

신기후체제 협약에 따른 신재생에너지의 필요성

김기석, 유연태, 장길수 | 고려대학교

1. 개요

지난

12월 12일 프랑스 파리 유엔 기후 변화협약 당사국 총회에서 2020년 이후 새로운 기후체제 출범을 위

한 합의문이 도출되었다. 앞서 각국은 2011년 더반 당사국 총회(COP17)에서 2020년 이후의 온실가스 감축 기여 목표

(INDC : Intended Nationally Determined Contributions)를 자체적으로 결정해 2015년 파리 당사국 총회 이전에 제출하기로 합의하였다. 이에 따라 196개 선진·개도국 모두가 지구온

난화 등 전 지구적인 기후변화 대응에 참여하게 되고, 5년마다 상향된 감축목표를 제출하고 탄소 감축 약속 이행을 점검하기로 하였다.

교토의정서에 불참했던 미국과 중국의 태도 변화와 온실가스 감축 공조 합의가 이뤄져 50년 후 고갈되는 석유자원을 대체할 에너지 기술을 확보할 필요성이 더욱 커졌다. 가장 효율성이 높고 온실가스 처리에 용이한 전기 에너지로의 전환이 필요하며, 전력소비 증가에 따른 태양광 및 풍력 등 신재생에너지를 이용한 발전 설비의 추가적인 확대가 예상된다. 그리고 온실가스 배출은 에너지 소비에 비례하므로, 에너지 소비 감축 및 효율화의 중요성도 부각될 것이다. 따라서, 본 원고

교토의정서에 불참했던
미국과 중국의 태도 변화와
온실가스 감축 공조 합의가 이뤄져

에서는 신 기후체제 협약에 대해서 알아보고, 신재생에너지를 보다 효율적으로 활용하기 위한 기술에 대해 서술하고자 한다.

2. 신기후체제 협약

파리 협정은 2020년 만료 예정인 기존의 교토의정서 체제를 대체하는 것으로 유럽 등 선진국에 대해서만 감축의무를

부과한 교토의정서의 한계를 극복, 선진국의 선도적 역할을 강조하는 가운데 개도국도 참여한다. 1997년 채택된 교토의정서(2005년 발효)는 온실가스 감축과 관련한 첫 국제협약이지만

선진국에만 감축 의무를 규정하고, 목표도 '하향식'으로 할당해 국가간 갈등이 컸다. 그 결과 미국은 애초부터 의정서 참여를 거부하고, 일본·캐나다·러시아·뉴질랜드 등이 잇따라 교토의정서를 탈퇴했다. 세계 최대 온실가스 배출국인 중국(1위)과 인도(3위) 등 개도국에는 감축 의무가 부과되지 않아 실효성이 떨어진다는 비판도 제기돼 왔다.

그러나 2020년부터 적용되는 '파리협정'(신기후체제)은 기후온난화 등에 대응해야 할 의무를 세계 모든 나라에 지우고 이를 실천할 새로운 규범을 담았다. 특히 주요 온실가스 배출국인 미국과 중국 등이 포함돼 실질적인 국제 체계를 형성할 수 있을 것이라는 평가가 나온다. 미국은 2025년까지 온실가

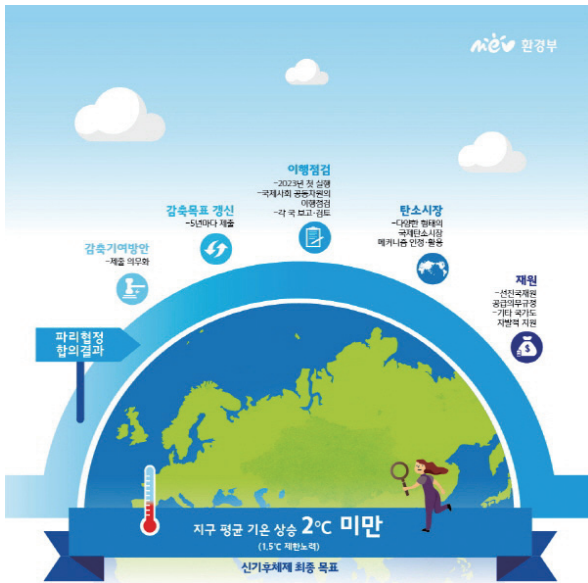


그림 1. 파리협정 합의결과(1)

