

수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회



일시 : 2025. 7. 2. (수) AM 10:00~12:00

장소 : 국회의원회관 제2소회의실

주최 : 국회의원 허성무

주관 : 서울대학교 원자력정책센터

후원 : 포스코홀딩스



수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회



일시 : 2025. **7. 2.** (수) AM 10:00~12:00

장소 : 국회의원회관 제2소회의실

주최 : 국회의원 허성무 주관 : 서울대학교 원자력정책센터 후원 : 포스코홀딩스



수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회



일시 : 2025. **7. 2.** (수) AM 10:00~12:00

장소 : 국회의원회관 제2소회의실

주최 : 국회의원 허성무 주관 : 서울대학교 원자력정책센터 후원 : 포스코홀딩스

10:00 - 10:05 개회, 국민의례, 내빈소개

10:05 - 10:15 개회사, 축사, 기념촬영

10:15 - 10:50 [발제1] 수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 방안
손병수 상무 (포스코홀딩스)

[발제2] 국가 산업 경쟁력 강화를 위한 원전 활용 방안
김무환 특임교수 (전 포스텍 총장)

10:50 - 11:40 [토론] 철강 및 산업경쟁력 강화를 위한 원전 활용 방안 논의

좌장 심형진 교수 (서울대학교 원자력정책센터장)

패널 박기철 이사장 (한국원자력산업환경진흥협회)

이종호 객원교수 (서울대학교 원자핵공학과)

김택동 실장 (한수원 전략경영단 원자력정책실)

채효근 전무 (한국데이터센터연합회)

이제훈 박사 (한국경제인협회)

안세진 국장 (산업부 원전산업정책국)

오영수 기획처장 (한수원 노동조합)

11:40 - 12:00 질의응답 및 폐회

수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

개회사

허성무

더불어민주당 국회의원



존경하는 산업계·학계·노동계·정부 관계자 여러분,
그리고 오늘 토론회를 준비해주신 모든 분들께 깊이 감사드립니다.

지금 우리는 철강산업의 미래를 바꾸는 중대한 화두 앞에 서 있습니다.
바로 수소환원제철이라는 기술혁신을 통해 탄소중립이라는 시대적 과제에
답하는 일입니다.

지난주 산업부는 8,000억 원이 넘는 ‘수소환원제철 실증기술개발사업’에 대해
예비타당성조사를 통과시켰습니다. 이는 단순한 기술 R&D를 넘어, 산업 현장에서
실제로 수소환원제철을 구현해보는 첫 걸음입니다. 기술은 준비되고 있습니다.
이제 남은 것은, 그 기술이 작동할 수 있는 제도적, 정책적 기반을 다지는 일입니다.

수소환원제철은 고온·대전력 기반의 산업입니다. 안정적인 전력공급 없이는
실현이 불가능합니다. 그래서 우리는 오늘, SMR(소형모듈원전) 등 원전 에너지를
산업적으로 어떻게 활용할 수 있을지 함께 고민하려 합니다. 기술이 있고,
산업이 준비되면, 정치는 제도와 인프라로 길을 열어야 할 때입니다.

이번 토론회가 대한민국 철강산업의 혁신, 그리고 탄소중립과 에너지 정책의 전환
을 위한 건설적 논의의 출발점이 되길 진심으로 기대합니다.
함께 해주신 모든 분들께 다시 한 번 감사드립니다.

감사합니다.

축사

유상임

과학기술정보통신부 장관



안녕하십니까, 과학기술정보통신부 장관 유상임입니다.

「수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회」 개최를 진심으로 축하드립니다.

뜻깊은 자리를 마련해주신 허성무 의원님과, 바쁘신 일정에도 자리를 빛내 주신 내외 귀빈 여러분께 감사드립니다.

아울러, 오늘 토론회의 발제자, 전문가 패널 여러분께도 감사의 말씀을 전합니다.

철강 산업은 자동차, 조선 등 제조업과 국민의 삶 전 분야에 대체불가능한 자원인 철을 공급하는 필수 산업이자 연 277억 달러 규모의 수출을 담당하는 주력 산업으로서, 그간 대한민국 경제성장의 중요한 축으로 자리매김해왔습니다.

그러나 글로벌 기후위기가 심화되고 탄소중립사회로의 전환이 대두됨에 따라, 세계는 탄소 다배출 산업인 철강 산업에도 변화를 요구하고 있습니다.

우리가 석탄이 아닌 수소로 철을 추출하는 ‘수소환원제철’ 기술에 주목하는 이유입니다.

한편, 수소환원제철이 진정한 ‘탄소중립’ 기술로 실현되기 위해서는 공정에 필요한 수소와 에너지도 탄소배출 없이 공급될 수 있어야 할 것이며,

이를 위한 다양한 무탄소에너지원 가운데 원자력 또한 대안이 될 수 있을 것입니다.

원자력은 탄소배출없이 대규모의 에너지를 안정적으로 공급할 수 있는 에너지원으로서,

수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회

최근 부상하고 있는 소형모듈원자로(SMR) 기술은 전력뿐만 아니라 수소와 고온열까지 생산할 수 있는 다목적 기술로 주목받고 있습니다.

즉, 원자력은 수소환원제철에 필요한 ‘수소’, ‘전력’과 함께 ‘열’에너지까지도 탄소 배출없이 공급할 수 있습니다.

물론, 수소환원제철의 실현을 위한 공정기술의 상용화와 재생에너지, 원자력 등 무탄소에너지원과의 연계까지 나아가는 데에 아직 많은 기술적 과제가 남아있는 것도 사실입니다.

이러한 기술난제를 해결하기 위해서는 장기적 안목의 안정적 연구개발을 통한 기술 혁신을 지속해야 하며 이는 정부 뿐만이 아니라 산업계, 학계, 연구계 모두의 노력이 함께 기울여질 때 가능할 것입니다.

이런 점에서, 철강 산업과 원자력계를 대표하는 전문가분들이 모여 다양한 의견을 나누는 오늘 토론회의 의미가 매우 크다고 생각합니다.

이번 토론회가 수소환원제철과 탄소저감을 위한 원자력 활용의 실천 방안을 모색할 수 있는 유익한 시간이 되기를 기대하며, 과학기술정보통신부도 경제와 환경의 조화로운 발전과 탄소중립 산업전환에 기여할 수 있는 혁신적인 미래기술 확보에 앞장서겠습니다.

끝으로, 함께하신 모든 분들의 건강과 행복을 기원합니다.
감사합니다.

축사

이철규

산업통상자원중소벤처기업위원회 위원장



존경하는 내빈 여러분, 반갑습니다.

국회 산업통상자원중소벤처기업위원회 위원장 이철규입니다.

「수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회」
개최를 진심으로 축하드립니다.

뜻깊은 토론회 개최를 위해 힘써주신 허성무 의원님, 심형진 서울대학교 원자력 정책센터장님을 비롯한 관계자 여러분께 깊이 감사드리며, 바쁘신 와중에도 귀한 고견을 나누고자 함께해주신 발제자 및 토론자 여러분께도 깊은 감사의 인사를 전합니다.

탄소중립 실현은 더 이상 선택이 아닌, 국가의 지속가능한 경쟁우위를 확보하기 위한 필수 전략입니다. 특히 산업 부문이 전체 온실가스 배출량의 35% 이상을 차지하고 있는 상황에서, 탄소 감축과 에너지 안보를 동시에 충족할 수 있는 해법 마련이 절실합니다.

탄소중립이라는 시대적 과제는 철강 산업의 대전환 없이는 결코 완성될 수 없습니다. 이제 우리는 석탄 기반의 고로 체제를 넘어, 수소 기반의 수소환원제철이라는 새로운 산업 패러다임으로 나아가야 합니다.

오늘 이 자리에서 철강 산업의 탄소중립 실현을 위한 원전 활용 방안은 물론, 이를 뒷받침할 청정에너지 공급 대안으로서 SMR(소형모듈원전)의 역할 또한 구체화되는 의미 있는 논의가 이루어지기를 기대합니다.

아울러 최근 원전팀코리아가 체코 신규 원전 건설 사업을 최종 수주하며, 우리 원전 산업의 글로벌 경쟁력과 기술력의 저력을 다시 한 번 입증했습니다. 이러한 성과

수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회

는 단순한 수주를 넘어, 우리나라 원전 기술이 국제무대에서 신뢰받는 전략 자산임을 보여주는 상징적 사례입니다.

이제 원전산업이 수소환원제철과 탄소저감을 위한 핵심 에너지원으로 활용될 수 있도록, 정부와 국회, 산업계가 한뜻으로 힘을 모아 적극적으로 뒷받침해 나가야 합니다.

국회 산자중기위원회 역시 이러한 긍정적 흐름에 발맞춰, 필요한 입법과 제도적 지원을 통해 탄소중립 산업 전환과 에너지 주권 강화라는 시대적 과제에 적극 부응해 나가겠습니다.

다시 한번 「수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회」 개최를 진심으로 축하드리며, 함께해주신 모든 내빈 여러분의 가내에 늘 건강과 행복이 가득하기를 기원합니다. 감사합니다.

축사

박성민

울산 중구, 산업통상자원중소벤처기업위원회 국민의힘 간사



안녕하십니까.

국회 산업통상자원중소벤처기업위원회 국민의힘 간사 박성민 국회의원입니다.

먼저 「수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회」 개최를 진심으로 축하드리며, 뜻깊은 자리를 마련해주신 허성무 의원님과 서울대학교 원자력정책센터 관계자 여러분의 노고에 깊이 감사드립니다.

아울러 대한민국이 글로벌 철강 산업을 선도할 수 있도록 귀한 시간을 내어 좌장을 맡아주신 심형진 교수님을 비롯한 발제 및 토론자 여러분께도 감사의 인사를 드립니다.

수소환원제철은 철광석에서 산소를 제거할 때 석탄 대신 수소를 사용하여, 부산물로 이산화탄소(CO₂)가 아닌 물(H₂O)만을 배출하는 친환경 공정입니다.

탄소배출을 획기적으로 줄일 수 있어 글로벌 환경 규제에 대응할 수 있는 차세대 제철 방식으로 각광 받고 있으며, 이미 미국, 유럽, 중국, 일본 등 주요 철강 강국들은 수소환원제철 기술의 상용화를 위해 대규모 투자를 이어가고 있습니다.

탄소중립은 전 세계가 함께 풀어야 할 공통 과제이지만, 각국의 산업 구조와 에너지 여건이 다른 만큼 현실에 맞는 정책 수립이 무엇보다 중요합니다.

제철 공정에 필요한 수소를 안정적이고 경제적으로 공급하기 위한 방안으로 원전 기반의 ‘핑크수소’가 대한민국의 산업 구조와 에너지 환경에 적합한 대안으로 주목 받고 있습니다.

이번 토론회가 한국형 수소환원제철 기술의 상용화를 위한 실질적인 방안을 모색하는 자리가 되기를 기대하며, 저 역시 국회 산자중기위 간사로서 필요한 제도적 뒷받침

수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회

에 최선을 다하겠습니다.

다시 한번 「수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회」 개최를 진심으로 축하드리며, 함께하시는 모든 분들의 가정과 일터에 건강과 행복이 가득하시길 기원합니다.

감사합니다.

발제 1



수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 방안

손병수
포스코홀딩스 상무

sbs417@posco-inc.com



국회의원 허성무



서울대학교 원자력정책센터
SNU Nuclear Energy Policy Center

포스코홀딩스

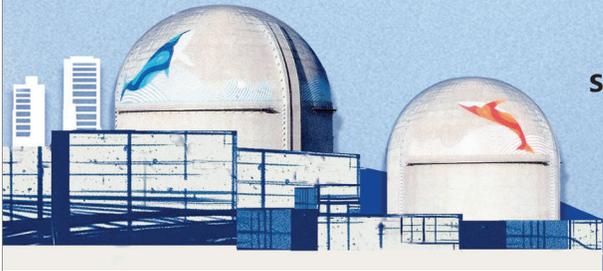
수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

posco
HOLDINGS

수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 방안

2025. 7. 2.

손병수 포스코홀딩스
sbs417@posco-inc.com



국회의원 허성무 서울대학교 원자핵정책센터 포스코홀딩스

CONTENTS

posco
HOLDINGS

- I. 철강산업의 탈탄소 위협
- II. 포스코의 탈탄소 전략
- III. 철강 탈탄소 위한 에너지 Demand
- IV. 수소환원제철 성공을 위한 청정수소 조달
- V. 수소환원제철 성공을 위한 무탄소전력 확보
- VI. 무탄소 전환 위한 원전활용모델 제안
- VII. 종합



2

국회의원 허성무 서울대학교 원자핵정책센터 포스코홀딩스

1. 철강산업의 탈탄소 위협

높아지는 탄소장벽과 선진국과의 탈탄소 경쟁력 격차 확대 우려

美, EU는 탄소중립을 무기로 아시아에 빼앗긴 제조업 주도권 탈환 시도 (新 '사다리 건너차기')

[시장보호정책] 탄소 명분 무역장벽 강화

- EU** 탄소국경조정조치 (CBAM) : '26.1월 전면 시행'
 - 철강, 알루미늄 등 수입품 **무상할당 초과 배출량 상응하는 인증서**(1인증서=1CO₂e톤) 구매, 제출(EU 배출권 가격 연동)
 - EU에 이어 영국, 호주도 CBAM 도입 가세
- USA** EU CBAM과 유사한 탄소장벽 시행 검토
 - [청정경쟁법] 탄소집약도 벤치마크* 초과 시 비용 부과 제한
* 미국 내 생산 / 수입제품(철강, 시멘트, 석유화학 등 21개) 평균
 - [해외오염세법] 美 제품 대비 오염도가 10% 이상 높은 수입품에 수수료 부과 제한

[경쟁력 강화정책] 미래 新성장동력 육성

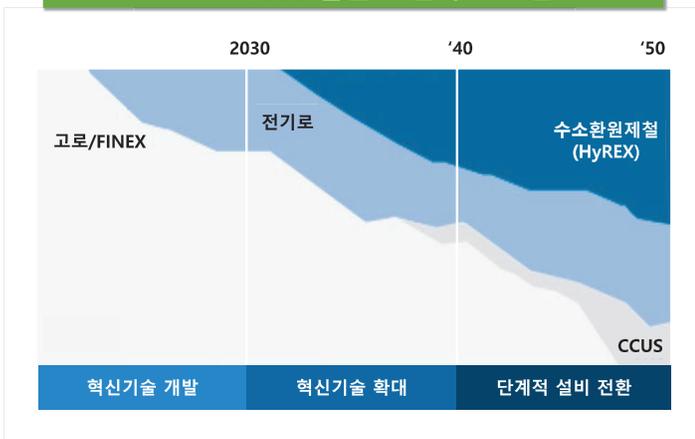
- EU** '그린딜' 연계 탈탄소화 기술·설비투자 지원 확대
 - [EU] 회원국 기여금 기반 예산으로 수소, 스크랩 등 실증 연구 및 데모 PJT 지원 (전체 CAPEX 대비 70% 이상)
 - [회원국] 상용 설비 재정지원 (전체 CAPEX 대비 50% 이상)
- USA** IRA 下 수소 및 탄소포집 세액공제 제공
 - 10년 내 청정수소 1kg 당 생산비 U\$1 달성 위한 파격 지원
 - CCUS 세액공제 확대: 시설 포집저장 U\$50 → 85/tCO₂ 등
- GX 전략 下 탈탄소 R&D 과제 및 설비투자 지원
 - 수소환원제철, 전기로 전환 등 향후 10년 ¥3조 직간접 지원

탈탄소 경쟁에서 뒤쳐질 경우 탄소중립 시대의 철강산업 존립기반 붕괴

2. 포스코의 탈탄소 전략

수소환원제철을 포함한 혁신 기술 개발을 통해 탈탄소 추진

포스코 2050 탈탄소 전략 로드맵



저탄소 Bridge 기술



수소환원제철(HyREX) 기술



▶ 수소환원제철 성공의 필수 요건

경쟁력 있고 안정적인 무탄소전력 ⊕ 저원가의 대규모 청정수소

▶ 무탄소전력 및 청정수소 공급여건

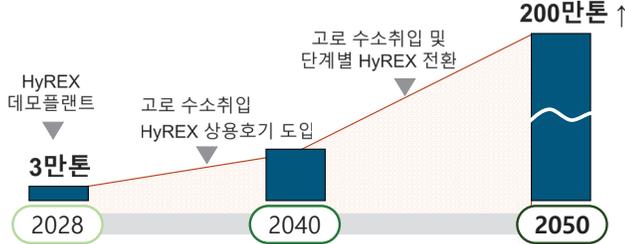
(재생e) 높은 발전원가 / (그린수소) 高원가 및 규모의 한계 / (해외그린수소) 전환·운송 비용 부담

