

## 전력 거래방식을 고려한 에너지 프로슈머의 운용전략 및 경제성평가에 관한 연구

김경화, 한병길, 신건, 김지명, 노대석\*  
한국기술교육대학교

### A Study on Operation Strategy and Economical Evaluation of Energy Prosumer Considering Power Trading Methods

Kyung-Hwa Kim, Byeong-Gill Han, Jian Shen, Ji-Myung Kim, Dae-Seok Rho\*  
Korea University of Technology and Education

**요약** 최근, 정부가 신재생에너지 확대 정책 및 2030 에너지신산업 확산 전략을 수립함에 따라 에너지 프로슈머의 중요성이 증가하고 있다. 에너지 프로슈머의 전력 거래방식은 상계거래와 중개거래, 이웃 간 거래방식으로 분류할 수 있다. 여기서, 상계거래방식은 프로슈머가 계통으로부터 수전한 전력량에서 발전한 전력량을 차감하는 방식이고, 중개거래방식은 프로슈머가 생산한 전력량을 중개사업자를 통해 판매하는 방식이며, 이웃 간 거래방식은 프로슈머가 생산한 전력을 전기요금 부담이 큰 이웃에게 판매하는 방식이다. 하지만, REC(renewable energy certificates)요금의 하락과 태양광전원 연계용 ESS의 REC 가중치의 축소 등으로 에너지 프로슈머의 경제성을 확보하기 어려운 실정이다. 따라서, 본 논문에서는 태양광전원과 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머의 경제성을 향상시키기 위한 운용전략을 제시하고, 이를 바탕으로 거래방식을 고려한 경제성평가 모델링을 제안한다. 이 모델링과 운용전략을 바탕으로 현재가치 환산법과 원금 균등 상환방식을 이용하여 에너지 프로슈머의 경제성을 평가한 결과, 이웃 간 거래방식이 가장 경제적인 방식이며, 태양광전원의 용량이 증가할수록 편익이 증대됨을 알 수 있다.

**Abstract** Recently, the market of energy prosumer has increased as the Korean government is promoting renewable energy policy and 2030 spreading strategy of the new energy industry. The power trading methods for energy prosumers are net metering, brokerage, and peer-to-peer. The net metering method calculates the electricity bill with the difference between consumed power and the self-generated power by energy prosumer. The energy prosumer uses the brokerage trading method to sell the generated power through an intermediary agency. The peer-to-peer trading method sells the generated power directly to the adjacent customers with a larger cumulated electricity bill. However, it is difficult to ensure the economic feasibility of energy prosumer due to the decrease in REC (renewable energy certificates) pricing and the weighting factor in REC for the ESS with PV system. Therefore, to enhance the economic feasibility of energy prosumer who operates the ESS and PV system, this paper presents an operation strategy for energy prosumer and proposes an economic evaluation modeling based on the trading methods. Simulation of economic evaluation for energy prosumer using the present worth and equal-principal cost repayment methods and based on the proposed modeling and operation strategy of energy prosumer was performed as part of the study. It is confirmed from the simulation results that the peer-to-peer trading method is the most economical one and that the benefit of energy prosumer increased along with the capacity of PV systems.

**Keywords :** Energy Prosumer, Power Trading, Economical Evaluation, Safety Battery Management Device, ESS, PV System, Etc.

본 논문은 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술진흥원의 지원에 의한 연구(P0008458)와 한국에너지기술평가원의 연구(No.20191210301940)에 의하여 수행되었음.

\*Corresponding Author : Dae-Seok Rho(Korea University of Technology and Education)  
email: dsrho@koreatech.ac.kr

Received December 1, 2021

Revised December 22, 2021

Accepted January 7, 2022

Published January 31, 2022

## 1. 서론

최근, 정부에서는 신재생에너지 확대 정책 및 2030 에너지신산업 확산 전략을 수립하여, 에너지 프로슈머와 전력시장의 확대를 추진하고 있다[1-3]. 에너지 프로슈머(prosumer)는 생산자(producer)와 소비자(consumer)의 합성어로, 이러한 에너지 프로슈머의 전력 거래방식은 상계거래방식과 중개거래방식, 이웃 간 거래방식으로 분류할 수 있다[4]. 여기서, 상계거래방식은 에너지 프로슈머가 전력회사로부터 받은 전력량에서 잉여전력량을 차감한 소비전력량에 대하여 전기요금을 정산하는 방식이며, 중개거래방식은 에너지 프로슈머가 발전한 전력을 자체 소비하고 잉여발전량에 대하여 중개사업자를 통하여 전력 거래시장에 판매하는 방식이다. 또한, 이웃 간 거래방식은 에너지 프로슈머가 생산한 전력을 자체 소비하고 남은 전력을 이용하여 이웃에게 직접 판매하는 방식이다[5,6]. 하지만, 이러한 에너지 프로슈머는 REC(renewable energy certificates)요금의 하락과 태양광 전원 연계용 ESS의 REC 가중치의 축소 등의 이유로 인하여 경제성을 확보하기 어려운 실정이다[7,8].

