지방세 납부액의 분위회귀분석을 살펴본 결과, 1 인당 에너지소비량의 70 분위를 제외한 모든 분위에서 영향이 유의하게 나타났다. 1인당 지방세 납부액이 증가할수록 1인당 에너지 소비량도 증가하는데, 에너지 중간분위 집단인  $\tau=50$  에서 그 효과가 가장 낮고, 양 끝 분위로 갈수록 효과가 점차 증가한다. 특히 1 인당 에너지 다소비( $\tau=90$ )에서 가장 큰 효과를 보이는데, 이를 통해 경제적으로 소득이 높을수록 에너지 소비량이 많아지는 경향을 확인할 수 있다.

그 외 지역의 기온변수가 1 인당 에너지소비량에 미치는 영향을 살펴보자면, 전국 모형과 수도권·광역시 모형과 달리 냉방도일 변수가 OLS 분석과 분위회귀분석 일부 구간에서 유의하게 나타났다. 박광수(2012)는 기온변수가 에너지 소비 변화에 미치는 영향은 소득과 같은 경제적 요소보다 더 크다고 말한다. 5 월에서 9 월까지의 일 평균기온이 24°C를 넘은 일자의 누적 도일을 의미하는 냉방도일은  $\tau=10, 50$  에서 유의성을 보였다. 1 월~4 월, 10 월~12 월의 일 평균기온이 18°C보다 낮

은 일자의 누적 동일인 난방도일의 경우에는 에너지 다소비( $\tau=90$ )를 제외한 모든 분위에서 유의성을 보였다. 두 기온변수 모두 도일이 증가할수록 1인당 에너지 소비량이 증가하는 정(+)의 영향을 미친다. 이는 한국의 사계절 구분이 뚜렷하여 냉난방용 기기의 수요가 1인당 에너지 소비에 영향을 미친 것으로 살펴볼 수 있다(박광수, 2012). 이동성·문태훈(2017)은 압축개발 특성보다 기후특성이 에너지소비량에 더 높은 영향력을 미칠 수 있다며 기후특성을 고려한 에너지소비량 모형의 경우 도시의 압축개발 중요성이 낮아질 수 있음을 말한다. 이를 통해 수도권·광역시와 달리 그 외 지역의 에너지소비량 감축을 위한 정책 수립 시 감축을 위한 요인 설정을 다르게 접근해야 할 필요성을 살펴볼 수 있다.

### 제 3 절 분석 결과 요약 및 정책적 함의

이 연구를 통해 도시의 압축성이라 할 수 있는 고밀도, 공공교통체계와 지역 서비스와의 접근성 등 도시구조 변수가 지역의 1인당 에너지 소비량에 유의하고 1인당 에너지 소비량의 각 분위에 따라 다른 크기의 영향을 미침을 밝혔다. 선행 연구에서는 도시구조와 지역 특성이 에너지 소비량에 미치는 영향을 살펴볼 때 암묵적으로 선형 관계를 가정하여 선형회귀분석 모형을 채택하여 진행한 반면, 이 연구는 압축성이나 도시 구조 변수의 관계에 따라 1인당 에너지소비량에 비선형적으로 영향을 미침을 확인하고 각 분위( $\tau=10, 30, 50, 70, 90$ )에 따라 어떻게 다르게 효과를 미치는지 살펴보고자 분위회귀분석 모형을 활용하였다. 이는 선행연구에서 선형회귀분석 모형을 채택하지만 꾸준히 도시구조의 압축성과 에너지 소비와의



비선형 관계를 언급한 것을 기반으로 한다(Quan et al., 2020; 김광익·서동희, 2019; 김리영·서원석, 2011, Hong, 2017; 박종문, 2020; 박종문, 2018; 최문선 외, 2013). 분위회귀 분석 모형을 통해 비선형성을 탐구할 수 있고 해당 모형은 종속변수와의 독립·통제변수 간의 관계가 다를 것으로 예상되는 경우 그 효과를 확인하고자 할 때 사용할 수 있다(Gim, 2021).

따라서 이 연구에서의 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역 모형의 분위회귀모형 ( $\tau=10, 30, 50, 70, 90$ ) 결과를 종합하자면, 전국적으로는 도시구조의 압축성 요인이 1 인당 에너지 소비량에 영향을 줄 수 있으나 수도권·광역시와 그 외 지역으로 구분하여 살펴보면 현재의 압축적인 도시개발에 있어 1 인당 에너지 소비량을 절감하려면 인구밀도 감축뿐 아니라 다른 도시구조 요인을 복합적으로 고려해야 함을 알 수 있다. 이는 선행연구에서도 밝혔듯 압축적으로 개발된 도시가 에너지 효율적이고 더 밀집된 지역에 사는 사람들이 더 적은 CO2 배출량을 발생시킬 수 있지만, 인구밀도가 일정 수준에 도달할수록 이 효과는 미미해지고 어느 임계점까지만 유효하기 때문일 것이다(Quan et al., 2020; Hong, 2017).

도시구조 중 압축도시의 가장 큰 특성으로 이야기하는 변수이자 가장 객관적인 사회적 지표로서 다른 변수와 비교하여 손쉽게 획득할 수 있는 도시지역 인구 밀도 변수는(김광익·서동희, 2019) 전국 모형과 그 외 지역 모형에서 1 인당 에너지를 가장 다소비하는 90 분위를 제외한 모든 분위와 선형회귀분석에서 유의성을 보였다. 수도권·광역시의 경우에는 30 분위에서만 유의미한 결과를 보여 도시지역 인구밀도가 1 인당 에너지소비량에 주는 영향이 미미함을 살펴볼 수 있었는데, 김광익·서동희(2019)에 따르면 수도권·광역시의 일부 시군구는 이미 1 인당 에너지 소비

량 감소에 영향을 줄 수 있는 최적 인구밀도에 가깝거나 초과하였기에 에너지 효율 향상에 영향을 줄 수 없을 수 있음에서 이유를 찾을 수 있다. 따라서, 수도권·광역시에는 인구밀도의 증가를 통한 에너지 감축 정책보다 유희 부지의 활용과 토지이용 개선 등의 대지 면적을 늘임으로써 집중된 인구밀도를 조절할 필요가 있다.

또한, 이미 각종 산업 중추 기능과 인프라가 수도권·광역시, 특히 수도권 지역에 밀집되어 있기에 앞으로 수도권에의 인구 집중화가 더욱 심각할 것으로 예상되는 현재, 공공교통체계를 개선하거나 전기차 인프라의 원활한 설치·관리 등으로 수송에너지 절감을 살펴보아야 한다. 또한, 노후화된 건물의 에너지효율 개선을 장려하고 신규 건축물의 경우 에너지기준을 강화하는 등의 정책과 건축물 사용자에게 에너지절약의 인센티브를 확대하며 건물에너지 절약을 유도할 필요(왕광익 외, 2011)가 있다. 그 외 지역은 지역서비스에의 접근성을 향상하는 충분한 근린생활권 형성을 통해 도시 내 인구밀도를 최적 밀도까지 증가시켜 자동차 이동거리를 단축하고 공공서비스의 전달 효율성을 증진하는 등 1 인당 에너지소비량 감축을 위한 도시개발을 활용할 필요가 있다.

동일 지역 내 두 개 이상 용도 유형의 상대적 비율을 고려한 용도혼합의 척도를 뜻하는 엔트로피 지수(Turner, M et al., 2001)를 살펴본 혼합토지이용 변수는 전국에서는 10 분위를 제외한 모든 분위와 OLS 모형에서 유의하게 나타났지만 수도권·광역시는 OLS 모형에서만 유의했고 그 외 지역에서는 어떤 모형에서도 1 인당 에너지 소비량에 유의성을 보이지 않았다. 혼합토지이용 변수 또한 도시의 압축적인 개발에 있어 에너지 소비량 감축에 영향을 주는 요인으로 제시되나 전국적으로 영향력이 비슷하기에(이동성·문태훈, 2017) 전국 모형에서만 유의성을 보이고 도시개

발 정도가 다른 수도권·광역시 모형과 그 외 지역 모형에서는 유의성을 보이지 않은 것으로 예측할 수 있다. 또한, 문태훈·김리영(2010), 이희정(2000)은 혼합토지이용 변수가 실제 주거환경과 관련된다면 토지를 혼합적으로 활용할수록 사회적 지속가능성에 부정적인 영향을 줄 수 있음을 언급하며, 용도혼재가 높은 지역에서 용도 간의 상충으로 인해 주거환경 침해, 소음과 교통안전 등으로 거주민의 주거환경을 침해하여 민원이 증가할 수 있다고 언급한다. 이에 1인당 에너지소비량 절감만을 위한 토지의 용도혼합을 지향한다면 정책 수립 이전에 충분히 해당 토지에 관해 이해도를 높이고 주민의 수용성을 높이는 등 조심스레 접근할 필요가 있다.

전세 주택 대비 다가구주택의 비율을 살펴볼 수 있는 주택 공급 형태 변수의 경우 OECD(2012)에서 1인당 에너지 소비량 감축을 위한 도시구조의 한 요인으로 언급하였으나, 선형회귀분석과 분위회귀분석을 실행한 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역 모형 모두에서 1인당 에너지 소비량과의 어떠한 유의성을 찾을 수 없었다. 홍중호 외(2018), 최문선(2013)은 아파트가 다른 주택과 비교하여 총에너지 사용은 약 3.6% 적게 나타나지만 전력소비는 약 7.7% 많은 것을 발견하였는데 이 또한 주택 면적, 거주 연수 등의 요소에 의해 난방 소비와 전력 소비가 달라질 수 있다고 말한다. 해당 이유로 인해 이 연구에서는 주택 공급 형태 변수의 유의성을 발견하지 못했음을 미루어볼 수 있다. 즉 1인당 에너지 소비량 감축을 위해서는 주택 공급 형태보다는 노후화된 건물의 관리와 신규 건물의 녹색건축물 인센티브 등 건축물의 에너지 효율 향상을 위해 정책을 장려하고 건물 사용자에게도 에너지 효율이 높은 가전제품과 조명을 소비할 수 있도록 유도하는 것이 필요하다.

