

○ 석탄화력발전과 미세먼지를 넘어

석탄화력발전의 축소와 신재생에너지 확대 시나리오

이상훈 _ 녹색에너지전략연구소 소장

파리협정 체결과 화석연료 시대의 종언

2015년 12월 12일, 파리에서 열린 제21차 기후변화협약당사국 총회에서 진통 끝에 파리협정이 채택되자 국제사회는 ‘역사적이고 기념비적인’ 합의이며 ‘인류를 위한 한걸음’이란 찬사를 보냈다. 갈수록 심화되는 기후변화의 부정적 영향은 복잡한 이해관계로 뒤얽힌 200여 당사국이 하나의 문서를 채택하는 궁극적인 힘으로 작용하였다. 사상 처음으로 모든 당사국이 참여하는 기후변화 대응 국제 규범이 만들어졌고 그 과정에서 미국과 중국 두 강대국이 적극적으로 리더십을 발휘하였다. 자발적 기후행동에 의존하는 파리협정의 약점은 이행 점검과 기후재정 같은 규제와 인센티브를 통해 보완되어 실효성을 확보하리라 기대된다.

파리협정은 새로운 시대를 여는 상징적 사건이다. 국제재생에너지기구(IRENA)는 파리협정을 “세계 에너지 전환의 분수령”이라고 평가했고 국제에너지기구(IEA)는 “경제성장과 온실가스 배출량 증가 사이의 행복한 이혼을 환영한다”고 밝혔다. 영국 가디언지는 당사국들이 “화석연료 시대의 종말에 서명”했다고 의미를 부여했다.

파리협정에 대한 평가를 달리하는 보수적인 산업계나 전문가들조차 앞으로 저탄소 시대로의 이행이 본격화될 것이라며 변화의 방향은 부정하지 않는다. 미국 대선, 저유가 상황, 경제 침체 등 몇 가지 변수가 남아 있지만 파리협정은 예정대로 발효되고 세계는 저탄소 경제라는 새로운 시대로 진입하게 될 것이다.

한국 정부도 2030년 배출전망치에 비해 37%를 감축하겠다는 국가별 기여방안(INDC)을 제출한 바 있고 2016년 9월에는 부문별 온실가스 감축 전략을 발표할 예정이다. 하지만 정부와 산업계는 과거부터 온실가스 감



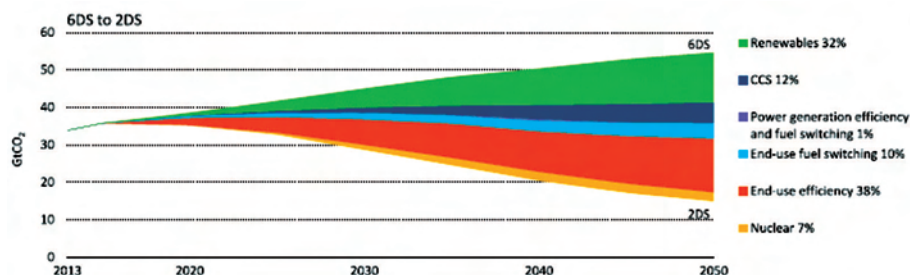
축에는 매우 소극적인 태도로 일관해오고 있다. 그동안 정책 기조가 온실가스 감축 자체보다 신기후체제에서 제조업의 부담 감소에 맞추어진 듯하다.

기후변화 대응을 위한 지속가능한 에너지 경로

세계 온실가스 배출량의 2/3 이상이 에너지부문에서 배출된다. 파리협정이 추구하는 장기 목표, 즉 기온 상승을 2℃ 보다 낮게, 1.5℃ 수준에서 억제하려면 21세기 후반에는 에너지부문에서 이산화탄소를 전혀 배출하지 않아야 한다. 즉, 화석연료를 전혀 연소하지 않거나 모든 화석연료 연소시설에 탄소포집·저장(CCS) 장치를 설치해야 한다. 에너지의 80% 이상을 화석연료에 의존하는 현재의 세계 에너지시스템에서는 탈화석연료 얘기는 현실성이 없어 보인다. 하지만 국제사회는 탈화석연료 시대는 가야 할 길이며 갈 수 있는 미래라고 단언하고 있다.

IEA는 효율 향상과 재생에너지 확대를 통해 지구 평균 기온 상승을 2℃ 이내로 억제하는 에너지 경로가 가능하다고 보고 있다. '2℃ 시나리오' (2DS)에서 에너지 믹스는 근본적으로 달라져 2050년이면 재생에너지 비중이 크게 증가하고 부가가치 당 에너지 소비량은 거의 2/3 정도 감소할 것이다.

