2

태양광 제조 산업의 수출 경쟁력 분석[1)]

공 지 영 에너지경제연구원 부연구위원(jkong@keei.re.kr)
조 일 현 에너지경제연구원 연구위원(ihcho@keei.re.kr)

1. 서론

태양광은 신규 발전 설비 중 지난 10년 동안 가격 하락속도가 두드러지게 나타났고, 2021년 기준 세계 평균 발전단가를 고려할 때 가장 저렴한 발전원으로 경제성을 확보하였다.[2) 3)] 더불어 전 세계적으로 2050년 탄소중립 달성 목표를 수립함에 따라 태양광의 역할이 강조되므로, 향후 해당 시장은 더욱 확대될 것으로 보인다. 태양광 시장은 지난 5년간 꾸준히 성장하였으며, 2021년에는 코로나19, 태양광 공급망 이슈 등이 있었음에도 신규 물량은 2020년 대비 26% 증가한 175GW에 도달하였다.[4)] IEA는 2050년 탄소중립 달성을 위해서는 매년 630GW의 신규 태양광 설치가 필요하다고 언급하였다.[5)]

1) 본고는 공지영·조일현, "국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석", 에너지경제연구원(2021)의 주요 내용을 요약한 것임.

2) IRENA(2022), p.32.

3) 다만 지역별로 가장 저렴한 발전원은 다르게 나타남. 유럽의 일부 국가, 미국, 중국, 인도, 호주 등에서는 태양광이 가장 저렴한 발전원이고, 유럽의 일부 국가와 북남미 지역은 풍력, 우리나라, 일본, 동남아시아 국가에서는 석탄이 가장 저렴한 발전원으로 나타남(BNEF(2021f), p.12.).

4) REN21(2022), p.45.

5) IEA 홈페이지(최종접속일: 2022.08.22.)

이처럼 태양광 보급의 중요성이 강조됨에 따라 안정적인 설비 공급 및 일자리, 부가가치 창출과 같은 경제적인 파급효과와 산업에 관한 관심이 높아지고 있다. 과거 한국은 태양광 제조부문의 전 가치사슬을 따라서 경쟁력을 갖추고 제품을 생산하고 국내 공급 및 수출까지 하였다. 하지만 최근 들어 시장을 주도하는 실리콘계 태양광 제조의 상류 부문은 중국 기업 주도하에 생산량 상위업체를 중심으로 시장이 재편되고 있어 국내 공급 사슬이 약해진 상황이다.[6] 이러한 상황은 우리나라뿐만 아니라 전 세계적으로 영향을 미치고 있어 특정 지역 혹은 국가에 집중된 공급에 대한 우려가 커지고 있다.

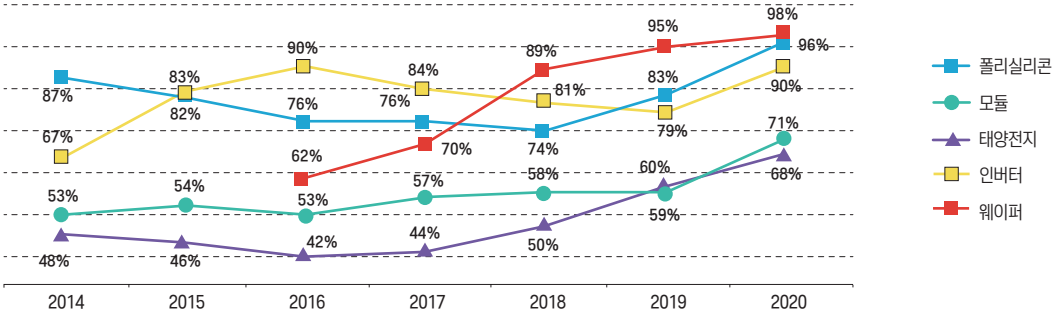
본고에서는 이러한 배경을 바탕으로 우리나라를 포함한 주요국의 수출 경쟁력을 분석하고자 한다. 본고의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 태양광 제조업 개요와 공급망 동향을 살펴보고, 3절에서는 현시비교우위지수와 무역특화지수를 활용하여 주요국 태양광 제조 산업의 수출 경쟁력을 분석한다. 마지막으로 4절에서는 본고 내용을 바탕으로 시사점을 제시한다.

2. 태양광 제조 산업 현황

가. 태양광 제조 산업 개요

태양광 산업의 가치사슬은 폴리실리콘, 잉곳, 웨이퍼, 태양전지, 모듈, 인버터와 BOS(Balance Of System), 그리고 시스템으로 구성되어 있다. 태양광 제조업은 전 세계적으로 시장점유율이 높은 상위업체를 중심으로 시장이 재편되고 있다. 상위기업들은 지속적으로 공장을 증설하여 생산을 확대하고 있으며, 이러한 현상은 2020년에도 태양광 산업 전체에 나타난다.[7] [그림 1]에서는 2014~2020년까지 태양광 가치사슬별 상위 10개 기업의 시장점유율을 나타내고 있는데, 지난 2년간 상위 10개 기업 시장점유율이 더욱 두드러지게 증가하였다. 이중 폴리실리콘의 상위 10개 기업 시장점유율이 지난 2년간 22%p로 가장 많이 증가하였고, 웨이퍼와 인버터가 9%p로 가장 작게 증가하였다. 2020년 기준 가치사슬 내에서는 웨이퍼의 상위 10개 기업 시장 점유율이 98%로 가장 높고, 태양전지가 68%로 가장 낮다.

그림 1 2014~2020년 태양광 가치사슬별 상위 10개 기업 시장점유율



자료: BNEF(2021e), Solar Manufactures 2020 Production, p.2.

6) 2020년 기준 상위 10개 기업의 부문별 시장점유율은 폴리실리콘 96%, 웨이퍼 98%, 모듈 71%, 태양전지 68%, 인버터 90% 수준이다(BNEF(2021e), p.2.).

7) BNEF(2021e), p.2.

우리나라 태양광(결정질 실리콘) 가치사슬에 대해서는 산업통상자원부·에너지기술평가원(2020)에서 발간한 보고서에서 설명하고 있다. 우리나라 태양광 산업은 폴리실리콘에서 시스템까지 국내 기업을 보유하고 있다. 대표적인 기업은 폴리실리콘에 OCI, 잉곳 및 웨이퍼에 웅진에너지, 태양전지와 모듈에 한화솔루션, 인버터에 다쓰테크, 데스틴파워, 효성중공업 등, 시스템에 한화솔루션, LG CNS 등이 있다([그림 2]). 이중 잉곳 및 웨이퍼 기업인 웅진에너지는 법정관리 기업이기 때문에, 실질적으로는 전주기 가치사슬은 끊어진 것으로 보아야 한다.

