

2021. 07

유망시장 Issue Report

풍력 에너지



목 차

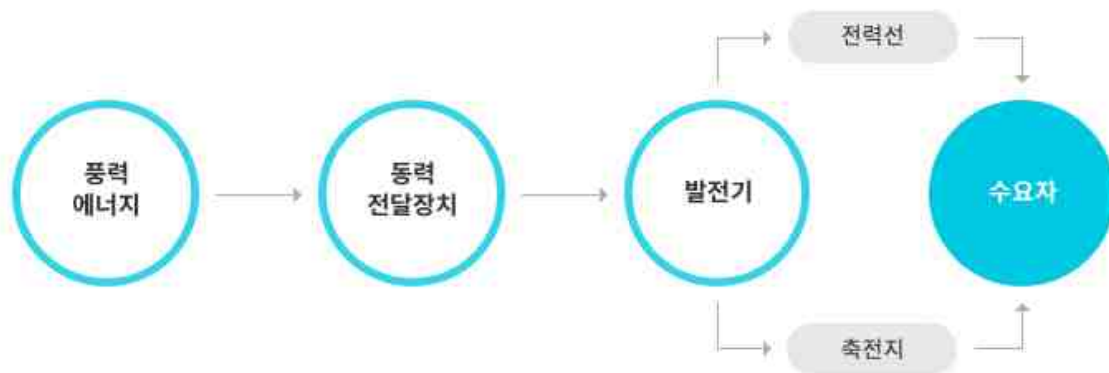
I . 개요	01
II . 정책 동향	07
III . 기술 동향	22
IV . 시장 동향	28
V . 산업 동향	31

I. 개요

1. 아이템 개요

○ (풍력에너지) 풍력에너지(Wind Power)는 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생하는 전력

- 풍력에너지는 바람이 있는 곳은 어디서나 전력 생산이 가능하고, 설비의 설치가 용이하며, 가격이 저렴하여 미래의 에너지 산업으로 각광 받고 있음
- 바람이 가진 에너지를 흡수, 변환하는 운동량 변환장치, 동력전달장치, 동력변환장치, 제어장치 등을 거쳐 수요자에게 전달



[그림] 풍력에너지 흐름도

※ 출처 : 한국전력공사 홈페이지

○ 풍력에너지는 전 세계 소비자들에게 경제적으로 저렴하고 깨끗한 전기 공급을 가능하게 함

- 자본비*와 변동비**의 2가지 주요인이 풍력발전의 비용을 결정

* 터빈 비용, 부품을 설치 현장에 운반하기 위한 도로 신설, 기초 및 전력망 연결비용

** 변동비는 운영 및 유지보수비(O&M: Operation & Maintenance), 보험, 토지 임대, 세금, 관리 및 종업원 임금 등

○ 지구온난화에 의한 이상 기후 현상으로 범지구적 기후변화 대응 노력이 필요하다고 인식되며 필요성 부각

- 제21차 유엔기후변화협약 당사국 총회(COP21)에 197개국이 참여하여

최종적으로 파리협정(Paris Agreement) 채택

- 파리협정을 통한 신기후체제의 출범에 따라, 한국은 2030년 온실가스 배출전망치(BAU, Business As Usual) 8.5억 톤 대비 37% 감축을 목표로 함

○ 전 세계의 에너지 관련 CO2 배출은 2010년에 310억 미터톤에서 2020년에 360억 미터톤으로 2040년에는 450억 미터톤까지 상승할 것이 예상되어 다음 40년에 걸쳐 46% 이상 증가할 것

○ (풍력발전) 풍력발전이란 공기의 운동에너지를 기계적 에너지로 변환시키고 이로부터 전기를 얻는 기술

- 공기역학에 의해 날개처럼 생긴 로터(Rotor)가 돌아가면서 발생하는 기계적 운동에너지를 발전기를 통해 전기에너지로 변환
- 원리는 간단하지만 주요 부품의 설계와 제작 및 시스템 제어 등은 상당한 기술력을 요구
- 풍력발전은 무공해, 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 적고, 국토의 효율적 이용 가능
- 대규모 발전단지의 경우 발전단가가 기존의 발전방식과 경쟁 가능한 수준
- 반면, 풍력으로 발전하려면 평균 초속 4m 이상의 바람이 필요하므로 경제성을 확보할 수 있는 입지가 매우 제한적

[표] 풍력발전의 장단점

장점	단점
▪ 대부분 무인 원격 운전되어 유지보수 비용이 상대적으로 적으며 연료비가 거의 없음 ▪ 바람의 운동에너지 이용으로 화석연료와 대등한 가격경쟁력을 확보할 수 있는 유일한 대체 에너지 ▪ 건설 및 설치 기간이 짧음 ▪ 설치 높이가 높아 지상 토지를 다른 용도로 활용 가능 ▪ 일부지역의 경우 관광자원화 가능	▪ 풍력 가능한 바람은 평균 초속 4m이상 필요하므로 경제성을 확보할 수 있는 입지가 제한적 ▪ 방해물 등의 자연환경 변화에 매우 민감 ▪ 입지에 따라 다르나, 설비 이용률이 타 발전원에 비해 낮음 ▪ 소음 발생

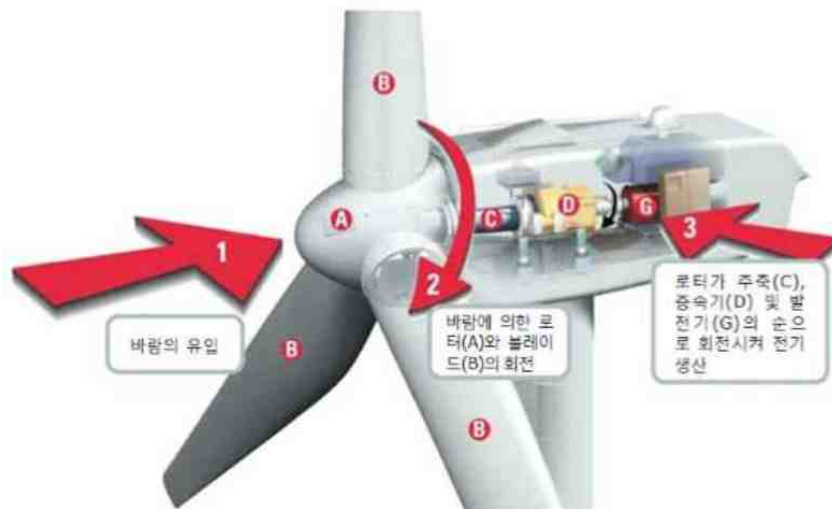
※ 출처 : 풍력발전 기술동향, 과학기술일자리진흥원, 2018

○ (풍력발전 구성) 바람에 의해 회전하는 블레이드(Blade), 동일 구동축에

연결된 주축, 증속기 및 발전기로 구성됨

- (블레이드) 바람의 운동에너지를 기계적 회전력으로 변환시키는 장치
- (증속기) 입력된 에너지를 증폭시키는 장치
- (발전기) 기계적 회전에너지로 전기에너지로 변환시키는 장치

○ (풍력발전 원리) 풍력발전은 ①바람의 유입에 의한 날개의 운동이, ② 주축에 기계적 에너지를 전달하고 주축의 회전속도가 일정하게 증속되어, ③발전기에서 교류 전기를 생산



[그림] 풍력발전기의 작동원리

※ 출처 : KOSME 산업분석 리포트 -태양광·풍력을 중심으로 한 신재생에너지-, 융합금융처, 2019

○ (해상풍력발전) 해상풍력발전(Offshore wind power)은 풍력터빈을 호수, 피오르드(fjord) 지형, 연안과 같은 수역에 설치하여 그곳에 부는 바람의 운동에너지를 회전날개에 의한 기계에너지로 변환하여 전기를 얻는 발전방식을 말함

- 해상풍력은 기술 발전, 원가 하락, 주요국 지원정책을 바탕으로 빠르게 성장
- 지구의 70% 이상이 바다로 덮여 있고, 풍속이 육지보다 연안에서 상당히 하며 탄소 저감 측면에서 1GW의 해상풍력은 3.5미터톤 이상의 CO2를 방지하는 효과가 있기 때문에 육상풍력, 태양광, 수력보다 화석 연료를 대체하는 기술로서 잠재력이 큰 것으로 평가

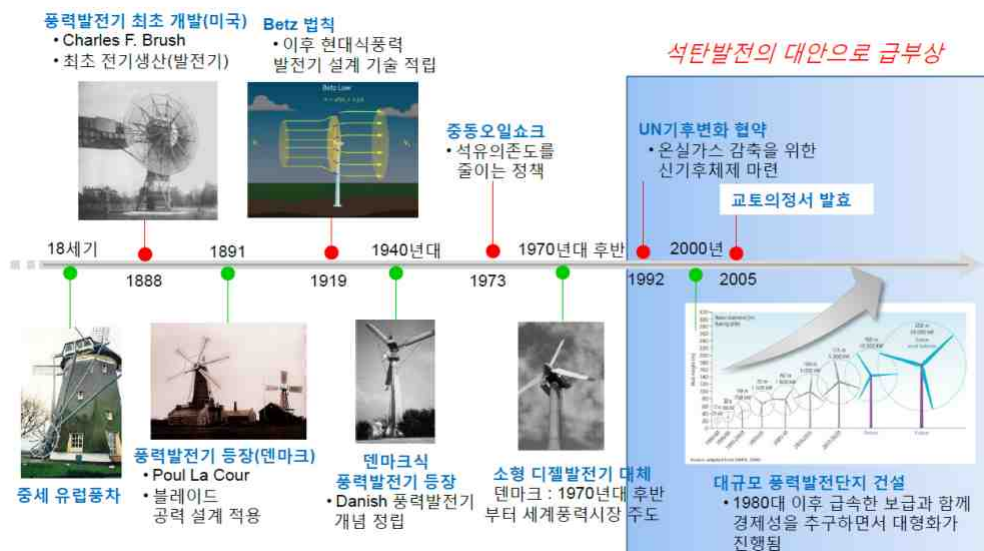
- 해상풍력의 원가는 지난 10년간 50% 이상 하락



[그림] 전북 고창군 해상풍력 실증단지

※ 출처 : 전라북도

- 1988년경 미국의 Brush에 의해 인류 최초의 풍력발전기가 만들어진 이래, 약 100년간의 기술적 준비단계를 거쳐 1970년대 오일쇼크를 계기로 덴마크식 풍력발전기가 산업적 표준기술로 정립
- 이후 1992년 UN 기후변화협약 및 1997년 교토의정서 체결을 계기로 풍력발전기술이 화석연료(특히, 석탄발전)를 대체하는 재생에너지원으로서 급부상
- 2000년대 들어서 풍력발전은 풍력터빈의 대형화와 원가 하락에 힘입어 더욱 빠른 속도로 성장



