



# 세계 원전 정책 · 수출시장 동향 및 시사점<sup>1)</sup>

**이 상 립** 에너지경제연구원 부연구위원 (sllee@keei.re.kr)

**김 세 화** 에너지경제연구원 위촉연구원 (shkim14245@keei.re.kr)

## 1. 서론

2011년 3월 일본의 후쿠시마 원전 사고 이후 세계 각국은 원자력 정책을 전면 재검토하였고, 그 중 독일을 비롯한 스위스, 이탈리아, 벨기에 등 일부 국가들은 원전 축소 및 폐지를 결정하였다. 그러나 다수의 국가들은 자국의 에너지안보, 전기요금과 관련된 경제성, 기후변화 대응 방안 등을 고려하여 기존의 원전 정책을 유지하거나 확대하려는 경향을 보이고 있다. 특히 아시아 주요국은 경제성장, 인구 증가, 전력수요 증대, 부존 자원 부족 등의 이유로 신규 원전 건설을 지속적으로 추진하고 있다. 2015년 1월 기준으로 세계 33개국에서 가동 중인 원자로는 439기로 총 설비용량은 377GW이며, 건설 중인 원자로는 69기로 총 설비용량은 66GW이다.<sup>2)</sup> IEA(2014)는 高원자력 시나리오에서 2040년에 전세계 원자력 설비용량을 767GW로 전망한 바 있는데, 이는 현재의 약 2배가 되는 규모이다.

이와 같이 향후 세계 원전 시장이 지속적으로 확대된다면 연간 수백조 원 규모의 거대 시장이 형성될 것으

로 전망된다. 이는 해외 원전 사업이 우리나라의 새로운 국가 성장동력원으로서 기회를 제공함과 동시에 원전 수출경쟁력 강화를 위한 검토가 필요함을 의미한다.

본고에서는 후쿠시마 사고 이후 최근 세계 주요 원전국의 정책 동향 및 급변하고 있는 세계 원전 수출시장 현황을 살펴보고 향후 우리나라의 원전 수출경쟁력 강화를 위한 시사점을 제시하고자 한다.

## 2. 세계 원전 정책 현황

본고에서는 후쿠시마 사고 이후 최근까지 세계 주요국의 원전 정책 현황을 OECD와 비OECD 국가들로 나누어 살펴보았다.

### 가. 국가별 원전 정책

#### 1) OECD 국가 정책

1) 본고는 이상립, "세계 원전 수출 시장 현황과 시사점," 「세계 원전시장 인사이트」, 에너지경제연구원(2014.11)의 내용을 부분적으로 수정·보완한 것임.  
2) IAEA, PRIS(2015.5) 참조.



## 가) 미국

2015년 1월 기준, 미국은 전 세계 원전의 약 23%에 달하는 99기의 원전을 운영하고 있으며, 이는 미국 내 총 발전량의 약 20%(789TWh)에 해당된다.

화석연료 비중 축소 및 탄소 배출 감축을 위해 원전 확대 가능성이 높아지자, 이에 따라 34년 만에 최초로 Georgia州 Vogtle 원전 3, 4호기, V.C. Summer 원전 2, 3호기 등 5기의 원자로가 건설 승인을 받아 현재 건설 중에 있다.

Florida州 당국이 Florida Power & Light社의 Turkey Point 원전 추가 건설을 승인(2014.5)함에 따라 2,200MW 규모의 AP1000 원자로 2기가 Turkey Point 원전 부지에 추가 건설될 예정이다. 이르면 2016년 초 NRC의 건설 승인을 획득할 수 있을 것으로 전망된다. 또한 NRC는 PSEG社가 New Jersey州 Salem County에 계획 중인 신규 원전의 조기 부지 승인을 위한 환경영향 평가 보고서 초안을 발표하였다. NRC는 조기 부지 승인 신청서 검토를 위한 안전성 보고서 작성을 진행 중이며, 최종 검토 후 NRC 위원 5명의 표결을 통해 부지 승인 여부를 결정할 계획이다.

높은 수리비용, 낮은 도매 전력가 등 다양한 요인으로 인해 2013년 원자로 4기, 2014년 말 Vermont Yankee 원전 1기가 영구 폐쇄되었으나 대부분의 전력사들은 원전 수명연장을 신청하였다. NRC가 사용후핵연료 계속 저장에 관한 최종 규정을 승인(2014.8)함에 따라 약 2년간 중단되었던 신규 원전 건설 및 기존 원전 수명연장 인허가 절차가 재개되었고, NRC는 Exelon社의 Limerick 원전 운영 연장 신청을 승인(2014.10)하였다. DOE는 차세대 원자로 기술 연구·개발 프로젝트를 선도할 기업 및 단체를 선정하고 자금 지원 정책을 펼

치고 있다. 이를 통해 차세대 원자로 설계·건설·가동과 관련된 상당한 기술적 도전 과제를 해결하고 미국이 저탄소 국가로 나아가기 위한 발판을 마련할 계획이다.

## 나) 프랑스

총 58기의 원자로(63GW)를 가동하고 있으며 총 전력공급의 약 75%를 원자력 발전을 통해 생산하고 있다. 2025년까지 원전 비중을 현재의 약 75%에서 약 50%로 감축하고 원전 발전량을 현 수준인 63.2GW로 제한하는 내용이 포함된 에너지전환법을 발표(2014.6)하였다. 에너지부 장관은 에너지전환법이 원자력 폐지 정책은 아니며 신규 원전 건설과 노후 원전 수명연장을 추진할 수 있음을 언급하였다.

## 다) 일본

후쿠시마 사고 이후, 일본 내 모든 원전의 가동이 중단됨에 따른 에너지수입 비용 증가 및 엔화 약세로 2013년 무역적자 규모가 사상 최고치를 기록하였다. 이에 정부는 원전 재도입 방침을 철회하고 2014년 2월 발표한 4차 에너지기본계획에서 원전을 주요 기저 부하 전원으로 규정하고 원자력규제위원회 안전 심사를 통과한 원전의 재가동을 추진하고 있다. 규제위는 센다이 원전의 재가동을 승인하였으며, 다카하마 원전도 규제위의 재가동 예비 승인을 획득함에 따라 2015년 가동에 돌입할 전망이다.

한편, 동일본 대지진 이후 일본 내에서의 신규 원전 건설이 어려운 Toshiba社, Hitachi社 등 일본 원전사들은 UAE와의 원자력 협력, 베트남 제2 원전 건설 수주 등 유럽을 비롯한 국제 원전 시장 공략에 주력하고



있다. Toshiba社は 잉글랜드 북서부 West Cumbria 州 Moorside 신규 원전에 AP1000 원자로 3기를 공급하기로 합의하였다. 또한 Toshiba社の 자회사인 Westinghouse社도 불가리아 국영 전력기업인 Bulgaria Energy Holdings社와 출력 100만~120만 kW의 원자로 1기 수주를 목표로 최종 협상에 착수하였다. Toshiba社は 중국과 약 16.5억 달러 규모의 원자로 부품 공급 계약을 체결했다고 발표(2015.1)하였으며, 2020년대에 가동에 돌입 예정인 산둥성 하이양 원전, 저장성 쑤먼 원전 등 6~8기의 원자로에 제어계통, 터빈 및 기타 주요 부품을 공급할 계획이다.

최근 2015년 3월에 개최된 제4차 에너지기본계획 수립을 위한 5차 회의에서 미래의 전원(발전)구성은 기저 부하 전원이 전체의 약 60%를 충당해야 하며, 이를 위해 가동 중지중인 원전의 재가동과 수명도래 원전의 폐지에 따른 신규원전 건설이 필요하다는 의지를 보였다.

라) 독일

2010년 에너지의 대외의존도 감소를 위해 원전 수명연장을 계획하였으나, 후쿠시마 사고 이후 8기의 노후 원전을 즉각적으로 폐쇄하고 2022년까지 모든 원전을 점진적으로 폐쇄하겠다는 원전 폐지 정책으로 선회하였다. 후쿠시마 사고 이전 2011년에는 17기의 원자로(20GW)를 가동하여 총 전력공급의 약 30%를 생산하였지만, 현재는 9기의 원자로(12GW)를 가동 중이며 총 전력공급의 약 18%를 원자력발전을 통해 생산하고 있다. 그러나 온실가스 감축 목표 달성을 위해 석탄화력 발전량을 축소하겠다고 발표하면서 원자력발전과 석탄화력 발전의 동시 감축으로 인한 전력공급 차질과 전력가격 불안정에 대한 우려가 증가하였다.

