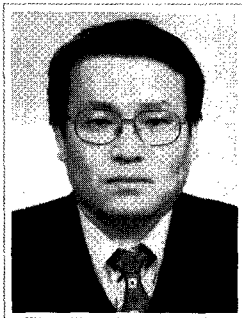


# 원전 기자재산업의 국산화 실태 분석 및 촉진 방안 (1)

정 만 태  
산업연구원 연구위원



**우** 리 나라는 원전 건설을 시작한 이후 약 30년만에 한국 표준형 원전인 울진 3·4호기를 자체 건설하면서 자립 기반을 구축해 왔다. 원전 건설에 소요되는 기자재도 정부 및 한전의 적극적인 국산화 추진 노력과 업계의 기술 수준 향상으로 원전 기자재의 국산화율은 지속적으로 높아지고 있다. 그러나 국내에서 생산되는 원전 기자재의 경우 핵심 부품의 해외 의존 비율은 여전히 높은 실정이다.

원전 기자재의 국산화율은 기자

재의 적용 범위, 평가 및 조사 방법에 따라 결과가 다르게 나타날 수 있으며, 현재 원전 기자재의 국산화율도 조사 기관마다 차이를 보이고 있다.

원전 기자재 국산화 제고를 위한 효율적인 정책 추진을 위해서는 원전 기자재에 대한 정확한 국산화율 파악이 선행되어야 한다. 즉 객관적 기준에 따라 국산화율을 분석하고, 그 결과를 토대로 원전 기자재의 국산화 추진 방안을 수립하는 것이 보다 효과적이라고 할 수 있다.

원전 기자재는 핵증기 발생 장치, 터빈 및 발전기, 보조 기기로 분류할 수 있는데, 본고에서는 영광 5·6호기 BOP(Balance of Plant)를 대상으로 한다.

이하에서는 원전 기자재 산업과 관련된 국내외 현황과 전망, 원전 기자재 산업의 기술 변화 추이 등을 고찰해 보고, 여러 측면에서 논의되고 있는 국산화율의 개념을 정립하여 본 연구의 국산화율 산정 기준에

의한 원전 기자재의 국산화율 현황을 분석하고, 원전 기자재 생산업체의 국산화 추진 실태를 파악한다. 마지막으로 이를 토대로 원전 기자재 산업의 효율적 국산화 추진 방안을 모색해 본다.

## 세계 원전 기자재 산업의 현황과 전망

### 1. 세계 원전 설비 현황 및 전망

세계의 원전 설비 보유 규모는 유럽이 1억 6,900만kW로 48.4%를 차지하여 가장 규모가 큰 것으로 나타나고 있고, 이어 북미 지역이 1억 1,400만kW로 32.7%의 비중을 보였다.

한편 원전 설비의 보유 규모 증가는 유럽 5.6%, 아시아 5.5%로 높은 반면 북미 지역은 0.2%로 정체 상태를 보였다. 북미 지역의 원전 설비 증가율 정체는 간헐적으로 발생하고 있는 원전 사고에 대한 안전성의 우려가 큰 때문이며, 부존 자원이나 지형적 여건으로 볼 때 대체 에너



〈표 1〉 세계 주요 지역별 원전 설비 보유 규모 추이

단위: 100만kW, %

| 지역 \ 연도 | 1990 | 1993 | 1995 | 연평균 증가율<br>(1990~1995) |
|---------|------|------|------|------------------------|
| 북 미     | 113  | 114  | 114  | 0.2                    |
| 유럽      | 129  | 168  | 169  | 5.6                    |
| 아시아     | 46   | 55   | 60   | 5.5                    |
| 중남미     | 2    | 2    | 3    | 8.4                    |
| 아프리카    | 2    | 2    | 2    | 0                      |
| 소련      | 38   | N/A  | N/A  | N/A                    |
| 오세아니아   | 0    | 0    | 0    | 0                      |
| 계       | 330  | 341  | 349  | 1.1                    |

자료: 대한전기협회, 「전기연감」 2000 참조.

주: 북미는 미국과 캐나다의 합계이고, 소련의 원전 설비 규모는 1992년 이후 유럽과 아시아에 분리됨.

〈표 2〉 주요국별 원전 설비 현황(1997)

단위: 100만kW, %

| 국가 \ 비중         | 미국    | 프랑스  | 일본   | 독일   | 러시아  | 영국   | 캐나다  | 스웨덴  | 한국   | 세계    |
|-----------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| 원전 설비           | 104.8 | 70.3 | 45.2 | 23.5 | 21.3 | 14.2 | 13.4 | 10.4 | 12.0 | 348.6 |
| 발전 설비에<br>대한 비중 | 13.0  | 56.7 | 18.7 | 19.6 | 10.0 | 17.9 | 11.8 | 29.2 | 27.7 | 11.4  |

자료: Energy Statistics Yearbook, 「전기연감」에서 재인용.

주: 각국 통계는 1997년 말 수치(한국은 1998년 말 수치), 세계 통계는 1995년 기준.

