

공기업 유휴공간을 활용한 신재생에너지 투자사업에 대한 실물옵션기반 의사결정방안

나승범¹, 장우식^{1*}, 김경석², 김병일³, 이경수¹, 이창근¹
¹조선대학교 토목공학과, ²원광대학교 토목환경공학과, ³안동대학교 토목공학과

Evaluation of Investment Value of Renewable Energy and Decision Making for Market Entry Using the Idle Space of Public Enterprises

Na, Seoung Beom¹, Jang, Woosik^{1*}, Kyeongseok Kim², Byungil Kim³,
Harry Lee¹, Lee, Changgeun¹

¹Department of Civil Engineering, Chosun University

²Department of Civil & Environmental Engineering, Wonkwang University

³Department of Civil Engineering, Andong National University

요약 최근 정부는 온실가스감축 문제를 해결할 방안으로 신재생에너지 개발 및 보급 확대를 위한 다양한 정책을 펼치는 등의 노력을 지속하고 있다. 그러나 신재생에너지 사업은 초기 대규모 자금투자, 장기간에 따른 높은 불확실성, 입지의 적정성 등의 다양한 장애요인으로 합리적 투자의사결정에 어려움이 있어 개발 및 보급의 확대에 어려움이 있다. 이에 본 연구에서는 국내 신재생에너지투자 및 점진적 보급 확대를 도모하는 방안으로써 공기업 관리시설물의 유휴공간을 활용한 신재생에너지사업의 투자가치를 분석하고 효율적 국토개발과 정부 시책을 지원하는 전략적 의사결정 프레임워크를 제시하였다. 사례분석 결과 1000kw용량의 초기투자의 경우 순 현재가치(NPV: Net Present Value, 이하 NPV)가 약 2억8천6백만원으로 산출되었으나, 최대 3000kw용량까지의 확장투자를 고려하였을 경우 -1억3천만원의 가치가 산출되어 사업추진 의사결정의 종합적 판단에 어려움이 있다. 하지만, 계통한계가격(SMP: System Marginal Price, 이하 SMP)불확실성과 확장, 포기옵션을 고려한 실물옵션 가치는 약 4억4천4백만원으로 산출되어 기존 NPV 분석과는 다른 의사결정을 제공할 수 있다. 본 연구결과는 정부시책 지원을 위한 신재생에너지 개발 및 점진적 보급 확대를 위한 의사결정방안을 제공하고, 한국의 신재생에너지 사업 특성을 고려한 적정 부지를 제시한다는 의의가 있다.

Abstract Recently, there has been an increasing need to expand the supply of renewable energy as a solution to greenhouse gas emissions. Therefore, as a measure to promote domestic renewable energy investment and gradual expansion, this study analyzed the investment value of renewable energy projects utilizing the unoccupied spaces of public enterprise's facilities and presented a strategic decision-making framework to support efficient national land development and government measures. The NPV was estimated to be 286 million won if the expansion of the facility was not considered, but it is reasonable to postpone the expansion decision because the value of -130 million won was calculated if the expansion was considered. On the other hand, the real-option value was estimated to be 444 million won, taking SMP uncertainty, expansion, and abandonment options into account, and an additional value of 288 million won was calculated from an analysis of the expansion project using the existing NPV analysis.

Keywords : Renewable Energy, Public Corporation, Idle Spaces, Real Options Analysis, Volatility

본 논문은 국토교통과학기술진흥원 "북극권에너지자원플랫폼 현지적용을 위한 선행기술연구"의 지원을 받아 수행된 연구임(201FIP-C146568-03)

*Corresponding Author : Jang, Woosik(Chosun Univ.)

email: woosik@chosun.ac.kr

Received April 27, 2020

Revised May 18, 2020

Accepted July 3, 2020

Published July 31, 2020

1. 서론

우리정부는 '2030년 국가 온실가스 감축목표 달성'을 위한 기본로드맵 수정안, '재생에너지 2030 이행 계획' 등을 통해 2030년까지 신재생에너지 발전 비중을 20%로 확대하고자하는 계획을 수립하였다.