해당 보고서의 전문가 설문 조사에 따르면 국내 결정질 실리콘 태양광 시스템의 기술 수준은 인버터 및 BOS를 제외하고 모두 최고 수준이다. 다만 가격 수준은 태양전지와 모듈, 시스템은 90점, 폴리실리콘은 80점, 인버터는 70점 수준이다([그림 2]).[8)]

그림 2 국내 태양광 산업 가치사슬과 기술 및 가격 수준

1차 품목(최종재)	결정질 실리콘 태양광 시스템
국산화율(%)	80
기술수준 (세계최고=100)	100(상용화), 90(차세대 R&D)
가격수준 (세계최고=100)	85
업체 국내	한화큐셀&첨단소재, LG전자, 신성이엔지 현대에너지솔루션, 한솔테크닉스, 비제이파워
업체 해외	-
정부R&D 지원 필요 분야	고효율화 기술, 저가화/고생산성 기술
대규모 실증 지원 필요 분야	해상, BIPV, 마이크로 그리드 등

2차 품목	폴리실리콘	잉곳, 웨이퍼	태양전지	모듈	인버터, BOS	시스템
국산화율(%)	100	95	50	90	90	80
기술수준 (세계최고=100)	100	100	100	100	80	100
가격수준 (세계최고=100)	80	95	90	90	70	90
업체 국내	OCI, 한화케미칼	웅진에너지 (법정관리)	한화솔루션, LG전자, 현대에너지솔루션, 신성이엔지	한화솔루션, LG전자, 현대에너지솔루션,신성이엔지, 한솔테크닉스, 탑션, JSPV, 에스네어니, 솔라파크코리아	다쓰테크, 데스틴파워, 효성중공업, 엑스파워, 윌링스	한화솔루션, LG CNS, 현대에너지솔루션, 신성이엔지, 탑인프라, 에디슨전기, 케이디파워, 한빛디엔에스, 탑인프라, 이건창호
정부R&D 지원 필요 분야	-	-	고효율 태양전지, 100MW급 R&D 필요	고효율화 모듈, 100MW급 R&D 필요	-	안정성 및 신산업 기술

주: 여기서 제시한 기술경쟁력 및 가격경쟁력은 '세계최고수준=100' 기준으로 우리나라 전문가 의견 수렴을 진행함.
자료: 산업통상자원부, 에너지기술평가원(2020), 제4차 에너지기술개발계획 이노베이션로드맵: 태양광, p.20.

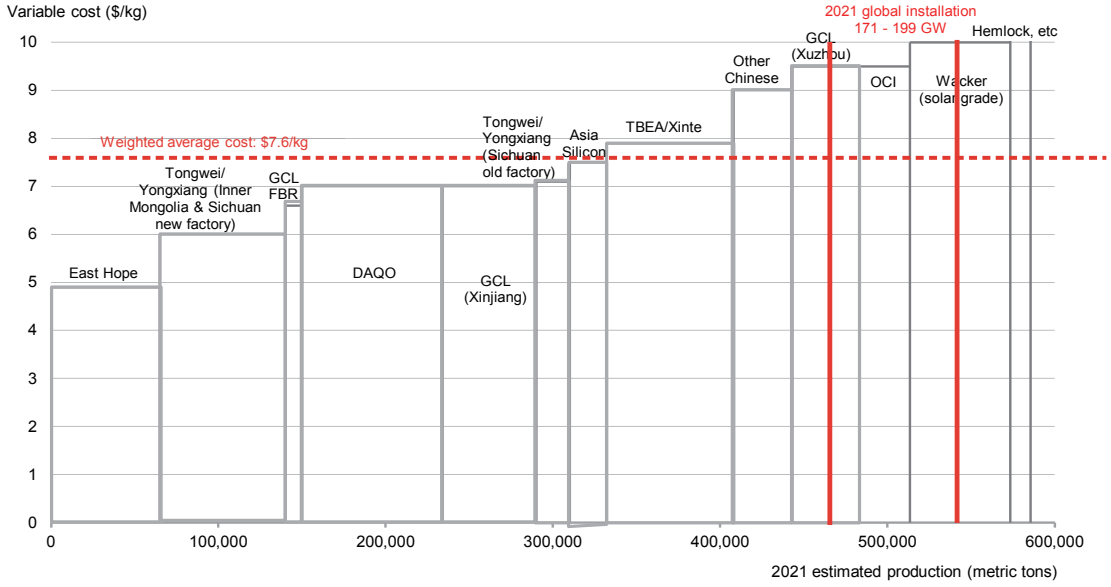
8) 잉곳 및 웨이퍼의 가격수준은 95점으로 나타나 있으나 웅진에너지 기업이 상장 폐지된 자본잠식 상태이므로 각주 설명으로 대신함(산업통상자원부·에너지기술평가원(2020), p.20.).

나. 태양광 제조 산업 공급망 동향

1)폴리실리콘[9)]

폴리실리콘 산업은 지난 몇 년간 중국의 저가 공세로 중국 기업 중심으로 시장이 재편되고 있다. 중국기업의 폴리실리콘 생산량 비중은 2016년 이후 꾸준히 증가하여 2020년에는 76.9% 수준에 도달하였다. [그림 3]은 주요 기업의 kg당 변동비로, 변동비가 낮은 10개 기업은 모두 중국 기업이며, 이 중 4개 기업이 신장 자치구에 자리 잡고 있다. 중국 기업이 이렇게 낮은 변동비를 유지할 수 있는 주요 이유는 생산원가에 40%를 차지하는 전기요금이 저렴하기 때문이다. 중국의 폴리실리콘 공장은 신장, 네이멍구자치구, 쓰촨, 칭하이 서부지역 등에 있는데, 이들 지역은 석탄과 수력발전이 주요 발전원으로 전기요금이 저렴한 편이며,[10)] 추가적으로 전기요금에 대해 정부와 지방자치 단체가 정책적으로 지원한다.[11)]더불어 2020년 상반기 폴리실리콘 가격이 $6.27/kg까지 하락하면서 여러 폴리실리콘 업체가 생산을 중단하거나 생산설비를 축소하였다.[12)] 2019년 생산량 1위 업체인 독일의 Wacker-Chemie는 생산량을 4천톤 정도 감축하였고, 우리나라 기업인 OCI는 2020년 국내 공장 가동을 중지하면서 생산량이 4만 3천톤 감소하였다.[13)] 폴리실리콘 가격은 2020년 상반기 최저 가격을 기록한 이후 원자재 가격 상승으로 2021년 8월에는 $28.49/kg까지 상승하는데, 이는 최저 가격인 1년 전과 비교하여 4.5배 정도 급등한 수준이다([그림 4]).[14)] 이러한 폴리실리콘 가격의 급격한 상승은 이후 웨이퍼, 태양전지와 모듈 등 공급망 전주기에 영향을 미친다.

그림 3 주요 기업의 폴리실리콘 변동비 비교($/kg)



주: 붉은색으로 표기한 기업은 중국 기업, 옅은 붉은색은 신장(Xinjiang) 자치구에 위치한 중국 기업임.
자료: BNEF(2021b), 4Q 2021 Global PV Market Outlook, p.5.

