

## 탄소중립 공정전환을 위한 기후취약계층 정의에 관한 연구: 탄소세 시나리오 분석\*

Defining the vulnerable class for fair transition of Net-Zero in Korea:  
Scenario for the carbon taxation

김해동\*\* · 남지형\*\*\*  
Haedong Kim · Jihyung Nam

**요약:** 본 연구는 다양한 에너지빈곤 지표를 활용하여 기후취약계층 가구의 특성을 분석한다. 또한, 패널회귀 분석을 통해 소득구간별 도시가스 가격탄력성을 추정하여 저소득층이 탄소세 도입 등으로 인한 에너지가격 상승에 어떤 영향을 받는지 분석한다. 정확도가 높은 가구의 경우 노인가구, 1인가구 비율이 높았다. 특히, 정확도가 높은 가구에서 거주공간의 에너지효율성이 낮게 나타난 것이 주요 특징이다. 본 연구의 분석 결과, 정확도가 높은 에너지가구의 경우 공통적으로 거주공간의 에너지효율성이 낮게 나타난 것이 주요 특징이다. 해당 결과를 통해 기후취약계층을 지원하는 정책의 경우, 정책대상 선정시 소득 외에 거주공간의 에너지효율성 등을 고려하고, 장기적으로 에너지효율성을 개선하는 지원이 필요하다. 또한, 가장 소득이 낮은 가구들의 경우 도시가스 가격인상에 탄력적으로 나타났으며, 소득이 높아질수록 점점 비탄력적임을 확인하였다. 가구별 소득구간에 따라 도시가스 가격 탄력성이 크게 상이하기 때문에, 향후 탄소세 도입시 기후취약계층이 적정 수준의 에너지 사용량을 유지할 수 있도록 추가적인 복지정책이 필요함을 확인하였다.  
**핵심주제어:** 기후취약계층, 에너지빈곤 정확도, 탄소세, 에너지효율성

**Abstract:** This study analyzes the characteristics of climate-vulnerable households through the use of various energy poverty indicators. Additionally, to examine how low-income households are affected by energy price increases resulting from carbon taxation and other measures, it estimates the urban gas price elasticity by income group through a panel regression analysis. High-accuracy households showed higher proportions of elderly, single-person, and female households. The lowest-income households demonstrated significant responsiveness to gas price increases, while the elasticity decreased as income rose. Due to these significant variations in gas price elasticity depending on income levels, it is essential to consider relevant welfare policies to ensure climate-vulnerable groups can maintain an adequate level of energy consumption. Based on the results, policies aimed at supporting climate-vulnerable populations should consider factors beyond income taking into account aspects such as the energy efficiency.

**Key Words:** Energy Poverty, Energy Poverty Accuracy, Carbon Tax, Energy Efficiency

\* 이 논문은 2021년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2021S1A5B5A17047593)

\*\* 제1저자, 연세대학교 경제학과 박사과정

\*\*\* 교신저자, 연세대학교 경제학과 석사과정

## I. 서론

2023년의 서울의 1월 최저기온은 영하 17.3도로 2000년 이래로 6번째로 추운 겨울이었다. 1980년 이후 서울의 최저기온이 영하 17도 이하로 낮아진 연도는 최근으로 올수록 연도 간 간격이 좁아지고 있다. 기후변화의 영향 외에도 러시아-우크라이나 전쟁 등으로 인한 원유 및 도시가스 가격 상승으로 인해 난방비 또한 상승하였다.

EU와 더불어 미국이 탄소중립이라는 기조를 진행함에 따라 우리나라도 2020년 12월 '2050 탄소중립 계획'을 발표하였다. 탄소중립 정책 과정에서 단기간에 신재생에너지 발전을 늘리고 화력 및 원자력발전의 비중을 줄인다면, 이에 따라 단기적으로 에너지요금은 상승할 수밖에 없다. 현 정부에서 탈원전 정책은 폐기되었으나, 탈석탄은 지속되고 있는 상황 속에서 세계정세의 불안정성으로 인해 에너지요금은 크게 상승하였다.

김재엽·조성진(2023) 및 심수아·이중현(2022)는 탄소중립 달성을 위한 탄소세 도입으로 발전비용 증가를 유발해 전기요금이 인상된다고 밝히고 있다. Zhuo et al.(2022)는 재생에너지 단가가 감소하지만 이와 더불어 재생에너지 설비 투자액 증가와 재생에너지의 발전량의 간헐성(intermittency)으로 인해 주요 에너지인 전력 가격이 상승함을 밝혔다. 만약 에너지전환 정책 기조가 유지되어 에너지가격 상승세가 지속된다면 기존에 취약계층에 해당했던 가구의 기후 취약도가 심각해질 뿐만 아니라 기후취약계층의 범위 또한 증가할 것이다.

탄소중립 공정전환의 '공정'한 전환이 되기 위해서는 기후취약계층을 정확히 선별하여 지원 정책을 시행해야 한다. 그러나 아직까지 탄소중립사회로의 공정전환에 있어 기후취약계층을 어떤 식으로 정의하고 파악할지에 대한 연구는 이루어지지 않고 있다. 한국의 경우 겨울철 충분히 에너지를 사용하지 못한다면 기후취약계층에 해당할 가능성이 높다. 따라서, 본 연구에서는 경제적 제약 등으로 인하여 적정수준으로 난방을 하지 못하는 가구를 기후취약계층으로 정의하고자 한다. 이는 Boardman(1991; 1993)에서 사용된

에너지빈곤(energy poverty)의 개념과 유사하다. 이에 따라 본 연구는 선행 연구에서 제시한 여러 에너지빈곤 지표를 함께 사용하여, 국내 기후취약계층의 특징을 비교·분석하고자 한다. 그리고 이를 통하여 탄소중립 과정에서 기후취약계층으로 분리될 수 있는 가구들이 어떤 유형인지를 상세히 살펴보고자 한다. 마지막으로, 우리나라의 탄소중립 과정에서 탄소세 등으로 발생한 에너지가격 상승이 기후취약계층에게 미치는 영향을 분석하고자 한다.

도시가스 요금이 최근 급상승하는 등 겨울철 기후취약계층문제가 중요해짐에 따라, 동계 기후취약계층의 특징에 대해 분석하고자 한다. 도시가스는 주로 동계기간인 12월에서 2월에 난방용으로 사용되며 여름철에는 월평균 사용량이 1/3 수준으로 하락한다(김점수·양춘승·박중구, 2011). 또한, 가계 동향조사 자료를 사용하여 가구의 에너지사용 패턴 및 에너지빈곤 특징을 분석한 윤지윤(2016), 이은솔·송철중(2022)의 경우 1분기 자료를 동계 에너지 사용량으로 설정하여, 에너지취약계층의 소득 및 에너지지출에 대해 분석을 진행하였다.<sup>1)</sup> 그러나 해당 연구들은 기후취약계층의 주요 요인인 에너지효율성을 반영하지 못하였다. 본 연구에서도 겨울철 도시가스 요금을 분석하기 위하여 1분기 자료를 이용하고, 소득 및 에너지지출액뿐 아니라 주거면적 정보를 활용하여 거주공간의 에너지효율성을 기후취약계층 분석에 이용하는 것이 주요 차별점이다.

본 연구에서는 우선, 다양한 에너지빈곤 지표를 활용하여 기후취약계층의 특징을 분석함으로써, 어떤 유형의 가구가 더 정확한 기후취약계층인지 분석하고자 한다. 다음으로, 소득분위별 에너지 가격탄력성을 도출하여 탄소세 도입 등으로 인한 에너지가격 상승이 소득구간별 어떤 영향을 미치는지 분석을 진행하였다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. II장에서 선행연구를 정리한다. III장에서

1) 동계 에너지소비량을 분석하기 위해서는 12월 자료도 함께 분석하는 것이 바람직하지만, 본 연구에서 분석에 사용하는 가계동향조사자료의 경우 분기별로만 자료를 제공한다는 한계점과 12월, 3월의 도시가스 사용량이 비슷하다는 점, 그리고 선행연구에서도 1분기만을 이용한다는 점을 바탕으로 1분기 자료를 사용하여 동계 에너지소비량을 분석하였다.