이 연구는 공공교통체계의 접근성이 1 인당 에너지 소비량에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 교육시설인 초등학교에의 일평균(06-20 시) 대중교통과 도보로 15 분 이내 접근 가능한 인구 비율을 확인할 수 있는 교육시설 대중교통/도보접근성 변수를 살펴보았다. OLS 모형 분석 결과, 해당 변수는 전국, 수도권·광역시에서 유의하였지만 분위회귀분석에서는 전국 모형의 일부 분위( $\tau=30, 50$ )와 그 외 지역 ( $\tau=30$ )에서만 대중교통체계에 접근 가능한 인구 비율이 많을수록 1 인당 에너지 소비량이 감소하는 부(-)의 영향을 미치고 있었다. Gim(2021)은 서울의 약 25,000 명의 통근자를 대상으로 압축적 도시개발과 자동차 사용간의 관계를 분위회귀모형을 통해 분석하였는데 학교의 밀도가 높을수록 단기간 및 중간 시간으로 자동차를 활용하는 통근자( $\tau=10, 25, 50$ )에게 정(+)의 관계로 영향을 미침을 밝혔다. 이는 승용차를 사용하는 통근자로 인해 수송에너지의 증가를 야기할 수 있지만, 대중교통 체계가 잘 구축되어 있다면 대중교통/도보 접근성이 높아져 오히려 1 인당 에너지 소비량은 감소할 수 있음을 미루어볼 수 있다. 이에 따라 추후 1 인당 에너지소비량 감축을 위해 광역교통결절지를 중심으로 TOD 를 개발하거나 공공교통체계를 재구축하여 시민들에게 대중교통 이용을 장려할 필요가 있다. 혹은 따릉이와 같은 공공자전거 정책을 확대하여 시민들이 친환경적인 교통수단을 이용할 수 있도록 홍보·유도하는 것도 좋은 방안이다. 교통수단별 1km 당 평균 탄소배출량을 살펴보면 자동차의 경우 208g이고 버스는 약 28%인 58g, 지하철은 약 18%인 37g, 자전

거는 약 3.8%인 8g 이기에,<sup>3</sup> 공공교통체계 구축과 함께 자전거전용도로의 확충, 공  
공자전거 이용 장려 또한 1 인당 에너지소비량을 감축하는 지속가능한 도시개발에  
도움을 줄 것이다.

직주 근접 비율 변수와 1 인당 에너지 소비량과의 영향을 살펴보자면 전국, 수  
도권·광역시, 그 외 지역 모두 선형회귀분석에서는 유의하지 않았던 반면 분위회  
귀분석 결과 수도권·광역시, 그 외 지역 모형의 일부 분위에서 각각 유의성을 나타  
냈다. 직장과 주거지가 근접할수록 1 인당 에너지 소비량이 증가하는 정(+)의 영향  
을 나타냈는데 이 결과는 혼합적인 토지이용과 마찬가지로 지역 내 용도가 혼재할  
수록 1 인당 에너지 소비량이 증가하는 것과 유사하다. 장명준 외(2012) 또한 산업  
밀도가 증가하면 다양한 경제활동이 발생함으로써 지역 내 탄소배출이 증가하는  
것을 밝혔고, 문태훈·김리영(2010)은 직주비율이 증가할수록 도시의 안전과 건강의  
료항목의 사회적 지속가능성에는 정(+)의 영향을 미치나 안정적인 주거환경의 지  
속가능성에는 부(-)의 영향을 미치는 것을 발견하였다. 이는 도시의 압축적인 개발  
이 이루어질수록 오히려 용도 간 상충 등으로 주거환경에는 부정적일 수 있고 1 인  
당 에너지 소비량도 증가하는 결과를 유도할 수 있으니 압축성을 고려한 도시구조  
개발을 꾀한다면 용도 기능간의 조화를 잘 고려해야 함을 의미한다.

도시구조 변수 중 1 인당 녹지 면적 비율 변수는 전국과 수도권·광역시 모형에  
서 각각 OLS 와 일부 분위에 미미하지만 유의한 정(+)의 영향을 미치고 있다. 김광

---

<sup>3</sup> 강구귀 (2021. 07. 03). [마이크로 모빌리티 리포트] '9년 내 566조로 커진다'. 파이낸셜뉴스.  
<https://www.fnnews.com/news/202107020736103718> 에서 검색(검색일자: 2021.11.15)

악·서동희(2019)는 녹지면적의 증가가 시민들의 삶의 질에 긍정적인 영향을 미치고 이산화탄소 배출 감축에 도움을 준다고 언급하였는데, 이와 관련해 삶의 질 명목의 변수인 직주 근접 비율과 1인당 녹지 면적 비율이 1인당 에너지 소비량에 미치는 과정에서 경제적 요소와의 연관성이 있는지, 소득이 매개변수로 에너지소비량을 증가하는 영향을 보였는지 추후 연구할 필요가 있다.

또한, 전국 모형의 분위회귀분석을 진행할 때 지역더미를 추가하여 분석하였다. 분석 결과 에너지를 적게 소비하는 집단( $\tau=10, 30$ )이 수도권·광역시에 위치한다면 1인당 에너지 소비량이 감소하고, 그 외 지역에 위치한다면 1인당 에너지 소비량이 증가하였다. 이를 통해 전국을 수도권·광역시와 그 외 지역으로 이분하여 살펴본다면 상대적으로 압축적으로 형성된 도시구조를 가진 수도권·광역시가 1인당 에너지 소비량이 더 적음을 알 수 있다. 따라서 전국적으로 살펴보면 도시구조가 1인당 에너지 소비량 감축에 도움을 주고 있다.

1인당 에너지 소비량에 대한 도시구조 영향 요인을 살펴보기 위하여 설명변수로 활용한 지역 특성은 수도권·광역시에서는 1인당 지방세 납부액 변수를 제외하고 어떠한 분위에서도 유의성을 보이는 변수가 없는 반면 그 외 지역은 1인 가구 비율과 고령화율을 제외한 모든 지역 특성 변수에서 대체로 유의성을 나타냈다. 이는 수도권·광역시의 경우 지역 특성을 논하기에는 이미 도시화가 상당히 진행되었고 인구가 밀집되어 있는 등 도시구조가 지역 특성보다 1인당 에너지 소비량에 미미하지만 더 큰 영향을 미치고 있기 때문일 것이다. 그 외 지역의 경우에도 아직 도시구조의 압축성을 언급하기에는 충분한 근린생활권이 형성되지 못하여 도시구조보다 지역 특성이 1인당 에너지 소비량에 더 영향을 보이고 있다. 이에 지역 에

너지정책 수립 시 수도권·광역시는 유휴 부지의 활용과 토지이용 개선처럼 대지면적을 늘여 1 인당 에너지 소비량 감축을 위한 도시지역 인구밀도의 임계점을 조절하고 현재 노후화된 건축물의 건물에너지효율 개선이나 공공교통체계의 근본적인 재구축을 통해 도시 차원에서의 기후변화 대응에 힘 써야할 것이다.

그 외 지역은 1 인당 에너지 소비량 감축을 위한 지역 에너지정책 수립 시 압축성을 지향하고자 한다면 최적 인구밀도까지 도시의 특정 지역에 인구밀도를 증가시키는 것이 1 인당 에너지 소비량 절감에 가장 큰 효과를 줄 것이다. 현재 정책적으로 활용하고자 하는 도시융합특구, 광역권과 같은 고밀도혁신거점지구를 촉진하는 것이 예시가 될 수 있다. 하지만 도시구조 요인만이 아닌 지역 특성에도 더욱 초점을 맞추어 지역 에너지정책을 수립한다면 에너지 소비 대응에 적절하게 영향을 미칠 수 있다. 그 중에서도 기온특성에 중점을 두어 냉난방 시 에너지 효율이 높은 제품에 인센티브를 부여하여 장려하거나 신규 건축물의 에너지기준을 강화하는 등의 정책을 시행할 필요가 있다. 또한, 현재 대부분 수도권·광역시에서 시행 중인 지역난방을 그 외 지역에서 시행할 만큼의 기반시설이 마련된다면 해당 난방 방식 등의 해결책을 통해 에너지 절약과 대기오염 물질 감소 효과를 꾀할 수 있을 것이다.

## 제 5 장 결론

### 제 1 절 연구의 요약 및 시사점

2007 년 인류는 ‘호모 우르바누스(Homo Urbanus)’ 시대로 접어들었다(Rifkin, 2020). 세계적인 도시화의 진행으로 대규모 에너지 소비지이자 온실가스 배출원인 도시로의 인구집중화는 더욱 가속화할 것이기에 에너지 소비 증가와 대기오염과 같은 문제에 잘 대응할 수 있도록 에너지 수요관리 정책을 보다 적극적으로 대비할 필요가 있으며 이에 영향을 미치는 도시 구조에 보다 깊은 관심을 기울일 필요가 있다.

OECD 와 세계의 많은 지자체는 도시지역의 에너지 의존도를 낮추는 한 방안으로 도시 특정 지역에 주거, 상업, 공공 기능을 고밀도·복합적으로 발전시켜 밀도를 증가시키는 ‘압축도시’ 개념을 지속가능한 도시 형태로 논의하고 있다(OECD, 2012; 왕광익 외, 2011; 장창호·송재민, 2020). 도시구조를 압축적으로 개발하면 자동차의 이동거리가 단축하고 증가한 공개공간을 녹지로 형성하여 도시 열섬효과를 감소하는 등의 효과를 얻을 수 있고, 중장기적으로 도시 차원에서 환경·경제·사회적인 문제를 해결할 수 있다.

이러한 배경 아래, 이 연구는 1 인당 에너지 소비량에 영향을 미치는 도시구조 요인을 파악하여 적절한 지역 에너지 소비 수요관리를 위한 정책적 시사점을 도출하고자 하였다. 실증 분석을 통해 도시 차원에서 에너지소비를 감축시키고 기후변화에 대응할 수 있는 요인을 분석하고자 하였다. 이로 인해 현재 많은 지자체와



OECD가 환경·사회·경제적으로 지속가능한 도시 형태로 언급하는 ‘압축도시’가 실제로 1인당 에너지 소비량을 감축하는지를 살펴보고자 하였다.

도시구조와 지역 특성이 에너지 소비량에 미치는 영향을 알아본 연구는 꾸준히 진행되었으나, 압축도시 내 에너지소비를 살펴본 연구는 대부분 수송에너지를 종속변수로 하여 고밀도 도시가 에너지효율에 긍정적임을 밝혀왔다. 하지만 통합적인 에너지 소비량과 도시구조의 연관성에 대한 논의는 명확하지 않았고 설혹 관련 측면을 다룬 경우라 하더라도 전국 혹은 수도권 위주의 연구가 주를 이뤘다. 이에 최대한 수송에너지에 한정하지 않은 지역 총에너지 혹은 1인당 에너지소비량과 연관 있는 선행연구를 구축하여 도시구조 압축성의 3가지 큰 특성을 고밀도, 공공교통체계와 지역서비스와의 접근성으로 도출하였다.

