creative commons

COMMONS DEED

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

dCollection

도시계획학 박사학위논문

지역 특성을 통해 본 국내 가정부문 전력 소비 요인

2020년 2월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과

박 종 문

지역 특성을 통해 본
국내 가정부문 전력 소비 요인

지도교수 윤 순 진

이 논문을 도시계획학 박사학위논문으로 제출함
2019년 10월

서울대학교 환경대학원
환경계획학과
박 종 문

박종문의 박사학위논문을 인준함
2020년 1월

위 원 장 박 인 권 (인)

부위원장 홍 종 호 (인)

위 원 문 태 훈 (인)

위 원 김 하 나 (인)

위 원 윤 순 진 (인)

국문초록

가정부문 전력 소비는 국내·외적으로 지속적으로 증가하고 있으며 기후변화 대응과 에너지 수급 안정성의 차원에서 소비를 줄이기 위한 방안들이 논의되고 있다. 최근에는 국가적 차원뿐만 아니라 지역적 차원에서 에너지 수요 관리에 대한 지방정부의 역할이 강조되고 있다. 그럼에도 불구하고 지역에너지계획과 같은 지역 단위의 에너지 정책은 지역의 특성에 기반하여 설계되기보다는 획일적이고 형식적으로 수립되고 수행되어 왔다. 따라서 지방정부의 효과적인 정책 수립과 관리를 위하여 가정 내 에너지 소비 과정을 체계적으로 이해하고 소비에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인들의 효과를 규명하는 것이 중요하다.

가정부문 전력 소비에 대한 소비 요인의 효과를 파악하기 위해서는 먼저 다양한 소비 요인들에 대한 탐색을 선행되어야 한다. 사회학적 관점에서 주거 에너지 소비는 그 자체로 인간 활동에 필수적이면서도, 일상적이고 습관적으로 일어나는 다양한 행위들에 연관되어 있다고 본다. 그리고 이러한 행위들은 가구가 일상 속에서 생활하는 방식인 생활양식으로 개념화되는데 이는 사회적 구조의 영향을 받아 형성된다. 개인들의 사회적 위치에 따라 자원과 부에 대한 접근성, 계층별 문화적 취향이 달라지기 때문이다.

사회적 구조는 공간적으로 다르게 분포하는데, 인구학이나 지리학, 그리고 일부 사회학계에서는 사회적 집단과 계층이 어디에 또는 왜 위치하는지에 대하여 관심을 갖는다. 사회적 구조와 함께 생활양식도 어떤 공간에 위치되어 있는가에 따라 다른 특성을 갖는다. 예를 들어 대도시 지역과 그 외곽지역, 농촌 지역에 걸쳐 거주자의 생활양식이 공간 단위로 집계된 수준에서도 차이가 발생하여 에너지 소비나 온실가스 배출량이 지역에 따라 달라진다고 보는 것이다. 기온도 역시 공간 특성에 영향을 받아 다르게 분포한다. 도시화에 따른 토지 피복의 변화와 인공적인 건축 환경의 조성으로 인하여 열 흡수와 공기의 순환이 주변 지역과 달라

져 도시열섬효과가 발생하게 된다. 그리고 이러한 도시 특유의 기온 특성이 도시 지역의 냉방 에너지 수요를 높이는 효과를 만들어낸다.

이렇듯 지역에 따라 사회적 구조와 생활양식, 기온 특성이 달라질 수 있기 때문에 소비 요인 분석과 그에 따른 지방정부의 정책 설계에 지역 간 차이를 반영할 필요가 있다. 하지만 광역지방자치단체의 지역에너지계획을 검토한 결과 주요 정책 수단에 대하여 단편적인 시행과 시민 참여 확대만을 강조하고 있었으며, 사업 수행 이후의 지속가능성이나 정책 수단간 연계를 논의하는 경우가 부족한 편이었다. 무엇보다도 지역에 따라 다른 특성이 세부 수요관리 사업 설계에 반영되지 않고 있는 것으로 나타났다. 따라서 지역 간 차이를 반영한 소비 요인의 효과를 분석하고 정책적 대응 방안을 기초로 지역에너지계획을 보완하는 것이 중요하다.

가정부문 전력 소비에 대하여 면밀하게 분석하기 위하여 우선 가정부문 전력 소비와 주요 소비 요인들의 시간적 추세와 공간적 분포에 대하여 파악하였다. 가정부문 전력 소비는 꾸준히 증가 추세에 있으며 주요 소비요인으로서 1인 가구와 고령 인구, 아파트 거주 가구, 가전 기기 보급도 함께 증가하고 있음을 확인할 수 있었다. 또한 2010년대부터 기온의 변화가 이전보다 확대되는 양상이 나타났다. 공간적으로는 대도시를 중심으로 가구당 전력소비량, 가구 규모, 젊은층 1인가구, 소득 수준, 아파트 거주 가구, 가전기기 보급 수준과 이용 정도, 인구 밀도, 토지 이용과 개발 수준이 높게 형성되는 것으로 나타났다. 반면에 농촌 지역에서는 상대적으로 고령 인구가 더 많고 더 넓은 주택에 거주하며 TV 보유와 이용 수준이 더 높게 나타나고 있었다. 냉방도일은 도시권을 중심으로 더 높은 반면 난방도일은 해발고도가 높거나 위도가 높은 지역을 중심으로 높게 형성되는 것으로 확인되었다.

가구 단위 분석은 사회적 구조와 생활양식과 관련된 변수들을 모형에 활용하면서 지역고정효과를 통하여 지역 간 기온 차이를 통제하였다. 지역 간 이질성에 주목하여 가구의 거주지역을 수도권 및 광역시 지역과 그 외의 지역으로 나누어 지역 간 비교를 시도하였다. 주요 분석 방법으로 분위회귀분석을 활용하였다. 분석 결과 수도권·광역시에 거주하는 가

구는 가구 소득과 주택 면적, 보조 전기난방과 전기 취사 여부 등의 요인에 더 영향을 받는 반면, 기타 지역 가구들은 가구주 연령과 학력, 직업, 점유형태와 거주 기간에 보다 더 영향을 받는 것으로 나타났다.

이러한 결과는 주거 에너지 소비 행위에 변화를 줄 수 있는 가정에너지진단 사업을 활용하면서 지역에 따라 정책 대상을 구체화할 필요가 있다는 것을 보여준다. 대도시 지역에서는 소득이 높고 주거면적이 넓으며, 전기 냉난방, 전기 취사를 이용하고 가전기기를 많이 보유하고 있는 가구에 보다 주목할 필요가 있으며 그 외의 지역에서는 거주 시간이나 긴 고령층과 자영업인 경우나 거주기간이 오래된 가구들에 대하여 초점을 맞출 필요가 있다. 그리고 이러한 지역 간 차이에 따라 주택 태양광이나 절약 인센티브, 고효율 가전기기 구매 지원 등 다양한 정책 수단을 다르게 연계하는 방안이 검토되었다.

한편, 공간 단위 분석은 기온을 주요 관심 변수로 설정하면서도 사회적 구조나 주택 특성 변수들을 통제변수로 투입하고 2010년에서 2017년까지 시·군·구 단위의 냉방도일, 난방도일, 폭염냉방도일, 열대야냉방도일 등의 기온 변화가 지역의 전력소비에 미치는 영향을 분석하였다. 시·군·구 단위의 기온 구축과정에서는 기상청 관측지점이 없는 지역의 기온을 파악하기 위하여 공간 보간법을 이용하여 시점별로 구축하였다. 그리고 공간패널모형을 통해서 인접 지역 간에 유사한 생활양식의 효과를 모형 내에서 포착하여 그 효과를 통제하였고 지역 군집별로 기온의 상호작용 효과를 파악하여 지역별 효과를 비교하였다. 또한 상호작용항들 간에 효과 크기의 차이가 통계적으로 유의한지 검토되었다.

냉방도일과 난방도일, 폭염냉방도일과 열대야냉방도일은 모두 시·군·구 단위의 주택용 전력 소비를 증가시키는 것으로 나타났다. 아파트 거주가구비율은 냉방도일, 폭염냉방도일과 상호작용 효과가 있는 것으로 나타났다. 지역의 기온이 상승하고 폭염이 발생하는 경우에 아파트가 밀집된 지역에서 열섬 효과가 커지고 냉방 가전을 이용하는 행위가 빈번해질 수 있기 때문에 아파트 단지의 공간 계획이나 거주 가구의 절전 노력이나 태양광 보급 등 정책적 홍보가 더 강화될 필요가 있다. 지역 군집 간 기

온 효과의 차이를 살펴본 결과, 냉방도일과 폭염 냉방도일에 있어서 지역 군집 간 차이가 크게 나타났다. 특히 도시화 수준에 따라 지역 군집 간에 상당한 차이가 나타나는 것으로 확인되었으며 여름철이나 폭염이 발생하는 시점에 서울과 지방 광역시 지역을 중심으로 가정부문 전력 수요관리에 더욱 관심을 가질 필요가 있다는 점을 시사한다.

따라서 기온 변화에 대한 정책적 대응은 녹지와 공원, 옥상 녹화 활동 등 도시의 도시 열을 줄이는 전략과 함께 가정 내 실내 기온조절 행위에 영향을 미칠 수 있는 습관, 제도화된 지식과 기술, 가치관을 변화시킬 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 또한 아파트와 같은 주택 특성에 주목하여 기온 상승에 따른 냉방 전력 소비에 대응하기 위하여 베란다 미니 태양광 패널이 주요 대도시 지역들에서 더 적극적으로 보급될 필요가 있다. 대도시를 중심으로 더 많은 냉방기기와 난방기기를 빈번하게 사용하고 있다는 점을 감안한다면 가정 에너지 진단을 통해서 효과적인 냉난방 방법, 가전기기 이용하지 않고 체온 조절을 할 수 있는 방법 등 다양한 생활 정보를 제공하고 고효율 냉난방 가전에 대한 장려 정책을 적극적으로 추진할 필요가 있다.

향후 지역에너지계획에서는 지역별로 소비 요인의 효과가 다르다는 점을 고려하여 정책의 구체적인 대상을 명확히 하면서 지역의 상황에 맞게 지역별 수요관리방안을 도출하는 것이 필요하다. 연구 결과에서 확인하였듯이 지역별로 다른 사회적 구조, 생활양식, 기온 효과가 지역에너지계획의 사업 계획과 시행에 반영될 필요가 있다. 그리고 지역 단위의 에너지 수요 관리를 위한 연구들이 지속적으로 축적되는 것이 중요하다. 이러한 연구들을 반영하는 과정에서 점차 지역 특성에 맞는 지역에너지계획을 수립하고 시행할 수 있고, 지역 차원에서 에너지 이용을 합리화하고 나아가 기후변화 완화와 적응에 기여할 수 있을 것이다.

주요어 : 가정부문 전력 소비, 지역에너지계획, 사회적 구조, 생활양식, 생활행위, 기온 변화

학 번 : 2016-30690

목 차

제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 연구 배경과 목적 ····· 1

1. 연구 배경 ····· 1

2. 연구의 목적과 내용 ····· 4

제 2 절 연구 방법과 구성 ····· 7

1. 연구 방법 ····· 7

2. 연구의 구성 ····· 9

제 2 장 논의의 배경과 선행연구 검토 ····· 12

제 1 절 이론적 배경 ····· 12

1. 주거 에너지 소비에 대한 사회학적 접근 ····· 12

2. 주거 에너지 소비의 공간적 측면 ····· 20

제 2 절 정책적 배경 ····· 31

1. 기후변화 대응을 위한 지방정부의 역할 ····· 31

2. 지역 단위의 에너지 수요 관리 ····· 33

제 3 절 선행연구 고찰 ····· 39

1. 가구단위 설문조사 자료를 활용한 연구 ····· 39

2. 공간단위 집계자료를 활용한 연구 ····· 46

3. 가정부문 전력 소비에 영향을 미치는 주요 요인 ····· 52

4. 연구의 차별성 ····· 65

제 3 장 전력 소비 요인의 변화와 공간적 패턴 ····· 68

제 1 절 전력 소비와 영향 요인의 변화 추세 ····· 68

1. 가정부문 전력 소비의 변화 추세 ····· 68

2. 사회적 구조의 변화 추세 ····· 71

3. 주택과 가전기기의 보급 추세 ····· 74

4. 기온의 변화 추세 ····· 77

제 2 절 전력 소비와 영향 요인의 공간적 패턴 ····· 80

1. 가정부문 전력 소비의 공간적 패턴 ····· 80

2. 사회적 구조의 공간적 패턴 ····· 84

3. 주택 특성과 가전기기 이용의 공간적 패턴 ····· 89

4. 토지 이용과 기온의 공간적 패턴 ····· 95

제 4 장 지역 유형별 전력소비 영향요인 비교 ····· 99

제 1 절 연구 설계 ····· 99

1. 연구 개요 ····· 99

2. 분석 자료 ····· 100

3. 분석 방법 ····· 103

제 2 절 1인당 전력소비 선형회귀 모형 ····· 105

1. 지역별 기술통계 ····· 105

2. 모형별 선형회귀분석 결과 ····· 109
제 3 절 소비 분위에 따른 1인당 전력소비 요인 비교 ····· 112
제 4 절 분석 결과 요약 및 정책적 함의 ····· 124

제 5 장 기온변화가 전력 소비에 미치는 영향 ····· 129
제 1 절 연구 설계 ····· 129
1. 연구 개요 ····· 129
2. 자료의 수집과 가공 ····· 131
3. 분석 방법 ····· 146
제 2 절 기온변화가 지역의 전력소비에 미치는 영향 ····· 152
1. 변수별 기술 통계와 주요 변수의 공간적 분포 ····· 152
2. 패널분석 결과 ····· 154
3. 공간패널분석 결과 ····· 158
제 3 절 지역 군집별 기온의 전력 소비 효과 비교 ····· 164
1. 지역 군집의 분류와 군집별 기술 통계 ····· 164
2. 지역 군집별 기온의 전력 소비 영향 비교 ····· 167
제 4 절 분석 결과 요약 및 정책적 함의 ····· 172

제 6 장 결 론 ····· 178
제 1 절 연구 요약과 정책적 제언 ····· 178
제 2 절 연구의 의의와 향후 과제 ····· 184

참고문헌 ····· 186
부록 Ⅰ. 지역별 가전기기 보유와 이용시간 비교 ····· 211
부록 Ⅱ. 기온의 전력소비 효과 관련 주요 분석 결과 ····· 213
부록 Ⅲ. 지역 군집간 기온 효과 차이 분석 ····· 216
Abstract ····· 221

표 목 차

<표 1> 광역지방자치단체의 지역에너지계획 수립 현황 ····· 34
<표 2> 국내 설문자료 기반 주요 선행연구 사례 ····· 44
<표 3> 해외 설문자료 기반 주요 선행연구 사례 ····· 45
<표 4> 국내·외 공간자료 기반 가정부문 분석 사례 ····· 50
<표 5> 국내·외 공간자료 기반 통합 분석 사례(비가정부문 통합) ····· 51
<표 6> 주요 요인의 전력 소비에 대한 영향 ····· 64
<표 7> 최종 에너지 소비 내 가정부문의 비중 ····· 68
<표 8> 가정부문 내 에너지원별 소비 현황 ····· 70
<표 9> 전국 가구당 가전기기 보유 대수 변화 ····· 76
<표 10> 시점별 전국 기온 변화 ····· 77
<표 11> 시점별 전국 폭염 및 열대야 발생일수 ····· 78
<표 12> 지역별 전력자립도 및 가정부문 소비 현황 ····· 80
<표 13> 전국 및 수도권 여부에 따른 소득 수준 비교 ····· 85
<표 14> 시·도별 소득 수준 비교 ····· 85
<표 15> 가구 규모 지표별 분위 구분 ····· 87
<표 16> 연령대별 1인가구비율의 분위 구분 ····· 88
<표 17> 고령화 수준별 분위 구분 ····· 89
<표 18> 주택 유형과 주거면적별 분위 구분 ····· 90
<표 19> 지역별 가전기기별 가구당 보유대수 ····· 91
<표 20> 지역별 가전기기별 가구당 연간 전력소비 추정량 ····· 93

<표 21> 주택 거주 인구밀도 분위 구분 ····· 96
<표 22> 토지 이용 지표별 시·군·구별 분위 구분 ····· 97
<표 23> 냉방도일과 난방도일 지표별 시·군·구별 분위 구분 ····· 98
<표 24> 모형 분석을 위한 주요 변수와 지표 ····· 102
<표 25> 기술통계(비율척도 변수) ····· 105
<표 26> 기술통계(명목·서열척도, 변수: 사회적 구조) ····· 106
<표 27> 기술통계(명목·서열척도, 변수: 주거특성) ····· 108
<표 28> 기술통계(명목·서열척도, 변수: 가전 특성) ····· 108
<표 29> 전국, 수도권·광역시, 기타지역의 1인당 전력소비 모형 ····· 110
<표 30> 전국 가구의 1인당 전력소비량 분위회귀모형 ····· 114
<표 31> 모형별 분위회귀분석 결과 요약 ····· 118
<표 32> 수도권·광역시 가구의 1인당 전력소비량 분위회귀모형 ····· 120
<표 33> 기타 지역 가구의 1인당 전력소비량 분위회귀모형 ····· 122
<표 34> 연도별 관측지점 수와 최종 관측지점 수 ····· 134
<표 35> 5년 이내 신규주택 구축 관련 통계 시점 ····· 137
<표 36> 선형보간 통계와 비교 통계간 상관관계 ····· 138
<표 37> 주요 변수별 지표 ····· 139
<표 38> 연륙교 기준 도서지역 이웃 수동 배정 ····· 141
<표 39> 공간가중행렬 정보 ····· 142
<표 40> 지역 군집 분류를 위한 지표 ····· 143
<표 41> 지역 군집별 소속 시·군·구 분포와 갯수 ····· 145
<표 42> 개체와 시간 특성에 따른 패널모형 유형 ····· 146
<표 43> 연구 모형의 세부 분류 ····· 149

<표 44> 변수별 기술 통계 ····· 152
<표 45> 기온 지표별 분위 구분 ····· 154
<표 46> 합동 OLS모형 분석 결과 ····· 154
<표 47> 패널 모형 검정 결과 ····· 155
<표 48> 패널 고정효과모형 분석 결과(모형 1, 모형 2) ····· 156
<표 49> 패널 고정효과모형 분석 결과(모형 3, 모형 4) ····· 156
<표 50> 패널모형의 공간상관성 검정 ····· 157
<표 51> 공간패널모형의 적합도 비교 ····· 158
<표 52> 일반공간 패널모형 분석 결과(모형1, 모형2) ····· 162
<표 53> 일반공간 패널모형 분석 결과(모형3, 모형4) ····· 163
<표 54> 지역 군집별 주요 지표의 표준화 점수 차이 ····· 164
<표 55> 지역 군집별 전력 소비 수준과 기온 ····· 166
<표 56> 지역 군집별 사회적 구조와 주택 특성 ····· 167
<표 57> 지역 군집별 냉방도일과 난방도일의 효과 크기 비교 ····· 169
<표 58> 지역 군집별 폭염냉방도일의 효과 크기 비교 ····· 170
<표 59> 지역 군집별 열대야냉방도일의 효과 크기 비교 ····· 171
<표 60> 안락·청결·편리 범주별 지역별 가전기기 보유대수 비교 ····· 211
<표 61> 지역별 가전기기별 가구당 연간 이용시간 ····· 212
<표 62> 합동 OLS모형 분석 결과(모형 1, 모형 2) ····· 213
<표 63> 합동 OLS모형 분석 결과(모형 3, 모형 4) ····· 213
<표 64> 공간시차 패널모형 분석 결과(모형 1, 모형 2) ····· 214
<표 65> 공간시차 패널모형 분석 결과(모형 3, 모형 4) ····· 214
<표 66> 공간오차 패널모형 분석 결과(모형 1, 모형 2) ····· 215

<표 67> 공간오차 패널모형 분석 결과(모형 3, 모형 4) ····· 215
<표 68> 지역 군집별 시·군·구 분류 ····· 216
<표 69> 지역 군집별 상호작용효과 ····· 218
<표 70> 기온 효과 크기에 대한 군집간 차이 검정 ····· 220

그 림 목 차

<그림 1> 연구의 순서도 ····· 11
<그림 2> 실내 기온 조절 행위에 대한 4가지 영향 요소 ····· 17
<그림 3> 가정 에너지 소비의 사회학적 관점 ····· 18
<그림 4> 사회·공간 구조, 생활양식, 기온과 주거 에너지 소비의 관계 ····· 30
<그림 5> 기후변화와 도시의 상호관계 ····· 32
<그림 6> 주거 에너지 소비 요인의 관계와 지역단위 접근법 ····· 38
<그림 7> 가정부문 에너지 소비량과 전력 소비량 추세 ····· 69
<그림 8> 가정부문 에너지원별 소비 추세 ····· 71
<그림 9> 국내 가구당 가구원 수 변화 추세 ····· 72
<그림 10> 국내 가구원 규모별 가구 유형의 변화 추세 ····· 72
<그림 11> 국내 인구의 연령 변화 추세 ····· 73
<그림 12> 국내 가구의 거주 주택 변화 ····· 74
<그림 13> 시점별 전국 기온 변화 ····· 78
<그림 14> 전국 폭염 및 열대야 발생 추세 ····· 79
<그림 15> 지역별 전력 소비량 대비 주택용전력 소비 비중 ····· 81
<그림 16> 지역별 가구당 주택용전력 소비량 비교 ····· 81
<그림 17> 가구당 주택용 전력소비량의 5분위 분포 ····· 82
<그림 18> 가구당 전력소비량에 대한 시·군·구별 군집 분포 ····· 84
<그림 19> 경상소득 기준 지역별 소득 수준 비교 ····· 86

<그림 20> 근로소득 기준 지역별 소득 수준 비교 ····· 86
<그림 21> 가구 규모 지표의 5분위 분포 ····· 87
<그림 22> 연령대별 1인가구비율의 5분위 분포 ····· 88
<그림 23> 고령화 수준의 5분위 분포 ····· 89
<그림 24> 주택 유형과 주거면적별 5분위 분포 ····· 90
<그림 25> 안락·청결·편리 범주별 지역별 가전기기 보유대수 비교 ····· 92
<그림 26> 지역별 가전기기별 가구당 연간 이용시간 추정량 비교 ····· 94
<그림 27> 주택 거주 인구밀도의 5분위 분포 ····· 95
<그림 28> 토지 이용 지표별 5분위 분포 ····· 96
<그림 29> 기온 지표별 5분위 분포 ····· 97
<그림 30> 시·군·구 단위 냉방도일 변수 구축과정 ····· 135
<그림 31> 전국 시·군·구 지역의 이웃 배정 지도 ····· 142
<그림 32> 와드법에 의하여 산출된 덴드로그램 ····· 144
<그림 33> 기온 변수별 5분위 분포 ····· 153
<그림 34> K평균 군집분석으로 분류된 지역 군집 ····· 165

제 1 장 서 론

제 1 절 연구 배경과 목적

1. 연구 배경

전 세계적으로 주거 에너지 소비는 지속적으로 증가하고 있으며 경제 성장에 따른 가구 소득의 상승, 가전기기 보급 확대, 지구온난화에 따른 냉방 수요의 증가가 예상되고 있어 가정 내 에너지 수요에 대한 수요 관리의 필요성이 지속적으로 제기되고 있다(IEA, 2017; Nejat et al., 2015).

2018년 에너지통계연보에 따르면, 2017년 가정부문 에너지소비량 22,479(천toe) 중 전력소비량은 5,720(천toe)로 약 25.4%를 차지하고 있는데 이는 도시가스 10,238(천toe)에 이어 두 번째로 높은 비중을 차지한다. 가정부문 에너지소비량 중 전력소비량이 차지하는 비중은 2007년을 기점으로 석유 소비량 비중보다 높아졌고 2014년을 제외하고 매년 증가 추세에 있다(에너지경제연구원, 2018). 이러한 전기화(electrification)의 경향성을 보이고 있는 상황에서 가정부문 전력 소비에 대한 수요 관리의 필요성이 지속적으로 요구되고 있다.

이에 따라 국가적 차원에서 에너지 수요를 관리하려는 다양한 계획과 세부 정책들이 시행되어 왔고, 지역 차원에서도 이와 관련한 지방정부의 역할이 점차 강조되고 있다(유정민·윤순진, 2015; 윤순진, 2015; 최병두, 2013). 지난 2019년 6월에 수립된 제3차 에너지기본계획에서는 지역 중심의 에너지 수요 관리와 지역별 특성을 반영한 지역에너지계획의 수립, 지역 주도의 에너지 정책 추진을 위한 지역에너지센터 설립 등 지역의 권한과 책임을 강화하는 방향이 제시되었다(산업통상자원부, 2019). 그러나 지역에너지계획은 지역마다 다른 특성을 반영하지 못한 채 획일적이고 형식적으로 수립되고 관리되어 왔다는 평가를 받고 있다(박기현·김창훈, 2016). 따라서 효과적인 지역에너지계획의 수립과 정책 수행을 위하

여 지역 특성을 고려한 소비 요인의 영향을 체계적이고 세밀하게 분석할 필요가 있다. 이에 따라 이 연구에서는 가구의 전력 소비에 영향을 미칠 수 있는 대표적인 요인으로 사회적 구조, 생활양식, 기온 특성에 초점을 맞추어 살펴보고 나아가 지역간 요인의 차이에 대하여 분석하였다.

가정 내 전력 소비에 대한 수요관리를 위해서는 다양한 소비 요인에 대한 탐색이 선행되어야 하는데, 특히 사회·경제적 구조와 제도, 다양한 사회문화집단의 소비 행태와 생활양식에 대한 이해가 필요하다. 사회학적 관점에서 보면, 주거에너지 소비가 그 자체로 인간 활동에 필수적이면서도, 일상적이고 습관적으로 일어나는 다양한 행위들에 연관되어 있다고 본다(Lutzenhiser et al., 2010; Wilson & Dowlatabadi, 2007). 개인들은 집에서 생활하면서 취사, 세탁, 기온 조절, 오락 등 다양한 활동을 하게 되며 이러한 행위가 이어지는 과정에 에너지 소비가 발생한다는 것이다. 이러한 생활양식은 사회적 구조에 따른 개인들의 사회적 위치에 따라 달라지는 자원과 부에 대한 접근성과 그에 따른 계층별 문화적 취향의 영향이 반영된 결과물로 볼 수 있다(Lutzenhiser, 1993; Lutzenhiser & Gossard, 2000; Lutzenhiser & Hackett, 1993).

그런데 이러한 사회적 구조는 공간적으로 다르게 분포할 수 있다. Blau(1977)에 따르면 사회적 구조와 관련된 변수들은 사회 집단 간 이질성과 계층 분화에 밀접하게 연관되어 있는데, 이러한 특성의 공간적 분포는 인구학, 지리학은 물론 공간적 불평등을 연구하는 사회학자들이 주목하는 주제이다(한주성, 2015; Lobao, 2004; Voss, 2007).

Anselin(1999)에 따르면, 행위자간 상호작용과 환류 과정(feedback)로 인하여 특정한 현상이 집합적인 행태로서 공간상에 패턴화될 수 있다. 이는 인접 지역 간에 비슷한 경향성을 갖게 되어 공간적 집적 효과를 갖게 된다는 것으로 사람들이 공간을 기반으로 생활하면서 자신과 유사한 특성을 가지는 지역에 집적하기 때문이다(이희연·심재헌, 2011). 예를 들어, 최근 증가 추세에 있는 1인가구와 고령화, 가전기기의 보급 등이 전반적인 경향이면서도 지역적 거리나 경제적 기능, 도시화 수준에 따라 유사하거나 다를 수 있고 그러한 차이가 전력 소비량에서도 차이를 야기

할 수 있다는 것이다.

사회적 구조가 공간에 따라 상이하기 때문에 가구의 생활양식도 공간에 따라 다르게 나타날 수 있다. Heinonen et al.(2013)은 이를 “위치지어진 생활양식(situated lifestyle)”이라고 개념화하였다. 예를 들어, 도시에 거주하는 가구는 가구 규모와 연령, 소득 수준 등의 인구·사회·경제적 특성, 주거 형태나 가전기기 보유 등 생활양식에 있어서 농촌 거주 가구와 다르면서도, 같은 도시권 내부 또는 농촌 지역들 간에는 각각 동질적인 특성을 보이는데, 이러한 경향성이 에너지 소비나 온실가스 배출 수준의 차이로 나타난다는 것이다(Heinonen et al., 2013; Heinonen & Junnila, 2011, 2014; Huang, 2015).

한편, 특정 공간 구조에서는 특유의 기온 효과를 만들어내기도 하는데, 압축적 공간 개발은 지역의 기온 상승과 연관된다(Ewing & Rong, 2008; VandeWeghe & Kenedy, 2007; Zhou et al., 2017). 도시화에 따라 토지 피복의 변화와 건물 건축, 거리 환경의 변화에 따라 열 흡수와 바람 순환이 도시 주변 지역보다 달라져 도시지역의 기온이 주변의 지역들보다 높아지기 때문이다(Landsberg, 1970, 1981; Changnon, 1992; Rosenfeld, 1995; Grimmond, 2007). 그리고 이러한 도시열섬효과는 도시지역 건물의 냉방 수요를 높이는 효과를 가지는 것으로 제시되고 있다(김기중 외, 2016; 김종성·강정은, 2018; Ewing & Rong, 2008; VandeWeghe & Kenedy, 2007).

이러한 논의를 종합할 때 이 연구는 가구의 전력 소비에 영향을 미칠 수 있는 사회적 구조, 생활양식, 기온 특성을 공간적 관점에서 파악하고자 한다. 나아가 지역간 이질성의 측면에서 소비 요인의 효과를 지역 간에 비교한다. 이를 통하여 지역에너지계획과 같이 지방정부의 가정부문 전력 수요 관리에 있어서 보다 지역적 특성을 반영하여 수립하는 방향을 제시하고자 한다.

2. 연구의 목적과 내용

지역 단위에서 에너지 소비와 온실가스 배출을 줄이기 위하여 가정부문 수요에 대한 지방정부의 정책적 대응이 필요하다. 지방정부 역할의 중요성이 강조되고 있는 상황에서 효과적인 정책 수립과 운영을 위하여 가정 내 에너지 소비 과정을 체계적으로 이해하고 소비에 영향을 미칠 수 있는 다양한 요인들의 효과를 규명하는 것이 중요하다. 특히 지역 간에 인구사회학적 구조와 생활양식, 기후 특성이 다를 수 있기 때문에 지역간 차이를 고려하여 소비 요인을 분석하고 이를 기반으로 지역에너지 계획이나 관련 사업 수립 및 시행에 기반이 될 수 있는 분석을 수행해야 할 필요가 있다.

이 연구는 다음과 같은 연구 질문들에 대한 해답을 도출하는 과정으로 분석하였다.

첫 번째 연구 질문은 사회적 구조와 생활양식, 기온변화 등 이 연구의 주요한 관심 영역의 변화 추세와 공간적 분포에 관한 것이다. “가정부문 전력 소비와 관련한 사회적 구조 변수, 생활양식, 기온특성은 시간에 따라 어떻게 변화하여 왔으며 공간적으로는 어떤 패턴을 보이고 있는가?” 주거 에너지 소비는 사회기술적 차원에서 변화하면서도 공간적으로 다르게 분포할 수 있기 때문에 국내 가정부문 전력소비를 이해하는 데 시간적, 공간적 차원에서 주요 요인들을 먼저 살펴 볼 필요가 있다.

두 번째 연구질문은 공간적으로 다르게 분포하는 사회적 구조와 생활양식이 가정부문 전력 소비에 미치는 영향과 관련되어 있다. “지역 유형에 따라 1인당 소비 요인의 효과는 어떤 차이가 있는가?” 지역적 이질성에 주목하면 가구의 생활양식은 집합적 수준에서 공간적으로 다른 양상을 보이게 된다(Heinonen et al., 2013). 대표적으로 도시화 수준이 상이한 지역 간에 사회 집단과 생활양식의 차이가 주거 에너지 소비의 차이로 이어진다(Druckman & Jackson, 2008; Heinonen & Junnila, 2011, 2014). 이러한 측면에서 도시화 수준이 상대적으로 높은 수도권·광역시 지역과 기타 자치도 지역으로 분석 집단을 나누어 각 영향요인의 효과를 비교해

보고자 한다. 특히 분석에서 다루는 가구에너지상설표본자료는 조사 항목이 상세하고 국내 가구에 대한 대표성을 확보하고 있다는 측면에서 활용하는 사례가 늘어나고 있지만(김용래·김민정, 2017; 김지효·남수현, 2015; 배치혜·전정윤, 2017; 석주헌·박기현, 2017; 홍종호 외, 2018), 지역간 차이를 다루는 연구는 아직 부족한 편이다. 사회적 실천이론의 관점에서 집단에 따라 소비행위가 일정 부분 달라질 수 있기 때문에 이러한 차이를 포착할 수 있는 분위회귀분석을 실시하여 소비 분위별로 요인의 효과를 세밀하게 분석하고자 한다.

두 번째 연구 질문이 가정부문 전력 소비에 영향을 미치는 다양한 사회적 구조와 생활양식에 주목한다면, 세 번째 연구 질문은 기온의 효과에 초점을 두고 있다. “지역간 차이와 시간적 차이, 인접 지역의 영향을 고려할 때 지역의 기온변화는 주택용 전력 소비에 얼마나 영향을 미치는가?” 이 장에서는 Lobao & Hooks(2007)가 제시하는 국가 내 지역 스케일(subnational scale)을 초점을 두어 시·군·구 단위에서 기온 효과를 살펴보고자 한다. 기존 선행연구들이 주로 활용한 시·도 단위에서는 기온의 영향이 적절하게 포착되지 않거나(금예진 외, 2018; 석주헌·박기현, 2017; Cho et al., 2015), 도시 단위를 기반으로 하여 보다 넓은 지역을 포괄하지 못하는 상황에 놓여 있기 때문이다(김기중 외 2016; 임상수, 2009; 정준호·허인혜, 2015). 이를 위하여 Wiesmann et al.(2011)의 사례와 같이 시·군·구 단위에 다양한 기온 변수들을 공간보간법을 이용하여 시점별로 구축하였다. 또한 Cho et al.(2015)의 경우와 같이, 공간 단위의 패널 자료를 활용하여 지역간 차이, 시간적 차이를 통제하면서도 인접 지역간에 유사한 생활양식의 효과를 모형 내 공간적 자기상관계수로 포착하고자 한다. 그리고 전국 모형과 함께 위도와 해발고도, 도시화 수준이 다른 지역 군집별로 기온 효과를 따로 분석하여 지역간 차이를 확인한다. 이외에도 기후변화의 심화로 인하여 늘어나고 있는 폭염과 열대야 현상에 주목하여 이러한 변수들을 냉방도일 형태로 구축하여 그 효과를 살피고자 한다.

이 두 가지 분석은 모두 공간을 매개로 하면서도 사회적 구조, 생활양

식, 기온을 고려하고 있다. 제4장의 가구 단위 분석은 사회적 구조와 생활양식과 관련된 변수들을 모형에 활용하면서 지역고정효과를 통하여 지역간 기온 차이를 통제한다. 제5장의 공간 단위 분석은 기온을 주요 관심 변수로 설정하면서도 사회적 구조나 주택 특성 변수들을 통제변수로 투입한다. 인접 지역간의 유사한 생활양식의 효과는 공간적 자기상관계수로 파악한다. 따라서 제4장의 분석과 제5장의 분석은 그 주안점이 다를 수 있지만 관심 변수와 통제변수를 번갈아 배치한다는 점에서 상호보완적이다.

마지막으로, “주요 소비 요인에 대한 정책적 대응수단은 무엇이고 지역에너지계획에 어떻게 적용할 수 있는가?”에 관한 연구 질문이다. 이 연구 질문은 연구의 분석 결과를 토대로 파악한 소비 요인과 이에 대응할 수 있는 대응할 수 있는 정책 수단, 그리고 지역에너지계획의 방향성과 관련되어 있다. 소비 요인을 파악하는 것만큼 중요한 것은 이러한 소비 요인에 대하여 어떻게 정책적으로 대응할 수 있는지에 대한 부분일 것이다. 제2장의 정책적 배경에서 현재 지역에너지계획의 내용을 살펴본 뒤에 제4장과 제5장의 소결 부분에서 파악한 주요 소비 요인의 정책적 대응방안을 바탕으로 제6장 결론 부분에서 종합적으로 지역에너지계획의 개선 방향을 논의한다. 이러한 과정을 통하여 가정부문의 주요 전력 소비 요인에 대한 지방정부의 효과적인 역할 수행과 에너지 이용의 지속사능성 향상에 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

제 2 절 연구 방법과 구성

1. 연구 방법

이 연구는 가정부문 전력 소비에 영향을 미칠 수 있는 사회적 구조, 생활양식, 기온을 주요 요소로 하는 개념적 준거틀에 기초하여 수행되었다. 이러한 준거틀은 제2장에서 살펴 본 이론적 배경을 바탕으로 주요 개념들과 그 관계를 검토하여 구성하였다(남궁근, 2010).

주요 분석의 타당도 확보를 위하여 가정부문 전력 소비를 분석한 선행 연구 사례들을 가구 단위를 활용한 경우와 공간 단위를 활용한 경우로 나누어 주요 방법과 결과를 살펴보고 주요 소비 요인의 효과에 대하여 검토하는 작업을 통하여 주요 변수들을 선정하였다. 또한 각 통계 분석의 수행 과정에서 주요 모형의 가정을 만족하는지 진단하고 모형 적합도를 기준으로 모형을 평가하는 과정을 수행하였다.

분석에 활용한 자료는 가구 통계자료는 에너지경제연구원에서 수행하고 있는 가구에너지상설표본조사자료로서 2011년 이후 매년 조사를 실시하고 있으며 인구주택총조사의 모집단을 기초로 추출된 16개 시·도 표본가구로서 국내 일반가구를 충분히 대표한다고 볼 수 있다(최문선, 2017). 또한 공간 통계분석에서는 일부 도서지역을 제외한 225개 시·군·구별 통계 자료를 기반하고 있고 기온 자료의 경우 기상청의 500개 이상의 관측소별 연간 20만건 관측치를 활용하여 시·군·구별 기온 추정에 있어서 신뢰도를 확보하고자 하였다.

주요 분석은 크게 제4장의 가구의 전력 소비 효율성에 영향을 미치는 다양한 영향요인들의 효과에 대한 지역 유형간 차이를 확인하는 분석과 제5장의 기온의 지역의 전력 소비에 미치는 효과와 지역간 차이를 파악하는 분석으로 나누어진다. 이에 따라 전자는 가구통계자료를 활용하며, 후자는 공간통계자료를 활용하고자 한다.

제4장 가구 단위 분석의 시간적 범위는 2016년과 2017년이며, 공간적 범위는 전국 16개 시·도라고 볼 수 있다. 분석 작업을 수행하고 있는 시

점을 기준으로 에너지경제연구원에서 제공하는 '가구에너지상설표본조사' 자료는 2016년, 2017년 조사자료만 공개되어 있기 때문에 2년치의 조사자료만 제한적으로 활용하였다. 다만, 2년이라는 기간은 가구의 소비 변화가 일어나기에 매우 짧은 기간이므로 해당 자료를 가구가 거주하고 있는 시·도 지역을 기준으로 패널그룹을 설정하여 분석하였다.

따라서 가구통계자료를 활용한 모형에서는 시·도 지역별 가구의 1인당 전력소비량에 대하여 분석을 시도하면서 시·도 지역간 차이와 시간적 차이를 고려하는 지역고정효과와 시간고정효과를 적용한 합동OLS모형(pooled OLS)을 구축하였다. 그리고 도시화 수준이 상대적으로 높은 수도권 및 광역시 지역과 기타 자치도 지역으로 구분하여 세부 분석을 진행하였다. 추가로 전력 소비량이 많은 가구와 적은 가구간의 영향요인 차이를 파악하기 위하여 분위회귀분석을 실시하였다.

제5장 공간 단위 분석의 시간적 범위는 2010년부터 2017년까지 8년의 기간을 포괄하며 공간적 범위는 225개 시·군·구이다. 공간적 인접성이 떨어지는 인천 옹진군, 경북 울릉군, 제주특별자치도 제주시, 서귀포시는 제외하였다. 공간패널분석의 시간적 범위는 통제변수 구축에 활용한 인구주택총조사 자료의 확보와 관련되어 있다. 인구주택총조사는 해당 지역별로 실제 거주하고 있는 인구와 주택의 수를 상세하게 파악할 수 있지만 인구주택총조사가 2015년 이전까지 5년마다 실시되어 자료 확보에 한계가 존재한다. 따라서 조사가 실시되지 않은 2011년부터 2014년까지의 자료는 2010년과 2015년 자료를 기준으로 선형보간방법으로 추정하였고, 2010년 이전의 기간까지 추정 기간을 확대하는 데 한계가 있다고 판단하여 2010년부터 2017년까지 분석 기간을 확정하였다. 그리고 '선형보간법'으로 추정한 자료의 신뢰성을 확보하기 위하여 지역별 주민등록통계, 주택보급통계 자료와 상관관계를 확인하였다.

공간통계자료는 기상청 기상자료개방포털에서 제공하고 있는 전국 기상관측소별 기상관측자료를 활용하여 시·군·구 단위로 구축된 기온 관련 지표들과 인구주택총조사와 주민등록통계에서 구축된 통제변수들로 구성된다. 특히 시점과 기상관측소별로 관측자료의 누락치가 다르게 나타나

누락치가 전체 기간의 5%를 초과하는 경우에는 분석에서 제외하였다. 관측소별 기온관측자료는 공간보간법을 활용하여 래스터(raster)자료로 변환하였고, 이를 다시 구역통계기법(zonal statistics)으로 시·군·구별 평균 자료로 구축하였다.

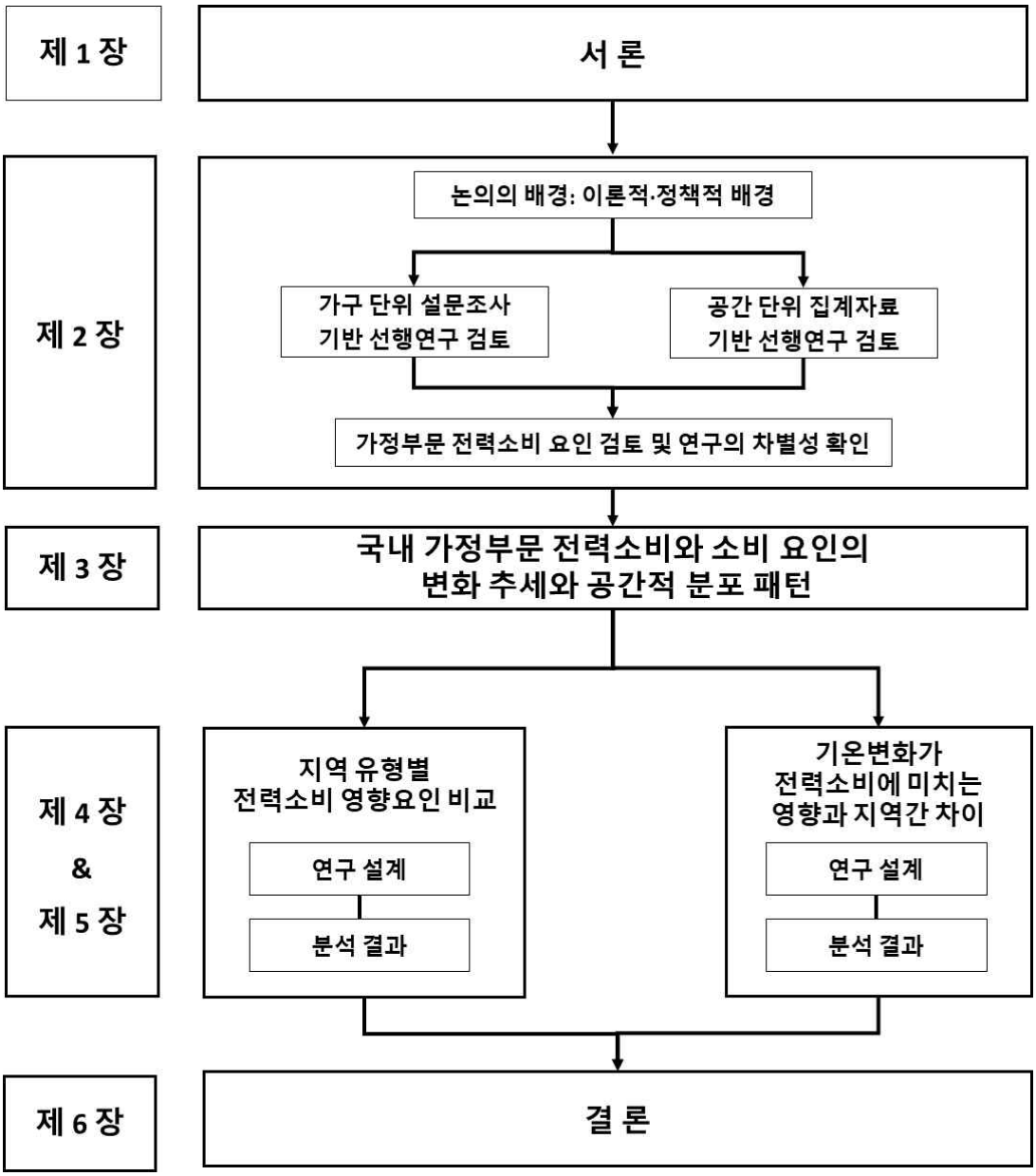
지역별 기온자료 구축과 공간가중치 구축을 위하여 통계청 통계지리정보서비스(SGIS)에서 제공하는 시·군·구 폴리곤(polygon) 자료를 활용하였고, 공간 가중치 구축과정에서 연안 도서지역은 연륙교를 기준으로 이웃을 설정하였다.

공간패널분석에서는 모형 검정 결과 지역간 차이와 시간적 차이를 통제하는 이원고정효과모형을 분석하였다(이희연·노승철, 2013; 민인식·최필선, 2016). 그리고 나서 해당 패널모형에서 공관상관성을 검정하고 나서(Fisher & Wang, 2011; 이희연·노승철, 2013), 존재하는 공간적 상관성을 통제하기 위하여 인접지역을 기준으로 하는 공간가중치를 모형에 투입한 공간패널모형을 활용하여 분석을 실시하였다. Log-Likelihood와 AIC (Akaike's Information Criterion) 지표를 기준으로 모형 적합도를 확인한 후에 최적 모형으로서 일반공간패널모형을 선정하여 해석하였다(Anselin, 2005). 추가로 지역 군집에 따라 기온의 전력 소비 효과를 파악하였다.

2. 연구의 구성

이 논문은 서론, 이론적·정책적 배경과 선행연구 검토, 국내 전력소비량과 소비 요인 추세에 대하여 제1장에서 제3장에 걸쳐 구성하고, 주요 분석 결과를 제4장과 제5장에 나누어 정리하였다. 각 분석별로 분석자료와 방법이 다르기 때문에 연구방법은 별도의 장으로 구성하지 않고 제4장과 제5장에 나누어 배치하였다. 제2장에서는 사회학적 관점에서 논의된 주거 에너지 소비에 대하여 살펴보고 다양한 관점을 통하여 공간적 관점에서 주거 에너지 소비를 살펴봐야 하는지에 대한 필요성을 도출하였다. 이어서 정책적 배경으로서 지방정부의 에너지 수요 관리의 필요성

과 각 시·도별 지역에너지계획의 내용을 검토하였다. 선행연구는 크게 가구 단위 설문조사 자료와 공간단위 집계자료를 활용한 연구로 나누어 각 연구의 주요 내용과 방법을 검토하고 가정부문 전력 소비에 영향을 미치는 요인들에 대하여 탐색하였다. 제3장에서는 국내 가정부문의 전력 소비 추세와 주요 소비 요인의 변화 양상과 공간적 분포에 대하여 알아보았다. 제4장에서는 가구에너지상설표본조사 자료를 활용하여 전국 가구의 1인당 전력 소비 요인을 분석하고 도시와 농촌의 소비량, 소비 요인이 다를 수 있다는 점에 주목하여 모형을 수도권·광역시 지역 모형과 기타 지역 모형으로 나누어 소비 요인을 비교하였다. 각 모형은 분위회귀분석방법으로 분석을 하여 각 지역 유형별로 소비량 수준에 따라 소비 요인이 어떤 차이가 있는지 살펴보았다. 제5장에서는 공간 단위 집계자료를 활용하여 기온 변동성이 지역별 가구당 전력 소비에 미치는 영향을 분석하였다. 기온 자료는 기상청 기상자료개방포털에서 제공하는 기상관측자료를 기반으로 시·군·구별 기온 변수들을 구축하였다. 모형은 공간적 자기상관성에 기반한 공간패널모형으로 분석을 실시하여 지역의 가구 특성과 주택 특성을 통제한 상태에서 여러 기온변화 지표가 주택용 전력 소비에 미치는 영향을 파악하고자 한다. 특히 위도, 해발고도, 도시화 수준에 따라 기온이 다르게 형성될 것으로 예상하여 시·군·구 지역을 이러한 기준에 따라 군집으로 나누고 군집 간에 기온의 효과 크기를 비교하였다. 제6장에서는 연구의 분석 결과를 요약하고 연구의 함의와 향후 연구 방향에 대하여 논의하였다. 다음 <그림 1>은 이 연구의 주요 흐름을 파악할 수 있는 순서도이다.


제 1 장
서 론
제 2 장
논의의 배경: 이론적·정책적 배경
가구 단위 설문조사
기반 선행연구 검토
공간 단위 집계자료
기반 선행연구 검토
가정부문 전력소비 요인 검토 및 연구의 차별성 확인
제 3 장
국내 가정부문 전력소비와 소비 요인의
변화 추세와 공간적 분포 패턴
제 4 장
&
제 5 장
지역 유형별
전력소비 영향요인 비교
연구 설계
분석 결과
기온변화가
전력소비에 미치는
영향과 지역간 차이
연구 설계
분석 결과
제 6 장
결 론

<그림 1> 연구의 순서도

제 2 장 논의의 배경과 선행연구 검토

제 1 절 이론적 배경

1. 주거 에너지 소비에 대한 사회학적 접근

가정 내 전력 이용은 1880년대의 조명 기기에서 출발하여 1920년대 주방용 기기, 이후 냉장고와 라디오 등의 보급으로 확대되어 왔고 경제성장과 함께 생활의 안락함과 편의성을 제공하기 위한 다양한 전자 기기가 등장하면서 점차 확대되어 왔다. 현대에 들어서는 가족이 가전을 함께 공유하는 것을 넘어서 개인용 전자기기와 통신망의 확대, 원격조작시스템의 구축으로 일반화되면서 가정용 전력 수요는 총 전력 수요에서 많은 비중을 차지하게 되었다(Smil, 2006).

Martiskainen & Watson(2009)은 선진국에서 소비주의의 확산, 핵가족화와 1인 가구 증가로 인하여 주택과 가전기기 수요 증가 등 생활양식의 변화로 인하여 하면서 가정 내 에너지 소비와 온실가스 배출이 높은 비중을 차지하게 되었다고 지적한다. Wilk(2002)에 따르면, 현대사회의 대량소비문화(mass-consumer culture)는 에너지 소비와 밀접한 연관성을 가진다. 그는 소비문화가 가족과 공동체의 축소, 개인주의의 발달, 과시적 소비와 유행시스템, 사회의 불안정성, 안락함과 편리성 추구, 관계적 소비, 모방과 흉내 내기, 마케팅 등 다양한 원인들로 강화되어 왔다고 제시하였다. 그리고 이 과정 속에서 개인들은 만족감을 얻기 위하여 상품과 자원, 에너지 이용과 관련한 소비를 끊임없이 반복하게 된다는 것이다(Wilk, 2002). 이러한 관점은 에너지 소비를 저감하기 위한 정책적 수단에 대하여 문화적 요소가 장애물이 될 수 있고, 사회문화적 관점에서 에너지 소비를 이해할 필요가 있다는 것을 보여준다.

1) 주거 에너지 소비에 대한 사회학의 관점

가정 내 에너지 소비에 대한 연구는 사회학, 경제학, 심리학, 공학 등 다양한 학문 분야에서 이어져 왔다(Davoudi et al., 2014; Lutzenhiser et al., 2010; Moezzi & Lutzenhiser, 2010; Wilson & Dowlatabadi, 2007)[1].

기술 중심적 관점에서 인간은 단순히 에너지 서비스의 수용자로 간주되며 사람들의 에너지 이용 행태는 건물 특성이나 기술 효율성과 달리 부차적인 수준으로서 심도있게 고려되지 않는다(Lutzenhiser, 1993; Lutzenhiser et al., 2010; Wilhite et al., 2000). 그러나 기술의 개발과 선택에 있어서 인간이 주체로서 상당한 영향을 미칠 수 있기 때문에 에너지 소비에 있어서도 인간의 행태를 고려해야 한다는 시각이 존재한다(Lutzenhiser et al., 2010).

사회학에서는 에너지 소비와 관련한 사람들의 행위가 사회적 맥락(social context)과 연관된다고 본다(Wilson & Dowlatabadi, 2007; Davoudi et al., 2014). 사람들은 “에너지 그 자체” 보다는 에너지 소비로 인하여 가능하게 되는 “서비스”를 소비하는데, 이러한 서비스에 대한 필요와 욕구가 사회적으로 구성된다고 보는 것이다(Wilhite et al., 2000).

이에 따라 주거 에너지 소비는 사회적으로 합의된 소비 패턴의 결과로서 이해할 필요가 있고 이러한 소비 패턴에 사회집단과 문화, 사회적 구조가 밀접하게 연관된다. 이러한 관점에서의 정책적 전략은 대중들의 생활환경에 주목하여 소비에 영향을 미치는 원인을 규명하는 것이다(Moezzi & Lutzenhiser, 2010).

---

1) 에너지 관련 기술에 초점을 두는 공학적 관점은 주택 내 에너지 흐름과 교환과정에 초점을 두면서 에너지 절약과 효율화를 위하여 기술 잠재성(technical potential)을 강조하는 입장이다(Lutzenhiser et al., 2010; Moezzi & Lutzenhiser, 2010). 한편, 경제학에서는 개인이 합리적 행위자(rational actor)로서 제한된 예산 범위 내에서 효용(utility)을 극대화한다고 가정하며 가격을 조정하는 전략을 제시한다(Davoudi et al., 2014; Moezzi & Lutzenhiser, 2010; Wilson & Dowlatabadi, 2007). 나아가 심리학에서는 경제학에서 제시하는 합리성이 개인의 인지적 특성과 인지 패턴에 의하여 제한될 수 있다고 보고 적절한 정보를 제공하고 교육을 강조한다(Davoudi et al., 2014; Lopes et al., 2012; Wilson & Dowlatabadi, 2007).

거시적 측면에서 에너지 소비가 증가한다는 것은 에너지 소비와 관련한 기술에 대한 기대와 사회적 수요가 만들어지고 확산되는 것으로 볼 수 있다(Wilhite et al., 2000). 이와 비슷한 맥락에서 Shove(2003)는 “안락함, 청결함, 편리함(comfort, cleanliness, convenience)”에 대한 사회적 기대 수준이 점차 높아지고 있다고 지적한다.

이에 따라 주거 에너지 소비를 이해한다는 것은 어떻게 에너지 이용과 관련된 기술들의 개발과 확산 등 사회기술적 변화를 탐색하면서 다양한 기술적 요소와 개인의 일상적 행위 간 연관성에 초점을 두고 이해할 필요가 있다(Wilhite et al., 2000).

Lutzenhiser & Gossard(2000)에 따르면 생활양식은 역사적, 지역적, 전 세계적으로 다를 뿐만 아니라 세대에 걸쳐 변화하게 되는데, 다양한 형태로 존재하면서 변화를 거듭하는 생활양식이 지속적으로 에너지 소비를 이끌어내고 동시에 환경적으로도 영향을 미친다고 하였다.

따라서 주거 에너지 소비 패턴이 시간과 공간에 따라 다르게 나타날 수 있다는 점을 고려하면서 어떻게 그러한 소비 행위가 사회적 맥락과 연관될 수 있는지 살펴볼 필요가 있다.

2) 생활양식 접근법과 사회적 실천이론의 접근법

1970년대 석유파동에 따른 에너지 위기가 발생함에 따라 사회적 문제로서 가구 에너지소비와 에너지 절약, 효율 개선에 대한 관심이 생겨났다(Lutzenhiser, 1993; Lutzenhiser & Gossard, 2000). 이때에는 건물이나 에너지 이용 기기에 관심을 두는 기술 중심적 접근법이 대두되면서 에너지 효율 개선이 중요한 정책적 목표로 제시되었으며 그러한 모형에서 인간은 단지 에너지 서비스의 수혜자로서 설정되고 인간 행태에 대한 관심은 상대적으로 관심을 받지 못하였다. 그러나 점차 사용자로서 에너지 이용 기기를 조작하고 주택을 관리하면서 에너지를 이용하는 인간의 역할에 주목하게 되면서 1980년대부터 에너지 소비에 대한 인간 행태(behavior)의 영향을 다루는 논의들이 점차 증가하였다(Lutzenhiser &

Gossard, 2000; Wilhite et al., 2000). 다른 한편으로, 왜 사람들이 새롭고 더 효율적인 에너지 이용기기들을 예측된 수준만큼 받아들이지 않는지에 대하여 관심이 생겨나기 시작하였다(Wilhite et al., 2000).

1990년대 초부터 사회학에서는 에너지 이용 패턴과 고효율 기술 선택에 있어 사회 내부의 집단간 차이에 대하여 주목하기 시작하였다(Lutzenhiser & Gossard, 2000). 사회학에서는 사회적 지위, 계층에 따른 문화적 차이가 기술에 대한 수용성이나 에너지 절약, 에너지 소비와 연관된 행위들과 연결되어 있다고 보았다. 사회적 집단 간 소비의 차이를 계층이나 문화적 차이의 산물로 이해하면서 사람들이 주택이나 가전기기 등 다양한 물질적 요소들이나 행동의 변화를 통하여 자신의 정체성을 드러내려는 노력이 결과적으로 에너지 소비의 차이로 이어진다고 제시하고 있다(Lutzenhiser, 1993; Lutzenhiser & Hackett, 1993).

Lutzenhiser(1992)은 생활양식에 주목하면서 주거 에너지 소비가 문화적 과정과 연관되어 있고 이러한 문화가 사회 구조 내에서 체계화된다고 보았다. 따라서 생활양식은 사회적 구조와 밀접한 연관을 가진다. 자원과 부, 권력에 얼마나 접근할 수 있는지가 인생에 있어서 다양한 기회의 차이로 이어질 수 있다는 점에 주목할 때 생활수준이나 생활양식의 차이는 위계적인 형태의 사회적 계층의 특징을 나타낸다고 볼 수 있다(Lutzenhiser & Gossard, 2000). Lutzenhiser(1992)에 따르면, 사회적 계층, 민족, 생애주기 단계, 성별, 교육수준, 직업, 지리적 위치, 지역 문화 등 다양한 요소가 집단을 구성하며 개인의 에너지 소비 수준과 절약 가능성, 에너지와 기술에 대한 이해는 모두 그 개인이 소속된 집단에 따라 달라질 수 있다. 또한 그는 사회문화 집단별로 생활양식(life style)의 차이가 있기 때문에 개인의 주거 에너지 소비는 문화적으로 합리적이고 집합적으로 허용될 수 있는(culturally-sensible and collectively sanctioned) 성격을 가질 뿐만 아니라 거주 시간과 주거 활동 패턴에도 영향을 미쳐 결과적으로 집단에 따라 에너지 소비 패턴이 달라진다고 보았다(Lutzenhiser, 1992).

생활양식 접근법에 따르면, 개인은 사회적 위치에 따라 자신의 생활양

식을 형성하게 되는데 집합적 단위에서 보면 생활양식의 유사성과 이질성이 주거 에너지 소비의 차이를 만들게 되고, 집단별 생활양식의 영향으로 나타나는 에너지 소비 패턴을 이해하여 장기적인 관점에서 에너지 정책을 수립하는 데 도움이 될 수 있다.

한편, 에너지 소비에 대한 사회학계의 최근 논의는 개인이나 집단의 에너지 소비 그 자체보다는 소비 행위(실천)에 주목하고 있다. 생활양식 접근법이 사회적 지위에 따라 구별 짓는 수단으로 활용될 수 있는 가시적 소비에 초점을 둔다면, 실천이론적 접근법은 사회적으로 일상화되고 기술적으로 구조화된 소비에 관심을 가진다(Gram-Hanssen, 2014; Shove & Walker, 2014).

일상적 생활 속에서 에너지 소비를 이해하는 실천이론의 접근법은 2000년대 초에 등장한 사회적 실천이론(social practice theory)에 기반을 두고 있다. 이 이론은 행위들의 집합적 구조와 이러한 행위들을 야기하는 원인에 주목한다(Gram-Hanssen, 2014).

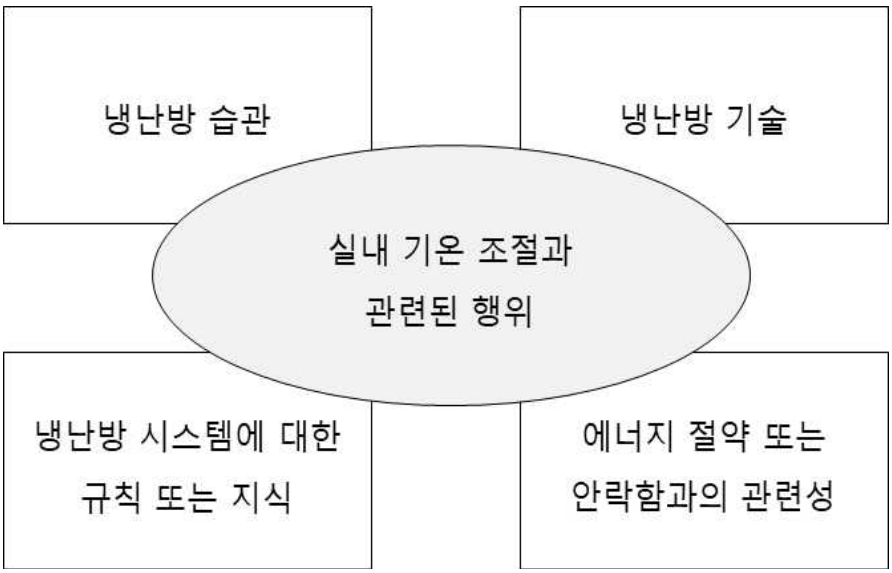
사회적 실천의 관점에서 보면 가정 내 에너지 소비는 사람들이 가정 내에서 에너지를 소비하는 모든 일들, 예를 들어 요리, 청소, 아이 돌봄, 여가 활동 과정에서 조명 기구나 냉난방 기기 등 다양한 가전 제품을 사용하는 행위들과 연관되어 있다(Wilson & Dowlatabadi, 2007; Shove & Walker, 2014; Gram-Hanssen, 2014).

생활행위를 의미하는 '실천(practice)'은 체화된 습관(embodied habits), 규칙(rules)과 지식(knowledge), 연관성(engagement)이나 의미(meaning), 기술(technology) 등 크게 4가지 요소로 형성된다(Gram-Hanssen, 2010a, 2011, 2014).

첫 번째 요소인 '습관' 또는 '노하우(know-how)'는 사회화 과정을 통해서 학습되는 행동양식으로서 점차 몸에 배인 습관으로 형성되고 유지되는 것으로 무의식적이고 일상적인 특성을 가진다(Gram-Hanssen, 2011). 두 번째 요소인 '규칙'과 '지식'은 의식적인 의사결정과 관련되어지는 것으로 어떤 행위가 허용되는지에 대하여 가정이나 지역사회 내에서 공유되는 명시적인 규칙과 행동 변화를 요청하는 사회적 캠페인과 같

은 정보 전달 행위에 관한 것이다(Gram-Hanssen, 2010a, 2014). 세 번째 요소인 '연관성' 또는 '의미'는 사람들이 자신의 행위가 무엇과 연관되어 있는지 혹은 어떤 의미를 갖는지에 관한 것으로 에너지 절약 행위를 절약 의식이나 환경적 관심으로 관련짓거나, 에너지 소비에 있어서는 실내 기온과 안락함과 편안함을 연결 짓는 것을 의미한다(Gram-Hanssen, 2011, 2014). 마지막 요소인 '기술'도 중요하게 고려되고 있다. 에너지 소비에 있어서 기술 발달에 따라 새로운 에너지 이용 기기가 등장하는 것이 사람들로 하여금 에너지 이용 행위를 변화시키고 있다는 것이다(Gram-Hanssen, 2014).

예를 들어, <그림 2>와 같이 실내 기온 조절행위는 사회화의 결과로 축적된 냉난방 습관과 노하우, 냉난방 기기 이용에 대하여 가정이나 마을 내 공유되는 규칙 또는 적정 이용에 대한 정보, 기온 조절과 안락함의 관계 또는 에너지 절약에 대한 가치 판단, 이용 가능한 냉난방 기기 등에 의하여 영향을 받게 된다고 볼 수 있다.



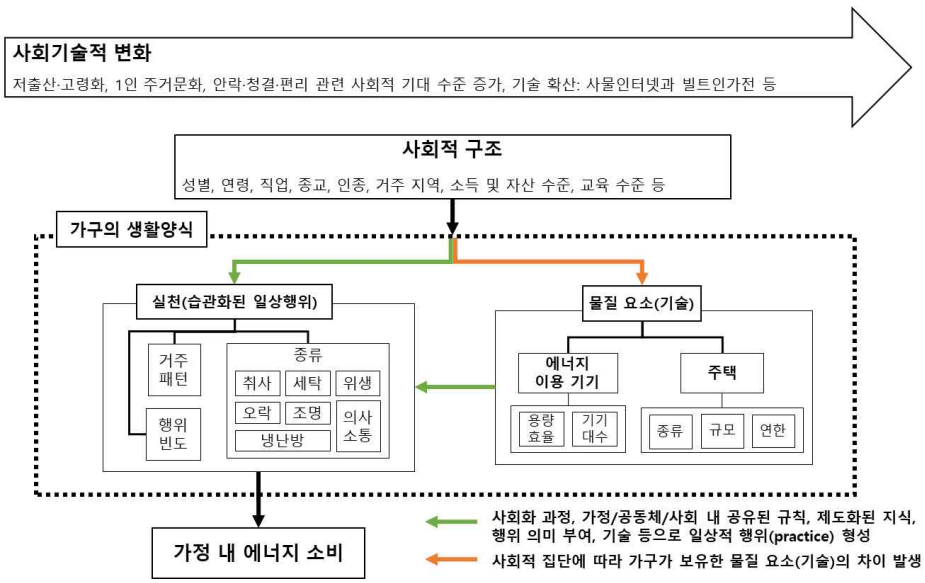
출처: Gram-Hanssen(2011)

<그림 2> 실내 기온 조절 행위에 대한 4가지 영향 요소

이러한 일상적 행위는 다양한 사회적 규범, 관계, 기술, 인프라, 제도 등이 상호작용하면서 나타나는 결과물이기 때문에 에너지를 이용한다는 것은 개인의 의식적이고 즉각적인 결정이라기보다는 장기간에 걸쳐 형성되는 사회적 구성물로 이해할 수 있다. 따라서 가정 내 에너지 소비와 개인의 일상적이고 습관적인 '행위' 간의 관계를 고려할 때 에너지 수요의 흐름과 패턴을 이해하는 것은 본질적으로 사회적 실천(social practice)이 어떻게 만들어지고 변화하는지를 이해하는 문제라고 할 수 있다(Shove & Walker, 2014).

3) 사회적 구조와 생활양식, 생활행위의 관계

가정 에너지 소비와 연관되어 있는 사회적 구조, 생활양식, 생활행위의 관계를 요약적으로 제시하면 <그림 3>과 같다[2].



<그림 3> 가정 에너지 소비의 사회학적 관점

2) <그림 3>은 工藤拓穀(1993, 임기추·강윤영, 2004에서 재인용)이 제시한 아이디어에 착안하고 다른 이론적 논의들에서 제시된 보다 더 다양한 요소들을 결합하여 재구성하였다.

사회적 흐름은 인구통계학적인 변화와 웰빙(well-being)이나 편리성 추구와 같은 삶의 질에 대한 기대수준의 향상 등을 의미한다(Wilhite et al., 2000; Wilk, 2002).

가정 내 에너지 소비 행위는 사회적 구조에 영향을 받는데, Blau(1977)는 사회적 구조(social structure)가 다양한 차원의 사회적 위치들(social position)에 따라 구성된 인구 분포를 의미한다고 하였다. 그리고 이러한 구조를 형성하는 변수들은 명목적이거나 연속적인데 전자는 사람들을 명확한 경계에 따라 하위 집단(subgroup)으로 구분하는 것으로 이질성(heterogeneity)과 관련된다면, 후자는 지위 서열에 따라 차등화하는 것으로 불평등(inequality)과 관련되어 있다(Blau, 1974).

사회적 구조와 사회적 위치는 생활양식과 밀접한 연관성을 가지고 있으며 가구의 생활양식은 사회적 구조의 영향이 반영된 결과물이다(Lutzenhiser & Gossard, 2000; Scheiner & Kasper, 2003). 생활양식은 사회경제적 발전과 생활 수준의 향상과 같은 사회적 변화에 영향을 받으면서 사회적 집단과 지위에 따라 차별화된다.

생활양식은 다시 행태적 측면과 물질적 측면으로 나누어 볼 수 있다(Lorenzen, 2012; Lutzenhiser & Gossard, 2000). 우선, 생활양식은 일련의 일관성 있는 생활행위들로 구성된다(Lorenzen, 2012; Spaargaren & Van Vliet, 2000). Lutzenhiser & Gossard(2000, 215p)는 생활양식을 “사회적으로 인정되고 문화적으로 이해할 수 있는 행위 패턴을 통해서 개인과 집단에 의해서 완성되는 독특한 존재 양식”으로 정의하면서, 기술을 이용하는 일상적인 행위들을 생활양식의 한 축으로 소개하였다. 동시에 다른 한 축으로서 다양한 소비재(goods)와 주택, 승용차 등을 제시하면서 사회 계층에 따라 소비되는 상품의 종류와 수량, 그 의미가 달라진다고 하였다(Lutzenhiser & Gossard, 2000). 생활양식이 자기정체성(self identity)을 나타낸다면 개인이 소비하는 재화는 정체성을 구성하는 구성요소 중 하나이다(Lorenzen, 2012; Lutzenhiser & Gossard, 2000; Veblen, 1992; Wilk, 2002).

