

# 한국의 계속 운전과 사회적 수용성

장 순 흥

한국과학기술원 원자력 및 양자공학과 교수

**오늘의 원자력: 신규 건설, 이용률 증대, 계속 운전, 원전 폐쇄**

현재 운전중인 442기의 원전 중 개발 도상국의 비중은 10% 미만이다. 산업화된 선진국의 경우에는 전력의 상당 부분을 원자력에 의존하고 있다(프랑스(78%), 벨기에(55%), 독일(28%), 일본(25%), 미국(20%), 러시아(17%), 한국(40)).

이와는 대조적으로 브라질, 인도, 중국과 같은 대형 개발 도상국들의 원전 점유율은 각각 3.7%, 3.3%, 2.2%에 불과하다[1].

현재 원자력의 성장은 아시아를 중심으로 일어나고 있다. 현재 건설 중인 24기의 원자력 발전소 중 13기가 인도, 일본, 중국, 이란 등 아시아 지역에 집중되어 있다[1]. 반면 지난 20여 년간 서구 유럽과 북미는 사실상 원자력 시장이 동결된

것과 같았다고 할 수 있다.

신규 건설이 미미한 와중에도 원자력의 시설 용량은 꾸준히 증대되어 왔는데, 이는 우수한 안전 실적을 바탕으로 한 이용률 증가와 출력 증강에 따른 것이라고 할 수 있다.

현재의 원자력 상황을 이해하기 위해 현재의 경향을 이해하는 것은 중요하다고 할 수 있다.

1986년의 체르노빌 사고는 세계 원전사업자협회(World Association of Nuclear Operators, WANO)의 창설을 촉발하였고, 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)로 하여금 원자력 안전에 더 많은 노력을 쏟게 하였다.

이런 노력들이 안전성 증진에 초점이 맞춰진 것이었지만, 수반되는 결과로서 원전의 이용률과 생산성이 증대되었다.

1990년 71%에 불과했던 이용률

이 2004년 83%로 증대되었는데 이는 1000 MW급 원전 34기를 신규로 건설한 것과 같은 효과를 가져왔다.

이로 인해서 실적이 좋은 원자력발전소는 아주 귀중한 자산으로서 인식되고 있다. 원자력 발전에는 초기 건설비가 많이 소요되지만 화석 에너지에 비해 연료비를 포함한 운영 비용이 저렴하고 안정적인 장점이 있다.

이런 점이 현재 실적이 좋은 원자력발전소의 계속 운전을 추구하게 하는 이유가 되고 있으며, 미국에서는 이미 35기의 원자력발전소가 20년의 운영 허가 갱신을 받았으며 14기가 준비중에 있다.

그러나 경제성과 안전성의 증진이 모든 국가들에 있어서 원자력의 부활을 가져오지는 않는다.

각각의 국가들이 그들의 에너지 전략을 수립할 때에는 서로 다른 중

류의 변수들이 존재하기 마련이며 한 가지 전략이 만병 통치약이 될 수는 없다.

유럽을 예를 보면, 그들은 아시아의 개발 도상국과 같이 경제 성장과 인구 증가라는 양면 압박을 받고 있지 않기 때문에 좀 더 다양한 결정이 이루어지고 있다.

핀란드는 국민 대다수가 원자력을 지지하고 있으며, 스위스의 경우 2003년 국민 다수의 지지로 원전 폐쇄 정책을 철회하기도 하였다. 그러나 벨기에, 독일, 네덜란드, 스웨덴 4개국은 현재 원전 폐쇄 정책 기조를 유지하고 있다.

그러나 아시아의 경우 대부분의 개발 도상국들이 원전의 이용을 늘려가고 있으며, 다수의 국가들이 원전 도입을 희망하고 있다.

### 계속 운전 : 내용과 이유

세계적으로 계속 운전을 의미하는 용어들로 수명 연장, 주기적 안전성 평가, 발전소 수명 관리, 운영 허가 갱신, 장기 운전, 계속 운전 등이 사용되고 있다.

