제229회 원자력안전위원회

의안번호	제 1 호	심의의결사항
의결일자	2026. 1. 15.	
공개여부	공개	

고리1호기 및 연구용·교육용 원자로 주기적 안전성평가 보고서 심사 결과(안)

제 출 자	원자력안전위원회 위원장 최 원 호
제출일자	2026. 1. 15.

1. 의결주문

○ 고리 1호기, 하나로 연구용원자로(이하 하나로) 및 경희대 교육용 원자로(이하 교육로)의 주기적 안전성평가(Periodic Safety Review, 이하 PSR) 결과 도출된 안전성증진사항을 별지와 같이 의결함

2. 제안이유

○ 원자력안전법 제23조제1항에 따라 한국수력원자력(주)(이하 한수원), 한국원자력연구원(이하 KAERI), 경희대학교가 각각 제출한 고리 1호기, 하나로, 교육로 PSR에 대한 한국원자력안전기술원(이하 KINS) 심사결과를 바탕으로,

- 원자력안전위원회 회의 운영에 관한 규칙 제7조제2항에 따라 원자력안전위원회(이하 원안위)의 심의를 거쳐 원자력안전법 제23조제2항 관련 안전성증진사항을 결정 하고자 함

3. 주요내용

가. 주요경과

구분	고리1호기 제1차 영구정지 PSR	하나로 제1차 PSR	교육로 제1차 PSR
PSR 접수(원안위)	'18.12월	좌동	좌동
서류적합성 검토(KINS) 및 보완(한수원 등)	'18.12월~'22.9월	'19.1월~'22.4월	'19.1월~'22.4월
PSR 심사(KINS)	'22.9월~'25.10월	'22.4월~'25.11월	'22.4월~'25.10월
KINS 심사결과 사전검토(전문위)	'25.11월~12월	좌동	좌동

※ 제94회 원안위('18.12월), 제101회 원안위('19.5월)에서 PSR 평가방법(차이분석의 체계적 수행 등) 개선 요청

⇒ (발전용원자로) KINS PSR 심사지침 개정('19.11월, '20.6월, '21.12월)
(연구용·교육용원자로) KINS PSR 심사지침 제정('20.7월) 및 개정('22.6월)

나. KINS 심사결과

○ KINS 심사와 원자력안전전문위원회(이하 전문위) 검토를 통해 한수원 등 3개 기관이 제출한 PSR의 평가항목별 세부내용이 유효한 기술기준 및 현행 기술기준 등을 활용하여 적절하게 평가됨을 확인

○ 심사과정에서 하나로는 7건의 안전성증진사항이 적절하게 도출되었음을 확인하였으며, 고리 1호기와 교육로는 도출된 안전성증진사항이 없는 것을 확인하였음

4. 검토사항

가. [붙임1] 고리1호기 제1차 영구정지 PSR에 대한 KINS 심사결과

※ [별첨1] 고리1호기 PSR KINS 심사보고서

나. [붙임2] 하나로 제1차 PSR에 대한 KINS 심사결과

※ [별첨2] 하나로 PSR KINS 심사보고서

다. [붙임3] 교육로 제1차 PSR에 대한 KINS 심사결과

※ [별첨3] 교육로 PSR KINS 심사보고서

라. [붙임4] 고리1호기 및 하나로·교육로 PSR 전문위 사전검토결과 요약

※ [별첨4-1] 고리1호기 PSR 전문위 사전검토 보고서

[별첨4-2] 하나로 PSR 전문위 사전검토 보고서

[별첨4-3] 교육로 PSR 전문위 사전검토 보고서

5. 참고사항 : “참고” 참조

별지 **PSR 안전성증진사항**

1. 고리1호기 제1차 영구정지 PSR 안전성증진사항 : 없음

2. 하나로 제1차 PSR 안전성증진사항 : 7건

평가항목	안전성증진사항	조치기한
원자로 시설의 설계	① 안전 관련 기기 정착부의 앵커 시스템의 설계개념 변경(현행 기술기준)에 따른 영향분석	'28.12
위해도 분석	② 최신 기상관측 자료를 반영한 외부홍수 영향평가 수행	'26.12
기기검증	③ 하나로 내환경 검증 관리체계 개선	'26.12
경년열화	④ 케이블 및 금속·비금속 연결부의 해당 기기 목록 작성	'26.12
안전성능	⑤ 기체 시료채취 최신코드(ANSI/HPS N13.1-1999) 적용을 위한 기체유출물 감시계통 설비개선	'28.12
	⑥ 유도배출한도 재평가	'28.12
인적요소	⑦ 인간공학을 고려한 제어실 제어반 및 현장제어반 인간-기계 연계 기기 개선	'26.06

3. 교육로 제1차 PSR 안전성증진사항 : 없음

붙임 1 고리1호기 제1차 영구정지 PSR에 대한 KINS 심사결과

1 개요

○ **(심사목적)** 원자력안전법(이하 원안법) 제23조에 따라 한수원이 제출한 **고리1호기 제1차 영구정지 PSR 결과의 타당성 확인**

○ **(심사내용)** 원안법 시행령 제37조 및 같은 법 시행규칙 제20조에 근거하여 **14개 평가항목**에 대한 평가가 수행되었는지 심사

〈 PSR 14개 평가항목 〉

① 원자로시설의 설계 ② 안전에 중요한 구조물·계통·기기의 실제 상태 ③ 결정론적 안전성분석 ④ 확률론적 안전성평가 ⑤ 위해도 분석 ⑥ 기기검증 ⑦ 경년열화 ⑧ 안전성능 ⑨ 운전경험 및 연구결과의 활용 ⑩ 운영 및 보수 등의 절차서 ⑪ 조직, 관리체계 및 안전문화 ⑫ 인적요소 ⑬ 방사선비상계획 ⑭ 방사선환경영향

○ **(심사방법)** 평가항목별 세부내용이 평가 당시 해당 시설에 유효한 기술기준*을 활용하고, **현행 기술기준****과의 **비교분석** 등을 통해 합리적이고 실현 가능한 **안전성 증진사항**을 **도출**하였는지 **확인**

* 운영허가에 적용된 기술기준과 그 이후 변경허가 등으로 추가된 기술기준

** 주기적 안전성평가 시점에서 규제기관이 최근 승인한 기술기준

○ **(심사경위)**

- 고리1호기 영구정지('17.6.18) PSR* 제출('18.12.13./한수원→원안위)

  * 평가대상기간: 2006.1.1. ~ 2017.12.31.

- 신청서류 적합성 검토('18.12월~'22.9월/KINS)

  ※ 제94회 원안위('18.12월), 제101회('19.5월) 원안위에서 PSR 평가방법(차이분석 등) 개선 요청 → KINS PSR 심사지침 개정('19.11월, '20.6월, '21.12월)

- PSR 결과에 대한 기술심사('22.9월~'25.10월/KINS)

  ※ 총 5차례(추가 보완 3회 포함) 674건의 질의·답변을 통해 적합성 확인

- KINS 심사결과 전문위 보고 2회(제121회('25.11.21), 제122회('25.12.5))

2 평가항목별 심사결과

1 원자로시설의 설계 (원안법 시행규칙 제20조 제1호)

○ **(심사목적)** 원자로시설이 유효한 기술기준에 따라 설계됨을 확인

○ **(심사결과) 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기***(Structure, System and Component, 이하 SSC)의 목록 및 등급분류, 설계기준 문서 개정본 등이 관련 **기술기준**** **및 절차에 따라 타당하게 평가**됨

- 고리1호기 구조물·계통 및 기기의 설계기준을 현행 기술기준과 비교·검토한 결과 실질적인 차이가 없이 동등함을 확인

- 설계문서는 설계 변경사항 등을 반영하여 유효한 기술기준에 적합한 상태로 개정 및 관리됨을 확인

* 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기 : 필수 안전기능을 수행하는 안전설비와 고장 시 안전설비 기능수행에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 비안전설비

**「원자로시설의 안전등급과 등급별 규격에 관한 규정」(원안위 고시) 등

2 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 실제 상태 (원안법 시행규칙 제20조 제2호)

○ **(심사목적)** 안전에 중요한 SSC의 물리적 상태가 다음 PSR 시점까지 설계요건을 만족함을 확인

○ **(심사결과) 안전에 중요한 SSC의 상태가** 건전한 것으로 평가되었고, **다음 PSR 시점까지 설계요건을 만족**할 것으로 판단됨

- **(안전에 중요한 구조물*****)** 건전성 및 기능 수행능력에 관한 정보, 현재 상태 및 진행 또는 예상되는 경년열화에 관한 정보, 검사결과 및 보수기록 등을 통한 구조물 상태가 건전함을 확인

* 1·2차 보조건물, 핵연료취급건물, 1차기기냉각수건물, 1차기기냉각해수 취수구조물 등

- **(계통 및 기기*)** 운전이력, 정비 기록, 설계변경 사례 및 현장점검 내용 등을 통해 건전성, 기능수행능력 등이 유지되고 있음을 확인

  * 1차계통 배관, 밸브, 펌프 그룹, 계측제어계통, 전력계통, 열교환기, 공기조화설비, 비상디젤발전기, 화재방호설비, 2차계통 배관, 안전관련 방사선감시기 등

3 결정론적 안전성분석 (원안법 시행규칙 제20조 제3호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 실제 상태 및 현행 기술기준 등을 고려하여, 기존 결정론적 안전성분석(DSA*) 결과가 타당성을 유지하고 있는지 확인

  * Deterministic Safety Analysis : 기기의 오작동, 내·외부 사건, 운전원 오류 등으로부터 발생이 예상되는 사고에 대해 원자로시설이 허용기준을 만족함을 확인하는 분석

○ **(심사결과) DSA에 적용*된 가정사항, 해석방법 등이** 관련 **기술기준을 만족**하고 있으며, 정상·사고 시 방출량 및 방사선량 평가 결과 **선량 제한치를 만족하는 등** 기존 분석의 **타당성을** 확인

  * 원자로에서 연료가 인출됨에 따라 노심핵설계, 열수력설계 등은 분석대상에서 제외하고, 영구정지 최종안전성분석보고서(FSAR)의 15장(사고해석)에 포함된 사용후핵연료 캐스크 낙하사고, 핵연료 취급사고 등에 대해 분석 수행

4 확률론적 안전성평가 (원안법 시행규칙 제20조 제4호)

○ **(심사목적)** 현행 확률론적 안전성평가(PSA*) 방법 등을 고려하여, 기존의 PSA 평가가 타당성을 유지하고 있는지를 확인

  * Probabilistic Safety Assessment : 초기사건 발생빈도와 이에 따른 손상 규모를 종합하여 발전소의 리스크를 평가

○ **(심사결과)** 원자로에서 **핵연료가 인출되어** 노심 손상으로 이어질 수 있는 사고 시나리오는 성립하지 않으므로 **PSA를 수행하지 않은 것은 타당**한 것으로 판단됨

5 **위해도 분석** (원안법 시행규칙 제20조 제5호)

○ **(심사목적)** 현행 분석방법 및 기술기준 등을 고려하여 내·외부 위해(화재, 침수, 해일, 강풍 등)에 대한 방호 상태의 타당성을 확인

○ **(심사결과)** 내부위해* 및 외부위해**의 예상규모, 발생빈도와 원자로 시설의 **위해도 평가결과가 적합**하고, 위해의 **예방** 또는 **완화**를 위한 **절차가 적절히 수립**되어 방호 상태가 타당함

* 화재, 침수, 독성 액체 및 기체, 폭발 등

** 홍수, 강풍, 화재, 극한온도, 지진, 화산폭발, 독성 액·기체, 폭발 등

6 **기기 검증** (원안법 시행규칙 제20조 제6호)

○ **(심사목적)** 안전관련 설비가 다음 PSR 시점까지 안전기능을 수행할 수 있는지 검증되어 있음을 확인

○ **(심사결과) 내진검증 대상** 기기목록 및 **관리절차** 등이 **적절히 수립**되어 있고, **검증유지 조치** 등이 관련 기준*에 따라 **적합하게 평가됨**

