



삼일회계법인

K-원전 수출 경쟁력 점검 및 제언

삼일PwC경영연구원

June 2025



Contents

들어가며	2
<hr/>	
Part 1. 세계 원자력 발전 현황	3
<hr/>	
Part 2. 글로벌 원전 시장 전망	10
<hr/>	
Part 3. 'K-원전' 경쟁력 분석	18
<hr/>	
Part 4. 'K-원전' 경쟁력 강화를 위한 제언	26
<hr/>	

들어가며

지난해 여름, 'K-원전' 팀코리아는 체코 두코바니 신규 원전 5·6호기 사업에서 프랑스를 제치고 우선협상대상자로 선정된 이후 올해 6월, 본계약을 마쳤다. 총사업비는 약 26조 원 규모이며, 추후 4기까지 확대될 가능성이 있다.

이는 한국의 원전 건설 및 운영 역량이 글로벌 시장에서 입증된 쾌거다. UAE 바라카 원전 사례처럼, 정해진 예산과 일정 내에 완공한 국가로서의 실적은 한국이 유일하다.

최근 주요국들은 기후변화 대응 및 에너지 안보 강화를 위해 원전 확대 정책을 추진 중이며, 체코 수주는 유럽시장 진출의 교두보를 확보한 의미가 있다.

원전 수출은 단기간의 경제적 이익을 넘어 100년 이상 장기적 파트너십을 형성한다. 원전 건설에 10년, 운영 60년, 연장 운영 시 20년, 해체에 10년이 소요되며, 이 과정에서 기술, 문화, 경제, 외교 협력이 깊어진다. 체코와도 본계약 전부터 고속철, 배터리, 미래차, 로봇 등 다양한 분야의 협력 논의가 활발히 진행 중이다.

이에 본 보고서는 'K-원전'의 수출 가능성과 향후 진출 가능한 글로벌 원전 시장의 규모, 경쟁력을 다각도로 분석한다. 아울러 소형모듈원전(SMR) 상용화, 원전 해체 기술 확보, 금융지원 전략 등 경쟁력 강화 방안도 함께 제언한다.



Part 1.

세계 원자력 발전 현황

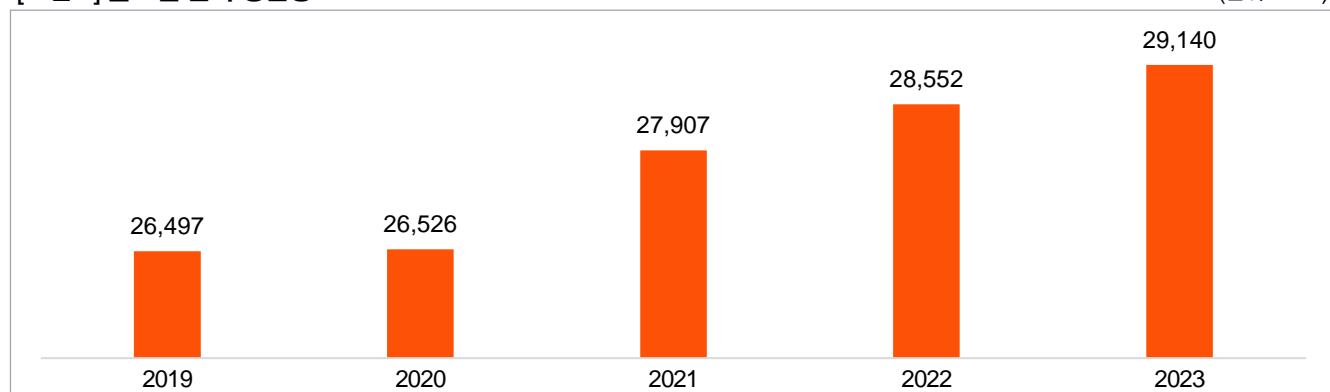


1.1 세계 원자력 발전 운영 현황 (1)

2023년 기준 전 세계 전력 생산량은 29,140TWh이며, 최근 5년간 평균 성장률은 1.9%다. 이 가운데 원자력 발전이 차지하는 비중은 9.0%로, 석탄(33.9%), 천연가스(22.6%), 신재생에너지(30.9%)에 이어 네 번째 주요 전력원이다.

[그림 1] 글로벌 전력 생산량

(단위: TWh)

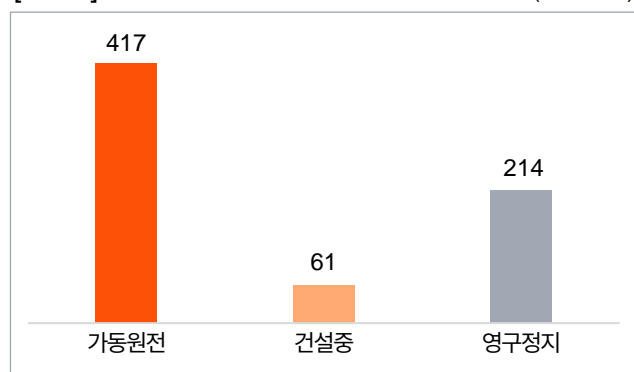


자료: EIA, 삼일PwC경영연구원

전 세계적으로 총 440기의 원자로 중 417기가 가동 중이며, 이들의 설비용량은 약 377.2GW에 달한다. 현재 61기의 원자로가 건설 중이며, 그 설비용량은 63.8GW이다. 반면, 영구 정지된 원자로로는 214기로 전체 설비용량의 28.7%에 해당하는 108.4GW 수준이다.

[그림 2] 글로벌 원자로 현황

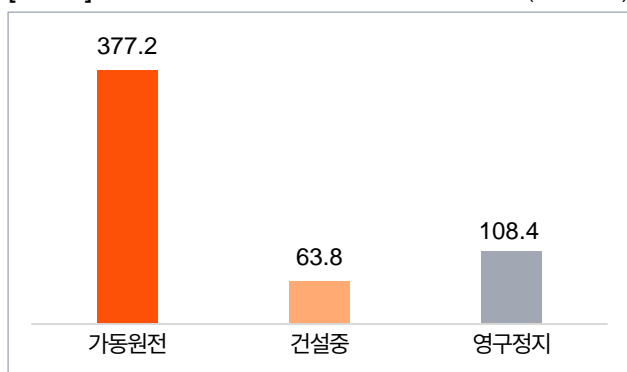
(단위: 호기)



자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

[그림 3] 글로벌 원전 설비 용량

(단위: GW)

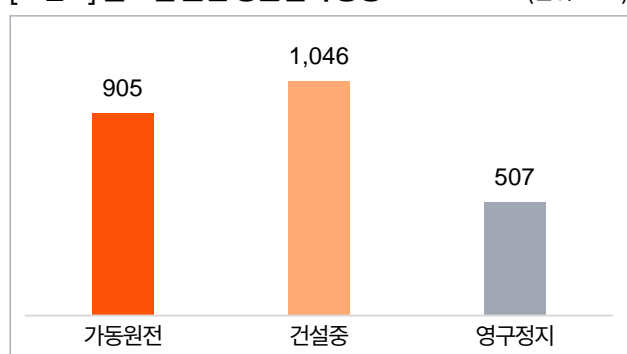


자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

특히 최근에 건설되고 있는 신규 원전은 제3세대 노형이 주류로, 호기당 설비용량이 평균 1,000MW를 상회한다. 과거 건설된 원전은 기술적 제약과 낮은 수요를 고려해 소형으로 설계된 반면, 최근에는 전력 수요 증가와 기술 발전에 따라 대형화가 진행되고 있다.

[그림 4] 글로벌 원전 평균설비용량

(단위: MW)



자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

1.1 세계 원자력 발전 운영 현황 (2)

과거 원전은 주로 유럽, 북미, 동아시아 선진국에서 운영되었으나, 최근에는 중국·인도 등 신흥국도 적극적으로 원전을 도입하고 있다. 선진국에서는 노후 원전의 교체 수요와 탄소 감축 수단으로 원전 재건설 및 개보수가 활발히 추진되고 있다.

국가별 발전량 기준으로는 미국, 중국, 프랑스 순이며, 전체 전력 생산 중 원자력 비중은 프랑스가 가장 높다. 이는 각국의 에너지 정책, 경제 규모, 수급 구조에 따라 상이하게 나타난다.

[그림 5] 국가별 원자력 발전량

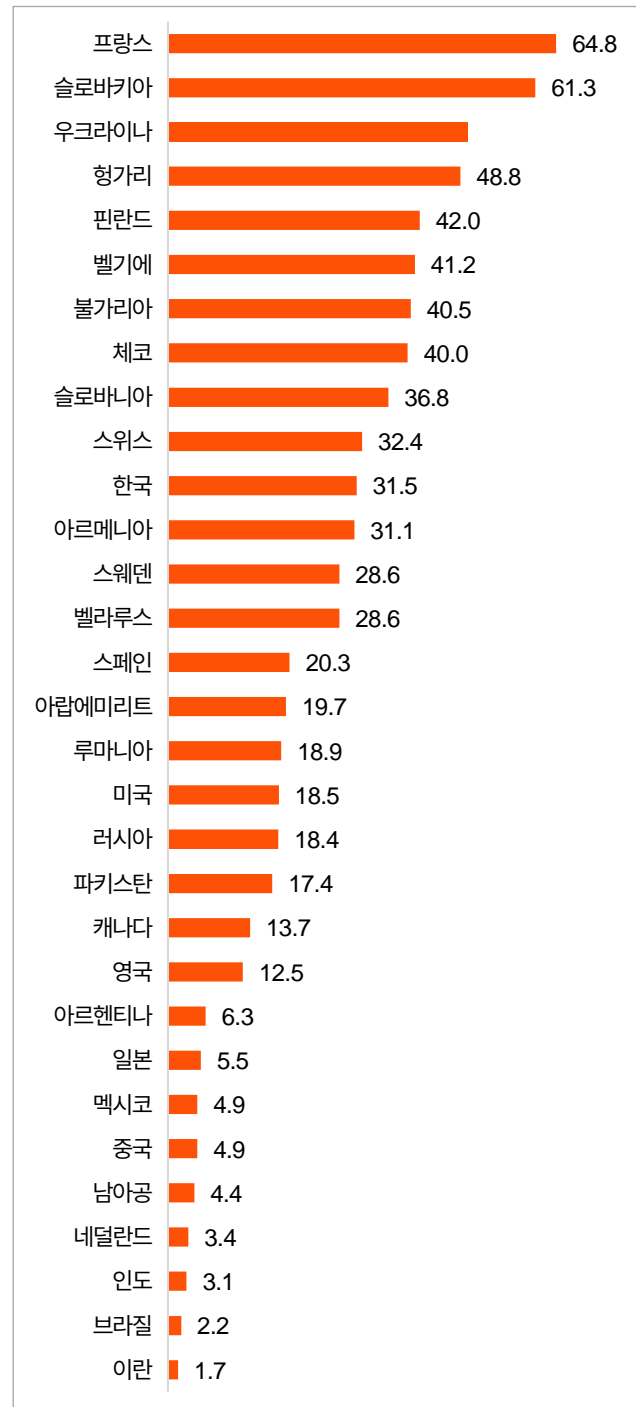
(단위: TWh)



주: 우크라이나는 전쟁 중으로 수치 미표기
자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

[그림 6] 국가별 원자력 발전 비중

(단위: %)



주: 우크라이나는 전쟁 중으로 수치 미표기
자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

1.1 세계 원자력 발전 운영 현황 (3)

미국은 94기의 원자로를 운영하며 설비용량 96.9GW로 세계 최대 규모다. 그 뒤를 프랑스, 중국, 러시아, 한국이 잇고 있으며, 프랑스는 전체 전력의 60% 이상을 원자력에 의존하는 대표적인 원전 강국이다.

현재 가장 많은 신규 원전을 건설 중인 국가는 중국으로, 총 28기(29.6GW 규모)를 건설하고 있다. 향후 신규 가동 예정인 국가는 튀르키예, 이집트, 방글라데시 등으로, 원전 비가동국에서의 신규 진입도 활발하다.

[표 1] 세계 원전 운영 현황(1Q25)

(단위: MW, 기)

국 가	운영중		일시정지		건설중		영구정지	
	용량	기수	용량	기수	용량	기수	용량	기수
아르헨티나	1,641	3			25	1		
아르메니아	416	1					376	1
벨라루스	2,220	2						
벨기에	3,463	4					2,469	4
브라질	1,884	2			1,340	1		
불가리아	2,006	2					1,632	4
캐나다	12,669	17					3,173	8
중국	55,278	57			29,638	28		
체코	3,934	6						
핀란드	4,394	5						
프랑스	62,990	57					5,549	14
헝가리	1,916	4						
인도	7,550	21	639	4	4,768	6		
이란	915	1			974	1		
일본	12,631	14	19,048	19	2,653	2	17,119	27
한국	25,825	26			2,680	2	1,237	2
멕시코	1,552	2						
네덜란드	482	1					55	1
파키스탄	3,262	6			1,117	1	90	1
루마니아	1,300	2						
러시아	26,802	36			3,850	4	4,882	11
슬로바키아	2,308	5			440	1	909	3
슬로베니아	688	1						
남아공	1,854	2						
스페인	7,123	7					1,067	3
스웨덴	6,944	6					4,054	7
스위스	2,973	4					379	2
우크라이나	13,107	15			2,070	2	3,515	4
UAE	5,321	4						
영국	5,883	9			3,260	2	7,755	36
미국	96,952	94					19,976	41
타이완	938	1					4,114	5
방글라데시					2,160	2		
이집트					4,400	4		
튀르키예					4,456	4		
리투아니아							2,370	2
독일							26,235	33
이탈리아							1,423	4
카자흐스탄							52	1
합 계	377,221	417	19,687	23	63,831	61	108,431	214

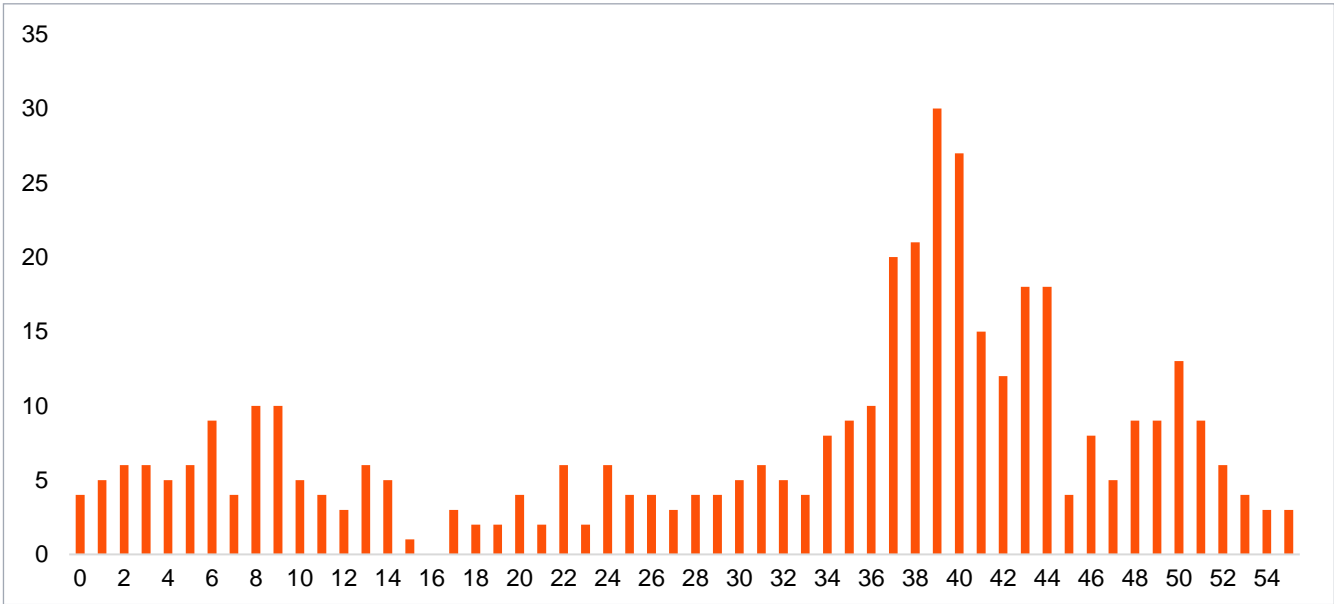
주: 아르헨티나가 건설중인 25MW급 원전은 소형모듈원전(SMR)

자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

1.1 세계 원자력 발전 운영 현황 (4)

또한, 전체 가동 원전의 평균 연령은 31년이며, 30년 이상 된 노후 원전이 전체의 60% 이상을 차지한다. 이는 해체 시장의 확대 가능성과 직결된다.

