

2019. 12. 19 11:00
주최 참 과학 연대
후원 에너지전환포럼

월성 1호기 계속운전 승인과정의 문제점

이정윤



원자력 안전과 미래

원자력 안전에 우리의 미래가 있습니다

최신기술기준

- 법령에 의한 요건
 - PSR(주기적안전성평가)에서 정하는 해당시점에서 **유효한 기술기준**
 - 계속운전 PSR에서 정하는 **국내외 최신 연구개발 및 운전경험을 반영한 기술기준**
 - 계속운전 PSR에서 정하는 **최신기술기준**
 - PSR ; 가동 중 10년 단위로 발전소의 안전성을 평가함
 - 계속운전 PSR ; 수명말기에 수명연장을 위하여 수명연장 기간을 포함한 안전성을 평가함

기술기준의 적용

- Code Cut-off Date(기술기준 적용일)
 - 기술기준 적용 일을 정의
 - 해당 기준일을 기준으로 최신 기술기준을 적용
 - 계약적으로 정하여 전체 발전소에 적용
 - 적용 기술기준을 정의
 - 해당 기기, 계통, 구조물의 설계에서 정의
 - 인허가 기반이 되는 기술기준들을 적용
 - 중수로 계속운전을 위해 필요한 기술기준 정의

기술기준일의 적용 - 합치화



계속운전을 위해서는 2007년판
과 1977년판의 차이점을 분석하
여 설계적으로 개선이 필요한
경우 개선하여 안전성 개선필요

☞ 합치화(Compliance) 평가

최신기술기준

- 고시(2014-31)에서 정하는 계속운전 기술기준의 적용

제4조(계속운전 평가에 적용되는 기술기준) 계속운전 평가에 적용되는 기술기준이 필요한 사항은 다음 각 호를 말한다.

1. 최신 운전경험 및 연구결과 반영사항
 - 가. 경년열화 관리대상 선정 평가
 - 나. 경년열화 관리계획 평가
 - 다. 계속운전을 위한 수명평가
 - 라. 운전경험, 연구결과 반영 필요사항
2. 최신 기술기준에 따른 방사선환경영향평가

설계는 최신기술기준 또는 최신 운전경험 및 연구결과를 반영한 평가에서 제외시킴.

최신기술기준

● 고시(2014-31)에서 정하는 계속운전 기술기준의 적용

세 부 사 항	참조 규정 및 기술기준
1. 시간제한 경년열화 평가의 확인	- CNSC Reg. Guide G-360 및 10 CFR 54.21
2. 원자로집합체 및 핵연료채널 수명평가	- 10 CFR 54.21
3. 금속 피로 평가	- 10 CFR 54.21
4. 기기의 내환경검증	- 10 CFR 50.49
5. 콘크리트 격납건물 텐돈 프리 스트레스 평가	- 10 CFR 54.21
6. 관통부 피로 평가	- 10 CFR 54.21
7. 기타 원자로별 시간제한 경년열화 평가	- 10 CFR 54.21

CNSC **G-360**은
없어진 코드임.

핵연료채널의
수명평가에 미
국기준인
10CFR54.21
적용 불가

PSR에서 기술기준일의 적용

제3절 기술기준

본 보고서는 원자력법 제23조의3(주기적안전성평가), 동법 시행령 제42조의3(주기적안전성평가의 내용) 등에 따라 2007. 12. 31일 현재 월성 1호기에 유효한 기술기준을 확인하고 이를 평가기준으로 활용하였다.

3.1 법령상의 기술기준

3.1.1.1 원자력법

○ 원자력법 제23조의3(주기적안전성평가)

3.1.1.2 원자력법 시행령

- 원자력법 시행령 제42조의2(주기적 안전성평가의 시기 등)
- 원자력법 시행령 제42조의3(주기적 안전성평가의 내용)
- 원자력법 시행령 제42조의4(주기적 안전성평가의 방법 및 기준)

3.1.1.3 원자력법 시행규칙



PSR의 4.2 가압기의 경우
기술기준 적용일을
2007.12.31로 정하고

검토한 기술기준일은 초기설
계에 적용된 기술기준일로 적
용

3.2.1 FSAR사항



월성 1호기 FSAR[1]에는 가압기와 관련된 설계 및 제작에 적용된 기술기준이 명확하게 명시되지 않아 기술시방서에 제시된 기술기준을 명시하였다. ASME 코드는 1974년 및 1977년 개정판을 기준으로 하였다.

가압기에 적용된 ASME Code의 경우 1974, 1977년 개정판을 적용한 현 설계에 대해 2007년 개정판을 적용 시 차이점을 검토하여 Upgrade 해야 함.

