

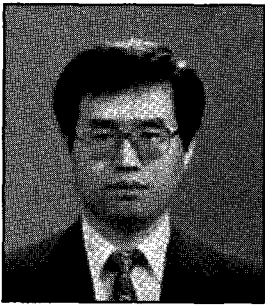
아르헨티나 · 브라질 · 칠레

# 남미 국가와의 원자력협력 방향

## 합동조사단의 원자력현황 리포트

이 문 기

과학기술처 원자력통제과 과장



과학기술처는 금년 중 주요 업무 계획의 하나로, 원자력 협력 대상국을 다각화하고, 원자력 협력의 효율적·체계적 추진과 원자력 기술의 교류 기반 강화 차원에서 유럽·동구·아시아·북미·남미 등 권역별로 원자력 국제 협력 추진을 계획, 기술 조사단의 파견을 추진하고 있다. 이 글은 지난 4월 26일부터 5월 6일까지 유관 부처 및 산업계가 공동 참여한 민관합동조사단이 아르헨티나·브라질·칠레 등 남미 3국의 정부·연구소·산업체 등을 방문하여 얻은 각국의 원자력 현황의 조사 결과로서, 향후 남미 국가와의 원자력 협력시 귀중한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

**남**미는 우리 나라와 멀리 떨어져 있는 지역이다. 비행기로 20시간 이상을 여행해야 하고 시차도 12시간 정도 차이가 나 방문하기 힘든 지역 중의 하나다.

이 지역에서는 풍부한 지하 자원과 질 좋은 농산물이 생산되고 있으나 우리와 교류가 활발하지 못한 것은 이러한 이유 때문일 것이다.

금년에 과학기술처는 주요 업무 계획

의 하나로 원자력 협력 대상국을 다각화하고 앞으로 선진국의 원자력 관련 기술 이전 기피에 대비하여 유럽·동구·아시아·북미·남미 등 권역별 원자력 국제 협력 추진을 계획하고 있다.

이 중 남미는 과거 핵개발의 우려가 높았고 NPT에 가입하지 않는 등 원자력 산업 추진에 있어 국제 핵비확산 체제에 동참하지 않는 국가들이 많아, 우리 나라의 평화적 이용과는 비

교적 상이한 정책을 추진하고 있었다.

그러나 최근 아르헨티나가 NPT와 NSG에, 브라질이 NSG에 가입하는 등 과거의 원자력 정책 방향을 평화적 이용 확대로 전환함에 따라 우리나라와의 협력 가능성이 한층 높아지고 있다.

이에 따라 이번 남미 조사단은 비교적 원자력 활동이 활발한 아르헨티나·브라질·칠레 3국의 정부·연구기관·산업체 등과의 협의를 통해 앞

으로 이들 국가와의 협력 가능 분야를 파악하는 데 중점을 두고 조사 활동을 펼쳤다.

구체적인 협력 분야의 발굴보다 전반적인 현황을 파악하고 협력 가능 분야를 정부 차원에서 광범위하게 조사하는 것이 목적이었다.

여기에 소개하는 내용은 남미의 전반적인 원자력 현황과 정책을 담당하는 정부와의 협의를 통한 향후 협력 가능 분야에 대한 조사 결과이므로, 앞으로 남미와의 원자력 협력 확대를

위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

특히 각 나라와의 협력 가능 분야는 조사단의 주관적인 평가 내용도 있을 수 있으나, 대부분 상대 국가 정부 책임자와의 협의를 통해 공동으로 도출한 분야이기 때문에, 남미와 구체적인 협력시 동 조사단의 협력 가능 분야 조사 결과는 보다 효율적으로 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

조사 대상 국가의 원자력 현황은 <표>와 같다.

**아르헨티나**

**1. 원자력 정책 방향**

아르헨티나는 과거 브라질과의 경쟁 관계 때문에 원자력을 하나의 에너지원보다는 군사적 목적을 위하여 연구 개발 사업을 추진하였다.

그러나 최근 대외 개방과 함께 원자력의 평화적 이용 기술 개발 정책을 추진하고 있다.

아르헨티나는 94년에 원자력 관련 물자를 수출 통제함으로써 원자력의 핵무기 사용 전용을 방지하기 위한 핵공급국그룹(NSG)에 가입하고, 95년에는 핵확산금지조약(NPT)에 가입하는 등 원자력의 평화적 이용에 적극 참여하고 있으며, 핵확산 관련 기술·시설 등의 타국가로의 이전을 철저히 지양하는 등 과거의 핵개발 의혹에서 벗어나 평화적 이용으로 전환하고 있다는 국제적인 이미지 개선에 주력하고 있는 것으로 평가된다.

한편 아르헨티나는 과거의 과도한 원자력 투자와 국제 환경의 변화로 일부 원자력 시설의 가동 중지 등 재정적 압박이 심화되고 있는 실정이다.

