



에너지경제연구원 연례 정책세미나

에너지 안보와 탄소중립 : 세계적 불확실성과 우리의 현주소

2022. 11. 18.(금) 14:00 - 17:00

서울 강남구 GS타워(아모리스홀)



Program

14:00~14:20 **개회사** 임춘택 에너지경제연구원 원장
20분 **축사** 정해구 경제·인문사회연구회 이사장

주제

에너지시장 불확실성과 화석연료의 안정적 수급 방안

14:20~15:30
70분
• 최근 시장 동향과 전망, 주요국 대응 방향과 국내 시사점
- 발표자: 이성규 해외에너지정책분석팀 팀장
- 토론자: 이재승 교수(고려대학교)
장우석 실장(현대경제연구원)
이종헌 수석(S&P Global)

좌장 : 정웅태
에너지국제협력센터
센터장

주제

에너지 안보 측면에서의 탄소중립 추진 필요성

15:50~17:00
70분
• 시장가격에 의한 수요 조절, 무탄소 전원(원전, 재생) 확대
- 발표자: 박찬국 원전정책연구팀 팀장
- 토론자: 유승훈 교수(서울과학기술대학교)
김진수 교수(한양대학교)
박민혁 센터장(한국전력공사 전력연구원)

좌장 : 이유수
에너지탄소중립연구본부
본부장

Contents

01 최근 에너지 시장 동향과 전망, 주요국 대응 방향과 국내 시사점

– 발표자: 이성규 해외에너지정책분석팀 팀장

21 에너지 안보 측면에서의 탄소중립 정책 방향

– 발표자: 박찬국 원전정책연구팀 팀장



에너지경제연구원 연례 정책세미나

에너지 안보와 탄소중립 :
세계적 불확실성과 우리의 현주소

주제

에너지시장 불확실성과 화석연료의 안정적 공급 방안

최근 에너지 시장 동향과 전망, 주요국 대응 방향과 국내 시사점

- 발표자: 이성규 해외에너지정책분석팀 팀장



최근 에너지 시장 동향과 전망, 주요국 대응 방향과 국내 시사점

2022. 11. 18(금)

에너지경제연구원 해외에너지정책분석팀

팀장 이성규



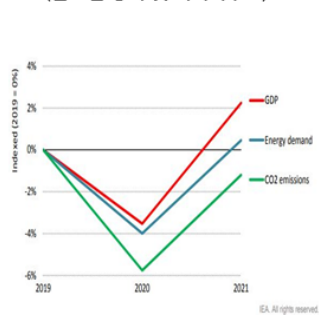
목차

- 1 러-우크라이나 사태 및 글로벌 에너지 공급망 위기에 의한 세계 에너지 시장의 불확실성 심화
- 2 단기 및 장기 에너지 수급 전망
- 3 에너지 전환 시기에 에너지 안보 패러다임의 변화
- 4 에너지 안보 제고 위한 대응 전략

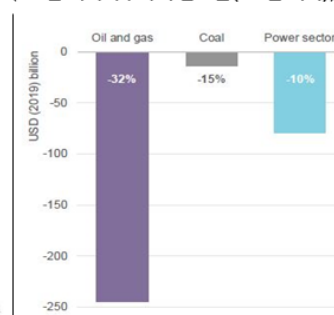
세계 에너지 시장의 불확실성 심화

- 2019년부터 Covid-19, 2022.2월 러-우크라이나 침공 등으로 국제 에너지 시장의 불확실성과 변동성 크게 증가
- 특히, 유럽의 천연가스/전력가격 급등, 가스 공급위기 직면, 저소득층 및 에너지 수입기업의 경제적 부담 가중
 - 유럽 가스가격은 러-우 사태 이후에 '21.1월 대비 14배 상승
 - 러시아 가스의 대유럽 공급이 전면 중단될 경우, 유럽은 약 1억 톤 정도를 국제 LNG시장에서 조달 필요
 - 세계 LNG 생산설비의 이용률은 이미 88%에 달해 단기에 증산 여력 제한적
 - 유럽의 높은 가격 프리미엄으로 국제 LNG 물량이 유럽에 집중되는 상황 지속시에 아시아 수급 상황 악화 우려

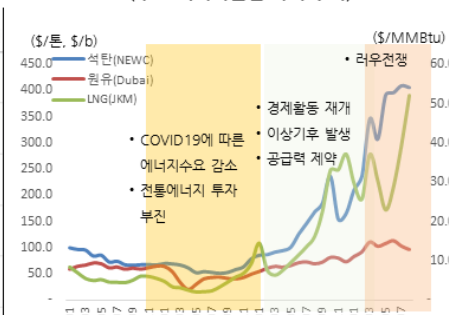
〈글로벌 경제 및 에너지수요〉



〈'20년 에너지투자액 감소율('19년 대비)〉



〈주요 에너지원별 가격 추이〉

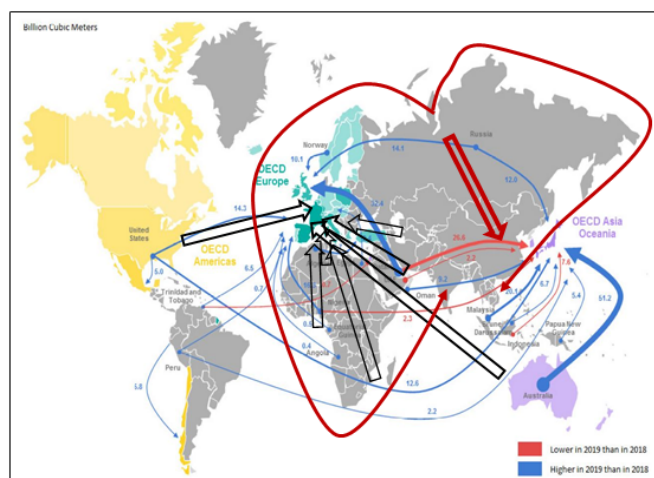


* 석탄은 호주산 뉴캐슬 연료탄, 원유는 두바이유, LNG는 일본 수입가격 기준
자료: IEA(2022), World Energy Review, 에너지경제연구원

3

러-우크라이나 사태와 미국 공급망 전략으로 세계 교역구조의 급격한 변화

- 유럽은 '90년대 이후 친환경정책을 추진하며 역내 화석에너지 생산을 축소, 러시아를 중심으로 에너지 대외 의존도가 증가
 - 유럽 에너지 수입의 러시아 비중('20년 기준): 가스(52.3%), 원유 및 석유제품(31.4%), 석탄(50.2%)
- 러-우 사태 이후, 양측의 에너지부문 맞제재로 러-EU 에너지 거래규모가 급감, 향후에도 계속 악화
 - 유럽은 새로운 에너지 수입선으로 미국, 중동, 아프리카지역으로 확대
 - 러시아는 중국, 인도, 아태지역으로 수출 확대 추진
- 미국과 우방국 중심의 에너지/저탄소제품 원자재 및 첨단기술 서비스 글로벌 교역 권역 형성

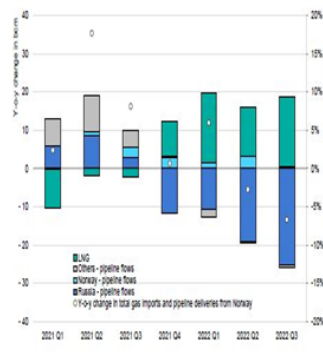


4

글로벌 에너지 공급망 변화

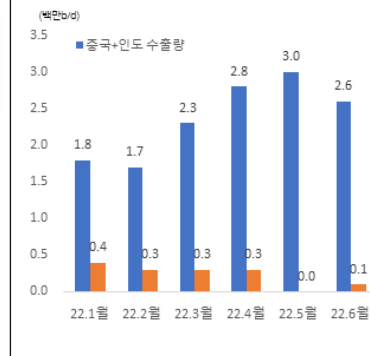
- EU/미국/선진국 및 러시아/중국/인도 등 전략적 안보 중심의 글로벌 에너지 공급망 재편이 본격적으로 진행 중
- 에너지 자원 공급국으로서 중동 및 북아프리카, 사하라 이남 아프리카, 중남미 국가들의 역할 증대

〈유럽의 LNG 수입〉



자료: IEA, Gas market report 4Q, 2022

〈러시아산 석유의 국가별 수출〉



자료: IEA, Argus, Kpler/IEA, Oil Market Report, July 2022.

〈러시아산 석탄의 국가별 수출〉



자료: Retinitiv (해상수출량 기준)

5

목차

- 1 러-우크라이나 사태 및 글로벌 에너지 공급망 위기에 의한 세계 에너지 시장의 불확실성 심화
- 2 단기 및 장기 에너지 수급 전망
- 3 에너지 전환 시기에 에너지 안보 패러다임의 변화
- 4 에너지 안보 제고 위한 대응 전략

6

세계 에너지 수급 전망(현재 정책유지 시나리오)

● 세계 에너지 수요

- 1차 에너지 수요는 2030년까지 매년 1%씩 증가
- 특히 전력 수요가 디지털화 및 전력화로 크게 증가, 증가분의 대부분을 재생에너지가 충당
- 최종 에너지 소비에서는 전기차(EV)와 히트펌프가 화석연료 대체

● 온실가스 배출량

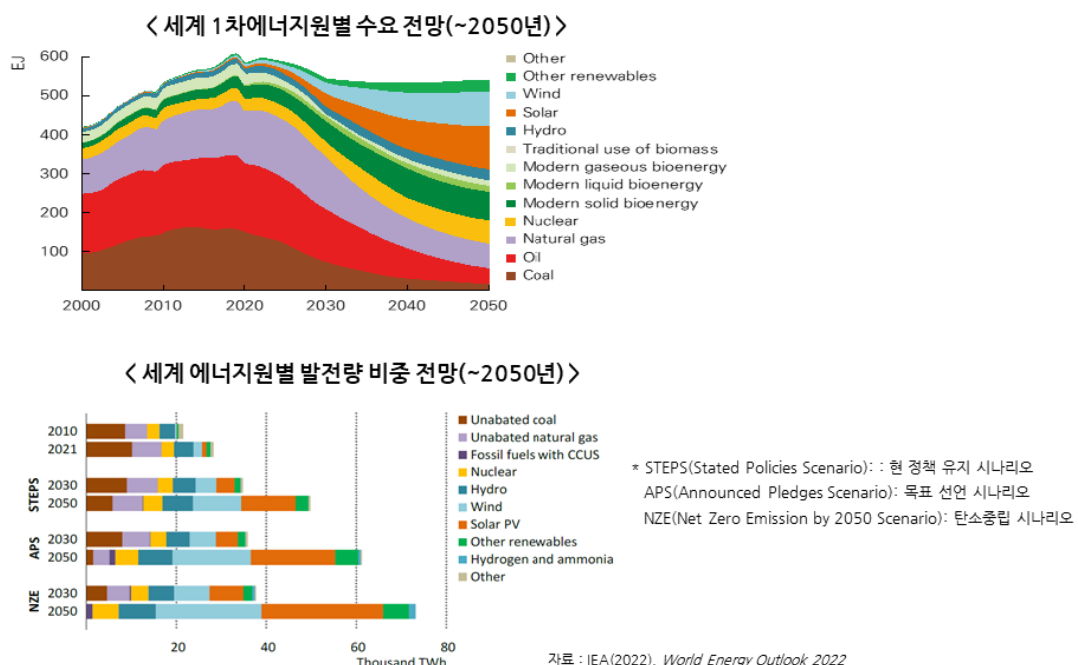
- 2020년 Covid-19 대유행으로 감소한 에너지원별 수요가 2021년에 빠르게 회복
- 최근 천연가스 공급 위기 및 가격급등으로 석탄 수요가 일시적으로 증가
- 탄소 배출량은 2025년 연간 37GCO₂t로 고점에 도달한 후, 2050년에는 32GCO₂t으로 감소 전망

● 에너지 원별 수요

- 석유 수요는 2030년대 중반 정점에 이른 후 2050년까지 계속 감소
- 천연가스 수요는 2050년까지 지속적으로 증가할 것으로 전망되지만, 산업부문의 가스수요 감축, 재생에너지로의 전환 가속, EU의 가스수요 감축 노력 등으로 전망치가 하향 조정되면서 증가 속도는 더딜 전망
- 석탄 수요는 2025년까지 다소 증가한 후 2050년까지 감소 전망

7

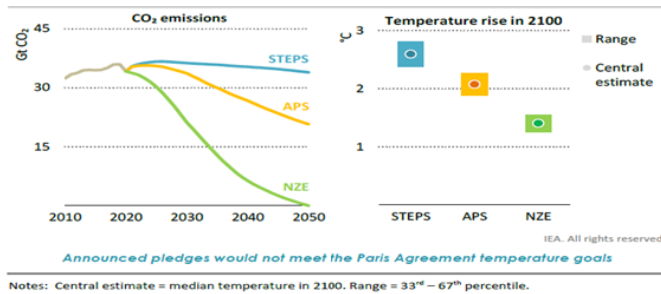
세계 에너지원별 수요 전망(~2050년)