[그림] 풍력발전의 역사

※ 출처 : 신재생에너지 확대와 미래 환경변화 대응을 위한 중장기 발전방향, 한국환경정책·평가연구원, 2020

- 국내는 1993년 제주 월령에 100kW와 30kW의 소형 발전기를 설치하고 실증 실험에 착수한 때부터 풍력발전 기술개발 시작
 - 이후 2000년대 들어 국내 조선업/중공업 관련 대기업들이 본격적으로 국산 풍력터빈 개발에 참여하면서, 2~3MW급 대형 발전기의 상용화를 위한 국내 기술기반이 구축

2. Value Chain

- 풍력발전 시스템은 해상풍력과 육상 풍력이 있으며 해상풍력의 경우 수중 기초구조물이 추가적으로 필요하다는 점에서 육상풍력과 차이가 있지만 기본적으로 해상/육상 풍력발전기 구성이 동일



[그림] 풍력발전 시스템 Value Chain

※ 출처 : KETEP Insight 신재생에너지 가치사슬 분석을 통한 R&D 투자방향- 태양광, 풍력, 연료전지를 중심으로, KETEP, 2017

- 풍력발전 산업의 가치사슬 (Value Chain)은 크게 풍력발전부품 업체, 풍력 터빈 발전기 공급업체, 풍력발전단지(설치시공, 계통연계) 개발 업체, 전력구매 및 공급 업체로 구성됨
 - 주요 기자재의 하위 부품이 생산되면, 그 부품들을 통해 타워 등의 주요 기자재가 제작
 - 풍력발전기 제조사를 통해 하나의 풍력발전기로 완성되고, 풍력발전기가 모여 풍력발전단지가 개발
 - 풍력발전기 제조사는 모든 관련 부품을 구매해 풍력발전단지에 일괄 공급하는 형태로, 풍력발전단지 운영은 발전업체에서 맡고, 생산된 전력은 한국전력공사 등이 구매해 소비자들에게 판매하는 형식으로 진행



[그림] 풍력발전 시스템 Value Chain

※ 출처 : 아이투자, 2021

II. 정책 동향

1. 국내 정책 동향

- 국내에서는 신재생에너지 확대 정책이 펼쳐지고 있으며 특히 한국형 뉴딜의 일환으로 그린뉴딜이 채택되어 새로운 전기를 맞고 있음
- 산업통상자원부는 2050년 탄소중립 달성을 위해서는 친환경 에너지 시스템 구축이 무엇보다 시급하다는 판단 하에 재생에너지 관련 예산을 2020년 1조 2,226억 원에서 2021년 1조 6,710억 원으로 증가시킴
- 산업부는 2017년 신에너지와 재생에너지를 분리하며 신재생에너지 활성화를 위한 정부 정책을 집중적으로 발표
 - 신재생에너지 예산이 2003~2007년 간 1조 3,970억 원, 2008~2012년간 4조 4,600억 원이었다가 2018년 처음으로 1조 원을 돌파하였고 신재생 에너지 예산 확대라는 정책 기조가 지금까지 이어지고 있음

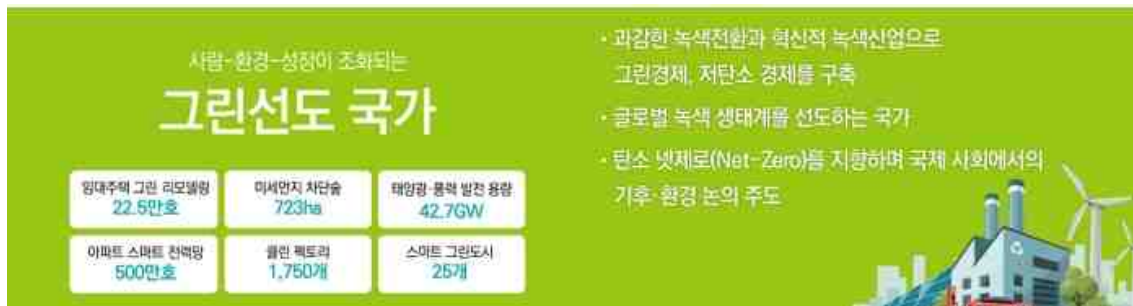
[표] 재생에너지 주요 정책

기본방향	내용
2020.05	▪ 여당 '한국판 뉴딜' 추진 건의 ▪ 여당 공약 '그린 뉴딜' 최초 삽입
2020.02	▪ 2020년 신재생 기술개발 및 이용보급 실행계획 공고
2019.11	▪ PV 최저효율제 2020도입
2019.08	▪ 태양광 생산자 재활용 책임 MOU
2019.06	▪ 제3차 에너지기본계획
2019.05	▪ PV 탄소인증제 도입 발표
2019.04	▪ 재생에너지산업 활성화방안 발표
2018.10	▪ 새만금비전선포식
2018.05	▪ 전기차 충전사업, 전력중개사업
2017.12	▪ 재생에너지 3020 이행계획 ▪ 제8차 전력수급
2017.03	▪ 전기사업법 개정(경제성, 환경성, 안전성)
2015.07	▪ 에너지신산업정책단 출범
2014.11	▪ 수요자원거래시장 개설
2013.08	▪ ICT 기반 에너지 수요관리방안
2012.02	▪ RPS 제도 도입
2011.10	▪ 모두가 체감하고 함께 가는 신재생에너지 추진전략
2010.10	▪ 신재생에너지 산업발전전략
2008.09	▪ 그린에너지산업발전전략

※ 출처 : 한국 재생에너지 동향과 대응정책, 환경부, 2020

가. 그린뉴딜

- 코로나19를 계기로 기후변화 대응 및 저탄소 사회 전환이 더욱 시급해지며 정부는 2030년 온실가스 감축목표, 재생에너지 3020계획 등을 차질 없이 이행한다는 목표를 가지고 그린뉴딜 추진
 - 해외 주요국들은 글로벌 기후변화 대응, 에너지 안보, 친환경산업 육성 등의 차원에서 저탄소 경제·사회로 이행중이나, 국내 온실가스 배출은 계속 증가하고, 탄소 중심 산업생태계가 유지되고 있음
 - 경제·사회의 구조의 전환 필요성이 높아짐에 따라 정부는 “탄소중립(Net-zero)” 사회를 지향점으로 그린뉴딜 추진
- 도시·공간 등 생활환경을 녹색으로 전환하고 저탄소·분산형 에너지를 확산하며 전환과정에서 소외받을 수 있는 계층과 영역은 보호
 - 혁신적 녹색산업 기반을 마련하여 저탄소 산업생태계 구축 추진

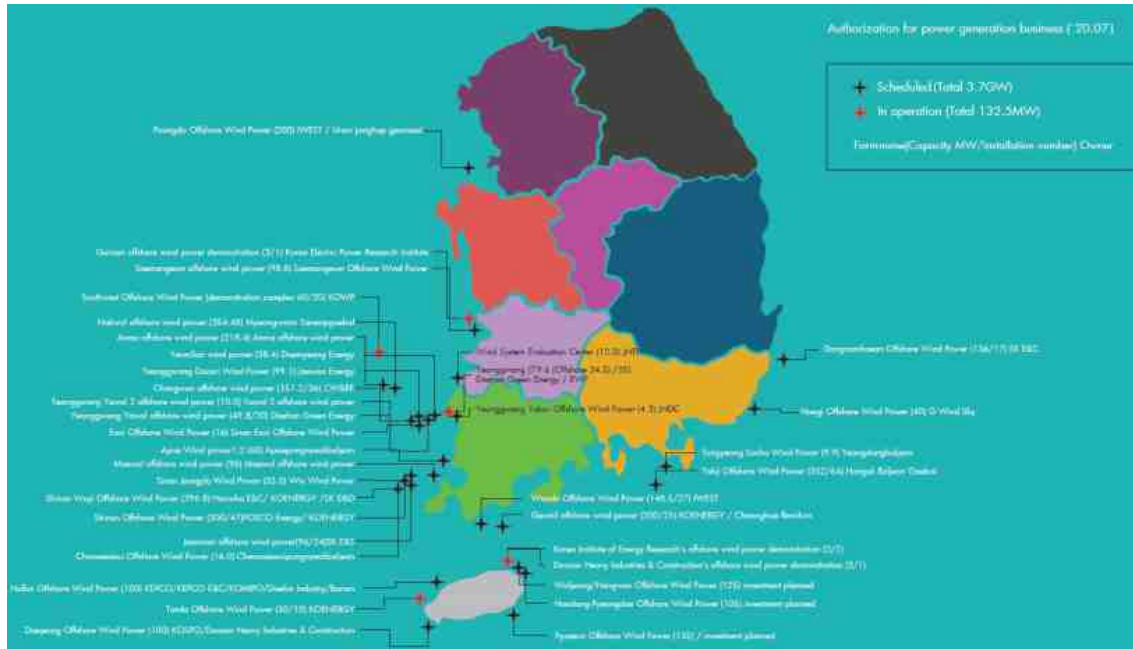


[그림] 그린뉴딜을 통한 국가 변화상

※ 출처 : 한국판 뉴딜, 대한민국 정책브리핑 홈페이지

- 그린뉴딜 정책으로 인한 해상풍력 재조명
 - 그린뉴딜 정책 중 대규모 해상풍력단지 입지발굴을 위해 13개 권역의 타당성을 조사하고, 전남 영광에 실증단지를 구축하겠다는 안이 포함
 - 정부는 2030년까지 연평균 1.2GW 해상풍력을 신규 공급하겠다고 밝힘
 - 총 23개의 해상풍력 프로젝트가 준비되고 있고, 총 3.7GW에 이를 것
 - 전북 서남권 해상풍력 사업이 구체화되고 있는데, 2029년까지 14조 원을 투자해 고창~부안간 해상에 시범단지 400MW와 확산단지 2GW 등 총 2.4GW의 해상풍력단지를 구축할 예정

- 제주도는 최근 국내 최대 규모인 100MW급 제주한림해상풍력발전 개발 사업을 승인



[그림] 한국 해상풍력 현황

※ 출처 : 한국풍력산업협회

나. 2050 탄소중립

○ (탄소중립 추진 전략) 탄소중립이라는 대전환 시대에 능동적으로 대응하기 위해 정부는 관계부처 합동으로 ‘2050 탄소중립 추진전략’을 마련하고 2020년 12월 7일 ‘제22차 비상경제 중앙대책본부회의’에서 그 내용을 발표

