

영농형 태양광 경제성 제고를 위한 정책 방안

김종익¹⁾ · 조상민²⁾*

Policy Directions to Enhance Economic Feasibility of Agrivoltaics in Korea

Jong-Ik Kim¹⁾ · Sangmin Cho²⁾*

Received 20 November 2023 Revised 2 February 2024 Accepted 8 February 2024 Published online 13 March 2024

ABSTRACT This study analyzes the economic feasibility of agrivoltaics in South Korea. The key findings are as follows. It was ascertained that an amendment to the Farmland Act, which currently has an 8-year permit period, is necessary to ensure the economic feasibility of agrivoltaic projects. Furthermore, economic feasibility improves when agrivoltaic projects are financed, as against cases without financing. Furthermore, the availability of low-interest loans through financial support programs significantly enhances economic feasibility. Scaling up projects leads to cost savings due to economies of scale, while community-based agrivoltaic initiatives generate higher revenue through the acquisition of additional Renewable Energy Certificates. These factors can help improve the economic feasibility of agrivoltaic projects. These incentives are emphasized as they can serve as a source of funding to foster community acceptance of agrivoltaic projects.

Key words Agrivoltaics(영농형 태양광), Renewable energy certificates(재생에너지공급인증서), Benefit cost analysis(편익비용분석), Net present value(순현재가치), Sensitivity analysis(민감도분석)

Nomenclature

R_t : revenues from generation
 C : capital expenditures (CAPEX)
 O_t : operational expenditures (OPEX)
 I_t : financial expenditures
 Tax_t : corporation income tax
 T : operational term of agrivoltaics
 r : discount rates

Subscript

B/C : benefit/cost
IRR : internal rate of return
kW : kilowatt
MW : megawatt
NPV : net present value
REC : renewable energy certificates
SMP : system marginal price

1) Research Fellow, Department of Electricity Policy Research, Korea Energy Economics Institute

2) Senior Research Fellow, Department of Renewable Energy Policy Research, Korea Energy Economics Institute

*Corresponding author: smin0621@keei.re.kr

Tel: +82-52-714-2110

Fax: +82-52-714-2026

1. 서론

우리나라는 「탄소중립선언(2020년 10월)」을 통해 2050년까지 탄소중립을 이루겠다고 국제사회에 공언한 후, 2020

년 12월 관계부처 합동으로 「2050 탄소중립 추진전략」을 발표하였다.^[1] 새로운 글로벌 패러다임으로 대두된 탄소중립 의제에 발맞추고, 탄소중립이라는 새로운 경제질서 하에서 신시장 선점을 위해 선제적 투자를 감행하는 국제 정세에 뒤처지지 않으려는 노력이라고 평가할 수 있다. 해당 추진전략에서 첫 번째로 제시된 과제가 에너지전환의 가속화이다. 탄소중립을 위해 화석연료의 소비를 줄이고, 재생에너지로의 전환을 가속화 한다는 것이다. 이는 에너지 체계의 근본적인 혁신을 요구한다는 점에서 도전적인 과제이다.

「2050 탄소중립 추진전략」의 후속 정책도 연이어 발표되었다. 예를 들어, 산업통상자원부를 주관으로 「에너지 탄소중립 혁신전략」^[2]이, 농림축산식품부를 주관으로 「2050 농식품 탄소중립 추진전략」^[3]이 2021년 발표되었다. 각 추진전략들의 공통점은 탄소중립 달성을 위해 재생에너지의 보급을 적극적으로 확대한다는 점이다. 특히 태양광 발전이 재생에너지 확산에 핵심적인 역할을 할 것으로 기대되는데, 정부는 이를 뒷받침하기 위해서 주민참여형 및 수익 공유형 모델을 제시하고 있다. 입지선정 문제를 제외하더라도 주민수용성 문제가 해결되지 않고서는 정부가 목표로 하는 재생에너지 보급 확산을 담보할 수 없다고 판단한 것으로 보인다.

인구밀도가 높은 우리나라는 도시화의 영향으로 토지개발의 필요성이 높고, 태양광 보급의 확대는 필연적으로 토지의 희소성을 증가시키게 된다. 영농형 태양광은 토지를 발전사업과 영농활동 두 가지 용도로 활용하여 토지의 이용 효율을 높일 수 있다. 또한 태양광 발전을 통한 추가 수입의 창출이 가능하여 농가의 수입을 증대시키는 효과가 기대된다. 특히 농업 종사인구의 고령화 및 쌀 소비량 감소 등으로 농가소득의 감소가 우려되는 상황에서 영농형 태양광은 농업 활동의 지속과 농가의 신규 수입 창출에 기여할 수 있다. 이러한 장점은 정부가 목표로 하는 탄소중립을 가속화하는데 필수적인 주민 수용성을 제고할 수 있다는 점에서도 그 의의가 부각된다.

이에 본 연구는 영농형 태양광의 경제성을 평가하여 보급 확산가능성을 확인하였다. 그리고 분석결과를 바탕으로 영농형 태양광의 확대를 위해 경제성을 제고할 수 있는 정책방안을 제안하고자 한다.

2. 선행연구

100 kW급 영농형 태양광의 경제성을 분석한 주요 선행 연구들은 사업기간이 20년 수준으로 보장될 경우 영농형 태양광의 도입이 농가소득을 증대시킬 수 있다는 공통적인 연구 결과를 제시하였다.^[4~8] 다만, 각종 전제조건들이 변화함에 따라 영농형 태양광의 경제성이 크게 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다. 예를 들면 설치비용, 전력 및 REC 가격, 사업기간, 자금조달 방법 등이 큰 차이를 유발하는 요인이다.

본 연구는 선행연구들에 대한 비교를 바탕으로, 법령에 따른 사업기간의 변화, 금융조건 변화, 판매단가 변화, 사업규모 변화 등 주요 변수의 변화가 경제성에 미치는 영향에 대한 시나리오 분석을 수행하고, 이를 기반으로 정책 대안을 제시한다는 점에서 선행연구와 차별적이다.

