

주민참여형 수상태양광 발전사업에 대한 국민 선호도 분석: 선택실험법을 이용하여

이혜리 · 우종롤*

에너지환경정책기술학과, 에너지환경대학원(그린스쿨), 고려대학교, 서울, 02841

Analyzing Public Preference for Community-Based Floating Photovoltaic Projects: A Discrete Choice Experiment Approach

Hye Lee Lee · JongRoul Woo*

Energy Environment Policy and Technology, Graduate School of Energy and Environment (KU-KIST Green School), Korea University, Seoul, 02841, Korea

Received November 28, 2022; Accepted December 7, 2022

ABSTRACT: The need for floating photovoltaic is being emphasized to expand renewable energy but low residents' acceptance is a major obstacle to the deployment of floating photovoltaic. Using the discrete choice experiment, this study analyzed the preferences for community-based floating photovoltaic projects and proposed a method to increase the residents' acceptance of floating photovoltaic projects. The estimates of the marginal willingness to accept (MWTA) of the distance, the coverage ratio, the landscape, the project owner (public institution), and the project owner (large company) are $-0.69\%/\text{km}$, $0.13\%/\%/\text{op}$, $-0.57\%/\text{op}$, $-2.95\%/\text{op}$, $-1.73\%/\text{op}$, respectively. According to the result of simulation analysis, the residents' acceptance is significantly higher when the project is operated by a public institution, with a choice probability of 58%, than when the project is operated by a private company, with a choice probability of 29%, 12% for a large and small company, respectively. In addition, as a result of the analysis of the expected returns, the results show that the closer the distance from the residence to the power plant, the higher the expected return.

Key words: Renewable Energy, Floating Photovoltaic, Discrete Choice Experiment, Mixed Logit Model

Subscript

NDC : nationally determined contributions

REC : renewable energy certificate

MWTA : marginal willingness to accept

1. 서론

전 세계적으로 기후 변화 대응에 대한 필요성이 대두되고 있는 가운데 우리나라는 2021년, 2030년까지 2018년 대비 온실가스 40% 감축을 목표로 하는 '2030 국가온실가스 감축목표(NDC, Nationally Determined Contributions) 상향안'¹⁾과 2050년까지 온실가스 순배출량 '0'을 목표로 하는 '2050 탄소중립시나리오'를 국무회의에서 의결하였다. '2050 탄소중립시나리오'에 따르면 화력발전 축소의 대안으로 2050년에 재생에너지 발

전원이 가장 높은 비중을 차지한다²⁾. 이렇듯 국내 온실가스 감축 목표 달성을 위해 재생에너지 확대가 필수적이다.

국가 재생에너지 확대 목표 달성을 위해서 태양광 발전의 보급 확대가 중요하다. 2017년 정부에서 발표한 '재생에너지 3020 이행계획'에 따르면 2030년 총 재생에너지 설비용량 63.8 GW 중 태양광 발전은 36.5 GW로 57%의 비중을 차지한다³⁾. 실제로 태양광 발전 보급 실적은 '재생에너지 3020 이행계획' 발표 이후 4년 연속 목표를 초과 달성하며 재생에너지 발전 비중 확대를 견인하였다. 하지만 2022년 1분기 태양광 발전 신규 보급이 4년 만에 감소하였으며, 이와 같은 추세 지속 시 국가 재생에너지 확대 목표를 달성하기 어려울 것이라는 전망도 나오고 있다⁴⁾.

국내 태양광 발전의 경우 육상태양광 발전 위주로 보급이 진행되고 있으나, 육상태양광 발전은 산림, 농지 파괴, 산사태 위험성 등의 문제가 지적되고 있으며⁵⁾, 발전소를 설치할 수 있는 부지에 한계가 있어 육상태양광 발전만으로는 정부의 재생에너지 보급 목표를 달성하기 어렵다. 특히, 우리나라는 국토의 효율적

*Corresponding author: jrwoo@korea.ac.kr

인 이용이 중요하여 유희 수면을 활용하는 수상태양광 발전이 대안으로 제시되고 있다⁶⁾.

우리나라의 경우 수상태양광 발전소를 설치할 수 있는 수면의 대부분을 한국농어촌공사와 한국수자원공사에서 관리하고 있어 해당 수면의 면적을 파악하면 수상태양광 발전의 잠재량을 추정할 수 있다. 한국농어촌공사가 관리하는 농업생산기반 시설에 수상태양광 발전소 설치 시 약 6 GW 규모 설치 가능하며, 한국수자원공사가 보유한 댐에 설치하는 경우를 고려하면 잠재량은 더욱 커진다⁷⁾. 환경부에서 발표한 '2021년 환경부 탄소중립 이행계획'에 따르면 2030년까지 댐내 수상태양광 발전을 2.1 GW까지 확대하는 것을 목표로 하고 있다⁸⁾. 여기에 새만금청에서 새만금 방조제 내측 공유수면에서 추진하고 있는 2.1 GW 규모의 수상태양광 발전사업을 고려하면⁹⁾ 국내 수상태양광 발전의 잠재량은 큰 편이다.

또한, 수상태양광 발전의 경우 육상태양광 발전과 비교하여 발전 효율이 약 10% 정도 높아¹⁰⁾ 재생에너지 발전비중 목표를 달성하는 데 더 효과적인 발전원이라고 할 수 있다. 이러한 국내 수상태양광 발전의 잠재량과 수상태양광 발전의 장점을 고려한다면 우리나라 태양광 보급 목표 달성을 위해 수상태양광 발전의 보급 확대가 중요하다.

하지만 이러한 수상태양광 발전의 장점 및 보급 필요성에도 불구하고 수질 오염, 수생태 교란, 중금속 용출, 경관 훼손 등 수상태양광 발전과 관련된 여러 쟁점이 제기되고 있다⁵⁾. 현재 수상태양광 발전의 보급 확대에 있어서 주요 이슈는 수질 및 수생태계에 대한 영향 여부와 주민 수용성 확보 문제이다. 수질 및 수생태계에 대한 영향 관련하여서는 수상태양광 발전소가 설치된 수면에 대한 조사 등 여러 연구가 진행되고 있다¹¹⁾. 하지만 현재까지 수상태양광 발전 관련 수용성 연구가 많이 이루어지지 않았으며, 수상태양광 발전 관련 연구의 경우 자연과학적·공학적인 접근의 연구가 대부분으로 사회과학적 접근의 연구는 미흡하다¹²⁾.

따라서 본 연구에서는 주민참여형 수상태양광 발전사업의 속성에 대한 일반 국민들의 선호도를 분석하고 이를 바탕으로 수상태양광 발전사업의 수용성 제고 방안 등에 대해 제안하고자 한다. 구체적으로 이산선택실험법(Discrete Choice Experiment Method)을 이용하여 일반 국민들의 수상태양광 발전사업 선호도를 분석하여 수상태양광 발전사업의 속성에 대한 효용 및 한계수용수익률, 상대적 중요도를 추정한다. 또한, 선택확률 시뮬레이션 분석을 통해 수상태양광 발전사업의 속성 수준 변화에 따른 응답자들의 선호도 변화를 파악하여 수상태양광 발전 보급 확대를 위한 방안을 제안하고자 한다.

2. 수상태양광 발전 현황

2.1 수상태양광 발전 개요

수상태양광 발전이란 저수지, 댐, 담수호 등의 수면에 설치되

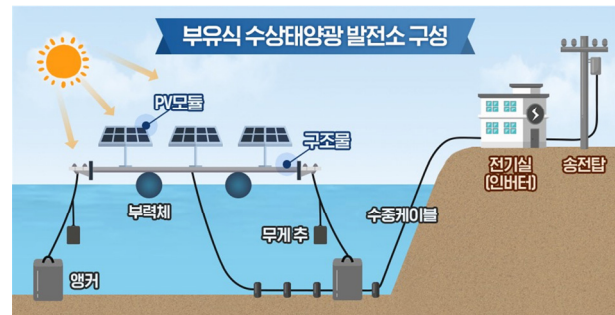


Fig. 1. Floating photovoltaic Structure¹³⁾

는 태양광 발전시설이다. 수상태양광 발전시설은 Fig. 1과 같이 태양광 모듈과 태양광 모듈을 수면 위에 띄우는 역할을 하는 부력체, 모듈과 부력체를 연결하는 구조물, 그리고 이를 수면에 고정하는 계류설비 등으로 이루어져 있다¹³⁾.