☞ 국내 여건 고려시, 탈탄소를 위해서는 국내 재생e 확대·해외 수소 도입과 병행하여 **원전 활용 반드시 필요**

3. 철강 탈탄소 위한 에너지 Demand

단계별 친환경 설비 전환에 따른 청정수소 · 무탄소전력 수요 급증

청정수소



*50년 수요: 탄소중립 달성 기준 (탈탄소 기술 개발/시기, 루트 비중 등에 따라 수요 변동 가능)

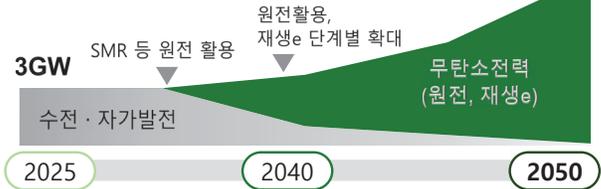
- ▶ (HyREX) '28년 데모 플랜트 가동, 탄소중립 달성 가정 하 '50년까지 HyREX 상용설비 단계별 도입
- ▶ (고로 수소취입) 탈탄소 브릿지 기술로, HyREX 상용화 前 기준 고로에 수소 취입

50년 탄소중립 달성을 위한

▶ 탈탄소루트 실행을 위해 200만톤 이상의 대규모 청정수소 필요

무탄소전력

※ 공정용 및 청정수소 생산용 전력량 합계



*50년 전력수요: 탄소중립 달성 기준 (탈탄소 기술 개발/시기, 루트 비중 등에 따라 수요 변동 가능)

- ▶ 단계별 고로 폐쇄에 따른 부생가스 발생량 감소로, 제철소내 자가용 부생가스 발전량은 점진적으로 축소
- ▶ 전기로 가동, HyREX 상용설비 등 점진적인 친환경설비 도입으로 전력수요 급증 → 외부 구매 전력량 증가 불가피

Scope2 배출량 감축 및 청정수소 생산을 통해

▶ 친환경 철강 전환을 위해서는 8GW 수준의 무탄소전력 필요

4. 수소환원제철 성공을 위한 청정수소 조달

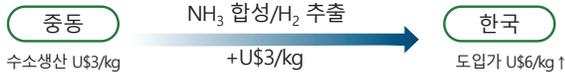
경쟁력확보 가능한 현실적인 수단부터 활용, 포트폴리오로 대응

수소생산 여건

- ▶ (국내) 무탄소전력 공급 경쟁력 미흡
 - 대규모 청정수소 생산 위한 무탄소전력 용량 한계
 - 포스코 수요 대응에만 現원전발전 55%, '38년 재생e 발전량 60% 필요
 - 재생e 경쟁력 열위, 청정수소 생산원가 경쟁력 확보 곤란
 - 국내 그린수소(U\$10/kg이상) 사용시 철강원가 2배 이상(기존 \$600/톤)

- ▶ (해외) 재생e 여건 우수해도, 국내 도입에 한계

- 우수한 재생e 기반 수소생산 하더라도, 국내도입 비용 추가

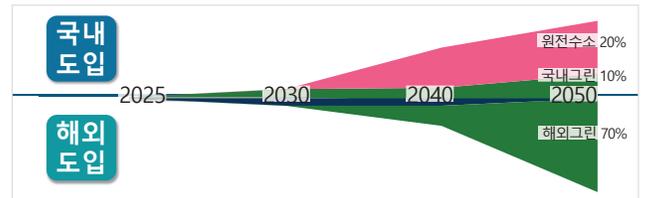


- 글로벌 수요 부진 투자의사결정 지연, 필요시점 공급 불확실
 ※'30년內 목표 글로벌 1천여개 PJT 중 투자결정완료 7% 미만(3.4백만)

수소조달 전략

- ▶ 경쟁력확보 가능한 방안부터, 포트폴리오로 대응

- 국내 원전 > 해외 블루 > 해외 그린 > 국내 그린수소



- ▶ 제철소 공급방안

- (Grey수소) 초기 HyREX Demo용으로 LNG 개질수소 활용
- (원전수소) 제도 가능시 최우선으로 최대한 원전수소 도입
- (그린수소) 정부 정책지원과 연계, 수용가능 범위내 도입 확대

5. 수소환원제철 성공을 위한 무탄소전력 확보

“원전 기반 재생e 확대” 를 목표로 단계별 포트폴리오 구성

무탄소/저탄소전력 공급 여건

▶ (재생e) 지리적여건, 소규모에 따른 높은 발전원가 한계



▶ (원전) 글로벌 경쟁력 확보 가능한 국내 유일 발전원

- 주요국 원전전력가격(U\$/MWh): 韓 67, 美 99, 日 112 출처: IEA
- SMR 전력가격전망(U\$/MWh): 韓 i-SMR 65(목표), 美 110, 유럽130

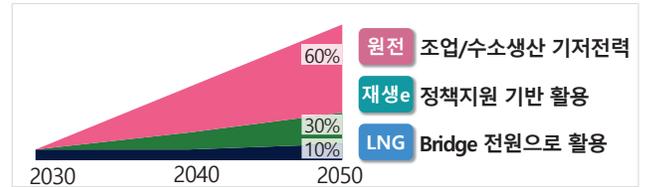
▶ (LNG) 재생e대비 안정성/가격경쟁력 보유, 저탄소 한계

- 직전 2개년 한전 정산단가: 177원/kWh (U\$130/MWh)
- CO₂ 배출(gCO₂eq/kWh): 석탄 820, LNG 490, 태양광 48, 원전 12

무탄소전력 조달 전략

▶ 우선순위 따른 단계별 포트폴리오 (원전기반 재생e 확대)

- 우선순위: 상용원전/SMR > LNG발전 > 재생e PPA



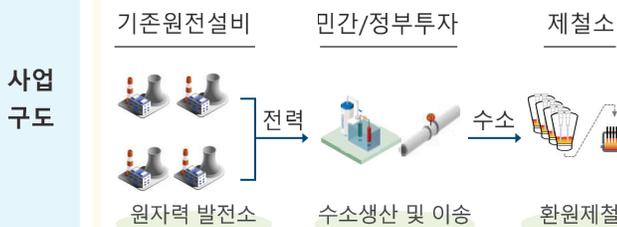
▶ 제철소 공급전략

- (재생e) “원전PPA + 재생e” pair 전원으로 간헐성 보완
- (SMR) 조업용 무탄소 기저전력으로 자가발전화
- (대형원전) 수소생산을 주목적으로 기저전력으로 활용

6-1. 무탄소전환 위한 원전활용모델 제안

계통전력 활용 원전수소 생산

▶ 지자체 추진, 원전수소 실증 사업 활용



사업
구도

- PPA 제도 개선 (개정 전기사업법?, 분산에너지법?)
- 원전수소 경제성 확보 및 CFE 청정 인증
- 수소전용 배관 등 인프라 구축

전제
이슈

- 한수원, 10MW 원전수소 국책과제
- 울진군, 원전산단 조성 및 원전수소 실증사업
- 경북도, 수소고속도로(배관) 1,000km 구축

설계수명 만료원전 활용 전력공급

▶ 설계만료원전, 민간투자/개보수 후 PPA체결



사업
구도

- PPA 및 민간의 수명만료원전 투자/활용 허용
- 계속운전 최소기간 20년 보장

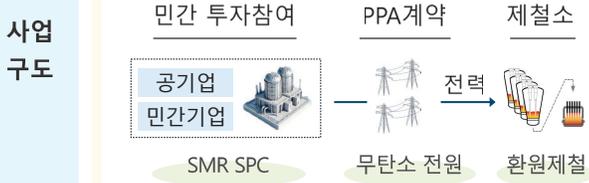
전제
이슈

- (美)Palisade (800MW, '22년 중지 - '25년 재가동)
- (美)Three Mile (800MW, '19년 중지 - '28년 재가동)
- (美)Duane Arnold (600MW, '20년 중지 - '28년 재가동)

6-2. 무탄소전환 위한 원전활용모델 제안

SMR 활용 무탄소전원 확보

▶ (초도호기) SMR 투자참여 및 PPA 체결 (상용호기) 민간 주도 SMR 건설/활용

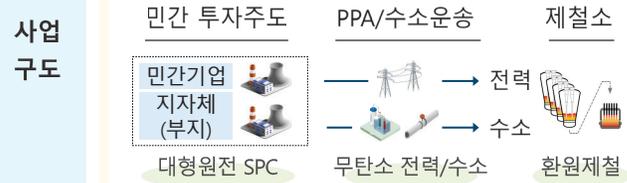


- 전제 이슈**
- 분산에너지법 개정 등 SMR PPA 완화
 - 초도호기 개발 및 상용호기 민간투자 허용·확대

- 해외 동향**
- Google 데이터센터용 500MW PPA 체결('24년)
 - Meta '30년까지 SMR 포함 원전 4GW 설치
 - Amazon SMR 개발사 X-Energy에 5억달러 투자
 - NUCOR Nuscale과 SMR전력 공급 MoU 체결

신규 대형원전의 민간 참여

▶ 신규원전에 민간의 직접 투자/운영 허용, 자가수요 위한 무탄소 전력 및 수소생산



- 전제 이슈**
- 국민수용성 및 민간사업자 참여 제도 도입
 - 국가 차원의 부지확보 및 핵폐기물 관리 지원
 - 국가 전력수급기본계획 외 설비

- 참여 방식**
- 한수원과 J/V 설립 또는 위탁운영 방식
 - 원자력환경공단 등을 통해 국가 차원의 폐기물 관리 규제, 프로세스 적용 대상에 포함

7-1. 종합 - 정책제안

청정수소 생산과 활용, 무탄소전원 확보를 위해 민간 원전 활용에 대한 적극적인 지원과 제도 및 정책 마련 필요

원전 PPA

▶ 민간의 원전 활용을 위한 기본적인 법적 요건 구비

현재는 RE 100 이행, ESG 강화 등을 목적으로 재생에너지 PPA만 허용

- ✓ 현행 전기사업법상 수요기업과 한수원의 직접 PPA 불가
- ✓ 원자력안전법 또한 한수원의 독점 발전시장을 전제로 법률 제정

SMR

▶ SMR PPA 완화

- ✓ 분산에너지법의 거리제한(15km) 및 전력선택제한(전기공급자 단일화) 개선
- ✓ 재생에너지 제3자 PPA에 준하는 별도의 PPA 제도 도입
입법 예정인 "SMR특별법" 등에 반영, PPA 제한 완화

▶ 자가발전으로 활용 가능토록 민간 주도 투자 허용

초도기 투자 참여를 통해 역량확보 후 상용호기는 민간주도로 투자

H₂ 원전수소

▶ 수소생산용 원전 활용 제도화

수소생산용 원전 PPA 및 원전수소의 청정수소 인증제도 도입

▶ 수소생산 전용 전력요금제 도입

해외도입 수소와 경쟁 가능한 원전수소 생산 전력가격은 60원/kWh 이하

▶ 공공 주도 수소인프라 구축

배관, 항만 등 수소인프라의 정부 주도 구축 또는 민간 구축 전폭 지원

신규원전(원전산업의 민간 개방)

▶ 민간기업의 원전 투자/운영에 대한 제도적 근거 마련

현행 전기사업법, 원자력안전법 내 민간사업자의 원전 직접 참여를 제한하는 규정은 없으나, Positive 방식의 규제 현실을 감안하면 근거 법령 마련 필요

▶ 원전 운영과 폐기물 관리의 분리를 통한 안전관리체계 고도화

민간의 원전 참여시 제기될 수 있는 핵폐기물 관리 등 "원전 안전성 확보"를 위해 원전 운영 및 폐기물 관리의 권한과 책임, 의무의 분리 검토
→ 투자·활용(민간) / 운영(한수원) / 폐기물관리(원자력환경공단 등 국가기관)

7-2. 종합 - 기대효과

수소환원제철의 원자력 활용을 통한 탈탄소 산업구조 전환과 국가적 전략목표 동시 달성

국가 온실가스 감축목표(NDC) 달성

- ▶ **철강산업의 탈탄소는 국가 전체 NDC 목표의 핵심**
'23년 기준, 국내 총 배출량 대비 철강 부문의 배출 비중 17.6%(약 1억톤)
- ▶ **정부 지원 감축보다 상대적으로 낮은 비용·고효율 감축 가능**
생산공정 내 자체적인 감축을 통해 정부 보조금·직접 규제 없이 감축 가능

국가 재정부담 감소

- ▶ **원전 건설에 국가재정 투입없이 민간 투자로 대체 가능**
신규원전의 민간 참여 가능시 원자력 발전소, 송전설비, 수소 인프라 등 대규모 국가재정 투입없이 민간 투자로 대체 가능한 충분한 유인 제공
- ▶ **국가의 친환경 및 탄소중립 비용저감 등 정책 수단의 보완**
정부 재정은 초기 기술개발 중심으로 집중가능(Ex. 수소환원제철 실증기술 등)
- ▶ **온실가스 감축의 민간 투자유도 → 공공부문 비용분담 최소화**

국가 균형발전 촉진 및 지방 소멸 대응

- ▶ **발전소 인근지역에 원전전력/수소 관련산업 자발적 활성화**
전력 다소비 기업의 원전 인근지역 이전 유인 제공 및 신사업 자발적 형성
- ▶ **지방 고용 창출, 인프라 투자 확대**
수도권 과밀억제 및 저탄소 산업 기반의 지역 균형성장 촉진
- ▶ **원전 기반 수소 + 환원제철 → 친환경 제조 클러스터 구축**
원자력 발전소 인근 지역내 에너지·산업 융화 특화도시 모델 실현 가능

자생적 수소생태계 구축

- ▶ **원전 수소를 활용, 국가 지원없이도 수소생태계 구축 가능**
수소생태계 형성을 위한 다양한 국가지원 불필요
- ▶ **수소환원제철, 연료전지, 모빌리티 등 활용 확대 기대**
산업·교통 부문 전방위적 수소 수요 대응 및 이를 통한 자발적 에너지 대전환
- ▶ **국산 수소공급망 구축 → 수소경제 자립 기반 마련**
해외 수입 의존없는 국내 기반의 수소경제 생태계 구축 가능

수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

감사합니다.



발제 2



국가 산업 경쟁력 강화를 위한 원전 활용 방안

김무환
포스텍 특임교수

mhkim@postech.ac.kr



국회의원 허성무



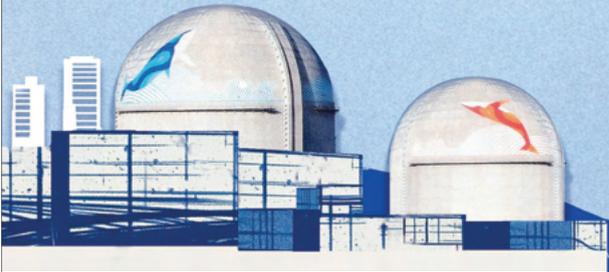
서울대학교 원자력정책센터
SNU Nuclear Energy Policy Center

포스코홀딩스

국가 산업 경쟁력 강화를 위한 원전 활용 방안

2025. 7. 2.