3. 경제성 분석 방법

3.1 경제성 평가 방법론

태양광 발전사업의 경제성은 다양한 방식으로 판단할 수 있다. 본 연구에서는 화폐의 시간적 가치를 반영하여, 순현재가치(NPV), 편익비용(B-C) 비율, 내부수익률(IRR)을 활용하여 경제성을 분석하였다.

NPV는 식 (1)과 같이 연도별 현금흐름에 대한 현재가치의 합으로 표현된다. 발전수익의 현재가치에서 각종 비용의 현재가치를 차감한 순이익의 현재가치를 의미한다. NPV가 양의 값을 가질 경우 사업성이 있는 것으로 판단하고, NPV가 높을수록 경제성이 높다고 판단할 수 있다.

$$NPV = -C + \sum_{t=1}^T \frac{(R_t - O_t - I_t - Tax_t)}{(1+r)^t} \quad (1)$$

편익비용 비율은 흔히 B/C 분석으로 널리 알려져 있으며, 편익(Benefit)과 비용(Cost)의 비율을 활용하여 경제성을 분석하는 방법이다(식 (2) 참조). NPV는 절대금액을 기준으로 경제성을 판단하지만, 편익비용 비율은 비용의 현재가치에 대한 편익의 현재가치의 비율로 판단한다는 점

에서 다르다. B/C의 비율이 1보다 클 때 해당 태양광 발전 사업이 경제성을 갖는다고 판단할 수 있다.

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^T \frac{R_t}{(1+r)^t}}{C + \sum_{t=1}^T \frac{(O_t + I_t + Tax_t)}{(1+r)^t}} \quad (2)$$

IRR은 NPV가 0이 되는 지점에서의 할인율을 의미한다 (식 (3) 참조). 즉 미래수익과 총투자비용의 현재가치를 동일하게 만드는 수준의 할인율이다. IRR이 할인율(r)보다 높을 경우 사업성이 있는 것으로 판단한다.

$$0 = -C + \sum_{t=1}^T \frac{(R_t - O_t - I_t - Tax_t)}{(1+IRR)^t} \quad (3)$$

3.2 주요 전제

3.2.1 설비규모별 설치 및 운영유지 비용

본 연구는 영농형 태양광의 경제성 분석을 위해 발전설비 규모를 100 kW와 1 MW로 구분하여 각각 분석을 실시하였다 (Table 1 참조). 설치용량이 커질수록 규모의 경제로 인해 초기 투자비용과 운영유지비용이 감소하는 상황을 고려하기 위함이다. 이때 초기 투자비용과 운영유지비용의 절감률은 Lee and Lim(2021)^[9]가 분석한 지상 태양광 기준 감소비율을 적용하였는데, 100 kW에서 1 MW로 규모가 커질 때 초기 투자비용은 약 12%, 연간 운영유지비용은 약 24% 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 운영유지비용은 매년 물가 상승을 만큼 증가하는 것으로 가정하였다. 참고로 인버터는 수명을 고려하여 매 10년마다 교체하는 것으로 가정하였다.

태양광 설비의 이용률은 정격설비용량이 최대출력으로 가동할 경우 생산할 수 있는 전력량 대비 실제 발전량을 비율로 나타낸 값이다. 따라서 설비의 이용률이 높아질수록 설비의 발전량이 증가한다. 발전설비는 열화현상 등 여러 요인에 의해 시간이 지남에 따라 성능이 저하되는 특성이 있음을 감안하여 연간 0.54%의 성능저하율을 전제하였다. 그리고 경제수명은 경제성 분석 기간을 의미하며 고정가격 장기계약 기간을 고려하여 20년으로 가정하였다. 최근에는 기술발전의 영향으로 패널의 출력 보증기간이 25년 이상으로 늘어나는 추세이다.^[9]

한편, 본 연구에서는 Lee and Lim(2022)^[10]와 같이 재무적 관점에서의 발전단가를 추정하고 사회적 할인율과 동일한 4.5%를 적용하였다. 이 할인율은 미래의 현금흐름을 현재가치로 환산하기 위해 적용된다. 사업의 시행으로 미래에 발생하게 될 비용 및 편익을 현재가치로 환산하여 해당 사업의 경제성을 평가하기 위함이다. 그리고 2023년 법인세율과 법인지방소득세 표준세율이 개정된 점을 반영하기 위하여 과세표준 2억 원 이하의 법인세율은 9%, 법인지방소득세율은 0.9%를 적용하였다.¹⁾

Table 1. Installation costs, O&M costs, and other parameters

Parameters	100 kW	1 MW	Units
CAPEX ¹⁾	1,777	1,590	1,000 KRW /kW
- Module	369	365	
- Inverter	121	74	
- Balance of system	381	436	
- Installation	333	327	
- Miscellaneous	573	388	
OPEX ¹⁾	30,510	23,114	KRW /kW-year
Inflation rates ¹⁾	1.62	1.62	%
Capacity factor ¹⁾	15.38	15.38	
Performance degradation rates ¹⁾	0.54	0.54	
Discount rates ²⁾	4.5	4.5	
Corporation income tax rates	9.9	9.9	

1) Lee and Lim(2021)^[9], p.62

2) Lee and Lim(2022)^[10], p.56

3.2.2 발전수익 및 REC 가중치

태양광 발전수입은 전력과 REC의 판매가격에 의해 결정된다. 따라서 전력과 REC 가격에 대한 전제조건 설정이 선행되어야 한다. 본 연구에서는 현물시장 참여에 따른 불확실성을 제거하기 위해서 고정가격 장기계약 체결상황을 가정하였다. 2023년 상반기 태양광 고정가격계약 경쟁입찰 공고^[11]에서 제시된 SMP+1REC 상한가격과 기준 전력거래 가격(SMP)을 활용하였으며, 구체적인 수치는 Table 2에 제시하였다.²⁾

1) 「법인세법」은 2022년 말일 일부 개정되고, 올해 7월 시행되었다.

