



## 원전 수명 연장에 대한 기술 현안 분석

장 근 선

신문대학교

정 지 환

천안외국어대학교

박운원 · 이승혁 · 김효정

한국원자력안전기술원

우리 나라 최초의 원자력 발전소인 고리 1호기의 최초 설계 수명이 2008년도에 만료되므로, 국내 규제 체계와 관행을 고려하여 수명 연장과 관련한 최적의 규제 방안을 시급히 모색해야 한다.

국내에서는 원전의 설계 수명 초과 운전 필요성과 기본적으로 확인해야 할 기술적인 내용들에 대한 공감대는 형성되어 있으나, 구체적인 절차 및 기술 기준 등에 대해서는 의견이 다양하다.

기존 원전의 설계 수명 초과 운전의 허용은 외국에서도 중요한 현안이며, 효율적인 수명 관리 및 안전성 평가와 관련한 인허가 경제성 기술적 측면의 현안들을 해결하기 위한 많은 연구가 수행되고 있다.

미국의 경우, 명확한 허가 기간을 갖는 운영 허가를 발급하고 20년 단위의 갱신 제도를 도입하고 있으며, 이미 Oconee Nuclear Station (ONS) Units 1, 2, & 3, Calvert

Cliffs Nuclear Power Plants (CCNPP) Units 1&2 등이 현행 40년 운영 허가 종료 이후 20년의 연장 운전에 대한 승인을 획득하였다.

본 연구에서는 원전 수명 연장을 위한 기술적 고려 사항을 비교 검토하였다. 최신 기술 정보로서 GALL report, 그리고 Calvert Cliffs 1&2 호기와 Oconee 1·2 & 3 호기의 운영 허가 갱신 신청서에 대한 NRC의 안전성 평가 보고서(Safety Evaluation Report; SER)를 검토하여 여기에서 제기된 기술적 이슈들을 분석하였다.

이러한 결과들을 원자력법 시행규칙 제19조에 의해서 시행되는 정기 검사 기간에 조사되는 계통 구조물 및 기기와 비교하였다.

### 서론

국내의 가동중 원전의 수 및 운전 연수가 증가함에 따라 가동중 원전의 안전 관리가 핵심적인 안전 현안

으로 대두되었다. 이에 따라 장기간에 걸친 타당성 연구와 논의 끝에 가동중 원전에 대한 주기적 안전성 평가(Periodic Safety Review; PSR)의 도입이 확정되었고, 2000년부터 고리 1호기에 대해 시범 적용되고 있다.

또한 최초의 설계 수명이 30년 또는 40년인 원전들에 대해 운전 연장과 허용 안전 수준을 어떻게 설정할 것인가가 관심사가 되고 있으며, 여기서는 이미 시행이 확정된 주기적 안전성 평가 그리고 원자력법에 의한 정기 검사 제도와 어떻게 연계시킬 것인가에 대한 고려가 필요하다.

기존 원전의 설계 수명 초과 운전의 허용은 외국에서도 중요한 현안이며, 효율적인 수명 관리 및 안전성 평가와 관련한 인허가, 경제적/기술적 측면의 현안들을 해결하기 위한 많은 연구가 수행되고 있다[1].

미국의 경우에는 명확한 허가 기간을 갖는 운영 허가를 발급하고 20년 단위의 갱신 제도를 도입하고 있

으며, 이미 Oconee Nuclear Station (ONS) Units 1·2 & 3, Calvert Cliff Nuclear Power Plants (CCNPP) Units 1 & 2, Arkansas Nuclear One unit 1 등이 현행 40년 운영 허가 종료 이후 20년의 연장 운전에 대한 승인을 획득하였고, Edwin I. Hatch Nuclear Plant, McGuire Nuclear Station, Catawba Nuclear Station, North Anna Power Station, Surry Power Station, Peach Bottom Nuclear Plant, Turkey Point Nuclear Plant 등에 대한 운영 허가 갱신 심사를 진행하고 있다.

미국을 제외한 대부분의 국가들은 명확한 운영 허가 기간을 설정하지 않고 있으며, 주기적 안전성 평가, 정기 검사 등을 통해 안전성이 확인될 경우 계속 운전을 허용하고 있다.

우리 나라의 경우, 최초의 원자력 발전소인 고리 1호기의 최초 설계 수명이 2008년도에 만료되므로, 국내 규제 체계와 관행을 고려하여 수명 연장 또는 설계 수명 재평가와 관련한 최적의 규제 방안을 시급히 모색해야만 한다.

