

‘재생에너지 3020’을 위한 수소에너지의 역할

산업기술리서치센터 이선화 선임연구원

I. 에너지 전환과 ‘재생에너지 3020’

III. 시사점

II. 재생에너지 확대와 수소에너지

세계 각국은 온실가스 배출 저감을 위해 에너지 효율과 재생에너지 비중을 높이는 ‘에너지 전환’ 정책을 펼치고 있다. 국내에서도 2017년 10월 신규원전 건설계획 백지화 등 원전의 단계적 감축과 재생에너지 확대 등을 내용으로 하는 ‘에너지 전환 로드맵’을 수립했고, 12월에 2030년 재생에너지 발전 비중 20%(2017년 7.6%) 달성을 위한 ‘재생에너지 3020 이행계획(안)’을 발표했다.

이행계획에 따르면 2017년 기준 15.1GW의 재생에너지 설비용량을 2030년 63.8GW까지 보급할 계획으로, 신규 설비용량(48.7GW)의 97%를 태양광·풍력으로 공급할 예정이다. 태양광·풍력 발전은 기상·기후에 영향을 받아 출력의 변동성과 불확실성이 크기 때문에 발전 비중의 증가는 전력계통 안정성을 저하시키고 유휴전력 문제를 야기할 수 있어 ‘에너지 저장’이 필요하다.

에너지 저장 방법에는 양수발전, 2차 전지 등이 존재하지만 대용량의 재생에너지를 장기간 저장해 이용하는 데에는 ‘수소에너지’ 활용이 효과적이다. 재생에너지로 물을 전기분해해 수소를 생산(저장)하고 연료전지로 발전하는 방법(재생에너지-수전해-연료전지 연계)은 재생에너지 확대에 의해 예상되는 전력계통 문제의 해결과 함께 유휴전력의 활용도를 제고할 수 있고, 에너지 사용의 전(全)과정에서 온실가스 배출 제로를 달성할 수 있다.

태양광·풍력 발전 등 재생에너지 확대에는 에너지 저장이 필수적이며 수소에너지의 활용은 ‘에너지 전환’의 완성도를 높이고, 재생에너지 산업이 자생력을 확보하는 방안이 될 수 있다. 이에 재생에너지 확대 정책 이행과 함께 수소에너지 기술개발 지원이 병행되어야 하며, 특히 국내 상황에 맞는 재생에너지-수전해-연료전지 연계 기술 시나리오 작성 및 경제성 분석 등 체계적 연구가 필요하다.

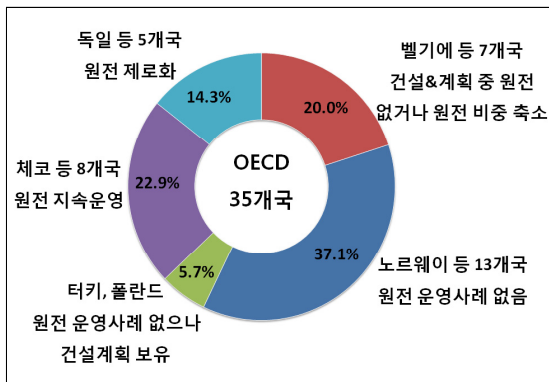
* 본고의 내용은 집필자의 견해로 당행의 공식입장이 아님

I. 에너지 전환과 '재생에너지 3020'

□ 세계 각국은 원전·석탄에서 재생에너지로 '에너지 전환¹⁾' 중

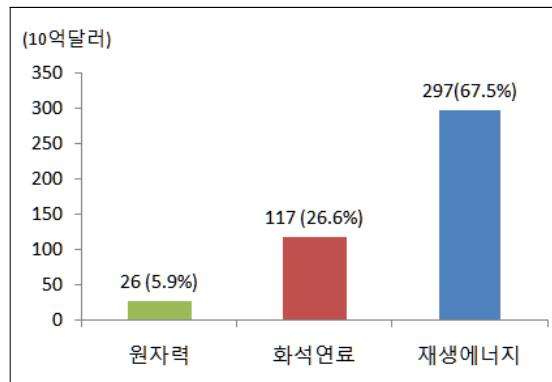
- 2011년 일본 후쿠시마 사고 등에 따른 국민 불안 확대로 독일·스위스 탈원전 선언, 전통적인 원전 의존국인 일본·프랑스도 원전 비중 대폭 축소
 - 독일 : 2011년 당시 가동 중이었던 17기의 원전을 2022년까지 폐쇄기로 입법화
 - 스위스 : 2017년 국민투표 통해 가동 중인 5기의 원전을 2034년까지 폐쇄 결정
 - 일본 : 후쿠시마 사고 전 38기의 원전이 가동되었으나, 2017년 기준 5기 가동
 - 프랑스 : 2015년 77%의 원전 발전 비중을 2025년 50%로 낮추기로 입법화

〈그림 1〉 OECD 국가 원전정책



자료 : 세계원자력협회(2017.11)

〈그림 2〉 '16년 전세계 신규 발전설비 투자



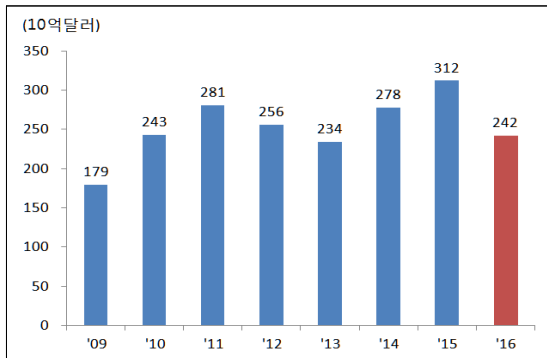
주 : 총 4,400억달러, 재생에너지에 수력 포함
자료 : IEA(2017.6)

- 환경문제 해결을 위해 영국·중국 각각 석탄발전 종료 선언 및 석탄 의존도 감축정책 시행, 최근 영국·캐나다 등 20개국 석탄발전 퇴출 결의
 - 영국은 2015년 성명서를 통해 2025년까지 모든 석탄 발전소를 폐쇄하겠다는 계획 발표(가스·원자력에서의 에너지 전환, 재생에너지 지원 축소 내용 포함)
 - 중국의 경우 석탄 의존도를 2015년 64%에서 2020년 58% 이하로 감축하는 것을 목표로 석탄산업 구조조정, 노후 석탄광 및 석탄 발전소 조기 폐쇄 등 진행

