

해외 원전 계속운전 현황

김태룡 · 한국전력공사 전력연구원, 처장

_e-mail : trkim@kepri.re.kr

이 글에서는 주요 원전운영 국가의 원전 운전현황과 설계수명 이후의 계속운전 현황에 대해 소개하고자 한다.

원자력에 의한 전력공급이 많은 국가에서 매우 중요한 에너지원이 되고 있음은 이미 주지의 사실이다. 표 1은 현재

운전 중인 원전의 출력을 기준으로 본 세계 12대 국가의 원자력 발전 개발현황이다. 미국이 103기의 원자로에 출력 10,274만

kW로 단연 1위이며, 프랑스, 일본, 러시아, 독일, 등 전통 강국들이 그 뒤를 잇고 있다. 우리나라는 현재 20기의 원자로에 출력

표 1 세계의 원자력발전 개발 현황(2006년 말 현재)

(단 kW, Gross 전기출력)

국 가	원 전	운 전 중			건 설 중		계 획 중		합 계	
		출력	기수	발전량의 share(%)	출력	기수	출력	기수	출력	기수
1	미국	10,274.5	103	19.4	-	-	-	-	10,274.5	103
2	프랑스	6,602.0	59	78.1	-	-	160.0	1	6,762.0	60
3	일본	4,958.0	55	30.0	256.5	3	1,494.5	11	6,709.0	69
4	러시아	2,319.4	27	15.9	400.0	4	417.0	5	3,136.4	36
5	독일	2,137.1	17	31.8	-	-	-	-	2,137.1	17
6	한국	1,771.6	20	38.6	400.0	4	560.0	4	2,731.6	28
7	캐나다	1,342.3	18	15.8	-	-	-	-	1,342.3	18
8	우크라이나	1,383.5	15	47.5	200.0	2	-	-	1,583.5	17
9	영국	1,195.2	19	16.4	-	-	-	-	1,195.2	19
10	스웨덴	931.8	10	48.0	-	-	-	-	931.8	10
11	스페인	772.7	8	19.8	-	-	-	-	772.7	8
12	중국	699.8	9	1.9	365.0	4	565.0	6	1,629.8	19

(출처: 한국원자력산업회의 자료)

1,771만 kW로 6위에 해당하나, 현재 건설 및 계획 중인 원전이 운전을 시작하면 독일을 제치고 세계 5위국에 오를 것으로 예상하고 있다. 최근 엄청난 발전으로 에너지 블랙홀로 등장하고 있는 중국은 현재 12위에 불과하나 조만간 7위로 뛰어오를 전망이다.

이와 같이 원자력발전을 위하여 운전 중인 원자로는 2006년

말 현재 전세계에 435개가 있으며(그림 1 참조), 이들의 운전연수는 점차 늘어나고 있어 절반 이상이 20년 이상 운전하고 있다. 통상 원자로의 설계수명은 30~40년이지만, 세계 각국은 원자로의 안전성이 확보되는 한 이를 설계수명 이후까지도 사용하고 자 하는 노력을 기울이고 있다.

이 글에서는 해외의 주요 원전

운영 국가의 원전 운전현황과 설계수명 이후의 계속운전 현황에 대해 소개하고자 한다.(표 2 참조)