이러한 계획에도 불구하고, 신재생에너지 프로젝트의 투자를 결정하는 것에 아래와 같은 어려움이 있다. 첫째, 기후변화로 인해 에너지 발전량 예측 불확실성(Uncertainty)이 커지면서 안정적 사업수익을 기대하기 어렵다[1]. 둘째, 정부는 신재생에너지 도입초기에 민간 투자를 장려하고자 발전차액지원제도(FIT: Feed-in Tariffs, 이하 FIT), 신재생에너지 공급의무화제도(RPS: Renewable Energy Portfolio Standards, 이하 RPS) 등의 정책을 통해 많은 지원과 인센티브를 제공하였다. 하지만, 최근 신재생에너지 사업의 발전단가와 화석에너지 발전단가가 같아지는 그리드 패리티(Grid Parity)가 이뤄지고 있어 정부는 점진적으로 보조금을 줄이고 있다[2]. 셋째, 대형 신재생에너지발전소 설치를 위한 적정부지는 기상학적, 지리학적 요인뿐만 아니라 경제적(토지 이용비), 문화적, 환경적 요인들까지 고려함으로써 자연 훼손, 지역주민과의 갈등을 해소할 수 있는 부지를 선정해야 한다는 어려움도 제시되었다[1,3].

특히, 적정부지 및 입지선정 측면에서 우리나라의 경우 유희 국·공유지를 활용하는 대부분의 사업들이 초기 단계에 머무르며 적절하게 활용되지 못하고 있다[4]. 따라서 본 연구에서는 실물옵션을 적용하여 공기업 관리시설물의 유희공간을 활용한 대규모 신재생에너지 건설사업의 투자가치를 평가하고 한국의 신재생에너지 사업 특성에 적합한 투자 의사 결정 방안에 대해 제시하고자 한다. 이를 통해 본 연구는 효율적 국토개발과 정부 시책을 지원하는 전략적 의사결정 프레임워크를 제시하는 것을 목적으로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 실물옵션을 활용한 신재생에너지(태양광) 프로젝트 가치평가의 주요 변동성 요인과 프로젝트 의사결정 방안과 관련한 선행연구를 고찰하고, 제3장에서는 실물옵션 기법과 본 연구의 적용 범위에 대한 이론적 근거를 제시하였으며, 제4장에서는 전라남도 J담을 대상으로 태양광 신재생에너지 사업의 옵션가치를 평가하였다. 마지막으로 제5장에서는 연구의 내용을 요약하고 시사점을 제시하였다.

2. 문헌고찰

최근 태양광사업의 실물옵션 기반 경제성분석 연구가 활발하다. Zhang [5] 등은 CER(CER: Certified Emission Reduction Credit, 이하 CER)가격, 화석에너지 가격, 전기판매단가 등 다수의 불확실성 요소들을 고려하여 중국 태양광발전 프로젝트의 수익성을 연기옵션을 적용하여 평가하였다. 전찬용 [6] 등은 전기 판매가격, 에너지 생산량, 금리, 무위험 이자율 및 환율과 같은 불확실성을 반영하여 태양광발전 투자에 대한 최적의 정부 보조금을 산정하기 위한 실물옵션 모델을 제안했다. 김병일 [7] 등은 전기판매가격의 불확실성을 고려하고 태양광 설비 확장을 연기옵션을 적용하여 경제성분석 할 수 있는 프레임워크를 제시하였다. 김은만 [8] 등은 전기 판매금액을 불확실성 요소로 정의하고, RPS 제도로 인해 확장투자를 해야 하는 기업의 입장에서 경제성을 분석하였다. 조한필 [9] 등은 일사량 분석 및 발전량, 신재생 공급인증서 판매가격, 발전전력 판매단가, 자본적 지출 및 운영비용 등 태양광발전 사업 경제성 분석에 활용되는 다수 인자를 고려하여 호주 태양광 발전사업의 최적 건설 및 운영방안을 도출하였다.