2) 100 kW 소형 영농형 태양광의 경우 2023년 7월 26일 이전에는 소형태양광고정가격계약(한국형 FIT) 참여가 가능하였지만 현재 동 제도가 일몰되었으므로 태양광 고정가격계약 입찰을 전제하였다.

Table 2. Ceiling price of the solar PV long-term fixed price auction (KRW/kWh)

SMP	REC	Total
106.32	47.17	153.46

Source: New and Renewable Energy Center(2023)^[11]

「신재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리운영지침」^[12]의 별표2에서는 신재생에너지원별 REC 가중치에 대하여 규정하고 있다. 현재 영농형태양광에 대한 별도의 REC 가중치는 존재하지 않는다. 따라서 일반 부지에 설치하는 경우를 준용한다. 일반 부지에 설치할 경우 100 kW 미만은 1.2, 100 kW부터 3,000 kW까지는 1.0, 그리고 3,000 kW를 초과할 경우 0.8의 가중치를 부여받는다 (Table 3 참조).

본 연구는 해당 지침에 따라 100 kW 규모의 영농형 태양광은 1.2의 REC 가중치를, 1 MW 규모의 영농형 태양광은 1.02의 REC 복합 가중치를 부여받는 것으로 전제하였다.

Table 3. REC multipliers when installing a solar power system on regular land

REC multiplier	Capacity
1.2	less than 100 kW
1.0	greater than or equal to 100 kW but less than or equal to 3,000 kW
0.8	greater than 3,000 kW

Source: Ministry of Trade, Industry and Energy(2023)^[12]

3.3 분석 시나리오

먼저 영농형 태양광 사업의 경제성을 검토함에 있어, 100% 자기자본을 활용하여 사업을 시행하는 경우를 가정한 시나리오를 살펴본다(Table 4 참조). 현재안(1-1)은 일시사용 허가기간이 8년인 현재의 농지법^[13] 및 동법 시행령^[14] 체계를 반영하였다. 경제성 평가의 기준이 되는 기준안(1-2)은 최근의 입법동향을 감안하여 농지의 타용도 일시사용 허가기간이 20년으로 연장되는 상황을 가정하였다. 연장안(1-3)은 태양광 모듈의 성능보증기간이 25년 이상인 점을 감안하여, 일시사용 허가기간이 30년으로 연장되는 상황을 가정하였다. 현재안, 기준안, 연장안을 통해 타용도 일시사용 허가기간이 영농형 태양광의 경제성에 어느 정도 영향을 미치는지 확인할 수 있다.

가격인상안(1-4)과 가격인하안(1-5)은 태양광 고정가격 계약 경쟁입찰의 입찰상한가(SMP+REC)가 변동되는 상황을 가정하였다. 본 연구는 영농형 태양광 사업자들이 고정가격계약을 통해 안정적이고 고정적인 수익을 창출한다고 가정하였다. 따라서 가격인상안(1-4)과 가격인하안(1-5)은 추후 고정가격(입찰상한가)이 각각 상승 또는 하락하는 상황을 반영한 민감도 분석을 위한 시나리오라고 볼 수 있다.³⁾

Table 4. Key assumptions by scenario without financing

(1)-	①	②	③	④	⑤
SMP+REC (KRW/kWh)	153.5 (106.3+47.2)			10% Increase	10% Decrease
Operational term (years)	8	20	30	20	20

Note: ① Present(1-1), ② Reference(1-2), ③ Extension(1-3), ④ SMP and REC price increase(1-4), ⑤ SMP and REC price decrease(1-5)

이어서 금융조달을 통해 사업을 시행하는 경우의 경제성을 구분하여 살펴보기 위해 영농형 태양광 설치자금에 대한 대출이 시행되는 상황을 전제하였다(Table 5 참조). 이때 금융조건은 신재생에너지 금융지원사업의 자금지원 조건을 준용하였다. 대출기간은 5년 거치 10년 분할상환이며, 총사업비 대비 지원비율이 90% 이내인 점을 감안하여, 대출비율은 90%로 가정하였다.^[15] 해당 사업의 이자율은 에너지 및 자원사업 특별회계 운영요령에 따라 분기별 변동금리를 적용하는데, 본 연구는 2023년 2/4분기 대출금리인 2.25%를 적용하였다.^[16]

현재안(2-1), 기준안(2-2), 연장안(2-3), 가격인상안(2-4), 그리고 가격인하안(2-5)의 기본 전제들은 상기 금융조건을 제외하면 금융조달 미시행의 시나리오들과 동일하다. 거치기간단축안(2-6)은 대출기간이 5년 거치 10년 분할상환에서 무거치 10년 분할상환으로 변경된 경우의 경제성 변화를 살펴본다. 금리인상안(2-7)은 신재생에너지 금융지원사업의 대출금리가 2.25%에서 4.5%로 두 배 인상되는 상황을 가정하였다. 금리인상안+자부담증가안(2-8)은 대출금리가 2.25%에서 4.5%로 인상됨과 동시에 초기

3) 입찰상한가로 낙찰되는 상황을 가정하였다.

사업비의 대출비중이 90%에서 70%로 낮아지는 상황을 제시하였다. 거치기간단축안(2-6), 금리인상안(2-7), 금리인상안+자부담증가안(2-8)을 통해 금융조건의 변화에 따른 경제성 변화를 파악할 수 있다.

