



2019년 KNS 춘계학술대회 워크숍

사고관리계획서(AMP) 사업자 준비 현황



Corporate Safety Department,
Accident Management Strategy Team

2019. 05

안전처 사고관리전략팀장 양승태

AMP 의의와 향후 9대 변화

新 법제화 요건 사고관리계획서

정상운전 또는 비정상운전	설계기준사고 (DBA)	설계기준 초과사고 (BDDBA)		
		다중고장	극한자연재해, 인위적재해	중대사고예방, 중대사고완화
최종안전성분석보고서(FSAR)		스트레스테스트 중대사고 정책 후쿠시마후속조치		
		新規 사고관리계획서(AMP)		

- ❖ TMI 사고 이후 중대사고 정책, 후쿠시마 사고 후속조치, 스트레스테스트 등 행정명령에 의거 안전성 강화 (**법적근거 미약**)
- ❖ 원안법에 근거한 사고관리계획서 신규 개발로 다수기 극한재해 [인위적재해포함] 및 중대사고 전범위 대처 가능

AMP 9대 변화요소 Vs 사업 프로세스

사고관리계획서 요건 분석

AMP 사업 착수

① MACST 고유 전략 개발

美, 日, 유럽, 벤치마킹

② MACST 설비 선정, 구매
[운영/정주기/정비 방안 개발]

⑦ 신규 절차 개발
[MOG, EOP, EDMG, SAMG]

⑧ 신규 해석 개발
[사고, 안전, 선량, PSA 등]

⑨ 신규 교육/훈련 개발

③ 안전계통 형상/설계 변경
[RCP Seal, 이동설비 접속부 등]

