



인도와 파키스탄의 원자력 동향

정환삼 · 윤성원

한국원자력연구소 정책연구팀 선임연구원

미 국과 옛 소련의 냉전 체제가 붕괴된 후 세계의 핵관리 체제는 NPT·CTBT 등을 통해 핵확산 방지를 위해 노력을 기울이고 있다.

이러한 시점에서 인도의 98년 5월 11일, 13일의 핵실험과 파키스탄의 5월 29일, 6월 1일의 핵실험은 국제사회의 핵확산 방지에 큰 파문을 일으킨 바 있다.

이러한 점에서 <원자력산업> 4·5월호에서 2회에 걸쳐 연재되었던 아시아 주요국의 원자력 개발 동향 조사가 평화적 목적의 원자력 이용 중심이었던 데 비해 이번 호에서는 양국의 핵실험 관련 자료를 추가 기술하고자 한다.

인도와 파키스탄의 핵실험

98년 5월 11일 오후 3시 45분 인

도는 74년 최초의 핵실험 이후 24년 만에 지하 핵실험을 실시하였다. 그 후 이틀 뒤인 13일 오후 0시 21분 인도는 재차 지하 핵실험을 실시하고 이번의 실험으로 일련의 실험은 완료하였다고 발표하였다.

이들간에 걸친 지하 핵실험은 74년 최초의 지하 핵실험과 마찬가지로 인도와 파키스탄과의 국경 근처인 라자스탄주의 타르사막에 있는 포카란 실험장에서 실시되었다.

이 실험 직후 인도 정부는 11일의 실험은 핵분열 장치, 저출력 장치, 그리고 열핵 장치(fission device¹, low-yield device², thermonuclear device³)의 3가지 지하 핵실험을 하였으며, 이들 실험을 통해 인도는 핵무기 설계를 위한 데이터를 얻었다고 발표하였다.

또한 13일의 실험에서는 1kt이하의 실험을 2회 실시하였으며, 다른

두 가지 형태의 핵무기를 설계하기 위한 컴퓨터 모의 실험을 위한 추가 데이터를 얻기 위한 것으로, 이 실험으로 인도는 핵반응 실험의 수행 없이 핵실험을 할 수 있는 시스템을 갖추게 되었다고 발표하였다.

한편 파키스탄은 98년 5월 28일 오후 3시 23분에 파키스탄으로서는 최초의 핵실험을 실시하였다.

실험장은 파키스탄 남서부 아프가니스탄 국경에 위치한 바르치스탄주 차가이 지역의 암반에 1km의 구멍을 뚫어 지하 핵실험을 한 것으로 알려지고 있다. 그리고 이틀 후인 30일 오전 11시 55분에 추가 핵실험을 차가이 지역 근처 카란 사막의 지하에서 실시하였다.

이 핵실험 직후 파키스탄 정부도 28일의 실험에서 5개의 핵장치를 성공적으로 폭발하였으며, 30일의 실험에서는 2번째의 지하 핵실험을 실시

주: 1) fission device(핵분열 장치): TNT 12,000톤 규모로 Implosion-type의 플루토늄(Pu) 폭탄으로 추정

2) low-yield device(저출력 장치): TNT 1,000톤 규모로 실전에 사용할 수 있는 Gun-type U-235 폭탄으로 추정

3) thermonuclear device(열핵 장치): 전면 수소 폭탄은 아니며, TNT 50,000~100,000톤 규모로 수폭에 이용하는 거대 fusion 폭발 trigger로 사용되었으며, 약간의 hydrogen variant tritium이 사용되어 핵융합이 일어났는지를 확인하는 실험으로 추정

하였다고 공식적으로 발표하였다.

그러나 인도와는 달리 실험의 상세 내용에 대해서는 언급이 없었으나, 파키스탄의 원자력 아버지로 불리는 칸 박사가 국내의 언론에 발표한 내용을 살펴보면, 5개의 장치 중 하나는 위력이 30kt이상으로 일본 히로시마에 투하된 것에 비해 2배의 위력을 가지고 있고, 나머지 4개는 소형의 저출력 전술 무기로 미사일에 탑재하여 전쟁에서 사용할 수 있는 것으로, 이는 5월 11일 인도의 핵실험이 실시된 직후 실험 준비에 착수하여 완료한 것이라고 보도되었다.

인도의 원자력 개발 동향

1. 핵무기 개발 동향

인도의 초기 핵개발은 원자력의 평화 이용으로 시작되어 이 분야의 세계적인 모범 국가였다. 그러나 64년 10월 중국에서 최초의 핵실험이 성공적으로 이루어진 것이 계기가 되어 인도에서도 핵무기 개발을 시작하게 되었다.

62년의 인도-중국의 국경 분쟁에서 중국에 패배한 인도는 이때부터 중국을 위협적인 존재로 인식하기 시작하였고, 따라서 중국의 핵실험 성공은 인도에 큰 충격을 주었다.

인도는 이때부터 독자적인 핵무기 개발에 착수하기 시작하였다. 그러나 중국의 핵실험이 직접적인 계기가 되기는 했지만, 이밖에도 인도가 핵무

기 개발을 추진한 것에 대해서는 몇 가지 추가적인 배경도 있었다.

그 중의 하나는 일명 Option Open이라는 선택안 개방 정책이라 불리는 인도의 독특한 핵정책의 존재를 들 수 있다.

인도의 원자력 연구는 45년 민간 연구소로 설립된 Tata 기초연구소와 함께 시작되었다.

이 연구소의 예산을 인도의 Tata 재벌이 제공하여 그 이름을 딴 연구소가 창설되었던 것이다.

원자력 연구가 개시된 직후인 46년 봄베이에서 실시된 연설에서 네루 수상은 원자력을 생산적인 목적으로 사용할 것을 표명하면서, 만일 인도에 위협이 가해진다면 가능한 한 모든 수단을 동원하여 방위할 것이라고 언급함으로써 만일의 사태에 핵무기 개발을 할 수 있는 체제로 전환할 수 있다는 것을 공식적으로 표명하였다.

그 후 만일의 사태가 발생할 시에는 핵무기 개발을 정책 대안으로 선택할 수 있다는 Option Open은 64년 중국의 핵실험 성공 직후 개최된 집회에서 훗날 인도의 국방 장관을 역임한 Pant 의원이 행한 연설에서 선택 전략으로서 처음으로 구체적으로 표현되었다.

중국의 핵실험 성공으로 위협을 느낀 인도는 당시 미국과 소련에 핵우산의 제공을 요청하는 움직임도 있었으나, 양국으로부터 거부되었기 때문에 핵개발 정책을 발동하여 본격적인

핵무기 개발에 착수하였다.

인도의 핵무기 개발은 수상이 직접 인도원자력위원장에게 구두로 지시하였기 때문에 구체적으로 인도가 언제 어떠한 형태로 핵무기 개발을 결정하였는지에 대해서는 명확하지는 않지만, 중국의 핵실험 성공 1개월 후인 64년 11월 말 네루 수상의 후계자인 Shastri 수상이 결단을 내린 것으로 보인다.

중국이 핵실험을 성공한 지 1년 후인 65년 인도는 트롬베이에 건설된 핵연료 재처리 공장에서 플루토늄 추출에 최초로 성공하였다.

이에 자신을 얻어 동년 11월 인도 의회에서 Shastri 수상은 중국이 충분한 핵무기를 비축하고 운반 수단을 완성한다면 원폭을 제조하지 않는다는 인도도 종전의 정책을 재검토할 것이라고 발표하였다.