선행연구 조사 결과 실물옵션을 활용한 태양광에너지 사업에서는 주로 전기판매단가의 불확실성을 고려하고 연기옵션을 활용한 가치분석연구가 주를 이루고 있다. 하지만 경제적(토지 이용비) 요소 및 한국의 문화적, 환경적 사업 특성을 반영한 부지를 대상으로 신재생에너지 개발사업 가치평가 및 전략적 의사결정방안 구축에 관한 연구는 많지 않다.

따라서 본 연구에서는 한국의 사업 특성을 고려한 신재생에너지 개발사업의 적정 부지를 제안하고 점진적 보급 확대를 도모함으로써 효율적 국토개발 및 향후 안정적 에너지 수급을 가능하게 하는 신재생에너지 투자사업 의사결정 방안에 대해 제시하고자 한다.

3. 연구방법

3.1 실물옵션

사업 가치를 분석하는데 있어 일반적으로 사용되는 현금흐름 할인법(DCF: Discounted Cash Flow, DCF)은 투자사업의 가장 큰 특징인 미래의 불확실성을 반영하는데 한계를 가지고 있다[5-7]. 실물옵션은 각각 의사결정

단계에 있어 환경의 변화에 따른 투자의 연기, 확장, 축소, 포기, 변경 등을 선택할 수 있는 옵션으로 구성되어 있기 때문에 의사결정의 유연성을 제공한다. 즉, 실물옵션은 기존의 DCF법을 보완하고 프로젝트에 내포된 불확실성을 고려함으로써 의사결정자에게 선택의 틀을 제공한다. DCF법에 기인한 실물옵션에 대한 내용을 간략히 정리하면 다음과 같이 나타낼 수 있다[8].

Expanded NPV = Static NPV + Option Premium
여기서,

Expanded NPV = 실물옵션을 통한 투자가치

Static NPV = DCF 모형을 통한 투자가치

Option Premium = 옵션보유로 인한 가치

3.2 이항옵션을 활용한 프로젝트 가치평가

본 연구에서는 태양광에너지 개발사업 투자가치 평가를 위한 방안으로 실물옵션 평가방식 중 이항 격자 모형을 사용하여 분석하기로 한다. 그 이유는 옵션이 갖는 만기 기간과 옵션의 행사 시점이 일반 금융옵션보다 길며, 중도 포기를 할 수 없는 유럽형 옵션(European option) 보다는 중도 포기가 가능한 미국형 옵션(American option)에 더 근접하기 때문에 Black-Scholes모형을 적용하기는 어렵다. 따라서 본 연구에는 미국형 옵션을 고려할 수 있으면서, 사용이 용이하고 직관적인 이항 옵션 모형이 본 연구에 적합하다고 할 수 있다[10].

이항 옵션모형의 옵션가치 계산 방법은 기초자산의 현재가치를 기준으로 상승확률과 하락확률을 이용해 옵션가치를 산출하는 위험중립 확률접근법(Risk neutral probability approach)을 사용한다. 위험중립 확률접근법은 무위험 이자율과 위험중립 확률로 미래 현금흐름의 위험을 반영하여 조정하는 방법으로, 기초자산의 변동성을 상승 변동이 나타날 확률과 하락 변동이 나타날 확률을 산출하여 이항모형을 전개하는 방법이다.

상승 변동과 하락 변동은 Eq. (1)과 (2)에 의해 계산되며, 위험중립 확률 p 는 Eq. (3)와 같이 계산된다[10].

$$u = e^{\sigma \sqrt{\Delta t}} \quad (1)$$

$$d = 1/u \quad (2)$$

Where, σ denotes volatility, Δt denotes time intervals

$$p = \frac{e^{r\Delta t} - d}{u - d} \quad (3)$$

이항격자 모형에서의 옵션가치는 Eq. (4)에 의해 결정된다[10].

$$C_0 = \frac{[pC_u + (1-p)C_d]}{1+r_f} \quad (4)$$

where,

C_0 = Option value at the present time

p = risk neutral probability

$C_u, (C_d)$ = (after one period) The expected value of the option when the price of the underlying asset rises(falls).

