

22-1(통권 739호) 2022.05.03

V I P

리포트

■ 탄소중립 실현가능성 제고를 위한
발전 에너지원별 현안과 과제

목 차

■ 탄소중립 실현가능성 제고를 위한 발전 에너지원별 현안과 과제

Executive Summary	i
1. 개요	1
2. 국내 전원믹스 현황과 전망	2
3. 발전 에너지원별 현황 및 문제점	4
4. 시사점	12

□ 비상업 목적으로 본 보고서에 있는 내용을 인용 또는 전재할 경우 내용의 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있으며, 보고서 내용에 대한 문의는 아래와 같이 하여 주시기 바랍니다.

- 총 괄 : 장 우 석 수석연구위원(02-2072-6237, jangws@hri.co.kr)
- 산 업 연 구 실 : 류 하 님 연 구 위 원(02-2072-6233, hnryu@hri.co.kr)
 안 아 름 선 임 연 구 원 (02-2072-6266, arahn@hri.co.kr)

Executive Summary

□ 탄소중립 실현가능성 제고를 위한 발전 에너지원별 현안과 과제

■ 개요

제20대 대통령직인수위원회는 지난 4월 28일 '에너지정책 정상화를 위한 5대 정책 방향'을 발표하며 새 정부 에너지 정책의 밑그림을 제시하였다.

기후·에너지·환경 정책은 국민생활과 산업경제에 미치는 영향이 지대하기 때문에 충분한 의견수렴 과정을 거쳐 안정적, 체계적으로 추진하는 것이 바람직하다.

이에 본고에서는 최근 탄소중립 이행 과정에서 나타난 에너지원별 문제점을 살펴 보고 환경과 산업을 동시에 고려하는 현실적인 에너지 정책 방향을 제안하고자 함

■ 국내 전원믹스 현황 및 전망

문재인 정부는 기후변화 대응과 탄소중립 실현을 위해 재생에너지 확대의 기초에서 에너지원별 비중과 역할을 설정해왔다. 이에 따라 재생에너지 보급 확대 및 천연가스 발전 비중의 증가를 통해 석탄과 원전의 비중을 축소하는 전환의 방향성이 나타났다. 또한, 문재인 정부는 '21년 10월 '2050 탄소중립 시나리오'와 '2030 국가온실가스감축목표(NDC)'를 발표하며 재생에너지 발전량 비중 확대를 약속하였다.

윤석열 정부의 기후·에너지 공약사항에 따라 향후 에너지원별 역할 및 전원믹스 방향은 상당 부분 재조정될 것으로 전망된다. 제20대 대통령직인수위원회는 "원전과 신재생에너지의 합리적 조화"를 제시하며 원전 발전비중 상향과 재생에너지 산업 육성을 강조하고 있다.

■ 발전 에너지원별 현황 및 문제점

① **재생에너지** 발전량 비중은 역대 정부에서 꾸준히 증가해온 추세이며, 탄소중립 정책방향이 유지됨에 따라 앞으로도 지속적으로 확대될 전망이다.

(**전력망의 수용성 부족**) 재생에너지를 전력망에 연결하는 송전선로 및 에너지 저장 설비 부족, 전력계통의 유연성 미흡으로 재생에너지 활용의 효율성이 저하되고 있다.

(**국내 가치사슬 공백**) 재생에너지 산업은 핵심 소재 및 부품의 국산화율이 낮아 무역수지 적자를 기록하고 있으며, 특정 국가에 대한 수입의존도가 높은 상황이다.

② **천연가스** 발전량은 최근 큰 폭으로 증가하였으며, 앞으로도 탄소중립 과정에서 유연성 전원으로서의 역할이 요구되나 수급 불안정, 온실가스 배출기준 강화 등의 문제에 직면해 있다.

(**천연가스 수급 불안정**) 천연가스 가격은 지난 10년 간 안정적인 수준을 유지해왔으나 2021년부터 공급망 차질이 발생하며 가격이 급등하고 있다.

(**온실가스 배출기준 강화**) 천연가스 발전이 한국형 녹색분류체계 기준을 만족시키기 위해서는 추가적인 탄소배출 감축 노력이 요구된다.

③ **석탄** 발전량은 2018년 이후 감소세로 전환되었으며, 이에 따라 전체 발전량에서 차지하는 비중도 빠르게 하락하는 추세이다.

(**온실가스 및 미세먼지 배출**) 탄소중립 이행과 대기환경 개선을 위해 노후 석탄화력발전소는 지속적으로 폐지 또는 연료전환이 시행될 예정이다.

(**좌초자산 관리**) 탄소중립 이행 과정에서 발생하는 좌초자산에 대해 국가적 차원에서 어떻게 보상할 것인지 등에 대한 국민적 합의가 필요하다.

④ **원자력** 발전량은 10년 이상 비슷한 수준을 유지하고 있다. 제20대 대통령직인수위원회는 EU 사례를 참고하여 녹색분류체계(K-Taxonomy)에 원전을 포함시키겠다고 발표하였는데, 유럽연합(EU)의 '지속가능금융 분류체계(Green Taxonomy)'에 원전이 포함되면서 명문화된 두 가지 전제조건은 실질적인 규제요인으로 작용할 전망이다.

(**고준위 방사성폐기물 처분장**) EU 기준에 의하면 2050년 이전까지 고준위 방사성폐기물 처분장을 확보하고 운영할 세부계획을 제시할 필요가 있다.

