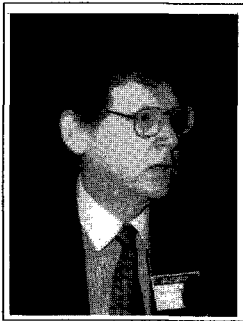


# 캐나다 원자력산업의 현황과 전망

Murray J. Stewart  
캐나다원자력협회(CNA) 회장



## 캐나다의 원자력 기술

### 1. 원자력 발전

가장 잘 알려진 캐나다 원자력 기술은 CANDU 원자로이다.

감속재로서 중수를 쓰고 연료로서 천연 우라늄을 이용하는 CANDU는 처음부터 순수하게 상업 전력 생산용으로 설계된 세계의 유일한 원자로라고 할 수 있다.

캐나다의 원자력 선도자들이 CANDU 설계를 착안했을 때, 그들은 다른 노형에 비하여 효율적인 중성자 이용과 값싼 연료비를 기하고자, 연료로서 천연 우라늄을 이용하고, 감속재로서 중수를 이용하였다.

이러한 기본적인 결정은 CANDU에 다른 이점들을 주었다.

운전중인 CANDU 원자로는 다른 노형에 비하여 고유의 안전 여유도를 갖고 있다.

경제협력개발기구/원자력기구(OECD/NEA)에 따르면 CANDU는 다른 노형보다 우라늄으로부터 38%

이상 더 많은 전력을 생산해낸다.

현재 캐나다(22기)·한국(2기) 이외에 아르헨티나(1기)·루마니아(1기)에서도 CANDU 원자로는 성공적으로 운전되고 있다.

또한 한국(2기), 루마니아(1기) 및 중국(1기)에서 CANDU 원자로가 추가로 건설되고 있다.

캐나다원자력공사(AECL)를 통하여 CANDU 기술은 원자력 발전 시장에 적극적으로 참여하고 있다.

AECL의 CANDU 기술 개발 프로그램과 함께 캐나다수출개발공사(Canada's Export Development Corporation) 및 연방 정부로부터의 해외 사업에 대한 강력한 지원은 CANDU 기술에 대한 캐나다의 장기적 수행을 나타낸다.

원자력 발전에 대한 캐나다의 장기적 수행은 사용후 연료 처분에 대한 장기적 해결책을 찾기 위한 작업에서 잘 드러난다.

캐나다는 최근에 사용후 연료의 심지층 처분의 안전성 및 수용 가능성

**캐**나다는 △ 전력 기술 및 생산 △ 우라늄 채굴 및 처리 △ 의료 및 산업용 동위원소 등 세 가지 분야에서의 광범위한 원자력 과학 및 기술 능력을 개발해 왔다.

캐나다는 40년 이상 이들 분야에 종사해 왔으며, 세계적 선도자로 일컬어지고 있다.

캐나다의 원자력 기술 및 능력은 계속해서 개발되고 있으며, 21세기에 도 그 지도적 역할이 보장될 것이다.

에 대한 청문회를 포함하여, 철저한 연방 정부 환경 평가를 완료하였다.

이 평가 결과들은 98년초에 발표 될 것이며, 이번 연차 대회에서도 보고될 것이다.

## 2. 우라늄

우라늄 분야는 원자력 기술에 있어서 캐나다의 첫번째 대규모 사업이었으며, 여전히 캐나다 최대의 원자력 활동 영역이다.

캐나다는 세계 상업용 우라늄의 약 35%를 공급한다.

작년에 Saskatchewan 서부 지역 세 곳의 신규 우라늄광 사업에 대한 환경 평가가 완료되었으며, 허가 과정이 진행되고 있다.

이들 신규 광산들 중 두 곳은 다른 우라늄광보다도 훨씬 거대하고 풍부할 것이다.

McArthur River의 경우, 평균 우라늄 수율이 15%이며 최소한 2십만 톤의 우라늄이 이용 가능할 것으로 알려져 있다.

Cigar Lake의 매장량도 이와 유사하다.

한국전력공사가 Cigar Lake 개발에 10%의 지분을 갖고 있음은 주목할 만하다.

