

표지면지

표지와 동일하게 흑백으로 들어갑니다.

CONTENTS

축사

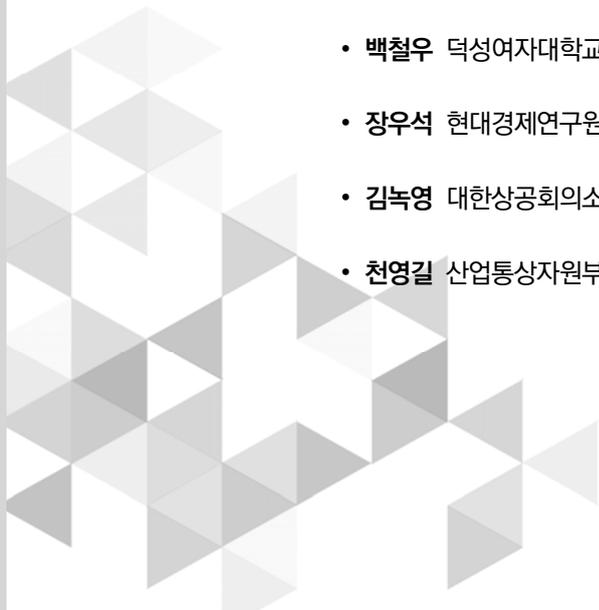
이철규 국회의원	i
윤창현 국회의원	iii
박기영 산업통상자원부 제2차관	v

주제발표

주제발표 1 합리적 탄소중립 이행 계획 및 에너지 정책 방향 유승훈 서울과학기술대학교 에너지정책학과 교수	1
주제발표 2 탄소중립 시대의 LNG의 역할과 필요성 조홍종 단국대학교 경제학과 교수	15

패널토론

• 박호정 고려대학교 식품자원경제학과 교수	33
• 백철우 덕성여자대학교 국제통상학과 교수	37
• 장우석 현대경제연구원 산업연구실 실장	41
• 김녹영 대한상공회의소 탄소중립센터 센터장	51
• 천영길 산업통상자원부 에너지전환정책관	55



축사



이철규
국회의원

안녕하십니까. 국회 산업통상자원중소벤처기업위원회 국민의힘 간사를 맡고 있는 강원도 동해·태백·삼척·정선 국회의원 이철규입니다.

민간발전협회, 에너지얼라이언스 등 국내 에너지협회가 공동 주최하는 「국가 산업경쟁력을 고려한 합리적 탄소중립 에너지정책 방향 토론회」의 개최를 진심으로 축하드리며, 토론회 개최를 위해 수고해 주신 모든 관계자 여러분들께 깊이 감사드립니다.

우리는 온실가스 감축이라는 시대적 과제를 해결해야만 합니다. 탄소중립 이슈는 어느새 거스를 수 없는 세계적 기류로 자리 잡았습니다. 탄소중립과 에너지전환이라는 대명제에는 모두가 방향성을 같이하고 있지만, 그러한 목표를 추구하고 달성하기 위해서는 어떤 대안이 있는지 다양한 의견들이 있을 것입니다.

우리나라도 지난해 ‘2050 탄소중립 시나리오’를 수립하고, ‘2030 NDC 상향’ 등 국가 온실가스 감축목표를 연이어 확정했습니다. 그러나 제조업 비중이 높은 국내 산업 특성상 현재의 목표는 사실상 달성이 불가능하고, 무리한 감축으로 인해 산업경쟁력이 급격히 악화될 것이라는 우려도 꾸준히 제기되고 있습니다.

부작용을 최소화하고 국민 복리를 증대시킬 수 있는 방향에서 대한민국의 실정에 맞는 올바른 에너지 정책이 추진돼야 할 것이며, 이 바탕에서 에너지 산업도 함께 성장해 나가야 할 것입니다.

에너지는 국가 산업경쟁력과 국민의 기본적인 삶과 직결되는 만큼 사용량을 급격히 줄이거나 제한하기 어렵습니다. 해외 의존도가 높은 국내 에너지산업 특성상 에너지 수급안정과 안보 역시 매우 중요합니다. 그렇기에 우리는 효과적인 온실가스 감축수단인 원전, LNG, 수소, 재생에너지 등 다양한 에너지가 조화를 이룰 수 있는 ‘보다 통합적이고 균형 잡힌 정책’을 마련해야 할 것입니다.

우리나라가 그간 쌓아온 과학기술 역량을 바탕으로 탄소포집처리 기술, 재생에너지 효율증대 기술 등 온실가스 감축기술을 고도화, 현실화함으로써 에너지 신산업 및 신기술을 선점하고, 이를 기회로 우리나라가 에너지 수출국으로 도약할 수 있는 기회도 선점할 수 있을 것이라 생각합니다.

새 정부의 출범을 앞두고 있는 시기에 에너지 분야 최고 전문가 여러분들을 모시고 국가 에너지 정책방향에 대해 논의할 수 있는 자리가 마련된 것을 적극 환영하고 매우 뜻 깊게 생각합니다. 심도있는 논의를 통해 도출된 결론들은 새 정부가 올바른 에너지 정책의 청사진을 새롭게 그려나가는 데 있어 큰 힘이 되어줄 것입니다.

저 역시도 대한민국 에너지산업의 혁신을 위해 불철주야 헌신하고 계신 여러분들의 노력이 더욱 빛을 발할 수 있도록 불필요한 규제들을 철폐하는데 입법적 노력을 다할 것이며, 다양한 지원 방안들을 강구해나갈 것을 약속 드립니다.

다시 한 번 오늘의 토론회 개최를 진심으로 축하드리며, 함께해주신 모든 분들의 가정에 늘 건강과 행복이 가득하시기를 기원합니다. 감사합니다.

2022년 3월 29일

국회의원 이철규

축사



윤창현
국회의원

안녕하십니까, 국민의힘 국회의원 윤창현입니다.

따뜻한 봄날, 본 행사를 찾아주신 내외 귀빈 여러분 진심으로 반갑습니다.

오늘 에너지협회 간 연합 주최로 준비된 <국가 산업경쟁력을 고려한 합리적 탄소중립 에너지정책 방향 토론회>의 성공적인 개최를 진심으로 축하드립니다.

차기 정부 인수위가 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 본격적인 에너지 정책방향 설정 논의의 닳을 내렸습니다. 에너지 백년대계가 제자리를 찾아가는 중요한 시기에, 관련 전문가와 산업계의 다양한 조언을 정취할 수 있는 자리가 마련된 점을 뜻깊게 생각합니다.

탄소중립은 이미 거스를 수 없는 전 세계적인 패러다임으로 정착했습니다. 선진국 반열에 올라선 대한민국 역시 국제질서의 변화에 적극적으로 호응하며 탄소중립 노력을 기울여가고 있습니다. 문재인 정부는 지난해 11월 유엔기후변화협약 당사국총회(COP26)에서 2030년 국가온실가스 감축목표를 2018년 대비 40%를 줄일 것을 약속했습니다. 기존 감축목표의 26.3%에서 대폭 오른 수준입니다. 또한 2050 탄소중립 시나리오를 제시하며 매년 3.3%씩 온실가스 배출량을 줄여나가겠다는 목표를 제시한 바 있습니다.

탄소중립이라는 세계적 과제를 제대로 수행해내기 위해서는 각 분야별 산업과 업종의 자발적인 참여가 필수불가결합니다. 특히 에너지 전환 부문은 국가 온실가스 배출량에서 차지하는 비중으로 볼 때 우리나라 탄소중립의 성패를 결정할 핵심 분야라고 해도 지나치지 않습니다.

다만 탄소중립 과정에서도 에너지의 기본 가치인 '안정성과 경제성'이 가장 먼저 담보되어야 한다는 과제도 간과해서는 안됩니다. 에너지는 국가 경쟁력과 국민 삶의 질을 결정하는 가장 기본 자원입니다. 에너지 정책방향을 결정하는데 있어 탄소중립 달성과 동반되어 국내 에너지공급을 담당하고 있는 원전과 LNG, 석탄, 재생에너지 등 주요 에너지원의 장단점과 특성에 대한 정확한 이해가 필요합니다. 또한 전력계통 등 국내 여건을 종합 고려하여 보다 합리적이고 균형잡힌 에너지 공급체계가 마련될 수 있도록 하는 것도 탄소중립 달성을 위한 기본 과제일 것입니다.

과거 짧은 시간 동안 고도의 산업화를 이룩한 우리의 저력에는 민간기업들의 적극적인 참여와 자발적인 노력이 있었습니다. 우리가 탄소중립이라는 어려운 도전을 잘 헤쳐나가기 위해서 또 한번의 민-관 간의 협력체계 구축이 필요합니다. 정부는 민간과 에너지정책 지향점과 비전을 협의하고 에너지산업에 있어 시장기능을 강화함으로써 더 많은 기업이 산업에 참여할 수 있도록 길을 열어주는 역할을 수행해야 할 것입니다. 정부와 전문가, 기업들이 이러한 일련의 역할을 제대로 해낸다면, 시장의 성장과 기업참여가 탄소중립 달성은 물론 국가 에너지산업 성장을 견인하는 선순환 결과를 충분히 낼 것이라 기대됩니다.

오늘 토론회에서 탄소중립을 우리의 새로운 성장 모멘텀으로 삼을 수 있는 방안이 도출되기를 바랍니다. 또한 이를 이행하기 위한 에너지정책 방향과 합리적으로 현실적인 감축방안에 대한 건설적인 논의가 오가는 자리가 되길 기대하겠습니다. 다시 한 번 오늘 토론회에 참석해주신 내외 귀빈 여러분께 진심으로 감사드리며, 축사를 마치겠습니다. 고맙습니다.

2022년 3월 29일

국회의원 윤 창 현

축사



박기영

산업통상자원부 제2차관

안녕하십니까. 산업통상자원부 제2차관 박기영입니다.

합리적 탄소중립 에너지정책 방향 제언을 위한 에너지협회 연합 정책토론회 개최를 진심으로 축하드립니다.

최근 그 어느 때보다 에너지의 중요성이 커지고 있습니다.

코로나19로 인해 세계 에너지 시장의 변동성이 커졌을 뿐만 아니라 지난 2월 러시아의 우크라이나 침공이후 전 세계 유가와 가스가격이 급등하는 등 에너지 시장은 하루가 다르게 변하고 있습니다.

한편으로 에너지는 기후위기 대응에 있어 가장 중요한 역할을 하고 있으며, 사회, 경제 전반의 효율을 결정짓고 새로운 산업과 일자리를 창출하는 중요한 동력으로 주목받고 있습니다.

이에 정부는 전력, 석유, 가스 등 주요 에너지원의 수급을 면밀히 모니터링하면서 가격과 물량을 안정적으로 관리함으로써 에너지안보를 확고히 하고 있습니다.

이와 함께 온실가스 감축을 위한 석탄발전의 점진적 감축도 추진하고 있으며, 태양광, 풍력 등 재생에너지 산업 육성과 수소경제 활성화 등 에너지 신산업 창출에도 적극 나서고 있습니다.

그러나 이러한 과제가 결코 쉽지만은 않습니다.

에너지는 다른 부문과 달리 석유, 가스, 석탄, 원자력, 재생에너지, 수소 등 각기 특징이 분명한 에너지원들이 다양하게 존재하며, 각 에너지원의 경제성, 환경성, 수용성 등을 종합적으로 고려해야 하는 과제를 안고 있습니다.

따라서 각 에너지원별 이해관계자들과 이로 인해 영향 받는 국민들과의 지속적이고 밀접한 소통이 필요합니다.

오늘 이 자리는 에너지 기업과 협회, 정부가 함께 소통하여, 우리 에너지정책이 나아갈 방향을 논의한다는 데에서 큰 의미를 가질 것입니다.

전력, 가스, 집단에너지 등 각기 다른 에너지원을 대표하는 60여개 에너지산업 관련 기업, 협회가 함께함으로써 보다 균형적인 대안을 논의할 수 있을 것입니다.

이 자리에서 많은 건설적인 제언이 나오길 바라며, 이러한 토론회가 일회성에 그치는 것이 아니라, 정기적인 모임을 통해 계속되고 발전할 수 있기를 기대합니다.

끝으로 이 뜻깊은 자리를 마련해 주신 민간발전협회, 에너지얼라이언스, 한국집단에너지협회, 민간LNG산업협회 등 협회 여러분들께 감사드리며, 다시 한번 에너지협회 연합 정책토론회 개최를 축하드립니다.

감사합니다.

2022년 3월 29일

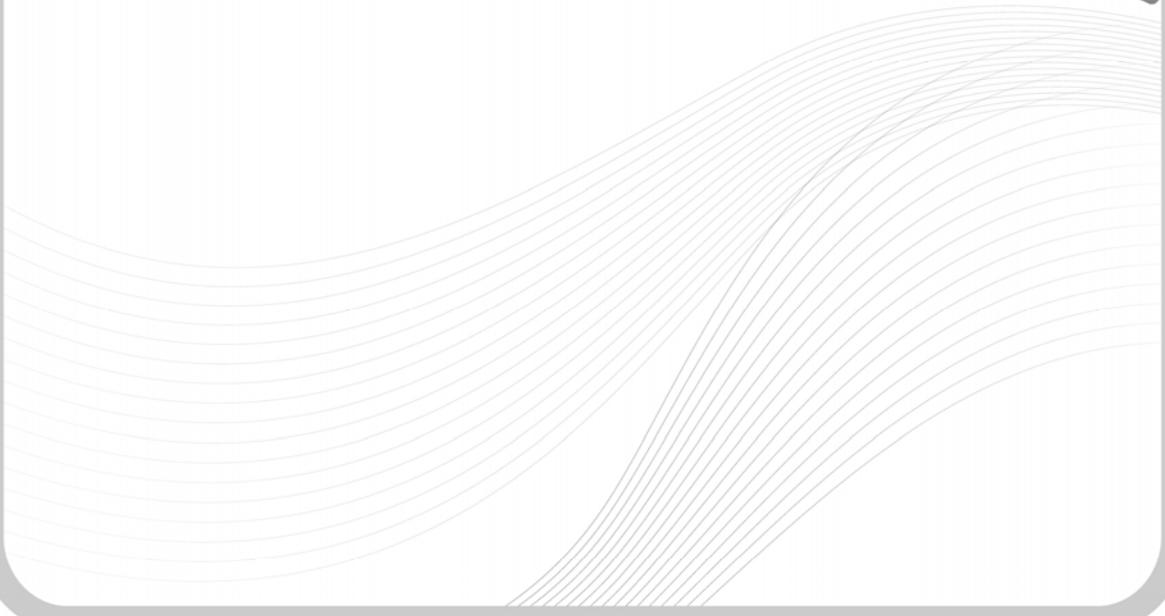
산업통상자원부 제2차관 박 기 영



주제발표 1

합리적 탄소중립 이행 계획 및 에너지 정책 방향

유승훈 서울과학기술대학교 에너지정책학과 교수



정책토론회
발표자료

합리적 탄소중립 이행 계획 및 에너지 정책 방향

2022년 3월 29일

서울과학기술대학교
에너지정책학과 교수
유 승 훈



목차

1. 글로벌 탄소중립 선언
2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오
3. 해외 연구사례로부터의 시사점
4. 새로운 에너지정책을 위한 시사점
5. 결론 및 제언



1. 글로벌 탄소중립 선언

- 2022년 3월 현재 전 세계 14개국이 탄소중립 법제화

- 우리나라는 14번째 법제화(2021년 8월 31일) ⇒ 이후 탄소중립 법제화 국가 전무
- 미국 등 다른 나라들은 탄소중립의 법제화 계획이 없으며, 정책문서(Policy Document) 혹은 선언(Declaration) 혹은 논의 중(in discussion)인 수준



(자료원 : <https://eciu.net/netzerotracker>)

3

1. 글로벌 탄소중립 선언

- 우리나라보다 탄소중립 달성 연도가 빠른 나라

- 이미 탄소중립 실현 : 수리남, 부탄
- 2035년 탄소중립 : 핀란드
- 2040년 탄소중립 : 아이슬란드, 오스트리아
- 2045년 탄소중립 : 독일, 스웨덴

- 우리나라보다 탄소중립 달성 연도가 늦은 나라

- 2060년 탄소중립 : 중국, 러시아, 사우디아라비아, 인도네시아, 카자흐스탄, 우크라이나, 스리랑카
- 2070년 탄소중립 : 인도

- 우리보다 탄소중립이 늦은 나라와 경쟁하는 부문에 대한 배려 필요

- 정유산업 및 석유화학산업은 중국, 러시아, 인도와 치열하게 경쟁을 벌이고 있기에 탄소중립으로 생산을 줄이면 이들 국가들이 그대로 가져감
- 동남아시아 국가들은 에너지 전환 속도가 느리기에 석유(화학)제품 수입 수요가 여전하므로, 이들 국가에 석유(화학)제품을 상당 기간 동안 수출 가능