분석에 사용한 자료 및 다양한 에너지빈곤 지표를 이용한 기후취약계층 가구 특징 분석 결과를 제시한다. 그리고 마지막 IV장에서 주요 결과 및 시사점을 정리한다.

## II. 선행연구 및 차별점

본 연구에서는 탄소중립 공정전환 과정에서 발생할 수 있는 기후취약계층을 정의하는 지표로 에너지빈곤 지표를 활용한다. 에너지빈곤이란 적정 수준의 냉방 혹은 난방을 하지 못하는 상태를 의미하며, 이러한 상태에 처한 가구를 에너지빈곤가구라 칭한다. 현재까지 에너지빈곤가구를 정의하기 위해 Boardman(1991), Hills(2012), 진상현(2011), 윤태연·이은솔·박광수(2019)와 같이 에너지빈곤지표에 관해 다양한 연구가 이루어졌다.

최초로 진행된 에너지빈곤 연구는 1979년 영국에서 시행되었다(Isherwood & Hancock, 1979). 해당 연구는 영국 FES(Family Expenditure Survey) 자료를 사용하여 광열비가 중위값의 두 배일 경우 연료비 과다지출 가구로 정의하였다. '에너지빈곤(energy poverty)' 개념을 최초로 정의한 연구는 Boardman(1991)으로, 한 가구의 연료비지출이 가구소득의 10% 이상 차지할 경우 에너지빈곤 가구로 정의하는 TPR(Ten Percent Rule)을 제시하였다.

공정전환으로 인한 전력 등 에너지가격 상승은 고소득층보다 저소득층에게 더 큰 부담을 지운다. 따라서, 이러한 특성을 고려한 에너지빈곤 측정 지표가 필요하였고, 이에 Hills(2012)는 TPR 지표를 보완하여 소득빈곤과 에너지빈곤을 구분하는 지표인 LIHC(Low Income High Cost)를 개발하였다. 영국 정부는 Hills(2012)에서 밝힌 기준에 따라 2013년부터 공식적으로 에너지빈곤 측정기준을 TPR에서 LIHC로 변경하였다.

Charlier and Legendre(2015)는 선행연구에서 연구된 에너지빈곤의 특징들을 기반으로 에너지빈곤정도를 측정하는 지표인 FPI를 개발하여 단순히 에너지빈곤가구를 정의하는 지표에서 벗어나 에너지빈곤정도를 비교할 수 있는 수단을 마련하였다. 데이터가 충분하다는 가정 하에 해당 지표를 이용

하여 국가 간 비교 또한 가능하다는 점에서 의의가 있다. Nussbaumer, Fuso Nerini, Onyeji, and Howells(2012)는 개발도상국에서 사용할 수 있는 새로운 에너지빈곤지표인 MEPI를 개발하였다. 해당 지표는 에너지 접근성을 포함하여 에너지빈곤을 다차원적으로 분석하였다. MEPI는 한 국가의 에너지 빈곤율과 함께 에너지빈곤정도를 확인할 수 있다는 이점이 있다.

Gouveia, Palma, and Simoes(2019) 연구는 실내 냉난방에 초점을 맞춘 공간복합지수를 개발하여 기후취약 정도가 높은 지역과 낮은 지역을 지도로 나타내었다. 해당 지수는 연령, 소득, 주택소유 여부 등과 같은 인구특성뿐만 아니라 건물의 에너지효율성과 같은 특성을 반영하여 산출된다. EPVI는 도심에서 멀리 떨어진 내륙에서 가장 심각한 것으로 나타났으며, 그 외에도 실업률이 높고 소득이 낮고 노인거주비율이 높고 교육수준이 낮고 겨울철 온도가 낮을수록 기후취약 정도가 심한 것으로 나타났다.

Churchill and Smyth(2021)은 13개년의 호주 패널데이터를 사용하여 에너지빈곤과 주관적건강인식 간의 관계를 확인하였다. 연구결과, 개인이 주관적으로 인식하는 건강상태와 에너지빈곤과의 음(-)의 관계를 확인하였다. 즉, 기후취약계층의 주요 특징인 소득이 낮고 고령가구 가구에서 주관적 건강인식이 나타남을 실증분석하였다.

Deller et al.(2021)은 소득기반의 지표를 사용할 경우 상대적으로 평균 연령이 높은 가구가 에너지빈곤가구로 포착될 가능성이 높으나, 난방을 충분히 하지 못한다고 스스로 인식할 가능성이 낮은 것을 확인하였다. 영유아 유무, 사용면적, 지리적 위치로 인해 기후취약계층으로 포착될 가능성이 높은 가구의 경우에도 충분한 난방을 하지 못한다고 인식하는 가구의 수가 많지 않았다.

국가별로 가구별 에너지소비 행태 및 정책기준이 다르므로 국가마다 그에 맞는 기후취약계층에 대한 기준을 설정할 필요가 있기에 국내에서도 기후취약계층에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

기후취약계층과 관련한 국내 초기 선행연구에서는 최소 에너지 기준, 연료비 비율 기준 등을 소개하고 있다(윤태연·박광수, 2016). 윤태연 등(2019)

은 에너지바우처 사업의 수혜기준에 해당하는 가구를 에너지빈곤층으로 정의하는 지표를 제안하였다. 그러나 해당 지표들은 개별 가구의 주거환경 특성 등을 반영하지 못해, 에너지효율성을 고려하지 못하고, 건강상태 등을 반영하기 어렵다는 한계가 존재한다(조하현·김해동, 2020).

다수의 선행연구는 노인가구일수록 기후취약계층이 될 가능성이 높다고 분석하고 있다. 국내 선행연구의 경우 2010년대에 들어 고령화의 효과가 전력수요에 미치는 영향을 중심으로 가정용 에너지사용량을 분석하고 있다(신동현, 2018). 고령가구일수록 낮은 전기기기 보급과 이용, 에너지 절약 정신 등으로 총에너지소비량을 줄인다는 결과를 제시하기도 하였다(원두환, 2012; 노정녀, 2014). 특히, 소득이 낮고, 고령가구일수록 에너지소비량을 큰 폭으로 줄이는 모습이 나타나고 있다(신동현·조하현·장민우, 2015; 윤태연 등, 2019).

반대로, 고령가구일수록 소득이 낮고 효율성이 낮은 주택에 거주할 가능성이 높으면서, 실내에 거주하는 시간이 증가하기 때문에 도시가스난방 대신 전력난방을 하기 때문에 전력 소비가 다른 연령대에 비해 오히려 증가하는 것으로 나타난다(홍중호, 2018).

이상의 선행연구는 모두 연도별로 분석을 진행하였기 때문에, 계절별 에너지소비량 패턴이 달라지는 효과를 살펴보지 못하였다. 반면, 이은솔·송철종(2022) 및 윤지윤(2016)은 분기별 자료를 활용하여 냉난방 에너지지출액이 커지는 동계 및 하계효과를 분석하였다. 특히, 이은솔·송철종(2022)은 TIP 곡선을 이용하여 1인가구와 노인가구를 중심으로 에너지빈곤강도(intensity), 빈곤율(incidence), 불평등도(inequality)를 확인하는 연구를 진행하였다. 분기별 가계동향조사 자료를 사용하여 전체기간과 1분기의 분석 결과를 비교하여 1분기 동안 특히 에너지빈곤강도가 커지는 것을 확인하였다.

윤지윤(2016)은 한파 및 폭염과 같은 기후 충격이 도시거주 전체가구, 에너지빈곤가구, 노인에너지빈곤가구의 에너지소비행태에 미치는 영향을 분석하였다. 해당 연구 또한 분기별 가계동향조사를 사용하여 동계와 하계를

구분하였으며, 동계와 하계에서 발생한 기후 충격이 에너지지출을 증가시켰다는 점과 특히 노인에너지빈곤가구의 에너지지출이 가장 큰 폭으로 증가한다는 점을 밝혔다.

이은솔·송철중(2022)과 윤지윤(2016)은 본 연구와 동일하게 가계동향조사 분기자료를 사용하였으나 주로 노인가구 및 1인 가구의 에너지비용과 총지출에 초점을 맞췄다. 그러나 Hills(2012)에서 지적한 대로 기후취약계층의 특징에는 낮은 소득 및 높은 에너지비용뿐만이 아니라, 주택의 낮은 에너지효율성 또한 포함된다. 본 연구에서는 면적당 연료비비율을 이용함으로써 에너지효율성 개념을 반영하여 기후취약계층 특징 분석을 진행하고자 한다. 또한 기후변화에 취약한 가구의 특성으로 노인가구, 1인가구 외에도 모자가구여부와 가구주의 성별 또한 살펴보고자 한다.

