

체르노빌사고 10주년 관련

「원자력-안전성과 환경」 공개토론회

## 원자력의 안전성과 환경영향

강 창 순

서울대학교 원자핵공학과 교수



**우** 리 나라는 95년의 경우 필요한 에너지의 96.7%를 해외로부터 수입하였다. 이렇게 엄청나게 높은 에너지의 해외 의존도는 에너지 정책을 입안하는 데 자연적으로 안정적 공급이 가장 중요한 자리를 차지하게 한다.

원자력의 도입은 석탄·석유·천연가스와 같은 화석 연료에 대한 의존도를 줄이고 수년분의 연료를 쉽게 저장할 수 있으므로, 에너지원의 다변화와

비상시에 대비한 비축 효과 측면에서 우리 나라의 에너지 안정적 공급에 크게 기여하고 있다.

원자력은 소비성 에너지라기보다는 기술 에너지이다.

우리 나라는 천연 자원이 빈약한 반면에 다행히 재능이 많은 인력이 풍부하다.

그러므로 에너지 공급의 해결도 인재 양성과 고급 기술의 개발로 그 활로를 개척하는 것은 당연하다 하겠다.

결국 부존 자원이 빈약한 가운데 경제 성장을 계속 추구해야 하는 우리로서는 원자력을 통한 에너지 자립만이 당면한 에너지 문제를 해결할 수 있는 방향이라 하겠다.

원자력의 경제성은 도입 초기에서부터 다른 에너지원에 비해 우위를 지켜왔다.

그러나 최근에 와서 안전 규제와 강화에 따라 원자력 시설의 건설비가 증

가되고 있는 경향이다.

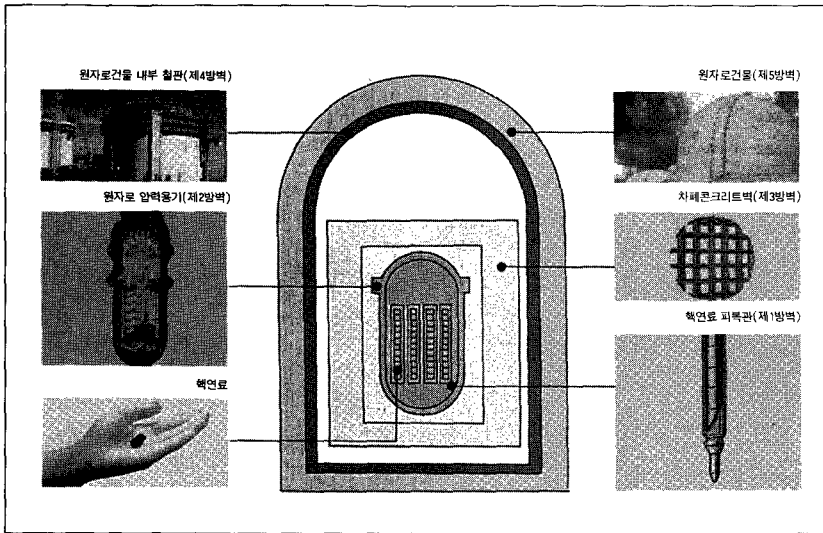
이러한 경향에 맞서 원자력 관련자들은 표준화와 건설 공기의 단축으로 건설 단가를 절감하고 있으며, 이용률 개선과 보수 기간의 단축 등으로 경제성 향상을 지속적으로 추진하고 있다.

결과적으로 원자력의 경제성은 앞으로도 다른 에너지원에 비해 계속 우위를 점할 것으로 전망한다.

원자력은 다른 어떤 에너지원보다도 환경 친화성 에너지이다.

화석 연료의 사용으로 지구상에는 현재 매년 약 200억톤의 이산화탄소가 배출되고 있는데, 현존 원자력발전을 모두 석탄 화력으로 대체할 경우 연간 18억톤의 이산화탄소가 더 배출된다.

따라서 원자력은 산성비 및 기타 공해 요인의 감소는 물론, 지구 온실 효과 감소라는 측면에서 환경 보전에 큰 기여를 하고 있다.



원자력발전소의 다중 방호벽

비축 효과, 에너지원의 다변화, 환경 문제 완화, 그리고 무엇보다도 경제적이기 때문에 우리는 원자력이 필요하다.