▶ **신정부는 목표는 유지하되, 세부적인 이행 수단 및 경로를 합리적으로 수정해야 함**

4

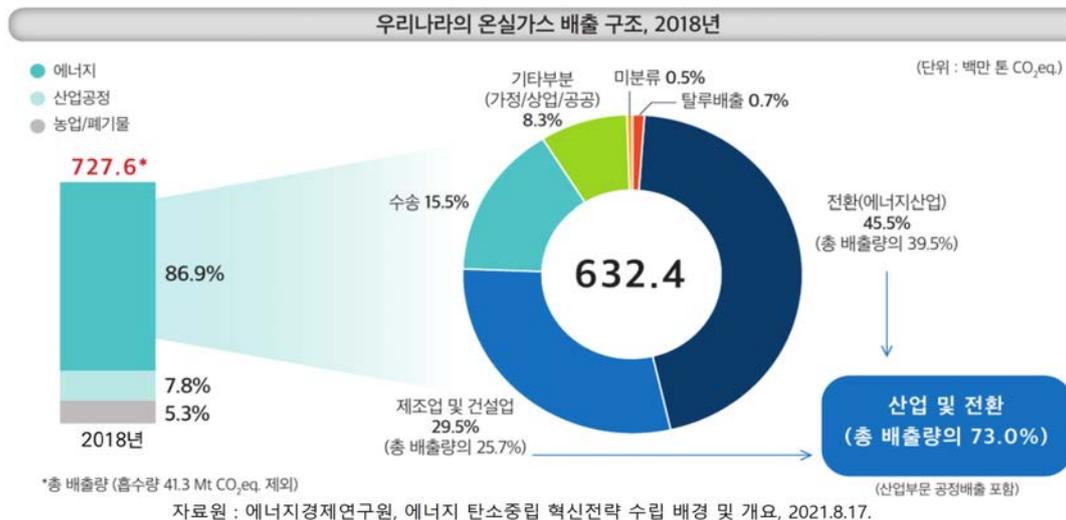
1. 글로벌 탄소중립 선언

- 세계 주요국의 탄소중립 계획은 선언적이거나 장기적 계획으로, 탈탄소보다는 에너지 수급 안정성 확보 및 자국산업 보호에 초점을 맞추고 있음
 - 2020년 여름의 미국 캘리포니아 정전, 2021년 겨울의 미국 텍사스 정전, 2021년의 영국 정전 등을 겪으면서 에너지 수급 안정성 이슈 부각
 - 138개 국가가 탄소중립을 선언했지만 법제화에 도달한 나라는 여전히 14개 국가에 불과
 - 미국, 러시아 등 51개 국가는 여전히 탄소중립 관련 정책 수립에 그치고 있으며, 법제화는 요원
 - 일본은 내연기관차 생산을 지속하겠다는 의지를 표명하고 있으며, 호주는 석탄 생산을 지속하겠다고 밝히면서 자국 정유산업 보호를 위해 관련 법을 제정하고 직접적으로 재정 지원
 - COP26의 탈석탄 성명에 40여 개 국가가 참여했지만, 제조업 비중이 높은 미국, 중국, 일본 등 주요 경제 대국은 불참
 - 독일은 탄소중립을 이행하면서 천연가스의 안정적 확보에 사활을 걸고 있지만, 우리의 일부는 천연가스 시설의 좌초자산화를 주장하며 투자를 반대
 - 세계에너지기구(IEA)에서는 석유 및 가스 수요 감소를 확인한 후 공급 축소를 진행해야 하며, 그렇지 않은 경우 에너지 수급 불안이 발생할 수 있다고 경고

5

2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오

• 전환부문 및 산업부문의 온실가스 배출 현황

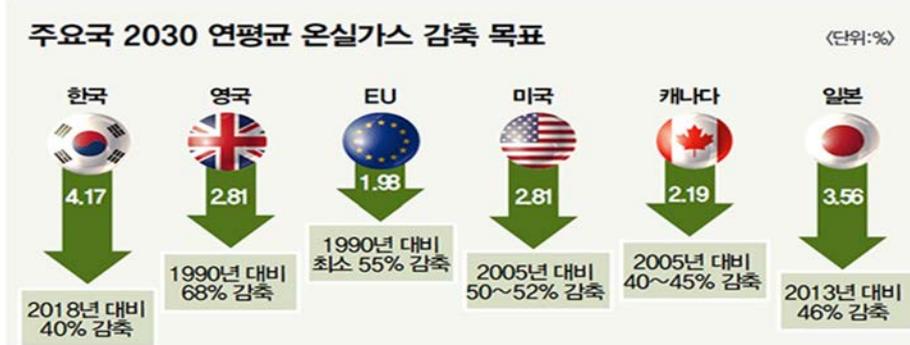


▶ 총 배출량의 73.0%를 전환부문(39.5%) 및 산업부문(33.5%)이 차지하고 있는데, 산업부문의 감축은 일자리 및 산업생산 감소로 귀결되므로, 전환부문이 온실가스 감축을 선도해야 함

6

2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오

• 주요국 NDC(Nationally Determined Contribution) 현황



순위	1	2	3	4	5	6	G5 평균
제조업 비중	한국 (28.4%)	독일 (20.7%)	일본 (20.3%)	미국 (11.0%)	프랑스 (10.4%)	영국 (9.4%)	14.4%
탄소 다배출 업종 비중	한국 (8.4%)	일본 (5.8%)	독일 (5.6%)	미국 (3.7%)	프랑스 (3.0%)	영국 (2.9%)	4.2%

출처 : 산업연구원, 2019년 GDP 기준

▶ 우리의 감축 속도는 세계 최고 수준이므로 이를 달성하기 위해서는 혁신이 필요

2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오

• 전환부문 2030 NDC

① 전환 (18년) 269.6 → (30년) 192.7(△28.5% 현 NDC) → (30년) 149.9백만톤(△44.4% 상향안)

○ (수요) GDP 상승효과(K-반도체 전략 등) 디지털 경제 확대 및 전기차 확대 등 전력수요 증가분* 반영 및 혁신기술 도입 등 수요관리 수단** 이행력 강화 (송배전 손실 등 고려한 필요 발전량 추산: 612.4TWh)

* 제9차 전력수급기본계획('20)에 따른 예상 수요: 542.5TWh → 수정 수요: 567.0TWh

** 효율관리 제도개선, 고효율기기 확대, 에너지관리시스템 연계, V2G, 스마트조명, 수요관리형 요금제 등

○ (공급) 유류·석탄발전 축소, 신재생에너지 발전 확대, 암모니아 등 무탄소 연료 혼소를 도입하여 전원믹스 구성

	2020년	2030년
원자력	29.0%	23.9%
석탄	35.6%	21.8%
LNG	26.3%	19.5%
신재생	6.6%	30.2%
암모니아	0%	3.6%
양수·기타	2.4%	1.0%

자료: 한국전력통계·산업통상자원부

<2030년 전원믹스 구성안>

	원자력	석탄	LNG	신재생	암모니아	양수·기타	합계
발전량	146.4	133.2	119.5	185.2	22.1	6.0	612.4
비중	23.9%	21.8%	19.5%	30.2%	3.6%	1.0%	100.0%

▶ 기존의 RE 3020에서 RE 3030으로 변경되어 재생에너지의 획기적 확대 필요
▶ 제9차 전력수급기본계획에서 3,410만톤을 겨우 반영했는데, 4,300만톤을 추가 감축해야 함
▶ 고비용 재생에너지의 보급 속도를 조절하면서 보다 저렴한 무탄소/저탄소 전원을 확대해야 함

2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오

• 2050 탄소중립 시나리오 : 전환부문

- 국내 순배출량을 0으로 하는 2개 시나리오로 구성
 - IPCC 1.5℃ 특별보고서*(18)를 토대로 모든 국가가 2050년 탄소중립을 추진한다는 전제 下 국외 감축분이 없는 2050년을 가정
 - * 산업화 이전 대비 지구 평균온도 상승을 1.5도 이내로 억제하기 위해서는 전 지구적으로 2050년 탄소중립 필요성 제시
 - △화력발전 전면 중단 등 배출 자체를 최대한 줄이는 A안 △화력발전이 잔존하는 대신 CCUS 등 제거기술을 적극 활용하는 B안 제시

(단위 : TWh, 괄호 안은 전체 에너지 소비량 중 부문별 소비량 비중)

구분	원자력	석탄	LNG	재생E	연료 전지	동북아 그리드	무탄소 가스터빈	부생 가스	합계	예상 배출량 (백만톤)
A안	76.9 (6.1%)	0.0 (0.0%)	0.0 (0.0%)	889.8 (70.8%)	17.1 (1.4%)	0.0 (0.0%)	270.0 (21.5%)	3.9 (0.3%)	1257.7 (100%)	0
B안	86.9 (7.2%)	0.0 (0.0%)	61.0 (5.0%)	736.0 (60.9%)	121.4 (10.1%)	33.1 (2.7%)	166.5 (13.8%)	3.9 (0.3%)	1,208.8 (100%)	20.7

자료원 : 2050 탄소중립위원회, 2050 탄소중립 시나리오, 2021.10.18.

- ▶ 2020년 전력소비량 509.3TWh의 2.4~2.5배 수준
- ▶ 늘어나는 전력 수요를 안정적으로 충족시킬 수 있는 비용효과적인 무탄소/저탄소 수단 필요

9

태양광
450GW
육상풍력
10GW
해상풍력
40GW 등
총
500GW로
예상

2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오

• 한국은행의 제언(2021.9)

- 제조업 부문에서는 주로 수출 확대에 의해 이산화탄소 배출량이 증가한 것으로 나타난 만큼, 탄소중립의 이행으로 인한 동 산업의 생산 위축은 수출감소로 이어질 것으로 예상됨
- 특히 일부 산업의 경우 공정과정에서 배출되는 이산화탄소 배출량은 많지 않더라도 탄소중립 이행과정에서 간접적 경로를 통한 생산 비용 상승 및 생산 감소 등 피해 규모가 작지 않을 것으로 예상되는 만큼 각 산업별 피해 규모를 정확히 파악할 필요가 있음

자료원 : 박종욱, 이나윤, 기후변화 대응이 산업에 미치는 영향, 조사통계월보 제75권 제9호, 한국은행, 2021년 9월.

- 탄소중립 이행으로 2050년까지 GDP 성장률이 연평균 0.32%p 하락할 것으로 예상되는데, 시나리오별 분석결과를 비교해보면 탄소세 부과 영향은 시나리오2(1.5℃ 상승으로 억제)의 경우가 시나리오1(2℃ 상승으로 억제)에 비해 4배 정도 큼
- 이는 지구 평균온도 상승폭 목표치를 0.5℃(2℃ → 1.5℃) 추가적으로 낮추기 위해서는 상당한 희생이 수반되는 것을 의미함

자료원 : 박경훈, 박종욱, 박상우, 임준혁, 김찬우, 이종웅, 곽윤영, 기후변화 대응이 거시경제에 미치는 영향, BOK 이슈노트 2021-23호, 한국은행, 2021년 9월.

10

2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오

• (질문1) 과연 재생에너지가 일자리를 늘리는가?

구분	화력발전	원자력발전	신재생에너지
부가가치율	28.1%	44.9%	17.7%
총산출 중 임금 비율	8.0%	10.0%	6.3%
총산출 중 수출 비중	0.169%	0.146%	0.010%
총산출 중 영업잉여 비중	0.2%	1.0%	2.8%

자료원) 한국은행 2019 산업연관표(www.bok.or.kr).

구분		2015	2016	2017	2018	2019	연평균 증가율
고용인원 (명)	태양광	8,639	8,360	7,909	7,732	7,538	-3.4%
	풍력	2,232	1,718	1,778	1,580	1,524	-9.1%
	소계	10,871	10,078	9,687	9,312	9,062	-4.4%
매출액 (억원)	태양광	75,551	71,246	71,645	64,598	68,507	-2.4%
	풍력	14,056	11,050	10,759	12,062	14,614	1.0%
	소계	89,607	82,296	82,404	76,660	83,121	-1.9%
신규 보급용량 (kW)	태양광	1,133,900	909,218	1,362,490	2,637,202	3,789,044	35.2%
	풍력	207,791	186,810	113,562	161,309	191,221	-2.1%
	소계	1,341,691	1,096,028	1,476,052	2,798,511	3,980,265	31.2%

자료원) 통계청(kosis.kr).

▶ 일자리 및 국내 생산액을 늘릴 수 있는 무탄소/저탄소 전원의 필요성 대두

2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오

• (질문2) 재생에너지 확대가 전력 공급 안정성을 훼손하지는 않는가?

□ 신정부는 태양광의 간헐성 및 변동성 대응 방안을 마련해야 함

- 2021년 10월말 현재 신재생에너지 설비용량 23.8GW (2017년말 11GW의 2배) > 원전 설비용량 23.3GW
- 2022년 1월 4일(화) : 날씨 맑음, 태양광 발전량 14.5GWh
- 2022년 1월 5일(수) : 날씨 흐림, 태양광 발전량 6.0GWh
- 2022년 1월 6일(목) : 날씨 맑음, 태양광 발전량 15.0GWh
- 하루 만에 절반 이하로 줄었다가 하루 만에 2배 이상으로 증가
- 앞으로 태양광 발전용량이 몇 배로 늘어나면 문제는 상당히 심각해짐

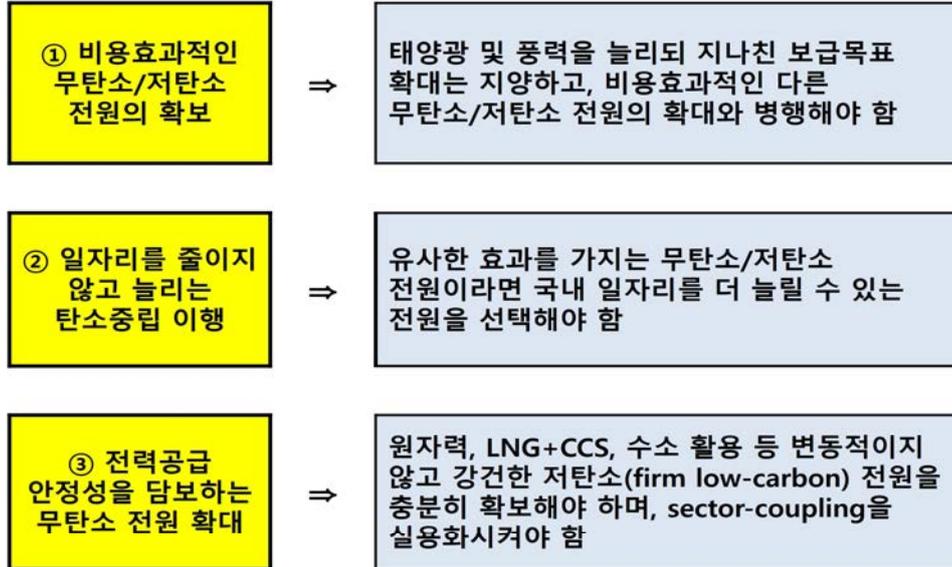
□ 신정부는 재생에너지 변동성 보완 수단을 확실히 해야 함

- ESS로 표현되는 배터리 : 화재, 높은 가격, 낮은 경제성 및 사업성(최근 한전의 ESS 구축사업은 예비타당성조사 탈락)
- 제9차 전력수급기본계획에 따라 양수발전 신설(1.8GW)이 추진되고 있으나, 재무적 타당성 결여 및 환경단체 반대로 추가적인 사업은 어려움
- Power-to-X(sector coupling)은 기술개발만 진행될 뿐, 재무적 타당성을 확보하기 어려운 상황

▶ 변동성 재생에너지(VRE) 증가에 따른 전력 공급 안정성 훼손 가능성에 대해 산업계의 우려도 커지고 있음

2. 2030 NDC 및 2050 탄소중립 시나리오

• 우리에게 필요한 탄소중립 이행 전략



13

3. 해외 연구사례로부의 시사점

• 산업부문 탄소중립과 안정적 전력공급의 조화 방안은?



