

2050 탄소중립 실현을 위한 단상¹⁾

손 정 략 산업통상자원 R&D전략기획단 에너지산업MD
(jlsohn@keit.re.kr)



열역학으로 돌아가자

지금과 같은 지구온난화 시대에는 에너지를 공의(公義, righteousness)롭게 사용해야 한다는 것에는 반론의 여지가 없다. 나의 잘못된 에너지 소비로 이웃을 고통받게 해서는 안된다. 지속적인 세계 인구의 증가와 산업 혁신으로 에너지 소비는 더욱 증가될 것이다. 공의롭지 못한 에너지 소비 상황이 지속되면 앞으로 어떤 세상이 될 것인지는 이제 누구나 알고 있는 상식이 되어 버렸다. 다만, 모두들 짐짓 모른척 하고 있을 따름이다. 18세기 이후 급속한 산업화와 함께 가용 자원의 본질에 대한 관심이 커졌다. 그 결과 19세기 1843년 영국의 제임스 줄(James Joule, 1818~1889)의 실험을 통해 비로소 에너지라는 개념이 정립되었다. 줄은 열(heat)과 일(work)은 서로 다른 형태의 에너지이며, 서로 변환되더라도 전체는 보존된다는 사실을 밝혔다. 이른바 에너지 보존 법칙인 열역학 제 1 법칙이다. 그 후 1865년 독일의 루돌프 클라우지우스(Rudolf Clausius, 1822~1888)에 의해 엔트로피라는 개념이 창안되었고, 에너지는 엔트로피가 증가되는 비가역적인 과정으로 변환된다는 사실도 알게 되었다. 원래 상태로 돌이킬 수 없는 비가역 과정은 늘 가용 에너지의 손실을 동반한다. 이것이 엔트로피 증가의 법칙인 열역학 제 2 법칙이다. 열역학 1, 2 법칙을 종합하면 나의 에너지 소비로 다른 사람들이 사용할 수 있는 에너지가 줄어드는 것에 머무는 것이 아니라, 우리 모두가 사용 가능한 에너지의 총량이 줄어든다. 뿐만 아니라, 비가역 과정의 소산물은 지구 온난화 현상과 같은 생태계의 고통을 유발하는 원인이 된다. 인류는 그 동안 지구 곳곳에 숨어 있는 에너지를 잘 찾아내어 사용해 왔다. 오랫동안 퇴적되어 있던 화석으로부터 석탄, 석유, 가스 등과 같은 화석연료들을 채굴하여 다양한 용도로 사용해 왔다. 화석연료의 비가역적 변환으로 인해 발생하는 이산화탄소 배출이 지구온난화의 주요 원인이 되고 있다. 세계에너지기구(IEA)는 인류의 화석연료 의존도는 2019년 현재 81% 수준이며, 가장 강력한 수단들을 동원하더라도 2040년에 58% 수준을 유지할 것으로 전망하고 있다.

열역학으로 돌아가야 한다. 비가역 에너지를 줄여 우리 모두가 함께 사용할 수 있는 가용에너지를 늘려가면서 지구 온도 상승을 낮추어야 한다. 화석연료의 비가역적 소비가 온실가스를 배출하니 화석연료 소비를 더욱 줄여야 하고, 이것으로도 부족하니 화석연료를 온실가스 배출이 적거나 없는 연료로 전환해야 한다. ‘텍서스와 올리브 나무’라는 책으로 우리에게 친숙한 토마스 프리드만(Thomas Friedman)은 2020년 뉴욕타임즈 기사에서 지구온난화를 방지하기 위한 노력과 저항을 대자연(Mother Nature)과 대탐욕(Father Greed)의 대립으로 묘사한 바 있다. 인간의 탐욕은 가장 비가역적인 현상이다. 우리의 잘못된 에너지 소비는 다른 사람들의 몫을 빼앗는 것일 뿐만 아니라 우리 전체를 파멸의 길로 몰아넣는 길이다.