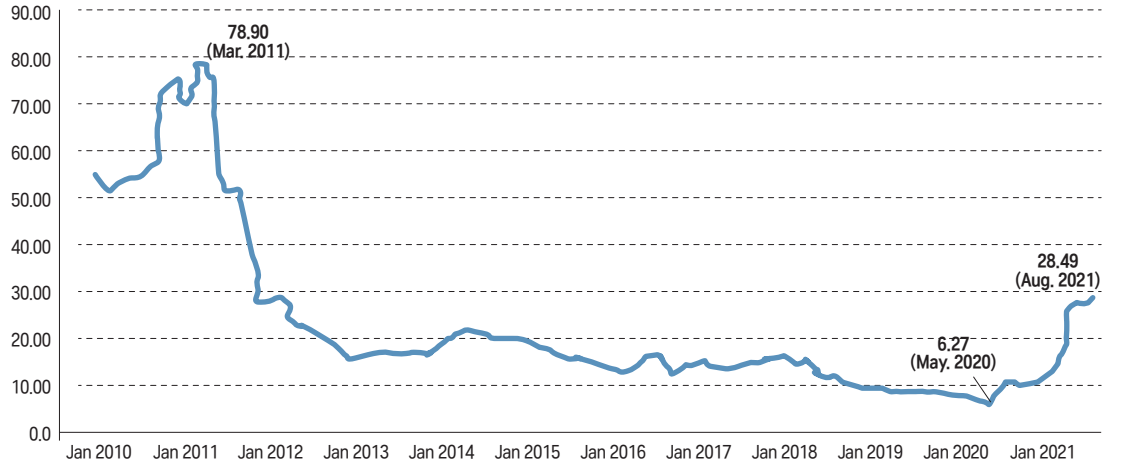
9) 해당 내용은 BNEF(2021e), pp.2~5.와 BNEF에서 제공하는 엑셀 자료를 바탕으로 저자가 재분석하였음. BNEF(2021e)에서의 분석대상은 폴리실리콘을 생산하는 기업 중 태양광 산업과 관련 있는 14개 기업임.

10) BNEF(2021e), p.5. 11) 강정화(2021), p.7. 12) BNEF(2021d).

13) BNEF(2021e), p.4.와 BNEF(2021d)를 참고하여 작성함.

14) BNEF(2021c).

그림 4 2010~2021년 8월 폴리실리콘 가격 추이 (단위: $/kg)

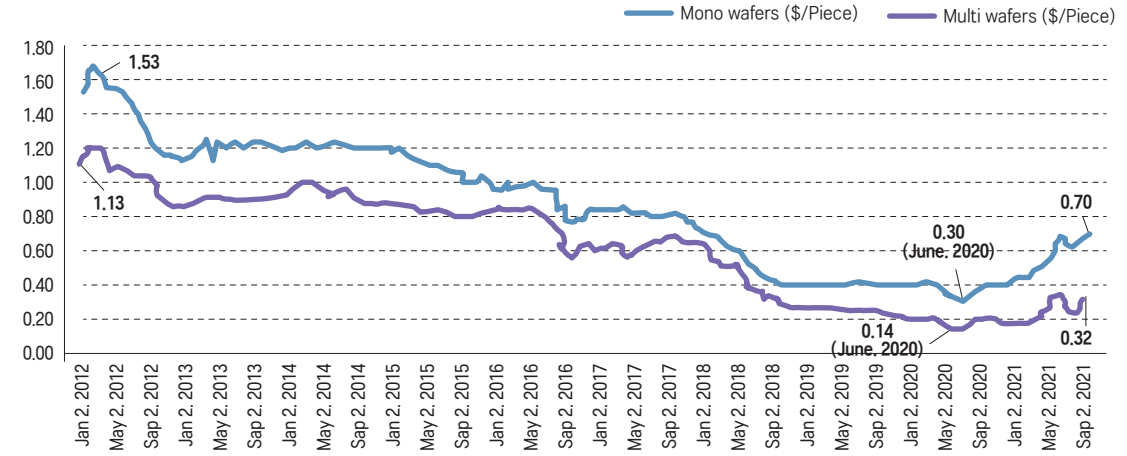


자료: BNEF(2021c) Bimonthly PV Index, September 2021 Excel Dataset을 바탕으로 저자 작성

2) 웨이퍼[15]

웨이퍼를 생산하는 상위 10개 기업의 생산설비 점유율은 98%로 상당히 높다. 최근 중국 업체는 저가의 웨이퍼 시장을 주도할 뿐만 아니라, 차세대 고효율 및 대형 웨이퍼의 기술표준을 활용한 태양전지 기술표준도 주도하는 상황이다.[16] 웨이퍼 가격은 전 기간에 걸쳐 폴리실리콘 가격 추세와 비슷한 흐름으로 움직이고 있다. 2012년에는 $1.53/피스 수준이었던 단결정 웨이퍼(mono wafer)는 2020년 6월 $0.3/피스까지 하락하였지만, 이후 폴리실리콘 가격이 급등하면서 웨이퍼 가격도 2021년 9월에 $0.7/피스를 기록하여 최저 가격 대비 2배 이상 상승하였다([그림 5]).[17]

그림 5 2012~2021년 웨이퍼 가격 추이($/피스)



자료: BNEF(2021c) Bimonthly PV Index, September 2021 Excel Dataset을 바탕으로 저자 작성

15) 해당 내용은 BNEF(2021e)와 BNEF에서 제공하는 엑셀 자료를 바탕으로 작성함.

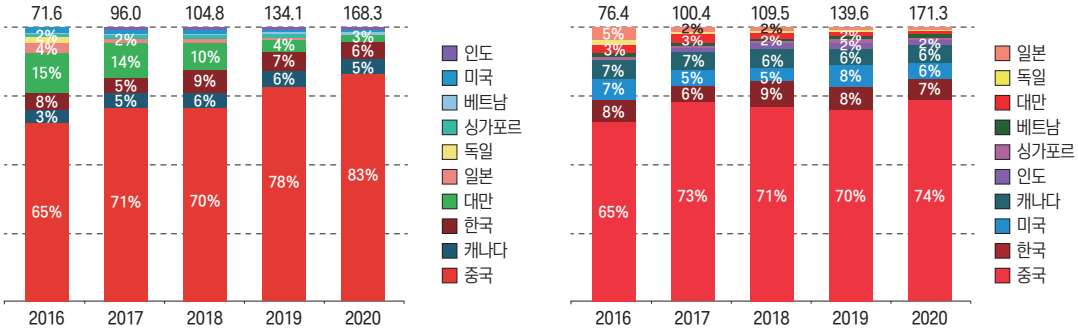
16) 강정화(2021), p.7.

17) BNEF(2021c) 바탕으로 작성함.