1) 에너지 전환(Energy transition)이란 '에너지 공급체계가 장기간에 걸쳐 구조적으로 변화하는 것'으로 정의(World Energy Council, 2014)

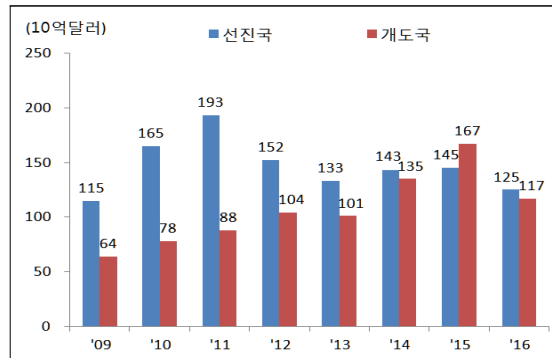
- 2017.11월 제23차 유엔기후변화협약²⁾ 당사국총회(COP23)³⁾에서 영국·캐나다·프랑스·이탈리아·핀란드 등 총 20개국이 참여하여 ‘탈 석탄 동맹’ 결성
- 재생에너지는 각국의 기후변화 대응, 에너지 안보 제고, 저성장 극복 수단으로 평가되며 정책적으로 확대 가속화
- 독일·일본·프랑스 등 선제적으로 에너지 전환을 추진한 국가들뿐만 아니라 신흥국가 및 재생에너지에 대한 관심이 적었던 국가들 또한 투자 확대 추세⁴⁾
 - 2016년 인도는 2027년까지 전력의 57%를 재생에너지로 생산한다는 계획 발표
 - 러시아의 경우 2016년 처음으로 재생에너지 지원 예산 편성
 - 중동과 아프리카 국가들도 저유가 영향으로 재생에너지 프로젝트 추진 시도

〈그림 3〉 전세계 재생에너지 투자규모



주 : '16년 투자규모 감소는 설치비용 하락에서 기인
'16년 신규 설비량은 전년대비 13.3% 상승
자료 : BNEF(2017.4), REN21(2017)

〈그림 4〉 재생에너지 선진/개도국 투자규모



주 : 선진국은 OECD 국가 중 칠레·멕시코·터키 제외
자료 : BNEF(2017.4)

〈표 1〉 2016년 재생에너지 투자액 상위 10개국

(단위 : 억달러)

	중국	미국	영국	일본	독일	인도	브라질	호주	벨기에	프랑스
투자액	783	464	240	144	132	97	68	33	29	26

자료 : New Energy Finance(2017.4), “Global Trends in Renewable Energy Investment 2017”

2) United Nations Framework Convention on Climate Change, 온실가스의 배출을 제한해 지구온난화를 방지하기 위해 세계 각국이 동의한 협약으로 1992년 6월 체결
3) Conference of the parties, 유엔기후변화협약 관련 최종 의사결정 회의로 1년에 한번 개최되며, COP 뒤에 붙는 숫자는 개최된 순서를 의미
4) 포스코 경영연구원(2018.3.12), “이슈터치: 재생에너지 시장은 지금?”

□ 한국도 에너지 전환 로드맵 수립 및 '재생에너지 3020 이행계획(안)' 발표

- 2017.10월, 에너지 전환 정책 전반에 대한 중장기 목표와 방향을 담은 에너지 전환(탈원전) 로드맵 수립
 - 신규 원전 건설계획 백지화 등 원전의 단계적 감축과 2017년 현재 7.6%인 재생에너지 발전량 비중을 2030년 20%로 확대한다는 내용 포함

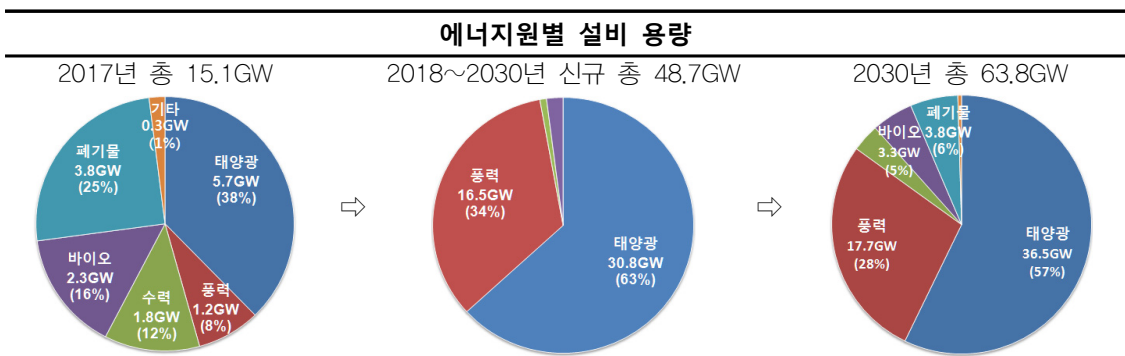
〈표 2〉 국내 에너지 전환(탈원전) 로드맵 주요내용

	주요 내용
원전의 단계적 감축	- 공사 중인 신고리 5·6호기를 제외한 신규원전 건설계획 백지화 - 노후 원전 수명연장 금지 및 월성 1호기 조기 폐쇄 - '17년 (24기) → '22년 (28기) → '31년 (18기) → '34년 (14기)
재생에너지 확대 (발전량 비중 '30년 20%)	- 폐기물·바이오 중심 재생에너지를 태양광·풍력 등으로 전환 - 협동조합·시민 중심의 소규모 태양광 사업 지원 - 계획입지 제도로 난개발 방지, 관계부처·공공기관 협업 사업 발굴
지역·산업 보완대책	- 미확보 원전해체 기술 개발('동남권 원전해체연구소' 설립방안 마련) - 원전 수출 적극 지원 및 지역주민 소득 창출을 위한 사업 추진 - 산업계와 함께하는 참여형 보완대책 수립