* 내진검증 적용 : IEEE 344

7 **경년열화** (원안법 시행규칙 제20조 제7호)

○ **(심사목적)** 안전여유도를 유지하기 위한 경년열화* 관리현황과 향후 안전운전을 위한 관리계획이 확립되어 있는지를 확인

* 시간 경과 또는 사용 정도에 따라 원전의 SSC에 변화를 야기하는 물리적 또는 화학적 과정

○ **(심사결과)** 평가대상 SSC가 적절히 분류·선정되었고 **경년열화 현상 분석**에 따른 **후속조치가 적절**하며 **관리 프로그램도 적합함**

- 주요 기기*에 대한 경년열화가 관련 기술기준**에 제시된 방법론에 따라 적합하게 분석되었으며, 효과적으로 관리되고 있음을 확인

* 안전등급 설비의 배관, 계측제어계통, 열교환기, 공기조화설비 등

** KEPIC MNZ 부록W(ASME Sec.III App.W 동등), NUREG-1801 등

8 **안전성능** (원안법 시행규칙 제20조 제8호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전성능에 관한 운전경험을 분석하여 추가적인 안전성 향상 필요성을 검토하고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 안전 관련 **사건 분류체계** 및 **근본 원인분석 이행체계가 적절히 수립·이행**되고 있고, 보수·시험·검사 등 **안전 관련 운전자료 분석**을 통해 **안전성능을 적절하게 평가**하고 있음을 확인

- 작업자에 대한 피폭방사선량, 소내 방사선 감시자료, 방사성폐기물 발생자료 및 방사성유출물 배출기록 관리상태가 적절함을 확인

9 **원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용** (원안법 시행규칙 제20조 제9호)

○ **(심사목적)** 다른 유사 원자로시설의 운전 경험과 연구결과가 적절하게 반영되고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 원전 **운전경험** 및 연구결과의 **수집, 활용, 전파** 및 반영 **체계가 적절히 운영**되고 있음

- 평가기간 동안 국내·외 원전 운전경험*을 수집·분석하여 교육, 절차서 반영, 설비점검 및 개선 등이 이루어짐을 확인

* 국내 타 원전 경험정보 : 3,600여건 / 해외기술정보 : 1,070건

- 203건의 운전 및 정비경험보고서를 타 발전소에 전파함을 확인

10 **운영 및 보수 등의 절차서** (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제10호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 운전·보수·점검·시험·변경 및 비상대응 등을 위한 절차서가 적절한 기준에 따라 작성되어 있는지를 확인

○ **(심사결과) 각종 절차서**를 적절히 수립하여 품질보증요건에 따라 적합하게 운영하고 있고, ANSI/ANS-3.2*를 토대로 **절차서를 주기적으로 검토·보완****하고 있음을 확인

* 발전용 원자로에 대한 행정관리시스템을 규정

** 설계변경사항 반영, 인적오류 방지 등을 위한 절차서 개선 검토 및 개정

11 조직, 관리체계 및 안전문화 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제11호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전운전을 위하여 사업자의 조직과 행정이 적절하게 운영되고 있는지를 확인

○ **(심사결과) 안전우선체제** 및 개인·조직의 역할이 **문서화** 되어있으며, 적정시설을 갖추고 교육·훈련계획을 수립·이행하는 등 **안전문화 증진체계** 등이 **확립**되어 있음

- **영구정지 이후** 발전소 조직 및 **인력 세부운영계획을 수립**하여 관련 업무의 효율적 수행을 위한 관리체계를 수립하였음을 확인

12 인적 요소 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제12호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전운전에 영향을 줄 수 있는 다양한 인적 요소의 관리상태를 확인

○ **(심사결과)** 초과근무 제한 등 **직원 관리체계**, 자격관리, 훈련계획, **인간-기계 연계체제 분석 등이 관련 기준*에 따라** 적합하게 **평가·관리**되고 있음을 확인

* 교대근무 및 초과근무, 자격, 훈련 : 근로기준법, ANSI/ANS 3.1, ANSI/ANS 3.2

* 인간-기계 연계체제 분석 : NUREG-0700, NUREG-0711

13 비상계획 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제13호)

○ **(심사목적)** 비상사태 대응계획에 따른 인원·설비·기기의 확보 및 비상대응기구 간의 유기적 협조체계가 유지되는지를 확인

○ **(심사결과) 방사선비상계획*** 및 관련 **조직 간 협조체계** 등이 관련 규정**에 따라 **적합하게 수립·이행**되고 있음

* 방사선비상시 대응체계, 재난대응설비, 주민 및 종사자 보호조치, 방재 교육 및 훈련을 통한 비상대응능력의 유지·관리 등

**「원자력시설 등의 방호 및 방사능 대책법」 제20조 및 「원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정」(원안위 고시) 등

14 방사선 환경영향 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제14호)

○ **(심사목적)** 원자로시설에 대한 환경영향 감시계획이 적절히 수립·이행되고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 방사능 유출경로에 대한 **방출제한치 및 방출기록,** 경보장치, **주민피폭선량, 환경감시** 등이 원안법 제104조에 따라 **적절하게 평가**되었음을 확인

- Regulatory Guide 1.109에 제시된 피폭경로, 계산가정, 피폭경로별 계산모델에 기반하여 ICRP* 60 권고를 반영하고 있음을 확인

  * International Commission on Radiological Protection : 국제방사선방호위원회

- 다수기 영향을 고려한 제한구역 경계에서의 **예상 피폭방사선량은 기준치 이내**임을 확인

구분	평가결과(mSv/y)	기준치(mSv/y)	비고
유효선량	최대 0.0151 (평균 0.00534)	0.25	기준치 대비 최대 6.04% (기준치 대비 평균 2.136%)
갑상선 등가선량	최대 0.0165 (평균 0.005419)	0.75	기준치 대비 최대 2.20% (기준치 대비 평균 0.722%)

※ 고리 1호기 단독 평가 : 액체유출물에 의한 주민 피폭방사선량은 기준치의 약 0.012~0.055%, 기체유출물의 경우는 기준치의 약 0.064~1.55% 수준으로 평가

- 환경방사선/능 **감시자료**는 **교차분석을 통해 신뢰성을 확보**하고 있으며, 측정·분석 장비는 주기적으로 교정하고 있음을 확인

3 종합 심사결과

○ 한수원이 수행한 고리1호기 제1차 영구정지 PSR은 원자력안전법 제23조, 같은법 시행령 제37조 및 시행규칙 제20조에 따라 적절하게 작성·제출되었음을 확인

- 평가항목별 세부내용이 유효한 기술기준 및 현행 기술기준 등을 활용하여 적절하게 평가되었고, 그 결과가 타당함을 확인

- 다만, 고리1호기는 영구정지 원전으로 주요 안전 관련 기기가 운전되지 않으므로* 심사 과정에서 도출된 안전성 증진사항은 없음

  * 사용후핵연료 저장조의 냉각을 위한 안전등급 3 기기만 일부 운영

참고1-1 영구정지 원전 PSR 관련 법령 발췌

◈ 영구정지 원전에 대한 PSR 수행이 법제화('15.1.20)됨에 따라, 고리 1호기도 PSR을 수행

- 다만, 원안법 시행령 제36조(주기적 안전평평가의 시기 등)에 따라 사용하지 않는 일부 계통(원자로냉각재계통, 안전주입계통 등)은 평가대상에서 제외할 수 있음

【 원자력안전법 】

제23조(주기적 안전성평가) ① 발전용원자로운영자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 발전용원자로 및 관계시설의 안전성을 주기적으로 평가하고, 그 결과를 위원회에 제출하여야 한다. 다만, 제21조제2항에 따라 변경허가를 받고 영구정지한 발전용원자로 및 관계시설의 주기적 안정성평가에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

② 위원회는 제1항에 따른 주기적 안전성평가결과 또는 그에 따른 안전조치가 부족하다고 인정하면 발전용원자로운영자에게 그 시정 또는 보완을 명할 수 있다.

③ 제1항에 따른 평가방법 및 평가내용 등에 관한 사항은 대통령령으로 정한다

【 원자력안전법 시행령 】

제36조(주기적 안전성평가의 시기 등) ① 발전용원자로운영자는 법 제23조제1항에 따라 해당 원자로시설의 운영허가를 받은 날(건설허가와 운영허가를 동시에 받은 경우에는 원자로가 최초로 임계(臨界)에 도달한 날을 운영허가를 받은 날로 본다. 이하 이 조에서 같다)부터 10년마다 안전성을 종합적으로 평가하고, 평가보고서를 작성하여 위원회에 제출하여야 한다.

②~⑤ (생략)

⑥ 발전용원자로운영자는 제1항 및 제2항에도 불구하고 법 제23조제1항 단서에 따라 법 제21조제2항에 따른 변경허가를 받고 영구정지한 원자로시설의 전부 또는 일부가 다음 각 호의 요건을 모두 충족하는 경우에는 사용하지 아니하는 부분에 대하여 주기적 안전성평가를 실시하지 아니할 수 있다.

1. 원자로시설의 전부 또는 일부를 사용하지 아니할 것
2. 제1호에 따라 사용하지 아니하는 시설의 부분에 대하여 주기적 안전성평가를 실시하지 아니하여도 안전상 지장이 없을 것
3. 제1호에 따라 사용하지 아니하는 시설의 부분에 대하여 이 조부터 제39조까지의 규정에 따른 주기적 안전성평가의 시기, 내용 및 방법 등을 그대로 적용하기 어려울 것

참고1-2 영구정지에 따른 운전 불필요/부분운전/운전필요 계통 평가내역

□ 운전 불필요 계통

1차 계통	원자로냉각재 계통(RC), 화학 및 체적제어계통(CS), 안전주입계통(SI), 잔열제거 계통(RH), 격납건물 살수 계통(SP), 붕소회수계통(BR), 1차 시료채취계통(WX), 고체폐기물처리계통(WD), SG 취출수계통(BD), 2차격실 냉각계통(VV), CRDM냉각계통(VD), 원자로격실 냉각계통(VR), 재장전수조 표면 정화팬(VS), 펌프 룸 환기계통(VL), 격납건물 수소감시계통(HY), 사고감시 계측설비(WX), 용존산소제거설비(PM)
2차 계통	주증기계통(MS), 추기계통(SE), 주급수계통(MF), 급수가열기 배수계통(HD), 급수가열기 배기계통(HV), 보조급수계통(FE), 2차 시료채취계통(WA), 2차 수실관리설비(WC), 밀봉수계통(GW), 터빈관련계통(TV/MM/TB), 터빈윤활유계통(LO), 발전기 수소가스계통(TG), 발전기 밀봉유계통(SO), 고정자 냉각수계통(GC), 밀봉 증기계통(GS), 저압살수 냉각계통(HS), 복수탈염설비, SG 취출수 냉각계통(CD)

□ 부분 운전필요 계통

1차 계통	**기기냉각수계통(CC)**, 액체폐기물처리계통(WD), 1차 시료채취계통(WX), 격납용기재순환계통(VV), 보조건물활성탄 배출계통(VE), 계기용공기계통(IA), 연료재장전수계통(RF), 1차보충수계통(PM), 1차 가스 공급계통(HY/NI), 격납용기누설률 시험계통(LR), 보조건물 냉방수계통(VU), 격납용기 공급 및 배출계통(VP)
2차 계통	복수계통(CD), 복수기공기제거계통(AR), 2차기기냉각수계통(AC), 순환수계통(CW), 탈염수계통(WB), 보조증기계통(AS), 청수계통(RW)

□ 운전필요 계통

1차 계통	**사용후핵연료냉각계통(SF)**, **기기냉각해수계통(SW)**, 기체폐기물처리계통(WD), 보조건물 HEPA 배출계통(VE), 사용후핵연료저장조 활성탄배기계통(VE), 보조건물공기공급계통(VM), 제어지역 공기공급(VM/VE/VF), 관리구역출입통제지역 활성탄배출계통(VE), Battery Room 환기계통(VE), 기기배수계통(SD), 비상디젤발전기 계통(DG)
2차 계통	순수처리설비(WT), 소화수 계통(FP)

□ 영구정지 이후 운전이 필요한 SFP 냉각설비

- **기기냉각해수계통 :** 보조건물 냉방기계통 및 기기냉각수계통의 잉여열 제거 기능을 수행. 영구정지 이후 주요 냉각부하가 감소함에 따라, 기존 2계열의 다중성은 유지하되 각 계열당 열교환기 1대 및 펌프 1대(각각 용량 100%)로 운전됨.