국내에서는 원전의 최초 설계 수명 초과 운전의 필요성과 기본적으로 확인해야 할 기술적인 내용들에 대한 공감대는 형성되어 있으나, 구체적인 절차 및 기술 기준 등에 대해서는 의견이 다양하다.

최초의 건설 비용이 많이 소요되는 어느 시설이든 안전성이 충분히 확인되는데도 불구하고 최초의 설계 수명만큼만 운영해야 한다는 것은 합리적이지 못하다.

원전 수명 연장에 대한 합리적인 절차적 요건이 도출되어 가동중인 원전이 안전하고 경제적으로 연장 운전될 수 있다면, 신규 원전 건설에 대한 부담을 경감시키고 발전 원가를 낮추어 국가 경제 및 산업 발전에 기여할 것이다.

원전 수명 연장과 관련한 규제 요건들이 기술적인 측면에서만 결정될 수 있는 것은 아니며, 국민들이 인정할 수 있는 합리적인 절차적 수단들이 마련되어야 할 것이다.

허용 가능한 안전 수준과 이를 확인하기 위한 절차적 요건들이 마련되어 투명하게 제시되어야만 지역 주민과의 마찰 등으로 인한 국론 분열 및 사회적 낭비를 예방할 수 있을 것이다.

원전이 설계 수명을 초과하여 운영되기 위해서는 여러 가지 제도적 보완과 함께 기술적 토대가 마련되어야 한다. 기술적으로는 원전이 연장 운영되는 동안 구조물 계통 및 기기(Structures, Systems and Components; SSC)의 건전성을 확인할 수 있는 방안이 확보되어야 한다.

이를 위한 기초 연구로서 본 연구에서는 GALL Report[2] 등 수명

연장 관련 문서에서 제기된 technical issue를 분석하고 Oconee 원전[3] 및 Calvert-Cliff 원전[4]의 수명 연장 인허가시 제기된 중요 기술 현안을 분석하였다.

이 결과를 이용하여 법적 보완 사항을 도출하기 위하여 주기적 안전성 평가 제도, 그리고 원자력법에 의한 정기 검사와 비교하였다.

**GALL report 평가 대상 항목**

NRC staff은 발전소의 경년 열화 관련 정보를 체계적으로 정리한 보고서인 NUREG/CR-6490, 「Nuclear Power Plant Generic Aging Lessons Learned (GALL)」를 바탕으로 경년 열화 관리 프로그램의 적절성 평가에 대한 정보를 확장하여 Generic Aging Lessons Learned (GALL) Report를 개발하였다. NUREG/CR-6490는 Nuclear Plant Aging Research (NPAR) 보고서, NUMARC (현 NEI) 보고서, Licensee event reports (LERs), information notices, generic letters, bulletins 등 500여 개의 자료에 나온 정보를 기초로 하여 작성된 보고서이다[2].

GALL Report는 발전소를 이루고 있는 각 계통 기기 구조물을 항목별로 구분하여 이들에 대한 경년 열화 관리 프로그램을 평가하고 또한



〈표 1〉 GALL Report에서 평가된 계통

기존의 관리프로그램이 적절한지 혹은 개선되어야 할 사항들은 무엇인지를 결정하는 데 기준이 된 기술적 기초들을 설명하고 있다.

GALL report는 표 형식으로 이루어져 있는데 각 열은 「Item」, 「Structure and/or Component」, 「Material」, 「Environment」, 「Aging Effect/Mechanism」, 「Aging Management Program (AMP)」, 「Further Evaluation」을 나타내고 있다.

특정의 구조 및 기기에 대한 어떠한 경년 열화 영향을 관리하는 각 경년 열화 관리 프로그램(aging management program; AMP)의 적정성 평가는 프로그램의 범위, 방지 행위, 감시 혹은 검사 인자, 경년 열화 영향의 탐지, 감시와 경향, 허용 기준, 교정 행위, 확인 절차, 관리상의 제어, 운영 경험 등 10 가지의 프로그램 요소에 대한 검토 결과에 기초하여 이루어졌다.

