

계속운전을 위한 과제

# 월성1호기 계속운전 추진 경험

2015.09.04

한수원 엔지니어링본부  
본부장 이종호



# Contents

I 월성1호기 계속운전 개요

II 월성1호기 계속운전 추진현황

III 월성1호기 계속운전 시사점

IV 개선 방안



# 월성1호기 계속운전 개요

# 1. 월성1호기 계속운전 개요

## 1 월성1호기 제원

- 원자로형: 가압중수로 (AECL)
- 용량 : 2,061.4 MWt / 678.7 MWe

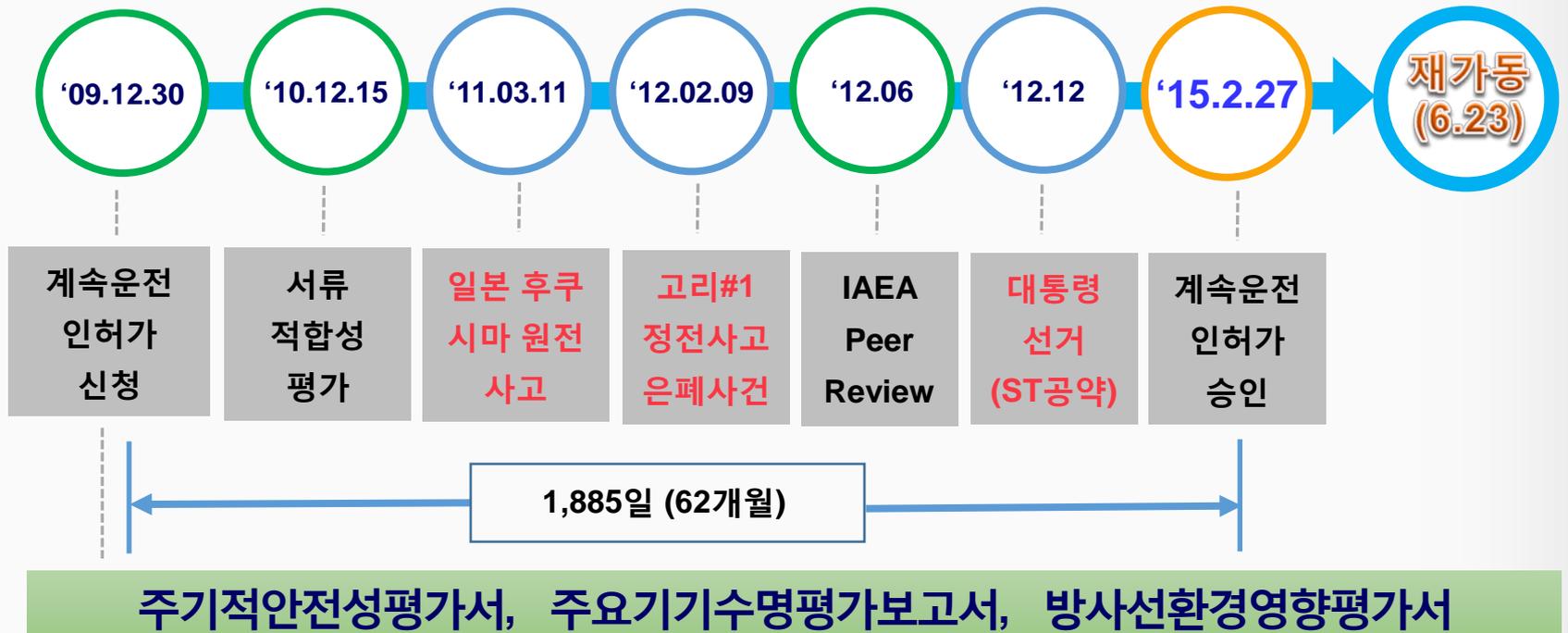
## 2 운영 이력

- 1978. 02. 15 : 건설 및 운영허가 신청
- 1982. 11. 21 : 최초 임계도달
- 1983. 04. 22 : 상업운전 시작
- 2012. 11. 20 : 설계수명 도달 (30 years)
- 2015. 06. 23 : 월성1호기 가동



