

바람직한 에너지믹스 정책토론회: 주요 내용 및 핵심 쟁점 분석

1·2차 토론회 핵심 요약 및
12차 전력수급기본계획을 위한 시사점

기후에너지환경부 주최 토론회 종합

대한민국 에너지의 '피해갈 수 없는 속제'

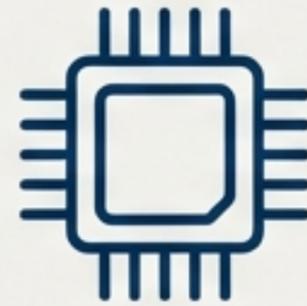
목표: 2050년 탄소중립 달성과 AI, 반도체 등 첨단 산업 경쟁력 유지를 위한 안정적인 전력 공급.

과제: 현재 전력의 약 30%를 차지하는 석탄 발전을 단계적으로 폐지하고, 증가하는 전력 수요를 무탄소 전원으로 충족해야 함.

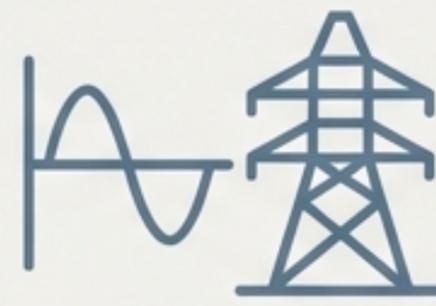
핵심 딜레마: 두 가지 주요 무탄소 전원인 '재생에너지의 간헐성'과 '원자력의 경직성' 사이의 상충관계를 관리하는 것.