김무환 포스텍 특임교수
mhkim@postech.ac.kr



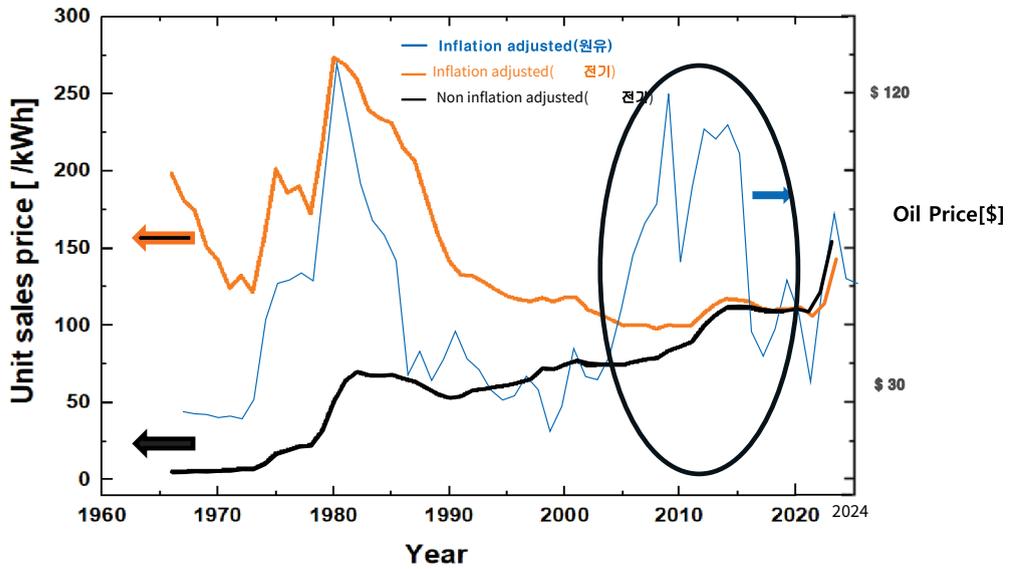
CONTENTS

- I. 산업 발전과 원자력
- II. 현재의 위기와 기회
- III. 우리가 하여야 할 일



산업 발전과 원자력

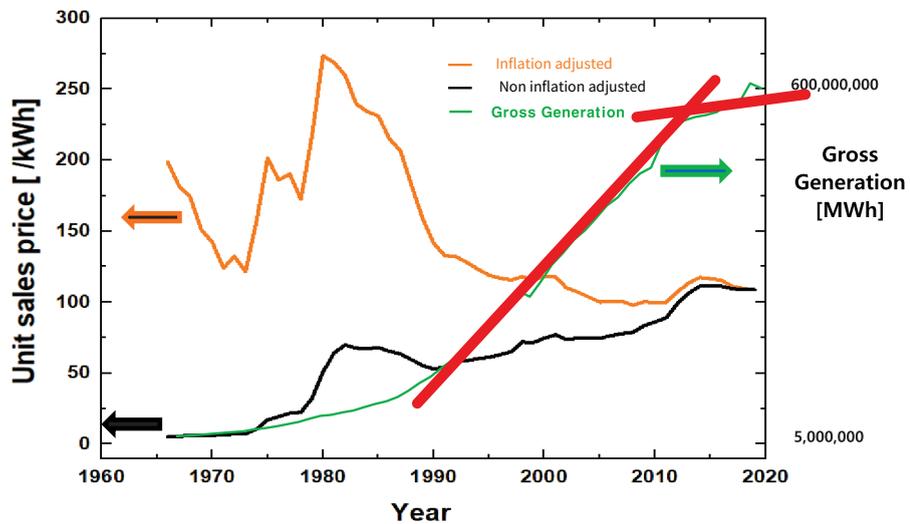
원유 가격과 전기요금 변화 (1966 ~ 2024)



3

산업 발전과 원자력

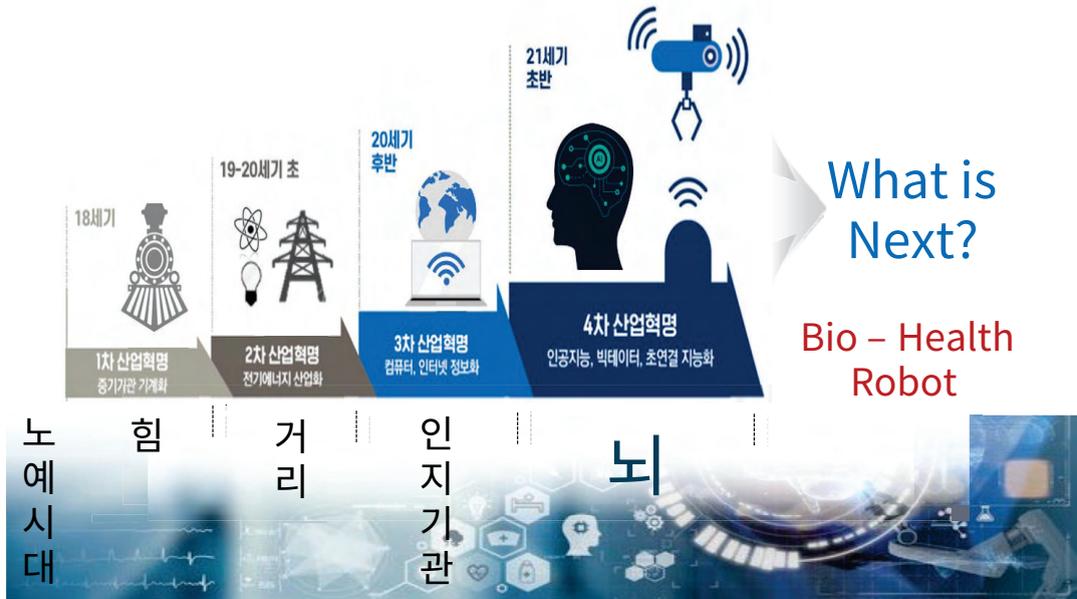
전기수요 변화와 산업화



4

현재의 위기와 기회

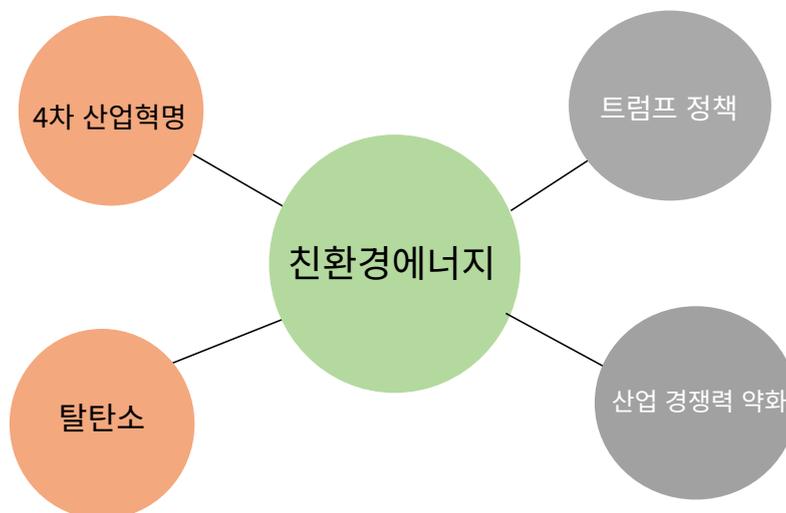
현재



5

현재의 위기와 기회

현재

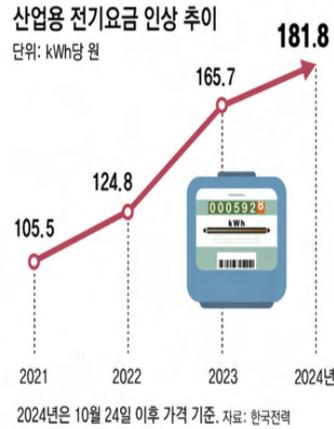


6

현재의 위기와 기회

전기 가격과 산업 경쟁력

| 년도 | 전기세(원) | 매출(원) | 인원 | 비율 |
|---------|--------|-------|----|-----|
| 2021 | 10.6억 | 31.5억 | 19 | 34% |
| 2022 | 13.4억 | 32.9억 | 20 | 41% |
| 2023 | 16.6억 | 37.6억 | 20 | 44% |
| 2024/11 | 16.7억 | 36.4억 | 21 | 46% |



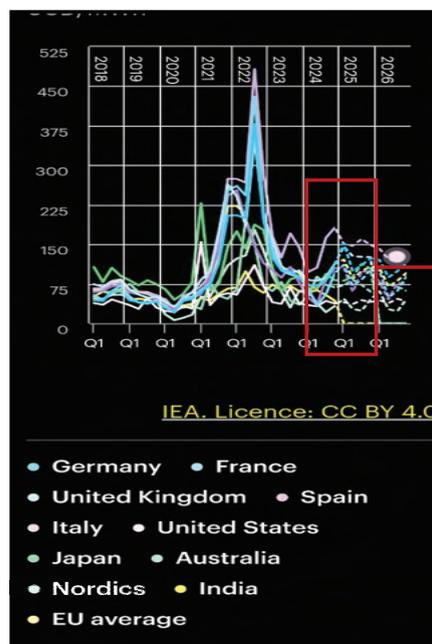
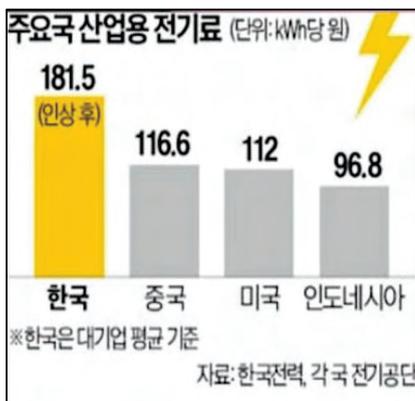
전력 사용량 상위 10대 기업의 전기료 부담

| (단위:억원) | 지난해 | 인상 후 |
|---------|--------|---------|
| 삼성전자 | 3조2637 | 3조6423 |
| SK하이닉스 | 1조1861 | 1조3209 |
| 현대제철 | 1조84 | 1조1250 |
| 삼성디스플레이 | 8101 | 9039 |
| LG디스플레이 | 8075 | 9009 |
| 포스코 | 5028 | 5684 |
| LG화학 | 5611 | 6264 |
| 에스오일 | 5540 | 6182 |
| SK에너지 | 4318 | 4802 |
| 한국철도공사 | 5033 | 5528 |
| 총합 | 9조6288 | 10조7390 |

※지난해와 같은 양의 전력을 사용했을 때를 가정
kWh당 16.9원 인상분 적용
자료: 각산업 대별에너지담당 의원, 한국전력

현재의 위기와 기회

전기 가격과 산업 경쟁력



현재의 위기와 기회

'공대 기피·교육질 저하·인재 유출' 20년간 누적... 삼성 뒤흔었다

[삼성전자 실적 부진] 위기의 삼성전자, 안팎 요인 보니

박순찬 기자 유지한 기자
업데이트 2024.10.09. 06:02



삼성전자가 8일 시장 기대에 크게 못 미치는 부진한 3분기 실적을 내놓으며 이례적으로 반도체 사업 수장인 전영현 DS사업부문장이 직접 사과문을 발표했다. 사진은 삼성전자 화성 반도체 공장 내부 모습./삼성전자

인력

우수 인력의 부족 - 고등 교육의 부실

교육단계별 연간 학생 1인당 공교육비(2020)

(단위: \$[미국달러의 PPP환산액], %)

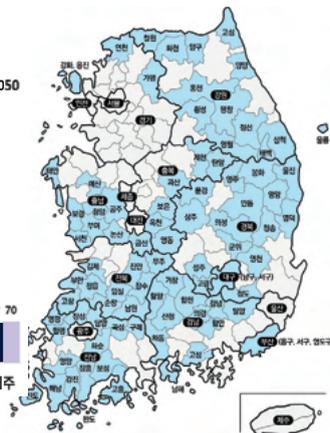
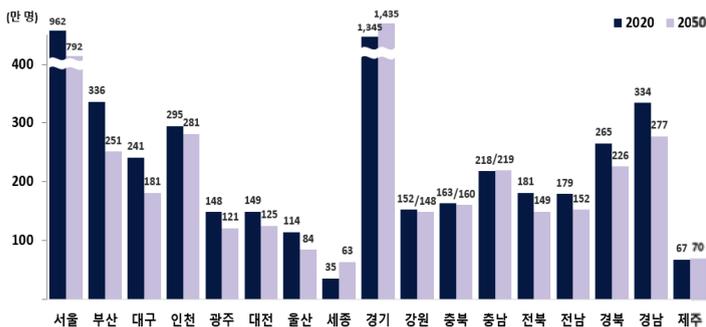
| 구분 | 초등학교 과정 | | 중학교 과정 | | 고등학교 과정 | | 고등교육 과정 | |
|--------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|------------------------|-------------|------------------------|----|
| | 학생 1인당 공교육비/국민 1인당 GDP | 학생 1인당 공교육비 | 학생 1인당 공교육비/국민 1인당 GDP | 학생 1인당 공교육비 | 학생 1인당 공교육비/국민 1인당 GDP | 학생 1인당 공교육비 | 학생 1인당 공교육비/국민 1인당 GDP | |
| 한국 | 13,278 | 30 | 14,805 | 33 | 19,239 | 43 | 12,225 | 27 |
| 프랑스 | 9,673 | 20 | 12,139 | 25 | 16,266 | 34 | 18,880 | 39 |
| 독일 | 11,587 | 21 | 14,197 | 25 | 18,098 | 32 | 20,760 | 37 |
| 일본 | 10,057 | 23 | 11,618 | 27 | 12,458 | 29 | 19,676 | 46 |
| 영국 | 12,513 | 26 | 12,716 | 27 | 14,539 | 30 | 29,534 | 62 |
| 미국 | 14,321 | 22 | 15,302 | 24 | 16,775 | 26 | 36,172 | 57 |
| OECD평균 | 10,658 | 23 | 11,941 | 25 | 12,312 | 26 | 18,105 | 38 |

자료: <https://kess.kedi.re.kr> (검색일: 2024년 1월 12일)

9

현재의 위기와 기회

전국 89개 인구감소지역 지정 (행안부, 2021)



K 국제신문

전통산업 쇠퇴, 첨단산업 소외...PK'러스트 벨트화(공장지대의 몰락)' 가속

산업 생태계 불균형 위기

이보유 기자 iboyou@hooik.co.kr | 일력 : 2020-05-04 22:09:00 | 본지 2면

- 산업화 "과잉-산업 인력 과잉"
- 수도권이 흡수-지방경제 고지
- 부산, 1980년대 인구 추락
- 7개 광역지역 외곽 투자액 비등
- 인력 80% - 부산지역 68%
- 부산산업도 수도권 몰려 방황
- 지방전문 부산시인력단 "공고"
- "공부, 지역균형발전 외장"
- "코로나를 기생하 놔 두면 안"

부산울진변방 빈수요지역의 공장지대 몰락...PK'러스트 벨트화(공장지대의 몰락)' 가속



제조 산업 경쟁력의 약화는 결국 지방 소멸을 가속화 시키고 있다.

10

현재의 위기와 기회

원자력 산업 국제 전망

- Triple Nuclear Energy by 2050
- 70 - 80 여 개의 SMR이 개발 중이거나 계획 중임
- 대형 원전의 수요는 계속 증가할 것임 (국제적 경쟁력 유지를 위한 전략 필요)
- 소수의 공급국 (한국, 미국, 프랑스, 중국, 러시아)



- 현재의 4배
- 규제 완화 및 인허가 절차 간소화
- 기존 원전 운영 지속
- SMR 기술 투자 지속
- 핵연료 주기 인프라 확보

현재의 위기와 기회

국내 원자력 산업

- 국내 산업 경쟁력의 가정 중요한 기반
- 비싼 산업용 전기료의 유일한 해결 방안
- iSMR 개발 및 건설 (인허가)
- 대형 원전 국제적 경쟁력 유지를 위한 전략 필요
- 다수 공급자, 다수 수요자 시대로의 진입



경쟁시대의 개막

산업 경쟁력 회복

1. 인력 양성
2. 지방 회생
3. 합리적 가격의 에너지 공급



기업 경쟁력 강화를 위한
산업용 전기요금 부담 완화방안

2025. 3.

◀ 목 차 ▶

| | |
|--|----|
| 1. 검토배경 | 1 |
| 가. 최근 대내외 경제 상황 | 2 |
| 나. 산업용 전기요금 인상 추이 | 2 |
| 2. 산업용 전기요금 인상에 따른 기업 부담 및 대응 현황 | 4 |
| 3. 기업 경쟁력 강화 및 전기요금 부담 완화를 위한 4대 제도개선 과제 | 8 |
| 가. 실제 수요에 맞는 계절별·시간대별 요금제 개선 | 8 |
| 나. 부가율이 안정적인 업종에 대한 별도 요금제 시행 | 11 |
| 다. 소비자 보호장치 강화 | 12 |
| 라. 산업용 전기 기본요금 부과방식 개선 | 14 |

원자력 활용은 합리적 가격의
에너지 공급을 위한 출발점이다..

원자력 활용은 합리적 가격의 에너지 공급을 위한 출발점이다.

(왜 국내 기업은 외국 회사의 SMR 개발에 투자하면서 국내 개발은 하지 않는가?)