〈표 3〉 세계의 원전 설비 운전 및 건설 현황

단위: 백만kW, 기(基)

| 국가 \ 현황 | 운전중   |     | 건설중 |    | 계획중 |    | 계     |     |
|---------|-------|-----|-----|----|-----|----|-------|-----|
|         | 용량    | 기수  | 용량  | 기수 | 용량  | 기수 | 용량    | 기수  |
| 미국      | 104.8 | 107 | —   | —  | —   | —  | 104.5 | 107 |
| 프랑스     | 70.3  | 56  | 6.1 | 4  | —   | —  | 76.4  | 60  |
| 일본      | 45.2  | 53  | 1.1 | 2  | 4.7 | 4  | 51.0  | 59  |
| 독일      | 23.5  | 20  | —   | —  | —   | —  | 23.5  | 20  |
| 러시아     | 21.3  | 26  | 3.6 | 4  | 5.4 | 7  | 30.2  | 37  |
| 영국      | 14.2  | 35  | —   | —  | —   | —  | 14.2  | 35  |
| 캐나다     | 13.4  | 16  | —   | —  | —   | —  | 13.4  | 16  |
| 스웨덴     | 10.4  | 12  | —   | —  | —   | —  | 10.4  | 12  |
| 한국      | 10.3  | 12  | 5.4 | 6  | 2.0 | 2  | 17.7  | 20  |
| 중국      | 2.3   | 3   | 2.2 | 3  | 8.4 | 9  | 12.9  | 15  |
| 인도      | 1.8   | 10  | 0.9 | 4  | 5.9 | 12 | 8.6   | 26  |
| 브라질     | 0.7   | 1   | 1.3 | 1  | 1.3 | 1  | 3.3   | 3   |
| 이란      | —     | —   | 2.3 | 2  | 1.5 | 4  | 3.8   | 6   |

자료: 일본전기협회 자료, 대한전기협회, 「전기저널」, 1999.2에서 재인용.

지원이 많기 때문인 것으로 보인다.

반면 대안이 적은 유럽이나 아시아 지역의 국가들은 원전 설비 확충에 적극적인 것으로 나타나고 있으며, 특히 아시아 지역의 원전 설비 증가 전망이 밝은 편이다.

국가별 원전 보유 규모는 미국이 1억 480만kW로 최대 보유국이나 자국 내 비중은 13.0%로 크지 않은 것으로 나타났다. 반면 2위국인 프랑스는 보유 규모가 7,030만kW로 나타났고 전체 자국 내 비중도 56.7%로 가장 높았다.

우리 나라는 1,200만kW로 9위 국이며 원전 설비의 국내 발전 설비에 대한 비중은 약 27.7%로 비교적 높은 편이다.

세계의 원전 설비 건설 현황을 살펴보면 건설중인 발전 설비의 기수(基數)는 우리 나라가 세계에서 가장 많은 것으로 나타났으나 용량면에서는 프랑스가 610만kW로 가장 큰 것으로 나타났다.

특히 프랑스는 건설중인 발전 설비의 기당 용량이 약 153만kW로 나타나 우리 나라 표준 원전의 용량인 100만kW를 크게 상회하고 있다. 프랑스의 원전 설비는 유럽에서 적극 개발되고 있는 대용량 원전 설비의 실용화를 의미하며, 이는 효율이나 건설 비용면에서 훨씬 앞선 것으로 평가되고 있다.

미국은 건설중이거나 계획중인 원전 설비가 전무한 것으로 나타나

고 있어 원전의 안전 측면 때문에 화력 및 수력 설비 등으로의 대체가 이루어진 것으로 판단된다.

러시아는 체르노빌 원전 사고에도 불구하고 건설중인 원전 설비가 4기, 계획중인 것이 7기로 나타나, 중국·인도 등과 함께 전력 부족으로 동 분야에 대한 설비 확충이 활발할 것으로 나타나고 있다.

우리 나라를 위시한 아시아 지역 국가들의 원전 건설 및 계획은 활발한 것으로 나타나고 있다. 인도는 건설중인 원전 설비가 4기(90만 kW), 계획중인 것이 12기(590만 kW)로 아시아 지역에서 가장 많은 기수를 차지하고 있고, 중국은 건설중인 것이 3기(220만kW), 계획중인 것이 9기(840만kW)로 용량면에서 가장 큰 것으로 나타나고 있다.

1997년 전세계 전력 생산량 중에서 17%인 2조 2,760억kWh의 전력이 원전을 통해서 생산되었으며, 원자력발전소를 운영중인 국가들 가운데는 80% 이상을 원전에 의존하는 경우도 있는 것으로 나타났다.

원전 설비는 일부 개발 도상국과 일본에서 설비 용량 증설이 예상될 뿐 구형 원전 설비를 보유하고 있는 국가들은 원전 설비의 수명이 다할 경우 훨씬 경제적인 발전원을 개발할 것으로 전망되고 있다.

IEO(International Energy Outlook)에 의하면 원전 설비는

〈표 4〉 지역별 세계 원전 기자재 시장 규모(수요) 추이

단위 : MW, %

| 연도<br>지역 | 1990  | 1993  | 1995  | 증감(1990:1995) |
|----------|-------|-------|-------|---------------|
| 아프리카     | 1,000 | 0     | 0     | -1,000        |
| 북미       | 3,000 | 1,000 | 0     | -3,000        |
| 중남미      | 0     | 0     | 0     | 0             |
| 아시아      | 2,000 | 5,000 | 2,000 | 0             |
| 유럽       | 2,000 | 3,000 | 1,000 | -1,000        |
| 오세아니아    | 0     | 0     | 0     | 0             |
| 세계 전체    | 9,000 | 9,000 | 3,000 | -6,000        |

자료: 대한전기협회, 전계서.

