

## 가압중수로형 원전 수명관리 추진 동향 Status of PHWR Plant Lifetime Management

이경수, 정일석

한국전력공사 전력연구원  
대전광역시 유성구 문지동 103-16

### 요 약

월성 1호기는 국내 최초의 가압중수로원전으로서 18년 이상 운전되고 있어서 경년열화를 대비한 수명관리프로그램 수립이 필요하다. 중수로원전의 핵심설비인 핵연료채널은 이용률 80%를 가정할 때 약 30년간의 설계수명을 갖고 있다. 캐나다의 초기 중수로 원전은 가동년수가 20년을 경과하였고 설계수명 이상 계속 운영을 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 전력연구원에서는 월성 1호기 주요기기의 경년열화 상태를 평가하고 계속운전을 위한 타당성 평가를 위한 연구를 진행 중에 있다. 본 논문에서는 캐나다, 미국, 그리고 한국의 원전 인허가 제도와 원전사업자들의 준비현황을 검토하였으며 월성 1호기 수명관리 추진방안을 모색하였다.

### Abstract

Wolsong-1 is the first CANDU plant in Korea and has been operating more than 18 years, which requires the establishment of plant lifetime management program. The fuel channel was designed to sustain 210,000 EFPH which means 30 calendar year based on 80% capacity factor. Many CANDU plants in Canada has been operated more than 20 years and done many research for the preparation of continued operation beyond design life. KEPRI started the study of W-1 plant lifetime management in 2000 to understand the aging status and the feasibility of continued operation of W-1. This paper reviews the licensing law of Canada, United States of America and Korea and the preparation status of plant owners for the life extension and suggests the strategy for the W-1 plant lifetime management.

### 1. 서 론

국내 최초의 가압중수로형(PHWR CANDU) 원전인 월성 1호기는 1983년 4월에 가동하여 19년째 가동되고 있다. 2000년말까지 이용률은 평균 84.6%로서 설계시 가정했던 80%를 상회한다.[1] CANDU 원전 개발국인 캐나다는 표 1과 같이 1971년 운전을 시작한 피커링 1,2호기가 가동후 30년에 도달하였고 8개의 원전이 가동년수 20년을 초과하였다. CANDU 원전은 핵연료채널의 설계수명이 210,000 EFPH(Effective Full Power Hour)이므로[2] 이용률 80%를 기준으로 30년이 되기 전에 핵연료채널의 경년열화상태를 평가하여 계속 사용가능 또는 교체여부를 결정해야 한다. 월성 1호기와 동일년도에 가동된 캐나다의 포인트레프로원전과 쉐넬리 2호기 원전은 30년 이상 운전을 위한 타당성에 관한 연구를 진행하고 있으며 특히 포인트레프로 원전은 핵연료채널 교체를 비롯한 대규모 설비개선을 위한 구체적인 계획을 수립하고 있다. 국내에서는 전력연구원이 월성 1호기의 설계수명 이상 운전 타당성에 관한 연구를 2000년 7월에 착수하였으며 동 연구에서는 기술적, 경제적, 인허가 측면에서 월성 1호기의 설계 수명 이상 계속 운영의 가능성을 평가한다.

가동중 원전의 경년열화상태 및 안전상태를 종합적으로 평가하기 위해서 국내에서는 2001년 1월에 주기적안전성평가(PSR, periodic safety review)제도가 원자력법으로 법제화 되었다. 이에 따라 국내 가동중 원전은 운영허가를 받은 날로부터 10년마다 해당 원자로시설별로 안전성을 종합적으로 평가를 수행해야 하며 전력연구원에서는 2001년부터 고리 1호기와 월성 1호기에 대한 주

기적안전성평가 업무를 착수하였다. 주기적안전성평가는 국제원자력기구(IAEA)에서 원자력안전협약 체결국에 대해 수행을 권고하고 있는 제도로서 미국의 인허가 갱신제도와는 차이점이 있다.

본 논문에서는 국내 중수로원전의 수명관리전략 수립을 위해 CANDU 원전 개발국인 캐나다의 원전 인허가제도 운영현황과 캐나다 원전사업자의 준비현황을 검토하였다. 또한 국내의 규제 제도가 경수로 원전을 중심으로 이루어지고 있는 점을 감안하여 세계 최대의 경수로 원전 운영국인 미국의 인허가 갱신제도 및 추진현황도 함께 검토를 수행하였다. 이를 토대로 하여 주기적안전성평가가 도입된 국내 원전 규제환경하에서 월성 1호기의 수명관리 추진방안을 검토하였다.