1. 다수 공급자, 다수 수요자 시대를 위한 준비
 - 전반적인 법안 정비 작업 필요
 - 민간 사업자의 자체 발전소 건설 및 운영
 - 인허가, 발전소 운영, 폐기물 처리 등에서 위탁 제도 준비
2. 발전 사업자에게 부과되는 각종 부담금 재고
3. 합리적이고 예측 가능한 규제 실현

빅테크, 전력 확보 위해 '원전 러시'

| | |
|-----------------------------|--|
| 메타 | |
| -미 콘스텔레이션과 1.1GW 원전 전력 계약 | |
| -2027년 6월부터 20년간 전력 공급 | |
| 구글 | |
| -미국 내 1.8GW 규모 원전 개발에 자금 지원 | |
| -SMR 스타트업 카이로스파워와 전기 구매 협약 | |
| 아마존 | |
| -미 서스퀘어나 원전과 연계된 데이터센터 인수 | |
| -SMR 개발에 5억달러 투자 결정 | |
| MS | |
| -2019년 가동 중단한 스리마일섬 원전 재가동 | |
| -2028년부터 데이터센터에 20년간 전력 공급 | |

우리가 해야 할 일

합리적이고 예측 가능한 규제

1. 합리적인 규제
 - 이해할 수 있는 규제 - 기술 중심의 규제
2. 예측 가능한 규제
 - 기술적 해석과 소요 기간이 예측 가능하도록
3. 선제적이고 국제화된 규제
 - 계속 제기되는 현안(계속 운전, RIR)에 대한 적극적인 소통노력
 - SMR 등 가까운 미래에 시작될 규제에 대한 선도적 대응
 - 규제 기관이 선제적으로 일을 할 수 있는 인원과 예산 지원
 - 수출 및 수입을 위한 규제 분야의 준비(특히 언어 문제에 대한 준비)

스스로 지키려는 안전 문화 확립
공자가 죽어야 원자력이 산다.
(나라와 회사에 대한 충성이 아니라
안전에 대한 충성이 필요)

원자력 안전 규제 조직에 대한
진지한 고민이 필요한 시기

15

국회의원 허성무 서울대학교 원자력정책센터 포스코에너지

수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

끝내며.....

미래는 산업 경쟁력 회복에 달려 있으며,
원자력 산업은 이를 위한 출발점이다.

감사합니다.

국회의원 허성무 서울대학교 원자력정책센터 포스코에너지

NOTE

패널



지자체 민간기업에 의한 수소전용원전 프로젝트

박기철

한국원자력산업환경진흥협회 이사장

parkkc1103@naver.com



국회의원 허성무



서울대학교 원자력정책센터
SNU Nuclear Energy Policy Center

포스코홀딩스

지자체 민간기업에 의한 수소전용원전 프로젝트

2025. 7. 2.

박기철 한국원자력산업환경진흥협회 이사장

parkkc1103@naver.com



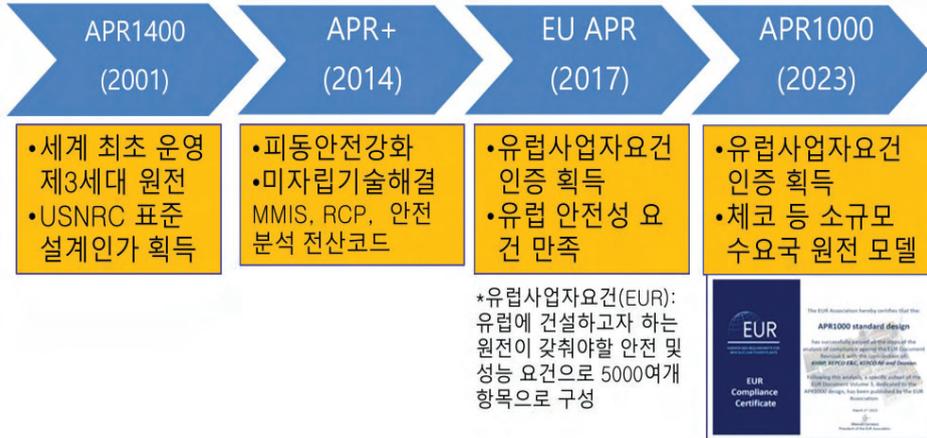
CONTENTS

- I. 한국 원전 발전경위 및 현황
- II. 대형 원전(APR1400) 활용모델
- III. 수소전용원전 프로젝트(제안)
 - 가. 사업추진방식
 - 나. 사업추진 당위성
 - 다. 예상 효과
 - 라. 대 정부 협조 사항



I. 한국 원전 발전 경위 및 현황

- 국내 원전 개발은 기술도입기를 거쳐 지속적, 선제적 기술개발 노력으로 설계, 제작, 건설, 운영 전반에 완전한 기술자립 달성.



- 자유진영 최고 수준의 공급능력과 인프라를 갖추고 있으며 2000년 이후 국내,외에 16기 원전 건설 완료 (On Time, On Budget, High Quality)
- 탈원전 정책 등 과다규제로 최근 건설중인 원전 효율성 급감

3

II. 대형 원전(APR1400) 활용 모델

- APR1400 x 2기 기준
 - 11조원, 초기 138 개월 ~ 108 개월 건설기간 소요(개선 가능/참고)
- 활용 다양화 가능
 1. 발전 전용 원자로 → 한전에 전기공급 (55원/kWh : 판매가 > 150원/Kwe)
 2. 청정수소 생산전용로 (CFE100 가능): 650톤/일/기 x 2 기 → 1300 톤/일
→ 42만톤/년(원전 가동율 90% 가정)
 3. 수소생산 병행로 : 전기 공급 + 수소생산 (자동 주파수 제어 채택)
 - Grid 용량이 적은 국가에 적합한 개발 모델 (IP 고려)

4

※ 참고 / 원전건설 프로세스

□ 원전건설 프로세스(APR1400 기준)

| | 건설준비 | 토목공사 | 구조물공사 | 기전공사 | 시운전 |
|-------------|--|---|---|---|--|
| 기간 | 63 개월 | 20 개월 | 20 개월 | 20개월 | 15 개월 |
| 수행업무 | <ul style="list-style-type: none"> 환경영향평가 주민설명회 문화재조사 용지매수 / 보상 주민이주 주요 계약 체결 | <ul style="list-style-type: none"> 부지정지 기초굴착공사 수중취배수공사 | <ul style="list-style-type: none"> 원자로건물 축조 보조건물 축조 복합건물 축조 터빈건물 축조 기타 건물 축조 | <ul style="list-style-type: none"> 원자로, 터빈/발전기 설치 기계설비 설치 전기설비 설치 계측설비 설치 | <ul style="list-style-type: none"> 상온수압시험 고온기능시험 연료장전 노물리시험 출력상승시험 상업운전 개시 마감공사 |

건설 기본계획 (M-138) → 건설준비 (발전사업허가 [산자부]) → 토목공사 (부지정지 M-75, 기초굴착 M-65, 실시계획 [산자부]) → 구조물공사 (최초 콘크리트 M-55, 건설허가 [원안위]) → 기전공사 (원자로 설치 M-35) → 시운전 (상온수압시험 M-15, 연료장전 M-7, 운영허가 [원안위]) → 준공 (M+0)

- 원전 도입국에 있어 건설비 및 건설기간은 사업자 선정의 가장 중요한 요소임(지금까지는 우리나라가 최저단가, 최단기간 건설실적 보유)
- 신규 원전 도입국가: 10년 이내 건설기간 요구 (공정 개선 필요)

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

가. 사업추진방식(현재)

- 사업주체 : 한수원(정부)
- 사업내용 : 2800MWe + 송전망
- 사업기간 : 6년 ~ 10년(부지 확보 및 정지 기간 별도)
- 사업비용 : 11조원 (한수원이 재원 조달)
- 사업추진방법 : 한수원 주도 건설, 운영
- 경제성 : 50~60원/KWh 수준의 발전원가
- 이익: 한전 구매가 기준 1100억 원/년

❖ 특성

- 국가 전원 구성 계획에 따라 건설 기수 제한.
- 공공기관에 의한 사업추진으로 정부 정책(탈원전) 영향 심대.
- 신규 송배전망 건설 난항.
- 에너지 안보 (50원/KWh)에 절대 기여하고 있으나 국민체감도 미미.

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

사업추진 방식(제안)

- 사업방식 : 지자체 + 민간기업 (이하 SPC)에 의한 수소 전용 원자로 사업
- 사업주체 : SPC
- 사업내용 : 2800MWe + 1300톤/일 그린수소 생산
- 사업기간 : 현 발전용 원전 APR1400과 동일
- 추진 방법 : 수소생산설비 병행 건설
 - .수소생산시설 - SPC 주도
 - . 수소생산시설 이외 저장,운송,활용, 판매는 민간기업에 Open.
 - .지자체(복수가능)/ 총 600만㎡ 부지 확보 필요
 - APR1400 10기, (초기 2기 120만㎡)
 - .수소 생산 시설 및 산업단지 300만㎡ (초기 150만㎡)
- 사업비용 : 13조원 (재원조달 SPC)
- 경제성 : 최소 3000억원/년 수익 (현 인프라 기준)

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

사업 추진 방식

●특징

- 한수원의 SPC 참여 및 Semi-Turn Key 계약에 의한 건설주도 및 원전 위탁운영.
- SPC는 PM조직을 가동 2차계통, 수소생산시설 EPC를 담당
- 지자체가 참여하는 민간자본 주도 사업으로 시장수요 및 경제성 확보시 사업 연속성 필연
- 송전망 불필요/한전 요청시 주파수 제어 방식으로 grid 제어에 참여
- 지자체와 기업의 이익 실현으로 실질적 원전 우호 세력 증대
- 국가 에너지 자립 및 NDC 달성 기여/국제수지 건전화에 기여
- 수소전용로프로젝트 IP 추진/ AI 적용, 모듈화 확대로 세계 시장 석권



Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

나. 사업추진 당위성

❖ 수소 생산 기술 현황

1. 100% 효율 경우 = 39.4 KWH/kg

2. 현재 기술 수준 : 45~50 KWH/kg (PEM 83%, 47.5 kwh/kg),
(에너지기술연구원, 84%, 47 kWh/kg, 2021.06)

3. 세계 최고 효율: 95%, 98%까지 달성 (시험실 규모), 41.5~40.2 kWh/kg

4. 가정 효율: 수소 1 kg 생산에 약 50 kWh 에너지 필요 (약 78.8%효율)

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

예상수요

- EU: '30년 수소 소비량 목표를 4배로 대폭 상향 (500만톤 → 2,000만톤, '22.3)
- 한국: 수소 사용은 '50년 2,790만톤으로 증가 (2,290만톤 해외 도입 예정)
- 세계: 2050년 세계 수소 소비량 5억4600만톤으로 추산 → 132억6천만배럴의 석유를 대체하는 규모로, 전세계 에너지 수요의 20%에 육박
- 수소시장은 '50년까지 연간 약 2700조원 규모로 성장 예측
 - * '50년 수소 사용량이 2.5억톤일 때 유관 시장을 연 2조 610억 달러로 전망(딜로이트)

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

경제성 비교

발전원별 수소 생산비용

| 발전방법 | 발전단가(비용) (원/kWh) | 수소생산단가 (원/kg) |
|------------|---------------------|-------------------------|
| 태양광 | 94 ~107.82 | 약 5000~9100 |
| 풍력 | 122.62~150 | 약 7500~8900 |
| 대형원전 | 59~62.6 | 약 3000~4000 |
| SMR FOAK** | 186 | 9300 정도 |
| SMR NOAK** | 약 60? | |
| *부생수소 | | 약 2500원/kg (탄소세 포함) |
| *천연가스 개질 | | 약 3500 원/kg (탄소세 포함) |

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

경제성 비교

APR1400: 전기와 수소 생산 비교

| 사용용도 | 초기투자비용 | 생산단가(비용) | 생산비용(년) | 판매단가 | 년 매출 | 수익 |
|-------------------|--------|------------|----------|-----------|---------|-----------|
| 발전용 원전* | 약 11조원 | 약 50 원/kWh | 1.1088조원 | 약 55원/kWh | 1.22조원 | 1108 억원/년 |
| 수소생산용 원전 + 수소생산설비 | 약 13조원 | 약 3100원/kg | 1.375조원 | 3900원/kg | 1.730조원 | 3550 억원/년 |

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

법규 및 정부 정책 검토

■ 법규

- ▶ 전기사업법, 원자력법, 기타 국내 법규에 따르면 원자력발전소 건설에 대한 민간기업간 또는 지자체+공기업+민간기업 간 투자 및 지분 구성에 대한 제한 요건 없음
- ▶ 안전성이 입증된 대형 원전이 SMR처럼 자가발전사업에 참여할 수 있도록 관련법 개정
- ▶ 수소경제 육성 및 수소 안전관리에 관한 법률에 따르면 수소생산에 대한 민간기업간 또는 지자체+공기업+민간기업 간 투자 및 지분 구성에 대한 제한 요건
- ▶ 수소생산시설관련 안전 규제사항 상세 검토 필요

■ 국가 기본계획

- ▶ 정책목표: 수소경제 이행 기본계획

■ 전력수급기본계획에 미포함 (수소 생산용 원전으로 전원계획에 불포함)

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

다. 예상 효과 필요성

| | |
|--------------|---|
| 수소경제 | 에너지수입 대폭 감소 - 경상수지 회복에 크게 기여 |
| 원전수출활성화 | 세계 최초의 대규모 원자력수소(청정수소) 생산모델 해외수출 원전 수출의 프론티어 역할 원자력수소 생산시설 수출의 세계적인 메카로 부상 |
| 일자리 창출 | 대형 장기적인 인프라 사업을 통해 많은 일자리 창출 효과 - 경제 활성화 (건설, 플랜트, 송배전, 물류, 저장, 부품 및 연관산업 대규모 일자리 창출) |
| 신재생 확대정책에 기여 | 경제성 있는 무탄소 수소연료전지 발전소 확대로 송전선 문제 해결 및 분산형 신재생 확대 정책에 기여 |

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

다. 예상 효과 정부

| | |
|--------------------------|--|
| 환경보호 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 정부의 녹색성장 정책에 기여 ▶ 수소 경제 → 탈탄소 또는 탄소중립 사회로 가는 길 ▶ 세계 기후변화 대처에 동참 |
| 원전 및 수소 경제 증흥 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 현정부의 원전증흥 및 수소경제의 실질적 성공 아이콘 ▶ 에너지수입 대폭 감소 - 경상수지 회복에 크게 기여 |
| 고용 확대 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 대형,장기간인 인프라 사업을 통해 많은 일자리 창출 (건설, 플랜트, 송배전, 물류, 저장, 부품 및 연관산업의 대규모 일자리) |
| 신규 산업 육성 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 대규모 수소생산 사업에 따른 신규산업 육성 ▶ 경제성 있는 무탄소 수소연료전지 발전소 확대로 송전선 문제 해결 및 분산형 신재생 확대 정책에 기여 |
| 해외 원전/수소생산 수출 활성화 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 대규모 수소 생산업 및 원전 융합사업 해외 진출의 국가경쟁력 확보 ▶ 원자력수소(청정수소) 생산 플랜트 해외수출 사업화 모델 |

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

다. 예상 효과 지자체

| | |
|-------------------|---|
| 법적 지원금 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ APR1400 + 수소 생산시설 건설 운영으로 프로젝트에 대한 사업 안정성 보증으로 희망 지자체 및 SPC 참여 민간기업 발굴 지원 |
| 이익 공유제 실시 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 유치지역 산업단지 자체 전력 공급 허용 등 산업단지 조기 구축 ▶ 수소생산전용로 운영수익의 일정 부분을 지역주민과 공유 - 복지시설 유치, 지역연금제도 실시 등 ▶ 기타 주민 이익사업관련시설 설치 및 운영 (예: 중입자 암 치료기) |
| 소득 및 고용 확대 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 원전부지를 민자형태로 추진, 대규모생산시설도 인근에 건설 운영기간 중 매년 배당 수입 ▶ 건설 연인원 약 600만명, 운영 상주인원 3,000명/일 ▶ 직원 채용 및 관련 기업 설립 시 지자체 주민 우대 |
| 관련 시설 유치 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 민자원전수소회사 (SPC) 본사 유치 ▶ 시설 관련 지원업체 유치 (원전 및 수소 관련 산업단지 조성) ▶ 규모의 경제 달성으로 수소생산단지 조성 ▶ 원자력/수소 관련시설 유치 우선권 확보 (연구시설 등) |

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

다. 예상 효과 민간기업

| | |
|--------------------------------|---|
| 민간 투자 활성화 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 정부의 녹색성장 및 전력수급 안정에 민간 자본 투자 ▶ 민간기업 협력체제로 안정적 투자 (대규모 해외 자본 유치) |
| 원전 사업 역량 확대 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 민간기업의 원전사업 수행 범위 및 역량 확대 ▶ 원전기술 저변 확대, 원전 인력 양성에 민간기업 참여 |
| 신 사업 분야 역량 확대 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 민간기업의 대규모 수소생산 기술 개발 ▶ 민간기업 합동 체제 및 신규 분야에 적용, 수소생산기지 제고 ▶ 수소 생산/저장/유통 기술축적 및 선진화 |
| 해외 원전/수소생산 진출 역량 확보 | <ul style="list-style-type: none"> ▶ 해외 원전 시장의 프로젝트 파이낸싱 요구 Trend에 맞는 원전 수주 Global 경쟁력 배양 (IP 획득 고려) ▶ 민간기업의 대규모 수소 생산업 및 원전융합사업 해외 진출 (새로운 해외시장 개척 및 주도) |

Ⅲ. 수소전용원전 프로젝트(제안)

라. 대 정부 협조 사항

| |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ➢ 수소생산 전용로 추진에 필요한 관련 법안 개정 ➢ 한수원의 국내 Turn-key 계약 체결 허용 ➢ 인허가를 포함한 절차적 장애요인 선도적 해결 ➢ 유치지역 민원 및 관련 대 정부 인허가 업무 지원 ➢ 유치지역 산업단지 자체전력공급 허용 ➢ 정부관련기관(산업통상자원부 등) 지원 조직 구축 |
|--|

수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

감사합니다.