따라서 이 연구에서는 선행연구 고찰을 바탕으로 분석의 주요 변수를 도시지역 인구밀도, 혼합토지이용, 주택공급형태, 교육시설 대중교통/도보접근성, 직주근접비율과 1인당 녹지면적을 포함한 도시구조 변수와 1인가구비율, 고령화율, 1인당 지방세납부액, 냉방도일과 난방도일과 같은 지역의 인구·사회학적, 경제적, 기온 특성으로 설정하였다. 해당 변수들은 최대한 근접한 자료 취득이 가능한 연도인 2019년 전국 시군구를 범위로 하였다.

선행연구는 도시구조와 1인당 에너지 소비량 관계를 선형으로 가정하여 선형 회귀분석 기법을 사용하였지만 최적 밀도나 임계점 등 꾸준히 관계의 비선형성을 의심해왔다(Quan et al., 2020; 김광익·서동희, 2019; 김리영·서원석, 2011, Hong, 2017; 박종문, 2020; 박종문, 2018; 최문선 외, 2013). 이 연구는 분위회귀분석을 진행하며 1인

당 에너지소비량 분위에 따라 도시구조가 미치는 효과가 변화하는 가능성을 살펴 실증적으로 해당 관계의 비선형성 잠재력을 확인하였다.

분석 결과를 요약하자면 다음과 같다. 첫째, 전반적으로 이 연구는 도시지역 인구밀도를 포함한 도시구조 변수가 전국 모형과 수도권·광역시 모형에서 1 인당 에너지소비량에 영향을 미침을 발견하였다. 하지만 도시구조 효과는 단순하지 않다. 수도권·광역시 모형의 경우 지역 특성보다는 도시구조가 1 인당 에너지소비량에 미치는 영향은 더 있었지만 그 효과가 미미하였고 도시구조의 압축성 중 가장 객관적인 지표라 할 수 있는 도시지역 인구밀도 변수가 거의 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 해당 변수는 오히려 전국 모형과 그 외 지역 모형에서 부(-)의 관계로 1 인당 에너지소비량에 큰 영향을 미치고 있었다. 이는 압축적으로 도시를 개발할 때 도시지역 인구밀도가 1 인당 에너지소비량에 미칠 수 있는 유효한 최적의 임계점이 존재하기에 향후 에너지 저감 정책 수립 시 인구밀도에만 초점을 맞추지 않고 다양한 도시구조 요인을 살펴야 함을 예측할 수 있다. 또한, 인구밀도가 증가하면 사회적 지속가능성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있으나(문태훈·김리영, 2010), 임계점을 지나친 끝없는 인구밀도의 경우 사회적 지속가능성에도 1 인당 에너지소비량에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 수도권·광역시는 인구 밀도 향상에만 초점을 맞추기보다는 유휴 부지 활용과 토지 이용 개선 정책을 활용하여 대지 면적을 늘임으로써 도시지역 인구밀도를 완화할 필요가 있다. 이와 반대로 그 외 지역은 인프라의 집중과 도시 특정 공간을 개발함으로써 도시지역 인구밀도를 증가시켜 1 인당 에너지소비량의 최적화를 달성할 수 있도록 해야한다. 즉 도심융합특구나 광역권과 같은 고밀도혁신거점지구를 피하는 등 도시구조의 근본적인

채구축을 통해 지역 에너지소비를 절감하여야 한다. 이렇듯 환경정책을 수립할 때 수도권·광역시와 그 외 지역으로 구분하여 접근한다면 더욱 적절한 효과를 거둘 것이다.

둘째, 도시구조 중 혼합토지이용과 직주근접비율 변수는 오히려 1인당 에너지 소비량을 증가시키는 정(+)의 영향을 보였다. 해당 결과는 아직 도시의 압축적인 개발과 관련한 충분한 가이드라인이 없어 주거·상업·공공·녹지 용도의 합리적인 융합이 아닌, 무분별한 용도 혼재로 건축이 이루어져왔고 이러한 공간에서 다양한 경제활동이 발생하며 1인당 에너지소비량을 증가시킨 것으로 볼 수 있다. 따라서 도시구조의 압축적 개발 정책을 설정하려면 가이드라인을 마련하여 그저 다양한 용도를 고밀도·복합적으로 개발하는 것이 아닌 지속가능한 도시의 발전을 통해 1인당 에너지소비량을 절감할 수 있도록 하여야 할 것이다. 도시화가 진행되며 해당 경향은 더욱 가속화할 수 있기에 이미 개발된 토지의 용도혼재를 다루기 어렵다면 공공교통체계의 도움으로 1인당 에너지소비량을 절감하는 것도 좋은 방안이다. 도시구조 중 교육시설 대중교통/도보접근성 변수는 공공교통체계가 잘 구축된 도시일수록 시민들이 시설에 접근하기 위하여 대중교통, 도보를 이용하기에 1인당 에너지소비량이 감소하고 있음을 보여주었다. 즉 광역교통결절지를 중심으로 TOD를 개발하거나 광역교통 연계 환승 체계를 강화하는 등 공공교통체계의 구축으로 수송에너지를 절감하여 1인당 에너지소비량을 감축할 필요가 있다.

셋째, 전국 모형의 지역더미 분석결과 1인당 에너지 저소비( $\tau=10, 30$ ) 분위에서 수도권·광역시에 지역이 위치한다면 1인당 에너지소비량이 감소하였고 그 외 지역에 지역이 위치한다면 1인당 에너지소비량이 증가하는 결과가 도출되었다. 흥

미로운 점은 도시구조와 지역 특성으로 변수를 구분하여 분위회귀모형을 통해 1인당 에너지소비량과의 영향을 살펴보았을 때, 수도권·광역시는 도시구조 요인이 주로 영향을 미치고 있었으며 그 외 지역은 도시지역 인구밀도를 제외하고는 대부분 지역 특성 요인이 1인당 에너지소비량에 영향을 미치고 있었다는 사실이다. 즉 도시차원에서 에너지 소비량을 절감하여 기후변화에 대응하고자 하는 환경정책을 수립할 때 수도권·광역시는 토지이용을 개선하거나 공공교통체계를 다시 점검하는 등 도시구조를 근본적으로 재구축하는 접근이 필요하다. 반면 그 외 지역은 지역 특성 중에서도 경제적 요인과 기온 요인이 1인당 에너지소비량에 정(+)의 관계로 영향을 미치고 있기에 냉난방기기 사용 시 에너지효율이 높은 가전제품 사용을 장려하는 정책 혹은 지역 인프라의 집중으로 지역난방 도입을 고려하거나 도시지역 인구밀도를 증가시켜 1인당 에너지소비량 절감을 위해 노력할 필요가 있다.

종합하자면 이 연구의 분석결과가 지역 에너지정책에 시사하는 바는 다음과 같다. 전 세계적으로 도시화가 가속하는 상황에서 이에 따른 에너지소비량 증가와 대기오염 증가 등 환경적 문제를 해결하기 위해 도시는 적절한 에너지소비 수요관리 정책을 마련할 필요가 있다. 이에 이 연구는 세계의 다양한 지자체와 OECD에서 언급하는 환경·경제·사회적으로 지속가능한 도시 개념인 압축도시의 도시구조 요인이 1인당 에너지소비량에 미치는 영향이 있는지 살펴보았다. 분석결과 한국 내 도시구조 효과는 단순하지 않았지만, 전국과 수도권·광역시 모형의 경우 도시구조의 근본적인 재구축이 1인당 에너지소비량 절감에 기여할 수 있음을 밝혔다. 수도권·광역시의 경우 대중교통시설에 접근 가능한 인구비율을 향상할 수 있도록 공공교통체계를 점검하여야 할 것이며 토지이용 시 무분별한 용도혼재가 발생하

지 않도록 정책 가이드라인을 마련하여야 할 것이다. 그 외 지역의 경우 도시 특정 지역에 인프라를 집중시켜 도시지역 인구밀도를 향상시켜 충분한 근린생활권을 형성하여 1인당 에너지소비량을 감축할 수 있도록 할 필요가 있고, 지역 특성 중에서도 기온 특성이 1인당 에너지소비량에 미치는 영향을 제어하기 위하여 에너지효율이 높은 가전제품에 인센티브를 제공하는 정책을 제안한다. 이 외에도 충분한 근린생활권이 형성된다면 현재 수도권·광역시에서 주로 설치되는 지역난방 도입을 고려하여 난방에서 발생하는 에너지를 절감할 수 있다. 도시구조와 지역 특성과 관련한 환경정책을 수립하고자 한다면 사전에 지역별 최적 인구밀도를 도출하여 사회적 지속가능성에도, 1인당 에너지소비량에도 부정적인 영향을 미치지 않는 임계점을 파악하여야 한다. 이 연구는 해당 임계점이 넘는다면 대지면적을 조절하거나 다른 영향 요인을 활용하여 1인당 에너지소비량 절감을 위해 정책을 수립하여야 함을 시사한다.

## 제 2 절 연구의 의의 및 향후 연구 과제

이 연구의 학술적 의의는 다음과 같다. 도시 내에서 발생하는 활동들의 물리적 구성을 수송에너지에 한정하지 않고 도시구조 및 지역 특성과 1인당 에너지소비와의 관계를 규명하였다. 또한, 전국을 수도권·광역시, 그 외 지역 모형으로 구분하여 도시내 수송·가정·상업·공공 부문의 1인당 에너지 소비에 영향을 미치는 것으로 추론 가능한 도시구조 요인, 인구·사회학적, 경제적, 기온 특성의 요인을 대상으로 영향 여부와 영향의 정도를 분석하였다. 이를 바탕으로 1인당 소비하는 총에너지

지와 도시 특성 간의 관계를 확인함으로써 지역에서 소비되는 에너지를 살펴 지역 상황에 맞는 더 세밀한 에너지계획 정책적 제언을 제시하였다. 즉, 수도권·광역시 모형과 그 외 지역 모형에 맞는 도시의 에너지 정책 수립의 방향성을 제시하였다.