마) 벨기에

7기의 원자로(5.9GW)를 가동 중이며 총 전력공급의 50% 가량을 원전에서 생산하고 있다. 후쿠시마 사고 이후 벨기에 정부는 모든 원전의 설계수명이 만료되는 시기인 2025년까지 원전을 점진적으로 폐지하겠다고 선언했다. 그러나 최근 Tihange 2호기, Doel 3, 4호기의 결함으로 원전 가동을 일시 중지함에 따라 3GW 이상의 전력공급이 감소하자, 벨기에 정부는 2015년 영구 가동 중지 예정인 Doel 1, 2호기의 수명연장을 추진하였다. 벨기에 정부는 일부 원전의 수명연장이 탈원전 선언의 폐지를 의미하는 것은 아니며, Doel 1, 2호기가 수명연장이 되더라도 2025년 이전까지만 운영할 계획이라고 밝혔다.

바) 스위스

2015년 1월 5기의 원자로(3.3GW)가 가동 중이며 총 전력공급의 약 40%가 원자력발전을 통해 공급되고 있다. 정부는 후쿠시마 사고 이후 신규 원전 건설을 금지함으로써 현재 가동 중인 5기의 원전 수명이 종료되는 2034년까지 단계적으로 원전을 폐지하겠다고 선언하였다. 원전 폐지 정책에 대한 대책으로 '에너지 전략 2050'을 수립하고 수력발전과 신재생에너지를 주 전원으로 하는 에너지체제 개편과 에너지 효율성 향상을 통한 에너지절약 정책을 추진 중이다.

사) 터키

안정적인 전력공급을 통한 경제성장 촉진과 자국 내 에너지수요 충족, 에너지 대외의존도 감소를 위해 원전



건설을 추진하고 있다. 터키 정부는 2030년까지 원전 12기를 가동하는 것을 목표로 현재 Akkuyu 원전의 원자로 4기(4,800MW)와 Sinop 원전의 원자로 4기(4,600MW)의 건설을 추진 중이다. Akkuyu 원전은 현재 환경영향평가 심사 중이며 Sinop 원전은 부지 정비 작업 중이다. 최근 터키 총리는 자국 주도의 원전 건설을 추진하겠다고 발표하고 Westinghouse社-SNPTC社와 터키 EUAS社간 원전 건설을 위한 협상을 진행할 것이라고 밝힌 바가 있다.

## 2) 비OECD 국가 정책

### 가) 중국

경제성장으로 인한 전력수요 증가 및 화석연료 사용으로 인한 대기오염 문제 해결을 위해 2013년 기준 14.6GW인 원전 설비용량을 2020년에 58GW, 2030년에 150GW로 확대할 계획이다. 가동 원자로 24기를 보유하고 있으며, 총 발전용량은 20GW를 상회하는 수준이다. 또한 25기(24,756MW)의 원자로를 건설 중이며 다수의 원자로 가동을 준비 중이다. 더욱 엄격한 안전 조치를 도입하여 후쿠시마 사고로 약 20개월간 중단되었던 신규 원전 건설 인허가를 재개하여 조만간 약 5기의 원자로 건설 승인을 내릴 것으로 전망된다. 그러나 중국 내륙에서 최초로 원전을 건설하기로 한 계획은 중단된 상태이다.

영국의 신규 원전 2기 건설 컨소시엄 참여(2013.10), 남아공 원자력공사(Nesca)와 기술 개발 및 인력 양성 협정 체결(2014.3) 등을 통해 원자력 기술 수출에도 적극 나설 예정이다. 아르헨티나와 Atucha 원전의 Candu-6 원자로 추가 건설 협정에 서명하여 CNNC

社가 장기 자원 조달 및 기자재 공급을 담당할 계획이며, CNPEC社도 Candu Energy社와 협력하여 루마니아 Cernavoda 원전 3, 4호기에 Candu 원자로 2기를 건설하기로 2014년 7월에 최종 합의하였다.

### 나) 러시아

전력공급 부족을 완화하기 위해 원자력 비중 확대와 신규 원자로 기술 개발에 박차를 가하고 있다. 현재 34기의 원자로(25GW)를 가동하고 있으며, 9기의 원자로를 건설 중이다. 또한 31기의 원자로를 건설 계획 중이며 18기의 원자로가 건설 제안된 상태이다.

러시아 정부는 '에너지 전략 2030'에서 전력수요 증가에 대비하기 위해 2030년까지 원자력 설비용량을 43.4GW로 확대하겠다는 계획을 발표하였다. 그리고 크림반도 병합 이후 서구 국가들의 제재에도 불구하고 요르단, 이란, 헝가리, 인도 등과 원전 건설 협약을 체결하며 원전 수출을 확대하고 있다.

### 다) 인도

에너지수요 급증에 따른 안정적 전력공급과 온실가스 배출 감축을 위해 원전 확대 정책을 추진 중이다. 가동 중인 원자로 21기(총 5,308MW), 건설 중인 원자로 6기(3,907MW)를 보유하고 있으나 2020년까지 14.6GW의 원전 설비용량을 확보하고, 2050년까지 원전 설비용량을 62GW로 확대하여 전체 전력공급의 약 25%를 원자력발전을 통해 담당할 계획이다. 지난 12월 인도는 러시아와 2035년까지 Kudankulam 3, 4호기를 포함한 총 12기의 원자로를 건설하는 협정을 체결하였으며, 미국 및 일본, 한국 등과도 원자력분야의 협력 확대를 추진하



고 있다. 그러나 2010년 제정된 원자력손해배상책임법과 국제조약 간 괴리로 인해 해외 기술도입과 민간 투자가 지연되어 원자력산업의 발전이 지연되고 있다.

라) 베트남

2011년 Nguyen Tan Dung 베트남 총리가 7차 에너지 개발 마스터플랜(2011~2020년)을 승인함에 따라 2020년 예상 전력 소비량의 2.1%를 원자력을 통해 생산하고 2030년에는 10.1%로 확대할 계획이다. 베트남은 연간 약 5%에 이르는 경제성장으로 인한 급속한 에너지수요 증가에 대비하기 위해 Ninh Thuan州에서 원전 건설을 추진하여 러시아 Atomproekt社와 제1원전(VVER 2기)을 2017~2018년에 착공할 예정이다. 일본 컨소시엄과도 제2원전(원자로 2기) 건설 계약을 체결하였다. 세 번째 원전 건설 추진을 위해 한국이 참여하는 컨소시엄을 우선입찰자로 선정하고 논의를 진행 중에 있다.

마) UAE

화석연료에 대한 의존도 감소와 탄소배출 감축 및 에너지안보 확보를 위해 원전 건설을 추진하고 있다. 2008년 UAE는 2020년 전력수요가 40GW 이상 증가할 것으로 예측하고 수요 충족을 위해 원자력 발전소를 건설하기로 결정하였고 이에 따라 2009년 한국전력과 204억 달러 규모의 Barakah 원전 건설 계약을 체결하였다. 2014년 12월, Barakah 1호기는 약 61%의 공정률을 달성하였으며 2호기와 3호기의 건설 공사와 4호기의 부지 작업도 진행 중이다. Barakah 1~4호기는 각각 2017년, 2018년, 2019년, 2020년 가동할 예정이

다. 한편 2013년 두바이수전력청(DEWA)은 2030년까지 원자력 발전을 통해 총 전력공급의 약 12%를 공급할 계획이라고 발표하였다.

바) 남아프리카공화국

현재 2기의 원자로를 가동 중이며 총 전력공급의 약 5%를 원자력 발전을 통해 생산하고 있다. 급증하는 전력수요를 충족하고 약 90%에 달하는 석탄발전에 대한 의존도를 감소하기 위해 원전 확대 정책을 추진하였다. 2010년 남아공 정부는 중기전력개발계획(IRP)을 통해 발전량 증가와 에너지 다변화를 도모하여 9,600MW 규모의 신규 원전을 건설할 계획이라고 밝혔으며, 2030년까지 석탄발전 비중을 약 51%로 낮추고 원자력 발전 비중을 약 14%로 높일 계획이다. 남아공 정부는 러시아, 프랑스, 한국, 중국, 미국 등과 원자력 협력을 확대하고 있으며 지난 11월 신규 원전 입찰을 위한 사전 작업으로 Nuclear Workshop을 개최하였다.

