



세계 원전 계속운전 현황 및 정책



최봉석

에너지경제연구원 원자력정책연구실 부연구위원

1. 개황

일본 후쿠시마 원전사고 이후 2년이란 세월이 흘렀다. 원전 사고의 그림자는 여전히 짙게 드리워져 있지만, 상황은 점차 변화하고 있다.

2012년 9월 일본은 원전가동 중지 이후 급증하는 화석 연료 수입비용 부담으로 인해 사실상 원전제로

방침을 포기하였다. 원전사고 여파로 미국, 유럽 국가들은 신규원전 건설을 중단하거나 원전폐쇄 연도를 설정하는 등 원전에 대한 부정적 입장 견지 하였다. 그러나 세계 신규원전 건설은 2013년 5월 기준 70기(67GW)로 전년 1분기 67기(65GW) 대비 3기(2GW)가 증가하였고 중국, 러시아, 인도 등을 중심으로 신규 원전 건설 모멘텀을 유지하고 있다.

한편, 대부분의 원전 도입국은 신규 원전건설에 대한 투자보다 기존 원전의 수명 연장을 통해 막대한 자본비용 지출을 피하는 방향을 선호한다. 이러한 분위기 속에 세계 주요 원전 운영국가들은 원전의 안전성만 입증된다면 대체로 계속운전을 허용하는 추세이다.

원전의 설계수명이란 원전 설계 시 설정된 기간으로 안전성과 성능기준을 만족하면서 운전 가능한 최소한의 기간을 의미하며, 계속운전이 불가능한 기술적 제한기간을 의미하는 것은 아니다. 따라서 현재 원전 계속운전 산업은 전 세계적인 전력수요 증가추세, 원전 신규 건설에 대한 비용 부담 문제 등 대안으로 부각되고 있으며 앞으로도 지속적으로 성장할 것으로 전망되고 있다. 특히, 에너지 부존자원이 빈약하여 원전 의존도가 현실적으로 높을 수밖에 없는 우리나라의 경우, 계속운전 산업 시장 규모는 매우 클 것으로 예상된다.

2. 세계 원전 운영 현황

1) 연령대별 세계 원전 운영 현황

2013년 5월 기준, 전 세계 운영 중인 원전은 총 436기이며, 용량규모는 372,643MW에 달한다. 운영 중인 원전은 현재 불가동 중이라 가동 가능한 원전이 모두 포함된 수치이다. 가동 중인 원전을 연령대(운

[표 1] 연령대별 세계 원전 운영 현황 (2013년 5월 기준)

가동연수	기 수(기)	비중(%)
10년 미만	32	7.3
10 ~ 20년	43	9.9
20 ~ 30년	164	37.6
30 ~ 40년	152	34.9
40년 이상	45	10.3
합 계	436	100

자료 : IAEA PRIS, 2015, 5

영연수)별로 살펴보면 30년 이상 가동한 원전이 197기로 전체 원전 수의 45.2%를 차지하고 있어 약 절반에 가까운 원전이 30년 이상 장기 운전 중이다. 설비용량 기준 30년 이상 운영 중인 원전의 총 설비용량은 148,666MW로 전체 원전 총 설비용량의 약 39.9%를 차지하고 있다.

[표 2] 30년 이상 운영 중인 세계 원전 현황 (2013년 5월 기준)

운영연수 기준		
구분	30년 이상 운영	40년 이상 운영
기수(기)	197	45
비중(%)	45.2	10.3
설비용량 기준		
구분	30년 이상 운영	40년 이상 운영
용량(MW)	148,666	26,150
비중(%)	39.9	7.0

자료: IAEA PRIS, 2015, 05

2) 전 세계 계속운전 원전 현황

원전의 설계수명은 원전 설계 시 설정된 기간으로 안전성과 성능기준을 만족하면서 운전 가능한 최소한의 기간을 의미하며, 계속운전이 불가능한 기술적 제한기간을 의미하는 것은 아니다. 미국 NRC(원자력규제위원회)의 정의에 따르면 설계수명은 최초 원전운영 허가기간으로 기술적인 문제가 아닌 원자력 시설의 경제성과 독과점규제 측면에서 설정된 기간이다.

현재 세계 주요 원전 운영국가들은 원전의 안전성만 입증된다면 대체로 계속운전을 허용하는 추세이다. 표 3과 같이 전 세계 운영 중인 원전(437기) 중, 153기가 계속운전 승인을 받았으며 그 중 71기가 계속운전 중이다.

○ 미국

2013년 5월 기준, 미국은 총 104기의 원전을 운영 중이며, 이 중 PWR이 69기, BWR이 35기이다. 20년

[표 3] 전 세계 계속운전 원전 현황 (2012년 말 기준)

(단위: 기)

구 분	미국	영국	러시아	캐나다	인도	기타국가	계
가동원전	104	16	33	19	20	244	436
계속운전 승인호기	73	5	18	8	6	43	153
계속운전	11	5	17	7	4	27	71

운전허가갱신 원전은 총 73기이며 가장 최근에 허가가 갱신된 원전은 Columbia Generating 원전 2호기이다. 또한 운전허가갱신 심사 중인 원전은 총 14기, 운전허가갱신 준비 중 원전은 총 15기이다.