Table 5. Key assumptions by scenario with financing

(2)-	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
SMP+REC (KRW/kWh)	153.5 (106.3+47.2)			10% ↑ ↓		153.5 (106.3+47.2)		
Operational term (years)	8	20	30	20				
Debt ratio (%)	90						70	
Loan rates (%)	2.25					4.50		
Grace period (years)	5				0		5	
Repayment period (years)	10							

Note: ① Present(2-1), ② Reference(2-2), ③ Extension(2-3), ④ SMP and REC price increase(2-4), ⑤ SMP and REC price decrease(2-5), ⑥ Grace period decrease(2-6), ⑦ Loan rates increase(2-7), ⑧ Loan rates increase+debt ratio decrease(2-8)

4. 경제성 분석 결과

4.1 일시사용 승인 허가기간에 따른 경제성 변화

100 kW급 영농형 태양광의 일시사용 승인 허가기간에 따른 경제성 분석결과는 Table 6에 제시하였다. 먼저 자본이 충분하여 금융조달 없이 영농형 태양광을 설치하는 경우를 살펴본다. 금융조달 미시행 사업의 경제성 분석결과를 통해 프로젝트 관점에서 영농형 태양광 사업의 경제성을 확인할 수 있다.

영농형 태양광 설비의 일시사용 허가기간을 8년으로 설정한 현재안(1-1)은 편익-비용 비율이 0.71에 불과하고, NPV도 -58.4백만 원으로 나타나 경제성이 없는 것으로 판단된다. 타용도 일시사용 허가기간이 8년에서 20년으로 12년 연장되는 기준안(1-2)의 경우 편익-비용 비율이 1.12로 증가하고, NPV도 29.5백만 원으로 나타나 경제성이 확보되는 것으로 분석되었다. 12년의 기간연장 효과가 현재 가치를 기준으로 약 87.9백만 원인 것으로 해석이 가능하

다. 당연한 결과로 영농형 태양광 설비의 일시사용 허가기간이 30년으로 기준안에 비해 10년 추가 연장될 경우를 가정한 연장안(1-3)의 경우 편익-비용 비율이 1.25 수준으로 증가하고, NPV는 66.9백만 원에 이르는 것으로 나타났다.

다음으로 금융조달을 통해 사업을 시행한 경우의 경제성 분석결과를 살펴본 결과, 모든 시나리오에서 금융조달이 없는 경우에 비해 경제성이 제고된 것을 확인했다. 초기비용 대출금리가 할인율보다 낮아 발생하는 지렛대효과를 반영한 결과이다. 예를 들어 두 개의 기준안(1-2, 2-2)을 비교했을 때 총편익의 현재가치는 270.4백만 원으로 동일함을 확인할 수 있다. 반면 총비용의 현재가치는 기준안(2-2)이 209.3백만 원으로 기준안(1-2)의 240.9백만 원에 비해 낮다. 이상의 결과를 통해 정부의 금융지원은 영농형 태양광 사업의 경제성에 매우 큰 영향을 미치는 것을 확인할 수 있다.

Table 6. Effects of the operational term on the economic feasibility (100 kW)

without financing	Units	Present	Reference	Extension
		(1-1)	(1-2)	(1-3)
Revenues		140.8	270.4	332.7
Costs	Mil. KRW	199.3	240.9	265.7
NPV		- 58.4	29.5	66.9
BC	-	0.71	1.12	1.25
IRR	%	-3.3	6.5	7.9
with financing	Units	Present	Reference	Extension
		(2-1)	(2-2)	(2-3)
Revenues		140.8	270.4	332.7
Costs	Mil. KRW	173.9	209.3	234.1
NPV		- 33.0	61.2	98.6
BC	-	0.81	1.29	1.42
IRR	%	13.0	75.0	75.0

4.2 금융조건 변동에 따른 경제성 변화

정부의 금융지원은 영농형 태양광 사업의 경제성에 매우 큰 영향을 미칠 것으로 예상할 수 있다. 시중금리에 비해 낮은 금리로 초기 투자비용의 상당부분을 차입할 수 있기 때문이다. 하지만 농촌태양광 사업의 자금조달 유형을 보면 저리의 정책자금을 활용하는 비율은 10% 중반 대에 머물고 있으며, 금리가 높은 일반자금을 주로 활용하고 있음을 확인할 수 있다.^[17] 따라서 금융조건이 변경될 경우 영농

형 태양광의 경제성에 미치는 영향을 분석하여 Table 7에 제시하였다.

기준안(2-2)의 금융조건은 2023년 2/4분기 신재생에너지 금융지원사업의 자금지원 조건에 해당한다. 세부 조건을 살펴보면, 대출기간은 5년 거치 10년 분할상환이며, 총사업비 대비 지원비율이 90% 이내이고, 대출금리는 2.25%이다.^[16]

거치기간 없이 대출실행 직후부터 10년에 걸쳐 차입금을 상환하는 방식으로 금융조건이 변경되는 거치기간단축안(2-6)의 경우, 영농형 태양광의 경제성은 악화되는 것으로 분석되었다. 100 kW 영농형 태양광의 편익-비용 비율이 1.29에서 1.21로 기준안(2-2) 대비 낮아졌으며, NPV는 61.2백만 원에서 47.4백만 원으로 감소하였다.

기준안(2-2)에 비해 대출금리가 4.5%로 상승하는 금리 인상안(2-7)의 경우에도 영농형 태양광의 경제성은 악화된다. 편익-비용 비율은 1.29에서 1.14로 낮아졌으며, NPV는 61.2백만 원에서 33.8백만 원으로 감소하였다.

금리인상에 더해 대출비중을 기존 90%에서 70%로 축소하는 금리인상+자부담증가안(2-8)의 경우에도 영농형 태양광의 경제성은 기준안에 비해 악화된다. 다만, 사업시행 초기에 자기자본의 비중이 20%p 증가하였지만, 금리인상안(2-7)과 비교했을 때 편익-비용 비율이나 NPV로 평가된 경제성의 변화는 크지 않은 것으로 분석되었다. 대신 초기자본이 증가하는 만큼 IRR은 큰 폭으로 감소하였다.