그러나 모든 문명의 이기는 야누스의 얼굴을 가지고 있어 좋은 점이 있으면 반드시 나쁜 점을 수반한다.

원자력도 예외는 아니어서 그 유용성은 충분히 인정이 되나, 이에 부수되는 안전성이 문제가 되고 있다.

따라서 원자력의 유용성과 그 안전성은 항상 함께 상대적으로 검토되어야 하며, 안전성을 전제로 한 당위성의 우위에 바탕을 두어야 한다.

**원자력의 안전성**

현재 대두되고 있는 안전성 문제로서는 원자력 시설의 사고로 인한 위험성, 그리고 원자력 시설의 운영과 더불어 발생하는 방사성 폐기물의 처분

과 관련된 환경 문제가 있다.

러시아에서 있었던 체르노빌 사고와 동해 핵폐기물 투기는 이들 두 원자력이 갖는 안전성 문제를 우리들에게 일깨워준 대표적인 예이다.

따라서 원자력을 이용하기 위한 전제는 이들 안전성 문제를 철저히 규명하고 해결하는 것이고, 이는 당연히 기술자의 몫이며, 기술자들은 다행히도 경제성을 유지하면서 이들 안전성 문제를 잘 해결해 나가고 있다.

사고로 인한 위험성에 대비해서는 기술적으로 두 가지 측면에서 대응하고 있다.

첫째, 사고가 일어나지 않도록 예방을 철저히 하는 것이다.

사고가 날 확률을 원천적으로 줄이기 위해 안전 운전은 물론, 설계시부터 다중 방어 개념을 적용하여 충분한 안전 여유도를 갖도록 하는 것은 기본이며, 추가로 설계·제작·건설의 과

정에서 입증된 기술만을 허용하여 불확실성을 줄이고, 철저한 품질 보증 행위를 통하여 신뢰성을 높이고 있다.

둘째, 사고가 발생한다 하더라도 사고를 충분히 통제·관리할 수 있는 체계를 완비하고, 완화 능력을 배양하는 것이다.

가상 사고에 대비해서 공학적 안전 설비를 갖추는 것은 물론, 철저한 사고 후 관리 체계를 강구하여 자연 환경으로의 방사성 물질 유출을 차단하도록 하고 있다.

따라서 사고로 인한 위험성을 최소화하는 방안은, 우선 사고가 발생할 확률을 줄이는 것이며, 그리고 만약의 사고에 대비하여 사고가 발생한다 하더라도 환경에 미치는 영향을 가능한 한 극소화하는 것이다.

원자력의 이용과 관련하여 환경과 관련된 안전성 문제는 방사성 폐기물의 처분 문제가 있다.

원자력을 이용하면서 방사성 폐기물의 발생량은 계속 증가하기 마련이다. 생성되는 폐기물은 저준위 방사성 폐기물과 사용후 핵연료가 있다.

폐기물은 발생량이 매우 적어서, 현재 부지 내의 임시 저장 시설에 보관 중에 있다.

그러나 임시 저장 능력은 점차 한계에 이르게 되고, 결국은 영구 처분 시설의 건설이 필요 불가결하게 된다.

따라서 원자력의 이용을 계속 추구한다면 방사성 폐기물을 안전하게 처분하여 자연 환경에서 완전히 격리하

는 것이 우리들이 해결해야 할 당면 과제라고 하겠다.

### 방사선

1895년 뢰트겐에 의하여 X선이 발견된 후 라듐과 함께 의학을 비롯한 많은 연구 분야에서 방사선이 사용되면서 방사선이 인체에 주는 장해에 관하여 인지하게 되었다.

특히 1940년 초반부터 핵폭발 실험이 본격화되면서 낙진에 대한 방사선 방호의 중요성을 절실히 느끼기 시작하였다.

그리고 1950년부터는 원자력발전의 도입과 더불어 원자력의 이용이 엄청나게 증가하게 되었고, 동시에 방사성 동위 원소를 포함한 방사선의 이용이 급증하게 되었다.

이에 따라 방사선의 잠재적 위험으로부터 인간과 자연 환경을 안전하게 방호하는 것은 원자력의 이용과 더불어 고려되는 필수 조건이 되었다.