그후 66년에는 마침내 원폭 제조에 필요한 순도 93% 이상의 핵무기용 플루토늄의 정제 기술을 완성시켰다.

2. 핵실험 배경

인도는 지난해 핵실험 실시를 발표하면서 동시에 포괄적 핵실험금지조약(CTBT)에 서명할 것이라고 발표하였는데, 이것은 핵실험으로 인한 미국 및 국제 사회의 제재 조치를 완화 또는 제거하기 위한 방편으로 평가된다.

이러한 인도의 핵실험 배경으로는 다음과 같은 것들을 들 수 있다.



첫째, 인도의 핵개발은 초기에는 원자력 발전과 같은 평화적 목적을 위해 시작되었으나 64년 10월 중국 최초의 핵실험 성공으로 중국이 핵무기를 보유하게 되면서, 중국을 위협국으로 인식하고 있는 인도로서는 인접국의 핵보유에 대한 자국의 안보에 위협을 느꼈다.

또한 파키스탄의 핵무기 제조에 대한 정보와 98년 4월 파키스탄의 「가우리」 미사일 발사 성공에 따른 핵위협에 대처하기 위해 핵실험을 강행하게 되었다.

둘째, 국내 정치적 해석으로는, 정치적으로는 새로운 집권당이 된 인민사회당(BJP)의 취약한 정치적 기반을 정당간의 단합을 통해 만회하기 위해 핵개발을 통해 강력한 지도력을 구축하고자 한다는 것이었다.

셋째, 국제 사회에서 국제핵비확산체제(NPT)는 핵보유국과 핵비보유국으로 구분하여 핵보유국에는 핵군축 의무를 부과한 반면, 핵비보유국에는 핵개발 의도를 포기할 것을 요구하고 있다. 인도는 NPT를 핵보유국과 핵비보유국간의 차별적 조약으로 보고 여기에 가입하지 않고 있다.

CTBT에는 체결시 조약서문에 핵보유국들의 핵무기 폐기 일정이 설정되어 있지 않으며, 기존 핵보유국들이 합법적으로 핵무기를 보유하고 있으며, NPT가 조건 없이 무기한 연장되어 핵보유국과 핵비보유국이 영원히 고착되는 불합리성이 계속되고 있다.

또한 CTBT에서는 지하 핵실험을 포함한 모든 핵실험을 금지하고 있으며, 인도의 가입 촉구 등 국제 사회의 압력이 강화됨에 따라 CTBT에 서명하기 전에 5개 핵보유국과 동등한 입장에서 대우받고자 하는 의도도 있다.

실제 이점에서 인도는 CTBT 서명의 전제 조건으로 핵보유국들의 핵무기 폐기 일정을 포함할 것을 요구한 바가 있다.

이밖에도 인도는 스스로 강대국으로서의 면모를 가지고 있다고 생각하고 있지만, 강대국의 위상으로 대표되는 UN 안전보장이사회의 가입을 위한 7년간의 노력이 성사되지 못하고 있다.

또한 NPT와 CTBT 등 핵보유국 강대국으로서의 우위성을 나타내고 있는 조약에도 핵보유국으로서의 입장으로 참여하기를 원한다는 점, 과거 중국과 소련의 경쟁에 따라 비교적 안정된 입장에서 소련의 붕괴 이후 자국 안보에 대한 불안감을 갖기 시작했다는 점, 인도의 강대국화를 위해 종교 경제 군사의 3가지 측면이 국가 발전의 기본이라는 입장에서 군사력의 강화가 필요하게 되었다는 점, 그리고 동남 아시아에서 빈발하는 내전 등으로 자국의 안보에 대한 위협 등을 배경으로 꼽고 있다.

3. 원자력 개발 현황

가. 에너지 현황

인도에서는 산업 발전을 위한 에너

지 요구량이 점차 증가되고 있으며, 이를 위해 화석 연료를 이용한 에너지 개발이 추진되고 있다.

그러나 중 장기적으로 비용 경쟁력, 환경 문제, 에너지 안전 보장의 관점에서는 원자력의 중요성이 증가되고 있다. 따라서 장기적인 에너지 공급 관점에서 원자력 에너지가 중요한 역할을 담당할 것으로 보인다.

전력은 개발 도상국의 사회 발전과 경제 성장의 필수 요소이다.

현재 인도의 1인당 전기 소비량은 충분하지 않다. 인도 국민의 생활의 질을 개선하기 위해서는 1인당 전력 소비량이 연간 1,500kWh 수준에 도달해야 하며, 이를 위해 2020년까지 약 450GWe의 설비 용량이 요구된다.

이러한 미래 전력 공급의 대부분은 화력 및 수력 발전소에 의해 유지될 것이며, 원전은 약 20GWe를 담당하게 될 것으로 전망된다.

그러나 21세기 초반에는 화석 연료의 매장량 및 수력 개발의 감소로 원자력의 점유율은 급격히 증가하게 될 것으로 전망된다.

인도의 우라늄 매장량은 많지 않으나, 토륨 매장량은 세계 3위를 차지하고 있다.

현재 알려진 토륨 매장량으로 약 200,000GWe/년의 전력을 생산할 수 있으며, 이는 21세기의 필요량을 충족할 수 있는 수준이다.

나. 원자력 프로그램

인도는 40년간의 원자력 발전에서

주요 전문 기술을 축적해 왔다. 초기에는 tum-key 방식으로 원자로 도입을 시작해 새로운 원자로의 설계 및 개발 능력과 초기 원자로의 운전 및 보수 능력이 점차 증대되고 있다.

인도는 양질의 토륨 자원을 다량 보유하고 있으며, 이의 활용을 위해 순환 핵연료 주기(closed fuel cycle)를 기초로 한 3단계 원자력 발전 프로그램을 채택하고 있다.

즉 천연 우라늄을 이용한 가압 중수로(PHWR) 건설과 운전, PHWR에서 발생한 사용후 핵연료의 재처리에서 획득한 플루토늄을 연료로 하는 고속증식로 이용, 그리고 토륨과 우라늄을 이용한 고속 증식로 건설이 시작되고 있다.

인도의 3단계 원자력 프로그램은 구체적으로 다음과 같다.

① 1단계 : 천연 이산화우라늄(UO₂) 연료를 PHWR에 이용하여 고유 부존 자원만으로 플루토늄 재순환이 없이 약 10,000MWe의 원전을 유지한다.

② 2단계 : 재처리에서 생산된 플루토늄을 Pu-U의 혼합 연료와 블랭킷 영역에 풍부한 감손 우라늄 및 토륨을 가진 고속증식로(FBR)의 주요 핵분열 요소로 사용하도록 한다.

플루토늄은 전력 생산뿐만 아니라 비핵분열성 원소인 U-238과 토륨을 핵분열성인 Pu-239 및 U-233으로 각각 변환시키는 데에도 효과적으로 이용할 수 있다.

FBR을 이용하면 약 350GWe/년의 에너지 생산이 현재의 기술력과 부존 자원으로도 가능하다. 이와 병행하여 개량형 중수로(AHWR)에서도 일부 플루토늄 연료와 토륨 연료를 사용하도록 계획되어 있다.

AHWR은 1단계와 3단계의 기술적 차이를 보다 줄일 수 있다.

