



# 에너지저장장치(ESS) 활용 촉진 요금제도에 대한 경제성 분석

전승호<sup>1)</sup> · 김윤경<sup>2)</sup> · 정재성<sup>3)</sup> · 김수덕<sup>3)\*</sup>

## Feasibility Analysis of Tariff System for the Promotion of Energy Storage Systems (ESSs)

Seungho Jeon<sup>1)</sup> · Yoon Kyung Kim<sup>2)</sup> · Jaesung Jung<sup>3)</sup> · Suduk Kim<sup>3)\*</sup>

Received 29 May 2019 Revised 16 July 2019 Accepted 10 August 2019

**ABSTRACT** In this study, the economic feasibility of an Energy Storage System (ESS) was conducted to examine the effects of a tariff system for the promotion of ESS. The results are summarized as follows. First, if it were not for the tariff system for ESS, none of the contract types could secure the economic feasibility of ESS. Second, in terms of the B/C ratio, the base tariff discount was 18 times more effective than the ESS charging rate discount. Third, in the case of the Industrial (KAPII), Commercial (UL) and Educational (UL) contract types, which are available only for the charging rate discount, the economic feasibility was not secured. Fourth, in the case of Industrial (UL) and Commercial (UL) contract types, which are available for both the base tariff and charging rate discount, the economic feasibility was secured. Based on economic feasibility analysis, the combinations of the required discount on either the charging rate, base tariff, or on both for NPV = 0 were also analyzed. With this result, a modification of the current tariff system for the promotion of ESS was suggested.

**Key words** ESS(에너지저장장치), Power tariff discount(전기요금 할인제도), Feasibility analysis(경제성 분석), 편익·비용 비율 (Benefit-cost ratio)

### 1. 서론

에너지저장시스템(ESS)은 특정시점에 에너지를 저장해 놓은 뒤, 필요할 때 사용할 수 있도록 하는 시스템이다. 에너지를 저장하는 방식에 따라 Pumped hydroelectric storage (PHS), compressed air energy storage(CAES), Flywheel

등 다양한 종류의 에너지저장시스템이 존재하지만, 국내에서 ESS라고 하면 대체적으로 Battery ESS를 지칭한다. ESS는 전력을 생산하는 발전소에서부터, 수요하는 소비부문까지 전 부문에 걸쳐 다양한 용도로 활용될 수 있다. 특히 ESS의 활용이 가능한 분야는 발전자원, 송배전망 보조, 신재생 보조 그리고 수요자원 역할이 있다<sup>[1]</sup>. 이처럼 전력 부문에 다양한 역할을 수행할 수 있는 ESS가 운영되려면, ESS의 경제성이 확보되어야 한다. 특히 산업용 수용가에서 ESS를 운영할 시 수요관리사업자를 통해 수요반응 시장에 참여해 수익을 얻을 수 있고<sup>[2]</sup>, 수용가의 자체 부하관리를 통해 수익을 얻을 수 있다. ESS 운전전략을 자체 부하관리로 정하면, 발생하는 편익은 다음과 같다. 첫째, ESS를

1) Doctoral Student, Department of Energy Systems Research, Ajou University

2) Professor, Department of Economics, Ewha Womans University

3) Professor, Department of Energy Systems Research, Ajou University

\*Corresponding author: suduk@ajou.ac.kr

Tel: +82-31-219-2689 Fax: +82-31-219-2969

통해 피크절감을 하여 '요금적용 전력'<sup>[3]</sup>을 낮추어 당월의 기본요금을 절감할 수 있다. 여기서 '요금적용전력'은 당월을 포함한 직전 12개월 중 12월분, 1월분, 2월분, 7월분, 8월분, 9월분 및 당월분의 최대수요전력 중 가장 큰 최대수요전력이며, 가장 큰 최대수요전력이 계약전력의 30% 미만인 경우에는 계약전력의 30%를 요금적용전력으로 한다. 둘째, 전력량 요금이 저렴한 경부하 시간에 ESS를 충전하고, 전력량 요금이 비싼 최대부하 시간에 ESS를 방전하여 차익거래를 할 수 있다. 셋째 ESS활용 촉진 요금제를 통한 전기요금 할인이다.

지식경제부(2011.05.31.)<sup>[4]</sup>에서 ESS 보급 촉진을 위해 ESS 설치 보조금 지급과 ESS 전용 전력요금제에 대한 논의를 시작하였다. 관계부처 합동(2012.07.27.)<sup>[5]</sup>에서는 ESS를 에너지절약시설 용자사업과 투자세액공제 대상에 포함시키는 방안을 검토하였으며, 전력요금 개선에 관한 논의도 이루어졌다. 산업통상자원부(2016.03.23.)<sup>[6]</sup>는 신설한 ESS 활용 촉진 요금제를 2016년 03월 23일 부로 도입한다고 발표하였다. 같은 해 산업통상자원부(2016.07.05.)<sup>[7]</sup>는 ESS 활용 촉진 요금제의 적용 기한을 기존 1년에서 10년으로 확대하였고, 또 산업통상자원부(2016.11.28.)<sup>[8]</sup>는 기본요금 할인 금액을 3배, 충전요금 할인폭을 5배로 확대하였다.