따라서, 본 논문에서는 태양광전원과 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머에 대하여 최대한의 경제성을 확보하기 위한 최적 운용전략을 제시하고, 이를 바탕으로 비용요소와 편익요소로 구성된 경제성평가 모델링을 수행한다. 여기서, 비용요소는 건설비용과 운용비용으로 구성되며, 편익요소는 태양광전원 발전량을 자가 소비하여 전기요금을 감소시키는 편익과 자가 소비 후 잉여 발전량을 바탕으로 전력거래에 참여하여 발생하는 편익, ESS의 충방전에 의한 피크저감 편익으로 구성된다. 이 모델링과 운용전략을 바탕으로 원금 균등 상환방식과 현재가치 환산법을 이용하여 에너지 프로슈머의 경제성을 평가한 결과, 상계거래방식과 중개거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우에는 편익이 설치비용보다 작아서 경제성이 없지만, 이웃 간 거래방식의 경우에는 경제성이 있음을 알 수 있었다.

## 2. 에너지 프로슈머의 전력 거래방식 및 운용전략

### 2.1 에너지 프로슈머의 전력 거래방식

에너지 프로슈머는 생산자와 소비자의 합성어로 에너

지를 직접 생산하면서 소비하는 주체를 말하며, 국내의 경우 전기사업법 및 하위 법령에 따라 태양광, 풍력 등의 신재생 발전설비를 이용하여 생산한 전력을 자체 소비하고 잉여전력을 판매하는 주체로 정의할 수 있다. 이러한 에너지 프로슈머의 전력 거래방식은 Fig. 1과 같이, 상계거래방식, 중개거래방식, 이웃 간 거래방식으로 구분되어진다. 여기서, 상계거래방식은 에너지 프로슈머가 전력회사로부터 받은 전력량에서 잉여전력량을 차감한 소비전력량에 대하여 전기요금을 정산하는 방식이며, 중개거래방식은 에너지 프로슈머가 발전한 전력을 자체 소비하고 잉여발전량에 대하여 중개사업자를 통하여 전력 거래시장에 판매하는 방식이다. 또한, 이웃 간 거래방식은 에너지 프로슈머가 생산한 전력을 자체 소비하고 남은 전력을 이용하여 전기요금 부담이 큰 이웃에게 직접 판매하는 방식이다.

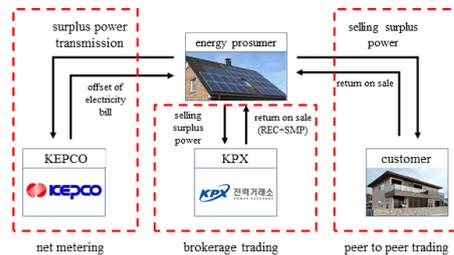


Fig. 1. Concept of power trading of energy prosumer

### 2.2 에너지 프로슈머의 운용전략

태양광전원과 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머의 경제성을 확보하기 위해, 본 논문에서는 Fig. 2와 같이 에너지 프로슈머의 운용전략을 제시한다. 여기서, Fig. 2의 ①번 그래프는 에너지 프로슈머의 태양광전원의 일일 발전량을 나타낸 것이고, ②번 그래프는 일부하 곡선을 나타낸 것이다. 또한, Fig. 2의 section A는 오프피크 시간대로 ESS를 충전하는 구간을 나타내며, section B는 태양광전원의 시간대별 발전량이 부하 용량을 초과하여 태양광전원에 의하여 자가 소비를 하고, 잉여 발전량은 전력거래에 참여하는 구간이고, section C는 section A에서 충전한 ESS를 이용하여 수용가의 피크를 저감하는 방식으로 운용하는 구간이다. 한편, Fig. 2의 ㉔영역은 ESS의 충전량을 나타내며, ㉕영역은 전력거래에 참가하는 전력량을 나타내고, ㉖영역은 피크저감을 위한 ESS의 방전량을 나타내며, ㉗영역은 자가 소비하는 태양광전원의 발전량을 나타낸다. 상기와 같이, 프로슈머의 운용전략으로 1순위로 태양광전원의 발전량을 이용하여 전력거래에

참가하고, 2순위로 ESS의 충·방전에 의하여 수용가의 피크를 저감시켜 최대한의 경제성을 확보하도록 한다.