(**사고저항성 핵연료**) 또한 2025년부터 사고저항성 핵연료를 적용해야 한다는 조건도 충족시키기 쉽지 않은 상황이다.

■ 시사점

탄소중립을 실현하면서 지속가능한 성장을 이루기 위해서는 전원믹스를 구성하는 에너지원별 당면과제를 해결하는데 국가적 역량을 집중할 필요가 있다.

첫째, 재생에너지 확대 경로에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 **전력망 혁신** 및 **국내 재생에너지 산업 가치사슬 강화**를 위한 투자를 확대해야 한다.

둘째, 천연가스 수급 리스크를 분산시키기 위한 **민간의 역할 확대**와 더불어 **탄소 포집·저장·활용(CCUS) 기술의 상용화**를 앞당겨야 한다.

셋째, 온실가스 감축과 대기 환경 개선을 위해 **좌초자산화** 되는 석탄발전 설비에 대한 체계적인 감축 전략과 지원방안이 함께 마련되어야 한다.

넷째, 탄소중립 이행을 위해 원전을 활용하기 위해서는 **고준위 방사성폐기물 처분장 확보**, **사고저항성 핵연료 조건 충족**을 위해 노력할 필요가 있다.

1. 개요

- 탄소중립과 경제성장을 동시에 고려하는 현실적 에너지 정책을 수립하기 위해서는 폭넓은 의견수렴을 통해 국민적 합의를 도출하는 것이 중요
 - 제20대 대통령직인수위원회는 지난 4월 28일 '에너지정책 정상화를 위한 5대 정책방향'을 발표하며 새 정부 에너지 정책의 밑그림을 제시
 - 국제적으로 약속한 탄소중립 목표는 존중하되 실행방안은 원전 활용 등을 통해 실현 가능성을 높이는 방향으로 보완하겠다고 발표
 - 원전 발전 비중을 상향하고, 재생에너지 보급을 지속 추진하는 한편, 석탄·LNG 발전은 합리적으로 감축하겠다는 방향을 제시
 - 또한, 한전 독점판매 구조의 점진적 개방, 원가주의 요금원칙 확립 등 경쟁과 시장원칙에 기반한 에너지 시장구조 확립 등을 강조
 - 기후·에너지·환경 정책은 국민생활과 산업경제에 미치는 영향이 지대하기 때문에 충분한 의견수렴 과정을 거쳐 안정적, 체계적으로 추진하는 것이 바람직
 - '21년 10월 발표된 '탄소중립시나리오'는 2050년까지 재생에너지 발전 비중을 70.8%(A안) 또는 60.9%(B안)까지 대폭 확대하겠다는 안을 제시하면서 실현 가능성에 대한 논란이 확산
 - 한편, 기후변화 대응을 위한 에너지전환 과정에서 천연가스, 석탄, 원자력 등 에너지원별 적정 발전 비중에 관한 논의도 지속
 - 따라서 '제4차 에너지기본계획' 및 '제10차 전력수급기본계획' 등을 수립하는 과정에서 충분한 논의를 거쳐 국민적 합의를 이끌어낼 필요
 - 이에 본고에서는 최근 탄소중립 이행 과정에서 나타난 에너지원별 문제점을 살펴 보고 환경과 산업을 동시에 고려하는 현실적인 에너지 정책 방향을 제안하고자 함
 - 탄소중립 이행 경로에서 나타날 수 있는 재생에너지, 천연가스, 석탄, 원자력 발전의 현황과 문제점을 점검
 - '탄소중립 이행'과 '경제 성장'이라는 두 가지 목표를 동시에 달성하기 위한 현실적인 에너지 정책 방향을 제시

2. 국내 전원믹스 현황과 전망

○ 문재인 정부는 기후변화 대응과 탄소중립 실현을 위해 재생에너지 확대의 기초에서 에너지원별 비중과 역할을 설정

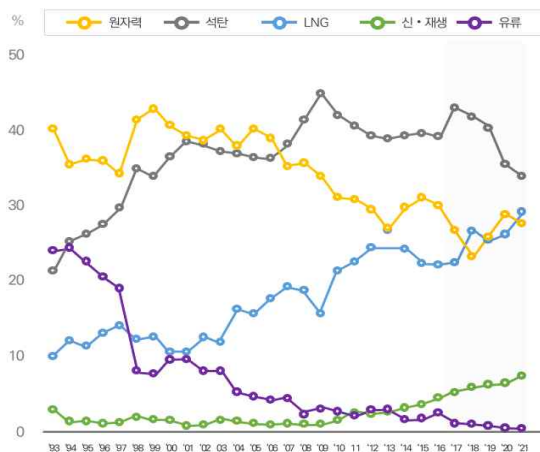
- 재생에너지 보급 확대 및 천연가스 발전 비중의 증가를 통해 석탄과 원전의 비중을 축소하는 전환의 방향성이 나타남

- 재생에너지¹⁾ 발전량 비중은 2016년 4.8%에서 2021년 7.5%로 2.7%p 증가하였고, 천연가스 발전량 비중은 같은 기간 22.4%에서 29.2%로 6.8%p 증가
- 반면, 석탄 발전량 비중은 2016년 39.6%에서 34.3%로 5.5%p 감소하였으며, 원자력 발전량 비중은 같은 기간 30.0%에서 27.4%로 5.6%p 감소
- 발전원 구성에 관한 최신 계획인 제9차 전력수급계획도 재생에너지 확대, 천연가스 유지, 석탄과 원전 비중 축소 기조로 수립된 것으로 평가