패널



원전사업 민간참여 활성화를 위한 제도수립 방안

이종호

서울대학교 원자핵공학과 객원교수

jhlee6108@snu.ac.kr



원전사업 민간참여 활성화 를 위한 제도수립 방안

2025. 7. 2.

이종호 서울대학교 원자핵공학과 객원교수
jhlee6108@snu.ac.kr

1

CONTENTS

- I. 전력시장의 변화
- II. 현행 원전사업관련 제도
- III. 민간참여 형태 및 제도 개선방안

2

전력시장의 변화 : 더 이상 저렴하지 않은 전기요금

그림. 최근 전력요금의 변화(2024년: 평균치 기준)

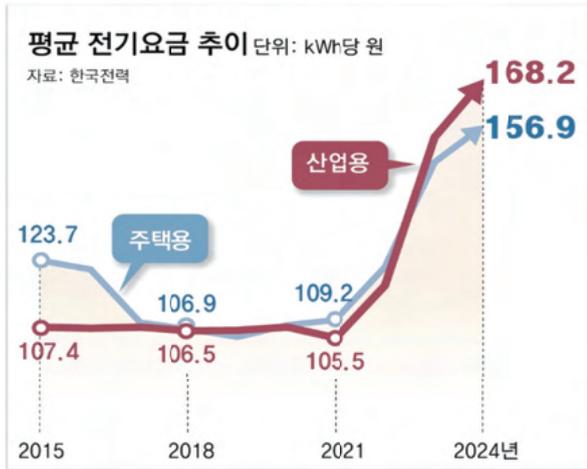
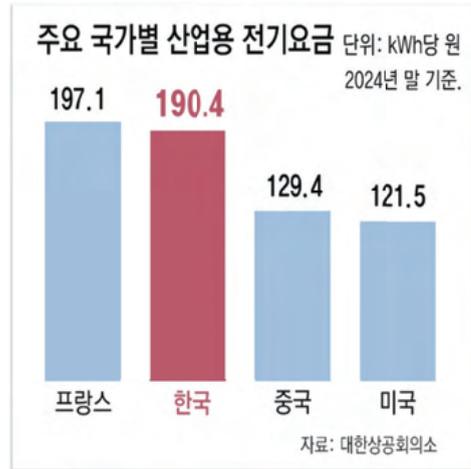


그림. 전력요금 비교(2024년말 기준)



3

전력시장의 변화 : 경쟁국보다 비싼 산업용 전기요금

- 미국은 물론 수력, 원자력이 풍부한 유럽의 국가들 (프랑스, 핀란드, 스위스) 보다 산업용 전력요금이 높거나 비슷한 수준임
 - 무탄소전원(원전, 수력)이 풍부한 나라가 상대적으로 전력요금 저렴하며 에너지전환에 따른 비용 증가도 낮음
 - 변동성 재생에너지가 주력이 국가의 전력 요금은 상대적으로 높음 (덴마크, 스페인, 독일, 이태리, 영국)

그림 주요국 주택용 전기요금 (\$/MWh)

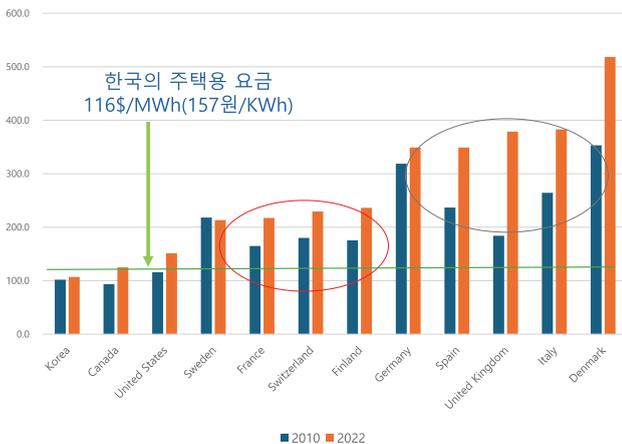
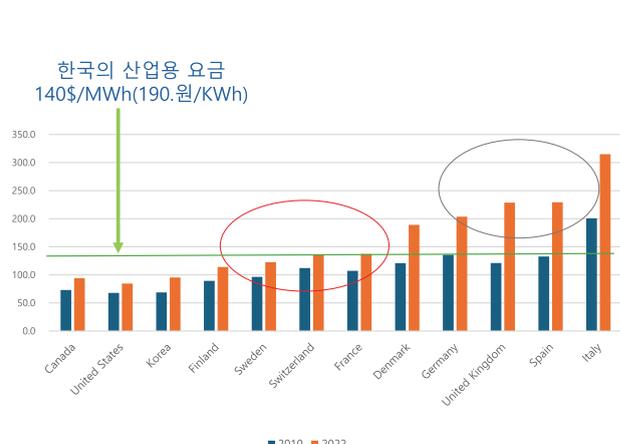


그림. 주요국 산업용 전기요금 (\$/MWh)



4

전력시장의 변화 : 기업에 미치는 영향

코레일의 전력구입비용 및 매출액대비(%)



| 연도 | 매출액 (조원) | 전기료 (억원) | 매출액 대비 (%) |
|------|----------|----------|------------|
| 2020 | 4.96 | 3639 | 7.3 |
| 2021 | 5.76 | 3687 | 6.4 |
| 2022 | 6.20 | 4272 | 6.9 |
| 2023 | 6.37 | 5329 | 8.4 |
| 2024 | 6.52 | 5796 | 8.9 |

전력도매시장에 진출하려는 코레일



재생에너지 증가는 요금상승으로

- ◆ 재생에너지 비중이 증가하면 전력생산 단가는 상승할 수 밖에 없음
 - 2050년 재생에너지 비중을 30%까지 증가 : 발전단가 41% 증가
 - 2050년 재생에너지 비중을 50%까지 증가 : 발전단가 89% 증가

그림. 시나리오별 연간 발전비용 전망

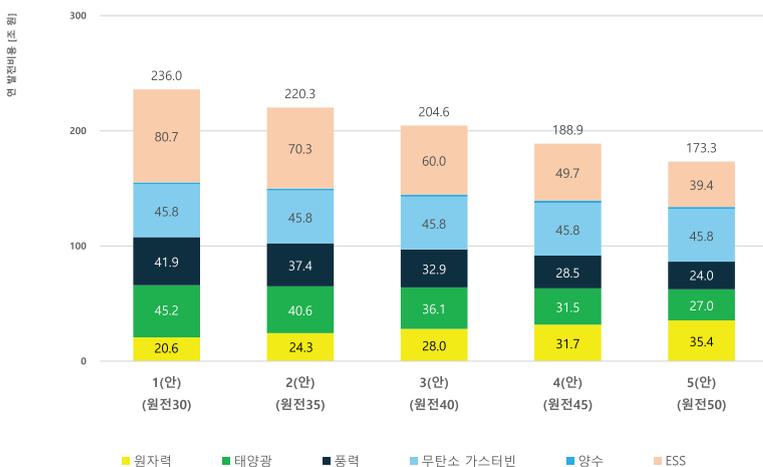
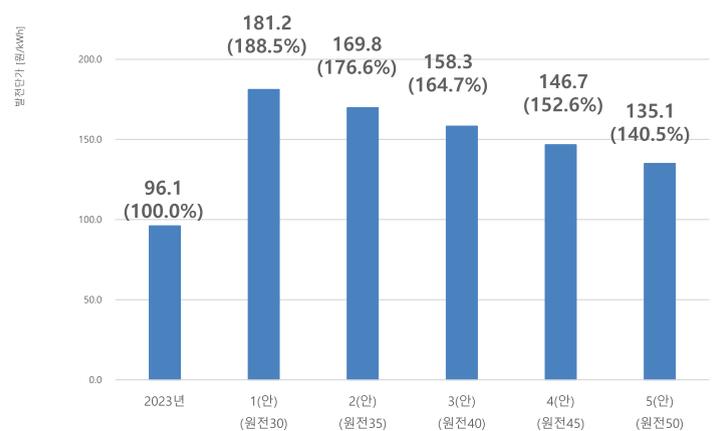


그림. 시나리오별 발전단가 전망



재생에너지 확대 시 그리드 운영비 증가

그림. 2050 탄소중립 시나리오 분석

● 재생에너지 비중 증가 시 에너지 저장 등 그리드 운영비 대폭 증가

- 재생에너지 비용 증가보다 BESS 비용 증가가 더 큼
- 재생에너지 발전비용과 대등한 에너지저장장치(BESS) 운영비

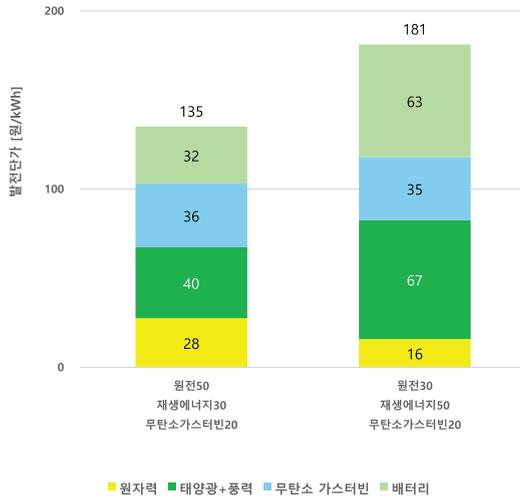
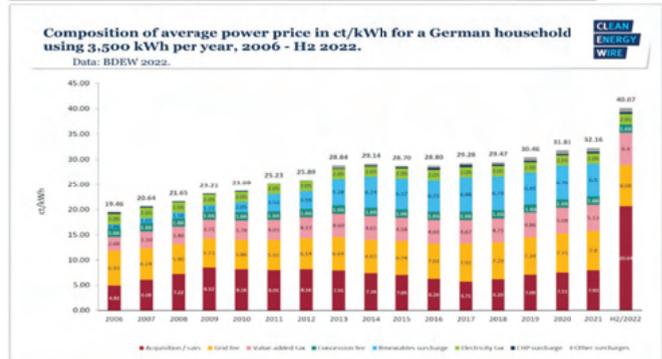
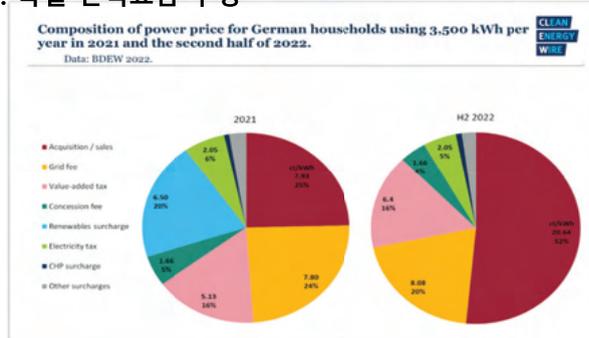


그림. 독일 전력요금 구성



7

원전 관련 법제화 현황

SMR 직거래 : 아직 세부규정은 미비

- 분산에너지 활성화 특별법에 따라 모듈당 500MW 이하의 중소형원전은 분산에너지특화지역 안에서 직거래 허용
 - 분산에너지 활성화 특별법 제2조(정의), 제43조 (분산에너지사업자와 전기판매사업자의 전력거래) 및 특별법 시행령, 제3조 (중소형 원자력 발전사업의 범위)에 법제화

대형원전 직거래 : 장관승인 사항

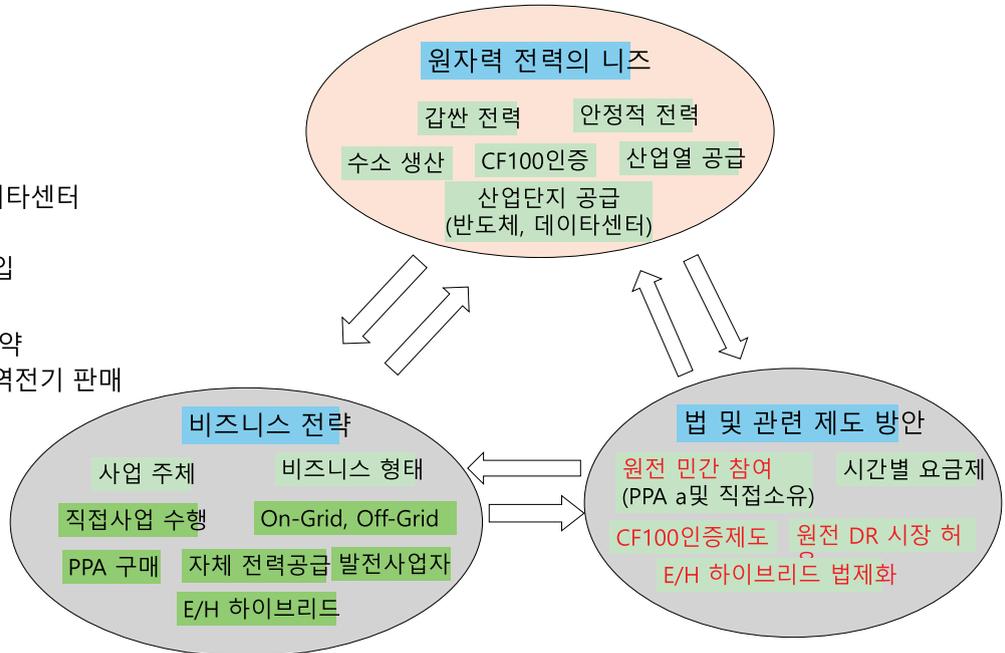
- 전기사업법 제32조에 일정규모 이상의 전기사용자에게는 직접구매가 허용될 수 있으나 산업부장관의 승인 필요
 - 전기사업법 제32조(전력의 직접 구매) 및 제43조(전력시장운영규칙) ② 항에 따라 산업통상자원부장관의 승인 시 가능
- 전기사업법 제16조의5(재생에너지전기공급사업자 등의 전기공급) ② 항의 송전제약발생지역 전기공급사업자에 대한 예외규정으로 직거래 가능
 - 이 경우도 세부사항은 산업통상자원부장관이 정함

8

원자력전력의 니즈, 비즈니스 형태 및 제도 개선방안

□ 비즈니스 형태

- 대형원전/ SMR
 - 기저부하 원전 or 분산형 전원
- 대형 수요자 : 수소생산, 반도체, 데이터센터
 - 직접 운영(off-grid 또는 on-grid)
 - 대형발전사로부터 PPA를 통한 구입
- 다수(집단) 수요자
 - 공동 투자로 발전사설립 및 PPA 계약
 - 인프라펀드가 발전사 운영하여 구역전기 판매
- E/H 하이브리드 사업
 - 직접 원전 소유
 - DR 시장 활용 등



9

맺음말

- ◆ 기후변화, 탄소중립은 새로운 체계의 에너지·전력 시장을 요구
- ◆ 안정적이고 경제적인 전력의 공급은 기업의 사활이 걸린 시급한 문제
- ◆ 이제 공공(정부)이 값싸고 안정적인 전력 공급을 책임지던 시대는 지남
- ◆ 산업 주체들이 각자의 니즈에 부합하는 다양한 원전사업 모델을 제시해야 함
- ◆ 원전 비즈니스 법제화를 위해 정부와의 긴밀한 협력과 국민과 컨센서스 필요

10

수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

감사합니다.



