

수상태양광 정책의제설정 연구
- 기술과 제도의 공진화 관점 -

이유현¹ · 김경민^{2,*}

¹아주대학교 · ²국회입법조사처

Policy Agenda Setting of Floating Solar PV
- Based on the Co-evolution of Technology and Institutions -

Youhyun Lee¹ · Kyoung-min Kim^{2,*}

¹Department of Public Administration, Ajou University

²National Assembly Research Service

(Received 23 September 2021, Revised 29 November 2021, Accepted 29 November 2021)

Abstract

Floating solar photovoltaic (hereinafter PV) power generation is emerging as a proper alternative to overcome various environmental limitations of existing offshore PV generation. However, more government-led policy design and technical and institutional development are still required. Based on the policy agenda setting theory and technological innovation theory, this study contains the research questions concerning the co-evolution of technology and the floating solar PV policy. This study primarily evaluates the technological and institutional development level of floating solar PV policy through a survey of domestic floating solar PV experts. Secondly, we also analyze the kind of policy agenda that should be set *a priori*. Analyzing the priorities to be considered, the first environmental enhancement needs to be considered from both the technical and institutional aspects. The second candidate task for the policy agenda is residents' conflict and improvement of regulations. Both candidate tasks need to be actively considered in the policy agenda from the institutional point of view. The third is publicity, profit sharing, follow-up monitoring, and cost. Among them, public relations and profit sharing are tasks that need to be considered in the policy agenda from the institutional point of view. On the other hand, the cost of follow-up monitoring should be considered as a policy agenda in terms of technology, system, and common aspects. Finally, there are technical standards. Likewise, technical standards need to be considered in the policy agenda in terms of both technical and institutional commonality.

Key words : Expert survey, Floating solar PV, Policy agenda, Renewable energy policy

¹ 조교수(Assistant Professor), youhyun@ajou.ac.kr, <https://orcid.org/0000-0001-9345-1094>

² Corresponding author, 입법조사관(Legislative Researcher), kmkim@assembly.go.kr, <https://orcid.org/0000-0002-4729-032X>

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.

1. Introduction

일반적으로 재생에너지 발전과 관련한 기술은 환경친화적이며 기술력에 기반하고 있어 기존 주력 에너지원인 석탄화력, 원자력 등 보다 사회적 수용성이 높을 것이라는 인식이 있다(Lee et al., 2007; Song, 2013). 그러나 이러한 인식은 최근 다양하게 부상하고 있는 육상태양광, 육상풍력, 해상풍력, 수소연료전지발전소 등의 입지갈등 사례에서처럼 바뀌고 있다. 다수의 갈등사례가 입증해 주듯이, 친환경적인 재생에너지 발전이 반드시 수용성이 높은 것은 아니라는 점을 여실히 보여주고 있다. 현재 시점은 재생에너지 정책이 고도화됨에 따라, 기존 재생에너지원 중 절대다수를 차지하고 있는 육상태양광, 육상풍력 등에 대해 녹색 대 녹색(Green versus Green)이 늘어나고 있는 시점이기에(Lee et al., 2019; Voigt et al., 2019), 우리는 여러 가지 필요에서 대안으로써의 수상태양광 발전에 주목해볼 필요가 있다. 2021년은 여러모로 한국 정부에게 있어 에너지 정책의 중요한 변곡점이 될 수 있는 해이다. 2021년은 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)의 파리협정(Paris's Agreement)에 의한 신기후체제가 본격적으로 출범하는 해이기도 하면서, 문재인 정부에서 “탄소중립”을 2050년의 거시적으로 목표로 정하고, 목표달성을 위해 다양한 기후변화 및 에너지 관련 제도와 계획을 정비하고 있는 시점이다. 그동안 국내의 에너지 정책은 에너지믹스를 다양화하고 국제적인 추세에 부합할 수 있도록 태양광, 풍력발전을 필두로 한 신재생에너지 공급의무화제도(Renewable Portfolio Standard, RPS)를 통해 재생에너지 발전을 확대하는 정책을 시행하였다(Lee and Seo, 2019). 국내 재생에너지 발전의 절대 다수의 비율을 차지하고 있는 것은 육상태양광 발전이며, 최근 태양광 발전은 비약적으로 성장하였다 (Kim et al., 2019). 그러나 육상태양광 발전의 급속한 확산은 또 다른 환경적 문제를 발생시켰다. 국토면적이 협소하고, 인구밀도가 높은 한국과 같은 토지이용에서는 육상태양광 발전이 산지나 농지를 훼손시킬 우려가 크며, 실제로 여름 등 국지성 호우가 심한 시기에는 태양광 발전 시설 주변의 토지가 유실되어 문제를 발생시키는 등 국토관리 측면에서의 다양한 문제점들이 부상하고 있고(Hooper et al., 2021), 새로운 육상태양광 발전시설을 설치하기에는 유향 부지를 찾기가 어렵다는 평가가 나오고 있다(Kim et al., 2018; Lee, 2019; Lim, 2018). 수상태양광은 기존의 육상태양광이 가지는 국토이용에 있어서의 문제점들을 어느 정도 보완하면서도, 한국이 세계적으로 이니셔티브를 가지고 있는 재생에너지 발전원이다(Jeong et al., 2019). 전세계적으로 설치되어 있는 수상태양광 발전의 총 설비용량은 2018년 12월 기준으로 1.3 Gw이고, 국제적으로 2015년 이후 수상태양광 발전이 급증하고 있는 동시에 중국, 일본, 한국 등 농업용 저수지가 발달한 국가의 수상태양광 발전이 증대되고 있는 것이 특징적이다. 그러나 수상태양광에 대한 국민적인 인식수준이 아직도 낮으며, 수상태양광은 타 재생에너지원의 발전수준과 비교하여 아직 초기 단계에 있기 때문에, 더 많은 연구가 축적될 필요가 있는 주