탄소중립



산업 경쟁력



계통 안정성



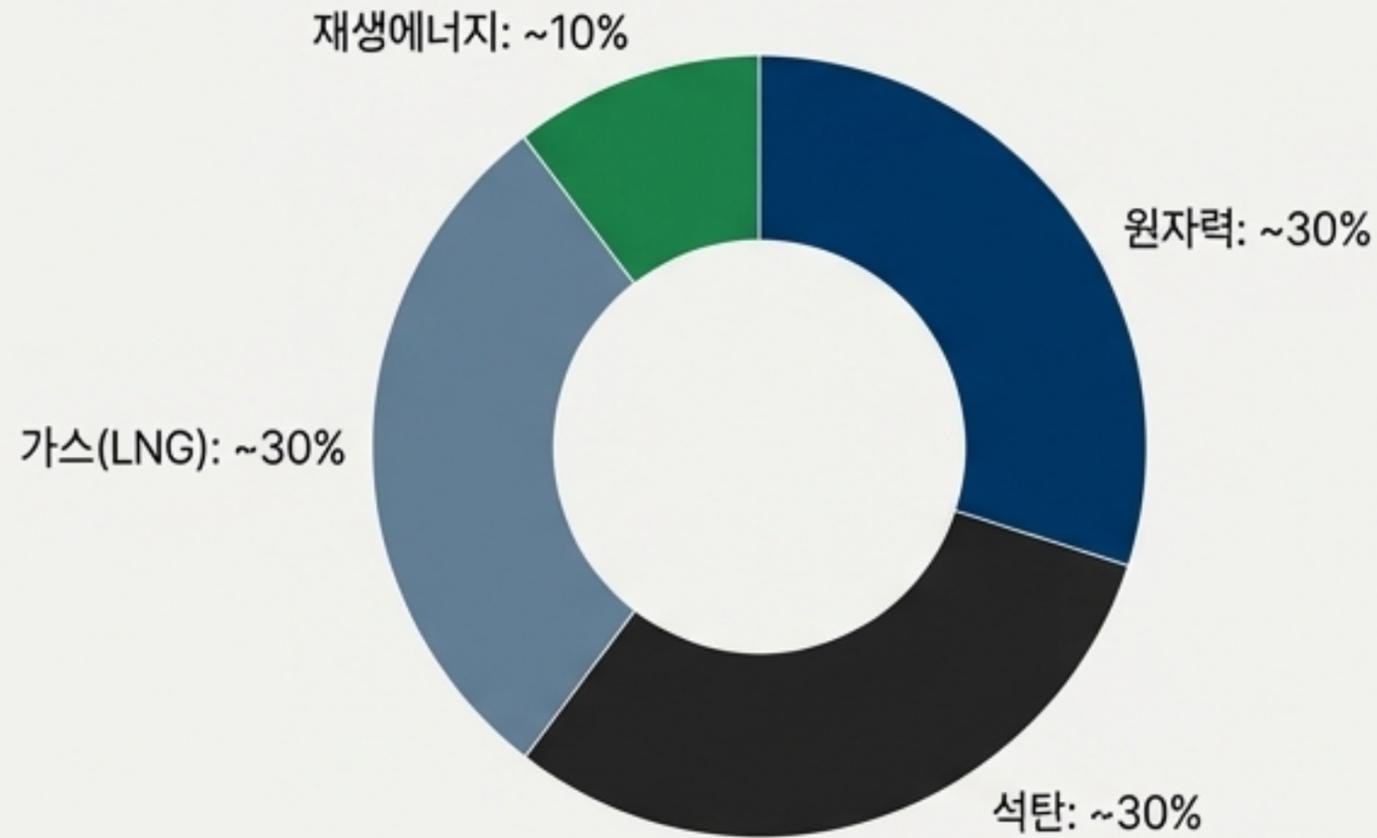
경제성

"이것은 대한민국에 맞닥뜨린, 피해갈 수 없는 속제입니다."

- 김성환 기후에너지환경부 장관 (1차 토론회)

