

세계의 핵燃料 需給戰略

核燃料 및 核燃料週期役務의 供給市場은 현재의 原電施設容量과 앞으로 10년간의 원전 建設계획을 기초로 하여 21세기에 반드시 한번 확인하여야 할 原子力産業分野의 한 部門으로서, 현재 核燃料市場規模는 年間 250억달러를 상회하고 있다. 다음은 최근 스웨덴과 미국에서 열렸던 두개의 國際會議에서 논의된 내용을 Simon Rippon 氏가 정리한 것이다.

현재의 핵연료시장규모는 1960년대 말부터 1970년대 초에 예상했던 것 보다는 축소된 규모라서 현재의 핵연료 및 핵주기시설의 규모는 공급과잉상태에 이르고 있다. 이와 같은 현상은 금세기 말까지 계속될 것으로 예측되나, 21세기에 들어서면 점차 시장환경이 경색되리라 예상된다.

현격하게 다른 성격을 갖고 있는 핵연료전략이 대서양과 태평양 양쪽에서 추진되고 있다. 이들 다른 핵연료전략에 대하여 최근 개최된 두 군대의 세계회의에서 논의가 되었다.

핵연료주기 공급자 및 이용자들의 국제모임인 世界核燃料市場(WNFM)이 대서양 양쪽의 이해 집단과 극동지방에서의 전문가들을 초청하여 스웨덴의 세빌에서 지난 10월에 연차회의를 개최하였고, 또한 그 다음 달인 11월에는 미국의 워싱턴에서 미국 및 유럽원자력학회 합동국제회의의 한 分科에서 핵연료주기에 대한 토론을 벌였다.

우라늄의 供給과 需要

WNFM의 라이벌 모임인 우라늄협회의 새로

운 회장으로 선출된 Jan Murray씨는 워싱턴에서 열린 회의에서 핵연료시장의 전반적인 조사내용을 주제로 기초연설을 하였다. 이 발표에 의하면 우라늄협회는 핵연료시장에 대해 낙관적인 견해를 갖고 있는데, 이는 원전설비용량이 1988년의 261GWe에서 2000년에는 347GWe로 약 33%의 성장을 보일 것이라는 예측에 근거한다. 이 성장치는 소련의 체르노빌원전사고로 인해 1986년도에 예상했던 성장률에 비해 7% 감소된 수치이다.

그러나 핵연료의 공급량은 부분적으로 증가하는데, 이는 농축공정에서 정선되고 난 나머지 테일에서 우라늄 회수율을 높이고 또한 원전의 가동률이 전반적으로 상승한다는 예상에 기인한다. 이에 따라 원전에 소요되는 우라늄의量は 1988년의 43,000톤 우라늄에서 2000년에는 약 55,000톤 우라늄으로 증가되리라 예상된다.

우라늄의 공급에 관해서는 1980년대 중반 이후 원전에 소요되는 우라늄의 수요가 매년 실제의 우라늄 생산량을 초과하고 있으나 지금까지의 과잉생산으로 인해 누적된 우라늄과 새로운 우라늄수급계획, 핵연료 재변환정책으로 인해 금세기까지는 충분히 소요물량을 제공할 수 있

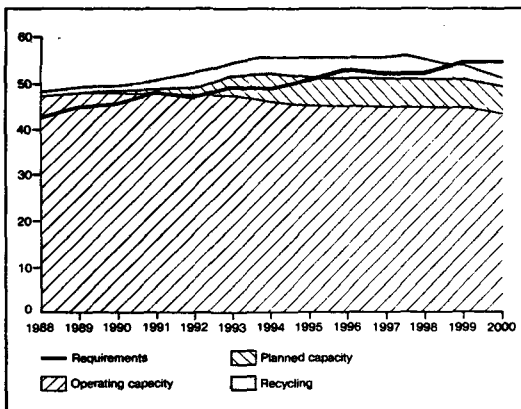
다. 그러나 Murray씨는 현재의 우라늄 공급상황을 너무 과신하지 말라고 다음과 같은 점을 들어 경고했다.

- 우라늄의 재고량이 꾸준히 감소됨.
- 새로운 우라늄생산계획량은 정치적 상황에 따라 유동적임.
- 재변화공장 건설의 지연으로 인해 재변환 우라늄 공급이 어려워짐.
- 온실효과에 대한 국민의 관심이 높아짐에 따라 원전 건설경기의 회복 가능성.

