



세계 에너지시장의 변화요인과 영향 분석¹⁾

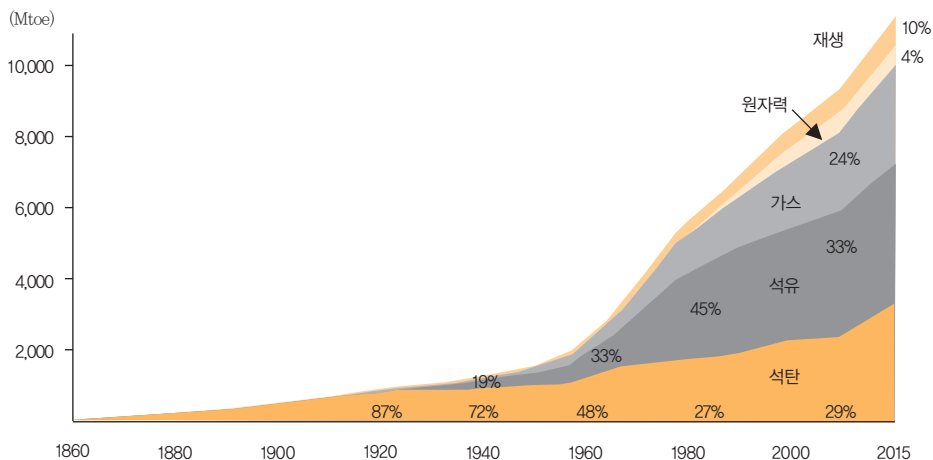
이광우 LG경제연구원 책임연구원 (kwlee@lgeri.com)

1. 서론

산업혁명 이후 석탄이 오랫동안 주력 에너지원으로
서의 지위를 지켜왔지만 1940~1950년대를 거치면서

급격히 석유시대로 접어들었다. 전체 에너지 중에서 석
탄이 차지하는 비중이 1940년에 약 72%에 달했으나
1960년에는 약 48%, 1980년에는 약 27%로 급락했다.
같은 시기동안 석유 비중은 약 19%에서 약 45%로 급

[그림 1] 세계 에너지수요 구성 추이



주: 수치는 전체 에너지 중의 비중

자료: BP, Statistical Review of World Energy 2016, 2016

1) 본고는 이지평·이광우, “에너지시장의 게임 룰이 변화하고 있다,” 「LG Business Insight」, LG경제연구원(2016)의 내용을 부분적으로 수정·보완한 것임.



증했다([그림 1] 참조).

이러한 에너지의 전환으로 에너지시장을 주도하는 기업과 국가가 바뀌고 신규 에너지를 활용한 산업이 부상했다. 석유 메이저가 글로벌 기업으로서의 영향력을 확대하였고 자동차산업, 석유화학산업 등이 크게 발전하며 석유시대를 만들어 나갔다. 그 반면, 경제성이 떨어지는 석탄 산지에서는 석탄 관련 광물기업들의 폐업이 잇따라기도 했다.

과거와 같은 에너지수요 구성의 변화 조짐이 나타나고 있다. 수년전까지만 해도 재생에너지나 전기차(EV)는 비용이 많이 들고 보급에도 상당한 시간이 소요될 것이라는 전망들이 많았지만 최근 들어 에너지시장을 보는 시각이 상당히 바뀌고 있다.

예를 들면, 재생에너지의 전력공급 비중이 2015년

에 30%를 넘는 독일에서는 재생에너지의 보급이 늘면서 화력발전이 경쟁에서 밀리는 양상이 나타나고 있다([그림 2] 참조). 독일에서는 화력발전 설비의 가동률이 하락하고 화력발전 비중이 높은 전력회사의 도태 현상이 현실화되고 있는 것이다. 독일의 4대 전력회사인 E.ON 등은 화력발전과 원자력 발전부문을 본사에서 분리시켰다.

재생에너지는 일단 설치되면, 연료비용이 거의 들지 않기 때문에 한계비용이 낮다. 화력발전뿐 아니라 원자력에 비해서도 한계비용이 우위에 있다. 독일의 경우 한계비용이 저렴한 재생에너지가 우선적으로 매입되고 있어서, 태양광 발전량이 많아질 경우 가스 등의 화력발전소는 전력을 판매할 기회가 축소된다. 지난 5월 9일에 독일에서 재생에너지 발전량이 급증하면서 전

[그림 2] 유럽 주요 전력회사들의 사업 포트폴리오 변화

구분	상류					하류
	자원개발	화력발전	원자력발전	재생에너지	에너지 소매	
E.ON(독)	Spin off(실질적 Exit)			→	→	해외사업 주력
RWE(독)	Exit	→	Exit 예정	→	→	규제사업 (배전)주력
Centrica(영)	→	→	→	→	→	가스사업 회귀
EDF(프)	—	→	→	→	→	해외사업 주력
GDF Suez(프)	→	→	→	→	→	해외사업 주력

자료: 미즈호은행, “특집 유럽 경쟁력의 원천을 찾는다,” 「미즈호산업조사」, Vol. 50, 2015

2) 올해 5월 9일 오후 5시부터 7시간 동안 독일에서는 재생에너지 발전이 전체 전력수요의 80% 이상을 충당하면서 전력거래가격이 마이너스를 기록했음. 풍력발전과 바이오, 수력 발전에 덧붙여 태양광과 태양열 발전이 가세하면서 재생에너지 발전량이 빠르게 늘어났고, 이로 인해 저녁 7시에는 초과 발전량이 수요의 15%에 가까운 9,184 MW를 기록했음. 전력거래가격은 한 때 MWh당 -130 유로에 거래되었음.

독일은 재생에너지로 만든 전기를 화력이나 원전 등 다른 발전 보다 우선적으로 계통 운용자가 매입하게 규정돼 있음. 때문에 전기공급이 과잉이 될 경우에는 운전 유지를 위해 전통 발전사가 전력시장에 마이너스 가격으로 전력을 판매할 수밖에 없는 실정임. 재생에너지 확대가 전통 발전을 위협하고 있는 것임. 이에 대응해 독일의 최대 전력회사인 E.ON과 2위인 RWE 등 주요 발전사들은 사업 약화를 극복하고자 사업분할 등을 통해 재생에너지 사업을 강화하고 있음.

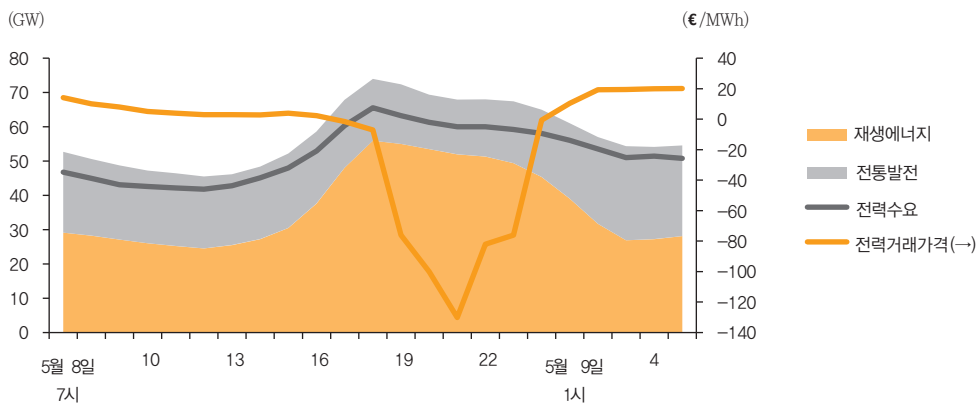


력요금에 마이너스 가격을 기록한 바 있다([그림 3] 참조).²⁾

자동차에서도 EV(전기차)는 휘발유차에 비해 연료비가 1/5~1/10에 불과한데다 각종 부품의 유지보

수 비용도 저렴하다. 여기에다 1회 충전당 주행거리가 300km를 넘으면서 대당 가격이 3~4만 달러 정도인 보급형 EV들의 출시가 잇달아 예정되어 있다. GM의 볼트EV가 금년 말, 테슬라의 모델3가 내년 중에 출시

[그림 3] 독일의 발전믹스와 전력가격 추이



자료: agora-energiewende

될 예정이다. 종합적인 보유 비용 측면에서 EV는 휘발유차와 경쟁 가능한 수준에 이르렀다는 평가이고 향후에 빠른 속도로 더 낮아질 것이다. 테슬라 모델3의 경우 예약판매가 수일 만에 30만대를 돌파하였듯이 수요가 빠르게 확산될 조짐을 보이고 있다.