r_f = Risk-Free Interest Rate

4. 사례적용을 통한 실증분석

4.1 DCF를 이용한 태양광 투자 가치평가

4.1.1 적정부지선정

신재생에너지 사업 수익성은 발전량과 직접적 영향 관계가 있다. 발전량은 일조량 및 일사량과 양의 상관관계를 갖고 있으며, 습도와 미세먼지와는 음의 상관관계를 갖고 있기 때문에 태양광 개발사업 입지는 풍부한 일사량과 균일한 일조량을 보장할 수 있는 넓은 나대지가 적절하다(환경적 조건). 또한 무분별한 자연훼손(환경적 조건)과 지역주민과의 갈등(문화적 조건)으로 인한 사업성 저해 요소를 관리하기 위해서 주변 민가와 떨어진 부지가 적절하며 토지 이용비와 같은 경제적 인자를 고려하여 사업비를 감소시킴으로써 경제성을 확보해야 한다(경제적 조건)[1,3].

이에 본 연구에서는 유휴 나대지를 확보하기 어려운 한국의 신재생에너지 사업 특성을 극복하고, 주변 민가와 충분한 거리가 확보되며, 균일한 일조량을 보장할 수 있는 공기업 관리 수리시설(댐) 70개소의 사면 및 유휴공간을 조사하였다. 본 연구에서는 한국수자원공사, 한국수력원자력 및 한국농어촌공사가 관리하는 다목적댐, 양수발전 댐, 상공용수 댐, 방조제 등을 포함한 70개소에 대해 조사하였으며, 20년 이상의 시공 경험을 확보한 태양광 시공 전문기업의 자문을 통해 환경적(일조량 및 일사량) 요소를 충족하는 42개소를 선별하였다. 이후 한국농어촌공사 관할의 전남 J댐의 사면 조건에 따른 태양광에너지 개발 사업비를 재구성하였으며, 수력발전을 운용하는 수문 및 발전시설을 제외한 사면의 최대 약 9,000평

부지를 활용하여 3000kw 용량의 고정가변형 태양광 발전설비모듈설치가 가능함을 추정하였다(가중치 1.5).

4.1.2 사례적용 개요

본 연구에서는 실제 태양광 사업을 수행하고 있는 태양광 시공 전문기업과 투자조건 및 설치비용 등에 대한 논의를 진행하여 각 수치들을 결정하였으며, 사업비의 구분으로는 기자재비(태양광발전 설비, 구축 및 구조물), 시공비(토목공사, 부대 전기설비), 간접비, 토지비용, 인허가 비용을 포함하였다. 이를 바탕으로 2020년 12월에 전라남도에 위치한 J댐의 유희 사면을 대상으로 선정하였으며, 초기 1000kw용량의 시설개발을 시작으로 최대 3000kw용량의 점진적 투자를 가정하고 사업비를 추정하였다. 초기 사업비는 자기자본(20 %) 약 3억원과 은행/펀드(80 %)를 통한 대출금 약 12억원, 총 15억원의 사업비로 재구성하였으며, 총 사업비 중 토지 이용비는 2020년 국토교통부 표준지공시지가를 활용하여 약 1억2천만원을 산출하였다. 42개소 댐의 주위 환경은 대부분 경지정리지대, 농촌지대, 산림지대 등으로 구분되어있어 도심지 대비 공시지가가 낮게 책정되어있다. 따라서 본 연구에서 제시한 댐 유희 사면을 활용한 신재생 에너지 개발 부지는 토지 이용비(경제적 조건)의 지출을 줄이면서 프로젝트 경제성을 확보할 수 있음을 의미한다. 대출금리는 한국은행 경제통계시스템을 활용하여 3.5 %를 적용하였으며, 현가 할인율은 전력수급기본계획에 적용하는 7.5 %를 가정하였고, 물가 상승률은 2011~2019년 평균 물가상승률인 2.05 %를 반영하였다. 해외의 경우, 운전유지 비용은 시스템의 입지 및 종류에 따라 다르기

는 하지만 0.2~1 % 수준으로 나타난다. 국내의 연구논문들이 태양광 설비의 경제성을 분석함에 있어 운전유지비를 매년 매출액의 1 %로 설정한 것을 고려하여 본 연구에서도 1 %를 적용하여 분석하였다[8]. 기본 가정 사항은 Table 1과 같다.

