

주택용 계시별 요금제 2차 실증사업의 효과 분석[†]

김지효* · 이수민** · 장희선***

요약 : 본 연구는 2021년 5월부터 9월까지 시행된 주택용 계시별 요금제 2차 실증사업의 효과를 2단계 전력수요 모형을 이용해 분석하였다. 이 실증사업은 전국 7개 지역의 아파트 및 단독주택 가구를 대상으로 누진제, TOU-일반형 요금제, TOU-단순형 요금제의 효과를 비교하기 위해 시행되었다. 본 연구는 2차 실증사업에 참여한 1,292가구의 계시별 요금제 적용기간(2021년 5-9월) 및 전년 동기(2020년 5-9월)의 전력소비량 및 사회경제적 특성자료를 기초로, 계시별 요금제의 도입에 따라 (1) 요금단가가 높은 시간대의 상대전력수요가 가격 변화에 반응하여 감소하였는지, (2) 일일전력수요의 가격반응도에 변화가 있었는지 분석하였다. 분석 결과, 2차 실증사업에 적용된 두 종류 계시별 요금제 모두 상대전력수요와 일일전력수요의 가격반응도를 유의하게 변화시키지 않았다. 이는 실증사업에서 제시된 계시별 요금제의 전력량 요금 수준과 시간대별 구분이 참여자의 전력 수요 패턴 변화를 유인하기에는 충분하지 않았기 때문으로 판단된다.

주제어 : 주택용 계시별 요금제, 전기요금, 전력수요함수

JEL 분류 : Q41

접수일(2022년 3월 31일), 수정일(2022년 5월 2일), 게재확정일(2022년 5월 9일)

[†] 본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20181210301430).

* 에너지경제연구원 연구위원, 제1저자(e-mail: jihyokim@keei.re.kr)

** 에너지경제연구원 부연구위원, 공동저자(e-mail: smlee@keei.re.kr)

*** 전북대학교 경제학부 조교수, 교신저자(e-mail: heesunjang@jbu.ac.kr)

Analysis of the 2nd Pilot Test of Time of Use (TOU) Pricing for Korean Households[†]

Jihyo Kim*, Soomin Lee** and Heesun Jang***

ABSTRACT : This study analyzes the effect of the 2nd pilot test of Time of Use (TOU) pricing for Korean households using a two-level electricity demand model. The test, implemented from May to September 2021, was conducted to compare the effects of two TOU pricing rates and the standard rates for households living in apartment and detached house in 7 provinces of Korea. Based on the data on electricity consumption during the test period and during the same period last year of the 1,292 participants and their socio-economic characteristics, this study analyzes (1) whether the relative demand across periods has changed in response to hourly price changes and (2) whether the price responsiveness of daily consumption has changed after the introduction of TOU pricing. The results show that both types of TOU pricing affect neither the relative demand across periods nor the price responsiveness of daily consumption. The reason behind the results could be related to the level of TOU pricing rates and the periodical classification, which were not sufficient to induce changes in the participants' electricity demand patterns.

Keywords : Time of Use Pricing, Electricity rates, Electricity Demand Analysis

Received: March 31, 2022. Revised: May 2, 2022. Accepted: May 9, 2022.

[†] This work was supported by the Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) and the Ministry of Trade, Industry & Energy (MOTIE) of the Republic of Korea (No. 20181210301430).

* Research Fellow, Korea Energy Economics Institute, First author (e-mail: jihyokim@keei.re.kr)

** Associate Research Fellow, Korea Energy Economics Institute, Coauthor (e-mail: smlee@keei.re.kr)

*** Assistant Professor, Department of Economics, Jeonbuk National University, Corresponding author (e-mail: heesunjang@jbnu.ac.kr)

1. 서론

전 세계적 에너지전환 추세에 따라 태양광, 풍력 등 간헐적 재생에너지 발전의 규모가 빠르게 확대되고, 최종에너지 소비에서 전력이 차지하는 비중이 상승하는 전기화(electrification)도 가속화되고 있다. 이러한 변화는 전력 공급과 수요의 변동성 확대를 초래하므로, 적극적으로 전력 수요를 관리하고 필요시 수요 반응(demand response)을 자원으로 활용하는 방안에 대한 논의가 더욱 활발해지고 있다(IEA, 2021). 1970년대 도입된 계시별(TOU, time-of-use) 요금제는 효과적이면서도 상대적으로 반발이 적은 간접적 수요관리 수단으로 다시금 주목 받고 있다(Hurley et al., 2013). 계시별 요금제는 계절별·시간대별 계통부하 수준을 기준으로 경부하, 중간부하, 최대부하 등으로 구분하여 각 구간별 평균적 원가변동을 반영하기 위한 요금제도이다(정연제·박광수, 2018). 적절히 설계된 TOU는 계통부하 수준에 맞춘 전력소비를 유도하여 안정적이고 유연한 에너지시스템 구축과 자원배분의 효율성 향상을 통한 사회 후생 개선에 기여할 수 있다(Baladi et al., 1998; Train and Mehrez, 1994; Allcott, 2011).

우리나라에서는 1977년 12월 일부 산업용 전력 수용가를 대상으로 계시별 요금제가 도입된 이후 그 대상이 점차 확대되어, 현재는 300 kW 이상 일반용, 산업용 전력 수용가 및 1,000 kWh 이상 교육용 전력 수용가에 대해 계시별 요금제가 적용되고 있다. 그러나 2020년까지 주택용 전력 수용가에 대해서는 계시별 요금제가 적용되지 않았으며, 사용량에 따라 요금이 차등적으로 증가하는 누진제(increasing block pricing)가 일괄적으로 적용되었다. 소비자의 요금제 선택권을 확대하여 누진제에 대한 부정적 여론을 극복하는 동시에 수요관리를 강화하기 위해 정부는 2019년 6월 발표한 ‘제3차 에너지기본계획’을 통해 주택용 전력 수용가를 대상으로 계시별 요금제를 확대하겠다는 정책 방향을 제시하였다. 이러한 정책 방향에 맞춰, 정부는 2019년 9월부터 2021년 9월까지 2차례에 걸쳐 주택용 전력 수용가를 대상으로 계시별 요금제 실증사업을 시행하였다. 2021년에는 주택용 전력 수용가도 희망에 따라 계시별 요금제를 선택할 수 있도록 허용하는 근거를 마련하고,¹⁾ 9월부터는 제주지역을 대상으로 주택용 계시별 선택요금제를 시행하였

1) 2021년 1월 발표된 한국전력공사 기본공급약관시행세칙 제48조의 5(주택용 계절별·시간대별 선택요금)를 참조한다.

다. 2021년 12월 발표한 ‘에너지 탄소중립 혁신전략’에 따르면 정부는 2022년부터 주택용 계시별 선택요금제를 전국으로 확대 적용할 계획이다.

주택용 계시별 선택 요금제가 빠르게 확대되는 상황에서 계시별 요금제가 주택용 전력 수용가의 수요관리를 강화하는 효과적 수단으로 기능할 수 있는지를 살펴볼 필요가 있다. 본 연구는 2021년 5월부터 8월까지 시행된 주택용 계시별 요금제 2차 실증사업 자료를 기초로 다음의 질문을 집중적으로 분석한다.²⁾ 첫째, 계시별 요금제는 주택용 전력 수용가의 최대부하를 다른 시간대로 유의하게 이전시키는가? 만약 최대부하가 경감되지 않는다면 실증사업에서 제시된 계시별 요금제가 본연의 목적을 효과적으로 달성하지 못한다는 것을 의미한다. 본 연구는 계시별 요금제 도입이 높은 요금에 적용되는 시간대의 상대전력수요를 낮추는지 살펴본다. 둘째, 계시별 요금제는 전력 수요의 가격 탄력성(price elasticity)을 변화시키는가? 본 연구는 대조군(control group)과 실험군(treatment group)의 계시별 요금제 도입 전·후로 전력수요의 가격탄력성이 유의하게 달라지는지 분석한다. 누진제와 계시별 요금제 중 어느 요금제도가 가격 변화에 더 탄력적인 수요 변화를 이끌어내는지 비교하여 계시별 요금제 설계에 대한 정책 시사점을 도출한다. 분석을 위해 Hausman et al.(1979)이 제안한 2단계 전력수요 모형(two-level electricity demand model)에 이중차분법(DID, difference-in-difference)을 적용한 모형을 사용하였다. Hausman et al.(1979)은 2단계 전력수요 모형을 사용하여 역진제(decreasing block pricing) 형태의 단일 요금제를 적용 받는 대조군과 계시별 요금제를 적용 받는 실험군의 전력수요 변화를 비교한 코네티컷주 실험 결과를 분석하였다. 코네티컷주 실험과 본 연구에서 분석하는 실증사업이 매우 유사한 형태를 가지므로, 본 연구는 Hausman et al.(1979)의 모형을 실증사업 분석의 기본 모형으로 채택하였다.

해외의 선행연구는 대체로 계시별 요금제가 주택용 전력 수용가의 최대부하를 경감시키는 효과가 있다는 실증분석 결과를 제시하였다. Hausman et al.(1979)은 미국 코네티컷주를 대상으로 한 실험 결과에 기초하여 최대부하 시간대의 가격탄력성이 $-0.13 \sim -0.22$ 로 중간부하 시간대 가격탄력성 크기보다 커, 계시별 요금제가 최대부하를 유의하게 낮출 수 있음을 보였다. Caves and Christensen(1980)은 미국 위스콘신주를 대상으로 한 실험 결과를 기초로 최대부하 시간대와 그 외 시간대 간 전력수요의 대체탄력성이 평

2) 1차 실증사업과 2차 실증사업의 차이에 대한 자세한 설명은 다음 절을 참고한다.

