

한국 태양광산업의 가치사슬과 가치시스템 선순환 구조 분석

박성환 · 박민혁 · 박중구[†]

서울과학기술대학교 에너지환경대학원

(2014년 2월 3일 접수, 2014년 3월 14일 수정, 2014년 3월 14일 채택)

A Study on The Virtuous Cycle of The Value Chain and Value System in Korean Photovoltaic Industry

Sung-Hwan, Park · Min-Hyug, Park · Jung-Gu, Park[†]

Graduate School of Energy & Environment, Seoul National University of Science and Technology

(Received 3 February 2014, Revised 14 March 2014, Accepted 14 March 2014)

요 약

본 논문은 한국 태양광기업을 대상으로 가치사슬(Value Chain, 이하 VC)과 가치시스템(Value System, 이하 VS)분석을 통해 기업 내 공정 간에 부가가치의 선순환구조가 형성되어 있는지와 산업 내 공정 간에 선순환적 생태계가 구축되어 있는지를 분석하였다. 연구 방법은 기업 설문조사를 실시한 후, VC와 VS 내 공정 간 인과관계에 대해 회귀분석을 하였다.

분석의 결과, 한국 태양광산업의 VC은 정부 R&D지원 증가가 관련 기업 R&D투자 증가로 이어졌고, 기업 R&D투자 증가가 기업 R&D성과 증가에 기여하였으며, R&D성과 증가가 태양광 제품 생산량 증가에 영향을 주었다. 또한 기업의 태양광 생산비용 감소가 매출액 대비 경상이익률 증가에 영향을 주었다. 그러나 기업의 제품 생산량 증가가 제품 생산비용 감소에 기여하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 한편, 기업의 매출액 대비 경상이익률 증가가 생산량 증가에는 영향을 주고 있으나, 기업의 R&D투자 증가에는 기여하지 못하고 있는 것으로 나타나 선순환구조에 들어서 있지 못한 것으로 분석되었다.

한국 태양광산업의 VS은 태양전지기업의 매출액 대비 경상이익률 증가가 모듈기업의 매출액 대비 경상이익률 증가에만 영향을 줄 뿐, 그 외의 산업 내 모든 공정에서는 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되었다. 이는 잉곳·웨이퍼기업, 태양전지기업, 모듈기업, 시스템기업이 상호 협력하여 만들어내야 하는 선순환적 산업생태계가 아직 미완성상태에 있다는 것을 보여주고 있다.

주요어 : 한국 태양광산업, 가치사슬, 가치시스템, 선순환구조

Abstract - This study has analyzed whether the virtuous cycle of value-added between the processes within the company has formed and whether the virtuous ecosystem between the processes within the industry has been built through the analysis of value chain(VC) and value system(VS) targeting the Korean photovoltaic companies. For a study method, after conducting a survey on the companies, a regression analysis was performed on the causal relationship between the process within the VC and VS.

Based on the results of the analysis, for the VC of the Korean photovoltaic industry, an increase in the R&D support from the government has led to the increase in the investment of R&D for the related industry, and the increase in the investment of R&D has contributed to the increase in the growth of its productivity, and the growth in the productivity of R&D has influenced the increase in the production of solar products. In addition, the reduction of photovoltaic production

[†]To whom corresponding should be addressed.
Seoul National University of Science and Technology, 172,
Gongneung 2 Dong, Nowon-Gu, Seoul, Korea
Tel : 971-6598 E-mail : pjg@seoultech.ac.kr

cost for the company has influenced the increase of recurring profit margin compared to the sales. However it was shown that the increase in the company's production volume does not contribute to the reduction of production cost. Meanwhile, the increase in recurring profit margin compared to the sales were influencing the increase in the production volume but it was shown that the increase in the company's investment of R&D was not a contributing factor thus it was not included in the virtuous cycle.

It was analyzed that the VS was shown not to influence all other processes within the industry except for the module companies where the increase in the recurring profit margin compared to the sales was influenced by the increase in the recurring profit margin compared to the sales of solar cell companies. This shows that the virtuous industrial ecosystem which should be made under the mutual cooperation by the ingot, wafer, solar cell, module and system companies are yet incomplete.

Key words : Korean Photovoltaic Industry, Value Chain, Value System, Virtuous Cycle

1. 서 론

21세기 들어 세계 각국은 온실가스감축, 환경오염 방지, 신성장동력산업 확대를 위해 신재생에너지산업을 적극적으로 육성하고 있다. 대표적으로 미국은 기후변화실행계획(Climat Change Action Plan, 2013), 유럽은 전략적 에너지기술계획(Strategic Energy Technology Plan, SET-Plan 2011), 일본은 에너지환경혁신전략(2012), 중국은 재생가능에너지에 관한 12차계획(2012)이라는 신재생에너지 관련 정책을 시행하고 있다. 특히 리프킨(2012)은 재생가능에너지와 인터넷이라는 커뮤니케이션 수단이 결합하여 3차 산업혁명이 생겨날 것이고 이 혁명은 세계의 사회체제와 산업생태계를 변화시킬 것으로 예상하고 있다[9].

신재생에너지산업 중에서도 태양광산업은 세계적으로 2006~2010년 동안 연평균성장률 85%의 급격한 성장세를 나타내 주도적인 역할을 하였다[16]. 세계 각국과 글로벌 기업들은 태양광산업을 선점하기 위해 대규모 자금(1,581억 달러, 2011년 기준)을 투자하였다[23]. 그러나 2011년 유럽의 재정위기로 유발된 세계경제성장률의 하락은 국가 재정지원도가 높은 태양광산업에 큰 충격을 주었다. 태양광산업에 수요처 역할을 하던 유럽정부는 지원금을 줄여나갔고, 수요처가 줄어들고 있는 시장에서 공급을 담당할 글로벌 기업들은 공급과잉에 따른 제품가격 하락으로 수익성이 악화되어 구조조정의 생존경쟁을 하였다. 그러나 2012년 맥킨지앤컴퍼니(Mckinsey&Company)는‘Solar Power’보고서를 통해 이러한 공급과잉 현상을 성장통으로 보면서 다변화하

는 시장, 경쟁력을 갖춘 기업 중심의 구조조정, 정부의 추가지원정책 등의 기회가 제공될 것을 예상하였다[31]. 2013년 말 태양광시장은 이 기회요소들이 점차 현실화되면서 2차 산업성장을 알리는 증거들이 나타나고 있다. 2013년 태양광 시장은 36GW로 전년 대비 16% 증가하였고, 2014년에는 42GW로 17% 증가하면서 성장 사이클에 진입할 것으로 예상된다[2]. 또한 공급과잉이 점차 해소되고 그동안의 구조조정 효과도 가시화되면서 미국, 중국, 일본의 새로운 Top3와 다변화된 시장이 성장을 견인하며 2013~2017년까지 연평균 14%내외의 비율로 성장할 것으로 예상된다[18].