월성 1호기 연료채널은 2009년 이후 전량 신품으로 교체되었으며, 교체된 신규 압력관에 대해서는 아래와 같이 개정된 기술기준이 적용된다[2,3].

- CAN/CSA Standard N285.0-95 : 일반요건
- CSA N285.4-05 : 가동중검사
- CSA N285.6 Series 05 (R1994) : 재료요건
- CSA N286.2-05 : 설계품질요건
- CSA N286.3-05 : 건설품질요건
- CAN3-N289.3-M81 (R1992) : 내진요건
- CAN3-Z299.1~4-85 (R1991) : 품질보증프로그램
- or equivalent ISO 9001-00 series
- ASME B&PV Code, 2005년 추록 : 설계, 제작 및 검사
- CAN/CSA-ISO 9001-00 : 품질관리시스템

PSR 평가에서
원자로 집합체에서
교체품과 기존품의
적용코드기준이 서
로 다름.

월성 1호기 원자로집합체와 관련하여 FSAR에 기술된 적용 기술기준은 아래와 같다.

- ASME B&PV Sec. II : 재료 요건
- ASME B&PV Sec. III, Div. 1 1971 Ed. 1972 Addenda : 기기 등급 요건
- ASME B&PV Sec. VIII, Div. 1 & Div. 2, 1971 Ed. 1972 Addenda : 설계, 제작 및 검사 요건
- ASTM Standards: 재료 요건

할 기술기준은 없다. 다만, 월성 1호기 원자로집합체 칼란드리아 관은 2011년 7월에 전량 신품으로 교체되었으며 교체된 칼란드리아 관에 대해서는 아래와 같이 개정된 기술기준을 적용하였다[5,6].

- CSA N286.3-05 : 건설품질요건
- CAN3-N289.3-M81 (R1992) : 내진요건
- CAN3-N299.1~4-85 (R1991) : 품질보증프로그램
- ASME B&PV Code 2004 Ed. : 설계, 제작 및 검사
- CAN/CSA-ISO 9001-00 : 품질관리시스템

Technical Standards for Wolsong Unit 1 Nuclear Power Plant

Sung Min Kim¹, Hyeong Taek Kim¹ and Cheon Hwey Cho²

¹ Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd., Yuseong-Gu, Daejeon, Korea

² Atomic Creative Technology Co., Ltd., Yuseong-Gu, Daejeon, Korea

1. Introduction

More than twenty years after commencing commercial operation in 1983, Wolsong Unit 1(W1-NPP), the first CANDU Pressurized Heavy Water Reactor (PHWR) in Korea, has been undergoing refurbishment. Safety analyses were required to evaluate the safety of W1-NPP because significant amount of equipment has been refurbished. To evaluate the effectiveness of W1-NPP after these upgrades, new safety analyses were performed using the same technical standards of Wolsong Units 2, 3, 4 (W234-NPP) for Design Basis Accidents (DBA). The refurbished W1-NPP is expected to be licensed for full power operation based on the verified safety analysis results that are obtained by using the upgraded computer codes and newly adopted technical standards of W234-NPP.

2. Technical standards

2.1 Technical standards for W1-NPP

Originally, W1-NPP based on single & dual failure criteria of AECB-1059. To improve the safety of W1-NPP and to maintain the same technical standards for safety analysis at the same site, W1-NPP has newly adopted the same technical standards as those used in W234-NPP for design basis accidents. For W1-NPP, the Canadian Nuclear Safety Commission (CNSC) regulatory documents AECB-1059[1], R-10[2] and C-6 Rev.0 are safety analysis standards and R-7[3], R-8[4], and R-9[5] are design requirements for the special safety systems. These documents are selectively applicable, since they may not satisfy criteria in some specific areas due to their publication being later than the W1-NPP construction. For most events, as a basis

Table 1. Radiation dose guidelines for accident conditions
a. From CNSC document C-6

Class	Individual dose limit (mSv)	
	Whole body	Thyroid
1	0.5	5
2	5	50
3	30	300
4	100	1000
5	250	2500

b. From CNSC document R-10

	Single failures		Dual failures	
	Whole body	Thyroid	Whole body	Thyroid
Individual	5 mSv	30 mSv	250 mSv	2500
Population	100 man-Sv		10,000	

Table 2. Relationship between frequency and event class

C-6 Event class	Frequency (per reactor year)
1	$f < 10^{-5}$
2	$10^{-3} \leq f < 10^{-2}$
	$10^{-4} \leq f < 10^{-3}$
	$10^{-5} \leq f < 10^{-4}$
	$f < 10^{-5}$