- **기기냉각수계통 :** 정상운전 시 주요 냉각부하였던 1차측 기기는 영구정지 이후 운전되지 않으며, 사용후핵연료 붕괴열 감소로 냉각부하가 대폭 감소함. 이에 따라 기존 2계열의 다중성은 유지하되, 각 계열당 열교환기 1대와 펌프 1대(각각 용량 100%)로 운전됨

- **사용후핵연료냉각계통 :** 사용후핵연료저장조(SFP)의 붕괴열 제거를 위해 열교환기 2대(용량 100%)와 냉각수 펌프(50% 2대, 100% 1대), 보충수 및 정화계통으로 구성되며, SFP–열교환기–펌프를 순환하여 운전됨

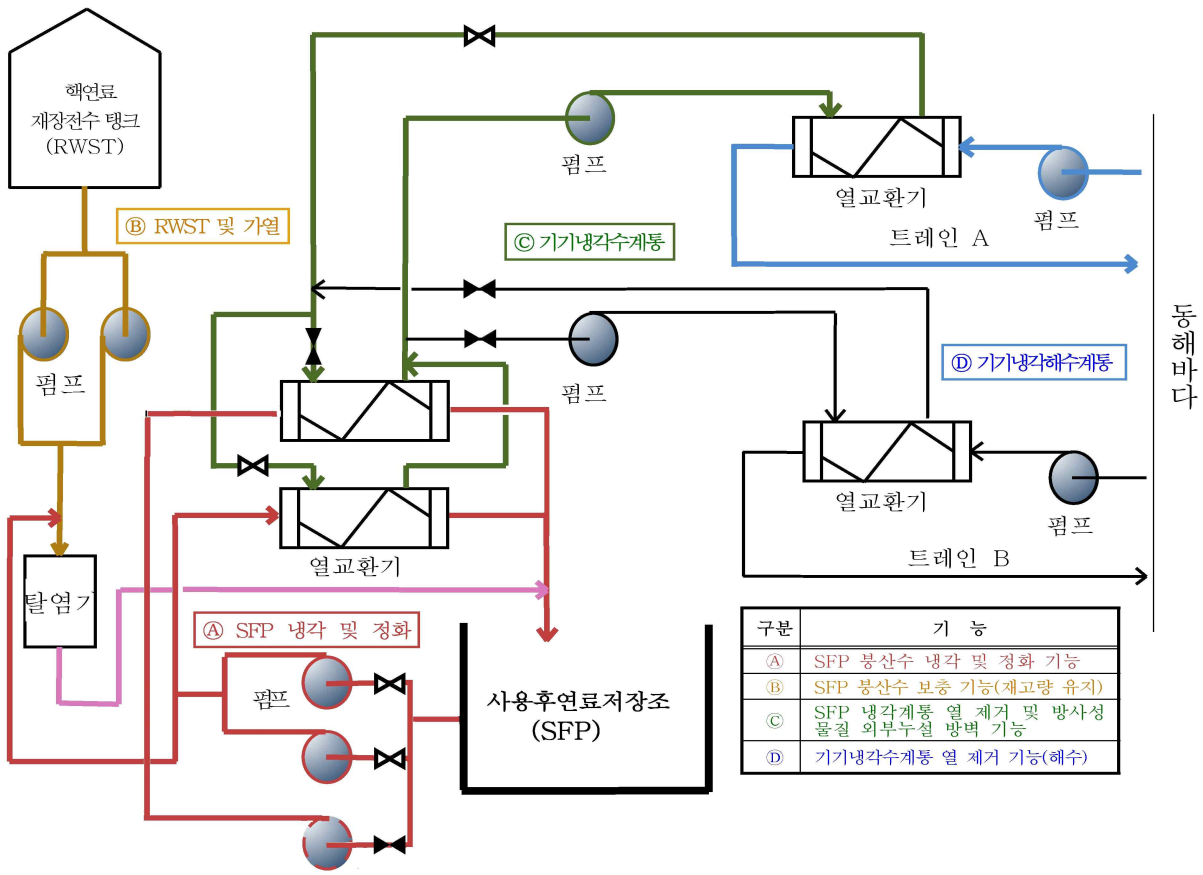


그림. 고리1호기 영구정지 후 SFP 냉각 개략도

참고1-3 고리 1호기 PSR 심사 시 고려된 주요 차이분석

《 차이분석 (Gap Analysis) 》

- **(정의)** 평가대상 원전의 유효한 기술기준*과 평가 시점에서 규제기관이 최근 승인한 현행 기술기준을 비교 분석하는 것을 말함

  * 운영허가에 적용된 기술기준과 그 이후 변경허가 등으로 추가된 기술기준

  ※ 주기적 안전성평가 평가항목 중 원자로시설 설계, 결정론적 안전성분석, 위해도 분석에 차이 분석 적용

- **(활용)** 차이분석 결과 도출된 차이점(Gap) 중 안전성 증진효과, 실현가능성, 합리성 등을 고려하여 최종 안전성증진사항으로 도출

■ 원자로시설의 설계 [PSR 평가항목 1]

○ 고리 1호기 영구정지 원전 안전관련 구조물·계통 및 기기 설계에 적용된 기술기준과 이에 상응하는 현행 기술기준에 대한 차이 분석 검토 결과, 설계 개념상 차이가 없음을 확인

- 단, 안전 관련 콘크리트 구조물 설계의 현행 기준에서 기기 정착부의 콘크리트 앵커 요건이 개정되었으나, 현재 고리 1호기는 운전 중인 안전 관련 기기가 사용후핵연료 저장조 냉각기능 관련 기기뿐이고, 해당 기기에 대한 0.3g 내진성능 확인, 열교환기·펌프 이중화, 비상 냉각수 외부주입유로 설치, 이동형 발전차·펌프 확보 등의 조치가 완료되었으므로 추가적인 안전성증진사항 도출은 불필요한 것으로 판단됨

[원자로시설의 설계에 대한 주요 차이분석 검토 결과]

유효한 기술기준	현행 기술기준	검토 결과
ASME B&PV Code, Sec.Ⅲ, Div.1 (안전관련 기기의 설계기준) (1968)	ASME B&PV Code, Sec.Ⅲ, Div.1 (2007~2008추록)	설계개념 동등 (설계 안전성에 영향을 줄 수 있는 차이(Gap)로 고려할 만한 사항은 없음)
ACI 318-63 (콘크리트 구조물 설계기준) (1963)	ACI 349-01 (안전관련 콘크리트 구조물 설계기준) (2001)	차이 사항 있음 다만, 영구정지로 안전 관련 주요설비가 운전되지 않는 점, 사용후핵연료 저장조 냉각기능 유지에 필요한 조치*들을 기수행한 점, 안전관련 기기 정착부에 대한 주기적인 점검(표준정비-1103 : 안전 관련 기기 지진취약성 점검)이 수행되고 있는 점을 고려하여 관련 안전성 증진사항의 도출은 불필요하다고 판단함 * 0.3g 내진성능 확인, 사용후핵연료저장조 열교환기·펌프 이중화, 비상 냉각수 외부주입유로 설치, 이동형 발전차·펌프 확보

유효한 기술기준	현행 기술기준	검토 결과
IEEE Std. 279(1971) (안전관련 보호계통 설계기준)	IEEE Std. 279 (안전관련 보호계통 설계기준) (1971) IEEE Std. 603 (원전 안전계통 설계기준) (1998)	설계개념 동등 (설계 안전성에 영향을 줄 수 있는 차이(Gap)로 고려할 만한 사항은 없음)

■ 결정론적 안전성분석 [PSR 평가항목 2]

○ 고리 1호기 결정론적 안전성 분석 관련 차이 분석은 영구정지 상태를 반영하여 사용후 핵연료 관련 정상 및 사고조건에서의 방사선 선량과 방사성물질 방출제한치에 대한 비교 및 주제어실 거주성평가를 시행하였으며, 현행 기술기준과 동등한 수준임을 확인

[결정론적 안전성분석에 대한 주요 차이분석 검토 결과]

구분	유효한 기술기준	현행 기술기준	검토 결과
설계기준사고 선량평가	Reg. Guide 1.4 (1974)	Reg. Guide 1.195 (2003)	현행 기술기준의 결과가 기존방법에 포괄됨
	Reg. Guide 1.145 (1979)	Reg. Guide 1.145 (1983)	현행 기술기준과 동일하게 대기확산인자 평가
주제어실 거주성 평가	Reg. Guide 1.4 (1974)	Reg. Guide 1.195 (2003)	최신 Reg. Guide 1.195 기반으로 선량평가 수행

■ 확률론적 안전성평가 [PSR 평가항목 3]

○ 출력운전을 하지 않는 고리1호기는 영구정지에 따른 별도의 확률론적 안전성평가를 수행하지 않음

■ 위해도 분석 [PSR 평가항목 4]

○ 고리1호기 영구정지 원전에 대해 기존의 위해도 분석에서 고려된 내부 화재, 침수, 폭발 등 주요 항목에 대해 현행 기술과의 비교 상태를 확인한 결과, 다음과 같이 현행 기술과 동등한 수준이거나 현행 기술기준으로 평가하였음을 확인함

[위해도 분석 관련 주요 차이분석 검토 결과]

구분	유효한 기술기준	현행 기술기준	검토 결과
내/외부 화재	NUREG-0800 BTP CMEB 9.5-1 (1981)	Reg. Guide 1.189 (2009)	현행 기술기준과 동등 (현행 기술기준에 추가된 사항을 고려하여 평가)
내부 독성 액체 및 기체	-	RG 1.78 (2001년)	현행 기술기준으로 평가
내부 폭발	NUREG-0800 BTP CMEB 9.5-1 (1981)	Reg. Guide 1.189 (2009)	현행 기술기준과 동등 (현행 기술기준에 추가된 사항을 고려하여 평가)
홍수 (해일포함)	Reg. Guide 1.59 (R0, 1973년)	Reg. Guide 1.59 (R2, 1977년)	현행 기술기준과 동등 (현행 기술기준에 추가된 사항을 고려하여 평가)
강풍	FSAR 2.3	NUREG-0800 SRP 2.3.1 (2007년)	현행 기술기준으로 평가
지진	10CFR100 Appendix A (1977년)	10CFR100 Appendix A (1997년)	현행 기술기준과 동등
항공기 충돌	-	NUREG-0800, SRP 3.5.1.6 (2010년)	현행 기술기준으로 평가
외부 독성 액체 및 기체	-	Reg. Guide 1.78 (2001년)	현행 기술기준으로 평가
외부 폭발	FSAR 2.2	Reg. Guide 1.91 (2013년)	현행 기술기준으로 평가

붙임 2 하나로 제1차 PSR에 대한 KINS 심사결과

1 개요

○ **(심사목적)** 원안법 제34조에서 준용하는 같은 법 제23조에 따라 KAERI가 제출한 **하나로 제1차 PSR 결과의 타당성 확인**

○ **(심사내용)** 원안법 시행령 제37조 및 같은 법 시행규칙 제20조에 근거하여 **14개 평가항목**에 대한 평가가 수행되었는지 심사

〈 PSR 14개 평가항목 〉

① 원자로시설의 설계 ② 안전에 중요한 구조물·계통·기기의 실제 상태 ③ 결정론적 안전성분석 ④ 확률론적 안전성평가 ⑤ 위해도 분석 ⑥ 기기검증 ⑦ 경년열화 ⑧ 안전성능 ⑨ 운전경험 및 연구결과의 활용 ⑩ 운영 및 보수 등의 절차서 ⑪ 조직, 관리체계 및 안전문화 ⑫ 인적요소 ⑬ 방사선비상계획 ⑭ 방사선환경영향