이들 신규 우라늄광의 승인은 캐나다가 다음 세기에도 계속하여 풍부하고 값싼 우라늄 생산자일 것임을 의미한다.

초기의 우라늄 채광 이래 캐나다는

Ontario주 Blind River에 우라늄 처리 시설을 개발해 왔다.

그 시설에서는 채굴된 우라늄을 CANDU용 UO<sub>2</sub>나 경수로용 UF<sub>6</sub> 등 요구되는 원자로 연료로 변환하고 있다.

캐나다는 또한 CANDU 연료의 기술 및 생산 능력을 개발하였다.

우라늄 산업은 이제 다른 국가에 채광 및 연료 제작 기술을 제공하면서 전세계로 확장되기 시작하였다.

## 3. 동위원소

캐나다 원자력 프로그램의 성공적 부산물의 하나는 상업·산업 및 의료용 방사성 동위원소의 생산이다.

캐나다는 비외과 진단용으로 전세계에서 확대 이용되고 있는 Mo-99 같은 중요 의료용 동위원소의 주요 공급자이다.

캐나다는 또한 암치료와 의료 및 산업용에 필수적인 감마 방출 동위원소인 Co-60의 세계 수요 중 약 75%를 공급한다.

Co-60의 중요 신규 응용의 하나는 부패를 막고 저장 수명을 연장시키기 위한 음식의 방사선 조사이다.

음식의 방사선 조사는 이제 과일·야채로부터 양념·가금 및 육류에 이르기까지 모든 음식에 실증된 성숙한 기술이다.

이 기술은 특히 냉장이 부적절한 나라에서 특히 중요하다.

캐나다는 동위원소 생산의 확대를

위해 지난해 Ontario주 Chalk River에서의 두 신규 동위원소 생산 원자로의 건설을 승인하였다.

이 시설들은 MDS Nordion이 소유하고, AECL이 설계 및 건설하고 있다.

이들 원자로에 대한 건설 결정은 캐나다가 다음 세기에도 세계의 가장 중요한 방사성 동위원소 공급자임을 확신시킬 것이다.

## 온타리오 하이드로

97년 1월 온타리오 하이드로 (Ontario Hydro)는 그들이 운영하고 있는 19기 원전의 성능에 대한 점검을 위해 사업자관리전문팀을 구성하기로 결정하였다.

안전한 운전에도 불구하고 전력 생산의 저하는 온타리오 하이드로의 발전 원가를 증가시키고, 캐나다 원자력 규제 기관인 원자력관리위원회 (AECB)로부터의 우려를 증가시켰다.

이 팀의 위임 사항은 사업자의 불량한 원전 성능에 대한 근본 원인과 이들 문제들을 교정하고, 2000년말까지 온타리오 하이드로의 원전 성능을 상위 25%로 돌려 놓기 위하여 취해야만 하는 조치들을 결정하는 것이었다.

평가를 완료하자 그 팀은 온타리오 하이드로의 원자력 부서에 대한 전면적인 직접 관리와 필요한 변경의 시

행을 위임받았다.

그 팀의 결론은 97년 8월에 발표되었다.

그들의 보고서는 기본적 사실에 있어서 매우 간단하였다.

온타리오 하이드로 원전의 전반적인 성능은 열등한 관리 및 업무 관습 때문에 '최소한으로 수용 가능한' 것이었다.

온타리오 하이드로 원자력 부서에 대한 철저한 점검은 경제적 성능 및 규제자의 신뢰를 복원하기 위해 필수적이었다.

CANDU 원자로 자체에 관하여 그 팀은 'CANDU 원자로는 예외적으로 건전한 설계로 되어 있다'라고 명확하게 기술하였다.

온타리오 하이드로의 원전 성능 저하는 어쨌든 CANDU 기술과는 관계가 없었다.

그것은 단지 열등한 관리 및 충분히 훈련되지 않은 인적 자원 때문이었다.

팀 리더이자 온타리오 하이드로 부사장인 Carl Andognini는 "CANDU 원자로는 세계의 다른 노형보다 5% 이상 우수한 성능을 얻어야만 되지만, 온타리오 하이드로사는 세계 평균보다 약 10% 낮은 성능을 보이고 있었다"라고 말하였다.

