

新型原子爐 및 核燃料週期 開發政策과 現況



林 政 義

〈日本 動力爐·核燃料開發事業團(PNC) 理事長〉

1. 에너지와 原子力發電

가. 世界에너지事情과 原子力發電

세계 에너지공급 및 수요의 균형은 비교적 안정된 것처럼 보인다. 이 균형은 첫째 석유파동 이래 세계 여러나라에서 추구하여온 에너지보존 노력과 대체에너지원 개발로 가능해진 에너지공급원의 다변화 덕분이다.

세계 에너지소비의 대부분을 차지하고 있는 경제협력개발기구(OECD) 회원국들에서의 총 석유소비는 같은 기간에 전체 GNP가 15% 증가했음에도 불구하고 1983년 부터 1987년까지 단지 5% 증가했을 뿐이다. 이 기간중 원자력발전으로 공급된 에너지는 1.6배 증가하였고, 1차 에너지공급에 있어서의 그비율은 5.6%에서 8.4%로 증가했다. 이 통계는 석탄과 천연가스와의 같은 대체에너지와 함께 원자력이 세계의 석유 소비를 억제하는데 결정적으로 공헌하였음을 분명히 나타내고 있다.

세계적으로 총 410기의 상업용 원자력발전로(전체 설비용량은 약 3.16억KW)가 1988년 6월

현재 운전중에 있으며, 여기서 발전된 에너지는 총 전력생산의 약 16%를 차지했다. 이 수치는 원자력이 착실하게 주요 전력원이 되어가고 있음을 증명해 준다.

인간이 보다 더 풍요한 사회를 추구함에 따라 에너지소비가 필연적으로 증가할 것이므로 세계의 에너지수요는 계속 증가할 것이다. 일본 에너지경제연구소에서 작성한 계획에 따르면 2000년도의 총 에너지수요는 1983년 보다 1.4배 증가할 것으로 예측하였다.

원자력발전은 에너지공급원으로서 여러가지 이점이 있지만, 그 이용과정에서 방사성물질이 발생되기 때문에 잠재적 위험이 있다. 실제로 체르노빌원자력발전소의 사고는 환경에 영향을 주었고, 일반대중의 불안을 야기시켰다.

또한 국경을 초월하는 지구환경 오염문제에 대한 관심이 고조되고 있다. 이산화탄소에 의해 야기되는 산성비와 온실효과가 이에 포함된다. 이러한 문제들은 에너지공급과 환경보호라는 상호 상충되는 과제 사이에 최적의 균형을 어떻게 도출해 내느냐 하는 기본적인 문제를 제기한다.



▲ 大洗工學센터 전경

나. 日本의 原子力政策

원자력이용의 증진을 추진함에 있어 대중의 이해와 협조가 반드시 필요하다. 이것은 체르노빌사고 이래 가장 중요한 과제가 되었다.

일본 정부와 원자력발전에 관여하고 있는 모든 사람들은 원자력이용의 안전에 대한 일반대중의 우려를 인식하고 있으며, 이러한 상황에 대처하기 위해서 일반대중에게 정확한 지식과 정보를 제공하는데 긴밀히 협조하고 있다. 또한 안전대책의 효과와 함께 원자력의 필요성을 설명하기 위한 여러가지 홍보활동에 참여하여 국민에게 원자력에 관한 참다운 신뢰가 조성되도록 노력하고 있다.

일본은 필요한 에너지자원의 대부분을 해외로부터의 공급에 의존하고 있는 바, 국가경제의 성장과 풍요로운 사회의 보장을 위해서는 안정된 에너지공급이 필수적이다. 과거 한때 그랬던 것처럼 세계시장에서 석유공급이 품귀되지 않는

겠지만 세계의 석유매장량이 한정되어 있고, 또한 석유생산국들의 정치적 불안정에 의한 영향을 받을 수 있기 때문에 언제든지 공급부족이 발생할 가능성이 있다. 이러한 이유로 국가에너지정책은 장기적인 차원에서 수립되어야 한다.

따라서 일본 정부는 석유의존도를 계속적으로 줄이는 정책을 채택하여 에너지보존과 대체에너지 개발대책을 증진시키기로 결정하였다.

작년에 일본에서는 경제성장으로 인해 에너지 소비가 급속히 증가하였다. 일본 에너지경제연구소는 자체 전망을 근거로 하여 1987년에 작성된 정부의 장기에너지전망이 상향 조정되어야 한다고 건의하였다. 동 연구소는 국내 경제활동에 직접 관련이 있는 전력수요는 가장 높은 성장시나리오에 따르면 2.12억KW의 정부의 2000년 전망을 2,800만KW 초과할 것이라고 경고하였다.