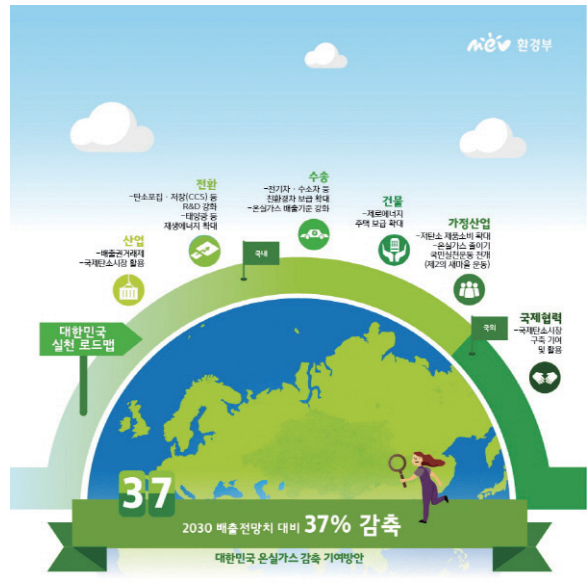


그림 2. 대한민국 실천 로드맵(1)

표 1. 교토의정서와 파리 협정의 차이점

교토의정서		신 기후체제(파리 협정)	
일본 교토 제3차 당사국총회	개최국	프랑스 파리 제21차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP21)	
1997년 12월 채택, 2005년 발효	채택	2015년 12월 12일 채택	
주요 선진국 37개국	대상국가	196개 협약 당사국	
2008년 ~ 2020년	적용시기	2020년 이후	
온실가스 감축에 초점	목적	감축을 포함한 포괄적 대응 (감축, 적응, 재정지원, 기술이전, 역량강화, 투명성 등)	
1990년 대비 평균 5.2% 감축 하향식(top-down)	감축목표	각국의 온실가스 자발적 감축 방안(INDC)에 따라 이행 상향식(bottom-up)	
<ul style="list-style-type: none"> 기후변화의 주범인 주요 온실가스 정의 온실가스 총배출량을 1990년 수준보다 평균 5.2% 감축 온실가스 감축 목표치 차별적 부여 (선진국에만 온실가스 감축 의무 부여) 미국의 비준 거부, 캐나다의 탈퇴, 일본, 러시아의 기간 연장 불참 등 한계점이 드러남 	목표 및 주요내용	<ul style="list-style-type: none"> 지구 평균온도의 상승폭을 산업화 이전과 비교해 섭씨 2°C보다 '훨씬 작게' 제한하며 섭씨 1.5°C까지 제한하는 데 노력 온실가스를 좀 더 오랜 기간 배출해온 선진국이 더 많은 책임을 지고 개도국의 기후변화 대처를 지원 선진국은 2020년부터 개도국의 기후변화 대처 사업에 매년 최소 1000억 달러(약 118조 1500억원) 지원 선진국과 개도국 모두 책임을 분담하며 전 세계가 기후 재앙을 막는 데 동참 협정은 구속력이 있으며 2023년부터 5년마다 당사국이 탄소 감축 약속을 지키는지 검토 	
<ul style="list-style-type: none"> 개도국으로 인정돼 의무 감축 대상 제외 	한국	<ul style="list-style-type: none"> 2030년 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축안 발표 선진국, 개도국 간 교량자 역할 	