온타리오 하이드로는 수년 동안 심각한 관리 및 작업장의 문제를 갖고 있었지만, CANDU 설계의 엄격함과 효율성에 의해 갖춰져 있었다.

팀 보고서는 온타리오 하이드로의 이사회에 의해 수용되었고 '원전 최적화 계획(NAOP)'이 뒤를 따랐다.

NAOP(Nuclear Asset Optimization)는 향후 10년 안에 온타리오 하이드로의 전 원전을 세계 수준의 원전으로 복원하기 위한 세부 계획이다.

이 계획은 가장 큰 성공 확률과 전기료의 인상없이 이러한 목적을 달성하기 위하여 설계되었다.

온타리오 하이드로가 직면한 문제들은 새로운 것이 아니다.

세계 도처에서 원전을 운영하는 수많은 전력 사업자들이 이런 형태의 인적 요소에 의해 유발된 운전 성능 문제를 가져왔다.

영국 중앙전력청(CEGB)의 원전들과 TVA, Boston Edison, Northern Power 및 Commonwealth Edison 같은 미국의 전력 회사들이 그 좋은 예이다.

이들 문제들은 CANDU 원자로와 경쟁적 기술을 가진 원전 내에서 일어났다.

인적 요소가 역점적으로 다루어진 곳에서는 완벽한 복구가 이루어졌다.

예를 들면 영국에서 거의 40%의 이용률로 운전된 원전이 단지 5년 안에 평균 75% 이상까지 성능이 향상되었다.

캐나다 원자력 산업계와 온타리오 전기 소비자 입장에서 온타리오 하이드로의 문제들은 역점적으로 다루어지고 있으며, 원자력 성능이 완벽하

게 복원될 것이라는 일치된 기대를 갖고 있다.

원자력 산업계는 또한 우리가 CANDU 원자로 기술의 장기 경쟁력을 신뢰하듯이 온타리오 전력 시장의 개방을 환영하고 있다.

CANDU 발전은 향후 수십년 동안 온타리오 전력 생산의 중심부에 있을 것이다.

### 한국과 캐나다의 원자력 협력

한국과 캐나다는 원자력 기술의 모든 분야에서 오랫동안 귀중한 협력을 지속해 왔다.

현재 운전중인 2기와 98년 및 99년에 가동을 개시할 3·4호기 등 월성의 CANDU 원자로 4기가 그것을 증명한다.

월성 3호기가 CANDU 6 원자로의 기록이기도 한 계약일로부터 65개월만인 98년 2월 20일에 초임계에 도달하여 우리는 매우 기쁘다.

98년 1월말까지 88% 이상의 전수명 이용률과 함께, 83년 이래 80TWh이상의 전기를 생산해온 한국의 CANDU 원자로 CANDU가 안전하고, 매우 신뢰적이며, 경제적인 전력원임을 입증해 왔다.

나는 월성 1호기가 작년에 경이적인 102% 이상의 이용률을 달성했으며, 또한 월성 2호기가 가동 첫해에 97% 이상의 이용률을 기록한 것에 대하여 한국전력공사에 축하한다.

한국은 CANDU 원자로를 구매했을 뿐만 아니라 매우 안전하고 효율적으로 운전해왔기 때문에 캐나다 CANDU 기술의 매우 훌륭한 고객이자 동반자이다.

사실 한국은 CANDU 원자로의 고객 이상이다.

한국의 전문적 기술 능력은 이제 다른 CANDU 사업의 일부가 되었다.

이는 현재 2기의 CANDU 6 원자로로 진행중인 중국의 진산 프로젝트에 한국중공업(주)와의 주기기 공급 계약이 포함되어 있다.

캐나다가 수주에 성공한다면, 터키 Akkuyu 프로젝트에 한국전력공사, (주)대우 및 한국중공업(주)가 참여하게 될 것이다.

