

#1

Q :

탄소중립과 수소사회를 위한 연료전지 솔루션



글. 이동원 STX에너지솔루션 대표

에너지 대전환 시대

21세기는 에너지와 식량이 산업을 주도하는 시대라고 한다. 지난 2월 말 러시아의 우크라이나 침공으로 인해 발생한 국제유가 상승 등의 에너지 공급망 문제 발생과 콩, 밀 등으로 대표되는 곡물가 상승을 봐서도 그 중요성은 쉽게 알 수 있다.

에너지 분야에서 세계는 지구의 기온상승에 따른 온난화를 억제하기 위해 각자의 탄소배출 제한 목표를 제시하고 있다. 우리나라도 2003년 수소경제를 제시한 바 있으며, 2018년 혁신 성장을 위한 3대 전략투자 분야로 수소를 제시한 이래 2019년 수소 활성화 로드맵을 발표하고, 2020년 국가 비전으로 2050 탄소중립을 선언하며 수소에 대한 관심을 증대시켰다.

탄소중립 목표 중 절반이 전력 생산, 즉 발전에 대한 것이고 나머지의 절반이 수송 분야의 저감인데, 발전분야의 탄소저감 방안으로서 가장 보편적으로 제시되고 있는 것이 화석연료(석탄, 석유, 가스) 기반의 화력발전 억제, 원자력 발전 또는 신재생에너지 확대 등으로 요약할 수 있다.

탄소를 내포하고 있는 탄화수소 계열 연료를 사용하는 화력 발전을 억제하는 것은 당연한 것이고, 이때 감소되는 발전량을 다른 에너지원으로 대체하는 것이 결국 탄소중립 달성의 핵심이 될 것이다. 우선 생각할 수 있는 것이 원자력 발전의 확대인데 원자력 발전을 신설할 경우, 상당한 비용과 기간의 소요, 위치 및 공간 등 해결해야 할 숙제가 많아 단기 접근 방식인 가동율 제고 또는 정지 중인 원자력 발전의 재가동 등이 현실적이라 할 수 있다. 또한 원자력 안전 문제와 사용후 핵연료 및 핵폐

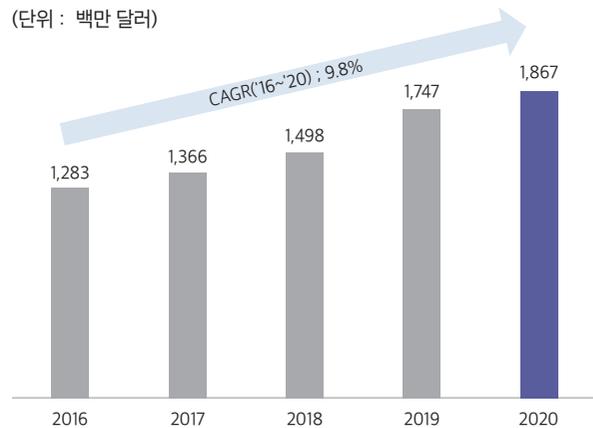
기물의 처리 비용이 천문학적이기 때문에 제한적으로 제시되고 이용될 수 밖에 없다. 따라서, 세계적으로도 원자력을 장려하던 국가에서조차도 대체에너지로서 다양한 에너지원에 대한 기술 개발과 상업화를 추진하고 있다.

대표적인 신재생에너지로 태양광 풍력, 연료전지가 있고, 파력이나 조력, 해수온도차, 지열 등이 있는데, 후자인 파력 등은 발전효율이나 안전문제로 인해 관심은 있으나 상업화에 시간이 걸리고 있고, 결국 태양광, 풍력, 연료전지 등 3대 신재생에너지원에 대해 적극적인 기술개발과 상업화가 진행되고 있다.

물론, 신재생에너지류들은 저마다 장점과 단점이 분명하여

그림 1. 글로벌 연료전지 시장 현황

(단위 : 백만 달러)



〈Advanced Energy Economy(2021), Global and U.S. Market Revenue 2011~20 and Key trends in Advanced Energy Growth〉

주류가 되기 위해서는 기본적인 기술 개발, 개선 뿐만 아니라 상호 간의 경쟁과 보완이 필연적이다.