스 배출량을 2005년에 비해 26~28%, 유럽연합(EU)은 2030년까지 35%, 일본은 2030년까지 26%를 감축한다는 목표치를

제시해 놓고 있다. 우리나라도 2030년에 예상되는 배출전망치에 비해 37%를 감축한다고 제안한 상태다. 전 세계 온실가

스 배출량의 30%를 차지하는 중국은 2030년까지 국내총생산(GDP) 단위당 배출량을 2005년 대비 60~65% 줄이겠다고 했다. 감축방식은 국가별 의무 감축분을 하향식으로 할당했던 과거 방식에서 벗어나 각국이 스스로 감축목표를 결정할 수 있도록 허용하는 유연한 접근방식을 채택했다. 교토 체제의 한계를 극복하기 위해 모든 국가가 참여할 수 있는 장치를 마련한 것으로 풀이된다. 또 교토의 정서가 온실가스 감축만을 중심으로 한 체제였다면, 신기후체제는 국제사회의 기후변화 대응을 강화하기 위해 감축, 적응, 재정, 기술, 역량강화, 투명성 등보다 폭넓게 다룬다. 개도국에 대한 선진국의 재정 및 기술 지원 방안도 담아 해당 국가의 반감을 줄였다. 표 1은 교토의정서와 파리 협정의 차이점을 나타낸 표이다.

2050년 전력소비는 현재의 두 배 가량으로 증가하는 반면 배출량은 95% 감축을 해야 하는 상황

3. 신재생에너지 기술의 확대

우리나라는 에너지다소비산업 구조로 인해 세계 7위 온실가스 배출국에 속하며, 배출량이 많은 만큼 온실가스 감축 활동에 계속 소극적 입장을 보일 수 없는 상황이다. 온실가스 감축 부담이 늘수록 우리나라 산업·수출 경쟁력에 타격이 올수 있고 온실가스 감축 비용을 전기·가스 등 에너지요금에 그대로 전가해 요금을 대폭 인상한다면 거센 국민 반발과 국가경제에 커다란 불안요소가 될 수 있다. 신기후변화체제 수립에

따라 에너지절약시설 등 시설투자 지원을 확대하고 국내의 배출권 확보 지원에도 적극 나서야 한다. 무엇보다 산업 생산과 직결되는 온실가스 배출 규제는 상용화가 완료된 기술(설비) 도입을 유도하는 수준으로 국한하고 신기술과 설비 투자 지원 정책 확대가 필요하다는 의견이다.

〈그림 3〉은 신기후체제 협약에 따른 탄소배출 감축 가이드라인을 나타낸 그림이다. 그림에서 보는 바와 같이 부문별 배출량 규제에 있어 전기 분야는 25G에서 0G로 배출량 규제가 산업 및 교통 분야에 비해 월등히 높은 것을 확인할 수 있다.

2050년 전력소비는 현재의 두 배 가량으로 증가하는 반면 배출량은 95% 감축을 해야 하는 상황이라 우리나라의 경우도 발전 부문의 감축이 신기후체제 협약의 성패가 좌우되는 상황이다. 글로벌 온실가스 배출량의 40%가 전력산업과 관련되어 있으므로, 온실가스 감축으로 인해 전력산업의 변화는 불가피할 것으로 보인다. 이를 위해 신재생에너지의 확대와 에너지 효율 개선이 중요하다.

3.1. 풍력발전

풍력발전이란 공기의 운동에너지를 기계적 에너지로 변환시키고 이로부터 전기를 얻는 기술이다. 풍력 발전 단지의 면적 중에서 실제로 이용되는 면적은 풍력발전기의 기초부, 도