현재 진행되고 있는 그린 에너지로의 변화도 기존의 업계 질서를 파괴하고 재편하면서 뉴비즈니스도 창출해 나갈 것으로 보인다. 지금까지 재생에너지는 기존의 화력발전 중심의 전력망에서 부분적인 역할

을 하면서 확대되어 왔지만, 점차 재생에너지 발전을 중심으로 한 분산형 전력시스템으로 이행하며 화력발전 등의 기존 전력원이 보조적인 전원으로 축소될 가능성이 있다. 업계의 상식이 바뀔 움직임이 나타나고 있는 것이다.

자동차의 경우도 기존의 수송시스템을 전제로 한 하이브리드자동차가 개량형 기술을 앞세워서 성장했지만 최근에는 전력 모터만으로 구동하는 EV가 부상하면서 미국, 중국의 신흥 전기차 기업이 부상하고

독일은 재생에너지 보급 확대를 위해 세계 최초로 1990년에 발전자역원제도(Feed-in Tariff, FIT)를 도입했고 2011년 후쿠시마 원전 사태 이후에는 탈원전을 위해 재생에너지 지원을 더욱 강화했음. 그 결과 전체 발전 중 재생에너지의 연평균 비중이 2000년 6.2%에서 2010년 17.0%로 커졌고 2015년에는 32.8%를 기록하면서 재생에너지 역할 강화에 탄력이 붙는 모습이 나타나고 있음. 독일 정부는 2025년에 재생에너지의 발전 비중을 45%까지 늘릴 계획임.



있다. 마치 산업혁명 초기에 바람을 동력으로 한 범선에 증기기관을 보조적으로 탑재한 하이브리드 선박이 일시 등장했다가 소멸한 것처럼 하이브리드 자동차도 전기모터만으로 구동하는 EV시대로 이행하는 과정에서 나타난 과도기의 산물이 될 것이라는 의견이 적지 않다.

이와 같이 세계 각국에서 가속화되고 있는 에너지 시장의 변화에 대해 주의 깊게 살펴봐야 할 필요성이 날로 커지고 있다. 본고는 현재 전개되고 있는 세계 에너지시장 변화의 요인과 영향을 분석하는 데에 목적이 있다. 본고의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 세계 에너지시장 변화의 요인을 살펴보고, 3절에서는 세계 에너지시장의 장기적인 변화와 이로 인한 영향을 예상하며, 4절에서는 결론과 시사점을 도출하고자 한다.

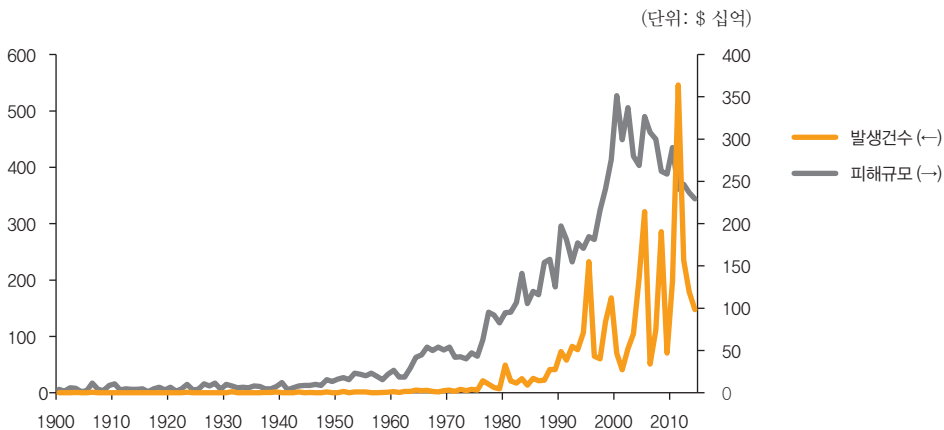
2. 세계 에너지시장 변화의 요인

가. 온실가스 감축 정책 강화

미국 항공우주청(NASA)과 미국 국립해양대기청(NOAA)에 따르면, 지구 온도의 상승추세가 이어지면서 지난해에 지구온도가 관측역사상 가장 높은 수준을 기록했다. 지난 겨울에는 북극의 기온이 오르면서 제트기류가 약해져 북반구 지역이 기록적인 한파를 경험했다. 기상이변 심화로 자연재해의 발생 빈도가 잦아지면서 피해규모도 증가 추세를 보이고 있다([그림 4] 참조). 한파와 가뭄, 홍수 등으로 냉난방 수요가 급증하거나 에너지의 공급과 수송에 차질이 빚어지면서 에너지 수급이 불안정해지고 가격이 급등한 경험도 있다. 폭설과 폭우 등으로 운송이 마비되고 공장가동이 중단되면서 경제활동이 타격을 받은 경우도 있다. 지난 1월 스위스 다보스에서 개최된 세계경제포럼에서는 기후변화에 대한 대응 실패가 잠재적인 충격이 가장 큰 글로벌 리스크로 지목되었다.

이산화탄소 등 온실가스의 전 세계 누적 배출량은

[그림 4] 세계 자연재해 추이



자료: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters(www.emdat.be/database)

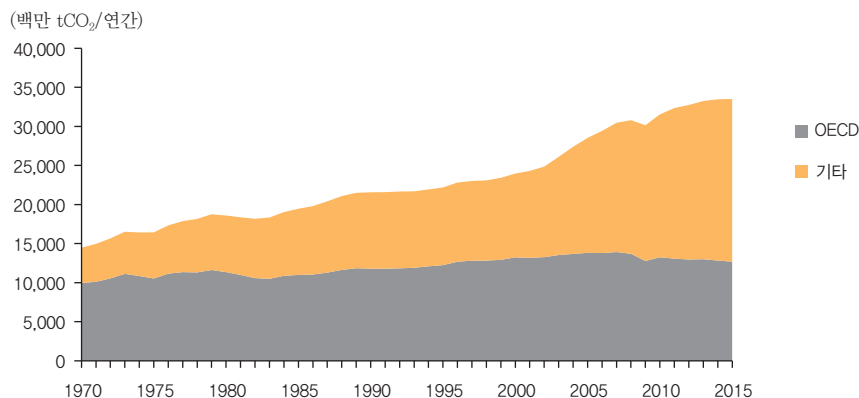


이미 5,150억톤에 달한다. 2015년 세계 온실가스 배출량은 연간 335억톤으로 지난 45년간 2.3배 늘었다([그림 5] 참조). 지구온난화를 2℃ 미만으로 억제하기 위한 상한선이 8,200억톤임을 고려하면 인류가 앞으로 배출할 수 있는 온실가스는 3,000억톤 수준이다. 그러나 전 세계의 온실가스 연간 배출량이 300억톤을 초과하는 만큼, 각국은 배출 제로 수준을 넘어

음(陰)의 배출(탄소 흡수)을 달성해야 한다는 것이 과학계의 주장이다. 이는 대부분의 화력발전소가 결국 폐쇄되고 전력의 대부분이 태양광 발전 등의 재생에너지로 전환되고 저탄소 그린카로 대체될 것을 전제로 하기 때문에 과학계의 주장을 각국 정부가 인정한 의미는 크다.