○ **(심사방법)** 평가항목별 세부내용이 평가 당시 해당 시설에 유효한 기술기준*을 활용하고, **현행 기술기준****과의 **비교분석** 등을 통해 합리적이고 실현 가능한 **안전성 증진사항**을 **도출**하였는지 **확인**

* 운영허가에 적용된 기술기준과 그 이후 변경허가 등으로 추가된 기술기준

** 주기적 안전성평가 시점에서 규제기관이 최근 승인한 기술기준

○ **(심사경위)**

- 하나로 제1차 PSR* 결과 제출('18.12.26./KAERI→원안위)

  * 평가대상기간 : 1995.02.08.(최초임계일) ~ 2017.06.30 (22년)

- 신청서류 적합성 검토('19.1월~'22.4월/KINS)

  ※ 제94회 원안위('18.12월), 제101회('19.5월) 원안위에서 PSR 평가방법(차이분석 등) 개선 요청 → KINS PSR 심사지침 제정('20.7월) 및 개정('22.6월)

- PSR 결과에 대한 기술심사('22.4월~'25.11월/KINS)

  ※ 총 4차례 595건의 질의·답변을 통해 적합성 확인

- KINS 심사결과 전문위 보고 2회(제121회('25.11.21), 제122회('25.12.5))

2 평가항목별 심사결과

1 원자로시설의 설계 (원안법 시행규칙 제20조 제1호)

○ **(심사목적)** 원자로시설이 유효한 기술기준에 따라 설계됨을 확인

○ **(심사결과) 안전에 중요한 SSC의 설계기준**을 **현행 기술기준과** 비교한 결과 **전반적으로** 실질적인 차이 없이 **동등한 수준**임을 확인

- 다만, 안전관련 기기 정착부 콘크리트 앵커의 설계개념 변경*에 따른 영향 분석을 수행하도록 **안전성증진사항 1건** 도출

* 콘크리트 파괴면을 45° 기운 원뿔에서 35° 기운 사각뿔로 변경하여 비연성파괴 허용 및 보수적인 콘크리트 파괴강도 산출

① 안전관련 기기 정착부 앵커시스템의 설계개념 변경에 따른 영향분석

[현재상태] 허가 당시 ACI 349-80에 따른 앵커 시스템 설계 및 설치 방법을 적용하여 설계 당시 기술기준에 따른 안전성은 만족

[개선내용] 현행 기술기준인 ACI 349-01의 콘크리트 앵커 설계방법에 따른 안전 관련 기기 콘크리트 앵커의 영향분석 필요

※ (ACI 349) 미국 콘크리트학회(American Concrete Institute, ACI)에서 발행한 내진범주 I급 콘크리트 구조물 설계기준

2 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 실제 상태 (원안법 시행규칙 제20조 제2호)

○ **(심사목적)** 안전에 중요한 SSC의 물리적 상태가 다음 PSR 시점까지 설계요건을 만족함을 확인

○ **(심사결과) 안전에 중요한 SSC*의 상태가** 건전한 것으로 평가되었고, **다음 PSR 시점까지 설계요건을 만족**할 것으로 판단

* 원자로시설 중 필수 안전기능을 수행하는 안전설비와 고장 시 안전설비 기능수행에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 비안전설비

- **(안전에 중요한 구조물*)** 안전에 중요한 구조물의 경년열화기구**를 고려한 주기 및 정밀점검 결과 등을 통해 구조적 건전성이 유지됨을 확인하였고, 원자로건물의 기밀성능평가도 설계요건을 만족함을 확인

* 원자로건물(준격납건물), 핵연료취급 구조물 등

** 설비나 기기가 시간이 지남에 따라(경년) 성능이 저하되거나 손상되는 원인(Mechanism) 또는 과정

- **(계통 및 기기*)** 가동중검사, 가동중시험, 운전이력, 정비 기록, 설계변경 사례 및 현장점검 내용 등을 통해 건전성과 기능 수행 능력 등을 평가한 결과 이상이 없는 것으로 확인

* 원자로집합체, 반응도 제어장치, 1차계통 배관, 지지대, 밸브 및 밸브구동장치, 펌프, 수조 및 배수조 라이너, 계측제어계통, 전력계통, 열교환기, 공기조화계통, 디젤발전기, 화재방호설비, 2차계통 배관, 인양설비 및 연료취급설비

3 결정론적 안전성분석 (원안법 시행규칙 제20조 제3호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 실제 상태 및 현행 기술기준 등을 고려하여, 기존의 결정론적 안전성분석(DSA) 결과가 타당성을 유지하고 있는지 확인

○ **(심사결과) DSA에 적용된 사항***이 관련 **기술기준을 만족**하고 있으며, 사고 시 방출량 및 방사선량을 평가한 결과 선량제한치를 만족하는 등 기존 분석이 **타당성을 유지**함을 확인

* 노심핵설계, 열수력설계, 과도해석, 냉각재상실사고 해석 등에 적용된 주요 가정, 초기조건, 안전계통의 단일고장, 해석방법, 컴퓨터 코드 등

4 확률론적 안전성평가 (원안법 시행규칙 제20조 제4호)

○ **(심사목적)** 현행 확률론적 안전성평가(PSA) 방법 등을 고려하여, 기존의 PSA 평가가 타당성을 유지하고 있는지를 확인

※ 원안법 시행규칙 제25조에 따라 연구로에 대한 건설·운영허가 시 PSA의 제출이 요구되지 않아 PSR을 통해 PSA를 최초로 수행

○ **(심사결과)** 전출력 1단계 내부사건 PSA에 대해 현행 평가방법, 시설의 현재 상태 등을 반영하여 분석이 수행*되었으며, **노심손상빈도는 국내 가동원전의 성능목표****와 비교 시 **약 1/20 수준으로 확인**

* 연구용원자로의 경우 국제적으로 PSA 수행 사례가 드물며, 심사 과정에서 1단계 외부사건(지진, 침수, 화재) 및 2단계 PSA(대량조기방출빈도)의 리스크 영향이 미미함을 확인함

** KINS/ER-160 Rev.1 "원자력발전소에 대한 성능목표(안)"

구분	국내 가동원전 성능목표(/yr)	하나로 PSA 결과(/yr)
노심손상빈도(1단계 PSA)	1.0E-04 미만	4.55E-06

5 위해도 분석 (원안법 시행규칙 제20조 제5호)

○ **(심사목적)** 현행 분석방법 및 기술기준 등을 고려하여 **내·외부 위해**(화재, 침수, 해일, 강풍 등)에 대한 **방호 상태의 타당성**을 확인

○ **(심사결과)** 내·외부 위해의 예상규모, 발생빈도와 원자로시설의 **위해도 평가결과가 적합**하고, 위해의 **예방** 또는 **완화**를 위한 **절차가 적절히 수립**되어 방호 상태가 타당함

- 다만, **외부 홍수평가**의 경우 국지 강우 등 **최신 기상관측자료를 반영할 필요**가 있으므로 **안전성증진사항 1건** 도출

② 최신 기상관측자료를 반영한 외부홍수 영향평가 수행

[현재상태] PSR 평가 시점에 따라 대전기상관측소에서 관측한 2017년까지의 기상관측자료를 활용하여 평가하였지만, 평가 이후의 최신 강우 자료는 반영하지 못함

[개선내용] 자연재해에 대해 선제적인 안전성 확보를 위해 최신 기상관측자료를 반영하여 국지 강우에 의한 하나로 부지의 침수 영향 평가와 덕진천에 대한 하천 홍수 영향평가의 수행

6 기기 검증 (원안법 시행규칙 제20조 제6호)

○ **(심사목적)** 안전관련 설비가 다음 PSR 시점까지 안전기능을 수행할 수 있는지 검증되어 있음을 확인

○ **(심사결과) 기기*목록 및 관리절차** 등이 적절히 수립되어 있고, 품질보증 등 **검증유지를 위한 조치** 등이 관련 기준**에 따라 적합하게 평가됨

* 원자로를 정지시키고 안전정지상태로 유지하는 기능을 수행하는 설비, 사고 후 감시기기, 계측제어 및 전기기기 등

** (내환경검증 및 유지관리체계) IEEE 323, 10CFR50.49 / (내진검증 적용) IEEE 344

- 다만, 내환경검증의 지속적인 유효성을 보장하기 위해 **내환경검증 유지관리 절차와 관리체계 개선이 필요**함에 따라 **안전성증진 사항 1건** 도출

> **③ 내환경 검증체계 개선**
>
> **[현재상태]** 하나로는 유효한 기술기준(10CFR50.49, IEEE 323)에 따라 검증된 기기를 사용하고 있으나, 내환경검증의 지속적인 유효성을 보장하기 위한 내환경검증 유지절차와 관리체계 개선 필요
>
> **[개선내용]** 하나로에 기존 수립되어 있는 내환경절차 등이 내환경검증 체계 내에서 수행될 수 있도록 내환경검증계획서, 내환경검증평가서, 내환경검증 관련 절차서 작성 및 개정

7 경년열화 (원안법 시행규칙 제20조 제7호)

○ **(심사목적)** 안전여유도를 유지하기 위한 경년열화 관리현황과 향후 안전운전을 위한 관리계획이 확립되어 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 평가대상 SSC가 적절히 분류·선정되었고 **경년열화 현상분석**에 따른 **후속조치가 적절**하며 **관리 프로그램**도 **적합**

- **주요 기기***에 대한 **경년열화 현상**이 **관련 기술기준****에 제시된 방법론에 따라 **적합하게 분석**되었음을 확인

* 원자로집합체, 반응도 제어장치, 1차계통 배관, 지지대, 밸브 및 밸브구동창치, 펌프, 수조 및 배수조 라이너, 계측제어계통, 전력계통, 열교환기, 공기조화계통, 디젤발전기, 화재방호설비, 2차계통 배관, 인양설비 및 연료취급설비

** KEPIC MNZ 부록W(ASME Sec.III App.W 동등), NUREG-1801

- 다만, **케이블 및 금속·비금속연결부***의 경년열화관리**를 위한 절차서는 작성되었으나 **해당기기 목록 부재로 관리대상기기가 불명확**함에 따라 **안전성증진사항 1건** 도출

* (금속연결부) 심선, 금속시스, 금속도관 등, (비금속연결부) 플라스틱 외피 및 절연체, 충전재, 비금속 도관 등

** 일반부식, 오염, 열노화, 조사취하, 진동, 습분, 절연저하 등 시간의 경과에 따라 경년열화 관리가 요구되는 전기케이블 및 연결부를 대상으로 건전성 유지가 목적

> **④ 케이블 및 금속·비금속 연결부의 해당 기기 목록 작성**
>
> **[현재상태]** 케이블 및 금속·비금속 연결부 경년열화 관리를 위한 절차서에 해당기기 목록이 부재하여 관리대상기기의 불명확
>
> **[개선내용]** 케이블 및 금속·비금속 연결부에 대한 목록을 작성하여 경년열화 기구를 체계적으로 점검하고 케이블 및 금속·비금속 연결부의 건전성 유지

8 안전성능 (원안법 시행규칙 제20조 제8호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전성능에 관한 운전경험을 분석하여 추가적인 안전성 향상 필요성을 검토하고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 안전 관련 **사건 분류체계** 및 **근본원인분석 이행체계**가 적절히 **수립·이행**되고 있고, **기기 고장상태·원인을 체계적으로 관리**하고 있음을 확인

- **운전자료 취득과 기록관리 관련 절차서를 운영**하고, **사고·고장**으로 인한 원자로 정지, 운영기술지침서의 운전제한치·운전제한조건의 조치 위반 등을 **적절하게 분석·관리**하고 있음을 확인

- **작업자의 방사선피폭량** 및 시설 내·외 방사선감시 및 배출량 기록이 **적절하게 분석·관리**하고 있음을 확인

- 다만, **기체 배출 감시계통**에 대한 **최신기준 적용** 및 최신 기상조건 등을 고려한 **유도배출한도 재평가**가 필요하여 **안전성증진 사항 2건 도출**