[그림 7] 글로벌 원전 평균 가동 연수 분포 (1Q25) (단위: 호기)



자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

[표 2] 글로벌 원전 평균 가동 연수 비중(1Q25)

가동 연수	호 기	비 중 (%)
0~10	70	16.8
11~20	30	7.2
21~30	40	9.6
31~40	140	33.7
41~50	111	26.7
51~	25	6.0
합 계	416	100.0

자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

1.2 원자로 유형별 운영 상황

원자로 유형은 주로 감속재, 1차 냉각재, 또는 연료에 따라 구분된다. 2024년 가동 중인 원전설비용량의 약 90%는 경수로(LWR) 노형으로 구성되고 이 중 80% 이상이 가압경수로(PWR)다. 2023년 기준 가동 중인 전체 원자로의 95% 이상을 차지한다.

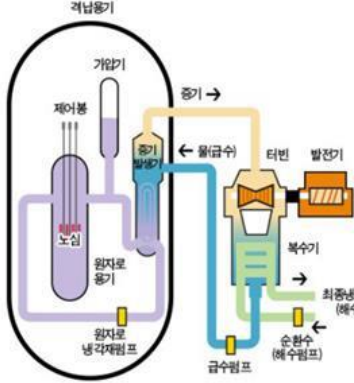
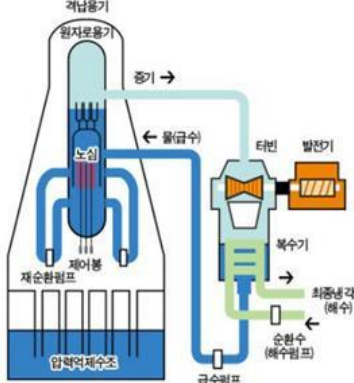
초기 원자로의 경우, 개별 원자로 별로 고유한 특징을 지니고 있었지만 원자로 관리에 있어 표준화의 이점이 분명해지면서 원전 운영업체와 원자로 공급업체는 점차 유사한 원자로를 건설하게 된다. 이에 따라 원자로 노형이라는 개념이 보편화되었고 지금은 가압경수로 형태가 주된 노형으로 자리 잡았다.

[표 3] 노형별 원전 가동 현황

노 형	주요 운영국	원자로	설비용량(MW)	연 료	감속재
가압경수로(PWR)	미국, 프랑스, 일본, 러시아, 중국, 한국	304	290,648	농축 UO2	경수
비등수형원자로(BWR)	미국, 일본, 스웨덴	41	43,071	농축 UO2	경수
가압중수로(PHWR)	캐나다, 인도	46	24,093	천연 UO2	중수
신형가스냉각로(AGR)	영국	11	7,433	천연 U(금속), 농축 UO2	흑연
흑연감속경수로(LWGR)	러시아	8	4,685	농축 UO2	흑연
고속중수로(FBR)	러시아	2	1,380	PuO2, UO2	없음
고온가스냉각원자로(HTGR)	중국	1	200	농축 UO2	흑연

자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

[표 4] PWR과 BWR 노형 비교

구 분	가압경수로(PWR)	비등수형원자로(BWR)
노형 기본 개념도		
전기 생산 방식	<ul style="list-style-type: none">원자로 내의 물을 높은 압력으로 유지, 끓지 않고 증기발생기로 전달증기발생기에서 2차 계통의 물을 가열하여 증기를 발생시키고 그 증기로 터빈을 돌려 전기를 생산함	<ul style="list-style-type: none">원자로 내에서 물을 직접 끓여 증기를 생산하고 그 증기를 터빈으로 바로 전달되어 전기를 생산함
원자로 내부압력	<ul style="list-style-type: none">약 150기압으로 높은 편	<ul style="list-style-type: none">약 75기압으로 낮은 편
증기 생산 방식	<ul style="list-style-type: none">증기발생기에서 증기를 생산하는 간접생산방식	<ul style="list-style-type: none">원자로에서 증기를 생산하는 직접생산방식
안전 특성	<ul style="list-style-type: none">격납건물 체적이 커서 사고 발생시 상대적으로 대처시간에 여유가 있음1차계통과 2차계통이 증기발생기로 분리, 2차계통 사고시 방사능 누출 가능성이 없음격납건물 내부에서 수소발생시 피동형 수소재결합기 및 수소점화기를 이용한 수소 제거가 가능함비상전원 상실 시 자연순환 냉각이 가능하고 냉각수 양이 많아 냉각 기능이 서서히 저하되어 냉각 계통 고장이 발생하여도 대처시간에 여유가 있음	<ul style="list-style-type: none">격납건물 체적이 PWR 표준형 대비 1/5로 사고 발생 시 대처시간이 부족함원자로에서 생산된 증기가 바로 2차계통으로 전달되어 사고시 방사능 누출 가능성 상존격납건물 내부로 수소가스 배출 전에 질소가스를 채워 수소 폭발을 방지하는 방법을 채택하여 수소재결합기 및 수소점화기가 없음비상전원 상실 시 자연순환 냉각이 불가능해 냉각기능이 급격하게 떨어짐

자료: 한국수력원자력, 한국원자력학회, 삼일PwC경영연구원

1.3 국가별 탈원전 정책 변화 움직임

영구 정지에는 탈원전 정책이 영향을 미쳤지만 최근에는 원전 재가동으로 방향을 전환하는 국가들도 나타나고 있다. 후쿠시마 사고 이후, 주요 원전 운영국 중에서 탈원전으로 정책 방향을 바꾼 국가는 독일, 스위스, 대만, 이탈리아였다. 이 중 탈원전 정책을 계속 유지하고 있는 나라는 독일이다. 독일은 2011년 후쿠시마 원전 사고를 계기로 노후 원전을 폐쇄했으며 탈원전 기조를 계속 유지하고 있다.

후쿠시마 원전 사고 전까지 일본은 전력 생산의 약 30%를 원자력에 의존했으며 총 54기의 원전을 운영하는 세계 3위의 원전 강국이었다. 그러나 2011년 3월, 동일본 대지진 발생 이후, 가동 중이던 원전 11기가 정지되었고, 2012년에는 모든 원전을 정지하기로 결정했다. 이후 일본은 신규 원전 건설을 멈추고 탈원전을 선언했지만, 현재는 에너지의 안정적 공급 및 탄소배출 절감 목표 달성을 위해 원전을 재가동하기로 방향을 선회했다.

스위스는 사고 이후 2017년 탈원전 관련 국민투표를 통해 2034년까지 원전을 폐쇄하기로 결정했으나 전력 수급에 대한 우려를 고려하여 2030년에 가동이 끝날 예정이었던 원자로들의 가동을 10년 추가하기로 했다. 또한, 신규 원전 건설을 허용하는 원자력법 개정안을 올해 말까지 제출하겠다고 밝혀 스위스도 탈원전 정책을 철회한 것으로 보인다.

대만은 2025년까지 모든 원전을 폐로하기로 계획을 세웠으나 최근 블랙아웃 위험과 반도체 산업 육성을 위한 전력 수요를 충족하기 위해, 탈원전에 대한 반대 여론이 형성되면서 고민이 깊어지고 있다.

이탈리아는 1986년 체르노빌 사고와 2011년 후쿠시마 사고로 인해 원전에 대한 불안이 커져 국민들이 원전을 반대하게 되었고, 그 결과 탈원전 정책을 추진했다. 그러나 2023년 5월, 탈원전 철회 관련 발의안이 통과됨에 따라, 35년 만에 다시 원전 도입을 시도하고 있다. 이탈리아는 전력 수요의 약 15%를 프랑스 등 해외에서 수입하고 있으며, 정부는 에너지 의존도를 줄이고 기후위기에 대응하기 위해 10년 내 원자력 발전 재개를 고려하고 있다.

리투아니아는 옛 소련 시절에 지어진 원전을 운영했지만, 그 원전이 체르노빌 원전과 같은 종류였기 때문에 유럽연합은 리투아니아에게 유럽연합 가입 조건으로 원전 폐쇄를 요구했다. 결과적으로 리투아니아는 2004년 유럽연합 가입과 함께 2004년과 2009년에 두 개의 원자로를 영구 정지시켰다. 그 후 전력 부족을 겪으며 새로운 원전 건설을 시도했지만, 국민투표에서 부결되어 현재까지 탈원전 정책을 유지하고 있다.





Part 2.

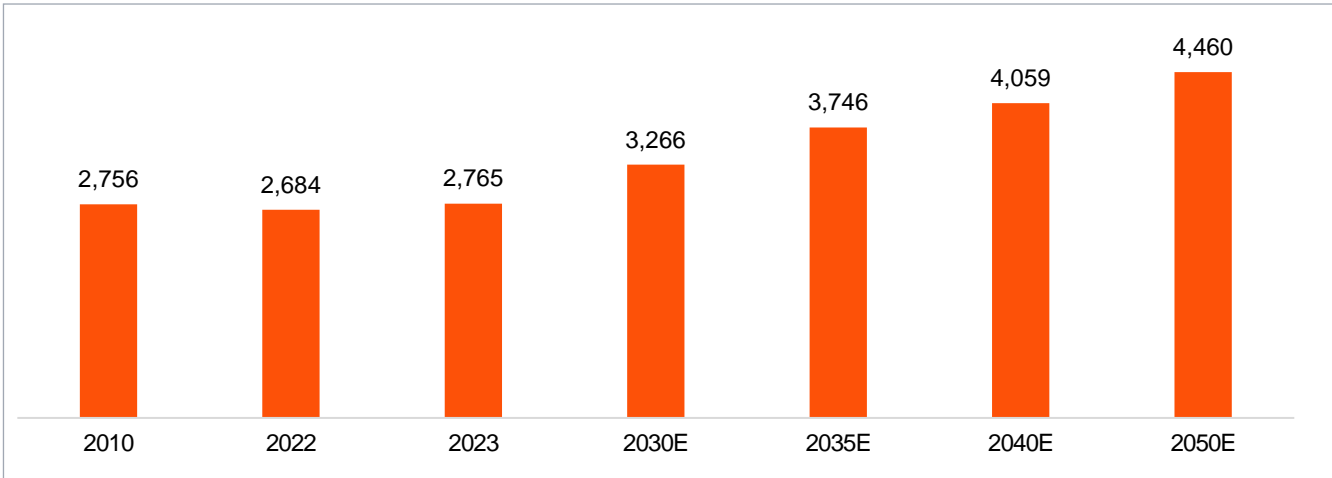
글로벌 원전 시장 전망

2.1 원자력 발전 전망 (1)

원자력 발전은 전력의 탈탄소화, 에너지 안보 강화, 전력 수요 증가 등으로 인해 장기적으로 지속적인 성장세가 예상된다. 특히 인구 증가와 경제 성장에 따른 전력 수요 확대, 탄소배출 감축을 위한 정책 강화, AI·데이터센터 중심의 산업구조 변화가 그 배경이다.

[그림 8] 세계 원자력 발전량 전망

(단위: TWh)



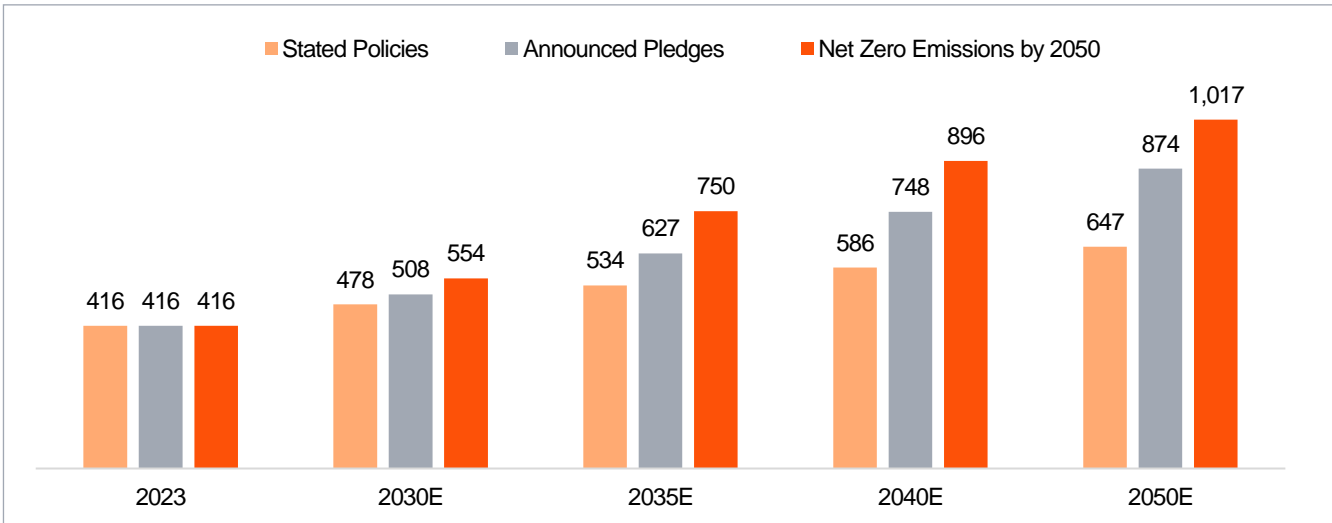
자료: IEA, 삼일PwC경영연구원

국제에너지기구(IEA)는 2023년 기준 416GW 규모의 원자력 설비가 2050년에는 647GW까지 확대될 것으로 전망했다. 이는 기존 정책 시나리오(STEPS), 공약 달성 시나리오(APS), 2050년 탄소중립 시나리오(NZE) 등 모든 시나리오에서 공통된 증가 추세를 보인다.

원자력은 간헐성이 큰 신재생에너지의 보완 전원으로 주목받고 있으며, 데이터센터와 같은 고부가가치 산업의 안정적인 전력 공급원으로도 중요성이 커지고 있다.