일본의 정책은 원자력발전용량을 꾸준히 개발

하여 엄청나게 증가하는 전력수요를 충족시킬 수 있는 주요 전력공급원이 되도록 하는 것이다. 이 전략은 원자력발전에서 생성되는 플루토늄을 우라늄자원의 소비를 줄이는데 활용하고, 해의 에너지존도를 줄이고 에너지공급의 안정성을 증진함으로써 강화될 것이다. 또한 이 정책은 핵연료주기의 자립을 확립하고 고속증식로(FBR)와 같은 신형 원자로의 개발에 큰 비중을 두고 있다.

일본에서 처음으로 원자력발전이 개시된 이래 4반세기가 지났다. 이 기간 동안 일본은 원자력 기본법에 명시된 “평화적 사용” 원칙에 입각한 원자력을 개발해 왔다. 이러한 노력의 일환으로 일본은 핵확산방지개념을 전폭 지지하여 IAEA 안전보장체제의 모델 국가로서 국제원자력계의 신뢰를 얻었다.

일본의 동력로·핵연료개발사업단(PNC)은 고속증식로와 같은 신형 원자로의 개발과 핵연료주기의 확립을 지원하기 위해 광범위한 자체 기술 개발에 총력을 기울여 왔다. 이러한 노력을 통하여 PNC는 1967년 설립이래 탁월한 경제적 성과와 함께 보다 높은 안전성과 신뢰성을 성취하여 전체적인 목표를 달성하여 왔다.

2. 動燃에서의 研究·開發現況

가. 高速增殖爐(FBR)

원형 고속증식로 “몬주”(약 28만KWe)가 후쿠이현 쓰루가반도에 건설중에 있는데, 1989년 3월말 현재 약 65%의 공사진척률을 보이고 있다. 원자로 압력용기는 1988년 10월에 설치되었으며, 기기설치는 1991년 4월까지 완료될 예정이다. 종합성능시험후에 1992년에 초임계에 도달할 것으로 전망되고 있다.

몬주의 건설에 앞서 오아라이공학센터에 건설된 실험용 고속로 “조요”는 1977년 4월에 임계에 도달했으며, 그후 여러가지 성능시험과 실험을 수행하면서 정격출력을 단계적으로 높였다.

조요는 현재 열출력 10만KW의 출력으로 운영

되고 있으며, 그동안 연료 및 재료의 조사시험을 통해 몬주를 위한 설계 및 운전자료를 획득하였다. 보조전력 없이 자연순환에 의한 붕괴열 제거시험을 포함하여 여러가지 플랜트 성능시험과 손상연료 탐지시스템의 신호반응을 평가하기 위한 손상연료 모의시험 등이 수행되었다. 조요는 그동안 누계 36,000운전시간 이상의 운영기록과 열출력 27억KWh를 기록했으며, 성능은 손상연료가 검출되지 않을 정도로 매우 만족스러운 상태를 유지해 오고 있다. 현재까지 도달된 연료의 최고연소도는 82,000MWh/t이었다.

동력로·핵연료개발사업단의 장래 활동은 보다 높은 안전성과 신뢰성을 목표로 한 혁신적인 기술의 연구와 함께 상업용 고속증식로의 설계를 위한 연구를 포함하고 있으며, 이 활동들은 일본원자력발전(주)가 계획하고 있는 실증 고속증식로의 개발에 크게 기여할 것이다.

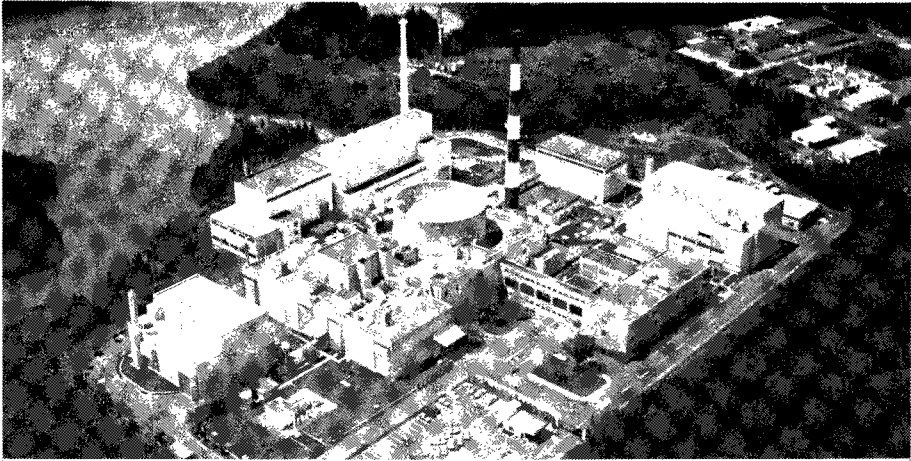
나. 新型轉換爐(ATR)

