

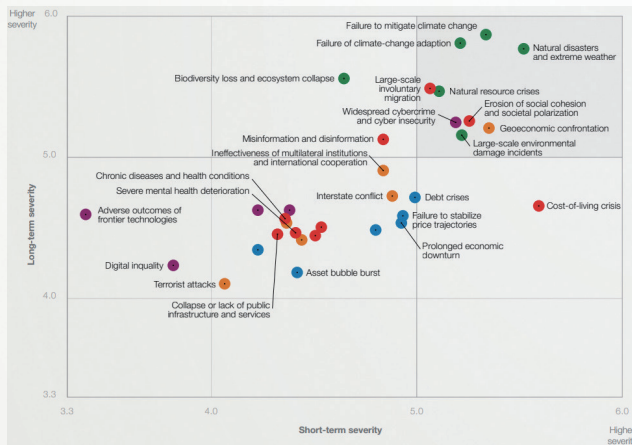
에너지전환과 에너지 4.0시대

오시덕

세계경제포럼은 학계, 기업, 정부, 국제사회 및 시민 사회 등 각 분야의 1,200명 이상의 전문가를 대상으로 2022년 9월 7일부터 10월 5일까지 실시한 설문조사 결과를 바탕으로 「2023년 국제 위험보고서」를 발표하였다. 단기(2년) 및 장기(10년)에 가장 심각할 가능성이 있는 위험에 대하여 설문한 결과, Fig. 1에서 알 수 있듯이 심각도 5 이상인 9개 위험 중에서 5개가 기후와 환경 부문이 차지하는 것으로 조사되었다. 기후변화가 자연재해의 발생빈도와 강도에 영향을 미친다는 다양한 선행 연구 결과를 고려하면 기후변화는 단기는 물론 장기적으로 인류가 직면하는 가장 심각한 위험이라고 인식된다.

기후변화에 영향을 주는 전체 온실가스 배출량 중에서 이산화탄소(CO₂)가 80% 이상 차지하여 기후변화 문제의 해결은 CO₂를 얼마나 감축할 수 있느냐와 직결되므로 전 세계는 ‘탄소중립’을 선언하고, 기

존의 화석에너지 체계에서 청정에너지 체계로의 ‘에너지전환’에 박차를 가하고 있다. 탄소중립은 획기적으로 탄소 배출량을 줄이고 남은 탄소량과 흡수되는 탄소량을 같게 하여 탄소 순 배출량을 제로(zero)화하는 것이다. 따라서 탄소중립 또는 에너지전환을 이루려면 인류가 CO₂를 배출하는 속성을 이해하고 대안을 수립하여 이행하여야 할 것이다. 인류의 활동으로 배출되는 CO₂의 양은 $CO_2 = P \times S \times E \times C$ (여기서 P는 인구수, S는 인구당 서비스 수, E는 서비스당 에너지사용량, C는 단위 에너지사용량당 CO₂ 배출량이다.)와 같이 수식으로 나타낼 수 있다. 현재 전 세계의 인구는 계속 증가할 전망이고, 모든 인류의 삶의 질을 개선하고자 하는 욕구를 제약할 수 없으므로 CO₂ 배출량을 감축하기 위해서는 서비스당 에너지사용량을 줄이거나 단위 에너지당 CO₂ 배출량을 줄이는 것이 최선이다. 또한 탄소중립을 위하여 수식에 나타나 있는 바와 같이 인류의 행동 양식의 변화(P × S), 에너지 효율 향상(E)과 청정에너지 사용 확대(C) 수단이 동시에 이행되어야 한다. 특히 에너지전환은 청정화(Decarbonisation), 분산화(Decentralization), 디지털화(Digitalization) 및 수요의 급격한 변화(Demand Disruption) 등 다차원적인 동인(4Ds)이 동시다발적으로 작용하여 일어나는 결과라고 할 수 있다. 이와 같은 에너지전환에 의한 에너지 시스템의 현재와 미래를 이미지로 단순화하면 Fig. 2와 같이 나타낼 수 있고, 미래(To-be)의 구성은 현재 요소인 천연가스와 원자력 등과 미래 요소인 풍력, 태양광, 에너지 저장 및 그 외 기술이 포함되어 있음을 수 있다. 특히 에너지 전환 기간이 60년~70년으로 긴 인프라의 특성을 고려하면 석탄이나 석유 등의 현재 요소가 전환 시기에 포함될 수 밖에 없다. 따라서 이들 요소의 기능, 요소들간의 상호작용 및 운영방식 등에 대하여 미래 체계에 부합하도록 재정의하고 수정 및 보완이 필수적일 것이다.

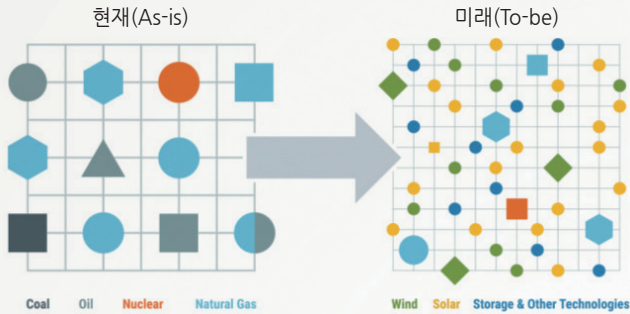


[Fig. 1] 향후 2년 및 10년 동안 위험의 상대적 심각도
자료 : WEC, The Global Risks Report 2023, 18th Edition, INSIGHT REPORT, January 2023



