

환경적 이점을 중심으로 한 공공 에너지저장시스템의 경제적 가치 추정

유준우* · 박준성* · 박희준**†

* 연세대학교 산업공학과 박사과정

** 연세대학교 산업공학과 정교수

Evaluating the Willingness to Pay of Public ESS Facilities: Focusing on the Environmental Benefits

Yoo, Joon Woo* · Park, Junsung* · Park, HeeJun**†

* Industrial Engineering, Yonsei University, PhD candidate

** Industrial Engineering, Yonsei University, Professor

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study was to evaluate the economic value of installing public Energy storage system (ESS) facilities using a logit regression analysis and Contingent Valuation Method (CVM). We focused mainly on the environmental benefits of ESS and analyzed how the users' attitude toward environmental protection and knowledge of renewable energy affect their Willingness to pay (WTP)

Methods: A single-bounded dichotomous choice (SBDC) survey was used to collect the data. We asked participants whether they are willing to pay a randomly presented cost (KRW 100, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 5000, 10000) along with their attitude to toward environmental protection, knowledge of renewable energy, and perceived cost of electric bill. 417 valid samples were collected and used for the analysis.

Results: The results of the logit regression show that the initial bid, attitude toward environmental protection, knowledge of renewable energy, and perceived cost of electric bill significantly affect the user's WTP of public ESS facilities. The CVM results show that users are willing to pay KRW 5,049.1/month to install ESS facilities.

Conclusion: According to results, we conclude that the users agree with the need to install ESSs and that environmental benefits of ESSs are important factors for ESS adoption. Therefore, policy makers need to emphasize environmental aspects to install the ESS facilities.

● Received 17 March 2021, 1st revised 21 March 2021, accepted 23 March 2021

† Corresponding Author(h.park@yonsei.ac.kr)

© 2021, Korean Society for Quality Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-Commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

※ 이 논문은 국토교통부의 스마트시티 혁신인재육성사업으로 지원됨.

※ 이 논문은 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2018R1D1A1B07048236).

Key Words: Energy Storage System(ESS), Contingent Valuation Method(CVM), Consumer Attitude, Environmental Protection, Renewable Energy

1. 서 론

에너지 저장 시스템(Energy Storage System: ESS)는 전력 수요가 낮은 시간대에 생산된 전기를 물리적 혹은 화학적 방식을 이용해 배터리에 저장한 후, 전력 수요가 높을 때 공급하는 시스템을 의미한다 (Weitzel and Glock, 2018). 기존에는 전기 수요가 적을 때 생산된 전기가 낭비되고 수요 피크 시기에는 전력부하가 발생하던 문제점을 ESS 도입으로 인해 해소할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 이러한 전력 공급 효율성 개선 외에도 전기료 절감, 미세 먼지 감축, 탄소배출량 절감 등의 장점으로 인해 계속해서 ESS 도입에 대한 수요가 증가하고 있으며, 2025년 글로벌 ESS 시장규모는 약 98억 달러에 달할 것으로 전망된다(Kim et al., 2021).

국내의 경우에도 계속해서 증가하는 전력수요에 대해 대처하고 미세먼지 절감에 대한 노력의 일환으로 ESS 보급에 노력하고 있으며, 특히 “재생에너지 3020정책”을 추진하면서 신재생 에너지 발전량 증가 및 공공기관 ESS 설치 의무화를 진행중이다(Sun et al., 2020). 산업통상자원부는 2010년부터 2024년까지 연간 전력 소비량이 매년 약 1.9% 증가할 것으로 예상하였으며, 이러한 수요 증가에 대처하기 위해 ESS 기술 개발 및 민간 보급을 위한 정책 추진 및 금전적 투자를 진행하였다.

그러나 민간 ESS의 경우, 리튬이온 배터리의 결함으로 인한 화재에 매우 취약하다는 단점이 있으며, 또한 배터리 보호 시스템 및 운영환경 미흡, ESS 보호체계 부재 등의 문제점이 존재하였다(Kim et al., 2021). 특히 2017년부터 2020년까지 약 3년간 총 29건의 화재가 발생하였으며, 이러한 잦은 화재사고로 인해 ESS 설치 수요가 크게 감소하였다.

