

# CANDU 시장 : 지속적 협력의 기회

William T. Hancox

AECL 판매담당 부사장

**다** 양한 원자력 공급사의 국내 시장을 포함하여 신규 원전 시장이 과거 10년 동안 상대적으로 제한되어 왔다. 1985년 이래, 21기의 신규 원전이 수주되었고(한국 11기, 중국 8기, 대만 2기) 이들 중 5기는 CANDU 원전이었다.

가까운 시기에도 이러한 시장 여건이 지배적일 것으로 예상되고 있다. 단지 한국·일본 및 중국만이 전략적·경제적 이유로 강력한 원자력 건설 프로그램을 계속하고 있다.

상대적으로 작은 시장에도 불구하고, 캐나다원자력공사(AECL)는 CANDU 시장 확대의 단기 전망에 대하여 낙관적이다. 이러한 기회들은 AECL과 한국 원자력 관련 기업들 간에 확립되어 온 호혜적인 파트너십과 협력을 확대 제고하도록 하고 있다.

관례적으로 원자력 산업계는 자

구 환경 변화에 관한 우려와 관련된 국제적 조치들이 원자력의 부흥을 이끌 것이라고 생각해 왔다.

그러나 전세계적인 전력 시장의 변화는 대체 발전 기술에 상대적인 원자력의 경쟁 여건을 변화시키고 있다.

전통적인 전력 공급 독점이 경쟁을 허용하도록 자유화되고 있다. 경쟁 도입은 재정적 위험을 증가시키며, 따라서 신규 발전소 추가의 투자 결정에 영향을 미치고 있다.

짧은 투자 회수 기간, 작은 설비용량 및 투자 비용, 그리고 높은 투자 보수로 투자 기준이 바뀌고 있다. 이들 기준은 초기 투자 비용이 작은 복합 가스 터빈 같은 발전 기술을 선호하고 있다.

원자력이 장기적으로 충분한 잠재력을 실현하기 위하여 구체적으로 감소된 투자 비용과 지금까지의 일반적인 1,000MW급보다 작은 투자가 수반되는 차세대 발전소 설

계가 요구될 것이다.

AECL은 이들 새로운 경쟁 여건을 충족시킬 차세대 CANDU 발전소의 개념 설계를 개발하기 시작했다.

이 글에서는 CANDU 판매의 단기 전망을 검토하고, 차세대 CANDU 원전의 투자 비용 감소 방안을 소개하고자 한다.

## 단기 시장

### 1. 한국

AECL과 한국의 원자력 회사들은 20년 이상 동안 함께 협력해 왔다. 우리의 협력은 한국원자력연구소(KAERI)와의 CANFLEX 연료의 공동 개발 같은 연구 사업으로부터 중국 킨산(秦山) 제3단계 사업과 같은 제3국 CANDU 사업에 기술·용역 및 기기의 공급에 이르기까지 광범위하다. 이것은 한국의 원자력산업 내의 귀중하고 장기적

인 관계로 이끌어 왔다.

작년 월성 4호기의 준공과 함께, 한국에는 2,800MW의 CANDU 원전이 운영되고 있으며, 총원자력 설비 용량의 20%를 차지하고 있다. 한전은 캐나다 이외 최대의 CANDU 원전 운영자가 되었다.

한국에는 세계 7위에 해당하는 총 13,700MW의 원전이 운영되고 있다. 원자력은 총설비 용량의 약 30%를 차지하고 있으며, 1999년에 총전력 공급의 약 43%를 차지함으로써 원자력이 한국의 가장 경제적인 전력원임을 명백히 나타냈다. 또한 4,000MW의 원자력 설비가 건설되고 있으며 2004년까지 준공될 예정이다.

한전은 IMF 위기 이전 수준으로까지 회복한 전력 수요의 지속적인 성장을 충족하기 위하여 야심적인 원자력 건설 프로그램을 계획하고 있다.