- 또한, 정부는 '21년 10월 '2050 탄소중립 시나리오'와 '2030 국가온실가스감축목표(NDC)'를 발표하며 재생에너지 발전량 비중 확대를 약속

- 국가온실가스감축목표(NDC)에서는 2030년까지 재생에너지 발전량 비중을 30%까지 높이겠다는 목표를 제시
- 탄소중립 시나리오에서는 재생에너지의 발전량 비중을 2050년까지 70.8%(A안) 또는 60.9%(B안)까지 획기적으로 높이겠다고 선언

< 에너지원별 발전량 비중 >



< 재생에너지 발전량 목표 >

구분	2019	2030	2050	
			A안	B안
발전량 (TWh)	33.8	185.2	889.8	736
발전량 비중(%)	6.5	30.2	70.8	60.9

자료 : 전력통계월보, 현대경제연구원 재구성.

- 주 1) 2019 실적치 : 제9차 전력수급기본계획
 2) 2030 목표치 : 2030 국가온실가스감축목표(NDC)
 3) 2050 목표치 : 2050 탄소중립 시나리오

1) 신에너지(연료전지, 석탄액화가스) 포함

○ 윤석열 정부의 기후·에너지 공약사항에 따라 향후 에너지원별 역할 및 전원 믹스 방향은 상당 부분 재조정될 것으로 전망

- 제20대 대통령직인수위원회는 '에너지정책 정상화를 위한 5대 정책방향'으로 ①실현 가능한 탄소중립과 에너지 믹스, ②시장기반 수요 효율화, ③신성장 동력으로서 에너지산업, ④튼튼한 자원안보, ⑤따뜻한 에너지전환 등을 제시
- 특히 “원전과 신재생에너지의 합리적 조화”를 제시하며 원전 발전비중 상향과 재생에너지 산업 육성을 강조
 - 원전은 신한울 3,4호기 건설 재개, 원전수출 추진단 신설, 원전 10기 수주 등의 목표를 제시
 - 재생에너지는 산업경쟁력을 감안한 보급 추진, 태양광·풍력에 대한 R&D 및 실증 확대, 국내외 청정수소 공급망 구축, 수소 관련 R&D 등을 추진
 - 석탄, LNG 발전은 재생에너지 보급 추이, 전력수급, 계통 안정 등을 충분히 고려하며 합리적으로 감축하겠다는 방향을 제시하였으나, LNG 발전에 대한 구체적 계획은 제시되지 않음

< '에너지정책 정상화를 위한 5대 정책방향' 주요 내용 >

정책 방향	주요 내용
1. 실현 가능한 탄소중립과 에너지 믹스	<ul style="list-style-type: none"> - (원전) 신한울 3,4호기 건설 재개, 2030년 원전 발전 비중 상향 - (재생에너지) 주민수용성, 경제성, 국내 재생에너지 산업생태계 등을 고려하여 보급 지속 추진 - (석탄·LNG) 재생에너지 보급 추이, 전력수급, 계통 안정 등을 충분히 고려하며 합리적으로 감축
2. 시장기반 수요 효율화	<ul style="list-style-type: none"> - 전 부문 에너지 효율 혁신, 산업부문 온실가스 감축 시나리오 점검 - 전력구매계약(PPA) 허용범위 확대, 한전 독점판매 구조 점진적 개방 - 전기요금의 원가주의 요금원칙 확립 - 기저전원, 저탄소전원(수소 등) 대상 계약시장, 보조서비스 시장 도입
3. 신성장 동력으로서 에너지산업	<ul style="list-style-type: none"> - 원전산업 생태계를 복원하여 수출 산업화 - 태양광, 풍력, 수소 등 에너지를 신성장 동력으로 육성 - 수소 생산방식 다양화, 해외 수소생산 기지 확보
4. 튼튼한 자원안보	<ul style="list-style-type: none"> - 국가자원안보 컨트롤타워 마련 및 조기경보·위기대응체계 구축 - 민간 자원확보 리스크 완화를 위한 공기업-민간-정부의 협력 강화
5. 따뜻한 에너지전환	<ul style="list-style-type: none"> - 저소득층에 대한 에너지 복지 정책을 강화 - 보상원칙 하, 시장원리를 활용한 석탄발전의 질서있는 감축 유도

자료: 제20대 대통령직인수위원회, 현대경제연구원 재구성.