몬주가 건설중에 있는 후쿠이현 쓰루가반도에 신형전환로 “후젠”(전기출력 16.5만KW)이 건설되었다. 이 원형 원자로는 만족스럽게 운영되고 있으며, 1988년 3월에 임계 10주년을 기념하였다. 1989년 3월 말까지 후젠은 약 91억KWh를 발전하였고, 약 57,000시간 가동되어 전체 이용률은 63%를 기록하였다. 작년에 후젠에서 사용된 연료로 부터 회수한 플루토늄을 이용한 MOX연료가 다시 후젠의 노심에 장전됨으로써 신형전환로의 핵연료주기가 완결되었다.

후젠은 인공지능의 응용과 원격조정기술의 응용을 포함하여 신형원자로의 운전 및 보수유지기술 개발을 위해 꾸준히 안전하게 운영될 것이다. 이 연구활동의 결과는 현재 전원개발(주)에서 계획중인 실증 신형전환로의 설계에 반영될 것이다.

다. 플루토늄燃料

플루토늄연료에 관한 기초시험과 조사시험을 위한 여러가지 형태의 연료 성형가공이 PNC 東



▲ 고속실험로 「조요」 전경

海事業所에 있는 플루토늄연료개발시설에서 수행되었다. 또한 실험용 고속로 “조요”와 원형 ATR “후겐”, 중수소 임계집합체(DCA) 및 BWR에서의 이용을 위한 혼합산화물연료(MOX)가 1972년 이래 제조되어 오고 있으며, 약 100톤의 우라늄-플루토늄혼합산화물연료(MOX)가 1989년 3월 현재 제조되었는데 아직 손상된 조사연료봉이 하나도 발견되지 않고 있다.

과거의 연구·개발활동 성과를 토대로 플루토늄연료생산시설(PFPF)이 FBR과 ATR을 위한 대량생산 MOX연료의 가능성과 경제성을 확인하기 위해 건설중에 있다.

라. 高速增殖爐燃料 再週期

연료리사이클기술은 東海事業所의 화학처리 시설(CPF)과 공학실증시설(EDF)에서 주로 개발되고 있다. CPF는 Hot실험연구실로서 실험용 고속로 “조요”에서 사용된 연료를 이용한 재처리시험을 통해 귀중한 정보자료를 입수하고 있다.

EDF는 공학규모의 Cold실험시설로서 FBR 연료 리사이클의 장래 상업화를 위해 필요한 보다 경제적이고 신뢰성있는 부품을 개발하기 위해 분해기계, 용해기, 슬벤트 추출기 및 원격조정 유지보수기기에 관한 Mock-up시험이 수행되고 있다.

마. 우라늄資源의 탐사·정련·전환

일본은 우라늄자원의 부존량이 거의 없으므로 북미, 호주, 아프리카 및 기타 지역에서 적극적으로 탐사활동을 벌이고 있다. 현재까지의 탐사활동으로 U_3O_8 660,000톤에 상당하는 우라늄원광 매장량을 확인했다. 일본에서의 우라늄수요 장기전망은 새로운 공급원이 1990년대 중반까지 발견되어야 한다고 평가하고 있다. 장기적으로 일본은 2030년까지 U_3O_8 약 700,000톤을 필요로 할 것이다.

우라늄원광의 전환시험은 460톤의 UF_6 를 생산하여 우라늄농축공장의 원료로 공급되었다. 일부는 원형 ATR “후겐”용 연료로 제조되어 “후겐”원자로에 장전되었다.

바. 우라늄 농축

시험공장의 운영과 상업화를 위한 연구·개발을 통하여 가스원심분리식 우라늄농축에 만족스러운 진전이 이루어지고 있다.

우라늄농축시험공장은 1982년 Ningyo-toge사 업소에서 전출력 운영을 시작했다. 이 공장은 재처리과정에서 회수된 우라늄의 농축시험을 제외하면 기대했던 결과를 달성함으로써 그 역할을 거의 완수했다.