⑤ 기체시료채취 최신 코드(ANSI/HPS N13.1-1999) 적용을 위한 기체 유출물 감시 계통 설비 개선

[현재상태] 하나로의 기체배출 감시계통은 설계 당시 NRC RG 1.21 (Rev.1)* 및 ANSI N13.1-1969 기준을 적용하였으나, 최신기준인 RG 1.21(Rev.2) 및 ANSI/HPS N13.1-1999** 적용이 요구됨

* NRC Regulatory Guide 1.21 (액체·기체·고형 폐기물중 방사성물질 측정·평가·보고) : NRC 면허시설에서 발생하는 액체·기체 방사성 및 고형 폐기물에 포함된 방사성물질의 측정·평가·보고 방법에 관한 사항을 규정

** ANSI/HPS N13.1-1999 (공기중 방사성물질 배출 시료 채취 및 감시) : 원자력시설에서 환경으로 배출되는 공기중 방사성물질의 양을 정확하고 대표성 있게 측정 및 감시하기 위한 기술적 요구사항을 규정

[개선내용] 하나로의 기체배출물 감시계통을 최신기준(ANSI/HPS N13.1-1999 등)에 부합하도록 설비개선

※ 시료채취 위치, 노즐 구조, 배관 및 덕트 형상 등 설비 전반에 대한 개선이 필요하며 최신코드에서 제시하는 시험방법을 통해 계통의 적정성에 대한 평가결과 제시 필요

⑥ 유도배출한도 재평가

[현재상태] 하나로는 건설 및 운영 당시 설정된 유도배출한도를 만족하고 있으나, 최신의 기상조건과 변경된 사항 및 최신 법령조건 등을 고려한 유도배출한도의 재평가 필요

[개선내용] 최신 기상조건, KAERI 부지의 변경된 사항 등을 고려한 유도배출한도의 재평가 수행을 통해 방사성배출물 관리 적절성 향상

⑨ **원자로시설 운전경험 및 연구결과의 활용** (원안법 시행규칙 제20조 제9호)

○ **(심사목적)** 다른 유사 연구로시설의 운전경험과 연구결과가 적절하게 반영되고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 유사한 연구로시설의 **운전경험** 및 연구결과의 **수집, 활용, 전파** 및 반영**체계**가 적합하게 **운영**되고 있음을 확인

- 평가기간 동안 국내·외 연구로시설 **운전경험*을 수집·분석하여 교육, 절차서 반영** 등이 이루어짐을 확인

* 국내 운전경험 : 7건 / 해외기술정보 : 31건

⑩ **운영 및 보수 등의 절차서** (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제10호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 운전·보수·점검·시험·변경 및 비상대응 등을 위한 절차서가 적절한 기준에 따라 작성되어 있는지를 확인

○ **(심사결과) 각종 절차서**를 적절히 수립하여 품질보증요건에 따라 **적합하게 운영**하고 있으며, ANSI/ANS-15.18*, ANSI/ANS-3.2**를 토대로 **절차서를 주기적으로 검토·보완*****하고 있음을 확인

* 연구용 원자로의 행정관리시스템(조직 및 책임, 운영 및 운영문서, 기록, 검토, 보고서 등)을 규정

** 발전용 원자로에 대한 행정관리시스템을 규정

*** 설계변경사항 반영, 인적오류 방지 등을 위한 절차서 개선 검토 및 개정

⑪ **조직, 관리체계 및 안전문화** (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제11호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전운전을 위하여 사업자의 조직과 행정이 적절하게 운영되고 있는지를 확인

○ **(심사결과) 안전목표와 안전정책 수립** 및 **개인과 조직의 역할**이 **문서화** 되어있으며, **안전문화 증진 체계** 등이 **확립**되어 있음을 확인

- 외부 인력 및 전문가 활용을 위한 체제가 문서화 되어있으며, 직원 교육·훈련계획, 안전문화 증진계획 및 진단·분석·평가체계가 수립·이행되고 있음을 확인

12 인적 요소 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제12호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전운전에 영향을 줄 수 있는 다양한 인적 요소의 관리 상태를 확인

○ **(심사결과)** 초과근무 제한 등 **직원 관리체계**, 자격관리, 훈련계획, **인간-기계 연계체제 분석** 등이 **관련 기준***에 따라 전반적으로 적합하게 **평가·관리**되고 있음을 확인

* 교대근무 및 초과근무, 자격, 훈련 : ANSI/ANS 3.2

* 인간-기계 연계체제 분석 : NUREG-0700, NUREG-0711

- 다만, 제어실 제어반, 현장 제어반에 설치된 인간-기계 연계 기기(MMI)의 **인간공학적 불일치사항**이 확인되어, 이를 **개선**하는 **안전성증진사항 1건 도출**

⑦ 인간공학을 고려한 제어실 제어반 및 현장제어반 인간-기계 연계 기기 개선

[현재상태] 하나로에 설치된 인간-기계 연계 기기는 적절히 관리되고 있으나, 일부 기기의 경우 인간공학적 불일치 사항이 확인되어 이를 개선하는 조치가 필요함을 확인

[개선내용] 운전원의 가독성 저하 및 혼동 가능성이 있는 명판 교체, 기기명 오류 수정, 제어기 조작방향 개선 등

13 비상계획 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제13호)

○ **(심사목적)** 비상사태 대응계획에 따른 인원·설비·기기의 확보 및 비상대응기구 간의 유기적 협조체계가 유지되는지를 확인

○ **(심사결과) 방사선비상계획*** 및 관련 **조직 간 협조체계** 등이 관련 규정**에 따라 **적합하게 수립·이행**되고 있음을 확인

* 방사선비상시 대응체계, 재난대응설비, 주민 및 종사자 보호조치, 방재교육 및 훈련을 통한 비상대응능력의 유지·관리 등

**「원자력시설 등의 방호 및 방사능 대책법」 제20조 및 「원자력사업자의 방사선비상대책에 관한 규정」(원안위 고시)

⑭ 방사선 환경영향 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제14호)

○ **(심사목적)** 원자로시설에 대한 환경영향 감시계획이 적절히 수립·이행되고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 방사능 유출경로에 대한 **방출제한치 및 방출기록,** 경보장치, **주민피폭선량, 환경감시** 등이 원안법 제104조에 따라 **적절하게 평가**되었음을 확인

- **Regulatory Guide 1.109**에 제시된 피폭경로, 계산가정, 피폭경로별 **계산모델에 기반**하여 **ICRP 60 권고**를 **반영**하고 있음을 **확인**

- **제한구역 경계**에서의 **대덕 원자력부지 합산 예상피폭선량**은 **기준치 이내**로 **만족**함을 확인

구분	평가결과(mSv/y)	기준치(mSv/y)	비고
유효선량	최대 0.0367 (평균 0.00902)	0.25	기준치 대비 최대 14.7%* (기준치 대비 평균 3.61%)
갑상선 등가선량	최대 0.1310 (평균 0.02420)	0.75	기준치 대비 최대 17.4%** (기준치 대비 평균 3.23%)

* 2004년 H-3 배출량 증가(밀봉 가스켓 손상에 따른 중수 누출)에 따른 일시적 현상

** 2005년 I-131 배출량 증가(I-131 생산량 증가 및 활성탄 여과기 기능 저하)에 따른 일시적 현상

- 환경방사선/능 **감시자료**는 **교차분석을 통해 신뢰성을 확보**하고 있으며, 측정·분석 장비는 주기적으로 교정하고 있음을 확인

3 종합 심사결과

○ KAERI가 수행한 하나로 제1차 PSR은 원안법 제34조(법 제23조 준용), 같은 법 시행령 제37조 및 시행규칙 제20조에 따라 적절하게 작성·제출되었음을 확인

- 평가항목별 세부내용이 유효한 기술기준 및 현행 기술기준 등을 활용하여 적절하게 평가되었으며, 총 7건의 안전성증진사항이 적절하게 도출되었음을 확인

참고2-1 연구용·교육용 원자로 PSR 관련 법령 발췌

◈ 2014.11.22. 원자력안전법 개정으로 연구용·교육용원자로 PSR 제도 도입

【 원자력안전법 】

제23조(주기적 안전성평가) ① 발전용원자로운영자는 대통령령으로 정하는 바에 따라 발전용원자로 및 관계시설의 안전성을 주기적으로 평가하고, 그 결과를 위원회에 제출하여야 한다. 다만, 제21조제2항에 따라 변경허가를 받고 영구정지한 발전용원자로 및 관계시설의 주기적 안정성평가에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

② 위원회는 제1항에 따른 주기적 안전성평가결과 또는 그에 따른 안전조치가 부족하다고 인정하면 발전용원자로운영자에게 그 시정 또는 보완을 명할 수 있다.

③ 제1항에 따른 평가방법 및 평가내용 등에 관한 사항은 대통령령으로 정한다

제34조(준용) ① 연구용원자로등설치자 및 연구용원자로등운영자의 각종 의무 등에 관하여는 제15조・제15조의2・제15조의3・제16조・제18조・제19조・제22조・제23조 및 제25조부터 제28조까지의 규정을 준용한다.

【 원자력안전법 시행령 】

제36조(주기적 안전성평가의 시기 등) ① 발전용원자로운영자는 법 제23조제1항에 따라 해당 원자로시설의 운영허가를 받은 날(건설허가와 운영허가를 동시에 받은 경우에는 원자로가 최초로 임계(臨界)에 도달한 날을 운영허가를 받은 날로 본다. 이하 이 조에서 같다)부터 10년마다 안전성을 종합적으로 평가하고, 평가보고서를 작성하여 위원회에 제출하여야 한다.

② 제1항의 평가보고서는 원자로시설마다 별도로 작성하되, 해당 원자로시설의 운영허가를 받은 날부터 매 10년이 되는 날을 평가기준일로 하여 평가기준일부터 1년 6개월 이내에 평가보고서를 제출하여야 한다.

<원자력안전법 시행령(2014.11.22.) 부칙>

제3조(연구용등 원자로시설에 대한 주기적 안전성평가에 관한 경과조치) 이 영 시행 전에 연구용등 원자로시설의 운영허가를 받은 자는 허가를 받은 날부터 10년 이상 경과한 연구용등 원자로시설에 대해서는 제47조의 개정규정에 따른 최초의 주기적 안전성평가를 2018년 12월 31일까지 마쳐야 한다.