4.1.3 DCF를 활용한 NPV 분석

본 프로젝트 초기 1000kw용량 시설의 현금흐름(Cash Flow)을 단순화하여 NPV를 분석하였다. 이는 전통적 가치평가방식과 실물옵션의 차이를 비교하고 실물 옵션 가치평가를 위한 기초자료로 활용하기 위함이다. Table 1을 기반으로 건설기간 동안의 투자비 15억원과 운영 기간의 매출금액 약 62억2천만원, 상환기간 10년을 고려한 금융비용 약 14억7천만원 산정하였다. 또한 운영 기간 20년 동안의 운영관리비, 보험, 고정지출 약 3억원 및 법인세 약 7억1천만원을 산정하고 할인율 7.5 %를 반영하여 NPV를 산출한 결과 본 프로젝트는 약 2억8천6백만원의 사업성이 있는 것으로 분석되었다. 하지만, 장기의 운영 기간에 따른 사업 불확실성을 고려할 경우 본 NPV는 변동할 가능성이 있으며 사업수익 불확실성 요소를 고려한 경제성 분석 및 불확실성에 대응하기 위한 의사결정 방안 구축이 필요하다.

4.2 이항옵션을 활용한 태양광투자 가치평가

4.2.1 변동성의 추정

해당 프로젝트의 옵션가치를 산출하기 위해서는 미래 불확실성에 대한 변동성(σ)을 추정해야 한다. 본 연구에서는 2008년 1월부터 2018년 12월까지의 SMP 월별 평균가를 기초로 하여 월별 자료를 산출하여 변동성을 추정하였다. 월별 SMP 가격의 자연로그 값의 평균을 구하면 0.001807이고, 표준편차의 합계는 0.963396을 구하였다. 변동성은 표준편차 합계를 총 기간 132개에서 표준편차를 구한 기간인 131개로 나눈 값을 제곱근 하면 0.097148을 구할 수 있다. 그러나 이 변동성은 월별 변동성이므로 연간 변동성으로 변환해줄 필요가 있다. 월별 변동성을 연간 변동성으로 변환하기 위해서는 월별 변동성에 개월 수인 12의 제곱근을 곱하면 0.297069로 SMP 가격의 변동성은 29.7 %가 된다.

4.2.2 실물옵션평가

본 연구에서는 프로젝트 초기용량 1000kw를 시작으로 최대 3000kw 용량의 점진적 개발확장의 가치를 산정

Table 1. Overview and Assumption

A Project			
Business Overview		Operation Standards	
Periods	construction 1year Operation 20years	Capacity	500kw
Investment (loan 80 %)	1.5 billion won	Generation Time/Day	3.6h
Site Area	29,700m ² (9000평)	Generation Days	365days
Loan interest rate	3.5 % (repayment 10years)	REC/SMP	110won /85won
Tax	20 % of annual revenue	Reduction rate	1 %
Discount rate	7.5 %	Weight of pv	1.5

하기 위해 실물옵션 변수들의 값을 Table 2와 같이 설정하였다. 태양광사업의 경우 초기 대규모 자금의 투자 필요하고 초기 의사결정의 번복이 불가능한 불가역성이 높은 프로젝트이다. 이에 본 연구에서는 초기 소규모 투자를 시작으로 운영 기간의 태양광 시장 환경 변화에 따른 유연한 대처가 가능한 확장옵션과 포기옵션을 고려하였다. 확장옵션은 불확실성이 높은 프로젝트에서 대상 시장 환경이 우호적으로 변화할 경우 옵션을 행사함으로써 수익성을 증대시킬 수 있으며, 포기옵션의 경우 시장 환경이 매우 불리할 경우 옵션을 행사하여 시설의 잔존가치를 확보함으로써 지출을 최소화 할 수 있다는 장점이 있다[10]. 이에 본 연구에서는 초기 1000kw 시설 투자 이후 3배의 용량으로 확장하는 확장옵션을 고려하였으며, 확장옵션행사 비용은 구축 및 구조물, 토목공사 비용 및 토지 이용비를 포함한 약 7억원으로 추정하였다. 또한 포기옵션의 경우 토지이용 비용만을 잔존가치로 산정하여 약 1억2천만원을 추정하였다.