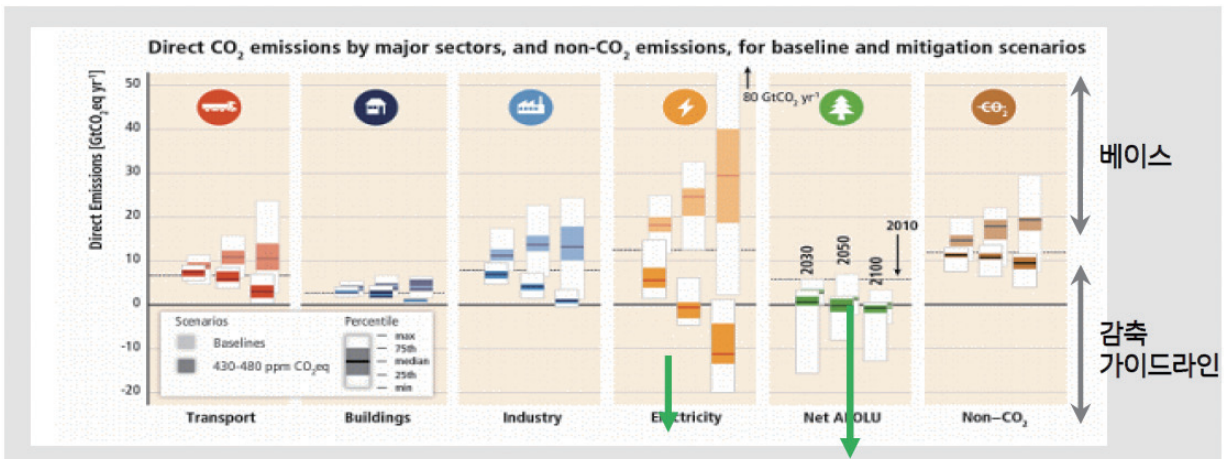


그림 3. 신기후체제 협약에 따른 탄소배출 감축 가이드라인 [3]

로, 계측 및 중앙 제어실 등으로 전체 단지 면적의 1%에 불과하며, 나머지 99%의 면적은 목축, 농업 등의 다른 용도로 이용할 수 있어 국토를 효율적으로 이용할 수 있는 장점이 있다.

풍력산업은 에너지 산업분야에서 가장 높은 성장을 하고 있다. '09년 이후 연간 45GW이상 설치되고 있으며, '13년말 누적 설치용량은 318,1376MW에 달하고 있다. '08년 이후 세계금융위기에도 불구하고 타 산업에 비하여 여전히 높은 성장률을 보였다. 용량 2MW급의 풍력발전기에는 약 8,000개의 다양한 부품이 소요된다. 풍력산업은 제조와 설치/운영까지 기계, 전기, 토목, 건축 산업뿐만 아니라 많은 분야의 산업이 복합된 산업 구조를 가진다. 따라서 풍력산업의 성장이 산업 전반에 미치는 파급 효과는 매우 크며 고용 효과도 다른 산업에 비하여 매우 높은 것으로 보고되고 있다.

해상용으로 시장이 확대되면서 대형화가 지속적으로 요구되고 있으나 기존의 기술을 기반으로 크기를 늘려가는 대형화 방식에는 한계가 있다고 판단하여 소재 및 설계의 혁신을 기반으로 대형화의 대안 중의 하나로 초전도 풍력발전기 개발은 물론 저 풍속 시장으로의 확대가 이뤄지고 있다. GE, Nordex, Siemens, Vestas 등과 같은 선진 풍력발전기 제조사들은 이미 저 풍속 시스템을 상용화하여 운용 중에 있다. 소형 풍력발전 기술의 시장 확대를 위하여 분산발전 기술과 연계한 Microgrid에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 장기적으로는 신재생에너지 보급 확대와 지속 가능 사회의 실현을 위한 다양한 형태의 복합 기술에 대한 구상 및 기술개발이 진행 중에 있다.

3.2. 태양에너지

신재생에너지 중 태양에너지의 장점은 에너지원이 무한정이라는 점과 공해를 일으키지 않는 청정한 에너지원이며, 지역적 편중이 적고 유지보수비가 적게 들어간다는 점이다. 하지만, 밀도가 낮고 간헐적이며, 유가의 변동에 따른 영향이 크고 봄, 여름은 일사량 조건이 좋으나 겨울철에는 조건이 불리