미국

미국은 현재 103기의 원전(PWR 68기, BWR 35기)으로 미국 전체 전력의 약 20% 정도를 공급하고 있다. 원전은 모두

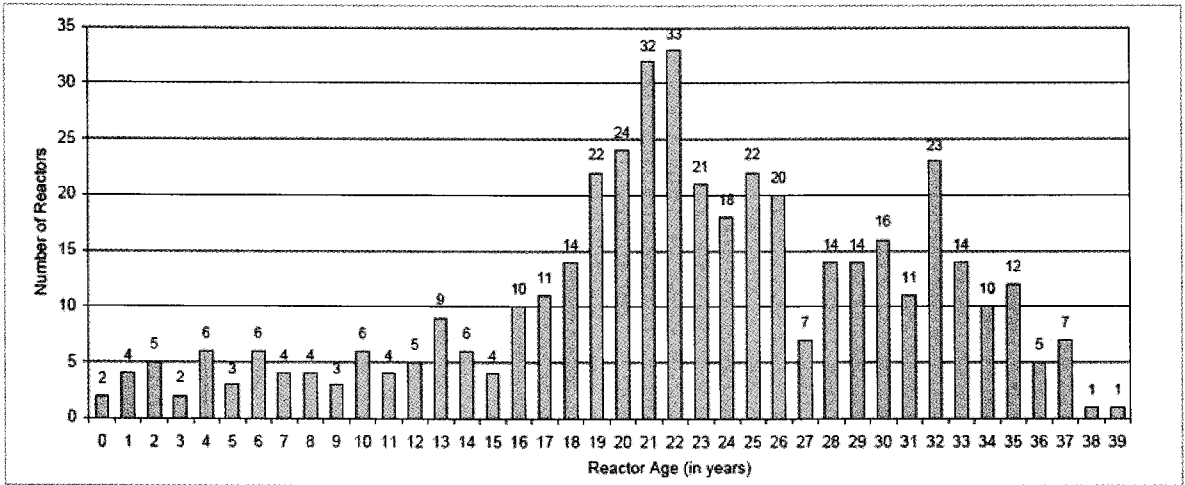


그림 1 세계 원자로 운전연수(2006년 말 현재) - IAEA

표 2 각국의 운영허가 갱신 규정 및 계속운전 현황

국가	운영허가기간(연)	허가갱신규정	PSR 주기(연)	계속운전 현황
한국	없음	없음	10	승인(1기: 고리1호기)
미국	40	있음	미채용	승인(48기),검토중(15기),계획(16기)
프랑스	없음	없음	10	아직 설계수명 이내 운전중
일본	없음	없음	10	계속운전(12기), PSR완료(15기)
영국	없음	없음	10	계속운전(4기)
캐나다	2~5	있음	미채용	계속운전(2기), 준비중(6기)
스웨덴	없음	없음	10	아직 설계수명 이내 운전중
스페인	5~10	있음	10	아직 설계수명 이내 운전중
벨기에	없음	없음	10	아직 설계수명 이내 운전중
스위스	없음	없음	10	아직 설계수명 이내 운전중
핀란드	5~20	있음	10	승인(2기)