원자력의 이용의 특징은 '방사선'을 동반한다는 사실이다.

그러므로 안전성의 목적은 '대중 및 자연 환경을 방사선의 위험으로부터 방호'하는 것이다.

방사선은 물질과 작용하여 이온을 발생시킨다. 따라서 방사선은 원래 '이온화 방사선'을 간략히 줄여서 방사선이라 한다.

그러나 근래에 와서는 전자파·레이저·마이크로웨이브와 같은 비이온

화 방사선도 방사선에 포함시키고 있다.

그러나 원자력을 이용하는 과정에서 발생하는 방사선은 모두 이온화 방사선이므로, 우리는 방사선 방호의 측면에서는 이온화 방사선만을 방사선이라 취급하고 있다.

방사선은 인간이 갖고 있는 자연 감각 기관에 의하여 감지할 수 없다.

방사선은 냄새나 맛도 없고, 보거나, 듣거나, 피부로 느낄 수도 없으므로 우리가 느끼지 못하는 사이에 인체에 영향을 끼칠 수도 있다는 것이 특징이다.

우리가 잘 알지 못하는 방사선으로부터 인간과 자연 환경을 방호하기 위한 새로운 학문을 '보건 물리'라 한다.

보건 물리의 학문적 추구는 우선 인간의 감각 기관으로 감지할 수 없는 방사선을 기기를 통해 검출 및 계측하는 것부터 시작된다.

그리고 방사선 피폭이 인체 및 자연 환경에 미치는 영향을 규명하고, 방사능이 자연 환경 내에 누출되었을 때 어떠한 경로를 통하여 이동하는가를 연구하고, 이에 대응하는 방사선 방호를 위한 기기·장치·공정 및 환경을 설계하는 데 그 목적을 두고 있다.

천연에도 방사선이 존재한다. 이러한 사실을 1896년 베크렐이 처음 발견하였고, 현재 자연에 존재하는 동위 원소 340개 중에서 70개 가량이 방사선을 방출하는 동위 원소로 밝혀졌다.

원자 번호가 82인 납보다 큰, 다시

말해서 납부터 시작하여 원자 번호가 92인 우라늄(우라늄은 천연에 존재하는 원소 중 원자 번호가 가장 큰 것임)까지의 원소는 모두 방사선을 방출하는 방사성 원소이다.

그 밖에 천연에 존재하는 방사선으로는 지구 밖으로부터 들어오는 우주선이 있다.

다시 말해서 우리는 천연 방사선의 세계에 파묻혀서 살고 있는 것이다. 우리가 호흡하는 공기는 물론, 음식물·주택 등 모든 물질 가운데 방사선을 내지 않는 것은 없다.

심지어 우리 몸 자체도 방사선을 방출하는 방사선원인 것이다. 이것이 소위 말해서 천연 방사선이다.

방사선은 천연에 존재하는 것이 있는가 하면 인공적으로 만들어낸 것도 있다.

특히 우리 사회는 원자력의 이용이 증가하면서 인공 방사선에 대해 관심을 본격적으로 갖게 되었다.

원자력 관련 모든 시설은 인공 방사선을 부수적으로 반드시 동반하며 그 잠재적 위험성에 대비하여 방사선 방호에 최선을 다하게 되었다. 그렇다고 인공 방사선과 천연 방사선이 인체에 미치는 영향이 다르다고는 할 수 없다. 방사선은 근원이 천연이든 인공이든 다를 바가 없다.

다시 말해서 인체에 미치는 영향이 천연이나 인공이나, 그 발생 근원이 문제가 되는 것은 아니다.

기술적으로 방사선은 세기, 에너지

그리고 종류에 따라 특징지워지기 때문이다.

**방사선의 생물학적 영향**

방사선 피폭이 인체에 미치는 영향을 방사선 방호의 측면에서 편리상 확률적 영향과 결정적 영향으로 분류하고 있다.

확률적 영향이란 적은 양의 방사선 피폭에서 사용하고 있으며, 피폭 받은 선량의 크기를 방사선이 인체에 미치는 영향의 심도로 나타내는 것이 아니라, 주어진 영향이 일어날 확률의 크기로 나타내는 것이다.

따라서 확률적 영향을 언급할 때에는 피폭선량의 문턱값이 없다.