마지막으로, 생활행위는 다양한 경로의 사회화 과정과 기술과의 상호

작용 등 사회·기술적 영향을 받으며 형성되고 유지되며 변화하게 된다(Gram-Hanssen, 2010a, 2011, 2014). 중요한 점은 생활행위들이 사회적 구조뿐만 아니라 다양한 물질 요소로부터도 영향을 받는다는 것이다(Hansen et al., 2018). 앞서 살펴본 바와 같이, 생활행위의 4가지 구성요소인 기술(technology)은 그 자체로 행위에 영향을 미칠 수 있는데 거주하고 있는 주거환경과 이용가능한 에너지 이용 기기가 바로 기술적 요소에 해당될 수 있다. 최근 신축 주택을 중심으로 많이 보급되어 있는 빌트인(built-in) 가전 형태는 주거환경과 에너지 이용 기기가 결합된 특성을 가진다.

주거 에너지 소비에 대한 사회학계의 논의를 종합하여 보면, 소비와 연관된 생활양식과 행위 패턴을 이해하는 데 관심을 두고 있으며, 가구의 행위가 집단 간에 공유되는 경향과 그러한 행위가 사회, 문화, 제도, 정치, 경제적 요인들에 의하여 어떻게 구성되는지에 집중하고 있다(Lutzenhiser et al., 2010). 이러한 관점에서 어떤 집단의 에너지 소비량이 다른 집단과 다르다면, 이는 생활양식과 생활행위의 차이로 해석할 수 있고, 이에 선제적으로 영향을 미치는 인구·사회·경제적 영향과 주택, 에너지 이용 기기 등을 변수화하여 분석할 필요가 있다(Hansen, 2016; Hansen et al., 2018). 이를 통해서 정책 대상 집단의 에너지 다소비적인 생활행위를 보다 자세히 살펴보고 행위를 바꿀 수 있는 정책적 방안을 검토할 필요가 있다.

2. 주거 에너지 소비의 공간적 측면

주거 에너지 소비에 대한 사회학적 시각은 가구의 생활양식과 생활행위에 기초하고 있다. 그런데 생활양식은 사회적 흐름에 따라 변화할 수도 있고 사회적 구조에 영향을 받을 수도 있지만 도시와 농촌 등 거주지역에 따라 에너지 소비와 관련한 생활양식과 행위가 달라질 수 있다(Lutzenhiser, 1992).

상당수의 연구들은 주거 에너지 소비에 대하여 지역간 차이에 주목하고 있다(정재원 외, 2015; Daioglou et al., 2012; Feng et al., 2011; Heinonen & Junnila, 2011; Huang, 2015; VandeWeghe, & Kennedy, 2007). 주거 에너지는 가정 내에서 소비되지만 생활행위 형성에 영향을 미치는 사회적 구조와 기술 요소는 지역에 따라 이질적으로 분포하기 때문에 주거 에너지 소비는 특정 지역에 따라 달라질 수 있다. 공간이 사회적 구조와 과정을 형성하는 요인으로서 사회적 행위에 대한 배경으로서 기능하기 때문이다(Tickamyer, 2000).

1) 사회적 구조와 공간의 상호작용

인구학과 지리학에서는 인구의 특성이 공간에 따라 다르게 분포하는데 주목한다. 공간은 인구학에서 본질적으로 중요한 요소이다(Castro, 2007; Matthews & Parker, 2013; Voss, 2007). 인구학에서 보다 공간적 관점을 강조하고 있는 공간인구학(spatial demography)은 공간적 영역에서 집계된 인구 특성에 대한 형식인구학이다(Voss, 2007). 공간인구학에서는 인구학적 요소인 출산력, 사망력, 인구 이동과 인구 모형의 인구 규모와 변화, 인구 구성에 대한 지역적 차이를 공간통계기법을 활용하여 포착하고자 한다(Castro, 2007). 지리학의 한 분과인 인구지리학도 인구 현상과 공간의 관계에 주목하지만 보다 넓은 관점에서 인구의 공간적 분포와 함께 그러한 분포가 나타나게 된 원인을 탐구하기 위하여 자연 및 인문환경과 인구 현상 간의 상호관계를 고찰한다(이희연, 2003; 한주성, 2015). 예를 들어 지역별로 다른 출산율과 사망률의 차이는 지역의 연령 분포와 소득, 교육 수준, 결혼 상태, 인종, 종교 등 다양한 인구·사회·경제·문화적 요인에 영향을 받으며, 인구의 이동도 이동 지역의 고용 기회, 소득 향상 가능성, 쾌적한 생활환경과 기후 조건 등이 작용하는 적응적·발전적 과정이라는 것이다(한주성, 2015).

한편, 지리학에서는 인구의 분포와 이동뿐만 아니라 사회·경제적 현상이 공간적으로 유사성(의존성)과 이질성을 갖는 분포와 패턴에 대하여 많은

관심을 갖는다(이희연·심재헌, 2011). Anselin(1992)은 공간적 효과를 공간적 의존성(spatial dependence)과 공간적 이질성(spatial heterogeneity)으로 제시하였는데, 공간적 의존성은 지리학 제1법칙과 연관되어 있다. Tobler(1970, 236p.)의 지리학 제1법칙은 다음과 같다. “모든 것들은 다른 모든 것들과 연관되어 있지만 서로 더 가까운 것들은 더 먼 것들보다 더 많이 연관되어 있다(everything is related to everything else, but near things are more related than distant things).” 이는 인접 지역 간에 비슷한 경향성을 갖게 되어 공간적 집적 효과를 갖게 된다는 것으로 사람들이 공간을 기반으로 생활하면서 자신과 유사한 특성을 가지는 지역에 집적하기 때문이다(이희연·심재헌, 2011). 또 다른 공간적 효과인 예를 들어 도시 중심부·교외·농촌, 도시 규모, 도시권, 원거리 지역(북쪽 지방과 남쪽 지방), 국가, 기후 지역 간에 공간적 특성의 차이가 크기 때문에 발생한다.

사회학 내에서도 사회 집단의 공간적으로 상이한 분포에 대한 관심을 가진다. 일부 사회학자들은 ‘공간적 불평등(spatial inequality)’의 개념을 활용하여 사회학의 계층과 불평등의 논의를 공간적으로 확장하고자 하였다(Lobao, 2004; Lobao et al., 2007; Lobao & Saenz, 2002; Tickamyer, 2000). 사회적 불평등은 사회학의 오랜 연구 주제로서 사회학에서는 사회적 계층 사이에서 높은 가치의 자원들이 차등적으로 할당되는 데 주목하여 왔다(Lobao et al., 2008). 한편 사회적 기회, 자원, 권력은 공간적으로도 균일하지 않지 않게 분포한다는 점에서 지역간 차이, 즉 공간적 불평등이 존재한다(조명래, 2011). ‘공간적 불평등(spatial inequality)’ 논의는 1980년대부터 미국 농촌사회학계를 중심으로 계층화가 공간의 영역에서도 발생한다는 시각을 가지면서 등장하였다(Lobao & Saenz, 2002). 사회적 불평등과 공간적 영역은 다양한 측면에서 상당히 밀접한 관계를 가진다(Lobao et al., 2007). 첫째, 계급, 성별, 인종 등으로 구성되는 사회적 집단은 공간에 따라 분포할 뿐만 아니라 공간을 이용하거나 경험하는 방식이 다르며, 둘째, 지역간 교육 수준의 차이와 같이 공간은 사회적 불평등을 제한시키거나 증폭시키면서 불평등의 수단이 되기도 하고, 셋째, 다양한 건조 환경(built environment)과 불균형적인 지역별 개발 수준 등

공간 그 자체가 사회적 불평등의 산물이면서도, 넷째, 때로는 공간적 과정과 불평등의 진행 과정이 서로 뒤얽혀 있다는 것이다(Lobao et al., 2007).

공간적 불평등 논의에서 공간 스케일(scale)은 중요한 요소이다(Lobao, 2004; Lobao et al., 2008; Lobao & Hooks, 2007). Lobao & Hooks(2007)에 따르면, 사회학계의 계층화와 불평등에 대한 전통적인 논의들이 주로 국가나 도시를 기반으로 하고 있어 국가 내 불평등의 공간적 분포를 제시하는데 한계가 있다고 지적한다. 이러한 측면에서 제시되고 있는 것이 바로 국가나 도시 단위 사이의 중간 범위(middle range)의 공간적 해상도 영역으로서 국가 내부의 지역 스케일(subnational scale)이며, 관련한 지역 단위로 행정구역 단위를 들 수 있다(Lobao, 2004; Lobao et al., 2008; Lobao & Hooks, 2007). 지역 단위 접근법은 개별적인 지역 단위나 행위자를 넘어서 공간 단위의 집단적으로 공유된 집단 특성을 기반으로 불평등에 대한 사회적 과정이 국가 내부에 걸쳐 어떻게 다르게 전개되는 지에 대하여 관심을 갖는다(Lobao & Hooks, 2007). Snyder(2001)에 따르면, 이러한 국가 내부의 지역 단위를 기초로 한 연구 설계가 방법론적인 측면에서는 분석 단위의 수를 늘려서 분석의 타당성을 높일 수 있고 내용적 측면에서 공간적으로 균등하지 않은 정치·경제적 변동성을 설명하는 데 유용하다고 하였다.

한편, 국가 내 여러 지역에 걸쳐 공간적 불평등이 생겨나는 원인에 대하여 Lobao(2004)는 경제적 구조, 제도적 배열, 공간의 물리적·위치적 특성, 역사적 경험 등 네 가지 요인으로 설명하고 있다. 산업과 기업의 입지 등 경제적 활성화 정도, 사회안전망과 같은 제도의 시행 수준, 지역 내부의 자원, 인프라 또는 외부와의 접근성 등 지역적 요소, 그리고 이 세 가지 요소에 대한 과거의 경로의존적 흐름 등이 복합적으로 영향을 미치며 공간적 불평등을 야기한다고 보았다(Lobao, 2004).

국내에서도 지역간 격차에 대하여 논의하고 있는 다양한 연구 사례들이 있다. 조명래(2011)는 인구 규모와 경제적 활성화 수준에 있어서 수도권과 비수도권간 차이가 현격하게 나타난다고 지적한다. 이희연 외

(2011)는 최근 빠르게 증가하고 있는 1인가구의 공간 패턴을 분석하여 성별, 연령별, 학력별로 1인가구가 지역적으로 불균형적인 분포를 보인다고 분석하였다. 최재헌·윤현위(2012)는 163개 시·군·구를 대상으로 1980년부터 2010년까지 지역별 고령화 분포 변화를 분석하여 수도권과 광역시 등 대도시 지역과 경북, 전남 지역 등 농어촌 지역간 고령화 전개 양상의 차이를 확인하였다. 제현정·이희연(2017)은 인구구조 관련 변수를 이용하여 국내 228개 시·군·구 지역을 지역별 군집 유형으로 분류하여 지역간 인구구조의 변화특성이 대조적으로 나타난다고 제시하였다. 이러한 인구 특성뿐만 아니라 경제적 특성 역시 지역에 따라 다르게 제시되고 있다. 김성제(2007)에 따르면, 특별시와 광역시를 제외한 도지역에서의 소득 격차는 지역 내부보다는 지역 간에 차이가 더 크게 나타나며 경기도와 비경기도 지역간 격차가 가장 두드러진다. 또한 수도권과 비수도권 간에 임금 격차가 존재하며 임금의 결정요인에 있어서도 근로자의 인적특성 뿐만 아니라 노동시장이나 제도적 측면 역시 지역에 따라 다르게 영향을 미치는 것으로 제시되고 있다(문영만, 2013; 허식, 2007) 이외에도 수도권과 비수도권, 도시지역과 농어촌 지역간에 건강 불평등(고수정, 2010; 윤태호, 2010), 교육 불평등(추경모, 2012), 문화적 불평등(이재희, 2010) 등이 존재하는 것으로 분석되기도 하였다.

이러한 논의들을 종합하여 볼 때 사회 구조를 형성하는 인구, 사회, 경제적 조건은 공간적으로 다르게 분포한다고 볼 수 있다. 주거 에너지 소비와 밀접한 관련이 있는 생활양식과 생활행위들이 이러한 사회 구조의 영향을 통해 형성되고 재생산된다는 것을 감안한다면, 가구의 생활양식과 생활행위는 공간적으로 다르게 형성될 수 있다.

2) 공간에 따라 위치지어진 생활양식(situated lifestyle)

일련의 연구에서는 도시권, 도시, 교외와 농촌 등 공간 구조에 따라 경제적 수준과 사회적 구조와 상호작용, 재화와 서비스에 대한 접근성 등으로 인하여 가구의 생활양식이 달라지며 이러한 효과가 에너지 소비나 온실가스 배출에 영향을 준다고 분석하고 있다(Druckman & Jackson, 2008; Heinonen & Junnila, 2011, 2014, Heinonen et al., 2013).

Heinonen et al.(2013)은 도시화의 집적 경제 효과가 생활양식에 미치는 영향에 주목하여 "위치지어진 생활양식(situated lifestyle)"이라는 개념을 제시하면서 공간 단위로 집계된 수준에서 드러나는 지역간 거주민의 생활양식의 차이가 온실가스 배출에 미치는 영향을 포착하고자 하였다. 도시 공간이 야기하는 시간 이용과 소비 행위의 사회경제적 구조가 공간적으로 다르기 때문에 거주하고 있는 주택의 특성이나 일상생활의 패턴 등 가구의 생활양식도 어떤 지역에 위치하는가에 따라 다른 특성을 가진다고 보고 있다.

예를 들어, 인구밀도와 개발강도가 높은 고밀화된 도시 지역일수록 아파트나 다세대주택 등 밀집적인 주거 형태이면서 주거면적은 다른 지역보다 작아지는 경향을 보인다(Ewing & Rong, 2008; Lee & Lee, 2014). 주택의 유형, 면적 등과 같은 주택의 특성은 공간 구조에 따라 불균등하게 분포하기 때문이다(Scheiner & Kasper, 2003). Druckman & Jackson(2008)은 영국의 센서스 조사 자료와 에너지 소비 및 탄소 배출관련 조사 자료를 지역 단위로 통합하여 연령과 가족 구성, 소득 수준과 거주 지역에 따라 7가지 집단으로 분류하고 이러한 집단은 주택 유형과 면적, 점유 형태가 다르며 이러한 차이가 에너지 소비와 높은 연관성을 가진다는 것을 보여주었다.

Heinonen et al.(2013)은 주택의 유형뿐만 아니라 거주지에 따른 통근거리, 재화와 서비스에 대한 이용가능성, 사회적 관계와 모방 효과 등이 생활양식의 차이를 야기하며 도시화 수준이 높은 고밀 지역일수록 소비집약적인 생활양식을 가지고 그에 따라 온실가스 배출이 높은 경향을 갖

는다고 분석하였다. 이에 따르면, 도시화 수준이 낮은 지역인 경우 가정 내 거주시간은 상대적으로 더 긴 편이지만 에너지원의 접근성 문제로 인하여 전기 난방을 사용하게 된다. 도시화 수준이 높은 경우 주택의 규모가 작고 상대적으로 거주 시간이 짧음에도 불구하고 보다 소비집약적인 생활양식으로 가전제품의 보유 수준이 상대적으로 높고 오락이나 여가, 컴퓨터 이용 등 에너지 집약적인 생활 행위를 하면서 시간을 보내는 경우가 많아 결과적으로 공간적으로 차등화된 온실가스 배출 패턴을 만들어낸다고 하였다(Heinonen et al., 2013)

지역별 소비 행태에 대하여 살펴 본 Heinonen & Junnila(2011)는 대도시권, 도시, 교외, 농촌의 지역별로 가정 내 에너지 소비와 교통 이용, 그 외 다양한 재화와 서비스 이용에 따른 온실가스 배출 수준을 비교하였다. 이 연구에서는 자가용 이용만을 제외하고 도시화 수준이 높을수록 가정 내 에너지 소비뿐만 아니라 소비재, 레저 서비스, 건강 서비스 등 다양한 재화와 서비스 구매 행위 등에 따른 온실가스 배출이 높게 나타나며 이러한 차이는 지역별 소득 수준의 차이에서 나타난다고 보았다 Heinonen & Junnila, 2011).

이외에 상당수의 사례 연구들은 소득 수준과 생활양식의 연관성을 기초로 도시와 농촌간 에너지 소비를 비교하고 있다. 경제 성장과 도시화에 따라 빠른 속도로 주거 에너지 소비가 증가하고 있는 인도에서는 도시와 농촌 간의 생활수준과 에너지 접근성, 가전기기의 보급에 있어서 상당히 큰 차이가 있으며, 이것이 총 에너지 소비와 전력 소비에 대한 지역간 차이를 야기하는 것으로 제시되고 있다(Pachauri, 2007). 핀란드의 도시와 농촌 지역의 주거 에너지 소비에 대하여 분석한 Heinonen & Junnila(2014)은 단독주택, 연립주택, 아파트 등 모든 주택의 유형을 통틀어 도시 거주 가구가 농촌 거주 가구에 비하여 에너지를 더 많이 사용하며 이는 도시와 농촌간 주택의 유형 차이뿐만 아니라 소비 행태의 차이가 작용하기 때문이라고 보았다. 대만의 사례를 연구한 Huang(2015)은 도시에 거주하는 가구들은 농촌에 거주하는 가구들보다 소득이 높고 생활양식이 다르며 보다 현대화된 가전기기를 사용하고 있다고 보았다. 대만에

서는 90년대 중반 이후 도시화가 급속히 증가해왔는데 90년대 초 도시화율은 50% 수준에서 2006년 82%로 늘어났고 점차 도시 가구의 전력 수요도 급속히 늘어났다고 하였다(Huang, 2015).

생활양식과 생활 행위에 패턴이 공간에 따라 경향성을 보인다는 것은 공간이 사회적 구조와 밀접한 연관을 가질 뿐만 아니라 거주민의 삶의 방식에도 영향을 미칠 수 있다는 점을 시사한다. 이러한 측면에서 주거 에너지 소비를 이해하는 것은 공간적 요소에 대한 이해와 연동될 필요가 있다.

3) 토지 이용과 도시열섬효과

사회적 계층과 집단이 공간적으로 다르게 분포하고 생활양식이 공간에 따라 다르게 형성되는 것처럼 토지의 이용도 공간에 따라 이질적이다. 특히 특정 공간으로의 집중과 접근성의 향상, 중심지에서 주변으로의 확산과 정주체계의 형성 등 일련의 도시화 과정 속에서 구축된 도시의 공간구조는 도시 외부 지역과 다른 독특한 공간적 특성을 갖게 된다(임은선 외, 2006).

이러한 도시화에 따라 형성된 대도시 지역에서는 다시 교외 지역으로 도시가 확산되는 교외화 현상이 발생하는데, 그러한 현상의 한 유형인 도시 스프롤(sprawl)은 낮은 수준의 토지 이용 및 개발 밀도, 단일한 토지 이용(낮은 토지이용혼합도), 비연속적이고 비지적 개발(leapfrog development), 높은 자가용 의존성 등으로 정의된다(신정엽·김진영, 2012; 임은선 외, 2006; 황의정·우명제, 2016).

압축도시(compact city)는 스프롤의 대안으로서 도시 성장 관리의 차원에서 등장한 개념이다(임은선 외, 2006). Neuman(2005)에 따르면, 압축도시는 높은 주거밀도와 고용밀도, 혼합적 토지 이용, 연속적 개발, 높은 도로 연결성과 높은 접근성, 활발한 사회·경제적 상호작용 등의 특징을 가진다. 일반적으로 압축도시를 평가하는 지표는 인구 밀도나 혼합적 토지이용, 집중도, 군집도, 대중교통 이용 등의 지표들이 활용되고 있다

(김종성·강정은, 2018; 서원석·김리영, 2010; 임은선 외, 2006). 압축도시는 집약적 개발을 통하여 무질서한 개발 확산을 방지하고 교통 에너지 이용의 효율성을 자연 환경의 훼손의 최소화한다는 의의를 가지는 것으로 평가되고 있으며(송기욱·남진, 2009; 이일희·이주형, 2012; Newman & Kenworthy, 1989), 많은 계획가들로부터 이상적인 도시 개발의 모델로 인식되고 있다(임은선 외, 2006).

하지만, Neuman(2005)은 이러한 압축적 개발이 인구 밀도를 높여 환경오염이나 질병 등의 문제를 야기할 수 있고 고층 건물들에서의 에너지 비효율성이나 자원 이용 등 다양한 차원에서 문제를 제기하면서 압축 개발이 반드시 스프롤 현상보다 더 지속 가능하다고 결론짓는 것을 경계하였다. 이러한 관점에서 도시의 건물 에너지, 특히 주거 에너지 소비와 밀접한 연관이 있는 기온과 도시 압축성의 관계에 대하여 분석한 논의들이 있으며 상당수의 연구들이 압축적 도시 개발이 도시의 기온을 높인다고 지적하고 있다(김기중 외, 2016; 김종성·강정은, 2018; 오규식·홍재주, 2005; Ewing & Rong, 2008; VandeWeghe & Kenedy, 2007; Zhou et al., 2017).

도시의 고밀 개발과 기온간의 관계는 도시열섬효과(urban heat island effect)로 설명될 수 있다. 도시열섬효과는 도시지역의 기온이 주변의 지역들보다 높은 현상을 의미한다(Landsberg, 1970; Oke, 1982; Changnon, 1992; Rosenfeld, 1995). 도시열섬효과의 명칭은 고온 현상이 나타나는 도시의 영역이 마치 섬 지역의 등고선과 유사한 형태로 나타나게 되어 이를 “열섬효과”로 부르게 되었다(이희연, 2003; 배웅규·송두삼, 2011).

많은 연구들은 도시화로 인한 토지 피복의 인위적인 변화가 도시열섬 현상을 야기한다고 제시하고 있다(Landsberg, 1970, Changnon, 1992; Rosenfeld, 1995; Grimmond, 2007). Landsberg(1981)에 의하면, 도시의 포장된 면적과 벽면은 낮시간 동안 열을 흡수하고 있다가 일몰 후에 점차 저장한 열을 방출하게 되는데, 반면에 녹지의 표면은 상대적으로 열 노출에 덜 민감하여 포장된 면적과 벽면 주변보다 기온이 낮게 형성된다. Rosenfeld(1995)는 도시의 도로나 벽면에 주로 활용되는 페인트나 아

스팔트 포장재의 알베도(albedo)가 낮고, 그늘을 형성하는 나무나 높은 알베도를 가지는 포장재가 도시에 상대적으로 부족하여 도시열섬이 더욱 심화된다고 하였다.[3] 또한 도시의 고층빌딩은 바람에 의한 냉각 효과를 차단하고 열 흡수면적을 넓게 만들어내는 효과를 가지기도 하고 물리적인 특성 외에도 다양한 인간 활동으로 인하여 방출된 대기오염 물질들이 온실효과를 일으키기도 한다(Grimmond, 2007).

일련의 도시화 과정이 진행되면서 더 많은 인구가 도시에 거주하게 되고 도시의 규모는 지속적으로 확장하면서 지역의 기후는 변화하게 된다(Changnon, 1992). 결국 압축적 도시 개발이 거주민의 이동 거리를 감소시키고 대중교통 이용을 높여 교통에너지 소비를 줄일 수 있지만 녹지나 공원이 적절하게 배치되지 않거나 건물이나 도로 포장의 열 흡수 문제, 건축물이나 거리 공간 구조 등의 문제로 고밀 도시에서 열섬효과가 커져 건물에너지의 소비에 영향을 미칠 수 있다.

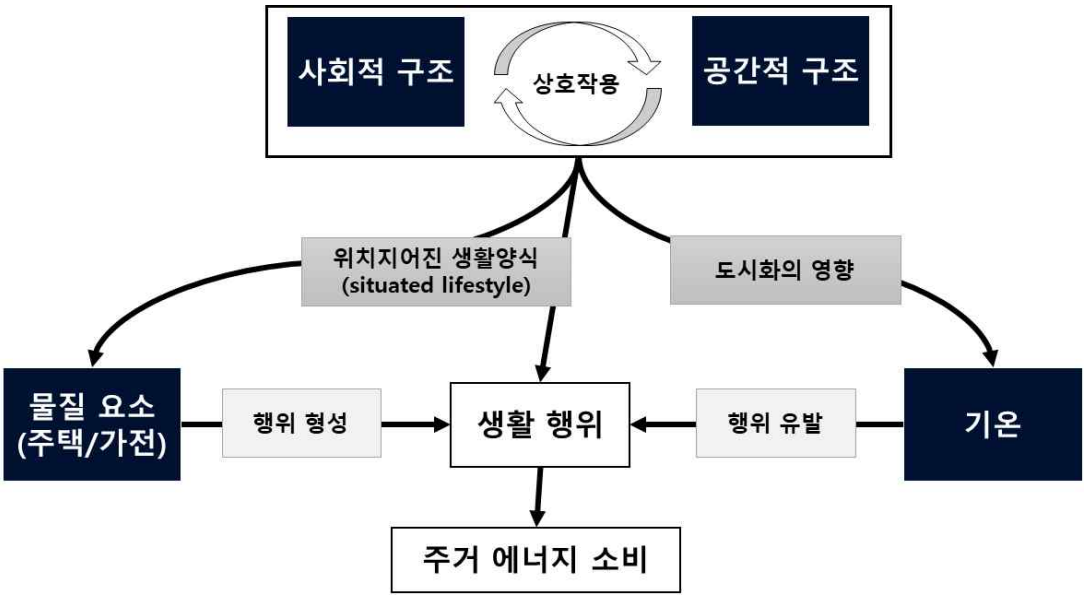
특히 사회적 실천이론에서 보면, 기온의 변화는 안락함(comfort)을 추구하기 위하여 가정 내에서 냉난방 기기 이용을 유발하는 요소이다(Gram-Hanssen, 2010b, 2011; Shove, 2003; Strengers & Maller, 2011). 지역적으로 토지 이용의 차이가 나타나고 그에 따라 도시 미기후의 관점에서 도시 열섬효과가 발생할 수 있다면, 시간에 따른 기온의 변화나 지역간 기온 차이의 효과가 기온 조절 행위와 가정부문 전력 소비에 어떤 영향을 미칠 수 있는지 파악할 필요가 있다.

다음 <그림 4>에서는 이론적 논의를 종합하여 연구의 주안점이 될 수 있는 주요 요소들의 관계를 소개하고 있다. 사회학계의 논의를 바탕으로 가정 내의 주거 에너지 소비는 가구 구성원의 생활 행위와 가구의 생활양식과 밀접한 연관성을 갖는다. 그리고 총제적인 생활 행위와 물질 요소로 구성된 생활양식은 사회적 구조에 영향으로 형성된다.

사회적 구조는 공간에 따라 차등적으로 분포되며, 이에 따라 집합적인 생활양식의 형태도 지역에 따라 다르게 나타난다. 또한 사회적 구조와

3) 알베도(albedo)란 태양복사에너지에 대한 반사율로 낮은 알베도 표면은 일사량에 더 많은 영향을 받아 높은 알베도 표면보다 더 뜨겁게 되며 알베도가 높은 표면일수록 옅은 색을 띈다(Rosenfeld, 1995; Susca et al., 2011)

공간적 구조의 상호작용은 생활양식 외에 다른 방식으로 에너지 소비에 영향을 미친다. 도시의 공간 구조는 도시 내의 기온을 상승시키는 열섬 효과를 만들어내며 이는 실내 기온의 조절 행위와 긴밀하게 연결된다. 이러한 일련의 과정으로 가정 내의 에너지 소비는 집합적인 형태로 지역간 차이가 나타나게 된다. 따라서 지역간 차이를 고려한 상태에서 다양한 사회적 구조, 생활양식, 기온 관련 변수들의 효과를 파악하는 것이 주거 에너지 소비를 이해하는 데 도움이 될 수 있다.



<그림 4> 사회·공간 구조, 생활양식, 기온과 주거 에너지 소비의 관계

제 2 절 정책적 배경

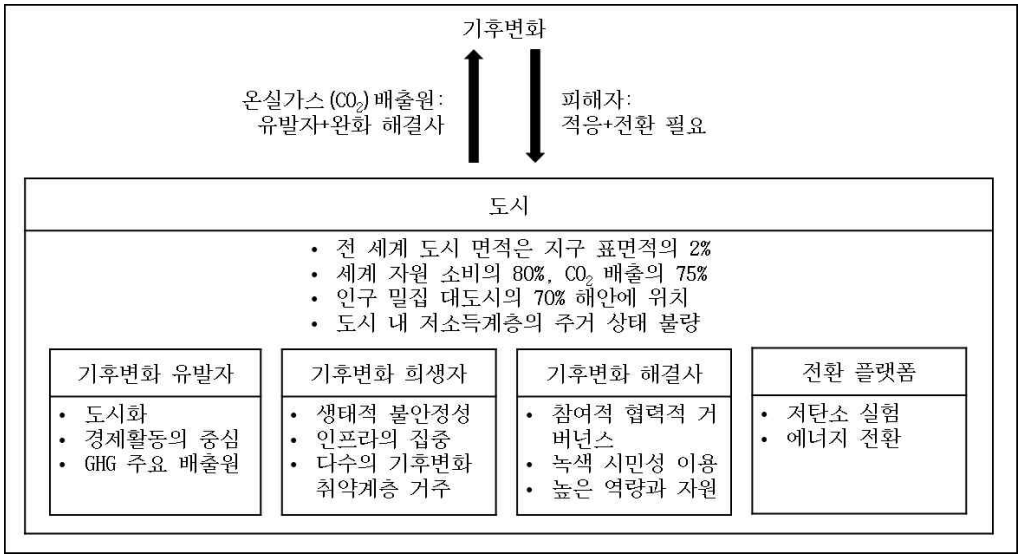
1. 기후변화 대응을 위한 지방정부의 역할

Lobao & Hooks(2007)는 지역 단위 접근법을 통해서 도시에서 농촌까지 공간적 불평등의 수준을 보다 명확하게 확인할 수 있을 뿐만 아니라 이러한 지역들이 행정구역 단위이기 때문에 지방정부에 주목할 수 있다고 보았다. 특히 지방 분권화가 진행되면서 지역에 변화를 가져올 수 있는 지방정부의 정책적 역할이 점차 중요해지고 있다(Lobao & Hooks, 2007).

특히 농촌 지역과 달리 상대적으로 더 많은 인구가 거주하고 이질적인 사회적 구성을 가지며 보다 다채로운 생활양식이 존재하는 도시지역에서는 에너지 소비 절감을 위한 정책적 노력이 더욱 요구된다.

2018년 UN 세계 도시화 전망보고서(2019)에 따르면, 전 세계적으로 도시에 거주하고 있는 인구는 1950년에 총 인구 대비 30%에 불과하였으나 2007년을 기점으로 도시 인구의 수가 농촌 인구의 수를 초과하였고 이후 도시화율은 2018년 55%로 증가하여 2050년에는 68%까지 늘어날 것으로 예측하고 있다. 현대 도시는 계속적으로 늘어나는 인구와 함께 수많은 인공적 환경은 지속적으로 에너지 수요를 유발시켜 지속가능성의 한계를 가지고 있다(박영균, 2009).

기후변화에 관한 정부간 협의체(IPCC)는 도시화에 따른 에너지 소비와 온실가스 배출 증가의 위험성에 대하여 경고하고 있다. 그리고 다른 한편으로 기후변화의 영향으로 열 스트레스(heat stress), 극한 강우, 내륙 및 해안 침수, 산사태, 대기 오염, 가뭄, 물 부족 등이 주로 도시지역에 집중될 것으로 예측하고 있다(IPCC 2014a; 2014b). 다음 <그림 5>에서 제시되는 것처럼, 도시는 기후변화를 가속화시키는 원인을 제공하면서 동시에 기후변화에 대한 취약성이 높은 공간이지만, 다른 한편으로는 정책적 측면에서 기후변화에 대응할 수 있는 다양한 정책과 시민참여를 이끌어 낼 수 있는 기회의 공간이기도 하다(유정민·윤순진, 2015).



출처: 유정민·윤순진(2015)

<그림 5> 기후변화와 도시의 상호관계

환경문제에 대한 지방정부의 역할은 전 세계적으로 강조되고 있다. 1992년 리우환경회의에서 채택된 의제 21(Agenda 21) 제28장에서 지방정부가 중심이 되어 환경문제에 대응하는 지방의제 21을 채택한 바가 있다(문태훈, 1997). 2015년 UN 193개국이 만장일치로 합의한 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs)에서도 도시의 지속가능성 향상과 관련된 11번째 목표(Sustainable Cities and Community)를 달성하기 위하여 지방정부의 역할이 강조되고 있다(오수길·한순금, 2018; 이유경 외, 2018).

또한 기후변화에 대응하기 위한 대표적인 도시 네트워크로서 '지속가능성을 위한 세계지방정부(ICLEI)'에 2017년 기준 87개국 1,500여개 지방정부가 참여하고 있다(오수길·한순금, 2018). 이외에도 유럽의 '기후동맹(Climate Alliance)'이나 '유럽 시장서약(European Covenant of Mayors)', 미국의 '기후보호시장협약(US Mayors Climate Protection Agreement)', 세계 주요 도시들의 연합인 'C40 기후리더십그룹(C40 Cites Climate Change Leadership Group)' 등이 기후변화 대응을 위하여 연합하고 있다(유정

민·윤순진, 2015). 국내에서는 2011년 일본 후쿠시마 원전사고와 국내 순환정전 사태 이후 에너지 문제에 대한 사회적 관심이 점차 커지면서 2012년 2월 전국 45개 기초 지방자치단체가 모여 '탈핵·에너지 전환을 위한 도시선언'을 선포하였다(윤순진, 2015). 또한 일부 지방자치단체를 중심으로 에너지 분권화를 시도하고 지역에너지공사를 설립하는 사례가 늘어나고 있다(진상현, 2018).

2. 지역 단위의 에너지 수요 관리

에너지 수요관리에 있어서도 지방정부의 정책적 필요성이 논의되어 왔다. 지역에너지(Local Energy)의 관점에서 지역사회와 지방정부 등 지역 내 다양한 주체가 함께 참여하여 지역의 에너지 소비 특성과 소비 요인을 탐색하고 에너지 절약과 효율 개선 방안을 마련하는 것이 중요하다는 것이다(박진희, 2009; 최병두, 2013; 에너지기후정책연구소, 2016). 대표적으로 서울시는 '원전하나줄이기 정책'을 지속적으로 펼쳐나가면서 에코마일리지사업, 에너지 컨설팅, 에너지자립마을사업, 주택에너지효율화사업 등을 통하여 에너지 소비를 줄이는 데 앞장서고 있다(윤순진, 2015).

에너지 관계법령상으로 지방정부의 에너지 정책 수행자로서의 역할을 규정하고 있다. 「에너지법」 제4조 제2항에 따르면, 지방자치단체는 지역적 특성을 고려하여 지역에너지시책을 수립하고 시행하여야 한다고 규정하고 있다. 또한 같은 법 제7조에서는 지역에너지계획을 5년마다 5년 이상을 계획기간으로 하여 수립하고 시행하여야 하며(제1항), 에너지 사용 합리화와 그에 따른 온실가스 배출 감소를 위한 대책에 대한 사항이 지역에너지계획의 내용에 포함되어야 한다고 규정되어 있다(제2항 제4호).

제3차 에너지기본계획에서는 지방정부의 정책적 참여를 이끌어내지 못했던 점이 지적되면서 지역 중심의 에너지 수요 관리와 지역별 특성을 반영한 지역에너지계획의 수립, 지역 주도의 에너지 정책 추진을 위한 지역에너지센터 설립 등 지역의 권한과 책임을 강화하는 방향이 제시되었다(산업통상자원부, 2019).

그러나 지역에너지계획은 국가적 차원의 에너지 관련 최고 상위계획인 에너지기본계획의 세부 행동 계획이라고 할 수 있으나 지자체장과 지역사회의 낮은 관심, 지역의 역할과 권한의 부족, 국가 계획과의 연계성 문제 등으로 그 수립과 관리가 지역마다 다른 특성을 반영하지 못한 채 획일적이고 형식적으로 이루어지고 있는 실정이다(박기현·김창훈, 2016).

이처럼 지역 차원의 에너지 정책 수행은 여러 가지 측면에서 문제가 제기되고 있지만 점차 그 역할은 확대될 것으로 보인다. 그렇다면 최근까지 수립된 지역별 지역에너지계획에서 에너지 수요 관리는 어떻게 다루어지고 어떤 점을 개선해야 하는지 살펴 볼 필요가 있다. 이 연구에서는 에너지 부문 중에서 가정부문 전력 수요에 초점을 맞추어 국내 광역지방자치단체의 지역에너지계획을 중심으로 살피고자 한다(<표 1> 참조).

<표 1> 광역지방자치단체의 지역에너지계획 수립 현황

지방자치단체	수립 연도	수립 차수	지방자치단체	수립 연도	수립 차수
서울특별시	2015	4차	부산광역시	2018	5차
인천광역시	2014	4차	대구광역시	2015	4차
대전광역시	2018	5차	광주광역시	2014	4차
울산광역시	2017	5차	세종특별자치시	2015	1차
경기도	2015	4차	강원도	2015	4차
충청북도	2017	5차	충청남도	2016	5차
전라북도	2017	3차	전라남도	2014	4차
경상북도	2015	4차	경상남도	2015	5차
제주특별자치도	2017	5차			

17개 시·도의 지역에너지계획에서 가정부문 전력 수요 관리와 관련될 수 있는 정책 수단들을 살펴보면 주택 태양광, 절약 인센티브 제공, 가정 에너지 진단, 에너지자립마을 조성 등이 있다. 주택 태양광은 가정 내에서 자체적인 전력 생산을 통하여 전력 수요를 관리할 수 있는 효과가 있다. 한편, 절약 인센티브나 가정 에너지 진단을 통한 정보 제공은 가정의 구성원들의 소비 습관을 변화시켜 수요를 관리하는 방식이다.

그리고 이러한 정책 수단 중에서도 태양광과 미니태양광의 보급, 절약 인센티브 제공, 에너지자립마을 조성 등이 대다수의 지역에너지계획에서 강조되고 있다. 또한 주택에 설치하는 자가용 태양광은 제3차 에너지기본계획과 제8차 전력수급기본계획에서 그 중요성을 강조한바 있다(산업통상자원부, 2017, 2019). 그런데 대부분의 지역에너지계획에서 자가용 태양광 관련 사업을 추진하겠다고 계획하고 있지만 설치한 가구의 전력수요 관리에 대해서는 별다른 조치를 하지 않고 있다. 정책적 지원으로 시장 가격보다 상당히 저렴한 비용으로 태양광 패널을 구입할 수 있는데, 이는 에너지 비용의 감소로 인식되어 기존보다 소비를 더 늘릴 수 있는 우려도 있다. 이러한 효과는 에너지 효율개선사업의 정책적 부작용인 반등효과(rebound effect)와 상당히 유사하다(진상현, 2013). 다만, 절약 인센티브 사업과의 연계 등 이러한 반등효과를 방지하기 위한 방안은 적절하게 고려되지 않고 있다.

시민들이 가정에서 절약한 에너지의 일정부분을 인센티브로 제공하는 절약 인센티브의 경우 서울시의 에코마일리지제도, 광주시의 탄소은행제가 독자적으로 시행되고 있지만 대부분의 지역에서는 환경부의 탄소포인트제도로 운영되고 있다(고재경, 2010; 배민기, 2011). 17개 시·도의 지역에너지계획에서는 이러한 절약 인센티브에 시민 참여를 높이는 것이 강조되고 있다. 그러나 일부 선행 연구들에서는 이러한 절약 인센티브 제도에서 에너지 사용량이 현저히 낮거나 오랜 가입기간 동안 지속적으로 사용량을 줄여온 가구들은 인센티브를 받기 어렵다는 문제점을 지적하고 있다(고재경, 2010; 배정환 외, 2017; 조항문, 2013). 이에 대한 대안으로 가구원수, 거주형태, 주거면적 등 세대 유형별 평균 에너지사용량을 기준으로 탄소포인트를 제공하거나(고재경, 2010), 에너지 절감 실적에 따라 누적 적립하는 방안(조항문, 2013), 전력수요 피크 시간을 기준으로 하는 방안(배정환 외, 2017) 등이 제시되어 왔다. 하지만 현재 지역에너지계획에서의 절약 인센티브 관련 내용은 가입자 수의 확대에 관한 내용이 주를 이루고 있다. 이에 따라 지역별 가구 특성을 고려한 차등화된 기준을 설계하거나 서울시나 광주시의 사례처럼 차별화된 인센티브를 제공하는

방안 등을 고려해 볼 수 있다.

서울시에서 활성화되어 있는 에너지자립마을사업은 지역 공동체 단위에서 주민들이 함께 에너지 이용에 대한 문제의식을 공유하면서 에너지 절약과 효율 개선, 태양광 설치 등 절전과 에너지 생산 활동을 함께하고 에너지 절약 정보를 마을 내 사회연결망을 통해 공유하는 공동체를 육성할 수 있다(서울특별시, 2015). 그러나 이렇게 주민들의 적극적인 참여와 인식 제고를 강조하는 몇몇 사례를 제외하면 상당수의 지역에너지계획에서 마을 단위의 에너지자립마을사업들은 주로 시설 보급 위주로 논의되고 있다. 하지만 사회적 자본을 활용하여 사업에 대한 지역 주민들의 충분한 공감대 형성과 인식 제고 노력 없이 행정적 편의성 위주의 사업 시행은 재정 낭비와 지역 갈등 유발과 함께 에너지 수요 관리에도 실패할 가능성이 높다(이승지, 2011; 강지윤·이태동, 2016; 이유진·진상현, 2015). 따라서 주민들이 에너지 문제에 대한 관심을 갖고 에너지 소비와 관련한 자발적인 행동변화를 이끌어낼 수 있도록 지방정부 차원에서 지역의 특성에 맞게 지역 에너지 공동체를 육성하는 방안을 모색할 필요가 있다.

가정에너지진단사업은 가정을 방문하여 생활행위 변화를 위한 절전 관련 정보와 정책 사업에 대한 정보를 제공할 수 있다(서울특별시, 2014). 주거에너지소비가 생활행위와 밀접한 연관성을 가지고 있고 사회적 캠페인을 수행하거나 적절한 정보를 제공하는 것이 생활행위의 형성과 변화에 영향을 미친다는 것을 고려할 때, 가정에너지진단사업은 주거 에너지 수요 관리에서 중요한 역할을 할 수 있다. 몇몇 지역에너지계획에서는 가정에너지진단사업에 대한 내용이 담겨 있는데 그 대표적인 실례로는 서울시의 '에너지클리닉 서비스', 부산시의 '에너지홈닥터 사업', 대구시의 '그린홈·녹색아파트 사업', 대전시의 '에너지 똑똑 아파트 사업' 등이 있으며 특히 서울시, 부산시, 대구시, 전라북도는 가정을 대상으로 에너지 진단 사업을 수행하면서도 지역 내에서 자체적으로 진단 인력을 양성하는 사업을 함께 포함하고 있다(대구광역시, 2015; 대전광역시, 2018; 부산광역시, 2018; 서울특별시, 2015; 전라북도, 2017). 하지만 가정에너지진단사업을 구체적으로 다루거나 계획하고 있는 경우는 절반에도 미치지 못

하는 것으로 나타났다.[4] 가정에너지진단은 생활 습관의 교정을 위한 절약 정보와 정부의 정책 정보를 제공할 수 있는 창구가 될 수 있기 때문에 향후 지역에너지계획에서 이에 대한 고려가 필요하다.

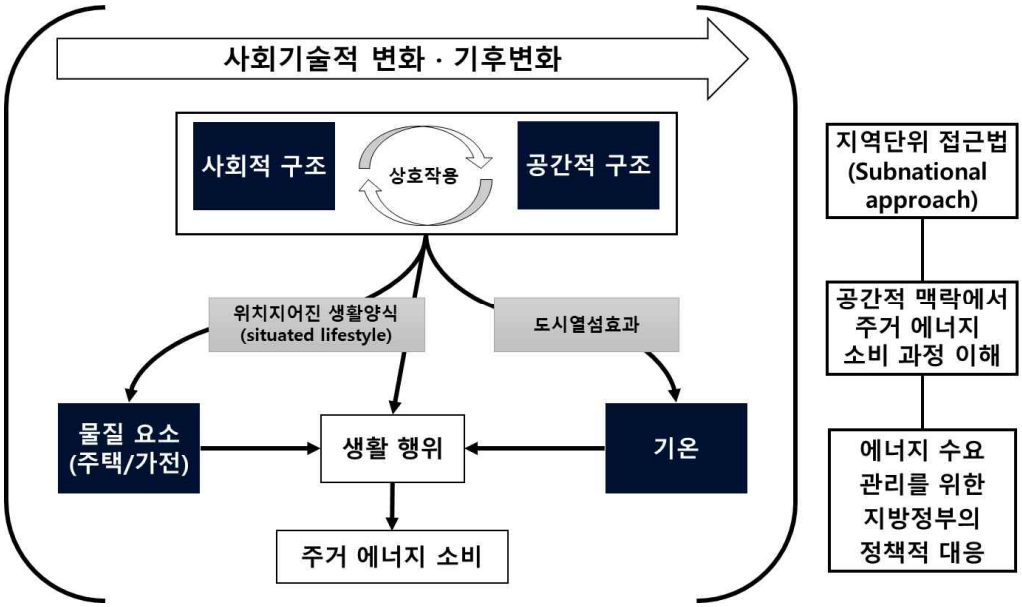
이외에도 가전기기의 효율 개선 역시 전력 수요 관리에 있어서 중요한 부분이지만 대다수 지역에서는 LED 조명 교체 외에 전반적인 효율개선에 대하여 논의하고 있는 경우는 많지 않다. 울산시의 경우 산업통상자원부의 '고효율 가전제품 인센티브 지원사업'과 연계하여 사업을 설계하였지만 다른 지역에너지계획에서는 고효율 가전기기 구매를 지원하는 내용은 잘 드러나지 않고 있다.

무엇보다도 지역에너지계획은 지역에 따른 차별화 특성을 반영하지 못하고 있는 것으로 보인다. 각 계획별로 전반부에는 지역의 현황에 대한 논의가 서술되어 있지만, 이러한 지역 현황에 기초하여 가정 부문의 수요 관리 관련 사업들이 설계되지 않고 있다. 예를 들어, 앞선 이론적 논의에서 살펴본 바와 같이 지역별로 가구의 규모와 고령화 수준, 직업 현황이나 소득 수준 등 인구사회학적 구조가 다를 수 있고, 지역 거주민들의 주택 특성과 가전기기 보유와 이용 특성, 생활 패턴 등의 생활양식과 기온 변화와 폭염, 열대야 등이 다를 수 있다. 이러한 이유로 가정부문 전력 소비에 영향을 미치는 다양한 요인들의 효과를 살펴보고, 지역 에너지 계획에서 가정부문 전력 수요를 관리할 수 있는 사업의 종류와 대상을 지역의 현실에 맞게 다변화하고 구체화하는 노력이 필요하다.

다음 <그림 6>에서는, 이론적·정책적 논의를 바탕으로 이 연구에서 주요하게 다루는 영향 요인들이 구체화되어 있다. 지역 단위에서 에너지 소비와 온실가스 배출을 줄이기 위하여 가정부문 수요에 대한 지방정부의 정책적 대응의 필요성은 점차 확대되고 있다. 이러한 측면에서 가정 내 에너지의 소비 과정을 체계적으로 이해하기 위하여 주거 에너지 소비와 관련한 사회기술적 변화, 기후변화의 흐름을 파악하고 지역별로 다른 사회적 구조, 생활양식, 기온 등 다양한 요인들의 효과를 규명하는 것이 필요하다. 그 과정에서 지역 단위 접근법은 도시에서 농촌까지 지리적

4) 여기서 에너지 진단은 다른 부문이나 복지 사업을 제외하고 일반 가정을 대상으로 하는 경우로 한정하여 살펴보았다.

영역에 걸쳐 주거 에너지 소비의 분포와 소비 요인을 파악하는 데 유용한 수단이 될 수 있다. 그리고 지역별로 차등적인 소비 요인의 효과를 기반으로 지역에너지계획의 시행과 수립에 있어 지역의 특성에 맞게 정책 대상을 구체화하는 노력이 필요하다.



<그림 6> 주거 에너지 소비 요인의 관계와 지역단위 접근법

제 3 절 선행연구 고찰

이 연구는 가구 단위 설문조사 자료와 행정구역별로 집계된 공간통계 자료를 활용하기 각각의 자료 유형에 따라 선행연구도 두 가지로 나누어 살펴보았다.

1. 가구단위 설문조사 자료를 활용한 연구

가구 단위의 설문조사 자료와 전력 소비 간의 관계를 탐색하는 상향식 접근법(bottom-up approach)은 세분화된 데이터를 활용하여 전력 소비에 대한 다양한 요인들의 영향을 파악하는 데 유용하다(Fan et al., 2015). 가구 단위의 설문조사를 수행하면 가구의 가구원 규모와 소득 수준, 주택의 종류와 크기, 건축연도, 가전기기 보유 및 냉방과 난방, 취사 에너지원과 소비 행태 등 폭넓은 자료를 수집할 수 있고 가구의 연령과 학력 수준, 직업 종류, 성별 등은 가구주에 대한 정보를 통해 파악할 수 있다.

임기추·강윤영(2004)은 국내에서 가구의 생활양식이 가정부문 전력소비에 미치는 영향에 대하여 분석한 첫 번째 사례이다. 가구의 가구원 규모와 소득, 연령, 주택면적, 주부의 직업 유무 등의 가구와 주택 특성뿐만 아니라 난방과 냉방, 조명과 취사 등 생활행위가 전력 소비에 미치는 효과를 집단간 비교 방식으로 파악하였다. 나아가 생활양식 관련 시나리오 분석을 통하여 정보화, 고령화, 여가 증대, 개인주의화 등의 생활양식 유형이 가정 내 전력 소비를 증가시킬 것으로 보았다.

가구의 생활패턴과 전력소비량에 대한 관계에 대하여 보다 미시적으로 살펴보는 연구도 있는데, 김유란 외(2011b)는 가족 내에서도 남편, 아내, 자녀 등 가족구성원에 따라 생활패턴이 달라지기 때문에 평일과 주말의 시간대별로 전력 소비패턴이 달라질 수 있음을 보여주었고, 서현철 외(2012)는 가족 구성형태와 소득 수준에 따라 시간대별 전력 소비패턴이 달라진다고 제시하였다. 유사한 연구로는 전력소비량이 계절에 따라 패턴이 달라지지만 그 역시 가구 구성원 수, 가구 소득, 주택 규모, 난방에

너지원에 따라 전력소비량이 달라진다고 분석한 서윤규 외(2009), 김유란 외(2011a)의 사례도 있다.

전력요금을 모형의 종속 변수로 두거나 전력소비량에 대한 설명 변수로 고려하는 경우도 있다. 이성림·박명희(2008)은 전국 도시지역에 거주하는 2,000가구를 대상으로 전력 누진구간에 대한 다항로짓분석을 실시하여 가구원과 거주지의 규모가 커질수록 전력 소비구간이 높아진다고 하였다. 가계소득은 대체로 301-400kWh 구간부터 양의 상관관계를 갖는 것으로 나타났다. 통계청 가계동향조사자료를 바탕으로 2단계최소제곱회귀모형을 활용한 조하현·장민우(2015)와 신동현 외(2015)는 평균전력가격, 전력 한계가격(전력량요금)이 전력소비량에 미치는 영향을 분석하였다. 두 연구 모두 소득의 수준에 따라 모형을 세분화하여 각 변수의 효과를 비교하였다.

가구 특성, 주택 특성, 에너지 이용 행태 등에 대하여 보다 세밀하게 분석하여 소비집단과 생활양식의 효과를 파악한 사례들도 있다. 최문선(2013)은 2011년 에너지총조사의 마이크로데이터 자료를 활용하여 가정부문 냉방에너지의 소비량을 추정하고자 하였다. 이 연구에서는 다양한 가구 특성, 주택 특성 및 도시 규모가 전력 소비에 미치는 영향을 소비분위(τ=0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9)에 따라 비교 분석하였다.

노정녀(2014)는 2008년 국가 온실가스 배출량 조사 및 DB 구축사업 조사의 가정부문 자료를 활용하여 가구원 수와 성별, 소득, 연령 등 가구 특성과 주택 형태와 면적, 방 개수, 건축연도 등의 주택 특성, 가전기기 보유 정도의 효과를 분석하였다. 이 연구에서는 성별이 단일하게 구성된 가구가 남녀로 구성된 가구보다 전력 소비가 적게 나타났으며 그 원인을 단일한 성별로 구성된 가구가 1인가구일 확률이 높을 것으로 보았다. 이에 따라 소비가 적은 가구에 가격이나 인센티브의 차등을 주는 정책을 고려할 필요가 있다고 하였다.[5] 또한 건축연도가 최근인 경우일수록 전

5) 그러나 1인가구는 점차 증가하는 추세에 있고 1인가구는 1인당 전력소비량을 증가시키는 요인이며 1인가구의 특성상 다른 가구원들과 전력 소비 효과를 공유할 수 없기 때문에 전력 소비의 효율은 떨어진다고 볼 수 있다. 따라서 가구원수에 대한 가격 또는 인센티브 차등을 고려하는 것은 신중하게 검토할 필요가 있다.

력 소비는 높아지는데, 이러한 효과는 가전기기 보유 수준을 통제했을 때 사라지는 것으로 나타나 건축연도에 따른 전력 소비의 차이는 신규주택에 거주하는 가구와 노후주택에 거주하는 가구의 가전기기 보유 수준이 이질적이라는 점에서 기인한다는 것을 밝혀냈다. 몇몇 연구들은 에너지경제연구원에서 제공하고 있는 가구에너지상설표본조사 자료를 활용하였다. 가구에너지상설표본조사는 전국 16개 시·도별로 표본을 확보하여 가구방문 및 면접조사를 통해 가구와 주택 관련 상세한 특성뿐만 아니라 냉난방 설비와 취사기구 이용과 에너지원별 이용 상태, 가전기기 보유 상태 등을 조사하고 있다(김용래·김민정, 2017; 김지효·남수현, 2015; 배치혜·전정윤, 2017; 석주헌·박기현, 2017; 홍종호 외, 2018). 배치혜·전정윤(2017)은 전력 소비량이 아닌 총 에너지 소비량을 분석하였고, 가구에너지상설표본조사 자료를 기반으로 군집 분석과 의사결정나무 분석을 활용하여 따른 집단 분류 및 요인 변화에 다른 소비량 변화를 파악하였다. 김용래·김민정(2017)은 2015년 가구에너지상설표본 2520가구를 소비량 분위에 따라 504가구씩 나누어 1분위가구와 5분위가구에 대한 소비 모형을 비교 분석하였다. 그 결과, 분위에 따라 결정 요인이 다르게 나타났으나 소비량을 5단계로 일률적으로 나누어 분석하였기 때문에 분위회귀분석에 따라 전체 표본을 분석한 결과와 다소 다를 수 있을 것으로 보인다. 김지효·남수현(2015)과 석주헌·박기현(2017)도 동일하게 2015년 가구에너지상설표본의 변수들을 활용하였으나 전자는 연간 전기요금 지출액을, 후자는 1인당 연간 전력소비량을 추정하였다. 특히 김지효·남수현(2015)은 다양한 냉방, 난방, 취사, 조명 등 에너지 이용 행태와 가전기기의 효과를 종합적으로 분석하였다.

홍종호 외(2018)은 2013년에서 2015년까지의 가구에너지상설표본 자료를 활용하여 가구 특성, 주택 특성, 에너지 이용, 가격 효과를 분석하였다. 특히 이 연구에서는 패널 기간이 짧은 점을 감안하여 가구가 아닌 지역을 패널그룹으로 설정하여 지역고정효과모형으로 분석하였다. 이는 지역의 고유한 특성을 반영하는 것으로 노정녀(2014)와 김지효·남수현(2015)에서도 지역 더미를 투입하여 지역고정효과를 파악하였다. 홍종호

외(2018)는 하우스만 검정을 통해 지역고정효과의 유무에 따른 모형의 차이를 제시하였다. 이는 소비집단, 생활양식 등의 지역간 차이가 모형에 영향을 줄 수 있다고 볼 수 있다(김지효·남수현, 2015). 이와 유사하게 도시와 비도시간 차이를 고려한 경우도 있었는데, 조하현·장민우(2015)는 도시 더미를 통해서 도시 가구와 비도시 가구 간의 소비가 차이가 있다는 것을 확인하였고, 신동현 외(2015)도 가구별 전력소비행태가 지역별로 달라지는 점을 고려하여 도시 거주 가구만을 따로 분석하였다.

해외 연구 사례를 살펴보면, 일본의 연구 사례인 Fong et al.(2007)은 전력 소비가 아닌 가정 내 총 에너지 소비에 대하여 분석하였지만 생활양식과 관련된 가구원 규모, 직업 특성, 성별에 따라 에너지 소비가 어떻게 달라지는지를 제시하였다. 이 연구에서는 가구원 수가 많아질수록 가구당 소비량이 늘어나지만 1인당 소비량이 줄어든다는 것을 보여주었고 이와 같은 결과는 에너지 이용의 효과를 가구원 간에 공유하는 효과를 가지기 때문으로 해석한 바 있다(Fong et al., 2007; Huang, 2015; Williams, 2007). 또한 가정 내 머무르는 시간이 많은 주부와 은퇴한 노년층의 에너지 소비가 높아진다고 분석하기도 하였다.

임기추·강윤영(2004)의 연구와 같이 생활양식이 다른 집단간 비교 분석을 실시한 사례도 있다. Druckman & Jackson(2008)은 생활양식이 다른 7가지 주요집단(OAC supergroups)간에 전력 소비가 어떻게 달라지는지를 분석함으로써 국가 평균보다 소비가 많은 집단과 적은 집단 간에 가구주 연령이나 주택 유형과 규모, 소득 수준 등의 차이가 있다는 것을 보여주었다. Brounen et al.(2012)은 1인당 전력 소비에 대하여 가구 특성이 주택 특성보다 더 많은 설명력을 갖는 것을 확인할 수 있는데, 일반적으로 가스와 달리 전력이 난방 용도로 사용되는 경우가 적기 때문에 주택의 에너지 효율과 관련성이 상대적으로 떨어진다고 볼 수 있다. 그러나 가구 특성과 주택 특성을 모두 고려한 모형을 활용하지는 않았다는 점에서 한계가 있다.

이어 가구 특성과 주택 특성 외에 다양한 가전기기와 기온의 영향에 주목한 연구들도 있다(Fan et al., 2015; Sanquist et al., 2012; Yun &

Steemers, 2011). 가스와 비교하면 가정에서 소비되는 전력은 주로 가전기기 이용과 냉방에 이용되는데 이들 연구에서는 에어컨 사용과 기온 상승이 전력소비에 미치는 효과가 명확하게 드러나고 있다.

기온 변수를 모형에 고려할 수 없는 경우 지역고정효과를 통해서 지역간 기온변동성이나 그 외에 관측되지 않은 지역간 차이를 통제하고자 한 사례들도 있다(Brounen et al., 2012; Huang, 2015; Salari & Javid, 2017; Tilov & Volland, 2018; Wiesmann et al., 2011). Fong et al.(2007)도 지역에 따라 기온 차이가 달라지는 점에 주목하여 가장 북쪽 지방인 삿포로 지역, 중부지방인 사이타마 지역, 남쪽 지방인 가고시마 지역으로 각각의 요인별 차이를 분석하였다. 전반적으로 위도가 가장 높은 북쪽 지방에 거주할수록 가구에너지 소비는 증가하는데 이는 난방에너지 수요의 차이에서 기인한 것으로 볼 수 있다.

Wiesmann et al.(2011)과 Huang(2015)은 지역고정효과 외에 도시 거주 여부를 더미로 추가하였다. 이는 도시에 거주하는 가구가 농촌에 거주하는 가구에 비하여 일반적으로 에너지를 더 많이 소비하고 그러한 소비량의 차이는 도시 가구의 생활양식이 상대적으로 더 부유하기 때문임을 밝혔다(Huang, 2015). Ewing & Rong(2008)은 다양한 자료원을 활용하여 다중회귀모형과 위계선형모형을 구축하였고 이를 통해서 도시의 형태가 가정 내 전력 소비에 미치는 영향을 분석하였다. 이 연구에 따르면 지역에 따라 도시 형태의 압축성 정도가 달라지며, 이에 따라 주택 규모와 유형 등 주택의 특성과 도시열섬효과 등 기온의 영향도 차등적으로 받을 수 있고 그러한 효과가 전력 소비에까지 영향을 준다고 보았다.

한편, 분석 자료의 크기와 투입하는 변수의 다양성에 따라 발생할 수 있는 이분산성을 통제하기 위하여 분위회귀분석을 활용하는 경우도 있다(Huang, 2015; Tilov & Volland, 2018). 이들 연구들은 다중회귀분석과 분위회귀분석을 함께 시행한 뒤, 각 변수들의 전반적인 효과와 소비량 분위에 따른 차등적인 효과를 같이 제시하였다. 이를 통하여 전력 다소비의 가구에 영향을 미치는 변수와 그 효과를 더욱 직관적으로 확인할 수 있다.

<표 2> 국내 설문자료 기반 주요 선행연구 사례

연구 사례	자료 시점	연구 방법	자료 크기	주요 요인
임기추·강윤영(2004)	2000년	기술통계, 시나리오분석	특·광역시 아파트 550가구	가구특성, 주택특성, 생활행위, 생활양식 유형
이성림·박명희(2008)	2006년	다항로짓분석	전국 도시지역 2,000가구	가구특성, 주택특성
서윤규 외(2009)	2003년-2004년, 2006년-2007년	기술통계, 계절별 패턴분석	대구시 임대아파트 421가구	가구특성, 주택특성
서현철 외(2012)	2009년	기술통계, 시간대별 패턴분석	전국 8,089가구	가구특성
임슬예 외(2013)	2012년	다중회귀분석 (최소절대편차추정)	전국 521가구	가구특성, 주택특성, 가격
최문선(2013)	2011년	분위회귀분석	6,619가구	가구특성, 주택특성, 도시 규모, 기온
노정녀(2014)*	2008년	다중회귀분석	16개 시·도 64,544가구	가구특성, 주택특성, 가격, 가전기기
신동현 외(2015)	2013년	2단계최소제곱회귀분석	전국 도시 가구의 59,900 관측치 표본	가구특성, 가격, 기온
조하현·장민우(2015)	2013년	2단계최소제곱회귀분석	전국 9,681가구의 74,881 관측치 표본	가구특성, 주택특성, 가격, 기온, 도시
김지효·남수현(2015)*	2015년	확률적 프론티어 방법론	16개 시·도 2,377가구	가구특성, 주택특성, 에너지 이용(냉방, 난방, 취사), 가전기기, 지역
김용래·김민정(2017)	2015년	집단 비교, 다중회귀분석	전국 1,008가구	가구특성, 주택특성, 가전기기
석주헌·박기현(2017)	2015년	다중회귀분석	16개 시·도 2,475가구	가구특성, 주택특성, 에너지 이용(냉방, 난방)
홍종호 외(2018)*	2013년-2015년	패널 Pooled OLS (2단계최소제곱회귀분석)	16개 시·도 가구의 7,166 관측치 표본	가구특성, 주택특성, 에너지 이용(냉방, 난방), 가격, 지역

*주: 모형에 지역 더미를 투입하여 지역고정효과를 고려한 사례

<표 3> 해외 설문자료 기반 주요 선행연구 사례

연구 사례	국가	자료 시점	연구 방법	자료 크기	주요 요인
Druckman & Jackson(2008)	영국	자료1(2004년-2005년) 자료2(2001년)	지역단위자원분석 (Local area resource anaysis)	7,000가구(2004-2005년) 175,434 센서스 소구역 (output area, 2001년)	가구특성, 주택특성, 생활양식 유형
Ewing & Rong (2008)	미국	모형별로 다름 2001년(모형1), 2000년(모형2), 1998년, 2002년 (모형3) 2003년(모형4)	다중회귀분석 위계선형회귀분석	모형별로 다름 3,464가구(모형1) 266카운티 2,519,726가구(모형2) 59카운티 61,947가구(모형3) 543카운티(모형4)	가구특성, 주택특성, 기온, 도시형태
Wiesmann et al. (2011)*	포르투갈	2005년 10월 -2006년 10월	다중회귀분석 (지역고정효과)	7,925가구	가구특성, 주택특성, 도시화, 지역
Yun & Steemers (2011)	미국	2001년	경로분석, 다중회귀분석	에어컨이 있는 2,718가구	가구특성, 주택특성, 가전기기, 기온
Brounen et al.(2012)*	네덜란드	2008년-2009년	다중회귀분석 (지역고정효과)	자가(owner occupied) 305,001 주택 표본	가구 특성, 주택 특성
Sanquist et al.(2012)	미국	2001년, 2005년	요인분석, 다중회귀분석	전력요금 자료가 구축된 2,165가구(2001년), 2,690가구(2005년)	가구특성, 가전기기
Fan et al.(2015)	호주	2012년 7월 -2013년 7월	일반화선형회귀분석	3,446가구	가구특성, 주택특성, 가전기기
Huang(2015)*	대만	1981년, 1991년, 2001년, 2011년	다중회귀분석, 분위회귀분석 (지역고정효과)	15,286가구(1981년), 16,434가구(1991년), 13,601가구(2001년), 15,857가구(2011년)	가구특성, 주택특성, 가전기기, 도시, 지역
Salari & Javid (2017)*	미국	2010년-2012년	주성분회귀분석 (지역고정효과)	주요 에너지원이 전력인 168,046 가구	가구특성, 주택특성, 지역, 기온, 가격
Tilov & Volland (2018)*	스위스	2015년-2017년	패널분석 분위회귀분석 (지역고정효과)	Ticino 주를 제외한 25개주 가구 3,763 관측치 표본	가구특성, 주택특성, 가전기기, 가격

*주: 모형에 지역 더미를 투입하여 지역고정효과를 고려한 사례

2. 공간단위 집계자료를 활용한 연구

공간 단위에 따라 집계한 자료를 활용한 연구들에서는 설문조사 자료를 활용한 경우에 비하여 가정부문 전력 소비에만 초점을 맞춘 사례가 상대적으로 적고, 지역 단위의 총 에너지소비량이나 온실가스 배출량에 보다 더 많은 관심을 가지고 있다. 따라서 공간을 분석 단위로 활용한 국내외 주요 연구들에 대해서 가정부문에 한정한 경우와 가정부문 외 다른 부문을 함께 포함한 경우로 나누어 살피기로 한다.

지역이나 국가적 차원에서 집계된 자료를 활용하는 하향식 모형(Top-down model)을 활용한 접근방식은 주로 에너지 소비에 대한 사회경제적 영향을 다뤄왔다(Fan et al., 2015). 공간집계자료를 이용하여 가정부문 전력 소비에 초점을 두는 연구들은 ① 도시 내부의 세부 지역과 ② 도시 수준의 단위, 그리고 그보다 더 넓은 ③ 지역 단위의 자료를 활용하는 경우로 나누어진다.

국내의 경우 시 내부의 공간 자료를 활용하여 가정부문 전력소비량을 분석한 경우는 김민경(2013)과 정재원 외(2015)가 있고, 이 두 사례 모두 서울시를 대상으로 다중회귀분석을 실시하였다. 김민경(2013)이 서울시 내 필지별 전력소비량과 주택 특성간의 관계에 초점을 둔다면, 정재원 외(2015)는 보다 포괄적으로 가구·주택·도시공간 특성이 행정동별 전력소비량에 미치는 영향에 주목하였다. 특히 정재원 외(2015)의 경우 행정동을 도심과 비도심 지역으로 분류하여 각 변수의 영향이 지역 유형에 따라 달라진다는 점을 보여주고 있다.

해외 사례의 경우, 브라질 상파울루 시 지역을 다룬 Francisco et al.(2007)과 영국 런던 시 지역에 주목한 Tian et al.(2014)의 사례가 있다. 두 사례 모두 공간회귀분석을 실시하였지만, Francisco et al.(2007)은 전력소비량을 가구 소득 수준에 대한 설명변수로 활용하였다는 점에서 차이를 가진다. Tian et al.(2014)은 공간오차모형을 활용하여 8개 지방세 구간(council tax band)이 주택(dwelling)당 전력소비량에 미치는 효과를 분석하였다. 가장 세금이 낮은 A구간부터 가장 높은 H구간까지 존재하

는 지방세 구간은 주택의 유형과 건축 연도 정보와 연동되기 때문에 간접적으로 주택 특성이 전력 소비에 미치는 효과도 파악할 수 있다. 이 연구에서는 지방세가 가장 낮은 구간(A)이 그 상위 단계의 구간들(B와 C)에 비하여 상대적으로 더 전력 소비를 더 많이 증가시키는 것으로 나타났는데, 이에 대하여 저자들은 A구간의 경우 주택 특성상 전기를 이용하여 난방을 하는 가구들이 상대적으로 더 많기 때문이라고 해석하였다. 즉 가구의 경제적 수준뿐만 아니라 에너지 접근성과 같은 생활양식의 차이를 함께 고려할 필요가 있다는 것을 보여주고 있다.

한편, 몇몇 도시들을 선별하여 분석한 사례도 있다. 도시의 지리적 위치에 따라 기온이 달라지는 점에 주목한 임상수(2009)는 1999년 1월에서 2007년 12월까지 국내 주요 대도시와 제주도를 대상으로 패널모형을 구축하여 난방도일과 냉방도일이 지역별 가정부문 전력 소비에 미치는 효과를 분석하였다. 서울의 경우 다른 대도시에 비하여 온도의 영향이 더 큰 것으로 확인되었다. 노승철·이희연(2013b)은 전력 소비의 비중이 높은 국내 81개 도시를 대상으로 가구 특성과 주택 특성, 도시 특성의 직·간접 효과를 분석하였다. 그 결과, 가구의 전력 소비는 직접적으로는 가구 특성, 간접적으로는 도시 특성의 영향을 받는 것으로 확인하였고, 주택 특성으로부터는 유의한 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 가정부문의 전력 소비가 주택 특성보다는 가구 특성에 의하여 더 많은 영향을 받는다는 것은 몇몇 해외 연구에서 제시되고 있는데(Brounen et al., 2012; Yun & Steemers, 2011), 국내 사례에서도 유사한 결과가 나타난 것으로 보인다.