2.2 국내 수상태양광 발전 보급 현황

수상태양광 발전은 육상태양광 발전과 비교하면 아직 보급 초기 단계이다. 수상태양광 발전은 2007년부터 연구 목적으로 개발되기 시작하여 2009년에 본격적으로 설치되기 시작하였다. 우리나라는 2008년 12월 홍익대학교 산학협력단에서 수상태양광 발전 관련 연구를 시작하였고, 2011년 합천댐에 최초의 상용 수상태양광 발전소가 설치되었다¹⁴⁾. 2021년 기준 우리나라 수상태양광 발전 누적 설치 용량은 약 200 MW이다¹⁵⁾. 2021년 기준 국내 태양광 누적 설치 용량이 19 GW인 것을 고려하면¹⁶⁾ 육상태양광 발전 대비 수상태양광 발전의 설치 용량이 매우 적다.

우리나라의 경우 수상태양광 발전소를 설치할 수 있는 저수지, 댐 등의 수자원을 주로 정부와 공공기관에서 관리하고 있으며, 한국농어촌공사가 농업생산기반시설로 관리하는 저수지와 담수호, 한국수자원공사가 관리하는 댐, 정부가 관리하는 공유수면 등이 있다. 육상태양광 발전사업의 경우 개인이나 기업이 소유하고 있는 부지를 대상으로 부지 소유자와의 임차 또는 매매 계약을 통해서 발전소 설치 부지를 확보할 수 있는 반면, 수상태양광 발전사업의 경우 정부와 공공기관이 관리하는 수면을 사용해야 하여 정부와 공공기관이 직접 사업을 추진하거나 사업자가 수면을 임차하는 방식으로 이루어진다.

하지만 수상태양광 발전의 경우도 수용성 확보 문제로 인해 사업을 추진하는 것이 쉽지 않다. 한국농어촌공사는 2018년 수상태양광 발전사업을 적극적으로 추진하기 위해 한국농어촌공사가 관리하는 저수지 899곳에 2022년까지 2.9 GW 규모의 수상태양광 발전사업을 추진할 계획이었으나, 사업 예정지 주민들의 반대 등으로 인해 다음 해인 2019년, 수상태양광 발전 보급 목표를 2022년까지 422 MW 규모로 대폭 축소하였다¹⁷⁾. 2021년 상업운전을 시작한 합천댐 수상태양광 발전사업의 경우도 사업 추진 과정에서 환경 파괴 및 어업 피해 등의 반대 민원이 있

었으나, 해당 사업을 주민참여형 태양광 발전사업으로 추진하면서 지역 주민 참여 방안을 마련하였고 이를 통해 지역 주민들을 설득할 수 있었다¹⁸⁾. 주민참여형 재생에너지 사업이란 재생에너지 발전사업에 지역 주민이 일정 비율 이상 참여하였을 때, 발전소의 신재생에너지공급인증서(REC, Renewable Energy Certificate) 가중치 산정 시 우대 가중치를 부여하는 제도이며¹⁹⁾, 재생에너지 발전사업에 대한 지역 주민들의 수용성을 높이기 위해 시행되고 있다. 합천댐 수상태양광 발전사업은 사업지 인근 20여개 마을의 총 1,400여명이 약 31억원을 투자하였으며 20년 동안 일정 수익을 배분받게 된다¹⁸⁾. 환경부는 현재 추진 중인 임하댐, 충주댐 등 다른 댐내 수상태양광 발전사업 또한 주민참여형 사업을 추진하여 주민 수용성을 확보할 계획이다⁸⁾. 한 국농어촌공사 또한 대규모 공모·제안 수상태양광 발전사업의 경우 주민참여형 사업으로 추진하고 있다²⁰⁾.

3. 선행 연구 검토

3.1 개요

수상태양광 발전사업은 사업 초기 단계로 아직 보급이 확대되지 않아 국내외적으로 수상태양광 발전사업의 사회적인 측면을 연구한 사례는 많지 않으며²¹⁾, 수상태양광 발전사업의 수용성에 관한 연구가 많이 이루어지지 않았다¹²⁾. 따라서 본 연구에서는 선행 연구 검토 방법으로 재생에너지 발전사업 선호도 연구 사례와 수상태양광 발전 연구 사례로 나누어 검토하였다.

3.2 연구 사례

3.2.1 재생에너지 발전사업 선호도 연구

재생에너지 발전사업 선호도 연구 사례의 경우 재생에너지 발전사업의 속성이 재생에너지 발전사업의 수용성에 미치는 영향을 분석한 연구 사례를 위주로 검토하였다.

배정환 & 안지운(2008)은 이산선택실험법을 이용하여 풍력발전의 다속성 가치를 추정하였다. 풍력발전의 속성으로 지역경제 활성화, 에너지 국산화, 대기오염저감, 생태계에 미치는 영향, 경관에 미치는 영향, 부담금을 설정하였다. 추정 결과, 응답자들은 풍력발전의 지역경제 활성화 효과와 에너지 국산화 효과에 대해서 높은 가치를 부여하는 것으로 나타났으며, 경관에 미치는 영향에 대해서는 부정적인 속성으로 평가하여 연간 1,068원-6,155원의 보상이 필요한 것으로 확인되었다²²⁾.

Ek, K. & Persson, L. (2014)은 이산선택실험법을 이용하여 스웨덴 일반 국민들을 대상으로 풍력발전사업의 속성에 대한 선호도를 연구하였다. 풍력발전 속성을 경관 유형, 발전사업의 소유권, 사업 계획 단계에서 지역 주민의 참여, 수익 이전 방식, 추가적인 전기 요금으로 제시하였다. 추정 결과, 경관 유형의 경우 해상에 설치되는 풍력발전은 선호도가 높고, 발전사업의 소유권의 경우 사적 소유의 선호도가 낮은 것으로 확인되었다. 지

역 주민의 참여의 경우 법률상 요구되는 수준 이상의 참여 수준을 선호하며, 수익 이전 방식의 경우 지방자치 단체로 이전되는 경우보다 발전소 주변 자연 보호를 위한 수익 재분배를 더 선호하는 것으로 확인되었다²³⁾.

van Putten, M. *et al.* (2014)은 이산선택실험법을 이용하여 네덜란드 국민들을 대상으로 태양광과 풍력 발전사업의 속성에 대한 선호도를 연구하였다. 태양광과 풍력 발전사업의 속성으로 발전소 설치 위치, 발전소 크기, 사업 주도권, 의사 결정 참여, 설치 비용을 제시하였다. 연구 결과, 응답자들은 발전소 설치 위치의 경우 육지에 비해 지붕과 해상에 설치되는 것을 더욱 선호하며, 발전소 크기의 경우 중형 크기에 비해 소형 크기는 유의미한 차이가 없으나 대형 크기는 덜 선호하는 것으로 확인되었다. 사업 주도권의 경우 회사보다 정부를 더욱 선호하며, 의사 결정 참여의 경우 참여할 수 있음을 더욱 선호하는 것으로 확인되었다²⁴⁾.

함애정 & 강승진(2018)은 이산선택실험법을 이용하여 우리나라 국민들의 신재생에너지 발전사업에 대한 선호도를 분석하였다. 신재생에너지 발전사업의 속성으로 사업의 주도, 국민들의 참여 방식과 이익 배분 방식, 사업 시행에 대한 국민들의 의사 결정 참여, 발전소의 위치를 설정하였다. 연구 결과, 응답자들은 사업의 주도 속성을 가장 중요하게 생각하며, 그 다음으로 발전소의 위치와 국민들의 참여 방식과 이익 배분 속성을 중요하게 생각하고 사업 시행에 대한 국민들의 의사결정 참여는 상대적으로 중요하지 않은 것으로 나타났다²⁵⁾.

김경재(2019)는 조건부가치추정법과 이산선택실험법을 이용하여 재생에너지 발전사업의 수용성 확보를 위한 선호도를 분석하였으며, 재생에너지 발전사업의 속성으로 설치용량, 이격거리, 설치위치, 사업 파트너, 녹색전력공급 지원금을 설정하고 속성 변화에 따른 응답자들의 수용의사액을 추정하였다. 추정 결과, 태양광 발전의 경우 설치용량이 클수록, 이격거리가 가까울수록 수용의사액이 크며, 설치위치는 건물 옥상 및 벽면에 비해 평평한 땅과 산지에 설치되는 경우 수용의사액이 큰 것으로 확인되었다. 사업파트너 속성은 유의미하지 않은 것으로 나타났다. 풍력발전의 경우 설치용량이 클수록, 이격거리가 가까울수록 수용의사액이 크며, 사업파트너는 민간이 추진하는 경우가 공공이 추진하는 경우에 비해 수용의사액이 큰 것으로 확인되었다²⁶⁾.

3.2.2 수상태양광 발전 연구

수상태양광 발전 관련 연구의 경우 수상태양광 발전의 효율, 설계 구조, 수질 및 환경 영향 등을 연구한 공학적 접근의 연구와 수상태양광 발전 관련 제도 및 수용성을 연구한 사회과학적 접근의 연구들이 진행되고 있다.

