

원전 스트레스테스트 수행 전략

www.khnp.co.kr



CONTENTS



스트레스 테스트 개요



사업자 평가결과



월성1호기 안전개선사항 이행계획



전 원전 스트레스 테스트



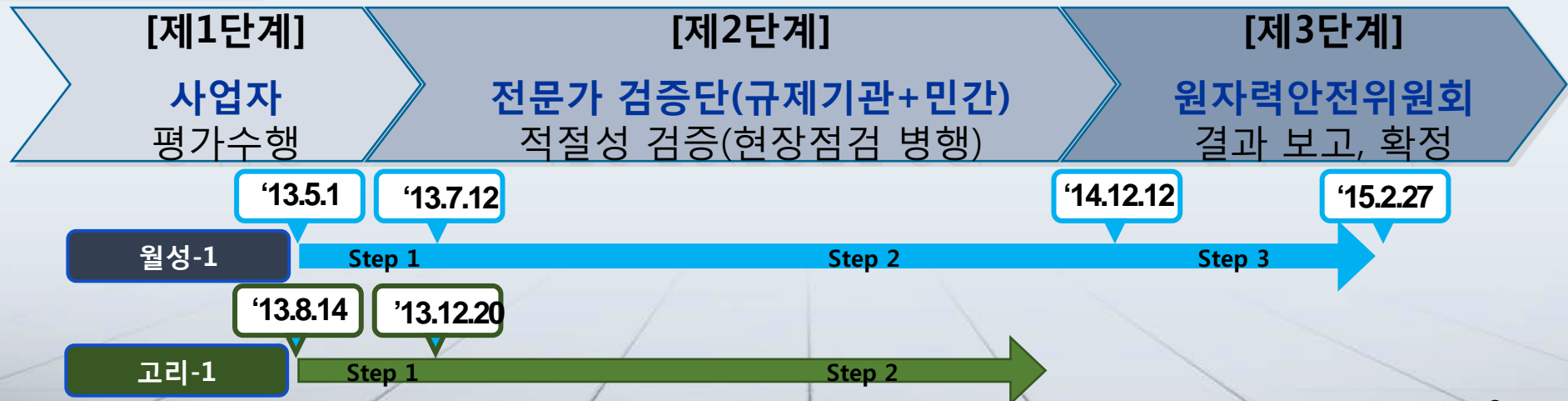
스트레스 테스트 개요

스트레스테스트 수행

추진배경 – 대통령 공약 및 정부 국정과제 이행

“ 노후원전의 연장운전 허가를 엄격히 제한하고 고리1호기, 월성1호기 원전의 폐기도 EU 방식의 스트레스 테스트(Stress test)를 거쳐 결정 ”

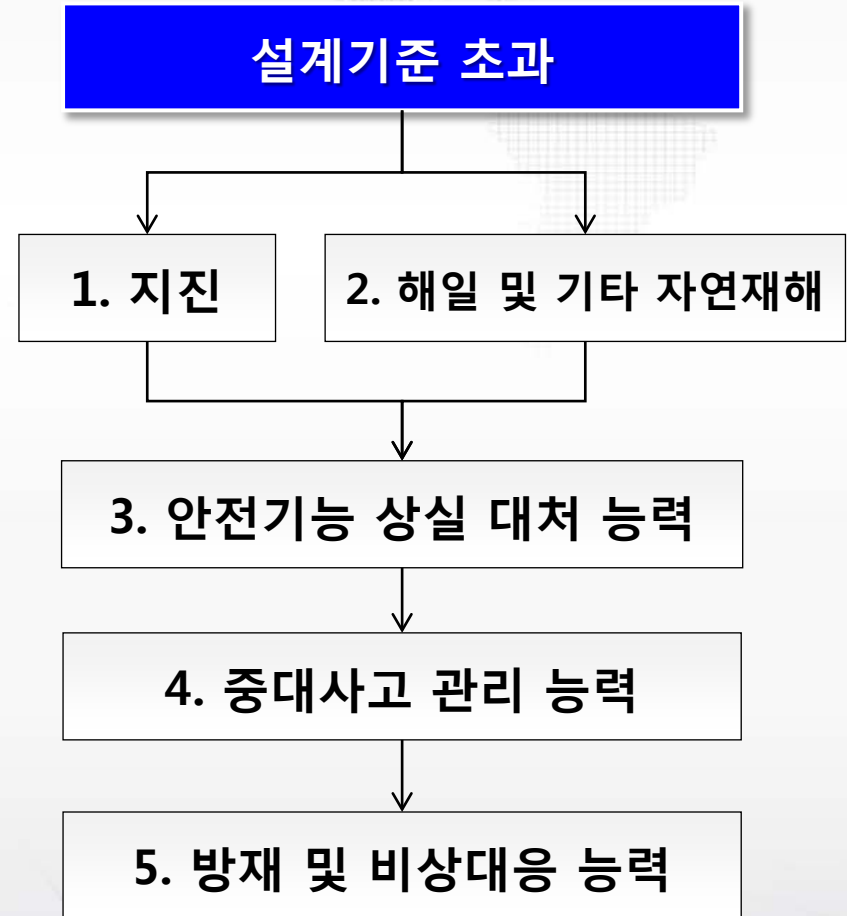
평가 대상	월성1호기(계속운전 심사 중), 고리1호기(계속운전 중)
평가 분야	①지진 ②해일 ③안전기능 상실 ④중대사고 ⑤비상대응 ⑥ 발전소운영
평가 기준	원자력안전위원회 평가지침 (2013.04.30)
추진 체계	사업자가 평가 수행 후 검증단 (규제기관+민간)이 적절성 검증



평가 분야

- ❖ (분야 1) **지진**에 의한 구조물·계통·기기 안전성 평가(**화재** 포함)
- ❖ (분야 2) **해일 및 기타 자연재해**에 의한 구조물·계통·기기 안전성 평가
- ❖ (분야 3) 안전기능 상실 시 대응능력
- ❖ (분야 4) 중대사고 관리 능력
- ❖ (분야 5) 방재 및 비상 대응 능력

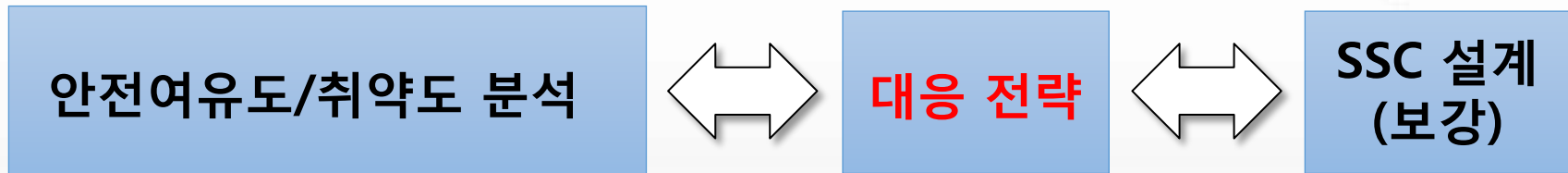
※ 각 평가분야별 운영분야 (조직, 절차, 의사결정 능력 등) 평가 포함



