



모로코 원자력 현황 및 우리 나라와의 협력 방향

이 한 명

한국원자력연구소 정책연구팀 책임연구원



서 문

우리 나라는 1990년대 중반 원자력 기술 자립 실천 계획을 성공적으로 완수하고, 이를 바탕으로 원자력 기술의 해외 진출을 도모하기에 이르렀다.

현재까지 우리 나라의 개도국에 대한 진출 전략은 인접한 중국과 베트남 등을 비롯한 아시아 지역 국가의 원자력발전소 도입에 우선적 관심을 두고 이들 국가와의 원자력 협력을 중점적으로 모색하여 왔다.

한편 우리 나라가 원자력 발전 분야에서 활발한 추진을 보임에 따라

국제원자력기구(IAEA)의 지역간 기술 협력 사업인 RCA 사업에서 원자력 이용 분야와 연구로 이용 분야의 중심 국가(focal point) 역할을 맡게 되는 등 국제 사회에서 우리 나라의 원자력 기술에 대한 인식이 제고되고 있다.

이에 따라 우리 나라의 원자력 해외 시장 진출 전략도 보다 장기적인 시점과 광범위한 지역을 대상으로 변화해 나가게 되었다.

현재 원자력 발전 도입을 적극적으로 검토하고 있는 지역으로 아시아 지역 이외에 아프리카 지역을 고려할 수 있다. 특히 모로코·이집트와 같은 북아프리카 지역 국가들은 해수 담수화를 위한 원자력발전소 도입을 위해 원자력 기술 선진국과의 교류를 적극 추진하고 있다.

따라서 우리 나라도 이들 국가의 원자력 현황을 파악하고 이들과의 교류를 확대하여 장래의 시장 진출에 유리한 토대를 구축할 필요가 있다.

모로코 원자력 이용 개발 현황

1. 일반 현황

아프리카 대륙 북서단에 위치한 모로코의 정식 명칭은 모로코 왕국(Kingdom of Morocco)으로 수도는 라바트(Rabat)이다. 북쪽으로 지중해의 지브랄타 해협을 두고 스페인과 14km 떨어져 있고 면적은 710,850km²로 한반도의 약 3.5배이다.

기후는 크게 우기와 건기로 구분되며 우기는 11월부터 4월 사이로 평균 15°C의 온난 다습한 기후, 건기는 5월부터 10월 사이로 평균 28°C의 고온 건조한 기후를 보이고 있다.

모로코는 입헌 군주제 국가로서 정부 형태는 국왕제이다. 국왕은 3권을 초월하며 현재의 국왕은 1999년 7월 30일 즉위한 모하메드 6세(Mohammed VI)이다.

종교적으로는 회교가 99%, 기독교 1% 여타 아랍 국가들과 같이 회



〈표 1〉 한국과 모로코의 에너지 관련 지표 비교(1998년)

| 항목 | 한국 | 모로코 |
|-----------------------|--------|--------|
| 인구(백만명) | 46.43 | 27.78 |
| GDP(10억 1,990US달러) | 387.01 | 31.59 |
| 일차 에너지 공급량(백만toe) | 163.38 | 9.34 |
| 일인당 일차 에너지 공급량(toe/인) | 3.52 | 0.34 |
| 전력 소비량(TWh) | 220.67 | 14.27 |
| 일인당 전력 소비량(kWh/인) | 4,753 | 513.77 |

*자료 : International Energy Agency, Energy Indicators per Country,

<http://www.iea.org/stats/files/selected/keyindic/nmc>



〈그림 1〉 모로코 주요 도시

교가 국교이며, 국왕이 종교 수반을 겸하고 있다.

2000년 7월 현재 모로코의 인구는 30,122,350명으로 추정되고 있으며, 아랍인 60%, 베르베르인 36%, 유럽인·유태인·흑인 등 4%로 구성되어 있다. 베르베르족은 모로코 지역에 기원 전부터 정착해 온 유목 민족이며, 8세기 아랍족의 진출로 종교와 민족이 아랍화되었다.