대부분의 연구들은 도시 규모보다 더 넓은 지역적 범위를 포괄하고 있다. 국내에서는 시·도 단위나 시·군·구 단위에 초점을 두고 있다(금예진 외, 2018; 노승철·이희연, 2013a; Cho et al., 2015). 금예진 외(2018)는 16개 시·도 단위로 패널모형을 구축하여 가정부문 전력 소비를 분석하였다. 노승철·이희연(2013a)은 고정효과모형을 통해서 지역간 차이를 고려하고 시계열적 자기상관계수를 통해서 소비 습관의 효과를 확인하였다. 한편, 동태적 공간패널모형을 구축한 Cho et al.(2015)은 시·도간 인접지

역의 공간적 자기상관계수가 유의하게 나타나 인접 지역간 유사한 생활양식이 전력 소비에 영향을 미친다는 결과를 제시하였다. 더불어 Cho et al.(2015)은 이러한 공간 효과를 고려하여 지역별로 다른 전력요금체계를 제안하기도 하였다. 금예진 외(2018)는 동태적 패널모형을 통해서 냉방도일이 가정부문 전력 소비에 미치는 영향을 분석하였다. 특히 이 연구에서는 모형을 전국 16개 시·도를 광역시와 기타지역으로 구분하여 각 변수의 차등적 효과를 비교하였다. 이러한 시도는 도시화 수준에 따라 가구의 생활양식과 기온의 영향이 다를 수 있다는 점과 관련지을 수 있다. 하지만 아직까지 시·군·구 단위에서 몇몇 사례를 제외하고 가정부문의 전력 또는 에너지 소비를 다루는 경우는 많지 않으며(박종문, 2018; 양혜미·송재민, 2017), 공간 효과를 고려하거나 패널 모형을 구축하는 경우도 부족한 편이다. 또한 시·군·구 단위에서 가정부문 전력소비량에 대한 기온의 영향을 분석하거나 공간회귀모형을 활용한 경우도 부족한 편이다. 기온의 영향은 시·도 단위보다 더 세분화된 시·군·구 단위에서 더 상세하게 고려될 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 필요한 실정이다.

해외 사례 중에서 시 단위보다 더 넓은 지역 범위를 다루는 경우를 살펴보면, 공간 분석을 변수 구축이나 분석방법에 활용하고 있다. 상향식 모형과 하향식 모형을 모두 활용한 Wiesmann et al.(2011)은 공간보간법과 구역통계기법을 활용하여 지역별 평균 냉방도일과 평균 난방도일을 구축하여 분석을 실시하였다. Gomez et al.(2013)은 스페인 46개주를 중심으로 가정부문 전력소비에 대하여 전통적인 고정효과모형과 공간인접성을 고려한 고정효과모형을 비교 분석하였다. 이외에도 지역간 공간 이질성에 기반한 지리가중회귀모형을 구축한 경우도 있다(Mashhoodi & van Timmeren, 2018; Sultana et al., 2018; Wang et al., 2018b). Mashhoodi & van Timmeren(2018)은 지역별로 구축한 21개의 변수를 요인분석을 거쳐 5개의 요인으로 구축하여 지리가중회귀모형에 투입하였다는 점에서, Wang et al.(2018b)은 13종의 에너지원을 포괄하여 지역별 가정부문 에너지 소비량을 구축하고 이를 기반으로 온실가스 배출량을 만들어 여러 시점별로 분석을 시도하였다는 점에서 특색을 가진다.

한편, 가정부문에 한정을 두지 않는 지역 단위 분석을 시도하는 연구들에 대하여 이를 간략히 살펴보면, 이러한 연구들은 전력이나 가스 등 에너지원별로 각각 분석을 실시하기보다는 에너지원을 통합하여 에너지 소비 총량이나 집약도, 에너지 소비와 연관된 온실가스 배출량이나 배출 집약도에 집중하는 경향이 있다. 분석 대상에서 부문을 한정하지 않기 때문에 주요 분석 요인들도 경제, 무역, 산업, 인프라, 도시화 등을 보다 거시적인 요인들로 구성되고 온실가스 배출에 초점을 두는 경우 설명변수에 에너지집약도나 석탄 소비량 등 에너지 관련 변수가 투입되기도 한다(강창덕, 2011; 김경태·송재민, 2015; 김기중 외, 2016; 김동하 외, 2016; 이동성·문태훈, 2017; Burnett et al., 2013; Cheng et al., 2014; Jiang et al., 2014, 2015; Videras, 2014; Wang et al., 2018a; Yu, 2012; Zhao et al., 2014). 이처럼 가정부문에 한정하는 연구들과 그렇지 않은 연구들이 유사한 공간 단위와 분석방법을 활용하더라도 분석의 대상과 설명 변수가 내용과 형태 면에서 다를 수 있다는 것을 보여준다. 그럼에도 불구하고 가정부문에 국한하지 않는 몇몇 연구 사례에서도 시사점을 주는 경우가 있다. 김경태·송재민(2015)은 국내 시·군·구 지역을 대상으로 도시공간특성이 수송부문 에너지 소비량에 미치는 영향을 공간회귀분석을 실시하여 분석하였다. 공간인접성의 영향을 명확하게 파악하기 위하여 육지지역과 원거리에 위치한 제주시, 서귀포시, 경북 울릉군, 인천 옹진군 등의 도서지역을 제외하였다. 이동성·문태훈(2017)은 기상청 기온관측지점 자료를 활용하여 시·군·구별 냉난방도일 변수를 구축하였는데 관측지점이 없는 지역은 분석에서 제외하였다. 하지만 이러한 경우 분석 자료의 손실이 발생하기 때문에 Wiesmann et al.(2011)의 사례와 같이 기온 관측지점이 없는 지역의 기온 자료를 인접 지역의 영향으로 추정하는 공간보간법을 활용하고 구역통계기법을 통해서 시·군·구 단위로 구축할 필요가 있다. 김기중 외(2016)도 이와 유사하게 서울시 기온 분포를 기상청과 서울시가 제공하는 기온관측지점 온도자료를 활용하여 '공간보간법'으로 구축하였는데, 시·군·구 단위에서도 이러한 방법을 적용하여 자료를 효과적으로 구축할 수 있을 것으로 보인다.

<표 4> 국내·외 공간자료 기반 가정부문 분석 사례

연구 사례	국가	분석 대상	자료 시점	연구 방법	자료 크기	주요 요인
Francisco et al. (2007)	브라질	전력	2000년	공간회귀분석	상파울로시 456 지역단위	가구특성(소득), 생활양식
임상수(2009)	한국	전력	1999년-2007년	패널분석 (확률효과모형)	서울, 부산, 대구, 광주, 인천, 대전, 제주도	가구특성(소득), 기온
Wiesmann et al. (2011)	포르투갈	전력	2001년	다중회귀분석	278개 지방자치단체	가구특성, 주택특성, 기온, 지역
김민경(2013)	한국	전력	2010년	다중회귀분석	서울시 412,455 필지	주택특성, 지역
노승철·이희연 (2013a)	한국	전력, 가스	2001년-2010년	패널분석 (고정효과모형)	16개 시·도	가구특성, 주택특성, 가격
노승철·이희연 (2013b)	한국	전력, 가스	2010년	부분최소자승 구조방정식	81개 시	가구특성, 주택특성, 도시특성
Gomez et al. (2013)	스페인	전력	2001년-2010년	공간패널분석	46개주	가구특성, 가격, 기온
Tian et al. (2014)	영국	전력, 가스	2010년 (일부 자료 2012년)	공간회귀분석 (공간오차모형)	런던시 983센서스지역	가구특성(소득-지방세), 주택특성
정재원 외(2015)	한국	건물에너지 (전력, 가스 합산)	2012년(일부 자료 2011년, 2013년)	다중회귀분석	서울시 423개 행정동	가구특성, 주택특성, 공간특성
Cho et al.(2015)	한국	전력	2004년-2012년	동태적 공간패널분석	16개 시·도	가격, 기온, 공간인접성
양혜미·송재민 (2017)	한국	총 에너지	2014년	군집분석 다중회귀분석	전국 79개 시·군·구 (가정·상업 군집)	지역밀도, 교통특성, 경제특성, 산업특성
금예진 외(2018)	한국	전력	1996년-2013년	동태적 패널분석 FD GMM	16개 시·도	가구특성, 가격, 기온
Mashhoodi & van Timmeren(2018)	네덜란드	전력, 가스	2013년 (일부 자료 2012년)	요인분석 지리가중회귀분석	란스타드 지방 3,514 근린 지역단위	가구특성, 주택특성, 토지이용
Sultana et al. (2018)	미국	건물 에너지 (전력, 가스 합산)	2015년	지리가중회귀분석	노스캐롤라이나 14개 대도시권지역	가구특성, 주택특성
Wang et al. (2018b)	중국	이산화탄소 배출	2000년, 2005년, 2010년, 2015년	지리가중회귀분석	30개성	가구특성, 도시화, 에너지 집약도

<표 5> 국내·외 공간자료 기반 통합 분석 사례(비가정부문 포함)

연구 사례	국가	분석 대상	자료 시점	연구 방법	자료 크기	주요 요인
강창덕(2011)	한국	전력, 가스	2005년, 2006년	공간회귀분석	서울시 522개 행정동	인구 및 고용, 소득 및 생산성, 부동산 개발
Yu(2012)	중국	에너지 집약도	1988년-2017년	공간패널분석	30개 성	지역내총생산, 교통인프라, 중공업 비중, 석탄소비 비중
Burnett et al. (2013)	미국	이산화탄소 배출	1970년-2009년	공간패널분석	48개주	가격, 기온, 지역내총생산
Cheng et al. (2014)	중국	이산화탄소 배출 집약도	1997년-2010년	공간패널분석	30개 성	인구, 지역내총생산, 에너지 집약도, 에너지 구조, 산업 구조, 도시화, 무역, 투자
Jiang et al. (2014)	중국	에너지집약도 (석탄, 석유, 가스 합산)	2003년-2011년	공간패널분석	29개 성	지역내총생산, 투자, 제조업 비중, 자본노동비율
Videras(2014)	미국	이산화탄소 배출	2002년 (일부 자료 2000년)	지리가중 회귀분석	3,108개 카운티	인구 규모, 인구밀도 산업부문, 기온
Zhao et al. (2014)	중국	이산화탄소 배출 집약도	1991년-2010년	공간패널분석	30개 성	지역내총생산, 가격, 밀도, 석탄소비, 도로 총연장
Jiang et al. (2015)	중국	총 에너지 (전력, 석유 합산)	2008년	공간회귀분석	30개 성	지역내총생산, 에너지부존량, 산업구조, 시장개방
김기중 외(2016)	한국	전력	2014년 (일부 자료 2008년에서 2015년)	구조방정식	서울시 424개 행정동	도시열, 자연환경, 경제수준, 개발강도, 도시활동
김동하 외 (2016)	한국	이산화탄소 배출 (전력, 가스 합산)	2016년	지리가중 회귀분석	서울시 423개 행정동	인구·산업·고용 밀도, 토지 이용, 교통인프라
이동성·문태훈 (2017)	한국	총 에너지 (전력, 석유 합산)	2010년	지리가중 회귀분석	전국 193개 시·군·구	가구특성, 토지 이용, 도시, 승용차, 기온
Wang et al. (2018a)	중국	이산화탄소 배출 (석탄, 석유, 가스 합산)	2005년, 2008년, 2011년, 2015년	지리가중 회귀분석	30개 성	도시화, 에너지 집약도, 산업 구조

3. 가정부문 전력 소비에 영향을 미치는 주요 요인

가정 내 전력 소비는 취사, 난방, 냉방, 청소 등 일상적인 행위로 있고 이러한 행위들은 가구의 인구·사회학적 특성과 다양한 외부 환경적 요인에 의해서 영향을 받는다. 주요 선행연구들은 이러한 요인들을 다양한 분석 방법을 활용하여 다루고 있다. 여기서는 가정부문 전력 소비 요인을 분석한 사례를 주로 검토하되, 그 요인에 따라 전력뿐만 아니라 다른 에너지원도 함께 분석한 연구들도 함께 파악하고자 한다.

가정부문 전력 소비에 관한 연구는 한 주택에서 실질적인 생활을 함께 하는 기본 단위인 가구에 초점을 두는가, 개인 단위의 소비에 초점을 두는가에 따라 각각 가구당 소비량과 1인당 소비량을 종속변수로 활용하고 있다.

1) 사회적 구조

사회적 구조 특성은 가구원 규모, 가족 구성, 가구주 또는 가구원의 연령, 교육 수준, 직업의 종류, 가구의 소득 수준 등으로 구성된다.

가구 규모는 한 가구에 함께 거주하는 가구원 수를 의미하는데 가구당 소비량과 1인당 소비량에 각각 상반된 효과를 가진다. 일반적으로 가구원수가 많을수록 1인당 소비량이 감소한다고 제시되고 있다(노승철·이희연, 2013a; 홍종호 외, 2018; Wiesmann et al., 2011). 노승철·이희연(2013a)은 가구 규모가 소비에 있어서 규모의 경제 효과를 가진다고 보았는데, 가구원 수가 많을수록 냉방, 취사 활동을 공유하는 효과를 가지기 때문에 1인당 소비량은 작아진다는 것이다. 반대로, 1인 가구는 에너지 소비의 효율성이 떨어지기 때문에 1인당 에너지 소비량을 증가시키는 효과를 가진다(김민경, 2013; 석주헌·박기현, 2017; 홍종호 외, 2018; Fong et al., 2007; Huang, 2015; Williams, 2007). 홍종호 외(2018)에서 1인 가구는 1인당 전력 소비량을 증가시키며, 1인가구를 연령대별로 나누어 분석하여도 전 연령대에서 1인가구는 1인당 전력소비량을 증가시키는

것으로 제시되었다. 그러나 가구원수는 1인당 전력소비량을 감소시키는 것으로 나타났다(홍종호 외, 2018). 반대로 기초적인 주거 생활 단위인 가구에 초점을 두는 가구당 소비량을 종속변수로 사용할 경우 가구원수는 소비를 증가시킨다고 보고되고 있다(김용래·김민정, 2017; 노정녀, 2014; 신동현 외, 2015; 임슬예 외, 2013; 조하현·장민우, 2015; 최문선, 2013; Druckman & Jackson, 2008; Fan et al., 2015; Huang, 2015; Tilov & Volland, 2018; Yun & Steemers, 2011).

연령이 에너지 소비에 미치는 효과는 연구 결과에 따라 상반된 특성이 있다. 일반적으로 연령이 높아질수록 소비량이 감소한다고 보는데, 이는 노화로 인하여 활동성이 감소하기 때문으로 보여진다. Yun & Steemers(2011)는 가구주의 연령이 높을수록 냉방 전력소비량이 감소한다고 하였다. 노정녀(2014)도 가구 내 65세 이상 노인이 있을 경우 전력 소비량이 줄어든다고 제시하였는데, 노인의 기준 연령을 60세, 70세, 75세로 바꾸어도 비슷한 결과가 나타난다고 하였다. 이러한 효과는 가전제품을 고려해도 큰 변화가 없었는데 이는 노인들이 생활습관 등의 영향으로 가전제품 보유 수준에 상관없이 전력 소비가 적다는 것이다(노정녀, 2014). 서울시 행정동별 가구당 주거에너지소비량(전력 및 도시가스 소비량)에 대하여 분석한 정재원 외(2015)의 사례에서도 서울시 비도심지역에서 평균 연령이 증가할수록 주거에너지 소비량이 감소하는 것으로 나타났다. 시계열 자료를 활용하여 전력 소비를 추정한 임현진 외(2013)와 시·도 단위 패널 자료를 이용한 금예진 외(2018)의 경우에서도 연령은 전력 소비를 감소시키는 효과를 가지는 것으로 분석되었다. 금예진 외(2018)는 고령인구의 가전제품 종류가 적고, 사용 빈도가 낮아 전력소비를 감소시킬 수 있다고 보고 있다.

반대로, 연령이 높아질수록 소비가 증가하는 경향을 제시하는 경우도 있다. 노승철·이희연(2013a)의 연구 결과에서는 65세 인구 비중이 증가할수록 전력 소비가 증가한다고 제시되었는데 거주시간 증가로 인하여 TV, 조명, 전기장판의 사용이 늘어날 수 있다는 것이다. Huang(2015)에 따르면, 노인의 소득이 낮거나 중간 수준인 경우 전력 소비가 줄어드는

효과가 있지만, 소득이 많다면 노인이라도 전력 소비가 늘어날 수 있으며 향후 고령화가 더욱 진행됨에 따라 전력 소비도 늘어날 것으로 예상했다. 석주헌·박기현(2017)에서도 가구주 연령이 60세 이상일 경우 전력 소비가 증가하는 것으로 나타났다.

Brounen et al.(2012)은 고령화 효과에 대하여 모형에 따라 상반된 결과를 보여주고 있다. 가구주의 연령이 높아질수록 전력 소비가 증가하지만 1인 가구나 고령자 가구, 아이가 있는 가구 등 다양한 가구 특성을 통제할 경우 고령자 가구는 비고령자가구보다 전력을 덜 소비하는 것으로 나타난다. 이는 노인이 상대적으로 거주시간이 많기도 하지만, 반대로 젊은 세대에 비하여 이용하는 가전제품이 적은 편이기도 하기 때문이라는 것이다(Brounen et al., 2012).

이상열(2015)에 따르면, 국내에서도 현재까지는 고령인구가 소득이 낮고 가전제품 사용이 적어 고령화가 에너지 소비의 감소 요인으로 나타나고 있지만, 유럽 주요국의 사례를 참고할 때 점차 장기적으로 코호트적 세대 교체에 따라 노인 가구의 소득과 가전제품 친숙도 증가, 긴 거주시간 등이 전력 소비를 증가시킬 수 있어 향후 이에 대한 분석이 지속적으로 이루어질 필요가 있다.

가구 전력 소비에 있어서 소득의 효과는 비교적 일관되게 보고되고 있다. 상당수의 연구들에서 가구의 소득이 높을수록 소비가 증가하는 것으로 나타났다(금예진 외, 2018; 노승철·이희연, 2013a; 2013b; 노정녀, 2014; 신동현 외, 2015; 임슬예 외, 2013; 임현진 외, 2013; 조하현·장민우, 2015; 최문선, 2013; 홍종호 외, 2018; Brounen, et al., 2012; Ewing & Rong, 2008; Fan et al., 2015; Gomez et al., 2013; Huang, 2015; Sanquist et al., 2012; Tian et al., 2014; Wiesmann et al., 2011; Yun & Steemers, 2011). 일반적으로 소득이 높을수록 구매할 수 있는 가전기기의 종류가 많고 그 크기도 커질 수 있으며 사용 빈도도 많아질 수 있다. 특히 소득 증가 효과는 가스보다 전력 소비에 더 많은 영향을 주는 것으로 분석되고 있다(Brounen, et al., 2012). 한편, 노정녀(2014)와 홍종호 외(2018)는 가구의 소득 수준을 구간별로 더미화하여 전력소비량에 미치

는 영향을 분석하였는데, 소득의 효과는 비슷하였으나 노정녀(2014)의 경우 가구당 전력소비량에 대하여 소득이 500만원 이하인 구간까지는 전력 소비가 증가하나 그 이후부터는 소득의 효과가 유의하지 않거나 800만원 이상인 경우에는 오히려 감소하는 것으로 제시하였다. 반면에 홍종호 외(2018)에서는 1인당 전력소비량에 대한 소득의 효과는 소득 구간이 상승함에 따라 더욱 커지는 것으로 나타났다.

Huang(2015)의 연구사례에서는 모든 소득 분위에서 소득 상승에 따라 전력 소비가 증가하는 것으로 나타났는데, 특히 상위 소득 분위의 소득 효과는 하위 소득 분위의 소득 효과보다 훨씬 높았다. 실제로도 상위 소득 분위는 하위 소득 분위보다 2배 가까이 전력 소비가 많았다. 그런데 1인당 전력 소비량에 대해서는 하위 소득 분위가 다른 소득 분위보다 1997년 이후부터 가장 전력을 많이 소비하는 것으로 나타났다. Huang(2015)은 이에 대하여 가구원 수 감소에 따른 전력 소비의 규모 경제 효과가 줄어들고, 가처분 소득이 낮은 가구는 고효율 가전을 구매할 여력이 부족하기 때문이라고 제시하였다(Huang, 2015). Tian et al.(2014)에서도 소득수준이 낮더라도 거주하는 주택이 전력 난방을 이용하는 경우 전력 소비는 높아질 수도 있다고 보았다. 결국 가정 내 전력 소비에 대한 영향요인에 관하여 소득의 효과도 중요하지만 가구 규모나 가전기기, 주택 유형, 에너지 접근성 등을 함께 고려하여 분석할 필요가 있다.

이외에도 가구 특성에는 성별, 교육 수준, 직업 등이 포함될 수 있다. 가구주의 성별에 대해서 홍종호 외(2018)은 가구주가 여성인 경우에 비하여 남성인 경우가 가구의 1인당 전력소비량이 더 적다고 하였다. 반대로, Brounen et al.(2012)은 가구주가 남성인 경우보다 여성인 경우가 1인당 전력 소비량이 더 적다고 하여 상반된 견해를 보이고 있다. 몇몇 연구에서는 교육 수준이 높을수록 전력소비가 적은 것으로 제시하고 있다(Huang, 2015; 석주헌·박기현, 2017). 또 가구 내 경제활동을 하는 가구원이 많을수록 전력 소비는 증가하는 경향이 있지만, 소비량 분위에 따르면 다소비 가구에서는 제한적인 거주시간의 영향으로 전력 소비를 감소시키는 것으로 나타나기도 한다(Huang, 2015). Fong et al.(2007)에

서도 같은 1인가구라도 경제활동을 하는 경우가 고령자나 주부 등 경제활동을 하지 않는 경우보다 가정 내 에너지 소비가 더 적으며, 직업을 가진 경우에서는 자영업일 때 소비가 가장 높게 나타났다.

2) 생활양식: 주택 및 주거 특성

주택 특성은 아파트나 단독주택 등 거주하고 있는 주택의 종류, 주택 면적이나 사용하는 방 개수 등 주거 면적, 주택의 단열 성능 등을 나타내는 주택연한 등이 있다.

주택 유형이 가정 내 전력 소비에 미치는 효과도 연구 사례에 따라 상반된 결과를 제시하고 있다. 우선 국내 연구 사례를 살펴보면, 김민경(2013)은 단독주택에 비하여 다세대·연립주택이나 아파트의 필지면적당 전력소비량이 적게 나타난다고 하였고, 노정녀(2014)의 경우 단독주택 거주 가구 대비 아파트 거주가구가 전력 소비가 적은 것으로 나타났다. 석주헌·박기현(2017)의 사례에서도 다른 주택 유형에 비하여 아파트에 거주할 경우 1인당 전력소비량이 더 적은 것으로 나타났다. 반대로, 일부 연구들은 아파트의 전력 소비 증가 효과를 제시하고 있다(김지효·남수현, 2015; 노승철·이희연(2013a; 박종문, 2018; 홍종호 외, 2018). 노승철·이희연(2013a)과 홍종호 외(2018)에서는 아파트가 전력 소비를 증가시키지만 석유·도시가스의 소비나 총 에너지 소비를 감소시키는 효과를 갖는다는 것으로 제시하였다(노승철·이희연, 2013a; 홍종호 외, 2018). 이는 아파트의 경우 난방 에너지 소비에 있어서 다른 주택 유형보다 단열 성능이 뛰어나기 때문이라고 볼 수 있다. 서울시를 대상으로 한 정재원 외(2015)는 비도심지역에서 아파트 비율이 높을수록 건물 에너지 소비를 증가시키는 효과를 가진다고 보았다.

해외 연구 사례에서는 일관성 있게 단독주택에 거주하는 가구일수록 가구 에너지 소비가 높은 것으로 제시하고 있다(Druckman & Jackson, 2008; Ewing & Rong, 2008; Fan et al., 2015; Tian et al., 2014; Tilov & Volland, 2018; Wiesmann et al., 2011; Yun & Steemers 2011).

Ewing & Rong(2008)과 Yun & Steemers(2011)은 단독주택 대비 연립주택(single family attached), 공동주택(multi family) 순으로 가구의 에너지 소비량이 적은 효과를 가진다고 제시하였다.

이렇게 주택 유형의 효과가 상반되는 데에는 주택의 유형에 대한 사회문화적 특성을 이해할 필요가 있다. Druckman & Jackson(2008)은 이에 대하여 상세하게 설명하고 있다. Druckman & Jackson(2008)은 영국의 7가지 사회집단(OAC Supergroups)을 대상으로 가구 에너지 소비를 비교하였는데, 상위 에너지 소비집단들은 단독주택에 주로 거주하고, 하위 에너지 소비집단들은 아파트에 주로 거주하는 것으로 나타났다. 그러나 저자들에 따르면 가구 에너지 소비는 소득 수준에 따라 이해할 필요가 있고 특히 조명이나 가전기기 이용으로 인한 전력 소비는 주택 유형의 영향에 덜 의존적일 수 있다고 보았다. 상위 에너지 소비집단은 대체로 가처분 소득이 높으며 주택을 소유하는 경우가 대부분이고 차량을 2대 이상 보유하는 경향이 있으나, 하위 에너지 소비 집단은 가처분 소득이 상대적으로 낮은 편이며 주택을 임차하여 거주하고 있다고 한다. Tian et al.(2014)의 사례에서도 지방세 구간 A에서 H로 갈수록 소득 수준이 높아지며 아파트의 비중은 감소하고 단독주택의 비중은 증가한다. 소득 수준이 가장 낮은 구간 A와 B의 경우 아파트의 거주 비중은 90% 이상으로 제시되어 주택 유형과 소득 수준 간에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있다. 반면, 국내에서는 아파트에 대한 사회적 선호도가 높으며, 거주 장소의 특성보다는 자산증식 및 보전의 성격이 강하고 주택 가격 상승률도 다른 주택의 유형에 비하여 대체로 더 높은 편이다(천현숙, 2004). 따라서 단순히 주택의 유형이 가구 에너지 소비에 미치는 효과를 살펴보기보다 국가나 문화권에 따라 어떤 주택의 유형이 사회적으로 선호되며, 소득이 높은 사회집단이 어느 주택의 유형에 주로 거주하는지 살펴보는 것이 중요하다.

가구 생활공간의 크기를 나타내는 주거 면적은 국내외적으로 가구 에너지 소비를 증가시키는 것으로 일관되게 제시되고 있다(김용래·김민정, 2017; 김지효·남수현, 2015; 노정녀. 2014; 박종문, 2018; 석주헌·박기현,

2017; 신동현 외, 2015; 안영수 외, 2014; 임슬예 외, 2013; 조하현·장민우, 2015; 최문선, 2013; Brounen et al., 2012; Ewing & Rong, 2008; Huang, 2015; Tilov & Volland, 2018; Yun & Steemers 2011). 노정녀(2014)는 주거 면적과 방 개수 모두 가구 전력 소비를 증가시킨다고 제시하였고, 네덜란드의 사례를 분석한 Brounen et al.(2012)은 주거 면적이 넓을수록 전력 소비는 증가하지만 방 개수의 증가는 전력 소비를 감소시키는 것으로 나타났다. 저자들은 이에 대하여 주택 내 방의 용도에 따라 차등적으로 에너지를 소비하는 문화적 배경이 작용하는 것으로 추정하였다. 대만의 사례를 분석한 Huang(2015)은 모든 소득분위에서 주거 면적이 가구당 전력 소비를 증가시키며 소득이 높은 가구일수록 주거 면적의 효과는 더욱 높았다. 대만의 가구당 주거 면적은 지속적으로 증가 추세에 있기 때문에 앞으로도 주거 면적의 효과는 유지될 것으로 보았다(Huang, 2015). 국내 연구에서도 소득 분위에 따라 주거 면적의 효과가 차이가 있었는데 김용래·김민정(2017)에 따르면, 주거 면적은 소득 5분위에서만 유의미한 증가 효과를 가지는 것으로 나타났다.

주택 연한은 주택의 노후도에 대한 변수이며 에너지 효율과 관련이 있는데, 연구 사례마다 그 효과의 부호가 상이하게 나타나고 있다. 김민경(2013)에서는 노후 주택에 거주하는 경우에 전력 소비가 더 많게 나타났고, Tilov & Volland(2018)도 거주하는 주택의 건축연도가 점차 최근 시점에 가까울수록 전력 소비는 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 상당수의 연구들은 그 반대 효과에 대하여 제시하고 있다. 최근에 건축된 주택일수록 에너지 효율이 높아 난방에너지 소비를 감소시키는 효과를 가지는 것으로 나타나지만, 냉방에너지 또는 전력 소비는 주택의 단열 성능과 유의미한 관계가 나타나지 않거나 최근에 지어졌을수록 거주가구의 전력소비가 증가하는 경향을 갖는다는 견해를 보인다(노승철·이희연 2013b; 노정녀, 2014; 최문선, 2013; 홍종호 외, 2018; Brounen et al., 2012; Ewing & Rong, 2008). Wiesmann et al.(2011)에서도 가구단위 설문 자료에 기반한 모형과 공간단위 집계자료에 기반한 모형 모두 건축연한이 증가할수록 전력이 감소하는 것으로 나타났는데, 거꾸로 해석하

면 최근에 건축될수록 전력 소비는 증가하는 것으로 볼 수 있다. 가구의 전력과 가스 소비에 대한 주택 연한의 효과를 분석한 Mashhoodi & van Timmeren(2018)에 따르면, 일반회귀모형으로는 노후 주택에 거주할수록 가스 소비량과 전력 소비량 모두 증가하는 것으로 나타났다. 하지만 지리가중회귀모형으로 분석할 경우 가스 소비에 대한 주택 연한의 효과는 전체 지역 중 95% 이상의 지역에서 유의하게 나타나지만, 전력 소비에 대해서는 거의 70%에 가까운 지역에서 효과를 갖지 않는 것으로 나타났다. 이는 주택의 노후도가 난방 에너지와 더 깊은 연관을 가지는 것을 의미하는 것으로, Brounen et al.(2012)이 지적한 바와 같이, 상대적으로 경제적 수준이 높은 가구가 보다 최근에 지어진 주택에서 에너지 집약적인 가전기기를 이용할 가능성이 높을 것으로 예상된다.

이외에도 주택 거주기간이 늘어날수록 전력 소비가 증가하기도 하며(홍종호 외, 2018), 거주하고 있는 주택을 소유하고 있는 경우가 그렇지 않은 경우보다 전력 소비가 더 많이 나타나기도 한다(Huang, 2015; Tilov & Volland, 2018; Wiesmann et al., 2011).

3) 생활양식: 가전기기 이용

가정 내 에너지의 이용 행태는 전력 소비를 유발시키는 냉방, 난방, 취사 및 여가, 업무 등의 활동 정도와 관련이 있으며, 이 연구에서는 전력을 이용하는 경우를 살펴본다. 냉방은 일반적으로 전력을 이용하여 거주공간의 온도를 떨어트리는 것을 의미하며, 가정 내 에어컨 수나 이용 빈도는 전력 소비를 증가시키는 요인으로 제시되고 있다(김지효·남수현, 2015; 임슬예 외, 2013; 홍종호 외, 2018; Huang, 2015; Sanquist et al., 2012; Yun & Steemers, 2011). 난방과 급탕은 열 에너지를 이용하여 거주공간의 온도를 상승시키거나 온수를 공급하는 것으로 일반적으로 등유와 가스 소비와 관련되어 있다. 이러한 난방과 급탕을 전력으로 가동하는 경우, 그렇지 않은 가구보다 전력 소비가 더 많으며(Tilov &

Volland, 2018), 반대로 가스를 이용하는 경우는 전력 소비를 줄이는 효과가 있다(Fan et al., 2015). 이외에 전기밥솥으로 취사하는 경우가 많아질수록 전력 소비가 늘어날 수 있고(김지효·남수현, 2015), 세탁기의 개수가 많거나 세탁 빈도가 늘어날수록 전력 소비는 증가할 수 있다(김지효·남수현, 2015; Huang, 2015; Sanquist et al., 2012). 호주의 사례를 제시한 Fan et al.(2015)에 따르면, 의류건조기의 사용 빈도가 가정 내 전력 소비의 중요한 요인으로 나타났다.

냉방, 난방, 취사, 세탁 외에도 다양한 가전기기가 가정 내 소비에 영향을 미칠 수 있다. 가정 내 가전기기의 개수가 많을수록 전력 소비는 늘어나는 것으로 보고되고 있다(Tilov & Volland, 2018; Wiesmann et al., 2011). 특히 PC나 TV 사용, 인터넷은 전력 소비를 증가시키는 요인들로 나타났다(김지효·남수현, 2015; Fan et al., 2015; Huang, 2015; Sanquist et al., 2012). 반대로 태양광 패널을 설치한 가구의 경우, 설치를 하지 않은 가구보다 전력 소비가 적게 나타나기도 하였다(Fan et al., 2015).

4) 기온의 형성과 기온의 효과

기온은 지리적 위치와 인위적인 개발 수준에 따라 영향을 받는 대표적인 요인이다. 기온은 위도와 해발 고도의 영향을 많이 받으며 위도와 해발고도가 높을수록 기온은 낮아진다(이경미 외, 2012; 최광용 외, 2006). 한편, 인위적인 요인으로서 도시화는 인구의 집중과 함께 토지 이용의 변화를 야기하여 도시열섬효과로 이어진다. Oke(1973)는 캐나다 퀘벡주 세인트로렌스 지역(St.Lawrence Lowland) 10개 정주지의 인구와 도시열섬효과 간의 상관관계를 밝혀냈다. 나아가 북미와 유럽 지역의 도시 인구와 열섬효과 수준에 대하여 보고한 주요 사례연구들의 결과를 종합하여 도시 인구 규모가 높을수록 도시와 농촌 간의 기온 차이가 커지는 것을 보여주었다(Oke, 1973). Peng et al.(2011)은 거주 인구가 백만명 이상인 전 세계 주요 대도시 419곳을 대상으로 2003년부터 2008년까지 주간

온도와 야간온도의 관측치 자료를 기반으로 도시지역과 주변지역의 지표면 온도차에 따른 도시열섬효과를 분석하였다. 사막이나 섬 지역을 위치한 일부 도시들을 제외하고 대부분의 대도시들에서 도시열섬현상이 확인되었으며 주간 기온의 열섬효과의 경우 선진국에 속한 도시들이 개발도상국에 속한 도시들보다 더 높게 나타났다(Peng et al., 2011). Oleson et al.(2011)은 1980년부터 1999년까지 20년간 전 세계 도시지역의 열섬효과를 분석한 결과 여름철과 겨울철 모두 도시열섬효과가 확인되었으며 도시 지역과 농촌 지역간 기온이 평균적으로 최대 4℃까지 차이가 발생할 수 있음을 확인하였다. 또한 도시지역과 농촌지역간 온도 차이는 최고기온보다 최저기온에서 더 크게 나타났다(Oleson et al., 2011).

한편, 국내에서도 서울시(구해정 외, 2007; Kim & Baik, 2002), 수도권(이채연 외, 2014; 조희선 외, 2014), 부산시(안지숙 외, 2012), 대구시(이강국·홍원화, 2007), 광주시(박석봉, 2004) 등 주요 대도시지역을 중심으로 열섬효과에 대한 분석이 이루어져 왔다. 또한 보다 장기간에 걸쳐 도시화와 기온 변화에 관한 연구들도 시도되었다(최광용·권원태, 2005; Park et al., 2017). 최광용·권원태(2005)는 1973년에서 2004년까지 전국 61개 지점의 열대야 분포를 분석하였는데, 도시열섬효과로 인하여 대도시 저녁시간의 열대야 현상이 뚜렷하게 나타나는 것으로 나타났다. Park et al.(2017)은 한반도의 기온변화에 있어서 도시화가 1912년에서 2014년까지 약 3%~11%의 영향을 주었고, 최근 기간인 1973년에서 2014년까지는 약 30%에서 45%의 영향을 준 것으로 분석하였다.

도시지역과 주변 지역 간에 발생하는 기온 차이는 에너지 소비를 유발하는 원인이 된다(Ewing & Rong, 2008). 토론토 센서스 도시권 지역(Census Metropolitan Area)의 주택의 전력소비량 분포를 분석한 VandeWeghe & Kenedy(2007)의 사례에서는, 도시 중심부의 고밀도 지역에서는 한정된 공간에 건물이 밀집하게 되면서 도시열이 증가하여 냉방 수요가 늘어날 수 있는 것으로 제시되었다.

상당수의 선행연구들은 기온을 냉방도일과 난방도일로 구축하여 활용하고 있다. 냉방도일이나 난방도일은 일 평균온도가 기준 온도를 초과하

게 되면, 일 평균온도와 기준온도간 차이를 누적하여 계산한다. 일반적으로 기준 온도는 18℃를 기준으로 한다. 박광수(2012)에 따르면, 20℃에서 24℃ 등으로 기준온도를 바꾸어도 모형의 설명력에는 실질적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 미국의 연구 사례인 Ewing & Rong(2008)과 Yun & Steemers(2011)는 65°F를 기준으로 잡았는데, 이를 섭씨로 변환하면 약 18.3℃이다. 냉방도일과 난방도일은 대체로 전력 소비를 증가시키는 요인으로 작용하고 있으며, 냉방도일과 난방도일을 합산하거나 하나의 요인으로 변환한 경우에도 유의한 효과를 가지는 것으로 보고되고 있다(Ewing & Rong, 2008; Gomez et al., 2013; Sanquist, 2012; Yun & Steemers, 2011). Ewing & Rong(2008)은 도시 밀도와 열섬효과의 연관성에 기초하여 공간이 압축적(compact)일수록 도시열섬효과가 강해져 냉방도일(cooling degree-days, CDD)이 증가하고, 냉방도일은 냉방 에너지 소비를 증가시킨다고 분석하였다. 국내에서는 냉방도일과 난방도일을 모두 고려했을 때 난방도일만 유의한 효과를 가지는 경우(신동현 외, 2015; 조하현·장민우, 2015), 냉방도일만 유의한 효과를 가지는 경우(금예진 외, 2018), 모두 유의한 경우(박광수, 2012; 임상수, 2009; 정준호·허인혜, 2015) 등 사례에 따라 조금씩 다르게 나타났다.

한편 시·도 단위로 냉방도일과 난방도일의 값을 설정한 선행 연구들에서는 냉방도일과 난방도일이 유의하지 않거나 예상과 다른 반대의 영향이 나타나 시·도간 차이 또는 시·도 내부의 지역간 기온 차이가 충분하게 반영되지 못하는 것으로 나타났다(금예진 외, 2018; 석주헌·박기현, 2017; Cho et al., 2015). 따라서 시·도 단위보다 세분화된 시·군·구, 읍·면·동 단위의 기온 분포를 활용하는 것이 온도의 전력 소비 영향을 파악하는 데에 더 적절할 것으로 보이며, 경우에 따라 Wiesmann et al.(2011)가 시도한 바와 같이 일부 지역은 공간보간기법으로 추정할 필요가 있다.

5) 지역 간 차이

다양한 소비요인 외에도 가구가 거주하는 지역이 소비에 영향을 미칠 수 있다. 도시에 거주하는 가구는 도시 외 지역에 거주하는 가구에 비하여 전력 소비가 높은 것으로 보고되고 있다(조하현·장민우, 2015; Huang, 2015; Wiesmann et al., 2011). 또한 도시와 농촌 간의 소비 규모 차이에 주목하여 도시에 거주하는 가구 또는 도시지역만 선별해서 분석한 사례도 존재한다(노승철·이희연, 2013b; 신동현 외, 2015). 이러한 도농간 소비 규모의 차이는 서로 다른 소득 수준, 생활양식과 소비패턴, 도시열섬효과 등이 영향을 미치기 때문이다(Ewing & Rong, 2008; Heinonen & Junnila, 2014; Huang, 2015; Wiesmann et al., 2011).

위와 같은 선행연구를 통하여 주요 요인들의 가정 내 전력 소비에 대한 효과는 다음 <표 6>에서 이를 간략하게 확인해 볼 수 있다. 가구 규모와 소득은 증가할수록 전력 소비가 증가하지만 성별이나 연령은 연구 사례에 따라 다르며 교육수준은 높을수록 감소하고 직업은 거주시간이 적은 직군일 때 소비가 감소하는 것으로 예상해 볼 수 있다. 주택 유형이나 주택 연한은 연구 사례에 따라 다르지만 주거 면적이 크고 거주 기간이 오래되며, 자가 소유인 경우에 전력 소비는 증가할 것으로 예상된다. 그리고 가전기기를 이용한 생활행위가 늘어날수록 전력 소비는 증가한다. 기온의 변화는 냉방과 난방 행위와 연결되어 있어 전력 소비를 증가시키는데, 기온은 위도나 해발고도뿐만 아니라 도시화에 의해서도 영향을 받는다. 이외에도 대도시에 거주하는 가구가 상대적으로 전력을 더 많이 소비한다.

<표 6> 주요 요인의 전력 소비에 대한 영향

요인	세부요인	전력 소비에 대한 영향
사회적 구조	가구 규모	• 가구원수가 많을수록 가구당 소비량을 증가시킴 • 1인가구인 경우 그 외의 가구유형보다 1인당 소비량이 더 많음.
	연령	연구사례에 따라 다름(소비를 증가 또는 감소시킬 수 있음).
	소득	소득이 늘어날수록 전력 소비가 증가함.
	기타	• 성별: 연구 사례에 따라 다름. • 교육: 교육수준이 높을수록 감소함. • 직업: 거주시간의 차이로 경제활동을 하는 가구원이 많을수록 소비 감소. 자영업인 경우에 다른 직업을 가진 경우보다 소비가 가장 많음.
생활 양식 (주택)	주택유형	연구사례에 따라 다름(거주 주택이 단독주택일수록 또는 아파트일수록 전력 소비가 증가할 수 있음).
	주거면적	거주하는 주택의 면적이 클수록 전력 소비가 증가함.
	주택연한	연구사례에 따라 다름(거주 주택이 노후할수록 또는 신축주택일수록 전력 소비가 증가할 수 있음).
	주거특성	• 거주기간: 오래 거주할수록 전력 소비가 증가함. • 자가: 주택을 소유한 경우가 임차한 경우보다 더 많이 소비함.
생활양식 (가전기기 이용)		• 냉방 행위 또는 에어컨 사용은 전력 소비를 증가시킴. • 다른 에너지가 아닌 전기로 난방, 급탕, 취사를 하는 경우에 전력 소비가 더 많음. • 가전기기: 가전기기를 더 많이 보유할수록, 더 많이 이용할수록 전력 소비가 증가함.
기온		연구사례에 따라 유의하지 않을 수 있으나 대체로 더 더운 지역에 거주할수록(냉방도일), 더 추운 지역에 거주할수록(난방도일) 전력 소비가 증가함.
기온 구성 요인	도시화	도시 인구와 개발 강도가 증가할수록 도시 열섬 효과가 심화된다.
	위도, 해발고도	위도와 고도가 높을수록 기온이 낮아진다.
지역간 차이		도시에 거주할수록 소비적 생활양식과 도시 열섬 등으로 인하여 전력 소비가 증가함.

4. 연구의 차별성

이 연구는 가정부문 전력 소비에 영향을 미칠 수 있는 사회적 구조, 생활양식, 기온 변수에 주목하면서 지역간 이질성에 기초하여 지역별 효과의 차이를 파악하고자 한다. 이러한 지역간 차이에 대한 이해는 지역 단위의 전력 수요 관리를 위한 정책적 대응에 도움이 되고자 한다.

제4장에서 다루는 가구에너지상설표본조사 자료는 그 활용하는 사례가 늘어나고 있지만(김용래·김민정, 2017; 김지효·남수현, 2015; 배치혜·전정윤, 2017; 석주헌·박기현, 2017; 홍종호 외, 2018), 지역간 차이를 다루는 연구는 아직 부족한 편이다. 또한 같은 사회적 계층이나 집단 내에서도 개인적 요인으로 인하여 생활 행위는 다양하게 나타날 수 있기 때문에 이를 고려한 분위회귀분석을 고려할 수 있는데, 국내 주거 에너지 소비 분석에 분위회귀분석방법이 적용된 사례는 최문선(2013) 외에 그리 많지 않은 편이다.

제5장에서 다루는 기온 효과는 공간 단위에서 파악할 수 있다. 국내에서도 공간 단위에서 기온 효과를 분석한 사례가 상당수 존재하지만 시·도 단위에서는 기온의 영향이 적절하게 포착되지 않거나(금예진 외, 2018; 석주헌·박기현, 2017; Cho et al., 2015), 도시 단위를 기반으로 하여 보다 넓은 지역을 포괄하지 못하는 상황에 놓여 있다(김기중 외 2016; 임상수, 2009; 정준호·허인혜, 2015). 또한 Cho et al.(2015)의 경우와 같이, 공간 단위의 패널 자료를 활용하여 공간패널모형으로서 지역간 공간의존성을 고려하여 모형을 구축할 수 있다. 하지만 시·도 단위에서의 기온효과 분석은 시·도 지역 내부의 공간적 차이를 포착하지 못하는 측면이 있다(Cho et al., 2015). 이외에도 폭염과 열대야에 대한 기온 효과나 지역간 전력 소비 효과의 차이를 분석하는 경우도 부족한 편이다.

이러한 측면에서 분석 자료의 특성을 고려하여 연구를 설계하면서도 지역간 차이를 감안하여 가정부문 전력 소비에 대한 주요 소비요인의 효과를 포괄적이고 세밀하게 살펴보는 것이 필요하다.

사회학에서는 주거 에너지 소비가 일상적인 차원에서 사회적으로 구성

될 수 있으며, 이러한 소비행위에 영향을 미치는 사회적 구조와 생활양식에 대하여 초점을 두고 있다(Gram-Hanssen, 2014; Lutzenhiser, 1992; Shove & Walker, 2014). 그리고 이러한 사회적 구조는 인구학, 지리학, 농촌사회학계에서 관심을 가지는 바와 같이 공간적으로 다르게 분포한다(한주성, 2015; Lobao, 2004; Voss, 2007). 또한 공간구조에 따라 가구의 생활양식은 다르게 나타나기도 한다(Druckman & Jackson, 2008; Heinonen et al., 2013). 뿐만 아니라, 지역에 따라 차등적인 개발수준과 인구밀도의 차이는 도시열섬효과를 야기한다(Changnon, 1992; Landsberg, 1970). 이러한 측면에서 이 연구는 가구의 전력 소비에 영향을 미칠 수 있는 사회적 구조, 생활양식, 기온 특성을 공간적 관점에서 파악하고자 한다.

제3장에서는 가정부문 전력 소비와 소비 요인의 시간적 변화 추세와 함께 공간적 분포를 파악한다. 전력 소비에 영향을 미치는 요인들이 어떤 것들이 있고 그러한 요인들은 주로 어디에 더 많이 분포하는지 살펴본다. 주요 소비요인의 공간적 분포에 대하여 이해한 다음, 제4장과 제5장에서는 공간적 차원에서 소비요인의 효과를 분석하며 모두 공간을 매개로 하면서도 사회적 구조, 생활양식, 기온을 고려하고 있다. 제4장에서 가구 단위 자료를 활용하여 주로 사회적 구조와 생활양식 변수들의 효과를 살펴보면서, 지역간 기온 차이는 지역고정효과로 통제한다. 제5장에서는 공간 단위 자료를 활용하여 시간적, 공간적 차원에서 기온 변수들의 효과를 분석하는 데 집중하며, 사회적 구조나 주택 특성 변수들을 통제변수로 투입한다. 인접 지역간의 유사한 생활양식의 효과는 공간적 자기상관계수로 파악한다. 따라서 제4장의 분석과 제5장의 분석은 그 주안점이 다를 수 있지만 관심 변수와 통제변수를 번갈아 배치한다는 점에서 상호보완적이다.

제4장의 가구 단위 분석은 사회적 구조와 생활양식과 관련된 변수들을 모형에 활용하면서 지역간 이질성에 주목하여 가구의 거주지역을 수도권 및 광역시 지역과 그 외의 지역으로 나누어 지역간 비교를 시도한다. 그리고 분위회귀분석을 활용하여 소비량 분위에 따라 요인별 효과를 보다 상세하게 파악하고자 한다.

제5장에서는 기온이 지역별 전력 소비에 미치는 영향에 주목한다. 따라서 공간적 해상도를 시·군·구 단위로 확대하여 기온의 영향을 보다 효과적으로 파악하는 것이 주요 목적 중 하나이다. 이를 위하여 Wiesmann et al.(2011)의 연구사례와 같이, 시·군·구 단위에 다양한 기온 변수들을 공간보간법을 이용하여 시점별로 구축하였다. 그리고 전국 모형과 함께 위도와 해발고도, 도시화 수준이 다른 지역 군집별로 기온 효과를 따로 분석하여 지역간 차이를 확인한다. 이외에도 기후변화의 심화로 인하여 늘어나고 있는 폭염과 열대야 현상에 주목하여 이러한 변수들을 냉방도일 형태로 구축하여 그 효과를 살피고자 한다.

끝으로, 이러한 지역간 비교 연구는 지방정부의 주거 에너지 수요 관리와 연결된다. 지역에 따라 다른 소비 요인의 효과를 파악하는 것은 지역에너지계획에 반영하고 소비 요인에 대응할 수 있는 다양한 사업들을 수행하는 데 도움이 될 수 있다.

제 3 장 전력 소비 요인의 변화와 공간적 패턴

제 1 절 전력 소비와 영향 요인의 변화 추세

1. 가정부문 전력 소비의 변화 추세

다음 <표 7>에서 제시된 바와 같이, 국내 최종 에너지 소비량은 2017년 기준 233,901(천toe)이며 그 중 가정부문이 차지하는 비중은 9.6%(22,479천toe) 수준이다. 1990년 총 에너지 소비량 대비 가정부문 소비량의 비중 21.9%였던 것을 감안하면 가정부문 소비량 비중이 감소했다고 볼 수 있으나, 이는 가정부문의 절대적 소비량이 감소했다기 보다는 다른 부문의 소비량 증가가 훨씬 더 컸기 때문으로 볼 수 있다. 1990년 대비 2017년 가정부문의 소비량 증가율은 37%이나, 산업부문, 상업부문, 수송부문 등은 299%, 235%, 202% 각각 증가하였다.

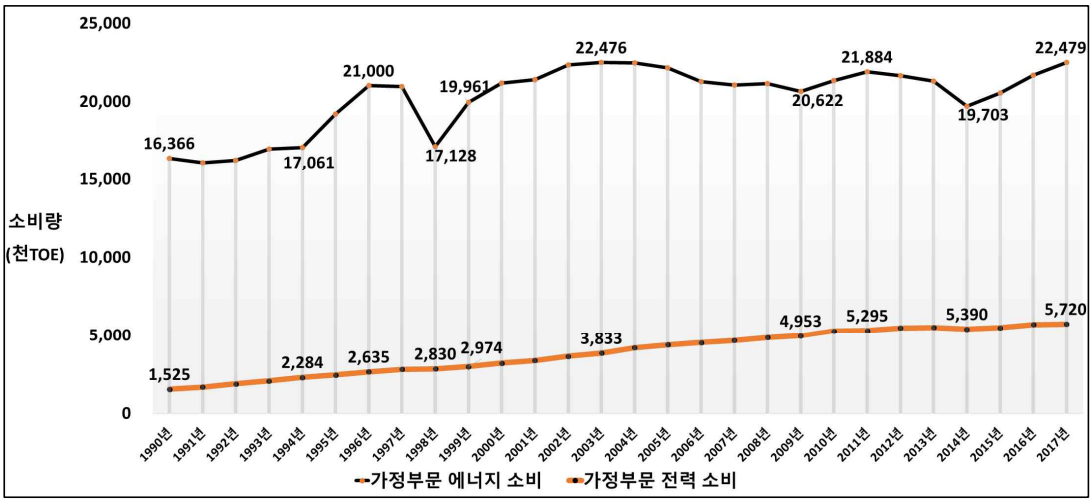
<표 7> 최종 에너지 소비 내 가정부문의 비중

연도	부문별 소비량(천toe)					총 소비량 (천toe)	가정부문 비중
	산업	수송	가정	상업	공공		
1990년	36,144	14,173	16,366	5,206	2,812	74,701	21.9%
1995년	62,695	27,130	19,191	9,902	2,415	121,333	15.8%
2000년	84,237	30,945	21,160	10,993	2,623	149,958	14.1%
2005년	95,211	35,534	22,147	14,189	4,095	171,176	12.9%
2010년	116,160	36,903	21,337	16,090	4,481	194,971	10.9%
2015년	135,385	39,851	20,538	16,483	5,750	218,006	9.4%
2017년	144,260	42,796	22,479	17,428	6,938	233,901	9.6%
1990년 대비 증감율	299%	202%	37%	235%	147%	213%	-

출처: 에너지경제연구원, 에너지통계연보(2018)에서 재구성

주: 증감율(%) = 100×(변화 시점 소비량-기준 시점 소비량)/기준 시점 소비량

<그림 7>에 따르면, 가정부문 에너지 소비량은 증가와 감소를 반복해 왔는데, 2011년을 기점으로 감소하던 소비량이 2014년 이후 다시 증가 추세에 있는 것으로 나타났다. 가정부문 총 에너지 소비량과 달리 전력 소비량은 지속적이고 안정적인 증가세를 기록하여 왔다. 1990년 이후 가정부문 전력소비량이 감소한 것으로 기록된 해는 2014년 한 차례로, 2013년 5,501(천toe)에서 2014년 5,390(천toe)로 줄었다가 2015년 5,486(천toe)로 다시 증가하고 있음을 알 수 있다.[6)]



출처: 에너지경제연구원, 에너지통계연보(2018)

<그림 7> 가정부문 에너지 소비량과 전력 소비량 추세

다음 <표 8>에 따라 가정부문 내 다른 에너지원과 비교해 보면, 1990년 전력의 비중은 약 9.32%였다가 2017년 약 25.45%로 증가하였다. 석탄과 석유는 점차 소비 비중이 감소하는 것으로 나타났고, 도시가스와 전력, 열 에너지는 증가 추세에 있으며 신재생에너지 소비는 2010년까지 증가와 감소를 반복하다가 다시 소폭으로 증가하고 있다.

6) 2014년 전력소비량이 전년 대비 2.0% 감소하였는데 이는 2011년 순환정전 사태 이후 수요관리 정책과 절전에 대한 국민적 관심의 증가, 인구 고령화, 기온 변화 등이 복합적으로 작용한 것으로 제시되고 있으며 2016년의 전력 소비 증가(전년 대비 3.7% 증가)는 여름철 기온 상승이 주요 원인으로 작용한 것으로 분석되고 있다(김철현, 2015, 2016; 박광수, 2019).

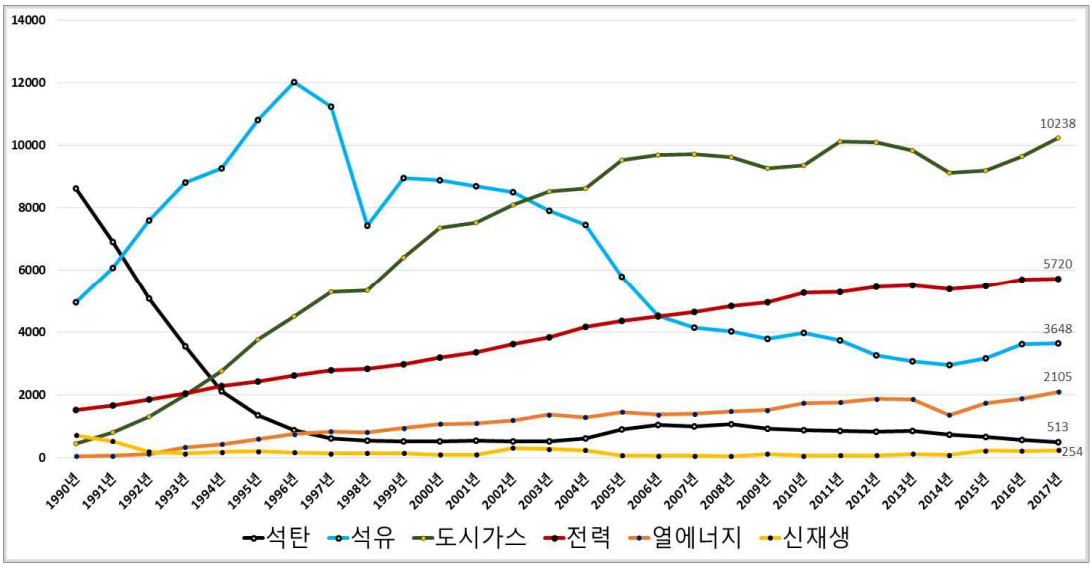
<표 8> 가정부문 내 에너지원별 소비 현황

연도	에너지원별 소비량(천toe)						총 소비량 (천toe)	전력 비중
	석탄	석유	도시 가스	전력	열 에너지	신 재생		
1990년	8,627	4,960	455	1,525	68	731	16,366	9.32%
1995년	1,355	10,813	3,767	2,434	610	212	19,191	12.68%
2000년	536	8,881	7,353	3,191	1,084	115	21,160	15.08%
2005년	912	5,781	9,524	4,375	1,466	89	22,147	19.75%
2010년	901	3,988	9,366	5,263	1,747	72	21,337	24.67%
2015년	672	3,186	9,192	5,486	1,758	243	20,538	26.71%
2017년	513	3,648	10,238	5,720	2,105	254	22,479	25.45%
1990년 대비 증감율	-94%	-26%	2,150%	275%	2,996%	-65%	37%	-

출처: 에너지경제연구원, 에너지통계연보(2018)에서 재구성

주: 증감율(%) = 100×(변화 시점 소비량-기준 시점 소비량)/기준 시점 소비량

다음 <그림 8>에 따르면, 1990년 이후 가정부문 에너지원별 소비 추세가 상당히 큰 변화를 겪어왔다는 것을 알 수 있다. 석탄은 1990년 가장 소비 비중이 높았으나 이후 급격히 감소하며 현재 신재생에너지보다 조금 높은 수준을 기록하고 있다. 석유 소비량은 증가 추세를 기록하다가 1997년 외환위기 이후 점차 감소세에 있으며 2003년을 기점으로 도시가스 보다 소비가 적었고, 2007년부터는 전력 소비량이 석유 소비량보다 많게 나타나고 있다. 아마도 석유와 석탄 소비의 감소와 도시가스, 열에너지의 증가는 가정 내 난방에너지원의 교체와 관련지을 수 있고 보다 저렴하고 편리한 보일러 방식으로 변화하는 과정으로 볼 수 있다. 한편 주로 난방 용도가 아닌 냉방과 가전기기 용도로 사용되는 가정부문 전력 소비량은 큰 변화 없이 지속적으로 증가하고 있다. 2017년 기준 가정부문 전력소비량은 5,720(천toe)로 에너지소비량 22,479(천toe) 중 약 25.4%로 도시가스 소비(10,238천toe, 45.5%)에 이어 두 번째로 높은 규모를 차지하고 있다.



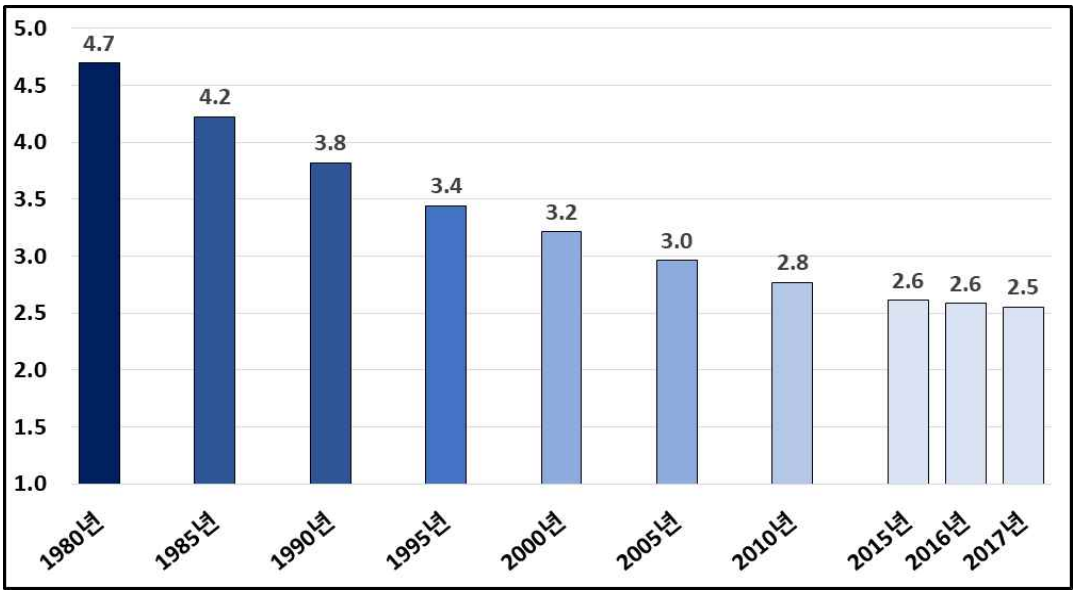
출처: 에너지경제연구원, 에너지통계연보(2018)

<그림 8> 가정부문 에너지원별 소비 추세

2. 사회적 구조의 변화 추세

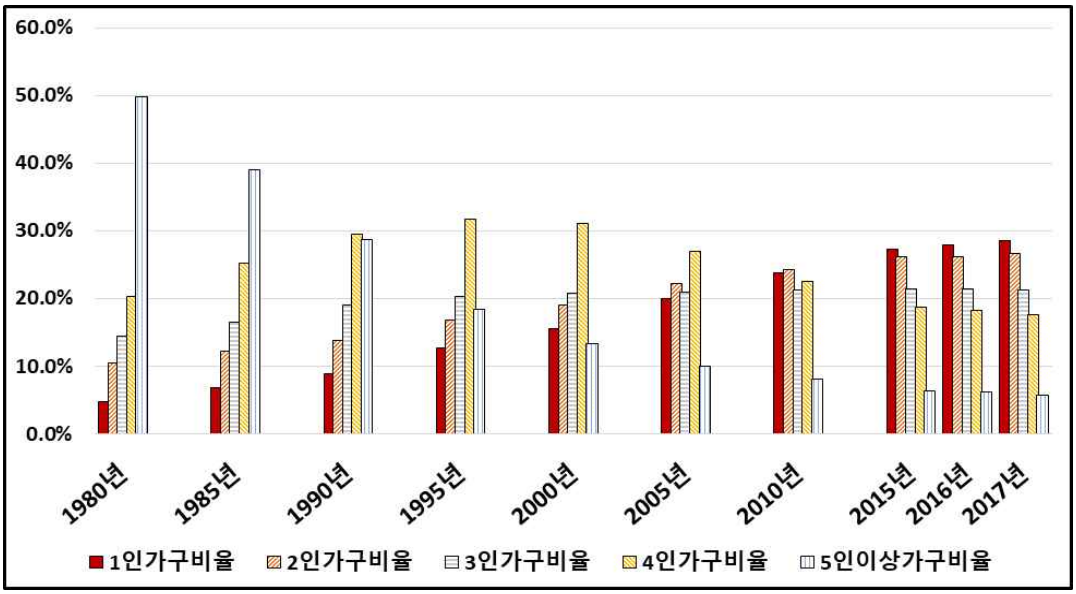
<그림 9>와 <그림 10>은 가구 규모의 축소와 1인가구의 증가를 나타내고 있다. 1980년 한 가구당 4.7명의 가구원이 함께 거주하였다면, 2017년에는 가구당 가구원 수가 2.5명으로 2배 가까이 감소하였다. 가구당 가구원수의 감소는 1인 가구의 증가와 연결되어 있다. 1980년의 경우 1인가구의 비중은 전체 가구의 4.8%에 불과한 반면 5인이상가구와 4인가구의 비중은 각각 49.9%, 20.3%로 나타나 주로 한 거처 내에서 많은 가구원들이 함께 거주하는 형태였다. 이후 가구원 규모는 점차 줄어드는데 1990년대 들어서 4인가구가 가장 높은 비중을 차지하고 5인이상가구는 급격히 감소하기 시작한다. 4인가구 비중은 2005년까지 가장 높은 비중을 차지하였지만 2000년부터 비중이 완만하게 감소하면서 2015년 이후부터는 5인이상가구에 이어서 2번째로 비중이 작다. 가구 규모별 가구 유형 중 가장 큰 변화를 보인 것은 단연 1인 가구로 1980년대 이후로 꾸준히 증가하여 2010년에는 두 번째로 비중이 높았고(23.9%, 2인 가구 24.3%), 2015년부터는 국내 가구 규모별 가구 유형 중 가장 높은 비중을 차지하고 있다. 2015년 1인가구 비율은

27.2%이며 2016년 27.9%, 2017년 28.6%로 매년 증가 추세에 있다.



출처: 통계청, 연도별 인구총조사 자료에서 재구성

<그림 9> 국내 가구당 가구원 수 변화 추세(1980년-2017년)

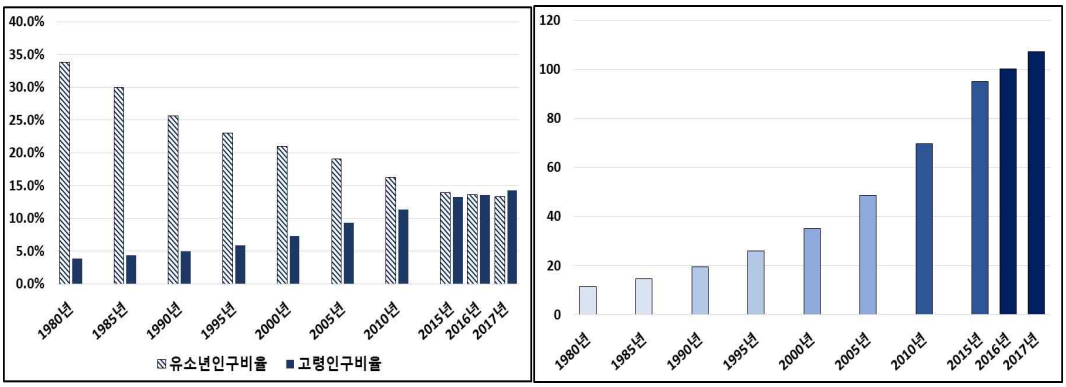


출처: 통계청, 연도별 인구총조사 자료에서 재구성

<그림 10> 국내 가구원 규모별 가구 유형의 변화 추세
(1980년-2017년, 일반가구 기준)

1인가구가 증가하는 원인은 우리나라와 외국이 상반된 특성을 가지는데 외국에서는 개인주의의 증가에 따른 자발적 1인가구가 증가하는 추세라면 우리나라의 경우는 비자발적인 특성이 강하다. 젊은층 1인가구에서는 청년실업과 소득 불안정성으로 결혼하지 못하는 미혼인구의 증가가 두드러지고, 중장년층에서는 이혼이나 직업이나 교육 문제로 인한 비동거가족의 증가 요인이 크며, 노년층에서는 고령화와 경로사상의 약화로 독거노인이 증가하고 있다(이희연 외, 2011; 이명진 외, 2014).

다음 <그림 11>에 의하면, 고령화 역시 매우 심화되고 있다. 전체 인구 중 65세 이상 고령인구의 비중이 7%를 넘으면 '고령화사회(aging society)'라고 하며, 14%를 초과하면 '고령사회(aged society)', 20%를 초과하면 '초고령사회(super aged society)'라고 한다(이윤경, 2017). 우리나라는 2000년 고령화사회로 진입하였고(고령인구비율 7.3%), 2017년 고령사회로 막 진입하였다. 세계에서 가장 빠르게 고령화가 진행된 일본의 경우 고령화사회에서 고령사회로 진입하는 데 25년이 걸렸는데, 우리나라는 같은 수준까지 17년이 걸려 세계에서 가장 빠른 것으로 나타나고 있다(이윤경, 2017).



출처: 통계청, 연도별 인구총조사 자료에서 재구성

주: 좌측 그림(유소년・고령인구비율 추세), 우측 그림(노령화지수 추세)

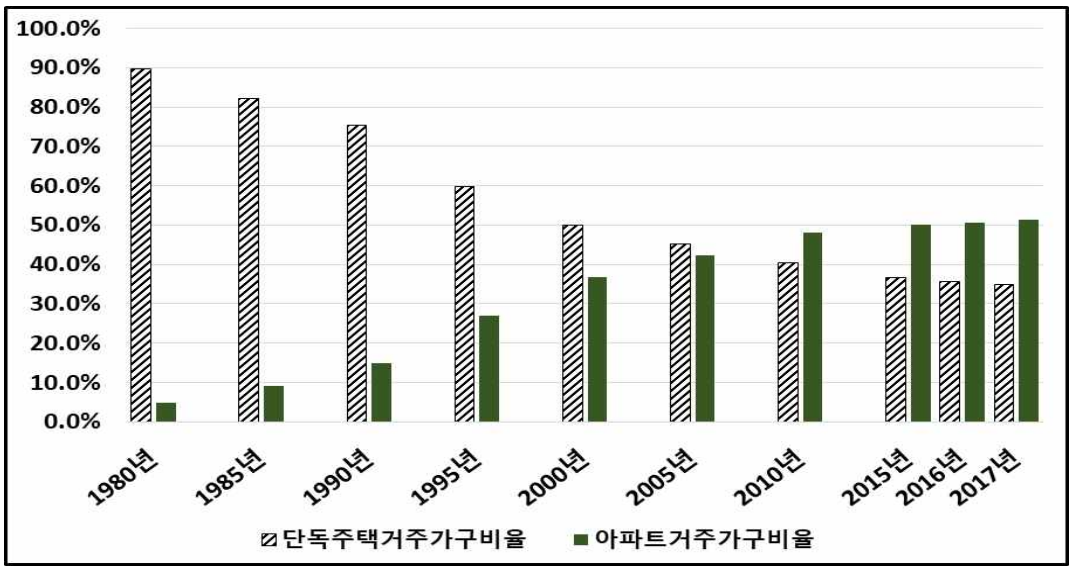
<그림 11> 국내 인구의 연령 변화 추세(1980년-2017년, 내국인 기준)

이러한 고령화 심화는 저출산과 평균 수명의 증가가 주요 원인이며, 저출산 현상은 결혼관에 대한 변화와 경제적 불안정성에 따라 혼인 지연과

비혼주의 등 결혼관의 변화에 영향을 받는다(김경호, 2004; 이상호·이상헌, 2010; 이윤경, 2017). 국내 유소년인구(15세 미만 인구)는 꾸준히 감소하고 있고 반대로 고령인구는 지속적으로 증가하고 있다. 유소년인구 대비 고령인구의 상대적 비율인 노령화지수는 처음으로 100을 넘어서 고령인구 수가 유소년인구 수를 초과한 것으로 나타났다.