참고2-2 **하나로 안전성증진사항 세부내용**

❑ 안전성 증진사항 ①

평가항목	안전성증진사항	도출
원자로 시설의 설계	안전관련 기기 정착부의 앵커시스템의 설계개념 변경에 따른 영향분석	KAERI

1. 개요 또는 배경

□ 안전관련 기기 콘크리트 정착부에 적용하는 기술기준 변화*로 인한 콘크리트 앵커의 설계개념 변경에 따른 영향 분석 필요

* (건설당시) ACI 349-80 ⇒ (현행) ACI 349-01

2. 개선내용

□ ACI 349-01의 콘크리트 앵커 설계개념(Concrete Capacity Design 방법)*을 적용한 안전관련 기기 콘크리트 정착부에 대한 영향 검토 수행

* 콘크리트 파괴면을 45° 기운 원뿔에서 35° 기운 사각뿔로 변경하여 비연성파괴 허용 및 보수적인 콘크리트 파괴강도 산출

3. 이행계획

□ 기술기준 분석 및 적용방안 도출 : ‘27.6

□ 안전관련기기 정착부 상태 검토 : ‘27.9

□ 안전관련기기 정착부 기술기준 적용 안전성 검토 : ‘28.6

□ 최종보고서 작성 및 제출 : ‘28.12

❑ 안전성 증진사항 ②

평가항목	안전성증진사항	도출
위해도 분석	최신 기상관측자료를 반영한 외부 홍수 영향평가 수행	KAERI

1. 개요 또는 배경

□ 대전기상관측소 2017년까지의 기상관측자료를 활용한 하나로 부지 외부 홍수 영향평가가 적절함

□ 다만, 국지강우 등의 자연재해에 대한 선제적인 안전성 확보를 위해 하나로 부지의 침수영향 평가 및 하천홍수 영향 평가에 최신 기상관측자료를 반영할 필요가 있음

2. 개선내용

□ 최신 기상관측자료를 반영하여 국지강우에 의한 하나로 부지의 침수영향 평가와 덕진천에 대한 하천홍수 영향 평가의 수행

3. 이행계획

□ 최신 방법론 적용 하나로 부지 침수영향 평가 : ‘26.5

□ 연구원 내 다른 시설에서 수행한 하천홍수영향 평가 분석 : ‘26.6

□ 하나로 부지의 하천홍수영향 평가 : ‘26.9

□ 하나로 부지 침수영향 및 하천홍수영향 평가 최종보고서 제출 : ‘26.12

❑ 안전성 증진사항 ③

평가항목	안전성증진사항	도출
기기 검증	내환경 검증 관리체계 개선	KAERI

1. 개요 또는 배경

□ 하나로는 유효한 기술기준*에 따라 검증된 기기를 사용하였고, 해당 기기목록이 적절히 관리됨을 확인함

* 전기기기의 내환경검증 요건: 10CFR50.49, IEEE 323

□ 다만, 관련 규정에 따라 기검증된 기기의 관리를 위한 체계* 개선이 필요함

* 10CFR50.49에서는 “면허소지자가 EQ 프로그램을 수립·유지”(내환경검증 계획서) 하고 “기기의 검증 결과를 문서화하고 보존”(내환경검증평가서)하도록 요구

2. 개선내용

□ 하나로의 내환경검증 관리를 위한 체계를 개선

- 내환경검증계획서 및 내환경검증평가서 작성
- 내환경검증 관련 절차서 개정

3. 이행계획

□ 내환경검증계획서 작성 : ‘26.8

□ 내환경검증유지관리 절차서 개정 : ‘26.10

□ 내환경검증대상기기 목록 작성 : ‘26.10

□ 내환경검증평가서 작성 : ‘26.12

❑ 안전성 증진사항 ④

평가항목	안전성증진사항	도출
경년열화	케이블 및 금속·비금속 연결부의 해당기기 목록 작성	KAERI

1. 개요 또는 배경

□ 케이블 및 금속·비금속 연결부에서는 일반부식, 오염, 열노화, 조사취화, 진동, 습분, 절연저하 등이 발생할 수 있음

□ 케이블 및 금속·비금속연결부에서 발생할 수 있는 경년열화 기구를 관리하기 위한 절차서는 존재함

□ 다만, 해당기기 목록이 부재함에 따라 관리 대상기기가 불명확함

2. 개선내용

□ 체계적 점검을 위한 케이블 및 금속·비금속 연결부에 대한 목록을 작성

3. 이행계획

□ 전력계통 문서 검토 및 적용 가능 기기 도출 : ‘26.4

□ 적용 가능 기기에 대한 목록 작성 및 제출 : ‘26.12

❑ 안전성 증진사항 ⑤

평가항목	안전성증진사항	도출
안전성능	기체배출 감시계통에 대한 최신 코드 적용을 위한 설비 개선	KAERI

1. 개요 또는 배경

□ 하나로의 기체배출 감시계통의 적용요건*인 NRC RG 1.21(Rev.1)이 개정('09.6월)됨에 따라 최신코드 적용이 요구됨

* (설계당시) NRC RG 1.21(Rev.1, 1974), ANSI N13.1-1969 ⇒ (현행) NRC RG 1.21(Rev.2, 2009) ANSI/HPS N13.1-1999

□ ANSI N13.1-1999는 성능기반 접근방법으로 기술발전을 반영한 유연성, 측정의 정확도 및 신뢰성을 확보할 수 있음

□ 다만, ANSI N13.1-1999 적용을 위한 설비개선 및 평가*가 필요함

* 시료채취 위치, 노즐 구조, 배관 및 덕트 형상 등 설비 전반에 대한 개선이 필요하며 최신코드에서 제시하는 시험방법을 통해 계통의 적정성 평가를 제시

2. 개선내용

□ 하나로의 기체배출물 감시계통을 최신 기준(ANSI/HPS N13.1-1999 등)에 부합하도록 설비개선

3. 이행계획

□ 기체시료채취계통 변경안 도출 및 노즐 위치 선정을 위한 유동 해석 : '26.12

□ 기체시료채취계통 이송라인 설계 및 전산모사 : '27.8

□ 기체시료채취계통 펌프시스템 및 노즐 위치 선정안에 따른 덕트 일부 교체 : '28.6

□ 노즐 및 이송라인 설치 : '28.12

❑ 안전성 증진사항 ⑥

평가항목	안전성증진사항	도출
안전성능	유도배출한도 재평가	KAERI

1. 개요 또는 배경

□ 하나로 건설 및 운영 당시 유도배출한도* 설정 후 이에 만족하도록 운영하고 있음을 확인함

* 유도배출한도(Derived Relaese Limit) : 원자력시설이 기체 또는 액체폐기물을 통해 환경으로 배출할 수 있는 방사성물질의 양을 허가된 방사선량한도 내에서 유도하여 관리하는 개념

□ 다만, 방사성배출물관리의 적절성 향상을 위하여 최신의 조건*을 반영한 재평가 수행되지 않아 유도배출한도의 유효성 확인이 필요함

* 최신의 기상조건과 대덕 원자력부지의 변경된 사항 및 기체 유출물 감시핵종 추가 등

2. 개선내용

□ 최신의 기상조건과 원자력연구원 부지의 변경된 사항 등을 고려한 유도배출한도의 재평가 수행

3. 이행계획

□ 하나로 설계 및 운영허가 당시 SAR에 기재된 유도배출한도 설정 배경검토 및 하나로 주변 기상 변화 조사 :'26.12

□ ENDOS-G*를 이용한 유도배출한도에 대한 주민피폭선량평가 : '27.6

* ENDOS-G(ENvironmetal DOSe assessment - Gaseous radioactive effluents): KAERI에서 개발한 방사선피폭 선량 평가 전산코드(ENDOS)로 하나로의 기체 방사성배출물에 대한 평가에 사용됨

□ ENDOS-G 검증을 위한 스프레트시트 프로그램 개발 : '27.9

□ 하나로 및 부대시설을 포함한 연구원 부지내 다수시설에 대한 유도배출한도 재설정 : '28.6

□ 최종보고서 작성 및 제출 : '28.12

❑ 안전성 증진사항 ⑦

평가항목	안전성증진사항	도출
인적요소	인간공학을 고려한 제어실 제어반 및 현장제어반 인간–기계 연계 기기 개선	KAERI

1. 개요 또는 배경

□ 하나로 제어실 및 현장제어반에 설치된 인간-기계연계(MMI) 기기가 인간공학 설계기준에 부합하여 적절하게 유지, 관리됨을 확인함

□ 다만, 평가결과 일부 MMI 기기의 인간공학적 불일치 사항이 확인되어 개선사항* 도출

* 기기명판 교체, 기기명 및 번호 수정 또는 추가, 제어기 조작방향 개선, 경보절차서 개정 등

2. 개선내용

□ 하나로 제어실 제어반 및 현장제어반 MMI 기기의 인간공학 불일치사항을 개선하여 인적오류 발생을 예방

3. 이행계획

□ 설계를 반영한 명판 등의 제작 및 설치 : ‘25.12

□ 관련 절차서 등의 개정 : ‘26.6

참고2-3 하나로 PSR 심사 시 고려된 주요 차이분석

■ 원자로시설의 설계 [PSR 평가항목 1]

- 하나로 구조물·계통·기기 설계에 적용된 기술기준과 이에 상응하는 현행 기술기준*에 대한 차이분석을 검토한 결과, 하나로 구조물·구조물계통·기기의 설계기준은 일부 차이가 있음을 확인

  * 현행기준과 유효한 기술기준이 동일한 경우 차이분석 심사대상에서 제외함

[원자로시설의 설계에 대한 주요 차이분석 검토 결과]

구 분	유효한 기술기준	현행 기술기준	검토 결과
구조물	ACI-349(1980년)	ACI-349(2001년)	현행 기술 반영 필요: **안전성 증진사항 ①**
	ASME Code, Sec.Ⅲ, Div.1(NE,NF) (1983년)	ASME Code, Sec.Ⅲ, Div.1(NE,NF) (2007년~2008년추록)	현행 기술기준과 동등
	ASME Code, Sec.Ⅲ, Div.2(CB) (1983년)	ASME Code, Sec.Ⅲ, Div.2(CC) (2007~2008년추록)	현행 기술기준과 동등
	AISC N690 (1984, 2006년)	AISC N690 (1994&2002년추록)	현행 기술기준과 동등
기계 설비	CSA N285.0-M81	CSA N285.0-17	현행 기술기준과 동등
	ASME Code, Sec.Ⅲ, Div.1(NC) (1986년&1986년 추록)	ASME Code, Sec.Ⅲ, Div.1(NC) (2007년~2008년추록)	현행 기술기준과 동등
	ASME Code, Sec.Ⅲ, Div.1(ND,NF) (1983~1985년)	ASME Code, Sec.Ⅲ, Div.1(ND,NF)(1983년~1985년) (2007년~2008년추록)	현행 기술기준과 동등
전기 설비	IEEE 603 (1998년)	IEEE 603 (1998년)	현행 기술기준과 동일
	IEEE 279 (1971년)	IEEE 279 (1971년)	현행 기술기준과 동일

■ 확률론적 안전성평가 [PSR 평가항목 4]

- 국내에서는 연구로의 확률론전안전성평가(PSA)가 수행된 바 없으므로 요구하는 현행 기술을 특정하기 어려움. 하나로 PSA와 현행 기술과의 비교는 원전에 사용된 기술을 참조하였으며 평가 기준일 이후 최근에 운영허가를 받은 신한울 1,2호기와의 현행 기술기준 평가를 수행하였으며 확인 결과 다음과 같이 제출된 하나로 PSA가 현행 기술과 동등한 수준임을 확인함

[확률론적 안전성평가 관련 주요 차이분석 검토 결과]

구분		하나로 적용 평가기준	신한울 1,2호기 적용 평가기준	검토 결과
평가 방법론	1단계 내부사건 PSA 방법	NUREG/CR-2300 (1983년) Procedures for Conducting Probabilistic Safety Assessment of NPPs(Level 1), IAEA(1992년)	NUREG/CR-2300, NUREG-1335 (1983년, 1989년)	현행 기술기준과 동등
	공통원인 고장 분석 방법	NUREG/CR-5485 (1998년) NUREG/CR-5497 (2007년)	NUREG/CR-5485 (1998년) NUREG/CR-5497 (2007년)	현행 기술기준과 동일
	기기고장 데이터 분석	NUREG/CR-6928(2007년) IAEA-TECDOC-930(1997년) EPRI 일반데이터 ALWR URD(1997년)	NUREG/CR-6928 (2007년) 국내 PWR 가동원전의 운전경험	현행 기술기준과 동등
컴퓨터 코드	전산 코드	AIMS-PSA 코드(1.2e)	SAREX 1.3	현행 기술기준과 동등
		하나로 SAR 열수력분석 결과 기반	MAAP 4.08	현행 기술기준과 동등

■ 안전성능 [PSR 평가항목 8]

- 하나로의 방사성폐기물관리 항목에 대해 현행 기술과의 비교 상태를 확인한 결과 세부 기술 요소에서 최신 동향 등의 반영이 필요한 사항이 확인되어, 해당 사항을 중장기적인 안전성 증진사항으로 도출함

[안전성능 관련 주요 차이분석 검토 결과]

구분	유효한 기술기준	현행 기술기준 또는 참고문서	검토 결과
방사성 폐기물 관리	ANSI N13.1 (1969년)	ANSI/HPS N13.1(1999년)	현행 기술 반영 필요: **안전성증진사항 ⑤**