최영관(2014)은 합천댐 수상태양광 발전소과 함안군 옥상태양광발전소의 발전량을 비교하여 수상태양광 발전이 옥상태양

광 발전에 비해 약 10% 이상 발전 효율이 높다는 것을 확인하였다. 또한, 수상태양광 발전 모듈과 육상태양광 발전 모듈의 온도를 비교하였을 때, 수상태양광 발전 모듈의 온도가 더 낮다는 것을 확인하였으며, 이러한 수면의 냉각 효과로 인한 낮은 모듈의 온도가 수상태양광 발전의 발전 효율에 영향을 주는 것으로 추정할 수 있다²⁷⁾.

노태호 & 단호정(2015)은 수상태양광 발전의 보급 확대를 위해 안전성, 환경적, 경제적, 사회적 수용성 측면에서 고려해야 할 사항을 검토하고, “한국형 수상태양광 발전모델” 개발을 위한 정책 지향점을 제시하였다. 수상태양광 발전사업의 환경성 제고를 위해 과학적이고 기술적인 측면에서의 안정성 제고만을 고려해서는 안 되며, 제도적 측면에서의 접근방법도 고려해야 함을 주장하였다²⁸⁾.

김학준 외(2019)는 충주댐 수상태양광 발전소를 대상으로 수상태양광 발전소가 충주댐의 수질에 미치는 영향을 분석하였다. 발전소가 설치된 전과 후, 수상태양광 발전소의 영향권 수역과 비영향권 수역을 비교한 결과 수상태양광 발전소가 충주댐 수질에 유의미한 영향을 주지 않는 것으로 확인되었다²⁹⁾.

Goswami, A. *et al.* (2019)은 수상태양광 발전의 장점으로 육상태양광 발전 대비 높은 발전 효율, 유휴 수면 활용, 물의 증발 방지 효과를 통한 물의 보존 등을 언급하며, 기술경제적 분석 결과, 수상태양광 발전이 육상태양광 발전 대비 저렴한 비용으로 에너지 위기를 해결할 수 있는 좋은 대안임을 주장하였다³⁰⁾.

안채민 외(2021)는 기존 문헌 연구를 통해 수상태양광 발전 시설이 수질 및 수생태계에 미치는 영향에 관해 연구한 결과, 수상태양광 발전의 주요 환경적 쟁점인 기자재 유해물질 용출, 수질변화 및 수생태계 변화 등 수상태양광 발전시설이 환경에 미치는 영향은 미미한 것으로 확인되었다³¹⁾.

이유현 & 김경민(2021)은 수상태양광 발전은 국민 인식수준이 낮고 다른 재생에너지원과 비교하여 초기 단계에 있기 때문에 더욱 많은 연구가 진행될 필요가 있음을 지적하며 전문가 설문조사를 통해 수상태양광 발전 정책의 기술적 발전 수준과 제도적 발전 수준 및 수상태양광 발전의 정책의제 설정에 관하여 연구하였다. 연구 결과, 육상태양광 발전 대비 수상태양광 발전의 제도적 발전수준은 절반 수준인 것으로 평가되었다. 또한, 수상태양광 발전 관련 주요 정책의제 후보과제는 1순위 환경성에 대한 대안책 마련, 2순위 주민갈등의 문제와 규제개선의 문제, 3순위 홍보 강화, 이익공유 방안, 사후 모니터링 및 비용 문제, 4순위 기술표준 과제인 것으로 확인되었다³²⁾.

안승혁 외(2021)는 수상태양광 발전 관련 연구는 공학적 접근 방식을 주로 취함으로써 수상태양광 발전 관련 제도 연구는 미흡함을 지적하며 수상태양광 발전 보급 확대에 중요한 지원제도와 이익공유 방식에 대한 사례를 분석하였다. 국내 수상태양광 발전 관련 제도적 지원은 수상태양광 발전사업의 경제성 확보를 위한 높은 REC 가중치 제도가 있으며, 이익공유 방식은

대규모 수상태양광 발전사업 추진 시 채권 방식으로 주민 참여를 지원하는 경향이 있음을 확인하였다²¹⁾.

안승혁 외(2022)는 설문조사와 심층면접을 이용하여 수상태양광 발전사업의 주민 수용성에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 군산시 수상태양광 발전사업을 대상으로 연구를 수행한 결과, 수상태양광 발전사업이 경제적·사회적으로 도움이 된다고 생각할수록 수용성이 높았으며, 환경적·안전 측면에서 부정적인 영향이 있다고 생각할수록 낮게 나타났다. 이러한 연구 결과에 따라 수상태양광 발전사업의 수용성을 높이기 위해 수상태양광 발전사업의 이익을 지역 주민들과 공유할 수 있는 방안을 마련하고 수상태양광 발전의 경제성·환경성·안전성에 대한 지역 주민들의 우려를 해소할 수 있도록 정보를 제공하는 것이 중요하다고 주장하였다¹²⁾.

3.3 기존 연구와의 차별성

선행 연구 검토 결과, 재생에너지 발전사업 선호도 연구는 주로 태양광, 풍력 발전에 대한 연구가 진행되었으며²²⁻²⁶⁾, 수상태양광 발전만을 한정하여 수상태양광 발전사업 선호도를 연구한 사례는 전무하다. 또한, 수상태양광 발전 관련 연구는 수상태양광 발전사업의 기술적·환경적 측면에서 공학적 접근의 연구가 주로 이루어졌으며, 수상태양광 발전사업의 수용성 관련해서는 수상태양광 발전 관련 제도 연구, 수용성에 미치는 영향에 대한 연구가 진행 되었으나^{12, 21, 27-32)}, 수상태양광 발전사업의 속성에 주목하여 수상태양광 발전사업의 선호도를 연구한 사례는 전무하다.

본 연구는 이산선택실험법을 이용하여 수상태양광 발전사업에 대한 선호도를 정량적으로 분석하고 분석 결과를 바탕으로 다양한 시뮬레이션 분석을 통해 수상태양광 발전사업에 대한 수용성을 연구하였다. 이에 본 연구는 재생에너지 발전사업에 대한 선호도 연구 측면에서 수상태양광 발전사업에 대한 선호도 연구를 진행하였다는 점에서 차별성이 있으며, 수상태양광 발전 관련 연구 측면에서는 수상태양광 발전에 대한 기술적 접근이 아닌 수용성 측면에서 접근하였으며, 특히 주민참여형 수상태양광 발전사업에 대한 선호도를 연구했다는 점과 수용성을 선호도에 대한 정량적 분석을 통해 접근하였다는 점에서 큰 차별성을 갖는다.

4. 연구 방법론

4.1 개요

본 연구는 수상태양광 발전사업에 대한 선호를 분석하기 위하여 이산선택실험법을 사용하였다. 이산선택실험법은 진술선호법(Stated Preference Method) 중 하나로 가상의 대안에 대한 응답자들의 선호를 분석하는 방법이다. 진술선호법이란 응답자에게 가상의 상황을 제시하고 그 상황에서 어떠한 가상의적인

선택을 할 것인지 질문하고 이에 대해 대답한 선호, 즉 진술선호를 이용하여 편익을 추정하는 방법이다³³⁾. 이산선택실험법을 통해 재화나 서비스가 가지고 있는 여러 가지 속성들로 구성된 대안을 제시함으로써 분석하고자 하는 대상의 가치를 분석할 수 있다³⁴⁾. 또한, 이산선택실험법은 응답자의 선택에 영향을 미치는 여러 속성들에 대한 한계지불의사액과 부분 가치를 도출할 수 있으며³⁵⁾, 응답자가 여러 가지 대안 중에서 한 가지 대안을 선택할 때 각 속성에 대해 부여하는 상대적 중요도와 속성들간의 상충관계 또한 분석할 수 있다는 장점이 있다³⁶⁾. 본 연구는 이러한 이산선택실험법을 사용하여 수상태양광 발전사업의 속성별 가치를 측정함으로써 국내 수상태양광 발전사업에 대한 일반 국민들의 선호에 대해 연구하였다.

4.2 선택실험 설계



본 연구는 응답자들에게 가상의 상황을 가정하여 대안을 선택하게 하는 이산선택실험법을 이용하였기 때문에 응답자들이 대안을 선택하기 전 응답자들이 주민참여형 재생에너지 사업으로 추진되는 수상태양광 발전사업에 참여하는 가상의 상황에 대해 먼저 설명하였다. 구체적으로 첫 번째, 응답자의 거주지 근처에 저수지가 있으며, 두 번째, 응답자의 거주지 근처에 수상태양광 발전소를 설치할 예정이라는 것을 가정하였다. 세 번째, 수상태양광 발전소는 발전소 주변 지역 주민들이 직접 투자할 수 있는 주민참여형 재생에너지 사업으로 추진되어 응답자는 채권 투자 참여 방식으로 발전소에 투자하여 이자 수익을 얻을 수 있다는 것을 가정하였다.

