

# 중국의 원자력산업 개발 계획

李 忠 良

중국핵공업집단공사 부총경리



**현** 재 중국의 전기 수요는 당분간 진정 국면을 보이고 있다. 하지만 장기적인 관점에서 살펴보면 21세기 중반까지는 GDP를 선진국의 수준으로 끌어올릴 수 있도록 국가 경제를 근대화하기 위해 등소평 주석이 주창한 국가 경제 개발 제3 단계 목표를 달성하기 위해 필요한 에너지를 공급하기 위해서는 원자력 에너지 개발은 필수적이다.

중국의 총전력 생산은 세계 2위

이다. 하지만 1인당 전력 사용량은 0.2kW로 비교적 낮은 수준이며 이는 선진국의 1kW와 비교해 보면 아직도 많이 뒤떨어져 있다.

중국 전력 산업의 지속적인 발전을 위해서는 이와 같은 전력의 수요와 공급 격차를 조정해야 한다. 그렇지 않으면 국가 경제의 지속적인 발전과 국민의 생활 수준 향상이라는 목표는 결코 달성할 수 없을 것이다.

전력 구조의 최적화는 전력 개발에 있어 불가피하게 제기되는 사항이다. 현재 중국의 전력 구성은 화력 발전이 주종을 이루며(81.5%) 수력 발전이 17.2%를 차지하고 있고 원자력 발전은 겨우 1.3%에 불과하다.

중국 정부는 '화력 발전 구조의 최적화'를 지침 원칙으로 지정하여 수력 발전에 더 많은 노력을 기울이고 전력 개발에 적합하도록 원자력 에너지를 개발하고 있다. 원자

력 에너지를 조금 더 개발할 여지가 있기 때문이다.

특히 급속한 경제 개발로 인구 밀도가 높은 반면 전력 자원이 풍부하지 않은 남동해안 지역에서 원자력 에너지의 추가 개발은 교통과 환경 보호를 위한 압력을 완화시킬 수 있는 매우 합리적인 판단에 따른 것이다.

이는 경제 개발의 필요에 따른 것이며 동시에 에너지원의 합리적인 조합을 형성할 수 있다.

이런 이유에서 중국 본토에서 가동중이거나 건설중, 혹은 계획중인 원자력발전소는 현재 중국의 남동해안 지역에 분포되어 있다.

### 중국의 원자력 에너지 개발 현황

중국 본토에는 현재 2곳의 원자력발전소(NPP)가 가동중이며 4곳의 NPP에 8호기가 추가 건설중에 있다.

**1. 가동중인 원자력발전소**

**가. 킨산(秦山) 원자력발전소 (Qinshan NPP)**

킨산 원자력발전소는 상하이에서 남서쪽으로 120km 떨어진 항조우 만에 위치하고 있으며 단위당 300MW 용량(PWR)을 가진 중국 최초의 자체 설계·건설·가동중인 원자력발전소이다.

1994년 상용 가동된 이래 이 원자력발전소는 원활하게 가동되고 있다. 1998년 기준 가동률은 약 80%에 달하고 있다.

1998년 하반기 이래 1년 이상 전 반적인 점검을 거쳐 1999년 9월 19일부터 정상 가동이 가능하도록 복구되었다.

**나. 대야베이(大亞灣) 원자력발전소 (Daya Bay NPP)**

대야베이 원자력발전소는 센젠에서 동쪽으로 65km 지점인 대야베이에 위치하고 있다. 프랑스에서 수입한 2×900MW 용량의 PWR로 구성되어 있으며 1994년 2월과 5월에 각각 상업적 가동을 시작했다. 두 기의 가동률은 최근 몇 년 동안 80%를 상회하고 있다.

1999년 EDF가 주최한 「도전 대회(Challenge Contest)」에서 이 2기의 원자력발전소는 약 800일 이상의 기간 동안 계획에 없는 가동 중단없이 안전한 조업을 계속한 기록으로 최고상을 수상했다.