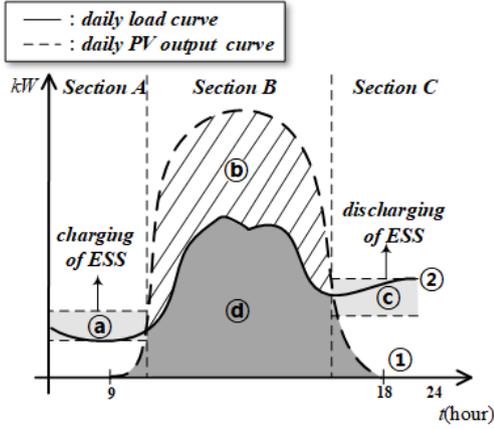


Fig. 2. Proposed operation strategy of energy prosumer

### 3. 전력 거래방식을 고려한 에너지 프로슈머의 경제성평가 모델링

#### 3.1 현재가치 환산법

경제성평가를 위한 비용과 편익의 요소는 미래에 발생하는 가치로서, 현재의 가치로 환산하여 평가해야 한다. 따라서, 본 논문에서는 Eq. (1)과 같이, 미래의 가치에 대하여 할인율을 적용한 현재가치 환산법(present worth method)을 이용하여 비용과 편익요소를 산정한다.

$$C_{pw} = \sum_{i=1}^n \frac{C_{flow}(i)}{(1+d)^i} \quad (1)$$

where,  $C_{pw}$ : present value cost(won),  $C_{flow}(i)$ : cash flow of  $i$  year(won),  $d$ : discount rate(%),  $i$ : target year for economic evaluation,  $n$ : unit period of year(15 years)

#### 3.2 비용요소 모델링

##### (1) 건설비용

건설비용은 태양광전원과 ESS, SBMD(safety battery management device)를 설치하는데 소요되는 총 비용을 말하며, Eq. (2)와 같이 건설단가(원/kW)와 신재생에너지 용량(kW)을 곱하여 산정한다. 여기서, SBMD는

Fig. 5와 같이, 기존의 BMS(battery management system)와 연계하여 셀프 에너지 밸런싱, 오프가스(off-gas)를 감지하여 배터리를 보호하는 장치이다[9].

$$C_{con} = C_{PV} \cdot Q_{PV} + (C_{ESS} + C_{SBMD}) \cdot Q_{ESS} \quad (2)$$

where,  $C_{con}$ : total construction cost(won),  $C_{PV}$ : construction cost of PV system(won/kW),  $Q_{PV}$ : capacity of PV system(kW),  $C_{ESS}$ : construction cost of ESS(won/kWh),  $C_{SBMD}$ : construction cost of SBMD(won/kWh),  $Q_{ESS}$ : capacity of ESS(kWh)

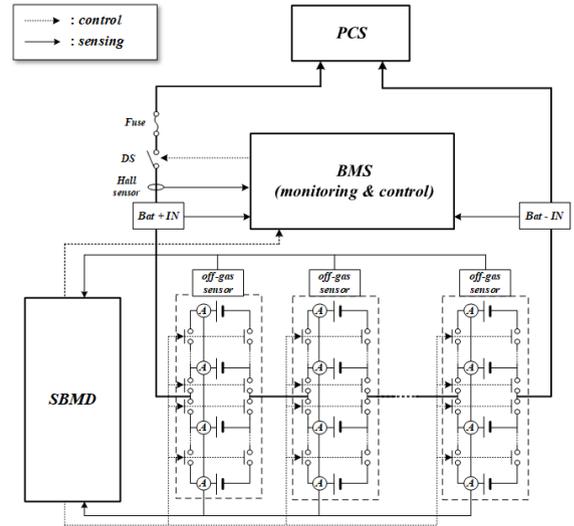


Fig. 3. Concept of SBMD for energy prosumer

##### (2) 운용비용

운용비용은 태양광전원, ESS와 SBMD를 운용할 때 발생하는 비용으로서, Eq. (3)과 같이 초기 건설비용에 일정 비율을 곱하여 산정한다.

$$C_{oper} = \sum_{i=1}^n C_{con}(i) \cdot R_{oper} \quad (3)$$

where,  $C_{oper}$ : total operation cost(won),  $R_{oper}$ : rate of operation and construction cost(%)