균적으로 0.122로 양(+)¹의 값을 가짐을 보여, 계시별 요금제가 부하 이동에 기여한다고 논하였다. Fillippini(1995, 2011)은 계시별 요금제와 단일 요금제가 혼재되어 있는 스위스의 도시 단위 도시 단위 주택용 전력수요 패널 자료를 분석하여 최대부하 시간대의 자기가격탄력성은 $-0.60 \sim -0.81$ 수준이며, 타 시간대와의 교차가격탄력성은 $0.4 \sim 1.05$ 수준이라는 추정 결과를 제시하였다. 이는 주택용 계시별 요금제 적용에 따라 최대부하 시간대의 전력수요를 타 시간대로 이전시킬 수 있음을 시사하는 결과이다. Allcott(2011)은 주택용 전력 수요가를 대상으로 한 실시간 요금제(RTP, Real time pricing) 실험 결과를 기초로 RTP는 최대부하를 약 5% 정도 감소시킨다고 분석하였다. 그 외에도, Di Corsmo(2014), Vasterberg and Krishnamurthy(2016), Andruszkiewicz et al.(2019, 2020) 등이 주택용 계시별 요금제가 최대부하 경감에 기여한다는 실증 분석 결과를 제시하였다.

국내 선행연구도 주택용 계시별 요금제가 최대부하를 경감시키는 효과가 있다는 분석 결과를 제시하였다(박호정·이유수, 2015; 김진현 외, 2020). 그러나 이들 연구는 시뮬레이션에 기초한 분석 결과를 도출하였기 때문에 소비자들이 실제로 계시별 요금제에 어떻게 반응하는지를 파악하는 데에는 한계가 있다. Kim et al.(2021)은 본 연구에서 사용하는 2단계 전력수요 모형을 이용하여 주택용 계시별 요금제 1차 실증사업 자료를 분석하였다. Kim et al.(2021)은 계시별 요금제 도입 후 최대부하 시간대의 가격 인상²에 반응하여 상대전력수요가 유의하게 감소하였으나, 일일전력수요의 가격 탄력성은 유의한 변화를 보이지 않았다는 결과를 도출하였다. 본 연구는 Kim et al.(2021)의 후속 연구로 2차 실증사업 자료를 분석하여 주택용 계시별 요금제의 효과를 살펴본다. 2차 실증사업에는 제주도 계시별 요금제 초안으로 유력하게 고려되었던 요금 설계안이 새롭게 실증 대상에 포함되었다. 따라서 본 연구는 현재 전국 확대 시행이 유력한 계시별 요금제 설계안에 대한 소비자의 실제 반응을 분석하고 효과적인 요금 설계에의 시사점을 제시한다는 의의를 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장은 주택용 계시별 요금제 실증사업의 개요와 분석에 사용된 2차 실증사업 자료를 살펴본다. III장은 2단계 전력수요 모형을 설명하고 추정 모형으로 채택한 근거를 제시한다. IV장은 추정 결과를 제시하고 주택용 계시별 요금제가 부하 이전 및 가격 탄력성에 미치는 영향을 논한다. 마지막 V장에서는 논문의 전체 내

용을 요약하고 정책적 시사점을 도출한다.

II. 실증사업 및 분석자료 개요

1. 주택용 계시별 요금제 실증사업

주택용 전력 수용가를 대상으로 하는 계시별 요금제 실증사업은 1차와 2차로 나누어 시행되었다. 1차 실증사업은 전국 7개 지역, 16개 아파트 단지에 거주하는 총 2,033가구가 참여하였으며, 2019년 9월부터 2020년 9월까지 1년 동안 시행되었다. 1차 실증사업에서 참여자는 기존의 누진제를 계속 사용할 것인지, 아니면 제시된 2개의 계시별 요금제 중 하나를 선택할 것인지 결정하였다. 계시별 요금제로는 산업용/일반용 계시별 요금제의 계절별·시간대별 구분 및 요금 수준을 참조하여 설정된 요금제(TOU-일반형)와 산업용/일반용 계시별 요금제의 계절별·시간대별 구분을 참조하되 해당 시간대의 공급비용을 반영한 요금제(TOU-집중형)가 제시되었다. TOU-일반형과 TOU-집중형 모두 3개의 계절 구분(춘추계, 하계, 동계)과 3개의 시간대 구분(최대부하 시간대, 중간부하 시간대, 경부하 시간대)을 갖는다. 두 요금제 간 주요한 차이점은 경부하 대비 최대부하 시간대 전력량 요금 비중이 TOU-집중형은 최대 4.3배 수준인 반면, TOU-일반형은 최대 2.3배 수준에 그친다는 것이다. 995가구는 누진제를 선택하여 대조군으로 분류되었으며, 1,028가구는 계시별 요금제를 선택하여 실험군(treatment group)으로 분류되었다. 1차 실증사업 결과, 계시별 요금제 가구는 경부하 시간대 대비 최대부하 시간대의 전력가격이 10%p 상승하면 경부하 대비 최대부하 시간대의 전력수요를 8.7%p 줄이는 것으로 나타났다. 그러나 중간부하 시간대의 전력가격은 전력 수요 변화에 유의한 영향을 미치지 않았다. 계시별 요금제 도입 후 실험군의 가격 탄력성 크기는 실험 전 및 대조군 대비 감소하여, 1차 실증사업에서 제시된 계시별 요금제(TOU-일반형, TOU-집중형)는 에너지 절약에는 기여하지 못하는 것으로 분석되었다.³⁾

2차 실증사업에는 전국 7개 지역에 거주하는 2,089가구가 참여하였다. 스마트그리드 확산사업 또는 한전에 의해 AMI(advanced metering infrastructure)가 이미 설치된 가구

3) 1차 실증사업의 개요 및 요금제 대한 자세한 정보는 Kim et al.(2021)을 참조한다.

를 대상으로 홍보 활동을 진행하여 실험 참여가구를 모집하였다. 이 중 556가구는 1차에 연이어 2차 실증사업까지 참여하는 가구이다. 2차 실증사업이 1차 실증사업과 구분되는 점은 주택 형태가 다양해지고 새로운 요금제가 시도되었다는 것이다. 아파트 가구만 참여하였던 1차 실증사업과 달리, 2차 실증사업은 아파트 986가구와 단독주택 1,103가구가 참여하였다. 또한, 제주도를 대상으로 계시별 요금제 도입이 긍정적으로 검토되던 당시의 정책적 여건을 반영하여 실험군에는 2개 유형의 계시별 요금제를 적용하였다. 첫 번째 유형은 1차 실증사업에서 적용되었던 요금제(TOU-일반형)이다. 두 번째 유형은 당시 제주지역의 주택용 계시별 선택 요금제의 초안으로 유력하게 논의되었던 요금제(TOU-단순형)이다.⁴⁾ 2차 실증사업은 2021년 5월부터 9월까지 시행되었다.⁵⁾ 2차 실증사업에서는 참여가구의 실험 전 기간(기간 I: 2020년 5~9월) 및 실험 기간(기간 II: 2021년 5~9월)의 15분 단위 또는 1시간 단위 전력소비량 자료를 수집하였다.⁶⁾ 또한 참여가구의 사회경제적 특성을 파악하기 위해 설문조사를 실시하였다.

2차 실증사업에서 제시된 요금제를 자세히 살펴보면 다음과 같다. 기간 I(2020년 5~9월)의 모든 참여자 및 기간 II(2021년 5~9월)의 대조군에 대해서는 주택용 누진제가 적용되었다(<표 1>). 주택용 누진제는 기본요금과 전력량 요금으로 구성된 2부요금제의 형태를 가지며, 월별 전력사용량에 따라 3개 구간별로 기본요금과 전력량 요금이 차등 적용된다. 누진제의 기본요금과 전력량 요금은 전압에 따라 달라지는데 주택용 고압요금이 적용되는 단일계약 아파트에 비해 저압요금이 적용되는 단독주택의 기본요금과 전력량 요금이 더 높은 편이다. 2020년 12월 원가연계형 요금제가 도입되면서 주택용 누진제의 전력량 요금이 일부 조정되어 대조군 내에서도 실험 전·후로 요금 수준의 변화가 발생하였다.

-
- 4) 당초 제주지역 계시별 요금제의 초안으로 2차 실증사업에서 제시된 TOU-단순형 요금제가 유력하게 거론되었다. 그러나 제주지역의 신재생에너지 보급 확대에 따라 전력 순부하 패턴이 육지지역과 현저히 다른 형태를 갖는 점을 고려하여, 2차 실증사업에서 제시된 TOU-단순형 요금제가 아닌 다른 요금제가 제주지역에 적용되었다. 현재 제주지역에 적용 중인 주택용 계시별 요금제에 대한 자세한 내용은 산업통상자원부 보도자료(2021.6.25.)를 참조한다.
 - 5) 2차 실증사업은 아파트에 대해서는 2021년 4월부터 9월까지, 단독주택에 대해서는 2021년 5월부터 9월까지 시행되었다. 본 연구는 단독주택 가구와 아파트 가구의 실증사업 기간이 다른 점을 고려하여 공통되는 기간인 2021년 5월부터 9월 동안을 실험 기간으로 간주하였다.
 - 6) 모든 참여자 가구에 이미 AMI가 설치되어 있었기 때문에, 참여자 가구의 동의하에 기간 I의 15분 단위 또는 1시간 단위 전력소비량 자료를 제공 받았다.