[그림 9] 시나리오별 원자력 발전 설비 용량 전망

(단위: GW)



자료: IEA, 삼일PwC경영연구원

2.1 원자력 발전 전망 (2)

[표 5] 시나리오별 세계 발전 설비 용량 전망

	2023	STEPS			APS			NZE		
		2030	2040	2050	2030	2040	2050	2030	2040	2050
Total capacity(GW)	9,436	15,922	25,400	31,436	16,969	29,423	37,593	17,093	32,510	41,298
Renewables	4,246	9,768	17,974	23,218	10,918	21,965	29,355	11,495	25,446	33,179
Solar PV	1,610	5,838	12,333	16,445	6,544	14,801	20,059	6,699	16,445	21,618
Wind	1,015	2,079	3,419	4,189	2,410	4,487	6,032	2,731	5,945	7,901
Hydro	1,411	1,576	1,808	2,031	1,626	1,945	2,200	1,697	2,161	2,419
Bioenergy	188	242	323	394	296	541	713	292	556	696
CSP	7	10	35	68	16	120	230	35	226	390
Geothermal	15	22	40	56	26	53	83	39	80	111
Marine	1	1	16	34	1	19	39	4	23	43
Nuclear	416	478	586	647	508	748	874	554	896	1,017
Hydrogen	0	7	24	20	29	202	273	118	458	443
Fossil fuels(CCUS)	0	2	25	37	6	113	183	47	202	235
Coal(CCUS)	0	1	11	14	3	84	137	33	127	146
Natural gas(CCUS)	0	1	14	23	3	29	46	14	75	89
Fossil fuels	4,665	4,798	4,438	4,064	4,479	3,444	2,512	3,605	1,696	904
Coal	2,243	2,236	1,845	1,385	2,119	1,490	782	1,543	526	213
Natural gas	2,007	2,262	2,366	2,528	2,078	1,759	1,613	1,827	1,095	657
Oil	414	300	227	151	281	194	117	235	75	34
Battery storage	89	853	2,339	3,438	1,015	2,939	4,386	1,260	3,802	5,512

주: 기존 정책 시나리오(Stated Policies Scenario, STEPS): 현 정책 기조 유지

공약 달성 시나리오(Announced Pledges Scenario, APS): 정부가 발표, 약속한 목표가 이행되었을 경우

2050 탄소중립 시나리오(Net Zero by 2050 Scenario, NZE): 2050년까지 탄소중립 달성 목표

자료: IEA, 삼일PwC경영연구원

IAEA는 2022년 기준으로 북미, 유럽, 동아시아 순으로 원전 설비용량이 집중되어 있다고 분석했다. 그러나 향후에는 중앙·동아시아 지역의 설비용량 증가율이 가장 클 것으로 전망되며, 2050년에는 저성장 시나리오 기준 192GW, 고성장 시나리오 기준 345GW로 확대될 것으로 보인다. 이는 중국, 인도, 방글라데시, 사우디아라비아 등 신흥국의 원전 도입 확대와 맞물려 있으며, 한국형 원전 수출 기회 확대에도 중요한 요인이 될 수 있다.

[표 6] 지역별 원자력 발전 설비용량 전망

(단위: GW)

구 분	2023	2030		2040		2050	
		Low	High	Low	High	Low	High
전 세계	371.4	403	462	434	681	458	890
북미	108.0	105	112	88	128	67	156
북·서·남유럽	99.0	88	90	72	114	60	131
중앙·동아시아	89.0	125	157	161	255	192	345
동유럽	53.0	52	59	51	90	59	102
남아시아	11.0	17	26	33	50	42	74
중남미	5.1	6	6	8	13	12	25
서아시아	4.4	8	9	12	19	14	24
아프리카	1.9	2	3	8	11	9	20
동남아시아	(-)	(-)	(-)	1	1	3	11
오세아니아	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	2

자료: IEA, 삼일PwC경영연구원

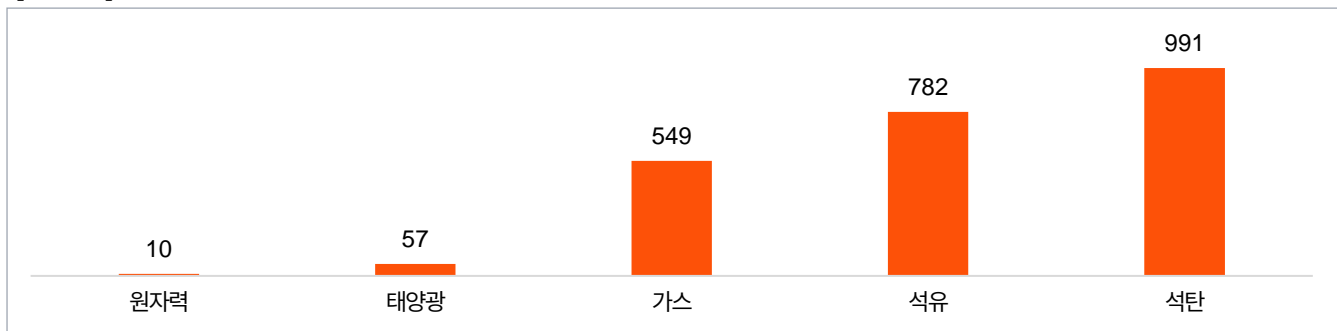
2.2 글로벌 신규 원전 증가 Driver (1)

재생에너지의 간헐성 문제가 부각되면서, 탄소중립 달성을 위한 실질적인 대안으로 원자력 에너지가 주목받고 있다. 에너지 생산과 소비 과정에서 동시에 비용을 절감하면서 탄소배출을 줄이거나 제거하는 것은 결코 쉬운 과제가 아니다. 탄소 감축을 위한 핵심 전략으로 신재생에너지 확대가 제시되고 있지만, 태양광과 풍력은 가동률 제고가 어렵고, 시간대별로 안정적인 전력 공급이 제한적이라는 한계를 지닌다. 또한, 설치 부지 확보 및 초기 투자비용 문제도 중요한 제약 요인이다.

이와 같은 도전 과제를 해결하는 데 있어, 원자력 발전은 유력한 해법으로 평가된다. 유엔 산하 정부간기후변화협약체(IPCC)가 발간한 '지구온난화 1.5°C' 특별보고서에서도, 저탄소 에너지 시스템으로의 전환을 통한 온실가스 감축 필요성을 강조하며, 원자력 발전이 직접 배출량은 물론 수명주기 전반에 걸쳐 가장 낮은 탄소 배출 수준을 보이는 에너지원 중 하나라고 명시하고 있다.

[그림 10] 에너지원별 이산화탄소 배출량

(단위: g/KW)



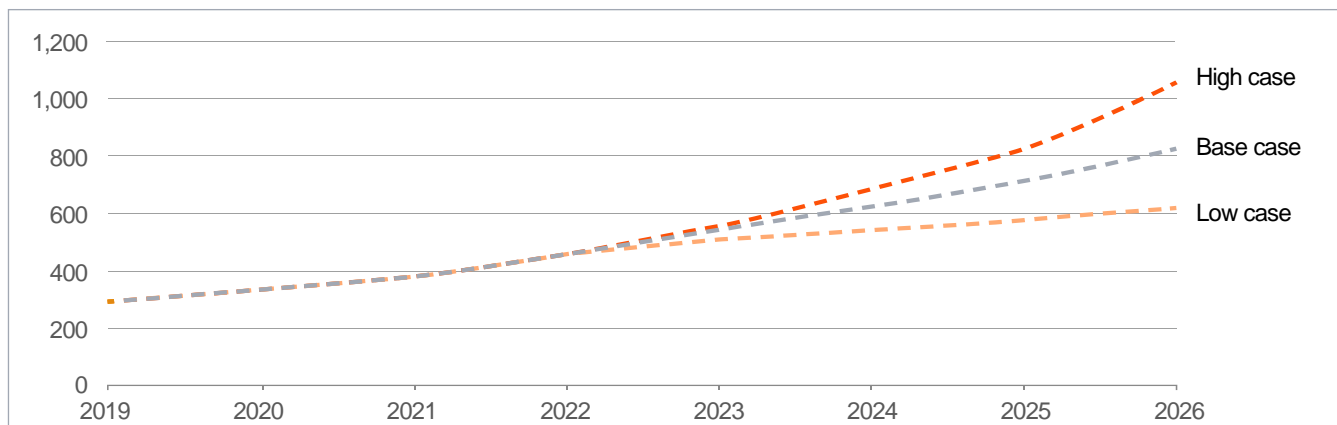
자료: 한국수력원자력, 삼일PwC경영연구원

AI 기술 확산에 따라 급증하는 데이터센터의 전력 수요를 어떻게 충당할 것인지도 중요한 과제로 떠오르고 있다. 최근 AI는 데이터 분석, 이미지·음성 인식, 자연어 처리, 자율주행, 로봇공학 등 다양한 분야에서 기술 혁신을 주도하고 있으며, 이러한 고도화된 AI 모델을 운영하기 위해서는 막대한 양의 데이터 처리와 고성능 연산 능력이 요구된다. 이는 곧 대규모 전력 소비로 직결된다.

AI 시스템은 대부분 데이터센터에 구축·운영되기 때문에, AI 기술의 확장은 결국 데이터센터의 전력 수요 증가로 이어진다. 실제로 전 세계 데이터센터의 연간 전력 소비는 2022년 460TWh에서 2026년에는 1,050TWh로 두 배 이상 증가할 것으로 전망된다. 이러한 급증하는 전력 수요를 안정적으로 감당하기 위한 해법으로 원자력 발전의 역할이 다시금 주목받고 있는 이유다.

[그림 11] 글로벌 데이터센터 전력 수요 전망

(단위: TWh)

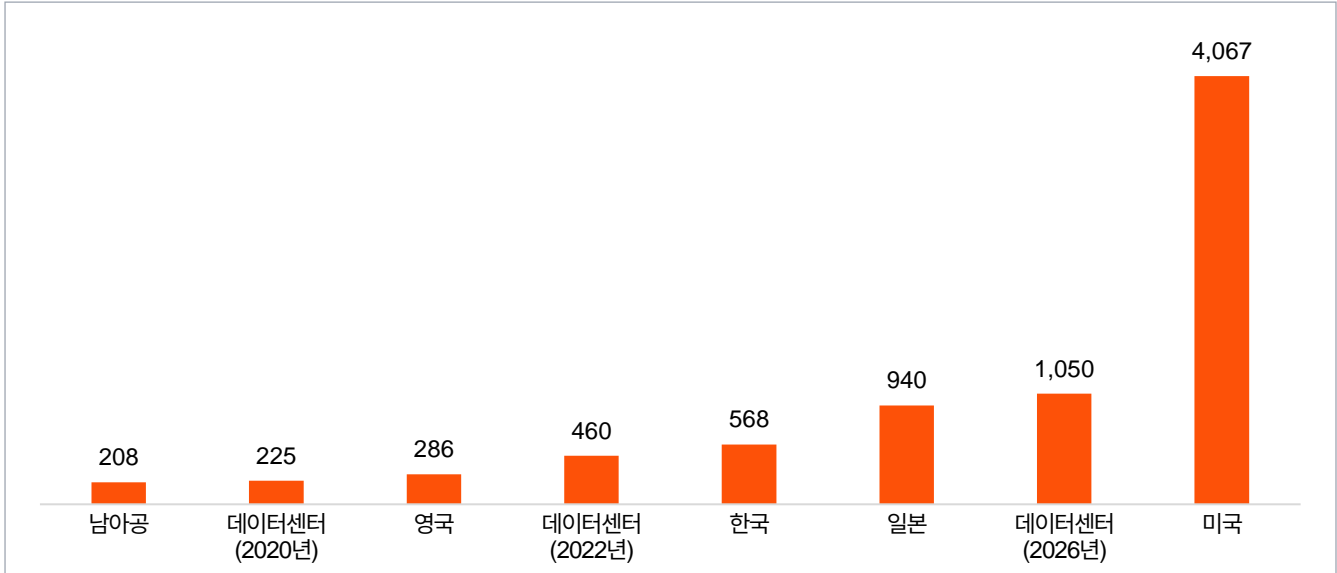


자료: IEA, 삼일PwC경영연구원

2.2 글로벌 신규 원전 증가 Driver (2)

[그림 12] 글로벌 데이터센터와 국가별 전력 소비량 비교

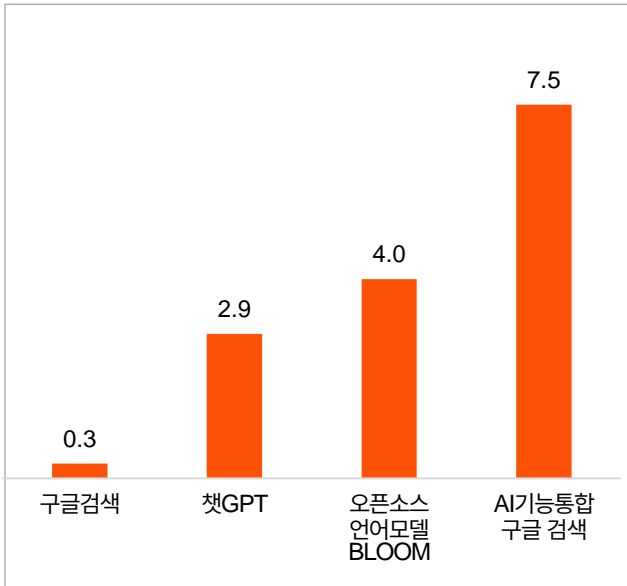
(단위: TWh)



자료: IEA, 삼일PwC경영연구원

[그림 13] 검색 형태 별 전력소비량

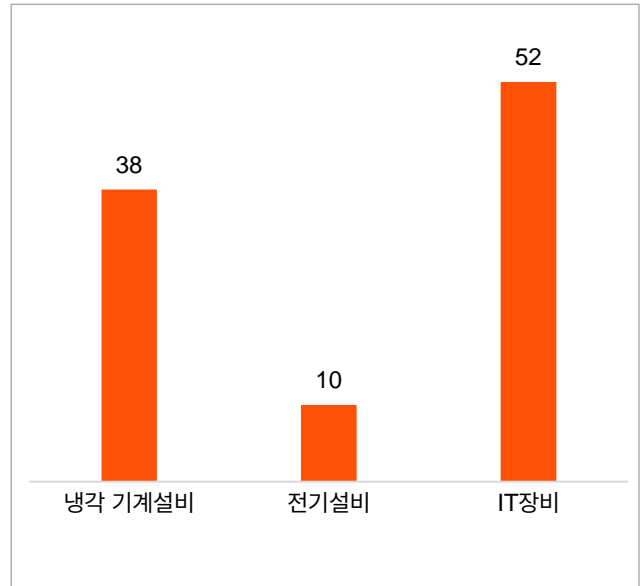
(단위: Wh)



자료: 미국전력연구원, 삼일PwC경영연구원

[그림 14] 데이터센터 내 전력소비 비중

(단위: %)



자료: 삼일PwC경영연구원



데이터센터 전력수요와 관련한 자세한 내용은 삼일PwC경영연구원의 '[AI는 전기를 먹고 자란다](#)'를 참조

2.3 글로벌 신규 원전 건설 전망

세계원자력협회에 따르면 약 66기의 원자로가 건설 중이며, 약 429기의 원자로가 프로젝트 진척 및 계획 단계에 있다. 세계원자력협회가 제시한 분류기준에 따르면 '건설중' 원전은 콘크리트 타설이 진행된 원전, '계획된' 원전은 자금지원 약속 등이 이루어졌으며 향후 15년 내 준공이 예상되는 원전, '제안된' 원전은 특정 프로그램이나 부지는 제안됐으나 준공시기만 불확실한 원전을 의미한다.