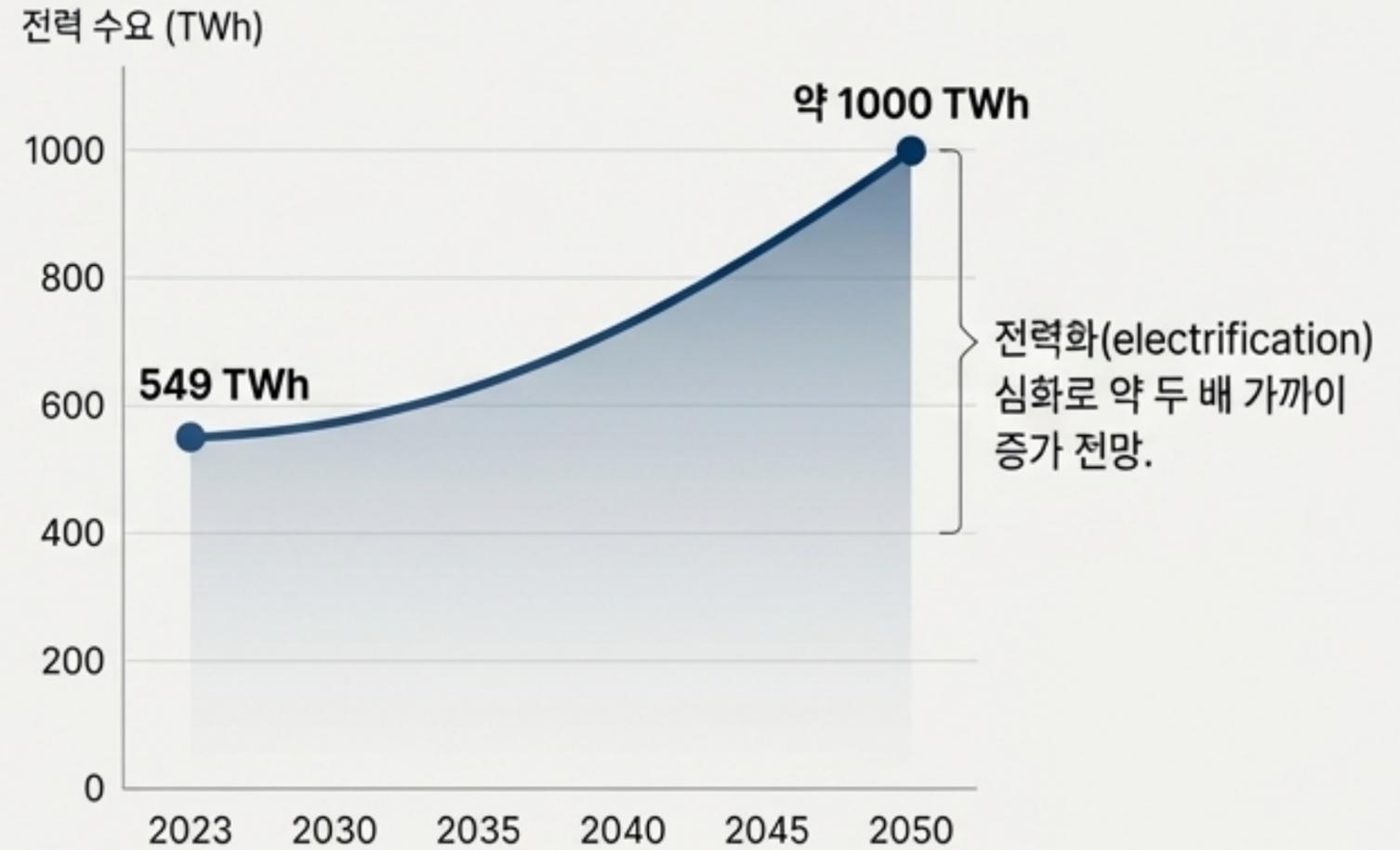
출발점: 현재의 에너지 구성과 폭발적으로 증가할 미래 수요

대한민국 현재 발전 비중 (2023년 기준)



(출처: 김성환 장관, 1차 토론회)

미래 전력 수요 전망



(출처: 신임철 에너지경제연구원 연구위원, 1차 토론회)

핵심 메시지: 기존 화석연료 발전(약 60%)을 대체하는 동시에, 새롭게 증가하는 막대한 수요까지 무탄소 전원으로 감당해야 하는 이중 과제에 직면.

