

폐태양광 재활용 사업의 경제성 분석 및 정책적 시사점

모정윤¹, 김민지^{2*}

¹조선대학교 경제학과, ²산업연구원

Economic analysis of Solar PV panel recycling project

Jung Youn Mo¹, Min Ji Kim^{2*}

¹Department of Economics, Chosun University

²Korea Institute for Industrial Economics and Trade

요약 최근 정부정책에 따른 원자력 발전의 감축과 신재생에너지의 급속한 보급확대에 따라 국내 태양광 발전 설치가 급격히 확대되고 있다. 이러한 태양광 발전 설비의 급속한 증가는 필연적으로 신재생에너지 산업에서의 폐기물 증가로 이어진다. 그러나 현재 신재생에너지 분야에서 발생한 폐기물에 대한 국내 사후 관리 시스템 구축에 대한 정책 논의는 미비하다. 동 연구는 태양광 패널 재활용 산업의 비용 및 편익을 추정하고 한국의 태양광 폐기물 재활용 정책에 대한 시사점을 도출하고자 한다. 동 연구의 결과에 따르면, 태양광 패널 재활용 사업의 실행 기간이 10년일 경우, 재활용 프로젝트의 수익성이 매우 낮다는 결론이 도출된다. 반면 재활용 프로젝트의 기간이 20년으로 연장될 경우, 2030년 이후 국내 태양광 폐기물의 총 용량이 크게 증가하여 규모의 경제로 인해 프로젝트의 경제 효율성이 충분히 높아질 수 있다는 결론을 도출하였다. 태양광 패널 재활용 사업의 경우 단기적으로는 경제적 효율성이 매우 낮기 때문에 민간 기업의 자발적 사업 참여를 기대하기 어렵다. 따라서 재활용 사업의 경제성 향상 및 관련 산업 활성화를 위한 다양한 정부의 정책 마련이 필요하다. 이를 위해서는 i) 폐태양광 패널의 재활용을 위한 법률 제정, ii) 태양광 패널 폐기물 모니터링 및 비용 관리를 위한 협회 지정, iii) 태양광 패널 재활용 관련 R & D 수립 및 재활용과 관련된 다양한 비즈니스 모델 개발 등의 정책 마련이 필요하다.

Abstract In accordance with the government's expansion of solar power generation, the installation of solar panels is expected to expand in Korea. On the other hand, policy discussions on the establishment of a domestic post-management system for waste from photovoltaic power are insufficient. This study estimated the benefit-cost of solar PV Panel recycling and derived the implications for the photovoltaic waste policies in Korea. Overall, the profitability of the recycling project is very low when the project execution period is 10 years. On the other hand, the economic efficiency of the project can be sufficiently high when the duration of the solar panel recycling project is extended to 20 years. In the short term, it is challenging to expect voluntary companies to enter this recycling business because of low economic efficiency. Therefore, it is necessary to prepare various policies to improve the economic efficiency of the recycling business. In conclusion, the following policy implications for PV panel recycling activation are proposed: i) legislation for the recycling of waste solar photovoltaic panel, ii) designation of Association for Solar Panel waste monitoring, and iii) expansion of R & D and the development of various business models related to solar recycling.

Keywords : Solar PV Generation, Solar PV Panel Recycling, Waste Management System, B/C Analysis, Power System

본 연구는 2017년도 산업연구원의 연구보고서「사후관리체계 구축을 통한 신재생에너지 활성화 방안」의 내용을 대폭 수정·보완하여 수행되었음. 이 논문은 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음(2019).