하다는 단점이 있다. 최근 전 세계적으로 태양광 발전이 활발히 진행되고 있다. 유럽을 중심으로 한 선진국들은 화석 연료 고갈 이후를 대비해 정책적으로 각종 지원금을 주거나 기업들이 쓰는 에너지의 일부를 태양광을 포함한 신재생에너지로 의무적으로 쓰도록 하는 '당근과 채찍'을 통해 관련 산업을 키우고 있다. 국내에서도 여러 기업이 공장 지붕부터 건물 옥상, 버려진 도로나 염전, 고속도로 인근, 하수처리장 등 전국에 크고 작은 태양광 발전소를 짓고 있는데, 정부가 2012년부터 시행하고 있는 신재생에너지의무공급제도(RPS)의 영향이 크다. 이 제도에 따르면 국내 발전회사들은 전체 전력 생산량 중 일정 비율을 태양

*태양광은 햇볕이 드는 곳이면 어디나
패널을 세울 수 있기 때문에 2012년 이후
지금까지 600메가와트(MW)의
태양광 발전소가 새로 설치*

광, 풍력, 조력 등 11개 종류의 신재생에너지원을 반드시 활용해야 한다. 이를 지키지 못하면 과징금을 내야 하는데, 여러 신재생에너지 중 태양광이 가장 짓기 쉽다. 입지가 까다로운 풍력 조력과 달리, 태양광은 햇볕이 드는 곳이면 어디나 패널을 세울 수 있기 때문에 2012년 이후 지금까지 600메가와트(MW)의 태양광 발전소가 새로 설치됐는데, 이는 국내 전체 설치량(1,300MW)의 45%에 해당한다. 만약 발전회사들은 의무량을 채우지 못할 경우 현물시장에서 신재생에너지공급인증서(REC)를 사서 부족한 부분을 채워야 하고 정부가 지붕, 옥상(1.5배)이나 염전, 버려진 도로(1배) 등을 활용한 태양광 발전 생산량에 대해 가중치를 주면서 이들 공간의 가치가 오르고 있다. 태양에너지를 이용하는 방법은 크게 태양광 발전과 태양열이 있으며, 최근 태양열에 대한 관심이 늘어가고 있다.

3.3. 신재생에너지원의 융복합 기술

우리나라는 대표적인 신재생에너지 발전 방식인 태양광 발전과 풍력 발전 자원의 환경이 좋지 못하여 대규모로 개발되기에는 한계가 있다. 아울러, 독립된 전력계통으로 운영되는 우리나라는 신재생에너지원의 변동성에 대한 대안이 함께 필요하다. 이러한 우리나라의 문제점을 고려하여 신재생에너지원의 보급을 확대시킬 수 있는 융복합 기술들을 소개하고자 한다.

① 풍력발전과 에너지저장 장치의 융합

전력계통 운영 측면에서 가장 중요한 것은 수요를 정확히 예측하여 발전기를 가동하는 것이다. 그러나 신재생에너지원의 발전 특성은 기상조건과 외부환경에 의존하기 때문에 발전량을 조절하기가 쉽지 않다. 기존의 전력계통 시스템은 신재생에너지의 간헐성과 변동성을 흡수하는데 한계가 있기 때문에, 장기적인 관점에서 발전 능력과 소비 수요 사이에서 완충장치 역할을 할 전력 저장장치의 도입이 필요하다. 전력저장 장치는 짧은 시간 간격 내에서 신재생에너지의 발전량 변동에 의한 전력계통 교란을 최소화함으로써 전력품질 및 안전성을 확보할 수 있다.

② 풍력과 조류의 복합발전

영국의 Green Ocean Energy사가 개발한 Wave Treader는 해상 풍력발전과 파력발전을 결합시킨 복합발전시스템이다 (〈그림 4〉). 500kW 발전용량을 가지며, 유리강화 플라스틱으로 제작된 20m 길이의 부유체 2개로 구성되어 있다. 부유체들은 50m 길이의 움직이는 빔에 의해 풍력터빈의 몸체에 연결된다. 부유체들이 파도에 의해 상하운동을 하면 부유체에 붙어 있는 암이 빔에 붙어 있는 유압 실린더를 구동시키고 이는 다시 발전기에 붙어 있는 유압 모터를 회전시켜 전기를 발생시키는 원리이다. Wave Treader는 발전효율을 극대화하기 위하여 파도의 방향에 맞춰 회전하고 조석에 따른 수위변화에 따라 높이가 조절되도록 설계되었다. 전력망과 발전시스템의 계류 장치를 풍력터빈과 공유하여 발전용량 당 투자비를 크게 낮출 수 있는 장점이 있다.