또한, 본 연구는 기존 선행연구에서 대표적으로 소개되었던 TPR(Ten Percent Rule), MIS(Minimum Income Standard), CEPI(Compound Energy Poverty Index), MEPI(Multidimensional Energy Poverty Index)와 같이 기후취약계층을 정의하는 4가지 지표를 사용하여 조하현 등(2019)에서 정의한 '에너지빈곤 정확도' 개념을 통해 정확도가 높은 그룹과 낮은 그룹의 주요 특성을 확인하고자 하였다.

다만, 조하현 등(2019)에서는 에너지빈곤 정확도를 구하기 위해 TPR 및 MIS 지표를 활용하였으나, 단순히 해당 그룹에 속하는 비율만을 도출하였다는 한계점이 존재한다. 본 연구에서는 TPR, MIS, CEPI, MEPI라는 4가지 지표의 비교분석을 통해 각 교집합의 비율을 도출하는 데 그치지 않고 개별 교집합에 해당하는 가구들의 특성을 비교함으로써 보다 정교하게 에너지취약계층에 포함될수록 나타나는 가구특성을 발견하였다.

### III. 실증분석

#### 1. 분석자료

본 연구에서는 통계청의 '가계동향조사자료' 및 에너지경제연구원의 '가구에너지패널조사'를 이용하여 국내 겨울철 에너지 취약계층의 정확도에 따른 분석을 진행하고, 해당 분석 결과를 바탕으로 도시가스 가격탄력성을 추정하여 향후 탄소세 도입 등으로 인한 에너지가격상승 효과를 소득구간별로 분석하고자 한다.

가계동향조사자료의 경우 매년 표본수가 약 8천 가구이며 소득정보가 상세히 구분되어 있지만, 횡단면 자료이고 세부 에너지사용량 정보가 부족하다는 한계가 있다. 반면, 가구에너지패널조사의 경우 패널형태로 구축되어 있으며 각 에너지원별 사용량 정보가 상세히 구분되어 있지만, 상대적으로 기간이 짧고 소득 정보가 구간으로만 제공된다는 한계점이 존재한다. 또한, 가구에너지패널조사의 경우 정확도 분석에 필요한 가구 특성변수들이 범주형 변수이기 때문에 해당 분석에는 용이하지 않다. 따라서 본 연구에서는 국내 겨울철 에너지 취약계층 분석에는 표본 기간이 길고 소득 정보가 상세히 구분되는 가계동향조사자료를 이용하고, 도시가스 관련 가격탄력성 추정에는 가구에너지패널조사를 사용하여 분석을 진행하고자 한다.

다음 <표 1>은 분석에 사용된 자료와 항목을 나타낸다. 가계동향조사자료는 1998년 1분기부터 가장 최근 2022년 1분기까지의 자료를 활용하였다. 통계청 가계동향조사자료는 연별로도 제공되나, 분기별 자료도 제공하고 있기 때문에 본 연구에서는 기후취약계층이 가장 크게 나타날 것으로 예상되는 겨울철을 살펴보기 위하여 1분기 자료를 활용하여 기후취약계층의 특성을 확인하였다. 따라서 최종적으로 1998년 1분기부터 2022년 1분기까지 1분기 자료를 활용하였다.<sup>2)</sup>

우선, 가계동향조사자료를 통해 에너지빈곤층을 정의하는 4가지 지표 TPR, MIS, CEPI, MEPI에 대해 기후취약계층 정확도를 분석하고, 지표별 가구 특성을 확인하고자 하였다.<sup>3)</sup> 분석에 사용된 항목은 가구원수, 가구주택

2) 다만, 2017~2018년의 경우 가계동향조사자료의 수집 방식이 달랐기 때문에, 해당 기간은 분석에서 제외하였다.

3) 본 연구에서 사용된 4가지 지표에 대한 자세한 설명은 조하현·김해동(2020)에서 확인할 수 있다.

성, 가구소득, 사용면적, 연료비지출, 거처구분코드 및 노인가구여부 등이 있다. 여기서 가구주의 특성은 연령, 성별 및 학력을 포함한다. 가구소득의 경우 경상소득을 사용하였다. 연료비지출은 에너지바우처 등 정책보조금액 등이 모두 포함된 지출액을 의미한다.<sup>4)</sup> 사용면적의 연속형 변수로, 실제 값을 사용하였으며 단위는  $m^2$ 이다. 거처구분코드 또한 분석에 사용되었는데 이는 거주하는 장소의 유형에 대한 정보를 나타낸다. 거처유형에는 단독주택, 아파트, 연립주택, 다세대주택 등이 있다.

지표 분석과 더불어 저소득층의 경우 도시가스 가격 인상에 더 큰 영향을 받을 것으로 판단하여, 소득분위별 도시가스 탄력성을 도출하고자 한다. 2022년 기준으로 가구당 연평균 도시가스비 지출액은 40만 5,000원으로 가구당 연평균 전기요금 지출액은 33만 4,000원으로, 연별 도시가스비 지출이 전기요금 지출이 총 지출에서 차지하는 비중이 더 크다(KEEI, 2023). 에너지경제연구원의 2020 에너지총조사 통계에 따르면 동계기간(1, 2, 3월) 동안 사용된 도시가스 사용량은 2020년 총 사용량의 대략 절반을 차지한다. 2019년의 3월과 12월의 도시가스 사용량은 각각 60.9, 60.7 $m^3$ 으로 사용량이 비슷한 수준으로 나타났다. 본 연구에서는 분기별 자료를 이용한 선행연구와 같이, 1~3월 자료로 동계기간의 도시가스 사용량을 분석하고자 한다. 겨울철 도시가스 사용량이 상대적으로 높기 때문에 겨울철에 한정하여 가격탄력성을 도출하기 위해 월별자료를 사용하였다. 만약 연별자료를 사용할 경우 2016~2019년, 4개년도로 데이터 기간이 짧아지기에 분석에 적합하지 않다.

도시가스와 전력의 가격은 월별평균가격을 사용하였다. 도시가스 가격의 경우 도시가스협회에서 발표한 월별가격을 사용하였으며, 전력 가격의 경우 한국전력거래소에서 제공하는 '월별 전력판매수입/월별 판매량'으로 월별 평균전력가격을 산출하였다.

4) 통계청 가계동향조사 자료의 경우, 별도로 에너지바우처 등 정책수급 여부가 설문하지 않았기 때문에 분석에 사용한 에너지 지출액의 경우 에너지바우처와 같은 정책 지원 구분없이 고지된 총 지출액이다.

〈표 1〉 자료별 사용된 항목

사용 목적	통계자료명 및 제공기관	사용한 변수항목	비고
기후취약 계층 지표 도출	가계동향조사 (통계청)	모자가구여부	
		노인가구여부	
		세대구분코드	1세대, 2세대, 3세대 이상
		가구원수	
		가구주특성	성별, 학력 및 연령
		거처구분코드	단독주택, 아파트 등
		사용면적	
		경상소득	
		연료비	
		사용면적	
		경상소득	
		조세	
		주거비용	
		연료비	
에너지가격 탄력성 산출	가구에너지 상설표본조사 (에너지경제 연구원)	월별 도시가스 소비량	1,2,3월 도시가스 소비량
		가구특성	가구원수, 주택면적, 주거유형 및 건축년도
		가구주특성	성별, 학력 및 연령
		가구원 연간 총소득	2016~2018년 연간총소득 범주형 데이터로, 2019년 연간총소득은 연속형 데이터이기에 2019년 데이터를 범주형 데이터로 변환함
		주난방연료 (도시가스)	주난방연료로 도시가스를 사용하는 가구
	도시가스협회	도시가스 월별 평균가격	
	한국전력	전력 월별 평균가격	
기상청	HDD	1994~2021년 1분기 기상청 서울의 일평균 기온 자료로 HDD 생성 18,24도 기준 2021년 2분기~ 전제치 rcp60 기후정보포털 서울의 일평균자료로 HDD 계산	

더불어, 평균 도시가스 및 전력 가격이 월별로 변할 뿐만 아니라, 도시가스 사용량 또한 월별로 다르기 때문에 데이터를 각 연도의 1, 2, 3월로 구축하였다. 도시가스 가격 효과를 파악하기 위하여 주난방연료로 도시가스를 사용하는 7,027가구를 대상으로 분석을 진행하였다.