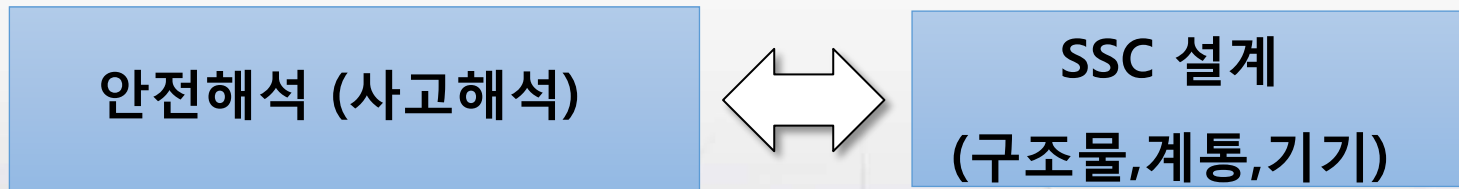
평가 전략

❖ 설계기준 초과 사고의 기본 전략

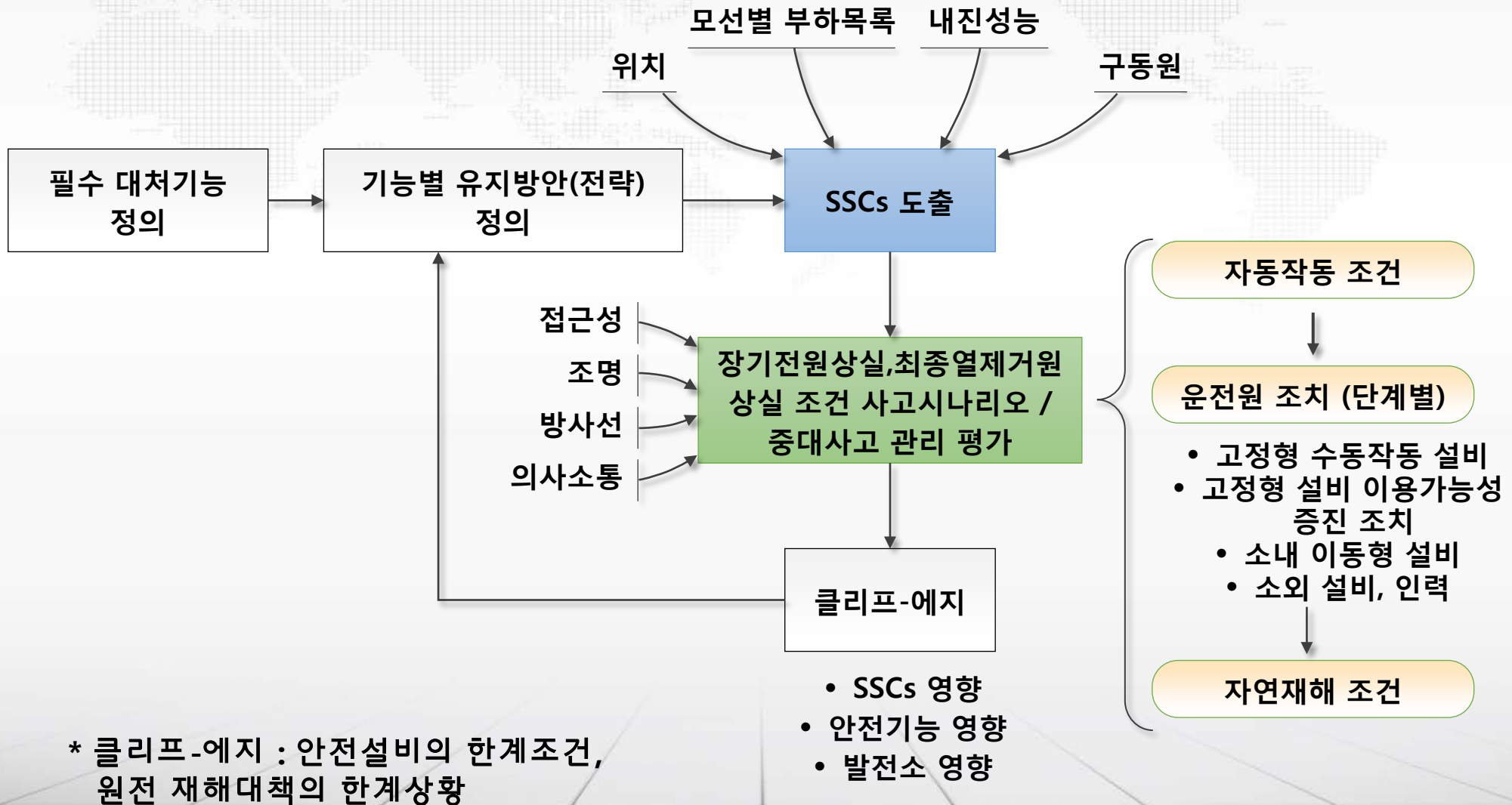
- 설계기준초과 조건에서 다양한 상황전개(시나리오) 중심으로 평가하여 필수안전 기능을 확보하고 대응 전략을 수립, 취약점 도출시 개선



※ 설계기준사고 접근방식



평가 개념도



평가 방법

10,000년 빈도 지진 · 해일 평가

- 지진 : 지진 PSA 방법, SMA 방법 이용
- 해일 : 침수위 심각도를 단계적 상승



필수 대처기능 상실 SSC 도출 및 설비 보강



대응능력 평가

- 시나리오 기반 평가 : 극한 자연재해 동반
 - 전력 및 최종열제거원 상실 시 대응능력
 - 노심 및 사용후 연료저장조 냉각능력 확보



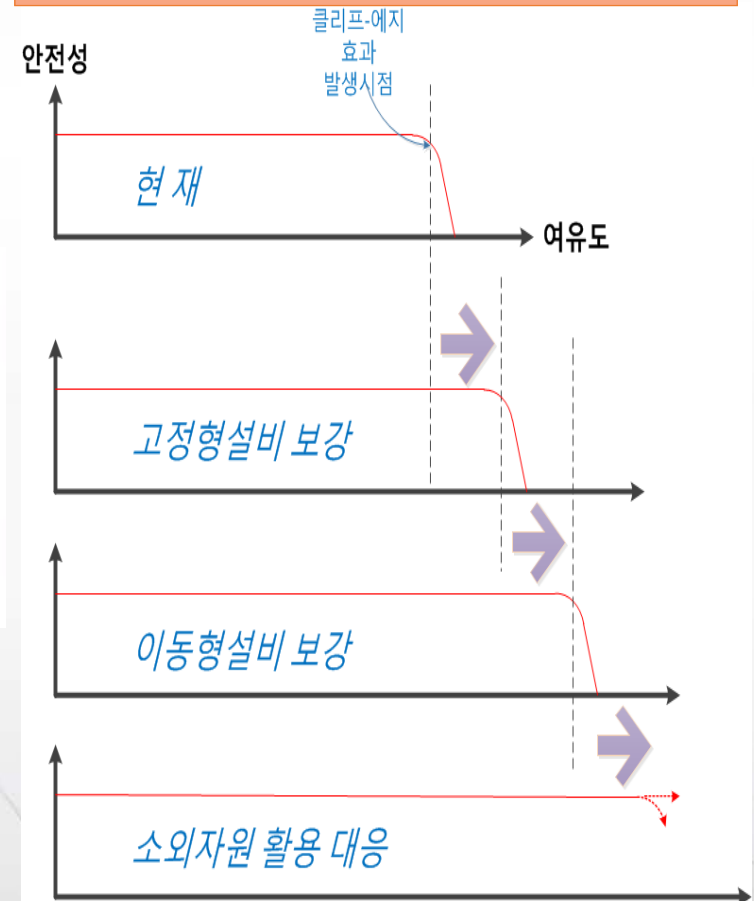
필수 대처기능 상실 SSC 도출 및 설비 보강



방재 및 비상대응

- 다수호기 동시사고 가정
- 비상대응시설의 거주성 등

대응능력 확보 전략





사업자 평가결과



지진에 의한 구조물·계통·기기 안전성

지진평가 및 내진여유도 평가

❖ 부지에서의 재현주기 1만년 빈도 수준의 지진 평가(확률론적지진재해도 분석)

- 월성 1호기 : 재현주기 1만년 빈도 수준의 지진동은 0.28g
- 고리1호기 : 재현주기 1만년빈도 수준의 지진동은 0.21g

❖ 내진여유도 평가

- PSA-based SMA(내진여유도 평가) 수행 : 평가대상 모든 SSC가 0.3g 이상의 내진 성능 보유를 확인
- 구조건전성 평가 수행 : 사용후연료저장조, 사용후연료건식저장시설, 비상급수 저장조가 모두 0.3g 지진에도 안전함을 확인