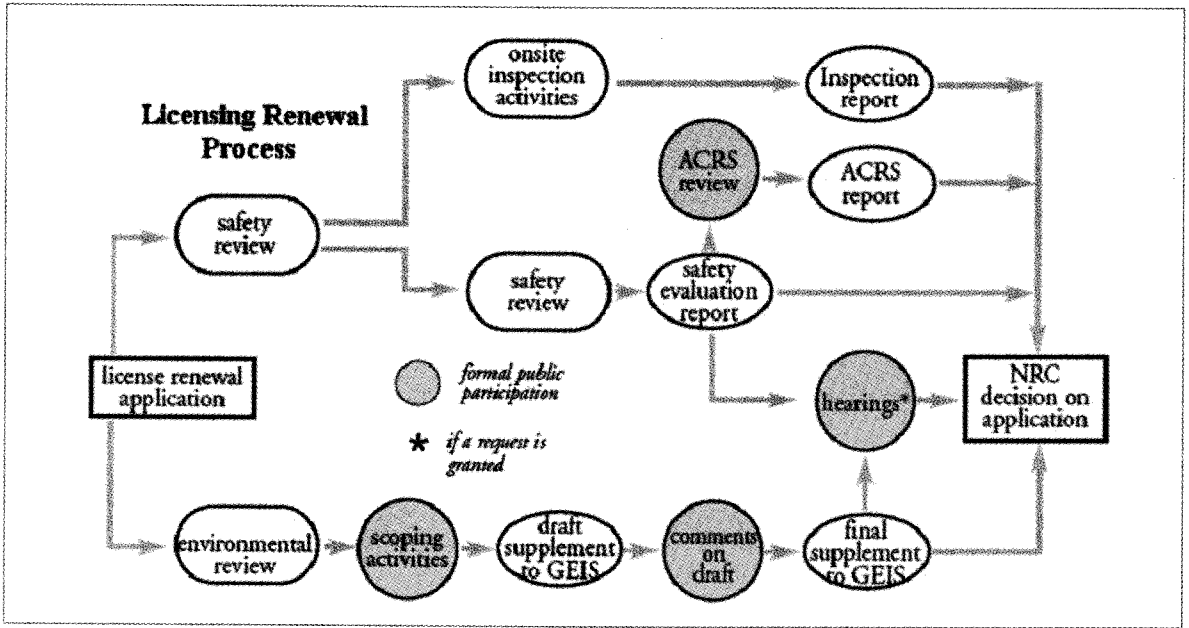


그림 2 미국 원전의 운영허가갱신 절차

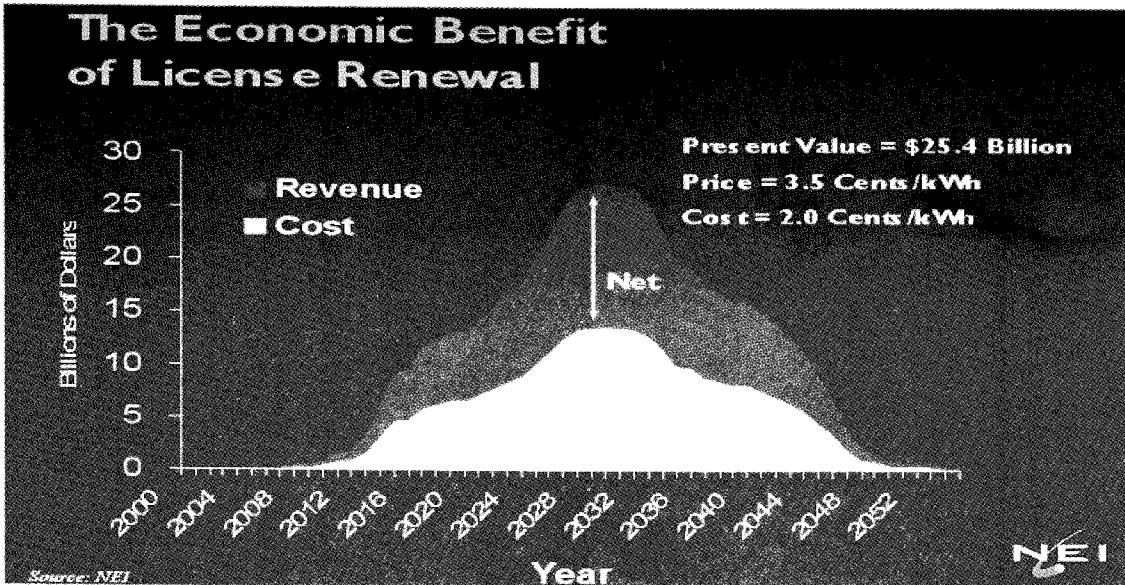
민간산업체가 운영하고 있고, 이들의 규제 및 인허가는 원자력규제위원회(NRC ; Nuclear Regulatory Commission)가 담당하고 있다. 원자로의 운영허가기간은 40년이며, 이는 당초 기술적인 문제가 아닌 독과점 산업의 규제 측면에서 설정된 기간이었다. 이에 따라 원전설계자들은 통상 설비의 수명을 40년으로 설계하여 왔다. 운전 중인 원자로의 대부분은 원전건설이 가장 활발하였던 '70년대 및 '80년대에 운전을 시작한 것으로 현재 20~30년 이상되어, 계속운전(운영허가갱신)을 하지 않으면 2015년까지 원전의 40% 이상을 폐지해야 하는 상황에 이르러 추가 20년의 계속운전 규정을 연방법(10CFR Part 51 및 54)으로 제

정하게 되었다.