사) 사우디아라비아

에너지수요 증가에 대처하고 화석연료에 대한 의존도 감소를 위해 원자력 도입을 추진 중에 있다. 사우디 정부는 원자력 도입을 통해 발전에 사용하던 석유, 가스를 해외로 수출함으로써 추가적인 이익을 얻을 것으로 예상된다. 2032년까지 17GW 규모의 원전을 건설하여 총 전력의 약 15%를 생산할 계획이며 2022년 첫 번째 원전을 가동하는 것을 목표로 프랑스, 한국, 중국, 러시아, 미국 등과 협력을 확대하고 있다.

아) 벨라루스



러시아에서 수입하는 가스의존도 감소를 위해 원자력 도입을 결정하였다. 벨라루스 정부는 '2011~2020 에너지 전략'을 수립하여 1,000MW 규모의 석탄화력 발전소, 2,400MW 규모의 원자력발전소, 300MW 규모의 풍력 발전소, 120MW 규모의 수력 발전소 4기를 건설하여 2009년 약 80%였던 러시아 가스에 대한 의

존도를 2020년까지 약 55%로 감축할 계획이다. 현재 러시아 Atomstroyexport社와 1,200MW급 원자로 2기를 건설 중이며, 각각 2018년, 2020년 가동 예정이며 원전이 가동되면 2020년까지 총 전력 생산의 약 30%를 원자력 발전을 통해 생산할 계획이다.

〈표 1〉 국가별 원전 가동 및 건설 현황

국가	국가가동 원자로 (기)	가동 원자로의 총 설비용량(MW)	건설 중인 원자로 (기)	건설 중인 원자로의 총 설비용량(MW)
미국	99	98,476	5	5,633
프랑스	58	63,130	1	1,630
일본	48	42,388	2	1,325
러시아	34	24,654	9	7,371
대한민국	23	20,721	5	6,370
중국	24	20,056	25	24,756
인도	21	5,308	6	3,907
캐나다	19	13,500	-	-
영국	16	9,243	-	-
우크라이나	15	13,107	2	1,900
스웨덴	10	9,470	-	-
독일	9	12,068	-	-
벨기에	7	5,927	-	-
스페인	7	7,121	-	-
체코	6	3,884	-	-
스위스	5	3,333	-	-
핀란드	4	2,752	1	1,600
헝가리	4	1,889	-	-
슬로바키아	4	1,815	2	880
파키스탄	3	690	2	630
아르헨티나	3	1,627	1	25
브라질	2	1,884	1	1,245
불가리아	2	1,906	-	-
멕시코	2	1,330	-	-
루마니아	2	1,300	-	-
남아공	2	1,860	-	-
아르메니아	1	375	-	-
이란	1	915	-	-
네덜란드	1	482	-	-
슬로베니아	1	688	-	-
UAE	-	-	3	4,035
벨라루스	-	-	2	2,218
타이완	6	5,032	2	2,600
합계	439	376,931	69	66,125

자료: PRIS(2015.1)



### 나. 2040년 세계 원전 산업 전망

IEA는 World Energy Outlook 2014를 통해 2040년까지의 세계 원자력발전 전망을 발표하였다. 향후 원자력산업은 정부 정책, 대중의 수용성, 경제성, 자금 조달 등의 영향을 받아 변화할 것으로 보고, 이러한 요인을 국가별로 고려하여 중심 시나리오(central scenario)인 新정책 시나리오(New Policy Scenario, NPS)를 통해 원자력발전을 전망하였다. 또한 중심 시나리오의 변형으로 원자력의 하방위험(downside risk)을 고려한 저원자력 시나리오(Low Nuclear Case, LNC)와 상승잠재력(upside potential)을 고려한 고원자력 시나리오(High Nuclear Case, HNC)의 경우를 함께 고려하여 불확실성을 반영하였다.

원자력발전 전망은 IAEA의 Power Reactor Information System(PRIS) 자료를 바탕으로 하여 이루어졌으며, IEA의 World Energy Model을 이용하여 산출되었다. 정부 정책, 건설비(Overnight cost), 가중평균 자본비(Weighted average cost of capital), 건설 기간, 발전소 가동률, 국가별 승인된 발전소 운영 기간, 원전 출력증강(Power uprates), 폐로 비용, 연료주기비용과 같은 항목을 매개변수로 넣어 추정되었다.

그 결과, NPS의 경우 2013년에 392GW였던 원자력 설비용량은 2040년에 약 60% 증가한 624GW에 달할 것으로 전망했다. 특히 중국, 인도, 한국, 러시아에서 원전 설비용량 증가가 두드러지게 나타날 전망이다. 전 세계 원자력 설비용량에서 OECD 회원국이 차지하는 비중은 2013년의 약 80%에서 2040년에는 약 52% 수준으로 감소할 것이다. 2012년에 2,461TWh 규모였던 원자력 전력생산량은 연평균 2.3% 증가하여 2020년

3,200TWh, 2040년 4,650TWh를 기록할 전망이다. 신흥국이 충분히 발전하고 전력사용의 효율성을 개선하려는 정책들이 효과를 거두기 시작하면서 원전 확대 속도는 2020년 이후 둔화될 것으로 예측하였다.

LNC의 경우 2013년에 392GW였던 원자력 설비용량은 2040년에 366GW로 축소될 것으로 전망했다. 이는 OECD 회원국에서 설비용량이 146GW 하락하고 OECD 비회원국 설비용량이 120GW 증가한 결과다. NPS에 비해 원자력 설비용량 추정치는 약 40% 낮은 수준이며, 두 추정치 사이의 간격은 2030년 이후에 빨라지는 원자로 폐로와 둔화된 신규 원전 건설로 인해 더욱 심해진다. 원자력이 총 전력생산에서 차지하는 비중은 2040년 약 7%로 NPS에서 전망했던 약 12%보다 약 5% 낮다고 보았다.

HNC의 경우 2013년에 392GW였던 원자력 설비용량은 2040년에 767GWh를 차지할 것으로 전망했다. NPS에 비해 원자력 설비용량 추정치는 약 23% 높은 수준이며 두 전망치 사이의 격차는 2025년경 매우 심화될 것인데, 신규 원전 건설 기간 및 원전 폐로 계획이 각각 다른 점을 그 이유로 들었다. 원자력이 총 전력생산에서 차지하는 비중은 현재의 약 11%에서 2040년 약 14%로 NPS에서 전망했던 약 12%보다 약 2% 높다고 예측하였다.

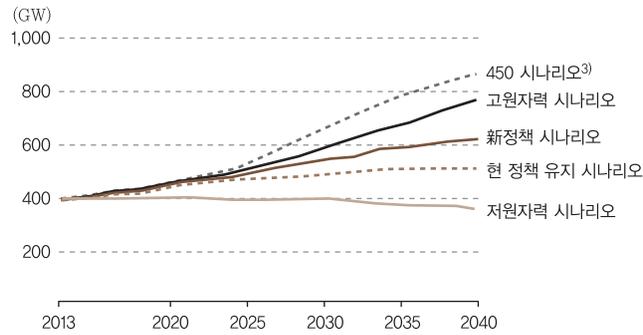
## 3. 주요국의 원전 수출국 수출 추진 현황

### 가. 세계 원전 수출시장 현황

원전산업의 경우 발전소 및 핵연료를 공급하고 유지하는데 고도의 전문성이 필요하고 기술적으로 핵무기

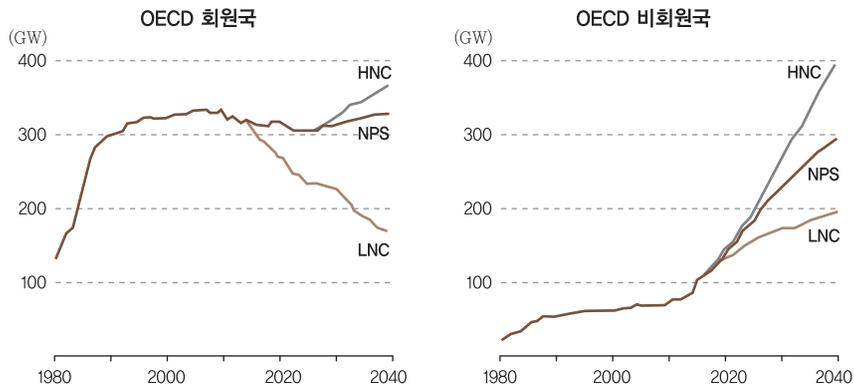


[그림 1] 시나리오별 전세계 원자력 설비용량



자료: IEA

[그림 2] 지역·시나리오별 원자력 설비용량



자료: IEA

와 밀접한 관련이 있기 때문에 원전 기술을 개발할 수 있는 국가는 제한적이고 기술 이전이 거의 이루어지지 않는 특성이 있다. 이러한 특수성 때문에 원전의 안전

하고 효율적인 운영을 위해 공급자와 수요자는 장기적인 관계를 유지하게 되며, 핵연료 조달을 비롯한 일부 분야는 기업 간 경쟁이 제한적이거나 전무한 상황이다.