3. 발전 에너지원별 현황 및 문제점

1 재생에너지

○ (현황) 재생에너지 발전량 비중은 역대 정부에서 꾸준히 증가해온 추세이며, 탄소중립 정책방향이 유지됨에 따라 앞으로도 지속적으로 확대될 전망

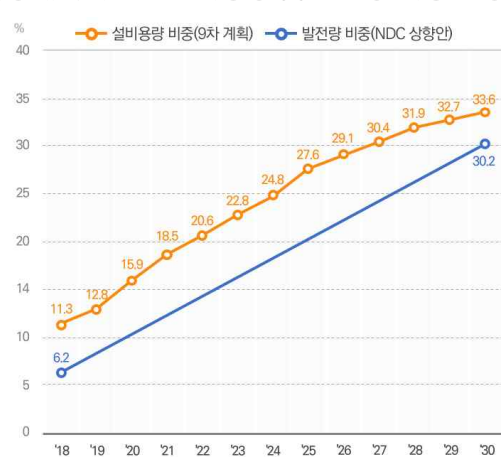
- 2021년 재생에너지 발전량은 전년 대비 15.2% 증가한 43,085GWh로 2007년 이후 연평균 17.6% 수준으로 꾸준히 증가
 - 전체 에너지원에서 재생에너지 발전량이 차지하는 비중은 2007년 1.1%에서 2021년 7.5%로 총 6.4%p 증가
 - 역대 정부별 재생에너지 발전량은 '07~'12년까지 8,125GWh(1.4%p) 증가, '12~'16년까지 13,249GWh(2.3%p) 증가, '16~'21년까지 17,249GWh(2.7%p) 증가
- 기존 계획에 따르면 2030년 기준 재생에너지 발전설비용량은 전체 에너지원의 33.6%까지 증설되고, 발전량 비중은 30.2%까지 확대될 것으로 예상
 - 재생에너지 발전설비용량은 2018년 기준 13,413MW(11.3%)이며, 제9차 전력수급기본계획에 따르면 2030년 58,043MW(33.6%)까지 증설될 계획
 - 재생에너지 발전량은 2018년 기준 35.6TWh(6.2%) 규모이며, 2030 국가온실가스 감축목표(NDC)에 따르면 2030년 185.2TWh(30.2%)까지 증가

< 재생에너지 발전량 및 비중 추이 >



자료 : 전력통계월보.
주 : 21년 데이터는 잠정실적.

< 재생에너지 발전설비용량 및 발전량 비중 전망 >

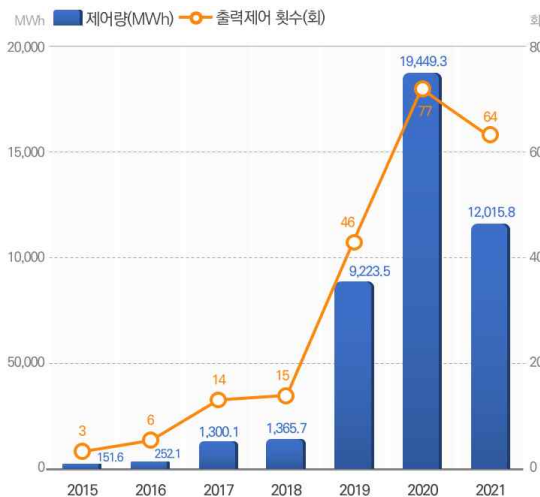


자료 : 설비용량(전력통계월보('18~'21년), 제9차 전력수급기본계획('22~'30년)), 발전량(2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)).

○ (문제점) 전력 공급 안정성 측면에서 전력망의 재생에너지 수용성이 부족하고, 산업적 측면에서 국산화율이 낮으며 특정 국가에 대한 수입 의존도가 높은 상황

- (전력망의 수용성 부족) 재생에너지를 전력망에 연결하는 송전선로 및 에너지 저장설비 부족, 전력계통의 유연성 미흡으로 재생에너지 활용의 효율성이 저하
 - 우리나라는 인근 국가와 전력망이 연결되지 않아 잉여 전력을 거래할 수 없고, 전력 생산지역과 소비지역의 불균형으로 전력망 보강에 대한 부담이 심화
 - 재생에너지 발전량 비중이 높은 제주도의 경우 전력 과잉공급으로 2020년 77회에 걸쳐 출력제어가 실시됨에 따라 19,449MWh의 전력 손실이 발생
- (국내 가치사슬 공백) 재생에너지 산업은 핵심 소재 및 부품의 국산화율이 낮아 무역수지 적자를 기록하고 있으며, 특정 국가에 대한 수입의존도가 높은 상황
 - (태양광) 잉곳·웨이퍼의 무역수지 적자는 연간 약 2.6억 달러(이하 최근 3개년 평균)이며, 잉곳은 100%, 웨이퍼는 93.4% 중국에 의존(21년)
 - (풍력) 대용량 발전시스템의 무역수지 적자는 연간 약 2천3백만 달러에 달하며, 국가별 수입의존도는 중국 44.5%, 독일 24.5%, 덴마크 15.7% 수준(20년)
 - (ESS) 전력관리시스템(PMS)의 무역수지 적자는 연간 9천7백만 달러 수준이며, 황산코발트는 중국에 94.7%, PMS는 일본에 94.6% 의존(21년)

< 제주도 재생에너지 출력제어 현황 >



자료 : 산업통상자원부(2022.3)

< 재생에너지 소재·부품의 수입의존도 >



자료 : 스마트그리드 데이터센터 수출입통계 활용 현대경제연구원 분석.

2

천연가스

○ (현황) 천연가스는 최근 주요 발전원 중 가장 큰 폭의 발전량 증가를 보였으며, 2030년까지 설비용량 비중은 소폭 증가되지만 발전량은 감소할 전망이다