③ 3단계 : U-233과 토륨 전용 고속증식로가 건설될 계획이다. 이 고속증식로는 인도 원자력 프로그램의 마지막 단계인 토륨을 이용하는 주요 목표가 될 것이다.

다. 핵실험 역사

인도의 핵실험과 원자력 발전 계획은 전술한 바와 같이 영국의 지배하에 있던 민간 연구소인 Tata 기초연구소가 설립된 45년부터 시작되었다.

인도에서의 핵개발은 원자력의 아버지라 불리는 호미 바바 박사를 중심으로 핵개발 계획이 추진되고, 네루 수상의 확고한 지지를 통해 인도의 핵개발을 추진하게 되었다.

인도의 원자력 개발은 원자력의 세계 3대 수출국인 캐나다·미국·프랑스의 전면적인 원조와 지지를 받으며 원자력 개발에 착수하게 되었다.

인도는 핵개발을 위해 캐나다로부터 열출력 40MWt급인 대형의 정교한 연구로 CIRUS(Canada-India United State)를 도입하였다.

이 연구로는 Trombay에 설치되었으며, 냉각재로 중수를 사용하고 연료는 천연 우라늄을 사용하는 것으로



인도 '원폭의 아버지' 호미 바바 박사

60년 7월에 가동되었다.

이 연구로에서는 플루토늄이 발생되며, 인도에서는 그 플루토늄을 '핵폭발물' 제조에 사용한 것으로 보인다.

발전로의 경우에는 캐나다가 개발한 CANDU형 2기를 라자스탄에 건설하였으며, 이것은 훗날 인도가 자력으로 나로라와 칼파캄 지역에 건설한 2기 원자력발전소의 원형이 되었다.

캐나다는 이 원자로의 수출시 국제 사찰이나 보장 조치를 요구하지 않았으며, 인도 정부는 이 연구로나 연구로의 가동에서 발생하는 물질은 평화 이용에만 국한한다는 약속만을 했을 뿐이다. 미국에서는 21톤의 중수를 수입하였으나, 이 과정에서 중수는 국제 사찰의 대상에서 제외되었다.

74년 5월 18일에 인도의 '평화적 핵폭발'이라는 12~15kt의 핵장치를 사용한 핵실험이 Pokharan에서 실시되었다. 이 장치에 사용된 핵물질은 CIRUS 원자로에서 추출된 15kg의 Pu를 사용한 것으로 추정하



고 있다.

이 실험으로 선진국과의 국제 협력의 길이 막히자 독자적인 원자력 개발 노선을 채택하여 우라늄 농축을 필요로 하지 않는 중수로 중심의 개발 체제로 전환하여 현재까지 PHWR에서 사용하는 핵연료 및 중수 등 모든 것을 자력으로 생산하고 있다.

장비와 부품 제조를 대부분 국내에서 개발하였으며, 핵연료·중수·원자로 제어 계측 등을 DAE(Department of Atomic Energy) 내의 자체 연구 개발로 실시하고 있다.

라. 원자력 발전 현황 및 전망

인도는 69년 미국의 GE사로부터의 turn-key 방식으로 2기의 비등수형 경수로(BWR) 건설을 시작으로 원자력 프로그램이 개시된 후 이어진 모든 상업용 원자력발전소를 PHWR로 채택하였다.

이 중 최초의 Rajasthan 1·2호기인 PHWR는 외국과 합작해 건설하였으나, 그 후 도입된 원자로들은 인도의 고유 기술로 건설하였다.

현재 인도의 원자력발전소는 <표 1>에서 보는 바와 같이 2기의 BWR과 8기의 PHWR이 운전되고 있으며, 총 설비 용량은 1,840MWe로, 이들은 전체 전력 수요의 2%를 충당하고 있을 뿐이다.

가장 오래된 PHWR인 Rajasthan 1·2호기가 최근 자체 개발된 기술을

<표 1> 인도의 운전중인 원자력발전소

| Code | 원전명 | 노형 | 용량 (MWe) | NSSS 공급자 | 상업 운전 | 1996~1997 이용률(%) |
|-------|-------------|------|----------|-----------|----------|------------------|
| IN-1 | Tarapur-1 | BWR | 160 | GE | 1969. 10 | 30 |
| IN-2 | Tarapur-2 | BWR | 160 | GE | 1969. 10 | 46 |
| IN-3 | Rajasthan-1 | PHWR | 100 | AECL | 1973. 12 | ORPD 수리 |
| IN-4 | Rajasthan-2 | PHWR | 200 | AECL/DAE | 1981. 4 | 냉각 Channels 교체 |
| IN-5 | Madras-1 | PHWR | 170 | DAE | 1984. 1 | 51 |
| IN-6 | Madras-2 | PHWR | 170 | DAE | 1986. 3 | 83 |
| IN-7 | Narora-1 | PHWR | 220 | DAE/NPCIL | 1991. 1 | 71 |
| IN-8 | Narora-2 | PHWR | 220 | DAE/NPCIL | 1992. 7 | 75 |
| IN-9 | Kakrapar-1 | PHWR | 220 | DAE/NPCIL | 1993. 3 | 83 |
| IN-10 | Kakrapar-2 | PHWR | 220 | DAE/NPCIL | 1995. 9 | 83 |

이용하여 주요 정비를 추진하고 있다. Rajasthan 1호기의 누설 과압 경감 장치(ORPD)가 칼란드리아 용기 내에 원격으로 시행된 혁신적인 밀봉 계획을 이용하여 작년에 성공적으로 보수되었다.

Rajasthan 1호기에서 Kakrapar 2호기에 이르기까지 PHWR의 설계는 안전성·경제성·신뢰성 측면에서 더욱 향상되었다.

인도의 원자력발전소 원자로 10기의 발전량이 지난해까지 4년째 증가세를 보이고 있다. 99년 1월 19일에 발표된 자료에 따르면, 98년의 원자력발전량은 114억kWh로 97년도의 100억kWh에 비해 증가한 것으로 나타났다. 특히 97년도의 원자력 발전량은 이미 94년도 실적의 2배나 되는 것이었다.

이와 같은 발전량 증가 추세는 원자력발전소 원자로 10기 모두의 평균 이용률이 75%를 기록하는 등의 개선에 따른 것으로 보인다. 인도 최초의 타라푸르 원자력발전소는 80.54%의 이용률로 자국내에서는 최고치를 기록하고 있다⁴⁾.

현재 건설중인 원자력발전소로는 <표 2>에 나타난 바와 같이 4기의 220MWe의 PHWR이 Kaiga 1·2호기, Rajasthan 3·4호기가 있다. 이들 원자로는 98/99 회계년도 중에 임계에 도달할 것으로 전망된다.

또한 추가로 도입이 예정된 원전은 <표 3>에서와 같이 4기가 예정되어 있다.

이 중 Tarapur 3·4호기는 설비 용량이 인도에서 가장 큰 500MWe으로 예상된다.