현재 기본공급약관 시행세칙 별표 4에 9항<sup>[9]</sup> 'ESS 전기요금 할인'의 내용은 다음과 같다. 기본요금 할인 금액은 ESS의 평균 최대수요전력 감축량(kW)에 대하여 대표고객의 기본요금 단가(원/kW)를 곱하여 산정한다. 여기서 평균 최대수요전력 감축량(kW)은 해당 월의 평일 최대부하시간대 방전량과 충전량 차이의 합계를, 해당 월 평일 일수의 세 배로 나누어 산정한다. 전력량요금 할인 금액은 경부하 시간대 ESS의 충전을 위하여 사용한 전력량에 대한 전력량요금의 50%를 곱하여 산정한다. 기본요금 할인과 전력량요금 할인금액 모두 ESS 배터리 용량 비율에 따라 차등 적용된다. 계약전력 대비 ESS 배터리 용량 비율이 10% 이상 일 때는 할인금액의 1.2배, 5% 이상 10% 미만 일 때는 1.0배, 5% 미만일 때는 0.8배를 적용한다. 기본요금 할인은 2026년 3월 31일까지 적용하며, 다만 2020년 12월 31일까지는 할인폭을 3배로 적용한다. 충전요금 할인과 ESS 배터리 용량 비율에 따른 할인금액 차등 적용은 2020년 12월 31

일까지 적용한다. 기본요금 할인은 산업용(을)과 일반용(을)에만 적용하며, 충전요금 할인은 산업용(을), 일반용(을) 뿐만 아니라, 산업용(갑II), 일반용(갑II), 그리고 교육용(을)에도 적용한다.

ESS 활용 촉진 요금제는 ESS의 활용을 촉진하기 위해서 도입한 제도이므로 현재 수준에 대한 적절성을 살피고, 제도 도입의 목적과 성과에 맞추어서 문제점을 찾고 개선점을 마련하여 바꾸어야 한다. 이를 위해서 본 연구에서는 현재 시행하고 있는 'ESS 활용촉진요금제'를 토대로 ESS 경제성분석을 실시하여 계약종별 B/C ratio를 계산하고, 보다 유의한 요소를 구분하기 위하여 편익과 비용을 구성하는 요소들의 비중을 살핀다. 그리고 0의 순현재가치(Net Present Value, NPV)를 유도하는 'ESS 활용촉진요금제'의 수준을 계산한다.

## 2. ESS 경제성분석 모형

### 2.1 ESS 경제성분석을 위한 대표 수용가 설정

ESS의 경제성은 수용가의 계약종 선택에 따른 전력요금과 부하패턴에 따라 크게 달라진다. 본 연구에서는 요금변화에 반응하는 계약종별 대표적인 수용가의 시간대별 부하패턴 정보를 확보하기 위해, 한국전력공사(2011.09)<sup>[10]</sup>의 연구결과인 RTP(Real Time Pricing) 모형<sup>[11]</sup>을 사용하였다. RTP모형은 16개 본부별로 14,149개 기업에 대해 전력부하자료와 34,206개 기업의 고객정보를 이용하여, 36개의 계약종별, 35개의 산업군별 연간 부하패턴을 시간대별로 분석할 수 있다. RTP모형은 패널분석방법을 활용하며, 외생변수로는 계약종별 계시별 요금정보, 산업생산지수, 도시가스 또는 석유제품 실질가격, 온도 및 습도 그리고 주중, 주말, 공휴일, 추석, 설날 등을 구분할 수 있는 터미변수들을 활용한다. 사용 데이터는 2005년 1월 1일부터 2009년 12월 31일까지의 시간대별 대 자료이다. 이는 시간대별 부하자료와 각 해당시점의 고객정보 및 종별 요금정보를 매칭시킨 결과로 8,645개 소비자들이 1,826일 간 사용한 전력부하 정보이다.

Table 1은 ESS 경제성분석을 위해 사용된 계약종별 부하 및 요금제를 정리한 것이다. 예를 들어 Table 1에서 첫

번째 경우는 RTP모형을 통해 일반용(갑) 고압A 선택(I) 계약종 중 ‘보건, 예술, 기타개인’ 산업군에 해당하는 2015년 부하정보를 추정하여, 현재 일반용(갑II) 고압A 선택(I)의 전력요금(기본요금과 전력량요금)을 적용하는 경우이다. Table 1에서 제시한 부하와 요금 중에서 다음의 사항은 연구를 위하여 변경하였다. 첫째, RTP모형에서 사용하는 과거 계약종 분류와 현재 계약종 분류가 다르기 때문에 시점 간의 계약종 매칭이 필요하다. 예컨대, (갑II) 계약종은 2013년 1월

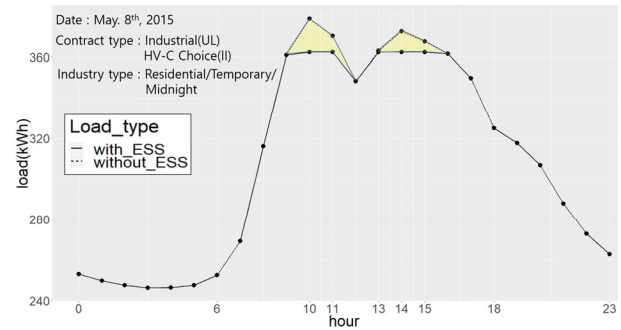
14일부터 생겨난 계약종이며, 반대로 (병) 계약종은 2012년 1월 1일부터 폐지되었다. 둘째, RTP모형 내에서 계약종 별로 특정 산업군을 선택할 때, 각 계약종 내에서 전력사용량이 가장 많은 산업군을 기준으로 삼았다. 예를 들면 일반용(갑) 고압A 선택(I) 계약종 중 전력사용량이 가장 많은 산업군은 ‘보건, 예술, 기타개인’이다. 셋째, RTP모형에서 교육용(을) 고압B 선택(I) 계약종 중 부하정보가 존재하는 산업군은 없었다. 따라서 교육용(을) 고압B 선택(I) 계약종의 부하정보를 활용하는 경우는 분석대상에서 제외하였다.

