



원자력의 재탄생을 위한 필요 조건

Albin M. Weinberg*

내가 존경하는 오랜 친구 Karl Cohen은 나의 임무를 내가 예상했던 것보다 훨씬 쉽게 만들어 주었다. 그의 에세이에는 Alvin Weinberg 같은 오랜 친구가 말해줄 수 있는 것 이상의 내용은 없다. 그 대신 나는 제1 원자력 시대로부터 제2의 원자력 시대로 가기 위해 필요한 다음과 같은 몇 가지 조건들을 제시하고 이에 대하여 논의하고자 한다.

- ① 심각하게 다루어져야 할 온실 가스(CO₂) 저감
- ② 원전 수명 연장
- ③ 저준위 방사능의 생물학적 영향이 초과학적으로 받아들여지거나 또는 저준위 방사능으로 암과 같은 후유증들이 치료될 수 있게 하는 것
- ④ 핵무기 사용 금지의 전통을 영구히 연장하는 방법 개발 등. 이상의 조건은 제2의 원자력 시

대로 가기 위한 필요 조건일 뿐 충분 조건이 아님을 분명히 해둔다.

철저한 CO₂ 감축 대책

고(故) Glenn Eagborg가 2년 전 의장을 맡고 있었던 Eagle Alliance 감독위원회로부터 온실 가스 감축을 위해 원자력의 역할에 대한 요약 자료를 준비하도록 요청받았었다. 그 때부터 온실 가스 감축은 원자력 에너지를 정당화하는 화두로 등장했다. 그러나 우리의 반대론자들은 원자력이 온실 가스 문제를 해결하기에 부족하다거나 심지어 근본적인 해결이 될 수 없다고 주장하고 있다.

원자력 반대론자들은 진퇴양난에 빠져 있다. 즉 원자력을 싫어하지만 온실 가스도 싫어한다. 그들 중 다수는 온실 가스보다는 원자력을 더 싫어하는 듯 하다. 때문에 다른 온

실 가스 감축 기술로 원자력의 역할을 최소화하려고 한다.

나는 온실 가스 감축 문제에 관한 해답을 찾기 위해 동료인 Alfred Perry의 도움을 받아 다음과 같은 놀라운 결론을 얻어냈다. 이것은 미국철학협회 회의에서도 발표되었다.

Perry는 화력발전소 대신 원자력 시스템을 개발함으로써 피할 수 있는 온실 가스 총량을 원자로에서 사용되는 우라늄 백만 톤당 단위로 계산하였다. 이 숫자는 실제로 원자로에 쓰이는 채광 우라늄 효율(Ef)에 따라 다르게 나타난다.

완벽한 고속 증식 시스템의 사용 효율은 약 70% 정도이다. 재생 사이클이 아닌 경수로에서는 약 0.5%의 효율을 갖고 있다. 상대적으로 대기에는 370ppm의 이산화탄소가 있다. 만일 우라늄 총량이 3천만 톤이라면 0.5% 사용 효율의

* 미국 Oak Ridge 국립연구소 소장(1948~1973), 미국원자력학회(ANS) 회장(1959~1960) 역임

〈표〉 우리나라 백만 톤당 온실 가스(CO₂) 감축량

Ef, Efficiency of Use(%)	Avoided Rise in CO ₂ (ppm) per 10 ⁶ tons of U
100	256
70	179
1.5	3.8
0.5	1.3

경수로의 원자력 에너지로 전체 38ppm 절감하게 되어 상당 기간 온실 가스 문제를 해결할 것이다.

70% 효율의 고속증식로 시스템의 경우 온실 가스 절감은 약 5300ppm로서 0.5% 효율의 원자로에서 3천만 톤 우라늄을 태우는 경우보다 약 150배나 더 절감하게 된다.

결론은 경수로로서는 온실 가스 감축에 어느 정도 도움을 줄 수 있지만, 만일 3천만 톤으로 추정되는 우라늄 원료가 더 많이 발견되지 않는다면 감축 효과는 영구히 지속적이지는 않을 것이라는 것이다.

↑ 원자력이 온실 가스의 장기적인 해결책이 되기 위해서는 고속증식로로 옮기든지 우라늄 원료를 더 많이 발견해야 한다. 다시 말해서 장기적인 측면의 온실 가스 문제 해결은 반드시 고속증식로가 개발되거나 더 많은 우라늄 원료를 발견해야만 된다.

1941년 내가 맨하탄 프로젝트에 참여했을 때 우리는 단순히 전세계 우라늄 매장량을 만 톤 이하로 저평가 하고 있었기 때문에 고속증식로

의 개발을 강력히 추진하고 있었다.

오늘날 우리는 증식로의 개발에 대한 또 다른 정당성을 발견했다. 즉 온실 가스이다. 단기적으로 볼 때 현재의 원자로로는 온실 가스 감축 효과를 줄 수 있으나, 원자력으로 영구적인 해결책을 찾고자 한다면 반드시 추가적인 우라늄 매장을 확인하던지 증식로를 개발해야 한다.

영구적인 에너지원으로

1985년 나는 「영구적인 에너지 시스템과 세대간 정의」라는 제목의 보고서를 썼다. 원자력의 높은 자본 비용(\$/kW)은 지정된 원전의 수명이나 감가 상각 기간을 연장한다면 획기적으로 개선될 것이다.