옵션만기 기간은 초기 투자 이후 만기 5년 이내에 확장함을 가정하였으며, 기초자산의 현재가치는 DCF를 통해 산정된 잉여현금흐름의 현재가치(S) 약 2억8천6백만 원으로 산정하였다[10]. 무위험이자율은 2018년 기준 3년 만기 국공채 이자율 5%를 적용하였으며, Table 2의 변수들을 적용하여 옵션 가치평가를 위한 기본이항 격자 모형 Table 3을 도출하였다.

Table 2. Variables for calculating option prices

Variable	Project	
The present value of the investment	S	285.5 million won
Expansion factor		3.0
Exercise price	X_E	700 million won
	X_A	120 million won
Annual Volatility	σ	29.7 %
Risk-free interest rate	r	5 %
Option expiration	T	5 years
Time interval	Δt	1 year
Up coefficient	u	1.346
Down coefficient	d	0.743
Risk neutral probability	p	0.511

Table 3. Binomial option model results(unit: million won)

Period	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
0	285.5	384.2	517.1	695.9	936.6	1260.5
1		212.1	285.5	384.2	517.1	695.9
2			157.6	212.1	285.5	384.2
3				117.1	157.6	212.1
4					87.0	117.1
5						64.7

위의 도출된 기본 이항 격자 모형을 기초로 만기 기간 부터 Eq. (4)를 활용하여 각 노드별 확장, 포기옵션의 가치를 산정하였다. 확장, 포기옵션을 고려한 프로젝트 가치는 Table 4와 같이 약 4억4천4백만원으로 산정되었으며 이는 기존 NPV에 프로젝트의 변동성을 고려한 옵션 가치가 포함된 가치를 나타낸다.

Table 4. Calculation of the option value of project (unit: million won)

Period	t=0	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5
0	443.9 (C)	655.3 (C)	976.5 (C)	1454.4 (C)	2143.9 (C)	3081.4 (E)
1		269.2 (C)	388.0 (C)	578.9 (C)	885.4 (C)	1387.8 (E)
2			173.2 (C)	229.0 (C)	318.8 (C)	452.7 (E)
3				133.1 (C)	159.0 (C)	212.1 (C)
4		E: Expand C: Continue A: Abandon			120.0 (A)	120.0 (A)
5						120.0 (A)

따라서 실물옵션을 이용하여 공기업 유휴공간을 활용한 신재생에너지 사업의 가치를 평가했을 때 기존 확장을 고려하지 않은 NPV보다 약 1억5천8백만원의 옵션가치를 추가 고려할 수 있다. 또한, 시장 환경 변화에 따른 전략적 의사결정을 제공함으로써 불확실성에 유연한 대처를 가능하게 한다는 점과, 이를 통해 프로젝트 운영 기간 내에 기존 NPV 분석과는 다른 의사결정을 가능하게 할 수 있음을 의미한다.

4.2.3 기존 NPV분석과 실물옵션 분석의 차이

본 연구에서는 사례로 적용한 확장 프로젝트에 대해 NPV 분석을 추가 수행함으로써 실물옵션 분석 결과와의 차이를 확인하였다. 현재 시점에서 프로젝트 잉여현금흐름을 3배 확대하였을 때, 추가 가치는 다음과 같이 계산된다[10].

$$3.0(285.5) - 285.5 = 570 \text{ (unit: million won)}$$

여기서, 확장 투자가치는 7억원으로 프로젝트 확장에 대한 NPV는 -1억3천만원이 산정된다. 본 결과는 확장을 고려하지 않은 초기투자 가치(NPV 2억8천6백만원)와 같이 고려했을 때 초기투자자와 확장투자에 대한 종합의사결정이 어려움이 있음을 의미한다.