분석에 사용된 항목으로는 월별 도시가스 소비량, 가구특성, 소득구간, 도시가스 및 전력 월별평균가격 및 난방도일이 있다. 가구특성에는 가구원수, 주택면적, 주거유형 및 건축년도, 그리고 가구주의 성별 및 연령과 같은 가구주특성이 포함되어 있다. 가구원의 연간총소득은 2016년에서 2018년까지 범주형 데이터로 제공되고 있으며, 2019년에 연속형 데이터로 제공되고 있기 때문에 2019년의 연속형 데이터를 범주형 데이터로 변환하여 사용하였다.

## 2. 기초통계량

### 1) 가계동향조사 및 가구에너지패널조사 비교

〈표 2〉 가계동향조사 및 가구에너지패널조사 기초통계량 (2016~19년)

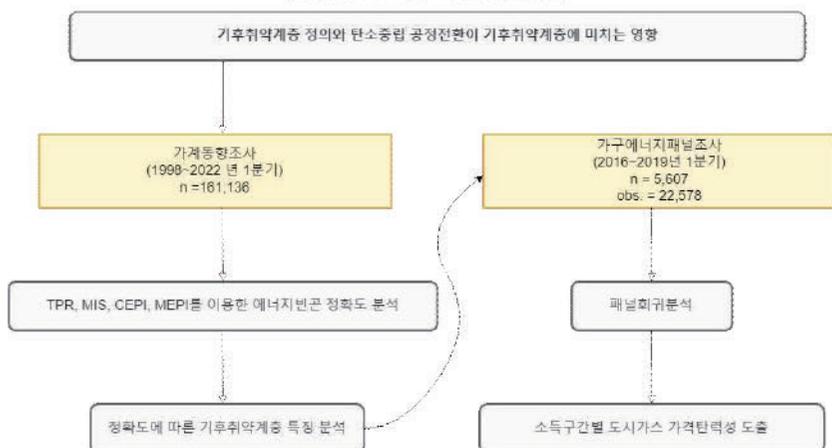
범주형 변수				
	가계동향조사		가구에너지패널조사	
	빈도	%	빈도	%
60세 이상 가구주	4,262	37.7	7,677	25.1
1인가구	3,719	24.7	4,533	14.8
여성가구주	3,345	29.6	6,150	20.1
대졸 이상 가구주	5,399	47.8	14,283	46.7
아파트 거주 가구	5,551	49.1	18,441	60.3
소득구간 (연간)	~2399만원	3,727	33	9,852
	2400만원~ 4799만원	3,449	30.5	10,209
	4800만원~ 7199만원	2,257	20	7,764
	7200만원~	1,868	16.5	2,760
연속형 변수				
	평균	표준편차	평균	표준편차
가구원수	2.5	0.0112	2.8	1.2
사용면적(평)	71.7	0.26	59.5	35.0
소득구간별 에너지효율성	~2399만원	0.7	/	0.11
	2400만원~ 4799만원	0.07		0.06
	4800만원~ 7199만원	0.04		0.04
	7200만원~	0.02		0.02
월별 가스사용량(Nm <sup>3</sup> )	/	88.1	85.0	
월평균 실질도시 가스가격(원/Nm <sup>3</sup> )		646.6	46.8	
월평균 실질전력가격(원/kWh)		107.0	10.2	
관측치 수	11,301		30,585	

에너지빈곤 정확도 분석에는 가계동향조사를 사용하였으며 1998년부터 2022년도 1분기 자료를 사용하였다. 161,342가구를 대상으로 분석하였다. 가구 특성을 확인하기 위해 모자가구, 노인가구, 1인가구, 가구주성별, 학력, 연령, 거주구분코드, 경상소득, 가구원수, 월세평가액, 연료비, 사용면적 등을 사용하였다. 탄소세가 소득구간별 난방연료사용량에 미치는 영향을 분석하기 위해서 에너지경제연구원의 가구에너지패널조사를 사용하였다. 2016년부터 2019년도의 1~3월 자료를 사용하였으며, 4개년도의 총 관측치 수는 30,585, 실제 분석에 사용된 관측치 수는 22,578이며 이는 5,607가구의 4개년도 자료이다. 사용된 변수 중 결측치가 있을 경우 분석에서 제외되기 때문에 관측치 수가 줄어들었다.

위 <표 2>는 가계동향조사와 가구에너지패널조사의 2016~2019년 1분기에 해당하는 전체 가구의 기초통계량을 나타낸다. 두 자료의 기초통계량을 비교했을 때, 범주형 변수에서 60세 이상의 가구주, 여성가구주, 대졸 이상의 가구주 비율이 유사하게 나타났으며, 1인가구와 아파트 거주 비율에서 약간의 차이를 보였다. 특히 각 소득구간에 해당하는 가구의 비율이 흡사하게 나타났으며 이는 두 자료의 소득분포가 유사함을 의미한다. 연속형 변수에서도 대체로 유사하게 나타났다. 이 중 두 자료에서 소득구간의 비율과 소득구간별 에너지효율성 모두 매우 유사하게 나타난 것으로 보아, 소득과 그에 따른 에너지효율성 맥락에서 두 통계자료의 동질성과 함께 소득이 낮을수록 에너지효율성이 낮다는 사실을 확인할 수 있다.

### 3. 분석방법

〈그림 1〉 본 연구의 연구모식도



위 〈그림 1〉은 본 연구의 흐름을 나타내는 연구모식도이다. 가계동향조사 자료를 사용하여 정확도가 높은 가구인 기후취약계층의 특징을 분석한 후, 가구에너지패널조사 자료를 사용하여 패널회귀분석을 통해 소득구간별 도시가스 가격탄력성을 도출하고자 한다.

#### 1) 가계동향조사 자료를 통한 동계 기후취약계층 특성 분석

본 연구에서는 동계 기후취약계층을 정의하기 위하여, 앞서 언급했던 TPR, MIS, CEPI, MEPI 4개의 지표를 함께 사용하여 분석을 진행하였다. TPR은 총지출 중에서 에너지지출 비중을, MIS는 가구의 에너지비용 지불 능력을, CEPI는 저소득가구이면서 에너지비용 지불 능력을, MEPI는 저소득가구, 에너지지출 비중, 에너지효율성을 모두 고려했다는 점에서 각 지표가 포착하는 기후취약가구의 특징이 다를 것으로 추정되어 해당 4개 지표를 사용하였다. 물론, 접근이 가능한 데이터를 사용하여 산출 가능한지의 여부 또한 고려하였다.

아직 국내 상황에 맞는 기후취약계층 정의에 대한 합의가 이뤄지지 않고

있기 때문에, 본 연구에서는 조하현 등(2019)의 '에너지빈곤 정확도' 개념을 활용하여 기후취약계층을 살펴보고자 한다. 에너지빈곤 정확도는 어떤 한 가구가 여러 개의 지표에 모두 교집합으로 포함될 경우 정확도가 높고, 한 개의 지표에만 포함될 경우 비교적 정확도가 낮다고 판단하는 개념이다. 다만, 정확도가 높다고 해서 에너지빈곤 정도가 높은 것이 아니며, 정확도가 높다는 것은 에너지빈곤가구에 해당할 확률이 높다는 것을 의미한다. 정확도 개념을 통해 특정 에너지복지 사업의 수혜대상이지만 에너지빈곤 정확도가 낮은 가구와, 수혜대상이 아니지만 에너지빈곤 정확도가 높은 가구를 확인할 수 있다. 즉, 복지사각지대를 찾을 수 있기에, 정확도 개념은 재원이 효율적으로 적재적소에 사용되고 있는지 확인하는 데 효율적이다.