3) 태양전지와 모듈[18]

태양전지와 모듈 상위 10위 기업의 시장점유율은 2020년에 전년 대비 각각 8%p와 12%p 증가하여 68%와 71%에 도달하였다.[19] 이중 중국 기업의 시장점유율은 태양전지 83%, 모듈 74%로 중국 기업의 강세가 지속되고 있다([그림 6]). 특히 모듈 부문의 중국 기업 점유율은 2017~2019년 다소 정체되었으나, 2020년에는 Longi, Jinko, JA Solar와 같은 대형 업체의 생산량이 각각 17.6GW, 4.5GW, 5.6GW 증가하면서 점유율이 증가하였다.[20]

그림 6 2016~2020년 국가별 태양전지(왼쪽)와 모듈(오른쪽) 생산량(본사 기준)



자료: BNEF(2021e), Solar Manufactures 2020 Production, p.9.(왼쪽), p.11.(오른쪽)

태양전지 생산량 상위 10개 기업 중 8개 기업은 중국 기업이고, 나머지 2개 기업은 우리나라 기업인 한화큐셀과 캐나다 기업인 Canadian Solar가 있다. 많은 중국 기업들은 미국 시장에 수입 관세를 회피하고 생산공장의 지역 다양화를 위해 동남아시아에 대규모 생산설비를 구축하였다. 모듈 생산 상위 10개 기업 중에서는 7개 기업이 중국 기업이고, 나머지 3개 기업은 우리나라의 한화큐셀, 캐나다의 Canadian Solar, 미국의 First Solar가 있다. First Solar의 생산량은 대부분 미국에 공급되었으며, 해당 제품은 주로 말레이시아와 베트남에서 생산하였다.[21]

국제 태양전지 가격은 2020년 7월까지 꾸준히 하락하다가, 이후 상승하여 2021년 9월 기준 단결정 $0.15/W, 다결정 $0.12/W에 도달하였다([그림 7]).[22] 이는 최저 가격 대비 각각 1.5배와 2배 상승한 수치이다. 모듈가격도 태양전지와 비슷한 추이를 보인다. 2021년 9월, 단결정은 $0.24/W, 다결정은 $0.22/W의 가격을 형성하면서, 최저 가격 대비 약 1.3배 증가하였다.[23] 이러한 가격 변동은 폴리실리콘과 웨이퍼 등 원자재 가격 상승으로 태양전지와 모듈 가격 상승이 불가피해졌기 때문이다. 하지만 원자재 가격 상승과 비

18) 해당 내용은 BNEF(2021e), pp.8~11과 BNEF에서 제공하는 엑셀 자료를 바탕으로 작성하였음. BNEF는 태양전지의 경우 39개 기업, 모듈은 52개 기업을 개별 추적하여 해당 보고서를 작성함.

19) BNEF(2021e), p.8., p.10.

20) BNEF(2021d).

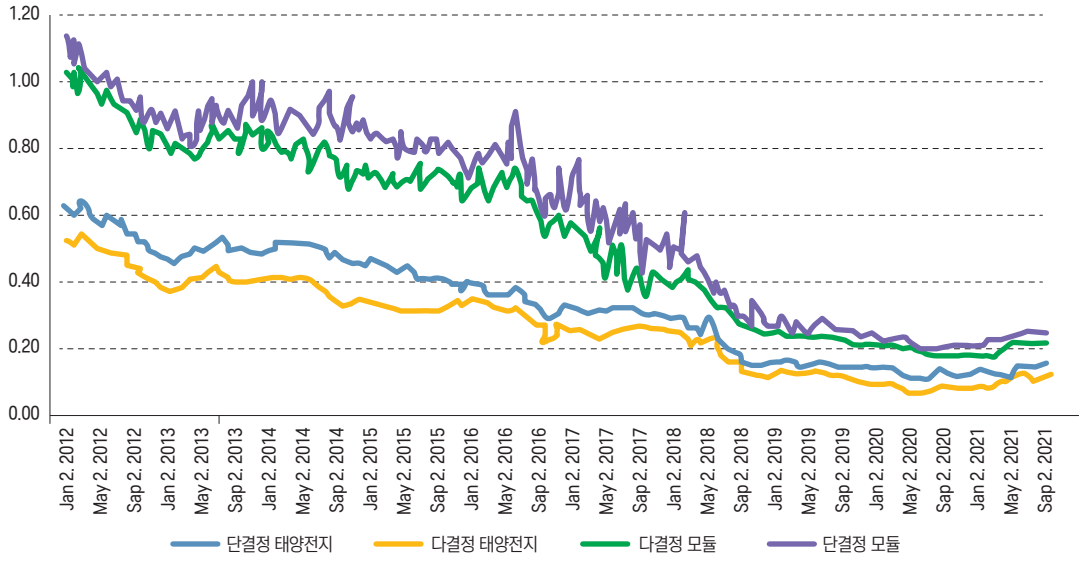
21) BNEF(2021e), p.8.과 p.10. 내용 바탕으로 작성함.

22) BNEF(2021c).

23) 전게서.

교하면 태양전지와 모듈 가격의 상승 폭은 상대적으로 낮다. 특히 모듈의 2020년 생산용량은 171GW로 추정되는 반면,[24] 2020년 태양광 수요는 144GW 수준으로, 모듈 업체들이 경쟁을 벌이면서 2021년에 원자재 가격 상승분을 반영하기가 더욱 어려웠다.[25]

그림 7 2012~2021년 태양전지와 모듈 가격 추이 (단위 : $/W)



자료: BNEF(2021c) Bimonthly PV Index, September 2021 Excel Dataset을 바탕으로 저자 작성

4) 인버터[26]

2020년 인버터 생산량은 164GW 수준이다. 인버터의 상위 10개기업 생산량 시장 점유율은 2019년 대비 11%p 증가하여 90%에 도달하였다.[27] 상위 10개 기업 중 중국 기업은 6개 기업으로, 이외에 독일, 이탈리아, 일본, 이스라엘 기업이 있다. 생산량 11위와 12위 기업이 각각 스페인과 오스트리아임을 고려하면, 인버터 산업은 태양광 산업의 다른 가치사슬보다 지역적으로 더 다양하게 분산되어 있다. 다만 2020년에는 중국 기업들이 생산량을 대규모로 증설하면서 상위 10개 기업의 생산 집중도가 증가하고, 중국 기업의 생산량 비중도 72%로 전년 대비 11%p 증가하였다([그림 8]).

24) BNEF(2021e), p.7.

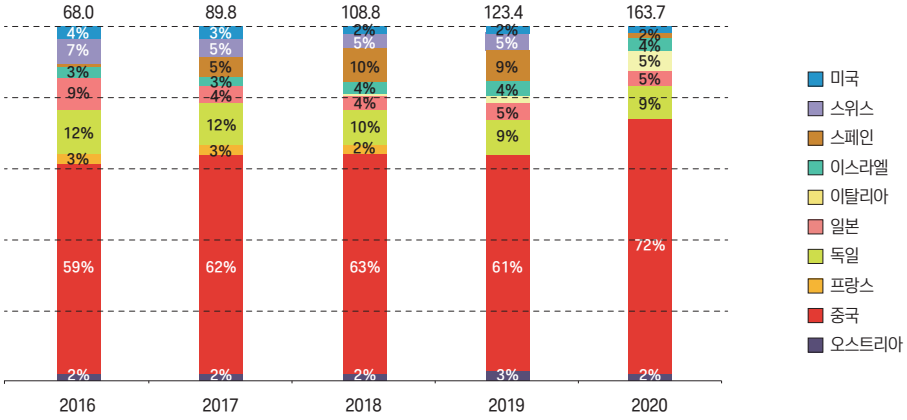
25) BNEF(2021a), p.1.