한국에서도 태양광산업은 기 확보된 기술수준과 시장잠재력 등의 측면에서 미래 핵심성장 동력원으로 부각되고 있다[14]. 그러나 한국 태양광산업은 세계적인 부침과 궤를 같이하면서 성장과 침체를 거듭해 왔다. 2010년 말 기준으로 한국 태양광산업은 신재생에너지 총 투자의 80%와 총 매출의 70%를 점유하며 태양광 매출의 74%를 수출하는 성장세를 나타내왔다[16]. 이는 신재생에너지산업 발전전략(2010)에서 태양광을 제2의 반도체 산업으로 육성하겠다는 목표와 그린에너지 전략로드맵(2011)에서 장·단기 분야로 이원화하여 태양광 산업을 발전시키겠다는 정부정책과 관련기업의 노력 결과로 볼 수 있다[15]. 이후 2011년 유럽의 재정위기는 수출비중이 높은 한국 태양광산업을 위축시켰다. 2011년 말부터 국내 기업들은 적자경영 상태에 빠져 자금력이 부족한 기업은 파산하거나 법정관리 상태가 되었고, 대기업들은 사업계획을 취소하였다. 그러나 2013년 말 국내 태양광시장은

세계시장의 성장에 따라 긍정적 신호가 나타나고 있다. 우선 정부는 2013년 8월 태양광 의무공급량을 기존에 계획 대비 추가 300MW를 확대하기로 결정하였다[5]. 2013년 2분기는 태양광모듈기업들은 생산량 확대와 함께 투자를 재개하였다[18].

이처럼 우리나라 태양광산업이 재도약을 맞이하는 시점에서 부가가치를 높여 신성장동력으로 발전할 수 있는 전략이 필요하게 되었다. 지금까지 태양광산업에 대한 분석은 기술적·공학적 관점에서 주로 이루어졌다. 반면, 관련 산업과 기업의 부가가치창출구조에 대한 분석은 미흡하였다. 이는 분석모형의 틀을 수립하는 것이 어렵고 실질통계 수집에 제약이 있기 때문으로 분석된다[25].

본 논문은 이 문제들을 극복할 수 있는 부가가치사슬(Value Chain, 이하 VC)과 부가가치시스템(Value System, 이하 VS) 모형을 제시하고, 한국 태양광산업에 참여하고 있는 기업들에 대한 설문조사를 통해 부가가치창출구조 분석하고자 한다. 여기서 한국 태양광산업의 국제가치사슬과 기술적·공학적인 분석은 제외하며, 국내 태양광 기업들 간 VC와 VS공정 간에 긍정적인 영향을 주는 선순환구조가 형성되어 있는지를 분석하고자 한다.

본 논문구성은 I 장 서론에 이어, II장에서는 VC와 VS이론에 관한 선행연구들을 살펴본 후 한국 태양광산업의 VC와 VS를 구성한다. III장에서는 태양광산업을 설명할 수 있는 VC와 VS변수를 선택하고 분석방법론을 제시한다. IV장에서는 분석결과와 경제적·정책적 의미를 살펴보기로 한다. 마지막으로 V장에서는 주요 결과의 요약과 시사점을 도출하고 연구의 한계, 향후 연구과제 등을 제시하기로 한다.

2. 선행연구

2-1. 부가가치사슬(Value Chain)

VC 개념은 마이클 포터(M. Porter)가 기업의 전략적 단위 활동을 구분하여 자사의 강·약점을 파악하고, 경쟁 기업과의 현재적·잠재적 차별화 가치 창출 원천을 분석하기 위해 정립한 경쟁우위평가에 관한 이론이다[32]. VC은 광범위하게 활용되는 이론적 틀로서, 연구개발(Research & Development, 이하 R&D), 조달, 제조, 영업, 판매, 물류, A/S 등 일련의 흐름에서 제품이나 서비스의 부가가치를 창출하는 과정으로도 설명된다[8]. 넓은 의미에서는 원재료 생산자 또는 부

품 공급자로부터 제품이 완성되어 최종 사용자에게 이르기까지의 가치창출 단계에 기여하는 기업의 모든 내·외부 활동을 말한다[30]. 주요 활동의 각 공정은 부가가치를 창출하는 고리로 연결되어 있으며[27], 가치사슬 내 연계는 한 활동의 변화가 다른 활동의 가치와 비용에 영향을 주는 쌍방향적 특징을 나타내고 있다[28].

이러한 기업 내 VC 분석을 통한 경쟁우위 평가방법은 내부비용 분석, 내부차별화 분석, 수직적 연계 분석이 있다[32]. 이 중 기업 내부비용과 내부차별화 분석방법은 기업이 제공하는 재무자료 등을 통해 분석된다. 그러나 실질통계는 기업의 내부 자료로 접근이 어려워 분석에 한계가 있기 때문에 많은 VC 분석이 수직적 연계 분석 방법을 선택하고 있다[25]. Hax & Majiuf(1991)는 AT&T, IBM, NYNEX 세 기업의 VC 공정을 조달, 기술개발, 생산, 마케팅&판매의 4개 공정으로 수직적 연계 분석을 하였다[24]. Shank & Govindarajan(1993)은 기업은 VC의 일정 공정과 그 기업이 참여하고 있는 VC 전체를 이해해야 하며, 더불어 어떤 활동이 경쟁우위에 있어 중요한지 구분할 필요가 있다면서 수직적 연계 분석의 중요성을 강조하였다[33].