지진에 의한 구조물·계통·기기 안전성

침수영향 및 화재영향 평가

❖ 설계기준 초과 침수영향 평가

- 주요 구조물 내부의 유체계통 배관 파단으로 발생하는 내부침수에도 영향은 없는 것으로 평가

❖ 설계기준 초과 화재영향 평가

- 월성 1호기 : 지진화재에 대한 필수대처구역으로 19개 지역이 도출됨
- 고리1호기 : 지진화재에 대한 필수대처구역으로 34개 지역이 도출됨
- 대응능력 한계시 운전원 순찰을 통해 화재발생을 인지한 후, 즉시 진압을 실시함으로써 안전기능의 상실 방지 가능
- 평가과정에서 소화기 비치 등 일부 조치를 완료하였으며, 대응능력 향상을 위한 개선사항 도출
 - 내진비상조명, 소화기 추가비치, 필수지역 내진소화감지기 설치 등

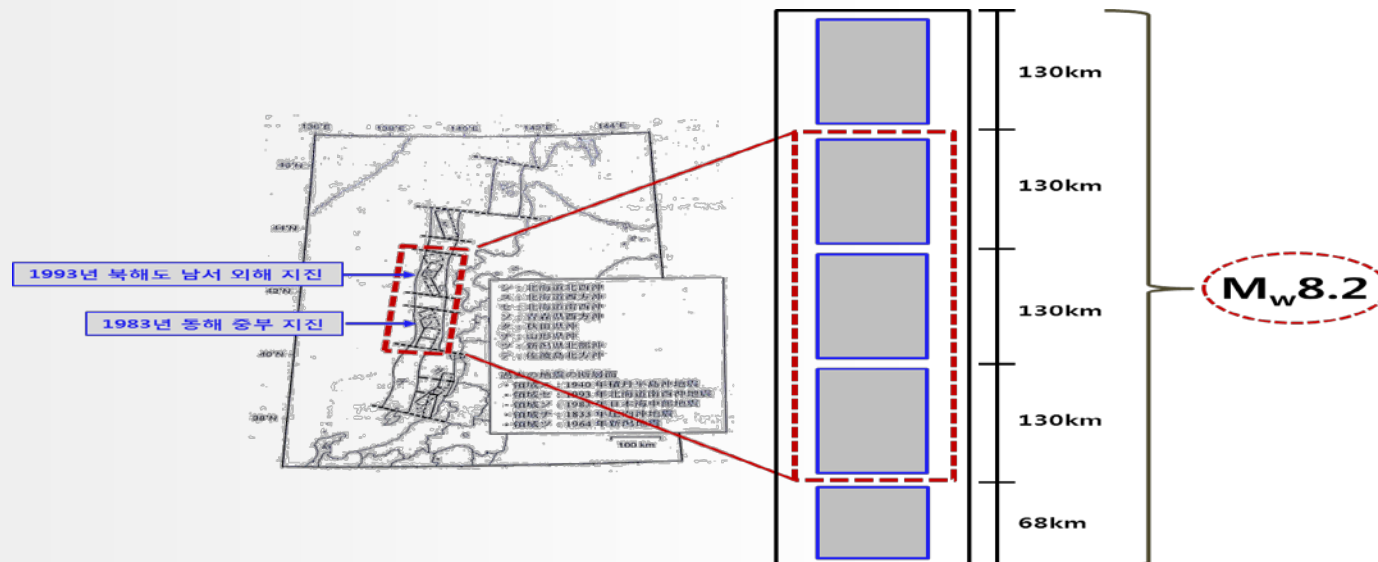
설계기준 초과 지진해일 평가 결과

일본 서쪽해안에서 10,000년 빈도
해저지진(규모 8.2) 발생을 가정하여 지진해일고 수치 모의

● 가능최고해수위

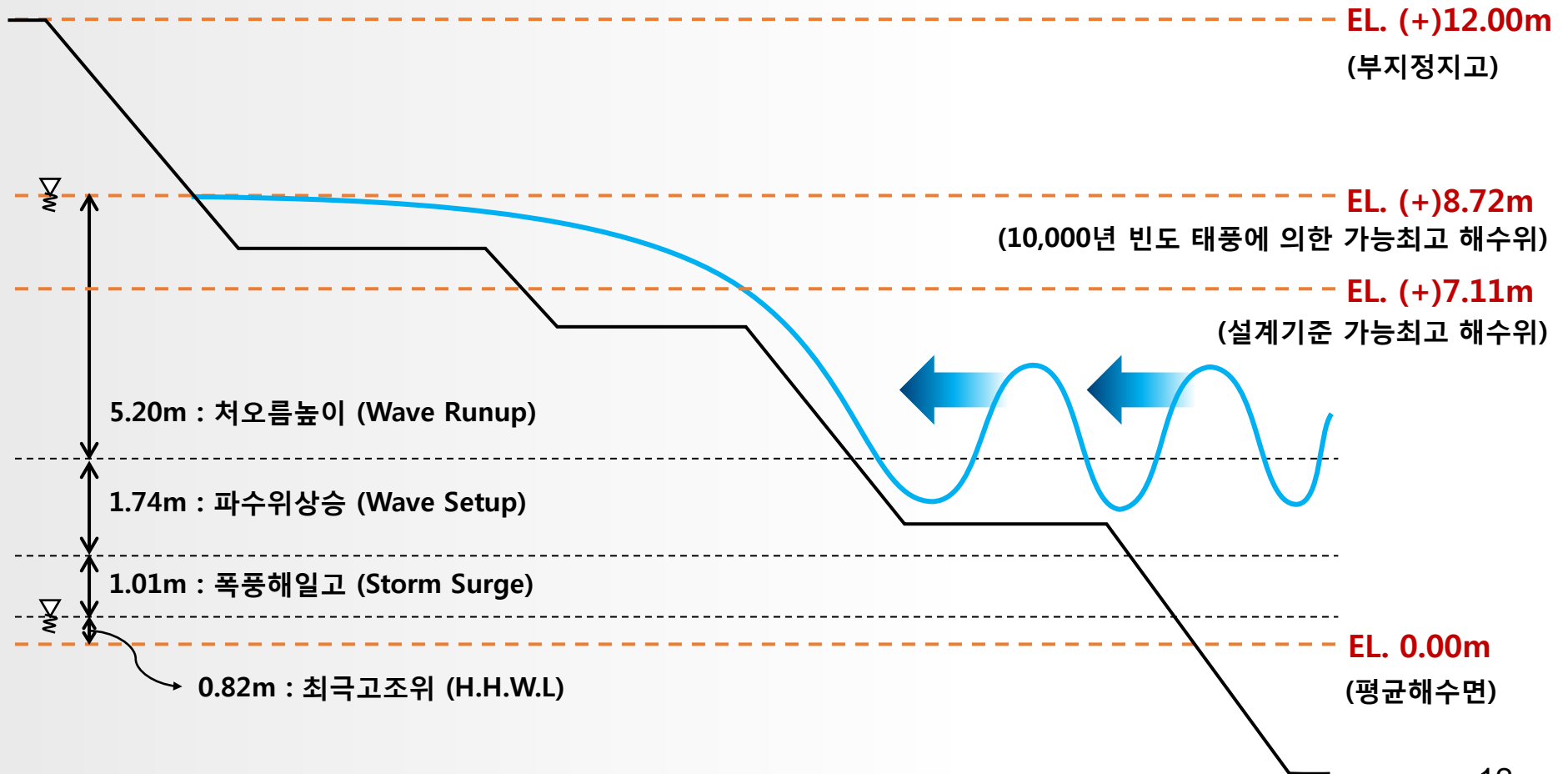
월성1 : EL(+) 2.437m = 최극고조위 + 10,000년 빈도 지진해일에 의한 해수면상승
= $0.767\text{m} + 1.67\text{m}$

