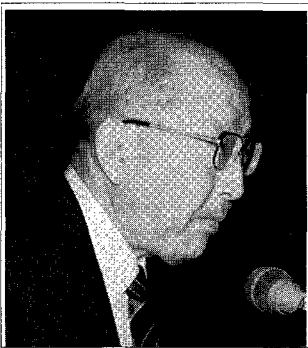


## 일본의 신형전환로 개발과 핵연료 정책

이하라 요시노리

일본 원자력위원회 위원장 대리



“  
일본이 원자력 에너지의  
수요 증가에 적절히  
부응함으로써 국제적인  
기여를 하게 된다는  
사실과 함께, 원자력에 대한  
연구 개발과 노력은  
국제협력이 바탕이 되어야  
한다는 것을 중요하게  
생각합니다.  
”

에너지 빈국으로서의 일본은 사회 경제 발전에 필요한 에너지의 안정적 공급을 확보하기 위해 많은 노력을 경주해 오고 있다.

일본의 에너지 수요는 지속적으로 증가하고 있으나 에너지 공급 구조는 취약하여, 그를 극복하기 위한 해결 방안으로 원자력 개발과 이용을 촉진해 왔다. 그러나 일본의 원자력기본법에 규정된 바와 같이 원자력은 평화적 이용에만 사용하여야 하는 엄격한 제한이 있다.

일본은 제한된 우라늄 자원의 활용을 극대화함과 동시에 원자력발전으로부터 발생되는 방사성 폐기물의 적절한 관리와 처분 문제를 해결하기 위하여 핵연료를 재활용하고 있다.

사용후 연료 재활용 기술이 그것인데, 이는 핵연료의 효율적인 이용을 위해 사용후 연료 속에 남아 있는 플

루토늄과 그밖에 재사용이 가능한 성분을 활용하는 것으로 일본의 원자력 정책을 이루고 있는 기본 골격의 하나이다.

그런 점에서 일본의 이해 관계 뿐만 아니라 선진 기술 보유국으로서 밝아오는 새로운 세기의 장기적 세계 에너지 수급 상황을 전망할 때, 지속적인 세계 에너지 개발과 지구 환경 문제를 해결하기 위한 수단으로서 핵연료 재활용 기술의 이용에 일본이 기여한다는 것은 중요한 일이라고 생각한다.

따라서 나는 여기서 일본 원자력 정책의 핵심인 핵연료 재활용을 주제로, 개량형 원자로의 개발과 플루토늄의 이용에 초점을 맞추어 얘기하고자 한다.

### 고속중식로의 개발

우라늄 자원의 이용 효율을 크게 제

고시키는 원자로인 고속증식로는 미래의 핵연료 리사이클링의 중추가 될 것이다.

그 이유는 일본 동력로·핵연료개발사업단(PNC)이 67년에 출범한 이래 수행한 고속증식로 연구 개발의 결과 실험로와 원형로의 단계에 와 있으며, 고속증식로의 개발을 위해 공공 및 민간 부문의 협력을 바탕으로 한국책 사업으로서 지속적·유기적으로 추진해 왔기 때문이다.

이바라키현 오아라이에서 PNC에 의해 건설된 실험 고속증식로인 「조요(Joyo)」는 77년 초기 임계에 도달한 이래, 한 건의 고장도 없이 현재 추진 중인 고속증식로 개발에 필요한 기술적 데이터와 운전 경험을 축적해 오고 있다.

그러한 경험을 바탕으로 PNC는 후쿠이현 쓰루가에 원형 고속증식로인 「몬주(Monju)」 건설을 85년에 시작하여 94년 4월 초기 임계에 도달한 바 있다.

또한 성능 시험 프로그램에서 발생된 수많은 기술적 문제를 극복하고, 마침내 지난해 8월 동 원자로에 의해 발전된 전기를 송전하였으며 그 이후 지금까지 시험 운전을 계속하고 있다.

지난해 12월 고속증식로 개발 과정에서 첫 번째 사고가 발생했는데, 몬주 고속증식로의 2차 냉각 계통에서 나트륨이 누출된 사고였다.

이 사고가 난 후 그 원인에 대한 부적절한 해명 방법이 일본 국민들의 불

안을 자아내게 되었다.