원자력 발전소를 완공하는데 약 10년 정도 걸린다. 계약에서 2~3년, 착공부터 가동까지 5~7년 이상 소요된다. 2040년 건설 목표를 달성하기 위해서는 2033년까지 매년 19~33GW의 신규 원전 건설이 필요하다. 현재 건설과 노후 원전 폐쇄(20GW)를 감안한 순증 설비용량 기준이다.

현재 원전 도입을 추진하거나 관심을 보이는 국가는 30개국에 넘는다. 지난 10년간 방글라데시, 이집트, 튀르키예, 아랍에미리트(UAE) 등 4개국이 처음으로 원전 건설에 착수했다.

이 중 UAE는 바라카(Barakah) 원전 4기 중 3기를 2022년까지 가동에 성공했으며, 4호기도 2024년 중 가동을 시작했다. 이 밖에도 인도네시아, 케냐, 폴란드, 사우디아라비아, 우즈베키스탄 등에서 신규 원전 도입 가능성이 높게 점쳐지고 있다.



[표 7] 세계 원자력 건설, 계획 현황 (1Q25 기준)

국 가	건설 중 원전		계획된 원전		제안된 원전	
	기 수	용량 (MW)	기 수	용량 (MW)	기 수	용량 (MW)
아르헨티나	1	29	1	1,150	1	750
아르메니아	0	0	0	0	1	1,060
방글라데시	2	2,400	0	0	2	2,400
벨라루스	0	0	0	0	0	0
벨기에	0	0	0	0	0	0
브라질	1	1,405	0	0	8	8,000
불가리아	0	0	2	2,300	0	0
캐나다	0	0	2	400	9	5,700
중국	30	34,365	36	38,710	158	186,450
체코	0	0	1	1,200	3	3,600
이집트	4	4,800	0	0	0	0
핀란드	0	0	0	0	0	0
프랑스	0	0	0	0	6	9,900
독일	0	0	0	0	0	0
가나	0	0	0	0	1	1,000
헝가리	0	0	2	2,400	0	0
인도	6	5,200	12	8,400	28	32,000
이란	1	1,057	2	1,417	6	5,200
일본	2	2,756	1	1,385	8	11,562
카자흐스탄	0	0	0	0	1	1,200
한국	2	2,680	2	2,800	0	0
멕시코	0	0	0	0	2	2,000
네덜란드	0	0	0	0	2	2,000
파키스탄	1	1,100	0	0	0	0
폴란드	0	0	3	3,750	26	10,000
루마니아	0	0	2	1,440	6	462
러시아	7	5,290	13	7,742	36	37,716
사우디아라비아	0	0	0	0	2	2,900
슬로바키아	1	471	0	0	1	1,200
슬로베니아	0	0	0	0	1	1,200
남아프리카공화국	0	0	0	0	2	2,400
스페인	0	0	0	0	0	0
스웨덴	0	0	2	2,500	0	0
스위스	0	0	0	0	0	0
튀르키예	4	4,800	0	0	8	9,600
우크라이나	2	1,900	2	2,500	7	8,750
UAE	0	0	0	0	2	2,800
영국	2	3,440	2	3,340	2	2,300
미국	0	0	0	0	13	10,500
우즈베키스탄	0	0	0	0	2	2,400
합 계	66	71,693	85	81,434	344	365,050

주: 건설 중 원전은 건설 중단 이력 기준에 따라 IAEA 수치와 상이
자료: WNA, 삼일PwC경영연구원

2.4 K-원전의 잠재 수출 기회 분석 (1)

전 세계적으로 약 429기의 신규 원전이 향후 건설될 것으로 전망되는 가운데, 이 중 한국형 원전(APR1400 등)이 실질적으로 수출될 수 있는 대상은 계획된 35기, 제안된 123기로 추산된다. 이는 자체 원전 노형을 보유한 국가(미국, 프랑스, 일본, 중국, 러시아)들을 제외한 수치로, 이들 국가는 자국 기술 중심의 원전 건설을 선호하기 때문에 수출 가능성이 낮다.

예를 들어, 미국은 한국형 원전의 수출 라이선스를 보유하고 있음에도 불구하고 현재 계획된 원전이 전무하고, 제안된 원전 역시 13기에 불과해 시장 영향력은 제한적이다. 따라서 실질적인 수출 타깃 국가는 고유 원전 기술이 없는 신흥 도입국 중심으로 정의하는 것이 합리적이다.

[표 8] K-원전 수출 가능 잠재 프로젝트 규모

(단위: 기, MW)

국 가	건설 중 원전		계획된 원전		제안된 원전	
	기 수	용 량	기 수	용 량	기 수	용 량
전 세계	66	71,693	85	81,434	344	365,050
중 국	30	34,365	36	38,710	158	186,450
프랑스	0	0	0	0	6	9,900
일 본	2	2,765	1	1,385	8	11,562
러시아	7	5,290	13	7,742	36	37,716
미 국	0	0	0	0	13	10,500
소 계	39	42,411	50	47,837	221	256,128
수출가능			35	33,597	123	108,922

자료: WNA, 삼일PwC경영연구원

다만, 계획된 원전 수나 예상 발전량이 많다고 해서 원전 시장의 확대를 단정하기는 어렵다. 아직은 '계획' 혹은 '제안' 단계로, 실제 발주까지는 정책 결정, 인허가, 자금 조달 등 복잡한 절차와 시간이 필요하다. 특히 원전은 높은 건설비와 장기 공사기간으로 인해 도입 여부 결정에 있어 신중한 검토가 요구된다.

이에 따라 실제로 한국형 원전이 진출 가능한 유력 후보국을 선별하기 위해 각국의 원전 발주 계획에 대한 언론 보도와 공식 발표 내용을 분석했다. 현재까지 확인된 바에 따르면, 체코 원전 수주 성공 이후 폴란드, 체코 추가 2기, UAE 추가 원전 등이 2025년까지 발주를 검토하고 있으며, 슬로바키아, 슬로베니아, 사우디아라비아 등도 유력한 후보로 거론된다.

2.4 K-원전의 잠재 수출 기회 분석 (2)

[표 9] 국가별 원전 도입 언론보도 정리

국 가	예상 시기	예상 규모	현 황
폴란드	2025년	2~4기	<ul style="list-style-type: none"> • 2043년까지 총 6~9GW 규모 원자로 6기 건설계획 • 2026년 최초 호기 착공 및 2033년 상업운전 개시 목표 • 2022년 10월, 폴란드 폰트누프 지역 원전 건설(APR1400 원전 2~4기 건설, 40조원 규모) 추진
체코	2025년	2~4기	<ul style="list-style-type: none"> • 2024년 1월, 기존 원전부지에 신규 대형원전 4기를 건설 • 2024년 7월, 한수원 체코 신규 원전사업 우선협상대상자로 선정 • 2025년 6월 본계약, 예상 사업비는 2기 약 26조원 • 2029년에 착공, 2036년 시운전, 2038년 상업운전 목표
UAE	2025년	2~4기	<ul style="list-style-type: none"> • 신규원전 4기 추가 건설 관련 입찰을 계획 중 • UAE는 에너지 수요 충족을 위해 2032년까지 운영될 수 있도록 목표 • 모든 잠재적 입찰자에게 입찰기회가 개방될 예정
슬로바키아	2027년	1기	<ul style="list-style-type: none"> • 2024년 5월, 슬로바키아 정부가 최대 1,200MW 규모 추가 원전 건설을 고려 • 입찰에는WEC, EDF, 한수원 참여 예상. • 2024년 9월, 슬로바키아 총리는 방한 시 1,200MW 규모의 신규 원전 건설 계획에 대해 논의함.
슬로베니아	2027~2028년	1기	<ul style="list-style-type: none"> • 2023년 6월, 슬로베니아 정부는 Krsko 2호기 건설 비용은 110억 유로로 예상하며, 건설관련 최종 결정은 2027~28년 중 예상 • 2023년 10월, Gen Energija사는 Krsoko 2호기 건설에 한수원, WEC, EDF를 고려 중. • 2024년 5월, Gen Energija는 JEK2 개발 계획에 대한 예상 비용을 94억 유로에서 154억으로 추산하며 최적 도입 규모는 1,300MW라고 발표
사우디	미정	2기	<ul style="list-style-type: none"> • 원전 2기 건설 프로젝트(2030년까지 총 2.8GW 규모, 140억 달러 규모) 추진
튀르키예	미정	4~8기	<ul style="list-style-type: none"> • 2024년 3월, Sinop, Thrace 지역에 추가 2기 건설 계획 • 24년 7월, Akkuyu 원전(1200MW x 4기)을 건설 중인 Rosatom사는 튀르키예 제2 원전인 Sinop 원전 건설을 논의 중
이집트	진행중	4기	<ul style="list-style-type: none"> • El-dabaa 원전은 이집트의 첫 원전이자, Rosatom사가 아프리카에서 진행하는 첫 대형 프로젝트 • 각 1,200MW 급의 VVER-1200 원자로 4기로 구성될 예정 • 2030년 가동 및 총 건축비용은 300억 달러로 예상 • 2022년 8월, 한수원이 El-dabaa 원전 4개 호기의 2차측 건설사업 계약(수주 규모 3조원)을 체결
영국	미정	2~6기	<ul style="list-style-type: none"> • Hinkley Point C 원전(EPR 1,670MW x 2기) 건설 중 Sizewell C 원전(1,670MW x 2기) 건설 승인되었으며 모두 프랑스 EDF사가 건설을 담당하고 있음. • 2024년 2월, Hinkley Point C 프로젝트의 예상 가동시점이 기존 2025년에서 2031년으로 지연 예상 • 2024년 5월, 영국 정부가 계획한 세 번째 대형원전의 우선 부지 선정으로 Anglesey의 Wylfa를 선정하였으며, 영국 전력의 7% 공급할 것으로 기대한다고 언급함
이탈리아	미정	미정	<ul style="list-style-type: none"> • 이탈리아는 체르노빌 사고 이후 국민투표를 거쳐 1987년 원전을 폐쇄하였으나, 2023년 5월 이탈리아 하원은 탈원전 철회 관련 발의안을 통과시킴. • 2024년 10월, 이탈리아는 자국 내 원전 건설 파트너로 미국 WEC와 프랑스 EDF를 검토 중
남아공	미정	2기	<ul style="list-style-type: none"> • 24년 1월, 남아공 전력부 장관은 2031~2035년 사이 남아공 내 2,500MW급 원전 도입 계획을 발표하였음 • 24년 8월, 남아공 에너지부 장관은 신규 원전 도입 계획을 법적 이슈로 인해 철회하고, 공공 의견 수렴 절차를 다시 진행하기로 결정함

자료: 에너지경제연구원, 언론보도, 삼일PwC경영연구원

Part 3.

‘K-원전’ 경쟁력 분석



‘K-원전’의 핵심 경쟁력은 시공능력, 경제성, 그리고 기술력에 있다. 정치·안보 분야에서의 국제적 영향력은 다소 제한적이지만, 기술적 우위와 가격 경쟁력을 바탕으로 원전 수출 시장에서 실질적인 입지를 확보하고 있다.

[표 10] K-원전 수출 경쟁력

구분	경쟁력	주요 내용
시공능력	상	<ul style="list-style-type: none"> • APR1400모델 완공 경험 • 경쟁국 대비 양호한 공사기간 준수 역량 • 한전, 한수원 중심의 높은 자급도
가격	상	<ul style="list-style-type: none"> • 프랑스, 미국 대비 낮은 오버나이트 코스트(45~60% 수준)
평판, 정부지원	중상	<ul style="list-style-type: none"> • APR1400 유럽사업자요건, 미국 원자력규제위원회 인증 취득
	중	<ul style="list-style-type: none"> • 신냉전으로 러시아, 중국 원전 기피 반사이익 • 핵심 국정과제에 원전 10기 수출 목표 포함
국제사회 영향력	중	<ul style="list-style-type: none"> • 수주에 영향을 미치는 국제사회 내 정치 안보 영향력 열위

자료: 우리금융경영연구소, 삼일PwC경영연구원

[표 11] 주요 원전 수출국 경쟁력 비교

	한국	미국	프랑스
원자로 공급사	APR1400 한국수력원자력	AP1000 웨스팅하우스	EPR EDF(프랑스전력공사)
시공능력	<ul style="list-style-type: none"> • 완공: 8기 • 한국: 새울 1,2호 신한울 1,2호 • UAE (바라카 1~4호) • 건설: 4기 • 한국: 새울 3,4호 신한울 3,4호 	<ul style="list-style-type: none"> • (완공_ 6기 중국(Sanmen 1,2호, Haiyang 1,2호) • 미국(Vogtle 3,4호) 	<ul style="list-style-type: none"> • (완공) 5기 • 핀란드(Olkiluoto 3호) • 중국(Taidhan 1,2호) • 건설 중: 2기 • 영국(Hinkley Point C 1,2호)
가격(\$/KW)	3,571	5,833	7,931
신뢰도	<ul style="list-style-type: none"> • 국내 원전 지속 건설 경험 • UAE 바라카 원전 적기 준공 	<ul style="list-style-type: none"> • 미국(Vogtle 3,4호) 완공 7년 이상 지연 • 추정치보다 2배 많은 300억 달러 소요 	<ul style="list-style-type: none"> • 핀란드(Olkiluoto 3호) 가동 14년 지연 • 프라마툼社 55억 유로 손실 • 프랑스 Flamanville 3호기 12년 연장 • 영국 Hinkley Point C 6년 이상 연장

자료: IAEA, WNA, 한국투자증권, 삼일PwC경영연구원

3.1 적기 시공 (1)

정해진 일정과 예산 내에 원전을 완공하는 '온타임, 온버짓(On Time, On Budget)' 역량은 K-원전의 대표적인 핵심 경쟁력이다. 기술적으로 원전의 평균 건설 기간은 약 5년으로 알려져 있지만, 실제로는 약 70%의 프로젝트가 부지 확보, 인허가, 자금 조달 등의 문제로 인해 지연되는 것이 현실이다.

예정된 공사 기간을 초과할 경우 금융비용과 인건비가 증가하고, 발전소의 상업운전 지연으로 전력 판매 수익이 발생하지 않아 기회비용까지 초래된다. 원전은 국가 에너지 정책 및 전력 수급 계획과 직결되는 기저 전원이기 때문에, 적기 완공 여부는 발주국 입장에서 가장 핵심적인 의사결정 요인이 된다.

더불어 원전 수출은 자국 내 건설보다 훨씬 높은 난이도를 요구한다. 언어·문화 차이, 현지 인허가 체계, 낮은 지형 조건 등 다양한 장애요인을 극복해야 하며, 해외에서도 계획대로 완공한 실적은 진정한 수출 경쟁력의 증거다.

한국은 국내에서 28기, 해외(UAE 바라카)에서 4기를 포함해 총 32기의 원전을 시공해 왔다. 특히, 사막이라는 열악한 환경 속에서도 바라카 원전 4기를 모두 공기 지연 없이 성공적으로 준공한 사례는 글로벌 발주국에 강력한 신뢰를 주는 실질적 트랙레코드로 작용하고 있다.