조하현 등(2019)은 에너지빈곤 정확도 개념은 제시하였지만, 정확도로 가구들을 분류했을 때 정확도의 높고 낮음에 따른 가구별 특징은 분석하지 못했다. 따라서, 본 연구에서 TPR, MIS, CEPI, MEPI에 중복으로 해당되어 에너지빈곤 정확도가 높은 가구와 정확도가 낮은 가구 간의 특성을 비교하여, 정확도가 높아질수록 가구 특성이 어떻게 달라지는지 상세히 비교분석함으로써 기후취약계층 특징을 살펴보고자 한다.

본 연구에서는 기후취약계층의 정의에 있어, 낮은 에너지효율성이 중요하다고 판단하였다. 따라서 면적당 연료비비율이 높으면 에너지효율성이 상대적으로 낮고 면적당 연료비가 낮으면 에너지효율성이 상대적으로 높은 가구로 분석하였다. 면적당 연료비는 가구가 주거하는 지역과 지역 및 주거 특징에 영향을 받기 때문에 이를 분석에 고려해야 한다. 그러나 가계동향조사 자료에는 지역에 대한 정보가 존재하지 않으며 주거 특징에 대한 정보가 부족하여 이를 반영하지 못하였다는 한계점이 존재한다.

또한, 조하현 등(2019)에서는 국내 기후취약계층을 정의하는 지표로 에너지바우처 수혜기준인 '기준중위소득 40%이하'를 사용하였으나, 실제 에너지바우처 수혜그룹의 소득 기준은 단순히 경상소득이 아닌 가구자산 등을 반영한 소득인정액이기 때문에 정확한 에너지바우처 수혜대상 산정으로 보기 어렵다. 따라서, 본연구에서는 에너지바우처 기준 대신 앞서 3장에서 소개한

4개 지표를 사용하여 지표별 기후취약계층의 비율을 산출하였다.

## 2) 가구에너지패널조사를 이용한 도시가스 탄력성 추정

본 연구에서는 도시가스 가격 등 에너지가격 상승이 가구별 소득 수준에 따라 다른 영향을 미칠 것으로 예상하여, 소득 분위 구간별로 에너지 가격탄력성을 추정함으로써 소득 구간별 에너지가격 상승효과를 분석하였다. 가격탄력성을 추정하기 위해서는 에너지가격과 에너지사용량에 대한 정보가 필요하나, 가계동향조사 자료의 경우 연료별 에너지사용량 확보가 어려워 가격탄력성 추정에는 에너지경제연구원의 가구에너지패널조사 자료를 이용하였다.

저소득층의 도시가스 가격탄력성을 추정하는 것이 주목적이기에 저소득층을 중심으로 구간을 더욱 세부적으로 나누었다. 연간총소득 변수가 범주형으로 제공되기 때문에, 아래 <표 3>과 같이 소득구간을 나누어 각 구간별 가격탄력성을 추정하였다. 소득 1구간은 연간총소득이 1200만원 미만인 가구, 소득 2구간은 1200만원 이상, 2400만원 미만인 가구, 소득 3구간은 2400만원 이상, 7200만원 미만인 가구, 소득 4구간은 7200만원 이상인 가구로 분류하였다.

<표 3> 소득구간 분류

구간	연간총소득	가구수
1구간	1200만원 미만	1,722
2구간	1200만원 ~ 2400만원	886
3구간	2400만원 ~ 7200만원	4,239
4구간	7200만원 이상	727

평균 도시가스 및 전력가격과 도시가스 사용량은 월별로 값이 상이하기 때문에 분기별이 아닌 월별 데이터를 분석에 사용하였다. 또한, 종속변수인 도시가스 소비량이 실질변수이기 때문에 월별 평균가격 변수는 모두 연도별 CPI로 나누어 실질화하였다.

가격탄력성을 분석하기 위해 개별가구의 주난방연료, 가구원수, 가구소득, 주택용 월별 전력가격, 주택용 월별 도시가스 가격, 도시가스 월별 사용량 등을 사용하여 고정효과를 활용한 패널분석을 진행하였다.

본 연구에서는 소득구간별 에너지가격 탄력성이 다를 것이라 생각하여, 소득 구간을 구분하여 아래와 같이 고정효과 패널모형을 설정하였다.

$$\ln(Q_{it}^{gas}) = \beta_0 + \beta_1 * \ln(P_t^{gas}) + \beta_2 * \ln(P_t^{elec}) + \beta_3 * S_{it} + \beta_4 * HDD_t + e_{it}$$

$Q_{it}^{gas}$ : 도시가스 월별 사용량 ( $t = 201601, 201602, 201603, \dots, 201903$ )

$P_t^{gas}$ : 도시가스 월별 평균가격

$P_t^{elec}$ : 전력 월별 평균가격

$S_{it}$ : 가구특성(가구원수, 사용면적, 거주유형, 건축년도, 가구주특성)

$HDD_t$ : 월별 난방도일

다음으로, 탄소중립 시나리오 중 탄소세 부과로 도시가스 가격이 상승할 경우 기후취약계층의 에너지소비량이 어떻게 변화하는지 분석하고자 한다. 탄소의 외부비용은 여러 연구에서 대략 톤당 3~20만원 수준으로 추정되었다(최한영·이동규, 2023; 윤여창, 2021; OECD, 2018). 본 연구에서는 최한영·이동규(2023)를 참고하여 탄소세 시나리오를 2만원/tCO<sub>2e</sub>, 6만원/tCO<sub>2e</sub>, 10만원/tCO<sub>2e</sub> 등 3가지로 설정하였다.

#### 4. 분석결과

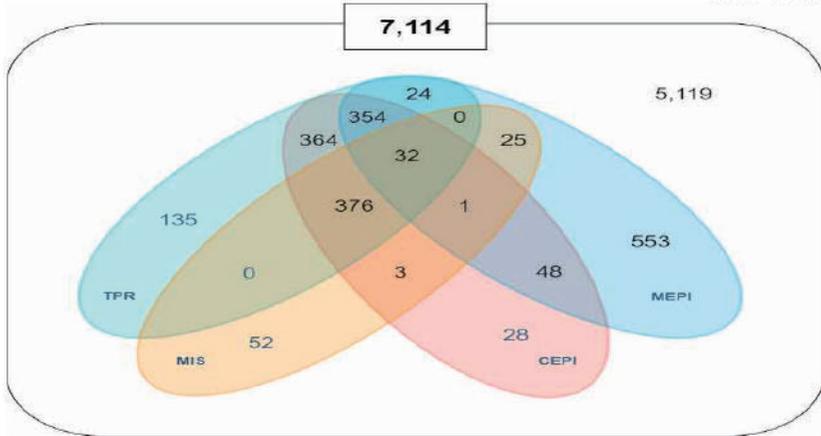
##### 1) 에너지빈곤 정확도를 통한 기후취약계층 특성분석

본 연구의 주요 내용은 다음과 같다. 첫 번째, 기후취약계층을 정의하는 에너지빈곤 지표의 정확도를 활용하여 정확도에 따라 가구 특성이 상이한지 확인하였다. 두 번째, 도시가스 가격탄력성을 산출하여 도시가스 가격 상승이 개별 가구의 에너지소비량에 미치는 영향을 분석하였다. 마지막으로, 탄소세 시나리오를 설정하고 그에 따른 기후취약계층 변동을 확인하고자 하였다.

TPR, MIS, CEPI, MEPI에 포착되는 기후취약계층 정확도 양상은 아래 <그

림 2)와 같다.5) 여기서, 3개 이상의 지표에 포착되는 763가구는 기후취약정확도가 높은 가구이며, 두 가지 지표에만 잡히는 464가구는 비교적 정확도가 낮은 가구, 한 가지 지표에만 잡히는 768가구는 정확도가 낮은 가구이다.