자료 : 산업통상자원부(2017.10), "정부, 신고리 5·6호기 건설재개 방침과 에너지전환(탈원전) 로드맵 확정"

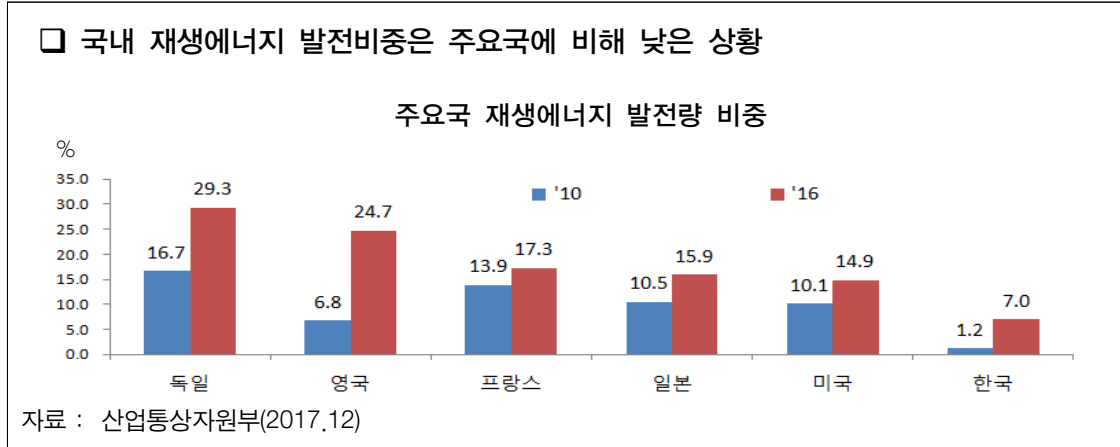
- 2017.12월, 2030년까지 재생에너지 발전량 비중 20% 달성을 위한 '재생에너지 3020 이행계획(안)' 발표
 - 2017년 기준 15.1GW의 재생에너지 설비용량(누적)을 2030년 63.8GW까지 보급할 계획으로, 신규 설비용량(48.7GW)의 97%를 태양광·풍력으로 공급할 예정

〈그림 5〉 재생에너지 3020 이행계획(안) 에너지원별 재생에너지 보급 목표



자료 : 산업통상자원부(2017.12), "재생에너지 3020 이행계획(안) 발표"

〈참고 1〉 주요국 재생에너지 발전량 비중



〈참고 2〉 재생에너지 3020 이행계획(안) 주체별 설비 공급 계획 및 소요재원

□ 자가용 설비, 소규모 사업, 농가 태양광, 대규모 프로젝트 통해 목표 달성

주체별 재생에너지 설비 공급 계획(목표) (단위 : GW)

	[단기] 2018~2022년	[중장기] 2023~2030년	총계
주택·건물 등 자가용	0.7	1.7	2.4
협동조합 등 소규모 사업	3.4	4.1	7.5
농가 태양광	3.3	6.7	10.0
대규모 프로젝트	5.0	23.8	28.8
소계	12.4	36.3	48.7

자료 : 산업통상자원부(2017.12)

□ 신규 설비투자 92조원(공공 51조·민간 41조원), 정부 예산 18조원 소요 전망

재생에너지 3020 이행계획(안) 소요재원 (단위 : 조원)

	'18년	'19년	'20년	'21년	'22년	'23년	'24년	'25년	'26년	'27년	'28년	'29년	'30년	계
금액	2.8	4.9	4.9	5.1	5.8	6.5	7.8	8.4	8.2	8.5	9.8	9.6	9.9	92.2
	[단기] 23.5					[중장기] 68.7								

주 : 투자주체(공공기관, 민간 발전사, 금융기관, 협동조합, 농민·국민 등)
 자료 : 산업통상자원부(2017.12)

Ⅱ. 재생에너지 확대와 수소에너지

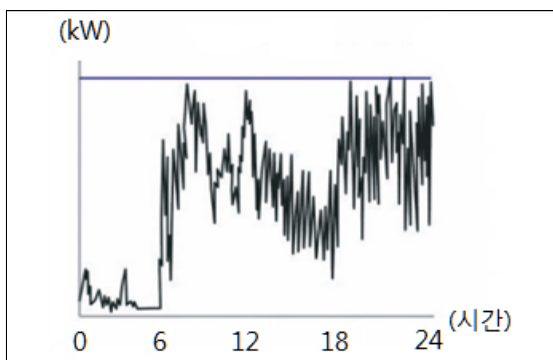
1. 재생에너지 특성과 에너지 저장

□ 재생에너지 발전 비중 증가는 전력계통⁵⁾ 안정성⁶⁾을 저하시키고 유희전력 문제를 야기할 수 있음

○ 태양광·풍력 발전의 간헐성과 불확실성

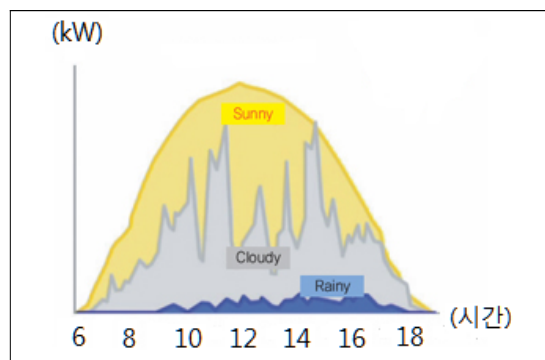
- 풍력 터빈은 바람이 불 때만, 태양광 시스템은 햇빛이 비출 때만 발전 가능
- 일조량과 풍속 등이 시시각각 변화하여 발전 출력에 영향(간헐성)을 미쳐 전력계통의 주파수와 전압에 변동을 초래(전력 품질 저하)
 - 전압이 변동하면 수용가의 전압을 $220V \pm 6\%$ (법정유지 범위) 맞추기 어려움
 - 일정 전압이 필요한 산업체 가동 중단 및 전자기기 고장 발생 가능성 증대
- 발전 출력에 대한 정확한 예측이 어려워(불확실성) 실시간으로 전력 수요와 공급 간 균형 유지 어려움
 - 재생에너지의 출력 감소량이 예비 전력을 초과할 경우 계통 붕괴 위험
 - 수요가 적은 심야에 풍력발전기 가동으로 과잉생산 문제 발생 가능

