

가정용 계시별 요금제의 후생효과 분석*

김진현** · 장동식*** · 엄지용****

요 약

본 연구는 누진 요금제 적용을 받는 가정용 전기소비자를 대상으로 계시별 요금제(TOU)의 잠재적 영향을 평가하기 위해 국내 가정용 고객의 시간대별 소비 데이터와 전력시장의 발전비용을 기반으로 시뮬레이션을 진행하였다. 분석결과 계시별 요금제는 누진제 하에서도 피크소비를 줄이는 효과를 보였으나 약 60~70% 가구의 후생이 감소하였으며, 특히 TOU 요금제의 가격구조에 관계없이 대부분의 저소비 가구는 후생이 감소하는 것으로 나타났다. 그러나 이는 누진제 하 비효율적인 교차보조에 기인한 것이며, 결과적으로 교차보조가 해소됨에 따라 연평균 사회후생은 전체적으로 증가하였다. 이에 더해 저소득 가구는 일반가구 보다 후생이 감소하는 가구의 비중이 낮게 나타났다. 선택형 TOU 요금제 시나리오에서도 소비자들의 전략적 선택에 따라 TOU의 피크감축 효과만 축소될 뿐 소비자 간 부의 재분배는 유사하게 나타났다. 이러한 결과는 비효율적 교차보조에 대한 인식개선이 필요한 한편, TOU 요금제의 분배적 영향을 완화하기 위해 별도의 시장 및 정책개입이 필요할 수 있음을 시사한다.

주요 단어 : 전기요금제, 누진제, 계시별 요금제, 교차보조, 전력시장
경제학문헌목록 주제분류 : Q41

* 본 연구는 한국전력공사(KEPCO)의 R16DA23 연구과제 및 2019년도 과학기술정보통신부 KAIST 경영대학 녹색성장대학원 운영사업 지원에 의한 논문임

** 한국과학기술원 녹색성장대학원 석사과정(주저자). carrot0223@kaist.ac.kr

*** 한국전력공사 전력연구원 책임연구원(공동저자). yojian2@kepc.co.kr

**** 한국과학기술원 녹색성장대학원 부교수(교신저자). eomjiyong@kaist.ac.kr

I. 서 론

전력공급의 안정성을 위해 전력시장의 유틸리티 회사와 ISO(Independent System Operator)는 수요예측에 따른 설비공급계획을 마련하는데, 특히 출력조정이 유연한 가스복합화력과 같은 첨두부하발전기(이하 피크발전기, Peak Power Plant)를 예비력으로 운용함으로써 변동성에 대비한다. 이로 인해 시간대별 최대수요의 증가는 피크발전기의 건설을 증가시키며 필연적으로 과도한 투자비로 인한 시장 비효율성과 자원의 비효율적 배분을 야기한다. 국내의 경우에도 LNG복합화력 발전소의 이용률은 통상 30~40% 수준¹⁾이며 정부는 용량요금을 통해 초기 투자비를 보전하고 있다.

동적요금제(Dynamic Pricing)는 피크시간대에 높게 형성된 도매가격을 소매요금에 반영시킴으로써 전기 소비패턴 변화를 유도하는 가격 기반의 수요관리수단(Demand-Side Management)이다(Boogen et al., 2017 ; Dutta and Mitra, 2017). 도매가격이 소매요금에 연동됨에 따라 소비자들은 피크시간의 수요를 줄이거나 피크 외 시간으로 수요를 이전하게 되므로, 발전소의 초과건설로 인한 전력시장 비효율성을 줄일 수 있다. 실제 AMI(Advanced Metering Infrastructure)와 관련 기술의 발전으로 가정용 전기소비자들에게도 동적요금제 도입이 확대되는 추세이다(Faruqui et al., 2012).

그러나 동적요금제의 경제적 효과성에도 불구하고 국내외 가정용 전기요금제는 단일요금제 또는 누진제가 일반적이다. 기존 연구에 따르면 주요한 원인 중 하나는 시간별 요금수준이 동일한 단일요금제와 달리 시간대별로 요금이 변화하는 동적요금제의 특성으로 인해 소비자들 간의 부의 재분배가 촉발되기 때문이다(Faruqui, 2010 ; Horowitz and Lave, 2014 ; Simshauser and Downer,

1) 연도별 한국전력공사 한국전력통계(https://home.kepco.co.kr/kepco/KO/ntcob/list.do?boardCd=BRD_000099&menuCd=FN05030103)

2016). 구체적으로 단일요금제 하에서 피크시간대 소비량이 높은 고객은 자원의 비효율적 배분을 야기함에도 평균가격만을 지불하는데, 달리 말하면 평탄한 소비패턴을 갖는 고객은 그들이 야기하는 비용보다 높은 수준의 평균가격을 지불한다. 이러한 현상은 평탄한 소비패턴을 갖는 고객이 피크소비 비중이 높은 고객에게 일종의 보조금을 지급하는 것으로 해석될 수 있으며, 이를 소비자 간 교차보조라 한다(이근대·이유수, 2010). 이에 따라 동적요금제 도입으로 인한 교차보조 해소 시, 피크소비량 비중이 높은 소비자는 요금이 상승한다. 물론 누진제 또한 소비량에 따라 단일요금이 상승한다는 점에서 동일 누진구간 내에서는 시간대별 소비패턴에 따라 단일요금제와 같은 소비자 간 부의 재분배가 발생한다. 한편 교차보조에 관계없이 시간대별 소매요금 변동성을 높은 리스크로 인식하거나(Borenstein, 2007a), 기존 요금제를 고수하려는 소비자들의 일반적인 행태에서도 원인을 찾을 수 있다(Friedman, 2011).

국내의 경우 1974년 도입된 누진제를 현재까지 적용 중에 있으나 최근 가정용 계시별 요금제(Time-of-Use; TOU)에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 제2차 스마트그리드 기본계획('18~'22) 및 제3차 에너지기본계획('19~'40)에 따르면 정부는 가정용 고객에 대해서도 시범적인 계시별 요금제 도입을 계획²⁾ 하고 지난 10월 스마트그리드 체험 단지 조성을 최종 승인하였다.³⁾

그러나 국내의 경우 가정용 계시별 요금제 도입의 피크수요 저감효과 및 소비자 간 부의 재분배에 미치는 영향에 대해서는 연구가 활발하지 못한 상황이며, 관련 연구가 상대적으로 활발한 국외의 경우에도 누진제의 특수성을 고려한 연구는 찾아보기 어렵다. 소비량이 높을수록 높은 단가를 부과하는 누진제 구조는 단일요금제 하에서 소비패턴에 따라 발생하는 교차보조 이외에도 누진단계 간 교차보조를 추가적으로 발생시킬 수 있어 계시별 요금제 도입의 영향 분석 시 불확실성을 가중시킨다. 구체적으로 누진단가가 상승함에 따라 소비자들이 전력소비에 따른 비용보다 높은 수준의 요금을 지불한다면

2) 제2차 스마트그리드 기본계획에 따르면 가정용 계시별 요금제는 국내 산업용·일반용과 유사하게 3계절(봄가을, 여름, 겨울), 3개 시간대(최대, 중간, 경부하)로 구성될 예정이다.

3) 산업통상자원부 보도자료(2019. 10. 21, 검색일: 2020. 1. 4)

누진 1단계 단가는 상대적으로 낮게 설정될 것이므로, 높은 누진단계 고객들이 낮은 단계 고객을 교차보조 할 수 있다. 즉 개별 소비자의 시간대별 소비패턴과 월 소비량에 따라 두 가지 형태의 교차보조가 혼재해있으며 이에 따라 교차보조를 해소하는 계시별 요금제 도입의 영향은 소비자별로 상이하게 나타날 수 있기 때문에, 소비자 특성에 따른 제도효과 분석이 요구되는 바이다. 한편 지역별, 국가별 가정용 고객의 소비패턴은 상이하게 나타나기 때문에 국내 실정에 맞는 연구가 수반되어야 할 것이다.

본 연구는 국내 도입 예정인 가정용 계시별 요금제로 인한 사회후생효과 및 개별 소비자의 후생효과를 분석함으로써 정책적 시사점을 도출하고자 하였다. 구체적으로 두 가지 단계로 분석을 진행하였는데, 첫째로 아직 가정용 계시별 요금제가 도입된 사례가 없기 때문에 국내 일반용 요금제를 참고하여 가상의 요금제를 설정했다. 이 때 적정투자보수율에 근거한 국내 전기요금산정기준을 반영하고 소비자에게만 미치는 후생효과를 포착하기 위해 계절별로 유틸리티의 수익률이 수렴하도록 알고리즘을 구현했다. 특히 서울에 거주하는 18,573가구의 시간대별 소비량 데이터와 공개된 발전소별 공급단가를 활용하여 보다 현실성 있는 분석을 진행하였다.

둘째로 가정용 전기소비자를 특성별로 분류하여 TOU 도입에 따른 후생효과 차이를 비교분석하고, 다양한 요금 구조 시나리오를 채택함에 따라 정책적 고려사항들을 도출했다. 소비자들을 소비량, 소비패턴에 따라 분류하고 개별 소비자마다 시간대별 대표 수요함수를 가정했으며, 이에 따른 개인별 후생변화를 포착하였다. 또한 TOU 구간별 가격비율을 다양하게 변화시킴으로써 민감도를 확인하고, 선택형 요금제 시나리오를 도입해 보다 구체적인 논의를 이끌어내었다.