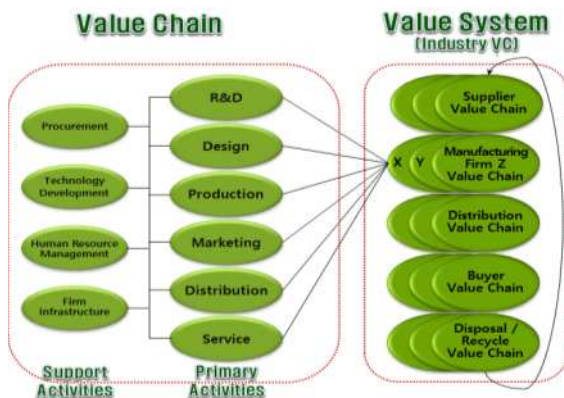
하지만 수직적 연계 분석도 기업들이 각기 가치사슬의 전 분야 또는 일부 분야에만 참여하는 다양성 때문에 프로세스를 파악하기 위한 표준화 방법론이 없어 분석에 어려움을 겪을 수 있다[25]. 이러한 제약에 따라 현재까지 VC에 대한 연구는 상당수 설문방식으로 진행되었다.

VC에 대한 분석은 주로 제조업을 대상으로 이루어져 왔다(<표 1> 참조). Fahy(2002)는 자동차 산업을 대상으로 국제화 환경에서 지속가능한 경쟁 우위를 확보하기 위해서는 기업별 유형 자산, 역량, 자원과 향상된 지역별 자원이 중요한 것으로 분석하였다[22]. Baldwin et al.(2005)도 제조기업을 대상으로 새로운 생산기술, 전략수립 및 실행을 추진할수록 지속가능했다고 분석하였다[21].

Zhu et al.(2005)은 기존 VC 분석에 환경요소를 더한 녹색 VC(Green Value-Chain, 이하 GVC)으로 확대하여 중국기업들이 녹색 공급망 관리관점에서 아직 미흡함을 분석하였다[35]. Jin & Zailani(2010)은 VC에 환경활동(ISO 14001)을 포함한 GVC 분석을 통해 위기관리, 기업의 사회적 책임, 사회·환경활동 등이 중요함을 분석하였다[26].

Table 2.1 선행연구

Author (year)	Subject of analysis	Methodology	Analysis result
Fahy (2002)	Automotive components industry	Paired sample t-test	국제화 환경에서 지속가능한 경쟁 우위 확보를 위해서는 기업별 유형자산, 역량, 자원과 향상된 지역별 자원이 중요함을 분석
Baldwin et al. (2005)	Manufacturing organizations	Evolutionary systems model with equation given in Allen	제조업을 대상으로 새로운 생산기술, 전략수립 및 실행을 추진할수록 지속가능했다고 분석하였다.
Zhu et al (2005)	Managers in manufacturing & processing industries	Questionnaire t-test	VC에 환경요소를 포함하여 분석함. 중국기업들은 Green Supply Chain Management (GSCM) 관점에서 아직 미흡한 것으로 분석
Jin & Zailani (2010)	Malaysian manufacturing firms	Survey	VC에 환경활동(ISO 14001)을 포함한 Green VC(GVC)분석은 위기관리, 기업의 사회적 책임, 사회·환경활동이 중요함을 분석
Watanabe et al.(2000)	Photovoltaic Power generation in Japan	Virtuous cycle model	일본 태양광산업에서 정부 R&D지원이 기업 R&D 증가, R&D성과 증가, 셀 생산 증가, 셀 비용 감소, 셀 생산량 증가, R&D 투자로의 선순환 구조가 있음을 분석



source : Institute of Management Accountant(IMA), 1996

Fig. 2.1 VC과 VS

에너지 분야를 대상으로 한 VC분석이 미흡한 가운데 2000년 Watanabe et al.(2000)가 일본 태양광산업을 대상으로 정부의 태양광 R&D투자가 태양광기업들의 R&D투자 증가, R&D성과(특허출원과 등록) 증가, 태양전지 생산 증가, 태양전지 생산비 감소로 이어지는 VC을 시도하고 있다[34]. 특히 제품 생산비 감소가 태양전지 생산 증가와 R&D 투자로 이어지는 선순환 구조 형성 여부를 분석하였고, 그 결과 전 과정에 걸쳐 선순환 구조가 이어지고 있음을 분석하였다. 이에 본 논문은 Watanabe의 방법론을 원용해서 한국 태양광산업을 분석하고자 한다.

2-2. 부가가치시스템(Value System)

VC이 기업 내부의 시각에서 경쟁우위를 분석한다면, VS은 산업 내 부가가치창출구조에 참여하고 있는 기업들 간의 연계로 확장한 개념이다. 즉 기업들은 산업 내 VC 간의 새로운 조합을 만들어 최종 소비자가 요구하는 가치를 창조하기 위한 최적의 VS을 구성한다[7]. VS은 <Fig 2.1>같이 산업 내에서 공급 VC → 제조 VC → 분배 VC → 구매 VC → 리사이클 VC 등 각 공정에 걸쳐 기업들 간의 영향 관계를 분석한다[25].

특정 산업에서의 VS을 분석하는 방법은 그 산업이 어떤 아키텍처(architecture)의 특성을 가지고 있는지에 따라 구분된다[20]. 아키텍처는 제품을 구성하는 핵심부품이 어떻게 연결되었는가에 대한 개념으로, 제품의 구성요소 간 상호의존성 측면에서 제품의 시스템적 특성을 파악하는 것이다. 이러한 아키텍처는 통합형(integral)과 모듈러형(modular)으로 구분된다. 통합형 아키텍처는 자동차산업에서 보듯이 하나의 제조 공정이 끝난 이후에 다음 제조 과정이 차례로 진행되는 선형공학(Linear Engineering) 방식을 따른다. 반면 PC와 풍력과 같은 모듈러형 산업은 각 공정이 동시공학적으로 진행되기 때문에 동시공학(concurrent engineering) 방식을 채택하고 있다[11].

