

# 원전설비 경년열화관리 강화현황

2015.10.28.

정 성 규



# 목차

---

1

개요

2

주기적안전성평가

3

PSR 안전성 증진사항 도출사례

4

경년열화관리 강화사례

5

맺음말

# 개요

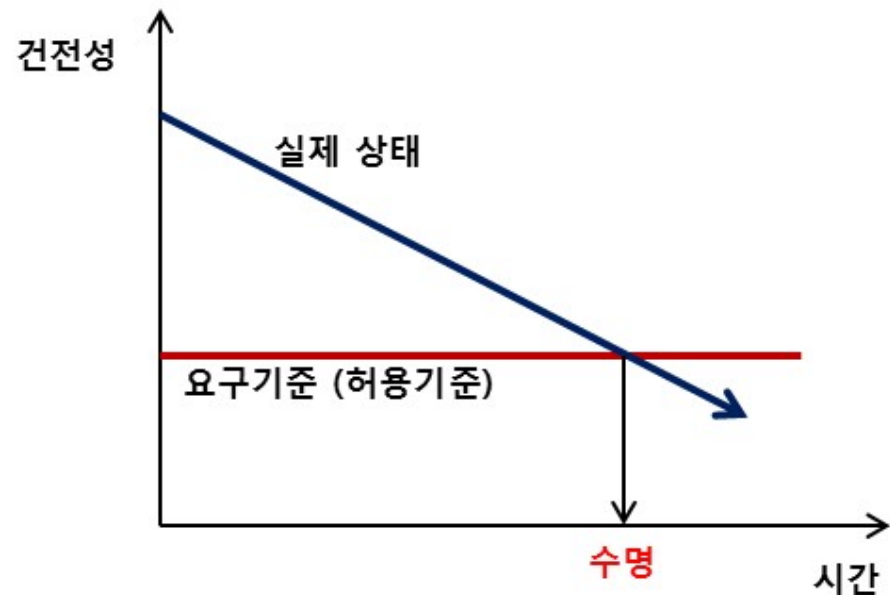
## ❖ 경년열화 ?

- 경년열화(Aging)의 사전적 정의

- **장기간**에 걸쳐서 사용한 설비(재료)가 **열, 방사선, 산소, 물, 미생물** 등의 작용을 받아 그 성능과 기능 등의 특성이 떨어지는 현상