과거 몇 년 이상 우리는 원자력

발전소 건설과 가동을 위해 이 두 기의 가동 연습을 통해 관리와 기술을 담당할 인재 양성에 노력을 기울인 결과 소중한 경험과 유익한 교훈을 축적할 수 있었다.

**2. 현재 건설중인 4기의 원자력 발전소**

중국 정부는 9차 5개년 계획(1996~2000) 기간 동안 4기의 원자력발전소를 건설할 것을 결정했고 이에 따라 원자력발전소 건설이 차질없이 진행되고 있다.

이에 포함되는 것은 킨산 원자력발전소 2단계, 3단계(Qinshan NPP Phase II, Phase III), 광둥 링아오 원자력발전소 (Guangdong Ling'ao NPP) 그리고 티안완 원자력발전소(Tianwan NPP) 등으로 총 6,600MW 용량의 8호기를 건설중에 있다.

킨산 원자력발전소 2단계 건설장소는 킨산 원자력발전소 1단계의 입지 장소에서 남쪽으로 3km 떨어진 용루산(Yangliushan)에 입지하고 있다. 일부 부품을 외국에서 수입하여 자체 설계·건설할 600MW PWR 2기를 건설 시공중에 있다.

1996년 6월 2일 공사가 시작되었고 2002년 1기를 그리드(grid)에 연결시키는 것을 목표로 진행중이다.

광둥 링아오 원자력발전소는 대

야베이 원자력발전소에서 북동쪽으로 1km 떨어진 곳에 위치하고 있으며 프랑스 측에서 제공한 설계와 설비로 2×1000MW PWR 호기로 구성되어 있다.

원자로 건설은 1997년 5월 15일을 기점으로 시작되었으며 2003년 완공 및 가동을 목표로 건설이 한창 진행중이다.

킨산 원자력발전소 3단계는 킨산 원자력발전소 1단계 현장에서 동쪽으로 800미터 떨어진 탕랑샹(Tanglangshan)에 입지하고 있으며 2×700MW CANDU-6 PHWR 호기로 구성되어 있다.

이 프로젝트는 캐나다 측의 수출차관과 상업 금융으로 재원을 충당받아 진행되며 턴키 방식으로 AECL과 계약되었다. 1998년 6월 처음 공사가 시작된 이래 2003년 완공 및 가동을 예정으로 건설이 진행되고 있다.

티안완 원자력발전소는 상하이에서 북쪽으로 300km 떨어진 리안융양(Lianyungang)에 입지하고 있으며 러시아에서 도입된 총설치 용량 2×1000MW인 첨단 VVER-1000 PWR 두 기로 구성될 것이다.

이 프로젝트에 필요한 설계, 주요 원자력 부품 및 협정 고립 지역(Conventional islands)은 러시아 측으로부터 조달된 것이며 기타 부품은 독일의 시멘스사가 공급하

게 될 완전 디지털(wholly digital) I&C 시스템을 비롯해 제 3자 구입을 통해 조달될 예정이다.

중국 측은 토목 및 설치, 그리고 프로젝트 관리의 책임을 맡게 될 것이다.

이 프로젝트에 소요될 건설 비용은 러시아측에서 제공하는 정부 보조금에서 일부 충당될 것이며 나머지는 중국측에서 해외 수출 차관이나 상업 차관 등의 방식으로 내부적으로 조달될 것이다.

이 프로젝트의 시작은 1999년 10월 20일에 시작되었으며 1 호기는 2004년에 완공, 가동될 예정이다.

**중국핵공업집단공사(CNNC)의 기본  
입장 및 핵 능력 개발에 대한 견해**

중국핵공업집단공사(CNNC)는 1999년 7월 1일 국영 위원회의 인가를 얻어 전신이었던 중국핵공업총공사로부터 탄생되었다.

CNNC는 중국의 핵심적인 기업 집단으로 주로 원자력 및 관련 분야에 대한 연구·개발·건설·생산·관리를 포괄하며 원자력 발전과 핵 물질 등의 분야를 모두 총괄한다. 중앙 정부는 여전히 원자력 에너지 개발을 CNNC의 주요 사업 분야로 설정하고 있다.