1997년 352GW에서 2010년 356GW로 소폭 증가될 것으로 예상되나 그 이후에는 감소 추세를 보일 것으로 전망하고 있다.

현재 미국 등 여타 국가의 원전 설비 폐지 규모가 신규 건설 규모를 초과하고 있으며, 특히 미국은 경제성 측면에서 원전 설비를 단계적으로 폐쇄할 계획인 것으로 나타나고 있다(6기는 20년의 추가 수명 연장을 계획중).

캐나다도 Bruce 3·4호기를 비롯한 노후 원전 설비 8기를 폐지했고, 독일도 구체적인 일정은 확정되지 않았으나 향후 원전 설비를 모두 폐지하기로 결정했다.

세계의 원전 기자재 시장 규모를 수요 규모를 참고하여 추정, 지역별로 살펴보면, 1995년에는 1990년 보다 6,000MW 정도 감소한 것으로 나타나고 있으며, 이는 세계 시

장의 원전 기자재 수요의 감소 추세가 반영된 것이다.

향후 중국·인도·한국 등 아시아 지역의 시장이 다소 존재할 것으로 예상되고 있으나 장기적으로는 감소할 것으로 보인다.

특히 노후 원전의 폐쇄와 신규 원전을 고려하고 있지 않은 북미 지역과 유럽 지역의 시장 증가는 어려울 것으로 예상된다.

SITC 718을 기준으로 살펴 본 주요국의 원전 기자재 수출 추이를 보면, 전체 수출 규모는 1990년 약 30억달러에서 1995년 약 38억달러로 증가하여 연평균 증가율이 6.0%에 이르고 있다.

국가별 수출 규모는 독일이 가장 크지만 증가율은 일본과 미국이 높은 것으로 나타나고 있고 영국과 스위스는 수출이 감소되고 있다. 스위스는 ABB의 수주 부진이 수출 감



〈표 5〉 세계 주요국의 원전 기자재 수출 추이

단위: 백만달러, %

| 지역 \ 연도 | 1991    | 1993    | 1995    | 연평균 증가율<br>(1991~1995) |
|---------|---------|---------|---------|------------------------|
| 미 국     | 345.1   | 401.5   | 514.3   | 10.5                   |
| 일 본     | 332.1   | 353.6   | 526.0   | 12.2                   |
| 독 일     | 897.6   | 897.6   | 1,007.7 | 2.9                    |
| 프랑스     | 282.2   | 371.5   | 369.9   | 7.0                    |
| 영 국     | 139.9   | 151.0   | 134.6   | -1.0                   |
| 스위스     | 117.4   | 97.4    | 91.2    | -6.1                   |
| 스웨덴     | 199.7   | 187.7   | 250.6   | 5.8                    |
| 세계 전체   | 2,996.4 | 3,099.3 | 3,784.9 | 6.0                    |

자료: UN, International Trade Statistics Yearbook, 1996.

주: SITC 718(원자로 핵연료, 원자로 부품 등)

〈표 6〉 세계 주요국의 원전 기자재 수출 추이

단위: 백만달러, %

| 지역 \ 연도 | 1991    | 1993    | 1995    | 연평균 증가율<br>(1991~1995) |
|---------|---------|---------|---------|------------------------|
| 프랑스     | 910.2   | 446.7   | 582.8   | -10.5                  |
| 독 일     | 255.7   | 340.3   | 294.0   | 3.6                    |
| 미 국     | 189.1   | 259.8   | 417.8   | 21.9                   |
| 스위스     | 139.3   | 156.4   | 197.9   | 9.2                    |
| 스웨덴     | 140.3   | 159.7   | 172.5   | 5.3                    |
| 한 국     | 118.9   | 171.2   | 376.2   | 33.4                   |
| 캐나다     | 106.2   | 128.4   | 177.6   | 13.7                   |
| 일 본     | 124.0   | 111.8   | 170.6   | 8.3                    |
| 세계 전체   | 3,597.6 | 3,163.4 | 4,338.9 | 4.8                    |

자료: UN, International Trade Statistics Yearbook, 1996.

주: SITC 718(원자로 핵연료, 원자로 부품 등)

소로 이어지고 있으며, 최근 주기기  
부문의 Alstom 매각으로 앞으로  
더욱 감소할 것으로 예상된다.

한편 세계의 원전 기자재 수입 규  
모는 1990년 36억달러에서 1995  
년 약 43억달러로 증가하여 연평균

증가율이 4.8%로 나타났다.

90년대 이후 원전의 건설이 활발  
하게 진행되고 있는 한국의 원전 기  
자재 수입 증가율은 33.4%로 가장  
높은 것으로 나타났다.

향후 세계 원자력 발전 전망에 대

해 세계적으로 일치된 견해는 없으  
며, 이는 개별 국가나 국제 기구마  
다 원자력 발전에 대한 경제성 평  
가, 재정 상태, 환경 문제에 대한  
인식의 정도 등이 다르기 때문이다.

다만 일반적인 견해로는 일부 동  
북아 국가를 제외하고는 원자력 발  
전 산업이 당분간 침체 상태를 벗어  
나지 못할 것이라는 점이다.