- 탄소중립 · 경제성장 · 삶의 질 향상 동시 달성을 목표로, △경제구조 저탄소화, △저탄소 산업생태계 조성, △탄소중립사회로의 공정전환의 3대 정책방향과 △탄소중립 제도기반 강화라는 3+1의 전략을 추진

[표] 탄소중립 추진 전략

전략	내용
경제구조의 저탄소화	▪ (에너지 전환 가속화) 에너지 주공급원을 화석연료에서 신·재생에너지로 적극 전환. 송배전망 확충, 지역생산·지역소비의 분산형 에너지시스템 확산 ▪ (고탄소 산업구조 혁신) 철강, 석유화학 등 탄소 다배출 업종 기술개발 지원, 고탄소 중소기업 대상 맞춤형 공정개선 지원 등 ▪ (미래모빌리티로 전환) 친환경차 가격·충전·수요 혁신을 통해 수소·전기차 생산, 보급 확대, 전국 2천만 세대 전기차 충전기 보급, 도시·거점별 수소 충전소 구축 ▪ (도시·국토 저탄소화) 신규 건축물 제로에너지 건축 의무화, 국토 계획 수립 시 생태자원 활용한 탄소흡수기능 강화
신유망 저탄소산업 생태계 조성	▪ (신유망 산업 육성) 차세대전지 관련 핵심기술 확보, 그린수소 적극활성화하여 2050년 수소에너지 전체의 80% 이상을 그린 수소로 전환, 이산화탄소포집(CCUS)기술 등 혁신기술 개발 ▪ (혁신 생태계 저변 구축) 친환경·저탄소·에너지산업 분야 유망 기술 보유기업 발굴·지원, 그린 예비유니콘으로 적극 육성, 탄소중립 규제자유특구 확대 ▪ (순환경제 활성화) 지속가능한 생산·소비 체계 구축, 산업별 재생자원 이용 목표율 강화, 친환경 제품 정보제공 확대
탄소중립 사회로의 공정전환	▪ (취약 산업·계층 보호) 내연기관차 완성차 및 부품업체 등 축소 산업에 대한 R&D, M&A 등을 통해 대체·유망분야로 사업전환 적극 지원, 맞춤형 재취업 지원 ▪ (지역중심의 탄소중립 실현) 지역 중심 탄소중립 실행 지원, 지역별 맞춤형 전략 이행을 위한 제도적 기반 정비 ▪ 탄소중립 사회에 대한 국민인식 제고
탄소중립 제도적 기반 강화	▪ (재정) '기후대응기금(가칭)' 신규조성, 세제·부담금·배출권거래제 등 탄소가격 체계 재구축, 탄소인지예산제도 도입 검토 ▪ (녹색금융) 정책금융기관의 녹색분야 자금지원 비중 확대, 저탄소 산업구조로의 전환을 위한 기업지원, 기업의 환경관련 공시의무 단계적 확대 등 금융시장 인프라 정비 ▪ (R&D) CCUS, 에너지효율 극대화, 태양전지 등 탄소중립을 위한 핵심기술 개발 집중 지원
산림, 갯벌, 습지 등 자연·생태의 탄소 흡수 기능 강화	▪ 유희토지(갯벌, 습지, 도시숲) 신규조림 확대, 산림경영 촉진 (산림연령 ↓, 목재이용 ↑)

※ 출처 : 2050 탄소중립, 대한민국 정책브리핑 홈페이지

○ (장기저탄소발전전략(LED))지속 가능한 녹색사회 실현을 위한 대한민국 2050 탄소중립 전략 추진

- △깨끗하게 생산된 전기·수소의 활용 확대, △디지털 기술과 연계한 혁신적인 에너지 효율 향상, △탈탄소 미래기술 개발 및 상용화 촉진, △순환경제(원료·연료투입↓)로 지속가능한 산업 혁신 촉진, △산림, 갯벌, 습지 등 자연·생태의 탄소 흡수 기능 강화를 기본 방향으로 함

[표] 탄소중립 5대 기본방향

기본방향	내용
깨끗하게 생산된 전기·수소의 활용 확대	▪ 산업(화석연료→전기·수소), 수송(내연기관→친환경차), 건물(도시가스→전기화)
디지털 기술과 연계한 혁신적인 에너지 효율 향상	▪ (산업) 고효율기기 보급 확대, 공장 에너지관리시스템 보급, 스마트 그린산단 조성 ▪ (수송) 지능형 교통시스템(C-ITS), 자율주행차(교통사고↓, 효율↑), 드론택 ▪ (건물) 기존 건물 → 그린리모델링, 신규 건물 → 제로에너지 빌딩, 발광다이오드(LED) 조명, 고효율 가전기기
탈탄소 미래기술 개발 및 상용화 촉진	▪ 미래기술 : 철강→수소환원제철 / 석유화학→혁신소재, 바이오 플라스틱 / 전력→CCUS
순환경제 (원료·연료투입↓)로 지속가능한 산업 혁신 촉진	▪ 원료의 재활용·재사용(철스크랩, 폐플라스틱, 폐콘크리트) 극대화, 에너지 투입 최소화
산림, 갯벌, 습지 등 자연·생태의 탄소 흡수 기능 강화	▪ 유휴토지(갯벌, 습지, 도시숲) 신규조림 확대, 산림경영 촉진(산림연령↓, 목재이용↑)

※ 출처 : 2050 탄소중립, 대한민국 정책브리핑 홈페이지

○ (국가온실가스감축목표(NDC)) 세계 각국은 2015년 12월 파리협정 채택 이전 국가온실가스감축목표를 유엔(UN)에 제출했으며, 2021년 파리협정의 본격적 이행을 앞두고 2020년까지 이를 갱신하기로 합의

- 우리나라는 2030년 배출전망치 대비 37%를 감축 목표로 제출(2015년 6월)했다. 이후 ‘2030 국가 온실가스 감축 수정로드맵(2018년 7월)’을 마련하고 ‘저탄소 녹색성장 기본법 시행령’을 개정(2019년 12월)하는 등 감축목표 이행을 위해 노력해왔으며, 그간의 노력을 바탕으로 이번 국가온실가스감축목표 갱신안을 마련함

- (2015.6) 파리협정 채택 전(2015.12), 기후의욕 고취를 위해 자발적인 2030 목표 제출 요구 → 2030년 BAU 대비 37% 감축목표 제출 (INDC*)

* Intended Nationally Determined Contribution(INDC) : 각 당사국이 파리협정 채택 전 제출한 잠정 감축목표로 파리협정 발효('16.11)에 따라 제1차 NDC로 변경

- (2018.7) 2030년 BAU 대비 37% 감축목표는 유지하되, 국내 감축 책임을 강화하고, 국외감축 활용을 축소하는 「2030 온실가스 로드맵」 수정

* (前) 국내 25.7%, 국외 11.3% → (後) 국내 32.5%, 산림·국외 4.5%

- (2019.12) 기존 BAU 방식의 2030 목표를 절대량 방식으로 변경하고, 관련 법령 개정 완료(녹색성장기본법 시행령)

* (前) '30년 BAU 대비 37% 감축 → (後) '17년 대비 24.4% 감축

- 이번 갱신안은 경제성장 변동에 따라 가변성이 높은 배출전망치(BAU) 방식의 기존 목표를, 이행과정의 투명한 관리가 가능하고 국제사회에서 신뢰가 높은 절대량 방식으로 전환하고 2017년 배출량 대비 24.4% 감축을 우리나라의 2030년 국가 온실가스 감축목표로 확정

[표] 감축목표 설정방식 비교

구분	절대량 방식	배출전망치(BAU) 방식
2030 목표	▪ 2017년 배출량 대비 24.4% 감축	▪ 2030년 배출전망치(BAU) 대비 37% 감축
채택 국가	▪ 유럽, 미국, 일본 등 100여 개국	▪ 멕시코, 터키, 에티오피아 등 80여 개국
특징	▪ 명확한 감축의지 표명 ▪ 이행과정의 투명한 관리 및 공개 ▪ 국제사회의 높은 신뢰	▪ 경제성장 변동에 따른 BAU 가변성 ▪ 국제사회의 낮은 신뢰

※ 출처 : 국가온실가스감축목표 확정 보도자료, 2020

2. 해외 정책 동향

가. 미국

○ 바이든 대통령은 그린 뉴딜 정책 기조 하에 친환경 에너지 연구개발 및 저탄소 인프라에 1조 2,000억 달러 예산 투자(2021.6 발표)

- 미국의 도로, 다리 및 고속도로를 정비하고 전력망, 광대역 인터넷, 여객 및 화물 철도에 대한 투자를 포함한 신규 지출 5790억 달러 포함

○ (재생에너지 공급의무화제도) 총 발전량 또는 총 전력판매량의 일정비율 이상을 재생에너지로 조달토록 의무화(주별 정책)

- 코네티컷, 뉴저지, 매사추세츠, 캘리포니아주 및 워싱턴DC 등 5개 지역이 기존 RPS 목표를 조기 달성(2019.2 EIA 발표)

[표] 주요 주의 RPS 의무비율 및 목표연도

주	RPS 의무비율	목표연도
하와이	100%	2045
캘리포니아	100%	2045
뉴욕	70%	2030
DC	100%	2032
콜로라도	30%	2020
코네티컷	44%	2030
미네소타	26.5%	2025

※ 출처 : KEA 에너지 편람, 한국에너지공단, 2020

○ PTC(Production Tax Credit, 생산세액공제)

- 1992년 ‘에너지정책법(Energy Policy Act)’에 의해 도입, 2008년 경기부양법, 2012년 세금감면법, 2014년 세금증가방지법, 2015년 통합세출법안에 의거 개정
- 재생에너지 발전설비의 발전량 당 일정금액의 법인세를 10년간 환급
- 2013년 제도가 일몰되었으나 2015년 통합세출법안에 의거 풍력 2019년,

기타 재생에너지 2016년까지로 제도 연장

- PTC 혜택은 지난 10년간 풍력 에너지 산업 발전에 크게 기여

○ ITC(Investment Tax Credit, 투자세액공제)

- 2005년 ‘에너지정책법(Energy Policy Act)’ 개정에 의해 도입, 2006년 세금경감건강관리법, 2008년 경기부양법, 2015년 통합세출법안에 의거 개정
- 재생에너지 설비 투자금의 일정비율 세액공제를 제공(PTC와 중복 불가)
- 2015년 통합세출법안에 의거 제도 연장(원별 연장기간 상이)