Advancing Corporate Procurement of Zero-Carbon Electricity in the United States: Moving from RE100 to ZC100

(2021년 12월 8일)

□ New England, Texas, California를 대상으로 탄소중립을 달성하기 위한 다양한 대안에 대해 분석 수행

- ▶ RE100을 달성하기 위해 변동성 재생에너지(VRE, variable renewable energy)인 Solar 100% + 배터리, Wind 100% + 배터리, Solar 50% + Wind 50% + 배터리 등의 대안을 가지고 분석한 결과, 잦은 curtailment 발생, 전력 부족 가능성, 온실가스 다량 배출의 문제가 발생함
- ▶ 결국 Solar 25% + Wind 25%와 함께, 수력, 원자력, CCS+LNG와 같은 강건한 저탄소(Firm Low-Carbon) 전력 및 Sector Coupling의 결합이 50%를 차지해야 온실가스를 가장 적게 배출하면서 전력공급 안정성이 보장됨

▶ 전력수요 기업은 RE100(Renewable Energy 100%)이 아닌 ZC100(Zero-Carbon Energy 100%)을 추구해야 하며, 정책당국은 이를 뒷받침해야 전력 공급 안정성을 확보하면서 탄소중립을 추진할 수 있음

14

3. 해외 연구사례로부의 시사점

- 미국 캘리포니아(2045 탄소중립) 대상 연구사례

MARCH 24, 2021

Clean Firm Power is the Key to California's Carbon-Free Energy Future

BY ARMOND COHEN, ARNE OLSON, CLEA KOLSTER, DAVID G. VICTOR, EJEONG BAIK, JANE C.S. LONG, JESSE D. JENKINS, KIRAN CHAWLA, MICHAEL COLVIN, ROBERT B. JACKSON, SALLY M. BENSON, STEVEN P. HAMBURG

California's plan to make all of its electricity carbon free by 2045 will double electricity demand. Three groups of analysts optimize its grid to be economically and environmentally sustainable.

ISSUES
IN SCIENCE AND TECHNOLOGY
NATIONAL ACADEMIES OF SCIENCES,
ENGINEERING, AND MEDICINE
ARIZONA STATE UNIVERSITY

미국 프린스턴대, 스탠포드대, E3(컨설팅 업체)가 각각 다른 모형을 적용하되, 연구진에 환경단체인 EDF(Environmental Defense Fund)가 참여

California needs clean firm power, and so does the rest of the world

Three detailed models of the future of California's power system all show that California needs carbon-free electricity sources that don't depend on the weather.

▶ 날씨에 의존하지 않는 탄소제로 전원의 확보가 캘리포니아뿐만 아니라 전 세계에서 필요

3. 해외 연구사례로부의 시사점

- 미국 캘리포니아(2045 탄소중립 선언) 대상 연구사례

Energy Source	GenX	urbs	RESOLVE
Gas/CCS	9.7	8.4	8.5
Nuclear	9.4	8.2	8.0
Fuels	10.2	8.5	8.2
CCS+Nuclear	8.5	7.8	7.7
CCS+Fuels	9.7	7.8	-
All	8.4	7.6	7.1
Renewables	15.0	-	-

Current California IOU Generation & Transmission Rates (9.1 cents/kWh)

Cases with Clean Firm Capacity ←

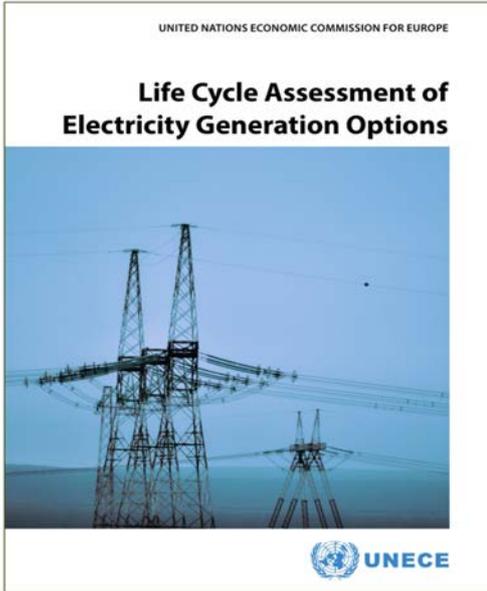
"Clean Firm Power"

- 탄소제로이면서 전력이 필요할 때 의존할 수 있는 전원
- LNG 발전 + CCS
- 원자력
- 지열
- Fuels(수소/암모니아 등 연료의 혼소/전소)

▶ 태양광 및 풍력으로만 캘리포니아 2045 탄소중립 목표를 달성하는 것은 비용이 많이 소요되므로, Clean Firm Power의 확보가 필수적임

3. 해외 연구사례로부의 시사점

- UNECE 연구사례(2021년) : EU-taxonomy 보완을 위한 연구



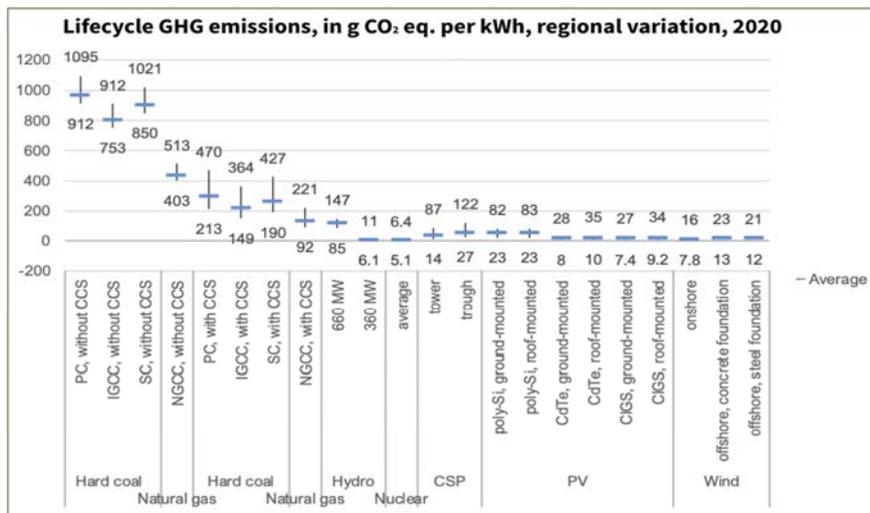
연구의 배경

- 유럽연합(EU)은 EU-taxonomy 초안에 대한 논란이 있자, UN에 연구를 의뢰
- UNECE는 전과정 평가(LCA)의 관점에서의 전원별 온실가스 배출량을 정량적으로 평가
- 온실가스 배출은 줄이지만 비기후적인 환경압박을 늘리는 이른바 '영향 누락(impact leakage)'을 피하기 위해, 생애주기 전체에 대해 환경영향을 평가하는 LCA를 적용
- 세계 12개 지역을 대상으로 다양한 요인을 종합적으로 고려

17

3. 해외 연구사례로부의 시사점

- UNECE 연구사례(2021년) : EU-taxonomy 보완을 위한 연구



▶ 원자력이 태양력, 태양광, 풍력보다 온실가스 배출량이 더 낮았음
▶ 화석연료 중에서는 LNG+CCS가 가장 낮았고 대수력과 유사

▶ 원자력 및 LNG가 최종 포함되었음

18

4. 새로운 에너지정책을 위한 시사점

• 새로운 거버넌스의 필요성 : 에너지규제위원회 신설

- 에너지 부처가 에너지 규제 업무까지 맡는 것은 문제가 있으며, 탄소중립 이행과정에서의 갈등 조정 및 필요 자원 마련을 위해서는, 국회와 정치로부터 독립적인 의사결정이 가능한 에너지규제위원회의 설립 필요
- 여기서는 에너지 부문의 다양한 갈등 조정, 에너지 공공요금 조정 승인, 에너지 수급계획 수립 등의 역할을 담당. ex) 한국은행 산하의 금융통화위원회
- 현재 에너지 전 분야에서 발생하고 있는 갈등을 전문적으로 중재하는 에너지갈등 조정기구의 상설화가 필요한데, 에너지규제위원회가 이 역할도 담당. ex) 환경부의 환경분쟁조정위원회, 공정거래위원회의 공정거래조정, 독일의 '환경보호와 에너지전환 역량센터(KNE, Competence Centre for Nature Conservation and Energy Transition)
- 재생에너지 확대에 따라 신뢰도위원회, 계통감독원, 배전감독원 등이 요구되고 있으므로, 에너지규제위원회 산하의 소위에서 이 역할을 담당

구분	규제기관	개요	규제요금
미국	PUC (공익사업위)	· 위원회(3~7명), 조직(100~1,500명) * 州별 상이 · 위원회 규제행위 州에 존재하는 타 법률보다 우선	소매요금 (규제 州)
영국	GEMA (가스·전력시장위)	· 위원회(10명), 조직(약 971명, Ofgem 포함) · 규제기관 결정사항에 대해 제한적으로 번복 가능	망이용요금 및 표준요금(소매)
독일	BNetzA (연방네트워크기구)	· 위원회, 조직(10개 실무부서, 11개 결정위원회) · 감독기관인 에너지부에서도 규제기관 결정번복 불가	망이용요금 (소매요금자유화)
일본	EGC (전력·가스시장감독위)	· 위원회(5명), 조직(5개 부서, 약 130명) · 규제기관 단독의 의사결정 권한은 없음	자유화 前 소매요금

19

4. 새로운 에너지정책을 위한 시사점

• 원전 활용을 위한 과제

- 탄소중립의 중요한 이행 수단으로서 무탄소 전원인 원전의 역할 확대 예상
 - 특히 우리의 주변국(중국, 러시아, 일본)은 탄소중립을 위한 유력한 수단으로 원전 비중 확대를 천명했으며, 프랑스 마크롱 대통령도 탈원전 정책을 철회하고 탄소중립 이행을 위해 원전 확대를 천명
 - 미국은 수소생산에 있어서 원전의 활용을 검토(1GW당 연간 20만톤 생산 가능)
- 법적 절차를 지키면서 신한울 3, 4호기 건설 재개를 서두르고, 2030년 기준 (2023~29년) 설계수명 도래 원전 10기에 대해 안전성이 확인되면 수명 연장 추진
 - 신한울 3, 4호기는 2030 NDC에 기여할 수 있도록 역할을 해야 함
 - 노후 원전 10기를 전부 다 연장할 것인지, 일부는 SMR 부지로 활용할지 결정
- 고준위 방사성 폐기물 처리시설의 입지를 결정해야 함
 - 현재 전국의 원전 부지 안에 고준위 방사성 폐기물을 보관하고 있지만 곧 추가적인 보관이 불가능한 상황이므로,
 - 입지 선정을 통해 고준위 방사성 폐기물 중간저장시설과 영구처분시설을 조속히 마련해야 하며, 이것은 EU-taxonomy에서도 필수적으로 요구하는 점

20

4. 새로운 에너지정책을 위한 시사점

- 새로운 무탄소/저탄소 전원에 대한 고려 : LNG+CCS, 수소에너지
 - 세계 곳곳에서 발생했던 정전을 살펴보면, 각국이 얻은 교훈은 화석연료 발전소, 특히 저탄소 연료인 LNG 발전소가 안정적 전력공급을 위해 필수적이라는 점
 - (예) 흑서가 발생했지만 LNG 발전소를 급격하게 퇴출시켰기에, 전력공급 예비력이 부족해 발생한 2020년 여름의 캘리포니아 정전
 - (예) 예상치 못했던 한파가 찾아왔지만, 전력공급 예비력 부족으로 발생한 2021년 겨울의 텍사스 정전
 - (예) 이상기후로 해상풍력 발전량이 급격하게 줄었지만, 전력공급 예비력이 부족하여 발생한 21년 유럽의 정전
 - LNG가 Bridge Energy로서 상당 기간 동안 전력을 안정적으로 공급해야 탄소중립이 중간에 좌초되지 않고 일관되게 이행될 수 있으므로, LNG를 안정적으로 확보하고 동시에 다음을 추진해야 함
 - (단기) 석탄발전을 LNG 발전으로 전환하면서 신규 LNG 발전소 건설
 - (중기) LNG 발전소에 수소를 혼소하거나 개체시 열병합발전(CHP) 위주로 건설하면서 K-taxonomy를 만족시키고 온실가스 저감
 - (장기) LNG 발전+CCS 및 수소 전소 실용화

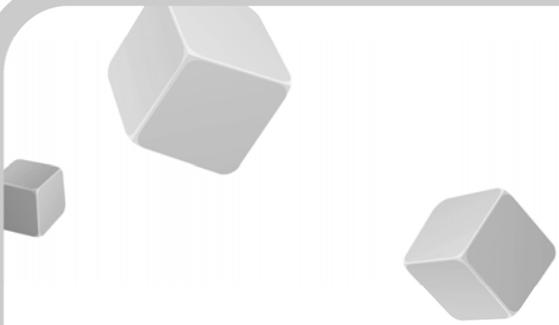
21

5. 결론 및 제언

- 탄소중립 실현을 위해서는 전환 및 산업 부문에서 온실가스를 획기적으로 감축해야 하는데, 일자리 감소 및 산업생산 감소를 방지하기 위해 전환 부문이 주도적인 역할을 해야 함
 - 특히 신정부는 Off-shoring을 막고 Re-shoring을 통해 일자리를 늘리겠다고 천명한 이상, 이러한 전략은 필수적
- 우리에게 중요한 것은 탄소중립(ZC100)이지 RE100이 아니라는 관점, 즉 RE100은 탄소중립이란 목표를 달성하기 위한 수단이지 목표가 아니라는 관점을 견지해야 함
 - 재생에너지 뿐만 아니라 무탄소 전원인 원자력, LNG발전+CCS, 수소발전 등도 적극 고려한 최적의 포트폴리오를 구성해야 함
- 특히 LNG는 석탄발전을 대체하는 bridge energy로서의 역할뿐만 아니라, 재생에너지의 간헐성 및 변동성을 보완하는 현실적인 수단으로서의 역할을 상당 기간 동안 수행해야 함
 - LNG가 석탄을 적절하게 대체하고 재생에너지를 보완하는 역할을 수행하고, 이에 대해 적절하게 보상을 해야 전력공급의 안정성을 확보할 수 있음

22

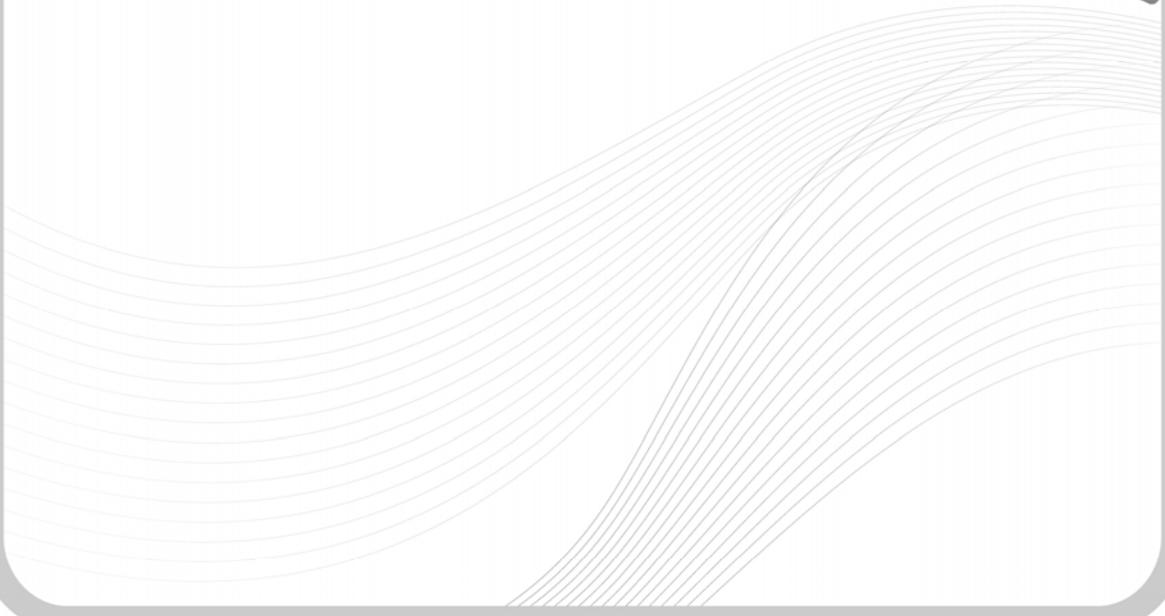
**경청해 주셔서
감사드립니다.**



주제발표 2

탄소중립 시대의 LNG의 역할과 필요성

조흥종 단국대학교 경제학과 교수



탄소중립 시대의 LNG의 역할과 필요성

조흥종
(단국대학교 경제학과)