정부의 역할이 이양된 것을 제외하면 신생 CNNC는 원자력 에너지

개발에 있어 전신이었던 CNNC와 동일한 역할을 수행하고 있다.

CNNC는 원자력 에너지 개발에 투자하는 소유주(Owner)이다. 킨산 원자력발전소 1단계에 100% 지분을 가진 독립 소유주이다.

킨산 원자력발전소 2단계에 50% 지분을 가지고 있으며 킨산 3단계 50%, 티안완 원자력발전소에 50%의 지분을 소유하여 지배 회사로서의 역할을 하고 있다. 또한 대야베이 원자력발전소와 링아오 원자력발전소에는 45%의 지분을 참여한 대주주이기도 하다.

CNNC는 공급자이기도 하다. CNNC는 원자력발전소의 설계, 원자력 에너지 조합에 대한 독점 관리, 특정한 원자력 설비 부품 및 도구 공급, 그 밖의 다양한 기술 서비스를 제공하고 있다.

CNNC는 원자력 에너지에 관한 연구·조사 기관이기도 하다. CNNC는 관련 첨단 기술 및 첨단 원자로 유형에 대한 연구·조사를 담당하고 있다.

CNNC의 주요 사업은 원자력 발전이다. 따라서 우리는 더 많은 신규 원자력발전소 프로젝트를 조속한 시일 내에 추진하기를 기대하고 있다. 이를 통해 CNNC의 이익이 극대화될 수 있기 때문이다.

그러나 언제, 어디에서, 어떤 방식으로 얼마나 많은 후속 프로젝트를 개시할지를 결정하는 것은 정부

의 관련 부서의 역할이다.

CNNC는 제안을 하는 것에 만족하고 있다. CNNC의 권고 내용을 정부가 매우 비중 있게 고려한다는 것에 우리는 만족하고 있다.

현재 중국 정부는 중국의 에너지 개발을 위한 단기 및 중·장기 계획을 검토하고 있다. 중국의 원자력발전소는 앞으로 적절한 수준으로 개발될 것으로 예상된다.

장기적인 관점에서 살펴보면 더욱 개발이 활발해질 것으로 기대되며, 과거의 경험을 종합해 보건대 우리는 다음 사항들을 고려해야 할 것이다.

**1. 국산화 및 표준화**

지난 수십 년 동안 중국에서 원자력에 대한 이해가 높아지고 개발에 있어서도 상당한 성과가 이루어진 것은 사실이지만 아직도 해결해야 할 사항들이 있다.

그 가운데 중요한 것이 재원을 충당하는 주체에 따라 여러 가지 원자로 유형이 제공되었다는 점이다.

즉 LWR에서부터 PHWR, 그리고 중국이 자체적으로 설계한 300MW와 600MW 호기를 포함한 LWR 유형에 이르기까지, 또 프랑스와 러시아에 의해 도입된 1000MW 호기 등 다양한 원자로가 건설되었거나 시공중에 있다.

다양한 원자로 유형으로 인해 여

러 가지 연료 생산 라인이 요구되었고 이로 인해 관리 및 기술에 있어 불필요한 난점이 발생하게 되었다.

만약 앞으로도 이런 추세가 계속된다면 중국의 원자력 에너지 개발에 지대한 영향을 미치게 될 것이다.

그러나 이로 인해 어떤 면에서는 우리는 원자력 건설에 관하여 다양한 경험을 축적하고 유능한 인력을 확보할 수 있게 되었다.

원자력발전소 건설 비용을 줄이고 건설 공기를 단축하기 위해서, 그리고 원자력의 지속 가능한 발전을 도모하기 위해 중국은 국산화와 표준화라는 접근 방식을 선택할 수밖에 없을 것이며, 이를 통해 21세기에 새로운 원자력 에너지 개발을 위해 한층 전열을 가다듬을 수 있게 될 것이다.

