

# 韓半島 原子力事業의 懸案課題

정근모  
아주대학교 석좌교수

북한의 2개 핵시설에 대한 의도적인 보고누락과 제출자료의 기술적 불일치성에 관한 국제원자력기구(IAEA) 사찰보고에 따라 취해진 IAEA 집행부의 특별사찰요청거부와 핵확산금지조약(NPT) 탈퇴로 이어지는 일련의 사태로 빚어진 한반도의 핵환경은 보다 국제적인 관심사가 되었다.

각국의 전문가와 정부기관에 의해 공표된 많은 자료를 언급하지 않더라도 이제 북한의 핵개발은 핵무기 생산을 위한 것이라는 사실을 부인할 수 없다. 이는 핵무기 확산 금지에 동의하는 국가들과 동북아 안전보장에 심각한 위협이 되고 있다. 북한의 핵무기 확보는 日本의 원자력정책에 영향을 줄 것이고 나아가 中國의 무력증강과 극동에 배치된 러시아 군사기지에 다량의 핵무기 출현을 유도할 우려가 있다.

결국 북한의 모험은 충분한 기술과 플루토늄을 보유하고 있는 日本의 자제력에 충동을 가함으로써 국제평화와 핵안보에 관한 커다란 변수로 작용할 가능성이 크다. 우리는 中國과 러시아가 보다 적극적으로 북한의 핵개발을 저지시키고 NPT 탈퇴철회를 유도할 수 있도록 영향력을 발휘해 주기를 진심으로 바라마지 않는다.

우리 한국은 1975년 NPT 가입 이후 지속적인 일관된 비핵화정책을 유지해 오고 있다. 따라서 한국의 원자력 연구개발은 원자력발전은 물론 동위원소의 산업적 이용 등 원자력의 평화적 이용에 집중되었으며 오늘 이 회의에서 또한 한국의 원자력발전 기술개발과 관련

된 많은 기술적 논의가 있을 것으로 기대한다.

현재 우리나라는 김영삼 대통령의 강력한 지도력 아래 조화있고 효율적인 경제발전을 이룰 수 있도록 진력하고 있으며 이는 창의적인 과학기술의 발전기반 위에서 가능한 것이다. 우리 원자력계도 신한국으로 창조되는 개혁의 새물결에 동참함에 있어 장기적인 안목으로 대처해야 할 문제점을 생각해 볼 필요가 있다.

특히 북한의 핵문제와 연계하여 국내의 원자력기술 수준과 정책이 보다 민감한 국제적 관심사로 부각되고 있기 때문에 오늘은 한국 원자력계가 지난 30년 동안 축적하여 온 기술의 실체를 조명하고 한반도 핵환경의 현실과 변화에 대비하여 우리 원자력계가 앞으로 하여야 할 일에 대해 생각하는 시간을 가질까 한다.

## 원자력개발의 실적

우리나라 원자력개발의 역사를 사건 중심으로 돌아보면 결코 선진국에 뒤떨어지지 않는다. IAEA 가입시기는 동 기관의 창설과 같은 해인 1957년으로 불과 10일 후의 일이고 비록 2차대전 후 패전 당시국의 국제적 입지를 고려하여 당시 보유 기반기술의 수준과 원자력 기술개발 착수시기가 일치하지는 않았지만 1958년 우리나라가 도입결정한 연구용 원자로 TRIGA Mark-II의 가동시기는 독일, 日本과 거의 같다.

상업용 원자력발전이 긴 검증기

간을 요한다는 점을 감안하면 1971년 고리 1호기의 도입결정은 획기적인 사건이다. 왜냐하면 실증로서 캐나다의 Douglas Point가 1968년, 프랑스의 EDF 1이 1969년 가동을 시작했고 프랑스가 첫 PWR을 웨스팅하우스社로부터 도입하기로 결정한 시기가 1971년이기 때문이다.