태양광과 풍력의 경우, 자연으로부터 원천 에너지를 얻기 때문에 연료비 부담이 없는 장점이 있어서 일찍부터 상업화가 진행되었고, 이제는 어느 정도 발전원의 중심으로 자리잡고 있다. 다만, 두 에너지원은 전력변환 효율과 이용률이 낮아 면적이나 장치가 거대해야 한다는 문제와 자연에서 원천 에너지를 얻어야 하기 때문에, 특정 운전 조건이 되어야만 전력 생산이 가능하거나 채산성이 확보되는 부분에 어려움이 있다. 즉 자연에서 얻는 장점과 자연에서 오는 단점이 공존하는 형태다.

연료전지의 부상

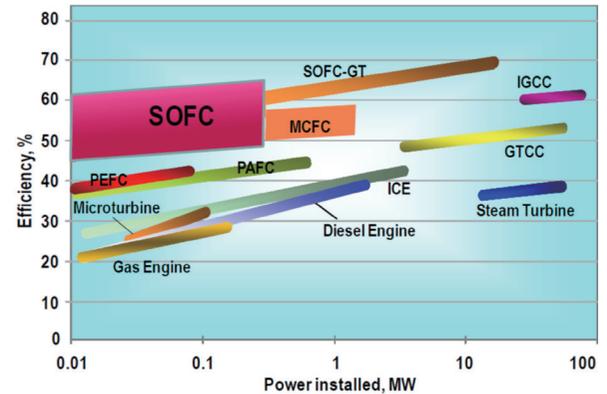
연료전지는 상기 언급되고 있는 여러 가지 문제를 동시에 보완할 수 있는 장점이 많은 시스템으로서, 그림 1과 같이 최근 5년 간 글로벌 산업 성장률이 약 10%에 달할 정도로 산업적 기대와 관심이 고조되고 있다. 참고로 연료전지는 전해질(수소와 산소의 반응매개체로서 기전 유발) 종류에 따라 알칼리 연료전지(AFC), 직접메탄올 연료전지(DMFC), 고분자 전해질형 연료전지(PEMFC), 인산형 연료전지(PAFC), 용융 탄산염 연료전지(MC), 고체산화물 연료전지(SOFC) 등으로 구분된다.

연료전지의 장점으로 거론되는 것은 높은 발전 및 종합 효율, 우수한 연료 수용성, 다양한 시스템 응용과 에너지 믹스, 작은 면적과 크기 등이 있고, 단점으로는 화석 연료를 사용하여 여전히 탄소가 배출된다는 것과 수명 등 신뢰성 부족 문제, 높은 가격 등을 들 수 있다.

그런데, 여기서 언급되고 있는 단점은 약간의 오해에서 비롯된 것이다. 먼저, 여전한 탄소배출이 문제라는 것은 기본적으로 수소를 연료로 사용하는 것이 연료전지인데, 자연계에서 수소를 얻을 수 있는 방법이 없기 때문에, 특정한 방법으로 수소를 만들어 공급하면서 야기되는 문제이다. 즉, 수소를 어떠한 형태로든 연료로서 생산하여 단독 공급한다면 발생하지 않는 문제로서, 연료전지는 탄소를 배출하지 않고 반응의 결과로서 물이 발생하는 친환경 에너지 생산 시스템인 것이며, 수소 생산의 경우, 기술 개발의 진전에 따라 무탄소 연료를 적용하거나, 수전해 방식 또는 블루 수소 등을 적용한다면, 자연스럽게 해결된다.

한 가지 재미있는 것은 비록 수소를 직접 공급 받지 못해 LNG 등을 공급 받는 경우라 할지라도, 당사에서 검토한 결과,

그림 2. 발전 방식별 효율 비교



기존 석탄화력 또는 디젤 발전 대비 55% 이상의 탄소 배출 저감효과가 있다는 것은 그 자체로서 유의미한 결과이다.

또한 지금 단계에서 신뢰성 부족과 가격을 문제 삼는 것은 다소 성급한 접근이라 생각된다. 연료전지가 상업화된 것이 전 세계적으로 약 10년, 국내에서는 약 5년 정도 경과된 “신”에너지 지원으로서, 아직 기술 개발의 여지와 대상이 많이 남아 있고 대부분이 정부 보조금이나 제도적 지원 하에서 시장이 형성되고 사업이 영위되는 상태인 만큼 이를 직접적인 단점이라 하기에는 좀더 시간적 여유를 제공할 필요가 있다. 이러한 부분에 대하여 각 국 정부의 다양한 정책 및 R&D 지원을 기반으로 제조사들이 적극적으로 기술 개발을 진행하고 있기 때문에, 신뢰성 문제는 조만간 해결되어 안정적인 시스템 운전이 가능할 것이다. 가격에 있어서는 두산퓨얼셀, SK-블룸 등 발전용 연료전지 제조사들의 연평균 생산량이 대략 100~200MW 수준으로서 적어도 제조사별 GW급의 생산이 가능한 정도로 시장이 성장한다면 대량 생산에 따른 소재 공급 및 공정 비용 저감, 기업 간 점유 경쟁 등을 통해 획기적인 가격 인하와 사용자 수용성이 증가할 것임은 자명하다.