붙임 3 교육로 제1차 PSR에 대한 KINS 심사결과

1 개요

○ **(심사목적)** 원안법 제34조에서 준용하는 제23조에 따라 경희대학교가 제출한 **교육로 제1차 PSR 결과의 타당성** 확인

○ **(심사내용)** 원안법 시행령 제37조 및 같은 법 시행규칙 제20조에 근거하여 **14개 평가항목**에 대한 평가가 수행되었는지 심사

〈 PSR 14개 평가항목 〉

① 원자로시설의 설계 ② 안전에 중요한 구조물·계통·기기의 실제 상태 ③ 결정론적 안전성분석 ④ 확률론적 안전성평가 ⑤ 위해도 분석 ⑥ 기기검증 ⑦ 경년열화 ⑧ 안전성능 ⑨ 운전경험 및 연구결과의 활용 ⑩ 운영 및 보수 등의 절차서 ⑪ 조직, 관리체계 및 안전문화 ⑫ 인적요소 ⑬ 방사선비상계획 ⑭ 방사선환경영향

○ **(심사방법)** 평가항목별 세부내용이 평가 당시 해당 시설에 유효한 기술기준*을 활용하고, **현행 기술기준****과의 **비교분석** 등을 통해 합리적이고 실현 가능한 **안전성 증진사항**을 **도출**하였는지 **확인**

* 운영허가에 적용된 기술기준과 그 이후 변경허가 등으로 추가된 기술기준

** 주기적 안전성평가 시점에서 규제기관이 최근 승인한 기술기준

○ **(심사경위)**

- 교육로 제1차 PSR* 결과 제출('18.12.27./경희대학교→원안위)

  * 평가대상기간 : 1982.12.3 ~ 2017.12.31 (35년)

- 신청서류 적합성 검토('19.1월~'22.4월/KINS)

  ※ 제94회 원안위('18.12월), 제101회('19.5월) 원안위에서 PSR 평가방법(차이분석 등) 개선 요청 → KINS PSR 심사지침 제정('20.7월) 및 개정('22.6월)

- PSR 결과에 대한 기술심사('22.4월~'24.10월/KINS)

  ※ 3차례 총 138건의 질의·답변을 통해 적합성 확인

- KINS 심사결과 전문위 보고 2회(제121회('25.11.21), 제122회('25.12.5))

2 평가항목별 심사결과

1 원자로시설의 설계 (원안법 시행규칙 제20조 제1호)

○ **(심사목적)** 원자로시설이 유효한 기술기준에 따라 설계됨을 확인

○ **(심사결과)** 교육로는 원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙에 따라 **안전에 중요한 SSC*가 없으므로** 설계시 적용한 기술기준과 현행 기술기준 차이에 대한 **평가를 제외**하는 것이 타당함을 확인

* 원자로 내압부분, 격납건물 내압부분과 그 지지물 등(고시, '원자로시설의 안전등급과 등급별 규격에 관한 규정')

- 다만, 원자로를 안전하게 정지하는 장치에는 심층방어 개념이 적합하게 유지되고 있음을 확인

2 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 실제 상태 (원안법 시행규칙 제20조 제2호)

○ **(심사목적)** 안전에 중요한 SSC의 물리적 상태가 다음 PSR 시점까지 설계요건을 만족함을 확인

○ **(심사결과)** 교육로는 **안전에 중요한 SSC가 없으므로** 관련 **평가가 불필요함**을 확인

3 결정론적 안전성분석 (원안법 시행규칙 제20조 제3호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 실제 상태 및 현행 기술기준 등을 고려하여, 기존 결정론적 안전성분석(DSA) 결과가 타당성을 유지하고 있는지 확인

○ **(심사결과)** 교육로는 최대가상사고에서도 사고결과를 완화하기 위한 **공학적 안전설비가 없으므로**, 결정론적 안전성분석과 관련한 **사고해석 평가가 불필요함**을 확인

4 확률론적 안전성평가 (원안법 시행규칙 제20조 제4호)

○ **(심사목적)** 현행 확률론적 안전성평가(PSA) 방법 등을 고려하여, 기존의 PSA 평가가 타당성을 유지하고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 교육로는 **고유안전성***에 따라 중대사고 발생 가능성이 없으므로 **확률론적 안전성평가가 불필요함**을 확인

* 높은 음의 피드백 효과, 낮은 과도 반응성, 연료 용융 전 노심분리를 수행하는 열퓨즈

5 위해도 분석 (원안법 시행규칙 제20조 제5호)

○ **(심사목적)** 현행 분석방법 및 기술기준 등을 고려하여 내·외부 위해(화재, 침수, 해일, 강풍 등)에 대한 방호 상태의 타당성을 확인

○ **(심사결과)** 내부* 및 외부**위해의 관련 사항*** 검토 결과, 교육로는 **고유안전성으로 인해** 중대한 방사선 환경 피해, 안전정지 및 냉각 기능 장애를 유발하지 않으므로 **위해도 분석이 불필요함**을 확인

* 화재, 침수, 배관 동적거동, 비산물, 내부 독성 액체 및 기체, 내부 폭발

** 해일 포함한 홍수, 강풍, 화재, 극한온도, 지진, 화산폭발, 항공기 충돌, 외부 독성 액체 및 기체, 외부 폭발

*** 원자로시설의 상태, 경년열화, 안전기준, 환경영향을 포함한 위해도평가결과 및 내외부 위해를 예방 또는 완화하기 위한 운전원조치를 포함한 절차

6 기기 검증 (원안법 시행규칙 제20조 제6호)

○ **(심사목적)** 안전 관련 설비가 다음 PSR 시점까지 안전기능을 수행할 수 있는지 검증되어 있음을 확인

○ **(심사결과)** 교육로는 **안전에 중요한 SSC가 없으므로, 기기검증**에 관한 **평가가 불필요함**을 확인

7 **경년열화** (원안법 시행규칙 제20조 제7호)

○ **(심사목적)** 안전여유도를 유지하기 위한 **경년열화 관리현황**과 향후 안전운전을 위한 **관리계획**이 확립되어 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 교육로에는 **안전에 중요한 SSC가 없으므로, 경년열화에 대한 평가가 불필요함**을 확인

8 **안전성능** (원안법 시행규칙 제20조 제8호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전성능에 관한 운전경험을 분석하여 추가적인 안전성 향상 필요성을 검토하고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 보고대상 사건 및 안전에 중요한 SSC가 없으므로 **사건 분류 및 원인분석 이행**에 대한 사항과 **안전성능 관련 사항**에 대해 **평가를 제외**하는 것이 타당함을 확인

- 다만, **작업자 방사선피폭량**, 시설 내·외 방사선 감시자료 등에 대해서는 **적절하게 기록·관리** 중임을 확인

9 **원자로시설 운전경험 및 연구결과의 활용** (원안법 시행규칙 제20조 제9호)

○ **(심사목적)** 다른 유사 원자로시설의 운전경험과 연구결과가 적절하게 반영되고 있는지를 확인

○ **(심사결과) 유사한 원자로시설 운전경험*과 연구결과 반영체계가 마련**되어 절차에 따라 적절하게 관리되고 있음을 확인

* 동일 원자로 운영자인 Idaho State University와의 고장·수리 정보교류 1건 (조치사항: 부품(앰프, 릴레이 스위치) 추가확보)

10 **운영 및 보수 등의 절차서** (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제10호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 운전·보수·점검·시험·변경 및 비상대응 등을 위한 **절차서가 적절한 기준에 따라 작성**되어 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 원자로시설 운영, 보수 등의 **절차서를 수립**하였으며, **주기적으로 검토·보완***하고 있음을 확인

* NRC, IAEA의 절차서 관련 지침을 참조하여 적용 가능한 내용으로 점검 항목을 작성하여 적용 중

11 조직, 관리체계 및 안전문화 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제11호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전운전을 위하여 사업자의 조직과 행정이 적절하게 운영되고 있는지를 확인

○ **(심사결과) 안전우선체제** 및 개인·조직의 역할이 **문서화** 되어있으며, 적정시설을 갖추고 교육·훈련 계획을 수립·이행하는 등 **안전문화 증진체계** 등이 **확립**되어 있음을 확인

12 인적 요소 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제12호)

○ **(심사목적)** 원자로시설의 안전운전에 영향을 줄 수 있는 다양한 인적 요소의 관리 상태를 확인

○ **(심사결과)** 운전원의 교대근무 및 초과근무 제한 등 **직원 관리체계**, 자격관리 및 평가, 훈련계획, **인간-기계 연계체제 분석 등이 관련 기준***에 따라 적합하게 **평가·관리**되고 있음을 확인

* 교대근무 및 초과근무, 자격, 훈련 : 근로기준법

* 인간-기계 연계체제 분석 : NUREG-0700, NUREG-0711

13 비상계획 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제13호)

○ **(심사목적)** 비상사태 대응계획에 따른 인원·설비·기기의 확보 및 비상대응기구 간의 유기적 협조체계가 유지되는지를 확인

○ **(심사결과)** 교육로(열출력 10와트)는 **방사선비상계획 수립 대상에서 제외***되므로, 비상계획의 **평가가 불필요함**을 확인

* 원자력시설 등의 방호 및 방사능방재대책법(방사능방재법) 제2조제2호 및 같은 법 시행령 제4조제2호에 따라 열출력 100와트 미만인 교육용원자로 및 그 관계 시설은 방사능방재법의 적용 대상이 아님

14 방사선 환경영향 (원안법 시행규칙 제20조 제1항 제14호)

○ **(심사목적)** 원자로시설에 대한 환경영향 감시계획이 적절히 수립·이행되고 있는지를 확인

○ **(심사결과)** 교육로는 원안법상 **방사선환경조사 및 환경영향평가 대상에서 제외***되어 **평가가 불필요함**을 확인

* 원안법 제104조(환경보전) 제1항제2호에 따른 방사선환경조사 등 대상시설은 발전용원자로, **열출력 100킬로와트 이상인 연구용원자로**, 핵연료주기시설, 사용후핵연료 중간저장시설, 방사성폐기물 처분시설임

3 종합 심사결과

○ 경희대학교가 수행한 교육로 제1차 PSR은 원안법 제34조(법 제23조 준용), 같은 법 시행령 제37조 및 시행규칙 제20조에 따라 적절하게 작성·제출되었음을 확인

- 다만, 교육로는 10와트 수준의 영출력 원자로*이므로 안전 관련 SSC가 없고 위험도도 낮아 심사과정에서 도출된 안전성 증진사항은 없음

* 영출력원자로(Zero-Power Reactor) : 열 또는 전기를 생산하는 목적으로 사용될 만큼의 유의미한 출력을 내지 않는 특수한 형태의 원자로로 수십 와트 이하의 낮은 출력을 가지고 있으며 대부분 교육용 또는 실험용 소형 원자로임

붙임 4 전문위 사전검토 요약

1 경위

○ 전문위는 총 2회('25.11, '25.12)에 걸쳐 KINS의 PSR 심사결과를 보고받고 검토를 수행

- KINS의 심사가 원안법 제23조 및 같은 법 시행령, 시행규칙 등에 근거하여 14개 평가항목에 대해 적절히 수행되었는지를 검토

※ (고리 1) 질의·답변 10건, 심사보고서 수정의견 4건 등
(하나로) 질의·답변 20건, 심사보고서 수정의견 4건 등
(교육로) 질의·답변 4건, 심사보고서 수정의견 2건 등

2 주요 검토내용

[고리 1호기]

