

전력 가격 왜곡의 후생 효과*

남경식** · 정진영***

경쟁 시장에서 가격은 신속적인 움직임을 통해 초과수요 또는 초과공급을 해소하고 시장의 균형을 유지시키는 중요한 역할을 수행한다. 하지만 우리나라의 전력 가격은 정부가 규제하는 방식으로 운영되어 왔기 때문에 적절한 역할을 하지 못하고 있다. 이렇게 발생한 가격 왜곡은 전력시장 내에서 초과수요를 발생시키고, 그에 따른 시장의 비효율성을 유발할 수 있다는 점에서 문제점이 있다. 이에 본 연구에서는 가격 왜곡으로 인한 전력시장의 비효율성을 정량적인 방법으로 추정하였다. 구체적으로 각 계약종별 중별원가와 판매단가의 차이를 가격 왜곡으로 정의하였고, 중별원가에서의 판매량을 산정하기 위해 정준공적분회귀법을 활용하여 각 계약종별 전력수요의 가격탄력성을 추정하였다. 이후 가격 왜곡에 따른 공급자의 손실 변화분과 소비자의 잉여 변화분을 계산하였다. 분석 결과 2005년부터 2017년까지 규제로 인한 왜곡된 가격으로 우리나라 전력시장에서 발생한 비효율성은 최소 6,248억 원으로 추정되었다. 이는 전체 전력시장의 규모에 비해서는 작다고 볼 수도 있지만, 환경비용과 같은 부정적인 외부비용 등은 고려되지 못한 최소한의 비용이라는 점에서 실제 전력시장에서의 비효율성은 이보다 훨씬 더 높을 것으로 예상된다.

핵심주제어: 가격 왜곡, 전력시장, 후생 효과, 가격탄력성, 정준공적분회귀법
경제학문헌목록 주제분류: D42, D61, Q41

* 이 연구는 2024학년도 한국외국어대학교 교원연구지원사업 지원에 의하여 이루어진 것입니다. 더불어, 본 연구는 에너지경제연구원의 2019년도 기본보고서 “가격왜곡의 에너지소비 비효율성에 미치는 영향 분석”(박광수·남경식)에서 저자가 사용한 자료와 작성한 내용의 일부를 수정 및 확장한 결과물임을 밝힙니다. 본 논문을 위해 유익한 조언을 해주신 에너지경제연구원의 박광수 박사님과 익명의 두 심사자분께 깊은 감사의 뜻을 전합니다.

** 제1저자, 한국외국어대학교 기후변화융합학부 조교수, 전화: (031) 330-4297, E-mail: ksnam@hufs.ac.kr

*** 교신저자, 에너지경제연구원 전력정책연구본부 원전정책연구실 전문연구원, 전화: (052) 714-2081, E-mail: jy_jeong@keei.re.kr

논문투고일: 2023. 11. 22 수정일: 2024. 1. 10 게재확정일: 2024. 3. 29

I. 서론

경제학에서 가격의 핵심적인 기능은 수요와 공급 간의 불일치를 해결하여 시장을 균형 상태로 유지시키는 데 있다. 완전경쟁시장에서는 가격이 한계비용과 동일하게 설정되어 시장의 후생을 극대화시키지만, 독점시장에서는 이윤극대화의 원리에 의해 독점공급자가 생산량을 결정할 수 있는 지배력으로 말미암아 일반적으로 상품의 가격이 한계비용보다 높게 설정된다. 이로 인해 독점시장에서는 완전경쟁시장과 비교하였을 때 소비자에게는 후생 손실이 발생하게 되고 생산자는 추가적인 잉여를 얻게 되는 부의 재분배와 생산량 감소에 따른 시장의 후생 손실이 발생하게 된다.

하지만 전력산업과 같이 국가의 안보와 복지 등과 같은 이유로 정부 주도로 발생한 공공독점 시장에서는 다른 결과가 나타나기도 한다. 공공독점 기업은 다른 민간독점 기업들과는 달리 상품의 판매로부터 발생하는 이윤 창출보다는 전체 사회 구성원들의 편익 증대에 더 큰 목적을 두게 된다. 그럼에도 불구하고 공공독점 기업도 최소한 기업 활동의 영위를 유지해야 하므로 시장 가격은 최소한의 원가보상주의 원칙에 입각하여 설정되는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 만약 정치적인 이유 등으로 시장 가격이 제품의 원가보다 낮게 결정된다면, 공공독점 기업은 지속적인 손해를 보게 되고 소비자들은 잘못된 가격 신호로 인해 전기와 같은 사적 재화의 과소비를 유도하여 시장의 비효율이 발생하게 될 것이다.

이는 우리나라의 에너지 가격 결정 과정에서도 확인할 수 있다. 우리나라에서 에너지 가격은 산업경쟁력 강화나 물가안정, 저소득층을 위한 에너지 복지와 같은 정부의 정치·경제적인 논리에 입각한 직접적인 규제에 의하여 결정되어 왔으며, 규제된 가격은 원가보다도 낮게 형성되어 에너지의 초과수요를 유발하였고 이로 인한 비효율적인 시장 상태가 오랫동안 지속되어 왔다.¹⁾ 왜곡된 가격체계는 에너지다소비(석유화학·조립금속·1차금속) 업종 중심의 산업구조를 고착화시키게 되고 해외 무역의존도가 높고 대부분의 에너지원을 수입하고 있는 소규모 개방경제인 우리나라 경제 발전에 큰 부담이 되어 왔을 것이라는 것은 자명하다.

〈표 1〉은 우리나라의 2016년 이후 전력 부문에서의 총괄원가와 계약종별 판매단가를 보여 준다. 표에서 확인할 수 있듯이 2014년 이후 우리나라의 판매단가는 지속적으로 감소하고 있음에도 불구하고 총괄원가는 증가하는 추세를 보여

1) 정한경·박광수(2010), 박광수·김태현(2012), 박광수·남경식(2019).

〈표 1〉 2016년 이후 총괄원가와 계약종별 판매단가 변화 추이

(단위: 원/kWh)

연도	주택용	일반용	교육용	산업용	농사용	가로등	심야	합계	총괄원가
2016	121.5 (116%)	130.4 (125%)	111.5 (107%)	107.1 (102%)	47.4 (45%)	113.4 (108%)	67.6 (65%)	111.2 (106%)	104.7
2017	108.5 (100%)	130.4 (120%)	103.1 (95%)	107.4 (99%)	47.6 (44%)	113.5 (104%)	67.5 (62%)	109.5 (101%)	109.0
2018	106.9 (92%)	130.0 (112%)	104.1 (89%)	106.5 (92%)	47.4 (41%)	113.8 (98%)	67.6 (58%)	108.7 (93%)	116.4
2019	105.0 (90%)	130.3 (111%)	103.9 (89%)	106.6 (91%)	47.7 (41%)	113.9 (97%)	67.4 (58%)	108.7 (93%)	117.1
2020	107.9 (99%)	131.6 (121%)	104.0 (95%)	107.4 (99%)	48.5 (45%)	114.4 (105%)	67.0 (62%)	109.8 (101%)	109.0
2021	109.2 (86%)	128.5 (101%)	101.7 (80%)	105.5 (83%)	46.0 (36%)	113.0 (89%)	65.7 (52%)	108.1 (85%)	126.6

주: 괄호 안의 숫자는 총괄원가 대비 각 판매단가의 비중을 의미함.

자료: 2022년도판 한국전력통계(2022.5.31), 2021년 전기요금 원가정보(2021.12.28).

주고 있다. 이러한 에너지 가격의 괴리는 전기라는 상품의 초과수요를 초래하고 전력을 판매하는 한국전력공사의 입장에서는 이에 대한 부담이 증가하고 있었음을 유추할 수 있다. 구체적으로, 2021년의 총괄원가가 126.60원/kWh인 것에 비해 동년도 판매단가는 108.11원/kWh로 나타나 판매단가가 원가의 약 85% 수준에 그친 것을 확인할 수 있다. 이로 인해 한국전력공사의 2021년도 적자규모(별도 기준)는 약 5.6조를 달성하여 역대 최대 적자를 달성하였다. 계약종별로 확인하는 경우, 일반용이 유일하게 총괄원가보다 높은 판매단가(128.47원/kWh)를 달성하였고 주택용(109.16원/kWh), 산업용(105.48원/kWh) 등은 총괄원가보다 낮게 판매되었다. 특히, 최근 5개년 농사용 전력의 판매단가는 총괄원가의 50%를 하회하고 있어 왜곡된 가격 신호가 소비자에게 지속적으로 전달되었음을 확인할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 전력시장에서 왜곡된 가격체계가 시장에 어떻게 부정적으로 영향을 미치는지를 공급 부문과 수요 부문으로 나누어 분석하고, 이를 정량적으로 수치화시키는 것에 목적을 둔다. 전력시장에서 왜곡된 가격은 다른 에너지 지원 시장의 비효율성을 발생시킬 수 있으므로 에너지 가격 왜곡에 대한 분석은 전체 에너지 시장을 조망하는 통합적인 관점에서 진행해야 효과적일 수 있다. 하지만 본 연구에서는 범위의 광대함으로 인해 초래될 수 있는 연구방법론의 복잡

성을 피하기 위해 전력 부문에 한정시켜서 분석을 진행하기로 하며, 전력시장을 구성하는 소비자 부문을 각 계약종별로 분리·분석하여 총괄하는 방식으로 계약종별 소비자의 이질성을 고려하기로 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 제Ⅱ절에서는 기존 선행연구를 확인한다. 구체적으로 가격 제도에 따른 전력시장의 후생 효과와 관련된 논문들을 살펴보기로 한다. 제Ⅲ절에서는 전력시장에서의 비효율성을 정의하고 전력시장의 비효율성을 계산할 수 있는 후생 경제학 모형을 제공한다. 제Ⅳ절에서는 제Ⅲ절에서 설정한 모형을 토대로 전력시장의 비효율성을 추정하고, 마지막 제Ⅴ절에서는 결론 및 정책적 시사점을 제시한다.

Ⅱ. 선행연구

국가마다 전력시장을 운영하는 방식에는 상당한 차이가 있으나 판매 시장(sales market)은 크게 규제시장과 비규제시장으로 구분될 수 있다. 미국과 서유럽의 국가는 전기를 판매하는 전력 회사(electric utility company)가 시장에서 경쟁을 통해 가격을 제시하고 소비자는 자신의 선호 혹은 효용에 따라 전력 회사를 선택할 수 있는 것에 반해, 한국, 중국, 러시아와 같은 규제된 전력시장을 운영하는 국가는 정부가 시장에서 독점적인 지위를 갖고 있는 전력 회사의 지분을 소유하는 방식으로 시장 가격이 결정되는 과정에 개입한다.