#### 3.3 편익요소 모델링

편익요소는 태양광전원 발전량을 자가 소비하여 전기요금을 감소시키는 편익과 자가 소비 후 잉여 발전량을

바탕으로 전력거래에 참여하여 발생하는 편익, ESS의 충·방전에 의한 피크저감 편익으로 구성된다. 먼저, 태양광전원 발전량을 자가 소비하여 전기요금을 감소시키는 편익은 Eq. (4)와 같이 자가 소비하는 태양광전원의 발전량에 전력량 요금을 곱하여 산정한다.

$$B_{elec} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m ((P_{PV,consum}) \cdot C_{elec}(i,j)) \quad (4)$$

where,  $B_{elec}$ : benefit of electricity bill(won),  $P_{PV,consum}(i,j)$ : self-consumed PV output for month(kWh),  $C_{elec}(i,j)$ : kWh bill(won/kWh),  $j$ : target month of economic evaluation,  $m$ : unit period of month(12 months)

또한, 자가 소비 후 태양광전원의 잉여 발전량을 바탕으로 전력거래에 참여하여 발생하는 편익은 시간대별 발전량에서 시간대별 부하량을 차감하여 산정하며 거래방식에 따라 다르게 나타낼 수 있다. 먼저, 상계거래방식의 편익은 전력량요금과 동일한 가격으로 태양광전원의 잉여 발전량을 판매하여 발생하는 것으로, Eq. (5)와 같이 자가 소비 후 발생하는 잉여 발전량에 전력량요금을 곱하여 산정한다.

$$B_{net} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (P_{PV,surplus}(i,j) \cdot C_{elec}(i,j)) \quad (5)$$

where,  $B_{net}$ : benefit of net metering method(won),  $P_{PV,surplus}(i,j)$ : surplus PV output for month(kWh),  $C_{elec}(i,j)$ : kWh bill(won/kWh)

한편, 중개거래방식의 편익은 태양광전원의 잉여발전량에 대해 전력량 요금과 REC 요금으로 구성되며, Eq. (6)과 같이 REC 요금에 태양광전원의 가중치를 곱한 값과 계통 한계 가격을 합하여 태양광전원의 잉여 발전량을 곱하여 산정한다.

$$B_{br} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (ER_{REC}(i,j) \cdot WF + ER_{SMP}(i,j)) \cdot P_{PV,surplus}(i,j) \quad (6)$$

where,  $B_{br}$ : benefit of brokerage trading method(won),  $ER_{REC}(i,j)$ : pricing of REC(won/kWh),  $WF$ : weighting factor of REC in PV system,  $ER_{SMP}(i,j)$ : pricing of SMP(won/kWh)

또한, 이웃 간 거래방식의 편익은 주변 수용가에 잉여 발전량을 판매하여 얻는 것으로, Eq. (7)과 같이 태양광전원의 잉여 발전량에 대해 일정한 단가를 곱하여 구한다.

$$B_{P2P} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (ER_{P2P} \cdot P_{PV,surplus}(i,j)) \quad (7)$$

where,  $B_{P2P}$ : benefit of peer to peer trading method(won),  $ER_{P2P}$ : pricing unit of peer to peer trading method(won/kWh)

한편, ESS의 충·방전에 의한 피크저감 편익은 피크전력의 감소에 따라 계약 전력요금의 하락으로 인하여 발생하는 것으로, Eq. (8)와 같이 계약 전력요금에 ESS에 의해 감소하는 피크전력을 곱하여 산정한다.

$$B_{peak} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C_{contract}(i,j) \cdot P_{ESS,peak} \quad (8)$$

where,  $B_{peak}$ : benefit of peak shaving(won),  $C_{contract}(i,j)$ : contract electricity bill(won/kWh),  $P_{ESS,peak}$ : amount of peak shaving power(kW)

## 4. 시뮬레이션 결과 및 분석

### 4.1 경제성평가 조건

제한한 운용전략 및 모델링을 바탕으로 에너지 프로슈머의 경제성을 평가하기 위한 시뮬레이션 조건은 Table 1과 같이 나타낼 수 있다. 여기서, 태양광전원의 용량은 50kW와 100kW인 경우로 나누어 경제성평가를 수행하며, ESS 용량은 50kWh로 상정하고, 태양광전원 및 ESS에 대한 설치비용은 각각 1,300(천원/kW), 700(천원/kWh)을 적용한다. 여기서, 설치비용은 15년 동안 원금을 균등 상환하는 것으로 가정하며, 은행에서 차입하는 이자율은 3.46%, 연간 운영비는 초기 설치비의 2.319%, 할인율은 5.5%를 적용한다. 또한, SMP는 2020년도 평균 단가인 68.52(원/kWh), REC요금은 2020년도 평균 가격인 42.27(원/kWh)을 적용하며, 이웃 간 거래방식의 거래단가는 300(원/kWh)으로 상정한다[10,11].

