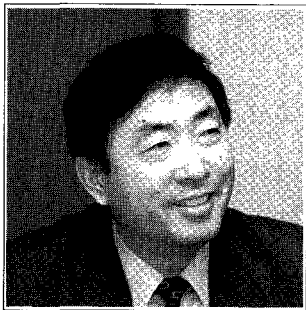


신원자력발전 방식과 국가 원자로형 전략

신 재 인

전 한국원자력연구소 소장



핵

재 핵 보유 원자력 선진국에서의 원전 산업은 급격한 위축으로 위기에 직면하고 있다.

이것은 70년대와 80년대에 걸친 대형 사고의 여파이기도 하지만, 장기간의 건설 기간 동안에 소요되는 거대 건설 자금의 조달과 불확실한 인허가에 따른 불안정한 원전의 사업성에도 큰 원인이 있다.

반면에 상대적으로 안정된 석유와 천연 가스의 시장은 화력 발전 단가의 상대적 경제성을 더욱 유리하게 만들

어 에너지 공급 가치를 높이고 있다.

표류하는 세계 노형 전략

이러한 상황에서 세계 거대 원자력 산업체에서 세운 전략은 새로운 노형의 개발이었다.

기존의 발전 노형으로는 일반 사람들에게 이미 땅끝까지 추락해 버린 안전성과 경제성의 신뢰감을 회복할 수 없다고 판단하였기 때문이다.

새로운 노형의 개발은 이러한 여건 때문에 안전성을 고도화하는 데 중점을 두었다.

특히 중대한 사고가 발생되었을 경우에도 인위적인 처리 없이 자연 현상에 의해서 사고가 피해 없이 종결되어지는 수동형 또는 고유 안전성은 초기에 상당한 관심을 유발하였다.

그래서 대부분의 원자력 산업체는 이러한 안전 개념을 포괄적으로 수용하면서 경제성이 월등히 향상된 원자

로의 설계에 착수하였다.

그러나 이러한 기존 개념과 전혀 다른 새로운 개념의 원자로의 개발에는, 그 개발과 건설에 막대한 자금을 투자해야 하는 전력 회사를 이해시키기에 많은 어려움이 상존하였다.

뿐만 아니라 이러한 새로운 개념은 기술적으로 완전히 실증되지 않았을 뿐만 아니라 불확실한 건설 기간과 건설 자금의 추가 소요가 뚜렷하게 예견되었기 때문에 정책적으로도 큰 힘을 얻지 못하였다.

그래서 지금 세계는 어느 명확한 노형 전략의 방향이 정립되어 있지 못할 뿐만 아니라, 수요가 없는 만큼 노형 전략 또한 설정되지 못하고 표류하고 있다.

제2세대 표준 원전 개발 전략

명확한 방향이 없는 세계 각국의 노형 전략 중에서 그래도 가장 실질적인

진전을 보이고 있는 것은 제2세대 표준 원전의 개발이다.

이것은 다양한 노형을 통해서 기술 개발과 경제성을 동시에 확보하려는 정책이 실패한 후에, 사전 인허가 제도를 앞세워서 예측 가능한 원전을 건설하기 위한 방안으로 미국 내에서 먼저 제시되었다.

물론 거기에는 차세대를 위한 고도의 안전성 확보와 미해결 안전 문제에 대한 확실한 해답을 제시하도록 하는 조건이 우선적으로 제시되었다.

이러한 방침에 따라 기존의 거대 원자로 공급 업체인 웨스팅하우스(Westinghouse)사나 ABB-CE사, 그리고 제너럴 일렉트릭(General Electric)사에서는 매우 느리지만 표준 원전 설계에 많은 노력을 기울이고 있다.

그러나 이 과정에서 가장 큰 문제는, 아직도 미국 국내에는 새로운 원전 건설의 징조가 전혀 없다는 점이다.

현실적인 실존 원전 건설 사업이 없는 경우에는 이러한 사전 인허가 절차와 그 설계는 단순히 책상 위에서 일어나는 일에 불과하고, 특히 제3국에 수출하기 위해서는 실증되지 않는 노형으로서 큰 어려움을 내포하기 때문에 판매의 가능성도 희박하게 될 뿐이다.