## 2. 자체 기술 기반 활용 극대화

20여 년에 걸친 지속적인 노력의 결과 2기의 as-built 원자력 발전소 건설이 가능해졌고 8기가 추가로 건설중이며 1기(300MW)기를 턴키 방식으로 해외로 수출할 수 있었다.

우리는 현재 원자력발전소 설계, 연구 조사, 건설, 가동, 그리고 PWR 원자력 연료 사이클 시스템에 이르기까지 다양한 부문에 걸쳐 우수한 관리 능력과 기술 인원을 확보하기

위한 체제를 근본적으로 구축해왔다.

이것이 앞으로 원자력 에너지의 지속 가능한 개발의 초석이 될 것이며 또한 발전의 동인이 될 것이다.

우리는 원자력 에너지 개발을 위한 새로운 도전을 극복해 나갈 수 있도록 우리가 가진 기존의 기술 기반을 최대한 활용할 것이다.

## 3. 성숙된 원자력 기술의 접목

원자력의 안전성과 경제성은 중국에서 원자력을 개발해나가는 데 있는 핵심적인 중요성을 갖고 있는 요소이다.

선진적이고 성숙된 원자력 기술을 보유하는 것은 궁극적으로 안전성과 경제성이란 두 가지 목표 사이에서 조화로운 균형을 만들어내야 할 필요로 귀결된다.

고객의 필요를 만족시킨다는 일차적인 목표와 더불어 실용성 증진을 위한 노력을 프로젝트가 실행되는 동안 지속적으로 경주해야 할 것이다.

기존의 기술적 기반을 최대한 활용하기 위해서 우리는 PWR를 주 기술 루트로 채택할 것을 결정했다.

궁극적으로는 안전성이 높고 선진적이며 경제성이 있는 다른 원자력 기술을 받아들이는 데 배타적이지는 않을 것이다.

다른 기술과 마찬가지로 원자력 기술 또한 지속적인 발전과 혁신을 통해 점차 완전해지고 더욱 향상되어 왔으며 대중의 이해를 높여왔다.

우리는 외국의 원자력 기술 발전 추이에 각별한 관심을 기울여 왔으며, 특히 일본의 성공적인 경험에 대해서는 깊은 관심을 보였다.

우리는 또한 유럽·미국에서 최근에 개발된 선진 원자력 기술, 이를테면 EPR, APWR, ABWR, SYSTEM 80+와 AP600 등에 대해서도 지대한 관심을 기울이고 있다.

따라서 우리의 향후 원자력 개발 프로그램에 있어 주의 깊은 검토를 필요로 하는 부분은 자체 기술을 바탕으로 하여 국산화와 표준화 요건을 충족시키면서 적절하고 현실성을 갖춘 기술을 선별하는 것이다.

국내의 기존 기술 기반과 국제적 추세를 모두 고려하여 CNNC는 CNP 100기(3개의 루프에서 각각 300MW 발전 용량을 갖춘 1,000MW-스케일 기)를 우리 정부와 소유주에게 첫 번째로 추천했다.

이 디자인은 안전성과 경제성 두 가지 측면에서 괄목할만한 발전을 이룬 것으로 선진성·성숙도·경제성, 그리고 현실성 모두에서 훨씬 우수한 통합을 보여주고 있다.

2005년 이전에 협소한 지역에서 건설을 통해 1,000MW PWR

원자력발전소의 국내화가 가능할 것이다.

#### 4. 해외 협력 추구하고 자체 기술 활용

중국이 추구해온 개혁 및 개방 정책은 원자력발전소 건설에 있어서도 확실히 적용되고 있다.

실제로 성공적인 원자력발전소 건설이 중국의 개혁 및 개방 정책에도 긍정적인 기여를 하고 있다.

킨산 원자력발전소는 일부 주요 부품을 외국에서 수입하여 중국 최초로 자체 설계하고 건설한 원자력 발전소이다.