얼마나 연장해야 하는가는 지금까지 정확히 확인할 수 없지만 약 40년 정도로 예측할 수 있다. 구형 원자로의 낮은 구입 가격을 이용하기 위한 원자력 발전 회사의 비정상적인 합병은 이러한 방향을 지향하고 있는 것 같다.

이러한 원자로들이 30년에서 40년 정도 더 운전하게 된다면 전체

원자로 수명 기간 중 평균 전력 단가는 놀라울 정도로 낮아지며, 이것은 어떠한 기술적 이유보다도 더 값싼 원자력 에너지 시대를 열 수 있게 해줄 것이다. 물론 이와 같은 자본 비용을 회수하기 위한 기간 활용 전략은 모든 고자본 에너지 시스템에도 동일하게 적용될 수 있다.

예를 들어 이집트의 오래된 Aswan Low댐의 경우 지은 지 90년이 되었으나 현재도 약 200MWe의 전력을 생산하고 있다. 이 댐은 예전에 투자비가 회수된 상태이며 더 이상 전력 생산 단가에 초기의 높은 자본 비용이 부가되지 않는다. 현재 시점에서 증명하기는 시기 상조이지만 비슷한 현상이 원자력발전소에서도 일어날 수 있다.

저준위 방사능에 대한 생물학적 효과

Linear no-threshold(LNT, 선형 비경계) 가설의 타당성에 대해 지금도 논쟁이 한창이다. 이십년 전 고(故) Howard Adler 박사가 LNT의 타당성에 대해 엄격한 과학적 근거(즉 초과학적 질문)에 따라 정할 수 없으므로 규제 기준을 자연 방사선 준위와 관련해서 정해야 한다고 제안했다. 그는 실제로 자연 방사선 준위 표준 편차에 따라 연간 피폭 기준을 제안했었다.

그런데 이 기준 이하의 피폭과 관

련하여 '소량의 피폭이 얼마나 위험한 것인가?'에 대한 질문에 대해 '모른다'라고 답하였으나 자연 방사선 준위 효과와 비교하여 상대적으로 작다고 할 수 있다.

이와 비슷한 것('일반인에 대한 신체 피폭 선량', 국립 방사선방호 연구소 Ad Hoc 위원회 보고서)이 1960년대 초에 제안되었으나 피폭 기준 설정시 한번도 엄격하게 구체화되진 않았다.

핵무기 사용 금지

원자력 에너지의 궁극적인 수용성은 아마도 55년 동안 전통으로 이어온 핵무기 사용 금지 정책을 유지하는 것에 달려 있을 것이다.

상호 보증된 파괴의 공포에 의해 갖게 되는 억제력이 영구히 작용할 것인가? 나는 수천 개의 핵무기가 배치되어 있는 적대적인 대결 국면의 균형이 궁극적인 안정 상태로 되기에는 너무 깨지기 쉽다고 믿는다. 또한 단 몇백 개의 핵무기일지라도 마찬가지로 안정 상태가 될 수 없다고 믿고 있다.

핵무기 전면 폐지는 어떤가? 핵무기 제작 기술 자체는 없어지지 않을 것이고 인간의 양심을 끊임없이 유혹할 것이기 때문에 이 또한 현실적이라고 믿을 수 없다. 나는 레이건 전 대통령이 제안했듯이 서로가 100여 개의 핵무기를 보유하고 상



원자로들이 30년에서 40년 정도 더 운전하게 된다면 전체 원자로 수명 기간 중 평균 전력 단가는 놀랄 정도로 낮아지며, 이것은 어떠한 기술적 이유보다도 더 값싼 원자력 에너지 시대를 열 수 있게 해줄 것이다. 물론 이와 같은 자본 비용을 회수하기 위한 기간 활용 전략은 모든 고자본 에너지 시스템에도 동일하게 적용될 수 있다.

응하는 방어 체계를 갖추고 상호 협조하는 미래를 보다 쉽게 그려본다.

15년전 Jack Barkenbus와 나는 소위 '감축 방어(Defense Protected Build Down)'에 의해 이러한 균형 상태를 이루는 방안을 제안했다. 이 계획에 의하면 양진영 모두 일정 방어 미사일을 일정수의 공격 핵무기를 철거하는 대가로 배치할 수 있도록 하는 것이다.

이 '보상 비율'은 협상에 의해 정해져야 할 것이다. Stansfield Turner 장관은 보상 비율을 50~100으로 하여 감축하는 방안을 제안했다. 즉 50~100여 개의 공격 미사일을 철거하고 하나의 방어 미사일을 배치하는 것이다.

이 사업에서 모든 진영은 방어할

수 없는 1,000개의 대륙간 탄도탄의 공포를 선택하거나 또는 방어할 수 있는 900개 핵탄두의 공포 중에 하나를 선택해야 한다. 현상황이 선제 공격 금지라는 단서에 의해 묶여 있다면 나는 국가 또는 국제적인 지도자가 대규모의 방어할 수 없는 핵무기의 배치보다 소규모의 방어할 수 있는 대륙간 탄도 미사일을 선택할 것이라고 믿는다.

나는 100개의 핵탄두와 상호 방어 체계가 궁극적인 핵무기 사용 금지의 전통을 영원히 지켜줄 수 있다고 말할 수 없다. 단 러시아와 유럽 연합이 핵폭탄이라는 도깨비를 병속에 가둬둘 수 있는 보장을 나에게 줄 때 얻을 수 있는 결과를 말하고 있는 것 뿐이다. ❧