또한, 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역 모형을 세분화하였고, 다시 1인당 에너지소비량 분위( $\tau=10, 30, 50, 70, 90$ )를 나눠 분위별 변수의 영향을 자세하게 비교 분석하였다. 이를 통해 현재 수도권 인구 집중, 지방 소멸의 문제를 직면하는 도시 상황에서 환경, 사회, 경제적으로 지속가능한 도시구조 형태에 관한 정책적 시사점을 도출하였다.

그러나 이 연구는 다음과 같은 측면에서 일부 한계를 지니고 있다. 도시구조는 3요소(3D)인 밀도(Density)와 다양성(Diversity), 디자인(Design) 요소를 꼽을 수 있는데 이 연구에서는 그중 디자인을 대표하는 도시설계요소를 변수로 채택하지 못하였다. 예를 들어 도시설계요소 중 도로 디자인의 격자를 조절한다면 도로 폭을 넓거나 좁게 만들 수 있고 우회도로 등의 설계에 영향을 미칠 수 있다. 이는 특히 수송 에너지 수요를 절감하거나 늘리며 직접적으로 1인당 에너지소비량에 영향을 미칠 수 있다. 하지만 이 연구에서는 전국 시군구의 자료를 수합하는 데 어려움이 있어 해당 변수를 활용하지 못한 한계가 존재한다.

공간적 범위에서도 수도권·광역시 모형은 수도권은 인구집중화가 심화되고 광역시는 인구 유출 문제에 직면하고 있거나, 그 외 지역 모형의 경우에도 인구 규모에 따라 중소도시와 소규모 도시로 구분가능하기에 도시구조와 지역 특성이 다를 수 있다. 따라서 추후 연구를 진행 시 수도권과 광역시를 구분하고 그 외 지역

에서도 인구 30 만 이상 도시와 인구 30 만 이하 도시로 세분화하여 분석을 진행한다면 더욱 세밀한 지역 에너지정책 수립에 도움을 줄 수 있다.

선행연구에서 각 변수와의 관계를 선형으로 가정하여 선형회귀모형을 활용한 분석을 진행한 것과 달리 이 연구에서는 관계의 비선형성을 이론적으로 확인하고 분위회귀모형을 통해 더 세밀하고 정확한 영향 요인의 효과를 밝혀냈다. 하지만 후속연구에서 전국, 수도권·광역시, 그 외 지역 모형의 지역별·변수별 1 인당 에너지소비량에 영향을 미치는 최적 임계점을 도출한다면 지역의 환경정책 수립에 더 큰 도움을 줄 수 있을 것이다. 도시의 최적 압축비율을 도출하여 임계점을 넘을 시 지역 상황에 맞는 해결책을 활용한다면 에너지 소비량뿐 아니라 사회적 지속가능성에도 긍정적인 영향을 미치는 지속가능한 도시로 발전할 수 있을 것이다.

또한, 이 연구에서는 직주 근접 비율과 1 인당 녹지 면적 변수의 결과값이 높아질수록 1 인당 에너지 소비량이 증가하는 결과를 보였다. 해당 변수들은 삶의 질에 정(+)의 영향을 미친다는 선행연구 결과(손웅비·강현철, 2019; Li et al., 2019; 김광익·서동희, 2019)가 있었는데, 이와 관련하여 향후 연구에서는 삶의 질 변수와 경제적 요소와의 연관성이 있는지 소득이 매개변수로 1 인당 에너지 소비량을 증가시키는 영향을 보였는지 확인해본다면 보다 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것이다.

## 참 고 문 헌

- 김광익, & 서동희. (2019). 압축도시 개발에 따른 에너지 소비와 이산화탄소 배출에 관한 연구. 한국환경경제학회 경제학 공동학술대회논문집, 2019, 37-51.
- 김리영, & 서원석. (2011). 압축도시 특성이 지역별 교통에너지 소비에 미치는 영향 분석: 수도권. 비수도권간의 차이를 중심으로. 한국지역개발학회지, 23(1), 33-53.
- 내손안에서울. (2018.12.26). “주택공급 5대 혁신방안 발표, 시민 삶의 질 높일 것”. 내손안에서울. <https://opengov.seoul.go.kr/mediahub/22105625>에서 검색 (검색일자: 2021.06.01)
- 문태훈, & 김리영. (2010). 압축도시 특성요인의 사회적 지속가능성에 대한 영향분석. 주택연구, 18(3), 51-72.
- 박광수, 박호정, & 에너지경제연구원. (2012). 에너지소비에 대한 기온변화의 영향 분석 / 박광수 [연구].
- 박중문. (2018). 지역 유형에 따른 가구 전력 소비의 영향 요인 비교 연구. 한국지역개발학회지, 30(2), 193-220.
- 박중문. (2020). 지역 특성을 통해 본 국내 가정부문 전력 소비 요인.
- 손승호. (2014). 수도권의 직주균형과 통근통행의 변화: 2005-2010년. 대한지리학회지, 49(3), 390-404.
- 손웅비, & 강현철 (2019). 지역주민의 일상생활과 행복에 대한 탐색적 연구 -제1차



- 경기도민 삶의 질 조사를 중심으로. 한국지적정보학회지, 21(2), 220-234
- 안정근, 김동성, & 박철홍. (2020). 지방 중소도시 유형별 1인 가구 특성연구. 지역연구, 36(2), 13-24.
- 왕광익, 유선철, 구형수, 노경식, 민경주, 박근현, & 국토연구원. (2011). 녹색도시 · 건축 활성화 방안 연구. 국토연구원. [연구]
- 유윤진, 손세형, & 김도년. (2012). 도시공간구조와 탄소배출량간 상관관계 실증 분석. 한국대기환경학회지(국문), 28(3), 273-281.
- 이동성, & 문태훈. (2017). 도시특성과 기후특성이 지역 에너지사용량에 미치는 영향에 관한 연구. 한국지역개발학회지, 29(1), 1-22.
- 이명주. (2020). 건축과 도시공간의 내일을 전망하다. 건축과 도시공간, Vol.40 Winter 2020. 건축공간연구원. 32-38.
- 이원도, & 황철수. (2011). 서울시 도시공간구조의 압축성 측정. 국토지리학회지, 45(1), 163.
- 이재영, & 김형철. (2002). 콤팩트 도시의 에너지 효율성 및 대중교통 접근성에 관한 연구. 국토계획, 37(7), 231-244.
- 이희정. (2000). 용도혼재가 주거환경에 미치는 영향분석. Söul Tosi Yöngu, 1(2), 65-83.
- 장명준, 신예철, 최형선, & 김태호. (2012). 도시규모를 고려한 탄소배출량과 도시특성요소와의 관계 연구. 도시행정학보, 25(4), 57-87.
- 장창호, & 송재민. (2020). 밀도가 높은 도시는 근접성이 좋은가?: 야간조명데이터와 POI 빅데이터를 활용한 세계 도시 압축 특성 비교. 국토계획, 55(6), 5-20.
- 정민선, 조희선, & 변병설. (2015). 도시특성요소가 온실가스 배출에 미치는 영향.

- 수도권 지역을 중심으로. 국토지리학회지, 49(3), 297-306.
- 정지원, 송지혜, & 대외경제정책연구원. (2014). 도시의 기후변화 대응을 위한 개발협력: 논의 동향 및 시사점 / 정지원, 송지혜 [지음]; 대외경제정책연구원 [편].
- 정현욱. (2019). 울산광역시 압축도시(Compact city) 구축을 위한 방향과 전략 연구. 울산발전연구원. [연구]
- 조운애, & 최무현. (2013). 압축도시와 적정 개발밀도에 관한 실증연구: 74개 광역시 자치구를 중심으로. 지방정부연구, 17(3), 47-66.
- 최문선, 정윤경, 이보혜, & 에너지경제연구원. (2013). 분위회귀분석을 통한 가정부문 용도별 에너지소비량 분포 및 특성 분석 / 최문선 연구책임.
- 홍중호, 오형나, & 이성재. (2018). 가구 패널자료를 이용한 가계부문 에너지 소비행태 분석 - 1인 가구 및 고령가구를 중심으로-. 자원·환경경제연구, 27(3), 463-493.
- Banister, D., Watson, S., & Wood, C. (1997). Sustainable Cities: Transport, Energy, and Urban Form. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 24(1), 125-143.
- Batty, M. (2009). Defining Density. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 36(4), 571-572.
- Brown, B., Yamada, I., Smith, K., Zick, C., Kowaleski-Jones, L., & Fan, J. (2009). Mixed land use and walkability: Variations in land use measures and relationships with BMI, overweight, and obesity. *Health & Place*, 15(4), 1130-1141.
- Cervero, R. (1989). Jobs-Housing Balancing and Regional Mobility. *Journal of the American*

- Planning Association, 55(2), 136-150.
- Chen, F. (2007). Sensitivity of Goodness of Fit Indexes to Lack of Measurement Invariance. *Structural Equation Modeling*, 14(3), 464-504.
- Chen, S., & Chen, B. (2015). Urban energy consumption: Different insights from energy flow analysis, input–output analysis and ecological network analysis. *Applied Energy*, 138, 99-107.
- Clifton, K., Ewing, R., Knaap, G. J., & Song, Y. (2008). Quantitative analysis of urban form: a multidisciplinary review. *Journal of Urbanism*, 1(1), 17-45.
- Ewing, Reid, Hamidi, Shima, Tian, Guang, Proffitt, David, Tonin, Stefania, & Fregolent, Laura. (2018). Testing Newman and Kenworthy's Theory of Density and Automobile Dependence. *Journal of Planning Education and Research*, 38(2), 167-182.
- Gim, T. (2021). Quantile regression on the nonlinear relationship between land use and trip time. *Papers in Regional Science*, 100(4), 1055-1077.
- Gim, T. (2018). Land use, travel utility and travel behaviour: An analysis from the perspective of the positive utility of travel. *Papers in Regional Science*, 97(S1), S169-S192.
- Hong, J. (2017). Non-linear influences of the built environment on transportation emissions. *Journal of Transport and Land Use*, 10(1), 229-240.
- Koenker, R. (2005). *Quantile regression*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Koenker, R., & Bassett Jr, G. (1978). Regression quantiles. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 33-50.
- Kuan, C., Michalopoulos, C., & Xiao, Z. (2017). Quantile Regression on Quantile Ranges – A