주: 4) ENS NucNet, 1999년 1월 19일

〈표 2〉 인도의 건설중인 원자력발전소

| Code | 원전명 | 노형 | 용량(MWe) | NSSS 공급자 | 착공 |
|-------|-------------|------|---------|----------|----------|
| IN-11 | Rajasthan-3 | PHWR | 220 | NPCIL | 1990. 2 |
| IN-12 | Rajasthan-4 | PHWR | 220 | NPCIL | 1990. 10 |
| IN-13 | Kaiga-1 | PHWR | 220 | NPCIL | 1990. 9 |
| IN-14 | Kaiga-2 | PHWR | 220 | NPCIL | 1989. 12 |

〈표 3〉 인도의 가압중수로(PHWR) 건설 계획

| 원전명 | 노형 | 순용량 (MWe) | 총용량 (MWe) | NSSS 공급자 |
|-----------|------|-----------|-----------|----------|
| Tarapur-3 | PHWR | 450 | 500 | NPCIL |
| Tarapur-3 | PHWR | 450 | 500 | NPCIL |
| Kaiga-3 | PHWR | 202 | 220 | NPCIL |
| Kaiga-4 | PHWR | 202 | 220 | NPCIL |

러시아와 인도는 인도 남부의 타밀 나두주 쿠단칼람에 러시아제 1,000MW급 경수로인 VVER-1000형 2기를 건설하는 프로젝트에 관한 자금 조달 관계의 계약 부속서에 조인했던 것으로 알려져 있다⁵⁾.

이 프로젝트는 10년 전 양국 정부 간에 합의됐으나 건설 자금 조달 문제로 사실상 추진이 지연되어 왔다. 그러나 이번 조인은 이 프로젝트의 실질적인 작업 개시를 가능하게 하는 내용이며, 양국은 곧 제1단계의 건설 작업을 승인하는 기술 프로젝트 계약에 조인하고 4~6개월 이내에 일반 건설 계약도 체결할 예정이라고 한다.

또 양국 당국자들의 예상에 따르면 이 프로젝트의 정식 작업 계획은 2년 이내에 수립하며, 그 이후 실제 건설

기간을 약 6년으로 추정할 경우, 1호기의 초임계는 2006년, 그리고 2호기는 2007년에 임계를 달성할 예정이라고 한다.

건설비는 약 25억 달러로 추산되며, 자금의 80%는 차관 형식으로 조달되어 발전소가 운전을 개시한 다음 14년 이내에 연 이자율 4%로 러시아에 상환할 계획이다.

이 프로젝트에 대한 양국의 합의 내용에는 이 밖에도 완성된 2기의 원자로에는 러시아제의 저농축 우라늄을 장전, 국제원자력기구(IAEA)의 보장 조치를 받게 되며, 국제적인 핵비확산 지침에 따라서 러시아는 인도에 어떠한 우라늄 농축 시설도 건설하지 않는다는 내용도 포함된 것으로 밝혀졌다.

한편 이번의 조인은 인도가 핵실험을 실시한 직후에 이루어짐으로써 미국측의 강력한 반발이 있었던 것으로 전해지고 있다.

타라푸르 원자력발전소 1·2호기(BWR, 각각 160MW)는 69년부터 가동되고 있는 인도 최초의 원자력발전소이다. 여기에 새로 건설되는 3·4호기는 기존의 원자로 부지에 건설된다. 이 신규 원자로는 인도 국내에서 모두 설계된 것이며, 이 밖에도 대부분의 주요 기기들은 인도 제작업체들에 의해 공급될 예정이라고 알려져 있다.

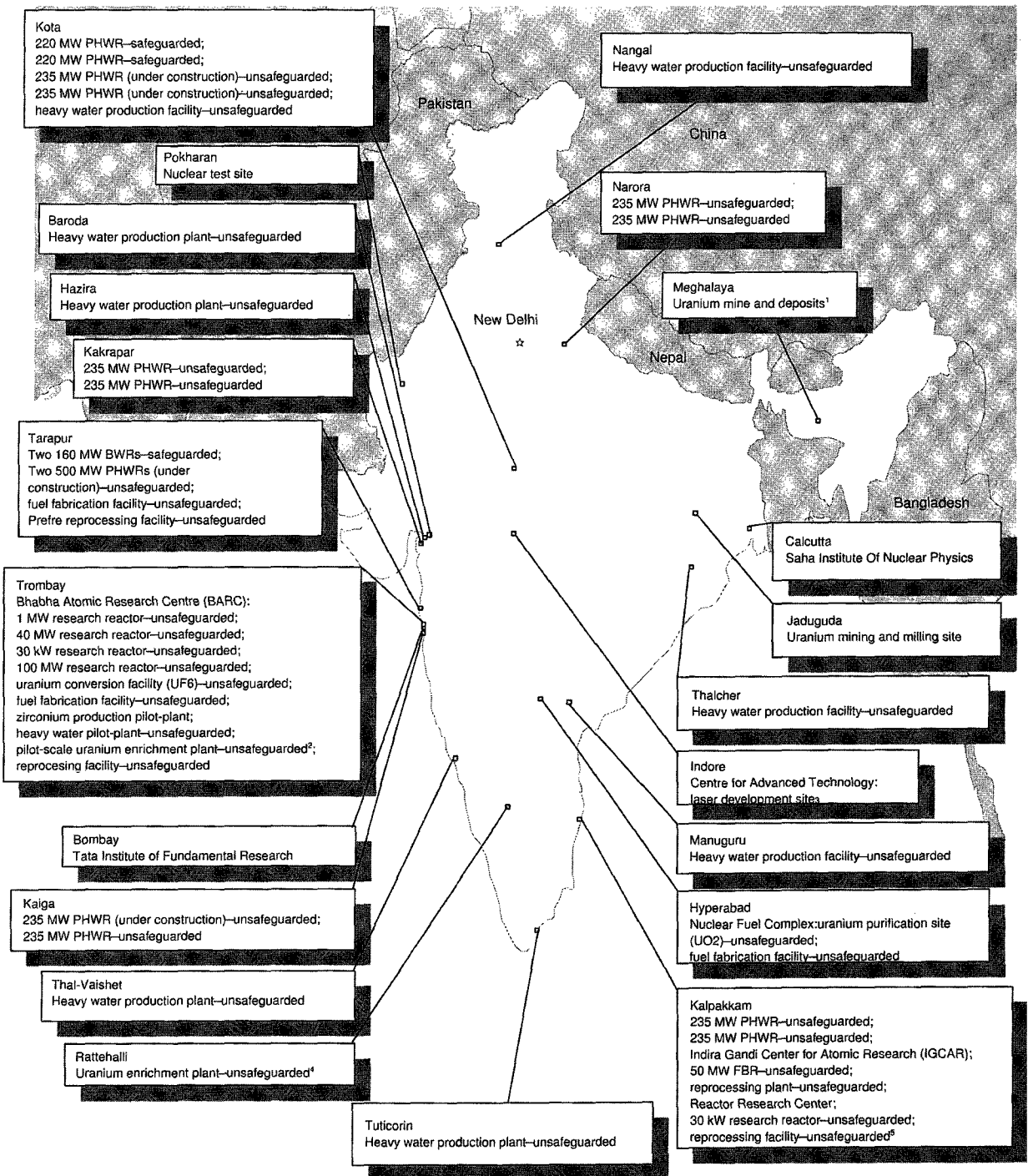
건설 기간의 단축을 도모하고 공사를 효율적으로 진행시키기 위한 노력이 이루어지고 있으며, 준공 시기는 각각 2005년과 2006년으로 예정되고 있다.

마. 원자력 관련 시설

인도의 원자력 관련 시설은 크게 다음 5가지 종류로 분류할 수 있다.