해외의 기존 문헌에서는 규제시장과 비규제시장을 구분하지 않고 에너지 가격 정책의 변화에 따른 소비자 후생의 변화를 추정하거나 유의성을 검증하는 방식으로 연구가 진행되어 왔다. 이를 위해 다양한 접근 방법론이 제시되어 왔지만 큰 틀에서 시장 참여자 개별 혹은 전체의 이윤 혹은 비용이라는 후생 수준을 현실과 최적 혹은 정책 변화 전과 후라는 2가지 상황을 대비하여 비교한다는 점에서 본 연구의 접근법과 일맥상통하다고 볼 수 있다. 예를 들어, 기존 문헌에서는 누진제와 같은 비선형가격체계의 도입에 따른 소비자의 후생 변화를 보상변동(compensating variation) 혹은 대등변동(equivalent variation)의 개념 등을 이용하여 분석적(analytical)으로 계산하였다.²⁾ 앞의 논문과 같이 분석적으로 후생 변화를 계산하는 방법과 더불어 기존 문헌에서 가장 많이 사용되는 방법론은 실험설계 접근법(natural field experimental approach)에 기반하여 시장 참여자

2) Ruijs(2009), Borenstein(2012), You and Lim(2017).

의 후생 변화에 대한 유의성을 검증(testing)하는 것이다.³⁾

다른 한편으로, 전력 가격과 에너지 효율 간의 상관관계를 분석한 Xin-gang and Shu-ran(2020)에서는 2006년부터 2017년 사이의 중국의 30개의 성(省)의 에너지소비량, 전력 가격 등을 활용하여 중국 전력 가격의 시장화 과정을 콥-더글라스 생산함수를 활용하여 평가하였다. 또한 경제·정책·기타 가격 요인들을 통제하여 전력 가격이 에너지 효율에 미치는 영향을 분석하였다. 실증분석 결과, 시장 지향적인 전력 가격은 에너지효율성과 양의 상관관계가 있음이 밝혀졌고 전력 가격이 에너지 효율에 미치는 긍정적·부정적 충격은 서로 비대칭적이었으며, 긍정적인 충격의 응답 시간이 부정적인 충격의 응답 시간보다 더 길게 나타났다.

국내 기존 문헌에서는 관련된 자료 확보의 어려움 등으로 인해 전력 가격의 변화에 따른 전력시장의 비효율성을 분석한 연구는 많지 않은 것으로 나타났다. 먼저, 유영훈·김성수(2005)는 두 개의 발전기(석탄, 가스복합)만 존재한다는 가정하에서 계약종별 계시별 요금제에 따른 경제적 후생 효과에 대해 분석하였다. 국내 전력 가격은 계약종별로 상이한 요금을 적용(교차보조)하고 있어 원가와 상이하게 전력 가격이 설정될수록 소비자의 수요가 왜곡될 수 있다고 주장하였다. 분석 결과, 계절별로는 봄·가을, 시간대별로는 중간부하 시간대의 후생 감소가 높은 것으로 나타났다. 따라서 봄, 가을의 중간부하 시간대 전력 가격을 타 계절 및 시간대보다 원가에 가깝게 높게 인상시켜 경제적 후생을 향상시킬 수 있다는 결론을 도출하였다.

김현숙 외(2012)는 전력시장에서 규제가격으로 인한 소매요금제도의 문제점을 분석하기 위해 실시간요금제의 도입을 가정하여 사회 후생의 변화를 살펴보았다. 사회 후생의 변화를 추정하기 위해 먼저 여름 및 겨울의 전력수요 함수의 추정을 통해 점탄력성을 도출하였고 최대부하 및 경부하에서의 소비자잉여, 생산자잉여, 사중손실의 변화를 도출하였다. 분석 결과, 실시간 요금제의 도입은 여름철에는 약 674억 원, 겨울철에는 2,251억 원 증가시킬 수 있는 것으로 나타났다. 이는 소매요금의 규제는 자중손실을 발생시켜 전체적으로 사회 후생을 감소시키고 한국전력에게 재무적 손실을 초래하고 있다고 결론지었다.

김재엽·정연제(2021)는 5대 계약종별(주택용, 일반용, 교육용, 산업용, 농사용)의 낮은 원가회수율로 인해 발생하는 환경비용을 M-CORE를 활용하여 추정하였다. 먼저, 현행 계약종별 전기요금체계가 유지된다는 가정하에서 2025년과

3) Jessoe and Rapson(2014), Gerarden and Yang(2023), Ito *et al.*(2023).

2030년의 비효율적인 전력소비의 양을 산정하였다. 이후 전기요금 인상 시나리오를 적용하여 비효율적인 전력소비를 감축하기 위해 필요한 요금 인상분을 산정하고 이때의 환경비용(SO_x, NO_x, PM_{2.5}, CO₂) 변화를 살펴보았다. 먼저 국내에서 왜곡된 전기요금으로 인해 10,138GWh(2030년 기준)의 전력이 비효율적으로 소비되고 있으며, 이를 개선하기 위해서는 2017~2020년 평균 전기요금 수준 대비 15% 내외의 전기요금 인상이 필요함을 언급하였다. 또한 이로 인해 절감되는 환경비용은 약 260억 수준임을 도출하였다.

추가적으로 주목할 만한 연구는 남경식·박광규(2022)와 Nam and You(2023)가 있는데, 해당 연구에서는 수요관리사업자와 한국전력이 참여 주체로서 운영되는 우리나라 전력 부문 수요자원거래시장에 사회적 설계자가 있다고 가정하고 사회적 비용을 최소화시키는 최적 보상체계 및 최적 고객기준부하를 제안하고 있다. 그리고 시장 후생 손실을 추정하기 위해 현 보상체계 및 고객기준부하 산정부하 방식하에서 산출된 사회적 비용과 최적 보상체계 및 최적 고객기준부하가 적용되어 도출한 최소화된 사회적 비용 간의 차이를 산출하였다.

본 연구에서는 기존의 선행연구와 우리나라 에너지의 가격체계와 왜곡된 현상에 대한 원인 설명을 제공하고 있는 에너지경제연구원의 기본 보고서⁴⁾에서 제공하고 있는 개념적 틀(conceptual framework)을 기반으로 가격 왜곡에 따른 전력시장의 후생 손실을 분석하기로 한다. 구체적으로 박광수·남경식(2019)에서는 우리나라 에너지 가격체계 및 시장 실패의 원인, 가격 왜곡에 따른 에너지 과소비의 규모, 그리고 이를 보완하기 위한 에너지 가격에 대한 정책적 시사점을 자세하게 제공하고 있다. 더불어 계약종별 전력수요의 가격탄력성을 추정하고 이를 통해 종별원가보다 낮은 판매단가로 인해 발생한 에너지 과소비의 규모를 추정하였다. 본 연구에서는 이에 멈추지 않고 규제된 전력시장에서 가격 왜곡에 따른 후생 변화를 연구하기 위하여 미시경제학 모형을 구축하고, 이에 기반하여 후생 손실을 정량적으로 추정하기로 한다.

4) 정한경·박광수(2010), 박광수·김태현(2012), 박광수·남경식(2019).

Ⅲ. 모형

1. 전력시장의 비효율성 정의

규제된 전력시장의 비효율성을 분석하기 위해 고려해 볼 수 있는 가격의 개념은 시장청산가격(market clearing price), 정상가격(normal price), 규제가격(regulated price)이다. 시장청산가격이란 시장에서의 수요와 공급의 불일치를 해소시키는 가격이고 따라서 독점시장보다는 완전경쟁시장에서 설명이 가능하다. 정상가격이란 “공공요금 산정기준”의 기본원칙의 가항(총괄원가보상), 나항(진실하고 유효한 자산에 대한 적정 투자보수 가산)을 충실히 이행된 가격을 의미하며, 이는 총괄원가 혹은 중별원가라 할 수 있다. 마지막으로 규제가격은 저소득층을 위한 에너지 복지, 그리고 전체 사회 구성원들의 편익 증대 등을 고려하여 설정된 현실화된 가격을 의미하며, 이는 정상가격보다도 낮게 형성될 수 있다. 현실적으로 생산과 소비 활동의 필수재인 전기는 국민의 부정적 수용성으로 인해 가격 인상이 쉽지 않았고, 정권의 지지도에 민감한 정부는 이러한 정치적인 상황으로 말미암아 규제가격이 정상가격보다도 낮은 경우를 발생시키게 되었다. 이러한 맥락에서 규제가격을 왜곡된 가격(distorted price)이라고 표현하기도 한다.⁵⁾

앞서 언급하였듯이 정상가격은 “공공요금 산정기준”이라는 정부의 규제를 받고 있지만, 정상가격의 산정방식은 전기의 생산·공급을 위하여 사용된 적정비용인 적정원가(영업비용+적정법인세비용±일부영업외손익)에 전기의 생산·공급을 위하여 투자된 자산에 대한 적정한 보수(요금기저×적정투자보수율)의 합으로 구성되어⁶⁾ 시장참여자인 소비자, 공급자, 전력시장에 참가하지 않는 정부와는 무관하게 결정된다고 할 수 있다.

공급자인 한국전력이 설정하고 싶은 가격은 이윤을 극대화시킬 수 있는 정상가격 및 시장청산가격보다도 높은 가격이고, 소비자가 지향하는 가격은 효용을 극대화시킬 수 있는 낮은 가격일 것이다. 이때 정부가 경기 침체 등의 이유로 국민으로 대표되는 소비자의 편익에 더 큰 가중치를 두게 되는 경우, 정상가격보다도 낮게 규제가격을 설정하는 유인을 가질 수 있다. 만약, 판매가격이 정상가격

5) 정한경·박광수(2010), 박광수·김태현(2012), 박광수·남경식(2019).

6) https://home.kepco.co.kr/kepco_alio/front/FN/P/A/FNPA001List.jsp 참조.

보다도 낮은 규제가격으로 설정되면 판매자인 한국전력은 전력을 판매하여도 적자가 발생하는 상황이 되며, 반대의 상황에서는 소비자들이 정상가격보다도 더 높은 가격을 전력 사용으로 지불함에 따라 추가적인 후생 손실을 초래할 수 있게 된다.

다시 정리하면, 우리나라 전력 가격의 왜곡 현상에 따라 발생할 수 있는 규제시장의 비효율성은 한국전력공사와 같은 공기업이 기업으로서 수익을 창출하는 것도 중요하지만, 대주주인 대한민국 정부에도 이득이 되어야 한다는 점, 그리고 산업경쟁력 강화 및 저소득층 에너지 복지, 그리고 물가안정과 같은 거시적인 요인들이 정부의 이윤함수에 포함되어야 한다는 점에서 정상가격과 그보다 낮은 규제가격의 차이로 발생할 수도 있다는 점이다. 이는 정상가격에서의 공급자와 소비자잉여(surplus) 합이 왜곡된 가격에서의 공급자와 소비자잉여의 합보다 큰 것을 의미한다는 점에서, 전력시장의 비효율성을 두 상황(state)에서 총 잉여 간의 차이(자중손실, Dead Weight Loss)라고 정의할 수 있을 것이다.