이는 각 국가별로 규제 및 안전 관리 체계가 조금씩 틀린 것에 기인하는 것으로, 한국에서는 강화된 주기적 안전성 평가에 기반한 '계속 운전'이라는 용어를 사용하고 있다.

본 논문에서는 한국적 의미에서

계속 운전이라는 용어를 사용하고 자 한다.

현재까지 미국, 프랑스, 일본 등을 중심으로 약 84기의 원전이 계속 운전 허가를 받았거나 그에 준하는 장기 운전중에 있으며, 대다수의 원전이 계속 운전을 준비중이다(〈표 1〉 참조).

한국은 2005년 9월 7일, 원자력 발전소 설계 수명 이후의 계속 운전 에 관한 법령이 공포되어 강화된 주기적 안전성 평가에 기초한 계속 운전 판단 기준이 마련되었다.

마련된 기준의 안전 목표는 계속 운전 기간 동안의 안전 수준이 이전의 안전 수준보다 높게 유지하는 것이며, 안전성 판단 기준들은 현재 국제적으로 인정되는 안전 기준 이상의 것을 사용한다는 것이다.

이 법령에 의하여 규제자의 임의 판단이 아닌 법적 기준에 따른 계속 운전 허용 여부 판단이 가능해져서 국민들의 계속 운전 에 대한 수용성 증가에 긍정적인 결과가 있을 것으로 기대된다.

현재 세계적으로 계속 운전이 추진되고 있는 배경은 몇 가지로 요약 될 수 있다.

첫째로, 현재 운영중인 442기의 원자력발전소 중에 20년 이상된 원전이 290기에 이르며, 30년 이상된 원전은 90기에 이른다. 또한 40년 이상된 원전도 3기가 있는 것으로 나타났다.

한국에는 20기의 원전이 운영중이며, 고리 1, 2호기와 월성 1호기가 20년 이상 운전되고 있다.

이와 같이 현재 운영중인 원자력 발전소의 설계 수명이 도래함에 따라 설계 수명 이후의 계속 운전이 관심사로 떠오르고 있으며, 세계적으로 계속 운전을 추구하는 첫 번째 이유이자 배경이 되고 있다.

둘째로, 지난 20여 년간 원자력 발전소의 안전성과 신뢰성이 꾸준히 향상되어 왔으며, 이로 인해 경제성이 향상되고 대중의 수용성이 증대되면서 계속 운전이 사업자와 대중으로부터 점점 더 많은 호응을 얻고 있다.

셋째로, 그간 원자력발전소의 유지 보수 및 수명 관리 기술의 발전이 있었다.

경년 열화 관리 및 주기 교체 기술이 발전되면서 사업자의 자발적인 설비 교체를 통한 계속 운전이 추진되고 있다.

넷째로, 현재 운영중인 발전소를 설계 수명 종료와 함께 영구 폐쇄하는 것에 비해 계속 운전을 할 경우 경제적인 이득이 크다.

미국과 한국의 경우 현재 운영중인 원자력발전소의 상대적 경제성이 화력에 비해 우수한 편이다. 따라서 신규 건설 비용 없이 계속 운전을 할 경우 그 상대적 경제성은 더욱 우수하게 될 것이다.

마지막으로, 사회적인 수용성이



〈표 1〉 계속 운전 현황

국가(호기)	절차	현황
미국(104)	운영 허가 갱신(10CFR54) 20년 허가 갱신	35기 갱신 완료 14기 갱신 신청 완료
프랑스(58)	10년 주기 PSR	34기의 일괄 10년 운전 승인
일본(54)	10년 주기 PSR	7기 30년 이상 운전중 2기 심사중
영국(27)	PSR	8기 30년 이상 운전중
캐나다(14)	2~5년 주기로 안전 실적 평가	Pickering 4호기 32년 운전중 2기 심사중

점점 좋아지고 있다.

가장 최근에 수행된 미국의 여론 조사 결과 70%의 국민이 원자력을 지지하는 것으로 나타났다.