# 1. 월성1호기 계속운전 개요

## 3 계속운전 주요 진행일정



# 1. 월성1호기 계속운전 개요

## 계속운전 법적 요건

□ 계속운전 제도 도입 ('05. 9, 원자력안전법 시행령 제36조~제39조 등)

- IAEA의 주기적안전성평가(PSR)+ NRC의 운영허가갱신(LR) 도입

IAEA 주기적 안전성평가 기준 (14개 분야 68개 항목)
① 원자로시설의 설계사항
② 안전설비의 실제상태 ③ 결정론적 안전성분석 ④ 확률론적 안전성평가
⑤ 위해도 분석 ⑥ 기기검증
⑦ 경년열화 ⑧ 안전성능 ⑨ 운전경험 및 연구결과 ⑩ 운영 및 보수 등의 절차서
⑪ 조직, 관리체계 ⑫ 인적요소
⑬ 방사선비상계획 ⑭ 방사선환경영향

※ 밑줄 부분은 '14.11.19 개정시 추가한 항목

미국 NRC 운영허가 갱신기준 (10개 분야 77개* 항목)	
<u>주요기기 수명평가</u>	<u>방사선환경영향평가</u>
① 경년열화 관리 대상선정 평가	① 계속운전 계획
② 경년열화관리계획 평가	② 환경현황
③ 주요 기기 수명 평가	③ 발전소 현황
④ 운전경험, 연구결과 반영필요사항	④ 계속운전 영향
	⑤ 사고 영향
	⑥ 환경감시계획

\* 경수로기준, 법적요건 외 발전소별로 추가하여 수행

# 1. 월성1호기 계속운전 개요

## 계속운전 법적 요건

### □ 계속운전 신청 시기 (시행령 제36조)

- 설계수명기간이 만료된 후 그 시설을 계속하여 운전하려는 경우  
설계수명 만료일로부터 2~5년 이전 평가보고서 제출

### □ 계속운전 심사처리기간 (시행령 제39조)

- 평가보고서 접수 후 18개월 이내  
(단, 평가보고서 보완 또는 수정 등의 기간은 제외)

# 1. 월성1호기 계속운전 개요

## 인허가 진행 절차

한수원

[계속운전 신청서 작성]

- 주기적안전성평가서
- 주요기기수명평가서
- 방사선환경영향평가서

계속운전

정 지

평가서 제출

승인

불승인

원자력안전위원회

신청서 접수  
및 심사의뢰

심사 결과  
심의

심사  
의뢰

심사  
결과  
보고

계속 운전  
심사 수행

한국원자력안전기술원

# 1. 월성1호기 계속운전 개요

원전의 안전성이 입증되면 계속운전을 추진하는 것이 세계적인 추세

## ❖ 국내 원전 현황 [’15.8월 기준]

### □ 운영원전 현황

고리본부	월성본부	한빛본부	한울본부	합계
6기	6기	6기	6기	24기

### □ 설계수명 현황

- 30년 : 고리1호기, 월성1~4호기
- 40년 : 표준형 원전 등 나머지 원전
- 60년 : 건설 중인 신고리3, 4호기 및 신한울1, 2호기

### □ 장기 가동원전 현황 ▶

- 향후 10년간(’15년~’24년) 11개 호기가 계속운전 신청시기 도래

\* 원안법 상 설계수명 5년전 인허가 신청 기준 : 고리#2~4, 월성#1~4, 한빛#1~2, 한울#1~2

# 1. 월성1호기 계속운전 개요

## ❖ 해외 원전 계속운전 현황

□ 설계수명 만료 이후 계속운전 여부 현황 (IAEA PRIS, WNA, '14.12월 기준)

합계	계속운전 시행			폐로	정책결정/ 설비개선 대기 중
	계속운전 중	계속운전 후 폐로	소계		
139기 (100%)	99기 (71%)	29기 (21%)	128기 (92%)	7기 (5%)	4기 (3%)

※ **중수로 원전** : 설계수명 만료된 원전 총 22기 중(IAEA PRIS, '15.3월 기준) ▶

- 계속운전 시행 : 총 19기 (약 86.4%, 계속운전 중 17기/계속운전 후 폐로 2기)
- 폐로 : 총 1기 (약 4.5%)
- 정책결정/설비개선 대기 중 : 총 2기 (약 9.1%)