〈그림 6〉 풍력발전 출력변화 예시



주 : 풍속변화에 따른 변화
자료 : 산업자료 참조하여 재작성

〈그림 7〉 태양광발전 출력변화 예시

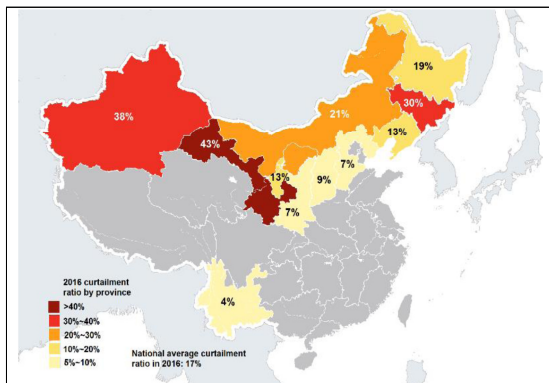


주 : 기상변화(맑음/구름/비)에 따른 변화
자료 : 산업자료 참조하여 재작성

- 발전소, 변전소, 송·배전선, 부하(수요량)가 일체화 되어 전력의 발생 및 이용이 이루어지는 시스템
- 전력 소비자에게 안정적으로 전력을 공급하는 개념인 '적정성'과 예기치 못한 피해 상황 시 계통이 붕괴되지 않고 견딜 수 있는 능력인 운영상의 '안전성' 등 크게 두 가지 개념이 포함

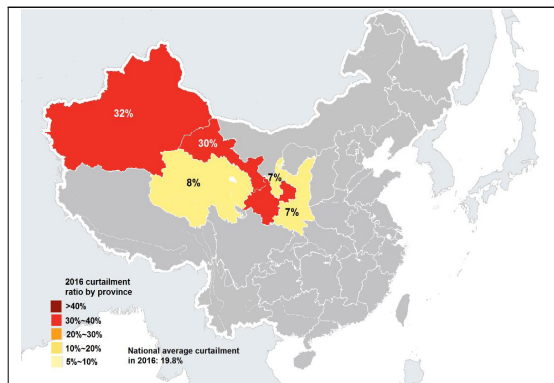
- 송·배전 제약 및 지역별 불균등한 자원 분포로 인한 유희전력 발생
 - 2013년 이후 재생에너지 설비가 급격히 증가하고 있는 중국의 경우 전력망 인프라 부족과 지역별 수급 불균형⁷⁾ 등으로 기 구축된 설비가 가동되지 못하거나 생산 전력이 유희 되어 전력손실 발생⁸⁾
 - 중국 전력 손실률(2016년) : 풍력 17%(40.1TWh), 태양광 19.8%(13.1TWh)⁹⁾¹⁰⁾

〈그림 8〉 중국 풍력발전 전력 손실률



자료 : BNEF(2017.10)

〈그림 9〉 중국 태양광발전 전력 손실률



자료 : BNEF(2017.10)

- 독일도 2017년 4.65TWh의 전력이 계통에 연계되지 못하는 등 재생에너지 비율이 높아질수록 유희전력 또한 증가¹¹⁾
 - 2013~2015년 가파르게 상승하던 독일의 재생에너지 전력손실량은 2016년 소폭 감소하였다가 2017년 다시 증가
 - 송전 전압이 낮은 태양광발전 대비 중·고압 송전 전압의 육상풍력에 의한 전력 손실이 큰 비중을 차지

7) 중국의 풍력발전 개발이 활발한 북부지역은 화력발전소가 지역 내 난방열 공급을 위해 우선 가동되어 전력공급 포화상태로 재생에너지 전력이 공급될 여지 크지 않음. 태양광 발전은 중국 동부지역에서의 낮은 수익성으로 서부지역을 중심으로 이루어지고 있으나 전력수요 낮음

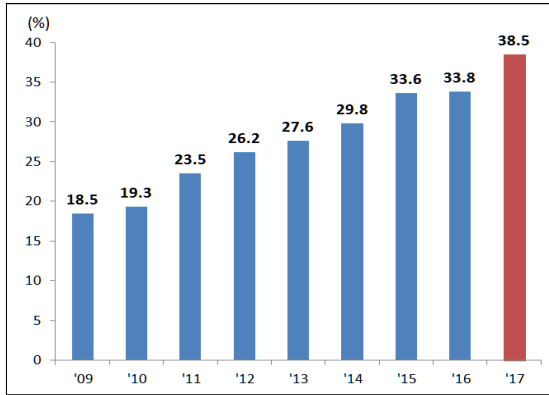
8) 양의석 외(2016.9.2), “중국 신재생 발전부문 棄風·棄光의 원인과 대책”, 세계 에너지시장 인사이트, 에너지경제연구원; 김규연(2017.10.23), “최근 중국 재생에너지 산업 동향 및 전망”, KDB 주간 리포트, 한국산업은행

9) Yiyi Zhou and Sophie Lu(2017.10.25), “China's Renewables Curtailment and Coal Assets Risk Map”, Bloomberg New Energy Finance

10) Agora Energiewende(2017.6), “Energy Transition in the Power Sector in China: State of Affairs in 2016”

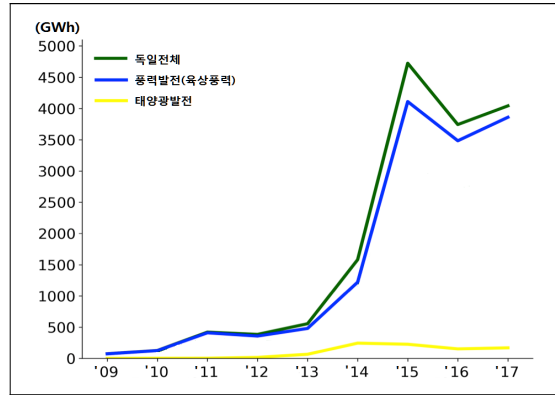
11) Craig Morris(2018.1.31), “When is the grid “full”?”, <https://energytransition.org>

