

특 집 2

원자력산업의 국제화

國內 原子力産業의 技術向上



임 옹 규
한국원자력안전기술원 원장
한국원자력학회 회장

최 근 미국은 NAFTA(북미 지역 자유 무역 협정) 비준안 통과 및 APEC(아시아 태평양 경제각료회의)정상회담의 성과에 힘입어 GATT가 7년간이나 교착상태에 빠져있던 우루과이라운드(Uruguay Round: UR) 현안의 제를 일괄 타결함으로써 지적 소유권 등을 포함한 여러 분야에서 개방화와 국제화 시대를 맞게 되었다. 이에 따라 소위 「기술의 무한 경쟁 시대」가 도래하게 된

것이다. 또한 UR 타결에 이어 신 GATT 체제(WTO)에서는 환경라운드(Green Round: GR)가 적극 추진될 전망이다. GR에서는 환경보존 및 오염에 대비한 각국의 정책이 강화될 것으로 예상되며 환경대책비용이 가격에 반영됨에 따라 우리 나라의 산업구조 및 무역정책에도 적지 않은 영향을 미칠 것으로 판단된다.

또한 이념에 의해서 지배되던 옛 소련 및 동구권이 붕괴되고 과

학기술에 바탕을 둔 경제가 세계를 지배하는 시대로 변화되고 있으며 세계각국은 자국의 이익을 극대화하기 위해 지역간 경제블럭화, 지적소유권의 강화 등을 통해 경쟁력 확보에 박차를 가하고 있다.

인류 문명의 발달과 더불어 에너지는 그 수요가 계속 증가하고 있는 반면 에너지자원의 주종인 화석연료의 매장량은 한계에 도달함으로써 에너지자원의 안정적이고 경제적인 확보가 세계 각국의 선결과제로 대두되고 있다. 에너지의 자립이 국가의 경제 발전 및 자주성을 좌우하는 결정적인 요인으로 평가되고 있는 국제적 현실을 감안할 때 부존자원이 빈약한 우리 나라로서는 고도의 기술집약적 에너지로써 원자력에너지의 활용이 불가피한 현실이며, 원자력산업기술의 자립은 에너지의 해외의존에서 탈피하고 국가 경제에 기여하는 매우 중요한 문제가 아닐 수 없다.

특히 북한의 핵개발 가능성에 따른 국제적 긴장 고조와 최근 중국의 핵실험으로 원자력의 군사적 이용 가능성이 새롭게 제기되고 있는 현 시점에서 선진국의 원자력 관련 기술 이전이 매우 민감한 사안으로 대두되고 있다. 이와같이 치열한 기술 경쟁에서 살아남는 길은 지속적이고 효율적인 기술향상을 통해 국제 경쟁력 우위를 확보하는 길 밖에 없다.

표 1. 국내 원자력 산업의 발전 단계

구 분	추진형태	주요내용
기초기술연구단계 (60~70)	- 연구용원자로를 이용한 기초실험, RI생산 등 - 원자력공학 관련 교육 및 연구	TRIGA MARK - II (62년 준공) TRICA MARK III (72년 준공)
국외기술습득단계 (71~83)	- 최초의 원전 국내 건설 - 외국업체의 일괄발주(Turn - Key Base)	고리 1호기(78년 준공) 고리 2호기(83년 준공) 월성 1호기(83년 준공)
국내기술참여단계 (79~89)	- 원전설계 및 건설에 국내업체참여 - 외국업체에 분할 발주(Non - Turn Key Base)	고리 3, 4호기(85, 86년 준공) 영광 1, 2호기(86, 87년 준공) 울진 1, 2호기(88, 89년 준공)
국내기술자립단계 (87~2000년도초)	- 국내업체 주도 - 외국업체 참여 - 중수로는 보완형으로 건설 추진 (월성 2, 3, 4호기 등)	영광 3, 4호기(95, 96년 준공) 울진 3, 4호기(98, 99년 준공예정) 표준형후속기(99년 이후 준공예정)
국내기술선진화 단계 (90년대 후반~)	- 핵심기술의 개량화 및 국산화 달성 - 해외시장 진출	개량형 후속기 (2006년까지 준공예정) 차세대원자로 (2006년 최초 준공예정)

본 고에서는 현재 과학기술처가 원자력학회를 통하여 수행중인 「장기원자력정책방향 설정연구 (1993)」의 연구결과를 중심으로 국내 원자력산업의 기술 현황 및 현 주소를 돌이켜 보고 치열한 기술경쟁에서 국제 경쟁력 확보를 위한 원자력산업 활성화 추진전략 및 우리의 대응책을 제시하고자 한다.