이는 대규모 수요 지역이라 할 수  
있는 유럽을 비롯한 북미 국가들의  
전력이 공급 과잉 상태이기 때문에  
최소한 10년(교체 수요가 필요한  
시기) 동안 원전은 물론 타발전원에  
대한 신규 수요가 많지 않은 데다가  
반핵 운동 등 시민 단체들의 원자력  
에 대한 반발이 갈수록 강화되고 있  
기 때문이다.

그러나 최근의 고유가 추세의 장  
기화 조짐, 기후변화협약에 따른 이  
산화탄소 감축의 현실적 대안 등의  
이유로 원자력 발전의 필요성이 다  
시 대두되어 지금보다 한층 활발하  
게 될 가능성도 배제할 수 없다.

현재 전세계의 원자력 발전 규모  
가 1973년 제 1차 석유 파동 당시  
와 비교하여 약 7배 정도 증가한 점  
을 보면 원자력이 가장 현실적인 화  
석 에너지의 대체재임을 반증하는  
사례라 할 수 있다.

최근 국제원자력기구(IAEA)가  
각국의 전력 회사를 상대로 조사한  
설문 조사에 따르면, 각국의 전력  
회사들이 원자력발전소의 운전 기

간 연장을 구체화하고 있음을 알 수 있다.

현재 세계 원자력발전소의 평균 운전 연수는 약 17년인 것으로 파악되는데, 관련 기술의 발달과 보수 능력의 개선으로 원전의 수명이 지금보다 훨씬 늘어날 수 있게 된다.

전력 회사나 기종마다 차이는 있지만 설문 조사에 따르면 당초 운전 인가나 설계 수명을 40년으로 설정한 경우가 대부분인데, 이를 60년으로 상향 조정하는 수명 연장이 미국과 유럽 국가들을 중심으로 활발하게 추진되고 있다.

이와 같은 원전의 수명 연장 추세로 원전 관련 교체 및 보수 대상 원전 기자재의 수요가 부분적으로 늘어날 수는 있겠지만 신규 원전 건설의 수요를 감소시켜 원전의 수명 연장은 원자력 발전 산업의 확대에 부정적 요인으로 작용할 것으로 보인다.

세계 원자력 발전 산업계는 구미의 NPP(Nuclear Power Plant) vendor를 중심으로 한 M&A를 통하여 대형화 및 집중화 현상을 보이고 있으며, 현재의 강력한 공기업 민영화 추세에도 불구하고 각국의 NPP vendor만은 국영화를 유지하려는 것이 특징이다.

캐나다의 경우 원자력 기술을 국가 전략적 산업으로 취급하고 미래 에너지 시장과 에너지 안보 차원 측면을 중시하여 경제성에 앞서 원자

력 기술을 국가 차원에서 유지해야 한다는 정책적 판단하에 연간 1억달러 이상을 AECL(Atomic Energy of Canada Limited)에 보조하고 있다.

영국과 프랑스도 강력한 공기업 민영화 추세에도 불구하고, 원전 기술 산업에 한하여 국영을 유지하고 있는데, 그 이유는 현재 그리고 당분간 원전 시장이 침체 상태에 있겠지만 결국 현재의 화석 에너지를 대체할 유일한 에너지가 원자력일 것이라는 점을 판단하고, 미래의 방대한 시장을 대비하여 그 시점까지 정부가 재정 지원, 국영 유지 등을 통해 보호한다는 장기적 정책 관점에 입각한 것이라 할 수 있다.

참고로 이러한 구미 원자력 발전 기술 업계들의 동향에 대한 배경을 보다 자세히 살펴보면 다음과 같다.

민영화의 목적은 경쟁력 강화에 있고 경쟁력 강화는 독점 체제에서 탈피하여 시장의 경쟁 체제를 유지할 때 그 효과를 기대할 수 있다. 또한 경쟁 체제를 유지하기 위해서는 충분한 시장이 형성되어야 하는데 당분간 충분한 시장이 없을 것이라는 것이 선진 업계들의 일반적 견해이다.

그러나 경쟁 체제로 가기에 충분한 시장 확보가 불가능한 경우라 할지라도 국가가 전략적으로 반드시 확보하여야 할 기술 혹은 최소한의 능력을 유지하여야 하는 기술일 경

우에는 충분한 시장이 확보되는 시점까지 국가가 이를 재정적으로나 제도적으로 지원해야 한다는 것이 해당 국가들의 정책 방침이며, 이러한 점들이 원자력 발전 업계의 대형화 및 집중화 유도, 국영 유지 형태로 나타나고 있다.

모든 원전 NPP vendor들은 당분간 지속될 세계 원전 시장 침체에 대비하여 침체 상태를 벗어나기까지는 가동중 원전의 유지 보수 서비스, 원전 연료 공급 서비스, 방사성 폐기물 처분 관리 등의 분야에 주력하면서 생존 전략을 구사하고 있다.

그리고 이들 vendor들은 기후변화협약과 관련하여 앞으로 있을 교체 및 신규 전원의 필요성 때문에 결국에는 원전 시장이 크게 확대될 것이 확실하다고 판단하고 있어 이에 대비하고 있는 중이다.