이러한 강력한 지지는 미래에 있어서 원자력의 중요성, 원자력으로 인한 대기 오염 방지, 원자력의 경제성과 신뢰성, 원자력 안전에 대한 신뢰 등에 의한 것으로 조사 결과 나타났다.

요약하자면, 계속 운전을 추진하는 원자력발전소의 수가 늘어나는 것은 원자력발전소의 안전 실적, 저렴한 전력 요금, 원자력의 환경 친화성 및 유지 보수 기술과 경년 열화 관리 기술 발전에 의한 것으로 볼 수 있다.

미국과 유럽에서는 원자력의 안전성과 경제성이 인정받아 사회 수용성이 증대되고 있으며, 계속 운전과 출력 증대 프로젝트가 추진력을 얻고 있다.

〈표 1〉에는 현재 진행중인 계속 운전의 현황이 나타나 있다.

**환경과 경제의 난제: 지구 온난화, 화석 연료 고갈과 유가 급등**

세계 환경과 경제에 있어서 가장 중요한 두 가지 현안은 지구 온난화와 화석 연료 고갈과 연계된 원유 가격 상승이다.

‘고갈’이라는 용어가 이해가 빠른 장점은 있으나 종종 오해의 소지가 있다. 국제연합의 보고서 「World Energy Assessment: Energy and the Challenge of Sustainability」에 따르면[2], 자원 총량(total resource base)은 지구상에 존재하는 석탄과 원유 등의 물질의 총량을 의미하며 매장량(reserves)은 자원 총량 중에서 현재 가격, 기술, 규제 등을 고려했을 때 경제성이 있는 자원의 총량을 의미한다.

자원(resources)은 자원 총량에서 매장량을 제외한 나머지를 의미하는 것으로서, 현재의 가격과 기술을 고려했을 때 경제성이 없는 자원

을 의미한다.

현재의 가채 매장량을 고려했을 때에는 원유는 약 40년, 석탄은 약 200년 사용할 수 있을 것으로 계산된다.

그러나 타르오일과 같은 경제성이 떨어지는 매장량을 고려할 경우 원유는 80년 가량 사용할 수 있을 것으로 보인다.

또한 경제성이 있는 매장량과 경제성이 없는 자원을 합한 자원 총량을 봤을 때에는 원유는 약 200년 이상, 석탄은 약 2000년 이상 사용할 수 있는 것으로 나타났다.

기술적으로 보았을 때 화석 연료의 고갈은 단기적인 문제가 아니다. 단기적으로 화석 연료 고갈이 문제가 되지 않는 반면, 화석 연료 사용에 의한 기후 변화는 단기적인 문제가 될 수 있다.

현재까지의 무수한 과학적 연구 결과를 종합하여 국제기후변화전담팀(International Climate Change Taskforce)이 내린 결론에 의하면 지구 표면 온도가 산업혁명 이전 대비 2°C 이상 상승하는 것을 막아야 전 지구적 기후 변화를 막을 수 있는 것으로 나타났다[3].

계산해보면 2°C이하로 온도 상승을 막기 위해서는 공기중의 이산화탄소 농도가 400-450 ppm 이하로 유지되어야 한다.

그러나 현재와 같은 추세로 나간다면 향후 십년 이내에 이산화탄소

농도가 400ppm 이상 될 것으로 보인다.

원자력은 온실 기체 배출이 거의 없는 에너지원이며 신재생 에너지의 성장이 아직 미약하기 때문에 단기적으로 온실 기체 배출을 저감하기 위해서는 원자력발전소의 신규 건설과 함께 계속 운전을 추진하는 것이 가장 효과적인 방법이 될 수 있다.