고리1 EL(+) 2.287m = 최극고조위 + 10,000년 빈도 지진해일에 의한 해수면상승
= $0.927\text{m} + 1.36\text{m}$



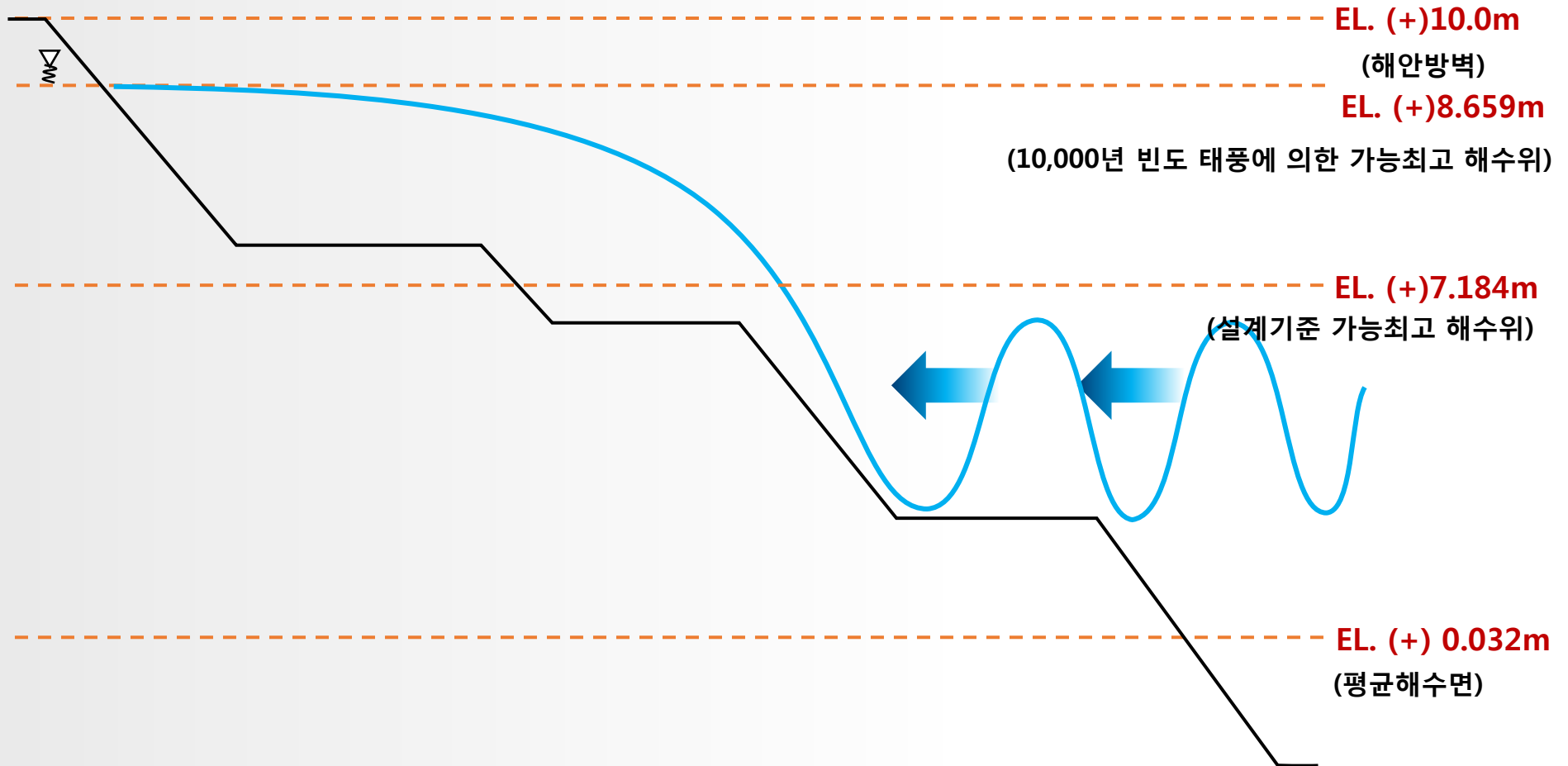
설계기준 초과 폭풍해일 평가 결과[월성1]

10,000년 빈도 규모의 태풍에 의한 가능최고해수위 평가(수치모의)



설계기준 초과 폭풍해일 평가 결과(고리1)

10,000년 빈도 규모의 태풍에 의한 가능최고해수위 평가(수치모의)



해일 및 기타자연재해에 의한 구조물·계통·기기 안전성

최대강우 및 강풍 평가

❖ 설계기준초과 가능최대강우(PMP)

- 월성 1호기 : 재현주기 1만년 빈도의 강우량은 140mm로, 안전기능 상실을 초래할 수 있는 침수를 유발할 수 있는 강우량(232.4mm) 보다 낮음
- 고리1호기 : 보조건물 복합체 및 1차해수냉각수 취수구조물 출입구는 침수 가능
 - 후쿠시마 후속조치로 침수 가능 건물에 방수문 설치 예정