④ MACST 통합보관고 신설

⑤ MACST 전담조직 신설

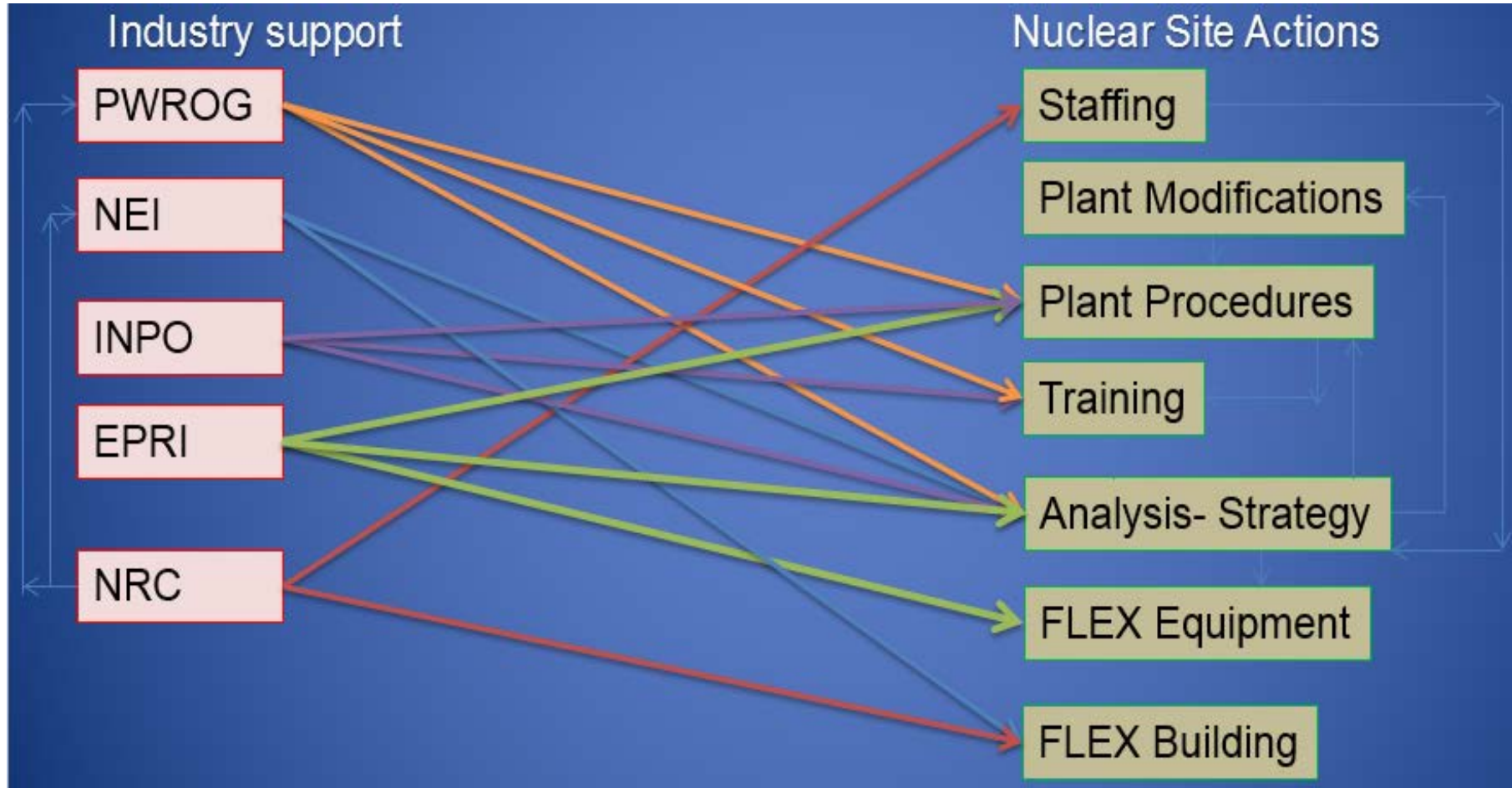
⑥ 신규 비상대응거점 신설

※ 비상대응거점은 AMP 요건은 아님

AMP 검토 후 추가 안전조치

AMP 제출

핵심 벤치마킹 : 美 Flex 8대 분야 (협업체계)



註) 미국은 다양한 협업체 공동 추진을 통해 8대 이행방안 구체화 및 문서 개발

AMP 구성과 개발 순서

AMP 구성	주요 내용	개발 순서
1. 사고관리의 개요	-	
1.1 사고관리 대상사고	요건으로 설계기준초과사고 명확 제시 (사고관리체계가 필요한 범위 제시)	0
1.2 사고관리 주요설비	전략을 구현할 MACST 설비 목록 개발	2
2. 사고관리 전략	한수원 고유 전략 MACST 개발	1
3. 사고관리 이행체계	MACST 전담조직 및 이행체계 제시	3
4. 사고관리능력의 평가	-	
4.1 중대사고 예방능력	중대사고 예방능력 평가	6
4.2 중대사고 완화능력	중대사고시 완화능력 평가	7
4.3 기기생존성평가	중대사고 상황에서의 기기생존성 평가	5
4.4 사고영향의 평가	부지경계 피폭선량, Cs요건 등 제반 안전목표 만족여부 판단	8
4.5 PSA 평가	제반 안전개선을 포함한 PSA 평가	9
5. EOP 작성 설명서	MACST 전략에 맞는 절차 제시	4
6. 극한재해 설명서		
7. SAMG 설명서		
8. 교육훈련계획	모든 제반 체계를 반영한 교육훈련계획 개발	10

사고관리계획서 공정 현황

(Rev D 기준, 2019.5.14)

구분	완성도	비고
1. 사고관리의 개요	-	
1.1 사고관리 대상사고	100%	
1.2 사고관리 주요설비	100%	"MACST 개념설계" 용역 (제출 후 상세설계 예정)
2. 사고관리 전략	100%	
3. 사고관리 이행체계	100%	전담조직 신설 착수, 방사선비상계획서 개정 필요
4. 사고관리능력의 평가	-	반복수정(Iteration) 진행 중
4.1 중대사고 예방능력	100%	
4.2 중대사고 완화능력	99%	일부 원전 집중관리 중
4.3 기기생존성평가	99%	별도 용역 (효과성 Vs 현장상황 분석 조율 중)
4.4 사고영향의 평가	100%	선량요건 전원전 만족 상황
4.5 PSA 평가	98%	Cs-137 최종 막바지 작업 중
5. EOP 작성 설명서	100%	
6. 극한재해 설명서	100%	
7. SAMG 설명서	100%	
8. 교육훈련계획	100%	

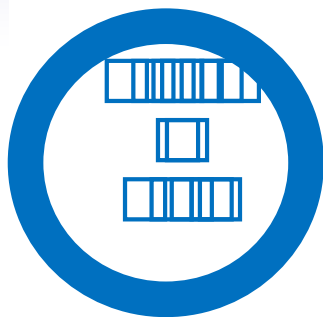
2019년 제출전 마감 계획

구분	3월				4월				5월					6월		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	1	2	3
현장순회 소통협력회의		전사 화상	고리 월성	한빛		한울	한빛									
AMP 보고서 완성도 제고	미흡한 부분 완성도 제고							합동 집중검토	집중검토 반영		5/16 마감					
현장 내용 검토	대표발전 중심			잔여발전 포함					추가 의견 제시							
발전소 PNSC 심의												✓				
본사 정책위원회 보고														✓		
AMP 최종안 완성												최종 수정 보완				
KNRB 심의															✓	
원안위 제출																★
발전소경영회의 소실장 보고						2					3					4

AMP 9대 요소별 계획

(AMP 사업자 계획)

한수원 고유 BDBA 사고관리전략 (MACST)



다수기 동시 사고 가정 다중방호개념  전략

3 Phase 대응전략



MACST 전용설비 14종 추가 적용

Phase 1 (0 ~ 8hr)