아무리 적은 피폭선량이라도 확률의 크기로 반드시 나타나게 된다.

확률적 영향은 담배의 흡연으로 인한 영향과 비유할 수 있다.

흡연자 모두가 폐암과 같은 나쁜 질병을 일으키는 것은 아니다. 그러나 흡연자의 경우, 이러한 질병을 일으킬 확률이 높은 것은 확실하다. 그렇다고 폐암이 발생하였다고 해서 반드시 흡연 때문이라고는 할 수 없다.

이와 같이 확률적 영향의 특징은 그 영향이 반드시 방사선 피폭으로 인한 것이라고 그 역학적 관계를 입증할 수 없다.

다만 아무리 적은 방사선 피폭이라도 발생 확률을 높이는 것이다.

방사선에 의한 확률적 영향에는

암·백혈병·수명 단축·유전병 등을 들 수 있다.

결정적 영향은 방사선 피폭에 문턱값이 있어서 그 값보다 큰 경우만 영향을 보이는 것이다.

이러한 영향을 일으키는 방사선 피폭은 제법 큰 양의 피폭으로서 문턱값을 넘는 피폭자는 모두 영향이 나타나게 된다. 이러한 경우 인체에 미치는 영향의 심도가 선량의 함수로 취급된다.

음주를 예로써 비유할 수 있다.

음주는 일정량이 넘으면 누구나 취기의 영향이 나타난다. 그리고 이러한 영향은 음주로 인한 것이라는 사실을 명확히 알 수 있으며, 마시는 양에 따라서 그 취기의 심도가 달라진다.

이 범주에 속하는 영향으로는 혈액의 변화·설사·구토·졸도·피로·체온 상승·탈모·홍반 등을 들 수 있다.

1977년 국제방사선방호위원회가 권고한 방사선 방호의 목적은, ① 방사선 피폭은 인간이나 사회에 유익한 결과가 없는 한 있어서는 안 되고 ② 결정적 영향을 초래하는 피폭은 반드시 방지하여야 하며 ③ 이에 추가로 확률적 영향을 가능한 한 감소하기 위하여 합리적 성취 최저(ALARA : as low as is reasonably achievable)를 유지하도록 하고 있다.

여기서 언급하고 있는 합리적 성취 최저의 철학은 방사선 방호의 기준을 주어진 선량 한도에만 한정하지 말 것

이며, 사회적·경제적 상황을 고려하여 방사선 피폭을 합리적으로 가능한 낮게 유지하도록 최선을 다하는 데 있다.

따라서 결정적 영향 방지와 확률적 영향의 합리적 성취 최저 개념은 그동안 방사선 방호의 기본 철학이 되어 왔다.

그러나 최근에 와서 방사선이 인체에 미치는 영향에 대하여 새로운 사실들이 밝혀지면서 이러한 방사선 방호의 기본 철학이 문제점으로 지적되고 있다.

그 동안 방사선이 인체에 미치는 영향을 평가하는 데 사용한 문턱값(혹은 방사선 피폭의 허용 위험도)을 터무니 없이 낮게 책정하였으며, 그리고 아예 문턱값을 무시하고 아무리 적은 양의 피폭 선량이라도 악영향을 초래한다는 가정을 전제로 한 선형 모델을 사용하는 것은 아무 근거없는 것으로 결론짓고 있다.

방사선이 인체에 미치는 영향을 최근에 분석한 바에 의하면, 방사선량이 20rad 이하에서는 전혀 해로운 영향이 없는 것으로 나타나고 있고, 방사선량을 여러 번 나누어서 받는다면 200~400rad까지도 인체에 미치는 영향이 거의 없는 것으로 나타났다.

심지어 낮은 준위의 피폭 선량은 인체에 유익한 효과를 나타내는 것으로 밝혀지고 있다.

그러므로 현재 사용되고 있는 선형 모델과 같은 보수적 가정은 우리 사회

에 전혀 도움을 주지 않는다고 결론짓고 있다.

이러한 보수성은 엄청난 비용을 불필요하게 지불하게 하고, 결국은 원자력의 사회 공헌을 희석하는 결과를 초래하고 있다는 것이다.