〈표 1〉 주택용 누진제 개요

주택 유형	요금	기간	1단계	2단계	3단계
아파트	기본요금	기간 I · II 공통	730원/호	1,260원/호	6,060원/호
	전력량 요금	기간 I	78.3원/kWh	147.3원/kWh	215.6원/kWh
		기간 II	73.3원/kWh	142.3원/kWh	210.6원/kWh
단독주택	기본요금	기간 I · II 공통	910원/호	1,600원/호	7,300원/호
	전력량 요금	기간 I	93.3원/kWh	187.9원/호	280.6원/호
		기간 II	88.3원/kWh	182.9원/kWh	275.6원/kWh

- 주: 1) 누진 단계는 월별 전력사용량에 따라 결정된다. 7월과 8월을 제외한 기간에는 월 200kWh 이하 사용이면 1단계, 201~400kWh 사용이면 2단계, 월 400kWh를 초과사용하면 3단계로 분류된다. 7월과 8월에는 월 300kWh 이하 사용이면 1단계, 301~450kWh 사용이면 2단계, 월 450kWh를 초과 사용하면 3단계로 분류된다.
- 2) 7월과 8월에는 월 1,000kWh 초과 사용을 하면 슈퍼유저 전력량 요금이 부과된다. 실험 전 기간에 대해 아파트(고압기준)는 574.6원/kWh, 단독주택은 709.5원/kWh이 적용된다. 실험 후 기간에 대해 아파트(고압기준)는 569.6원/kWh, 단독주택은 704.5원/kWh이 적용된다.
- 3) 실험에 참여한 모든 아파트 가구는 단일계약 방법으로 전력을 공급받으므로 주택용 고압요금이 적용된다.
- 4) 기간 I은 2020년 5~9월, 기간 II는 2021년 5~9월을 가리킨다.

기간 II(2021년 5~9월)의 실험군에 대해서는 <표 2>의 계시별 요금제가 적용되었다. TOU-일반형 요금제는 동계(12~2월), 하계(6~8월), 춘추계(3~5월, 9~10월)의 3개 계절별 구분과 최대부하, 중간부하, 경부하의 3개 시간대별 구분을 갖는다. TOU-일반형 요금제는 기본요금과 전력량 요금제로 구성된 2부요금제의 형태를 갖는다. 기본요금은 주택용 누진제와 동일한 방식으로 결정되지만 전력량 요금은 계절별·시간대별로 차등화된다. TOU-단순형 요금제는 동하계(12~2월, 6~8월)와 춘추계(3~5월, 9~10월)의 2개 계절별 구분과, 수요시간대와 기타시간대의 2개 시간대별 구분을 갖는다. TOU-단순형 요금제도 2부요금제의 형태를 가지나, 기본요금은 사용량에 상관없이 4,310원/호로 단일하게 적용되고 전력량 요금만 계절별·시간대별로 차등화된다는 특징을 갖는다.

주택용 계시별 요금제 실증사업은 1, 2차 모두 참여자가 어느 집단에 참여할지 스스로 결정할 수 있도록 설계되었다. 이 설계 방식은 표본 선택 편의(sample selection) 문제를 야기하며, 가장 이상적인 실험 설계 방식인 무작위 배정 방식(RCT, Randomized Controlled Trial)의 조건을 충족하지 못한다. 그러나 요금제에 대한 선택권이 없었던 실험 당시 주택용 전기요금 여건을 고려할 때 무작위 배정 방식의 실증사업을 설계하는 것

〈표 2〉 주택용 계시별 요금제 개요

요금제	구분	춘추계 (5월, 9월)	하계 (6~8월)
TOU-일반형	최대부하	-	188원/kWh (13~17시)
	중간부하	109원/kWh (9~23시)	155원/kWh (9~13시, 17~23시)
	경부하	82원/kWh (23~9시)	82원/kWh (23~9시)
TOU-단순형	수요시간	140.7원/kWh (9~21시)	188.8원/kWh (9~21시)
	기타시간	94.1원/kWh (21~9시)	107.0원/kWh (21~9시)

주: 1) TOU-일반형의 기본요금은 주택용 누진제와 동일한 방식으로 결정.
 2) TOU-단순형의 기본요금은 월 사용량에 상관없이 4,310원/호로 단일 적용.

이 현실적으로 매우 어려운 점을 감안할 필요가 있다. 또한 국내에서는 계시별 요금제가 주택용 전력 수용가의 선택권 확대 차원에서도 논의되었다는 맥락에서 비추어볼 때 동 실증사업은 현실을 적절히 모사하는 접근이라고 판단된다. 해외의 선행연구에서도 주택용 계시별 요금제는 대체로 의무적으로 적용되기보다는 소비자의 선택하에 적용되는 점을 감안하여 참여자들의 요금제 선택(또는 실험 집단 선택)을 허용하는 형태의 실험을 설계한 사례가 존재한다(Train and Mehrez, 1994; Baladi et al., 1998; Allcott, 2011). 주택용 계시별 요금제 1, 2차 실증사업은 인센티브는 존재하지만 페널티는 존재하지 않는 형태로 설계되었다. 계시별 요금제를 적용 받은 참여자 가구의 실제 전기요금은 누진제에 근거해서 청구되었다. 그러나 누진요금과 TOU 요금을 비교하여 TOU 요금이 더 저렴한 경우에는 차액에 상응하는 상품을 실증사업 종료 후 지급하는 방식으로 인센티브를 지급하였다. TOU 요금이 더 비싼 경우에는 추가되는 요금을 별도로 징수하지 않았다. 이러한 실증사업의 한계로 인해 계시별 요금제에 대한 수요 반응이 보수적인 형태로 나타났을 가능성이 존재한다.

2. 분석 자료 특성

본 연구는 2차 실증사업에 신규 참여한 가구의 패널 자료를 이용하여 주택용 전력 수용가 대상 계시별 요금제의 가격반응도를 분석한다. 2차 실증사업에 참여한 2,089가구 중 유효한 전력사용량 및 설문조사 자료를 식별할 수 있는 1,292가구의 자료를 분석 대상으로 삼는다. 분석을 위해 다음과 같이 실증사업 자료를 구성하였다. 첫째, 계시별 요금제의 가격반응도가 주택 유형에 따라 달라지는지 확인하기 위해 아파트 가구와 단독주택 가구를 포괄하는 패널자료를 구성한다. 단독주택은 아파트에 비해 층간소음 문제에서 자유롭기 때문에 요금이 낮은 경부하시간대(또는 기타시간대)로의 부하 이전이 용이할 수 있다. 이 가능성을 확인하기 위해 본 연구는 아파트 가구와 단독주택 가구를 비교하여 주택 유형별로 시간대별 가격 변화에 따른 전력 수요 변화가 달리 나타나는지 분석하고자 하였다. 둘째, 참여자들의 자발적 의사에 따라 그룹 선택이 결정된 실증사업의 표본 설계 특성을 감안하여 대조군과 실험군의 실험 전·후 기간을 포괄하는 패널자료를 구축한다. 이는 실험 전·후 및 그룹 간 비교를 통해 계시별 요금제가 가격반응도에 미치는 효과를 분리하는 데 기여한다.

〈표 3〉 분석 자료의 참여자 구성

	기간 I (2020년 5월~9월)	기간 II (2021년 5월~9월)
대조군 (총 172가구)	16가구(아파트, 지속), 156가구(단독주택, 신규) 누진제	누진제
실험군 (총 1,120가구)	519가구(아파트, 지속)	
	누진제	TOU-일반형
	269가구(아파트, 신규), 332가구(단독주택, 신규) 누진제	TOU-단순형

주: 1) 지속 가구는 1차 실증사업에 이어 2차 실증사업에도 참여한 가구를 가리킨다. 대조군의 지속 가구는 1차 실증사업에서도 대조군으로 참여하였다.

2) 신규 가구는 2차 실증사업부터 신규로 참여한 가구를 가리킨다.

<표3>은 본 연구에서 사용한 2차 실증사업 분석 자료의 참여자 구성을 보여준다. 2차 실증사업은 코로나 19로 인해 실험 참여자 모집에 어려움을 겪었고, 이 어려움은 참여자

구성의 한계를 야기하였다. 2차 실증사업의 대조군은 172가구, 실험군은 1,120가구로 구성되어, 실험군과 대조군의 비중이 유사했던 1차 실증사업과 달리 전체 참여자 중 대조군 비중이 크게 감소하였다. 아파트 가구의 대조군은 1차 실증사업부터 대조군으로 참여한 16가구에 불과하여, 2차 실증사업에 신규로 참여하여 TOU-단순형을 적용 받는 아파트 가구에 매칭되는 대조군이 제대로 설정되지 않았다. 실험군으로 참여한 단독주택에 대해서는 TOU-단순형만 적용되어, 단독주택 가구에 대해 TOU-일반형과 TOU-단순형의 효과를 비교하기 어렵다. 참여자 구성의 한계를 감안하여 분석 자료를 정리할 경우 지나치게 많은 표본이 소실되므로, 본 연구는 전력소비량 및 설문조사 자료를 식별할 수 있는 모든 가구를 분석대상으로 삼았다. 이러한 한계는 이중차분법을 적용하더라도 계시별 요금제의 효과가 제대로 분리되지 않을 가능성을 야기한다.

<표 4>는 분석 대상 가구의 사회경제적 특성을 요약해서 보여준다. 주택 유형별 차이를 살펴보면, 단독주택 가구에 비해 아파트 가구의 주택면적이 넓고, 가구원 수가 많으며, 월 평균소득 수준, 가구주 연령대 및 교육수준이 높은 특징을 보인다. 또한, 아파트 가구는 단독주택 가구에 비해 가구원 수가 많은 만큼 영·유아나 노인, 성인 비취업자가 있는 가구들의 비중도 높은 특징을 가지고 있다. 한편 1차 실증사업부터 지속적으로 참여한 아파트 가구와 2차 실증사업에 신규로 참여한 아파트 가구 간 사회경제적 차이도 눈에 띈다. 1차 실증사업부터 참여한 아파트 가구는 신규로 참여한 아파트 가구에 비해 주택면적이 넓고 가구원 수가 많으며, 가구주 연령대와 교육수준이 높고 월 평균 소득수준도 높은 경향이 있다. 단독주택 가구는 대조군과 실험군 간 사회경제적 특성 변수의 차이가 크지 않은 반면, 아파트 가구는 대조군과 실험군(지속, 신규) 간 사회경제적 특성 변수의 차이가 비교적 뚜렷하게 나타난다. 실험군 아파트 가구 대비 대조군 아파트 가구는 주택면적이 넓고, 가구원수가 많으며, 가구주 연령대, 가구주 교육수준, 월 평균 소득수준이 높은 경향을 보이며, 영·유아가 있는 가구의 비중이 높은 반면 성인 비취업자의 비중은 낮은 편이다. 1차 실증사업에서부터 참여한 아파트 가구 중 태양광 패널 설치 비중은 10% 이상인데, 신규로 2차 실증사업에 참여한 아파트 가구에서는 이 비중이 4%로 감소한다. 단독주택 가구 중에는 태양광 설치 가구가 없는 것으로 나타났다. <표 4>는 그룹별, 주택 유형별, 신규 참여 여부에 따라 표본의 사회경제적 특성이 달라지기 때문에 전력수요함수 분석 시 이러한 특성을 적절히 통제해야 함을 보여준다.