- Threshold Approach. *Journal of Time Series Analysis*, 38(1), 99-119.
- Li, Chaosu, Song, Yan, Kaza, Nikhil, & Burghardt, Rene. (2019). Explaining Spatial Variations in Residential Energy Usage Intensity in Chicago: The Role of Urban Form and Geomorphometry. *Journal of Planning Education and Research*, 739456.
- OECD, 2012. “Compact City Policies: A Comparative Assessment”, *OECD Green Growth Studies*, 1-287.
- Quan, Steven Jige, Economou, Athanassios, Grasl, Thomas, & Yang, Perry Pei-Ju. (2020). An exploration of the relationship between density and building energy performance. *Urban Design International* (London, England), 25(1), 92-112.
- Rickwood, P., Glazebrook, G., & Searle, G. (2008). Urban structure and energy—a review. *Urban policy and research*, 26(1), 57-81.
- Rifkin, & 안진환. (2020). 글로벌 그린 뉴딜: 2028년 화석연료 문명의 종말 | 그리고 지구 생명체를 구하기 위한 대담한 경제 계획 / 제레미 리프킨 지음; 안진환 옮김.
- Song, Y., & Knaap, G. (2004). Measuring the effects of mixed land uses on housing values. *Regional Science and Urban Economics*, 34(6), 663-680.
- Song, Y., Merlin, L., & Rodriguez, D. (2013). Comparing measures of urban land use mix. *Computers, Environment and Urban Systems*, 42, 1-13.
- Turner, M., Gardner, R., O'Neill, R., & Springer. (2001). *Landscape Ecology in Theory and Practice [electronic resource] : Pattern and Process / by Monica G. Turner, Robert H. Gardner, Robert V. O'Neill*. New York, NY: Springer-Verlag New York.

# 부록

## 1. 분위에 따른 시군구 목록

주요 변수	10분위	30분위	50분위	70분위	90분위
종속 변수 1인당 에너지소비량	서울 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 서대문구, 마포구, 구로구, 동작구, 관악구, 송파구, 강동구, 부산 서구, 부산진구, 동래구, 북구, 해운대구, 사하구, 금정구, 연제구, 수영구, 대구 남구, 북구, 수성구, 달서구, 인천 남동구, 부평구, 미추홀구, 광주 남구, 대전 서구, 울산 동구, 경기도 수원시, 의정부, 안양시, 부천시, 광명시, 오산시, 군포시, 충남 계룡시, 전남 완도군, 신안군, 경남 남해군	서울 성동구, 양천구, 금천구, 영등포구, 대구 중구, 인천 강화군, 광주 동구, 서구, 광산구, 대전 중구, 울산 북구, 경기도 성남시, 동두천시, 안산시, 고양시, 구리시, 남양주시, 파주시, 김포시, 강원도 영동군, 충북 청양군, 전북 전주시, 전남 목포시, 순천시, 구례군, 고흥군, 장흥군, 진도군, 경북 포항시, 구미시, 영양군, 예천군, 울릉군, 경남 진주시, 통영시, 거제시, 양산시, 창원시, 의령군, 합천군	서울 서초구, 부산 동구, 기장군, 대구 서구, 인천 동구, 연수구, 계양구, 용진군, 대전 동구, 유성구, 경기도 평택시, 시흥시, 의왕시, 용인시, 화성시, 강원도 춘천시, 원주시, 속초시, 철원군, 양구군, 충북 청주시, 충남 천안시, 부여군, 홍성군, 전북 익산시, 정읍시, 남원시, 장수군, 순창군, 부안군, 전남 나주시, 담양군, 강진군, 해남군, 무안군, 경북 경산시, 의성군, 청송군, 봉화군, 경남 김해시, 밀양시, 하동군, 함양군, 거창군	서울 종로구, 강남구, 부산 영도구, 사상구, 대전 대덕구, 경기도 하남시, 광주시, 양주시, 양평군, 강원도 강릉시, 동해시, 영월군, 화천군, 충북 청주시, 제천시, 보은군, 옥천군, 증평군, 충남 보령시, 아산시, 논산시, 당진시, 금산군, 서천군, 예산군, 전북 군산시, 김제시, 진안군, 무주군, 고창군, 전남 곡성군, 보성군, 화순군, 영광군, 김천시, 안동시, 영주시, 영천시, 상주시, 문경시, 영덕군, 청도군, 고령군, 경남 사천시, 고성군	서울 용산구, 강서구, 부산 남구, 서구, 울산 중구, 남구, 울주군, 경기도 이천시, 안성시, 포천시, 여주시, 연천군, 가평군, 양평군, 단양군, 홍천군, 횡성군, 평창군, 정성군, 인제군, 고성군, 양양군, 충북 진천군, 괴산군, 음성군, 단양군, 충남 공주시, 서산시, 태안군, 전북 완주군, 임실군, 전남 여수시, 광양시, 영광군, 함평군, 영광군, 장성군, 경북 경주시, 군위군, 성주군, 칠곡군, 울진군, 경남 함안군, 창녕군, 산청군
도시 구조 도시지역 인구밀도	부산 강서구, 기장군, 대구 달성군, 울산 울주군, 경기도 안성시, 양주시, 연천군, 가평군, 강원도 춘천시, 동해시, 태백시, 삼척시, 영월군, 정선군, 충북 옥천군, 단양군, 충남 서산시, 계룡시, 전북 군산시, 완주군, 부안군, 전남 여수시, 순천시, 나주시, 광양군, 담양군, 화순군, 장흥군, 강진군, 해	부산 영도구, 광주 동구, 광산구, 대전 동구, 유성구, 울산 북구, 강원도 속초시, 철원군, 화천군, 충북 충주시, 보은군, 영동군, 충남 공주시, 금산군, 부여군, 태안군, 전북 김제시, 무주군, 임실군, 장군, 전남 목포시, 곡성군, 고흥군, 보성군, 완도군, 경북 안동시, 영주시, 영천시, 상주시, 문경시,	대구 동구, 인천 용진군, 대전 대덕구, 경기도 동두천시, 남양주시, 의왕시, 하남시, 용인시, 화성시, 광주시, 양평군, 강원도 강릉시, 홍천군, 평창군, 인제군, 고성군, 양양군, 충북 제천시, 청주시, 진천군, 괴산군, 음성군, 증평군, 충남 보령시, 논산시, 당진시, 서천군, 홍성군, 예산군, 전북 전주시,	서울 종로구, 부산 서구, 남구, 사하구, 금정구, 사상구, 대구 북구, 수성구, 인천 서구, 강화군, 광주 서구, 남구, 북구, 대전 중구, 서구, 울산 중구, 남구, 동구, 경기도 성남시, 의정부시, 안산시, 고양시, 구리시, 오산시, 시흥시, 파주시, 김포시, 포천시, 여주시, 강원도 원주시, 횡성군, 양구군,	서울 용산구, 성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 서대문구, 마포구, 양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, 서초구, 강남구, 송파구, 부산 서구, 부산진구, 동래구, 북구, 해운대구, 수영구, 대구 중구, 서구, 남구, 달서구, 인천 동구, 남

