

液體鉛冷却高速増殖爐와 安全性

원자력발전용량이 지금 보다 훨씬 커진다면 원자력發電은 자원난을 해소하고 전력생산에 따르는 환경과 수용 및 사회적, 국제적인 어려운 문제들을 근본적으로 해결할 수 있을 것이다. 이것이 차기의 發展단계, 즉 A.M. Weinberg 씨가 말한 “제2의 원자력시대”의 목표가 될 것이며 이로 인해 지금까지의 원자력산업의 침체상태가 1990년대에 종말을 고할 것으로 기대된다.

원자력발전은 일부 국가에 있어 국가경제에 매우 중요한 위치를 차지하게 되었으나 아직도 대부분의 국가에서는 연료구성비에 있어 적은 부분을 차지하고 있고(전 세계적으로 5%, 소련 3%) 이것이 정치적인 문제가 되는 경우가 많다. 원자력산업계는 그동안 TMI나 체르노빌 사고와 같은 뼈아픈 경험을 했는데 이러한 사고들은 원자력발전에 대한 일반국민의 거부반응을 가중시키고 동시에 원자력발전설비와 그 운전·보수에 대한 개선책의 필요성을 재인식시켰다. 현재 수백기의 원자로가 성공적으로 가동되고 있고 안전성이 높은 신시대 원자로가 개발되었다는 것은 필요할 때 언제나 이같은 원자로를 건설할 수 있다는 근거를 마련해주는 것이다.

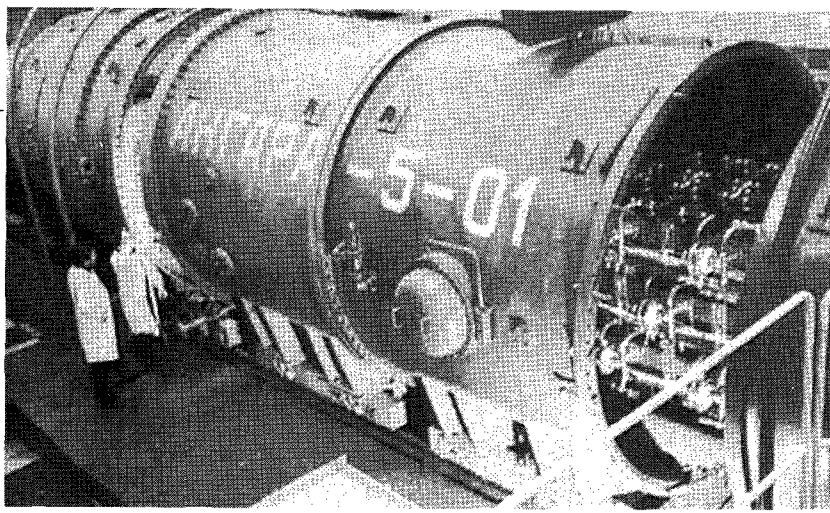
그러나 대규모의 원자력발전은 기존의 원자력발전방식을 확대시키는 것만으로는 달성하기 어렵게 되었다. 현재의 원자력 발전방식은 지금으로부터 약 40년전에 그 기초가 다져진 것

으로 이것은 당시의 한정된 군사용 원자력기술과 이를 發電에 이용하려는 생각에서 비롯된 것이었다. 이러한 발전방식은 안전장치에 대한 절대적인 신뢰가 바탕이 되어 있었는데 이러한 신뢰는 그후에 일어난 사고에 의해 흔들렸다. 안전장치는 제어불가능한 暴走, 냉각재 상실, 폭발로 인한 방사능 누출 등의 사고를 미연에 방지하지 못하는 것으로 밝혀져 이 보다는 오히려 이러한 사고의 발생확률을 줄이기 위한 노력이 기울여졌다.

확률론적 평가는 과거의 경험을 통해 예측하고 차세대의 원자로 설계를 검토하는데 유용하다. 그러나 이 평가방법은 훨씬 대규모의 원자력발전소의 장기적인 운전안전성을 보장하는 것은 아니다.

이 문제를 해결하기 위해서는 안전성을 근본적으로 높여 위험도가 높은 사고를 미연에 방지하는 것이 필요하다. 또한 대규모의 원자력발전은 기존의 경제적인 이점을 유지하면서 우라늄소비량을 상당량 줄이는 증식방식으로 전환할 필요가 있다.