[표 12] 원자력 발전 건설 및 운영 현황

번호	구분	발전소명	호기	노형	원자로공급사	용량1(MW)	상업운전개시일
1	정지원전	고리	#1	PWR	W/H	587	1978-04-29
2	정지원전	월성	#1	PHWR	AECL(CANDU)	679	1983-04-22
3	운영원전	고리	#2	PWR	W/H	650	1983-07-25
4	운영원전	고리	#3	PWR	W/H	950	1985-09-30
5	운영원전	고리	#4	PWR	W/H	950	1986-04-29
6	운영원전	신고리	#1	PWR	두중(OPR1000)	1,000	2011-02-28
7	운영원전	신고리	#2	PWR	두중(OPR1000)	1,000	2012-07-20
8	운영원전	새울	#1	PWR	두중(APR1400)	1,400	2016-12-20
9	운영원전	새울	#2	PWR	두중(APR1400)	1,400	2019-08-29
10	운영원전	월성	#2	PWR	AECL(CANDU)	700	1997-07-01
11	운영원전	월성	#3	PWR	AECL(CANDU)	700	1998-07-01
12	운영원전	월성	#4	PWR	AECL(CANDU)	700	1999-10-01
13	운영원전	신월성	#1	PWR	두중(OPR1000)	1,000	2012-07-31
14	운영원전	신월성	#2	PWR	두중(OPR1000)	1,000	2015-07-24
15	운영원전	한빛	#1	PWR	W/H	950	1986-08-25
16	운영원전	한빛	#2	PWR	W/H	950	1987-06-10
17	운영원전	한빛	#3	PWR	C/E	1,000	1995-03-31
18	운영원전	한빛	#4	PWR	C/E	1,000	1996-01-01
19	운영원전	한빛	#5	PWR	두중	1,000	2002-05-21
20	운영원전	한빛	#6	PWR	두중	1,000	2002-12-24
21	운영원전	한울	#1	PWR	FRA	950	1988-09-10
22	운영원전	한울	#2	PWR	FRA	950	1989-09-30
23	운영원전	한울	#3	PWR	두중	1,000	1998-08-11
24	운영원전	한울	#4	PWR	두중	1,000	1999-12-31
25	운영원전	한울	#5	PWR	두중	1,000	2004-07-29
26	운영원전	한울	#6	PWR	두중	1,000	2005-04-22
27	운영원전	신한울	#1	PWR	두중(APR1400)	1,400	2022-12-07
28	운영원전	신한울	#2	PWR	두중(APR1400)	1,400	2024-04-05
29	건설원전	새울	#3	PWR	두중(APR1400)	1,400	추후 예정
30	건설원전	새울	#4	PWR	두중(APR1400)	1,400	추후 예정
31	건설원전	신한울	#3	PWR	두중(APR1400)	1,400	추후 예정
32	건설원전	신한울	#4	PWR	두중(APR1400)	1,400	추후 예정
33	해외원전	UAE	#1	PWR	두중(APR1400)	1,400	2021-04-06
34	해외원전	UAE	#2	PWR	두중(APR1400)	1,400	2022-03-24
35	해외원전	UAE	#3	PWR	두중(APR1400)	1,400	2023-02-24
36	해외원전	UAE	#4	PWR	두중(APR1400)	1,400	2024-09-05

주: C/E : 미국 ABB-CE 노형, W/H: 미국 Westing House 노형

자료: 한국수력원자력, 삼일PwC경영연구원

3.1 적기 시공 (2)

특히 한국은 전 세계 원전의 70% 이상을 차지하는 경수로(Light Water Reactor) 시장에서, 3세대 신형 원자로의 완공 실적 측면에서 경쟁국 대비 확실한 우위를 확보하고 있다. 현재까지 한국은 총 6기의 3세대 경수로로 성공적으로 완공했으며, 이는 미국(4기), 유럽(3기)보다 앞선 수치다.

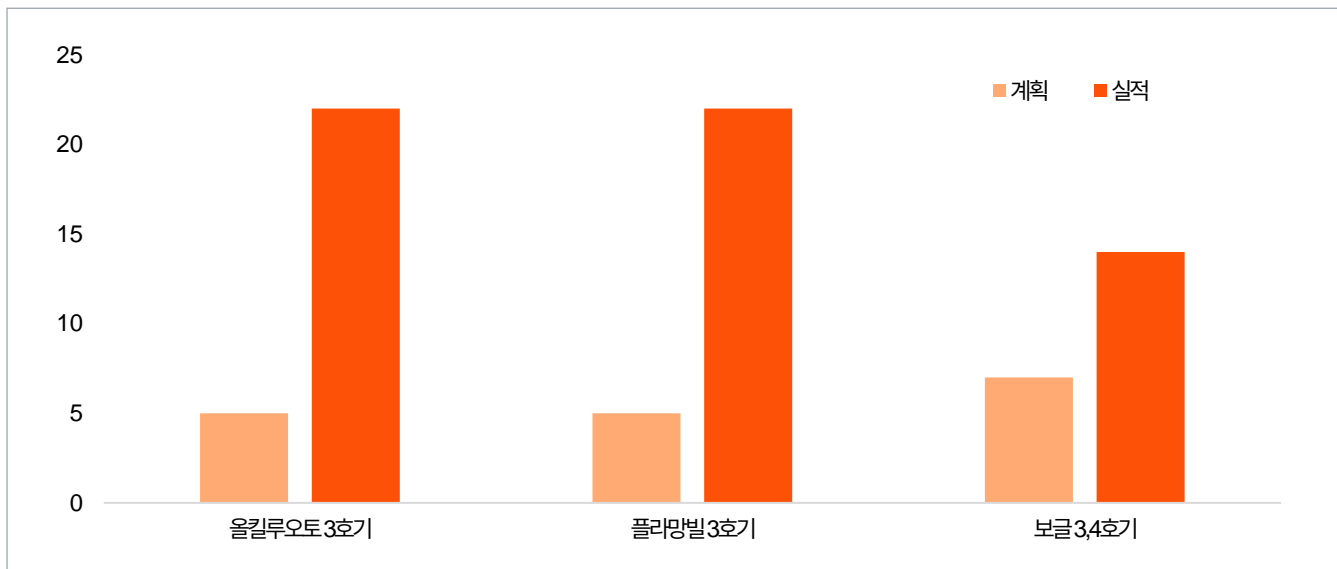
또한 한국은 설계부터 기자재 생산, 건설, 운영까지 전 밸류체인을 수직계열화한 구조를 갖추고 있어 고도의 효율성과 자금력을 확보하고 있다. 주요 기자재의 경우 해외 원전 프로젝트에서도 국제 벤더 리스트에 등록될 만큼 품질과 신뢰도를 인정받고 있다.

반면 미국과 프랑스의 3세대 경수로 프로젝트는 공기 지연과 예산 초과로 인해 신뢰도가 심각하게 훼손된 상황이다. 시공 경험 부족, 설계 변경, 기자재 조달 차질 등이 반복되며, 안정적인 건설 역량이 약화된 모습이다.

대표 사례로는 프랑스 EDF가 핀란드에서 건설한 Olkiluoto 3호기, 프랑스 내 Flamanville 3호기, 미국 웨스팅하우스의 Vogtle 3-4호기가 있으며, 모두 초기 계획보다 수년에서 수십 년까지 준공이 지연된 것으로 나타났다.

[그림 15] 프랑스와 미국의 원전 건설공기 계획 대비 실적

(단위: 년)



자료: 한국원전수출산업협회, 삼일PwC경영연구원

핀란드의 Olkiluoto 3호기는 유럽 최초의 EPR 노형 원전으로 2005년 건설을 시작했으나, 지속적인 설계 변경과 기술적 문제로 인해 수차례 지연되었다. 최종 프로젝트 비용은 당초 계획 대비 약 3배 수준인 약 110억 유로(약 120억 달러)에 달했다.

프랑스 EDF는 영국 Hinkley Point C 프로젝트에서도 막대한 공사 지연과 초과 비용에 직면해 있으며 이로 인해 비용 부담 주체를 둘러싼 영국과 프랑스 간의 논쟁이 지속되고 있다.

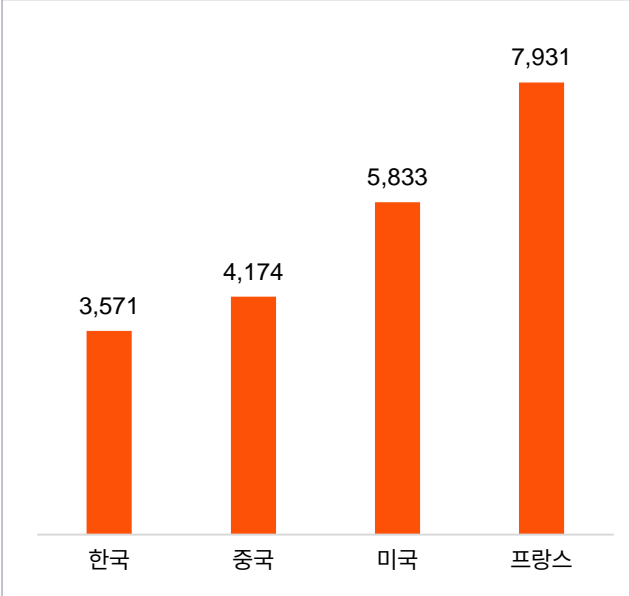
미국의 경우, 웨스팅하우스가 시공을 맡은 Vogtle 4호기도 예정된 완공 시점을 넘기며 가동이 지연되었고, 이로 인해 매월 약 1,500만 달러(한화 약 200억 원)의 건설비가 추가로 발생할 것으로 추정된다. 전체 프로젝트 비용은 약 350억 달러(약 47조 원)로 초기 예상 대비 2.5배 이상 초과된 상태다.

이에 반해 한국은 원전 공급망과 건설 인프라가 부족한 중동의 사막 지형이라는 열악한 환경에서도 UAE 바라카(Barakah) 원전 4기를 8~9년 내에 계획된 일정 안에서 완공하며 국제적으로 원전 시공 역량을 입증했다.

3.2 독보적인 가격 경쟁력

한국 원전의 오버나이트 코스트(Overnight Cost: 물가상승률, 이자비용 등을 감안하지 않은 비용)는 프랑스와 미국의 45%, 61% 수준에 불과하고, 중국보다도 14% 이상 저렴하여 가격 경쟁력에서 크게 우세하다. 세계원자력협회에서 발표한 국가별 원전 건설 단가는 KW당 한국이 3,571 달러로 가장 낮고, 중국, 미국, 프랑스 순이다.

[그림 16] 국가별 원전 건설 단가 (단위: \$/KW)



자료: 세계원자력협회, 삼일PwC경영연구원

[표 13] 원자로 노형별 실제 건설비용 및 신규 건설 비용

노 형	원 전	비 용 (천\$/KW)
APR1400 한국	UAE Barakah 1~4	3.5
	새한울 3,4	3.4
	새울 3,4	2.7
	새한울 1,2	2.8
HPR 1000 중국	파키스탄	4.0
	중국	4.4
VVER 1200 러시아	우즈베키스탄 Tudaku	4.6
	러시아 Novovoronezh II 1,2	5.3
EPR 프랑스	영국 Hinkley Point C	18.1
	영국 Sizewell C	11.8
	프랑스 (신규)	7.5
	프랑스 Flamanville 3	8.7
	핀란드 Olkiluoto 3	7.7
AP 1000 미국	폴란드 Lubiatowo/Kopalino	11.1
	미국 Vogtle 3,4	16.7

자료: WNSR, IAEA, 대신증권 Research Center, 삼일PwC경영연구원

앞서 언급한 적기 시공 능력은 단순한 일정 준수에 그치지 않고, 가격 경쟁력 확보와도 밀접하게 연결되어 있다. 경제협력개발기구 산하 원자력에너지기구(NEA)에 따르면, 건설 기간이 7년 이내로 유지될 경우 평균 원전의 순건설비 중 현장 노동비가 약 25%, 프로젝트 관리 서비스 비용이 약 10%를 차지한다. 그러나 건설 기간이 길어질수록 프로젝트 관리, 설계 변경, 현장 인력 유지 등의 비용이 누적되며 전체 사업비는 가파르게 상승한다.

특히, 설계 불일치나 인허가 지연 등으로 인한 공정 중단은 비용 상승의 주요 원인 중 하나로 지목된다. 이러한 리스크를 사전에 통제하고 중단 없이 일관된 공정을 유지할 수 있는 시공 경험과 운영 체계는 가격 경쟁력을 결정짓는 핵심 요소다.

즉, '시간 = 비용'이라는 원전 사업의 특성상, 한국처럼 적기 준공을 반복적으로 실현해온 국가는 단가 측면에서도 우위에 설 수밖에 없는 구조를 갖추고 있다

[표 14] 원전 건설비 내역

	활동별 분류		용역별 분류	
직접비 66%	건설 및 설치 작업	61%	장비	48%
	원자로 설비	28%	원자력 증기 공급 시스템	12%
	터빈 및 발전기 설비	15%	전기 및 발전 장비	12%
	보조기기	18%	기계 장비	16%
	디자인 및 건축 엔지니어링	5%	계측 및 제어 시스템	8%
			건축자재	12%
간접비 34%	엔지니어링, 조달, 건설 관리	7%	현장노동	25%
	부지개발 및 토목공사	20%	프로젝트 관리 서비스	10%
	운송	2%	첫번째 연료 적재	3%
	시운전 및 최초 연료 장전	5%	기타 서비스	2%
총 계		100%		100%

자료: NEA, 대신증권 Research Center, 삼일PwC경영연구원

3.3 노형 경쟁력

APR1400은 해외 경쟁 원전들과 달리 2개의 냉각유로(2-Loop)를 적용한 설계를 채택하고 있다는 점에서 구조적으로 큰 차이를 보인다.

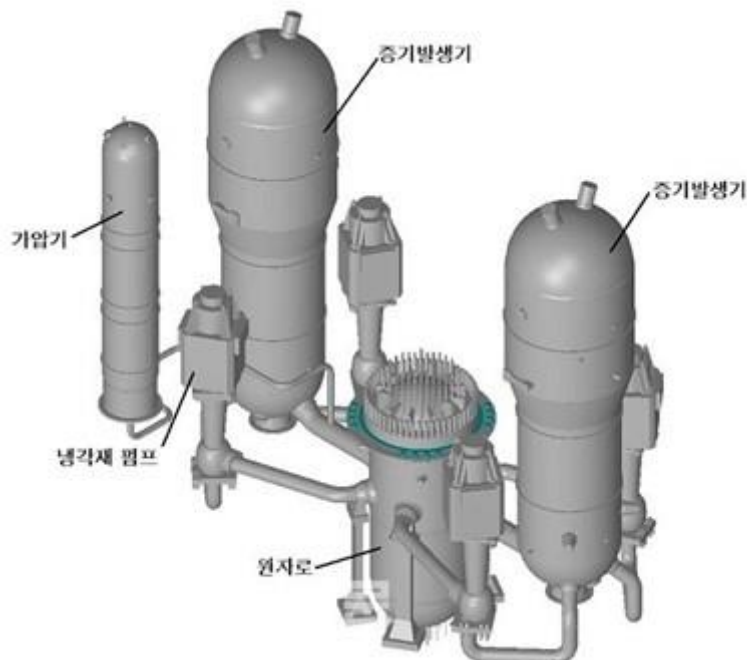
원전의 냉각유로 수는 곧 증기발생기(Steam Generator)의 개수로 결정되는데, APR1400은 2대, 반면 프랑스의 EPR과 일본의 APWR은 각각 4대를 사용한다.