26) 해당 내용은 BNEF(2021e), pp.13~14와 BNEF에서 제공하는 엑셀 자료를 바탕으로 작성함. BNEF는 17개 인버터 기업을 추적하여 해당 보고서를 작성함.

27) BNEF(2021e), p.13.

그림 8 2016~2020년 국가별 인버터 생산량(본사기준)

(단위 : 연간생산량(GW))



자료: BNEF(2021e), Solar Manufactures 2020 Production, p.14.

3. 태양광 제조 산업 수출 경쟁력 분석

여기서는 태양광 제조 산업 중 폴리실리콘, 태양전지/모듈, 인버터를 대상으로 주요 국가의 수출 경쟁력을 분석하고자 한다. 웨이퍼는 UN comtrade에서 제공하는 데이터의 한계로 분석대상에 포함하지 못하였다.

가. 분석대상 및 방법론

1) 분석대상

재생에너지 산업 국제 경쟁력 분석을 위해서는 동일한 산업별 카테고리에 대한 국가별 그리고 제품별 수출입 규모에 대한 정보가 필요하다. 본 연구에서는 우리나라 태양광 소재 및 부품 경쟁력을 분석하기 위하여 ICTSD(International Centre for Trade and Sustainable Development)에서 분류한 HS 코드를 활용하여 UN comtrade에 있는 자료를 사용하였다(<표 1>).

표 1 태양광 제조 산업 HS 코드

구분	세분류	HS 코드
태양광	폴리실리콘	280461
	태양전지/모듈	854140
	인버터	850440

자료: ICTSD(2008); 에너지경제연구원(2010); UN comtrade 홈페이지(최종접속일: 2021.09.15.).

분석대상은 폴리실리콘, 태양전지/모듈, 인버터를 대상으로 하고 있다. 분석기간은 2011~2020년으로 10년이고, 국가 선정은 2020년 기준으로 가치사슬별 수출액 규모 합이 70% 이상을 차지하는 상위 6~10개국을 대상으로 한다.

2) 분석방법론

분석방법론은 현시비교우위(Revealed Comparative Advantage, 이하 RCA) 지수와 무역특화지수(Trade Specialization Index, 이하 TSI)를 활용하였다. RCA 지수는 특정 국가의 비교우위를 검토하기 위해 Balassa(1965)가 고안한 방법이다. 시장점유율을 단순하게 비교하는 것은 경제규모가 다른 국가 간의 비교우위 평가에 적절하지 않다. RCA 지수는 경제규모가 다른 국가 간에도 경쟁력 비교가 가능해지도록 고안한 방법으로, 국가별 시장점유율 뿐만 아니라 품목별 시장점유율도 동시에 고려한다. i국의 k상품의 현시비교우위지수는 다음과 같이 계산된다.

$$RCA_{ik} = \frac{X_{ik}/X_{wk}}{X_i/X_w}$$

X_{ik} : i국의 k상품 수출액 X_i : i국의 총 수출액 X_{wk} : 전세계의 k상품 수출액 X_w : 전세계의 총 수출액

위 식에서 RCA 지수는 전 세계에서 i국이 차지하는 k상품 수출액 비중을 전 세계의 총 수출액 중 i국의 수출액 비중을 나눈 값이다.[28] 따라서 RCA 지수 값이 1보다 크면 i국의 k상품이 다른 상품과 비교하여 비교우위, 즉 상대적 수출 경쟁력을 가지고 있고, 1보다 작으면 비교열위, 즉 상대적 수출 경쟁력이 약하다는 것을 의미한다.

TSI는 일국이 특정 상품의 수입이나 수출에서 특화하고 있는지를 평가하기 위해 사용하는 지표이다.[29]

TSI는 경쟁력지수(Competitiveness Index)라고도 한다. TSI는 수출의 상대적인 비교우위를 나타내는 지표로, 다음 식과 같이 특정 품목의 순 수출(수출(X)-수입(M))을 해당 품목의 교역규모(수출(X)+수입(X))로 나누어서 계산한다.

$$TSI_{ik} = \frac{X_{ik} - M_{ik}}{X_{ik} + M_{ik}}$$

X_{ik} : i국이 전세계를 대상으로 하는 k 품목 수출액
M_{ik} : i국이 전세계를 대상으로 하는 k 품목 수입액

위 식에서 나타난 바와 같이 TSI는 국가 간 교역에서 비교우위에 있는 품목은 수입보다 수출이 많다는 전제를 하고 있다. 다만 순 수출이 교역규모에 영향을 받을 수 있기 때문에 교역규모로 나눈다. 따라서 수출액과 수입액이 동일할 경우, TSI가 0이 된다. 반면 수입만 할 경우 -1 값을 가지며, 수출만 할 경우 +1의 값을 가진다. TSI가 기준시점과 비교시점 사이에 무역특화지수의 변화되는 정도에 따라 <표 2>와 같이 6가지 그룹으로 나눌 수 있다.

---

28) i국의 총 수출액은 World Bank 홈페이지 자료 활용(최종접속일: 2021.9.15.).

29) 션즈펑·김태인·곡계건(2017), p.63.

표 2 TSI의 유형별 해석

	분류	TSI	의미
경쟁력 강화	Ⅰ 그룹	$0 < TSI_0 < TSI_t$	수출특화품목으로 경쟁력이 강화되고 있는 추세, 즉 수출주력제품군
	Ⅱ 그룹	$TSI_0 < 0 < TSI_t$	수입특화품목에서 수출특화품목으로 전환되고 있는 추세, 즉 새로운 수출전략품목으로 대두
	Ⅲ 그룹	$TSI_0 < TSI_t < 0$	수입특화품목이지만 수입특화정도가 약화되고 있는 추세, 즉 수출상품화 가능성이 있음
경쟁력 약화	Ⅰ 그룹	$0 < TSI_t < TSI_0$	수출특화품목으로의 경쟁력이 약화되고 있는 추세, 즉 경쟁력 강화방안이 절실함
	Ⅱ 그룹	$TSI_t < 0 < TSI_0$	수출특화품목에서 수입특화품목으로 전환되고 있는 추세, 즉 경쟁력 상실로 생산기지가 해외로 이전
	Ⅲ 그룹	$TSI_t < TSI_0 < 0$	수입특화가 심화되고 있는 추세, 즉 구조조정이 추진되고 있으며 전략적으로 수입이 확대되고 있음

주 : TSI_0와 TSI_t 는 각각 기준시점과 비교시점의 무역특화지수임.