합리적인 탄소중립 에너지정책 방향 정책토론회
(2022년 3월 29일)

목차

1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화
2. 글로벌 **LNG** 시장의 구조적 변화
3. 탄소중립 이행을 위한 **LNG** 역할 및 필요성
4. 제도개선과 정책제언

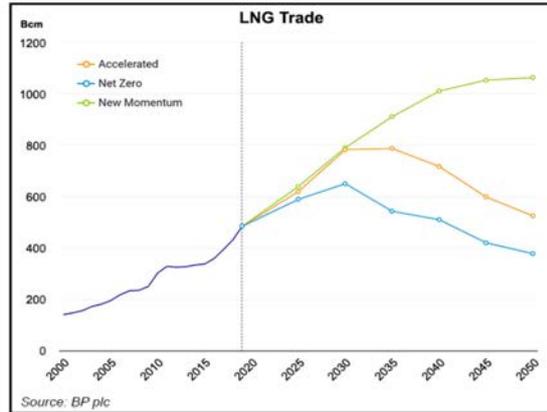
1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화

● 주요국 탄소중립 선언과 LNG 시장 변화

- 주요국 탄소중립선언=>CO2와 CH4문제로 LNG 시장 규모 감소 예측
- 현실적 다양한 시나리오에 LNG 시장 예측도 달라짐+각 국 처한 상황에 따른 탄소중립 이행 과정도 상이할 전망
 - ✓ Accelerated: '50년까지 증가
 - ✓ Net zero: '30년 이후 감소

국가	발표 시점	탄소중립 목표시점	추진 현황
영국	'19.06.	2050	법제화(In Law)
EU	'20.03.	2050	법제화(In Law)
중국	'20.09.	2060	문서화(In Policy Document)
일본	'20.10.	2050	법제화(In Law)
미국	'21.01.	2050	문서화(In Policy Document)
러시아	'21.01.	2060	정상 발표(Pledge)
인도	'21.01.	2070	정상 발표(Pledge)

자료 : Energy & Climate "Net Zero Scorecard"
출처 : 계간가스(22.03)



출처: BP, Energy Outlook 2022

1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화

● EU-Taxonomy

- 천연가스 친환경 인정: 270 [gCO₂/kwh] 미만 발전설비
- 화력발전소 대체용
- '30년말까지 건축허가를 받은 천연가스 발전소만 친환경 분류

● K-Taxonomy

- 한국형 녹색분류체계 및 적용 가이드안(2021.10)에서는 LNG발전 녹색분류체계에 포함, 2030년까지 한시적으로 인정
- 하지만 에너지 생산량 대비 온실가스 배출량이 320 [gCO₂/kwh] 이내 규정 포함
- 2030년까지는 250 [gCO₂/kwh] 이내로 달성해야 함
- 현재 국내 최고 효율의 LNG 복합화력 발전소 경우 350-360 [gCO₂/kwh]로 무리한 Taxonomy 수정 필요
- CCUS 없이는 기준을 맞출 수 없음

● 미국-오바마 행정부 2기 발전소의 탄소 배출 규제 목표

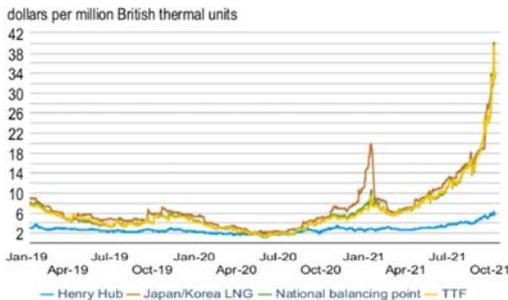
- 당시 천연가스 발전소의 온실가스 배출 목표<EU-Taxonomy or K-Taxonomy
- 화력발전소의 집약도 기준 온실가스 배출 목표
- 증기 발전 방식: ('22-'29) 696 [gCO₂/kwh], ('30-) 592 [gCO₂/kwh]
- 고정 연소 방식: ('22-'29) 377 [gCO₂/kwh], ('30-) 350 [gCO₂/kwh]

1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화

● Double Greenflation(재생에너지가격 상승+화석연료 현실적 수요 증가 및 가격 상승)

- 재생에너지 간헐성 문제(풍력) 감소+천연가스 발전 수요 증가 및 가격 폭등=> 유럽 전력 도매가격 대폭 상승

천연가스 공급 부족	러시아 등 자원 무기화 가능성	유럽과 아시아의 LNG 확보 경쟁	COP26 & EU-Taxonomy
<ul style="list-style-type: none"> • 코로나로 인한 신규 FID 감소, 기존 FID 지연 • 환경규제 강화, 내전 등으로 대형 가스전 좌초 • 투자미비=> 최소 10년간 가격 변동성 증폭 	<ul style="list-style-type: none"> • '21년 1월 극심한 추위, 러시아 재고 확충 • Nordstrom2 가동 지연+장기계약 위한 전략적 행위 	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽지수와 아시아 지수 동조화 • 유럽 재생에너지의 변동성, 간헐성=>전력난 • 유럽의 탄소중립 이행 문제점=>전력가격 폭등 	<ul style="list-style-type: none"> • Agreement of "phase down of coal" not out • 원전 둘러싼 국가간 갈등 • 천연가스 청정연료 인정 문제 • 천연가스 둘러싼 국제 분쟁 가능성



< 천연가스 가격 변동성 확대 >



< 유럽 주요국 전력 도매가격 추이 >

1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화

● 글로벌 LNG 시장의 시점적 변화

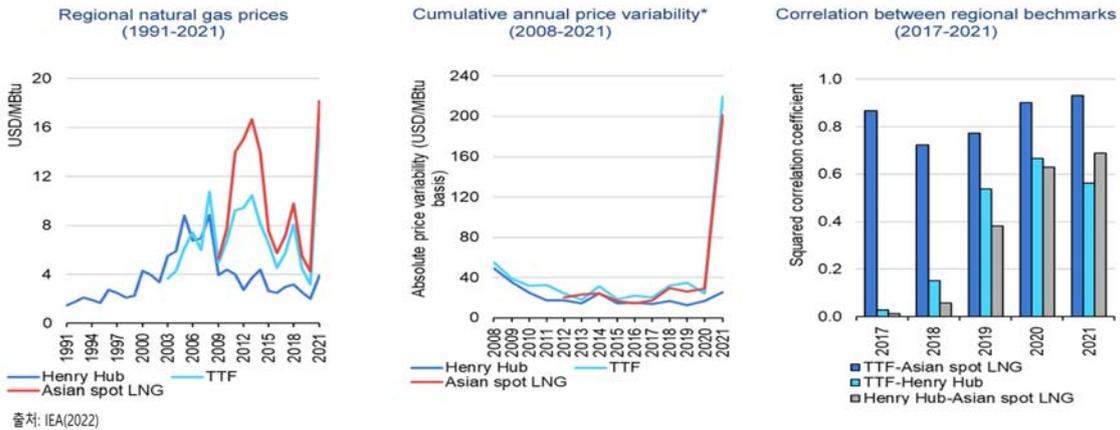
- 시점적 수급구조에 따라 seller 우위, vs buyer 우위 시장 반복 및 가격 변동 발생

	구매자 시장 2000~2005	판매자 시장 2006~2008	구매자 시장 2009~2010	판매자 시장 2011~2014	구매자 시장 2015~2020	판매자 시장 2021~
가격	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 저유가 ▪ LNG 가격 안정 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고유가 ▪ LNG 가격 급등 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 저유가 ▪ LNG 가격 급락 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고유가 ▪ LNG 가격 급등 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 저유가 ▪ LNG 가격 급락 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 고유가 ▪ 현물LNG 가격 급등
장기계약	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유가연동 5~15% ▪ S-Curve, 가격 상하한 ▪ 장단기 계약 혼합 ▪ 구매자 옵션, 김량권 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유가연동 14.7%~15.7% ▪ 고유가(60~90) S-curve ▪ 포트폴리오 공급 계약 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유가연동 12~14.85% ▪ 고유가(40~90) S-Curve ▪ Equity LNG 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유가연동 12.8~15.6% ▪ 고유가(60~120) S-Curve ▪ Hybrid 가격 공식 ▪ HH 가격 연동 계약 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유가연동 10~12% ▪ 계약 기간 및 물량 축소 ▪ 물량 유연성 확대 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 유가연동 10~12% ▪ 현물가격 급등으로 중장기 계약시장 선호 ▪ 유연화 정책 및 물량확보 어려움
수요	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 아시아 경제위기, IT버블 붕괴, 9.11 등 복합 불황 ▪ 러시아 PNG 개발 논의 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 세계 경기 회복 기대 ▪ '05년 교토의정서 발효 ▪ Chindia와 미국의 LNG 수입 급증 전망 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 글로벌 금융위기 ▪ 미국의 셰일가스 혁명에 따른 미국 수요 이탈 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 세계 경기 회복 기대 ▪ 후쿠시마 원전 사태 ▪ Chindia와 신흥 LNG 시장의 성장 전망 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 중국 등 세계 장기 경제 성장세 둔화 ▪ 주요국 LNG 수요 감소 ▪ COVID-19 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ COVID-19 회복 수요 증가 ▪ 중국, 인도 등 천연가스 수요 증가 ▪ 석탄수요 감소로 천연가스 대체 수요 증가
편향	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 아태지역 공급 경쟁 격화 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공급능력 가동시기 지연 ▪ 인니 공급 불안 지속 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 카타르 메가 트레이드인 가동 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 공급 능력 증설 정체 ▪ 이집트 등 공급 자질 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 호주, 러시아, 미국의 공급 능력 급증 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 러시아 천연가스 무기화 ▪ 환경규제로 투자 및 공급 미비 ▪ 내전, 공사지연 등으로 공급 감소

1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화

● '21년 국제 천연가스 가격지수 모두 상승세+유럽과 동북아시아 물량 확보 경쟁 중

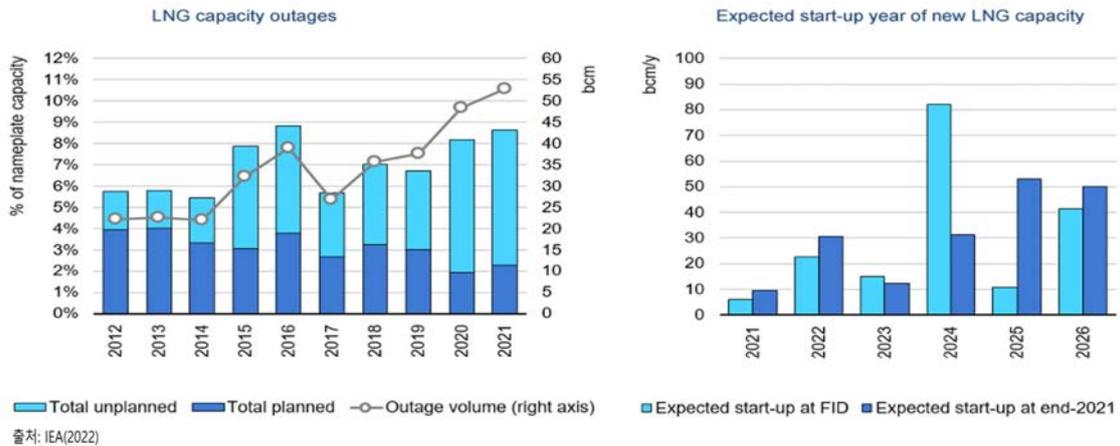
- 유럽 아시아 물량경쟁=>TTF, NBP, JKM 모두 동반 상승
- 공급부족+이상저온 현상=> TTF, JKM 모두 역사적 최고점, 변동성도 최고치
- 유럽과 아시아 시장의 동조화 급격 진행, 러시아 물량 감소로 인하여 카타르, 미국 물량을 두고 유럽과 아시아와 물량 경쟁 중
- 아시아로 올 물량 운송 중에 유럽으로 트는 일도 발생
- 최근 러시아 우크라이나 전쟁으로 공급 부족 극심



1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화

● '21년도 수급불균형 역사상 최고 기록, '24년까지 프로젝트 딜레이

- '21년도에도 unplanned & planed 정비, 지연 프로젝트가 9%에 이르고 물량도 55bcm에 이룸
- 기존 FID 체결 프로젝트도 지연이 지속되고 있음, 20% ahead(8month), 35% on time, 45% delayed(14month)
- '21년 체결 1/3은 기존 FID 이고, 신규 FID 체결은 2년('20-'21)간 3건에 불과
- 2 small(Energia Costa Azul in Mexico, Pluto LNG train 2 in Australia), 1 large(North Field East in Qatar)



1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화

● 천연가스 시장의 재편

- 탄소중립 => 천연가스 브릿지 역할 증대, 수급불균형 최소 10년
- 탄소중립 => 천연가스 환경문제로 투자 억제, global IB 및 연기금 투자 감소
- 가격 불확실성으로 FID(Final Investment Decision) 예측 불투명, 새로운 천연가스 시장 재편

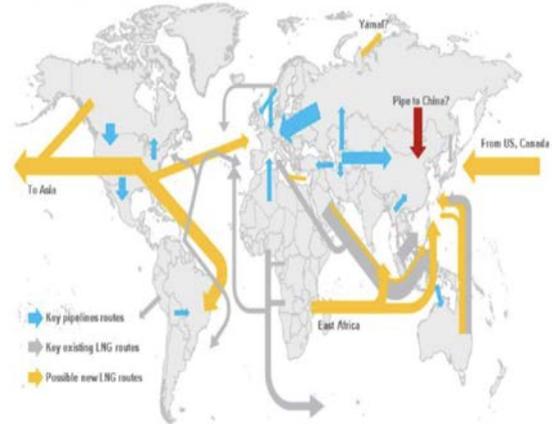
→ 최소 '40년까지 LNG시장 확대,

The competitive landscape – pre-FID project cost stack



Source: Wood Mackenzie
출처: Wood Mackenzie

Map of future gas flows



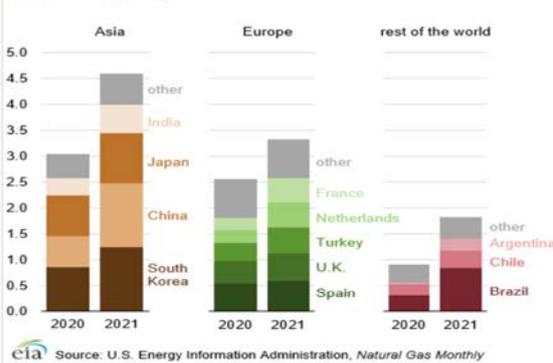
출처: RusEnergy Business Development UK

1. 글로벌 천연가스 시장의 구조적 변화

● 정책과 정세변수 불확실성: '30년 이후 미국의 가스발전의 흥망은 지배적인 정책 및 시장환경에 달려 있음

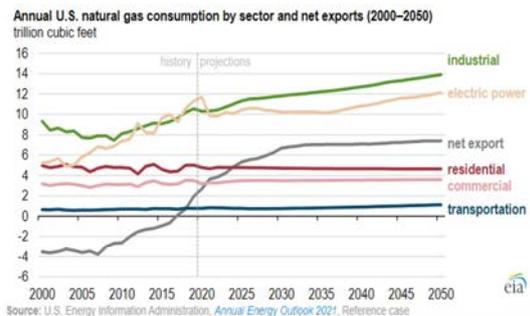
- 바이든 친환경 정책(Clean Energy Standard): 천연가스는 발전비중이 '30년까지 30% 밀, 풍력/태양광발전은 28%이상 증가 전망,
- 탄소배출이 낮은 가스, 수소 등을 채택하거나 탄소포집 등의 기술을 사용하면 천연가스 발전기 폐지 지연 가능
- Kinder Morgan Inc, Enbridge Inc. 및 Williams Cos. Inc.와 같은 주요 천연가스 파이프라인 기업은 적응전략으로 수소 혼합을 고려
- EIA는 2050년까지 미국 천연가스 수요 증가 예측
- 미국 '21년 LNG 수출 최대 기록('20년 대비 50% 증가) & 러시아 우크라이나 전쟁으로 미국은 대유럽 LNG 수출 1,2월 최대 증가

U.S. liquefied natural gas exports by destination, 2020-21
billion cubic feet per day



Source: U.S. Energy Information Administration, Natural Gas Monthly

Growing industrial consumption and exports support future U.S. natural gas market growth