패널



미국의 원전 활용 사례를 통한 시사점

김택동

한국수력원자력 전략경영단 원자력정책실장

invinc97@khnp.co.kr



수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

미국의 원전 활용 사례를 통한 시사점

2025. 7. 2.

김택동 한국수력원자력 전략경영단 원자력정책실장
invinc97@khnp.co.kr



국회의원 허성무 서울대학교 원자핵융합연구소 포스코홀딩스

미국 원전 투자 동향

“ 원전 없이는 AI 못한다 ”

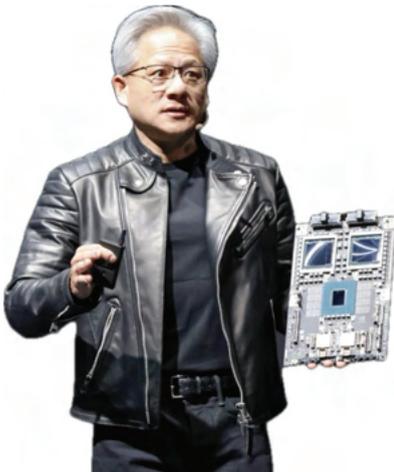
“ It's IMPOSSIBLE to win the AI race without nuclear energy ”

젠슨 황
NVIDIA CEO

“ 데이터센터 수익성에
있어 전력이 핵심 ”

“ Electricity is the key input for
deciding whether a data center
will be profitable ”

빌 게이츠
前 Microsoft CEO



Nvidia Backs \$650 Million Capital Raise for Bill Gates' Nuclear Tech Company TerraPower

Emanuela Hawker | June 19, 2025

Nuclear technology company TerraPower announced the closing of a funding round which raised \$650 million, securing investment from a mix of existing and new backers, including NVentures, the venture capital arm of NVIDIA.

This is a significant milestone for the U.S.-based nuclear innovation company – which was founded by Microsoft's Bill Gates, who currently serves as Chairman of the Board – as it looks to capitalize on mounting domestic support for the clean energy technology.



이미지 출처: 이디오그램 생성

1

* 출처 : 자유일보(2024.3) 조선일보, Aimatters, ESG today 기사(2025.6)

국회의원 허성무 서울대학교 원자핵융합연구소 포스코홀딩스

AI Data Center 원전활용의 세가지 방식

PPA

- 835MW
20년간
TMI 1호기('24.9)
- 500MW
20년간
SMR 전력('24.10)
- 1,920MW
'42년까지
Susquehanna('25.6)
- 1,100MW
20년간
Clinton Clean Energy('25.6)

직접 투자

- \$10억
'08설립
- 8.2%
'14~투자
- \$1억
'24.10
- \$5억
'24.10

Co-location

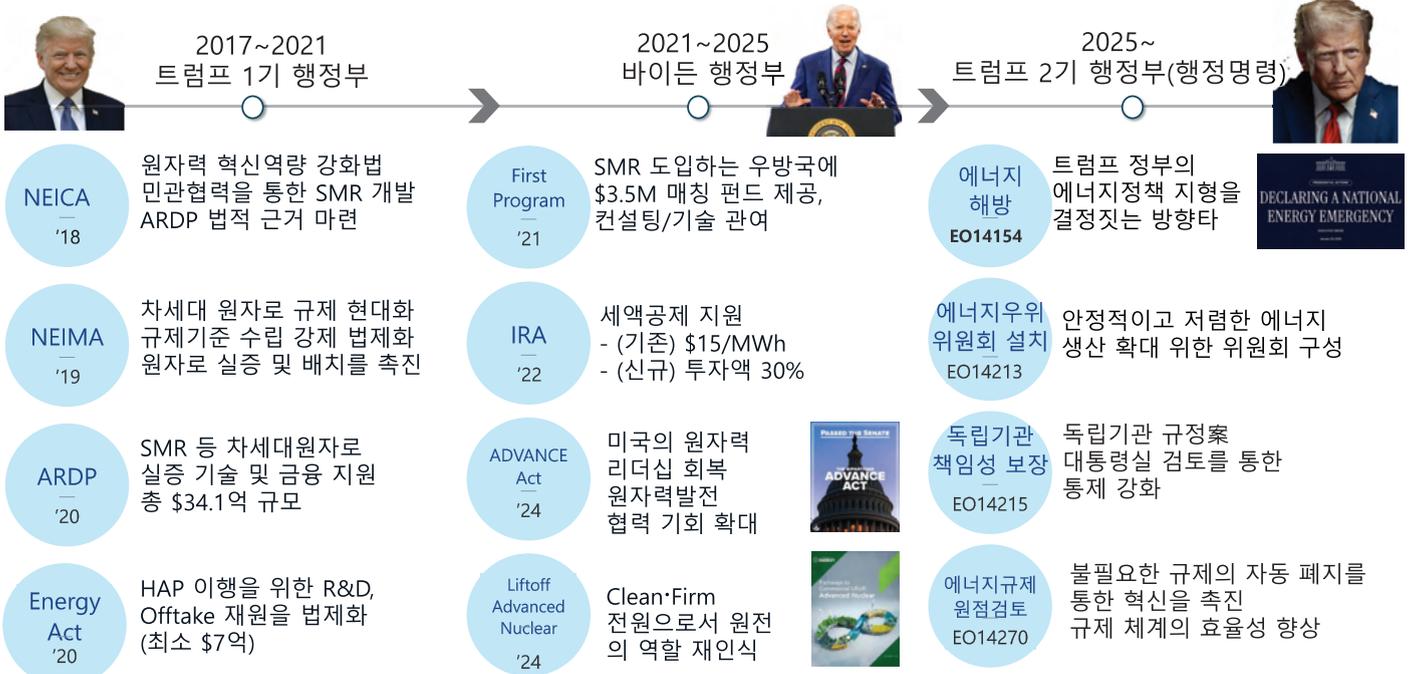
- Susquehanna 원전 인근 DC 3개소 전력공급
- 버지니아주 DC 인근 SMR 300MW 건설
- 오하이오, 펜실베이니아 DC 클러스터 인근 SMR 24기 건설

Data Center 전력수요 → 대용량, Firm & Clean 원전 전력

미국 원전 PPA 주요사례

| 구분 | Susquehanna 원전 | TMI 1호기 | Palisade 원전 |
|--------|---|--|--|
| 계약사 | | | |
| 전력공급계약 | '42년까지 1,920MW 공급('25.6) | 20년간 835MW 공급('24.9) | 10년 이상, 생산전력 2/3 공급('23.9) *Palisade 원전 용량(850MW) |
| 운전 현황 | 운영 중 | 정지 *영구정지신고('19.9), 운영만료예정('34.4) | 정지 *영구정지신고('22.5), 운영만료예정('31.3) |
| 진행 현황 | DC \$6.5억 인수, PPA 체결('24.3) 기존의 PPA 확대('25.6) *원전 출력 증대 및 SMR건설 내용 추가 | 재가동 인허가 취득예정('27) *재가동계획 제출(NRC, '24.11) 비상대응계획 제출(NRC, '25.2) | 재가동 인허가 심사 중 *신청(NRC, '23.10) |
| 전력공급목표 | 2026년 | 2027년 *설비개선 약 \$16억 투자 | 2025.11월 *미시건주 지원 \$1.5억 정부\$15.2억 규모 대출 보증 승인 |

미국의 원자력 산업 재건을 위한 노력

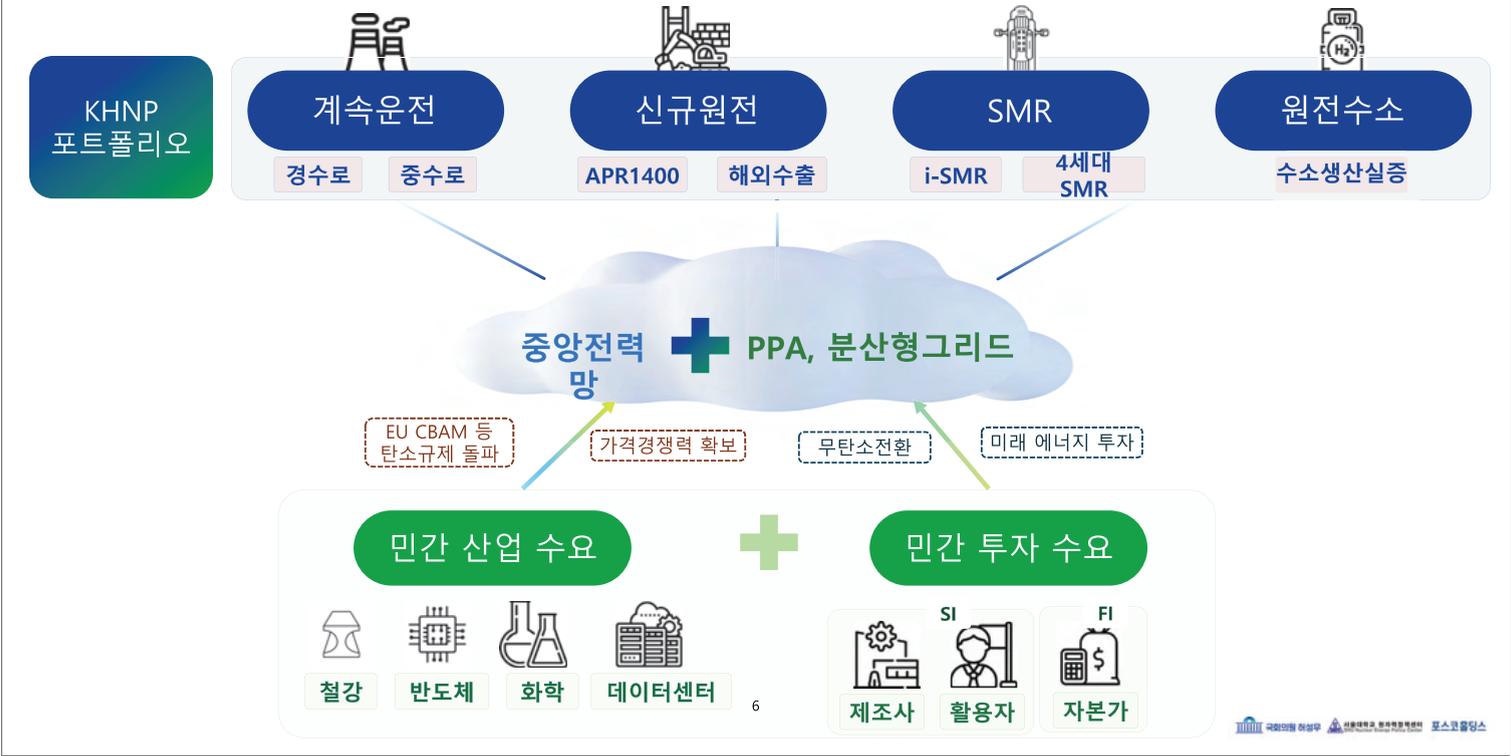


지금까지의 한수원-기업 협력 사례



원전의 Value Chain 협력사례 위주 → 미국 사례와 같이, 원전 PPA 등을 활용한 원전과 산업의 보다 유기적인 협력 모델 필요

국내 산업의 원전 수요와 활용 전망

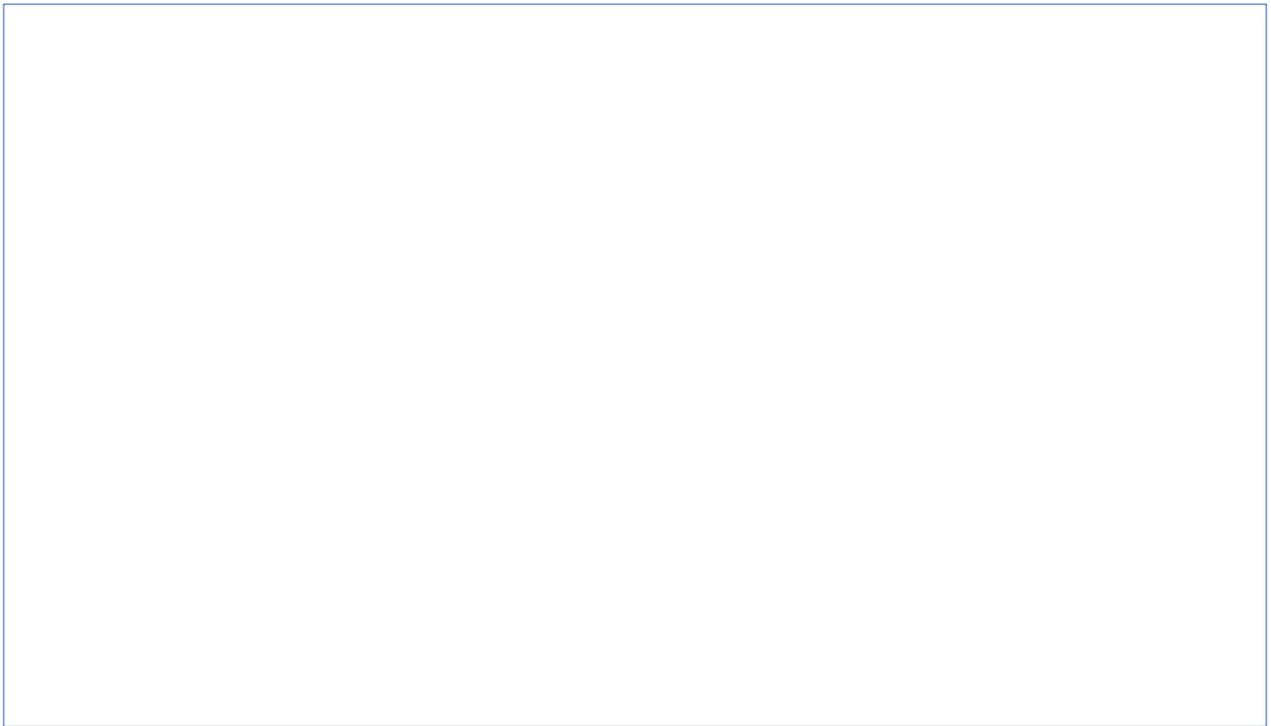


수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회

감사합니다.



NOTE



패널



데이터센터와 원자력의 역할

채효근

한국데이터센터연합회 전무

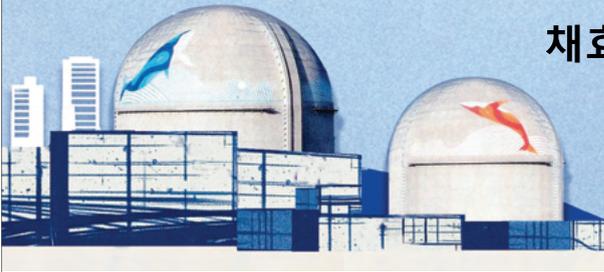
hkchai@kdcc.or.kr



데이터센터와 원자력의 역할

2025. 7. 2.

채효근 한국데이터센터연합회 전무
hkchai@kdcc.or.kr



CONTENTS

- I. 원자력 관련 RE100 인정 조건
- II. 원자력 활용 데이터센터 사례
- III. 관련 국내외 정책제도
- IV. SMR & 데이터센터 정보



데이터센터와 무탄소 에너지

- AI 및 디지털 전환 가속화 → 데이터센터 전력 수요 폭증
- 24시간 안정적·대규모 전력 필수 -> 기존 전력 공급 시스템에 부담 가중

- 글로벌 기업의 ESG 및 탄소중립 경영 강화
 - 사용 전력의 '재생에너지' 또는 '무탄소 에너지' 조달 강력 요구
 - 기업의 지속 가능성 및 글로벌 경쟁력 핵심 요소
 - 데이터센터 전력 조달 = ESG 및 탄소배출 감축의 핵심
- 대규모 전력 소비 → 기업 탄소 발자국에 영향
 - 글로벌 사업자/대기업에 '무탄소 전력원' 확보 중요
- 원자력 등 안정적 무탄소 전원 재조명
 - 재생에너지의 한계 (간헐성) 극복 필요
 - 원자력의 안정성 및 무탄소 특성 부각 (CFE(Carbon-Free Energy), EU 택소노미(EU Taxonomy) 등)

RE100 기준 내 원자력 인정 여부

RE100이란?