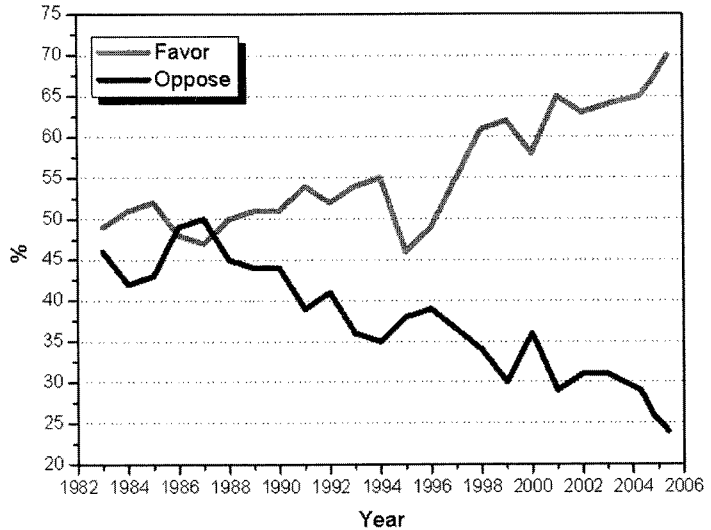
위와 같이 화석 연료 고갈이 문제의 본질은 아니라 하더라도 이로 인한 원유 가격 급상승은 세계 경제에 미치는 영향이 지대하다. 그러나 원자력은 연료비 의존이 미미하여 치솟는 유가에도 불구하고 그 경제성이 지속적으로 증대되고 있다.

계속 운전을 추진할 경우 그 경제성은 더욱 증대될 수 있다. 계속 운전을 통한 건설 비용 부담 최소화, 해체 비용 적립 부담 감소, 신규 건설 추진 재원 확보 등을 통해 원자력의 경제성은 더 증대될 수 있다.

**안전성: 계속 운전 판단의 유일한 기준**

계속 운전 기간 동안 원자력발전소의 안전성이 저하될 것이라는 일각의 우려가 있다.

일반적으로 시스템의 실패 확률은 시간에 따라 육조 곡선을 그리게 된다. 운전 초기 혹은 시운전 시기에는 건설 및 설치시의 오류와 친숙



〈그림 1〉 미국의 원자력 여론 조사 결과(NEI, 2005년 7월 발표)

하지 않은 발전소로 인한 인간 오류로 인해 실패 확률이 높다가 시간이 지나면서 정비 및 친숙화를 통해 실패 확률이 차차 감소하여 낮은 수준의 실패 확률을 지속적으로 유지하게 된다.

그리고 운전 기간의 끝 부분에 경년 열화로 인한 실패 확률이 증가되게 된다. 이 부분에서 대중은 발전소의 계속 운전으로 인해 경년 열화가 발생하고 이로 인해 안전성에 문제가 생길 것을 우려한다.

그러나 계속 운전을 판단하는 시점에서의 안전 목표가 앞에서 논의한 바와 같이 계속 운전 기간 동안 안전성의 저하가 없어야 하며 계속 운전 이전의 안전 수준 이상으로 유지되도록 하는 것이다.

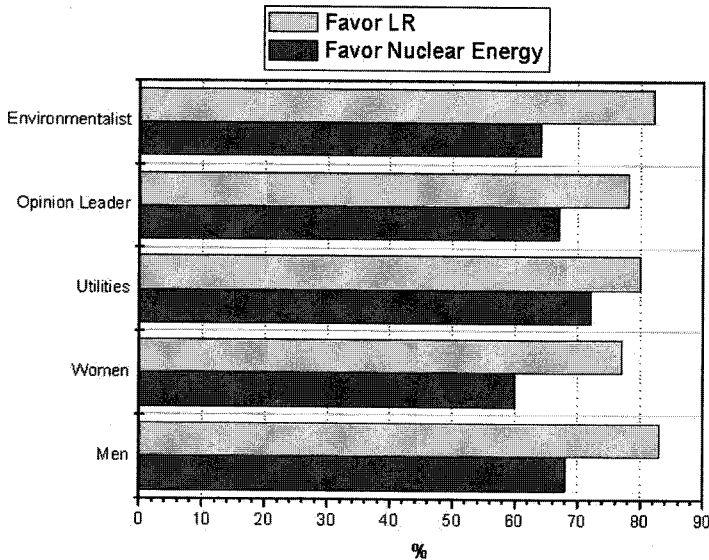
한국에서는 장기 운전으로 인한

경년 열화 평가를 포함한 강화된 주기적 안전성 평가 방법을 통해 계속 운전 기간의 안전성을 평가하도록 하고 있으며, 만족할 만한 안전성을 보장하지 못할 경우에는 계속 운전을 허가하지 않도록 하고 있다. 원자력발전소의 안전성이 계속 운전 판단의 유일한 법적 기준인 것이다.