탄소중립의 관건은 기술이다

탄소중립은 우리나라를 지금까지 경험해 보지 못한 사회로 바꾸어 놓을 것이다. 돈도 엄청나게 들 것이다. 그럼에도 불구하고 그간 인류의 의도적 외면으로 인해 초래된 재앙을 막기 위해서는 다른 길은 없다. 그러나, 이 길은 결코 쉬운 길이 아니다. 어쩌면 많은 사람들이 냉소적으로 우려하는 것처럼 실현 가능한 길이 아닐 지도 모른다. 그러나, 반드시 해결해야 하기에 길을 찾아야만 한다. 여러 수단이 동원되겠지만 관건은 기술이다.

1) 본고는 필자의 2020년 7월부터 2021년 12월 까지 전자신문 및 전기신문 기고문, 그리고, 2022년 1월 에너지경제 연구원 ‘탄소중립 기술과 정책 비평’ 연텍트 세미나 시 발표 한 ‘Net Zero by 2050? Hope is not a Plan’을 엮어 재구성한 것임.

굳이 토마스 쿤(Thomas S. Kuhn, 1922~1996)의 ‘과학혁명의 구조’를 인용하지 않더라도 예측 가능한 기술로 인류의 미래가 전개된 적은 없다. 산업혁명의 태동이 그랬고, 전기가 세상의 밤을 밝히기 시작할 때도 그랬고, 로켓이 인류를 우주로 안내할 때도 그랬다. 20세기 반도체가 21세기 신세계를 열었듯이 우리가 준비하기에 따라서는 21세기 중반 탄소중립 세상은 지금과는 전혀 다른 모습일 것이다.

다행히 가용한 수단들은 아직도 많이 있다. 대표적인 재생에너지인 햇빛, 바람, 물은 태초부터 우리 곁에 있었다. 핵폐기물이 인류에게 미치는 time-scale이 지구온난화가 미치는 시급성 보다 길다는 점을 고려하면 원자력도 동원가능하다. 가솔린 자동차 이전에 전기자동차가 먼저 나왔다는 것은 세상이 잘 모른다. 20세기 초반 석유 산업의 부상으로 도태되었을 따름이다. 재생에너지 보급 확대에 필수적인 직류전송은 100여년전 에디슨(Thomas Edison, 1842~1931)이 주창한 것이다. 당시 기술 수준으로서는 테슬라(Nikola Tesla, 1856~1943)의 교류전송보다 불리했기 때문에 우선순위가 교류로 결정되었던 것이다. 신기술이 보편화 된 현재는 에디슨의 직류전송을 다시 꺼내 들기에 부족함이 없다. 수소는 1930년 하늘을 나는 여객선 힌덴부르크 비행선에 이미 사용된 바 있다. 불행히도 1937년 끔찍한 폭발 사고로 사라져 버렸지만 안전 기술을 획기적으로 향상시킨다면 다시 꺼내 쓰는 데는 문제가 없다. 다만, 우리들 사고의 경로 의존성이 문제다. 익숙함으로부터의 일탈에 대한 두려움이 방해물이다.

탄소중립은 스케일업과 혁신으로 부터

탄소중립을 위한 기술개발의 최종 목적은 ‘기술 확보’가 아니라 ‘탄소중립에의 기여’가 되어야 한다. 우리나라 NDC 감축 달성 목표연도인 2030년을 기준으로 그 이전에는 그간의 많은 투자로 상용화에 근접한 무탄소/저탄소 기술들을 최대한 동원하여야 한다. 태양광, 풍력이 이에 해당한다. 이러한 기술들은 대규모 실증들이 적극적으로 전개되어야 하고, 공공 조달 등으로 기술 보급을 신속히 확산시켜야 하며, 그 핵심은 스케일업(scale-up)이다. 스케일업의 핵심인 각종 기술실증 사업을 위해서는 에너지 공기업들이 전진 기지역할을 해야 할 것



이며, 이를 장려할 수 있는 규제혁신이 뒷받침되어야 할 것이다. 스케일업을 통한 실증과 보급 확산은 국내 기술의 국제적 경쟁력 확보를 위한 트랙레코드 확보에도 큰 힘이 될 것이다.