위와 같은 평가에 기초하여 프로그램이 특정 구조물 및 기기에 대한 어떤 경년 열화 영향을 관리하는 데 적절하다고 결정되면 운영 허가 갱신을 위하여 staff이 보다 깊은 평가를 수행할 필요가 없음을 「Further Evaluation」 열에 나타내었다.

그렇지 않은 경우에는 staff이 집중하여 검토할 영역을 추천하고 있다. GALL report는 Safety Review Plan for License

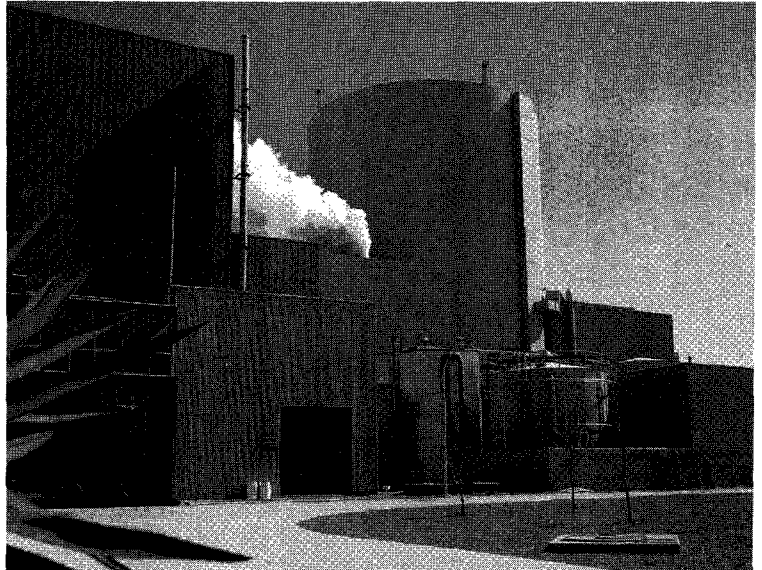
장절	계통	SSC 그룹
II	Containment Structures	8
III	Class 1 Structures and Component Supports	38
IV.A2	Reactor Vessel	24
IV.B2, B3	Reactor Vessel Internals (Westinghouse, Combustion Engineering)	25, 19
IV.C2	Reactor Coolant System and Connected Lines	33
IV.D1	Steam Generator (Recirculating)	16
V.A	Containment Spray System	20
V.C	Containment Isolation Components	2
V.D1	Emergency Core Cooling System	30
V.E	Carbon Steel Components	2
VI.A	Electrical Cables and Connections Not Subject to 10CFR50.49 Environmental Qualification Requirements	4
VI.B	Equipment Subject to 10CFR50.49 Environmental Qualification Requirements	1
VII.A1	New Fuel Storage	1
VII.A2	Spent Fuel Storage	2
VII.A3	Spent Fuel Pool Cooling and Cleanup	15
VII.B	Overhead Heavy Load and Light Load (Related to Refueling) Handling Systems	2
VII.C1	Open-Cycle Cooling Water System (Service Water System)	11
VII.C2	Closed-Cycle Cooling Water System	5
VII.C3	Ultimate Heat Sink	3
VII.D	Compressed Air System	11
VII.E1	Chemical and Volume Control System	21
VII.F1	Control Room Area Ventilation System	8
VII.F2	Auxiliary and Radwaste Area Ventilation System	8
VII.F3	Primary Containment Area Ventilation System	8
VII.F4	Diesel Generator Building Ventilation System	6
VII.G	Fire Protection	19
VII.H1	Diesel Fuel Oil System	8
VII.H2	Emergency Diesel Generator System	11
VII.I	Carbon Steel Components	2
VIII.A	Steam Turbine System	3
VIII.B1	Main Steam System (PWR)	7
VIII.C	Extraction Steam System	3
VIII.D1	Feedwater Systems	4
VIII.E	Condensate System	11
VIII.F	Steam Generator Blowdown System	8
VIII.G	Auxiliary Feedwater (AFW) System	9
VIII.H	Carbon Steel Components	2

Renewal (SRP-LR)에서 대한 기술적 기반으로 운영 허가 갱신 신청을 검토하는 지침으로 활용되어 인증된 보고서와 같이 다루어지고 있다.