다음으로 선택실험 설문을 구성하기 위해 수상태양광 발전사업의 속성과 속성의 수준을 정하였다. 선택실험을 적절히 설계하기 위해서 대상이 되는 재화나 서비스를 충분히 설명할 수 있는 속성과 속성의 수준을 명확히 정의하는 것이 중요하다³⁵⁾. 수상태양광 발전사업의 속성과 속성 수준은 제2장에서 설명한 수상태양광 발전 개요 및 현황과 제3장에서 설명한 선행 연구를 바탕으로 하여 설정하였다. 각 속성에 대한 설명과 속성 수준은 Table 1과 같다.

다섯 가지 속성을 바탕으로 직교 배열법(Orthogonal Design)을 이용하여 18개의 수상태양광 발전사업 유형을 선별하고 이를 6개의 세트로 구성하고, 각 세트에 포함된 3개의 수상태양광 발전사업 유형에 대해 가장 선호하는 유형 1개를 응답하게 하였다. 선택 질문 예시는 Fig. 4와 같다.

자료 수집을 위해 ㈜마크로밀 엠브레인을 통해 2022년 9월 5일부터 7일까지 2일간 온라인 방식으로 설문조사를 진행하였다. 전국 만 19세 이상 69세 이하 성인 남녀를 대상으로 성별, 연령별, 지역별 인구통계에 비례한 층화표본추출 방법을 통해 총 400명의 표본을 구성하였다.

Table 1. Attributes and Attribute levels

Attributes	Description and Attribute levels		
Distance	Shortest distance from the residence to the floating photovoltaic power plant		
	1) 1 km	2) 3 km	3) 5 km
Coverage ratio	The ratio of the installed area of the floating photovoltaic power plant to the full water area of the reservoir		
	1) 5%	2) 10%	3) 20%
Landscape	Exterior design of the floating photovoltaic power plant (Refer to Fig. 2 and Fig. 3)		
	1) Type 1  Fig. 2. Type 1 Example ³⁷⁾	2) Type 2  Fig. 3. Type 2 Example ³⁸⁾	
Project owner	Project owner who operates the floating photovoltaic projects		
	1) Public institution	2) Small company	3) Large company
Yield	Interest return on investment in bonds in community-based floating photovoltaic projects (pre-tax)		
	1) 7%	2) 10%	3) 12%

Ab1. 아래 세 가지 주민참여형 수상태양광 발전사업 중 가장 선호하는 유형 1개를 선택하여 주시기 바랍니다.

서비스 속성 구분	유형 A	유형 B	유형 C
거주지에서 수상태양광 발전소까지의 거리	거주지로부터 1km	거주지로부터 5km	거주지로부터 1km
수상태양광 발전소의 수면 점유율	수면 면적의 5%	수면 면적의 5%	수면 면적의 20%
수상태양광 발전소 경관			
수상태양광 사업 주체	공공기관이 추진하는 사업	중소기업이 추진하는 사업	대기업이 추진하는 사업
주민참여형 수상태양광 발전사업 참여 시 연 수익률	연 수익률 7%	연 수익률 7%	연 수익률 7%
가장 선호하는 유형 1개 응답란	유형 A	유형 B	유형 C

Fig. 4. Choice question Example

4.3 이산 선택 모형

4.3.1 혼합 로짓 모형

본 연구는 수상태양광 발전사업의 각 속성이 응답자의 수상태양광 발전사업에 대한 선호도에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 이산선택실험법을 이용해 응답자들의 데이터를 수집하였다. 확률 효용 이론(Random Utility Theory)에 따르면 응답자 n 이 선택 상황 t 에서 대안 j 를 선택할 때 얻을 수 있는 효용 U_{njt} 는 아래 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다³⁹⁾.

$$U_{njt} = V_{njt} + \epsilon_{njt} \tag{1}$$

응답자의 효용 U_{njt} 는 대안의 속성에 의해 결정되는 V_{njt} 와 확률적으로 랜덤하게 결정되는 ϵ_{njt} 의 합으로 나타낼 수 있다. 확률 효용 이론에서 응답자들은 자신의 효용을 극대화하는 대안을 선택하므로, 응답자 n 이 선택 상황 t 에서 대안 j 를 선택할

확률 P_{njt} 는 아래 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 P_{njt} &= \Pr(U_{njt} > U_{nlt}, \forall l \neq j) \\
 &= \Pr(V_{njt} + \epsilon_{njt} > V_{nlt} + \epsilon_{nlt}, \forall l \neq j) \\
 &= \Pr(V_{njt} - V_{nlt} > \epsilon_{nlt} - \epsilon_{njt}, \forall l \neq j)
 \end{aligned} \tag{2}$$

ϵ_{njt} 이 Type I 극단값 분포(type I extreme value distribution; Gumbel distribution)를 따르거나⁴⁰⁾, 혹은 IIA (Independence of irrelevant alternatives) 조건을 만족할 때⁴¹⁾, 응답자의 대안 선택 확률 P_{njt} 는 아래 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_{njt} = \frac{\exp(V_{njt})}{\sum_l \exp(V_{nlt})} \tag{3}$$

이때 식(3)의 V_{njt} 를 모델링 하는 방법에 따라 분석 모형이 달라지며, 본 연구와 같이 대안의 속성이 응답자의 효용에 미치는 영향을 분석하기 위해 사용되는 대표적인 모형은 조건부 로짓 모형(Conditional Logit Model)이다⁴²⁾. 조건부 로짓 모형에서 V_{njt} 는 아래 식(4)와 같이 대안의 속성 X_{jt} 에 대한 선형 함수로 나타낼 수 있으며, 계수 벡터 β 는 대안의 각 속성이 응답자의 효용에 영향을 주는 정도를 나타낸다.

$$V_{njt} = \beta' X_{jt} \tag{4}$$

다만 조건부 로짓 모형은 모든 응답자 $n = 1, 2, \dots, N$ 에서, 대안별 속성 차이가 동일한 계수 벡터 β 를 통해 응답자의 효용에 영향을 미치므로, 각 응답자 간 선호 양상의 이질성을 반영하지 못하는 한계가 있다. 그에 반해 혼합 로짓 모형(Mixed Logit Model)은 하나의 고정된 계수 벡터 β 를 가정하는 것이 아니라, 계수 벡터 β 가 어떤 공통의 확률 분포에서 생성된 확률변수로 보는 모형이다³⁹⁾. 이때 β 가 생성되는 확률 분포를 혼합 확률 분포(mixing distribution)라고 하며, 혼합 확률 분포 $f(\beta)$ 에 대한 응답자의 대안 선택확률 P_{njt} 는 아래 식(5)와 같이 모든 가능한 β 값에 대한 기댓값 형태로 나타낼 수 있다.

$$P_{njt} = \int \left(\frac{\exp(V_{njt}(\beta))}{\sum_l \exp(V_{nlt}(\beta))} \right) f(\beta) d\beta \tag{5}$$

혼합 확률 분포를 설정하는 방법에 따라 다양한 형태의 혼합 로짓 모형이 있으며, 계수 벡터 β 가 β_n ($n = 1, 2, \dots, N$) 과 같이 각 응답자마다 개별 생성된 확률변수라고 가정할 시 응답자의 효용의 V_{njt} 는 아래 식 (6)과 같다.

$$V_{njt} = \beta_n' X_{jt} \tag{6}$$

따라서 각 응답자별로 대안의 속성에 대한 효용 계수를 개별 추정할 수 있기 때문에 응답자 간 선호 이질성이 존재한다고 판단될 때 조건부 로짓 모형보다 혼합 로짓 모형이 더욱 적절한 분석 모형이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 응답자의 선호 이질성을 고려하여 수상태양광 발전사업의 속성이 수상태양광 발전 사업에 대한 선호도에 미치는 영향을 분석하기 위하여, 혼합 로짓 모형을 사용하여 추정하였다. 본 연구에서 고려한 수상태양광 발전사업의 속성 인자들을 반영한 효용 U_{njt} 는 아래 식 (7)과 같다.

$$\begin{aligned}
 U_{njt} &= \beta_{n, Distance} X_{jt, Distance} \\
 &+ \beta_{n, Coverageratio} X_{jt, Coverageratio} \\
 &+ \beta_{n, Landscape} D_{jt, Landscape} + \beta_{n, Owner1} D_{jt, Owner1} \\
 &+ \beta_{n, Owner2} D_{jt, Owner2} + \beta_{n, Yield} X_{jt, Yield} + \epsilon_{njt}
 \end{aligned} \tag{7}$$

또한, 본 연구에서는 각 응답자별 속성의 효용에 대한 영향도 β_n 를 추정하기 위하여 계층적 베이저안 추정을 사용하였다. 베이저안 추정 시 β_n 에 대한 사전분포로 평균 벡터 b , 공분산 행렬 W 의 다변수 정규 분포(Multivariate normal distribution)를 가정하였으며, 선택실험에서 응답자 n 이 선택 상황 t 에서 대안 j 를 선택하였는지 여부 Y_{njt} 는 P_{njt} 에 대한 베르누이 시행으로 가정하였다.