- ① 원자력발전소 9개소(가동중 5개소, 건설중 2개소, 계획중 2개소)
- ② 연구로 또는 플루토늄 생산로 8기(가동중 5기, 건설중 1기, 가동중지 2기)
- ③ 플루토늄 재처리 시설 4개소(모두 가동중)
- ④ 중수 제조 시설 8개소(가동중 5개소, 건설중 2개소, 계획중 1개소)
- ⑤ 우라늄 농축 시설 2개소(모두

주: 5) ENS NucNet, 1998년 6월 25일



〈그림 1〉 인도의 주요 원자력 시설

가동중)

〈표 4〉~〈표 7〉은 인도의 원자력 관련 시설을 나타내고 있다. 인도의 5종류 원자력 시설 31개 시설 중 IAEA에 의한 사찰을 받고 있는 것은 타라푸르와 라자스탄의 2개 원자력 발전소 뿐이며, 다른 핵관련 시설은 거의 국제 기구에 의한 감시를 받지 않는다.

파키스탄이 핵무기 개발에 필요한 기술 공급은 대부분을 외국의 수입에 의존하고 있는 것에 비해, 인도의 핵무기 개발은 기본적으로 자체적으로 수행할 수 있는 체제를 갖추고 있다. 그 이유로는 다음과 같은 것을 들 수 있다.

첫째, 인도는 국내에 우라늄이 매장되어 있으며 우라늄 추출에 80달러/kg의 비교적 낮은 비용으로 추출할 수 있는 수준의 품위가 35,000톤이 나 매장되어 있다.

둘째, 이들 자국산 우라늄을 사용하여 Kalpakkam · Narora · Kakrapar 등의 원자력발전소 및 Cirus · Dhruva · FBTR의 플루토늄 생산로에서 플루토늄을 생산하고 이것을 트롬베이 · 타라푸르의 플루토늄 재처리 시설에서 순도 93% 이상의 핵무기급 플루토늄으로 정제하는 일련의 사이클을 자국내에서 수행하고 있다.

셋째, 원자로 · 플루토늄 생산로에 필요한 중수를 대량으로 국산으로 공

〈표 4〉 인도의 중수 제조 시설(IAEA 보장 조치 대상 제외)

| 시설명 | 연간 생산 능력 | 협력국 | 운전 개시 연도 |
|--------------|----------|-----------------|----------|
| Nangal | 14 MT | 서독 | 1962 |
| Baroda | 67 MT | 스위스 · 프랑스 합병 회사 | 1977 |
| Tuticorin | 71 MT | 스위스 · 프랑스 합병 회사 | 1978 |
| Thalcher | 62 MT | 서독 | 1979 |
| Kota | 100 MT | 74년까지 캐나다 협력 | 1984 |
| Thal Vaishet | 110 MT | 국내 개발 | 1987 |
| Manuguru | 185 MT | 국내 개발 | 1990 |
| Thalcher | 72 MT- | - | 계획 단계 |

〈표 5〉 인도의 우라늄 농축 시설(전부 IAEA 보장 조치 대상에서 제외)

| 시설명 | 소재지 | 연간 생산 능력 | 형식 | 협력국 | 운전 개시 |
|-----------|-----------|-------------|----------|-------|----------|
| Trombay | 바바 원자력연구소 | 시험 장치 | 원심 분리 방식 | 국내 개발 | 1986. 11 |
| Ratthalli | 마이솔 부근 | 시험 장치로 큰 규모 | 원심 분리 방식 | 국내 개발 | 80년대말 |

〈표 6〉 인도의 플루토늄 재처리 시설

| 시설명 | 연간 Pu 추출 능력 | 협력국 | 기 타 |
|------------|-------------|-----------|--|
| Trombay | 30MT | 국산(미국 협력) | • 64년 운전 개시 • 74년 일시 정지, 83년에 성능 개선 운전 재개 |
| Tarapur | 100MT | 국산 | • 85년 운전 개시 • 타라푸르 · 라자스탄 원전에서 Pu 재처리시에만 보장 조치 적용 |
| Kalapakkam | 실험실 수준 | 국산 | • 85년 운전 개시 |
| Kalapakkam | 125MT | 국산 | • 91년 운전 개시 |

급하는 능력을 보유하고 있다.

넷째, 58년에 설립된 「국방연구개발기구」 산하에 과학자 및 기술자 약 6,000명, 전문 기능원 약 20,000명 정도의 기술 인력을 보유하고 있는 것으로 보인다.

다섯째, 대량의 토륨 매장량을 보

유하고 있으므로 자국의 천연 우라늄이 고갈되더라도 우라늄 대신에 플루토늄을 획득할 수 있는 생산 수단이 있다는 것이다⁶⁾.

인도의 시험 연구용 원자로(임계 집합체 포함)는 〈표 7〉과 같다.

Apsara 원자로는 아시아 최초의

주: 6) 토륨은 우라늄과 함께 고온가스냉각로에서 연소시켜 U-233을 생산할 수 있으며, 이것을 연료로 고속로에서 Pu를 생산할 수 있음



원자로이며, Dhruva는 출력빔 원자로이다.

또한 Kamini는 세계 최초로 우라늄 233연료에 경수 감속 BeO 반사체를 사용하는 소형 원자로이며 97년에 정격 출력에 도달하고, 중성자 radiography등에 이용되고 있다.

인도의 고속증식로 프로그램에서는 인도의 첫 번째 고속로인 고속증식로 실험로(FBTR)가 85년부터 가동되고 있으며, 500MW급의 고속증식로 원형로의 설계 개발이 완성 단계에 있다.

PFBR은 인디라 간디 원자력연구센터(IGCAR)와 바바 원자력연구센터(BARC)에서 개발되어 현재는 관련 시험이 성공적으로 이루어졌다.

BARC에서 개발한 플루토늄과 우라늄 혼합 연료는 이 분야에서 세계 최초이며, 현재까지 35,000MWD/톤을 초과하는 연소도를 기록하고 있다. PFBR의 건설은 앞으로 2년 내에 시작될 계획이며 시운전은 2009년으로 예정하고 있다.

또 개량형 중수로도 BARC에서 설계 개발하고 있는데, 인도 원자력 프로그램의 2단계용으로 개발되고 있으며, 2020년대에 시운전할 예정이다.

원자력연구 개발의 중심은 BARC이지만, 고속로 연구 개발은 IGCAR이 담당하고 있다.

원자력부 산하에는 이들 외에 첨단 기술센터(CAT)와 플라즈마연구소, 타타기초연구소가 있다. 인도에서는

(표 7) 인도의 시험 연구용 원자로(임계 집합체 포함)

| 원자로명 | 소재지 | 열출력 | 협력국 | 기타 사항 |
|-----------|-------|-------------------|---------------|------------------------------------|
| Apsara | BARC | 1MW (통상 400kW) | 영국 | • 56년 초임계 • 아시아 최초의 원자로 |
| Cirus | " | 40MW | 캐나다 | • 60년 초임계 • 기초 연구, RI 생산, 연료 조사 |
| Zerlina | " | 저출력 (100W 이하) | 국내 개발 | • 61년 초임계 • 83년 폐로 |
| Purnima 1 | " | 저출력 | 국내 개발 | • 72년 초임계 • 고속 펄스로 개발용 |
| Purnima 2 | " | 저출력 | 국내 개발 | • 84년 초임계 • kamini용 임계 실험 |
| Dhruva | " | 100MW | 국내 개발 | • 85년 초임계 • 각종 실험 설비 보유 |
| FBTR | IGCAR | 40MW (13MWe) | 국산(프랑스 일부 협력) | • 85년 초임계 • 97년부터 발전(저출력) |
| Kamini | IGCAR | 30kW | 국내 개발 | • 세계 유일의 U-233 연료 연구로 |

방사선 이용이 활발하며 · 방사선 육종 · 방사선 멸균 · 식품 조사 · 핵의학 진단 등이 활발하게 진행되고 있으며, IAEA의 RCA 계획에 협력하고 있다.