정의하는 방법에 따라 가격 왜곡에 따른 전력시장의 후생 변화는 다양하게 추정될 수 있지만 본 연구에서는 가격 왜곡에 따른 우리나라 전력시장의 비효율성을 계산하기 위해서 시장에 참여하는 주체가 누구인지, 해당 주체들의 목적함수가 어떻게 되는지, 그리고 비효율성이 발생되고 있는 상황 및 이상적인 상황에 대하여 다음과 같이 정의하기로 한다. 우리나라 전력시장은 한국전력으로 대표되는 전기 공급자(판매자)와 전기 소비자인 국민, 그리고 제3자인 정부의 개입으로 시장 참여자를 구분한다. 해당 주체의 목적함수는 우리나라 전력시장의 특수성에 기인한 논리를 이용하였다. 구체적으로 전력시장 소비자의 경우 판매단가가 높아질수록 전력 사용의 구매비용이 상승하게 되어 소비를 줄이게 될 유인이 높아지므로 우하향하는 정상적인 수요곡선을 갖는 것으로 가정할 수 있다. 하지만 규제된 전력시장에서 공급자인 한국전력공사는 전력 판매로부터 얻을 수 있는 이윤보다는 예상되는 소비자의 수요에 맞춰 전력을 공급해야 한다는 점에서 공급량을 가격에 대응하여 자체적으로 변화시키기 어렵다. 이는 전력공급의 가격탄력성이 전력수요의 가격탄력성을 절댓값의 수준에서 초과할 수 없음을 의미하며, 따라서 공급자가 공급량을 가격에 따라 결정하는 방식이 아닌 예상된 수요에 의하여 결정한다는 측면에서 공급곡선은 정의되지 않는다고 볼 수 있고 이는 그래프 상으로 수요곡선상의 한 점으로 표현될 수 있다. 마지막으로 최적을 나타내는 상황으로는 판매자의 비용을 보전해 주는 정상가격을 기준으로 하고 비효율성의 상황으로는 현재 수행되고 있는 가격체계를 왜곡되었다고 정의하여 두 상황 간

시장 참여자 후생 총합의 변화를 추정하기로 한다. 다만, 두 가지 상황에서 이질적인 두 그룹, 공급자와 소비자의 잉여를 합한 두 가격체계하에서 시장 후생 (market welfare)의 차이를 계산하기보다는 경제학적인 해석의 수월함을 위해 두 가격체계하에서 공급자잉여의 변화와 소비자잉여의 변화를 따로 계산한 후 그 후생 변화의 차이를 합산하는 방식을 채택하기로 한다.

본 연구에서는 규제가격으로 인해 발생하는 전력시장의 자중손실(*D. W.L*)을 산정하기 위해 국내 계약종별 전력시장의 이질적인 특성을 고려하기로 한다. 계약종별 전력시장은 한국전력공사가 운영하고 있는 전력시장이 계약종별로 구분된다는 것을 의미한다. 따라서 계약종별 전력시장에서의 공급자는 한국전력공사이고 수요자는 각 계약종별 고객(소비자)이다. 우리나라의 계약종별 보상률은 <표 2>와 같다. 보상률이란 각 계약종별 판매단가를 종별원가로 나눈 값을 의미하며, 1보다 낮아지면 공급자는 해당 계약종에서 원가회수가 안되어 손해를 보고 있으며, 1보다 높아지면 반대로 공급자가 이익을 얻는 것을 의미한다. <표 2>에서처럼 우리나라의 전력 가격에 대한 전체 보상률은 대체로 1을 넘지 못한 것으로 나타나 가격 왜곡에 따라 공급자의 손실이 발생하였던 것으로 볼 수 있다.

<표 2> 2005년 이후 계약종별 보상률 현황

(단위: %)

연도	주택용	일반용	산업용	교육용	농사용	가로등	삼야	종합
2005	106	116	92	114	42	83	54	98
2006	104	112	89	93	41	82	52	95
2007	99	108	90	89	39	81	61	94
2008	84	88	73	74	33	68	58	78
2009	92	101	91	84	37	80	66	91
2010	94	96	89	85	37	78	67	90
2011	88	93	87	86	35	73	67	87
2012	86	93	89	87	32	83	63	88
2013	90	100	98	94	35	88	73	95
2014	88	106	104	93	37	93	78	100
2015	94	115	112	99	39	100	84	106
2016	93	115	113	98	39	100	84	107
2017	79	111	108	87	38	96	81	100

자료: 박광수·남경식(2019), pp. 30, 40~44.

위에서의 논의를 통해 전력시장에서의 자중손실($D.W.L$)은 공급자 이윤의 손실분과(∇R_s)과 소비자 효용의 증가분(ΔR_d)의 차이로 표현할 수 있다. 이때 하첨자 i 는 우리나라에서 운영 중인 6개의 계약종(주택용, 일반용, 산업용, 교육용, 농사용, 가로등)을 각각 의미한다. 이를 수식으로 표현하면 자중손실은 아래의 식 (1)을 통해 산정할 수 있다.

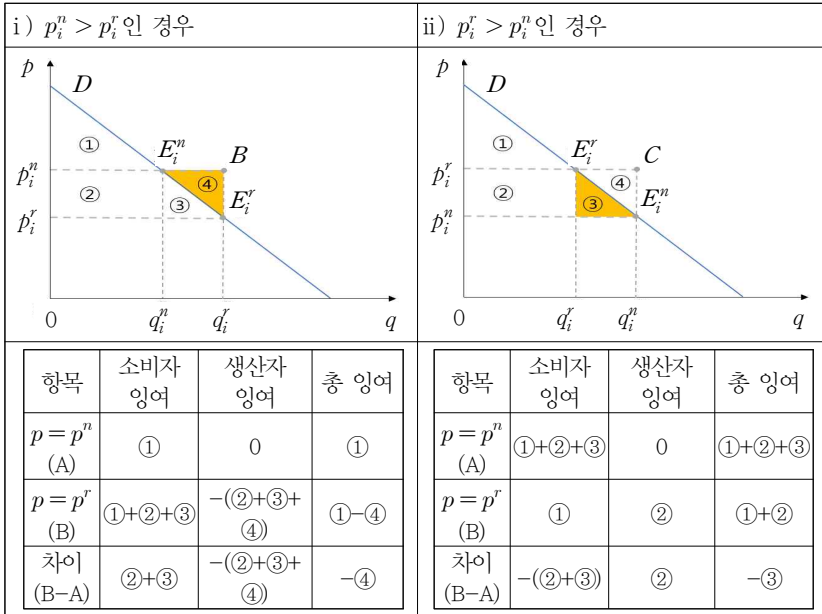
$$D.W.L = \sum_{i=1}^6 (\nabla R_{s,i} - \Delta R_{d,i}) \quad (1)$$

만약, 식 (1)의 $D.W.L$ 이 양수로 추정된다면, 이는 전력 가격 왜곡으로 우리나라 전력시장은 비효율적이라고 정의될 수 있다. 이는 낮게 설정된 규제가격체계가 공급자의 손실을 소비자의 이득보다 더 크게 만들었다는 의미임과 동시에 전체 전력시장도 규제된 현행 가격체계로부터 손실을 보고 있다는 의미이다.

하지만 $D.W.L$ 이 음수로 추정된다면, 이는 규제가격으로부터 발생된 소비자의 이득이 공급자의 손실보다 더 크다는 의미($|\nabla R_s| < |\Delta R_d|$)이므로 왜곡된 가격체계가 전체 전력시장을 더 효율적으로 만들고 있다는 의미이다. 하지만 이는 앞에서 언급한 바와 같이 현실적으로 타당성이 떨어진다. 왜냐하면, 첫째 전력수요의 가격탄력성이 전력공급의 가격탄력성보다 더 클 것으로 예상되기 때문이다. 구체적으로 전기라는 상품이 필수재의 성격을 띠고 전력화 현상(electrification)으로 소비자는 전력 가격에 변화에 비탄력적인 반응을 하는 것으로 알려져 있지만, 전력 가격은 소비자의 후생에 직접적으로 영향을 미치기 때문에 조업 시간대를 변동하거나 부하를 이전하는 방법으로 수요는 유의미한 수준으로 변할 수 있다. 반면에, 전력을 공급하는 발전사의 입장에서는 예상된 수요에 의해서 공급량이 결정되기 때문에 가격 변화에 대한 공급의 변화 폭은 수요의 변화 폭을 초과할 수가 없게 된다. 공급자보다는 소비자의 시장 지배력이 크다는 맥락에서 왜곡된 가격에 따른 독점기업의 손실은 소비자의 이득보다 더 크게 발생하게 될 것으로 예상된다. 둘째, 그동안 한국전력공사가 전기요금 인상을 쉽게 하지 못하였던 이유는 소비자의 지불의사가 종별원가와 비슷하거나 낮았기 때문이라고 생각해 볼 수 있다. 앞서 언급하였던 바와 같이 소비자는 전기를 필수재로 인식하기 때문에 다른 재화 대비 가격 상승에 대한 저항력이 크다고 할 수 있다.

식 (1)을 그림으로 표현하면 <그림 1>과 같다. 먼저 앞 항에서 가정한 바와

〈그림 1〉 가격 왜곡에 따른 시장 후생 변화



같이 계약종별 전력시장에서의 수요곡선은 우하향하고 예상되는 전력수요에 대응시켜야만 하는 공급곡선은 수요곡선상의 한 점으로 주어진 상황이다. 본 연구에서 효율적인 시장으로 가정하는 정상가격(종별원가, p_i^n)은 시장에서 q_i^n 만큼의 전력소비량을 발생시키며, 효율적인 전력시장은 E_i^n 에서 형성된다. 반면에 비효율적인 시장으로 표현되는 왜곡된 가격체계인 p_i^r 의 수준에서는 q_i^r 만큼의 전력소비량을 발생시키고, 이로 인해 규제된 전력시장은 E_i^r 에서 형성된다.