세계 각국은 이러한 지구온난화가 상당히 심각한 문

[그림 5] 세계 온실가스 배출량 추이



자료: BP, Statistical Review of World Energy 2016, 2016

제라는 인식을 공유하고 있다. 세계 각 지역에서 이상 기후로 인한 피해가 확대되는 추세를 보이고 있어서 환경규제는 계속 강화될 가능성이 높다. 196개국이 작년 말에 파리협정 온난화 규제에 참여한 것은 의미가 커 보인다. 성장을 중시하는 개도국들까지 신기후체제에 참여하면서 선진국 위주의 반쪽짜리 기후변화 방지 체제(교토체제)가 신기후체제에서는 전세계 거의 모든 국가가 참여하는 체제로 확장되었다. 지난 11월 9일 미국 대선에서 기후변화를 부정하는 트럼프가 당선되면서 미국이 신기후체제에 대해 부정적 입장으로 선회하더라도 중국과 인도 등 개도국은 자국 내 심각한 대기

오염을 개선하기 위해서라도 온실가스 감축 정책을 계속 추진해나갈 가능성이 높다. 미국은 오바마 정부 보다는 강도가 약해질 수 있겠지만 트럼프 정부에서도 노후시설 현대화와 셰일가스 생산 확대 등을 통해 환경개선 노력을 이어나갈 전망이다. 신기후체제의 추진 동력이 미국의 입장 선회로 약화될 수는 있겠지만 각국 차원의 환경정책 강화 기조는 계속될 것이다.

실제로 미국, 중국, EU, 일본 등의 주요국이 발전분야와 수송분야를 중심으로 환경 규제를 계속 강화하고 있다([그림 6] 참조). 온실가스 배출량이 세계 1위인 중국에서도 2017년부터 대도시에서는 선진국 수준의 자

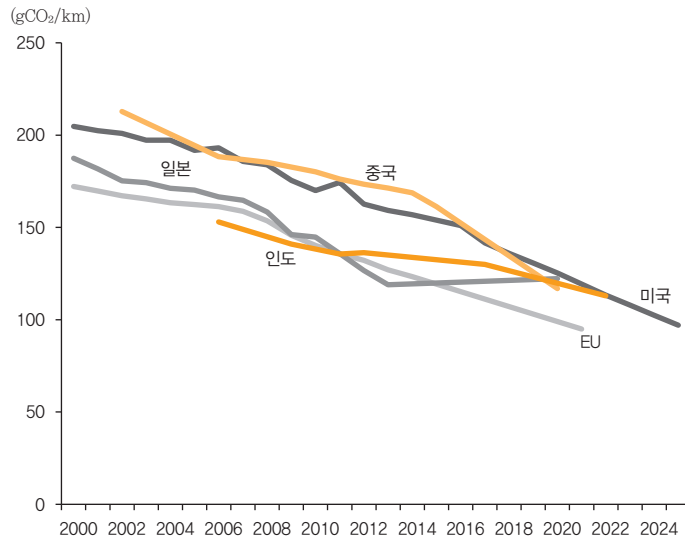


동차 배기가스 및 연비규제가 도입될 예정이며, 국가 전체적으로도 규제가 강화되고 있다. 온실가스 배출량 2위인 미국의 경우도 캘리포니아 주를 중심으로 공해 차량에 대한 벌금을 강화하면서 2018년부터는 하이브리드 자동차까지도 규제하고 EV, PHEV(플러그인 하이브리드 자동차 : 충전 가능한 하이브리드 자동차)로의 전환을 유도할 방침이다. 이 규제에는 각 자동차 회사

들이 EV 판매비율을 단계적으로 높여야 한다는 규정이 포함되어 있다. EU의 경우 강력한 배출가스 규제 실시 후 현실적인 대안으로 고려되어 왔던 클린 디젤이 한계에 봉착함에 따라 자동차업체의 대응이 PHEV의 보급 확대로 선회하고 있다.

또한 민간 차원에서도 온난화 자율규제가 강화되는 추세이다. 각종 펀드나 연금자산 운영에 있어서 에너지

[그림 6] 주요국의 자동차 배기가스 규제



주: 승용차 기준, 1km 주행당 이산화탄소 허용치

자료: IOCT, "Policies to reduce fuel consumption, air pollution, and carbon emissions from vehicles in G20 nations," 2015,6

다소비기업이나 산업이 기피되기 시작했다. 주요국의 중앙은행, 금융감독기구, 재무부 등으로 구성되는 금융안정이사회(FSB)가 기후변화 관련 정보 공시 가이드라인의 일부를 지난 3월 말에 공표함으로써 세계 각국의 금융기관들은 자신의 금융자산 포트폴리오의 기후변동성 리스크 점수를 낮춰야 하는 부담을 안게 되었다. 금

융기관들은 자신들이 투자한 기업에게 온실가스 배출량 삭감 압력을 가할 수밖에 없을 것이다. 세계은행 등 국제기구도 이미 각종 개발 프로젝트에서 온실가스 배출 효과가 큰 사업을 지원 대상에서 제외하기 시작했다.

지구온난화로 인한 각종 재해가 빈발함으로써 최대 24.2조 달러, 세계 전체 금융자산의 약 17%가 손실을



입을 수 있다는 추정도 있다.³⁾ 금융권은 앞으로 지구온난화 문제에 대한 관심을 계속 높일 것으로 보인다. 주요국의 금융정책 당국이나 금융기관들이 지구온난화가 금융기관 경영에 미칠 타격, 글로벌 금융시장의 동요 가능성 등 금융안정화 관점에서 심도 있게 지구온난화의 영향을 지켜보고 규제를 강화할 것으로 보인다.

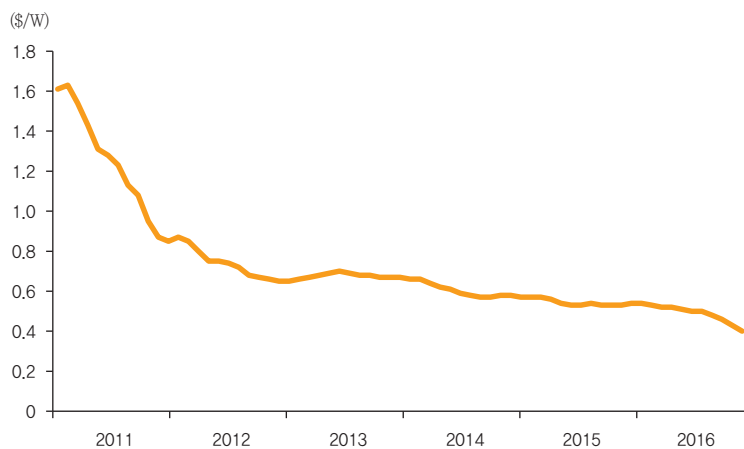
환경규제 강화에도 지구환경의 악화는 당분간 계속 되고 각종 온난화 피해도 확대될 것으로 보인다. 각국의 기존 산업 보호 노력과 경기·재정 여건에 따라 속도가 달라질 수는 있겠지만, 전반적으로 각국 및 글로벌 차원의 환경규제 강도가 앞으로 더 높아지면서 에너지시장의 구조적 변화 압력으로 계속 작용할 것으로 예상된다.

나. 그린산업의 혁신

1) 그린기술 발전

태양광, 풍력 등 재생에너지와 전기차와 같은 그린산업 자체의 혁신도 에너지시장의 변화를 견인하고 있다. 태양광 발전용 모듈의 코스트는 2008년 와트당 3달러 수준에서 최근 0.4달러로 하락했다([그림 7] 참조). 태양전지 셀의 발전효율을 높이는 기술이나 재료 등의 생산원가를 감축하는 기술개발이 계속 이루어져 왔던 결과이다. 예를 들면, 현재 주력 제품인 결정형 실리콘을 활용한 태양전지 셀의 경우 다이아몬드 소재를 이용한 와이어로 실리콘 잉곳(Ingot)을 얇게 슬라이스하면서도 내구성을 유지하는 기술 등이 개발되어 왔다. 2005년 시점에서 300mm(연구개발 기준 200mm) 정도였던 기판의 두께가 현재 200mm(연구개발 기준 100mm) 정도로 얇아졌다.