○ 영구정지 원전의 경우 원안법 시행령 제36조에 따라, 원자로냉각재계통 등 사용하지 않는 계통은 평가대상에서 제외됨을 확인

○ 원자로에서 핵연료가 인출되었으므로 '확률론적 안전성평가(PSA)'를 평가항목에서 제외한 것은 타당함을 확인하였으며,

- '결정론적 안전성평가(DSA)'의 경우 영구정지에 따라 개정된 FSAR의 사고해석 대상 항목*에 대해 적절하게 수행되었음을 확인

* 액체방사성물질 함유탱크 파손사고, 사용후연료 캐스크 낙하사고, 핵연료 취급사고

○ 평가대상기간('06~17년) 동안 액·기체 유출물의 배출량을 기록하고, 환경영향평가를 매년 적절히 이행하였음을 확인하였으며,

- 다수기 영향을 고려하여도 제한구역 경계에서의 연간 예상 주민 피폭선량이 기준치 이내임을 확인

○ 안전 관련 콘크리트 구조물 설계의 현행 기준에서 기기 정착부의 콘크리트 앵커 요건이 개정되었으나,

- 영구정지에 따라 주요 안전설비가 운전되지 않고, 사용후핵연료 저장조 냉각기능 유지를 위한 각종 조치사항*이 완료된 점을 고려하여 추가적인 안전성증진사항을 도출하지 않은 것은 타당한 것으로 판단됨

* 0.3g 이상 내진성능 확인, 열교환기·펌프 이중화, 비상 냉각수 외부 주입 유로 설치, 이동형 비상 발전차와 펌프 확보 등

[하나로]

○ 기술적으로 타당한 프로그램(RELAP5) 및 보수적인 가정사항을 적용하여 사고해석을 수행하였음을 확인

○ 연구로에 대해 처음으로 수행된 하나로 확률론적 안전성분석의 범위, 내용 등이 적합함을 확인

- 다만, 과도한 보수성*으로 인해 노심손상빈도**를 상대적으로 높게 평가하고 있으므로 향후 평가방법에 대한 개선이 필요

* 하나로는 노심손상이 발생할 가능성이 매우 낮아 사고후 자연대류를 위한 플랩밸브가 열리지 않는 것을 노심손상으로 보수적으로 가정

** 노심손상빈도(Core Damage Frequency, CDF) : 원자로 노심에 심각한 손상이 발생할 연간 평균 빈도 또는 확률

○ 주민 피폭방사선량평가에 사용된 전산코드(ENDOS-G)는 NRC Reg. Guide 1.109(Rev.1)에 제시된 피폭경로, 계산가정, 피폭경로별 계산모델을 기반으로 하며,

- ICRP 60 권고를 반영하고 있어 피폭방사선량 평가를 위한 평가체계가 적합함을 확인

[교육로]

○ 교육로는 고유안전성(매우 높은 음의 온도계수, 미량의 잉여반응도)로 인하여 중대사고의 요인이 없으며, 7~8℃의 온도상승시 자동으로 미임계에 도달함을 확인

○ 교육로는 설계 특성상 핵연료 내에 열퓨즈가 120℃에서 녹으므로 핵연료 디스크가 분리 및 낙하되어 안전정지되며, 핵연료가 손상(핵연료디스크의 녹는점은 200℃)될 가능성은 없음을 확인

○ 교육로의 낮은 출력, 고유안전성을 가지는 설계특성에 따라 안전에 중요한 SSC가 없으므로, 주기적 안전성평가의 14개 평가항목 중 6개 항목*에 대한 평가가 수행됨을 확인

* 평가수행 : ①원자로시설의 설계, ⑧안전성능(방사선 관리시설), ⑨운전경험 및 연구결과 활용, ⑩운영 및 보수 등의 절차서, ⑪조직·관리체계 및 안전문화, ⑫인적요소

* 평가제외 : ②안전에 중요한 SSC의 실제상태, ③결정론적 안전성분석, ④확률론적 안전성분석, ⑤위해도 분석, ⑥기기 검증, ⑦경년열화, ⑬비상계획, ⑭방사선 환경영향

3 종합 결론

○ 전문위 검토 결과, KINS가 수행한 고리 1호기 영구정지 PSR 및 하나로·교육로 제1차 PSR의 심사결과는 타당한 것으로 판단

○ 하나로의 안전성 향상을 위한 안전성증진사항(7건)이 적절히 도출되었음을 확인

○ 고리 1호기 및 하나로는 금번 심사 경험을 바탕으로 향후에는 보다 효율적인 PSR 심사방안을 마련하고,

- 낮은 출력 및 고유안전성으로 인해 방사선 환경영향평가 대상이 아닌 교육용 원자로에 대해서는 PSR 및 심사 절차를 합리적으로 간소화하도록 관련 제도를 정비할 것을 권고함

참고 주기적안전성 평가내용 (원안법 시행령 제37조, 동법 시행규칙 제20조)

	평가 항목	평가 내용	항목별 세부내용
1	원자로시설의 설계	유효한 기준에 따라 설계되었는지를 확인	- 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 목록 및 등급분류 - 설계 문서(원본 및 개정본) - 원자로시설 설계 시 적용한 기술기준과 현행 기술기준과의 차이 - 심층방어 측면에서 취약하다고 확인된 사항이 안전에 미치는 영향 - 인구밀도·산업시설 및 교통시설(공항·도로 및 철도 등)을 포함한 원자로시설 주변의 특성
2	안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 실제 상태	현재부터 다음 주기적 안전성평가 시점까지 설계요건을 만족하며, 그 내용이 문서화되어 있음을 확인	- 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 건전성 및 기능 수행능력에 관한 정보 - 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 현재 상태와 진행 또는 예상되는 경년열화 정보 - 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 기능 수행능력을 확인하기 위한 시험결과 - 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기의 검사 결과 및 보수기록 - 안전에 중요한 구조물·계통 및 기기에 대한 운전이력과 현재 상태 - 보수 및 수리 작업장을 포함한 발전소 내·외의 지원시설 현황
3	결정론적 안전성분석	기존의 결정론적 안전성 분석이 타당성을 유지하고 있는지를 확인	- 기존의 결정론적 안전성분석을 위하여 가정한 초기사건, 해석방법 및 컴퓨터 코드와 현행 기술기준과의 비교 - 정상 및 사고조건에서의 방사선 선량과 방사성 물질 방출제한치 - 단일고장기준, 다중성, 다양성 및 독립성 등을 고려한 결정론적 안전성분석 지침 - 발전소 수명기간 동안 1회 이상 발생될 것으로 예상되는 각종 운전상태
4	확률론적 안전성평가	기존의 확률론적 안전성 평가가 타당성을 유지하고 있는지를 확인	- 기존의 확률론적 안전성평가에서 고려된 가정사항과 가상 초기사건, 평가방법론 및 컴퓨터 코드에 대해 현행 기술과의 비교 상태 및 원자로시설의 현재 반영 상태 - 운전원이 취하여야 할 조치, 공통원인사고, 상호영향, 다중성 및 다양성 등을 고려한 확률론적 안전성평가 지침 - 사고관리계획과 확률론적 안전성평가 모델 및 결과와의 연계성

	평가 항목	평가 내용	항목별 세부내용
			- 확률론적 안전성평가 결과로 도출된 원자로 시설의 설계 및 운전 취약점을 제거하기 위한 가능한 대안의 평가 및 비교
5	위해도 분석	내·외부 위해에 대한 원자로시설 방호의 타당성을 확인	- 내부 위해(화재, 침수, 배관 동적거동, 비산물, 증기방출, 살수, 독성 액체 및 기체, 폭발 등) 및 외부 위해(해일을 포함한 홍수, 강풍, 화재, 극한온도, 지진, 화산폭발, 항공기 충돌, 독성 액체 및 기체, 폭발 등)의 예상규모와 발생빈도 - 원자로시설의 상태, 경년열화, 현행 안전기준, 환경영향을 고려하여 수행한 위해도 평가결과 - 내·외부 위해를 예방 또는 완화하기 위한 운전원 조치를 포함한 절차
6	기기검증	해당 안전기능 수행 가능성에 대한 검증	- 기기 검증계획에 포함된 기기 및 관리절차 목록 - 기기검증 방법 및 품질보증 - 기기고장이 기기검증에 미치는 영향분석과 기기의 검증을 유지하기 위한 적절한 시정조치 - 불리한 환경조건으로부터 검증된 기기의 보호대책 - 검증된 기기의 물리적인 상태와 기능성 - 기기가 설치된 기간에 취하여진 검증조치기록
7	경년열화	구조물·계통 및 기기의 경년열화의 효과적 관리 여부	- 평가대상 구조물·계통 및 기기의 분류 및 선정 - 평가대상 구조물·계통 및 기기별 경년열화현상 분석 - 경년열화현상에 따른 구조물·계통 및 기기의 기능 및 안전 여유도 - 구조물·계통 및 기기의 성능미달시점 및 미래 상태 예측 - 구조물·계통 및 기기의 경년열화 완화대책 및 관리계획
8	안전성능	안전성능의 변화 경향	- 안전 관련 사건의 분류 및 근본원인 분석 결과 이행체제 - 보수·시험 및 검사를 포함한 안전 관련 운전자료 선별 및 기록 방법 - 안전 관련 운전자료에 대한 경향분석 및 안전 계통의 기능이 불가능한 정도 - 안전성능지표에 대한 분석 - 발전소 내 작업자에 대한 피폭방사선량, 발전소내·외 방사선감시자료 및 방사성물질 방출량에 대한 기록

	평가 항목	평가 내용	항목별 세부내용
9	원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용	관련 경험 및 연구결과 반영 여부	- 원자로시설의 운전경험·연구 결과의 반영을 위한 계획 및 체제의 적절성 - 원자로시설의 운전경험·연구 결과의 반영 및 조치 방안
10	운영 및 보수 등의 절차서	각종 절차서 작성의 기준 준수 여부	- 안전 관련 절차서 수립 및 개정체계 - 절차서에 대한 주기적 검토 및 보완 계획 - 인적 요소의 원리를 고려한 절차서의 명확성 - 원자로시설의 설계, 운전경험, 안전성 분석의 가정 및 결과와 절차서의 부합성 - 필수 안전기능을 유지·복구하기 위한 사고관리계획
11	조직, 관리체계 및 안전문화	안전을 위한 조직과 행정의 적절 운영 여부	- 안전목표 및 안전우선원칙 이행을 포함한 안전체제 - 개인과 단체의 역할 및 책임에 관하여 정한 문서 - 원자로시설 운영의 유기적 구성 유지 방법 - 외부 인력 및 전문가 활용을 위한 체제 - 직원의 교육훈련 시설 및 계획 - 독립된 평가자가 포함된 정규 품질보증감사와 품질보증계획 - 안전문화에 대한 진단, 분석, 주기적인 평가 및 안전문화 증진을 위한 이행체계
12	인적요소	안전운전 영향 관련 인적요소 관리 상태	- 교대근무 및 초과근무 제한을 포함한 직원관리수준 - 자격이 있는 직원이 상시임무를 수행하는지 여부 - 모의제어반의 사용을 포함한 초기 재교육 및 능력향상을 위한 훈련계획 - 인적 정보요건과 업무량에 대한 분석 - 인간과 기계의 연계체제 분석
13	비상계획	비상대응에 적합한 계획과 협조체계	- 비상시를 위한 전략·조직 및 계획서·절차서 - 비상시를 위한 발전소 내 기기와 설비 - 발전소 내·외 비상대응설비 및 통신시설의 적합성 - 관련 조직을 포함한 비상훈련, 경험반영 및 상호 공조체계 - 비상계획 및 절차에 대한 정기적인 평가계획 - 주민 소개 시 예상 소요시간
14	방사선 환경영향	환경영향감시 계획의 적절성	- 방사능 오염 가능성이 있는 모든 유출경로에 대한 방출제한치 및 방출기록 - 발전소 내로부터 계획되지 아니한 유출물 방출에 대한 경보장치 - 원자로시설의 주변 주민에 대한 피폭방사선량 - 발전소 외 지역에 대한 방사선 환경감시 - 환경감시자료의 발간 및 배포

〈 안건 담당자 〉

원자력안전위원회 원자력안전과	
임시우 과 장	(02) 397 - 7281
이경민 사무관	(02) 397 - 7302
장윤정 사무관	(02) 397 - 7285
한국원자력안전기술원 원자력검사단	
김 민 철 단장	(042) 868 - 0015
홍 진 기 PM	(042) 868 - 0803
한국원자력안전기술원 선진원자로평가단	
허 병 길 단장	(042) 868 - 0782
이 영 근 PM	(042) 868 - 0944