기술현황 및 분야별 추진방향

우리 나라의 에너지 소비는 1992년 현재 115.9백만 TOE(Ton Oil Equivalent)이며 원자력을 제외한 에너지 해외의존도는 93.

7%로써 지속적으로 증가되고 있는 추세이며, 전력 수급면에서 보면 발전시설 용량은 24,120MW이며 이 중 원자력 발전의 점유율은 43.2%로써 전년보다 0.4% 증가되었다.

돌이켜 보면 우리 나라는 1978년도에 고리원자력 1호기가 최초로 준공된 이래, 지속적인 원자력 개발 이용정책을 펼쳐나가 현재 총 9기 (PWR 8기, PHWR 1기)의 원전이 가동중에 있으며 7기 (PWR 4기, PHWR 3기)가 추가 건설중에 있다.

국내 원자력산업의 변천 과정을 살펴보면 크게 ① 기초기술연구단계, ② 국외기술 습득단계,

③ 국내기술 부분참여단계, ④ 국내기술 자립단계로 구분되며, 향후 핵심기술의 자립을 바탕으로 국제경쟁력있는 기술개발을 통해 해외시장 진출단계를 추진하여야 한다. 국내 원자력산업의 발전단계를 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1>에서 보는 바와 같이 초창기 해외의존형 일괄발주계약 형태에서는 기술자립 및 개발 효용성이 미미하였으나, 고리3, 4호기에 와서는 분할발주 형태의 사업추진을 통해 국내업체의 부분적인 사업참여가 이루어졌고 이러한 경험과 기술습득에 힘입어 영광 3, 4호기 이후부터는 국내주도의 원전건설체제와 기술능력을

확보하는 계기가 되었다.

지금까지 국내 원자력산업은 원자력발전소 엔지니어링, 원자로 계통설계, 원전연료 설계 및 가공, 원자로설비 및 터빈발전기 설계 및 제작, 건설 및 시공, 가동중 원전의 유지보수 등의 주요 분야에서 이룩한 기술자립 현황과 앞으로의 추진 방향을 요약하면 아래와 같다.

원자력발전소 계통설계

1987년부터 한국원자력연구소가 주축이 되어 영광 3, 4호기의 설계를 담당하고 있다. 이 과정에서 한국원자력연구소는 미국 Combustion Engineering 회사와 공동설계를 통하여 자체적인 기술을 축적하여 왔으며, 이를 바탕으로 3, 4호기의 설계는 독자적으로 수행하고 있다. 그러나 원자력발전소 계통설계의 연구기관인 원자력연구소가 효율적으로 수행하기 어렵다는 의견이 많이 대두되고 있어 점진적으로 연구와 사업을 독립적으로 분리하여야 할 것이다. 또한 필요하다면 노형전략에 맞추어 외국 유수설계사와의 합작도 신중히 고려하여 해외시장의 개발에 박차를 가하여야 할 것이다.

원자력발전소 엔지니어링

엔지니어링 기술진흥법에 의해 기술용역업이 등록제에서 신고제로 변환되어 외국인의 시장개방 및 투자가 가능하여 짐에 따라

핵심기술을 제외한 부분에 대해서는 민간기업의 참여를 통해 국제경쟁력을 갖는 자립형 기술용역 산업으로의 기술기반을 굳혀나갈 것이 필요하다.

원자력발전소 터빈발전기 설계, 제작 및 주기기 제작 분야

발전설비 일원화정책에 의해 한국중공업이 설계, 제작을 담당하고 있으나 「민자발전 추진방안」에 의거 민간자본에 의한 발전소 건설이 허용되면 민간기업의 참여폭을 넓히고 국제경쟁력을 향상시켜 원자력발전소 해외수출에 대비하여야 할 것이다. 그러나 한편으로는 아직까지 국내 기술이 완전하게 확보되지 않았고, 또 시장이 좁은 관계로 지나친 경쟁은 오히려 기술개발 입장에서 저해요인이 될 것이라는 우려도 있어 이런 문제들을 해결할 수 있는 방안을 집중적으로 연구하여 보다 효율적인 발전설비의 민영화가 이루어질 수 있도록 하여야 할 것이다.