반면에 독일과 프랑스가 합작해서 회사를 만들고 이 회사를 주축으로 해서 설계하고 있는 유럽 표준 경수로

(EPR) 설계 사업은 시장성 확보를 위한 공동화 작업이라고 할 수 있다.

이들은 고도의 안전성을 추가로 확보하고 해외 수출 가능성을 증대시키기 위해서, 용량을 축소하면서 유럽 전체의 공통 기술 분모를 여기에 융화시키기 위해 노력하고 있다.

그러나 이 표준화 사업 역시 뚜렷한 건설 계획이 눈앞에 제시되지 않고 있어서 그 전망이 밝은 편에 있지 못하는 것이 큰 흠이다.

대체로 우리 나라나 일본처럼 현재도 지속적으로 원전 건설을 추진하고 있는 나라는, 기존 개념과 독립적인 제2세대 표준 원전을 개발하기보다는, 현재 건설·운전중에 있는 원전의 개념을 점증적으로 개선함으로써 이러한 어려움, 즉 기술의 실증성과 경제성의 확신을 수요자에게 주도록 노력을 하고 있고, 현실적으로 이러한 추진 방법은 설득력이 있어 성공적인 것처럼 보인다.

핵물질 처리와 노형 전략의 변경

현재까지 설명된 세계 각국의 노형 전략은 고전적 개념에 따른 것이다.

즉 고전적 개념은 안전성을 제일로 하고 우라늄 자원의 최대 활용과 경제성 확보에 중점을 두고 있다.

따라서 이러한 고전적 개념의 노형 전략은 현 노형의 진화와 고속 증식로의 활용을 일련의 연속되는 축으로 하고, 거기에 추가하여 미분의 변화를

주도록 계획되었다.

그러나 현재 세계적으로 추진되고 있는 핵물질, 특히 플루토늄의 처리 문제는 이러한 고전적 개념에 새로운 변화 요소를 대입하게 되었다.

즉 플루토늄의 증식보다는 그 소멸 처리에 더욱 큰 관심을 두게 되었고, 현재 운영중에 있는 경수로에서도 플루토늄을 태우는 방안이 검토되었다.

이러한 노형 전략의 변경은 이제까지 상업적 목적을 목표로 추진해 왔던 개념에서 전략적 또는 정책적 목적이 우위를 차지하게 됨으로써, 원자력 이용을 활성화시키려는 시도에 현실적인 어려움을 또 하나 추가하는 모습이 되었다.

핵물질을 소멸 처리하는 방법에는 이외에도 다른 여러 가지 방안이 검토되었고 그 중에서 가속기를 이용한 핵종 변환의 방법이 검토되었다.

그리고 이러한 과정에서 새로운 에너지 발생 장치의 개념이 제안되었다.

신원자력에너지 발생 장치

제안된 새로운 원자력 에너지 발생 장치는, 저임계(subcritical) 구조의 원자로와 그 중앙에 목표(target) 물질을 세우고, 양자 가속기를 통해서 목표 물질에 mA 단위의 양자 전류를 조사함으로써 목표 물질에서 중성자가 발생되도록 하고, 이 중성자가 반응체 내에서 임계에 준하는 분열 반응을 일으켜 열을 발생하도록 하는 장치

를 말한다(그림).

이 개념은 본래 양자 가속기를 이용하여 핵물질을 처리하려는 과정에서 순수한 에너지 이용 측면으로 그 개념을 전환시킨 것으로서, 아직 실증된 단계는 아니지만 이론적 검증은 끝난 단계에 와 있다.

이에 대한 연구는 일본원자력연구소의 OMEGA 프로그램, 미국 LANL의 ATW, 프랑스 CEA의 ISAAC 프로그램, EU의 CERN (EA) 개발 프로그램 등에서 매우 활발하게 진행되고 있다.

가속기는 일본과 미국이 선형 양자

가속기를 이용하는데 비해서, EU의 CERN은 사이클로트론을 이용하고 있다.

반응체 원료는 새로운 플루토늄의 생성을 막기 위해서 토륨을 자연 상태로 이용하는 방안도 강구하고 있다.