제이다. 한편, 기술혁신이론에서는 신기술이 기술혁신을 이룩하기 위해서 사회시스템적인 관점에서 서로 반대 측면을 가진 제도가 연대하여, 상호보완적으로 발전해야 한다는 공진화의 개념을 말하고 있다. 기존의 과학기술정책이 기술혁신을 통해 이룩하고자 하는 궁극적인 목표가 결과론적 목표에 해당하는 국가경쟁력 제고 등이었다면, 기술과 제도의 공진화라는 목표는 그 자체로 과정적 목표에 해당한다는 점에서 새로운 시대의 과학기술정책 목표로 긍정적인 평가를 받을 만하다. 본 연구에서는 신기술 정책에 해당하는 수상태양광 정책의 궁극적인 정책방향성을 기술과 제도의 공진화로 설정하고 있다. 이러한 거시적인 정책방향성에 근거하여 수상태양광 정책의 초점을 어디에 두어야 하는지, 또 실제적인 기술과 제도의 공진화를 달성하기 위해 정부가 향후에 설정해야 할 정책의제들이 어떠한 것들이 있는지 후보과제를 탐색해보고자 한다. 연구 문제에 대한 해답을 탐색하기 위해 본 연구에서는 수상태양광 정책에 실제 참여하거나, 이해도가 높은 전문가 집단에게 전문가 설문조사를 실시하였다. 구체적인 연구 질문은 아래와 같다.

연구문제 1. 수상태양광의 정책의 기술적 발전 수준과 제도적 발전 수준은 어떠한가?
 연구문제 2. 수상태양광 정책의 기술과 제도의 공진화를 달성하기 위해 정부는 어떠한 정책의제를 설정해야 하는가?

본 연구문제를 해결하기 위해 본 연구에서 사용한 주된 연구방법은 전문가 설문조사이다. 설문조사는 개방형 질문의 형식으로 국내 물관련 정책과 관련된 학계, 한국수자원공사, 한국농어촌공사, 환경부 등 다양한 전문가들을 대상으로 진행되었다. 향후 연구의 전개는 다음과 같다. 우선 2장에서 이론적 배경에 관해 정책학에서 통용되는 정책의제설정이론, 공진화의 방향성에 대한 기술과 제도의 관계를 설명과 한국의 수상태양광 현황을 간략하게 소개한 후 선행연구 검토와 설문 방법을 설명한다. 3장에서는 연구방법과 그에 기초한 연구설계를 소개한다. 첫째, 환경성, 비용, 사후모니터링, 기술표준의 기술적 과제와 주민갈등, 규제개선, 홍보, 이익공유와 같은 제도적 과제를 통해 수상태양광정책의제 후보과제를 도출하고, 마지막 4장에서는 결론과 함께 앞서 제시한 2개의 연구문제에 대한 해답을 제시하고, 정책적 함의를 제시하고자 한다.

2. Materials and Methods

2.1 정책의제설정(policy agenda setting) 이론

정책의제설정이란 정부가 사회문제를 정책문제로 채택하여 정책적 해결을 하는 행위와 과정을 말한다(Kwon, 2008). 다시 말해 특정 사회문제를 정책적으로 해결하기 위해 심각하게 고민하는 과정이다(Yoo, 1992). 사회에는 무수한 사회문제가 있지만, 그중에서 일부는 정책의제로 채택이 되고, 나머지는 사회문제로 부유하기 때문에 특정 사회문제가 정

책의제로 행정부에 의해 채택이 되는 것은 굉장히 큰 중요성을 가지게 된다. Kwon (2008)에 의하면, 정책의제 설정은 3가지 측면에서 중요한 의미를 가진다고 보고 있다. 첫 번째는 첫 정책과정 단계로서의 중요성이다. 제도화되지 못하였으나 사회에서 발생하는 문제 간에도, 해당 문제가 선택되어 정책문제화 되지 않으면 사회문제는 사회문제로서만 존속하게 된다. 그러나 정책의제로 선택되는 경우 해결가능성이 높아지게 된다. 둘째로는 정책의제 설정은 그 이후의 정책결정과 정책집행, 평가과정에 영향을 미친다는 점이다. 대개 정책의제로 채택된 문제는 정책의제 설정과정에서 정책대안에 대한 논의가 진행되고, 정책대안이 마련될 가능성이 매우 높다. 마지막으로 미래예측적 관점이다. 정부는 인적 및 재정적 역량의 한계로 사회에 존재하는 모든 사회문제에 대해 해결책을 제시할 수는 없다. 따라서 미래에 미칠 영향력을 고려하여 가장 중요하고 우선순위가 있는 문제들을 예측적으로 선정하여 정책의제화 하는 과정을 겪게 된다. 따라서 미래예측에 기초한 정책설계가 의미가 있으며, 정책의제 설정이 중요성을 갖게 되는 이유이기도 하다.

2.2 기술과 제도의 관계: 공진화의 방향성

기술이라는 것은 사회시스템에서 고립된 상태로 존재할 수 없으며, 사회적 환경과 더불어 진화하고, 혁신을 이루게 된다 (Zhang, 2020). 따라서 사회-생태의 통합적 시각에서 기술과 제도와의 관계를 이해하려는 노력이 필요하며, 제도 혹은 기술의 혁신과 발전은 상호간의 맥락속에서 이루어지는 것이 바람직하다. 최초의 기술혁신(technology innovation)은 스펀터가 말했던 기술혁신의 의미와 일맥상통하며, 스펀터가 말하는 기술혁신의 핵심은 기술의 발전으로 말미암아 공정, 제품, 시장 등 유관영역이 변화하며(Romer, 1990), 이로 인한 새로운 이윤발생을 의미한다(Hong, 2016). 기술혁신을 협의로 정의한다면, 기술혁신이란 단순히 신기술의 실제적 혹은 상업적 적용이라고 볼 것이나, 광의의 기술혁신은 기술발명 이후의 전과정을 의미한다(Hong, 2016). 과학기술정책의 관점에서 기술혁신이란 광의의 기술혁신의 개념에 기초하고 있는데, 특히 기술과 사회적인 환경과의 상호작용을 중요시하고 있다. 기술혁신이 일어나게 되는 근본적인 두 가지 대립되는 학설은 기술주도설과 수요견인설이다. 기술주도설에서는 과학기술의 발전이 혁신을 이끈다고 보고 있다. 한편 수요견인설에서는 사회적 수요의 확대가 과학기술의 발전을 이끌고, 결국 기술혁신으로 이어진다는 관점이다. 그렇다면 우리가 보고자 하는 제도는 이 두 가지 학설 중 어디에 위치하고 있는 것일까? 제도란 것은 사회, 더 나아가 정부가 사회적 수요를 반영하여 인위적으로 가공해낸 권위 있는 장치를 의미한다. 그러나 모든 사회적 수요가 제도로 이어지는 것은 아니며, 정부가 제도를 만들어낼 때에는 사회에 존재하는 여러 가지 이슈들 중 중요하고, 다수에게 영향을 크게 미칠 수 있는 정책문제를 선별하여 제도를 만들게 된다. 그렇게 때문에 제도는 사회와 기술의 중간영역쯤에 위치하고 있는 마중물로 보는 것이 타당하다. 기술혁신과 제도는 서로간의 학습을 통해 궁극적인 국가경쟁력을 제고시키는 효과를