3. 주택과 가전기기의 보급 추세

주택 유형에 있어서는 아파트 거주가구의 비중 증가가 두드러진다. <그림 12>에 의하면, 1980년 아파트 거주가구의 비중은 전체 주택 거주가구 대비 4.9%에 불과하였으나 단독주택에 거주하는 가구는 89.7%에 달했던 것으로 나타났다. 아파트의 비중은 이후 지속적으로 증가하여 2010년 단독주택의 비중을 넘어서 주요 주택 유형으로 자리 잡게 되었고, 2015년부터는 아파트 비중이 50%를 넘게 되면서 주택에 거주하는 가구 중 절반 이상의 가구가 아파트에 거주하는 것으로 나타났다.



출처: 통계청, 연도별 인구총조사 자료에서 재구성

<그림 12> 국내 가구의 거주 주택 변화 추세
(1980년-2017년, 일반가구 기준)

이러한 주택유형의 변화는 주택 공급과 수요 측면에서 아파트에 대한 선호가 복합적으로 증가해 온 결과로 볼 수 있다. 과거 대량주택 위주의 공급 정책과 주택건설 산업의 대규모 공급을 통한 이윤 확보 목적이 맞물려 아파트 공급이 증가하게 되었다. 수요 측면에서도 초기 상위계층이 아파트 단지를 점유하고 아파트 거주가 사회적 계층 상승으로 여겨지게 되고, 아파트에 대한 투기 자본이 급증하면서 아파트가 투자의 대상으로 여겨지게 되어 아파트를 구입하고 거주한다는 것이 경제적·사회적으로 가치 있게 여겨지는 것으로 제시되고 있다(봉인식·차승준, 2006).

국내 가전기기 보급 관련 조사에는 한국전력거래소가 2013년까지 2년마다 실시한 '가전기기보급률 및 가정용전력소비행태조사'가 있다. 통계청 국가통계포털에서 공개하고 있는 조사 결과 자료를 바탕으로 가정 내 주요 가전기기별 보급률의 변화를 분석하였다. 비교 시점이 각 가전기기별로 처음 조사가 시행되어 결과치가 공개된 시점과 조사 종료 시점인 2013년이기 때문에 가전기기마다 비교 시점이 조금씩 다를 수 있다. 다음 <표 9>에 따라 주요 가전기기의 각 조사 시점부터 2013년까지 증감 현황을 살펴보면, 대체로 감소보다는 증가한 경우가 더 많게 나타났고 증감률의 편차도 증가하는 경우에 더 크게 나타났다. 비디오, 오디오, 식기건조기, 가습기, 팩스 등이 보유 대수가 감소한 대표적인 경우이다. 한편 보유 대수가 증가한 경우는 상대적으로 종류가 더 다양한데 특히 노트북, 에어컨, 식기세척기, 정수기, 김치냉장고, 커피세트, 전기장판·담요 등이 100% 이상 증가하였다. 또한 전기밥솥, 컴퓨터, 토스트기, 공기청정기, 진공청소기 등은 50% 이상 증가하였는데, 노트북과 컴퓨터(데스크탑) 보유 대수를 합치면 약 0.85대로 거의 대부분의 가구에서 적어도 1대의 컴퓨터를 보유하게 된 것으로 볼 수 있다. 또한 에어컨, 전기장판·담요, 선풍기, 히터선풍기 등 전기를 이용하는 냉·난방기기의 보급 증가가 돋보인다. 식기세척기와 정수기, 커피세트, 토스트기, 공기청정기 보급 대수의 증가는 가정 내 생활수준의 향상과 함께 편리함과 쾌적함을 추구하는 소비문화의 영향에 기인한 것으로 보인다.

<표 9> 전국 가구당 가전기기 보유 대수 변화

증감률		가전기기	비교 시점	가구당 보유 대수 변화 및 증감률	
증가	100%(1배) 이상	노트북	1997년-2013년	0.02대 → 0.23대	1,050% 증가
		에어컨	1994년-2013년	0.09대 → 0.78대	767% 증가
		식기세척기	1994년-2013년	0.01대 → 0.04대	300% 증가
		정수기	1996년-2013년	0.11대 → 0.37대	236% 증가
		김치냉장고	2002년-2013년	0.33대 → 0.86대	161% 증가
		커피세트	2000년-2013년	0.19대 → 0.49대	158% 증가
		전기장판/담요	2000년-2013년	0.39대 → 0.87대	123% 증가
	50%(0.5배) 이상	전기밥솥	1994년-2013년	0.48대 → 0.93대	94% 증가
		컴퓨터	1994년-2013년	0.32대 → 0.62대	94% 증가
		토스트기	1994년-2013년	0.13대 → 0.22대	77% 증가
		공기청정기	2004년-2013년	0.04대 → 0.07대	75% 증가
		진공청소기	1994년-2013년	0.47대 → 0.82대	74% 증가
	25% - 50%	형광등	1994년-2013년	4.55대 → 6.73대	48% 증가
		히터선풍기	2006년-2013년	0.03대 → 0.04대	33% 증가
	25%(0.25배) 미만	선풍기	1994년-2013년	1.4대 → 0.78대	23% 증가
		프린터	1997년-2013년	0.16대 → 0.19대	19% 증가
		전기믹서/쥬서	1997년-2013년	0.55대 → 0.6대	9% 증가
		세탁기	1994년-2013년	0.91대 → 0.98대	8% 증가
		전자레인지	1997년-2013년	0.67대 → 0.71대	6% 증가
감소	20%(0.25배) 미만	냉장고	1994년-2013년	1.08대 → 1.04대	4% 감소
		TV	1994년-2013년	1.35대 → 1.23대	9% 감소
		헤어드라이기	1994년-2013년	0.99대 → 0.88대	11% 감소
		전기다리미	1994년-2013년	0.98대 → 0.79대	19% 감소
	25% - 50% 감소	백열등	1994년-2013년	3.08대 → 2.03대	34% 감소
		전기스탠드	1997년-2013년	0.4대 → 0.26대	35% 감소
		전기후라이팬	1994년-2013년	0.54대 → 0.29대	46% 감소
	50%(0.5배) 이상	팩스	1997년-2013년	0.02대 → 0.01대	50% 감소
		가습기	1994년-2013년	0.24대 → 0.1대	58% 감소
		식기건조기	1994년-2013년	0.3대 → 0.04대	87% 감소
		오디오	1997년-2013년	0.74대 → 0.09대	88% 감소
		비디오	1994년-2013년	0.71대 → 0.08대	89% 감소

출처: 한국전력거래소, 연도별 가전기기보급률및가정용전력소비행태조사자료에서 재구성.

4. 기온의 변화 추세

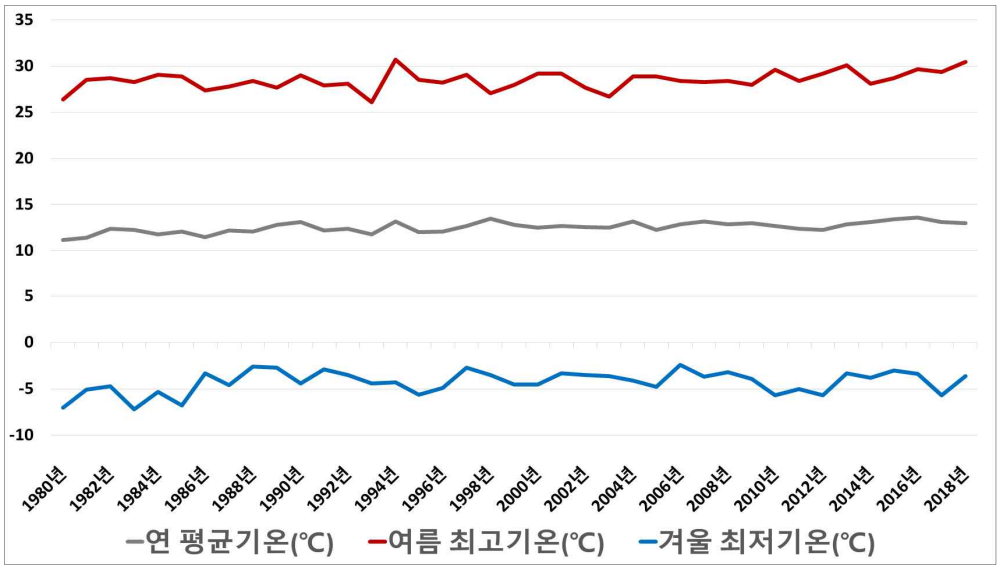
국립기상과학원이 발간한 한반도 100년의 기후변화' 보고서에 따르면, 우리나라의 연평균 기온은 106년(1912년~2017년) 동안 10년당 0.18℃씩 상승하였고, 특히 최근 30년 기온(1988년~2017년)은 20세기 초 30년 기간(1912년~1941년)보다 1.4℃ 상승하였다(국립기상과학원, 2018).

다음 <표 10>과 <그림 13>에 의하면, 1980년대 이후 기온 변화를 살펴봐도 점차 점진적으로 평균 기온과 최저기온, 최대기온이 증가하는 것으로 나타나고 있다. 여름철 역시 연간 기온과 유사하게 증가 추세에 있다. 겨울철의 경우 1980년대에서 2000년대의 추세와 달리 2010년대에 기온이 오히려 떨어지고 있는 것으로 나타나 국립기상과학원(2018)에서 제시한 것처럼 최근 겨울철 기온이 기존과 다르게 변화하는 것을 확인할 수 있다.

<표 10> 시점별 전국 기온 변화

기간	기온(전국 평균)	1980년대	1990년대	2000년대	2010년대*
연간	평균기온(℃)	11.98	12.58	12.78	12.94
	최저기온(℃)	7.16	7.71	8.04	8.24
	최고기온(℃)	17.62	18.26	18.33	18.36
여름철	평균기온(℃)	23.35	23.55	23.63	24.56
	최저기온(℃)	19.43	19.67	19.89	20.80
	최고기온(℃)	28.12	28.27	28.37	29.30
겨울철	평균기온(℃)	-0.28	0.80	0.98	0.40
	최저기온(℃)	-4.93	-4.07	-3.70	-4.36
	최고기온(℃)	5.19	6.46	6.34	5.63

출처: 기상청, 기상자료개방포털(data.kma.go.kr) 전국 평균값에서 재구성
주: 2010년대는 2010년에서 2018년까지임.



출처: 기상청 기상자료개방포털 전국 평균값에서 재구성

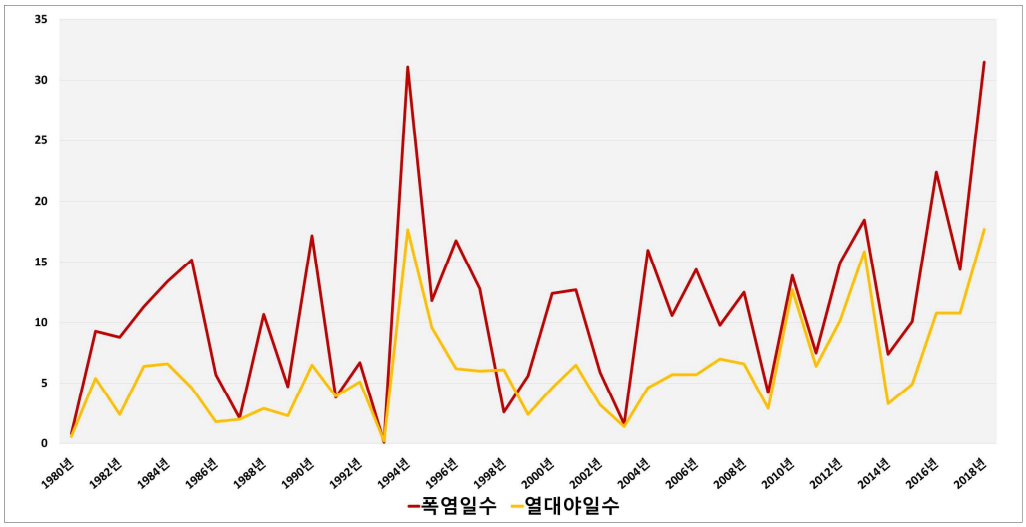
<그림 13> 시점별 전국 기온 변화

여름일수와 열대야일수는 각각 지난 106년(1912년~2017년) 동안 10년당 1.2일, 0.9일씩 증가하였고, 여름일수와 열대야일수는 20세기 초 30년 기간(1912년~1941년)보다 최근 30년 기간(1988년~2017년)에 각각 9일, 7일 증가하였다. 특히 최근 10년 기간(2008년~2017년)은 여름일수나 열대일수 외에도 결빙일수와 서리일수도 함께 증가하고 있어 점차 더위와 추위 관련 극한 기상현상이 빈번해지고 있는 것으로 나타났다(국립기상과학원, 2018). 1980년대 이후 폭염과 열대야 발생일수는 점차 증가 추세에 있으며 2010년대는 1980년대에 비하여 폭염은 약 2배, 열대야는 약 3배 더 많이 발생하였다(<표 11>과 <그림 14> 참조).

<표 11> 시점별 전국 폭염 및 열대야 발생일수

시점별	전국 평균	
	폭염 발생일수	열대야 발생일수
1980년대	8.2	3.5
1990년대	10.85	6.37
2000년대	10.01	4.82
2010년대	15.63	10.30

출처: 기상청 기상자료개방포털 현상일수 전국 평균값에서 재구성



출처: 기상청 기상자료개방포털 현상일수 전국 평균값에서 재구성

<그림 14> 전국 폭염 및 열대야 발생 추세

2017년까지만 하더라도 기상청이 기상 관측망을 전국적으로 확충한 1973년 이후 가장 평균기온이 높았던 해는 2016년이었으며, 2017년은 7번째로 기온이 높았던 해였다(기상청 보도자료. 2018. 1. 2.). 그러나 2018년은 2016년의 기온 관측 기록을 넘어서는 해로 기록되었다. 2018년은 1월과 2월 사이 한파로 인하여 1973년 이래 최저기온이 가장 낮았으며, 여름철 폭염과 열대야는 각각 31.4일, 17.7일을 기록하여 관측 이래 가장 높았으며 일부 지역에서는 관측 사상 최고 기온값을 경신하기도 하였다(기상청 보도자료. 2019.2.7.; 관계부처 합동, 2019). 정부 관계부처가 합동으로 발간한 '2018년 이상기후보고서'에는 이상기상 현상이 인한 농업, 해양수산, 환경, 보건, 국토교통, 산업과 에너지, 재난안전 등 각 분야에 미친 영향을 제시하고 있다. 2018년 여름철 폭염으로 최대전력수요가 92,478MW로 역대 최대치를 경신하고 가정부문을 포함한 건물부문의 8월 전력소비량도 최대치를 기록하였다(관계부처 합동, 2019).

제 2 절 전력 소비와 영향 요인의 공간적 패턴

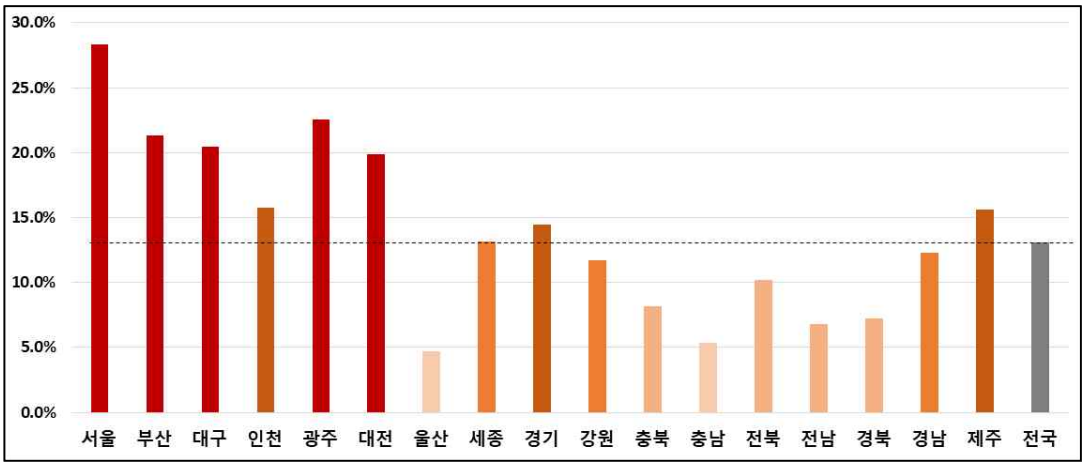
1. 가정부문 전력 소비의 공간적 패턴

가정부문 전력 소비는 지역에 따라 다른 경향을 갖는다. 다음 <표 12> 및 <그림 15>에 따라 우선 소비량 대비 생산량의 비중인 전력자립도를 살펴보면, 지역간 차이가 매우 크다는 것을 알 수 있다. 충청남도의 전력자립도는 262.86에 달하는 반면 서울의 전력자립도는 1.82에 불과하다. 서울이나 대전, 광주, 대전, 충북 등의 지역은 다른 지역에서 전력을 공급받아 소비하는 비중이 대부분을 차지한다고 볼 수 있다. 특히 이 지역 중 서울, 대구, 광주, 대전 지역은 지역별 총 전력소비량 대비 가정부문의 소비 비중이 상위 5위 수준의 지역들이다.

<표 12> 지역별 전력자립도 및 가정부문 소비 현황(2017년 기준)

지역	전력 자립도	총 전력소비량 (GWh)	주택용 전력소비		2017년 가구수 (천 가구)	가구당 주택용 전력소비량 (kWh/가구)	
			소비량 (GWh)	비중			
서울	1.82	46,298	13,444	29.04%	3,949	3,404	3,467
부산	126.39	21,007	4,639	22.08%	1,368	3,390	
대구	17.38	15,386	3,289	21.38%	958	3,432	
인천	255.19	24,515	3,955	16.13%	1,105	3,579	
광주	5.53	8,684	2,000	23.04%	583	3,431	
대전	1.96	9,424	1,960	20.80%	604	3,243	
울산	71.74	31,610	1,529	4.84%	438	3,493	
세종	104.58	2,919	390	13.37%	106	3,685	
경기	53.86	114,848	16,909	14.72%	4,774	3,542	
강원	126.34	16,553	2,038	12.31%	627	3,251	3,251
충북	5.21	24,843	2,097	8.44%	643	3,261	
충남	262.86	50,180	2,795	5.57%	860	3,251	
전북	42.62	22,800	2,405	10.55%	739	3,255	
전남	196.8	33,562	2,386	7.11%	744	3,207	
경북	185.02	45,456	3,459	7.61%	1,105	3,130	
경남	160.38	34,648	4,437	12.81%	1,318	3,366	
제주	62.22	5,014	811	16.17%	247	3,289	
전국	109.02	507,746	68,544	13.50%	20,168	3,399	

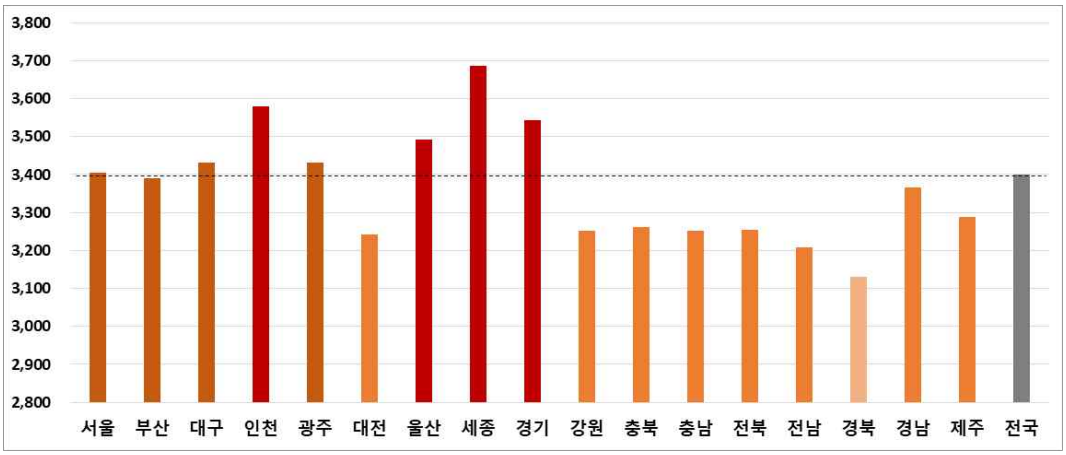
출처: 에너지경제연구원 지역에너지통계연보(2018), 통계청 2017년 인구주택총조사 자료, 한국전력공사 2017년 시군구별 전력판매량 정보에서 재구성.



출처: 통계청 2017년 인구주택총조사 자료, 한국전력공사 2017년 시군구별 전력판매량 정보에서 재구성.

<그림 15> 지역별 전력소비량 대비 주택용전력 소비 비중(2017년)

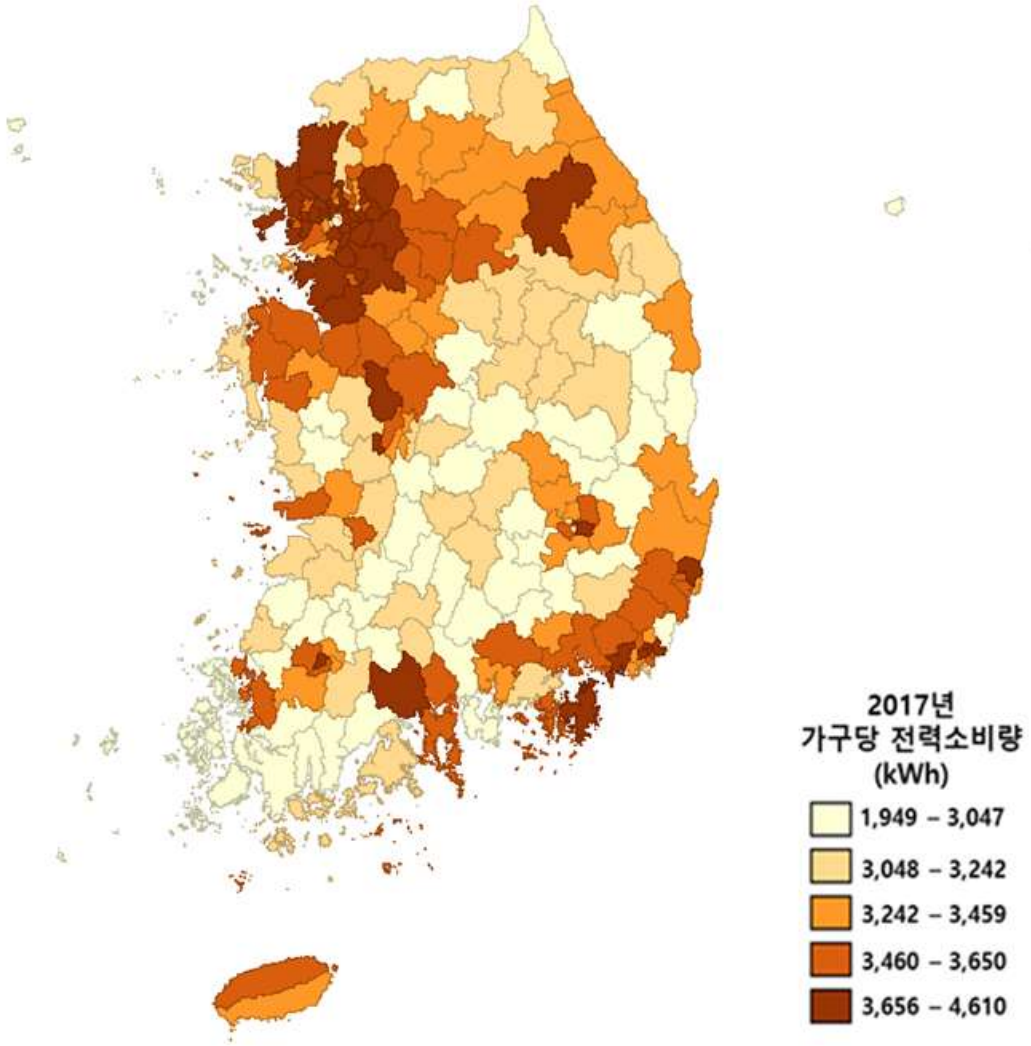
또한 다음 <그림 16>에 의하면, 지역별 가구당 주택용 전력소비량은 전국 평균 3,399kWh이며 지역에 따라 최소 3,130kWh에서 최대 3,685kWh로 큰 차이를 보이며, 주요 대도시에 거주하는 가구들은 평균 3,467kWh를, 기타 지역에 거주하는 가구들은 평균 3,251kWh를 각각 소비하여 도시 규모별 차이도 뚜렷하다. 결국 국내 주요 대도시들은 가구당 소비량이 상대적으로 더 많고, 필요한 전력을 외부에 의존하고 있다고 볼 수 있다.



출처: 통계청 2017년 인구주택총조사 자료, 한국전력공사 2017년 시군구별 전력판매량 정보에서 재구성.

<그림 16> 지역별 가구당 주택용전력 소비량 비교(2017년)

이러한 지역간 차이에 대하여보다 자세하게 살펴보기 위하여 공간단위를 시·도 단위에서 시·군·구 단위로 세분화하여 지도상에서 파악해 볼 수 있다. 다음 <그림 17>에 의하면, 시·군·구별 가구당 전력소비량의 편차는 최대 4,640kWh에서 최소 1,949kWh로 시·도 단위에서 보다 더 명확하게 드러난다. 또한 수도권과 주요 광역시, 세종시를 중심으로 소비량이 비교적 높게 나타나는 것을 시·군·구별 소비량 분포를 통해서 확인할 수 있다.



출처: 통계청 2017년 인구주택총조사 자료, 전력데이터 개방포털시스템 계약종별 소비량 자료에서 재구성

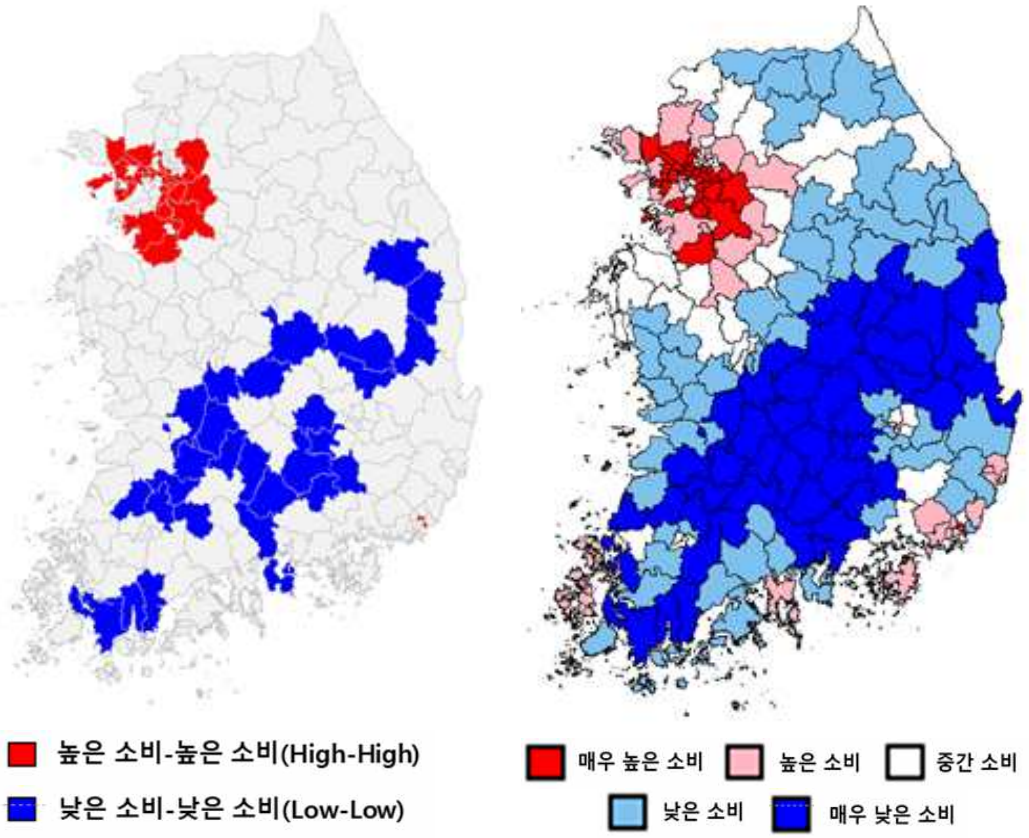
<그림 17> 가구당 주택용 전력소비량의 5분위 분포(2017년)

지역별 전력소비량이 공간상에서 상관성을 갖는지 파악하기 위하여 Moran's I 통계치를 확인할 수 있다. 전역적 Moran's I 지수는 특정 지역 값과 인접 지역 값의 유사성을 기반으로 산출되며 -1과 1 사이의 값을 가진다. +1에 가까울수록 유사성 정도가 높고 공간적으로 군집화되는 특징을 가지며, -1에 가까울수록 유사성 정도가 낮고 값이 큰 지역과 값이 낮은 지역이 규칙적으로 분포하게 된다(이희연·심재헌, 2011). 2017년 가구당 전력소비량에 대한 Moran's I 값은 0.425(99%에서 유의)로 나타났다.

다만, Moran's I 값만으로는 어떤 지역에서 공간적으로 유사한 소비 패턴을 보이는지 파악할 수 없기 때문에 국지적 공간상관성을 확인할 수 있는 LISA 지표를 활용하여 지역별 군집 분포를 파악하였다. LISA 분석에서는 어떤 지역들이 군집화를 이루는지 파악할 수 있으며 모란 산포도(Moran Scatter Plot)를 이용하여 공간적 연관성을 분석할 수 있다. 원점을 기준으로 높은 값끼리 군집화를 이루는 경우는 'HH유형(High-High)', 낮은 값끼리 군집화를 이루는 경우는 'LL유형(Low-Low)', 그리고 높은 값과 낮은 값이 공간적으로 섞인 경우는 'HL유형(High-Low)'이나 'LH유형(Low-High)'이다(이경주 외, 2015; 이희연·심재헌, 2011). LISA 군집분포는 통계적으로 유의미한 지역만을 나타내었으며($p<0.05$), 소비량이 높은 지역과 낮은 지역들의 군집을 함께 제시한다. LISA 군집 분포를 보면, 공통적으로 수도권을 중심으로 HH군집을 이루지만 LL군집은 경북과 전북, 전남 일부 지역을 중심으로 대각선 벨트 형태를 보이고 있다(<그림 18> 좌측 그림 참조).

또 다른 공간적 자기상관성 지표인 G통계량(Getis-Ord local G statistics)을 이용하여 국지적 상관성을 확인할 수 있다. Moran's I 통계량이 소비량의 크기와 관계없이 유사성을 기준으로 공간적 군집 정도를 파악한다면, G통계량(Getis-Ord local G statistics)은 지역별로 소비량의 크기에 따라 군집화 경향과 정도를 함께 나타낼 수 있다. 어떤 현상이 특정 지역과 그 주변지역을 중심으로 강하게 나타나는 경향이 있다면 국지적 G통계량(Getis-Ord local G statistics)은 그만큼 커질 수 있다(이경주 외, 2015). Local G 통계량을 이용하여 소비 분포를 파악한 결과 수

도권과 부산권, 광역시 지역을 중심으로 소비가 높고, 경북·전북·전남 군 지역 일대가 낮은 편으로 나타났다(<그림 18> 우측 그림 참조).



주: 좌측 그림(LISA 군집 분포), 우측 그림(G통계량 군집 분포)

<그림 18> 가구당 전력소비량에 대한 시·군·구별 군집 분포

2. 사회적 구조의 공간적 패턴

가정부문 전력 소비뿐만 아니라 소비와 관련한 요인들도 공간적으로 다르게 분포한다. 가계금융복지조사는 전국, 수도권 여부, 시·도별로 조사 실시 연도의 전년도 지역별 소득 자료가 제공되고 있다. 가계금융복지조사에서 제공하는 경상소득은 근로소득, 사업소득, 재산소득, 이전소득으로 구성된다. 여기에서는 경상소득과 경상소득에서 가장 많은 비중을 차지하는 근로소득을 기준으로 지역별 분포를 파악하였다. 다음 <표

13>에 따르면, 경상소득과 근로소득 모두 수도권 지역이 비수도권지역보다 상대적으로 많은 것으로 나타났다.

<표 13> 전국 및 수도권 여부에 따른 소득 수준 비교(2016년 기준)

(단위: 만원)

지역		전국	수도권	비수도권
소득 종류	경상소득	5,020	5,440	4,629
	근로소득	3,281	3,747	2,849

출처: 통계청, 한국은행, 금융감독원, 2017년 가계금융복지조사 자료

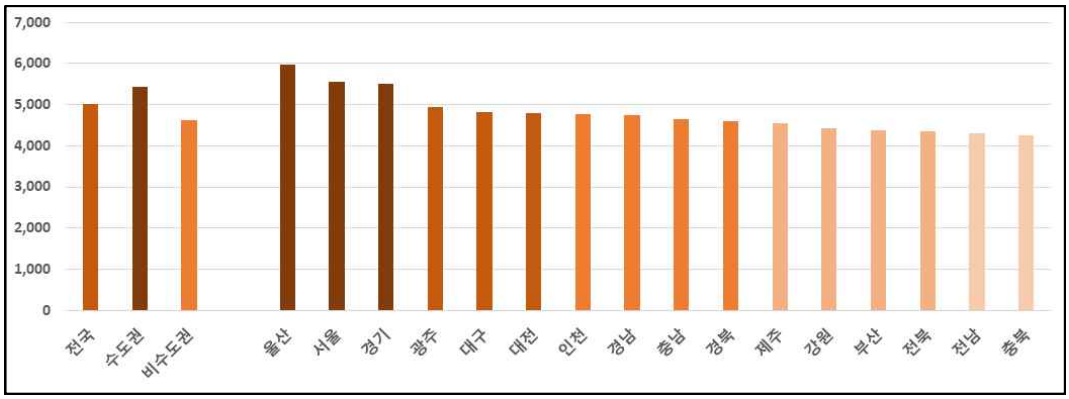
그리고 다음 <표 14>는 시·도별 소득 수준의 차이가 제시되어 있는데, 다음 <그림 19>와 <그림 20>은 이러한 소득 분포를 소득이 높은 순서대로 제시하고 있다. 대체로 수도권과 광역시 지역을 중심으로 가구의 소득이 높은 편으로 나타나고 있는 것을 확인할 수 있다. 부산은 상대적으로 경상소득이 낮지만 근로소득은 경상소득에 비하여 순위가 보다 높은 편이다. 수도권과 광역시가 아닌 지역 중에서는 경남이 상대적으로 높은 편으로 나타나고 있다.

<표 14> 시·도별 소득 수준 비교(2016년 기준)

(단위: 만원)

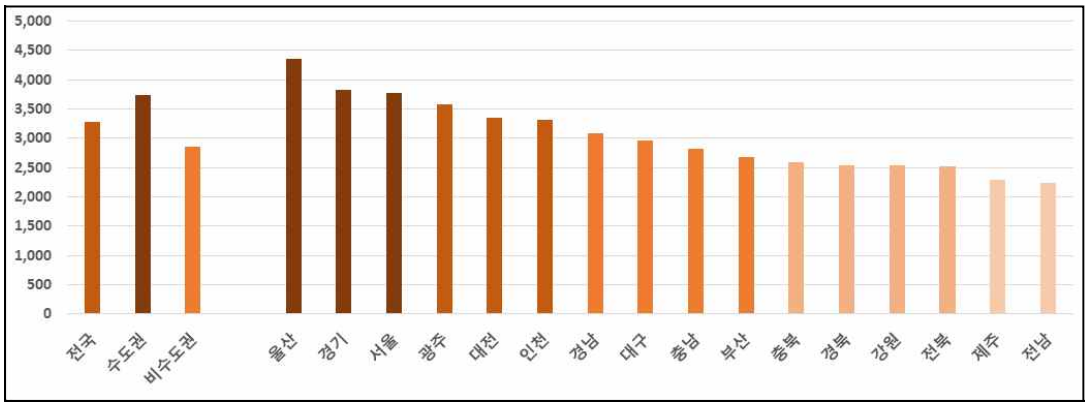
지역		서울	인천	경기	부산	대구	광주	대전	울산
소득 종류	경상소득	5,561	4,764	5,499	4,369	4,809	4,943	4,797	5,965
	근로소득	3,768	3,318	3,830	2,676	2,957	3,576	3,359	4,349
지역		강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
소득 종류	경상소득	4,416	4,257	4,644	4,361	4,298	4,607	4,754	4,545
	근로소득	2,532	2,587	2,827	2,516	2,239	2,545	3,081	2,284

출처: 통계청, 한국은행, 금융감독원, 2017년 가계금융복지조사 자료



출처: 통계청, 한국은행, 금융감독원, 2017년 가계금융복지조사 자료
주: 단위(만원)

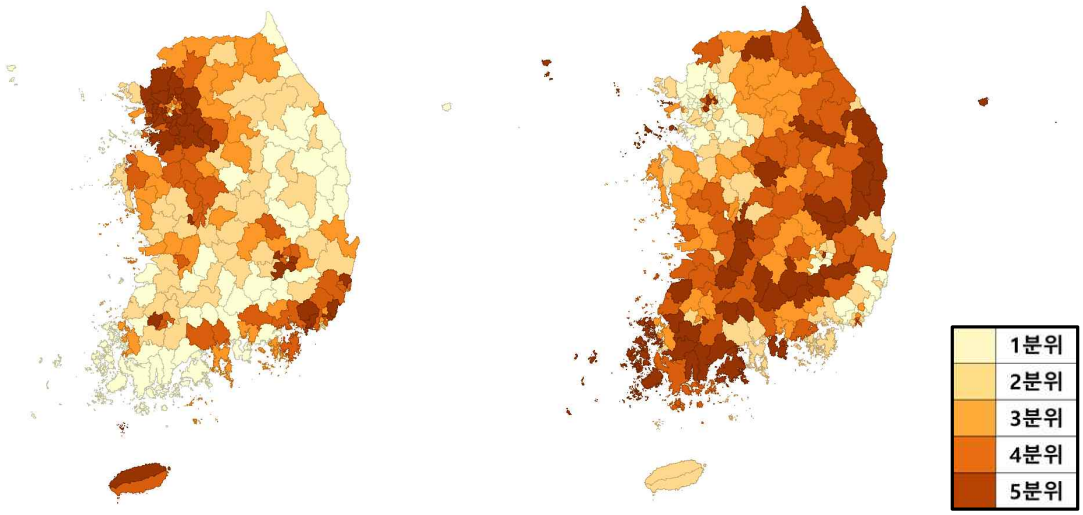
<그림 19> 경상소득 기준 지역별 소득 수준 비교(2016년 기준)



출처: 통계청, 한국은행, 금융감독원, 2017년 가계금융복지조사 자료
주: 단위(만원)

<그림 20> 근로소득 기준 지역별 소득 수준 비교(2016년 기준)

이어 주택에 거주하고 있는 가구의 가구원 규모를 살펴보면 수도권과 광역시를 중심으로 가구당 가구원 수가 상대적으로 더 많은 편으로 나타나고 있다. 한편 1인가구비율은 서울시와 광역시 등 주요 대도시를 중심으로 높은 경우와 경북 내륙지역과 전남 지역 등 농·산촌을 중심으로 높은 경우로 나누어진다.(<그림 21> 참조).



출처: 통계청 2017년 인구주택총조사 자료에서 재구성
주: 좌측 그림(주택 거주 가구당 가구원수, 우측 그림(1인가구비율)

<그림 21> 가구 규모 지표의 5분위 분포(2017년)

<표 15> 가구 규모 지표별 분위 구분(2017년)

지표	분위 구분		지표	분위 구분	
가구당 가구원수 (명)	1분위	2.01 - 2.20	1인가구 비율(%)	1분위	17.4 - 24.7
	2분위	2.20 - 2.30		2분위	24.7 - 29.0
	3분위	2.31 - 2.43		3분위	29.1 - 31.6
	4분위	2.44 - 2.57		4분위	31.6 - 34.0
	5분위	2.57 - 2.84		5분위	34.0 - 44.5

이러한 1인가구비율의 분포는 연령대의 영향이 있기 때문으로 보인다. 다음 <그림 22>에서 살펴볼 수 있듯이, 20대와 30대 1인가구는 서울시와 광역시, 경기 남부지역, 청주시 등 충남 도시지역을 중심으로 높은 편이지만, 65세 이상 1인가구는 경북과 전남 군 지역에서 상대적으로 더 높게 나타난다. 이렇듯 같은 1인가구라도 연령대에 따라 지역별 분포가 달라지는 것을 알 수 있다.

출처: 통계청 2017년 인구주택총조사 자료에서 재구성
주: 좌측 그림(20-30대 1인가구비율), 우측 그림(65세 이상 1인가구비율)

<그림 22> 연령대별 1인가구비율의 5분위 분포(2017년)

<표 16> 연령대별 1인가구비율의 분위 구분(2017년)

지표	분위 구분		지표	분위 구분	
20-30대 1인가구 비율 (%)	1분위	2.1 - 3.8	65세 이상 1인가구 비율(%)	1분위	3.1 - 5.2
	2분위	3.9 - 6.4		2분위	5.4 - 7.3
	3분위	6.4 - 8.4		3분위	7.3 - 10.2
	4분위	8.4 - 11.1		4분위	10.2 - 16.3
	5분위	11.1 - 29.5		5분위	16.5 - 24.7

다음 <그림 23>에서 제시한 바와 같이, 65세 이상 고령인구비율이나 노령화지수는 앞서 65세 이상 1인가구비율과 분포가 유사한 편이다. 다른 지역보다 지방 군 지역에서 고령화 정도가 상당히 높다. 그리고 이들 지역에서는 상대적으로 유소년 인구가 고령 인구에 비하여 부족하고 주로 홀로 생활하는 독거노인의 비중이 다른 도시 지역들보다 높은 경향을 보이는 것으로 나타난다.

출처: 통계청 2017년 인구주택총조사 자료에서 재구성
주: 좌측 그림(65세 이상 인구비율), 우측 그림(노령화지수)

<그림 23> 고령화 수준의 5분위 분포(2017년)

<표 17> 2017년 고령화 수준별 분위 구분(2017년)

지표	분위 구분		지표	분위 구분	
65세 이상 인구비율 (%)	1분위	7.0 - 12.0	노령화 지수	1분위	38.6 -86.9
	2분위	12.0 - 15.2		2분위	87.1 - 128.3
	3분위	15.4 - 20.0		3분위	128.5 - 175.3
	4분위	20.1 - 28.3		4분위	176.6 - 302.3
	5분위	28.5 - 40.0		5분위	305.3 - 647.6

3. 주택 특성과 가전기기 이용의 공간적 패턴

<그림 24>에서 확인할 수 있듯이 아파트 거주가구비율은 대체로 수도권과 광역시 충남 일부 지역을 중심으로 높은 편이다. 반면에 1인당 주거면적은 상대적으로 수도권과 광역시 지역이 좁은 것으로 나타나고 있다. 도시화 수준이 높은 지역에 거주할 수록 보다 규모가 작은 집에서 아파트 단지와 같이 보다 더 조밀한 형태로 거주하는 것으로 이해할 수 있다.

출처: 통계청 2017년 인구주택총조사 자료에서 재구성
주: 좌측 그림(아파트 거주가구비율), 우측 그림(1인당 주거면적)

<그림 24> 주택 유형과 주거면적별 5분위 분포(2017년)

<표 18> 주택 유형과 주거면적별 분위 구분(2017년)

지표	분위 구분		지표	분위 구분	
아파트 거주가구 비율(%)	1분위	0.1 - 17.7	1인당 주거면적 (㎡)	1분위	22.4 - 26.8
	2분위	17.8 - 32.1		2분위	26.9 - 29.0
	3분위	32.5 - 47.2		3분위	29.1 - 30.5
	4분위	47.7 - 59.1		4분위	30.6 - 32.3
	5분위	59.1 - 83.6		5분위	32.4 - 38.7

지역별 가전기기 보유 수준과 이용정보에 관한 자료는 2017년 가구에너지상설표본조사 자료를 참고하였다. 가구에너지상설표본조사에서는 가전기기의 보유대수와 기기별 소비전력, 이용행태 등을 조사하여 각 가전기기별로 가구당 보유대수와 소비량 추정값을 제공하고 있다(최문선, 2017). 소비량 추정값은 가구 표본의 보유대수와 이용시간, 이용 횟수, 소비량 등의 정보를 기반으로 각 가구별 가중치 값을 활용하여 지역별로 추정될 수 있다. 가중치를 이용하면 모수 추정 과정에서 비편의추정량(unbiased estimator)을 얻을 수 있다(임경은, 2007). 가구에너지상설표본조사에서는 서울과 광역시, 그 외의 지역별로 가전기기 보유대수와 기기

별 가구당 소비량 자료를 제공할 수 있는데 어떤 기기가 어디에서 더 많이 보유하고 더 자주 이용되고 있는지 살펴볼 수 있다.

TV, 세탁기, 에어컨, 냉장고, 컴퓨터, 전기밥솥, 청소기 등 주요 가전을 중심으로 한 지역별 가구당 가전기기 보유 대수의 추정치는 다음 <표 19>에 제시되어 있다. 가전별 전체 보유 대수는 대체로 서울시와 광역시 지역 가구들이 기타 지역 거주 가구들보다 더 많이 보유하고 있다. 기타 지역 거주 가구들은 브라운관 TV, 일반형 세탁기, 일반형 냉장고, 보온·취사 겸용 전기밥솥을 상대적으로 더 많이 보유하고 있는 편이다.

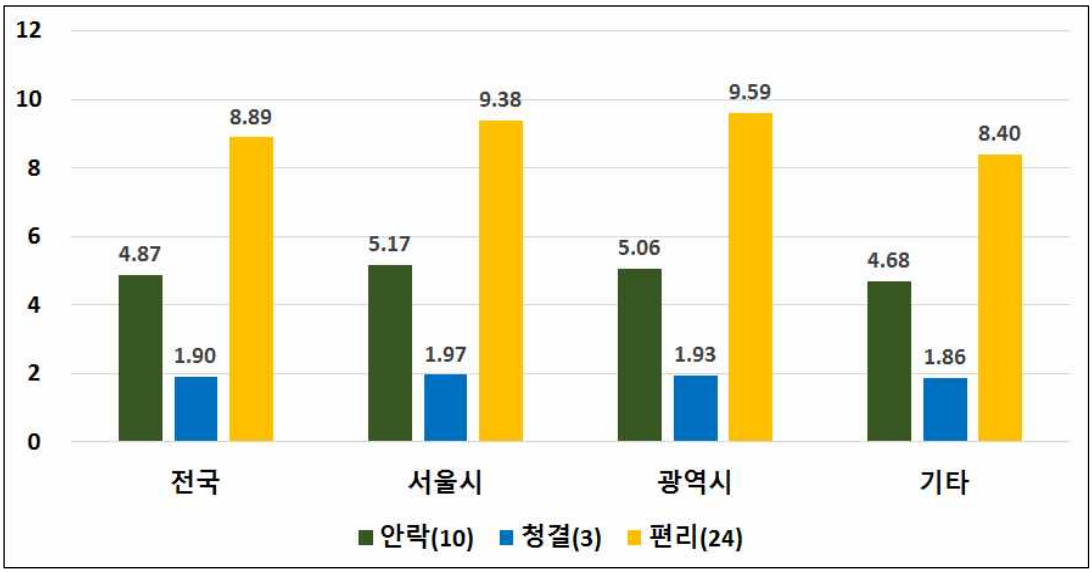
<표 19> 지역별 가전기기별 가구당 보유대수

(단위: 대수/가구)

대분류	소분류	전국	서울시	광역시	기타 지역
TV	**TV 전체**	**1.17**	**1.17**	**1.17**	**1.17**
	브라운관	0.19	0.16	0.16	0.22
	PDP/LCD	0.43	0.49	0.40	0.43
	LED	0.55	0.52	0.61	0.53
세탁기	**세탁기 전체**	**1.01**	**1.02**	**1.01**	**1.01**
	일반형	0.76	0.73	0.73	0.77
	드럼형	0.25	0.27	0.27	0.24
에어컨	**에어컨 전체**	**0.81**	**0.89**	**0.93**	**0.73**
	분리_벽걸이	0.29	0.30	0.33	0.27
	분리_스탠드	0.40	0.41	0.49	0.36
	멀티_벽걸이	0.05	0.08	0.05	0.05
	멀티_스탠드	0.05	0.08	0.05	0.04
	시스템형	0.01	0.02	0.02	0.01
냉장고	**냉장고 전체**	**1.72**	**1.75**	**1.72**	**1.71**
	일반형	0.41	0.35	0.34	0.45
	양문형	0.62	0.67	0.68	0.58
	김치냉장고	0.69	0.73	0.70	0.67
컴퓨터	**컴퓨터 전체**	**0.57**	**0.77**	**0.62**	**0.49**
	데스크탑	0.39	0.53	0.43	0.32
	노트북	0.18	0.24	0.18	0.16
전기밥솥	**전기밥솥 전체**	**0.85**	**0.77**	**0.89**	**0.85**
	보온.취사겸용	0.83	0.76	0.87	0.84
	보온전용	0.007	0.007	0.010	0.006
	취사전용	0.009	0.006	0.014	0.008
청소기	**청소기전체**	**0.73**	**0.77**	**0.76**	**0.70**
	일반	0.71	0.74	0.75	0.69
	로봇	0.01	0.02	0.01	0.01

출처: 2017년 가구에너지상설표본조사
주: 지역별 보유 수준이 전국 값보다 높은 경우에 음영 표시함.

이러한 주요 가전기기 외에 가구상설표본조사에서 제공하는 마이크로 자료를 추가하여 Shove(2003)가 제시하는 안락(comfort), 청결(cleanliness), 편리(convenience) 등을 바탕으로 재분류하고 지역 간에 비교하였다. 세부 분류 내용은 부록 Ⅰ에 제시되어 있으며 지역별 가전기기 보유 대수는 다음 <그림 25>에 제시되어 있다. 편안함 혹은 안락함을 추구하기 위하여 사용되는 가전기기들은 10종류, 위생 관련 가전기기들은 3종류, 편리성 관련 가전기기들은 24종류로 가정 내 가전기기들은 주로 편리성에 기초한 제품들이 많으며 이 범주에 해당하는 가전 제품들이 지역에 따라 보유 대수의 차이가 큰 것으로 나타났다.



출처: 2017년 가구에너지상설표본조사 자료에서 재구성.
주: 기준(대수/가구), ( )안 숫자는 가전기기 종류별 갯수

<그림 25> 안락·청결·편리 범주별 지역별 가전기기 보유 대수 비교

지역별 가전기기별 가구당 연간 전력 소비 추정값은 다음 <표 20>에 제시되어 있다. TV는 서울과 광역시를 제외한 기타 지역에서 대체로 더 많이 이용되고 있지만 LED TV는 서울과 광역시의 소비량이 상대적으로 더 높다. 세탁기 이용에 따른 전력 소비도 대체로 서울과 광역시에서 더 많이 발생하고 있다. 에어컨 역시 대부분의 종류에서 서울과 광역시의 전력 소비 수준이 더 큰데, 이는 소비량의 편차가 다른 기기보다 훨

씬 많은 것을 알 수 있다. 그만큼 대도시권에서 에어컨을 더 많이 보유하면서 더 자주 이용하고 있는 것을 알 수 있다. 냉장고 전력소비는 일반형일 때 기타 지역 가구가, 양문형과 김치냉장고는 서울과 광역시 가구가 더 많이 보유하고 있다. 그 외에 컴퓨터, 전기밥솥, 청소기, 선풍기, 식기세척기 등도 다른 가전기기와 마찬가지로 서울과 광역시에 더 많이 보급되고 있고 더 자주 이용되고 있음을 알 수 있다.

<표 20> 지역별 가전기기별 가구당 연간 전력소비 추정량

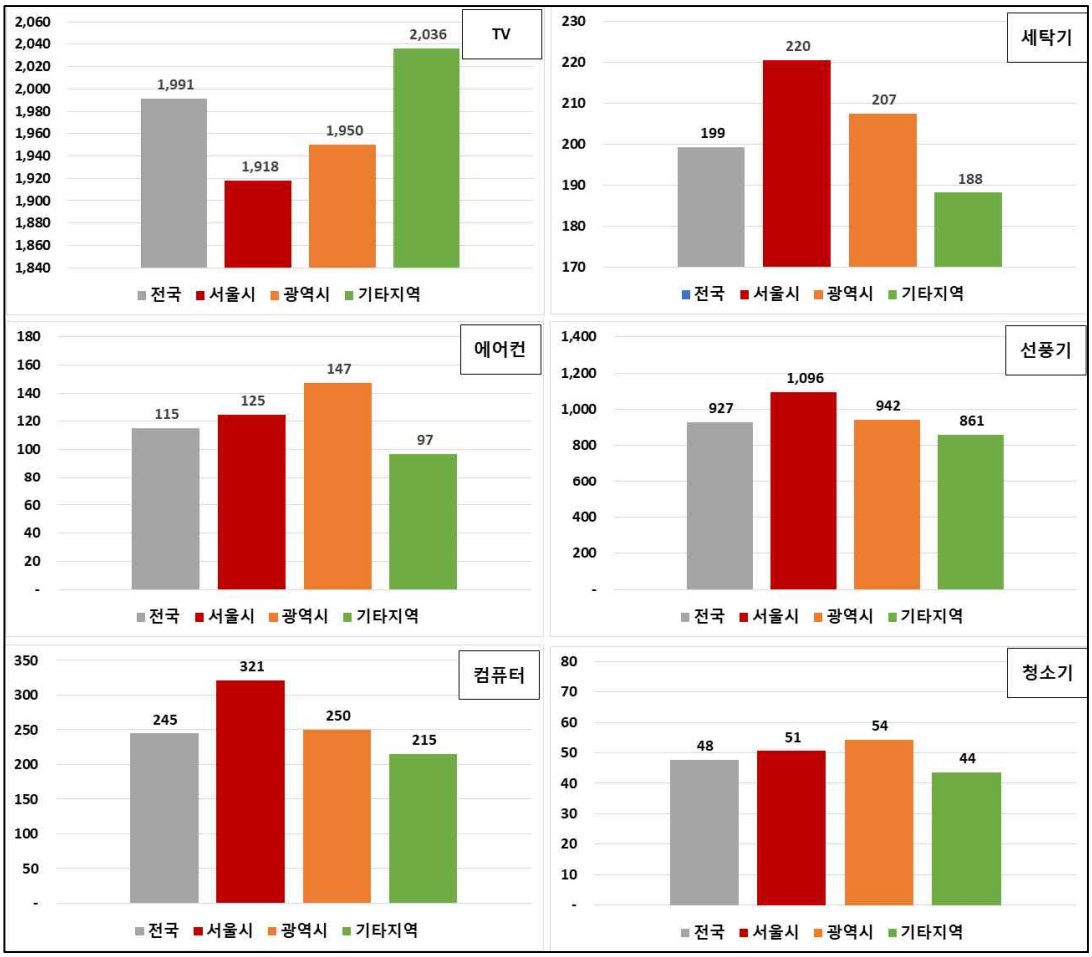
(단위: kWh/가구)

대분류	소분류	전국	서울시	광역시	기타 지역
TV	TV 전체	214.9	208.4	203.3	222.5
	브라운관	36.6	28.3	26.6	44.1
	PDP/LCD	105.2	103.8	97.0	109.5
	LED	73.1	76.3	79.7	68.8
세탁기	세탁기 전체	51.0	57.4	53.0	47.8
	일반형	32.6	33.1	34.7	31.4
	드럼형	18.4	24.3	18.3	16.4
에어컨	에어컨 전체	270.9	310.4	337.3	226.4
	분리_벽걸이	73.3	91.8	85.0	61.4
	분리_스탠드	161.5	163.4	213.9	136.7
	멀티_벽걸이	2.4	2.9	1.0	3.0
	멀티_스탠드	28.9	46.1	30.0	22.4
	시스템형	4.7	6.3	7.3	3.0
냉장고	냉장고 전체	599.3	610.7	600.0	595.0
	일반형	181.1	166.8	155.4	197.9
	양문형	280.3	297.8	302.3	264.1
	김치냉장고	137.9	146.2	142.3	133.0
컴퓨터	컴퓨터 전체	46.2	63.8	49.7	38.3
	데스크탑	39.2	54.8	43.5	31.8
	노트북	6.9	9.0	6.2	6.6
전기밥솥	전기밥솥 전체	806.7	736.6	868.0	802.9
	보온.취사겸용	800.4	718.7	862.1	800.4
	보온전용	5.6	17.6	4.9	1.7
	취사전용	0.8	0.3	1.1	0.8
청소기	청소기전체	48.6	48.1	57.5	44.7
	일반	48.6	48.0	57.4	44.6
	로봇	0.1	0.1	0.1	0.0
선풍기		44.9	53.5	45.4	41.6
식기세척기		5.5	8.6	7.5	3.4
가전기기 9종 추정소비량		2088.0	2097.6	2221.8	2022.7

출처: 2017년 가구에너지상설표본조사

주: 지역별 추정값이 전국 추정값 보다 높은 경우에 음영 표시함.

가구상설표본조사에서는 가전기기에 따라 지역별 총 보급 개수와 가구당 연간 사용시간(시간/가구) 추정량을 제공하고 있다. 여기에 지역별 가구 수를 활용하면 가구당 이용시간 값을 도출할 수 있다. 이에 따라 <그림 26>에는 주요 가전에 대한 표본 가구의 사용시간 정보에 따라 계산된 지역별 사용시간 추정값이 제시되어 있다. 이에 대한 상세한 내용은 부록 Ⅰ에 제시되어 있다. TV를 제외하면 서울시·광역시 이외 지역의 거주 가구들은 다른 지역 가구들에 비해서 가전기기를 더 적게 이용하고 있다. 지역간 편차는 선풍기, TV, 컴퓨터, 에어컨, 세탁기 등의 순서로 크게 나타나고 있다. 청소기의 가구당 이용 시간은 지역간 차이에 가장 작았다.



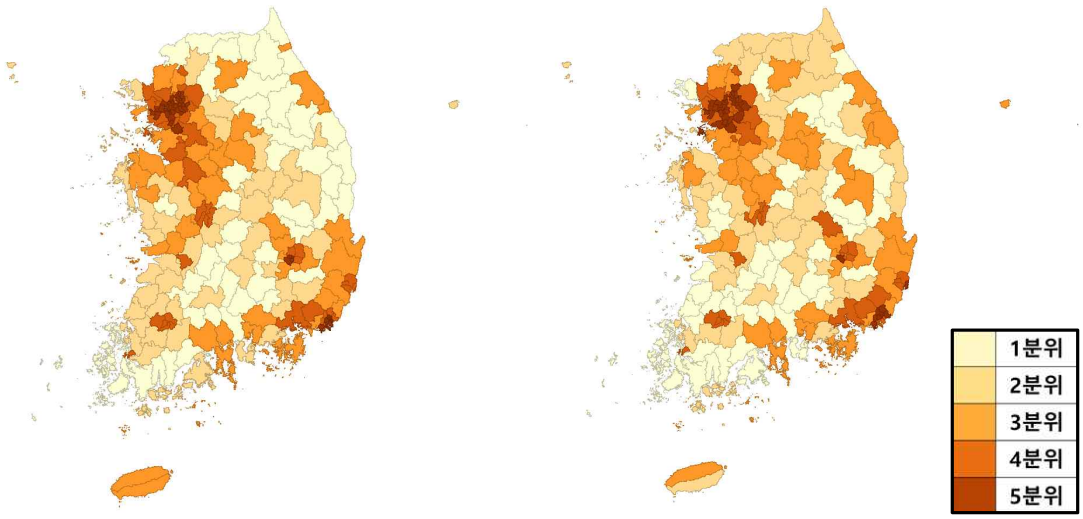
출처: 2017년 가구에너지상설표본조사 자료에서 재구성
주: 단위(시간/가구)

<그림 26> 지역별 가전기기별 가구당 연간 이용시간 추정량 비교

가구당 가전기기 보유 수준은 생활양식의 측면에서, 가구당 이용시간은 생활행위의 측면에서 이해할 수 있다. 이러한 결과를 종합하면, 각 가구가 가전기기를 보유하고 이용하는 수준이 지역에 따라 다르다는 것을 확인할 수 있다. 그리고 이에 따라 전력 소비량이 달라질 수 있다. 따라서 지역별 가정부문 전력 소비량은 지역 내 가구들이 가전기기를 보유하고, 이용하는 다양한 생활행위들의 집합적 결과로 이해할 수 있다.

4. 토지 이용과 기온의 공간적 패턴

다음 <그림 27>에 의하면, 주택에 거주하고 있는 인구의 인구밀도는 행정구역 면적을 기준으로 하거나 토지 지목상 대지면적을 기준으로 볼 때 수도권과 광역시 지역이 상대적으로 더 높게 나타난다. 수도권과 광역시 이외의 지역에서는 경남이나 충남 지역의 인구밀도가 높은 편이다.



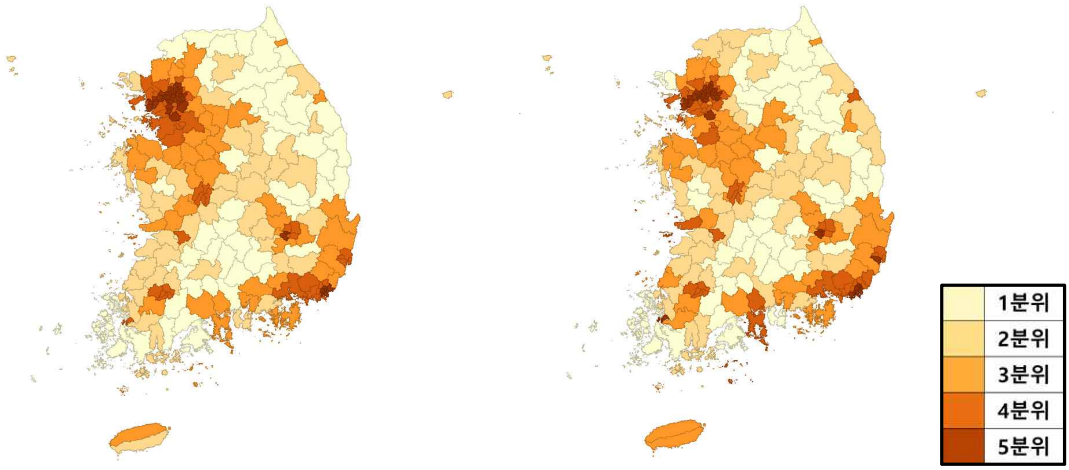
출처: 통계청 2017년 인구주택총조사 자료, 시도기본통계, 지적통계에서 재구성
주: 좌측 그림(행정구역 기준), 우측 그림(대지면적 기준)

<그림 27> 주택 거주 인구밀도의 5분위 분포(2017년)

<표 21> 주택 거주 인구밀도 분위 구분(2017년)

지표	분위 구분		지표	분위 구분	
행정구역 면적 기준 주택거주 인구밀도 (㎢/명)	1분위	17.3 - 63.6	대지면적 기준 주택거주 인구밀도 (㎢/명)	1분위	2303.8 - 3895.8
	2분위	66.0 - 163.8		2분위	3919.7 - 6874.5
	3분위	170.5 - 922.1		3분위	6900.5 - 16309.8
	4분위	944.6 - 7272.9		4분위	16473.3 - 31265.4
	5분위	7393.8 - 24716.3		5분위	32124.4 - 57046.6

인구밀도가 높다는 것은 그만큼 토지 개발 수요가 높은 것으로 이해할 수 있다. 다음 <그림 28>에서는 건축물 연면적 비율과 시가화지역비율의 지역별 분포를 확인할 수 있다.[7] 건축물 연면적 비율이 100%를 초과하는 곳은 한정된 공간에 고층 건물이 밀집되어 있다는 의미로 해석할 수 있다. 시가화지역비율이 100%를 초과하는 경우는 해면부에도 용도지역을 지정할 수 있어 용도지역이 행정구역보다 더 크게 나타나기 때문이다(e-나라지표 "용도지역·용도지구 현황" 웹사이트 자료, 최종접속일 2020년 1월 17일). 두 지표 모두 인구밀도와 유사한 공간 패턴을 보이고 있다.



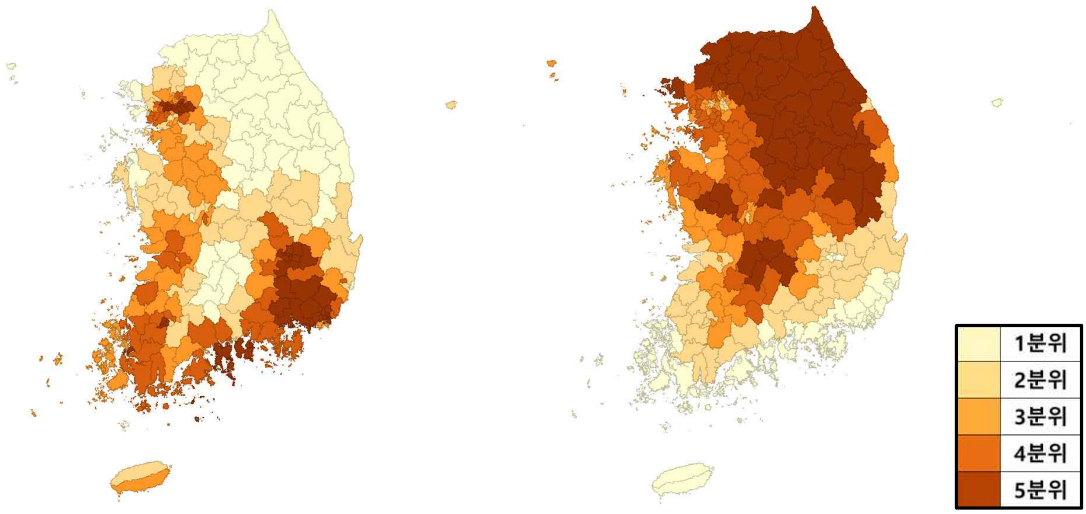
출처: 국토교통부 건축행정시스템 2017년 건축물통계, 한국토지주택공사 2017년 도시계획현황에서 재구성
주: 좌측 그림(행정구역 면적당 건축물 연면적 비율), 우측 그림(시가화 지역 비율)
<그림 28> 토지 이용 지표별 5분위 분포(2017년)

7) 시가화지역은 용도지역상 도시지역의 주거·상업·공업지역 면적의 합으로 행정구역 면적과 비교하여 시가화지역 비율을 산출할 수 있다(김선웅·장남종, 2017).

<표 22> 토지 이용 지표별 시·군·구별 분위 구분(2017년)

지표	분위 구분		지표	분위 구분	
건축물 연면적 비율 (%)	1분위	0.2 - 0.7	시가화 지역 비율 (%)	1분위	0.1 - 0.8
	2분위	0.7 - 1.8		2분위	0.8 - 2.6
	3분위	1.8 - 7.9		3분위	2.6 - 11.5
	4분위	8.6 - 49.4		4분위	12.4 - 43.2
	5분위	50.8 - 215.3		5분위	45.4 - 105.2

도시화된 지역에서는 주변 지역보다 기온이 높은 도시열섬효과가 발생할 가능성이 높다. <그림 29>는 냉방도일과 난방도일의 5분위 분포를 나타내고 있다. 냉방도일과 난방도일은 각 지표가 높을수록 냉방이나 난방이 필요하다고 볼 수 있다. 시·군·구별 냉방도일과 난방도일은 기상청 관측자료를 이용하여 구축하였는데 상세한 구축 방법은 제5장에 제시되어 있다. 냉방도일 분포는 인구밀도나 토지 이용 지표들과 유사한 분포를 보이고 있다. 다만 남해안 지역의 냉방도일이 상대적으로 높은 것은 위도의 영향에 따른 것으로 보인다. 난방도일 분포는 냉방도일 분포와 상당히 다른 편이며 주로 강원 산간 또는 내륙 산간 지역을 중심으로 높게 나타나 해발 고도가 중요한 영향을 미치는 것으로 보인다.



출처: 기상청 기상자료개발포털 관측지점별 관측 자료를 공간보간하여 구축
주: 좌측 그림(18℃ 기준 냉방도일), 우측 그림(18℃ 기준 난방도일)

<그림 29> 기온 지표별 5분위 분포(2017년)

<표 23> 냉방도일과 난방도일 지표별 시·군·구별 분위 구분(2017년)

지표	분위 구분		지표	분위 구분	
냉방도일 (도일)	1분위	333.7 - 611.3	난방도일 (도일)	1분위	1845.0 - 2344.0
	2분위	613.2 - 695.6		2분위	2347.7 - 2608.9
	3분위	696.6 - 746.0		3분위	2611.3 - 2769.1
	4분위	746.1 - 815.3		4분위	2773.7 - 2905.3
	5분위	817.1 - 996.9		5분위	2910.4 - 3657.7

제 4 장 지역 유형별 전력소비 영향요인 비교

제 1 절 연구 설계

1. 연구 개요

이 장에서는 가정부문 전력 소비에 영향을 미치는 다양한 가구특성과 생활양식의 효과를 살펴보고자 한다. 주거 에너지 소비는 가구의 생활행위와 연관되며, 이러한 생활행위는 다양한 생활양식의 기술적 측면과 사회적 구조에 따라 형성된다(Gram-Hanssen, 2011; Lutzenhiser, 1993). 그리고 이러한 사회적 구조와 생활양식은 공간적 구조에 따라 다르게 분포한다(Druckman & Jackson, 2008; Heinonen et al., 2013; Lobao, 2004; Scheiner & Kasper, 2003). 따라서 가구의 전력 소비를 파악함에 있어서 사회 구조적 변수와 생활양식의 영향을 분석하는 것이 중요하며, 특히 이러한 변수들의 공간적 이질성을 고려하여 지역에 따라 모형을 세분화하여 분석하는 것이 필요하다.