〈그림 10〉 독일 재생에너지 발전비중



자료 : Fraunhofer(2018,2,1)

〈그림 11〉 독일 재생에너지 전력 손실률

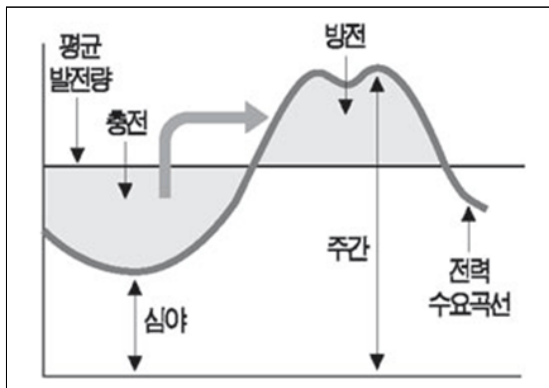


자료 : <https://energytransition.org>

□ 재생에너지의 전력계통 연계시 안정성 유지 및 유희전력 문제 해결 위해 에너지 저장 필요

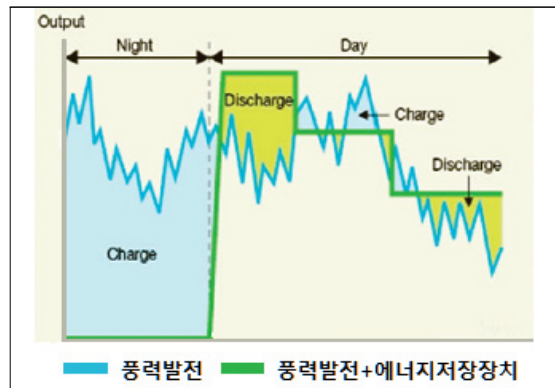
- 유희전력을 저장하였다가 전력이 부족할 때 공급하거나 주파수·전압을 일정 범위에서 유지시켜 전력품질 제고 및 계통 안정성 향상
 - 재생에너지의 급격한 출력 변동을 에너지 저장장치의 충·방전으로 조정
 - 주파수 및 전압을 일정하게 유지해 전력품질 개선
 - 유희전력을 충전했다가 최대 수요나 집중 수요 시간대에 활용(방전)
 - 전력부하 평준화로 재생에너지 설비 효율 개선

〈그림 12〉 전력부하 평준화



자료 : 산업자료 참조하여 재작성

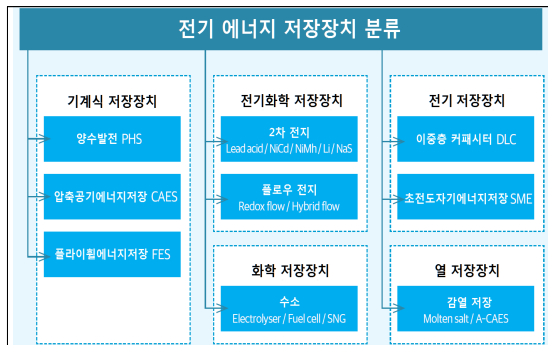
〈그림 13〉 재생에너지 출력 안정화



자료 : 산업통상자원부(2015.7)

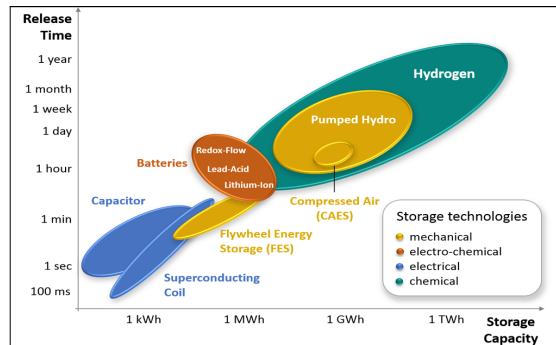
- 저장 방식별 다양한 에너지 저장 장치가 존재하며, 2030년 국내 발전비중 20% (125.8TWh)¹²⁾의 대용량 재생에너지 저장 방안으로 수소에너지 활용 가능
 - 대용량 에너지 저장 방식으로 양수발전¹³⁾과 압축공기에너지저장(CAES)¹⁴⁾이 있으나, 양수발전의 경우 설치 지역 한계, 낮은 변환 효율, 환경 파괴 등의 문제점이 있고, CAES는 폭발 등 위험성으로 인해 설치 가능 지역에 제한
 - 에너지 밀도¹⁵⁾와 효율이 높고 휴대폰 및 전기차용 생산 규모 확대와 더불어 성장하고 있는 리튬이온(Li) 2차 전지¹⁶⁾는 현재 주파수 조정용과 재생에너지 저장용으로도 대규모로 보급되고 있으나 저장 용량 및 장기간 저장에 한계
 - 수소에너지를 활용한 저장 방식은 재생에너지를 수소 형태로 저장(물의 전기 분해로 수소 생산)했다가 산소와 수소의 전기화학적 반응을 통해 전기 및 열에너지로 변환(연료전지)시키는 것으로 대용량 및 장기 저장이 가능
 - 10시간 이내, 10MWh 이하 소규모 저장에 경쟁력을 갖는 2차 전지 대비 1GWh~1TWh의 대용량 저장과 장기간(1~1000시간) 저장에 유리

〈그림 14〉 에너지 저장장치 분류



자료 : 한국전력공사 전력연구원(2016.7)

〈그림 15〉 저장시간·용량별 에너지 저장장치



자료 : IDST(2017.4)