Table 7. Effects of the loan term and conditions on the economic feasibility (100 kW)

with financing	Units	(2-2)	(2-6)	(2-7)	(2-8)	
Revenues	Mil. KRW	270.4	270.4	270.4	270.4	
Costs		209.3	223.1	236.6	237.6	
NPV		61.2	47.4	33.8	32.9	
BC		-	1.29	1.21	1.14	1.14
IRR		%	75.0	12.9	50.9	12.2

Note: Reference(2-2), Grace period decrease(2-6), Loan rates increase(2-7), Loan rates increase+debt ratio decrease(2-8)

4.3 SMP와 REC 가격 변동에 따른 민감도 분석

본 연구는 영농형 태양광 사업자들이 태양광 고정가격제에 경쟁입찰을 통해 안정적이고 고정적인 수익을 창출한다

고 가정하였다. 본 절에서는 고정가격이 각각 상승 또는 하락하는 상황을 가정한 민감도 분석 결과를 제시한다(Table 8 참조).

당연한 결과이지만, 고정가격이 상승한 경우에는 영농형 태양광의 경제성이 제고된다. 고정가격이 상승한 만큼 총편익이 증가하기 때문이다. 반면 비용측면에서는 수입이 증가함에 따라 법인세가 소폭 증가하였다.

고정가격이 하락하는 경우에는 반대의 상황이 발생한다. 고정가격이 하락한 만큼 총편익이 감소하고, 비용측면에서는 수입이 감소함에 따라 법인세 역시 소폭 감소한다. 총편익의 감소분이 비용의 감소분보다 크기 때문에 고정가격이 하락하는 경우 영농형 태양광의 경제성은 악화된다. 예를 들어, 100 kW 설비용량을 기준으로 대출실행 여부에 관계 없이 SMP+REC가격이 10% 상승하거나 하락했을 때, NPV는 24.6백만 원 가량 증가 또는 감소하는 것으로 분석되었다.

Table 8. Effects of the variations in SMP and REC price on the economic feasibility (100 kW)

without financing	Units	(1-2)	(1-4)	(1-5)	
Revenues	Mil. KRW	270.4	297.7	243.1	
Costs		240.9	243.6	238.2	
NPV		29.5	54.1	4.9	
BC		-	1.12	1.22	1.02
IRR		%	6.5	8.0	4.8
with financing		Units	(2-2)	(2-4)	(2-5)
Revenues	Mil. KRW	270.4	297.7	243.1	
Costs		209.3	212.0	206.5	
NPV		61.2	85.8	36.6	
BC		-	1.29	1.40	1.18
IRR		%	75.0	87.8	61.0

Note: [without financing] Reference(1-2), SMP and REC price increase(1-4), SMP and REC price decrease(1-5); [with financing] Reference(2-2), SMP and REC price increase(2-4), SMP and REC price decrease(2-5)

4.4 사업규모 변동에 따른 경제성 변화

분석 전제에 따르면, 규모의 경제를 반영하여 1 MW급 영농형 태양광 설비의 초기 투자비용은 kW당 1,590천 원으로 100 kW급 영농형 태양광 설비의 kW당 초기 투자비

용인 1,777천 원에 비해 낮고, kW당 운영유지비용도 낮게 설정되었다(Table 1 참조). 따라서 대형화에 따른 비용절감효과에 기인한 경제성 제고가 기대된다. 하지만 1 MW급 영농형 태양광 설비는 REC 가중치가 1.02로 감소한다. 이는 가중치 체계가 100 kW까지는 1.2, 100 kW부터 1,000 kW까지는 1.0을 적용하는 복합 가중치 형태이기 때문이다(Table 3 참조). 따라서 1 MW급 영농형 태양광 설비는 100kW급 영농형 태양광 설비에 비해 용량 단위당 발전수익이 감소할 것으로 예상된다. 결국 영농형 태양광의 규모 변동에 따른 경제성은 용량 단위당 비용감소와 발전수익감소 중 어느 것이 더 크게 변화하는지에 따라 결정된다.

한편, 「신재생에너지 공급의무화제도 및 연료 혼합의무화제도 관리운영지침」^[12]에 따르면 설비용량 500 kW 이상의 태양광 발전소 중에서 주민참여 발전사업일 경우 일정요건을 충족 시 REC 가중치를 추가 지원하고 있다. 이격거리 가이드라인 준수여부, 총사업비 대비 참여 비율, 인접거리 거주 요건 등을 만족할 경우 최대 0.2의 REC 가중치를 추가로 부여받을 수 있다. 본 연구의 분석대상인 1 MW 영농형 태양광이 주민참여형 사업으로 시행될 경우 최종적으로 최대 1.22에 해당하는 REC 가중치를 부여받을 수 있다(Table 9 참조).

Table 9. Solar Energy REC Multiplier in case of community-based projects

100 kW	1 MW	
	community-based projects	
1.2	1.02	a maximum of 0.2 additional

Source: Ministry of Trade, Industry and Energy(2023)^[12]

1 MW 설비용량을 기준으로 한 영농형 태양광의 경제성 분석결과는 Table 10에 제시하였다. 우선 금융조달 없이 자기자본으로 영농형 태양광을 설치하는 경우의 경제성 분석결과를 살펴보면, 농지의 타용도 일시사용 허가기간을 20년으로 가정한 기준안(3-2)의 경우 편익-비용 비율이 1.22로 1보다 크고, NPV는 467.9백만 원으로 나타나 경제성을 확보할 수 있는 것으로 분석되었다. 일시사용 허가기간이 30년으로 10년 추가 연장될 경우를 가정한 연장안(3-3)의 경우 편익-비용 비율이 1.38수준으로 증가하는 것으로 나타났다.