증기발생기는 원전 내 주요 주기기 중 하나로, 크기·무게·가격 면에서 모두 가장 부담이 큰 설비다. 따라서 2-Loop 설계는 4-Loop 원전에 비해 설비 수를 절감함으로써 경제성 측면에서 구조적 우위를 확보할 수 있다. 업계 분석에 따르면, 증기발생기 수가 절반이 되더라도 단순히 가격도 절반이 되는 것은 아니지만, 유지관리·설치·부대 설비 등을 감안하면 전체 건설비 절감 효과가 상당한 것으로 평가된다. 또한 APR1400은 기존 OPR1000 대비 증기발생기의 관막음 여유도(plugging margin)를 8%에서 10%로 향상시켜 설비 수명도 연장하였다.

증기발생기는 고온·고압의 냉각재와 2차 계통의 물 사이에서 열교환을 수행하는 장비로, 내부 열관이 지속적인 부식에 노출된다. 관막음 여유도는 열관 일부에 문제가 생겼을 때 이를 차단하더라도 전체 성능에 영향을 주지 않는 허용 범위를 의미하며, 여유도가 높을수록 장기 운전 안정성과 유지보수 효율성이 개선된다.

한국은 OPR1000 개발 당시부터 2-Loop 설계를 채택해 이를 기반으로 한 시공 경험을 지속적으로 축적해 왔다. 이 같은 독자적 설계 기반과 운전 노하우는 APR1400이 3세대 원전 중 가장 높은 경제성을 확보할 수 있었던 핵심 기술적 요인이라 할 수 있다.

[그림 17] APR1400 증기발생기



자료: 한국수력원자력

3.4 기술력 및 안정성 (1)

한국은 유럽(EU)과 미국 원자력규제위원회(NRC)의 설계 인증을 모두 획득한 세계 유일의 국가로 원전 설계의 안정성과 신뢰성을 국제적으로 공식 인정받았다. 특히 미국 NRC의 설계 인증은 가장 까다로운 절차로 평가되며, 한국형 원전(APR1400)은 2019년 8월, 미국 외 국가 가운데 유일하게 이 인증을 취득했다.

미국 NRC에 설계 인증을 신청한 외국 노형은 ▲프랑스의 U.S EPR, ▲일본의 US-APWR, ▲한국의 APR1400 등 세 가지다. 이 중 프랑스와 일본은 인증을 획득하지 못했으며, APR1400만이 최종적으로 정식 인증을 받았다.

참고로 일본의 도시바(Toshiba)와 히타치(Hitachi)는 자체 기술로 인증을 받은 것이 아니라, 미국 기업 웨스팅하우스(WEC)와 제너럴일렉트릭(GE)를 인수하면서 그들의 기존 인증을 승계한 형태다. 순수하게 일본 독자 기술로 인증을 추진했던 미쓰비시의 US-APWR은 심사 6단계 중 3단계에서 자진 철회한 사례다.

이처럼 NRC 설계 인증 취득 여부는 기술력뿐 아니라 안전성, 규제 대응 역량, 국제 신뢰도의 지표로 작용하며, APR1400의 기술적 완성도를 입증하는 결정적인 증거로 평가된다.

원자력 발전이 아무리 경제적이고 성능이 뛰어나더라도, 안전성이 확보되지 않으면 발주국은 선택할 수 없다. 원전에서 중대사고가 한 차례라도 발생할 경우, 그 피해는 국가적 재앙 수준에 이르며, 방사성 물질이 유출되는 사태는 상상조차 할 수 없는 결과를 초래할 수 있다.

이러한 이유로 수출형 원자로로는 각국의 규제 기준과 안전 요건에 맞춰 설계를 개별적으로 보완해야 한다.

후쿠시마 원전 사고 이후, 한국은 APR1400 설계에 대한 추가 안전성 보강 조치를 반영하였고, 수출 시에도 발주국의 요구 수준에 맞춰 설계를 유연하게 업그레이드할 수 있는 체계를 갖추고 있다.

[표 15] 신고리 3,4호기와 수출형 원자로의 차이

	APR1400		EU 수출형
	신고리 3,4호기	UAE 수출형	
안전계통	기계적 4계열 전기적 2계열	기계적 4계열 전기적 2계열	기계적 4계열 전기적 4계열
항공기 충돌사고	미고려	벽체보강	이중 격납건물
비상디젤발전기(대)	2	2	4
대체교류전원	1대/부지	1대/부지	2대/호기
노심요용물 냉각	IVR/CFS	IVR/CFS	Core Catcher
급속감압계통	없음	없음	중대사고전용

자료: 산업통상자원부

최대 경쟁자였던 프랑스 EPR은 이중격납건물과 Core Catcher가 있어 표면적으로는 APR1400보다 설계적으로 우수한 것처럼 보이지만 그렇지만은 않다. 오히려 공사비 인상 요인으로 작용할 수 있다.

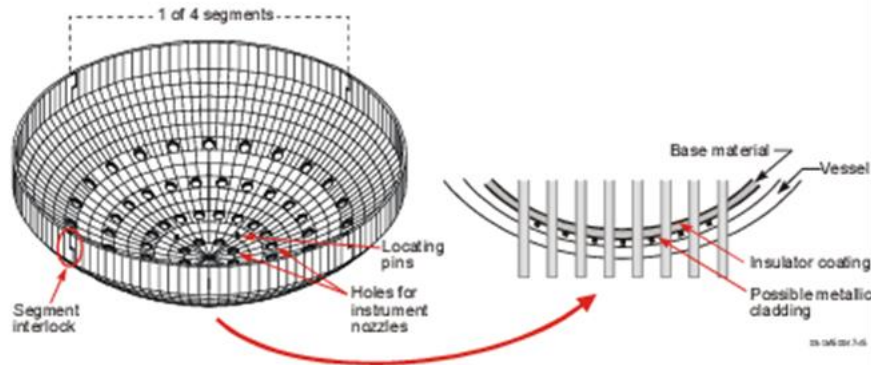
APR1400의 격납건물은 내벽에 스틸라이너(Steel Liner)가 설치되어 있어 사고 시 방사성 물질 방출을 막는 역할을 하는데 프랑스 EPR모델은 콘크리트 내벽을 에폭시 코팅으로 마감했기 때문에 콘크리트 크랙 발생 시 격납건물 내부의 방사성 기체를 막는 방벽 역할을 완벽하게 할 수 없다. 이를 보완하기 위해 이중격납건물을 설치한 것으로 파악된다.

최근 EPR2는 APR1400처럼 단일 격납건물에 스틸 라이너를 설치하는 방식으로 설계를 변경하였고 Core Catcher 역시 설계 개념의 차이에서 유래한 것이지 그 설계가 APR1400의 IVR-ERVC 보다 더 좋다고 보기도 어렵다.

3.4 기술력 및 안정성 (2)

IVR-ERVC는 원전 중대사고 대응전략 중 하나로서, 사고로 인해 노심이 용융되어 원자로 하부에 재배치되었을 때, 원자로 공동(Cavity)에 냉각수를 주입하여 원자로 용기 하부를 냉각함으로써 붕괴열을 제거해 용융물을 원자로 용기 내에 보존하는 장치다.

[그림 18] 코어캐처 개념도



자료: IAEA

원자로는 지진 등 외부 충격으로 비상정지하더라도 냉각수 공급이 원활히 유지되면 안전하게 운영될 수 있다. 이 때문에 모든 원전의 안전설계 핵심에는 냉각 시스템이 중심에 자리 잡고 있으며, 중대사고 대응의 첫 관문 역시 냉각 유지 여부에 달려 있다.

실제로 2011년 후쿠시마 제1원전 사고는 지진 자체가 아니라, 이후 발생한 쓰나미로 냉각 기능이 마비되며 초래된 재난이었다.

APR1400은 이러한 상황을 방지하기 위해, 다중 중첩된 냉각 안전계통을 설계에 반영하고 있다. 대표적으로, 비상냉각수 주입계통(Safety Injection System, SIS)이 강화되었다. 일반적으로 원자로는 1차 냉각수 누출에 대비해 붕산수(4,400ppm)를 담은 비상주입탱크(SIT)를 갖추고 있으며, APR1400에서는 이를 기존 OPR1000의 2기에서 4기로 확장했다. 또한 APR1400은 비상주입 노즐을 원자로 용기에 직접 연결해 냉각수가 즉시 투입될 수 있도록 설계되어 있다. SIT는 질소를 이용해 약 50기압의 높은 압력을 유지하며, 원자로 내 냉각수가 부족해질 경우 자동으로 붕산수를 노심에 주입할 수 있다.

이와 같은 구조는 기존 OPR1000에서 냉각재가 증기발생기 → 저온관(cold-leg)을 거쳐 투입되던 복잡한 경로를 제거한 것이다. 경로가 단축되면서 냉각 효율이 향상되고, 중대사고 발생 확률도 대폭 낮아졌다.

이러한 안전 설계로 인해 노심 용융(Meltdown)과 같은 중대사고 발생 확률은 기존의 연간 10만분의 1에서 100만분의 1 수준으로 낮아졌으며, APR1400은 전 세계적으로 가장 낮은 사고 확률을 기록한 설계 중 하나로 꼽힌다.

더불어 APR1400의 원자로 본체와 증기발생기 등 핵심 설비는 6mm 두께의 스테인리스 강판과 120cm 두께의 철근 콘크리트 외벽으로 구성된 동형 격납 구조물로 보호된다. 이러한 구조는 지진 등 외부 충격에 대한 방호 기능을 극대화하며 한국의 기존 원전들이 규모 6.5까지 견디도록 설계된 데 비해 APR1400은 규모 7.3 수준의 내진 성능을 확보하여 국내외 어떤 지역에서도 운전 안정성을 담보할 수 있다.

3.4 기술력 및 안정성 (3)

APR1400의 안전설계에서 가장 눈에 띄는 요소 중 하나는 전력 상실 상황에서도 작동 가능한 냉각 기능, 즉 피동형 보조급수시스템(PAFS, Passive Auxiliary Feedwater System)의 도입이다.

PAFS는 중대사고로 인해 외부 전력 공급이 끊기고, 기존의 주펌프(전기 또는 터빈 구동 방식)가 작동하지 못할 경우를 대비한 무동력 냉각 시스템이다.

정상 운전 시 증기는 터빈으로 이동해 전력을 생산하지만, 사고 발생 시에는 이 증기를 자동으로 냉각탱크로 전환시켜 물로 냉각한 뒤 다시 증기발생기로 되돌리는 폐회로 구조로 구성되어 있다.

특히 이 시스템에 부착된 보조펌프는 증기 자체의 압력과 온도로 구동되므로 별도의 외부 전원이 필요 없다. 그 결과, 전력 공급이 완전히 중단된 상황에서도 2차 냉각수를 순환시켜 원자로 노심의 온도를 안정적으로 제어할 수 있다.

PAFS는 후쿠시마 사고 이후 강화된 '소극적 설계에서 적극적 안전설계'로의 패러다임 전환을 대표하는 기술이며, APR1400의 글로벌 수출 경쟁력과 신뢰도를 높이는 핵심 안전설계 중 하나로 꼽힌다.



Part 4.

‘K-원전’ 경쟁력 강화를 위한 제언

한국형 원전의 글로벌 경쟁력은 이미 여러 수주 사례를 통해 객관적으로 입증되었다. 약속된 공사 기간 내 완공, 세계 최저 수준의 건설 단가, 그리고 기술적 성능과 안전성 측면에서의 우수성은 국제 시장에서 독보적인 경쟁력으로 평가받고 있다.

실제 한국은 프랑스와의 치열한 경쟁 속에서도 UAE 바라카 원전과 체코 두코바니 원전을 잇달아 수주하며 프랑스를 제외하면 실질적인 경쟁 상대가 없는 유일한 수출 주도국으로 자리매김하고 있다.

향후 전 세계적으로 수십 기 이상의 신규 원전 발주가 예정되어 있는 만큼, 지금이야말로 K-원전이 글로벌 시장에서 초격차 우위를 굳히고 선도적 위치를 공고히 해야 할 시점이다. 이를 위해 아래와 같이 기술·사업·금융 전반에서 추가적으로 검토해야 할 전략 과제를 제언한다

4.1 SMR 상용화를 통해 원전 포트폴리오 확장 (1)

K-원전은 대형 원전 부문에서 이미 세계 최고 수준의 경쟁력을 입증했으며, 이제는 SMR(Small Modular Reactor, 소형모듈원전)을 통해 제품 포트폴리오를 다변화하고 시장 지배력을 확장할 시점이다. 글로벌 SMR 시장은 빠르게 성장하고 있으며, 2040년까지 약 3,000억 달러 규모에 이를 것으로 전망된다.

대형 원전이 대규모 산업지대나 해안 부지에 적합한 반면, SMR은 전력 수요가 상대적으로 적거나, 냉각수 확보가 어려운 지역, 송배전 인프라가 미비한 국가 등에 적합해 보완적 시장으로서의 전략적 가치가 매우 높다.

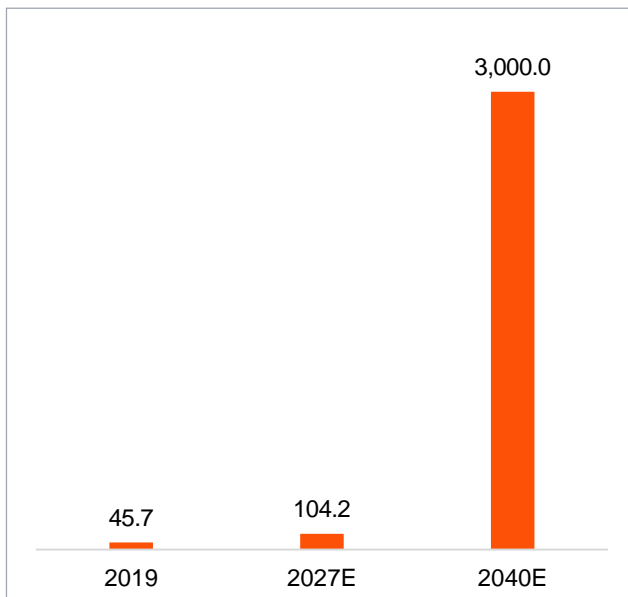
한국은 이미 대형 원전 수출을 통해 시공 능력과 신뢰도를 확보한 만큼, 이를 기반으로 SMR 수출에서도 선도적 위치를 선점할 수 있는 유리한 고지에 있다. 특히, 전력 수요가 분산되어 있는 중소국가, 내륙 국가, 또는 데이터센터 등 특정 산업용 전원 수요가 집중되는 국가들이 SMR 도입에 큰 관심을 보이고 있다.

전 세계적으로 SMR 도입에 매우 적극적이다. 미국(18개사), 러시아(17개사), 중국(8개사) 등 약 70여개 업체가 SMR 시장을 선점하기 위해 개발 경쟁을 펼치고 있으며, 검증된 가압경수로형 뿐만 아니라 차세대 원자력기술이 대거 적용될 예정이다. 미국, 캐나다, 영국 등은 자국 내 SMR을 다수 건설할 계획을 가지고 있으며, 사우디, 체코, 폴란드, 루마니아, 요르단, 가나 등 다양한 국가들이 SMR 도입에 관심을 보이고 있다.