첫 번째 축 | 재생에너지: 간헐성이라는 거대한 장벽

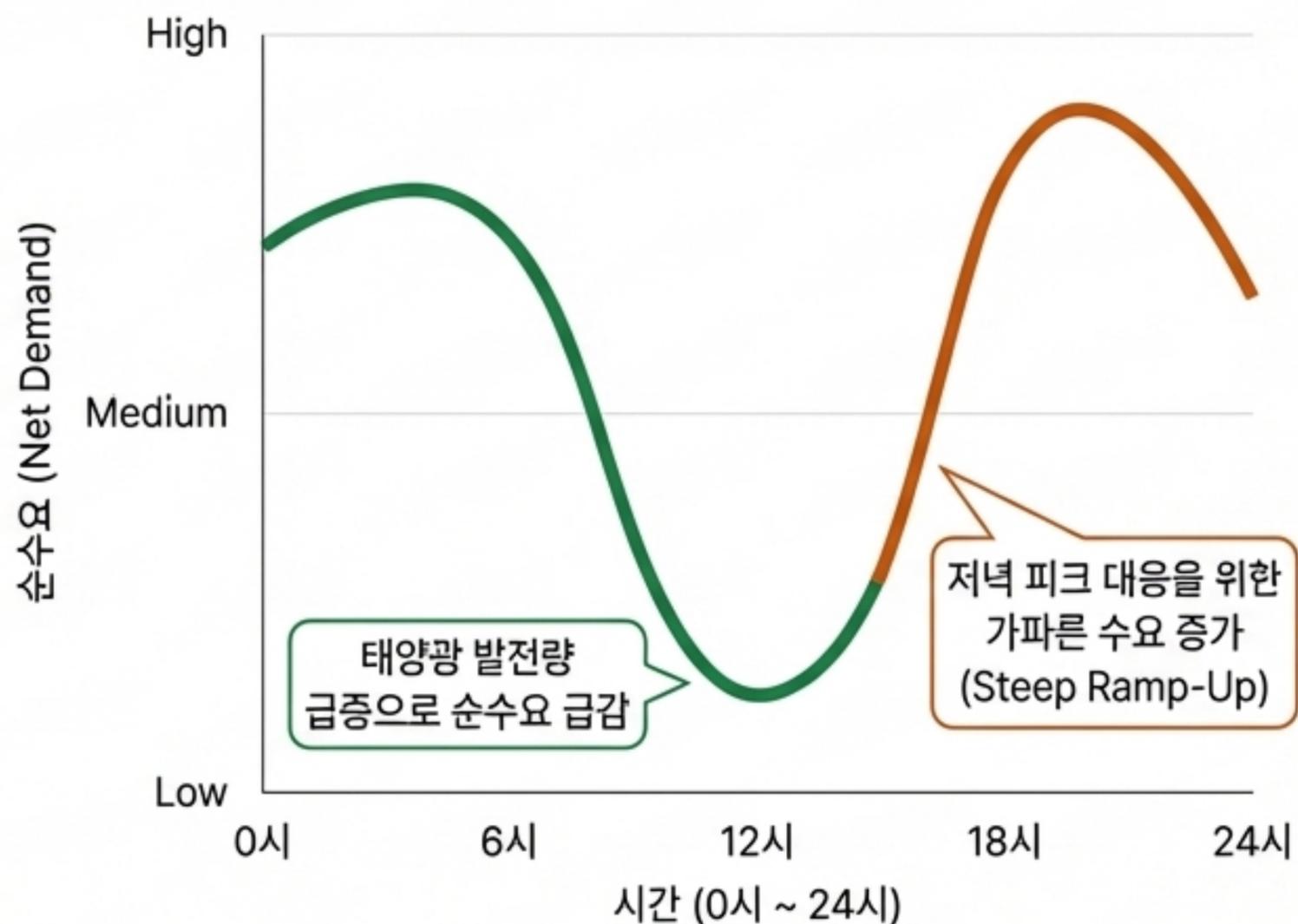
잠재력

- 정부는 2030년까지 재생에너지 설비 용량을 100GW 수준으로 확대 목표.
(출처: 옥기열 본부장, 김성한 장관)

근본적 한계: 간헐성 (Intermittency)

- 맑은 봄/가을철 낮 시간대에 태양광 발전량이 급증했다가 해가 지면 급감하는 '덕커브(Duck Curve)' 현상이 국내에서도 심화되고 있음.
- 저녁 피크 수요에 대응하기 위해 단시간에 원전 20기에 해당하는 발전량을 증발시켜야 하는 등, 계통 운영의 예측 불가능성과 변동성을 극대화함.
(출처: 강부일 전력거래소 처장, 2차 토론회)

한국의 덕커브(Duck Curve) 심화



해결 방안: 재생에너지 간헐성 보완을 위한 '유연성 자원 툴킷'

재생에너지의 변동성에 대응하기 위해 다양한 유연성 자원의 전략적 조합이 필수적임. (손성용 가천대 교수, 2차 토론회 발표 요약)

4. 계통 보강 (Grid Reinforcement)

송전망 확충 및 유연송전시스템(FACTS) 등 계통 안정화 설비 도입.



1. 에너지 저장 (Storage)

양수발전, 에너지저장장치(ESS) 등을 통해 잉여 전력을 저장 후 필요시 공급.

3. 섹터 커플링 (Sector Coupling)

잉여 전력을 열(P2H), 수소(P2G) 등 다른 에너지 형태로 전환.



2. 수요측 관리 (Demand-Side)

수요반응(DR), 전기차 충방전(V2G) 등을 통해 전력 소비 패턴을 조절.



핵심: 특정 기술에 의존하기보다, 비용효율적인 자원들의 최적 조합을 찾는 것이 관건.