2.2 Result of frequency analysis for W1-NPP

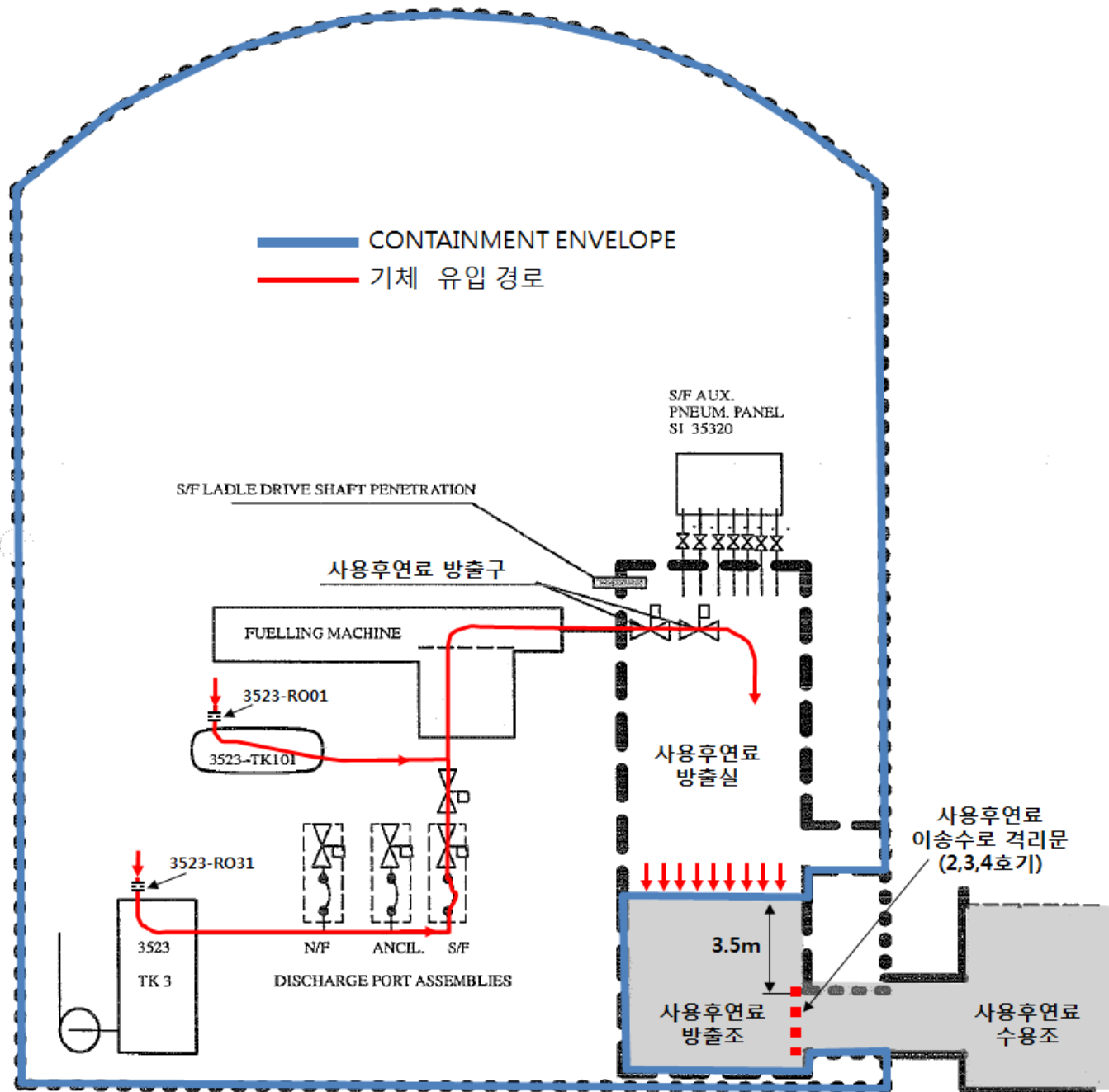
Before applying C-6 Rev.0, we reviewed the link between C-6 and the event cases of the W1-NPP safety analysis. All the applicable C-6 Rev.0 event case items that have been identified for W1-NPP are listed in Table 3. Some W1-NPP events have been reclassified using frequency based criteria, as was done in W234-NPP.

W-1 계속운전에
서 R-7, R-8, R-9
이 선택적으로
적용한 것으로
명시. 그러나 선
택적으로 적용한
기준에 대한 명
확한 근거가 없
음.

임의 취사선택?