표 1. 주요 CANDU 원전 가동년도[3]

발전소명	연료채널수량	전기출력(MW)	운전개시년도
피커링 1	390	515	1971
피커링 2	390	515	1971
피커링 3	390	515	1972
피커링 4	390	515	1973
브루스 1	480	850	1977
브루스 2	480	850	1977
브루스 3	480	850	1978
브루스 4	480	850	1979
피커링 6	380	515	1982
포인트레프로	380	640	1983
첸틸리 2	380	638	1983
월성 1	380	678	1983
엠발스	380	600	1984
피커링 5	380	515	1984
브루스 6	480	850	1984
피커링 7	380	515	1985
브루스 5	480	850	1985
피커링 8	380	515	1986
브루스 7	480	850	1986
브루스 8	480	850	1987
달링톤 2	480	850	1990
달링톤 1	480	850	1992
달링톤 3	480	850	1992
달링톤 4	480	850	1993
체르나보다	380	700	1996
월성 2	380	700	1997
월성 3	380	700	1998
월성 4	380	700	1999
진산 4, 5	380	700	2003 예정

## 2. 본 론

### 가. 캐나다의 원전 인허가 제도

캐나다의 원자력규제는 연방법에 따라 이루어지며 원자력설비 안전에 적용되는 법규 및 규정은 핵안전 및 통제법(Nuclear Safety and Control Act), 원자력 피해보상법(Nuclear Liability Act), 캐나다 환경평가법(Canadian Environmental Assessment : CEAA)이다.[4] 이 중 원전의 운영 인

허가 및 갱신은 연방법 9장의 핵안전 및 통제법에 의하며 운영허가 기간을 법으로 정하지 않고 캐나다 핵안전 위원회(Canadian nuclear safety commission : CNSC)의 판단하에 운영허가기간을 결정한다. 통상적으로는 2년 이내의 운영허가서(PROL : power reactor operating licence)를 발급한다. 운영허가 기간 중이라 하더라도 환경보호, 인력의 건강 및 안전, 국가 안전 및 국제적 의무 이행을 위해 필요시 운영 인허가의 정지, 개정 및 철회가 가능함이 법으로 명시되어 있다.[5] 원전운영자가 운영 인허가 갱신을 신청하면 CNSC는 지난 운영허가 기간동안의 주민 의견, 발전소 운영실적, 안전현안 및 환경에 미친 영향 등을 검토하여 운영 인허가 발급 및 그 기간을 결정한다. CNSC의 평가항목을 국제원자력기구(IAEA)에서 권고하는 주기적안전성평가(PSR)의 11개 안전인자와 비교하면 표 2와 같다.[5],[6]

표 2. 캐나다 CNSC 검토항목과 IAEA PSR 안전인자 비교

CNSC 검토 항목	IAEA PSR 안전 인자
정보공개 활동 및 주민의견	-
인허가 기반 유지 상태 - 발전시설 및 부지현황 - 안전분석 - 허가된 운전상태 - 일반조치항목(generic action items) 조치현황	원전의 실제 물리적 조건 안전성 분석
발전소 운영성적 (plant performance) - 설계적합성 - 정비실적 - 주기검사, 사용중검사, 정기시험 실적 - 신뢰도 실적 - 환경검증 실적 - 운전(operation) 실적 - 운전경험 반영 프로그램 - 조직관리, 행정 - 직원 훈련 및 자격 관리 - 비상대비 상태 - 환경영향 - 핵안전 및 핵물질 보안	기기검증 경년열화 안전성능 운전경험 및 연구결과의 활용 절차서 조직 및 행정 인적인자 비상계획 환경영향
해체계획 및 해체비용 보증 상태	-
캐나다 환경평가법 준수 실적	환경영향

CNSC는 연방법 외에 정책(policies, P-문서), 표준(standards, S-문서), 지침(guides, G-문서), 통고(notification), 절차서(procedures) 등의 규제문서를 발행하여 원전사업자에게 규제행정에 대한 정책 및 방향을 제시한다. 규제정책을 강제화된 규정으로 제정하기 전에 원전사업자 및 일반대중의 의견을 수렴하기 위해 일정기간 협의문서(consultative documents, C-문서)형태로 규제 개발 중인 내용을 발간한다. 또한 CANDU 원전에 공통된 안전현안이 발생할 경우는 일반조치항목(generic action items, GAI)을 발행하여 캐나다 내 모든 CANDU 원전에게 알리고 그에 대한 대책을 수립할 것을 지시한다.[7]