공용어는 아랍어와 베르베르어나 상용어로 프랑스어를 사용하고 있으며 관공서·학계 등 지식인 및 상류층은 대부분 불어로 언어 소통하며, 정부 발행 공식 문서도 아랍어 및 불어로 발행되고 있다.

모로코의 주요 경제 지표를 보면 1999년 국내 총생산(GDP)은 363억불로 1인당 GDP는 1,293불이며,

이를 구매력 기준¹⁾으로 환산하면 1인당 GDP는 3,600불에 정도에 해당된다.

모로코의 주요 산업은 인광석 채굴 및 가공, 식량 가공, 가죽 제품, 섬유, 건설업 및 관광업이다.

모로코는 부존 에너지 자원이 거의 없으며 석유와 석탄 등 에너지 수요의 90% 정도를 수입에 의존하고 있다. 1998년 모로코의 1차 에너지 소비량은 9.34백만toe(ton oil equivalent)이며, 일인당 일차 에너지 소비량은 0.34toe으로 우리나라 일인당 소비량의 약 1/10 수준이다.

모로코의 일차 에너지 소비량을 원별로 보면 석유 66.6%, 석탄 27%, 신재생 4.5%, 수력 1.6%, 가스 0.3%를 점하고 있다. 1998년 모로코의 전력 소비량은 14.27

TWh이며 일인당 전력 소비량은 514kWh로 우리나라 일인당 소비량의 약 1/9 수준이다. 모로코의 전력은 모로코 전력공사(ONE)가 90%, 민간 회사가 10%의 전력을 공급하고 있다.

1998년 모로코의 발전 시설은 화력이 84%, 수력이 16%를 차지하며, 전력 소비량 증가율은 최근 연평균 7%에 이르고 있다.

2. 원자력 이용 개발 현황

모로코의 원자력 관련 주요 정부 기관은 고등교육과학부와 에너지광물부이다. 에너지광물부 산하에는 수자원공사(ONEP)와 전력청(ONE)이 있으며, 이 중 ONEP는 해수 담수화 사업의 타당성 연구 및 사업 계획을 수립하고 ONE는 발전소 건설 운영 업무를 담당한다.

1) 구매력 평가(Purchasing-Power Parity) 기준 GDP는 각국의 통화 단위로 산출된 GDP를 단순히 달러로 환산해 비교하지 않고 각국의 물가 수준을 함께 반영하는 것이다. 각국에서 생산되는 상품·서비스의 양과 물가 수준까지 감안함으로써 소득을 단순히 달러로 표시한 GDP와 달리 실질 소득과 생활 수준까지 짚어볼 수 있는 수치다. 이 경우 생필품 가격이 상대적으로 싼 저개발 국가들의 GDP가 상대적으로 높아진다.

〈표 2〉 모로코의 원자력 관련 주요 기관

| 기관 | 약어 | 정식 명칭(불어/영어) |
|------------|---------|------------------------------------------------------------------------|
| 고등교육과학연구부 | MESRS | Ministry of High Education and Scientific Research |
| 에너지광물부 | MEM | Ministere de l' Energie et des Mines Ministry of Energy and Mines |
| 수자원공사 | ONEP | Office National de l' Eau Potable National Office of Postable Water |
| 전력청 | ONE | Office National de l' Electricite National Office of Electricity |
| 원자력과학기술연구소 | CNESTEN | National Center for Nuclear Energy, Sciences and Techniques |

고등교육과학부 산하의 원자력과학기술연구소(CNESTEN)는 방사성 동위원소 응용 부문의 연구를 중심으로 상업 원자력 도입 타당성 조사를 위한 기술 지원, 원자로 계산, 중소형로 및 차세대 원전 동향 분석, 해수 담수화 관련 연구 등 원자력 분야의 기술 지원을 하고 있다.