냉각재와 열교환기의 사용은 각국의 개념에 따라 다르며, 반응로의 용기 구조나 2차 계통의 구성도 개념이 조금씩 상이하다.

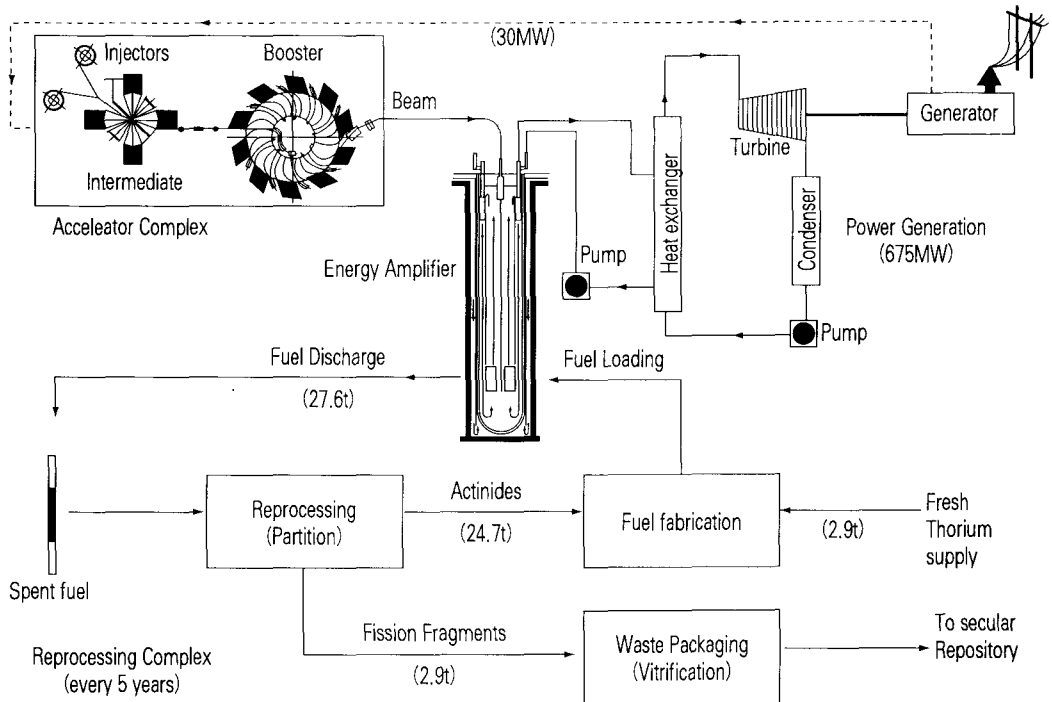
EU에서 이루어진 이러한 개념의 열 발생 장치 경제성 검토에서는, 에너지 생산 비용을 현재 원자력 발전 비용의 절반 수준으로 예측하고 있어

서, 석탄이나 가스 등 타에너지원보다 훨씬 저렴할 것으로 자신하고 있다.

이러한 신원자력 에너지 발생 개념은, 우선 비연속적 핵분열 반응과 저임계 반응 때문에 현재 원자로가 겪고 있는 중대 사고 발생 확률이 급격히 감소된다는 큰 이점이 있다.

장기간 사용 후에 일어날 수 있는 잔류 방사능도 크지 않기 때문에 자연 냉각 상태에서 충분히 안정될 수 있다.

출력의 조정 역시 간단히 주입하는 양자 전류의 양으로 조절함으로써 매우 간편화할 수 있고 선형적이다.



(그림) CERN의 에너지 증폭기

이 새로운 개념의 이론적 실증은 이미 끝난 상태에 있어서, CERN에서는 가속기와 반응로의 엔지니어링이 향후 2년 동안 진행될 예정으로 있다.

실제로 에너지를 창출하기 위한 계통의 건설은 약 5년으로 잡고 있어서, 빠르면 2003년경이면 논리적으로 첫 에너지 공급이 가능하게 된다.

추정되는 건설비는 1,500MWe 용량에 약 1억 달러 정도가 소요될 것으로 예상되어 첫 파일럿 플랜트의 건설은 어렵지 않을 것으로 보인다.