캐나다에서 가장 오래된 상업용 원전은 피커링 1,2호기로서 1971년에 상업운전을 시작하여 현재 가동년수 30년째를 맞고 있으나 온타리오전력사 내부 경영평가 결정에 따라 1998년부터 발전을 정지하였다. 당시 온타리오전력사는 피커링 1,2,3,4호기를 비롯하여 브루스 1,2,3,4호기를 발전 정지하였다. 피커링 1,2,3,4호기는 1985년에서 1991년 사이에 기존의 지르칼로이-2 압력관을 지르칼로이-2.5% 나이오비움 압력관으로 전량 교체하였다. 아직까지 캐나다에는 핵연료채널의 운전년수가 30년에 도달한 발전소는 없으나 가동년수가 증가함에 따른 경년열화 대책 수립 및 설계수명 이상 운영을 위한 연구 및 준비가 활발하게 진행되고 있다. 그 중에서도 뉴브룬스위크전력사의 포인트레프로 원전이 가장 적극적으로 설계수명 이상 운영을 위한 프로젝트를 추진하고 있는 것으로 확인되었다.

**나. 포인트레프로원전의 설계수명 이상 운영 준비[8]**

포인트레프로원전은 1983년에 가동하여 2000년말까지 약 84%의 가동율을 유지하였고 뉴브룬스위크주 전력의 약 30%를 공급하고 있다. 1993년부터 하이드로퀘백사, 캐나다원자력공사와 공동으로 수명관리연구를 착수하였고 핵연료채널, 원자로집합체, 격납용기구조물, 증기발생기, 원자력배관 등에 대한 1단계 기술적인 평가를 완료하였다. 현재 격납용기구조물에 대한 상세평가, 펌프류, 압력용기류, 케이블에 대한 수명평가 작업이 진행중에 있다. 핵연료채널에 대한 수명평가 결과 원자로압력관의 축방향 신장량 및 반경방향 팽창량 등이 2006년에 설계제한치에 도달할 것으로 예측되었다. 피더배관 역시 일부배관이 2006년에 감육으로 인하여 설계요구 최소두께치에 도달할 것으로 평가되었다. 1998년에는 핵연료채널 교체후 계속운전에 대한 경제성 평가를 수행하여 계속운전에 대한 경제적 이득을 확인하였다. 2000년 6월에는 설계 수명 이상 운영 준비를 위한 8개 전담조직을 출범하였다. 그림 1은 그에 대한 조직도이다.