극한재해대응 고정형 설비 활용 단계
(핵심기기 : 방수벽, 방수내화문, 내진성능향상 SSC, 축전지, 350kw 이동발전기, 터빈구동보조급수펌프, 필수계측기)











Phase 2 (~ 72hr)

극한재해대응 이동형 설비 활용 단계
(이동형 발전차/펌프, 이동형 팬 덕트 등 MACST설비)

Phase 3 (72hr ~)

소내·외 가용한 모든 설비 활용 단계
(고정형 설비 회복, 대형 이동형발전차, 이동형열교환기, 외부수원 등)



유럽  일본  미국  의 인허가 요건을 모두 수렴하는 강력한 개선조치
미국에 비해  판례의 고정설비 추가 안전 확보  대공모 예
상명확한 안전목표를 만족할 수 있는 설비  조직  절차  해석 체계 구
비 피오
 판례시 타원전 본부가 미국의 지역대응센터  역할 수행

KHNP

KOREA HYDRO
NUCLEAR POWER CO., LTD

사고 종류별 기본(基本) 전략

- ① 설계기준사고/다중고장사고 : 기존 EOP/SAMG 활용
- ② 설계기준초과 자연재해 : 3단계 MACST 전략
- ③ 인위적재해 : MACST 설비를 활용한 EDMG 전략
- ④ 중대사고 : 이동형 설비를 활용한 필수안전기능 회복

❖ 중대사고시 필수안전기능

- ① 격납건물 내 수소 제어기능
- ② 격납건물 감압 및 냉각기능
- ③ 원자로냉각계통 냉각수 주입기능
- ④ 증기발생기 냉각수 주입기능
- ⑤ 원자로공동(Cavity) 냉각수 주입기능
- ⑥ 핵분열생성물 방출 제어기능

(2) MACST 설비

MACST 이동형설비 List (1)

단 계	설 비	수 량	보관 장소	기능 (용도)	현장 설계변경
1단계 (Phase I)	① 5.5kW 휴대용 소형 발전기	호기별 2대	발전소	• 공기압축기 T/D AFP PNL, 임시팬덕트등에 전원공급	필요
	② 350kW 중형 선배치 발전기	호기별 1대	현장 선배치	• 필수안전기능 상태추적 • 안전급DC 축전지 충전 • SDS W등 중요밸브전원공급	필요
	③ 다목적 통신중계 차량	본부별 2대	통합보관고	• 소내,외 통신 확보	
	④ 비상조명 기기	호기별 1Set (+ 본부 예비 1대)	발전소 또는 통합보관고	• 이동형설비 이동 보조 • 야간 재해복구 현장 조명확보	
	⑤ 이동형 공기압축기	WH형: 호기별 1대 (+ 본부 예비 1대) 기타: 본부별대	발전소 및 통합보관고	• 재고량 유지 • 노심냉각 • Ex) 고리2 PZR PORV 개방	필요
2단계 (Phase II)	⑥ 이동형 고압 펌프	호기별 1대 (+ 본부 예비 1대)	통합보관고	• 1차 계통 재고량 유지 • 노심냉각	필요
	⑦ 이동형 팬 및 덕트	호기별 1세트	발전소	• 보조급수펌프룸, 축전지실, • SWGR 룸 및 MCR 냉각환기	
	⑧ 연료유 아송저장 설비	본부별 2대	통합보관고	• 모든 이동형 설비에 연료 공급	

MACST 이동형설비 List (2)

단 계	설 비 / 용 도	수 량	보관 장소	구체적인 안전기능	현장 설계변경
3단계 (Phase III)	⑨ 3.2 MW 대용량 이동형 발전차	본부별1대	통합보관고	<ul style="list-style-type: none"> 기 구매분에 추가로 구매 재고량 유지/노심냉각 	개선안 도출중
	⑩ 이동형 정수 차량	전사 1대	새울 통합보관고	<ul style="list-style-type: none"> 수원고갈시 해수를 정수하여 1,2차측 재고량 유지 	
최종 열제거원 상실	⑪ 이동형 다목적 고유량 펌프	호기별1대 (+ 본부 예비 1대)	통합보관고	<ul style="list-style-type: none"> CCWHX, SCSHX, CSHX에 냉각수 공급, CSP 대용 격납건물 건전성 유지 	필요
	⑫ 이동형 열교환기	본부별2대	통합보관고	<ul style="list-style-type: none"> ⑪설비와 더불어 사용 격납건물 건전성 유지 	필요
인위적 재해 (화재 등)	⑬ 이동형 고압 살수차	본부별2대	소방대	<ul style="list-style-type: none"> SFP 내 핵연료 냉각기능 격납건물 살수 	
공 통	⑭ 견인 차량	본부별2대 (+ 본부 예비 1대)	통합보관고	<ul style="list-style-type: none"> 모든 이동형 설비의 이동수단 제공(차량 제외) 	
기 확보	⑮ 1.0 MW 대용량 이동형 발전차	호기별1대	통합보관고	<ul style="list-style-type: none"> 안전설비들에 전원 공급 	
	⑯ 이동형 저압 펌프차	호기별2대 (APR 3대)	통합보관고	<ul style="list-style-type: none"> 재고량 유지/노심냉각 	