*Corresponding Author : Min Ji Kim(KIET)

email: minz856@kiet.re.kr

Received January 22, 2020

Accepted May 8, 2020

Revised February 28, 2020

Published May 31, 2020

1. 서론

화력 발전의 미세먼지 배출 증가와 지진 발생·폐기물 처리 등에 따른 원자력 발전의 안정성 우려 등의 이슈가 크게 부상함에 따라 기저발전을 담당해 왔던 석탄 및 원전에 대한 국민들의 부정적인 시각이 확대되었다. 이에 따라 정부의 에너지 정책의 목표는 '친환경·원전비중 축소'로 패러다임이 전환 되었고[1], 에너지 정책 변화에 따라 전력계통에 태양광 발전 등 신재생에너지원의 급격한 증가가 진행 중이다.

급격한 태양광발전 설치 증가는 사용 후 수명이 다한 폐 태양광 등 신재생에너지 분야에서의 폐기물 증가를 필연적으로 유발한다. 산업연구원(2017년)[2]의 추정 결과에 따르면, 태양광 패널에서 발생하는 연도별 폐기물은 2020년 약 95톤에서 2030년 1,868톤으로 연평균 34%의 성장률로 크게 증가할 것으로 예측되며 2037년 이후에는 폐기물 양이 급격하게 증가하여 2040년에는 폐기물의 총량이 약 85,220톤에 달할 것으로 전망된다. 신재생에너지 확대에 따라 필연적으로 증가하게 될 동 분야 폐기물 처리 및 사후관리체계에 대한 정책적 논의, 폐태양광 재활용에 따른 비용 편익 분석과 관련된 국내 연구는 미비한 상태이다.

반면, 주요 선도국의 경우 향후 문제가 될 것으로 판단되는 신재생에너지 분야의 폐기물 관리를 위해 태양광 패널의 재활용·재이용과 관련한 다양한 제도를 수립하고 이를 적극적으로 운영 중이다. 유럽은 2002년 12월 6일 폐가전제품의 의무재활용 관련 규정(WEEE: Waste Electrical and Electronic Equipment)을 도입하였다.[3] 폐 태양광 역시 폐가전제품의 의무재활용 분야에 포함되어 태양광 생산자가 재활용 전 과정의 비용 및 관리를 책임지고 있다. 일본은 2016년 3월 '태양광발전설비의 재활용 등의 추진을 위한 지침'을 수립 후 폐 태양광발전설비를 산업폐기물로 분류하여 관리하고 있다.[4]

우리나라의 경우 현재는 수명이 다된 폐 태양광 패널의 발생량이 많지 않아, 태양광 패널 재활용 및 재이용과 관련한 제도는 부재한 상황이다. 그러나 급격히 증가하고 있는 태양광 설비 보급량을 고려해 볼 때, 폐 태양광 재활용 및 관리에 대한 지침을 마련하고 이를 위한 기초자료로써 폐 태양광 재활용 사업 진행에 따른 경제성 분석은 매우 필요하다. 따라서 동 연구에서는 국내에서 발생할 것으로 예측되는 폐 태양광 추정량을 대상으로 태양광 재활용에 따른 경제성 분석을 실시하고, 이에 대한 시사점을 도출하고자 한다.

2. 분석의 주요 가정 및 변수

2.1 비용 산정의 주요 가정 및 변수

본 연구에서는 EU Life 프로그램의 FRELP(Full Recovery End Life Photovoltaic) 프로젝트[5]와 충청북도의 '태양광 리사이클센터구축 기반조성사업'[6]의 물질자원화 및 에너지회수 공정 정보를 활용하여 폐 태양광의 물질흐름 비용과 편익을 추정하였다. 태양광 패널 재활용의 세부 공정은 ①하차 ②해체, ③1차 물질처리, ④모듈 절삭, ⑤EVA시트 에너지회수, ⑥2차 물질처리 ⑦3차 물질처리 등으로 구성된다. 상기 과정을 통해 폐 태양광 1톤과 물, 수산화질산(HNO₃)와 염화칼슘 등이 투입되면 저철분유리 68.6kg, 알루미늄 182.7kg, 실리콘 금속 34.7kg, 은 0.5kg, 구리 4.4kg 및 폐기물에너지 형태로 에너지회수가 가능한 물질과 질소산화물(NO_x), 납(pb)와 매립이 필요한 폐기물 등이 발생한다. 재활용 공정 및 세부적인 물질의 흐름은 아래의 Table 1과 같다.