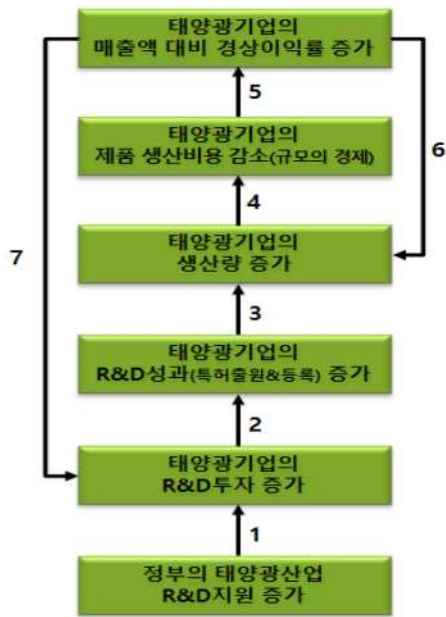


Fig. 3.1 VC분석

본 논문은 태양광산업이 자동차산업과 유사한 통합형 아키텍처로 선형공학 방식을 따른다는 것을 고려하여 VS 분석을 진행한다.

2-3. 태양광산업의 VC와 VS

태양광산업 VC의 구성은 정부, 기업, 연구자들에 따라 조금씩 차이가 있지만, 일반적으로는 폴리실리콘, 잉곳·웨이퍼, 태양전지(셀), 모듈, 시스템으로 구분한다[14].

이에 본 논문에서의 VC은 Watanabe et al(2000)의 방법론을 기반으로 태양광산업에 참여하고 있는 기업들에 대한 정부 R&D, 기업 R&D, R&D성과(특허출원 or 등록), 제품 생산량, 제품 생산비용(규모의 경제), 경상이익률로 구분한다[34]. 또한 VS은 태양광산업 내의 폴리실리콘기업, 잉곳·웨이퍼기업, 태양전지(셀)기업, 모듈기업, 시스템기업으로 구분한다.

3. 분석방법론

3-1. VC 분석방법과 가설설정

태양광산업 VC을 분석한 국내·외 논문은 적다. 이에 본 논문은 Watanabe et al(2000)의 분석방법을 기반으로 VC 상에서 선경영활동이 후경영활동에 긍정적 영향을 주고, 창출된 부가가치가 생산과 R&D 투자의 증가로 이어지는 선순환구조가 나타나고 있는지

를 분석하고자 한다[34].

즉 <Fig 3.1>에서와 같이 태양광산업의 VC에서 정부의 태양광산업 R&D투자가 태양광기업의 R&D투자 증가에 기여하는지, 태양광기업의 R&D투자 증가가 R&D성과(특허출원과 등록) 증가에 기여하는지, R&D성과 증가가 제품 생산량 증가에 기여하는지, 제품 생산량 증가가 규모의 경제를 달성하여 제품 생산비용 감소에 기여하는지, 제품 생산비용 감소가 경상이익률 증가에 기여하는지, 경상이익률 증가가 생산량 증가와 R&D투자 증가에 기여하여 전 공정에 걸쳐 선순환구조를 형성하고 있는가를 분석하고자 한다.

본 논문은 이러한 VC에 대한 분석방법론에 따라 각 공정단계별로 다음과 같이 7개 가설을 설정하였다.

- 가설 1 : 정부의 태양광산업 R&D지원 증가는 태양광기업의 R&D투자 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.
- 가설 2 : 태양광기업의 R&D투자 증가는 태양광기업의 R&D투자 성과(특허) 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.
- 가설 3 : 태양광기업의 R&D투자 성과(특허)는 태양광기업의 제품 생산량 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.
- 가설 4 : 태양광기업의 제품 생산량 증가는 태양광기업의 생산비용 감소(규모의 경제)에 긍정적인(+) 영향을 미친다.
- 가설 5 : 태양광기업의 생산비용 감소(규모의 경제)는 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.
- 가설 6 : 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률 증가는 태양광기업의 제품 생산량 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.
- 가설 7 : 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률 증가는 태양광기업의 R&D투자 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.

3-2. VS 분석방법과 가설설정

다음으로, VS 분석은 태양광산업이 자동차산업과 유사한 통합형 산업이라는 점을 고려하여 선형공학 분석방법을 적용한다[19]. 이는 태양광산업 VS이 폴리실리콘, 잉곳·웨이퍼, 셀, 모듈, 시스템의 순서에 따라 순차적으로 제조됨을 의미한다.

따라서 태양광산업 VS 분석은 VC를 구성하는 각 요소별로 전공정이 후공정에 대해 선형적으로 미치는 영향을 분석하기로 한다. 예를 들어 R&D와 관련하여서는 폴리실리콘기업의 정부 R&D지원 증가가 잉곳·웨이퍼기업의 정부 R&D지원 증가에 기여하고, 잉곳·웨이퍼기업의 정부 R&D지원 증가가 태양전지기업의 정부 R&D지원 증가에 기여하는지, 태양전지기업의 정부 R&D지원 증가가 모듈기업의 정부 R&D지원 증가에 기여하는지, 모듈기업의 정부 R&D지원 증가가 시스템기업의 정부 R&D지원 증가에 기여하는지를 분석한다. 이 후 동일한 방법으로 VS 내 관련기업의 R&D투자, R&D성과, 제품 생산량, 제품 생산비용, 경상이익률에 대해서 분석한다.

본 논문은 이러한 VS에 대한 분석방법론에 따라 각 공정단계별로 다음과 같이 24개 가설을 설정하였다.

- 가설 1 : 폴리실리콘기업에 대한 정부 R&D지원 증가는 잉곳·웨이퍼기업에 대한 정부 R&D지원 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.
- 가설 2 : 잉곳·웨이퍼기업에 대한 정부 R&D지원 증가는 태양전지기업에 대한 정부 R&D지원 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.
- 가설 3 : 태양전지기업에 대한 정부 R&D지원 증가는 모듈기업에 대한 정부 R&D지원 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.

는 모듈기업에 대한 정부 R&D지원 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.

가설 4 : 모듈기업에 대한 정부 R&D지원 증가는 시스템기업에 대한 정부 R&D지원 증가에 긍정적인(+) 영향을 미친다.