이처럼 SMR은 향후 글로벌 전력전환의 핵심 솔루션이자 차세대 에너지 수출 산업의 핵심 축이 될 것으로 전망되며 한국 역시 SMR 기술 상용화를 서둘러야 할 전략적 분기점에 진입한 것이다.

[그림 19] SMR 시장 규모

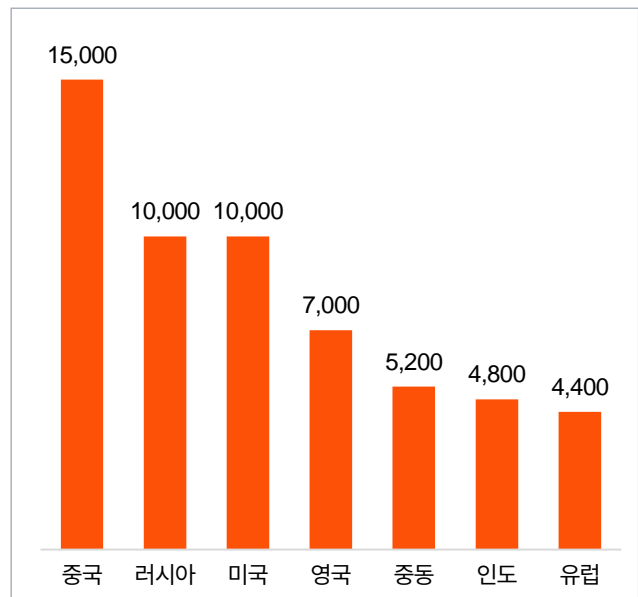
(단위: 억 달러)



자료: 세계경제포럼, 삼일PwC경영연구원

[그림 20] 2035년 SMR 예상 설치 규모

(단위: MW)



자료: 한국원자력연구소, 삼일PwC경영연구원

4.1 SMR 상용화를 통해 원전 포트폴리오 확장 (2)

SMR(Small Modular Reactor)은 전기 출력 300MW 이하의 소형 원자로로, 가압기·증기발생기·노심 등 핵심 계통을 하나의 일체형 용기 내에 집약한 설계를 특징으로 한다. 이러한 구조는 원자로 크기를 대폭 줄여 공장 사전 제작(modularization)이 가능하며, 현장 설치 기간을 획기적으로 단축할 수 있다. 또한 크기가 작아 수조 내 설치 및 자연 대류 방식의 냉각이 가능해 안전성 또한 우수하다.

전통적인 대형 원전은 냉각수 공급을 위해 바닷가 등 수자원 인접 부지에 한정적으로 건설할 수 있으나,

SMR은 냉각수 의존도가 낮고 설비 규모가 작아 지형·기후에 관계없이 다양한 입지에서 운용 가능하다는 장점이 있다. 이러한 특성은 내륙 국가나 기후환경이 까다로운 지역에서도 SMR의 설치 및 운용을 가능하게 하며, 에너지 접근성이 낮은 지역의 분산형 전원 솔루션으로도 주목받고 있다.

특히 전력 수요가 폭증하는 글로벌 데이터센터 인근에 SMR을 직접 설치해 독립적 전력 공급원을 확보하려는 시도도 현실화되고 있다. SMR은 안정적인 기저전력 공급, 공간 효율성, 탄소중립 이행에 적합한 에너지원으로서 데이터 중심 산업 구조 변화 속에서 실용적 대안으로 부상 중이다.

[표 16] 대형 원전과 SMR 비교

구 분	대형 원전	혁신형 SMR
출 력	1,200~1,600MW	300MW 이하
부품수	100만대	1만개
반응도제어	수용성 봉산 사용	수용성 봉산 미사용
중대사고 확률	100만년에 1회	10억년에 1회
사고시 운전원 개입	필요	불필요
안전등급 DC전력	필요	불필요
핵원료 교체주기	18개월	20년
격납용기	콘크리트 건물	소형 철제 용기
격납용기 냉각	건물 내 저장 탱크	외부침수
건설기간	48개월	24개월
건설비용	\$3,000/KW	\$3,500/KW 이하

자료: 에너지경제연구원, 삼일PwC경영연구원



SMR 관련 자세한 내용은

삼일회계법인의 SMR Guide Book: 'SMR(소형모듈원자로)의 무한한 가능성과 전략'을 참고

4.2 원전 해체 기술 확보를 통한 원전 밸류체인 완성 (1)

전 세계적으로 신규 원전 건설에 대한 관심이 집중되고 있지만, 운영 수명을 마친 원전을 어떻게 안전하게 해체할 것인가 역시 중요한 과제로 부상하고 있다. 원전은 발전 효율성과 경제성 면에서는 뛰어나지만, 방사성 물질의 존재로 일반 화력발전소나 산업시설과는 달리 쉽게 철거할 수 없는 고위험 시설이다.

특히 원자로 본체 및 폐기물에 존재하는 방사성 물질이 공기 중으로 유출될 경우 주변 환경과 인명에 심각한 영향을 미칠 수 있어, 해체 작업은 고도의 기술력과 안전관리가 요구된다. 따라서 원전을 도입하려는 국가들 역시 초기 건설뿐 아니라, 장기적으로는 해체까지 포함한 '전 주기적 관리 능력'을 중시하는 추세다.

그러나 현재까지 한국은 상업적 의미의 원전 해체 완료 경험이 없으며, 미국, 독일, 영국, 프랑스, 일본 등 일부 국가들만 실질적 해체 경험을 보유하고 있는 상황이다. 이에 따라 K-원전이 건설-운영-해체까지 아우르는 원스톱 솔루션을 제공할 수 있는 역량을 갖춘다면, 단순한 시공업체를 넘어 '글로벌 원전 산업의 종합 파트너'로 도약할 수 있다.

현재 한국은 고리 1호기 해체 프로젝트를 통해 실질적인 해체 기술 확보에 착수한 상태다. 아직 프로젝트가 완료된 것은 아니지만, 방사성 물질을 제거하는 '제염' 단계에 진입하였으며, 이는 전체 해체 과정의 첫 단계로서 해체 인허가를 위한 필수 절차다. 정부는 고리 1호기 해체를 국내 해체 기술력 확보와 산업 생태계 형성의 전환점으로 삼고 있으며, 이를 기반으로 향후 해외 해체 시장 진출까지 염두에 두고 있다. 실제로 고리 1호기의 해체 경험은 향후 신규 수주 시, 발주국에 종합 서비스 제공 역량을 입증할 수 있는 중요한 레퍼런스가 될 것으로 기대된다.

[표 17] 원자력 발전소 해체 절차

과 정	설 명
1) 설계 및 인허가	영구정지 후 5년 이내에 해체계획서 초안을 작성하고, 주민의견 수렴을 진행함. 주민의견이 반영된 최종해체계획서는 원자력안전위원회에 제출하여 해체승인 인허가를 신청함. (비용 비중 약 28%)
2) 제 염	방사성물질 오염을 제거하는 것으로, 사람이나 계통 및 구성품, 부지 등이 방사성물질로 오염되어 있을 경우 이 오염을 물리, 화학적인 방법으로 제거함. (비용 비중 약 5%)
3) 해 체	원자로압력용기, 원자로내부구조물, 원자로압력용기헤드, 증기발생기, 가압기 및 원자로 냉각재 펌프 등 계통 및 구조물을 절단, 철거하는 과정. (비용 비중 약 31%)
4) 폐기물 처리	방사성 금속 등 위험물을 포장하는 과정 (비용 비중 약 26%) <ul style="list-style-type: none"> • 중·저준위 방사성폐기물: 방사성폐기물 처리시설로 옮겨져 절단, 제염, 감용의 과정을 거친 후 포장 되고, 인도 가능한 방사능 요건을 만족하면 방사성폐기물 처분시설로 이송함. • 자체처분 폐기물: 방사능 농도가 원자력안전법에서 정한 자체처분 기준치 이하인 폐기물은 소각, 매립 또는 재활용하게 됨.
5) 부지복원	해체 이후 원전부지는 재사용이 가능한 수준으로 복원하는 것을 원칙으로 하고 있음. 녹지(공원), 발전(화력, 풍력, 태양열) 및 기타(밀폐관리, 주차장 등) 부지 등으로 활용될 수 있음. (비용 비중 약 10%)

자료: 한국수력원자력, 삼일PwC경영연구원

4.2 원전 해체 기술 확보를 통한 원전 밸류체인 완성 (2)

원전 해체 시장은 그 자체로도 거대한 규모의 산업 영역으로 부상하고 있다. 2024년 기준, 운영 기간 40년 이상 된 원전은 163기, 35년 이상 된 원전은 253기에 달하며, 이는 전체 원전 수의 60% 이상을 차지한다. 이러한 수치는 향후 해체 수요가 급격히 확대될 것임을 시사한다.

일반적으로 원전의 설계 수명은 평균 40년이며, 이후 국가별로 계속운전(운전 수명 연장)을 신청해 안전성 평가를 통과하면 10년 단위로 운전 기간이 연장될 수 있으나 무제한적인 수명 연장은 사실상 불가능하며 일정 시점 이후에는 반드시 계획된 해체 절차로 전환되어야 한다.

특히 건설 후 40년이 경과한 원전은 설비 용량과 효율성 면에서 신규 원전에 비해 경쟁력이 떨어지기 마련이며 기술·경제적 관점에서도 노후 원전을 해체하고 새로운 원전을 건설하는 방식이 더 선호되는 추세다.

이러한 상황에서 해체 기술과 경험을 보유한 국가는 향후 신규 원전 수주 경쟁에서도 전략적 우위를 확보할 수 있다. 즉, '건설+운영+해체' 전 주기 역량을 갖춘 K-원전은 신규 수출시장뿐 아니라, 노후 원전 교체 수요가 본격화되는 시장에서도 차별화된 경쟁력을 발휘할 수 있다.

[표 18] 국가별 원전 수명 규제

구분	미국	일본	프랑스	캐나다	한국
연장기간	20년 이내	20년 이내	10년	10년	10년
신청시기	운전허가 만료 20년 전~	운전허가 만료 1년 이전	-	-	운전허가 만료 10~5년 전
기산일	운전허가 만료일	운전허가 만료일	-	운전허가 만료일	운전허가 만료일
가능횟수	제한없음	1회(20년 내)	제한없음	제한없음	제한없음

자료: 열린원전운영정보, 삼일PwC경영연구원

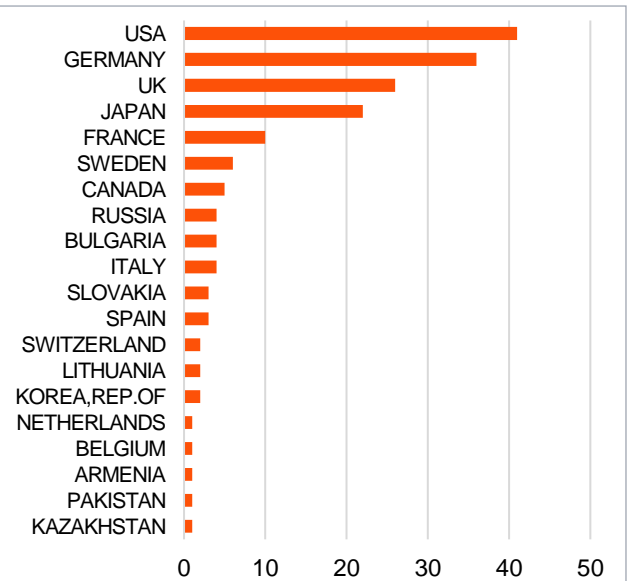
한국수력원자력에 따르면, 전 세계 원전 해체 시장 규모는 약 500조 원에 이를 것으로 전망된다. 국가별 규제 기준, 해체 방식, 방사성 폐기물 처리 정책 등에 따라 시장 추정치는 다소 차이가 있지만, 장기적으로 해체 수요가 지속적으로 증가할 것이라는 점은 분명하다.

2023년 말 기준, 영구 정지된 원전은 216기, 이 중 해체가 진행 중이거나 완료된 원전은 175기에 달한다. 국가별로는 미국, 독일, 영국, 일본, 프랑스 등이 해체 실적과 시장 규모 측면에서 높은 비중을 차지하고 있다.

해체 사업은 단순 철거 작업이 아닌, 고위험 방사성 설비의 안전한 분리·제염·처분·부지 복원까지 포함하는 고난도 고부가가치 산업이다.

따라서 기술력과 경험을 확보한 국가만이 글로벌 해체 시장에 진입하고 안정적인 수익을 창출할 수 있으며, 한국 역시 이 분야에서 전략적 기회를 선점할 수 있는 전환점을 맞이하고 있다.

[그림 21] 해체 중이거나 완료된 원전 수 (단위: 호기)



자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

4.2 원전 해체 기술 확보를 통한 원전 밸류체인 완성 (3)

해체가 완전히 완료된 원전은 전 세계적으로 약 20기에 불과하다. 이 중 미국이 해체 완료 경험이 가장 많으며, 그 다음으로 독일, 일본 순이다.

[표 19] 해체 완료 원전

No.	국 가	원전명	노 형	용량 (MW)
1	Germany	Niederaichbach	HWGCR	100
2		HDR Grosswelzheim	BWR	25
3		VAK Kahl	BWR	15
4	Japan	JPDR	BWR demonstration	12
5	Switzerland	Lucens	HWGCR experimental	6
6	USA	Shippingport	PWR demonstration	60
7		Elk River	BWR	22
8		Bonus	BWR prototype	17
9		Hallam	Sodium/graphite demonstration	75
10		Pathfinder	BWR prototype	59
11		Carolinas-Virginia Tube	PHWR prototype	17
12		Saxton	PWR	3
13		Big Rock Point	BWR	67
14		Haddam Neck (Connecticut Yankee)	PWR	560
15		Fort St Vrain	HTGR	33
16		Yankee(Rowe)	PWR	167
17		Maine Yankee	PWR	860
18		Rancho Seco-1	PWR	873
19		Shoreham	BWR	820
20		Trojan	PWR	1,095

자료: IAEA, 삼일PwC경영연구원

4.3 원전 금융 지원으로 수출 경쟁력 제고 (1)

앞서 언급하였듯이, 원전 사업은 규모가 크고 건설 및 운영이 장기적으로 이루어지므로 자금 조달 리스크가 크다. 대규모 자본 투자가 필요하고 장기적인 투자 회수 기간을 감안하여 단순한 금융 차입뿐 아니라 여러 사업 모델들이 필요하다.

원전 등 장기 대규모 프로젝트를 수주하고자 할 경우 사업 개시에 앞서 철저한 자금 조달 및 운용 계획이 필요하다. 정책금융기관뿐만 아니라 시중은행 등 민간 금융기관의 참여도 필요하고 금융지원 전략을 철저하게 마련하여야 한다. 한수원의 경우 지난 2022년 말 해외 원전 수출사업 공동 금융지원 협력을 위해 수은, 산은, 무보 등 국내 정책금융기관 및 민간 금융기관과 원전금융 팀코리아 업무협약(MOU)을 체결한 바 있다. 이 팀코리아에 KB국민은행, 신한은행, 하나은행, 우리은행, 기업은행, NH농협은행 등 6개 시중 은행도 함께 하고 있어 리스크쉐어링이 가능할 것으로 보인다. 수은의 경우 2016년 UAE 바라카 원전 건설 사업에 31억달러의 금융을 지원했고, 이 중 25억달러를 UAE 원전 사업법인에 대출해준 바 있다.