4.3.2 한계수용의사액 추정

속성의 한계수용의사액(MWTA, Marginal Willingness to Accept)은 속성의 수준이 한 단위 변화할 때 응답자들이 요구하는 보상 또는 인센티브의 수준을 나타낸다. 한계수용의사액은 각 속성의 추정 계수를 가격 속성의 추정 계수로 나눈 값을 음의 값으로 계산한 값이며, 아래 식 (8)과 같다.

$$MWTA_k = - \frac{\delta U / \delta x_k}{\delta U / \delta x_{yield}} = - \frac{\hat{\beta}_k}{\hat{\beta}_{yield}} \tag{8}$$

본 연구에서 가격 속성의 경우 주민참여형 수상태양광 발전 사업 참여 시 얻을 수 있는 이차 수익률로 정의하였기 때문에 속성 수준이 한 단위 변화할 때 응답자가 요구하는 수익률 수준으로 해석할 수 있으며, 본 연구에서는 이를 한계수용수익률로 표현한다. 한계수용수익률이 양의 추정값을 갖는 경우, 속성이 한 단위 증가할 때 응답자는 한계수용수익률만큼 수익률을 더 요구할 용의가 있다고 해석할 수 있다. 반대로, 한계수용수익률이 음의 추정값을 갖는 경우, 속성이 한 단위 증가할 때 응답자는 한계수용수익률만큼 수익률을 덜 요구할 용의가 있다고 해석할 수 있다.

4.3.3 속성의 상대적 중요도 추정

속성의 상대적 중요도는 속성의 부분 가치를 이용하여 구할

수 있다. 속성의 부분 가치란 속성의 평균적인 선호도를 뜻하며, 혼합 로짓 모형을 통해 구한 각 속성의 추정 계수를 이용하여 구할 수 있다. 구체적으로 설명하면 속성의 추정 계수에 속성 수준의 변동폭을 곱하여 구할 수 있으며, 속성 수준의 변동폭은 속성 수준의 최댓값과 최솟값의 차이이다. 속성의 상대적 중요도는 속성들의 부분가치의 합에서 해당 속성의 부분가치 비율을 구함으로써 파악할 수 있다⁴³⁾.

5. 연구 결과 및 시사점

5.1 혼합 로짓 모형 추정 결과

혼합 로짓 모형 추정 결과는 Table 2와 같다. 거리, 수면 점유율, 사업주체(공공기관), 사업주체(대기업), 수익률 속성의 경우 1% 수준에서 통계적으로 유의하며, 경관 속성의 경우 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 사업주체(공공기관), 사업주체(대기업), 수익률 속성의 경우 양의 추정 계수가 나왔으며 수면 점유율 속성의 경우 음의 추정 계수가 나왔다. 이를 해석하면 거주지에서 수상태양광 발전소까지의 거리가 멀수록 응답자들의 수상태양광 발전사업에 대한 효용이 증가하며, 수상태양광 발전소의 저수지 수면 점유율이 낮을수록 응답자들의 수상태양광 발전사업에 대한 효용이 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 수상태양광 발전사업의 사업주체가 중소기업일 때보다 공공기관 또는 대기업일 때 응답자들의 수상태양광 발전사업에 대한 효용이 증가하며, 수상태양광 발전사업에 참여하여 얻을 수 있는 수익률이 높을수록 응답자들의 수상태양광 발전사업에 대한 효용이 증가한다.

속성의 한계수용수익률 추정 결과, 첫 번째, 거리 속성의 한계수용수익률은 $-0.69\%/\text{km}$ 로, 이는 응답자의 거주지로부터 수상태양광 발전소까지의 거리가 1 km 멀어지는 경우 응답자

는 수상태양광 발전사업에 참여할 때 얻을 수 있는 수익률을 $0.69\%/\text{p}$ 덜 요구하는 것으로 해석할 수 있다. 거주지로부터 수상태양광 발전소까지의 거리가 멀수록 해당 수상태양광 발전사업에 참여할 때 응답자들이 요구하는 수익률이 낮고 거리가 가까울수록 요구하는 수익률이 높은 것이다. 두 번째, 수면 점유율 속성의 한계수용수익률은 $0.13\%/\text{p}/\text{p}$ 로 나타났으며, 이는 수상태양광 발전소의 수면 점유율이 1%p 커지는 경우 응답자는 수상태양광 발전사업에 참여할 때 얻을 수 있는 수익률을 $0.13\%/\text{p}$ 더 요구하는 것으로 해석할 수 있다. 수상태양광 발전소의 수면 점유율이 높을수록 수상태양광 발전사업에 참여할 때 응답자들이 요구하는 수익률이 높고 수면 점유율이 낮을수록 요구하는 수익률이 낮은 것이다. 세 번째, 경관 속성의 한계수용수익률은 $-0.57\%/\text{p}$ 로 나타났으며, 이는 수상태양광 발전소가 유형1로 설치되는 경우와 비교하여 유형2로 설치되는 경우 응답자는 수상태양광 발전사업에 참여할 때 얻을 수 있는 수익률을 $0.57\%/\text{p}$ 덜 요구하는 것으로 해석할 수 있다. 네 번째, 사업주체 속성의 경우 공공기관은 한계수용수익률 $-2.95\%/\text{p}$ 로 나타났으며, 대기업은 $-1.73\%/\text{p}$ 로 나타났다. 이는 중소기업이 수상태양광 발전사업을 추진하는 경우와 비교하여 공공기관이 추진하는 경우와 대기업이 추진하는 경우는 각각 응답자가 수상태양광 발전사업에 참여할 때 얻을 수 있는 수익률을 $2.95\%/\text{p}$, $1.73\%/\text{p}$ 덜 요구하는 것으로 해석할 수 있다. 수상태양광 발전사업의 사업주체가 중소기업인 경우 해당 수상태양광 발전사업에 참여할 때 응답자들이 요구하는 수익률이 높고, 중소기업 대비 공공기관 또는 대기업일 때 요구하는 수익률이 낮은 것이다.

이를 바탕으로 수상태양광 발전사업 추진 시 수용성 제고 방안을 생각해볼 수 있다. 예를 들어 사업의 경제성을 고려하여 수상태양광 발전사업을 대규모로 추진하기 위해 발전소의 수면 점유율을 높이는 경우, 수용성이 저하될 수 있기 때문에 주민들

Table 2. Estimation results of preferences for Community-Based floating photovoltaic projects

Attributes	Mean estimate of the parameter (Standard deviation)	Mean of variance (Standard deviation)	95% Credible Interval		MWTA (Standard deviation)	Relative importance	
Distance	0.4310* (0.0462)	0.2612 (0.0470)	0.3400	0.5187	-0.69%p/km (8.00)	17.12%	
Coverage ratio	-0.0641* (0.0132)	0.0355 (0.0042)	-0.0906	-0.0381	0.13%p/%p (3.16)	17.29%	
Landscape	0.0678 (0.1600)	3.5652 (0.6863)	-0.2513	0.3867	-0.57%p (27.95)	12.59%	
Project owner	Small company		Baseline				
	Public institution	2.2100* (0.1930)	5.9616 (0.9843)	1.8431	2.5860	-2.95%p (46.18)	20.66%
	Large company	1.0700* (0.1720)	4.1869 (0.8369)	0.7277	1.4064	-1.73%p (36.46)	14.73%
Yield	0.3040* (0.0418)	0.2375 (0.0555)	0.2260	0.3909	-	17.60%	

* significant at 1% level

이 해당 발전사업에 참여하여 얻을 수 있는 수익률 수준을 높이는 방법으로 수용성을 확보하는 방안을 마련할 수 있을 것이다.

추가적으로 속성의 한계수용수익률에 대한 표준 편차 분석 시 사업주체 속성의 한계수용수익률의 표준편차가 거리, 수면 점유율 속성에 비해 매우 큰 것으로 확인되었다. 이는 응답자들의 사업주체 속성에 대한 선호이질성이 거리, 수면 점유율 속성에 대한 선호이질성에 비해 큰 것으로 볼 수 있다. 거리, 수면 점유율 속성에 대한 선호도는 사업주체 속성과 비교하였을 때 응답자들끼리 비슷한 선호를 가지고 있는 것으로 볼 수 있다.

