


# Hansun Brief

발행일: 2024년 2월 22일(통권289호) / 발행인: 박재완 / 발행처: 한반도선진화재단 / 서울 중구 퇴계로 197, 407호 / 전화: 02-2275-8391 / email: hansun@hansun.org / www.hansun.org 

## 원자력발전소의 계속운전과 신규 건설의 중요성

정용훈

카이스트 원자력 및 양자공학과 교수

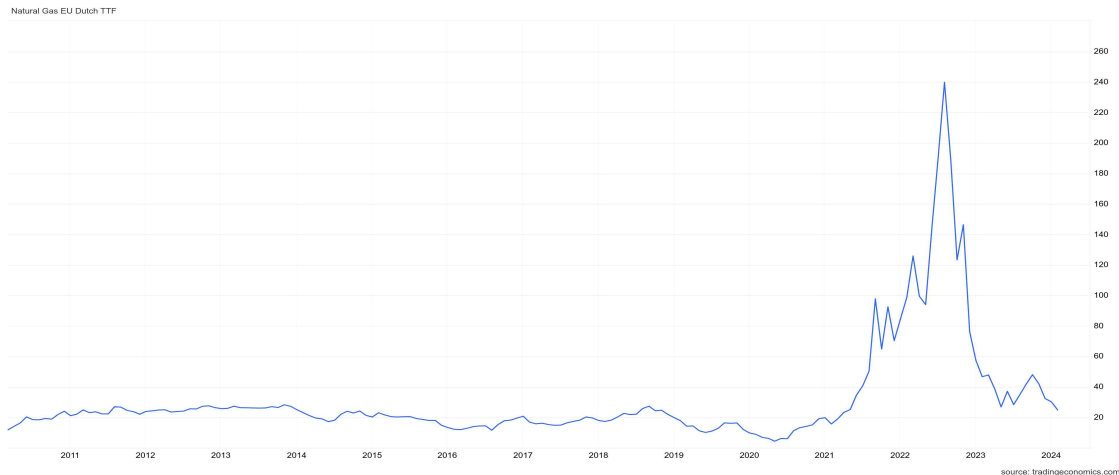
1. 에너지 위기와 원전
2. 원전 운영 허가 기간 연장에 대한 오해
3. 원전 계속 운전이 높은 경제성 유지
4. 원자력은 탄소중립에 도움
5. 원전 발전 용량 3배 증설 필요

내 마음과 같은 '정책후원'

<https://www.hansun.org/korean/support.php> 클릭하고 후원하기

### 1. 에너지 위기와 원전

유럽의 가스 수요 증가와 공급 불안으로 시작된 에너지 위기가 현재도 진행 중이다. 2021년 가을 유럽의 풍력 발전량이 줄어들면서 대체재로서 가스의 수요가 늘어나면서 가스 가격이 오르고 있었다. 그리고 2022년 2월 러시아가 우크라이나를 침공하면서 유럽으로의 러시아 가스 공급은 극히 제한되면서 유럽의 가스 가격은 10년간 최고 높았던 가격의 10배 수준까지 치솟는 에너지 위기가 발생했다. 저점 대비로는 무려 50배 정도 가격이 오른 것이었다. 러시아 가스에 절반 가까이 의존하던 유럽은 안보 문제로 인해 러시아산 가스 비중을 줄일 수밖에 없는 상황이 되었다. 현재 진정되고 있으나 여전히 과거 높았던 가스 가격 수준에 머물고 있고, 언제 다시 위기가 있을지 알 수 없어 불안하다. 특히 러시아에 의존하는 것은 탈피할 수밖에 없는 상황이다. 액화천연가스로 수입에 의존하는 우리와 일본의 가스 가격 또한 2020년 여름 MMB TU당 2달러까지 떨어졌던 것이 2022년 봄 40달러 수준으로 무려 20배 상승하기도 했다.



[유럽 가스 가격 추이(2011~2024)]

우리가 마시는 커피 가격이 한 잔에 5,000원 하던 것이 20배 상승하여 10만 원이 된다면 커피 소비는 어떻게 될까? 아마 거의 0으로 수렴하게 될 것이다. 끊기 어렵다는 담배도 한 갑에 5,000원이 10만 원이 된다면 아마 대부분 끊게 될 것이다. 그러나 가스의 경우는 2021년 대비 2022년 3% 줄어드는 데 그쳤다. 에너지는 필수제이기 때문에 가격이 어떻게 변하더라도 그 수요는 아주 조금 영향을 받을 뿐이다.