현재까지 조사된 바에 의하면 2차 냉각 계통에 설치된 온도 감지기의 파손이 나트륨 누출의 예상 원인으로 지적되고 있다.

몬주의 그러한 사고는 우리에게 중요한 교훈을 주고 있다.

아무도 피해를 입지 않았고 환경에 의 방사선 누출도 없었지만, 이 사고는 전문가들이 가지고 있는 기술적 안전성과 일반 국민들이 생각하고 있는 안전성 사이에는 현저한 갭이 있다는 데 주목하게 했으며, 이제는 원자력 개발의 추진에 후자의 생각을 전폭적으로 고려해야 한다는 것이 과거 어느 때보다 분명해졌다.

선진 기술의 개발과 사용 과정에는 때때로 예측할 수 없는 어려운 문제가 발생할 수 있다.

중요한 것은 그러한 상황이 발생되면 전문가들과 마찬가지로 사고 내용을 일반 주민에게도 공개해야 한다는 것이다.

우리는 사고 원인을 면밀히 조사하고 광범위한 안전 조치를 성실히 이행하기 위하여 기술 개발을 더욱 강화해야 한다.

이제부터는 안전성 확보에 더욱더 역점을 둘 것이며, 정보를 신속히 제공하여 모든 일본 국민들, 특히 원자력 설비 인근에 살고 있는 지역 주민들의 이해와 신뢰를 획득할 수 있도록 모든 노력을 기울일 것이다.

원자력 연구 개발 장기 계획에는 고

속증식로의 기술적 시스템 구축을 위해 추진 중인 연구 개발에 관한 내용이 있는데, 이 고속증식로는 상업용 고속증식로로 가는 개발 단계인 실증로를 거쳐 장래에 실용화될 것이다.

몬주 원자로 사고를 고려할 때 그러한 사안에 대한 여론의 광범위한 수렴을 위한 포럼으로서 원탁 회의라고 부를 수 있는 회의를 개최하기로 결정하였는데, 이러한 회의를 통해 수렴된 여론을 원자력 정책에 반영할 수 있게 될 것이다.

뿐만 아니라, 그러한 방법을 통해 원자력 정책에 관한 국민적 합의도 구축할 수 있기를 희망한다.

### 개량형 원자로의 실증로 건설 계획

ATR이라 불리는 신형전환로(Advanced Thermal Reactor : 고속증식로 이외의 원자로를 지칭)는 재생 플루토늄과 우라늄을 여러 가지 연료 형태로 융통성 있게 효율적으로 이용할 수 있도록 개발한 원자로로서, 일본은 자체 고유의 신형전환로를 개발하고 있다.

PNC가 후쿠이현 쓰루가에 건설한 ATR의 원형로인 「후겐(Fugen)」은 16년이라는 기간 동안 훌륭하고 안정적인 운전을 통해 우라늄과 플루토늄 혼합 산화물(MOX)의 이용에 관한 국내외의 이해와 신뢰도 제고에 중대한 역할을 하고 있다.

지금까지 단일 원자로에 장전된

MOX 연료량에 있어서도 세계 기록이 되고 있다.

그렇지만 원형로인 후겐의 성공에 뒤이어 전원개발주식회사가 건설할 예정이던 ATR 실증로에 소요될 건설비 및 기타 비용을 검토한 결과, 당초 예상액을 훨씬 초과하여 예상 발전 단가가 경수로 발전 단가보다 무려 3배나 늘어나는 것으로 밝혀졌다.

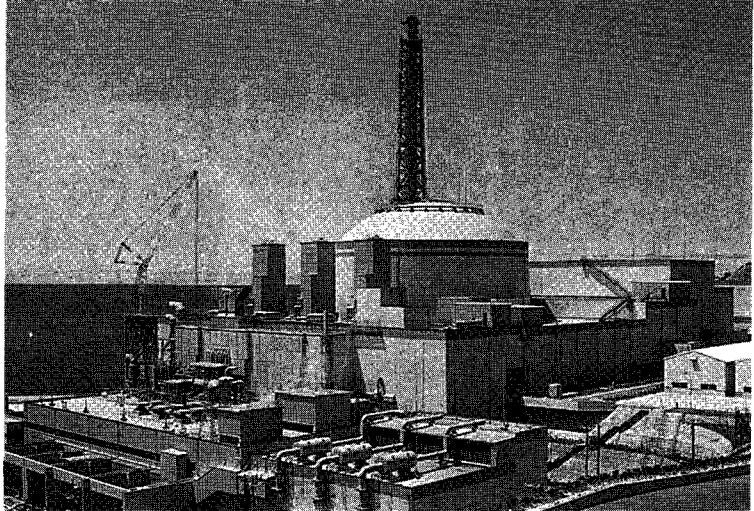
이러한 사실에 근거하여 원자력위원회는 경제적 효율성 뿐만 아니라, 일본의 핵연료 재활용 정책에 어떤 영향을 미칠 것인가를 고려하여 동 문제를 광범위하게 검토해온 결과, 다음과 같은 두 가지 결론을 얻었다.