Table 1. Load and Tariff for ESS feasibility Analysis

Applied Load (2015.01.01 ~ 2015.12.31)		Applied Tariff
Contract Type (2010)	Industry group	Contract Type (2018)
Commercial(KAP) HV-A Choice(I)	(Health, Art and Others)	Commercial(KAPII) HV-A Choice(I)
Commercial(KAP) HV-A Choice(II)	(Financial and Insurance)	Commercial(KAPII) HV-A Choice(II)
Commercial(KAP) HV-B Choice(I)	(Transport and Publishing)	Commercial(KAPII) HV-B Choice(I)
Commercial(KAP) HV-B Choice(II)	(Real estate and Scientific technology)	Commercial(KAPII) HV-B Choice(II)
Commercial(UL) HV-A Choice(I)	(Accommodation and Food)	Commercial(UL) HV-A Choice(I)
Commercial(UL) HV-A Choice(II)	(Whole sale and Retail)	Commercial(UL) HV-A Choice(II)
Commercial(UL) HV-B Choice(II)	(Construction)	Commercial(UL) HV-A Choice(III)
Commercial(UL) HV-B Choice(I)	(Public, Defence and Education)	Commercial(UL) HV-B Choice(I)
Commercial(UL) HV-B Choice(II)	(Construction)	Commercial(UL) HV-B Choice(II)
Commercial(UL) HV-B Choice(II)	(Construction)	Commercial(UL) HV-B Choice(III)
Commercial(UL) HV-B Choice(I)	(Public, Defence and Education)	Commercial(UL) HV-C Choice(I)
Commercial(UL) HV-B Choice(II)	(Construction)	Commercial(UL) HV-C Choice(II)
Commercial(UL) HV-B Choice(II)	(Construction)	Commercial(UL) HV-C Choice(III)
Industrial(KAP) HV-A Choice(I)	(Other machinery and equipment)	Industrial(KAPII) HV-A Choice(I)
Industrial(KAP) HV-A Choice(II)	(Electricity, gas, steam and water)	Industrial(KAPII) HV-A Choice(II)
Industrial(KAP) HV-B Choice(I)	(Sewage, Waste collection and Remediation )	Industrial(KAPII) HV-B Choice(I)
Industrial(KAP) HV-B Choice(II)	(Other Transport Equipment)	Industrial(KAPII) HV-B Choice(II)
Industrial(Pyung) HV-A Choice(I)	(Manufacture of fabricated metal products)	Industrial(UL) HV-A Choice(I)
Industrial(Pyung) HV-A Choice(II)	(Manufacture of medical, precision and opticals)	Industrial(UL) HV-A Choice(II)
Industrial(Pyung) HV-A Choice(III)	(Manufacture of medical, precision and opticals)	Industrial(UL) HV-A Choice(III)
Industrial(Pyung) HV-B Choice(I)	(Manufacture of Textiles)	Industrial(UL) HV-B Choice(I)
Industrial(Pyung) HV-B Choice(II)	(Manufacture of motor vehicles and trailers)	Industrial(UL) HV-B Choice(II)
Industrial(Pyung) HV-B Choice(III)	(Manufacture of electronic components, computer)	Industrial(UL) HV-B Choice(III)
Industrial(Pyung) HV-C Choice(I)	(Electricity, gas, steam and water)	Industrial(UL) HV-C Choice(I)
Industrial(Pyung) HV-C Choice(II)	(Residential, Temporary and Midnight)	Industrial(UL) HV-C Choice(II)
Industrial(Pyung) HV-C Choice(III)	(Manufacture of basic metal products)	Industrial(UL) HV-C Choice(III)
Educational HV-A Choice(I)	(Public, Defence and Education)	Educational(UL) HV-A Choice(I)
Educational HV-A Choice(II)	(Public, Defence and Education)	Educational(UL) HV-A Choice(II)
Educational HV-B Choice(II)	(Public, Defence and Education)	Educational(UL) HV-B Choice(II)

### 2.2 ESS 경제성분석 모형

경제성 분석에 적용된 ESS 충방전 알고리즘의 기본전제는 다음과 같다. 첫째, ESS의 충·방전은 평일 하루에 한 번씩 이루어진다. 둘째, 경부하 시간대에 충전하고, 최대부하 시간대에 방전한다. 셋째, 방전은 Fig. 1과 같이, 하루 중 최대부하전력을 가장 최소화하도록 이루어진다.



Source: KEPCO(2011.09)<sup>[10]</sup>

Fig. 1. Effect of ESS Discharging

ESS 경제성분석에 적용한 기본전제는 Table 2와 같다. 산업통상자원부(2016.03.23.)<sup>[6]</sup>에 따르면, ESS 및 PCS 설치비용은 1MW기준으로 ESS 배터리가 5억원, 출력장치(PCS)가 3억원이다. 산업통상자원부(2016.03.23.)<sup>[6]</sup>의 발표시점을 감안하여 본 분석에서는 ESS에 PCS를 포함시켜서 5억원/MW로 전제한다. ESS의 운영은 수요관리사업자와는 별개로 진행할 수 있지만, 본 연구에서는 소규모 ESS Aggregator가 존재하는 것을 고려하여 그 제공서비스에 대한 지불수수료를 명시적으로 포함시킨다. ESS의 운영비용, 수명, 충·방전 효율 그리고 PCS 용량 전제는 선행연구<sup>[1]</sup>를