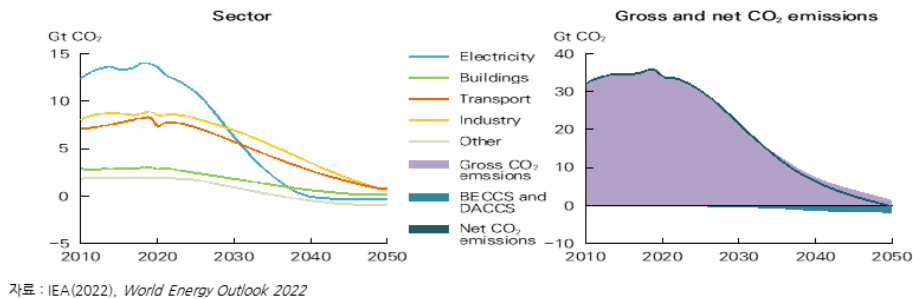
8

세계 탄소배출량 변화 전망

〈 세계 탄소 배출량 및 평균기온 상승폭 전망 〉



〈 부문별 탄소 배출량 전망 〉



자료 : IEA(2022), World Energy Outlook 2022

9

세계 석유 시장 전망

- 2030~2050년 동안 석유 수요는 전기차의 비중 확대에 도로·수송 부문에서 감소하는 반면, 항공·선박·석유화학 부문에서는 일정한 증가 유지

- 국제 유가는 2030년에 배럴 당 82달러 안팎으로 하락 전망

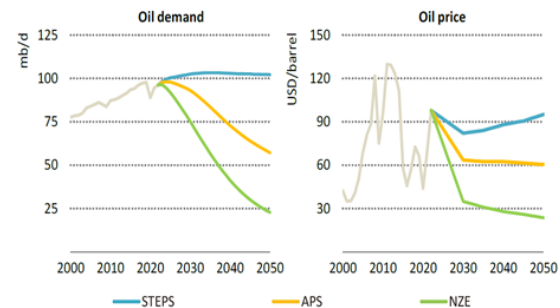
- 중단기 국제 석유 수급

- 2022.2월 러시아의 우크라이나 침공 이후, \$100/b 이상 유지하던 유가는 하반기 들어 글로벌 경기둔화 우려가 확산하며 \$80~\$100/b의 범위에서 횡보 중
- IEA는 OPEC 등 주요 산유국에 증산을 요청하는 한편 IEA 회원국의 전력비축유 방출을 주도
- 러시아의 원유 생산도 전쟁이후 소폭 감소하였으나, 중국, 인도 등의 수입량 확대에 반등하며, 글로벌 수급 밸런스가 재조정

- 중단기 유가 전망

- 2022년 4분기 유가는 러시아산 원유공급의 감소 정도와 산유국의 감산에 따라 \$88/b~\$106/b 범위에서 등락 (예견 연 '22.10월 전망)
- 국제사회의 러시아산 원유의 가격상한제 참여 정도, OPEC+ 감산, 글로벌 경기 둔화 속도 등은 유가에 가장 큰 영향을 미치는 변수로 작용

〈 세계 석유 수요 및 가격 전망 〉



자료 : IEA(2022), World Energy Outlook 2022

10

국제 천연가스 시장 전망

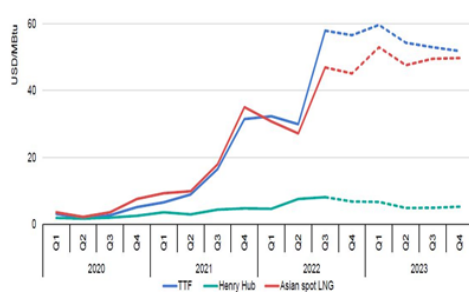
● 유럽 가스가격

- 동결기를 앞두고 각국의 물량확보 경쟁이 본격화하며, 당분간 국제 천연가스 가격은 높은 변동성을 지속할 전망
- 러시아의 대유럽 천연가스 공급 완전차단 여부, 동절기 기온변화, EU 천연가스 소비절감 정책의 효과 등은 천연가스 가격 변화의 주요 요인

● 세계 천연가스 수요 전망

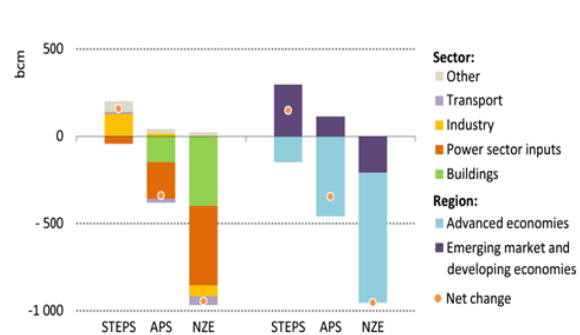
- 가격변화에 민감한 산업/발전부문에서 수요는 감소, 건물/운송부문에서 수요는 증가
- 수요 증가의 대부분은 신흥시장 및 개도국에서 발생

〈국제 천연가스 현물가격 단기 전망〉



자료: IEA, Gas market report 4Q, 2022

〈부문별/지역별 천연가스 수요 전망 (2021년~2030년)〉



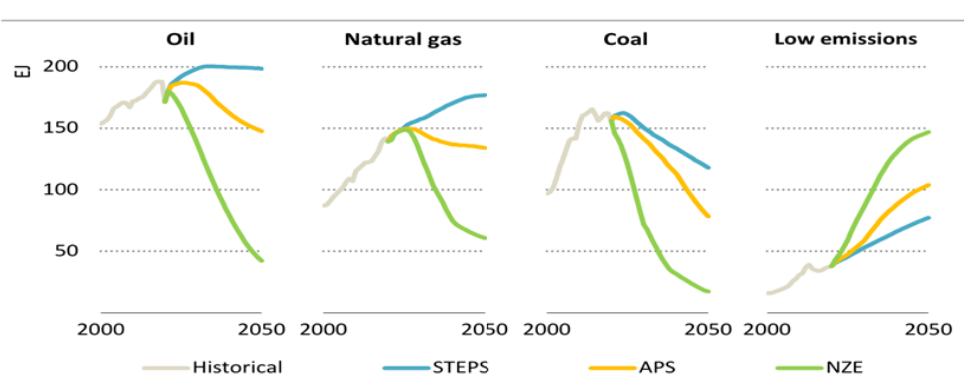
자료: IEA(2022), World Energy Outlook 2022

11

국제 탄소 저배출 연료 수요 전망

- 바이오연료 수요는 2050년까지 증가, 저탄소 수소 수요는 2030년 이후 지속해서 증가하여 2050년에는 산업용 원료, 원유정제에 사용되는 수요의 약 15%를 수소가 차지할 전망
- CCUS 사업은 산업부문의 탈탄소화, 저배출·초저배출 연료 생산, 직접 공기 포집 사업 등을 위한 정책적 지원이 강화됨에 따라 빠른 성장세 예상

〈석유, 천연가스, 석탄, 탄소 저배출 연료 수요 전망(2021년~2050년)〉

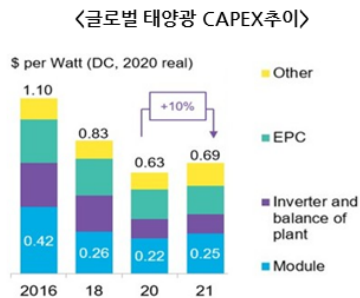


자료: IEA(2022), World Energy Outlook 2022

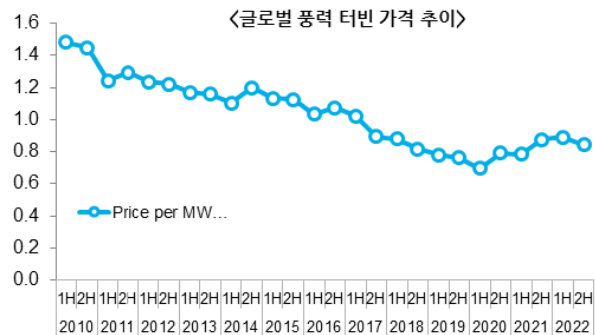
12

세계 재생에너지 시장 전망

- 최근 10여년 간 빠르게 개선되던 재생에너지의 경제성은 코로나19 팬데믹 이후 악화 움직임
 - 코로나19로 중국 내 태양광 관련 원자재(폴리실리콘) 생산차질로 인한 가격 및 운임 비용 상승
 - 태양광 제조 상류부문에서 모두 중국 중심의 공급망이 구축되어 공급망 위험 상존
 - 풍력터빈 가격도 국제 에너지가격 상승 및 인플레이션 현상으로 2020년 메가와트(MW)당 74만 달러까지 하락했으나, 2022년 87만 달러로 상승
- 최근 전통에너지 가격이 더 큰 폭으로 상승하며, 재생에너지의 상대가격 경쟁력 개선 추이는 지속
 - 2022년 1분기, 육상풍력과 태양광의 발전비용은 소폭 상승했으나, 석탄 및 가스 가격 급등으로 재생에너지와 전통에너지 간 상대가격 차이는 더욱 확대
 - 2021년 2분기 기준, 태양광과 육상풍력의 발전비용은 신규 석탄 및 가스대비 약 55% 낮은 수준
 - 영국의 경우 재생에너지 발전사업자의 가격 불확실성을 낮춰주는 발전차액정산(CfD) 도입 이후, 해상풍력의 발전비용이 원전 이하로 하락



자료 : BNEF(2021), LCOE Update 2021 2H



자료 : BNEF(2022), 2H 2021 Wind Turbine Price Index

13

세계 에너지 수급 전망

- 탄소중립을 선언한 국가들의 목표를 다 반영하더라도 파리협정의 지구온도상승 2°C 이내 억제 목표 달성은 불가능
- 2050 탄소중립 달성 위한 핵심 요소
 - 전력부문의 탈탄소화
 - 에너지소비 효율 향상, 수요관리(DR)
 - 아직 상용화되지 않은 신기술들의 상용화 및 보급 확대
- 중기적으로 세계 에너지 시장의 공급망 교란 상황의 발생 주기는 단축
 - 에너지자급률 제고 위한 각국의 청정에너지 투자는 더욱 가속화
 - 반면, 전통 에너지에 대한 충분한 투자가 이루어질지는 미지수
 - 글로벌 에너지 공급망의 안정성은 세계 경제 상황, 기온변화, 지정학적 충격 등의 작은 변동에도 더욱 취약해질 것임.

14

목차

- 1 러-우크라이나 사태 및 글로벌 에너지 공급망 위기에 의한 세계 에너지 시장의 불확실성 심화
- 2 단기 및 장기 에너지 수급 전망
- 3 에너지 전환 시기에 에너지 안보 패러다임의 변화
- 4 에너지 안보 제고 위한 대응 전략

15

신냉전·신자원민족주의 부상과 에너지 시장 불확실성 상존

- 유럽 가스 공급 위기 상황은 러-우 사태의 장기화, 러시아의 대유럽 가스공급 완전 중단, 동절기 기온, 유럽 회원국간 공조 등에 따라 영향
 - 향후 2~3년 동절기(11월~4월) 공급 위기 지속 예상
- 미국/동맹국가 중심의 에너지 공급망 재편의 본격화, 제한된 자원 둘러싼 국가간 경쟁 심화, 자원보유국의 신 자원민족주의 전략 추진
 - 각국의 에너지 자원 확보 경쟁 심화, 동맹국들 간 에너지 자원 공급망 구축
 - 화석연료 및 신재생에너지 원자재의 세계 교역 흐름이 변화하게 되어 새로운 지정학적 위험 증가
 - 국가 안보 중심으로 공급망 재편, 국제적으로 비효율적인 자원 배분, 시장 불확실성 지속
- 에너지 자급률 높이기 위해 청정에너지 투자 증대
- 화석에너지 자원 생산국 및 메이저 기업들의 신규 매장지 개발에 대한 충분한 투자는 미지수
 - 석유기업들은 러-우크라이나 사태 이전의 투자 전략 계속 견지
 - 탄소중립 시대 대응 위해 신규 사업 진출 위한 투자자금 확보

16

에너지 전환 시기에 에너지 안보 의미 변화



- 러-우 사태로 촉발된 세계 에너지 위기와 에너지 가격 급등, 그리고 미국의 공급망 전략 등으로 에너지 안보의 중요성 증대
 - 현재 각국 정부는 고에너지 가격에 따른 에너지 취약 계층, 중소기업, 에너지 수입 기업, 에너지 다소비 기업 등의 과도한 경제적 부담을 완화/지원
 - 또한, 화석연료, 신재생에너지 관련 원자재 등의 에너지 자원 공급망 변화/붕괴에 대한 대비 등에 중점
- 에너지전환 및 탄소중립 달성 과정에서 다양한/대규모 안보 위험 발생
 - 기존의 석유/가스 공급 위험은 수요 감소로 인해 완화되기는 하지만 여전히 존재
 - 청정에너지 기술의 개발/혁신 주기가 더욱 빨라지고, 광범위하게 보급 확대됨에 따라 주요 광물 자원의 공급망 위험
 - 변동적 재생에너지 비중 증가로 계통 위험
 - 전력화 및 디지털화로 인해 전력부문의 사이버 안보 위험
 - 기상이변(홍수, 폭염, 가뭄, 태풍 등)에 따른 에너지 시스템 붕괴, 시스템 복원 비용 증대, 재생에너지 발전량 감소 등의 위험