- 경년열화 발생의 전제조건

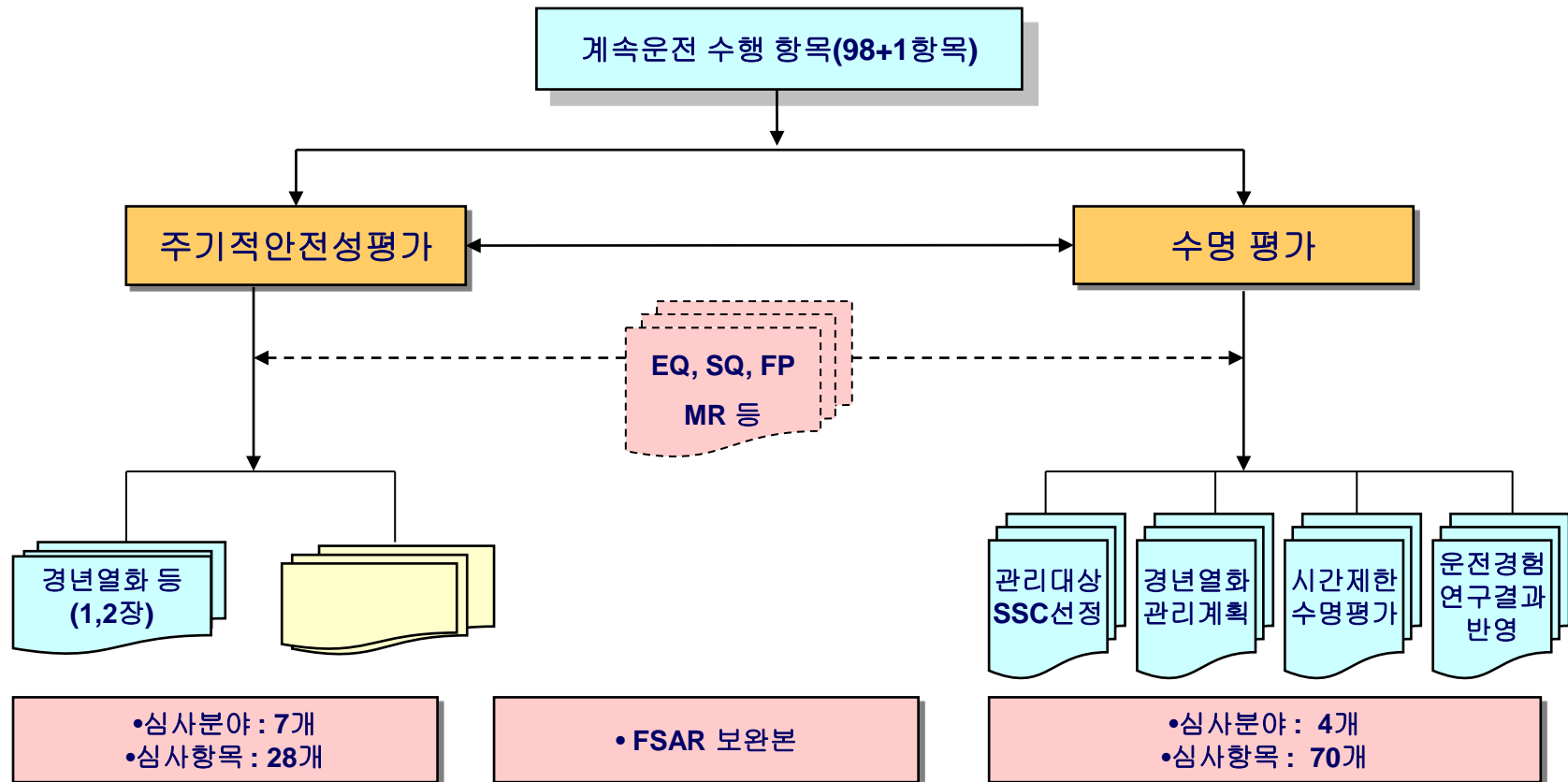
- 열화를 유발 환경이 존재
- 지속적인 작용이 필요



# 개요

## ❖ 경년열화관리 활동

### ● 주기적 안전성평가/계속운전 안전성평가



# 주기적안전성평가(1)

---

- ❖ **경년열화 관련 분야 (원안법 시행규칙 제20조)**
  - 원자로시설의 설계에 관한 사항
  - 안전에 중요한 구조물 · 계통 및 기기의 실제 상태에 관한 사항
  - **경년열화에 관한 사항**
  - **원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용에 관한 사항**

# 주기적안전성평가(2)

---

## ❖ 경년열화에 관한 사항

- 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 미래상태 예측
- 구조물 · 계통 및 기기의 경년열화 완화대책 및 관리계획