첫번째 우라늄농축실증공장(DOP-1)은 1988년 4월에 전면 가동을 시작했고, 두번째 공장

(DOP-2)은 1989년 초에 가동을 시작할 것이다.

이 농축공장을 위해 개발된 기술은 아오모리현에 일본핵연료산업(주)이 건설하게 될 상업용 농축공장에 응용될 것이다.

사. 輕水爐 使用後核燃料 再處理

경수로의 사용후핵연료 재처리하는 주로 PNC의 東海재처리공장(TRP)에서 수행되어 오고 있다. 1971년 6월에 이 공장이 건설된 이래 18년이 지났다. 일본에서 최초인 이 재처리공장은 그 시험가동 및 전면가동기간에 일본에서의 사용후핵연료 재처리 수요를 다소간 충족시켜 왔다. 동시에 이 공장은 공장규모의 실증을 통하여 재처리기술의 확립에 기여하였다.

이 공장은 1987년에 만족스럽게 가동되었고, 1988년 6월까지 총 400톤의 사용후핵연료를 재처리하였다. 이 경험은 아오모리현에 일본핵연료서비스(주)가 건설할 상업용 재처리공장에 반영될 것이다.

아. 放射性廢棄物의 處理·處分

다음 세대를 위해 방사성폐기물문제를 해결하는 것은 현재 원자력발전으로 이익을 얻고 있는 사람들의 임무이다. 고준위의 방사성폐기물 처리·처분은 가장 곤란한 문제로 인식되고 있으며, 현 세대가 필요한 기술을 개발할 책임이 있다.

지질학적 처분기술의 개발이 1977년에 시작되었다. PNC는 필요한 기술을 정립하기 위해 현재 연구·개발을 수행중에 있으며, 적절한 지질학적 조건을 평가하기 위해 조사를 하고 있다.

처리기술분야에서는 유리고화 공장의 건설이 민간기구로 부터의 협력자금으로 시작되었다. 이 공장은 1991년부터 조업을 개시할 예정인데, 공장의 신뢰성과 계수를 향상시키기 위해 최신 원격조정기술을 갖추게 될 것이다.

3. 結 論

인류사회의 번영을 위하여 에너지소비가 불가

피하며, 에너지이용은 환경영향을 수반하게 된다. 우리 모두는 사회적 및 경제적 활동을 방해받지 않음과 동시에 환경영향을 최소화할 에너지이용수준을 달성하는데 많은 노력을 기울여야 하는데 공감하고 있다.

원자력은 과학과 기술의 훌륭한 산물이고 인류의 공동재산으로 인정되어야 한다. 원자력이 에너지가 장래의 중요한 에너지선택의 하나로 기대되지만, 이 기대는 모든 국가들이 안전성과 신뢰성을 보장하도록 노력하여 체르노빌과 같은 사고가 다시는 결코 일어나지 않게 할 경우에만 실현될 수 있다.

비록 각국이 원자력 안전성과 신뢰성 보장에 최선의 노력을 기울이고 있지만 IAEA에서의 합의에 따라 국제협력하에서 비상사태에 대한 적절한 대책을 준비할 필요는 상존하는 것이다. 또한 중요한 것은 원자력이용에 필요한 이해와 협조를 일반대중에게 설득시키는 각 정부의 끊임없는 노력이다. 이 목적을 위하여 모든 국가들이 원자력의 이용을 평화적 이용에 엄격히 국한하여 원자력 개발과 이용을 증진하며, IAEA가 주도하는 안전보장장치에 따라 핵비확산 노력에 전폭적으로 협조하는 것이 매우 중요하다.

신뢰성과 안전성은 원자력 연구·개발에 있어 최우선 순위를 가진다. 이 과제에 대한 연구·개발은 최신 첨단기술과 가장 진지한 노력으로 항상 지원되어 언제나 최고의 기술수준이 유지되어야 한다.

PNC는 인공지능을 포함하는 첨단기술의 연구·개발에 있어서 창조와 혁신을 강조하며, 또한 원자력발전소와 계통의 혁신을 위하여 수동적 안전개념에 노력하고 있다.

원자력 개발에 대한 일반국민의 신뢰는 기술적 혁신을 위한 끊임없는 노력을 통하여서만 성취될 수 있는 최고의 신뢰성과 안전성에 의해서만 얻어질 수 있다고 믿는다. 가장 중요한 과제는 기술로 전폭 뒷받침된 일반국민의 이해를 획득하는 것이다.