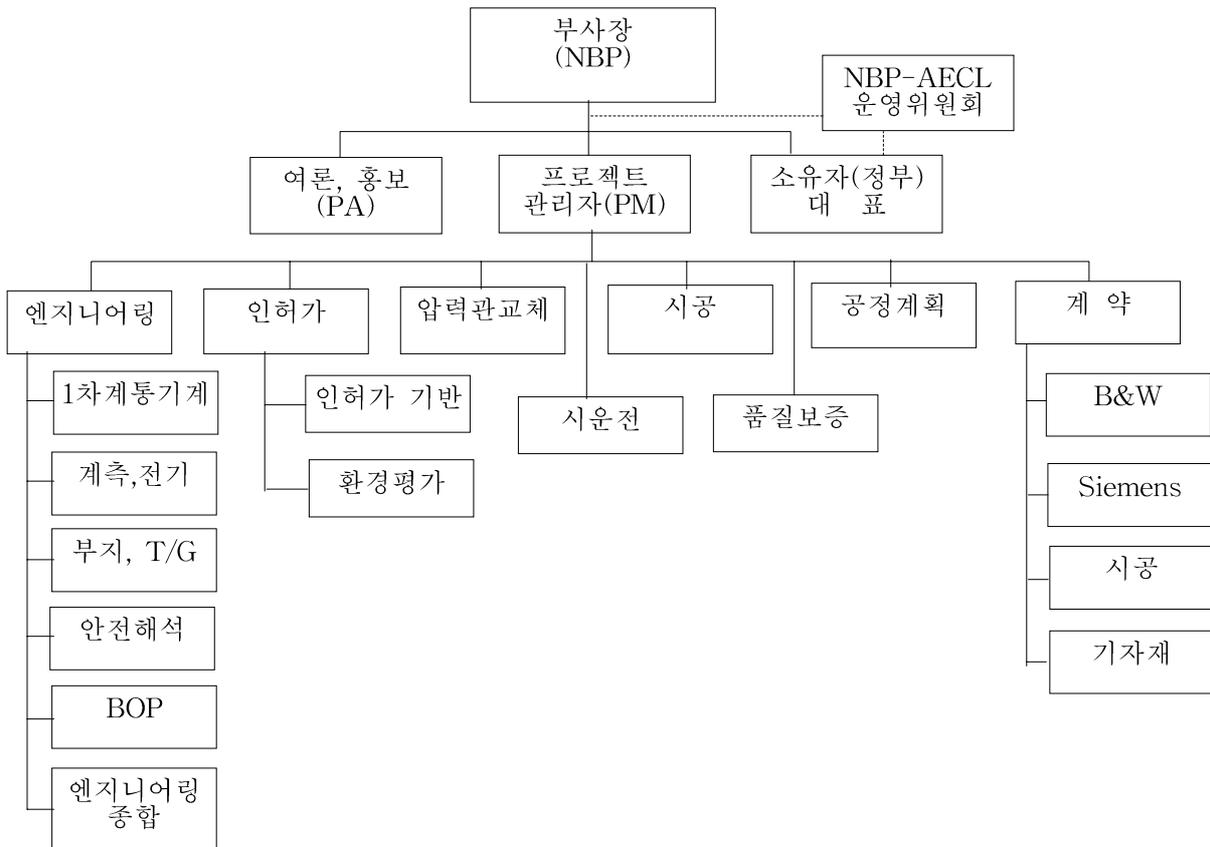


그림 1. 포인트레프로원전 계속운영 설비개선 추진 조직도

포인트레프로 원전은 설계수명 이상 운영을 위해 2006년에 대규모의 설비개선작업(refurbishment project)을 수행할 예정이다. 설비개선작업은 다음 3단계로 추진된다. 1단계로는 2001년말까지로서 포인트레프로 원전 설비개선 작업의 사업성평가 및 행정적 결정을 내리는 것이다. 이를 위해 발전소 전 설비에 대한 상태평가 (plant condition assessment)를 수행하고 있으며 설비개선작업 범위, 그에 따르는 기술적 문제점, 비용 등을 상세하게 산출하고 있다. 현재 알려진 주요 교체대상 기기는 핵연료채널, 칼란드리아관, 피더배관, 발전소 주전산기, 제어전산기, 발전기 고정자 권선, 케이블 등이다. 2단계는 2005년까지로서 상세 엔지니어링, 기자재 구입, 계약, 계획 예방정비 공정계획을 수립한다. 3단계는 최종 시공단계로서 약 18개월간의 설비개선작업을 수행하는 것이다. 포인트레프로 원전은 이번 프로젝트를 통해 경년열화된 설비를 대폭 교체 및 개선함과 아울러 미해결 안전현안을 해결함으로써 발전소의 안전성을 향상시키며 20년 이상의 추가운전이 가능할 것으로 전망하고 있다. 본 설비개선 프로젝트를 추진하면서 규제기관인 캐나다원자력안전위원회(CSNC)와 입장조율을 위해 긴밀한 협조체제를 유지하고 있다. 검토중인 주요 안전 및 인허가 관련 현안을 표 3에 정리하였다.

표 3. 포인트레프로윈전 설계수명 이상 운영관련 검토중인 인허가 사항

분 야	내 용
안전여유도 향상	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 트립범위(trip coverage) 증진을 위한 정지계통 업그레이드</li> <li>- 엔드피팅 방출문제 해결 위한 설계변경</li> <li>- 비상노심냉각계통 비가용 상태 가능성을 줄이기 위한 설계변경</li> <li>- 감속재 과냉각여유도 증진을 위한 설계변경</li> <li>- 이상(two phase) 유동상태 사이편을 개선하기 위한 설계변경</li> <li>- 임계채널출력(CCP)/국부과출력(ROP) 여유 증진을 위한 변경</li> </ul>
추가적인 안전증진	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 월성 2,3,4/진산 원전의 안전관련 설계변경사항 적용 여부</li> <li>- 일반 CANDU 6 확률론적 안전성 평가 적용 여부</li> <li>- 현행 코드 및 기술기준에 대한 설계 검토</li> <li>- 안전계통, 예비(standby) 안전지원계통, 안전관련계통이 불작동 목표(unavailability target)를 충족시킬 수 있는 지에 대한 검토</li> <li>- 원자로냉각재상실사고(LOCA)에 대한 연료다발 간극 여유 검토</li> </ul>
안전해석	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Level 2 PSA(Probabilistic Safety Assessment) 작업계획 수립</li> <li>- C6 Rev.1(Safety Analysis of CANDU Nuclear Power Plants) 안전해석의 업데이트가 필요한 분야 검토</li> </ul>
계획예방정비	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 연료제거 노심상태의 발전소 운전 정책 및 절차서 검토</li> <li>- 발전소 시운전 및 재가동 계획을 수립하여 CNSC에 제공</li> <li>- 발전소 기동 및 운전 허용기준을 CNSC와 합의하는 업무</li> </ul>
기타 지원 업무	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 이익/비용 분석 절차 수립</li> <li>- 원전 위험도 기준(risk baseline) 수립</li> <li>- 사고후 관리전략(post accident management strategy) 수립</li> <li>- 증기관 재배치 검토</li> </ul>

