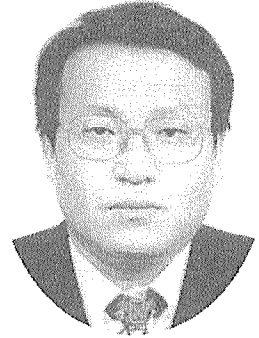


원전 기자재산업의 국산화 추진현황과 제고방안(上)



산업연구원 연구위원
경제학박사 정만대

1. 머리말

원전 기자재의 국산화는 수입대체와 무역수지 개선을 도모할 수 있고, 나아가서는 수출산업화를 기대할 수 있다. 즉, 국산화를 통하여 설계 및 제작기술의 해외의존도를 낮추고, 기술도입시에 보다 유리한 조건으로 도입할 수 있다. 후속 원자력 발전소를 건설할 때 비용절감을 도모할 수 있으며, 원전 운영비용 감소에도 크게 기여할 수 있다. 또한 지속적인 원전 국산화 추진으로 해외 원전 수주시 경쟁국 보다 유리한 입장에서 참여할 수 있는 장점이 있다.

일반적인 국산제품 개발은 투자에 대한 기대수익에 근거하여 기업이 독자적으로 추진할 수 있지만, 시장기능에 의해서 기술개발이 어려운 특정 제품의 개발에 대해서는 정책적 지원이 불가피하다. 특히 원전 기자재와 같이 고도기술을 필요로 하며 국산개발의 기술적 파급효과는 매우 크지만, 제한적 수요로 경제성 확보가 어려운 특성을 지닌 제품의 국산화는 정책적 지원이 요망된다.

우리나라는 고리 1호기 이후 20년만에 한국 표준형 원전인 울진 3, 4호기를 자체 건설할 수 있

을 만큼 자립기반을 구축해 왔다. 원전건설에 소요되는 기자재도 정부 및 한전의 적극적인 국산화 추진 노력과 업계의 기술수준 향상으로 원전 기자재의 국산화율은 지속적으로 높아지고 있다. 그러나 국내에서 생산되는 원전 기자재의 경우 핵심부품의 해외의존비율은 여전히 높은 실정이다. 원전 기자재 국산화 제고를 위한 효율적인 정책 추진을 위해서는 원전 기자재에 대한 정확한 국산화를 파악이 선행되어야 한다. 이하에서는 원전 기자재산업과 관련된 국내외 현황과 전망, 원전 기자재산업의 기술변화 추이 등을 고찰해 보고, 여러 측면에서 논의되고 있는 국산화율의 개념을 정립하여 본 연구의 국산화율 산정기준에 의한 원전 기자재의 국산화율을 분석하고, 원전 기자재 생산업체의 국산화 추진실태를 파악한다. 마지막으로 이를 토대로 효율적 국산화 추진방안을 모색해 본다.

2. 세계 주요국의 원전 기자재산업의 동향과 전망

가. 미국

미국의 원전 기자재 기술개발의 특징은 프랑스,

영국 등 유럽의 국가와는 달리 업체간 시장원리에 따라 자유경쟁체제로 기술개발을 해나가고 있다는 점이다. 정부는 원전 기자재산업에 대한 직접적인 지원을 하지 않고 국립연구기관을 통해 군사분야,

핵융합발전과 같은 미래 원자로나 첨단 기술 분야에 지원을 통해 정부의 연구개발 수요를 충족시키고 있다.

그리고 개량형 원자로와 같은 부문의 기술개발은

<표 1> 미국의 원전기자재 주요 부문별 기술개발 체계

부 문	주요 업체	비 고
1차 계통	Westing House, CE, GE, B&W	전적으로 민간 기업에 의해 공급되고 있으며 대형 원자력 1차계통 발전 기자재 업체는 관련 기술의 하드웨어와 소프트웨어를 동시에 보유하고 개발함.
A/E	Bechtel, Ebasco, Gilbert, TVA	전통적으로 건설회사에서 수행함.
2차 계통	Westing House, CE, GE, B&W	주로 1차계통 사업자가 수행
핵연료 설계 및 제작	Westing House, CE, GE, B&W	주로 1차계통 사업자가 수행

자료 : 日本原子力産業會議, 世界原子力發電開發 動向(1998年次報告書)

정부와 산업체가 공동으로 수행하는 등 광범위한 의미에서 연구개발체계가 이원화되어 있다. 이러한 현상 즉 유럽지역과는 달리 기술개발이 정부 주도가 아니고 이원화되어 있는 것은 미국의 전력회사가 초기에 민영화되어 경쟁체제에 있고 이에 따라 기자재 생산도 거의 전적으로 민간기업이 담당하고 있기 때문이다.

미국은 TMI 원전 사고 이후 국내 원전건설이 거의 중단된 상태여서 자국내 원전 기자재 수요는 없고 부분적으로 원전 수명연장 가능성 조치에 따른 유지, 보수에 필요한 관련 기자재의 부분 수요만 된다고 할 수 있다. 한편, 원전의 수명 연장은 1995년 미국 원자력 규제위원회의 규정 개정으로 가능해졌으나 최근 미국 전력시장의 규제완화, 자유화의 영향으로 전력시장의 경쟁이 격화되

고 있다. 이에 따라 경쟁력이 없는 일부 원자력 발전소는 당초의 운전 허가기간도 끝나기 전에 발전소를 폐쇄조치하고 있기 때문에 운전허가 연장에 따른 기자재 수요발생 효과를 상쇄시키고 있다. 이러한 국내 사정으로 미국내 원전 기자재 수요는 거의 없다고 볼 수 있고, 따라서 미국의 기자재 생산업체들은 원전건설 계획이 많은 중국을 비롯한 동북 아시아 지역의 국가들에 대한 활발한 해외진출을 통해 원전 기자재산업의 활로를 모색하고 있다.