분석결과 의무적인 TOU 도입은 사회후생을 해치지 않으면서 피크소비량을 감축하였으나, 소비자 간 불균형한 부의 재분배를 초래하였다. 시장 효율성 개선에도 불구하고 약 60~70%에 달하는 소비자들의 후생이 감소하였는데, 이는 높은 누진단가에 기인하는 비효율적 교차보조가 해소되었기 때문이다. 이러한 분배적 영향은 TOU 가격비율을 변화시키거나 선택형 시나리오를

도입하더라도 유사하게 나타났다. 이를 통해 본 연구는 TOU의 분배적 영향과 관련 교차보조에 대한 소비자 인식 개선이 우선적으로 필요하며, 가정용 계시별 요금제의 연착륙을 위해 시장 및 정책적 개입이 필요할 수도 있음을 시사하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 다음 장에서는 주택용 동적요금제 도입의 영향을 분석한 선행연구들을 정리하고 본 연구와의 차이점을 밝히고, 제Ⅲ장에서는 가정용 계시별 요금제 설계를 위한 가정과 분석 프로세스를 제시한다. 제Ⅳ장에서는 분석결과를 경제적 효과성 및 분배적 영향을 중심으로 정리하며, 추가적인 요금제 시나리오 도입 시 결과의 변화를 간략히 제시한다. 마지막 제Ⅴ장에서는 논문의 전체 내용을 요약하고 정책적 시사점을 도출한다.

Ⅱ. 선행연구

1. 동적요금제의 경제적 효과성

앞서 서술한 바와 같이 동적요금제는 가격을 기반으로 피크수요 저감을 유도하고 자원배분의 비효율성을 해소하려는 정책 수단이다. 전력시장이 자유화된 해외에서 먼저 논의가 시작되었으며 대다수의 연구가 동적요금제 도입을 통해 정책적 목표를 효과적으로 달성할 수 있다고 보고하고 있다. Borenstein and Holland(2005)는 경쟁시장에서 단일요금제가 발전소의 초과건설이라는 비효율성을 발생시키며, 실시간 요금제(Real-Time Pricing; RTP) 도입은 소비자 후생을 해치지 않으면서 총사회후생을 증진시킬 수 있음을 보고했다. Borenstein (2005)은 또한 시뮬레이션 분석을 통해 장기적으로 발전소 초과건설을 회피함으로써 동적요금제가 사회후생을 증진시키며, RTP뿐만 아니라 TOU요금제도 유사한 효과를 나타냄을 보였다. 국내 계시별 요금제를 평가한 유영훈·김성수(2005)는 마찬가지로 시장비용에 기반한 동적요금제 설정은 사회후생을 증가

시키며, 규제가격의 왜곡은 소비자 간 교차보조라는 비효율성을 야기한다고 보고했다. 보다 상세한 시장공급곡선을 도입하고 단기적 영향을 분석한 이외의 연구들도 동적요금제의 피크부하 저감과 사회후생 증진을 보고하였다(Holland and Mansur, 2006 ; Spees and Lave, 2008).

TOU요금제를 포함한 다양한 동적요금제를 적용한 현장연구에서도 소비자들이 유의한 수준의 탄력성으로 피크소비를 저감하고 있음을 보였다. 일반적으로 가정용 고객들은 대략적으로 5%~20% 수준의 피크소비 감축률을 보였으며 최대부하요금제(Critical Peak Pricing; CPP)를 적용했거나 정보응용기술(Enabling Technologies)⁴⁾을 지원했을 때 최대 50% 수준의 높은 피크감축률을 보이는 것으로 분석되었다(Allcott, 2011 ; Faruqui and Sergici, 2010 ; 2013). 한편 저소득층⁵⁾의 경우에도 높은 가격에 반응하여 피크소비를 저감하여 결과적으로 요금절감을 달성하는 것으로 나타났다(Faruqui et al., 2010).

2. 기존 요금제의 교차보조로 인한 동적요금제의 분배적 영향

동적요금제의 효과성에도 불구하고 가정용 전기요금제의 도입을 또는 참여율은 저조하게 나타나고 있다(Alexander, 2010 ; Faruqui et al., 2012). 대표적인 이유는 기존 요금제 하에서 존재하는 가격 왜곡으로 인해 동적요금제로 전환 시 부의 재분배가 발생하기 때문인데, Borenstein(2007b)은 단일요금제에서 동적요금제 도입을 가정한 시뮬레이션 분석에서 피크소비량 비중이 높은 절반의 고객의 요금이 인상함을 보였다.

한편 누진제는 소비량 증가에 따라 높은 요금을 부과함으로써 총 소비량을 억제하는 것을 주요 목적으로 하고 있다. 또한 전통적으로 소비량이 많은 고객일수록 소득이 높은 경향이 있기 때문에 소득재분배의 목적으로도 누진제

4) 스마트 온도조절기(Smart Thermostat), 실시간 미터링 데이터 제공 및 온습도 조절 자동화 등 소비자들의 피크감축 및 부하이전을 돕는 기술들을 통칭한다.

5) 일반적으로 저소득층은 필수사용량만을 소비하기 때문에 피크소비를 저감하기 어려우며 이에 따라 동적요금제로 인해 피해가 상대적으로 더 크다는 우려가 존재한다.

를 사용하고 있다(Borenstein, 2012). 이러한 요금구조는 단일요금에 추가적인 교차보조를 야기한다. 국내에 비추어보면 누진 3단계 고객이 높은 누진단가를 지불함에 따라 1단계 고객으로 교차보조가 발생하는 것이다(정연제, 2019). 또한 누진제는 단일요금의 특성을 지니기 때문에 결국 소비량과 피크소비량 비중에 따른 두 가지 형태의 교차보조를 야기한다. 한편 일련의 실증연구들에 따르면 개별 소비자들의 소비패턴은 소득, 환경요인 등 다양한 특성에 따라 상이하게 나타난다(Horowitz and Lave, 2014 ; Simshauser and Downer, 2016). 따라서 가정용 계시별 요금제 도입의 영향을 분석할 시 누진제의 두 가지 교차보조 현상과 개별 소비자의 소비패턴을 고려하여 후생효과를 포착하는 일은 중요하다고 할 수 있겠다.

실제로 실증 데이터를 활용해 개별 소비자의 후생효과를 분석한 연구들이 있었으나 소비량 및 소득수준에 따른 시간대별 소비패턴의 관계에 대해서는 아직까지 상이한 해석을 내놓고 있다. 대다수의 연구는 저소득 소비자들이 대체로 평탄한 소비패턴을 보이기 때문에 동적요금제 하에서 더욱 유리하다고 분석하였다(Faruqui, 2010 ; Faruqui et al., 2010 ; Simshauser and Downer, 2016). 그러나 Horowitz and Lave(2014)는 저소득 소비자가 평균적으로 소비량은 적은 반면 피크소비량은 상대적으로 높기 때문에 동적요금제 도입 시 요금인상을 경험할 수 있음을 보고했는데, 이는 상대적으로 소득이 높고 소비량이 많은 고객이 냉난방을 일관되게 많이 사용하는 소비행태를 보이기 때문이다. 이에 대해 Borenstein(2013)에 따르면 가정용 고객의 거주지 기후요인을 통제했을 때, 저소득 고객은 피크소비 비중이 높았으나 소비량이 적은 고객은 상대적으로 평탄한 소비패턴을 보임을 발견했다. 이처럼 상이한 기존 연구결과는 동적요금제 후생효과를 분석하기 위해 국내 가정용 고객에 대한 소비패턴 분석이 필수적으로 선행되어야 함을 시사한다.

특히 누진단계별 교차보조 문제가 존재하는 누진제 하에서는 소비량과 시간대별 소비패턴에 따라 개별 소비자의 후생효과가 대단히 상이하게 나타날 것으로 예상된다. 하지만 대다수의 선행연구들은 단일요금제만을 기존 요금제로 고려하거나(박호정·이유수, 2015) 누진제를 임의적으로 단일요금으로 변환

하는 등(Borenstein, 2013 ; 유영훈·김성수, 2005), 누진제의 두 가지 형태의 교차보조를 모두 고려하지 못하고 있다. 이에 따라 본 연구는 소비자들의 소비패턴 분석과 누진제 교차보조를 반영한 계시별 요금제의 설계 및 후생효과 분석을 실시하였다.

Ⅲ. 가정용 계시별 요금제 시뮬레이션

1. 기본가정 및 분석구조

본 연구에서는 스마트 계량기가 설치된 가정용 전기소비자의 전기소비 데이터를 통해 시간대별 수요함수를 설정하고, 실제 발전소별 발전단가를 공급곡선으로 활용함으로써 적정 가정용 계시별 요금 구조를 도출하고 그 영향을 평가한다. 통상적으로 해외 유틸리티 회사는 동적요금제 설계에 있어 수입 중립성(Revenue Neutrality)을 원칙으로 하여 소비자로부터의 부의 이전을 막는 것을 기본으로 하고 있는데 대다수의 선행연구 또한 수입중립 가정에 기반해 후생효과를 분석했다(Borenstein, 2007b ; 2013 ; Faruqui, 2010 ; Horowitz and Lave, 2014). 국내 전기요금은 적정원가와 적정투자보수를 더한 총괄원가 수준에 맞추어 결정되며, 이는 전력산업에서 전통적으로 활용되는 수익률 규제 방식의 일종이라 할 수 있다(감사원, 2019 ; 유영훈·김성수, 2005). 이에 따라 본 연구는 수입중립이 아닌 수익률 중립⁶⁾을 기초로 가정용 계시별 요금제를 설정해 분석을 수행했다. 즉 유틸리티 입장에서 기존 누진제와 가정하는 계시별 요금제의 수익률은 중립적이다.

계시별 요금제는 기존 산업용·일반용 TOU요금제와 같이 24시간을 경부하·

6) 이 때 수익률은 본 연구에서 대상으로 하는 가정용 고객에 대한 수익률을 지칭하며 공급비용과 판매수익을 각각 SMP, 전기 판매수입으로만 구성된다고 가정한다. 즉 SMP 이외 비용들과 추가적인 수입들은 무시하도록 한다.

