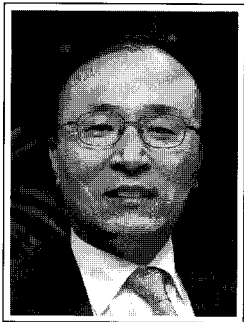




지속 가능한 원자력을 위한 조건

문 병 룡

교육과학기술부 원자력국장



연세대 전기공학과 졸업
프랑스 국립종합공대 전자공학 박사

과학기술처 사무관
과학기술부 자원해양연구조정관실 서기관
주 프랑스 대사관 주재관
과학기술부 연구개발평가과장, 과학기술평가과장, 전략기술개발과장, 우주항공기술과장
대통령비서실 행정관
주 오스트리아대사관 겸 비인국제기구대표부 주재관
과학기술부 원자력안전심의관 역임
교육과학기술부 국제과학비즈니스벨트 추진단장(2008~)
교육과학기술부 원자력국장(2008~)

전 세계적으로 화석 에너지 고갈 및 기후 변화에 대응할 수 있는 최적의 대안으로서 원자력의 이용이 확대되고 있다. 멀리 눈 돌릴 것 없이 이웃나라 중국은 최근 총 192기의 원자력발전소를 건설하겠다는 계획을 내놓았고, 일본도 2018년까지 9기의 원전을 신규로 건설하는 등 원자력 발전의 비중을 40%까지 끌어올리는 방안을 검토하고 있다.

현재 32개국에서 모두 436기의 원전이 가동되고 있는데, IAEA는 2030년까지 전 세계 원자력 발전량이 지금보다 60%가 증가할 것으로 전망하고 있다.

이처럼 원자력에 대한 관심이 갈수록 뜨거워지고 있는 이유는 무엇일까?

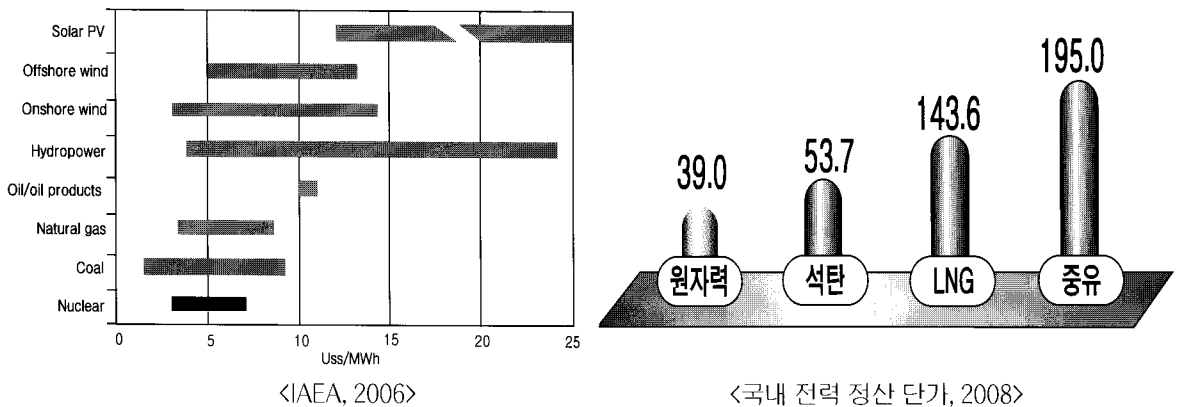
그것은 그동안 화석 에너지 소비로 지탱해온 인류의 발전 방식이 한계에 부딪혔기 때문일 것이다.

과도한 화석에너지 사용으로 자원은 고갈되고 온실가스 증가 등 환경 문제가 심각해지고 있어 이러한 방식이 계속된다면 우리의 삶은 물론 후손들의 생존마저 위협받게 될 것이다.

이러한 위기 의식에 바탕을 두고 전 세계는 이른바 '지속 가능한 에너지'를 개발하고 있다. '지속 가능성'이란 현재 세대의 필요를 충족시키기 위하여 미래 세대가 사용할 경제·사회·환경 등의 자원을 낭비하거나 여건을 저하(低下)시키지 아니하고 서로 조화와 균형을 이루는 것을 말한다.