이런 에너지 위기를 겪으면서 원자력의 역할이 커지고 있다. 유럽의 경우 탈원전을 선언했던 벨기에가 원전 2기에 대해 계속 운전 기한을 기존 2025년에서 2035년으로 10년 연장하였고, 프랑스도 10년 단위로 지속적인 계속 운전을 추진하면서 현재 50년 운영 허가를 받은 원전들이 나오고 있다. 후쿠시마 사고를 겪은 일본도 2023년 5월 기존 60년이던 계속 운전 제한 기간을 연장했다. 에너지정보문화재단이 발표한 보고서에 따르면 2022년 12월 말 기준 전세계 가동 원전 439기 중 계속운전을 승인받은 원전은 전체의 53%인 233기에 달하는 것으로 나타났다. 계속운전의 대상이 되는 최초 운영 허가 기간을 초과한 원전은 총 252기로 이 중 233기, 즉 92%에 달하는 원전이 계속운전을 했거나 계속운전 중인 것으로 나타났다. 즉 원전 열에 아홉은 최초의 운영 허가기간이 만료된 다음 새로운 운영 허가기간을 받아 운영하고 있다.

## 2. 원전 운영 허가 기간 연장에 대한 오해

그런데 운영허가 기간을 넘긴 원전은 물리적 수명이 다한 원전이라 위험한 것은 아닐까? 아니다. 운영허가 기간과 물리적 수명은 전혀 무관하다. 원전의 설계 수명이라는 의미는 최초의 운영허가 기간을 의미하는데 통상 40년 내외가 된다. 즉 운전 면허로 따지면 운전면허를 최초로 취득했을 때 부여받는 유효기간에 해당하는 기간이 설계수명의 개념인 것이다. 수명을 넘어가면 너무 낡아서 망가지는 것이 아니다. 적성검사 후 운전 면허를 갱신하면 새롭게 운전 면허기간을 부여받듯이 최초의 운영허가기간(설계수명)이 만료되면

---

안전성 평가 후 새롭게 운영허가기간(계속운전 설계수명)을 부여받아 운영하는 것이다. 원전 운영을 가장 오래 해온 미국의 경우 최초 운영허가 기간이 40년이다. 즉 우리가 사용하는 용어로는 설계수명이 40년이다. 40년으로 최초 운영허가 기간을 정한 것은 원전의 물리적 수명이 아니라 시장에서의 독점이슈 때문이었다. 40년 이상 허가해줄 경우 발전사업이 특정 사업자가 장기간 독점할 수 있으므로 40년으로 제한한 것이다. 이후 허가를 갱신할 때마다 20년씩 추가로 허가를 주고 있다. 현재 미국은 총 80년 운영허가를 받은 원전들이 속속 나오고 있다. 즉, 물리적인 원전의 수명은 80년 이상 100년 정도가 될 것으로 예상된다. 프랑스의 경우에는 10년마다 안전성 평가를 시행하여 운영허가를 연장하는 방식을 택하고 있다.

우리나라는 미국과 같이 최소 운영허가를 받을 때 설계수명을 가정하고 30~60년의 운전기간을 허가받고, 이후 10년마다 주기적으로 평가를 받아 계속운전 허가를 받는 제도를 시행하고 있다. 이런 과정에서 미국의 규제와 프랑스의 규제를 모두 적용받는 상황이 되어 과도한 규제가 되는 측면도 존재한다. 차제에 우리나라 계속운전 제도를 미국과 같이 20년 주기의 운영허가 갱신 제도로 통일하는 것이 필요하다. 이렇듯이 원전의 계속 운전은 물리적인 수명이 다한 원전을 억지로 꾸역꾸역 계속운전하는 것이 아니라, 원래의 안전 성능이 그대로 유지되는 원전을 지속 활용하는 것이다.

### 3. 원전 계속 운전이 높은 경제성 유지

경제성이 없을 수 없다. 왜냐하면, 40년 정도 운영한 원전은 초기의 건설비용은 이미 오래 전에 회수하고, 장부상 가치가 0원에 가까운 원전이기 때문에 자본비용 혹은 건설비용이 없는 공짜 원전이기 때문이다. 핵연료와 운전원만 있으면 운영이 가능한 것이다. 현재 우리나라 원전의 발전단가는 2022년 기준 kWh당 52원이다. 가스 발전이 239원, 신재생이 271원인 것에 비하면 현저히 저렴하다. 52원의 발전단가는 건설비용의 감가상각, 핵연료 비용, 기타 운영 비용, 사용후핵연료 관리 비용, 원전 해체 비용, 방사성폐기물 처분 비용 등이 모두 포함되어 있다. 특히 사후처리비용(사용후핵연료, 해체, 폐기물 처분)은 다른 나라보다 월등히 많은 금액을 적립하고 있다. 핵연료 비용은 6원 정도에 불과한데 이중에 천연우라늄의 비용은 2원에 불과하다. 우라늄 가격이 2배로 올라도 발전단가는 2원이 추가될 뿐이다. 실제로 가스 가격이 10배 이상 뛰었을 때 우라늄 가격도 2배 수준의 증가는 있었다. 그러나 그 영향은 워낙 미미해서 원자력의 발전단가에 의미 있는 영향을 미치지 못했다.