가져 오게 된다. 기술혁신과 제도의 관계는 시간에 따라 변화할 수 있으며, 각각 기술의 변화와 제도의 변화를 수반하게 된다. 따라서 그의 연구에서는 궁극적인 기술과 제도의 상호작용으로 인한 기술혁신이 최종적으로 달성하고자 하는 목표는 국가경쟁력의 제고인 것처럼 보인다. 그러나 기술발전과 제도발전에 의한 기술혁신의 궁극적 목표를 국가 경쟁력 강화라는 결과론적 목표를 설정하는 것보다는 그러한 상호작용과 상호학습과정 사이에서 일어나는 기술 발전과 제도발전 그 자체로써 두는 것이 보다 과정론적 목표에 부합하고, 혹여 여타의 외부요인들로 인해 기술혁신이 가시적인 국가경쟁력 강화로 이어지지 않는다고 할지라도, 포기하지 않고 각 주체들이 기술혁신을 위한 노력해나갈 수 있는 지속가능한 동력이 될 것이다. 따라서 본 연구에서의 기술발전과 제도 발전을 통한 기술혁신이 궁극적으로 지향하는 목표는 양자간의 공진화에 두고자 한다. 이미 많은 연구자들이 기술과 사회는 끊임없는 상호작용을 통해 함께 혁신으로 나아가는 공진화의 관계를 보이고 있다(Han, 2017; Han, 2018; Han, 2020; Moore, 1996; Sung and Song, 2007)고 보고 있다. 기술과 제도의 공진화를 궁극적인 기술혁신의 목표로 두었을 때 우리는 보다 단순한 결과보다는 혁신으로 나아가는 과정 그 자체에 의미를 두고, 혁신활동을 지속할 수 있다.

2.3 한국의 수상태양광 현황

태양광 발전이란 태양에서 나오는 빛 에너지를 변환하여 전기를 생산하는 발전방식을 의미한다. 햇빛을 받으면 광전 효과에 따라 전기를 발생하는 태양전지를 활용하고 있다. 태양광은 전력생산량이 지역별 일사량에 의존하고 있고, 에너지 밀도도 낮고, 시스템 비용도 고가이며 초기 투자비용과 발전단가가 높은 단점을 가지고 있다. 그러나 이러한 단점들을 상회하는 장점을 가지고 있다. 에너지원이 청정하고, 태양에너지를 활용하기 때문에 무제한적이고, 20년 이상의 긴 수명을 가지고 있는 것에 더해 수상태양광의 경우에는 친환경성이 더욱 높다. 구체적으로 육상태양광에 비해 수상태양광은 산림 및 토지훼손이 발생하지 않으며, 태양광 차단으로 물의 녹조현상도 완화 시킬 수 있다. 수상태양광 발전설비는 부력체, 계류장치, 태양광 모듈, 수중케이블 등으로 구성되며, 수중케이블을 통해 지상의 인버터, 수배전반과 연결된다(KDI, 2018). 수상태양광은 두 가지 타입으로 현재 국내외에서 사용되고 있다. 첫 번째 타입은 기구형 부력체 타입으로 모듈과 부력체를 연결해주는 구조체가 별도로 이루어진 형태이다. 두 번째 타입은 부력일체형 타입으로 모듈과 부력체를 일체화한 타입이다. 기구형 부력체 타입은 수위 변화와 유속의 변동이 많은 곳에 설치될 수 있다. 저수지 면적이 넓은 곳이나 댐, 만과 같은 곳에 주로 설치하게 된다. 발전효율은 높으나 건설비용이 매우 비싸서 경제성이 확보되지 않았다는 단점이 있다. 반면 부력일체형은 수면이 비교적 잔잔한 곳이나 규모가 작은 저수지에 설치가 된다. 기구형 부력체 타입 보다 안정성이 떨어지며, 발전효율은 낮으나 경제성 측면에서 유리하다. 우리나라에 현재 상용화되어 있는 타입은 기구형 부력체 타입이다. 수상태양광은 초기 상용화 단계에 있

으나, 유럽과 미국, 일본 등에서 수상태양광 발전시설에 관심을 가지고 시장을 확장해나가는 추세이다(Yoon, 2019). 2018년 하반기 기준 전 세계적으로 수상태양광 발전용량은 1.3 GWp로 중국, 일본, 한국, 대만, 영국 순서로 수상태양광 발전시설이 많이 설치되고 있다(Ahn et al., 2021). 우리나라의 경우 2012년에 합천댐에 세계 최초의 수상태양광 발전소를 건설한 이후 한국수자원공사와 한국농어촌공사에서 적극적으로 수상태양광 발전시설을 확대해나가고 있다. 특히 한국수자원공사의 경우 이후에도 2016년에 보령댐, 2017년에 충주댐 등 3개 댐 5개소에 한국수자원공사의 100% 재원으로 단독 개발한 5,500 kW의 수상태양광 발전시설을 운영 중이다. 앞서 언급했듯이 수상태양광은 육상태양광 발전에 다양한 장점들을 가지고 있다. 그러나 그럼에도 불구하고 수상태양광에 대해서는 상당히 갈등을 겪는 상황이 다수 발생하고 있다. 충청북도 제천시 청풍호의 수상태양광발전소 건립과 충북 옥천군 이원면 개심저수지의 수상태양광발전소 건립에서의 갈등이 그 대표적인 예이다(Lee, 2019). 청풍호의 경우 한국수자원공사가 주관하여 수상태양광발전소 건립을 추진하였는데, 주민들이 수익성에 대한 의문과 전자파발생, 중금속 용출에 의한 식수원 오염 우려, 농작물 피해 등의 이유로 갈등을 겪었다. 개심저수지의 경우 한국농어촌공사가 추진하였으며, 주민들이 수해가능성, 빗공해, 조망권 침해, 환경피해 등을 이유로 극심한 갈등을 겪었다. 수상태양광발전이 육상태양광발전시설이 가지는 한계를 극복하고, 에너지믹스에서의 재생에너지 비중을 높이는 좋은 대안이 될 수 있지만, 여전히 낮은 사회적 수용성을 보여주고 있고, 이러한 주민 수용성을 높이기 위해서는 수상태양광 발전에 대한 명확한 정책수립이 요청되는 상황이다(Lee, 2019).