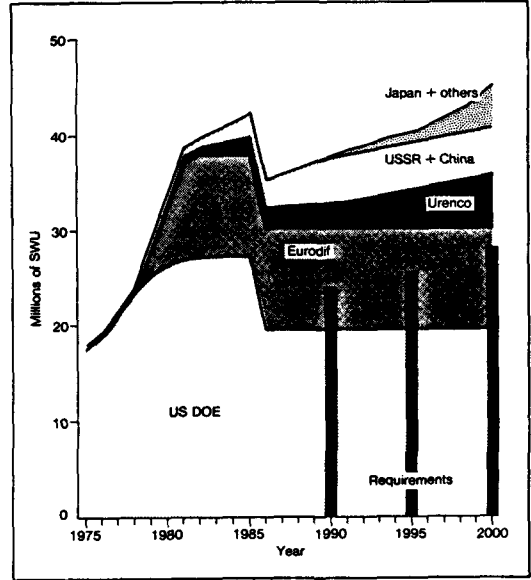
또한 Murray씨는 악화될 수 있는 우라늄수급 상황을 쉽게 풀 수 있는 여러가지 가능성있는 핵연료개발방법이 있다고 제안하였는데, 즉 정치적 상황의 호전으로 오스트레일리아와 나미비아에서 우라늄의 공급이 호조를 보이고 있으며, 또한 중국, 소련과 같은 새로운 공급원이 대두되고 있고, 원전에 대한 반대운동으로 인한 원전설비용량의 감소경향을 들고 있다.

우라늄의 自由貿易

현재까지 미국은 가장 큰 우라늄시장이며, 캐나다는 가장 큰 우라늄 공급원이었다. 그러나 미국에서는 우라늄 수입에 관세를 부과하여 자국내 우라늄광산업계를 보호하려는 움직임이 일고 있다. 세빌회의에 참석한 Glasgow씨는 이와



〈그림 1〉 자유세계의 핵연료수급(88.10 기준)



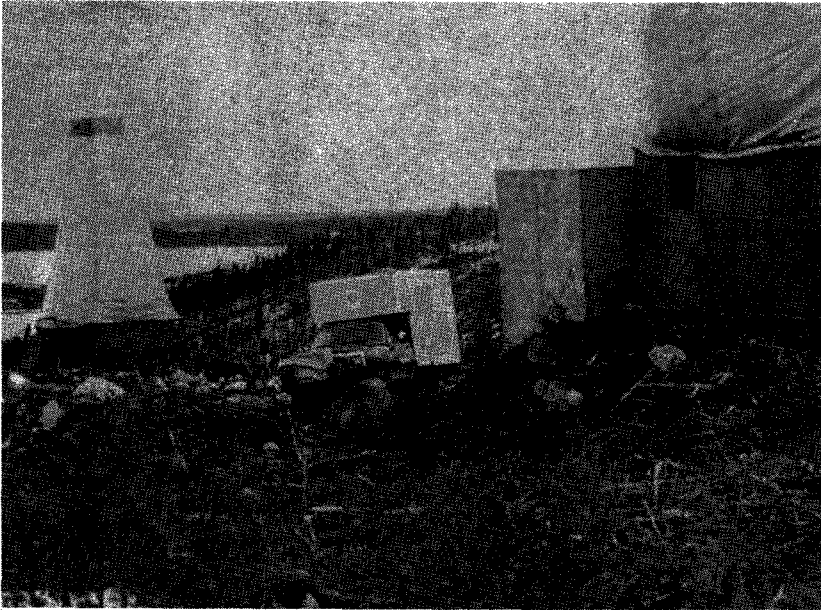
〈그림 2〉 연간생산능력과 수요량(SWU)

같은 우라늄수입문제에 대한 자국내의 복잡한 정치적 기류를 설명했는데, 이러한 미국내의 움직임은 우라늄 물량을 줄여 가격을 상승시키고 이를 통해 자국내 우라늄 공급업자를 보호하기 위한 것이지만, 세계 우라늄시장에도 좋은 영향을 줄 것이라고 하였다. “우라늄산업의 부흥책”이라 불리는 2개의 조서가 미상원에서 승인되었으나, 의회회기내에 하원법률위원회의 승인절차를 거치지 못했으므로 이들 조서는 다음 회기에 다시 상·하원에 제출될 예정이다.