Table 1. Simulation conditions of economic evaluation

parameters	contents
capacity of PV system[kW]	50
	100
capacity of ESS[kW/kWh]	20/50
construction cost of PV system [thousand won/kW]	1,300
construction cost of ESS [thousand won/kWh]	700
construction cost of SBMD [thousand won/kWh]	70
period of repayment[year]	15
rate of operation and construction cost[%]	2.319
discount rate[%]	5.5
interest rate[%]	3.46
pricing of SMP[won/kWh]	68.52
pricing of REC[won/kWh]	42.27
weight factor of REC for PV system	1.2

## 4.2 운용전략을 고려한 에너지 프로슈머의 경제성평가

### 4.2.1 태양광전원 용량이 50kW인 경우

4.1절의 경제성평가 조건과 제안하는 운용전략을 바탕으로, 50kW의 태양광전원과 50kWh의 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머의 비용을 산정하면 Table 2와 같다. 이 표에서와 같이, 건설비용의 원금은 9천만원, 이자는 약 2천 5백만원이 산정되고, 운용비용은 약 3천 4백만원이 발생하여, 전체 비용은 약 1억 4천 9백만원이 산정된다. 또한, 이 전체비용을 현재가치로 환산하면, 약 1억 8백만원의 비용이 발생함을 알 수 있다.

한편, 프로슈머의 편익특성은 Table 3과 같이, 상계 거래방식의 편익은 현재가치로 약 6천만원이 산정되고, 중계거래방식의 편익은 약 8천 5백만원, 이웃 간 거래방식의 편익은 약 1억 5천 6백만원이 발생함을 알 수 있다.

Table 2. Cost characteristics with 50kW PV system

year	construction cost [thousand won]		operation cost [thousand won]	total cost [thousand won]	present value [thousand won]
	principal	interest			
1	6,000	3,114	2,250	11,364	11,364
2	6,000	2,906	2,308	11,215	10,630
3	6,000	2,699	2,368	11,067	9,943
4	6,000	2,491	2,429	10,921	9,300
5	6,000	2,284	2,492	10,776	8,698
6	6,000	2,076	2,553	10,629	8,133

7	6,000	1,868	2,615	10,483	7,603
8	6,000	1,661	2,678	10,339	7,108
9	6,000	1,453	2,744	10,197	6,644
10	6,000	1,246	2,810	10,056	6,211
11	6,000	1,038	1,746	8,784	5,142
12	6,000	830	1,788	8,619	4,783
13	6,000	623	1,828	8,450	4,445
14	6,000	415	1,868	8,283	4,129
15	6,000	208	1,909	8,116	3,835
total	90,000	24,912	34,386	149,298	107,968

Table 3. Benefit characteristics with 50kW PV system

year	present value [thousand won]		
	net metering trading method	brokerage trading method	peer to peer trading method
1	5,628	8,081	14,767
2	5,335	7,660	13,997
3	5,057	7,260	13,267
4	4,793	6,882	12,576
5	4,543	6,523	11,920
6	4,306	6,183	11,299
7	4,082	5,861	10,710
8	3,869	5,555	10,151
9	3,667	5,266	9,622
10	3,476	4,991	9,120
11	3,295	4,731	8,645
12	3,123	4,484	8,194
13	2,960	4,250	7,767
14	2,806	4,029	7,362
15	2,660	3,819	6,978
total	59,599	85,575	156,376

### 4.2.2 태양광전원 용량이 100kW인 경우

4.1절의 경제성평가 조건과 제안하는 운용전략을 바탕으로, 100kW의 태양광전원과 50kWh의 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머의 비용을 산정하면 Table 4와 같다. 이 표에서와 같이, 건설비용의 원금은 1억 5천 3백만원, 이자는 약 4천 2백만원이 산정되고, 운용비용은 약 6천 1백만원이 발생하여, 전체 비용은 약 2억 5천 6백만원이 산정된다. 또한, 이 전체비용을 현재가치로 환산하면, 약 1억 8천 5백만원의 비용이 발생함을 알 수 있다.