R-7(격납용기 안전기준)

- 사용후연료 이송계통
 - 격납용기 수문의 설치
 - Point Lepreau 원전에서 검토 후 예외시킴
 - 사용후연료 방출구를 통한 압력의 전달에 대한 명확한 물리적 해석결과를 토대로 격납용기의 압력경계 평가필요



R-7

- 격납용기 관통배관의 이중화 격리밸브
 - 월성1 대비 월성 2호기에 R-7 적용하여 설치
 - 관련 ASME Code 등급변경 필요
 - 이에 따른 설계변경 필요
 - 설계, 해석, 밸브설치 등
 - 월성2호기에 적용된 R-7의 결과들에 대해 KINS에서 정반대 해석
 - 주증기관격리밸브
 - PL에서 적용예외시킴

• 월성 2호기 대비 월성 1호기 차이나는 원자로건물 격리밸브

항목	계통	원자로건물 관통배관	격리밸브		1호기 검토결과
			2호기	1호기	
1	MODERATOR Purification SYSTEM	8D-1	7814-FV71, 7814-FV72, 8221-V1	8221-V1	제외 계통, 2.3항 만족
		8D-8	7814-FV78, 7814-FV74, 8221-V15	8221-V15	제외 계통, 2.3항 만족
2	MODERATOR COVER GAS SYSTEM	1/2H-21	8281-V26, 8281-V58	8281-V26	제외 계통, 2.3항 만족
6	MODERATOR COLLECTION SYSTEM	1D-14	7814-FV54, 7814-FV56, 8261-V14	8261-V18, 8261-V14	제외 계통, 2.3항 만족
4	HT DE-DRIDE SYSTEM	1/2D-1	7814-FV58, 7814-FV57, 8888-V8	8888-V8	제외 계통, 2.3항 만족
		1/2D-11	7814-FV58, 7814-FV59, 8888-V15	8888-V15	제외 계통, 2.3항 만족
5	NITROGEN SYSTEM	2N-1	7814-FV80, 7814-FV81, 8888-V7	7870-V7108	제외 계통, 2.3항 만족
8	MOD SAMPLING SYSTEM	8/8D-19	8221-V21, 8281-V19	8221-V21	제외 계통, 2.3항 만족
		8/8D-18	8281-V18	격리밸브 없음	소구경배관, 2.4항 만족
7	HT SAMPLING SYSTEM	8/8D-12	7814-FV85, 8871-V54	8871-V54	소구경배관, 2.4항 만족
		8/8D-18	7814-FV84, 8871-V58	8871-V58	소구경배관, 2.4항 만족
		8/8D-29	7814-FV88, 8871-V62	8871-V62	소구경배관, 2.4항 만족
		8/8D-88	7814-FV82, 8871-V51	8871-V51	소구경배관, 2.4항 만족
		1/2D-6	7814-FV88, 8871-V55	8871-V55	소구경배관, 2.4항 만족
		8/8D-54	8871-V7, 8871-V54	8871-V7	소구경배관, 2.4항 만족
		8/8D-55	8871-V88, 8871-V58	8871-V88	소구경배관, 2.4항 만족
		8/8D-40	8871-V50, 8871-V52	8871-V50	소구경배관, 2.4항 만족

9	END SHIELD COOLING	18W-1	8411-FV40, 8411-FV105	8411-V40	제외 계통, 2.3항 만족
		10W-10	8411-FV89, 8411-FV88	8411-V89	제외 계통, 2.3항 만족
		12W-7	8411-FV88	8411-V88	제외 계통, 2.3항 만족
10	EMER. CORE COOLING	8/8W-8H	86482-FV1161	격리밸브 없음	소구경배관, 2.4항 만족
		8/8W-10H	86482-FV1162	관통배관 없음	관통배관 없음
		8/8W-11H	86482-FV1261	격리밸브 없음	소구경배관, 2.4항 만족
		8/8W-12H	86482-FV1262	관통배관 없음	관통배관 없음
11	RESIN TRANSFER SYSTEM	1,1/2R-5	8451-V8, 7814-FV87, 7814-FV70	8451-V8, 7814-FV87	제외 계통, 2.3항 만족
		1,1/2R-8	7814-FV24, 7814-FV89	7814-FV24	제외 계통, 2.3항 만족
12	EMERGENCY WATER SUPPLY	8/4W-17	7814-FV75	8481-V8	제외 계통, 2.3항 만족
18	ANNULUS GAS SYSTEM	8/4C-1	8498-V1, 8498-V82	8498-V1	제외 계통, 2.3항 만족
14	S/G Steam and P/W	28S-1	8811-MV27	격리밸브 없음	
		28S-2	8811-MV28	격리밸브 없음	제외 계통, 안전등급 2등급, 연속감시 가능, 2.3항에 따라 격리 조치 불필요
		28S-3	8811-MV29	격리밸브 없음	
		28S-4	8811-MV80	격리밸브 없음	
15	DEMIN. WATER SYSTEM	8W-1	7814-FV42, 7814-FV48, 7185-V201	7185-V1	제외 계통, 2.3항 만족
16	R/B ACTIVE DRAINAGE SYSTEM	2W-42	7178-FV74, 7178-FV75	관통배관 없음	관통배관 없음
17	R/B SERVICE AIR SYSTEM	2 1/2A-1	7814-FV48, 7814-FV49	7811-V80	제외 계통, 2.3항 만족
18	R/B INSTRUMENT AIR SYSTEM	4A-1	7812-FV208, 7812-FV209	7812-V198	제외 계통, 2.3항 만족
		1A-121	7812-FV222, 7812-FV224	7812-V472	제외 계통, 2.3항 만족
		4A	7812-FV218, 7812-FV217	관통배관 없음	관통배관 없음
		1,1/2A	7812-FV218, 7812-FV219	관통배관 없음	관통배관 없음
		1A	7812-FV220, 7812-FV221	관통배관 없음	관통배관 없음
19	R/B BREATHING AIR SYSTEM	2 1/2A-1	7814-FV48, 7814-FV47	7818-V88	제외 계통, 2.3항 만족