○ RTC(Residential Renewable Tax Credit) 2021.12.31일 이전에 설치·운영 중인 주거용 에너지 시설, 태양광, 소형풍력, 지열 등의 투자에 대해 30%의 세액공제 (2019년 이후 단계적 축소)

- 세액공제율: 30% (2019.12.31.까지) → 26% (2021.12.31.까지)→ 22% (2022.12.31.까지)

[표] PTC 및 ITC 제도

생산세액공제(PTC; Production Tax Credit)								
재생에너지원	착공시한				세액공제금액(USD/kWh)			
풍력	2019.12.31				0.023 '17년 20% 축소, '18년 40% 축소, '19년 60% 축소			
바이오매스(Closed-loop)/지열	2016.12.31				0.023			
바이오매스(Open-loop)/폐기물/수력/해양					0.012			
투자세액공제(ITC; Investment Tax Credit)								
재생에너지원	착공시한 및 세액공제율							
	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	이후
태양광, 태양열(냉난방)	30%				26%	22%	10%	
태양조명, 연료전지, 소형풍력(~100kW, 육상)	30%	-						
지열발전	10%							
지열 히트펌프, 열병합발전, 소형터빈	10%	-						
대형풍력(육상)	30%	24%	18%	12%	-			
해상풍력	30%(~2025년 까지)							

※ 출처 : KEA 에너지 편람, 한국에너지공단, 2020

○ 미국의 해상풍력 조달 목표는 동해안 클러스터를 중심으로 28.1GW로 상향

- 구체적으로 뉴욕주 9GW(2035년), 뉴저지주 7.5GW(2035년), 버지니아주 5.2GW(2034년), 메사추세츠주 3.2GW(2035년), 코네티컷주 2GW(2030년), 메릴랜드주 1.2GW(2030년) 등
- 뉴욕, 뉴저지, 버지니아주가 목표를 상향했고, 코네티컷과 메릴랜드주가 신규 목표를 발표
- 초기 프로젝트가 동부 연안에 집중되는 이유는 동부 연안이 서부 연안보다 수심이 낮아 해상풍력 건설이 용이하고, 원가가 저렴한 고정식 구조물에 터빈을 설치할 수 있기 때문
- 해양에너지관리국(BOEM)은 21GW 이상의 용량을 지원할 수 있는 16개 상업용 지구를 임대
- 2026년까지 총 10.6GW 용량의 15개 해양 프로젝트가 건설돼 시운전에 들어갈 것으로 이 중 70% 이상을 Ørsted가 주도하는 유럽 개발자들이 담당



[그림] 미국 동해안 해상풍력 프로젝트 및 임대 지역

※ 출처 : BOEM, AWEA

나. EU

○ EU는 유럽 집행위원회(European Council)에서 Top-down 형태의 정책을 통해 개별 EU 회원국이 목표를 제시하고, 구체적인 실행계획을 세우고, 이를 점검하여 포괄적인 정책을 추진

○ EU를 에너지고효율 사회로 이끌기 위해 2020년 및 2030년까지 온실가스 감축, 재생에너지, 에너지효율 부문에서 달성해야 할 목표를 명시한 정책안 발표

[표] EU 에너지 정책안에 따른 달성 목표

구분		2020 기후·에너지 패키지	2030 기후·에너지 정책 프레임 워크
발표연도		2009년 6월	2014년 1월
목표연도		~2020년	~2030년
목표 (1990년 대비)	온실가스 감축	20% 감축	≥ 40%
	재생에너지 소비 비중	20% 확대	(‘14년) ≥ 27% → (‘18년)32%
	에너지 효율	20% 개선	(‘14년) ≥ 27% → (‘18년)32.5%

※ 출처 : 2020 KEA 에너지 편람, 한국에너지공단, 2020

- (2020년 목표) 2015년 기준 온실가스, 에너지효율 부문은 20%의 이행 성과를 냈으며, 재생에너지 비중은 16.7%까지 증가하여 무난한 목표 달성을 예상
- (2030년 목표) 적극적인 정책 이행 의지로서 2018년 재생에너지 비중을 32%로 상향조정하였고, 2018년에는 에너지효율 목표를 32.5%로 합의

○ 장기 목표 달성, 파리협정 이행을 위한 구체적인 실행방안으로 새로운 정책안인 “청정 에너지 패키지(Clean Energy for All Europeans)” 발표 (2016년 11월)

- (주요 목표) ① 에너지효율의 우선적 고려, ② 재생에너지 분야 우위 선점, ③ 소비자를 위한 공정한 에너지시장 조성
- 해당 목표를 달성하기 위해 EU 국가들은 3년마다 “국가에너지효율 행동계획”을 EU 집행 위원회에게 제출해야 함

다. 중국

- 중국은 재생에너지를 주요 성장동력으로 인식하고 중화인민공화국 재생 에너지법을 2005년 2월 제14차 전국인민대표자회의에서 승인한 후 2006년 1월 1일부터 시행
 - 재생에너지법에서는 재생에너지를 풍력, 태양에너지, 수력, 바이오에너지, 지열에너지, 해양에너지 등으로 정의하고, 완전한 구매 보증을 구현한다고 명시
- 중국의 신재생 에너지 전환은 빠르게 이루어지고 있으며 13차 5개년 계획에서 중국 정부는 2020년까지 1차 에너지 소비 중 비화석 에너지 비중을 15%로, 2030년 20%까지 높이겠다고 선언한 바 있는데 2019년에 이미 15.3%를 달성하며 2020년 목표를 한 해 앞당겨 달성함
 - 이 외에도 2015년 6월 유엔기후변화협약을 통해 2005년 대비 2020년까지 온실가스 배출 집약도(단위 GDP 당 CO2 배출량) 40~45% 감축 목표를 선언했는데, 2017년 이미 중국은 46.7%를 감축하며 3년 일찍 목표를 달성
- (발전차액지원제도) 전력회사가 정부가 정한 가격으로 재생에너지 전력을 20년간 전량 구입하고, 전력도매가격과의 차액은 부과금(전기요금) 및 정부지원금을 받아 보전하는 제도
- (탑러너 프로그램) 태양광 제품 에너지효율 향상을 위해 도입된 프로그램으로 정부 태양광 경매에 업계 최고수준 효율의 모듈만 입찰가능
- (RPS 초안) 2018.3월 각 지방정부별 2020년 재생에너지 공급의무화 비중과 재생에너지인증서·대체증서 메커니즘에 대한 의견 수렴 개시
 - 2007년 RPS 제도를 도입했으나 시행은 이루어지지 않았으며, 2017년 자발적인 녹색인증서 거래 제도를 시범도입 했으나 의무화하지 않음

라. 독일

○ 독일은 2050년까지 에너지 소비감축, 재생에너지 이용 확대, 온실가스 배출감축 등을 목표로 한 ‘에너지전환 정책’ 추진 중

- 2050년까지 1차에너지 소비를 '08년 대비 50% 감축, 재생에너지의 최종 에너지 분담률 수준을 60%까지 확대하는 것을 목표
- 2017년 총 전력소비 중 재생에너지 실적(36%)은 2020년 목표 조기 달성

[표] 독일 에너지전환 정책 실적 및 목표

(단위 : %)

주요 목표	지 표	실적		목표년도			
		2016	2017	2020	2030	2040	2050
온실가스 배출 감축	온실가스 배출 ('90년도 대비)	△27.3	△27.5	△40	△55	△70	△80
재생에너지 이용확대	최종 에너지 중 신재생에너지 비중	14.8	15.9	18	30	45	60
	총 전력소비 중 신재생에너지 비중	31.6	36.0	35	50	65	80
에너지소비 감축	1차에너지 소비 ('08년 대비)	△6.5	△5.5	△20	-	-	△50
	전력 소비 ('08년 대비)	△3.6	△3.3	△10	-	-	△25
	에너지 생산성 개선	1.3	1.0	연 평균 2.1% 개선			

※ 출처 : The Energy of the Future, BMWi, 2019

○ 2050 기후행동계획(Climate Action Plan)을 발표(2016)하며 파리협정에 따른 온실가스 배출과 독일의 장기목표를 위한 부문별 정책 방향 제시

- 2050 기후행동 계획은 파리협약의 개정에 따라 5년마다 검토하며, 매년 모니터링 보고서를 통해 단기적으로 절차를 재조정할 예정

○ (발전차액지원제도) 재생에너지 전력을 고정가격으로 20년간 구매하는 제도로 1990년 전력발전차액지원법, 2000년 재생에너지법을 통해 도입

○ (경매입찰제도) 태양광, 풍력, 바이오매스 발전에 대해 경매된 용량에 도달할 때까지 가장 낮은 가격부터 낙찰하고 20년간 낙찰가 보장

- 2015년부터 태양광 시범경매(100kW~10MW 규모)를 실시 후, 2017년부터 경매제도를 일반화하여 태양광, 풍력, 바이오 등으로 확장

○ (온실가스감축의무제(GHG Reduction Quota)) 2015년부터 정유사업자들에게 바이오연료 혼합의무 대신 온실가스 배출 감축 의무를 부여

마. 일본

○ 일본은 에너지정책기본법에 근거하여 3년 주기로 에너지기본계획을 수립하고, 2018년에 일본의 에너지 정책의 방향성을 담은 “제5차 에너지기본계획”을 확정

- 확실한 에너지 믹스와 탈탄소화를 실현하기 위해 '11년 후쿠시마 원전사고 이후 “제4차 에너지기본계획” (2014년 4월)의 3E+S 원칙을 고도화

[표] 제5차 에너지기본계획에 따른 고도화된 3E+S개념

구분	2030 기후·에너지 정책 프레임 워크
■ 자원의 수급 안정성 (Energy Security) ■ 에너지효율 증진 (Economic Efficiency) ■ 친환경(Environment) ■ 안전 최우선(Safety)	■ 향상된 자원 수급 안정 및 자원의 다양한 선택지 확보 (Energy Security) ■ 에너지효율과 산업경쟁력 동시 강화 (Economic Efficiency) ■ 탈탄소화 실현 (Environment) ■ 기술 및 거버넌스 개혁을 통한 안전혁신 (Safety)

※ 출처 : 2020 KEA 에너지 편람, 한국에너지공단, 2020

- 2016년 8%에 불과한 에너지자급률을 24%까지로 향상을 목표로 설정
- (에너지효율 증진) “에너지절약법”에 입각하여 실질 에너지효율 35% 제고를 위한 조치와 지원책을 일체 실시
- (전원구조 개편) 태양광, 풍력 등 재생에너지를 ‘주력전원’으로 명기, 원전은 에너지공급 안정성에 기여하는 역할로 설정하되 의존도는 감축할 것임을 명시