운영 허가 갱신 신청서는 신청자의 발전소에서 운영되는 각각의 프로그램에 대하여 NRC staff이 더 이상 검토할 필요가 없음을 증명하기 위해 GALL report를 참조할 수 있다. 운영 허가 갱신 신청서 GALL report를 사용해야만 하는 것은 아니지만, 이를 사용함으로써 신청자가 운영허가 갱신 신청서 (License Renewal Application; LRA)를 준비하는 과정을 편리하게 하고 NRC staff 이 항상 동일한 척도로 검토하도록 하고 있다.

GALL report에 담겨있는 항목들은 집합적인 대형 계통별로 나뉘어져 있다. 이들 계통은 BWR형 원전과 PWR형 원전에 따라 다른 계통도 있고 공통으로 적용되는 계통도 있다. 또한 벤더에 따라 각 계통의 구성이나 명칭이 달라 질 수도 있다.

이러한 계통들 중에서 국내의 원전과 관련이 있는 PWR형 발전소에 적용되는 계통들에 대한 목록을 <표 1>에 정리하였다. <표 1>에 나타난 계통들은 몇 가지의 하부 계통으로 이루어져 있으며 이들을 이루고 있는 기기들을 그룹으로 나누어 평가를 수행하였다. <표 1>의 우측 열은 이러한 기기들의 그룹 수를 나타낸



국내의 가동중 원전의 수 및 운전년수가 증가함에 따라 가동중 원전의 안전 관리가 핵심적인 안전 현안으로 대두되었다. 이에 따라 장기간에 걸친 타당성 연구와 논의 끝에 가동중 원전에 대한 주기적 안전성 평가(Periodic Safety Review; PSR)의 도입이 확정되었고, 2000년부터 고리 1호기에 대해 시범 적용되고 있다.

다.

GALL Report에는 PWR과 BWR에 적용되는 검토 항목을 제시하고 있는데, 본 보고서에서는 PWR에만 적용되는 것들 혹은 PWR/BWR 공통으로 적용되는 항목들을 나타내었다. 즉 BWR에만 해당하는 항목들은 제외하였다. 이는 우리 나라에 운영되고 있거나 건설 중인 BWR이 없기 때문이다. 또한 증기발생기의 경우 우리 나라에는 모두 U-tube 형태의 증기발생기만 사용되고 있으므로 once-through 형식의 증기발생기에 대한 검토 항목도 제외하였고, 원자로의

경우 Babcock & Wilcox형 원자로가 국내에 없으므로 이 또한 제외하였다.

**운영 허가 갱신 과정에서 제기된 기술적 이슈**

NRC는 1991년 10CFR54를 제정하여 운영 허가 갱신을 위한 법적 장치를 마련하였다. 10CFR54의 제정으로 미국의 사업자들은 운영 허가 갱신을 신청하게 되었고, 이미 Calvert Cliffs 및 Oconee 발전소의 운영 허가를 최초 설계 수명 이상으로 연장해 주었다.



〈표 2〉 CCNPP LRA 에 제시된 경년 열화 관리 대상 SSC

Calvert Cliffs 1&2호기의 운영 허가 갱신 신청서에 대한 NRC의 안전성 평가 보고서(Safety Evaluation Report;SER)[4]를 검토하여 여기에서 제기된 기술적 이슈들을 정리하고자 한다.

Baltimore Gas and Electric Company(BG&E)는 1998년 4월 Combustion Engineering이 설계한 핵증기 공급 계통(NSSS)를 이용하고 있는 Calvert Cliffs Nuclear Power Plant (CCNPP) unit 1&2 호기에 대한 운영 허가 갱신을 신청하였으며, 2000년 3월 미국에서 처음으로 운영 허가 갱신을 승인 받았다.

BG&E 는 운영 허가 갱신 신청서(LRA)에 10 CFR 54.21(a)(1) 과 10 CFR 54.21(a)(2)에서 요구하는 기준에 따라 선정된 경년 열화 관리 검토 대상이 되는 구조물 계통 및 기기(SSC)의 목록과 해당 경년 열화 관리 프로그램을 나타내었다.

운영 허가 갱신 신청서에 정리한 SSC 목록을 그룹으로 나누어 〈표 2〉에 나타내었다.

이 목록에 있는 계통을 이루는 부품 중 tank, pipe, nozzle, tubing, valve body, ductwork, mechanical expansion joint, orifice, pump casing, valve bodies, cover, pressure-retaining bolting와 같이 파동 부품만을 AMP 대상으로 하고 있다.