위 가설과 동일한 방법으로 VS 내의 기업의 R&D 투자, R&D성과, 제품 생산량, 제품 생산비용, 매출액 대비 경상이익률에 대해서도 가설 <Fig 3.2>과 같은 가설들을 설정하기로 한다.

3-3. 자료와 분석방법론

위 VC과 VS에서 설정한 가설 검증을 위해 정부와 기업들의 실질통계를 구하려 했으나 제약이 있었다. 정부의 관련통계는 현 상황을 설명할 최근 통계가 부족하였고, 태양광기업들은 관련 통계의 축적이 이루어지고 있지 않았기 때문이다. 이러한 제약의 극복을 위해 본 논문은 한국 태양광산업에 참여하고 있는 기업들을 대상으로 설문조사를 시행하였다. 이것은 선행 연구에서도 살펴본 다수의 논문들이 설문방식을 채택하고 있는 이유와 동일하다.

설문내용은 Kotabe(1992)가 ‘Global Sourcing Strategy’에서 활용한 설문과 분석방법을 참고하고



Fig. 3.2 VS 분석 가설설정

서울과학기술대학교 에너지환경대학원 에너지정책학과, 신재생에너지협회, 태양광산업협회의 예비검토를 거쳐 Likert type scale로 평가하여 정량화하였다[29]. 설문은 3~7점 척도로 하여 오름차순으로 구성하였다.

설문조사는 한국에너지관리공단 신재생에너지센터의 등록기업과 신재생에너지협회 회원기업, 태양광산업협회 회원기업, 에너지기술평가원 로드맵 보고서에 포함된 기업 등을 통해 조사된 업체들 중에서 금융감독원 전자공시시스템(DART)과 중소기업청, 대한상의 기업 데이터베이스(DB)를 통해 매출액, 종업원 수, 현재 사업영위 등이 검증된 187개 기업을 모집단으로 하였다.

설문문항을 구성하면서 유의한 점은 태양광산업에 종사하고 있는 기업들이 태양광산업만 전문으로 하는 기업보다 반도체 산업 등 타 업종을 함께 하고 있다는 것이다. 이에 따라 태양광산업에 특화된 조사를 위해 설문내용에 동사 내에서의 태양광산업의 비중을 종업원, 매출액 등의 항목을 이용해 질문하였다.

조사방법은 검증된 187개 업체에 전화를 이용해 최적의 응답자를 사전 접촉한 후 이메일을 보내어 설문을 회수하는 방식을 사용하였다. 조사기간은 2013.8.5 ~ 2013.9.13까지 약 40일이었다. 조사기간은 분석결과를 해석하는데 중요한데, 이는 이 기간 동안 한국태양광산업의 동향이 중요한 변수이기 때문이다.

한국 태양광기업의 VC와 VS 분석을 위해 가설설정에서 사용된 변수들은 다음과 같이 대리변수들로 설문을 설정하였다.

- ① 정부의 태양광산업에 대한 R&D 투자는 “총 R&D투자액 중에서 정부지원금은 몇 % 정도 됩니까?”라는 질문에 대한 응답여부를 대리변수로 간주하였다.
- ② 태양광기업의 R&D 투자는 “귀사의 매출액 대비 R&D투자액(정부지원금 포함)은 몇 % 정도 됩니까?”라는 질문에 대한 응답여부를 대리변수로 간주하였다.
- ③ 태양광기업의 R&D 성과는 “정부 R&D 지원과 자체 R&D 투자에 따라 귀사의 특허출원 및 등록건수는 최근 3년간 어떻게 변화하였습니까?”라는 질문에 대한 응답여부를 대리변수로 간주하였다.
- ④ 태양광기업의 생산량은 “R&D 투자 이후 귀사

의 제품생산량은 최근 3년간 어떻게 변화하였습니까?”라는 질문에 대한 응답여부를 대리변수로 간주하였다.

- ⑤ 태양광기업의 생산비용은 “귀사가 생산하는 주력제품은 어느 정도 규모의 경제를 누리고 있습니까?”라는 질문에 대한 응답여부를 대리변수로 간주하였다.
- ⑥ 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률은 “귀사 태양광 주력제품의 매출액 대비 경상이익률은 타제조업(평균 4.7%)에 비해 어느 정도입니까?”라는 질문에 대한 응답여부를 대리변수로 간주하였다.
- ⑦ 마지막으로 VS 분석을 위해 태양광기업의 VC 상 위치는 “태양광산업과 관련하여 귀사의 주력제품은 폴리실리콘, 잉곳·웨이퍼, 셀, 모듈, 설계·감리, 시공·개발, 박막, 장비, 소재·부품, 기타 중에서 어떤 제품에 포함됩니까? 라는 질문에 대한 응답여부를 대리변수로 간주하였다.

한편, 모든 통계 데이터는 변수 간 척도의 차이에 따라 유발되는 문제점을 제거하기 위하여 척도를 표준화(normalize)하는 Z값으로 전환하였다. 기본 통계적 방법으로는 SPSS(Statistical Package for the Social Science) 20.0을 사용하였다. 여기서 사용된 방법은 자료가 지수 평가에 의하기 때문에 분석목적에 맞추어 공정 간 영향에 대하여 단순회귀분석(simple regression)을 이용하였다.

4. 분석결과

4-1. 설문조사 결과

설문조사 결과, 설문응답을 한 태양광업체는 187개 중 70개로, 37.4% 회수율을 나타냈다.

우선, 한국 태양광기업의 VS 상에서 산업 내 공정별 비중을 살펴보면(<Table 4.1> 참조), 폴리실리콘 공정에 특화하고 있는 기업이 1%(1개), 잉곳·웨이퍼 공정에 특화하고 있는 기업이 10%(7개), 태양전지 공정에 특화하고 있는 기업이 22%(15개), 모듈 공정에 특화하고 있는 기업이 44%(31개), 시스템 공정에 특화하고 있는 기업이 19%(13개), 기타 장비 공정에 특화하고 있는 기업이 4%(3개)로 조사되었다.

다음으로, 가설설정에서 사용된 설문별 빈도분석 결과는 <Table 4.2>과 같다.