1978년 4월 고리 1호기가 상업가동을 시작한 이래 한국의 원자력발전은 급속도로 신장되었다. 1991년 말 현재 총전력설비용량의 36.07%에 해당되는 7,616MW의 원자력발전 설비가 운전되고 있으며 연간 발전량은 563억kWh로서 점유율 47.5%를 기록하고 있다(그림 1). 신규설비의 건설 또한 순조로워서 1989년에 시작된 영광 3, 4호기(1,000MW PWR)는 1995년과 1996년 3월에 각각 운전에 들어갈 것으로

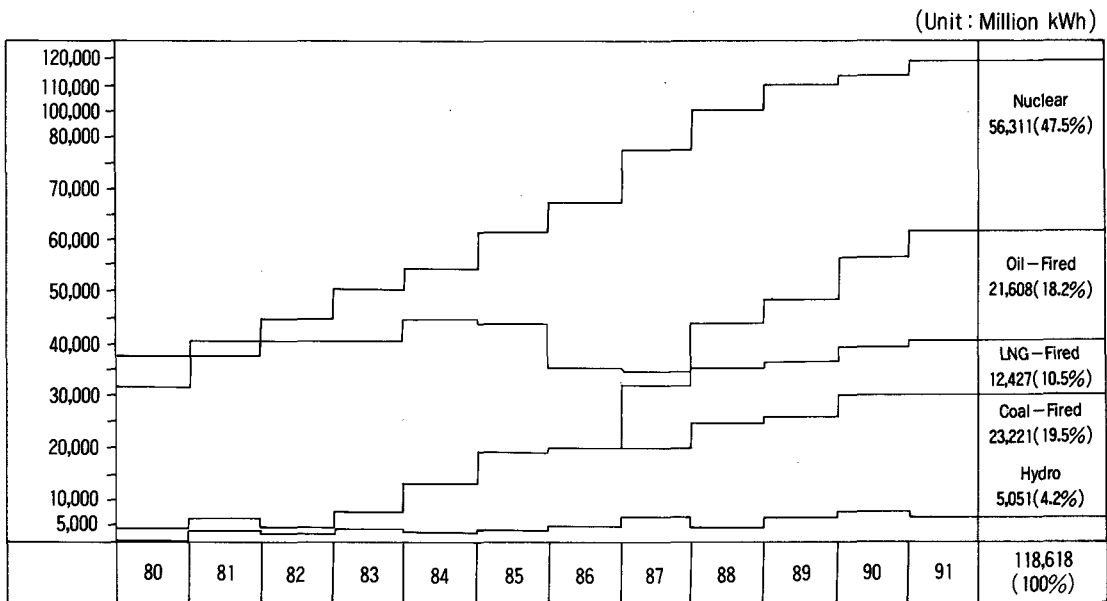
예상되며, 1991년 10월에 착공된 월성 2호기(700MW CANDU)도 1997년 6월이면 완공될 것이다. 가장 최근에는 시작한 울진 3, 4호기(1,000MW PWR)와 월성 3, 4호기(700MW CANDU)가 완료되는 2001년에는 총시설용량이 13,600MW를 초과하는 핵심 원자력발전 국가로 인정받게 될 것이다.

가동실적을 보면 1986년부터 91년에 걸친 5년 동안 9개기의 평균 가동률이 70%를 넘었으며 1991년에는 84.4%로 세계 평균치보다 무려 10%를 상회하는 좋은 운전효율을 기록하고 있다. 특히 월성 1호기는 1985년에 이어 91년에도 98%의 가동률로 세계 1위를 기록한 바 있다. 이러한 성과는 우수한 설계와 건설기술 뿐만 아니라 한국의 원자력발전 운전, 보수유지기술이 국제적 수준에 있다는 점을 반영한

것이다.

기술자립 측면에서도 상당한 외형적 발전이 있었음을 자부할 수 있다. 이미 우리 손으로 설계, 제작된 핵연료들이 설계연소도를 만족한 뒤 저장 풀에서 추후의 사명을 대기하고 있고 영광 3, 4호기에 이어 울진 3, 4호기는 우리 기술자의 손으로 엔지니어링이 순조롭게 진행되고 있다. 그러나 이러한 성과는 통계적인 기술자립도이지 진정한 의미의 우리 기술이라고 결론짓기에는 부족한 점이 많다.