중간부하·최대부하 3개 시간대로 구분하며 계절별로 요금수준이 다르다고 가정하였다. 국내 요금제는 고정요금을 포함한 2부 요금제로 구성되지만 동적요금제 하 가정용 전압별 고정요금을 알 수 없으므로 본 연구에서는 전력량요금에 기반한 분석을 수행한다. 또한 계절별 비교의 단순화를 위해 경부하 요금은 80원/kWh로 고정하고 중간부하·최대부하 가격비율은 기존 일반용 고객요금 구조와 유사한 1.15배로 고정하였다. 따라서 본 연구에서는 경부하·중간부하 가격비율이 수익률 중립 가정에 맞추어 내생적으로 결정된다. 한편 계절별 부하패턴과 SMP 수준이 다른 현실을 반영해 경부하 요금을 50원~150원 수준으로 변화시키는 추가분석으로 결과의 강건성을 확인했다. 기본가정의 예시로서 현행 국내 일반용 TOU요금제는 다음과 같다(<표 1>).

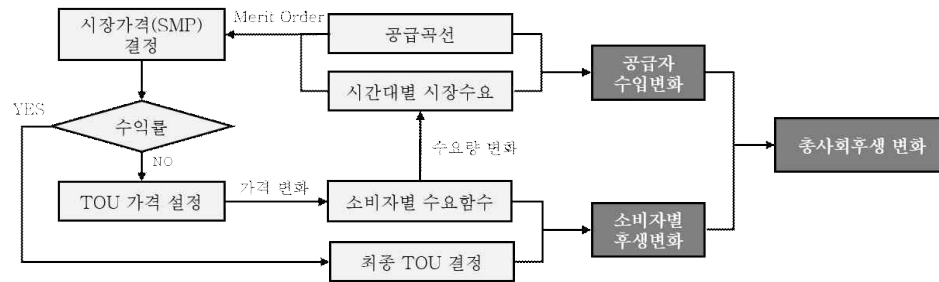
〈표 1〉 국내 일반용 계시별 요금제 (일반용(갑II) 고압A·선택I)

(가격 단위: 원/kWh)

계절 시간대	여름 (6월~8월)		봄·가을 (3월~5월 & 9월~10월)		겨울 (11월~2월)	
	전력량 요금	시간	전력량 요금	시간	전력량 요금	시간
경부하	62.7	23:00~09:00	62.7	23:00~09:00	71.4	23:00~09:00
중간부하	113.9	09:00~10:00	70.1	09:00~10:00	101.8	09:00~10:00
		12:00~13:00		12:00~13:00		12:00~17:00
		17:00~23:00		17:00~23:00		20:00~23:00
최대부하	136.4	10:00~12:00	81.4	10:00~12:00	116.6	10:00~12:00
		13:00~17:00		13:00~17:00		17:00~20:00 22:00~23:00

계시별 요금제의 수익률은 소매가격 변화에 따른 시장수요 변화, 수요 변화에 따른 시장가격 변화 등에 의해 동태적으로 결정이 되는데, 이러한 과정은 계시별 요금제의 수익률이 뉴턴-랩슨법(Newton-Raphson Method)에 의거하여 누진제 수익률에 수렴할 때까지 반복한다. 수익률 중립 알고리즘은 <부록 1>을 참조할 수 있다. 가정용 계시별 요금제 설계 및 분석구조를 요약하면 아래 그림과 같다.

[그림 1] 가정용 계시별 요금제 분석구조



2. 시장수요 및 공급곡선

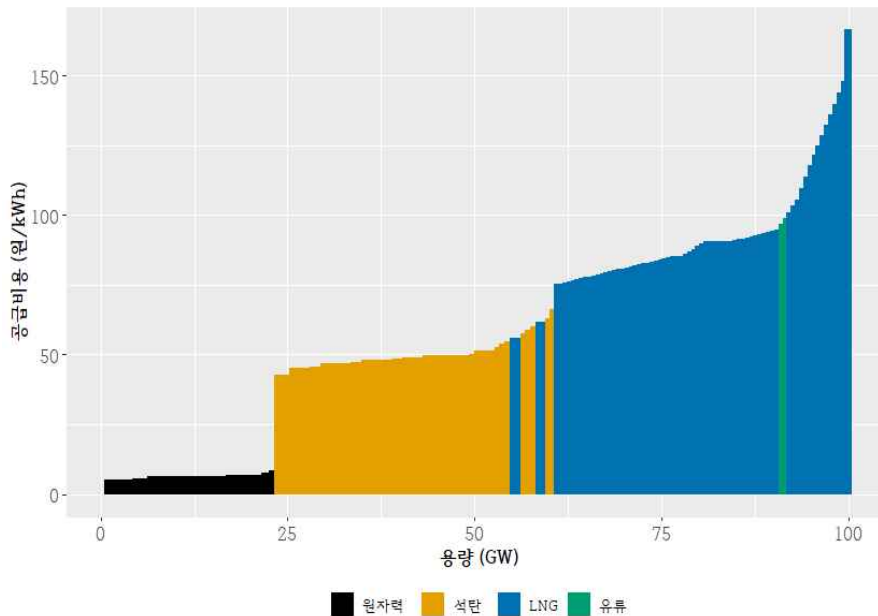
국내 도매전력요금은 하루 전 입찰시장을 통해 시간대별로 공급가능량을 입찰한 발전소들을 발전단가를 기준으로 정렬한 공급곡선과 전력거래소의 수요 예측치를 매칭시킴으로써 결정된다. 이러한 가격결정방식과 결정된 가격을 각각 메리트 오더(Merit Order), 계통한계가격(System Marginal Price; SMP)라고 한다. 전기 판매가격은 SMP에 따른 구입전력비에 용량요금, 송·배전 및 판매 관련 고정비용 등이 반영되어 결정된다.

본 연구는 현실적인 가정용 계시별 요금제 구조 도출을 위해 기존 전력시장 구조를 반영했다. 공급곡선의 경우 Bloomberg New Energy Finance(2018)에서 제공하는 발전소별 발전단가 추정치를 참고하였다. 실제 발전소별 발전단가, 매 시간대별 공급가능용량 등을 파악하기 어렵기 때문에 국내 선행연구는 대표적인 발전소를 설정하는 등 단순한 형태의 공급곡선을 활용한 바 있다(박호정·이유수, 2015 ; 유영훈·김성수, 2005). BNEF의 자료 또한 시간대별 공급가능용량을 파악할 수 없고 발전소를 특정할 수 없는 한계가 있으나⁷⁾ 국내에서 운영 중인 150여개 발전소의 발전단가가 제공되므로 보다 현실적인 가격 분석이 가능할 것이라 판단하였다. 본 연구는 2017년 말 기준으로 작성된 단일한 공급곡선을 시장공급곡선으로 가정해 분석을 진행하였다([그림 2]).

7) 총 100GW 용량, 153개 발전소 중 23GW, 60GW, 100GW 지점 내 발전소의 발전원, 발전단가, 발전소 개수를 포함한다.

[그림 2] 전력시장 추정 공급곡선

(2017년 말 기준)



한편, 시장수요는 전력거래소에서 제공하는 시간대별 가격결정발전계획용 수요예측 데이터⁸⁾를 사용하였고, 공급곡선과 매칭을 통해 SMP를 도출하였다. 분석기간 동안 실제로 시장을 통해 결정된 SMP 가격이 존재하지만 본 연구에서 사용된 공급곡선과 수요예측 데이터가 실제 수요·공급을 완벽히 반영하지 못하기 때문에 SMP를 새로 추산하여 분석에 사용하였다. 추산된 SMP는 실제 SMP에 비해 평균적으로 kWh당 약 10원 정도 낮았으며 급작스러운 가격상승 이벤트가 반영되지 않은 것이 사실이나 연구결과에 유의미한 영향을 주지는 않는다.

8) <https://www.kpx.or.kr/www/contents.do?key=223>

3. 소비자별 수요함수

본 연구는 서울 2개 구에 거주하는 18,573개 가구의 시간대별 전기소비량 데이터를 활용해 소비자별·시간대별 수요함수를 구성하였다. 대상 소비자들은 정부의 스마트그리드 확산사업에 의해 스마트계량기가 이미 설치된 주택용 저압고객만으로 구성되며 분석기간은 2016년 12월 누진제 개편이 완료된 이후 시점인 2017년 2월부터 2018년 1월로써 누진제 완화에 따른 가격효과는 이미 소비량에 반영되었다고 판단하였다. 대상 고객들의 월평균 소비량은 218kWh으로 2017년 서울시 평균 268.3kWh⁹⁾에 비해 낮았는데, 이는 저압고객들만으로 구성되었기 때문으로 보인다.

개별 소비자들에 대한 후생효과를 살펴보기 위해 대상 가구를 3개 기준에 따라 8개 그룹으로 분류했고 이를 다시 3개 계절 소비량으로 나누어 분석했다(<표 2>).

〈표 2〉 전기소비 가구 구분 기준

구분	기준	세부기준	그룹명
누진단계	월평균 소비량	200kWh 이하 200~400kWh 400kWh 이상	누진 1단계 누진 2단계 누진 3단계
피크소비비중	총소비량 대비 최대부하시간 소비량 비중	계절별 3분위 수	1분위(가장 낮음), 2분위, 3분위(가장 높음)
요금할인대상	한전 요금 복지할인 대상 가구	해당사항 없음 기초생활수급자 및 차상위계층 할인	일반가구 저소득가구