에너지경제연구원에서 제공하고 있는 가구에너지상설표본조사 자료는 가구의 인구, 사회, 경제적 특성과 함께 주택과 가전기기 관련 정보를 제공하고 있다는 측면에서 매우 유용한 자료이다. 최근 가구에너지상설표본조사 자료를 활용하여 주거에너지 소비를 분석한 선행연구들이 늘어나고 있다(김용래·김민정, 2017; 김지효·남수현, 2015; 배치혜·전정윤, 2017; 석주헌·박기현, 2017; 홍종호 외, 2018). 하지만 지역간 차이에 주목하여 표본을 세분화한 연구는 부족한 편이다. 가구의 생활양식과 소비패턴은 도시와 농촌 간에 다른 측면이 있고 그에 따라 전력 소비량도 지역에 따라 차등적인 양상을 갖는다. 그렇기 때문에 각 가구가 어떤 지역에 거주하는가에 대해서 그 자체로 소비 요인이 될 수 있지만, 거주 지역의 이질성에 주목한다면 지역별로 모형을 세분하여 지역 모형별로 미치는 영향을 비교하는 것이 필요하다. 또한 지역별로 다른 사회경제적 조건에

주목할 경우 지역에너지계획과 같은 지역 단위 에너지 정책 수립에 도움이 될 수 있다. 이러한 측면에서 거주 지역(수도권 및 광역시 지역, 기타 지역)에 따라 소비 요인을 비교하고자 하였다.

이 연구에서는 소비량 분위(τ=0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9)에 따라 소비요인을 분석하였다. 사회적 실천이론의 관점에서 가정 내의 에너지 소비행위는 사회화 과정이나 기술적 요소에 의해서도 결정되지만, 개인의 경험이나 가치관으로부터도 영향을 받는다(Gram-Hanssen, 2011; 2014). 분위회귀분석은 각 변수의 효과를 분위에 따라 파악할 수 있도록 한다는 점에서 같은 사회적 계층이나 집단 내에서도 소비량이 차등적일 수 있는 개인들의 행태를 분석하고 그 속에서 유의성을 파악하는 데 도움이 될 수 있다. 이러한 유용성에도 불구하고 가구 단위에서 국내 주거 에너지 소비에 대한 분위회귀분석 사례는 최문선(2013) 외에 많지 않은 편이다.

가구원 1인당 전력소비량이 높다는 것은 가구원 1인의 소비효율성이 상대적으로 낮아 같은 전력서비스의 효과를 제한적으로 활용하는 것을 의미한다. 따라서 1인당 소비량 분위에 따라 요인을 비교 분석할 경우 소비 효율이 낮은 경우, 중간인 경우, 높은 경우에 각각 영향을 미치는 요인을 나누어 볼 수 있고 각각의 경우들을 서로 비교할 수 있다.

2. 분석 자료

분석에 활용한 자료는 에너지경제연구원의 가구에너지상설표본조사 자료이다. 에너지경제연구원에서 2011년부터 시행하고 있는 가구에너지 상설표본조사는 매년 16개 시·도별로 2,520가구 표본에 대하여 에너지 소비를 추적 조사하는 것을 목적으로 한다(김지효·남수현, 2015).[8] 2019년 10월말 기준 국가에너지통계종합정보시스템(www.kesis.net)에서 제공하고 있는 가구에너지상설표본조사의 마이크로 데이터는 2016년과 2017년

8) 2011년 1차 조사에서 2014년 4차 조사까지는 표본가구의 이사 및 분가하는 경우를 추적하지 않아 표본 유지율이 지속적으로 감소하게 되었다. 2015년 5차 조사부터는 이사 가구가 같은 지역 내에서 동일한 주택유형과 동일한 난방연료를 사용할 경우 표본을 유지하는 것으로 바뀌었다(김지효·남수현, 2015).

결과만 제공되어 있어 이 연구에서는 2년치 자료만 활용하였다. 이 연구에서 활용하는 가구 표본은 시·도 단위로 거주 지역을 구분하고 있기 때문에 도시 규모를 반영하는 데 일정 부분 한계가 있다. 다만, 서울시와 6대 광역시는 상대적으로 도시화 수준이 높다고 볼 수 있고 경기도 역시 수도권을 구성하는 지역이기 때문에 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 경기 등 8개 지역은 상대적으로 도시화 정도가 높은 지역으로 분류할 수 있다. 특히 수도권은 다른 지역에 비하여 인구, 지가 상승, 임금 프리미엄, 지역 경제와 산업 등 다양한 측면에서 상당히 높은 우위를 점하고 있기 때문에 경기도를 서울시, 광역시와 함께 분류하였다(노승철 외, 2012; 문영만, 2013; 염승일·이희연, 2011; 이현욱, 2017). 그리고 그 외 지역은 상대적으로 도시화 정도가 낮은 지역으로 분류할 수 있다. 물론 수도권과 광역시에 위치하지 않더라도 도시화 수준이 높은 지방거점 도시가 있을 수 있으나 분석 자료 특성상 시·군·구 단위로 거주 지역을 구분하기 어려워 제한적인 수준에서 지역 유형을 구분하였다.

가구에너지상설표본은 2,520가구의 에너지 소비와 가구, 주택, 에너지 이용 등에 대한 횡단면자료로 구성되어 있다. 이 연구에서는 2개 연도의 자료를 활용하고 있기 때문에 전체 표본의 크기는 5,040가구이다. 여기서 각 문항별로 해당 없음, 모름, 거절 등으로 발생한 결측치(86가구)를 우선 제외한 결과 전국 모형의 최종 표본은 4,954가구이다. 수도권·광역시 모형과 기타 지역 모형의 최종 표본은 각각 2,762가구, 2,192가구(기타 지역)이다.

모형 구축에 활용된 변수는 다음 <표 24>에 소개되어 있다. 종속변수는 1인당 일반 전력소비량이다. 주요 분석 요인은 가구특성, 주거 특성, 에너지 이용 행태 등으로 나누어진다.[9] 가구 특성은 가구 규모, 가구의

9) 조하현·장민우(2015)는 가격변수와 할증변수를 고려하면서, 할증변수를 가계지출액 대비 전기요금의 비중과 곱하여 구축하였는데 가구상설표본조사자료에는 지출액 자료가 없어 이를 소득 구간의 중간 금액으로 대체하여 구축하였다. 그러나 한계가격과 할증변수를 소득 더미변수와 함께 투입 시 다중공선성 문제가 발생하였고, 소득구간 더미를 통합하거나 소득 구간별로 표본을 나누어 분석하더라도 여전히 한계가격과 할증변수의 VIF값이 10을 초과하였다. 이에 따라 모형에서 가격 변수는 따로 고려하지 않고 그 대신 지역 더미 변수를 투입하여 지역별 관측되지 않은 특성 차이를 통제하고자 하였다.

가족구성, 연령, 성별, 학력, 직업, 경제적 수준 등 인구·사회·경제학적 특성을 포괄하고 있다. 주거 특성은 주택의 유형과 규모, 주택의 연한과 방향과 같은 주택 관련 특성 뿐만 아니라 소유 형태와 거주 기간 등 거주 관련 특성을 포괄한다. 에너지 이용 특성을 통해서는 난방, 냉방, 취사에서 전력을 이용하는 정도를 파악한다.

<표 24> 모형 분석을 위한 주요 변수와 지표

주요 변수		주요 지표
전력 소비	소비 효율	1인당 전력소비량
사회적 구조	가구 규모	가구원수
	가구 구성	1인가구, 부부가구, 부부자녀가구, 부부자녀부모가구, 비혈연가구
	연령	가구주 연령대(20대, 30대, 40대, 50대, 60대 이상)
		노인 수
	성별	가구주 성별(남성, 여성)
	학력	가구주 학력(고졸 이하, 대졸, 대학원 졸 이상)
	직업	가구주 직업(상용근로자, 임시/일용근로자, 자영업자, 기타종사자, 기타-무직, 가사, 학생 등)
	경제적 수준	연간 총소득(최소 1,200만원 미만, 최대 9,600만원 이상 등 9개 구간)
		경제활동가구원수
주거 특성	주택 유형	단독주택, 다세대·연립주택, 아파트
	주택 면적	평 수
	주택 방향	북향 계열(북, 북동, 북서), 북향 외 계열(동, 서, 남, 남동, 남서)
	주택 연한	건축연도(1970년대 이전, 1971-1979년, 1980-1989년, 1990-1999년, 2000-2009년, 2010년 이후)
	욕실 수	1개 이하, 2개 이상
	소유 형태	자가, 전세, 월세, 기타(임대 등)
	거주기간	현 주택 거주년수
에너지 이용 행위	난방 방식	개별난방, 중앙난방
	보조난방 (전기)	보조 전기난방 사용(전기장판, 전기담요, 전기난로), 보조 전기난방 사용 안함
	냉방 방식	에어컨 사용, 에어컨 미사용
	취사 (전기)	주 취사 연료(전기), 보조 취사 연료(전기), 전기 취사 안함
지역	거주 지역	서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 울산, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주

3. 분석 방법

모형의 분석방법은 합동OLS분석과 분위회귀분석으로 나누어진다. 현재 공개되어 있는 가구에너지상설표본이 2년에 불과하여 가구의 고정효과나 임의효과를 고려하기에 한계가 있어 합동OLS모형(Pooled OLS)으로 분석하되, 홍종호 외(2018)의 사례와 같이 가구의 거주지역을 패널그룹으로 설정하고 지역 더미변수를 투입하여 지역별 고유특성을 고려하고자 하였다. 모형 검정 결과 이분산성이 확인되어 이를 고려하기 위하여 robust 표준오차를 활용하였다(Wooldridge, 2016).

분위회귀분석은 Koenker & Bassett(1978)이 소개한 방법으로 종속변수의 조건부 분위에 따라 분위별 영향요인을 파악할 수 있다. 최문선(2013)에 따르면, 분위회귀분석에서는 동일한 변수가 분위수에 따라 미치는 영향을 파악할 수 있으며, 모든 분위수에서의 변동을 설명할 수 있다. 예를 들어 A라는 변수의 전력 소비 효과가 10분위에서 0.5이고 90분위에서 5라면, 90분위 집단은 10분위 집단에 비하여 A에 의한 소비량 변동이 10배 더 크다고 볼 수 있다(최문선, 2013).

만약 가구 표본의 전력소비량이 이질적인 특성을 가진다면 일정 기준에 따라 소비 수준을 나누어 분석하기보다 모든 표본을 활용하되 조건부 분위에 따라 가중치를 부여하는 방법이 효과적일 수 있다(안준기, 2009). 선형회귀모형이 독립변수에 대한 종속변수의 조건부 평균을 추정한다면 분위회귀분석은 종속변수의 조건부 τ분위(quantile)에 따라 추정한다.

$$y_i = \beta_\tau X_i + \mu_{\tau i},\ (i = 1, 2, \cdots, n),\ \tau \in [0,1],\ Q_\tau(\mu_i | X_i) = 0$$

$$Q_\tau(y_i | X_i) = \beta_\tau X_i$$

여기서 y_i는 종속변수, X_i는 독립변수, τ는 분위(quantile), β_τ는 분위별 회귀계수, $\mu_{\tau i}$는 오차항을 의미한다. 조건부 τ분위(quantile)는 0에서 1사이의 값을 가지며 $Q_\tau(y_i|X_i)$는 독립변수 X_i가 주어진 상태에서 종속변수의 τ번째 조건부 분위를 나타낸다.

분위회귀모형은 동시적 분위회귀분석방법(simultaneous quantile regression)으로 추정하였으며 이분산성을 고려하여 Gould(1992, 1997)가 제시한 붓스트랩 재표본추출방법(bootstrap resampling)으로 표준오차를 산출하였다. 붓스트랩 계산 반복값은 500회로 설정하였다. 분석은 Stata 프로그램(Ver. 16.0)의 qreg 패키지를 활용하였다.

제 2 절 1인당 전력소비 선형회귀 모형

1. 지역별 기술통계

다음 <표 25>와 같이, 모형에 활용된 주요 변수와 지표별로 현황을 살펴보면, 우선 가구의 전력소비 효율을 나타내는 1인당 전력소비량은 전국 평균 1,246.48kWh이며 기타 지역 가구가 수도권 및 광역시에 거주하는 가구보다 1인당 전력소비량이 조금 더 높았다. 반대로 가구당 소비량은 전국 평균 3,127.09kWh, 수도권 및 광역시 평균 3,242.58kWh, 기타 지역 평균 2,981.58kWh로 수도권 및 광역시 가구가 더 소비 규모가 많다. 이러한 차이는 도시지역 거주가구의 가구당 가구원수가 농촌 지역 가구보다 더 많기 때문으로 보인다. 수도권 및 광역시에서는 평균적으로 3.25명이 한 가구에서 생활하지만, 기타 지역에서는 2.63명이 생활하고 있다. 가구원 수가 많을수록 소비 규모가 늘어나 가구당 소비량이 증가하고 가구원 수가 적을수록 1인당 소비량이 증가한다. 가구원 수가 적을수록 규모의 경제효과가 감소하고 전력 소비에 따른 효과를 공유하기 어려워 소비효율은 떨어진다고 볼 수 있다. 경제활동가구원수와 주거면적은 수도권 및 광역시 지역 가구가 상대적으로 더 많고, 기타 지역 가구일수록 상대적으로 더 오래 거주하는 것으로 나타났다.

<표 25> 기술통계(비율척도 변수)

변수		지표	전국		수도권·광역시		기타 지역	
			평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
전력소비	소비효율	1인당 전력소비량 (kWh/인)	1246.48	723.02	1153.07	653.70	1364.17	786.38
	소비량	가구당 전력소비량 (kWh/가구)	3127.09	1155.4	3242.58	1113.0	2981.58	1191.1

사회적 구조	규모	가구원수(명)	2.98	1.24	3.25	1.17	2.63	1.25
	경제적 수준	경제활동 가구원수(명)	2.43	0.74	2.50	0.71	2.35	0.76
주거 특성	주택 규모	주거면적 (평)	25.94	9.00	27.28	9.40	24.26	8.17
	거주 기간	현 주택 거주년수(년)	10.91	8.72	10.13	7.94	11.89	9.52

다음 <표 26>의 가구 구성은 전국을 기준으로 할 때 부부와 자녀로 구성된 가구의 비중이 가장 많으며 부부와 자녀, 부모로 구성된 가구가 가장 적었다. 한편 1인가구의 비중은 상대적으로 기타 지역에서 더 높았다. 상대적으로 농촌지역에 독거노인가구가 많은 점이 반영된 것으로 보인다. 가구주 연령대와 가구 내 노인 수의 분포를 살펴보면, 기타 지역에서 60세 이상 가구주와 노인 거주 상태가 상대적으로 높게 나타나 지역간 고령화 차이를 보여주고 있다. 가구주 성별은 대체로 남성이 많고 지역 유형별로 큰 차이는 발견되지 않았다. 가구주 학력의 경우 수도권 및 광역시 지역에서는 대체로 대졸 이상이 많고, 기타 지역은 고졸 이하인 경우가 많았다. 가구주 직업은 전반적으로 상용근로자가 가장 많고, 그 다음으로 자영업자, 기타(무직, 가사, 학생 등) 순서로 나타났다. 가구 연소득은 수도권 및 광역시 지역의 경우 2,400만원에서 5,999만원까지의 3구간 비중이 상대적으로 높은 반면, 기타 지역의 경우 1,200만원 미만에서 3,599만원까지의 3구간 비중이 더 높게 나타나 지역 유형간 소득 차이도 확인할 수 있었다.

<표 26> 기술통계(명목·서열척도, 변수: 사회적 구조)

변수	지표	전국		수도권·광역시		기타 지역	
		빈도	비율 (%)	빈도	비율 (%)	빈도	비율 (%)
가구 구성	1인가구	626	12.64	206	7.46	420	19.16
	부부가구	1,184	23.90	488	17.67	696	31.75
	부부자녀가구	2,585	52.18	1,764	63.87	821	37.45
	부부자녀부모가구	247	4.99	148	5.36	99	4.52

	비혈연가구	312	6.30	156	5.65	156	7.12
가구주 연령	20-29세	74	1.49	40	1.45	34	1.55
	30-39세	562	11.34	356	12.89	206	9.40
	40-49세	1,412	28.50	936	33.89	476	21.72
	50-59세	1,422	28.70	902	32.66	520	23.72
	60세 이상	1,484	29.96	528	19.12	956	43.61
노인 수	노인 없음	3,358	67.78	2,184	79.07	1,174	53.56
	노인 1인	894	18.05	331	11.98	563	25.68
	노인 2인 이상	702	14.17	247	8.94	455	20.76
가구주 성별	남성	3,716	75.01	2,125	76.94	1,591	72.58
	여성	1,238	24.99	637	23.06	601	27.42
가구주 학력	고등학교 졸업 이하	2,897	58.48	1,300	47.07	1,597	72.86
	대학교 졸업	1,932	39.00	1,372	49.67	560	25.55
	대학원 졸업 이상	125	2.52	90	3.26	35	1.60
가구주 직업	상용근로자	2,458	49.62	1,559	56.44	899	41.01
	임시/일용근로자	276	5.57	152	5.50	124	5.66
	자영업자	1,150	23.21	559	20.24	591	26.96
	기타종사자	142	2.87	69	2.50	73	3.33
	무직, 가사, 학생 등	928	18.73	423	15.31	505	23.04
가구 연소득	1,200만원 미만	699	14.11	198	7.17	501	22.86
	1,200-2,399만원	684	13.81	267	9.67	417	19.02
	2,400-3,599만원	1,046	21.11	501	18.14	545	24.86
	3,600-4,799만원	976	19.70	614	22.23	362	16.51
	4,800-5,999만원	795	16.05	565	20.46	230	10.49
	6,000-7,199만원	443	8.94	364	13.18	79	3.60
	7,200-8,399만원	123	2.48	101	3.66	22	1.00
	8,400-9,599만원	80	1.61	61	2.21	19	0.87
	9,600만원 이상	108	2.18	91	3.29	17	0.78

또한 다음 <표 27>의 주택 유형에 대해서는 수도권 및 광역시 지역의 경우 아파트가, 기타 지역의 경우 단독주택이 각각 상대적으로 비중이 높았다. 주택의 방향은 대체로 북향이 아닌 경우가 대부분이었다. 주택은 1990년대에 지어진 경우가 가장 많고, 그 다음으로 2000년대, 1980년대 순으로 많은 비중을 차지하였다. 또한 욕실이 1개 이하인 주택이 더 많지만 욕실이 2개 이상인 주택은 수도권 및 광역시 지역에 상대적으로 더 많았다. 거주 특성인 주택 점유 형태에 있어서는 대체로 자가와 전세인 경우가 대부분을 차지하는 것으로 나타났다.

<표 27> 기술통계(명목·서열척도, 변수: 주거 특성)

변수	지표	전국		수도권·광역시		기타 지역	
		빈도	비율 (%)	빈도	비율 (%)	빈도	비율 (%)
주택 유형	단독주택	1,913	38.62	863	31.25	1,050	47.90
	다세대·연립주택	776	15.66	483	17.49	293	13.37
	아파트	2,265	45.72	1,416	51.27	849	38.73
주택 방향	북향 계열 외	4,490	90.63	2,546	92.18	1,944	88.69
	북향 계열	464	9.37	216	7.82	248	11.31
건축 년도	1970년대 이전	387	7.81	140	5.07	247	11.27
	1971-1979년	430	8.68	195	7.06	235	10.72
	1980-1989년	790	15.95	476	17.23	314	14.32
	1990-1999년	1,715	34.62	918	33.24	797	36.36
	2000-2009년	1,342	27.09	842	30.49	500	22.81
	2010년 이후	290	5.85	194	6.92	99	4.52
욕실수	욕실 1개 이하	3,361	67.84	1,662	60.17	1,699	77.51
	욕실 2개 이상	1,593	32.16	1,100	39.83	493	22.49
주택 점유 형태	자가	3,759	75.88	2,002	72.48	1,757	80.16
	전세	922	18.61	637	23.06	285	13.00
	월세	202	4.08	101	3.66	101	4.61
	기타(임대 등)	71	1.43	22	0.80	49	2.24

이어 다음 <표 28>에서 대부분의 가구들은 개별적으로 난방을 하지만 중앙난방방식을 이용하는 경우는 상대적으로 수도권 및 광역시에 더 많다. 전기장판이나 전기 히터, 전기 담요 등은 대부분의 가정에서 사용되고 있으나 상대적으로 기타 지역에서 더 많이 사용된다. 에어컨은 대부분의 가정에 보급되어 있으며 지역 유형별로 큰 차이는 없었다. 취사에 있어서 전기를 보조 연료로 사용하는 경우가 상당 비중을 차지하며 일부 가구들은 취사 활동에 있어서 전기를 주로 이용하는 경우도 있다.

<표 28> 기술통계(명목·서열척도, 변수: 에너지 이용 특성)

변수	지표	전국		수도권·광역시		기타 지역	
		빈도	비율 (%)	빈도	비율 (%)	빈도	비율 (%)
난방 방식	개별난방	4,504	90.92	2,379	86.13	2,125	96.94
	중앙난방	450	9.08	383	13.87	67	3.06
전기 난방	보조전기난방 미사용	1,349	27.23	937	33.92	412	18.80
	보조전기난방 사용	3,605	72.77	1,825	66.08	1,780	81.20
에어컨 여부	없음	1,508	30.44	678	24.55	830	37.86
	있음	3,446	69.56	2,084	75.45	1,362	62.14

취사	취사 연료: 전기 외	1,925	38.86	1,181	42.76	744	33.94
	보조 취사 연료: 전기	2,794	56.40	1,438	52.06	1,356	61.86
	주 취사 연료: 전기	235	4.74	143	5.18	92	4.20

2. 모형별 선형회귀분석 결과

회귀분석 결과는 전국 가구를 대상으로 한 모형과 지역 유형별 모형으로 나누어 살펴볼 수 있다. 각 모형별 분산팽창지수(VIF)의 최대값은 각각 5.53, 6.69, 7.19로서 10보다 작은 것으로 나타났다. 또한 각 모형은 시·도 더미와 연도 더미를 투입하여 관측되지 않은 지역간 차이와 시간 차이를 고려하였다. 모형의 설명력은 수도권 및 광역시 모형이 가장 높았고 기타 지역 모형은 상대적으로 설명력이 낮게 나타났다(<표 29> 참조>).

선형회귀모형에서는 각 모형별로 주요 변수의 유의성을 중심으로 살펴보았다. 가구원수와 가구 구성, 에어컨 여부는 세 모형 모두에서 대체로 유의하게 나타났다. 소득 구간은 전국 모형에서 모든 구간이 유의하였는데 수도권·광역시 모형과 기타 지역 모형에서는 각각 세 구간만 유의하게 나타났다. 가구주 성별과 학력, 주택 방향과 욕실의 수, 난방방식은 어떤 모형에서도 유의하게 나타나지 않았다. '60세 이상'인 경우를 더미 기준 변수로 하는 가구주 연령대는 세 모형 모두 연령대별로 유의한 경우가 적은 편이었는데, 공통적으로 가구주 연령이 20대인 경우는 60세 이상인 경우보다 1인당 전력소비량이 더 적은 것으로 나타났다. 한편 수도권과 광역시 지역에서 아파트에 거주하는 가구는 연립과 다세대에 거주하는 가구보다 1인당 전력 소비량이 더 많았지만, 기타 지역에서는 그 효과가 반대로 나타나는 것으로 확인되었다. 가구주 직업, 주택 점유 형태, 거주 기간은 전국 모형과 기타 지역 모형에서 주로 유의한 효과를 보였다. 노인 수, 주택 면적, 보조 전기난방은 전국모형과 수도권·광역시 모형에서 주로 영향을 갖는 것으로 나타났다. 건축연도와 주 전기취사는 수도권·광역시 모형에서만 유의하였다.

<표 29> 전국, 수도권·광역시, 기타지역의 1인당 전력소비 모형

변수명 (더미 기준변수)			전국 회귀계수 (Robust S.E)	수도권·광역시 회귀계수 (Robust S.E)	기타 지역 회귀계수 (Robust S.E)
사회적구조	가구원수		-209.18*** (8.59)	-204.73*** (10.58)	-223.70*** (15.27)
	경제활동가구원수		-11.61 (11.01)	0.80 (12.63)	-28.17 (20.24)
	가구 구성 (부부자녀가구)	1인가구	1066.97*** (62.09)	1242.05*** (86.31)	898.61*** (95.21)
		부부가구	220.14*** (26.14)	259.29*** (33.92)	140.42*** (43.04)
		부부자녀부모가구	54.27** (26.24)	40.44 (32.39)	82.20* (45.84)
		비혈연가구	117.69*** (28.94)	79.65** (36.87)	117.03** (47.74)
	가구주 연령 (60세 이상)	20-29세	-253.18*** (81.40)	-226.81** (101.53)	-280.00** (126.78)
		30-39세	-50.57 (36.08)	-22.18 (39.73)	-96.62 (68.44)
		40-49세	-44.59 (27.86)	-29.97 (32.72)	-88.41* (49.16)
		50-59세	-4.45 (27.08)	15.58 (32.81)	-45.93 (44.00)
	노인 수 (노인 0인)	노인 1인	18.07 (27.39)	31.77 (34.64)	-3.75 (42.81)
		노인 2인 이상	55.25** (28.11)	72.82** (35.18)	20.07 (46.27)
	가구주 성별(남성)	여성	22.28 (22.48)	16.98 (27.93)	16.10 (35.60)
	가구주 학력 (고졸 이하)	대학교 졸	3.81 (18.53)	-20.74 (19.96)	45.28 (34.84)
		대학원 졸 이상	-18.00 (39.33)	-5.72 (41.93)	-73.30 (83.50)
	가구주 직업 (무직, 가사, 학생)	상용근로자	62.54** (27.33)	13.56 (34.85)	115.65*** (42.59)
		임시/일용근로자	36.27 (36.84)	-56.40 (46.02)	127.04** (58.70)
		자영업자	88.93*** (29.31)	25.80 (36.89)	152.12*** (43.56)
		기타종사자	0.60 (53.46)	-51.04 (83.32)	74.97 (72.74)
	가구 연소득 (1,200만원 미만)	1,200-2,399만원	73.52** (36.97)	88.95 (60.80)	26.47 (44.35)
		2,400-3,599만원	111.46*** (39.40)	40.31 (57.18)	110.50** (52.12)
		3,600-4,799만원	126.68*** (39.98)	117.22** (59.44)	80.39 (52.85)
		4,800-5,999만원	127.02*** (40.93)	112.69* (60.49)	96.76* (55.57)
		6,000-7,199만원	112.06*** (43.16)	93.73 (62.05)	102.75 (65.86)
		7,200-8,399만원	138.05*** (49.16)	116.57* (66.88)	115.45 (94.02)

사회적구조	가구 연소득 (1,200만원 미만)	8,400-9,599만원	152.95** (67.92)	68.79 (68.34)	316.05 (200.53)
		9,600만원 이상	116.58** (47.96)	68.78 (66.32)	181.95** (71.76)
주거특성	주택 유형 (연립다세대)	단독주택	2.76 (26.55)	31.73 (30.77)	-43.38 (47.23)
		아파트	-6.88 (24.14)	44.26* (26.46)	-86.04* (45.61)
	주택면적(평)		6.86*** (1.29)	9.76*** (1.41)	3.63 (2.40)
	주택방향 (북향 외)	북향 계열	32.61 (34.70)	65.92 (41.68)	22.09 (51.74)
	건축연도 (1970년대 이전)	1971-1979년	52.68 (45.61)	-2.63 (62.10)	61.29 (62.55)
		1980-1989년	-32.57 (39.28)	-132.34*** (50.62)	22.97 (57.79)
		1990-1999년	-6.29 (37.81)	-108.46** (48.78)	52.43 (54.58)
		2000-2009년	-29.90 (39.25)	-107.43** (50.97)	-4.52 (55.87)
		2010년 이후	-10.50 (45.26)	-125.23** (55.67)	48.57 (74.45)
	욕실 수 (1개 이하)	욕실 2개 이상	15.63 (19.88)	-6.13 (20.83)	36.98 (38.18)
	주택 점유형태 (자가)	전세	6.00 (18,70)	8.90 (20.89)	-6.34 (35.19)
		월세	-89.16* (53.04)	65.12 (77.81)	-254.77*** (69.47)
		기타(임대 등)	-113.54 (71.45)	-67.98 (153.35)	-134.09* (77.32)
	현 주택거주년수		2.52** (1.06)	-0.54 (1.31)	4.37*** (1.59)
가전특성	난방방식 (개별난방)	중앙난방	-29.79 (20.71)	-34.31 (22.50)	-5.45 (44.10)
	전기난방 (없음)	보조 전기난방 (장판,담요,난로)	39.50** (15.73)	38.14** (16.61)	40.80 (33.16)
	에어컨 여부(없음)	에어컨 있음	98.84*** (17.48)	77.84*** (21.28)	115.29*** (27.91)
	취사 (전기 취사 미이용)	보조 전기취사	23.38 (16.93)	8.82 (18.64)	27.15 (31.84)
		주 전기취사	51.26 (39.05)	130.15*** (43.14)	-47.65 (71.27)
상수항			1277.97*** (72.39)	1309.72*** (93.37)	1466.38*** (119.80)
시도 고정효과			있음	있음	있음
시간 고정효과			있음	있음	있음
R^2			0.5304	0.5831	0.4902
VIF 최대값(평균)			5.53(2.03)	6.69(2.32)	7.19(2.16)
표본 수			4,954	2,762	2,192

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

주: 1) 유의한 경우에 음영 표시함.

2) 표준오차는 강건한 표준오차(Robust Standard Error)로 추정함.

제 3 절 소비 분위에 따른 1인당 전력소비 요인 비교

이상치의 영향을 크게 받는 선형회귀모형과 달리, 분위회귀모형은 분위에서의 변화를 세밀하게 보여주면서 이상치의 영향에 대한 강건성을 가진다. 따라서 변수별 유의성과 주요 효과는 분위회귀분석의 결과를 중심으로 해석하고자 한다. 다음 <표 30>에서는 전국 가구의 1인당 전력소비량 분위에 따라 변수별 효과를 비교할 수 있다. 여기서 10분위는 상대적으로 1인당 전력 소비가 가장 적은 분위이고, 반대로 90분위는 상대적으로 1인당 전력 소비가 가장 많은 분위이며, 50분위는 1인당 전력 소비가 중간 수준인 분위이다.

가구원수가 늘어날수록 1인당 전력소비량은 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 가구원수의 증가로 인한 규모 경제의 효과로 가구의 전력 소비 효율성이 늘어나기 때문이다. 또한 부부자녀가구에 비하여 1인가구와 부부가구, 비혈연가구가 1인당 전력 소비가 더 많다.

가구원수의 경우 소비량 분위가 늘어남에 따라 소비의 감소 효과도 증가하고 있다. 이는 1인당 소비량이 많은 가구일수록 가구원 1인이 늘어나는 효과를 더욱 크게 받는다는 것을 의미한다. 반대로, 1인가구의 1인당 소비의 증가효과는 기준 가구인 부부자녀가구와 비교할 때 소비 분위에 따라 더욱 높아진다. 2인가구인 부부가구 역시 1인가구의 소비 효과보다는 상대적으로 작지만 1인당 소비를 증가시키며 소비 분위가 높아질수록 그 영향이 더 커지는 것으로 나타난다.

고령화 효과도 1인당 전력 소비를 증가시키는 것으로 나타났다. 가구주 연령이 60세 연령인 경우와 가구에 거주하는 노인이 2명 이상인 경우가 각각 다른 연령대인 경우와 노인이 없는 가구보다 1인당 전력 소비가 더 많은 것으로 나타났다. 하지만 연령의 영향은 가구 구성에 비하여 상대적으로 효과가 일정하지 않은데, 가구주 연령은 주로 70분위에서 유의한 영향을 가진다. 가구 내 노인 2인의 영향은 주로 저소비 분위에서 가장 높고, 50분위에서 70분위까지 점차 감소하는 것으로 나타났다.

가구주 학력의 경우 50분위에서는 대졸의 효과가, 70분위에서는 대학

원을 졸업한 경우가 대조군보다 전력 소비가 각각 높았다. 가구주 직업에 있어서 대체로 자영업자인 경우가 유의한 분위가 많았다. 상용근로자의 효과는 10분위, 50분위에서 유의하였으며 10분위인 경우에 가장 효과가 높았다. 임시·일용직의 효과는 50분위에서만 유의하였다. 소득에 있어서는 대체로 유의한 증가 효과를 가지는 것으로 나타났다. 또한 몇몇 구간을 제외하고, 대체로 소득구간별 소비 증가효과는 50분위까지 증가하다가 70분위에서 감소하고 90분위에서 다시 증가하는 경향을 보였다.

주거 특성 중에서 주택 유형, 주택 방향, 건축연도, 욕실수는 1인당 전력 소비에 별다른 영향을 미치지 않았다. 주택의 면적이 클수록, 오래 거주할수록 1인당 전력 소비는 각각 늘어나며, 자가 소유 주택에 거주하는 경우가 월세로 거주하는 경우보다 1인당 전력소비량이 더 많다.

주택 유형은 아파트 거주 가구만 10분위에서 영향을 갖는 것으로 나타났다. 주택의 면적은 대체로 소비 분위가 높아질수록 소비 효과도 더욱 커지는 것으로 나타났다. 주택의 점유형태에 있어서는 10분위에서 50분위에 걸쳐 자가로 거주하는 경우가 월세로 거주하는 경우보다 1인당 소비량이 많았으나 소비 분위가 높아질수록 점차 그 차이는 좁혀졌다. 거주의 기간은 모든 분위에서 유의하였는데 10분위에서 70분위까지 효과가 거의 비슷하지만, 90분위에서 그 효과가 크게 증가하는 것으로 나타났다.

에너지 이용 측면에서 보면, 중앙난방을 하는 가구는 1인당 전력 소비가 개별난방을 하는 가구보다 더 적으며, 전기난방 용품을 사용하거나 에어컨을 보유하는 경우, 주로 전기로 취사행위를 하는 경우에 그렇지 않는 경우보다 1인당 전력 소비가 더 많은 것으로 나타났다.

중앙난방의 1인당 전력 소비 감소효과는 10분위에서 50분위까지만 영향을 미치는 것으로 나타났고, 보조전기난방의 1인당 전력 소비 증가효과는 10분위에서 70분위까지 유의하였다. 주로 전기로 취사하는 경우는 상대적으로 소비량이 많은 50분위에서 70분위까지 효과를 가지는 것을 확인되었다. 에어컨의 보유 여부는 모든 소비 분위에서 전력 소비에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

<표 30> 전국 가구의 1인당 전력소비량 분위회귀모형

변수명 (더미 기준변수)		OLS	10분위 (Bootstrap S.E.)	30분위 (Bootstrap S.E.)	50분위 (Bootstrap S.E.)	70분위 (Bootstrap S.E.)	90분위 (Bootstrap S.E.)
가구원수		-209.18	-138.1(13.1)***	-165.9(9.3)***	-185.3(8.2)***	-212.5(9.5)***	-253.3(13.5)***
경제활동가구원수		-11.61	-13.8(13.3)	-1.2(10.2)	-8.1(8.9)	-11.6(8.8)	5.9(15.5)
가구 구성 (부부자녀 가구)	1인가구	1066.97	457.4(68.6)***	813.2(64.6)***	1053.0(49.6)***	1286.2(66.5)***	1705.1(85.4)***
	부부가구	220.14	57.8(37.4)	202.5(28.7)***	273.3(24.2)***	296.2(27.8)***	345.3(39.6)***
	부부자녀부모가구	54.27	-19.7(34.3)	38.3(23.9)	54.7(24.0)**	43.7(28.7)	146.4(45.4)***
	비혈연가구	117.69	51.6(37.1)	110.7(29.8)***	112.4(25.5)***	129.4(35.8)***	209.4(50.4)***
가구주 연령 (60세 이상)	20-29세	-253.18	-139.0(153.7)	-163.7(92.7)*	-131.3(77.9)*	-113.2(93.8)	-141.5(91.9)
	30-39세	-50.57	-53.7(46.4)	-36.3(28.8)	-50.4(26.0)*	-87.1(28.6)***	18.2(49.8)
	40-49세	-44.59	-30.4(35.0)	-39.4(24.3)	-36.0(23.1)	-62.2(25.6)**	-64.6(39.1)*
	50-59세	-4.45	-8.5(34.8)	-8.2(22.5)	9.7(22.3)	-40.6(23.8)*	-42.1(38.9)
노인 수 (노인 0인)	노인 1인	18.07	36.6(36.7)	25.3(23.3)	27.8(24.2)	14.6(24.2)	-6.5(36.2)
	노인 2인 이상	55.25	87.7(37.6)**	28.6(26.0)	41.9(25.0)*	44.6(23.9)*	37.7(38.2)
가구주 성별(남성)	여성	22.28	7.2(23.3)	6.2(18.3)	17.2(17.1)	24.4(20.9)	12.4(32.0)
가구주 학력 (고졸 이하)	대학교 졸	3.81	5.3(17.0)	19.6(13.0)	24.6(13.2)*	6.4(15.4)	-13.3(23.8)
	대학원 졸 이상	-18.00	-51.0(65.0)	18.8(37.8)	46.5(34.9)	67.9(34.9)*	24.2(52.7)
가구주 직업 (무직, 가사, 학생 등)	상용근로자	62.54	65.0(34.0)*	4.3(24.6)	39.5(22.7)*	40.5(24.9)	-17.2(34.7)
	임시/일용근로자	36.27	26.0(46.3)	-7.6(43.6)	59.7(33.5)*	47.1(33.1)	-14.4(49.8)
	자영업자	88.93	91.0(36.6)**	25.5(24.5)	63.8(24.3)***	70.2(26.6)***	38.0(36.3)
	기타종사자	0.60	-0.9(61.2)	-38.3(37.2)	-17.8(37.6)	-18.2950.1)	-54.0(66.2)
가구 연소득 (1,200만원 미만)	1,200-2,399만원	73.52	34.2(47.2)	45.9(37.3)	80.2(38.2)**	57.6(38.3)	80.9(43.7)*
	2,400-3,599만원	111.46	44.7(43.7)	97.7(39.6)**	104.2(39.8)***	77.9(37.0)**	147.9(46.7)***
	3,600-4,799만원	126.68	68.1(47.4)	104.1(42.2)**	119.9(41.8)***	118.2(39.7)***	128.7(46.2)***
	4,800-5,999만원	127.02	111.3(47.7)**	120.1(44.5)***	141.4(43.9)***	123.6(39.3)***	137.8(47.6)***
	6,000-7,199만원	112.06	95.9(49.8)*	93.0(47.0)**	115.5(44.4)***	125.1(41.4)***	127.4(53.7)**
	7,200-8,399만원	138.05	121.8(56.9)**	73.0(51.7)	114.5(57.50)**	107.3(46.0)**	102.1(72.7)
	8,400-9,599만원	152.95	164.5(57.0)***	129.6(52.4)**	62.8(47.2)	66.2(55.8)	177.4(88.5)**
	9,600만원 이상	116.58	116.9(68.3)*	158.5(55.2)***	138.9(51.7)***	124.2(48.8)**	144.5(63.1)**

주택 유형	단독주택	2.76	1.3(30.5)	-5.2(20.6)	-2.6(17.8)	-2.9(20.2)	32.6(29.8)
	아파트	-6.88	66.7(29.1)**	12.6(17.6)	0.3(15.2)	-10.3(17.7)	-31.7(25.4)
주택면적(평)		6.86	3.1(1.3)**	4.8(0.9)***	6.6(0.9)***	6.1(1.1)***	7.5(1.7)***
주택방향 (북향 외)	북향 계열	32.61	5.0(33.5)	-0.5(25.9)	14.7(19.3)	13.5(25.0)	36.1(37.0)
건축연도 (1970년대 이전)	1971-1979년	52.68	-33.1(49.2)	14.5(35.8)	-13.2(37.3)	36.7(47.6)	26.1(69.9)
	1980-1989년	-32.57	-63.7(43.2)	-16.8(33.0)	-10.8(30.6)	-31.2(36.1)	-61.6(54.4)
	1990-1999년	-6.29	-18.7(40.6)	0.8(31.4)	-18.1(32.3)	-20.3(35.8)	-44.9(54.0)
	2000-2009년	-29.90	-20.6(40.8)	0.2(33.3)	-29.9(32.8)	-15.9(37.8)	-7.7(54.4)
	2010년 이후	-10.50	-0.3(50.4)	30.9(36.2)	-9.8(35.3)	-56.7(42.1)	-44.9(64.3)
욕실수 (1개 이하)	욕실 2개 이상	15.63	5.3(23.1)	18.2(15.9)	6.5(14.9)	10.3(16.0)	-1.9(27.8)
주택 점유형태 (자가)	전세	6.00	-0.2(18.4)	-0.8(14.8)	-4.0(13.1)	-8.6(16.7)	-8.3(20.7)
	월세	-89.16	-137.4(64.8)**	-94.1(41.5)**	-79.4(38.8)**	-46.6(47.2)	-28.0(55.1)
	기타(임대 등)	-113.54	-134.5(87.1)	-128.8(72.3)*	-72.5(51.1)	-92.7(62.2)	-105.2(111.6)
현 주택거주년수		2.52	1.9(1.1)*	1.5(0.9)*	1.5(0.8)*	1.8(1.0)*	3.4(1.7)**
난방방식 (개별난방)	중앙난방	-29.79	-50.4(26.7)*	-47.5(19.6)**	-36.4(17.9)**	-25.2(18.2)	-6.7(25.5)
전기난방 (없음)	보조 전기난방 (장판,담요,난로)	39.50	33.9(16.0)**	32.8(12.8)**	26.3(11.7)**	26.0(13.4)*	22.7(21.5)
에어컨 여부(없음)	에어컨 있음	98.84	45.3(18.8)**	75.7(14.4)***	79.4(12.7)***	90.9(13.4)***	94.0(19.2)***
취사 (전기 취사 미이용)	보조 전기취사	23.38	-0.3(19.3)	9.2(14.6)	14.2(11.8)	10.8(14.5)	35.1(23.4)
	주 전기취사	51.26	19.9(41.2)	36.8(24.1)	43.8(25.9)*	69.4(35.6)*	157.6(54.1)***
상수항		1277.97	872.2(87.8)***	1083.1(68.1)***	1212.9(60.3)***	1502.5(69.4)***	1779.3(94.3)***
지역고정효과		있음	있음	있음	있음	있음	있음
시간효과		있음	있음	있음	있음	있음	있음
R^2		0.5304	0.1677	0.2714	0.3609	0.4395	0.5114

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

주: 1) 유의한 경우에 음영으로 표시함. 2) 표준오차는 부트스트랩 표준오차(Bootstrap Standard Error), 500회 반복 결과값임.

수도권·광역시 지역과 기타 지역 가구의 분위회귀모형은 각각 <표 32>와 <표 33>에 제시되어 있으며, <표 31>에 주요 결과가 요약되어 있다. 이 두 지역 유형의 결과를 비교하면, 우선 가구 특성에서 가구원수와 가구 구성의 영향은 큰 차이가 없었다. 다만 수도권 및 광역시 지역의 부부가구 효과는 소비 분위가 높아져도 큰 변화가 없는 반면, 기타 지역의 부부가구 효과는 소비 분위가 높아짐에 따라 1인당 소비량이 증가한다. 이는 연령대와 거주 시간 등을 함께 연계해서 해석해 볼 수 있다. 기타 지역에서는 가구주 연령대의 효과는 50분위에서 90분위까지 영향을 미치지만 수도권·광역시 지역에서는 주로 10분위에 영향을 미치며 다른 분위에서의 영향은 제한적이다. 오히려 수도권·광역시 모형에서 90분위의 경우 30대 가구주 가구는 60대 가구주 가구에 비하여 1인당 전력 소비량이 더 높게 나타난다. 결국 고령화 효과는 지역에 따라 영향을 미치는 소비 분위가 다를 수 있다. 이러한 측면에서 같은 부부가구라도 고령자가 많은 지역인 경우 거주시간이 길어져 1인당 소비라 소비 분위에 따라 변화가 큰 반면, 고령자가 상대적으로 적고 젊은층 부부가구가 많은 지역에서는 짧은 거주시간에 따라 소비 분위가 높아져도 그 효과는 크게 변화하지 않는 것으로 볼 수 있다. 다만 노인 수의 정도는 기타 지역 모형에서 더 영향이 작은 편이었는데, 이는 기타 지역의 경우 수도권 광역시 지역보다 상대적으로 고령화 수준이 높아 노인 수 규모에 따른 차이가 적은 것으로 보인다.

학력도 지역 유형에 따라 상반된 효과를 가지는 것으로 나타났다. 두 모형 70분위와 90분위에서 가구주의 대졸인 경우에 그 효과가 유의하였는데, 고졸 이하 학력에 비하여 수도권 및 광역시 지역에서는 1인당 소비가 적었지만, 기타 지역에서는 1인당 소비가 더 많은 것으로 나타났다. 이는 전반적으로 소비량이 높은 가구에 있어서 학력이 전력 소비에 영향을 미치지만, 지역에 따라 그 영향이 차등적일 수 있다는 것을 의미한다. 가구주 직업은 주로 기타 지역에서 유의하게 나타났다. 기타 지역에서 가구주 직업이 자영업자인 경우 1인당 전력 소비를 증가시키는 효과가 90분위를 제외한 모든 소비 분위에서 유의하게 나타났다. 소득 구간은

두 모형 모두 일정 구간에서 유의하게 나타났는데 수도권 및 광역시 모형에서는 주로 다소비 분위에서, 기타 지역 모형에서는 저소비 분위에서 유의하게 나타났다.

주택 유형의 효과는 선행연구와 달리 특정 유형의 효과가 일관성 있게 나타나지 않았다. 두 모형 모두 주택 유형은 대체로 저소비 분위에서 유의한 편이었는데 세부적으로 그 효과가 달라지는 경우가 있었다. 단독주택 거주가구의 경우 기타지역 모형에서 10분위와 30분위에서는 연립다세대 거주가구보다 1인당 전력소비가 적지만, 90분위에서는 더 많은 것으로 나타나 지역 유형이 같더라도 소비 분위에 따라 다른 효과를 가지는 것으로 확인되었다. 주택 유형의 효과는 향후 더 많은 표본과 더 세밀한 방법으로 보다 면밀하게 분석할 필요가 있다. 주택 면적은 소비 분위가 높아질수록 1인당 소비량을 증가시키는 것으로 나타났는데, 수도권 및 광역시의 경우에 분위가 높아짐에 따라 소비 효과도 더 크게 나타났다.

반대로, 주택 점유형태와 거주기간 등은 기타 지역에서 그 효과가 두드러지게 나타났다. 기타 지역에서는 월세로 거주하는 경우보다 자가인 경우가 1인당 소비량이 더 많은데, 소비 분위가 높아질수록 월세와 자가 간의 차이는 줄어들다가, 70분위에서 다시 늘어난다. 그리고 소비 분위가 높아질수록 거주기간의 소비 효과는 더 커지는 것으로 나타났다. 기타 지역 가구들이 대도시 가구들보다 거주하는 기간이 길다는 점과 기타 지역에서 거주기간의 1인당 소비량 증가 효과가 어떻게 연계될 수 있는지에 대하여 지속적으로 논의할 필요가 있다.

에어컨의 효과는 두 모형에서 모두 유의하였는데, 수도권 및 광역시에서는 소비 분위간 차이가 크지 않았지만 기타 지역에서는 상대적으로 다소비 가구일수록 에어컨의 효과가 더 크게 나타났다. 수도권·광역시 모형에서 에어컨 효과는 30분위에서 가장 크고 분위가 높아지면서 점차 효과 크기가 줄어드는 것으로 나타났다. 반대로, 취사행위를 할 때 전기를 주로 사용하는 경우는 수도권·광역시 모형에서만 유의하였는데 분위가 높아지면서 점차 그 효과도 늘어난다. 주 취사연료가 전기인 경우의 대표적인 사례가 바로 전기 인덕션을 이용하는 것인데, 상대적으로 대도시

를 중심으로 보급이 더 많을 것으로 예상해 볼 수 있고 이에 따라 도시 지역에서만 유의한 효과를 가지는 것으로 볼 수 있다. 전기장판이나 전기난로 등 보조적인 형태로 난방에 전기를 이용하는 경우도 주로 수도권 및 광역시 지역에서는 효과를 가지는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 냉방과 난방, 취사 행위에 있어서 지역에 따라 이용하는 행위 패턴이 달라지면서 전력 소비에서 차지하는 비중도 차등적일 수 있음을 보여준다.

<표 31> 모형별 분위회귀분석 결과 요약

주요 변수 (더미 기준 변수)		수도권·광역시 모형	기타 지역 모형
가구 특성	가구원수	• 저소비(0.1)에서 다소비(0.9)로 갈수록 1인당 전력 소비에 대한 감소 효과는 증가함.	
	가구 구성 (부부자녀가구)	• 두 모형 모두 대체로 1인가구, 부부가구의 영향이 강함.	
	노인 수 (노인 없음)	• 노인이 없는 경우보다 노인 1인(0.5), 2인(0.5-0.7)일 경우 1인당 전력 소비는 증가함.	• 10분위를 제외하고 별다른 효과 없음
	가구주 연령 (60 대 이상)	• 저소비 분위(0.1-0.5)에서 다른 연령대보다 유의하게 높음.	• 다소비 분위(0.5-0.9)에서 다른 연령대보다 유의하게 높음.
	가구주 성별 (남성)	• 성별간 유의한 차이가 발견되지 않음.	
	가구주 학력 (고졸 이하)	• 다소비 분위 (0.7-0.9)에서 고졸 이하에 비하여 대졸인 경우 1인당 전력 소비가 더 적음.	• 다소비 분위 (0.7-0.9)에서 고졸 이하에 비하여 대졸인 경우 1인당 전력 소비가 더 많음.
	가구주 직업 (무직, 학생)	• 유의한 효과 없음.	• 자영업자의 영향이 상당히 강함(0.1-0.7).
	가구 소득 (1,200만원 이하)	• 30분위, 70분위, 90분위를 중심으로 소득구간별 효과가 상대적으로 강함.	• 상대적으로 유의한 소득구간이 적고 주로 10-50분위 위주로 유의함.

주거 특성	주택유형 (연립다세대)	• 주택유형의 효과는 대체로 저소비 분위에서 유의하게 나타남.	
		• 10분위에서 단독주택과 아파트 거주가구는 연립다세대 거주가구보다 1인당 전력소비량이 더 많음.	• 단독주택에 거주하는 가구는 연립다세대에 거주하는 가구보다 저소비 분위(0.1, 0.3)에서는 1인당 전력소비가 적으나 다소비 분위(0.9)에서는 더 많음.
주거 특성	주택면적	• 두 모형 모두 주택 면적이 넓을수록 대체로 1인당 전력소비가 증가하는 것으로 나타남. 다만 유의한 분위구간이나 계수의 차이가 존재함.	
		• 저소비(0.1)에서 다소비(0.9)로 갈수록 상대적으로 계수의 크기가 더 커짐.	• 저소비(0.3)에서 다소비(0.7)까지 상대적으로 계수의 크기가 큰 차이가 없음.
	점유형태 (자가)	• "자가"의 효과가 유의하지 않음.	• "자가"인 가구는 월세인 경우(0.1-0.7)나 기타(임대 등인 경우(0.1, 0.7)보다 1인당 전력소비가 더 많음.
	거주년수	• 거주년수의 효과가 유의하지 않음.	• 10분위를 제외하고 다른 모든 분위에서 유의한 증가 효과가 나타남.
에너지 이용	난방방식 (개별난방)	• 난방방식간 유의한 차이가 발견되지 않음.	
	전기난방 (없음)	• 보조전기난방은 기타 지역 모형에 비하여 유의한 소비 분위가 더 많음(0.3, 0.5, 0.9).	• 보조전기난방은 70분위를 제외하고 다른 분위에서는 별다른 효과 없음.
	에어컨 (없음)	• 두 모형 모두 에어컨을 보유한 가구의 소비가 보유하지 않은 가구보다 더 많음.	
	전기취사 (미이용)	• 모든 분위(0.1-0.9)에서 주 취사연료가 전기인 경우가 유의한 증가 효과를 보임.	• 일부 분위(0.5, 0.9)에서 보조 취사연료가 전기인 경우가 유의한 효과가 나타남.

<표 32> 수도권·광역시 가구의 1인당 전력소비량 분위회귀모형

변수명 (더미 기준변수)		OLS	10분위 (Bootstrap S.E.)	30분위 (Bootstrap S.E.)	50분위 (Bootstrap S.E.)	70분위 (Bootstrap S.E.)	90분위 (Bootstrap S.E.)
가구원수		-204.73	-126.5(17.0)***	-151.2(11.7)***	-185.5(11.2)***	-207.2(11.9)***	-240.9(16.0)***
경제활동가구원수		0.80	1.2(17.3)	3.6(12.2)	1.5(11.1)	-12.8(11.6)	10.8(18.2)
가구 구성 (부부자녀 가구)	1인가구	1242.05	636.7(106.1)***	1071.4(93.5)***	1221.4(84.6)***	1486.9(82.4)***	2004.9(146.2)***
	부부가구	259.29	94.0(60.1)	312.7(38.7)***	331.2(31.7)***	334.9(33.5)***	358.8(49.9)***
	부부자녀부모가구	40.44	-3.4(46.0)	19.1(28.1)	27.1(32.1)	34.7(37.9)	107.2(61.7)*
	비혈연가구	79.65	110.5(52.70**	88.6(39.4)**	122.1(38.2)***	120.9(41.1)***	166.0(80.7)**
가구주 연령 (60세 이상)	20-29세	-226.81	-305.5(126.9)**	-202.6(112.2)*	-250.2(114.3)**	-116.0(100.6)	63.6(160.9)
	30-39세	-22.18	-126.3(62.4)**	-42.9(36.6)	-23.6(31.2)	-20.7(33.4)	129.1(65.9)*
	40-49세	-29.97	-79.8(47.2)*	-36.9(28.7)	-29.3(27.9)	-34.9(31.2)	3.5(49.0)
	50-59세	15.58	-53.7(45.9)	-27.5(27.9)	10.6(27.7)	-6.3(28.1)	2.8(50.3)
노인 수 (노인 0인)	노인 1인	31.77	3.3(52.3)	28.1(27.4)	53.5(28.9)*	30.5(29.3)	11.8(52.2)
	노인 2인 이상	72.82	39.6(53.9)	33.6(37.5)	67.3(35.8)*	66.8(34.4)*	143.1(57.9)**
가구주 성별(남성)	여성	16.98	-38.6(36.2)	9.8(22.9)	23.6(23.9)	15.6(23.5)	30.2(40.9)
가구주 학력 (고졸 이하)	대학교 졸	-20.74	32.6(25.0)	12.4(15.9)	20.7(15.0)	-30.6(17.4)*	-64.4(30.7)**
	대학원 졸 이상	-5.72	48.6(71.7)	53.7(46.3)	69.5(46.2)	31.1(38.0)	-40.2(60.0)
가구주 직업 (무직, 가사, 학생 등)	상용근로자	13.56	12.2(44.3)	-14.1(30.9)	13.2(32.1)	-0.5(33.5)	-18.7(50.2)
	임시/일용근로자	-56.40	-19.2(55.5)	-70.1(43.3)	-40.1(45.5)	-70.7(47.4)	-44.6(67.2)
	자영업자	25.80	5.8(48.3)	-19.3(31.5)	15.7(33.7)	1.3(34.4)	33.4(52.8)
	기타종사자	-51.04	-117.0(106.2)	-85.2(61.8)	-37.5(52.2)	-71.6(61.9)	-44.2(157.0)
가구 연소득 (1,200만원 미만)	1,200-2,399만원	88.95	4.4(74.6)	82.2(63.0)	19.8(58.2)	72.0(59.0)	61.6(78.4)
	2,400-3,599만원	40.31	-12.9(65.3)	94.6(58.8)	19.9(57.7)	60.8(52.3)	113.6(63.6)*
	3,600-4,799만원	117.22	53.7(68.1)	140.6(61.6)**	63.5(57.2)	106.5(54.0)**	94.1(64.6)
	4,800-5,999만원	112.69	73.3(68.3)	154.9(63.3)**	63.1(59.2)	133.4(54.6)**	110.1(66.4)*
	6,000-7,199만원	93.73	26.3(68.6)	115.7(67.6)*	50.9(61.0)	126.2(60.1)**	125.7(70.7)*
	7,200-8,399만원	116.57	93.0(78.1)	106.4(70.6)	32.7(73.1)	111.4(61.1)*	98.0(88.6)
	8,400-9,599만원	68.79	57.2(85.9)	104.8(73.3)	-23.3(69.4)	28.4(77.0)	159.6(91.6)*
	9,600만원 이상	68.78	1.0(84.3)	124.1(77.7)	45.3(66.6)	85.2(61.6)	75.2(78.2)

주택 유형	단독주택	31.73	61.4(36.3)*	33.1(24.9)	17.9(22.6)	11.6(25.9)	13.0(34.8)
	아파트	44.26	92.7(33.4)***	27.3(21.8)	24.5(20.9)	-8.2(22.6)	-35.8(35.8)
주택면적(평)		9.76	4.2(1.5)***	6.0(1.0)***	7.8(1.0)***	8.2(1.3)***	10.6(2.0)***
주택방향 (북향 외)	북향 계열	65.92	20.7(38.2)	-14.0(29.7)	22.1(26.7)	24.4(30.9)	71.9(64.5)
건축연도 (1970년대 이전)	1971-1979년	-2.63	-38.4(53.9)	-39.8(52.1)	-8.9(55.3)	22.2(59.5)	134.1(101.1)
	1980-1989년	-132.34	-88.0(52.7)*	-56.9(45.4)	-39.7(49.7)	-50.0(49.0)	-29.4(80.6)
	1990-1999년	-108.46	-71.3(53.5)	-37.2(43.0)	-45.3(50.4)	-62.0(51.8)	18.0(82.2)
	2000-2009년	-107.43	-37.5(52.3)	-30.3(46.4)	-31.5(50.6)	-43.9(51.3)	33.1(86.5)
	2010년 이후	-125.23	-20.5(60.7)	-24.3(49.5)	-51.0(54.7)	-103.1(56.8)*	-40.0(92.2)
욕실수 (1개 이하)	욕실 2개 이상	-6.13	10.6(25.7)	24.4(18.0)	16.4(20.7)	8.4(18.3)	-28.2(29.1)
주택 점유형태 (자가)	전세	8.90	-12.7(23.4)	4.6(17.0)	4.3(17.0)	4.3(18.5)	2.3(26.1)
	월세	65.12	52.6(91.6)	54.0(64.3)	19.3(50.6)	20.2(47.7)	52.8(232.0)
	기타(임대 등)	-67.98	-36.3(383.6)	-50.6(110.6)	-53.2(81.7)	12.7(167.3)	-102.7(178.4)
현 주택거주년수		-0.54	1.3(1.5)	0.6(1.0)	-0.3(1.1)	-1.0(1.1)	-0.6(1.9)
난방방식 (개별난방)	중앙난방	-34.31	-45.1(31.5)	-25.8(21.8)	-26.2(19.8)	-19.7(20.8)	-3.5(27.9)
전기난방 (없음)	보조 전기난방 (장판,담요,난로)	38.14	33.5(20.7)	33.9(13.5)**	29.2(15.3)*	16.7(14.4)	45.0(21.7)**
에어컨 여부(없음)	에어컨 있음	77.84	67.9(24.0)***	72.8(18.2)***	70.1(17.4)***	65.9(17.5)***	52.6(25.6)**
취사 (전기 취사 미이용)	보조 전기취사	8.82	-2.3(25.0)	-13.2(15.6)	-6.0(14.5)	-8.3(16.8)	14.5(27.1)
	주 전기취사	130.15	121.5(38.5)***	49.9(23.8)**	81.1(36.4)**	132.2(35.9)***	178.9(65.7)***
상수항		1309.72	856.1(122.0)***	1013.0(84.4)***	1252.0(100.5)***	1540.1(96.1)***	1633.9(132.3)***
지역고정효과		있음	있음	있음	있음	있음	있음
시간효과		있음	있음	있음	있음	있음	있음
R^2		0.5831	0.1761	0.2799	0.3696	0.4618	0.5522

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

주: 1) 유의한 경우에 음영으로 표시함. 2) 표준오차는 부트스트랩 표준오차(Bootstrap Standard Error), 500회 반복 결과값임.

<표 33> 기타 지역 가구의 연간 1인당 전력소비량 분위회귀모형

변수명 (더미 기준변수)		OLS	10분위 (Bootstrap S.E.)	30분위 (Bootstrap S.E.)	50분위 (Bootstrap S.E.)	70분위 (Bootstrap S.E.)	90분위 (Bootstrap S.E.)
가구원수		-223.70	-149.0(23.3)***	-173.8(15.8)***	-203.4(14.2)***	-226.1(16.3)***	-267.9(22.0)***
경제활동가구원수		-28.17	-22.9(23.5)	-13.1(17.8)	-27.6(18.3)	-5.4(17.8)	-1.5(27.5)
가구 구성 (부부자녀 가구)	1인가구	898.61	430.2(98.0)***	648.6(91.2)***	886.8(82.3)***	1071.9(97.3)***	1453.5(118.0)***
	부부가구	140.42	24.4(58.2)	124.9(43.5)***	163.3(39.4)***	220.8(43.3)***	304.0(63.1)***
	부부자녀부모가구	82.20	-53.7(71.7)	50.1(48.3)	86.1(44.3)*	68.2(51.3)	148.6(69.3)**
	비혈연가구	117.03	66.9(52.1)	91.8(47.2)*	96.9(51.1)*	126.6(52.8)**	248.2(78.5)***
가구주 연령 (60세 이상)	20~29세	-280.00	-294.0(183.4)	-241.7(172.6)	-146.1(142.1)	-91.4(132.8)	-190.5(139.0)
	30~39세	-96.62	10.8(61.1)	-56.9(54.2)	-92.3(50.8)*	-176.2(56.7)***	-138.1(78.3)*
	40~49세	-88.41	1.0(53.2)	-56.3(50.6)	-53.1(46.8)	-106.5(49.1)**	-112.3(63.5)*
	50~59세	-45.93	13.0(51.1)	-6.9(43.7)	-2.9(44.1)	-59.6(48.0)	-46.8(59.9)
노인 수 (노인 0인)	노인 1인	-3.75	60.9(56.6)	37.9(39.4)	9.2(41.7)	16.3(47.6)	-41.5(56.3)
	노인 2인 이상	20.07	130.8(56.6)**	35.9(45.7)	39.4(41.6)	-24.9(47.7)	-61.6(61.9)
가구주 성별(남성)	여성	16.10	-3.8(36.0)	-19.5(29.1)	8.9(31.5)	20.4(34.7)	-13.9(45.1)
가구주 학력 (고졸 이하)	대학교 졸	45.28	12.0(33.0)	16.4(29.3)	29.4(24.8)	52.4(24.9)**	78.0(39.0)**
	대학원 졸 이상	-73.30	-58.5(94.9)	-99.1(83.0)	-18.4(77.1)	-21.4(75.7)	-20.2(161.0)
가구주 직업 (무직, 가사, 학생 등)	상용근로자	115.65	58.8(48.6)	14.5(38.5)	63.0(39.9)	87.9(43.9)**	22.9(71.9)
	임시/일용근로자	127.04	115.1(80.3)	67.3(61.4)	155.6(59.5)***	168.7(58.4)***	88.5(90.6)
	자영업자	152.12	135.8(49.5)***	65.8(36.2)*	136.3(41.8)***	151.4(45.1)***	44.0(66.6)
	기타종사자	74.97	44.6(92.5)	38.5(64.9)	54.0(70.3)	68.2(66.9)	-21.2(106.6)
가구 연소득 (1,200만원 미만)	1,200~2,399만원	26.47	77.2(62.2)	42.0(47.1)	60.5(48.2)	21.4(55.5)	13.7(67.2)
	2,400~3,599만원	110.50	50.8(57.6)	65.3(48.8)	98.9(52.7)*	33.2(54.3)	95.3(69.8)
	3,600~4,799만원	80.39	47.3(67.6)	68.6(53.2)	92.9(58.6)	32.4(60.7)	89.9(72.4)
	4,800~5,999만원	96.76	119.9(69.1)*	105.8(60.9)*	131.2(67.4)*	80.5(64.2)	86.6(78.2)
	6,000~7,199만원	102.75	144.2(85.6)*	82.5(63.5)	71.0(71.7)	34.9(75.7)	86.2(96.4)
	7,200~8,399만원	115.45	101.4(102.1)	39.4(91.5)	80.9(97.0)	-11.7(123.4)	145.4(207.2)
	8,400~9,599만원	316.05	218.0(102.1)**	144.0(72.6)**	71.9(80.1)	49.4(126.9)	227.2(1049.2)
	9,600만원 이상	181.95	168.9(110.8)	231.3(97.1)**	231.3(88.2)***	181.4(97.9)*	119.2(140.9)

주택 유형	단독주택	-43.38	-136.4(49.5)***	-68.1(36.0)*	-6.9(37.1)	-37.7(39.2)	102.7(60.9)*
	아파트	-86.04	-7.6(41.4)	-13.9(32.0)	-0.5(30.9)	-41.6(34.7)	-24.8(51.5)
주택면적(평)		3.63	2.9(2.4)	3.5(1.8)*	4.1(1.8)**	3.9(2.1)*	3.8(3.2)
주택방향 (북향 외)	북향 계열	22.09	16.3(48.3)	19.8(40.0)	10.5(33.2)	17.2(40.1)	17.2(47.8)
건축연도 (1970년대 이전)	1971~1979년	61.29	-6.0(74.2)	63.1(52.6)	31.8(37.9)	61.8(72.8)	110.1(92.8)
	1980~1989년	22.97	-60.5(67.2)	56.6(56.1)	34.4(51.0)	23.5(58.7)	7.5(89.5)
	1990~1999년	52.43	-15.0(60.9)	53.6(51.7)	55.0(51.4)	31.3(57.5)	47.7(78.1)
	2000~2009년	-4.52	-58.0(67.8)	23.7(55.7)	21.5(52.9)	4.7(60.8)	38.8(81.7)
	2010년 이후	48.57	-53.7(98.7)	53.4(67.2)	71.9(64.2)	50.9(66.4)	40.8(102.5)
욕실수 (1개 이하)	욕실 2개 이상	36.98	-1.9(38.8)	16.5(27.7)	5.7(28.6)	0.8(33.2)	35.0(43.0)
주택 점유형태 (자가)	전세	-6.34	-5.6(39.2)	10.4(29.1)	-7.7(25.6)	-18.6(32.8)	-51.8(41.4)
	월세	-254.77	-240.3(85.2)***	-197.5(82.2)**	-198.8(60.2)***	-237.1(61.6)***	-131.2(106.9)
	기타(임대 등)	-134.09	-161.3(87.1)*	-113.8(76.5)	-84.5(73.2)	-136.0(67.0)**	-97.5(145.2)
현 주택거주년수		4.37	0.1(1.8)	2.8(1.7)*	3.8(1.6)**	3.9(1.8)**	6.5(2.7)**
난방방식 (개별난방)	중앙난방	-5.45	7.4(57.9)	-30.9(51.3)	-50.5(47.7)	-50.5(61.7)	1.9(66.4)
전기난방 (없음)	보조 전기난방 (장판,담요,난로)	40.80	17.2(31.4)	29.6(28.5)	41.5(25.5)	67.9(29.5)**	11.1(52.3)
에어컨 여부(없음)	에어컨 있음	115.29	44.9(29.6)	81.1(26.3)***	83.6(22.5)***	99.5(26.5)***	110.8(39.2)***
취사 (전기 취사 미이용)	보조 전기취사	27.15	20.3(35.9)	32.5(28.4)	38.7(22.9)*	28.8(26.2)	118.1(47.3)**
	주 전기취사	-47.65	-40.3(79.8)	-44.0(66.6)	-8.2(59.9)	2.7(53.7)	-11.4(155.3)
상수항		1466.38	1046.7(171.3)***	1156.2(127.0)***	1291.4(126.5)***	1616.8(129.5)***	1866.6(165.3)***
지역고정효과		있음	있음	있음	있음	있음	있음
시간효과		있음	있음	있음	있음	있음	있음
R^2		0.4902	0.1925	0.2772	0.3509	0.4105	0.4629

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

주: 1) 유의한 경우에 음영으로 표시함. 2) 표준오차는 부트스트랩 표준오차(Bootstrap Standard Error), 500회 반복 결과값임.

제 4 절 분석 결과 요약 및 정책적 함의

이 장에서는 국내 가구의 1인당 전력소비량에 영향을 미치는 주요 요인들을 선정하여 그 효과를 분석하였다. 1인당 전력소비량은 가구 내 가구원 1인의 전력소비량으로서 전력 소비로 인한 효용을 얼마나 많은 가구원들이 함께 공유할 수 있는지에 따라 가구의 전력 소비 효율을 의미한다. 이 연구에서는 가정부문 전력 소비 요인을 파악하는 과정에서 지역간 차이를 고려하고자 지역고정효과를 활용하였다. 그리고 도시와 농촌에 따라 생활양식과 소비 패턴이 다르다는 점에 기초하여 모형을 전국 모형, 수도권 및 광역시 모형, 기타 지역 모형으로 세분화하였다. 분석방법은 선형회귀모형 외에 각 분위별로 변수별 영향을 파악하고 이상치의 영향을 적게 받는 분위회귀모형을 활용하였다. 변수에 따라 선형회귀모형과 분위회귀모형 간에 유의성이 달라지는 경우가 있었는데 이는 이상치의 영향을 선형회귀모형이 더 크게 받기 때문일 것으로 보인다.

모형 분석의 결과, 가구 특성 중에서는 가구의 규모와 형태가 전반적으로 중요한 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 가구원수가 적을수록 1인당 전력소비량이 늘어나는 것으로 나타났다. 가구원수가 적을수록 전력 소비에 따른 효용을 공유하기 어려워 소비 효율이 떨어지고 1인당 전력소비량이 늘어나게 된다.

연령대의 영향은 수도권 및 광역시보다 기타 지역에서 더 유의한 편이었다. 결국 도시지역에서는 젊은층 1인가구가, 농촌지역에서는 독거노인 가구, 고령자 가구의 영향에 주목할 필요가 있다. 제3장에서 이미 지적한 바와 같이 가구 규모의 축소와 1인가구의 증가, 고령화 심화는 향후에도 지속적으로 이어질 것으로 보인다. 하지만 같은 1인가구라도 도시에서는 젊은층의 비중이 높고 농촌에서는 고령층의 비중이 높다.