두 번째 축 | 원자력: 경직성이라는 풀리지 않은 족쇄

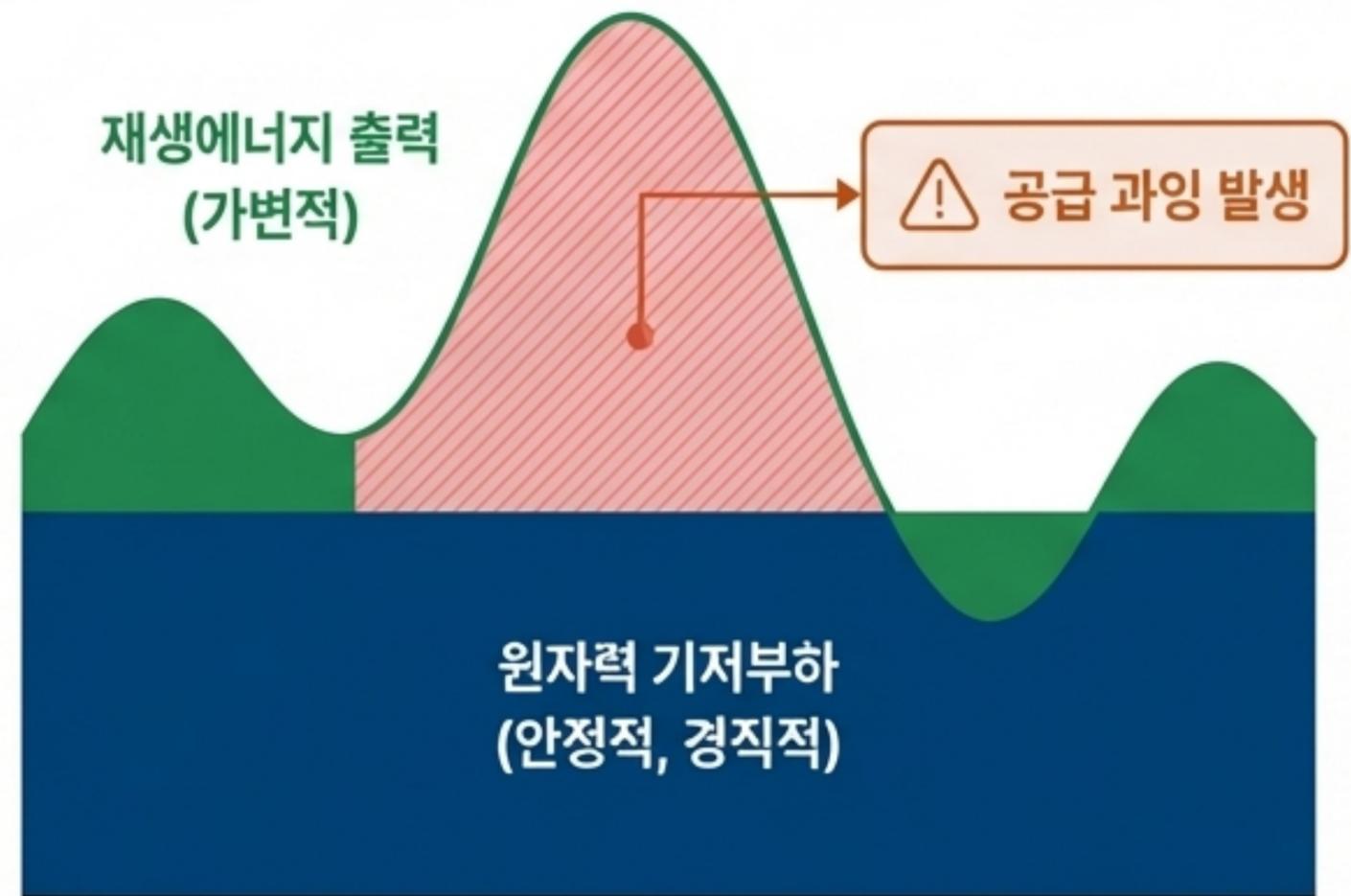
강점

- 안정적이고 저렴하며 탄소 배출이 없는 '기저전원(Baseload Power)'으로서 국가 산업 경쟁력의 핵심적 역할 수행.
(출처: 주한규 원자력연구원장, 정용훈 카이스트 교수 등)

근본적 한계: 경직성 (Rigidity)

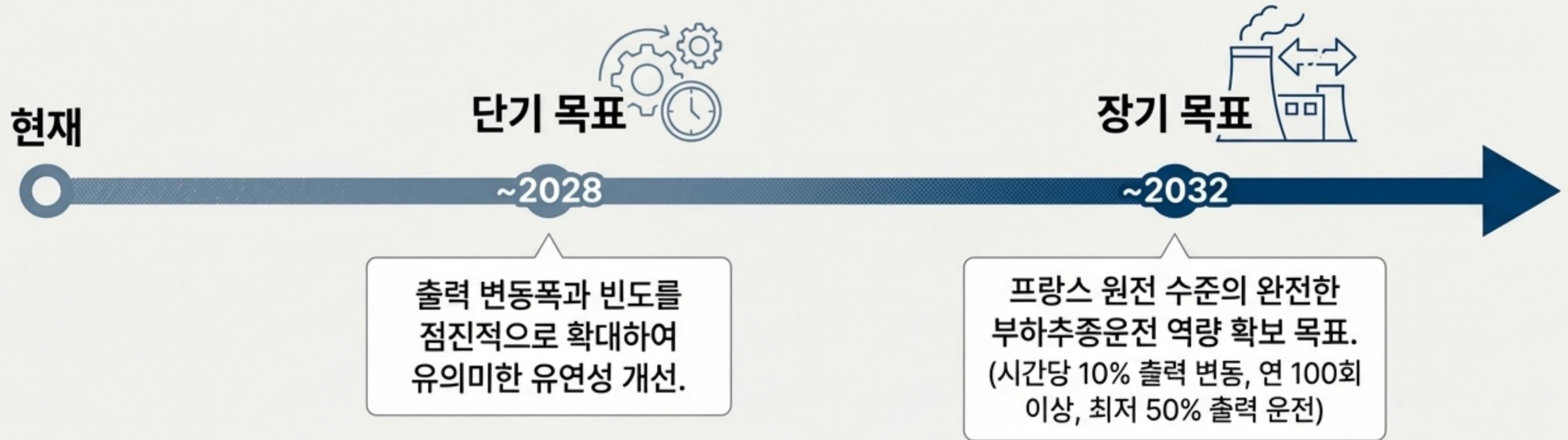
- 전통적으로 100% 일정 출력으로 운전하도록 설계되어, 재생에너지 발전량이 급증하는 시간대에 출력을 신속하게 줄이기 어려움.
- 이로 인해 전력 공급 과잉이 발생, 재생에너지와 원자력이 전력망 내에서 '충돌'하는 현상이 발생함.
(출처: 김성환 장관, 2차 토론회)

