

高速増殖爐 建設의 經濟性

현재 高速増殖爐가 지니는 가장 큰 약점은 建設備가 너무 높다는 데 있다. 최초의 상업용 고속증식로인 Superphenix의 경우 프랑스의 동급 PWR보다 單位出力當 建設비가 2~2.5배 높다. 그러나多數基를 동시에 건설한다면 建設비는 매우 절약될 수 있을 것이다. 따라서 歐洲共同體(EC)는 이러한 관점에서 연구를 추진하여 高速増殖爐와 加壓輕水爐의 建設비 차이를 현격히 줄일 수 있는 것으로 결론지었다.

1970년대초 프랑스政府는 원자력개발을 강력히 추진하기로 하였고, 이를 실현했다. 그러나 이러한 政策이 프랑스의 石油의존도를 줄이기는 했으나 우리늄 소요량의 증가를 초래했다. 프랑스는 EC국가 중에서는 가장 많은 우리늄 매장량을 지니고는 있으나, 이 量으로는 금세기 말까지의 프랑스의 원전프로그램 밖에는 더 이상 뒷받침할 수 없다. 따라서 우리늄의 수입이 가능한 기간 내에 우리늄의 이용효율이 훨씬 높은 高速増殖爐의 개발이 중요한 것으로 판단하였다.

實驗用 고속증식로인 Rhapsodie를 1967년도부터 운전하고, 1976년 실증로인 Phenix를 운전개시했던 프랑스는 1977년도에 Lyon 근처의 Creys-Malville에 세계 최초의 상업용 고속증식로를 착공했다. 처음에는 프랑스, 이탈리아, 서독이 참여했으며, 나중에 벨기에, 네덜란드, 영국이 참여하여 1985년도에 건설이 완료되어 1986년도에 全出力運轉을 개시했다.

1. Superphenix의 概要

Superphenix 1호기는 액체금속냉각형 고속증식로(LMFBR)이다. 즉, 核分裂時 생성된 高速中性子が 핵분열로 소비된 것 보다 더 많은 플루토늄을 생산한다.

定格熱出力은 3,000MWth이며, 전기출력은 1,200MWe이다. NSSS, 즉 爐心을 포함한 核蒸氣供給系統은 거대한 액체나트륨수조 내에 위치한다. 이 1차나트륨계통은 노심에서 생성된 열을 중간열교환기를 통해 2차나트륨계통에 전달하며, 2차나트륨계통은 열을 증기발생기에 전달한다. 이 부분 이후 부터는 일반적인 발전소와 계통이 동일하다.

原子爐心은 Blanket로 둘러싸여 있으며 산화 우리늄이나 산화플루토늄 핵연료봉과 제어봉으로 구성되어 있다. Blanket는 감손우리늄 혹은 천연우리늄으로 구성되며 노심으로부터 이탈하는 고속중성자를 흡수하여 플루토늄을 생산하는데 방사능 차폐기능도 갖고 있다. 노심 내의 플루토늄은 5톤이 조금 못되며, 우리늄은 Blanket를 포함해서 100톤 이상이다.

노심은 3,500톤의 액체나트륨이 들어있는 수

조내에 위치하며, 액체나트륨은 노심하부에서부터 상부로 펌프에 의해 유동되는데 核分裂時發生하는 열을 제거한다. 爐心入口에서의 나트륨온도는 395℃이며, 出口에서의 나트륨온도는 545℃이다.

나트륨을 냉각재로 사용하는데는 큰 利點이 있다. 즉, 나트륨의 총량이 많고 점도가 낮으며 열전도율이 매우 높으므로 계통자체가 우수한 熱特性을 지님을 의미한다. 실제로 원자로 정지후 노심이 과열되어 손상되기 이전에 運轉員은 수시간 동안의 여유를 가질 수 있다.

핵연료와 所外 환경사이에는 네 종류의 방사성물질 누출방벽이 존재한다. 이는 스테인레스로 제조된 핵연료 피복재, 스테인레스製 원자로 용기, 1차 격납용기, 2차 격납용기로 구성된다.

2. 他 原電과의 經濟性 비교

Superphenix는 原型爐로 건설되었으므로 건설비가 많이 소요되었다. 즉, kW당 건설비가 프랑스의 PWR 보다 2.5배 높았었다. 그러나 전세계에 이미 수백기의 PWR원전이 가동되고 있는 상황에서 이러한 비교는 공정하지가 못하다. 프랑스에서만도 1986년도에 49기가 운전중이었으며, 이중 44기는 지난 10년 동안에 건설된 것이었다. 즉, 최근에 건설한 PWR일수록 同型 원자로의 건설경험과 다수기 건설의 利點이 반영되었다. 반면에 Superphenix 1호기는 새로운 爐型이었으며, 1기만이 건설되었다.