2DS 경로는 6℃ 상승하는 최악의 시나리오(6DS)와 비교하면 2050년까지 1차 에너지 수요를 30%를 줄이고 에너지부문 이산화탄소 배출량을 70% 감축하는 것이다. 2DS에서 탄소 배출량을 저감하는 가장 중요한 두 가지 기술은 최종 소비 효율 향상(38%)과 재생에너지(32%)이다.



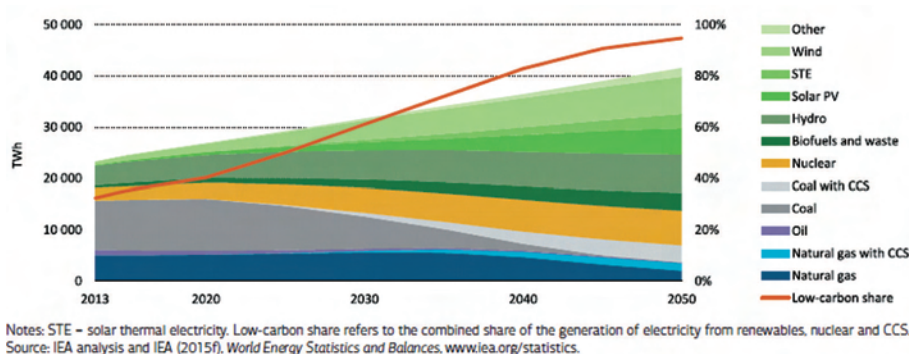
〈그림 1〉 6DS에서 2DS 경로로 온실가스 배출 저감을 위한 기술별 기여도

자료 : IEA, Energy Technology Perspectives 2016, 2016



에너지 부문별로 감축 기여도를 보면 발전부문의 감축 기여도가 가장 클 것으로 보인다. 지금은 화석연료가 세계 발전량의 68%를 차지하면서 발전부문을 지배하고 있다. 특히, 석탄발전은 세계 발전량의 41%를 넘어 가장 큰 비중을 차지한다. 하지만 2DS에서 2050년 세계 전력 생산은 거의 완전히 화석연료 의존에서 벗어날 것이다. 현재와 같은 석탄발전 기술은 완전히 사라져야 하고 CCS를 설치한 석탄화력 설비만 가동할 수 있을 것이다. 결과적으로 전력의 이산화탄소 집약도는 현재 528gCO₂/kWh인데 2050년에는 40gCO₂/kWh로 미만으로 감소할 것이다. 이것은 석탄화력을 대체하여 광범위하게 재생에너지를 확대함을 통해 가능하다.

2DS에서는 재생에너지가 발전부문에서 주도적 역할을 할 것이다. 세계 전력생산량 중 재생에너지의 비중은 2013년 22%에서 2050년 67%로 증가할 것이다. 한편, IEA는 CCS를 갖춘 석탄과 가스화력, 그리고 원자력도 일정한 역할을 할 것으로 전망한다.



〈그림 2〉 2DS에서 세계 전력생산량의 구성 변화 (2013~2050)

자료 : IEA, Energy Technology Perspectives 2016, 2016

최종 소비 부문에서 전력을 절감하면 설비용량과 투자 수요를 줄이면서 동시에 발전부문 이산화탄소 배출량을 줄일 수 있다. 6DS에 비해 2DS에서 발전부문 누적 이산화탄소 배출량의 1/4을 전력 절감을 통해 줄일 수 있다. 6DS에서 2DS로 이행하는 발전부문 감축에서 기여도가 가장 큰 저탄소 기술은 재생에너지로 누적 이산화탄소 배출량의 45%를 줄일 수 있다. 세부적으로 보면 태양광의 기여도가 16%로 가장 크고, 그다음 풍력(15%), 바이오매스(6%), 수력(%) 순으로 평가된다.

화석연료의 감소와 재생에너지 확대의 추세

REN21이 펴낸 ‘재생에너지 2016 세계 현황 보고서’에 따르면 전 세계 여러 국가에서 재생에너지가 에너지 공급에 중요한 역할을 차지하고 있다. 2015년은 재생에너지 발전용량은 기록적으로 증가하여 147GW나 신규로 설치되었다. 2015년은 신규투자 면에서도 새로운 기록을 작성하였다. 블룸버그뉴에너지파이낸스(BNEF)에 따르면 전 세계 재생에너지 투자는 2,860억 달러(약 323.6조 원)로 역대 최고치를 기록하였다. 전년 대비 5% 증가하였다. 대용량 수력(50MW 이상)을 포함하면 재생에너지 투자액은 3,289억 달러로 늘어난다. 이 수치에 포함되지 않은 재생에너지 냉난방 분야까지 포함하면 총 투자액은 훨씬 더 늘어날 것이다.