하지만, 실물옵션 관점에서는 Table 4에서와 같이 옵션을 고려하였을 경우 약 4억4천4백만원의 가치가 있음을 추정하였고 확장을 고려하지 않은 초기투자 NPV보다

는 약 1억5천8백만원의 추가 가치를 고려할 수 있고, 확장을 고려한 NPV보다는 약 2억8천8백만원의 추가 가치를 고려할 수 있음을 의미한다. 본 결과는 동일한 프로젝트를 대상으로 NPV 분석과 실물옵션 분석을 수행하였을 경우 추정 가치 차이에 따른 종합의사결정의 차이를 제공할 수 있음을 의미하며, 실물옵션을 활용하였을 경우 프로젝트의 불확실성과 전략적 의사결정의 가치를 추가로 고려하여 프로젝트 내의 잠재가치를 반영할 수 있음을 시사한다.

5. 결론

본 연구는 정부의 신재생에너지 확대 정책에 대한 지원과 국토이용 효율화에 대한 요구를 반영하고 공기업의 재정건전성 제고를 위하여 공기업 관리시설물의 유휴공간을 활용한 신재생에너지 사업의 가치를 분석하였다. 분석사례로 정한 전남 J댐 프로젝트는 초기 1000kw용량의 시설 초기투자액에 이어 최대 3000kw용량까지의 확장투자를 가정하였다. NPV 분석 결과 초기투자 가치는 약 2억8천6백만원으로 산출되어 경제성이 있는 것으로 분석되었지만, 확장투자의 경우 -1억3천만원의 가치가 산정되어 프로젝트 종합의사결정에 어려움이 있을 것으로 판단하였다. 따라서 본 연구에서는 실물옵션을 활용하여 SMP 불확실성을 고려한 프로젝트 확장과 포기옵션의 가치를 분석하였으며, 분석 결과 약 4억4천4백만원의 가치를 확인하였다. 이결과는 NPV분석법으로 본 프로젝트의 가치를 분석하였을 때 보다 약 2억8천8백만원의 추가 가치를 고려할 수 있음을 의미하며, 전략적 의사결정 방안 구축을 통해 기존과는 다른 의사결정을 제시할 수 있음을 의미한다.

본 연구는 한국의 경제적, 환경적, 문화적 사업 특성을 고려한 신재생에너지사업수행 적정 부지를 제안함으로써, 효율적 국토개발과 정부 시책을 지원하는 전략적 의사결정 방안을 제시한다는 의의가 있다. 하지만 본 연구에서 사용한 변동성(σ)은 SMP 변동성 하나만을 가지고 추정하였기 때문에 프로젝트의 미래 상황에 대한 리스크를 모두 고려하지 못하는 한계가 있다. 향후 연구에서 시장의 상황과 여러 요인들을 고려할 수 있도록 변동성을 추정하는 것이 필요하다. 또한 본 연구에서는 확장옵션과 포기옵션을 고려하여 투자 시점을 고려하였지만, 실제 현실은 더욱 복잡한 옵션의 형태가 일반적이다. 따라서 복합 옵션의 상호작용을 통한 투자시점 도출에 관한 연

구도 필요할 것으로 사료된다. 더불어, 본 연구에서는 단일 프로젝트만을 대상으로 사례검증을 수행하였다는 한계가 있다. 하지만, 단일 분석사례에 대하여 태양광 시공 전문기업의 자문을 통한 신뢰도 높은 사업비를 추정하여 분석하였다는 점과, 공기업 유휴공간을 대상으로 신재생에너지 개발 사업을 추진할 수 있는 새로운 비즈니스 모델과 의사결정 방안을 구축하였다는데 의의가 있다. 향후 연구에서 다양한 사례의 구체적 정보와 사업비 추정에 따른 사례 연구를 추가 분석하여 연구모형의 구체화가 필요하다.