학력의 영향은 지역 유형에 따라 차등적이었다. 70분위 이상 다소비가구에서 가구주의 학력이 같은 대졸이라도 고졸 이하 가구에 비하여 도시지역에서는 1인당 전력 소비가 더 적었고, 기타 지역에서는 1인당 전력 소비가 더 많았다. 학력이 높은 경우에 1인당 전력 소비가 감소하는 것

은 절약과 고효율 제품에 대한 정보를 더 많이 얻을 수 있기 때문으로 짐작해 볼 수 있으나 지역에 따른 학력 효과의 차이는 향후 추가 연구를 통해서 분석해 볼 필요가 있다. 또한 직업의 영향은 기타 지역에서 더 강했고 자영업의 경우가 두드러졌다. 반면, 소득의 영향은 수도권 및 광역시 지역에서 더 강했다. 이러한 측면에서 수도권 및 광역시에서는 경제적 수준이, 기타 지역에서는 거주시간이 1인당 전력 소비 증가에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

이러한 측면에서 도시에서는 젊은층 1인가구와 소득 수준이, 농촌에서는 거주시간이 긴 고령자 가구와 학력, 직업 형태에 주목할 필요가 있다.

주거 특성 중 주택 특성 관련 변수들의 경우 주택 유형이나 건축연도 등 다른 변수들보다 주거 면적의 영향이 강했다. 다만 주택 유형에 있어서 단독주택의 효과는 기타 지역에서 저소비 분위와 다소비 분위간에 상반된 결과로 나타났다. 같은 지역 특성을 가지고 또 주택 유형이 같더라도 분위에 따라 소비 효과가 달라질 수 있다는 것을 알 수 있다. 반면에 주거면적의 효과는 모형이나 분위에 따라 일관성있게 나타났다. 주거 면적이 넓어질수록 1인당 전력 소비는 커진다. 두 모형 간에 분위별 유의성이 다르다는 점을 미루어 볼 때 이러한 효과는 도시지역에서 상대적으로 더 많은 영향을 미치고 있다.

한편, 주거 특성 중 거주 특성에 있어서는 기타 지역을 중심으로 소유형태와 거주기간이 유의한 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 에너지 이용행태에 있어서는 에어컨 보유 여부가 중요한 요인이면서 수도권 및 광역시 지역에서 전기난방, 전기취사의 효과가 더욱 두드러진다.

이러한 소비 요인의 차이를 고려하여 정책적 대응도 다르게 적용할 필요가 있다. 에너지 절약을 위한 사업 중 대표적인 것이 바로 에너지진단사업이라고 할 수 있는데, 에너지 진단사가 가정에 방문에 에너지 낭비요소를 파악하고 절약을 위한 정보를 제공하는 것이다. 전력 소비에 대하여 에너지 진단도 지역에 따라 주안점이 다를 수 있다. 도시지역의 경우, 한 주택에 거주하는 기간이나 가구원들이 주택 내에 머무르는 시간이 농촌 지역에 비하여 상대적으로 짧은 반면 소득 수준이나 주택 규모

에 대한 영향을 더 많이 받는다. 또한 다양한 가전기기를 사용하기도 하고 난방과 취사행위에 있어서도 더 적극적으로 전기를 사용한다.

여러 연구들은 소득 수준이 높은 가구일수록 에너지 절약을 위하여 고효율 제품을 구입하거나 절약에 필요한 투자를 하려는 경향이 있다고 제시하는데, 이는 가처분 소득이 높을수록 제품 구입이나 투자에 필요한 비용을 충당할 여력이 있기 때문이다(Dillman et al., 1983; Kasulis et al., 1981; Sardianou, 2007). 이러한 측면에서 소득이 높은 다소비 가구를 대상으로 에너지 진단을 실시하면서 3kW 이하 주택태양광사업과 베란다 미니태양광사업을 적극적으로 홍보할 필요가 있다. 주택에 태양광 패널을 설치하여 생산하게 되면 소비 전력의 일부 또는 전부를 대체하는 효과를 가질 수 있다. 그리고 태양광 패널을 설치한 후에 전력소비량이 설치 이전보다 증가하는 것을 방지하기 위하여 탄소포인트제도, 에코마일리지제도처럼 절약에 따른 인센티브를 제공하는 제도를 홍보하고 인센티브의 내용을 더욱 확대하는 방안도 검토해 볼 필요가 있다.

또한 에너지 진단을 진행하면서 도시가구가 보유하고 있는 다양한 가전기기의 소비 전력에 대한 정보를 제공하고 절전 행동에 대하여 소비자에게 알릴 필요가 있다.

최근에는 다양한 가전기기가 주택에 빌트인 가전 형태로 제공되는 경우가 많다. 도시 1인가구의 상당수는 젊은층이며 다가구주택에 전세나 월세 형태로 거주하는 경향이 많은데 이때 세탁기, 냉장고, 인덕션 등이 빌트인 가전으로 제공된다. 또한 주택을 새로 시공하고 분양하는 과정에서도 다양한 빌트인 가전들이 내장되기도 한다. 빌트인 가전을 제공하는 입장에서는 기기 사용에 따른 전기요금을 내지 않기 때문에 에너지 효율이 높은 제품보다는 상대적으로 효율이 낮지만 저렴한 제품을 빌트인 가전으로 선택할 수 있다. 이러한 주인-대리인 문제에 대응해서 고효율 제품의 구매시 일부 비용을 보전해주는 한국에너지공단에서 시행하고 있는 '으뜸효율 가전제품 구매비용환급사업'과 같은 정책을 지방자치단체 차원에서 확대할 필요가 있다. 그리고 태양광과 마찬가지로 에너지 효율 향상에 따른 효과가 소비 증가로 상쇄되지 않도록 절약 인센티브와 연계하

는 방안이 함께 요구된다.

기타 지역의 소비 요인은 고령층, 독거노인가구, 자영업, 거주기간 등으로 요약해 볼 수 있다. 가구주의 연령대가 고령층이나 직업이 자영업인 경우 다른 연령대나 직업을 가진 가구에 비하여 상대적으로 거주시간이 길다(fong et al., 2007). 고령층은 거주시간이 길지만 이용하는 가전기기의 수는 제한적이다(Brounen et al., 2012; 금예진 외, 2018). 제3장에서 이미 살펴본 바와 같이 기타 시·도에 거주 가구는 가전기기 개수와 이용행태에 있어서 TV만 유일하게 도시지역에 거주하는 가구보다 많았다. 기타 시·도 가구들은 브라운관, PDP/LCD, 일반형 냉장고 등 TV나 냉장고에 있어서 상대적으로 구형 가전을 자주 사용하는 것으로 나타났다. 기타 지역 모형에서 거주기간이 1인당 전력 소비를 높이는 유의한 효과를 가지는 것으로 나타났는데, 한 주택에 오래 머무르면서 가구원이 인지하지 못하는 사이에 전력을 낭비하는 습관을 갖게 되었을 수 있다. 또한 거주기간이 오래될수록 보유한 가전제품도 에너지 효율이 상대적으로 떨어지는 구형제품일 수 있다. 따라서 농촌 지역에서의 에너지 진단은 긴 거주시간 동안 전기를 이용하는 습관에서 낭비되는 요소와 주로 사용하는 가전제품의 소비 전력을 안내하는 방향이 필요하고, 주요 소비제품이나 조명기기의 에너지 효율을 체크하여 효율이 낮은 경우 교체를 권유하거나 교체비용을 일부 지원하는 방안을 검토할 필요가 있다.

이와 함께 서울시 에너지자립마을 조성사업 사례와 같이 에너지 진단과 각종 에너지 절약, 효율화, 생산 활동을 주도하는 마을공동체를 육성하는 것도 중요하다. 에너지 절약의 주체는 개인이지만 마을 내에서 절약 노하우나 효율 개선 사업이나 태양광 패널 설치 등의 정보를 공유하면서 주민들이 다양한 에너지 관련 사업들을 함께 참여할 수 있다. 특히 도시 내 에너지자립마을의 활동을 수행하는 마을공동체들은 에너지 생산지와 소비지 분리에 따른 에너지 이용의 불평등과 기후변화 문제에 경각심을 가지고 자발적인 운동을 펼쳐나가고 있다(박종문·윤순진, 2016; 윤순진·박종문, 2017).

마지막으로, 지방자치단체 단위에서 작성하고 있는 지역에너지계획에

에너지 전환과 전력 소비 요인, 대응 전략을 체계화하는 것이 필요하다. 특히 전력자립도가 낮은 지역에서는 에너지 전환의 주체로서 지방자치단체의 역할이 중요하다. 지역에너지계획에서는 가정부문 전력 수요 관리를 위하여 지역의 주요 소비 요인을 파악하는 작업이 필요하다. 또한 이에 대응하기 위하여 에너지 진단과 주택·미니 태양광, 고효율 가전기기 교체 지원, 에너지 절약 인센티브, 에너지자립마을 등 각종 정책 수단들과 그에 대한 실행 계획과 실행 주체를 명문화하고 정책을 수행하는 노력이 중요하다고 할 수 있다.

제 5 장 기온변화가 전력 소비에 미치는 영향

제 1 절 연구 설계

1. 연구 개요

이 장에서는 지역 단위의 주택용 전력 소비에 대하여 기온의 변화가 미치는 영향을 파악하고자 한다. 최근 기후변화가 진행되면서 전 지구적인 기온 상승과 극한 기상 현상이 발생하고 있는데, 이러한 현상이 지역 거주민들의 전력 소비에 미치는 효과를 분석하는 것은 기후변화의 영향을 이해하고 관련 정책을 마련하는 데 중요한 토대가 될 수 있다. 특히 기온은 지역의 위치과 지형, 개발 수준에 따라 지역별로 다른 양상을 갖게 되는데 그 대표적인 현상이 도시열섬효과라고 할 수 있다. 따라서 지역간 기온 분포와 차이를 보다 세밀하게 파악하기 위하여 시·군·구 단위에서 기온 관련 분석을 구축하고 소비 유발 효과를 분석하였다.

특히 이 연구에서는 일차적으로 기존 선행연구들의 시·도 단위 분석에서 유의하게 도출되지 않거나 일부만 유의하게 제시된 냉방도일과 난방도일 변수에 주목하였다(금예진 외, 2018; 석주헌·박기현, 2017; Cho et al., 2015). 시·군·구 단위는 시·도 내부의 기온 차이를 보다 더 효과적으로 포착할 수 있어 지역의 전력 소비와의 관계를 설명하는 데 유용하다. 또한 일부 연구들은 도시 단위를 기반으로 기온 효과를 분석하고 있지만(김기중 외 2016; 임상수, 2009; 정준호·허인혜, 2015), 보다 더 넓은 범위에서의 기온 효과를 살펴보는 연구는 부족한 편이다. 결국 도시와 농촌을 포괄하는 전국적 범위에서 중간 범위(middle range)의 공간적 해상도를 가지는 시·군·구 단위에 초점을 두어 전력소비량에 대한 기온의 효과를 보다 효과적으로 포착하고자 한다.

공간패널모형을 이용하면 지역의 고유 특성과 시간 변화를 통제할 수 있을 뿐만 아니라 인접 지역의 전력 소비의 영향도 파악할 수 있다. 삶의

질이나 웰빙에 대한 사회적 인식의 변화와 새로운 기술의 등장은 서로 톱니바퀴와 같이 맞물려 있다(Jeeninga & Huenges Wajer, 1999). 따라서 전력 소비의 분석에 있어서도 시간 변화를 통제할 수 있는 패널분석이 필요하다. 또한 가구의 생활양식은 도시화의 수준과 같이 지역의 위치에 따라 달라지는 특성을 가진다(Heinonen et al., 2013). 이에 따라 공간 분석에 있어서도 인접 지역의 영향을 포착하고 통제할 수 있는 공간패널모형이 필요하다.

분석에 사용한 기온 변수는 크게 냉방도일, 난방도일, 폭염냉방도일, 열대야 냉방도일이다. 냉방도일과 난방도일 외에 최근 증가하고 있는 폭염과 열대야 현상에 주목하여 이들 변수를 냉방도일의 형태로 시·군·구 단위에서 구축하여 전력 소비에 미치는 효과를 함께 살펴보았다는 점이 이 연구의 또 다른 특징이다. 냉방도일과 난방도일은 박광수(2012), 임상수(2009)의 사례와 마찬가지로 기준 온도를 18℃로 설정한 경우와 보다 실생활에 더 많은 영향을 미칠 것으로 예상되는 24℃(냉방도일), 12℃(난방도일)로 나누어 분석을 진행하였다.

한편, 몇몇 연구들은 도시 열섬과 밀집된 주거 형태인 아파트 단지 간의 관계에 대하여 다루고 있다(박재빈 외, 2017; 안승만 외, 2016; 안지숙 외, 2012; 엄예슬 외, 2018). 이러한 측면에서 아파트와 같이 밀집된 주거 형태가 많은 지역에서 상대적으로 기온과의 영향이 강할 수 있기 때문에 기온 변수들과의 상호작용항을 추가하여 그 효과를 분석하였다.

그리고 기온의 영향은 전국적으로 나타날 수 있지만 자연환경과 인위적인 조건에 의하여 지역에 따라 이질적일 수 있기 때문에(정준호·허인혜, 2015), 지역 군집별로 기온 효과가 어떻게 나타나는지 파악하고자 한다. Anselin(1992)에 따르면, 공간적 이질성은 지역마다 존재하는 고유한 특성으로 인하여 어떤 현상에 대한 공간적 분포에 차이가 생기는 것을 의미한다. 우리나라는 산맥의 분포 특성상 기온은 위도와 해발 고도의 영향을 많이 받는다(이경미 외, 2012; 최광용 외, 2006). 인위적인 요인으로서 도시화는 인구의 집중과 함께 토지 이용의 변화를 야기하여 도시열섬효과로 이어진다(김남신·김경순, 2013; 최광용 외, 2006). 이처럼 도시

화 수준과 위도, 고도에 따라 기온의 분포가 다를 수 있으므로 이에 따른 전력 소비 효과를 파악하는 것이 지역간 기온 효과에 대한 이해와 관련 정책 설계에 도움이 될 수 있다.

연구의 공간적 범위는 전국 225개 시·군·구이며, 시간적 범위는 2010년부터 2017년까지이다. 2010년부터 2017년 사이에 행정구역이 개편된 것을 반영하였다. 2012년 세종시 출범 이전 시점은 공주시 연기군의 자료를 활용하였고 2014년 청주시와 청원군의 통합 이전 시점의 경우는 두 행정구역의 자료를 합산하여 구축하였다.

2. 자료의 수집과 가공

1) 공간보간법을 활용한 시·군·구별 기온 변수 구축

이 연구에서는 기온 자료가 시·군·구 단위의 대푯값을 확보하기 어렵다는 점에 주목하여 새롭게 기온 변수들을 구축하였다. 기상청 기상자료개방포털에서는 국내 유인(종관)·무인(방재) 관측소별 기온관측자료를 제공하고 있다. 이 연구에서는 이러한 관측자료를 이용하여 시·군·구별 냉방도일(Cooling Degree Days, CDD), 난방도일(Heating Degree Days, HDD)을 구축하였다. 폭염과 열대야도 발생한 날을 기준으로 폭염냉방도일(Heat Cooling Degree Days), 열대야냉방도일(Tropical Night Cooling Degree Days)을 구축하였다. 냉방도일과 폭염·열대야냉방도일은 수치가 높아질수록 냉방이 그만큼 필요하다는 의미이다. 난방도일은 수치가 높아질수록 난방이 그만큼 필요하다는 의미이다.

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

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

여기서 어떤 특정일(i)의 평균 온도를 T_i, 기준 온도를 T_0라고 한다면 그 날의 냉방도일은 일평균 온도값(T_i)에서 기준 온도값(T_0)을 뺀 값과 0 사이에 더 큰 값으로 정해지며, 반대로 난방도일은 기준 온도값(T_0)에서 일평균 온도값(T_i)을 뺀 값과 0 사이에 더 큰 값으로 정해진다. 결과적으로 냉방도일과 난방도일은 각각 일평균 온도값(T_i)과 기준 온도값(T_0)간 차이가 양수인 경우를 의미하며, 기간별 냉방도일과 난방도일은 기간내 일별 냉방도일과 난방도일을 각각 누적하여 산출할 수 있다.

냉방도일과 난방도일의 기준 온도는 박광수(2012), 임상수(2009)의 사례와 같이 기준 온도를 18℃로 똑같이 설정한 경우와 보다 실생활에 밀접한 연관성을 가질 것으로 예상되는 기준 온도를 추가하여 구축하였다. 이 연구에서는 18℃외에 24℃(냉방도일), 12℃(난방도일)로 나누어 설정하고 이에 따른 분석을 진행하였다.

냉방도일·난방도일과 같은 방식으로 폭염(Heat Wave)변수를 구축할 수 있다. 폭염 역시 극한기온 현상으로서 일최고기온이 33℃를 초과하는 날로 정의될 수 있다(박재은 외, 2016; 심우배 외, 2013). 열대야와 마찬가지로 같은 폭염 발생일이라도 기준 온도와의 차이가 다를 수 있기 때문에 냉방도일과 같이 변수를 산출하였다.

$$HWCDD = \sum_{i=1}^{N} HWCDD_i,\ \ HWCDD_i = \max(\max T_i - T_{0,}0)$$

폭염냉방도일은 어떤 특정일(i)의 최저 온도를 $\max T_i$, 기준 온도를 T_0라고 한다면 그 날의 폭염냉방도일은 일최고온도 값($\max T_i$)에서 기준 온도 값(T_0)을 뺀 값과 0 사이에 더 큰 값으로 정해진다.

마지막으로, 열대야(Tropical Nights)변수를 구축할 수 있다. 여기서 열대야는 극한기온 현상으로서 일최저기온이 25℃를 초과하는 날로 정의될 수 있다(이경미 외, 2012; 이승호·허인혜, 2011; 정다은 외, 2016; 허인혜·권원태, 2007; Ha & Yun, 2012)[10]. 같은 열대야 발생일이라도 기준 온도와의

10) 기상자료개방포털(data.kma.go.kr)에서 정의하고 있는 열대야발생일은'밤최저기

차이가 다를 수 있기 때문에 냉방도일과 같이 변수를 산출하였다.

$$TNCDD = \sum_{i=1}^{N} TNCDD_i, \quad TNCDD_i = \max(\min T_i - T_{0,}0)$$

열대야 냉방도일은 어떤 특정일(i)의 최저 온도를 $\min T_i$, 기준 온도를 T_0라고 한다면 그 날의 열대야 냉방도일은 일최저온도 값($\min T_i$)에서 기준 온도값(T_0)을 뺀 값과 0 사이에 더 큰 값으로 정해진다.

기상자료개방포털이 제공하는 자료에는 관측 지점별로 누락된 관측일이 존재하거나 관측일이 있어도 값이 누락된 경우가 있는데, 누락되지 않은 관측일이 전체 기간의 95%를 넘어서는 경우에만 분석 자료에 포함하였다. 누락일이 너무 많으면 기온 변수를 추정하여도 정확도가 떨어질 수 있기 때문이다.

이렇게 95% 이상 기록된 지점 중에서도 누락일이 포함된 지점들과 누락일이 없는 지점들을 동일하게 처리하지 않기 위해서 누락일이 있는 지점들은 산출된 기온 값을 기록된 기간만큼 나누어 1일 기온 평균값으로 대체하고 이를 다시 전체 기간과 곱하여 전체 기간의 기온 값으로 추정하였다. 이러한 일련의 과정을 통해 약 20만건에서 21만건의 일별 관측자료를 사용하여 각 관측지점별 냉방도일(CDD)과 난방도일(HDD), 폭염냉방도일과 열대야냉방도일로 계산하였다(다음 <표 34> 참조).

온(18:01-다음날 9:00까지의 최저기온)이 25℃ 이상인 날'로 정의하고 있다. 하지만 500개 이상 지점의 시간대별(16개 시점)자료를 일별 자료(365일)로 변환하여 지점별 연간 열대야 발생일과 발생 정도를 상세하게 활용하기에는 한계가 있어 이 연구에서는 시간대를 고려하지 않고 선행연구에서 정의하는 일최저기온을 기준으로 하였다. 일반적으로 밤 시간이 낮 시간보다 기온이 낮기 때문에 지역별 일최저기온을 활용하여도 밤시간대 최저기온의 경향을 파악하는데 큰 차이가 없을 것으로 판단하였다.

<표 34> 연도별 관측지점 수와 최종 관측지점 수

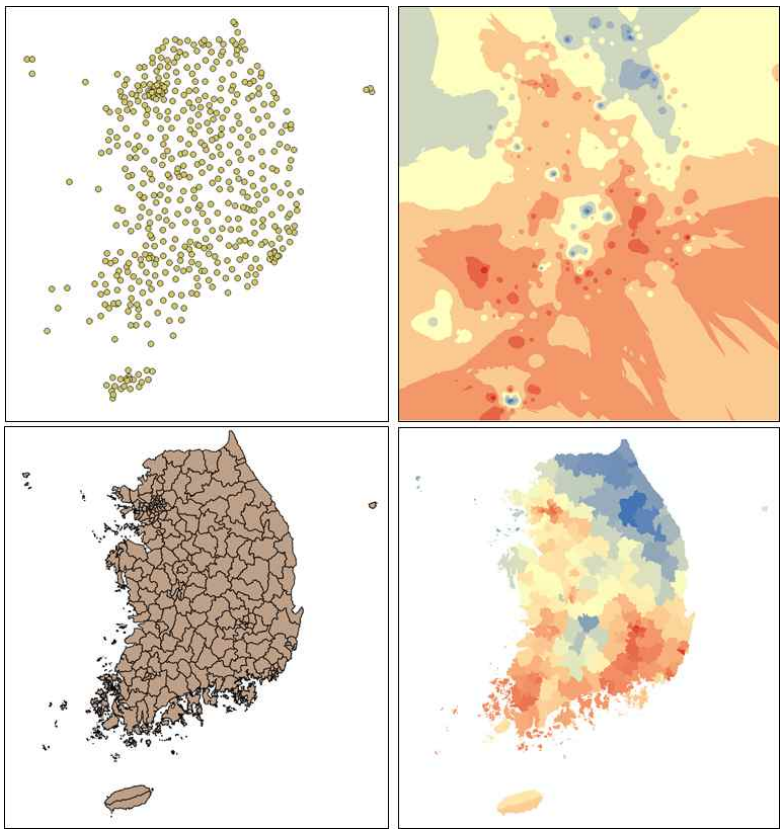
연도	원자료						가공자료	
	종관(유인)		방재(무인)		총 계		최종 관측지점 (실측일 95% 이상)	
	관측 지점	관측 건수	관측 지점	관측 건수	관측 지점	관측 건수	CDD HDD	HWCDD TNCDD
2010년	91	31,779	473	168,402	564	200,181	530	525
2011년	93	33,779	472	170,571	565	204,350	551	548
2012년	93	33,854	477	172,216	570	206,070	552	552
2013년	93	33,672	482	173,438	575	207,110	563	561
2014년	95	34,182	483	174,788	578	208,970	570	570
2015년	95	34,163	497	176,161	592	210,324	568	567
2016년	95	34,496	497	180,677	592	215,173	584	583
2017년	95	34,670	497	180,401	592	215,071	584	583

다음으로, 관측지점이 없는 시·군·구의 냉방도일 값을 추정하기 위하여 공간보간기법(spatial interpolation) 중 역거리 가중법(Inverse Distance Weighted, IDW)을 실시하였다. '역거리가중 보간법'은 각 지점별 위치자료(위도, 경도)에 따른 지점간 거리를 활용하는 방법으로 가까운 거리는 영향을 더 많이 받고, 먼 거리는 영향을 적게 받도록 가중치를 활용하여 값을 추정한다. 역거리 가중법의 수식 중 $Z(X_O)$는 추정할 지점 X_O의 Z값이며 $Z(X_i)$는 표본지점 X_i의 Z값이다. d_{ij}는 X_O와 X_i간의 거리이며 p는 거리조락계수이다(이희연·심재헌, 2011).

$$Z(X_O) = \frac{\sum_{i=1}^{n} Z(X_i) d_{ij}^{-p}}{\sum_{i=1}^{n} d_{ij}^{-p}}$$

역거리가중법(IDW)을 이용한 공간 보간은 해상도와 정확도를 높이기 위하여 output cell size는 100으로 설정하였다. 공간보간 결과로 생성된 냉방도일 래스터(raster) 파일을 다시 시·군·구별 자료로 변환하기 위하

여 구역통계기법(zonal statistics)을 이용하여 시·군·구별 평균 기온 변수 값을 산출하였다(<그림 30> 참조). IDW 공간보간법과 구역통계기법은 GIS 분석 프로그램인 ArcGIS(ver. 10.2.1)로 실시하였다.



주: 기상관측소 분포(좌상), IDW방법을 이용한 냉방도일 보간 결과(우상), 시·군·구 shp파일(좌하), 구역통계기법을 이용하여 시·군·구별 냉방도일 값 할당(우하).

<그림 30> 시·군·구 단위 냉방도일 변수 구축과정

2) 종속 변수와 통제 변수의 구축

이 연구는 지역별 전력 소비에 대한 영향 요인을 분석하는 것을 목적으로 한다. 종속 변수인 가구당 전력소비량은 한국전력공사에서 제공하는 시·군·구별 주택용전력 소비량을 전력 소비 단위인 가구수로 나눈 값이다.

독립변수에는 앞서 살펴 본 기온 변수 외에도 사회적 구조와 생활양식

의 효과를 통제하기 위하여 여러 통제변수들을 포함시켰다. 사회적 구조 변수로는 가구 규모와 고령화 수준, 소득 수준을 나타내는 세부 변수들을 제시하고, 생활양식 변수로는 주택 유형, 주택 연한 등 주택 특성 관련 변수들을 세분화시켰다.

가구당 가구원수는 지역별 가구의 규모로서 시·군·구별 거주 가구당 가구원수이며 내국인과 외국인을 모두 포함한다. 인구주택총조사에서는 거처의 종류에 따라 가구수와 가구원수를 제공하고 있으므로 지역별 통계에서 주택 이외의 거처에 거주하는 경우를 제외하였다. 지역별 고령화 수준은 노령화지수를 활용하며 이 지표는 15세 미만 인구수 대비 65세 이상 인구수의 비율로 계산된다. 소득은 시·군·구 단위에서 반영할 수 있는 변수가 없어 일부 선행연구에서 제시한 바 있는 지방세부담액을 대체 변수로 활용하였다(노승철·이희연, 2013a; 2013b; 이동성·문태훈, 2017). 지방세부담액 관련 지표는 시·도별 통계연보에서 제공하는 시·군·구별 세대당 지방세부담액으로 활용하였다. 주택 유형은 최근 빠르게 증가하고 있는 아파트에 초점을 두고 총 주택 거주 가구 수 대비 아파트에 거주하는 가구 수로 구축하였다. 주택 연한에 대해서는 신규주택비율이나 노후주택비율을 활용하였다. 인구주택총조사 결과에서 노후기간이 아닌 건축연도별로 자료를 제공하고 있고 각 시점별로 최근 5년내 자료는 동일하게 확보할 수 있기 때문에 신규주택비율을 구축하였고, 총 주택 수 대비 5년 이내 건축된 주택 수로 계산하였다.

한편, 인구주택총조사는 매년 11월 1일을 기준으로 하기 때문에 조사 시행년도에 건축된 주택 수는 11월부터 12월까지의 통계가 반영되지 않는다. 이에 따라 조사 시행년도의 신규주택 수는 다음 조사연도의 통계값으로 대체하였고 신규주택비율 산정에 필요한 총 주택 수에도 대체값을 반영하였다(<표 35> 참조). 예를 들어, 2017년 총조사 결과에 수록된 2017년의 신규주택 수를 활용하지 않고 2018년 조사 결과의 2017년 신규주택 수로 대체하고, 2017년 총 주택 수도 2017년 조사 결과 값을 감하고 2018년 조사 결과 값을 더한다. 같은 방식으로 2016년의 신규주택 수는 2017년 조사 결과로, 2015년의 신규주택 수는 2016년 조사 결과로

대체하였다. 2010년부터 2014년의 건축된 주택 수는 2015년의 주택총조사 통계를 활용하였다.[11)]

<표 35> 5년 이내 신규주택 구축 관련 통계 시점

기준 시점	신규주택 수 산정 관련 활용 자료 시점 (자료의 출처 시점)
2010년	2006년-2009년 자료(2010년 총조사), 2010년 자료(2015년 총조사)
2011년	2007년-2009년 자료(2010년 총조사), 2010년-2011년 자료(2015년 총조사)
2012년	2008년-2009년 자료(2010년 총조사), 2010년-2012년 자료(2015년 총조사)
2013년	2009년 자료(2010년 총조사), 2010년-2013년 자료(2015년 총조사)
2014년	2010년-2014년(2015년 총조사)
2015년	2011년-2014년 자료(2015년 총조사), 2015년 자료(2016년 총조사)
2016년	2012년-2014년 자료(2015년 총조사), 2015년 자료(2016년 총조사), 2016년 자료(2017년 총조사)
2017년	2013년-2014년 자료(2015년 총조사), 2015년 자료(2016년 총조사), 2016년 자료(2017년 총조사), 2017년 자료(2018년 총조사)

인구주택총조사는 2015년까지 5년마다 조사를 시행해왔고 그 이후부터는 매년 조사를 시행하고 있다. 2010년과 2015년 사이의 센서스 조사 미시행기간인 2011년부터 2014년의 자료는 직접적으로 확보하기 어렵다. 상당수의 선행연구들은 센서스 자료가 시간에 따라 안정적인 변화를 갖는 자료라는 점을 고려하여 센서스 시점간 선형보간 방법을 적용하여 조사가 시행되지 않은 시점의 연간 데이터 자료를 구축하였다(Barreca et al., 2016; De la Fuente & Doménech, 2006; Paradiso et al., 2013; Park, 2010; Phillips & Greenberg, 2008; Sapkota & Bastola, 2017; Vogl, 2016). 이 연구에서도 2011년에서 2014년까지의 주택 거주 인구, 주택 거주 가구, 아파트 거주 가구, 총 주택 수를 선형보간법으로 구축하였다. 2013년에 특별센서스조사를 실시한 세종시는 2011년과 2012년, 2014년의 자료를 보간하였다.

11) 2010년 총조사 이후 시점은 2015년이므로 부득이하게 2010년에서 2013년도의 건축된 주택 수를 2015년 조사 결과에서 확인할 수밖에 없어 실제와 오차가 있을 것으로 보인다. 다만 신규주택 특성상 5년 내에 멸실이 발생하는 경우는 많지 않을 것으로 판단하였다.

또한 선형보간으로 구축한 자료의 검증을 위하여 관련 통계자료 간의 상관관계를 파악하였다. 주민등록통계는 매년 제공되고 있고, 시・도기본통계의 주택현황은 2014년까지만 제공되고 있다. 지역별 주택 거주 인구수와 주택 거주 가구수는 주민등록통계의 인구, 주택 수 현황과 비교하고 아파트 거주가구 수, 총 주택수는 주택보급통계의 아파트 보급 건수, 총 주택수와 각 비교하였다. 인구총조사의 가구와 인구수는 내국인과 외국인을 모두 포함하지만 주민등록통계의 세대와 인구수는 내국인만을 포함한다. 상관관계를 검토한 결과, 선형보간으로 구축한 통계와 비교 통계간에 대체로 높은 상관성을 가지는 것으로 나타났으며, 전력 소비 지표 이외의 모든 통계와 지표에 관한 상관관계가 0.9 이상으로 확인하였다(<표 36> 참조).

<표 36> 선형보간 통계와 비교 통계간 상관관계(2011년-2014년)

구분	선형보간 구축 통계 및 지표	비교 통계 및 지표	상관관계
통계	주택 거주 가구 수	등록 세대수	0.9971
	주택 거주 인구 수	등록 인구수	0.9992
	아파트 거주가구 수	아파트 보급 호수	0.9991
	총 주택 수	주택 보급 호수	0.9866
지표	주택 거주 가구당 인구수 (인구수/가구수)	세대당 인구수 (인구수/세대수)	0.9193
	아파트 거주가구비율 (아파트가구수/주택가구수)	아파트 보급률 (아파트 수/주택 수)	0.9908
	가구당 주택용 전력소비량 (전력소비량/주택가구수)	세대당 주택용 전력소비량 (전력소비량/세대 수)	0.8807

이러한 측면에서 실제 지역별 거주 상태에 기반하면서 주택 이외의 거처에 거주하지 않는 경우를 제외할 수 있는 인구주택총조사 자료를 2010년부터 2017년까지의 범위에서 활용하도록 하였다.

연구에 활용된 모든 변수별 지표와 세부 내용은 다음 <표 37>에 제시되어 있다. 분석에서는 세대당 지방세부담액은 자료의 분포를 참고하여

자연로그로 변환하였고, 폭염냉방도일과 열대야냉방도일은 자료의 특성을 고려하여 제곱근 변환을 시행하였다.[12)]

<표 37> 주요 변수별 지표(시점: 2010년 - 2017년)

변수		지표	내용	출처
전력 소비		가구당 전력소비량 (kWh/가구)	연간 주택용 전력소비량 /주택 거주 가구 수	한국전력통계
가구 특성	가구 규모	가구당 인구수 (인/가구)	주택 거주 인구 수 /주택 거주 가구 수	인구주택 총조사
	연령	노령화지수	(65세 이상 인구 수 /15세 미만 인구 수)×100	주민등록통계
	소득	세대당 지방세부담액 (천원/세대)	지방세 징수액 /주민등록세대수	시도기본통계
주택 특성	주택 유형	아파트 거주가구 비율(%)	아파트 거주 가구 수 /주택 거주 가구 수	인구주택 총조사
	주택 연한	신규주택비율(%)	5년 이내 건축된 주택 수 /총 주택 수	인구주택 총조사
기온		18℃ 기준 냉방도일	일평균기온 > 18℃일때, Σ (일평균기온-18℃)	기상자료 개방포털
		24℃ 기준 냉방도일	일평균기온 > 24℃일때, Σ (일평균기온-24℃)	
		18℃ 난방도일	일평균기온 < 18℃일때, Σ (18℃-일평균기온)	
		12℃ 기준 난방도일	일평균기온 < 12℃일때, Σ (12℃-일평균기온)	
		폭염냉방도일	일최고기온 > 33℃일때, Σ (일최고기온-33℃)	
		열대야냉방도일	일최저기온 > 25℃일때, Σ (일최저기온-25℃)	

12) 세 변수 모두 자료의 변환이 검토되었으나 세대당 지방세부담액은 로그 변환이 가장 적절하였다. 열대야냉방도일은 0값이 존재하는 지역이 있어 로그 변환시 누락치가 발생하고, 이에 대한 대안으로 각 지역별 값에 1을 더하여 로그 변환할 경우 분석 결과에 왜곡을 가할 수 있어 제곱근 변환을 실시하였다. 폭염냉방도일은 열대야 변수와 비교를 위하여 함께 제곱근 변환을 실시하였다.

3) 공간가중치행렬 구축

공간패널분석을 위하여 우선 각 시·군·구별로 이웃지역의 영향을 고려하기 위하여 지역별 이웃 지역의 공간가중치 행렬을 구축하였다. 공간가중치 행렬 구축을 위해 활용한 자료(shp) 파일은 통계청 통계지리정보서비스에서 제공받았다.

지역간 이웃관계는 경계를 공유하는 인접성(contiguity)이나 일정한 임계거리(threshold distance)를 기반으로 하기도 하고 가장 가깝게 위치한 지역 n개를 설정하여 이웃을 설정하는 K-근린 이웃(k-nearest neighbor, KNN) 방식이 고려될 수 있다(이희연·심재헌, 2011). 일부 선행연구(서만훈 외, 2016; 최열·이재송, 2014)에서는 임계거리를 기준으로 공간가중행렬을 구축하였지만 이 방식은 거리 기준값을 얼마로 설정하느냐에 따라 이웃 수가 달라지며, 우리나라의 경우 시·군·구의 크기가 일정하지 않아 특정 지역에서는 이웃 수가 많아지거나 적어질 수 있다. 따라서 이 연구에서는 전국 시·군·구 지역간 경계로 인접성을 판단하는 대표적인 방식인 Rook방식으로 공간가중행렬을 구축하였다.

시·군·구 단위 공간가중행렬을 구축하는 과정에서 경계를 공유하지 않는 도서지역이 확인되었다. 공간계량모형에서는 지역간 연결을 기반으로 공간가중치를 활용하여 공간효과를 통제하게 되는데, 도서 지역처럼 연결이 되지 않는 경우는 공간효과를 왜곡할 수 있는 단점이 있다(서만훈 외, 2016; 이소현·임업, 2017).

선행연구에 따라 이러한 도서지역에 대한 전 처리과정이 다르게 나타난다. 최열·이재송(2014)과 서만훈 외(2016)는 경북 울릉군과 제주도 지역만을 제외하고 그 외 지역들은 임계 거리(threshold distance)를 기준으로 공간가중행렬을 구축하였다. 이소현·임업(2017)은 인천 옹진군, 전남 신안군, 경북 울릉군과 제주도 지역만을 제외한 뒤 인접성으로 공간가중행렬을 구축하였다. 신인철(2009)의 경우는 경계를 공유하고 있지 않은 도서지역들을 모두 제외한 반면, 이석환(2014)은 도서 지역들을 모두 제외하지 않고 여객선 항로와 연륙교 등을 기준으로 수동적으로 이웃을 설정하

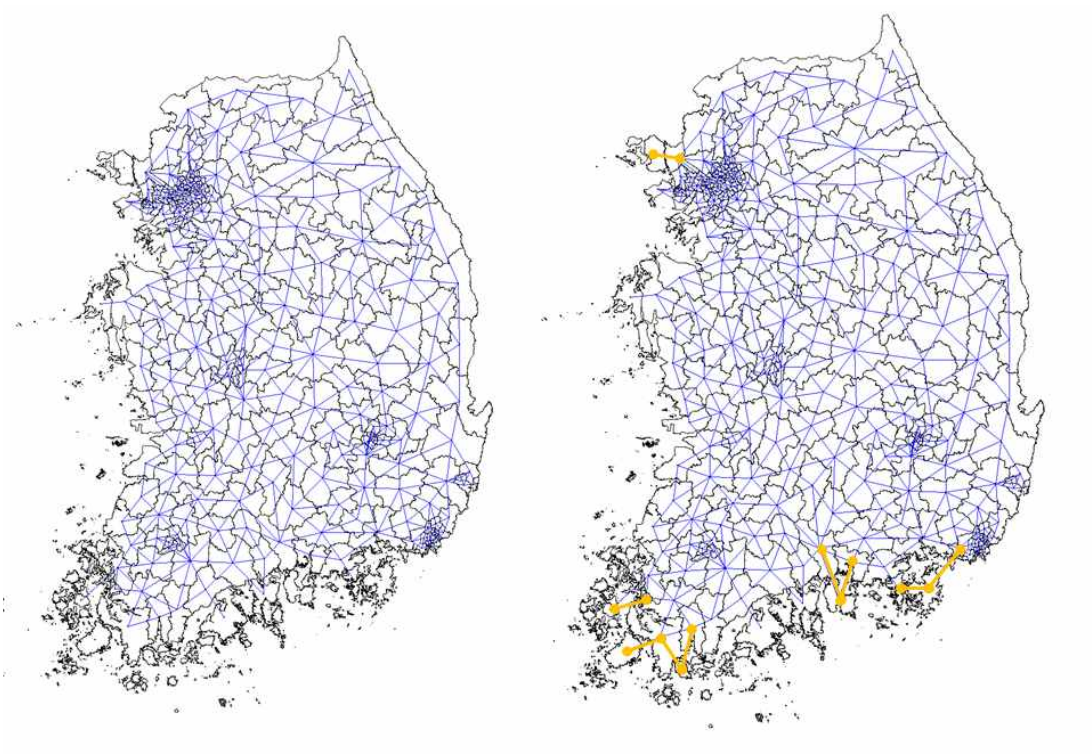
여 공간가중행렬을 구축하였다. 선행연구의 전 처리방법을 종합하여 볼 때 경계를 공유하지 않는 모든 도서지역을 제외하는 것은 자료 손실이 크고 결과 일반화에도 한계가 있어 내륙 지역과의 거리가 상대적으로 먼 인천 옹진군, 경북 울릉군, 제주도 지역만을 제외하였다.

상대적으로 연안과 근거리에 위치하고 있는 도서 지역들에 한하여 최근린 이웃 방식으로 공간가중행렬을 구축하는 방안을 고려할 수 있으나, 이 방식은 각 구역의 중심점 간의 거리를 기준으로 주어진 이웃 개수에 따라 가장 가까운 이웃을 파악하기 때문에 행정 경계가 가깝고 연륙교로 연결되어 있더라도 중심점 거리가 멀면 이웃으로 배정되지 않는 문제가 발생할 수 있다. 또한 이 방식을 활용할 경우 모든 도서 지역들에 대하여 동일한 이웃을 배정하기 때문에 각 도서 지역마다 실제 연륙교로 연결되어 있는 이웃 수가 다른 점을 무시할 수 있다. 따라서 이 연구에서 공간가중행렬은 인접성을 기준으로 구축하되, 다음 <표 38>과 같이 경계를 공유하지 않는 도서 지역은 연륙교 현황을 바탕으로 이웃 리스트를 수동적으로 설정하였다.

<표 38> 연륙교 기준 도서지역 이웃 수동 배정

도서지역	자동 배정된 이웃	수동 추가
부산 영도구	부산 중구	부산 서구·남구
인천 강화군	없음	경기 김포시
전남 완도군	없음	전남 해남군·강진군
전남 진도군	없음	전남 해남군
전남 신안군	전남 무안군	전남 목포시
경남 거제시	없음	경남 통영시, 부산 강서구
경남 남해군	없음	경남 사천시·하동군

다음 <그림 31>에서 좌측 지도는 전국 시·군·구 지역에 대하여 'Rook 방식'을 활용하여 구축한 이웃 목록을 지도화한 것이고, 우측 지도는 연륙교 현황을 기준으로 연안 도서 지역에 대하여 이웃을 새로 추가한 상태를 나타내고 있다.



주: 좌측 그림(Rook방식 이웃 배정), 우측 그림(연륙교 기준 이웃 수동 배정)
<그림 31> 전국 시·군·구 지역의 이웃 배정 지도

225개 시·군·구에 대한 공간가중행렬에 대한 정보는 <표 39>에 제시되어 있다. 공간가중행렬은 행정구역 경계를 공유하는 지역간 인접성에 기반하여 Rook 방식으로 구축하였다. 총 225개 시·군·구에 인접 지역간 연결 수는 1,184개이며, 평균적으로 한 시·군·구 지역당 약 5개 이상의 인접 지역이 있다. 인접 지역이 1개인 지역도 있지만 최대 11개까지 인접 지역을 가진 경우도 있었다. 시·군·구별 인접 지역은 대체로 4개에서 6개인 경우가 가장 많았다.

<표 39> 공간가중행렬 정보

지역 수	225
지역간 연결(links) 총 개수	1,184
평균 이웃 수	5.26
최소 이웃 수와 최대 이웃 수	1 - 11

4) 기온 효과의 비교를 위한 지역 군집 구축

기온이 자연적, 인위적 조건으로 인하여 지역적으로 다르게 분포하기 때문에 기온이 전력 소비에 미치는 효과도 지역에 따라 차등적일 수 있다. 이에 따라 자연환경과 도시화 수준에 따라 225개 시·군·구 지역을 군집으로 나누어 기온의 전력 소비 효과를 지역 군집별로 파악하고자 한다. 가용한 통계자료를 활용하여 5개의 지표를 선정할 수 있었다(<표 40> 참조). 도시화 수준 관련 변수는 주택 수나 대지면적 등을 추가로 더 확보하여 분석에 투입하는 것을 고려할 수 있으나 이미 구축된 3개의 변수들 간에서도 상당히 상관관계가 높게 나타나(0.9 이상), 유사한 변수를 추가하는 것은 큰 의미가 없을 것으로 판단하여 이러한 변수들로만 분석에 활용하였다.

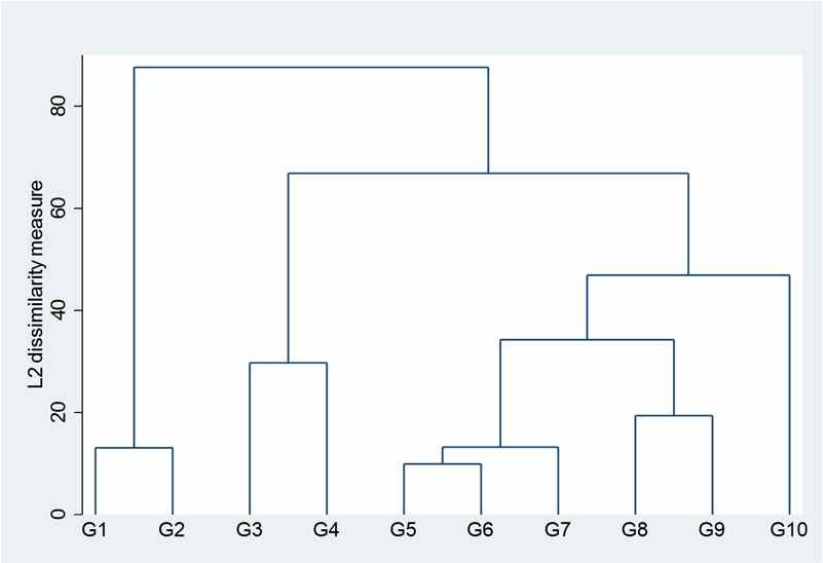
인구밀도는 조사가 실시되지 않은 해를 제외하고 각 지역별 평균값으로 구축하였고, 건축물 연면적 자료는 국토교통부 건축행정시스템의 건축물 통계 자료를 활용하였으나, 2012년부터 자료를 제공하고 있어 2012년에서 2017년까지의 평균값을 활용하였다. 시·군·구별 평균 위도와 평균 해발고도는 기상자료개방포털의 관측지점 자료를 기온 변수 구축방식과 같이 공간보간법과 구역통계기법을 활용하여 평균값으로 구축하였다.

<표 40> 지역 군집 분류를 위한 지표

변수		지표	내용	출처
도시화 수준	인구	인구밀도 (인/km^2)	인구 수/행정구역 면적 (2010년, 2015-2017년 평균값)	인구총조사, 도시계획현황
	물리 환경	건축물 연면적 비율 (%)	건축물 연면적/행정구역 면적 (2012년-2017년 평균값)	건축행정시스템 건축물통계, 도시계획현황
		시가화지역 비율(%)	시가화지역(주거·상업·공업지역) /행정구역 면적 (2010년-2017년 평균값)	도시계획현황
자연환경		평균 위도	2017년 관측소 지점별 위도값의 공간 보간	기상자료개방포털
		평균 해발고도(m)	2017년 관측소 지점별 해발고도 값의 공간 보간	기상자료개방포털

군집분석은 특별한 분류 기준이 없는 상태에서 연구자가 분류 대상들의 특성을 바탕으로 분류하여 내부적으로 유사성을 가진 군집으로 묶어내는 통계방법이다(이종상, 2002). 이 연구에서는 계층적 군집분석 방법인 와드법을 이용하여 덴드로그램을 확인하고, 비계층적 군집분석인 K-평균(K-means) 군집분석방법으로 군집을 구축하였다. 군집분석에 있어서 각 변수 간의 단위가 상이하기 때문에 각 변수는 표준화하여 분석에 투입하였다(허문구 외, 2016). 인구밀도와 건축물 연면적 비율, 시가화지역 비율 변수는 서로 상관관계가 0.9 이상으로 나타나 요인분석으로 단일 요인으로 만들고 요인점수를 산출하여 군집분석에 활용하였다.

다음 <그림 32>에서는 계층적 군집분석 방법인 와드법에 의하여 산출된 덴드로그램이 제시되어 있다. 덴드로그램을 살펴보면, 가지의 길이가 2개 또는 3개 일 때 가장 길게 나타나 있다.



<그림 32> 와드법에 의하여 산출된 덴드로그램

그러나 이러한 군집 개수를 바탕으로 K평균 군집분석을 시행하였을 때에는 군집의 수가 상당히 불균형적으로 분류되는 것으로 나타났다. 기온 효과를 파악하기 위한 적절한 분류는 고도와 위도, 도시화 수준에 따라 차등적으로 분류될 필요가 있다. 하지만 K=2나 K=3인 경우에서는 이

3가지 기준에 따라 명확하게 분류되지 않았다. 이에 따라 K의 개수를 늘려가면서 적절한 분류가 되는지 확인하였다. K의 개수를 4개나 5개로 하였을 경우 수도권과 광역시 등 대도시 지역이나 해발고도가 높은 강원도와 남부의 지리산 주변 지역 외에는 군집의 크기가 상당히 크게 나타나 적절하게 분류되지 않았다고 판단하였다.

적절한 분류가 되려면 우선 고도의 차이를 반영하면서도(산간 지역), 위도에 따라 고위도, 중위도, 저위도 지역으로 분류될 필요가 있고, 각 지역 내에서도 도시화 수준에 따라 나눠질 필요가 있다. 여기서 고위도, 중위도, 저위도라는 표현은 국내 지역 내에서의 상대적 위치를 나타낸다. 군집 개수를 6개로 설정했을 때 이러한 기준을 충족하는 것으로 판단하였다. 다음 <표 41>에서 나타난 것처럼, 위도와 고도 분류에 따라 군집을 나누면서 고위도와 저위도 지역은 도시화의 수준에 따라 A군집과 B군집으로 나눌 수 있다. 군집별 시·군·구의 분류 내용은 부록 Ⅲ에 제시되어 있다.

<표 41> 지역 군집별 소속 시·군·구 분포와 갯수

번호	군집 명	지역별 시·군·구 수	갯수
1	고위도지역 A군집	서울(25), 인천(4), 경기(3)	32
2	저위도지역 A군집	부산(12), 대구(4), 광주(1), 울산(3)	20
3	고위도지역 B군집	인천(5), 경기(28), 강원(2), 충남(3)	38
4	저위도지역 B군집	부산(4), 대구(2), 광주(3), 울산(1), 충남(1), 전북(8), 전남(21), 경북(3), 경남(14)	57
5	중위도지역 군집	대구(2), 대전(5), 울산(1), 세종(1), 충북(10), 충남(10), 전북(2), 전남(3), 경북(18), 경남(2)	51
6	산간지역 군집	광주(1), 강원(16), 충북(1), 충남(1), 전북(4), 전남(1), 경북(1), 경남(2)	27

3. 분석 방법

1) 패널분석

횡단면 자료(cross-sectional data)와 시계열 자료(time-series data)를 결합한 패널 자료(panal data)는 각 개체별로 변수별 시점 변화에 대한 정보를 포괄한다. 패널 자료를 이용한 패널분석은 횡단면 분석에 비하여 시간 변화에 따른 효과를 고려하고 더 많은 표본 수를 확보할 수 있기 때문에 분석 결과의 신뢰도를 높이고 변수간 다중공선성 문제를 완화시킬 수 있다. 또한 시계열 분석에 비해서 시간에 따라 변화하지 않는 개체 고유의 특성을 고려할 수 있는 장점이 있다(이희연·노승철, 2013). 패널분석에서는 개체간의 이질성을 고려하지 않고 합동으로 추정하는 합동 OLS(Pooled OLS)모형, 패널 개체별 관찰되지 않은 특성을 모수로 추정하는 고정효과모형, 이를 확률변수로 추정하는 확률효과모형 중 어떤 모형으로 분석해야 하는지를 선택해야 한다(민인식·최필선, 2016; 이희연·노승철, 2013). 고정효과는 시간에 따라 변화지 않는 개체특성 뿐만 아니라 개체별로 동일하게 영향을 미치는 시간 특성을 포괄할 수 있다(이희연·노승철, 2013). 따라서 다음 <표 42>와 같이, 개체특성과 시간특성의 유무와 각각의 특성을 고정효과로 고려할 것인지, 확률효과로 볼 것인지에 따라 모형을 나눌 수 있다.

<표 42> 개체와 시간 특성에 따른 패널모형 유형

구 분			개체특성		
			있음		없음
			고정효과	확률효과	
시간특성	있음	고정효과	이원 고정효과	개체확률효과 시간고정효과	일원 시간고정효과
		확률효과	개체고정효과 시간확률효과	이원 확률효과	일원 시간확률효과
	없음		일원 개체고정효과	일원 개체확률효과	합동 OLS

출처: 이희연·노승철(2013)

이 연구에서는 고정효과모형에 대한 Chow 검정을 통하여 고정효과를 고려해야 하는지를 확인하였다. 확률효과에 대한 고려 여부는 Breush-Pagan LM 검정을 이용하였으며, 고정효과와 확률효과에 대한 모형의 선택은 하우스만 검정 결과를 기초로 결정하였다(민인식·최필선, 2016; 이희연·노승철, 2013). 또한 시간 특성을 고정효과로 분석할 것인지에 대해서는 개체와 시간 특성을 모두 고려하는 이원고정효과모형(2way fixed effects)의 Chow 검정 결과와 연도 더미변수에 대하여 F검정을 실시하여 모형에서 시간 특성이 유의한지 파악하였다(민인식·최필선, 2016). 각 검정 결과, 시·군·구별 특성과 연도별 특성을 모두 고려한 이원고정효과모형으로 분석하는 것이 타당한 것으로 나타났다.

2) 공간패널분석

공간패널모형은 공간적 상관성이 종속 변수 또는 오차에 있는지에 따라 종류가 달라질 수 있다. 공간시차모형 또는 공간자기회귀모형(Spatial Lag Model or Spatial Autoregressive Model)은 종속변수의 공간적 상관성을 가정하는 것으로 인접 지역의 종속변수가 미치는 영향을 고려한다. 지역 특성과 시간 특성을 모두 고려하는 이원고정효과에서의 공간시차모형은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$Y_{it} = \rho \sum_{j=1}^{N} W_{ij} Y_{jt} + \beta X_{it} + \mu_i + \eta_t + \epsilon_{it}, (i = 1, \cdots, N), (t = 1, \cdots, T)$$

Y_{it}는 연도별 지역별 가구당 전력소비량이며, X는 가구특성, 주택 특성, 기온특성으로 구성된 K개의 지역별 시점별 독립변수 행렬($NT \times K$)이다. ρ는 공간적 자기상관회귀계수이며 전력소비량에 대한 인접지역의 영향을 나타낸다. W는 인접지역을 나타내는 공간가중치행렬($N \times N$)로서 W_{ij}는 i와 j지역 간의 공간가중치를 의미한다. μ_i는 각 지역의 고유 특성을, η_t는 각 시점의 고유 특성을 나타낸다. 마지막으로 ϵ_{it}는 모형에서 설

명되지 못한 오차항이다.

공간시차모형과 달리 공간오차모형(Spatial Error Model)은 오차의 공간상관성을 고려하며, 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \mu_i + \eta_t + \nu_{it}$$

$$\nu_{it} = \lambda \sum_{j=1}^{N} W_{ij} \nu_{jt} + \epsilon_{it}$$

여기서 ν_{it}는 공간가중치행렬에 따라 영향을 미치는 인접지역의 오차항과 고유의 오차항 ϵ_{it}로 구성된다. λ항은 오차의 공간적 자기상관계수를 의미한다.

그리고 공간시차모형과 공간오차모형을 결합한 일반공간모형(Spatial Autocorrelation Model)이 있다. 이 모형은 공간적 자기상관 오차를 고려한 공간자기회귀모형(spatial autoregressive model with spatially autocorrelated errors, SARAR)으로 불리기도 하는데, 이는 종속변수의 공간상관성과 오차의 공간상관성을 함께 고려하기 때문이다.

$$Y_{it} = \rho \sum_{j=1}^{N} W_{ij} Y_{jt} + \beta X_{it} + \mu_i + \eta_t + \nu_{it}$$

$$\nu_{it} = \lambda \sum_{j=1}^{N} W_{ij} \nu_{jt} + \epsilon_{it}$$

공간자료를 활용하는 회귀모형에 대하여 공간상관성이 존재하는지를 파악할 필요가 있다. 일반 회귀모형에서는 오차의 독립성을 전제로 하는데 만약 오차에 공간적 자기상관성이 나타날 경우에는 이는 오차의 분포가 지역에 따라 이질적으로 나타난다는 의미이며, 분석 결과의 신뢰성에 문제가 될 수 있어 공간효과를 통제하는 방법이 필요하다(이경주 외, 2015; 이재길, 2017; 이희연·노승철, 2013; Fischer & Wang, 2011).

공간상관성의 유의성을 알아보는 LM(Lagrange Multiplier) 검정에서

LM-Lag와 LM-Error 모두 유의미하게 나타나면 Robust LM 검정을 통해서 모형을 결정한다(이희연·노승철, 2013; Anselin, 2005; 2013; Fischer & Wang, 2011). 이 연구에서는 LM-Lag와 LM-Error까지 유의하게 나타나서 공간시차모형, 공간오차모형, 일반공간모형을 모두 분석하였다.

주요 분석은 R(Ver. 3.5.1)의 spdep 패키지, splm 패키지와 Stata 프로그램(Ver. 16.0)의 xsmle 패키지를 활용하였다. splm 패키지로 패널모형의 공간상관성을 파악하였으며 xsmle 패키지로 최대우도추정방법(maximum likelihood estimation)으로 공간패널모형을 분석하였다.

이 연구에서 설정된 공간패널모형은 변수간 상관관계와 유사 속성의 변수를 고려하여 다음 <표 43>과 같이 모형을 분류하였다.

<표 43> 연구 모형의 세부 분류

모형 종류	주요 관심 변수	통제변수
모형 1	냉방도일(18℃), 난방도일(18℃)	사회적 구조, 주택 특성
모형 2	냉방도일(24℃), 난방도일(12℃)	
모형 3	폭염냉방도일, 난방도일	
모형 4	열대야냉방도일, 난방도일	

연구 결과에 대하여 변수별 기술통계를 먼저 검토하고 패널모형의 합동 OLS 분석과 패널 진단을 진행한다. 고정효과와 확률효과에 관한 검정 결과에 따라 이원고정효과 패널모형으로 확정하고 결과를 제시한다.

패널 모형에서 공간적 자기상관성을 확인한 후에 지역별 공간가중치를 적용한 공간패널모형을 공간시차모형, 공간오차모형, 일반공간모형으로 나누어 살펴본다. 공간계량모형에서 제시된 R^2은 일반 회귀모형의 R^2과 다른 pseudo-R^2이기 때문에 직접적인 비교를 할 수 없으므로 모형간 적합도 비교를 위하여 Log-Likelihood와 AIC(Akaike's Information Criterion) 지표를 활용할 수 있다(Anselin, 2005). AIC 지표가 낮을수록, Log-Likelihood는 높을수록 우수한 모형으로 평가된다(Anselin, 2005; Bivand et al., 2008). 모형적합도의 확인 결과, 일반공간 패널모형이 가장

우수한 모형으로 확인되어 변수별 주요 효과는 이를 기초로 분석하였다.

기온변수의 효과를 파악하고 나서 아파트거주가구비율이 도시열섬효과의 측면엣 기온의 영향을 조절하고 있는지 확인하기 위하여 상호작용항을 구성하여 분석하였다. 예를 들어 공간패널모형에서 냉방도일(CDD)과 아파트거주가구비율(APT)간 상호작용효과를 분석한다고 할 때 다음 수식과 같이 표현할 수 있다.

$$Y = \rho \sum_{j=1}^{N} W_{ij} Y_{jt} + \beta_1 CDD_{it} + \beta_2 APT_{it} + \beta_3 (CDD \times APT)_{it} + \cdots + \mu_i + \eta_t + \nu$$

$$\nu = \lambda \sum_{j=1}^{N} W_{ij} \nu_{jt} + \epsilon$$

상호작용항이 유의하다면 이때 냉방도일의 한계효과는 상호작용효과를 고려하여 다음 수식과 같이 해석할 수 있으며 냉방도일의 1도일 증가는 아파트거주가구비율에 따라 달라진다고 볼 수 있다.

$$Y = \rho \sum_{j=1}^{N} W_{ij} Y_{jt} + (\beta_1 + \beta_3 APT_{it}) CDD_{it} + \beta_2 APT_{it} + \cdots + \mu_i + \eta_t + \nu$$

$$\nu = \lambda \sum_{j=1}^{N} W_{ij} \nu_{jt} + \epsilon$$

이러한 한계효과와 함께 상호작용항 투입시 각 기온 변수들, 아파트거주가구 비율의 변화를 파악하면서 상호작용 효과를 해석하였다.

제3절에서는 지역군집간 기온 변수의 효과를 파악하기 위하여 지역 군집을 상호작용항의 형태로 모형에 투입하였다. 이때 기온 변수뿐만 아니라 다른 통제변수 역시 지역 군집과 상호작용이 있을 것으로 예상되어 모든 변수에 대한 상호작용항을 구성하였다. 군집별로 상호작용항의 회귀계수간 차이가 통계적으로 유의한지 살펴보기 위하여 관련 선행연구 사례를 참고하여 STATA 프로그램의 사후분석 명령어인 lincom을 활용하였다(민인식·최필선, 2016; Alegria et al., 2007; Choi, 2008; Collip et

al., 2013; Headen et al., 2015; Lardinois et al., 2007).

패널 모형의 분석 과정에서 이분산성과 시계열 자기상관성이 확인되어 패널 모형과 공간패널모형의 표준오차는 이를 고려하여 클러스터를 이용한 강건한 표준오차(cluster-robust standard errors)로 추정하였다(Arellano, 1987, 2003; Belotti et al., 2017; Williams, 2000; Wooldridge, 2016).

제 2 절 기온변화가 지역의 전력소비에 미치는 영향

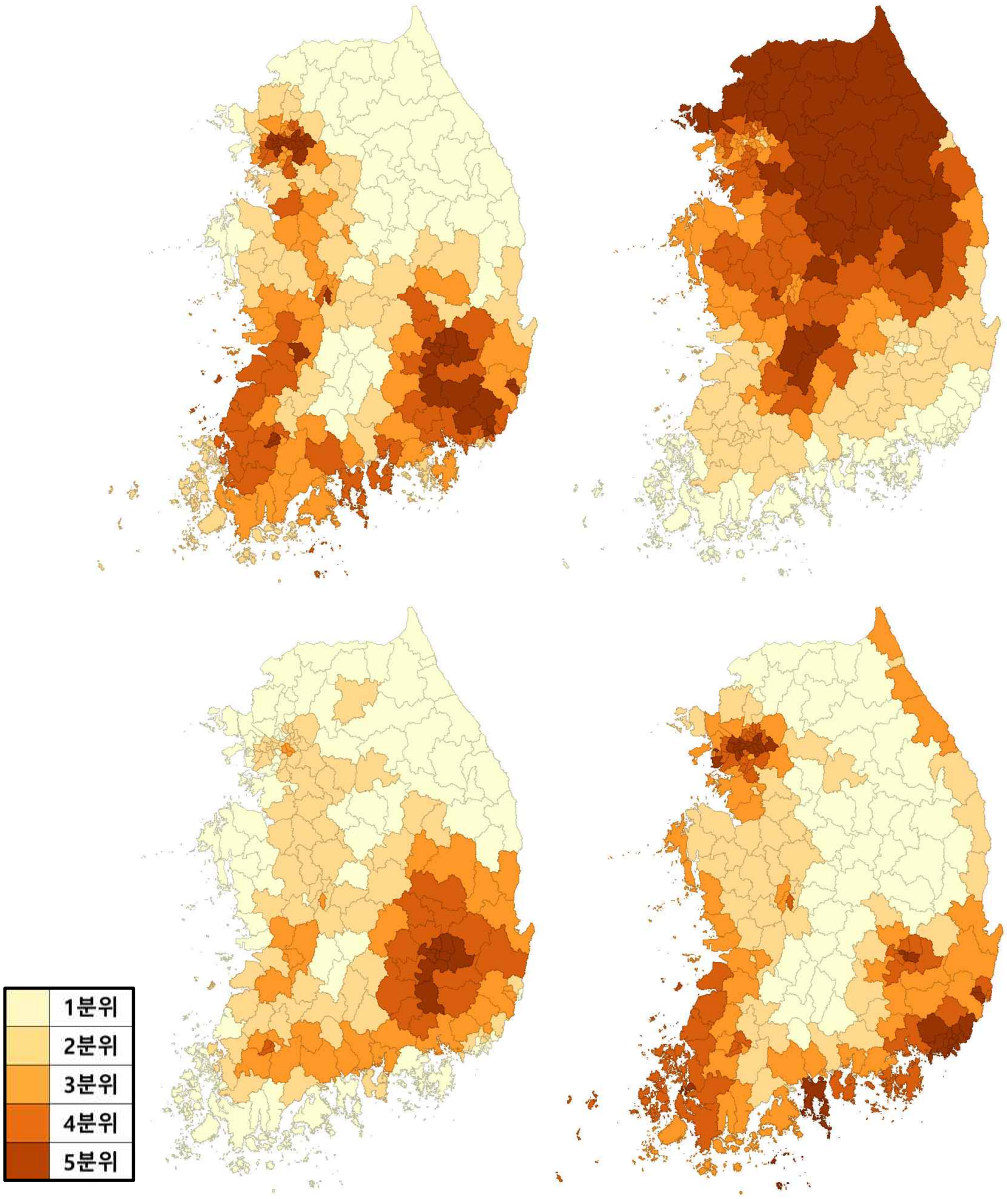
1. 변수별 기술 통계와 주요 변수의 공간적 분포

변수별 기술통계 결과는 다음 <표 44>에 제시되어 있다. 국내 225개 시·군·구별 주택용 전력에 대하여 2010년에서 2017년까지의 가구당 소비량은 평균 3,397.2kWh 수준이며, 지역에 따라 최소 1949.2kWh에서 최대 5,109kWh의 범위를 가진다. 전국 시·군·구별 냉방도일의 평균은 일평균 기온 18℃를 기준으로 하면 약 706.5도일이며, 24℃를 기준으로 하면 약 126.7도일이다. 18℃ 기준일 때의 난방도일 시·군·구 평균값은 약 2700.3도일이며 12℃ 기준 시 1,517.4도일이다. 폭염냉방도일의 평균값은 약 18.2도일이며, 열대야냉방도일의 평균값은 6.2도일이다. 가구당 인구수는 전국 시·군·구 평균 2.47명이며 시·군·구별 노령화지수는 평균 약 194.04로 나타났다. 세대당 지방세부담액은 평균 243만 3천원 수준이다. 전국의 주택 거주가구 대비 아파트 거주가구의 비율은 평균 약 38%이며 주택 수 대비 5년 이내 신규주택 수의 비율은 평균 약 12%로 나타났다.

<표 44> 변수별 기술 통계

변수		지표	평균	표준 편차	최소	최대
전력 소비량		가구당 전력소비량 (kWh/가구)	3,397.2	393.23	1,949.2	5,109.2
기온		18℃기준 냉방도일(도일)	706.6	136.27	271.6	1,049.3
		24℃기준 냉방도일(도일)	126.7	55.24	9.28	310.4
		18℃기준 난방도일(도일)	2,700.3	411.14	1690.5	3,941.9
		12℃기준 난방도일(도일)	1,517.4	338.45	707.9	2,572.5
		폭염냉방도일(도일)	18.21	16.68	0.08	97.80
		열대야냉방도일(도일)	6.15	7.95	0.00	60.18
사회적 구조	가구 규모	가구당 인구수(명/가구)	2.47	0.23	2.00	3.04
	연령	노령화지수	194.04	139.66	29.50	883.8
	소득	세대당 지방세부담액(천원)	2,434.0	2161.2	701.8	25,513.6
생활 양식	주택 유형	아파트 거주가구비율	0.3805	0.2051	0.0007	0.8695
	주택 연한	신규주택비율	0.1210	0.0705	0.0178	0.6421

시·군·구별 기온 변수의 분포를 보면 지역에 따라 기온의 영향이 차등적임을 알 수 있다(<그림 33> 참조). 냉방도일은 대도시와 수도권을 중심으로 높으며 난방도일은 산간 지역을 중심으로 높은 편이다. 폭염냉방도일도 주요 대도시에서 높은 편이나 경상도 일대에서 더 두드러진 편이며, 열대야냉방도일은 냉방도일과 유사하면서도 해안 지방에서 더 많이 발생했다.



주: 24℃냉방도일(좌상), 12℃난방도일(우상), 폭염냉방도일(좌하), 열대야냉방도일(우하)

<그림 33> 기온 변수별 5분위 분포(2010년 - 2017년 평균)

<표 45> 기온 지표별 분위 구분

지표	분위 구분		지표	분위 구분	
24℃ 냉방도일 (도일)	1분위	22.49 - 91.98	12℃ 난방도일 (도일)	1분위	856.51 - 1,250.67
	2분위	94.88 - 123.12		2분위	1,253.98 - 1,471.45
	3분위	123.45 - 137.22		3분위	1,473.25 - 1,620.57
	4분위	138.04 - 159.57		4분위	1,623.05 - 1,724.76
	5분위	159.64 - 222.45		5분위	1,729.95 - 2,282.82
지표	분위 구분		지표	분위 구분	
폭염 냉방도일 (도일)	1분위	2.28 - 9.82	열대야 냉방도일 (도일)	1분위	0.05 - 0.93
	2분위	9.87 - 13.12		2분위	0.93 - 2.83
	3분위	13.23 - 17.40		3분위	2.95 - 6.35
	4분위	17.60 - 24.34		4분위	6.36 - 10.64
	5분위	24.61 - 64.18		5분위	10.64 - 25.99

2. 패널분석 결과

지역 특성과 시간 특성을 고려하지 않고 2010년부터 2017년까지의 모든 관측치를 합동으로 분석한 회귀모형 결과는 다음 <표 46>에 간략하게 제시되어 있다. 이에 대한 상세한 합동 OLS 분석 결과는 부록 Ⅱ에 제시되어 있다. 대체로 거의 모든 변수가 유의하게 나타났으며, 일부 변수는 모형에 따라 유의성이 다르게 확인되었다.