다. 미국의 인허가 갱신 현황

미국은 원자력 에너지법(Atomic Energy Act)에 따라 상업용원자로에 대해서 USNRC에서 40년간 운전인허가(license)를 발행하고 다른 20년간 인허가갱신을 허용하고 있다. USNRC는 40년 인허가기간은 기술적인 제한이 아니라 경제적인 이유와 반독점(anti-trust)의 이유로 설정되었음을 밝히고 있다. 상업용 원자로로서 첫 번째 인허가 기간 만료는 2006년에 발생하며 2010년까지 102개의 원전중 약 10%가 인허가 기간이 종료되고 2015년까지는 40%의 원전이 인허가 기간이 만료될 예정이다. 이에 따라 많은 전력회사들이 원전의 인허가 갱신을 신청했거나 준비중에 있다. 2001.8월 현재 8개 전력회사가 18개 원전에 대해 USNRC에 인허가 갱신을 신청하였으며 그 중 5개 원전에 대해서는 이미 인허가 갱신이 승인되었다. 그 구체적인 현황은 표 4와 같다.

표 4 미국내 원전 인허가 갱신 현황[9]

신청자	발전소명	신청일	환경영향평가 검토서 발행 (NRC)	안전평가 보고서 발행 (NRC)	면허갱신 발행일
Baltimore Gas & Electric Co.	Calvert Cliffs 1&2	1998.4	1999.10	1999.11	2000.3.23
Duke Energy	Oconee 1,2,3	1998.7	1999.12	2000.2	2000.5.23
Entergy Operations	Arkansas Nuclear One	2000.2	2001.4	2001.4	-
Southern Nuclear Operating Co.	Edwin I. Hatch, 1&2	2000.3	2001.5	-	-
Florida Power & Light Company	Turkey Point 3&4	2000.9	-	-	-
Virginia Electric & Power	Surry 1&2	2001.5	-	-	-
Duke Energy	McGuire 1&2 Catawba 1&2	2001.6	-	-	-
Exelon	Peach Bottom 2&3	2001.7	-	-	-

USNRC는 1991년에 인허가 갱신에 대한 안전요건인 10CFR Part54를 제정하였고 이를 1995년에 보완 개정하였다. 한편 인허가 갱신에 따르는 환경영향평가는 10CFR51에 따라 수행된다. 인허가 갱신 절차는 크게 수명연장에 따르는 안전분야와 환경분야의 두 부분으로 구분되며 안전분야 측면에서는 발전소 경년열화에 대한 기술적 검토 및 그에 대한 대책을 제출해야 하고 환경측면에서는 20년간 수명연장에 수반되는 잠재적인 환경영향을 평가하여 제출해야 한다.

원전 운영자는 수명만료 20년 전 또는 늦어도 5년 이전에 인허가 갱신 신청을 할 수 있으며 USNRC에서는 인허가 갱신 접수후 최종 결과 통보까지 약 30개월이 소요될 것으로 예상한다. 인허가 갱신 신청 이후 검토 과정은 대략 다음 표 5와 같다.