이를 위해 대규모 구조 조정을 통해 세계 원전 산업계 구조 조정을 추진하는 한편, 미래 기술의 완숙도를 확보하기 위해 신형 원자로 개발에 지속적으로 투자하고 있다.

이에 따라 앞으로의 세계 원자력 기술 산업계의 구도는 신형 원자로 중심으로 전개될 것으로 예상된다.

## 2. 원전 기자재 산업의 주요국 동향 가. 미국

미국의 원전 기자재 기술 개발의 특징은 프랑스·영국 등 유럽의 국가와는 달리 업체간 시장 원리에 따



라 자유 경쟁 체제로 기술 개발을 해나가고 있다는 점이다.

정부는 기자재 산업에 대한 직접적인 지원을 하지 않고 국립 연구 기관을 통해 군사 분야, 핵융합 발전과 같은 미래 원자로나 첨단 기술 분야에 지원을 통해 정부의 연구 개발 수요를 충족시키고 있다.

그리고 개방형 원자로와 같은 부문의 기술 개발은 정부와 산업체가 공동으로 수행하는 등 광범위한 의미에서 연구 개발 체계가 이원화되어 있다.

이러한 현상, 즉 유럽 지역과는 달리 기술 개발이 정부 주도가 아니고 이원화되어 있는 것은 미국의 전력 회사가 조기에 민영화되어 경쟁 체제에 있고 이에 따라 기자재 생산도 거의 전적으로 민간 기업이 담당하고 있기 때문이다.

미국은 TMI 원전 사고 이후 국내 원전 건설이 거의 중단된 상태에서 자국 내 원전 기자재 수요는 없고 부분적으로 원전 수명 연장 가능성 조치에 따른 유지·보수에 필요한 관련 기자재의 부분 수요만 된다고 할 수 있다.

이와 같이 원전의 수명 연장은 1995년 미국 원자력규제위원회의 규정 개정으로 가능해졌으나 최근 미국 전력 시장의 규제 완화, 자유화의 영향으로 전력 시장의 경쟁이 격화되고 있다.

이에 따라 경쟁력이 없는 일부 원

〈표 7〉 미국의 원전 기자재 주요 부문별 기술 개발 체계

| 부문          | 주요 업체                         | 비고   |
|-------------|-------------------------------|--|
| 1차 계통       | Westing House, CE, GE, B&W    | 전적으로 민간 기업에 의해 공급되고 있으며, 대형 원자력 1차 계통 발전 기자재 업체는 관련 기술의 하드웨어와 소프트웨어를 동시에 보유하고 개발함. |
| A/E         | Bechtel, Ebasco, Gilbert, TVA | 전통적으로 건설 회사에서 수행함.   |
| 2차 계통       | Westing House, CE, GE, B&W    | 주로 1차 계통 사업자가 수행   |
| 핵연료 설계 및 제작 | Westing House, CE, GE, B&W    | 주로 1차 계통 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)

자력발전소는 당초의 운전 허가 기간도 끝나기 전에 발전소를 폐쇄 조치하고 있기 때문에 운전 허가 연장에 따른 기자재 수요 발생 효과를 상쇄시키고 있다.

이러한 국내 사정으로 미국 내 원전 기자재 수요는 거의 없다고 볼 수 있고, 따라서 미국의 기자재 생산 업체들은 원전 건설 계획이 많은 중국을 비롯한 동북 아시아 지역의 국가들에 대한 활발한 해외 진출을 통해 원전 기자재 산업의 활로를 모색하고 있다.

나. 캐나다

캐나다는 국영 기업인 캐나다원자력공사(AECL : Atomic Energy of Canada, Ltd.)를 통해 원자력 기술 개발 및 산업화를 강력하게 추진하는 일원화된 기술 개발 체계를 구축하고 있다.

그 결과 미국 방식이라 할 수 있

는 경수로 모형에서 벗어나 중수로형 독자 모델 CANDU를 자체 개발하여 자국 내는 물론 우리 나라 등 외국에까지 기술과 기자재를 수출하는 성과를 올리고 있는 등 매우 공격적이고 활발한 기술 개발을 추진하고 있다.

그러나 원자력 발전 기자재에 대한 모든 기술을 AECL이 단독으로 개발하는 것은 아니고, 원전 기술이나 기반 기술은 관련 연구소나 대학에 의뢰하여 기술 개발의 효율성을 제고시키고 있다.

상당 기간 지속될 세계 원전 시장 침체에 대비하여 침체 상태를 벗어나기까지는 가동중 원전의 유지 보수 서비스, 원전 연료 공급 서비스, 방사성 폐기물 처분 관리 등의 분야에 주력하는 한편 전력 산업 구조 개편에 따른 대응책 마련을 하고 있다.