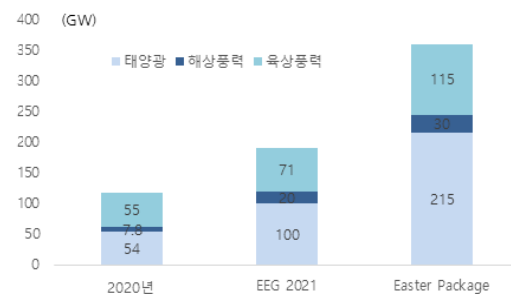
17

주요국의 대응 전략변화



- 영국 정부는 코로나 19 회복기에 따른 수요 급증과 러-우크라이나 사태에 따른 에너지 가격 급증 대응 위한 에너지 안보 전략(British Energy Security Strategy) 수립
 - 원자력 및 재생에너지의 보급 확대
 - 중장기적으로 에너지 수입의존도 감축
 - 2030년까지 전력 공급의 95%를 저탄소 설비에서 생산, 2035년까지 전력부문의 완전히 탈탄소화 실현
 - 재생에너지, 원자력, 수소 등 저탄소 에너지의 보급 가속화를 통해 에너지 안보 추구
- 독일 정부는 화석연료 수입 의존도를 낮추고, 재생에너지 보급 목표 상향 조정: Easter Package
 - 2030년까지 총 전력 소비의 80%, 2035년까지 대부분을 재생에너지로 공급
 - : 2021년 기준, 전력소비 중 재생에너지 비중 약 42%

〈독일, Easter Package와 기존 목표 비교〉



자료: Clean Energy Wire(2022), Easter Package, EEG: Renewable Energy Act

18

목차

- 1 러-우크라이나 사태 및 글로벌 에너지 공급망 위기에 의한 세계 에너지 시장의 불확실성 심화
- 2 단기 및 장기 에너지 수급 전망
- 3 에너지 전환 시기에 에너지 안보 패러다임의 변화
- 4 에너지 안보 제고 위한 대응 전략

19

에너지 안보 환경의 변화와 대응 전략

- 화석연료의 장기 수요 존재, 화석연료 공급부문의 투자에 대한 불확실성 등으로 수요관리(DR) 중요성 크게 증대
 - 에너지 효율 제고는 커다란 가격 변동성/화석연료가격 상승에 따른 소비자 부담 경감, 화석연료의 수입 의존도 감소, 탄소중립 목표 달성에 기여, 관련 산업 성장 및 고용 증대
 - 수요관리 시장 확대, 제도 개선, 기업/소비자 행동변화 촉진(자발적 참여 촉진 위한 다양한 인센티브 도입)
 - 에너지 공급 위기 대비, 에너지 수요 감축 위한 다양한 대응책 마련, 대국민 캠페인 추진
- 원가주의에 기반 한 에너지 가격체계 확립으로 저탄소·고효율 사회로의 이행 가속화
 - 원가반영 억제정책과 이에 기반한 가격정책은 에너지수요 증가와 에너지소비구조 왜곡을 유발, 이후에 에너지 수입 확대로 귀결
 - 경제 및 물가영향을 고려하되, 단계적 원가반영으로 공공부문 재정 건전성 개선, 에너지 효율 개선, 에너지 수급구조 왜곡 방지 추진
- 에너지 공급위기 및 가격상승에 따른 에너지 취약 계층/기업의 어려움 심화, 이를 완화/해소 위한 정부의 지원정책 및 사회적 합의 중요성 증대
 - 에너지 가격 상승은 저소득층/중소기업에게 부담, 이들 에너지 취약층에 대한 소득보전 중심의 지원책 마련 필요

20

에너지 안보 환경의 변화와 대응 전략



- 기존 에너지 인프라의 폐쇄(좌초자산) 및 재사용 등에 대한 합리적 대응책 마련
 - 탄소중립 달성 과정에서 화석연료 중심의 기존 시스템과 새로운 저탄소 시스템 공존은 불가피
 - 화석연료 인프라의 폐쇄 속도는 청정에너지 기술 개발/보급과 화석연료 수요 감소의 속도와 상호 연결
 - 선진국의 경우에 천연가스 발전설비의 역할 변화(피크수요 대응), 가스 수송망의 역할 변화
- 청정에너지 관련 기술 안보 중요성 증대
 - 청정에너지의 높은 기술 의존도
 - 국가간 핵심 기술 경쟁 심화, 미국/동맹국 중심의 기술 협력 및 공급망 형성
- 정부의 에너지 안보 제고 위한 역할 확대, 중요성 증대
 - 다양한 에너지 안보 위협 대비 위한 정책/제도 마련
 - 청정에너지 기술 개발 및 보급 확대 위한 지원 증대
 - 화석연료/수소/원자재 등 에너지 자원 생산/수출국과 자원외교 확대
 - 동맹국과의 에너지 공급망 구축 위한 협력 확대

21

에너지 안보 제고 위한 중장기 정책 추진 방향



- 재생에너지 및 원전의 조화로운 운영 통한 전력 안보 제고, 이를 위한 전력계통의 인프라, 거버넌스, 제도 정비 추진
 - 청정에너지 중심의 전력공급 시스템에 최적화된 계통운영 방안 및 도·소매 전력시장제도 설계
 - 경직성 전원인 원전과 변동성 재생에너지(풍력, 태양광) 중심의 계통 신뢰도 향상과 불안정성 극복 위한 대응전략 수립
 - 장·단주기 전력저장 및 전환(ESS, 양수발전, V2G, P2H, P2G 등), 수요·통합관리(DR, VPP 등) 기술개발 등을 통해 재생에너지의 계통병합 안정성 확보
- 핵심광물 및 수소의 안정적 확보 위한 선제적 자원외교 강화
 - 친환경 에너지 생산의 필수 소재로 사용되는 '핵심 광물'의 확보 및 안정적 국내 공급
 - 전력망 보강/확충에 필요한 원료광물(구리·알루미늄)에 대한 공급원 확보
 - 국내 수소 수요는 수소 인프라가 확충되는 '30년 이후 빠르게 증가 전망
 - 수소공급 체계 확보 위해 해외 수소의 안정적 도입 전략 구축과 선제적인 공급망 확보 필요
 - 지정학적/전략적위험 고려해서 우호국을 중심으로 한 에너지 공급망의 다변화

22

감사합니다



에너지경제연구원 연례 정책세미나 토론 요지

이 재 승 (고려대학교 교수)

1. 공급원으로서의 러시아의 공백에 따른 파급효과 분석 필요

- 안정적 공급원으로서의 러시아의 위상이 사라짐
- 대러 제재의 장기적 지속 가능성 여부
- 중국 및 인도 등 대체 수입국들의 지속적인 수입여력을 보아야 함.
- 에너지 공급망에서 향후 러시아가 배재될 경우 한국의 수입선에 미치는 직, 간접적 영향 분석

2. 중동으로부터의 수급에 대한 정치적 안정성 확보

- 미국과 OPEC+간의 이견 노출
- 사우디, 카타르 등 주요 수입국들과의 수급 안정성 관련 양자 협의 강화 필요

3. 대응 방식 간의 시차를 고려 에너지 안보 대응정책 마련

- 에너지 전환, 수급 다변화와 같은 중장기적 대응방안과 단기적 수급전략과의 시차가 발생
- “단절 없는 공급”이 에너지 안보의 모체를 형성함.

4. 수요관리체제 강화

- 금번 에너지 안보는 단기현상을 넘어서 전반적인 에너지 수요 구조의 변화를 요구함.
- 보조금 및 과소비 제재 등의 정책 수단이 필요하나, 정치적 개입을 최소화해야 함.
- 가격체제 및 보조금 지급에 있어 왜곡현상을 방지하는 것이 중장기적으로 더 긴요함.
- 에너지 소비 구조의 근본적인 체질 개선을 목표로 하되, 단기적으로는 강력한 에너지 절감 정책을 시행해야 함.

5. 비화석에너지 경쟁력 개선 및 산업생태계 재정비 필요

- 에너지 안보 차원에서 중, 대형 재생에너지 공급이 활성화될 필요성이 있으며, 소형 분산형 발전이 필요한 부분과의 명확한 구분을 통해서 두 가지의 정책 목표가 각각 효율성을 발휘할 수 있도록 함.

- 천연가스의 연계에너지(Bridging energy)로서의 완충 효과를 중단기적으로 기대하기 어려운 상황에서 원자력 에너지가 가지는 에너지 안보적 요소를 확인할 필요가 있음.

6. 복원력(Resilience) 중심의 에너지 안보 역량 강화

- 정부, 에너지공기업 및 국책연구기관 차원에서 국제 시장 및 주요 에너지 주체들의 동향 파악과 관련한 모니터링 및 분석 기능 강화 필요성
- 에너지 정책 대응 수단의 활용에 있어서 유연성과 민첩성이 발휘될 수 있는 제도적 정비 및 법적 장치 마련 필요
- 경제안보 논의에 있어서 에너지 안보를 주요 축으로 편입시켜 함께 논의해야 함.
- 범부처 및 민관협력차원에서의 에너지 안보 대응 기구의 상시적 조정능력 확보.

에너지경제연구원 연례 정책세미나 토론 요지

장 우 석 (현대경제연구원 산업연구실장)

1. 최근 가스 시장 불확실성에 따른 우리나라의 대응 수준과 역량

- 한국의 천연가스 시장구조의 경직성
- 자원 배분의 비효율성, 유연하지 못한 공급 시스템
- 도입, 도매, 공급시설까지 가스공사가 독점적으로 운영하고, 일부 발전용 및 산업용에 대해 자가소비용 직수입을 허용
- 전체 LNG 수입량 중 직수입 비중 : 2013년 141만톤(3.5%)에서 2020년 920만톤(22.4%)로 크게 증가

2. 글로벌 가스 시장 불확실성 요소 및 전망

- 재생에너지 비중 확대에 대응하는 유연성 전원, 석탄발전 대체 발전원으로서 천연가스 수요 증가
- 중국의 탈석탄 연료전환, 아세안 경제성장 등에 따른 아시아 지역 천연가스 수요 증가
- 미-중 갈등 지속에 따른 공급망 불안정성 심화

3. 가스 시장 불확실성에 대비한 우리의 대응 과제

- 민간과 공공이 경쟁, 협력하는 시장구조로 재편
- 망 중립성, 도매시장 개방
- 가스공사의 공급의무를 민간도 함께 분담

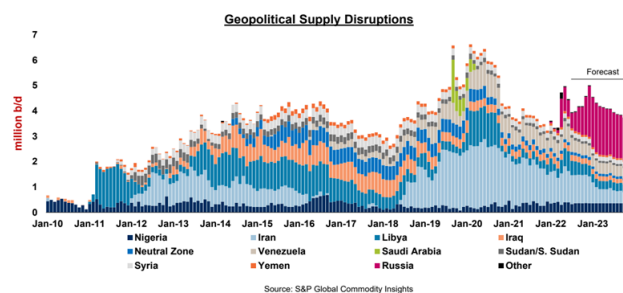
에너지경제연구원 연례 정책세미나 토론 요지

이 종 헌 (S&P Global Commodity Insights 수석특파원)

1. What's happening: 지정학적 공급 리스크

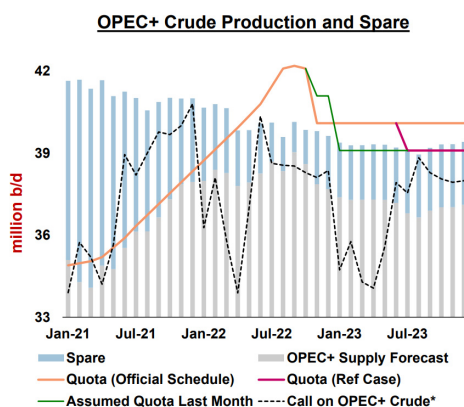
- Geopolitical supply risks return to the fore in oil markets: 사우디, 이란, 이라크, UAE, 리비아, 베네수엘라, 예멘, 카자흐스탄, 에콰도르, 나이지리아 등 아프리카... 그리고 러시아
- Russian supply risks: 공급차질 Q1 2023에 150만 b/d 예상

Disruption risks escalate in H2 2022, just as spare capacity falls to historically low levels

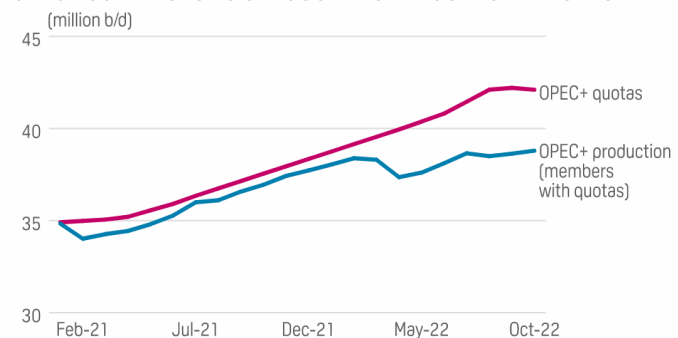


2. What's happening: 여유생산능력 감소

- Global spare capacity buffer: 2015년 유가 폭락, 코로나-19, 탄소중립 압박
- 미국 전략비축유 방출과 동시 발생, 향후 build-up시 유가 변동성
- 러시아 제재 효과 발생하면 재고 수요 발생
- How much spare capacity they actually hold; how much they would be willing to use



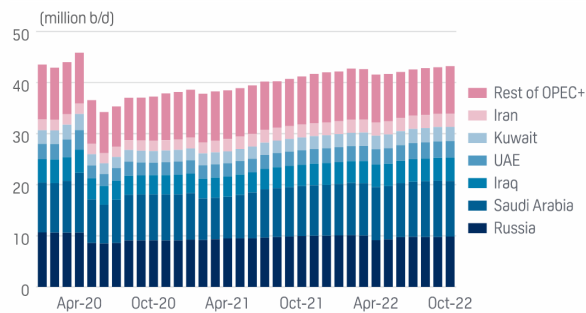
OPEC+ CONTINUES TO STRUGGLE TO HIT OUTPUT TARGETS