<표 4> 분석 대상 가구의 평균 사회경제적 특성

항목	대조군		실험군		
	아파트 (지속, 16가구)	단독주택 (신규, 156가구)	아파트 (지속, 519가구)	아파트 (신규, 269가구)	단독주택 (신규, 332가구)
주택면적	3.12 (0.69)	1.48 (0.58)	2.83 (0.90)	2.52 (0.69)	1.52 (0.61)
태양광 설치	0.12 (0.33)	0 (0)	0.13 (0.33)	0.04 (0.20)	0 (0)
가구월 수	3.37 (0.92)	2.82 (1.04)	3.20 (1.14)	3.08 (1.16)	2.78 (1.06)
가구주 연령대	3.93 (0.89)	3.42 (1.06)	3.83 (1.05)	3.72 (1.08)	3.50 (1.15)
가구주 교육수준	2.81 (0.81)	2.37 (0.64)	2.68 (0.70)	2.62 (0.67)	2.37 (0.64)
월 평균 소득수준	8.06 (2.27)	5.38 (1.90)	6.17 (2.62)	5.91 (2.50)	5.70 (1.85)
영·유아	0.31 (0.46)	0.04 (0.20)	0.18 (0.38)	0.18 (0.38)	0.07 (0.26)
노인	0.25 (0.43)	0.09 (0.29)	0.31 (0.46)	0.26 (0.44)	0.12 (0.33)
성인 비취업자	0.37 (0.48)	0.34 (0.47)	0.48 (0.49)	0.49 (0.49)	0.35 (0.47)

주: 1) 괄호 안은 표준편차를 나타냄.

- 2) 주택면적: 1=20평 미만, 2=20평대, 3=30평대, 4=40평 이상
- 3) 태양광 설치: 0=설치하지 않음, 1=설치함
- 4) 가구주 연령대: 1=20대, 2=30대, 3=40대, 4=50대, 5=60대 이상
- 5) 가구주 교육수준: 1=중졸 이하, 2=고졸, 3=대졸, 4=대학원 이상
- 6) 월 평균 소득수준: 1=80만 원 이하, 2=81~170만 원, 3=171~240만 원, 4=241~310만 원, 5=311~380만 원, 6=381~440만 원, 7=441~510만 원, 8=511~600만 원, 9=601~730만 원, 10=731만 원 이상
- 7) 영·유아: 0=만 3세 미만의 영아 또는 만 3세 이상~취학 전 유아가 없음, 1=있음
- 8) 노인: 0=만 65세 이상의 노인이 없음, 1=있음
- 9) 성인 비취업자: 0=만 19세 이상 65세 이하의 성인 비취업자가 없음, 1=있음

<표 5>는 분석 대상 가구의 기간I·II 동안 전력소비량 특성을 보여준다. 대조군/실험군, 주택 유형, 신규 참여 여부에 상관없이 모든 그룹에서 실험 전인 기간I 대비 계시별 요금제가 적용된 기간II의 전력소비량이 증가하는 경향을 보였다. 그 원인은 다음의 세

<표 5> 분석 대상 가구의 평균 전력소비량

기간	구분	주택 유형	월평균전력소비량 (kWh)	일평균전력소비량 (kWh)
기간 I (2020년 5~9월)	대조군	아파트(지속)	349 (151)	11.42 (5.54)
		단독주택(신규)	269 (154)	8.77 (5.42)
	실험군	아파트(지속)	302 (113)	9.87 (4.26)
		아파트(신규)	282 (112)	9.21 (4.15)
		단독주택(신규)	258 (151)	8.40 (5.29)
기간 II (2021년 5~9월)	대조군	아파트(지속)	350 (153)	11.54 (5.86)
		단독주택(신규)	297 (179)	9.67 (6.50)
	실험군	아파트(지속)	318 (134)	10.39 (5.21)
		아파트(신규)	307 (126)	10.01 (4.82)
		단독주택(신규)	276 (169)	8.96 (6.10)

주: 괄호 안은 표준편차를 나타냄.

가지 가능성으로 짐작해 볼 수 있다. 첫째, 기간I 대비 기간II의 냉방수요가 증가했을 가능성이 있다. 분석대상 거주지역의 일평균기온은 기간I에 대해 22.5°C인데 비해 기간II에 대해 22.8°C로 다소 증가하였다. 둘째, 코로나 19 이후 가정 부문 전체의 전력소비량이 지속적으로 증가세를 보였는데, 분석대상 가구도 이러한 영향을 동일하게 받았을 가능성이 있다. 주택용 전력 판매량은 2020년에는 전년 대비 5.0% 증가, 2021년에는 전년 대비 4.7% 증가하였는데, 이러한 현상은 코로나 19로 인한 재택시간 증가에서 기인한 것으로 추정된다(박광수, 2022).⁷⁾ 셋째, 기간I에 비해 기간II의 평균전력가격이 다소 하락하여 전력수요가 증가하였을 가능성이 있다. <표 1>을 보면 대조군의 전력량 요금은 기간I 대비 기간II에 감소하였다.⁸⁾ 계시별 요금제의 전력량 요금은 최대 188~188.8원/kWh인데 이

7) 정부는 2020년 5월 코로나 확진자 수 감소에 따라 생활 속 거리두기라는 이름으로 생활 방역을 시작하였다. 그러나 2020년 8월 코로나 확진자 수가 다시 수백 명대로 증가함에 따라 수도권에 한하여 다시 사회적 거리두기가 2 단계로 격상되었으며, 8월 말 전국으로 확대되었고, 수도권은 더욱 강화된 거리두기 조치가 실시되었다. 2021년 5월은 어린이날, 어버이날, 부처님오신날 등 연휴와 행사가 집중된 5월의 특성을 고려해 수도권 2단계와 비수도권 1.5단계의 사회적 거리두기와 5인 이상 사적 모임 금지가 시행되던 상황이었다. 2021년 7월에는 코로나 확진자 수가 천명대로 증가하며 수도권의 거리두기 단계가 최고 단계로 격상되었다.

8) 2020년 12월 원가연계형 요금제 도입에 따라 2021년 1분기 전력량 요금이 kWh당 3원 하락하였고, 2, 3분기에는 전력량 요금이 동일하게 유지되었다. 그 결과 기간I(2020년 5~9월)에 비해 기간II(2021년 5~9월)의 누진제 전력량 요금이 3원/kWh 낮다.

는 누진2단계의 전력량 요금보다 높지만 3단계의 전력량 요금보다는 낮다. 계시별 요금제 도입은 누진3단계가 적용되는 전력 다소비 가구의 평균전력가격을 다소 인하시키는 효과가 있다.

계시별 요금제는 최대부하를 타 부하 시간대로 이전시키는 것이 일차적 목적이므로 실험 전·후 기간에 대해 대조군과 실험군의 시간대별 상대전력수요의 기초 통계를 살펴볼 필요가 있다. 시간대별 상대전력수요는 부하시간대별 구분에 따라 가장 요금수준이 가장 낮은 시간대의 전력소비량 대비 타 부하시간대의 전력소비량 비율로 정의한다. 문제는 TOU-일반형과 TOU-단순형의 시간대별 구분이 상이하여 각 요금제를 채택한 실험군의 시간대별 상대전력수요를 단일 표본 내에서 비교하기 어렵다는 것이다. 이 문제를 해결하기 위해 본 연구는 대조군(172가구)을 공통으로 두고 실험군을 각각 TOU-일반형을 채택한 가구(519가구)와 TOU-단순형을 채택한 가구(601가구)로 설정하는 2개의 표본(표본 A, 표본 B)을 작성한다.

<표 6>과 <표 7>은 각각 표본 A와 표본 B의 그룹별 실험 전·후 기간 동안 상대수요 변화의 기초 통계를 보여준다. 대조군(표본 A, B 공통)의 경우, 기간 I 대비 기간 II의 전력 소비량이 증가하였음에도 불구하고 요금이 비싼 시간대의 상대전력수요는 도리어 감소하였다. 이는 대조군은 기간 II의 모든 시간대에 걸쳐 고르게 전력소비량이 증가하되, 요금이 비싸지 않은 시간대의 전력소비량 증가폭이 더 컸음을 의미한다. 반면, 실험군에서는 계시별 요금제가 적용되는 기간 II에 요금이 비싼 시간대의 상대전력수요가 증가하는 변화가 관찰되었다. TOU-일반형을 적용 받는 표본 A의 실험군은 기간 I 대비 기간 II의 중간부하 및 최대부하 시간대 상대전력수요가 다소 증가하였다. TOU-단순형을 적용 받는 표본 B에서도 기간 II에서 수요시간대 상대전력수요가 증가하였다.⁹⁾ 이는 일반적인 계시별 요금제 도입의 기대효과에 역행하는 결과로, 2차 실증사업에서 제시된 계시별 요금제의 영향에 대한 엄밀한 분석이 필요함을 시사한다.

9) 1차 실증사업에서는 대조군과 실험군 모두 실험 기간 동안 이전 대비 최대부하 시간대의 상대전력수요가 증가하였다(Kim et al., 2021). 최대부하 시간대 상대전력수요는 대조군에서 5%, TOU-일반형을 적용받은 실험군에서 4.9%, TOU-집중형을 적용받은 실험군에서 4.0% 증가하였다.