효율적인 시장과 비효율적인 시장 간 총 잉여의 차이를 구체적으로 표현하기 위해 다음의 두 가지 경우를 상정해 보자. 첫 번째 경우는 〈그림 1〉의 왼쪽에 표현되어 있는 바와 같이 정상가격(원가)이 판매단가보다 더 높은 상황($p_i^n > p_i^r$)이다. 효율적인 시장으로 표현되는 전력판매단가가 종별원가인 p_i^n 가 같아지는 상황에서는 소비자잉여는 ①만큼 발생한다. 반면에 생산자는 전기를 판매로 인한 추가적인 잉여를 얻을 수 없으므로 생산자잉여는 0으로 표현된다. 하지만 전력판매단가가 p_i^r 로 낮아짐으로써 시장이 왜곡되는 경우(즉, 판매단가가 원가 이하로 설정되는 경우) 소비자의 잉여는 기존 대비 ②와 ③의 합만큼 증가하게 된다. 그

리고 공급자는 전기를 원가 미만으로 판매함에 따라 p_i^r 하에서 판매되는 전력판매량(q_i^r)만큼 전부 손실을 보게 된다. 즉, $p = p_i^r$ 에서 공급자는 ②, ③, ④의 합만큼의 손실을 얻게 된다고 표현할 수 있다. 결과적으로 판매가격이 원가 이하로 왜곡되는 첫 번째의 경우, 전력시장은 ④라는 면적 크기의 시장 후생 손실이 발생하게 된다.

두 번째 경우는 판매단가가 종별원가보다 더 높은 상황($p_i^r > p_i^n$)으로 <그림 1>의 오른쪽에 표현되어 있다. 효율적인 시장과 비교하였을 때 소비자잉여는 ②와 ③의 합만큼 감소하게 되지만, 생산자는 원가보다도 높은 가격으로 판매할 수 있기 때문에 효율적인 상황 대비 ②의 면적만큼 잉여가 증가하게 된다. 결과적으로, 판매단가가 종별원가보다도 높게 설정되는 두 번째의 경우에도 ③이라는 면적 크기의 시장 후생 손실이 발생하게 된다.

<그림 1>을 다시 요약하게 되면, 왜곡된 가격으로 인해 종별원가와 판매단가가 불일치한다면 전력시장에서의 자중손실은 항상 양의 값으로 발생하게 된다. <그림 1>을 참고하여, 식 (1)을 다시 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 D.W.L &= \left| \sum_{i=1}^6 (\nabla R_{s,i} - \Delta R_{d,i}) \right| \\
 D.W.L &= \left| \sum_{i=1}^6 \left[-(p_i^n - p_i^r)q_i^r + \left\{ (p_i^n - p_i^r)q_i^r + \frac{1}{2}(p_i^n - p_i^r)(q_i^r - q_i^n) \right\} \right] \right| \\
 D.W.L &= \left| \sum_{i=1}^6 \left[\frac{1}{2}(p_i^n - p_i^r)(q_i^r - q_i^n) \right] \right| \tag{2}
 \end{aligned}$$

식 (2)에서 p_i^r, q_i^r 는 한국전력공사가 매년 한국전력통계를 통해 공시하고 있고 p_i^n 은 박광수·남정식(2019)을 참고하기로 한다. 따라서 식 (2)를 통해 전력 가격의 왜곡으로 인한 자중손실을 구하기 위해서는 q_i^n 를 추정하는 것이 본 연구의 핵심이라고 할 수 있다.

2. 가격 왜곡에 따른 자중손실 추정

식 (2)에서 언급한 것과 같이 전력시장에서의 자중손실을 산정하기 위해서는 q_i^n 의 추정이 무엇보다도 중요하다고 할 수 있다. 종별원가에서의 판매량(q_i^n)을

중별원가(p_i^n)와 계약종별 전력수요의 가격탄력성(ϵ_i)을 활용하여 다시 표현하면 다음과 같다.

$$q_i^n = q_i^r + \left[\frac{(p_i^n - p_i^r)}{p_i^r} \epsilon_i \right] q_i^r \quad (3)$$

식 (3)은 q_i^n 이 q_i^r 에서 p_i^r 와 p_i^n 의 차이에 전력수요의 가격탄력성을 곱한 만큼 비례하여 변화함을 나타낸다. ϵ_i 는 전력수요의 가격탄력성이므로 대체로 음수일 가능성이 높다. 따라서 $p_i^n > p_i^r$ 이면, q_i^n 는 q_i^r 보다 작을 것이며, $p_i^n < p_i^r$ 이면, q_i^n 는 q_i^r 보다 크게 도출될 것으로 예상된다.

(1) 계약종별 전력수요 시계열의 분석

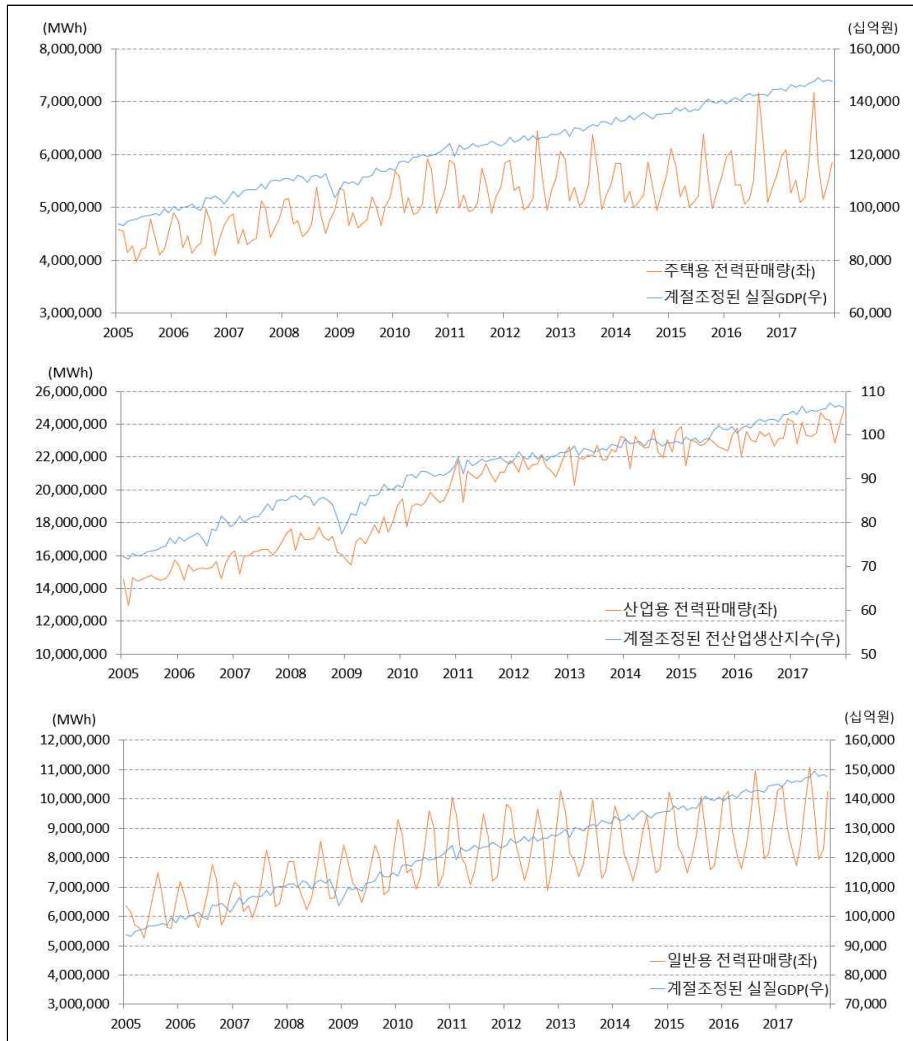
식 (3)에서 전력수요의 가격탄력성(ϵ_i)을 추정하기 위해서는 전력수요 함수의 추정이 요구되고 본 연구에서는 이를 위해 Chang *et al.*(2014)의 전력수요 방정식을 이용하기로 한다. 그리고 본 연구에서는 식 (4)의 전력수요의 가격탄력성을 추정하기 위해 총괄원가 및 계약종별 원가 자료가 가용 가능한 기간인 2005년 1월부터 2017년 12월까지의 주요 계약종별(주택용, 산업용, 일반용, 농사용, 교육용) 전력수요 함수를 추정하고자 한다.

본격적인 추정에 앞서 해당 기간 동안 전력판매량 및 계절조정된 실질GDP/전산업생산지수와 시계열적 관계를 먼저 확인하고자 한다. 계절조정된 실질GDP 혹은 전산업생산지수를 계약종별 전력수요와 같이 비교한 이유는, 각 시계열이 단위근을 갖고 있고 서로 장기적인 확률적인 추세를 공유하는 것으로 알려져 있기 때문이다.⁷⁾ <그림 2>를 통해 주택용, 산업용, 일반용 전력판매량 시계열에 3가지의 주요한 특징이 있음을 확인할 수 있다.⁸⁾ 먼저 2008년 금융위기 시기를 제외하고 전력수요는 시간에 따라 증가하는 장기적인 추세가 존재하지만, 그 추세는 2009년을 기점으로 크게 둔화되었다. 둘째, 봄과 가을보다 여름과 겨울에 상대적으로 전력수요가 더 큰 단기적인 계절적 변동성이 존재하고 그 변동성은 2010년 기점으로 크게 확대되었다. 산업용 전력수요의 경우 계절성이 약하지만

7) Chang *et al.*(2014).

8) 김철현·박광수(2015), Chang *et al.*(2014).

〈그림 2〉 계약종별 전력판매량 및 계절조정된 실질GDP/전산업생산지수의 추이



주택용과 일반용의 경우에는 냉난방 수요에 따른 계절성이 명확하게 드러나는 것으로 보인다. 셋째, 계절적 요인과는 별개로 월 유효일수(평일기준)에 따른 단기적인 특이점이 존재한다. 구체적으로 같은 계절에 동일한 일수를 가진 달이라도 공휴일이 많은 월에는 전력판매량이 더 낮게 나타났다.

이러한 실증적 관측을 모형화하기 위해서 기존의 문헌(Chang *et al.*, 2014, 2016)에서는 소득 혹은 생산 변수로 시변(time varying) 장기 공적분 관계를 설

정하고 적절한 계절변수를 포함시켰다. 그리고 유효일수에 따라 전력수요가 달라지는 점을 고려하여 종속변수인 전력수요를 월 유효일수로 나누어 줌으로써 단위 유효일수당 전력수요를 활용하여 회귀분석을 수행하였다.

