

원자력 르네상스는 현실적인가?

존 린 왕, 크리스토퍼 한센¹⁾
캠브리지 에너지 리서치 어소시에이츠(CERA)

머리말

지구상의 여러 정부와 기업들은 새롭게 원자력 개발을 추진하는 것에 대한 논의를 넘어 실제적인 행동으로 옮겨가고 있다. 그리고 향후 10년 동안 원자력이 확대될 것이라는 우호적인 전망을 만들어내고 있다.

지난 수년간 높은 화석 연료 가격, 에너지 안보, 기후 변화에 대한 우려와 함께 온실가스 방출 저감이 시급하다는 인식이 증대되어 왔으며, 이들 모두는 다른 에너지 대안들에 대하여 원자력의 입지를 상대적으로 향상시키는 방향으로 수렴되어왔다.

이러한 트렌드는 28년간 신규 원전 수주가 없었던 미국에서는 기존 원전들의 뛰어난 운전 성능 실

적을 기반으로 하고 이에 에너지정책법 2005가 제공하는 재정적 인센티브가 부가되면서 새로운 원자로의 개발 경쟁을 유도하였다.

아시아에서는 새로운 원전의 건설이 중단된 적이 없었는데 몇몇 나라들은 근래에 신규 원자력 설비용량 목표를 상향 조정하였다.

서유럽에서는 10년여 만에 최초로 신규 원전이 건설되고 있으며 두 번째의 원전 건설도 앞두고 있다.

가까운 미래에 당분간은 원자력 부품 제조 능력과 숙련된 인력의 부족이 향후 수 년 동안 원자력 설비용량의 증가에 제약 요인이 될 것이라고 우리는 평가한다.

그러나 이것들은 다른 기업들과 그리고 에너지산업의 다른 분야에서와 마찬가지로 단기간에 겪는 성

장의 고통이라고 할 수 있을 것이다.

사용후연료와 핵확산의 리스크를 포함하여 장기적인 관점에서의 여러 이슈들이 다루어지는 것이 필요하는데 이것은 여러 국제협약들의 이행을 요구할 것이다.

모두에게 확신을 제공하는 장기적 관점에서의 해결방안들이 지속적으로 진전을 이루어야 하는데 그렇지 않을 경우에는 향후 진행될 원자력산업의 확대에 대해 대중들의 지지가 저하될 수도 있다.

원자력산업 확대 계획들

지구적인 정치와 환경과 경제 그리고 기업 여건은 전체적으로 세계발전량의 16%를 공급하는 원자력 발전로의 현재 베이스를 넘어서서

1) 이 글은 Cambridge Energy Research Associates(CERA)의 2007년 보고서 「Is the Nuclear Renaissance real?」을 요약한 것이다. 존 린 왕(John Lin Wang)은 CERA의 선임 디렉터이며 Hansen 은 부장이다.

원자력산업이 확대되는 것에 우호적이라고 할 수 있다.

오늘날 20개국에서 신규 원전을 건설중이거나 또는 개발중인데 신규 원전의 족히 절반 이상이 중국, 인도, 일본, 한국, 그리고 미국의 5개 나라에서 향후 20년 동안 건설될 것으로 보인다.

미국에서는 수십기의 원자료가 개발 및 인허가 신청의 여러 단계를 밟고 있는 한편 국제적인 원자력 벤더들과 서비스 공급 회사들은 새로운 연합을 형성해가고 있다.

그리고 마지막으로 우라늄 가격의 상승은 새로운 우라늄 광산의 개발을 유도하였다.

새로운 원자력 개발의 첫 번째 물결의 핵심적 이정표는 이 새로운 원자력 개발이 잘 지속될 것인지 그리고 어떤 방법으로 지속될 것인지에 대한 통찰을 제공할 것인 바, 그것은 다음과 같다.

* 2007년 후반 - 2008 : 건설과 운전 허가(COL) 신청서의 제출

* 2007년 - 2008년 : 대량 단조(forgings)와 같은 장기적 리드타임을 갖는 부품의 발주

* 2010년 경 : 건설 운전 허가 승인, 이사회회 최종 승인, 부지 준비, 주부품 및 기기 발주

* 2010년 이후 : 최초 콘크리트 타설

비용 요인

복합가스터빈(CCGT)과 기저 부하용의 석탄화력 발전소들과 경

쟁에 있어서 원자력 발전의 상대적인 코스트는 지구상에서 장소에 따라 크게 다르다.