이 개념의 단점으로는 아직은 원자력 산업체에서 이 개념을 적극적으로 검토하고 상업화하는 작업을 서두르고 있지 않다는 데에 있다.

연구소에서도 연구 개발의 상품으

로만 고려되고 있어서 개념이 말끔하게 다듬어진 상태는 아니며, 실제로 활용되기 위해서는 더욱 많은 최적화 작업이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

그러나 이러한 새로운 원자력 에너지 발생 장치의 개념은, 완전히 새로운 기술이나 위험스러운 능동형 기기를 많이 포함하고 있지 않을 뿐만 아니라 환경 오염 문제도 거의 없어서, 만일 그 활용성이 실제로 입증된다면 원자력 발전 개념에 상당한 충격을 줄 수 있다는 데에는 의심할 여지가 없다.

국가 노형 전략에 대한 고려 사항

세계 각국의 이러한 신원자력 에너지 발생 장치 개발에 대한 반응을 보면, 2000년대에 들어와서 현재 원자로형의 보완 개념으로 이 방식을 사용하는 데에는 각국이 이의가 없는 것 같다.

현재까지 원자력위원회에서 확정된 우

리 나라의 노형 전략도 예전의 고전적 개념에 따른 것이다.

물론 단기적이고 현실적인 원전 건설에 대해서는 이러한 고전 개념은 매우 존중되어야 할 것이다.

그러나 2006년을 시점으로 하는 차세대 원전의 도입은, 이제는 이러한 신개념을 포함하여 단일보다는 다중적인 고려를 통해서 방향 재정립을 시도할 수도 있을 것이다.

즉 하나의 노형 전략 방향을 설정하는 데 우리가 따른다면, 전환로 개념이나 신원자력 에너지 발생 장치 개념 등을 포괄적으로 수용해서 생각해 볼 수 있을 것이다.

뿐만 아니라 다음 사항들에 대해서도 이러한 총체적 개념에 따라 전문가들의 활발한 검토가 이루어졌으면 한다.

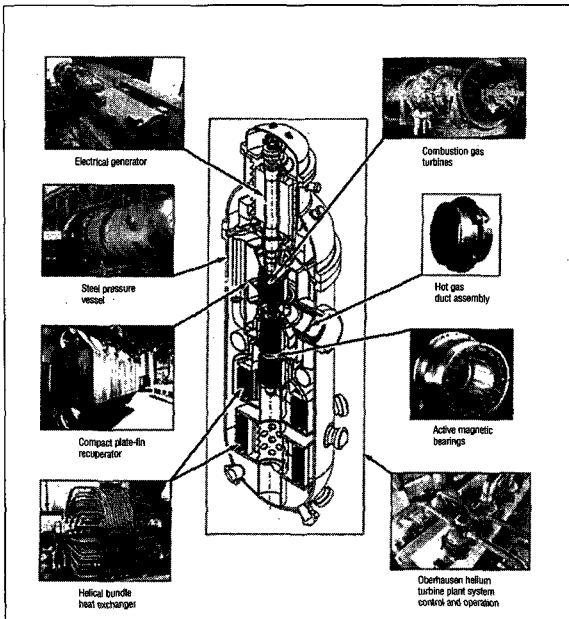
노형의 용량 문제

일반적으로 안전성의 급격한 향상을 위해서는 원자로의 용량은 축소되는 경향을 보이고 있다.

대부분이 1,000MWe를 상한점으로 하고 때에 따라서는 300MWe나 600MWe 규모를 주장하기도 한다.

1,400MWe와 같은 대용량 원전의 운전 실적은 세계적으로 그렇게 좋은 편이 되지 못한다.

그 이유 중의 하나는 시장의 협소성과 운전 경험 정보의 한계성에서도 찾아볼 수 있다.



EPR의 동력 전환 시스템 주요 기기

우리가 개발한 1,400MWe 정도의 대용량 원전은 그 시장이 우리 나라 내부로 국한되어 있다고 볼 수 있다.