○ 2017년 이후 정책 입안과 산업 측면에서 모멘텀이 형성

- 법을 개정해 규제를 간소화했고, 해상풍력 개발 규칙을 제정하는 법안을 의결

- 2019년 11개 해상풍력 촉진 지구를 선정했고, 2020년 7월에는 이 가운데 4개의 해상풍력 구역을 지정
- 일본 정부는 석탄 화력 발전소 140개 중 2030년까지 노후 및 저성능 석탄 화력 발전소 100개를 폐쇄하고, 탈탄소화 정책을 우선시하겠다고 밝힘
- (고정가격매입제도) 전력회사가 재생에너지 전력을 정부가 정한 가격과 기간동안(10~20년) 전량 구입하고, 전력도매가격과의 차액은 부과금(전기요금)을 받아 보전하는 발전차액 지원제도 시행

바. 대만

- 대만 정부는 탈원전 및 신재생 확충 에너지 정책 기조 아래 현재 가동 중인 원전을 2025년까지 폐로할 예정
- 원전 대신 2025년까지 해상풍력 5.5GW를 설치하기 위한 발주를 마침
- 1라운드와 2라운드 할당이 모두 2018년에 이루어졌고, 각각 3.8GW, 1.7GW로 할당
- 3라운드는 2026년부터 2035년까지 추가로 10GW를 설치할 계획으로 2단계에 걸쳐서 5GW씩 할당하며 1단계(2026~2030년)는 수심 50미터 미만인 프로젝트에 대해 2021년 2분기 부터 할당을 시작할 것

사. 걸프 아랍국

- (사우디) 2020년까지 3.45GW, 2023년까지 9.5GW의 재생에너지 발전설비 확충 목표로 향후 6년간 3~5백억 달러의 투자가 필요할 것으로 예상
 - 비전 Vision 2030 장기 경제개혁안을 통해 석유의존도를 낮추고 재생 에너지 경쟁력 증대, 보조금 개혁 등을 추진 등 재생에너지 보급을 현실화
 - 사우디 왕세자는 최근 5천억 달러를 투자해 NEOM* 신도시를 구축하고 재생에너지를 통해 도시를 운영할 구상을 공개하는 등 강력한 개발추진
- * NEOM : 이집트, 요르단에 인접한 2만6,500km² 규모의 신재생, 로봇, 첨단기술, 엔터테인먼트 산업을 육성할 경제구역으로 GDP 상승, 일자리 창출, 탈석유 경제 구상

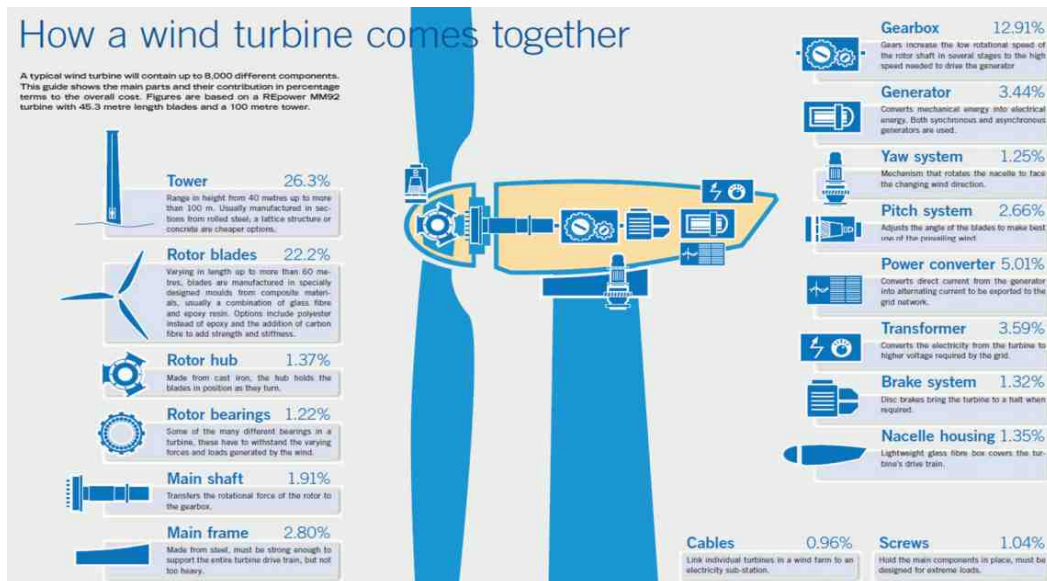
- (U.A.E.) 2050년까지 44%의 재생에너지 비중을 목표로 재생에너지를 통한 공급 다변화를 위한 6천 억 디르함(약 16.3백억달러)의 예산 책정
 - 두바이는 2030년까지 세계 최대 규모(5GW) 단일 태양광 발전소를 건설할 계획으로 2017.3월 2단계(300MW)까지 준공
- (쿠웨이트) 2030년까지 자국내 에너지 수요의 3배를 예상하고 전력의 15%를 태양광, 풍력으로 공급할 목표
- (카타르) 현재 대규모 태양에너지 프로젝트가 존재하지 않으나, 2020년 태양에너지 1.8GW(발전량의 16%), 2030년 10GW 목표
- (바레인) 자국 에너지수요 충당을 위해 매년 6%씩 발전설비 증가

Ⅲ. 기술동향

1. 기술범위 및 특징

○ 풍력발전 시스템은 기계, 전기 및 제어시스템으로 구성되어 있음

- (기계 및 전기 시스템) 회전날개(Blade), 회전축(Shaft), 발전기(Generator), 제동장치(Brake), 증속기(Gear box), 요잉시스템(Yawing system), 타워 시스템(Tower system) 등을 포함
- (제어시스템) 회전속도 및 출력 제어시스템, 운전 상황 및 운전 모드 제어시스템, 계통연계 제어시스템, 운전 및 모니터링시스템 등을 포함



[그림] 풍력발전 시스템 구성

※ 출처 : European Wind Energy Association, 2020

○ 풍력발전은 풍력발전기의 회전축 방향, 드라이브트레인 구성방식, 운전 방식, 출력 제어방식 및 발전기 종류 등으로 분류 될 수 있음

○ 보편적인 분류방식은 회전축 방향에 따른 분류이며, 수평형과 수직형으로 분류될 수 있음

- (수평형) 바람에너지를 최대한 받기 위한 바람추적 장치가 필요하며, 시스템 구성이 다소 복잡하나 에너지 변환 효율이 높아 현재 가장

안정적인 고효율 풍력발전 방식

- (수직형) 바람의 방향에 따른 효율 차이가 작아 사막이나 평원에 많이 설치하여 이용하나, 소재가 비싸고 수평축에 비해 효율이 떨어짐

2. 국내/외 기술 Trend

○ 최근 풍력은 아주 적은 비중을 차지하는 에너지원에서 주류 에너지원으로 변화

- 풍력은 2019년 유럽연합 전력 수요의 15%를 충당하였고, 중국에서 세 번째로 큰 에너지원이며, 세계 시장에서 신규 에너지 용량 중 가장 큰 에너지원

가. 하이브리드 솔루션

○ 풍력 에너지와 다른 에너지원을 결합하거나 ESS와 결합하는 하이브리드 방법은 풍력과 재생에너지 산업에서 주요한 주제로 다뤄지고 있음

- 하이브리드 솔루션은 유럽, 미국, 호주와 같이 성숙된 시장 및 빠르게 성장 중인 동남아 시장의 그리드에서 화석연료를 대체하는 동시에 재생에너지의 비중을 높일 기회를 제공
- 아프리카 대륙과 같은 개도국이나 작은 섬에서 하이브리드 솔루션은 시스템 결합과 마이크로그리드 및 오프그리드를 가능하게 하여 공급 안정성을 가져옴
- 금융회사는 디지털퍼스트(Digital First) 전략으로 AI 활용에 많은 노력을 기울이고 있으며, 규제준수나 금융업무 등에 AI 기술 접목 시도 증가

○ 세계 에너지전환의 가속화 과정에서 하이브리드 솔루션은 시스템적 관점에서 큰 가치를 가짐

- 하이브리드 솔루션은 비용 효율적인 전력을 제공하고, 전력계통에 보다 많은 재생에너지를 연결(유연성 문제를 개선)할 수 있으며, 수급 조절도 개선 가능

- 수 있으며, 수급 조절도 개선할 수 있다. 보다 경제적이고 효율적인 저장기술, 디지털 솔루션 등이 뒷받침 된다면 하이브리드 솔루션의 보급이 더욱 확대될 것으로 전망
 - 특히, 아프리카와 같은 신흥 시장에서 확대될 전망