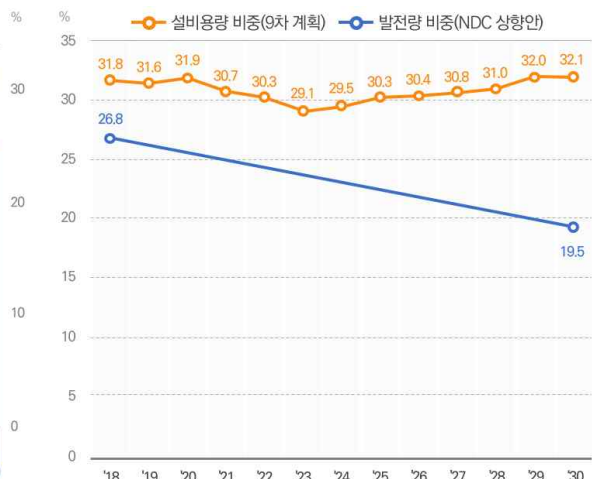
- 2021년 천연가스 발전량은 전년 대비 13.3% 증가한 168,262GWh로 2007년 이후 연평균 5.6% 증가했으며, 2014년부터 감소하다 2017년 이후 증가세 전환
 - 천연가스 발전량 비중은 2007년 19.5%에서 2021년 29.2%로 총 9.7%p 증가했으며, 발전원 중 가장 큰 변화를 보임
 - 각 정부의 천연가스 발전량 변화는 '07~'12년까지 46,858GWh(5.1%p) 증가, '12~'16년까지 4,267GWh(2.2%p) 감소, '16~'21년까지 47,244GWh(6.8%p) 증가
- 기존 계획에 따르면 2030년 기준 천연가스 발전설비용량은 전체 에너지원의 32.1%까지 증설되고, 발전량 비중은 19.5%까지 축소될 것으로 예상
 - 천연가스 발전설비용량은 2018년 기준 37,851MW(31.8%)이며, 제9차 전력수급 기본계획에 따르면 2030년 55,496MW(32.1%)까지 증설될 계획
 - 천연가스 발전량은 2018년 기준 152.9TWh(26.8%) 규모이며, 2030 국가온실가스 감축목표(NDC)에 따르면 2030년 119.5TWh(19.5%)까지 감소

<천연가스 발전량 및 비중 추이 >



자료 : 전력통계월보.
주 : 21년 데이터는 잠정실적.

<천연가스 발전설비용량 및 발전량 비중 전망 >

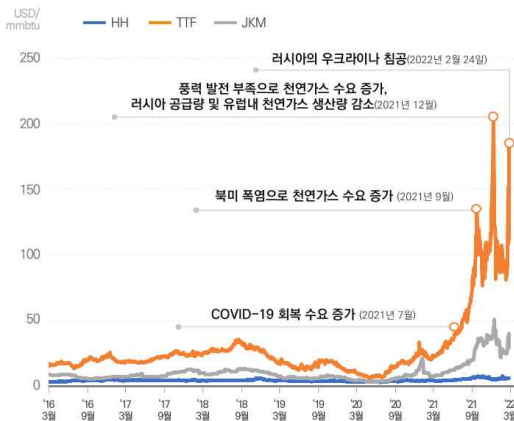


자료 : 설비용량(전력통계월보('18~'21년), 제9차 전력수급기본계획('22~'30년)), 발전량 (2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)).

○ (문제점) 천연가스는 탄소중립 과정에서 유연성 전원으로서의 역할이 요구되나 수급 불안정, 온실가스 배출기준 강화 등의 문제에 직면

- (천연가스 수급 불안정) 천연가스 가격은 지난 10년 간 안정적인 수준을 유지해왔으나 2021년부터 공급망 차질이 발생하며 가격이 급등
 - 최근 러시아발(發) 공급 부족으로 유럽과 아시아 지역에서 물량경쟁이 발생함에 따라 국제 천연가스 시장은 수요자 시장에서 공급자 시장으로 전환
 - 폭염, 한파 등 이상기후에 따른 수요 급등, 환경규제에 따른 대체수요 증가 등은 천연가스 가격의 불안정성을 심화시키는 요인으로 작용
- (온실가스 배출기준 강화) 천연가스 발전이 한국형 녹색분류체계 기준을 만족시키기 위해서는 추가적인 탄소배출 감축 노력이 요구
 - 천연가스 발전은 석탄화력의 대체재 및 유연성 자원으로서 탄소중립 전원 완성까지의 기간을 책임질 전환기 기술로 평가
 - 한국형 녹색분류체계(K-taxonomy)에 천연가스가 포함되나 '30~'35년까지 한시적으로 인정되며 온실가스 배출량 기준을 충족해야 함
 - ※ 에너지 생산량 대비 온실가스 배출량이 340(gCO₂/kWh) 이내여야 하며(설계 명세서 기준), 설계 수명기간 동안 평균 250(gCO₂/kWh)을 달성할 수 있는 중장기 감축 계획을 제시해야 함

< 최근 천연가스 선물 가격 추세 >



자료 : Bloomberg 데이터 활용 현대경제연구원 작성.

< LNG 발전 온실가스 배출 기준 >



자료 : IPCC(2014), 한국형 녹색분류체계 가이드라인, 현대경제연구원 재구성.

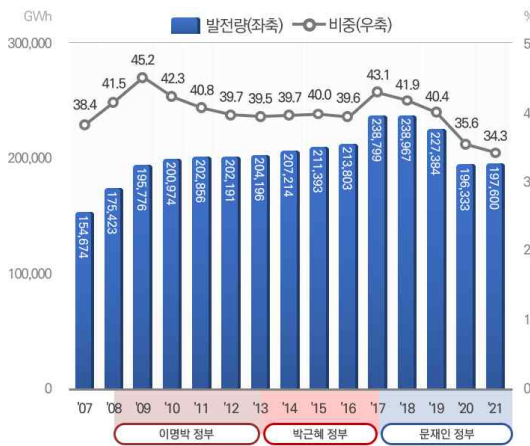
주 : 바이오가스, 수소, 암모니아 중 하나 이상과 부생가스, LNG 중 하나 이상을 혼합한 가스