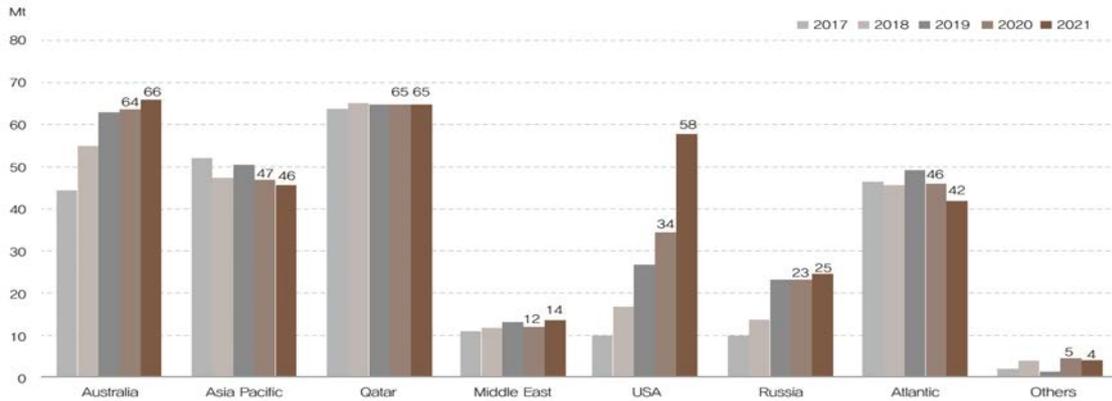
Source: U.S. Energy Information Administration, Annual Energy Outlook 2021, Reference case

2. 글로벌 LNG 수출 동향

● '21년 글로벌 LNG 수출 반등

- '20년 covid-19 영향으로 감소되었던 LNG 시장 수출이 다시 증가됨
- 미국 1세대 LNG 수출 프로젝트 준공으로 연 75백만톤 생산 capacity, '21 70% 수출 증가
- 호주 Prelude FLNG 재가동으로 세계 최대 LNG 수출국 유지

< LNG 수출 동향 >



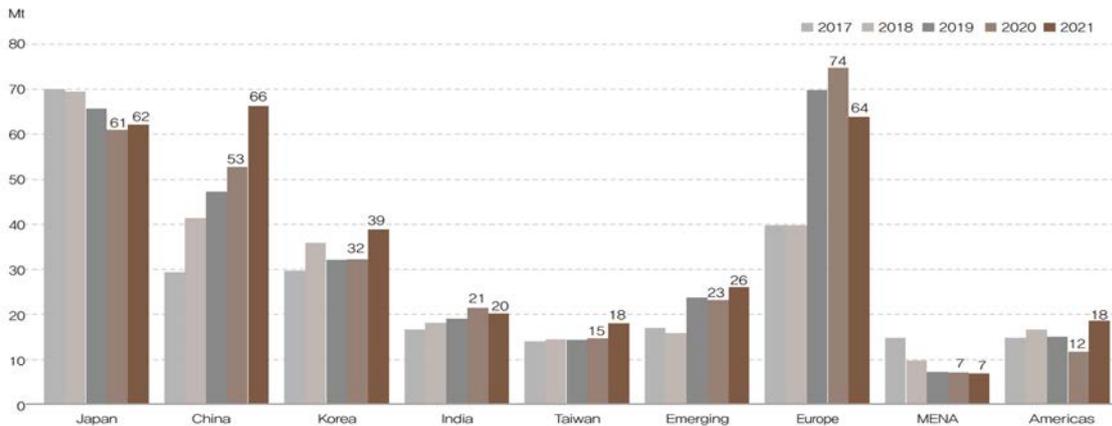
출처: 계간가스(22.03), 원자료: Poten & Partners, LNGAS

3. 글로벌 LNG 수입 동향

● '21년 글로벌 LNG 수요 회복

- '20년 대비 '21년 약 12% 증가
- 동북아시아 수요 증가
- 유럽의 지속적인 LNG 물량 수요 증가, 최근 러시아 우크라이나 사태로 LNG 의존도 증가

< LNG 수입 동향 >



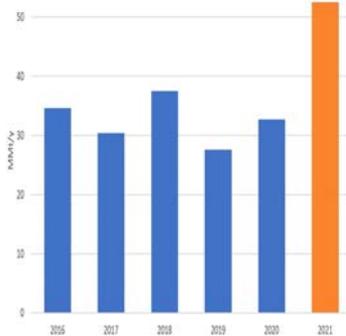
출처: 계간가스(22.03), 원자료: Poten & Partners, LNGAS

2. 글로벌 LNG 시장의 구조적 변화

● LNG 시장 계약 트렌드 변화

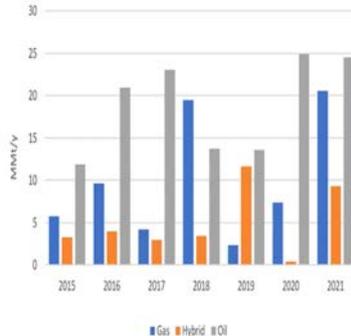
- '21년 SPA 급격히 증가, 52.4 MMt 신규 SPA
- 가격 공식 연동 다양화, HH 가스연동 다수, hybrid도 증가 추세
- 가스연동 가격이 가장 높아지고 있음('19-'20은 가스연동이 가장 저렴), 유가연동이 가장 저렴한 상황
- 선물계약 상으로는 수급부족은 2023년부터 해소되기 시작

<신규 SPA 계약 물량>



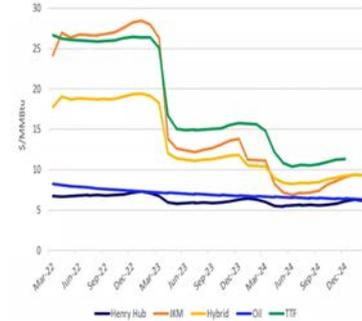
출처: Poten & Partners(2022)

<가격 연동 메커니즘>



출처: Poten & Partners(2022)

<선물계약 가격 연동>



*TTF is simple forward curve as there were no TTF contracts in 2021

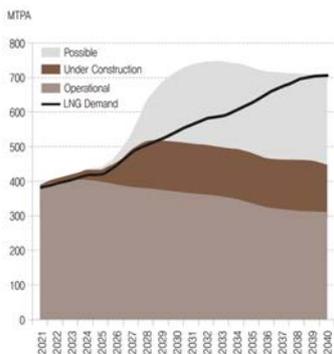
출처: Wood Mackenzie(2021)

2. 글로벌 LNG 시장의 구조적 변화

● LNG 시장 계약 트렌드 변화

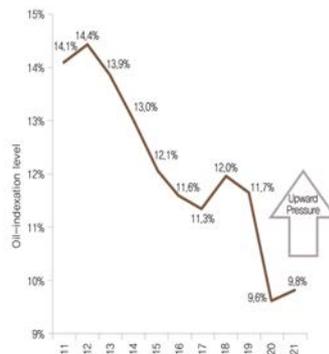
- 현재 FID 추세로는 국제 LNG 수급 전망 2025년 이후 타이트
- '21년까지 유가연동 기율기 감소-> '22년 이후 공급자 우위 시장에서 유가연동 기율기 증가 예상
- 장기계약이 가장 저렴해지고 있음, 중단기 계약에 비해 장기계약 보유자들이 시장 주도

<국제 LNG 수급 전망>



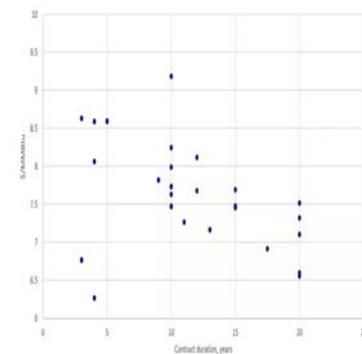
출처: 계간가스(22.03)

<유가연동 기율기>



출처: 계간가스(22.03)

<장기계약이 가장 저렴>



출처: Poten & Partners(2022)

2. 글로벌 LNG 시장의 구조적 변화

● 탄소중립(Carbon Neutral) LNG

- LNG 밸류체인 상에서 발생한 탄소를 직접 저감 또는 탄소 (상쇄배출권지불)
- '21년 6월 Shell-<Tokyo Gas 14 카고 공급
- '21년 9월 Petronas-< Shenergy(중국) 올해 10월~내년 3월 사이 3카고 공급 예정
- '21년 9월 카타르-<스페인, 생산 및 하역단계까지의 탄소 배출량 상쇄
- '21년 10월 러시아 Sakhlin Energy -<Toho Gas(일본)
- 새로운 탄소중립 LNG 계약이 증가추세이며 신규 시장으로 확대

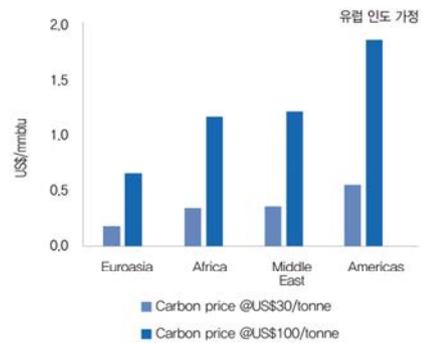
< 탄소중립 LNG 거래 현황 >

시점	도입 물량	공급자	구매자	목적지	배출량 상쇄 범위	배출량 산정 방법	할용 크레딧
'19.6	1카고	Shell	Tokyo gas	일본	Full Life Cycle	-	Nature based credit
'19.6	1카고	Shell	GS Energy	한국	Full Life Cycle	-	VCS
'19.6	1카고	ADNOC	JERA	인도	End use only	-	CDM(Paris)
'20.3	1카고	Shell	CPC	대만	Full Life Cycle	-	Nature based credit
'20.6	2카고	Shell	CNOOC	중국	Full Life Cycle	-	Nature based credit
'20.9	1카고	Total	CNOOC	중국	Full Life Cycle	-	VCS
'20.11	1카고	Shell	CPC	대만	Full Life Cycle	DEFRA	Nature based credit
'21.3	1카고	Mitsui	Hokkaido Gas	일본	Full Life Cycle	-	Nature Based credit
'21.3	1카고	Gazprom	Shell	영국	Full Life Cycle	DEFRA	VCS
'21.3	1카고	RWE	Posco	한국	Well to Tank	Woodmac Emission Tool	VERs
'21.4	1카고	Diamond Gas	Toho Gas	일본	Full Life Cycle	-	VCS
'21.4	1카고	-	Pavilion Energy	싱가폴	Well to tank	-	VCS+CCB
'21.6	1카고	Oman LNG	Shell	-	Full Life Cycle	-	Nature Based credit

출처: ENPE, Carbon Neutral LNG Carriage Database, 2021 Platts, Carbon Neutral LNG: A Growing Trend, Heavily Focused on Carbon Offsets, 2021 Platts, LNG Daily 자료

● 탄소중립 LNG 프리미엄

- 현재까지 거래된 탄소중립 LNG의 가격과 프리미엄은 구체적으로 공개되지 않음
- 탄소중립 LNG의 프리미엄의 크기는 저감한 탄소량에 따라 달라질 것이기 때문에 LNG 프로젝트마다 상이할 것으로 예상
- \$30/tCO₂=> \$0.2-0.6/MMBtu, \$100/tCO₂=> \$0.7-1.9/MMBtu



2. 글로벌 LNG 시장의 구조적 변화

● McKinsey's Global Gas Outlook to 2050

- Gas demand rises by 2037
- LNG is the #1 formation in trading gas

5 key findings

1

2020 saw both extreme market oversupply and extreme tightness

The price volatility seen in late 2020 and early 2021 is likely to remain for the medium term. A tight balance between supply and demand to 2025 will create fluctuating prices as unpredictable events flip the market between tightness and excess supply.

2

2020 market demand was driven by China and India growing a combined 9.5 metric tons (MT)

Asia will continue to drive global LNG demand growth. However, China becomes less important as a driver for LNG demand beyond 2035 and will see demand peak around 2040. South and Southeast Asia will take over as key demand drivers.

3

LNG demand is resilient

LNG demand grew by 1% in 2020, while global gas demand declined. Longer term, the share of LNG in the global gas supply will increase from today's 13% to 23% by 2050 as it meets demand growth and replaces declining pipeline and domestic gas.

4

Approximately 100MT of additional liquefaction capacity is needed by 2035 and more than 200 MT by 2050

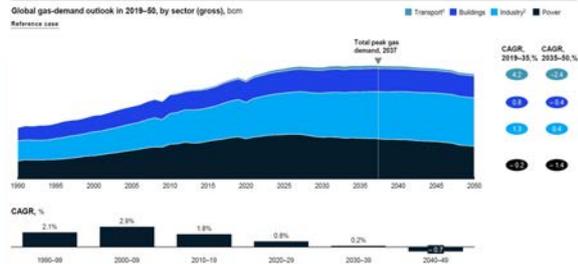
A majority of this will likely come from US projects representing the long-run marginal LNG supply capacity and will need to differentiate either commercially or by emission intensity. 138 MT of LNG capacity is currently under construction.

5

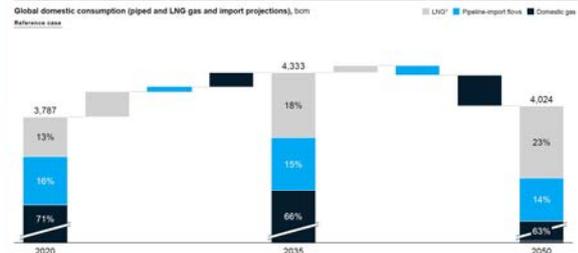
The energy transition will reshape gas-demand use

Gas demand in the transport sector is set to grow by 50 billion cubic meters by 2035 with a compound annual growth rate of 2.2%. Gas for power will decline in Europe, Japan, and North America. Industrial and chemical gas demand will grow past 2035.

In the 2021 Global Energy Perspective reference case, gas demand peaks in 2037 but will decline slowly afterward.



The share of LNG in the global gas supply will increase consistently, as it meets demand growth and replaces declining pipeline and domestic gas.



출처: McKinsey & Company(21.02)

3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성

● 탄소중립 이행과정의 현실적 대안 구축과 신에너지 산업 육성을 통한 지속가능 성장동력 확보

- 단기적: 온실가스 감축을 위한 LNG 역할 제고와 현실가능한 전원믹스 재설정(제4차에너지기본계획+제10차전력수급계획)
- 중기적: LNG VC 전반의 산업화 역량 가속 및 해외자원개발 & 수소경제 이행 기술개발
- 장기적: 블루수소(LNG+CCUS) & 수소메이저 선도기업을 통한 지속가능한 경제성장동력 확보

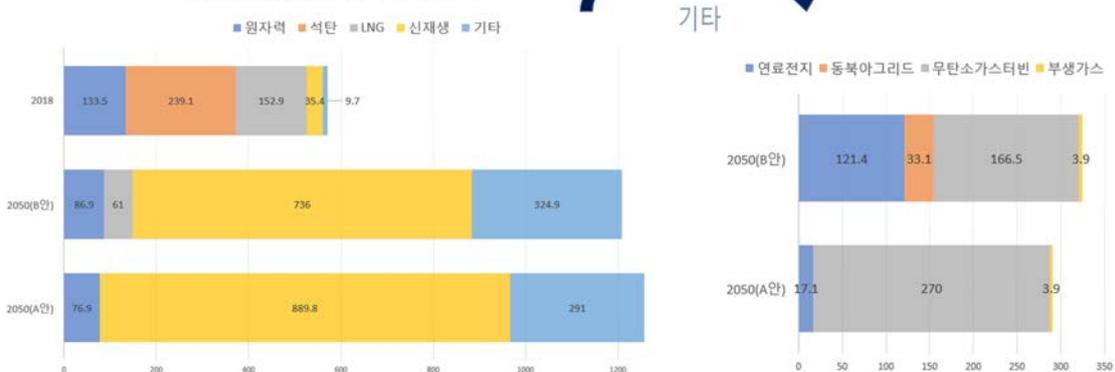
● 단기적	□ NDC 목표 이행+ 현실적 전원 믹스에 대한 제고 □ LNG 브릿지 전원 역할 재설정 □ 재생에너지 변동성 대응 자원
● 중기적	□ LNG VC 전반의 산업화 역량 가속 □ Upstream to downstream 에너지안보적 접근과 포트폴리오 다변화 □ 수소경제 이행 기술 R&D 투자
● 장기적	□ CCUS기술개발 저장고 확보=>블루수소 시장 확대 및 선점 □ 수소메이저육성: 국내 기업의 수소경제 VC 전반의 선도기업 육성, 수소거래소 설립 및 국제 표준화 □ 수소경제 전반의 국제경쟁력 확보와 지속가능한 경제성장