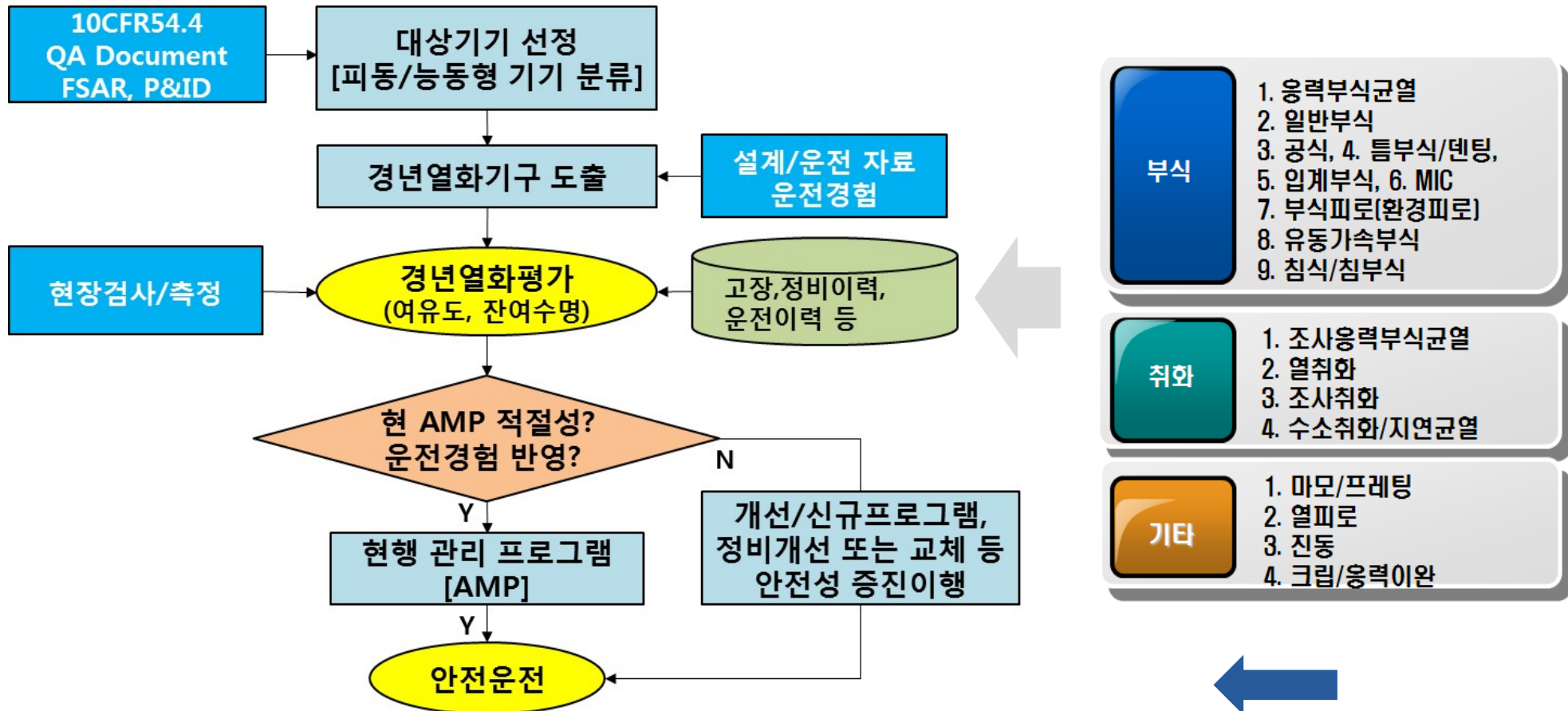
## ❖ 원자력발전소 운전경험 및 연구결과의 활용에 관한 사항

- 원자로시설의 운전경험 · 연구 결과의 반영을 위한 계획 및 체제의 적절성
- 원자로시설의 운전경험 · 연구 결과의 반영 및 조치방안



# 주기적안전성평가(3)

## ❖ 경년열화 평가절차





# 운전경험 반영

- 
- ```

graph TD
    CAP_타발전소[타발전소 운전경험(CAP)] --> CAP_국내작성[국내 운전경험보고서작성]
    CAP_해외[WANO/INPO/IAEA 등] --> CAP_국내작성
    CAP_국내작성 --> CAP_발전소장[발전소장 결재]
    CAP_발전소장 --> CAP_조치이행[조치이행]
    CAP_조치이행 --> CAP_운전경험입수[운전경험입수]
    CAP_운전경험입수 --> CAP_검토저장[운전경험검토/KONIS저장]
    CAP_검토저장 --> CAP_검토협의[해외운전경험검토 전파협의]
    CAP_검토협의 --> CAP_통지발행[CAP 통지발행]
    CAP_통지발행 --> CAP_운영개선[운영개선 프로그램(CAP) 적용]
    CAP_운영개선 --> CAP_표준운영[표준운영-2036적용]
    CAP_표준운영 --> CAP_후속조치[후속조치 이행/실적등록]
    CAP_후속조치 --> CAP_평가[국내외 운전경험 활용 및 관리 체계 평가]
    CAP_평가 --> CAP_원안위[원안위/KINS보고]
    CAP_원안위 --> CAP_건설원전[건설원전 설계검토]
    CAP_건설원전 --> CAP_조치이행
    CAP_건설원전 --> CAP_후속조치
  