본 연구에서는 분석 기간 동안 발생하는 폐 태양광 전량을 물질자원화 및 에너지회수 공정을 거쳐, 재활용 가능한 부분을 최대한 재활용하고 처리 시 발생한 나머지를 슬러지만을 매립한다고 가정하였다. 물질자원화 및 에너

Table 1. Main process of solar PV panel recycling

Process	Contents
Unloading	- Use of Forklift, Disposal 1 ton of waste per hour
Dismantling	- Dismantle the waste to Aluminum frame and cable, Separation into junction box, PV cell, glass, polymer, etc.
Primary material treatment	- The process of separating the cable and the glass, Cable polymers are incinerated to recover energy
Module cutting	- Process of cutting glass panels with glass removed
Energy recovery from EVA Sheet	- Process to remove EVA sheet and recover energy by incineration, Collect residues containing silicon and other metals
Secondary material treatment	- Residue is recovered in MG silicon form through acid leaching
3 rd material treatment	- Extraction of silver, copper, lead and tin through electrolysis and neutralization, Other materials condense and landfill after sludge treatment
Input	- Solar PV Panel Waste 1000kg, Water 30 9.71kg, HNO ₃ 7.08kg, Ca(OH) ₂ 36.5kg
Output	- Low iron glass 686kg, aluminum 182.7kg, Silicon metal 34.7kg, silver 0.5kg, Copper 4.4kg, 26.5kg, Cable Polymers for Energy Recovery 6.7kg, EVA Sheet for energy recovery 66kg, Landfill Waste 372.38kg - 6.34 MJ of energy produced per kg from energy recovery, Greenhouse gas produced (NO _x 2kg)

지회수 공정의 구축비용은 크게 장비구축비와 공장건축비로 구분되며, 부지조성비는 동 연구의 비용 산정 시 제외하였다.

장비구축비는 ①프레임 해체비용 2식, ②모듈 분해장비 2식, ③회수 소재별 선별장비 1식, ④습식 재활용장비 2식, ⑤폐수/대기 정화설비 1식, ⑥지게차(13톤) 1식 등의 세부비용을 포함하고 있으며 총 장비구축비는 67.06 억원 규모로 산정하였다. 공장건축비는 조달청(2017) [7]에서 산정한 공장부문 1,501천원/㎡을 적용하여, 45.03 억원 규모로 산정하였다.

구축장비의 에너지 및 주요 물질의 투입 등은 FRELP의 공정을 토대로 산정하였다. 1톤의 폐 태양광을 재활용할 때 에너지투입량은 산업용 전기 113.55kWh/톤, 하차시, 경유 1.14L/톤 등이 투입된다고 가정하였다. 산업용 전기가격은 한국전력공사[8]에서 고시한 '산업용을, 고압A(기본요금 제외)'의 전력량 요금(경부하 시간대, 여름철 6~8월) 61.6원/kWh를 적용하였으며, 경유가격은 한국석유공사 페트로넷 홈페이지[9]에서 공시하는 '국내

제품가격 가격총괄'에서 제공하는 205년 1월에서 2019년 9월의 대리점 기준 자동차 경유 연간 가격 평균값인 1,167.9원/L을 적용하여 비용을 추정하였다. 주요 투입 물질 비용 중 물은 아리수 사이버그객센터[10]에 고시된 ㎡당 860원의 단가를 적용하였으며, 질산과 수산화칼슘은 한국물가협회[11]가 공시하는 가격을 사용하였다. 해당 연도의 유지보수비는 각 연도의 인건비 발생분과 에너지 및 물질투입 비용의 5%, 장비구축비의 1%로 가정하여 비용을 추정하였다.