계속운전 규정의 가장 큰 원칙은 각 발전소의 현행 인허가 기반이 계속운전기간 중에도 유지되어야 한다는 것이다. 이러한 원칙에 따른 연방법에 의해 운영허가갱신을 승인 받은 원자로는 2007년 말 현재 48기(PWR 32기, BWR 16기)로 운전 중인 원자로의 거의 절반에 가깝고, 14기(PWR 8기, BWR 6기)가 NRC의 검토 중에 있으며, 2013년까지 운영허가갱신 신청 의사를 밝힌 것이 15기(PWR 9기, BWR 6기)로 총 77기의 원전이 계속운전 대열에 합류할 예정으로 있다.

미국의 계속운전 관련 인허가 절차는 매우 체계적으로 잘 정리되어 있으며, 크게 원전의 안전성

분야와 환경영향평가 분야 등 두 분야로 나누어 검토하도록 되어 있다(그림 2 참조). 안전성 분야에서는 허가갱신 신청자가 안전성에 관련된 계통·기기·구조물이 운영허가 연장기간 중에도 제 기능을 유지한다는 것을 보여주는 각종 기술문서(대표적으로 GALL report ; Generic Aging Lessons Learned report)를 제출하면 제3의 검토그룹인 ACRS(Advisory Committee on Reactor Safeguards)에서 검토하게 된다. 환경영향평가 분야에서는 환경보호법과 연방법(10CFR51)에서 요구하는 운영허가갱신에 따른 환경영향평가보고서(GEIS ; Generic Environmental Impact Statement for License Ren-



미국 원전의 운영허가갱신의 경제적 가치 전망 - NEI

ewal of Nuclear Plants)를 작성하여 제출하도록 되어 있다. 이 과정에서 특별히 일반인들의 참여가 보장되어 있는 점이 원전 안전성에 대한 인식과 운영상의 투명성 제고에 큰 역할을 하고 있다고 보인다. 또 모든 절차와 문서들이 NRC 홈페이지에 공개되어 있어 누구나 확인해 볼 수 있게 되어 있다.

이러한 운영허가갱신의 경제적 효과는 미국 원자력산업협회(NEI ; Nuclear Energy Institute)의 전망에 따르면 2032년경에 최대 254억 \$에 달할 것으로 추산되고 있으며(그림 3 참조), 이에 대한 여론(2006. 9. 실시)도 매우 우호적이어서 성인의 65%가 운영 중인 원전의 안전성을 신뢰하고 있으며, 70%가 원자력에너지를 지지하는 것으로 나타났다. 미

국의 계속운전(운영허가갱신)에 대한 이와 같은 긍정적인 여건은 원전사업자와 규제자 모두가 원전의 안전성과 경제성, 그리고 운전의 투명성 확보 등에 다같이 노력한 덕분에 조성된 것이라 할 수 있다.

특히 2007년 6월 부시 대통령이 Browns Ferry 원전을 방문한 자리에서 원자력은 미국에너지정책의 중심에 있다고 선언함으로써 원자력 르네상스 시대의 도래를 예상하게 하고 있다.

프랑스

프랑스는 현재 59기의 원전(PWR 58기, 고속증식로 1기)으로 전체 전력공급의 약 78% 정도를 담당하고 있는 원자력 대국이다. 원전은 모두 정부 공기업인

프랑스전력청(EDF ; Electricite de France)에 의해 운영되고 있고 이들의 규제는 원자력안전청(ASN ; Autorite de Surete Nucleaire)이 담당하고 있다.

프랑스는 원전의 설계수명후 계속운전에 관해서 명확한 정책 방향을 아직 설정하지 않은 상태이다. 원자력시설 운영허가에 대한 기간제한이 없고, 대신 주기적 안정성평가(PSR ; Periodic Safety Review) 제도를 통하여 매 10년마다 원전의 안전성을 종합적으로 평가하고 이를 바탕으로 적합성점검(conformity check) 및 10-yearly outage(VD) 시 개선작업 등을 통하여 지속적인 운전여부를 결정하고 있다. 단, 계속운전과 관련하여 문제가 예상될 경우 산업부장관과 환경부장관은 공동으로 연

제라도 시설에 대해 심도 있는 PSR을 요구할 수 있게 되어 있다.