[그림 7] 태양광 모듈 가격 추이



자료: Bloomberg

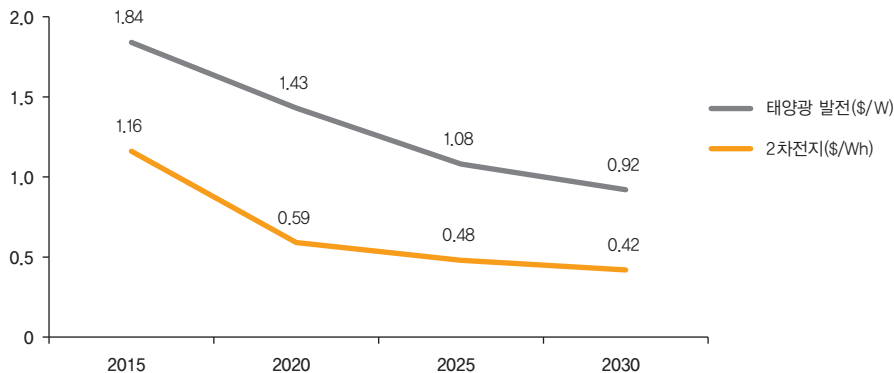
3) Simon Dietz, Alex Bowen, Chlie Dixon, Philip Gradwell, "Climate value at risk of global financial assets," Nature Climate Change, 2016, 4.



그리고 앞으로도 이러한 기술발전 흐름이 이어질 것으로 예상되고 있다. 차세대 기술 중에서 부분적으로 실용화 단계에 들어간 기술로는 여러 원소를 가진 재료를 다중 접합(接合)하여 여러 파장의 태양광 빛을 발전에 이용하는 기술이 개발되고 있다. 현재 효율이 가장 높은 결정형 실리콘 태양전지 셀의 발전효율이 20% 수준인 데 반해 3가지 재료를 다중접합 한 셀의 경우 실험실에서의 발전효율은 40%(샤프의 3중접합 셀 등)를 초과하고 있다. 또한 원가를 낮추는 기술도 개발되고 있다. 일본의 과학기술진흥기구(JST)는 저렴하지만 발

전효율이 낮은 다결정 실리콘 재료를 만들 때 사용되는 CAST⁴⁾ 방식을 사용하면서도 발전효율이 높은 단결정 실리콘을 만들 수 있는 NOC⁵⁾ 공법을 지난 8월에 개발했다. Bloomberg New Energy Finance는 2030년까지 태양광 발전비용이 2015년의 절반 수준으로, 2차전지 비용은 1/3 가까이 하락할 것으로 내다보고 있다 ([그림 8] 참조). 풍력발전의 경우도 육상 풍력은 이미 화력발전 수준의 원가 경쟁력을 가졌으며, 향후 코스트가 높은 해상 풍력의 원가 절감 기술의 개발도 가속될 것으로 보인다.

[그림 8] 태양광 발전과 2차전지의 비용 전망



자료: BNEF, McKinsey, An Integrated Perspective on the Future of Mobility, 2016, 10

전기차의 경우 그 기초가 되는 전지기술의 혁신이 계속되고 있다. 1세대 리튬이온전지의 경우 2012년에 에너지 밀도가 60~100Wh/kg, 가격 7만엔~10만엔/kWh, 1회 충전으로 가능한 주행거리가 120km~200km 정도였다. 양극재 등의 재료를 개량

한 2세대 리튬이온전지의 경우 에너지 밀도가 250Wh/kg, 가격은 2만엔/kWh 수준으로 성능이 크게 개선되는 추세에 있으며, 일반 보급형 EV의 주행거리가 금년 말이나 내년 중에는 300km 이상으로 향상될 전망이다 ([그림 9] 참조). 또한 리튬이온전지의 개량뿐 아니라

4) 소성한 석영의 용해로 속에서 실리콘 원료를 용해하고 밑에서 위로 결정을 성장시키는 방식.

5) Noncontact Crucible: 용해로 속에 저온 영역을 만들고 실리콘 원료가 용해로의 벽과 접촉하지 않아 결정의 왜곡이 없어져 균일한 단결정 실리콘 생산이 가능.

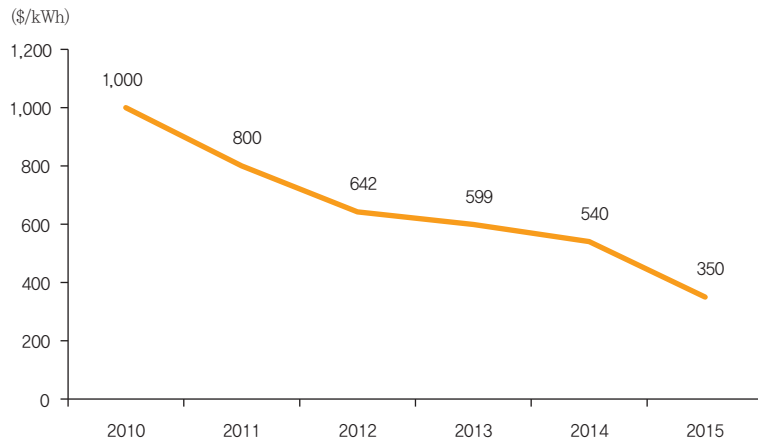


전해질에 고체재료를 사용하여 성능을 향상시키기 위해 각 기업들이 관련 소재 기술의 개발에 주력하는 등 다양한 차세대 기술을 경쟁적으로 개발하고 있다. 예를

들면 히타치조선의 경우 전해질의 액체를 황화물(黃化物)계 재료를 활용하는 기술을 개발하고 있다.

그린기술은 각종 재료나 기계 등 아날로그적인 요소

[그림 9] 전기차 배터리팩 평균 단가 추이



자료: BNEF, McKinsey, An Integrated Perspective on the Future of Mobility, 2016.10

가 강하기 때문에 IT기술에 비해 성능의 향상 속도가 상대적으로 느리다. 그러나 각 분야에서의 그린기술 혁신의 누적적인 효과가 확대되고 있는 데다 IT기술과의 연계성이 강화되는 효과도 나타나고 있다. 재생에너지의 경우 발전량이 날씨의 영향으로 불안정하다는 점이 보급에 걸림돌로 작용하지만 이를 보완하는 전력분야의 IT화가 진전되고 있다. 수요부분에서는 기업이나 가정의 각종 전자기기에 센서가 탑재되어 전력수요가 실시간으로 관리되는 한편 공급측면에서 분산된 재생에너지 시설이나 축전지가 IT기술로 통합되어 마치 하나의 발전소처럼 수요 변화에 효과적으로 대응할 수 있게 되고 있다.

2) 그린산업의 IT기술 융합

이와 같이 그린기술과 IT기술의 융합으로 전력시장에서의 구조적 변화가 더욱 탄력을 받을 것으로 기대되고 있다. IT기술을 통해 재생에너지의 발전효율이 높아지고 유지 및 보수 등 관리비 부담은 줄어들 것이다.

대표적인 예로, IT기술의 발전으로 기상변화에 불안정한 단점을 가진 재생에너지가 가상으로 통합(Virtual Power Plant, 가상발전소)되어 마치 하나의 중앙발전소와 같은 역할을 할 수 있다. 다수의 재생에너지 발전의 현황과 패턴 정보를 수집하고 분석해 최적의 효율을 도출하는 데 IT기술이 적용된다. 독일의 Next Kraftwerke, 노르웨이의 StakKraft 등이 수많은 분산발전 사업자를 가상공간에서 하나의 발전소로서 통합하고 있다. Next Kraftwerke의 경우는 발전용량 기준으로 2,112MW 이상의 발전사업자를 통합하고 있다.

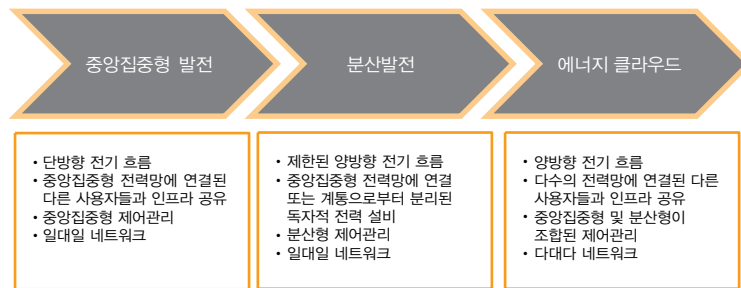


이들은 수많은 소규모 발전소와 전력거래 시장을 중계 하면서 수수료를 받는 한편, 각 발전소의 예비 발전능 력을 거래하는 사업모델로 성장을 거듭하고 있다. 일본 정부도 전력자유화 정책을 추진하면서 이러한 VPP 사 업자 육성에 나서기 시작했다.