MACST 추가 전력설비 종류와 특징



3.2MW 용량 (Phase3)
- 통합보관고 기동/가압 가능



1.0MW 용량 (호기별)
- 통합보관고 기동/가압 가능



통합보관고에서 현장까지
전력선 배치



350kW 용량 (호기별)
- 현장 대기 상태에서 기동/가압



5.5kW 용량 (호기당2개)
- 현장 비치 (주요 패널, 팬 등)

MACST 추가 펌프설비 종류와 특징



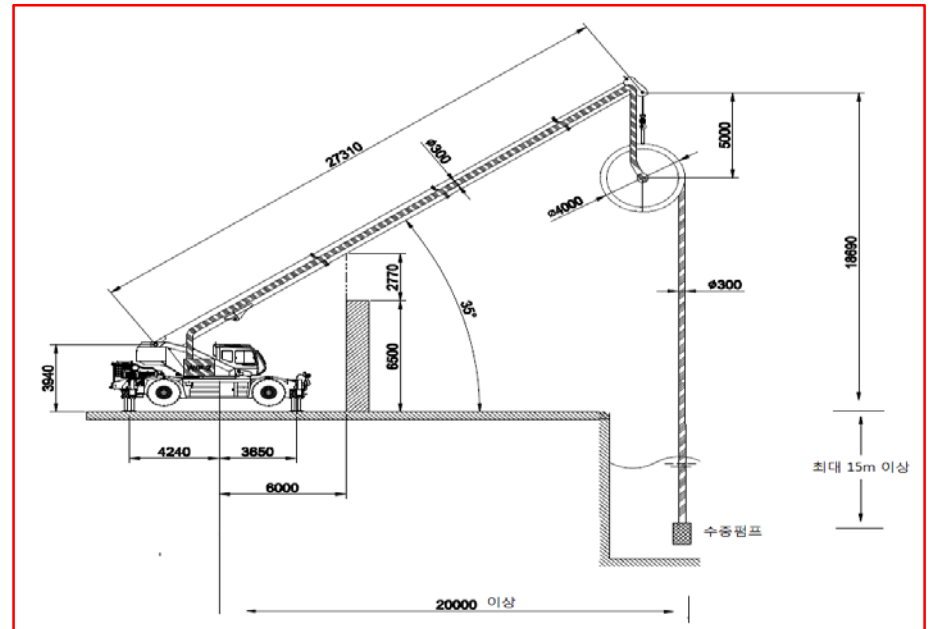
저압/중압 펌프차 (호기당 2대)



고유량 펌프차 (호기별)
- 다목적(해수, 냉각수) 용도



고압 펌프 (호기별)