재생에너지는 특히 발전부문에서 빠르게 성장하고 있다. 2015년 대수력을 제외한 재생에너지 발전설비에 대한 세계 투자는 2,658억 달러에 달해 신규 석탄과 천연가스 발전설비 투자 1,300억 달러의 두 배가 넘었다. 2015년 기준으로 재생에너지는 세계 발전용량의 28.9%, 세계 전력 생산의 23.7%를 차지하였다. 세계 재생에너지 발전용량은 수력을 포함하면 총 1,849GW로 2014년 대비 약 9% 증가하였다. 2015년 재생에너지는 세계 신규 발전용량의 약 60%를 차지하였다. 몇몇 나라에서는 변동하는 재생에너지(풍력, 태양광, 파력 등)의 비중이 크게 높아졌다. 풍력은 덴마크 전력 수요의 42%, 우루과이의 15.5%를 차지하였고 독일의 4개 주에서 전력 수요의 60% 이상을 담당하였다. 태양광은 각각 이탈리아 전력 수요의 7.8%, 그리스에서 6.5%, 독일에서 6.4%를 차지하였다. 유럽연합은 2030년이면 전력생산에서 재생에너지의 비중이 40%를 훌쩍 뛰어 넘을 것이다. 독일, 스페인, 포르투갈, 덴마크, 영국 등이 이런 흐름을 주도하고 있다.

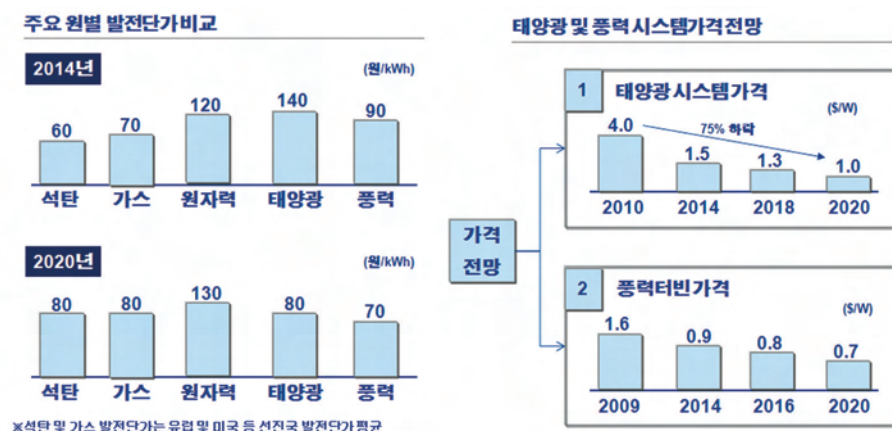
〈표 1〉 주요국의 재생에너지 발전 확대 목표

국 가	목표년도	재생에너지 발전량 비중
독일	2020	40~45%
스페인		40%
포르투갈		60%
영국		30%
프랑스	2030	40%
유럽연합		45%
캘리포니아, 미국		50%
뉴욕, 미국		50%
일본	2035	22~24%
한국		13.4%(신에너지 포함)



재생에너지가 빠르게 증가하는 가장 중요한 이유는 경제성 향상에 있다. 2009년 코펜하겐 회의 이후 6년 만에 태양광시스템 가격이 70%나 하락하였고, 풍력은 이미 기존 발전과 경쟁할 수 있는 경제적인 발전기술이 되었다.

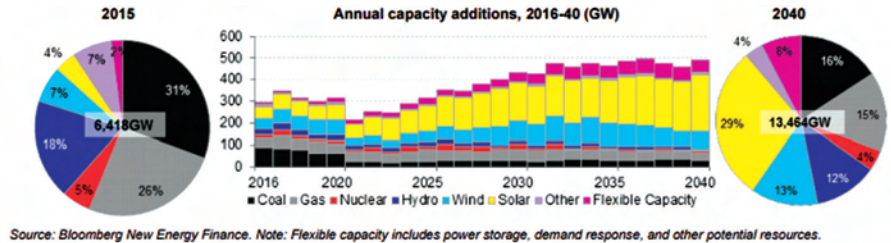
블룸버그뉴에너지파이낸스(BNEF)에 따르면 현재 발전원별 국제 평균적인 발전단가는 kWh당 태양광 140원, 풍력 90원, 석탄 60원, 가스 70원, 원자력 120원으로 평가된다. 물론 각국의 여건과 정책에 따라서 기술별 발전단가는 큰 편차를 보인다. 한국은 국제 평균과 비교하면 원전의 발전단가는 매우 낮지만 가스발전의 단가는 상당히 높은 편이다. 미국 정부는 태양광 확대를 위한 썬샷 계획(Sunshot Initiative)을 추진 중인데 현재 kWh당 10센트인 대규모 태양광의 발전단가를 2020년까지 6센트로 낮추고자 한다. 2020년이면 태양광과 풍력의 발전원가는 화력발전과 비슷한 수준에 이를 전망이다.



