Vol.28 2025년 2월호

서울대학교
국가미래전략원
Institute for Future Strategy
Seoul National University

IFS 국가 정책 제안

# 기후 위기와 에너지 전환 시대, 원자력의 역할과 도전 과제

국립부경대 빅데이터융합전공 문형빈 교수
고려대 기술경영전문대학원 김정훈 교수

ISSN 3058-5562

# 1 기후 위기와 세계 에너지 시장의 변화

## 기후 위기와 탄소중립 목표

- 전 세계적으로 기후 변화 대응이 중요하고 시급해지면서 탄소중립(Net Zero)이 세계 주요국의 핵심 정책 목표로 설정됨
- 미국, 유럽연합(EU), 중국, 일본 등은 2050년 또는 그 이전까지 탄소중립 달성을 목표로 다양한 탄소중립 이행 방안을 도출함
- 탄소중립 이행 과정상에서 전력 부문의 탈탄소화가 핵심 과제가 되면서, 세계 주요국에서는 화석연료 감축과 재생에너지 확대가 추진되고 있음

## 글로벌 에너지 시장 변화와 원자력의 재조명

- 태양광, 풍력 등 재생에너지를 확대하면서 전력 계통의 안정성을 확보하기 위해서는 송전망 확대, 에너지저장장치(ESS) 구축 등의 설비 투자가 동반되어야 함
- 러·우 전쟁 등에 따른 글로벌 에너지 공급 제약 발생은 탄소중립 과정상에서 에너지 안보와 에너지 자립에 대한 중요성을 일깨움
- 저탄소 전력을 안정적으로 공급하면서 화석연료에 대한 의존도를 낮출 수 있는 에너지원으로서 원자력이 재조명되고 있음
- 후쿠시마 원전 사고 이후 원전 감축을 추진했던 미국, 영국, 프랑스, 일본 등은 탄소중립과 에너지 안보를 위해 최근 원자력을 확대하는 것으로 정책 방향을 선회하고 있음
- 미국, 영국, 프랑스, 일본, 한국, 캐나다, 체코 등 22개국은 '23년 12월 제28차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP28)에서 2050년 원전 용량을 2020년 대비 3배 이상 확대하려는 목표가 담긴 'Triple nuclear capacity by 2050'을 채택함

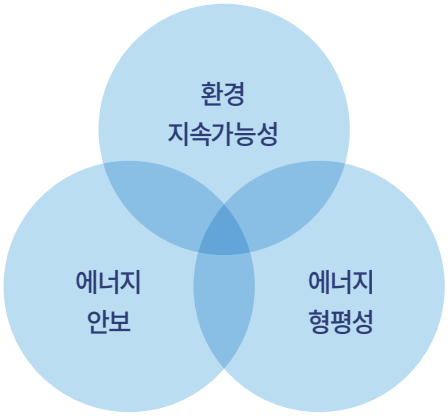
**<주요국의 탄소중립 목표 및 관련 정책>**

| 국가 | 탄소중립 목표 연도 | NDC 및 탄소저감 2030 목표 | 에너지 전환 관련 계획 및 전략 |
|---|---|---|---|
| 미국 | 2050년 | 2005년의 50~52% 수준으로 감축 | 연방지속가능성계획 등 |
| 영국 | 2050년 | 1990년의 68% 수준으로 감축 | 넷제로성장계획, 에너지안보계획, 파워링업영국 등 |
| 독일 | 2045년 | 1990년의 65% 수준으로 감축 | 에너지전환정책, 기후보호프로그램2030, 긴급프로그램2022 등 |
| 프랑스 | 2050년 | 1990년의 55% 수준으로 감축 | 탄소저감국가전략, 프랑스2030, 생태계획로드맵 등 |
| 중국 | 2060년 | 2030년 이전까지 배출량 정점 달성 | 중국 14차 5개년 규획(2021~25), 탄소 배출 정점 및 탄소중립 달성 업무 의견 등 |
| 일본 | 2050년 | 2013년의 46% 수준으로 감축 | 녹색성장전략, 제6차 에너지기본계획, 탈탄소성장형 경제구조 이행 등 |
| 한국 | 2050년 | 2018년의 40% 수준으로 감축 | 국가 탄소중립 녹색성장 전략, 제5차 신재생에너지 기본계획 등 |

# 2 탄소중립 과정 속 원자력의 역할

## 에너지 트릴레마와 원자력의 역할

- 에너지 정책은 환경 지속가능성, 에너지 안보, 에너지 형평성이라는 세 가지 요소를 균형 있게 고려해야 하는 에너지 트릴레마(Energy Trilemma) 문제를 안고 있음
- 원자력은 온실가스를 거의 배출하지 않으면서도 안정적으로 값싼 전력을 공급할 수 있으므로 에너지 안보 강화와 탈탄소화 목표 달성에 기여할 수 있음