전력망 내 '충돌' 현상



해결 방안: 유연 운전 기술 확보를 위한 단계적 로드맵

한수원은 원전의 출력 조절 능력을 확보하기 위한 '부하추종운전(Flexible Operation)' 기술 개발을 공식적으로 추진 중임. (신호철 한수원 중앙연구원장, 2차 토론회 발표 요약)



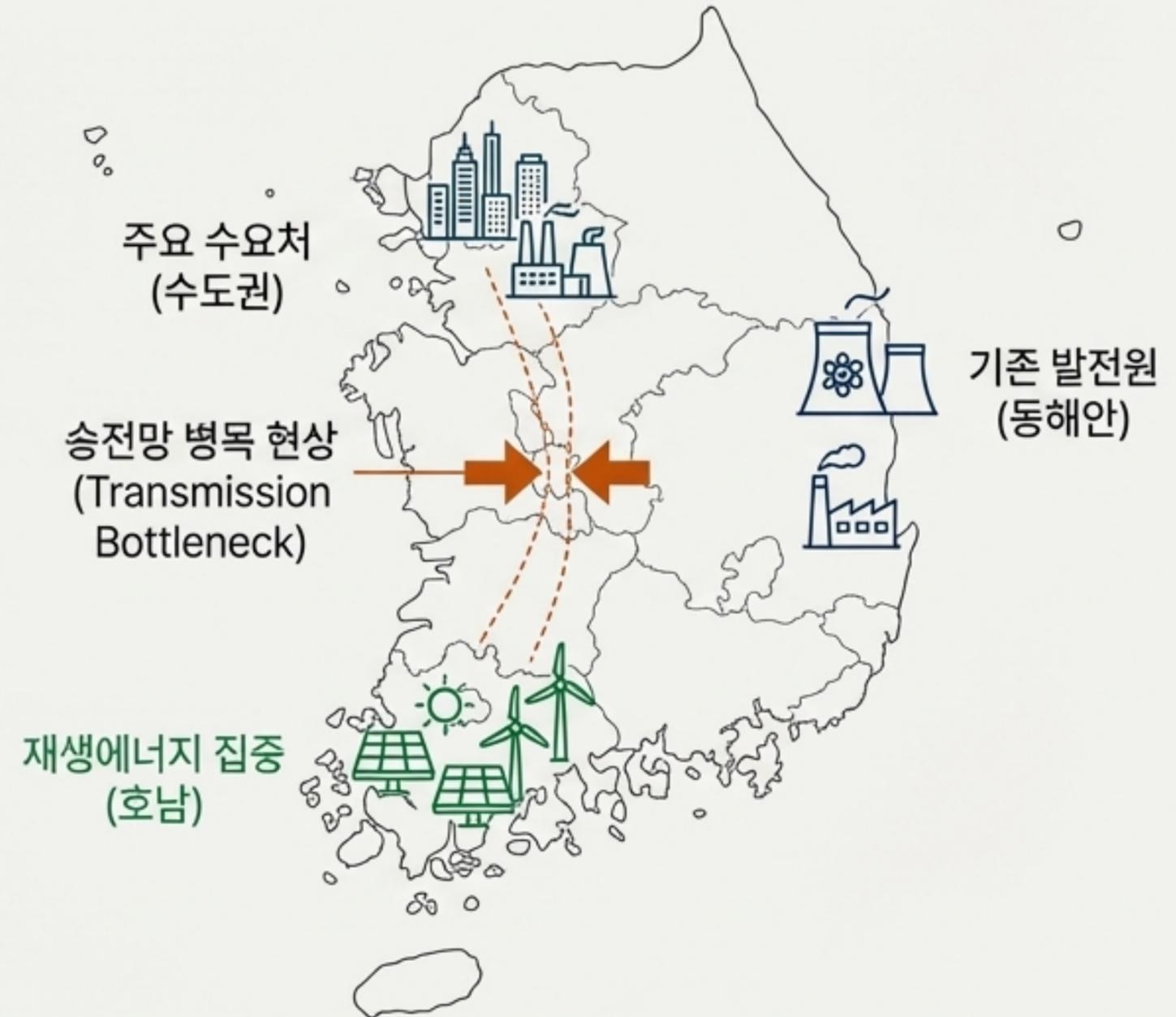
시사점: 원전의 경직성은 해외에서 이미 극복된 기술적 문제이며, 국내에서도 해결을 위한 구체적인 계획이 진행 중.