연료전지의 장점으로서 제시한 효율, 수용성과 응용성, 공간 활용에 대해서 하나씩 살펴보면, 효율의 경우, 발전 형식에 따라 다소간 차이는 있으나, 그림 2와 같이 정리할 수 있다. 통상 에너지 집적도와 발전효율이 높은 것으로 알려진 가스터빈 방식에 비해서도 상당히 높은 발전 효율을 나타내고 있고, 특히, 연료전지의 경우, 스택(전해질)을 매개로 수소와 산소의 전기 화학적 반응만으로 전기를 일으키기 때문에, 기존의 터빈 등의

그림 3. STX에너지솔루션 연료전지 실증 현장



(a) STX중공업 대구공장('19.09)

(b) 포항TP 연료전지 인증센터('21.10)

기계적 회전 방식의 전력 생산과 달리 소음이 매우 적다.

연료전지는 직접 수소 외에도 다양한 무탄소 또는 탄화수소 계열의 연료로부터 수소를 추출하여 발전이 가능하고 높은 발전 효율을 나타내기 때문에, 연료에 대한 수용성이 매우 높을 뿐만 아니라 배기되는 연소 가스의 미반응 수소 또는 연소 열의 열교환을 통해 2차 에너지 생산이 가능하여 응용성이 매우 뛰어나다.

대부분의 발전시스템은 넓은 대지를 이용해야 한다. 특히 태양광의 경우는 이용율이 약 15%로 낮기 때문에 더 큰 면적이 필요하다. 연료전지는 이용률 및 가동율이 90% 이상으로서, 에너지 집적도가 높고, 특히 단위 모듈로 구분하여 층층이 쌓을 수 있기 때문에 대지 면적이 작아도 대용량 발전시스템을 건물 형태로 설치할 수 있고, 이로부터 단위 면적당 땅값이 높은 도심 설치에 유리한데, 임의의 건물 내에 주차장 또는 옥상, 베란다 등 설치 공간의 제약이 적어 분산형 발전, 에너지 자족시스템으로서 매우 유효하다. 작은 공간을 차지함에 따라 태양광 또는 풍력 발전 대비 유지 보수 상의 접근성이나 작업성도 매우 우수한 등 다른 신재생에너지에 비해 에너지원으로서의 장점이 많아 상업적 기대가 크다.

현재 및 미래에 탄소 중립 뿐만 아니라 ESG 경영에 대한 관심이 촉발되고 있고, 도입에서 언급한 것과 같이 21세기는 에너지 공급과 관리가 핵심 이슈가 될 것이다. 이를 토대로 많은 에너지 공급 또는 관리 기업, 건설사 등이 에너지 기기 및 관리에 대한 사업(Energy Management Business)에 관심을 두고 있

고, 국내 많은 기업들이 이미 이에 대한 사업화를 추진하며 양호한 실적을 확보하고 있어 점차적인 사업화 확대와 연료전지 적용 증가를 예상하고 있다.

아직은 연료전지의 기술 개선 문제, 시장 형성의 시간이 필요하지만, 전세계에서 국내 연료전지 시장이 가장 발달해 있으며, 장기적으로 “수소 경제”는 우리나라만의 전유물이 아닌 전세계적인 에너지 트렌드인 만큼 많은 기업들에게 상업적으로 좋은 기회를 부여할 것으로 예상된다.

STX에너지솔루션의 연료전지/수소 사업

STX에너지솔루션(주)는 2021년 6월, 수소 사업의 전문성을 제고하고 경영 효율성의 강화를 목적으로, 대형 선박용 엔진 전문제조사인 STX중공업(주)로부터 단순·물적 분할하여 설립하였다. 핵심 사업에의 집중 투자를 가능하게 하고, 필요한 경우, 외부 투자유치·전략적 사업 제휴·기술 협력 등을 통해 경쟁력을 강화하고 재무 구조 개선하고자 하고 있다.

당사는 2010년 이래로 자체 기술로 개발 및 사업화를 추진 중인 고체산화물 연료전지(SOFC, Solid Oxide Fuel Cell), 수성개질형 수소추출기(Steam-Methane Reforming type Reformer), 소형가스터빈(MGT, Micro Gas Turbine)에 대한 기술과 사업권을 양도 받아 본격적이고 전문적인 수소 사업을 영위할 계획이다.