PSR에서 검토한 R-7

1. DEFINITIONS	1
2. BASIC REQUIREMENTS	1
3. DESIGN REQUIREMENTS	2
3.1 Containment Envelope	2
3.2 Design Information	2
3.3 Dose Limits under Accident Conditions	2
3.4 Structural Integrity	2
3.5 Leakage Criteria	2
3.6 Environmental Requirements	3
3.7 Availability Requirements	3
3.8 Separation and Independence Requirements	3
3.9 Requirements for Penetrations of Containment	4
3.10 Containment Atmosphere Control	4
3.11 Shielding Requirements	4
3.12 Status Monitoring Requirements	4
3.13 Codes and Standards	4
3.14 Seismic Requirements	5
4. OPERATING REQUIREMENTS	5
4.1 Requirements for Normal Operation	5
4.2 Requirements for Accident Conditions	5
5. TESTING REQUIREMENTS	6
5.1 Commissioning Tests	6
5.2 In-Service Tests and Inspections	6
5.3 Availability Tests	7

PSR의 안전해석
에서 검토한 내
용으로 일부만
검토



기타 R-7 등 미흡한 안전 주요 요건

- 계속운전심사보고서에서 R-7 적용 기술
 - 적용되었다고 하나 선택적 적용
 - 이용도 요건 $10^{-3}y/y < \text{연료가 방출구 지나는 시간 } 40\text{분/day}$
 - 압력경계 Metal 유지 요건 ; 불만족, 3.5m 물의 수두를 이용
 - 격납용기 관통부 밸브 이중화 문제 ; 불만족
- 최신기준 적용하지 않아서 내진평가 미흡
- 화재방호요건 ;
 - 2,3,4호기는 안전지침 적용(SDG-005, CSAN293)하고 비안전계통에 한해 한국 소방법 적용
 - 월성1호기 계속운전엔 일반요건(미방화협회, 캐나다 보험협회 규정적용 (원자로 건물 내의 화재는 휴대용소화기 적용 등등))
- 기타 **코드 합치화 평가(Code Compliance)**가 없어서 월성 1호기 발전소 전반에 걸쳐 최신 기술기준 미달로 안전성 취약 - 세계적으로 드문 계속운전 실패사례

결론

- 월성 1호기 최신기술기준 적용 제대로 안되어 국제 기술기준 수준에도 미흡하게 계속운전 시행
 - 한수원 독점 총괄 및 구매, 시공감독
 - AECL(캐나다원자력공사) ; 압력관 교체
 - 한전기술(주) ; 개별적인 현장요구 사항 설계변경 수행
 - 원안위/KINS ; 캐나다 선례 따라가기
- R-7의 경우 PSR에서 극히 일부만 검토한 것으로 확인
- KINS는 R-7을 적용한 격납용기 관통배관들에 대해 전부 폐쇄 계통으로 분류하여 **동일사안에 대해 정반대 해석하는 연속적인 오류 발생, 끝까지 부정하면서 행정심판 2심 진행 - 원안위의 윤리성 문제**
- 월성 1호기 계속운전은 R-7, 화재방호 등 최신기술기준에 적합하지 않은채 승인된 문제점을 원자력안전위원회는 처절히 반성하고 국민안전을 위해 새로 나는 계기가 되어야 함