<표 46> 합동 OLS모형 분석 결과

변수명		모형1	모형2	모형3	모형4
기온	냉방도일(18℃)	+			
	냉방도일(24℃)		+		
	sqrt(폭염냉방도일)			-	
	sqrt(열대야냉방도일)				+
	난방도일(18℃)	+		+	+
	난방도일(12℃)		+		
사회적 구조	가구당 가구원수	+	+	+	+
	노령화지수	-	-	-	-
	ln(세대당 지방세부담액)	+	+	+	+
주택 특성	아파트거주가구비율	+	+	+	+
	신규주택비율	-	-	-	-
상수항		-	-	-	-
Adj R^2		0.6373	0.6378	0.6267	0.6659
VIF 최대값		4.65	4.51	4.57	4.50

주: 변수별 회귀계수의 부호를 모형에 따라 제시. 유의한 경우에 음영 표시.

패널분석에서는 합동 OLS모형과 고정효과모형, 확률효과모형 중 어떤 모형이 더 적합한지를 파악하기 위하여 일련의 검정을 실시하였다(<표 47>). 모형 1에서 모형 4까지 전국과 수도권 모두 각 검정 결과가 동일하게 나타났다. 225개 시·군·구 지역 특성을 고정한 모형(일원고정효과)과 지역 특성과 시간 특성 모두 고정한 모형(이원고정효과) 모두 Chow 검정 결과 모두 유의하게 나와 합동 OLS모형이 아닌 고정효과모형으로 분석할 필요가 있는 것으로 나타났다. 그리고 또한 연도 더미변수들에 대한 F검정 결과 '모든 연도 더미변수가 0과 같다.' 라는 귀무가설을 기각하여 각 모형에서 시간의 이질성을 고려할 필요가 있는 것으로 나타났다. 이어 시간 더미를 투입한 상태에서 지역 특성의 확률효과가 유의한지에 대하여, Breush-Pagan의 LM검정을 실시한 결과 모든 모형에서 유의하게 나타났다. 이는 합동 OLS모형이 아닌 확률효과로 분석하는 것이 더 적절하다는 의미로 볼 수 있다. 이에 따라 시간 특성은 고정효과로 분석하되, 지역 특성을 고정효과로 분석할 것인지 또는 확률효과로 분석할 것인지 선택하여야 한다. Hausman 검정을 실시한 결과, 지역 특성도 고정효과로 분석하는 것이 타당하다는 것을 확인할 수 있었다.

<표 47> 패널 모형 검정 결과

검정 구분		모형1	모형2	모형3	모형4	검정 방법
고정효과 검정	지역고정효과 (1way fixed effect)	57.23***	58.97***	59.51***	52.90***	Chow 검정
	지역·시간 고정효과 (2way fixed effect)	62.14***	62.36***	60.89***	56.81***	Chow 검정
	연도 더미 유의성 검정	20.47***	13.94***	17.64***	18.32***	F검정
확률효과 검정	시간 고정 시, 지역 특성의 확률효과	4516.1***	4535.8***	4348.0***	4148.6***	BP LM검정
시간 특성을 고정할 경우, 지역고정효과와 지역확률효과간 선택		75.74***	70.85***	83.77***	95.27***	Hausaman 검정

지역 특성과 시간 특성을 모두 모수로 간주하여 관찰되지 않은 특성을 통제한 이원고정효과모형의 분석 결과는 다음 <표 48>과 <표 49>에 제

시되어 있다. 노령화지수를 제외하고, 모든 변수가 정(+)의 효과를 가지는 것으로 나타났다. 그리고 가구당 지방세부담액과 아파트 거주가구비율을 제외하고 투입된 변수들이 유의한 효과를 가지는 것으로 나타났다.

<표 48> 패널 고정효과모형 분석 결과(모형 1, 모형 2)

변수명		모형1		모형2	
		회귀계수	Robust Std. Err.	회귀계수	Robust Std. Err.
기온	냉방도일(18℃)	0.333***	0.091		
	냉방도일(24℃)			0.592***	0.132
	난방도일(18℃)	0.341***	0.062		
	난방도일(12℃)			0.353***	0.059
사회적 구조	가구당 가구원수	1334.728***	157.601	1302.627***	151.354
	노령화지수	-0.483**	0.207	-0.482**	0.206
	ln(세대당 지방세부담액)	21.659	28.045	27.763	28.542
주택 특성	아파트 거주가구비율	173.639	327.676	231.955	326.451
	신규주택비율	577.002***	104.822	562.368***	103.916
상수항		-1389.579***	524.673	-812.167*	432.290
지역고정효과		있음		있음	
시간고정효과		있음		있음	
Within R^2		0.5092		0.5096	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$
주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

<표 49> 패널 고정효과모형 분석 결과(모형 3, 모형 4)

변수명		모형3		모형4	
		회귀계수	Robust Std. Err.	회귀계수	Robust Std. Err.
기온	sqrt(폭염냉방도일)	10.404***	2.189		
	sqrt(열대야냉방도일)			18.698***	4.029
	난방도일(18℃)	0.251***	0.054	0.243***	0.048
사회적 구조	가구당 가구원수	1268.313***	152.770	1290.863***	151.064
	노령화지수	-0.503**	0.207	-0.449**	0.206
	ln(세대당 지방세부담액)	22.793	27.997	25.263	28.562
주택 특성	아파트 거주가구비율	217.355	327.382	268.319	325.127
	신규주택비율	565.753***	103.577	568.629***	105.092
상수항		-764.311*	444.530	-852.854*	434.087
지역고정효과		있음		있음	
시간고정효과		있음		있음	
Within R^2		0.5065		0.5109	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$
주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

앞서 구축한 공간가중치행렬을 이용하여 공간적 자기상관성을 검증한 결과 모형에서 공간상관성이 확인되었다. 이는 지역 단위 패널모형에서 인접 지역간에 유사한 생활양식이나 소비패턴 등의 효과가 존재하기 때문에 공간계량모형으로 이러한 효과를 통제할 필요가 있다는 것을 의미한다. LM 검정 결과, 공간 시차항과 공간 오차항 모두 유의하였다. 두 항이 모두 유의한 경우에 살펴보는 Robust LM 검정에서도 모든 모형에서 공간 시차항과 공간 오차항이 유의하게 나타났다. 공간상관성 통계량은 상대적으로 공간 시차항에서 더 높은 것으로 제시되었다. 공간상관성 검정에 따라 종속변수의 공간상관성과 오차의 공간상관성을 함께 고려하는 일반공간모형을 활용할 필요가 있는 것으로 확인되었다.

<표 50> 패널모형의 공간상관성 검정

공간상관성 검정	모형 1	모형2	모형 3	모형 4
LM Spatial lag	99.881***	100.940***	104.380***	99.052***
Robust LM Spatial lag	82.958***	77.928***	67.476***	86.894***
LM Spatial error	42.707***	45.853***	53.033***	40.803***
Robust LM Spatial error	25.783***	22.846***	16.125***	28.644***

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

모형간 적합도 비교를 위해서 Log-Likelihood와 AIC(Akaike's Information Criterion) 지표를 활용하였다. 각 모형의 적합도는 <표 51>에 제시되어 있으며 일반공간패널모형의 Log-Likelihood 값이 가장 높고 AIC 값이 가장 낮게 나타나 가장 적합한 것으로 확인되었다. 이에 따라 일반공간패널모형을 중심으로 분석 결과를 살펴보았다. 공간시차모형과 공간오차모형의 결과는 부록 Ⅱ에 제시되어 있다.

<표 51> 공간패널모형의 적합도 비교

모형 적합도			모형 1	모형2	모형 3	모형 4
Log Likelihood	합동 OLS 모형		-12391.29	-12390.05	-12417.20	-12317.28
	이원고정효과 패널모형		-10317.37	-10316.51	-10322.32	-10314.18
	공간 패널 모형	공간시차 패널모형	-10275.51	-10274.53	-10278.90	-10272.85
		공간오차 패널모형	-10295.94	-10293.73	-10296.80	-10293.37
		일반공간 패널모형	-10235.21	-10233.85	-10242.86	-10229.52
AIC	합동 OLS 모형		24798.58	24796.10	24850.40	24650.57
	이원고정효과 패널모형		20662.74	20661.03	20672.64	20656.36
	공간 패널 모형	공간시차 패널모형	20569.02	20567.07	20575.79	20563.70
		공간오차 패널모형	20609.88	20605.46	20611.60	20604.74
		일반공간 패널모형	20490.42	20487.71	20505.71	20479.05

3. 공간패널분석 결과

공간패널모형은 앞선 패널모형과 마찬가지로 지역고정효과와 시간고정효과를 고려하였으며, 주요 분석 결과는 다음 <표 52>와 <표 53>에 제시되어 있다. 공간패널모형에서는 공간적 자기상관계수인 Rho(ρ)를 통하여 지역간 종속 변수의 상관성 수준을 파악할 수 있다. 노승철·이희연(2013a)에서 시·도 패널의 시계열적 자기상관계수를 소비습관으로 해석하였다. 이러한 소비습관이나 패턴, 삶의 가치와 태도, 생활양식 등은 인접 지역 간에서도 공유할 수 있다(Cho et al., 2015). Cho et al.(2015)은 일반공간패널모형을 활용하여 지역별 주택용 전력 소비모형의 시·도간 공간상관성이 0.53이라고 제시하였다. 분석 결과로 나타난 전국 시·군·구 지역의 공간상관성은 모형에 따라 0.631에서 0.636 정도로 나타나 시·군·

구로 공간 단위를 세분화할 경우 공간상관성이 더 높게 나타날 수 있다는 것을 보여 준다. 이러한 공간적 자기상관계수의 효과에 따르면, 지역의 전력소비량은 주변 시·군·구 지역의 평균 전력소비량에 약 63% 가량 영향을 받는다는 것을 의미하고, 전력소비량이 많은 시·군·구에 인접할수록 해당 지역도 유사한 생활양식이나 소비패턴의 영향을 받아 전력 소비가 증가할 수 있다는 것이다.

패널모형과 공간패널모형간의 차이를 비교해 보면 냉방도일과 난방도일, 폭염냉방도일과 열대야냉방도일 등 기온 관련 변수들의 계수 값이 공간패널모형을 적용하였을 때 더 작아졌다. 통제변수에서는 가구당 가구원수, 노령화지수, 신규주택비율은 계수의 영향이 감소한 반면, 가구당 지방세부담액과 아파트 거주가구비율은 그 계수의 영향이 더 높아지는 것으로 나타났다. 따라서 주요 통제변수들과 기온변화와 관련한 변수들이 공간효과를 통제하였을 때 그 효과가 달라질 수 있다는 것을 알 수 있다.

2010년부터 2017년까지 8년간 기온 변화가 지역별 주택용 전력소비량에 미친 영향을 살펴보면 다음과 같다. 우선 모형 1과 모형 2를 기준으로 냉방도일과 난방도일의 효과를 살펴볼 수 있다. 냉방도일을 18℃와 24℃를 기준으로 하였을 때 각각의 회귀계수가 0.164와 0.345로 나타났다. 난방도일은 두 모형에서 0.120과 0.112로 나타났으며 모두 유의하였다. 이에 따라 지역과 시간의 이질성을 고려한 상태에서 지역의 더위와 추위 수준이 높아질수록 지역의 주택용 전력소비가 증가한다고 볼 수 있다. 냉방도일의 회귀계수는 난방도일의 회귀계수 보다 더 크며 그 차이는 기준 온도를 각각 24℃와 12℃로 다르게 바꾸었을 때 더욱 커지는 것으로 나타났다. 서울시를 대상으로 냉방도일과 난방도일 효과를 분석한 정준호·허인혜(2015)에서도 두 변수간 차이가 2배 정도로 나타난 결과와 유사하다.

박광수(2012)는 일반적인 기준 온도인 18℃로 전력 소비 효과를 추정한 경우와, 20℃와 22℃, 24℃ 등으로 바꾸어 추정하였을 때를 비교하면서 18℃를 기준으로 할 경우 계수의 추정치가 작아지는 이유가 18℃ 기준 시에 냉방도일 값이 가장 크기 때문이라고 제시하였다. 그리고 기준

온도를 달리 적용하여도 계수의 크기에 변화가 있으나 변수의 유의성이나 모형의 설명력에는 큰 차이가 없는 것으로 보고한 것도 이 연구의 분석 결과와 일치하는 부분이다(박광수, 2012).

모형 결과에 따르면, 냉방도일 1도일의 증가는 18℃ 기준 시 지역의 전력 소비량 164Wh의 증가를, 24℃ 기준 시 314Wh의 증가로 각각 해석할 수 있다. 난방도일 1도일의 증가는 18℃ 기준 시 지역 전력 소비의 120Wh 증가를, 12℃ 기준 시 109Wh 증가를 나타낸다. 임상수(2009)는 1999년부터 2007년까지 서울과 5대 광역시, 제주도의 월별 냉방도일과 난방도일 값을 활용하여 지역의 전력 소비 효과를 확률효과모형으로 추정하였는데, 냉방도일의 경우 1도일의 증가가 18.3℃일 때 119.59Wh, 23℃ 기준시 229.99Wh를 증가시키며 난방도일의 1도일 증가는 18.3℃일 때 49.92Wh, 11℃일 때 63.26Wh,의 전력 소비 증가로 나타났다. 기준 온도가 유사함에도 불구하고 냉방도일과 난방도일의 효과가 다르게 나타난 것은 약 10년 차이의 분석 기간, 공간효과의 통제 여부, 분석 단위의 공간적 범위 또는 투입된 통제변수 등이 다르기 때문으로 보인다.

이상기온 현상인 폭염과 열대야의 효과는 모형 3와 모형 4의 결과를 기초로 살펴볼 수 있다. 두 변수 모두 제곱근 변환을 실시하고 분석에 투입하였다. sqrt(폭염냉방도일)의 계수는 3.511, sqrt(열대야냉방도일)의 계수는 10.278로서 모두 유의한 것으로 나타나 폭염과 열대야의 강도가 커질수록 시·군·구별 연간 전력소비량이 증가하는 것으로 나타났다. 모형 3과 모형 4에서 18℃ 난방도일로 투입하였는데, 12℃ 난방도일로 바꾸어 투입하더라도 결과에는 큰 차이가 나타나지 않아 18℃ 난방도일을 투입한 결과만 제시하였다.

통제변수들의 효과에 대하여 살펴보면, 지역에 가구당 가구원수와 세대당 지방세부담액이 많을수록, 아파트에 거주하고 있는 가구와 신규주택이 많을수록 지역의 주택용 전력소비량은 증가하는 것으로 나타났다. 또한 보다 고령화 수준이 높은 지역일수록 전력 소비 수준은 낮은 것으로 나타났다.

한편, 아파트 거주가구비율은 냉방도일, 폭염냉방도일과 상호작용효과

가 있는 것으로 나타났다. 각 모형에 상호작용항을 투입하였을 때 양의 방향으로 유의하게 나타나고, 냉방도일이나 폭염냉방도일, 아파트 거주가구비율의 계수 크기와 유의성은 줄어드는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 아파트에 거주하는 가구가 많은 지역에서 냉방도일과 폭염냉방도일이 높아짐에 따라 전력 소비량이 유의하게 증가할 수 있음을 보여준다. 각 기온 변수에 따른 전력 소비 증가 효과는 상호작용항의 계수를 함께 고려할 수 있으며 결과적으로 아파트 거주가구비율에 따라 달라진다. 이에 따라 아파트거주가구비율의 평균값을 이용하면 18℃냉방도일의 효과는 0.153, 24℃냉방도일의 효과는 0.290, 제곱근 변환된 sqrt(폭염냉방도일)의 효과는 2.829로 확인되었다. 만약 전국 평균보다 아파트거주가구비율이 더 높은 지역에서는 상대적으로 다른 주택 유형보다 도시열섬효과의 영향과 연관성이 높아지면서 전력 소비 효과는 더욱 높아질 수 있다. 따라서 대체로 아파트 거주 가구가 많은 대도시 지역에서 아파트 가구에 대한 공간 계획이나 기온 조절 행위의 측면에서 정책적 대응이 중요할 수 있음을 보여 준다.

<표 52> 일반공간 패널모형 분석 결과(모형 1, 모형 2)

변수명		모형1		변수명	모형2	
기온	냉방도일(18℃)	0.164*** (0.056)	0.086 (0.056)	냉방도일(24℃)	0.314*** (0.084)	0.173** (0.087)
	난방도일(18℃)	0.120*** (0.042)	0.115*** (0.042)	난방도일(12℃)	0.109*** (0.041)	0.106*** (0.040)
사회적 구조	가구당 가구원수	787.346*** (152.809)	766.710*** (152.810)	가구당 가구원수	757.743*** (144.135)	740.821*** (145.143)
	노령화지수	-0.362** (0.153)	-0.358** (0.153)	노령화지수	-0.356** (0.151)	-0.351** (0.152)
	ln(세대당 지방세부담액)	40.219* (22.966)	44.426* (23.376)	ln(세대당 지방세부담액)	48.472** (23.627)	50.719** (23.880)
주택 특성	아파트 거주가구비율	409.151* (236.342)	287.088 (249.717)	아파트 거주가구비율	474.450** (234.651)	442.188* (237.222)
	신규주택비율	442.751*** (82.195)	438.896*** (81.125)	신규주택비율	430.179*** (80.032)	426.771*** (79.172)
상호 작용	냉방도일(18℃) × 아파트 거주가구비율		0.177** (0.086)	냉방도일(24℃) × 아파트 거주가구비율		0.307* (0.185)
지역고정효과		있음	있음	지역고정효과	있음	있음
시간고정효과		있음	있음	시간고정효과	있음	있음
Rho		0.6312*** (0.0665)	0.6316*** (0.0652)	Rho	0.6367*** (0.0647)	0.6363*** (0.0638)
Lambda		-0.6824*** (0.1385)	-0.6932*** (0.1362)	Lambda	-0.6925*** (0.1362)	-0.6998*** (0.1348)
Within R^2		0.3460	0.3518	Within R^2	0.3715	0.3764
Log Likelihood		-10235.21	-10232.83	Log Likelihood	-10233.85	-10231.95
AIC		20490.42	20487.67	AIC	20487.71	20485.90

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

<표 53> 일반공간 패널모형 분석 결과(모형3, 모형4)

변수명		모형3		변수명	모형4	
기온	sqrt(폭염 냉방도일)	3.511** (1.391)	-3.456* (1.898)	sqrt(열대야 냉방도일)	10.278*** (2.743)	12.050** (5.798)
	난방도일(18℃)	0.069* (0.037)	0.065* (0.036)	난방도일(18℃)	0.072** (0.031)	0.073** (0.033)
사회적 구조	가구당 가구원수	739.044*** (148.188)	746.143*** (147.265)	가구당 가구원수	752.505*** (139.433)	756.127*** (140.699)
	노령화지수	-0.367** (0.157)	-0.310** (0.154)	노령화지수	-0.323** (0.151)	-0.325** (0.153)
	ln(세대당 지방세부담액)	38.750* (22.950)	40.623* (23.079)	ln(세대당 지방세부담액)	42.859* (22.948)	42.362* (22.968)
주택 특성	아파트 거주가구비율	456.167* (238.921)	409.118* (235.049)	아파트 거주가구비율	513.817** (235.119)	520.833** (236.024)
	신규주택비율	432.249*** (81.840)	427.604*** (81.143)	신규주택비율	433.699*** (80.389)	434.512*** (80.441)
상호 작용	폭염냉방도일 × 아파트 거주가구비율		16.518*** (3.814)	열대야냉방도일 × 아파트 거주가구비율		-3.732 (11.216)
지역고정효과		있음	있음	지역고정효과	있음	있음
시간고정효과		있음	있음	시간고정효과	있음	있음
Rho		0.6356*** (0.0667)	0.6304*** (0.0662)	Rho	0.6343*** (0.0621)	0.6342*** (0.0622)
Lambda		-0.6698*** (0.1418)	-0.6771*** (0.1397)	Lambda	-0.7007*** (0.1304)	-0.6992*** (0.1310)
Within R^2		0.3308	0.3382	Within R^2	0.3591	0.3581
Log Likelihood		-10242.86	-10237.07	Log Likelihood	-10229.52	-10229.42
AIC		20505.71	20496.13	AIC	20479.05	20480.84

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

제 3 절 지역 군집별 기온의 전력 소비 효과 비교

1. 지역 군집의 분류와 군집별 기술 통계

군집분석 결과, 지역 군집은 6개로 도출되었다(<표 54> 참조). 우선 해발고도가 높은 군집인 산간지역이 있고, 위도의 상대적 차이에 따라 고위도, 중위도, 저위도로 나누어지며 고위도와 저위도는 도시화 수준에 따라 상대적으로 도시화된 지역인 A군집, 그리고 그 외의 지역인 B군집으로 나눌 수 있다. 산간지역 군집은 주로 강원도 일대 지역들과 남부 내륙 지역 등 해발고도가 높은 군집이며, 계룡시와 광주시 동구도 함께 포함되어 있다. 고위도지역 A군집은 서울시 전역, 인천시 일부 자치구, 경기 일부 시가 포함되어 있으며 도시화 수준과 위도가 가장 높은 편이다. 저위도지역 A군집은 부산시, 대구시, 광주시 울산시 등 지방 광역시의 일부 자치구들로 구성되어 있으며 도시화 수준이 2번째로 높은 편이다. 고위도 B군집은 고위도 A군집에 포함되지 않은 나머지 수도권 지역들과 강원과 충남 일부 시지역들로 구성되어 있으며 A군집들을 제외하면 그 다음으로 도시화 수준이 높은 편이다. 그 외 지역들은 도시화 수준에서는 큰 차이가 없으며 위도에 따라 나눠진다.

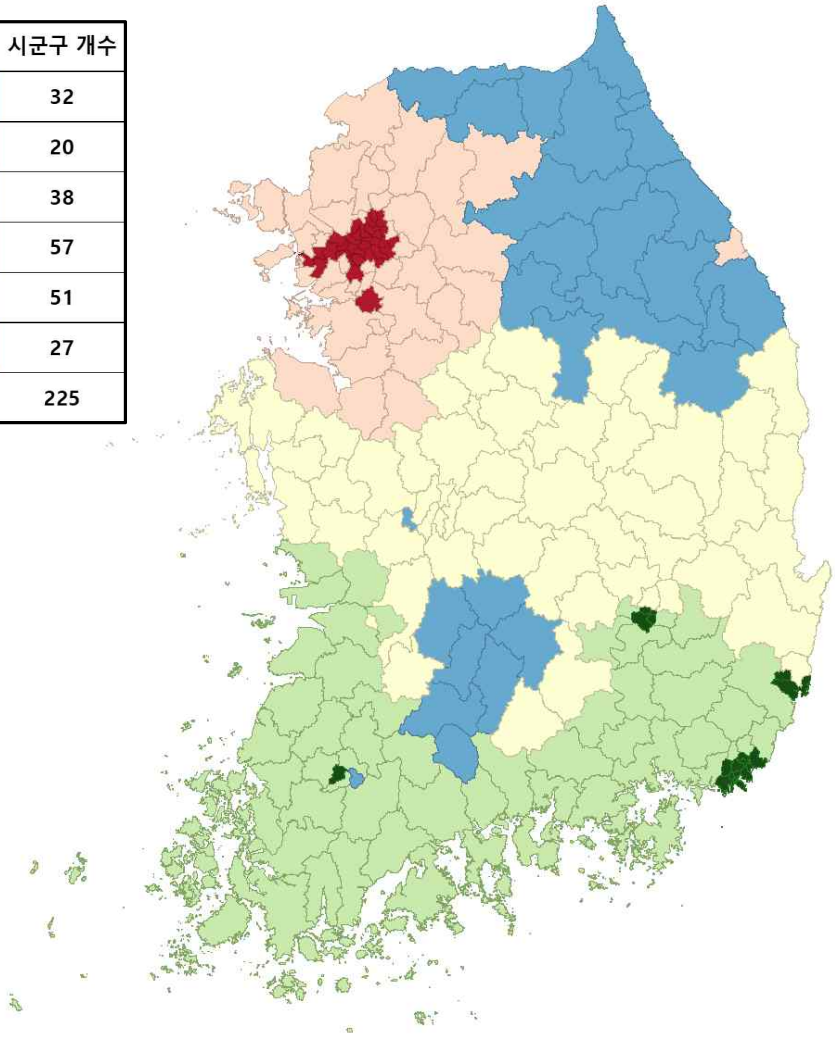
<표 54> 지역 군집별 주요 지표의 표준화 점수 차이

번호	군집 명	인구 밀도	건축물 연면적비율	시가화 지역비율	위도	해발 고도
1	고위도지역 A군집	1.965	1.846	1.686	1.065	-0.453
2	저위도지역 A군집	0.985	1.132	1.468	-1.011	-0.259
3	고위도지역 B군집	-0.261	-0.251	-0.221	1.007	-0.455
4	저위도지역 B군집	-0.503	-0.503	-0.479	-1.132	-0.543
5	중위도지역 군집	-0.541	-0.531	-0.574	-0.050	0.131
6	산간지역 군집	-0.606	-0.608	-0.681	0.555	2.267

주: 모든 지표는 표준화 점수로 변환하였으며 값이 0보다 높은 경우에 음영 표시.

지역 군집의 분포는 다음 <그림 34>에, 지역 군집별 상세한 정보는 부록 Ⅲ에 각각 제시되어 있다.

군집 명	시군구 개수
고위도 A군집	32
저위도 A군집	20
고위도 B군집	38
저위도 B군집	57
중위도 군집	51
산간지역 군집	27
전체 시군구	225



<그림 34> K평균 군집분석으로 분류된 지역 군집

다음 <표 55>에는 지역 군집별 기술통계가 제시되어 있다. 가구당 전력 소비량은 고위도 A, 저위도 A, 고위도 B군집에서 전국 평균보다 높은 편이다. 냉방도일이 상대적으로 더 높은 지역은 고위도 A군집, 저위도 A·B 군집이며, 난방도일이 상대적으로 더 높은 지역은 고위도 A·B 군집, 중위도, 산간 군집이다. 폭염과 열대야는 저위도 군집들에서 상대적으로 더 높

으며 중위도 지역에서는 폭염이, 고위도 A지역에서는 열대야가 상대적으로 다른 군집보다 높은 편이었다. 이처럼 기온 분포는 위도와 고도, 도시화 수준이 복합적으로 영향을 미치는 것으로 보인다.

<표 55> 지역 군집별 전력 소비 수준과 기온

군집명	가구당 전력소비량 (kWh/가구)	18℃ 냉방도일 (도일)	24℃ 냉방도일 (도일)	18℃ 난방도일 (도일)	12℃ 난방도일 (도일)	폭염 냉방도일 (도일)	열대야 냉방도일 (도일)
고위도 A군집	3743.38	817.70	159.55	2724.53	1575.10	15.47	12.65
저위도 A군집	3542.62	787.95	158.18	2104.40	1033.37	21.91	15.41
고위도 B군집	3697.77	701.29	116.45	2931.33	1725.14	12.75	4.35
저위도 B군집	3218.46	758.26	146.94	2384.44	1249.39	23.16	6.50
중위도 군집	3182.50	667.27	114.06	2816.33	1602.26	21.53	2.09
산간 군집	3239.03	486.99	60.37	3235.21	1920.35	9.69	1.01
전국 평균	3397.20	706.55	126.74	2700.27	1517.36	18.21	6.15

주: 전국 평균보다 높은 경우에 음영 표시함.

한편, 가구의 규모와 고령화 수준은 지역 군집 별로 상반된 차이가 있는 것으로 나타났다(<표 56> 참조). 가구 규모는 고위도 A·B군집, 저위도 A군집에서, 노령화지수는 저위도 B군집, 중위도, 산간지역에서 상대적으로 더 높은 편이다. 세대당 지방세 부담액은 고위도 군집들에서 더 높으며 아파트 거주가구비율은 고위도 A·B군집, 저위도 A군집에서 상대적으로 더 높다. 신규주택비율은 고위도 B군집만 유일하게 전국 평균보다 높다.

<표 56> 지역 군집별 사회적 구조와 주택 특성

군집 명	가구당 가구원수 (명)	노령화 지수	세대당 지방세 부담액(천원)	아파트 거주가구 비율(%)	신규주택 비율(%)
고위도지역 A군집	2.61	111.25	3241.5	43.42	12.00
저위도지역 A군집	2.51	148.31	1891.5	46.06	9.29
고위도지역 B군집	2.69	103.33	3579.7	52.17	16.52
저위도지역 B군집	2.40	237.87	2120.0	34.27	11.68
중위도지역 군집	2.38	259.34	2012.4	30.59	11.65
산간지역 군집	2.34	237.83	1725.4	27.89	9.78
전국 평균	2.47	194.04	2434.0	38.05	12.10

주: 전국 평균보다 높은 경우에 음영 표시함.

2. 지역 군집별 기온의 전력 소비 영향 비교

지역 군집에 따라 기온의 전력 소비 효과를 파악하기 위하여 일반공간 패널모형에 군집별 상호작용변수를 투입하여 분석을 실시하였다. 냉방도일과 난방도일은 각각 24℃, 12℃를 기준으로 한 변수를 투입하였다. 폭염 냉방도일과 열대야 냉방도일 모형에는 18℃을 기준으로 한 난방도일을 투입하였으며, 난방도일의 기준 온도를 12℃을 기준으로 한 경우에서도 군집간 차이는 크게 달라지지 않았다. 각 모형별 상세한 결과는 부록 Ⅲ에 제시되어 있다. 상호작용 변수별 계수간 효과 크기의 차이는 Stata 프로그램의 lincom 명령어를 활용하여 검정하였으며, 여기서 “Y<X”의 의미는 X군집이 Y군집보다 통계적으로 유의미하게 기온 효과의 영향이 더 크다는 것을 의미한다.

<표 57>에서 제시되어 있듯이 냉방도일은 산간 군집에서, 난방도일은 저위도 B지역에서 유의하게 나타나지 않았다.

냉방도일에 있어서는 고위도 A, 저위도 A·B 지역의 계수가 고위도 B 지역보다 높았다. 산간지역에 대해서는 고위도 B지역을 제외한 모든 군집의 효과가 산간지역에서의 효과보다 높았다. 고위도 A지역 군집은 중위도 지역보다 기온 효과가 더 높은 것으로 나타났다. 해발고도가 낮은 지역은 대체로 높은 지역보다 냉방도일 효과가 더 크고, 위도가 낮은 지역들이 높은 지역에 비하여 더 큰 것으로 나타났다. 그런데 고위도 A지역은 저위도 지역들과의 냉방도일 효과에 있어 차이가 유의하지 않았다. 이 지역은 중위도 지역보다 효과가 더 크면서도 같은 위도 상에 있는 고위도 B지역과 비교할 때, 냉방도일 효과의 차이가 매우 유의하게 나타났다. 이는 도시화에 따른 도시열섬효과와 함께 제3장에서 지적한 것처럼 에어컨 등 냉방 가전의 이용이 높은 결과로 볼 수 있다.

난방도일의 경우 저위도 B지역에 대해서 고위도 A·B지역, 산간 지역 군집의 회귀계수가 통계적으로 더 유의하게 높았다. 난방도일에 있어서 위도와 해발고도가 전력소비에 영향을 미칠 수 있지만, 난방도일의 효과는 저위도 A지역과 고위도 지역들 간에 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 저위도 A지역이 상대적으로 위도가 낮지만, 제4장에서 살펴본 바와 같이 광역시 지역으로서 보조 전기난방기기의 이용이 많아 전력 소비 효과가 고위도 군집과 유사하게 나타난 것으로 보인다.

<표 57> 지역 군집별 냉방도일과 난방도일의 효과 크기 비교

변수명	군집명	회귀계수	Robust Std. Err.	효과 크기 비교
냉방도일 (24℃)	고위도 A	0.507***	0.085	고위도 B<고위도 A***
	저위도 A	0.451***	0.098	고위도 B<저위도 A*
	고위도 B	0.214**	0.098	고위도 B<저위도 B**
	저위도 B	0.412***	0.084	산간<고위도 A***
	중위도	0.352***	0.099	산간<저위도 A**
	산간	0.009	0.140	산간<저위도 B**
				산간<중위도***
				중위도<고위도 A*
난방도일 (12℃)	고위도 A	0.155***	0.055	저위도 B<고위도 A*
	저위도 A	0.137**	0.057	저위도 B<고위도 B*
	고위도 B	0.152***	0.047	저위도 B<산간*
	저위도 B	0.084	0.052	
	중위도	0.117***	0.041	
	산간	0.146***	0.043	
사회적 구조×지역 군집		통제		
주택특성×지역 군집		통제		
Rho		0.5297***		
Lambda		-0.6477***		
지역 고정효과		있음		
시간 고정효과		있음		

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

지역 군집의 폭염 효과는 주로 도시화 수준의 차이나 고도의 영향에 크게 받는 것으로 나타났다(<표 58> 참조). 고위도 A군집과 저위도 A군집은 각각 고위도 B, 저위도 B, 중위도 군집보다 폭염 효과가 유의하게 더 큰 것으로 나타났다. 같은 위도상에 놓여 있더라도 도시화 수준에 따라 폭염 효과는 달라진다. 즉, 서울시와 주요 광역시 지역들에서 도시열섬효과와 냉방 가전의 이용에 따라 폭염에 따른 전력 소비가 다른 지역들에서의 폭염 효과보다 더 큰 것으로 볼 수 있다. 폭염 발생시 다른 지

역들보다도 주요 대도시 지역을 중심으로 전력 소비가 더욱 크게 높아질 수 있다는 점을 고려하여 이에 대응할 수 있는 정책적 방안이 필요하다. 한편, 산간 군집은 다른 모든 군집보다 폭염 효과의 크기가 작은 것으로 나타났다.

<표 58> 지역 군집별 폭염냉방도일의 효과 크기 비교

변수명	군집명	회귀계수	Robust Std. Err.	효과 크기 차이
sqrt폭염 냉방도일	고위도 A	12.734***	2.652	고위도 B<고위도 A*** 고위도 B<저위도 A*** 저위도 B<고위도 A*** 저위도 B<저위도 A** 중위도<고위도 A*** 중위도<저위도 A*** 산간<고위도 A*** 산간<저위도 A*** 산간<고위도 B* 산간<저위도 B*** 산간<중위도**
	저위도 A	10.214***	3.027	
	고위도 B	1.968	2.114	
	저위도 B	3.797***	1.431	
	중위도	2.605*	1.408	
	산간	-4.315	3.134	
18℃ 난방도일×지역 군집		통제		
사회적 구조×지역 군집		통제		
주택특성×지역 군집		통제		
Rho		0.5511***		
Lambda		-0.6620***		
지역 고정효과		있음		
시간 고정효과		있음		

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$
주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

열대야 효과는 산간 군집을 제외한 모든 지역 군집에서 유의하였는데 군집간 효과 크기의 차이도 산간 군집과 다른 군집들간에만 발생하였다(<표 59> 참조). 하지만 대부분의 군집이 유의하였기 때문에 열대야 효과도 지속적으로 살펴 볼 필요가 있다.

<표 59> 지역 군집별 열대야냉방도일의 효과 크기 비교

변수명	군집명	회귀계수	Robust Std. Err.	효과 크기 차이
sqrt열대야냉방도일	고위도 A	13.580***	2.260	산간<고위도 A*** 산간<저위도 A*** 산간<고위도 B* 산간<저위도 B*** 산간<중위도**
	저위도 A	14.652***	3.636	
	고위도 B	11.694***	4.484	
	저위도 B	18.800***	4.780	
	중위도	15.637***	5.016	
	산간	-1.994	5.957	
18℃ 난방도일×지역 군집		통제		
사회적 구조×지역 군집		통제		
주택특성×지역 군집		통제		
Rho		0.5466***		
Lambda		-0.6695***		
지역 고정효과		있음		
시간 고정효과		있음		

p<0.01***, p<0.05**, p<0.1*

주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

제 4 절 분석 결과 요약 및 정책적 함의

기후변화에 따른 기온 상승은 세계적인 추세이면서 동시에 도시화 수준에 따라 지역적으로 그 영향이 차등화될 수 있다. 인구가 많이 집중되고 개발 강도가 강해질수록 도시열섬현상은 더욱 심화될 수 있기 때문이다. 뿐만 아니라 대도시 거주민들의 풍부한 생활양식은 기온 변화라는 자극에 더욱 민감하게 반응하며 냉방은 물론 난방 전력 소비도 대도시에서 더 높게 나타날 수 있다.

이 장에서는 2010년부터 2017년까지의 기간 동안 기온의 변화가 전국과 각 지역 군집의 가구당 전력 소비에 미치는 영향에 대하여 분석하였다. 분석에 활용한 기온 자료는 기상청 관측소별 기온관측자료를 공간보간법과 구역통계기법으로 시·군·구별 자료로 구축하였다. 분석 모형은 공간적 자기상관성을 고려하여 공간패널모형으로 구축하였고, 기온 변수의 구성에 따라 세부 모형을 나누어 살펴보았다. 지역 군집은 도시화 수준과 위도, 해발고도에 따라 6개 지역으로 나누어 분석하였다.

분석한 결과 가구 규모와 고령화 정도, 경제적 수준, 주택 유형과 연한 등을 통제한 상태에서 기온 변화가 가정부문 전력 소비에 미치는 영향을 확인할 수 있었다. 우선 시·도 단위를 활용한 국내 선행연구들에서 명확하게 파악되기 어려웠던 기온의 효과를 시·군·구 단위에서 파악하였다. 이러한 연구 결과를 도출하기 위하여 기상청 기온관측자료를 활용하여 공간보간법을 실시하여 지역 단위 분석 자료로 변환하였다. 공간패널모형을 활용하여 시간 추세에 따라 변화하는 전력 소비와 소비 요인의 변화와 지역간 차이를 통제하면서도 인접 지역간 유사한 생활양식의 효과를 공간적 자기상관계수를 통하여 확인하였다.

공간패널모형의 적용 결과를 종합하면, 지역의 전력소비량은 인접 지역 간의 유사한 생활양식으로 인하여 인접할수록 소비 수준이 비슷한 경향을 갖는다는 것을 알 수 있었다. 이 연구에서는 이러한 공간적 자기상관성의 효과와 함께 다양한 사회적 구조와 생활양식 관련 요인들을 통제한 상태에서 지역의 기온변화가 전력 소비량에 미치는 효과를 확인할 수

있었다. 기온 변화는 더위와 추위에 대한 양면적인 효과를 모두 포괄하는 것으로 더 더울수록 또는 더 추울수록 전력 소비가 증가할 수 있다. 2010년 이후부터 고온 관련 극한 기상현상뿐만 아니라 저온 관련 극한 기상현상의 빈도가 증가하고 있어 향후 기후변화에 따른 기온 변동에 대한 관심이 지속될 필요가 있다(국립기상과학원, 2018).

또한 아파트 거주가구 비율은 냉방도일과 폭염냉방도일 모형에 있어서 조절효과를 가지는 것으로 나타났다. 이는 지역에 아파트에 거주하는 가구가 많을수록 밀집된 주거 형태로 인하여 열섬효과를 강화시켜 냉방도일, 폭염냉방도일 증가에 따라 전력 소비가 더욱 높아지는 것을 의미한다. 안지숙 외(2012)는 부산 대단지 아파트 밀집지역에서 3℃에서 5℃의 온도 상승효과를 보고한 바 있고, 안승만 외(2016)와 엄예슬 외(2018)는 아파트 단지 중에서도 밀집된 형태로 배치될 경우에 열섬현상이 더 강하게 나타난다고 제시하였다. 박재빈 외(2017)에서는 서울 지역을 대상으로 아파트의 밀집 지역에서는 주로 오전과 낮시간에 건폐율(건축면적/대지면적)이 높을수록 열섬현상이 심화될 수 있는 것으로 나타났다. 특히 폭염이 오전과 낮시간에 발생하는 것을 감안할 때 분석 결과로 제시된 폭염과 아파트 간의 상호작용 효과가 명확하게 이해된다.

지역 군집간 효과 크기의 차이를 살펴본 결과 위도와 고도, 도시화 수준이 복합적으로 영향을 미치는 것으로 파악되었다. 전반적으로 더위의 효과는 위도가 낮거나 도시화 수준이 높은 지역인 경우에, 추위의 효과는 위도가 높거나 해발고도가 높은 지역인 경우에 더 강하다. 특히 고위도 A지역은 위도의 차이가 작은 고위도 B지역보다 냉방도일의 효과가 더 큰 것으로 나타나 도시열섬효과와 그에 따른 냉방가전 이용의 차이가 뚜렷하게 나타났다. 또한 저위도 A지역과의 냉방도일 효과 차이가 유의하지 않다는 점에서 위도의 차이가 있더라도 도시화의 영향으로 인하여 냉방도일의 효과 차이가 나타나지 않을 수 있다. 난방도일의 경우에는 반대로 저위도 B지역이 고위도 A·B 지역들에 비하여 위도가 낮아 보다 따뜻함에도 불구하고 난방도일 효과의 차이가 유의하지 않은 것은 전기 보조난방에 대한 이용 수준이 높은 것으로 해석할 수 있다. 폭염 냉방도

일에 있어서는 위도간 차이보다 대도시 여부의 차이가 더욱 확연하게 나타났다. 냉방도일과 난방도일이 가정부문 전력 소비에 영향을 미치면서도 보다 압축적인 개발이 진행된 지역에서 도시열섬효과가 전력 소비를 더욱 증가시킬 수 있다는 점은 Ewing & Rong(2008)의 결과와 일치하는 부분이다.

제3장에서 이미 살펴본 바와 같이, 기온은 2010년대에 들어오면서 여름철에는 더욱 더워지고 겨울철에는 더욱 추워지고 있다. 또한 폭염과 열대야 발생일수도 증가추세에 있다. 이미진 외(2015)에 따르면 국내 가정 부문의 난방 서비스 수요는 2040년까지, 냉방 서비스 수요는 2050년까지 지속적으로 증가할 것으로 예측되고 있다. 기온의 전반적인 변화와 함께 극한 기상현상(extreme event)의 발생이 전력 소비에 미치는 효과에 주목하여 이에 대응할 수 있는 정책적 대응 노력이 지속적으로 필요하다고 볼 수 있다.

전력 수요관리의 측면에서 향후 기온의 변동에 주목하여 지역에 따라 녹지와 공원 확보, 옥상 녹화, 쿨링 포그 등 도시열섬현상과 이상기온현상을 완화할 수 있는 다양한 대책이 전력수요관리와 연계될 필요가 있고, 냉난방 가전 사용에 대한 의식 개선, 적정 온도와 실내 기온 조절에 대한 사회적 캠페인, 냉난방 가전에 대한 에너지 효율 개선 등 다양한 논의들이 지역에너지계획 수립 과정에 반영될 필요가 있다.

우선, 전력 수요 관리와 함께 대도시를 중심으로 도시 열을 완화시킬 수 있는 도시의 공간 계획을 개선하고 녹지 공간을 지속적으로 조성할 필요가 있다. 황지욱·김소정(2003)은 도시 내 주거지역이라도 건폐율과 피복률에 따라 열섬 효과가 차등적일 수 있다고 분석하였다. 대지면적 대비 건축면적의 비율인 건폐율과 대지면적 대비 건축면적과 도로면적의 비율인 피복률이 높은 지역이 상대적으로 두 비율이 낮은 지역보다 기온이 더 높게 측정된다는 것이다(황지욱·김소정, 2003). 따라서 이러한 지표를 고려하여 도시열섬효과의 영향을 최소화할 수 있는 공간 배치가 지속적으로 논의될 필요가 있다.

녹지 공간의 확보는 도시열섬 완화를 위한 방안으로서 논의되어 왔다

(김기중 외, 2016; 2018; 명수정, 2009; 오규식·홍재주, 2005). 오규식·홍재주(2005)는 1-3ha 규모의 근린생활권공원 면적은 최소 50m에서 최대 150m까지 기온 저감효과를 가진다고 분석하였고, 명수정(2009)은 하천으로부터 100m, 녹지(도시자연공원)로부터 대체로 300m 내외까지 기온이 낮아지는 영향을 받을 수 있다고 하였다. 다만 녹지의 크기는 기온 저감 범위와 관련성이 낮다고 제시하였는데(명수정, 2009), 6가지 공원 규모별로 기온저감효과를 분석한 김기중 외(2018)도 공원 규모가 클수록 기온 저감과 공동주택 에너지 소비의 감소효과도 크지만 공원 규모의 차이는 기온의 저감 범위에 큰 차이를 주지 못하는 것으로 분석하였다. 다만 공원 형태는 면형태일 경우 건물에너지 저감 범위가 크고 온도 저감 효과도 높은 것으로 나타났다(김기중 외, 2018). 정재원 외(2015)도 녹지의 에너지 저감 효과는 도심 지역에서 유의미한 영향을 갖는 것으로 제시된 한 바 있다. 이러한 측면에서 도시열섬현상이 심한 곳에서 소공원, 어린이공원, 근린공원 등 소규모 공원을 많이 조성하는 것이 중요하다(김기중 외, 2018; 명수정, 2009).

이철희·정재희(2017)는 기후변화로 인한 폭염과 도시열섬현상의 증가로 냉방 전력의 소비가 증가하고 있지만 이에 대응하기 위한 국내 주거단지 계획과 제도적 측면이 부족하다고 진단하였다. 그리고 주요 대안으로서 바람길과 녹지, 수변 공간, 건물과 도로포장 관련 계획을 통한 통합적인 가이드라인을 제시하면서 제도적 보완이 필요함을 역설하였다.

한편, 기온의 영향은 기온 자체적 효과뿐만 아니라 정준호·허인혜(2015)가 지적한 것처럼 냉난방 가전기기 보급의 확대 등 생활양식과 연관되어 있을 뿐만 아니라 그러한 연관성이 지역에 따라 달라진다는 점을 생각해 볼 필요가 있다. 제3장에서 살펴본 바와 같이, 국내 에어컨 보급은 1994년부터 2013년까지 767%가 증가하였고, 전기장판이나 전기담요는 2000년부터 2013년까지 123%가 증가하였다. 서울시와 광역시 지역은 에어컨의 보유 대수와 이용 시간 등에 있어서 다른 지역들보다 더 높은 편이다. 또한 제4장에서 살펴본 바와 같이, 수도권과 광역시에서는 에어컨의 보유 정도와 보조전기난방의 이용 여부가 1인당 전력소비에 중요한

요인으로 작용하고 있다.

또한 앞서 분석에서 제시된 것처럼 지역 군집에 따라 냉방도일이나 폭염 냉방도일의 효과가 고위도 A지역, 저위도 A지역 등 서울시와 광역시 및 경기도 일부 지역에서 다른 지역들보다 유의하게 더 큰 것으로 나타났다. 이러한 차이는 도시 열이 그만큼 영향을 미치고 있고 대도시 가구들이 온도 상승에 따라 냉방 가전을 더 많이 이용하고 있기 때문이다. 따라서 도시열섬효과의 영향을 지속적으로 분석하면서 폭염 발생시 대도시 지역의 전력 수요 관리를 위하여 가전기기의 효율적 이용이나 체온관리 방안, 자가용 태양광 활용 등 다양한 측면에서의 정책 대응이 중요하다고 볼 수 있다.

난방도일의 효과는 상대적으로 낮은 전력 요금과 난방 제품의 보급 확대와 연결된다. 최근 냉난방이 가능한 시스템 에어컨(EHP)과 다양한 보조 전기난방기기의 보급의 증가는 난방 전력 수요의 확대로 이어지고 있다(지식경제부, 2010). 다른 에너지원에 비하여 전력 요금이 낮게 유지되어 오면서 전기 난방기기의 보급 확대되어 그만큼 전력 수요가 증가한다는 것이다(윤태현·남수현, 2015). 저위도 A지역의 난방도일 효과가 고위도 지역들에 비하여 차이가 유의하게 나타나지 않은 것처럼 난방도일에 있어서 지역 분포상으로 도시의 온도 하강이 상대적으로 덜하더라도 도시에서는 다양한 전열기구를 이용하게 됨으로써 전력 소비가 늘어날 수 있다.

이러한 측면에서 주간 시간 동안 각 가구마다 자체적으로 전력을 생산하는 주택 태양광사업에 대한 정책적 홍보가 중요하다고 할 수 있다. 특히 아파트 단지에서 냉방도일이나 폭염이 상호작용 효과를 가질 수 있는 만큼 아파트 베란다 공간을 활용한 미니태양광의 활용이 정책적으로 중요할 수 있다. 따라서 현재 서울시에 활발하게 보급되고 있는 미니태양광을 전국 주요 대도시 지역을 중심으로 확대할 필요가 있다. 이러한 미니태양광은 설치 가구의 에너지 시민성을 높일 수 있는 수단이 된다는 측면에서 더욱 의미를 가질 수 있다(백종학·윤순진, 2015).

한편, 사회적 실천이론의 관점에서 실내 기온의 조절행위는 냉난방 가

전과 같은 기술이나 주택 태양광과 같은 전력 생산 기술 등 기술적 요소뿐만 아니라 생활습관이나 사회적으로 제도화된 규범과 지식 등에 따라서도 구성되고 변화될 수 있다. 냉·난방 수요가 높은 대도시 가구들을 대상으로 가정에너지 진단사업을 실시하여 실내 적정 온도 설정, 냉난방 가전기기 이용 노하우, 체온 조절을 위한 적절한 생활습관 관련 정보를 많은 가구에 지속적으로 제공하는 것이 필요하다.

따라서 기온변화에 대한 정책적 대응은 녹지와 공원, 옥상 녹화 활동 등 도시의 도시 열을 줄이는 전략과 함께 가정 내 실내 기온조절 행위에 영향을 미칠 수 있는 제도화된 지식과 기술, 가치관을 변화시킬 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 대도시 가구를 대상으로 냉방과 난방 관련 에너지 효율 개선이나 주택 태양광의 보급 등 기술적 측면은 물론 전력 소비가 가져오는 환경적·사회적 영향에 대하여 지속적으로 홍보하면서 가정 에너지 진단을 통하여 효율적인 냉방과 난방 관련 정보를 제공하여 기온 조절 행위에 대한 변화를 유도할 필요가 있다.

제 6 장 결 론

제 1 절 연구 요약과 정책적 제언

이 연구에서는 가정부문 전력 수요에 대한 지방정부의 정책적 대응방안에 기여하기 위한 목적으로 수행되었다. 특히 지역 중심의 에너지 수요 관리와 지역에너지계획의 중요성이 점차 강조되고 있음에도 불구하고 지역에너지계획에서 계획된 가정부문 전력 수요 관리 관련 사업들이 지역적 특성이나 정책적 대상을 구체화하지 않고 있는 점에 주목하였다. 이러한 측면에서 주거 에너지 소비의 사회적 구성과 공간적 차이를 기초로 다양한 사회적 구조와 생활양식, 기온의 효과를 지역에 따라 세분화하여 지역에너지계획이 지역적 특성에 맞게 수립되고 시행될 필요가 있다는 점을 확인하였다.

국내외적으로 주거 에너지에 대한 소비는 지속적으로 증가 추세에 있으며 이러한 변화는 인구 구조와 경제적 소득 수준의 향상뿐만 아니라 안락함·청결함·편안함에 대한 사회적 기대 수준의 증가, 그리고 이를 뒷받침하는 에너지 이용 기술의 보급과 확산 등 사회기술적 측면에서 이해될 수 있다(Shove & Warde, 2002; Shove, 2003).

사회학에서는 가정 내 에너지 소비가 사람들이 가정 내에서 에너지를 소비하는 모든 행위들과 연관되어 있다고 본다(Wilson & Dowlatabadi, 2007; Gram-Hanssen, 2014; Shove & Walker, 2014). 그리고 그러한 습관적이고 일상적인 행위들은 사회적 구조, 문화적 영향, 개인의 경험이 서로 결부되어 발생된 결과로 해석된다(Lutzenhiser, 1993; Gram-Hanssen, 2011; 2014).

이 연구에서는 사회학적 관점에서 강조하는 사회적 구조를 공간적 차원으로 확장함으로써 주거 에너지 소비에 대한 공간적 측면을 이해하고자 하였다. 이를 위하여 인구학과 지리학, 사회학 내 공간적 불평등(spatial inequality) 논의에 초점을 두면서 다양한 사회적 집단과 계층에

관련한 변수들이 공간적으로 차등하여 분포할 수 있다고 보았다. 그리고 국내에서 사회적 구조가 어떻게 공간적으로 위치하고 있는지 선행연구들을 통하여 확인하였다.

사회적 구조와 공간의 상호작용으로 인하여 생활양식도 지역적으로 다르게 분포하는 경향이 나타날 수 있다. Heinonen et al.(2013)의 “위치지어진 생활양식(situated lifestyle)” 개념은 집합적 수준에서의 생활양식이 지역에 따라 달라지는 경향을 포착한다. 또한 지역적으로 차등화된 개발 수준과 인구의 분포, 사회·경제적 활동의 차이로 인하여 대도시를 중심으로 도시열섬효과가 발생할 수 있다.

이러한 논의를 종합하면, 주거에너지소비와 밀접한 연관을 가지는 가정 내 생활행위와 생활양식은 지역적으로 다르게 구성될 수 있으며 이러한 차이가 지역간 소비의 차이로 이어진다고 볼 수 있다. 그리고 이러한 공간적 관점에서 주거 에너지 소비 과정을 이해하는 것이 지방정부의 수요관리 정책 수립과 수행에 유용한 정보를 제공할 수 있다.

국내 가정부문 전력소비와 다양한 사회적 구조, 기온, 가전기기 등이 시점에 따라 어떻게 변화해가고 있는지 추세를 살펴보았다. 이를 통하여 가정부문 전력 소비의 꾸준한 증가와 함께 1인 가구의 증가, 고령화 심화, 주택 유형의 변화, 가전 기기 보급의 증가, 기온 변화폭의 확대 등의 다양한 변화 양상을 확인할 수 있었다.

또한 이러한 전력소비가 공간적으로 어떻게 차등화되며, 전력 소비에 영향을 미치는 요인들이 주로 어떤 지역에 더 많이 분포하는지 살펴보았다. 1인 가구과 고령화, 소득 수준, 주택 유형과 크기, 가전 기기의 보급 수준과 이용 정도, 인구 밀도, 토지 이용과 개발 수준, 기온의 분포는 지역에 따라 차등적으로 분포하는 것을 확인하였다.

이에 따라 주요 분석은 이러한 공간적 차이를 고려하여 가구의 전력 소비와 관련한 생활 행위에 영향을 미칠 수 있는 사회적 구조, 생활양식, 기온 특성의 효과를 파악하고자 하였다.

가구 단위 분석은 사회적 구조와 생활양식과 관련된 변수들을 모형에 활용하면서 지역고정효과를 통하여 지역간 기온 차이를 통제하였다. 지

역간 이질성에 주목하여 가구의 거주지역을 수도권 및 광역시 지역과 그 외의 지역으로 나누어 지역간 비교를 시도하였다. 또한 같은 사회적 계층이나 집단 내에서도 개인적 요인으로 인하여 생활 행위는 다양하게 나타날 수 있기 때문에 이를 고려한 분위회귀분석을 실시하였다. 분석 결과 수도권·광역시에 거주하는 가구와 그 외의 지역에 거주하는 가구 모두 가구원 수와 가구 구성, 에어컨 보유 여부에 따라 소비 효과는 유사하였다. 하지만 수도권·광역시 모형에서는 가구 소득과 주택 면적, 보조 전기난방과 전기 취사의 영향이 더 크게 나타난 반면, 기타 지역 모형에서는 가구주 연령과 학력, 직업, 점유형태와 거주기간의 효과가 더 강하게 나타났다. 이에 따라 주거 에너지 소비 행위에 변화를 줄 수 있는 가정에너지진단사업이 지속적으로 확대될 필요가 있으면서도 지역에 따라 정책 대상을 더 구체화할 필요가 있다. 대도시 지역에서는 고소득, 넓은 주거면적, 전기 냉난방, 취사 및 가전기기 보유가 높은 가구에 보다 주목할 필요가 있으며 그 외의 지역에서는 거주 시간이나 길거나 거주기간이 오래된 가구들에 대하여 초점을 맞출 필요가 있다.

즉, 대도시 지역에서는 고소득·다소비 가구에 대한 대응으로 주택 태양광 사업을 확대하고 넓은 주거면적과 다양한 가전기기를 보유한 가구들에게 에너지 절약인센티브 제도에 대한 홍보를 늘리는 것이 필요하다. 절약 인센티브제도는 주택 태양광 설치가구의 설치 이후의 소비 증가를 방지하기 위해서도 연계가 필요할 것으로 보인다. 또한 고효율 가전제품에 대한 구매비용을 줄여줄 수 있는 사업들을 지방정부 차원에서도 시행하는 방안도 검토될 수 있다. 기타 지역에서는 고령층이나 자영업자 등 거주시간이 긴 가구들을 대상으로 에너지 진단 사업을 지속적으로 펼쳐나가면서 절전방법을 알리는 노력이 필요하다. 또한 거주기간이 길다는 것은 가전제품을 교체할 가능성이 낮기 때문에 오래된 가전기기에 대한 소비전력 정보를 제공하고 고효율 가전기기 구매를 유도하는 방안이 검토될 필요가 있을 것으로 보인다.

공간 단위 분석은 기온을 주요 관심 변수로 설정하면서도 사회적 구조나 주택 특성 변수들을 통제변수로 투입하고 2010년에서 2017년까지 시·

군·구 단위의 냉방도일, 난방도일, 폭염냉방도일, 열대야냉방도일 등의 기온 변화가 지역의 전력소비에 미치는 영향을 분석하였다. 시·군·구 단위의 기온 구축과정에서는 기상청 관측지점이 없는 지역의 기온을 파악하기 위하여 공간보간법을 이용하여 시점별로 구축하였다. 그리고 공간패널모형을 통해서 인접 지역간에 유사한 생활양식의 효과를 모형 내에서 포착하여 그 효과를 통제하였고 전국 모형과 함께 지역 군집별로 기온의 상호작용 효과를 파악하여 지역별 효과를 비교하였다.

일반공간패널모형 적용 결과에 따르면, 냉방도일과 난방도일, 폭염냉방도일과 열대야냉방도일은 모두 시·군·구 단위의 주택용 전력소비를 증가시키는 것으로 나타났다. 냉방도일과 난방도일의 기준 온도를 각각 24℃와 12℃로 변경했을 때도 기온의 효과는 유의한 것으로 나타났다. 시·군·구 단위의 공간적 자기상관계수는 0.63으로 나타나 동일한 모형을 활용한 Cho et al.(2015)에서의 시·도 단위 공간적 자기상관계수인 0.53보다 더 높은 것으로 제시되었다. 공간적 해상도를 시·군·구 단위로 확대할 경우 인접 지역의 유사한 생활양식이나 생활 패턴의 효과를 더 상세하게 포착할 수 있다는 것을 알 수 있다.

아파트 거주가구비율은 냉방도일, 폭염 냉방도일과 상호작용 효과가 있는 것으로 나타났다. 지역의 기온이 상승하고 폭염이 발생하는 경우에 아파트가 밀집된 지역에서 그러한 열섬 효과가 커지고 냉방 가전을 이용하는 행위가 빈번해질 수 있기 때문에 아파트 단지의 공간 계획이나 거주 가구에 대한 절전과 태양광 보급 등에 대한 정책적 홍보가 더 강화될 필요가 있다.

지역 군집간 기온 효과의 차이를 살펴본 결과, 냉방도일 효과에 있어서 위도 상으로 큰 차이가 없는 고위도 A군집과 고위도 B군집 간에 효과 차이가 유의하게 나타났다. 또한 난방도일 효과에 있어서는 상대적으로 위도가 낮은 저위도 A군집은 비교적 난방도일의 영향을 덜 받음에도 불구하고 고위도 군집들(A, B)간 차이가 유의하지 않았다. 이에 따라 지역의 기온이 가정부문 전력소비에 미치는 효과가 위도의 영향을 받을 수 있지만 도시화 수준에 따라서도 상당한 영향을 받을 수 있는 것으로 나

타났다.

폭염과 열대야의 경우에는 폭염 냉방도일에 있어서 군집간 차이가 두드러지게 나타났는데 특히 고위도 A군집과 저위도 A군집의 효과가 다른 모든 지역 군집의 효과보다 통계적으로 유의하게 더 큰 것으로 나타났다. 이는 폭염 발생시 서울과 지방 광역시 지역을 중심으로 가정부문 전력 수요관리에 더욱 관심을 가질 필요가 있다는 점을 시사한다.

따라서 기온변화에 대한 정책적 대응은 녹지와 공원, 옥상 녹화 활동 등 도시의 도시 열을 줄이는 전략과 함께 가정 내 실내 기온조절 행위에 영향을 미칠 수 있는 제도화된 지식과 기술, 가치관을 변화시킬 수 있는 방안을 모색하여야 한다. 도시열섬효과에 대응하기 위하여 녹지와 공원, 수변 공간의 확충, 바람길 확보, 건물 도장과 도로 포장 등이 지역에너지계획의 차원에서 다루어질 필요가 있다. 또한 아파트와 같은 주택 특성에 주목하여 기온 상승에 따른 냉방 전력 소비에 대응하기 위하여 베란다 미니 태양광 패널이 주요 대도시 지역들에서 더 적극적으로 보급될 필요가 있다. 또한 대도시를 중심으로 더 많은 냉방기기와 난방기기를 빈번하게 사용하고 있다는 점을 감안한다면 가정 에너지 진단을 통해서 효과적인 냉난방 방법, 가전기기 이용하지 않고 체온 조절을 할 수 있는 방법 등 다양한 생활 정보를 제공하고 고효율 냉난방 가전에 대한 장려 정책을 적극적으로 추진할 필요가 있다.

17개 광역지방자치단체의 지역에너지계획을 살펴본 결과, 가정부문 전력 수요관리와 연관된 지역에너지사업은 주로 주택·미니 태양광 보급, 절약 인센티브 제공, 에너지자립마을 조성 등이 주로 계획되고 있다. 그러나 이러한 정책 설계는 주로 사업 참여자 수나 보급 수의 증가에 집중되어 있었고 사업 수행 이후의 지속가능성이나 정책 수단간 연계를 논의하는 경우가 부족한 편이었다. 또한 가정 에너지 진단이나 고효율 가전기기 구매 지원, 도시열섬효과 등에 대한 논의는 상대적으로 부족한 편이었다. 무엇보다도 지역에 따라 다른 특성을 고려한 정책 설계 노력이 고려되지 않고 있는 것으로 나타났다.

향후 지역에너지계획에서는 지역별로 소비 요인의 효과가 다르다는 점

을 고려하여 정책의 구체적인 대상을 명확히 하면서 지역의 상황에 맞게 지역별 수요관리방안을 도출하는 것이 중요하다. 모형 분석 결과 지역별로 다른 사회적 구조, 생활양식, 기온 효과가 지역 특성에 맞게 지역에너지계획의 사업 계획과 시행에 반영될 필요가 있다. 예를 들어, 주택 태양광이나 베란다 미니태양광에 대하여 소비 규모가 많거나 소비 효율이 떨어지는 집단 등 주요 정책 대상을 구체화할 수 있고 지역 유형에 따라 가정 에너지 진단의 주요 대상 집단과 내용을 세밀하게 구성할 수도 있다. 수도권과 광역시 지역은 그 외의 지역에 비하여 에너지 소비 수준이 높기 때문에 절약 인센티브를 보다 더 강하게 설계할 필요가 있고 낮은 소비 분위 집단에 대한 절약 유인효과에 대하여 구체화할 필요가 있다. 서울과 지방 광역시를 중심으로 아파트 단지에 대한 공간 계획과 수요관리 방안을 더 집중할 필요가 있고 도시 열섬효과에 대응하여 지역 에너지 계획에서 공간 계획과 냉난방 가전 이용에 대하여 보다 적극적으로 다루어질 필요가 있다.

제 2 절 연구의 의의와 향후 과제

이 연구는 국내 가정부문 전력 소비에 대한 사회적 구조와 생활양식, 기온 효과의 공간적 차이를 바탕으로 국내 지방정부의 지역에너지계획이 보다 지역적 상황에 맞게 수립되고 시행되어야 한다는 점을 제시하였다.

가구 단위 분석에서는 가구의 거주지역에 따라 표본을 수도권과 광역시 지역과 그 외의 지역으로 분리하고 지역별로 다른 소비 요인의 효과를 제시하였으며, 분위회귀분석을 활용하여 각 변수별 효과를 소비 분위에 따라 세분화하였다. 가구 단위 자료를 활용한 지역간 비교나 소비 분위별 비교는 국내 연구사례가 부족한 편이며 이러한 접근법을 통하여 정책적 차원에서 활용할 수 있는 시사점을 구체화하였다.

한편 현재 공개되고 있는 가구패널자료의 시점이 한정되어 있어 가구를 패널그룹으로 설정하여 분석하지 못한 측면이 있다. 이러한 점은 향후 자료가 지속적으로 구축되면 가구패널분석도 가능할 것으로 보인다. 또한 가구에너지상설표본조사가 현재 시·도 단위로 표본을 구축하고 있어 공간단위를 보다 세분화하지 못한 부분도 있다. 향후 시·군·구 단위 등으로 공간단위를 세분화할 수 있다면 시·군·구 단위에서 가구 단위 자료와 공간 단위 자료를 연결하는 위계선형모형으로 분석도 활용할 필요가 있다.

공간 단위 분석에서는 시·군·구 단위에서 기온의 효과를 보다 정교하게 파악하기 위하여 국내 기상관측지점별 관측 자료를 활용하였고, 냉방도일, 난방도일, 폭염냉방도일, 열대야냉방도일 등의 기온 변수를 구축하여 지역별 주택용 전력 소비와의 연관성을 제시하였다. 또한 기존의 시·도 단위 연구나 개별 도시 단위 연구가 아닌 보다 상세하고 넓은 지역 범위인 시·군·구 단위에서의 기온 효과를 확인하였다. 또한 지역과 시간의 차이를 통제하고 인접지역간 공간적 상관성을 고려하는 공간패널모형을 활용하였다. 특히 기온 효과와 함께 아파트 주거 특성과의 상호작용 효과 지역 군집간 차이를 분석하여 지역에너지계획의 수립에 참고할 수 있는 정책적 시사점을 제시했다는 점도 연구의 독창적인 부분이다

시·군·구 단위를 활용한 기온 효과를 분석하였지만 읍·면·동 단위의 분석이나 보다 더 다양한 변수들을 활용하지 못한 측면이 있다. 향후 통계 자료가 공간 단위에서 지속적으로 구축되면 보다 자세하고 세밀한 분석을 할 수 있을 것으로 기대한다. 또한 종속 변수인 가정부문 전력소비량은 총 에너지 소비량이나 온실가스배출량에 비하여 상대적으로 인접지역의 파급효과의 영향이 적다. 그리고 변수들 역시 산업이나 생산성, 노동시장, 가격 등 파급효과에 관련한 변수들도 활용되지 않았다. 향후 지역별 총에너지 소비량, 온실가스배출량을 분석한다면 독립변수의 공간적 파급효과를 보다 적극적으로 고려하는 공간더빈모형을 활용할 수 있을 것이다.

향후 지역 단위 주거 에너지 소비에 관한 정책적 대응을 더욱 효과적이고 체계적으로 하기 위하여 이와 관련한 후속 연구들이 지속될 필요가 있다. 또한 전력뿐만 아니라 도시가스, 석유 등 다양한 에너지원에 대하여 공간적 관점에서 분석될 필요가 있다. 여러 에너지원에 대하여 소비요인의 효과를 체계적으로 분석하는 과정에서 수많은 정책적 시사점들이 도출될 수 있기 때문에 이러한 연구들이 지속적으로 축적되면 점차 지역특성에 맞는 지역에너지계획을 수립하고 시행할 수 있을 것으로 기대한다. 지역 차원에서 주거 에너지 수요에 효과적으로 대응하는 과정을 통해서 에너지 이용을 합리화할 수 있고 나아가 기후변화 완화와 적응에 기여할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

강원도. (2015). 강원도 제4차 지역에너지계획.

강지윤, 이태동. (2016). 중간지원조직과 에너지 레짐 전환-한국 에너지 자립마을의 사례 비교. 공간과 사회, 55, 139-176.

강창덕. (2011). 공간계량모형에 의한 서울시 에너지 소비 분석과 정책과제. 서울도시연구, 12(4), 1-22.

경기도. (2015). 경기도 제4차 지역에너지계획.

경상남도. (2015). 제5차 경상남도 지역에너지계획.

경상북도. (2015). 경상북도 제4차 지역에너지 계획.

고수정. (2010). 지역별 건강불평등 영향요인. 한국지방자치연구 , 12 (3), 169-195.

고재경. (2010). 탄소포인트제 평가 및 개선 방안. Policy Brief, 1-21.

관계부처 합동. (2019). 2018년 이상기후보고서.

광주광역시. (2014). 광주광역시 제4차 지역에너지계획.

구해정, 김연희, 최병철. (2007). 서울시 도시 열섬 구조의 변화에 관한 연구. 기후연구, 2(2), 67-78.

국립기상과학원. (2018). 한반도 100년의 기후변화.

금예진, 권오성, 구영완. (2018). 가정 부문 전기수요의 결정요인 분석. 에너지경제연구, 17(1), 37-65.

기상청 보도자료. 2018.1.2. 2017년 우리나라 기온·강수량 현황 및 분석.

기상청 보도자료. 2019.2.7. 사상 최고 폭염과 폭설을 기록한 2018년, 왜일까?

김경호. (2004). 저출산 고령화사회의 노인복지. 사회연구, 5, 27-52.

김경태, 송재민. (2015). 도시 공간 특성이 교통에너지 소비에 미치는 영향. 한국지역개발학회지, 27(2), 117-137.

김기중, 안영수, 이승일 (2016). 도시구성요소가 도시열과 에너지소비에 미치는 직 간접적인 영향관계 규명 연구. 서울도시연구, 17(1), 125-145.

김기중, 김동준, 이창효, 이승일. (2018). 도시공원의 규모와 형태별 주변 지역의 지표온도· 건물에너지소비저감 영향범위 분석 연구. 한국지역개발학회지, 30(2), 155-176.

김남신, 김경순. (2013). 지난 40 년간 한반도 기온의 시, 공간적 분포 변화에 관한 연구. 한국지리정보학회지, 16(4), 29-38.

김동하, 강기연, 손소영. (2016). 공간가중회귀 모형을 이용한 서울시 에너지 소비에 따른 이산화탄소 배출 분석. 대한산업공학회지, 42(2), 96-111.

김민경. (2013). 서울시 가정용 전력소비의 변화요인과 저감방안. 정책리포트, (149), 1-20.

김선웅, 장남종. (2017). 서울과 세계대도시: 밀레니엄 이후 도시 변화 비교. 서울연구원.