	SSC 그룹
1	Component supports commodity group
2	Piping segments that provide structural support
3	Fuel handling equipment and other heavy load handling cranes
4	Primary containment structure : concrete, structural steel, architectural, unique
5	Turbine building structure : concrete components, structural steel components, architectural components, unique components
6	Intake structure: concrete components, structural steel components, architectural components, unique components
7	Miscellaneous tank and valve enclosures
8	Auxiliary building and safety-related diesel generator building structures
9	Reactor coolant system
10	Reactor pressure vessels and control element drive mechanisms/electrical system
11	Reactor vessel internals system
12	Auxiliary feedwater system
13	Chemical and volume control system
14	Component cooling system
15	Compressed air system
16	Containment isolation group
17	Containment spray system
18	Diesel fuel oil system
19	Emergency diesel generator system
20	Feedwater system
21	Fire protection (FP)
22	Auxiliary building heating and ventilation system
23	Primary containment heating and ventilation system
24	Control room and diesel generator buildings' heating, ventilation, and air conditioning systems
25	Main steam, steam generator blowdown, extraction steam and nitrogen and hydrogen systems
26	Nuclear steam supply system sampling system
27	Radiation monitoring system
28	Safety injection system
29	Saltwater system (ultimate heat sink)
30	Service water system
31	Spent fuel pool cooling system
32	Cables : grouped by service and insulation
33	Electrical commodities
34	Environmentally qualified equipment
35	Instrument lines

〈표 3〉 CCNPP LRA에 대한 SER에서 추가 혹은 개선하도록 제시된 AMP

또한 RCP와 같이 능동 기능을 하는 기기에서도 pump casing과 같은 피동 부품만을 대상으로 하고 있다.

운영 허가 갱신 신청서를 검토하는 과정에서 NRC staff 은 BG&E 가 제출한 운영 허가 갱신 신청서를 검토한 안전성 평가 보고서(safety evaluation report;SER)를 발간하였다.

이 보고서에서 평가된 경년 열화 관리 프로그램, 정비 행위와 검사 절차 등은 현재의 프로그램으로 충분한 것들도 있고, 프로그램이 부재하거나 부족하여 연장 운전에 들어가기 전에 이행해야 할 것들도 있다. 연장 운전에 들어가기 전까지 신설 혹은 개정하도록 NRC가 평가한 프로그램을 〈표 3〉에 나타내었다.

**정기 검사 대상 시설**

원자력법 제23조의2(검사), 원자력법 시행령 제42조(정기 검사)의 규정에 따라, 원자로의 운영 상황 또는 특성을 고려하여 과학기술부 장관이 별도로 검사 시기를 지정하는 경우를 제외하고, 발전용 원자로의 경우에는 최초로 상업 운전을 개시한 후 또는 검사를 받은 후 20개월 이내에 정기검사를 받아야 한다.

이 때 정기 검사는 정기 정비 기간 또는 핵연료의 교체를 위하여 원자로를 정지한 날부터 전출력 운영을

	계통	AMP
1	Component supports	Additional baseline walkdowns Preventive Maintenance (PM) checklists PM program
2	Cranes, Reactor vessel cooling shroud	Boric Acid Inspection Program (BACI)
3	Fuel handling cranes, Reactor coolant system	Repetitive tasks
4	Containment	Containment tendon procedures Containment tendon STPs Structure and system walkdowns Evaluate baseline inspection results
5	Turbine building	Caulking and sealant inspection program Structure and system walkdowns
6	Intake structure	Caulking and sealant inspection program PM program Repetitive tasks for inspection of sluice gates Structure and system walkdowns
7	Miscellaneous tank and valve enclosures	Structure and system walkdowns
8	Auxiliary building and safety-related diesel generator building	Analysis of neutron absorbing material in spent fuel storage racks Caulking and sealant inspection program Structure and system walkdowns
9	Reactor coolant system	Cast Austenitic Stainless Steel (CASS) evaluation program CCNPP alloy 600 program Implementation of fatigue monitoring Age-Related Degradation Inspection (ARDI)
10	RPVs and control element drive mechanisms (CEDMs)/electrical system	Alloy 600 program CCNPP Comprehensive Reactor Vessel Surveillance Program (CRVSP) Implementation of fatigue monitoring Installation of the flexible heated junction thermocouple in the reactor (RVLMS-2)
11	Reactor vessel internals	Analysis of CEA shroud bolts ARDI program Delta ferrite calculation for CASS components ISI of ASME code Section XI components Low-cycle fatigue analysis of components subject to gamma heating Stress relaxation analysis



재개하는 날까지의 기간 동안 실시하도록 되어있다.