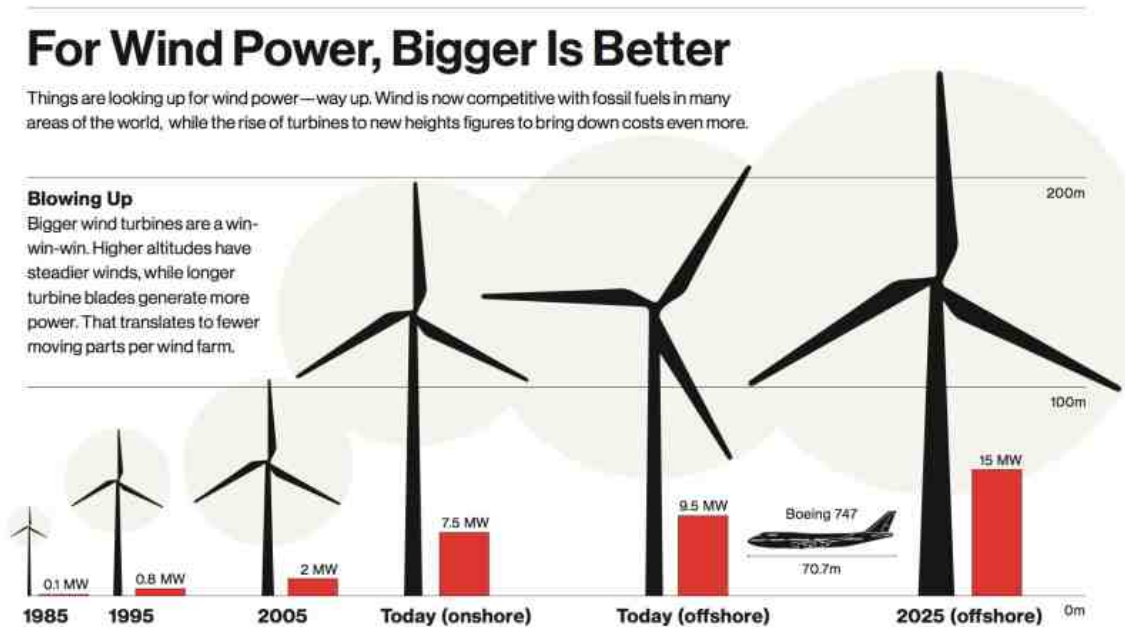
나. 그린수소

- 그린수소가 풍력발전 시장에 더 큰 시장 성장 기회를 제공할 것으로 기대
 - 풍력과 태양광으로 수소를 생산하면 풍력, 태양광 및 재생에너지에 기반한 에너지 시스템 구축에 있어 에너지 안정성과 가격 변동성을 낮추는데 기여할 수 있음
 - 바람이 강할 때 전기를 생산하고 남은 전력으로 수소가 생산되고, 에너지 시스템 전반에 유연하고 운반 가능한 에너지를 제공할 수 있음
- 풍력발전 중 해상풍력은 수소 생산과 관련이 높으며 수소는 100% 재생에너지 기반 시스템으로 발전할 기회를 제공
 - 해상풍력은 규모의 경제와 기술 혁신으로 경제성을 갖출 수 있으므로 재생에너지원 중 지속가능한 수소 생산에 가장 잠재성이 높음
 - 북유럽 해상풍력은 이미 상당량의 청정 전력을 생산하여 에너지 시스템에 공급하였으며, 생산 비용은 5유로에서 70유로/MWh로 감소

다. 풍력시스템의 대형화

- 유럽과 미국에서는 균등화 발전단가*(LCOE, Levelized Cost of Energy)의 저감을 위한 다양한 기술개발을 진행
 - * 균등화 발전단가 : 풍력발전단지의 최초 기획단계에서부터 운전수명 종료 후 철거에 이르기까지 투입되는 모든 비용을 발전단지 생애주기 동안 생산한 전력량으로 나눈 값
 - 균등화 발전단가 저감을 위해서 시스템의 대형화와 해상풍력발전 기술 개발에 집중
 - 풍력발전기의 발전 용량이 대형화되면서 터빈 한 대의 단위 용량당 가격이 지속적으로 하락

- 2009년 MW당 단가가 194만 달러이던 것이 2018년에는 약 100만 달러로 낮아져 10년 동안 약 50% 수준으로 하락



[그림] 풍력발전 시스템 구성

※ 출처 : MIT Technology Review, 2020

- 풍력-태양광, 풍력-조력, 풍력-조류 복합발전 시스템 등을 개발하여 에너지 발전효율을 향상에 노력하고 있음
- 압축공기 저장, 수전해 수소생산시스템을 풍력발전 시스템과 융합하여, 경제적 효율성과 생산단가 절감을 목표로 연구개발 진행
- 기존 건축물에 풍력터빈을 설치하는 소극적 개념의 건축물 융복합형 풍력발전(BMWT, Building Mounted Wind Turbine)에서 발전하여 건물의 외형을 변형시켜 풍력발전에 유리한 풍환경을 제공하는 BIWT(Building Integrated Wind Turbine) 또는 BAWT(Building Augmented Wind Turbine)으로 발전
 - 바레인 국제무역센터는 해풍이 불어오는 경우 바람이 건물 사이 중앙부로 수렴되어 풍속도가 증가하는 효과가 나타나도록 형상설계가 되어 있으며, 풍력발전 시스템으로 건물의 연간 전력 사용량의 13%를

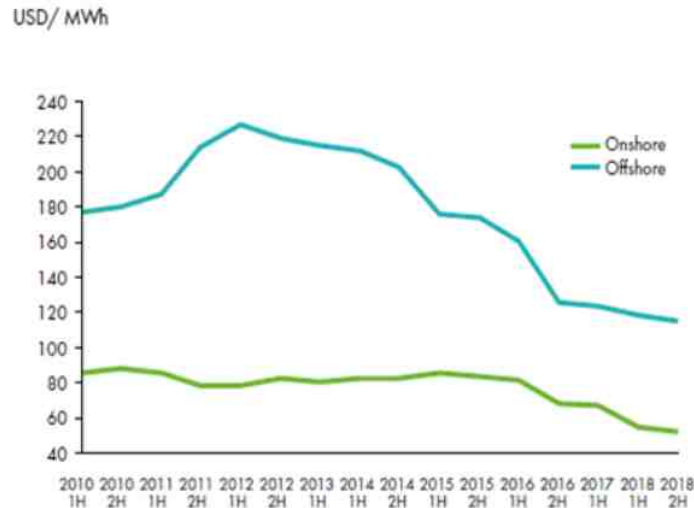
자급 할 수 있음



[그림] 바레인 국제무역센터 전경 및 건물배치에 의한 풍속의 향상 효과
※ 출처 : 녹색기술동향보고서

라. 풍속 대비 발전출력 성능의 고효율화

- 블레이드 신소재 개발 및 경량화, 발전기 운전제어 관련 소프트웨어 알고리즘개선 등을 통해 터빈 가격은 점점 낮아지고 반면에 출력 성능은 고효율화되는 추세로 기술 개발이 이루어지고 있음
- 이를 통해 결과적으로 풍력발전의 발전단가가 지속적으로 하락하여 2010년에 육상풍력의 발전단가는 MWh당 약 90달러였으나, 2018년에는 약 50달러 밑으로 하락



[그림] 육상풍력발전단가(LCOE) 변동 추이

※ 출처 : IEA, 2019

- 베스타스, 지멘스 등 세계적 풍력터빈 제조기업은 풍력터빈을 한 가지 개발한 후 동일 플랫폼에다가 블레이드 길이를 증가시키거나 타워 높이를 더 높게 만들어서 발전량을 증가시키는 기술을 개발



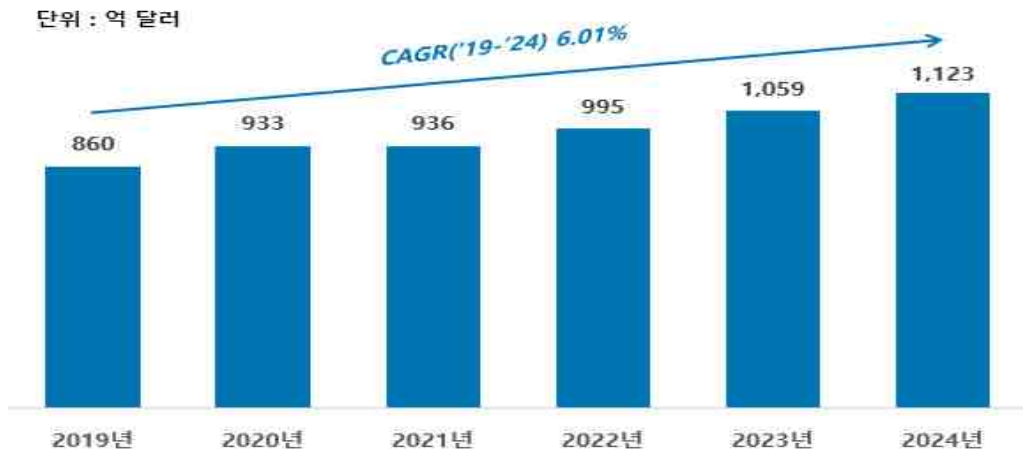
[그림] 베스타스 3MW 플랫폼 개발

※ 출처 : Vestas, 2016

IV. 시장 동향

1. 글로벌 시장 동향

- 글로벌 풍력에너지 시장은 2019년 860억 달러에서 연평균 6.01% 성장하여 2024년에는 1,123억 달러 규모에 이를 것으로 전망



[그림] 글로벌 풍력에너지 시장 징거별 시장 규모 및 전망

※ 출처 : Global Onshore Wind Power Systems Market, MarketsandMarkets, 2021

- 글로벌 풍력 시장은 해상풍력 중심으로 고성장이 예상

- 2020년까지 누적 해상풍력, 육상풍력 설치량은 각각 35.4GW, 666.6GW로 아직은 해상풍력 비중이 5% 수준에 불과하지만 2010년 이후 설치량 증가 속도는 육상풍력 연평균 13.4%에 비해 해상 풍력은 27.6%로 2배 이상 빠르게 증가 중

[표] 육상, 해상풍력 비교

구분	육상풍력	해상풍력
평균 풍속	4~8m/s	8~12m/s
평균 단지규모	15MW	300MW
발전 효율	25%	40%
초기투자비용	850~1350 달러/KW	1200~1900 달러/KW
시장참여자	많음	제한적
기술	성숙 단계	개발 진행 중
발전 잠재력	제한적	높음

※ 출처 : 대신증권 Research Center, 2020

○ 2030년 해상 풍력 설치량은 230GW 이상으로 2020년 대비 6.6배 이상으로 대폭 확대 전망

- 2025년까지 연평균 증가율도 해상 풍력은 19.2%로 육상 풍력 7.4%에 비해 가파른 증가 전망

○ 2019년 신규 투자로 창출된 육상 풍력, 해상 풍력 시장 규모는 각각 1,114억달러, 403억 달러로 해상 풍력 비중은 26.6%

- 향후 해상 풍력의 고성장으로 2024년 시장 규모는 863억달러, 비중은 49.5%까지 확대 예상

[표] 글로벌 풍력 시장 규모 전망

(단위 : GW, 십억 달러, 달러/kWh)

구분	'10	'11	'12	'13	'14	'15	'16	'17	'18	'19	'20F	'21F	'22F	'23F	'24F	'25F
누적 풍력 발전 용량																
합계	193	233	279	313	361	423	476	527	577	637	702	777	842	904	969	1036
육상	190	230	374	306	353	411	463	510	555	607	667	734	790	844	900	951
해상	3	3	5	7	8	12	13	18	22	30	35	44	52	60	69	85
신규 풍력 발전 용량																
합계	36	41	47	34	49	63	54	52	50	61	66	76	66	63	69	71
육상	35	40	45	32	48	59	53	47	46	53	60	68	58	55	60	55
해상	1	0	2	2	1	4	1	5	4	8	6	8	8	8	10	16
금액 기준 연간 신규 풍력 설치 규모																
합계	98	83	76	78	111	120	124	133	133	143	141	165	142	133	145	169
육상	86	74	73	73	96	99	96	107	108	113	102	112	93	86	90	80
해상	12	10	3	5	15	21	28	27	25	30	38	52	48	47	55	89
설치 비용(달러/kWh)																
육상	1,949	1,939	1,972	1,828	1,781	1,642	1,635	1,628	1,549	1,473	1,429	1,386	1,344	1,304	1,265	1,227
해상	4,650	5,326	4,741	5,738	5,245	5,260	4,280	4,683	4,245	3,800	3,686	3,575	3,468	3,364	3,263	3,165
LCOE(달러/kWh)																
육상	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04
해상	0.16	0.18	0.15	0.18	0.18	0.17	0.15	0.13	0.13	0.12	0.11	0.11	0.10	0.10	0.09	0.09