자료: 한국개발연구원(2003), 한국의 산업경쟁력 종합연구, p.191

원자료: 신현수 · 이원복(2003), 한 · 중 · 일 제조업 경쟁력의 비교분석과 정책적 시사점, 산업연구원

나. 분석 결과

1) 폴리실리콘[30]

여기서 제시한 국가 선정은 2020년 기준 폴리실리콘 수출액 순위에 따랐다. 전체 폴리실리콘 수출액에서 해당 5개국이 차지하는 비중은 93.1%로, 이중 미국이 31.8%로 수출액 비중이 가장 높고, 다음으로 독일(31.7%), 일본(13.5%), 말레이시아(8.1%), 한국(5.2%), 중국(2.9%) 순이다.[31]

<표 3>은 2011~2020년 폴리실리콘 주요 수출국의 RCA 분석결과이다. 국가 간 경제규모를 고려하여 분석한 RCA 지수를 보면, 우리나라의 RCA 지수는 2011년 7.38에서 2019년 5.63으로 하락 추세를 보이다가, 2020년 1.73으로 급격히 하락하였다. 이는, 2018년에는 한국실리콘이 법정관리에 들어가고,[32] 2020년에는 OCI의 국내 공장 가동 중단, 한화케미칼의 폴리실리콘 사업 철수 선언[33] 등의 사건 등이 영향을 미친 것으로 보인다.[34] 말레이시아의 RCA 지수는 2011년 0.13에서 2020년 7.40까지 증가하여, 자국 내 여타 품목에 비해 비교 열위에서 비교 우위 산업으로 전환되었다(<표 3>).

30) 자료 분석을 위해 사용한 HS code는 280461으로 실리콘 함유량이 99.99% 이상인 실리콘을 의미함.

31) UN comtrade 홈페이지(최종접속일: 2021.09.15.).

32) 황정환(2018.5.30.).

33) 이소아(2020.2.20.).

34) RCA 지수가 2020년 기준 1.0을 상회하여 비교우위 품목이지만, 2020년 생산량이 급감하였기 때문에 이후의 RCA 지수 결과는 비교열위 품목으로 구분될 것으로 추정됨.

표 3 폴리실리콘 RCA 분석결과

연도	미국	독일	일본	말레이시아	한국	중국
2011	3.44	2.71	2.16	0.13	7.38	0.23
2012	3.74	3.84	2.52	0.02	4.68	0.23
2013	3.13	3.71	3.08	0.01	4.78	0.31
2014	3.16	3.16	2.31	0.44	6.65	0.21
2015	2.70	2.81	2.02	1.66	7.42	0.28
2016	3.20	2.34	1.94	2.49	7.08	0.21
2017	3.17	2.44	2.27	2.75	6.67	0.21
2018	2.70	3.07	2.73	2.91	5.90	0.19
2019	2.93	3.46	3.22	5.63	5.41	0.19
2020	3.76	3.96	3.64	7.40	1.73	0.20

자료: 저자 작성

국내 폴리실리콘 산업의 수출 경쟁력 약화는 TSI에서도 동일하게 나타난다(<표 4>). 우리나라 TSI는 2011년 0.62에서 2019년 0.38로 감소하다가, 2020년 -0.28로 나타난다. 이는 폴리실리콘이 수출특화품목에서 수입특화품목으로 전환되었다는 것을 의미한다. 반대로 말레이시아는 수입특화품목에서 수출특화품목으로 전환된 국가로, 해당 품목이 새로운 수출전략품목으로 대두되고 경쟁력이 강화되었다고 볼 수 있다.

표 4 폴리실리콘 TSI 분석 결과

연도	미국	독일	일본	말레이시아	한국	중국
2011	0.78	0.60	-0.35	-0.76	0.62	-0.90
2012	0.84	0.83	-0.32	-0.98	0.31	-0.88
2013	0.86	0.93	-0.35	-0.99	0.29	-0.80
2014	0.91	0.62	-0.45	-0.62	0.55	-0.87
2015	0.88	0.81	-0.48	-0.14	0.58	-0.84
2016	0.91	0.83	-0.53	0.10	0.65	-0.88
2017	0.90	0.82	-0.39	0.30	0.61	-0.89
2018	0.82	0.94	-0.42	0.21	0.51	-0.90
2019	0.75	0.76	-0.31	0.44	0.38	-0.89
2020	0.82	0.66	-0.26	0.66	-0.28	-0.86

자료: 저자 작성

2) 태양전지/모듈

UN comtrade의 수출입 무역 자료에서는 태양전지와 모듈의 수출입을 하나의 코드로 제공하고 있다.[35] 따라서 여기서는 태양전지와 모듈을 따로 분류하지 않고 RCA와 TSI 분석을 진행하였다. <표 5>는 현지 생산 기준 태양전지/모듈 수출액 비중을 나타낸다. 표의 6개국이 전체 태양전지/모듈 수출액에서 차지하는 비중은 2020년 기준 73.0%이다. 수출액 비중은 국가별로 보면 중국이 56.4%로 가장 높고, 다음으로 베트남(10.5%), 말레이시아(9.9%), 일본(8.1%), 홍콩(7.7%), 한국(7.4%) 순이다. 전 세계 총 수출액 중 우리나라의 비중은 2011년 8.9%에서 2017년 13.4%로 증가하는 추세를 보이다가, 이후 감소하는 추세를 보이면서 2020년에는 7.4% 수준에 그쳤다. 베트남과 말레이시아는 경쟁력을 갖춘 자국 기업은 없으나, 미국의 First Solar와 미국 수입 관세를 회피하려는 중국 기업 등이 공장을 건설하고 있어서 수출 비중 상위권을 기록하였다.

표 5 태양전지/모듈 수출액 비중(2011~2020년)

연도	중국	베트남	말레이시아	일본	홍콩	한국
2011	64.2%	0.0%	6.3%	15.2%	5.3%	8.9%
2012	54.0%	0.3%	7.8%	18.0%	7.8%	12.0%
2013	51.4%	0.4%	10.7%	15.4%	9.6%	12.4%
2014	57.0%	0.3%	10.1%	13.3%	9.3%	10.1%
2015	58.6%	1.5%	10.8%	11.1%	7.9%	10.0%
2016	49.6%	4.8%	13.0%	11.6%	8.6%	12.4%
2017	47.4%	6.7%	11.7%	11.3%	9.5%	13.4%
2018	49.8%	5.5%	12.3%	10.8%	9.9%	11.8%
2019	56.1%	8.3%	11.1%	8.4%	7.7%	8.3%
2020	56.4%	10.5%	9.9%	8.1%	7.7%	7.4%

자료: 저자 작성

다음으로는 국가 간 경제규모를 고려하여 분석한 RCA 지수를 통해 국내 태양전지/모듈 산업의 수출 경쟁력을 알아보고자 한다. 우리나라의 RCA 지수는 2011년 1.61에서 2017년 2.68까지 증가하였다가, 2020년에는 1.81을 기록하였다. RCA 지수가 1.0을 상회하므로 국내 여타 품목에 비해 비교 우위에 있는 편이다. 일본과 홍콩은 수출액 비중이 우리나라보다 크지만 RCA 지수는 우리나라와 비슷한 수준이다. 여기서 눈여겨볼 만한 국가는 베트남과 말레이시아이다. 베트남과 말레이시아의 RCA 지수는 2011년에 각각 0.05와 3.08이었으나, 2019년과 2020년에 각각 4.41과 6.79를 기록하였다. 이 두 국가에서는 각국의 수출규모를 고려할 때 태양전지/모듈 수출액이 빠르게 증가하고 있다(<표6>).