지속 가능성에 기초하여 경제의 성장, 사회의 안정과 통합 및 환경의 보전이 균형을 이루는 발전을 '지속 가능한 발전'이라 할 수 있다.

원자력이 21세기 인류의 대안으로 새롭게 주목받고 있는 것은 바로 지



〈그림 1〉 에너지원별 전력 단가 비교

속 가능한 발전을 가능케 하는 에너지원이기 때문이다.

원자력이 미래 사회의 중추적인 지속 가능한 에너지원으로 역할을 해 나갈 수 있는지 살펴보고 원자력의 지속 가능성 제고를 위한 방안에 대해 살펴보고자 한다.

원자력의 경제·환경·사회적 지속 가능성

에너지원의 지속 가능성은 경제적·환경적·사회적 측면을 고려하여야 한다. 즉, 경제성이 있는가, 환경 친화적인가, 그리고 사회적으로 수용 가능한가를 살펴보아야 한다.

우선, 경제적인 측면에서 원자력은 발전 원가가 저렴하여 타에너지원에 비해 충분한 경쟁력을 확보하고 있다.

우리나라의 경우 지난 2008년 발전 회사들이 전력거래소에 판매한 전력 단가를 살펴보면, 원자력이 kWh당 39원으로 가장 낮음을 알 수 있다.

〈그림 1〉에 제시된 IAEA 자료에서 볼 수 있듯이 각국의 상황에 따라 다소 편차는 있지만 원자력은 세계적으로도 가장 경제적인 발전원 가운데 하나로 인정받고 있다.

특히, 원자력 단가에는 폐기물 관리 비용, 주변 지역 지원 비용 등 사회적·환경적 비용이 이미 포함되어 있는 반면, 이산화탄소에 대한 비용은 제외되어 있기 때문에 앞으로 탄소세가 부과될 경우 원자력 에너지의 경제성은 상대적으로 더욱 높아질 전망이다.

연료의 지속성과 연료 공급의 안정성 측면에서도 원자력은 뛰어난 장점이 있다. 현재 발견된 우라늄만을 고려한다면 지구상에는 2004년 세계 원전 규모를 기준으로 약 80년간 이용이 가능한 우라늄이 매장돼 있고, 추정 매장량까지 고려하면 300년 가까이 이용할 수 있다.

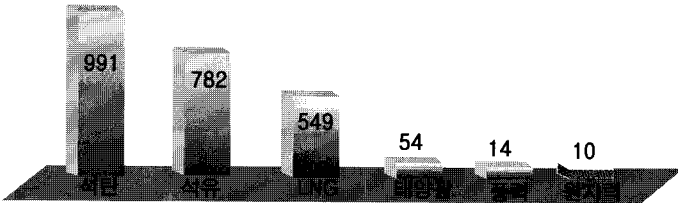
더욱이 우라늄 자원은 비교적 고르게 분포되어 있고 지정학적 위험이 크지 않은 국가들에서 생산되기 때문에 석유나 천연가스과 비교하여 단기적인 수급 불안 가능성 또한 적다고 할 수 있다.

무엇보다도 원자력은 기술 발전에 따라 자원 이용 효율을 획기적으로 증가시킬 수 있는 장점이 있다. 향후 경수로 대신 고속로를 이용하는 재순환주기로 대체될 경우, 우



<표 1> 우라늄 자원의 장기 지속성

핵연료주기	발견된 우라늄만 고려하는 경우	추정된 우라늄을 포함하는 경우
경수로 직접 처분주기	80년	270년
고속증식로 재순환 주기	4,800년~5,600년	16,000년~19,000년



<그림 2> 발전원별 CO2 등가 배출량

라늄 자원은 최대 19,000년까지 이용이 가능할 전망이다.

환경적인 측면에서도 앞에서 언급한 바와 같이 원자력은 현재 전 지구적으로 문제가 되고 있는 온실가스를 거의 배출하지 않기 때문에 기후 변화에 대응하는 현실적인 대안으로 주목받고 있다. 또한 에너지 밀도가 높기 때문에 재생 에너지에 비하여 토지 이용 면적이 매우 적은 장점이 있다.

원자력 발전은 높은 에너지 밀도로 인해 단위 전력당 폐기물 발생량은 매우 적은 수준이다.