※ 출처 : [신재생 에너지] 글로벌 대세, 그러나 아직 초입일 뿐, 대신증권, 2020

2. 국내 시장 동향

○ 국내 풍력 설비 설치 용량은 2020년 기준 1,641.615MW 조성

- 2010년 373.295MW와 비교하여 약 4배 증가



[그림] 국내 풍력 설비 설치 용량 및 풍력 단지

※ 출처 : 한국풍력산업협회, 2021

○ 국내 풍력발전 단지는 강원도, 전라남도, 제주도, 경상북도 등 4개 지역에 집중적으로 설치

- 국내 풍력에너지의 잠재량 분포상, 풍속이 빠른 지역 위주로 풍력단지 개발사업 집중

[표] 국내 풍력발전 지역별 설치 현황

(단위 : kW)

전국	강원	전남	제주	경북	경남
1,302,598	327,281	312,219	270,906	260,841	49,328
인천	전북	경기	충남	울산	부산
49,095	22,818	5,276	2,043	1,657	812
대전	서울	대구	충북	광주	세종
200	101	13	8	1	-

※ 출처 : 신재생에너지보급실적조사, 한국에너지공단, 2018

○ 국내에서 잠재적인 풍력발전 가능지역은 강원도 및 동해안으로 7.5m/s 이상의 강한 바람이 부는 지역이며, 내륙의 경우 5.0m/s 이하의 약한 바람이 불기 때문에 풍력 발전의 시장성이 없음

Ⅲ. 산업 동향

1. 글로벌 산업 동향

- 풍력 단지 설치 비용과 LCOE(평균화 된 에너지 비용)가 지속 하락함에 따라 재생에너지로서의 가격 경쟁력이 증가
 - 2019년 기준 육상 풍력, 해상 풍력 설치 비용은 kWh당 각각 1,473달러, 3,800달러
 - 글로벌 시장의 투자 규모 및 설치 용량이 증가하면서 2010년 대비 육상, 해상 각각 24%, 18% 감소
 - 이미 태양광 및 육상 풍력은 화석연료 설비와 비교해도 가격 경쟁력 보유
 - 2019년 신규 태양광 설비 40%(28GW), 육상 풍력 75%(41GW)가 가장 낮은 화석연료 설비인 중국 석탄광입지 화력발전소 발전 비용 보다 낮은 수준
 - 2019년 태양광, 육상 풍력의 LCOE는 각각 0.068달러/kWh, 0.053달러/kWh로 2010년 대비 82%, 38% 하락
- 해상 풍력은 이제 성장 초입 구간인 만큼 태양광, 육상 풍력에 비해 상대적으로 높은 발전 비용 필요
 - 2019년 기준 0.115달러/kWh 수준으로 해상 풍력 단지 투자에 따라 2010년 대비 29% 감소
 - 2010년 이후 LCOE 하락세가 이어진다고 가정하면 2025년 해상 풍력 LCOE는 0.090달러/kWh로 하락할 것으로 예상

가. 미국

- 그동안 미국 시장은 육상 풍력 위주로 시장이 형성되었으며 제대로된 해상 풍력 단지는 없는 상황
 - 미국 해상풍력 시장은 2016년 12월 30MW 규모의 Block Island 프로젝트가 운영되면서부터 탄력이 붙기 시작
 - 미국의 2019년까지 누적 풍력 설치 용량은 105GW로 전세계에서 16% 수준

○ 북동부 연안의 Vineyard Wind project를 시작으로 동부, 서부 연안의 해상 풍력 프로젝트가 대기 중

[표] 육상, 해상풍력 비교

(단위 : GW, %)

지역	해상 풍력발전량	비율
북동부 대서양 연안	28	33
남동부 대서양 연안	19	22
서부 태평양 연안	17	20
오대호	13	15
멕시코만 연안	9	10
합계	86	100

※ 출처 : 2020 US Offshore Wind Conference, 2020

- 2050년까지 86GW의 해상 풍력 단지 조성을 목표로 진행 중
- 2020년 0.01GW(10MW), 2023년 0.3GW를 시작으로, 2024년부터 매년 2.5-4.1GW의 풍력 생산량이 확대돼 2025년까지 총 6.6GW, 2030년까지 총 21.9GW의 발전량을 갖추게될 예정
- 바이든 정부의 향후 5년간 6만개 풍력 터빈을 설치하겠다는 계획과 추가적으로 나올 정책을 고려하면 시장 규모는 더 빠르게 상향될 가능성이 높음

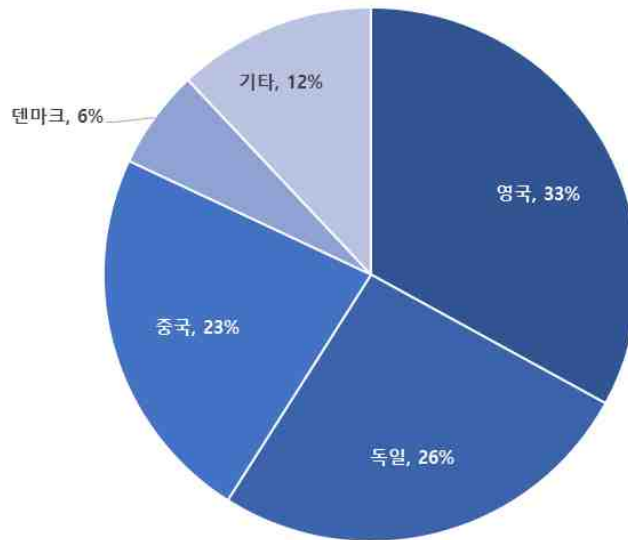


[그림] 미국 전역 해상 풍력 발전 계획

※ 출처 : 2020 US Offshore Wind Conference, 2020

나. EU

- 유럽은 해상 풍력을 가장 선제적으로 투자해 시장을 주도하고 있으며 특히 영국, 독일이 해상 풍력 투자를 적극적으로 진행중
- 2019년 기준 영국, 독일의 전세계 해상 풍력 시장 내 비중은 각각 33.4%, 25.7%로 절반 이상을 차지



[그림] 글로벌 해상풍력 시장 국가별 점유율

※ 출처 : 대신증권 Research Center, 2020

- 최근 발표된 '해상 재생에너지 전략'에서 2050년까지 300GW 해상풍력 발전 설비 구축을 목표로 하며 그전에 단계적으로 2030년까지 60GW 해상풍력 발전 설비를 구축할 예정
 - 유럽의 해상 풍력은 그린 리커버리 플랜에서 그린 수소와 연결돼 투자 확대 예상
 - 기존 목표보다 30% 이상 상향된 2030년 탄소배출 감축량(1990년 대비 40% → 55~60%), 2050년 탄소배출 순제로 달성을 위해 필수적인 계획
 - 특히 유럽의 해상풍력은 그린수소와 연결돼 투자 확대가 필연적으로 이뤄질 전망
- EU의 그린수소 정책 내용에는 2050년까지 전체 에너지 소비량 내 수소에너지 비중을 12~14%까지 확대하는 목표를 담고 있음

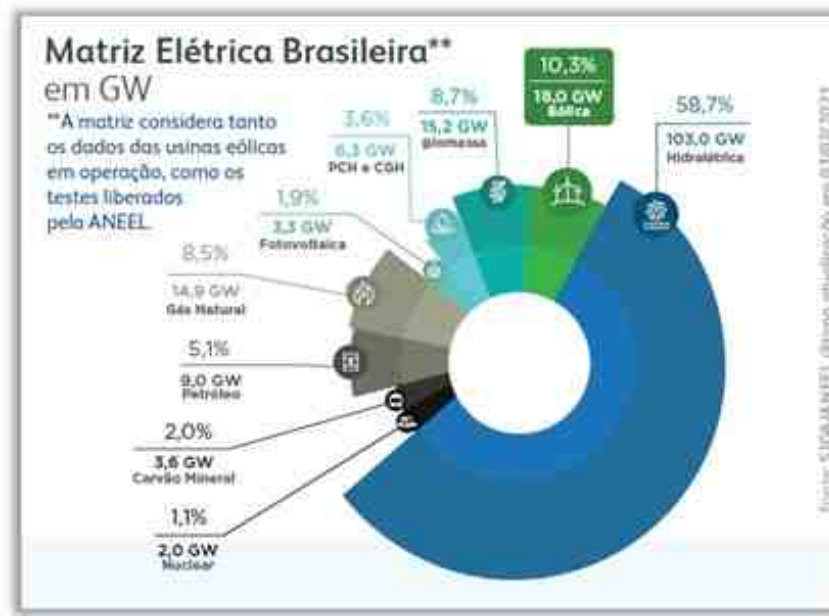
- 이를 위해 유럽 청정수소연합(European Clean Hydrogen Alliance)을 통해 수전해 수소 생산설비(재생에너지 전기를 이용해 물에서 수소를 생산하는 방식)를 2024년까지 최소 6GW 설치, 2030년까지 40GW 이상 설치할 계획

다. 중국

- 중국은 세계의 공장으로 인식되며 가장 많은 석탄을 사용하고 탄소를 배출하는 국가지만 가장 많은 신재생 에너지를 만들어내는 국가이기도 함
- 2019년 기준 중국은 세계에서 가장 많은 신재생 에너지 전력을 생산했는데, 2019년 732TWh를 생산하며 단일 국가 중 가장 큰 규모를 기록 했으며 같은 기간 미국은 490TWh, 유럽 전체 지역은 837TWh를 생산
- 2019년 기준 중국은 세계 신재생 에너지 발전 설비의 30%를 보유하고 있으며 풍력은 34%, 태양광은 35%로 개별 국가 기준 최대 규모
- 2019년 중국 재생에너지 총발전량은 2,043TWh(전체 발전 대비 27.9%), 수력 1,302TWh, 태양광 224TWh, 풍력 406TWh를 기록
- 신재생 에너지 전력 소비량은 2018년 기준 182GWh로 전체 전력 소비의 26.5%를 차지했으며, 특히 티벳, 윈난성, 칭하이는 89%, 83.4%, 78.2%로 높은 신재생 에너지 전력 사용률을 나타냄