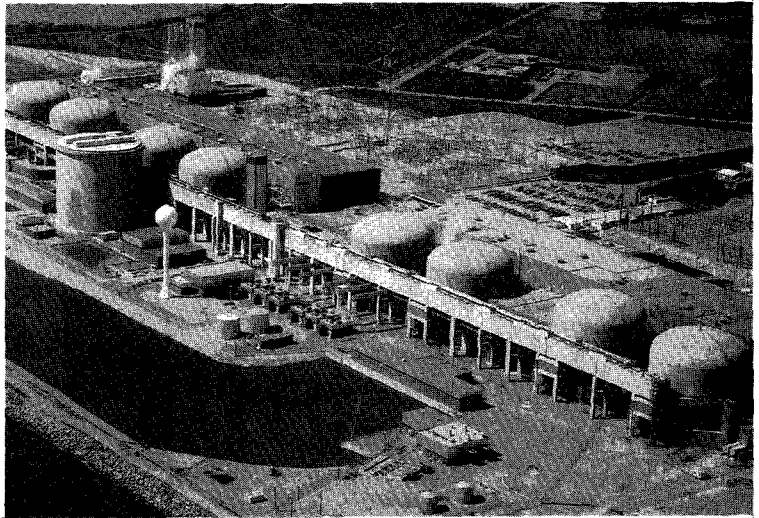
한국은 세계 도처의 CANDU 기술의 사용 증대로부터 사업 및 경제적 기회를 갖는 데 있어서 직접적으로 유리할 것이다.

기후 변화에 관한 가스 배출 감축의 교토 협정은 캐나다 및 한국 모두의 이러한 기회들을 크게 부양할 수 있을 것이다.

CANDU와 함께 수년에 걸쳐 생겨난 한국과 캐나다간의 잘 알려지지 않은 관계들이 있다.

앞서 기술한대로 한국은 Cigar Lake 우라늄 광산의 소액 투자자로서 캐나다의 우라늄 채광 부문에 참여했다.

신규 저비용 우라늄 자원에 대하여



캐나다 Ontario Hydro사의 Pickering 원전. 캐나다는 전력 기술 및 생산, 우라늄 채굴 및 처리, 의료 및 산업용 동위원소 생산 등의 분야에서 광범위한 원자력 기술 능력을 개발해왔다.

초기 투자한 한국의 선견은 향후 수 년 동안 안정적인 원전 연료 가격으로 보상될 것이다.

한국은 캐나다와 수많은 기타 사업을 추구해 왔다.

HANARO 원자로를 캐나다 설계 및 기술 지원으로 한국에서 개발되었다.

이는 세계에서 가장 많은 기능을 갖춘 최신의 연구로 중 하나이다.

한국은 또한 개량형 CANDU 연료 다발(CANFLEX) 설계 및 CANDU 원자로용 PWR 연료 재제조(DUPIC) 부문에서 캐나다와 협력하고 있다.

#### 원자력 에너지와 교토 협정

캐나다 및 대부분의 세계 선진 경제권이 포함된 기후변화협약 제3차 당사국 회의(COP3)가 97년 12월 교토에서 개최되어 기후변화협약 초

안에 대한 협정에 도달했다.

비준 후 이 협약은 이산화탄소를 포함하는 기후 변화 가스의 허용 방출 수준에 대한 명확한 목표를 부과할 것이다.

선진국의 범세계적인 요건은 2008년 내지 2012년까지 90년 수준의 5% 이하 감축을 달성하는 것이다. 캐나다의 책무는 6% 감축이다.

이는 캐나다에 있어서 하나의 주요한 도전이다.

90년도 캐나다의 온실 가스 배출은 5억7천4백만톤이었으며, 95년까지 6억1천8백만톤이었다. 2010년도의 현재 예상은 6억6천9백만톤의 배출 수준이다.

캐나다는 현재의 예상으로부터 21% 감축된 5억3천1백만톤까지 배출을 감축시켜야 한다.

캐나다의 에너지 사용을 볼 때, 원자력 에너지가 온실 가스 방출에 대

한 해법의 큰 부분이어야 한다라는 것이 명백해진다.

캐나다의 각 원자로는 대략 연간 4 백만톤의 이산화탄소 배출을 억제한다.