	남군, 영암군, 함평군, 영광군, 장성군, 진도군, <b>경북</b> 포항시, 경주시, 고령군, 칠곡군, 울진군, 울릉군, <b>경남</b> 진주시, 사천시, 양산시, 창녕군	경산시, 의성군, 영양군, 영덕군, 청도군, <b>경남</b> 통영시, 김해시, 밀양시, 창원시, 의령군, 함안군, 함양군, 거창군, 합천군	정읍시, 남원시, 순창군, <b>전남</b> 구례군, 무안군, <b>경북</b> 김천시, 구미시, 군위군, 예천군, <b>경남</b> 거제시, 고성군, 하동군, 산청군	<b>충남</b> 천안시, 아산시, 청양군, 전북 익산시, 진안군, 장수군, <b>경북</b> 청송군, 성주군, 봉화군, <b>경남</b> 남해군	동구, 부평구, 계양구, 미추홀구, <b>경기도</b> 수원시, 안양시, 부천시, 광명시, 군포시, <b>전남</b> 신안군
혼합토지이용	서울 동대문구, 서대문구, 동작구, <b>부산</b> 기장군, <b>대구</b> 동구, 달성군, <b>인천</b> 강화군, 옹진군, <b>대전</b> 동구, 유성구, <b>경기도</b> 남양주시, 의왕시, 하남시, 용인시, 이천시, 안성시, 광주시, 여주시, 가평군, 양평군, <b>강원도</b> 춘천시, 정선군, 단양군, <b>충남</b> 계룡시, 부여군, <b>전북</b> 완주군, 진안군, 순창군, <b>전남</b> 순천시, 담양군, 보성군, 화순군, 장성군, 신안군, <b>경북</b> 경주시, 군위군, 영양군, 청도군, 칠곡군, 울릉군, <b>경남</b> 진주시, 양산시, 남해군, 합천군	서울 광진구, 성북구, <b>부산</b> 영도구, 북구, 금정구, <b>대구</b> 수성구, <b>인천</b> 계양구, <b>광주</b> 동구, 중구, <b>울산</b> 북구, 울주군, <b>경기도</b> 의정부시, 고양시, 구리시, 양주시, 연천군, <b>강원도</b> 태백시, 홍천군, 영월군, 화천군, 양양군, <b>충북</b> 제천시, 청주시, 영동군, <b>충남</b> 공주시, 당진시, 금산군, <b>전북</b> 무주군, 임실군, 고창군, 부안군, <b>전남</b> 나주시, 강성군, 고흥군, 장흥군, 완도군, 진도군, <b>경북</b> 의성군, 고령군, 봉화군, <b>경남</b> 김해시, 창녕군, 함양군, 거창군	서울 중랑구, 강북구, 노원구, 평곡, 양천구, 약구, 서초구, 남구, 강동구, <b>산해운대</b> 구, 남구, 북구, <b>광주</b> 남구, 북구, <b>대전</b> 서구, <b>경기도</b> 울산중구, <b>경기</b> 성남시, 광명시, 동두천시, 홍시, 김포시, 성시, <b>강원도</b> 해시, 삼척시, 창군, 철원군, 제군, 고성군, <b>충북</b> 충주시, <b>충남</b> 서산시, <b>전북</b> 주시, 장수군, <b>전남</b> 구례군, 강진군, 무안군, 함평군, <b>경북</b> 안동시, 영주시, 상주시, 경산시, 청송군, 울진군, <b>경남</b> 양시, 창원시, 의령군	서울 용산구, 마포구, <b>부산</b> 송파구, 동래구, 서구, 동구, 수영구, 남구, 북구, <b>대구</b> 대덕구, <b>경기도</b> 안양시, 오산시, 시, 강릉시, 양구군, 괴산군, <b>충남</b> 홍성군, 태안군, <b>전남</b> 목포시, 여수시, 영암군, 영광군, <b>경북</b> 포항시, 문경시, 천시, 구미시, 덕군, 예천군, <b>경남</b> 통영시, 사천시, 거제시, 함안군, 산청군	서울 종로구, 성동구, 강북구, 금천구, 구로구, 천구, 영등포구, <b>부산</b> 동구, 부산진구, 남구, 사하구, 사상구, <b>대구</b> 서구, 달서구, <b>인천</b> 동구, 연수구, 남동구, 부평구, 계양구, 서구, 미추홀구, <b>광주</b> 서구, <b>울산</b> 남구, 동구, <b>경기도</b> 수원시, 평택시, <b>전남</b> 진안시, 파주시, <b>강원도</b> 원주시, 횡성군, <b>충북</b> 보은군, 진천군, 증평군, <b>충남</b> 천안시, 보령시, 아산시, 당진시, 서천군, <b>전북</b> 군산시, 익산시, <b>전남</b> 광양시, 해남군, <b>경북</b> 성주군, <b>경남</b> 고성군
주택공급형태	<b>부산</b> 강서구, <b>광주</b> 서구, 남구, 북구, <b>광산</b> 구, <b>강원도</b> 춘천시, 원주시, 강릉시, 태백시, 속초시, 고성군, 증평군, <b>전북</b> 군산시, 정읍시, 남원시, 김제시, 완주군, 진안군, 장수군, 임실군, 순창군, 고창군, 부안군, <b>전남</b> 여수시, 순천시, 나주시, 광양시, 담양군, 곡성군, 화순군, 장흥군, 해남군, 영암군, 무	<b>대구</b> 달성군, <b>대전</b> 유성구, <b>울산</b> 북구, <b>경기도</b> 하남시, <b>강원도</b> 철시, 홍천군, 횡성군, 정선군, 화천군, 양구군, 인제군, 양양군, <b>충북</b> 제천시, 청주시, 보은군, 괴산군, 단양군, <b>충남</b> 공주시, 보령시, 논산시, 계룡시, <b>전북</b> 전주시, 무주군, <b>전남</b> 목포시, 강진군, 진도군, <b>경북</b> 영천시, 성주군, 예천군, 봉화군,	<b>대구</b> 중구, 북구, 수성구, 달서구, <b>인천</b> 연수구, <b>광주</b> 동구, <b>대전</b> 서구, <b>울산</b> 울주군, <b>경기도</b> 안성시, 김포시, 화성시, <b>강원도</b> 동해시, 영월군, 평창군, 철원군, <b>충북</b> 충주시, 옥천군, 영동군, 음성군, <b>충남</b> 천안시, 아산시, 당진시, 금산군, 부여군, 서천군, 청양군, 홍성군, 예산군, <b>전남</b> 고령군, <b>경북</b> 구미시, 영주시, 상	서울 성동구, 동대문구, 노원구, 영등포구, <b>부산</b> 영도구, 동래구, 북구, 해운대구, 사하구, 사상구, 기장군, <b>대구</b> 동구, 남구, <b>인천</b> 동구, 용진군, <b>대전</b> 동구, 중구, 대덕구, <b>울산</b> 중구, 남구, 동구, <b>경기도</b> 성남시, 평택시, 고양시, 구리시, 남양주시, 오산시, 군포시, 용인시, 파주시, 여주시, 양주시, 여주시, 연천군, 가평군,	서울 종로구, 용산구, 광진구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 은평구, 서대문구, 마포구, 양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 동작구, 관악구, 서초구, 강남구, 송파구, 강동구, <b>부산</b> 서구, 동구, 부산진구, 남구, 금정구, 연제구, 수영구, <b>대구</b> 서구, <b>인천</b> 남동구, 부평구, 계양구, 서구, 미추홀구, <b>광화</b> 구, <b>경기도</b> 수원시,

	안군, 함평군, 영광군, 장성군, 완도군, 신안군, <b>경남</b> 김천시, <b>경남</b> 진주시, 함안군, 산청군	<b>경남</b> 통영시, 사천시, 밀양시, 제주시, 의령군, 원시, 해군, 양군, 거창군, 창녕군	주시, 문경시, 경산시, 군위군, 성군, 청송군, 청도군, 울진군, 울릉군, 고성군, 고성군	양평군, <b>충북</b> 진천군, <b>충남</b> 서산시, 태안군, <b>경북</b> 포항시, 경주시, 영양군, 칠곡군, <b>경남</b> 김해시	의정부시, 안양시, 부천시, 광명시, 동두천시, 안산시, 시흥시, 의왕시, 광주시, 포천시
교육시설 대중교통/도보 접근성	<b>인천</b> 강화군, 옹진군, 경기도 평택시, 연천군, 평택시, 양평군, <b>경원도</b> 양양군, 정선군, 철원군, 양양군, 북부은군, 괴산군, <b>충남</b> 부여군, 태안군, <b>전북</b> 진안군, 장수군, 실성군, 고창군, 담양군, 고령군, 고령군, 보성군, 영양군, 완도군, 진도군, 신안군, <b>경북</b> 영천시, 상주시, 군위군, 의성군, 청송군, 영양군, <b>경남</b> 성주군, 남해군, 동진군	<b>경기도</b> 이천시, 포천시, <b>강원도</b> 태백시, 횡성군, 화천군, 철원군, 고성군, 영동군, 영천군, 음성군, 증평군, 공주시, 서산시, 논산시, 예산군, 진천군, 남원시, 김제시, 완주군, 순창군, 부안군, <b>전남</b> 구례군, 화순군, 장흥군, 영암군, 진성군, 영덕군, 예천군, 울진군, 사천시, 밀양시, 의령군, 함안군, 창녕군, 함양군	<b>부산</b> 강서구, 기장군, <b>울산</b> 울주군, <b>경기도</b> 용인시, 안성시, 양주시, <b>충북</b> 충주시, 제천시, 청주시, <b>충남</b> 천안시, 보령시, 아산시, 서산시, 익산시, 정읍시, 여주시, 순천시, 나주시, 광양시, 무안군, <b>경북</b> 포항시, 김천시, 안동시, 구미시, 영주시, 경산시, 울릉군, <b>경남</b> 진주시, 통영시, 거제시, 양산시, 거창군	<b>서울</b> 종로구, 용산구, 서초구, <b>부산</b> 서구, 북구, 중구, 사하구, 동구, 서구, 북구, 성구, 달성군, 천안시, 영동구, 서구, 남구, 북구, <b>대구</b> 동구, 서구, 성구, 대덕구, <b>경기도</b> 수원시, 성남시, 의정부시, 동두천시, 안산시, 고양시, 구리시, 남양주시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 하남시, 김포시, <b>강원도</b> 속초시, <b>충남</b> 계룡시, <b>전북</b> 전주시, <b>경남</b> 김해시, 창원시	<b>서울</b> 성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성동구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 서대문구, 마포구, 양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, 강남구, 송파구, 강동구, <b>부산</b> 동구, 영도구, 부산진구, 동래구, 남구, 연제구, 수영구, 사상구, <b>대구</b> 중구, 남구, 달서구, <b>인천</b> 동구, 남동구, 부평구, 계양구, 서구, 미추홀구, 강화군, 옹진군, <b>대전</b> 중구, <b>울산</b> 중구, 동구, <b>경기도</b> 안양시, 부천시, 광명시
직주근접비율	<b>서울</b> 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 서대문구, 양천구, 동작구, 관악구, <b>부산</b> 남구, 북구, <b>대구</b> 남구, <b>인천</b> 계양구, <b>광주</b> 용진군, <b>광주</b> 동구, <b>대전</b> 산중구, 동구, <b>경기도</b> 의정부시, 영동군, <b>충북</b> 영동군, 괴산군, <b>충남</b> 계룡시, 부여군, <b>전북</b> 장수군, 입실군, 순창군, <b>전남</b> 곡성군, 구례군, 고흥군, 보성군, 신안군, <b>경북</b> 상주시, 문경시, 의성군, 청	<b>서울</b> 광진구, 강동구, 영도구, 사하구, 금정구, 수영구, <b>대구</b> 동구, 수성구, 달서구, <b>인천</b> 연수구, 부평구, 미추홀구, 강화군, <b>울산</b> 북구, <b>경기도</b> 수원시, 광명시, 남양주시, 오산시, 의왕시, 양평군, <b>강원도</b> 화천군, <b>충북</b> 회천군, <b>충북</b> 보은군, 증평군, <b>충남</b> 서산시, 예산군, 태안군, <b>전북</b> 익산시, 정읍시, 남원시, 진안군, <b>전남</b> 해남군, <b>경북</b> 김천시, 안동시, 경산시, 군위	<b>서울</b> 강서구, 부산서구, 동래구, <b>대구</b> 달성군, <b>광주</b> 북구, <b>대전</b> 중구, 서구, <b>경기도</b> 평택시, 용인시, 연천군, <b>강원도</b> 동해시, 삼척시, 홍천군, 횡성군, 영월군, 정선군, <b>충북</b> 청주시, 옥천군, <b>충남</b> 공주시, 보령시, 논산시, 당진시, 서천군, 홍성군, <b>전북</b> 군산시, 완주군, 부안군, <b>전남</b> 목포시, 순천시, 나주시, 화순군, 강진군, 무안군, 합평군, 영광군, 완도군, <b>경북</b> 포항	<b>서울</b> 용산구, <b>부산</b> 해운대구, 연제구, 기장군, <b>대구</b> 서구, 북구, <b>인천</b> 서구, <b>광주</b> 광산구, <b>대전</b> 유성구, <b>울산</b> 울주군, <b>경기도</b> 부천시, 안산시, 고양시, 구리시, 군포시, 하남시, 이천시, 안성시, 여주시, <b>강원도</b> 원주시, 강릉시, 태백시, 속초시, 평창군, 양구군, 인제군, <b>충북</b> 충주시, 제천시, 진천군, 단양군, <b>충남</b> 천안시, 아산시, 청양군, <b>전북</b> 전주시, 김제	<b>서울</b> 종로구, 용산구, 성동구, 마포구, 구로구, 금천구, 영등포구, 서초구, 강남구, 송파구, <b>부산</b> 동구, 부산진구, <b>대구</b> 중구, <b>인천</b> 동구, 남동구, <b>광주</b> 동구, 서구, <b>대전</b> 대덕구, <b>울산</b> 남구, <b>경기도</b> 성남시, 안양시, 시흥시, 의왕시, 파주시, 김포시, 화성시, 광주시, 양주시, 포천시, 가평군, <b>강원도</b> 고성군, 양양군, <b>충북</b> 음성군, <b>충남</b> 금산군, <b>전남</b> 광양시, 담양