# 1. 월성1호기 계속운전 개요

## ❖ 해외 원전 계속운전 현황 (계속)

### □ 미국 가동원전 계속운전 현황 (IAEA PRIS, WNA, '14.12월 기준)

설계수명 만료원전	계속운전 승인(35기)			심사 중
	계속운전 중	계속운전 후 폐로	계속운전 없이 폐로	
36기	33기	1기 (Vermont Yankee)	1기 (Kewaunee)	1기 (Indian Point-2)

※ 총 가동 원전 : 99기, 계속운전 승인 원전 : 73기

- 미국 NRC는 최초 운영허가기간 40년 후 20년 1차 연장은 물론, **20년 (총 80년)을 더 운영하기 위한 규제지침서(GALL-SLR\*, SPR-SLR\*\*)를 개발 중(~'17.6월)**이며, '18년경 사업자 신청서가 제출될 것으로 예상됨

\* GALL-SLR : Generic Aging Lessons Learned – Subsequent License Renewal

\*\* SRP-SLR : Standard Review Plan – Subsequent License Renewal



# 월성1호기 계속운전 추진현황

# II. 월성1호기 계속운전 추진현황

## 1 주요 설비개선 현황

### PSR 후속조치

- 압력관 교체
- 냉각재 공급자관 교체
- 제어용 전산기 교체
- 수소제어 설비 설치
- 원자로 정지변수 추가 등

### 안전계통 설비개선

- 비상노심 냉각계통 열교환기 전단밸브 및 후단 역지밸브 이중화
- 원자로 정지계통 안전도 향상 등

### 경년열화 설비개선

- 취수구 회전스크린 교체
- 13.8kV/4.16kV 차단기 교체
- 제어실 노후 경보창 교체 등

### 후쿠시마 후속조치

- 안전정지유지계통 내진성능 개선
- 월성 EPS 연료주입구 개선
- 격납건물 여과배기설비 설치
- 이동형 발전차량 확보
- 원자로 비상냉각수 외부주입 유로 설치 등



# II. 월성1호기 계속운전 추진현황

## 압력관 교체 ('09.04~'11.07, 27개월)

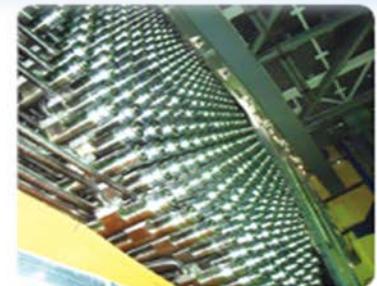
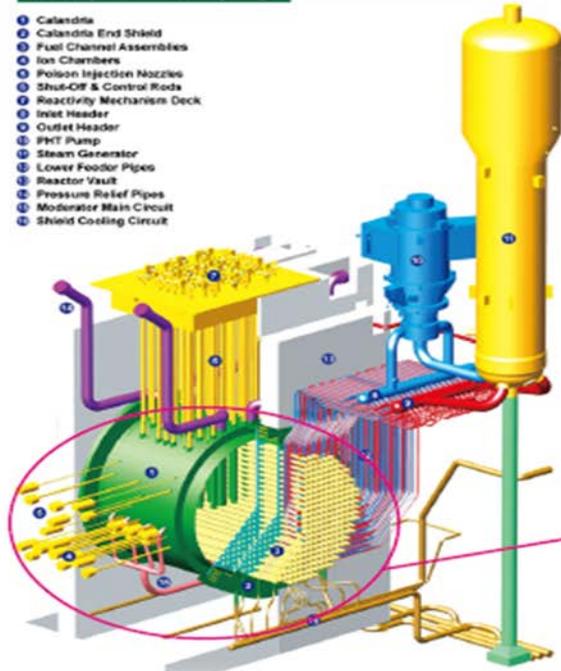
- 압력관 및 원자로관 전량 교체(각 380개)
- 엔드피팅 및 공급배관 전량 교체(각 760개) 등