오히려 방사선 피폭의 영향에 대한 잘못된 인식으로 인하여(즉 선형 모델을 사용한 이유로) 체르노빌 사고 후 유럽에서는 근거없는 두려움을 일반 주민들에게 안겨주는 결과를 초래하고 있다.

이러한 두려움으로 인하여 1십만~2십만명의 인공 유산을 초래하는 결과를 낳았다고 보고하고 있다.

결국 방사선이 인체에 미치는 영향의 잘못된 인식은, 실제 사고로 인한 직접적인 결과(공식적인 보고에 의하면 40명 미만의 사망이 보고되었음)보다 훨씬 큰 돌이킬 수 없는 슬픈 비극의 결과를 불러 일으켰던 것이다.

결과적으로 방사선 피폭이 인체에 미치는 영향을 평가하는 데 보수적으로 선형 모델을 적용한다면, 경제적으로 엄청난 손해를 초래하는 것은 물론, 오히려 사회에 더 나쁜 부수적인 영향을 끼친다는 것을 알 수 있다.

방사선을 무조건 두려워하기보다는 그 본질을 정확히 이해하여, 이의 방호에 대한 과감한 우리의 의식 전환이 요구된다.

방사선 피폭이 인체나 자연 환경에 미치는 영향을 항상 보수적으로 가정한다고 하여 반드시 인간과 자연 환경

을 적절히 방호하고 있다고 결론내리는 것은 잘못된 방향이라 할 수 있다.

### 결론

우리는 이미 수십년에 걸쳐서 원자력을 경제적으로 안전하게 이용하여 왔으며, 지구 온난화 감소와 같은 환경 문제 완화에 큰 기여를 해 왔다.

그리고 원자력이 우리 나라 산업 발전 및 국민 경제의 원동력이 되어 왔다는 것은 엄연한 사실이다.

효율적 대체 에너지원의 개발과 병행해서 원자력은 앞으로도 국가의 안정적이고 경제적인 에너지 수급에 중요한 역할을 할 것이다.

특히 기후 협약과 함께 앞으로 예상되는 녹색 바람은 우리 경제 발전에 엄청난 제약 조건으로 작용할 것이며, 이에 대응해서 환경 친화성을 갖는 원자력의 지속적인 도입은 당분간 불가피하다고 결론내릴 수 있다.

한편 안전성을 제고하고 방사성 폐기물을 안전하게 처분하기 위한 우리의 노력은 끊임없이 추진되어야 한다.

인간과 자연 환경을 위한 방사선 방호는 원자력 이용과 더불어 고려되어야 할 필수 조건이다.

우리는 21세기 차세대에 대비하여 원자력의 안전성을 획기적으로 제고하고, 경제성을 개선하는 노력을 꾸준히 추진하고 있다.

이에 따라 우리 나라는 2001년까지 「차세대 원자로」의 설계를 우리 손

으로 끝내고, 차세대 원자로 1호기의 건설을 2006년에 완료할 예정이며, 이후 10여년간 표준형 원자로를 사용할 것이다.

방사성 폐기물의 경우 저준위 폐기물은 현재 유리화를 통하여 그 양을 대폭으로 감축하고 있으며, 이 소량의 유리화된 저준위 폐기물은 안전하게 처분될 것이다.

사용후 핵연료는 우리 나라의 후행 핵주기 정책이 확정될 때까지 원전 부지 내에 안전하게 임시 저장될 것이다. 그러나 고준위 방사성 폐기물을 미래에 자연 환경으로부터 완전 격리하기 위한 제반 연구 개발은 꾸준히 수행되어야 할 것이다.

최근 방사선이 인체에 미치는 영향에 대한 연구 보고가 계속 나오고 있다.

이들 연구 보고에 의하면 상당히 높은 방사선 피폭에서도 인체에 미치는 악영향이 거의 없다고 결론을 내리고 있다.

현재 적용하고 있는 방사선 방호를 위한 규제 지침은 불필요하게 보수적으로 책정되고 있고, 이러한 보수성은 엄청난 경제적 손실은 물론, 오히려 사회에 나쁜 결과를 초래하고 있다고 밝히고 있다.

따라서 방사선을 단순히 두려워하기보다는 그 본질을 더욱 더 정확히 밝혀서, 새로운 방사선 방호 철학에서 과감한 기본 의식의 전환이 필요하다. ☉