첫째, ATR 실증로 건설 계획을 포기하는 것이 옳다는 것이다. 이는 ATR 실증로의 경제성이 다른 전원에 비해 현저하게 떨어지고 있다는 사실과 MOX 연료 사용면에서 ATR의 역할이 경수로에서도 멀지 않아 복제될 가능성이 매우 높다는 두 가지 사실을 고려하여 나온 결론이다.

둘째, ATR 실증로의 최적 대안은 우라늄/플루토늄 혼합 산화물 연료를 완전 장전할 수 있는 ABWR이라 부르는 개량형 비등수형 원자로라는 것이다.

이는 기술 개발의 신속성, 기술적 타당성과 경제성, 그리고 플루토늄 수급의 균형을 고려하여 내린 결론이다.

원자력위원회의 입장에서 볼 때는 이러한 검토가 수 년간 연구 개발 사업에의 실제 적용보다 앞섰다는 게



일본의 후쿠이현 쓰루가에 있는 원형 고속증식로 '몬주(Monju)'

우 유감스러운 것이다.

그러나 이제 원자력위원회는 이러한 계획을 검토하게 된 전후 사정을 다시 한번 감안하여, 습득할 수 있는 교훈은 무엇이든지 향후 원자력 개발과 이용을 촉진하기 위해서 활용해야 한다.

### 일본의 핵연료 재활용 경향

일본의 핵연료 재활용의 자립 확보라는 관점에서 볼 때, 다른 여러 가지 고려 사항 중에서도 원칙적으로 사용후 연료 재처리 기술 자립이 가능하리라 본다.

이바라키현 도카이에 있는 PNC의 재처리 공장은 81년부터 사용후 연료 재처리를 수행하고 있다.

그러나 일본의 전력 회사들은 동 설

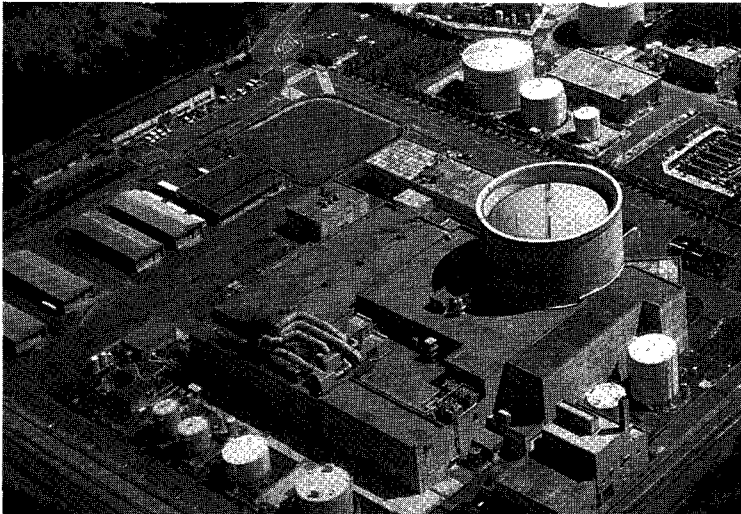
비의 용량상 제약으로 영국핵연료공사(BNFL)와 프랑스의 코제마(COGEMA)사에게 많은 양의 사용후 연료의 재처리를 의뢰하고 있다.

일본원전주식회사가 93년부터 아오모리현 로카쇼에 건설중인 상업용 규모의 재처리 공장은 2003년에 운전 을 개시할 예정이다.