석탄과 같은 화석 에너지의 경우 발전 과정에서 발생하는 폐기물을 회석하여 농도

를 낮춘 후 생태계로 방출하는 반면, 원자력 폐기물은 인간과 환경에 유해한 영향이 최소화될 수 있도록 발생량을 최소화하여 생태계와 격리시키는 방법을 사용하고 있다.

다만, 고준위 방사성폐기물의 경우 방사성 독성이 강하고 장기간 지속됨에 따라 친 환경적 관리방안 마련이 현안으로 떠오르고 있다.

원자력 발전이 지속 가능한 에너지로서 확실하게 자리매김하기 위해서는 사회적으로 수용 가능한 에너지원이 되어야 한다.

오늘날의 원전은 매우 안전하게 운영되고 있고, 핵비확산조약(NPT) 등을 통해 군사적 목적으로 사용되는 것이 통제되고 있다.

그러나 이러한 노력에도 불구하고 원자력은 종종 사회적인 갈등이나 비용을 유발한다. 이는 원자력에 대한 대중의 부정적인 인식에서 비롯된 것이라 할 수 있다.

이러한 부정적인 인식은 그 뿌리가 매우 깊어 제2차 세계대전의 원자폭탄 피해, TMI나 체르노빌 원전 사고에 따른 피해 등을 직간접적으로 경험하면서 형성된 것으로 단시일 내에 개선되기는 어려운 측면이 있다.

원자력의 지속 가능성 향상 방안

그러면, 원자력의 지속 가능성을 향상시켜 미래의 에너지 공급 체계에서 핵심적인 역할을 담당하기 위해서는 어떤 노력을 기울여야 할까?

첫째, 원자력의 안전성을 지속적으로 제고해 나가야 한다.

제1세대 원자로인 1954년 구소련 오브닌스크의 세계 최초의 발전용 원자로(5 MWe) 이후 현재의 제3세대 원자로(1,400 MWe급)에 이르기까지 원자력은 눈부신 기술 개발을 통해 안전성이 지속적으로 개선되어 왔다.

현재 원전은 리히터 규모 6.5의 지진에도 견딜 수 있는 내진 설계와 5중 방호벽으로

〈표 2〉 발전원별 면적 비교

구 분	원 자 력	태 양 광	풍 력
부지면적 [백만kW기준]	11만평 [고리 평균치]	약1천만평	약5천만평
여의도 면적 [87만평] 대비	0.13배	12배	58배

건설되는 등 다양한 안전 장치에 의해 안전성을 유지하고 있다.

2030년대 이후 실용화될 차세대 원자력 시스템에는 삼중 피복 핵연료, 피동형 안전 시스템, 액체 금속 냉각재 등을 적용하여 안전성을 획기적으로 제고해 나가야 할 것이다.

둘째, 원자로에서 타고 남은 사용후핵연료 문제를 해결해야 한다.

사용후핵연료는 고방사성 물질로서 30만년 이상의 관리가 필요하기 때문에 원자력의 지속 가능성을 저해하는 최대의 걸림돌이다.

사용후핵연료를 처리할 수 있는 방안 중 직접 처분의 경우, 발생하는 열 때문에 상당히 넓은 면적의 처분장을 필요로 하지만, 우리나라와 같이 국토가 좁은 국가에서 넓은 처분장 부지를 마련한다는 것은 상당히 어려운 일이다.

특히, 특정 핵종은 반감기가 수십만 년으로 이 기간 동안의 관리 기간을 고려하면 기술적 대안이 필요하다.

사용후핵연료는 약 94%의 타지 않은 우라늄을 함유하고 있어 폐기물이 아니라 재사용이 가능한 자원이다.

사용후핵연료를 파이로 건식 처리(Pyro-processing) 공정을 통해 새로운 핵연료로 생산하여 이를 고속로에서 재순환시킬 경우 직접 처분에 비해 방사성 독성을 1,000분의 1 수준으로 줄이고 고준위 폐기물 처분장 규모도 100분의 1로 대폭 축소가 가능하다.