- 12) 산업통상자원부(2017.12), “제8차 전력수급기본계획(2017~2031)”
- 13) 고지대에 저수지를 만들고, 전력 수요가 적은 밤에 잉여 전력을 이용해 모터펌프로 물을 저수지에 퍼 올려놓았다가 그 저수지 물을 낙하시켜 발전하는 방식(산업통상자원부)
- 14) Compressed Air Energy Storage, 전기 에너지를 지하 저장 동굴에 압축된 공기 형태로 저장하여 필요시 지하에서 끌어올려 가열·팽창시켜 발전(압축공기 에너지→회전 운동에너지(터빈)로 변환)
- 15) 전지의 에너지양(전력량, 전력과 시간의 곱)을 나타내는 것으로 단위 체적당(Wh/l) 또는 단위 중량당(Wh/kg) 에너지양으로 표시
- 16) 사용하고 난 후 다시 충전해 계속 사용할 수 있는 재 충전식 전지를 의미함. 충전 물질로 무엇을 쓰느냐에 따라 니켈전지, 이온전지, 리튬이온전지 등이 있으며, 현재 2차 전지 시장의 대부분을 리튬이온전지가 차지(전기에너지 저장용 이차전지 중 리튬이온 이차전지의 비중 약 85%로 추정, 하나금융투자, 2018.3)

2. 수소에너지를 활용한 재생에너지 저장

□ 수소에너지 개념 및 에너지 저장

- 수소에너지는 수소분자(H₂)가 산소분자(O₂)와 반응해 물(H₂O)이 될 때 방출되는 에너지로, 연료전지 발전시스템의 원리이기도 함
- 수소는 직접 연소하거나 연료전지의 연료로 이용해 전기에너지로 쉽게 전환할 수 있으며 저장, 수송 매체로 활용도 높음
 - 에너지를 수소 형태로 저장(수소 생산)할 경우 높은 에너지 밀도 보유
 - 가스 및 액체 형태로 수송 가능하며, 전력 대비 수송 손실 1/10 수준
- 수소에너지는 사용 과정에서 물만이 배출되는 친환경적 에너지로, 에너지의 탄소 수가 적어지는 탈탄소화¹⁷⁾의 궁극적 에너지라 할 수 있음
 - 수소 대비 탄소비율 : 석탄(1~2), 석유(0.5), 천연가스(0.25), 수소(0)

〈표 3〉 수소에너지의 장점

	장점
생산	- 수소는 다양한 에너지원 및 방식으로 생산 가능
소비	- 연료전지를 통해 가정용·산업용·수송용 등 모든 소비 부문에서 이용 가능 - 사용 과정에서 전력과 열 모두 이용 가능
저장·운반	- 수소는 액화 및 압축을 통해 고압탱크에 저장 가능 - 탱크 및 파이프라인을 통해 운송
효율성	- 발전소의 전기에너지 이용 효율은 35% 내외인데 반해 수소에너지를 이용하는 연료전지의 경우 전기와 열 이용시 80%에 달함
친환경성	- 화석연료와 달리 사용과정에서 유해한 부산물을 전혀 배출하지 않음 - 수소 생산과정에서 CCS(이산화탄소 포집·저장기술)를 사용하거나 신재생에너지 이용 할 경우, CO ₂ 배출량 감축 및 배출 제로 가능

자료 : 산업연구원(2016.8), “신에너지 시대를 여는 수소산업의 성장가능성과 발전과제”

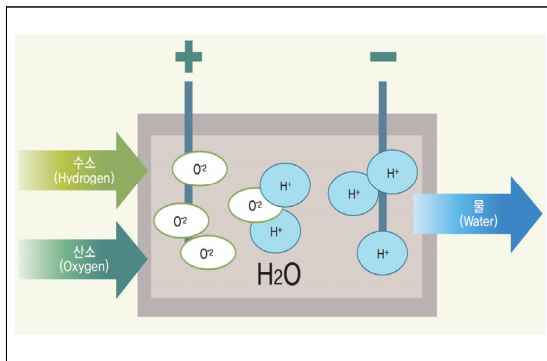
- 수소는 화석연료 및 바이오매스 원료의 개질(改質)¹⁸⁾, 정유·제철 공장 등의 부생수소 활용, 물의 전기분해(수전해) 등을 통해 생산 가능
 - 수전해가 가장 친환경적인 방법이나 전력 사용에 따른 경제성 문제 존재

17) 탈탄소화는 석탄, 석유, 천연가스 순으로 단위 질량당 탄소의 수가 적어지는 것을 의미(Jeremy Rifkin(2002), “The Hydrogen Economy”)

18) 탄화수소(탄소와 수소로 이루어진 화합물)의 질을 개선하기 위해 구조를 변화시키는 과정으로 사슬모양의 탄화수소를 고리모양으로 만드는 과정을 말하기도하며 이때 수소가 생산됨

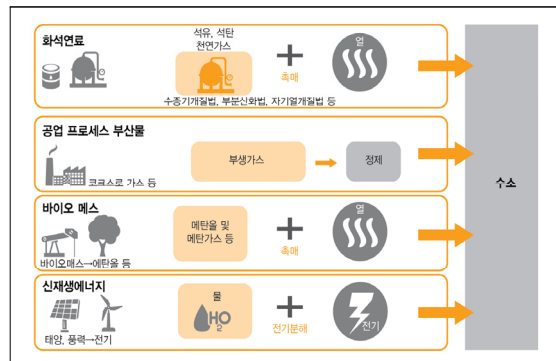
- 연료전지는 수소에너지, 즉 화학에너지를 전기에너지로 변환하는 장치
 - 현재 상용화된 연료전지 발전시스템의 수소 공급은 화석연료(주로 LNG)의 개질로 이루어지고 있음
 - 원료(수소) 공급 과정에서 화석연료 사용으로 CO₂ 등 온실가스가 발생하여 수소 에너지의 장점을 백분 활용하지 못하고 있는 실정

〈그림 16〉 연료전지의 원리



자료 : 녹색기술센터(2016)

〈그림 17〉 수소 생산 방식

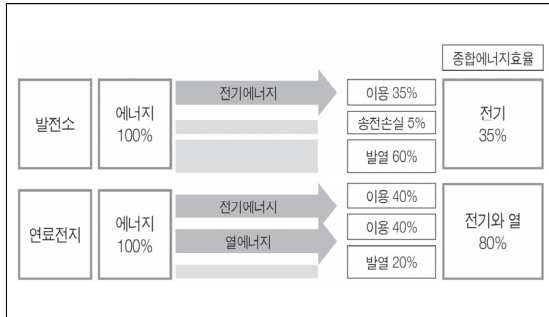


자료 : 산업연구원(2016.8)