### [주요 개선사항] ▶

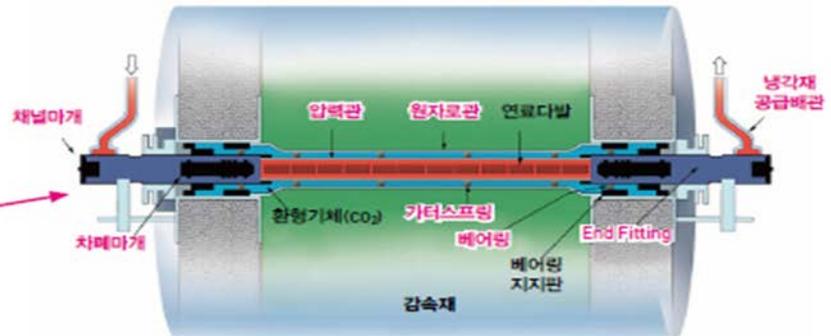
- 압력관 원소재 용융처리 횟수 증가로 파괴인성 증대, 압력관 연신량 확대(약 4년분)
- 원자로관 표면처리방법 개선으로 감속재의 과냉각여유도 증가
- 공급배관 감육개선(크롬함량 증가) 및 관 두께 여유도 증가

PHT System Cutaway Key

- 1 Calandria
- 2 Calandria End Shield
- 3 Fuel Channel Assemblies
- 4 Ion Chambers
- 5 Poison Injection Nozzles
- 6 Shut-Off & Control Rods
- 7 Reactivity Mechanism Deck
- 8 Inlet Header
- 9 Outlet Header
- 10 PHT Pump
- 11 Steam Generator
- 12 Lower Feedor Pipes
- 13 Reactor Vault
- 14 Pressure Relief Pipes
- 15 Moderator Main Circuit
- 16 Shield Cooling Circuit



교체 후 사진



## II. 월성1호기 계속운전 추진현황

### 압력관 교체 (계속)

#### [주요 성과]

- 주설비 교체로 안전성 증진 및 30년 이상 계속운전 기반 구축
- 압력관, 원자로관, 공급배관 등 원자로 주요 설비 전면교체 최초 성공
  - 캐나다 선형원전(포인트 레푸르) 압력관 교체 대비 2년 이상 공기 단축
  - 아르헨티나 엠발세원전 압력관 교체 기술지원 및 OJP 계약  
: '11.2 ~ 4, 12.5만\$
- 폐로기술 일부 확보
  - 사용후 원자로(폐압력관 등) 방사선관리, 운반 및 저장기술 확보

## II. 월성1호기 계속운전 추진현황

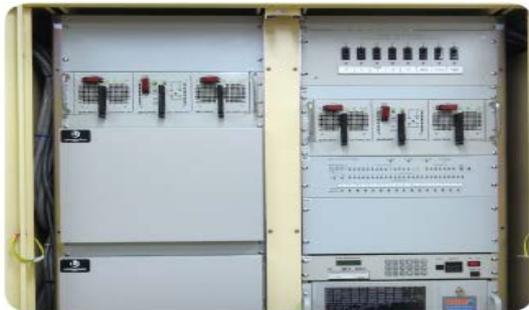
### 제어용전산기 교체 ('09.11~'11.07, 21개월)

□ 성능이 검증된 월성#2 기반 최신 제품으로 교체하여 안전성 및 신뢰도 향상

#### [주요 개선사항]

- 제어용전산기 일체, 전산기 주변장치 및 신호케이블 일체 교체
- 주제어실 및 타 계통 인터페이스 설비 일체 교체
- 전산기 전원공급장치 감시설비 등 신규설치로 정비편의 및 신뢰도 증진

| 제어용 전산기 교체 사진 |



## II. 월성1호기 계속운전 추진현황

### 제어용전산기 교체 (계속)

#### [주요 성과]

- 성능 검증된 설비로 전면교체, 신뢰도 향상 및 계속운전 기반 구축
- 세계 최초로 중수로 제어용전산기 운영 중 전면교체 및 기술 수출
  - 아르헨 엠발세 원전 구매규격서 작성 지원 계약 : '11.2, 3만5천\$
  - 캐나다 젠틀리-2 원전 교체 기술지원 계약 : '11.9, 약 100만\$
- COG 제어용전산기 장기지원협약 체결 유도로 월성#1~4 전산기 장기 안정운영 기반 구축(주요부품 생산중단 대비 가능)
- 전산기 교체 경험인력 해외 OJP 참여로 전산기 인수검사 품질검증 강화