현재 운전 중인 58기 PWR의 평균 가동연수는 21년이며(최소 5년, 최대 30년), 900MWe급인 CP0, CP1, CP2 계열 원자로 34기는 1988년부터 1996년까지 PSR을 수행하여, 그 결과를 1998년 2차 10-yearly outage(VD2) 시 개선사항으로 적용하였다. 수행 중인 2차 PSR의 결과는 2008년 VD3시에 가장 오래된 원전에 적용 예정이다. 1,300MWe급인 P4 계열 원자로 20기도 최근(2006.10) 30년 계속운전에 대한 PSR을 완료하였으며, 1,450MWe급인 N4 계열 원전은 PSR 준비를 하고 있다.

ASN은 원전의 안전성을 확보하기 위하여 다중방어시스템을 채택하고 있으며, 이는 세 가지의 방안(설계단계에서의 경년열화 대책, 열화감시, 개선 및 교체)으로 구성되어 있다.

이에 따라 EDF는 일일 운전상태를 최선으로 유지하는 정책을 쓰고 있으며, 원전 수명관리를 위해 12개의 주요 기기(원자로압력용기, 원자로 내부 구조물, 격납건물, 가압기, 냉각재펌프, 1차계통 배관, 격납건물 전기 관통부, 격납건물 대형 opening, 원자력토목구조물, 케이블, I&C)에 대해서는 특별한 노화평가 및 관리 프로그램을 수립하였다. 특히 원자로압력용기의 건전성을 위해서

는 원자 수준의 관점에서 중성자 조사취화를 검토하여 40년 운전에는 문제가 없음을 확인하였고 60년 운전을 위한 연구를 진행하고 있다.

프랑스는 전력의 75% 이상을 원자력으로 공급할 뿐만 아니라 주변 유럽국가에 전력을 수출하고 있는 바, 이는 국민들의 절대적인 지지 없이는 불가능할 것으로 판단된다.

일본

일본은 현재 55기의 원전(PWR 23기, BWR 32기)으로 전체 전력의 약 30% 정도를 공급하고 있다. 운영은 모두 민간산업체가 하고 있고, 안전 및 규제는 원자력산업·안전보안원(NISA ; Nuclear Industry and Safety Agency)이 담당하고 있다. 원자로의 운영허가기간은 법규상 정해진 바가 없으며, 매 outage 시 검사 결과에 따라 차기 outage까지 운영을 허가하는 방식으로 운영하고 있다. 초기에는 NISA의 '노후 원전에 대한 기본정책'에 따라 사업자가 자발적으로 PSR을 수행하였으나 2003년도에 법제화되었고, 매 10년마다 PSR을 수행하도록 하고 있다.

원전의 설계수명을 30년으로 간주하고 있는 것이 특이한 점이다. 이들 중 절반 이상의 원전이 20년 이상 운전하고 있으며, 현

재 12기의 원전이 설계수명 이후의 연장운전을 하고 있다. 또 2001년까지 PSR을 완료하고 계속운전을 위한 준비를 하고 있는 원전은 15기에 달한다. 특히 쓰루가 1호기, 미하마 1호기 및 후쿠시마 제1원전 1호기 등 3개 호기의 60년 운전이 '기술적으로 가능함' 이 원자력안전위원회에 보고된 바도 있다.

현재 설계수명 이후의 60년 계속운전을 가정하고 이에 필요한 업무를 2단계로 나누어 검토하고 있는 바, 1단계에서는 보수나 교체가 곤란한 안전성 관련 기기에 대해 건전성을 평가하고, 2단계에서는 60년 운전을 위한 수명관리 절차 수립, 계속운전을 위해 필요한 정비 항목을 도출하는 것으로 추진하고 있다. 이에 따라, 우선 설계수명을 초과한 원전의 원자로압력경계를 구성하는 기기에 대하여 가동중검사 주기를 10년에서 7년으로 단축하는 등의 정기검사를 강화하도록 하고 있다.