북한은 1974년에서야 IAEA에 가입하는 등 국제무대에서의 활동은 상당히 소극적이었으나 이미 1950년대 후반부터 옛 소련, 옛 체코 등 동구권에 기술자를 파견하여 기초훈련을 쌓아왔고 1965년에 건조된 것으로 발표된 2MW급 IRT 연구용 원자로를 우리나라가 1972



〈그림 1〉 Power Production Ratio by Facilities

년에 운전을 시작한 TRIGA Mark-III와 동급으로 우리보다 7년 앞선 셈이며 1980년대 중반에 두 차례에 걸쳐 각각 4MW 및 8MW로 출력증강 개조한 기록이 IAEA 자료에서 발견할 수 있다. 이와 같이 IRT가 재료시험로의 기본요건을 갖출 수 있도록 Upgrade된 시기가 북한이 주장하는 5MW급 시험발전로의 가동시점인 1986년 전후인 점은 의미가 크다고 생각된다. 즉 북한의 핵개발은 이미 세계가 에너지위기로부터 거의 완전히 회복된 시기인 80년대 초에 갑작스럽게 본격적으로 시작되었다. 여기서 우리가 북한의 핵문제에 관하여 우려하는 사항은 그들의 원자력기술 개발 속도, 방법 및 절차에 문제점이 있다는 점이다.

또한 북한이 주장하는 노형전략에 문제점이 있다. 천연우라늄 혹은 천연감속 가스냉각 개념은 원자력 후발국가 핵무기개발에 필요한 시설을 갖추기 위해서는 기술적 애로가 가장 적은 원자로임에 틀림이 없다. 그러나 이 개념으로 출력밀도가 높은 경제적 상업로가 되기에는 오히려 더 고차원적인 기술적 난관을 극복해야 한다. 우선 다양한 다중안전장치 적용이나 흑연의 열적특성에 맞는 효과적인 비상노심냉각방법의 모색에 집중적인 검증연구가 선행되어야 했다. 노심용융을 방지하고 방사성물질이 가두어 놓을 수 있는 ESF(Engineered Safety Feature)나 격납용기기술의 중요성은 체르노빌사고로부터 확고부동하게 입증된 안전요구사항이다. 문제는 북한이 건설중인

200MW급 발전로의 방사성물질량은 이와 유사한 사고시 우리 한국을 포함한 극동지방 즉 日本, 中國, 옛 소련 동부지역까지 방사선피해 위험지역으로 만들 수 있는 양이라는 것이다.

이제 원자력기술 개발에 있어 우리 한반도에는 매우 상이한 두 유형을 볼 수 있다. 즉 이미 오래전에 원자력선진국들이 포기한 개념을 폐쇄적인 자력연구개발에 의존하면서 성급하게 실용화하려는 북한의 Bottom-up 기술개발전략과 검증된 상용기술을 도입하여 이를 소화, 발전시키는 도입기술 토착화라는 한국의 Top-down 기술개발전략이 공존하는 셈이다.

### 현안과제

현재 북한에서 진행되고 있는 원자력기술 개발은 한국의 그것과는 뚜렷하게 다른 성격을 띠고 있음을 이해하였다. 가장 중요한 문제는 당연히 북한이 NPT의 오타리 안으로 다시 들어오도록 설득해야 한다. 북한의 핵무기 개발의도는 위험한 도발행위이다. 북한이 지금도 플루토늄 생산을 위한 원자료를 가동중이고 플루토늄 추출을 위한 재처리작업을 시도하였으며 고성능 기폭장치를 시험한 흔적이 있으므로 플루토늄 원자무를 가공조립할 능력을 갖추어 가고 있다고 믿는다. 얼마 안가서 조잡한 핵무기로 무장한 북한은 동북아의 핵경쟁을 유발시킬 것이다. 북한의 이와 같은 불법적이고 위험한 계획이 기술적으로 실현가능한 단계이기 때

문에 전세계가 규탄하는 것이다.