## II. 월성1호기 계속운전 추진현황

### 중대사고 대응설비 설치

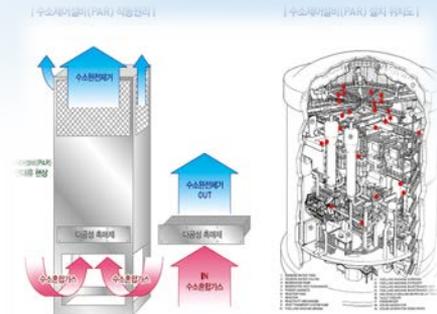
#### □ 이동형 발전차량 확보

- 모든 비상전원 공급이 안 될 경우를 대비,  
3,200kW급 이동형 발전차량 1대 확보



#### □ 피동형 수소제거설비 설치

- 중대사고 발생 시 전원이 없어도 수소를 제거할 수 있는 수소제거설비 설치(총 27대)



#### □ 격납건물여과배기계통(CFVS) 설치

- 핵연료가 용융되는 중대사고 발생 시 설계기준을 초과한 압력 상승을 예방



# II. 월성1호기 계속운전 추진현황

## 중대사고 대응능력



## II. 월성1호기 계속운전 추진현황

### 2 인허가 추진현황

- '09.12.30 : 월성#1 계속운전 인허가 신청(한수원)
- '10.12.15 : 서류적합성 검토결과 적합 통보(교과부 → 한수원)
- '13.05~07 : 월성#1 스트레스테스트 사업자 자체평가
- '13.07~'15.01 : 월성#1 스트레스테스트 전문가 검증(KINS/민간)
- '14.10.02 : 계속운전 KINS 심사완료 및 심사보고서 공개
- '15.01.08 : 원자력안전전문위원회 심의 종결
- '15.02.27 : 원자력안전위원회 전체회의 심의 의결  
( '15.1.15/2.12/2.27 총 3회 개최)

## II. 월성1호기 계속운전 추진현황

### 3 수용성 추진현황

■ '14.10.08 : 월성#1 동경주대책위\* 정식 발족

\* 양북면, 양남면 및 감포읍 주요인사 11명씩 총 33명으로 구성된 회의체

■ '15.03 ~ 04 : 월성#1 주민수용협의회\* 개최(총 6회)

\* 동경주대책위 33명 중 주민대표 9명, 한수원 9명으로 구성('15.3.25)

■ '15.04.29 : 월성#1 계속운전 주민 수용 관련 지원규모 등 가합의

■ '15.05.04~5.29 : 대의원 총회 추진, 주민공청회 등 시행

■ '15.05.29 : 동경주대책위 가합의안 가결

\* 감포/양북 : 만장일치, 양남 : 기권

■ '15.06.08 : 주민대표, 경주시장 및 한수원 간 상생협력 합의서 체결



# 월성1호기 계속운전 시사점

# III. 월성1호기 계속운전 시사점

## 계속운전 심사

- **계속운전 심사기간 장기화 : 총 62개월 ('09.12.30 ~ '15.2.27, 1,885일)**
  - **인허가 신청('09.12.30)이후 원전환경 변화에 따른 규제요건 강화**로 심사기간 장기화
    - 일본 후쿠시마 원전사고('11.3.11)로 강화된 규제요건 충족 및 후속조치
    - 고리1호기 정전사고 은폐사건('12.2.9)으로 추가적인 안전조치
  - \* KINS 심사 : '09.12.30~ '14.10.01 / 전문위 심의 : '15.1.8 / 원안위 심의(총 3회) : '15.01.15 / 2.12 / 2.27

## 스트레스테스트 심사

- **대선 공약사항인 스트레스테스트 검증에 규제기관 외 민간검증단도 참여**
  - 검증기준, 검증기간, 운영방식 및 검증단 지위 등의 불명확에 따른 시행착오 경험