3) 국제기후협약이 체결되어 장기적인 전세계 온도 상승을 산업화 이전 시기보다 2°C 높은 수준으로 효과적으로 제한하고 원자력 발전의 대규모 확대에 기여하는 조치들을 취했다고 가정한 시나리오.



또한 막대한 비용이 필요하다는 점 역시 원전산업의 특성인데, 특히 원전 도입을 희망하는 국가가 투자 자금에 대한 확실한 회수를 보장하지 못하거나 신용 등급이 낮은 경우 원전 프로젝트 수행 기업은 높은 위험성을 부담하게 된다. 따라서 원전 수출은 원전 공급업체의

노력뿐만 아니라 정부 지원 및 장기적인 국제협력력을 필요로 하게 된다. 전세계적으로 원전 수출국은 러시아, 미국, 일본, 캐나다, 프랑스, 한국이 있으며, 중국의 경우 현재 원전 수출을 위한 활발한 기술개발을 진행하고 있다.

〈표 2〉 국가별 원전 수출 현황

국가	수출 국가	수출 추진국가	공급사
미국	한국, 일본 등 다수	중국, 남아공, 영국 등	Westinghouse社, GE社
프랑스	한국, 중국, 핀란드, 남아공, 브라질, 영국	미국, 중국, 남아공 등	AREVA社, EDF社
러시아	구소련 국가, 베트남	미국, 중국, 남아공 등	Rosatom社
캐나다	한국, 루마니아, 인도, 아르헨티나	루마니아 등	Candu Energy社
일본	미국, 영국, 터키	핀란드, 베트남	Toshiba社, Mitsubishi社, Hitachi社
한국	UAE	사우디아라비아, 베트남, 남아공, 핀란드	한국전력공사

자료: 한국전력공사

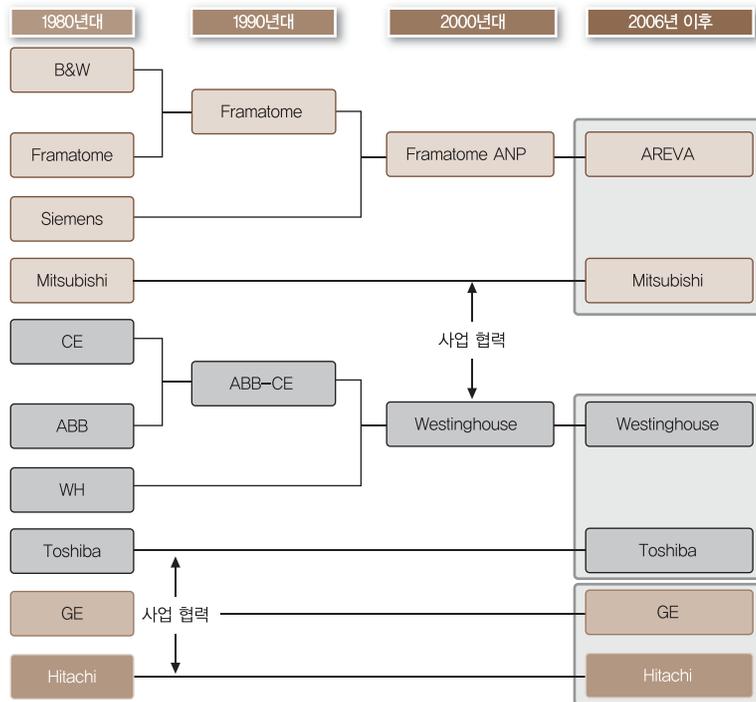
원전 산업의 주축인 상업용 원자로 개발의 경우, 과거 미국과 프랑스의 양분 체제였으나 2000년대 이후부터 경쟁력 강화를 위한 선진 원전 공급사들의 전략적 제휴가 본격화되었다. 원전 공급자 간의 인수 합병 및 제휴는 시장 개방이 활발해지고 시장 규모가 확대됨에 따라 규모의 경제 추구, 신규 사업 추진 및 연구 개발을 위한 비용 절감과 위험 최소화, 단기간의 시장 개척 등을 위한 것이었다. 현재 세계 원전 시장은 Toshiba-Westinghouse, AREVA社, Hitachi-GE, Rosatom社의 4개 그룹을 중심으로 재편되었고, 이들의 세계 시장점유율은 약 80% 이상을 차지하고 있다.

세계 원전 시장에서는 최근 이러한 원전 기업들의 합종연횡 추세와 더불어 원전 수주방식에도 변화가 나타

나고 있는데, 특히 원전 공급업체의 프로젝트 지분 참여 또는 재정 지원이 증가하고 있다. 대표적인 사례로 AREVA社는 EDF社의 자회사인 NBB Generation (NNB Genco1)社의 지분 10%를 보유하고, NBB Genco社를 통해 영국 Hinkley Point C 원전 건설을 추진 중이다. Rosatom社는 터키 Akkuyu 원전 수주 시 원전 건설에서 운영까지 원전 공급업체가 모든 재원을 조달하여 발전사업을 수행하는 방식의 BOO (Build-Own-Operate) 계약을 체결하였다. 이와 같은 지분 참여나 재정 투자는 원전 공급업체에게 부담으로 작용할 수 있으나, 원전 프로젝트 수주를 위한 효과적인 전략이 되고 있다. 왜냐하면 원전 공급업체가 고객사의 원전 건설에 투자하는 것은 고객 신뢰도를 높이



[그림 3] 주요국의 원전 업체 간 인수 합병 및 제휴



자료: 에너지경제연구원

<표 3> 해외 원전 시장 진출방식

투자유형	사업 내용	특징	진출대상 국가
턴키 계약	수출 계약에 따라 수입국에 신규 원전 건설 후 일괄 양도	<ul style="list-style-type: none"> <li>가장 일반적인 원전 수출 방식</li> <li>관련 사업 위험 최소화</li> <li>정부 중심의 신규 원전 도입 정책에 적합</li> </ul>	대부분 국가
M&A 및 지분 참여	지분 참여를 통해 기존 원전 기업 또는 신규 원전 건설 기업의 경영권 또는 소수 지분 인수	<ul style="list-style-type: none"> <li>원자력 사업에 대한 민간 참여 선결</li> <li>현지 사업자와의 합작 투자가 유리</li> <li>중장기적인 비즈니스 마인드 필요</li> </ul>	미국
IPP 사업	수출 기업이 직접 재원을 조달하여 수입국에 원전 건설 후 발전 사업 수행 (BOO, BOT, PPP등)	<ul style="list-style-type: none"> <li>정부 또는 공신력 있는 기관의 PPA 계약이 필수</li> <li>원전 운영자로서 운전 기간 및 사후 법적 책임에 대한 한계 선결 필요</li> <li>재원 조달의 효율성이 사업 성패의 관건</li> </ul>	터키, 인도네시아

자료: 한국원자력문화재단



고, 책임감 있는 원전 건설을 강조하기 위한 전략이기 때문이다.