일본은 지난 2002년 동경전력의 검사결과 은폐사건과 2004년 미하마 3호기의 배관파단사고 등의 어려운 환경 속에서도 원전의 계속운전에 대한 주민들의 반대는 거의 없는 것으로 보인다.

독일

독일은 현재 17기의 원전(PWR 11기, BWR 6기)으로 독일 전력

공급의 약 31% 정도를 담당하고 있다. 독일은 사민당과 녹색당 연정정부의 핵포기정책에 따라 새로운 원자력법이 개정·공포되었으며(2002. 4), 이에 따라 원전의 단계별 폐지가 이루어져 현재까지 20기의 원전을 폐지하였다. 현재 남은 17기도 제한된 잔여발전총량을 채우면 폐지 예정이며, 조기 폐지 시에는 타 원전으로 잔여발전량을 이전할 수 있다.

원전의 안전 및 규제는 원자로 안전위원회(GRSC)가 담당하고 있으며, 독일도 프랑스나 다른 유럽 국가들처럼 운영허가에 관해서는 10년 주기의 PSR 제도를 채택하고 있다. 현재 가동 중인 원전은 모두 PSR을 완료하였으며 그중 2기는 2차 PSR까지 완료하였으나 계속운전은 고려하지 않고 있다.

그러나 2007년 6월 OECD 산하 국제에너지기구(IEA)의 보고서에 따르면 독일의 단계적 원전 폐지정책은 에너지확보와 경제성장, 환경보호 등에 악영향을 미치므로 재고해야 함을 언급하고 있고, 최근 친원전 정치인들이 2009년까지 폐지토록 예정되어 있는 원전 4기의 운영사들이 전기 판매수익 일부를 재생에너지 사업에 투자한다면 계속운전을 허용해야 한다고 제안한 바 있어 향후 원자력정책이 바뀔 여지가 남아 있다.

캐나다

캐나다는 현재 18기의 중수로 원전으로 전체 전력의 약 15% 정도를 담당하고 있다. 안전 및 규제는 CNSC(Canada Nuclear Safety Commission)가 담당하고 있고, 원자로의 운영허가기간은 대개 2년마다 갱신하는 것으로 운영되어 왔으나 최근 4~5년으로 연장된 운영허가를 발급하고 있다. 발급된 운영허가기간이 있으므로 PSR 제도를 채택하고 있지는 않으나 포괄적이고 체계적인 안전심사를 위하여 PSR 제도의 도입을 검토하고 있다. 유럽식 PSR 제도는 아니더라도 원전사업자는 각 원전에 대한 안전성분석을 주기적으로 검토 및 갱신하며 매 3년마다 이를 규제기관에 제출하고 있다.

중수로로는 핵연료를 감싸고 있는 압력관의 수명 때문에 원전 설계수명을 30년으로 하고 있으며, 현재 설계수명을 초과하여 운전 중인 원전은 압력관을 교체한 Pickering A 원전의 2기이며, 6기는 연장운전을 준비 중에 있다. 1983년 월성1호기와 같은 시기에 운전을 시작한 Point Lepreau 원전은 현재 계속운전을 위해 압력관 교체와 같은 대규모 설비개선을 계획하고 있어 월성1호기의 계속운전과 관련하여 우리의 관심의 대상이 되고 있다.

영국

영국은 과거 많은 원자로를 보유하고 운전하였으나 지금까지 26기의 원전을 폐지하고, 현재는 19기의 원전(가스냉각로 18기, PWR 1기)으로 전체 전력의 약 16% 정도를 공급하고 있다.

영국도 원전의 운영허가기간에 대한 법적인 제한은 두지 않고 10년 주기의 PSR 결과 안전성이 입증되면 보완사항의 준수를 조건으로 계속운전을 허용하고 있다. 현재 가동 중인 원전 전호기에 대해 1차 혹은 2차 PSR을 완료하였으며, 이들 중 1968년에 가동을 시작한 Oldbury-1·2호기와 1971년 말/1972년 초에 가동을 시작한 Wylfa-1·2호기가 현재 연장운전 중이나 2008년 및 2010년에 각각 폐지 예정이다. 또 Calderhall 원전 4기와 Chapelcross 원전 4기는 50년 운전을 승인받았으나 경제성 문제로 2003년 및 2004년에 각각 폐지한 바 있다.