원자력법 시행령 제42조(정기검사)의 규정에 따른 원자력법 시행규칙 제19조(정기검사) (2001년 7월 25일 개정)에서 규정한 검사 대상 시설은 다음과 같다.

- ① 원자로 본체(핵연료 포함)
- ② 원자로 냉각 계통 시설
- ③ 계측 및 제어 계통 시설
- ④ 핵연료 물질의 취급 시설 및 저장 시설
- ⑤ 방사성 폐기물의 폐기 시설
- ⑥ 방사선 관리 시설
- ⑦ 원자로 격납 시설
- ⑧ 원자로 안전 계통 시설
- ⑨ 안전 관련 전력 공급 계통 시설
- ⑩ 방사선 비상 대응 시설
- ⑪ 기타 원자로의 안전에 관계되는 시설

위 검사 대상 시설 중 9 항의 '안전 관련 전력 공급 계통 시설'은 2000년 5월 27일 개정된 원자력법 시행규칙에서 '비상 전원 공급 계통 시설'로 규정된 것으로 2001년 7월 25일 개정된 것이다.

위에 나열한 각 시설별 검사 대상과 세부적인 검사 방법은 과학기술부 장관이 정하며, 원자로 시설의 설계상의 특성으로 인하여 검사를 받을 필요가 없다고 과학기술부 장관이 인정하는 경우에는 해당 시설에 대한 검사를 실시하지 아니할 수 있다.

12	Auxiliary feedwater system	AFW buried pipe inspection program ARDI program PM program utilizing AFW pump turbine overhaul and AFW pump turbine governor valve overhaul Structure and system walkdowns
13	Chemical and volume control system(CVCS)	ARDI program
14	Component cooling system	ARDI program
15	Compressed air system	ARDI program
16	Containment isolation group	ARDI program
17	Containment spray system	ARDI program
18	Diesel fuel oil (DFO) system	DFO buried pipe inspection program Structure and system walkdowns Tank internal inspection program
19	Emergency diesel generator system	ARDI program Clean and Inspect EDG Air Start Distributor and check valves(CKV), lube Oil "Y" strainers and baskets Disassemble, inspect and overhaul EDG CKV Inspect EDG Air Intake Filters, Air Start Valves and Filters Remove Relief Valve, Test and Reinstall
20	Feedwater system	ARDI program Evaluation of the thermal fatigue effects on systems Implementation of Fatigue Monitoring PM Program
21	Fire protection (FP)	ARDI program
22	Auxiliary building heating and ventilation system	ARDI program Structure and system walkdowns
23	Primary containment heating and ventilation system	ARDI program
24	Control room and diesel generator buildings' heating, ventilation, and air conditioning systems	ARDI program Structure and system walkdowns
25	Main steam, steam generator blowdown, extraction steam and nitrogen and hydrogen systems	ARDI program
26	Nuclear steam supply system sampling system	ARDI program Implementation of Fatigue Monitoring
27	Radiation monitoring system	ARDI program

따라서 우리 나라에서 정기 검사에서 대상이 되는 시설은 발전소에 따라 달라질 수 있으며, 현재 한국원자력안전기술원과 사업자인 한국수력원자력(주) 협의하여 각 원전의 특성과 이력이 반영되도록 각 시설별 검사 대상과 세부적인 검사 방법을 정하고 있다. 참조를 위하여 2000년 12월에 작성된 고리 원자력 1호기 제19차 정기 검사 보고서(KINS/AR-105, Vol.8)[5]에서 수행된 각 시설별 세부 검사 항목을 <표 4>에 나타내었다.

<표 4>에 나타난 정기 검사 대상 항목 중에는 상당수가 GALL Report의 항목과 겹친다. 즉 원자력 발전소의 안전성에 영향을 주는 항목들은 대부분 검사 항목으로 지정되어 있는 것이다.

예를 들면 환기 계통, CVCS, RHRS, AFWS, Containment spray/isolation systems 등 다양한 계통들이 동시에 양측의 검사 항목으로 설정되어 있는 것이다.