Source: Platts OPEC+ survey by S&P Global Commodity Insights

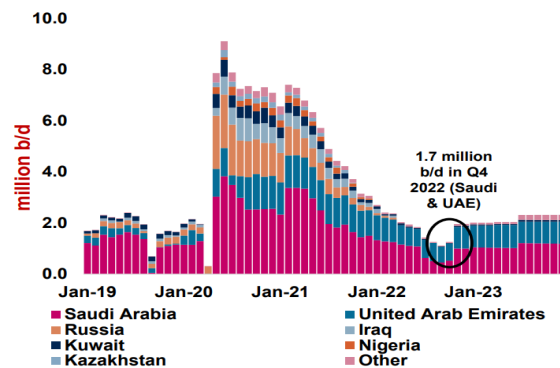
Deeper cuts

OPEC+ YET TO RESTORE PRE-PANDEMIC OUTPUT



Source: Platts OPEC+ survey by S&P Global Commodity Insights

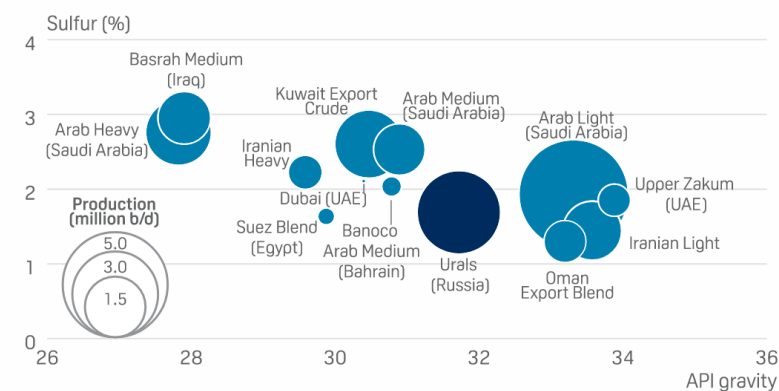
Global Spare Capacity



3. What's happening: 러시아 수출과 제재 — Urals & ESPO

- Russian oil exports remain resilient, but destinations will need to shift and total volumes are expected to decline with EU sanctions
- Russia is already showing signs of becoming more reliant on Asia
- Oil market unconvinced by Russian oil price cap proposal – 'buyers' cartel'

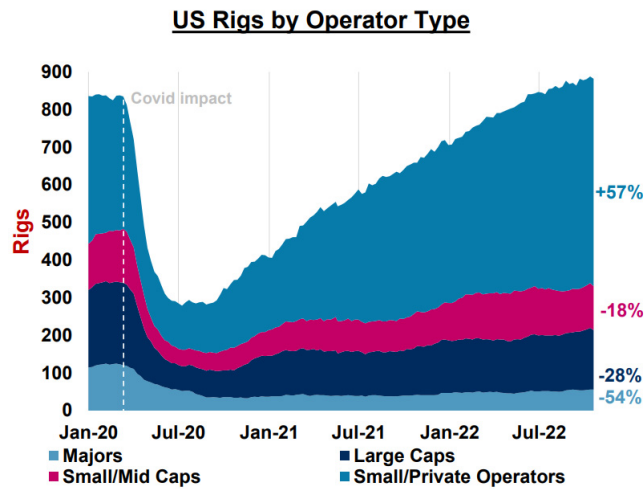
RUSSIA'S URALS IS SIMILAR IN QUALITY TO MANY MIDDLE EASTERN GRADES



Source: S&P Global Commodity Insights

4. What's happening: US oil production growing less than expected

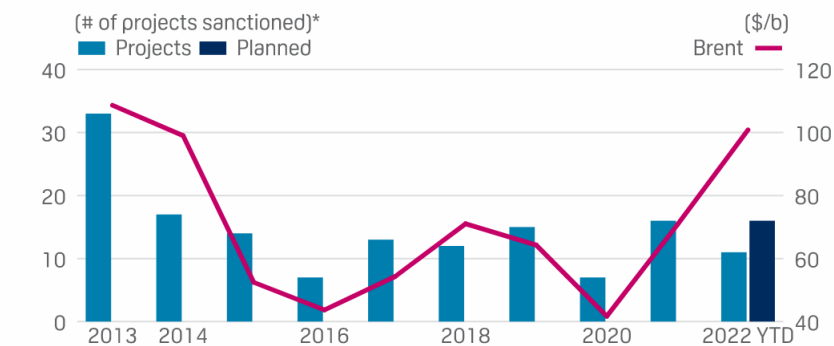
- 리그수, 미완결유정 (DUC wells); Refining capacity
- Biden reaction: sanctions/price cap, SPR, calls for US refinery to increase output



5. Implications

- Energy trilemma: energy security, price stability, sustainability
- 산유국의 공포와 소비국의 공포: 자국중심 에너지 정책, 수출규제, 원유수출보다 제품수출
- 중동의존 심화 리스크, 수송로, 미-중 갈등, 오펙의 수출 정책 변화 : 미국 유럽에서 중국 러시아
- 중장기 유가전망, 시장에 대한 전문성, 유종별 가격차, 대체 유종/대체국가, 다변화, 개발과 저장
- 2050 탄소중립과 화석에너지 확보: keeping fuel affordable is the prime concern

THE RELATIONSHIP BETWEEN OIL PRICES AND INVESTMENT



* Non-OPEC (Ex Russia) oil projects with >\$1 billion Capex

Source: S&P Global Commodity Insights



에너지경제연구원 연례 정책세미나

에너지 안보와 탄소중립 :
세계적 불확실성과 우리의 현주소

주제

에너지 안보 측면에서의 탄소중립 추진 필요성

에너지 안보 측면에서의 탄소중립 정책 방향

- 발표자: 박찬국 원전정책연구팀 팀장



에너지 안보 측면에서의 탄소중립 정책 방향

2022. 11. 18(금)

에너지경제연구원 원전정책연구팀

팀장 박찬국

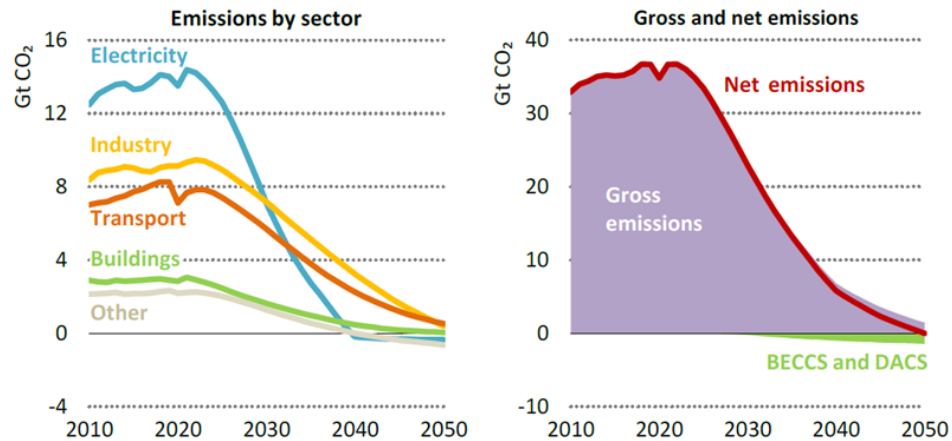


목차

- 1 탄소중립과 에너지안보 조화 필요
- 2 에너지전환 광물 자원 안정적 확보
- 3 계통 안정성 확보
- 4 원전의 효과적 활용
- 5 시장 기반 에너지효율
- 6 새로운 안보 위험 대비
- 7 정책 방향

탄소중립 전개 과정

NZE 시나리오(IEA)에서 에너지 관련 CO₂ 배출 및 총/순 배출량 추이(2010-2050)

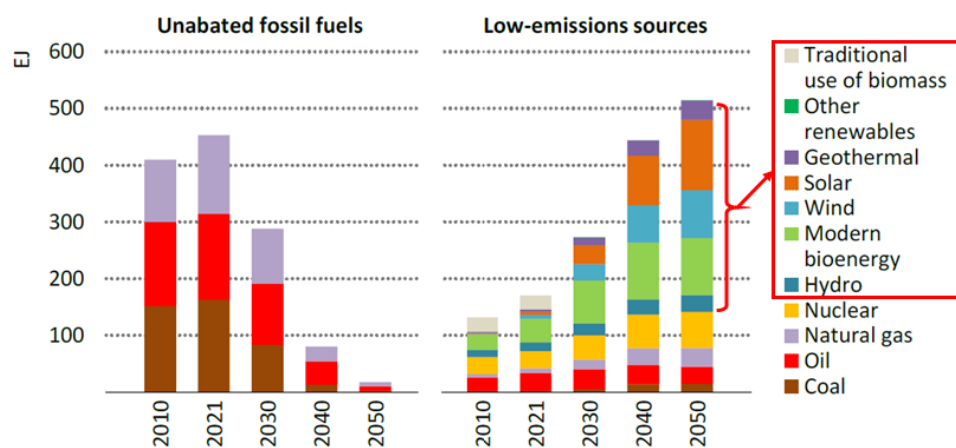


자료: IEA (2022). WorldEnergyOutlook 2022. International Energy Agency, p.126.

3

탄소중립 전개 과정

NZE 시나리오(IEA)에서 에너지 관련 CO₂ 배출 및 총/순 배출량 추이(2010-2050)

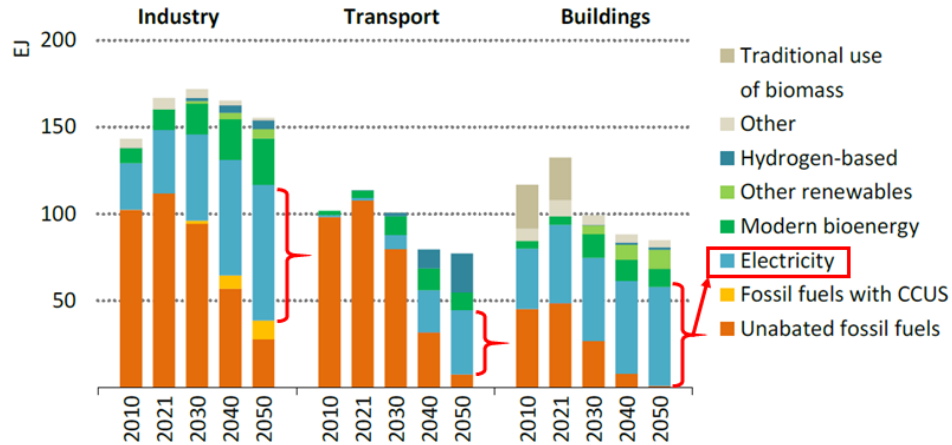


자료: IEA (2022). WorldEnergyOutlook 2022. International Energy Agency, p.128.

4

탄소중립 전개 과정

NZE 시나리오(IEA)에서 부문별 최종에너지(2010-2050)



자료: IEA (2022). World Energy Outlook 2022. International Energy Agency, p.129.

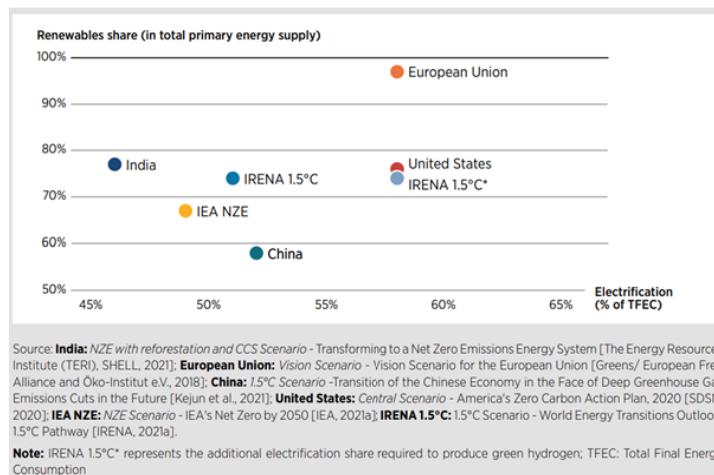
5

탄소중립 전개 과정

2050 전기화(electrification) 전망

최종에너지소비에서의 전력 비중: 현재 약 20% → 2050년 45~60%

(국내 탄소중립안(2021)의 경우 45~47%)



6

7

8

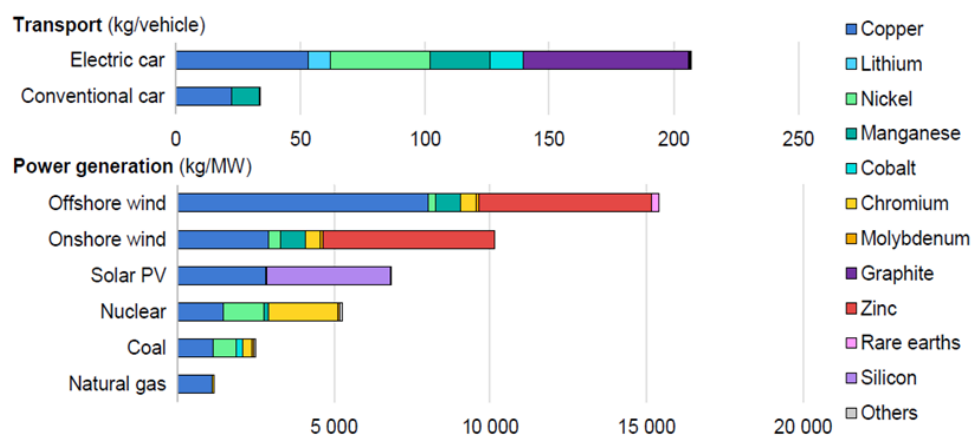
목차

- 1 탄소중립과 에너지안보 조화 필요
- 2 에너지전환 광물 자원 안정적 확보
- 3 계통 안정성 확보
- 4 원전의 효과적 활용
- 5 시장 기반 에너지효율
- 6 새로운 안보 위험 대비
- 7 정책 방향

9

에너지전환 광물자원 안정적 확보

주요 기술별 소요 광물(kg)



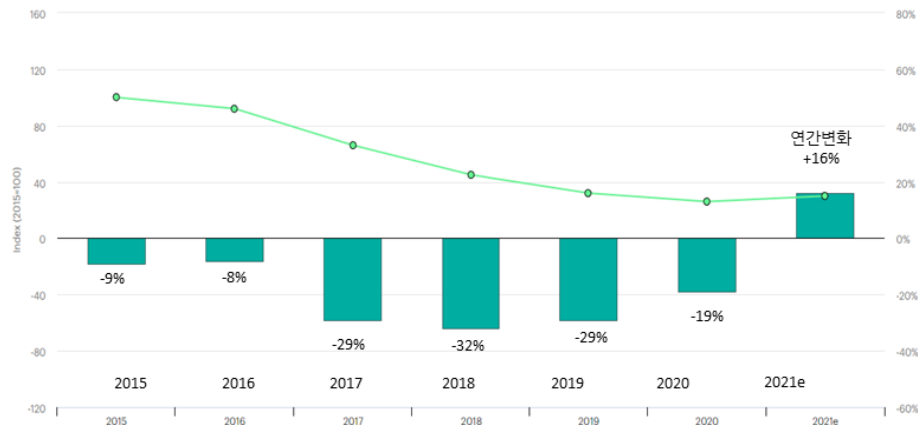
자료: IEA (2022). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. International Energy Agency, p.6.