과거 수년에 걸친 온타리오 하이드로의 원전 성능 하락에 따라 추가 석탄 발전이 필요해졌으며, 이것은 일시적으로 캐나다의 온실 가스 배출을 7%까지 증가시킬 것이다.

New Brunswick의 Point Lepreau 및 Hydro Quebec의 Gentilly-2 원전의 지속적인 운전뿐만 아니라 전체 20기의 온타리오 하이드로 원자로의 전면적인 운전 성능 회복은 캐나다가 배출 책무를 달성하는 데 필수적인 요소일 것이며, 이는 캐나다 계획의 일부이다.

에너지 수요의 안정 및 풍부한 천연 가스로 인하여 단기적으로 캐나다에 신규 원전 건설이 기대되지 않는다는 점이 주목되어야 한다.

북미 시장의 점증하는 탈규제는 원거리에 대한 경제적 송전을 허용하면서 또한 에너지원에 관계없이 대규모 기저 부하 발전 사업을 불필요하게 해 왔다.

온실 가스 배출에 대한 원자력의 영향은 매우 크므로 어떤 산업 국가도 원자력의 역할을 고려함이 없이 교토 온실 가스 수준을 달성할 수 없을 것이다.

원자력은 오늘날 산업 국가에서 온실 가스 및 기타 유해 가스의 대기 배

출이 없는 이용 가능한 유일한 대규모 전력원이다.

화력 발전에 대한 대규모 대체 원으로서 수력 발전은 대규모 수력 발전 대부분이 이미 개발되었고, 현존하는 화력 발전을 대체할 신규 개발이 불가능하므로 고려에 넣어서는 안된다.

에너지 효율 및 보전 프로그램 및 일부의 대체 발전 같은, 온실 가스 배출을 감축시키기 위하여 사용될 수 있는 수많은 여타 전략들이 있다.

그러나 어느 정도까지는 이용될 수 있겠으나, 비용없이 또는 필요한 규모나 시간 안에 시행 가능한 것은 없다.

원자력은 이미 세계의 온실 가스를 억제할 주요 요소임을 입증해 왔다.

58년에 시작되어 현재 440기에 이르는 대규모 상업적 원전은 80억톤 이상의 이산화탄소의 배출을 억제해 왔다. 캐나다에서만도 원자력 발전은 10억톤 이상의 이산화탄소 배출을 막아 왔다.

원자력만이 화석 연료 및 온실 가스 배출을 대량으로 대체할 수 있다.

그러나 아무도 이를 위하여 원자로를 건설하지는 않았다.

원자력발전소는 캐나다 및 여타 국가에서처럼 저비용 및 연료의 경제적 이득 때문에 이곳 한국에서 건설되었다.

그러나 한국이나 일본 또는 프랑스·스웨덴·독일·스위스·헝가리 등 유럽 국가처럼 대규모로 원자력이

도입된 국가에서 원자력은 온실 가스 방출에 주요한 영향을 미쳐왔다.

루마니아의 CANDU형 Cernavoda 1호기의 준공은 대량의 연료 수입을 할 여유가 없는 그 나라에 실질적으로 개선된 전력 공급을 가져왔다.

그러나 대기 오염은 막대한 양의 갈탄 사용으로 높게 유지되었고, 결국 루마니아 정부는 Cernavoda에 제2의 CANDU 원자로 건설이 국가 최고의 우선 순위임을 선언했다.

**맺는말**

캐나다는 원자력 기술에 관계하고 있다. 우리의 우라늄 산업은 풍부한 신규 광산을 개발하고 있으며, 수십 년 동안 세계의 주요 공급자가 될 것이다.

우리의 방사성 동위원소 산업은 의료, 산업 및 음식물 조사 이용 업체로부터 급격하게 증가하는 수요를 준비하고 있다.

원자력 기술은 또한 향후 오랫동안 우리의 전력 생산의 일부일 것이다.

캐나다는 캐나다 및 세계 도처에서 장기간 CANDU 기술에 굳게 관여하고 있다. 한국과의 원자력 부문의 협력은 이러한 관여를 제고한다.

우리는 CANDU가 21세기 동안 원자력 발전 기술의 선두로 남아있을 것을 확신할 수 있다. ☉