속성의 상대적 중요도 추정 결과, 사업주체(공공기관), 수익률, 수면 점유율, 거리, 사업주체(대기업), 경관 순서대로 속성의 상대적 중요도가 높은 것으로 확인되었다. 응답자들은 주민참여형 수상태양광 발전사업 대안 선택 과정에서 수상태양광 발전사업의 주체가 공공기관인지를 가장 중요하게 고려하며, 수상태양광 발전사업에 참여함으로써 얻을 수 있는 수익률, 발전소의 수면 점유율, 거주지로부터 발전소까지의 거리를 유사한 정도의 중요도로 고려하며, 다음으로 수상태양광 발전사업의 주체가 대기업인지를 고려하며, 수상태양광 발전소의 경관 유형은 다른 속성에 비해 중요도가 다소 낮은 것으로 나타났다.

응답자들이 수상태양광 발전사업 대안을 선택하는 데 있어 사업 주체가 공공기관인지를 가장 중요하게 고려하는 것으로 보아 응답자들은 공공기관이 안정적으로 수상태양광 발전사업을 추진하고 운영하기를 원하며, 국가사업으로 수상태양광 발전사업이 추진될 때 사업에 대한 거부감이 덜 한 것으로 추측할 수 있다.

5.2 선택확률 시뮬레이션 분석

혼합 로짓 모형으로 추정한 응답자의 속성별 효용 계수를 이용하여 다양한 수상태양광 발전사업 시나리오에 대한 응답자의 선택확률을 계산하여 선택확률 시뮬레이션 분석을 시행하였다.

첫 번째, 사업 주체별 응답자들의 수상태양광 발전사업 선택 확률을 추정하였다. 수상태양광 발전사업 A, B, C가 주어졌을 때 응답자가 각각의 사업을 선택할 확률을 구하였다. 발전사업 A, B, C는 거리, 수면 점유율, 경관, 수익률 속성의 수준은 모두 동일하며 발전사업 A는 공공기관이 사업을 추진하는 경우, 발전사업 B는 대기업이 사업을 추진하는 경우, 발전사업 C는 중소기업이 사업을 추진하는 경우로 가정하였다. 이때 선택확률은 응답자 400명의 선택확률의 평균으로 구하였다. 발전사업 A를 선택할 확률은 58%, 발전사업 B를 선택할 확률은 29%, 발전사업 C를 선택할 확률은 12%인 것으로 확인되었다. 발전사업 A를 선택할 확률이 50% 이상으로 사업주체 외 모든 속성이 같을 때 사업주체에 따라 응답자들의 선택확률의 차이가 매우 큰 것을 확인할 수 있다. 이러한 분석 결과는 수상태양광 발전사업 추진 시 공공기관이 사업을 추진하는 경우 지역 주민들의 수용성을 높일 수 있다는 것을 보여준다.

두 번째, 거리에 따른 응답자들의 선택확률 분석을 시행하였다. 응답자의 거주지로부터 발전소까지의 거리가 멀고(10km), 주민참여형 사업으로 추진되지 않는 발전사업 D와 주민참여형 사업(수익률 7%)으로 추진되는 발전사업 E, 두 가지 수상태양광 발전사업 대안이 주어졌을 때 발전사업 E의 거리 속성이 변화함에 따른 발전사업 E의 선택확률 변화를 분석하였다. 본 연구는 응답자가 주민참여형 수상태양광 발전사업에 참여하는 것을 가정하고 있으므로 선택확률은 응답자가 해당 발전사업에 참여할 확률이라고 할 수 있다. 발전사업 D와 발전사업 E는 수면 점유율, 경관, 사업주체 속성은 모두 같으며, 선택확률 분석 결과는 Fig. 5와 같다.

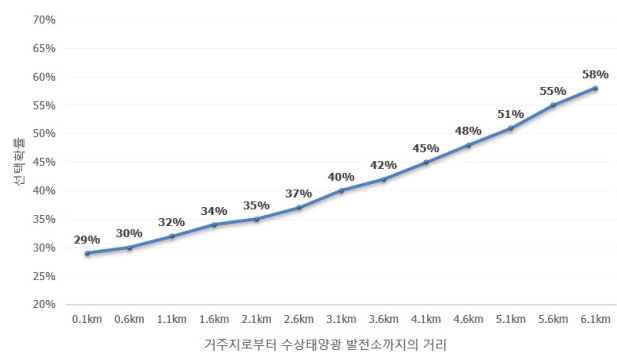


Fig. 5. Analysis of the selection probability of Project E by distance

발전사업 E가 거주지로부터 0.1 km 거리에 수상태양광 발전소를 설치하는 사업일 때 응답자가 참여할 확률은 29%이다. 거리 속성은 양의 효용 계수를 갖기 때문에 거주지로부터 수상태양광 발전소까지의 거리가 멀수록 응답자가 해당 발전사업을 선택할 확률이 높아진다. 이에 따라 시뮬레이션 분석 결과에서도 거리가 멀어질수록 선택확률이 증가하는 것을 볼 수 있다. 거리가 5.1 km 일 때 응답자가 발전사업 E에 참여할 확률이 50%를 넘어서는 것을 볼 수 있으며, 이는 응답자들이 수상태양광 발전사업에 참여하여 7%의 연 수익률을 얻을 수 있을 때, 응답자의 거주지로부터 수상태양광 발전소까지의 거리가 5.1 km 이상이 되면 해당 발전사업에 참여할 확률이 50%를 넘는 것으로 해석할 수 있다.

세 번째, 수익률에 따른 응답자들의 선택확률 분석을 시행하였다. 이를 알아보기 위해 거주지로부터 발전소까지의 거리가 멀고(10 km), 주민참여형 사업으로 추진되지 않는 발전사업 D와 수상태양광 발전소가 응답자의 거주지 근처(1 km)에 위치하며, 주민참여형 사업으로 추진되는 발전사업 F, 두 가지 수상태양광 발전사업 대안이 주어졌을 때 발전사업 F의 수익률 속성이 변화함에 따른 발전사업 F의 선택확률 변화를 분석하였다. 발전사업 D와 발전사업 F는 수면 점유율, 경관, 사업주체 속성은 모두 같으며, 선택확률 분석 결과는 Fig. 6과 같다.

발전사업 F가 연 수익률 1%의 주민참여형 수상태양광 발전

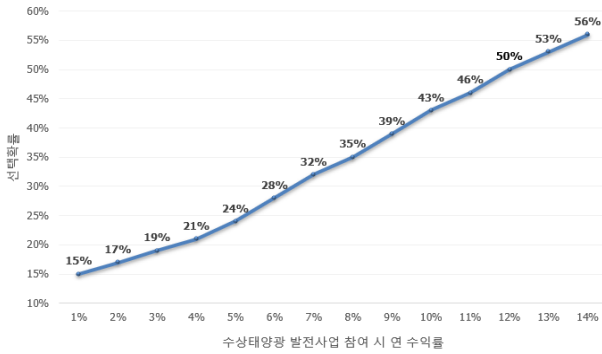


Fig. 6. Analysis of the selection probability of Project F by Yield

사업일 때 응답자가 참여할 확률은 15%이다. 수익률 속성은 양의 효용 계수를 갖기 때문에 응답자가 수상태양광 발전사업에 참여하여 얻을 수 있는 수익률이 증가할수록 해당 발전사업을 선택할 확률이 높아진다. 이에 따라 시뮬레이션 분석 결과에서도 수익률이 증가할수록 선택확률이 증가하는 것을 볼 수 있다. 수익률이 12%일 때 응답자가 발전사업 E에 참여할 확률이 50%를 넘어서는 것을 볼 수 있으며, 이는 응답자의 거주지로부터 수상태양광 발전소까지의 거리가 1 km일 때, 응답자들이 수상태양광 발전사업에 참여하여 얻을 수 있는 수익률이 12% 이상이 되면 해당 발전사업에 참여할 확률이 50%를 넘는 것으로 해석할 수 있다.

네 번째, 거리 속성 수준 차이에 따른 응답자들의 요구 수익률을 분석하였다. 요구 수익률은 수면 점유율, 경관, 사업주체 속성을 모두 동일하게 가정하고, 발전사업 G는 거리 1 km, 발전사업 H는 3 km, 발전사업 I는 5 km로 가정하여 세 가지 발전사업이 모두 다 같은 선택확률 33.3%를 갖는 수익률을 구하는 방식으로 계산하였다. 발전사업 G는 응답자의 거주지로부터 수상태양광 발전소까지의 거리가 1 km로 가장 가깝기 때문에 다른 대안과 같은 선택확률을 갖기 위해 가장 높은 11.6% 수준의 수익률을 요구하는 것으로 나타났다. 발전사업 I는 응답자의 거주지로부터 수상태양광 발전소까지의 거리가 5 km로 가장 멀기 때문에 5.8% 수준의 요구 수익률로도 다른 대안과 같은 선택확률을 갖는 것으로 나타났다. 발전사업 H의 요구 수익률은 중간 수준인 9.4%이다.