References

- [1] H. Y. Kim, "A Study on the Improvement of the Accuracy of Photovoltaic Facility Location Using the Geostatistical Analysis", *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, vol.13, no.2, pp.146-156, June 2010.
DOI: <https://doi.org/10.11108/kagis.2010.13.2.146>
- [2] K. Kim, "Review of Real Options Analysis for Renewable Energy Projects", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, vol.18, no.2, pp.91-118, Mar. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.6106/KJCEM.2017.18.2.091>
- [3] K. R. Kim, "Solar Power Plant Location Analysis Using GIS and Analytic Hierarchy Process", *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies*, vol.18, no.4, pp.1-13, Dec. 2015.
DOI: <https://doi.org/10.11108/kagis.2015.18.4.001>
- [4] S. J. Kim, S. Y. Park, J. E. Park, W. G. Lee, "Enhancing Public Sector Cooperation for Regeneration of Vacant or Underutilized Urban Public Property", Research Report, KRIHS, Korea, pp.3-13.
- [5] M. M. Zhang, P. Zhou, D. Q. Zhou, "A real options model for renewable energy investment with application to solar photovoltaic power generation in China." *Energy Economics*, vol.59, pp.213-226, Sep. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2016.07.028>
- [6] J. Lee, J. Shin, C. Jeon, "Optimal subsidy estimation method using system dynamics and the real option model: Photovoltaic technology case." *Applied Energy*, vol.142, pp.33-43, March 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.12.067>
- [7] B. K. K. K. C. K., "Determining the optimal installation timing of building integrated photovoltaic systems", *Journal of Cleaner Production*, vol.140, no.3, pp.1322-1329, Jan. 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.10.020>
- [8] E. M. Kim, M. S. Kim, "Evaluating Economic Feasibility

of Solar Power Generation Under the RPS System Using the Real Option Pricing Method: Comparison Between Regulated and Non-regulated Power Providers”, *Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers*, vol.26, no.9, pp.690-700, Sep. 2013.
DOI: <https://doi.org/10.4313/JKEM.2013.26.9.690>

[9] H. Y. Park, H. Jo, "Economic Feasibility Analysis under Uncertainty : Focused on the Photovoltaic Power Generation Business in Australia", *Journal Finance and Accounting Accounting Information*, vol.19, no.2, pp.23-39, June 2019.
DOI: <https://doi.org/10.29189/KAIAJFAI.19.2.2>

[10] P. Kodulula, C. Papudesu, *Project Valuation Using Real Options: A Practitioner's Guide*, p.161, Fort Lauderdale, FL, J. Ross Publishing Co. 2006, pp. 45-98

김 경 석(Kim-Kyeongseok)

[정회원]



- 1995년 2월 : 연세대학교 토목공학과 수공학 (공학석사)
- 2017년 2월 : 연세대학교 토목환경공학과 건설관리 (공학박사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 토목환경공학과 조교수

<관심분야>

실물옵션, 건설관리, 건설정보

나 승 범(Na-Seoung Beom)

[준회원]



- 2018년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (학사)
- 2018년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 토목공학과 (공학석사재학)

<관심분야>

실물옵션, 건설관리, 건설경영

김 병 일(Byungil Kim)

[정회원]



- 2019년 4월 ~ 현재 : 안동대학교 토목공학과 부교수

<관심분야>

스마트 건설, 실물옵션

장 우 식(Jang-woosik)

[정회원]



- 2011년 2월 : 연세대학교 토목환경공학과 (공학석사)
- 2016년 8월 : 연세대학교 토목환경공학과 (공학박사)
- 2017년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 토목공학과 조교수

<관심분야>

리스크, 건설관리, 스마트 건설

이 경 수(Lee Harry)

[준회원]



- 2019년 8월 : 조선대학교 토목공학과 (학사)
- 2019년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 토목공학과 (공학석사재학)

<관심분야>

토목, 건설관리, 건설경영

이 창 근(Lee-Chang Geun)

[준회원]



- 2020년 2월 : 조선대학교 토목공학과 (학사)
- 2020년 3월 ~ 현재 : 조선대학교 토목공학과 (공학석사재학)

<관심분야>

토목, 건설관리, 건설경영