전쟁터: 대한민국 전력 계통의 현실

이론적 논의와 별개로, 현재 전력망은 물리적 한계에 직면하고 있음. (전력거래소 발표 종합)

주요 현안

- **지역적 불균형:** 재생에너지 발전은 호남권에 집중되어 있으나, 주요 전력 소비처는 수도권에 위치.
- **송전망 부족:** 생산된 전력을 소비지로 보내는 '에너지 고속도로'가 부족하여, 발전량이 많아도 송전 제약으로 인해 발전을 강제로 중단하는 '출력제어(Curtailment)'가 빈번하게 발생.
- **계통 안정도 저하:** 전통 발전기 감소로 계통의 관성(Inertia)이 약화되어 주파수 안정성 유지에 어려움 가중.



핵심 쟁점 1: 무엇이 진정으로 경제적인가? (LCOE를 넘어서)

단순 발전원가(LCOE) 비교는 전체 시스템 비용을 왜곡할 수 있다는 지적이 토론의 핵심 쟁점으로 부상.

관점 1: '시스템 비용' 중심 접근

"2050년 메뉴에 가격표가 없다. LCOE가 아닌 시스템 전체 비용을 고려해야 한다."

- 정용훈 카이스트 교수

원자력의 저렴한 전기는 비싼 유연성 자원(ESS, 수소)의 경제성을 확보하는 기반이 됨.
(이정익 카이스트 교수)



관점 2: '숨겨진 비용'과 '변화하는 현실'

원전의 유연성 확보(부하추종)에 필요한 추가 비용은 아직 제대로 산정되지 않음.

(전영환 홍익대 교수)

재생에너지의 한계비용은 0에 가까워, 공급 과잉 시 전력도매가격(SMP)이 0원까지 하락하는 현상이 이미 발생. 이는 '재생에너지는 비싸다'는 통념에 도전. (전영환 홍익대 교수)

핵심 쟁점 2: 시장의 규칙과 책임의 분배

중심 질문: 계통 안정성 확보에 필요한 유연성 비용과 책임을 누가, 어떻게 부담해야 하는가?

시각 1: 신규 진입자에 대한 불공정



"기존 시스템에 새로 들어온 재생에너지에게 계통 안정에 대한 부담이 과도하고 불공정하게 지워지고 있다."

- 김강원 에너지공단 실장

시각 2: 모든 발전원의 동등한 경쟁



"원자력, 열병합 발전을 포함한 모든 발전원이 입찰 시장에 참여해야 한다. 필요하다면 계속 운전하기 위해 마이너스 가격으로라도 입찰해야 공정한 경쟁이다."

- 전영환 흥익대 교수

사회적 해법 제안



"독일의 '석탄위원회(Coal Commission)' 사례처럼, 모든 이해관계자가 참여하는 사회적 합의 기구를 통해 '정의로운 전환(Just Transition)'의 원칙과 비용 분담 방안을 마련해야 함."

- 이지웅 부경대 교수

최종 수요자의 목소리: 산업계와 국민의 요구



산업계의 시각 (김무환 SK이노베이션 단장)

- **현실:** AI 데이터센터와 반도체 산업이 촉발한 글로벌 '전력 전쟁'은 속도와 99.9% 이상의 신뢰도를 요구.
- **요구:** 단일 에너지원으로는 대응 불가. 재생에너지, 가교 역할의 LNG, 그리고 유연성을 갖춘 차세대 원전(SMR) 등을 조합한 실용적 포트폴리오(Pragmatic Portfolio)가 시급.