영국의 Energyisland사는 해상 풍력발전과 파력발전 외에도 해수 온도차 발전, 태양광 발전 등 해양에서 이용 가능한 신재생에너지를 결합시켜 상호 보완함으로써 에너지 전환효율을 극대화시킨 개념의 대규모 부유식 플랫폼 Energy Island를 제안하였으나 아직까지 구상 단계에 머물러 있으며, 〈그림 5〉는 Energy Island의 개방형 해양열 에너지 변환 사이클 체계를 보여주는 개념도이다.

③ 풍력과 조류의 복합발전

일본 Mitsui Ocean Development & Engineering Company에서는 해상에 설치하여 풍력과 조류(current)를 동시에 에너지원으로 사용할 수 있는 SKWID (Savonius Keel and Wind turbine Darrieus) 시스템을 개발하였다(〈그림 6〉). 고정된 부유식 플랫폼에서 수면 위쪽으로는 바람에 의해 회전하는 수직축 풍력터빈과 수면 아래쪽에는 조류의 흐름을 이용하는 조류터빈이 설치되어 있다. 이 두 개의 터빈은 기어박스를 통해 발전기로 연결되어 있어서 풍력과 조류 중 하나라도 동작하면 발전이 가능하다. 또한, 해상 풍력터빈은 사보니우스 수직축 풍력터빈을 사용하여 어떠한 방향에서 바람이 불어오더라도 발전이 가능한 구조이다.

④ 천연가스, 풍력, 태양열 복합발전

신재생에너지를 묶어서 운영하는 복합발전은 신재생에너지를 전력계통에 연계하기 위한 가장 경제적이면서 편리한 방안이 될 것으로 보인다. GE는 천연가스와 함께 풍력 및 태양



그림 4. Wave Treader 개념도 [7]