다음으로 금융조달을 통해 사업을 시행한 경우의 경제성 분석결과를 살펴본 결과, 금융조달을 시행하지 않는 경우에 비해 경제성이 제고된 것을 확인할 수 있다. 이 경우 편익-비용 비율은 1.41, NPV는 751.6백만 원으로 분석되었다. 앞서 설명한대로 차입이자율이 할인율보다 낮아 발생하는 지렛대효과를 반영한 결과이다. 예를 들어 두 개의 기준안(3-2, 4-2)을 비교했을 때 총편익의 현재가치는 2,564.5백만 원으로 동일함을 확인할 수 있다. 반면 총비용의 현재가치는 금융조달이 없는 경우 2,096.6백만 원으로 금융조달이 있는 경우의 1,812.8백만 원에 비해 높다.

일시사용허가 승인기간이 20년이면서 주민참여형 영농형 태양광 사업을 통해 REC 추가가중치 0.2를 부여받는 참여안(3-4, 4-4)은 기준안(3-2, 4-2)에 비해서 편익-비용 비율과 NPV가 증가하며 경제성이 제고되는 것으로 분석되었다. REC 가중치 추가에 따른 총편익이 증가하기 때문이다.

전반적으로 100 kW급 영농형 태양광에 비해 경제성이 제고되는 것으로 분석되었는데, 이는 단위당 전력 및 REC 판매단가가 다소 줄어들더라도 사업의 대형화에 따른 규모의 경제로 인하여 영유하는 초기 투자비용 하락 효과가 더

Table 10. Effects of the capacity expansion and community-based projects on the economic feasibility (1 MW)

without financing	Units	(3-2)	(3-3)	(3-4)
Revenues		2,564.5	3,154.5	2,722.8
Costs	Mil. KRW	2,096.6	2,289.0	2,112.2
NPV		467.9	865.5	610.6
BC	-	1.22	1.38	1.29
IRR	%	7.9	9.1	8.8
with financing	Units	(4-2)	(4-3)	(4-4)
Revenues		2,564.5	3,154.5	2,722.8
Costs	Mil. KRW	1,812.8	2,005.2	1,828.5
NPV		751.6	1,149.3	894.3
B/C	-	1.41	1.57	1.49
IRR	%	85.3	85.3	93.3

Note: The Reference(3-2, 4-2) and Extension(3-3, 4-3) indicate the scenarios that the operational terms are 20 and 30 years, respectively. The community-based project(3-4, 4-4) refers to a 20-year operation with an additional 0.2 REC multiplier.

크게 나타나기 때문이다. 또한 주민참여형 가중치는 경제성 향상 기회를 추가로 제공하는 것으로 판단된다.

4.5 소결

지금까지 살펴본 경제성 분석결과 중 편익-비용 비율을 시나리오별로 정리하여 Fig. 1에 제시하였다. 본 연구에서 실시한 경제성 분석을 통해 확인할 수 있는 시사점은 다음과 같다. 첫째, 농지의 타용도 일시사용허가 기간이 연장될수록 영농형 태양광의 경제성은 제고된다. 둘째, 금융조달을 통해 사업을 시행할 경우가 자기자본을 활용하여 사업을 시행하는 경우에 비해 경제성이 높다. 즉, 자기자본 투자 비율이 낮을수록 경제성이 좋다. 이때 저금리의 금융지원을 받게 될 경우 경제성이 더욱 개선된다. 셋째, 태양광

고정가격계약 경쟁입찰을 통한 낙찰가격이 상승할 경우 영농형 태양광의 경제성은 제고된다. 넷째, 규모의 경제에 따른 초기 투자비용 및 운영유지비용 하락은 영농형 태양광의 경제성을 제고시킨다. 마지막으로 공동 참여 방식 등을 통해 주민참여형으로 영농형 태양광 사업을 추진할 경우, 규모의 경제에 따른 비용절감과 REC 추가 가중치 확보에 따른 수입 증가가 발생하여 경제성이 한층 제고된다.

5. 결론 및 정책적 시사점

5.1 일시사용허가의 연장 허용

앞서 농지의 타용도 일시사용 허가기간이 연장될 경우 경제성이 제고될 수 있다는 것을 경제성 분석을 통해 확인하였다. 현재 「농지법」^[13]과 동법 시행령^[14]에 따르면, 영농형 태양광은 농업진흥구역 외 지역을 대상으로 최장 8년의 타용도 일시사용이 가능하다.⁴⁾ 하지만 영농형 태양광의 투자비용 회수기간은 100 kW급과 1 MW급 모두 기준안의 경우 14~15년 이상이 소요되는 것으로 분석되었다. 영농형 태양광의 경제성이 확보되기 위해 타용도 일시사용 허가기간의 연장 필요성이 제기되는 이유이다. 영농형 태양광 관련 주요 농지법 개정안들이 허가기간을 최대 20년 이상으로 개정하려는 이유도 비용회수가 되지 않는 현실을 반영한 것으로 보인다.⁵⁾

현재 태양광 패널의 성능보증기간이 25년 이상에 이르고, 기술이 발전하는 추세를 감안하면 패널의 수명은 향후 더욱 늘어날 수 있다. 이런 추세를 감안하여 타용도 일시사용 허가기간의 추가 연장도 고려할 필요가 있다. 최초 일시사용 허가기간을 20년 이내로 정하더라도 일정한 기준을 충족하면 추가적인 연장이 가능하게 규정하여 최장 허가기간을 패널의 성능보증기간에 맞춰 25년 이상으로 연장할 수 있도록 하는 것이다. 그리고 리파워링을 고려할 경우 특정 요건을 유지한다면 일시사용 승인허가의 재허가가 가능하도록 제도를 설계하는 것도 검토할 필요가 있다.