김성제. (2007). 소득유형별 지역불균형 수준의 비교 분석. 공간과 사회, 27, 81-110.

김유란, 윤혜경, 김주영, 전규엽, 홍원화. (2011a). 대구광역시 단독주택의 에너지 및 온실가스 배출원단위 작성에 관한 연구. 한국주거학회논문집, 22(2), 35-42.

김유란, 홍원화, 서윤규, 전규엽. (2011b). 공동주택 가족구성원별 전력소비성향에 관한 연구. 한국주거학회논문집, 22(6), 43-50.

김용래, 김민정. (2017). 국내 가구의 전력소비 수준에 따른 특성 및 결정요인. 전기학회논문지, 66(7), 1025-1031.

김종성, 강정은 (2018). 압축형 공간구조 특성이 도시 열환경에 미치는 영향. 한국도시설계학회지 도시설계, 19(1), 21-36.

김지효, 남수현. (2015). 가정 부문 전력사용 효율성 실증 연구: 가구에너지소비 상설표본조사자료 분석. 에너지경제연구원 수시연구보고서, 1-79.

김철현. (2015). 최근 전력소비 증가세 둔화의 원인과 전망.전기저널 2015년 4월호, 46-50.

김철현. (2016). 주택용 누진제 개편의 국내 전력 수급 영향. 에너지수급

브리프 3(12): 1-13.
남궁근. (2010). 행정조사방법론[제4판]. 서울: 법문사.
노승철, 심재헌, 이희연. (2012). 지역 간 기능적 연계성에 기초한 도시권 설정 방법론 연구. 한국도시지리학회지, 15(3), 23-43.
노승철, 이희연. (2013a). 가구 부문의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인 분석. 국토계획, 48(2), 295-312.
노승철, 이희연. (2013b). 가구 부문의 주거· 교통 에너지 소비구조 분석에 관한 연구. 지역연구, 29(2), 47-67.
노정녀. (2014). 가구 구성원 특성과 가전제품 사용에 따른 가정용 전력 수요의 예측. 한국경제연구, 32(2), 177-202.
대구광역시. (2015). 대구광역시 제4차 지역에너지계획.
대전광역시. (2018). 대전광역시 제5차 지역에너지 계획.
문영만. (2013). 광역시·도별 임금격차 실증분석. 지역사회연구, 21(1), 173-195.
문태훈. (1997). 환경정책론. 서울: 형설출판사.
명수정. (2009). 도시지역의 기후변화 적응을 위한 열섬현상 완화방안 연구. 기초연구보고서, 2009, 1-37.
민인식, 최필선. (2016). STATA 패널데이터 분석. 서울:(주)지필미디어.
박광수. (2012). 에너지소비에 대한 기온변화의 영향 분석, 에너지경제연구원 기본연구보고서 12-12.
박광수. (2019). 2018년 전력 수급 동향. 에너지수급브리프, 6(1):1-14.
박기현, 김창훈. (2016). 지역에너지사업 실태분석을 통한 중앙·지방정부간 에너지부문 협력증진방안 연구. 에너지경제연구원. 기본 연구보고서 16-03.
박석봉. (2004). 광주지역의 여름철 열섬현상 측정 및 분석. 한국태양에너지학회 논문집, 24(4), 65-75.
박영균. (2009). 욕망의 정치경제학과 현대 도시의 위기. 마르크스주의 연구, 6(2), 152-186.
박재빈, 임하나, 김수현, 최창규 (2017). 다세대다가구 우세지역과 아파트

우세지역의 건폐율과 용적률이 열섬효과에 미치는 영향분석. 국토계획, 52(7), 159-176
박재은, 허보영, 선우영. (2016). 폭염에 의한 지역별 인명피해 발생에 관한 연구. Journal of the Korean Society of Hazard Mitigation, 16(1), 103-109.
박종문. (2018). 지역 유형에 따른 가구 전력 소비의 영향 요인 비교 연구. 한국지역개발학회지, 30(2), 193-219.
박종문, 윤순진. (2016). 서울시 성대골 사례를 통해 본 도시 지역공동체 에너지 전환운동에서의 에너지 시민성 형성 과정. 공간과 사회, 55, 79-138.
박진희. (2009). 지역의 에너지 자립, 어떻게 가능한가?: 전북 부안 하서면을 사례 지역으로. 환경과생명, 157-177.
배민기. (2011). 지방자치단체의 탄소포인트제도 활성화 방안. 지역정책연구, 22(2), 91-104.
배웅규, 송두삼. (2011). 열섬현상 완화를 위한 주거지 공간위계별 설계요소 도출 연구. 대한건축학회 논문집-계획계, 27(6), 195-204.
배정환, 김미정, 정해영. (2017). 탄소은행제의 가정용 전력수요 절감 효과 분석. 에너지경제연구, 16(1), 95-118.
배치혜, 전정윤. (2017). 2015 가구에너지상설표본조사 데이터를 기반으로 한 우리나라 가구별 에너지소비량과 영향 요인과의 관계 분석. 한국생활환경학회지, 24(6), 722-732.
백종학, 윤순진. (2015). 서울시원전 하나 줄이기를 위한 전략적 틈새로서 미니태양광사업과 에너지 시민성의 변화: 서울시 노원구 주민 인식조사를 바탕으로. 서울도시연구, 16(3), 91-111.
부산광역시. (2018). 깨끗하고 안전한 클린에너지로의 전환을 위한 부산광역시 제5차 지역에너지 계획.
봉인식, 차승준. (2006). 주체분석을 이용한 주택유형 다양화에 대한 실제적 접근. 국토계획, 41(4), 89-101.
산업통상자원부. (2017). 제8차 전력수급기본계획(2017~2031). 산업통상

자원부 공고 제2017-611호.
산업통상자원부. (2019). 제3차 에너지기본계획.
서만훈, 이재송, 최열. (2016). 공간적 자기상관성과 도시특성 요소를 고려한 자연재해 피해 분석. 대한토목학회논문집, 36(4), 723-733.
서울특별시. (2014). 원전하나줄이기: 서울 에너지정책의 희망 메시지.
서울특별시. (2015). 서울특별시 제4차 지역에너지계획.
서윤규, 김주영, 홍원화. (2009). 도심 임대아파트의 에너지 및 상수 소비 특성에 관한 연구. 한국주거학회논문집, 20(6), 39-46.
서원석, 김리영 (2010). 토지이용 특성과 도시압축성의 관계분석 연구. 한국지역개발학회지, 22(3), 81-95.
서현철, 홍원화, 남경목. (2012). 거주자 구성유형 및 소득수준에 따른 주거용 건물 내 전력소비성향. 한국주거학회논문집, 23(6), 31-38.
석주헌, 박기현. (2017). 주거용 건물 에너지 소비요인 분석을 통한 건물 에너지 정책 방안 연구, 에너지경제연구원 기본연구보고서 17-10.
세종특별자치시. (2015). 제1차 지역에너지 계획 수립.
송기욱, 남진. (2009). 압축형 도시특성요소가 교통에너지 소비에 미치는 영향에 관한 실증분석. 국토계획, 44(5), 193-206.
신동현, 조하현, 장민우. (2015). 소득 수준에 따른 한국 도시 가구의 전력소비행태 이질성과 전기요금개편 효과 분석. 에너지경제연구, 14(3), 27-81.
신인철. (2009). 기혼여성의 자녀출산계획에 대한 공간효과 분석. 한국인구학, 32(2), 59-85.
심우배, 이병재, 이찬희, 김재호. (2013). 재해예방형 도시계획 수립 지원을 위한 도시의 기후변화 재해 취약성 분석방법 연구. 1. 한국방재학회 논문집, 13(6), 239-248.
신정엽, 김진영. (2012). 도시 스프롤에 대한 논의 재조명과 공간 분석 방법론에 토대한 도시 스프롤 측정 연구. 서울법학, 19(3), 317-354.
안승만 김승종 이형찬. (2016). 도시지역 미기후 관리방향 연구. 국토연구원 수시 16-03 보고서.

안영수, 김기중, 이승일. (2014). 서울시 주택의 규모와 종류, 건축연도별 특성이 에너지 소비량의 차이에 미치는 영향 실증 연구. 국토계획, 49(3), 175-194.

안준기. (2009). 어학연수가 졸업 후 노동시장 진입에 미치는 영향. 교육행정학연구, 27(2), 203-231.

안지숙, 황재동, 박명희, 서영상. (2012). Landsat-7 ETM+ 영상과 AWS 자료를 이용한 부산의 토지피복에 따른 여름철 도시열섬포텐셜 산출. 한국지리정보학회지, 15(4), 65-77.

양혜미, 송재민. (2017). 에너지 소비특성에 따른 도시 유형화 및 유형별 특성 분석. 한국지역개발학회지, 29(3), 113-133.

엄예슬, 김용진, 강동화 (2018). 여름철 고층아파트 건물의 주동형태와 밀도가 층별 외부 열환경에 미치는 영향. 한국건축친환경설비학회 논문집, 12(2), 87-100.

염승일, 이희연. (2011). 시, 군, 구의 문화산업이 지역경제에 미치는 영향. 한국경제지리학회지, 14(3), 307-314.

에너지경제연구원. (2018). 2018 에너지통계연보.

에너지경제연구원. (2018). 2018 지역에너지통계연보.

에너지기후정책연구소. (2016). 에너지 전환과 에너지 시민을 위한 에너지 민주주의 강의. 서울: 이매진.

오규식, 홍재주. (2005). 도시공간 구성요소와 도시열섬현상의 관련성 연구. 한국도시설계학회지 도시설계, 6(1), 47-63.

오수길, 한순금. (2018). 지속가능발전목표(SDGs)와 지방정부의 목표체계 전환: 경상남도를 중심으로. 지방정부연구, 22(3), 481-508.

울산광역시. (2017). 울산광역시 제5차 지역에너지계획.

유정민, 윤순진. (2015). 런던과 뉴욕 기후변화 적응정책의 제도화와 거버넌스 구조에 대한 비교 연구. 사회과학연구, 26(3), 217-247.

윤순진. (2015). 에너지·환경·사회의 연관. In 한국환경사회학회 (편), 환경사회학 자연과 사회의 만남(pp.139-199.). 파주: 도서출판 한울.

윤순진, 박종문. (2017). 공간성을 통해 본 아파트 에너지 전환 운동의 확

산 양상 서울시 아파트단지 에너지자립마을 사례를 중심으로. 공간과 사회, 61, 190-242.
윤태현, 남수현. (2015). 공동주택의 가구별 난방비 영향 요인 분석. 에너지경제연구원 기본연구보고서 15-09.
윤태호. (2010). 지역 간 건강 불평등의 현황과 정책과제. 상황과 복지, 30, 49-77.
이강국, 홍원화. (2007). 도시고온화 현상에 따른 열섬・냉섬 특성에 관한 연구: 대구광역시를 중심으로. 대한건축학회 논문집-계획계, 23(8), 219-228.
이경미, 백희정, 박수희, 강현석, 조천호. (2012). 고해상도 지역기후변화 시나리오를 이용한 한국의 미래 기온극값 변화 전망. 대한지리학회지, 47(2), 208-225.
이경주, 황명화, 한선희, 양은정. (2015). 공간통계 분석의 이해와 활용을 위한 첫걸음. 국토연구원.
이동성, 문태훈. (2017). 도시특성과 기후특성이 지역 에너지사용량에 미치는 영향에 관한 연구. 한국지역개발학회지. 1, 13.
이명진, 최유정, 이상수. (2014). 1인 가구의 현황과 사회적 함의에 관한 탐색적 연구. 사회과학연구, 27(1), 229-253.
이미진, 이동근, 박찬, 박진한, 정태용, 김상균, 홍성철. (2015). 기후변화와 사회· 경제적 요소를 고려한가정 부문 냉난방 에너지 사용량 변화 예측. 환경영향평가, 24(5), 487-498.
이상열. (2015). 고령화사회의 심화와 에너지 소비. 에너지수급브리프 2(1): 1-7.
이상호, 이상헌. (2010). 저출산· 인구고령화의 원인에 관한 연구: 결혼결정의 경제적 요인을 중심으로. 서울: 한국은행 금융경제연구원.
이석환. (2014). 공간의존성에 대한 이해와 공간회귀분석의 활용. 한국정책과학학회보, 18(3), 39-79.
이성림, 박명희. (2008). 가정용 전기요금에 대한 소비자인식. 대한가정학회지, 46(3).

이소현, 임업. (2017). 외국인 고용과 고령자 고용의 관계. 한국지역개발학회지, 29(1), 23-49.

이승지. (2011). 태양광발전시설 설치지역 주민의 에너지에 대한 환경,사회적 가치 인식 비교 제주 동광 태양광 그린빌리지와 홍성군 홍동면 사례를 중심으로. 제주도연구, 35, 197-235.

이승호, 허인혜 (2011). 한국의 도시화에 의한 극한기온의 변화. 대한지리학회지, 46(3), 257-276

이유경, 이승호, 조영태. (2018). 유엔의 '지속가능발전목표 (SDGs)'와 '새로운 도시의제(NUA)'간 비교연구. 한국도시설계학회지 도시설계, 19(3), 91-110.

이유진, 진상현 (2015). 에너지자립마을의 사회적 자본에 관한 연구. 지방정부연구, 19(3), 153-176.

이윤경. (2017). 고령사회 도래에 따른 대응 방향 모색: 일본 사례의 시사점 검토. 보건복지포럼, 254, 9-17.

이일희, 이주형. (2012). 우리나라 광역시 도시압축성 평가에 관한 연구. 한국산학기술학회 논문지, 13(7), 3224-3231.

이재길. (2017). (R프로그램에 기반한) 지리공간정보 자료 분석. 황소걸음아카데미.

이재희. (2010). 지방자치 이후 지역간 문화격차 변동: 수도권과 비수도권의 격차를 중심으로. 지역사회연구, 18(4), 53-72.

이종상. (2002). 지역유형구분을 위한 요인점수의 군집분석. 국토계획, 37(4), 191-199.

이철희, 정재희 (2017). 기후변화 대응 주거단지 가이드라인 개발을 위한 연구. 대한건축학회 논문집 - 계획계, 33(4), 77-89.

이채연, 김규랑, 안승만, 최영진. (2014). 수도권 열섬 중심으로부터 교외까지의 거리 및 국지적 지표특성이 야간 기온분포에 미치는 영향. 한국지리정보학회지, 17(1), 35-49.

이현욱. (2017). 한국의 경제발전에 따른 도시순위규모분포의 변화: 1995~ 2015 년. 한국도시지리학회지, 20(2), 45-57.

이희연. (2003). 인구학: 인구의 지리학적 이해. 서울:법문사.
이희연, 노승철, 최은영. (2011). 1 인 가구의 인구· 경제· 사회학적 특성에 따른 성장패턴과 공간분포. 대한지리학회지, 46(4), 480-500.
이희연, 심재헌. (2011). GIS 지리정보학. 서울: 법문사.
이희연, 노승철. (2013). 고급통계분석론: 이론과 실습. 문우사.
인천광역시. (2014). 인천광역시 제4차 지역에너지계획.
임경은. (2007). 표본조사에서의 가중값 조정방안: 추정방법 중심으로. 2007년 상반기 통계청 통계개발원 연구보고서.
임기추, 강윤영. (2004). 생활 양식 이 가정 부문 에너지 소비 에 미치는 영향 분석. 에너지 경제 연구원.
임상수. (2009). 주요 도시별 전기 소비 특성에 관한 연구. 서울도시연구, 10(2), 87-100.
임슬예, 임경민, 유승훈. (2013). 횡단면 자료를 이용한 주택용 전력의 수요함수 추정. 에너지공학, 22(1), 1-7.
임은선, 이종열, 이희연 (2006). 도시성장관리를 위한 공간구조의 확산-압축패턴 측정. 국토연구, 223-247.
임현진, 정수관, 원두환. (2013). 지구온난화가 가정부문 에너지 소비량에 미치는 영향 분석. 에너지경제연구, 12(2), 33-58.
전라남도. (2014). 제4차 전라남도 지역에너지 계획.
전라북도. (2017). 전라북도 제3차 지역에너지계획.
정재원, 이창효, 이승일. (2015). 서울시 행정동별 가구의 에너지 소비량에 영향을 미치는 요인의 통합적 분석. 국토계획, 50(8), 75-94.
정준호, 허인혜. (2015). 기온변화가 전력소비에 미친 효과의 추정. 기후연구, 10(2), 193-207.
정다은, 임숙향, 김도우, 이우섭. (2016). 기후요소가 온열질환자수에 미치는 영향. 한국기후변화학회지, 7(2), 205-215.
제주특별자치도. (2017). 제주특별자치도 제5차 지역에너지계획.
제현정, 이희연. (2017). 지역별 인구구조 변화와 유형별 특성 분석. 한국도시지리학회지, 20(1), 27-43.

조명래. (2011). 만들어진 '공간 불평등', 지역격차. 월간 복지동향, (157), 4-9.
조하현, 장민우. (2015). 구간별 가격체계를 고려한 우리나라 주택용 전력수요의 가격탄력성과 전력누진요금제 조정방안. 자원· 환경경제연구, 24(2), 365-410.
조항문. (2013). 에코마일리지제 시행성과 평가 및 발전방안 연구. 서울연구원.
조희선, 정유진, 최막중. (2014). 도시공간특성이 열섬현상에 미치는 영향. 환경정책, 22(2), 27-43.
지식경제부. (2010). 냉난방 방식의 최적화 방안 연구.
진상현. (2013). 에너지 효율개선 정책의 효과성. 한국정책과학학회보, 17(4), 55-77.
진상현. (2018). 에너지 자치· 분권의 개념 및 방향: 공공기관을 중심으로. 지방정부연구, 22(3), 31-58.
천현숙. (2004). 대도시 아파트 주거단지의 사회자본. 한국사회학, 38(4), 215-247.
최광용, 권원태. (2005). 우리나라 열대야 현상 발생의 시· 공간적 특징과 최근의 변화. 대한지리학회지, 40(6), 730-747.
최광용, 권원태, David A Robinson (2006). 우리나라 사계절 개시일과 지속기간. 대한지리학회지, 41(4), 435-456.
최문선. (2013). 분위회귀분석을 통한 가정부문 용도별 에너지소비량 분포 및 특성 분석. 에너지경제연구원 기본연구보고서, 13-12.
최문선. (2017). 2017년 가구에너지 상설표본조사. 에너지경제연구원 에너지정보통계센터 출연과제 기본 17-06.
최병두. (2013). 대구의 도시 에너지 전환과 에너지 자립. 한국경제지리학회지, 16(4), 647-669.
최열, 이재송. (2014). 공간회귀모형을 이용한 산업 및 용도지역 특성과 환경 오염과의 상관관계 분석. 국토계획, 49(1), 247-261.
최재헌, 윤현위. (2012). 한국 인구고령화의 지역적 전개양상. 대한지리학

회지, 47(3), 359-374.
추경모. (2012). 교육의 지역적 격차에 관한 연구: 중학교 교육현황을 사례로. 한국지리학회지, 1(1), 33-52.
충청남도. (2016). 충청남도 제5차 지역에너지계획.
충청북도. (2017). 충청북도 제5차 지역에너지계획.
한주성. (2015). 인구지리학. 파주: 도서출판 한울.
황지욱, 김소정 (2003). 도시열섬현상의 주거 형태별 비교분석. 국토계획, 38(7), 235-244.
허문구, 송하율, 김정홍, 김현우, 이상호, 이두희, 정준호, 민대기, Endo Hideki. 2016. 고령화시대의 고성장지역 유형별 성장특성과 결정요인 분석. 산업연구원 연구보고서. 2016-810.
허식. (2007). 지역간 임금격차에 관한 요인분해: 수도권과 비수도권 중심으로. 산업경제연구, 20(1), 1-16.
허인혜, 권원태 (2007). 우리나라의 최근 10년간 기온 변화. 기후연구, 2(2), 79-93
홍종호, 오형나, 이성재. (2018). 가구 패널자료를 이용한 가계부문 에너지 소비행태 분석-1인 가구 및 고령가구를 중심으로. 자원· 환경경제연구, 27(3), 463-493.
황의정, 우명제 (2016). 전국 도시권의 도시 스프롤 측정을 통한 유형 및 특성 분석. 국토계획, 51(5), 21-42.
Alegria, M., Shrout, P. E., Woo, M., Guarnaccia, P., Sribney, W., Vila, D., Polo, A., Cao, Z., Mulvaney-Day, N., Torres, M., & Canino, G. (2007). Understanding differences in past year psychiatric disorders for Latinos living in the US. Social science & medicine, 65(2), 214-230.
Anselin, L. (1992). Spatial data analysis with GIS: an introduction to application in the social sciences.
Anselin, L. (1999). The future of spatial analysis in the social sciences. Geographic information sciences, 5(2), 67-76.

Anselin, L. (2005). Exploring spatial data with GeoDaTM: a workbook. Center for spatially integrated social science.

Anselin, L. (2013). Spatial econometrics: methods and models (Vol. 4). Springer Science & Business Media.

Arellano, M. (1987). PRACTITIONERS'CORNER: Computing robust standard errors for within groups estimators. Oxford bulletin of Economics and Statistics, 49(4), 431-434.

Arellano, M. (2003). Panel data econometrics. Oxford university press.

Barreca, A., Clay, K., Deschenes, O., Greenstone, M., & Shapiro, J. S. (2016). Adapting to climate change: The remarkable decline in the US temperature-mortality relationship over the twentieth century. Journal of Political Economy, 124(1), 105-159.

Belotti, F., Hughes, G., & Mortari, A. P. (2017). Spatial panel-data models using Stata. The Stata Journal, 17(1), 139-180.

Bivand, R., Pebesma, E., Gómez-Rubio, V., Gentleman, R., Hornik, K., & Parmigiani, G. (2008). Applied Spatial Data Analysis with R (Use R). New York, NY: Springer New York.

Blau, P. M. (1974). Presidential address: Parameters of social structure. American sociological review, 615-635.

Blau, P. M. (1977). A macrosociological theory of social structure. American journal of sociology, 83(1), 26-54.

Brounen, D., Kok, N., & Quigley, J. M. (2012). Residential energy use and conservation: Economics and demographics. European Economic Review, 56(5), 931-945.

Burnett, J. W., Bergstrom, J. C., & Dorfman, J. H. (2013). A spatial panel data approach to estimating US state-level energy emissions. Energy Economics, 40, 396-404.

Castro, M. C. (2007). Spatial demography: An opportunity to improve policy making at diverse decision levels. Population research and

policy review, 26(5-6), 477-509.

Changnon, S. A. (1992). Inadvertent weather modification in urban areas: lessons for global climate change. Bulletin of the American Meteorological Society, 73(5), 619-627.

Cheng, Y., Wang, Z., Ye, X., & Wei, Y. D. (2014). Spatiotemporal dynamics of carbon intensity from energy consumption in China. Journal of Geographical Sciences, 24(4), 631-650.

Cho, S. H., Kim, T., Kim, H. J., Park, K., & Roberts, R. K. (2015). Regionally-varying and regionally-uniform electricity pricing policies compared across four usage categories. Energy Economics, 49, 182-191.

Choi, Y. (2008). Diversity within: Subgroup differences of youth problem behaviors among Asian Pacific Islander American adolescents. Journal of Community Psychology, 36(3), 352-370.

Collip, D., Wigman, J. T., Myin-Germeys, I., Jacobs, N., Derom, C., Thiery, E., Wichers, M., & van Os, J. (2013). From epidemiology to daily life: linking daily life stress reactivity to persistence of psychotic experiences in a longitudinal general population study. PloS one, 8(4), e62688.

Daioglou, V., Van Ruijven, B. J., & Van Vuuren, D. P. (2012). Model projections for household energy use in developing countries. Energy, 37(1), 601-615.

Davoudi, S., Dilley, L., & Crawford, J. (2014). Energy consumption behaviour: rational or habitual?. disP-The Planning Review, 50(3), 11-19.

De la Fuente, A., & Doménech, R. (2006). Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make?. Journal of the European Economic Association, 4(1), 1-36.

Dillman, D. A., Rosa, E. A., & Dillman, J. J. (1983). Lifestyle and

home energy conservation in the United States: the poor accept lifestyle cutbacks while the wealthy invest in conservation. Journal of Economic Psychology, 3(3-4), 299-315.

Druckman, A., & Jackson, T. (2008). Household energy consumption in the UK: A highly geographically and socio-economically disaggregated model. Energy policy, 36(8), 3177-3192.

Ewing, R., & Rong, F. (2008). The impact of urban form on US residential energy use. Housing policy debate, 19(1), 1-30.

Fan, H., MacGill, I. F., & Sproul, A. B. (2015). Statistical analysis of driving factors of residential energy demand in the greater Sydney region, Australia. Energy and Buildings, 105, 9-25.

Feng, Z. H., Zou, L. L., & Wei, Y. M. (2011). The impact of household consumption on energy use and CO2 emissions in China. Energy, 36(1), 656-670.

Fischer, M. M., & Wang, J. (2011). Spatial data analysis: models, methods and techniques. Springer Science & Business Media.

Fong, W. K., Matsumoto, H., Lun, Y. F., & Kimura, R. (2007). Influences of indirect lifestyle aspects and climate on household energy consumption. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 6(2), 395-402.

Francisco, Eduardo R.; Aranha, Francisco; Zambaldi, Felipe; Goldszmidt, Rafael. (2007) Electricity Consumption as a Predictor of Household Income: a Spatial Statistics Approach. Advances in Geoinformatics. 267-282.

Gomez, L. M. B., Filippini, M., & Heimsch, F. (2013). Regional impact of changes in disposable income on Spanish electricity demand: A spatial econometric analysis. Energy economics, 40, S58-S66.

Gould, W. W. (1992). sg11.1: Quantile regression with bootstrapped standard errors. Stata Technical Bulletin 9: 19 - 21. Reprinted in

Stata Technical Bulletin Reprints, vol. 2, pp. 137–139. College Station, TX: Stata Press.

Gould, (1997b). sg70: Interquantile and simultaneous-quantile regression. Stata Technical Bulletin 38: 14–22. Reprinted in Stata Technical Bulletin Reprints, vol. 7, pp. 167–176. College Station, TX: Stata Press.

Gram-Hanssen, K. (2010a). Introducing and developing practice theory: Towards a better understanding of household energy consumption. In Proceedings of the Sustaining Everyday Life Conference: April 22–24 2009; Campus Norrköping; Sweden (No. 038, pp. 45-57). Linköping University Electronic Press.

Gram-Hanssen, K. (2010b). Residential heat comfort practices: understanding users. Building Research & Information, 38(2), 175-186.

Gram-Hanssen, K. (2011). Understanding change and continuity in residential energy consumption. Journal of Consumer Culture, 11(1), 61-78.

Gram-Hanssen, K. (2014). New needs for better understanding of household's energy consumption–behaviour, lifestyle or practices?. Architectural Engineering and Design Management, 10(1-2), 91-107.

Grimmond, S. U. E. (2007). Urbanization and global environmental change: local effects of urban warming. Geographical Journal, 173(1), 83-88.

Ha, K. J., & Yun, K. S. (2012). Climate change effects on tropical night days in Seoul, Korea. Theoretical and applied climatology, 109(1-2), 191-203.

Hansen, A. R. (2016). The social structure of heat consumption in Denmark: New interpretations from quantitative analysis. Energy

Research & Social Science, 11, 109-118.
Hansen, A. R., Gram-Hanssen, K., & Knudsen, H. N. (2018). How building design and technologies influence heat-related habits. Building Research & Information, 46(1), 83-98.
Headen, I., Mujahid, M. S., Cohen, A. K., Rehkopf, D. H., & Abrams, B. (2015). Racial/ethnic disparities in inadequate gestational weight gain differ by pre-pregnancy weight. Maternal and child health journal, 19(8), 1672-1686.
Heinonen, J., & Junnila, S. (2011). A carbon consumption comparison of rural and urban lifestyles. Sustainability, 3(8), 1234-1249.
Heinonen, J., Jalas, M., Juntunen, J. K., Ala-Mantila, S., & Junnila, S. (2013). Situated lifestyles: I. How lifestyles change along with the level of urbanization and what the greenhouse gas implications are—a study of Finland. Environmental Research Letters, 8(2), 025003.
Heinonen, J., Junnila, S. (2014). Residential energy consumption patterns and the overall housing energy requirements of urban and rural households in Finland. Energy and Buildings, 76, 295-303.
Huang, W. H. (2015). The determinants of household electricity consumption in Taiwan: Evidence from quantile regression. Energy, 87, 120-133.
International Energy Agency(IEA). (2017). World Energy Outlook.
IPCC. (2014a). Summary for policymakers. In: Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada,

R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, and L.L.White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 1-32

IPCC. (2014b). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J.Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Jeeninga, H., & Huenges Wajer, B. P. F. (1999). Domestic electricity consumption and life style. Energy Efficiency and CO2 Reduction: The Dimensions of the Social Challenge, Mandelieu, France, ADEME Editions.

Jiang, L., Folmer, H., & Ji, M. (2014). The drivers of energy intensity in China: A spatial panel data approach. China Economic Review, 31, 351-360.Koenker, R. and G. Basset (1978) "Regression Quantiles." Econometrica, 46(1): 33-50.

Jiang, L., Ji, M., & Bai, L. (2015). Characterizing China's energy consumption with selective economic factors and energy-resource endowment: a spatial econometric approach. Frontiers of Earth Science, 9(2), 355-368.

Kasulis, J. J., Huettner, D. A., & Dikeman, N. J. (1981). The feasibility of changing electricity consumption patterns. Journal of Consumer Research, 8(3), 279-290.

Kim, Y. H., & Baik, J. J. (2002). Maximum urban heat island

intensity in Seoul. Journal of applied meteorology, 41(6), 651-659.

Koenker, R., & Bassett Jr, G. (1978). Regression quantiles. Econometrica: journal of the Econometric Society, 33-50.

Landsberg, H. E. (1970). Man-Made Climatic Changes: Man's activities have altered the climate of urbanized areas and may affect global climate in the future. Science, 170(3964), 1265-1274.

Landsberg, H. E. (1981). The urban climate (Vol. 28). Academic press.

Lardinois, M., Myin Germeys, I., Bak, M., Mengelers, R., Van Os, J., & Delespaul, P. A. (2007). The dynamics of symptomatic and non symptomatic coping with psychotic symptoms in the flow of daily life. Acta Psychiatrica Scandinavica, 116(1), 71-75.

Lee, S., & Lee, B. (2014). The influence of urban form on GHG emissions in the US household sector. Energy Policy, 68, 534-549.

Lobao, L., & Saenz, R. (2002). Spatial inequality and diversity as an emerging research area. Rural Sociology, 67(4), 497-511.

Lobao, L. (2004). Continuity and change in place stratification: spatial inequality and middle range territorial units. Rural Sociology, 69(1), 1-30.

Lobao, Linda M., & Gregory Hooks. (2007). Advancing the sociology of spatial inequality: spaces, places, and the subnational scale. In Lobao, L. M., Hooks, G., & Tickamyer, A. R. (Eds.), The sociology of spatial inequality(pp. 29-61).

Lobao, L. M., Hooks, G., & Tickamyer, A. R. (2007). Introduction: advancing the sociology of spatial inequality. In Lobao, L. M., Hooks, G., & Tickamyer, A. R. (Eds.), The sociology of spatial inequality(pp. 1-28).

Lobao, L. M., Hooks, G., & Tickamyer, A. R. (2008). Poverty and inequality across space: sociological reflections on the missing-middle subnational scale. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 1(1), 89-113.

Lopes, M. A. R., Antunes, C. H., & Martins, N. (2012). Energy behaviours as promoters of energy efficiency: A 21st century review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16(6), 4095-4104.

Lorenzen, J. A. (2012). Going Green: the process of lifestyle change 1. In Sociological Forum (Vol. 27, No. 1, pp. 94-116). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.

Lutzenhiser, L. (1992). A cultural model of household energy consumption. Energy, 17(1), 47-60.

Lutzenhiser, L. (1993). Social and behavioral aspects of energy use. Annual review of Energy and the Environment, 18(1), 247-289.

Lutzenhiser, L., & Hackett, B. (1993). Social stratification and environmental degradation: Understanding household CO2 production. Social Problems, 40(1), 50-73.

Lutzenhiser, L., & Gossard, M. H. (2000). Lifestyle, status and energy consumption. Proceedings American Council for an Energy Efficient Economy. Washington, DC, 207-222.

Lutzenhiser, L., Moezzi, M., Hungerford, D., & Friedmann, R. (2010). Sticky points in modeling household energy consumption.

Martiskainen & Watson. (2017), 에너지와 시민. In Ivan Scrase and Gordon Mac Kerron (Eds.). 에너지의 미래(pp. 232-255). (이경훈 역) 파주: 교보문고. (원서출판 2009).

Mashhoodi, B., & van Timmeren, A. (2018). Local determinants of household gas and electricity consumption in Randstad region, Netherlands: application of geographically weighted regression.

Spatial Information Research, 26(6), 607-618.
Matthews, S., & Parker, D. M. (2013). Progress in spatial demography. Demographic Research, 28, 271-312.
Moezzi, M., & Lutzenhiser, L. (2010). What's missing in theories of the residential energy user.
Nejat, P., Jomehzadeh, F., Taheri, M. M., Gohari, M., & Majid, M. Z. A. (2015). A global review of energy consumption, CO2 emissions and policy in the residential sector (with an overview of the top ten CO2 emitting countries). Renewable and sustainable energy reviews, 43, 843-862.
Neuman, M. (2005). The compact city fallacy. Journal of planning education and research, 25(1), 11-26.
Newman, P. G., & Kenworthy, J. R. (1989). Cities and automobile dependence: An international sourcebook.
Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. Atmospheric Environment (1967), 7(8), 769-779.
Oke, T. R. (1982). The energetic basis of the urban heat island. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 108(455), 1-24.
Oleson, K. W., Bonan, G. B., Feddema, J., & Jackson, T. (2011). An examination of urban heat island characteristics in a global climate model. International Journal of Climatology, 31(12), 1848-1865.
Pachauri, S. (2007). An energy analysis of household consumption: Changing patterns of direct and indirect use in India (Vol. 13). Springer Science & Business Media.
Paradiso, A., Kumar, S., & Rao, B. B. (2013). The growth effects of education in Australia. Applied Economics, 45(27), 3843-3852.
Park, J. (2010). Projection of long-term total factor productivity

growth for 12 Asian economies. Asian Development Bank Economics Working Paper Series, (227).

Park, B. J., Kim, Y. H., Min, S. K., Kim, M. K., Choi, Y., Boo, K. O., & Shim, S. (2017). Long Term Warming Trends in Korea and Contribution of Urbanization: An Updated Assessment. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 122(20), 10-637.

Peng, S., Piao, S., Ciais, P., Friedlingstein, P., Ottle, C., Bréon, F. M., Nan, H., Zhou, L., & Myneni, R. B. (2011). Surface urban heat island across 419 global big cities. Environmental science & technology, 46(2), 696-703.

Phillips, J. A., & Greenberg, D. F. (2008). A comparison of methods for analyzing criminological panel data. Journal of Quantitative Criminology, 24(1), 51-72.

Rosenfeld, A. H., Akbari, H., Bretz, S., Fishman, B. L., Kurn, D. M., Sailor, D., & Taha, H. (1995). Mitigation of urban heat islands: materials, utility programs, updates. Energy and buildings, 22(3), 255-265.

Salari, M., & Javid, R. J. (2017). Modeling household energy expenditure in the United States. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 69, 822-832.

Sanquist, T. F., Orr, H., Shui, B., & Bittner, A. C. (2012). Lifestyle factors in US residential electricity consumption. Energy Policy, 42, 354-364.

Sapkota, P., & Bastola, U. (2017). Foreign direct investment, income, and environmental pollution in developing countries: Panel data analysis of Latin America. Energy Economics, 64, 206-212.

Sardianou, E. (2007). Estimating energy conservation patterns of Greek households. Energy Policy, 35(7), 3778-3791.

Scheiner, J., & Kasper, B. (2003). Lifestyles, choice of housing

location and daily mobility: the lifestyle approach in the context of spatial mobility and planning. International Social Science Journal, 55(176), 319-332.

Shove, E. (2003). Converging conventions of comfort, cleanliness and convenience. Journal of Consumer policy, 26(4), 395-418.

Shove, E., & Walker, G. (2014). What is energy for? Social practice and energy demand. Theory, Culture & Society, 31(5), 41-58.

Shove, E., & Warde, A. (2002). Inconspicuous consumption: the sociology of consumption, lifestyles and the environment. Sociological theory and the environment: classical foundations, contemporary insights, 230, 51.

Smil, V. (2011). 에너지란 무엇인가 (윤순진 역). 서울: 삼천리. (원서출판 2006).

Snyder, R. (2001). Scaling down: The subnational comparative method. Studies in comparative international development, 36(1), 93-110.

Spaargaren, G., & Van Vliet, B. (2000). Lifestyles, consumption and the environment: The ecological modernization of domestic consumption. Environmental politics, 9(1), 50-76.

Strengers, Y., & Maller, C. (2011). Integrating health, housing and energy policies: social practices of cooling. Building Research & Information, 39(2), 154-168.

Sultana, S., Pourebrahim, N., & Kim, H. (2018). Household Energy Expenditures in North Carolina: A Geographically Weighted Regression Approach. Sustainability, 10(5), 1511.

Susca, T., Gaffin, S. R., & Dell'Osso, G. R. (2011). Positive effects of vegetation: Urban heat island and green roofs. Environmental pollution, 159(8-9), 2119-2126.

Tian, W., Song, J., & Li, Z. (2014). Spatial regression analysis of

domestic energy in urban areas. Energy, 76, 629-640.
Tickamyer, A. R. (2000). Space matters! Spatial inequality in future sociology. Contemporary sociology, 29(6), 805-813.
Tilov, I., & Volland, B. (2018). From average Joe to frugal Jane and wasteful John: A quantile regression analysis of Swiss households' electricity use (No. 18-07). IRENE Working Paper.
Tobler, W. R. (1970). A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. Economic geography, 46(sup1), 234-240.
United Nations. (2019). World Urbanization Prospects 2018.
VandeWeghe, J. R., & Kennedy, C. (2007). A spatial analysis of residential greenhouse gas emissions in the Toronto census metropolitan area. Journal of industrial ecology, 11(2), 133-144.
Veblen, T. (1992). The Theory of the Leisure Class. New York: Routledge.
Vogl, T. S. (2016). Differential fertility, human capital, and development. The Review of Economic Studies, 83(1), 365-401.
Voss, P. R. (2007). Demography as a spatial social science. Population research and policy review, 26(5-6), 457-476.
Videras, J. (2014). Exploring spatial patterns of carbon emissions in the USA: a geographically weighted regression approach. Population and Environment, 36(2), 137-154.
Wang, Y., Chen, W., Kang, Y., Li, W., & Guo, F. (2018a). Spatial correlation of factors affecting CO2 emission at provincial level in China: A geographically weighted regression approach. Journal of cleaner production, 184, 929-937.
Wang, Y., Zhao, M., & Chen, W. (2018b). Spatial effect of factors affecting household CO2 emissions at the provincial level in China: a geographically weighted regression model. Carbon Management, 9(2), 187-200.

Wiesmann, D., Azevedo, I. L., Ferrão, P., & Fernández, J. E. (2011). Residential electricity consumption in Portugal: Findings from top-down and bottom-up models. Energy Policy, 39(5), 2772-2779.

Wilhite, H., Shove, E., Lutzenhiser, L., & Kempton, W. (2000). The legacy of twenty years of energy demand management: we know more about individual behaviour but next to nothing about demand. In Society, behaviour, and climate change mitigation (pp. 109-126). Springer, Dordrecht.

Wilk, R. (2002). Culture and energy consumption. Energy: Science, policy and the pursuit of sustainability, 109-130.

Williams, R. L. (2000). "A note on robust variance estimation for cluster-correlated data". Biometrics, 56, 645-646.

Williams, J. (2007). Innovative solutions for averting a potential resource crisis—the case of one-person households in England and Wales. Environment, Development and Sustainability, 9(3), 325-354.

Wilson, C., & Dowlatabadi, H. (2007). Models of decision making and residential energy use. Annu. Rev. Environ. Resour., 32, 169-203.

Wooldridge, J. M. (2016). Introductory econometrics: A modern approach. Nelson Education.

Yu, H. (2012). The influential factors of China's regional energy intensity and its spatial linkages: 1988–2007. Energy Policy, 45, 583-593.

Yun, G. Y., & Steemers, K. (2011). Behavioural, physical and socio-economic factors in household cooling energy consumption. Applied Energy, 88(6), 2191-2200.

Zhao, X., Burnett, J. W., & Fletcher, J. J. (2014). Spatial analysis of

China province-level CO2 emission intensity. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 33, 1-10.

Zhou, B., Rybski, D., & Kropp, J. P. (2017). The role of city size and urban form in the surface urban heat island. Scientific reports, 7(1), 4791.

工藤拓毅. (1993). “生活行爲からみた家庭でのエネルギー消費と省エネルギー”. エネルギー経濟, 19(10). 日本 エネルギー経濟研究所.

부록 Ⅰ. 지역별 가전기기 보유와 이용시간 비교

<표 60> 안락·청결·편리 범주별 지역별 가전기기 보유대수 비교

대분류	세부 분류	전국	서울시	광역시	기타
안락 (comfort)	에어컨	0.81	0.89	0.93	0.73
	선풍기	2.08	2.14	2.12	2.05
	제습기	0.11	0.08	0.14	0.10
	가습기	0.04	0.04	0.04	0.04
	공기청정기	0.08	0.11	0.08	0.07
	안마기	0.04	0.02	0.05	0.05
	TV	1.17	1.17	1.17	1.17
	디지털 셋톱박스	0.50	0.68	0.51	0.44
	비디오/DVD플레이어	0.02	0.02	0.01	0.02
	오디오(홈시어터 포함)	0.01	0.02	0.01	0.01
	합계	4.87	5.17	5.06	4.68
청결 (cleanliness)	세탁기	1.01	1.02	1.01	1.01
	청소기	0.73	0.77	0.76	0.70
	비데	0.16	0.18	0.16	0.15
	합계	1.90	1.97	1.93	1.86
편리 (covenience)	데스크탑	0.39	0.53	0.43	0.32
	노트북	0.18	0.24	0.18	0.16
	프린터	0.07	0.03	0.09	0.07
	복합기	0.02	0.02	0.03	0.02
	전기스탠드	0.04	0.03	0.04	0.04
	전기다리미	0.55	0.56	0.68	0.49
	헤어드라이어	0.66	0.63	0.79	0.62
	무선/인터넷전화기	0.10	0.08	0.10	0.11
	휴대폰	2.09	2.51	2.27	1.86
	건조기	0.005	0.012	0.009	0.001
	냉장고	1.72	1.75	1.72	1.71
	전기밥솥	0.85	0.77	0.89	0.85
	커피메이커	0.05	0.07	0.06	0.04
	정수기	0.30	0.33	0.34	0.28
	전자레인지	0.77	0.77	0.86	0.72
	전기믹서/쥬서	0.37	0.31	0.42	0.36
	전기프라이펜	0.08	0.03	0.07	0.10
	전기인덕션/하이라이트	0.05	0.07	0.05	0.04
	토스트기	0.12	0.14	0.14	0.10
	전기오븐	0.05	0.09	0.06	0.04
	전기포트	0.41	0.36	0.34	0.46
	음식물처리기	0.00	0.01	0.00	0.00
	식기건조기	0.01	0.01	0.01	0.01
	식기세척기	0.01	0.02	0.01	0.01
	합계	8.89	9.38	9.59	8.40
가전기기 총 합계		15.66	16.52	16.59	14.94

<표 61> 지역별 가전기기별 가구당 연간 이용시간

(단위: 시간/가구)

대분류	소분류	전국	지역			
			서울시	광역시	기타 지역	지역간 편차
TV	TV 전체	1991.24	1918.00	1950.43	2036.01	61.0
	브라운관	321.50	234.77	233.08	392.84	91.8
	PDP/LCD	772.88	798.94	702.65	796.43	54.9
	LED	896.77	884.32	1014.41	846.69	88.0
세탁기	세탁기 전체	199.26	220.44	207.33	188.11	16.3
	일반형	135.70	148.69	142.41	128.04	10.6
	드럼형	63.56	71.74	64.93	60.05	5.9
에어컨	에어컨 전체	115.03	124.51	147.38	96.75	25.4
	분리_벽걸이	44.71	46.84	56.21	38.64	8.8
	분리_스탠드	58.63	58.92	78.93	49.14	15.2
	멀티_벽걸이	1.49	1.37	1.04	1.74	0.4
	멀티_스탠드	0.02	0.02	0.02	0.03	0.0
	시스템형	2.80	3.28	4.92	1.66	1.6
컴퓨터	컴퓨터 전체	244.77	321.44	250.26	215.36	54.1
	데스크탑	143.82	198.63	159.61	117.30	40.7
	노트북	100.95	122.81	90.64	98.05	16.8
청소기	청소기전체	47.68	50.57	54.21	43.64	5.4
	일반	45.67	48.29	52.21	41.74	5.3
	로봇	0.76	0.80	0.87	0.70	0.1
선풍기		927.11	1096.34	941.95	860.94	119.6

출처: 2017년 가구에너지상설표본조사에서 재구성.

주: 지역별 추정값이 전국 추정값 보다 높은 경우에 음영 표시함.

부록 Ⅱ. 기온의 전력소비 효과 관련 주요 분석 결과

<표 62> 합동 OLS모형 분석 결과(모형 1, 모형 2)

변수명		모형1		모형2	
		회귀계수	표준오차	회귀계수	표준오차
기온	냉방도일(18℃)	0.374***	0.050		
	냉방도일(24℃)			0.820***	0.111
	난방도일(18℃)	0.085***	0.017		
	난방도일(12℃)			0.086***	0.019
사회적 구조	가구당 가구원수	887.301***	53.277	915.635***	52.422
	노령화지수	-0.280***	0.081	-0.287***	0.081
	ln(세대당 지방세부담액)	208.521***	12.522	210.201***	12.509
주택 특성	아파트 거주가구비율	93.374	58.050	74.265	57.527
	신규주택비율	-425.545***	90.560	-417.322***	90.524
상수항		-811.698***	162.853	-627.570***	158.586
Adj R^2		0.6373		0.6378	
VIF 최대값		4.65		4.51	
Log Likelihood		-12391.29		-12390.05	
AIC		24798.58		24796.10	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

<표 63> 합동 OLS모형 분석 결과(모형 3, 모형 4)

변수명		모형3		모형4	
		회귀계수	표준오차	회귀계수	표준오차
기온	sqrt(폭염냉방도일)	-5.809*	3.302		
	sqrt(열대야냉방도일)			65.837***	4.502
	난방도일(18℃)	0.019	0.015	0.134***	0.016
사회적 구조	가구당 가구원수	977.249***	52.557	874.692***	50.173
	노령화지수	-0.309***	0.083	-0.147*	0.079
	ln(세대당 지방세부담액)	213.021***	12.734	209.136***	12.013
주택 특성	아파트 거주가구비율	48.380	59.065	118.632**	55.460
	신규주택비율	-437.751***	91.870	-323.092***	87.243
상수항		-580.256***	163.281	-833.696***	154.774
Adj R^2		0.6267		0.6659	
VIF 최대값		4.57		4.50	
Log Likelihood		-12417.20		-12317.28	
AIC		24850.40		24650.57	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

<표 64> 공간시차 패널모형 분석 결과(모형 1, 모형 2)

변수명		모형1		모형2	
		회귀계수	Robust Std. Err.	회귀계수	Robust Std. Err.
기온	냉방도일(18℃)	0.262***	0.088		
	냉방도일(24℃)			0.480***	0.132
	난방도일(18℃)	0.242***	0.061		
	난방도일(12℃)			0.249***	0.058
사회적 구조	가구당 가구원수	1170.806***	151.163	1144.619***	144.401
	노령화지수	-0.554***	0.203	-0.553***	0.202
	ln(세대당 지방세부담액)	15.099	26.188	20.587	26.674
주택 특성	아파트 거주가구비율	163.618	309.272	210.461	307.663
	신규주택비율	561.711***	98.968	550.616***	97.894
Rho		0.2623***	0.0476	0.2625***	0.0477
지역고정효과		있음		있음	
시간고정효과		있음		있음	
Within R^2		0.3439		0.3626	
Log Likelihood		-10275.51		-10274.53	
AIC		20569.02		20567.07	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$
주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

<표 65> 공간시차 패널모형 분석 결과(모형 3, 모형 4)

변수명		모형3		모형4	
		회귀계수	Robust Std. Err.	회귀계수	Robust Std. Err.
기온	sqrt(폭염냉방도일)	8.042***	2.184		
	sqrt(열대야냉방도일)			15.072***	4.131
	난방도일(18℃)	0.170***	0.054	0.167***	0.049
사회적 구조	가구당 가구원수	1115.924***	145.800	1137.990***	143.491
	노령화지수	-0.570***	0.204	-0.526**	0.204
	ln(세대당 지방세부담액)	15.857	26.029	18.059	26.608
주택 특성	아파트 거주가구비율	197.900	308.417	238.675	306.566
	신규주택비율	552.682***	97.611	555.206***	98.862
Rho		0.2669***	0.0473	0.2604***	0.0481
지역고정효과		있음		있음	
시간고정효과		있음		있음	
Within R^2		0.3378		0.3458	
Log Likelihood		-10278.90		-10272.85	
AIC		20575.79		20563.70	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$
주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

<표 66> 공간오차 패널모형 분석 결과(모형 1, 모형 2)

변수명		모형1		모형2	
		회귀계수	Robust Std. Err.	회귀계수	Robust Std. Err.
기온	냉방도일(18℃)	0.307***	0.109		
	냉방도일(24℃)			0.580***	0.158
	난방도일(18℃)	0.300***	0.071		
	난방도일(12℃)			0.323***	0.067
사회적 구조	가구당 가구원수	1264.996***	174.978	1241.172***	168.903
	노령화지수	-0.611***	0.234	-0.615***	0.234
	ln(세대당 지방세부담액)	5.799	27.846	9.884	28.105
주택 특성	아파트 거주가구비율	26.240	314.311	57.270	312.952
	신규주택비율	572.645***	106.342	563.699***	105.218
Lambda		0.2331***	0.0688	0.2386***	0.0683
지역고정효과		있음		있음	
시간고정효과		있음		있음	
Within R^2		0.3494		0.3679	
Log Likelihood		-10295.94		-10293.73	
AIC		20609.88		20605.46	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$
주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

<표 67> 공간오차 패널모형 분석 결과(모형 3, 모형 4)

변수명		모형3		모형4	
		회귀계수	Robust Std. Err.	회귀계수	Robust Std. Err.
기온	sqrt(폭염냉방도일)	11.110***	2.607		
	sqrt(열대야냉방도일)			17.528***	4.724
	난방도일(18℃)	0.217***	0.061	0.212***	0.055
사회적 구조	가구당 가구원수	1214.191***	171.986	1235.831***	167.418
	노령화지수	-0.641***	0.233	-0.588**	0.238
	ln(세대당 지방세부담액)	6.393	27.378	9.076	28.392
주택 특성	아파트 거주가구비율	37.138	313.080	82.896	313.326
	신규주택비율	567.349***	105.048	566.920***	106.170
Lambda		0.2484***	0.0662	0.2312***	0.0714
지역고정효과		있음		있음	
시간고정효과		있음		있음	
Within R^2		0.3470		0.3495	
Log Likelihood		-10296.80		-10293.37	
AIC		20611.60		20604.74	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$
주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

부록 Ⅲ. 지역 군집간 기온 효과 차이 분석

<표 68> 지역 군집별 시·군·구 분류

군집명	소속 시·군·구	개수
고위도 지역 A군집	서울종로구, 서울중구, 서울용산구, 서울성동구, 서울광진구, 서울동대문구, 서울중랑구, 서울성북구, 서울강북구, 서울도봉구, 서울노원구, 서울은평구, 서울서대문구, 서울마포구, 서울양천구, 서울강서구, 서울구로구, 서울금천구, 서울영등포구, 서울동작구, 서울관악구, 서울서초구, 서울강남구, 서울송파구, 서울강동구, 인천동구, 인천남구, 인천남동구, 인천부평구, 경기수원시, 경기안양시, 경기부천시	32
저위도 지역 A군집	부산중구, 부산서구, 부산동구, 부산영도구, 부산부산진구, 부산동래구, 부산남구, 부산해운대구, 부산사하구, 부산연제구, 부산수영구, 부산사상구, 대구중구, 대구서구, 대구남구, 대구달서구, 광주서구, 울산중구, 울산남구, 울산동구	20
고위도 지역 B군집	인천중구, 인천연수구, 인천계양구, 인천서구, 인천강화군, 경기성남시, 경기의정부시,경기광명시, 경기평택시, 경기동두천시, 경기안산시, 경기고양시, 경기과천시, 경기구리시, 경기남양주시, 경기오산시, 경기시흥시, 경기군포시, 경기의왕시, 경기하남시, 경기용인시, 경기파주시, 경기이천시, 경기안성시, 경기김포시, 경기화성시, 경기광주시, 경기양주시, 경기포천시, 경기여주시, 경기연천군, 경기가평군, 경기양평군, 강원춘천시, 강원동해시, 충남천안시, 충남아산시, 충남당진시	38
저위도 지역 B군집	부산북구, 부산금정구, 부산강서구, 부산기장군, 대구수성구, 대구달성군, 광주남구, 광주북구, 광주광산구, 울산울주군, 충남서천군, 전북전주시, 전북군산시, 전북익산시, 전북정읍시, 전북김제시, 전북순창군, 전북고창군, 전북부안군, 전남목포시, 전남여수시, 전남순천시, 전남나주시, 전남광양시, 전남담양군, 전남곡성군, 전남고흥군, 전남보성군, 전남화순군, 전남장흥군, 전남강진군, 전남해남군, 전남영암군, 전남무안군, 전남함평군, 전남영광군, 전남장성군, 전남완도군, 전남진도군, 전남신안군, 경북경산시, 경북청도군, 경북고령군, 경남진주시, 경남통영시, 경남사천시, 경남김해시, 경남밀양시, 경남거제시, 경남양산시, 경남창원시, 경남의령군, 경남함안군, 경남창녕군, 경남고성군, 경남남해군, 경남하동군	57
중위도 지역 군집	대구동구, 대구북구, 대전동구, 대전중구, 대전서구, 대전유성구, 대전대덕구, 울산북구, 세종시, 충북충주시, 충북청주시, 충북보은군, 충북옥천군, 충북영동군, 충북진천군, 충북괴산	51

	군, 충북음성군, 충북단양군, 충북증평군, 충남공주시, 충남보령시, 충남서산시, 충남논산시, 충남금산군, 충남부여군, 충남청양군, 충남홍성군, 충남예산군, 충남태안군, 전북완주군, 전북임실군, 경북포항시, 경북경주시, 경북김천시, 경북안동시, 경북구미시, 경북영주시, 경북영천시, 경북상주시, 경북문경시, 경북군위군, 경북의성군, 경북청송군, 경북영양군, 경북영덕군, 경북성주군, 경북칠곡군, 경북예천군, 경북울진군, 경남산청군, 경남합천군	
산간지역군집	광주동구, 강원원주시, 강원강릉시, 강원태백시, 강원속초시, 강원삼척시, 강원홍천군, 강원횡성군, 강원영월군, 강원평창군, 강원정선군, 강원철원군, 강원화천군, 강원양구군, 강원인제군, 강원고성군, 강원양양군, 충북제천시, 충남계룡시, 전북남원시, 전북진안군, 전북무주군, 전북장수군, 전남구례군, 경북봉화군, 경남함양군, 경남거창군	27
총 계		225

<표 69> 지역 군집별 상호작용효과

변수명	군집명	냉방도일(24℃)		변수명	군집명	폭염냉방도일		변수명	군집명	열대야냉방도일	
		회귀계수	Robust Std. Err.			회귀계수	Robust Std. Err.			회귀계수	Robust Std. Err.
냉방도일 (24℃)	고위도 A	0.507***	0.085	sqrt폭염 냉방도일	고위도 A	12.734***	2.652	sqrt열대야 냉방도일	고위도 A	13.580***	2.260
	저위도 A	0.451***	0.098		저위도 A	10.214***	3.027		저위도 A	14.652***	3.636
	고위도 B	0.214**	0.098		고위도 B	1.968	2.114		고위도 B	11.694***	4.484
	저위도 B	0.412***	0.084		저위도 B	3.797***	1.431		저위도 B	18.800***	4.780
	중위도	0.352***	0.099		중위도	2.605*	1.408		중위도	15.637***	5.016
	산간	0.009	0.140		산간	-4.315	3.134		산간	-1.994	5.957
난방도일 (12℃)	고위도 A	0.155***	0.055	난방도일	고위도 A	0.097**	0.040	난방도일	고위도 A	0.079**	0.039
	저위도 A	0.137**	0.057		저위도 A	0.116**	0.054		저위도 A	0.087	0.056
	고위도 B	0.152***	0.047		고위도 B	0.096***	0.037		고위도 B	0.083**	0.036
	저위도 B	0.084	0.052		저위도 B	0.092**	0.042		저위도 B	0.043	0.038
	중위도	0.117***	0.041		중위도	0.082**	0.035		중위도	0.069**	0.034
	산간	0.146***	0.043		산간	0.091**	0.035		산간	0.109***	0.034
가구당 가구원수	고위도 A	653.54**	308.91	가구당 가구원수	고위도 A	686.66**	301.00	가구당 가구원수	고위도 A	751.69**	294.28
	저위도 A	953.54**	405.19		저위도 A	1022.98**	401.40		저위도 A	909.33**	394.67
	고위도 B	1148.18***	261.13		고위도 B	1091.90***	262.03		고위도 B	1140.73***	256.69
	저위도 B	630.09***	225.98		저위도 B	618.26***	222.43		저위도 B	651.41***	225.01
	중위도	1005.12***	162.09		중위도	989.54***	157.16		중위도	1010.02***	154.64
	산간	753.92***	215.22		산간	729.24***	210.65		산간	712.16***	208.84
노령화 지수	고위도 A	-1.713	1.108	노령화 지수	고위도 A	-1.594	1.068	노령화 지수	고위도 A	-1.544	1.072
	저위도 A	-0.189	0.460		저위도 A	-0.181	0.445		저위도 A	-0.211	0.445
	고위도 B	-0.887**	0.445		고위도 B	-0.932**	0.448		고위도 B	-0.900**	0.450
	저위도 B	-0.647**	0.319		저위도 B	-0.620*	0.318		저위도 B	-0.627**	0.307
	중위도	-0.316**	0.146		중위도	-0.325**	0.144		중위도	-0.334**	0.140
	산간	-0.510*	0.308		산간	-0.485	0.304		산간	-0.450	0.297

ln세대당 지방세 부담액	고위도 A	-48.206	58.877	ln세대당 지방세 부담액	고위도 A	-76.494	65.052	ln세대당 지방세 부담액	고위도 A	-45.990	62.561
	저위도 A	-4.517	27.432		저위도 A	-4.216	27.942		저위도 A	-10.933	25.733
	고위도 B	154.754***	49.349		고위도 B	129.446***	49.282		고위도 B	142.846***	49.450
	저위도 B	24.135	65.782		저위도 B	12.369	65.490		저위도 B	33.586	61.677
	중위도	23.720	36.720		중위도	11.752	37.789		중위도	25.594	36.442
	산간	5.753	58.114		산간	-13.463	54.311		산간	-8.648	53.834
아파트 거주가구 비율	고위도 A	2150.49***	510.07	아파트 거주가구 비율	고위도 A	2148.81***	507.90	아파트 거주가구 비율	고위도 A	2155.04***	508.85
	저위도 A	901.69	1373.97		저위도 A	753.24	1333.42		저위도 A	820.84	1318.05
	고위도 B	1033.87**	413.97		고위도 B	1060.14**	424.63		고위도 B	1020.03**	414.40
	저위도 B	-666.82	441.15		저위도 B	-668.29	437.97		저위도 B	-669.88	429.59
	중위도	435.87	284.35		중위도	463.88	285.65		중위도	417.78	294.00
	산간	-616.14	415.28		산간	-701.96*	424.57		산간	-651.50	423.82
신규주택 비율	고위도 A	284.72	204.37	신규주택 비율	고위도 A	229.50	203.12	신규주택 비율	고위도 A	249.90	201.85
	저위도 A	607.51**	275.20		저위도 A	663.69**	268.52		저위도 A	763.40***	271.24
	고위도 B	379.69***	88.16		고위도 B	381.89***	89.55		고위도 B	364.10***	90.04
	저위도 B	637.71*	338.23		저위도 B	657.79*	337.02		저위도 B	706.99**	337.73
	중위도	614.83***	158.78		중위도	599.17***	159.53		중위도	618.47***	159.40
	산간	851.84***	258.53		산간	754.17***	245.82		산간	785.08***	254.01
Rho		0.5297***	0.0681	Rho		0.5511***	0.0653	Rho		0.5466***	0.0648
Lambda		-0.6477***	0.1273	Lambda		-0.6620***	0.1233	Lambda		-0.6695***	0.1233
Within R^2		0.3847		Within R^2		0.3405		Within R^2		0.3666	
Log Likelihood우도		-10152.72		Log Likelihood		-10161.60		Log Likelihood		-10149.79	
AIC		20395.44		AIC		20413.21		AIC		20389.58	
지역 고정효과		있음		지역 고정효과		있음		지역 고정효과		있음	
시간 고정효과		있음		시간 고정효과		있음		시간 고정효과		있음	

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$
주: 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

<표 70> 기온 효과 크기에 대한 군집간 차이 검정

군집간 차이 검정	냉방도일 (24℃)		난방도일 (12℃)		폭염냉방도일		열대야 냉방도일	
	계수 차이	표준 편차	계수 차이	표준 편차	계수 차이	표준 편차	계수 차이	표준 편차
고위도 A - 저위도 A	0.06	0.09	0.02	0.05	2.52	3.30	-1.07	3.60
고위도 A - 고위도 B	0.29***	0.09	0.00	0.04	10.77***	2.83	1.89	4.53
고위도 A - 저위도 B	0.10	0.07	0.07*	0.04	8.94***	2.39	-5.22	4.43
고위도 A - 중위도	0.16***	0.08	0.04	0.03	10.13***	2.51	-2.06	4.96
고위도 A - 산간	0.50***	0.12	0.01	0.03	17.05***	3.75	15.57***	5.93
저위도 A - 고위도 B	0.24***	0.10	-0.01	0.04	8.25***	3.15	2.96	4.66
저위도 A - 저위도 B	0.04	0.07	0.05	0.05	6.42**	2.75	-4.15	4.89
저위도 A - 중위도	0.10	0.09	0.02	0.04	7.61***	2.89	-0.98	5.39
저위도 A - 산간	0.44***	0.12	-0.01	0.04	14.53***	3.99	16.65***	6.27
고위도 B - 저위도 B	-0.20***	0.09	0.07*	0.04	-1.83	1.97	-7.11	5.17
고위도 B - 중위도	-0.14	0.09	0.04	0.03	-0.64	2.07	-3.94	5.78
고위도 B - 산간	0.20	0.13	0.01	0.03	6.28*	3.49	13.69*	7.04
저위도 B - 중위도	0.06	0.08	-0.03	0.03	1.19	1.66	3.16	5.94
저위도 B - 산간	0.40***	0.11	-0.06*	0.04	8.11***	3.12	20.79***	5.98
중위도 - 산간	0.34***	0.13	-0.03	0.02	6.92**	3.26	17.63**	7.33

$p<0.01^{***}$, $p<0.05^{**}$, $p<0.1^{*}$

주: 1) 모든 모형은 강건한 표준오차(Robust Standard Errors)를 적용함.

2) 유의한 차이가 나타나는 경우에 음영 표시함.

Abstract

Analysis of Residential Electricity Consumption Factors by Regional Characteristics

Jongmun Park
Department of Environmental Planning
Graduate School of Environmental Studies
Seoul National University

Residential electricity consumption continues to increase both domestically and internationally. Reduction in residential electricity consumption is important in terms of responding to climate change and stabilizing energy supply and demand. Recently, the role of local and central governments in energy management has been emphasized. However, local energy policies, such as local energy plan, have been standardized, and drafted and implemented for the sake of formality, without taking into consideration the regional characteristics of each locale. Therefore, in order for local governments to establish more effective and suitable energy policies, it is important to systematically understand the energy consumption process at the domestic level, and identify the effects of various factors that may influence energy consumption.

In order to analyze the effect of residential electricity consumption factors, first, we must explore various consumption factors. Sociologically speaking, residential energy consumption is in itself essential to human activity, and is linked to a variety of everyday activities. Such activities are conceptualized to a household's lifestyle, which in turn is shaped by social structure, as an individual's access to resources or finances and preferred cultural tastes vary according to their social class.

Social structures can differ from location to location with demographers, geologists and sociologists often concerned with where social groups and classes are located, and why they are located in said location. As with social structures, lifestyles also have different characteristics depending on where the household is located. For example, residents' lifestyles differ from metropolitan areas, the suburbs, and rural areas, with the energy consumption or greenhouse gas emissions also varying, depending on where the resident lives. Temperature distribution also varies depending on spatial characteristics. Land cover change and increasing man-made structures from urbanization affect heat absorption and air circulation in the urban area, causing urban heat island effect. Such characteristics in urban temperatures, in turn, increases the demand for cooling energy in urban residential areas.

Since social structure, lifestyle, and temperature characteristics may vary from region to region, an analysis of consumption factors is necessary. Moreover, local governments should reflect upon such regional differences when designing policies. However, upon review, local energy plans of major local governments simply emphasize only fragmentary implementation, and increasing citizen participation. Also, there was a lack of discussion on sustainability and collaborative

policy development. Above all, local energy plan designs failed to incorporate the regional characteristics. Therefore, it is important to analyze the effects of domestic electricity consumption factors that reflect the regional differences and to improve local energy plans based on the analyzed results.

In order to closely analyze the residential electricity consumption, first, the temporal trend and spatial distribution of electricity consumption and other major factors were analyzed. Residential electricity is steadily increasing, and other major factors including single-person households, elderly population, households living in apartments, and the number of home appliances are also rising. In addition, since 2010, the level of temperature change has increased.
In terms of space, electricity consumption per household, household size, single-person households, income level, households living in apartments, the number and use of home appliances, population density, land use and development levels are relatively high in urbanized areas. In rural areas, on the other hand, the population is relatively older, homes larger, with a higher number of television sets in use. There are more cooling degree days in the urban areas, while more heating degree days are formed in areas with a high altitude or latitude.

The household unit analysis used the variables related to social structure and lifestyle in the model, and controlled the temperature difference between regions through the regional fixed effect. Focusing on the heterogeneity across regions, household samples were categorized into two regions, first, Seoul metropolitan area and other metropolitan cities, and second, other regions, with the comparisons being made between these categories. Quantile regression was used to analyze the variables.

Results showed that households living in Seoul and other metropolitan cities are affected by factors such as household income and house size, and electricity powered heating and cooking options, while households residing in other regions were affected more by age and education, occupation, home ownership, and length of residence.

Such results show that it is necessary to refine policy scope according to the region by utilizing residential energy diagnosis projects that can help change the activities of residential electricity consumption. In metropolitan areas, households with high incomes, large houses, using electricity powered heating, cooling systems, and electric home and cooking appliances require more attention. Elsewhere, there is a need to focus on older, self-employed individuals who spend a lot of time at home, or households that have lived in one residential home for a long period of time. Due to such differences, various collaborative policy measures were examined, such as various policy measures such as solar panel installation, energy efficiency incentives, and financial support for purchasing high-efficiency appliances.

With the spatial unit analysis, the temperature was identified as the main variable of interest, while the social structure and the housing characteristics were set as the control variables. From 2010 to 2017, the effects of temperature change, such as cooling degree days (CDD), heating degree days (HDD), heat cooling degree days (HCDD), and tropical night cooling degree days (TNCDD) at the Si·Gun·Gu level were analyzed. In the process of constructing temperature variables at the Si·Gun·Gu level, spatial interpolation was used to identify the temperature in areas without the Korea Meteorological Administration observation site. The spatial panel model captured and controlled the effects of similar lifestyles between

neighboring regions. Also, interaction terms are used for comparing the effects of temperature variables between regional clusters and the difference in effect size between the interaction terms was examined to verify it was statistically significant.

The results show that CDD, HDD, HCDD, and TNCDD all increase residential electricity consumption at the Si·Gun·Gu level. The percentage of households living in apartments was found to have an interaction effect with CDD and HCDD. When the temperature rises and heat waves occur, it may result in an urban heat island in areas where apartments are densely populated, with the use of air-conditioning appliances becoming more frequent. Therefore, policy instruments such as spatial planing of apartment complexes, energy conservation efforts by households, and promoting the installation of solar panels need to be strengthened. Results from examining the difference in temperature between regional clusters confirmed that CDD and HCDD differed significantly among the clusters. In particular, significant differences were found between the clusters according to the degree of urbanization, suggesting that more attention must be given to managing residential electricity demand in Seoul and other metropolitan cities during the summer or when heat waves occur.

Therefore, policy response to temperature change should not only include strategies to reduce urban heat, such as expanding green spaces, parks, and green roof gardening, but should include measures to change habits, institutional knowledge and technology, and values that can affect indoor temperature in homes. In addition, when considering housing such as apartments, solar panels need to be actively distributed and installed in major metropolitan areas in order to cope with the cooling demands from rising temperatures. Taking

into consideration that more air conditioners and heating appliances are used more frequently in large cities, home energy diagnostics may be beneficial as they provide various information such as energy-efficient heating and cooling methods, and regulating body temperature without using home appliances. Also, policies promoting high-efficiency heating and cooling appliances need to be actively implemented.

It is necessary for future local energy plans to clarify the specific policy scope and determine regional demand management measures according to the regional characteristics as the effect of consumption factors differs from region to region. According to the results from the model analysis, social structure, lifestyle, and temperature effects, which varies from region to region, need to be reflected upon when planning and implementing local energy plans. Moreover, it is important to continuously accumulate energy demand management research at the regional level. As we continue to reflect the results from such research, we may gradually see the implementation and establishment of regional characteristics in local energy plans, and a rationalized energy use at the regional level, and thus further contribute to the mitigation of, and adaptation to climate change.

keywords : Residential Electricity Consumption, Local Energy Plan, Social Structure, Life Style, Practice, Temperature
Student Number : 2016-30690