MACST 추가 수원(水源) 확보 설비

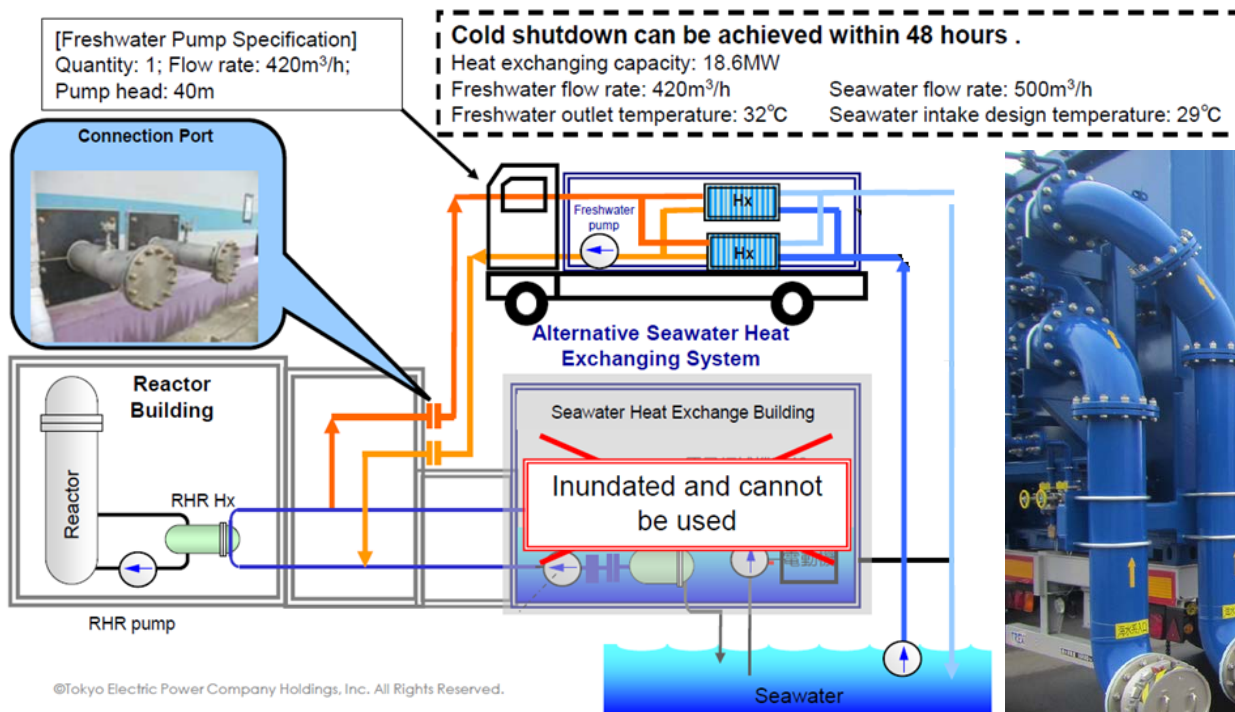


- ❖ 사고 장기화로 소내 냉각수 고갈시 바닷물 정화 통한 냉각수 확보
- ❖ 500gpm 대용량 설비로 전사 1대 (Phase3, 서울본부 보관)

MACST 이동형 열교환 설비

Alternative Heat Exchange Vehicle

Back-up ultimate heat sink for the Reactor in case of LUHS events



열교환기 차량 (본부당 2대)

참고 : 열교환설비는 열교환기, 고유량펌프, 기타 부속설비가 1Set인 대규모 설비임

MACST 인위적재해 전담설비



- ❖ 인위적 광역재해 시 고층 · 고방사선 지역 관찰 및 살수
- ❖ 사용후핵연료저장조 손상시 대체 살수

MACST 다목적 통신 중계설비



❖ 장기 전원 상실시 EOF/MCR/현장과의 통신 (본부별 2대)

MACST 기타 지원설비



연료유 이송/저장 설비



이동형 공기 압축기



이동형 팬 덕트 설비
(장비/Room 가용성 확보)



조명 설비



견인 차량

(3) 형상(설계)변경

(4) 통합보관고

전원전 RCP 밀봉장치 교체

- ❖ 전원전 원자로냉각재펌프에 대해 저누설 밀봉장치 확보 추진
- ❖ OPR/CANDU/신고리 34 원전 : 아래 성능검증 결과에 따라 개선 RCP Seal 적용 또는 Back-Up Seal 추가 장착

성능검증 추진 계획 (국내 Seal Master사 및 한전기술 공동)

시험대상 품목	시험추진 내용
기존 RCP SEAL	· Integral Test : ELAP 사고시 온도-압력 조건의 누설시험
개선 RCP SEAL ^{주1)}	· Pop-Open Test : 비등발생조건의 누설시험
Back-Up SEAL ^{주2)}	· Integral Test 조건에서 RCP Seal 패키지에 장착되어 시험

* 주1) 사고시 밀봉성능 개선을 위해 O-ring 및 열처리가 개선된 RCP Seal

* 주2) 정상운전중에는 동작하지 않으나 EALP 사고시 동작되어 RCP 축누설을 차단하며, 기존 RCP Seal 패키지의 3단 Seal 상단에 추가장착됨

- ❖ WEC 원전 : WEC사의 Shutdown Seal
- ❖ FR 원전(한울1,2) : Framatome사의 Passive Shutdown Seal

MACST 설비 구비 현황 및 계획

구 분		2018				2019				2020		2021		2022~24	
		3	6	9	12	3	6	9	12	6	12	6	12	1yr	2yr
설계 변경 불요 설비 ¹⁾ (~2019. 6)	설비구매 및 용역발주														
	제작 및 현장배치														
설계 변경 수반 설비 ²⁾ (~2022. 12)	접속부 등 설계 (개념, 상세)														
	규제기관 인허가														
	설계변경시공, 설비현장배치														
통합 보관고	설 계														
	시 공														

* 1) 설계변경 불요설비 : 임시팬덕트, 고압살수차, 이동형정수설비, 대용량발전차, 비상조명설비, 공기압축기, 연료유 이송저장 설비 등

* 2) 설계변경 수반설비 : 중형발전기, 고압이동형펌프, 고유량이동형펌프, 이동형열교환기

※ 현재 이동형설비(MACST) 현장배치를 위한 개념설계 용역 진행중이며 용역결과에 따라 사업추진일정 변경가능

본부별 MACST설비 통합보관고

통합보관고 면적 및 준공(목표)

본부	면적	준공(목표)
고리	5,218m ²	2020. 4.
한빛	5,317m ²	2020. 4.
한울	6,543m ²	2020. 4.
월성	1보관고 2,270m ² / 2보관고 2,695m ²	2018. 08(완공) / 2020. 12.
새울	설계 중	2020. 2.