〈그림 3〉 태양광과 풍력의 발전단가 현황 및 전망

자료 : Bloomberg New Energy Finance ; 한국수출입은행 재인용, 2016

한편, BNEF의 ‘새로운 에너지 전망 2016’에 따르면 2040년까지 발전부문에서 저탄소 에너지원(혹은 탄소 중립적 에너지원)이 세계 발전설비 총용량의 60%를 차지할 것으로 전망된다. 풍력과 태양광이 향후 25년간 세계 신규 발전설비용량 8.6TW의 64%를 차지할 것이다. 그리고 총 투자액 11.4조 달러의 거의 60%가 풍력과 태양광에 투자될 것이다. 석탄화력의 설비용량 비중은 현재 31%에서 2040년 16%로 급격히 감소하는 반면에 태양광 설비용량 비중은 29%, 풍력은 13%로 급증할 것이다.



〈그림 4〉 2015년과 2040년 세계 발전설비용량과 기술별 설비용량 증가 전망(GW)

국내 발전부문 온실가스 감축에서 재생에너지의 가능성

발전부문 중 전력생산 과정에서 이산화탄소를 배출하는 기술은 화력발전이다. 화력발전을 제외하면 원자력과 재생에너지는 발전과정에서 이산화탄소 배출이 거의 없다. 최근 국내 발전부문 이산화탄소 배출량은 연간 약 2억 4천만~2억 5천만 톤(CO₂) 정도로 추산한다. 이 가운데 석탄화력에서 발전부문 이산화탄소의 거의 80%가 배출되고 가스화력에서 나머지 약 20%가 배출된다. 중유발전은 비중이 매우 낮아 이산화탄소 배출량도 무시할만한 수준이다. 석탄화력은 단위전력 생산당 온실가스 배출량(온실가스 배출계수)이 가스화력의 두 배가 넘는다. 세계 평균적으로 가스화력은 350gCO₂/kWh를 배출하지만 석탄화력은 750gCO₂/kWh가 넘는다. 그래서 국내 전력생산량에서 석탄화력이 차지하는 비중은 40% 정도지만 온실가스 배출량은 발전부문의 80% 이상을 차지하는 것이다.

녹색에너지전략연구소의 시뮬레이션에 따르면 7차 전력수급계획대로 발전설비를 운전한다고 가정할 경우 석탄화력의 발전량 비중은 더욱 높아져 2020년이 지나면 석탄화력은 발전부문 온실가스 배출량의 90% 이상을 배출할 전망이다.

만약 국가별 기여방안에 따라서 발전부문에서 배출 전망치에 비해 37% 이상을 감축해야 한다면 수요를 낮추는 정책을 통한 감축 효과(BAU 대비 약 17% 감축) 외에도 결국 석탄화력을 가스화력이나 재생에너지 발전으로 대체하거나 석탄화력에 탄소포집및저장(CCS) 기술 및 설비를 적용해야 한다. 정부는 원자력 비중을 확대하거나 CCS 도입 및 상용화를 우선시하고 있지만 각각 원자력은 지역 수용성, CCS는 기술 신뢰성과 경제성이라는 치명적 제약을 극복하기가 쉽지 않을 것이다.