최근 국내외에서 활발하게 논의가 진행 중인 각종 혁신기술들의 탄소중립 기여는 현실적으로 2030년 이후가 될 것이다. 대규모 에너지저장, 청정수소, CCUS 등이 이에 해당한다. 문제는 아직도 이러한 기술들의 정확한 형태를 알 수 없다는 것이다. 대규모 에너지 저장 기술은 어디로 진화할지 모른다. 청정수소는 어디서 만들어 어떻게 운송할 것인가는 여전히 안갯속이다. CCUS의 가장 큰 난제인 저장소 확보는 아직 오리무중이다. 그럼에도 불구하고 이런 기술들은 늦어도 2030년부터 스케일업에 들어갈 수 있도록 지금부터 기술개발을 서둘러야 한다. 그래야 10년 정도 스케일업 이후 2040년대부터 탄소중립에 기여할 수 있을 것이다. 전 세계적으로 이런 혁신기술들이 탄소중립 달성에의 기여를 적게는 30%, 많게는 50% 정도로 보고 있다.

탄소중립과 수소경제

꿈의 물질인 수소를 연료 혹은 원료로 사용하려던 인류의 오랜 노력은 우리나라가 중심이 되어 수소경제라는 이름으로 다시 부활했다. 정부는 2019년 1월 수소차와 연료전지를 양대 축으로 하는 수소경제 활성화 로드맵을 발표했다. 2021년 2월에는 세계 최초로 국가차원의 수소법도 제정되었다. 그러던 중 수소경제는 탄소중립을 계기로 새로운 전기를 맞이하였다. 수소는 화석연료를 무탄소 연료로 전환시켜야 하는 탄소중립 핵심 수단이기 때문이다. 기존의 화석연료와는 달리 수소를 만드는데 에너지가 소모된다는 치명적인 약점 때문에 수소를 에너지원으로 적극적으로 사용하기를 주저했던 EU, 미국 등도 최근 들어 수소의 적극적인 이용에 팔을 걷어붙이고 있는 이유이기도 하다.

탄소중립은 수소경제에 두 가지 중요한 화두를 던지고 있다. 첫째, 수소 고유의 무탄소 특성을 살리기 위해서는 반드시 그린수소(적어도 블루수소)여야 한다. 둘째, 연료전지, 수소차를 넘어 제철산업에 이르기까지 무탄소 연료로써의 수소 활용 폭을 넓히면서도 이에 필요한 수소는 안정적으로 공급하여야 한다. 이 둘을 합치면, 제조 과정에서 탄소가 배출되지 않는 그린수소를 수요에 맞게 안정적으로 공급하는 것이 탄소중립 상황에서의 수소경제의 가장 큰 숙제이다. 탄소중립 상황에서의 수소의 핵심역할은 변동성이 높은 재생에너지 보급 확대에 따른 전기에너지의 장주기 저장수단이 될 것이다. 에너지 저장 장치들의 기술 추이로 보아 단주기는 배터리, 장주기는 수소가 될 가능성이 높다. 흔히 말하는 섹터커플링(sector coupling) 영역이다. 그리고 제철산업의 사활이 걸린 수소환원제철이 있다. 문제는 국내 수소 수요에 비해 국내 자급율은 그리 높지 않을 것이다. 탄소중립 로드맵에도 2050년 우리나라에서 소비되는 수소의 80%는 해외로부터 충당하는 것으로 되어 있다.

수소를 어떤 용도로 어디까지 사용할 것인가에 대해서 앞으로 더 많이 논의했으면 좋겠다. 비싸고 귀한 자원일수록 진중한 접근이 필요하다. 그런 면에서 수소경제와 탄소중립을 타고 휘몰아친 수소에 대한 기대감으로만 충만한 작금의 국내 수소산업 붐을 어떻게 볼 것인가? 결국에는 다양한 시행착오를 거치면서 시장에서 그 균형과 우선순위가 자리 잡혀 갈 것이다. 그러나, 아무리 생각해도 지금은 현재의 수소산업 붐에 흥분할 때가 아니라 다가올 수소사회를 위해 진중하게 판을 짤 때인 듯하다. 탄소중립을 위한 수소사회는 2030년 이후가 될 것이기 때문이다.