```



# PSR 안전성 증진사항 도출사례

## ❖ 기계분야[예]

| 주요 안전성증진사항(기계분야)              | 도출 사유                            | 참조문헌         |
|-------------------------------|----------------------------------|--------------|
| 압력경계 볼트 연결부 경년열화 관리계획 수립      | 냉각재누설 방지                         | NUREG-1801   |
| 지지대 및 배관파단구속장치 볼트 SCC관리       | 항복강도 <b>150ksi</b> 이상존재          | NUREG-1339   |
| <b>Alloy 600</b> 기기 관리프로그램 운영 | 이종금속용접부 손상사례                     | NUREG-1801   |
| 열취화 관리계획 수립                   | <b>CASS</b> 재질의 파괴인성저하           | NUREG-1801   |
| 고에너지배관, 밸브 등 침부식 관리계획 수립      | 침부식으로 인한 건전성 확보                  | NUREG-1801   |
| 열교환기 성능관리절차 수립                | 관련 절차서 없는 경우                     | NUREG-1801   |
| 붕산부식관리프로그램 수립                 | 붕산부식 손상사례                        | NRC GL 88-05 |
| 가압기 밀림관에 대한 열성충 영향평가          | 설계시 열성충 영향 미고려                   | NUREG-1801   |
| 피로평가해석 재수행                    | <b>CUF&gt;1.0</b> 또는 고평로사용계수     | NUREG-1801   |
| 원자로용기 가압열충격 평가(Master Curve)  | <b>RT<sub>PTS</sub>&gt;300°F</b> | NUREG-1801   |
| 원자로용기 저인성 평가                  | <b>USE&lt;50ft-lb</b>            | RG. 1.161    |
| 원자로냉각재배관의 파단전누설(LBB)개념 적용     | 배관파단구속장치 제거가능                    | NUREG-1801   |
| 피로감시 운용(RPV, PZR 등)           | <b>CUF&gt;1.0</b> 또는 고평로사용계수     | NUREG-1801   |

---

# 경년열화관리 강화사례



# 원전 경년열화관리 프로그램 개발(1)

---

## ❖ 배경

- 후쿠시마 원전사고에 따른 안전점검 후속조치로 20년 이상 가동원전에 대해 계속운전 원전과 유사하게 경년열화관리 강화를 위해 경년열화 완화대책 및 관리 시스템 구축/운영(경년열화 통합관리 프로그램 구축)

## ❖ 현황

- 20년 이상 가동원전 7개호기에 적용완료
  - 대상원전 : 고리2호기, 고리3,4호기, 영광1,2호기, 울진1,2호기
- 나머지 모든 가동원전에 대해 추진 중(한수원 주관)
  - 경수로원전 : 한빛3,4/한빛5,6/한울3,4/한울5,6/신월성1,2/신고리1,2호기
  - 중수로원전 : 월성2 및 월성3,4호기

# 원전 경년열화관리 프로그램 개발(2)

---

## ❖ 요건

- 원안위 고시, 원자로시설의 계속운전 평가를 위한 기술기준
  - 제6조 : 경년열화 관리계획 평가에 관한 사항
  - 참조기술기준 : NUREG 1801
- 수행요구 항목(NUREG 1801 Rev.0 기준)
  - 가압경수로 : 39개 AMP
  - 가압중수로 : 38개 AMP

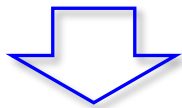
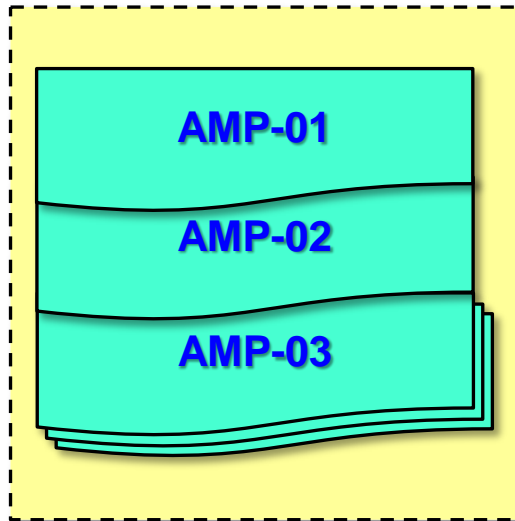
# 원전 경년열화관리 프로그램 개발(3)