2.2 편의 산정의 주요 가정 및 변수

태양광 패널 재활용 사업의 주요 편익은 ①회수된 재활용 물질의 판매수익과 ②태양광 재활용 유리의 신제품체에 따른 에너지 절감 편익, ③재활용을 통한 부품 대체 효과에 따라 발생하는 온실가스 절감 편익, ④납의 적정 처리 등으로 인한 환경피해비용 절감액 등 크게 4가지로 나누어 살펴볼 수 있다. 먼저 폐 태양광 재활용을 통해 얻을 수 있는 재활용품은 태양광 유리, 알루미늄, 구리,

Table 2. Solar PV Panel Recycling Cost by Year (2020~ 2030)

Year	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Cell(ton)	482.2	65.4	241.1	587.6	795.3	951.4	870.7	813.6	1,033.5	1,510.2	1,868.1
Demolition Cost	139.5	18.9	69.7	169.9	230.0	275.1	251.8	235.3	298.9	436.7	540.2
Process construction cost	11,209.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Process operating cost	584.7	419.8	489.3	626.3	708.5	770.3	738.3	715.7	802.7	991.3	1,132.8
- Annual labor cost	326.9	326.9	326.9	326.9	326.9	326.9	326.9	326.9	326.9	326.9	326.9
- Electricity cost	3.4	0.5	1.7	4.1	5.6	6.7	6.1	5.7	7.2	10.6	13.1
- Diesel cost	0.6	0.1	0.3	0.8	1.1	1.3	1.2	1.1	1.4	2.0	2.5
- Water cost	0.1	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5
- Nitric acid purchase cost	1.5	0.2	0.8	1.8	2.5	3.0	2.7	2.5	3.2	4.7	5.8
- Calcium hydroxide purchase cost	176.0	23.9	88.0	214.5	290.3	347.3	317.8	297.0	377.2	551.2	681.9
- Maintenance	9.1	1.2	4.5	11.1	15.0	17.9	16.4	15.3	19.5	28.4	35.2
- 1% of Equipment construction cost	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1	67.1
Landfill Facility Cost	250.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Landfill facility operation and consumables cost	67.0	9.1	33.5	81.7	110.6	132.3	121.0	113.1	143.7	209.9	259.7
- Facility Operating Costs	57.7	7.8	28.9	70.3	95.2	113.9	104.2	97.4	123.7	180.7	223.6
- Facility Support Fund	0.5	0.1	0.3	0.6	0.8	1.0	0.9	0.8	1.1	1.6	1.9
- Maintenance Costs	4.5	0.6	2.2	5.4	7.3	8.8	8.0	7.5	9.5	13.9	17.3
- Energy cost	2.8	0.4	1.4	3.4	4.6	5.5	5.1	4.7	6.0	8.8	10.9
- Chemical material cost	1.6	0.2	0.8	1.9	2.6	3.1	2.8	2.6	3.3	4.9	6.1
Total Cost	12,250.2	447.8	592.5	878.0	1,049.0	1,177.7	1,111.1	1,064.1	1,245.3	1,637.9	1,932.7

은 및 실리콘으로, 유리의 가격은 저철분유리 수입액 평균값을 활용하였다. 알루미늄과 구리 및 은의 가격은 KOMIS 한국자원정보서비스[12]를 토대로 2015년 01월에서 2019년 9월까지의 평균가격을 적용하였다. 실리콘의 경우 현재로는 재활용시장이 부재하여, PV Insight가 제공하는 2nd Grade 폴리실리콘(6N~8N)의 2018년 1월에서 2019년 9월까지의 주별 가격 평균값을 적용하였다.

태양광 패널 생산 공정을 살펴보면, 특히 유리는 녹이는 과정에서 많은 에너지가 투입된다. 만약 태양광 패널 재활용을 통해 태양광 유리를 재사용 할 경우, 유리를 녹이는 공정이 생략되어 에너지 투입량을 크게 감소시킬 수 있다. 동 편익의 산정을 위해 에너지생산비용은 신재생에너지 정산단가 중 2015년 1월부터 2019년 7월 중 폐기물 발전 정산단가 최소값을 적용하였다.