파키스탄의 원자력 개발 동향

인도와 파키스탄은 47년 영국으로부터 각각 독립한 후 약 50년간 카슈미르 지역을 중심으로 양국간 3차례에 걸친 국경 분쟁을 겪었으며, 여기서 파키스탄이 불리하게 분쟁이 종식되었고, 이로부터 인도에 대한 안보상의 위협을 항상 느끼고 있었다. 그런데 98년 5월의 5회에 걸친 핵실험은 자국의 안보상의 위협으로 간주하고 강경한 대응 조치로써 핵실험의 정당성을 주장하고 있다.

1. 핵무기 개발 배경 및 현황

파키스탄의 핵무기 개발은 47년 10월, 65년 9월, 그리고 71년 12월의 3차례에 걸친 인도와의 국경 분쟁에서 패배한 것이 직접적인 동기가 되었다.

65년 전쟁 패배 후 당시 부토 대통령은 인도가 핵무기를 제조한다면, 어떠한 어려움이 있더라도 파키스탄도 핵무기를 가지도록 할 것이라는 발표를 하였으며, 3차 전쟁이 끝난 이듬해인 72년에 부토 대통령은 파키스탄에서의 핵무기 개발 착수에 대한 의지를 밝혔다.

또한 74년 5월에 실시된 인도의 핵실험 성공으로 76년 7월에 파키스탄은 압둘 카딜 칸(Abudl Qadeer Khan)을 수상 직속인 핵개발 프로젝트의 최고 책임자로 하고 농축 우라



파키스탄 '원폭의 아버지' 압둘 카딜 칸 박사

늄을 연료로 한 핵무기 제조 계획이 본격적으로 시작되었다.

파키스탄의 원자력 개발은 55년에 원자력위원회(PAEC)를 설립하여 원자력연구에 착수하였다. 이슬라마바드 외곽에 파키스탄 원자력과학기술 연구소(PINSTECH; Pakistan Institute of Nuclear Science and Technology)를 설립하여 63년부터 5MW의 swimming pool 원자로를 미국에서 구입하고, 이를 중심으로 하여 RI 산업·의학·공학 분야의 각종 연구가 추진되고 있다.

파키스탄은 칸 박사를 중심으로 각국으로부터 농축 우라늄형 원폭 제조에 필요한 기기를 해외에서 수입하였다. 그 결과 네덜란드에서는 고주파 변환 장치, 독일에서 우라늄 정광과 가스 원심 분리기용 고정 장치, 영국에서 특수 변압기, 프랑스에서 원심 분리용 송풍기, 스위스에서 고진공 밸브 등 다량의 기자재 수입에 성공

하였다.

이어 79년에 이슬라마바드 남동쪽 근교에 위치한 시하라의 우라늄 농축 실험 시설이 운전을 개시하였으며, 84년에는 이슬라마바드 동쪽 근교에 위치한 카흐타에 건설된 우라늄 농축 시설이 운전을 시작하게 되었다. 이러한 일련의 연구 개발로 87년에 히로시마에 투하된 농축 우라늄형 원폭을 완성할 수 있는 기술 능력을 보유하고 된 것으로 볼 수 있다.

그러나 파키스탄은 인도와는 달리 자국 내에 우라늄 매장량이 거의 없으며, 중수 제조 시설도 보유하고 있지 않고, 핵무기 조립을 위한 관련 자재를 거의 해외에 의존하는 큰 약점을 가지고 있다.

또한 우라늄형 원폭은 구조가 간단하여 제조가 용이하지만, 플루토늄형에 비해 중량이 무거워 소형화하기 곤란하여 미사일 탑재가 가능한 플루토늄형에 비해 항공기 탑재에 의존해야 하는 결점으로 핵무기로서의 억지 효과는 크게 떨어진다.

이러한 약점을 보완하기 위해 파키스탄은 플루토늄형 원폭 제조를 위해 프랑스의 협력으로 무기급 플루토늄 농축을 위한 채처리 시설을 Chashma에 건설하도록 계획했으나, 당시 미국 카터 정부의 압력으로 프랑스는 건설 계획을 파기하였다.

그러나 농축 우라늄형 원폭 기술을

완성한 후 파키스탄은 중국의 협력을 얻어 이슬라마바드 남쪽 16km 지점에 있는 크샤브에 플루토늄 생산을 위한 원자로를 95년에 완성하였다. 이 크샤브 원자로에서는 연간 2~3개의 플루토늄형 핵폭탄을 제조할 수 있는 규모의 양을 생산할 수 있는 규모인 것으로 알려지고 있다.

2. 원자력 현황 및 전망

가. 전력 현황

97년을 기준으로 파키스탄의 총발전량은 약 59,120 GWh이며, 발전원별로는 수력이 약 35%, 오일이 36%, 가스가 약 27%, 그리고 석탄과 원자력이 각각 0.6%를 차지하고 있다. 이에 비해 미래의 전력 공급 요구량은 2010년까지 약 40,000MW, 2020년까지 약 80,000MW에 이를 것으로 전망하고 있다.

파키스탄은 수력 발전으로 약 30,000MW가 개발이 가능하지만, 현재 이 중 약 15%가 개발되어 있다. 이것이 2020년에는 42,000MW까지 확대될 전망이지만, 전력 부족이 심각하게 대두되어 2010년에는 15,000MW, 그리고 2020년에는 41,000MW가 부족할 것으로 평가하고 있다. 이를 위해 수력·오일·화력·가스·화력·원자력 등을 적절하게 조합하여 전원 개발을 추진해나가도록 하고 있다.

주: 7) Center for Nonproliferation Studies Fact Sheet, Andrew Koch & Jennifer Topping, Monitoring Proliferation Threats Project



나. 원자력 관련 주요 시설 및 활동

파키스탄의 원자력 관련 시설 현황은⁷⁾ <표 8>과 같다. 파키스탄의 운전 중인 원자력발전소는 137MWe의 PHWR인 Karachi Nuclear Power Plant(KANUPP)가 캐나다원자력 공사(AECL)로부터 공급되어 72년부터 운전이 개시되었다. 그러나 74년 인도의 핵폭발 실험을 계기로 보장 조치 강화 원자력 협력 협정을 파키스탄이 거부함에 따라 연료 등의 추가공급이 중단되었다. 이에 따른 부족분을 자주적으로 개발하여 충당하고 있으며, 그 결과 운전 및 연료 공급을 자력으로 조달하고 있다.

그 후 자주 기술 확립에 노력한 결과 94년에 KANUPP는 파키스탄에서 제작된 국산 핵연료에 의해 운전되고, 가동률·총발전 전력량이 과거 최고치를 기록하게 되었다. 이 원자력발전소는 IAEA의 안전 조치하에 있다. 현재 30년으로 되어 있는 원자력발전소 운전 수명을 40년으로 연장하기 위한 개조 작업을 실시하고 있다. 최근에는 WANO·IAEA 등의 협력을 얻어 안전성 향상 계획도 수행되고 있다.