	<p>송군, 영양군, 예천군, 봉화군, <b>경남</b> 밀양시, 의령군, 하동군, 함양군, 합천군</p>	<p>군, 영덕군, 울진군, <b>경남</b> 통영시, 거제시, 고성군, 남해군, 산청군, 거창군</p>	<p>시, 구미시, 영주시, 영천시, 청도군, <b>경남</b> 진주시, 양산시, 창녕군</p>	<p>시, 무주군, 고창군, <b>전남</b> 여수시, 장흥군, 장성군, <b>경북</b> 경주시, <b>경남</b> 사천시, 창원시</p>	<p>군, 영암군, <b>경북</b> 고령군, 성주군, 철곡군, 울릉군, <b>경남</b> 김해시, 함안군</p>
1인당 녹지면적	<p>서울 종로구, 용산구, 성동구, 광진구, 동대문구, 중랑구, 성북구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 서대문구, 마포구, 양천구, 강서구, 구로구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, 서초구, 강남구, 송파구, 강동구, <b>부산</b> 서구, 동구, 영도구, 부산진구, 동래구, 남구, 사하구, 연제구, 수영구, <b>대구</b> 중구, 서구, 남구, 달서구, <b>인천</b> 동구, 남동구, 부평구, 미추홀구, 옹진군, <b>경기도</b> 수원시, 안양시, 부천시</p>	<p><b>부산</b> 북구, 해운대구, 금정구, 사상구, <b>대구</b> 북구, 수성구, <b>인천</b> 연서구, 계양구, <b>광주</b> 서구, 북구, <b>대전</b> 중구, 서구, 대덕구, <b>울산</b> 중구, 남구, 동구, <b>경기도</b> 남시, 의정부시, 광명시, 평택시, 동두천시, 안산시, 고양시, 구리시, 오산시, 시흥시, 군포시, 의왕시, 김포시, <b>강원도</b> 원주시, 강릉시, 양구군, <b>충북</b> 평강군, <b>충남</b> 천안시, 아산시, 홍성군, <b>전북</b> 전주시, 익산시, <b>전남</b> 목포시</p>	<p><b>대구</b> 동구, 광주동구, 광산구, <b>대전</b> 동구, 유성구, <b>울산</b> 북구, <b>경기</b> 남양주시, 용인시, 이천시, 성남시, 포천시, 양주시, 양평군, <b>원도</b> 속초시, <b>충북</b> 충주시, 제천시, 청주시, 진천군, 음성군, <b>충남</b> 보령시, 논산시, 청양군, 예산군, <b>전북</b> 군산시, 정읍시, 남원시, <b>전남</b> 무안군, <b>경북</b> 포항시, 김천시, 안동시, 구미시, 영주시, 문경시, 경산시, 청송군, 성주군, 예천군, <b>경남</b> 통영시, 김해시, 거제시, 창원시, 고성군</p>	<p><b>인천</b> 강화군, <b>경양</b> 강릉시, <b>강원</b> 원주시, 영월군, 철원군, 화천군, 고성군, 양양군, <b>충북</b> 보은군, 괴산군, <b>충남</b> 공주시, 서산시, 금산군, 서천군, 태안군, <b>전북</b> 제천시, 진안군, 주군, 장수군, <b>전남</b> 여수시, 순천시, 광양시, 구례군, 고흥군, 신안군, <b>경북</b> 영천시, 상주시, 영덕군, 봉화군, <b>경남</b> 진주시, 밀양시, 산시, 함안군, 해군, 하동군, 거창군, 천군</p>	<p><b>부산</b> 강서구, 기장군, <b>대구</b> 달성군, <b>울산</b> 울주군, <b>경기도</b> 가평군, <b>강원도</b> 춘천시, 태백시, 삼척시, 정선군, 속초시, 옥천군, 영동군, 단양군, <b>충남</b> 계룡시, 부여군, <b>전북</b> 완주군, 임실군, 고창군, <b>전남</b> 담양군, 곡성군, 보성군, 장흥군, 함평군, 함평군, 장성군, 진도군, <b>경북</b> 경주시, 군위군, 의성군, 청송군, 철곡군, 울릉군, 의령군, 창녕군, 산청군</p>
지역 특성	<p>1인가구비율</p>				
	<p>서울 도봉구, 노원구, 양천구, 서초구, 송파구, 강동구, <b>부산</b> 동래구, 북구, 해운대구, 강서구, 기장군, <b>대구</b> 수성구, 달성군, <b>인천</b> 연수구, 남동구, 부평구, 계양구, 서구, <b>울산</b> 중구, 동구, 북구, 울주군, <b>경기도</b> 의정부시, 안양시, 부천시, 광명시, 고양시, 구리시, 남양주시, 군포시, 의왕시, 하남시, 용인시, 파주시, 이천시, 김포시, 화성시, <b>경주시</b>, <b>경남</b> 창원시, <b>강원도</b> 철원군, <b>충남</b> 계룡시, <b>전</b></p>	<p>서울 은평구, 구로구, 강남구, <b>부산</b> 남구, 사하구, 연제구, <b>대구</b> 동구, 북구, 달서구, <b>인천</b> 동구, 미추홀구, 강화군, <b>광주</b> 남구, 광산구, <b>대전</b> 중구, <b>울산</b> 중구, 성남시, 평택시, 동두천시, 안산시, 오산시, 시흥시, 포천시, 여주시, 양평군, <b>강원도</b> 동해시, 양구군, 인제군, <b>충북</b> 청주시, 옥천군, <b>충남</b> 아산시, 서산시, <b>전북</b> 전주시, <b>전남</b> 목포시, 여수시, 담양군, 장성군, <b>경</b></p>	<p>서울 성동구, 중랑구, 성북구, 강북구, 강서구, <b>부산</b> 사상구, <b>대구</b> 서구, <b>광주</b> 북구, <b>대전</b> 서구, 대덕구, <b>경기도</b> 안성시, 연천군, 가평군, <b>강원도</b> 춘천시, 원주시, 속초시, 홍천군, 횡성군, 화천군, <b>충북</b> 진천군, <b>충남</b> 천안시, 보령시, 당진시, 부여군, 예산군, <b>전북</b> 군산시, 익산시, 정읍시, 남원시, 김제시, 원주군, 순창군, <b>전남</b> 화순군, 무안군, 영광군, <b>경북</b> 김천시, 영주시, 성주</p>	<p>서울 서대문구, <b>부산</b> 영도구, 금정구, 수영구, <b>대전</b> 유성구, <b>강원도</b> 강릉시, 태백시, 평창군, 정선군, 고성군, <b>충북</b> 충주시, 제천시, 보은군, 영동군, 단양군, 증평군, <b>충남</b> 공주시, 금산군, 서천군, 청양군, 홍성군, 태안군, <b>전북</b> 진안군, 무주군, 장수군, 고창군, 부안군, <b>전남</b> 나주시, 구례군, 해남군, 영암군, 완도군, <b>경북</b> 경주시, 안동시, 영천시, 상주시, 문경시, 경산시, 고령군, 예</p>	<p>서울 종로구, 용산구, 광진구, 동대문구, 마포구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, <b>부산</b> 서구, 동구, 부산진구, <b>대구</b> 중구, 남구, <b>인천</b> 동구, 남동구, 부평구, <b>경기도</b> 수원시, <b>강원도</b> 삼척시, 영월군, 양양군, <b>충북</b> 괴산군, 음성군, <b>전북</b> 임실군, <b>전남</b> 곡성군, 고흥군, 보성군, 장흥군, 강진군, 함평군, 진도군, 신안군, <b>경북</b> 군위군, 의성군, 청송군, 영덕군, 영양군, 청도군, 봉화군, 울진군, 울릉</p>