Table 2. Assumptions on ESS System Characteristics

Characteristics of ESS	Assumptions
ESS and PCS Installation Cost	500 (Mil. Won/MW)
Annual O&M Cost	3% of ESS and PCS Installation Cost
Aggregator fee	10% of Annual O&M and ESS Charging Cost
ESS Life Span	15 years
Round-Trip Efficiency of ESS	90%
DOC	80%
ESS Capacity	10% of Power Contract
PCS Capacity	The Same as ESS Capacity
ESS Operation Strategy	Peak Demand Reduction
Discount Rate	4.5%
Installation Date	January 1st, 2018

Source: MOTIE(2016.03.23.)<sup>[6]</sup>, LEE(2014)<sup>[1]</sup>, MOEF(2017.08.11.)<sup>[12]</sup>

참조한다. ESS의 용량은 계약전력 대비 10%로 전제한다. 이는 한국전력공사<sup>[9]</sup>의 조건 중에 ESS 할인금액이 1.0배만큼 적용되는 경우이다. 할인율은 지식경제부(2017.08.11.)<sup>[12]</sup>에 근거하여 4.5%를 적용하였다. ESS의 설치시점은 2018년 1월 1일로 가정하였다. ESS 설치시점이 주어지면 할인 제도가 만료되는 시점을 통해 충전요금 및 기본요금 할인이 적용되는 기간이 정해진다. 즉 충전요금 할인은 향후 3년간 적용하고, 나머지 12년 동안은 충전요금할인 적용이 안된다. 기본요금 할인은 향후 3년간은 그대로 적용이 되며, 3년이 지난 시점부터 5년 3개월간은 할인 금액의 3분의 1이 적용되며, 나머지 6년 9개월간은 할인 적용이 안된다.

경제성평가방법으로는 순현재가치(NPV), 비용·편익비율, 내부수익률, 투자비 회수기간 등이 있다. 본 연구에서는 NPV를 구한 뒤, B/C ratio를 제시한다. 순현재가치(NPV)를 도출하는 식은 다음과 같다.

$$NPV_i = \sum_{t=1}^T \frac{B_{t,i} - C_{t,i}}{(1+r)^t} - I_{0,i}$$

$$= \left( \sum_{t=1}^T \frac{B_{t,i}}{(1+r)^t} \right) - \left( \sum_{t=1}^T \frac{C_{t,i}}{(1+r)^t} + I_{0,i} \right) = B_i - C_i$$

여기서  $T$ 는 ESS의 수명,  $t$ 는 매 기간으로 연 단위,  $i$ 는 계약중,  $r$ 은 할인율,  $I_0$ 는 최초시기의 설치투자비용이다.  $i$

계약중에 대해  $t$ 기에 발생하는 편익인  $B_{t,i}$ 와 비용  $C_{t,i}$ 는 다음과 같다. ESS 할인요금제를 통한 비용절감효과는 비용항목에 포함시키지 않고, 편익항목에 포함시킨다.

$$B_{t,i} = B_{t,i}^{discharge} + B_{t,i}^{peak\_reduc} + B_{t,i}^{dc\_base} + B_{t,i}^{dc\_charge}$$

$$C_{t,i} = C_{t,i}^{charge} + C_{t,i}^{O\&M} + C_{t,i}^{fee}$$

여기서  $B^{discharge}$ 는 최대부하시간 ESS 방전 및 자가소비로 인한 차이거래 편익,  $B^{peak\_reduc}$ 는 최대수요전력 절감을 통한 요금적용전력 감소 편익,  $B^{dc\_charge}$ 는 충전요금할인 편익,  $B^{dc\_base}$ 는 기본요금할인 편익,  $C^{charge}$ 는 ESS 전력충전 비용,  $C^{O\&M}$ 는 ESS 유지보수비용,  $C^{fee}$ 는 수요관리사업자에게 지불하는 비용이다.

편익의 각 항목은 다음과 같이 구성된다.

$$B_{t,i}^{discharge} = \sum_d (P_{d,t,i}^{elec} \times Q_{d,t,i}^{discharge\_elec})$$

$$B_{t,i}^{peak\_reduc} = \sum_{m=1}^{12} P_{t,i}^{base} \times (Q_{m,t,i}^{old\_peak} - Q_{m,t,i}^{new\_peak})$$

$$B_{t,i}^{dc\_base} = \begin{cases} \sum_{m=1}^{12} P_{t,i}^{base} \times Q_{m,t,i}^{Avg\_Peak\_Red} \times 3 & \text{if } t \leq 2020 \\ \sum_{m=1}^{12} P_{t,i}^{base} \times Q_{m,t,i}^{Avg\_Peak\_Red} & \text{if } 2021 \leq t \leq 2026.03 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$B_{t,i}^{dc\_charge} = \begin{cases} \sum_{off\_h} (P_{off\_h,i}^{elec} \times Q_{off\_h,i}^{charge\_elec} \times 0.5) & \text{if } t \leq 2020 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

여기서  $d$ 는 ESS 방전시점,  $P^{elec}$ 는 전력량요금,  $Q^{discharge\_elec}$ 는 ESS를 통해 방전한 전력량,  $m$ 은 월단위의 기간{1,2,...,12},  $P^{base}$ 는 기본요금,  $Q^{old\_peak}$ 는 ESS 설치 이전의 요금적용전력,  $Q^{new\_peak}$ 는 ESS 설치 이후의 요금적용전력,  $B^{dc\_base}$  계산시 적용된 3은 기본요금할인의 3배 적용,  $off\_h$ 는 경부하 시간,  $Q^{charge\_elec}$ 는 ESS에 충전한 전력량,  $B^{dc\_charge}$  계산시 적용된 0.5는 충전전력요금의 50% 할인 적용,  $Q^{Avg\_Peak\_Red}$ 는 월평균 최대수요전력 감축량이며, 다음과 같다.

$$Q_{m,t,i}^{Avg\_Peak\_Red} = \frac{\sum_{peak\_h} (Q_{peak\_h,m,t,i}^{discharge\_elec} - Q_{peak\_h,m,t,i}^{charge\_elec})}{weekday_{m,t}}$$



여기서 *weekday*는 평일 일수, *peak\_h*는 최대부하시간이다.