나. 주요 기업별 원전 수출 추진 현황

현재 세계 원전 시장은 Toshiba-Westinghouse, AREVA社, Hitachi-GE, Rosatom社를 중심으로 구성되어 있다. 2006년 10월, 일본 Toshiba社は 원전 침체기를 견디지 못한 세계 최고의 원전 공급업체

Westinghouse社를 인수하면서 PWR 및 BWR 기술을 모두 갖추게 되었다. 한편, 세계 최대 원자력기업인 프랑스 AREVA社は 2007년 일본 Mitsubishi社와 합작회사(ATMEA社)를 설립하였다. 이러한 인수 합병 움직임에 위기를 느낀 Hitachi社와 GE社 역시 합작법인을 설립하고 세계 원전 시장의 경쟁 구도에 전략적으로 대응하기 시작하였다. 또한 러시아도 원전 시장 경쟁력을 강화하기 위하여 2008년 원전 관련 민간 기업들을 합병하고 Rosatom社를 설립하였다. 이들은 현

〈표 4〉 주요 원전 공급사 현황

국가	원전 공급회사	주요 현황
프랑스	AREVA社, EDF社	<ul style="list-style-type: none"> <li>• EPR을 중심으로 한 해외 진출 추진</li> <li>• 핀란드 Olkiluoto 원전 3호기에 EPR 건설 중</li> <li>• 중국 타이산 원전에 ERP 2기 건설 중</li> <li>• 영국, 인도, 남아공, 요르단 등에 신규 원전 수주를 위한 활동 지속</li> <li>• 국가 주도의 강력한 지원</li> </ul>
일본	Toshiba-Westinghouse	<ul style="list-style-type: none"> <li>• AP1000 건설 사업 다수 추진</li> <li>• 미국 원전 12기에 대한 사업을 추진 중이며, Summer 원전 등 6기에 대해 계약 체결 완료</li> <li>• 중국 쑤먼 원전 등 4기에 대해 계약을 체결하고 추가 협상 진행 중</li> <li>• 중국 내 AP1000 수요 증가에 대비하여 Shaw社와 합작 회사 설립, 모듈형 제작 공작 건설 추진</li> <li>• 영국, 남아공, 인도 등에 신규 사업 개발 추진 중</li> </ul>
	Hitachi-GE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BWR을 중심으로 용량별 포트폴리오를 구성하여 시장 확대 노력</li> <li>• ABWR(1,300MW), ESBWR(1,500MW), 차세대 BWR(1,700MW)로 용량별 포트폴리오 구성</li> </ul>
	Mitsubishi社	<ul style="list-style-type: none"> <li>• APWR(US-APWR)을 주력 노형으로 결정</li> <li>• 미국에 현지 법인(MNES) 설립(2006.07)</li> <li>• 미국 Luminant社와 Comanche Peak 원전 사업을 위한 합작 회사 설립</li> </ul>
러시아	Rosatom社	<ul style="list-style-type: none"> <li>• VVER을 기반으로 다수의 건설 프로젝트 추진</li> <li>• 원자력 기기 제작과 수출을 담당하는 국영 기업과 설계 회사 합병(2007.8)</li> </ul>

자료: 에너지경제연구원



재 세계 원전 시장의 약 80% 이상을 점유하고 있을 뿐만 아니라, 향후에도 상당 기간 동안 원전 시장을 주도할 것으로 예상된다.

1) Toshiba-Westinghouse

2006년 10월, 일본 Toshiba社는 예상가액의 2배가 넘는 약 54억 달러로 미국 Westinghouse社를 인수하

였다. Toshiba社는 광범위한 분야에서 높은 전문성과 시장점유율을 보유하고 있던 Westinghouse社를 인수함으로써 세계적인 수준의 선진 원자력기업으로 성장하였다. Westinghouse社는 원자력발전과 관련하여 공급, 유지 보수, 자동화, 건설, 설계 등의 사업영역을 확보하고 있었으며, 1957년 미국 Shipping Port 원전 건설을 시작으로 2014년 현재까지 전세계에서 운영 중인 원전의 절반 가량을 건설해 왔다.

〈표 5〉 Toshiba社와 Westinghouse社의 기존 사업역량

Toshiba社	Westinghouse社
원자력 발전소 메이저 공급사	원자력 제품 · 서비스 원스톱 솔루션
BWR 사업 ABWR 건설 유지 보수 서비스 스팀 터빈 발전기 T&D	PWR 사업 AP1,000 건설 유지 보수 서비스 연료 제조

자료: 에너지경제연구원

양사의 합병으로 Toshiba社의 안정적인 자금 조달 및 건설 시공능력과 Westinghouse社의 원천기술 및 명성은 강력한 시너지를 발휘하고 있다. Toshiba社는 Westinghouse社를 인수함으로써 전세계 원전 시장의 양대 노형이라 할 수 있는 PWR과 BWR을 모두 확보하게 되었다. 뿐만 아니라 원전 건설에 필요한 모든 기자재의 생산 및 건설이 가능해졌으며, 원활한 원전 연료 공급도 유지할 수 있게 되었다. Toshiba社는 합병을 통해 주요 원자로 기술은 물론 전세계적으로 34곳 이상의 사업 지역도 새롭게 확보하였으며, Westinghouse社뿐만 아니라 다른 파트너사들과도 협력 관계를 긴밀하게 구축함으로써 강력한 원자력사업 그룹 체계를 확립하였다.

Toshiba-Westinghouse의 주요 원자력사업 추진 분야는 원전 건설, 원자력 서비스, 원전 연료 등으로 주력 원자로 모델은 ABWR이고 Westinghouse社의 주력 원자로 모델은 AP1000이다. 모두 3세대 원자로로 AP1000의 경우 현재 총 8기(미국 4기, 중국 4기)가 건설 중이며, 향후 Toshiba社는 미국과의 협력을 통한 신규 원전 수주에 주력할 계획이다. Toshiba社의 Westinghouse社 인수는 향후 국내 원전의 해외 사업 진출에도 영향을 미칠 것으로 예상된다. Westinghouse社는 국내 수출 기종인 OPR1000의 원천 기술을 소유하고 있는데, 지난 1997년 체결된 기술 사용 협정(License Agreement, LA)에 따라 실사용권이 소멸되는 제3자 제한 코드 사용과 기술 이전 제외 품목인



[그림 4] Toshiba-Westinghouse 협업체계

	판매	기술 개발	부품 제작	시공 및 설치
Westinghouse社	전세계 34곳	PWR	반응기 연료	SHAW社
Toshiba社		터빈 시스템	발전소 전 기자재	설비, 가동
IH社	일본	BWR		
	일본	원전 부품 개발, 제조, 설치		
Kazatomprom社	우라늄 공급			

자료: 에너지경제연구원

RCP, NSSS I&C 공급은 향후 Westinghouse社의 협조가 필요한 상황이다. 따라서 향후 우리나라의 원전 수출에 Westinghouse社의 대주주로서 Toshiba社가 적잖은 영향을 미칠 것으로 예상된다.

## 2) AREVA

프랑스는 1970년대부터 정부 주도 하에 미국의 기술을 도입하여 꾸준히 원전을 건설한 결과, 원자력 관련 원전 기술, 건설 및 수출 능력을 두루 갖추게 되었다. 특히 AREVA社는 세계 최대의 원전 기업으로 수직 계열 통합에 따라 원자력 발전의 전 분야에 참여하고 있다. AREVA社는 Westinghouse社와 함께 세계 원전 공급 시장의 양강 체제를 구축하였으며, 다수의 원전 기업들이 AREVA社의 비즈니스 모델을 표방하기 위해 노력하고 있다. AREVA社의 가장 큰 강점은 다른 경쟁사가 따라올 수 없는 원전산업 전체 비즈니스 영역의 노하우와 역량을 바탕으로 한 원스톱 서비스 제공이 가능하다는 점이다. 원전산업 가치사슬 전 영역에 대한 사업 수행 역량을 보유한 AREVA社는 원전 운영수익

이 전체 수익의 약 80%에 달하는데, 이는 타 경쟁사와 가장 크게 차별화되는 요소라고 할 수 있다. 2012년 기준, AREVA社는 전세계 원자로 440기 중 360기의 건설에 참여하거나 지원을 제공한 바 있다.

2006년 10월, AREVA社는 일본 Mitsubishi社와 신형 PWR 개발을 위한 연대를 구축하였다. AREVA社와 Mitsubishi社 연대는 Toshiba-Westinghouse의 AP1000 원전에 대한 공동 대응 및 견제의 목적이 강하다. 2007년 양사는 중형 원전 시장 개척을 목표로 한 1,100MW급 신형 원자로 공동 개발 및 원자력 분야 협력을 위해 합작 회사 ATEMA社를 설립하였다. 최근 AREVA社는 2003년 핀란드 Olkiluoto 원전, 2006년 프랑스 Flamanville 원전, 2007년 중국 타이산 원전을 연속으로 수주하였고, 현재 3세대 원자로의 첫 번째 모델인 EPR을 각 원전에 건설 중이다. 또한 2013년 영국 Hinkley Point C 원전 건설을 위해 프랑스 EDF社, 중국 CGN, CNNC와 파트너십을 체결하였다.