파키스탄의 원자력발전소는 독자적인 기술 개발과 동시에 자국의 기술·산업·자금 등의 한계를 느끼고 외국과의 협력을 추진하고 있다.

이에 따라 90년대에 들어 중국과

(표 8) 파키스탄의 원자력발전소 현황

| 원자로명 | 소재지 | 발전 용량 | 연간 Pu 생산 가능량 | 협력국 | 운전 개시 |
|----------|-----|--------|---------------|------------|------------|
| KANUPP | 카라치 | 137MWe | 180~200kg(추정) | 캐나다(CANDU) | 1972년 |
| CHASNUPP | 차스마 | 300MWe | - | 중국 | 1999.4(예정) |

협력으로 중국이 자주 개발하고 건설한 진산(秦山) 원자력발전소 1호기(91년 상업 운전 개시)를 개량한 노형인 325MW의 경수형 원자로를 turn-key 방식으로 수입할 것을 결정하여 92년에 파키스탄 원자력위원회(PAEC)와 중국핵공업총공사(CNNC)는 발전로 공급에 관한 계약을 체결하였다.

93년 8월 Chashma에 원자력발전소(CHASNUPP)의 건설이 시작되었다. 이 원전은 원자로의 출력과 노형은 325MW의 경수형 원자로로 99년 4월에 상업 운전 개시를 목표로 하고 있었으나, 그 완공 여부는 아직 확인되지 않고 있다.

Chashma 원자력발전소에 대해 PAEC는 98년 4월~5월 사이에 원자로 냉각재 펌프들이 현장에 도착함으로써 주요 기기의 공급은 끝났으며, 99년 4월에 임계에 도달하고 99년 10월까지의 상업 운전을 시작하게 될 것이라고 밝힌 바 있다⁸⁾.

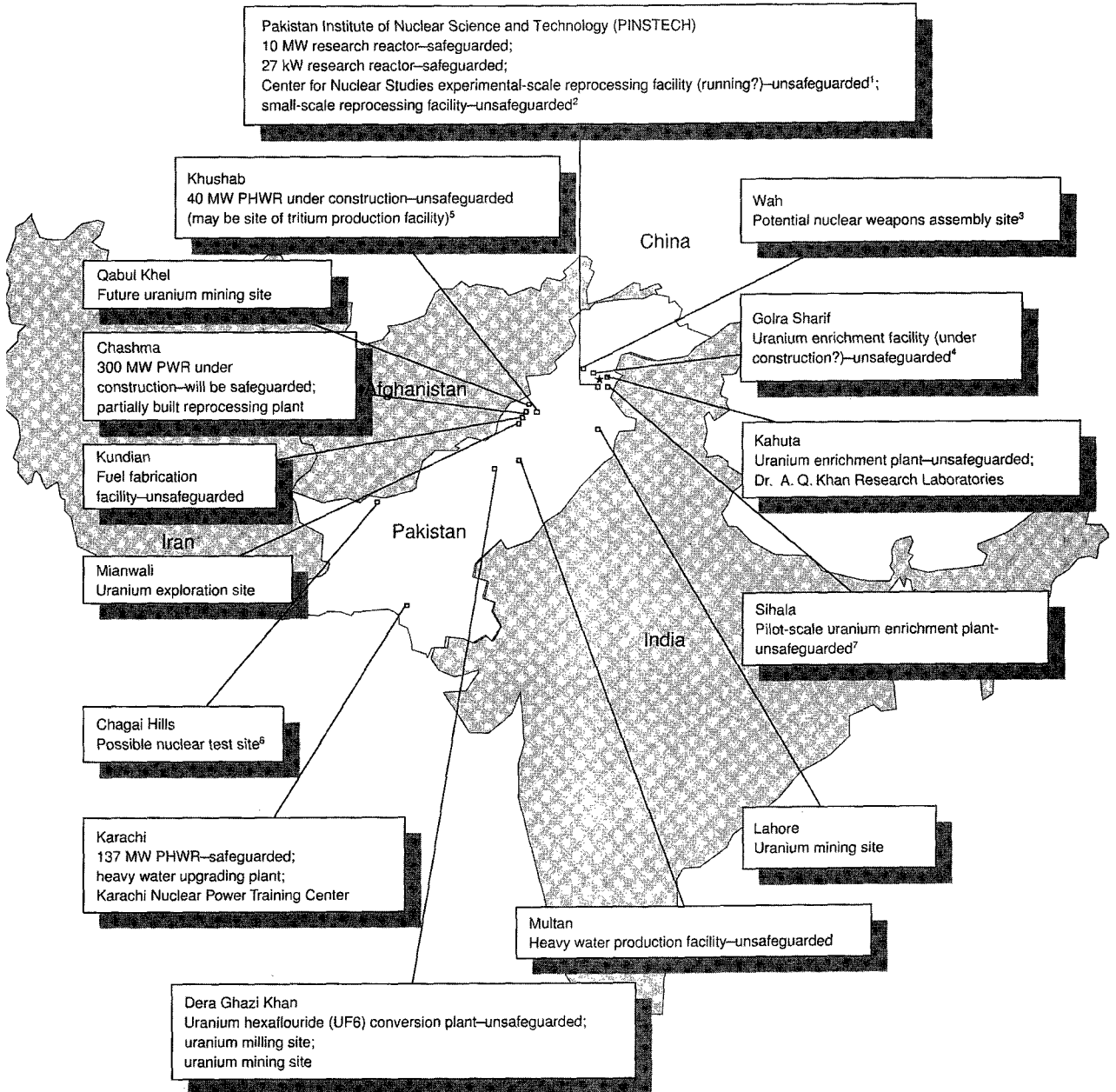
중국과 파키스탄은 현재 중국형 PWR 건설 공사가 진행중인 차스마 원자력발전소 부지에 CHASNUPP-

2(300MWe, PWR)의 건설 계획을 중국과 협의중에 있으나 자금 지원 문제를 해결해야 하는 것으로 알려져 있다. Chashma에는 이밖에도 프랑스에 의해 플루토늄 재처리 공장 건설이 시작되었다가 78년에 중단되었다. 이후 이 시설은 중국에 의해 연료 제조 시설로 전환되었다.

미국은 파키스탄이 원폭 제조 능력을 갖추고 있는 NPT 비회원국 중의 하나로 여기기 때문에 중국과 파키스탄과의 협력 관계를 좀더 않게 보고 있다. 그러나 미국은 Chashma 원자력발전소 건설 사업이 국제원자력기구(IAEA)의 안전 보장 조치하에 놓여 있기 때문에 이를 어쩔 수 없이 받아들이고 있는 실정이다. 그러나 이 같은 신규 사업은 중국도 최근에 회원국으로 참여한 쟁거위원회가 모든 수출품에 대해 전면적인 안전 보장 조치를 요구하는 경우 제약을 받게 될 것으로 보인다.

한편, PAEC는 이 원전이 300MW급 원자로 2기의 입지를 위한 부대 시설을 이미 갖추고 있기 때문에 2호기의 건설 단가를 낮출 수 있을 것으로

주: 8) Nucleonics Week, 1998년 2월 26일



〈그림 2〉 파키스탄의 주요 원자력 시설



전망하고 있다.

라. 기타 원자력 시설 동향

우라늄 농축 시설에는 파키스탄의 핵무기 프로그램의 중심인 Kahuta 시설의 부지에는 안전 보장 조치를 받지 않는 우라늄 농축 공장이 있다.