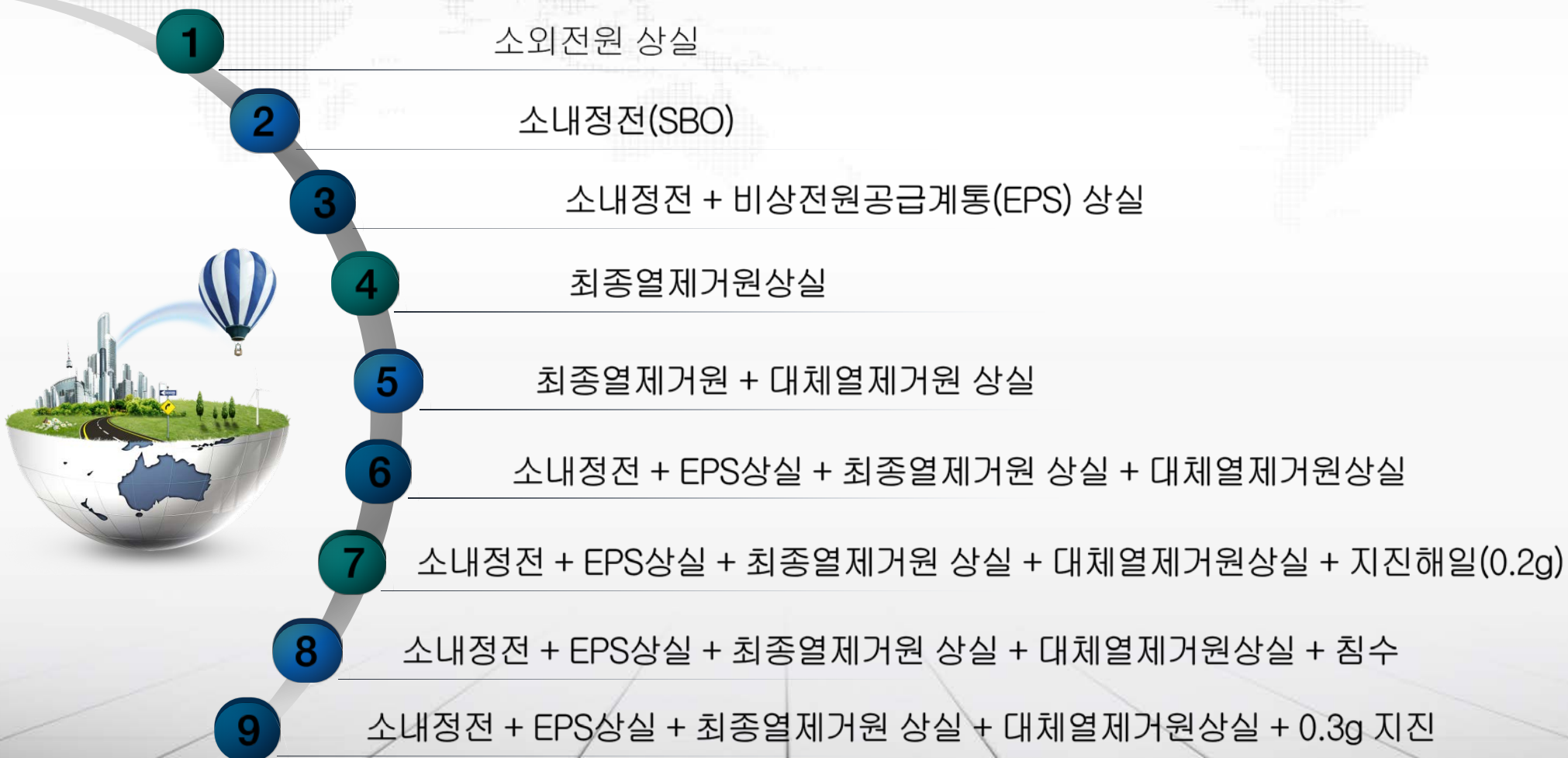
❖ 설계기준초과 강풍

- 재현주기 1만년 빈도 최대풍속과 최대순간풍속에 의한 안전기능 상실은 발생하지 않음
- 단, 월성1호기의 경우 안전관련 구조물 지상층의 마감재인 강재 패널(siding)이 설계기준초과 강풍에 박리될 수 있으며, 우수 유입 등으로 일부 안전정지 기기의 손상 발생 가능

☞ 제2제어실 및 비상전력공급실의 강재 siding 보강 진행 중

극한재해를 동반한 사고 분석결과

스트레스테스트 기준에 의한 사고 시나리오



극한사고 대응 시나리오(월성1)

초기사건

0.3g지진발생

전원상실(교류)

소외전원상실

비상발전기(EPS)상실

예비발전기(SDG)상실

계통조건

원자로정지 : OK

1차 냉각계통 : 건전

증기발생기 : 건전

교류전원 : 상실

능동형기기 운전불가

직류전원 : 상실

계측제어기능상실

휴대용 계측기로
변수측정/
이동형 발전차 전원복구
주요변수 확인가능

냉각시나리오

1단계

SG 냉각수 냉각
주증기안전밸브
(MSSV)
개방/닫힘 반복
- 1시간 23분

노심냉각
성공

2단계

살수냉각수
- 살수탱크격리밸브
(PV7/41) 개방
전원상실시 자동열림
- MSSV개방
⇒ 개방신뢰도 제고

살수탱크
고갈 9시간

비상급수 저장조 냉각수원

외부지원 통해
지속공급가능

정수장

노심냉각
성공

자연대류
냉각불능

중대사고발생

이동형펌프차투입/
외부유입로 이용

단일호기 8일
다수호기 4일

극한사고 대응 시나리오(고리1)

초기 사건

0.3g지진발생

전원상실(교류)

소외전원상실

비상발전기(EPS)상실

예비발전기(SDG)상실

계통 조건

원자로정지 : OK

1차 냉각계통 : 건전

증기발생기 : 건전

교류전원 : 상실

능동형기기 운전불가

직류전원 : 건전

3시간 30분
축전지 고갈

이동형발전차 전원복구

주요변수 확인가능

냉각 시나리오

1단계

SG 냉각수 냉각
증기압력조절밸브

(1시간 10분)

SG
고갈시

2단계

-CST (16시간)
- 터빈구동보조급수
펌프 (전원불필요)
- 충전펌프
(이동형 발전차)

실패시

자연대류
냉각불능

중대사고발생

노심냉각
성공

CST 고갈
16시간

이동형 해수펌프 투입

냉각계통복구

정수장

노심냉각
성공

중대사고 대응능력(월성1)

중대사고 대응능력

노심냉각 및 원자로 건전성

원자로 냉각

1차측

외부주입유로

비상노심냉각밸브
(ECC 밸브)개방

- 주입수단 신뢰성 확보
- 이동형 펌프 구비

격실 냉각

중단차폐
냉각계통배관

직접주입유로

- 신설예정

원자로 건물 건전성

원자로건물 격리

- 격리밸브 자동 닫힘

감압 및 방사성물질 방출최소화

CFVS 운전

- 중대사고시 설정압력
에 따라 수동 개방

수소제거

PAR 운전

- 피동형 설비로
작동성 보장

사용후 연료저장조 (SFP) 냉각

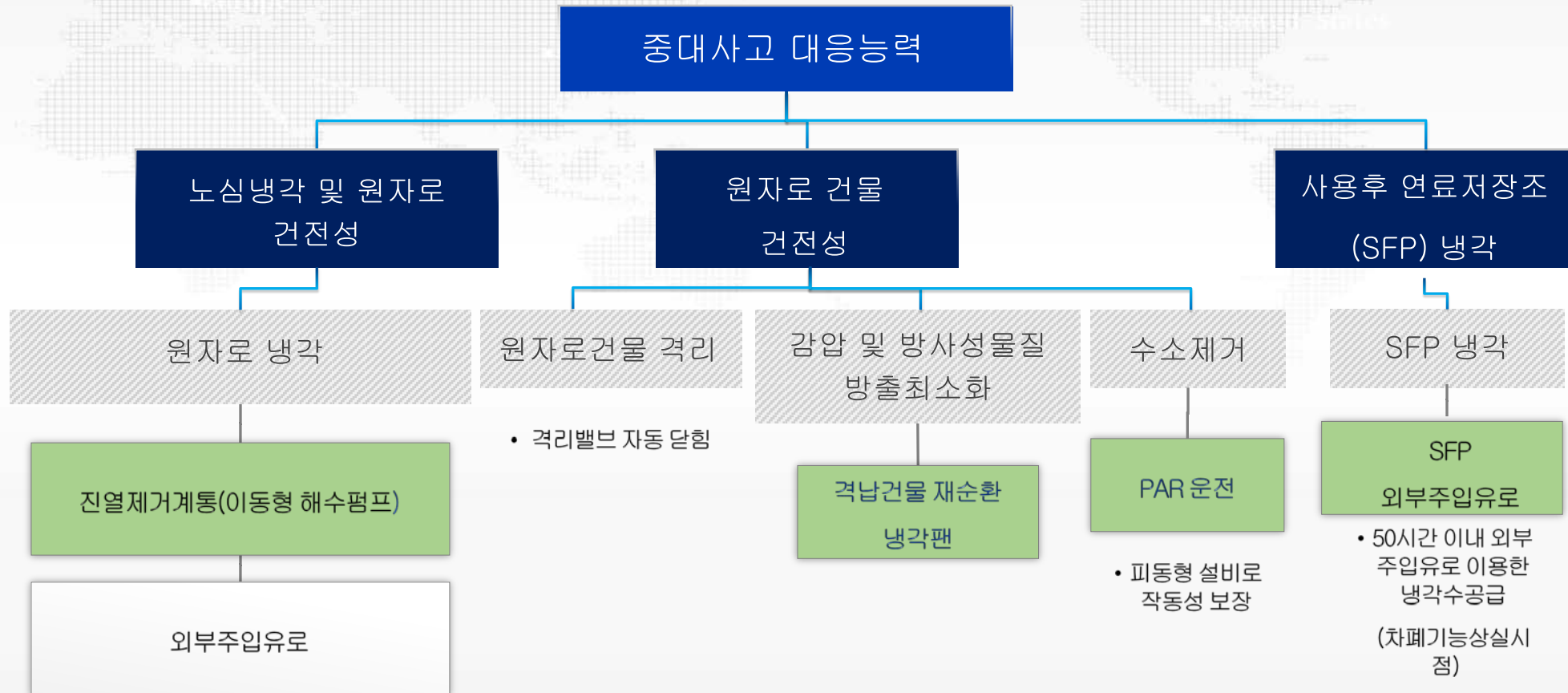
SFP 냉각

SFP

외부주입유로

- 54시간 이내 외부
주입유로 이용한
냉각수공급
(차폐기능상실시
점)