라. 브라질

- 브라질은 2020년 세계 풍력에너지 시장에서 7위를 차지했으며 설치된 풍력발전 시설 용량 면에서는 중국과 미국에 이어 세계 3위 규모
- 브라질 풍력에너지협회에 따르면, 현재 브라질은 100개 이상의 풍력 발전 업체와 695개의 풍력 발전소, 8300개 이상의 풍력 터빈을 보유
- 풍력 에너지는 브라질 전력 생산량의 절반 이상을 차지하는 수력 발전(58.7%) 다음으로 높은 전기 에너지원으로 현재 전체 전력 생산량의 10.3%를 점유



[그림] 브라질 에너지원별 전력 생산 현황

※ 출처 : ANEEL- ABEEólica

- 브라질 풍력 에너지 생산 능력은 지속적인 성장을 유지하고 있어 2024년에는 28GW의 전력 생산이 가능해질 전망
- (브라질 풍력 에너지 생산 지역) Rio Grande do Norte주, Bahia주, Piauí주를 포함한 북동부 지역은 브라질 풍력 에너지 생산의 85%를 차지
 - 현재는 Rio Grande do Norte주가 가장 많은 풍력 생산 시설을 갖추고 있으나 장기적으로는 넓은 토지 면적과 풍력 발전에 적합한 환경을 갖춘 Bahia주가 1위로 부상할 것으로 전망
- 2019년 풍력업체들은 브라질 풍력 발전에 약 136억 헤알을 투자한 것으로 나타났으며 2012년 세계풍력에너지협의회(Global Wind Energy Council)의 세계 풍력 발전 국가 순위에서 15위였던 브라질은 2020년 7위로 부상
- (NEOVENTI) 독일 스타트업으로 지면과 수평을 이루는 형태의 풍력발전기를 생산하며, NEOVENTI는 효율적으로 바람의 힘을 이용하기 위해서 날이 많은 롤러를 이용

○ (BINOPTERUS) 터키 기업으로 회전축이 지면과 평행하게 설치되는 수직형 풍력발전기를 생산하며, 에너지 자급이 가능

- 전기 에너지를 많이 필요로 하더라도 추가생산을 할 수 있기 때문에, 비용 문제에서 비교적 자유로움

○ (Vortex Bladeless) 스페인의 스타트업으로 유럽혁신위원회(EIC)의 지원을 받아 날개 없는 풍력발전기를 개발하는데 성공

- 기존 풍력발전기는 날개가 부러지고 엔진에서 화재가 발생하는 등의 유지·보수 비용이 높으나, 아직 전력생산량은 기존 풍력발전기 대비 효율에 미치지 못하는 단점을 가지고 있음

○ (Alpha311) 영국 스타트업인 Alpha311은 68cm의 소형 풍력발전기를 개발

- 한 가정이 평균 이틀정도 사용 가능한 하루 6KW의 전력을 생산할 수 있으며, 이미 존재하는 가로등에 설치하여 발생된 전력을 기존의 송전망을 사용해 전력그리드에 공급 할 수 있음

2. 국내 산업 동향

- 원유, 석탄 등 국내 공급되는 에너지자원의 93.4%는 해외 수입에 의존하고 있는 상황으로 에너지 안보에 취약한 수급구조를 갖고 있음
- 에너지수입액은 2019년 기준 1,267억 달러로 국가 총수입액의 27.5%를 차지

[표] 국내 에너지수입액 추이

(단위 : 백만 달러)

구분	2016	2017	2018	2019
총수입액	406,032	472,574	543,186	459,837
총에너지수입액	80,942 (100%)	109,466 (100%)	145,970 (100%)	126,701 (100%)
원유	55,120 (53.7%)	59,603 (54.4%)	80,393 (55.1%)	70,252 (55.4%)
석유제품	17,986 (17.5%)	18,077 (16.5%)	25,109 (17.2%)	20,938 (16.5%)
LNG	18,779 (18.3%)	15,616 (14.3%)	23,189 (15.9%)	20,567 (16.2%)
석탄	9,961 (9.7%)	15,179 (13.9%)	16,703 (11.4%)	14,209 (11.2%)
원자력	869 (0.8%)	991 (0.9%)	576 (0.4%)	736 (0.6%)
총수입액 대비 비중	23.5%	22.9%	27.3%	27.6%

※ 출처 : 에너지통계월보, 에너지경제연구원(2020)

- 국내 신재생에너지 보급은 1997년 12월에 「대체에너지개발 및 이용·보급 촉진법」이 제정되면서 본격적으로 시작
- 2002년 5월부터 발전차액지원제도(FIT: Feed-In-Tariff)가 시행되었고, 2004년 12월 개정된 「신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법」으로 제도적 뒷받침이 강화됨에 따라 풍력단지(wind farm)가 본격적으로 개발되기 시작
- 국내 풍력 발전의 평균 이용률은 IEA Wind 회원국 중 중위권인 22% 수준
- 최근 10년간(2009~2018년)의 풍력발전 연간 이용률은 $22.6 \pm 2.0\%$ 로, 일본 19.5%, 중국 22.6%, 독일 18.7%에 비해 높은 수준이나 덴마크

27.2%, 스페인 25.2%, 영국 27.1%에 비해서는 낮은 수준

○ 2010년 계획된 2019년 풍력 누적 설치 목표량은 8GW 이상이었으나, 2019년 실질적으로 설치된 총 발전 용량은 목표치의 25%(육상+해상: 1.5GW, 해상: 190MW) 수준에 불과

○ 「3020 이행계획(17.12월)」에 따라 전체 재생에너지 신규설비보급은 2년 연속 목표를 초과달성하였으나 해상풍력은 부진*

* 연도별 신규설비 목표/실적 : ('18) 1.7GW / 3.4GW, ('19) 2.4GW / 3.5GW

* 국내 상업운전 해상풍력(총 124.5MW) : 탐라(30MW), 영광(34.5MW), 서남해 실증(60MW)

○ 코로나19 이후 정부의 그린뉴딜 정책*이 발표되며 신재생 에너지의 한 축으로 해상 풍력 산업 투자에 대한 기대감 고조

* 2020년 12.7GW에 불과한 재생에너지 발전용량을 2022년 26.3GW까지 확대, 2025에는 2020년 발전용량의 3.4배 수준인 42.7GW로 증가 목표

- 현재 가동 중인 해상풍력단지는 3곳으로 제주탐라(30MW), 전남영광(34.5MW), 서남해안(60MW)에서 운영 중이며 대규모 해상 풍력단지 조성을 위해 우선 13개 권역에 대한 타당성 조사를 실시할 예정
- 최근 해상풍력의 누적 설치량은 190MW에 불과하나, 2030년까지 12GW의 해상풍력(서남해 2.4GW, 전남 8GW, 울산 2GW) 발전량을 달성할 계획

○ 국내 풍력발전은 환경부와 산림청이 진입로 규제 등을 완화하여 본격적으로 성장하고 있으며 한국남동발전, 한국남부발전, 한국중부발전, 한국동서발전, 제주 에너지 공사 등의 기업들이 시장에 참여

○ (니어스랩) 국내 풍력발전 제어시스템 스타트업으로, 니어스랩의 솔루션인 니어스윈드(NearthWIND)는 점검자의 안전 보장, 풍력발전기의 가동률 향상, 점검 비용 절감

- 인공지능과 딥러닝 기반으로 운영되며, 점검을 수행하여 드론 조종 능력과

무관하게 일관된 고품질의 점검 결과를 제공

- 니어스윈드의 인공지능은 다양한 길이의 풍력발전기 블레이드에 적용할 수 있어 커지는 해상풍력발전기 블레이드 점검에도 쉽게 적용

○ (미래테크) 국내 루프형 풍력발전기 제조 스타트업으로, 저소음과 뛰어난 내구성을 실현하는 소형 풍력발전기 개발에 성공

- 루프형태의 곡선형 날개로 제작되어 저속회전기술의 실현으로 와류 발생 원인을 개선하여 구조적으로 소음 발생이 나지 않음
- 독자적으로 개발된 직류발전기를 탑재하여 기동에 필요한 회전력을 적게하여 제품 경량화에 성공

○ (에너지코리아) 국내 풍력발전기 제조 스타트업으로 소형풍력에 컨트롤 장치를 적용하여 발전 효율성을 높이고 터빈 안전성을 확보하였으며, 동일한 폭과 두께로 형성된 대칭형 블레이드로 생산 공정 과정을 단순화/자동화하는데 성공

- 연간 에너지 생산량은 기존 제품 대비 1.5배 이상 높으며, 제주도 풍력시험 단지와 영국 스코틀랜드에 시범설치, 성능평가 및 인증 후 양산 예정

[참고문헌]

- 풍력설비산업 기초분석, 한국산업기술평가관리원, 정만태, 2013
- 풍력 에너지의 동향과 실현가능 기술, 한국과학기술정보연구원, 신호순, 2016
- KETEP Insight 신재생에너지 가치사슬 분석을 통한 R&D 투자방향-태양광, 풍력, 연료 전지를 중심으로, 한국에너지기술평가원, 2017
- 환경평가 지원을 위한 지역 환경현황 분석 시스템 구축 및 운영: 육상풍력발전 및 수상태양광발전 현황 분석, 한국환경정책·평가연구원, 2017
- 재생에너지 3020 이행계획, 산업통상자원부, 2017
- 풍력발전 기술동향, 과학기술일자리진흥원, 2018
- 국내외 풍력발전 산업 및 기술개발 현황, 한국풍력에너지학회, 2018
- 2018 Annual Report on Wind Energy Industry in Korea, 한국풍력산업협회, 2019
- GWEC GLOBAL WIND REPORT 2019, GWEC, 2019
- KOSME 산업분석 리포트, 융합금융처, 2019
- World Energy Outlook2018, IEA, 2019
- 풍력발전 : 전기는 바람을 타고, 키움증권 리서치센터, 2020
- 중국 green wave에서 찾는 투자기회, 삼성증권, 2020
- [신재생 에너지] 글로벌 대세, 그러나 아직 초입일 뿐, 대신증권, 2020
- 재생에너지 확대와 미래 환경변화 대응을 위한 중장기 발전방향, 한국환경정책·평가연구원, 2020
- 2020 KEA 에너지 편람, 한국에너지공단, 2020
- 2019년도 신·재생에너지 산업통계 결과 요약, 한국에너지공단, 2020