그러나 결국에는 기후변화협약과

〈표 8〉 캐나다의 원전 기자재 주요 부문별 기술 개발 체계

| 부문          | 주요 업체               | 비고                                   |
|-------------|---------------------|--------------------------------------|
| 1차 계통       | AECL                | 관련 기술의 소프트웨어는 확보하고 있지만 하드웨어는 타회사에 하청 |
| A/E         | AECL, Ontario Hydro | AECL과 전력 회사인 OH사와 공동 수행              |
| 2차 계통       | AECL, CGE           | AECL은 원자력 분야만 담당                     |
| 핵연료 설계 및 제작 | AECL, Zircotec      | AECL이 설계하고 Zircotec 등에서 제작           |

자료 : 〈표 7〉과 동일

〈표 9〉 일본의 원전 기자재 주요 부문별 기술 개발 체계

| 부문          | 주요 업체          | 비고  |
|-------------|----------------|---|
| 1차 계통       | 미쓰비시, 히다찌, 도시바 | 다원화된 체제로 전적으로 민간에서 수행하고 있으며 업체는 관련 기술의 소프트 웨어와 하드웨어를 동시에 확보하고 있음. |
| A/E         | 미쓰비시, 히다찌, 도시바 | 1차 계통 업체가 주로 수행하고 전력 회사와 같이 수행하는 경우도 있음.                          |
| 2차 계통       | 미쓰비시, 히다찌, 도시바 | 1차 계통 업체가 직접 수행함.   |
| 핵연료 설계 및 제작 | 미쓰비시, 히다찌, 도시바 | 1차 계통 업체와 자회사 형태의 핵연료 공급 회사에서 수행함.                                |

자료 : 〈표 7〉과 동일

관련하여 앞으로 있을 교체 및 신규 전원의 필요성 때문에 세계 원전 시장이 확대될 것으로 판단하고 있어 이에 대비하고 있는 중이다.

이러한 관점에서 캐나다 정부는 원자력 기술을 국가 전략적 산업으로 책정하고 단기적인 경제성에 앞서 원자력 기술을 국가 차원에서 유지해야 한다는 정책적 판단하에 연간 1억달러 이상을 AECL에 보조하고 있다.

다. 일본

일본의 원전 기자재의 기술 개발 체계는 국가 주도의 기술 개발과 민간 주도의 사용화라는 이원적 체계를 지니고 있다.

과기청 산하 원자력연구소(JAERI)와 핵연료개발사업단(PNC)은 기초 및 기반 기술, 안전 연구, 첨단 기술 등을 중심으로 원전 기술 개발을 주도해 나가고 있다. 이러한 기술을 바탕으로 하는 민간 기업이 기술의 응용, 상용화 및 산업화를 추진한다.

일본은 빈약한 부존 자원 문제를

해결하고 나아가 기후변화협약에 적극적으로 대처하기 위한 방안으로 원자력 발전의 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.

그 결과 원자력 발전 기자재 산업도 활성화될 것으로 기대되는데, 일본 원자력 발전 기자재 산업의 주요 특징 중의 하나는 지진이 빈번한 국토의 특성을 고려하여 내진 설계를 비롯한 기자재의 안전도 제고에 많은 관심을 가지고 대규모 투자와 제도 정비가 이루어지고 있다는 점이다.

라. 유럽

프랑스는 정부의 강력한 뒷받침하에 원자력 발전을 발전원의 중심전원으로 개발하여 왔으며, 내수 시장이 미국처럼 크지 않기 때문에 안전성 관련 연구 및 규제와 기술 개발, 산업계 편성 면에서 정책적으로 노형(爐型)전략을 가압경수로형 원자로(PWR : Pressurized Water Reactor) 1개로 결정하고 다수기(多數基) 반복 건설을 통한 설계 및 기술 수준 자립화를 추구하였다.

프랑스의 원전 산업은 국영 전력 회사인 EDF · FRAMATOME · ALSTOM 등 3개 기관이 업무를 분담하여 추진해 왔다.



EDF는 종합 사업 관리 및 A/E 담당, FRAMATOME은 NSSS 설계 및 제작, ALSTOM은 T/G 설계 및 제작을 담당하였다.

프랑스는 1999년 2월 기준 56기의 원전이 가동중이고, 2008년까지 신규 원전을 건설하지 않고서도 전력 수요를 충분히 감당해 낼 수 있다.

프랑스 원전의 경우 안전 운영과 수명이 끝난 원자로의 폐기 처분이 중요한 과제로 부각되고 있다. 프랑스 원전은 운영자들간에 일관된 작업 체제와 책임 운영 체제를 통해 안전성을 유지해 오고 있는 것으로 유명하다.

프랑스는 원전 설비의 보유 규모가 7,030만kW로 세계 2위국이며, 건설중인 원전 설비의 기당 용량이 약 153만kW로 나타나 대용량 원전 설비의 실용화를 의미하며, 이는 효율이나 건설 비용 면에서 훨씬 앞선 것으로 평가되고 있다.

프랑스의 원전 기자재 수출은 1991년 약 2.8억달러(SITC 718 기준)에서 1995년 3.7억달러로 증가했으며, 세계 시장에서의 비중도 1991년 9.4%에서 1995년 9.8%로 증가하였다.

원전 기자재 수입은 1991년 약 9.1억달러에서 1995년 5.8억 달러로 감소하여 동기간 연평균 10.5%씩 감소한 것으로 나타났다.