지난 1월에 발표된 한국의 제5차 장기 전력 수급 계획에 따르면, 2008년과 2010년 사이에 4기의 신규 1,000MW 원전이 상업 운영을 시작할 것이다.

AECL은 1,000MW급 CANDU-9이 신월성 부지에 경제적으로 매력적인 선택임을 확신하고 있다.

CANDU 설계를 지속적으로 함께 개발하고 시행함으로써 상호 이득이 얻어질 것이다.

PWR과 CANDU를 함께 유지하

는 이론적 근거는 다음과 같다.

- 기술의 다양성 유지
- 고유 KSNP와의 경쟁 확대
- 제3국 CANDU 수출 사업의 한국 참여 지속
- CANDU 연료 주기 신축성의 최대 이용

한국 정부는 현재 동 원자력 건설 계획을 검토하고 있다. 신월성 부지에 CANDU-9이 채택되기를 기대하면서, 우리는 향후 CANDU 사업을 위하여 한국의 많은 회사 및 기관 뿐만 아니라 한국전력, 한기(주), 한중(주) 등과 함께 지속적으로 협력하게 되기를 기대한다.

## 2. 중국

중국은 모든 형태의 신규 발전 설비를 위한 세계 최대의 시장이며, 향후 수십년간 최대 원자력 시장이 될 것이다.

모든 원자력 공급사가 이 시장을 위하여 경쟁하고 있으며, 중국은 지난 5년간 국제적 공급사가 수주한 6기의 원전 건설을 착수했다.

중국의 총발전 설비 용량은 300GW이며, 이 중 약 75%가 석탄 화력이다. 전력 수요 성장은 지난 20년에 걸쳐 연평균 7% 이상이었다.

아시아 경제 위기와 중공업 구조 개편의 결과로 1998~1999년 기간에 수요가 감소되었지만, 2000년도 상반기의 전력 소비는 1999년

동기간보다 10.1% 더 높았다.

2,100MW의 원자력 설비가 운영되고 있으며, 상하이 인근의 킨산 부지에 CANDU-6 2기를 포함하여 약 7,000MW의 설비가 건설되고 있다.

수력은 석탄과 함께 신규 공급에서 선호된 전력원이며, 중국에는 자원이 풍부하여 주력 전원을 차지할 것으로 예상된다.

중국은 SOX 및 NOX 제거 기술을 포함하여 600MW급까지의 석탄 화력의 설계·건설 및 기기 제작을 충분히 국산화해 왔다. 공기 오염을 개선하기 위한 정부의 정책은 수력·천연 가스 및 원자력에 대한 선호도를 지지하고 있다.

중국은 원자력 개발 프로그램을 지속적으로 추진하고 있지만, 국내 산업의 효율 및 개발의 국가적 우선 정책을 충족하기 위하여 신중하게 나아가고 있다.

단기적으로 원자력 개발은 중국에서 표준화의 기준으로 추천되고 있는 3 loop 1,000MW급 PWR에 초점을 맞출 것이다.

중국은 신형 원자로의 개발에 깊은 관심을 보여왔으며, 진행중인 고온냉각로 및 고속중성로의 적극적인 개발 프로그램을 갖고 있다.

AECL은 향후 중국 내 CANDU 사업의 중국 참여를 구체적으로 증가시킬 타당성을 결정하기 위하여 국가 기계 산업 관련 국영 기업인

중국기계/기기공사와의 협력하에 연구를 시작했다.

그러한 프로그램은 한국에서의 성공적인 국산화 경험에 토대하고 있으며, 중국에서의 향후 CANDU 사업을 위한 요건이다.

그러나 킨산 CANDU 원전의 성공적인 건설 및 상업 운전은 AECL의 주요 우선 사업이며, 중국에서의 향후 CANDU 주문의 필수 조건이다.