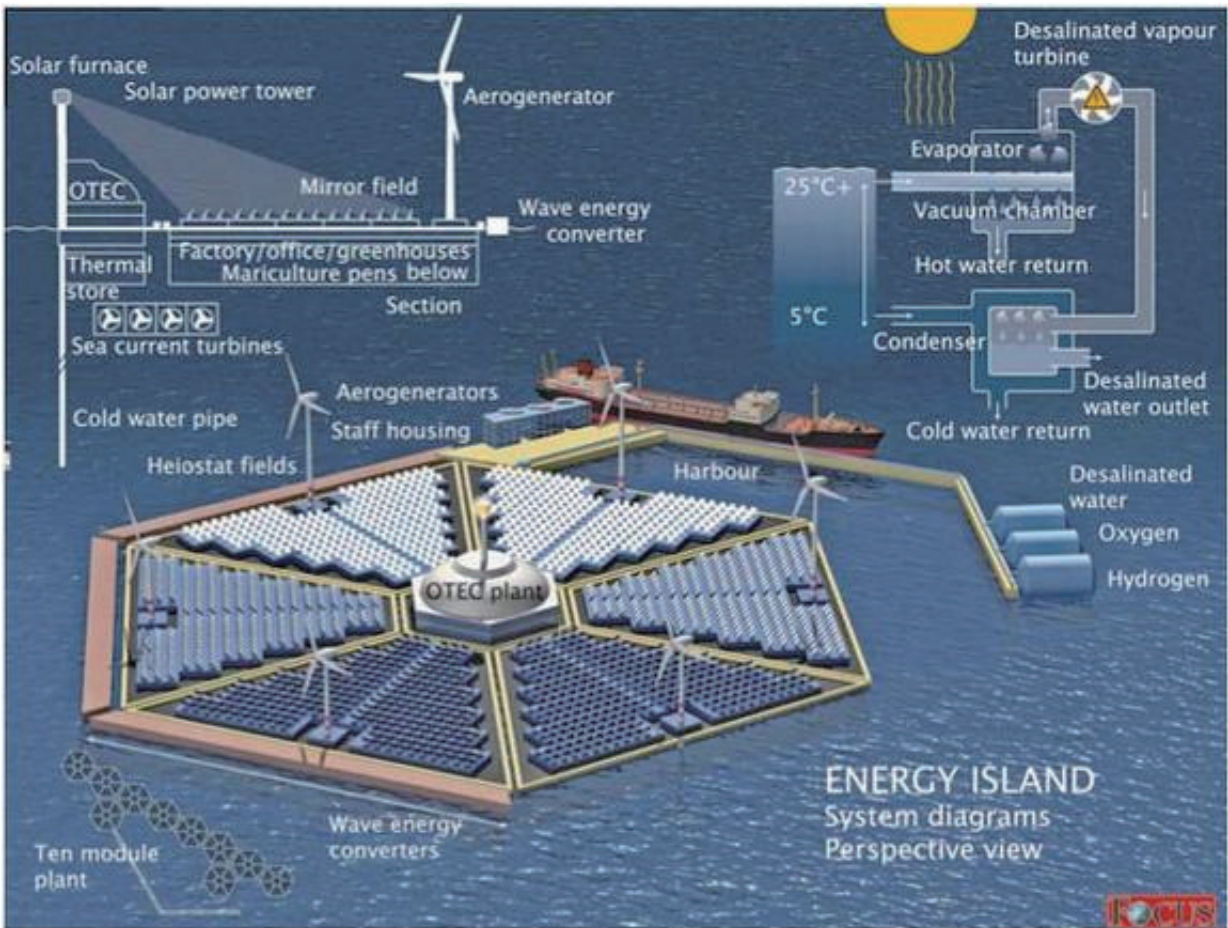


그림 5. Energy Island 개념도 (8)

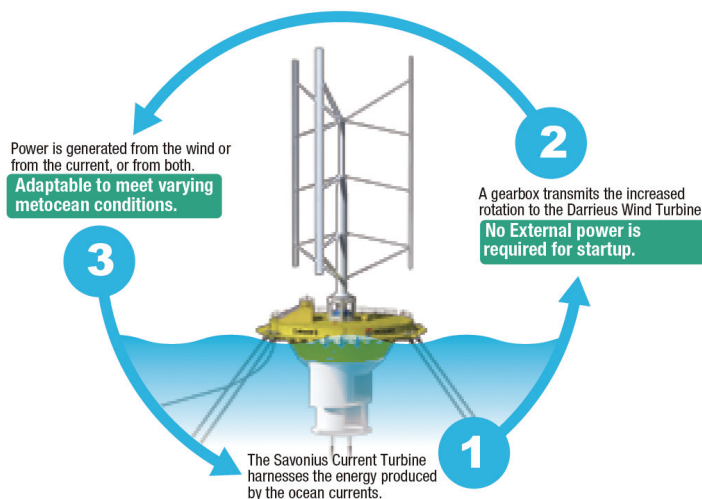


그림 6. 풍력과 조류의 복합발전기 디자인 (10)

열을 통합하는 전 세계 최초의 발전소 프로젝트를 발표하였다. 즉, 530MW 규모의 발전소를 터키에 건설하여 2015년부터 가동한다는 것으로, GE의 고효율 천연가스 복합발전 기술과 GE

가 투자한 eSolar사가 제작한 태양열 전력시스템을 활용하여 건설될 예정이다.