10

에너지전환 광물자원 안정적 확보



태양광 모듈 비용 추이(2015-2021)



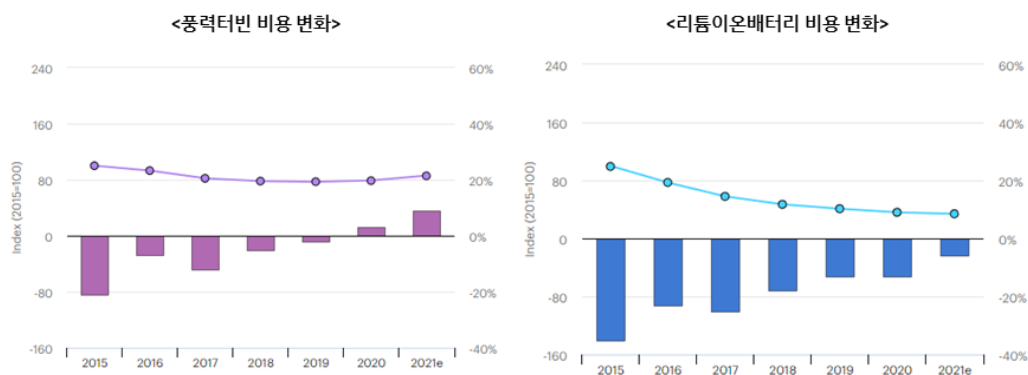
자료: IEA (2022). (<https://www.iea.org/commentaries/critical-minerals-threaten-a-decades-long-trend-of-cost-declines-for-clean-energy-technologies>)

11

에너지전환 광물자원 안정적 확보



풍력터빈과 리튬이온배터리 비용 변화(2015-2021)



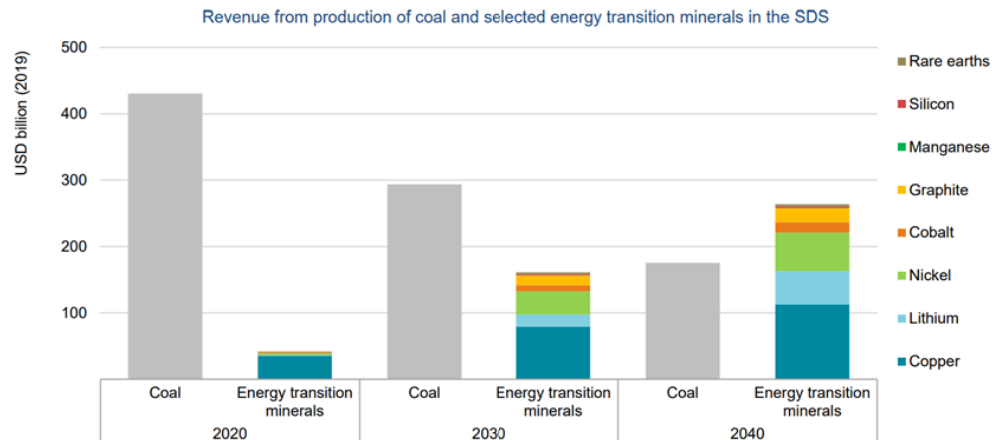
자료: IEA (2022). (<https://www.iea.org/commentaries/critical-minerals-threaten-a-decades-long-trend-of-cost-declines-for-clean-energy-technologies>)

12

에너지전환 광물자원 안정적 확보



석탄과 에너지전환 광물 생산 규모 비교(2020-2040)



자료: IEA (2022). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. International Energy Agency, p. 10.

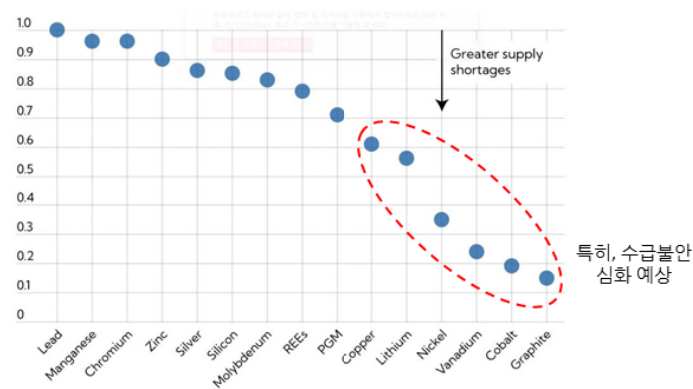
13

에너지전환 광물자원 안정적 확보



넷제로 시나리오에서의 광물 수급(2021-2050)

(공급/수요 비율, 에너지 및 비에너지 수요 포괄)



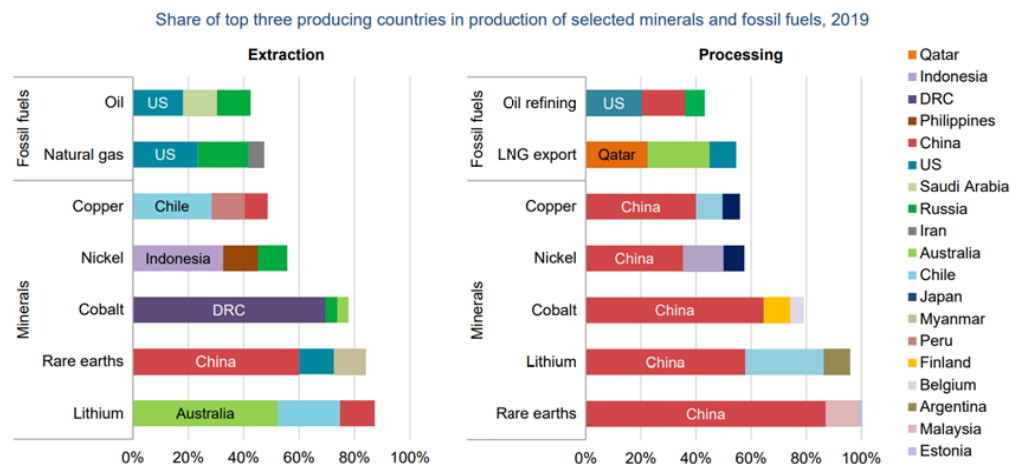
Source: International Energy Agency, US Geological Survey 2021, and IMF staff calculations.
Note: PGM = Platinum-group metals, REEs = Rare-earth elements. Supply-demand ratio is the ratio of supply to demand. Supply = cumulative production volume for 2021-2050, fixed at 2020 output level. Demand = total metal demand 2021-2050 for renewable energy and other uses.

자료: IMF(<https://www.imf.org/en/Blogs/Articles/2021/12/08/metals-demand-from-energy-transition-may-top-current-global-supply>)

14

에너지전환 광물자원 안정적 확보

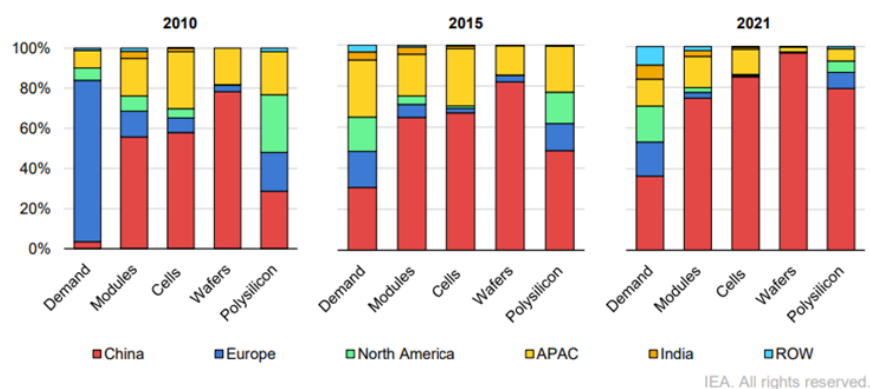
에너지자원 및 광물별 생산 지역 집중도



15

에너지전환 광물자원 안정적 확보

국가 및 지역별 태양광 제조 설비용량(2010-2021)



16

에너지전환 광물자원 안정적 확보

청정에너지 기술 공급망 안정

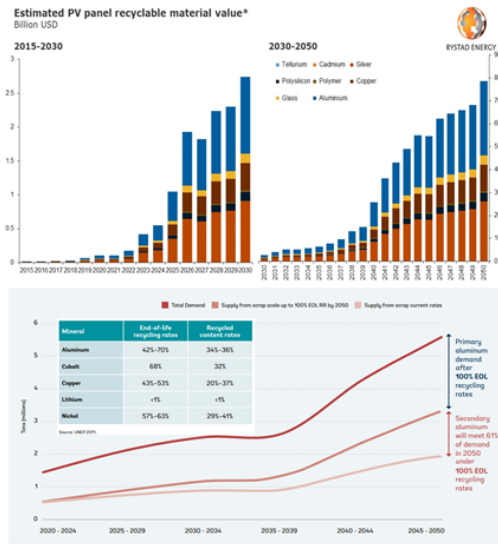
○ 공급망 불안정성(생산국의 규제 변화, 무역 규제, 정치적 불안정) → 갑작스런 공급교란 및 가격 폭등

→ 다변화

- 보다 많은 공급원 확보 및 개발 (ESG 반영)
- 주요 광물 비축 및 광물 자원 지도 개선
- 청정에너지 기술 제조 역량 확대 및 다각화
- 재활용, 재사용 설계 및 생산 투자

→ 혁신

- 주요광물에 의존도가 낮은 기술 혁신 (신재료, 재료 믹스 다각화 포함)
- 에너지 및 자원 이용 효율성 제고 및 비용 절감을 위한 첨단(디지털) 기술 활용



자료: Worldbank, 2020, <https://pubdocs.worldbank.org/en/961711588875536384/Minerals-for-Climate-Action-The-Mineral-Intensity-of-the-Clean-Energy-Transition.pdf>

17

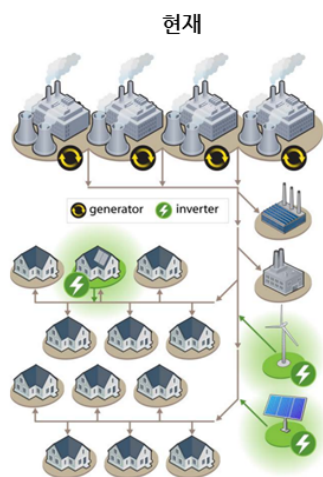
목차

- 1 탄소중립과 에너지안보 조화 필요
- 2 에너지전환 광물 자원 안정적 확보
- 3 계통 안정성 확보
- 4 원전의 효과적 활용
- 5 시장 기반 에너지효율
- 6 새로운 안보 위험 대비
- 7 정책 방향

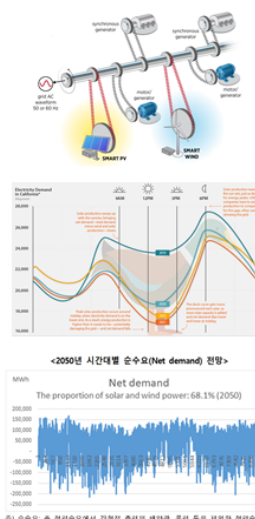
18

계통 안정성 제고

계통 안정성 제고



미래



자료: NREL (2020). Summarizing the Technical Challenges of High Levels of Inverter-based Resources in Power Grids

19

계통 안정성 제고

계통 안정성 제고

전력계통 혁신 방안('21.12)

- 전력망 적기 확충
 - 先 전력망 後 발전으로 패러다임 전환
 - 이해관계자 수용성 제고
 - 신속한 건설 지원 법령 제·개정
- 전력망 유연 운영
 - 실시간 원격제어가 가능한 통합관제시스템 구축('25)
 - 배전망 운영 최적화
 - 전력수급 불균형시 출력제어 원칙, 대상, 보상 등 기준 마련
 - 유연성 자원(ESS, 양수, P2G, P2H 등) 투자
 - 전력계통 운영 기준(재생에너지 설비기준) 및 거버넌스 정립
- 전력망 기반 혁신
 - 권역별 전력수급 균형 및 중앙정부·광역자치체간 소통 협의체 확산
 - 수요 분산 촉진을 위한 전력계통 정보공개 시스템 구축(~'22) 및 전력계통 영향평가제도 시행('23~)
 - 실계통기반 하루전 시장, 재생에너지 발전량 입찰제도, 실시간 시장, 보조서비스 시장 신설
 - 기술 개발 및 인력양성