에너지 안보와 탄소중립

지난해 11월 영국 글래스고(Glasgow)에서 개최된 제26차 유엔 기후변화협약 당사국 회의(COP26)를 앞두고 전 세계는 기대에 부풀었다. 미국은 트럼프 행정부에서 탈퇴를 선언한 파리 기후변화 협약을 바이든 행정부가 들어서면서 행정명령 1호로 복귀시켰다. 미국은 4월 기후정상회의 개최를 앞두고 세계 주요국들에게 2030년 NDC 감축목표 상향 조정을 주문했고, EU는 55% 감축계획(Fit for 55)으로 화답했고, 우리나라도 국내 많은 우려에도 불구하고 40%로 상향 조정했다. 일본, 영국 등도 화답했다. 그러나, 진작 11월 COP26가 개최되자 분위기가 심상치 않았다. 이번 기회에 석탄발전 ‘폐기’를 이끌어 내려고 했던 주요국들의 계획은 중국과 인도의 극심한 반대로 석탄발전 ‘감축’에 합의에 만족했어야 했다. COP 26이 폐막되고 1주일가량이 지난 후 인도 뉴델리 지역에서는 극심한 스모그 현상이 발생했다. 석탄발전 폐기를 몸으로 막아내었던 인도는 뉴델리 지역 11기 석탄발전소 중에서 6기를 가동 중단시켜야만 했었다. 석유 수요감축을 우려한 산유국들의 증산 불가 정책으로 국내 기름값이 치솟기 시작하자 바이든 행정부는 자국의 비축류는 물론, 우리나라를 비롯한 동맹국들에게도 비축류 방출을 요청하기에 이르렀다. 미국과 중국의 갈등으로 인한 중국의 호주산 석탄 수입 금지 조치는 급기야 우리나라 요소수 품귀의 사태로 번지게 되었다. COP26이 폐막된 후 불과 두 달도 안되어 일어난 일들이었다.

지난 연말부터 불기 시작한 세계정세의 불길한 기운들이 새해 들어 심각하게 요동치고 있다. 러시아의 우크라이나 침공으로 빚어진 파괴적 정세는 코로나로부터의 힘겨운 회복을 준비하고 있던 세계 경제에 치명타를 날렸다. 미국의 강력한 대 러시아 경제제재와 이를 대응하는 러시아를 보면 과연 이 비가역적 상황들을 원래의 상태로 되돌릴 수 있을까 싶다. 가장 심각한 부분이 글로벌 에너지 공급망의 붕괴와 그로 인해 지금까지의 지구온난화 문제해결을 위한 인류의 노력이 무산될 위기에 처한 것이다.

1970년대 말 불어 닥친 전 세계 오일쇼크로 전 세계에 탈 화석연료 바람이 분 적이 있다. 당시에는 재생에너지(Renewable energy)가 아닌 대체에너지(Alternative energy)라는 용어를 사용했다. 미국 카터 대통령은 백악관 지붕에 태양열 집열판을 설치하고, 범국가적 대체에너지 사업을 주도할 정부 조직으로 에너지성(DOE)을 만들었다. 그럼에도 불구하고 1980년대 저유가 호황으로 대체에너지 붐은 금방 식어버렸다. 그러나, 지금의 상황은 찻잔 속의 태풍으로 머물렀던 1970년대 말 대체에너지 붐과는 결이 다르다. 대체에너지는 오일쇼크로 깜짝 놀라 갑자기 마련한 대안이지만 지금은 이미 세계적으로 에너지 전환 산업이 성숙기에 접어들었다. 국제에너지기구에서 발간하는 World Energy Outlook에서는 지난 수년간, 그리고 앞으로도 당분간 세계 에너지 산업의 가장 큰 신규투자가 재생에너지 분야에서 이루어지고 있음을 실적과 전망의 형태로 지속적으로 보고하고 있다. 단기적으로야 충격이 크지만 작금의 혼란 상황은 궁극적으로 에너지 전환을 더욱 가속화 시킬 것이 분명하다.