왜냐하면 이 정도의 큰 발전소가 건설되기 위해서는 국가 전력 수요가 일정치 이상이 되어야 하고, 대개 이러한 대단위 전력 수요를 안고 있는 나라는 거의 대부분이 선진국들이다.

선진국에서는 이미 자체 고유의 1,400MWe 정도의 원전을 보유하고 있기 때문에 우리가 대형 용량의 원전을 이러한 나라에 수출하는 것은 무리이므로 자연히 내수용의 원전으로 제한될 수밖에 없을 것이다.

따라서 노형의 용량을 높게 되는 주요 요소, 즉 건설비의 절감과 원전 소요 부지의 경제성 문제를 안전성 제고와 이용률 제고 등에서 찾고, 필요하면 해상 원전의 건설도 고려해 본다. 중·소형 원전의 지속적 건설도 크게 나쁘지 않다고 생각된다.

특히 해외 시장의 진출까지 고려하면 중·소형 원전의 이점은 매우 크다고 볼 수 있다.

따라서 중·대형 원전의 혼재 이익에 대한 구체적 평가가 필요한 시점이다.

차세대와 신원전 개념의 개발

원전 설계·건설 기술은 첨단 종합 기술이고, 원전의 안전성 제고는 끊임 없이 요구되고 있다.

따라서 원전 건설에 대한 연구·개

발·설계·제작·건설·운전·보수의 연계는 직접적으로 상호 연결되어야 하며, 다른 공업 기술 분야와도 협력적이어야 한다.

이것은 또한 현재 우리가 달성한 한국 표준 원전의 개발과 기술 자립이 앞으로 계속 유지될 수 있는 조건이기도 하다.

현재 달성된 우리의 성과에 대해서 너무 큰 자만심을 부려 미래에 대한 계획을 세우지 않는다면, 정체와 후퇴, 그리고 선진 기술에 대한 예측은 명약관화한 일이다.

따라서 현재 관련 기관에 의해서 추진되고 있는 원전 산업 구도의 재편성은, 이러한 목적에 맞추어 분할보다는 합병을, 그리고 일반 산업체와의 협력적 경쟁을 통해서 이루어지도록 하고, 특히 연구와 사업과 운영이 절묘하게 상호 배합되도록 구성하는 것이 바람직하다.

핵연료 주기 정책의 변경

새로운 원자력 에너지의 발생 장치는 핵물질, 특히 플루토늄의 처리와 연계되어서 발생되었다.

이미 설명된 바와 같이 현재 국제적 환경은 단지 핵연료의 단순 경제성과 자원 활용 측면을 떠나서, 정치적 또는 평화적, 그리고 친환경적 요소를 더욱 강하게 고려하도록 하고 있다.

따라서 이러한 새로운 개념의 원전은 이 모든 욕구를 보완적으로 충족시

켜 주기 위해서 제안되었으며, 많은 나라들이 깊은 관심을 표명하고 있어서 앞으로 핵연료 주기 정책에도 많은 변화가 있을 것으로 예상된다.

현재에도 IAEA가 주장하고 있는 지역 재처리 공장 제도나 장수명 핵종의 분리 및 소멸 처리 문제는 핵연료 주기 정책과 관련된 노형 전략에도 큰 영향을 줄 것으로 생각된다.

결론

자연은 그대로운 것처럼 보이지만 예전의 것은 존재하지 않는다.

특히 현대의 기술은 제자리에 머물러 있지 않고 매우 빠르게 변화한다.

원전 또는 원자력에 대한 기술은 70년대 이후 약간 정체되어 있는 것처럼 보인다.

그러나 이러한 정체는 태풍과 같은 커다란 기술 변혁을 위한 고요함일 수 있다.

우리가 너무 현실의 성취감에 만족해서 먼 앞날을 대비하지 못한다면 결국 이러한 기술의 태풍 앞에 다시 굴복할 수밖에 없다.

신원자력 에너지의 발생 방식은 이러한 미래 태풍의 한 작은 씨앗이 된다.

이 개념은 원자력 전략이나 핵주기 정책에 큰 영향을 미칠 수 있다.

이 개념에 대한 구체적인 연구가 연구소 뿐만 아니라 대학과 산업체에서도 공동으로 이루어졌으면 한다. ☞