<저자 약력>

오시덕박사는 1990년 중앙대학교에서 기계공학박사 학위를 취득하였다. 1985년 (주)효성에 입사하여, 2010년 6월 (주)효성 중공 연구소장으로 퇴임하였고, 2012년 5월부터 2014년 4월까지 한국에너지기술평가원의 풍력 PD를 역임하였으며, 2011년에 (주)블루이코노미전략연구원을 설립하여 현재 대표이사 원장, 연세대 기후변화에너지융합기술협동과정의 겸임교수로 재직 중이다.(ohsidoek@besico.co.kr)

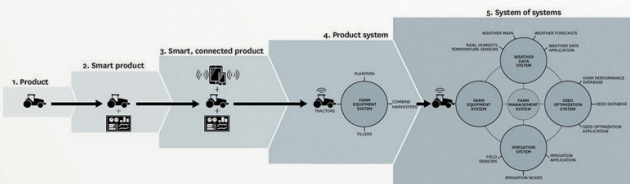


[Fig. 2] 에너지전환에 따른 에너지 시스템의 변화

자료 : Patrick Boughanetc., 2021 Economic Study : Future Grid Reliability Study Phase 1, July 29, 2022

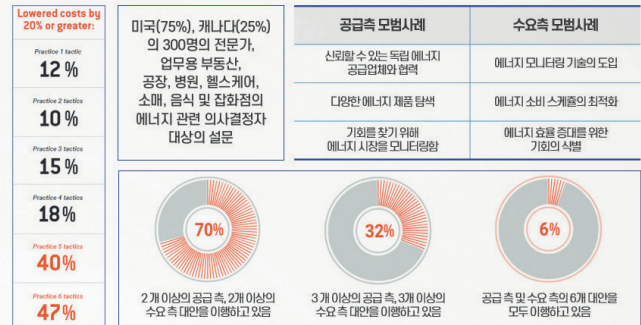
하버드대학의 마이클 포터 교수는 ICT 기술의 확대에 따른 디지털화로 스마트화된 제품 간의 연결과 상호작용으로 향상된 기능은 산업 내에서 경쟁 관계를 재편할 뿐만 아니라 산업의 경계를 확장하여 산업의 경계를 재정의할 수밖에 없는 상황이 도래하였고, 산업 경계의 확장으로 경쟁 관계는 개별 제품에서 밀접한 관련 제품으로 구성되는 제품 시스템(product system), 제품 시스템을 통합한 시스템의 시스템(system of system)으로 진화된다고 주장한 바 있다. 포터 교수의 주장에 따르면 미래의 에너지 시스템도 스마트한 구성 요소들이 통합된 초 연결 에너지 시스템(system of energy system)으로 진화될 것이므로 에너지전환을 위해 우리가 직면하게 될 기술적 과제는 과거와 현재에 최적화된 기술 요소와 미래에 최적화된 기술 요소가 공존하는 상황에서 최적으로 운영될 수 있는 초 연결 에너지 시스템을 신속하게 구축해 나갈 수 있느냐가 될 것이다. 이와 같은 초 연결 에너지 시스템이 구축되어 운영되는 시기를 에너지 4.0 시대라 부르게 될 것이다.

에너지전환을 통한 탄소중립의 달성 여부는 에너지전환 수단의 이행 결과에 좌우될 것임은 자명하다. 미국 및 캐나다의 300명의 전문가를 대상으로 공급측 및 수요측 각각 3개, 총 6개 수단의 이행과 효



[Fig. 3] 디지털화에 따른 산업 경계의 재정의 및 확장 추이

자료 : Michael E. Porter and James E. Heppelmann, SPOTLIGHT ON MANAGING THE INTERNET OF THINGS, How Smart, Connected Products Are Transforming Competition, November 2014, Harvard Business Review



[Fig. 4] 에너지전환 수단의 이행 및 효과 추이

자료 : Direct Energy Business, 2017 Energy Decision Makers Survey Report : Six ways your energy strategy may be coming up shot

과에 대한 설문에서 2개 이상의 수단을 이행하는 기관은 70%로 많지만, 6개 수단 모두를 이행하는 기관은 6%로 아주 적은 것으로 조사되었다. 이는 다수의 수단을 동시에 이행하는 데는 현실적인 제약에 있기 때문이라고 추정된다. 반면에 이행 효과는 4개의 수단을 동시에 이행한 경우는 20% 이상 비용 절감 효과를 거둘 가능성은 18% 정도 수준이나, 5개의 수단을 동시 이행한 경우는 40%로 1개 수단만을 추가하여 2.2배의 획기적인 효과를 거두는 것으로 조사되었다. 따라서 전환의 속도를 높이기 위해서는 에너지기술, 정책·제도 및 시장구조가 다양한 수단을 동시에 적용할 수 있는 조건을 갖추어야 한다고 추론할 수 있다. 에너지전환의 다양한 수단을 동시에 적용할 최적의 조건은 앞에서 설명한 자율 운전을 포함한 최적 운영이 가능한 초 연결 에너지 시스템의 구축 및 운영(에너지 4.0시대)이라고 할 것이다.

현재 인류가 직면한 기후변화에 대응하기 위해 2021년 7월 기준으로 우리나라를 포함한 120개국 이상이 2050년 이전에 탄소중립 목표를 선언하는 등 에너지전환에 박차를 가하고 있다. 인프라 전환에 필요한 기간이 통상적으로 60년~70년 정도이므로, 2050년 탄소중립 목표는 통상적인 전환 기간의 1/2인 30년에 에너지전환을 시도하는 아주 도전적인 목표라고 하겠다. 따라서 탄소중립 실현을 통해 기후 변화 문제를 해결하기 위한 최선의 방안은 기술, 정책 및 제도, 시장구조의 혁신을 통해 초연결 에너지 시스템이 구축되어 운영되는 에너지 4.0 시대를 앞당기는 것이 최선이라고 할 수 있다.