나. 캐나다

캐나다는 국영기업인 캐나다 원자력 에너지공사(AECL : Atomic Energy of Canada, Ltd.)를

통해 원자력 기술개발 및 산업화를 강력하게 추진하는 일원화된 기술개발 체계를 구축하고 있다. 그 결과 미국 방식이라 할 수 있는 경수로 모형에서 벗어나 중수로형 독자모델 CANDU를 자체 개발하여 자국내는 물론 우리나라 등 외국에까지 기술과 기자재를 수출하는 성과를 올리고 있는 등 매우 공격적이고 활발한 기술개발을 추진하고 있다. 그러나 원자력발전 기자재에 대한 모든 기술을 AECL이 단독으로 개발하는 것은 아니고 원천 기술이나 기반기술은 관련 연구소나 대학에 의뢰하여 기술개발의 효율성을 제고시키고 있다.

상당기간 지속될 세계 원전 시장 침체에 대비하여 침체 상태를 벗어나기까지는 가동중 원전의 유지보수 서비스, 원전 연료 공급 서비스, 방사성 폐기물 처분관리 등의 분야에 주력하는 한편 전력산업 구조개편에 따른 대응책 마련을 하고 있다. 그러나 결국에는 기후변화협약과 관련하여 앞으로 있을 교체 및 신규전원의 필요성 때문에 세계 원전시장이 크게 확대될 것이 확실하다고 판단하고 있어 이에 대비하고 있는 중이다. 이러한 관점에서 캐나다 정부는 원자력 기술을 국가 전략적 산

업으로 책정하고 단기적인 경제성에 앞서 원자력 기술을 국가차원에서 유지해야 한다는 정책적 판단하에 연간 1억달러 이상을 AECL에 보조하고 있다.

다. 일본

일본의 원전 기자재의 기술개발체계는 국가 주도의 기술개발과 민간주도의 사용화라는 이원적 체계를 지니고 있다. 과기청 산하 원자력연구소(JAERI)와 핵연료개발사업단(PNC)은 기초 및 기반기술, 안전연구, 첨단기술 등을 중심으로 원전 기술개발을 주도해 나가고 있다. 이러한 기술을 바탕으로하는 민간기업이 기술의 응용, 상용화 및 산업화를 추진한다.

일본은 빈약한 부존자원 문제를 해결하고 나아가 기후변화협약에 적극적으로 대처하기 위한 방안으로 원자력발전의 확대를 계획하고 있다. 이에 따라 선진국으로는 보기 드물게 현재 원전 3기를 추진 중에 있고 새로운 3기를 계획하고 있는 등 매우 적극적인 원자력 발전 정책을 전개하고 있다.

〈표 2〉 일본의 원전기자재 주요 부문별 기술개발 체계

부 문	주요 업체	비 고
1차 계통	미쓰비시, 히다찌, 도시바	다원화된 체제로 전적으로 민간에서 수행하고 있으며 업체는 관련 기술의 소프트웨어와 하드웨어를 동시에 확보하고 있음.
A/E	미쓰비시, 히다찌, 도시바	1차 계통업체가 주로 수행하고 전력회사와 같이 수행하는 경우도 있음.
2차 계통	미쓰비시, 히다찌, 도시바	1차 계통업체가 직접 수행함.
핵연료 설계 및 제작	미쓰비시, 히다찌, 도시바	1차 계통업체와 자회사형태의 핵연료공급회사에서 수행함.

자료 : 〈표 1〉과 동일

그 결과 원자력발전 기자재 산업도 활성화될 것으로 기대되는데 일본 원자력발전 기자재산업의 주요 특징중의 하나는 지진이 빈번한 국토의 특성을 고려하여 내진설계를 비롯한 기자재의 안전도 제고에 많은 관심을 가지고 대규모 투자와 제도정비가 이루어지고 있다는 점이다.

라. 유럽

① 프랑스

프랑스는 정부의 강력한 뒷받침 하에 원자력 발전을 발전원의 중심전원으로 개발하여 왔으며, 내수시장이 미국처럼 크지 않기 때문에 안전성관련 연구 및 규제와 기술개발, 산업계 편성면에서 정책적으로 爐型 전략을 가압경수로형 원자로(PWR : Pressurized Water Reactor) 1개로 결정하고 多數基 반복건설을 통한 설계 및 기술수준 자립화를 추구하였다. 프랑스의 원전산업은 국영전력회사인 EDF, 프라마툼, 알스툼 등 3개 기관이 업무를 분담하여 추진해 왔다. EDF는 종합사업관리 담당, 프라마툼은 NSSS 설계 및 제작, 알스툼은 T/G 설계 및 제작을 담당하였다.

프랑스는 1999년 2월 기준 56기의 원전이 가동 중이고, 2008년까지 신규 원전을 건설하지 않고서도 전력수요를 충분히 감당해 낼 수 있다. 프랑스 원전의 경우 안전 운영과 수명이 끝난 원자로의 폐기 처분이 중요한 과제로 부각되고 있다. 프랑스 원전은 운영자들간에 일관된 작업체제와 책임운영체제를 통해 안전성을 유지해 오고 있는 것으로 유명하다. 프랑스는 원전설비의 보유규모가 7,030만kW로 세계 2위 국이며, 건설중인 원전설비의 기당 용량이 약 153만kW로 나타나 대용량 원전설비의 실용화를 의미하며, 이는 효율이

나 건설비용면에서 훨씬 앞선 것으로 평가되고 있다.

프랑스 원자력 NSSS부문은 프라마툼으로 일원화되어 초기에는 미국 웨스팅하우스로 부터 기술을 도입하였으나 현재는 독자적인 프랑스식 PWR형 원자로를 개발하여 세계 유수업체들과 경쟁하고 있다. 프라마툼은 1958년에 설립되어 국영기업으로 운영되고 있으며, 매출액 대비 6%에 달하는 거액의 연구개발비를 투자하고 있는 기업이다. 프라마툼은 프랑스 정부, CEE, ANVAR 등으로 부터 지원을 받아 약 16년간 지속되어온 미국의 웨스팅하우스와 기술 제휴의 종료로 독자적인 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 구 소련의 체르노빌 사건, 미국의 스리마일 사건 등으로 인해 원전의 안전도에 대한 기술개발이 절실하다고 판단하여 1993년에 독일 지멘스와 각각 50%씩 출자하여 NPI라는 공동회사를 설립하여 개발 중이다.

프라마툼 그룹의 구성을 보면, FRMATOME S.A (반응로, 증기 발생기 등), JEUMONT ZND(주냉각펌프, CRDM(Control Rod Drive Mechanisms) 등), ATEA(연료취급기기 등), FTI(Nuclear Parts Center), NFM (reactor internals) 등이다.