□ 재생에너지-수전해-연료전지 시스템의 시너지

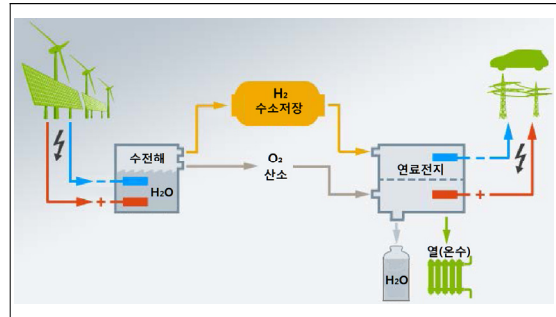
- 재생에너지 저장에 수소에너지를 활용함으로써 재생에너지 확대에 인한 문제 해소와 함께 에너지 사용 전(全) 과정에서 온실가스 배출 제로 달성 가능
- 재생에너지를 수전해에 사용하여 수소를 생산(충전)하고 연료전지 시스템에 공급하여 활용(방전)
- 재생에너지의 발전 비중 증가로 야기될 수 있는 전력계통 문제를 해결하고 유희전력의 활용도 제고
 - 수소 생산과 연료전지 발전을 통한 재생에너지 변동성 제어 및 수급 균형
 - 대용량·장시간 저장으로 계절적 변동성까지 완화 가능하며, 연료 형태의 저장이기 때문에 수송 용이성으로 지역적 에너지 불균형 경감에도 활용 가능
 - 연료전지 발전으로 전기뿐만 아니라 열(온수)에너지 이용으로 효율 증대
- 재생에너지 유희전력을 이용함으로써 경제적이고 친환경적인 수소 생산이 가능하며, 화석연료 사용 없는 연료전지 발전으로 온실가스 배출 제로 달성

〈그림 18〉 연료전지의 에너지 효율



자료 : 산업연구원(2016.8)

〈그림 19〉 재생에너지-수전해-연료전지 개념



자료 : 한국에너지기술연구원(2018.1) 참조 재작성

Ⅲ. 시사점

□ 재생에너지 확대와 수소에너지 기술개발 지원 병행

- 재생에너지 확대에 따른 전력 계통 유연성¹⁹⁾ 확보와 유희전력 문제 해결을 위해 에너지 저장은 필수적이며, 수소에너지의 활용으로 에너지 전환의 완성도를 높일 수 있음
- ‘재생에너지 3020’의 성공적인 목표 달성을 위해 재생에너지의 장시간·대용량 저장이 가능한 수소 저장 필요
 - 재생에너지 비중이 높은 독일·프랑스·덴마크 등 유럽 국가 및 미국도 유희전력으로 수소를 생산해 전력의 저장 수단으로 활용하는 P2G(Power to Gas) 프로젝트 확대
- 수전해-연료전지 결합의 수소 저장 시스템은 전기뿐만 아니라 열(온수)과 수소(가스) 자체로의 활용이 가능하다는 점에서 이상적
- 또한 현재 연료전지 시스템의 단점이라 할 수 있는 화석연료 사용에 따른 온실가스 배출을 원천적으로 차단
- 따라서 온실가스 배출 저감을 위해 에너지 효율과 재생에너지 비중을 높이는 ‘에너지 전환’에 가장 부합하는 형태가 될 수 있음

19) 전력계통 유연성이란 매순간 전력수급 균형을 유지하기 위해 비용 효과적으로 발전과 부하(수요)를 조절할 수 있는 능력으로 정의(안재균(2018.3), “전력계통 유연성 강화방안”)

〈표 4〉 주요국 P2G 프로젝트 현황

	P2G 프로젝트 현황
독일	<ul style="list-style-type: none"> • 2022년까지 P2G 설비를 1000MW까지 확대하는 것을 목표로 17억유로를 들여 P2G 전략 플랫폼 사업 추진 • 풍력 발전 에너지로 수소를 제조하여 활용하는 20개 이상의 프로젝트 진행 중 • 가스 망 이용 수소 및 메탄(CH₄)^주공급, 수송 연료화, 수소저장 등의 프로젝트가 자동차 업체 및 에너지 기업 등이 참여해 진행(Greenpeace Energy의 Wind-gas 프로젝트, Audi의 e-gas 프로젝트, Total/NENETRAG 등의 베를린 브란덴부르크 국제공항 프로젝트 등)
프랑스	<ul style="list-style-type: none"> • 1MW급 재생에너지 수전해 연계 장치로 수소를 생산해 배관으로 운송하는 ‘Jupiter 1000’ 프로젝트 시행 중
덴마크	<ul style="list-style-type: none"> • 풍력 발전 에너지로 수소를 생산(수전해)하여 에너지 시스템(계통안정화, 수송 및 발전에너지)에 적용하는 ‘HyBalance’ 프로젝트 진행 중
네덜란드	<ul style="list-style-type: none"> • 화학회사 AkzoNobel과 가스회사 Gasunie의 공동 프로젝트로 20MW 규모 재생에너지-수전해 연계 프로젝트 진행 중
미국	<ul style="list-style-type: none"> • DOE(에너지부) 주관 풍력 발전 에너지로 수소를 생산해 천연가스 망을 통해 공급하는 ‘Wind2H2’ 프로젝트 진행 중 • NREL(신재생에너지연구소)은 태양광 발전 에너지로 수소를 생산하는 ‘STH(Solar To Hydrogen)’ 연구 개발 지속적으로 추진 중

주 : P2G 개념에는 생산된 수소를 CO₂와 반응시켜 메탄(CH₄) 등을 생산·이용하는 것까지 포함
 자료 : 한국에너지기술연구원(2018.1); 산업연구원(2016.8); 산업자료 참조하여 재작성