	남 순천시, 광양시, <b>경남</b> 김해시, 양산시	북 포항시, 구미시, 칠곡군, <b>경남</b> 통영시, 거제시, 창원시	군, <b>경남</b> 진주시, 사천시, 함안군, 거창군	천군, <b>경남</b> 밀양시, 창녕군, 고성군, 하동군	군, <b>경남</b> 의령군, 남해군, 산청군, 함양군, 합천군
고령화율	서울 양천구, 서초구, 부산 강서구, 기장군, 대구 연서구, 달성군, 인천 남동구, 남동구, 광주 서구, 광안구, 대전 서구, 산곡구, 울산 남구, 울진구, 울릉도·독도, 경기 고양시, 안양시, 평택시, 수원시, 고양시, 리시, 남양주시, 오산시, 시흥시, 군포시, 하남시, 용인시, 파주시, 이천시, 김포시, 화성시, 광주시, <b>충북</b> 청주시, <b>충남</b> 천안시, 아산시, 계룡시, <b>전남</b> 광양시, <b>경북</b> 구미시, 칠곡군, <b>경남</b> 김해시, 거제시, 양산시, 창원시	서울 성동구, 광진구, 성북구, 마포구, 서대문구, 구로구, 강서구, 남구, 송파구, <b>부산</b> 북구, 동구, 해운대구, <b>대구</b> 서구, 수성구, <b>인천</b> 서구, 계양구, <b>광주</b> 북구, <b>대전</b> 중구, <b>울산</b> 중구, <b>경기도</b> 의정부시, 부천시, 고양시, 안성시, 양주시, <b>강원도</b> 춘천시, 원주시, <b>충북</b> 괴산군, <b>충남</b> 천안시, 당진시, <b>전북</b> 전주시, 군산시, <b>전남</b> 목포시, 여수시, 순천시, <b>경북</b> 포항시, 경산시, <b>경남</b> 진주시, 통영시	서울 종로구, 용산구, 동대문구, 중랑구, 도봉구, 은평구, 서대문구, 금천구, 영등포구, 동작구, 관악구, <b>부산</b> 부산진구, 동래구, 남구, 하구, 금정구, 사정구, 사상구, <b>대구</b> 중구, 동구, <b>인천</b> 동구, 중구, <b>경기도</b> 동두천시, 포천시, 여주시, <b>강원도</b> 강릉시, 동해시, 속초시, 철원군, 화천군, 양구군, 인제군, <b>충북</b> 충주시, 제천시, <b>충남</b> 익산시, 완주군, <b>전남</b> 나주시, <b>경북</b> 경주시, 김천시, <b>경남</b> 사천시, 함안군	서울 강북구, 서대문구, 영등포구, 수성구, <b>대구</b> 서구, 남구, <b>인천</b> 연천군, <b>경기도</b> 가평군, 양평군, <b>강원도</b> 삼척시, 홍천군, 정선군, <b>충남</b> 천안시, 보령시, 금산군, 태안군, <b>전북</b> 정읍시, 남원시, 김제시, <b>전남</b> 회진군, 해남군, 영암군, 영광군, 장성군, <b>경북</b> 안동시, 영주시, 상주시, 예천군, 울릉군, <b>경남</b> 밀양시, 창녕군, 고성군, 거창군	부산 동구, <b>인천</b> 강화군, <b>강원도</b> 고성군, 영월군, 양양군, 영동군, 은진군, 단양군, <b>충북</b> 보은군, 괴산군, <b>충남</b> 부여군, 서천군, <b>전북</b> 진안군, 무주군, 장수군, 무안군, <b>전남</b> 담양군, 곡성군, 구례군, <b>경북</b> 영천시, 문경시, <b>경남</b> 의령군, 함양군, 합천군
1인당 지방세납부액	서울 중랑구, 강북구, 도봉구, 노원구, 은평구, 관악구, <b>부산</b> 서구, 영도구, 북구, 사하구, 금정구, <b>대구</b> 서구, 남구, 북구, <b>광주</b> 북구, <b>대전</b> 동구, <b>울산</b> 중구, <b>경기도</b> 태백시, 양구군, <b>충북</b> 영동군, <b>충남</b> 계룡시, <b>전북</b> 정읍시, 남원시, 진안군, 장수군, 임실군, 순창군, 고창군, <b>전남</b> 곡례군, 고흥군, 보성군, 장흥군, 완도군, 신안군, <b>경북</b> 상주시, 문경시, 청송군, 영양군, 영덕군, 봉화군, <b>경남</b> 남해군,	서울 성북구, <b>부산</b> 부산진구, 동래구, 남구, 연제구, <b>대구</b> 동구, 달서구, <b>인천</b> 부평구, 계양구, <b>광주</b> 남구, <b>대전</b> 서구, <b>울산</b> 동구, <b>경기도</b> 의정부시, 동두천시, <b>강원도</b> 영월군, 철원군, 화천군, 인제군, <b>충북</b> 옥천군, 괴산군, <b>충남</b> 논산시, 부여군, 서천군, 청양군, <b>전북</b> 익산시, 무주군, 부안군, <b>전남</b> 목포시, 순천시, 고흥군, 강진군, 해남군, 진도군, <b>경북</b> 안동시, 영주	서울 광진구, 동대문구, 서대문구, 양천구, 구로구, 동작구, <b>부산</b> 해운대구, <b>인천</b> 동구, 남동구, <b>광주</b> 서구, 광산구, <b>경기도</b> 부천시, 구리시, 군포시, <b>강원도</b> 춘천시, 원주시, 강릉시, 동해시, 삼척시, 홍성군, 고성군, <b>충북</b> 충주시, 제천시, 보은군, 단양군, <b>충남</b> 공주시, 홍성군, 예산군, <b>전북</b> 전주, 군산시, 김제시, <b>전남</b> 무안군, <b>경북</b> 포항시, 김천시, 군위군, 청도군, 예천군, 울릉군, <b>경남</b> 진	서울 강서구, 강동구, <b>부산</b> 동구, 기장군, <b>대구</b> 수성구, 달성군, <b>인천</b> 서구, 강화군, <b>울산</b> 남구, <b>경기도</b> 수원시, 안양시, 안산시, 고양시, 남양주시, 오산시, 파주시, 광주시, 양주시, 양평군, <b>강원도</b> 속초시, 홍천군, 양양군, <b>충북</b> 청주시, <b>충남</b> 천안시, 보령시, 금산군, 태안군, <b>전북</b> 완주군, <b>전남</b> 나주시, 담양군, 화순군, 영암군, 장성군, <b>경북</b> 장주시, 구미시, 영천시, 경산시, 고령군, 성주	서울 종로구, 용산구, 성동구, 마포구, 금천구, 영등포구, 서초구, 강남구, 송파구, <b>부산</b> 강서구, <b>대구</b> 중구, <b>인천</b> 연서구, 용진군, <b>광주</b> 동구, <b>울산</b> 북구, <b>울주군</b> , <b>경기도</b> 성남시, 광명시, 평택시, 시흥시, 의왕시, 하남시, 용인시, 이천시, 안성시, 김포시, 포천시, 여주시, 연천군, 가평군, <b>강원도</b> 평창군, 정선군, <b>충북</b> 진천군, 음성군, <b>충남</b> 아산시, 서산시, 당진시, <b>전남</b> 여수시, 광양시, 합평

	함양군, 거창군, 합천군	시, 의성군, 경남 통영시, 거제시, 의령군, 산청군	주시, 사천시, 창녕군, 고성군, 하동군	군, 칠곡군, 경남 밀양시, 양산시, 창원시	군, 영광군, 경북 울진군, 경남 김해시, 함안군
냉방도일	충남, 전북, 경북	부산, 강원도	인천, 울산, 전남	서울, 광주, 경기도, 경남	대구, 대전, 충북
난방도일	부산, 대구, 광주, 울산	대전, 충북, 전남	서울, 인천	경기도, 강원도, 충남	전북, 경북

## **Abstract**

# **Quantile Regression Approach to Analyzing the Influence of Urban Form and Regional Characteristics on Per Capita Energy Consumption**

Sumin Shin  
Environmental Management  
Department of Environmental Planning  
The Graduate School of Environmental Studies  
Seoul National University

Cities with an area of 3% worldwide consume 67% of the world's energy. The urbanization pace gradually accelerated, and at the end of 2019, for the first time ever, more than half of the country's total population lived in the metropolitan area in Korea. As the urban population increases, negative environmental impacts such as soaring energy consumption, greenhouse gas emissions, and air pollution affect cities. Therefore, the need for appropriate urban energy demand management to maintain a sustainable city is gradually emerging.

Compact urban development is to concentrate social and economic activities in specific areas such as the station area and the existing downtown for sustainable city and energy utilization, and to develop complex and high-density residential, commercial, and business

functions. These compact cities can function as mediator or moderator variables in mitigating the negative impact on climate change by shortening vehicle miles traveled(VMT), and reducing urban heat island effects.

Cities are spaces where the population lives, and have various regional characteristics such as the number of household members, proportion of population age, and economic activities, and have a unique urban form. This urban form is affected by temperature and is also a factor influencing per capita energy consumption. In other words, in order to respond to the mid-to-long-term goals of the Post Kyoto Protocol at the urban level, identifying urban form and fundamentally rebuilding the city for establishing countermeasures on climate change is necessary.

To understand the effect of factors influencing the urban energy consumption, exploration of physical, demographic, sociological, economic, and temperature factors should be preceded. In addition, analyzing the differences in urban form and characteristics is essential, since urban development in the metropolitan area and other regions is different and the stages of urbanization are progressing at different stages. The factors influencing energy consumption analyzed by reflecting differences between cities can be suggested as policy countermeasures for regional energy plans.

Per capita energy consumption was used as a dependent variable. To control the impact of different industrial characteristics by city, energy in transport, household, commercial, and public sectors except for the industrial sector were summed up and divided by the number of registered resident population. In addition, this paper accepts urban form variables such as

population density, mixed land use, housing supply type, public transportation/walk access to educational facilities, job-housing balance and green area per capita to examine the effects on per capita energy consumption. Regional characteristics of single-person households, aging rates, per capita local tax payments, cooling and heating degree days were used as control variables. Empirical analysis was conducted after classifying into national, metropolitan, and other regional models using 2019 municipal data. Per capita energy consumption was subdivided into 10, 30, 50, 70, and 90 quartiles to confirm the effect of each variable.

In the case of the national model, in most quantities, per capita energy consumption decreases as the population density increases, and as the public transportation/walk access to educational facilities increased. This means that the accumulated population density and the establishment of high accessibility to local services will help reduce per capita energy consumption. Unlike previous studies, the mixed land use has increased per capita energy consumption. It can be seen as inefficient energy consumption has been incurred so far due to indiscriminate mixed land use rather than rational convergence. In the case of regional characteristics, in most quartiles, per capita energy consumption increases as the number of heating degree days increase. In the future, improving energy efficiency of old buildings and strengthening energy standards for new buildings are needed.

To compare the analysis results of the metropolitan area model and other regional models, the metropolitan area's per capita energy consumption and urban form factors related to compact city were mainly significant. On the other hand, in other regions, urban form factors excluding the population density did not show significant significance, and regional characteristic factors

such as per capita local tax payment, cooling and heating degree days were significant. Through these results, it reveals that the urban form factor differed in the effect of per capita energy consumption according to the degree of urbanization, and the metropolitan area and other regions derived the justification for different approach directions when establishing regional energy plans. The metropolitan areas have already crossed the threshold of optimal population density required to reduce per capita energy consumption, and the impact is minimal. Inspections should be made to ensure that citizens have easy access to local services using public transport facilities. In other regions, before establishing a regional energy plan to reduce energy consumption due to the urban form, it is a matter to reduce energy consumption by improving the population density, prioritizing the formation of sufficient neighborhood living areas. Since it is more affected by temperature factors among regional characteristics, heating energy can be reduced by considering the introduction of district heating, which is currently mainly installed in the Seoul metropolitan area. Providing incentives to high-energy efficiency home appliances could be another policy.

Therefore, when establishing a regional energy plan as climate change countermeasures in the future, to derive an appropriate regional energy plan suitable for each urban form by considering the different factors is essential. This study will be able to contribute to the regional energy plan to respond to climate change at the urban level by illuminating the urban form and regional characteristics according to each quintile of per capita energy consumption.

**Keywords** : urban energy consumption, regional energy plan, sustainable cities, climate change, urban form, quantile regression model

**Student Number** : 2020-28359