〈표〉 다수기 건설시의 이득

건설 방법	비용절감비율(%)		
	NSSS	일반계통	합 계
복제2호기 / Superphenix 1	27	25	26
1부지2기 / 복제2호기	8.5	13.5	11
1부지4기 / 1부지2기	8.5	5.3	7
3부지12기 / 1부지4기	4.5	1.5	3
3부지12기 / Superphenix 1	41.5	39.0	40.5
3부지12기 / 복제2호기	20.0	19.5	19.8

그러나 高速增殖爐 개발의 지속을 위해서는 향후 건설에 있어서 기존의 輕水爐 보다 경제성이 우수함을 입증해야만 한다. 이러한 연유에서 Novatome(Superphenix의 NSSS 건설 담당사)과 EDF(Superphenix의 총괄사업관리 및 일반계통 건설담당사)와 계약을 맺어 고속중식로의 다수기 건설로 인한 비용절감 효과를 평가하도록 했다.

3. 費用節減效果 評價方法

비용절감효과 평가의 첫 단계는 Superphenix 1호기와 동일한 발전소를 건설하는데 필요한 현재 가격을 조사하는 것이었다. 이에 있어서 1호기와 동일한 기자재 공급자, 규제기준, 산업기준을 가정했다. 原子爐가 原型爐의 성격을 더 이상 지니지 않으므로 기존의 가공기계들을 이용하고 건설공정을 개선하여 공기를 단축함으로써 건설비 절감이 가능한 것으로 나타났다.

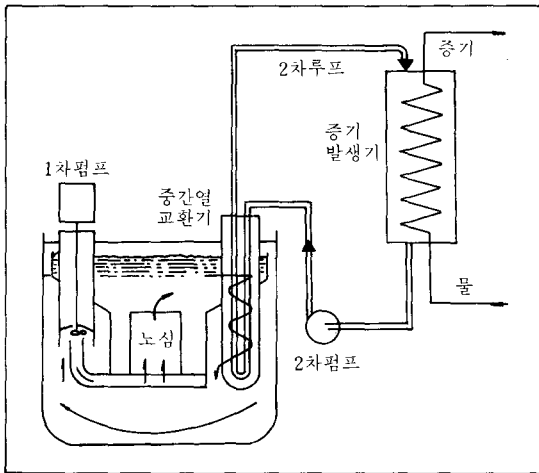
둘째 단계는 다수기 건설 효과를 평가하는 것인데, 이에 있어서 고려된 시나리오는 동일부지 내에 2기 건설, 동일부지 내에 4기 건설, 각 부지 당 4기씩 3개 부지에 12기 건설 등이었다. 부지 문제에 있어서는 원자력부분은 Creys-Malville부지와 동일하다고 보고, 일반부분은 서로 다른 세 종류의 부지를 고려했다.

이 세 종류의 부지는 다음과 같다.

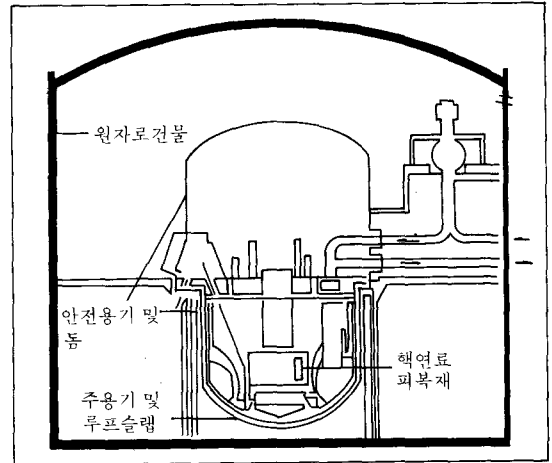
첫째는 Superphenix 1과 같은 敷地로서 앞에서 언급한 세가지 시나리오에 모두 고려되었다. 둘째는 강변에 위치한 폐쇄냉각회로를 고려하는 부지로서 세번째 시나리오에서 고려되었다. 셋째는 해변에 위치한 개방냉각회로를 고려한 부지로서 역시 세번째 시나리오에서 고려되었다.

이외에 2기가 일부 기기나 설비를 공용하는 경우, 예비부품의 축소를 이를 경우의 경제성 인자들도 연구되었다.

비용절감효과 평가에 있어서는 가능한한 Superphenix 1호기 공급자의 자문을 얻으려고 했다.



〈그림1〉Superphenix형 풀액 NSSS계통도



〈그림2〉格納 시스템

그러나 1호기 NSSS 공급물량의 2/3에 해당하는 부분만 원래의 공급자들로 부터 비용자료를 얻을 수가 있었으며, 나머지 1/3의 물량에 대해서는 Superphenix에 공급된 기자재와 유사한 기자재를 제작하거나 서비스를 제공할 수 있는 다른 업체들로부터 얻은 비용자료에 근거하여 평가를 수행했다.

또한 Superphenix 1호기 건설을 통해 Novatome이 얻은 경험도 고려하였으며, 기자재비용 이외에 엔지니어링비용도 고려하였다.

일반계통에 대해서는 20개 업체와 접촉을 했는데, 이들이 Superphenix 1호기 일반계통의 70%를 공급했다. 여기에는 토건업자, 기계기기 및 전기기기의 제작, 설치자들이 포함된다. 나머지 30%에 대해서는 EDF가 독자적으로 조사를 수행했다.