원자력발전소 건설시공

민간기업의 조기 참여 및 경쟁을 통하여 거의 100%의 건설시공 기술자립을 이루었다. 그러나 원자력발전소 건설시공의 단축을 통해 경제성을 제고해야 하며 부실공사를 막기위해 원전 기술기준에 입각한 일관된 작업절차를 유지할 필요가 있다고 본다. 건설 및 시공의 편의성을 고려하기 위

해 초기 설계시부터 건설시공사를 참여시켜 시공의 노하우가 반영될 수 있도록 조직을 활성화하고, 또한 현장에서 설계가능한 부분적인 생산설계에 참여하여 공기 단축을 통한 가격경쟁력을 유지하는 것이 필요하다.

원전연료 설계, 가공

노형전략에 따라 원자력연구소 등 관계기관 간의 협력을 통해 필요한 연구개발을 추진하고 상업화를 통해 국산기술의 자립을 추진하는 동시에 원전연료의 수출을 이루기 위해서는 가격경쟁력이 있는 자립형 산업으로의 기술적 기반을 굳혀가는 것이 필요하다.

원전 보조기기 설계, 제작

국내 중소기업의 영세성으로 인해 활성화 되지 못하고 수입에 의존하고 있다. 정부주도의 특정과제 연구개발 자금등의 지원을 통해 기술력을 향상시키고 또한 원자력발전 산업 전문중소기업으로 계열화를 통해 전문업체에게 물량을 확보함으로써 중소기업을 활성화 시킬 수 있다. 중소기업은 특정한 분야의 보조기기를 제조하는 중소기업과 소프트웨어를 개발하는 중소기업으로 구분하여 육성되어야 할 것이다.

가동중 원전의 유지보수

발전설비의 대용량화, 정비기술 고도화에 능동적으로 대응하

표 2. 전략적 기술개발 추진분야

구 분	추진내용
원자로 노형 기술개발	노형전략에 따른 설계 및 기자재 관련 항목
원전연료 주기 기술개발	원전연료 설계, 제조 및 효율적 이용 관련 항목
방사성폐기물 관리기술개발	사용후연료, 폐기물관리 및 처리 처분기술, 수송 및 저장 관련 항목
원자력 안전성 확보기술개발	원자력 안전성 및 규제기술관련 항목
기타분야	방사선동위원소를 이용한 기술 및 신기술 개발관련 항목

기 위해 단순한 유지 보수의 체제를 벗어나 보수엔지니어링 분야를 보강하고 기기제작 전문 기술자를 활용하여 가격 및 기술경쟁력을 확보하여야 할 것이다. 높은 발전소의 이용률은 철저한 유지보수에 의존되므로 분야별 전문기업의 육성 및 민간기업의 참여를 적극적으로 유도하여 강화된 경쟁력을 갖출 수 있어야 할 것이다.

원자력산업의 기술개발 전략

국내 원자력산업의 기술향상을 위해 중장기적으로 추진해야 할 기본방향은 원자력 에너지의 안정적 공급을 위한 국내 고유의 핵심기술 개발과 그에 따른 국제경쟁력의 확보에 있다고 볼 수 있다. 이를 위해 전략적으로 기술개발이 필요한 분야는 체계적인 기술 수요의 평가를 통해 선정되어야 하겠지만 기본적으로 <표 2>와 같은 분야가 포함될 수 있을 것이다.

원자로 노형 기술개발

단·중기적으로는 경수로를 주종노형으로 중수로를 보완노형으로 하며, 장기적으로는 고속증식로를 개발하는 것을 목표로 하며 아래와 같은 전략에 의해서 기술을 개발 한다.

① 2006년까지는 경수로를 주종노형으로, 중수로를 보완노형으로 개발하며, 영광 3, 4호기의 원자로형을 유지 보완한다.

② 2006년 이후에는 차세대 경수로를 주종 노형으로, 개량형 중수로를 보완노형으로 하여 계속적으로 안전성과 경제성을 증진시켜 나가는 것을 목표로 노형전략을 추진해 나간다.

③ 고속증식로는 2025년 이후 상용화를 목표로 원전연료주기 전략과 연계하여 개발 연구를 수행해 나간다.

또한 2000년대 중반이후의 장기적인 관점에서 핵융합로의 기초연구도 첨단 과학기술의 개발이란 측면에서 기초적인 연구를 수행해 나간다.

원전연료주기 기술개발

경수로에 필요한 농축우라늄은 시장의 다변화 등을 통해 안정적 공급을 확보하며, 농축우라늄의 성형 가공은 기술개발을 계속 추진하여 원전연료의 국내공급비율을 높인다. 이와함께 경제성 향상을 위한 신기술의 도입 및 개발을 적극적으로 추진한다.