10차 전력수급기본계획('22.8 초안)

- 원전·신재생 확대를 적기 수용하기 위한 계통망 보장 추진
 - 향후 절차를 거쳐 전력망 보장 수요를 구체화한 송·변전설비 계획 수립
- 전력시장 다원화 등 추진
 - 단계적 가격입찰로 전환
 - 양방향 입찰제 도입
 - 선도 계약시장 개설하여 단일 시장 리스크 분산
 - 실시간 및 보조서비스 시장 도입
 - PPA 허용 범위 점진적 확대
 - 전력시장·요금 및 규제 거버넌스의 독립성·전문성 강화

재생에너지 정책 개선방안('22.11)

- 재생에너지 계통 책임성 강화
 - 일정규모 이상의 재생에너지도 전력시장에 입찰하도록 하고 중앙급전 발전기와 동등한 책임 부여
- 재생에너지 사업자의 계통안정화 의무 강화
 - 기존 재생에너지 발전설비도 계통 안정장치(스마트인버터) 부착 의무 부여
- 태양광 계획입지 도입 시범사업 실시

20

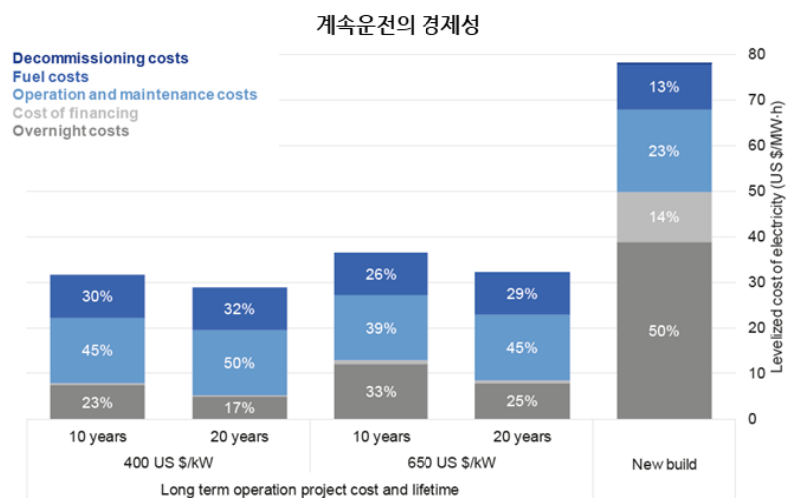
목차

- 1 탄소중립과 에너지안보 조화 필요
- 2 에너지전환 광물 자원 안정적 확보
- 3 계통 안정성 확보
- 4 원전의 효과적 활용
- 5 시장 기반 에너지효율
- 6 새로운 안보 위험 대비
- 7 정책 방향

21

원전의 효과적 활용

기존 원전의 효과적 활용



자료: IEA (2020), projected costs of generating electricity 2020, International Energy Agency.

22

원전의 효과적 활용



기존 원전의 효과적 활용



안전성을 담보하는 선에서 계속운전 경제성 추가 개선

※ 고리 2~4호기 계속운전: 10년 계속운전 기간 중 6~7년 계속운전 가능 전망

☞ 규제 변경 검토 사항

- 계속운전 시작 시점을 기존 운영허가의 만료일로부터 10년으로 설정하고 있으나, 이를 운영허가 변경 허가 시점부터 10년으로 변경
- 계속운전 허가 기간을 20년 이내 사업자가 선택하여 신청할 수 있게 함으로써 계속운전 관련 사회적, 행정적 비용 축소

23

원전의 효과적 활용



장기 에너지믹스에서 원전 역할 정립

- ☞ 현 정책 방향은 계속운전, 신한울 3,4호기 건설에 초점 → 2050 장기 원전 역할 논의 부족
- ☞ 장기 에너지원 믹스에서 원전 역할 범위에 대한 속의 중요
 - 열린 미래 vs. 일정 비율 역할, 기존 부지 vs. 신규 부지, 해체계획과 연계 여부, 대형원전 vs. 소형원전
- ☞ 최근 원전 건설이 예정구역 고시부터 준공까지 20년 이상 소요되는 것을 볼 때 관련 논의 본격 착수 필요

〈주요 원전 건설 소요 시간〉

구분	신고리3,4	신한울1,2	신고리5,6
예정구역 고시	1997.12.26	2002.5.4	2000.9.6
건설기본계획	2001.2.24	2005.6.8	2009.2.27
부지정지	2007.9.13	2010.4.30	-
상업운전개시	'16.12.20 '19.8.29	(2022.9) (2023.9)	(2024.3) (2025.3)
부지정지~준공	약 9~12년	약 12~13년	-
예정구역고시~준공	약 19~22년	(약 20~21년)	(약 24~25년)

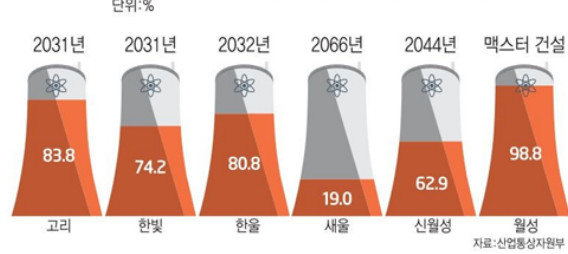
24

원전의 효과적 활용

안전한 폐기물 처분

☞ 사용후핵연료 임시저장 시설 확충
('21년까지 17,862톤 누적 발생)

원전 본부별 고준위 방폐물 포화율·포화시점



☞ 고준위 방사성폐기물 관리 정책의 차질 없는 이행

- 원전 방폐물 부지 선정을 위한 논의를 시작하고, 고준위 방폐물 처리에 관한 법제도 정비
- 부지선정 절차와 방식, 지역 지원, 고준위방폐물 관리시설 운영 시점, 관리주체 등 명시
- 사회적 합의 과정에서 참여자들의 대표성, 절차의 투명성, 공정성, 속의성 확보

25

원전의 효과적 활용

원전의 유연성 강화

□ 대형

<원전, 석탄, 가스발전의 부하추종 역량 비교>



자료: AREVA(2010).

자료: <https://www.knfc.co.kr/board?menuId=MENU00519&siteId=nu11>

□ 소형

유연성 목표: (일일부하추종) 범위: 100%-20%-100%, 선형출력변동률: 5%/min
(주파수 제어) $\pm 5\%p$ 국부조정(전력망 주파수 변화에 자동응답 방식),
 $\pm 10\%p$ 원격조정(급전요구 등에 따른 출력변동)

자료: 2021년도 예비타당성조사 보고서

cf.) 경제성: 대체적으로 석탄+CCS, 가스+CCS, 수소터빈보다 발전단가가 유리할 전망

26

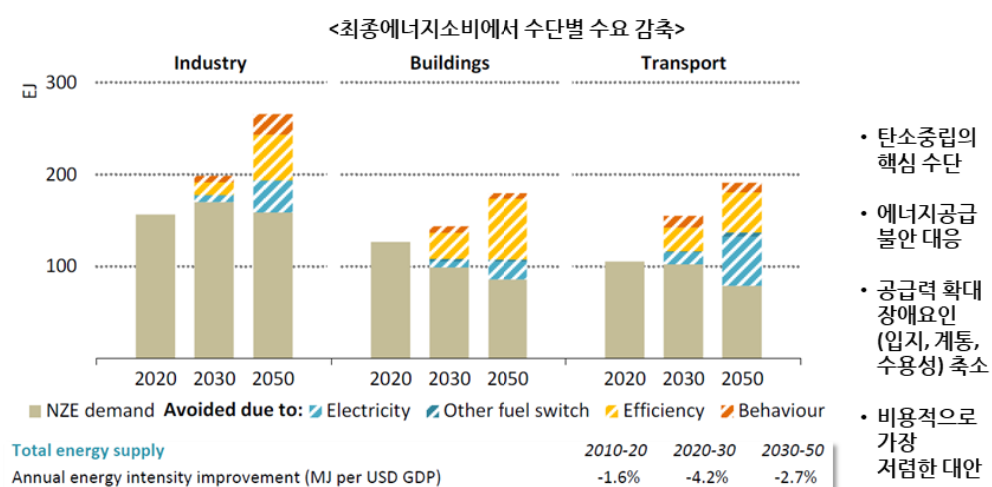
목차

- 1 탄소중립과 에너지안보 조화 필요
- 2 에너지전환 광물 자원 안정적 확보
- 3 계통 안정성 확보
- 4 원전의 효과적 활용
- 5 시장 기반 에너지효율
- 6 새로운 안보 위험 대비
- 7 정책 방향

27

시장 기반 에너지효율

에너지효율화 중요성



자료: IEA (2021). Net Zero by 2050: A Roadmap for the global energy sector, International Energy Agency, pp.65-66.

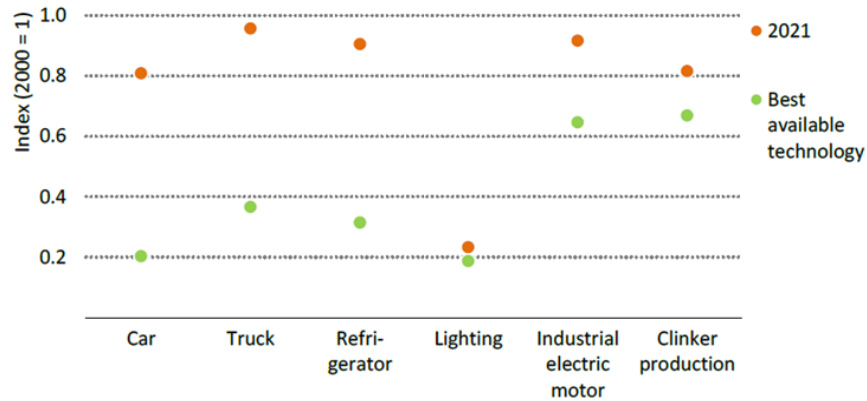
28

시장 기반 에너지효율



에너지효율화 노력

<주요 기기의 단위 에너지소비(2000년 대비 2021년)>



자료: IEA (2022). WorldEnergyOutlook 2022. International Energy Agency, p. 192.

29

시장 기반 에너지효율



부문별 주요 효율정책 현황 및 해외사례 비교

정책분야	우리나라 (도입시기)	해외사례 (국가)
산업	사업장 효율 목표관리 - 우수사업장 인증('17~'19)	- 자발적 협약(獨), Better Plant(美) - 사업자 등급분류제도(日)
	온실가스 배출규제 - 배출권거래제(ETS, '15~) - 목표관리제('12~)	- 배출권거래제(獨, 美 일부) - 탄소세(獨, 日)
	FEMS 활성화 - 설치 보조금('14~)	- 자발적 협약 연계, 설치 보조금(獨) - 설치 보조금, EMS사업자제도(日)
건물	신축건물 효율기준 - 에너지절약 설계기준('03~) - ZEB 인증 의무화('17~)	- 친환경건물인증(美) - 패시브하우스 인증(獨), ZEB 인증(日)
	기존건물 성능개선 - 그린 리모델링('14~)	- 에너지스타 건물 인증(美) - 건물개조 보조금(獨)
	기기 효율관리 - 소비효율등급('92~) - 고효율기자재인증('96~) - 대기전력저감('99~)	- 에너지스타, 최저효율기준(美) - 에너지라벨(獨) - 에너지라벨, 형광등 퇴출계획(日) - 에너지공급자 효율향상의무(EERS)
수송	자동차 - 승용차 평균연비제도('04~)	- 승용+상용차 평균연비제도(美, 日)
	교통시스템 - C-ITS 기술개발('19~)	- C-ITS 실용화(美)

주) C-ITS(Cooperative-Intelligent Transport System) : 실시간 주행정보를 통해 통행속도 20% 향상, 교통사고 40% 예방이 가능하며, 차량내 센서의 한계극복 등 기대
자료: 관계부처합동 (2022.6). 시장원리 기반 에너지 수요효율화 종합대책, p.8.

30

시장 기반 에너지효율

기존 에너지효율 정책 성과 평가

- ① **전기요금이 낮고 경직**되어 시장 시그널로 작동하지 못하면서 수요효율화 혁신과 신산업 비즈니스(DR, EMS 등) 창출 지연
* 가정용 전기요금 비교('20, IEA) : (韓) 100, (獨) 332, (日) 227, (美) 127
- ② **인센티브가 기업 등이 선호**하는 세제 보조금 지원보다는 **용자, R&D 분야에 예산 편중**(89%)
- 용자 지원도 절감효과에 따른 차등지원 등 탄력적 운영 미흡*
* 용자 지원설비(87개)의 절감효과가 20~331toe/억원으로 다양하나, 한도 등은 동일
- ③ **제도적 이행담보 수단이 미흡**하고 **핵심 타겟에 집중되지 못한 측면**
- 배출권거래제가 기업들의 효율향상 투자보다는 배출권 구입으로 이어지고, 진단제도도 권고에 의존하여 이행률이 45% 수준
* ETS 대응(%, 중북응답, '18~'20) : 배출권구입(62), 감축투자(42), 생산감소(18)
- 건물 에너지소비의 핵심인 기축건물 관리가 미흡* 하고, 기기효율 관리제도 1등급 비중이 50%를 상회하는 등 보완 시급
* 공동주택 그린 리모델링 사업도 창호 등 단순설비 교체 수준
- 대형차와 친환경차 등 규제 사각지대에 대한 연비관리도 과제
- ④ **그간의 공급중심 전환정책으로 수요효율화 정책동력도 크게 약화**
- 공급부문 예산은 급증한 반면 수요효율화 예산은 정체*되었고, 정책 추진체계도 약화
* 지난 5년간 공급예산은 매년 13%씩 증가 vs. 수요예산은 제자리(年 0.04%↑)

자료: 관계부처합동(2022.6), 시장원리 기반 에너지 수요효율화 종합대책, p.9.