Table 4.1 VS 상에서 산업 내 공정별 빈도분석 결과

VS공정	폴리실리콘	잉곳·웨이퍼	태양전지	모듈	시스템	기타 장비
비율 (답변 수)	1% (1개)	10% (7개)	22% (15개)	44% (31개)	19% (13개)	4% (3개)

Table 4.2 VS 상에서 VC 공정별 빈도분석 결과

	contents	전체 (%)	폴리실리콘 (%)	잉곳·웨이퍼 (%)	셀 (%)	모듈 (%)	시스템 (%)	기타 장비 (%)
정부 태양광산업 R&D 지원 (총 R&D투자액 중 정부지원금 비율)	0%, 없음	24.3	100.0	28.6	13.3	29.0	15.4	33.3
	20% 미만	40.0	-	42.9	40.0	38.7	46.2	33.3
	20~40% 미만	12.9	-	14.3	20.0	3.2	23.1	33.3
	40~60% 미만	10.0	-	14.3	6.7	12.9	7.7	-
	60~80% 미만	5.7	-	-	6.7	9.7	-	-
	80~100% 미만	4.3	-	-	6.7	6.5	-	-
	100%	1.4	-	-	-	-	7.7	-
태양광기업 R&D 투자 (매출액 대비 R&D투자액 비율)	1% 미만	14.3	-	14.3	6.7	12.9	23.1	33.3
	1~3% 미만	21.4	100.0	14.3	20.0	25.8	15.4	-
	3~5% 미만	18.6	-	57.1	20.0	16.1	7.7	-
	5~7% 미만	12.9	-	-	13.3	6.5	38.5	-
	7~9% 미만	11.4	-	14.3	13.3	9.7	7.7	33.3
	9~11% 미만	7.1	-	-	6.7	9.7	7.7	-
	11% 이상	14.3	-	-	20.0	19.4	-	33.3
태양광기업 R&D 성과 (최근 3년간 특허출원 및 등록건수 변화)	매우 저조	10.0	-	28.6	-	12.9	7.7	-
	다소 저조	8.6	100.0	-	6.7	3.2	23.1	-
	변화 없음	40.0	-	57.1	53.3	35.5	30.8	33.3
	다소 높음	31.4	-	-	33.3	38.7	23.1	66.7
	매우 높음	10.0	-	14.3	6.7	9.7	15.4	-
태양광기업 제품 생산량 (제품생산 규모 변화)	매우 감소	2.9	-	-	-	6.5	-	-
	다소 감소	5.7	-	14.3	13.3	3.2	-	-
	변화 없음	54.3	100.0	42.9	53.3	54.8	61.5	33.3
	다소 증가	34.3	-	42.9	33.3	35.5	23.1	66.7
	매우 증가	2.9	-	-	-	-	15.4	-
태양광기업 제품 생산비용 (주력제품의 규모의 경제 달성 수준)	규모경제 달성을 위해 생산이 크게 늘어야 함	55.7	100.0	42.9	60.0	61.3	38.5	66.7
	규모경제 달성을 위해 생산이 다소 늘어야 함	34.3	-	57.1	33.3	25.8	46.2	33.3
	현재 규모경제 달성	8.6	-	-	6.7	12.9	7.7	-
태양광기업 이익률 (매출액 대비경상이익률)	0% 미만	21.4	-	42.9	40.0	12.9	-	66.7
	0~2% 미만	22.9	-	14.3	20.0	29.0	23.1	-
	2~4% 미만	25.7	100.0	42.9	13.3	25.8	30.8	-
	4~6% 미만	10.0	-	-	13.3	12.9	7.7	-
	6~8% 미만	4.3	-	-	-	-	23.1	-
	8~10% 미만	4.3	-	-	-	6.5	7.7	-
	10% 이상	10.0	-	-	6.7	12.9	7.7	33.3

4-2. VC 분석결과

설문응답을 바탕으로 한국 태양광기업의 VC을 분석한 결과는 <Table 4.3>과 같다.

① 정부의 태양광산업 R&D지원 증가는 태양광기

업의 R&D투자 증가에 긍정적인(+) 영향을 미치면서 통계적으로도 1%의 유의수준에서 유의미한 것으로 분석되었다. 이로써 가설 1은 채택되었고, Watanabe의 일본 태양광산업에 대한 분석결과와 동일하다. 이

Table 4.3 VS 상에서 산업 내 공정별 빈도분석 결과

	분석내용	예상부호	추정치
1	정부 R&D지원 효과	+	0.463***
2	기업 R&D투자 효과	+	0.242***
3	기업 R&D성과 효과	+	0.242***
4	제품 생산량 효과	+	- 0.124
5	제품 생산비용 효과	+	0.673**
6	경상이익률 효과1	+	0.085*
7	경상이익률 효과2	+	- 0.010

러한 결과는 2010년 말 기준 정부가 1,988억 원을 R&D지원하고[14], 관련기업들이 이보다 더 많은 2,880억 원을 투자한 실적으로도 반증된다[10]. 설문 조사의 결과, 응답기업의 74.3%가 정부의 R&D지원을 받았으며, 관련기업의 매출액 대비 R&D투자 비율이 국내총생산 대비 R&D 비율인 4% 이상이라고 답한 기업이 64.3%로 높게 나타나고 있다[1].

② 태양광기업의 R&D투자 증가는 태양광기업의 R&D성과 증가에 긍정적인(+) 영향을 미치면서 통계적으로도 1%의 유의수준에서 유의미한 것으로 분석되었다. 이로써 가설 2도 채택되었고, Watanabe의 결과와도 동일하다. 이는 설문 응답기업의 41.4%가 정부 R&D지원과 기업 자체 R&D투자에 따라 최근 3년간 특허출원과 등록건수가 증가하였다고 답한 것으로도 증명된다. 또한 R&D 투자가 현재 기술수준을 따라가는데 보통이거나 충분하다고 답한 기업이 55.7%를 차지하고 있다. 또한 태양광 R&D인력 역시 제조업 평균(8.1%)[3] 이상이라고 답한 기업이 37.2%로 나타나고 있다. 이에 따라 한국 태양광산업의 기술수준은 2011년 기준 세계 태양광산업 속에서 4위의 높은 수준을 나타내고 있다[6].