한편, 프로슈머의 편익특성은 Table 5와 같이, 상계 거래방식의 편익은 현재가치로 약 1억 1백만원이 산정되고, 중계거래방식의 편익은 약 1억 6천 2백만원, 이웃 간 거래방식의 편익은 약 3억 5천만원이 발생함을 알 수 있다.

Table 4. Cost characteristics with 100kW PV system

year	construction cost [thousand won]		operation cost [thousand won]	total cost [thousand won]	present value [thousand won]
	principal	interest			
1	10,200	5,294	3,825	19,319	19,319
2	10,200	4,941	3,924	19,065	18,071
3	10,200	4,588	4,026	18,814	16,903
4	10,200	4,235	4,130	18,565	15,810
5	10,200	3,882	4,237	18,319	14,787
6	10,200	3,529	4,340	18,069	13,825
7	10,200	3,176	4,445	17,822	12,925
8	10,200	2,823	4,553	17,577	12,083
9	10,200	2,470	4,664	17,334	11,295
10	10,200	2,118	4,777	17,095	10,558
11	10,200	1,765	3,492	15,457	9,049
12	10,200	1,412	3,577	15,189	8,428
13	10,200	1,059	3,655	14,914	7,844
14	10,200	706	3,735	14,641	7,299
15	10,200	353	3,817	14,370	6,791
total	153,000	42,350	61,198	256,548	184,989

Table 5. Benefit characteristics with 100kW PV system

year	present value [thousand won]		
	net metering trading method	brokerage trading method	peer to peer trading method
1	9,539	15,415	33,036
2	9,041	14,611	31,314
3	8,570	13,850	29,682
4	8,123	13,128	28,134
5	7,700	12,443	26,668
6	7,298	11,795	25,277
7	6,918	11,180	23,960
8	6,557	10,597	22,710
9	6,215	10,044	21,527
10	5,891	9,521	20,404
11	5,584	9,024	19,341
12	5,293	8,554	18,332
13	5,017	8,108	17,377
14	4,756	7,685	16,471
15	4,508	7,285	15,612
total	101,011	163,239	349,845

4.2.3 종합분석

Table 6은 50kW의 태양광전원과 50kWh의 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머의 편익과 비용에 대한 B/C ratio(benefit-cost ratio)를 나타낸 것이다. 여기서, 상계거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우와 증개거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우의 B/C ratio는 최종

년도를 기준으로 각각 53.5%, 77.06%로 산정되어, 편익이 설치비용보다 작아서 경제성이 없지만, 이웃 간 거래방식의 B/C ratio는 140.36%로 산정되어, 경제성이 있음을 알 수 있고, B/C ratio가 10년째부터 100%를 초과하여 순이익이 발생하는 것을 알 수 있다. 또한, Fig. 4는 Table 6의 B/C ratio의 특성을 그래프로 나타낸 것으로, Fig. 4의 곡선 ㉠, ㉢, ㉡는 각각 상계거래방식, 증개거래방식, 이웃 간 거래방식의 B/C ratio를 나타낸다.

Table 6. B/C ratio characteristics with 50kW PV system

year	B/C ratio [%]		
	net metering trading method	brokerage trading method	peer to peer trading method
1	5.05	7.28	13.25
2	9.84	14.17	25.82
3	14.38	20.71	37.73
4	18.68	26.91	49.02
5	22.76	32.78	59.72
6	26.62	38.35	69.86
7	30.29	43.63	79.47
8	33.76	48.63	88.58
9	37.05	53.37	97.22
10	40.17	57.87	105.41
11	43.13	62.13	113.17
12	45.93	66.17	120.52
13	48.59	70.00	127.49
14	51.11	73.62	134.10
15	53.50	77.06	140.36

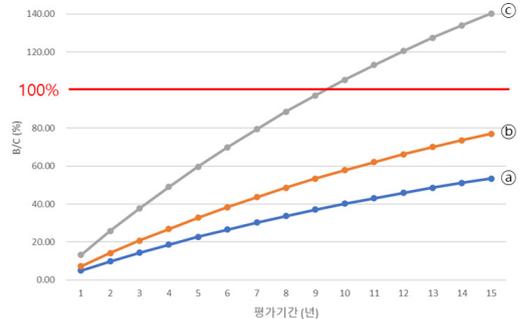


Fig. 4. B/C ratio characteristics with 50kW PV system

한편, Table 7은 100kW의 태양광전원과 50kWh의 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머의 편익과 비용에 대한 B/C ratio를 나타낸 것이다. 여기서, 상계거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우와 증개거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우의 B/C ratio는 최종년도를 기준으로 각각 54.6%, 88.24%로 산정되어, 편익이 설치비용보다

작아서 경제성이 없지만, 이웃 간 거래방식의 B/C ratio는 189.12%로 산정되어, 경제성이 있음을 알 수 있고, B/C ratio가 7년째부터 100%를 초과하여 순이익이 발생하는 것을 알 수 있다. 또한, Fig. 5는 Table 7의 B/C ratio의 특성을 그래프로 나타낸 것으로, Fig. 5의 곡선 ①, ②, ③은 각각 상계거래방식, 중개거래방식, 이웃 간 거래방식의 B/C ratio를 나타낸다.