3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성

● 2050 탄소중립 시나리오(전환부문)의 다양한 문제점

- 전력수요: 570.6Twh('18년)->1,208.8-1,257.7Twh 예상('50년), 약 2배 증가=> 전력화 수요 증감요인 분석 선행
- 재생에너지 증가: 20GW('20)-> 태양광 460GW+풍력(60GW)('50)=>재생에너지 물리적, 경제적 불가능
- 원전: 24%('20년)->6-7%('50) =>신정부 탈원전 전면 재검토 & 수용성 문제 검토
- 기타 부문 30배 증가: 연료전지+동북아그리드+무탄소가스터빈+부생가스=> 국제협력과 현실가능성 검토

< 2050 탄소중립 발전믹스 시나리오 >



출처: 저자 작성
 원출처: 2050 탄소중립 시나리오 (2021.10.18)

3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성

● 국내 LNG 전원믹스 정책(제 9차 전력수급계획+NDC상향안)의 재점검=>10차 전력수급계획에 반영

- 제 9차 전력수급기본계획
 - '30년 기준 24기 석탄발전기 폐지 시나리오에 따르면, '30년 기준 가동 후 30년 도래 석탄발전 설비 24기 폐지 예정
 - '22~'24년 : 여주복합, 통영복합, 음성천연가스, 울산GPS 신규 LNG 건설 예정(약 4.2GW)
 - '24~'34년 : 석탄폐지 후 LNG 24기 연료전환(약 12.2GW)
 - '30년 기준 전원믹스 LNG 19.0%, 석탄 34.2%, 신재생 20.8% (발전량기준)
- 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안
 - '30년 기준 전원믹스 LNG 19.5%, 석탄 21.8%, 신재생 30.2% (발전량기준)
- NDC 목표 달성 & 물리적으로 가능한 전원믹스 구현해야

<2030년 전원믹스 구성>

	원자력	석탄	LNG	신재생	암모니아	양수기타	합계
발전량	1464	1332	1195	1852	221	60	6124
비중	23.9%	21.8%	19.5%	30.2%	3.6%	1.0%	100.0%

출처: 2030 국가 온실가스 감축목표(NDC) 상향안

< 발전량 비중 전망 >

연도	원자력	석탄	LNG	신재생	양수	기타	계
2019년 (실적)	25.9%	40.4%	25.6%	6.5%	0.6%	1.0%	100%
2030년	25.0%	34.2%	19.0%	20.8%	0.7%	0.3%	100%

출처: 9차전력수급기본계획

<석탄발전소 LNG 대체 일정>

구분	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30	'31	'32	'33	'34	합계
석탄 대체 LNG	삼천포 #3, 4 (1,120MW)	태안 #1, 2 보령 #5, 6 (2,000MW)	하동 #1 (500MW)	하동 #2 삼천포 #5 (1,000MW)	하동 #3, 4 태안 #3 삼천포 #6 (2,000MW)	태안 #4 당진 #1, 2 (1,000MW)	당진 #3, 4 (1,000MW)	하동 #5, 6 (1,000MW)	태안 #5, 6 (1,000MW)	-	영동 #1, 2 (1,600MW)	총 24기 (12,220MW)

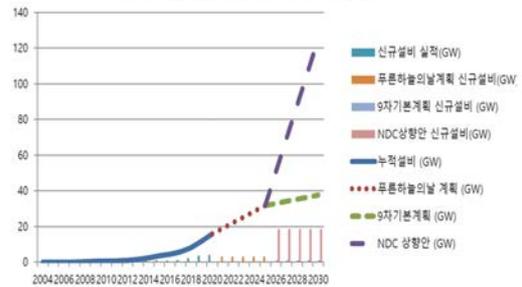
3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성

● 온실가스 배출 저감 경로에 적합한 전원믹스 재검토:

diversification of electricity mix

- 석탄발전: '30년 기준 NDC 목표 34%→21%감축
 - 온실가스 저감 목표 달성 위해 석탄발전 상한제 실시 예정: 발전 수요 충족 위한 대안 필요
- 재생에너지 발전 설비 확충의 비현실성
 - '30년 재생에너지 125GW 설비 비현실적: 4년간('18-'21) 20GW 설치수준, 8년 남은 기간 동안 불가능
 - 계통보강, 폐기물, ESS 비용, 수용성 고려시 비경제적+변동성 보조 서비스 전원 필요
- 원전 계속운전 및 신규 원전 건설 등 소요 기간 필요
 - 신규원전 건설 기간 필요, 계속운전(10기): 안전성 확보 & 사용후핵처리시설 확보 우선 해결
- LNG 복합화력, CHP도 석탄대비 0.4배 CO2 발생, 국제 천연가스 가격 리스크 노출
 - CO2 저감에 대한 대책: CCUS 기술적 문제 해결, 가격리스크 헷징을 위한 계약구조와 트레이딩 기법 필요
 - NDC 상향을 맞추기 위해서는 LNG 수요 추정 추가 필요

< NDC 재생에너지 목표 검토 >



출처: KEI, NRC 탄소중립연구단 6차세미나

<발전용 LNG 수요 추정(제 9차 전력수급계획)>

연도	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
LNG	1421	1042	792	461	392	373	430
COGEN	291	252	248	274	312	406	406
LNG(planned)	0	40	88	115	290	416	482
LNG 종합	1712	1334	1128	850	994	1195	1317
연도	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
LNG	485	434	462	434	425	393	360
COGEN	419	530	528	522	506	474	447
LNG(planned)	609	742	984	1040	1088	1087	1053
LNG 종합	1513	1707	1974	1997	2019	1953	1860

3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성: 탄소중립 이행 전원 역할

● LNG 복합화력, 열병합을 탄소중립 이행 전원으로 활용

- 석탄발전 대비 친환경
 - CO2 0.4배, NOx, SOx, 미세먼지 저감 우월
- 신속 기동/정지로 출력변동성 대응
 - 가스터빈 단독 활용 시 신속한 응동 가능
- 수요지 근방에 위치하여 계통연결 용이하며 비용 감소
 - 수도권, 주요 광역시 내 발전설비 약 64%, 수용성 확보 가능

【전원별 평균 발전기 기동/정지 시간】

구분	LNG	석탄	원전
기동/정지	1.8h / 3.4h	3.4h / 12.9h	84.5h / 10.4h

* Source: 전력거래소 (유연성지표)

【국내 전원별 탄소배출량 실적】

구분	'19년(잠정치)		
	발전량 (TWh)	온실가스 배출량 (Mt CO ₂ eq.)	배출계수 (Mt CO ₂ eq./TWh)
계	562.9	250.0	-
원자력	145.9	-	-
석탄	227.4	188.2	0.83
LNG	144.4	58.4	0.40
유류	3.3	3.1	0.94
신재생 등	42.0	0.4	0.01

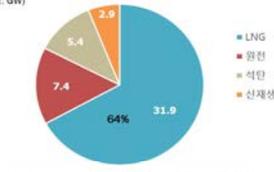
*배출계수 : 온실가스배출량 / 발전량 (백만CO2t/GWh)

수도 중심지의 주요 전력공급원

□ 수도권 및 광역시 내 발전소는 대부분 LNG 및 열병합 발전
 - 깨끗하고 안전한 발전으로 주민 수용성 높
 - 전력수요 중심지에 위치하여 대규모 송전선로 건설 최소화

【수도권 및 주요 광역시 내 발전설비 현황 ('21.12)】

(단위: gw)



* Source: 한전통계자료

【국내 전력수요 분포 및 LNG 열병합 위치도】

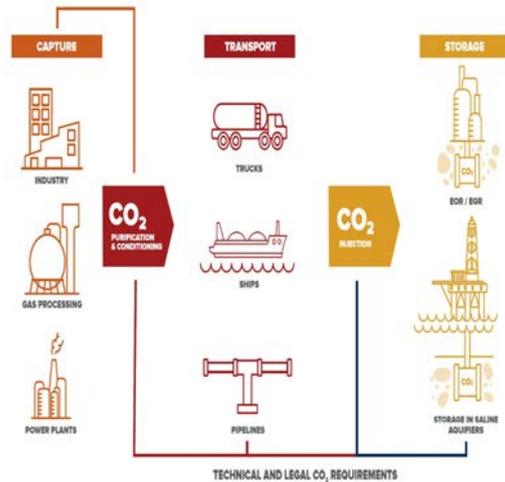


3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성: LNG+CCS 청정 에너지원

CCS could have material impact on carbon emissions of LNG projects

- Wood Mackenzie: CCS를 활용하면 LNG 프로젝트를 탄소중립의 중요한 수단으로 활용 가능
- LNG 복합발전 w/ CCS
 - LNG 신규발전소에 설치 시 비용 효과적
 - CO₂ 흡수제 개발, LNG발전연계 저감 기술 확보
- SK E&S CCS 본격화
 - 호주 바로사 가스전에 CCS 적용, 천연가스 추출+포집 CO₂ 폐가스전에 저장, Carbon neutral LNG 도입
 - '25년부터 약 100만톤 국내 블루수소 도입 계획
- 탄소중립 LNG
 - 탄소중립 LNG 가 중요한 commodity로 등장
 - 관련 국제 규정, 표준화 등 준비
 - 가격지수, 파생상품, 트레이딩 구조 등 새로 설정해야

Figure 1- Carbon capture and storage – a conceptual diagram



출처: Global CCS Institute(21.03)

3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성: 수소경제 주도적 역할

● SK E&S

- 2025년까지 5조3000억 원을 투자해 보령 LNG 터미널+CCS로 청정수소 생산기지를 건설할 예정, 25만톤 청정수소 보급계획
- SK보유 해외 페가스전에 CO2매립
- 미국 수소 선도기업 플러그파워 최대 주주 지위 확보

● 포스코 & 포스코에너지

- 포스코는 2050년까지 수소 500만톤 생산체제를 구축해 미래 청정에너지인 수소 사업을 개척할 계획
- 철강 제조 공정에서 발생하는 부생 가스와 LNG를 이용하며 7000톤 수소 생산 능력 확보
- '30년까지 블루수소 연 50만톤 생산 계획
- 장기적으로는 탄소 배출이 없는 철강 생산방법인 '수소환원제철' 공법을 상용화하기 위한 기술을 개발 중

● 한국가스공사 & GS칼텍스

- 한국가스공사와 GS칼텍스와 함께 세계 최초로 LNG 냉열을 활용한 액화 수소 생산-공급을 본격화하며 수소시장 진출 예정
- 양사는 한국가스공사의 LNG 인수기지 내 유희부지에 2024년 완공을 목표로 연간 1만톤 규모의 액화수소 플랜트를 지을 예정

● 한국가스공사

- 해외 그린수소 생산, 도입, 2030년 그레이, 블루 수소 연 103만톤 공급
- GTP(Gas to Power)
- LNG 벙커링

3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성: 친환경 운송 및 신사업

● 친환경 선박연료

- IMO(국제해사기구) 친환경규제 IMO 2020: SOx 저감위해 황함유량 3.5%에서 0.5%로 규제
- IMO 2025: CO2 30% 저감 규제
- KOTRA 125sus 신조발주 선박시장 60%가 LNG 추진선 전망

● 벙커링

- LNG 벙커링 시스템 구축=> LNG 추진선 시대 선도
- IHS 1000만톤('20)->2100만톤-2760만톤('30) 전망

● FSRU

- 부유식 가스 저장,재기화 설비
- 현대글로벌서비스: LNG 선을 FSRU로 개조 프로젝트
- '21년 35척중 33척 국내 건조(3억달러/1척)

● 냉열사업

- LNG 기화 시 냉열 활용 물류사업
- 전기냉동기 50-70% 전기 사용량 감축



출처: Shell, LNG Bunkering Market(Allied Market Research)

3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성: 무탄소 신사업으로 탄소저감

● LNG 배관망 수소 혼입 실증

- 도시가스 배관망 통한 수소 혼입
- '26년 도시가스 수소 혼입 20% 목표
- '25년 수소항만, 수소도시, 산업단지 중심으로 확대

● LNG 터빈 수소 혼소

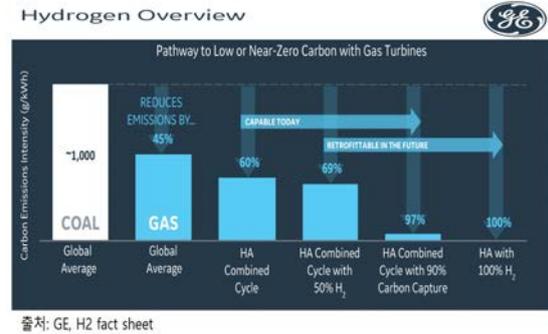
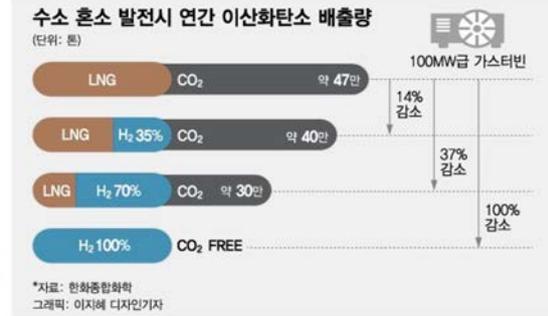
- 50% 수소 혼소 터빈 발전 실증방안 연구
- '30년 소형 혼소 상용화, '40년 중대형 혼소 상용화, '50년 대형 혼소 상용화

● 수소 터빈

- Bloomberg 추산 '30년 4조원 규모 예상(9.4% CAGR)
- GE HA터빈 '30년에 100% 수소 터빈 달성 예측

● 도시가스는 수소연료전지로

- 수소연료전지 등으로 사업 전환
- 탄소중립 가스 공급사업자로 전환
- 탄소포집, 전환기술 혁신



3. 탄소중립 이행을 위한 LNG 역할 및 필요성: 트레이딩 & 헷징 & derivatives

● 기존 장기 천연가스 수급계획 실적 오차

- 전력수급계획에 맞춰 장기 천연가스 수급계획 2년 마다 수립
 - 최근 4년 동안 예측 오차 크게 상승
 - 원전과 석탄 발전의 가동률에 따라 예측 오차 발생: 계획과 실제 발전량 믹스 간에 큰 오차 발생
 - ('11-'16) 오차율=3.87% vs ('17-'20) 오차율=16.02%
 - 예측 오차를 줄이고 손실 최소화 방안 마련

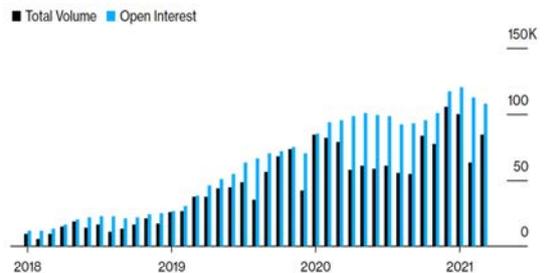
< 장기 천연가스 수급 계획 대비 LNG 실적 비교 > (단위: 만톤)

연도	계획	실적	도시가스	발전	차이	평균가 (\$/톤)	평균 오차금액 (만원)	오차율
2011	3,288	3,541	1,862	1,679	253	680	172,040	7.70%
2012	3,427	3,829	2,011	1,818	402	791	317,862	11.70%
2013	3,890	4,008	1,995	2,013	118	843	99,474	3.00%
2014	3,901	3,649	1,853	1,796	-252	780	-196,560	-6.50%
2015	3,370	3,335	1,726	1,609	-35	406	-14,210	-1.00%
2016	3,216	3,483	1,777	1,706	267	291	77,697	8.30%
소계	21,092	21,845	11,224	10,621	753	(평균)631.83	456,423	(평균) 3.87
2017	3,259	3,887	1,944	1,743	428	359	153,852	13.10%
2018	3,648	4,222	2,137	2,085	578	513	296,488	15.80%
2019	3,476	4,051	2,083	1,988	575	311	178,825	16.50%
2020	3,491	4,144	2,106	2,038	653	199	129,947	18.70%
소계	13,872	16,104	8,250	7,854	2,232	(평균)445.5	757,912	(평균) 16.02

● 가격 리스크 헷징을 위한 derivatives 트레이딩 활용

- LNG 가격 상승으로 futures & option 물량 증가
 - LNG 파생상품 급증
 - 가스공사 선물 물량=0
 - 유동성 확보, 리스크 관리, 재고 관리 유리
 - 선진적인 트레이딩 운영회사 필요, 인력 교육
 - LNG 운송 선물도 등장
 - 국내 트레이딩 활성화의 전제조건
 - 실시간 전력시장을 위한 전제조건