○ 수전해 기술을 중심으로 한 수소에너지 기술개발 지원 병행 필요

- 국내 에너지 저장 기술개발과 보급 정책 등은 2차 전지 중심으로 이루어져 수소 저장과 재생에너지의 연계 연구는 시작 단계
 - 특히 재생에너지를 활용하여 수소를 생산하는 대용량 수전해 기술의 경우 주요국들이 1990년대부터 관련 기술을 개발해온데 반해 국내에서는 2003년 수소에너지 사업단이 처음 프로젝트를 시작²⁰⁾
 - 국내 수전해 관련 기업들의 경우 주로 해외 기술에 의존하고 있으며, 원천기술을 가진 국내 기업은 극소수에 불과
- 국내 상황에 맞는 재생에너지-수전해-연료전지 연계 기술의 시나리오 작성 및 경제성 분석 등 체계적인 연구가 재생에너지 확대와 함께 진행되어야 함
 - 2015년 말부터 정부는 재생에너지-수전해 연계 실증 연구 과제를 지원
 - 주로 수전해 관련 원천기술 확보와 재생에너지 연계 시스템 개발을 목표

20) 최동원(2017), “주요국과의 비교를 통한 국내 수소산업의 발전 방안 도출”, ENERGY FOCUS, 에너지경제연구원

이슈분석

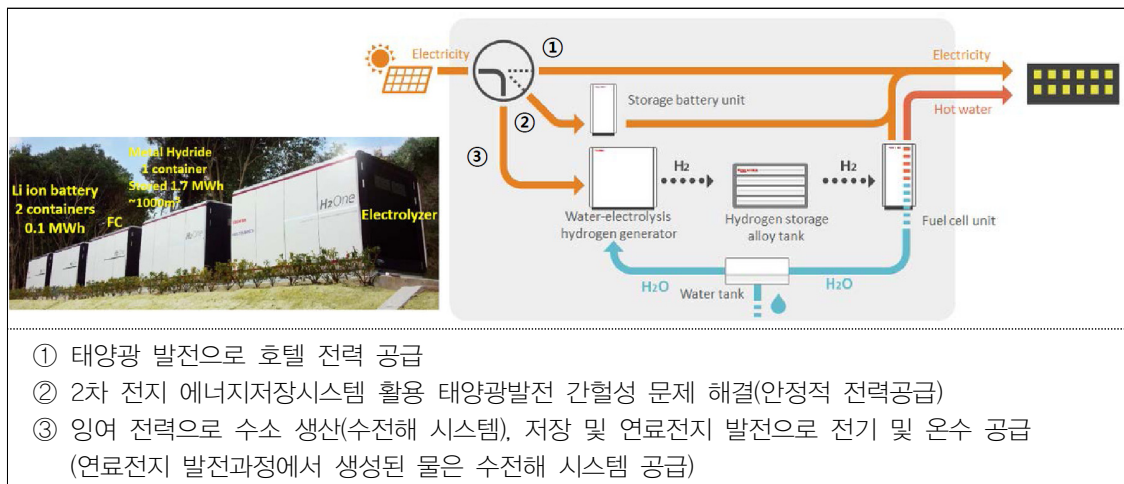
- 지원 규모 확대와 함께 연구 내용 및 수행기관의 다양성 확보 필요
- 재생에너지 확대 목표에 맞는 대규모 통합 실증 연구 과제 및 국내 실정에 맞는 연구 단계별 정량적인 기술 목표 등 필요

〈표 5〉 국내 재생에너지-수전해 연계 정부과제 현황

연구과제	연구기간	수행기관
풍력에너지 잉여전력 활용을 위한 500kW급 하이브리드 수소변환 및 발전시스템 기술개발	'17.12.01~'20.11.30	(주)지필로스
차세대 알칼라인 수전해 원천기술개발	'15.12.01~'21.07.31	한국에너지기술연구원
다차원 산화물 기반 양방향 수전해 기술	'16.12.01~'23.11.30	한국에너지기술연구원
수소생산단가 저감을 위한 350기압급 고분자 전해질 수전해조 스택 기술 개발	'15.12.01~'18.09.30	(주)엘켄텍
상용 모재(母材) 기반 알칼라인 수전해 전극 제조 기술 개발	'15.12.01~'19.09.30	한국에너지기술연구원
통합 신재생에너지 시스템 설계구성 및 운영 최적화 모델 개발	'17.03.01~'20.02.29	포항공과대학교

자료 : 한국에너지기술연구원(2018.1)

〈그림 20〉 일본 도시바 실증 연구과제 사례



자료 : 한국에너지기술연구원(2018.1)

□ 재생에너지 산업의 자생력 확보 차원에서의 수소에너지 활용

- 재생에너지 3020 이행계획을 포함한 정책적 지원은 단기간에 재생에너지를 확대시키는데 효과적일 수 있으나 부작용 유발 가능성 존재
 - 기술 발달 등으로 재생에너지가 경제성을 확보해가고 있으나 전통적 발전원 대비 아직 열위해 보급 확대를 위해서는 정책적 지원이 여전히 필요한 상황
 - 그러나 정부의 보조금 등 지원정책은 장기적으로 시장 경쟁의 공정성을 훼손하고, 기업들의 정부 의존도를 높이는 부작용 유발
 - 재생에너지 확대와 산업의 자생력 확보의 균형점을 찾아 지원의 수위를 조정하고, 시스템적으로 산업의 경쟁력을 높일 수 있는 대안을 제시해야 함
- 재생에너지-수전해-연료전지 시스템을 통해 사업자가 자체적으로 수익확보 가능한 체계 마련 가능
 - 재생에너지 활용 증가에 따른 이익과 함께 연료전지 발전의 효율 증대로 발전사업자의 추가 경제성 확보
 - 온실가스 등 환경 이슈에서 자유로우면서 에너지 사용(전기 및 열)에 불편함이 없는 시스템으로 자발적 수요시장 창출이 가능할 것으로 예상
 - 장기적인 관점으로 수소경제²¹⁾ 도래시점에서 수소 생산자로서의 추가 수익 확보 가능

21) 현재의 석유중심 경제체제가 무공해 무한 에너지인 수소를 중심으로 한 경제체제로 전환된 미래사회를 의미(Jeremy Rifkin(2002), supra note 17)