3 석탄

○ (현황) 석탄 발전량은 2018년 이후 감소세로 전환되었으며, 이에 따라 전체 발전량에서 차지하는 비중도 빠르게 하락하는 추세

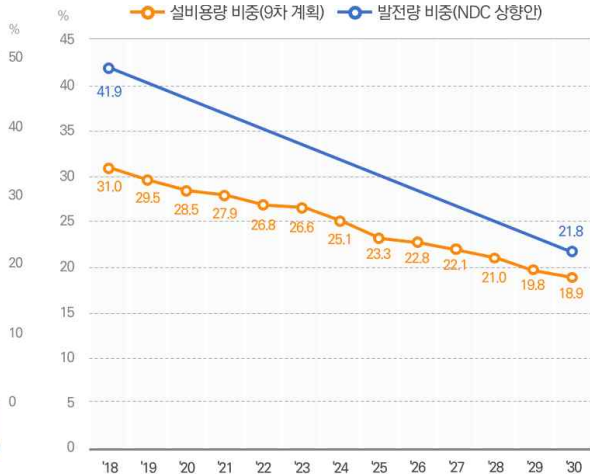
- 2021년 석탄 발전량은 전년 대비 0.6% 증가한 197,600GWh로, 2007년 이후 완만하게 증가해오다가 2018년 이후 감소세로 전환
 - 석탄 발전량 비중은 2007년 38.4%에서 2021년 34.3%로 총 4.1%p 감소했으며, 2017년에 일시적으로 증가했으나 이듬해부터 감소하는 추세
 - 각 정부의 석탄 발전량 변화는 '07~'12년까지 47,517GWh(1.3%p) 증가, '12~'16년까지 11,612GWh(△0.1%p) 증가, '16~'21년까지 16,203GWh(5.3%p) 감소
- 기존 계획에 따르면 2030년 기준 석탄 발전설비용량은 전체 에너지원의 18.9%까지 축소되고, 발전량 비중도 21.8%까지 감소될 것으로 예상
 - 석탄 발전설비용량은 2018년 기준 36,970MW(31.0%)이며, 제9차 전력수급기본계획에 따르면 2030년 32,612MW(18.9%)까지 축소될 계획
 - 석탄 발전량은 2018년 기준 239.0TWh(41.9%) 규모이며, 2030 국가온실가스 감축목표(NDC)에 따르면 2030년 133.2TWh(21.8%)까지 감소

< 석탄 발전량 및 비중 추이 >



자료 : 전력통계월보.
주 : 21년 데이터는 잠정실적.

< 석탄 발전설비용량 및 발전량 비중 전망 >



자료 : 설비용량(전력통계월보('18~'21년), 제9차 전력수급기본계획('22~'30년)), 발전량 (2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)).

○ (문제점) 석탄화력발전소는 온실가스 및 미세먼지의 주요 배출원으로 지목되어 지속적인 감축이 시행 중이며, 이에 따른 좌초자산²⁾ 문제가 발생

- (온실가스 및 미세먼지 배출) 탄소중립 이행과 대기환경 개선을 위해 노후 석탄 화력발전소는 지속적으로 폐지 또는 연료전환 시행 예정

- 석탄화력발전의 온실가스 배출량은 천연가스발전 대비 2배 이상, 미세먼지 (PM10) 배출량은 33배, 초미세먼지(PM2.5) 배출량은 66배 수준
- 제9차 전력수급기본계획에 따르면 석탄화력발전 설비는 2020년 58개소에서 2034년 30개소로 감축할 계획

- (좌초자산 관리) 탄소중립 이행 과정에서 발생하는 좌초자산에 대해 국가적 차원에서 어떻게 보상할 것인지 등에 대한 국민적 합의가 필요

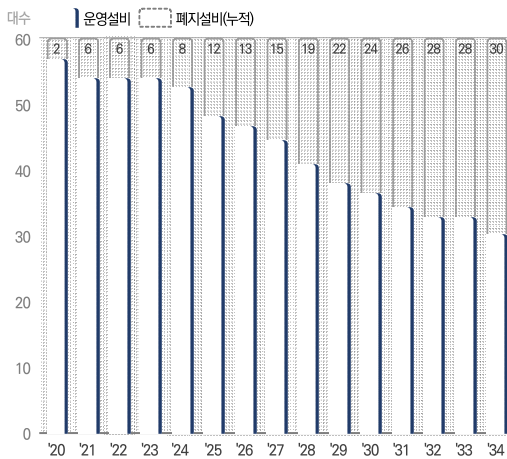
- 국내 석탄발전소를 '40년까지 모두 폐쇄할 경우 손실액은 1,060억 달러로 분석되며, 이에 따른 투자자 손실, 근로자 실업, 지역경제 위축 등의 문제가 우려
- 석탄화력발전소의 실질적인 잔존가치는 점진적으로 하락하지만³⁾, 재해발생 등의 비상시 전력 공급을 위한 예비 설비로서 유지할 필요성 존재

※ 석탄발전소 실질 잔존가치 : A발전소 ('21) 1,320~2,529억원 → ('30) 154~447억원

B발전소 ('21) 1,246~2,593억원 → ('30) 175~503억원

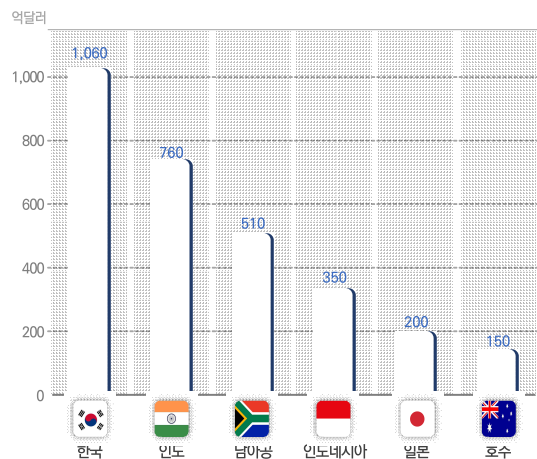
※ 연료전환 사례 : 英 바이오매스(우드펠렛), 美 리파워링(가스혼소이용), 日 암모니아

< 노후화력발전 폐지 계획 >



자료 : EPSIS, 제9차 전력수급기본계획 활용
현대경제연구원 재구성.