따라서 정부는 ESS에 대한 관리 체계를 고도화하고 전력 계통 제어 용이성 확보를 위해 민간 ESS 보조금 등을 폐지하고 한국전력공사를 통해 직접 발주하는 공공 ESS의 도입을 추진 중이다. 공공 ESS가 도입될 경우, 기존 보호 시스템 및 운영환경 미흡 등으로 인한 화재 발생 등의 위험을 크게 낮출 수 있고, 또 신재생 에너지 발전량에 맞춰 ESS 설치를 능동적으로 제어할 수 있을 것으로 기대하고 있다.

그러나 아직 공공 ESS의 효과성 및 가치에 대한 연구가 부족한 상황이며, 특히 환경에 대한 소비자 인식과 연결 지은 연구는 미비하다.

한편 국내의 경우, 신재생 에너지 보급 정책의 일환으로 신재생에너지 연계용 ESS가 많은 관심을 받고 있으며, 탄소배출량 절감 및 미세먼지 감축에 대한 시장의 기대가 매우 큰 상황이다. 따라서 본 연구는 기존 연구에서 신재생 에너지 관련 사업의 수용성 및 경제적 가치 측정을 위해 사용된 조건부가치추정법(Contingent Valuation Method; CVM)을 적용하여 공공 ESS의 환경적 이점을 중심으로 경제적 가치를 추정하고자 한다(Eom et al., 2019).

이를 통해 본 연구는 국내 소비자의 환경에 대한 태도와 신재생 에너지에 대한 지식이 ESS 지불 의사에 미치는 영향을 추정하고, 공공 ESS의 성공적인 도입을 위해 석탄발전량 감축, 미세먼지 절감 등 ESS의 환경적 이점을 강조한 정책적 시사점을 제공하고자 한다. 본 연구의 결과 및 시사점은 최근 들어 화재사고 발생 등으로 인해 ESS에 대한 부정적인 여론이 증가하는 상황에서 공공 ESS의 도입에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

2. 이론적 배경 및 선행연구

2.1. ESS & 신재생 에너지

최근 신재생 에너지 및 친환경 발전법이 주목을 받고 있지만, 아직도 석탄은 전세계 총 전력 생산량의 39%를 차지하는 주요 에너지 원이다(Leonard et al., 2018). 석탄이 CO2 배출로 인한 지구 온난화의 원인으로 지목된 지 오랜 시간이 흘렀음에도 여전히 전력 생산에서 중요한 역할을 담당하는 이유는 신재생 에너지가 가지고 있는 기술적인 한계 때문이다. 풍력, 태양광 발전 등 신재생 에너지의 문제 중 하나는 석탄, 원자력 발전과 달리 기본적으로 에너지 생산 시간이 불규칙적이며 이에 따라 사전 계획 수립 및 일정한 전력 생산이 어렵다는 점이다(Hill and Chen, 2011; Larcher and Tarascon, 2015). 또한 대규모 생산 설비가 필요하기 때문에 기본적으로 도심지에서 멀리 떨어진 곳에 분산되어 설치되어야 한다(Larcher and Tarascon, 2015). 따라서, 충방전을 통해 타지에서 생산된 신재생 에너지의 발전량 변동성을 완화하기 위한 신재생에너지 연계용ESS 도입의 필요성이 증가하고 있으며, 결과적으로 신재생 에너지 보급 확대, 석탄 발전량 감축, 미세먼지 및 탄소배출량 감축 등의 효과가 기대된다(Larcher and Tarascon, 2015) .