일부 우라늄 광산, 중수 생산 공장 등은 사업 추진을 중단하였고, 모든 원자력 관련 시설을 민영화하는 한편 국제적으로도 완전히 개방하고 있다.

또한 아르헨티나는 전기·수도·통신 등 국가 기간 산업을 전부 외국

**<표> 조사 대상 국가의 원자력 현황**

구 분		아르헨티나	브 라 질	칠 레
원 자 력 발 전		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2기 운전 (357MW, 648MW)</li> <li>• 1기 건설중</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1기 운전(626MW)</li> <li>• 1기 건설중(1,245MW)</li> </ul>	-
연 구 용 원 자 료		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5기 가동 (2,800kW, 500kW, 40kW 등)</li> <li>• 1기 폐쇄</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4기 가동 (2000kW, 100W, 0.2kW, 0.1kW)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2기 가동 (5MW, 10MW)</li> </ul>
핵 주 기 기 술	선행	변환 시설 <ul style="list-style-type: none"> <li>• UO<sub>2</sub> 시설 3기</li> <li>• UF<sub>6</sub> 시설 1기</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• UO<sub>2</sub> 시설 1기</li> <li>• UF<sub>6</sub> 시설 2기</li> </ul>	-
		농축 시설 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1기(40톤SWU/년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4기 가동 중지 (수백톤 규모/년)</li> </ul>	-
	후행	핵 연 료 제 조 시 설 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2기(Ezeiza, Constituyentes)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1기(100톤/년)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 연구용 원자로 연료 자체 성형</li> </ul>
		재처리 시설 <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1기(5톤U/년) 가동 중지</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1기 건설 무기 연기</li> <li>• 1기 미가동</li> </ul>	-
R I 생 산		<ul style="list-style-type: none"> <li>• RI 생산 설비 : Mo-99, Xe-133, I-131</li> <li>• cyclotron : Tl-210, In</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 의학용 : Ga-67, In-111, Br-201, Tl</li> <li>• 계측용 : Co-57, Na-22, Cd-109</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업용 : Tc-99, I-131, P-32, Ir-192, Na-24, Rb-86, Cr-51</li> </ul>
방 사 성 폐 기 물		<ul style="list-style-type: none"> <li>• 저준위 폐기물 처리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 천층 처분 계획</li> <li>• 비용 발생자 부담 원칙</li> </ul>	-

기업에 넘기는 등 우리로서는 상상도 하지 못할 정책을 펴고 있다.

과거의 폭발적인 인플레이션을 잡기 위해 아르헨티나 페소와 미국 달러를 1:1로 고정시켜 인플레이션은 진정되었으나 페소 가치가 과대하게 평가되어 물가가 상당히 높은 편이다.

이에 따라 국가 재정이 어렵게 되어 국가 기간 산업까지 외국 기업에 넘기고 있는 것이다.

아르헨티나 원자력 정책의 특징은 독자적인 사업 추진 분야와 타국과의 합작 분야를 구분하여 추진하고 있는 점이다.

50MW급 CAREM 등 독자적인 원자로를 개발하여 원자력에 관심 있는 후진국 등에 진출을 시도하고 있다.

선진국간의 경쟁이 심한 대형 발전소 시장을 피해 중소형의 원자로를 개발하여 인도네시아·태국·시리아·이집트·모로코 등 후진국이나 개도국을 중점 공략하고 있고, 동 분야는 타 국가와의 협력을 기피하고 있으며 우리 나라와의 협력에도 난색을 표명한 바 있다.

동 원자로로는 보르네오섬 등 국지적으로 전력이 필요한 곳에 상당히 효율적이라는 게 아르헨티나 측의 설명이다.

반면 현재 가동 중지중인 중수 공장을 재가동하고, CANDU형 핵연료 생산은 한국 등 타국과의 협력을 강

력히 희망하고 있으나 기술 교류보다는 합작 투자 등 경제적 협력에 더욱 관심을 가지고 있다.

## 2. 원자력 현황

아르헨티나의 원자력 기관으로는, 국가 원자력 R&D 계획 등 아르헨티나의 원자력 정책을 총괄하는 원자력 위원회(National Atomic Energy Commission)를 중심으로, 연구용 원자로·RI 생산·핵의학 등을 총괄하는 INVAP S.E., 핵연료 제조를 담당하는 CONUAR S.A., 특수 합금 및 Zircalloy tube를 생산하는 ENSI S.A., 원자력 광물의 탐사 및 생산을 담당하는 Nuclear Mendoza S.A., 원전의 건설·운전을 전담하는 NASA(Nucleoelectrica Argentina S.A.), 원자력 엔지니어링을 다루는 ENACE, 그리고 규제를 전담하는 ENREN(National Board of Nuclear Regulation) 등이 있다.