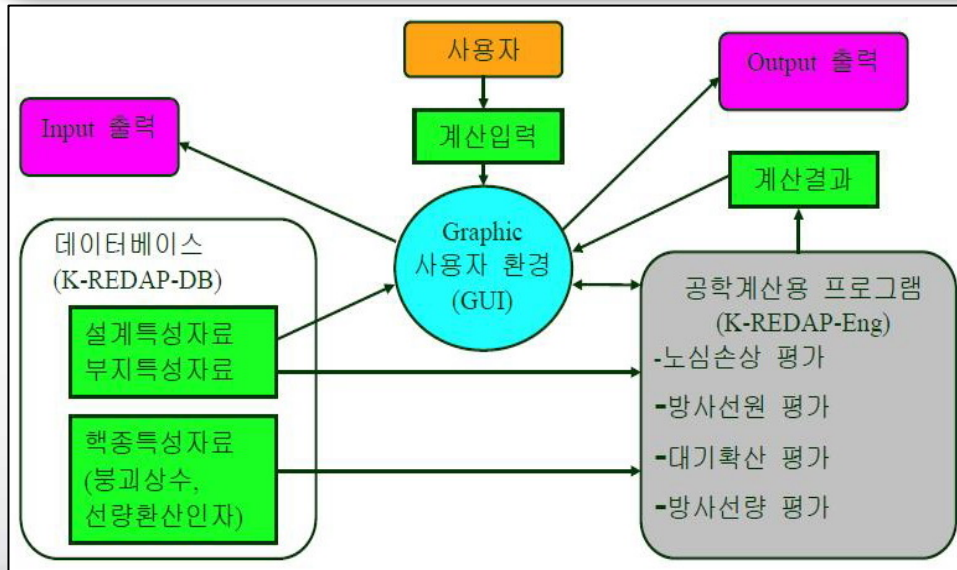
중대사고 대응능력(고리1)



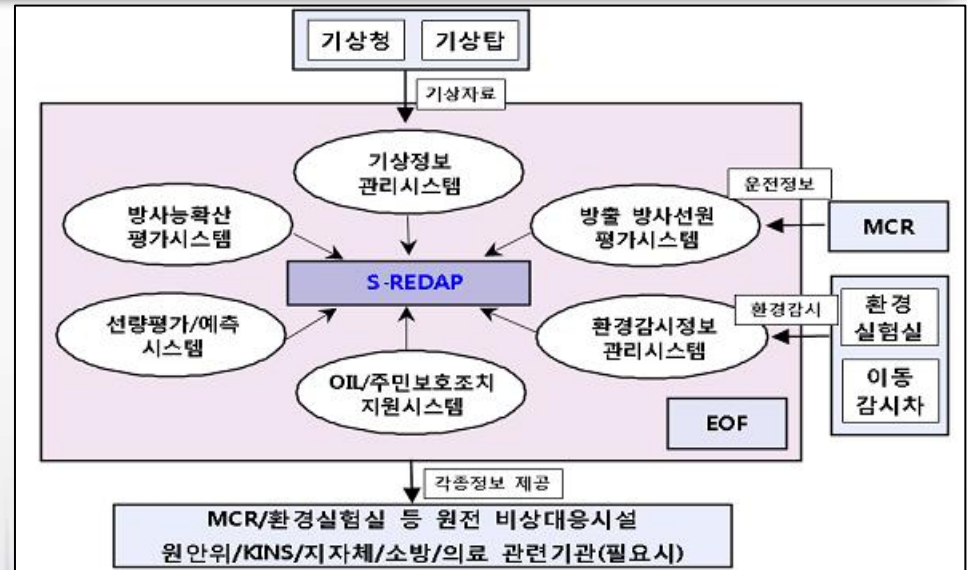
비상대응능력 평가 결과(1/2)

선량평가 능력 평가

- 주민예상피폭선량평가프로그램(K-REDAP 운영, S-REDAP 개발중)을 이용하여 환경으로의 방사성물질 확산과 그에 따른 주민예상피폭선량 예측이 가능함



<K-REDAP¹⁾ 프로그램 개략도>



<S-REDAP²⁾ 시스템 개략도>

1) K-REDAP: KHNP's Radiological Emergency Dose Assessment Program

2) S-REDAP: Smart K-REDAP (다수호기 동시사고시 선량평가)

비상대응능력 평가 결과(2/2)

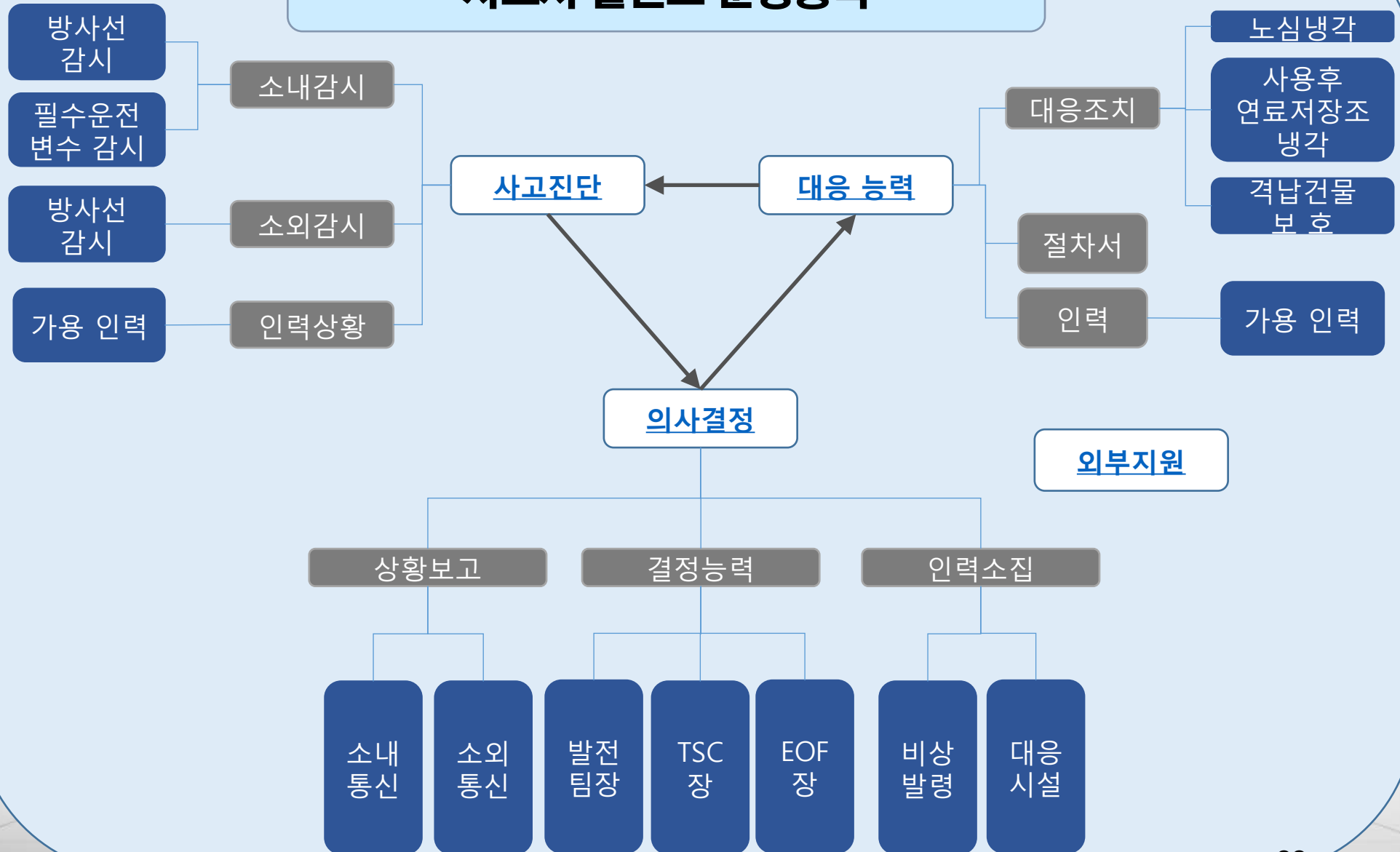
타부지 및 외부지원 대응능력

- 극한 자연재해 발생시 타부지를 비롯한 외부기관(타 원자력본부, 방사선보건연구원, 중앙연구원 및 인재개발원 등)의 비상인력 및 장비를 다양한 접근방법을 통하여 지원 받을 수 있음
- 소내 접근성 확보를 위한 중장비 도입 및 운전 인원 확보 예정임