폐 태양광 재활용 사업을 통해 알루미늄과 2nd Grade급 폴리실리콘을 재활용 할 경우, 두 제품의 제조 회피에 따른 온실가스 발생량 역시 크게 감소시킬 수 있다. 동 연구에서는 알루미늄 및 폴리실리콘 제조 회피에 따른 온실가스 절감량 또한 재활용의 편익으로 추정하였다. 알루미늄의 재활용에 따른 에너지절감량은 John A. S. Green(2007)[13]이 분석한 15MWh/톤으로 설정하였다. 실리콘 제조회피로 발생하는 에너지절감량은 B.S. Xakalashe & M. Tangst(2011)[14]에 따라 11MWh/톤의 값을 활용하였다. 납의 적정처리에 따른 환경피해비용 절감액은 국회입법조사처(2014)[15]에서 인용한 환경비용 518,076kg/원을 재인용하였다.

3. 경제성 분석

3.1 비용 편익 분석

본 장에서는 2020년에서 2030년 기간 동안 직매립제 로화 및 폐기물 최소화 등 정부의 친환경정책에 부합하여 폐 태양광 재활용 시 발생하는 물질을 전량 자원화하고 공정에서 발생하는 주요 에너지를 대부분 회수한다고 가정하였다. 공정에서 배출되는 슬러지만이 매립된다고 가정 후 폐태양광 재활용 사업의 비용 편익 분석을 실시하였다.

재활용 사업 기간을 10년을 가정할 경우 발생하는 연도별 비용 추정액은 Table 2와 같다. 공장을 신규로 설립하는 첫해의 경우 장비구축비 및 공장구축비의 초기지출로 인해 총 비용이 약 123억 원으로 분석기간 중 가장 큰 비용이 지출되나, 다음연도의 경우 비용이 약 4.5억 원으로 크게 감소하게 된다. 그 후 공장가동률 증가로 인해 비용이 꾸준히 상승하다 2030년의 총 비용은 약 19억 원으로 추정되었다. 폐 태양광 재활용 사업 수행에 따라 발생하는 연도별 편익은 Table 3에 요약되어 있다. 편익 중 가장 큰 비중을 차지하는 편익은 저철분유리 회수에 따른 판매편익으로 전체 편익의 약 37%를 차지한다. 그 다음으로는 알루미늄, 실리콘 및 은의 재활용을 통한 판매편익이 전체 편익 중 높은 비중을 차지하고 있다. 폐 태양광 재활용 사업을 통해 2020년도에 발생하는 총 편익은 약 9.3억 원에서 계속 증가하며 2030년에 발생하는 총 편익은 약 36억 원으로 추정되었다.

Table 3. Solar PV Panel Recycling Profit by Year (2020~ 2030)

Year	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
Low iron glass	345.6	46.9	172.8	421.1	570.0	681.9	624.0	583.1	740.7	1,082.4	1,338.8
Aluminum	183.1	24.8	91.5	223.1	301.9	361.2	330.6	308.9	392.4	573.4	709.3
Silicon Material	160.9	21.8	80.5	196.1	265.4	317.6	290.6	271.5	344.9	504.0	623.5
Silver	143.8	19.5	71.9	175.2	237.1	283.6	259.6	242.5	308.1	450.2	556.9
Copper	14.0	1.9	7.0	17.1	23.1	27.6	25.3	23.6	30.0	43.8	54.2
Profit from electricity sales	0.003	0.000	0.001	0.003	0.005	0.005	0.005	0.005	0.006	0.009	0.011
Profit from carbon emission reduction	11.7	1.6	5.8	14.2	19.2	23.0	21.0	19.7	25.0	36.5	45.2
Reduction of environmental damage cost due to proper lead treatment	66.2	9.0	33.1	80.7	109.2	130.6	119.5	111.7	141.9	207.3	256.5
Total Profit	925.3	125.5	462.5	1,127.5	1,525.9	1,825.6	1,670.6	1,561.0	1,983.1	2,897.7	3,584.4