계속 운전 허가 이후에도 지속적으로 기기나 시스템의 경년 열화 관리 프로그램에 경년 열화를 감시하고 이상이 예상되는 노후 기기를 교체함으로써 계속 운전 기간의 실질적인 안전성이 이전에 비해 증대될 수 있도록 하고 있다.

**한국의 사회 수용성과 계속 운전**

위에서 언급한 바와 같이 2005



〈그림 2〉 계속 운전(운영 허가 갱신)에 대한 미국의 여론 조사 결과 (Bisconti Research Inc., 2003)

년 5월의 여론 조사 결과 미국 국민의 70%가 원자력에 우호적인 것으로 나타났으며 계속 증가 추세에 있다(그림 1).

이보다 더욱 중요한 것은 유효한 행동으로 이어질 가능성이 큰 강한 찬성과 강한 반대의 격차가 계속해서 벌어지고 있다는 것이다. 강한 찬성이 약 32%로서 약 10%에 그친 강한 반대를 약 3배 가량 앞서고 있다.[4].

그리고 약 80% 가량의 미국 국민이 원자력 발전의 중요성, 안전성, 경제성 때문에 현재 운영중인 원자력 발전소의 계속 운전을 찬성하고 있는 것으로 나타났다(그림 2)[5].

이들 결과를 보면 대략 10%의 국민들은 원자력에 대해 우호적이지는 않지만 현재 운영중인 원자력 발전소의 계속 운전에는 찬성하는 것으로 보인다.

이에 비해 한국의 대중 지지 기반은 취약한 편이다. 2003년의 조사 결과에 따르면 약 50%의 국민이 원자력 발전소가 화학 공장이나 기타 정유 공장 등에 비해 더 위험하다고 인식하고 있으며, 발전소 인근 주민의 경우 60%가 그렇게 생각하고 있는 것으로 나타났다[6].

또한 2004년의 조사에서는 56%의 국민이 원자력에 대한 설명을 이해하기 어렵다고 답했으며, 43%의 국민이 만약의 사고가 발생하면 국

가가 국민을 외면할 것이라고 답했다[7].

이러한 결과들은 원자력과 정부에 대한 대중의 신뢰가 상당히 저하되어 있음을 나타내주고 있다.

원자력 에너지는 친숙한 개념이 아니며, 국민들은 사용하는 전기가 어디에서 오고 규제 기관인 한국원자력안전기술원에 대해 잘 모르며 심지어 신문 기자들까지 kWh와 kW를 혼돈하고 있을 정도로 원자력은 이해하기 어렵고 무서운 존재로 인식되고 있다.

그러나 미국의 예를 보았을 때 대중과의 커뮤니케이션을 통해 이를 극복할 가능성이 보인다. 2002년 6월 조사에서 원자력 지지도는 58%에 그쳤었다.

“미국에는 현재 100기 이상의 원자력 발전소가 있고 온실 가스 배출과 기타 공기 오염 유발없이 1/5의 전기를 생산하고 있습니다.” 라는 사실을 홍보한 뒤 다시 의견을 물었을 때 지지도가 68%로 증가된 예가 있다[5].

대중과의 커뮤니케이션 이외에도 계속 운전 기간 동안의 안전성에 대한 확신을 줄 수 있는 노력이 필요하다. 국민들은 원자력의 경제성이 아닌 안전성을 걱정하고 있다.

사업자는 시간과 돈을 투자하여 발전소의 설비를 교체하고 교육 훈련을 강화하고 안전 문화를 강화하는 노력을 기울여야 한다.

또한 규제자는 원자력 발전소의 안전성을 효과적으로 측정하고 그 정보를 효과적으로 전달할 수 있는 방안을 지속적으로 강구해나가야 한다.