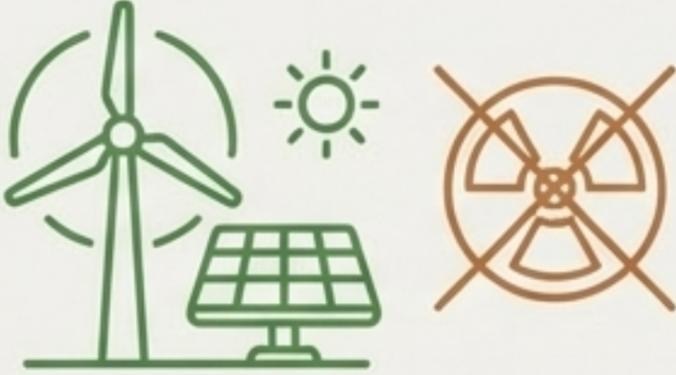


소비자의 시각 (이서해 이컨슈머 대표)

- **딜레마:** 국민 대다수(86.7%)는 재생에너지 확대를 지지하지만, 전기요금 인상에는 매우 민감. '깨끗하지만 저렴하고 안정적인 전기'라는 어려운 요구.
- **핵심:** 기술적 논의 이전에, 정책 변화가 전기요금에 미칠 영향에 대한 투명한 정보 제공과 소통을 통해 '국민 수용성(Public Acceptance)'을 확보하는 것이 최우선 과제.

해외 선진국의 선택지: 하나의 정답은 없다

주요국들 역시 탄소중립과 에너지 안보 목표 아래 각자의 여건에 맞는 에너지 믹스를 추진 중.
(옥기열 전력거래소 본부장, 1차 토론회 발표 기반)

독일: 재생에너지 집중 모델	프랑스: 원자력+재생에너지 공존 모델	영국/미국: 포트폴리오 다각화 모델
		
<ul style="list-style-type: none"> • 원전 완전 폐지, 재생에너지 비중 극대화. • 간헐성 대응을 위해 막대한 규모의 저장장치(141GW) 및 계통 연계 필요. 	<ul style="list-style-type: none"> • 강력한 원자력(50%)을 기반으로 재생에너지(50%)를 확대. • 안정적 기저전원 덕에 저장장치 필요성 상대적으로 낮음. 	<ul style="list-style-type: none"> • 재생에너지 대규모 확대와 동시에, SMR 등 차세대 원전을 통해 원자력의 역할을 유지·강화하는 혼합 전략.

종합: 동전의 양면성, 대립이 아닌 보완의 과제

재생에너지와 원자력은 경쟁 관계가 아니라, 각각 대한민국의 에너지 문제를 해결하는 데 필수적인 열쇠를 쥐고 있지만 동시에 새로운 과제를 던지는 동전의 양면과 같음.



궁극적 목표: 두 에너지원의 장점은 극대화하고 단점은 서로 보완하도록 기술과 제도를 정교하게 설계하여, 전체 시스템이 하나의 유기체처럼 작동하게 만드는 것.

나아갈 길: 12차 전력수급기본계획이 답해야 할 4대 핵심 질문

성공적인 에너지 전환을 위해, 차기 전력수급기본계획은 다음의 근본적인 질문에 대한 구체적인 청사진을 제시해야 함.



1. 최적의 조합 (The Optimal Mix)

안정성과 '시스템 총비용'을 최소화하는 재생에너지, 원자력, 그리고 유연성 자원(ESS, LNG, 수요반응)의 최적 비율은 무엇인가?



2. 공정한 시장 (The Fair Market)

유연성, 관성 등 계통 안정성에 기여하는 가치를 공정하게 보상하고, 필요한 기술에 대한 투자를 유도할 새로운 전력시장 설계 방안은 무엇인가?



3. 신속한 인프라 (The Agile Infrastructure)

송배전망, 즉 '에너지 고속도로' 건설을 획기적으로 가속화하고, 이 과정에서 발생하는 사회적 갈등과 주민 수용성 문제를 해결할 방안은 무엇인가?



4. 정의로운 전환 (The Just Transition)

석탄발전소의 단계적 폐지 과정에서 영향을 받는 산업과 지역 공동체를 위한 구체적이고 실효성 있는 '정의로운 전환' 로드맵은 무엇인가?



대한민국의 선택: 균형과 혁신의 길

탄소중립, 산업 경쟁력, 에너지 안보라는 세 가지 목표를 동시에 달성하기 위해서는, 특정 에너지원의 우위를 논하기보다 각자의 한계를 보완하고 시스템 전체의 가치를 극대화하는 ‘최적의 조합’을 찾는 지혜가 필요하다.

12차 전력수급기본계획은 그 위대한 여정의 첫 번째 이정표가 될 것이다.