[월성본부 1보관고 전경]

본부별 MACST설비 통합보관고

통합보관고 보관설비 목록

설비명	본부별 대수	설비명	본부별 대수
3.2MW 발전차	2대	다목적 통신중계 설비	2대
1MW 발전차	(N+1)대	연료유 이송/저장 설비	2대
견인식 발전기	1대	고압 이동형 살수차	2대
이동형 디젤펌프차	(2N+α)	견인차량	3대
고압 이동형 펌프	(N+1)대	비상조명기기	1SET
고유량 이동형 펌프(해수용)	(N+1)대	이동형 공기압축기	1대
이동형 열교환기	2대	이동형 정수설비	서울본부 1대
트랙터	2대	-	-

* N : 본부내 원전 기수

기기생존성(ES) 평가 및 개선조치

- ❖ 평가결과는 노형 등 발전소별로 다소 상이
- ❖ 주요 공통사항
 - 1E급 전선 중대사고시 1hr 방화랩(Fire Wrap)
 - 격납건물 수위감시기 설계변경 또는 신설
 - 격납건물 고준위 방사선감시기 Thermal Shield 설치 등

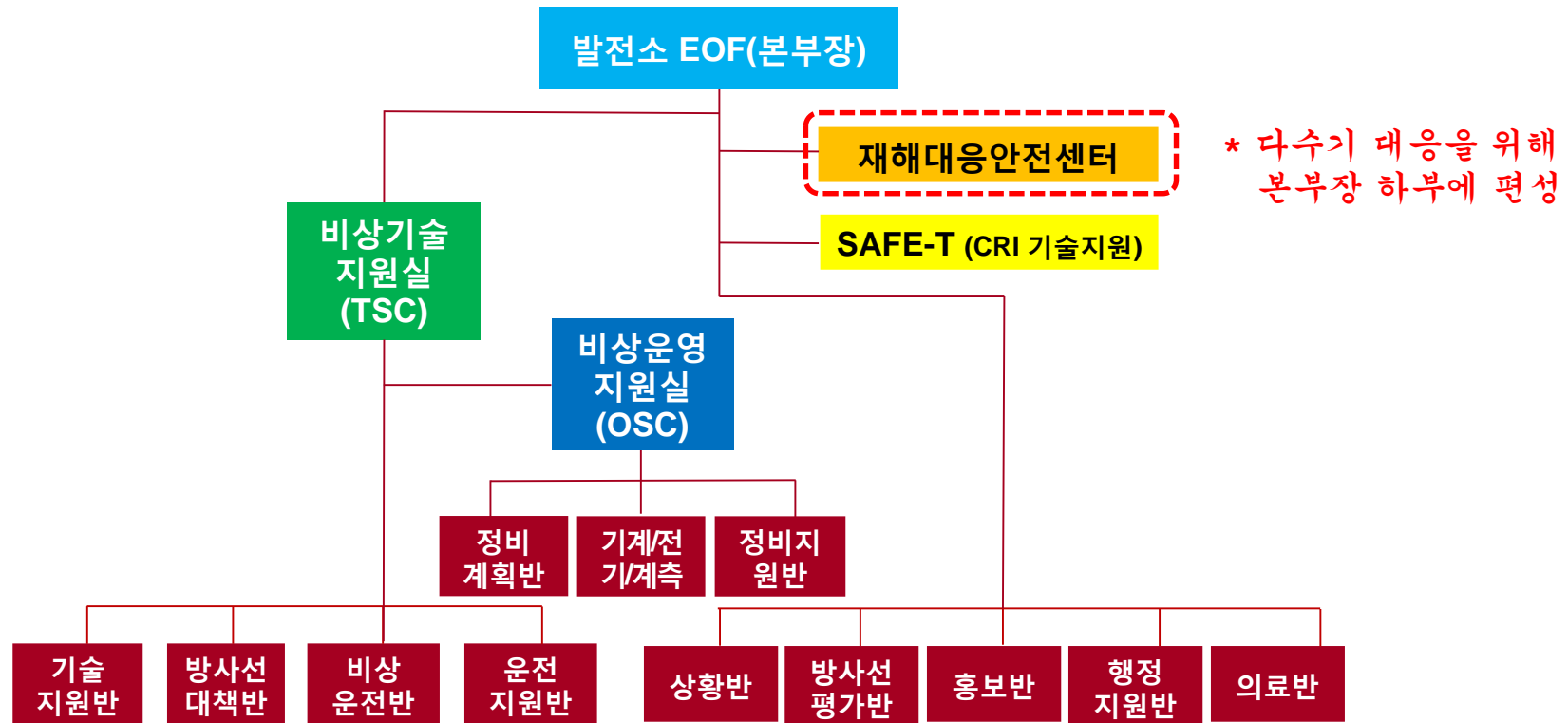
제반 형상변화에 따른 추가 조치

- ❖ FSAR 개정 필요
- ❖ EP(방사선비상계획서) 개정 필요
- ❖ RO/SRO 면허시험, 시뮬레이터 개선 조치 필요
- ❖ 제반 기존 절차와 설계도면, 기술문서 등 등
- ❖ 10CFR50.59 에 따른 Screening Analysis 필요

➡ 별도 사업 추진 예정

(5) 전담조직 설립/운영