프라마툼의 1998년 매출액은 27.5억 유로이고, R&D는 119 백만 유로로 나타났다. 프라마툼의 지역별 매출액 구성비를 보면 프랑스 국외 지역이 약 60%를 차지하고 있다. 프라마툼 에너지사업의 각 부문별 매출액 구성비는 다음과 같다.

원전 프로젝트와 관련하여 프라마툼은 다양한 기계기술과 용접기술을 확보하고 있다. 특히 원전의 주요 핵심 구성품인 원자로와 증기발생기를 제작하고 있는데, 1998년에는 8개의 반응로와 5개의 보수용 증기발생기를 인도한 실적이 있다. 프라마툼의 시장은 FRMATOME NPP나 모든

〈표 3〉

프라마툼의 분야별 매출액 구성비

(단위 : %)

Nuclear Fuel	Nuclear Service	Nuclear Operations
37	24	11
Mechanical Engineering		Nuclear Compoments
19		9

자료 : 산업연구원 내부자료.

PWR NPP라고 할 수 있을 정도로 경쟁력을 확보하고 있다. 프라마툼의 기술적 측면에서의 장점은 NPP 제조업자의 노하우, Process와 운영의 노하우, 교체가능성인터페이스, 설치, 피드백 경험 등에 있다. 프라마툼의 안전 측면에서의 강점은 설비 인증과 관련된 안전, 안전사례연구, 관련된 자료제시, 품질보증 등이다. 프라마툼의 물류 측면에서의 강점은 조달, 공급자 승인, 포장·수송·저장, 수출절차 등에 있다.

프랑스 알스툼의 경우 1993~1998년 수주실적 기준 송배전부문에서의 세계시장 점유율은 14.5%로 나타났다. 세계 주요기업들의 송배전부문의 세계시장 점유율을 보면 ABB 20%, 알스툼 14.5%, 지멘스 8%, 슈나이더 7%, 미쓰비시 6%, 히다찌와 도시바가 각각 5%를 차지하였다. 알스툼은 GIS(Gas Insulated Switchgear)와 Protection & Control 분야에서는 세계 1위, 에너지관리 시스템 분야에서는 2위, 송전용 HVDC 및 전력시스템분야 세계 2위를 차지하였다. 알스툼 송배전부문의 총매출액은 2,700 백만 유로이고 유럽 역외지역이 총매출액의 52%를 차지하고 있으며, 종업원수는 22,000명이고, 생산국가는 32개국으로 나타났다. 알스툼 송배전분야의 주요 연구개발 내용을 보면, 고부가가치화를 통한 성과 향상, Fiber-Optic Measurement Systems,

제품과 서비스 정보, Power Electronic & New Materials, 에너지관리시스템 등이다. 알스툼은 송배전, 철도수송, 산업 및 해상발전, 설비 등 4개 주요사업부문에 있어서 세계 선두업체이다. 알스툼 송배전부문은 송배전에 있어서 전 영역의 생산품, 모든 주요 사항에 대한 시스템 및 서비스를 제공하고 있다. 송배전부문은 증가하는 시장수요에 맞추기 위해 설계, 설치, 유지 등을 포함하여 턴키 방식의 공급을 위한 능력을 개발하였다. 신제품 라인이나 지속적으로 현존 제품을 개선하기 위해 노력하고 있으며, 특히 알스툼 Lyon공장의 GCB(Generator Circuit Breaker)제품은 세계시장 점유율이 30%에 달하는 것으로 나타났다. 매출액 대비 R&D 비중은 6% 수준이고, Switchgear의 경우 72kV ~ 170kV까지 생산하고 있으며, 공장자동화수준은 70% 수준으로 나타났다. FKG2S GCB의 일상적인 검사가 충분히 이루어졌고 고객에게 개별적인 테스트 리포트가 제시된다. 테스트 리포트는 최소·최대치, 관련 전압, 수용기준 등이 기록된다. 알스툼은 세계 주요 고압 네트워크에 포함되어 있으며, 세계 100여 개국 이상이다. 알스툼과 ABB는 서로의 에너지 생산분야를 합병하여 에너지 분야의 세계 최대 기업인 ABB ALSTOM POWER가 탄생되었다. ABB ALSTOM POWER는 2000년 5월초에 알

스톡이 ABB지분을 인수하며 알스톰 그룹에 편입되었으며, 터키 방식의 발전설비, 보일러 및 수력 발전용 터빈 생산분야에서 세계 최고 수준으로 평가되고 있다.

② 독일

독일은 발전능력 2,350만kW, 20기의 원자력 발전소를 보유하고 있는 세계 4위의 원전설비 보유국이나 1990년대 후반 이후에는 신규발전소의 건설계획이 없어 내수시장은 유지·보수 및 개량 수요에 머물고 있다. 따라서 자국내 주요 생산업체인 Siemens KWU는 수출시장의 확보에 주력하고 있으며 다른 주요 업체들과 마찬가지로 원전 건설이 활발하게 진행되고 있는 아시아지역의 시장에 마케팅능력을 집중하고 있다.

1980년대까지 내수시장 규모가 비교적 크고 안정적이어서 수출지역도 네덜란드, 덴마크 등의 유럽지역에 대한 비중이 컸었으나 최근에는 아시아를 비롯한 미국, 호주 등 전세계로 확산되고 있다.

지멘스는 자국내 주요 업체들이었던 MAN, AEG 등을 합병하면서 내수시장을 독점하였고, 나아가 미국의 Allis Chamber사의 터빈/발전기사업 인수를 시작으로 최근에는 미국의 대표적인 원전 기자재업체인 웨스팅하우스를 인수하면서 ABB, 알스톰, GE 등과 함께 세계시장을 과점하고 있다. 지멘스는 프랑스의 프라마톰사와 원자로의 고속증식로 개발을 위하여 NPI사를 공동설립하였으며 여기서 개발한 EPR은 현재 최적화 개발을 거의 완료한 것으로 나타나고 있다. 이밖에 지멘스는 고용량 고효율의 Combined Cycle용 가스터빈 개발, BWR(비등수형 원자로)의 개량에도 주력하여 최첨단 기술을 보유하고 있는 것으로 평가되고 있다.