- 기업들이 전력의 100%를 재생에너지로 조달하겠다는 글로벌 캠페인
- 재생에너지는 태양광, 풍력, 수력, 지열, 바이오매스 등을 의미
- 원자력은 재생에너지로 간주되지 않으며, RE100 전력 사용 실적으로 인정되지 않음



원자력이 인정되는 별도 국제 프레임워크는?

| 프레임워크 | 원자력 인정 여부 | 특징 |
|---|-----------|--|
| EU 택소노미 (EU Taxonomy) | ✅ 인정 | 재생에너지는 아니지만 '친환경 투자'에 포함되며, 탄소중립 에너지로 인정 |
| SBTi (Science Based Targets initiative) | ⚠️ 조건부 고려 | 온실가스 감축 산정에는 일부 포함될 수 있지만, 재생에너지 전환 목표에는 포함되지 않음 |
| 24/7 CFE(Carbon-Free Energy) | ✅ 인정 | Google, Microsoft 등이 추진 중이며, 원자력, 수력 등 탄소 배출이 없는 에너지를 24시간 단위로 매칭 Google은 RE100과 24/7 CFE를 병행 추진하며, CFE에서는 원자력 사용을 허용 |

RE100 기준 내 원자력 인정 여부

| 구분 | 원자력 인정 여부 | 비고 |
|----------------------------------|--------------|---------------|
| RE100 (글로벌) | ❌ 불인정 | 재생에너지만 인정 |
| K-RE100 (국내) | ❌ 불인정 | 글로벌 기준 동일 적용 |
| EU 택소노미 | ⊙ 친환경 투자로 인정 | 탄소중립 목적 한정 |
| SBTi (EU Taxonomy) | ⚠️ 제한적 고려 | 온실가스 감축 통계용 |
| 24/7 CFE (Carbon-Free Energy) | ⊙ 인정 | Google 등에서 활용 |

- K-RE100은 구조적으로 글로벌 RE100과 동일 기준을 따르며, 재생에너지 전력만 인정 <https://k-re100.or.kr/>
- K-RE100도 동일한 재생에너지 기준(핵섀프림이징, REC, PPA, 자기설비 등)을 따름 veolia.kr+7knrec.or.kr+7blog.naver.com+7
- "CF100" 등의 용어로 원자력 인정 제안을 논의는 있으나, 이는 RE100을 대체하거나 확대하는 공식 제도는 아님 myhwo.co.kr

K-RE100 (한국형 RE100):

- 국제 RE100과 동일한 기준
- 따라서 원자력은 K-RE100 사용 실적으로 인정되지 않음

- 다만 국내에서는 탄소중립 이행 지원 관점에서 "보완 제도" 를 논의
- 산업통상자원부와 에너지공단에서 넷제로(Net-Zero) 인증 체계, CFE/탄소중립 에너지 인정 범위 확대 등이 논의

- 데이터센터나 산업시설이 RE100과 별도로 '탄소중립(CF100)' 트랙 또는 24/7 CFE 트랙을 활용하는 이유

- RE100을 그대로 따를 경우 원자력은 제외되지만, 병행 전략(CFE, SBTi 보고 등)을 활용하면 실질적인 인정 및 보고 가능성을 확보 가능

원자력 활용 데이터센터 해외 사례

해외 사례 – 원자력 데이터센터

Microsoft × ThreeMileIsland 재가동

- Microsoft는 Three Mile Island 원자로 재가동(2028 완료 예정)과 20년 PPA를 체결

메타(Meta)

- 미국 일리노이주의 클린턴 원전에서 1121메가와트(MW) 전력을 20년간 구매하는 계약 체결

아마존(AWS) (Amazon Web Services)

- 소형 모듈 원자로(SMR) 개발을 위해 X-Energy에 5억 달러 투자

구글(Google)

- 2035년까지 SMR 배치를 목표로 Kairos Power와 협력

미국 – 펜실베이니아주 서스케하나(Susquehanna)

원전 + AWS 데이터센터

- 미국 펜실베이니아 Susquehanna 원전 인근에 지어진 Cumulus Data의 48MW 데이터센터 캠퍼스는 원자력과의 직접 연결 형태로 구성. 이 캠퍼스는 AWS에 매각됨

- 대형 원전과 근접한 colocated data center의 대표 사례.

- Microsoft는 Three Mile Island 원자로 재가동(2028 완료 예정)과 20년 PPA를 체결
- datacenterfrontier.com+1en.wikipedia.org+1
- 미국 – Susquehanna 원전 + AWS 데이터센터
- datacenterfrontier.com+1en.wikipedia.org+1

국내외 정책 및 동향

해외 정책 및 동향

● 미국 백악관 과학기술정책실 (OSTP: Office of Science and Technology Policy)

SMR 및 원자력 전력을 **데이터센터용 '클린·신뢰전력**'으로 인정, 적극 지원 의사 표명

● 미국 의회 청문회 (2025년 6월)

양당 의원이 AI 데이터센터 전력에 대해 원자력 인정·면제 규제·부지지원 요청, 연방 인허가 간소화 필요성 강조

● CERAWEEK 리포트 (2025.3)

SMR 상용화 지연에도 불구하고, AI-데이터센터 전력 수요 상승이 핵심 촉매, 러시아·중국은 정부 주도 개발 중

● DOE (Department of Energy): 미국 에너지부

AI용 데이터센터를 위한 연방 부지(로렌스·새키엔·오크리지 등) 개발 촉진, 원자력 포함

● 빅테크 서약 (2025.3)

빅테크 기업들(Amazon, Google, Meta 등)이 "2050년까지 핵에너지 3배 확대" 서약에 동참'

-> 2023년 유엔 기후변화회의(COP28)에서 미국 등 30여 개국이 "2050년까지 원자력 용량을 3배 확대"하겠다고 선언한 '넷제로 뉴클리어 이니셔티브(Net Zero Nuclear Initiative)'의 연장선상

● 영국 소형모듈원자로(SMR) 개발 및 건설 프로젝트 정부 입찰

2025년 2월 GE Hitachi, Rolls-Royce, Holtec 등 4개 설계안 입찰 대상 선정 (최종결정 2029년)

● SMR 및 원자력 전력을 "데이터센터용 '클린·신뢰전력'"으로 인정, 적극 지원 의사 표명
 ● 미국 의회 청문회 (2025년 6월)
 ● CERAWEEK 리포트 (2025.3)
 ● DOE (Department of Energy): 미국 에너지부
 ● 빅테크 서약 (2025.3)
 ● 영국 소형모듈원자로(SMR) 개발 및 건설 프로젝트 정부 입찰

국내외 정책 및 동향

국내 정책 및 동향

i-SMR 프로젝트 (한국수력원자력(KHNP) 주도)

- 2022년 타당성 통과, 2023년 정부 R&D 지원 개시. 2028년 표준설계 인증 목표, 2030년대 상용화 추진
- 2024년 바르셀로나 스마트시티 엑스포에서 i-SMR 기반 Smart Net-Zero City(SSNC) 기술 시연

SMART100 SMR 설계기준 승인

- SMART100(330MWt급 통합형 PWR), 2024년 한국 원안위로부터 표준설계 승인 획득

다수 기관 참여 SMR 얼라이언스

- 2023년 7월, 정부-민간 42개 기관이 참여하는 협력체 구성

대구 SMR 실증 MOU

- 2024년 6월, 한국수력원자력이 대구시와 고도산단 인근 SMR 실증사업 MOU 체결

경북 연구인프라 조성

- 2025년까지 경주에 '문무대왕 과학연구소'(SMR R&D 지원)를 구축할 예정

● '탄소중립 또는 청정에너지' 인증체계 병행 도입 논의:

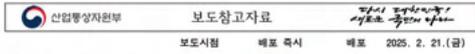
산업통상자원부와 에너지공단은 탄소중립 이행 지원 관점에서 넷제로 인증 체계, CFE(Carbon-Free Energy) / 탄소중립 에너지로서의 인정 범위 확대 등을 논의 중

● 산업통상자원부의 「제11차 전력수급기본계획」 확정

전력수급기본계획은 AI 및 첨단 산업의 전력 수요 급증에 대응하여, 신규 대형 원전 및 SMR 건설을 포함한 원자력 발전의 비중을 크게 확대 / 기존 원전의 계속 운전을 통해 안정적인 무탄소 전력을 공급

● i-SMR 표준설계 (330MW) 승인
 ● 2024년 타당성 통과, 2023년 정부 R&D 지원 개시, 2028년 표준설계 인증 목표, 2030년대 상용화 추진
 ● 2024년 바르셀로나 스마트시티 엑스포에서 i-SMR 기반 Smart Net-Zero City(SSNC) 기술 시연
 ● SMART100 SMR 설계기준 승인
 ● 다수 기관 참여 SMR 얼라이언스
 ● 대구 SMR 실증 MOU
 ● 경북 연구인프라 조성
 ● 2025년까지 경주에 '문무대왕 과학연구소'(SMR R&D 지원)를 구축할 예정

국내외 정책 및 동향



「제11차 전력수급기본계획」 확정

- 무탄소에너지 전환을 위한 에너지 정책 정상화 -
- 원전 생태계 활력 제고 및 재생에너지 정책 추진력 강화 -

산업통상자원부(장관 안덕근)는 제11차 전력수급기본계획을 확정하였다. 수립에 착수한지 1년 8개월만에 11차 전기분이 확정되면서, 무탄소에너지 전환을 위한 정부의 에너지 정책이 정상궤도에 오르고, 민간의 사업계획 불확실성을 해소하는 데에도 기여할 것으로 기대된다.

11차 전기분은 AI와 반도체 등 새롭게 늘어나는 전력수요에 안정적으로 대응하기 위해 원전, 재생에너지, 수소 등 다양한 무탄소전원을 조화롭게 활용하는 내용을 담고 있다. 이번 계획이 확정되면서 신규 대형원전(2기) 및 SMR(1기) 건설로 원전 생태계가 활력을 얻고, '30년까지 연평균 7GW의 재생에너지를 보급하기 위한 다양한 정책 노력에도 추진력이 더해질 것으로 기대된다.

11차 전기분이 확정됨에 따라, 이제 신규 발전설비와 백업설비 확보를 위한 후속절차가 추진될 예정이다. 특히, 신규 원전이 적기에 진입할 수 있도록, 사업자(한수원)가 조속한 시일 내에 부지선정을 위한 절차에 착수할 계획이다. 정부는 신규 열병합발전 확보를 위한 LNG용량시장 본입찰 실시, 배터리저장장치 및 양수발전 등 신규 ESS 사업과 선정, 무탄소 입찰시장 설계 등도 차질없이 추진해나갈 계획이다. 아울러, 전기분 설비계획 등을 기초로 수립되는 후속계획인 "제11차 장기 송·변전 설비계획"(한전)은 올해 상반기, "제16차 장기 천연가스 수급계획"은 하반기 중 수립될 예정이다.

- 「제11차 전력수급기본계획」 확정 보도자료
https://eiec.kdi.re.kr/policy/callDownload.do?num=263534&file_num=1&dtime=20250224153814

● 「제11차 전력수급기본계획」 확정 (2025.2.21, 산업통상자원부)

● 신규 원전 건설

2035~2036년에는 *SMR(소형모듈원자로) 1기 (0.7GW)*의 상용화 실증을 통해 전력 수요를 충당할 계획, SMR은 2030년대 초반 건설 허가 획득을 전제

2037~2038년에는 **대형 원전 2기 (APR1400 기준 2.8GW)**를 반영하여 신규 전력 수요에 대응

● 기존 원전 활용

현재 건설 중인 새울 3·4호기, 신한울 3·4호기 등의 계획과 더불어, 설계 수명이 만료되는 원전의 **계속 운전**을 전제하여 확정 설비 규모가 산정, 이는 기존 원전의 안정적인 운영을 통해 전력 공급을 유지하겠다는 방침

● 발전 비중 확대

2030년에는 원전 발전량이 *204.2 TWh로 전체의 31.8%*를 차지할 것으로 전망

2038년에는 원전 발전량이 더욱 늘어나 **248.3 TWh로 35.2%**의 비중을 차지할 것으로 예상, 이는 무탄소 발전 비중을 70.7%까지 끌어올리는 데 중요 기여 예상

● 향후 추진

신규 원전이 적기에 진입할 수 있도록 한국수력원자력(한수원)이 **부지 선정을 위한 절차에 착수할 계획**

SMR & 데이터센터 정보

주요 글로벌 기업들의 SMR & 데이터센터 정보

해외 주요 사례 (기업/프로젝트 중심)

● 미국

Google-Amazon-Microsoft, SMR-기존 원전 PPA 체결 대체 전력 확보 중
Standard Power는 오하이오-펜실베이니아 등 SMR 다수 배치 계획 발표 (NuScale 기술 기반)

● 캐나다

온타리오주 원전 재개 및 SMR 개발에 정부 지원, AI 데이터센터용 연결 준비 단계

● 유럽

- Last Energy 'Project Quantum': 중대형 데이터센터용 마이크로 원자로 프로젝트로 EU 인더스트리얼 얼라이언스 지원
- RED Engineering: "데이터센터와 SMR 병행 건설이 산업 전환 가능" 보도
- 플랫폼 마켓 보고서: 유럽 내 SMR-데이터센터 co-location 기술 분석

스웨덴 Kärnfull Next – SMR 기반 데이터센터 캠퍼스

● Kärnfull Next는 스웨덴 Nyköping 해안 지역에 SMR 캠퍼스를 구축하여 데이터 센터에 전력을 공급할 계획

● 2030년 완공 예정, Studsvik의 파일 시험로 운영 부지에 병렬 설치 추진

● SMR이 대형 원전이 아닌, 스마트하고 모듈화된 방식으로 데이터센터 전력 수요를 충족할 수 있음.

+ 2025년 1월 16일, 삼성물산은 KNXT와 MOU를 체결

• Google-Amazon-Microsoft, SMR-기존 원전 PPA 체결 대체 전력 확보 중 <https://www.theregister.com/2024/03/27/google-amazon-microsoft-smr-ppa/>
 • Standard Power는 오하이오-펜실베이니아 등 SMR 다수 배치 계획 발표 (NuScale 기술 기반) <https://www.nucleoninsider.com>
 • 온타리오주 원전 재개 및 SMR 개발에 정부 지원, AI 데이터센터용 연결 준비 단계 <https://www.wsj.com/2024/03/27/ontario-nuclear-restart-smr-development-government-support-ai-data-center-connection-preparation/>

주요 글로벌 기업들의 SMR & 데이터센터 정보

| Oracle – Gigawatt급 SMR 데이터센터 |
|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ● Oracle은 SMR 3기를 이용한 1GW 규모 데이터센터 구축 계획 발표 (허가·설계 단계). ● Direct from Oracle CFO/CEO 발표 내용 – SMR 기반 전력으로 대규모 데이터센터 구동 |
| Deep Atomic – MK60 SMR |
| <ul style="list-style-type: none"> ● 스위스 기반 Deep Atomic은 데이터센터의 전력 및 냉각을 동시에 처리할 수 있는 MK60 SMR (60MWe + 60MW 냉각) 설계 발표. ● World Nuclear News 등 보도 |
| 미국 Dominion Energy·NuScale |
| <ul style="list-style-type: none"> ● Dominion Energy는 노스버지니아·애리조나 등지의 SMR 설치를 구상 중이며, NuScale SMR이 데이터센터 전력용으로 언급 중 ● SMR이 300 MW급으로 데이터센터 수요와 매칭 가능하며, 장소 유연성과 안전성도 장점. |

* Last Energy 'Project Quantum': 중대형 데이터센터용 마이크로 원자로 프로젝트로 EU 인더스트리얼 얼라이언스 지원 www.wikipedia.org+1climateaccord.org+1
 * RED Engineering: "데이터센터와 SMR 냉각 건설이 산업 전환 가능" 보도 [neimagazine.com](https://www.neimagazine.com)
 * 플랫폼 마켓 보고서: 유럽 내 SMR-데이터센터 co-location 기술 분석 platform-markets.com

원자력과 지속가능한 미래

- AI 시대, 폭증하는 전력 수요와 데이터센터의 역할 재정립**
 - 인공지능과 디지털 전환 가속화는 전력 수요의 *새로운 패러다임*을 제시.
 - 24시간 안정적·대규모 전력 공급은 국가 경쟁력 및 산업 지속 가능성의 핵심 요소.
 - 데이터센터는 단순한 소비자가 아닌, 미래 에너지 시스템의 핵심 주체로 부상.
- ESG 경영 시대, '무탄소 에너지' 확보는 기업의 필수 과제**
 - RE100을 넘어, CFE/탄소중립 에너지 인정 범위 확대 논의가 글로벌 트렌드.
- 원자력, AI 시대 지속가능한 전력 공급의 핵심 솔루션**
 - 재생에너지의 간헐성 한계를 보완하고, 안정적인 전력 공급을 위한 가장 현실적인 무탄소 대안.
 - 미국, 유럽 등 선진국 및 구글, 아마존, 마이크로소프트 등 빅테크 기업들의 원자력(SMR 포함)을 데이터센터의 '클린·신뢰 전력'으로 인정하고 투자 확대.
 - 산업통상자원부 「제11차 전력수급기본계획」에서도 신규 원전 및 SMR 건설, 기존 원전 계속 운전을 통해 원자력 비중을 확대하며 무탄소 에너지 전환의 핵심 동력으로 활용.
- 미래를 위한 제언, 원자력과 데이터센터의 시너지 극대화**
 - 안정적인 무탄소 전력원으로서 원자력의 역할 재정립 및 적극적 활용.
 - SMR 등 차세대 원전 기술 개발 및 상용화 지원 가속화.
 - '탄소중립 또는 청정에너지' 인증체계 병행 도입 등 정책적 지원을 통해 기업들의 무탄소 전환 유연성 확보.