35) 해당 설명은 "Electrical apparatus; photosensitive, including photovoltaic cells, whether or not assembled in modules or made up into panels, light-emitting diodes (LED)"로 되어 있음(UN comtrade 홈페이지, 최종접속일: 2021.9.15).

표 6 태양전지/모듈 RCA 분석 결과

연도	중국	베트남	말레이시아	일본	홍콩	한국
2011	3.75	0.05	3.08	2.03	1.29	1.61
2012	3.01	0.33	4.10	2.55	1.84	2.18
2013	2.72	0.38	6.04	2.53	2.16	2.28
2014	2.98	0.21	5.69	2.24	2.13	1.92
2015	2.85	0.98	6.46	1.86	1.65	1.92
2016	2.49	2.73	7.89	1.83	1.71	2.42
2017	2.48	3.64	7.30	1.90	2.04	2.68
2018	2.79	3.04	8.12	1.99	2.36	2.55
2019	3.29	4.41	7.89	1.69	1.97	2.10
2020	2.87	-	6.79	1.64	1.78	1.81

주: World Bank에서 베트남의 2020년 총수출(상품만)을 제공하지 않아, 2020년 베트남의 RCA 지수를 산정하지 못함.
자료: 저자 작성

하지만 베트남의 국제 경쟁력은 TSI에서 다르게 나타난다. 2020년 베트남의 TSI는 -0.06으로, 태양전지/모듈이 수입특화품목이 된 모습이다. 특히 2011년 -0.57에서 2015~2019년 최대 0.46까지 증가하였다가, 2020년 -0.06을 기록하였다. 이는 2020년 베트남의 태양광 보급 규모가 폭발적으로 증가하였기 때문으로, 전년 대비 2배 이상 증가한 11.1GW를 기록하였다.[36] 말레이시아의 TSI는 2011년 0.60에서 2020년 0.74로 증가하여 수출특화품목으로써 경쟁력이 강화된 모습이다. 우리나라의 TSI는 2011년 0.16에서 2020년 0.03으로 감소하여 수출특화품목으로의 경쟁력이 약화되었다(<표 7>).

36) 베트남의 태양광 보급 규모는 2017년 8MW, 2018년 106MW, 2019년 4.8GW로, 그 수준이 빠르게 증가하고 있음. 더불어 2020년에는 중국과 미국에 이어 전 세계에서 3번째로 태양광을 많이 보급 하였음(REN21(2021), p.120.).

표 7 태양전지/모듈 TSI 분석 결과

연도	중국	베트남	말레이시아	일본	홍콩	한국
2011	0.55	-0.57	0.60	0.48	-0.22	0.16
2012	0.38	-0.36	0.74	0.31	-0.16	0.12
2013	0.27	-0.47	0.63	-0.19	-0.14	0.07
2014	0.30	-0.56	0.57	-0.32	-0.11	0.08
2015	0.34	0.03	0.56	-0.23	-0.14	0.16
2016	0.29	0.44	0.67	-0.10	-0.13	0.25
2017	0.27	0.46	0.62	-0.01	-0.07	0.24
2018	0.33	0.07	0.63	0.04	-0.11	0.23
2019	0.53	0.06	0.76	-0.01	-0.11	0.08
2020	0.53	-0.06	0.74	0.04	-0.12	0.03

자료: 저자 작성

3) 인버터[37]

우리나라를 제외한 9개국이 전체 인버터 수출액에서 차지하는 비중은 2020년 70.8%이다. 수출액 비중은 국가별로 보면 중국이 45.8%로 가장 높고, 다음으로 독일(15.4%), 홍콩(9.9%), 미국(8.6%), 네덜란드(5.3%), 태국(3.4%), 멕시코(3.3%), 이탈리아(2.9%) 순이다. 우리나라의 비중은 1.7%로 20위를 기록하였다. 우리나라의 전 세계 수출 비중은 2011년 2.3% 수준이었으나, 이후 감소하여 2020년 1.7%를 기록하였다.[38]

<표 8>은 2011~2020년 인버터 주요 수출국의 RCA 분석결과이다. 표에서 제시한 국가 선정은 2020년 기준 인버터 수출액 순위에 따랐다. 국가 간 경제규모를 고려하여 분석한 RCA 지수를 통해 국내 인버터 산업의 국제 경쟁력을 보면, 2020년 우리나라의 RCA 지수는 0.42로 2011년(0.51)보다 감소하였다. 태양광 가치사슬 중에서는 유일하게 1.0에 미치지 못하여 국내 여타 품목과 비교하여 열위에 있는 산업이다. 상위 9개 기업 중에서는 2020년 기준 미국, 멕시코, 이탈리아의 RCA 지수가 1.0에 미치지 못하여 해당국에서 비교 열위 산업으로 분류되며, 일본에서도 지난 10년 동안 0.88~1.08의 수치를 보여 해당국에서 비교 우위 산업으로 분류하기는 어렵다(<표 8>).

37) 여기서 사용한 HS Code는 850440으로 "Electrical static converters"를 의미함(UN comtrade 홈페이지, 최종접속일: 2021.9.15).

38) UN comtrade 홈페이지(최종접속일: 2021.09.15)

표 8 인버터 RCA 분석 결과

연도	중국	독일	홍콩	미국	일본	네덜란드	태국	멕시코	이탈리아	한국
2011	2.95	1.46	3.97	0.85	0.94	1.21	1.70	0.72	0.73	0.51
2012	2.90	1.29	4.09	0.85	0.90	1.15	1.67	0.84	0.80	0.50
2013	2.92	1.19	3.84	0.88	1.01	1.09	1.58	0.86	0.76	0.36
2014	2.86	1.21	3.64	0.86	0.98	1.14	1.61	0.88	0.70	0.35
2015	2.64	1.11	3.07	0.90	0.88	1.04	1.72	0.90	0.69	0.35
2016	2.65	1.15	2.84	0.84	0.93	1.04	1.56	1.02	0.61	0.35
2017	2.55	1.24	2.94	0.85	0.98	1.13	1.76	1.01	0.65	0.37
2018	2.45	1.26	2.86	0.85	1.00	1.21	1.95	1.00	0.71	0.40
2019	2.41	1.28	2.66	0.79	1.08	1.27	1.72	1.03	0.78	0.40
2020	2.26	1.40	2.21	0.74	1.05	1.22	1.83	0.98	0.76	0.42

자료: 저자 작성

<표 9>에서는 인버터 산업의 TSI를 보여주고 있다. 중국과 태국에서는 인버터가 수출특화품목으로 경쟁력이 강화되어 수출 주력 제품군으로 대두되고 있는 모습이다. 반면 독일에서는 수출특화품목으로의 경쟁력이 약화되고 있다. 홍콩, 일본, 이탈리아에서는 수입특화품목에서 수출특화품목으로 전환되어, 인버터가 새로운 수출전략품목으로 대두되었다. 미국과 우리나라에서는 수입 특화가 심화되고 있는 추세이다.