거리에 따라 응답자들의 요구 수익률이 다른 것은 현재 주민 참여형 재생에너지 사업 제도에 시사점을 줄 수 있다. 현재 주민 참여형 재생에너지 사업은 태양광의 경우 발전소가 설치된 곳에서 1 km에 위치하는 읍면동 주민을 참여 대상으로 하고 있다. 이는 참여 주민별 거주지에서 발전소까지의 거리는 반영되지 않고 참여 주민 모두에게 동일한 혜택을 부여하고 있어 발전소 인근 거주 주민들의 불만을 야기하여 인근 주민들의 수용성을 저하하는 요인으로 작용하였다. 따라서 정부에서는 현재 발전소 최인접 주민에게 우선 혜택을 부여하는 방향으로 제도개선 방안을 검토하고 있다. 개선안에 따르면 발전사업의 규모가 100

MW 미만일 경우 행정리 주민, 100 MW 이상일 경우 법정리 주민을 최인접지역 주민으로 하여 투자 기회를 우선 부여하고 수익률을 우대하는 등의 혜택을 부여할 수 있다⁴⁴⁾. 본 연구 결과에 따르면 거주지로부터 발전소까지의 거리가 가까울수록 참여 주민이 요구하는 수익률 수준이 높기 때문에 최인접 주민에게 수익률을 우대하는 해당 개정안은 적절한 개선 방안이라고 판단할 수 있다. 추가적으로 수상태양광 발전사업을 추진하는 사업자의 입장에서 주민참여형 수상태양광 발전사업 추진 시 참여하는 주민들에게 배분하는 수익은 사업의 비용으로 사업의 경제성에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 참여주민의 실제 거주지로부터 발전소까지의 거리를 고려하여 주민들이 실제 요구하는 수익률만큼 차등적으로 배분하여 사업의 수용성을 높이면서 사업의 경제성도 개선할 방안을 마련할 수 있을 것이다.

6. 결론

6.1 연구 결론

본 연구는 이산선택실험법을 이용하여 국내 수상태양광 발전사업에 대한 일반 국민들의 선호도를 분석하고 이를 바탕으로 수상태양광 발전사업 추진 시 수용성 제고 방안에 대해 검토하였다. 선호도 분석 결과 응답자들은 거리, 사업주체(공공기관), 사업주체(대기업), 수익률 속성에 대해서는 양의 효용을 갖고, 수면 점유율 속성에 대해서는 음의 효용을 갖는다는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 수상태양광 발전사업 추진 시 주민들의 거주지로부터 발전소까지의 거리가 멀수록, 발전소의 수면 점유율이 낮을수록, 중소기업 대비 공공기관 또는 대기업이 사업을 추진하는 경우, 주민참여 수익률이 높을수록 사업의 수용성을 높일 수 있음을 보여준다.

또한, 속성의 한계수용수익률을 추정한 결과 거리 속성은 $-0.69\text{p}/\text{km}$, 수면 점유율 속성은 $0.13\text{p}/\%$, 경관 속성은 -0.57p , 사업주체(공공기관) 속성은 -2.95p , 사업주체(대기업) 속성은 -1.73p 로 응답자들이 해당 속성이 변화함에 따라 사업에 참여하였을 때 요구하는 수익률 수준을 확인하였다.

속성의 상대적 중요도를 추정한 결과 사업주체(공공기관) 속성의 상대적 중요도가 가장 높고 수익률, 수면 점유율, 거리 속성은 비슷한 수준의 상대적 중요도를 가지며, 사업주체(대기업), 경관 속성은 상대적으로 중요도가 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 수상태양광 발전사업의 수용성을 높이기 위해 사업주체(공공기관) 속성을 우선적으로 고려해야 함을 보여준다.

선택확률 시뮬레이션 분석에서는 사업주체, 거리, 수익률 속성에 따른 응답자의 대안 선택확률 변화를 확인하였다. 사업주체 속성을 제외한 모든 속성을 동일하게 가정 후 사업주체 속성이 다른 세 가지 대안(공공기관, 대기업, 중소기업)을 제시하였을 때 응답자들의 대안 선택확률은 각각 58%, 29% 12%로 응답자들은 공공기관이 추진하는 사업에 대해 높은 수용성을 보

였다.

또한, 거리에 따른 응답자들의 요구 수익률 차이를 분석하여 발전소 최인접 주민에게 우선 혜택을 부여하는 주민참여형 재생에너지 사업 관련 제도 개정안에 대한 효과성을 확인하였다. 또한, 수상태양광 발전사업을 추진하는 사업자 측면에서 발전 사업에 투자하는 주민들의 실제 거리를 고려하여 분배하는 수익률을 다르게 할 수 있음을 제안하고자 한다.

본 연구는 수상태양광 발전사업의 속성이 수상태양광 발전 사업에 대한 효용에 미치는 영향을 확인함으로써 수상태양광 발전사업에 대한 수용성을 높이는 방안에 대해 검토하였다. 본 연구 결과는 수상태양광 발전 보급 확대를 위한 정책을 설계하는 재생에너지 정책 입안자와 수상태양광 발전사업을 추진하는 사업자가 수상태양광 발전사업의 수용성을 확보하는 데 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

6.2 연구 한계점

본 연구의 주요 한계점은 다음과 같다. 첫 번째, 본 연구는 일반 국민들을 대상으로 수상태양광 발전사업에 대한 선호도 분석을 위한 선택실험을 진행하였다. 일반 국민들을 대상으로 하는 경우 거주지 근처에 저수지가 없거나 거주지 근처에 수상태양광 발전사업이 추진되고 있지 않은 응답자들은 거주지 근처에서 추진되는 수상태양광 발전사업에 대한 선호도를 응답하기 어려울 수 있다. 본 연구는 이러한 한계점을 보완하기 위하여 선택실험 시 응답자들에게 응답자의 거주지 근처에 저수지가 있으며, 해당 저수지에 주민참여형 수상태양광 발전사업이 추진되어 채권 형식으로 참여하는 상황을 가정하여 응답할 것을 요청하였으나, 실제 거주지 근처에 저수지가 있거나 수상태양광 발전소가 설치되어 있는 사람과 비교하면 응답의 정확도가 낮을 수 있다. 후속 연구 수행 시 이러한 연구의 한계점을 보완하기 위하여 저수지, 담수호 등 수상태양광 발전소가 설치될 수 있는 수자원 근처에 거주하는 주민들을 대상으로 하거나, 혹은 거주지 근처에 수상태양광 발전소가 있거나 수상태양광 발전사업이 추진되고 있는 지역의 주민들을 대상으로 선택실험을 진행할 수 있을 것이다. 더 나아가, 특정 지역 주민들을 대상으로 선택실험을 진행한 후속 연구 결과를 본 연구 결과와 비교하여 일반 국민들의 수상태양광 발전사업에 대한 선호도와 수상태양광 발전소 인근 지역 주민들의 수상태양광 발전사업에 대한 선호도와 비교해볼 수 있을 것이다.

두 번째, 본 연구는 선택실험 설계 단계에서 수상태양광 발전사업의 속성 수준 설정 시 국내에서 실제 추진 중이거나 운영 중인 수상태양광 발전사업의 다양한 사례를 반영하지 못하였다. 본 연구에서는 아직 국내 수상태양광 발전사업의 사례가 많지 않아 실제 수상태양광 발전사업의 다양한 속성 수준을 반영하지 못하였고, 기존 문헌 연구 또는 수상태양광 발전 관련 제도를 주로 참고하여 속성 수준을 설정하였다. 후속 연구 진행 시 국

내 수상태양광 발전의 보급이 확대되어 실제 수상태양광 발전사업의 다양한 속성 수준을 반영할 수 있다면 이러한 한계점을 보완할 수 있을 것이다.

본 연구의 한계점을 보완하기 위해서 수상태양광 발전의 보급 확대가 필수적이다. 본 연구가 수상태양광 발전의 보급 확대에 도움이 될 수 있길 바라며, 더 나아가 수상태양광 발전의 보급 확대가 수상태양광 발전사업 관련 후속 연구에 도움이 되는 선순환이 일어날 수 있기를 기대한다.