IAEA 특별이사회는 금년 4월 1일 북한문제를 유엔 안전보장이사회로 이첩하였다. 북한에 석유와 식량을 공급하고 있는 中國이 북한에 대한 제재조치에 앞서 외교적 해결책을 주장하고 있다. 러시아는 북한문제에 대한 IAEA 방안을 초안한 핵심국가 중의 하나이기 때문에 북한 제재에 이의가 없을 것으로 예상되나 中國의 이와 같은 자세가 앞으로 유엔이 취하게 될 조치에 결정적인 영향을 미칠 것으로 예측된다. 그러나 中國이 국제적 여론을 따르게 될 때에는 북한은 외부로부터 에너지와 식량공급이 중단되는 치명적인 제재로부터 오래 견디기는 힘들 것으로 본다.

현재 북한 내에서 득세하고 있는 것으로 관측되는 강경파가 쇠퇴하고 자연적으로 온건파로 권력이동이 일어날 경우 국제적 압력과 경제제재 조치하의 북한 내부에서는 심각한 권력투쟁이 발생할 것이다.

핵 카드를 정치적, 경제적, 외교적 협상에서 가장 강력한 무기로 이용할 수 있다고 믿고 있는 북한 권력층은 김정일 후계구도의 보다 확고한 기반을 구축하고 미국과의 직접 외교통로를 공식화할 수 있는 가능성과 日本, 한국으로부터의 경제원조를 유도하는데 이를 적극 활용할 것이 분명하다. 이를 위해 북한 정부는 촌각을 다투는 필사의 노력을 경주하고 있는 것이다. 우리는 中國의 협조를 얻어 북한을 NPT에 다시 가입토록 촉구하고 나아가 미국, 日本, 中國과의 협력을 통해 북한 핵시설의 불안전성과 핵

무기로부터의 위협에서 영원히 벗어날 수 있도록 노력하여야 할 것이다.

우리나라는 현재 원자력기술 발전의 전환점을 맞이하고 있다. 규모면에서 볼 때 세계 7대 원자력발전 국가로의 진입 문턱에 와 있으나 기술자립 혹은 기술 연계성에 대해서는 아직 기술적으로나 구조적으로 해결되지 못한 고차원적 문제가 남아 있다. 다시 말하면 「우리가 설계하고 있는 발전 시스템의 기술사항들을 총괄하여 결정할 능력이 있는가」, 「우리가 제작한 핵연료나 발전설비에 문제가 생길 경우 종합적 해결책을 마련할 수 있을 만큼 체계화된 우리 기술이라고 할 수 있는가」, 「운전중인 발전소의 이상진단이나 운영관리기법은 우리의 경험에 근거하여 확립되어 있는가」, 「방사성폐기물 처리, 처분, 저장계획은 얼마나 치밀하게 수립되어 있으며 사업추진에 필요한 기술적 준비사항은 어떠한가」하는 문제에 대한 명확한 답변이 아직 어렵다.

우리나라가 이러한 분야에서 문제점을 예견하고 적절한 기술적 해결방법을 강구할 수 있는 능력을 갖추는데 보다 나은 수준에 와 있어야 한다고 생각한다. 1990년 가을 당시 이미 발표된 2종의 보고서에 기초한 원자력발전종합계획을 수립한 적이 있다. 즉 아주대학교 에너지시스템 연구센터가 동력자원부의 지원으로 수행한 「2000년대 원자력 전망 및 대처방안 수립에 관한 연구」와 한국원자력연구소가 종합한 「원자력기술의 전략적 개발

을 위한 심층조사연구」이다. 그러나 불행하게도 의욕적으로 추진하여온 종합계획이 완성되지 못한 채 중단되었다. 우리는 1990년에 시작한 이 작업을 다시 살려 지속적으로 발전시킴으로써 원자력에 종사하는 개인이나 기업들에게 투명하고 합리적인 목표를 제시해야 할 것이다.