2001년 현재 CBESTEN은 리바트에서 20km 정도 외곽에 위치한 Maaora 지역에 원자력연구센터(CEN)를 건설중에 있으며, 이의 일환으로 열출력 2MW급의 TRIGA 연구로를 미국과 프랑스의 지원하에 설치중에 있다.

모로코는 에너지 해외 의존의 심화, 환경에 미치는 화력 발전의 부정적 영향, 이용 가능한 수력 발전의 한계, 빈약한 부존 에너지 자원 등을 감안하여, 원자력 발전을 전력 문제를 해결할 수 있는 방안의 하나로 고려하여 왔다.

이에 따라 모로코 전력청은 원전 도입을 위한 부지 및 타당성 조사를 1984년부터 국제원자력기구 및 프랑스 SOFRATOM의 지원하에 수행하였다. 부지 및 타당성 조사를 1998년 완료되었으며 모로코 정부는 Sidi Boulbra에서 원자력발전소 부지를 선정하게 되었다.

현재 모로코 전력공사는 600MWe급 또는 그 이하 규모의 원자력 발전소를 2010~2015년 경에 도입하는 것을 목표로 한 타당성 조사

결과 보완 작업을 국제원자력기구의 지원하에 수행하고 있다.

또한 모로코는 원전 1호기 도입을 위한 사전 계약 활동을 위한 작업도 국제원자력기구의 지원으로 수행하고 있다. 동 사전 계약 활동을 통하여 모로코 전력공사는 Sidi Boulbra에 원자력발전소를 건설하기 위한 공급자를 선정하기 위한 입찰 안내서를 준비할 예정이다.

1990년대 중반에 IAEA는 북아프리카 지역의 식수 공급을 위한 원자료를 이용한 담수화 가능성을 조사하면서 모로코의 산업 능력을 조사한 바 있다.

이에 의하면 모로코는 규모는 작으나, 상당히 발달한 제조업 능력을 갖춘 것으로 평가되고 있다. 많은 제조 업체들이 프랑스·벨기에 등의 외국 기업과 합작 형태로 운영하고 있으며, 관개용 펌프·밸브·공업용 보일러·회로 차단기·배터리 및 배전반 등을 생산하고 있다. 이들 제품에 대한 모로코의 국산화율은 50% 이상으로, 원재료인 철·강철 또는 합금 등이 국내에서 생산되지 않는 점을 고려하면 국산화율

이 높다고 할 수 있다.

3. 해수 담수화 사업

1970년대 말부터 주기적으로 반복되는 가뭄으로 물 부족을 겪고 있는 모로코는 수자원 확보 방안의 일환으로 원자력을 이용한 해수 담수화 계획을 고려하게 되었다.

현재 모로코에는 Laayoune 및 Boujdour 2개 지역에서 화석 연료를 이용한 해수 담수 시설을 가동중에 있으며, 그외 Agadir·Trantan 및 Essaouria 지역에서 해수 담수화 사업을 검토하고 있다.

물 부족 문제를 해결하기 위한 방안의 하나로 모로코는 1995년 7월 국제원자력기구에 지원을 요청하였고 이에 따라 소형 열생산용 원자료를 이용한 해수 담수 시범 생산 시설에 대한 예비 연구를 국제원자력기구의 기술 협력 사업의 틀 안에서 중국과 공동 사업으로 수행하게 되었다.

예비 연구에서 설계할 10MWt급 열생산 원자로의 설계는 중국 Tsinghua 대학의 INET(Institute of Nuclear Energy Technology)



에서 1989년부터 가동하고 있는 5MWt급을 바탕으로 하였다.

원자로와 결합될 담수 처리 시설로는 MSF(Multi-Stage-Flash) 방식과 MED(Multi-Effect-Distillation) 방식을 비교한 결과 열 소비율이 작고, 부식 및 스케일(scale)에 강한 MED 방식이 채택되었다.