원자력위원회는 그 동안 아르헨티나 원자력 사업을 주도해 왔으나, 최근 원자력 사업의 민영화 추진에 따라 일부 사업 지분에 참여하거나 연구 개발, 인력 양성 등 원자력 활동의 기반을 조성해 주고 있는데, 아르헨티나 원자력 정책의 전반적인 종합 조정 기능은 상당히 약화되었다.

원자력 발전 분야에서도 80년초 야심적인 원자력 발전 계획을 수립하여 원전 6기 건설, 중수 공장 및 핵연료 공장 등의 건설을 계획하였으나,

체르노빌 사고 이후 세계적인 원자력 발전 산업 정체의 영향으로 사업 규모가 축소되었다.

현재 74년 독일 Siemens사와의 협력으로 Atucha I를 가동하고 있으며, 84년 캐나다 AECL과의 협력으로 648MWe의 Embalse를 가동하고 있다.

그리고 현재 독일의 KWU와 합작으로 748MWe급 Atucha-II의 건설 공정을 80% 이상 끝냈으나, 재정적 이유로 건설을 중단하고 국제 입찰을 통해 민영화를 추진하고 있다.

아르헨티나는 중수형 원자로를 개발하고 이에 소요되는 중수를 공급하기 위해 연간 200톤 규모(100ton line×2)의 중수 공장을 스위스 Sulzer사와 턴키(turn-key) 방식으로 건설하여 91년부터 가동하였다.

그러나 현재 재정적 압박으로 조업은 준비 상태이며, 조속히 재가동하지 않으면 많은 어려움이 있을 것으로 예상하고 있다.

## 3. 기술 수준

60~70년대 초까지 브라질과의 경쟁으로 농축·재처리 등 핵주기 기술은 자립되어 있으나, 80년대 이후 탈냉전과 핵무기 보유의 국제적 제약에 따라 원자력 활동이 미미한 실정이다.

일부 후행 핵주기 기술도 관련 시설의 가동이 중지되거나 폐쇄되었고, 중소형 원자로, 중수 생산 기술 등 일부 평화적 이용 분야에서는 선진 기술

을 보유하고 있는 것으로 평가된다.

#### 4. 협력 가능 분야

우리가 가장 관심이 있는 대목으로 협력 가능 분야를 조사한 방법은, 먼저 양국간의 원자력 현황을 설명한 후 각국에서 각각 협력 가능 분야를 발굴하고 동 분야에 대한 구체적인 토의를 거친 후 채택한 분야이기 때문에, 향후 동 국가들과의 협력시 직접 동 분야 책임자 또는 정부 관련 인사와 접촉하게 되면 보다 효율적으로 협력이 추진될 수 있을 것이다.

양국간의 협의하에 도출된 협력 가능 분야는, 소형 원자로(CAREM) 개발, 시험로 핵연료 제조 기술, 무결점 핵연료 제조, 고연소 핵연료 제조, 중수 공급 및 공장 공동 운영, 저농축(20%) 우라늄을 이용한 Mo-99 제조, CANFLEX, DUPIC, 우라늄광 개발 등이다.

##### 가. 소형 원자로 개발

##### (CAREM Project)

CAREM은 용량 27MWe, 1,000 MWt로 일체형 자체 가압형이다.

자연 순환 냉각 방식을 채택하였기 때문에 안전성을 한층 제고하였다.

응용 분야는 고립된 지역에서의 발전, 선박 동력, 도시 난방 등에 활용될 수 있다.

동 원자로는 순수한 아르헨티나 자국 설계로서 관련 예산만 확보되면 97년 중 건설을 시작할 계획이다.

동 사업과 관련하여 아르헨티나는

비용과 Component 측면에서 협력을 희망하고 있으나, 구체적인 기술 및 세계 시장 공동 진출 등은 기피하고 있다.

우리 나라는 해수 담수용 원자로 개발 계획과 연계하여 연구 개발 및 설계 기술의 상호 협력이 바람직하며, 제3국에 대한 시장성을 고려할 때 재정적인 측면에서 적극적인 투자는 보다 신중해야 할 것으로 판단된다.

##### 나. 중수 제조 시설

아르헨티나는 연간 200ton 생산 규모의 중수 제조 공장을 보유하고 있는데, 현재 stand by 상태인 중수 공장의 재가동을 위해 한국과의 협력을 강력히 희망하고 있다.

총용량의 50%에 해당하는 100톤에 대하여 한국과 공동 운영을 하거나 한국이 아르헨티나의 중수를 장기적으로 구매해 주기를 바라고 있다.

합작 기간을 10년으로 가정하면 약 2.5억달러(100ton/년×250달러/kg×10년)가 소요될 전망이다.