프랑스 원자력 NSSS 부문은

〈표 10〉 FRAMATOME의 매출액, R&D, 종업원 추이

단위: 백만 유로, 명

| 지역 \ 연도 | 1996   | 1997   | 1998   |
|---------|--------|--------|--------|
| 매출액     | 2,318  | 2,802  | 2,752  |
| R&D 비용  | 130    | 126    | 119    |
| 종업원 규모  | 19,063 | 19,631 | 28,264 |

자료: 산업연구원 내부 자료

〈표 11〉 FRAMATOME의 지역별 매출액 구성비

| 지역 \ 구성비 | 프랑스  | 유럽(프랑스 제외) | 미국   | 아시아  | 기타  |
|----------|------|------------|------|------|-----|
| 구성비(%)   | 40.3 | 23.0       | 24.2 | 10.6 | 1.9 |

자료: 산업연구원 내부 자료

FRAMATOME으로 일원화되어 초기에는 미국 웨스팅하우스로부터 기술을 도입하였으나 현재는 독자적인 프랑스식 PWR형 원자로를 개발하여 세계 우수 업체들과 경쟁하고 있다.

FRAMATOME은 1958년에 설립되어 국영 기업으로 운영되고 있으며, 매출액 대비 6%에 달하는 거액의 연구 개발비를 투자하고 있는 기업이다.

FRAMATOME은 프랑스 정부·CEE·ANVAR 등으로 부터 지원을 받아 약 16년간 지속되어온 미국의 웨스팅하우스와 기술 제휴의 종료로 독자적인 기술 개발에 박차를 가하고 있다.

옛 소련의 체르노빌 사건, 미국의 스리마일 사건 등으로 인해 원전의 안전도에 대한 기술 개발이 절실

하다고 판단하여 1993년에 독일 지멘스와 각각 50%씩 출자하여 NPI라는 공동 회사를 설립하여 개발중이다.

FRAMATOME 그룹의 구성을 보면, FRAMATOME S.A(반응로·중기발생기 등), JEUMONT ZND(주냉각 펌프, CRDM(Control Rod Drive Mechanisms) 등), ATEA(연료 취급 기기 등), FTI(Nuclear Parts Center), NFM(reactor internals) 등이다.

FRAMATOME의 1998년 매출액은 27.5억 유로이고, R&D는 119백만 유로로 나타났다.〈표 10〉

FRAMATOME의 지역별 매출액 구성비를 보면 프랑스 국외 지역이 약 60%를 차지하고 있다.〈표 11〉

FRAMATOME 에너지 사업의 각 부문별 매출액 구성비는 〈표 12〉와 같



다.

원전 프로젝트와 관련해서 FRAMATOME은 다양한 기계 기술과 용접 기술을 확보하고 있다. 특히 원전의 주요 핵심 구성품인 원자로와 증기발생기를 제작하고 있는데, 1998년에는 8개의 반응로와 5개의 보수용 증기발생기를 인도한 실적이 있다.

FRAMATOME의 시장은 FRAMATOME NPP나 모든 PWR NP라고 할 수 있을 정도로 경쟁력을 확보하고 있다. FRAMATOME의 기술적 측면에서의 장점은 NPP 제조업자의 노하우, Process와 운영의 노하우, 교체 가능성(Interchangeability), Interfaces, Installation, Feedback 경험 등에 있다.

FRAMATOME의 안전 측면에서의 강점은 설비 인증과 관련된 안전, 안전 사례 연구, 관련된 자료 제시, 품질 보증 등이다. FRAMATOME의 물류 측면에서의 강점은 조달, 공급자 승인, 포장·수송·저장, 수출 절차 등에 있다.

프랑스 ALSTOM의 경우 1993~1998년 수주 실적 기준 Transmission & Distribution 부문에서의 세계 시장 점유율은 14.5%로 나타났다.

세계 주요 기업들의 T&D 부문의 세계 시장 점유율을 보면 ABB 20%, ALSTOM 14.5%, SIEMENS 8%, SCHNEIDER 7%, MITSUBISHI 6%, HITACHI와 TOSHIBA가 각

〈표 12〉 FRAMATOME의 분야별 매출액 구성비

단위: %

| Nuclear Fuel           | Nuclear Service | Nuclear Operations |
|------------------------|-----------------|--------------------|
| 37                     | 24              | 11                 |
| Mechanical Engineering |                 | Nuclear Components |
| 19                     |                 | 9                  |

자료: 산업연구원 내부 자료

각 5%를 차지하였다.

ALSTOM은 GIS(Gas Insulated Switchgear)와 Protection & Control 분야에서는 세계 1위, 에너지 관리 시스템 분야에서는 2위, 송전용 HVDC 및 전력 시스템 분야 세계 2위를 차지하였다.

ALSTOM T&D 부문의 총매출액은 2,700백만유로이고 유럽 역의 지역이 총매출액의 52%를 차지하고 있으며, 종업원 수는 22,000명이고, 생산 국가는 32개국으로 나타났다.

ALSTOM T&D 분야의 주요 연구 개발 내용을 보면, 고부가 가치화를 통한 성과 향상, Fiber-Optic Measurement Systems, 제품과 서비스 정보, Power Electronic & New Materials, 에너지 관리 시스템 등이다.

ALSTOM은 송배전, 철도 수송, 산업 및 해상 발전, 설비 등 4개 주요 사업 부문에 있어서 세계 선두 업체이다.

ALSTOM T&D 부문은 송배전에 있어서 전영역의 생산품, 모든 주요

사항에 대한 시스템 및 서비스를 제공하고 있다. T&D 부문은 증가하는 시장 수요에 맞추기 위해 설계·설치·유지 등을 포함하여 턴키 방식의 공급을 위한 능력을 개발하였다.