9) 에너지경제연구원, 2017년 가구에너지 상설표본조사

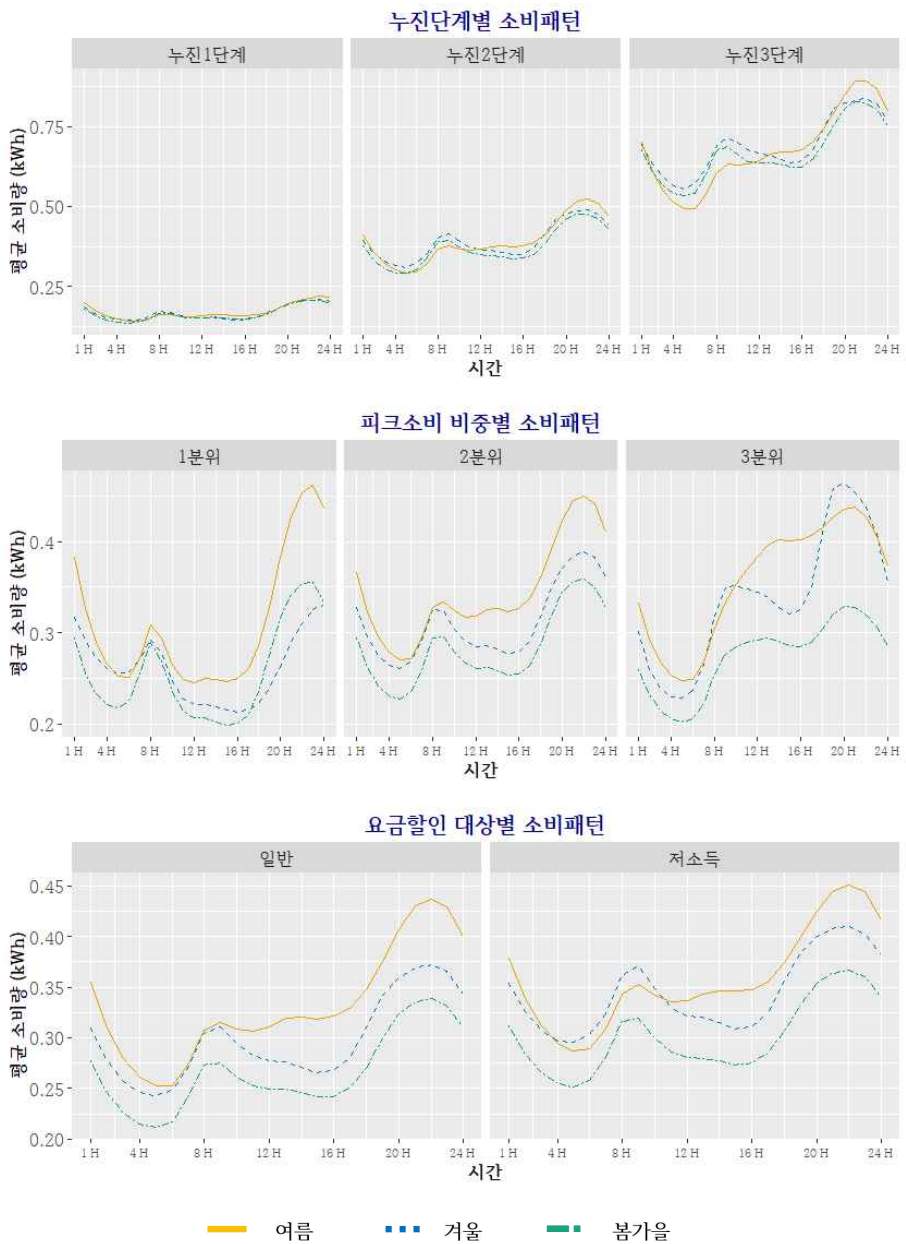
소비자 그룹별 가구수 분포 및 평균 소비패턴은 상이하게 나타났다(<표 3> 및 [그림 3]). 첫째, 계절의 경우 일반용 고객 TOU요금제 구분과 마찬가지로 3개 계절(봄·가을, 여름, 겨울)로 구분하였는데, 계절에 따라 월 소비량과 소비 패턴에 있어 차이를 보였으며 이에 따라 가구수 분포도 상이했다. 특히 여름과 겨울의 경우 냉·난방 수요가 발생하기 때문에 계절별 소비패턴 차이를 발생시키는 것으로 보인다. 둘째로 계절별 월 평균소비량을 계산한 뒤 누진 단계에 따라 3개 그룹으로 분류하였다. 아래 상단 그림은 누진3단계 그룹이 전반적으로 소비량이 많고 상대적으로 피크소비 비중이 높은 패턴을 보임을 알 수 있다. 한편 산업용 전기수요가 많은 국내 특성 상 TOU요금제의 피크시간대가 가정용 고객의 피크시간과 정확히 일치하지는 않았으나, 여름과 봄·가을의 최대피크인 오후(13:00~17:00)와 겨울의 최대피크시간(22:00~23:00)에서 상대적으로 소비비중이 높은 것을 알 수 있다. 셋째로 총 소비량 대비 피크시간 소비량 비중(%)에 따라 3개 분위로 구분했는데, 일반적으로 피크소비 비중이 높은 소비자일수록 계시별 요금제로 인해 큰 손실(후생감소)을 입을 것으로 예상된다. 끝으로 요금할인대상 고객 중 기초생활수급자 및 차상위계층 할인을 받는 고객인 저소득층 그룹은 1,009가구(5.4%)가 존재했다. 아래 하단 그림을 보면 저소득 고객은 누진 1단계 고객에 비해 평균적으로 시간별 소비량이 높고 피크소비량 비중이 높은 것으로 나타났다.

〈표 3〉 소비자 그룹별 가구수 분포

(단위: 명)

누진단계	1단계			2단계			3단계		
피크소비 비중	1분위	2분위	3분위	1분위	2분위	3분위	1분위	2분위	3분위
여름	2,980	2,412	2,234	2,681	2,938	2,987	530	841	970
봄·가을	3,645	3,090	3,297	2,403	2,853	2,621	143	248	273
겨울	3,649	2,803	2,409	2,317	2,972	3,299	225	416	483
요금할인 대상	일반가구					저소득가구			
계절 공통	17,205					1,009			

[그림 3] 전기소비 가구 그룹별 시간별 소비패턴



계시별 요금제의 후생효과를 포착하기 위해 개별 가구는 계절별, 시간대별로 가격에만 반응하는 소비함수를 지닌다고 가정하였다. 구체적으로 실제 소비데이터를 통해 소비자·계절·시간대별 평균소비량과 누진제 평균요금을 추산한 뒤 자체가격탄력성 가정 하에 다음과 같은 형태의 수요함수를 구성한다.

$$Q_{s,h,i} = A_{s,h,i} P_{s,h,i}^e \quad (1)$$

$Q_{s,h,i}$: 소비자 i 의 계절(s)·시간(h)별 전기소비량

$P_{s,h,i}^e$: 소비자 i 의 계절(s)·시간(h)별 누진제 평균요금 (탄력성(e))

$A_{s,h,i}$: 스케일조정 상수

이 때, 시간대별 소비자 후생변화 효과는 수식 (1)을 누진제 평균요금에서 TOU요금으로의 가격변화에 대해 적분한 값으로써 아래와 같다.

$$\Delta CS_{s,h,i} = - \int_{P_{IBT}}^{P_{TOU}} A_{s,h,i} P_{s,h,i}^e = \left(\frac{A_{s,h,i}}{e+1} \right) [P_{IBT,s,i}^{(e+1)} - P_{TOU,s,h}^{(e+1)}] \quad (2)$$

$\Delta CS_{s,h,i}$: 소비자 i 의 계절(s)·시간(h)별 후생변화

$P_{IBT,s,i}$: 계절(s)·소비자(i)별 누진평균요금

P : 계절(s)·시간(h)별 계시별 요금

수요함수를 구성할 때 기준가격은 대표 수요함수에 따라 계절별 누진 평균 가격¹⁰⁾을 적용하였으며, 이 때 요금할인 및 필수사용공제를 제외함으로써 소비자들 간 소비패턴 차이로 인한 영향 분석에 집중했다. 한편 동적요금제 하

10) Ito(2014)의 실증연구에 따르면 누진제 적용을 받는 가정용 고객이 AMI를 통해 실시간 소비량을 확인할 수 있음에도 불구하고 한계가격 또는 기대한계가격이 아닌 평균가격에 반응하여 그들의 소비량을 조정하였다. 신동현 외(2015)는 국내 소비자가 평균요금에 반응하지만 소득수준에 따라 한계가격에도 반응함을 제기한 바 있으나 본 연구는 자세한 소득수준을 확인할 수 없으므로 평균가격에 반응한다고 가정한다.

소비자들은 해당 시간의 가격에 반응하여 소비량을 조정할 뿐만 아니라 다른 시간대 또는 다른 일자로 부하를 이전하는 행태도 보이지만(Neenan and Eom, 2008), 본 연구에서는 자체가격탄력성에 의한 부하변화 효과를 제외하고는 대체탄력성을 명시적으로 반영하지 않았다. 이 때 자체가격탄력성은 선행연구와 마찬가지로, 0%, 5%, 10%의 3가지 시나리오를 적용하여 분석을 진행했다(유영훈·김성수, 2005 ; 이재봉 외, 2011 ; Faruqi and Sergici, 2010 ; Harding and Sexton, 2017).

누진제 하에서 계시별 요금제가 도입되었을 때 후생변화를 분석하기 위해 앞서 제시한 수요함수를 바탕으로 시간대별 후생변화를 합산하고 계절별 총변화를 각각 계산했다. 한편 시간대별 가격변화 시 가정용 고객의 소비패턴이 변화하여 SMP에도 영향을 미칠 것인데, 본 연구에서는 대상 18,573개 가구의 시간대별 소비량 변화를 2017년 가정용 전기판매량¹¹⁾ 비율로 조정하여 총소비 변화량을 전망했고, 이를 기반으로 요금제를 설정하고 그 영향을 분석했다.

IV. 분석 결과

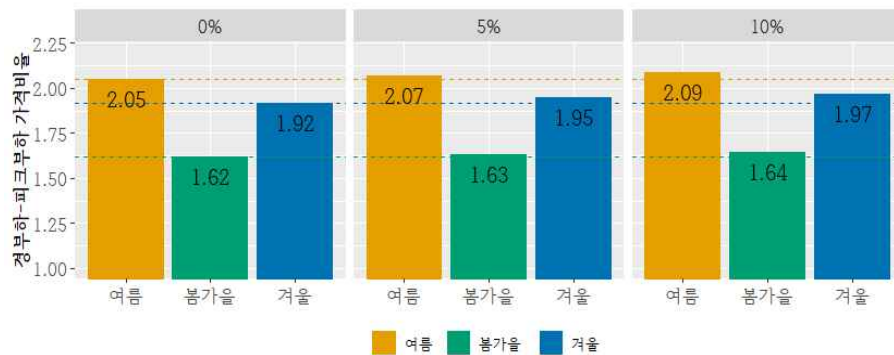
1. 수익률 중립 TOU요금제 구조

앞서 제시한 시뮬레이션 가정에 따라 계절별 가정용 TOU요금제를 도출했고 그 결과를 [그림 4]와 5에 정리했다. TOU의 경부하·중간부하 가격비율은 여름에 가장 높았고 소비자의 수요탄력성이 증가함에 따라 다소 상승했다. 여름의 경우 월 평균소비량과 피크소비량이 다른 계절에 비해 높았는데 수익률 중립 조건으로 인해 경부하·중간부하 가격비율이 다소 증가했다. 본 연구의 경우 SMP만을 공급비용으로 간주하였는데, 높은 피크부하로 인한 전력망 혼잡비용 등을 가산할 시 실제 가격수준은 더욱 상승할 것으로 판단된다.