또한 IT기술은 기존 전력망의 스마트 그리드로의 진 화를 더욱 촉진할 것이다. 전력 생산과 운반, 소비과정 에서 공급자와 소비자의 상호작용이 활발해질 것이다.

기존의 전통발전의 전력공급에 의지하던 중앙집중식 전력시스템이 분산발전을 하는 다수의 공급자와 연결 되고 전력흐름은 공급자에서 수요자로의 일방적 방 향에서 쌍방향으로 유연하게 변화될 것으로 예상되고 있 다([그림 10] 참조). 가정에 있는 전자기기들까지 IoT가 적용되고 전력 소비량과 요금을 실시간으로 제공하는 스마트미터 보급 등이 확대되면 스마트 그리드의 역할 은 더욱 높아질 것이다.

[그림 10] 전력망의 진화방향



주: 에너지 클라우드 개념은 클라우드 컴퓨팅에서 유래. 에너지 클라우드는 IT 등 진보된 기술 및 솔루션들이 통합된 플랫폼을 말하며, 중앙집중형 발전의 장점인 규모의 경제와 분산 에너지자원의 장점인 유연성과 회복력을 겸비

자료: 김범규, “에너지 클라우드 등장에 따른 전력산업 환경변화,” 「KEMRI 전력경제 Review」, 2015.11

재생에너지의 확대와 전력망의 스마트 그리드 진화 로 전력시장에서는 경쟁구도 변화와 신사업 출현이 기 대되고 있다. 풍력과 태양광 등 분산발전이 석탄과 원 자력 등 기존의 전통발전소를 위협하는 경우가 늘어날 것이다. 또한 지금까지 수동적으로 전력을 사용만 하던 소비자는 자가발전과 전력 소비패턴 정보를 활용해 직 접 전력을 생산하고 판매하는 프로슈머(Prosumer)로 변화하는 경우가 많아질 것이다. 이러한 과정에서 전력 사업의 무게중심이 기간전력망 등 하드웨어 중심에서 전력 네트워크 플랫폼 서비스로 이동할 것이다. 다양한

기업과 개인이 전력사업에 참여할 것이며, 기존의 전력 사업자는 전력 공급자로서의 역할보다 전력수급 관리 자로서의 역할이 커질 것이다.

이미 미국에서는 구글이나 애플 등 IT기업들이 재생 에너지 발전사업이나 전력소비 효율화 사업에 참여하 고 있고 중국 등 해외시장 개척에도 적극적이다. 일본 에서는 이동통신사인 소프트뱅크와 전자상거래 기업인 라쿠텐이 자체 재생에너지 발전으로 생산한 전기나 전 력회사의 전기를 소비자에게 판매하고 있다. 소니는 도 교전력과 협력해 가전기기를 원격으로 제어하면서 전



력소비 효율을 높이는 사업에 나설 계획이다. 유럽에서는 독일의 E.ON이 분산형 전원 솔루션과 전력효율 서비스 등 신규 사업을 추진하고 있는 등 주요 전력회사들이 분산전원과 더불어 스마트미터, 수요예측 서비스 등 IT기반 수요측 서비스 사업을 확대하고 있다.

3) 전기차 확산의 선순환 구축

최근 관심을 받고 있는 전기차 확산은 여러 가지 측면에서 에너지시장에 영향을 미친다. 첫째 가솔린, 디젤 등 화석연료의 수요를 감소시키고 전력 수요를 증가시킨다. 전력생산을 화석연료에 의존할 경우 그 의미는 반감될 수 있지만 전기차의 확대는 재생에너지 발전이 증가할수록 그 의미 또한 커진다. 둘째, 전력이 화석연료나 원자력 발전 등 재생에너지가 아닌 발전원에 의해 생산된다 하더라도 전기차 충전이 전력사용이 적은 심야시간에 이루어질 경우 낭비되는 전력자원을 활용하게 됨으로써 전력사용의 효율성을 크게 높일 수 있다. 또한 재생에너지원을 사용하는 경우에는 불안정한 전력을 저장하여 효율적으로 사용할 수 있다. 전력이 부족할 때에는 EV가 전력망에 전력을 공급하고 전력이 과잉일 때 전력망에서 EV에 전력을 충전하는 시스템이 확산되면 전력수요의 평활화를 통해 피크전력 수요에 대비한 발전소를 추가로 건설하거나 유지하는 부담이 줄게 된다.

EV에 탑재된 전지를 전력망에 활용하는 전력시스템인 V2G(Vehicle to Grid)에 대한 실험이 각국에서 진행되고 있다. EV의 신차 판매비중이 40%를 넘기 시작한 노르웨이 및 덴마크, 핀란드 등의 북유럽 각국에서는 수력, 풍력, 태양광 등의 재생에너지 확충과 함께 V2G 인프라 구축이 활발하다. 덴마크의 경우 EV 소유자가 보유기간 중에 V2G 인프라를 활용하여 전력수급

의 안정화에 기여할 경우 1만 달러 이상을 벌 수 있는 시스템을 구축 중에 있다. 또한 미국의 경우 단독주택에 태양광 발전을 설치하고 EV를 축전지로 활용하면서 소비자들이 EV의 충전시간을 조절하고 있다.

물론, V2G의 실현에는 전력수급을 예측하는 정교한 시스템이 필요하고 시스템 운영비용 문제의 해결 등 어려운 문제도 많지만 각종 축전지(ESS)의 원가 하락세와 IT시스템의 진화에 힘입어 점진적으로 보급될 것이다. 히타치의 경우 하와이에서 V2G 실험을 하면서 센터에서 가정의 축전지를 직접 제어하는 기능의 개발, IT화된 전력망에 대한 외부공격차단 시스템의 개발 등을 추진하고 있다. 이러한 EV의 보급과 전력망 지능화의 시너지는 앞으로 확대될 것으로 보인다.

EV 시장이 확대될수록 배터리의 생산단가 하락이 가속될 수 있고 이는 재생에너지의 가용성을 크게 높일 수 있을 것이다. 예를 들면, 테슬라가 기가(Giga) 팩토리를 통해 만드는 배터리가격이 점차 하락할 전망이며, 가정용 등에서의 활용이 확대될 수 있다. 또한 EV용으로 사용 후 효율이 떨어진 배터리를 ESS용으로 충분히 활용될 수 있기 때문에 전기차의 확산은 ESS용 배터리의 공급을 원활히 하고 가격을 낮추는데 크게 기여할 수 있다.

이와 같이 EV는 전력시장에도 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에 전력시장의 효율화와 EV의 확산은 선순환 관계를 형성할 수 있을 것으로 기대되고 있다.