③ 태양광기업의 R&D성과 증가는 태양광기업의 제품 생산량 증가에 긍정적인(+) 영향을 미치면서 통계적으로도 1%의 유의수준에서 유의미한 것으로 분석되었다. 이로써 가설 3도 채택되었고, Watanabe의 결과와도 동일하다. 이러한 결과는 설문조사가 이루어진 동안 한국 태양광을 통하여 발전된 전력량이 2012년 평균(42,330MWh)과 2013년 상반기 평균(60,059MWh)보다 늘어난 79,649MWh(2013년 8월 발전량 기준)로 태양광산업 환경이 개선되고 있다는 것으로도 증명된다[17]. 또한 R&D투자 이후 제품생산량이 증가했다고 답한 기업이 37.2%를 차지하고 있으며, R&D투자의 결과로 획득한 특허가 상업화로 이어지는 비율이 제조업 평균 특허 이전기술의 사업

화 성공률 23.6%[4]에 비해 동등하거나 높다고 답한 기업이 52.8%로 나타나고 있다.

④ 태양광기업의 제품 생산량 증가는 태양광기업의 제품 생산비용 감소에 부정적인(-) 영향을 미치고 있으며, 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 따라서 가설 4는 채택되지 않았고, Watanabe의 결과와 달랐다. 이러한 결과는 한국 태양광기업의 생산량이 아직 규모의 경제효과를 나타낼 수 있는 수준에 이르지 못하고 있기 때문으로 추정된다. 이는 설문 응답기업의 90%가 규모의 경제효과 달성을 위해서는 생산량의 증대가 필요하다고 응답한 것과 동일하다.

⑤ 태양광기업의 제품 생산비용 감소는 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률 증가에 긍정적인(+) 영향을 미치면서 통계적으로도 5%의 유의수준에서 유의미한 것으로 분석되었다. 이로써 가설 5는 채택되었다. 이러한 결과는 한국 태양광기업들이 세계 태양광시장의 수요 증가로 인해 2013년 하반기부터 큰 폭의 매출액 증가와 영업이익을 거두고 있는 것으로 반증될 수 있다[13]. 설문조사의 결과 응답기업의 77.2%가 경상이익률 흑자를 기록하고 있는 것으로 조사되었다.

⑥ 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률 증가는 태양광기업의 제품 생산량 증가에는 긍정적인(+) 영향을 미치면서 통계적으로도 10%의 유의수준에서 유의미한 것으로 분석되었다. 이로써 가설 6도 채택되었다. 이러한 결과는 매출의 74%를 수출하는 한국 태양광기업들이 2013년 하반기부터 시작된 세계 태양광기업들의 구조조정과 태양광제품의 공급과잉 해소로 가동률, 수익성 개선 등의 효과를 거두고 있는 것으로 반증될 수 있다[18].

⑦ 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률 증가는 태양광기업의 R&D투자 증가에는 부정적인(-) 영향을 미치고 있으며, 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 분석되었다. 이로써 가설 7은 채택되지 않았다. 이러한 결과는 한국 태양광기업들의 R&D투자가 2013년 2분기까지 529억 달러로서, 전년 대비 15% 감소하고 있다는 것으로 반증된다[12].

특히 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률이 태양광기업의 생산량 증가에는 긍정적 영향을 미치는 반면, R&D투자의 증가에는 영향을 미치지 못하는 결과는 한국의 태양광기업들이 VC 상 선순환구조에 들어서 있지 못하다는 것을 반증하고 있다.

Table 4.4 VS 분석결과

	분석내용	예상부호	잉곳·웨이퍼 → 태양전지	태양전지 → 모듈	모듈 → 시스템
1	정부의 R&D지원 증가	+	1.098	0.011	0.067
2	태양광기업의 R&D투자 증가	+	0.742	-0.319	0.231
3	태양광기업의 R&D성과 증가	+	-0.125	0.158	-0.428
4	태양광기업의 제품 생산량 증가	+	0.208	-0.281	0.407
5	태양광기업의 제품 생산비용 증가 (규모의 경제)	+	-0.500	-0.314	0.339
6	태양광기업의 매출액 대비 경상이익률 증가	+	1.448	0.585**	-0.258

4.3. VS 분석결과

다음으로, 한국 태양광기업의 VS을 분석한 결과는 <Table 4.4>와 같다. 여기서 가설 1, 5, 9, 13, 17, 21은 검증하지 않았다. 이는 폴리실리콘 공정에 특화하고 있다고 응답한 기업이 1군데에 불과했기 때문이다.

분석결과, 태양전지기업의 매출액 대비 경상이익률 증가가 모듈기업의 매출액 대비 경상이익률 증가에 긍정적인(+) 영향을 미치면서 통계적으로도 5%의 유의수준에서 유의미한 것으로 분석되었다. 따라서 가설 23은 채택되었다. 그 외에 가설들은 모두 유의미하지 않은 것으로 나타나 채택되지 않았다.

이러한 VS에 대한 분석결과는 한국 태양광산업에 있어서 잉곳·웨이퍼기업, 태양전지기업, 모듈기업, 시스템기업이 상호 협력하여 만들어내야 하는 선순환적 산업생태계가 아직 미완성상태에 있다는 것을 반증하고 있다[4]

5. 요약과 정책적 시사점

본 논문은 한국 태양광기업을 대상으로 VC과 VS 분석을 통해 기업 내 공정 간에 부가가치의 선순환구조가 형성되어 있는지와 산업 내 선순환적 생태계가 구축되어 있는지를 분석하였다.

분석의 결과, 한국 태양광산업의 VC은 정부 R&D 지원이 관련 기업 R&D투자 증가로 이어졌고, 기업 R&D투자 증가가 기업 R&D성과 증가에 기여하였으며, R&D성과 증가가 태양광 제품 생산량 증가에 영향을 주었다. 또한 태양광 생산비용 감소가 매출액 대비 경상이익률 증가에 영향을 주었다. 그러나 제품 생산량 증가가 제품 생산비용 감소에 기여하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 한편, 매출액 대비 경상이

익률 증가가 생산량 증가에는 영향을 주고 있으나, 기업 R&D투자 증가에는 기여하지 못하고 있는 것으로 나타나 선순환구조에 들어서 있지 못한 것으로 분석되었다.