반면에 미국과 캐나다 간의 자유무역협정(FTA)이 레이건 미국대통령과 브라이언·멀로니 캐나다수상에 의해 1988년 1월에 조인되어 미국의회의 승인을 받았다. 캐나다의회의 승인은 11월 총선 결과에 달려있었는데, 멀로니 수상 재선출은 1989년에 FTA가 효력을 발생하는 것을 의미하며, 또한 양국간의 우라늄 수출·입에 대한 면세혜택이 주어지므로 장차 미국의 보호주의입법목표에 손상을 주게 될 것이다.

中國과 蘇聯의 變數

세빌회의와 워싱턴회의에서는 중국 및 소련이



◀ 우라늄 탐사작업 광경

아주 낮은 가격으로 현물시장에 참여함에 따라 기존 우라늄 및 농축시장이 받는 영향에 대해 관심이 모아졌다.

자유세계의 농축우라늄시장에 들어온 소련은 거래된 금액이나 조건에서 미국 DOE에 비하면 작은 비율이지만 신뢰할만한 공급자로 부각되었다. 요즈음은 미국시장에 진출하여 여러 건의 현물매매 실적을 올렸는데, 이는 미국 DOE의 농축우라늄가격이 미국달러화의 약세에 힘입어 매우 낮은 값임에도 불구하고 이 보다도 낮은 매매가격이었다. 또한 소련은 자유세계의 현물시장에 대해 우라늄 구매업자를 유혹하는 좋은 조건의 제의도 하였다. 이러한 소련의 우라늄 현물시장 참여는 유가하락 이후 현격히 감소하는 외환수입을 보완하기 위해 농축우라늄을 대체상품으로 내놓았을 때 부터 예견되어 왔었다.

소련이 농축우라늄시장에 참여할 수 있었던 시나리오를 프랑스의 핵연료주기회사인 Cogema의 Jean-Pierre Rougeau씨가 세빌회의에서 발표하였다. 그 전조는 미국 DOE가 고객이 취소한 일단의 SWU를 간접시장에 내놓음으로써 시작되었다. 이와 같은 낮은 가격의 현물거래는 농

축우라늄 중개상들이 소련을 방문하여 낮은 가격으로 구매를 함으로써 계속되었다.

중국 역시 외환수입을 높이기 위한 방법으로 자유세계의 천연우라늄 및 농축우라늄시장에 진출하게 되었다. 중국은 핀란드와 농축우라늄공급 장기계약을 맺게 되었으며, 또한 현물시장에도 진출하게 되었다. 1차 농축우라늄 인도분에서는 재처리 농축우라늄에서나 볼 수 있는 약간의 우라늄234 및 우라늄236이 포함되어 있었으나, 그 다음 인도분은 사양서대로 아주 좋은 품질의 농축우라늄이었다.

過剩 濃縮設備 施設容量

현재의 자유세계의 농축시장은 대형 기체확산식 농축설비를 갖고 있는 미국의 DOE와 프랑스 Eurodif가 주로 차지하고 있는데, 이들 설비용량만 해도 필요한 농축우라늄에 비해 30%의 과잉현상을 보이고 있다. 그밖에 소규모의 원심분리방식 농축설비인 3기의 Urenco설비가 영국, 독일, 네델란드에 있으나 이들은 설비용량에 맞게 직접 공급계약을 맺고 운영되고 있으며, 일

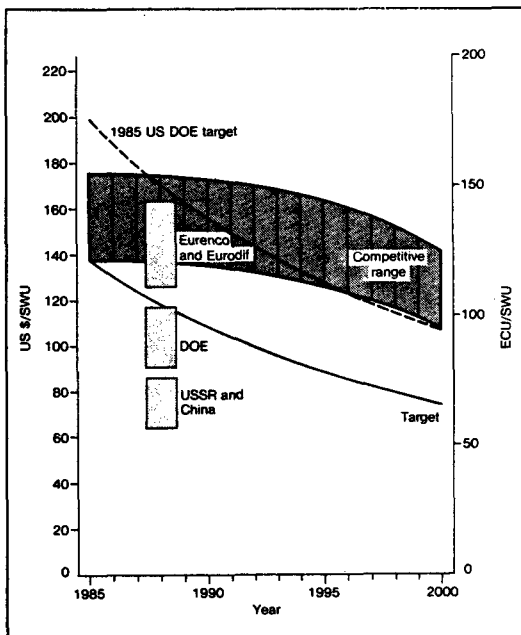
본에서도 원심분리방식의 농축설비를 설비용량에 맞게 공급계약을 하여 곧 운전에 들어갈 예정이다.