11) 2017년 한국전력통계 중 계약종별 판매량 참고

소비자의 가격탄력성이 증가함에 따라 피크시간대 소비량이 감소하고 수익률이 감소하게 되는데 이를 상쇄하기 위해 가격비율은 더욱 상승해야 하는 것으로 나타났다. 물론 탄력성 증가에 따라 누진제 평균요금에 비해 낮은 가격을 설정하는 경부하 시간대 수익은 증가하는 것이 사실이나, 결과적으로 높은 피크가격으로 인한 수익감소분이 이를 초과하였다.

[그림 5] 계절 및 탄력성에 따른 경부하-중간부하 가격비율



[그림 6] 가정용 TOU 요금의 예

(가정: 경부하 요금 80원, 탄력성 5%)



2. 후생효과 및 부하감축

사회후생 변화를 분석하기 위해 가구 및 가정용 전기공급자의 단기적인 후생변화를 앞서 도출한 계절별 TOU요금제에 의거해 분석하였다. 요약하면, 연평균 소비자 잉여증가가 공급자 잉여감소를 초과하여 총 사회후생은 증가하는 것으로 나타났다.

아래 그림과 같이 소비자들은(CS변화) 피크가격이 높은 여름과 겨울기간 후생이 감소하였으나 봄·가을 기간 낮은 TOU 요금수준으로 인해 후생이 크게 증가해 결과적으로 5% 탄력성에서 일평균 소비자 후생은 가구당 약 1,495원/월 증가하였다. 공급자의 경우 수익률 중립을 가정하였으나 소비량 변화에 따라 공급비용과 판매액의 절대적인 수치 또한 변화하기 때문에 수익증감을 공급자 잉여변화(PS변화)로 간주하였다.¹²⁾ 공급자 잉여의 경우 소비자 잉여와 반대방향으로 변화하는데, 소비자의 경우와 달리, 여름과 가을 잉여 증가량 보다 봄·가을 잉여 감소가 지배적이어서, 결국 연평균 약 223원/월/가구¹³⁾ 수준의 잉여감소를 보였다. 한편 탄력성이 증가함에 따라 TOU 피크가격이 상승함을 앞서 확인하였는데 이로 인해 소비자 잉여와 총 사회후생은 감소했다.

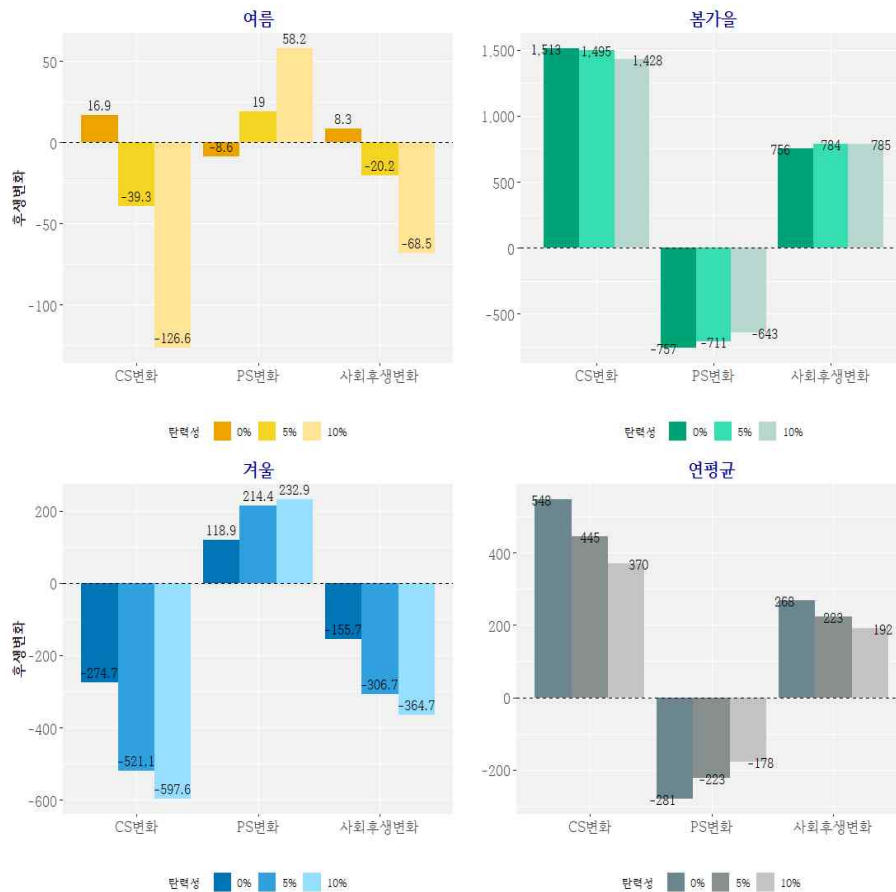
사회후생 증가에도 불구하고 이에 상당하는 금전적 가치는 소비자들의 월평균요금에 비하면 적은 수치라고 할 수 있다. 소비자들의 후생감소가 가장 크게 나타난 겨울의 경우는 그 폭이 월 597원 수준이며, 연간 총 소비자 후생 증가 또한 가구당 5% 탄력성 하에서 연 5,340원(445원*12개월) 정도로 나타났다.

12) 균형 상태에서 가정용 소매요금은 고정이므로 전기공급자의 공급곡선은 완전탄력적이라고 가정한다.

13) 비교를 용이하게 하기 위해 총 후생변화를 1개월(30일), 소비자 1가구 기준으로 정규화하였다.

[그림 7] 총 사회후생 변화

(단위: 원/월/가구)



한편, 계시별 요금제 도입의 근본적인 목적은 피크부하 감축을 통해 시장 비효율성을 해소하는 것이므로, 후생효과와 함께 피크감축 수준은 요금제의 효과를 평가하는 주요한 성과지표이다. 비록 본 연구에서는 장기수급계획 변경을 통한 발전소 건설회피 및 이에 따른 요금 증가폭 감소 등의 장기편익은 고려하지 못하였으나, 단기적인 피크부하 감축은 그 자체로 도매요금 하락, 송배전 혼잡비용 감소 등의 다양한 사회적 편익을 유발할 것으로 기대된다.

〈표 4〉 피크부하 감축효과

(단위: GW)

계절	여름			봄가을			겨울		
구분 탄력성	피크 부하	감축	비율	피크 부하	감축	비율	피크 부하	감축	비율
0%	67.43			58.94			68.06		
5%		(0.13)	0.20%		(0.07)	0.12%		(0.15)	0.22%
10%		(0.27)	0.40%		(0.15)	0.25%		(0.31)	0.46%

위 표는 누진제 하에서 앞서 도출한 TOU 요금제 도입 시 피크부하 감축수준을 보여준다. 요금제 도입 시 피크부하는 피크시간 당 최대 310MW 감소하는 것으로 나타났으며 이는 피크발전기 1기에 상당하는 수준이라 할 수 있다. 비록 전체 피크부하 대비 0.46% 수준의 적은 감축이지만 국내 가정용 전기가 전체 부하 중 약 10%를 차지함을 고려한다면 탄력성 가정 하에서도 피크부하 감축효과가 명시적으로 발생하고 있는 것이다. 한편 탄력성이 증가함에 따라 피크부하 감축량도 증가하고 있는데, 이는 향후 TOU 요금제 도입시 정보통신 기술을 결합하여 소비자들의 가격반응을 촉진함으로써 더 큰 감축효과를 기대할 수 있음을 시사한다. 추가적으로 여름철 TOU 피크가격이 가장 높음에도 불구하고 겨울철 더 많은 피크감축이 발생하였는데, 이는 소비자들의 소비패턴 및 월 소비량에 따른 평균요금에 계절별로 차이가 있기 때문이다. 이는 누진제 하 가정용 전기소비자의 요금부담 변화를 고려해 TOU의 피크가격을 계절별로 차등 적용할 경우 정책목표를 더 효과적으로 달성할 수 있다는 시사점을 제시한다.

3. 후생변화의 이질성

앞서 살펴본 바와 같이, TOU 요금제 도입 시 사회후생이 전반적으로 증가하지만, 소비자 간 불균일한 후생변화가 야기되며 이는 요금제 도입에 대한 정책적 수용성을 저해하는 요인으로 작용할 수 있다. <표 5>에 따르면 전반적인 소비자 후생 증가에도 불구하고, 계절별로 약 70% 가량의 가구는 후생이 감소하는 것으로 나타났다. TOU의 피크가격 수준이 낮은 봄가을의 경우에도 60% 이상 고객의 효용이 감소하였는데, 이는 특정 가구들이 대부분의 후생효과를 향유하고 있음을 시사한다. 이에 따라 본 연구는 소비자 특성에 따른 그룹별 소비자 후생효과를 세분화하여 살펴보았다.