2.4 선행연구 검토

정책적인 관점을 일정 수준 반영한 수상태양광에 관한 국내 연구는 현재로서는 매우 소수이다. 공학 논문이기는 하나 Ahn (2021)의 연구에서는 수상태양광 발전시설에 대한 현황과 주요 환경적 쟁점에 대해 고찰하였다. 수상태양광 국내 설치사례를 조사하고, 수상태양광 설치에 따른 주요 환경적 쟁점인 유해물질 용출, 수질변화, 수생태계 변화, 수온·조도 변화, 수생태계 교란 가능성에 관련된 기존 문헌 고찰결과, 수상태양광 발전시설이 미치는 영향은 미미하다는 결론을 얻었고, 환경적으로 녹조 저감과 수생태계 복원에는 긍정적 효과를 얻는다는 연구결과를 제시하였다. Kim (2018)의 연구에서는 수상태양광 발전시설의 설치 기준의 불명확성 및 환경부, 국토교통부, 산업통상자원부 등 부처간 협조체계 미흡 등을 지적하고 이의 해결방안으로 수상태양광 발전사업을 환경영향평가 대상으로 명확히 지정하고, 수상태양광 발전사업을 위한 가이드라인을 도입하여 설치 인허가에 대한 행정처리의 재량범위를 명확히 하며, 수면적 대비 발전시설 설치면적의 기준에 관한 가이드라인을 마련할 필요가 있고, 마지막으로 수상태양광 발전시설의 설치, 운용 및 폐기 등 전(全) 주기를 고려한 관리방안 마련이 수립될 필요가 있음을 제안하였다. Yoon (2019)의 연구에서는 수상태양광 설치에

관한 현재의 명시적인 규정이 없는 것을 지적하고, 수도법의 상수원보호구역 내 행위제한 규정에 의한 수상태양광설치 제한 규정을 고찰하였다. 수상태양광의 환경적 영향에 대한 연구가 초기단계에 있음을 고려하여 우선적으로 환경적 영향을 낮은 곳을 우선적으로 개발하고, 향후 연구결과 축적을 통해 불필요한 규제를 완화할 것을 제안하였다. 마지막으로 Lee (2019)의 연구에서는 수상태양광을 전면적으로 내세우지는 않았으나, 전반적인 친환경적 토지이용규제의 한 사례로 육상태양광과 수상태양광, 육상풍력, 해상풍력 발전시설을 둘러싼 갈등사례에 대해 분석하였다. 갈등 원인과 해결방안을 행위자별로 제시하고, 궁극적인 태양광과 풍력의 목표량 달성을 위한 발전방안을 제시하였다. 한편 국외 논문의 경우 최근 다양한 학문분야에서 수상태양광에 대한 정책학적 함의를 포함한 연구들이 진행되고 있다. Goswami and Sadhu (2021)의 경우에는 수상태양광을 폐수관리시스템에 적용할 수 있는가에 대한 실험연구를 진행하였다. 이들은 수상태양광의 경제성 분석을 포함한 연구결과를 통해 정책결정자들이 수상태양광의 적용을 고려할 수 있도록 하였다. Pouran (2018)의 경우 중국의 대규모 수상태양광 발전시설 사례연구를 통해 향후 수상태양광 시장의 성장을 예측하고, 청정기술로서의 수상태양광의 가능성을 판단하였다. Goswami et al. (2019)은 지속가능발전을 위한 하나의 방안으로써 수상태양광을 검토하고, 기술-경제적 타당성 평가를 통해 수상태양광 기술이 적절한 경제성과 환경적 적합성을 가진 기술인가에 대해 평가하였다. 연구결과 수상태양광은 에너지 수요와 에너지 공급의 격차를 줄이는 데 기여하고, 친환경성을 지니면서도 경제성을 확보할 수 있는 새로운 기술 대안인 것으로 분석되었다. Cazzaniga and Rosa-clot (2021)은 추세분석을 통해 새로운 기술대안으로써의 수상태양광의 성장률을 분석하고, 2030년을 기준으로 미래의 수상태양광 기술전망을 예측하였다. 마지막으로 Fereshtehpour et al. (2021)은 이란의 수상태양광 사례를 통해 수상태양광 기술을 지배하는 요인들을 규명하고, 에너지, 증발, 경제성, 환경성의 측면에서 수상태양광 기술을 평가하였다.

2.5 설문 방법

본 논문에서는 수상태양광 관련 국내 전문가 23명에서 이메일을 통한 설문조사를 진행하는 방식으로 연구문제에 대한 해답을 얻고자 하였다. 전문가 23명은 스노우볼링(snowballing) 샘플링을 활용하여 최초의 전문가에서 다음 전문가를 추천받는 방식으로 진행하였다. 본 연구의 설문조사는 2020년 8월 1일부터 2020년 8월 30일까지 진행되었다. 본 설문조사에 참여한 수상태양광 전문가는 수상태양광 실무자와 담당 공무원 등 실제 수상태양광과 관련한 정책을 담당하는 전문가를 위주로 실시하였다. 더욱 구체적으로 본 설문조사에서는 대학교수, 환경부 공무원, 국회공무원, 한국수자원공사, 한국농어촌공사, 한국환경연구원(구 환경정책평가연구원), 환경단체, 물산업협회, 한국산업은행 등 수상태양광과 관련한 전문지식을 가진 자에 한정하여 설문을 진행하였다. 응답자 특성을 보면, 21명의 응답자 중 남성은 19명,

여성은 2명이었다. 공학계열 전공자는 17명, 인문사회 전공자는 4명이었다. 경력은 15년 이상이 19명으로 절대다수를 차지하였으며, 10년 이상 1명, 5년 이상 3명이었다. 설문지는 2단계로 구성되었다. 우선 비교지표인 육상태양광과 비교하여 수상태양광의 기술적 발전수준과 제도적 발전 수준을 묻는 질문을 전반부에 배치하였다. 그 다음 단계로는 현재의 국내 정부가 실시하고 있는 수상태양광 정책을 분석하고 정리하여 표로 제시하고, 향후 수상태양광 정책발전을 위해 추가적인 정책과제가 필요하다면, 어떠한 과제들이 후보로 고려될 수 있을지에 관해 개방형 질문을 배치하였다.