2.2. 환경에 대한 태도(Environmental attitude)

환경에 대한 태도는 ESS와 같은 친환경 제품에 대한 소비자들의 행동을 이해하기 위해 널리 사용되는 변수 중 하나이다. 태도는 Ajzen (1991)이 제안한 계획된 행동이론(Theory of Planned Behavior; TPB)에서 개인의 행동의도에 주요한 영향을 미치는 요인으로써, 많은 환경 관련 연구에서 개인의 행동을 예측하기 위한 요인으로써 사용되어왔다(Liao et al., 2020; Trivedi et al., 2018). Liao et al. (2020)는 환경에 대한 태도 변수를 사용하여 중국에서 소비자들이 에너지 절약 제품을 구매하는 행위에 대해 분석하였으며, Trivedi et al. (2018)는 소비자들이 친환경 구매를 하는 원인을 이를 통해 알아보려고 하였다. Jung and Shin (2020)은 새벽배송의 물류 서비스 품질이 고객 만족에 미치는 영향을 알아보는 과정에서 친환경 태도 변수를 조절변수로서 활용하였다. ESS는 전력을 저장하였다가 필요한 시점에 전력을 공급하는 시스템으로써 태양광이나 풍력 발전 등 신재생 에너지의 일정하지 못한 생산능력을 뒷받침할 수 있으며, 결과적으로 석탄 발전량 감축을 통한 미세먼지 및 탄소배출량 감소가 기대되는 만큼 환경적 요소가 큰 이점으로 작용하는 기술이다. 따라서 본 연구에서는 환경에 대한 태도와 신재생 에너지에 대한 소비자의 인지 수준이 소비자의 ESS에 대한 지불의사액에 어떠한 영향을 미치는지 알아보려 한다.

2.3. 조건부가치평가법(CVM)

조건부가치평가법이란 가격 책정이 어려운 비시장재화에 대해 가상의 시장을 설정함으로써 잠재적 소비자가 어느 정도의 지불의사액(Willingness to pay; WTP)을 가지고 있는지 직접 설문을 통해 추정하는 방법론이다. 이는 관광 상품 개발 등의 공적 프로젝트를 수행하거나(Kim and Kah, 2020), 항공기 기내안전 수요에 대한 가치를 측정하는 등(Wang and Lee, 2021) 비시장재화의 가격 측정에 널리 사용되어왔다. 조건부가치평가법은 정부 및 공공기관의 투자를 통해 환경 또는 소비자가 느끼는 가치가 변화되었을 때 소비자들의 수취용이액(Willingness to accept; WTA)나 지불의사액(WTP)에 역시 변화가 발생하며, 이를 통해 투자의 가치를 추정할 수 있다는 점을 이론적 배경으로 한다. 조건부 가치 평가법에서 지불의사액을 추정하는 과정은 크게 가상시장의 설정, 조사 및 표본 설계, WTP

추정의 3가지 파트로 이루어진다. 조건부 가치평가법은 그 방식에 따라 경매법(bidding game), 개방형 질문법(open-ended question), 지불카드법(payment card), 양분 선택형 질문법(dichotomous choice; DC) 등이 존재한다. 이 중에서 가장 대표적인 방법으로 알려진 양분 선택형 질문법은 Bishop and Heberlein (1979)에 의해 제안되었으며, 응답자들에게 주어진 금액에 대한 지불의사를 단순히 예/아니오로 응답하게 함으로써 응답자의 선택 과정을 감소시키고 이를 통해 응답자의 판단에 따른 오류나 설문 참여 거부 비율을 줄일 수 있다는 장점이 존재한다.

양분선택형 질문법은 질문의 단계에 따라 1회의 질문만을 통해 지불의사금액을 추정하는 단일경계 양분선택형(Single Bounded Dichotomous Choice; SBDC)와 2회의 질문을 통해 지불의사금액을 추정하는 이중경계 양분선택형(Double Bounded Dichotomous Choice; DBDC)로 나눌 수 있다(Kim and Kah, 2020; Bae and Lee, 2019; Wang and Lee, 2021). 연구자는 응답자의 대답을 바탕으로 각 표본 별 예로 대답한 비율을 통해 전체 모집단의 WTP를 추정할 수 있다. 일반적으로 CVM을 활용하는 연구는 연구목적에 따라 SBDC/DBDC 중 더욱 적절한 추정방법을 사용한다. DBDC의 경우 두 단계를 통해 지불의사액(WTP)를 추정하므로 통계적 효율성이 뛰어나지만 첫번째 응답과 두번째 응답 간의 비일치성, 비일관성 및 신뢰성 등의 문제가 존재한다. 이에 따라 본 연구에서는 단일 경계 양분선택형(SBDC)을 사용하였으며 로짓(Logit) 모형을 통해 소비자의 지불의사금액(WTP)를 추정하고자 한다.