원전 수주 등 대규모 프로젝트 입찰을 위해 국내 수출금융은 물론 해외 정부나 국부펀드 등과의 협력도 모색할 필요가 있다. 이를 통해 자금력을 보다 확보할 수 있고, 협력을 통해 보다 다양한 프로젝트 및 투자기회에 참여할 기회를 확대할 수 있을 것이다. 아울러 리스크쉐어링을 통해 위험도 감소시켜야 할 것이다.

과거에는 정부 주도로 조달된 자금으로 건설·운영하였으나 전력시장의 변동성과 불확실성이 증가하면서 투자자의 리스크도 증가하였다. 따라서 정부나 공공 일반도의 금융지원에서 벗어나 민간참여형도 검토될 필요가 있어 보인다. 최근 원전 프로젝트에 사용된 원전 금융모델을 소개한다.

원전 금융모델은 크게 공공부문주도형과 민간참여형으로 나뉜다. 공공부문주도형 모델에서는 정부 또는 정부가 통제하는 공기업이 원전을 개발하고 운영한다. 이 모델에서는 소유권이 직간접적으로 정부에 있으며, 자금 조달은 주로 정부 예산, 국가 보증 대출, 보조금 등을 통하여 이루어진다. 민간참여형 모델은 원전기술을 보유한 민간 기업이 주도하여 원전을 개발하고 운영하는 모델로, 이 경우 민간 자본, 은행 대출, 투자자들의 투자금액으로 자금을 조달하고 해당 프로젝트의 리스크 또한 민간 기업이 부담한다. 정부는 규제 완화 등을 통해 민간의 참여를 독려한다.

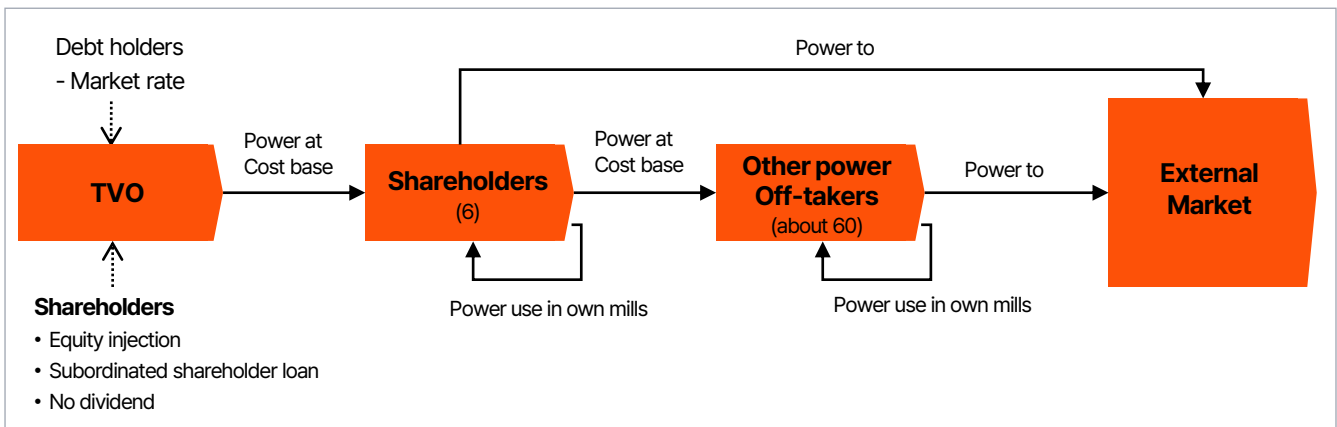
공공부문주도형은 보통 정부가 주도하거나 발전 공기업이 주도하게 되는데, 이는 원전 도입 초기이거나 발전부문이 민영화되지 않은 국가에서 활용되었다. 그러나 현재 원전 도입을 추진하는 국가들의 경우 국가위험이 높고, 정부의 신용도가 낮기 때문에 외국의 민간투자 유치 등을 선호하고 있다. 다양한 사업모델은 민간참여형에서 설계되고 있는데, 산업협력모델, 기술-투자연계모델, 민자발전사업자모델로 구분된다.

4.3 원전 금융 지원으로 수출 경쟁력 제고 (2)

1) 산업협력모델

‘협력금융’ 모델로 민간 기업들이 공동으로 출자하여 지분 비율에 따라 자본을 출자하고, 이 자본을 초기 건설 비용 및 운영 비용으로 사용한다. 투자자들은 전력소비가 높은 산업체나 지자체로 구성되고, 이후 유한책임회사를 설립하여 발전소 건설 후 생산원가로 전력을 주주들에게 판매한다. 원전에 투자하는 대가로 배당이 아닌 생산된 전력을 낮은 원가로 확보할 수 있는 모델이다. 대표적으로 프랑스의 ‘Exeltium’과 핀란드의 ‘Mankala’ 모델이 있다.

[그림 22] 핀란드 Mankala 사업 및 금융구조

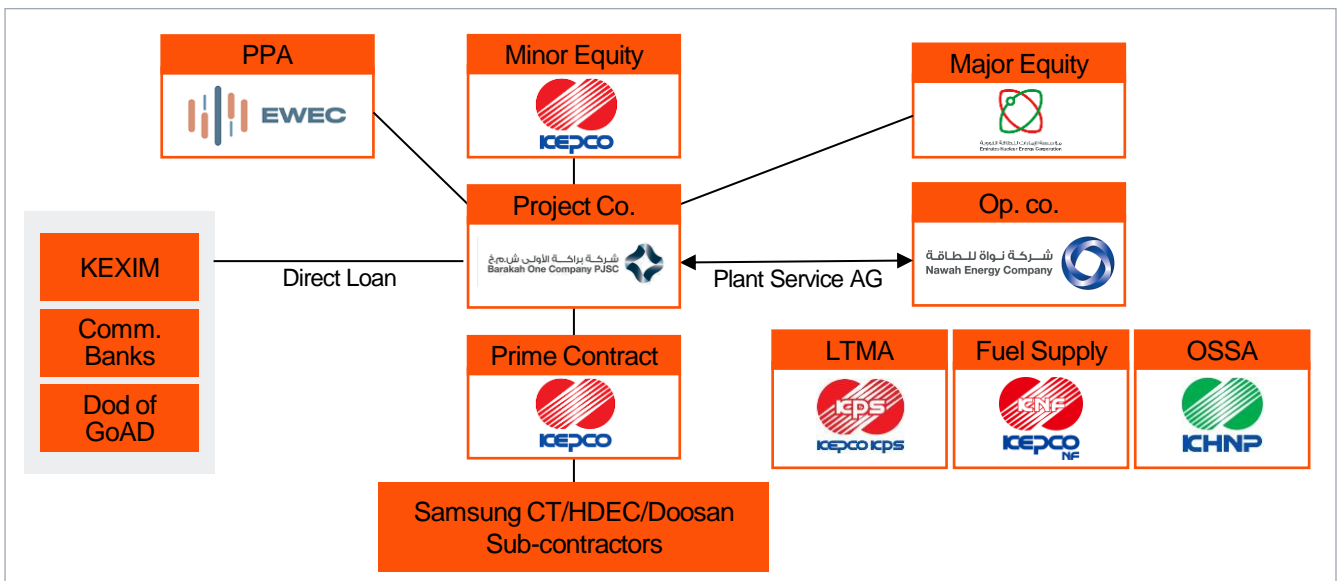


자료: KNA, 삼일PwC경영연구원

2) 기술-투자연계 모델

원전 기술을 보유한 기업이 수출과 투자를 병행하는 방식으로, 민간기업이 도입국에 기술과 자본을 제공하고 도입국은 원전사이클 전반에 걸친 기술, 지식, 역량을 함께 구축하며 재정지출 부담을 줄일 수 있는 방식이다. UAE의 바라카 원전과 터키의 Akkuyu 원전이 이 모델에 해당한다.

[그림 23] UAE원전 사업 구조



자료: KNA, 삼일PwC경영연구원

4.3 원전 금융 지원으로 수출 경쟁력 제고 (3)

3) 민자발전사업자모델(Independent Power Producer, IPP)

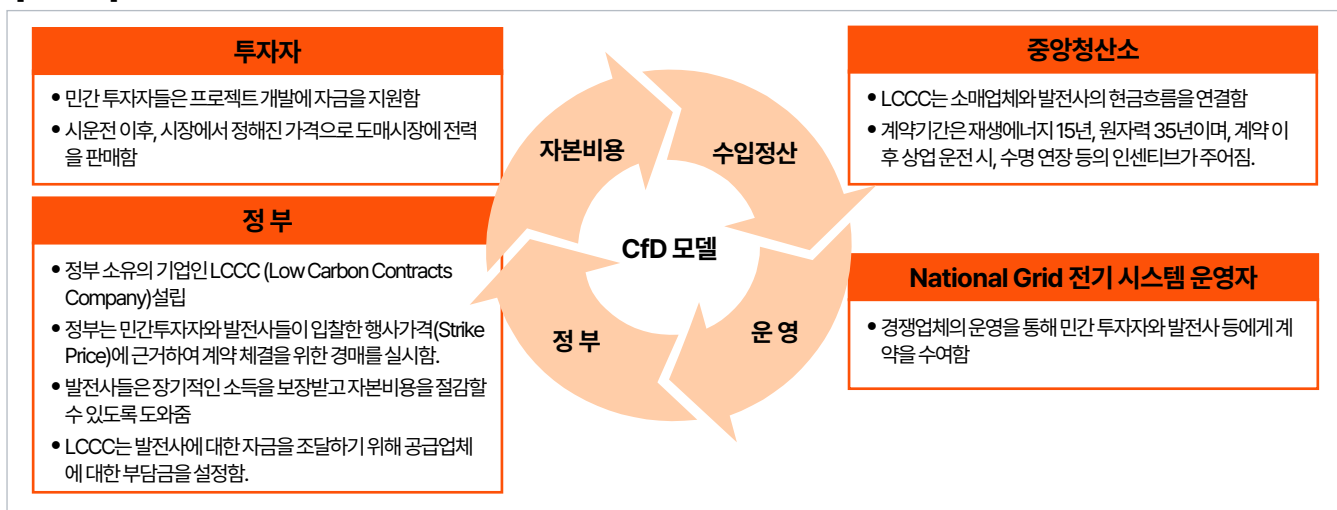
독립적인 민간 기업이 전력 생산 시설을 건설하고 운영하는 모델이나, 원전 사업의 경우 원전은 국가전략자산이라는 특성으로 인해 순수 IPP사례는 없으며 정부나 관련 공기업이 참여하는 Joint Venture 형태가 일반적이다.

4) 영국 원전개발 사업모델

이 외에도 영국에서 새롭게 설계된 사업모델로 발전차액정산계약 CfD(Contract for Difference) 모델과 규제자산기초 RAB(Regulated Asset Base) 모델이 있다. 민간기업의 투자 유치를 위해 전력요금의 안전성을 확보해주는 모델이다. CfD 모델의 경우 시장가격과 발전사들의 행사가격을 비교하여, 시장가격이 행사가격을 초과하는 경우 운영사가 정부에게 차액을 지급하고 행사가격이 시장가격을 초과하는 경우 정부가 운영사에게 그 차액을 지급하는 구조이다.

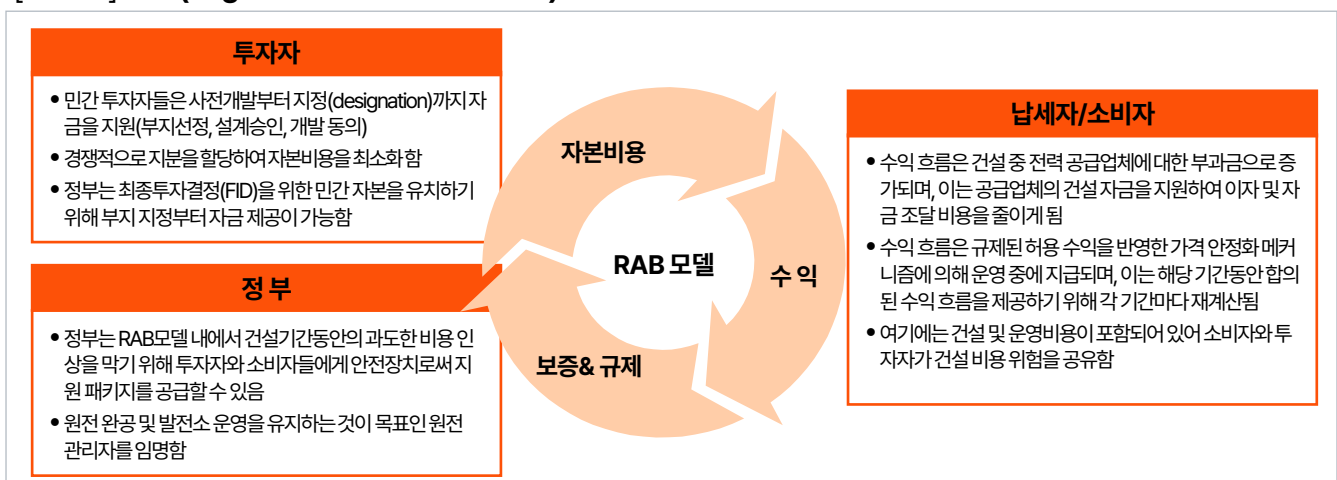
RAB모델은 투자자들이 투자한 자본에 대해 규제 기관이 규제된 자산을 기반으로 일정한 수익률을 보장해주는 모델이다. 규제 기관은 자산 가치에 대해 일정 비율의 수익률을 보장하고 소비자들에게도 불필요하게 높은 요금을 부과되지 않도록 전력요금을 조정한다.

[그림 24] CfD 모델 개요



자료: KNA, 삼일PwC경영연구원

[그림 25] RAB(Regulated Asset Base Model) 모델 개요



자료: KNA, 삼일PwC경영연구원

Author Contacts

이 은 영 상무

삼일PwC 경영연구원

eunyoung.lee@pwc.com

김 승 철 수석연구위원

삼일PwC 경영연구원

seungchurl.k.kim@pwc.com

삼일PwC경영연구원

최 재 영 원장

jaeyoung.j.choi@pwc.com

Business Contacts

최 성 우 Partner

sung-woo.choi@pwc.com

백 승 현 Director

seung-hyun.baek@pwc.com



삼일회계법인

삼일회계법인의 간행물은 일반적인 정보제공 및 지식전달을 위하여 제작된 것으로, 구체적인 회계이슈나 세무이슈 등에 대한 삼일회계법인의 의견이 아님을 유념하여 주시기 바랍니다. 본 간행물의 정보를 이용하여 문제가 발생하는 경우 삼일회계법인은 어떠한 법적 책임도 지지 아니하며, 본 간행물의 정보와 관련하여 의사결정이 필요한 경우에는, 반드시 삼일회계법인 전문가의 자문 또는 조언을 받으시기 바랍니다.

S/N: 2504W-RP-050

© 2025 Samil PricewaterhouseCoopers. All rights reserved. “PricewaterhouseCoopers” refers to Samil PricewaterhouseCoopers or, as the context requires, the PricewaterhouseCoopers global network or other member firms of the network, each of which is a separate and independent legal entity.