표 5. 미국 USNRC의 원전 인허가 갱신 검토 과정[9]

Licensing Milestone	경과 시간(월)
Receive Renewal Application	0
Publish Notice of Opportunity for Hearing	1.0
File Hearing Requests	2.0
Appoint Licensing Board Panel	2.1
Conduct Public Mtg. On Scope of Environ. Impact Statement.	3.0
Petitioner Files Proposed Issues to be Addressed in a Hearing	4.2
NRC Poses Safety Questions to Applicant	5.0
Conduct Prehearing Conference	5.5
Licensing Board Rules on Intervention	5.8
NRC Poses Environmental Questions to Applicant	6.0
*Appeal Intervention Ruling	6.2
NRC Issues Safety Evaluation; Identifies Open Items	11.0
NRC Issues Draft Environmental Statement for Comment	11.1
Conduct Public Meeting on Draft Environ. Impact Statement	12.0
Applicant Completes Response to Open Items	15.5
NRC Issues Safety Eval. Supplement & Final Environ. Statement	19.5
Advisory Comment On Reactor Safety Reviews Safety Evaluation	22.5
*Begin Hearing	23.0
*Complete Hearing	23.7
*Issue Licensing Board Initial Decision	26.2
Commission Makes Decision on Any Petition for Review	30.0

\* 필요시 수행사항

#### 라. 국내의 원전 운영허가 제도

국내 원자력법에서는 원전의 인허가 수명기간을 명시하고 있지 않다. 과학기술부 및 한국원자력안전기술원 규제요원이 발전소에 상주하면서 발전소의 안전상태를 확인하며 매 계획예방정비기간에는 원자료가 재임계에 도달하기 전에 정기검사를 통해 발전소의 안전상태에 이상이 없을 경우 재 가동을 허용하고 있다. 발전소의 설계수명은 통상 발전소 운영허가 신청시 제출서류인 최종안전성분석보고서에 기록이 되어 있으나 이 또한 반드시 기록되어야 하는 요건은 아니다. 월성 1호기 최종안전성평가보고서에는 발전소의 설계수명에 대한 언급이 없다. 현재까지 국내 법령상 요건으로는 원자력발전소가 설계수명에 도달할 경우 별다른 조치없이 발전소를 계속 가동해도 되는지 또는 설계수명 이상 운전하기 위해서 어떠한 조치를 취해야 하는지에 대한 규정이 없다. 고리 1호기와 월성 1호기가 가동된 지 각각 23년, 18년이 경과하였고 미국의 경우 인허가 갱신서류 검토에만 약 30개월이 소요되는 점을 고려해 볼 때 설계수명 이상운전을 어떤 형식으로 추진토록 할 것인지에 대한 정책 방향 결정이 매우 시급한 상황이다.

한편, 가동중원전의 안전성을 제고하기 위해 정부에서는 2001년 1월부터 주기적 안전성평가(PSR : Periodic Safety Review) 제도를 입법화 하였다[10] 주기적안전성평가는 국제원자력기구

에서 모든 원전안전협약 가입국에 대해 시행을 권고하고 있는 제도로써 영국, 프랑스, 독일, 일본, 헝가리 등 미국을 제외한 대부분의 원전 선진국가에서 시행하고 있다. 원전의 가동년수 증가에 따른 성능과 안전성의 저하를 예방함과 동시에 새로운 기술과 경험을 반영하여 안전성을 증진하는 것이 주기적 안전성평가 제도의 취지이다. 이에 따라 국내 각 원자력발전소는 운영허가를 받은 날로부터 10년마다 해당 원자로시설별로 안전성을 종합적으로 평가하여 그 결과를 정부에 제출해야 하며 고리 1호기와 월성 1호기는 각각 국내에서 가장 오래 운전된 원자로형임을 감안하여 고리 1호기는 2000.5월에, 월성 1호기는 2001.5월에 주기적 안전성평가를 착수하였다. 영국에서는 Calder Hall 원전과 Chapelcross 원전이 주기적 안전성평가를 통해 안전성을 검증한 후 설계수명 이상 계속 운영중에 있으며[11] 대부분의 국가들이 주기적 안전성평가를 설계수명 이상 운영을 위한 평가로 활용하고 있다. 국내 원전에 대해서도 주기적 안전성평가를 도입한 현 시점에서는 주기적 안전성평가를 자연스럽게 설계수명 이상 운영 평가와 연계시켜가는 것이 바람직한 것으로 판단된다.