방사성폐기물관리 기술개발

자원 재활용 측면과 방사성폐기물의 양을 줄이는 환경적 측면에서 볼 때 그 필요성은 충분히 인정되나, 핵확산을 방지하고자 하는 국제정세와 한반도비핵화 선언의 정신에 비추어 현 시점에서 국내 재처리시설의 보유는 바람직하지 않은 것으로 판단된다. 따라서 이에 대한 보완책으로 단중기적으로는 해외에 위탁처리를 추진하며, 추출된 플루토늄은 국제관리하에 보관하거나 해외에서 원전연료로 가공하여 도입 사용한다. 이와함께 경수로와 중수로를 연계하는 DUPIC이나 고속증식로 시대를 대비하여 핵확산방지를 위한 원전연료주기 연구를 수행한다.

중·저준위 폐기물관리시설에 대해서는 이미 선진국에서 상용화되어 가동중에 있어 그 안전성이 충분히 입증된 시설임을 적극적으로 홍보하며 건설에 따른 지역사회 개발 방안을 마련하여 국민의 이해를 얻도록 하며, 이를 바탕으로 조속한 시일내에 처분

장 건립을 추진한다.

원자력 안전성 확보 기술개발

연구개발정책의 부재와 주관기관의 불분명성이 현재의 문제점으로 지적되고 있다. 이러한 문제점을 시급히 해결하여 안전성에 관한 연구가 국가적인 차원에서 본격적이고 체계적으로 추진되어야 할 것이다. 특히 중대사고 현상 및 규제 방안에 대한 연구, 확률론적 안전성 평가 기술개발 등이 중점적으로 수행되어야 할 것이다. 또한 국내외 산업환경 변화와 국제적 규제동향을 반영하여 현행 안전규제 제도도 개선할 필요성이 있다.

기타 기술개발

방사성 동위원소를 이용한 기

술개발분야도 다목적연구용 원자로가 완성됨에 따라 적극적인 기술개발을 통해 실용화를 달성함으로써 국민경제 발전은 물론 비원자력발전분야의 균형있는 개발이 함께 이루어지도록 해야 할 것이다.

원자력 산업의 활성화 대책

원자력 산업체제의 기반강화

국내 원자력 산업을 활성화 하기 위해서는 국가적 차원에서 원전 산업의 장기 정책 및 추진 계획이 뚜렷하게 설정되어야 한다. 이를 위하여 다음과 같은 사항들을 고려하여 정책수립에 적극 반영, 추진하여야 할 것이다.

첫째, 원전 산업체의 계열화와

민간기업의 참여를 확대하여 점진적인 개방을 유도하고 최적 경쟁체제를 구축해야 한다.

둘째, 우리 나라는 현재까지 주로 미국의 기술기준을 원자력발전소에 적용하여 왔으며 필요에 따라 프랑스, 캐나다의 기술기준을 일부 준용해 왔다. 그러나 도입국에 따라 기술기준이 일부 상이하여 일관적인 적용이 어려웠던 과거 경험을 교훈으로 삼아야 할 것이며, 특히 원전기술의 국산화와 해외 수출을 적극 추진하고 있는 현지점에서 볼 때 관련 법규 및 기술기준간의 합리적인 재조정이 필요하다고 판단된다.

셋째, 또한 원자력 안전성 확보의 중요성 측면 뿐만 아니라 더 나아가 외국시장 진출시 원전 수출국으로서 안전규제기술 지원이

표 3. 동아시아 국가들의 원전 도입계획

국 가 명	운 전 중 (용량 만kW)	건 설 중 (용량 만kW)	개 발 현 황
중 국	1기(3)	4기(300)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 건설중 원전 현황 <ul style="list-style-type: none"> - 대아만: 2 × 90만kW - 진산: 2 × 60만kW ○ 2015년까지 3,000만kW 도입 계획 (총 발전설비용량 중 6% 점유)
인도네시아	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2015년까지 60만~100만kW급 원전 12기 건설계획 ○ 원전도입계획 타당성 연구 추진(일본)
필 리 핀	-	1기(60.5)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1985년 건설이 중단되었던 원전의 건설을 재개
타 이	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ○ 타이전력공사 2008년까지 100만kW급 6기 도입 계획
베 트 남	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ○ 베트남 국가에너지위원회: 2010년까지 80-120만kW 원전 설비 도입 추진
이 란	-	-	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국으로부터 30만kW급 원전을 도입할 계획
파 카 스 탄	1기(13.7)	1기(30)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 중국으로부터 도입, 건설중

불가피한 점을 고려해 볼 때 안전규제 기술은 산업기술과 병행하여 체계적으로 개발되어야 할 것이다.