이에 따라 모로코 에너지광물부와 중국 과학기술위원회는 1996년 9월 협력 협정을 체결하고 Tan-Tan 지역에 대한 공동 연구에 착수하여 1998년 11월 예비 연구를 완료하였다.

이후 모로코는 상용화 여부를 내부적으로 검토하여 오다가 2000년 6월에 동 원자로의 도입을 중단하는 것으로 국가 방침을 결정하였다.

한편 원자력을 이용한 해수 담수화에 관심을 가지는 국가가 증가함에 따라 국제원자력기구는 이들을 지원하고 이들 국가간의 협력을 증진하기 위한 기술 협력 사업에 착수하였다.

1999년 시작된 지역간 협력 사업의 명칭은 「Integrated Nuclear Power and Desalination System Design(INN/4/134)」으로 해수 담수 및 발전 목적으로 사용할 수 있는 소형 원자로와 결합된 원자력 담수 시스템을 위한 최적화된 모델을 수립하는 것을 목표로 하고 있다.

이러한 기술의 개발에 관심을 표명하고 있는 국가로는 우리 나라·모로코·아르헨티나·중국·이집트·인도·인도네시아·러시아·남아공·시리아·튀니지 등이 있다.

IAEA는 현재까지 파악된 잠재적인 최종 이용자들의 구체적인 요구에 근거하여 2001년부터는 최종 이용자들이 타당성 연구에 착수할 수 있도록 본 기술 협력 사업을 관리해 나갈 것이며, 기술 제공자들은 IAEA를 통하여 타당성 연구를 지원하게 된다.

타당성 연구가 완료되면 최종 이용 각국의 구체적인 조건을 고려한 원자력 열병합 발전 최적의 후보 조합을 도출할 수 있을 것으로 기대되며, 의사 결정자들에게 다음 단계의 이행 계획을 위한 합리적인 근거를 제공할 것으로 전망된다.

한국·모로코 원자력 협력 및 추진 방향

이상과 같은 모로코 원자력 기술 개발 상황과 2001년 6월 우리나라를 방문한 모로코 대표단의 의견을 종합하면, 우리나라가 모로코와 최우선적으로 협력할 수 있는 분야로는 중소형 원자로를 이용한 해수 담수화 사업, 원자력 인력 양성 및 교육 체제 수립, 국가 원자력 정책 지원 기반 수립 분야를 들 수 있다.

해수 담수화 사업은 우리 나라의

입장에서는 개발중인 SMART 원자로의 수출 후보국으로서 모로코와의 적극적 협력이 필요하며, 모로코는 점증하는 담수 수요를 공급하기 위해서는 대용량보다는 중소형의 다목적 원자로의 도입이 필요한 상황이다.

원자력 인력 양성 및 교육 체제 수립은 모로코의 원자력 전공 대학 과정을 강화하기 위하여 모로코측에서 한국과의 협력에 관심으로 긍정적인 효과를 낼 것으로 기대된다.

국가 원자력 정책 지원 기반 수립은 모로코의 국가 원자력 정책 수립에 필요한 전문 분석 조직 구성과 그 운용 방안을 확립하기 위한 것으로, 기 축적된 우리나라의 경험을 활용할 수 있고 향후 모로코 원자력 정책 수립 지원을 위한 중심 인물들과 직접 교류할 수 있는 경로를 개척한다는 측면에서 우리 나라에도 유용한 분야라 할 수 있다.

상기 중점 추진 분야 이외에도 연구로 원자로 운전 및 이용, 동위원소 생산, 원전 도입 타당성 조사 등의 분야도 추가적으로 협력을 추진할 수 있는 분야로 고려할 수 있다.

연구용 원자로의 운전, 이용 분야는 우리나라가 이 분야에서 이미 아시아 지역 국가들의 선도 역할을 하고 있으므로 연구로 시운전 및 실험 기기 설치 제작 등에서 협력할 수 있을 것으로 전망되며, 장차 원자로 시장 진출을 위해 우리의 기술

력을 인정받을 수 있는 거점으로 작용할 수 있다.