2007년 7월 영국정부는 향후 10년간 에너지정책에 있어 최대 난제 중 하나는 이산화탄소 배출량 감소이므로, 원자력에너지의 역할을 포함한 자국 내 미래에너지수요 등 에너지정책에 대한 전국적인 주민설명회를 시작하겠다고 발표함으로써 향후 원자력에 대한 정책이 수정될 것으로 보인다.

스웨덴

스웨덴은 현재 10기의 원전 (PWR 3기, BWR 7기)으로 전체 전력공급의 약 48% 정도를 담당하고 있다. 스웨덴은 1997년 12월 의회에서 '원자력의 단계적 폐지에 관한 법률'을 승인함에 따라 향후 단계적인 원전 폐지가 예상되고 있다.

원전의 설계수명은 40년이나 다른 유럽국가들처럼 설계수명후 계속운전에 관해서는 10년 주기의 PSR 보고서를 규제기관인 원자력발전검사청(SKI)에 제출하여 승인을 받도록 하고 있다. 현재 운전중인 원전은 모두 1차 혹은 2차의 PSR을 완료하고 10년간의 운영허가를 갱신한 바 있다.

스웨덴은 최근 기존원전의 계속운영에 대한 선호도를 여론조사 하였으며, 그 결과 응답자의 77%가 기존 원전의 지속적인 운영에 찬성하였다고 밝히고 있어 향후 원자력정책의 변화가 예상된다.

스페인

스페인은 9기의 원전(PWR 7기, BWR 2기)으로 전체 전력공급의 약 20% 정도를 담당하고 있었으나, 최근 Zorita 원전이 폐지되었다.

계속운전에 관해서는 10년 주기의 PSR 제도를 채택하고 있음에도 운영허가기간을 명시적으로

원전의 설계수명 후 계속운전은 미국, 캐나다 등의 운영허가 갱신 제도 또는 대부분의 유럽국들이 채용하고 있는 PSR 제도에 의해 허용되고 있다.

원전의 안전성과 신뢰성이 확보된다면 계속운전의 경제적 가치는 매우 높다고 할 수 있다.

제한하는 독특한 제도를 택하고 있다. 현재 이러한 제도를 채택하고 있는 나라는 스페인 외에 핀란드와 헝가리가 있다. 또한 스페인에서는 원천기술 도입국의 규정의 적용타당성을 분석하는 요건이 있어, 40년 초과 운영허가 시에는 미국의 10CFR54를 참조할 예정이라고 한다. PSR 보고서를 규제기관인 원자력안전위원회(CSN)에 제출하면 PSR 결과에 따라 운영허가기간을 5~10년으로 승인해 주고 있다.

현재 운전 중인 원전은 모두 PSR을 완료하고 10년간의 운영허가를 취득한 바 있다. 그러나 스페인에서 가장 오래된 Zorita 원전(PWR, 160MWe)이 약 38년간의 운영 후 사회당의 압력으로 2006년 4월 폐지됨으로써 정치적인 압력 때문에 미리 문을 닫는 스페인 최초의 원전이라는 얘기가 나오고 있다.

기 타

벨기에는 7기의 원전(PWR)으로 전체 전력공급의 약 55% 정도를 담당하고 있다. 법적인 운영

허가기간은 규정되어 있지 않고 10년 주기의 PSR을 통하여 계속운전을 허용하고 있으며, 현재 운전 중인 원전(평균 27년 운영)은 모두 1차 혹은 2차의 PSR을 완료하고 10년간의 운영허가를 갱신한 바 있다. 벨기에는 2003년 단계적 원전폐지법이 국회를 통과하여 원전가동 40년이 지나면 폐지토록 되어 있으나, 최근 정부 주관 전문가 토론회에서 현재 운영 중인 원전을 폐지하는 대신 40년 이후의 발전량에 대해 세금을 부과하여 이 기금으로 재생에너지 등 친환경에너지 사업에 투자하는 것이 바람직하다고 권고함에 따라 2003년에 제정된 단계적 원전폐지법은 향후 재고될 것으로 예상된다.