먼저 후행핵주기와 관련된 문제를 조속히 해결하여야 한다. 그렇지 못할 경우 머지않아 현존 설비들은 사용후연료와 방사성폐기물로 포화될 것이다. 이와 연계하여 고리 1호기와 월성 1호기의 수명연장에 관해서도 관심을 집중해야 한다. 이들 두 시설은 우리나라 경제 발전에 크게 기여하여 왔지만 이제 설계수명에 다가가는 속도가 점점 빨라지고 있다. 수명연장을 위한 준비는 상당한 시설과 시간을 요구하는 연구개발과제로서 제염기술과 교체기술이 병행되어야 한다.

고리발전소 부지내에 폐기물 저장현황은 91년말로 사용후연료가 저장능력 2,974다발의 42%인 1,253다발, 중저준위 방사성폐기물이 저장능력 27,200드럼의 94%인 25,514드럼이 발생되었다. 이제 불과 10년을 운전한 월성 1호기의 사용후연료는 저장능력 80,736다발의 52%인 41,842다발이 누적되었다. 발전소의 폐기나 수명연장을 위한 부품교체가 이루어질 경우 문제는 더욱 심각해진다.

## 정책방향

장기정책 수립에서 핵심적인 문

제점은 다음의 5가지로 요약할 수 있으며 이들 문제점의 중요성에 비추어 볼 때 보다 집중적인 연구와 토의가 있어야 하겠다.

먼저 무엇보다도 북한 핵시설과 동북아시아에서의 핵물질 비축에 대한 궁극적인 해결책을 강구해야 한다. 그래서 다국적핵시설(Multinational Nuclear Facilities, MNF)이나 국제플루토늄저장고(International Plutonium Storage, IPS)와 같은 시설의 운영에 대한 방안을 제안한 바 있다. 특히 국제핵연료주기평가(International Nuclear Fuel Cycle Evaluation, INFCE)사업을 통해 MNF나 IPS에 관해 수행된 국제공동연구를 참조할 것을 주장한다.

두번째로 우리는 원자력발전의 안전성 향상에 관해 보다 현실적이어야 한다. 안전성은 주관적, 상대적, 관념적, 통계적 성격을 띠고 있기 때문에 지금까지 Cost-Benefit 개념에 의해 다루어져 온 것을 개선해야 한다. 최소한 앞으로 10년 동안은 운전중인 원자력발전소의 대다수가 현재의 안전기준에 의해 설계된 것이고 더욱이 과거 덜 엄격한 안전기준에 설계된 구형 시설이 노후됨에 따라 안전성 문제가 더 커지기 때문에 가중치를 고려하면 앞으로의 안전성연구는 신형원자로에 관한 연구보다는 기존 발전로의 안전성에 보다 집중해야 한다는 결론에 도달한다. 따라서 우리가 당면한 안전성 향상의 실질적인 연구를 위해서는 광범위한 운전이력, 보수기록자료를 수집, 체계화하고 종합분석하여 불시의 고장을 예

방하는 예방보수기술의 확립이 우선되어야 한다. 지금까지 마련된 기술자료야말로 안전성 향상 뿐만 아니라 수명연장에 유효하게 쓰여질 우리 기술이기 때문이다.

세번째로 원자력의 경제성우위 입증에 대한 도상훈련을 종료하고 실질적인 경비절감(Cost Reduction)연구를 수행해야 한다. 화력발전 전에 비해 원자력발전이 경제적이다라는 논의는 이미 설득력을 잃어가고 있다. 국내외에서 발표된 자료에 의하면 원자력이 화력에 비교할 때 발전원가가 4~5% 낮은 것으로 나타나는데 이는 가정조건의 불확실성을 고려하면 의미가 박약하다는 주장이 있다. 화력발전의 탈황기술이 완전 실용화되면 원자력의 환경문제에 대한 상대적 우월성도 큰 설득력을 갖지 못할 것이다.

원자력이 경제적 경쟁력에서 우위를 유지하기 위해서는 건설공기의 단축이 불가피하다. 총사업비의 15% 이상을 차지하는 건설자의 획기적인 감축을 24시간 노동을 강요하는 방법에만 의존할 수는 없다. 설계의 표준화, 공법의 개발, 장비의 개선 등 기술적으로 해결하는 것이 효과적이다.