〈그림 2〉를 통해 모두 계절조정된 실질GDP 및 전산업생산지수와 계약종별 전력판매량이 장기적인 추세를 공유하고 있음을 확인하였다. 이는 변수 간 장기 균형 상태로 표현될 수 있고, 통계적으로 두 변수가 장기적인 확률 추세(stochastic trend)를 공유하고 있다는 의미이다. 다만, 두 변수 간의 장기관계는 시간에 따라 변하고 있음을 확인할 수 있다. 그 이유로는 전기화(electrification)에 따른 소득 탄력성의 증가를 먼저 꼽을 수 있다. 즉, 단위 소득이 증가하였을 때 과거보다 현재에 전기 관련된 장치에 대한 사용량이 더 많이 증가하였다고 할 수 있다.⁹⁾ 하지만 주거용 심야전력의 감소, 국내 석유화학 제품 수출 증가세 둔화 등으로 2010년 이후부터는 주택용과 산업용의 소득탄력성의 증가세는 둔화되는 것으로 보여진다.¹⁰⁾

이를 구체적으로 확인하기 위해 단기적인 변동성이 제거된 연간 실질GDP(원지수)와 연간 전산업생산지수(2015=100)를 활용하여 계약종별 연단위 전력판매량과의 증가율을 비교하고 전력원단위(electricity intensity¹¹⁾)를 〈그림 3〉에 표시하였다. 주택용과 일반용의 전력판매량은 두 변수 간의 증가율이 2009년까지는 감소하는 방향으로 같이 움직인 것을 알 수 있다. 하지만 2011년 이후부터는 실질GDP 증가율이 3% 근방에서 일정하지만, 판매량 증가율은 각각 1.2%와 2% 근방에서 변동이 있는 것으로 확인할 수 있었다. 이는 주택용과 일반용 전력 판매량이 2012년 이후에는 소득수준과 탈동조화 현상이 발생하고 있음을 의미한다. 하지만 산업용의 경우 대체적으로 두 변수 간의 증가율이 같이 움직이는 것을 볼 수 있었다.

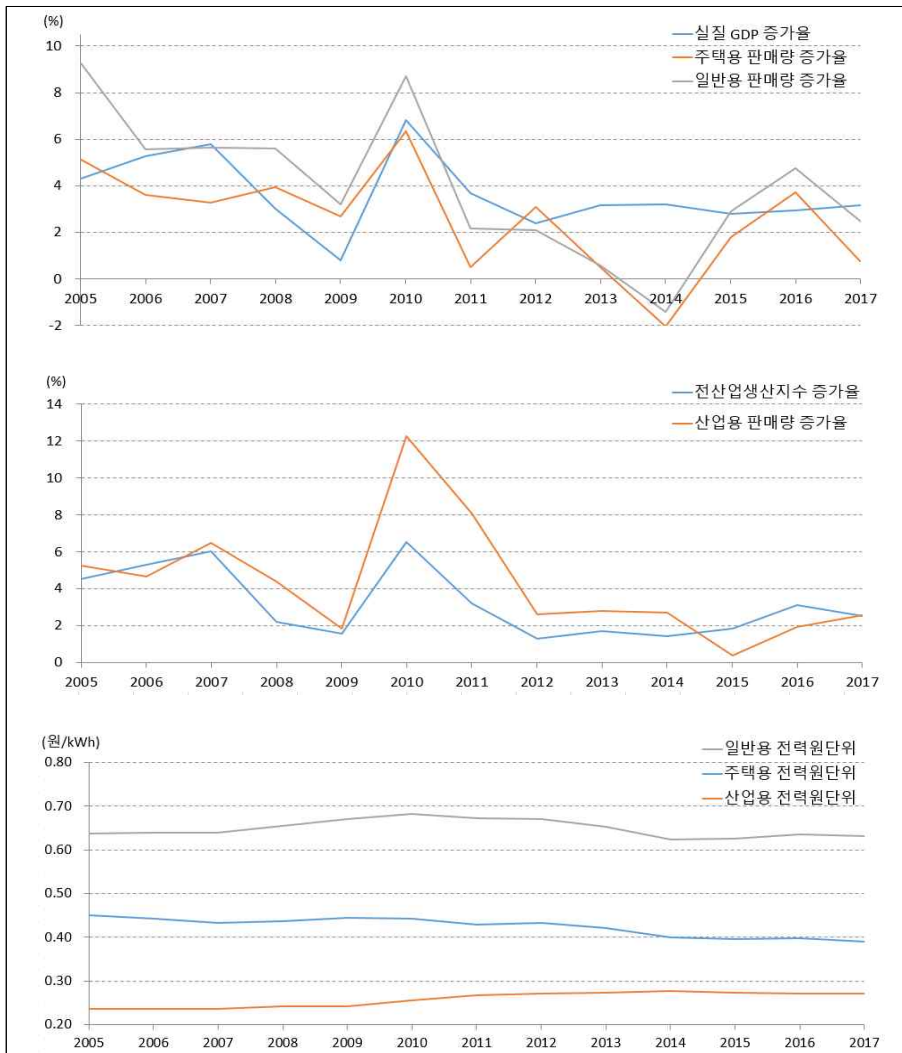
전력원단위의 경우 주택용과 일반용은 2010년도 이전에는 천천히 증가하다가 그 이후에는 감소하기 시작하였고, 산업용의 경우에는 2009년도 이전에는 정체되어 있다가 그 이후에는 빠르게 증가한 것을 알 수 있다.

9) Chang *et al.*(2014).

10) 김철현·박광수(2015).

11) 기존 문헌(김철현·박광수, 2015)에서는 부가가치당 전력원단위를 계산하였지만, 본 연구에서는 회귀모형 구축에 필요한 구체적 근거를 찾기 위하여 실질GDP 및 전산업생산지수당 전력원단위를 분석하였다. 전력원단위는 1GWh를 활용하여 창출되는 실질GDP/산업생산액을 의미한다. 주택용과 일반용의 전력원단위의 단위는 GWh/100억 원이고, 산업용의 경우 2015=1,000,000으로 하는 지수의 단위당 GWh이다.

〈그림 3〉 계약종별 판매량 및 실질GDP의 연간증가율 비교



(2) 계량경제학적 모형 설정

(1) 소절에서 언급한 것들을 고려하여 계약종별 전력수요함수의 회귀모형은 Chang *et al.*(2014)를 참고하여 아래와 같이 설정하였다.

$$y_{i,t} = \tau_i + \alpha_{i,t} x_{i,t} + \epsilon_i p_{i,t} + \gamma_i s_{i,t} + u_{i,t} \quad (4)$$

여기서 $y_{i,t}$ 는 계약종별 전력소비량을 월별 유효일수로 나눈 뒤 자연대수(로그)를 취한 값이고, $x_{i,t}$ 는 주택용, 일반용, 교육용에서는 월별 계절조정된 실질 GDP를 의미하고 산업용에서는 월별 계절조정된 전산업생산지수를 사용하였다. 농사용의 경우 계절조정된 실질 농림·어업용 GDP를 사용하였다.¹²⁾ 다만, 가로 등 및 심야용 전력수요는 계약종별의 특성상 가격 변화와 상관없이 일정하게 사용되고 있어 본 연구에서는 고려하지 않았다. $p_{i,t}$ 는 로그 실질판매단가(용도별 판매수입/판매량/소비자 혹은 생산자 물가지수)에 자연대수를 취한 값을 적용하였다. 이때 $p_{i,t}$ 는 $y_{i,t}$ 를 활용하여 생성되기 때문에 내생성(endogeneity) 문제가 발생할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Chang *et al.*(2014)를 참고하여 도구변수로 실질전력 가격지수를 활용하여 이를 해결하였다. 구체적으로 한국은행에서 제공하고 있는 월별 전력 가격지수는 전기사용량을 구간별로 구분한 후 각 사용량 구간별로 중간 전력량 사용 시의 전기요금을 전년도 구간별 판매대금이라는 가중치로 가중평균하여 산정하는 방식으로 전체적 할인 및 할증 효과를 반영한 전력 가격을 지수화한다. 따라서 전력 가격지수는 이전 연도의 구간별 전력판매량 가중치와 같은 시기 정부의 전기요금 정책을 활용하여 산정되기 때문에 내생성을 발생시킬 수 있는 같은 시기의 전력수요와는 동시적 상관관계를 갖지 않게 된다.¹³⁾

이렇게 생성된 전력 가격지수에는 주택용에 적용되는 누진제, 산업용과 일반용에 적용되는 계시별 요금제의 효과가 이미 반영되어 있다는 점에서 계약종별 전기요금제도의 복잡한 구조를 직접 고려할 필요 없이 본 연구의 시계열 모형에 적용이 가능하다고 할 수 있다. 다만 농사용과 교육용의 경우, 전력 가격지수가 공표되지 않고 있어 실질판매단가의 계절성을 제거한 후(6개월 이동평균 적용) 사용하였다. 다음으로 $s_{i,t}$ 는 계절변수로 서울·대전·대구·부산·광주, 5대 광역시의 시간별 기온자료와 지역별 판매량 가중치를 통해 생성한 월별 기온분포함수이다.

식 (4)는 공적분 모형으로서 전력수요, 소득 혹은 생산, 그리고 가격변수 간의 장기균형관계를 모형화하고 전력소비의 단기적인 계절적 움직임을 기온 변수

12) 분기별 자료를 월별자료로 치환하기 위해 이동평균(moving average)을 활용하였다.

13) 전력 가격지수의 자세한 산정 방법은 박광수·남경식(2019)의 pp. 34~35를 참조.

로 설명하는 모형이다. 이는 국가의 소득 혹은 생산수준과 전력소비는 장기적인 추세를 공유하지만 전력소비의 단기적 계절적 변동성은 소득수준과는 무관한 기온변수에 의해 움직이는 것을 수식화하였다. 공적분 모형을 추정하기 위해서는 최소자승법(OLS)이 초일치 추정량을 제공하지만 이는 계수 추정치의 효율성이 떨어지고 점근적으로 편되한다는(biased) 단점이 있어, 본 논문에서는 Park(1992)에 의하여 개발된 정준공적분회귀법(Canonical Cointegrating Regression)을 적용하였다.¹⁴⁾

식 (4)에서 계수, $\alpha_{i,t}$ 는 전력수요의 소득탄력성을 의미한다. $\alpha_{i,t}$ 는 시간에 따라 천천히 변하는 것으로 가정하고 Chang *et al.*(2014)와 같이 푸리에 플렉서블 형태(Fourier Flexible Form)를 이용해 추정하기로 한다. 구체적으로 시간에 따라 변하는 소득탄력성의 추정을 위해서는 $\alpha_{i,t}$ 를 추정해야 하고, 이를 다항함수와 삼각함수의 선형결합으로 근사하여 추정하는 것을 의미한다. 앞서 언급한 것처럼 전력수요의 소득탄력성은 일반적으로 시간에 따라 증가하고 있어 전력수요의 소득탄력성을 시간 불변 함수인 상수로 가정하게 되면 2000년대 초반의 소득탄력성을 과대추정하게 되고, 2010년대 후반은 소득탄력성을 과소추정하게 되는 값을 얻게 될 수 있다. 그리고 이는 비정상성의 잔차항을 생성시킬 수 있어 가성회귀 현상(spurious regression)을 발생시킬 수 있다.