〈그림 2〉 4가지 지표를 활용한 에너지취약계층 가구비교(2015년)  
(단위: 가구수)



다음 <표 4>는 2015년 정확도가 낮은 가구와 높은 가구, 그리고 어느 지표에도 해당하지 않는 일반가구의 특성을 나타낸다. 높은 정확도의 가구는 3개 이상의 지표의 교집합에 해당하는 763가구이며, 다른 지표와 교집합이 없이 단일 TPR, MIS, CEPI, MEPI에만 해당하는 가구는 각각 135가구, 52가구, 28가구, 553가구이다. 2015년 기준 7,114 가구 가운데 정확도가 높은 그룹에 해당하는 가구와 어떤 지표에도 해당하지 않은 가구를 비교했을 때, 정확도가 높은 그룹의 균등화소득이 130만원으로, 일반 가구의 소득은 이와 비교했을 때 약 4.3배 수준으로 나타났다. 또한, 정확도가 높은 가구는 일반가구와 비교했을 때 노인가구와 1인가구, 모자가구의 비율이 월등히 높은 것으로 보아 독거노인가구 및 모자가구가 기후변화에 취약하다는 것을 알 수 있다. 정확도가 높은 가구 가구주의 경우 일반가구 여성가구주 비율의 2배 정도였으

5) 강진성을 확인하기 위해 전체 기간에서 단년도 및 5개년도 단위로 동일한 분석을 진행하였는데, 유사한 결과를 얻었기에 2015년을 중점으로 서술하였다.

며 학력 또한 현저히 낮은 것으로 나타났다.

〈표 4〉 정확도가 높은 가구와 전체 가구 특성비교(2015년)

	교집합이 없는 단일가구				높은 정확도 기후 취약 가구	일반 가구
	TPR	MIS	CEPI	MEPI		
모자가구 비율(%)	1.5	1.9	0	2.0	4.0	3.0
노인가구 비율(%)	11.9	69.2	21.4	40.7	47.8	7.7
1인가구 비율(%)	31.3	84.6	55.6	71.9	69.7	34.0
가구주성별: 여성비율(%)	17.8	73.1	28.6	47.0	43.0	21.1
가구주학력: 대졸이상 비율(%)	26.7	7.69	35.71	12.1	12.8	32.8
아파트 거주비율(%)	28.9	25.0	53.6	43.0	33.7	57.2
가구주 평균연령(세)	54.7	68.1	52.6	62.1	65.3	49.5
균등화소득 (만원)	358	118	373	230	130	570
월세평가액 (만원)	75	40	94	58	59	81
면적당 연료비비율	0.199	0.258	0.252	0.199	2.418	0.098
가구수	135	52	28	553	763	5,119

거주특성을 봤을 때 아파트에 거주하는 비율이 낮으며, 월세평가액 또한 일반가구에 비해 현저히 낮은 것으로 나타났다. 에너지효율성을 나타내는 면적당 연료비비율 또한 정확도가 높은 가구의 경우 2.418로 일반가구와 다른 그룹에 비해 훨씬 높게 나타났다.

하나의 지표에만 포착되는 정확도가 낮은 기후취약가구와 정확도가 높은 가구를 비교했을 때 다음과 같은 사실을 확인할 수 있다. TPR에만 포착되는 가구는 노인가구, 1인가구 비율이 낮고, 월세평가액, 균등화소득 등이 높은 것으로 봤을 때, 비교적 소득이 높고 가구주가 연령이 낮은 가구가 포착되었음을 확인할 수 있다. 이는 TPR 지표의 특성 때문에 발생한 오류이다. TPR은 오직 소득 대비 연료비비율을 고려하는 지표로, 연료비 지출이 큰 고소득층

이 포착된다는 한계가 존재함을 가구 특성을 통해 확인하였다. MIS의 경우 정확도가 높은 가구에 비해 노인가구, 1인가구 비율이 높았으며 학력이 낮은 여성 가구주 비율이 높다는 특성을 보였다. 또한, 소득 및 월세평가액이 비교적 낮음을 고려했을 때, 정확도가 높은 가구보다 더 경제적으로 빈곤한 가구가 MIS에만 포착되는 것으로 해석된다. MIS가 일반 빈곤지표로 사용되는 만큼 빈곤층을 포착하는 데 효율적이지만 면적당 연료비비율이 정확도가 높은 가구에 비해 낮은 것으로 보아 에너지효율성이 높은 가구가 포착되며, 이는 MIS가 기후취약계층을 포착하는 데에는 효율적이지 않음을 의미한다. CEPI에만 포착되는 가구의 경우 TPR과 유사하게 비교적 소득이 높은 가구가 포착되었다. MEPI는 정확도가 높은 가구의 특성과 대체로 비슷한 특성을 띠고 있으나 비교적 소득이 높고 에너지효율성이 낮은 가구가 포착되었다.

에너지빈곤 정확도를 분석한 결과, 주목할 점은 에너지효율성의 대리변수로 면적당 연료비비율을 사용하였는데, 정확도가 높은 가구일수록 면적당 연료비비율이 증가하는 것으로 나타났다는 것이다. 따라서, 추후 기후취약계층을 정의할 때 소득 측면 외에 에너지효율성을 반영하기 위한 변수를 탐색할 필요가 있다. 또한, 앞서 살펴본 정확도가 높은 취약계층의 특성을 띠는 가구와 그렇지 않은 가구의 기후취약 심각도는 상이하기 때문에 새로운 지표를 정의할 필요가 있음을 확인하였다. 기존의 기후취약계층 정의 지표인 TPR, MIS 등의 지표의 경우 '1 과 0'으로 취약계층 여부를 판단하였으나, 취약도의 등급을 나눌 수 있는 새로운 지표를 사용할 경우 에너지복지 정책의 효율성을 높일 수 있다.

## 2) 도시가스 가격탄력성 추정 및 시나리오 분석

다음 <표 5>는 가격탄력성 추정결과를 나타내며 아래와 같은 특징을 발견하였다.

첫째, 도시가스에 대한 가격탄력성은 대체로 비탄력적이면서 유의하게 나타났다. 소득분위에 따라 가격탄력성이 상이하다는 것이 특징이다. 도시가스의 가격탄력성은 음(-)의 값으로 나타났으며, 연소득 1200만원 이하인 저

소득 가구의 경우 도시가스 가격 탄력성이 -1.1로 탄력적으로 나타났다. 나머지 소득구간에서는 모두 도시가스 가격탄력성이 비탄력적으로 나타났고, 소득이 높아질수록 점점 비탄력적임을 확인하였다. 둘째, 가구특성과 관련하여, 가구가 사용하는 면적이 넓어질수록 도시가스 사용량이 증가하며, 가구주의 학력 및 성별과 도시가스 사용량 간에 유의미한 결과를 확인하지 못하였다. 다만, 가구주 연령이 증가할수록 도시가스 사용량이 대체로 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 해당 결과에 대한 유의성은 확보하지 못하였다는 한계가 존재한다. 아파트와 기타거주 유형에 비해 단독주택이 대체로 도시가스를 더 많이 소비하는 것으로 나타났으나, 이 또한 유의성이 없었다.

셋째, 외부환경 변수인 난방도일(HDD)이 증가할수록 도시가스 사용량이 유의미하게 증가하는 것으로 나타났다.

도시가스의 경우 탄소배출량 계수(tCO<sub>2</sub>)가 0.00005610으로, 3가지 탄소세 시나리오 가운데 가장 낮은 '2만원/tCO<sub>2</sub>e'의 경우 도시가스 가격상승분은 1MJ당 1.12원이며, 두 번째 '6만원/tCO<sub>2</sub>e' 경우 가격상승분은 3.37원, 그리고 가장 높은 세 번째 '10만원/tCO<sub>2</sub>e'일 경우 5.61원으로 계산됐다. 본 연구에서 가장 최근 자료로 이용한 가구에너지패널조사 자료 기준인 2019년에 도시가스 가격은 15.93원이었기 때문에, 도시가스 가격상승률은 약 '2만원/tCO<sub>2</sub>e' 기준 7%, '6만원/tCO<sub>2</sub>e' 기준 21%로, '10만원/tCO<sub>2</sub>e' 기준 35%로 나타났다.