JKM Boom on ICE



4. 제도개선과 정책제언: 천연가스 시장 선진화 및 효율적 시장 구축

● 가스시장 선진화 및 효율화

- 직수입 물량 꾸준히 증가, 여전히 배관망과 도매시장 독점임, 도입경쟁을 통한 시장 유연화 이미 시작
- 글로벌 선진국과도 괴리된 시장구조
- 망중립성 바탕으로 시장제도 활성화 방안 필요
- 국내 거래 활성화와 파생상품 시장 육성을 위한 시장제도 유연화 필요, 전력시장 개방과도 연계됨
- 도시가스는 도입원가에 대한 권한 전무

배관망 운영과 판매 부문 분리를 통한 실질적 제3자 접근권 보장은 필수적으로 이행 중 우리나라는 제도적 TPA를 제외하면 해당 항목 없음

배관망의 접근과 이용에 대해 독립 규제 기관이 규제 책정 및 감시·감독 권한 수행, 수직 통합 기업의 지배력이 실재하는 경우, 운영에 관해 더욱 강력한 규제 권한 행사

기준	한국	미국	영국	EU	일본	중국	일본
상용	X	○	○	○	○	X	○
수송	○	○	○	○	○	○	○
판매	X	다양	다양	○	X(지역특정)	○	○
도매시장경쟁	X	○	과점	○	과점	과점	○
수직분리 (수송-판매)	X	○	다양	○	○	○	2022
배관 독립 운영	X	○	○	○	○	2019	2022
독립규제위원회	X	○	주요국○	○	○	X	○
거래소	X	○	○	○	○	○	○

	에너지규제위원회 (CRE)	가스판매시장(Ofgem) 가스규제위원회(GEM)	연방에너지규제위원회 (FERC)	천연가스시장 감시위원회
수직 분리	○	○	○	○(2022년 완료)
배관망 이용규제	시설 이용 규정 책정	시설 이용 계획 검토	행영권 시설 이용 규정 승인	배관사업 허가제
배관망 규제	가격 규제	가격 규제	배간 거래 조건·가격 규제	감시 감독
독립성 보장	○	GEMA 규제 책정, Ofgem 시행	배간 - FERC 배내 - 각 주 PUC	○
가소권	○	-	주마다 규제권한 상이, 캘리포니아주, 뉴욕주는 모든 법률에 우선하는 규제 권한 부여	중재권
별급 부과권	○	○	○	○
경쟁지역	연방법원	BEIS장관	주법원, 연방법원	-

출처: 류하늬(현대경제연구원, 한국자원경제학회 FREE 세미나)

4. 제도개선과 정책제언 : 에너지요금 현실화

● 에너지 가격 현실화

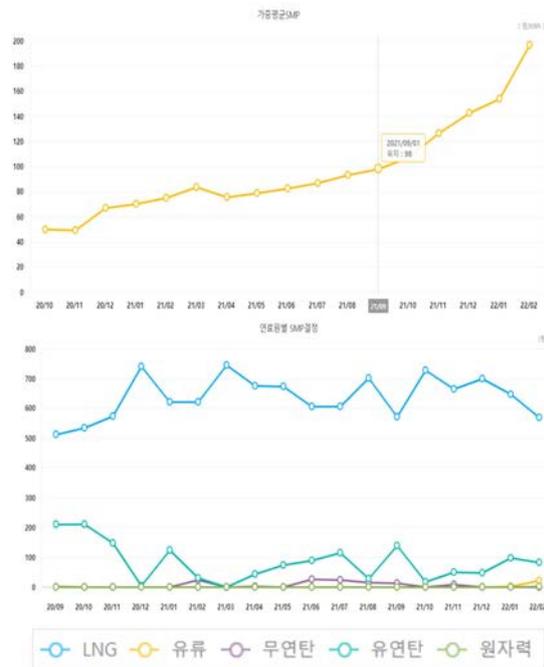
- SMP(육지)>200원/kWh, LNG 연료 단가 상승
- 전력요금 원료비 연동제 유보
- 한전의 누적적자 150조, 부채비율 250% 초과
- 발전사의 발전원가 반영 못하고 있음
- 한전과 발전사 경영 부실 심화 지속

● 전기요금 현실화를 통한 가격 시그널 회복

- 독일의 1/4에 해당하는 한국 가정용 요금 수준
- 현재 소비자의 미징수 전기요금을 미래 소비자와 미래 세대에게 전가하고 있음, 효율적인 전기소비 유인 불가
- 가격에 따른 수요효율화가 없기 때문에 자원 낭비
- 효과적인 에너지 전환과 탄소저감을 위한 기술 투자 재원 마련해야

● 에너지요금 독립 결정위원회 필요

- 정부의 물가관리 수단이 아닌 인력과 예산이 독립적인 에너지요금 결정위원회 필요(금융통화위원회 또는 방통위원회에 준하는)



4. 제도개선과 정책제언 : 법안, 지원, 제도

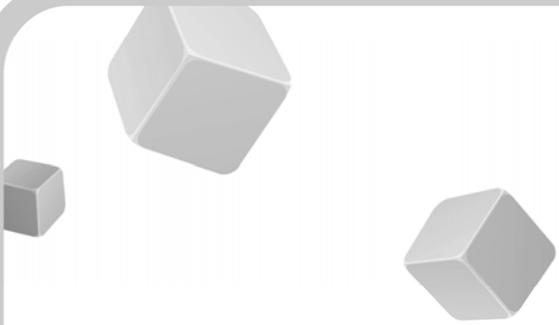
- 수소법 개정안 조속 통과

- 블루수소 청전수소로 인정
- CHPS(청정수소발전 의무화제도) 법적 근거 마련
- 수소경제 투자에 대한 불확실성 제거
- 전문 인력 양성

- 세제, 금융 지원 및 시장제도 준비

- 탄소저감 기술 해외 M&A 에도 세제 혜택
- CCS 기술확보 세제 지원 및 저장소 확보를 에너지 안보 차원에서 지원
- 수소 VC 전주기에 걸친 R&D 지원 및 세액 공제
- 수소금융 활성화
- 수소거래소 준비 위원회
- CCUS용 CO₂ 거래소 준비

감사합니다.



패널토론

토론문

박호정 고려대학교 식품자원경제학과 교수



토론문

박호정 고려대학교 식품자원경제학과 교수

□ 2030 NDC 상향목표 및 2050 탄소중립 시나리오에는 에너지안보 개념이 결여되어 있음

- 에너지안보는 차질없는 공급이 합리적인 가격으로 이루어지는 능력을 의미하는 바, 물량과 가격 조건이 동시에 충족되어야 함
: 2050 탄소중립 시나리오의 경우 에너지 믹스는 지극히 협력적이며 자원·에너지 무기화가 없는 이상적인 사회를 전제로 한 것임
- 최근 러시아의 우크라이나 침공 사태 아니더라도 이미 주요국의 에너지 전환과 전기화 정책에 의해 주요 광종자원의 자원무기화는 고조되고 있음
- 따라서 비축개념이 중요한 변수로 등장함에 따라 CCUS와 연계한 LNG와 석탄 등 비축가능한 자원의 에너지 믹스 비중 상향에 대한 검토가 필요하며, 수소의 장기저장 비용 대비 실효성도 검토 되어야 함
- 석탄 화력발전기의 경우 폐기 보다는 적정 규모를 reserve로 두는 방안이 필요: 최근 독일은 에너지안보가 위협받으면서 폐쇄 예정인 석탄발전을 가동연장하여 현재 26GW에서 연말까지 34GW로 확대 계획

□ 2050 탄소중립 시나리오에는 재생에너지의 변동성 대응과 기후적응이 결여되어 있음

- 2050에는 온도, 풍속, 일사량 등 현재 대비 표준편차가 증가함
- 장기 비축이 합리적인 비용으로 달성 가능하지 않은 재생에너지 비중이 60~70%인 현재 시나리오에 대한 수정이 필요함
- 일본 동경전력 블랙아웃 위험 경험
: 지난 3월21일 오후 11:50 동경전력 예비율 0 수준으로 급감
: 지진 이후 발전기 고장 + 흐린날씨로 태양광 공급 감소 가 주 원인

□ LNG 거래 유연화 필요

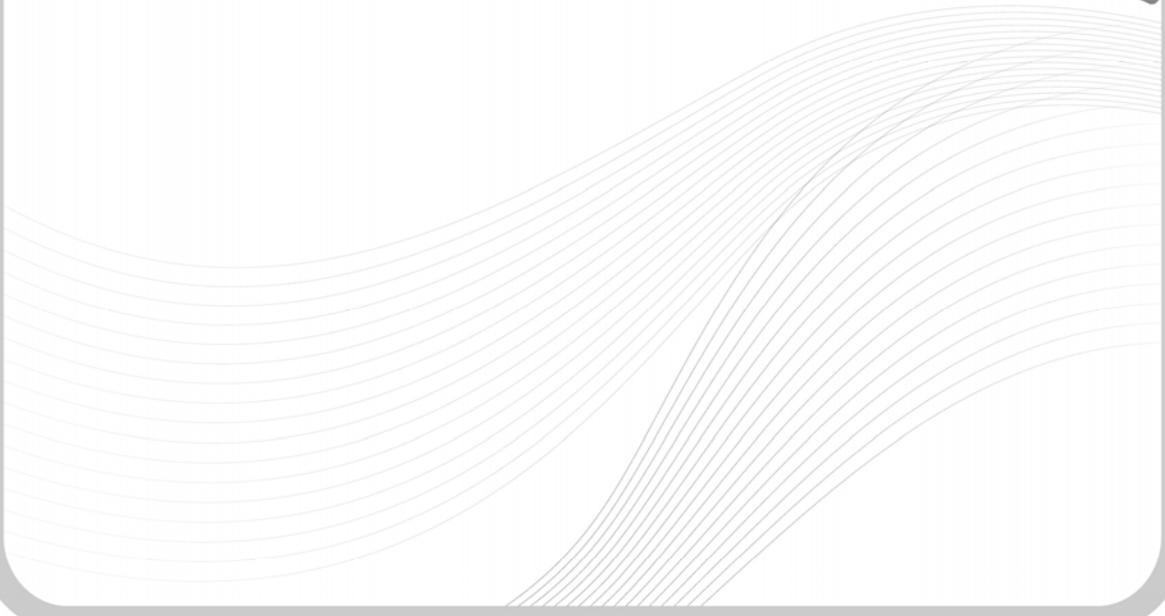
- 자가소비용으로만 LNG 직도입을 제한하는 것은 글로벌 에너지 시장 기준으로도 부합하지 않으며, LNG 거래를 국내에서도 가능하도록 제도 개선 필요함
- 앞서 유승훈 교수님 발표에서처럼 에너지규제위원회 설립 필요하겠으며, 여기에는 전기와 LNG, 그리고 향후 수소거래까지 포함
- 그동안 추진되어 온 오일허브 전략을 확대하여 **한국형 상품거래소 (KCX: Korea Commodity Exchange) 설립**을 통해 전력선물, 석유, LNG, 배출권, 수소 거래시장을 통합할 필요 있음



패널토론 2

토론문

백철우 덕성여자대학교 국제통상학과 교수



토론문

백철우 덕성여자대학교 국제통상학과 교수

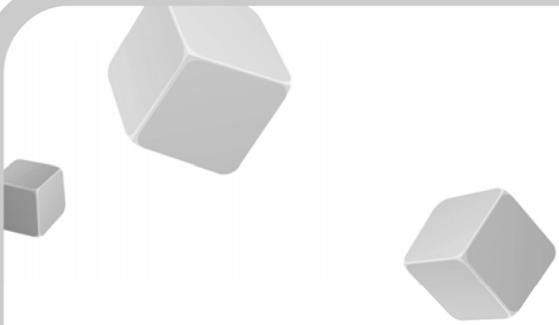
□ LNG 발전은 탄소중립에 있어서 가교 및 안전판 역할

- 2030 NDC 상향목표 달성을 위해 차기정부는 원전비중을 30%대로 확대하는 반면 화력 발전을 40%대로 축소하는 공약 제시
 - 차기정부 공약 이행을 위해서는 (i) 현재 건설 중인 원전 4기를 2026년에 모두 준공 (ii) 원전 10기의 수명 연장 (iii) 원전의 가동률을 85%로 유지하는 요건이 모두 충족되어야 함(한국기업평가, 2022)
- 원자력이 탄소저감 부담을 완화시킬 수 있지만, 원자력 비중 확대에 있어서 다음과 같은 장애요인도 심각하게 고려할 필요
 - 고준위 핵폐기물 처리장 부지 확보 문제, 사고·고장으로 인한 원전 정지, 부하추종이 어려운 원전 비중 확대에 의한 계통 운영의 안정성 저해 등
- 반면 LNG 발전은 탄소중립에 있어서 가교 및 안전판 역할을 할 수 있음
 - LNG 발전은 석탄발전 대비 친환경성, 출력변동성에 대한 우수한 대응능력, 수요지 인근에 위치하여 송배전 비용 절감 등의 장점 보유
 - LNG 발전소가 좌초자산화 되면 이는 국가적 자원손실일 뿐만 아니라 신재생과 원자력 발전이 원활하지 않을 때 경제는 위협에 그대로 노출될 수밖에 없기 때문에 탄소중립 과정에서 LNG 발전을 위협 헷징 수단으로 적극 활용할 필요

□ 에너지 가격의 정상화 및 독립규제기구 설립 필요

- 2021년 도입된 연료비 연동제가 정상적으로 작동되지 않은 상황에서 최근 전력도매가격이 급증하자 정부와 한전은 전력정산가격 상한제 도입 검토
- 전력정산가격 상한제는 발전사의 이익을 줄여 한전의 적자를 보전하는 임시방편에 불과하며, 발전사의 탄소중립 대응역량을 저하시키는 부작용 초래 가능

- 탄소중립 실현을 위해 발전사들은 암모니아/수소 혼소, 탄소포집저장(CCS), 전기저장장치(ESS), 신재생에너지 등에 막대한 투자재원 소요
 - 정부가 기존의 시장규칙을 변경하여 발전사의 초과이익을 회수한다면 민간의 투자는 위축되며 장기적으로 탄소중립 부문 역량은 저하
- 선진국의 사례를 참조하여 산업부 내 행정조직인 전기위원회가 아닌 독립규제기관이 투명하고 합리적으로 에너지 요금을 결정할 필요
- 비용 요인의 투명한 반영, 에너지 원간 교차보조 등의 가격 왜곡 요인 해소 필요



패널토론

토론문

장우석 현대경제연구원 산업연구실 실장





01 탄소중립 실현가능성 제고

① 전력공급 안정성에 대한 불안

“ 재생에너지 발전원의 대폭적 확대를 통한 에너지 전환계획이 수립되었으나, 전력 공급 안정성에 대한 불안이 제기 ”

공급 차질

간헐성 및 변동성을 나타내는 재생에너지원의 공급 특성에 대한 고려가 미흡

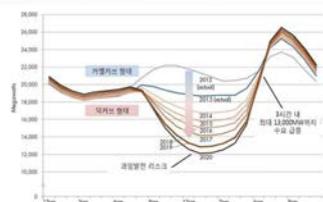
- 재생에너지 설비가 확대될수록 출력 변동성이 높아져 **수급불균형**이 발생
- 한국은 주변국과 전력 수출입이 불가능한 '에너지섬'으로 공급 차질에 대비하여 **전력계통의 유연성**을 확보할 필요

공급 차질

재생에너지가 확대되더라도 계통 인프라가 부족함에 따른 출력제한 발생 가능

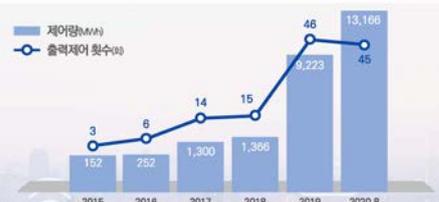
- 재생에너지의 공급과잉에 따라 발생하는 사업자의 손해 보상, 계통설비 보강, 자원 마련에 대한 논의가 필요
- 재생에너지 출력 제한에 따라 발생하는 손실을 최소화하기 위해 **미활용 에너지의 저장·관리·전환 등의 방안 마련** 필요