현재의 원자로 형식에서 서로 함수관계에 있는 안전성 증식, 경제성을 모두 충족시키기 위해서는 “고유안전성”을 추구할 필요가 있다. 장래의 대규모 원자력발전소는 이러한 생각을 충족시키고 그 규모와 개발조건 및 기준설정에 관해 현장에서 얻은 경험을 최대한 살린 새로운 원자로형식이어야 할 것이다.



“고유안전성”의 이상에 가장 가까운 것이 액체금속냉각 고속증식로다. 이 고속증식로는 핵연료자원문제를 해결할 뿐더러 제어 불가능한 폭주와 냉각재 沸騰/상실 등의 사고를 미연에 방지할 수 있는데 이는 근소한 반응도 마진과 액체금속의 높은 비등점 및 낮은 압력때문이다. 이외에도 고속로는 actinide를 효율적으로 연소시킬 수 있어 방사성폐기물의 취급과 안전처분이 용이하다.

30년전에 액체금속고속증식로(LMFBR)의 냉각재로 가볍고 열전도율이 높은 나트륨(Na)이 선택되었는데 그 이유는 나트륨을 사용함으로써 높은 연소율과 짧은 배가시간을 유지할 수 있기 때문이었는데 그 반면에 긴급시에 공기나 물과 접촉했을 때나 온도가 900℃ 이상 올라가는 긴급사태하에서 위험성이 있었다. 이러한 위험요소는 설계를 통해 차단(제거가 아님)할 수 있지만 그 방법이 매우 복잡하고 비용이 많이 든다. 액체중금속(Pb·Bi 共融合金)을 사용해 원자로를 냉각시키는 방법이 소련에서 오랫동안 연구돼 왔는데 이 방식을 고속로에 적용해보려는 생각을 하게 된 것이다. Bi는 희소하고 고가라는 것 외에 휘발성 알파방사체인 Po의 Source이기도 한데 이 점이 대규모 발전로에 鉛을 선택하게 된 이유이다.

전에는 Pb의 높은 용점(327℃, Pb·Bi는 125℃)으로 인해 원자로 설계에서 흔히 사용되는 구조용 銅材를 사용할 수 없게 될지도 모른다는 우려가 있었다. 그러나 최근에 밝혀진바에 의하면 Pb에 의한 낮은 중성자흡수와 감속으로 인해 노심내에서의 Pb양을 증가시킬 수 있어 Pumping 유속과 동력도 줄일 수 있고 또

한 온도상승률이 낮고 온도분포도 비교적 균일한 것으로 나타났다.

결과적으로 연료비폭재온도를 허용한도 이내로 유지할 수 있어 鉛의 자연순환량을 증가할 수 있게 되는데 이로 인해 실제로 원자로의 긴급시 냉각이 용이하다. 질화물 또는 탄화물연료를 사용함으로써 큰 온도여유도와 feedback을 통한 높은 원자로의 자기제어능력을 얻을 수 있게 된다. 제어방식이 단순하므로 완전자동제어가 가능하고 운전원의 실수로 인한 사고를 방지할 수 있다. 앞으로 예상되는 적정수준의 전력수요증가에는 짧은 배가시간이 요구되는 것이 아니기 때문에 출력밀도의 감소는 안전면에서 바람직하다는 것 뿐이다.

Na를 Pb로 대체함으로써 냉각재의 연소와 沸騰(Pb Tboil=1,740℃)으로 인한 사고를 예방할 수 있고 동시에 고속로와 발전소설계를 단순화할 수 있으며 이것은 또한 높은 연료효율과 발전효율과 함께 이같은 발전소가 비용효과적이 될 수 있다는 것을 말해주는 것이다.

현재의 개념설계로 보아 가까운 시일내에 이 방식이 실용화될 수 있을 것으로 보이는데 이를 위해서는 鋼材의 장기적인 耐蝕성에 관한 연구, 극한상황을 포함한 긴급상태의 분석, 연료시험 등을 통해 그 정당성이 증명되어야 할 것이다.

앞으로의 대규모 원자력발전소 문제가 “고유안전성”의 개념을 발전시킴으로써 해결될 수 있다는 것을 일반국민들에게 증명할 수만 있다면 우리는 이 고속로의 개발을 뒷받침하는 충분한 근거를 마련하는 셈이 되는 것이다.