〈표 5〉 패널 고정효과 모형 분석결과

		FE모형				
log(도시가스사용량)	전체	소득1구간	소득2구간	소득3구간	소득4구간	
		1200만원이하	1200-2399만원	2400-7199만원	7200만원 이상	
log(도시가스요금)	-0.32***	-1.10***	-0.48*	-0.32***	-0.18	
log(전력요금)	-0.04	-0.86	0.22	0.06	0.82	
log(사용면적)	0.10***	-0.08	0.17**	0.10***	0.08	
가구원수	-0.01	0.10	-0.12	0.01	0.12*	
HDD	0.03***	0.05***	0.03***	0.03***	0.02**	
가구주 학력	고등학교 졸업	-0.01	0.12	-0.15	-0.02	0.01
	대학교 졸업	0.08	0.21	-0.24	0.04	0.16
	대학원 재학 이상	0.02	0.43	-0.68*	0.03	-0.52

여성가구주		0.02	-0.07	0.03	0.01	-0.05
가구주 연령	30-39세	0.02	-0.09	-0.37	-0.05	-0.21
	40-49세	0.00	-0.22	-0.34	-0.07	-0.33
	50-59세	0.03	-0.15	-0.30	-0.03	-0.18
	60세이상	-0.04	-0.13	-0.65**	-0.07	-0.29
거주 유형	아파트	-0.04	-0.17	-0.08	0.02	-0.20**
	기타	-0.14**	-0.75	-0.20	-0.08	-0.16
건축 년도	1970-1979년	-0.12	-0.74*	0.76	-0.44***	0.34
	1980-1989년	-0.11	-0.62**	1.11***	-0.37***	0.37*
	1990-1999년	-0.14	-0.50	0.83**	-0.38***	0.24
	2000-2009년	-0.14	-0.63**	0.81**	-0.41***	0.47**
	2010년 이후	-0.13	-0.51*	0.89**	-0.40***	0.41*
관측치 수		22,578	3,908	1,939	14,375	2,356
가구수		5,607	1,188	516	3,557	658
Hausman test (p-value)		0.000	0.000	0.000	0.000	0.0015

주) \*, \*\*, \*\*\*은 각각 10%, 5%, 1% 내에서 통계적으로 유의함을 의미함

별도의 세원환원이 없다고 가정할 경우, 첫 번째 '2만원/tCO<sub>2</sub>e' 탄소세 시나리오 기준 가장 소득이 가장 낮은 1그룹의 경우 겨울철 도시가스 사용량이 기존보다 7.7% 감소할 것으로 나타났으며, 3그룹의 경우 겨울철 도시가스 사용량이 기존보다 2.1% 감소하는 것으로 나타났다. 즉, 상대적으로 소득이 올라갈수록 도시가스 가격에 비탄력적이기 때문에 도시가스 사용량 변화가 작아졌다. 특히, 평균소득이 7200만원 이상인 소득 4구간의 경우 도시가스 가격의 통계적 유의성이 매우 낮게 나타났다. 다음으로 두 번째 '6만원/tCO<sub>2</sub>e' 탄소세 시나리오의 경우, 소득이 가장 낮은 1그룹의 경우 겨울철 도시가스 사용량이 기존보다 23.2% 감소할 것으로 나타났으며, 상대적으로 소득이 높은 3그룹의 경우 겨울철 도시가스 사용량이 기존보다 6.3% 감소하는 것으로 나타났다.

탄소세율이 가장 높은 세 번째 '10만원/tCO<sub>2</sub>e' 시나리오 기준, 소득이 가장 낮은 소득 1구간의 경우 겨울철 도시가스 사용량이 기존보다 38.7% 감소할 것으로 나타났으며, 소득 3구간의 경우 겨울철 도시가스 사용량이 기존보다 10.6% 감소하는 것으로 나타났다. 만약, 우리나라에서 '10만원/tCO<sub>2</sub>'를

도입할 경우, 소득이 1200만원 이하인 가구들의 경우 도시가스 가격 상승으로 인하여 겨울철 도시가스 사용량을 약 40% 수준을 줄이게 될 수 있음을 의미한다. 반면 고소득층의 경우 도시가스 가격에 매우 비탄력적으로 나타나, 높은 수준의 탄소세를 도입하더라도 도시가스 소비량이 적은 수준으로 감소하는 것을 확인할 수 있다.

따라서 저소득층일수록 상대적으로 도시가스 인상에 민감하여 도시가스 사용량을 줄이게 되고, 적정수준을 위해 필요한 도시가스 사용량을 사용하지 못하게 될 것으로 보인다.

#### IV. 결론 및 시사점

기존 선행연구의 경우 대부분 단일 지표를 통해 기후취약계층의 특징을 분석하였지만, 본 연구는 에너지빈곤 정확도 개념을 활용하여 다양한 지표를 비교·분석함으로써 기후취약계층의 에너지빈곤 정확도가 높고 낮음에 따라 가구별 특성이 어떻게 달라지는지 분석하였다. 정확도 개념을 통해서 기후취약계층이 아님에도 에너지복지정책 수혜를 받는 가구와, 반대로 매우 정확도 높은 기후취약계층이지만 에너지복지 정책을 수혜받지 못하는 가구들을 파악함으로써 에너지복지 정책 사각지대를 산출할 수 있기에 해당 개념을 활용하였다. 또한, 앞서 분석한 결과를 바탕으로 탄소세 도입 등으로 인한 에너지가격 상승시 기후취약계층의 부담이 어떻게 변화였는지 살펴보기 위하여 소득구간별 에너지가격 탄력성을 도출하여 도시가스 가격상승에 따른 소비량 변화를 분석하였다.

통계청 가계동향조사 자료를 통하여 분석한 에너지빈곤 정확도가 높은 가구는 대부분의 경우 정확도가 낮은 가구와 비교했을 때 다음과 같이 3가지 특징을 가지는 것으로 나타났다.

첫째, 정확도가 높은 가구는 상대적으로 소득 수준이 낮고 아파트 거주비율이 낮았다. 둘째, 노인가구비율 및 1인가구 비중이 높고 여성 가구주 비율

이 높으며, 낮은 학력의 가구주가 많았다. 셋째, 면적당 연료비비율로 살펴본 에너지효율성이 낮게 나타났다. 단일 지표로 봤을 때와는 다르게 여러 지표에 포착되는 높은 정확도의 가구에서 에너지효율성이 낮게 나타났기 때문에, 기후취약계층을 분석할 때 에너지효율성 또한 고려해야 한다.

기존의 여러 지표 가운데 MIS의 경우 다른 지표에 비해 위와 같은 정확도가 높은 가구 특성을 잘 포착하는 것으로 나타났다. 이는 MIS가 에너지 특성을 반영하지 않는 대표적인 일반 빈곤지표이기 때문에 빈곤가구의 특징을 잘 포착하는 것으로 나타났다. 다만, MIS 집합에 해당하는 가구는 정확도가 높은 가구와 비교했을 때 에너지효율성이 높은 것으로 나타나는 등 MIS에만 해당하는 가구는 에너지빈곤가구보다는 일반빈곤가구의 특징을 갖고 있음을 확인했다.

다음으로, 에너지경제연구원의 가구에너지패널조사 자료를 통하여 분석한 가구소득구간별 도시가스탄력성 분석 주요 결과는 다음과 같다.

첫째, 도시가스의 가격탄력성은 음(-)의 값으로 나타났으며, 연 소득 1200만원 이하인 저소득 가구의 경우 도시가스 가격 탄력성이 -1.1로 탄력적으로 나타났다. 둘째, 나머지 소득구간에서는 모두 도시가스 가격탄력성이 비탄력적으로 나타났고, 소득이 높아질수록 점점 비탄력적임을 확인하였다.

이상의 분석결과를 통해 얻을 수 있는 시사점은 다음과 같다.

국내 에너지복지 정책 가운데 예산규모가 가장 큰 대표 정책으로는 한국에너지공단이 2015년부터 진행하는 에너지바우처 사업이 있다. 조하현·김해동(2020)에서 정리한 바와 같이 에너지바우처와 같은 국내 주요 복지정책들의 경우 소득기준과 가구특성만을 기준으로 수혜 대상을 선정하고 있다.

그러나 분석결과, 높은 수준의 정확도를 가지는 기후취약계층의 경우 거주공간의 에너지효율성이 또 다른 주요 요인으로 나타났다. 따라서 향후 에너지복지 정책 수혜기준 혹은 지원수준에 소득 및 가구특성 외에 가구의 에너지효율성을 고려하는 방안이 필요하다. 물론, 거주공간의 에너지효율성을 측정하여 행정적으로 반영하는 것은 쉽지 않을 수 있기 때문에, 본 연구에서 사용한 단위면적당 에너지비율 혹은 건물유형, 건축연도 등의 정보를 활용

하여 이를 단순화하는 새로운 지표를 개발하여 에너지효율성을 반영하는 방안을 검토해볼 수 있다. 또한, 여러 지표를 함께 활용하여 정확도 분석을 진행하고 기후취약계층을 정의하는 연구를 진행할 시에 에너지효율성을 반영할 필요가 있음을 확인하였다.