또한 동일한 식 (4)에서 계수, $\epsilon_{i,t}$ 는 전력수요의 가격탄력성을 의미한다. 여기서 짚고 넘어가야 할 점은 가격 왜곡에 따른 후생 효과를 산출하기 위해서는 전력수요의 가격탄력성이 가격에 따라 변할 수 있다고 가정을 해야 한다는 점이다. 구체적으로 값이 비싼 사치재일수록 소비자는 가격에 더 민감한 것으로 알려져 있으므로 판매단가가 높아질수록 $\epsilon_{i,t}$ 또한 증가할 수 있다. 다만, 가격의 수준에 따라 변하는 전력수요의 가격탄력성을 추정하는 의미 있는 기법은 아직까지 시계열 계량경제학 문헌에서 다루어지지 않았다. 더불어 본 연구를 위한 계약 종별 월가에 따라 변동하는 가격탄력성의 추정은 많지 않은 자료 수에도 불구하고, Chang *et al.*(2014)의 계량경제모형에서 사용되고 있는 시변 공적분 및 기온반응함수의 모형 설정에 따른 자유도의 부족과 종별월가에 대응하는 월별 전력판매량 자료의 비가용성으로 인하여 추정의 어려움이 존재한다. 이러한 실증적 한계와 본 연구에서는 설정된 전력수요의 가격탄력성이 가격에 따라 변동하는 가격탄력성의 평균으로 간주될 수 있다는 맥락에서 하나의 상수값으로 설정하기

14) Chang *et al.*(2014).

로 한다.

참고로 전력수요의 가격 탄력성은 가격뿐만 아니라 온도의 수준에 따라서도 변화를 보일 수 있으며, 전력과 가스 간의 대체효과를 고려한다면 동계와 하계에도 큰 차이를 보일 것이다. 이러한 맥락에서 홍순동·김창식(2018)에서는 시간대별 주택용 전력사용량 자료, 한국은행에서 제공하는 월별 주택용 전력 가격지수, 그리고 시간대별 온도자료를 이용하여 가격-기온 결합반응함수를 추정하였다.

(3) 계약종별 전력수요의 가격탄력성 추정

본 소절에서는 계약종별 전력수요의 가격탄력성의 추정 결과와 판매량 실적치를 통해 종별원가에서의 계약종별 전력수요(q_i^n)를 산출하는 것을 목적으로 한다. <표 3>은 식 (9)를 통해 추정한 주택용, 일반용, 산업용, 교육용, 농사용 전력수요의 가격탄력성 추정치를 보여 준다. 먼저, 교육용과 농사용 전력수요에 대한 가격탄력성은 유의하지 않게 추정되었다. 교육용 전력수요의 소비자, 학교나 박물관은 가격에 비탄력적인 것이 알려져 있고 농사용의 경우 판매단가가 상당히 낮게 설정되어 있어 소비자는 가격에 영향을 받지 않고 사용하고 있다.¹⁵⁾ 이에 비해 주택용, 일반용, 산업용의 가격탄력성은 유의미하게 음의 값으로 도출되었다.

<표 3> 계약종별 전력수요의 가격탄력성(ϵ_i) 추정치

계약종	가격탄력성 추정치	t 통계량	RMSE	선행연구
주택용	-0.231	-2.322	0.039	-0.21~-0.34(권오상 외, 2014) -0.3(임소영, 2013)
일반용	-0.263	-2.097	0.059	-0.421(Lim <i>et al.</i> , 2014) -0.22(Chang <i>et al.</i> , 2014) -0.15*(박준용 외, 2011)
산업용	-0.135	-3.023	0.018	-0.12(Chang <i>et al.</i> , 2014) -0.06~-0.62(나인강, 서정환, 2000)
농사용	-0.059	-0.176	0.135	-
교육용	0.399	1.705	0.091	-

주: * 박준용 외(2011)에서 추정된 값은 통계적으로 유의하지 않음.
자료: 저자 작성.

15) 박광수·남경식(2019)의 5장 계약종별 전력수요의 가격탄력성 추정 및 남경식(2020)의 4.1.2. 소절의 교육용, 농사용, 가로등용, 심야용 전력수요를 참고하면 된다.

주택용이나 일반용의 경우, 누진제와 계시별 요금제 하에서 소비자는 판매단가에 따라 동·하절기 수요를 조절한다고 할 수 있다. 하지만 산업용의 경우, 탄력성의 절댓값이 작게 도출되어 전력다소비 산업에 한해서는 가격 왜곡에 따른 영향은 크지 않을 것으로 판단된다.

위에서 제시한 값과 타 논문들에서 도출한 탄력성과 비교하면 다음과 같다. 먼저 주택용의 경우, 권오상 외(2014)는 이산-연속선택모형을 변형하여 -0.21~ -0.34로 추정하였고 임소영(2013)은 OLS를 활용하여 -0.3으로 추정한 것으로 나타났다. 일반용의 경우, Lim *et al.*(2014)은 오차수정모형을 활용하여 탄력성을 -0.421로 추정하였고 박준용 외(2011)는 비선형계량모형을 활용하여 -0.15로 추정하였지만 해당 탄력성은 통계적으로는 유의하지는 않은 것으로 나타났다. 산업용 전력수요의 가격탄력성의 경우, Chang *et al.*(2014)는 시변계수(time-varying coefficient) 모형을 활용하여 -0.12로 도출하였다. 또한 나인강·서정환(2000)은 ADL(자기회귀시차분포)모형, JJ(Johansen-Juselius) 등의 추정 방법에 따라 최소 -0.06에서 최대 -0.62로 도출하였다. 선행연구에서 추정한 값들을 비교하였을 때, 본 연구에서 추정한 탄력성이 크게 상이하지는 않은 것으로 판단된다.

〈표 4〉는 가격탄력성이 유의미하게 추정된 계약종에 한해서 전력수요함수

〈표 4〉 계약종별 전력수요함수의 회귀모형 추정 결과

항목	주택용		일반용		산업용		
	추정치	t 통계량	추정치	t 통계량	추정치	t 통계량	
τ_i (상수항)	10.4897*	5.2836	6.8236**	2.3286	10.0109*	22.4075	
$\alpha_{i,j}$	α_0	0.2053	1.1800	0.5921**	2.3231	0.9405*	11.2729
	$\alpha_1 : t/T$	0.0793*	4.4519	0.0759*	2.9432	-0.0003	-0.0074
	$\alpha_2 : t^2/T$	-0.0485*	-4.9625	-0.0427*	-2.9556	0.0464	1.3551
	$\alpha_3 : \cos(2\pi t/T)$	-0.0004	-0.3927	-0.0007	-0.4075	0.0001	0.0173
	$\alpha_4 : \sin(2\pi t/T)$	0.0002	0.2704	0.0019*	3.1900	-0.0125*	-14.7926
	$\alpha_5 : \cos(4\pi t/T)$					-0.0054*	-6.0704
	$\alpha_6 : \sin(4\pi t/T)$					-0.0005	-0.8393
ϵ_i (수요의 가격 탄력성)	-0.2309**	-2.3221	-0.2630**	-2.0967	-0.1354*	-3.0231	
γ_i (기온반응함수 계수)	0.9870*	8.3052	0.8010*	4.6315			
	0.0727*	7.1720	0.2329*	15.7437	0.0130*	2.8220	
	0.2891*	10.9774	0.2751*	7.1740	0.0166*	7.1121	
잔차항에 대한 단위근 검정통계량	-12.9974* (2)		-12.9053* (2)		-14.6381* (0)		

주: *, **, ***은 각각 1%, 5%, 10% 수준에서 유의함을 나타냄.

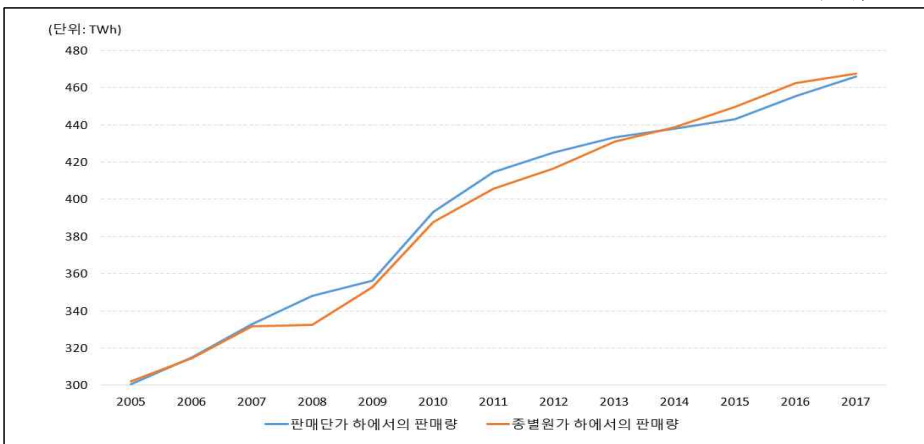
식 (4)의 추정 결과를 보여 주고 있다. 참고로 시변 소득 탄력성 및 기온반응함수의 계수를 추정하기 위해 사용된 다항함수와 삼각함수의 차수는 BIC(Bayesian Information Criterion)를 가장 작게 주는 차수가 선택되었다. 구체적으로 소득 탄력성($\alpha_{i,t}$)을 추정하기 위해 사용된 다항함수와 삼각함수(polynomial and trigonometric)의 차수는 주택용과 일반용의 경우 (2,1)가 선택되었으나, 산업용의 경우 (2,2)가 선택되었다. 그리고 주택용과 일반용 기온반응함수의 경우 (1,1)이 선택되었고, 산업용의 경우 (0,1)이 선택되었다. 대부분의 추정치가 유의하게 도출되었으며 산업용 전력수요의 경우, 기온반응함수의 계수 추정치가 유의하기는 하지만 크기가 상대적으로 작은 것으로 추정되어 주택용과 일반용 전력수요 대비 계절성은 미미한 것으로 나타났다.

마지막으로 전력수요 함수 모형의 가성회귀 여부를 판단하기 위해 ADF (Augmented Dickey-Fuller) 검정법을 이용하여 추정된 잔차의 단위근 여부를 검정하였다. <표 4>의 괄호 안의 숫자는 ADF 검정법을 사용하기 위하여 사용된 과거 차수를 의미하며, 이 또한 BIC를 가장 작게 주는 과거 차수가 선택되었다. 잔차 기반 단위근 검정 결과, p -value가 모두 0.01 미만으로 도출되어 주택용, 일반용, 산업용 전력수요함수 모두 가성회귀모형이 아닌 진실된 회귀모형(authentic regression)으로 나타났다.