현재 상업용 중수 생산국이 캐나다와 아르헨티나임을 고려하여, 아르헨티나가 중수 공급을 중단할 경우 중수에 대한 수요 공급과 가격 전망에 대한 평가가 선행되어야 할 것이다.

##### 다. 특수 합금 생산

현재 아르헨티나는 용량 500km/년의 Zircalloy tube 생산 설비를 갖추고 있다.

이는 당초 6기의 원전에 공급할 계획이었으나 원전 건설 계획이 변경되

고 과도한 초기 투자로 일부 과잉 생산되고 있다.

당시 아르헨티나는 NPT 미가입국이었기 때문에 수출 통제를 극복하기 위해 자체 공급을 계획한 것이다.

우리 나라는 동 튜브의 수입을 검토해 볼 수 있을 것이다.

##### 라. Mo-99 생산 처리 공정 개발 및 Target 생산 기술

90%의 농축 우라늄을 64년도에 미국으로부터 일괄 구매하여 현재까지 Mo-99 생산에 사용하고 있다.

현재 잔여분은 확인되지 않지만 동 잔여분이 전부 소모될 경우, 핵비확산 정책에 의해 90%의 고농축 우라늄은 더이상 구매할 수가 없기 때문에 20% 이하의 저농축 우라늄 공정 개발이 불가피한 실정이다.

그러나 세계적으로 20% 이하의 농축 우라늄을 이용하는 Mo-99 생산 공정은 개발 초기 단계이므로, 98년부터 계획하고 있는 KAERI의 20% 농축 우라늄을 이용한 Mo-99 생산 계획과 연계하여 공정 개발을 위한 협력이 가능할 것으로 평가된다.

##### 마. CANFLEX 핵연료 연구 개발

아르헨티나 원전(Atucha I & Embalse)에 전량을 공급하는 CONUAR 핵연료 제조 공장은 천연우라늄 대신 0.8%의 농축 우라늄 연료를 시험장 전중이며, 연소도를 6,000MW/TU에서 12,000MW/TU로 향상시켜 99년부터는 전량 공급할 계획으로 있다.

따라서 현재 KAERI /AECL간 공

동 개발로 소의 실증 시험중인 CAN-FLEX 핵연료 개발에 관한 협력도 검토해 볼 수 있을 것이다.

**바. DUPIC/MOX 핵연료**

아르헨티나는 KAERI-AECL-US DOS간에 공동 개발중인 DUPIC 핵연료 주기 기술 개발에 많은 관심을 보이고 있으며, 원자력위원회는 경제성과 국제 비확산 여론에 따라 MOX 개발은 포기하고 DUPIC 핵연료 주기 개발 계획을 검토하고 있으므로 향후 동 분야의 협력도 기대된다.

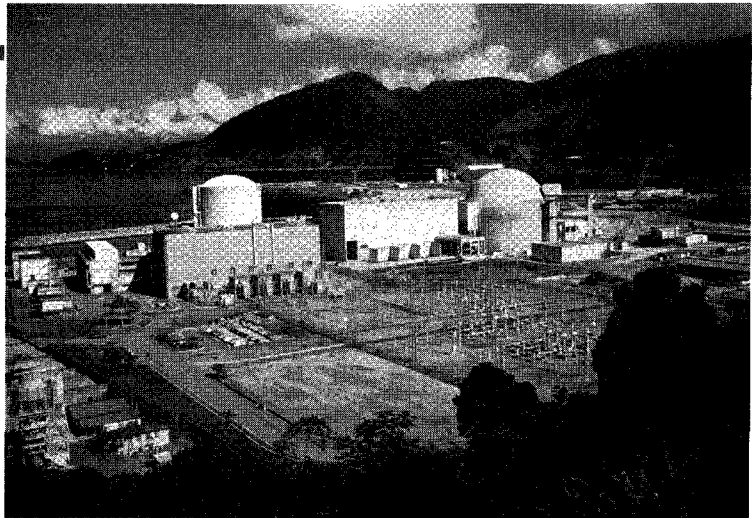
**5. 우리나라와의 협력 방향**

현재 아르헨티나는 과거의 물가 폭등을 잡기 위해 강제로 미국 달러와 페소를 1:1로 고정시키는 대환 정책을 쓰고 있다.

근본적인 산업 구조의 변화 없이 환율만으로 경제를 잡겠다는 국가 정책에 따라 인플레이는 잡혔지만 경제는 94년도 -4.4%의 마이너스 경제 성장률을 기록하는 등 국가의 재정 부족과 함께 현재의 환율이 그대로 지속되기는 어려운 실정이며 경제 구조도 불안한 실정이다.