3. Results and Discussion

분석결과 현재의 수상태양광은 육상태양광 정책과 비교하여 기술적 발전수준은 소폭 낮은 수준이나, 제도적 발전 수준은 육상태양광 정책의 절반 정도의 발전수준을 보이는 것으로 전문가들에 의해 평가되었다(아래 Fig. 1 참조). 육상태양광 정책의 기술발전 수준을 100이라고 가정하였을 때, 전문가들이 평가하는 수상태양광 정책의 기술발전수준은

91.304으로 100에 상당히 근접한 점수라고 보여진다. 반면에 육상태양광 정책의 제도발전 수준을 100이라고 가정하였을 때, 수상태양광 정책의 제도발전 수준은 52.173에 불과하였다. 전문가들이 판단하기에 수상태양광 정책의 제도적 발전 수준은 육상태양광 비해 2배나 뒤쳐져 있기 때문에, 기술과 제도의 조화로운 발전을 위해서는 제도적 발전 수준을 대폭 강화해야 하는 정책방향성이 도출된다.

주요 정책의제 후보과제는 수상태양광 전문가 집단에 대한 개방형 설문을 통하여 도출되었다. 전문가 23인의 의견 중 2개 이상의 공통된 과제만을 토대로 아래의 분석대상에 포함하였다. 전문가들이 가장 많이 지적한 수상태양광 정책의 정책의제 후보과제는 환경성에 대한 대안책 마련이다. 두 번째로 많이 지적한 과제는 2순위 과제는 주민갈등의 문제와 규제개선 문제이다. 3순위 과제는 홍보 강화, 이익공유 방안, 사후 모니터링, 비용의 문제이다, 마지막 4순위는 기술표준에 대한 과제이다. 그 외에도 최종 후보과제로 선택되지는 않았지만, 단수의 기타의견으로 제시된 과제들로 정책방향성 재설정 문제, 전력인프라 구축의 문제, 수상태양광 설치조건 개선 문제, 수명이 다한 태양광 패널의 사후폐기 문제, 수상태양광 정책집행과정의 거버넌스 문제가 제시되었다.

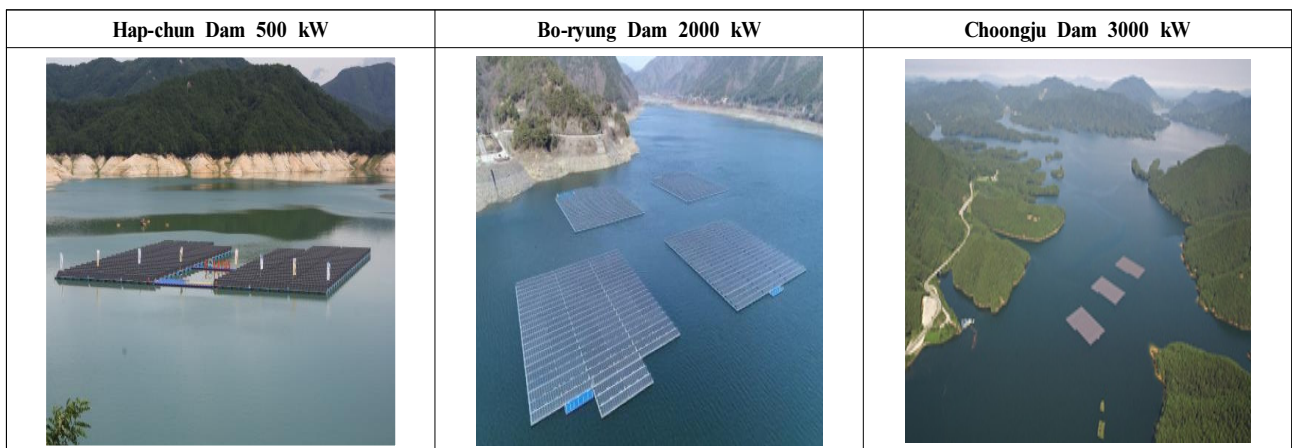
Table 1. Respondent experts of floating solar PV

| Criteria | Components |
|-----------------|---|
| Sex | Male: 21 Female: 2 |
| Work Experience | More than 15years :19 10years to 15years:1 5years to 10years:3 |
| Affiliation | University : 9 Public Organization : 8 Research Center : 4 NGO : 2 |
| Major | Engineering and Science : 17 Humanities and Social Science : 4 |

3.1 공통 기술적 제도적 과제:

환경성, 비용, 사후모니터링, 기술표준

우선 기술적 측면, 제도적 측면에 모두 해당되는 전문가들이 꼽고 있는 공통된 문제점은 환경성과 수상태양광을 설치할 때 설치비용과 이를 통해 획득할 수 있는 발전 비용, 사후모니터링, 기술표준의 문제이다. 환경성 강화는 향후 수상태양광의 발전을 위해서 가장 우선적으로 고려해야할 정책의제이다. 수상태양광 전문가들이 지적한 환경성 강화는 긍정적인 측면과 부정적인 측면을 모두 포함하고 있다. 특히 전문가들은 장기적인 관점에서 수상태양광의 환경영향에 대한 자료가 매우 부족한 상황이고, 환경훼손의 측정기준이 제대로 마련되어 있는 상태가 아니기 때문에 수상태양광에 대



Source : Kim (2018)

Fig. 1. Images of floating solar PV facilities in a reservoir.