이 시설은 파키스탄에서 자체 개발한 것으로 농축 형태로는 원심 분리를 사용하고 있다. 또한 이 시설에는 핵무기의 핵심이 되는 고농축 우라늄을 만들 수 있는 것으로 추측하고 있다. 이 농축 시설의 용량은 9,000~15,000SWU로 연간 55~95kg의 고농축 우라늄을 생산할 수 있는 능력을 가지고 있는 것으로 보인다⁹⁾.

핵무기급 고농축우라늄은 86년에 생산하였지만, 89년에 가동이 중지되었다. 이 부지에는 원심 분리 부품을 생산할 수 있는 Khan 연구소가 있다.

Shiala에는 79년에 조업을 시작한 농축을 위한 초원심 분리(ultracentrifuge) 원형 시설이 있으며, 안전 보장 조치를 받지 않는 54개의 원심 분리 cascade가 있다. 파키스탄의 개방된 원자력 연구 개발 프로그램에 따라 Rawalpindi에 설립된 PINSTECH에는 <표 9>에서 보이는 바와 같이 파키스탄의 연구용 원자로 2기(PARR-1, PARR-2)가 설치되어 있다. 파키스탄 원자력 연구구로인 PARR-1은 65년 미국으로부터 공급된 pool type의 5MW를 개량한 10MW 고중성자속 연구구로이다.

<표 9> 파키스탄의 연구용 원자로

| 연구로명 | 열출력 | 연간 Pu 생산 가능량 | 협력국 | 비 고 |
|------------------------|-------|--------------|-----|--|
| PARR PK-001 (PINSTECH) | 5MWt | 10~20kg | 미국 | <ul style="list-style-type: none"> • 운전 개시 : 1965년 • 92년에 10MWt으로 증강 • 형식: 경수 감속 경수 냉각 pool형 • 연료: 농축도 90~93% • 반사체: 흑연 • 이용: 방사화 분석 |
| PARR PK-002 (PINSTECH) | 27kWt | - | 중국 | <ul style="list-style-type: none"> • 운전 개시 : 1990년 • 형식: 경수 감속 경수 냉각(자연 순환) • 열출력: 27kW • 연료: 농축도 90% • 반사체: Be • 이용: 교육·훈련을 위한 단수명 핵종 |

초기에는 90% 농축 우라늄을 사용하였지만, 나중에 20% 농축 우라늄으로 전환하였다.

PARR-2는 89년 중국으로부터 공급된 열출력 27kWt의 pool type 경수형 연구구로이다. 이 연구로는 중국에서 도입한 1kg의 고농축 우라늄을 연료로 사용하고 있다. 이들 원자로는 모두 IAEA의 보장조치하에 있다. 이들 연구용 원자로는 주로 방사 화학 분석 및 교육 훈련을 위한 단수명 핵종 생산 등에 이용하고 있다.

중수를 생산하는 공장은 80년 벨기에로부터 공급된 Multan 중수 공장이 있으며, 연간 13MT의 생산 능력을 가지고 있다. 또한 KANUPP 원전의 중수를 공급하는 중수 공장이 Karachi에 있으며, 연간 15MT의 생

산 능력을 가진 것으로 추정된다.

파키스탄에 있어서 핵연료 주기 기술 능력은 우라늄 탐광·채굴에서부터 정련·전환을 거쳐 연료봉의 성형 가공까지 선행 핵연료 주기 전단계에 대해서는 자주 기술을 확보하고 있다.

현재 파키스탄에는 약 10만톤 규모의 우라늄이 매장되어 있는 것으로 추정되고 있다. 또한 연료의 성형 가공은 78년부터 간단안 공장에서 이루어지고 있으며, KANUPP 원전에 연료를 공급하고 있다.

파키스탄에는 각각 2개의 재처리 시설이 현재 건설중에 있다. Chashma 재처리 시설은 연간 100~200kg의 Pu 추출 능력을 가진 시설로서 프랑스의 협력으로 추진되었으나 78년 계약 파기로 현재 완공 목표는 아직 불투명

주: 9) 이 시설의 농축 용량은 자료에 따라서 21kg/a의 수준으로 평가하기도 한다.

하다.

PINSTECH의 새로운 연구실 (New Labs.)에는 연간 10~20kg의 플루토늄을 재처리할 수 있는 실험 규모의 플루토늄 재처리 공장이 있다.

이 재처리 공장은 프랑스의 설계를 기초로 벨기에의 협력으로 76년에 건설이 착수되어 현재 완공된 것으로 보인다. 이 시설은 안전 보장 조치를 받지 않는다. Cold 실험이 82년에 새로운 연구실에서 실시되었으며, 87년에는 hot 실험도 실시한 것으로 알려지고 있다.

3. 주요 원자력 연대표

파키스탄의 원자력 개발 주요 역사를 요약하면 다음과 같다.

1955/56

- 파키스탄원자력위원회(PAEC) 구성

1961/62

- Gibbs & Hill의 원전 도입 연구 : 100MWe급 원전 Karachi 지역에 건설할 것 제안(KANUPP)
- IAEA 임무 보고서 작성 : 파키스탄의 원자력 전망

1962~65

- KANUPP 건설 제안서 접수 (UKAEA, AESA, SIEMENS & CGE사)

1965

- PINSTECH에 파키스탄 최초의 연구용 원자로 가동 개시
- CGE사와 KANUPP 건설을 위

한 계약 체결

1972

- 125 MWe급 KANUPP 원전 상용 가동
- 북부 지역에 400MWe급 원전 입지 부지 조사
- IAEA가 원전 도입 환경 조사 수행
- 프랑스의 핵연료 재처리 프로젝트 개시

1973~75

- IAEA에서 PAEC 공학자가 원전기획 연구 수행
- PAEC와 CANATM & Lahmeyer 공동으로 600 MWe급 CHASNUPP 원전 도입 타당성 보고
- NUS에 의해 입찰 명세서 작성

1976

- 정부가 600MWe급 원전 도입 승인
- 캐나다, KANUPP 원전에 대한 협력 철회

1978

- CANDU 핵연료 성형 가공 공장 운전
- CHASNUPP 원전 도입을 위한 정부의 검토위원회 설치

1979

- 재처리 공장에서 프랑스 철수

1974~83

- 세계적 공급자와 관계 지속
- 외국의 신용 얻기 위한 노력 지속

1979~83

- SENER에 의해 CHASNUPP

원전의 900MWe급 변환을 위한 재승인 타당성 보고

- 입찰서의 수정 및 발급
- 예비 공학

1984

- 공급자의 응찰이 없어 입찰 계획 무기 연기
- BELGATM과 A/E 방법
- 파키스탄 원자력 안전과 규제 방호 법령 공포

1986

- 중국 정부와 원자력 에너지의 평화적 이용을 위한 협정 체결

1989

- 300 MWe급 CHASNUPP 원전 도입을 위해 파키스탄-중국의 수상 협정 체결

1990

- KANUPP원전 장전 핵연료 완전 국산화
- 파키스탄 원자력 안전과 방사선 방호 규제 제도 조직

1991

- CHASNUPP 원전 계약 체결

1993

- 최초 코크리트 타설

1994

- 파키스탄 원자력 규제위원회 구성

1995

- CHASNUPP 원전 격납 용기 돔 설치

1998

- 1차 계통에 대한 hydrostatic 실험