그러나 현재 미미하긴 하지만 자유세계 농축우라늄시장의 8%를 점유하고 있는 소련과 중국의 농축설비용량은 아직 밝혀지지 않고 있다.

이와 같은 현상황에서 Nuexco의 Charals Peterson사장이 워싱턴회의에서 발표한 시장전망에 대한 분석에 의하면 이와 같은 농축설비시설용량의 과잉현상은 미국 DOE의 오크리지 농축설비가 1985년 가동을 중지했음에도 불구하고 금세기 말까지 계속되리라고 한다.

1985년 미국 DOE는 자사의 핵연료농축비용을 그림 3과 같이 유럽에 있는 농축설비의 농축비용과 경쟁할 수 있는 범위까지 낮추기 위한 개선계획을 추진하였다.

DOE는 목표 보다 농축비용을 훨씬 저렴하게 할 수 있었는데 이는 미국달러화의 가치가 서유럽의 통화에 비해 상대적으로 약세였기 때문에 가능했다.



〈그림 3〉 핵연료 농축비용(88년 통화기준)

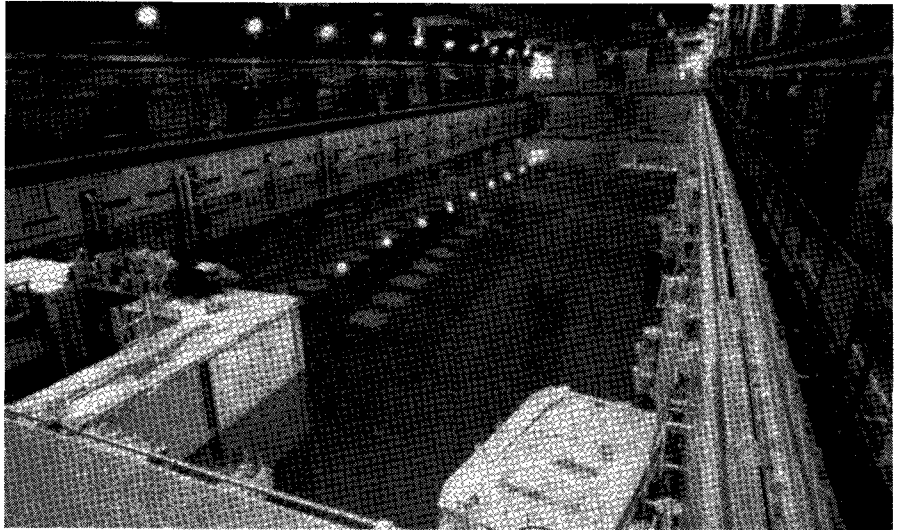
실제거래가격의 범위는 그림 3내의 도표와 같이 1985년에 계획했던 것보다 아주 낮은 값으로서 Urenco와 Eurodif의 평균농축비용인 150\$/SWU 보다 작은 100\$/SWU였다. 위협적인 소련과 중국의 농축비용은 약 75\$/SWU로 나타나고 있다.

現物 對 長期需給

미국과 그의 자유세계국가들의 우라늄구매정책상의 차이점이 세빌회의에서 논의되었다. 현재 미국 시장에는 현물거래가 성행하고 있어 어떤 전력회사도 새로운 장기수급계약 체결을 하려 하지 않고 있다. Northern State Power사의 James Karalus씨의 지적에 의하면 각 전력회사들이 현물시장에서 핵연료를 구입하여 이득을 얻으려고 하는 경향에는 전력요금을 조정하는 공익전력사업위원회(Public Utility Commission, PUC)가 부분적으로 영향을 미치고 있다고 한다. PUC의 대부분의 위원들은 단지 현물시장의 핵연료가격 만을 기준으로 하여 전력회사에게 전력요금 인하 압력을 가하고 있다고 한다.