한 별도의 환경훼손의 측정 지표가 필요하다는 점을 지적하였다. 또한 수상태양광 발전 사업을 확대해야하는 당위성을 대조군이라고 볼 수 있는 육상태양광과 비교하여 농지와 산지를 보호할 수 있어 국토 환경의 훼손이 적다는 점에 초점을 모아야 한다고 보았다. 이는 Cazzaniga and Rosa-Clot (2021)의 연구 내용을 지지한다. 한편 토지 이용의 측면에서는 수상태양광이 용이할 수 있으나, 경관권의 측면에서 환경성이 훼손될 가능성 역시 높음을 전문가들이 지적하였다. 수상태양광 패널의 부유 상태를 심미적인 관점에서 볼 때, 일부 지역주민들에게는 경관권이 훼손당한다고 느껴질 가능성이 있다. 그 다음 과제는 비용이다. 수상태양광 비용이 아직도 경제성을 확보하지 못한 수준으로 가격경쟁력을 확보하지 못한 문제가 있다. 수상태양광 비용은 기술의 발전 수준과 밀접한 관련이 있으면서도 제도적 보완역시 동시적으로 필요한 과제이다. 또한 현재의 수상태양광 비용에 향후 수명이 다했을때의 수상태양광 제거비용이 포함되지 않았는데, 이러한 부분에 대한 고려를 포함하여 경제성을 어떻게 제고할 것인가에 대한 보다 정교한 정책설계가 향후 필요하다. 사후 모니터링은 위의 환경성 강화의 연장선상에 있는 과제라고도 볼 수 있는데, 국내의 경우 수상태양광 발전시설이 최초로 설치된 지 아직 10년이 지나지 않았기 때문에 극심한 자연재해 이후의 모니터링이나 혹은 20년 이상의 장기의 모니터링 결과, 수상태양광 수명 종료 후 폐기과정에 대한 모니터링 등에 대한 부분들이 미지의 영역으로 남아있다. 한국환경연구원에 의해 그간의 수상태양광 발전시설의 환경영향에 대한 모니터링이 이루어진 사례가 있으나, 수상태양광 발전시설이 산발적으로 증가하고 있는 상황에는 산재해있는 수상태양광 발전시설 전수에 대한 모니터링이 어떠한 방식으로 이루어질 것인지에 대해서 정책적인 대응마련이 필요하다고 보고 있다. 마지막으로 기술표준 마련이 대두되었다. 풍력발전의 경우 풍력 터빈에 대한 KS인증제도를 실시하고 있으며, 신재생에너지 설비 중 KS 인증제도를 운영하는 평판형 태양광 발전용 계통연계형 인버터, 태양전지 모듈, 태양광발전용 접속함, 건물일체형 태양광모듈(BIPV)등이 있다. 다행히도 한국에너지공단에서는 수상 태양광 종합평가센터를 새만금 지역인 전북 군산에 구축하여 수상 태양광 시스템의 품질평가를 담당할 계획을 마련하고 있다.

3.2 제도적 과제: 주민갈등, 규제개선, 홍보, 이익공유

제도적 측면에서 전문가들에 의해 지적된 과제들은 4개이다. 전문가들은 전반적으로 육상태양광 대비 수상태양광의 제도적 측면에서의 보완이 시급하다고 평가하였다. 주민갈등의 문제가 중요한 제도적 과제로 지적되었다. 특히 국내 수상태양광의 설치 과정에서 이미 청풍호 수상태양광과 개심저수지 수상태양광 등에서 낮은 사회적 수용적으로 인한 주민갈등을 겪었던 사례가 있다. 기존의 수상태양광이 한국수자원공사 주관의 비교적 발전용량이 큰 발전 위주였다면, 향후 새로이 건설하게 되는 수상태양광 설비는 한국농어촌공사가 주관하게 되는 농촌지역에서의 수상태양광 발전이거나, 민간사업자가 운영하게 되는 수상 태양광 발전이 주를 이루

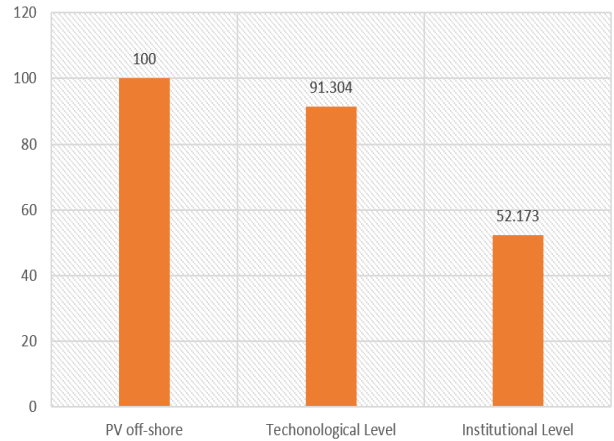


Fig. 2. Comparison with other conditions and PV offshore.

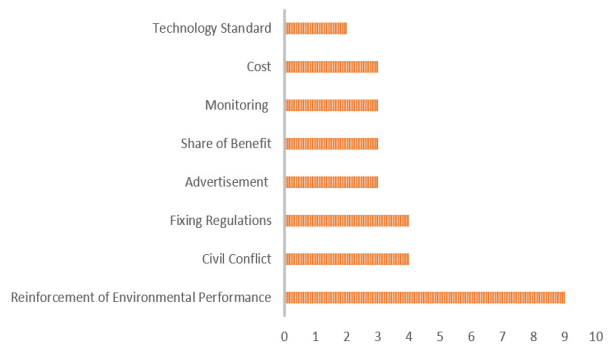


Fig. 3. Core policy agenda for floating solar PV.

게 될 것이다. 문제는 이러한 경우, 주민갈등이 더욱 빈번하게 일어나고, 수용성 제고를 위한 인센티브의 제공 역시 용이하지 않게 될 가능성이 높다는 점이다. 따라서 수상태양광에 대한 사회적 수용성을 제고하기 위한 정책적 노력이 적극적으로 필요하며, 주민갈등을 최소화 할 수 있어서 원활하게 수상태양광 발전이 확산될 수 있을 것이다. 규제개선도 제도적 측면에서 시급한 과제이다. 전문가들은 수상태양광에 대한 법적 기준을 완화하고, 특히 인허가에 소요되는 시간을 단축할 필요가 있다고 지적하였다. 또한 현행 허가기준을 수상태양광 설비에 적합하도록 개선하고, 기존의 규정을 그대로 적용하는 것이 아닌 수상태양광에 적합한 규제로의 재정비를 요청하였다. 홍보 역시 중요한 과제이다. 특히 수상태양광은 사회적 수용성이 매우 낮기 때문에 이를 극복할 수 있는 가장 효과적인 방법이 적극적인 정부, 지자체 차원의 홍보이다. 수상태양광은 전문가들이 생각하기에는 여타의 육상풍력, 육상 태양광 발전에 비해 산지나 농지의 환경침해 없이 친환경성을 극대화 할 수 있는 발전시설이나, 일반 국민들이 체감하는 수상태양광 발전의 친환경성은 매우 낮다는 것이 문제이다. 마지막으로 이익공유의 문제이다. 주민들에게 수상태양광 발전 시설에서 발생하는 전력사업 이익이 공유될 수 있어야, 주민들이 적극적으로 거주 지역의 수상태양광 발전을 옹호하고자 할 것이다. 이를 위해 실제로 한국수자원공사 등에서는 주민참여형 특수목적법인(SPC)을 설립