수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

감사합니다.



패널



재생에너지 초과수요 전망결과 및 PPA 제도 개선 정책과제

이제훈

한국경제인협회 책임

francis@fki.or.kr



재생에너지 초과수요 전망결과 및 PPA 제도 개선 정책과제

2025. 7. 2.

이제훈 한국경제인협회 책임
francis@fki.or.kr



CONTENTS

- I. 산업 저탄소전환의 배경과 장벽
- II. 재생에너지 초과수요 자체 전망
- III. PPA 제도 개선 정책과제



I. 산업 저탄소전환의 배경과 장벽

철강, 석유화학, 반도체, 데이터센터 등 4대산업은 저탄소전환을 위해 무탄소전력에 대한 적기 확보가 요구

① 글로벌 공급과잉에 따른 경영악화

철강

중국의 對한국 순수출액 : 28억 달러('22년) → 37억 달러('23년)
한국 조강 생산량 : 72.5백만톤('18년) → 64.1백만톤('24년)

석화

전세계 생산능력 중 중국 비중 : 63.8% (5개년 평균, '20~'24년)
국내 석화제품의 對중국 수출 비중 : 51.5%('09년) → 38.1%('22년)

② 글로벌 공급사의 온실가스 감축 요구

89%

국내 기업과 거래하고 있는 글로벌 대기업 중 전 세계 공급업체를 대상으로 탄소배출량 감축을 요구하는 기업의 비중

RE 100
24/7

RE100, 24/7 CFE 등 국제 이니셔티브에 참여하는 글로벌 원청기업을 중심으로 무탄소전력사용 요구 확산

3

국회의원 허성무 서울대학교 원자핵정책센터 포스코에너지

I. 산업 저탄소전환의 배경과 장벽

산업 저탄소전환이 시급한 가운데,

① 에너지·환경 정책의 불확실성, ② PPA 지원체계의 부족, ③ 제한적 무탄소전력원 인정범위 등이 장벽으로 작용

① 에너지·환경 정책의 불확실성

정책 불확실성은 무탄소전력 발전원가의 인상요인으로 작용

< 전기본 내 전력설비 확충계획 변화 이력(정격용량 기준, 단위: GW, %) >

| 구분 | | 8차('17.12월) (2017~2031) | 9차('20.12월) (2020~2034) | 10차('23.1월) (2023~2036) | 11차('25.3월) (2025~2038) |
|-----|-----|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| 원자력 | 수준 | 22.5 → 20.4 | 23.3 → 19.4 | 26.1 → 31.7 | 26.1 → 35.2 |
| | 증가율 | (0.7%) | (1.3%) | 1.5% | 2.3% |
| 신재생 | 수준 | 11.3 → 58.6 | 20.1 → 77.8 | 32.8 → 108.3 | 40.8 → 125.9 |
| | 증가율 | 12.5% | 10.2% | 9.6% | 9.1% |

② PPA 지원체계의 부족

PPA 이행비용(망이용료, 전력기반요금 등) 부담으로 기업의 저탄소전환 및 탄소감축 속도가 지연되는 반면, 해외는 PPA 확산을 위한 지원정책 운용

● PPA 참여발전설비 투자비중 3분의 1 지원

● 망이용료 평균 기본요율의 80% 할인

4

국회의원 허성무 서울대학교 원자핵정책센터 포스코에너지

I. 산업 저탄소전환의 배경과 장벽

산업 저탄소전환이 시급한 가운데,

①에너지 환경 정책의 불확실성, ②PPA 지원체계의 부족, ③제한적 무탄소전력원 인정범위 등이 장벽으로 작용

③ 제한적 무탄소전력원 인정범위

미국, 프랑스 등 주요국은 PPA를 통해 조달가능한 무탄소전력의 범위 **확대로 확대** 운영하는 반면, 국내 현행법은 재생에너지로 한정

* 전기사업법 제16조의5

< 원전PPA 체결 주요 이력 >

| 기업 | 산업 (국가) | 사례(계약체결일) |
|----|------------|--|
| | 데이터센터 (미국) | ☑ 재가동 원전 기반 837MW급 20년 PPA 체결('24.9월) * 美 쓰리마일아일랜드 원전, '28년 재가동 목표 |
| | | ☑ 신설 SMR(주) 기반 500MW급 장기 PPA 체결('24.10월) * 美 카이로스전력의 6~7기 SMR 발전전력 활용, '30년 가동 목표 |
| | | ☑ 기존 원전 기반 960MW급 10년 PPA 체결('24.3월) * 美 서스퀘하나 원전 활용 |
| | 철강 (미국) | ☑ SMR 개발사 NuScale社와 전기공급 MoU 체결('23.5월) |

5

II. 재생에너지 초과수요 전망

RE100 가입기업의 평균 탄소중립 목표연도인 2042년에도 ① 21.4TWh 상당의 재생에너지 초과수요 존재, 기존 원전 이용률(5개년 평균 79.4%) ② 10%p 상향 시 2042년까지 4대산업의 전력소비를 무탄소전력으로 충당 가능

| 구분 (단위 : TWh) | | '25년 | '27년 | '30년 | '36년 | '38년 | '42년 |
|---------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|--------------------|--------|
| 발전량 | 재생에너지(A) | 69.8 | 90.3 | 120.9 | 188.5 | 205.7 | 286.8 |
| | 재생e+원전(10%) (B) | 88.6 | 109.7 | 141.3 | 212.5 | 230.5 | 313.9 |
| 소비량 | 철강 | 33.6 | 34.3 | 35.5 | 37.9 | 38.7 | - |
| | 석유화학 | 47.3 | 50.5 | 55.9 | 68.3 | 73.0 | - |
| | 첨단산업(반도체) | 41.7 | 50.2 | 65.3 | 99.5 | 110.2 | - |
| | 데이터센터 | 8.2 | 14.8 | 18.0 | 26.4 | 30.0 | - |
| | 소계 | 130.8 | 149.9 | 174.7 | 232.1 | 251.9 | 308.3 |
| 분석결과 | 초과수요(A) | 60.9 | 59.6 | 53.8 | 43.6 | 46.2 ^① | 21.4 |
| | 초과수요(B) | 42.2 | 40.2 | 33.3 | 19.6 | 21.4 | -5.6 |
| | 충당률(A) | 53.4% | 60.2% | 69.2% | 81.2% | 81.6% | 93.0% |
| | 충당률(B) | 67.7% | 73.2% | 80.9% | 91.6% | 91.5% ^② | 101.8% |

* [반도체, 데이터센터] 제11차 전력수급기본계획 활용, [철강, 석유화학] 美EIA 전망치(CAGR) 활용

* 세부 전망방법 요청 시 별도 제공

6

III. PPA 제도 개선 정책과제

- ① PPA 제도 지원체계 마련을 통해 탄소저감과 재생에너지 투자 선순환을 이끌어내고,
- ② 조달가능한 전력원에 기존 원전을 포함시켜 기업의 경영판단에 따른 자율적인 전력원 선택 가능 환경 마련

① PPA 제도 지원체계 마련

망이용료, 전력기반기금 등 부대비용에 대한시적 면제 또는 경감 추진

※ 부문별 전망 기반, 합리적 에너지믹스 계획

업종 전력원별 산업계 수요를 고려한 에너지믹스 구성 필요

② 조달가능한 무탄소전력원 내 원전 포함

(단기) 송전제약 PPA('24년~, 석탄발전+재생e) 내 기존 원전 포함

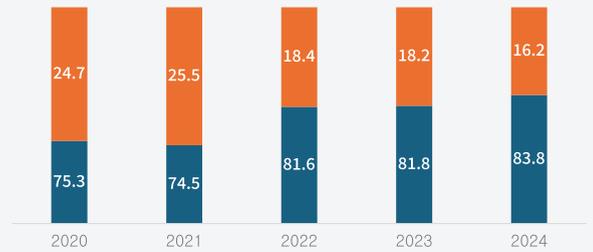
원전의 출력감발 시 이를 흡수하는 수요처로 多전력소비 기업을 활용하는 방안



원전 PPA의 부정적 영향으로 회자되는,
SMP(계통한계가격) 및 전기요금 인상효과 모니터링

(중장기) 조달가능한 무탄소전력 내 원자력을 포함시켜, SMR 등 분산에너지 보급 확대와의 정책 정합성 제고

< 원전 이용률 추이(단위: %) >



수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

감사합니다.



패널



지속가능한 원전 진흥을 위한 원전종사자의 현장 목소리

오영수

(한빛원자력본부) 한수원노동조합 기획처장

youngsuoh@khnp.co.kr



지속가능한 원전 진흥을 위한 원전종사자의 현장 목소리

2025. 7. 2.

오영수 (한빛원자력본부)
한수원노동조합 기획처장

youngsuoh@khnp.co.kr



1. 기술보다 중요한 것, 기술을 지키는 사람

- 체코 원전 수출 성공
- 원전진흥 - 기술만으로는 부족
- 원전종사자의 전문성, 안정된 근무환경

2. 감시를 위한 법, 통제가 아닌 신뢰 필요

● 원전감독법 VS 현실

| | |
|-----------|--------------|
| ● 원전감독법 | ● 현장 체감 |
| ● 비리방지 | ● 잠재적 범죄자 취급 |
| ● 투명성 제고 | ● 순환보직 의무화 |
| ● 국민신뢰 확보 | ● 재취업 금지 |

2

3. 강제 순환보직 의무화

- 강제 순환보직 → 기술 단절
- 숙련된기술 축적 → 안전성 확보
- 전문성 단절, 조직 안전성 훼손
- 안전문화 붕괴, 원전 신뢰성 약화

3

4. 재취업 금지

- 경험의 유실, 기술 전수 차단
- 원전진흥 – 기술만으로는 부족
- 원전 선진국 – 퇴직자 적극 활용
- 미국 : 독립 감리단, 교육 강사
프랑스 : 안전기술 평가자

4

5. 현장 원전종사자의 체감

- 현장 전문가 → 의심의 대상
- 자율성 없는 인사이동
- 퇴직 이후 불투명한 미래
- 신뢰성 없는 정책

5

6. 제도는 사람을 남게 해야 합니다

- 특혜가 아닌 '정상'
- 기술을 기술로 대우
- 숙련된 경험을 자산으로 인정
- 신뢰할 수 있는 제도

6

7. 제도개선 제안

- ① 순환보직 의무 조항의 유연한 적용
- ② 재취업 제한 완화 및 제도 기준 마련
- ③ 오지 근무 보상과 인사 연속성 확보
- ④ 원전 종사자에 대한 신뢰 회복

7

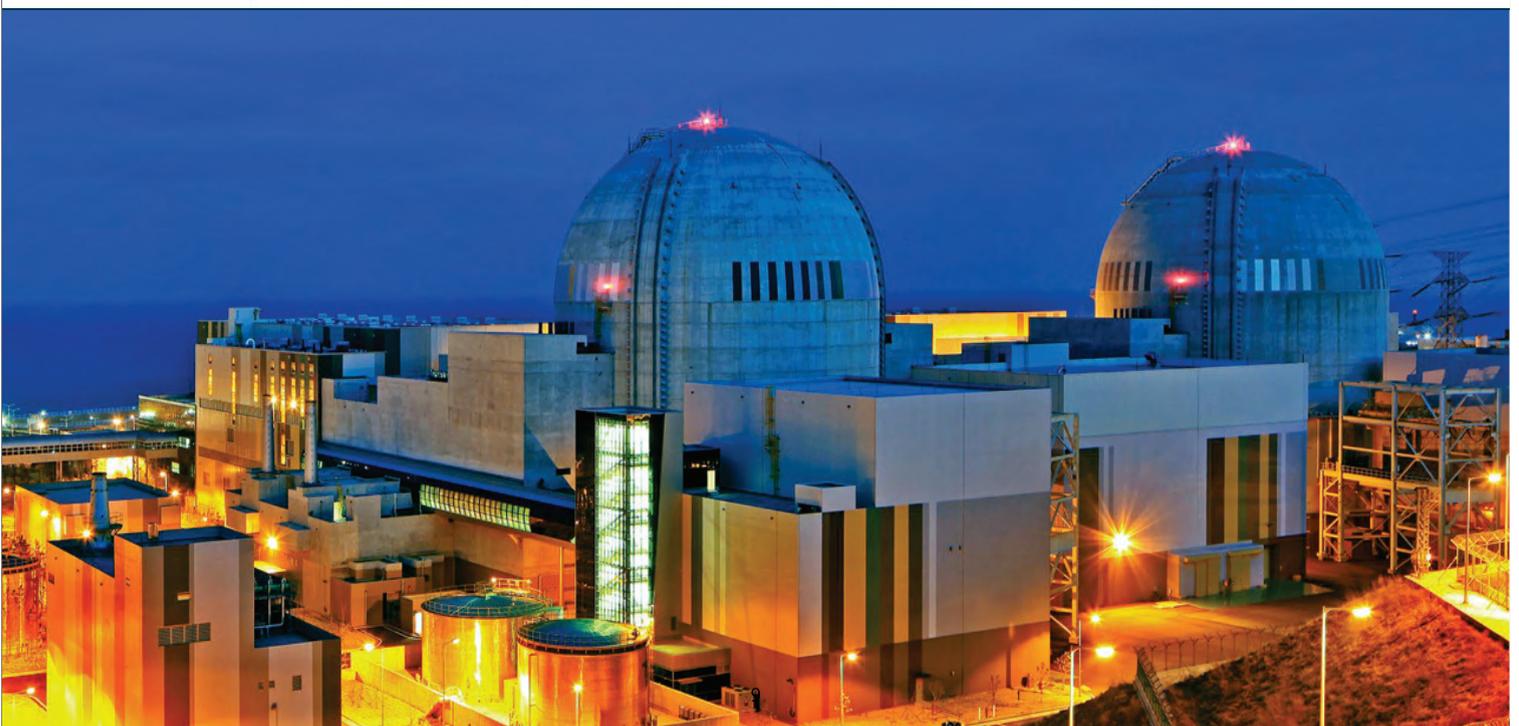
“10년 후 원전 에는 사람이 없습니다

- 인재가 머무를 제도 필요
- 기술은 사람이 지키고, 사람은 제도가 지켜야
- 더는 기다릴 수 없습니다.
- 이제는 바뀌어야 합니다.

8

국회의원 허성무 서울대학교 원자핵정책센터 포스코에너지

 한국수력원자력노동조합



수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회

감사합니다.



NOTE

수소환원제철과
탄소저감을 위한
원전 활용 정책토론회



수소환원제철과 탄소저감을 위한 원전 활용 정책토론회



국회의원 허성무



서울대학교 원자력정책센터
SNU Nuclear Energy Policy Center

포스코홀딩스