태양열 발전을 천연가스 발전과 결합하는 것은 새로운 아이디어는 아니지만 GE는 새롭게 개발한 복합발전용 터빈과 기술을 적용하고 풍력을 융합함으로써 경쟁력 있는 기술이 될 수 있다고 주장한다. 즉, 풍력단지는 일부 천연가스 발전소의 제어 시스템과 전력 계통 연계부분을 공유할 수 있을 뿐 아니라 천연가스 발전이 풍력발전에서 발생하는 바람의 간헐성에 의한 전력의 변동성을 제거하는데 도움이 될 것으로 기대하고 있다. 태양열 발전은

반사경으로 집광한 태양열로부터 스팀을 생산하여 천연가스 복합발전소의 스팀 터빈에 공급하여 발전출력을 증가시키게 된다. eSolar가 개발한 태양 집열기는 두 가지 면에서 비용 절

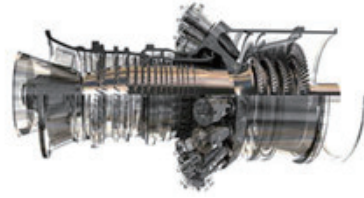



그림 7. 풍력-태양-천연가스 발전소 개념도(좌) 및 출력 변동성 추종 가스터빈(우) [11]

감에 도움을 준다. 즉, 모듈식으로 되어 있는 집열기 시스템은 설치가 쉽고 발전 형태에 따라 손쉽게 변경이 가능하다. 또한 과거 태양열 시스템 대비 더 높은 온도의 스팀을 생산할 수 있어서 출력을 증가시킬 수 있다. <그림 7>은 태양열 발전 및 풍력발전의 출력 변동성을 보완하여 빠른 출력 변화가 가능하도록 설계된 GE의 고효율 가스터빈이다.

4. 결 론

지난 12월 12일 프랑스 파리 유엔 기후변화협약 당사국 총회에서 2020년 이후 새로운 기후체제 출범을 위한 합의문이 도출되었다. 이에 따라 신기후체제 하에서 우리나라의 국제적 온실가스 의무 감축 부담이 증가하여 국내 온실가스 저감을 위한 정책 및 관련 기술개발이 시급한 상태이다. 특히, 신재생에너지는 친환경적 청정에너지로서 화석에너지 고갈, 국제 환경규제 강화로 인해 주요 에너지원으로 부상될 전망이다. 2020년까지 세계 신재생전력 생산량은 연평균 5.4% 증가할 것으로 예상되며, 수력이 약 37%, 육상 풍력이 31%를 차지할 것으로 예상된다. 최근 국제 신재생에너지 정책 및 시장 변화의 특징은 태양광발전 보급 유인 감소, 경쟁입찰시장 참여 기회 확대, 소규모 태양광발전 시장 확대, 신재생에너지정책 확산, 바이오 연료시장 확대, 전력요금상계제도 확산 등이 있다. 따라서, 이러한 변화에 대응하는 정책 및 신재생에너지 수용량 확대를 위한 전력계통에서의 기술 개발이 필요할 것으로 예상된다. 

참 고 문 헌

- [1] 환경부 홈페이지, <http://www.me.go.kr/issue/cop21>
- [2] 외교부 국제경제국 기후변화환경과, “기후변화 바로알기”, 2015.
- [3] IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), “Climate Change 2014 Synthesis Report Fifth Assessment Report”, 2014.
- [4] 한수원blog, <http://blog.khnp.co.kr/greenspeaker/archives/2796>
- [5] 김현구, “풍력 융복합발전 기술동향”, 녹색기술동향보고서, 2014.
- [6] 한국에너지관리공단, “2014 신·재생에너지 백서”
- [7] power-technology.com, <http://www.power-technology.com/projects/greenoceanenergywav/greenoceanenergywav1.html>
- [8] Michael Schirber, “How Floating ‘Energy Islands’ Could Power the Future”, 2008
- [9] <http://www.modec.com/fps/skwid/index.html>
- [10] MODEC, “Floating Wind & Current Hybrid Power Generation”, 2013.
- [11] GE, “FlexEfficiency*60 Portfolio - A new standard of high efficiency and operational flexibility”, 2012.
- [12] EPRI, “2016 Research Portfolio”, 2015.
- [13] EPRI, “State of the Technology 2015”, 2015.
- [14] 한국에너지공단 신재생에너지센터 그린홈, <https://greenhome.kemco.or.kr>