건설비용이 차지하는 비중이 절반을 넘는데 신규로 들어온 원전은 70% 내외가 건설비용이고, 계속 운전해 들어가는 원전은 건설비용이 거의 없다. 따라서 계속 운전을 하는 경우 발전단가는 20~30원 수준에 불과하게 된다. 따라서 계속운전은 가스나 신재생보다 훨씬 저렴하다. 만약 1,000MW의 원전 1기가 1년간 계속운전을 한다면 가스발전이나 신재생 대비 연간 1조5천억 원 정도 절약된다. kWh당 200원 이상의 차액이 발생하고 85% 정도

의 이용율을 가정하면 연간 절약되는 비용이 1.5조 원에 이르는 것이다. 가스 가격이 낮았던 시기 기준(가스발전 kWh당 150원)으로도 7,000억원 정도의 비용이 절약된다. 지난 정부에서 원전의 계속운전을 불허한 여파로 계속운전 신청 적기를 놓친 원전이 6기인데 이들이 한꺼번에 가동 중단된다고 가정하면 한 해 최소 6조 원의 손해가 발생하게 될 것이다. 한전의 1년 매출이 60조원이므로 전기요금 10%는 올라야 한다.

#### 4. 원자력은 탄소중립에 도움

원자력의 역할이 필수적이다. 도움이 되는 정도가 아니라 원자력이 중요한 역할을 하지 않으면 탄소중립은 불가능하다. 원자력 발전은 같은 양의 전력을 생산하는데 배출되는 온실가스의 양이 태양광과 비교해도 1/3 수준에 불과하고, 풍력과 유사한 수준이다. 따라서 원자력은 재생에너지와 같은 청정 발전원이다.

원자력은 가장 빠른 탄소중립 달성 방안이다. 1980년 이후 10년간 원전이 추가되면서 우리나라 전력에서 원전 비중은 50%를 넘어섰다. 10년의 기간에 절반의 전기를 무탄소로 바꾸는 것이 가능한 것이다. 우리나라 원전을 수출한 UAE의 경우 바라카에 원전이 4기 건설되면서 전체 전력의 1/4이 무탄소로 바뀌게 되었다. 10년 남짓한 기간에 25%의 전력을 청정전력으로 바꾸는 것이 가능한 것이다. 이는 태양광이나 풍력으로 청정전력 공급을 늘리는 것보다 훨씬 빠른 것이다. 독일의 경우에도 과거 독일의 원전이 증설되던 시기에 1인당 청정전력 공급량이 늘어나던 속도가 최근 태양광과 풍력으로 청정전력 공급량을 늘렸던 속도보다 더 빨랐다. 빠른 탈탄소는 원자력이 가장 적합하다. 계속운전하는 원자력발전소는 이미 건설되어 있는 원전이기 때문에 바로 투입될 수 있는 무탄소 전원이다. 따라서 빠른 탈탄소를 위해서는 계속운전은 반드시 필요하다.

#### 5. 원전 발전 용량 3배 증설 필요

2050년까지 현재 대비 3배 수준으로 늘려야 할 것이다. 인공지능 서비스가 확대되고, 데이터센터와 전기차가 더 늘어나고, 전기를 활용한 냉난방이 보편화되고, 공장과 제철소의 수소 수요가 늘어날 것이므로 앞으로 전기수요는 폭증하게 될 것이다. 우리나라 탄소중립 계획에 따르면 2050년 예상되는 전력수요는 현재의 2배를 넘는다. 2050년 원자력으로 50%, 재생에너지로 50%를 공급하려 한다면 현재 25기의 원자력발전소는 계속해서 운영하면서 추가로 50기의 신규원전이 필요하다. 이런 이유로 우리나라를 포함해서 미국, 프랑스, 영국, 캐나다, UAE 등 22개국이 2050년까지 원전 용량을 현재의 3배로 늘리겠다는 선언을 두바이에서 열린 COP28에서 발표했다. 2050년까지 50기의 신규원전 건설은 아주 도전적인 목표가 된다. 또한 50%의 전력을 재생에너지로 공급하는 것은 거의 불가능에 가까운 목표가 된다. 이 둘을 한꺼번에 충족해야 2050년 우리나라는 탄소중립 근처에 가 있게 될 것이다.

※ 본고는 한반도선진화재단의 견해와 다를 수 있습니다

이 자료가 도움이 되셨다면

<https://www.hansun.org/korean/support.php>을 클릭해 후원 신청을 보내주세요.