EP에 의거한 정규 비상대응 조직



- 방사선비상계획서에 따라 발족된 비상조직에, 재해대응안전센터가 추가됨
- 전체적인 사고관리 명령 이행체계는 사업소 EOF 를 중심으로 운영

사고관리 이행체계 개요

- ❖ 각 발전소별 기존 방사선비상계획서(EP) 체계 기본(유지)
- ❖ 여기에 신설된 전담조직과 일부 임무 추가/변경 반영하여 AMP 3장에 수록 (향후 EP 개정 필요)
- ❖ 주요 EP 개정 필요사항
 - ERO(비상대응조직) 조직도, 인원, 구성과 임무
 - ERO 비상통신설비 운영 내용 추가
 - 다수기 사고시 설비배치, 우선순위 등의 책임사항
- ❖ Staffing Analysis, Phase 3 절차 등 자세한 분석자료는 별도 제출

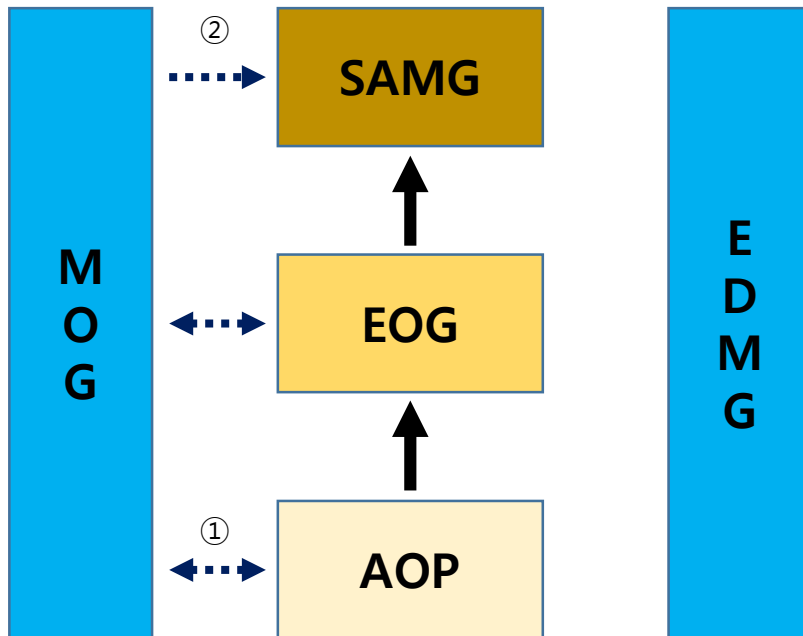
(6) 비상대응거점

MACST ERO 비상대응거점 추진 현황

- 기재부 공공기관 사업 예비타당성조사 시행
 - 17.4.19 ~ 18.2.18 (총 10개월)
 - 비용편익분석 과정에서 540억원 삭감 권고
 - 일반건축물(일본) 기준 적용 요구
 - 사실상 KEPIC(원자력시설기준) 기준 요구하는 KINS와 모순된 상황
 - 원안위 중재 통해 해결방안 협의
- 원안위 통해 관련 기술기준 고시화 후 기본계획 수립 중
- 당초 전체 사업 준공 시점은 2022년 예정이었으나, 지연 예상