전환기 시대의 탄소중립

국내로 눈을 돌려 보자. 대통령 선거는 끝났고 정권 인수위원회가 꾸려졌다. 원자력과 청정에너지 기술 구축을 통한 탄소중립 목표 달성이 새 정부의 공약이니 지금 보다는 원자력의 역할이 커질 것이다. 이 기회에 오랜 국가적 숙원인 고준위 방사능 폐기물 관리 방안을 공론화 시키고, 원자력 안전과 관련된 기술개발 투자 확대와 국민적 수용성을 높여 나가야한다. 이와 동시에 그간 정부의 에너지 전환 정책을 믿고 투자를 확대해 온 재생에

너지 기업들의 긴장감도 해소시켜야 한다. 자칫 시장에 부정적인 신호들을 주어 투자를 위축시켜서는 안 된다. 지금과 같은 에너지 믹스의 적정성과 관련된 소모적 논쟁은 지양하고, 시장을 통한 탄소중립을 더 고민해야 한다. 기업들이 탄소중립 환경에서 살아남을 수 있도록 하는 것이 결국 탄소중립을 앞당길 수 있다. 탄소중립 수단은 궁극적으로 시장을 통해서 구현되어야 가장 큰 효과를 발휘할 수 있기 때문이다. 현재 탄소중립 관련 세계 시장을 지배하는 3대 이슈는 RE100, ESG, 그리고 탄소국경조정제도(CBAM)이다. RE100에 참여할 것인가는 일차적으로 기업들이 판단해야겠지만, 정부는 국내 기업이 RE100이 가능하도록 재생에너지 PPA든 녹색요금제든 뭐든 다양한 에너지 시장 정책들을 마련하여야 한다. 그렇지 않으면 국내 기업들의 더 나은 환경의 다른 나라들로의 유출을 막을 길이 없다. ESG도 마찬가지이다. 투자자들이 ESG를 요구하는 상황에서는 기업은 이를 거부할 수 없다. ESG 하기 좋은 환경을 만들어 주는 것이 정부의 역할이다. 탄소국경조정제도는 이미 새로운 통상압력 수단으로 성큼 다가와 있다. EU가 먼저 깃발을 들었다. 우선 철강을 포함한 5개 업종에 대해 2023년 시범도입 후 2026년 본격시행 예정이다. 제품을 생산할 때 발생하는 탄소의 직접배출량을 줄이는 것은 일차적으로 개별 기업의 몫이다. 그러나, 제품을 생산할 때 사용한 전기를 만들 때와 제품 생산 과정에 참여한 supply chain을 포함한 모든 사회적 인프라가 배출하는 간접배출량까지 확대가 되면 이는 국가 차원의 문제이다. 사회적 인프라가 모두 친환경적이지 않으면 우리나라에서 생산되는 제품의 수출길이 막힌다. 범국가적인 경제체계의 전환이 요구되는 상황이다.

맺음말

탄소중립이 세계적인 화두로 등장한 지도 이제 2년이 넘었다. 탄소중립의 길은 익숙한 길이 아닌 새로운 길인 만큼 사회적 저항도 크지만 궁극적으로 가야할 길이라는 점에 대해서는 부인할 수 없다. 탄소중립 시나리오를 포함한 지금까지의 논의가 주로 희망(Hope)을 바탕으로 방향성 설정을 목표로 했다면, 이제부터는 실현가능한 구체적 실천 계획(Plan)을 만들어 나가야 한다. 마침, 국가적으로도 에너지기본계획, 전력수급 기본계획 등을 포함한 각종 에너지 법정계획 수립을 앞두고 있는 만큼 이를 통해서 실현 가능한 계획들이 구체적이고 면밀하게 반영이 되어야 할 것이다. 더 이상 희망에만 머물러서는 안 된다. Hope is not a plan!