## 3) Hitachi-GE



일본 내 원자력 2위 기업이었던 Hitachi社は Toshiba 社가 Westinghouse社를 인수하면서 전략적 대안을 수립해야 하는 상황에서 2007년 GE社와 원자력 사업 부문에 대한 제휴를 맺었다. Hitachi社は 1967년 GE社로부터 BWR에 대한 포괄적인 기술 라이선스 계약을 체결한 후 40년간 GE社와 협력관계를 유지하고 있었으며 BWR 원전 기술과 브랜드 파워가 필요하였고, GE社は Hitachi社の 원전 건설 수행능력이 필요했기 때문에 양사의 연합은 예견된 상황이었다. Hitachi社は BWR을 발전시켜 3세대 원자로인 ABWR을 개발하고 일본 내에 4기를 건설하여 최신 원전 건설 노하우와 엔지니어링 데이터를 축적하였다. GE社は 이러한 Hitachi社の 노하우를 바탕으로 ESBWR을 개발하여 현재 승인 절차를 진행 중이다.

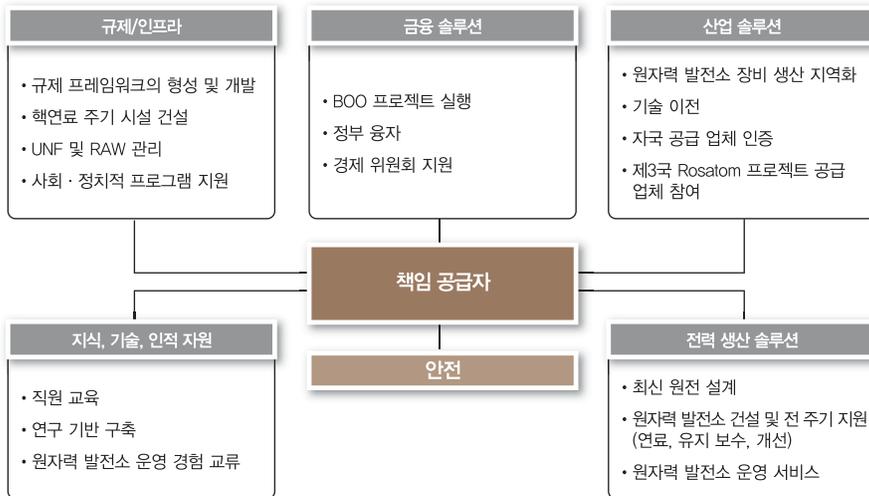
Hitachi-GE는 58년째 BWR을 건설하고 있으며, 향후에도 BWR 시장에서 독보적인 위치를 차지할 것

으로 예상된다. BWR은 PWR에 비해 전체적으로 구조가 간단하고, 원자로 계통의 온도와 압력이 낮아 안정성 측면에서 유리한 측면이 있다. 그러나 사고 발생 시 방사능 확산 가능성이 더 높으며, 지난 후쿠시마 사고 원전 역시 BWR이므로, 향후 원전 수출에는 한계가 있을 것으로 전망된다. 현재 대만 Lungmen 원전 1, 2호기와 오마 원전, 시마네 원전 3호기 등 총 4기의 ABWR이 건설되고 있는데 이들은 모두 아시아 지역에 한정되어 있다.

#### 4) Rosatom

Rosatom社は 천연가스와 원유에 이어 원자력까지 석권해 세계 에너지시장을 주도하겠다는 푸틴 대통령의 국가적 전략을 기반으로 2008년 1월 설립된 국영 기업이다. 200여개의 기업과 25만 명의 직원을 보유하

[그림 5] Rosatom社 통합 서비스



자료: 에너지경제연구원



고 있는 거대 조직으로, 해외 원전 수주를 위한 러시아 정부의 전폭적인 지지를 받고 있다. Rosatom社의 원전 수출은 자회사인 Atomstroyexport社가 담당하고 있는데, 2012년 해외 지역으로부터 전체 매출의 약 33%를 거두었으며, 향후에도 글로벌 원자력 리더십을 유지하기 위하여 해외 사업에 대한 전략을 수립하여 시행 중이다. Rosatom社의 가장 큰 원전 수출경쟁력은 책임 공급자로서 원자력 발전소에 대한 통합 서비스를 제공할 수 있다는 점으로 원자력 발전 전주기에 걸친 서비스 제공이 가능하다.

지난 2012년 Rosatom社는 브랜드 인식 제고를 위해 8개 국가(남아프리카공화국, 불가리아, 슬로바키아, 싱가포르, 영국, 우크라이나, 체코, 헝가리)에 마케팅 사무소를 개설하였다. 최근 중국과 벨라루스에서 원전 각 2기씩을 수주하여 현재 건설 중이며 터키, 요르단과는 BOO 방식의 원전 수출 계약을 체결하였다. BOO 계약에서는 공급사가 자기자본 제공 방식으로 원전을

건설하고 완공된 원전을 소유·운영할 수 있는 자격을 가지게 된다. 즉 BOO 방식은 공급사가 원전 설계, 건설, 운영 및 유지를 담당하여 초기에는 100% 소유권을 가지고 있으며, 원전에서 생산되는 전력을 해당국의 전력회사에 장기간 공급함으로써 초기 건설비용을 회수하는 계약 모델이다. Rosatom社는 초기 건설비용이 회수되면 단계적으로 원전에 대한 소유권을 해당국에게 매도할 수도 있다.

이번 계약을 통해 건설될 터키 Akkuyu 원전은 러시아가 외국에서 원전을 건설하고 소유하게 되는 최초의 사례가 된다. Rosatom社는 현지 인력 교육, 원자력 관련 콘텐츠 개발, 원자력 규제체계 수립, 원자로 라이선스 및 안전성 확보, 연료공급, 원전 유지 보수 및 해체 지원, 사용후핵연료 및 폐기물 처리 등을 수행할 예정으로 앞으로도 BOO 계약을 통한 원전 수출을 희망하고 있으며, 2030년까지 24기의 원전을 해당 방식으로 계약하고자 하는 계획을 가지고 있다.

〈표 6〉 주요 기업별 원전 수출 개요

공급사	주력 원자로	주력 시장	원전 수출역량	
			강점	취약점
AREVA社	EPR, SWR1000	유럽, 선진 국가	토탈 솔루션 가능	EPR 건설 지연 (Olkilouto 3, Flamanville 3)
Toshiba-Westinghouse	AP1000	미국, 일본을 비롯한 전세계	뛰어난 (원전) 기술력	비싼 건설 단가
Hitachi-GE	Hitachi-GE	미국, 일본	토탈 방식 과점	노형 자체 비선호
Rosatom社	VVER	구사회주의국	토탈 솔루션 가능	선진국 진출 제한

자료: 에너지경제연구원



#### 4. 원전 수출경쟁력 강화를 위한 고려요소

지금까지 본고에서 검토한 바를 종합할 때, 주요 원전 공급업체들의 수출경쟁력 강화 전략은 크게 수출 진입 구도, 파이낸싱, 정부·국외 협력, 기술력의 네 가지 측면으로 요약할 수 있다.

##### 가. 수출 진입 구도

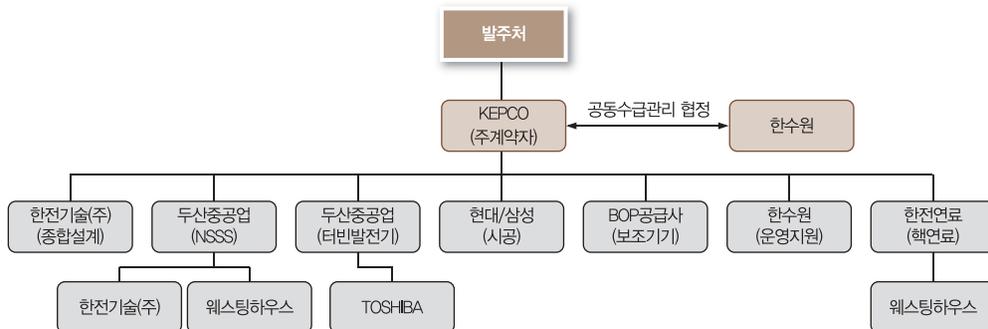
AREVA-Mitsubishi, Toshiba-Westinghouse, GE-Hitachi, Rosatom社 등 해외 주요 원자력 수출 기업의 사업 구조를 보면 알 수 있듯이, 선진 기업들은 가치사슬 전반에 걸친 사업 영역을 모두 확보하면서 규모의 경제를 추구하는 조직 구도를 보이고 있다. 이를 위해 글로벌 기업 간 전략적 제휴를 통하여 마케팅, 핵심 기술 중 상호 부족한 부분을 보완하고 있다.