표 9 인버터 TSI 분석 결과

연도	중국	독일	홍콩	미국	일본	네덜란드	태국	멕시코	이탈리아	한국
2011	0.31	0.25	-0.02	-0.37	-0.02	0.10	0.41	-0.39	-0.12	-0.24
2012	0.43	0.19	0.03	-0.38	-0.06	0.08	0.38	-0.32	0.05	-0.28
2013	0.40	0.21	0.05	-0.37	-0.05	0.05	0.35	-0.31	0.07	-0.40
2014	0.42	0.23	0.06	-0.40	-0.06	-0.01	0.34	-0.29	0.02	-0.44
2015	0.46	0.21	0.06	-0.38	-0.08	-0.07	0.30	-0.31	0.03	-0.40
2016	0.47	0.20	0.06	-0.42	-0.04	-0.09	0.36	-0.28	-0.04	-0.37
2017	0.47	0.20	0.10	-0.41	0.01	-0.05	0.45	-0.28	-0.06	-0.33
2018	0.42	0.19	0.11	-0.41	0.04	-0.05	0.45	-0.26	-0.05	-0.32
2019	0.44	0.17	0.10	-0.42	0.07	-0.05	0.45	-0.24	0.02	-0.38
2020	0.50	0.17	0.07	-0.47	0.05	-0.07	0.45	-0.22	0.03	-0.32

자료: 저자 작성

4. 결론 및 시사점

본고에서는 태양광 제조 산업 동향을 살펴보고, 태양광 가치사슬 중에서 UN comtrade의 자료 활용이 가능한 폴리실리콘, 태양전지/모듈, 그리고 인버터를 대상으로 태양광 산업 수출 경쟁력을 분석하였다. 분석 결과 해당 품목들은 국내의 여타 품목과 비교하여 비교 우위에 있으므로 상대적 수출 경쟁력을 가지고 있는 것으로 나타났다. 하지만 해당 기간에 경쟁력이 약화되고 있는 모습을 보였는데, 특히 폴리실리콘은 TSI 분석결과가 2019년 0.38에서 2020년 -0.28로 낮아지면서 수출특화품목에서 수입특화품목으로 전환되는 모습을 보였다. 이는 동기간 국내 태양광 보급이 활발히 이루어지면서 일정 부분 지수로 측정된 수출 경쟁력이 낮아진 바도 있다. 하지만, 최근 전 세계 수출 시장에서 한국의 비중이 줄고 있고, 특히 제조 상류부문에서 국내 유일의 웨이퍼 기업이 법정관리에 들어간 상황으로 국내 기업만으로 전주기 가치사슬 자체가 끊어지는 등 전반적인 위기로 볼 수 있다.

지난 10년 동안 국내 태양광 산업의 경쟁력이 약화된 주요 외부적 요인은 중국 기업 중심으로 시장이 집중되었기 때문으로 중국 기업은 자국 내 저렴한 인건비, 높은 수요, 전기요금의 정책적 보조 등을 바탕으로 태양광 산업 경쟁력을 개선해 왔다. 이러한 어려움은 현재 우리나라뿐만 아니라 유럽, 미국, 일본 등 전 세계가 공통으로 겪고 있는 현상이다. 다만 가치사슬 앞단을 중국 기업들이 차지하고 수직계열화함에 따라 가격 협상에서 영향을 받을 수 있으며, 최근 겪은 폴리실리콘 가격 급등은 폴리실리콘 생산이 중국 업체 중심으로 재편되면서 심화한 문제로 이후로도 중국발 공급 위험은 발생할 수 있다.

따라서 단기적으로는 실리콘계 태양광 공급망의 다변화를 위해 노력하고 국내 제조업 경쟁력 강화 방안 마련이 필요하다. 특히 제조 부문의 경쟁력 강화를 위해서는 기술 개발이 필수적이며, 장기적으로는 탠덤, 페로브스카이트 등의 차세대 태양광발전 기술로의 전환을 통해 실리콘계열을 벗어나는 공급망 다변화가 필요한 상황이다.

참고문헌

국내 문헌

- 강정화, 2021년 2분기 신재생에너지 산업 동향, 한국수출입은행 해외경제연구, 2021
- 공지영·조일현, 국제 신재생에너지 정책변화 및 시장분석, 에너지경제연구원, 2021
- 산업통상자원부, 에너지기술평가원, 제4차 에너지기술개발계획 이노베이션로드맵: 태양광, 2020
- 션즈펑·김태인·곽계건. "한·중 주요 수출품의 경쟁력 분석: RCA 및 TSI를 중심으로", 「아태비즈니스연구」, 제8권 제2호, 2017
- 신현수·이원복, 한·중·일 제조업 경쟁력의 비교분석과 정책적 시사점, 산업연구원, 2003
- 에너지경제연구원, 신재생에너지 부품·소재 산업 육성을 통한 수출산업화 전략 연구, 2010
- 이소아, "한화솔루션, 폴리실리콘 사업철수…김동관 부사장은 사내이사로 선임", 중앙일보, 2020.2.20.
- 한국개발연구원, 한국의 산업경쟁력 종합연구, 2003
- 황정환, "두 번째 법정관리 한국실리콘… 이번에도 회생할까", 한경증권, 2018.5.30.

외국 문헌

- BNEF, 3Q 2021 Global PV Market Outlook, 2021a
- BNEF, 4Q 2021 Global PV Market Outlook, 2021b
- BNEF, Bimonthly PV Index, September 2021 Excel Dataset, 2021c
- BNEF, Solar Manufactures 2020 Production Excel Data, 2021d
- BNEF, Solar Manufactures 2020 Production, 2021e
- BNEF, 2H 2021 LCOE Update, 2021f
- ICTSD, HS Code and the Renewable Energy Sector, 2008
- IRENA, Renewable Power Generation Costs in 2021, 2022
- REN21, Renewables 2021 Global Status Report, 2021
- REN21, Renewables 2022 Global Status Report, 2022

웹사이트

- IEA 홈페이지, https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050 (최종접속일: 2022.08.22.)
- UN comtrade 홈페이지, https://comtrade.un.org/data/ (최종접속일: 2021.9.15.)
- World Bank 홈페이지, https://data.worldbank.org/ (최종접속일: 2021.9.15).