AECL은 특히 킨산 사업이 한국의 제휴사와의 협력을 제고해 왔음을 기쁘게 생각하고 있다. 1억달러 이상에 달하는 한중(주)에 의한 기기 공급은 한국의 첫 번째 주요 원자력 기술 수출이었으며, 현재 킨산 부지에 설치되고 있다. 한전은 동 사업에 중요한 시운전 및 훈련 용역을 공급하고 있다. 이 사업은 지금까지 모든 주요 일정을 충족시켜 왔다.

이러한 협력은 향후 사업의 기회 확대를 위한 토대를 마련했다. CNCN 및 기타 중국기관들이 한국에서의 1,000MW급 CANDU-9 개발에 관심을 갖고 있다. CANDU-9은 향후 중국의 필요에 잘 부합될 것으로 보인다.

### 3. 터키

아쿠유 사업은 수년간 경쟁 입찰에 주어진 첫 번째 원자력 사업이다. 입찰 요건은 참조 발전소를 가

진 원전 설계로부터 1,400MW의 전력 공급이다.

다음과 같은 세 컨소시엄이 1997년 10월 입찰서를 제출했다.

- 한국기업이 참여하는 AECL 주도 아쿠유 CANDU 컨소시엄
- 프라마툼 및 시멘스간 원자력 국제 컨소시엄
- 웨스팅하우스 및 미쓰비시 터키 정부의 사업 착수 승인에 따라, 국영 전력 회사인 TEAS가 입찰서의 기술적·경제적 평가를 검토하고 있다.

AECL의 입찰은 2기의 CANDU-6이다. 한국 기업들은 이 상업적 도전에 중요한 협력자들이다. 한국 전력, 한중, 대우 및 AECL이 1997년 8월 2억 5천달러가 넘는 입찰의 한국 참여를 위한 협정서에 서명했다.

우선 협상 대상자의 선정이 수 차례 연기되어 왔다. 최근에 세 컨소시엄이 각각 7월 24일까지 그들 입찰의 유효 기간을 연장했다. AECL 입찰의 경쟁력에 토대하여 궁극적인 성공이 기대된다.

### 기타 시장

1999년 11월, AECL은 대우와 함께 베트남에서 CANDU 도입을 위한 사전 타당성 연구 결과를 발표했다. 결과는 잘 접수되었고, 후

속적으로 정치국에 보고되었다.

그러나 현재의 장기 에너지 계획에 따르면, 첫 번째 원전이 2015~2020년 사이에 상업 운전에 들어갈 것이다.

기타 아시아-태평양 시장은 여전히 경제 위기로부터 회복하고 있으며, 여러 국가적 전력 시장이 경쟁을 도입하기 위하여 구조 개편되고 있다. 이 구조 개편이 원전에 대한 고려를 지연시킬 것으로 보이지만, 우리는 장래 CANDU의 여건을 조성하기 위한 노력을 계속하고 있다.

### CANDU의 비용 절감 잠재력

투자 비용 감소는 수년동안 CANDU 개발 노력의 초점이었다. 우리는 과거 사업으로부터의 경험 습득과 선진 건설 기술의 도입을 통하여 각각의 CANDU 사업에 지속적인 개선을 이루어 왔다.

킨산 사업에 사용되고 있는 Open-top 공법과 개선된 설계, 자료 및 자재 관리 시스템은 그러한 개선의 좋은 예이다.

다른 혁신 기술 중에서 사전 제작 집합체의 확대 이용과 건설의 효율성을 제고하는 발전소 배치는 새로운 CANDU-9 설계의 투자비를 현행 CANDU-6 설계에 상대적으로 15% 감소시킬 것으로 기대된다. 우리는 이러한 비용 감

소를 확대할 수 있으며, 이러한 방향으로 우리의 노력을 지속하고 있다.

복합 가스 터빈은 오늘날 구조 개편된 경쟁 전력 시장에서의 기준이다. 복합 가스 터빈과의 경쟁을 위하여 현행 원전 설계의 투자비에서 최소한 40%의 감소가 요구되고 있다.