3. 연구방법론

3.1. 연구 설계

본 연구는 공공 ESS에 대한 지불 의사에 영향을 미치는 요인을 도출하고, 공공 ESS의 경제적 가치를 추정하기 위한 SBDC설문을 설계하였다. 설문 문항은 응답자의 인구통계학적 특성(성별, 나이, 결혼 여부, 월 소득, 평균 월 전기료)에 대한 문항, 현재 전기료에 대해 소비자가 느끼는 주관적 가격수준에 대한 문항, 환경보호에 대한 태도와 신재생에너지에 대한 지식 수준에 관한 문항, 그리고 제시 금액에 대한 지불의사를 묻는 문항으로 구성되었다. 환경보호에 대한 태도 및 신재생 에너지에 대한 지식수준에 대한 질문은 (1) 전혀 그렇지 않다 에서 (5) 매우 그렇다로 이루어져 있는 리커트 5점 척도를 사용하여 측정하였다. 전기료에 대한 주관적 가격에 대한 질문은 (1) 비싸다고 생각한다 에서 (3) 저렴하다고 생각한다로 이루어져 있는 척도를 사용하였다.

또한 ESS에 대한 응답자의 이해수준을 높이기 위해 공공 ESS 도입으로 인해 (1) 석탄 발전 감축, (2) 미세먼지 감축, (3) 전력 계통 시스템 안정화, (4) 전기료 절감과 같은 긍정적인 효과와 배터리 결합 및 보호시스템 미흡으로 인한 화재의 위험과 같은 배경 설명을 제공하였다. 최종적으로 ESS에 대한 이해수준을 물어본 뒤 이해했다고 한 경우만 설문에 참여할 수 있게 함으로써, 공공 ESS의 기능, 장단점 등을 이해한 참가자만 설문에 응답할 수 있도록 하였다.

한편, WTP 문항의 제시금액의 경우, 사전조사를 통해 도출된 총 8 구간의 지불액(100원, 500원, 1000원, 1500원, 2000원, 2500원, 5000원, 10000원)에 대해 설문 대상을 무작위로 배분하여 설문을 진행하였다. 지불 수단은 전기료에 공공 ESS 설치를 위한 비용을 추가적으로 지불하는 상황을 제시하였다. 수집된 데이터는 R studio와 Stata 16.0을 사용하여 분석하였다.

Table 1. Measurement item

Variable	Definition and Scale
Dependent Variable (WTP)	Are you willing to pay an additional KRW X to your electric bill to install public ESS? (X is randomly assigned)
Initial Bid (BID)	100, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 5000, 10000 (KRW)
Gender (GEN)	Male/Female
Age (AGE)	20s, 30s, 40s, 50s, Over 60
Marital Status (MAR)	Married, Single
Monthly Income (INC)	Under 2 million, 200~400 million, 400~600 million, 600~800 million, Over 800 million (KRW)
Average Monthly Electric Bill (TAX)	Average monthly electric bill (KRW)
Perceived Cost of Electric Bill (PER)	What is your opinion on the price of the electric bill?
Attitude toward Environmental Protection (ATT)	How much do you agree with the statement: "I believe people should make an effort to stop climate change and to protect the environment"
Knowledge of Renewable Energy (GRE)	What is your knowledge level on the topic of renewable energy?