하여 지역주민이 투자자로 참여하고, 이를 통한 이자 수익확보를 책임지는 사업모델을 개발중이다. 그러나 민간사업자의 수상태양광 발전시설이나 지역에 산재한 소규모 수상태양광 발전시설의 경우 이러한 사업 성격의 이익공유 방안 얼마나 효과성을 거둘지에 대해서 여전히 의문스러운 부분이 있기 때문에, 제도적으로 보다 다양한 방식의 이익공유 방안이 고찰되어야 한다.

3.3 향후 수상태양광 정책의제 후보과제 도출

국내 수상태양광 관련 정책이 기술적, 제도적으로 단기간에 비약적으로 발전하고 있는 것은 주지의 사실이나, 기술과 제도의 공진화의 관점에서 향후 양자간의 조화로운 발전을 통해 친환경적인 수상태양광 발전이 더욱 적극적으로 국내에 보급되고, 확산되기 위해서는 다음과 같은 총 8개의 정책의제 후보과제들이 행정부에서 고려될 필요가 있다. 우선 1순위 정책의제 후보과제는 환경성 강화이다. 환경성 강화는 기술적 측면과 제도적 측면에서 모두 고려해야할 필요가 있다. 2순위의 정책의제 후보과제는 주민갈등과 규제개선이다. 두가지 후보과제 모두 제도적 측면에서 적극적으로 정책의제로 고려되어야 할 필요가 있는 과제들이다. 3순위의 과제는 홍보, 이익공유, 사후모니터링, 비용이다. 이 중에서 홍보와 이익공유는 제도적 측면에서 정책의제로 고려될 필요가 있는 과제들이다. 반면 사후모니터링과 비용은 기술과 제도, 공통의 측면에서 정책의제로 고려되어야 한다. 마지막으로 4순위는 기술표준이다. 기술표준도 마찬가지로 기술적 측면과 제도적 공통의 측면에서 정책의제로 고려될 필요가 있다. 이상의 내용은 아래의 표의 내용에 정리되어 있다.

4. Conclusion

본 연구에서는 국내 최고의 수상태양광 전문가 집단에 대한 전문가 설문조사를 통해 기술과 제도의 공진화의 방향성을 모색하는 거시적인 목표 하에 현재 국내 수상태양광 정책에 대한 기술적 발전 수준과 제도적 발전 수준에 관한 전문가들의 인식을 알아보았다, 이에 더해 향후 수상태양광 정책의 기술과 제도의 공진화를 달성하기 위한 정책의제 후보과

제를 분석하였다. 서론에서 제시된 연구문제에 대한 해답은 다음과 같다. 우선 연구문제 1에 대해 국내 수상태양광 정책의 기술적 발전 수준은 대조군인 육상태양광 대비 비슷한 수준을 유지하거나 소폭 부족한 기술적 발전 모습을 보이고 있다. 종합적으로 전문가들이 판단하기에 육상태양광과 수상태양광의 기술력의 차이는 크게 없다고 평가하고 있다. 반면 육상태양광과 비교해서 수상태양광의 제도적 발전수준은 육상태양광의 절반 수준밖에 되지 않는 것으로 평가하고 있다. 수상태양광이 물환경에 부정적일 수 있다는 정책적 판단에 따라 제도가 활성화되지 못하다가 넷제로 2050에 따른 신재생에너지 활성화방안에 따라 물환경정책적인 측면보다는 에너지의 관점에서 갑자기 급부상하고 있는 실정이다. 따라서 준비가 미흡한 상태에서 도입되는 수상태양광의 제도적 발전수준은 크게 부족한 상황이며, 기술의 발전수준을 제도의 발전 수준이 따라가지 못하고 있는 일종의 시차(gap)가 발생하고 있는 것으로 보인다. 따라서 궁극적인 기술과 제도의 공진화 방향성을 위해서는 정부 정책적으로 제도적 발전을 현격한 수준으로 고양하기 위해 월등한 노력이 필요하다. 연구문제 2의 경우 수상태양광 정책의 기술과 제도 공진화의 달성을 위해 정부가 고려할 수 있는 정책의제 후보과제는 총 8개가 제시되었다. 1순위는 환경성 강화이며, 2순위는 주민갈등과 규제개선, 3순위는 홍보, 이익공유, 사후모니터링, 비용이다. 마지막 4순위는 기술표준으로 선별되었다. 이 중에서 기술적 과제와 제도적 과제 공통측면에서 고려되어야 할 과제는 환경성강화, 사후모니터링, 비용, 기술표준의 4가지 과제이다. 그 외 제도적 측면에서 고려되어야 할 과제는 주민갈등, 규제개선, 홍보, 이익공유의 4가지 과제이다. 구체적인 과제 도출에서도 보듯이 국내 수상태양광 전문가들이 지적하고 있는 현행 수상태양광 정책의 문제점들은 대부분 제도적 관점에서의 과제이다. 환경성 강화, 모니터링, 비용, 기술표준의 문제점들은 기술적 측면과 제도적 측면이 모두 고려되어야 하나, 기본적으로 전문가들이 지적하고 있는 8가지 주요과제들 모두 제도적 측면에서의 보완이 필요한 정책들인 것을 감안하면, 제도적 미비가 신기술과 기술혁신의 장애물이 되지 않도록 부지런히 정책을 개선해 나가야 할 것이다.

Acknowledgement

본 연구는 교신저자의 2018년도 국회입법조사처의 「수돗물 공급용 댐에 설치된 수상태양광 발전시설의 환경쟁점과 과제」의 내용을 학술적 관점에서 새롭게 재조명하여 추가적인 전문가 설문 시행을 통해 발전시킨 것임을 밝혀둔다.