고체산화물 연료전지(SOFC)의 경우, 2016년 개발을 완료

그림 4. STX-ES/KR/DSME MOU 체결 ('22.02)



하고, 2018년 2월 건물용 SOFC 시스템으로는 국내 최초로 한국가스안전공사 연료전지 안전검사(KGS AB 934)를 통과하였고, 동년 7월 산업부 녹색기술 인증을 국내 최초로 획득하여 SOFC 시스템 기술력을 인정 받은 바 있다.

당사는 한국에너지기술평가원의 지원을 통해 2018년부터 올해 9월까지 1kW SOFC 총 30여 대에 대하여 포함TP 및 대구 TP 등에서 원격 제어 기술을 적용하여 실증을 진행하고 있고, 연속 1.1만 시간, 누적 60MWh의 실적을 나타내고 있다.

현재 개발중인 건물용 5kW의 경우, 고온 재순환 송풍기 (ARB, Anode Recycle Blower)를 적용한 배기 회수 및 반응 재활용을 통한 연료 절감으로 기존 제품 대비 발전효율을 10% 이상 향상한 차세대 고성능 제품 및 향후 수십 kW급 중대형 제품의 기본 모듈(Base Module)로 활용할 예정이다.

또한, 핵심 부품인 스택의 기술 및 성능 개선을 위해 한국세라믹기술원과 함께, 제조 공정 개선, 원가 절감을 위한 구조 최적화 등에 관해 공동 연구 중이다.

당사는 기존 SOFC 제품에 적용되던 수성 개질 기반의 수소 추출 기술을 한층 업그레이드하여 2021년부터 수소 추출기 사업에 본격적으로 진출하고자 기술 개발 및 사업화에 착수하였다. 장기적으로 연료전지 등 수소 활용 분야와 더불어 수소 생산 분야에서도 국내 기술 보유의 필연성, 국내 생산의 필요성을 고려하면 사업 다각화가 필요하다는 결정이다.

수성 개질 촉매 특허를 비롯하여 다양한 개질기 형식과 관련 부품의 기술을 보유하고 있으며, 최근에는 한국가스공사의 지원을 통해 10kW급 개질기 시제품 개발에 성공하였고, 한국

그림 5. STX ES의 수소추출기 컨셉 모형



전력 전력연구원과 공동으로 블루수소 생산 시스템에 대한 개발 과제 수행을 추진하고 있다.

한편, 향후 중대형 건물 및 발전용 연료전지 시장 뿐만 아니라 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization) 해양환경 규제(EEDI, Energy Efficiency Design Index) 발효에 따른 CO2 감축을 위해 선박용 엔진 또는 연료 변경이 필요한데, 이러한 변화의 대응 일환으로 그림4와 같이 한국선급(KR), 대우조선해양(DSME)와 선박용 SOFC 기술표준화 및 상용화에 관한 MOU를 체결하였고, 기존 보유한 소형 가스터빈을 연료전지에 접목하여 10% 이상의 출력 증강 및 발전효율을 개선하고 고체산화물 연료전지 복합발전 시스템 개발을 고려하고 있다.

당사는 상기 고체산화물 연료전지 시스템 및 수소 추출기를 기반으로 기술 개발 및 사업을 영위하며 장래에는 기본적인 원가 절감 및 제품 최적화, 공정 개선의 시장 경쟁력 제고 방안에 대한 전략 수립 및 집중적인 투자를 계획하고 있다.

국내 수소 및 연료전지 시장은 현재 사업화 초기 단계로서, 아직은 단기적인 실적 확보보다는 장기적인 정책 개발과 기술 발전에 좀더 주안점을 두어야 할 시점이라 생각하며, 전반적인 세계 에너지 동향을 고려할 경우, 수소와 연료전지 산업은 매우 의미있는 성장과 실적 개선을 기대할 수 있을 것이다.

...	저자소개	↗
이동원 STX에너지기술루션(주) 대표는 경북대학교 기계공학과를 졸업하고 동 대학원에서 석사, 박사 학위를 취득하였다. 2007년 STX엔진(주) 기술연구소 과장으로 근무한 후 STX종합기술원(주) 기자재연구팀 팀장, STX중공업(주) 신사업센터의 센터장을 거쳐 현재 STX에너지기술루션(주) 대표이사로 재직 중이다.		