이와 관련하여 아르헨티나가 희망하는 중수 공장의 공동 운영 등 직접적인 투자보다는 정보 교환, 전문가 교류 등 대규모 투자가 배제된 협력 방식이 바람직할 것으로 보인다.

따라서 향후 상기에 기술한 협력 가능 분야를 중심으로 관련 전문가가 아르헨티나의 현황을 먼저 충분히 조



브라질의 Angra 원전

사하여 구체적인 협력을 추진해야 할 것이다.

그리고 95년에 가서명한 원자력협정은 조속히 마무리지어 아르헨티나와의 원자력 협력 확대 기본 틀을 마련해야 할 것이다.

또한 아르헨티나는 중수 공장의 재가동을 위하여 한국과 중수의 장기 공급 체결 또는 공동 운영을 희망하고 있으므로 정부 및 한국전력공사의 입장 정립이 필요할 것으로 보인다.

**브라질**

**1. 원자력 정책 방향**

브라질은 아르헨티나와 마찬가지로 과거 양국간의 경쟁 관계로 핵확산 관련 핵주기 기술 개발에 주력하였으나, 원자력의 평화적 이용이라는 세계적인 추세에 따라 원전 관련 기술 개발로 정책 방향을 바꾸고 있다.

IAEA의 안전 조치 강화, NPT의 무기한 연장 등 선진국의 불평등 조치에 강한 불만을 표시하고 있으나, 한편으로는 NSG 등 원자력 평화이

용 무대에 적극 참여하고 있다.

브라질은 그 동안 NPT의 미가입으로 국외로부터 원자력 관련 기자재의 수입이 제한되어 이를 직접 개발하는 등 독특한 원자력 산업 구조를 보유하고 있다.

또한 방사선 환경 감시를 위한 별도의 기관을 설립하였고 원전 건설에 따른 재정적 어려움을 겪고 있다.

따라서 핵비확산의 범위 내에서 원자력 선진국과의 협력을 강력히 희망하고 있고, 특히 한국과의 협력을 위해 여러 분야에서 많은 관심을 보이고 있다.

**2. 원자력 현황**

브라질의 원자력 사업 추진 체제는 국가 원자력 정책 수립, 연구 개발, 원자력 안전 규제를 담당하는 원자력 위원회(CNEN)와 원전을 관리하는 에너지광산부로 크게 나뉘어져 있다.

원자력위원회는 56년에 설립되어 현재 5명의 위원과 5개의 지역 사무소를 운영하고 있으며, 산하 연구 기관으로는 원자력연구소(IPEN), 원

자력엔지니어링(IEN), 원자력개발 센터(CDIN), 방사선방호연구소(IRD) 등이 있다.

IPEN에서는 주로 동위 원소 생산을 하고 있으며 국내 소요의 98%를 담당하고 있다.

동 기관에서는 방사선 방호, 농업, 공해 산업 등에 원자력을 접목하는 등 원자력에 관한 사회 환경 연구도 활발히 하고 있다.

또한 pilot scale의 전핵연료 주기 기술을 보유하고 있다.

IEN은 현재 309명의 연구원을 보유하고 원자력 각 분야에 대한 엔지니어링 연구 개발과 교육 및 훈련을 담당하고 있다. 주요 활동은 다음과 같다.

가. Reactors 분야

- Reactor physics
- Liquid metal technology
- Experimental reactor physics
- Experimental thermo hydraulics

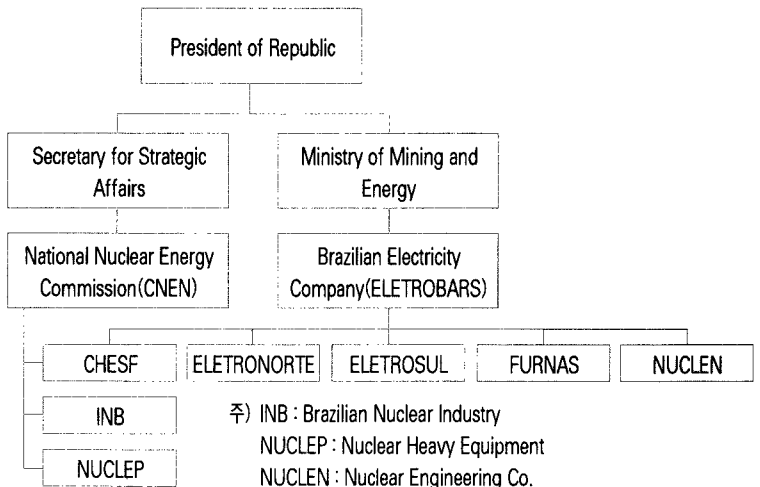
나. Physics 분야

- Operation of CV-28 cyclotron
- Radioisotope production
- Cross section measurements
- Activation analysis
- Irradiation damage studies