넷째, 원자력산업 활성화에서 또한 중요한 것은 국민 정서에 입각한 합의의 도출이다. 이를 위해서는 사업자뿐만 아니라 산학연이 연계하여 홍보 및 교육을 강화하고 투명한 원자력 정책을 시행함으로써 국민의 능동적이고 자발적인 합의의 도출이 필요하다. 또한 지역개발을 위한 각종 문화시설, 교육환경, 고용대책등이 고려되어야 한다.

국제기술 협력강화 및 원자력발전소 해외시장 진출

1995년도에 원자력 기술자립도 95%를 효율적으로 달성하기 위해 선진국을 포함한 세계 각국간의 기술협력이 절실히 요구되고 있다. 기술협력 방법도 정보교환 방식 등의 수동적인 형태를 탈피하고, 인적 교류를 대폭 강화한 실질적이며 목표지향적인 국제 공동 연구에 적극 동참할 필요가 있다.

우리 나라와 선진국과의 기술 협력은 주로 원자력발전소 도입과 관련한 안전성 확보, 운전기술 확보 및 핵연료 기술 도입을 위하여 추진되어 왔으나, 원자력 발전 기술이 어느 정도 자립단계에 있는 현 시점에서는 상호 대등한 입장에서 선진국들이 수행하고

있는 대규모 프로젝트에 인력과 재원을 과감히 투자하여 실효성을 최대화 하여야 한다.

한편, 인근 개도국 중 동아시아 지역에서는 원자력산업의 개발, 활성화에 대한 의지가 강하고 우리나라의 기술 자립 모델을 선호하기 때문에 국내 기술 자립에 따라 수출 여건이 조성될 것으로 보인다. 이를 위해 수출 대상국가들의 원자력 도입 계획을 분석하여 장기적이고 실질적인 기술전수가 추진되어야 할것이다.

〈표 3〉에는 동아시아 국가들의 원전 도입 계획을 보여주고 있으며, 기타 국가에서는 방사선의 산업 응용에 관한 기술 협력을 기대하는 나라도 있다. 이러한 국제적 추세에 보다 적극적으로 대처하기 위하여 우리나라는 종합적인 대외 협력체계를 재정립하고 이에 따른 협력 가능 분야도 적극 발굴하여야 한다.

맺 음 말

국내 원자력 산업의 활성화를 위하여 각 분야별로 축적된 기술과 경험을 바탕으로 개방화 및 국제화에 대비한 기술개발은 꾸준히 추진되어야 한다는 점은 정부를 비롯하여 산학연의 공통된 시각이다. 이를 위해 정부 주도의 종합적인 중장기 기술 개발 정책이 추진되고 있으며 2000년대 초반까지 효율적인 기술자립을 위해 전략적인 기술개발 추진 분야

의 선정 및 수행관리, 원자력 기술 인력의 소요 및 확보 대책, 투자 재원의 안정적 확보 및 운영 방안 등을 관련 기관의 충분한 협의를 거쳐 수립하고 있다.

그러나 보다 중요한 것은 국내 원자력산업의 활성화를 통하여 국제경쟁력을 갖추어야 할 것이다. 또한 21세기에 원자력발전소를 해외로 수출하고 밀려오는 외국 선진기술에 대항하기 위해서는 정부의 일관되며 강력한 장기 정책과 학계, 연구소, 민간기업의 적극적인 협조와 조정을 통한 기술개발만이 우리의 원자력 산업을 활성화 시킬 수 있는 유일한 전략이다.

또한 보다 자율적이며 경쟁력 있는 원자력산업이 되기 위해서는 전력사업자가 중심이던 산업 활성화를 위한 산업개편은 경쟁력측면에서 한계가 있을 것으로 예상되므로, 전문화 되고 특성화된 민간기업이 적극적으로 참여할 수 있도록 제도적인 대책이 마련되어야 한다.

마지막으로 고려해야 하는 사항은 원자력의 사회성을 고려하여 국민 정서에 입각한 합의의 도출이다. 이를 위해서는 사업자뿐만 아니라 산학연이 연계하여 홍보 및 교육을 강화하고 투명한 원자력정책을 시행함으로써 국내외의 신뢰를 확보할 수 있으며 국민의 능동적이고 자발적인 합의를 도출 할 수 있을 것이다.