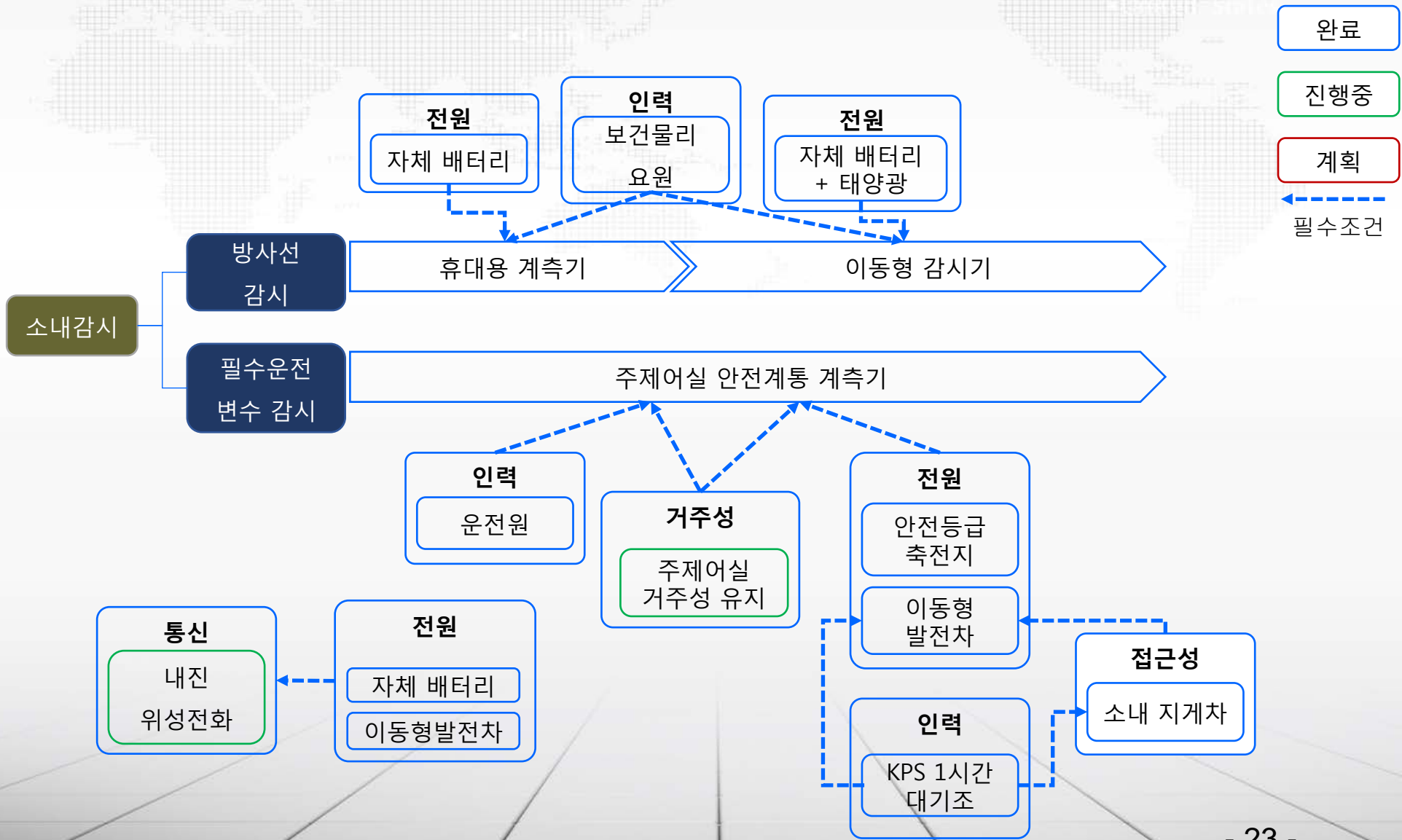
통신체계 및 발전소 정보 전송시스템 건전성

- 다양한 수단으로 구성된 비상통신설비는 극한 자연재해에 대비하여 위성전화를 포함한 유·무선 통합통신시스템을 구축하여 보완 예정
- 사고 발생시 발전소 안전변수는 주제어실 및 비상기술지원실의 발전소 정보 전송시스템을 통해 확인 가능