③ 스위스

자국내에 세계적 원전 기자재업체인 ABB가 있는 스위스는 내수시장 규모가 작아 일찍부터 수출시장에 주력해 왔고 수출비중이 90%를 상회해 왔던 국가이다. 스위스의 원전설비 보유규모는 총용량 323만kW, 5기로 세계 15위의 위치를 차지하고 있으며, 후속 원전이 계획되고 있지 않아 내수시장은 유지·보수 및 개량수요만 존재하고 있다.

그러나 최근 ABB의 원전 기자재 주기기 사업부문이 알스톰에 인수됨에 따라 스위스 내에는 중전기 사업부문을 위주로 하는 ABB High Voltage 정도가 남게 되었다. ABB High Voltage에서는 GCB(Generator Circuit Breaker), GIS 등의 고부가 첨단기술이 필요한 원전 기자재(BOP 가운데 전기 패키지) 중심으로 생산되고 있으며 GCB의 경우 세계시장에서의 최대 경쟁자는 프랑스의 알스톰으로 나타나고 있다. ABB 이외에 ABB의 자회사로 출발하여 각종 원전 기자재의 품질인증, 네트워크 관리 및 첨단 핵심부품의 생산을 위주로 하고 있는 LB Logistikbetriebe AG 등의 업체도 있다.

3. 우리나라 원전 기자재산업의 현황과 기술변화 추이

가. 원전 기자재산업의 현황

우리나라 원전 기자재산업은 수요가 한국전력에 집중되어 있는 전형적인 수요독점 상태에 있으며 현재는 빅딜에 의한 발전설비 일원화로 인해 동시에 공급독점 상태에 있다. 원전 기자재는 先생산, 後판매 방식의 대량 생산방식의 제품과 달리 수주에 의해 제품을 제작하기 때문에 수요규모에 의해

공급수준이 결정된다.

우리나라는 1887년 발전을 시작한 이래 1970년대 중반 이전까지 발전에 관련된 모든 기자재는 수입에 의존해 왔다. 1980년대에 들어서도 우리나라 발전설비 산업은 유치산업 단계에서 벗어나지 못했기 때문에 발전설비의 수입의존도는 70%를 상회했고 특히 원전 기자재는 80%를 넘어서는 상태에 머물러 있었다. 1980년대 하반기 및 1990년대에 들어서면서 정책적 지원 하에 꾸준히 기술자립을 추진한 결과 1999년의 발전설비 수입의존도는 20%이하로 크게 줄었고 원전 기자재도 많이 낮아졌다.

원전 기자재의 생산은 1980년 8월 발전설비업체의 일원화 조치 이후 최근까지 한국중공업이 주축이 되어 대용량 발전소(1,000MW)용 주기기 및 보조기기를 생산해 왔다. 발전설비 일원화조치에 따라 유일한 발전설비 생산업체로 부상한 한국중공업은 여러 기의 화력 및 복합화력 발전설비를 제작, 설치하여 기술자립을 이뤄왔다. 원전 기자재

의 경우도 외국업체의 하청 제작에서 출발하여 일괄도급 계약자로 올라서면서 외국업체에 하청을 주는 방식으로 변화되었다.

원전 기자재에 대한 수요는 원자력 발전소의 건설에 의해 발생되며 원전 발전소의 건설은 전력수요를 예측하여 수립된 전원개발계획에 의해 추진되므로 계획기간 동안의 수요가 결정된다. 원자력 발전규모는 발전원별 설비 특성, 경제성, 환경영향, CO₂ 배출량, 연료조달 특성 등을 고려하여 도출된다. 또한 입지 확보, 재원조달, 건설 불확실성 등도 추가적인 고려 요소가 된다. 여러 인자들을 고려할 때 원자력 발전소는 경제성과 안정성 면에서 유리하고 환경 측면에서 비교우위가 있으나 NIMBY(Not In My Backyard)현상으로 부지확보가 어려운 편이다. 노후 발전소의 폐쇄는 신규 수요의 발생요인으로 작용하며, 제 4차 및 5차 장기전원개발계획 기간 중에는 원자력 발전소 2기, 1,270MW가 폐쇄대상으로 예정되어 있다.

<표 4>

원전 기자재의 수요추이

(단위: MW, %)

	1980	1985	1990	1995	2000	연평균증가율 (‘80~2000)
원전 기자재	587	950	950	1,000	1,700	5.5

자료: 산업자원부, “전원개발계획”

원전 기자재에 대한 수급전망은 중·장기 전력 수요를 예측하고 시공단가, 운영단가, 부지, 기자재 효율 등을 감안하여 종류별 발전소를 짓는 계획(발전소 건설계획)을 참고로 하여 추정할 수 있다. 국내 전력수요는 외환위기 이후 처음으로 1998년에는 감소하였으나 이후로 지속적 증가가

예상되고 있다.

산업자원부의 제 5차 장기전력수급계획(1999~2015년)에 입각하여 국내 원전기자재에 대한 수요규모를 추정해 볼 수 있다. 전력수급계획에 따르면 원전기자재는 1999년 이후 2015년까지 14기, 15,300MW가 확충되며, 특히 2010년부터

〈표 5〉

중·장기 전력수요 전망

(단위: MW, %)

	1999	2000	2005	2010	2015	연평균증가율 (’99~2015)
최대수요	37,290	39,510	51,660	60,720	67,510	3.8

자료: 산업자원부, 전계서.

는 1,400MW급의 고용량 차세대 원자력 발전소 26,050MW로 발전기자재의 33.0%에 해당될 것
가 지어질 것으로 계획되고 있다. 으로 전망된다.

따라서 2015년의 원전 기자재는 30기, 총용량

〈표 6〉

국내 원전 기자재의 수급전망

(단위: MW, %)

	2000(누계)	2005	2010	2015	연평균증가율 (’05~’15)
원전기자재	13,720	1,000	2,400	1,400	3.4

자료: 산업자원부 전력산업과, 전계서.

나. 원전 기자재산업의 패키지별 기술발전 추이

① 패키지별 기술발전의 개관

건축 패키지의 경우 엘리베이터는 권상기방식에
서 머신룸리스 기술까지 채용되고 있으며, 제어시
스템은 주파수 제어에 의한 구동제어를, 구동방식
도 컴퓨터에 의한 다중처리 시스템으로 발전하고
있다.