첫 번째 비용항목  $C_t^{charge}$ 는 다음과 같다.

$$C_t^{charge} = \sum_{charge\_hour} (P_{charge\_hour,i}^{elec} \times Q_{charge\_hour,t,i}^{charge\_elec})$$

두 번째 비용항목  $C_t^{O\&M}$ 는 설비투자비( $I_0$ )의 3%로 전제한다. 세 번째 비용항목  $C_t^{fee}$ 는  $C_t^{charge}$ 과  $C_t^{O\&M}$  합의 10%로 전제한다.

### 3. 시나리오 설정 및 분석 결과

#### 3.1 시나리오 설정

ESS 경제성 분석을 위한 시나리오는 4 가지로 설정한다. 첫째, No DC 시나리오는 ESS 할인요금 제도를 적용하지 않으며, 이는 ESS 할인요금 제도의 필요성 여부를 알 수 있다. 둘째, Charge DC 시나리오는 ESS 충전요금할인제도만 적용하며, 충전요금할인제도의 효과를 알 수 있다. 이 경우는 일반용(갑II), 산업용(갑II), 그리고 교육용(을)이 현재의 제도 하에서 적용되는 조건과 동일하다. 셋째, Base DC 시나리오는 ESS 기본요금할인제도만 적용하며, 기본요금할인제도의 효과를 알 수 있다. 넷째, Both DC 시나리오는 ESS 충전요금할인과 기본요금할인을 모두 적용하며, 두 가지 요금할인의 효과를 알 수 있다. 이 경우는 일반용(을)과 산업용(을)이 현재의 제도 하에서 적용되는 조건과 동일하다. 각 시나리오에 대한 설명은 Table 3과 같다.

Table 3. Scenarios for ESS Feasibility Analysis

Scenario	Applied Discount Type
No DC	No
Charge DC	Charging rate discount
Base DC	Base tariff discount
Both DC	Both of Charging rate discount and Base tariff discount

#### 3.2 ESS 경제성 분석 결과

Table 4는 B/C ratio로 표시된 ESS 경제성분석 결과이

Table 4. ESS Feasibility Results in B/C ratio

Contract Type	No DC	Charge DC <sup>1)</sup>	Base DC	Both DC <sup>1)</sup>
Commercial(KAPII) HV-A Choice(I)	0.69	0.71	1.03	1.05
Commercial(KAPII) HV-A Choice(II)	0.81	0.83	1.20	1.22
Commercial(KAPII) HV-B Choice(I)	0.63	0.66	0.97	0.99
Commercial(KAPII) HV-B Choice(II)	0.71	0.73	1.10	1.12
Commercial(UL) HV-A Choice(I)	0.78	0.80	1.12	1.14
Commercial(UL) HV-A Choice(II)	0.87	0.89	1.26	1.28
Commercial(UL) HV-A Choice(III)	0.86	0.88	1.33	1.35
Commercial(UL) HV-B Choice(I)	0.75	0.77	1.06	1.08
Commercial(UL) HV-B Choice(II)	0.75	0.77	1.10	1.12
Commercial(UL) HV-B Choice(III)	0.78	0.81	1.18	1.20
Commercial(UL) HV-C Choice(I)	0.75	0.77	1.06	1.08
Commercial(UL) HV-C Choice(II)	0.75	0.77	1.11	1.13
Commercial(UL) HV-C Choice(III)	0.78	0.80	1.17	1.19
Industrial(KAPII) HV-A Choice(I)	0.73	0.75	1.03	1.05
Industrial(KAPII) HV-A Choice(II)	0.73	0.75	1.09	1.11
Industrial(KAPII) HV-B Choice(I)	0.56	0.58	0.85	0.87
Industrial(KAPII) HV-B Choice(II)	0.77	0.79	1.10	1.12
Industrial(UL) HV-A Choice(I)	0.88	0.90	1.21	1.24
Industrial(UL) HV-A Choice(II)	0.83	0.85	1.23	1.25
Industrial(UL) HV-A Choice(III)	0.90	0.92	1.37	1.39
Industrial(UL) HV-B Choice(I)	0.77	0.79	1.09	1.11
Industrial(UL) HV-B Choice(II)	0.88	0.90	1.24	1.26
Industrial(UL) HV-B Choice(III)	0.98	0.99	1.37	1.39
Industrial(UL) HV-C Choice(I)	0.81	0.84	1.13	1.15
Industrial(UL) HV-C Choice(II)	0.84	0.86	1.20	1.22
Industrial(UL) HV-C Choice(III)	0.92	0.94	1.31	1.33
Educational(UL) HV-A Choice(I)	0.71	0.73	1.01	1.02
Educational(UL) HV-A Choice(II)	0.78	0.80	1.12	1.14
Educational(UL) HV-B Choice(II)	0.78	0.79	1.12	1.14

1) The colored cases represent the result under the condition of current ESS discount system

다. No DC 시나리오의 경우, 경제성이 확보되는 계약종은 없었다. NO DC 시나리오에서 경제성이 가장 나쁜 계약종은 산업용(갑II) 고압B 선택(I)으로 B/C ratio가 0.56이고, 경제성이 가장 좋은 계약종은 산업용(을) 고압B 선택(III)으로 B/C ratio가 0.98이다. ESS 할인요금제가 없는 경우에 1보다 큰 B/C ratio를 갖는 계약종이 없다는 결과를 고려하면 ESS의 경제성을 확보하기 위해서는 ESS 할인요금제도가 필요하다.