석탄 연소 발전은 전형적으로 석탄 매장량이 풍부하고 탄소 방출에 대한 벌금이 없는 중국 북부, 미국 중서부와 호주에서 경제성이 높으며, 화석 연료로부터 거리가 떨어져있는 일본과 중국 해안 지역과 프랑스에서는 화석 연료 운송 비용이 높아서 원자력이 매력적이다.

근래의 화석 연료 가격이 상승하는 지구적 트렌드는 낮은 이자율과 낮은 인플레이, 그리고 직접적인 전력 생산 비용으로서의 탄소 방출의 중요성이 증가함에 따라 원자력 발전의 상대적 경제성을 향상시켰다.

향후 수 년간 다른 에너지원에 대하여 원자력이 경쟁할 수 있는 위치를 결정할 몇 가지 핵심적 요인들은 다음과 같다.

* 자본 비용은 중요한 의미를 갖는데 이는 그것이 원자력 발전의 kWh당 비용의 2/3 혹은 3/4를 차지하기 때문이다.

* 높은 설비 이용률(가장 실적이 좋은 원전의 경우 90%)은 다른 타입의 발전소보다도 원자력에 중요한 요소인데 이것은 원자력의 높은 초기 자본비용과 높은 고정 비용 때문이다.

* 자본 비용은 다른 발전소보다 원자력에 더 영향을 미친다. 정부의 재정 지원이나 대출 보증은 원자력 발전의 단위 비용을 105~15%까지 줄여줄 수 있다.

* 탄소 배출세는 원자력에 유리

하게 작용한다. 탄산가스(CO₂) 10톤당 10불의 세금은 석탄과 가스 연소 발전의 비용을 원자력 비용의 7%~15%까지 상승시킨다.

* 값싼 화석 연료의 안정적인 확보는 원자력의 이점을 저감시킨다.

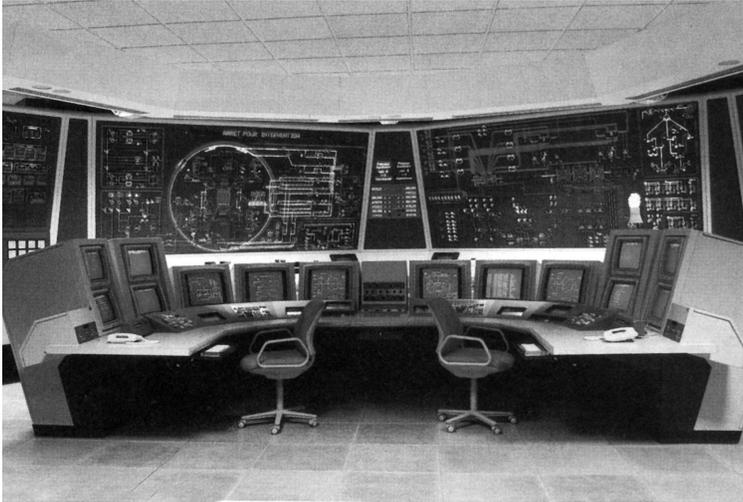
북미에서는 근래에 원전 건설 경험의 부족, 새로운 인허가 절차, 그리고 새설계의 적용으로 인하여 신규 원자력의 비용에는 불확실성이 있다.

만일 새 원전이 kW당 2200불 - 2550불로 건설될 수 있을 경우에 원자력은 가스 가격이 최소한 백만 BTU당 6불이면 가스 발전소와 경쟁할 수 있다. 그리고 석탄에 대하여 경쟁력이 있으려면 원자력은 자본 비용 범위 영역에서 최저치에 들거나 CO₂ 비용이 추가되는 것이 필요하다.