신제품 라인이나 지속적으로 현존 제품을 개선하기 위해 노력하고 있으며, 특히 ALSTOM Lyon공장의 GCB(Generator Circuit Breaker) 제품은 세계 시장 점유율이 30%에 달하는 것으로 나타났다.

매출액 대비 R&D 비중은 6% 수준이고, Switchgear의 경우 72kV~170kV까지 생산하고 있으며, 공장 자동화 수준은 70% 수준으로 나타났다.

FKG2S GCB의 일상적인 검사가 충분히 이루어졌고 고객에게 개별적인 테스트 리포트가 제시된다. 테스트 리포트는 최소·최대치, 관련 전압, 수용 기준 등이 기록된다.

ALSTOM은 세계 주요 고압 네트워크에 포함되어 있으며, 세계 100여개국 이상이다.



ALSTOM과 ABB는 서로의 에너지 생산 분야를 합병하여 에너지 분야의 세계 최대 기업인 ABB ALSTOM POWER가 탄생되었다. ABB ALSTOM POWER는 2000년 5월 초에 ALSTOM이 ABB 지분을 인수하며 ALSTOM 그룹에 편입되었으며, 터빈 방식의 발전 설비, 보일러 및 수력 발전용 터빈 생산 분야에서 세계 최고 수준으로 평가되고 있다.

독일은 발전 능력 2,350만kW, 20기의 원자력발전소를 보유하고 있는 세계 4위의 원전 설비 보유국이나 1990년대 후반 이후에는 신규 발전소의 건설 계획이 없어 내수 시장은 유지·보수 및 upgrade 시장에 머물고 있다.

따라서 자국 내 주요 생산 업체인 SIEMENS KWU는 수출 시장의 확보에 주력하고 있으며 다른 주요 업체들과 마찬가지로 원전 건설이 활발하게 진행되고 있는 아시아 지역의 시장에 마케팅 능력을 집중하고 있다.

1980년대까지 내수 시장 규모가 비교적 크고 안정적이어서 수출 지역도 네덜란드·덴마크 등의 유럽 지역에 대한 비중이 컸으나 최근에는 아시아를 비롯한 미국·호주 등 전세계로 확산되고 있다.

SIEMENS는 자국 내 주요 업체들이었던 MAN·AEG 등을 합병하면서 내수 시장을 독점하였고, 나

아가 미국의 Allis Chamber사의 터빈/발전기 사업 인수를 시작으로 최근에는 미국의 대표적인 원전 기자재 업체인 Westing House사를 인수하면서 ABB·ALSTOM·GE 등과 함께 세계 시장을 과점하고 있다.

SIEMENS는 프랑스의 FRAMA TOME사와 원자로의 고속증식로 개발을 위하여 NPI사를 공동 설립하였으며, 여기서 개발한 EPR은 현재 최적화 개발을 거의 완료한 것으로 나타나고 있다.

이밖에 SIEMENS는 고용량 고효율의 Combined Cycle용 가스 터빈 개발, BWR(비등수형 원자로)의 개량에도 주력하여 최첨단 기술을 보유하고 있는 것으로 평가되고 있다.

독일의 원전 기자재 수출은 1991년 약 9억 달러(SITC 718 기준)에서 1995년 10억 달러로 늘었으나, 세계 시장에서의 비중은 1991년 29.9%에서 1995년 26.6%로 감소하였다.

한편 원전 기자재 수입은 1991년 약 2.6억 달러에서 1995년 2.9억 달러로 증가한 것으로 나타나고 있다.

자국 내에 세계적 원전 기자재 업체인 ABB가 있는 스위스는 내수 시장 규모가 작아 일찍부터 수출 시장에 주력해 왔고 수출 비중이 90%를 상회해 왔던 국가이다.

스위스의 원전 설비 보유 규모는

총용량 323만kW, 5기로 세계 15위의 위치를 차지하고 있으며, 후속 원전이 계획되고 있지 않아 내수 시장은 유지·보수 및 upgrade 수요만 존재하고 있다.

그러나 최근 ABB의 원전 기자재 주기기 사업 부문이 ALSTOM에 인수됨에 따라 스위스 내에는 중전기기 사업 부문을 위주로 하는 ABB High Voltage 정도가 남게 되었다.

ABB High Voltage에서는 GCB(Generator Circuit Breaker), GIS 등의 고부가 첨단 기술이 필요한 원전 기자재(BOP 가운데 전기 패키지) 중심으로 생산되고 있으며, GCB의 경우 세계 시장에서의 최대 경쟁자는 프랑스의 Alstom으로 나타나고 있다.

ABB 이외에 ABB의 자회사로 출발하여 각종 원전 기자재의 품질 인증, 네트워크 관리 및 첨단 핵심 부품의 생산을 위주로 하고 있는 LB Logistikbetriebe AG 등의 업체도 있다.

스위스의 원전 기자재 수출은 1991년 약 1.2억달러(SITC 718 기준)에서 1995년 912만달러로 감소했으며, 세계 시장에서의 비중도 1991년 3.9%에서 1995년 2.4%로 감소하였다. 원전 기자재 수입은 1991년 약 1.4억달러에서 1995년 2.0억달러로 증가한 것으로 나타나고 있다. (다음호에 계속)