Charge DC 시나리오의 경우에 No DC 시나리오에 비해서 B/C ratio는 평균적으로 0.02 정도 개선된다. 그러나 여전히 ESS의 경제성이 확보되는 계약종은 없다.

Base DC 시나리오의 경우에 No DC 시나리오에 비해서 B/C ratio는 최소 0.29, 최대 0.47, 그리고 평균 0.36 정도 개선된다. 이는 Charge DC 시나리오에서 반영한 충전요금할인제도 효과의 18배이다. 일반용(갑II) 고압B 선택(I)

과 산업용(갑II) 고압B 선택(I)을 제외한 나머지 27개의 계약종들은 ESS의 경제성을 확보한다.

Both DC 시나리오의 경우에 Base DC 시나리오에서 경제성을 확보하지 못하였던 일반용(갑II) 고압B 선택(I)과 산업용(갑II) 고압B 선택(I)이 여전히 ESS의 경제성을 확보하지 못한다.

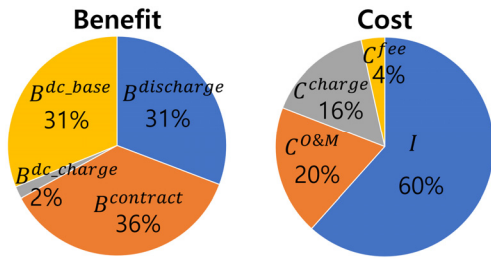


Fig. 2. Proportion by components

Fig. 2는 ESS에서 발생하는 편익과 비용의 세부항목별 비중을 나타낸다. 편익을 보면, 요금적용전력 편익이 36%, 기본요금 할인 편익과 전력회피 편익이 31%, 충전요금 할인 편익이 2% 이다. 기본요금 할인의 비중이 충전요금 할인의 비중보다 15배 높다. 이러한 결과는 ESS 기본요금 할인(Base DC 시나리오의 결과)이 충전요금 할인(Charge DC 시나리오의 결과)보다 B/C ratio를 더 개선시킨다는 결과와 같은 의미이다.

비용을 보면, ESS 및 PCS 설치비용이 62%, 유지보수비용이 19%, 충전전력비용이 16%, 수요관리사업자에 대한 수수료가 3% 이다. 이는 ESS의 경제성 확보를 위해서 초기 투자비용을 절감하는 것이 중요하다는 것을 의미한다.

Fig. 3은 계약종별로 NPV가 0이 되기 위해 필요한 ESS 기본요금과 충전요금의 조합을 현재 할인요금 대비 비율

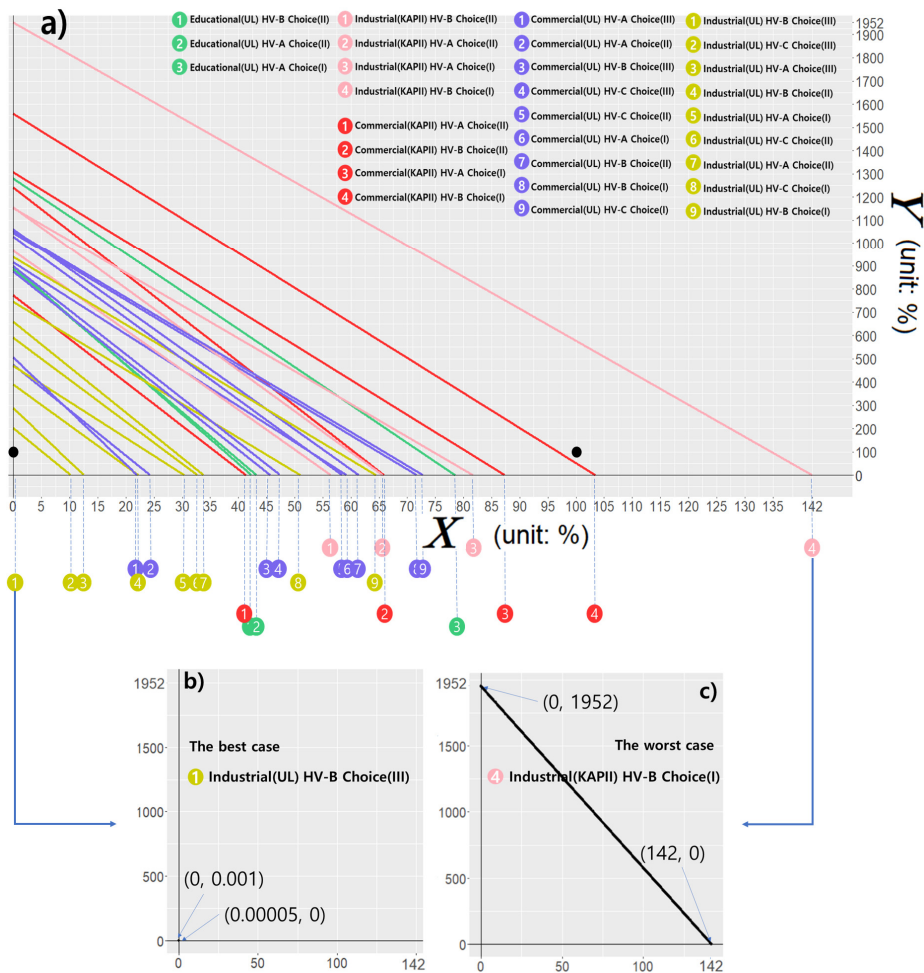


Fig. 3. a) Combinations of the Discount on ESS charging rate and base tariff discount for NPV=0, b) The best case, c) The worst case; Note: The black dots at figure a) represent current ESS promotion programs by government