## ❖ 가압경수로[예]

| 경년열화관리프로그램(AMP) 항목                |                                               |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1. 안전등급 1,2,3 기기 가동중검사            | 21. ~ 29.                                     |
| 2. 안전등급 지지대 가동중검사                 | 30. 조적벽                                       |
| 3. ~ 8.                           | 31. 구조물                                       |
| 9. 주조 오스테나이트 스테인리스강의 열취화          | 32. 원전수리구조물                                   |
| 10. CASS의 열에 의한 경년열화 및 중성자 조사취화   | 33. 원자력 방호도장                                  |
| 11. 유동가속부식                        | 34. EQ 요건을 적용받지 않는 전기케이블 및 비금속 연결부            |
| 12. 재료의 선택적 침출                    | 35.~38                                        |
| 13. 원자로 헤드 덮개 스택드                 | 39. EQ 요건을 적용받지 않는 전기케이블 금속연결부                |
| 14. 니켈합금 노즐 및 관통부                 | 40. 안전등급 1 소구경배관 일회검사 (NUREG 1801, Rev.1,2)   |
| 15. 원자로용기 내부구조물                   | 41. 외부표면감시 (NUREG 1801, Rev.1,2)              |
| 16. 볼트결합 건전성                      | 42. 기타 배관/덕트 기기 내부 표면검사 (NUREG 1801, Rev.1,2) |
| 17. 증기발생기 세관 건전성                  | 43. 플렉스 심블튜브 검사 (NUREG 1801, Rev.1,2)         |
| 18. 천정의 대용량 및 소용량(연료 재장전 관련) 취급계통 | 44. 중성자흡수재료 감시 (NUREG 1801, Rev.2)            |
| 19. 매설 배관 및 탱크 검사                 | 45. 윤활유 분석 (NUREG 1801, Rev.1,2)              |
| 20. 지상의 탄소강 탱크                    | 46. 피로감시(NUREG 1801 미포함)                      |