#### 마. 월성 1호기 수명관리연구

월성 1호기의 설계수명 이상 운영 가능성을 평가하기 위한 연구가 2000.7월부터 전력연구원에게 착수되었다. 연구의 주된 목적은 월성 1호기 주요기기에 대한 경년열화현상을 평가하고 기술적, 경제적, 인허가 측면에서의 설계수명 이상 운전에 대한 타당성을 조사하는 것이다. 전력연구원에서는 이미 고리 1호기에 대한 설계수명 이상 운영 타당성 연구 및 상세평가를 수행한 바 있다. 진행중인 연구는 설계 수명 이상 운전에 대한 타당성을 확인하기 위한 것이므로 월성 1호기 전체 설비에 대한 경년열화상태 평가를 수행하기 보다는 주요 SSC(systems, structures, components)를 선정하여 그들을 중심으로 평가를 수행한다. 이를 위해서는 선정된 계통, 구조물 및 기기가 발전소의 안전성과 경제성을 대표하는 설비이어야 한다. 전력연구원에서는 고리 1호기 수명관리연구 수행경험과 웨스팅하우스사, 캐나다원자력공사 방법론을 참조하여 16개 주요 SSC를 선정하였으며 이에 대한 평가를 진행중에 있다. 연구는 크게 3개 경제성평가, 인허가 요건평가, 주요 SSC의 경년열화평가로 구성되며 이 모든 연구결과는 최종적으로 데이터베이스화하여 관리된다. 연구결과물로는 주요기기 선정 방법론 기술보고서, 선정된 계통, 구조물, 기기에 대한 수명평가보고서, 중수로 원전 인허가 요건 검토보고서, 월성 1호기 수명관리 경제성 평가 보고서, 중수로 수명관리 DB가 생산될 예정이며 모든 결과물은 월성 1호기 주기적 안전성평가에 적용될 것이다. 연구 내용 및 상호 연관성을 그림 2에 나타내었다.