## 원자력과 환경 지속가능성

- 2022년 EU가 원자력을 그린 택소노미(taxonomy)에 포함하면서 원자력은 글로벌 에너지 시장에서 친환경 에너지원으로 인정되고 있으며, 세계 주요국에서는 원자력을 탄소중립에 활용할 수 있는 저탄소 전원으로 분류하고 있음
- 폐패널 등 폐기물 발생, 토지 이용 등에 따른 재생에너지의 환경적 영향을 고려할 때 원자력은 탄소 배출량 및 지속가능성 측면에서 상대적으로 경쟁력을 가짐
- 다만, 방사성 폐기물 처리와 원전 사고 발생 위험은 지속적인 논의가 필요한 환경적 이슈로 남아 있음

## 원자력과 에너지 안보

- 원자력 발전의 원료인 우라늄의 세계 매장량은 충분하며 현재도 추가적인 광산이 발견되고 있어 원료 공급의 안정성이 있는 것으로 평가됨
- 국내에서 원자력은 화석연료와 달리 연료 수입 의존도가 낮고, 발전 비용 중 원료 비용의 비중이 작아 장기간 안정적인 전력 공급이 가능한 에너지원으로 평가됨
- 장기적 운영 안정성을 확보하기 위해서는 원자력 관련 과학적 정보 제공 등을 통해 원자력에 대한 신뢰와 주민 수용성을 높이려는 지속적인 노력이 필요함목표가 담긴 'Triple nuclear capacity by 2050'을 채택함

## 원자력과 에너지 형평성

- 원자력은 연료비 변동성이 화석연료보다 적고, 고정 운영 비용이 낮아 장기적으로 전기요금 안정화에 기여할 수 있음
- 원자력 발전이 전력 공급 안정성과 비용 절감 효과를 제공하면 에너지 가격 변동으로 인한 저소득층의 부담을 완화하는 데 도움이 될 수 있음

# 3 원자력의 안전한 도입과 산업 발전을 위한 과제

## 원자력을 활용한 수소 생산 확대

- 높은 생산 비용과 간헐적 전력 공급 이슈가 있는 그린수소와 비교할 때, 원자력을 활용한 수소(핑크수소) 생산은 탄소 배출을 거의 하지 않으면서 상대적으로 저렴한 비용으로 청정수소의 대량 생산을 가능하게 함
- 부하추종이 어려운 원전의 잉여전력을 수소 생산에 활용함으로써 재생에너지와 원전의 조화로운 운영이 가능함

## 차세대 원전 기술 개발 및 공급망 구축

- 소형모듈원자로(SMR)는 기존 대형 원자로 대비 안전성이 높고, 건설 기간과 비용을 절감할 수 있는 차세대 원자로로 주목받고 있음
- 미국, 캐나다, 영국, 프랑스 등 주요국들이 SMR 개발 및 실증 프로젝트를 추진하는 등 SMR 기술 경쟁이 심화되고 있는 상황임
- 국내 원전 기술의 안전성을 활용한 SMR 독자 기술 확보와 원전 핵심 기자재, 첨단 원자로 설계, 연료 기술 등 공급망 강화를 통해 SMR 수출 경쟁력을 확보하여야 함

## 글로벌 원전 확대에 따른 리스크 대응

- 세계 주요국에서 원자력의 역할이 다시 강조되면서 원료인 우라늄의 수요가 증가함에 따라 우라늄 확보 리스크에 대비하여야 함
- 미국 등 주요국의 차세대 원전에 대한 투자 확대와 SMR 중심으로의 원전 시장 재편 흐름은 대형 원전 분야에 강점이 있는 우리나라에게는 리스크가 될 수 있음
- 변화되는 원전 시장에서 국가 간 협력을 통해 원전 설계 및 건설, 운영 및 유지보수 등과 관련한 우리나라의 기술적 강점을 살릴 수 있는 방안을 모색하여야 함

## 원자력 수용성 확대를 위한 지속적 노력

- 차세대 원전 기술을 포함한 원자력 발전의 확대를 위해서는 사회적 신뢰 확보가 필수적이며, 투명한 정보 제공과 국민적 공감대 형성이 필요함
- 공론화 과정을 통한 사회적 합의 도출, 원자력 안전 기술 혁신, 글로벌 원자력 협력 강화 등을 통해 원자력의 수용성을 높이려는 노력을 전개하여야 함