〈표 6〉 표본 A의 상대전력수요 평균

기간	구분	주택 유형	최대부하 시간대 상대전력수요	중간부하 시간대 상대전력수요
기간 I (2020년 5~9월)	대조군	아파트(지속)	0.70 (0.39)	1.81 (0.74)
		단독주택(신규)	0.66 (2.33)	1.35 (0.91)
	실험군	아파트(지속)	0.69 (0.39)	1.66 (0.72)
기간 II (2021년 5~9월)	대조군	아파트(지속)	0.69 (0.44)	1.72 (0.72)
		단독주택(신규)	0.63 (0.50)	1.37 (0.72)
	실험군	아파트(지속)	0.73 (0.54)	1.67 (0.73)

주: 1) 괄호 안은 표준편차를 나타냄.

2) 최대부하 시간대 상대전력수요는 경부하 시간대 대비 최대부하 시간대의 전력수요 비율로 정의됨. 중간부하 시간대 상대전력수요도 동일한 방식으로 정의.

〈표 7〉 표본 B의 상대전력수요 평균

기간	구분	주택 유형	수요시간대 상대전력수요
기간 I (2020년 5~9월)	대조군	아파트(지속)	1.33 (0.47)
		단독주택(신규)	1.16 (1.53)
	실험군	아파트(신규)	1.27 (0.61)
		단독주택(신규)	1.21 (1.46)
기간 II (2021년 5~9월)	대조군	아파트(지속)	1.29 (0.48)
		단독주택(신규)	1.15 (0.68)
	실험군	아파트(신규)	1.30 (0.55)
		단독주택(신규)	1.29 (5.84)

주: 1) 괄호 안은 표준편차를 나타냄.

2) 수요시간대 상대전력수요는 기타시간대 대비 수요시간대 전력수요 비율로 정의.

III. 분석 모형

본 연구는 Hausman et al.(1979)이 제안한 2단계 전력수요 모형을 기반으로 상대전력 수요함수와 일일전력수요함수를 도출하였다. Hausman et al.(1979)은 전기사용량이 증가함에 따라 기본요금과 전력량 요금이 감소하는 역진제 형태의 주택용 전기요금제도 가운데있던 미국 코네티컷주의 150가구를 대상으로 계시별 요금제를 적용한 실험의 효

과를 분석하였다. 연구의 핵심은 역진제 가구와 계시별 요금제 가구가 혼재된 단일 자료를 사용하여 가격 변화에 따른 전력수요 변화를 비교 분석하기 위한 방법론 고안으로, 역진제 가구의 전력수요함수 분석 시 야기되는 내생성(endogeneity) 문제를 해결하기 위한 가격지수 설정 방식을 제안하였다. 이러한 실험 설계 방식 및 가격변수 설정 상 난점이 본 연구에서 분석하는 실증사업과 매우 유사하다. 다만, 당시에는 이중차분법이 개발되기 이전이므로 대조군과 실험군의 실험 전·후 기간을 포괄하는 자료를 구성하여 제도 실행의 효과를 분리하지는 못하였다. 본 연구는 Hausman et al.(1979)의 2단계 전력수요 모형에 이중차분법을 결합하여 계시별 요금제 적용의 효과를 보다 정교하게 분리하고자 시도하였다.

분석 모형은 소비자들이 서로 다른 시간대의 전력수요를 선택하여 일일 효용을 극대화한다는 가정에서 출발한다. 소비자 효용은 계시별 요금제에서 제시된 시간대별 전력 소비와 전력 외 재화의 소비에 따라 결정된다. 이때, 효용 극대화 모형의 일계 조건에 근거하여 다음의 상대전력수요함수를 1단계로 도출한다.

$$s_{it}^j = \sum_{j=1}^{n-1} v_j \frac{p_{it}^j}{p_{it}^0} + X_i \beta + X_i \sum_{j=1}^{n-1} \gamma_j \frac{p_{it}^j}{p_{it}^0} + \omega_{rt}^j + \pi_t + \epsilon_{it}^j \quad (1)$$

식 (1)에서 s_{it}^j 는 가구 i 의 t 일자 j 시간대 상대전력수요이다. 여기에서 하루를 j 개 시간대로 구분하는 데, 표본 A에서는 $j = 0, 1, 2$ 이고 표본 B에서는 $j = 0, 1$ 이다. $j = 0$ 은 기준이 되는 시간대로 표본 A에서는 경부하 시간대, 표본 B에서는 기타시간대를 가리킨다. 즉, s_{it}^j 는 표본 A에서는 경부하 시간대 전력수요 대비 j 시간대 전력수요의 비율로, 표본 B에서는 기타시간대 전력수요 대비 j 시간대 전력수요의 비율로 정의된다. p_{it}^j 는 가구 i 의 t 일자 j 시간대 전력가격, p_{it}^0 은 기준 시간대의 전력가격으로, 식 (1)은 시간대별 상대전력수요는 시간대별 상대전력가격의 함수임을 보여준다. X_i 는 가구 i 의 사회경제적 특성 변수들의 벡터, ω_{rt}^j 은 가구 i 가 거주하는 지역 r 의 t 일자 j 시간대 기온, π_t 은 주말과 공휴일을 나타내는 더미 변수 및 코로나 19 확진자수를 변수의 벡터, ϵ_{it}^j 는 독립항등분포(i.i.d, independent and identically distribution)를 따르는 오차항이다. v_j ,

β, γ_j 는 추정계수를 나타낸다. 시간대별 상대전력가격과 가구의 사회경제적 특성 변수 간 교차항은 상대전력수요의 가격탄력성이 사회경제적 특성 변수에 의해 달라질 수 있음을 반영한 것이다. 여기에서 누진제를 적용받는 가구의 상대전력가격은 1이며, 계시별 요금제를 적용받는 가구의 상대전력가격은 1보다 큰 값을 갖는다. 따라서 식 (1)은 누진제에서 1의 값을 갖는 상대전력가격이 계시별 요금제 적용에 따라 1보다 큰 값으로 변화할 때 상대전력수요는 어떻게 변화하는지를 추정하게 된다.

2단계로 식 (2)의 일일전력수요함수를 도출한다. 식 (2)는 Hausman et al.(1979)의 일일전력수요 모형에 이중차분법을 적용한 것으로, 일일전력수요의 가격탄력성이 실험 전·후, 실험군과 대조군, 주택형태에 따라 달라질 수 있도록 설정하였다.

$$x_{it} = D_t T_i H_i \bar{p}_{it} + X_i \mu + \bar{p}_{it} X_i \eta + \omega_{rt} + \pi_t + \epsilon_{it} \quad (2)$$

식 (2)에서 x_{it} 는 가구 i 의 t 일자 전력소비량, \bar{p}_{it} 는 가구 i 의 t 일자 전력평균가격, D_t 는 실험 후 기간에 1의 값을 갖는 더미변수, T_i 는 가구 i 가 실험군에 속할 경우 1의 값을 갖는 더미변수, H_i 는 단독주택일 경우 1의 값을 갖는 더미변수, ω_{rt} 는 가구 i 가 거주하는 지역 r 의 t 일자 평균기온을 나타내며, 다른 변수들은 식 (1)과 같다.

전력평균가격 \bar{p}_{it} 는 계시별 요금제를 적용 받는 가구와 누진제를 적용 받는 가구에 대해 각기 다른 방식으로 계산한다. 계시별 요금제를 적용받는 가구 i 의 t 일자 전력평균가격은 식 (1)의 추정결과를 활용하여 시간대별 전력소비량 x_{it}^j 을 가중치로 두고 다음과 같이 계산할 수 있다. 아래 식에서 일일평균가격 \bar{p}_{it} 은 x_{it}^j 에 따라 달라지기 때문에, 동일한 계시별 요금제를 적용 받더라도 가구별 부하패턴에 따라 일일평균가격은 다른 값을 갖게 된다.

$$\bar{p}_{it} = \frac{\sum_{j=0}^n p_{it}^j x_{it}^j}{\sum_{j=0}^n x_{it}^j} = \frac{\sum_{j=1}^{n-1} p_{it}^j s_{it}^j + p_{it}^0}{\sum_{j=1}^{n-1} s_{it}^j + 1} \quad (3)$$

누진제를 적용받는 가구에 대해 식 (3)을 적용하면 $p_{it}^j = p_{it}$ 이기 때문에 전력평균가

격 \bar{p}_{it} 이 t 일자가 속한 전기요금 청구월의 평균전력가격으로 귀결된다. 여기에서 월평균 전력가격을 가격변수로 활용할 경우, 가구의 월별 전력소비량이 청구월의 평균전력 가격에 영향을 미치는 누진 단계를 결정함에 따라 내생성 문제가 발생한다. Hausman et al.(1979)은 이 경우 최종 누진단계에 해당하는 전력량 요금 단가를 \bar{p}_{it} 에 대입하는 방식으로 내생성 문제를 일부 해소할 수 있다고 제안하였다. 최종 누진단계에 따라 결정되는 전력량 요금 단가는 일일 전력평균가격과 높은 상관성을 갖지만, 일일전력수요에 직접 영향을 받는다고 보기 어렵기 때문이다. 이 전력량 요금 단가를 가격 변수로 사용할 경우 구간별 요금체계(block pricing)에 따른 굴절된(kinked) 예산 집합 문제를 야기하므로(권오상 외, 2014), Hausman et al.(1979)은 예산 집합을 선형화하기 위해 누진제에서의 전기요금 계산방식에 따른 요금절약분이 추가로 통제되어야 한다고 권고하였다. 국내에서도 조하현·장민우(2015), 홍중호 외(2018)에서 이러한 방식의 예산 집합 보정이 시도되었다. 이에 본 연구는 $Lumpsum_{it}$ 변수를 추가하여 누진제를 적용 받는 가구의 예산 집합을 선형화하였다. 계시별 요금제를 적용 받는 가구에 대해서 $Lumpsum_{it}$ 변수는 0의 값을 갖는다. 이에 식 (2)의 일일전력수요함수는 아래와 같이 조정된다.

$$x_{it} = D_t T_i H_i \bar{p}_{it} + X_{it} \mu + \bar{p}_{it} X_{it} \eta + Lumpsum_{it} + \omega_{rt} + \pi_t + \epsilon_{it} \quad (4)$$

IV. 분석결과

1. 상대전력수요 추정결과

<표 8>은 식(1)의 상대전력수요 함수를 추정한 결과이다. 열 (1)과 (2)는 TOU-일반형의 효과를 분석하기 위한 표본 A에 대해 상대전력수요함수를 추정한 결과이며,¹⁰⁾ 열 (3)은 TOU-단순형의 효과를 분석하기 위한 표본 B에 대해 상대전력수요함수를 추정한 결과이다.