후 기

This work was supported by Korea Environment Industry & Technology Institute (KEITI) through “Climate Change R&D Project for New Climate Regime”, funded by Korea Ministry of Environment (MOE) (2022003560009)

References

1. 2050 Carbon Neutrality and Green Growth Commission, “2030 Nationally Determined Contributions (NDC) Upward Plan,” (2021).
2. 2050 Carbon Neutrality and Green Growth Commission, “2050 Carbon Neutrality Scenarios,” (2021).
3. Ministry of Trade, Industry and Energy, “Renewable Energy 3020 Implementation Plan,” (2017).
4. Kim, B. M., “(Monday Article)Rapidly growing renewable energy ‘slow down’...Is the speed control on?,” Electimes, <https://www.electimes.com/news/articleView.html?idxno=304399> (2022).
5. Ju, J. C., Heo, N. J., Choi, S. H., Lee, S. H., “Current Status and Major Issues of Installation of Floating Photovoltaic Power Generation Facilities in Domestic and Foreign,” *Water for future*, 51(11), 34-41 (2018).
6. Kim, T. H., Lee, S. B., Park, H. J., Kim, T. H., Moon, J. W., “Study on the Policy of Planning Locations for Solar and Wind Power Facilities while Considering Social and Environmental Impacts,” *Journal of Climate and Environmental Policy*, 2018, 1 (2018).
7. Kim, G. B., “If floating photovoltaic is expanded, 11 nuclear power plants can be replaced,” *Kyunghyangnews*, <https://www.khan.co.kr/national/national-general/article/201707120600005> (2017).
8. Ministry of Environment, “2021 Ministry of Environment Carbon Neutrality Implementation Plan,” (2021).
9. Ministry of Trade, Industry and Energy, “The world’s largest floating photovoltaic project ever will be carried out in Saemangeum,” Ministry of Trade, Industry and Energy press release, https://www.motie.go.kr/motie/ne/presse/press2/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=161921&bbs_cd_n=81 (2019).

10. Choi, Y. K., Lee, N. H., Kim, K. J., "Empirical Research on the efficiency of Floating PV systems compared with Overland PV Systems," In Proceedings, The 3rd International Conference on Circuits, Control, Communication, Electricity, Electronics, Energy, System, Signal and Simulation, 25, 284-289 (2013).
11. Oh, H. Y., "Overseas Deployment Trends and Implications of Floating Photovoltaic," *Energy Focus*, 18(2), 40-57 (2021).
12. Ahn, S. H., Soh, Y. M., Yun, S. J., "Factors Influencing Residents' Acceptance of Floating Solar Focusing on the Floating Solar Project in Gunsan, Korea," *Dispute Resolution Studies Review*, 20(1), 35-79 (2022).
13. POSCO Newsroom, "Photovoltaic flower bloomed on water with PosMAC!," POSCO Newsroom Homepage, <https://bit.ly/2KPDA5x> (2020).
14. Kim, S. Y., "A Study on the Efficiency Analysis of Rotary type Floating Photovoltaic Power Generation system," Hanyang university (2015).
15. Kumar, D., "Floating PV Report: 2022, Global floating PV market forecast to install 13.7GW between 2022 and 2026," IHS Markit (2022).
16. Korea Power Exchange Power Policy Office, "Current status of power generation facilities in 2021," Korea Power Exchange Homepage, https://new.kpx.or.kr/board.es?mid=a10502000000&bid=0045&list_no=67845&act=view (2022).
17. Song, M. G., "[First publication special report] The icon of domestic renewables energy growth 'Floating Photovoltaic'-How to succeed?," *Todayenergy*, <http://www.todayenergy.kr/news/articleView.html?idxno=217283> (2019).
18. Jeong, H. G., "No Environmental Impact! Hapcheon Dam Floating Photovoltaic... The residents who opposed it are also positive," <http://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=45884>, (2022).
19. Ministry of Trade, Industry and Energy, "Guidelines for The Management and Operation of Renewable Portfolio Standard and Renewables Fuel Standard," (2022).
20. Jeong, H. G., "Korea Rural Community Corporation "Floating photovoltaic, the most efficient project to help develop rural areas"," *Industrynews*, <http://www.industrynews.co.kr/news/articleView.html?idxno=45905> (2022).
21. Ahn, S. H., Soh, Y. M., Ryu, H. J., Lee, H. E., Hwangbo, E. Y., Yun, S. J., "An Analysis of Policy Initiatives and Benefit Sharing Schemes to Support Floating Solar Power Plants," *New & Renewable Energy*, 17(4), 9-27 (2021).
22. Bae, J. H., Ahn, J. W., "Valuation of Multi-attribute of Wind Power Applying Conjoint Analysis," *Journal of Environmental Policy and Administration*, 16(3), 31-56 (2008).
23. Ek, K., Persson, L., "Wind farms — Where and how to place them? A choice experiment approach to measure consumer preferences for characteristics of wind farm establishments in Sweden," *Ecological Economics*, 105, 193-203 (2014).
24. van Putten, M., Lijesen, M., Özel, T., Vink, N., & Wevers, H., "Valuing the preferences for micro-generation of renewables by households," *Energy*, 71, 596-604, (2014).
25. Ham, A. J., Kang, S. J., "Assessing the public preference and acceptance for the renewable energy participation initiatives - focusing on Photovoltaic Power," *Journal of Energy Engineering*, 27(4), 36-49 (2018).
26. Kim, K. J., "The Regional Preference for the Acceptance of Renewable Energy Construction Project," Seoul National University (2019).
27. Choi, Y. K., "A Study on Power Generation Analysis of Floating PV System Considering Environmental Impact," *International journal of software engineering and its applications*, 8(1), 75-84 (2014).
28. Roh, T. H., Dan, H. J., "Current Status and Policy Considerations of Floating Photovoltaic Projects," *Environment Forum*, 203, 1-19 (2015).
29. Kim, H. J., Kwak, S. N., Yoon, M., Kim, L. K., Kim, Y. S., Kim, D. S., "Effect of a Floating Photovoltaic System (FPV) at Chungju Dam (Cheongpung Lake) on Water Quality," *Korean Journal of Ecology and Environment*, 52(4), 293-305 (2019).
30. Goswami, A., Sadhu, P., Goswami, U., Sadhu, P. K., "Floating Solar Power Plant for Sustainable Development: A Techno-Economic Analysis," *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(6), (2019).
31. Ahn, C. M., Ju, J. C., Kim, J. H., Choi, S. H., Jang, J. S., Go, H. W., "Review of Installation Status and Major Environmental Issues of Floating Photovoltaic Power Plants," *Journal of Korean Society of Environmental Engineers*, 43(4), 286-298 (2021).
32. Lee, Y. H., Kim, K. M., "Policy Agenda Setting of Floating Solar PV - Based on the Co-evolution of Technology and Institutions -," *Journal of Korean Society on Water Environment*, 37(6), 493-500 (2021).
33. Shin, C. O., Lee, H. D., Choi, J. Y., "The Economic Benefits of Coastal Environment Restoration," *Korea Maritime Institute* (2007).
34. Shin, J. W., Go, S. M., Kwon, R. H., Oh, M. J., Hong, A. R., "A study on the valuation method of the public offering projects by considering uncertainty: Focusing on conjoint analysis under uncertainty," *Korea Institute of Science & Technology Evaluation and Planning* (2018).
35. Louviere, J. J., Hensher, D. A., Swait, J. D., "Stated Choice Methods: Analysis and Applications," Cambridge university press (2000).
36. Oh, C. O., Lyu, S. O., & Holland, S. M., "Understanding Tourists' Preferences for Boat Fishing Trips," *Tourism Economics*, 18(2), 413-429 (2012).
37. Hanwha group, "Hanwha Q Cells, Europe's No. 1 player, will participate in the Netherlands' largest floating photovoltaic project," Hanwha group, A sustainable tomorrow Blog. <https://m.blog.naver.com/hanwhadays/221251007304> (2018).
38. Ministry of Environment, "Community-Based Hapchon Dam Floating Photovoltaic, The Nation's Largest Power Plant," Ministry of Environment press release, <http://www.me.go.kr/home/web/board/read.do?menuId=10525&boardMaster>

- Id=1&boardCategoryId=39&boardId=1489830 (2021).
39. Train, K. E., "Discrete Choice Methods with Simulation," Cambridge university press (2009).
 40. Maddala, G. S., "Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics," Cambridge University Press (1983).
 41. Luce, R. D., "Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis," John Wiley and Sons (1959).
 42. McFadden, D., "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior," (1973).
 43. Lee, S. W., "A Study on Individual User's Preference and Adoptingintention for Cloud Storage Service," Seoul National University (2014).
 44. Korea Energy Agency New-Renewable Energy Center, "Community-Based Renewable Projects (Including The Separation Distance) Improvement Plan Presentation," (2022).