<그림 4>는 유의미하게 추정된 탄력성을 바탕으로 주택용, 일반용, 산업용 판매량 실적치 합(q^r)과 종별원가에서의 주택용, 일반용, 산업용 수요 추정치 합(q^n)

<그림 4> q^r 과 q^n 의 비교(2005~2017)

(단위: TWh)



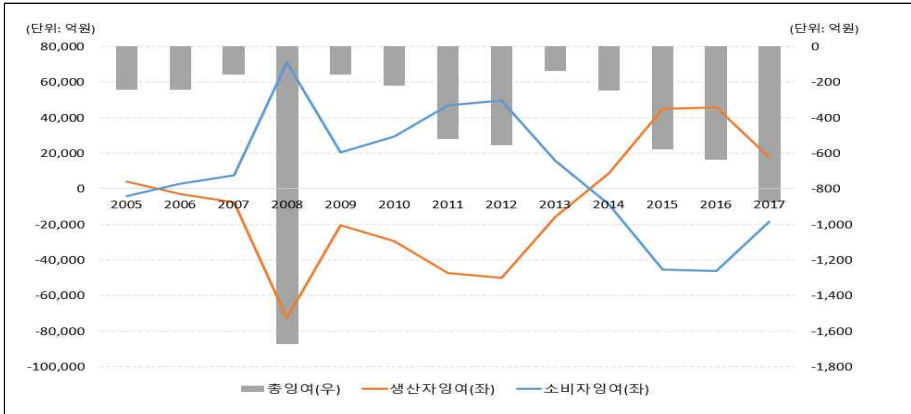
을 비교하였다. 비교 결과, 2005년부터 2017년까지 우리나라 전력시장에서는 소비자가 약 29.12TWh의 전력을 과소비한 것으로 나타났다. 이는 해당 기간 동안 전반적으로 판매단가가 종별원가보다 더 낮았다는 점과 일맥상통한다. 이러한 결과는 전체 수요에서 가장 높은 비중을 차지하고 있는 산업용의 낮은 원가보상률에 의해 결정되었다고 볼 수 있고 원가보상주의 원칙의 부재에 따른 경제적 손실로도 해석이 가능하다.

다만, 2014년 이후에 q'' 이 q' 보다 높게 나타나고 있는데, 이는 전력 판매자가 종별원가보다 더 높은 판매단가를 받았다는 것을 의미한다. 실제로 <표 2>에서는 동기간(2014~2017)의 일반용 및 산업용의 종별원가의 보상률이 100%를 넘어 한국전력공사는 전력 판매로부터 이윤이 발생하였음을 알 수 있다. 해당 기간 동안 일반용 및 산업용 전력 판매량이 전체(주택용, 일반용, 산업용) 판매량의 약 85%인 점을 고려하였을 때, 종별원가에 비해 상대적으로 높은 산업용 판매단가는 양(+)의 공급자잉여를 발생시켰음을 유추할 수 있다. 그럼에도 불구하고 <그림 1>에서 언급한 것처럼 전력 판매자가 원가 이상의 가격을 설정한다고 하더라도 소비자는 생산자잉여 이상의 소비자잉여 감소가 발생하므로 이론적으로 전력시장의 후생은 악화하게 된다.

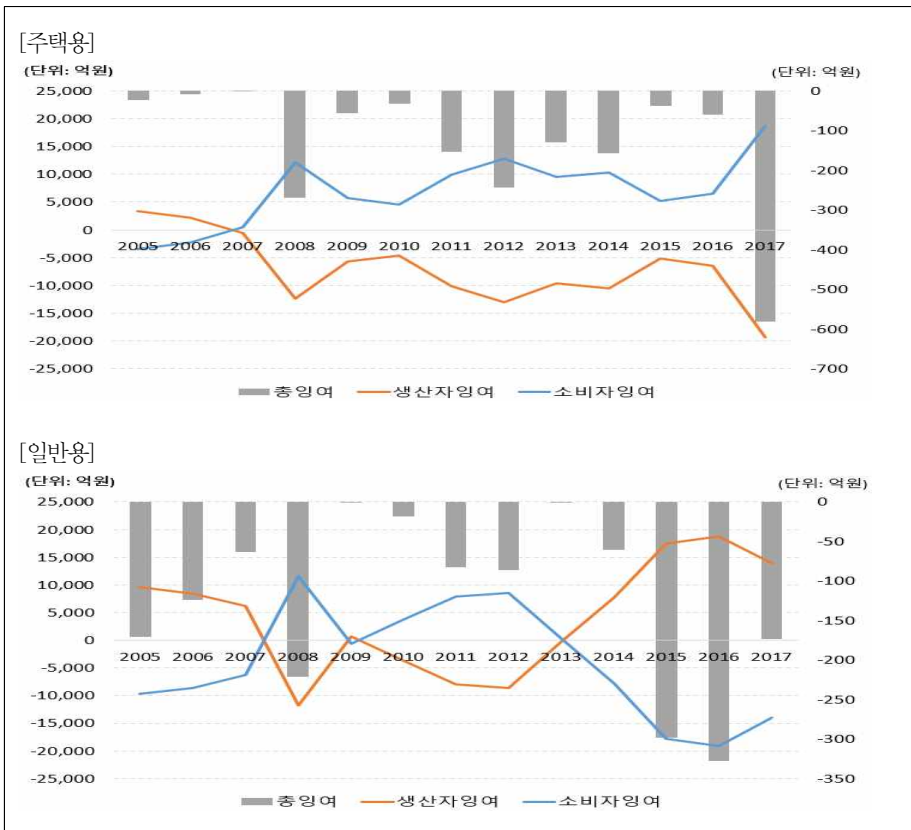
IV. 전력시장의 비효율성 추정 결과

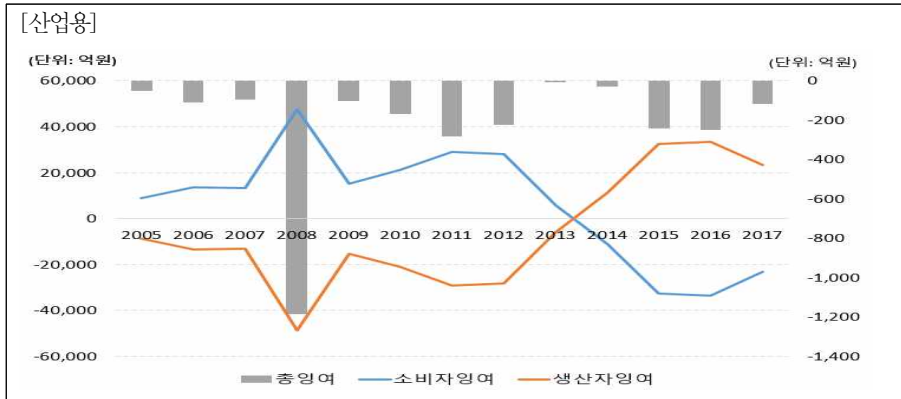
이제 식 (2)를 활용하여 전력시장의 비효율성($D.W.L$)을 추정하기로 한다. <그림 5>는 연도별 계약종별에 따른 소비자잉여 및 판매자 손실의 변화를 보여준다. 분석 기간(2005~2017) 동안 전력 가격이 왜곡으로 인해 소비자잉여는 총 11.9조 원의 이익이 발생하였음을 확인할 수 있다. 그에 비해 전력판매자는 원가 이하의 가격 공급으로 인해 동기간 12.6조 원의 손실이 발생하였기 때문에 결과적으로 왜곡된 가격은 6,248억 원의 사회후생적 순손실을 초래한 것으로 나타났다. 구체적으로 전력판매단가와 종별원가의 격차가 가장 높았던 2008년의 순손실이 1,674억 원으로 가장 높았으며, 두 가격 사이의 격차가 가장 작았던 2013년의 순손실은 138억 원으로 가장 낮은 값을 기록하였다.

〈그림 5〉 연도별 전력 가격 왜곡에 따른 총 잉여의 변화 추정치(2005~2017)



〈그림 6〉 전력 가격 왜곡에 따른 3대 계약종 총 잉여의 연도별 변화(2005~2017)





세부적으로 각 계약종별 생산자잉여 및 소비자잉여의 변화는 <그림 6>과 같다. 주택용과 산업용의 경우, 왜곡된 가격으로 인해 분석 기간 동안의 소비자잉여가 양의 값으로 나타났지만 일반용은 소비자잉여가 음의 값인 것으로 도출되었다. 이는 주택용 및 산업용의 판매단가가 종별원가에 비해 상대적으로 더 낮아 소비자로 하여금 정상가격에서보다 더 많은 전력 사용의 유인을 제공하였기 때문이다. 이와는 대조적으로 일반용의 판매단가는 대체로 종별원가에 비해 높았으므로 소비자잉여는 음의 값으로 나온 것으로 추측된다.

또한 분석 기간 동안 주택용에서의 자중손실은 1,752억 원이었고, 일반용은 1,627억 원, 산업용은 2,869억 원인 것으로 도출되었다. 이를 통해 전력시장의 전체 비효율성의 약 46%는 산업용에서 발생하고 있음을 알 수 있다. 또한 산업용에서 생산자잉여의 감소분이 소비자잉여의 증가분보다 더 높은 점을 고려하였을 때, 원가 미만의 가격 설정으로 인해 한국전력공사는 산업용에서 전력을 판매하였을 때 발생하는 손실 금액이 제조업 위주의 기업으로 대표되는 소비자가 얻는 잉여보다 더 큰 것으로 도출되었다.

V. 결론 및 정책적 시사점

그동안 우리나라의 전력 가격은 산업경쟁력 강화나 물가안정과 같은 정부의 정치·경제적인 논리에 의해 지속가능한 기업 활동을 보장해 주는 원가에도 미치지 못할 정도로 설정되었다. 우리나라의 왜곡된 에너지 가격체계는 소비자에게는 당장의 이득을 가져다주었지만 공급자에게는 막대한 손실을 발생시켰고, 더 나아

가 에너지 과소비로 인해 발생한 과도한 탄소 배출량이 환경오염 또한 가속화시켰다는 점은 두말할 나위가 없다.

이러한 상황에서 본 연구에서는 국내 전력 가격의 왜곡으로 인한 사회 후생의 변화를 공급자와 소비자 부분으로 구분하여 계산하였다. 먼저, 공급자 수익의 손실분을 계산하기 위해 종별원가와 판매단가와와의 차이로 인한 추가적인 전력사용의 증가분과 그로 인한 공급자 손실분을 계산하였다. 다음으로 규제가격으로 인한 소비자 이익의 증가분은 종별원가에서 사회적 후생이 최대화된다는 가정하에서 종별원가와 실제 판매단가와와의 차이를 활용하여 계산하였다. 이때 종별원가에서의 전력소비량을 산정하기 위해 공적분 모형을 통해 산정한 전력수요의 가격탄력성을 도출하였다. 마지막으로 공급자 수익의 손실분과 소비자잉여의 증가분 차이를 사회 후생(비효율성)의 변화로 정의하여 값을 산정하였다.