토목 패키지는 시멘트, 방수시트, 철근류, 철골
및 철판, 대구경 지지대 등의 경우 대부분 국산화
되었거나 특수한 기술이 요구되지 않는 품목이 많
고, 일부 특수 규격이 요청되거나 특허기술이 채
용되는 제품이 있으나 국내 기술자립에 대한 수요
는 적은 것으로 평가되고 있다.

전기 패키지는 배전반의 경우 해외업체의 하도
급 생산단계에서 기술협력에 의한 생산으로, 최근
에는 차단기 등의 핵심 부품을 제외한 대부분을
자체설계 및 제작으로 가능한 단계에 도달한 것으
로 평가되고 있다. 국내 차단기 제작업체의 기술
수준은 원전용 차단기를 충분히 개발, 제작할 수
있는 능력을 갖고 있으나 시장성 및 개발비용 등
의 이유로 소수의 대기업 업체에서만 국산화에 관
심을 가지고 있다. 변압기는 모두 비안전급 전기
기기로서 어셈블리를 해외에 의존하는 일부 품목
을 제외하고는 영광 3, 4호기부터 이미 국산화가
완료되었고, 가스절연변전소도 일부 부품을 제외
하고는 기술자립이 완료되었으나, 기타 품목의 경
우는 비용상의 문제로 국산화가 지연되고 있다.

제어 및 계측 패키지는 공기조화제어반의 경우 재래식 형태에서 마이크로 프로세스를 기반으로한 컨트롤러를 사용하면서 기능향상 및 유지보수성을 높였다. 발전소 경보장치는 재래식 형태의 기자재로 구성되어 있었으나 마이크로 프로세스를 기반으로 한 컨트롤러를 사용하는 제품으로 개량되었고 최근에는 더욱 최적화 되어 국내기술로 설계 및 제작이 가능한 상태이다. 제어밸브는 영광 3, 4호기 이전에는 모두 해외에 의존하였으나 비안전 제어밸브의 국산화에 이어 최근에는 원자력용 제어밸브도 국내업체가 제작하고 있으나 해외기술에 의존하고 있다.

핵 패키지는 열교환기의 경우 대부분의 기술을 외국업체에 의존하였으나 반복 제작에 의한 기술 축적으로 기술자립의 기반을 마련하였으며, 최근에는 수출도 가능한 것으로 나타나고 있다. 공장 제작 압력용기 및 탱크의 경우 외국기술에 의존하여 제작만 국내에서 이뤄져 왔으나 최근에는 미국의 ASME 코드를 적용하여 국내기술로 설계 및 제작이 가능하다. 신연료 및 사용후 연료저장대는 표준 저장개념에 따라 설계되었으나 최근에는 조밀 저장개념에 따라 설계된 기술이 적용되어 저장 능력 증가 및 사용연한을 증가시켰다.

기계 패키지는 복수 및 급수증압펌프의 경우 외국기술에 의존하여 단순제작에 그쳤으나 최근에는 도입기술을 활용하여 자체설계 및 제작이 가능한 단계로 평가되고 있다. 주급수 및 기동 급수펌프는 1992년 알스톰과의 기술제휴로 제작을 시작하였으나 영광 5, 6호기부터는 자체 설계 및 제작이 가능하며, 용수처리설비는 고리 3, 4호기까지는 외국업체와 기술제휴를 통해 설계를 수행하였으나 영광 1, 2호기부터 설계를 포함한 전 과정을 국산화하였다. 이밖에 크레인 및 호이스트는 구동기

및 제어장치의 대부분을 수입에 의존하였으나 최근에는 속도제어장치, 충동방지장치 등 일부 부품을 제외하고 모두 국산화된 것으로 나타나고 있으며, 송풍기 및 냉동기는, 비안전등급의 경우 영광 1, 2호기부터 국산제품이 이용되었으나, 안전등급의 경우에는 영광 5, 6호기부터 국산제품이 사용되고 있다. 관 패키지는 배관의 경우 소구경은 국내생산이 가능하나 수요량이 적은 대구경 제품은 외국에 의존하고 있고, 관이음새는 국내조달이 가능한 것으로 나타나고 있다. 밸브는 Controlled Closure Check Valve(CCCV)와 일부 제어밸브를 제외한 대부분의 밸브들을 국내제작이 가능하며, 울진 5, 6호기에서는 ASME B16.41의 개정판인 ASME QME-1 요건을 적용하여 동력구동능동밸브(MOV 및 AOV) 뿐만 아니라 Self Operated Check Valve에 대해서도 기능 조건 테스트를 거쳐 그 작동성을 보장하도록 하고 있다

② 전기 패키지의 주요 품목의 기술발전 추이

첫째, 배전반은 고압차단기반, 저압차단기반, 교류전동기제어반, 직류전동기제어반, 기타 분전반 등으로 구분되는데 영광 3, 4호기 이전에는 배전반 대부분이 해외에서 제작되었으며 교류 전동기 제어반과 같은 일부 품목의 경우 국내 제작이 이루어 졌으나 해외업체의 하도급 형태로, 제작설계 및 부품이 모두 해외로부터 도입되었다. 영광 3, 4호기 및 울진 3, 4호기에서는 직류전동기 제어반을 제외하고 모두 국산화 품목으로 분류되어 해외의 제작사들과의 기술협력을 통하여 국내 제작사들이 제작 공급하였으나 배전반에서 가장 중요한 차단기를 비롯한 주요 부품을 대부분 해외에서 수입하여 사용하였다. 영광 3, 4호기 및 울진 3, 4호기를 거치면서 국내 제작업체의 원전용 배전반

제작능력은 빠르게 향상되었으며 영광 5, 6호기 부터는 모든 배전반을 국내에서 설계하여 납품하고 있다. IEC 규격에 따라 개발되어 이미 수화력 발전소 및 산업 플랜트에 적용되어 왔으나 미국의 NRC 및 ANSI를 주요 요건으로 하여 건설되는 국내의 원전에 적용할 수 없어 외제를 전량 수입하여 적용하던 차단기는 영광 5, 6호기부터 일부 제작업체가 원전용 차단기 개발에 착수하여 교류 전동기제어반 및 분전반에 적용되는 몰드차단기가 국산화되었다. 이어 올진 5, 6호기에서는 고압차단기 및 저압차단기가 원전용(ANSI 요건)으로 국산화 개발완료 단계에 있다. 그러나 직류차단기의 경우 시험비용 및 시장성 등의 이유로 현재까지 외제를 수입하여 적용하고 있다. 국내 차단기 제작업체의 기술수준은 원전용 차단기를 충분히 개발, 제작할 수 있는 능력을 소유하고 있으나 시장성 및 개발비용 등의 이유로 소수의 대기업 업체에서만 국산화에 관심을 가지고 있다. 배전반에 적용되는 주요기자재들은 보호계전기류 일부를 제외하고는 대부분 국산화 완료 되었거나 완료단계에 있다.