설문은 2021년 2월에 실시하여 총 417개의 유효 설문을 수집하였으며, 설문대상은 직접 전기료를 납부하는 일반 소비자 중 공공 ESS의 이점 및 위험에 대해 사전설명을 접한 사람들을 대상으로 하였다. 설문응답자는 WTP 추정을 위한 SBDC 설문 문항 외에도 환경에 대한 태도, 신재생에너지에 대한 지식 수준을 파악하기 위한 리커트 5점 척도 기반의 설문 문항에 응답하였다. 이 외에도 전기료, 결혼 여부 등 인구통계학적 특성을 파악하기 위한 문항도 첨부하였다. 설문 응답자의 인구통계학적 특성은 다음과 같다.

Table 2. Demographics of respondents

Category	Frequency (N=417)	Percentage (%)	
Gender	Male	211	50.6
	Female	206	49.4
Age	20-29	91	21.8
	30-39	181	43.4
	40-49	94	22.5
	50-59	42	10.1
	Over 60	9	2.2
	Marital Status	Single	216
	Married	201	48.2
Monthly Income (1,000,000 KRW)	Under 2	72	17.3
	2-4	179	42.9
	4-6	109	26.1
	6-8	40	9.6
	Over 8	17	4.1
Average Monthly Electric Bill (1,000 KRW)	Under 10	65	15.6
	10-20	130	31.2
	20-30	137	32.8
	30-40	77	18.5
	Over 40	8	1.9

4. 결 과

본 연구에서는 8구간의 제시 금액을 무작위로 417명의 응답자에게 배분하였으며, 금액에 따른 지불 찬성 여부는 아래와 같다. 전반적으로 제시 금액이 높아질수록 지불에 찬성하는 비율이 낮아짐을 확인할 수 있다.

Table 3. Response at each bid amount

Initial Bid (KRW)	Response (frequency, %)		
	Yes	No	Total
100	39 (75.0%)	13	52
500	38 (74.5%)	13	51
1,000	35 (68.6%)	16	51
1,500	31 (59.6%)	21	52
2,000	24 (45.3%)	29	53
2,500	24 (44.4%)	30	54
5,000	16 (30.2%)	37	53
10,000	16 (31.4%)	35	51
Total	223 (53.5%)	194	417
	417 (100%)		

종속변수인 WTP에 영향을 미치는 변수를 파악하기 위해 로지스틱 회귀분석을 진행하였으며, 제시금액, 인구통계학적 특성(성별, 나이, 결혼 여부, 월 소득, 평균 월 전기료), 전기료에 대한 주관적 평가, 환경보호에 대한 태도, 신재생에너지에 대한 지식 수준을 독립변수로 사용하였다.

우선 로짓 모형의 Model χ^2 , Log likelihood, Cox & Snell R^2 , Nagelkerke R^2 모두 통계적으로 유의한 수준으로 해당 모형이 분석에 적합하다는 것을 확인하였다(Long and Long, 1997).

Table 4. Model fit analysis

Model χ^2	77.15
Log likelihood	-249.46059
Cox & Snell R^2	0.169
Nagelkerke R^2	0.226

분석을 진행한 결과, 독립변수 중 제시 금액, 전기료에 대한 주관적 평가(PER), 환경보호에 대한 태도(ATT), 신재생에너지에 대한 지식 수준(GER)이 WTP에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 제시 금액의 추정계수는 1% 유의수준에서 -0.022였으며 odds ratio는 0.979로써, 이는 제시 금액이 커질수록 WTP의 확률이 0.979배로 낮아짐을 의미한다. 이러한 결과는 일반 수요이론 및 비시장재화의 경제적 가치를 추정된 CVM 연구에서의 결과와 일치한다(Nicosia et al., 2014; Bae and Lee, 2019).

또한 전기료에 대한 주관적 평가의 경우, 추정계수가 1.083으로 1% 유의수준에서 유의미하였으며 odds ratio는 2.956으로 나타났다. 이는 현재 전기료가 저렴하다고 생각할수록 WTP의 확률이 2.956배 더 높아짐을 의미한다. 환경보호에 대한 태도의 추정계수는 0.319로 5% 수준에서 유의한 결과를 보였으며 odds ratio는 1.375로 나타났다.