〈표 5〉 TOU 요금제 도입시 후생이 감소되는 가구의 비율

(단위: %)

탄력성	여름	봄가을	겨울	연평균
0%	75.2	62.2	76.7	70.0
5%	75.6	62.5	78.3	70.8
10%	76.0	63.2	78.9	71.5

후생감소 비율은 누진단계로 구분된 월평균 소비량에 따라 상당한 차이를 보인다. [그림 8]과 같이, 누진 3단계 가구의 효용은 모두 증가했으나, 누진 1단계 가구의 대부분은 후생이 감소했다. 이는 기존 누진제 하에서 누진 1단계 고객은 대체로 낮은 수준의 단일요금을 지불하였기 때문에 시간대별로 요금이 적용되는 계시별 요금제 하에서 요금수준이 평균적으로 상승하기 때문으로 보인다.

[그림 8] 누진단계별 후생감소 소비자 비율

(단위: %)



그림에도 불구하고 계시별 요금제는 피크가격 상승을 통해 피크소비 비중이 높은 고객의 소비패턴을 변화시키는데 기여하는 것으로 보인다. [그림 9]은 총소비 대비 피크소비량 비중에 따른 그룹별 소비자의 후생감소 비율을 나타내고 있다. 비록 그룹별 차이가 크지 않지만, 2분위 그룹의 후생감소 비율이 가장 낮았고 피크소비 비중이 가장 높은 3분위 그룹은 이보다 높은 후생감소 비율을 보이고 있다. 본래 단일요금제 하에서 TOU 요금제가 도입되었다면 평탄한 소비패턴을 지니는 1분위 고객의 후생감소 가구의 비율이 가장 낮았어야 하지만 본 연구의 경우 누진 1단계 고객 중 다수가 피크소비 비중 1분위에 분포하는 이유로 이들의 효용감소 비율이 가장 높은 것으로 나타났다. 누진3단계 고객은 상대적으로 피크소비 비중이 높은 경향이 있는데 그림에도 불구하고 높은 피크가격으로 인해 2분위 고객보다는 후생이 감소한 소비자가 더 많이 분포하였다.

[그림 9] 피크소비 비중별 후생감소 소비자 비율

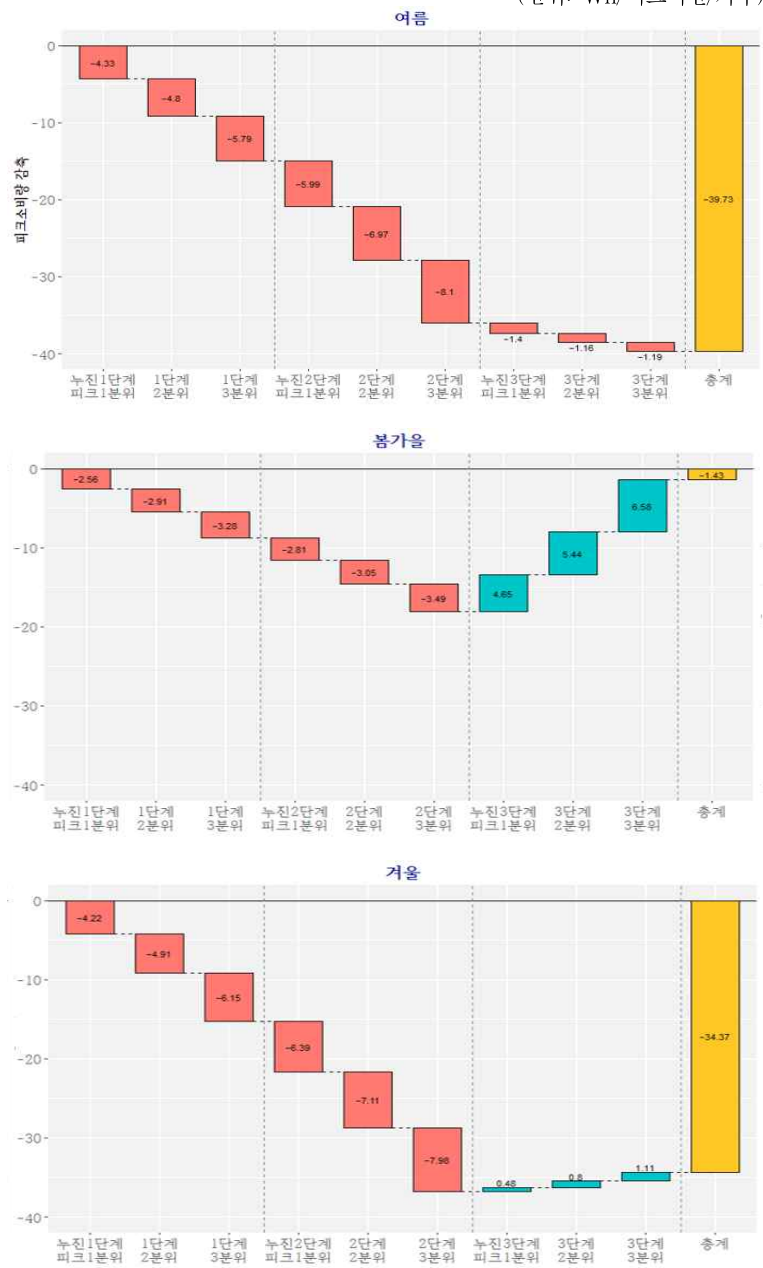
(단위: %)



피크감축량을 누진단계 및 피크소비 비중에 따른 9개 가구그룹별 기여 분으로 분해했을 때에도 마찬가지로 불균형한 결과를 확인하였는데, 피크소비량 비중이 높을수록 더 큰 폭의 피크감축이 발생하였으나 소비량이 높은 고객의 경우 피크소비량은 오히려 더 크게 증가하였다. [그림 9]는 5% 탄력성 하에서 피크시간 당 피크감축 정도를 누진단계, 피크소비 비중별 9개 그룹으로 분류하고 해당 그룹의 가구수로 정규화한 결과이다. 여름을 제외하고는 가장 우측에 위치한 소비량이 많으면서 피크소비량도 높은 가구의 경우 오히려 더 큰 폭으로 피크소비를 늘리는 것으로 나타나, 피크감축에 있어 소비 그룹별 정책 효과가 상이한 양상을 보임을 알 수 있다.

[그림 9] 누진단계·피크소비 그룹별 피크감축량

(단위: Wh/피크시간/가구)



국내의 경우 누진3단계 고객은 피크소비량도 비교적 높은 경향이 있기 때문에 TOU 요금제 하에서는 피크소비를 더욱 감축할 것으로 기대할 수 있다. 그러나 본 연구에 따르면 이들은 계절에 따라 오히려 피크소비량을 증가시켜 전반적으로는 후생 증가를 경험하게 된다. 이 같은 결과는 앞서 서술한 누진제 하에서 발생하는 두 가지 교차보조 현상 중 누진단계별 교차보조가 완화되는 현상이 지배적으로 작용했기 때문이다. 즉 누진3단계 고객의 경우 누진 평균요금에 높은 수준이기 때문에 소비량이 적은 가구에 비해 피크소비 감축 폭이 적은 한편, 봄가을과 겨울은 누진평균요금이 앞서 도출한 가정용 TOU 피크가격보다도 높기 때문에 오히려 피크소비량이 증가하는 것이다. 이러한 결과는 가정 부문 소비자들이 기존 요금제에서 야기되는 교차보조에 대한 명확한 이해가 없을 때 TOU 요금제를 불공평한 요금제로 인식할 수 있으며, 따라서 인식을 제고하기 위한 정책 홍보가 필요할 수 있음을 시사한다.

[그림 13] 요금할인 가구의 후생감소 비율



만약 누진제가 소득재분배라는 본래 목적을 달성하고 있다면 현재 교차보조를 유지하는 근거로 작용할 수 있을 것이다. 그러나 [그림 13]에 따르면 요금할인을 받는 저소득 가구의 후생감소 비율은 누진 1단계 고객에 비해 낮게 나타났으며 일반 소비자에 비해서도 그 비율이 다소 낮았다. 본 연구의 경우 저소득 요금할인을 받는 고객만을 고려하며, 가구의 정확한 소득수준을 파악

하지 못하기 때문에 누진제의 소득재분배 효과를 명확하게 판단하기 어려운 것이 사실이다. 하지만 누진1단계 고객으로서 교차보조를 받는 고객들의 대다수가 저소득층을 포함한 사회적 배려계층이 아닌 점(감사원, 2019)을 본 연구결과와 종합해본다면 소득재분배 목적의 누진제 교차보조를 정당화하기는 어렵다고 판단된다.

4. 요금제 시나리오 변화 시 후생효과

본 장에서는 5% 자체가격탄력성 가정 하에 TOU의 경부하 요금 기본가정인 80원/kWh을 변화시키면서 후생효과의 민감도를 분석하였고, 보다 현실적인 정책 영향 추산을 위해 소비자에게 선택권을 부여하는 선택형(Opt-in) 계시별 요금제 시나리오도 평가했다. 앞서 언급한 바와 같이 계절별 부하패턴이 상이한 이유로 평균 SMP는 계절별로 차이를 보이며¹⁴⁾, 계절별 피크감축목표 수준에 따라서도 TOU 경부하 가격을 달리 도입할 수 있을 것이다. 한편 가정용 계시별 요금제 도입 시 초기단계는 현실적으로 의무적 도입보다는 선택형 요금제로 이루어질 가능성이 높다. 소비자들은 각자의 소비패턴에 따라 유리한 요금제를 선택할 것이며 이 과정에서 피크부하 저감효과는 다소 감소할 것으로 예상할 수 있다.

먼저 수익률 중립 가정 하에 경부하 요금을 50원~150원/kWh으로 변화시키며 경부하·중간부하 가격비율을 도출했을 때, 경부하 요금이 상승함에 따라 가격비율은 하락하였으며 계절별로 상이한 특정수준 이하에서만 유의미한 TOU 요금제가 설계되었다.¹⁵⁾ 경부하 요금이 50원에 가까울수록 경부하·중간부하 가격비율은 3배 이상까지 상승하며, 다만 경부하 요금이 지나치게 상승할 때 중간부하 가격이 경부하 가격에 역전되는 것으로 나타났다. 가격구조가

14) 본 연구에서 재산정한 SMP평균은 여름, 봄가을, 겨울 각각 67.9원, 57.5원, 74.4원/kWh이다.