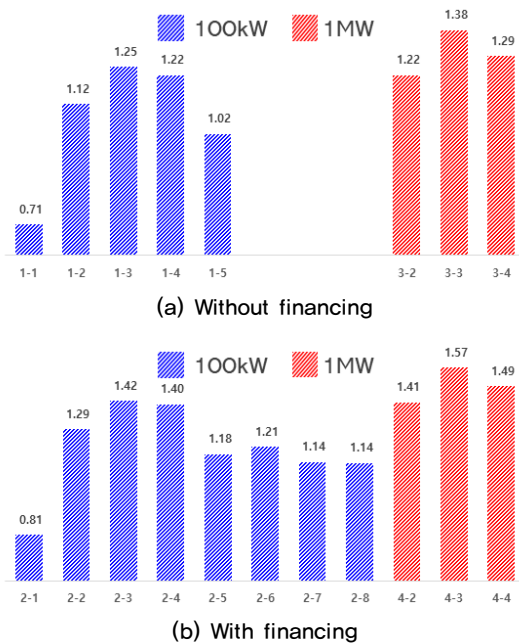


Fig. 1. The comparison of the B/C ratio on various scenarios

Note: The Present(1-1, 2-1), Reference(1-2, 2-2, 3-2, 4-2) and Extension(1-3, 2-3, 3-3, 4-3) indicate the scenarios that the operational terms are 8, 20 and 30 years, respectively. The scenarios of (1-4, 2-4) and (1-5, 2-5) present the case of 10 percent increase and decrease in SMP·REC price, respectively. The impacts of changing financial conditions are illustrated in the scenarios: Grace period decrease (2-6), Loan rates increase(2-7), and Loan rates increase+debt ratio decrease(2-8). Lastly, the community-based project(3-4, 4-4) refers to a 20-year operation with an additional 0.2 REC multiplier.

4) 영해간척지의 경우 농업진흥구역이라도 최장 23년 허가 가능^[13]
 5) 의안번호 제2100053호(대표발의: 박정 의원), 제2107635호(대표발의: 김승남 의원), 의안번호 제2108770호(대표발의: 위성곤 의원)는 타용도 일시사용 또는 농지의 복합이용 개념을 통해 사업기간을 20년 이상으로 연장하는 방안을 제안하고 있다.

5.2 농가특성을 반영한 금융지원

Table 6에서 살펴본 바와 같이 금융조달 없이 100 kW 급 영농형 태양광을 설치할 경우 기준안의 분석결과에 따르면 농가의 기대수익은 현재가치로 약 29.5백만 원에 이른다. 20년 동안 연평균 약 150만 원의 추가수익이 기대되는 것이다. 만약 금융조달을 시행할 경우에는 농가의 기대수익은 현재가치로 약 61.2백만 원으로 증가하고 20년 동안 연평균 300만 원 이상의 수익이 발생한다. 현재 연간 농작물 판매규모가 1,000만 원 미만인 농가가 65.1%에 이르는 상황에서 이와 같은 수준의 농가수익 증대는 적지 않은 것으로 판단된다.^[18]

하지만 100 kW 태양광의 설치비용이 1.78억 원에 이르는 점은 투자를 저해하는 요인이다. 농가의 소득수준이나 재정상황을 고려할 때 초기비용이 부담되기 때문이다. 그리고 농가의 경영주 연령이 고령화 된 점도 고려해야 한다. 통계청 농림어업조사에 따르면 2022년 기준 농가의 경영주 연령은 60세 이상의 비중이 약 80%에 이른다.^[19] 농가의 참여의향을 제고하기 위해서는 투자회수 기간을 단축시키거나, 영농형 태양광 사업의 불확실성을 해소할 수 있는 금융모델이 요구된다.

본 연구의 경제성 분석결과에 따르면, 저리의 자금용자가 가능할 경우 경제성이 크게 제고되는 점을 확인하였다. 따라서 농업인들이 태양광 사업에 투자할 경우 정책자금을 활용하려 할 것이다. 하지만 농업인은 담보능력 부족 등으로 일반자금에 비해 대출금리가 낮은 정책자금 수혜 비중이 낮다.^[17] 정책자금의 경우 일반자금에 비해 저렴한 금리로 대출이 가능하지만, 정책자금의 요구조건이 자금력이나 담보제공 능력 측면에서 까다로워 저소득 농업인의 정책자금 지원 수혜가 제약되고 있는 것이다.^[17] 따라서 상대적으로 금융조달 능력이 부족한 농업인을 위한 장기저리 용자 등의 금융지원을 확대할 필요가 있다. 이를 통해 주민 수용성 확보하면서, 농가 전반의 소득향상에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

5.3 판매단가 인상 및 주민참여형 사업 개발

Table 8과 Table 10을 통해 전력 및 REC에 대한 판매단가가 상승하거나, REC의 추가 가중치를 부여받을 경우 영

농형 태양광의 경제성이 제고될 수 있음을 확인하였다.

주민참여형 설비로 사업을 추진할 경우 REC 가중치를 최대 0.2까지 수혜가 가능하다. REC 가중치를 통해 추가적으로 발생하는 수익은 프로젝트의 경제성을 높이는 역할을 한다. 예를 들어 본 연구의 1MW급 영농형 태양광 경제성 분석결과에 따르면, 금융조달 없는 주민참여형 사업의 NPV는 610.6백만 원으로 기준안(3-2)의 NPV인 467.9백만 원에 비해 142.7백만 원이 높다(Table 10 참조).

이와 같은 주민참여형 사업의 인센티브는 프로젝트의 수용성을 제고하기 위한 재원으로도 활용될 수 있다. 따라서 일정 규모 이상의 영농형 태양광 설비에 대한 지역주민 간 이익공유형 모델을 수립하여 보급하는 것은 경제성과 수용성을 동시에 제고할 수 있는 방안이다.