References

Ahn, C. M., Joo, J. C., Kim, J. H., Choi, S. H., Chang, J. S., and Koh, H. W. (2021). Current status of floating solar power generation facilities and consideration of major environmental issues, *Journal of the Korean Society of Environmental Engineering*, 43(4), 286-298. [Korean Literature]

Table 2. Tasks of policy agenda in floating solar PV by ranking

| Ranking | Tasks | Technological | Institutional |
|---------|--|---------------|---------------|
| 1st | Reinforcement of Environmental Performance | ● | ● |
| 2nd | Civil Conflict | | ● |
| | Fixing Regulations | ● | |
| 3rd | Advertisement | | ● |
| | Share of Benefit | | ● |
| | Monitoring | ● | ● |
| | Cost | ● | ● |
| 4th | Technology Standard | ● | ● |

- Cazzaniga, R. and Rosa-Clot, M. (2021). The booming of floating PV, *Solar Energy*, 219, 3-10.
- Fereshtehpour, M., Sabbaghian, R. J., Farrokhi, A., Jovein, E. B., and Sarindizaj, E. E. (2021). Evaluation of factors governing the use of floating solar system: A study on Iran's important water infrastructures, *Renewable Energy*, 171, 1171-1187.
- Goswami, A. and Sadhu, P. K. (2021). Adoption of floating solar photovoltaics on waste water management system: a unique nexus of water-energy utilization, low-cost clean energy generation and water conservation, *Clean Technologies and Environmental Policy*. <https://doi.org/10.1007/s10098-021-02077-0>
- Goswami, A., Sadhu, P., Goswami, U., and Sadhu, P. K. (2019). Floating solar power plant for sustainable development: A techno economic analysis, *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 38(6), e13268.
- Han, S. U. (2017). Technological innovation and institutional response: Co-innovation of technology and institutions, *Convergence Society and Public Policy(Old Public Policy Division)*, 11(2), 92-119.[Korean Literature]
- Han, S. U. (2018). Co-evolution of technologies and institutions in the era of the 4th industrial revolution, *Proceedings of the Seoul Association for Public Administration Conference*, 5-24.[Korean Literature]
- Han, S. U. (2020). Technological innovation and legal response: co-evolution of technology and legislation, *Convergence Society and Public Policy(Old Public Policy Division)*, 13(4), 56-85. [Korean Literature]
- Hong, H. D. (2016). *Science and technology policy theory*, Seoul, DaeYoung Publisher. [Korean Literature]
- Hooper, T., Armstrong, A., and Vlaswinkel, B. (2021). Environmental impacts and benefits of marine floating solar, *Solar Energy*, 219, 11-14.
- Jeong, S. E., Jeong, J. W., Kim, H. S., and Bae, Y. H. (2019). Problems and future direction of domestic floating solar power generation facilities, *Water for future*, 52(3), 17-22. [Korean Literature]
- Kim, C, Chung, J. Y., and Yeon, I. J. (2019). Priorities to be considered in the policy implementation process for onshore solar power generation projects: AHP focusing on expert recognition through techniques, *Environmental Policy*, 27(3), 185-208. [Korean Literature]
- Kim, K. M. (2018). *Environmental issues and challenges of floating solar power generation facilities installed in dams for supplying tap water*, NARS Analysis of current issues, National Assembly Research Service. [Korean Literature]
- Kim, T. H., Lee, S. B., Park, H. J., Kim, T. H., and Moon, J. W. (2018). A study on location plans for solar and wind power generation facilities considering social and environmental impacts, *Climate Environment Policy Research*, 2018, 1-170. [Korean Literature]
- Korea Development Institute (KDI). (2018). *Daeho lake floating solar power generation project preliminary feasibility study report*, Korea Development Institute. [Korean Literature]
- Kwon, K. H. (2008). *Political Science*, Seoul, PakYoungSa. [Korean Literature]
- Lee S. (2019). Study on the issues and prospects of environment-friendly regulation of land use in the age of energy conversion, *Environmental Law Study*, 41(3), 65-105. [Korean Literature]
- Lee, S. B., Lee, Y. J., and Lee, B. K. (2019). A study on how to activate the supply of renewable energy considering the environment-resident acceptability, *Climate Environment Policy Research*, 2019, 1-86. [Korean Literature]
- Lee, Y. J., Lee, S. J., and Kim, H. S. (2007). *Finding hope in bioenergy: Current status and prospects*, Korea Sustainable Development Council. [Korean Literature]
- Lee, Y. and Seo, I. (2019). Sustainability of a policy instrument: Rethinking the renewable portfolio standard in South Korea, *Sustainability*, 11(11), 3082.
- Lim, H. J. (2018). *Analysis of the policy process on the solar power separation distance regulation of the local government-Focused on the location conflict of the solar power generation business*, Master Thesis, Seoul National University, Seoul, South Korea, 1-140. [Korean Literature]
- Moore, J. F. (1996). The death of competition, *Fortune*, 133(7), 142-144.
- Pouran, H. M. (2018). From collapsed coal mines to floating solar farms, why China's new power stations matter, *Energy Policy*, 123, 414-420.
- Romer, P. M. (1990). Endogenous technological change, *Journal of political Economy*, 98(5, Part 2), S71-S102.
- Song, W. J. (2013). Social and technological system theory and science and technology innovation policy, *Korean Society of Technology Innovation*, 16(1), 156-175. [Korean Literature]
- Sung, J. E. and Song, W. J. (2007). *Theory and application of holistic Innovation Policy: Cases of Finland and Korea*, Korean Society of Technology Innovation. [Korean Literature]
- Voigt, C. C., Straka, T. M., and Fritze, M. (2019). Producing wind energy at the cost of biodiversity: A stakeholder view on a green-green dilemma, *Journal of Renewable and Sustainable Energy*, 11(6), 063303.
- Yoon, S. R. (2019). A study on the feasibility of laws and regulations related to sleeping activities such as installation of floating solar power, *Science and Technology*, 10, 243-269. [Korean Literature]
- You, H. (1992). *Political Science*, Seoul, Beopmunsa. [Korean Literature]
- Zhang, Y. (2020). The map is not the territory: coevolution of technology and institution for a sustainable future, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 45, 56-68.