또한 고속증식로에서 나온 사용후 핵연료의 재처리 기술 확립을 목적으로 PNC에서는 리사이클링 장비 시험 설비 시설 사업을 시작했는데, 이는 21세기에 들어서면 이용이 가능할 전망이다.

그러나 당분간은 주로 경수로에서 MOX 연료 형태로 재처리된 플루토늄을 사용할 것으로 보인다.

플루토늄의 이러한 사용은 기존 경수로를 이용한 핵연료 재활용 기술 개



일본의 신형전환로(ATR) 원형로인 「후겐(Fugen)」 전경

발을 위한 노력으로 볼 수 있으나, 우라늄 자원의 이용 효율을 높임과 동시에 향후 고속증식로에서 플루토늄의 전면적인 활용 체제 구축을 위한 접근도 중요하다고 본다.

현재까지 해외의 경수로, 주로 유럽의 경수로에서 1,200개 이상의 MOX 연료 다발을 연소시켰으나 특별히 어떠한 기술적 문제점은 없었다.

일본에서도 소수의 연료 다발이지만 86년 이래 MOX 연료 실험에서 역시 좋은 결과를 얻은 바 있다.

현재 일본의 전력 회사들은 장차 경수로에서 플루토늄을 사용하기 위한 구체적인 계획을 수립하고 있는데, 이들 전력 회사들은 일본 경수로에 쓸 플루토늄을 해외로부터 도입할 계획이다.

그러나 향후 수요 증가를 고려하면

일본 내에서도 역시 MOX 연료 가공 공장을 설립할 필요가 있을 것이다.

경제적 효율성 증가와 환경 오염 물질의 저감을 위해 개량 핵연료 재활용 기술에 관한 장기 연구 개발 사업도 추진할 계획인데, 이러한 재활용 기술을 이용하면 지금까지 고준위 방사성 폐기물로 처리하는 대신, 고속증식로의 연료로 재사용하기 위해 사용후 연료의 재처리 과정에서 우라늄과 플루토늄 뿐만 아니라, 아메리슘, 넵튬 등과 그 밖에 악티나이드계 원소를 재생해 낼 수 있을 것으로 본다.

### 일본의 핵연료 재활용과 국제 동향

#### 1. 핵연료 물질의 반입

일본이 사용후 핵연료를 해외에서 재처리하는 과정에서 재생된 플루토

늄은 다시 핵연료로 쓰기 위해 일본으로 되돌아온다.

몇 년 전 몬주 발전소 연료 교체를 위해 해상으로 수송되어 온 플루토늄 건이 그 한 예이다.

일본이 사용한 핵연료를 해외에서 재처리함으로써 발생된 고준위 폐기물의 반입은 95년도에 프랑스에서 보내온 것이 최초의 것이다.

비록 이들을 안전하고 확실한 방법으로 수송했다고는 하지만 그러한 물질의 수송에 따른 국제적 이해와 협조를 지속적으로 구할 필요가 있으며, 또한 이를 위해 수송 문제의 안전성에 관한 정보 제공과 함께 홍보 활동도 적절하게 수행되어야 한다고 본다.