4. 評價結果

평가결과에 의하면 Superphenix 1호기의 건설 완료 즉시 2호기를 발주하고, 1호기와 같은 공급자를 선정하여 기존의 가공설비를 이용하며, 새로운 연구개발을 하지 않을 경우 NSSS에 대해

서는 27%, 일반계통에 대해서는 25%, 도합 26%의 비용절감이 가능하다. 또한 복제건설로서 30개월의 공기가 단축되며 이에 따른 이자비용의 절감을 고려하면 총 투자비는 31.5% 절감이 가능하다.

2기를 동일부지에 건설할 경우에는 NSSS에 대해 8.5%, 일반계통에 대해 13.8%, 도합 11%의 추가절감이 가능하다. 일반계통의 비용절감이 현저한 이유는 2기 동시 건설의 경우 일반계통 비용절감 효과가 더 크기 때문이다.

4기를 동일부지에 건설할 경우에는 2기를 동일부지에 건설할 때에 비해서 NSSS에 대해서는 8.5%, 일반계통에 대해서는 5.3%, 도합 7%의 절감이 가능하다.

여기서 NSSS 비용절감이 현저한 이유는 주기의 동시 생산으로 비용절감이 제고될 수 있기 때문이다.

마지막으로 12기를 3개의 부지에 4기씩 Superphenix 1호기 건설완료후 즉시 발주하여 건설할 경우에는 1개 부지에 4기를 건설할 경우 보다 3%의 비용절감이 가능하다. 즉, 이 경우에는 Superphenix 1호기에 비해 종합하여 40%의 비용절감이 가능하다는 결론이다. 또한 Superphenix 1호

기의 복제발전소에 비해 20%의 비용절감이 가능하다.

이상의 결과를 요약하면 原型爐가 지니는 불리한 여건을 배제할 경우, 즉 Superphenix 1호기의 복제호기로서 Superphenix 2호기를 건설할 경우에는 1호기 보다 26%의 비용절감이 가능하며, 12기를 동시에 건설할 경우에는 2호기 보다 20%의 비용절감이 가능하다. 여기에 工期短縮으로 인한 이자비용 절감을 고려하면 전체적으로 자본비의 45% 절감이 가능하다.

5. 結 論

多數基의 고속증식로를 Superphenix 1호기를

복제하여 건설할 경우 많은 비용절감이 가능하다. 그럼에도 불구하고 輕水爐에 비해 kW당 건설단가는 50% 가량이 더 비싸다. 그러나 현재 유럽형 신형 고속증식로 개발이 진행중에 있으며, 이에는 Superphenix의 경험 이외에 지난 10년간의 다양한 기술적 진보가 반영되어 경제성의 향상이 가능할 것이다. 물론 이러한 새로운 원형로가 PWR 다수기 건설에 필적할 경제성을 당장 지니리라고 기대할 수는 없으나, 현재의 Superphenix 보다는 경제성의 차이가 좁혀질 수 있을 것이며, 원형로단계를 벗어나 다수기 동시 건설이 실현될 경우 더욱 비용절감이 가능할 것이다.

科學常識

新에너지와 原子力發電

현재 全世界는 에너지確保를 위해 太陽光, 風力, 波力, 地熱 등 새로운 에너지源의 利用技術 開發에 노력하고 있습니다. 이런 自然에너지는 각각의 특성을 살려 太陽光과 風力發電은 외딴 섬에서의 電氣供給이 시도되고 있으며, 태양온수기와 솔러시스템을 이용한 溫水給水도 서서히 보급되고 있습니다. 그러나 이러한 技術은 電氣를 공급할 경우 그 量과 코스트 등의 면에서 가까운 장래에 大規模 實用化는 不可能합니다.

에너지의 利用에 있어서는 환경에 주는 영향이 고려되어야 합니다. 石油와 石炭 등 化石燃料는 그것을 태우면 大氣中에 이산화탄소가 방출되어 「溫室效果」를 초래한다고 하며, 더욱이 유럽 등에서는 질소화합물 등이 원인이 되어 산성비가 내려 森林을 황폐화시키는 심각한 문제가 일어나고 있습니다.

原子力發電은 우리의 燃燒時 산소를 필요로 하지 않기 때문에 이산화탄소의 방출

이 없는 깨끗한 에너지입니다. 즉, 환경에 대해서는 우수한 면을 갖고 있다고 할 수 있습니다.

한편 石炭과 石油를 연소시키는 경우에도 放射性物質이 大氣中에 방출됩니다. 이는 自然界에 있는 탄소에는 탄소14라고 하는 天然放射性物質이 함유되어 있기 때문입니다.

이와 같이 에너지確保와 환경보전과는 밀접한 관계가 있고, 이것을 충분히 고려하여 개발하는 것이 중요합니다. 原子力과 수입 석유 및 석탄, LNG 등 각 에너지源이 균형을 잘 이루어서 安定되고 값싼 에너지를 供給할 수 있도록 原子力開發에 노력을 경주하고 있습니다.

또한 太陽光과 風力, 地熱 등 새로운 에너지源에 대해서도 기술개발이 더욱 추진되어 에너지의 安定供給에 기여하는 것도 바람직한 일이라고 하겠습니다.