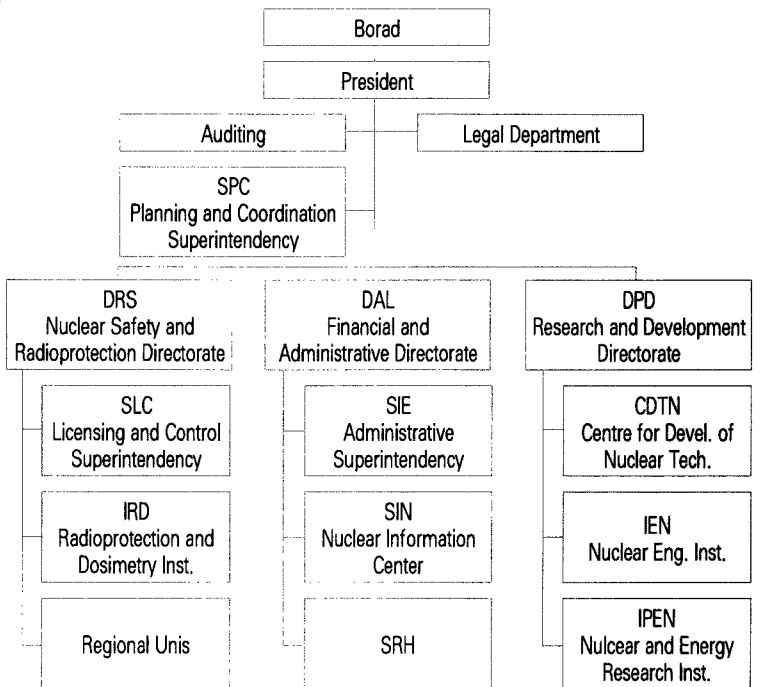
다. Chemistry & Metallurgy 분야

- Rare earth separation
- Thermal decomposition by spray dryer

- Boron-10 isotopic enrichment and synthesis of their compounds
- Nuclear fuel special resins and



<그림 1> 브라질의 원자력 산업 체제



<그림 2> 브라질 CNEN의 조직 체계

- organic solvents analysis
- Metallurgy-special alloys, thermal treatments corrosion, welding, destructive and non-destructive metallographic tests
- Isotopic and chemical analysis
- Environment chemical processes

라. Nuclear Instrumentation 분야

- Radiation protection
- Research nuclear reactor
- Nuclear research
- Nuclear medicine
- Maintenance of electric equipment
- Electrical and thermometric calibration

마. Radiation Protection

- Monitoring
- Radioactive waste
- Radiation sources control
- Radiation protection equipments
  - Radon metrology

IEN의 주요 시설로는 argonant type reactor(64년 건설), cyclotron CV-28(74), 대기압 상태에서의 유량의 압력 변화를 실험하는 thermo hydanric test loop를 보유하고 있으나 초보적인 수준이다.

또한 웨스팅하우스사와 관계없이 AP-600 natural circulation test loop를 보유하고 있다.

액체 금속로와 관련해서는 74년에 건설된 sodium test loop를 보유하고 있으나 거의 가동하지 않은 것으로 보인다.

특이한 것은 I&C 설비 생산 시설을 보유하고 있는데, Angra 1호기의 계측기를 전부 독자 개발하여 공급하는 등 동 분야에서는 기술 수준이 상당히 높은 것 같았다.

우리 나라 연구소처럼 논문수 등 Paper에 의해 연구 수행 능력을 평가받는 것과는 대조적이었으며, 우리도 이러한 하드웨어 측면의 연구 개발 활동도 적극 추진해야 할 것으로 보인다.

그리고 1kg/년 용량의 Boron enrichment pilot plant 소형 실험 설비도 보유하고 있다.

3. 기술 수준

재처리·농축 등 대부분의 핵주기 기술은 확보하고 있으나, 핵확산 관련 기술 개발은 중단하고 방사성 폐기물, 원자력 안전, 동위 원소 이용, 원전 관련 제어 계측기 개발 등 원자력 응용 개발에 주력하고 있다.

원전에 사용되는 핵연료 농축도 관련 시설은 보유하고 있으나 경제성을 이유로 전적으로 독일에 의존하고 있다.

또한 과거 원자력 시설 확대에 따른 연구 인력이 그대로 남게 되어 연구 개발 기관의 과대한 인건비로 연구 개발 활동이 상당히 취약한 실정이다.

96년 브라질의 총원자력 연구 개발비 6,500만달러 중 5,000만달러가 인건비로 지출되고 있고, 수탁 과제는 전부 정부에 귀속되어 연구 개발 동기가 취약한 실정이다.

브라질이 소유하고 있는 연구용 원자로는 소형으로 겨우 유지하는 정도이며, I&C 분야에 집중 투자한 결과 상당한 수준의 능력이 확보되어 있어 동 분야에서의 협력이 기대된다.