< 국가별 석탄화력발전소 좌초자산 규모 >



자료 : Carbon Tracker(2019) 활용 현대경제
연구원 재구성

2) 시장의 환경 변화 등 예상하지 못한 이슈로 자산 가치가 하락해 상각하거나 부채로 전환되는 자산

3) 전력연구원, '폐지 석탄화력발전소 매몰자산 평가 기술개발'(2021.9.)

4 원자력

○ (현황) 원자력 발전량은 10년 이상 비슷한 수준을 유지하고 있으며, 발전량 비중은 2018년 저점을 기록한 이후 다시 반등

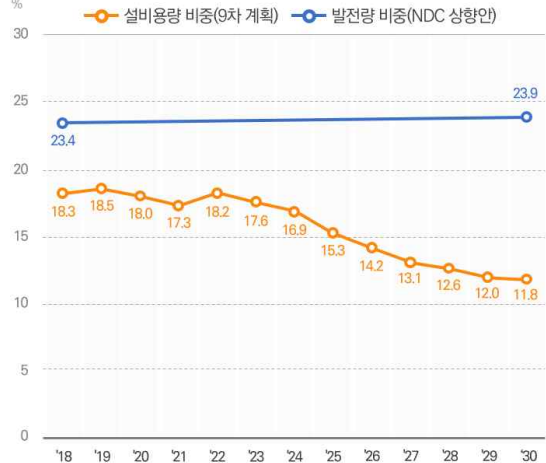
- 2021년 원자력 발전량은 전년 대비 1.4% 감소한 158,015GWh로, 2007년 이후 연평균 0.7% 수준의 증가율을 기록하며 비슷한 수준의 발전량을 유지
 - 원자력 발전량 비중은 2007년 35.5%에서 2021년 27.4%로 8.0%p 감소했으며, 2018년에 역대 최저 비중인 23.4%를 기록하고 다시 증가세
 - 각 정부의 원자력 발전량 변화는 '07~'12년까지 7,390GWh(△6.0%p) 증가, '12~'16년까지 11,668GWh(0.5%p) 증가, '16~'21년까지 3,980GWh(2.6%p) 감소
- 기존 계획에 따르면 2030년 기준 원자력 발전설비용량은 전체 에너지원의 11.8%까지 축소되나, 발전량 비중은 23.9%까지 증가될 것으로 예상
 - 원자력 발전설비용량은 2018년 기준 21,850MW(18.3%)이며, 제9차 전력수급기본계획에 따르면 2030년 20,400MW(11.8%)까지 축소될 계획
 - 원자력 발전량은 2018년 기준 133.5TWh(23.4%) 규모이며, 2030 국가온실가스감축목표(NDC)에 따르면 2030년 146.4TWh(23.9%)까지 증가

< 원자력 발전량 및 비중 추이 >



자료 : 전력통계월보.
주 : 21년 데이터는 잠정실적.

< 원자력 설비용량 및 발전량 비중 전망 >



자료 : 설비용량(전력통계월보('18~'21년)), 제9차 전력수급기본계획('22~'30년), 발전량(2030 국가 온실가스 감축목표(NDC)).

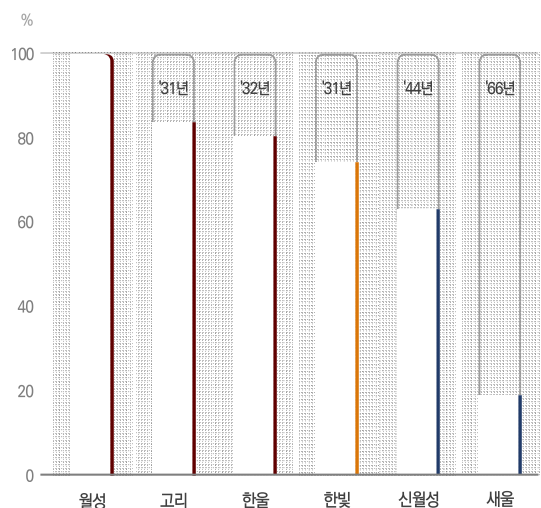
○ (문제점) 유럽연합(EU)의 '지속가능금융 분류체계(Green Taxonomy)'에 원전이 포함되면서 명문화된 두 가지 전제조건은 실질적인 규제요인으로 작용할 전망이다