영향을 미치는 최종 인자들

북미, 유럽, 아시아에서 진행되는 정책적 논의 모두가 원전이 탄산가스를 발생하지 않는 전력 공급에 기여하며 신뢰성 있는 기저 부하를 담당하고 동시에 연료 구성 비율의 다양화를 이루고 있다는 공통 인식을 반영하고 있다. 정부와 기업들은 실제 행동을 취하고 있으며 그것은 많이 논의되어온 '원자력 르네상스'가 실제적으로 일어나고 있는 것이라고 말할 수 있다.

그러나 이러한 원자력 르네상스는 결정적이고 돌이킬 수 없는 것(fait accompli)은 결코 아니다. 향



원자력 확대가 경제 발전에서 수행하는 역할이 증대됨에 따라 원전의 확대와 핵물질 확산 간의 연계성에 대한 우려를 해소하는 것은 더욱 중요하게 될 것이다.

후 수년 동안 원자력 발전의 개발에 최종적으로 영향을 주게 될 몇 가지 이슈들이 있는데 이들은 다음을 포함한다.

* 기후 변화에 대한 정책은 원자력의 확대를 지원할 것이다 - 장기 시나리오 작업의 결과는 원자력 발전을 확대하지 않고는 급격히 증가하는 지구적인 CO2의 방출을 줄이는 것은 대단히 어렵다는 걸 보여 준다.

* 정부의 지원 정책은 원자력 개발에 필수적이다 - 원자력과 같은 자본 집약적 프로젝트의 성공은 안정적이고 예측 가능한 투자 환경을 요구하는데, 이는 전력 시장의 예측 가능한 구조와 함께 효율적이고 안정적인 정부 인허가와 규제 절차를 필요로 한다.

* 기존 원전들을 더욱 충분히 활용하기 위하여 인허가 갱신과 연장

이 이루어질 것이다 - 미국에서는 48기의 원전이 20년의 수명 연장이 허가되었는데 남은 56기의 원전도 그 수명 연장 과정을 밟을 것이며 유럽의 원자로들도 그렇게 될 것이다.

* 원자력발전소 비용은 최초의 호기에 대해서는 높을 것이다. - 왜냐하면 많은 선행 원자로의 설계들이 실제 지금까지 한 번도 지어진 적이 없기 때문이다. 최초로 이루어진 엔지니어링 작업과 비용 곡선을 끌어내릴 경험의 필요성은 보다 높은 비용 그리고 때로는 에너지 정책법 2005에 기술된 바 정부 보조금을 의미할 수 있다.

* 새로운 설계의 비용과 그 성능을 성공적으로 보여주는 것은 원자력의 조속한 확대에 중요하다.

* 높은 우라늄 가격은 단기적으로 시장에서 공급과 수요가 원활하

지 않음을 반영한다.

* 원자력 확대는 부품 제조 능력에 의하여 제약을 받을 수 있다.

* 고준위 폐기물 저장의 해법은 해결되는 방향을 향하여 이행하는 것이 필요하다. 대부분의 원전의 경우 사용후연료의 현장 저장이 기술적으로 시행 가능한 해법인 환편 영구 폐기물 처분 계획을 진전시키는 것은 대중의 지지 획득을 위해서는 중요하다.

* 원자력 확대가 경제 발전에서 수행하는 역할이 증대됨에 따라 원전의 확대와 핵물질 확산 간의 연계성에 대한 우려를 해소하는 것은 더욱 중요하게 될 것이다. 이러한 딜레마를 해결하는데 실패한다면 탄소 방출이 없는 전기 생산을 위한 효과적인 대안이 거의 없을 경우 평화적인 원자력의 이용을 방해할 수 있다. 핵무기 기술을 보유하려는 지구상의 정치적 투쟁과 핵물질을 보유하고 있고 핵억제의 패러다임 내에서 책임 있게 행동할 것 같지 않은 비국가 행위자들이 조성하는 위협들은 이를(원전 확대와 핵확산 문제의 연계성을) 대단히 중요성을 갖는 이슈로 만들고 있다.

* 세계 어디서든지 큰 원자력 사고 혹은 핵 테러리즘 사고가 발생한다면 새로운 원자력발전소 개발에 브레이크가 걸리게 될 것이다 - 이는 확률은 낮지만 만일 발생할 경우 대단히 심각한 결과를 초래하는 사건이 될 것이다. ☸