한편, 50kW의 태양광전원을 설치하는 경우보다 100kW의 태양광전원을 설치하는 경우, 상계거래방식의 B/C ratio는 1.1%, 중개거래방식은 11.18%, 이웃 간 거래방식은 48.76% 증가하여, 본 논문에서 제안한 운용 전략이 효과적임을 알 수 있으며, 이웃 간 거래방식이 태양광전원 용량의 증가에 따라 가장 많은 편익을 확보할 수 있음을 알 수 있다.

Table 7. B/C ratio characteristics with 100kW PV system

year	year		
	net metering trading method	brokerage trading method	peer to peer trading method
1	5.16	8.33	17.86
2	10.04	16.23	34.79
3	14.68	23.72	50.83
4	19.07	30.81	66.04
5	23.23	37.54	80.46
6	27.18	43.92	94.12
7	30.91	49.96	107.07
8	34.46	55.69	119.35
9	37.82	61.12	130.99
10	41.00	66.26	142.02
11	44.02	71.14	152.47
12	46.88	75.77	162.38
13	49.60	80.15	171.77
14	52.17	84.30	180.68
15	54.60	88.24	189.12

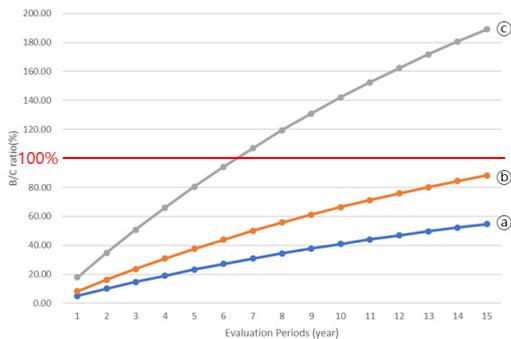


Fig. 5. B/C ratio characteristics with 100kW PV system

## 5. 결론

본 논문에서는 태양광전원과 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머에 대하여 최대한의 경제성을 확보하기 위한 운용전략을 제시하고, 이 운용전략을 바탕으로 전력거래방식에 따라 경제성평가 모델링을 수행한다. 이에 대한 주요 연구결과를 나타내면 다음과 같다.

- (1) 50kW의 태양광전원과 50kWh의 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머에 대하여, 상계거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우와 중개거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우의 B/C ratio는 최종년도를 기준으로 각각 53.5%, 77.06%로 산정되어, 편익이 설치비용보다 작아서 경제성이 없지만, 이웃 간 거래방식의 B/C ratio는 140.36%로 산정되어, 경제성이 있음을 알 수 있고, B/C ratio가 10년째부터 100%를 초과하여 순이익이 발생함을 알 수 있다.
- (2) 100kW의 태양광전원과 50kWh의 ESS를 운용하는 에너지 프로슈머에 대하여, 상계거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우와 중개거래방식으로 전력거래에 참여하는 경우의 B/C ratio는 최종년도를 기준으로 각각 54.6%, 88.24%로 산정되어, 편익이 설치비용보다 작아서 경제성이 없지만, 이웃 간 거래방식의 B/C ratio는 189.12%로 산정되어, 경제성이 있음을 알 수 있고, B/C ratio가 7년째부터 100%를 초과하여 순이익이 발생함을 알 수 있다.
- (3) 태양광전원의 발전량을 자가 소비하고 잉여 발전량을 이웃 간 거래방식으로 거래하는 경우에 대하여, 태양광전원의 용량이 50kW일 때의 B/C ratio는 140.36%, 100kW일 때의 B/C ratio는 189.12%로 경제성평가 기간동안 투자비용을 회수할 수 있고, 태양광전원의 용량이 증가할수록 투자비용 대비 편익이 증가하며, 그 비율이 가장 높음을 알 수 있다.