10) 이론적으로 표본 A를 분석한 열 (1)과 (2)에서 각 추정식에 중간부하 시간대의 상대가격과 최대부하 시간대의 상대가격 모두를 포함하여 교차가격탄력성을 추정할 수 있다. 그러나 분석자료에 동계기간이 포함되지 않아 최대부하 시간대의 가격이 변화하지 않고 188원/kWh에 고정되었기 때문에, 이러한 추정은 다중공선성의 문제를 야기한다.

〈표 8〉 시간대별 상대전력수요 추정결과

	표본 A		표본 B
	(1) 최대부하	(2) 중간부하	(3) 수요시간대
<i>가격변수</i>			
최대부하 시간대 상대가격	0.09 (0.06)	-	-
중간부하 시간대 상대가격	-	0.05 (0.12)	-
수요시간대 상대가격	-	-	0.32 (0.30)
<i>사회경제적 특성</i>			
주택면적	-0.01 (0.02)	0.05** (0.02)	-0.09 (0.12)
태양광 설치	-0.02 (0.03)	-0.07 (0.04)	0.03 (0.19)
가구원 수	0.06** (0.02)	0.09** (0.02)	0.09** (0.03)
가구주 연령대	0.007 (0.01)	-0.03 (0.03)	0.009 (0.03)
가구주 교육수준	0.03 (0.02)	0.01 (0.03)	0.15 (0.16)
월 평균 소득수준	-0.01** (0.007)	-0.02* (0.01)	0.01 (0.03)
영·유아	0.07* (0.04)	0.28** (0.08)	-0.002 (0.11)
노인	-0.02 (0.03)	0.01 (0.05)	0.004 (0.07)
성인 비취업자	-0.07** (0.03)	-0.13** (0.05)	-0.32 (0.30)
단독주택	-0.03 (0.02)	-0.15** (0.03)	-0.21 (0.24)
<i>가격변수와의 교차항</i>			
주택평수	0.01 (0.01)	-0.02 (0.01)	0.11 (0.12)
태양광	-0.01 (0.01)	-0.01 (0.02)	-0.16 (0.14)
가구원 수	-0.03** (0.01)	-0.05** (0.01)	-0.05* (0.02)
가구주 나이	-0.02** (0.01)	-0.01 (0.02)	-0.005 (0.02)
가구주 교육수준	0.0002 (0.01)	0.03 (0.02)	-0.13 (0.15)
소득수준	0.004 (0.003)	0.01 (0.006)	-0.01 (0.02)
영·유아	0.02 (0.02)	0.03 (0.05)	0.12 (0.09)
비취업자	0.03** (0.01)	0.03 (0.03)	0.03 (0.05)
노인	0.06** (0.02)	0.07** (0.03)	0.32 (0.29)
단독주택 더미	-	-	0.17 (0.23)
코로나19 확진자 수	0.008 (0.01)	0.001 (0.007)	-0.05 (0.04)
기온	0.01** (0.009)	0.01** (0.001)	0.007** (0.002)
주말	0.07** (0.007)	0.11** (0.007)	0.09** (0.01)
공휴일	0.06** (0.01)	0.11** (0.01)	0.10** (0.02)
상수항	0.06 (0.10)	1.45** (0.18)	0.44 (0.31)
관측치 수	127,085	201,968	206,844
가구 수	691	691	773
R^2	0.02	0.23	0.002

주: 1) 추정식에 월 고정효과와 연 고정효과를 포함함.

2) 괄호 안은 가구별로 군집표준오차를 계산하였음.

3) ** 95% 신뢰수준 또는 그 이상에서 유의; * 90% 신뢰수준에서 유의.

표본 A와 표본 B 모두 상대가격의 계수가 통계적으로 유의하지 않아, 계시별 요금제의 적용이 시간대별 상대전력수요를 유의하게 변화시키지 못하였음을 시사한다. 이는 1차 실증사업에서는 계시별 요금제에 따라 시간대별 요금 수준이 변화하면서 최대부하 시간대의 상대전력수요가 유의하게 감소하였다고 분석한 Kim et al.(2021)의 연구와 배치되는 결과이다.

1차 실증사업과 달리 2차 실증사업에서 가격 변화에 따라 시간대별 상대전력수요가 유의하게 변화하지 않은 이유로는 제시된 요금 수준이 부하 이동을 유인하기에는 충분하지 않았을 가능성을 우선적으로 고려해 볼 수 있다. TOU-일반형의 하계 최대부하 시간대 전력량 요금은 188원/kWh로, TOU-일반형이 적용된 아파트 가구의 2단계 전력량 요금(142.3~147.3원/kWh)보다는 높고 3단계 전력량 요금(210.6~215.6원/kWh)보다 낮은 편이다. TOU-단순형의 하계 수요시간대 전력량 요금은 188.8원/kWh인데, 이는 단독주택의 2단계 전력량 요금(182.9~187.9원/kWh)과 거의 유사한 수준이다. 춘추계에 제시된 계시별 요금제의 전력량 요금은 이보다도 낮은 수준이다. 따라서 전력소비량이 많은 가구일수록 계시별 요금제 전환에 따라 부하 이전이 없어도 전기요금이 감소하는 결과가 초래되었다. 반면, 1차 실증사업에는 하계의 최대부하 시간대 전력량 요금이 최대 316원/kWh까지 책정되는 등 시간대별 요금 격차가 큰 TOU-집중형 요금제가 시도되었다. 이러한 분석 결과는 수용가가 시간대별 가격 변화에 반응하여 수요를 이전하도록 유도하기 위해서는 시간대별 가격 격차를 충분히 확대하고 부하 이전의 목표가 되는 시간대에는 기존 누진제 대비 높은 수준의 전력량 요금 단가를 책정해야 함을 시사한다. 그 외, 2차 실증사업의 설계 및 시행과정에서 나타난 여러 문제가 1차 실증사업과 2차 실증사업이 서로 상반된 분석 결과를 도출하는 데 영향을 미쳤을 것이라 판단된다. 전술하였던 다시피 2차 실증사업은 실험군과 대조군이 제대로 구성되지 않았으며, 동계 및 춘추계 일부가 제외된 5개월에 한정해 진행되었다. 이에 따라, 분석 자료는 동계에서의 수요 반응을 포함하지 않으며 상대가격변수의 차이(variation)도 1차 실증사업 대비 부족한 편이다.

또한 계시별 요금제의 시간대별 구분도 주택용 전력 수용가의 부하 이전을 유인하기에 효과적이지 않은 방식으로 설계되었다. TOU-단순형은 수요시간대(9-21시)와 기타 시간대(21-9시)의 2개 시간대별 구분을 갖는다. 수요시간대의 높은 전력량 요금에 대응하려면 늦은 밤이나 새벽으로 부하를 이전해야 한다. 일반적인 주택용 전력 수용가의 생

활 패턴을 감안하면 이러한 부하 이전을 기대하기는 어려우며, 아파트 가구에서는 중간 소음 문제까지 유발할 수 있어 실질적으로 기타시간대로의 부하 이전이 어렵다. TOU-일반형은 최대부하 시간대가 오후 1시에서 5시 사이에 설정되어 저녁에 최대부하가 발생하는 주택용 전력의 실제 부하 패턴과 일치하지 않는다. 이 시간대는 전력 소비가 많지 않아 부하 이전의 잠재량이 충분하지 않기 때문에 계시별 요금제에 반응하여 부하를 이전할 경제적 유인과 자원이 모두 불충분하다.

<표 8>에서 가구의 사회경제적 특성 변수의 계수 추정치는 가구 특성에 따라 평균적 상대전력수요에 차이가 나타나는지를 의미한다. 사회경제적 특성 변수와 가격변수 간 교차항의 계수 추정치는 가구 특성에 따라 상대전력수요의 가격반응도에 차이가 있는지를 보여준다. 사회경제적 특성 변수의 계수 추정치를 보면, 가구원 수가 많을수록, 영유아가 있는 가구에서 전반적인 상대전력수요가 높게 나타나며, 소득수준이 높을수록, 노인이 있는 가구에서 전반적인 상대전력수요가 낮게 나타난다. 가구원 수가 많은 가구는 상대전력수요의 평균적 수준은 높지만 가격변수와의 교차항은 음(-)의 값으로 유의하여 가격 변화에 대한 반응은 더욱 탄력적인 것으로 분석되었다. 반면 노인이 있는 가구는 상대전력수요의 평균적 수준은 가격변수와의 교차항은 양(+)의 값으로 유의하여 가격 변화에 대한 반응은 상대적으로 비탄력적인 것으로 분석된다. 표본 A 분석 결과를 보면, 단독주택 가구는 아파트 가구에 비해 중간부하 시간대의 상대전력수요는 낮은 편이다. 그러나 표본 A의 실험군에는 단독주택이 포함되지 않아 단독주택 가구가 시간대별 상대전력가격에 더 민감하게 반응하는지 추정되지 않았다. 표본 B 분석 결과를 보면 주택 유형에 따라 평균적 상대전력수요 및 상대전력수요의 가격 반응도가 유의하게 달라지지 않았다. 즉, <표 8>의 분석결과만으로는 주택 유형에 따라 부하 이전 행태가 달라지는지 여부를 확인할 수 없으며, 이는 실험 설계의 한계에서 기인한다.