한국 태양광산업의 VS은 태양전지기업의 매출액 대비 경상이익률 증가가 모듈기업의 매출액 대비 경상이익률 증가에만 영향을 줄 뿐, 그 외의 산업 내 모든 공정에서는 영향을 미치지 못하는 것으로 분석되었다. 이는 잉곳·웨이퍼기업, 태양전지기업, 모듈기업, 시스템기업이 상호 협력하여 만들어내야 하는 선순환적 산업생태계가 아직 미완성상태에 있다는 것을 보여주고 있다.

이러한 분석결과로부터 한국 태양광기업의 VC 공정 간 선순환 구조와 산업 내 VS 생태계를 구축하기 위한 정책적 시사점을 살펴보고자 한다. 첫째, 태양광기업의 제품 생산량 증가가 규모의 경제효과를 거둘 수 있을 정도로 이루어져 생산비용을 감소시킬 수 있도록 하는 정책지원이 필요하다. 둘째, 태양광기업의 매출액 대비 경상이익률 증가가 R&D투자 증가로 이어져 VC 상 선순환 구조를 확보할 수 있도록 R&D 지원정책을 강화할 필요가 있다. 셋째, 한국 태양광산업 내 VS의 선순환적 흐름을 위해 산업생태계의 구축을 촉진할 수 있는 정책을 추진할 필요가 있다.

끝으로, 본 논문은 한국의 태양광산업 관련 기업의 실질통계를 수집하기 어려워 설문조사를 시행하였다는 점에서 한계를 지니고 있다. 향후 한국 태양광산업이 발전할 경우 관련 실질통계를 기반으로 한 보다 정밀한 분석이 이루어 질 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 환경공단 기후변화특성화대학원사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다.

References

1. 국가과학기술지식정보서비스: “과학기술통계서비스”, (2013)
2. NH농협증권: “산업 분석 보고서-태양광”, (2013)
3. 산업연구원: “한국 제조업의 기술수준과 개발 동향”, (2012)
4. 산업통상자원부: “신재생에너지 활성화 방안”, (2013)
5. _____: “제6차 산업기술혁신계획”, (2013)
6. 에너지경제연구원: “에너지기술 수출산업화 전략 연구”, (2011)
7. 유석진: “디지털 시대의 밸류시스템”, 삼성경제연구소, (2000)
8. 일본 와세다대학 비즈니스스쿨: “MOT 입문”, (2004)
9. 제레미 리프킨: “3차 산업혁명”. 안진환 옮김. 민음사, (2012)
10. 한국과학기술기획평가원: “태양광기술의 현주소와 정부R&D 역할”, (2012)
11. 한국산업기술재단: “기술혁신”, (2007)
12. 한국수출입은행: “2014년 세계태양광산업 전망”, (2013)
13. _____: “다시 떠오르는 태양광산업”, (2013)
14. 한국에너지기술평가원: “2012 발전전략보고서-태양광”, (2012)
15. _____: “에너지 부품·소재·장비 기술개발 마스터 플랜”, (2013)
16. _____: “태양광산업 현황 및 발전 전략”, (2012)
17. 한국전력거래소: 전력통계정보시스템 10월 통계자료, (2013)
18. 한국태양광산업협회: “세계 태양광시장 현황 및 전망과 시사점”, (2013)
19. 홍운선: “모듈화 동향과 중소기업의 대응방안 모색”, 중소기업연구원, (2009)
20. 후지모토 다카히로: “모노즈쿠리”. 박정규 역, 월간조선, (2006)
21. Baldwin, J.S., Allen, P.M., Winder, B., and Ridgway, K.: “Modelling Manufacturing Evolution: Thoughts on Sustainable Industrial Development”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 13, pp.887-902, (2005)
22. Fahy, J.: “A Resource-Based Analysis of Sustainable Competitive Advantage in a Global Environment”, *International Business Review*, Vol. 11, pp.57-58, (2002)
23. Frankfurt School-UNEP Centre: “Global Trends in Renewable Energy Investment 2013”, (2013)
24. Hax, A.C., and Majiuf, N.S.: “The Strategy Concept and Process”, A Pragmatic Approach, New Jersey: Prentice Hall (1991)
25. Institute of Management Accountant, “Value Chain Analysis for Assessing Competitive Advantage”, (1996)
26. Jin T.T., and Zailani S.: “Antecedent and outcomes study on green value chain initiatives: a perspective from sustainable development and sustainable competitive advantage”, *International Journal of Value Chain Management*, Vol. 4, No. 4, (2010)
27. Kaplinsky: “Spreading the Gains from Globalization: What can be learned from value chain analysis?”, *IDS Working* 2000. 8., (2000)
28. Kaplinsky and Morris: “A Handbook for Value Chain Research”, Institute of Development Studies, University of Sussex and School of Natal, (2001)
29. Kotabe, M.: “Global Sourcing Strategy: R&D, Manufacturing and Marketing Interfaces”, New York: Quorum Books, (1992)
30. Kung, L., Kroll. A.M., Ripken, B., and Walker, M.: “Impact of the Digital Revolution on the Media and Communications Industries”, *The public*, Vol. 6, (1999)
31. Mckinsey & Company, “Solar power: Darkest before dawn”, (2012)
32. Porter, M.E.: “Competitive Advantage: Techniques for Analyzing Industries and Competitors”, Free Press, NewYork, (1985)

33. Shank, John K., and V. Govindarajan.:
“Strategic Cost Management”, New York:
Free Press, (1993)
34. Watanabe C., Wakabayashi K., and
Miyazawa T.: “Industrial dynamism and the
creation of a ‘virtuous cycle’ between R&D,
market growth and price reduction: The case
of photovoltaic power generation (PV)
development in Japan”, Technovation, Vol.
20, pp.299-312, (2000)
35. Zhu, Q., Sarkis, J., and Geng, Y.: “Green
Supply Chain Management in China:
Pressures, Practices and Performance”,
International Journal of Operation &
Production Management, Vol. 25, No. 5,
pp.449-468, (2005)