3.2 경제성 평가

폐 태양광 재활용 사업의 경제성 평가 결과는 Table 4에 정리되어 있다. 현재까지 산출을 위한 사회적 할인율은 5.5%를 사용하였으며 순 현재가치는 약 -77억 원으로 산출되었으며, 비용편익비율은 0.62로 편익에 비해 비용이 높아 사업의 경제성이 낮다는 결론을 도출하였다.

폐 태양광 사업의 수행 기간을 기준 시나리오(2020년~2030년)에서 10년 더 확장하여 연도별 사업의 비용 및 편익을 추정한 결과는 Fig. 1 및 Fig. 2에 요약되어 있다. 사업의 수행 기간이 2020년에서 2040년까지로 확대될 경우, 2030년부터 발생하는 태양광 폐기물량이 급격히 증가하게 되어 재활용 사업 수행 시 규모의 경제가 발생하게 된다. 폐 태양광 재활용 사업 기간이 10년 더 확대될 경우 경제성 평가 결과는 Table 5에 정리되어 있다. 결과를 분석해 보면, 태양광 재활용 사업의 순 현재가치는 약 1,138억 원으로 산출되었으며, B/C 비율은

Table 4. Net Present Value(NPV) and Benefit/Cost (B/C) estimation results for Solar PV Panel recycling project (2020~2030)

Year	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
NPV for profit (one million won)	925	119	416	960	1,232	1,397	1,212	1,073	1,225	1,790	2,098
NPV for Cost (one million won)	12,250	424	532	748	847	901	806	731	811	1,012	1,131
NPV (one million won)	-7,748										
Benefit cost ratio (B/C)	0.62										

2.07로 비용에 비해 편익이 높아 사업의 경제성이 높다는 결론을 도출하였다. 재활용 사업의 수행기간이 확장될 경우, 2030년부터 본격적으로 배출될 것으로 예상되는 태양광 폐기물의 총량이 급격히 증가하여 폐 태양광 재

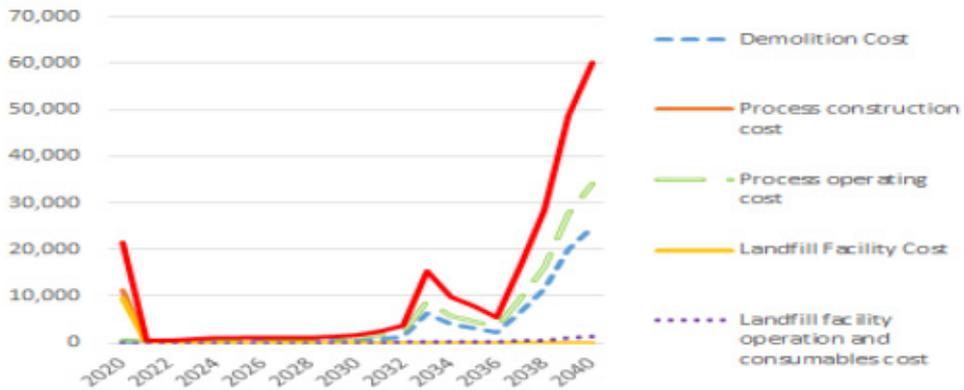


Fig. 1. Solar PV Panel Recycling Cost by Year (2020~ 2040)