재생에너지 설치 주변지역 주민들의 주요 반대 이유 중 하나는 발전사업의 수익이 지역주민이 아닌 외부사업자에게 돌아가기 때문이다.^[4,20] 따라서 영농형 태양광에 대한 주민수용성을 제고하기 위해서는 지역주민들이 사업에 직접적으로 참여하거나, 발전수익을 지역주민들과 공유하는 사업 방식의 필요성이 요구된다. 동시에 농촌태양광 사업이 높은 초기 투자비용으로 인하여 고소득 농업인 위주로 운영될 가능성이 높으므로 저소득 농업인의 참여 유인을 제고하기 위해서 협동조합 등 참여형 사업의 활성화가 필요하다.^[17] 특히 영세한 규모, 초기비용 부담, 전문지식 부족, 고령 등을 이유로 영농형 태양광 사업의 초기 진입은 쉽지 않을 수 있다. 하지만 마을단위의 협동조합 사업은 주민참여로 인하여 수용성을 확보할 수 있고, 초기비용 부담도 완화할 수 있다.

감사의 글

본 논문은 에너지경제연구원원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(수시연구보고서 23-05, 영농형 태양광 보급 확대를 위한 정책 방안: 경제성 측면을 중심으로). 본 논문은 2023년도 정부(산업통상자원부)의 재원으로 한국에너지기술평가원의 지원을 받아 수행된 연구입니다(1415186671, 100m×100m 격자형 국내 태양광 시장잠재량 분석모델 및 데이터 플랫폼 개발).

References

- [1] Jointly with relevant Ministries, 2020, “2050 Carbon neutrality implementation strategy(2020.12.7.)”, <https://eiec.kdi.re.kr/bigdata/policyDown.do?idx=17>.
- [2] Jointly with relevant Ministries, 2021, “Energy carbon neutrality innovation strategy(2021.12.10.)”, <https://eiec.kdi.re.kr/policy/callDownload.do?num=221324&filenum=3&dtime=20211213224820>.
- [3] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2021, “2050 Agriculture and food carbon neutrality implementation strategy(2021.12.27.)”, <https://eiec.kdi.re.kr/policy/callDownload.do?num=221962&filenum=2&dtime=20211227210143>.
- [4] Kim, Y.J., Kim, S.S., Chae, K.S., Seo, D.S., Park, J.Y., Song, S.H., and Choo, S.M., 2018, “A study on the issues and improvement strategies for solar energy expansion in the rural area”, Korea Rural Economic Institute, <https://repository.krei.re.kr/handle/2018.oak/23593>.
- [5] Sohn, H.C., Park, H.J., and Kim, Y.S., 2019, “Economic analysis of Korean agro-photovoltaics power generation”, *Journal of Regional Studies*, **27**(2), 1-12.
- [6] Shin, D.W., Lee, C.H., Jung, Y.M., and Soon, B.M., 2021, “Promoting agricultural photovoltaic: A review of applications, challenges, and opportunities”, Korea Environment Institute, https://www.kei.re.kr/elibList.es?mid=a10101030000&elibName=researchreport&class_id=6&act=view&c_id=736665.
- [7] Lee, S.H., 2023, “A survey of farmers' intentions on agrophotovoltaic and benefit-cost analysis”, *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, **24**(1), 221-227.
- [8] Cho, Y.H., Cho, S.J., Kwon, H.S., and Yoo, D.H., 2019, “Building an Agrophotovoltaic System and Suggesting Activation Plans”, *The Journal of Information Systems*, **28**(1), 115-132.
- [9] Lee, K.D., and Lim, D.O., 2021, “Establishment and operation of long-term LCOE forecast system for expansion of renewable energy(2/5)”, Korea Energy Economics Institute, ISBN: 9788955048407.
- [10] Lee, K.D., and Lim, D.O., 2022, “Establishment and operation of long-term LCOE forecast system for expansion of renewable energy(3/5)”, Korea Energy Economics Institute, ISBN: 9788955048841.
- [11] New and Renewable Energy Center, 2023, “Announcement of solar PV long-term fixed price auction in the first half in 2023(2023.3.7.)”, Accessed 12 June 2023, <https://www.knrec.or.kr/biz/pds/businoti/view.do?no=3000>.
- [12] Ministry of Trade, Industry and Energy, 2023, “Guidelines for the management and operation of the renewable portfolio standards and renewable fuel standards”, Administrative rule No.2023-191.
- [13] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2021, “Farmland act”, No.18401, August 17, 2021.
- [14] Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2023, “Enforcement decree of the farmland act”, No.33321, March 7, 2023.
- [15] New and Renewable Energy Center, 2023, “Renewable energy financial support program”, Accessed 12 June 2023, https://www.knrec.or.kr/biz/introduce/new_fin/intro_fin.do?gubun=A.
- [16] New and Renewable Energy Center, 2023, “Renewable energy financial support program 2023 Q2 loan interest rate announcement(2023.3.28)”, Accessed 12 June 2023, <https://www.knrec.or.kr/biz/pds/notice/view.do?no=3081>.
- [17] Byeon, J.Y., 2021, “Analysis of rural solar projects for increasing farm household income”, National Assembly Budget Office, https://www.nabo.go.kr/Sub/01Report/01_01_Board.jsp?funcSUB=view&arg_id=7471.
- [18] Statistics Korea, 2023, “Agriculture, forestry, and fishery survey: No. of farm households by area of cultivated land”, Accessed 25 May 2023, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EA1022&conn_path=I2.
- [19] Statistics Korea, 2023, “Agriculture, forestry, and fishery survey: No. of farm households by type of

farming”, Accessed 25 May 2023, https://kosis.kr/statHtml/statHtml.do?orgId=101&tblId=DT_1EA1015&conn_path=I3.

[20] Kim, H.W., 2019, “A study on strategies for expanding

solar energy adoption through citizen participation”, Ulsan Research Institute, https://www.uri.re.kr/bbs/board.php?bo_table=research_report&wr_id=1197.