31

시장 기반 에너지효율

가격 기능 강화

□ 시장과 소비자 역할 확대

- 소비자의 부담을 최소화하면서도 원가 변동을 적시 반영할 수 있는 합리적 요금제도 운영
- 디지털 수요관리가 탄력을 받을 수 있도록 주택용 계시별 요금제 확대 도입

키워드: 에너지 안보



키워드: energy security



키워드: 에너지 위기



키워드: energy crisis



키워드: 에너지 가격



키워드: energy price



자료: trends.google.com(검색일: 2022.11.14)

32

시장 기반 에너지효율



가격 기능 강화

□ 에너지안보와 탄소중립 조화 촉진

○ 환경 가치 제고 외부비용 내재화, 에너지고효율 및 친환경설비 보급과 이용 인센티브 강화

○ 안보 가치 제고 에너지수급 및 가격 변동에 소비 유연화, 에너지안보 기여 에너지원 인센티브, 최대전력 절감, 플러스 DR 확대, 유연성자원 보상

→ 신산업 및 프로슈머 육성, 에너지공급설비 이용 효율화, 에너지생산설비 보급 부담 완화, 계통문제 완화, 친환경 에너지 수용성 강화, 디지털 전환 촉진

33

목차



- 1 탄소중립과 에너지안보 조화 필요
- 2 에너지전환 광물 자원 안정적 확보
- 3 계통 안정성 확보
- 4 원전의 효과적 활용
- 5 시장 기반 에너지효율
- 6 새로운 안보 위험 대비**
- 7 정책 방향

34

새로운 안보 위협 대비



분산에너지자원 시스템의 사이버공격 취약점

No	도메인	상호작용	취약점
1	DER(distributed energy resource) 장치 및 제어기	무선기술 또는 HMI(human-machine interface)를 통해 DER 정보 획득	DER 제어기 및 스마트인버터에 대한 비인가 접속 스마트미터에 대한 악의적 공격 DER 소유주의 안전관리 경험 부족
2	배전회사 통신 및 제어	스마트인버터 및 제어기와 통신	DER 제어기 및 미터에 대한 악의적 외부 접속
3	제3기업	DER 상태 추적, 운영보수 차원에서 원격 제어	제3기업 시스템에 대한 공격
4	송전망 운영	DER 시스템의 제어 필요성 여부 결정	공격자의 계통운영정보 취득 및 EMS(energy management system) 교란을 통해 전압 및 주파수 문제 야기

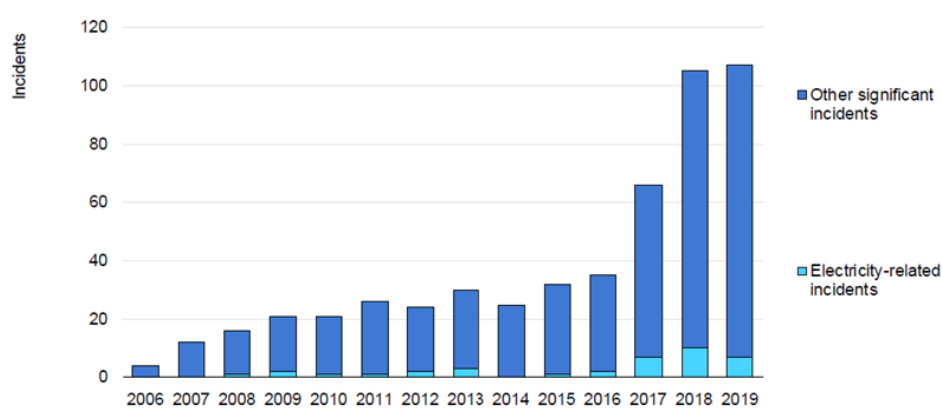
자료: Tuyen et al. (2022). A Comprehensive Review of Cybersecurity in Inverter-based Smart Power System amid the Boom of Renewable Energy, IEEE Access, p.35851.

35

새로운 안보 위협 대비



세계 주요(significant) 사이버 공격 건수, 2006-2019



IEA. All rights reserved.

Note: "Significant" cyber incidents are defined here as cyberattacks on government agencies, defence and high-tech companies, or economic crimes with losses of more than a USD 1 million.

자료: IEA (2020). Power systems in transition: Challenges and opportunities ahead for electricity security, International Energy Agency, p.39.

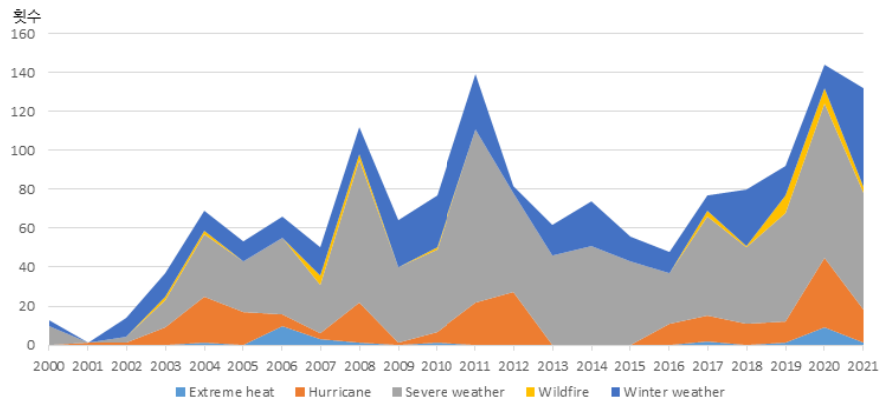
36

새로운 안보 위험 대비



기상이변에 의한 정전 사례 (5만 고객 이상 영향, 미국, 2001-2021)

- 2000-2010년 대비 2011-2021년에 주요 정전 사례 64% 증가
- 지난 22년간 정전 사례의 83%가 날씨에 의한 결과
- 2011-2021년 사이 연간 날씨 관련 정전 사례수가 2000-2010년 대비 약 78% 증가



자료: Climate Central (2022), Surging power outages and climate change.
<https://assets.ctfassets.net/cxgxp9r5d/73lgUawSfOho7DUDV/LwK7/bb0a4e95e1d04457e56106355a1f74b9/2022PowerOutages.pdf>

37

새로운 안보 위험 대비



기후 트렌드 및 기상이변이 전력시스템에 미치는 잠재적 영향 영역

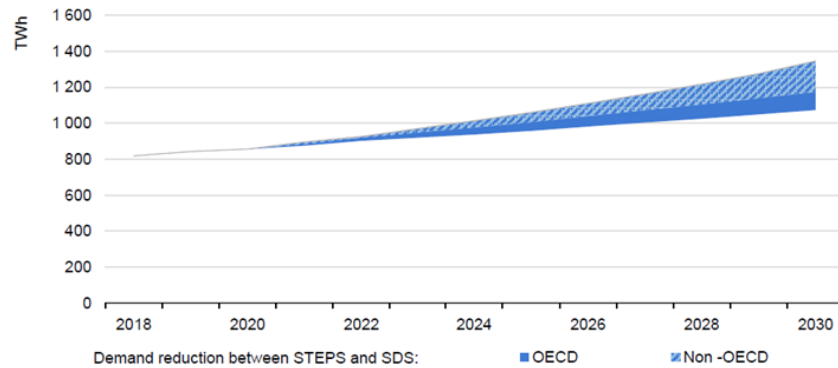
기후 영향	발전	송배전	수요
지구 온도 상승	• 효율성 • 냉각 효율성 • 발전 잠재량 • 추가 설비 요구	• 효율성	• 냉난방
강수 패턴 변화	• 출력 • 피크 & 변동성	• 물리적 리스크	• 냉방 • 물 공급
해수면 상승	• 출력 • 물리적 리스크	• 물리적 리스크 • 신규 자산 개발	• 물 공급
기상이변	• 물리적 리스크 • 효율성	• 물리적 리스크 • 효율성	• 냉난방

자료: IEA (2020), Power systems in transition: Challenges and opportunities ahead for electricity security. International Energy Agency, p.48.

38

새로운 안보 위험 대비

주거부문 냉방 수요 전망(IEA 시나리오 바탕, 2018-2030)



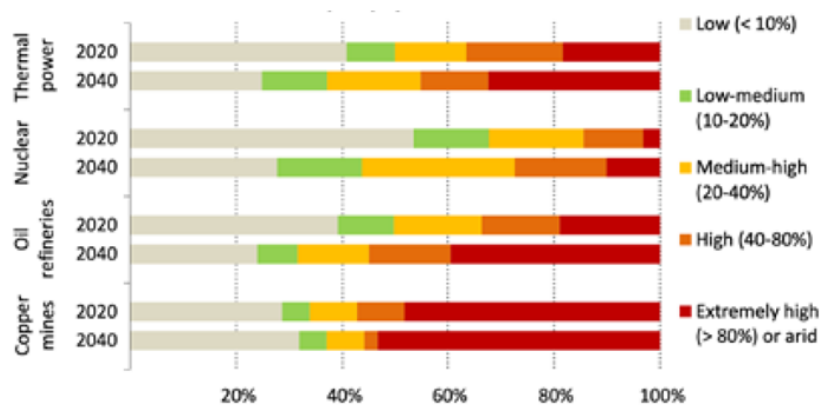
IEA. All rights reserved.

Notes: STEPS = Stated Policies Scenario. SDS = Sustainable Development Scenario.
Source: [IEA \(2020\), Energy Technology Perspectives 2020](#).

39

새로운 안보 위험 대비

에너지 자원 부문별 물 스트레스(water stress) 수준



자료: WMO (2020), 2022 State of climate services: Energy. World Meteorological Organization, p.11.

40

목차

- 1 탄소중립과 에너지안보 조화 필요
- 2 에너지전환 광물 자원 안정적 확보
- 3 계통 안정성 확보
- 4 원전의 효과적 활용
- 5 시장 기반 에너지효율
- 6 새로운 안보 위험 대비
- 7 정책 방향

41

정책 방향

주요 정책 방향

- 재생에너지가 안고 있는 안보위험 요인 대응
 - 광물자원 안보: 공급선 다변화, 재활용 인프라 구축, 비희귀광물로 대체 기술 발전
 - 계통안보: 최적 시스템운영, 시장 설계, 수요반응, 유연성전원 확충, 계통망 보강, 저장장치 활용
- 국내 에너지수급 상황에서 원전의 효과적 활용
 - 계속운전: 안전성, 경제성 유지 (제도개선 수반), 신규원전: 2050 장기 원전 역할 논의 시작
 - 사용후핵연료: 사회적 합의를 위한 구체적 계획, 절차, 추진주체 마련
 - 유연성: Power to Gas, SMR 활용
- 시장 기반 에너지효율
 - 합리적 가격에 의한 합리적 반응 유도
 - 유연한 요금 설계
 - 친환경, 에너지안보 가치 반영
- 새로운 안보 위험 대응
 - 디지털 사이버 안보 강화, 기후위기 적응

42

감사합니다



에너지경제연구원 연례 정책세미나 토론 요지

유 승 훈 (서울과학기술대학교 창의융합대학 학장)

1. 에너지안보는 ‘에너지를 해외로부터 안정적 확보’ 뿐만 아니라 국내에서 전력을 안정적으로 공급하는 개념까지 포괄해야 함

- 제10차 전력수급기본계획(‘22-’36)의 초안에 따르면, 2022년 28.9GW의 신재생에너지 설비 용량은 2030년 71.5GW로 약 2.5배 확대되어야 하기에 매년 5.3GW의 신재생에너지 설비가 늘어나야 하며, 2036년의 신재생에너지 설비 용량은 107.4GW로 2031년부터는 매년 6.0GW의 신재생에너지 설비가 늘어나야 함
- 일각에서는 매년 5.3GW 또는 매년 6.0GW의 신재생에너지 설비 확대를 재생에너지의 축소 내지는 후퇴 정책이라고 지적하지만 실제로는 매우 도전적인 목표로, 2030년 신재생에너지 발전량 비중 21.5%, 2036년 신재생에너지 발전량 비중 33.3%를 달성할 것으로 보이기에 우리나라는 엄청난 양의 변동성 재생에너지에 직면하게 되어 산업체에 대한 전력공급 안정성 확보가 중요한 과제가 될 것임

[표 1] 세계에너지기구(IEA)에서 권고한 단계별 재생에너지 변동성 대책

단계	재생에너지 비중	이슈
Phase 1	3% 이하	계통영향 거의 없음
Phase 2	3~15%	Visibility 이슈 발생
Phase 3	15~25%	Flexibility 이슈 발생
Phase 4	25% 이상	Stability 이슈 발생

- 재생에너지 변동성에 대응하기 위해 BESS, 양수발전 등이 추진되고 있지만 엄청난 비용 및 낮은 경제성/사업성은 변동성 극복을 어렵게 하고 있으며, 전력공급 안정성을 확보하기 위한 투자 또한 금융경색 및 주민 수용성 악화로 큰 어려움을 겪고 있음
- 따라서 재생에너지만이 능사는 아니며, 원자력, LNG+CCS, 수소 활용 등 변동적이지 않으면서 날씨에 의존하지 않는 강건한 저탄소(Firm Low-carbon) 전원을 충분히 확보해야 하며, 섹터 커플링을 실용화시켜야 함