(%)로 나타낸 것이다. Fig. 3 a), b), c)의 X축과 Y축은 동일하다. Fig. 3에서 X축은 ESS 기본요금 할인금액의 현재 대비 비율을 나타낸다. Y축은 ESS 충전요금 할인금액의 현재 대비 비율을 나타낸다. X축 혹은 Y축이 100이라면 현재 ESS 활용촉진 요금제를 적용한 경우이다. 그래프의 선은 식 (1)을 만족시키는  $\mathbf{X}$ 와  $\mathbf{Y}$ 의 조합들의 집합이다.

$$\begin{aligned} & \sum_{t=1}^T B_t^{discharge} + \sum_{t=1}^T B_t^{contract} + \\ & \sum_{t=1}^T (D_t^{dc\_base} \times \mathbf{X}) + \sum_{t=1}^T (D_t^{dc\_charge} \times \mathbf{Y}) \\ & = \sum_{t=1}^T (C_t^{charge} + C_t^{O\&M} + C_t^{fee}) \end{aligned} \quad (1)$$

Fig. 3 a)을 보면 현재의 제도에서 충전요금 할인만을 적용하고 기본요금 할인은 적용하지 않는 산업용(갑II), 일반용(갑II), 교육용(을) 계약종의 경우에 y절편은 모두 100(%) 이상이다. 이는 현재의 충전요금할인만으로는 ESS의 경제성을 확보하지 못한다는 것을 의미한다. 따라서 ESS의 경제성 확보를 위해서 지금보다 충전요금할인혜택을 늘리거나 혹은 기본요금 할인혜택도 주어야 한다. Fig. 3 c)에는 산업용(갑II) 고압B 선택(I) 계약종이 ESS의 경제성을 확보하기 위해 필요한 할인제도의 조합이 제시되어 있다. Y축에 있는 (0, 1952)는 기본요금 할인혜택은 받지 않고 충전요금 할인혜택을 현재 수준의 19.52배(1952%)만큼 받는 경우이다. X축에 있는 (142, 0)은 기본요금 할인혜택을 현재 수준의 1.42배(142%)만큼 받고 충전요금 할인혜택은 받지 않는 경우이다. (0, 1952)와 (142, 0)을 연결한 선상의 점들은 무수한 조합의 경우들이다.

현재의 제도에서 충전요금과 기본요금 할인을 모두 적용하는 산업용(을)과 일반용(을) 계약종의 경우에  $\mathbf{X}$ 와  $\mathbf{Y}$  모두 100(%)보다 작은 곳에도 그래프의 선들이 위치하여 있다. 이는 현재의 충전요금과 기본요금 할인혜택이 줄어도 ESS의 경제성을 확보 한다는 것을 의미한다. 예컨대 Fig. 3 b)에는 산업용(을) 고압B 선택(III) 계약종이 ESS의 경제성을 확보하기 위해 필요한 할인제도의 조합이 제시되어 있다. Y축에 있는 (0, 0.001)은 기본요금 할인혜택은 받지 않고 충전요금 할인혜택을 현재 수준의 0.00001배(0.001%)만큼 받는 경우이다. X축에 있는 (0.00005, 0)은 기본요금

할인혜택을 현재 수준의 0.0000005배(0.00005%)로 받고 충전요금 할인혜택은 받지 않는 경우이다. (0, 0.001)과 (0.00005, 0)을 연결한 선상의 점들은 무수한 조합의 경우들이다.

앞서 설명한 두 가지 예는 경제성이 가장 좋은 경우와 가장 나쁜 경우이다. 하지만 대부분의 경우에 X절편은 100보다 작은 곳에 위치하고, Y절편은 100보다 큰 곳에 위치한다. 예컨대, 산업용(을) 고압C 선택(I) 계약종(8)의 Y축에 있는 (0, 750)은 기본요금 할인혜택을 받지 않고 충전요금 할인혜택을 현재 수준의 7.5배(750%)만큼 받는 경우이다. X축에 있는 (51, 0)은 기본요금 할인혜택을 현재 수준의 0.51배(51%)만큼 받고 충전요금 할인혜택을 받지 않는 경우이다. (0, 750)과 (51, 0)을 연결한 선상의 점들은 무수한 조합의 경우들이다.

#### 4. 결론

본 연구는 ESS 할인요금제도가 ESS 보급에 보다 더 기여하도록 ESS의 경제성분석을 통해 ESS 활용촉진요금제의 필요성과 효과를 살폈다. 그리고 최소한의 경제성을 확보하는 ESS 할인요금 수준을 도출하였다.