스위스는 5기의 원전(PWR)을 평균 32년째 운영하고 있으며, 원전별로 운영허가기간이 있는 것(2기)과 없는 것(3기)이 혼재하고 있다. 1990년대 초부터 국제적인 관행에 따라 최소 10년 주기의 PSR을 수행하고 있으며, 결과를 규제기관인 연방원자력검사국(HSK)에 제출하여 계속운전 여부를 승인받는다. 국민투표에

의해 원전허가를 무효화할 수 있게 되어 있으나, 현재까지는 계속운전이 다수의 지지를 받고 있다.

핀란드는 4기의 원전(PWR 2기, BWR 2기)을 운영하고 있으며, 원자력법에 의한 운영허가기간은 고정되어 있지 않고 5년에서 20년까지 다양하다. 이들에 대한 안전성평가는 1997년부터 1998년에 걸쳐 규제기관에 의해 수행되었으며, Olkiluoto-1·2호기(BWR)의 20년 계속운전을 승인한 바 있다. 또한 최근 PSR을 완료한 Loviisa-1·2호기(PWR)도 20년 계속운전을 승인받아, 각각 2027년, 2030년까지 운영하게 된다.

네덜란드는 Borssele 원전 1기(PWR)를 1973년부터 운영하고 있다. 역시 10년 주기의 PSR을 통하여 계속운영 여부를 판단

하고 있다. 1994년 이후 그 수명에 대해 논쟁이 있어, 전정부와 의회가 2003년 말까지 폐지를 결정했으나 실행하지 못했다. 현 정부는 임기 동안 신규원전 건설을 추진하지는 않을 것이지만, 현재 운영 중인 원전의 계속운전은 추진할 것이라고 밝히고, 최근 2033년 12월까지 총 60년 동안의 계속운전을 승인한 상태이다.

러시아는 27기의 원전(PWR 15기, 흑연감속로 11기, 고속중수로 1기)으로 전체 전력량의 16%를 담당하고 있다. 원전 운영상태는 별로 공개되어 있지 않으나, 러시아 원전인 VVER형 원자로의 설계수명은 30년이며 이를 15년 연장하기 위한 계획이 2001년 발표된 바 있다. 이는 안전성에 문제가 많다는 지적을 받아온 VVER형 원자로의 안전성

계통의 설비를 현대화하는 것으로 알려져 있다.

우크라이나는 15기의 원전(PWR)으로 전체 전력량의 47%를 담당하고 있다. 구공산권 국가들의 원전 운영 상태는 별로 알려져 있지 않으나, 설계수명 30년이 도래하는 3기의 원전에 대한 15년 수명연장을 위한 계획이 2007년 발표된 바 있다.

IAEA에서는 가동원전의 안전성평가를 위하여 10년 주기의 PSR 제도를 국제적으로 통용되는 제도로써 도입할 것을 각 회원국들에게 권고하고 있으며, 계속운전(LTO ; Long Term Operation)을 '운영허가기간 혹은 안전성평가에 의해 설정된 기간(설계수명) 이후의 계속운전'으로 정의하고, LTO를 위한 국제적인 기준을 마련하려고 노력하고 있다.

기계용어해설

아몽통 법칙(Amonton's law)

마찰력은 접촉면의 전 면적에 의존하지 않는다는 제1법칙과, 마찰력은 하중에 비례하나 마찰계수는 하중에 의존하지 않는다는 제2법칙으로 된 마찰면에 관한 법칙.

공기 슬라이드(air slide)

다공질물질로 위아래층을 칸막이를 한 관에서, 아래쪽에 공기압을 주어 위쪽 분립체를 유동시켜서 자중에 의해 운반하는 장치.

공기 마이크로미터(air micrometer)

압력이 일정한 공기가 2개의 노즐로 대기 중에 흐를 때, 유출부가 생겨 지시압에 생기는 미세한 변화로 비교 측정하는 콤파레이터의 일종.