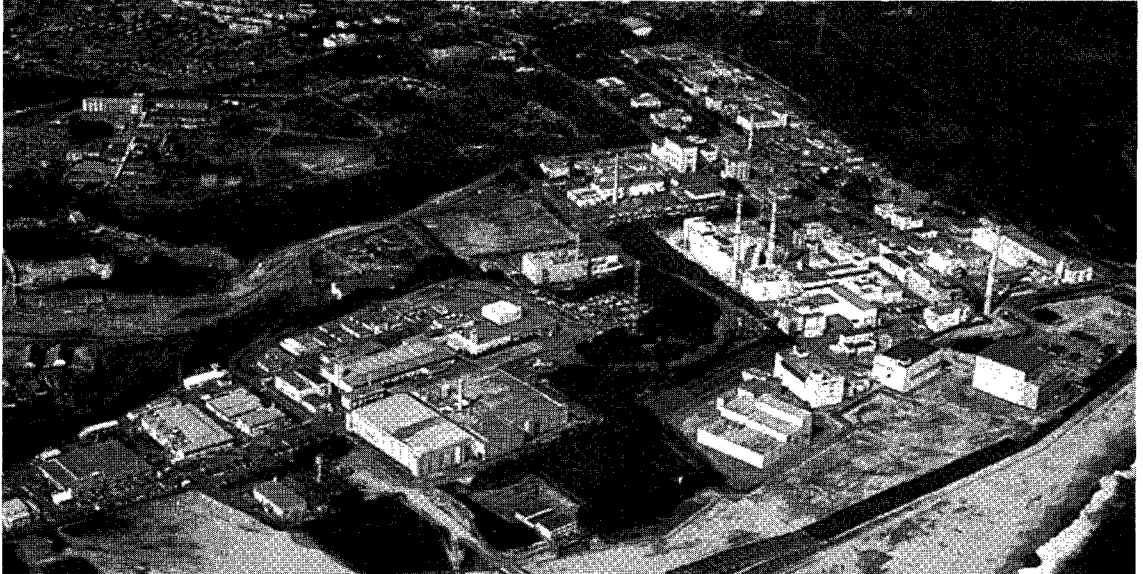
#### 2. 플루토늄 사용 계획의 투명성

핵연료 재활용 추진에 있어서 핵확산의 개연성에 대한 국제적 불안을 야기시키지 않도록 하기 위해서는 핵물질을 엄격히 통제할 필요가 있다.

그래서 일본은 일본에 있는 모든 원자력 설비에 대해 국제원자력기구(IAEA)의 안전 규제(총체적 안전 규제)를 적용하고 있다.

뿐만 아니라 일본의 핵연료 재활용 계획에 대한 국제적 신뢰도를 향상시키기 위하여 원자력위원회는 여하한 적정 수준 이상의 플루토늄은 보유하지 않는다는 원칙을 준수하면서 동 계획을 가능한 한 합리적이고 일관성있게 그리고 투명하게 추진하고 있다.

이를 위해 일본은 2010년까지 사



81년부터 사용후 연료 재처리를 수행하고 있는 일본 PNC의 재처리공장 전경

용할 플루토늄의 수급 물량을 일본 원자력 개발 연구 및 이용에 관한 장기 계획 등에서 구체적으로 밝히고 있다.

이들 수급 물량을 보면 플루토늄 수급이 균형을 유지해 왔고 또 앞으로도 지속될 것으로 보여진다.

또한 아직 다른 나라에서는 작성하지 않고 있지만 94년부터 작성하고 있는 원자력 백서에서 국민들이 일본으로 하여금 플루토늄을 별도로 관리하도록 그러한 환경을 조성하고 있다.

더욱이 핵무기의 해체에 따라 발생되는 플루토늄과 원자력의 평화적 이용을 위한 플루토늄에 대해 구체적인 관심이 고조되고 있음을 감안하여, 94년 2월부터 일본·미국·영국·프랑스·러시아·중국·독일·벨기에·스위스 등 9개국은 그러한 플루

토늄 사용에 따른 투명성 제고 방안을 공동으로 탐색해 오고 있다.

그래서 지금까지 참여국들은 플루토늄의 평화적 이용을 위해 각국이 그들 나름대로의 환경을 조성한다는 데 의견의 일치를 보고 있다.

예를 들면 각국이 다른 설비 유형별로 각각 보유하고 있는 플루토늄량을 공동으로 발표하는 것이 그것이며, 이들 9개국은 동 공동 발표를 위한 구체적인 절차와 플루토늄 관리를 위한 기본 원칙 제정을 위해 합의를 도출하고자 노력하고 있다.

### 결론

원자력 에너지의 평화적 이용 분야에서 선진국으로서의 일본이 원자력

에너지의 수요 증가에 적절히 부응함으로써 동 분야에서 국제적인 기여를 하게 된다는 사실과 함께, 공동 문제 해결을 위한 연구 개발 및 노력은 국제 협력이 그 바탕이 되어야 한다는 사실을 중요하게 생각하고 있다.

또한 일본의 원자력 개발과 이용, 그리고 핵 비확산 양 면 모두에서 국제적인 역할을 적극적이고 지속적으로 수행하고자 한다.

특히 한반도에너지개발기구(KEDO)와의 관계에 있어 일본은 한반도와 동북아시아의 긴장 완화를 위한다는 역할에 커다란 기대를 가지고 있으며, 또한 이러한 일본의 역할은 관련 국가들의 협력이 바탕이 되어야 원활히 수행될 것으로 믿고 있다.