그러나 GALL Report에서는 원전을 구성하는 기기의 재료적 내구성에 관심을 두고 있는 반면 정기 검사는 기기의 성능에 관심을 두고 있다. 따라서 대상 기기가 일치하더라도 서로의 관심이 달라서 검사의 내용이 다른 경우가 대부분이다.

<표 4>에서는 고리 원자력1호기에서 시행되는 정기 검사에서 조사되는 항목들과 GALL Report에 담

28	Safety injection system	ARDI program Engineering Review of CEOG Task Reports related to NRC Bulletin 88-08 Engineering Review of SCC at the RWT Penetrations Structure and system walkdowns
29	Saltwater system (ultimate heat sink)	ARDI program PM Program (MN-1-102) For affected components Structure and system walkdowns
30	Service water system	ARDI program SRW Pump Overhaul
31	Spent fuel pool cooling system	ARDI program Repetitive Tasks
32	Cables : grouped by service and insulation	Cables Aging Management Program
33	Electrical commodities	PM Program Certain existing repetitive tasks New repetitive tasks
34	Instrument lines	ARDI progra

겨있는 NRC staff의 검토 항목들과 비교하였다.

### PSR에서의 검토 대상 SSCs

PSR은 TMI-2 와 Chernobyl 원전 사고의 후속 조치로 유럽에서 발전하여 IAEA가 1994년 국제적 지침으로 발간하였다. PSR 제도를 이미 시행중인 국가에서는 기본적으로 IAEA의 안전 지침을 따르면서 자국의 요건, 국제 기준 및 관행 등을 고려하여 사업자와 규제 기관의 합의 하에 자국의 상황에 적합한 수행 범위 및 내용을 정하여 운영하고 있다 [6].

국내에는 2001년 1월 16일 개정된 원자력법에 제23조의3(주기적 안전성 평가)이 신설되고, 2001년 7월 17일 개정된 원자력법 시행령에 제42조의2(주기적 안전성 평가의 시기 등), 제42조의3(주기적 안전성 평가의 내용), 제42조의4(주기적 안전성 평가의 방법 및 기준)가 신설되었으며, 2001년 7월 25일자로 개정된 원자력법 시행 규칙에서 제19조의2(주기적 안전성 평가의 세부 내용), 제19조의3(주기적 안전성 평가의 기준)이 신설되어 PSR 제도의 입법화가 이루어졌다.

그러나 2001년 12월 현재 PSR 제도의 평가 대상이 되어야 하는 구





〈표 4〉 정기 검사 대상 항목과 GALL Report 비교

검사 대상 시설	정기 검사 항목	GALL Report
원자로 본체 (핵연료 포함)	핵연료 건전성 검사	
	영출력 노물리 시험	
	출력중 노물리 시험	
	노내 중성자속 검출기 이동관 검사	Y
	원자로 내부 구조물 검사(제어봉 외전류 탐상 점검)	
원자로 냉각 계통 시설	안전 등급 1, 2, 3 기기 가동중 검사(ISI)	Y
	증기발생기 세관 외전류 탐상 검사	Y
	원자로 냉각재 펌프 점검	Y
	가압기 밸브 점검	Y
	원자로 냉각수 유량 측정 시험	
계측 및 제어 계통 시설	원자로 정지 계통 응답 시간 측정 시험	
	공학적 안전 설비 응답 시간 측정 시험	
	제어봉 낙하 시간 측정	
	제어봉 위치 지시 계통 기능 시험	
	핵계측 계통 기동 영역 계열 교정 시험	
	원자로 냉각재 계통 온도 계기 계열 교정	
	RCS과 냉각 여유도 지시계 신설	
	증기발생기 협역 수위 계기 계열 교정	
핵연료 물질의 취급 시설 및 저장 시설	지진 감시 계통 점검	
	핵연료 이송 설비 점검	
방사성 폐기물의 폐기 시설	사용후 핵연료 저장조 냉각 및 정화 계통 점검	
	방사성 폐기물 관리 시설 점검	
	환기 계통 성능 시험 점검	
방사선 관리 시설	수질 관리 점검	
	방사선 관리 및 보간 물리 계획 점검	
원자로 격납 시설	방사선 측정 및 감시 계통 점검	
	격납 건물 격리 계통 점검	
	격납 건물 살수 계통 점검	
	격납 건물 가연성 기체 제어 계통 점검	
	강제 격납 건물 점검	Y
원자로 안전 계통 시설	격납 건물 종합 누수율 시험	Y
	잔열 제거 계통 점검	
	핵연료 교환 용수 저장 탱크 점검	
	보조 급수 계통 점검	
	비상 노심 냉각 계통 점검	

**종합 평가 및 결론**

우리 나라의 원자력 발전 규모는 비약적으로 발전하여 왔다. 우리 나라의 원자력 시대를 개시한 고리 1호기의 설계 수명이 곧 다하게 되는 시점에서 설계 수명을 초과한 연장 운영에 관한 연구가 다양한 측면에

서 수행되고 있다.