이와 비교할 때, 우리나라 원전 수출 조직은 사업 추진 주체 및 권한이 아직 명확하지 않아 보인다. 현재 우리나라의 원전 해외 수출 진출실적 사례를 살펴보면,

크게 한국전력공사가 주도하는 IPP(Independent Power Plant: 민간 발전 사업) 사업과 한국수력원자력에서 주관하는 EPC(Engineering, Procurement, Construction: 설계, 설비 조달, 시공, 시운전, 인도까지 일괄 공급 사업) 사업의 2가지 방식으로 구분된다. 한국전력공사 주도로 진행하여 수주에 성공한 사업은 2009년 수주한 UAE 원전 사업(원전 4기 공급, 60년 운영, 기기 교체 등 포함)이 유일하며, 터키 원전 사업의 경우 사실상 무산된 상황이고, 베트남의 경우는 현재 원전 5, 6호기 건설을 위한 예비 타당성 조사를 벌이기로 합의된 상황이나 원전 건설이 2020년으로 미뤄질 것이라는 보도가 나온 상황이다. 한국수력원자력 주도로 진행되는 사업은 현재 핀란드 Olkiluoto 원전 4호기 건설 사업이 있으며, 해당 사업은 2013년 1월에 국제 입찰서 제출을 완료하였으나 해당 사업과 관련하여 지난 2014년 5월 발주처가 핀란드 정부에 건설 허가 신청서 제출 기한을 5년 연장해 줄 것을 요청하면서 사업 추진이 불투명해진 상황이다.

이러한 사례에서 볼 수 있듯이 우리나라 원전 사업

[그림 6] 원자력발전 수출 컨소시엄 구도(UAE 사례)



자료: 에너지경제연구원



추진 구도는 한국전력공사와 한국수력원자력 2개 컨소시엄으로 구분되어 있다. 컨소시엄 참여 기업이 동일한 것으로 미뤄 볼 때, 원전 수출 사업 추진 주체 및 권한이 아직 정리가 되지 않았다고 볼 수 있다. 이 같은 상황으로 인해 타 글로벌 메이저 원전 업체에 비해 시장 진출역량이 낮다고 평가할 수 있으므로 개선이 필요한 상황이다.

원전 수주에 관련된 핵심 역량을 가진 기업 및 기관들이 분산되어 있는 국내 시스템으로는 거대 국영기업과의 경쟁에서 우위를 점하기 어렵다. 따라서 우리나라의 원전 수출경쟁력 강화를 위해서는 전략적으로 대형/통합형의 조직 구도를 추구할 필요가 있다. 우선 단기적으로는 기존의 원전 사업 컨소시엄 형태를 유지하되, 긴밀하게 사업을 운영할 수 있도록 한국전력공사와 한국수력원자력이 원전 사업 추진 유형에 따라 주관사를 갖는 구조를 고려해 볼 수 있다. 또한 중장기적으로는 해외 원전 수출만 핵심 사업으로 하는 독자적인 통합회사 설립을 고려해 볼 수 있다.

### 나. 파이낸싱

원전 사업의 파이낸싱 특징은 크게 3가지로 분류할 수 있다. 첫 번째로는 대규모의 재원이 소요된다는 점이다. 일반적으로 원전 1기당 대략 4~6조 원의 건설비가 소요되는데, 보통 원전 발주는 2기 혹은 4기를 같이 발주하기 때문에 건설비는 10조 원 이상이 필요하다고 볼 수 있다. 요즘 해외 원전 수출 추세는 발주 국가에서 건설 사업자가 직접 재원을 마련하여 건설해 줄 것을 요구하는 사례도 늘고 있기 때문에 자원 확보에 대한 부담이 증가하고 있는 상황이다.

두 번째는 건설 기간이 길어 투자금 회수에 많은 시

간이 소요된다는 점이다. 원전 개발, 설계, 인허가에 걸리는 기간이 일반적으로 5년에서 길게는 20년이 소요된 경우도 있다. 부지 선정에도 3~5년이 소요되며, 착공 이후에도 5~10년의 건설 기간이 소요되는 등 신규 원전을 가동하기까지 최소 13년 이상의 긴 시간을 필요로 하므로, 투자금 회수에 많은 시간이 소요된다.

세 번째로 원전 건설은 일반 발전소보다 훨씬 높은 재무적 리스크를 수반한다. 원전 계약 이후에도 인허가 및 국민 여론에 따라 원전 도입 정책이 지연될 수 있으며, 착공 이후에도 안전성에 문제가 발생하면 공사가 지연될 확률도 높다. 일례로 프랑스 AREVA社가 건설 중인 핀란드 Olkiluoto 3호기의 경우 건설 기간 중 문제가 발생하여 완공 시점이 당초 2009년에서 2015년으로 지연되고 있는 상황인데, 이 때문에 당초 4.5조 원의 터키 계약 공사비가 11조 원으로 증가된 것으로 추정된다.

원전 사업 파이낸싱 형태는 크게 수출금융, 기업금융, 프로젝트 파이낸싱의 3가지로 분류되고 있다. 수출금융이란 수출 국가의 수출금융기관에서 수출업자나 수입국에 직접 대출해 주거나 보증을 통해 간접적으로 차관을 공여하는 자원 조달방식이다. 기업금융이란 수출 기업이 민간 차원에서 재원을 조달하는 방식이며, 프로젝트 파이낸싱이란 프로젝트에서 발생하는 미래 수익을 바탕으로 재원을 조달하는 방식이다.

현재 우리나라가 해외 원전 사업에 진출하면서 겪고 있는 파이낸싱 제약 사항은 여러 가지가 있는데 첫 번째로는 발주국의 재정 빈약성 문제가 있다. 과거에는 원전 발주국에서 재원을 조달했기 때문에 사업자는 시공만 하면 되었으나, 현재 원전 도입 예정국들의 다수가 개도국이기도 한 관계로 국가 재정에 있어 어려움을 겪고 있는 상황이다. 이렇다보니 원전 사업자가 스스로



재원을 조달하여 추후 원전 운영을 통해 투자금을 회수하는 방식으로 프로젝트 진행을 요청하고 있는 상황이다. 두 번째로는 국가 재정의 한계성 문제가 있다. 주요 원전 경쟁 선진국 대비 재원의 규모가 작고 대규모 재원 조달 경험도 부족한 우리나라로서는 자금 조달에 한계가 있다. Rosatom社의 경우 정부 차원에서 차관 등의 형태로 파이낸싱을 해결하고 있으며, 일본의 경우 풍부한 외환 보유고를 바탕으로 원전 재원에 대한 저리 자금 융자, 경제 협력 차관 제공 등의 협상 카드를 활용하고 있으나, 우리나라의 경우 상대적으로 열위에 놓여 있다. 세 번째로는 민간 금융의 한계가 있다. 국내 민간 은행의 경우도 경쟁국의 대형 은행과 비교하였을 때 원전 프로젝트에 대한 대규모 대출은 리스크가 커 실행하기 어려운 환경에 있다. 마지막으로 여신한도 한계치와 같은 정부 규제로 인한 대규모 파이낸싱 조달 제약이 존재하고 있다.

2010년 요르단 원전 수주와 2013년 터키 원전 수주의 실패는 모두 원전 건설 투자 자금에 대한 조달 경쟁력에서 경쟁사에 밀렸기 때문으로 보고 있다. 원전 기업의 지속적인 신용 등급 관리와 정책 금융기관의 자금 확보력을 강화하여 파이낸싱 지원 강화가 필요하며, 원활한 파이낸싱을 위해 민간 금융 및 해외 자본 참여를 촉진하기 위한 방안이 필요하다.