- 제20대 대통령직인수위원회는 EU 사례를 참고하여 녹색분류체계(K-Taxonomy)에 원전을 포함시키겠다고 발표(2022.4.28)
- (고준위 방사성폐기물 처분장) EU 기준에 의하면 2050년 이전까지 고준위 방사성폐기물 처분장을 확보하고 운영할 세부계획을 제시할 필요
 - 이미 포화상태에 도달한 월성 원전을 시작으로 고준위 방사성폐기물 포화가 예상되고 있으나, 최종처분시설을 확보하지 못해 원전 부지에 임시 저장 중
 - 사용후핵연료와 고준위 방사성폐기물 처리를 위한 고준위 특별법안이 국회에 상정되었으나('21.11월) 지역주민 수용성 등의 문제에 직면
- (사고저항성 핵연료4) 또한 2025년부터 사고저항성 핵연료를 적용해야 한다는 조건도 충족시키기 쉽지 않은 상황
 - 지금까지 사용되어 온 지르코늄 피복 핵연료는 냉각에 실패할 경우 피복이 용융되면서 화재, 폭발 사고로 이어질 수 있는 위험이 존재
 - 이에 따라 2019년부터 웨스팅하우스사는 미국 에너지부의 지원을 받아 고온에서도 견딜 수 있는 사고저항성 핵연료를 연구개발 중

< 신정부 임기내 수명연장 신청가능 원전 현황 > < 고준위 방사성폐기물 포화율 및 포화시점 >

이름	용량 (MW)	상업운전 개시	설계수명 만료	설계수명
고리2	650	'83.7	'23.4	40
고리3	950	'85.9	'24.9	39
고리4	950	'86.4	'25.8	40
월성2	700	'97.7	'26.11	30
월성3	700	'98.7	'27.12	30
월성4	700	'99.10	'29.2	30
한빛1	950	'86.8	'25.12	40
한빛2	950	'87.6	'26.9	40
한울1	950	'88.9	'27.12	40
한울2	950	'89.9	'28.12	40
한빛3	1,000	'95.3	'34.9	40
한빛4	1,000	'96.1	'35.6	40

자료 : 원자력안전위원회, 대통령직인수위원회 활용 현대경제연구원 재구성.



자료 : 제2차 고준위 방사성폐기물 관리 기본계획 ('21.12) 활용 현대경제연구원 재구성.

4) 원전의 심각한 손상 및 대량의 방사성 물질 누출량을 최소화하거나 지연시킴으로서 후쿠시마 원전 사고와 같은 대형사고 발생을 방지할 수 있는 핵심 요소 기술로 활용될 수 있는 기술

4. 시사점

- 탄소중립을 실현하면서 지속가능한 성장을 이루기 위해서는 전원믹스를 구성하는 에너지원별 당면과제를 해결하는데 국가적 역량을 집중할 필요
 - 첫째, 재생에너지 확대 경로에서 발생하는 문제를 해결하기 위해 전력망 혁신 및 국내 재생에너지 산업 가치사슬 강화를 위한 투자를 확대해야 한다.
 - 재생에너지 보급 확대는 기존 전력망의 운영 방식에 큰 변화를 초래하므로 설비 확충, 운영시스템 개선 등 전력망 혁신을 위한 투자가 요구
 - 재생에너지의 대폭적인 비중 증가가 가져올 수 있는 수요 대응성 저하 문제를 해결하기 위해 지능형 전력망 구축을 위한 투자 확대 계획을 수립
 - 또한, 국내 재생에너지 산업 경쟁력을 강화하기 위해 글로벌 원자재 공급망 구축, 연구개발(R&D) 투자 확대, 자원순환 생태계 확충에 주력
 - 둘째, 천연가스 수급 리스크를 분산시키기 위한 민간의 역할 확대와 더불어 탄소 포집·저장·활용(CCUS) 기술의 상용화를 앞당겨야 한다.
 - 국제 천연가스 시장 상황에 대응하여 공급리스크와 가격리스크를 분산시킬 수 있는 민간의 역할 확대 및 이를 위한 경직적 시장구조 유연화 추진
 - 저탄소/무탄소 전원으로서 천연가스 발전을 활용하기 위해 탄소포집·저장·활용(CCUS)의 시장경쟁력 확보를 위한 연구개발 및 투자를 지속
 - 셋째, 온실가스 감축과 대기 환경 개선을 위해 좌초자산화 되는 석탄발전 설비에 대한 체계적인 감축 전략과 지원방안이 함께 마련되어야 한다.
 - 위기대응시스템으로서 일부 유지하는 설비와 효율향상, CCUS, 연료전환 등 기술개발을 통해 좌초자산을 활용하는 방안을 모색
 - 석탄화력발전소의 폐지에 따라 발생하는 실업과 자본 손실, 지역 경제 영향을 고려하여 전환 과정에서 발생하는 비용에 대한 논의를 구체화하고 기후 변화대응기금 등의 활용을 통해 부담의 방식을 확정

- 넷째, 탄소중립 이행을 위해 원전을 활용하기 위해서는 고준위 방사성폐기물 처분장 확보, 사고저항성 핵연료 조건 충족을 위해 노력할 필요가 있다.
 - 신규원전 건설 및 기존원전 수명연장을 위해서는 고준위 방사성폐기물 처분장을 운영할 수 있는 국가 계획을 수립하고 이에 소요되는 비용과 자금조달 방안을 마련할 필요
 - 또한 노심용융을 획기적으로 줄일 수 있는 사고저항성 핵연료 조건을 충족하기 위해서는 안전성 연구개발도 필요
 - 이와 함께 장기적으로 미래 에너지원으로 주목받고 있는 핵융합 에너지 개발을 위한 연구개발 투자 확대를 검토 **HRI**

산업연구실 장우석 수석연구위원 (2072-6237, jangws@hri.co.kr)

류하늬 연구위원 (2072-6233, hnryu@hri.co.kr)

안아름 선임연구원 (2072-6266, arahn@hri.co.kr)