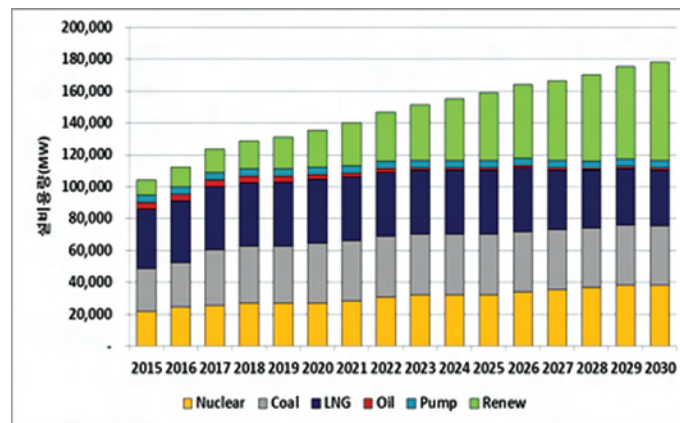
결과적으로 수요관리 강화를 전제로 발전부문 온실가스 감축은 석탄을 가스로 대체하는 연료전환 시나리오와 재생에너지 확대 시나리오로 좁혀질 것이다. 국내와는 달리 다른 OECD 국가들은 대부분 중단기적으로 가



스화력의 비중을 높이고 중장기적으로 재생에너지 비중을 높이는 이런 전략을 추진 중이다.

석탄을 가스로 대체하는 연료전환 시나리오를 이행하려면 먼저 과잉 상태인 석탄화력 용량을 지속적으로 줄여야 한다. 낡은 설비를 조기 폐쇄하는 것은 물론, 7차 전력수급기본계획상 2020년 이후로 준공될 예정인 신규 석탄설비 건설을 백지화해야 한다. 반대 여론이 높은 당진에코파워(580MW × 2기)와 삼척포스파워(1050MW × 2기)는 백지화 대상에 포함시켜야 할 것이다. 그 다음 가스화력의 가동률을 높여야 한다. 이산화탄소 감축을 고려해서 가스화력의 가동률을 높일 경우 전력 생산에서 가스화력의 비중이 석탄화력 비중을 능가하게 될 것이다.

재생에너지의 비중을 확대하는 것은 궁극적인 대안이며 OECD에서 가장 선호하는 온실가스 감축 정책이다. 국내에서는 신·재생에너지 발전량 비중을 정부 목표보다 앞당겨서 2030년까지 20%로 높이는 것을 고려할 수 있다. 현재 정부 계획은 2035년까지 발전량의 13.4%를 신에너지 및 재생에너지로 공급한다는 것이다. 현재 계획도 달성이 어렵다는 비판론도 있지만 2030년 재생에너지 발전량 20% 목표는 정책 의지만 뒷받침된다면 실현 가능한 수준이다. 지난 15년 간 재생에너지 발전량 비중을 6%에서 30%로 끌어올린 독일의 사례도 있다. 이 대안에서도 2020년 이후 석탄화력의 신규 증설을 백지화하면서 가스화력의 가동률을 상대적으로 높이는 정책이 동시에 전개될 필요가 있다.



〈그림 5〉 재생에너지 확대를 통한 발전부문 온실가스 감축 시나리오

시뮬레이션에 따르면 연료전환 시나리오와 재생에너지 확대 시나리오는 7차 전력수급계획안에 비해 전력생산 비용이 올라가서 전기요금을 15~20% 인상해야 하는 결과를 초래한다. 만약 에너지세제 개편을 통해 이산화탄소 배출 및 대기오염 비용을 석탄화력에 충분히 반영한다면 이 격차는 줄어들 것이다.

길게 보면 재생에너지 확대 외에는 에너지를 안정적으로 공급하면서 온실가스를 감축할 수 있는 안전하고 평화로운 해결책은 존재하지 않는다. 재생에너지에 기반한 에너지 전환은 가야할 방향이고 실현가능한 미래이다. 재생에너지 전환은 이미 여러 나라에서 진행 중이고 기술적으로, 경제적으로 충분히 가능하다. 중요한 것은 정책 의지인데 정책을 좌우하는 것은 궁극적으로 시민들의 선호와 지지이다. 결국 시민들의 확고한 선호와 지지가 구축되지 않는다면 재생에너지 확대에 기반한 에너지 전환은 공염불에 그칠 것이다. ◀

참고자료

- Bloomberg New Energy Finance, New Energy Outlook, 2016
- IEA, Energy Technology Perspective 2016, 2016
- IEA, World Energy Outlook 2015, 2015
- REN21, Renewables 2016 Global Status Report, 2016
- 녹색에너지전략연구소, 자체 분석 자료
- 이상훈, '온실가스 감축과 대기환경 개선을 위한 석탄화력 축소 시나리오', 『전기저널』 475호, 대한전기협회, 2016년 7월
- 이상훈, '재생에너지 기반 저탄소 에너지 전환 가능성 모색', 『에너지에 대한 모든 생각』, 메디치, 2016
- 한국에너지공단 신·재생에너지센터, 2016년 신·재생에너지백서, 2016