캘리포니아 전력부하 현황과 추정



자료: California ISO, 에너지공단 자료 재연용

제주도 출력제한 발생 추이



자료: 일렉트릭파워, 2020.10.15 일자, 감성환 의원실 자료 재연용 / 주: 2020.8은 1월~6월의 수치임

01 탄소중립 실현가능성 제고

② 생태환경 역효과 논란

“ 재생에너지 전주기 고려시, **생태환경에 역효과**를 가져올 수도 있다는 지적이 제기 ”

- 재생에너지 발전설비 설치과정에서 녹지 훼손, 생태계 교란 등 생태환경을 저해한다는 주장이 제기
 - 재생에너지 발전소 설치지역에 환경 파괴, 경관 훼손, 산사태 등의 사고가 발생해 발전소 건립을 둘러싼 갈등이 발생
 - 풍력발전단지 주변 녹지가 훼손될 것이라는 우려와 달리 인근지역의 생태자연도 1등급 비중이 증가되는 현상도 확인
- 재생에너지 발전설비에서 배출되는 폐기물의 재활용 처리시설 부족과 표준화된 폐기물 처리방안 미비로 인한 환경오염이 우려
 - 발전설비 사용 연한이 지남에 따라 배출되는 폐기물 발생량이 크게 증가할 것으로 전망
 - 최근 폐매널 처리방안이 주요 이슈로 부상



01 탄소중립 실현가능성 제고

③ 비용부담 과중 우려

“ 에너지 전환에 따라 발생하는 비용 규모에 대한 논란 ”
비용 부담 과중에 대한 우려

- 既 발표된 탄소중립 시나리오 내 에너지 전환에 소요되는 비용에 대한 논의가 부재
 - 탄소중립 이행과정에서의 사회적 비용 발생은 필연적이나 이에 대한 논의가 없어 **이행의 지속성에 대한 논란**이 가중
 - 국내외 탄소 제약이 강화될 예정이나, 탄소중립 이행을 위한 **세제 및 자원 논의**가 미비
 - * (KIEP, 2021) EU 탄소국경조정제도 시행으로 30유로/CO2t 과세할 경우 국내기업의 관세율은 1.9% 수준
- 에너지 전환에 따른 사회적 비용 부담이 산업 전반의 경쟁력 하락으로 이어질 우려
 - 원가연계형 요금제 도입에 따라 기후환경증가분* 등으로 인해 22.4월부터 **전기요금**이 인상될 예정
 - * RPS 의무이행 비용 증가(7~9%), 온실가스 배출권 유상 할당비용 증가(3~10%), 석탄발전 상한제약 시행 등
 - 온실가스 감축이 강화됨에 따라 기존 화석연료 관련 설비의 **최초자산화**가 전망



01 탄소중립 실현가능성 제고

④ 핵심 소재·부품 해외의존도 심화

“ 재생에너지 산업의 핵심소재 및 부품에 대한 해외 의존도가 높아 ”
 국내 재생에너지 보급 확대를 통한 파급효과가 제한적

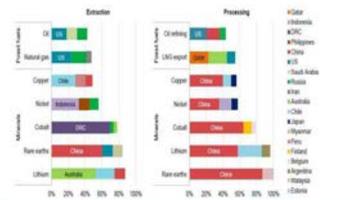
탄소중립 및 탈탄소 전환에 따른 신산업 성장으로 핵심광물자원 수요가 빠르게 증가하나 공급집중도가 높아 공급망 리스크에 노출

- '40년까지 전기차 및 이차전지용 광물 수요는 30배 이상 증가 예상
- 원자재 가격이 상승하는 그린플레이션(green+inflation) 발생 및 중국 수입의존도가 높은 상황을 우려

풍력·태양광의 기술과 가격 경쟁력 열세로 인한 소재부품 국산화를 저조

- 핵심소재 및 부품에서 무역수지 적자폭이 크게 발생하며, 특정 국가 비중이 높게 나타나 의존도 심화를 우려
 - * (태양광) 국내 소재생산 설비가 전무, 웨이퍼·잉곳의 무역수지 적자폭은 약 2.6억 달러, 중국 의존도 94% 수준
 - * (풍력) 터빈 및 핵심 부품 기술 열위, 대용량 발전기의 경우 2천3백만달러 적자, 중국·독일·덴마크 의존도 88% 수준
 - * (ESS) 기차사출 중 전력관리시스템(PMS) 기기에서 9천 7백만 달러 적자, 일본 의존도 95% 수준

주요광물 생산 상위 3개국 점유율(19년 기준)



자료 : IEA(2021)

태양광 밸류체인별 수입 의존도



자료 : 한국무역협회 국제무역통상연구원(2021)

03 탄소중립 실현가능성 제고

전력공급 안정성에 대한 불안

간헐성 및 변동성 출력제어 발생

생태환경 역효과 논란

발전설비 주변 생태환경 저해 폐기물 증가

비용부담 과중 우려

비용논의 부재 산업경쟁력 하락

핵심 소재·부품 해외의존도 심화

공급망 리스크 주요 소재·부품의 낮은 국산화를

지역주도 분산 에너지 시스템 구축

지역기반 관리체계, 계통보강 계획 수립, 분산형 전원거래 활성화

유연성 전원 확충

공급안정성 고려, 유연성 전원 활용, 계통 안정화 ESS 확충

자원순환을 통한 환경성 강화

환경영향평가, 자원 순환시스템

사회적 비용 부담에 대한 합의

정책 신뢰성 제고, 비용부담 합의, 비용부담 체계 마련

민관 협력 에너지 신안보

원료 공급망 관리, 민간참여 新안보, 산업 부가가치 강화

차세대 그리드기술 투자 강화

차세대 전력망, 섹터 커플링

03 에너지 新안보 강화

① 지역 주도 분산에너지 시스템 구축

“ 수요지 인근에서 에너지를 생산·소비·거래하는 분산에너지 시스템 구축 ”

지역화

지역별 특성을 고려한 에너지 공급 계획 수립

시스템적 접근

- 지역의 자연적·사회적 여건을 고려하여 에너지 공급체계를 구축
- * 지역 특성에 따라 LNG발전과 연료전지 및 SMR 등의 활용 가능성 검토

지역에너지계획

- 에너지 공급환경 및 既 구축된 인프라를 고려하여 지역주도 상황식 계획 수립
- * 에너지법 상 지역에너지계획을 격상하고 예산 및 실행력 확보 방안 마련

계통보강

에너지 믹스, 분산에너지 확대, 에너지 통합시스템 관점에서 보강 계획 수립

분산에너지 인프라 구축

- 지역별 에너지 공급체계 구축을 위한 인프라와 수요를 파악

계통 확충 원칙

- ① 에너지 자립
분산에너지 확대 정책을 반영한 권거리 송전선로 계획을 검토
- ② 공급 안정성 강화를 원칙으로 계통 확충 전략을 수립
전환기 기술 활용, 유연성 자원 확대를 반영한 송변전 인프라 수요 변화를 반영

분산형 전원 거래 활성화

분산형 전원 사업자가 전력판매시장에 진입할 수 있도록 제도 개선

소규모 전력중개시장 활성화를 통해 에너지 생산자와 소비자의 일치화를 유도

에너지 관련 데이터 (전력시장, 수요관리, 에너지효율 등) 활용 플랫폼을 구축하고, 관련 사업모델을 개발

07

03 에너지 新안보 강화

② 유연성 전원 확충

“ 공급안정성을 강화하기 위한 유연성 확보 ”

공급안정성 고려

재생에너지 확대 경로에서 전력 공급의 안정성 강화 방안 강구

간헐성/변동성 문제 대응

- 재생에너지 확대와 동시에 안정적 전력공급을 담보하기 위한 수용 대응성 충족에 대한 기준 마련

전력 안보 개념 확립

- 변동성이 높은 재생E 중심의 전원 구성 변화와 독립계통의 여건을 고려한 전력 안보의 개념을 구체화하고 평가 체계를 마련

전환기 기술 활용

안정적 전력공급체계 확보 위해 친환경 유연성 전원을 적극 활용

LNG역할

- LNG 발전은 석탄화력의 대체재 및 유연성 자원으로써 재생에너지/ESS/무탄소전원 등 탄소중립 전원 완성까지의 기간을 책임질 전환기 기술로 비중 유지

탄소중립 LNG

- CCUS를 활용한 무탄소 LNG 발전을 예비(Contingency) 자원으로 활용

계통 안정화 ESS 확충

발전량이 불규칙한 재생에너지 확대와 전력계통 안정화를 위해 ESS 보급 확대

계통 안정화 ESS

- ESS는 예비력 확보 및 주파수 안정에 기여하므로 이를 활용하여 안정적인 전력 공급 및 품질을 유지하기 위해 전력 보조서비스 시장을 통한 보상을 제공

- ESS를 통해 공급 부족 시 안정적인 전력 공급 및 품질을 유지하고, 공급 과잉 시 발전출력 제약 완화하는 안정화 기능 강화

08

03 에너지 新안보 강화

③ 자원순환을 통한 환경성 강화

“ 자원순환을 통한 환경성 강화 및 산업 전략 연계 ”

전주기 대상

재생에너지로 인해 발생하는 환경 피해를 방지하기 위해 전주기를 고려한 환경영향평가 체계 구축

환경영향평가

- 소규모 환경영향평가 범위 확대 및 환경성 검토 방안 강화

주민수용성 확보

- 환경적 가치와 이해도 증진에 기반한 주민수용성을 확보를 통해 재생에너지 입지로 인한 갈등을 최소화

자원순환시스템 구축

금속재 자원화 인프라 구축 및 소재 수급 계획의 선제적 마련을 통한 그린플레이션에 대비

자원순환 모델 정립을 통해 폐자원 원료 확보 경쟁력 및 회수율 제고 등 기술력 확보 추진

재생에너지 산업 가치사슬의 확장

자원순환 모델이 공급망 리스크를 완화할 수 있도록 폐설비의 재자원화 시스템의 체계적 구축

소재-부품에서의 국내 가치사슬 공백을 메울 뿐 아니라 순환의 가치사슬로 확장하는 전략으로서 활용

09

03 에너지 新안보 강화

④ 사회적 비용 부담에 대한 합의

“ 청정에너지의 사용과 사회적 비용 부담에 대한 합의 ”

정책 신뢰성 제고

탄소중립 추진에 대한 산업계를 비롯한 경제 전반과 국민에 대한 설득과 동의를 통해 정책 신뢰성 확보

구조 전환기에서 발생할 특정산업 쇠퇴와 실업 등 우려가 상당하므로 에너지전환에 대한 부정적 인식 극복

정책의 신뢰성과 지속성에 대한 설득과 합의를 바탕으로 하는 에너지 전환 및 산업 전환의 수용성 제고

비용 부담 합의

재생에너지로의 기반 전환을 위한 비용 산정을 바탕으로 사회적 비용 발생과 부담에 관한 합의를 형성

2030 NDC 상향안 실현을 위한 시나리오별 전환 비용 추정 및 도출을 통해 부담의 규모 산정

소비자 전기요금 인상과 기업의 자산 전환 비용 등의 부담에 관한 국민 수용성 확보를 통해 비용 부담에 대한 사회적 합의 마련

비용 부담 체계 마련

기존의 논의 중인 전환 비용의 부담 방식과 재원을 구체화하고 추가적 비용의 확보 방안에 대한 근거 마련

탄소세의 중립적 활용을 명시하여 탄소세 부과의 수용성 확보 및 탄소중립 이행 계획 추진 자원 마련

기후변화대응기금 활용처에 대한 합의가 필요

10

03 에너지 新안보 강화

⑤ 민간 협력 에너지 신안보

“ 민간과 공공이 함께 책임지는 에너지 신안보 ”

원료 공급망 관리

재생에너지 및 달탄소 전환에 필요한 핵심광물자원 공급망 안보를 강화하기 위한 자원외교 및 자원 순환을 통한 공급망 강화

희소금속 수급 대응

- 산업수요를 반영한 희소금속 비축 확대 및 비축체계를 정비하고, 자원 외교를 통한 공급망 강화 전략 수립

자원 순환 체계 강화

- 자원순환을 통한 자원 확보 체계 가동

민간참여 新안보

석유 가스, 수소, 재생에너지, 광물자원 공급망 관리체계에서 민간 참여를 통한 안보 확립의 주체 확대

민간의 해외 상류부문 투자 및 해외 사업 발굴을 통한 리스크 경감 역량을 바탕으로 자원 수급 체계에서 민간의 역할 확대

민간의 해외투자 활성화를 위한 지원제도 마련을 통해 민간 참여를 유인

산업 부가가치 강화

국내의 재생E 보급 확대가 국내 산업 및 국내 경제로 파급되도록 부가가치 내재화 전략 수립

재생 E산업 가치 사슬 관리

- 재생E 산업의 글로벌 공급망과 국내 산업의 가치사슬 관리 전략 수립

소재 부품 중간가공 강화

- 재생에너지 산업 원료인 주요 광물 화합물 국내생산 기업 발굴 및 지원제도 마련

산업 전략 연계

- 부품국산화 비용 관리와 국산기자재활용(LCR) 방안 도입을 통한 국내 기업의 트랙 레코드 확보 전략 마련

03 에너지 新안보 강화

⑥ 차세대 그리드기술 투자 강화

“ 장기적 관점으로 그리드 기술 R&D 확대 ”

차세대 전력망

재생에너지 기반의 분산에너지시스템으로의 전환을 위한 전력 계통의 혁신을 일으키는 미래 기술의 선정과 투자

수급 최적화

- 수요예측 및 수급 관리 시스템의 고도화를 기반으로 비중선대안(Non-Wire Alternative)으로서의 진화된 그리드 시스템 개발

차세대 전력 플랫폼

- 차세대 전력망 운영기술 및 에너지 서비스 플랫폼 개발을 위한 기술 선정 및 R&D 전략 로드맵 구축

섹터 커플링

이중 에너지 간의 변환 효율을 담보하면서 전력망 연계를 안정화시키는 기술 투자를 통해 통합 에너지 시스템 구축 기반 마련

이중에너지 변환기술

- 전력·수소(가스)·열에너지 간 상호 전환시 효율 극대화 및 안정화 기술

수소 연계

- 수소 생산 및 수소 발전을 통한 연계 전력망 안정화 기술 고도화

02 에너지 新안보 강화

“ 탄소중립 및 에너지 新안보를 새로운 성장동력으로 이끌기 위해서는 차기 정부의 역할이 중요 ”



주도성

국제사회의 압력에 의해 수동적으로 이끌려가는 탄소중립이 아니라 우리의 현실과 필요성에 기반한 탄소중립 정책을 수립



안정성

에너지 공급 불안정성 및 전기요금 인상에 대한 우려, 에너지안보에 대한 불안을 해소



구체성

선언적 구호, 의지에 기반하여 목표 수치를 제시하는 수준을 넘어 실현 가능성과 구체성을 확보한 세부 실행계획을 마련



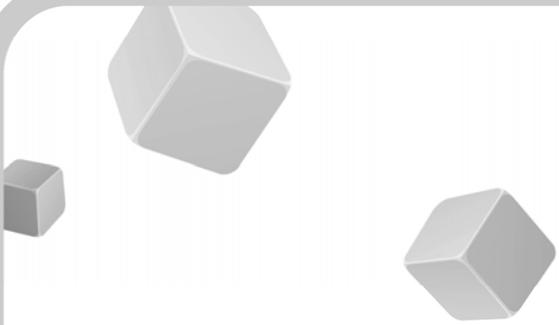
성장성

에너지 전환, 재생에너지 확대 과정에서 부가가치 해외유출을 최소화하고 국내기업의 성장과 고용창출 극대화



공공과 민간의 역할 분담

탄소중립과 에너지전환을 새로운 성장동력으로 만들기 위해서는 공공기관, 공기업 위주의 에너지정책에서 탈피하여 국민과 기업의 참여를 이끌어낼 수 있는 정책이 중요

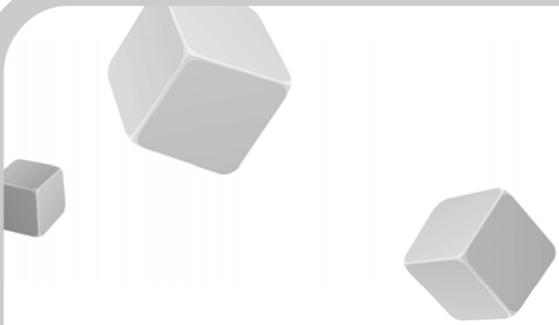


패널토론

토론문

김녹영 대한상공회의소 탄소중립센터 센터장





패널토론

토론문

천영길 산업통상자원부 에너지전환정책관