(7) 신규절차 개발

AMP 절차서/지침서 신규 체계

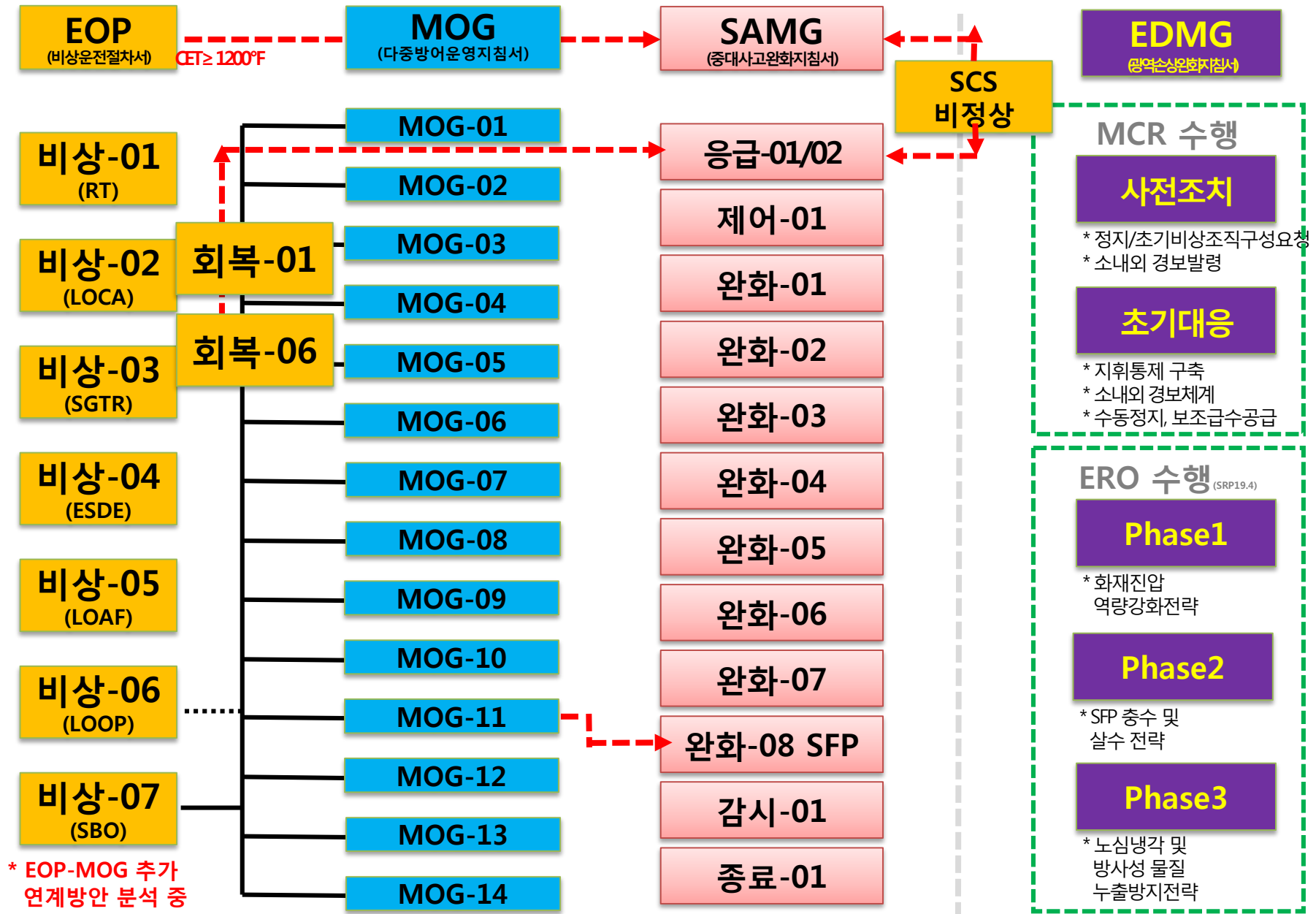


- AOP(비정상절차서) , EOG(비상운전지침서), SAMG(중대사고관리지침서)와 MOG(다중방어운영지침서) 연계하여 사고대응 절차 수립
- EDMG(광역손상완화지침서)의 경우 타 절차서/지침서와 연계하지 않고 독립적으로 사고 대응 절차 수립

① 비정상-3463A(SFP 비정상)와 MOG-11(SFP 보충 및 냉각)과의 연계

② MOG-11에서 SFP 수위가 SAMG 진입수위까지 감소되면 SAMG(완화-08) 진입

AMP 절차서/지침서 신규 체계



(8) 신규 안전해석

AMP 에 의한 신규 안전해석 체계



(9) 교육 훈련

교육훈련 체계 개요

- ❖ AMP 요건의 최종 현장 이행성
- ❖ 각 발전소별 기존 FSAR 13.2 교육훈련 요건 기본(유지)
- ❖ 여기에 신설된 전담조직과 일부 임무 추가/변경 반영하여 AMP 8장에 수록
 - 절차 교육 : EOP & SAMG 개정판, **신설 EDMG & MOG**
 - 신규 교육필요 대상 : 재난대응안전센터
- ❖ 자세한 상세 교육훈련 계획은 별도 개발 후 제출 예정
 - MACST 설비 운영/시험/정비 등 전반에 대한 해외교육 포함

For MACST ,

“

If you want something you've never had
then you've got to do something you've never done.

MACST™ : Multi-barrier Accident Coping STrategy