○ 영국

2013년 5월 기준, 영국은 총 16기의 원전을 운영 중이며, 원전은 총 전력생산량의 약 19%를 담당하고 있다. 계속운전 승인을 받은 원전은 총 5기이며, 이 중 5기가 가동 중이다. 원전의 계속운전 기간에 대한 법적인 제한은 따로 두지 않고 있으며, 계속운전 기간에 대한 명확한 연수도 기재하지 않고 “License extensions for several years”라고만 명시하고 있다. ‘허가조건-15’에 따라 10년 주기로 주기적 안전성평가(Periodic Safety Review, PSR)를 실시하여 안정성이 입증되면 계속운전을 허용하고 있다.

○ 러시아

2012년 10월 기준, 운영 중인 원전은 총 33기로 계속운전이 승인된 원전은 18기, 이 중 계속운전 원전은 17기이다. 계속운전제도는 미국과 유사한 운영허가승인제(License renewal)이며 원전 노형에 따라 15~25년의 운영허가를 받을 수 있다. 운영허가 갱신기간은 노형별 설비교체 투자규모에 따라 상이하며, 일반적으로 VVER-440과 RBMK 노형은 15년, VVER-1000 노형은 25년의 운영허가 갱신

기간을 승인받았다.

○ 캐나다

2013년 5월 기준, 총 19기의 원전을 운영 중이며, 8기의 원전이 계속운전 승인을 받았고 이 중 7기의 원전이 운영 중이다. 규제기준(RD-360)에 명시된 안전성 평가기준에 따라 통상 5년(2~5년) 주기로 원전의 안전수준과 운영실적을 종합적으로 평가하여 운영허가를 갱신한다.

○ 프랑스

2013년 5월 기준, 총 58기의 원전이 운영 중이며, 현재까지 계속운전 승인 사례가 없다. 10년 주기로 시행되는 주기적안전성평가(PSR)의 결과는 계속운전 승인의 주요 판단기준으로 활용되고 있다.

○ 일본

후쿠시마 사고 이후, 영구 폐로 결정된 4기의 원자로를 제외한 50기의 원전 중 현재 2기의 원자로만이 실제 운영 중이다. 사고 이전에는 계속운전에 대한 법적 규제가 없었으며, 일반적으로 고 경년화 대책을 적용하여 10년 주기로 계속운전을 허용하였다. 사고 이후 설계수명이 40년에 달한 원전에 대해서는 폐로를 원칙으로 하되, 예외적으로 안전성이 보장된 원전에 대해서는 1회에 제한하여 20년 주기의 계속운전을 허용하기로 하였다¹⁾.

1) 2012년 3월 NISA와 METI는 시코쿠전력(Shikoku Electric Company)의 이카타 2호기(Ikata)의 10년 계속운전을 허용했으나, 이 또한 신설된 원자력규제위원회의 ‘신규제기준’이 정립되는 2013년 7월 이후에 재검토후 결정될 것으로 전망됨.

3. 국가별 원전 계속운전제도²⁾ 비교

원전 계속운전에 관한 법적 제도 및 허용 규제조건은 국가별로 다르다. 미국과 러시아는 운영허가 갱신

제도를 운영하고 있으며 영국, 프랑스, 벨기에, 핀란드, 스위스, 헝가리, 한국 등은 PSR에 근거한 계속운전제도를 운영하고 있다.

총 73기의 원전이 운영허가 갱신을 받은 미국의

[표 4] 국가별 계속운전 규제방식(2012년 7월 기준)