우리는 CANDU-9 설계와 CANDU 연구 개발의 광범위한 지식을 토대로 구축할 차세대 CANDU 설계 개발을 착수했다.

비용 절감 목표는 다음과 같다.

- 600MW급에서 kW당 1,000~1,100달러의 투자비
- 최초 콘크리트 타설로부터 상업 운전까지 36개월의 공기

비용 절감 목표를 달성하기 위한 수단은 다음과 같다.

① CANDU 설계의 독특한 특징 유지 : 연료 채널 노심 설계, 높은 중성자 경제, 운전중 연료 교체, 중수 감속재, 1차 냉각재와 감속재의 구분, 감속재로의 열제거를 통한 중대 사고의 결과를 제한하는 능력, DUPIC을 포함하여 다양한 개량 연료 주기 도입의 신축성

② 비용을 절감하고 노심 부품의 제작 및 설치를 용이하게 하는 연료 채널의 수 및 노심의 크기 감소 : 이것은 운전 및 안전 여유도를 유지 또는 증가시키면서 각 연료 채널의 출력을 최적화함으로써

성취될 것이다. 연료 연소도는 약간 농축된 우라늄 및 CANFLEX 연료 다발을 이용함으로써 세 배까지 증가될 것이다. 또 하나의 주요 요소는 현실계에서 이용되고 있는 중수 대신에 1차 냉각재로서 경수를 사용하는 것이다. 전체적으로 노심 용량은 2.5배, 중수량은 4배만큼 감소되며, 공정 계통의 제거를 통하여 상당한 단순화를 가져온다.

③ 1차 운전 온도 및 압력을 증가시켜 열효율 개선 : 초기 목표는 31%에서 34%로의 증가이다.

④ Open-top 공법을 용이하게 하고 공기를 단축시키기 위하여 완전한 계통 집합체의 사전 제작 증대를 위한 1차 계통 배치 및 설계 단순화 : 예를 들면, 노심의 감소된 크기는 노심 부품의 공장 조립을 허용한다.

초기 개념 설계 작업과 비용 추정을 통하여 투자비를 감소시킬 기 및 자재의 비용 절감이 확인되었으며, kW당 1,000달러 투자비의 목표에 도달할 높은 잠재력을 확인했다.

비용 절감은 증가된 시장몫과 예측할 수 있는 판매로부터 결과하는, 그리고 계통 집합체의 사전 제작을 가능케 하는 건설비 및 공기를 반영한다.

## 결론

경수로에 대한 CANDU의 경쟁력은 한국 및 중국에서의 최근의 사업 계약으로 이끈 협상을 통하여, 그리고 터키 아쿠유 사업의 경쟁 입찰에서 입증되어 왔다.

석탄 및 천연 가스에 대한 투자비 경쟁력은 차세대 설계를 통하여 달성될 수 있다. 그러나 탄산 가스 방출 억제에 중요성에 대한 전세계적인 인식은 화석 연료의 사용 감축에 대한 더 큰 압력으로 작용하고 있다.

탄소 및 기타 방출을 억제하기 위한 연료비의 상승이 한가지 결과일 것 같다. 그럼에도 불구하고 지구 온실 가스 방출의 적정한 수준에 도달하기 위하여 불가피하게 전력 생산 및 수송으로부터 화석 연료의 전환을 요구하게 될 것이다. 이것은 원자력 부흥을 위한 여건을 만들어야 한다.

신월성 부지에서 CANDU-9의 선택과 함께, 한국은 가장 진보된 CANDU 참조 발전소를 갖는 특별한 위치에 있을 것이다.

제3국 시장에서의 최근의 협력과 함께, 이것은 AECL과 한국의 협력사들을 아시아 시장에서의 향후 기회를 위하여 잘 조화시킨다.

상호 보완적인 강점들은 신규 원전을 위한 변화하는 시장에서 성공을 위한 기회를 높일 것이다.