3. 세계 에너지시장 변화와 영향

가. 세계 에너지시장 변화

2013년 기준으로 세계 에너지소비에서 차지하는 발전과 수송부문의 비중은 56.3%(전력은 37.7%, 수송은

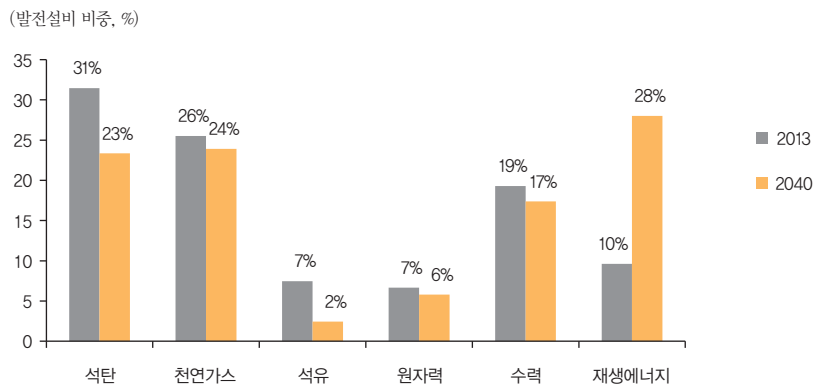


18.6%)로 절반을 넘고 있다. 화석에너지 중에서 석탄, 석유의 탄소 배출량이 가장 많지만 발전에서는 석탄이, 수송에서는 석유가 각각 약 41%와 약 93%로 큰 비중을 차지하고 있다. 향후 석탄과 석유가 재생에너지와 전기차 등으로 대체되면서 에너지원에서 차지하는 비중이 점차 낮아질 것이다. 국제에너지기구는 전체 에너지소비에서 차지하는 석탄과 석유의 비중이 2013년 약 29%와 약 31%에서 2040년 약 25%와 약 26%로 각각

줄어들 것으로 내다보고 있다. 동시에 발전설비에서 차지하는 재생에너지의 비중은 2013년 약 10%(수력 제외)에서 2040년 약 28%로 수력을 제외해도 최대 발전원이 될 것으로 보고 있다([그림 11] 참조). 천연가스는 탄소 배출로부터 자유롭지 못하고 원자력 발전은 안전성 논란이 계속되고 있어 안전하고 친환경적인 미래 에너지로서의 역할에 한계가 있다.

이러한 에너지수요 구성의 변화는 시간이 지날수록

[그림 11] 세계 발전설비 변화 전망



자료: IEA, World Energy Outlook 2015, 2015

더욱 빨라질 것으로 예상된다. 주요 에너지기관들의 장기전망에서 에너지수요 구성의 변화폭이 당초 예상보다 더욱 커지고 있다. 미국 에너지정보청(EIA)은 2016년 6월 장기전망에서 2035년 석유와 석탄의 전체 에너지수요 비중을 2011년 예상치인 56.4%에서 53.6%로 하향했고 재생에너지의 비중은 당초 14.2%에서 15.6%로 상향했다. 이는 각국의 환경정책이 강화되는 추세에 태양전지의 발전효율과 전기차의 주행거리 향상 등 그린기술이 꾸준히 발전하고 있기 때문이다. EIA나 IEA 등의 전망은 기존의 변화 추세를 고려해서 예측되고 있기

때문에 최근 에너지시장의 빠른 변화로 발생할 수 있는 비연속적인 재생에너지의 비중 확대와 전기차 보급 확대 등을 사전에 반영하기가 어려운 부분이 있다.

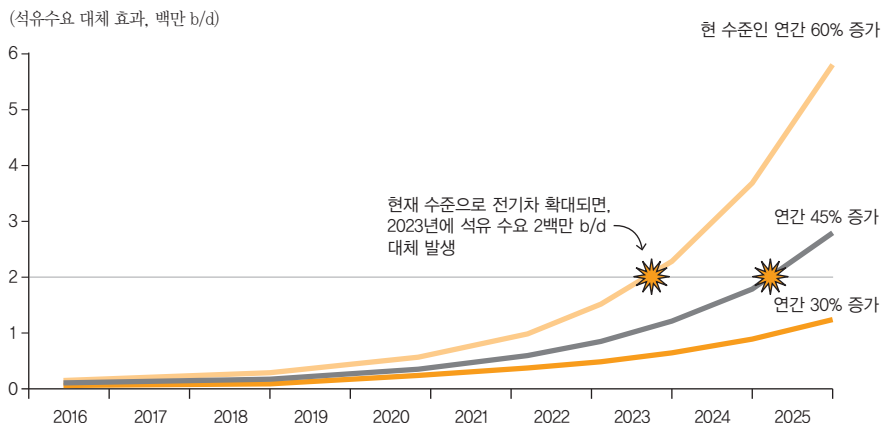
향후 신기후체제가 예정대로 2020년에 출범하고 재생에너지와 전기차 등이 IT기술 융합으로 경쟁력을 확보하면 저탄소 에너지체제로의 전환이 급물살을 탈 것이다. 신기후체제는 선진국뿐만 아니라 개도국에서도 기술과 자금 지원을 통해 재생에너지와 친환경 자동차 확대를 독려하는 요인으로 작용한다. 그린기술이 IT기술과의 융합으로 실용화 문턱에 이른 것으로 평가 받고



있고 다양한 업종의 기업들이 그린산업에 뛰어들고 있어 재생에너지와 전기자동차의 경쟁력 확보 시점이 앞당겨지고 있는 것으로 보인다. BNEF는 태양광 발전이 2020년경에 대부분 지역에서 그리드패리티에 도달할 것으로, 전기차는 2025년에 보조금 없이도 내연기관 자동차에 대한 경쟁력을 확보할 것으로 예상하고 있고 2020년대 중반에 발전시장에서 화석에너지 수요가

피크에 이른 뒤 하락할 것으로 전망하고 있다([그림 12] 참조). 매킨지도 전기차 등 친환경차 보급 확대로 2025년부터 석유수요 증가세가 크게 둔화되고 2030년경에는 석유수요가 피크에 이를 가능성이 있다고 내다보고 있다. 최근 11월에는 OPEC도 세계 석유수요가 2029년에 피크에 이른 뒤 감소한다는 시나리오를 공식적으로 제시하였다.⁶⁾

[그림 12] 전기차의 석유대체 효과 시나리오



자료: BNEF, Here's how electric cars will cause the next oil crisis, 2016.2

나. 석유 메이저와 산유국의 위상 약화

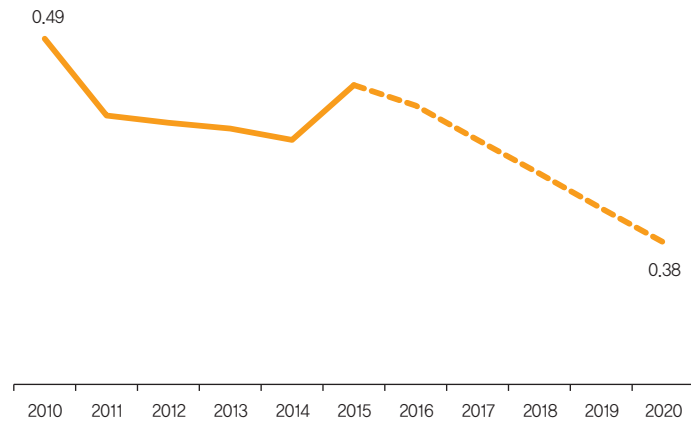
친환경 에너지수요 가속으로 석탄과 석유에 주력하는 자원개발 기업과 자원수출국들은 대체성장 엔진을 마련하기 위해 분주한 모습이다. 선진국의 석탄과 석유수요는 이미 감소국면에 접어들었으며 개도국의 석유의존도

는 줄어드는 추세다([그림 13] 참조). 세계경제 저성장세에 중국이 제조업에서 서비스업으로 산업구조까지 전환하고 있어 이들 자원에서 2000년대와 같은 가격 강세가 재현될 가능성이 낮은 것으로 보인다. OECD 회원국들이 석탄발전에 대한 해외투자를 제한하기로 합의했고 세계 최대인 노르웨이 국부펀드가 석탄과 오일샌드 등 화석에너지 투자를 중단하기로 하는 등 화석에너지 사

6) OPEC, World Oil Outlook 2016, 2016.11.8.