국가	운영허가 갱신	PSR	주요 사항
벨기에	-	○	40년의 원전 설계수명(service life or operating licence)을 법적으로 명시하고 있음. 원전사업자는 매 10년 주기로 PSR을 수행하고 그 결과를 규제기관에 제출해야 함
핀란드	-	○	Nuclear Energy Act에 근거하여 운영허가는 정해진 기간으로 고정되어 있음. 운영허가 갱신 승인 이후 기간에도 운영허가조건을 바꿀 수 있으며 원자력규제기관(STUK)은 지속적인 모니터링을 통해 공공 안전성에 문제가 될 수 있는 계속운전 원전에 대해 운영허가 취소 결정을 내릴 수 있음
프랑스	-	○	원전의 설계수명에 대한 명시적인 법적 규제가 없음. Transparency and Nuclear Safety Act 제29조는 원전사업자의 10년 주기 PSR을 의무화하고 있음
헝가리	-	○	원전규제기관은 PSR 결과에 근거하여 10년 주기의 계속운전을 규정하고 있음. 원전사업자는 설계수명 30년 기간 동안 규제기관의 감독하에 자체적인 PSR을 수행함. 이 결과를 토대로 사업자는 최대 20년의 계속운전 허가신청을 규제기관에 제출하여 심사를 받음
한국	-	○	매 10년 주기로 PSR을 수행하고 그 결과를 규제기관에 제출하여 10년 주기의 계속운전 허가를 신청
러시아	○	-	원전 규제기관(Rostekhnadzor)은 설계수명을 30년으로 규정하고 있으며 운영허가 갱신 기간은 노형별로 15~25년이다. 원전사업자는 운영허가 갱신에 요구되는 사항을 준비하여 규제기관에 제출함. 규제기관은 운영허가 갱신이 승인된 후에도 지속적으로 안전성 검사를 수행하며 만약 안전성에 문제가 있다고 판단되는 발전기는 가동정지 명령을 내릴 수 있음
스위스		○	원전의 설계수명에 대한 명확한 기준이 없음. 다만, Nuclear Energy Ordinance(NEO) 제 10조는 원전의 안전 기능에 대한 원칙을 정의하고 이를 만족하는 원전에 대해 10년 주기의 계속운전을 허용
영국	-	○	영국은 원전부지에 대해 건설착공부터 폐지까지 양도 불가능한 허가권을 부여함. 원전 운영기간 종료에 대한 사항은 지정되지 않음. 허가조건-15에 따른 10년 주기의 PSR결과를 계속운전의 근거로 활용하고 있음. 만약 계속운전 대상 원전이 현대표준 안전성 기준을 만족하지 못하면 규제기관은 가동 정지를 명령할 수 있음
미국	○	-	원자력 규제기관인 NRC는 Atomic Energy Act(1954)에 의거하여 상업용원자로의 운영기간을 40년으로 규정함. NRC는 설비 안전성 및 환경영향평가 등을 고려하여 20년 주기의 운영허가 갱신을 허용하고 있음. 비록 PSR결과에 근거한 운영허가 갱신제도는 아니지만 NRC는 지속적으로 원전의 안전성을 모니터링하여, 안전성에 의심이 가는 원전에 대해서는 운영허가 갱신 이후에도 가동 정지시킬 수 있음

자료: OECD/NEA(2012), The Economics of Long-term Operating of Nuclear Power Plants 참고

2) OECD/NEA, 2012, The Economics of Long-term Operating of Nuclear Power Plants 인용

경우 법적으로 최초 운영허가 기간을 40년으로 명시하고 있으며, 최대 20년 단위로 연장운전을 허용하고 있다. 반면, 프랑스, 스위스 등은 운영허가기간에 대한 명확한 법적 규정이 없다. 다만, 프랑스는 투명하고 객관적인 PSR결과에 근거하여 10년 주기로 연장운전을 허용하고 있고 스위스는 연장운전 주기에 대한 명확한 기준이 없는 실정이다.

4. 계속운전 산업 전망

후쿠시마 사고 이후 일부 국가들이 원전에 대한 부정적 입장을 견지하고 있으나, 전 세계적인 전력수요 증가추세, 원전 신규 건설에 대한 비용 부담 등으로 인하여 계속운전 산업은 향후에도 지속적으로 성장할 것으로 전망된다. 국가마다 전력수급 상황, 에너지믹스, 부존자원, 기후변화정책, 에너지 안정 및 안보 상황 등이 상이하나, 원전 운영국은 안전성 기준요건 충족을 전제로 원전 계속운전을 대체로 허용하는 추세이다.

Global Data는 2012년 대비 2020년에 세계 원전 계속운전 산업 규모가 647억 달러로 성장할 것으로 전망하였다. 세계 계속운전 산업의 지역별 시장규모를 살펴보면, 최대시장은 북미지역으로 427억 달러(미국 337억 달러, 캐나다 90억 달러) 규모이고, 유럽의 주요 시장은 프랑스(100억 달러), 영국(19억 달러), 러시아(18억 달러), 우크라이나(17억 달러)이다. 아시아 지역에서는 한국 시장이 지속적으로 성장할 것으로 보이며, 그 규모는 37억 달러에 달할 것으로 전망된다.

우리나라의 경우 에너지 부존자원이 빈약하여 에너지 안정 및 안보적인 측면에서 원전 의존도가 현실적으로 높을 수밖에 없을 뿐만 아니라 전력수요 증가, 기후변화 대처, 화석연료 가격 변동성 확대 등 전력수급 불확실성 증대 요인에 대응하기 위해서는 원전 운영이 당분간 현실적인 대안이다. 다만, 국민 수용성 제고 및 원전 안전성 보강이 우선적으로 보장되지 않는다면 계속운전정책을 포함한 향후 원전운영 정책은 수많은 난관에 봉착할 가능성이 크다. 