분석 결과, 2005년부터 2017년까지 우리나라의 전력시장에서는 최소 총 6,248억 원 정도의 비효율성이 발생한 것으로 나타났다. 세부적으로는 소비자는 왜곡된 가격으로 약 11.9조 원의 추가적인 소비자잉여의 증가를 확보하였지만, 생산자는 규제에 따른 원가 이하의 전력판매로 12.6조 원의 순손실을 입었다고 할 수 있다. 이는 분석 기간 동안 가격 왜곡으로 인해 전력시장에는 평균적으로 매년 약 481억 원 정도의 사회적 후생이 감소한 것으로 이해할 수 있다. 더불어 산업용 소비자는 원가보다 낮은 가격으로 인해 수출경쟁력을 제고시킬 수 있는 긍정적인 잉여가 발생하였음에도 불구하고, 발생한 잉여의 증가분이 왜곡된 가격으로 발생한 생산자의 손실보다 2,869억 원만큼 적었다는 점에서 산업경쟁력 강화 등을 위한 정부의 왜곡된 가격 정책이 적절한 효과를 얻지 못하였다는 결론을 얻게 된다.

에너지 가격 왜곡을 감소시키기 위해서는, 먼저 전력 가격의 현실화를 통해 소비자들에게 합리적인 에너지 소비를 유도해야 한다. 현재, 전기요금은 화석연료에 비해 상대적으로 낮아 전기화(electrification) 현상이 빠르게 일어나 비효율적인 전력소비가 발생하고 있다. 이에 필요 시 전력 가격에 대한 직접 과세 등을 통해 상대가격을 재조정해야 한다. 다음으로, 전력 생산 및 공급 시 발생하는 비용을 소비자 요금에 적시에 반영되는 메커니즘이 필요하다. 2021년 1월 전기요금에 연동제가 실시되었지만, 연료비 변동 주기가 3개월이기 때문에 급등락을 반복하는 국제 에너지 가격을 적기에 반영하여 소비자에게 가격 신호를 부여하기에는 제약이 존재한다. 그러나 전기요금은 물가에 밀접하게 영향을 미치므로 물가 반영주기가 짧아질수록 소비자를 위한 안정장치는 추가적으로 확보할 수

있어야 한다. 마지막으로, 독립적인 규제기관의 설립이 필요하다. 정부의 과도한 정책적 개입은 오히려 에너지 가격의 왜곡을 유발시킬 수 있다. 따라서 독립적인 규제기관을 통해 전기요금 결정에 있어 가격 조정의 원칙이 준수되어야 한다.

본 연구는 후생 효과를 산출함에 있어 다음과 같은 한계점이 있음을 언급하고자 한다. 첫째, 전력시장에서 원가보다 낮은 가격으로 인해 발생한 전력 과소비를 화석 연료로 발전하는 경우 기존의 연료비용으로도 고려되지 못한 환경오염이라는 부정적인 외부효과가 발생될 것으로 예상되는데, 이를 모형 안에서 고려하지 못하였다. 이러한 점에서 가격 왜곡에 따라 실제 발생한 비효율성은 본 연구에서 산출한 시장의 후생손실보다 더 클 것으로 예상된다. 둘째, 신동현·조하현(2016), 이영·나성린(2007)의 결과처럼, 일반적으로 가격탄력성은 하나의 값이 아닌 변화할 수 있지만, 본 논문에서는 가격탄력성 추정에 있어 가용한 데이터가 많지 않아 평균의 개념으로 하나의 상수를 설정했다는 점 역시 본 연구의 한계점이라 할 수 있다. 마지막으로, 종별원가에 관한 데이터 가용성의 한계로 인해 분석 기간을 2005년부터 2017년까지로 한정하는 점이다. 2021년 이후 원가와 판매 단가 사이의 괴리가 매우 커졌음을 고려하였을 때, 최신의 자료를 적용하지 못한 점은 본 연구의 한계점이라 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 원가보다 낮은 전력 가격으로 인해 발생한 공급자의 손실과 더불어 소비자의 이익까지 계산하였고, 이를 통해 전력시장에서의 비효율성을 정량적인 방법론으로 분석하였다는 점에서 기존 문헌에 의미 있는 기여를 하였다고 할 수 있다.

참 고 문 헌

- 권오상·강혜정·김용건, “가구별 소비자료를 이용한 전력수요함수 추정 및 요금 제도 변경의 효과 분석,” 『자원·환경경제연구』 제23권 제3호, 2014, 409~434.
- 김재엽·정연제, “계약종별 전기요금체계의 가격왜곡에 따른 환경비용 추정: 제9차 전력수급 기본계획을 중심으로,” 『자체 연구 보고서 21-01』, 에너지경제연구원, 2021.
- 김철현·박광수, “국내 전력소비 패턴의 구조적 변화 및 변화요인 분석,” 『기본연구보고서 15-07』, 에너지경제연구원, 2015.
- 김현숙·이수진·이정인, “전력시장 소매가격의 규제가 사회후생에 미치는 영향,”

- 『자원·환경경제연구』 제21권 제1호, 2012, 93~127.
- 나인강·서정환, “산업용 전력수요의 탄력성 분석,” 『자원·환경경제연구』 제9권 제2호, 2000, 333~347.
- 남경식, “일별 최대전력수요의 변화에 관한 연구,” 『기본연구보고서 20-13』, 에너지경제연구원, 2020.
- 남경식·박상규, “상향식 접근법을 활용한 데이터 기반 수요관리시장 강화 및 신산업 육성방안 연구(2/3),” 『기본연구보고서 22-18』, 에너지경제연구원, 2022.
- 박광수·김태현, “시장 친화형 에너지 가격체계 구축 종합 연구,” 『기본연구보고서 12-24』, 에너지경제연구원, 2012.
- 박광수·남경식, “가격왜곡의 에너지소비 비효율성에 미치는 영향 분석,” 『기본연구보고서 19-06』, 에너지경제연구원, 2019.
- 박준용·김인무·김창식·이성로, “선도추급 과정을 이용한 새로운 예측기법: 장기 전력 수요 예측에의 응용,” 『경제학연구』 제59권 제3호, 2011, 113~147.
- 신동현·조하현, “국내 휘발유·경유 소비의 비대칭적 가격탄력성 구조변화에 관한 실증연구,” 『한국경제연구』 제34권 제2호, 2016, 5~42.
- 유영훈·김성수, “계시별 전력 가격에 대한 경제적 후생 연구,” 『자원·환경경제연구』 제14권 제2호, 2005, 519~547.
- 이성림·박명희, “가정용 전기요금에 대한 소비자인식,” 『대한가정학회지』 제46권 제3호, 대한가정학회, 2008, 37~47.
- 이영·나성린, “한국의 시계열자료를 이용한 담배수요의 가격탄력성 추정,” 『한국경제연구』 제19권, 2007, 151~171.
- 임소영, “주택용 전기요금의 현황과 개편 방향,” 『재정포럼』 제201호, 2013, 8~26.
- 정한경·박광수, “시장친화형 에너지가격체계 구축 종합 연구,” 『기본연구보고서 10-25』, 에너지경제연구원, 2010.
- 한국전력공사, “한국전력통계,” 각 연도.
- 한국전력공사, “전기요금 원가정보,” 각 연도.
- 홍순동·김창식, “고빈도 데이터를 활용한 주택용 전력 최대수요의 가격탄력성 추정,” 『계량경제학보』 제29권 제1호, 2018, 48~74.
- Borenstein, S., “The redistributive impact of nonlinear electricity pricing,” *American Economic Journal: Economic Policy*, 4, 2012, 56~90.

- 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, 334~347.
- _____, "A New Approach to Modeling the Effects of Temperature Fluctuations on Monthly Electricity Demand," *Energy Economics*, Vol. 60, 2016, 206~216.
- Gerarden, T. D. and M. Yang, "Using targeting to optimize program design: evidence from an energy conservation experiment," *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 10, 2023, 687~716.
- Ito, K., T. Ida, and M. Tanaka, "Selection on welfare gains: Experimental evidence from electricity plan choice," *American Economic Review*, 113, 2023, 2937~2973.
- Jessoe, K. and D. Rapson, "Knowledge is (less) power: Experimental evidence from residential energy use," *American Economic Review*, 104, 2014, 1417~1438.
- Nam, K. and J. S. You, "Electricity Demand Response Systems under Incomplete Information," Working Paper, 2023.
- Park, J. Y., "Canonical cointegrating regressions," *Econometrica*, Vol. 60, 1992, 119~143.
- Ruijs, A., "Welfare and distribution effects of water pricing policies," *Environmental and Resource Economics*, 43, 2009, 161~182.
- You, J. S. and S. Y. Lim, "Welfare effects of nonlinear electricity pricing," *The Energy Journal*, 38, 2017, 195~211.
- Zhao, Xin-gang and Hu Shu-ran, "Does market-based electricity price affect China's energy efficiency?," *Energy Economics*, No. 91, 2020, 104909.

[Abstract]

Welfare Effects of Electricity Price Distortion

Kyungsik Nam* · Jinyoung Jeong**

In economic theory, the price plays an essential role in maintaining the market equilibrium by removing out the excess demand or supply. However, the electricity price of the Republic of Korea has been regulated by the government, in order to consider the socio-economic and political factors. In this case, the price would not be able to provide an appropriate signal to the market, and such a price distortion would cause the excess demand in the electricity market, which generates the market inefficiency eventually. This paper aims to estimate the market inefficiency generated from the price distortion in a quantitative manner. To do so, we define the price distortion as the difference between normal price and regulated price. Then, we estimate the price elasticity of sectoral electricity demand, in order to estimate the dead weight loss, which is defined as the change in sum of consumer surplus and producer surplus. The market inefficiency with price distortion is calculated as about 625 billion won from 2005 to 2017. Although this amount may look too small compared to the volume of the Korean electricity market, the actual market inefficiency is expected to be much higher if we take into account the negative external cost.

Keywords: price distortion, electricity market, welfare effects, price elasticity, canonical cointegrating regression

JEL Classification: D42, D61, Q41

* First Author, Assistant Professor, Division of Climate Change, Hankuk University of Foreign Studies, Tel: +82-31-330-4297, E-mail: ksnam@hufs.ac.kr

** Corresponding Author, Researcher, Department of Nuclear Power Policy Research, Korea Energy Economics Institute, Tel: +82-52-714-2081, E-mail: jy_jeong@keei.re.kr