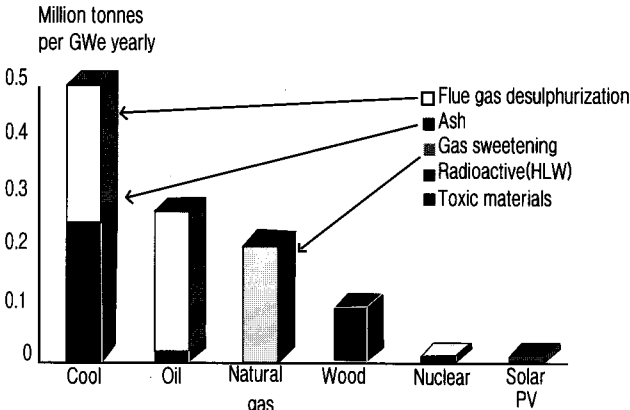
셋째, 원자력 이용 확대에 맞춰 원자력 전문 인력 수급이 차질 없이 이루어질 수 있도록 체계적인 계획을 수립하여 준비해 나가야 한다.

원자력은 자원이 아닌 기술 의존형 에너지이므로 무엇보다 기술을 개발하고 경험을 전수하는 것이 중요하다.

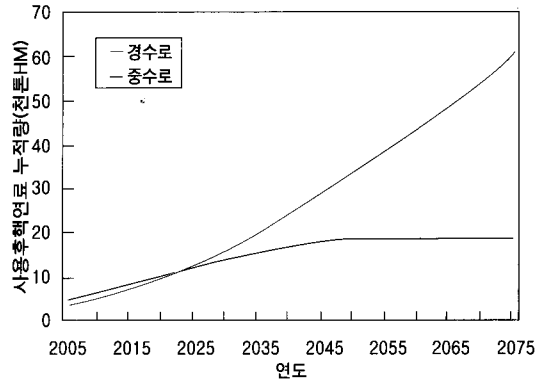
미래 혁신형 차세대 원자력 시스템 개발, 원전 추가 건설, 원자력 수출 추진 등을 위해서는 원자력 인력에 대한 수요가 지속적으로 증대될 것으로 예상되나 이공계 기피 현상, 인력 고령화 등이 걸림돌로 작용하고 있다.

이에 따라 그간의 축적된 기술과 경험이 사장되지 않고 세대를 이어갈 수 있도록 원자력 지식 관리(Nuclear Knowledge Management)가 체계적으로 이루어져야 한다.

우리나라는 지난 30년간 원자력 선진국들이 기술 개발과 인력 양성에 소홀하던 시



〈그림 3〉 단위 전력당 폐기물 발생량



〈그림 4〉 국내 사용후핵연료 누적 예상량

기에도 꾸준히 기술과 인력에 투자해서 오늘날 세계에서 가장 우수한 원자력 전문 인력을 보유하고 있다.

마지막으로, 보다 적극적으로 국민과 소통하는 노력을 기울여 원자력의 사회적 수용성을 높여나가야 한다.

국민의 이해 없이는 원자력의 지속적인 개발 및 확대가 불가능하다. 따라서 정부는 원자력 정책의 수립부터 전 과정에 걸쳐 국민의 참여를 활성화하고 정보를 투명하게 공개하고 있다.

이의 일환으로 교과부는 차세대 여권 주도층인 초·중·고 학생을 대상으로 ‘원자력 이해나눔 사업’을 펼치는 등 원자력 이해 제고에 노력하고 있다.

특히, 지난해 수 차례의 대토론회와 공청회 등을 거쳐 「미래 원자력 시스템 개발 장기 추진 계획」을 국가 정책으로 확정한 것처럼 이제는 국민과의 소통과 이를 통한 사회적 수용성 확보는 원자력 정책 집행 과정에서 반드시 고려되어야 할 필수 항목으로 자리매김하였다.

원자력이 화석 에너지 고갈과 지구 온난화의 이중고로부터 인류를 구원하고 지속가능한 발전을 실현할 대안으로 주목받는 원자력 르네상스는 거스를 수 없는 도도한 흐름이 되었지만 원자력 르네상스 자체가 우리에게 기회를 선사하지는 않을 것이다.

원자력의 안전성 향상, 사용후핵연료 재활용 기술 개발, 원자력 전문 인력 양성을 위한 지식 관리 및 사회적 수용성 확보 노력 등을 함께 기울일 때 비로소 원자력은 지속가능한 에너지원으로서 밝은 미래를 우리에게 열어 보일 것이다. ☺