일별 코로나19 확진자 숫자는 상대전력수요에는 유의한 영향을 미치지 않았다. 반면, 기온, 주말, 공휴일 변수는 <표 7>의 모든 추정식에서 유의하게 상대전력수요를 증가시키는 것으로 분석되었다. 5~9월의 전력소비량 자료를 분석한 점을 감안할 때, 기온 상승은 주간 시간대의 냉방 수요를 확대하여 상대전력수요를 증가시키는 요인으로 작동하였다. 코로나 19 상황에서 주말과 공휴일에는 평일 대비 재택 시간이 증가하여 주간 시간대의 상대전력수요가 증가한 것으로 판단된다.

2. 일일전력수요 추정결과

<표 9>는 표본 A와 표본 B에 대해 식 (4)의 일일전력수요함수를 각각 추정한 결과를 보여준다. 모든 가격지수의 추정계수가 통계적으로 유의한 양(+)을 값을 가져, 가격이 상승함에 따라 오히려 일일전력수요가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 앞서 설명한 내생성을 통제하려는 노력에도 불구하고 여전히 전력소비가 증가함에 따라 높은 요금 단가가 부과되는 누진제 가구의 영향이 추정 결과에 반영되고 있는 것으로 해석된다(조성진·박광수, 2015). 또한, 코로나 19 확산 이후 주택용 전력수요를 상승시키는 구조적 변화가 발생하였는데, 본 연구에서 그 변화의 원인을 정확하게 통제하지 못하였기 때문이다. 2020년 1월부터 국내에 코로나 19가 확산되면서 사회적 거리두기가 시행되고 생장이 위축되어 2020년에는 전년 대비 타 부문의 전력소비는 감소했지만 주택용 전력소비는 증가하였다. 2021년에는 경기가 다소 회복되면서 산업용, 교육용 등 타 부문의 전력소비가 증가하였는데에도 불구하고, 주택용 전력소비는 연이어 증가하였다(박광수, 2022).¹¹⁾

이에 따라 <표 9>에 제시된 가격변수의 추정계수를 직접적으로 해석하기는 어려우나, 다음의 특징들을 관찰할 수 있다. 첫째, TOU-일반형이 실험군에 적용된 표본 A, TOU-단순형이 실험군에 적용된 표본 B 모두 실험 전·후 가격지수 추정계수에서 큰 차이가 나타나지 않았다. 이는 계시별 요금제 적용이 주택용 전력 수요가의 가격 반응도에 유의미한 변화를 이끌어내지 못했음을 시사한다. 둘째, 두 표본 모두 대조군 실험군의 가격지수 계수 추정치 간 큰 차이가 나타나지 않았다. 실증사업에서 개별 가구의 선택에 따라 대조군·실험군 여부가 결정되었음을 감안할 때, 이 결과는 가격 반응도의 차이가 계시별 요금제 선택 가능성에 미치는 영향이 미미함을 보여준다. 셋째, 아파트 가구와 단독주택 가구 간 가격지수의 계수 추정치 차이가 유의하지 않다. 이는 주택 유형에 따라 일일전력가격 변화에 따른 반응이 크게 달라지지 않음을 의미한다.

<표 9>에서 일일전력수요는 선행연구(조하현·장민우, 2015; 남수현·박광수, 2020)와 마찬가지로 주택 면적이 넓을수록, 가구원 수가 많을수록 증가하는 것으로 분석되었

11) 이러한 주택용 전력소비 증가는 단순히 사회적 거리두기 확산으로 인한 재택시간 증가만으로는 설명하기 어렵다. 만약 코로나 19가 유발한 재택시간 증가로 주택용 전력소비가 증가하였다면 이미 코로나 19 상황에 어느 정도 익숙해진 2021년 전력소비는 전년 대비 크게 증가하지 않았을 것이기 때문이다. 본 연구는 코로나 19가 주택용 전력소비에 미친 영향을 통제하기 위해 코로나 19 확진자수 변수를 추가하였으나, 이에 대해서는 별도의 후속 연구가 필요하다고 판단된다.

〈표 9〉 일일전력수요 추정결과

	표본 A	표본 B
<i>가격변수</i>		
대조군 × 실험전 × 아파트 × 가격지수	0.06** (0.01)	0.06** (0.01)
대조군 × 실험전 × 단독주택 × 가격지수	0.06** (0.01)	0.06** (0.01)
대조군 × 실험후 × 아파트 × 가격지수	0.05** (0.01)	0.03** (0.01)
대조군 × 실험후 × 단독주택 × 가격지수	0.06** (0.01)	0.06** (0.01)
실험군 × 실험전 × 아파트 × 가격지수	0.06** (0.01)	0.06** (0.01)
실험군 × 실험전 × 단독주택 × 가격지수		0.06** (0.01)
실험군 × 실험후 × 아파트 × 가격지수	0.06** (0.01)	0.05** (0.01)
실험군 × 실험후 × 단독주택 × 가격지수		0.05** (0.01)
Lumpsum	-0.01 (0.008)	-0.007 (0.006)
<i>사회경제적 특성</i>		
주택면적	0.46** (0.21)	0.67** (0.25)
태양광 설치	0.44 (0.52)	-1.09 (1.10)
가구원 수	0.50** (0.17)	0.57** (0.18)
가구주 연령대	0.33 (0.24)	0.34* (0.20)
가구주 교육수준	0.01 (0.29)	0.19 (0.27)
월 평균 소득수준	-0.18** (0.08)	-0.19** (0.09)
영·유아	0.16 (0.53)	-0.32 (0.48)
노인	-0.05 (0.37)	0.40 (0.37)
성인 비취업자	-0.06 (0.52)	0.03 (0.56)
단독주택	-1.56** (0.48)	-1.97** (0.41)
<i>가격변수와의 교차항</i>		
주택평수	0.001 (0.001)	-0.00004 (0.001)
태양광	-0.004 (0.004)	0.005 (0.01)
가족구성원 수	-0.0003 (0.001)	-0.001 (0.001)
가구주 나이	-0.002 (0.001)	-0.002 (0.001)
가구주 교육수준	-0.002 (0.002)	-0.002 (0.002)
소득수준	0.002** (0.0006)	0.002** (0.0006)
영·유아	0.001 (0.003)	0.004 (0.003)
비취업자	0.001 (0.002)	-0.0001 (0.002)
노인	0.004 (0.003)	0.0007 (0.004)
코로나 확진자 수	0.41** (0.04)	0.44** (0.06)
기온	0.23** (0.009)	0.19** (0.006)
주말	0.32** (0.03)	0.39** (0.03)
공휴일	0.38** (0.04)	0.45** (0.04)
상수항	-7.77** (1.59)	-7.53** (1.46)
관측치 수	200,153	205,325
가구 수	691	773
R ²	0.47	0.46

주: 1) 추정식에 월 고정효과와 년 고정효과를 포함함.

2) 괄호 안은 가구별로 군집표준오차를 계산하였음.

3) ** 95% 신뢰수준 또는 그 이상에서 유의; * 90% 신뢰수준에서 유의.

다. 단독주택 가구는 아파트 가구에 비해 일일전력수요가 낮은 것으로 분석되었는데, 이는 다른 요인들이 적절히 통제되었을 때 아파트 가구는 단독주택 가구에 비해 전력 소비가 높은 편이라는 홍종호 외(2018)의 결과를 참조하여 해석할 수 있다. 한편, 월 평균 소득수준의 경우 단일 변수에 대한 추정계수는 -0.18 , 가격변수와의 교차항은 0.002 이며 모두 통계적으로 유의하다. 소득 변수와 관련된 교차항까지 모두 고려하여 표본 A의 표본평균에서 일일전력수요의 소득탄력성을 계산한 결과 0.06 으로 도출되었다. 즉, 월평균소득수준이 $10\%p$ 증가할 때 일일전력수요는 $0.6\%p$ 증가하는 것으로 나타났다.¹²⁾¹³⁾

코로나 확진자 수가 증가할수록 일일전력수요는 높은 것으로 분석되었다. 이는 코로나19 확진자 수가 증가할수록 전력소비가 감소한다는 이서진(2021)의 연구결과와 배치된다. 이서진(2021)은 산업용, 일반용 전력이 모두 포함된 총 전력소비를 분석하였기 때문에, 확진자 수 증가는 방역 조치 강화에 따른 활동수준 감소를 초래하여 전력수요 감소로 귀결된다고 분석하였다. 본 연구의 결과는 주택용 전력수요를 분석하였기 때문에 확진자 수 증가에 따른 활동수준 감소는 재택시간을 증가시켜 주택용 전력수요는 증가시킨다고 해석될 수 있다. 또한, 상대전력수요의 추정결과와 마찬가지로 기온이 높아질수록, 주말과 공휴일에 일일전력수요가 유의하게 증가하는 것으로 분석되었다. 주말과 공휴일이 주택용 전력수요에 미치는 영향은 Chang et al.(2014)과 일치하는 결과로 해석된다.

V. 결론 및 시사점

본 연구는 주택용 계시별 요금제 실증사업의 2차 실증사업 결과를 분석하였다. 2차 실증사업은 2021년 5월~9월 동안 아파트 및 단독주택 가구를 대상으로 누진제, TOU-일반형 요금제, TOU-단순형 요금제의 효과를 비교 분석하는 것이 목적이다. 본 연구는 2차 실증사업에 참여한 1,292가구의 전력소비량 및 사회경제학적 특성 자료를 사용하여 (1)

12) 표본 A와 B의 추정계수가 거의 유사하여 탄력성 계산 결과도 다르지 않게 도출되었다.