4. 협력 가능 분야

브라질과의 협력 가능 분야는 방문 기간이 짧아 상당히 포괄적으로 논의 되었으며 앞으로 동 분야에 대한 관련 전문가간의 정보 교환, 상호 방문 등을 통하여 구체적으로 논의하기로 하였다.

상호간에 협의하여 도출한 협력 가능 분야는 다음과 같다.

가. 연구용 원자로 분야

핵연료 제조 부분

나. 동력용 원자로 분야

원전 운영 경험 정보 교류

다. 동위 원소 생산 분야

• Mo-99 생산 공정 기술 분야

• 식품 조사(food irradiation)

라. 폐기물 관리

유리화 기술

마. Nuclear Instrumentation

• 원자로 계장 기술

• 공정 제어 계장 기술

바. 원자력 안전

• 피폭 관리 기술(전신 및 내부 피

- 폭)
  - internal dosimetry modeling
  - environmental transport and assessment
  - radio ecology
- 사. Liquid Metal Loop
- 74~75년도 연구 수행
  - 이탈리아와 협력하여 1천만 달러 투자로 두번째 Loop 건설중

### 5. 향후 협력 방향

브라질은 과도한 원자력 시설과 인력을 운용할 예산의 부족으로 협력 국가의 비용 부담을 원하고 있다.

따라서 단기적으로 광범위한 협력 확대보다는 관계 전문가간의 정보 교환을 통하여 소수의 실질적인 협력 가능 분야를 발굴하고 제한적으로 협력을 추진해야 할 것이다.

그러나 우리가 이전할 수 있는 기술을 발굴하고 일부 경제성이 있는 분야에 투자할 경우, 의외로 기술 이전이 쉬울 수도 있을 것이다.

원자력협정 체결은 비교적 소극적인 자세를 견지하고 있으나 향후 협력 기반 조성이라는 차원에서 협정 체결을 추진하는 것이 바람직할 것으로 보인다.

그리고 고리 1호기와 Angra 1호기가 동일 노형이므로 운전 경험 관련 정보 교환과 고리 1호기의 계측기 정비·교체를 위한 협력이 가능할 것이다.

## 칠 레

### 1. 원자력 정책 방향

칠레는 전력의 65%를 수력으로 충당하고 있다.

전력 생산용 원자력발전소는 보유하고 있지 않으며, 정부에서도 극히 소극적인 정책을 추진하고 있다.

특히 칠레는 남북으로 길게 뻗어 있어 대용량의 원자력을 유치할 수 없는 여건이다.

또한 전력 회사를 전부 민영화하였기 때문에 전력 생산과 관련하여 원자력 활동은 거의 없는 실정이다.

그러나 중국·캐나다는 우리나라 광산 개발과 리튬 fusion 분야에서 칠레와의 협력을 강화하고 있으며, 향후 칠레의 원전 도입 가능성에 대비하고 있다.

### 2. 원자력 현황

현재 칠레의 원자력 시설은 연구용 원자로 2기뿐이다. 원자력 관련 조직은 원자력위원회(CCHEN, Commission Chilena de Energia Nuclear)를 중심으로 원자력 연구 개발 활동을 전개하고 있다.

CCHEN은 64년에 광산부 산하로 설립되어 Santiago에 본부를 두고 350여명의 직원이 근무하고 있다.

산하에 La Reina와 Lguirre 원자력센터가 있으며 100% 정부 투자 형태를 취하고 있다.

주요 활동은 원자력 관련 연구 개

발 계획 수립 및 지원 기능과 핵물질의 생산·승인·이전 및 운송 관련 업무를 맡고 있다.

또한 하수 처리·정수·탈황 등 환경 프로그램과 glass-ceramic·Li전지·원자 분광·세라믹 필터·Li-ZrO<sub>2</sub> ceramic sensor 등 신소재 프로그램을 추진하고 있다.

칠레 대부분의 원자력 활동은 2개의 원자로를 중심으로 원자력 안전, 방사선 방어, 원자력 재료, 동위원소 생산 및 방사선 응용에 주력하고 있다.

#### 가. 연구용 원자로

Rech-1은 5MW 출력 pool 타입으로 74년에 영국으로부터 도입하여 사용하고 있다. 핵연료는 현재 80% 농축 우라늄을 사용하고 있으나 향후 45% 이하로 낮출 계획을 갖고 있다.

주요 응용 분야는 다음과 같다.

- 4 neutron beam tube
- 2 Scattering instrument
- 2 Pneumatic irradiation tube
- 6 Irradiation basket(for capsule)
- Non-Destructive Test
- Electron activation analysis
- Material testing(채광 관련)

Rech-2는 77년에 임계, 81년 업그레이드하여 10MW 출력의 pool type으로 스페인에서 도입하여 사용하고 있다. 사용후 핵연료는 90% 농축 우라늄이며 주로 의학 활동에 응용되고 있다.