#### 다. 정부·국의 협력

프랑스 AREVA社, 러시아 Rosatom社 등 해외 우수 기업들은 정부와의 긴밀한 협력을 통해 다양한 원전 수출 사업을 추진하고 있을 뿐만 아니라, 합작회사를 설립하는 등 활발한 기업 간 제휴를 통해 다방면에 걸친 협력 체계를 구축하고 있다. 프랑스의 경우 AREVA

社가 담당했던 핀란드에서의 원전 건설에 문제가 발생하면서 UAE 원전 수주에 어려움을 겪자 사르코지 대통령이 직접 UAE를 방문하였고, 대통령 비서실장을 수시로 UAE에 보내 AREVA社의 수주를 직간접적으로 지원하였다. 이러한 과정에서 프랑스는 자국에서 개발한 최신예 전투기인 라팔을 제공하겠다는 조건을 제시했다는 일화도 있다.

우리나라 또한 당시 이명박 대통령이 직접 UAE의 실세이자 원전 사업 결정권을 가진 모하메드 빈 자이드 알나하얀 아부다비 왕세자와 전화 통화를 하였으며, 이후 한승수 전 국무총리, 김태영 국방부 장관, 최경환 당시 지식경제부 장관을 비롯한 40여명의 사절단을 UAE로 파견하였다. 뿐만 아니라 UAE는 당시 사절단에게 새로운 경제 성장동력을 원하고 있음을 내비쳤으며, 우리나라는 경제개발 경험 공유를 위한 공무원 인력 교류 MOU, 양국 간 군사 교류에 관한 MOU, 여기에 반도체·조선·IT 등 한국의 세계 최고 기술력에 대한 협력까지도 정부 차원에서 지원을 약속하였다.

이 같은 정부 지원을 바탕으로 UAE 사업 수주에 성공할 수 있었으며, 따라서 향후에는 보다 체계적인 정부 지원방안을 구축하여 추가적인 해외 원전 수주 추진 시 활용해야 할 것으로 판단된다.

UAE 원전 수출 이후에도 세계 원전 시장의 수주 경쟁이 더욱 치열해지고 있으며 원전 강국인 미국, 일본, 프랑스, 러시아는 해외 원전 사업 수주를 위해서 정치·경제·외교·군사에 걸쳐 국력을 총동원하고 있는 추세이다. 특히 우리나라에 대한 원전 수출국들의 견제가 더욱 확산되고 있다. 그만큼 향후 원전 수출을 위해서 정부의 역할과 국가 외교력적인 측면뿐만 아니라 원자력 기술 개발, 인력 양성, 자금 지원 등 다방면에 걸친 지원 및 준비가 필요하다.



라. 기술력

마지막으로 앞서 언급한 모든 원전 수출경쟁력 요소의 기반이 되는 것은 핵심 원자로 기술력이다. 주요 원전 기업들은 전략적 제휴를 통해 기술력을 상호 보완하고 있는 상황이다. 우리나라의 경우 현재 자체적으로 1,400MW급 원자로 설계제조 기술을 보유하고 있으나, 핵심 원전 기술의 경우는 아직 국산화가 되지 않은 상황이다. 이 같은 상황 속에서 현재 우리나라는 프리미엄 고유 원전 기술 개발이라는 계획하에 1,500MW급 원전 기술 개발 및 주기기 설계 최적화, 건설 기술, 신형 핵연료 재료 개발, 안전성 기반 수출 경쟁력 증강

기술(안전 해석 코드 고성능화 등) 개발 등의 기술 개발을 지속적으로 추진하고 있다.

따라서 원전 수출에 필요한 미자립 기술에 대한 빠른 기술력 확보가 시급하다고 할 수 있으며, 장기적으로는 신(新)시장으로 급부상하고 있는 페로 처리 등에 관한 기술 역시 체계적인 준비가 필요할 것으로 보인다. 그 밖에 원전 산업의 특성상 안전에 대한 규제 및 기술력의 강화가 필요할 것인데 이는 원전 개발 기술과 더불어 전세계가 주목하는 핵심 역량 중 하나이다. 안전 기술 역량 강화를 위해서는 국내 안전 규제 프로세스의 개선과 더불어 안전 규제 관련 인력 강화 및 원자력 안전 규제 기술의 자립이 필요하다.

〈표 7〉 글로벌 원전 기업과 한국 경쟁력 비교

구분	수출 진입구도	파이낸싱	정부 · 국외 협력	기술력
글로벌 기업	<ul style="list-style-type: none"> <li>원전 토탈 솔루션 제공 (AREVA社, Rosatom社)</li> <li>정부 주도의 기업 설립 및 사업 추진(Rosatom社)</li> <li>원전 운영 사업 이익 추구 (AREVA社)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정부차원의 차관 제공 (Rosatom社)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>경쟁사와의 합작 회사 설립 (AREVA-Mitsubishi, Toshiba-Westinghouse, Hitachi-GE)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>핵심 원자로 기술력 확보 (Toshiba- Westinghouse, Hitachi-GE)</li> </ul>
한국	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업 추진 주체 및 권한 불명확</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>대규모 재원 조달 경험 부족</li> <li>자금 여력 부족</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>체계적인 정부 지원 방안 미흡</li> <li>국외 기업과의 전략적 협업 관계 설정 필요</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>원전 기술부문 자립 필요</li> <li>연구용 원자로 및 페로 기술 개발 필요</li> </ul>
시사점	<ul style="list-style-type: none"> <li>사업 추진 체계 정비 및 진입 목표 설정</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>민간 금융 및 해외 자본 참여 촉진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>정부 지원 역할 및 범위 설정</li> <li>전략적 파트너십 확보</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>핵심 기술분야를 중심으로 한 연구 개발 추진</li> </ul>

자료: 에너지경제연구원

5. 시사점

한국 원자력발전의 강점은 설계, 제작, 운영, 건설

및 연료 공급 등 원전산업 전 범위에 대한 사업 능력을 보유하고 있으며, 원전 건설 및 운영의 경제성 및 효율성 측면에서도 세계 최고 수준으로 평가받고 있다. 우리나라



라는 2009년 한국전력 컨소시엄이 UAE에 총 200억 달러 규모의 원전 4기를 수주하면서 1977년 국내 첫 원전인 고리원전 가동 이후 30여년 만에 세계 6번째로 원전 수출국으로 이름을 올리게 되었다. 그러나 UAE 원전 수주 이후에는 원전 선진국의 경쟁 심화와 경쟁국들의 대규모 자본을 앞세운 공격적인 원전 수주 전략에 따라 차기 원전 수주에 어려움을 겪고 있다. 향후 개도국을 중심으로 원전 도입은 늘어날 전망이며, 이에 따른 원전 수출 경쟁도 더욱 치열해질 전망이다.

이와 같이 더욱 치열해지고 복잡해지는 원전 수출 시장에 대응하며 경쟁에서 우위를 점하기 위해서는 기업 차원의 전략적인 노력은 물론이고 정부 차원의 적극적인 준비와 노력이 필요할 것이다. 특히 향후 우리나라의 원전 수출경쟁력 강화를 위해서는 다음과 같은 노력이 필요할 것으로 예상된다. 첫째로 원전 수출 경쟁국들과 비교할 때, 우리나라 원전 수출 조직은 사업 추진 주체 및 권한이 아직 명확하지 않으므로 사업 추진 체계를 정비하고, 진입 목표를 분명히 설정할 필요가 있다.

또한 우리나라는 대규모 자원 조달 경험이 부족하고 자금 여력도 부족한 상황이므로, 원활한 파이낸싱을 위해 민간 금융 및 해외 자본 참여를 촉진할 필요가 있다. 다음으로 우리나라는 체계적인 정부 지원방안이 미흡한 실정이다. 따라서 정부 지원의 역할과 범위를 설정할 필요가 있다. 뿐만 아니라 국외 기업과의 전략적 파트너십을 확보함으로써 국내외 협력체계를 공고히 해야 한다. 마지막으로 핵심 기술분야의 연구 개발을 지속적으로 추진해야 한다. 특히 원전 기술분야에 대한 기술 자립이 시급하며, 연구용 원자로 및 폐로 기술에 대한 연구 개발이 필요하다.

## 참고 문헌

### 〈국내 문헌〉

에너지경제연구원, 세계 원전시장 인사이트, 2014

### 〈외국 문헌〉

Areva, Areva Business & Strategy Overview, 2012

IAEA, Nuclear Power Reactors in the world, 2014

IEA, Chapter 11: Prospects for nuclear power to 2040, World Energy Outlook, 2014

Toshiba, Toshiba/Westinghouse Basic Strategies, 2011

### 〈웹사이트〉

WNA 홈페이지, <http://www.world-nuclear.org/>