2. 만만치 않는 계통안정성 확보를 위한 특단의 대책을 마련해야

- 현재 동해안의 발전소는 일상적인 제약발전을 경험하고 있는 가운데, 강릉에코파워 1,2호기(2.0GW) 및 삼척블루파워 1,2호기(2.1GW) 등 4.1GW가 추가적으로 건설되고 있으며 조만간 신한울 1호기(1.4GW) 및 신한울 2호기(1.4GW) 등 2.8GW의 원전이 계통에 편입될 예정
- 하지만 동해안-수도권 송전선로 1단계 HVDC 4GW의 완공이 계속 지연되고 있기에 2단계 HVDC 4GW는 언제 착공할지도 불투명한 상황 속에서, 경북 울진에서만 2036년까지 신한울 3,4호기(2.8GW) 및 한울 1,2호기(1.9GW)의 원전이 새롭게 진입할 예정이라 계통 문제가 심각함
- 제주에서 남는 재생에너지 전력은 제3연계선을 통해 전남 지역으로 공급될 예정이지만 전남 지역은 이미 전력 자급률이 180%를 초과한 상황에서, 재생에너지 발전량이 급속하게 증가하고 있어서 결국 이 지역의 전력이 수도권으로 운송되어야 하지만 새로운 송전시설 건설은 엄두를 내기 어려운 상황
- 송전시설 투자를 민간에 개방한 후 한전이 기부채납을 받아 관리하는 등 송전시설 확충에 있어서 획기적인 특단의 대책이 마련되어야 함

3. 일부 원전의 계속운전 및 SMR에 대한 지역 수용성에 대해 엄격하게 따져봐야

- 대도시에서 인접한 노후 원전의 수명연장을 통한 계속 운전에 대해 주민 수용성을 확보할 수 있을지는 의문이므로, 주민 수용성을 충분히 확보하던가 안 되면 다른 대책을 조속히 마련해야 함
- 일부 중수로 노후 원전의 경우 수명연장을 통한 계속 운전이 경제성을 확보할 수 있는지에 대한 세심한 검토를 통해, 경제성이 확보되지 않는다면, 계속 운전보다는 신규 원전에 대해 검토할 필요가 있음
- 대형 원전과 비교할 때, SMR은 동일한 발전량 대비 넓은 부지면적을 필요로 하면서도 더 많은 방사성 폐기물을 발생시키므로, SMR에 대해 보다 신중한 접근이 필요하며 충분한 주민 수용성을 확보해야지만 설치가 가능할 것임

에너지경제연구원 연례 정책세미나 토론 요지

김진수 (한양대학교 교수)

□ 에너지 안보 개념 - 무엇이 달라지고 있는가?

- 중단 없는 공급(reliable/uninterrupted)
 - 주력 에너지원의 변화, 전력화(electrification)에 따른 안정성 개념 변화, 에너지 교역 구조의 변화, 에너지 공급 시스템의 변화
- 수용 가능한 가격(affordable)
 - 에너지원별 가격의 디커플링(decoupling)과 변동성 변화, 전통 에너지원에 대한 투자 부진
- 이용 가능성(available/accessible)
 - 전력화에 따른 접근성 변화, 에너지 전환에 필요한 핵심광물 문제의 대두
- 지속 가능성(sustainable)
 - 환경적 지속 가능성 → 재무적 지속 가능성, 수자원을 포함한 연료 외 필요 자원(natural resources)의 지속 가능성

□ 탄소중립은 에너지 안보를 약화시키는가?

- 탄소중립을 향한 여정은 에너지 안보 강화 요인과 약화 요인이 혼재되어 있음.
 - 각 요인을 식별하고 약화 요인에 대한 대응 전략 마련 필요

□ 에너지 안보 강화 요인

- 화석연료 수입 감소
 - 전량 수입에 의존하는 LNG, 원유, 유연탄의 수입 의존도 하락에 따른 공급 안정성 강화 (수입량, 수입선, 가격 변동성)

□ 에너지 안보 약화 요인

○ 에너지원 다양성 감소

- 안보 강화에 필요한 핵심 요인은 다변화/다각화(diversification)
- 탄소중립의 핵심은 태양광과 풍력 중심의 전력화(electrification)
- [발표자료] 최종E 소비에서의 전력 비중: 현재 약 20% → 2050년 45~60%

○ 에너지 시스템 복잡성 증가

- 전력화, 분산화, 스마트그리드를 포함한 계통 혁신, 에너지 시스템 통합이 진행되면서 복잡도가 증가할 것으로 예상 → 대비하지 않을 경우 취약성 증가
- [발표자료] 에너지 공급망에 대한 사이버 안보 강화 필요

○ 새로운 공급 안보 대비 요인의 등장

- 신규 대비 요인: 에너지 전환 핵심광물, 해외 수소, 기상이변 등
- [발표자료] 에너지 전환에 따른 전 세계 에너지 공급망 패러다임 변화

○ 탄소 외 다른 오염물질/폐기물 대응 필요

- 에너지 안보에 있어서 지속가능성은 기후위기만을 대상으로 하는 것이 아님.

○ [약화 요인 해당 여부 검토 필요] 수용 가능한/합리적인 비용 문제

- LCOE가 하락하더라도 총 시스템 비용은 지금보다 높은 수준일 것으로 전망
- 외부비용을 모두 내부화한 경우에도 더 높다고 할 수 있는가?

□ 결국은 대응 가능한 요인인가가 중요

- 현재로서는 탄소중립 추진에 따른 에너지 안보 약화 요인이 더 많더라도 대응 가능한 요인인지 평가하는 것이 중요하며, 평가 결과에 따라 사전 대응 필요
- 화석연료에 대해서도 다방면의 안보 강화 정책/수단 시행 중

□ [발표자료] 에너지 효율 향상은 탄소중립과 에너지 안보의 핵심 수단 중 하나

- 에너지 효율은 제1의 에너지원(the first fuel)이 될 수 있음을 상기

에너지경제연구원 연례 정책세미나 토론 요지

박 민 혁 (한국전력공사 전력연구원 센터장)

1. 시장 가격에 의한 수요조절

□ 유럽 에너지수급 위기현황

- 코로나-19 회복과정에서 에너지 수요가 증가하면서 시작된 에너지 가격 상승은 러시아와 우크라이나 전쟁의 장기화로 공급감소와 가격 상승 추세가 지속
 - 최근 2년 내 원유, 천연가스, 석탄 가격은 저점 대비 각각 4.9배, 33.8배, 8.2배 급등
- 글로벌 공급망의 구조적 변화 확산과 동시에 발전설비 노후화와 재생e 발전량 감소 등으로 전 세계 주요 국가들은 에너지 수급 위기에 직면

□ 에너지수급 위기 대응을 위한 에너지정책 사례1)

- (공급확대) 석탄/원자력 발전 재가동 및 수명연장, 공급경로 다양화
- (수요절감) 에너지 소비절감 캠페인 시행 및 에너지효율 기준강화
- (가격 안정화) 가스 및 전력가격 규제 및 취약계층 에너지 비용 지원

국가	공급 확대		수요 절감		가격 안정화	
	석탄/원자력 재가동	가스 확보 추진	에너지소비 절감 추진	에너지효율 기준 강화	가격 규제	비용 지원
 유럽연합			✓	✓		
 네덜란드	✓					
 덴마크			✓			
 독일	✓	✓	✓			✓
 스웨덴						✓
 스페인			✓		✓	✓
 영국		✓	✓		✓	✓
 오스트리아						✓
 이탈리아	✓	✓				
 프랑스	✓			✓		✓
 헝가리	✓					
 이집트			✓			
 미국	✓		✓	✓		
 호주					✓	
 일본	✓	✓	✓			

1) 에너지수급 위기 대응을 위한 주요국 에너지정책 동향 (한전경영연구원, 2022. 7)

□ 에너지 수요변화²⁾

- EU 국가들의 '22년 1월~9월 천연가스 수요는 전년 동기간 대비 평균 16.4% 감소
- 전력은 원자력 및 수력 발전량 감소와 천연가스 가격 상승이 복합적으로 작용하면서 가격 급등으로 전년 동기간 대비 10.8% 감소
 - 에너지소비절감 캠페인 및 정책추진이 유럽 내 전력소비 감소 주요 원인
 - EU는 긴급 조치시행을 통해 겨울철 전력소비를 더 줄여갈 계획
 - 피크 요금이 발생하는 상위 10% 시간(209시간) 전력소비 5%절감 의무화

□ 위기 대응을 위한 합리적 요금정책 제언³⁾

- 광범위한 에너지비용 지원 조치가 에너지 위기 대응을 지연시킬 뿐만 아니라 전 세계 에너지 수요와 물가를 높게 유지하는 원인으로 작용
 - 시장의 가격 신호가 왜곡되면 가계와 기업이 에너지소비를 절약하고, 에너지효율을 개선하려는 동기를 저하
- 도매가격의 소매요금 전가로 시장 기능(가격 결정)을 회복하고, 에너지 비용이 차지하는 비중이 높은 저소득 가계에 대한 목표 구제(Targeted Relief)로의 전환 필요
- 에너지 비용을 최종 소비자에게 전가함으로써 에너지 절약을 유도하고, 친환경 전력으로 전환을 가능케 하는 정책방향에 대한 소비자 공감 형성

2. 무탄소전원 확대 대응

□ 계통유연성 확보

- 무탄소전원 확대는 발전원의 다양성 측면에서 에너지 안보 강화에 기여할 수 있지만 경직성으로 인한 계통 불안전성도 증가
- 전력 공급의 변동성 불확실성을 안정적으로 관리하는 계통의 능력인 유연성 자원 확보 필요
 - 기존 유연성 자원인 화력 발전 축소에 대비하여 관련 인프라 투자지속
 - 화력 발전소를 수소·암모니아 혼소 발전소로 개조하거나 용도 변경
- 유연성 자원별로 계통에 미치는 영향이 다르기 때문에 계통에서 필요로 하는 유연성의 특성을 정확히 파악하여 유연 자원 확보 전략을 수립해야 함

2) European natural gas demand tracker(Bruegel, 2022. 10)

3) Surging Energy Prices in Europe in the Aftermath of the War: How to Support the Vulnerable and Speed up the Transition Away from Fossil Fuels (IMF Working Paper, '22.8)

- 유연성 자원이 미치는 영역과 속도가 다르기 때문에 재생에너지 확산 단계별로 유연성 자원 비용과 효용성도 변화

구 분	확보 방안	기대 효과
공급측 유연성	화력발전 리트로핏	· 화력발전 성능(반응속도, 용량 등) 개선으로 변동성 대응
	재생e 발전 예측개선 및 인버터 유연운전	· 재생e 변동성 저감
수요측 유연성	AI 수요관리 기술, 제도 개선을 통한 수요반응 개선	· 수요반응 효율 개선 · 수요반응 활성화
	DSO 및 VPP 도입	· 배전단 DER(ESS, DR, 재생e 등) 최적운영으로 유연성 공급
에너지저장 및 변환	유틸리티 규모 ESS 도입	· ESS 제어로 계통 안정화 기여 · 초과공급 전력 저장 및 활용
	수소경제 활성화 및 변환 기술 개선	· 섹터커플링 경제성 확보 및 활성화
계통운영 및 인프라	국가 간 계통 및 시장 연계	· 유연 자원 공유 및 신뢰도 향상
	HVDC 등 신송전 기술 도입	· 재생e 수용성 증대

- 특정 지역의 망 제약 해소 및 운영 효율화를 위해 시장 원리기반으로 배전망 연계 유연성 자원을 거래할 수 있는 지역 시장도 해외에서 논의 중

□ 기존 에너지인프라 활용

- 석탄 및 가스 화력발전소에 친환경 기술을 도입해 중단기 목표 실현
 - 온실가스 배출 완화 CCUS 기술적용, 수소/암모니아 혼소 등
- 수소, 암모니아 같은 저탄소 연료의 생산/운송/저장 인프라는 기존 인프라를 활용하여 효율적 개발이 가능

□ 안정적 운영을 위한 예비력 확보

- 재생에너지 변동성은 시스템 순부하를 변경시켜 기존발전소 출력에 영향
 - 일시적 수요 증가시 대응 가능한 발전자원이 부족할 수 있음
- 인버터기반 재생에너지 증가에 따른 계통관성 감소 대응
- 비용 효율적이고 안정적 운영을 위한 재생에너지 예측 고도화 필요

□ 회복 탄력성 확보

- 과거에는 인식되지 못하거나 무시되던 현상이 새롭게 부각되거나 심화
 - 기후변화 영향으로 인한 산불, 태풍 집중호우 등 자연재해 피해 증가
- 기후변화로 인한 충격을 완화할 수 있는 인프라 강화와 대응체계 고도화

- 지능형 전력망 구축, 설비의 디지털화로 에너지시스템에 가해지는 사이버 공격으로부터 방어 할 수 있는 메커니즘 필요

□ 전환부문에 요구되는 역할

- 장기 목표인 탄소중립 달성을 위해서 전환부문 선도적 역할이 중요
- 에너지소비 효율화 촉진 및 신사업 플랫폼 개발로 전기화에 기여하고
- 에너지원의 시간적/공간적 문제를 해소하고 전환 확산을 위한 연구수행
- 안정적 전력공급의 지속적 구현을 넘어 시스템의 전면적 혁신을 진행 중