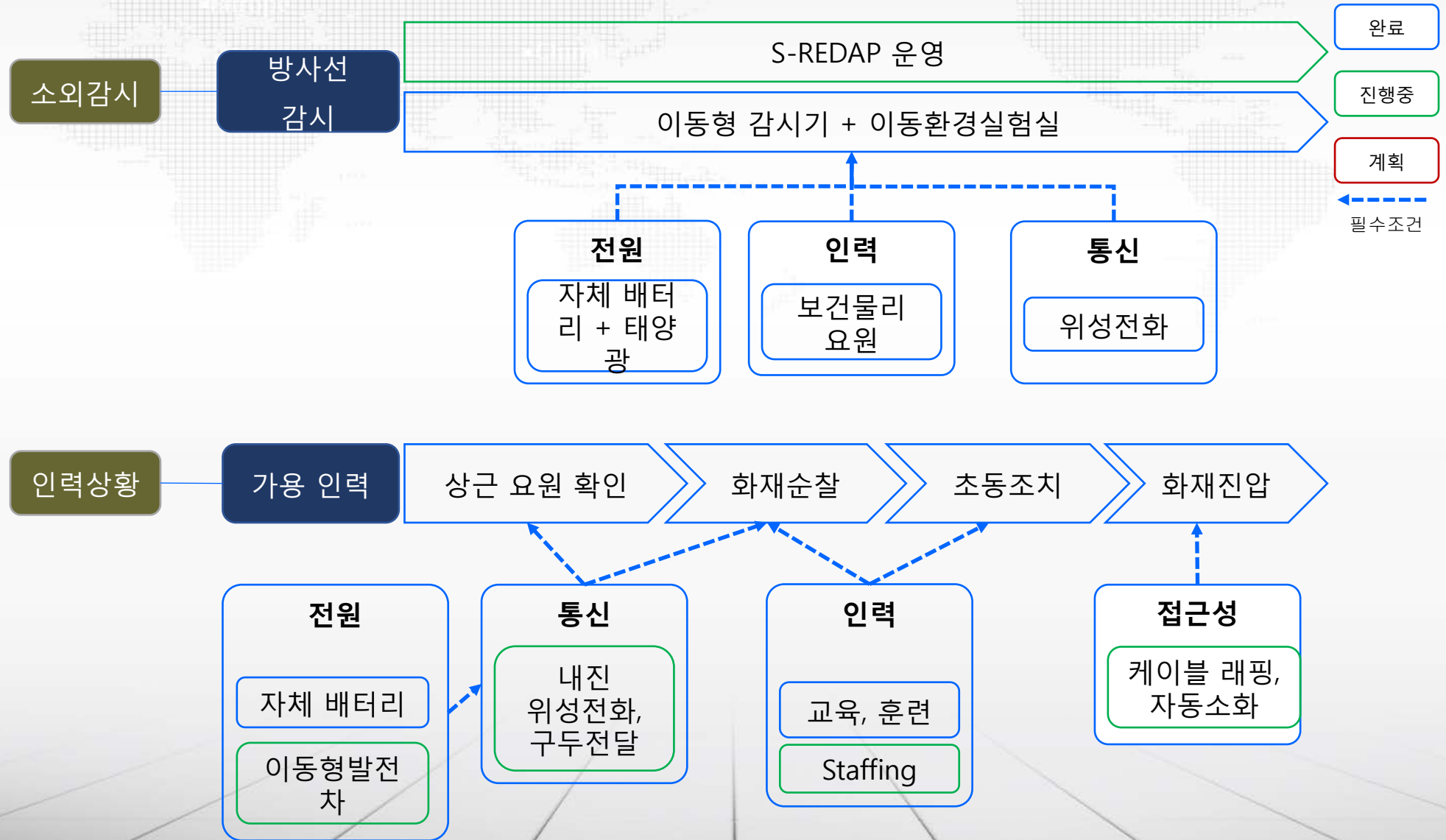
사고시 발전소 운영능력



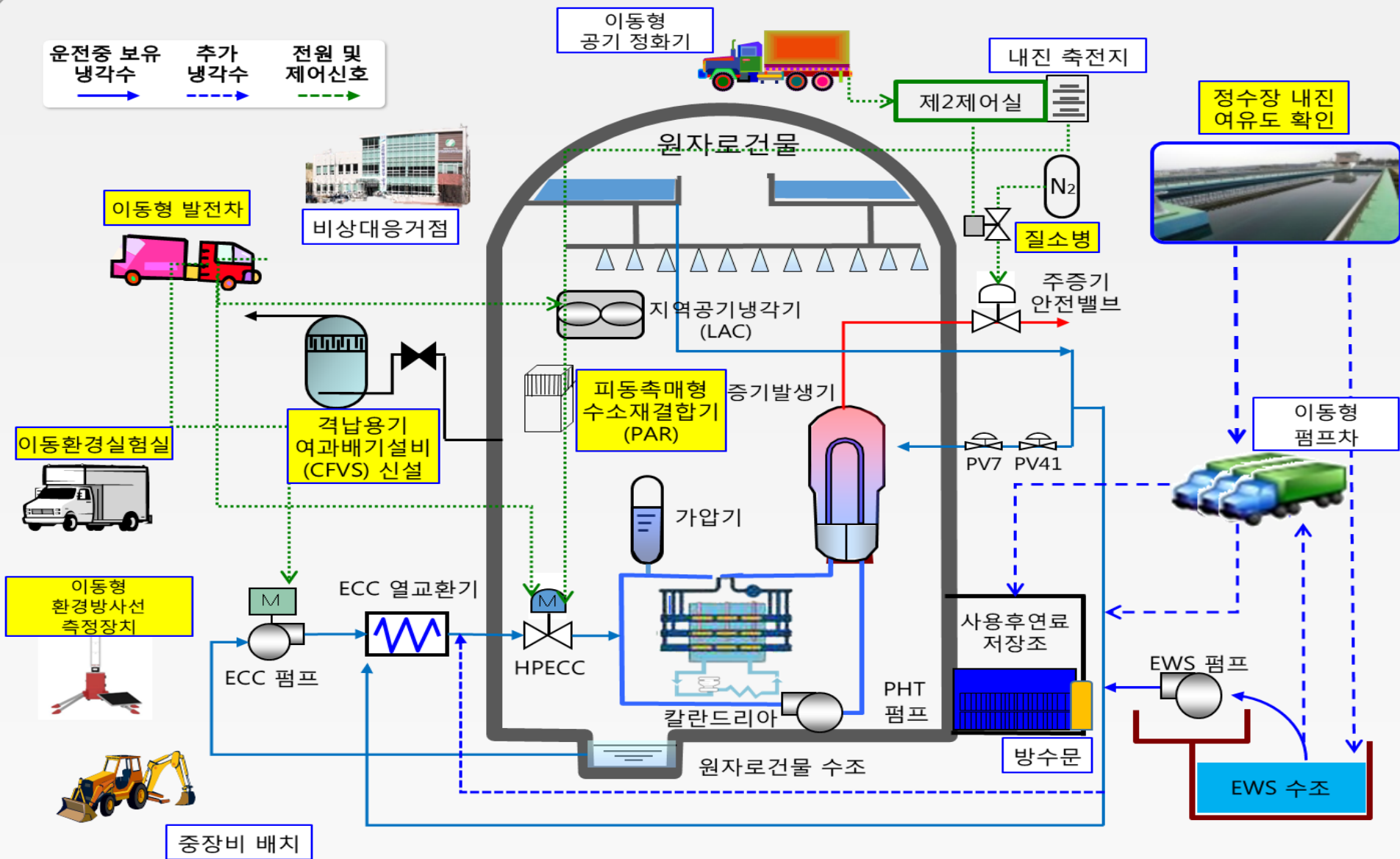
상황확인 흐름도



상황확인 흐름도



극한자연재해 대응 전략 (월성1)





월성 1호기 안전개선사항 이행 계획

안전 개선사항 이행계획

배경 및 이행 필요성

❖ 안전 개선사항




- 한수원의 스트레스 테스트 평가결과에 대해 전문가검증단 검증 결과를 전문위원회에서 검토한 결과 평가기준에 적합함을 확인
 - 대형 자연재해 대응능력을 강화하기 위해 중장기 개선사항 도출, 한수원에 통보하고 이행계획 수립 및 추진토록 조치 예정
- 제시된 안전 개선사항은 중장기 개선을 통해 극한자연재해 시 월성 1호기의 안전성을 더욱 증진하기 위한 것임.
 - 설비보강 9건, 제도개선 2건, 중장기 연구 8건 등 총 19건

❖ 이행계획 추진방향

- 월성 1호기 해당 안전 개선사항은 2017년까지 이행 완료 추진
- 중수로 또는 전원전 공통사항에 대해서는 2020년까지 완료 추진
- 재가동 이전까지 조치 가능한 사항은 최단시간 내 완료

안전 개선사항 이행계획(이동형설비 확보(안))

이동형 발전차(N+1)

-  4.16kV 3.2MW
이동형발전차(기확보)
-  4.16kV 0.7MW
이동형발전차(6대추가)
-  480V 0.5MW
이동형발전차(월성1호기 지역
공기냉각기 비상전원 공급용)

디젤연료 확보

700kW 도입시 354시간(14.4일)
운전가능(1,933l/h)



냉각수원

- * 중수로
비상급수저장조
원수저장탱크

이동형 펌프차(발전소별 2대)

- 원전본부 공용
- 장거리호스 확보 병행



- 이동형 펌프차(호기별 1대, 월성1호기 제외)
- 월성 2~3호기용 : 750gpm/대(10kg/cm²)



- 월성 1호기
- 물탱크형 3대 : 500gpm/대(15kg/cm²)

화재대응



- 자체소방대
- 본부별 1대(고리본부 2대)



- 외부지원(본부별 2대)

안전 개선사항 이행계획(비상대응거점 확보(안))



- 기존 비상대책실 활용 방안 -

- (평상시) EPZ 확대에 따라 환경감시 강화를 위한 환경감시센터로 활용
- (비상시) 비상대응 인원 수용 및 예비비상대응시설로 활용

안전 개선사항 이행계획(비상대응조직 운영(안))

❖ 중대사고 관리전략팀(신속대응팀) 운영

- 중대사고 관리전략팀 총괄 및 분야별 총괄담당
- 사고관리 전략 담당 : 5개 노형별 각 3명의 전문인력으로 구성
- 비상대처 설비 담당 : 기계 및 전기담당 각 6명으로 구성

❖ 중대사고 발생시 본부 안전감시역을 신속대응팀 지원인력으로 활용

- 사고초기 신속대응팀 및 현장간 업무연락체계 유지
- 신속대응팀 현장업무지원

❖ 중대사고 지원조직 운영

- 사내.외 전문가 활용 : 분야별 전문성을 고려하여 미리 정해진 역할 수행
- 비상연락체계 유지, 필수대비인력에 대한 주기적 훈련 수행

사고관리전략팀
(신속대응팀)

안전감시역



감사합니다

Q&A