이는 환경보호에 대한 공감도가 높을수록 WTP의 확률 1.375배 높아짐을 의미한다. 마지막으로 신재생 에너지에 대한 지식 수준 역시 추정계수 0.322, odds ratio는 1.381로 유의수준 1%에서 신재생 에너지에 대한 지식 수준이 높을수록 WTP의 확률이 1.381배 높아지는 경향을 나타냈다.

Table 5. Results of regression analysis

Variable	Coefficient	Std. Error	95% Conf. Interval		Odds Ratio
Constant	-3.233**	0.9587	-5.112	-1.354	0.039
BID	-0.022**	0.0040	-0.294	-0.014	0.979
GEN	-0.425	0.2358	-0.887	0.037	0.654
AGE	0.045	0.1218	-0.094	0.284	1.046
MAR	-0.066	0.2593	-0.575	0.442	0.936
INC	-0.011	0.0608	-0.131	0.108	0.989
TAX	-0.008	0.0119	-0.032	0.015	0.992
PER	1.083**	0.2354	0.623	1.545	2.956
ATT	0.319*	0.1518	0.021	0.616	1.375
GRE	0.322*	0.1509	0.027	0.618	1.381

NOTE: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

따라서 위의 로짓 모형을 통해 구한 WTP에 유의미한 영향을 미치는 변수와 그들의 추정계수를 대입한 WTP 추정식은 다음과 같다.

$$WTP = -(-3.233 + PER_mean * 1.083 + ATT_mean * 0.319 + GRE_mean * 0.322) / (-0.022)$$

위의 식을 계산하면 소비자들은 공공 ESS 도입을 위해 월 평균 전기료에 ₩5,049.1을 추가로 지불할 의사가 있다는 것을 추정할 수 있으며, 각 변수의 신뢰구간 고려하여 추정된 WTP의 95% 신뢰구간은 ₩1,681.7~₩8,426.5로 계산된다.

5. 결론

본 연구는 기존 연구에서 비시장재화의 경제적 가치 추정을 위해 널리 사용되었던 CVM 기법을 활용해 공공 ESS에 대한 소비자의 인식을 환경의식을 중심으로 살펴보았다. 이는 기존 ESS 관련 연구가 안전성 개선, 저장 용량 증축 등 기술적인 관점에 집중한 것과 달리 사용자의 관점에서 ESS의 가치에 대해 연구를 했다는 점에서 의의를 갖고 있다. 본 연구의 결과 및 시사점은 다음과 같다.

우선 환경보호에 대한 태도 그리고 신재생 에너지에 대한 인지 수준이 공공 ESS 설치 WTP에 유의미한 영향을 미친다는 점을 밝혀냈다. 이는 소비자들이 공공 ESS 도입으로 인한 미세먼지 감축, 탄소배출량 절감 등 환경 개선에 대한 높은 기대감을 갖고 있다는 것을 보여준다. 따라서 공공 ESS에 대한 공감 여론을 확보하고 성공적인 설치를 위해 정부는 단순히 ESS의 기술적인 이점 외에도 ESS의 도입으로 인한 석탄 발전량 감축, 신재생 에너지 발전량 확대 등 환경적인 이점을 강조하여 홍보에 나설 필요가 있다.

또한, 소비자들은 현재 내는 실질적 금액이 아니라 전기료에 대한 개인의 주관적 평가가 공공 ESS에 대한 WTP에 영향을 미치는 것으로 나타났다. 본 연구 설문 응답자의 실제 월 평균 전기료는 ₩3,000~₩100,000 수준으로 큰 편차를 보이고 있으나, 이러한 실질적인 지출액보다 소비자들은 주관적으로 현재 지불하는 전기료의 수준을 판단하고, 이를 바탕으로 공공 ESS에 대한 WTP를 책정한다고 해석할 수 있다.