#### 나. 원자력 재료 분야



칠레는 Li 생산량이 세계 수요의 25%를 충족하고 있어 Li 관련 연구가 활발하다.

이 중 Li 전지를 이용한 전기 자동차를 10년 후 활용 목표로 개발중이다.

또한 fusion fuel에 사용될 세라믹을 미국의 아르곤연구소와 캐나다 AECL과 협력중이다.

#### 다. 상용 원전 도입 전망

앞에서 소개한 바와 같이 칠레는 전력 수요를 수력 65%, 석탄·석유 35%로 충족하고 있다. 구리 광산 등 전력 수요가 많은 북쪽 지역은 주로 화력에 의존하고, 수력은 소규모로 남쪽에 주로 분포되어 있다.

칠레의 원자력위원회(CCHEN)는 상용 원전 건설을 정부에 건의하고 있으며, 정부 승인 후 「상용 원전 건설 타당성 조사」를 금년 내로 수행할 계획을 가지고 있다.

칠레 원자력 관계자는 면담시 원자력 이용 개발을 성공적으로 추진한 한국을 모델로 생각하고 있다고 한 바 있다. 따라서 터키 및 중국에서의 경험을 살려 우리 나라가 동 타당성 조사에 적극 참여할 수 있는 방안을 모색할 수 있다.

### 3. 기술 수준

원전 건설 및 운영 경험이 전혀 없어 핵주기·원자로 등 원자력 관련 기술이 낙후되어 있는 것으로 평가된다.

영국·스페인에 공급한 원자로도 보유하고 있으나 전문 인력·예산 등

의 부족으로 핵심 기술은 보유하고 있지 않는 것으로 보인다.

### 4. 협력 가능 분야

협력 가능 분야로는 연구용 원자로의 핵연료 제조, 리튬 세라믹을 이용한 핵융합로의 개발, 리튬 전지를 이용한 전기 자동차 개발을 들 수 있겠다.

### 5. 우리와의 협력 방향

칠레는 원전을 보유하고 있지 않으므로 연구용 원자로, 리튬 관련 기술 개발 등 특정·소규모 분야에서의 협력이 가능할 것이다.

또한 칠레의 원전 도입에 대비하여 「원전 건설 타당성 조사 및 장기 계획」 수립에 적극 참여하고, 칠레의 리튬 이용 전기 자동차 개발과 우리나라의 차세대 자동차 개발과 연계 추진할 수 있는 방안을 모색할 수 있다.

또한 리튬 세라믹 핵융합 개발에 우리나라의 핵융합로 연구 개발 계획과의 공동 연구도 추진할 수 있겠다.

그리고 칠레는 한국과의 원자력협정 체결에 관심을 보이고 있으므로 정부간 협정 및 기관간의 약정 체결 추진도 필요할 것으로 보인다.

## 결론

아르헨티나·브라질 등 남미 국가들은 원자력 활동 규모, 예산 등 전반적인 면에서 우리 나라보다 수준이 낫다고 볼 수 있다.

과거 일부 핵무기 개발을 추진한 국가도 있으나 체르노빌 사고 이후 세계적인 원자력 활동 침체의 후유증으로 평화적 이용과 함께 상업적으로의 전환이 원활하지 못하였다.

따라서 낙후된 시설, 잉여 인력의 관리, 국가 우선 사업에서의 소외 등 여러가지 환경이 열악한 실정이다.

핵심 핵주기 기술도 확보하고 있으나 관련 시설의 가동 중단, 예산의 부족 등으로 선진국 수준에는 미달되는 것으로 평가된다.

향후 우리 나라가 남미 원자력 국가와 협력시에는 앞에서 기술한 협력 가능 분야를 중심으로 관련 전문가가 상대국의 전문가와 접촉 및 교류를 통하여 상대국의 연구 개발 현황 기술 수준 등을 면밀히 파악한 후 구체적인 협력 확대를 추진해야 할 것이다.

그리고 먼저 정부 차원에서 원자력 협정 체결 등을 추진하여 협력의 기반을 구축하고 단기적인 연구 개발 투자보다는 장기적으로 미국·캐나다 등 선진국과의 협력이 어렵고 협상력을 가질 수 있는 분야를 발굴하여 우리가 꼭 필요한 분야만 선별하여 협력을 추진하는 등 점진적이고 단계적인 협력 확대를 추진해야 할 것이다.

또한 남미 국가들이 제3세력으로서 국제 사회에서 미치는 영향력도 무시할 수 없으므로 이들 국가와의 원자력 협력시 정치·외교적인 면도 고려되어야 할 것이다.