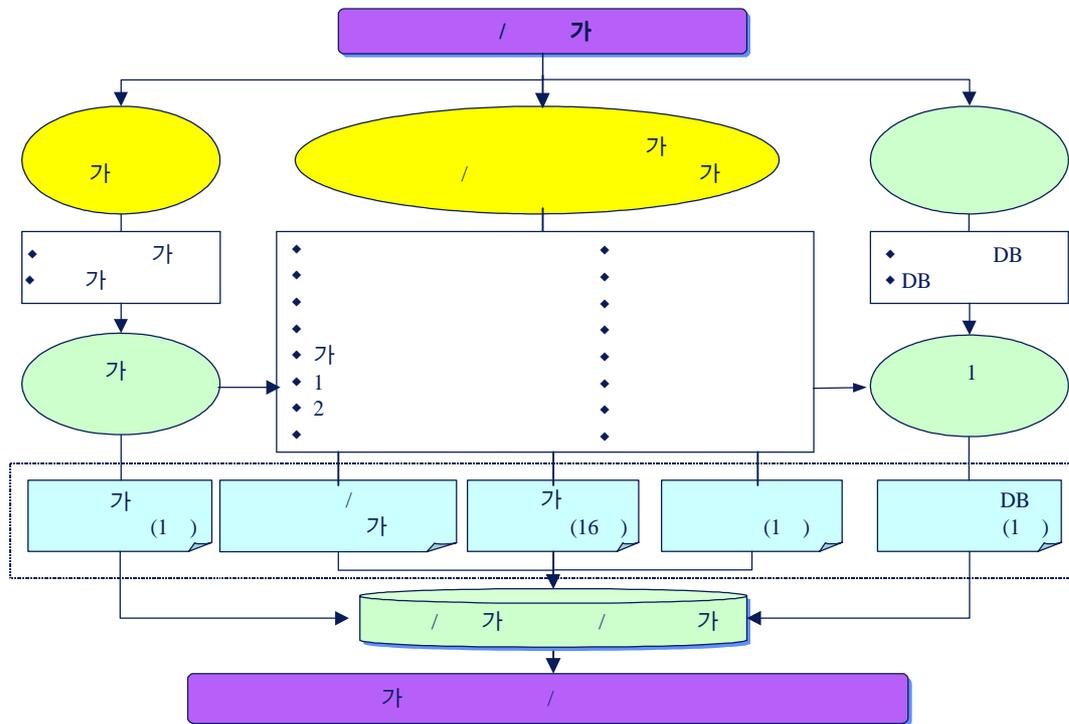


그림 2. 월성 1호기 수명관리 연구내용 및 상호 연관도

### 3. 결 론

가. CANDU 원전은 운영허가 기본서류인 최종안전성분석보고서에 발전소 설계수명이란 용어가 존재하지 않는다. CANDU 원전 개발국인 캐나다에서는 미국과 같은 40년 인허가제도를 취하지 않고 규제기관의 검토하에 원전의 안전성을 평가하여 약 2년 주기로 면허를 재발급해주는 제도를 운영하고 있다. 다만, CANDU 원전의 핵심부품인 핵연료채널의 설계자료에 핵연료채널이 210,000EFPH의 설계수명을 가지며 80%의 가동율을 가정할 경우에 30년 정도 운전할 수 있도록 설계하였음을 명시하고 있다. 또한 핵연료채널은 교체가 가능하도록 설계 및 제작되었기 때문에 필요시 핵연료채널을 교체할 수 있으며 실제로 캐나다의 피커링 1,2,3,4호기의 핵연료채널을 교체하였다. 따라서 CANDU 원전의 경우 기술적으로는 안전성이 입증되는 한 별도의 제한없이 계속 가동할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 월성 1호기와 동일년도에 가동한 캐나다의 포인트레프로 원전 및 켈틸리-2 원전의 핵연료채널에 대한 수명평가 결과 일부 압력관이 가동년수 30년에 미달하는 약 2006년경에 설계수명에 도달할 것으로 확인되었으며 이는 발전소 가동율이 80%를 상회하여 운전되었기 때문에 핵연료채널에 대한 중성자조사선량이 증가되었기 때문이다. 포인트레프로원전은 발전소 주요기기에 대한 기술적 수명평가 및 경제성평가를 통해 2006년에 핵연료채널을 교체한 후 발전소를 계속 운전기로 결정하고 준비작업에 착수하였다. 핵연료채널교체시에는 핵연료채널뿐만 아니라 경년열화현상이 확인된 피더배관, 발전소 제어컴퓨터 등 주요 기기도 함께 교체 및 개선하고 안전성을 증진시키기 위한 설계개선작업도 함께 추진함으로써 규제기관 및 대국민 홍보측면에서도 긍정적인 반응이 나타날 것을 기대하고 있다. 향후 월성 1호기 계속 운전을 추진함에 있어 참고해야 할 것으로 생각된다.

다. 현재 월성 1호기에 대한 수명관리연구 및 주기적안전성평가가 진행되고 있으며 예비경제성평가 결과 월성 1호기를 30년 이상 계속 운영하는 것이 경제적으로 이득임이 확인되었다. 핵연료채널의 경년열화현상에 대해서는 특히 주목하여 평가가 이루어져야 할 것이며 이에 대한 대책을 준비하여야 할 것으로 생각된다. 국내 원전 규제제도상 인허가 기간에 대한 규정이 없고 또한 미국의 경우 인허가 수명 이상 연장운전에 대한 서류검토 기간이 약 30개월 소요되는 것을 고려할 때 원전의 운영 인허가 기간 및 계속 운전에 관한 정책결정이 시급하다. 대부분의 원자력 안전협약 가입국이 시행하고 있는 주기적 안전성평가 제도가 2001년 1월부터 국내에서 법제화된 만큼 주기적 안전성평가를 계속운전에 대한 제도로 활용하는 방안이 매우 현실적인 것으로 판단된다.

### 참고문헌

- [1] 한수원 발전처, "2001년도 원자력 업무 현황", pp.5-45
- [2] W.R.Glending, XX-31100-400-001, Rev.1, "Assessment and Management of Ageing of Major Nuclear Power Plant Components Important to Safety : CANDU Pressure Tubes" p.87
- [3] N.P.Sinch, DM-59-31100, "Design Manual, Wolsong-1 Nuclear Power Plant Fuel Channel Assembly" p.2-1
- [4] Canadian Federal Law Chapter 9, "The Nuclear Safety and Control Act" section 24
- [5] AECB, BMD 99-121, "Ontario Power Generation, Renewal of Bruce Nuclear Generating Station B Operating License"
- [6] CNSC, CMD 00-H16, "Renewal of Bruce Nuclear Generating Station B Operating License"
- [7] 전력연구원, '00전력연-단287', "캐나다 브루스 B 원전 인허가 갱신사례 검토", pp.2-4
- [8] R.M.White, S.H.Groom, The 22th CNS conference paper "Possible Refurbishment of Point Lepreau"
- [9] Fact Sheet, 'Reactor License Renewal', USNRC, 2001.8.31
- [10] 원자력법 제23조 3항 및 원자력법 시행령 42조 3항
- [11] 전력연구원, '96 전력연-단76, "원전수명관리연구( I ) 요약 보고서" p.3