마지막으로 공공 ESS 도입에 대한 소비자의 WTP는 ₩5,049.1/월로 추정되었다. 이러한 비용은 환경적 요인에 대한 지불의사액을 추정한 선행연구들을 살펴봤을 때 적합한 수준으로 판단된다. Oh et al. (2015)은 녹조 저감 기술 도입을 통한 수질 개선의 경제적 가치를 추정하기 위한 연구에서 소비자들은 월간 가구당 2,710원을 지불할 의사가 있는 것으로 나타났다. 또한 신재생 에너지 저장장치에 대한 지불의사액을 추정한 선행연구에서 중국의 경우는 월 \$3.3, 한국의 경우는 월 \$3.21의 지불의사액이 있음을 확인하였다(Guo et al., 2014; Lee and Heo, 2016). 이러한 선행 연구와 더불어 최근 환경문제에 대해 소비자들의 관심 및 인식의 정도가 증가한 만큼 기존 연구보다 높은 WTP가 나온 것으로 판단된다.

본 연구는 CVM을 활용해 소비자의 환경의식을 중심으로 공공 ESS의 경제적 가치를 추정하였지만 다음과 같은 한계점을 지니고 있다.

우선 본 연구는 ESS의 환경적 이점만을 연구 모형에 고려하여, ESS의 기술적, 경제적 이점은 고려하지 않았다는 한계가 있다. 따라서 후속 연구는 전기료 절감 효과, 피크 부하 절감 기능 등 ESS의 다양한 기능이 소비자의 WTP에 미치는 영향을 분석할 필요가 있다.

또한 본 연구에서 활용된 CVM은 가상시장편의, 설계편의 등이 발생할 가능성 때문에 ESS의 환경적 가치만으로 제한하여 경제적 가치를 추정할 수밖에 없다는 한계를 지니고 있다. 따라서 컨조인트 분석 등을 활용하여 ESS의 다양한 기능적 특징의 가치를 추정하기 위한 연구가 진행될 필요가 있다.

마지막으로 본 연구는 ESS에 대한 WTP만을 추정한 연구로 이는 ESS 수용에 대한 비용(Willingness to Accept; WTA)와 차이가 발생할 수 있다. 일반적으로 WTA는 WTP보다 큰 값을 보이며, 특히 ESS는 최근 화재 발생 등으로 인해 ESS에 대한 반대 여론이 존재하기 때문에 공공 ESS 설치 시 지역 주민들에게 적절한 보상이 제공되어야 할 것이다. 따라서 이러한 보상의 범위를 측정하기 위해서 공공 ESS의 WTA 추정을 위한 추가적인 연구 역시 진행되어야 할 것이다.

REFERENCES

- Ajzen, I. 1991. The Theory of Planned Behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes* 50(2):179-211.
- Bae, H. K., and Lee, H. C. 2019. Evaluation Value of Premium Bottled Water Using Contingent Valuation Method : Focusing on Environmental Awareness of Consumers. *FoodService Industry Journal* 15(4):7-17.
- Bishop, R. C., and Heberlein, T. A. 1979. Measuring Values of Extramarket Goods: Are Indirect Measures Biased? *American Journal of Agricultural Economics* 61(5):926-930.
- Eom, Y. S., Oh, H. N., Cho, J. W., and Kim, J. A. 2019. An Analysis on Social Acceptance for Resource Circular Technology Development: A Case of a Eco-Toilet System. *Journal of Environmental Policy and Administration* 27(3):135-162.