### ※ 월성1호기 스트레스테스트 추진경위

- 대선시 노후원전에 대한 스트레스테스트 검증 공약 : '12.12
- 원안위 스트레스테스트 수행지침 결정 : '13.4
- 스트레스테스트 사업자 평가 : '13.5 ~ '13.7
- 스트레스테스트 검증단(규제기관/민간) 운영 : '13.7 ~ '15.1
- 검증결과 통합보고서 원안위 제출 : '15.1.6

# III. 월성1호기 계속운전 시사점

## 계속운전 제도 측면

### 인허가 신청기한 및 방법

- 인허가 신청기한이 설계수명 만료 5내지 2년전으로 한정되어 있어, 인허가 심사 및 심사 후 개선사항 조치 일정 등을 고려시 신청시점 촉박
- 사업자가 선 대규모 설비투자 후 인허가를 신청함으로써 인허가 심사를 압박 한다는 논란 존재

### 인허가 승인기간

- 인허가 신청주기(10년)가 짧아 10년마다 사회적으로 과도한 갈등 발생
- 향후 10년간 계속운전 신청시기가 도래하는 원전이 11기로 현재의 제도 및 인적자원, 갈등 구조하에서는 사회적으로 수용하는데 한계

# III. 월성1호기 계속운전 시사점

## 정보공개 측면

### 정보공개 요구 증대

- 국회, 환경단체, NGO 등의 정보공개 요구 증대(투명성, 신뢰성 의문제기)
- 사이버 보안 및 인터넷정보 유출문제('14.12) 로 원전운영에 대한 신뢰성 타격
- 협력기업의 영업비밀 등 보호 요구 증대(계약상 문제)

#### ※ 월성1호기

- 계속운전 안전성평가서(약 5,400쪽 분량) 국회 요청시 열람공개 및 요약본 제공, 인허가 취득 이후 본사 및 사업소에서 일반국민 대상 열람 공개 중(6.17~)  
(단, 보안사항, 지적재산권 및 영업비밀 등은 가림처리)

#### ※ 고리1호기

- 심의완료 후 특정장소에서 전국민 대상 열람방식으로 안전성평가서 공개  
(단, 보안사항, 지적재산권 및 영업비밀 등은 가림처리)

# III. 월성#1 계속운전 시사점

## 정보공개 측면

### 해외 현황

#### ● 안전성평가보고서

- 미국은 평가보고서가 포함된 계속운전 신청서(호기당 약 1,000쪽 분량)공개
- 캐나다는 계속운전 계획이 포함된 계속운전 신청서 (약 150쪽 분량)공개
- 기타 프랑스, 일본 등은 미공개

#### ● 심사 질의답변서

- 미국은 심사 질의답변서 전체를 취합하거나 일괄 공개하지는 않으며, 심사자 별로 일부 공개  
(단, 사업자 요청시 보안사항, 지적재산권 및 영업비밀 등은 제외 또는 가림처리)
- 기타 캐나다, 프랑스 및 일본 등은 미공개

# III. 월성#1 계속운전 시사점

## 수용성 측면

### 월성1호기 계속운전 환경

#### ● 환경단체 등 반원전 활동 조직화 심화

- 환경단체의 국회진출로 세력화, 입법활동, 반원전 토론회 등 조직적 활동 전개
- 안전성 이슈로 학계, 산업계 일부 전문가가 환경단체와 연합 활동하는 신환경 도래
- ST 민간검증단을 통한 환경단체의 개입시도, 지역의 환경단체 개입차단 노력 성과

### 월성1호기 주민수용성 확보 노력

#### ● 주민대표 단체를 통한 상생방안 협의

- 외부세력의 개입 차단, 자주적이고 민주적인 절차에 따라 갈등해결
- 동경주 주민대표는 물론 지자체장이 참여하여 경주시 전체의사를 반영하는 합의서를 채택하는 등 상생의 새로운 모델 제시



개선 방안

## IV. 개선 방안

### 제도개선 측면

#### 계속운전 제도개선 필요

- 향후 10년간 계속운전 도래원전이 11개 호기로 제도개선 필요
  - 고리#1, 월성#1 계속운전 추진경험 및 해외사례를 참고하여 합리적인 기준마련 필요