동위원소 생산은 모로코가 핵화학 진단용 동위원소 kit의 제작에 관심을 가지고 있으므로, 이 분야에 대한 우리의 경험을 전수할 수 있고, 상업적 생산 시설의 설치를 모로코측에서 희망할 경우에는 우리의 기술 특허를 유상으로 제공할 수 있을 것으로 전망된다.

원자력발전소 도입 타당성 조사 지원은 원자력발전소 수출을 위한 사전 활동으로 필요하며, 한국전력 등에서 입찰 안내서 작성 및 입찰 평가 등을 협력할 수 있을 것이며, 향후 우리 나라가 단독으로 외국 기업과 공동으로 모로코 시장에 진출하기 위한 초석이 될 것으로 전망된다.

모로코와의 원자력 분야의 기술 협력을 정착시켜 나가기 위한 수단으로는 양국간 원자력 협력 협정의 틀 안에서 구체적 계획이 수립·시행되는 것이 바람직하다.

모로코가 지리적·언어적·문화적으로 우리 나라와 가장 멀리 떨어져 있는 국가들 중의 하나라는 점을 감안하면 우리의 협력 전략은 모로코가 우리 나라에 대한 관심을 지속적으로 유지시킬 수 있게 추진되어야 할 것이다.

따라서 실무 차원에서는 기관간 협력 약정을 체결하여 인력 및 정보 교류를 위한 기반을 마련하고, 협력 초기에는 우리 나라는 기술 공여국

의 입장에서 가능한 모로코의 비용을 최소화하는 쪽으로 협력 전략을 설정하여야 할 것이다.

양국간의 협력을 비용 효과적으로 추진하는 수단의 하나는 국제원자력기구를 매개로 활용하는 방안이다. 국제원자력기구는 기술 협력 사업을 통하여 회원국의 원자력 기술 개발 활동을 지원하고 있으므로, 이를 활용하면 비용 절감 효과와 아울러 협력 성과에 대한 신뢰를 증진시킬 수 있는 이점이 있다.

이와 병행하며, 매년 정기적으로 개최되는 IAEA 총회에서의 양국간의 접촉을 통한 현안 토의 및 유대 강화도 양국간 협력을 강화할 수 있는 방안의 하나가 될 것이다. ☞

〈참고 문헌〉

1. Morocco energy oil information, January 2001, Energy Information Administration, (<http://www.eia.doe.gov>)
2. International Energy Agency, Energy Indicators per Country, <http://www.iea.org/stats/files/selstats/keyindic/nmc>
3. Moroccan Nuclear Research Center, IGORR NEWS No.11-1999, <http://www.frm2.tu-muenchen.de/e/igorr/igorr993.html>
4. IGORR NEWS No.11-

1999, Moroccan Nuclear Research Center, <http://www.frm2.tu-muenchen.de/e/igorr/igorr993.html>

5. 양맹호, 류진중, 「이집트 기술 조사단 출장보고서」, KAERI/OT-395/99, 한국원자력연구소, 1999

6. General Atomics to Construct New TRIGA Reactor in Morocco, <http://www.generalatomics.com/triga.tmorocco.html>

7. IAEA-TECDOC-898, Options identification programme for demonstration of nuclear desalination., IAEA, 1996

8. Nuclear Desalination of Sea Water, Proceedings of a Symposium, Taejon, Republic of Korea 26-30 May 1997, IAEA, 1997

9. IAEA-TECDOC-917, Potential for nuclear desalination as a source of low cost potable water in North Africa, IAEA, 1996

* 본 원고는 과학기술부 원자력 국제 협력 기반 조성 사업으로 수행한 「한·모로코 원자력 협력 기반 조성 사업」의 연구 내용을 중심으로 정리한 것이다.