## References

[1] K.H. Kim, "2030 New energy industry expansion strategy for responding to the new climate system" The Korean Institute of Electrical Engineers 65(1), 2016.1, p31-38

- [2] S.B. Koh, S.Y. Son, "A Review of Transaction-Based Energy Management Technology for Energy Prosumers", Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology 11(1), 2018.2, p45-53.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.17661/jkiiect.2018.11.1.45>
- [3] D.H. Tae, B.M. Kim, H.D. Lee, K.S. Kang, D.S. Rho, "A Study on Implementation of Power Regulation Device for Residential PV Module Using Li-ion Battery", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 22(8), 2021.8, p17-25  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.8.17>
- [4] K.H. Kim, S.H. Cha, "Energy prosumer domestic and foreign companies and service companies", The Korean Institute of Electrical Engineers 67(3), 2018.3, p8-13
- [5] H.S. Lee, T.K. Lee, S.W. Jung, J.U. Kim, "Comparison of Profitability according to the Type of Electric Power Transaction in a Solar Powered House Considering Energy Prosumer System", New & Renewable Energy 15(4), 2019.12, p55-65  
DOI: <https://doi.org/10.7849/ksnre.2019.12.15.4.055>
- [6] Y.J. Lee, S.J. Park, Y.B. Yoon, "Estimation of Electric Power Trading Price between Prosumer and Consumer Under Time-of-Use (TOU)", New & Renewable Energy 17(2), 2021.6, p.1-8  
DOI: <https://doi.org/10.7849/ksnre.2021.2033>
- [7] Hun Beak, Taesung Kim. "Analysis of the Effect on Domestic PV Capacity under the REC Revision and Mandatory Supply.", Journal of the Korea Convergence Society, 12(6), 2021.6.  
DOI: <https://doi.org/10.15207/JKCS.2021.12.6.139>
- [8] H.D. Lee, K.Y. Kim, M.S. Kim, D.S. Rho, "A Study on Economic Evaluation Modeling of MVDC Distribution System for Hosting Capacity of PV System", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 22(3), 2021.3, p.1-12  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.3.1>
- [9] J.M. Kim, H.D. Lee, D.H. Tae, Marito Ferreira, J.H. Park D.S. Rho, "Implementation of Battery Management System for Li-ion Battery Considering Self-energy Balancing", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 21(3), 2020.3, p.585-593  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.3.585>
- [10] J.T. Jeon, Jian Shen, D.H. Tae, D.S. Rho, "A Study on Economic Evaluation Modeling of Power Amplification Device for MW-scale PV System", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society 22(9), 2021.9, p.1-9  
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.9.1>
- [11] Ministry of Trade, Industry and Energy, 2016, "Prosumer-neighborhood power trading demonstration project", [http://www.motie.go.kr/common/download.do?fid=bb\\_s&bbs\\_cd\\_n=81&bbs\\_seq\\_n=158058&file\\_seq\\_n=13](http://www.motie.go.kr/common/download.do?fid=bb_s&bbs_cd_n=81&bbs_seq_n=158058&file_seq_n=13)

김 경 화(Kyung-Hwa Kim)

[준회원]



- 2021년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 석사과정 재학 중

<관심분야>

전력 및 배전계통, 신재생에너지, 전기저장장치

한 병 길(Byeong-Gill Han)

[정회원]



- 2016년 2월 : 한밭대학교 전자계 어공학과 (공학사)
- 2018년 8월 : 서울과학기술대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2018년 8월 ~ 2020년 4월 : 한국 화학융합시험연구원 연구원
- 2020년 9월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

전력변환기, ESS, 신재생에너지, 마이크로그리드

신 건(Jian Shen)

[정회원]



- 2011년 2월 : 한국기술교육대학교 기계공학과 (공학사)
- 2017년 2월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 2021년 3월 ~ 현재 : 동대학원 전기공학과 박사과정 재학 중

<관심분야>

배전계통 운용, MVDC, 신재생 에너지, micro-grid, ESS

김 지 명(Ji-Myung Kim)

[준회원]



- 2020년 2월 : 한국기술교육대학교 전기공학과 (공학사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기공학과 석사과정 재학 중

<관심분야>

전력 및 배전계통, 신재생에너지, 전기저장장치

---

노 대 석(Dae-Seok Rho)

[종신회원]



- 1985년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 동대학원 전기공학과 (공학석사)
- 1997년 3월 : 일본 북해도대학교 대학원 전기공학과(공학박사)
- 1987년 3월 ~ 1998년 8월 : 한국 전기연구소 연구원/선임연구원
- 1999년 3월 ~ 현재 : 한국기술교육대학교 전기전자통신 공학부 교수

<관심분야>

전력/배전 계통, 분산전원연계, 전력품질해석