둘째, 원자력 발전소에 적용되는 케이블은 전력 케이블, 제어케이블, 계장용케이블, 특수케이블, 조립케이블 등으로 구분된다. 영광 3, 4호기 이전의 원전에서는 모든 케이블을 해외에서 수입하여 사용하였다. 영광 3, 4호기부터 특수케이블 및 조립케이블을 제외한 모든 케이블이 국산화되었으며 올진 5, 6호기에서는 일부 특수케이블(Thermocouple 케이블)도 국산화하였다. 영광 3, 4호기에서는 안전급 케이블의 외장에 대한 색깔을 검정색으로만 제작 가능하였으나 올진 3, 4호기 부터는 안전급 케이블의 외장색깔을 분리 코드별로 빨강, 초록, 노랑, 파랑 등으로 제작할 수 있게 되었다.

특수케이블의 경우 국내 제작업체에서 국산화 노력을 계속하고 있으므로 후속호기 부터는 조립케이블을 제외한 대부분이 국산화될 것으로 전망된다.

셋째, 원전에 적용되는 변압기는 주변압기, 소내 보조변압기 및 대기보조변압기 등의 전력용(유입식) 변압기와 조명 및 전기보온설비용의 배전용(건식/몰드) 변압기로 분류할 수 있다. 전력용 변압기 및 배전용 변압기는 모두 비안전급 전기기기로 영광 3, 4호기 이전부터 외국업체와의 기술협력력을 통하여 국내에서 제작하고 있었으며 영광 3, 4호기 부터 국산화 품목으로 분류되어 이미 국산화가 완료된 품목이다. 배전용 변압기는 특별한 부속 장치가 없는 간단한 변압기로 완전 국산화가 완료되었다고 판단되며, 전력용 유입식 변압기의 경우 부하탭절환장치, Sudden Pressure Relay, 브호홀쯔 계전기 등 일부 주변기기를 해외에서 수입하여 적용하고 있으나, 핵심 부품인 철심 및 권선을 비롯한 변압기의 전체적인 설계, 제작이 국내에서 가능하게 되었다.

넷째, 362kV 가스절연개폐소의 기술변화 추이를 보면 다음과 같다. 옥외개폐소(스위치야드)로 옥외철구형 또는 부분 가스절연개폐소가 적용되어 오다 영광 1, 2호기부터 전폐 가스절연개폐소가 적용되기 시작하였다. 362kV 전폐 가스절연개폐소는 영광 3, 4호기 이전에는 1개 업체만이 외국업체와의 기술제휴로 국내 제작이 가능하였으며 영광 3, 4호기부터는 2개 업체에서 제작이 가능하게 되었다. 가스절연개폐소는 차단기, 단로기/접지개폐기, 가스절연모선, 변압변류기, 피뢰기, 압축공기장치, 기타 제어반 등으로 구성되며 대부분의 부품을 일본 및 유럽 등지에서 구매하여 사용해 오다가 최근에는 변압변류기 및 피뢰기를 제외하고

는 대부분 국산화되었다. 362kV 가스절연개폐소 개발 완료후 초기에는 실제 사업에 적용시 고장도 많이 발생하였으나 현재는 지금까지 발생한 문제점이 모두 개선되어 안정단계에 접어들었으며 최근에는 362kV 63kA 및 800kV 50kA 가스절연개폐설비도 개발되었다.

다섯째, 축전지의 경우 영광 3, 4호기 이전에도 비안전급 축전지는 국내 제작이 가능하였으나 안전급 축전지의 제작이 이루어지지 않아 원전에 적용하지 못하다가 영광 3, 4호기에서 처음으로 안전급 축전지가 개발되어 사용되기 시작하였다. 안전급 축전지의 개발은 축전기 자체의 특성 보다는 기기 검증 측면에서의 비용 문제로 현재 까지 국내에서 1개 업체만이 원전에 공급 가능한 것으로 평가되고 있다.

4. 원전 기자재의 국산화율 평가와 그 시사점

가. 국산화율의 개념

협정의 국산화는 순수 국산을 의미하며, 자국의 자본·노동자·원자재 및 기술을 이용하여 자국 영토 내에서 생산한다는 개념이다. 그리고 우리나라 정부기준에 의한 국산화율은, 정부의 "국산화율 판단기준"에 의해 부품을 해외에서 도입하여 국내에서 제작하는 경우에도 국내 조달로 간주하고 있다. 수요측면에서의 국산화율(자급률)개념은 국내에서 수요되는 재화 및 서비스에 대해 국내에서 생산·공급되는 비중을 의미하며, 총 내수에 대한 국산품 공급의 비율로 산출된다. 자급률 개념은 제품의 수요면을 중시한 개념으로 수요자의 국산 제품에 대한 선호율, 시장개방도를 반영하는 지표

로도 활용 가능하다. 생산측면의 국산화율은 정책적 국산화율, 로컬 콘텐츠율(Local Content Rate), 직접 기술기준의 국산화율 등의 개념으로 혼용된다. 로컬 콘텐츠율은 생산에서 국산품의 투입 정도를 나타내는 지표로 생산자가 원자재를 얼마나 수입하는 지는 생산과정 측면에서의 기술적 관계를 반영하기 때문에 직접 기술기준의 국산화율 개념으로도 활용된다. 부가가치기준의 국산화율은 제품의 생산에 직·간접으로 투입되는 재화 및 서비스의 투입(부가가치)뿐 아니라 수입 원재료 부문도 감안한다. 원재료의 수입부분을 비국산적 생산요소로 간주하여 배제하는 것이 특징이며, 제품 가치의 얼마가 국내에 남아있는지를 비율(부가가치의 국내 잔류율)로 표시할 수 있다. 국산품 원료, 수입품 원료, 부가가치의 3종류로 무한분할하면 최종 생산물의 가치는 해외에 누출되는 수입원재료와 국내에 잔류하는 부가가치로 분할된다는 개념이다.