# 원전 경년열화관리 프로그램 개발(4)

## ❖ 경년열화관리계획(공통)

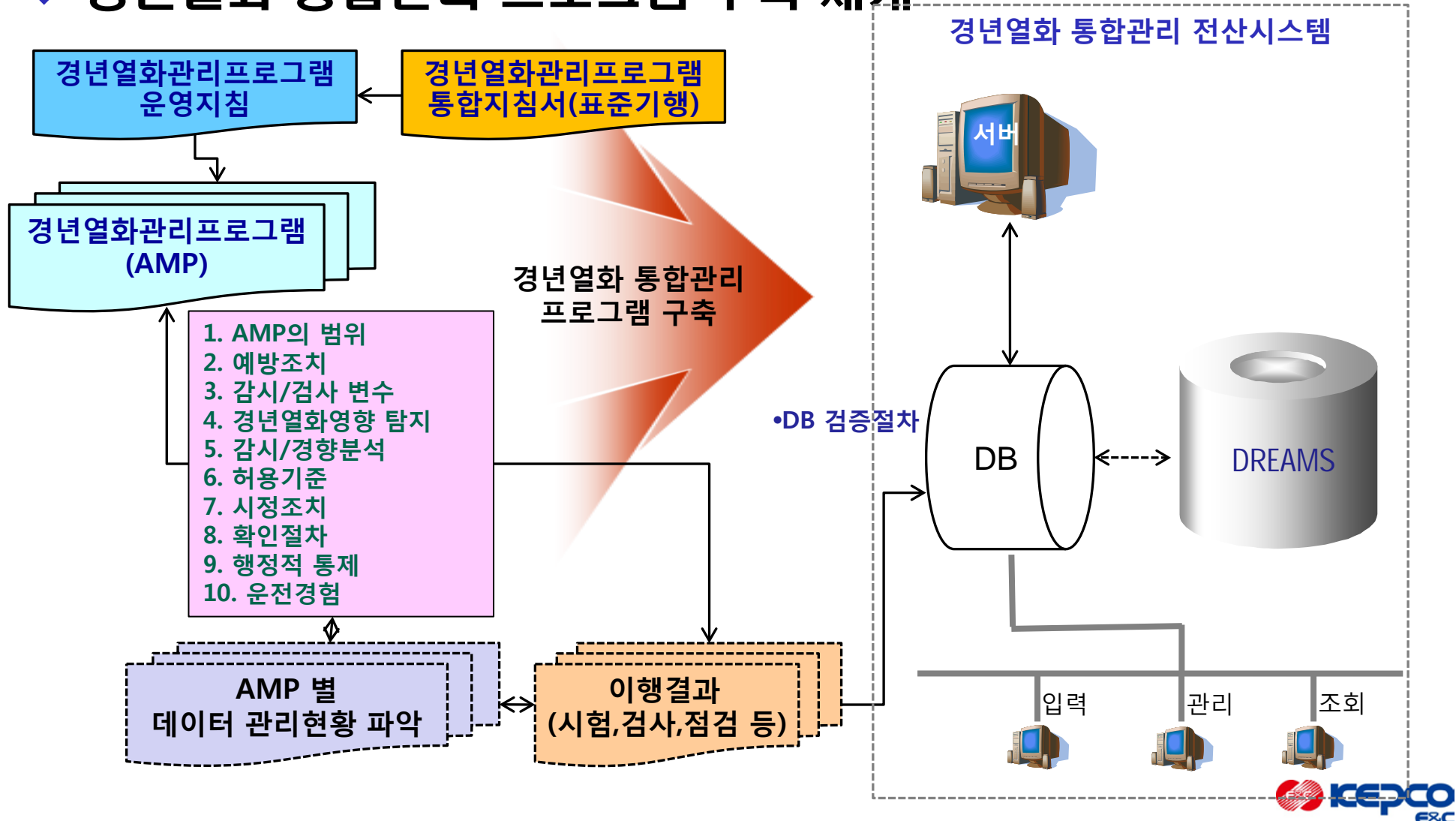


발전소 특성에 따라 필요한  
AMP 선정

| AMP 별 계통, 구조물, 기기 |            |
|-------------------|------------|
|                   | 예방조치       |
|                   | 감시 또는 검사변수 |
|                   | 경년열화영향 탐지  |
|                   | 허용기준       |
|                   | 시정조치       |
|                   | 감시 및 경향분석  |
|                   | 확인절차/행정적통제 |
|                   | 운전경험       |

# 원전 경년열화관리 프로그램 개발(5)

## ❖ 경년열화 통합관리 프로그램 구축 체계



# 피로감시 시스템 구축(1)

---

## ❖ 배경

- PSR 안전성 증진사항, 계속운전 및 후쿠시마 원전사고 이후 국내원전에 대한 안전점검을 통하여 도출된 개선사항으로 20년 이상 장기가동원전에 대한 정량적 피로감시 시스템 구축

## ❖ 현황

- 고리1 및 월성1호기 : 계속운전을 위해 구축완료
- 고리2호기 : PSR 안전성증진 사항 도출[완료]
- 20년 이상 가동원전(후쿠시마 후속조치)
  - 진행중(2016.3월 완료예정) : 고리3,4호기, 한빛1,2호기, 한울1,2호기
- 설계단계에서 구축
  - 신고리 3,4호기 : 구축완료, 신한울 1,2호기[진행중 : 2017.9월 완료예정]
- 나머지 모든 원전에 대해 추진 예정(한수원 주관)