- Guo, X., Liu, H., Mao, X., Jin, J., Chen, D., and Cheng, S. 2014. Willingness to Pay for Renewable Electricity: A Contingent Valuation Study in Beijing, China. *Energy Policy* 68:340-347.
- Hill, C., and Chen, D. 2011. Development of a Real-time Testing Environment for Battery Energy Storage Systems in Renewable Energy Applications. 2011 IEEE Power and Energy Society General Meeting.
- Jung, J. H., and Shin, J. I. 2020. The Effect of Early Morning Delivery's Logistics Service Quality on Customer Satisfaction: The Moderating Effect of Eco-Friendly Attitude. *Journal of the Korean Society of Computer and Information* 25(10):241-248.
- Kim, J. O., and Kah, J. H. 2020. Comparative Analysis on the Value Evaluation of Natural-based Healing Tourism : Application of Contingent Valuation Method and Choice Experiment. *Journal of Tourism Studies* 32(2):25-47.
- Kim, S. H., Choi, H. S., Kim, J. Y., and Han, A. 2021. A Study on the Cause of CMV and Leakage Current, and Mitigation Strategy on the Lithium-ion Battery of ESS. *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers* 70(1):61-71.
- Larcher, D., and Tarascon, J.-M. 2015. Towards Greener and More Sustainable Batteries for Electrical Energy Storage. *Nature Chemistry* 7(1):19-29.
- Lee, C. Y., and Heo, H. 2016. Estimating Willingness to Pay for Renewable Energy in South Korea Using the Contingent Valuation Method. *Energy Policy* 94:150-156.
- Leonard, M. D., Michaelides, E. E., and Michaelides, D. N. 2018. Substitution of Coal Power Plants with Renewable Energy Sources-Shift of the Power Demand and Energy Storage. *Energy Conversion and Management*, 164: 27-35.
- Liao, X., Shen, S. V., and Shi, X. 2020. The Effects of Behavioral Intention on the Choice to Purchase Energy-saving Appliances in China: the Role of Environmental Attitude, Concern, and Perceived Psychological Benefits in Shaping Intention. *Energy Efficiency* 13(1):33-49.
- Long, J. S., and Long, J. S. 1997. *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables* Vol. 7, Sage.
- Nicosia, K., Daaram, S., Edelman, B., Gedrich, L., He, E., McNeilly, S., Shenoy, V., Velagapudi, A., Wu, W., and Zhang, L. 2014. Determining the Willingness to Pay for Ecosystem Service Restoration in a Degraded Coastal Watershed: A Ninth Grade Investigation. *Ecological Economics* 104:145-151.
- Oh, H. K., Lee, H. C., and Cha J. Y. 2015. Estimating the Value of Water Quality Improvement Using the Contingent Valuation Method : A Case Study on Bloom Forming Algae. *Journal of Environmental Policy and Administration* 23(4):115-135.
- Sun, M. K., Park S. W., and Son, S. Y. 2020. Estimation of ESS Capacity for Optimizing Electricity Charges: A Case Study, 77-78.
- Trivedi, R. H., Patel, J. D., and Acharya, N. 2018. Causality Analysis of Media Influence on Eenvironmental Attitude, Intention and Behaviors Leading to Green Purchasing. *Journal of Ccleaner Production* 196:11-22.
- Wang, S. M., and Lee, H. C. 2021. Evaluation Value of Demand for the In-flight Safety of Aircraft Using Contingent Valuation Method : Focusing on Risk-taking Tendency and Regulatory Focus. *International Journal of Tourism and Hospitality Research* 35(1):119-133.
- Weitzel, T., and Glock, C. H. 2018. Energy Management for Stationary Electric Energy Storage Systems: A Systematic Literature Review. *European Journal of Operational Research* 264(2):582-606.

저자소개

- 유준우** 연세대학교 산업공학과를 졸업하고, 동대학원에서 박사과정에 재학 중이다. 주요 관심분야는 기술경영, 경영관리이다.
- 박준성** 연세대학교 산업공학과를 졸업하고, 동대학원에서 박사과정에 재학 중이다. 주요 관심분야는 소비자 행동, 플랫폼 이론 등이다.
- 박희준** George Washington University에서 공학경영 전공으로 박사학위를 취득하고 Marymount University 경영학과에 재직하였으며, 현재 연세대학교 산업공학과에 재직 중이다. 주요 관심 분야는 플랫폼 기반의 혁신 전략, 비즈니스모델 개발, 전략 수립 및 성과평가 방법론 개발 등이다.