나. 본 연구의 국산화율 산정기준

기존의 연구에서의 원전 기자재 국산화율은 계약금액을 내자분과 외자분으로 구분하고 이 중 내자분에서 생산에 필요한 부품수입, 하도급 또는 구매시 부품수입이 차지하는 비중을 차감한 순수 내자분 비중을 도출하여 이를 국산화율로 산정해 왔다. 국산화율 산정에서는 이외에도 생산을 위해 필요한 해외로부터의 기술도입 및 품질인증에 소요되는 비용도 반영되어야 하기 때문에 이를 내자 계약분에서 차감하고 국산화율을 산정하는 것이 보다 정확한 국산화율이라고 할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 요인들을 고려하여 국산화율을 산정하였는데, 구체적으로 다음과 같은 방식으로 결

과를 도출하였다.

$$\text{국산화율}(N_i) = \frac{\sum X_i - \sum W_i}{\sum X_i + \sum Y_i} \times 100$$

- $\sum X_i$: 내자분 계약금액의 합계
- $\sum Y_i$: 외자분 계약금액의 합계
- $\sum W_i$: 생산에 필요한 부품수입, 하도급 또는 구매시 부품수입, 기술도입료, 품질인 증비 등의 합계

상기의 국산화율 산정기준에 의하여 패키지별 또는 원전 기자재 전체의 국산화율을 산출할 수 있다. 그 결과는 $\sum W_i$ (생산에 필요한 부품수입, 하도급 또는 구매시 부품수입, 기술도입료, 품질인 증비 등의 합계)를 고려하지 않았을 경우에 비해 국산화율이 낮아질 것이다.

다. 원전 기자재 국산화율 현황

영광 5, 6호기 BOP(Balance of Plant)를 대상으로 할 때, 국내생산 부가가치분을 기준으로

산정한 134개 내자분의 국산화율은 78.4%로 조사되었고 외자분 61개를 포함한 전체 195개 기자재의 국산화율은 66.9%로 나타났다.

패키지별·품목별 국산화율 현황을 보면 건축 패키지(Architecture Package)의 전체 국산화율은 91.0%인 것으로 조사되었으며 품목별로는 세탁장비의 경우 국산화가 완료되었고, 엘리베이터의 경우도 일부분을 제외하고는 거의 국산화가 이루어져 국산화율이 90%에 달하였다.

토목 패키지(Civil Package)는 전체 국산화율 88.7%, 내자부분의 국산화율 90.9%로 건축 패키지 다음으로 국산화율이 높은 패키지라 할 수 있다. 품목별로는 포스트텐서닝 설비의 국산화율이 65.0%로 가장 낮게 나타났으며, 공장가공 배관지지대 78.4%, 격납건물 철판 87.2% 등으로 나타났으며, 시멘트, 철골, 우수 배수관, 레미콘 등의 경우 100%로 나타났다.

전기 패키지(Electrical Package)내 내자계약분 생산 품목은 총 29개이며 전체 국산화율이 64.4%, 내자분 국산화율이 77.3%인 것으로 조사되었다.

여기서 전기 패키지의 국산화율 현황을 보다 세

<표 7>

영광 5, 6호기 원전 기자재 국산화율 현황

(단위 : 백만원, %)

	A	C	E	J	M	N	P	합계
내자분 계약금액(A)	1,340	105,829	80,129	25,969	232,636	24,037	91,259	561,199
내자분 국산화금액(B)	1,220	96,224	61,977	14,440	173,466	18,882	73,711	439,920
내자분 국산화율(B/A)	91.0	90.9	77.3	55.6	74.6	78.6	80.8	78.4
외자분 계약금액(C)	0	2,628	16,174	46,752	13,338	17,731	2,375	96,623
총 계약금액(D=A+C)	1,340	108,457	96,303	72,721	245,974	41,768	93,634	657,822
국산화율(B/D)	91.0	88.7	64.4	19.9	70.5	45.2	78.7	66.9

자료 : 산업연구원 실태조사, 2000. 3

주 : A(Architecture), C(Civil), E(Electrical), J(Instrument & Control), M(Mechanical), N(Nuclear), P(Piping) Package임.

부적으로 보면 축전지 및 가대, 345kV 유입절연 전선, 교/직류 분전반 및 절환스위치, 고장기록계, 강재전선관, 안전등급 전력케이블, 안전등급 제어/계장케이블, 비안전등급 전력/조명케이블, 비안전등급 계장케이블, 비안전등급 제어용케이블, 통신케이블 등의 경우 국산화율이 100%로 나타났다. 반면 직류전동기 제어반(30.0%), 옥외변전소 제어반(20.0%), 옥외변전소 모선/연결선로 보호반(10.0%) 등의 일부 품목은 패키지 평균 국산화율 64.4%를 훨씬 하회하는 등 국산화가 매우 저조한 상태이다. 그럼에도 불구하고 전기 패키지의 국산화율이 기자재 전체 국산화율을 상회하고 있는 이유는 계약금액이 많은 품목은 국산화율이 높고 계약금액이 적은 품목이 국산화율이 낮은 양상을 보이고 있기 때문이다.