유럽 및 극동지방 전력회사의 핵연료구매전략은 안정된 핵연료 수급을 위해 공급선의 다양화와 장기수급계약을 선호하고 있으며, 단지 총소요 우라늄의 5~8% 만을 현물시장에서 구입하고 있다. 이것은 우라늄을 자체 수급할 수 없어 부득이 해외에 의존해야 하는 실정과 정치상황의 변화로 우라늄의 공급 중단사태를 미연에 방지하여 안정된 수급을 확보하기 위함이다.

핀란드전력회사 TVO의 Ikka Mikkola씨는 자사의 핵연료구매전략으로 구매선의 다양화와 그 구매기법의 특징을 소개했다. TVO는 2기의 비등수형 경수로에 안정된 핵연료를 공급하기 위해 캐나다, 오스트레일리아, 중국의 공급선과 장기공급계약(5~8년)을, 중앙아프리카와는 중·단기공급계약(약 2년)을 맺었다. 이때 장기공급선으로 필요한 핵연료의 전량을 담당하게 했으며, 대부분의 다른 유럽 전력회사들이 그러



▶ 핵연료 저장폴

하듯이 2~3년 분의 우라늄을 비상저장하고 있다. 또한 핵연료의 운반과 관련하여 생기는 문제점을 고려해 1년분은 가공이 끝난 핵연료집합체의 형태로 저장한다. 핵연료의 운반비용은 전기생산요금의 1.5%에 해당하며, 개략적으로 계산하면 발전소에서 5일간 전기를 생산할 수 있는 양에 해당된다.

核燃料週期戰略

핵연료의 재처리에 대한 질문과 플루토늄 및 재생우라늄의 재순환전략에 대해서는 대부분의 자유세계 핵연료 전문가들이 명확한 답변을 회피해 왔는데, 세빌회의와 워싱턴회의에서도 예외는 아니었다.

프랑스의 EdF는 현재 플루토늄을 재순환시켜 자사의 900MWe급 가압경수로 16기에 30%의 MOX 핵연료를 장전했다고 세빌회의에서 발표했다. EdF는 이러한 재순환정책으로 1/3노심교체방식을 기준으로 하여 표준 3.25% 농축우라늄 핵연료의 5% 절감효과를 얻었다. EdF는 고농축 핵연료를 사용하여 핵연료의 연소도를 높이는 1/3노심교체방식으로 원전의 운전방식을 전환 중인데, 이때 MOX핵연료를 사용하면 약 17%의 핵연료비용 절감효과가 나타난다. 또한 MOX핵연료의 공급량을 증가시켜 MOX핵연료

성형가공비용을 절감시킬 계획이므로, 이럴 경우 1/3노심교체방식에서는 10%, 1/4노심교체방식에서는 22%로 비용절감효과가 크게 발생한다.

워싱턴회의에서 영국핵연료공사(BNFL)의 기술책임자인 Bill Wilkinson씨는 핵연료 재처리의 필요성에 대해 알기 쉬운 예를 제시하였다. 그는 미국내의 사용후핵연료 누적량이 현재 약 14,000톤에 이르며, 금세기 말이 되면 500,000톤에 이르게 된다고 주의를 환기시키며, 이들 사용후핵연료 속에 있는 잠재 에너지원인 플루토늄과 우라늄을 경수로에 재순환시킬 경우 약 10억톤의 석탄에 해당하며, 고속로에 사용할 경우 500억톤의 석탄에 해당하는 에너지원이 된다고 하였다.

미국내에서도 사용후핵연료의 누적에 대해 관심이 고조되고 있는데, 이는 잠재 에너지원의 상실에 대한 관심이 아니라 연방정부의 고준위 방사성폐기물 관리계획에 각 전력회사들이 1mil/kWh의 기금을 내는데, 이에 대한 부담에서 벗어나고 싶기 때문이다.

워싱턴회의 기간동안 방사성폐기물 관리계획의 실무책임자로 임명된 Sam Rouso씨는 네바다주의 Yucca Mountain 부지에 MRS방식의 사용후핵연료 저장시설이 2003년에는 완공되어 사용후핵연료를 저장할 수 있게 폐기물관리계획이 수정되었음을 확인하였다.