**결론**

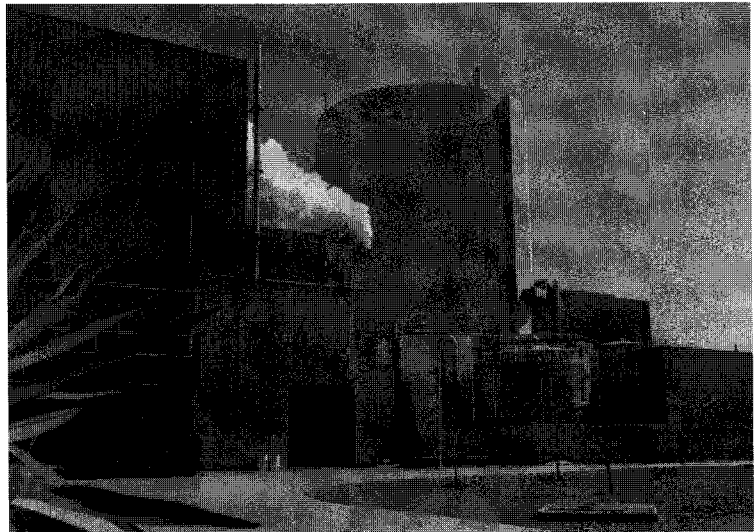
안전 실적의 향상, 경제성 증진, 환경 친화성, 호의적인 대중 수용성 등으로 인해 원자력의 지지 기반이 확충되고 있으며, 그 결과 현재 운영 실적이 좋은 원자력 발전소는 귀중한 자산으로 여겨져서 설계 수명 이후의 계속 운전이 추진되고 있다.

한국에서는 강화된 주기적 안전성 평가에 기반하여 설계 수명 이후의 계속 운전을 판단할 수 있도록 하는 법적 기준이 마련되어 시행에 들어갔다.

이 제도의 안전 목표는 계속 운전 중의 안전 수준이 현재 이상으로 유지될 수 있도록 하는 것이며, 안전성 판단 기준은 현행 국제 수준 이상의 안전 기준을 적용하고 있다.

이러한 계속 운전 제도의 확립으로 규제자의 규제 권한에 의한 계속 운전 판단이 아닌 법적 판단 근거에 따른 계속 운전 판단이 가능하게 되어 사회적 수용성 측면에서 긍정적인 것으로 평가된다.

법제화를 통해 계속 운전의 기틀이 마련되었지만 법적인 최소 요건을 만족하는 것이 사업자 혹은 규제



고리 1호기. 안전 실적의 향상, 경제성 증진, 환경 친화성, 호의적인 대중 수용성 등으로 인해 원자력의 지지 기반이 확충되고 있으며, 그 결과 현재 운영 실적이 좋은 원자력 발전소는 귀중한 자산으로 여겨져서 설계 수명 이후의 계속 운전이 추진되고 있다.

자의 목표가 되어서는 안될 것이다. 계속 운전 기간 동안의 안전한 운영을 보장하기 위해 발전소의 설비를 개선하고 교육 훈련을 강화하며 안전을 제일로 하는 안전 문화를 강화하는 등 노력이 지속적으로 경주되어야 한다.

그리고 계속 운전을 판단하는 과정을 국민들에게 잘 알리고 국민들의 의견을 수용하고 국민을 참여시키는 노력이 있어야 한다.

이러한 노력을 통해서 원자력이 제대로 알려질 수 있으며, 원자력에 대한 막연한 두려움과 불신이 사라질 수 있을 것이다. ☞

〈참고 문헌〉

1. IAEA web site, Power Reactor Information System,

2005.

2. Published by United Nations Development Program, First Printing; 2000. pp. 136?171.

3. IPCC, Meeting the Climate Challenge: Recommendations of the International Climate Change Taskforce, 2005.

4. NEI, Perspective on Public Opinion, 2005.

5. Bisconti Research Inc., Perspective on Public Opinion, 2003.

6. 한국원자력안전기술원, 국민 의식조사, 2003.

7. 한국원자력안전기술원, 국민 의식조사, 2004.