### 정보공개 측면

#### 인허가 신청서류 일반공개

- 향후 계속운전 원전은 인허가 신청단계에서 안전성평가보고서 공개
  - 단, 보안사항, 영업비밀 등 일부 가림처리 후 열람방식 일반국민 대상 공개 (월성1호기는 공개 중)

# IV. 개선 방안

## 수용성 측면

**기본전제** 원전의 안전

**수단** 투명한 정보공개와 소통

**지향점** 지역상생 발전

- 원전의 안전에 최우선 가치를 두고 발전소 운영, 국민 비롯한 이해관계자의 신뢰회복
- 적극적이고 선제적인 정보공개로 신뢰성 증진 및 소통강화
- 사회적 수용성 확보전략 전환
  - 부지별 지역 수용성 확보 전략 수립, 추진

## 환경영향평가시 주민의견 반영

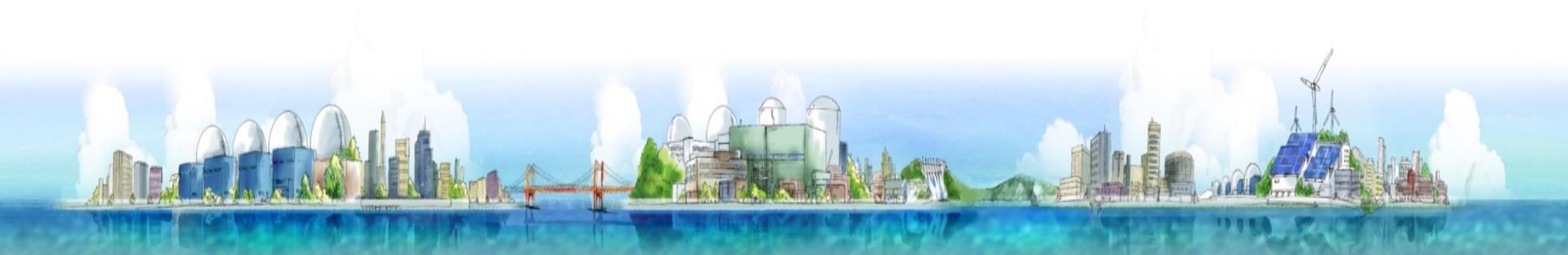
- 방사선환경영향평가서 공개(원자력안전법 제103조)
  - 향후 계속운전 추진시 개정된 원자력안전법에 따라 방사선환경영향평가서 초안 공람 또는 공청회 개최 등 주민의견 수렴 추진 예정

**THANK  
YOU**



# 참고자료

---



# 참고1. 장기 가동원전 현황

호기	설계 수명일	'15	'16	'17	'18	'19	'20	'21	'22	'23	'24	'25	'26	'27	'28	'29	'30
월성#1	'22.11.20	[Gantt chart showing construction phases from '15 to '22]															
고리#2	'23.08.09	[Gantt chart showing construction phases from '16 to '23]															
고리#3	'24.09.28	[Gantt chart showing construction phases from '17 to '24]															
고리#4	'25.08.06	[Gantt chart showing construction phases from '18 to '25]															
한빛#1	'25.12.22	[Gantt chart showing construction phases from '19 to '25]															
한빛#2	'26.09.11	[Gantt chart showing construction phases from '20 to '26]															
월성#2	'26.11.01	[Gantt chart showing construction phases from '20 to '26]															
한울#1	'27.12.22	[Gantt chart showing construction phases from '21 to '27]															
월성#3	'27.12.29	[Gantt chart showing construction phases from '21 to '27]															
한울#2	'28.12.28	[Gantt chart showing construction phases from '21 to '28]															
월성#4	'29.02.07	[Gantt chart showing construction phases from '22 to '29]															

 : 계속운전 기본계획 수립 (1년 소요, 기본계획 수립 ~ 안전성평가 용역 계약)

 : 계속운전 안전성평가 보고서 작성 (1년 소요)

 : 인허가 심사 (설계수명 종료일 기준으로 5년 전에 인허가 신청)