또한, 가구별 소득구간에 따라 도시가스 가격 탄력성이 크게 상이하기 때문에 향후 탄소세 도입 시 기후취약계층이 적정 수준의 에너지 사용량을 유지할 수 있도록 관련 복지정책에 대한 고려가 필요하다.

본 연구에서는 주요 변수 등의 부재로 인하여 2개 자료를 사용하여 분석하였다. 추후 이와 같은 분석을 일괄적으로 할 수 있는 새로운 자료가 구축된다면 이를 통한 종합적인 추가분석이 가능할 것으로 기대된다. 그리고 본 연구는 기후취약계층의 정확도를 본 것이기 때문에, 어떤 가구가 상대적으로 더 기후취약계층인지는 판단하지 못하였다. 따라서 향후 어떤 가구가 더 취약계층이고, 더욱 많은 지원이 필요한지 등을 분석할 수 있는 심각도 관련 후속 연구가 필요하다.

## ■ 참고문헌 ■

- 권오상·강혜정·김용진, 2014, “가구별 소비자료를 이용한 전력수요함수 추정 및 요금제도 변경의 효과 분석,” 『자원·환경경제연구』, 23(3), pp.409-434.
- 김점수·양춘승·박중구, 2011, “한국 도시가스용 천연가스의 소비함수에 대한 실증분석: 시간변동계수(TVC) 시계열모형 활용,” 『에너지공학』, 20(4), pp.318-329.
- 김재엽·조성진, 2023, “국내 탄소가격과 원전정책 조합의 전기요금 및 발전 부문 온실가스 배출 영향 분석,” 『에너지경제연구』, 22(1), pp.181-203.
- 김태완·원종욱·임완섭·이주미·조한나, 2018, 『1-2 인 가구 증가 등 인구구조변화를 반영한 기초생활보장 개선방안 연구』, (정책보고서 2018-29), 세종: 한국보건사회연구원
- 노정녀, 2014, “가구 구성원 특성과 가전제품 사용에 따른 가정용 전력 수요의 예측,” 『한국경제연구』, 32(2), pp.177-202.
- 신동현·조하현·장민우, 2015, “소득 수준에 따른 한국 도시 가구의 전력소비행태 이질성과 전기요금개편 효과 분석,” 『에너지경제연구』, 14(3), pp.27-81.
- 신동현, 2018, “고령화와 국내 주택용 전력소비 간 관계 분석: 고령화 지표 선택과 가격·

- 소득 탄력성 변화를 중심으로," 『에너지경제연구』, 17(1), pp.95-129.
- 심수아·이중현, 2022, "해외 탄소세 운영 및 입법사례 검토. 조세학술논집," 38(1), pp.175-202.
- 원두환, 2012, "고령화가 가정부문 에너지 소비량에 미치는 영향 분석: 전력수요를 중심으로," 『자원·환경경제연구』, 21(2), pp.341-369.
- 윤지윤, 2016, "기후변화가 가계의 에너지 소비에 미치는 영향 - 에너지 빈곤층을 중심으로." 석사학위논문, 서울대학교, 서울
- 윤태연·박광수, 2016, 『에너지빈곤층 추정 및 에너지 소비특성 분석』, (기본연구보고서: 16-02), 울산: 에너지경제연구원.
- 윤태연·이은솔·박광수, 2019, "가구부문 미시자료를 활용한 에너지빈곤층 추정방법 비교 연구," 『에너지경제연구』, 18(1), pp.33-58.
- 이은솔·송철중, 2022, "TIP 곡선을 이용한 에너지 빈곤구조의 동태적 변화 분석," 『한국콘텐츠학회논문지』, 22(7), pp.187-201.
- 정준환·박진호·김태현·박명덕·이태의·김지효 등, 2023, 『동절기 난방비 급등 사태 진단과 대응방향』, 이슈리포트, 울산: 에너지경제연구원
- 조하현·임형우·김해동, 2019, "국내 에너지빈곤율 측정 및 에너지빈곤 정확도 분석," 『환경정책』, 27(4), pp.41-74.
- 조하현·김해동, 2020, "에너지빈곤층 추정 방법론 비교·정리 및 국내 에너지복지 정책에 대한 개선방안," 『입법과 정책』, 12(1), pp.203-238.
- 진상현, 2011, "에너지정의 (energy justice) 의 개념화를 위한 시론적 연구," 『환경사회학 연구 ECO』, 15(1), pp.123-154.
- 최한영·이동규, 2023, "난방용 연료의 소비 특성 및 탄소세 도입 시 가구 파급효과: 일반 등유를 중심으로," 『에너지경제연구』, 22(1), pp.403-427.
- 홍종호·오형나·이성재, 2018, "가구 패널자료를 이용한 가계부문 에너지 소비행태 분석 -1인 가구 및 고령가구를 중심으로," 『자원환경경제연구』, 27(3), pp.463-493.
- Aguilar, J. M., F. J. Ramos-Real, and A. J. Ramirez-Diaz, 2019, Improving Indicators for Comparing Energy Poverty in the Canary Islands and Spain, *Energies*, 12(11), pp.1-15.
- Boardman, B., 1991, *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*, London: Belhaven Press.
- \_\_\_\_\_, 1993, Opportunities and constraints posed by fuel poverty on policies to reduce the greenhouse effect in Britain. *Applied Energy*, 44(2), pp.185-195.
- Charlier, D., and Legendre, B., 2015, Fuel poverty: A composite index approach (No.03077395).
- Churchill, S. A., and Smyth, R., 2021, Energy poverty and health: Panel data evidence from Australia. *Energy economics*, 97, 105219.
- Deller, D., Turner, G., and Price, C. W., 2021, Energy poverty indicators:

- Inconsistencies, implications and where next?. *Energy Economics*, 103, 105551.
- Gouveia, J. P., Palma, P., & Simoes, S. G., 2019, Energy poverty vulnerability index: A multidimensional tool to identify hotspots for local action. *Energy Reports*, 5, 187-201.
- Hills, J., 2012, Getting the measure of fuel poverty. In *Hills Fuel Poverty Review*, Center of analysis of social exclusion, Report 72, ISSN 1465-3001.
- Isherwood, B. C., and Hancock, R. M., 1979, Household expenditure on fuel: Distributional aspects. Economic Adviser's Office, DHSS, London.
- Legendre, B. and O. Ricci, 2015, Measuring fuel poverty in France: Which households are the most fuel vulnerable?, *Energy Economics*, 49, pp.620-628.
- Moore, R., 2012, Definitions of fuel poverty: Implications for policy, *Energy Policy*, 49, pp.19-26.
- Nussbaumer, P., Fuso Nerini, F., Onyeji, I., and Howells, M., 2013, Global insights based on the multidimensional energy poverty index (MEPI). *Sustainability*, 5(5), pp.2060-2076.
- OECD, 2018, The social cost of carbon, in *Cost-Benefit Analysis and the Environment: Further Developments and Policy Use*. OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264085169-17-en>.
- Okushima, S., 2017, "Gauging energy poverty: A multidimensional approach," *Energy*, 137, pp.1159-1166.
- Yoon, Yeochang, 2021, 탄소세 도입 방안에 대한 연구 (Carbon Taxation Policy in Korea), KDI Policy Study 2021-08(Kor), Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4052291>
- Zhuo, Z., Du, E., Zhang, N. et al., 2022, Cost increase in the electricity supply to achieve carbon neutrality in China. *Nat Commun* 13, 3172, <https://doi.org/10.1038/s41467-022-30747-0>

---

**김해동:** 주저자인 김해동은 연세대학교 경제학과 박사과정을 진행 중이며 에너지 경제, 환경경제, 응용미시 분야를 연구하고 있다(vincentius@yonsei.ac.kr).

**남지형:** 교신저자인 남지형은 연세대학교 경제학과 석사과정을 진행 중이며 국제개발과 환경경제 분야를 연구하고 있다(jhnam0810@gmail.com).

투 고 일: 2023년 08월 09일  
심 사 일: 2023년 08월 15일  
게재확정일: 2023년 12월 31일