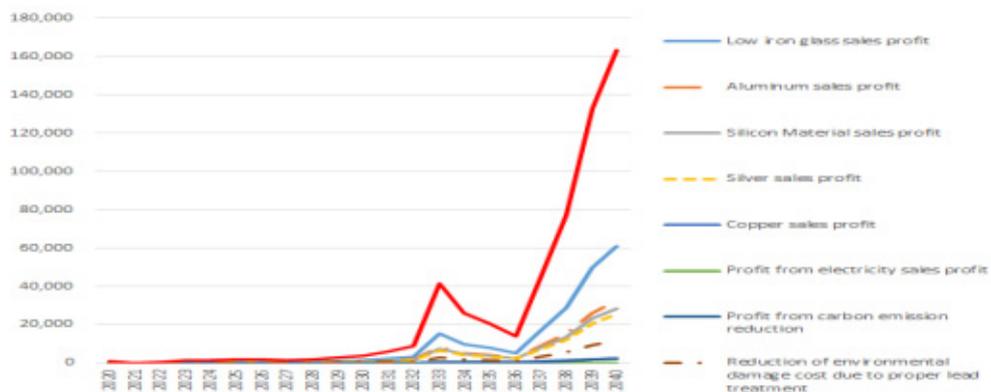


Fig. 2. Solar PV Panel Recycling Profit by Year (2020~ 2040)

Table 5. Net Present Value(NPV) and Benefit/Cost(B/C) estimation results for Solar PV Panel recycling project (2020~2040)

Year	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040
NPV for profit (one million won)	925	119	416	960	1,232	1,397	1,212	1,073	1,292	1,790	2,098	3,299	4,705	20,581	12,359	9,226	5,911	17,787	29,409	47,954	56,041
NPV for Cost (one million won)	21,440	417	505	686	767	811	728	662	728	896	996	1,422	1,923	7,703	4,694	3,542	2,323	6,646	10,877	17,633	20,576
NPV (one million won)	113,808																				
Benefit cost ratio (B/C)	2.07																				

활용 공장의 사업성이 급격히 증가하게 된다.

경제성 분석 결과를 종합해 볼 때, 단기적으로는 태양광 재활용 사업은 그 비용이 편익보다 높아 수익성이 낮은 것으로 예측되어 민간기업의 자발적 사업 진출은 어려울 것으로 예상된다. 반면 중장기적인 관점에서 사업의 수익성을 살펴볼 경우 B/C 비율이 1보다 높아 동 사업은 충분히 수익이 발생할 수 있을 것으로 전망된다.

4. 결론

본 연구에서는 우리나라를 대상으로 향후 지속적으로 증가할 것으로 예측되는 태양광 패널을 재활용 할 경우 동 사업의 경제성을 분석하였다. 그 결과 태양광 패널 재활용 사업의 수행 기간이 10년(2020년~2030년)일 경우 폐 태양광의 발생량이 많지 않아 사업의 수익성이 낮다는 결론을 도출하였다. 반면, 태양광 패널 재활용 사업의 수행 기간을 20년(2020년~2040년)으로 확대하였을 경우에는 2030년 이후부터 본격적으로 발생하는 태양광 폐기물의 용량이 크게 증가하여 규모의 경제가 발생하기 때문에 재활용 사업의 편익이 그 비용보다 높아 사업의 경제성이 충분히 높다는 결론을 도출하였다.

단기적으로는 태양광 재활용 사업의 경우 사업의 경제성이 낮아 민간 기업들의 자발적 사업 진출을 기대하기는 어려울 것으로 전망된다. 따라서 신재생에너지 분야 자원순환체계 구축 및 폐기물 관리를 위해서는 재활용 사업의 경제성 제고 및 관련 산업 활성화를 위한 정부의 여러 지원정책 및 제도 마련이 시급하다. 태양광 재활용

관련 산업의 활성화를 위해서는 먼저 관련 제도의 수립 및 법제화가 가장 중요하다. 법제화를 위해 ‘전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률’ 또는 ‘자원순환기본법’의 대상 품목에 폐 태양광을 포함시켜 제도화 하는 방안이 있다. 또한 ‘신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법’을 개정하여 폐 태양광 재활용 관련기술의 개발 및 재활용을 법제화 하는 방안도 가능하다.