13) 통상적으로 소득 수준이 전력수요에 양(+)의 영향을 미치는 것을 고려할 때, 가격변수와의 교차항을 고려하지 않더라도 소득탄력성이 양의 값을 가지기 위해서는 월 평균 소득수준 변수 단독에 대한 추정계수가 양의 값을 가지는 것이 직관에 부합한다. 본 연구에서 월 평균 소득수준에 대한 추정계수가 음의 값을 가지는 한편, 가격변수와의 교차항까지 고려할 때 소득탄력성이 양의 값으로 계산된 것은 가격 변수에 내재하는 내생성이 소득과 가격 변수 간의 교차항 추정계수에까지 영향을 미친 것으로 해석된다.

요금단가가 높은 시간대의 상대전력수요가 효과적으로 감소하였는지, (2) 일일전력수요에는 변화가 발생하였는지 분석하였다.

분석 결과, TOU-일반형과 TOU-단순형 요금제 모두 상대전력수요와 일일전력수요에 미친 영향이 유의하지 않았다. 주택 유형은 일일전력수요의 수준에는 영향을 미치나, 주택 유형에 따라 상대전력수요나 일일전력수요에 따른 가격 반응이 달라지지는 않았다. 이러한 결과는 2차 실증사업에서 제시된 계시별 요금제가 소비자로서 하여금 자발적으로 요금단가가 높은 시간대에서 낮은 시간대로 부하 이전을 유도하는 본연의 목적을 제대로 달성하지 못하였음을 시사한다. 이는 계시별 요금제의 요금 설계가 부하 이전을 유도하기에는 불충분하고, 시간대별 구분이 가정 부문의 생활 패턴을 제대로 반영하지 못하였기 때문으로 판단된다.

본 연구는 2022년부터 전국으로 확대 적용될 주택용 계시별 선택 요금제가 효과적으로 그 목적을 달성하기 위해서는 요금제의 설계가 개선되어야 한다는 결론을 도출하였다. 1차 실증사업에서는 시간대별 요금 격차가 크고 누진제의 최고 전력량 요금 대비 높은 전력량 요금이 최대부하 시간대에 책정된 계시별 요금제가 시도되었고, 분석 결과 참여자들이 시간대별 가격 변화에 반응하여 최대부하를 유의하게 줄이는 결과를 얻었다 (Kim et al., 2021). 그러나 2차 실증사업에서는 1차 실증사업에 비해 시간대별 요금 격차가 적고 누진제의 최고 전력량 요금보다 낮은 수준의 전력량 요금대가 최대부하 시간대에 책정된 계시별 요금제가 시도되었고, 분석 결과 참여자들이 시간대별 가격 변화에 반응하여 수요를 조정하지 않는 것으로 나타났다. 이들 결과는 계시별 요금제가 의도한 부하 이전의 목적을 달성하기 위해서는 부하 이전을 목표로 하는 시간대의 요금 수준이 충분히 높게 설정되어야 함을 시사한다. 또한, 요금제 설계 시 실제 주택용 전력 소비 패턴 등을 고려한 부하 이전 잠재량 등을 고려하여 부하시간대 구분에 반영되어야 할 것이다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 최대부하 시간대의 경우 본 연구의 표본이 동계 기간을 포함하지 않아 TOU-일반형 요금제의 최대부하 시간대 효과를 분석하기에 한계가 존재했다. 둘째, 실증사업에 참여한 가구들이 무작위 표본이라고 할 수 없다. 과거 스마트그리드 보급지원사업에 의해 AMI가 설치된 가구들을 대상으로 참여자를 모집하였으며, 대조군과 실험군, 그리고 1차 실증사업에서부터 지속해서 참여한 가구들과 2차 실증사업에 신규 참여한 가구들 간의 사회경제적 특성에 상당한 차이가 존재하였다. 셋째,

계시별 요금제의 요금체계는 가상적으로만 제시되었으며 실제로는 대조군과 실험군 모두 실제로는 누진제에 따라 계산된 전기요금을 지불하였다. 다만, 누진제하에서의 전기요금에 비해 계시별 요금제하에서의 전기요금이 감소할 경우, 실증사업 종료 후 이에 상응하는 보상을 지급했다. 그러나 반대의 경우에 대해서는 별도의 조치가 존재하지 않았다. 넷째, 내생성을 통제하려는 시도에도 불구하고 일일전력수요 함수의 추정에서 여전히 대조군 가구들로부터의 내생성이 발생하는 것으로 판단된다. 다섯째, 대조군 대비 실험군의 비중이 지나치게 높고, 실험군의 특성에 적절히 매칭되는 대조군이 설정되지 않았다. 따라서 이중차분법을 적용하였음에도 불구하고 계시별 요금제의 효과가 제대로 분리되지 않았을 가능성이 존재한다. 이러한 한계에도 불구하고 본 연구는 국내 계시별 요금제 실증사업을 처음으로 분석한 연구로서 향후 주택용 계시별 요금제에 관한 다양한 논의의 기초자료로서 역할을 할 수 있다고 기대된다.

[References]

- 권오상·강혜정·김용건, “가구별 소비자자료를 이용한 전력수요함수 추정 및 요금제도 변경의 효과 분석”, 『자원·환경경제연구』, 제23권 제3호, 2014, pp. 409~434.
- 김진현·장동식·엄지용, “가정용 계시별 요금제의 후생효과 분석”, 『에너지경제연구』, 제19권 제1호, 2020, pp. 1~36.
- 남수현·박광수, 『지역별·가구특성별 저소득층 에너지 지원기준 개선 연구』, 에너지경제연구원, 2020.
- 박광수, “2021년 전력수급분석”, 에너지브리프 Series No. 9-2, 에너지경제연구원, 2022.
- 박호정·이유수, “행위자기반모형을 이용한 선택적 전력요금제의 전력요금 절감효과 분석”, 『자원·환경경제연구』, 제24권 제1호, 2015, pp. 225~249.
- 산업통상자원부, “9월부터 제주지역 계절별·시간별 요금제 시간대 개편안 시행-최대부하시 간대를 낮 시간에서 저녁 시간으로 이동-”, 보도자료(2021.6.25.), 산업통상자원부, 2021.6.
- 이서진, “코로나 19와 한국 전력소비 변화”, 『에너지경제연구』, 제20권 제2호, 2021, pp. 183~206.
- 정연제·박광수, 『계시별 요금제 개선방안 연구』, 에너지경제연구원, 2018.

- 조성진·박광수, 『주택용 전력수요의 계절별 가격탄력성 추정을 통한 누진제 효과 검증 연구』, 에너지경제연구원, 2015.
- 조하현·장민우, “구간별 가격체계를 고려한 우리나라 주택용 전력수요의 가격탄력성과 전력 누진제 조정방안”, 『자원·환경경제연구』, 제24권 제2호, 2018, pp. 698~410.
- 한국전력공사, 『기본공급약관시행세칙(2021.01.01.)』, 한국전력공사, 2021.
- 홍종호·오형나·이성재, “가구 패널자료를 이용한 가계부문 에너지 소비행태 분석 -1인 가구 및 고령가구를 중심으로-”, 『자원·환경경제연구』, 제27권 제3호, 2018, pp. 463~493.
- Allcott, H., “Rethinking real-time electricity pricing,” *Resource and Energy Economics*, Vol. 133, 2011, pp. 820~842.
- Andruszkiewicz, J., J. Lorence, and A. Weychan, “Demand price elasticity of residential electricity consumers with zonal tariff settlement based on their load profiles,” *Energies*, Vol. 12, 2019, 4317p.
- Andruszkiewicz, J., J. Lorence, and A. Weychan, “Seasonal variability of price elasticity of demand of households using zonal tariffs and its impact on hourly load of the power system,” *Energy*, Vol. 196, 2020, 117175p.
- Baladi, S. M., J. A. Herriges, and T. J. Sweeney, “Residential response to voluntary time-of-use electricity rates,” *Resource and Energy Economics*, Vol. 20, 1998, pp. 225~244.
- Caves, D. W., and L. R. Christensen, “Econometric analysis of residential time-of-use electricity pricing experiments,” *Journal of Econometrics*, Vol. 14, No. 3, 1980, pp. 287~306.
- Chang, Y., C. S. Kim, J. I. Miller, J. Y. Park, and S. Park, “Time-varying long-run income and output elasticities of electricity demand with an application to Korea,” *Energy Economics*, Vol. 46, 2014, pp. 334~347.
- Di Cosmo, V., S. Lyons, and A. Nolan, “Estimating the impact of the time-of-use on Irish electricity demand,” *The Energy Journal*, Vol. 36, No. 2, 2014, pp. 117~136.
- Filippini, M., “Short- and long-run time-of use price elasticities in Swiss residential electricity demand,” *Energy Policy*, Vol. 39, 2011, pp. 5811~5817.
- Filippini, M., “Swiss residential demand for electricity by time-of-use,” *Resource and Energy Economics*, Vol. 17, 1995, pp. 281~290.
- Hausman, J. A., M. Kinnucan, and D. McFadden, “A Two-Level Electricity Demand Model: Evaluation of the Connecticut Time-of-Day Pricing Test,” *Journal of Econometrics*, Vol. 10,

1979, pp. 263~289.

Hurley, D., P. Peterson, and M. Whited, *Demand Response as a Power System Resource: Program Design, Performance, and Lessons Learned in the United States*, Cambridge, Synapse Energy Economics, Inc., 2013.

IEA, <https://www.iea.org/reports/demand-response>

Kim, J., S. Lee, and H. Jang, “Lessons from Residential Electricity Demand Analysis on the Time of Use Pricing Experiment in South Korea,” *Available at SSRN*, <https://ssrn.com/abstract=3975505> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3975505>

Train, K., and G. Mehrez, “Optional time-of-use prices for electricity: Econometric analysis of surplus and pareto impacts,” *The RAND Journal of Economics*, Vol. 25, No. 2, 1994, pp. 263~283.

Vasterberg, M., and C. K. B. Krishnamurthy, “Residential end-use electricity demand: implications for real time pricing in Sweden,” *The Energy Journal*, Vol. 37, No. 4, 2016, pp. 141~164.