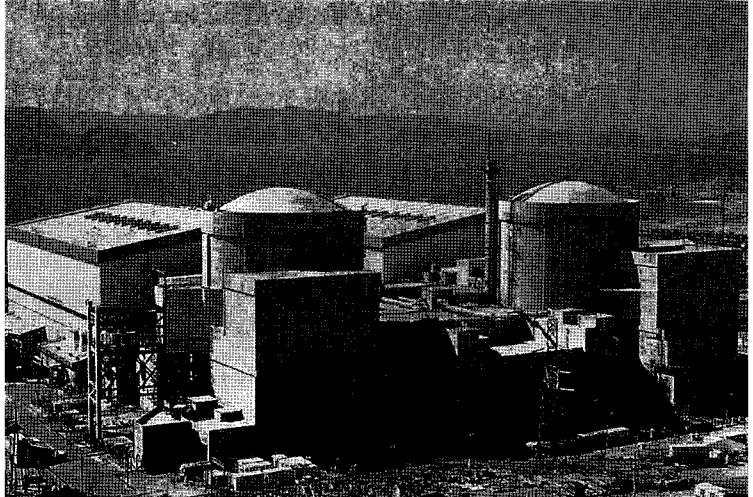
대야베이 원자력발전소는 모든 부품을 외국에서 수입하여 프랑스 기업이 설계하고 시공했다.

최근 몇 년 동안 우리는 원자력 발전소 건설을 위해 외국 기업들과 다양한 협력을 통해 훌륭한 성과를 거둘 수 있었다.

거의 20년에 걸친 부단한 노력의 결과 우리는 원자력 발전 산업에 관한 한 상당한 능력을 보유하고 있었지만 아직도 세계 수준과 비교해 보면 많은 격차가 있다.

우리는 지금까지와 마찬가지로 '해외 협력을 추진함과 동시에 자체 보유 기술 활용에 주력'한다는 기본 원칙을 지켜나갈 것이며 언제라도 해외 협력 파트너를 요청하고 환영할 것이다.

우리는 설계 및 부품 국산화에



중국의 대야베이(大亞灣) 원전. 대야베이 원자력발전소는 쉐젠에서 동쪽으로 65km 지점인 대야베이에 위치하고 있다. 프랑스에서 수입한 2×900MW 용량의 PWR로 구성되어 있으며 1994년 2월과 5월에 각각 상업 운전을 시작했다. 두 기의 가동률은 최근 몇 년 동안 80%를 상회하고 있다.

있어 기존의 자체 기반을 최대한 활용함과 동시에 외국의 협력 동반자의 지원을 받아들일 것이며 국제 수준에 발맞추어 지속적인 노력을 경주해 나갈 것이다. 따라서 협력 파트너를 선정함에 있어서는 다음 요소를 고려해야 할 것이다.

① 기술의 선진성 및 성숙도와 더불어 기존의 국내 기반 기술과의 호환성

② 경제성-선호할 만한 가격

③ 협력의 자세-중국이 원자력 발전을 국산화할 수 있도록 성실하게 지원하는지의 여부

요약해보면 중국의 원자력 발전은 국제 원자력 발전 공동체의 일원으로서, 배우고 지원하며 우리의 강점을 공유할 것이며 공동의 발전

을 위해 노력해야 한다.

우리는 원자력을 대중이 환영하는 깨끗하고 안전하며 경제적인 에너지원으로 만들기 위해 함께 협력해 나가야 하고 지속적인 발전을 위한 오래도록 지속되는 에너지원 조합의 한 부분이 될 수 있도록 노력해야 한다.

이 자리에 참석하신 동료 여러분들은 현재 중국이 이룩한 원자력 발전은 국제적 교류를 통한 소산이었음을 잘 알고 계실 것이다.

따라서 앞으로 다가올 21세기에 중국의 원자력발전소 건설 산업을 한층 발전시키기 위해 여러분의 기탄 없는 의견과 솔직한 의견을 진심으로 바라며 성실한 자세로 경청하고자 한다.