경제성 분석 결과에 따르면, 첫째, ESS의 경제성 확보를 위해서 ESS 활용 촉진 요금 제도는 필요하다. 둘째, ESS 기본요금할인의 효과는 충전요금 할인의 효과보다 계약종별로 평균 18배 크다. 셋째, 현행 제도에서 충전요금 할인만 적용하는 일반용(갑II), 산업용(갑II) 그리고 교육용(을)은 ESS의 경제성을 확보하지 못하고 있다. 넷째, 현행 제도에서 충전요금 할인과 기본요금 할인을 모두 적용하는 일반용(을)과 산업용(을)은 ESS의 경제성을 확보한다.

이와 같은 경제성 분석 결과를 이용하여 계약종별로 NPV가 0이 되기 위해 필요한 ESS 기본요금과 충전요금의 조합을 현재 할인요금 수준 대비 비율(%)로 제시하였다. 산업용(갑II) 고압B 선택(I)은 현행 제도처럼 기본요금할인을 적용하지 않는다면 ESS의 경제성 확보를 위해서 현재 충전요금 할인 수준의 19.52배 만큼 혜택을 받아야 한다. 이처럼 기본요금할인을 적용하지 않는다면 충전요금 할인혜택을 현재수준에 비해 과도하게 많이 지급해야 경제성이 확보되

는 결과가 도출된다. 따라서 보다 현실적인 제도개선방안은 기본요금 할인을 적용하는 것이라 판단한다. 산업용(갑 II) 고압B 선택(I)의 경우에는 충전요금 할인혜택 없이 현재 기본요금할인 수준의 1.42배 만큼 혜택을 받으면 ESS의 경제성 확보가 가능하다.

기본요금 할인과 충전요금 할인을 모두 적용하는 산업용(을) 고압B 선택(III)는 ESS의 경제성을 확보하기 위해서 충전요금 할인혜택을 받지 않는다면 현재 기본요금 할인 수준의 0.000005배 만큼 할인혜택을 받아야 한다. 이는 ESS 할인요금제도가 거의 필요 없는 수준이다.

고비용 기술인 ESS가 최소한의 경제성을 갖고 운영되려면 정부의 보조정책이 필요하다. 그러나 현재 시행중인 ESS 활용 촉진 요금제는 계약종에 따라 ESS의 경제성을 크게 바꾸므로 제도의 실시 형태에 대한 개선은 필요하다. 구체적으로 개선안을 마련하고 요금제별 효과를 측정하려면 다양한 조건 하에서 ESS의 경제성을 분석하는 것이 필요하다. 수용가의 부하패턴을 보다 다양하게 적용하거나, 신재생에너지와 연계하여 운영하는 ESS 등을 고려할 수 있다.

## 감사의 글

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. 20162010103780).

본 연구는 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단 기후변화대응기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다(2017M1A2A2081253).

## References

- [1] Lee, S.I., 2014, “DSM Impact Analysis of ESS and Its Market Promotion”, Korea Energy Economics Institute, Base Research Report, 14-23.
- [2] Kang, B.O., Hwang, B.K., Kwon, K. and Jung, J.S., 2017, “Operational strategy of energy storage system (ESS) to participate in demand response (DR) market for industrial customer”, New. Renew. Energy, 13(2), 4-12.
- [3] KEPCO, 2018, “Basic Terms of Supply Enforcement; 68<sup>th</sup> article, Korea Electric Power Corporation”, 16 December 2018, <http://cyber.kepco.co.kr/ckepeco/front/jsp/CY/D/C/CYDCHP00101.jsp>
- [4] MOTIE, 2011, “Development of mid-to-large energy storage system and industrialization to replace pumping-up power generation”, Ministry of Trade, Industry and Energy, 31 May 2011, p.20.
- [5] Pan-government, 2012, “Promotion plan of large energy storage system”, 27 July 2012, p.9.
- [6] MOTIE, 2016, “Introduction to tariff system for the promotion of energy storage system”, Ministry of Trade, Industry and Energy, 23 March 2016, p.1.
- [7] MOTIE, “Investment of 42 trillion won in energy new industry by 2020”, Ministry of Trade, Industry and Energy, p.3.
- [8] MOTIE, 2016, “Significantly expanding the discount rate on plant and commercial facilities to promote utilization of energy storage system”, Ministry of Trade, Industry and Energy, 28 November 2016.
- [9] KEPCO, 2018, Basic Terms of Supply Enforcement Detailed Rules; special remark4(9); electricity usage discount system for ESS, Korea Electric Power Corporation, 10 August 2018, <http://cyber.kepco.co.kr/ckepeco/front/jsp/CY/D/C/CYDCHP00201.jsp>
- [10] KEPCO, 2011, “Development of Real Time Pricing Analysis Model and Its Impact Analysis, final report, Korea Electric Power Corporation, September 2011, [http://eml.ajou.ac.kr/eml/?page\\_id=890&csrfpId=yqc96ofZ5-TD1B1V\\_UToxgYRz2JO5rtRYmuhvOtc9IJrQt kifv3-lk5j7RZLvWzgAm2U-t9RBqM=](http://eml.ajou.ac.kr/eml/?page_id=890&csrfpId=yqc96ofZ5-TD1B1V_UToxgYRz2JO5rtRYmuhvOtc9IJrQt kifv3-lk5j7RZLvWzgAm2U-t9RBqM=)
- [11] Ku, Jayeol, 2015, “An analysis of the price elasticity of Korean industrial power demand using panel data”, Ph.D. Thesis, Ajou University.
- [12] MOEF, 2017, “Reorganization of the preliminary feasibility study system to meet the changes in economic and financial conditions”, Ministry of Economy and Finance, 11 August 2017.