특히 국산화율이 낮은 품목들의 수입세부품목 및 수입사유를 보면 다음과 같다. 직류 전동기 제어반의 주요 부품의 수입사유를 보면 64R(Recorder)은 기술 및 품질면에서 국내생산이 안되고 있으며, ACB 및 Fuse의 경우 국내생산이 충분한 편이나 수요 물량 부족으로 국내생산이 어려운 경우이며, MCCB, AM, VM 등의 경우 수요자의 요구에 의해 수입 장착되고 있는 것으로 나타났다. 옥외 변전소 제어반은 단락, 지락 등의 이상상태가 발생한 경우 이를 상태화하여 운전자가 인식할 수 있도록 감시하고 조작할 수 있도록 구성되어 있다. 주로 Annunciation, Meter(AM, VM, W, Var), 25V(Syncrocheck Ry), Lamp, Fuse 등이 수입되는 것으로 나타났다. 옥외변전소 모선/연결선로 보호반에 있어서 모선 보호계전기반의 경우 Differential Ry, Under Voltage Ry, Timing Ry, Lock-out-Ry 등의 품목이 주로 수입되는데 이는 기술 및 품질면에서 국내생산이 어려운 것

로 나타났다. 그리고 1차 송배전 보호계전기반의 경우 Digital Distance Ry, Out of Step Ry, Aux. Ry, Case, Condenser, Change over Sw 등의 품목도 국내생산이 불가능하여 수입되는 것으로 조사되었다. 교/직류 분전반 및 절환스위치는 분기용 차단기, 개폐기를 기관에 모아서 부착한 것으로 분전반은 BOX, DOOR, COVER, 조립판 등으로 구성되는데 주요 수입품목은 MCCB, Disconnect Sw., Fuse, 64R(Recorder), 27(UVR) 등으로 나타났다.

계측 및 제어 패키지(Instrument & Control Package)의 전체 국산화율은 19.9%로 원전 기자재 패키지 가운데 가장 저조하며, 외자분이 총 계약 금액의 64.3%를 차지하고 있다. 이를 통해 우리나라 정밀계측·제어기기산업의 기반이 아직 매우 취약하고 기술수준이 낮아 내자분 대부분의 핵심부품은 수입에 의존하고 있는 것으로 나타났다. 특히, 원전용 나비형 밸브, 일반용 온도측정소자, 계기용 스테인레스/모넬튜브, 공조설비제어반, 주제어반 및 관련계측기기 등은 국산화율이 50% 미만으로 나타났다. 기계 패키지(Mechanical Package)는 계약금액의 규모나 품목의 수가 기자재 패키지들 가운데 가장 많으며 기계 패키지의 전체 국산화율은 70.5%로 조사되어 기자재 전체 평균수준을 상회하고 있다. 전체 42개 품목 가운데 복수기를 비롯한 5개 품목은 국산화가 완료된 것으로 조사되지만 소화수 펌프 및 구동기기의 경우는 국산화율이 11%에 불과하여 매우 부진한 것으로 나타나고 있다. 핵 패키지(Nuclear Package)는 전체 국산화율이 45.2%, 내자분 국산화율이 78.6% 인 것으로 조사되었다. 특히 신연료 및 사후 연료저장대의 국산화율이 60%이하로 가장 낮으며, 다른 품목의 경우 80~90% 수준으로 나

타났다. 배관 패키지(Piping Package)는 전체 국산화율이 78.7%, 내자분 국산화율이 80.8%인 것으로 조사되었다.

라. 국산화율 평가에 대한 시사점

본 연구의 영광 5, 6호기 원전 기자재 국산화율은 66.9%로, 기존 한전자료의 국산화율 64.9%보다 다소 높게 산정되었다. 본 연구에서는 한전 연구의 고려 변수에 기술도입 및 해외품질 인증비 등 2개 변수를 추가하여 총 4개 변수를 고려하였다. 본 연구결과와 한전 결과의 주요 차이점은 환율, 수입대체, 국산화의 진전 등에서 발견할 수 있다. 평가시점 시차에 해당하는 기간은 환율 변동이 극심했던 시기로 환율급등에 의해 국산화율이 하락할 수 있다. 고 환율 하에서 수입부담의 가중으로 국산대체 움직임이 활발해지고 신규 국산개발도 적극적으로 추진되었다고 평가된다. 실질적인 국산화율을 정확하게 산정하기 위해서는 대금지불 시점을 기준으로 국산화율 산정이 필요하다.

한편 원전 기자재 산업의 국산화에 영향을 미치는 요인을 보면 다음과 같다. 첫째, 환율 인상은 단기적으로 환율인상 만큼 해외 수입 기자재에 대한 지불대금의 증가를 초래하여 국산화율의 하락 요인으로 작용한다. 동시에 수입 기자재의 국산으로의 대체효과가 나타나 원전 기자재의 수입이 감

소하는 경향도 발생하고, 중장기적으로는 국산 기자재의 수요가 늘어나면 기자재의 국산개발 움직임이 활발하다. 환율인상이 기자재 국산화에 미치는 영향은 음(-)의 직접효과와, 양(+)의 대체효과와의 크기에 좌우된다. 안전 요건이 중시되고 수요자의 옵션이 많은 원전 기자재의 특성을 고려할 때 음(-)의 직접효과가 크고, 따라서 영광 5, 6호기의 경우도 환율인상의 직접적인 영향이 크게 나타나 국산화율이 하락하게 된다. 둘째, 핵심 기자재류는 수요가 가격비탄력적이고 세계적으로 독점 가격이 형성된 경우가 많으나 범용 기자재는 공급 구조가 경쟁적이고 가격탄력성이 커 기자재 가격 변동의 국산화에 대한 영향도 직접적이다. 수입 기자재의 가격이 인상되면, 수입 기자재의 수요가 감소하고 국산기자재의 수요가 증가하여 국산화를 촉진한다. 셋째, 국내 기자재산업의 전반적인 기술 수준이 향상될 경우 이는 국산 기자재의 국산화율을 증가시키는 요인으로 작용한다. 소재 및 요소 부품산업과 같은 후방산업의 기술수준이 향상될 경우에도 원전 기자재의 국산화에 긍정적으로 영향을 미친다. 넷째, 원전 기자재의 수요가 증가하면 기자재 업체의 국산화 의지가 높아져 국산화를 제고에 긍정적인 영향을 미친다. 국내 원전 기자재업체 국산화의 가장 큰 애로사항은 수요의 불확실성으로 나타나고 있어 이를 뒷받침한다.

* 생산업체 국내 추진실태 등은 다음호에 소개합니다.

서울국제종합전기기기전에 여러분을 초청합니다.

● 일시 : 2000. 11. 14 ~ 11. 17 ● 장소 : 서울무역전시장