15) 봄가을, 겨울, 여름에서 경부하 요금이 각각 110원, 125원, 130원/kWh 이상 수준에서는 경부하와 중간부하 가격이 역전되었다.

변화함에 따라 후생효과도 상이했는데, 경부하·중간부하 가격비율 상승 시 피크부하 감축은 더 증가하지만 소비자 잉여는 감소하였다. 다만 유사한 수준으로 공급자 잉여는 증가하여 총 사회적 후생에는 큰 영향이 없었다.

한편 TOU 경부하·중간부하 가격비율이 증가하면 피크소비 비중이 높은 3분위 가구의 후생감소 비율이 크게 증가하지만, 누진3단계 가구 대다수는 여전히 후생이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 누진3단계 가구가 피크소비 비중이 높은 경향성이 있으나 누진제 하에서 여전히 높은 평균요금을 지불하고 있기 때문에, 피크가격이 상대적으로 인상되어도 평균적으로 지불하는 요금은 낮아지는 효과로 인해 후생이 증가함에 따른 것으로 해석된다. 이 같은 결과는 향후 가정용 TOU 요금제 도입에 앞서 누진단계별 후생효과 차이를 완화하기 위해 사전에 누진제 단가를 낮추어 교차보조를 해소하거나 누진형태를 반영한 계시별 요금제를 고려하는 등의 전략적 접근이 필요할 수 있음을 시사한다.

또한, 보다 현실적인 정책 영향을 분석하기 위해 선택형 TOU 시나리오를 평가했다. 이 때, 수익률 중립 가정¹⁶⁾을 달성하기 위해 누진제 단가 상승을 허용했다.¹⁷⁾ Borenstein(2013)에 따르면 수입중립 조건 하에서 동적요금제 도입은 크게 두 가지 효과를 야기할 수 있다고 지적했는데, 이를 본 연구에 비추어 설명하면 다음과 같다. 첫째는 선택효과(Selection Effect)인데 초기 도입 시 동적요금제 선택을 통해 후생이 증가하는 소비자들만 선택을 할 것이므로 유틸리티의 수익률은 하락할 것이다. 둘째는 이탈효과(Unraveling Effect)로서, 수익률 중립을 위해 유틸리티는 누진단가를 인상하고 이에 따라 새롭게 TOU로 이탈하는 고객이 발생한다. 이러한 이탈효과는 추가적인 누진단가 상승을 야기함으로써 결과적으로 모든 소비자가 TOU를 선택하도록 유인한다.

16) 선택형 요금제의 수입중립은 1% 범위를 수렴조건으로 완화하였는데, 이에 따라 공급자로부터 소비자로의 부의 이전이 발생하였다. 다만 이는 소비자 간 후생효과에는 큰 영향을 주지 않았다.

17) 기존 누진단계별 가격비율을 유지하고 누진 1단계 단가를 상승시키며 수익률을 수렴시켰다. 물론 이러한 누진제 조정방식이 현재 합의된 방식은 아니며, 다른 형태의 누진제 조정 시나리오도 향후 연구에서 진행될 수 있을 것이다.

분석결과 두 가지 효과로 인해 누진단가는 최대 40%까지 증가하며, 가구 간 후생효과에는 앞선 결과와 큰 차이가 없었다. 실제 누진단가 상승으로 인해 대다수 고객들이 TOU를 선택하는 결과가 도출되었고 이에 따라 후생효과는 의무적으로 TOU를 시행했을 때와 유사했다. 다만 누진단가 상승에도 불구하고 일부 소비자(극단적으로 피크소비량이 높은 고객)는 누진제를 유지했고 이에 따라 피크감축량은 의무적 TOU 시나리오에 비해 다소 감소했다. 누진단가는 봄가을의 경우에도 15% 수준으로 상승하였는데, 이는 선택효과만 고려했을 때 단일요금제 가격 상승이 6%에 불과하다는 Borenstein(2013)의 연구에 비해 높은 수준이다. 이러한 결과는 초기에 소비자(주로 누진단계가 높은 가구)의 TOU 선택으로 인한 수익률 하락이 누진단가를 크게 상승시키는 요인으로 작용했으며, 누진제 하 교차보조가 선택 및 이탈효과 측면에서 단일요금제에 비해 큰 영향을 미칠 수 있음을 시사한다.

V. 결론 및 토의

본 연구는 현행 가정용 전기 누진제를 가정용 TOU 요금제로 대체하였을 때 피크감축, 사회후생 그리고 소비자 간 후생효과에 미치는 잠재적 영향을 분석하였다. 각 계절에 대해 수익률 중립 가정에 따라 현실적인 TOU 요금구조를 도출했는데, 이를 위해 국내 발전소의 발전단가를 기반으로 한 공급곡선과 18,573 가구의 시간대별 가정용 전기소비량 데이터를 활용해 현 시장구조를 반영했다. 또한 TOU 가격수준을 변화시켜 결과의 민감도를 분석하고 선택형 TOU 요금제 시나리오도 평가했다.

첫 번째 주요한 결과로서 단일요금제 하 TOU 도입에 따른 영향을 분석한 선행연구들과 같이, 누진제 하 TOU 요금제를 도입하는 경우 피크발전기 1기에 상당하는 피크부하를 감축 효과가 있는 것으로 나타났다. 둘째로 연간 총 소비자 후생증가가 공급자 잉여감소 보다 커서 총 사회후생은 증가하였다. 그

러나 소비자 그룹 간의 후생효과는 불균일했는데, 특히 소비량이 많은 가구의 경우 상대적으로 높은 요금을 지불하는 누진단계별 교차보조 현상 때문에 TOU 요금제 하에서는 오히려 후생이 증가하고 피크소비량도 증가하는 것으로 나타났다. 대다수 누진1단계 가구의 후생이 감소함에도 불구하고 사회적 배려계층으로 요금할인을 받는 저소득 가구는 일반가구에 비해 후생감소 비율이 낮았는데, 이는 누진단계별 교차보조가 추구하는 소득재분배 목적이 달성되지 않고 있음을 시사한다. 끝으로 더 높은 수준의 피크가격이 허용되는 TOU 요금제 시나리오에서도 피크소비량이 높은 고객의 후생은 감소하는 한편, 대다수의 누진 3단계 고객의 후생은 여전히 증가하는 것으로 나타났다. 선택형 요금을 도입하더라도 소비자 간 후생효과에는 큰 차이가 없었다.

이 같은 결과는 가정용 계시별 요금제의 연착륙을 위해 유틸리티 회사 또는 규제당국의 직접적인 개입이 필요할 수 있음을 시사한다. 가정용 계시별 요금제가 총 사회후생을 개선하는데 기여하지만 단기적인 후생변화가 월 300 원 미만 수준으로 월 평균 전기요금의 1%에도 미치지 못했다. 또한 본 연구에서 고려하지 못한 발전소 회피편익 및 송배전 설비 회피편익 또한 소비자 1인당으로 환산하였을 때 미미한 수준으로 나타났다(KDI, 2015). 이는 전력공급 비용저감 및 온실가스 감축 등 장기적 안목에서의 시장개입과 인식개선 없이는 사회후생 증가만으로 의무적인 가정용 계시별 요금제 도입을 추진하기는 어려울 수 있음을 시사한다.

이에 대해 본 연구는 다음과 같은 직접적인 시장 및 정책개입을 제안하는 바이다. TOU 요금제로의 일괄적인 이행은 누진제 하의 교차보조 현상 중단으로 소비자 간 부의 재분배를 초래한다. 교차보조는 요금구조의 비효율성을 반증하나 소비자 간 불균형한 후생효과는 가정용 TOU 요금제 도입에 대한 정책적 수용성을 저해할 것이다. 이에 따라 누진제 하 교차보조 현상에 대한 소비자들의 이해가 수반되어야 할 것이며, 장기적 관점에서의 사회적 후생 증진에 대해서도 이해 제고가 필요하다.

한편 이행기간 중 부의 재분배 완화를 위해 다음과 같은 두 가지 형태의 보완적 시장개입이 가능할 것으로 보인다. 첫째는 저소비 가구에 대한 직접적

인 보조금이다. 실제로 현행 누진제는 월 200kWh 이하 소비 고객에 대해 필수사용량공제를 적용하고 있다. 본 연구는 이 같은 공제를 소비자 요금에 반영하지 않았음에도 누진1단계 고객의 후생감소는 월 평균 2,800원 수준으로 기존 필수사용공제 4,000원에 비해 30% 가량 낮은 것으로 분석되었다. 이러한 점은 향후 가정용 계시별 요금제 도입 시 기존 보조금보다 비용효과적으로 소비자들의 후생감소를 억제할 수 있음을 시사한다.

누진제의 교차보조를 일시적으로 허용하거나 동적요금제 도입에 앞서 이를 완화하는 방안 또한 고려될 수 있다. 교차보조를 일시적으로 허용하는 경우 누진제와 TOU 요금제를 결합한 하이브리드 요금제를 검토할 수 있을 것이다. 예를 들어 미국 PG&E의 경우 과도기간 중 하이브리드 TOU를 도입한 바 있으며(Borenstein, 2013), 최근에는 TOU요금제로 전면 전환한 상태이다.

끝으로 본 연구는 다음과 같은 한계와 개선점을 갖는다. 본 연구는 시간대 및 고객의 특성과 관계없이 단일한 수요탄력성만을 가정하고 있다. 향후 보다 상세한 탄력성 추정치를 사용할 수 있다면 소비자 간 후생효과를 좀 더 정확하게 분석할 수 있을 것으로 보인다. 다음으로 장기적 차원의 사회후생 효과를 추산하기 위해 송배전 및 혼잡비용 등이 모델에 반영될 필요가 있다. 국내의 경우 보조서비스 시장이 부재하므로 시간대별 혼잡비용을 명시적으로 알기가 힘든데, 만약 이러한 비용이 공급곡선에 반영된다면 피크감축으로 인한 후생증가 효과를 더욱 정확하게 산정할 수 있을 것이다. 한편 본 연구에서 제시한 후생효과는 가구 거주지역의 환경적 요인, 소비자의 사회경제학적 특성, 그리고 시장구조에 따라 변화할 수 있기 때문에 외적 타당성에 한계를 갖는다. 이러한 점에서 본 연구는 국내 가구를 대상으로 국내 시장 환경을 반영하여 가정용 TOU 요금제를 분석한 데 그 의의가 있다고 할 수 있다.