본 연구에서는 원전의 수명 연장 운영시 검토해야 할 것으로 제기된

기술적 사항들을 검토하였다.

본 연구에서 검토한 내용을 요약 하면 다음과 같다

① 수명 연장 제도를 도입함에 있어서 필요한 기술적 이슈들을 검토하였다. GALL Report에서 제기된 technical issue들 중 국내 원전과 관계되는 항목을 정리하였고 Calvert-Cliff 원전의 수명 연장 인허가시 제기된 중요 현안을 검토하였다.

② 수명 연장과 관련된 기존 법과의 관계를 살펴보고 상호 정보 공유를 위하여 정기 검사 제도에서 고려되는 technical issue들을 GALL Report에서 제기된 technical issue들과 비교 하였다.

주기적 안전성 평가 대상 SSC가 결정되면 이 또한 충분히 비교 검토가 이루어져야 한다.

우리 나라는 충분치 못하게 제한된 인적 자원을 가지고서 원자력산업을 개발 및 운영하고 있다. 이러한 사정은 원전의 안전 규제 측면에서도 마찬가지이다.

제한된 자원을 효율적으로 활용하고 사업자의 규제 부담도 최소화하기 위해서는 수명 연장 운영을 위한 규제시 기존의 법규, 즉 정기 검사와 주기적 안전성 평가에서 검토된 내용을 충분히 활용할 필요가 있다.

이러한 관점에서 볼 때, 주기적 안전성 평가와 정기 검사에서 평가되는 항목의 조정도 일부 필요할 것으로 생각된다. ☞

\* 본 연구는 한국원자력안전기술원의 연구비 지원으로 이루어졌다.

안전 관련 전력 공급 계통 시설	125V 축전지 및 충전기 성능 시험 점검	
	저전압·저주파수 계전기 계열 교정	
	소내 변압기 설비 개선 점검	
	비상 디젤 발전기 성능시험	
방사선 비상 대응 시설	비상 디젤 발전기 기계 계통 점검	Y
	고리 원전 전체를 위한 공통 시설이며, 고리 4호기 제12차 정기 검사 기간(2000. 7.16 2000.9.14)에 검사를 실시하였으므로 제외됨.	
기타 원자로의 안전에 관계되는 시설	내진 등급 1급 구조물 구조 건전성 점검	Y
	기기냉각수계통 점검	
	기기냉각해수계통 점검	
	필수냉각계통 점검	
	공기 조화 계통 점검(기계 분야)	
	화학 및 체적 제어 계통 점검	
	제어용 압축 공기 계통 점검	Y
	화재 방호 계통 점검	
	주중기 차단 밸브 점검	
	주급수 차단 밸브 점검	
	주중기 안전 밸브 점검	
	안전 및 감압 밸브 개방 압력 설정치 점검	
	안전 등급 펌프 및 밸브 가동중 시험 점검	
기계식/유압식 방진기 점검		

〈참고 문헌〉

[1] 강석철, 원전 경년열화 관련 안전 현안, 원전 수명연장 및 PSR Workshop, 1999. 9.  
 [2] USNRC, Nuclear power plant generic aging lessons learned (GALL), NUREG/CR-6490, 1996.  
 [3] USNRC, Safety evaluation report related to the license renewal of Oconee Nuclear Station, Units 1, 2 and 3, NUREG-1723, 2000.  
 [4] USNRC, Safety evaluation

report related to the license renewal of Calvert Cliffs Nuclear Power Plant, Units 1 and 2, NUREG-1705, NRC, 1999.  
 [5] 한국원자력안전기술원, 고리 원자력1호기 제19차 정기검사보고서, KINS/AR-105, Vol.8., 2000.  
 [6] 김 효 정, Objective & Applicable Safety Standards of Probabilistic Safety Review, 제2회 원전 PSR Workshop, 2000.