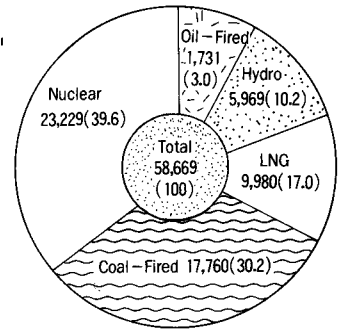
넷째로 핵주기정책에 관한 심도 있는 검토이다. 알다시피 우리나라는 경수로와 중수로가 균형을 이룬 유일한 나라이다. 장기전원개발계획에 의하면 2006년까지는 현재 건설중인 7기를 포함하여 18기의 새로운 원자력발전소가 세워지므로 총원자력발전시설용량은 지금의 3배인 23,230MW에 도달한다. 이중 12기는 PWR이 될 것이며 나머

지 6기는 CANDU형 PHWR이 차지한다. 이 계획은 GNP 성장률과 최대전력수요증가율을 1차 5개년(1992~1996)에 각각 7.5%와 8.5%로, 2차 5개년(1997~2001)에 6.0%와 6.0%, 3차 5개년(2002~2006)에 5.0%와 4.6%로 추정하여 수립되었다. 따라서 이 계획이 완료되면 우리나라 총전력시설용량은 58,670MW로서 이 중 39.6%를 원자력이 차지하는 셈이다(그림 2). 경수로와 중수로의 핵주기를 연계하여 진정한 의미에서의 미래 핵주기를 완성해야 한다.

다섯번째는 러시아 해군이 한반도 근해인 동해에 무절제하게 폐기한 방사성물질의 영향을 심각히 우려해야 한다. 러시아 당국이 발간한 백서에 의하면 과거 30년 동안 옛 소련 및 러시아 해군이 동북태평양해역의 10여군데에 쏟아부은 액체 방사성폐기물은 123,497m<sup>3</sup>에 달하며 폐기처분한 고체 방사성폐기물도 21,842m<sup>3</sup>에 이른다. 이 중 6군데는 한반도 부근이며 폐기물에 2기의 원자로도 포함되었다는 보고에 경악을 금할 수 없다. 우리는 빠른 시일안에 피해지역의 국가들이 협력하여 러시아의 무책임한 행위의 즉각 중지과 IAEA를 통한 국제조사를 추진하도록 촉구한다.

## 결 언

머지않은 장래에 우리는 북한의 영변과 태천에 세워지는 발전소를 PWR이나 PHWR로 대체하는 책임을 맡게 될지도 모른다. 현 시점에서 북한의 정책을 고려하면 이러



〈그림 2〉 Composition by Plant Capacities in 2006(Unit : MW, %)

한 가능성이 그리 높은 편은 아니지만 아무도 동구국가들의 공산정권의 몰락이 급속히 진전될 것을 예측치 못했던 점을 감안하여야 한다.

우리 원자력계는 급변하는 세계정세를 수용할 수 있는 만반의 태세를 갖추어야 하고 이러한 관점에서 조속한 원자력사업 장기종합계획의 확립이 요구된다.

원자력은 현대과학과 첨단기술의 조화있는 합성기술로서 창의적인 해결책과 기술발전의 무한한 가능성을 갖고 있다. 따라서 우리는 다른 선진국들이 밟아온 과정을 반복하기 보다는 새롭고 고유한 기술개발에 힘을 쏟아야 한다. 예를 들면 PWR과 CANDU 기술의 공존환경을 최대한으로 살릴 수 있는 연구개발을 추진할 수 있을 것이다.

이제 21세기를 눈앞에 둔 기술혁명시대인 90년대 중반에 들어서면서 우리나라 원자력사업의 장기적 건전성과 경쟁력을 기르기 위한 원자력기술능력의 균형된 발전을 위한 새로운 도전이 필요하다. 부단히 발전하는 첨단기술과 재래기술의 혁신을 수용함에 있어 축적된 경험자료의 효용성을 극대화하는 방향으로 종합적인 원자력기술개발을 기획하고 추진하여야 할 것이다. ▣