또한 폐 태양광을 모니터링하고 회수·수거 등 재활용에 소요되는 막대한 비용을 관리할 수 있는 기관 또는 협회의 지정도 필요하다. 폐 태양광의 회수 및 수거에 소요되는 비용과 관련된 분담금의 부과원칙을 수립하고 분담금을 관리·감독할 수 있는 기관이 필요하다. 이를 위해서는 사전적으로 태양광 생산자, 사용자 및 재활용사업자, 정부 및 전문가 등 관련 주체들의 의견을 조율·조정하는 협의체 구성이 사전적으로 요구된다.

마지막으로 태양광 재활용 관련 R&D 확대 및 다양한 비즈니스 모델 개발이 필요하다. 폐 태양광 재활용의 경제성 제고를 위해 회수된 물질의 고부가가치 활용 방안, 폐기물처리기술의 경제성 제고를 위한 기술개발, 다양한 태양광 제품에 대한 재활용 기술 확보 등에 대한 연구 수행이 요구된다.

References

[1] Ministry of Trade, Industry and Energy, “Renewable Energy 3020 Implementation Plan”, pp 1-15, Dec 2017.

- [2] Jung Youn Mo, Min Ji Kim, "Renewable Energy Promotion Plans using Waste Management System Establishment ", KIET Research Report 2017-825, KIET, Korea, pp 1-181, Dec 2017.
- [3] EU DG ENV, "Study on photovoltaic panels supplementing the impact assessment for a recast of the WEEE Directive final report", pp 1-14, Sep 2011.
- [4] Japanese Ministry of Environment, "Guidelines for promoting the recycling of photovoltaic power generation facilities", Japan, pp. 1-71, June 2016.
- [5] JRC technical report, "Analysis of material recovery from silicon photovoltaic panels", EC, pp. 6-78 Mar 2016.
- [6] Chung-cheong bukdo-Chung-cheong bukdo TP, "Base construction project for Solar recycling center construction ", Korea, pp. 1-226, Feb 2015.
- [7] Public Procurement Service , "Construction Cost per Unit Area by Construction Type for 2016", pp 1-168, June 2017.
- [8] EPSIS homepage(epsis.kpx.or.kr), 2019.
- [9] Petronet homepage (<http://www.petronet.co.kr/v3/index.jsp>), Domestic production price, Price summary, 2019.
- [10] Arisu homepage(<https://arisu.seoul.go.kr/>), water cost, 2019.
- [11] Korea Price Association, Industrial nitric acid price and calcium hydroxide price, 2019.
- [12] Korea Resource Information Service homepage, 2019.
- [13] John A. S. Green, "Aluminum recycling and processing for energy conservation and sustainability", ASM International, pp 1-267, Dec 2006.
- [14] B.S. Xakalashé & M. Tangst, "Silicon processing: from quartz to crystalline silicon solar cells", Chemical Technology, pp. 32-37, April 2012.
- [15] National Assembly Legislative Survey, A Study on Guidelines for Economic Analysis of Regulatory Legislation in Economics and Industry, Korea, pp. 1-99, Oct 2014.

모 정 윤(Jung Youn Mo)

[정회원]



- 2006년 2월 : 고려대학교 생명환경과학대학원 농업경제학과 (경제학석사)
- 2012년 1월 : 코넬대학교 응용경제학과 (경제학박사)
- 2011년 9월 ~ 2019년 8월 : 산업연구원 연구위원
- 2019년 9월 ~ 현재 : 조선대학교 경제학과 조교수

<관심분야>

신재생에너지, 에너지신산업

김 민 지(Min Ji Kim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 서울대학교 에너지시스템공학부 (공학사)
- 2012년 10월 ~ 현재 : 산업연구원 연구원

<관심분야>

전력산업, 에너지신산업