[그림 13] 석유 원단위 추이와 전망



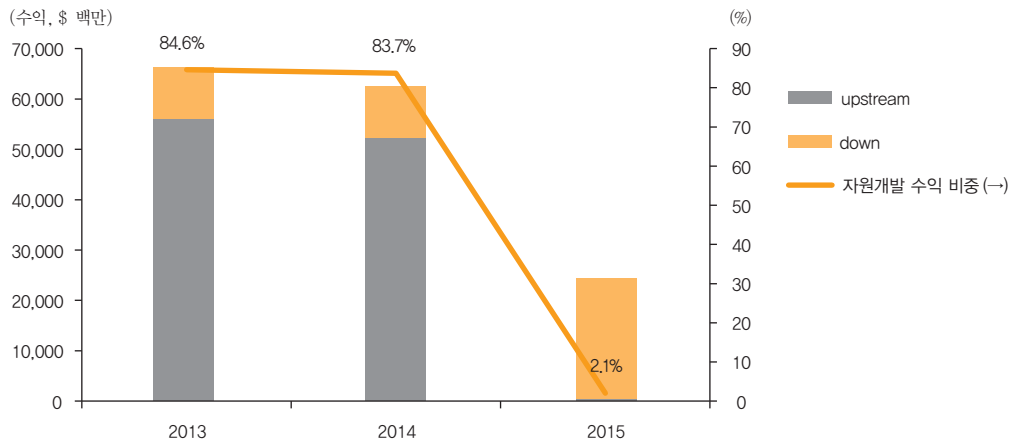
주: 석유원단위 = 세계 석유 소비량 / 세계 GDP(\$ 1천)
 자료: IMF, World Economic Outlook Databases
 IEA, Medium term oil market report 2016, 2016,2

업에서 투자가 본격적으로 위축되고 있다.

사업부진 장기화를 걱정하는 석유 메이저의 경우 비교적 친환경 에너지인 천연가스와 재생에너지 사업을

확대하고 있다. 현재 석유 메이저의 탐사·시추 등 상류부문 수익은 대부분 적자를 기록하고 있으며, 향후 저유가국면이 지속될 가능성이 높아 유전자산 축소와

[그림 14] 석유 메이저의 수익 추이



주: 백분율 수치는 전체 수익 대비 상류부문의 비중
 자료: ExxonMobil, Shell, BP의 기업자료



광중 재편이 불가피한 상황이다([그림 14] 참조). 엑스모빌이 향후 천연가스 사업에 집중할 계획인 가운데, 셸은 대형가스회사인 BG를 530억 달러에 인수하면서 천연가스 사업을 적극 확대하고 있다. BP는 브라질에서 진행되는 바이오연료 사업과 미국에서의 풍력발전 사업을 더욱 확장해나가고 있으며, 토탈은 배터리회사인 Saft를 11억 달러에 인수해 기존의 재생에너지 사업에 시너지 극대화를 노리고 있다.

수출과 재정수입을 석유에 의존하는 산유국 역시 차세대 성장동력 마련에 나서고 있다. 사우디아라비아 등 중동 산유국의 성장세가 크게 둔화되었고, 러시아와 브라질은 대외마찰과 내정불안으로 마이너스 성장을 경험하고 있으며, 베네수엘라는 경기침체에 481%(2016년 예상치)의 물가폭등까지 겹쳐 내정불안이 심화되고 있다. 산유국은 고용창출과 재정수입 확대 등을 위해 부가가치세 도입과 유류세 인상 등 조세제도를 고치면서도 제조업 등 비석유산업 육성을 추진하고 있다. 사우디아라비아는 지난 4월 경제성장에 대한 석유의존도를 낮추는 것을 목표로 하는 '비전 2030'을 발표하면서 관광과 물류, 헬스케어 등 비석유 산업을 육성할 방침이다. 올해 초 경제제재 해제로 세계경제에 복귀한 이란은 정유와 화학·자동차 등에서 산업을 육성, 일차리 창출을 목표로 하고 있다. 산업 다각화와 극동지역 개발에 집중하고 있는 러시아의 경우 태양전지 생산설비 규모를 현재 200MW에서 2024년 2.1GW까지 늘릴 계획이다.

다. 녹색광물의 부상

화석에너지 개발 위축과는 반대로 저탄소 성장에 필요한 광물 개발은 활성화될 것으로 예상된다. 노후 전력망의 현대화와 자동차의 경량화 등 에너지소비 효율 제고 과정에서 구리와 알루미늄 등 주요 광물의 수요가 촉진될 전망이다. 전기차와 드론 등 수송부문에서 전개되고 있는 전동화도 전력 인프라 확충이 필요하기 때문에 구리수요 확대로 이어진다. 현재 공급 초과로 구리 가격이 약세를 보이고 있지만, 일본의 상사들은 구리 수요의 꾸준한 확대를 예상하고 구리광산 개발을 이어가고 있다. 세계 최대 광산회사인 BHP Billiton 역시 온실가스 감축 노력에 힘입어 구리수요가 계속 확대될 것으로 기대하고 있다.

재생에너지와 전기차 등의 확산과정에서는 태양전지, 풍력 터빈, 2차전지, 고효율 모터, 고효율 전구 등에 사용되는 핵심원료, 이른 바 녹색광물⁷⁾의 수요가 급증할 전망이다. 빛을 에너지로 전환하는 태양전지에는 갈륨(Ga)과 텔루륨(Te) 등이 필요하며, 풍력발전 터빈에는 니켈(Ni)과 망간(Mn)이 쓰인다. 풍력발전과 전기차 등에 필수적인 고효율 모터에는 네오디뮴(Nd)과 디스프로슘(Dy) 등 희토류가 영구자석 재료다. 전기차와 에너지저장장치(ESS)의 2차전지에는 리튬(Li)과 코발트(Co) 등이 핵심원료이며, 고효율 전구인 LED에는 갈륨 등이 전극재 재료로 사용된다. 배기가스 저감을 위한 정화장치 촉매로는 백금(Pt)과 팔라듐(Pd) 등 백금족이 쓰이고 있다([표 1] 참조). 다수의 기관들이 예상하는 대로 2020년경부터 태양광 발전 등 재생에너지 발전과 전기차가 독자적인 가격 경쟁력을 확보하기 시작하면 이들의 핵심원료로 사용되는 녹색광물들의 수

7) 경제적 가치가 중요하나 공급이 불안한 광물을 'critical materials' 혹은 'strategic materials'로 분류하고 있음. 본고에서의 '녹색광물'은 태양광 발전과 전기차 등 에너지소비의 저탄소화와 관련한 주요 재료 혹은 부품에 쓰이는 핵심광물을 지칭.



〈표 1〉 에너지 저탄소화 관련 핵심광물

분야	주요부품	핵심광물	주요 생산국 (%는 생산비중)
2차전지 (전기차, ESS)	전지재료	리튬	호주(41%), 칠레(36%), 아르헨티나(12%)
		코발트	콩고(51%), 캐나다(5%), 러시아(5%)
친환경 차	전기모터	희토류	중국(85%), 호주(8%), 미국(3%)
태양광 발전	태양전지 패널	갈륨*	중국(70%), 독일(10%), 카자흐스탄(6%)
		텔루륨**	미국(29%), 일본(23%), 러시아(20%)
풍력 발전	발전모터	희토류	중국(85%), 호주(8%), 미국(3%)
	터빈 블레이드	니켈	필리핀(21%), 러시아(10%), 캐나다(10%)
배기가스 저감	정화장치 촉매	백금족	남아공(51%), 러시아(27%), 캐나다(9%)

주: * 갈륨은 보크사이트와 아연 생산과정에서 추출. ** 텔루륨은 구리와 납 생산과정에서 추출
자료: USGS, Roskill

요가 빠르게 증가할 것이다.

다만 공급이 수요에 맞춰 원활히 증가하기가 당분간 쉽지 않아 보인다. 신규 광산개발과 생산에 긴 시간이 걸리는 데다 광물거래 시장이 효율적으로 작동되지 않기 때문이다. 일반적으로 광산개발 이후 생산까지 최대 15년이 소요된다. 수요 급증으로 공급이 부족할 경우 광물 가격의 수준이 상당 기간 높게 형성될 가능성이 있다.⁷⁾

보다 근본적으로는 시장 기능이 제대로 작동되지 않아 중장기적으로 공급 확대가 원활하지 않을 수 있다. 철광석, 구리 등 주요 광물들은 공급자와 소비자가 많고 국제적인 선물시장도 존재한다. 선물시장은 수요선 확보와 생산 확대를 위한 투자 자금 확보를 통해 미래 공급과 수요의 불확실성을 낮추고 가격 변동을 완화하는 기능을 갖는다. 그러나 녹색광물들은 선물시장이 없

고, 소수의 공급자와 다수의 소비자 간 개별 협상을 통해 거래된다. 리튬의 경우 칠레의 SQM, 미국의 FMC와 알버말·락우드 등 3개 업체가 세계 생산의 약 70%를 장악하고 있다. 이와 같이 녹색광물의 경우 미래 수요를 위한 공급 투자 활동이 원활치 못하고 소수 기업에 의해 가격이 크게 영향을 받을 수 있는 상황이다.