접수일(2020년 1월 26일), 수정일(2020년 2월 18일), 게재확정일(2020년 3월 27일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

- 박호정·이유수(2015). “행위자기반모형을 이용한 선택적 전력요금제의 전력요금 절감효과 분석”. 자원·환경경제연구, 24(1):225-249.
- 신동현·조하현·장민우(2015). “소득 수준에 따른 한국 도시 가구의 전력소비행태 이질성과 전기요금개편 효과 분석”. 에너지경제연구, 14(3):27-81.
- 유영훈·김성수(2005). “계시별 전력가격에 대한 경제적 후생 연구”. 자원·환경경제연구, 14(2):519-549.
- 이근대·이유수(2010). “수요 측 반응을 고려한 실시간 전력요금제 도입방안 연구”. 에너지경제연구원.
- 이재봉·윤용범·구자열·김수덕(2011). “패널모형을 이용한 국내 전력수요의 가격탄력성 추정에 관한 연구”. 대한전기학회 학술대회 논문집, 642-643.
- 정연제(2019). “주택용 전기요금 체계에 대한 소고(小考)”. 에너지경제연구원 에너지 포커스 16(2):72-90.
- 감사원(2019). 감사보고서(전기요금제도 운영실태).
- 산업통상자원부 보도자료(2019). “스마트그리드 체험 단지 본격 추진”. http://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=162207&bbs_cd_n=81¤tPage=1&search_key_n=&cate_n=&dept_v=&search_val_v=(검색일: 2020. 1. 4)
- KDI(2015). 스마트그리드 확산사업 예비타당성조사 보고서.
- B. R. Alexander(2010). “Dynamic Pricing? Not So Fast! A Residential Consumer Perspective”. *The Electricity Journal*, 23(6):39-49.
- H. Allcott(2011). “Rethinking real-time electricity pricing”. *Resource and Energy Economics*, 33(4):820-842.
- Bloomberg New Energy Finance(2018). Korea's LNG tax cut will be benefit KEPCO, not gas players. Retrieved from Bloomberg terminal
- N. Boogen, S. Datta and M. Filippini(2017). “Demand-side management by electric utilities in Switzerland: Analyzing its impact on residential electricity demand”. *Energy*

Economics, 64:402-414.

- S. Borenstein(2005). “The long-run efficiency of real-time electricity pricing”. *The Energy Journal*, 26(3):93-116.
- S. Borenstein(2007a). “Customer Risk from Real-Time Retail Electricity Pricing: Bill Volatility and Hedgability”. *The Energy Journal*, 28(2):111-130.
- S. Borenstein(2007b). “Wealth transfers among large customers from implementing real-time retail electricity pricing”. *The Energy Journal*, 28(2):131-149.
- S. Borenstein(2012). “The redistributive impact of nonlinear electricity pricing”. *American Economic Journal: Economic Policy*, 4(3):56-90.
- S. Borenstein(2013). “Effective and equitable adoption of opt-in residential dynamic electricity pricing”. *Review of Industrial Organization*, 42(2):127-160.
- S. Borenstein and S. Holland(2005). “On the Efficiency of Competitive Electricity Markets With Time-Invariant Retail Prices”. *RAND Journal of Economics*, 36:469-493.
- R. Burden and J. Faires(2011). *Numerical Analysis 9th edn*. Boston: Brooks/Cole.
- G. Dutta and K. Mitra(2017). “A literature review on dynamic pricing of electricity”. *Journal of the Operational Research Society*, 68(10):1131-1145.
- A. Faruqui(2010). “The Ethics of Dynamic Pricing”. *The Electricity Journal*, 23(6):13-27.
- A. Faruqui and S. Sergici(2010). “Household response to dynamic pricing of electricity: a survey of 15 experiments”. *Journal of regulatory Economics*, 38(2):193-225.
- A. Faruqui and S. Sergici(2013). “Arcturus: international evidence on dynamic pricing”. *The Electricity Journal*, 26(7):55-65.
- A. Faruqui, R. Hledik and J. Palmer(2012). “Time-varying and Dynamic Rate Design”. The Brattle Group.
- A. Faruqui, S. Sergici and J. Palmer(2010). “The impact of dynamic pricing on low income customers”. Institute for Electric Efficiency Whitepaper.
- L. S. Friedman(2011). “The importance of marginal cost electricity pricing to the success of greenhouse gas reduction programs”. *Energy Policy*, 39(11):7347-7360.
- M. Harding and S. Sexton(2017). “Household response to time-varying electricity prices”. *Annual Review of Resource Economics*, 9:337-359.

- S. P. Holland and E. T. Mansur(2006). "The short-run effects of time-varying prices in competitive electricity markets". *The Energy Journal*, 27(4):127-155.
- S. Horowitz and L. Lave(2014). "Equity in residential electricity pricing". *The Energy Journal*, 35(2):1-23.
- K. Ito(2014). "Do consumers respond to marginal or average price? Evidence from nonlinear electricity pricing". *American Economic Review*, 104(2):537-563.
- B. Neenan and Eom(2008). "Price Elasticity of Demand for Electricity: A Primer and Synthesis". Electric Power Research Institute.
- P. Simshauser and D. Downer(2016). "On the inequity of flat-rate electricity tariffs". *The Energy Journal*, 37(3).
- K. Spees and L. Lave(2008). "Impacts of responsive load in PJM: load shifting and real time pricing". *The Energy Journal*, 29(2):101-121.

◎ 부록 1 ◎

<Newton-Raphson Method¹⁸⁾에 따른 수익률 중립 요금제 도출 방법>

뉴턴-랩슨 방법은 미분가능한 함수의 근사해를 찾는 잘 알려진 방법으로서 본 연구의 경우 기존 누진제의 수익률과 설계한 가정용 TOU의 수익률의 차이가 0에 수렴하는 경부하·중간부하 가격비율을 도출하는 것을 목표로 한다.

미분가능하고 연속하는 함수 $f \in C^2[a, b]$ 에 대해, $f'(x_0) \neq 0$ 이고 $|x_0 - x|$ 가 충분히 작다면, x_0 는 함수 f 의 해인 x 에 수렴한다. 이 때 x_0 에 대해 함수 f 를 1차 테일러 전개하고 $(x - x_0)^2$ 가 충분히 작다고 가정하면 아래와 같다.

$$f(x) = 0 \approx f(x_0) + (x - x_0)f'(x_0) \quad (\text{부록1-1})$$

이를 일반화하면 다음과 같은 반복식을 설정할 수 있으며, 이 때 본 연구는 초기 경부하·중간부하 가격비율인 x_0 을 1로 설정하고 $|x_n - x_{n-1}|$ 가 1×10^{-10} 보다 작을 때 x_{n-1} 을 해로 간주하였다.

$$x_n = x_{n-1} - \frac{f(x_{n-1})}{f'(x_{n-1})}, \quad \text{for } n \geq 1 \quad (\text{부록1-2})$$

한편 누진제와 TOU의 수익률 차이로 요약되는 함수 f 는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$f(x) = C - \frac{\sum Q_{s,h,i} \times P_{TOU,h}(x_s) - \sum Q_{s,h,i} \times S(Q)}{\sum Q_{s,h,i} \times S(Q)} \quad (\text{부록1-3})$$

18) Burden and Faires(2011)을 참고하였다.

x : 계절별(s) 경부하·중간부하 가격비율

C : 기존 누진제의 수익률

Q : 시장총수요

$Q_{s,h,i}$: 샘플 고객 대상 계절별(s), 시간대별(h), 개인별(i) 소비량

P : x 에 따른 시간대별(h) TOU 가격

$S(Q)$: 시장총수요(Q)에 따라 결정된 SMP (공급비용)

이 때 $Q_{s,h,i}$ 는 가정한 개인별 수요함수와 TOU 가격에 따라, Q 는 $Q_{s,h,i}$ 의 변화량에 따라, $S(Q)$ 는 Q 에 따라 내생적으로 변화하며, 결과적으로 $|x_n - x_{n-1}|$ 가 충분히 작을 때의 x 가 가정용 TOU 요금제를 결정한다.

ABSTRACT

Potential Impacts of Introducing Residential Dynamic Electricity Pricing*

Jinhyun Kim**, Dongsik Jang*** and Jiyong Eom****

Based on the generation costs of electricity and large-scale hourly electricity consumption data, this study investigates the potential impacts of introducing time-of-use (TOU) pricing to the retail electricity market, currently operating under the increasing block tariff (IBT) regime, on Korean households. The analysis indicates that TOU pricing is effective in reducing peak load without harming social surplus. About 60%~70% of residential consumers are made worse off as cross-subsidies under the IBT are alleviated. In particular, most of the households with low electricity consumption lose their welfare irrespective of changing TOU pricing structure, while low-income households that have been specially treated with bill discounts are in a favorable position than general customers. Peak reduction is weakened in the opt-in TOU scenario without apparent redistribution between customers, which indicates the necessity of market or policy interventions for alleviating distributional shock between customers.

Key Words : Electricity Pricing, Increasing Block Pricing, Time-of-Use Pricing, Cross-subsidy, Electricity Market

* This research is supported by the KEPCO research program(R16DA23) and by the Ministry of Science and ICT through 2019 research program of KAIST College of Business, Graduate School of Green Growth

** Graduate Student, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Graduate School of Green Growth(main author). carrot0223@kaist.ac.kr

*** Senior Researcher, Korea Electric Power Research Institute(co-author). yojian2@kepco.co.kr

**** Associate Professor, Korea Advanced Institute of Science and Technology, Graduate School of Green Growth(corresponding author). eomjiyong@kaist.ac.kr