또한 베네수엘라와 볼리비아 등 자원민족주의를 고수하는 남미 국가에 생산을 많이 의지하고 있는데, 이 나라들은 자원생산을 통해 벌어들인 수익을 자국 내 일자리 창출 등 복지지출로 사용하기 때문에 공급 확대를 위한 투자가 저조할 수 있다. 더욱이 대다수 녹색광물이 철광석과 구리 등 주요 광물생산의 부산물로 채집되고 있어서, 공급 확대가 다른 광물가격에 제약을 받고 있다. 태양전지 패널의 재료로 쓰이는 텔루륨 1kg은 구

7) 최근 중국의 가세 등으로 전기차 보급이 가속되자 전기차의 전지 재료로 쓰이는 리튬가격이 지난 1년 새 3배 가까이 폭등했음. 가격 상승으로 공급이 확대되면서 리튬 가격이 안정될 것이라는 전망도 있지만, 실제 남미의 연호에서 증발로 리튬을 추출하는 데 최대 18개월이 걸리는 점을 고려하면 높아진 리튬가격을 공급 확대로 끌어내리기는 당분간 힘들 것으로 예상됨.



리 1,000톤의 생산과정에서 얻는다. 만일 텔루륨 가격이 강세가 되더라도 구리가격이 약세에 머문다면 텔루륨의 공급 확대를 위한 투자가 쉽지 않다. 채집이나 가공과정에서 발생하는 방사능 오염수 등 환경오염 문제도 녹색광물의 공급에 걸림돌이다.

세계 에너지시장의 변화에 필수적인 녹색광물에 대한 확보 경쟁 및 리사이클링 산업 성장, 대체기술 개발 노력 등이 활발해질 것으로 예상된다. 녹색광물을 놓고 자원 부족국과 자원 수입국과의 무역 마찰이나 분쟁이 발생할 수 있고 지역간 산업 패권 경쟁으로 연결될 수도 있다. 중국이 희토류 등 녹색광물의 자원 부족국으로 부상하고 있는 가운데 유럽, 일본 등 제조 경쟁력이 강한 지역들이 서로 협력하여 중국의 영향력 확대를 견제하려는 시도도 예상된다.

4. 결론 및 시사점

각국의 환경정책 강화와 그린산업의 기술 발전이 계속되면서 세계 에너지시장이 종전의 예상보다 빨리 변화할 것으로 보인다. 최근 석유류 가격의 하향안정과 태양광 등 재생에너지 전력생산 비중의 확대 흐름은 일시적인 유행이 아니라 거대한 트렌드 변화의 시작일 뿐이다. 이를 포착한 기존 에너지기업 뿐만 아니라 IT, 제조업 기업, 산유국들도 세계 에너지시장 변화에 발빠르게 대응하는 모습이 나타나고 있다.

과거의 에너지전환 과정에서 산업구조가 크게 변화했다는 점을 고려할 때 제조업이 주력산업인 우리나라로서는 세계 각지에서 발생하고 있는 에너지시장의 변화 흐름을 놓쳐서는 안 될 것이다. 경제규모에 비해 에너지 사용 비중이 큰 우리나라는 최근 에너지가격 안정의 큰 수혜국이다. 그러나 현재의 가격 안정에 안주하여 에너

지 트렌드 변화에 대응이 늦어진다면 재생에너지 생산과 에너지절약적 생산시스템 확대 등으로 에너지코스트를 크게 낮추고 있는 다른 나라와 기업에 비해 순식간에 낙후될 수 있다. 선진국의 혁신과정을 보면 재생에너지의 비중 확대와 함께 에너지수요와 공급 쌍방향으로 에너지유통 과정을 지능화하고 실시간 수급상황 변화에 맞게 자동적으로 수요를 줄이거나 공급을 확대할 수 있는 차세대 전력망체제가 구축되기 시작했다.

신사업 기회 등 성장 촉진 관점에서 에너지시장 변화에 대응할 필요가 있다. 기존의 전력체제에서 그린 전력체제로 이행하는 과정에서 전력 관련 장비나 소프트웨어가 필요하며, 수송분야의 혁신과정에서도 충전 인프라의 혁신 등 다양한 신사업 기회를 적극 포착할 필요가 있다. 예를 들면, 미국에서는 석탄 등 기존 산업의 고용 감소 이상으로 그린산업에서의 고용이 확대되고 있다. 전통적인 유전지대인 텍사스의 경우 풍력 발전이 지역경제의 성장을 주도하는 산업으로 부상하고 있다. 독일의 경우 에너지의 그린화, IT화를 기반으로 인터스트리 4.0 전략을 전개하면서 제조업의 혁신적인 차세대 경쟁력을 강화하는 기업이 늘어나고 있다.

에너지 저탄소화에 필수적인 녹색광물 개발에 대해서도 관심과 대응의 수준을 높여야 할 것이다. 단기적으로 보면 녹색광물 자원 수입국들이 가질 수 있는 대안이 그리 많아 보이지 않지만 장기적인 관점에서 보면 지역간 시장 및 정치적 영향력과 응용 산업의 공급사슬, 리사이클링 산업 성장 등으로 수급의 안정도 충분히 가능할 전망이다. 자원 외교 등을 통한 균형과 견제가 국제적 마찰과 분쟁을 어느 정도 해소할 수 있을 것이다. 무엇보다 녹색 전략 광물의 생산에서 정제, 가공, 응용, 리사이클링에 이르는 전 영역에서의 기술 혁신 노력에 주목할 필요가 있다.

세계적인 추세로 자리잡아가고 있는 에너지시장의



저탄소화 변화에 뒤처지지 않도록 하기 위해서는 에너지 전환에 따른 위기와 기회에 대해 보다 적극적으로 대응하는 노력이 필요해 보인다.

참고문헌

〈국내 문헌〉

- 김정연 · 이광우, “그린에너지 시대의 새로운 자원 전쟁,” 「LG Business Insight」, LG경제연구원, 2016.10
- 김범규, “에너지 클라우드 등장에 따른 전력산업 환경 변화,” 「KEMRI 전력경제 Review」, 2015.11
- 이광우, “저유가에도 저탄소 경제 성장탄력 여전,” 「LG Business Insight」, LG경제연구원, 2016.2
- 이지평 · 이광우, “에너지시장의 게임 룰이 변화하고 있다,” 「LG Business Insight」, LG경제연구원, 2016.9

〈외국 문헌〉

- BNEF, McKinsey, An Integrated Perspective on the Future of Mobility, 2016.10
- _____, Here's how electric cars will cause the next oil crisis, 2016.2
- BP, Statistical Review of World Energy 2016, 2016
- ICCT, “Policies to reduce fuel consumption, air pollution, and carbon emissions from vehicles in G20 nations,” 2015.6
- IEA, Medium term oil market report 2016, 2016
- _____, World Energy Outlook 2015, 2015
- OPEC, World Oil Outlook 2016, 2016.11.8

Simon Dietz, Alex Bowen, Chlie Dixon, Philip Gradwell, “Climate value at risk of global financial assets,” Nature Climate Change, 2016.4

みずほ銀行, “特集：欧州の競争力の源泉を探る,” みずほ産業調査, vol. 50, 2015.6

〈웹사이트〉

- www.agora-energiawende.de
- www.emdat.be/database
- <https://roskill.com>
- www.usgs.gov
- Bloomberg DB
- IMF, World Economic Outlook DB
- BP, <http://www.bp.com/en/global/corporate/investors>
- ExxonMobil, <http://ir.exxonmobil.com/phoenix.zhtml?c=115024&p=irol-finlanding>
- Shell, <http://www.shell.com/investors.html>