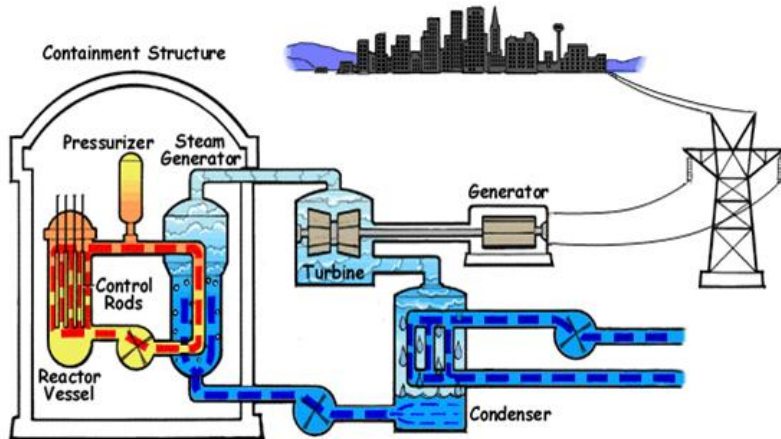
# 피로감시 시스템 구축(2)

## ❖ 과거 : 운전과도상태이력 분석(수동)

### Computer Log Sheet, Strip Chart

○ 발전소 로그시트(Log Sheet Record)

○ 기록(5장/1일) X 20년 X 2호기 = 73,000장



### 원자로 출력곡선, 발전과장 및 기타

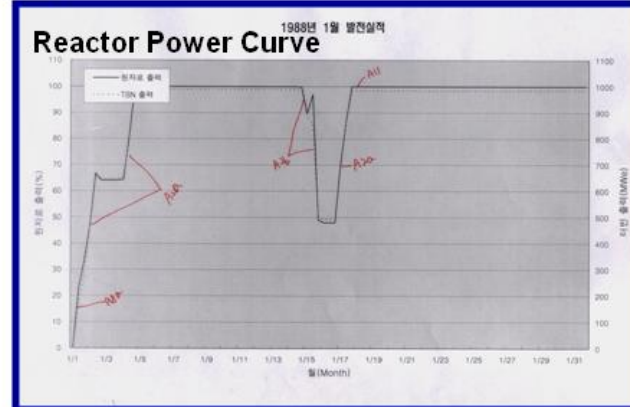
○ 원자로 출력 곡선 및 발전과장 일지

○ Binder 4개(2,000pg)/1년 X20년X2호기 =80,000 pg.

01 OCT 94 15:00:01 GENERAL STATION LOG LOG # 01 15:00:01

### Log Sheet Record

|                       | 09:00    | 10:00  | 11:00  | 12:00  | 13:00  | 14:00  | 15:00  |
|-----------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| PLANT CONTROL-NORMAL  | NO       | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     |
| ADJUSTER-AUTO         | NO       | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     |
| REA-AUTO              | YES      | YES    | YES    | YES    | YES    | YES    | YES    |
| SER BANK #1 - MANUAL  | NO       | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     |
| SER BANK #2 - MANUAL  | NO       | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     |
| TAN SYNCHRO           | NO       | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     | NO     |
| 10% DEMAND POWER      | DECADE   | -4.541 | -4.655 | -4.761 | -4.822 | -5.761 | -5.761 |
| LOG POWER             | DECADE   | -4.648 | -4.762 | -4.868 | -4.939 | -5.856 | -5.856 |
| LINEAR POWER          | PP       | 0.0371 | 0.0369 | 0.0368 | 0.0372 | 0.0353 | 0.0347 |
| THERMAL POWER         | PP       | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R |
| ELECTRICAL POWER      | PP       | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R |
| REACTIVE POWER        | PP       | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R |
| TRM SPEED             | PP       | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R |
| Avg RX INLET TEMP     | DEG C    | 39.17  | 39.43  | 34.92  | 32.43  | 43.64  | 43.57  |
| RX TEMP R12-HOR #1/12 | DEG C    | 31.59  | 32.70  | 36.35  | 34.92  | 43.51  | 43.57  |
| RX TEMP R12-HOR #5/12 | DEG C    | 30.67  | 31.99  | 32.40  | 34.18  | 43.51  | 43.57  |
| RX TEMP R12-HOR #6/12 | DEG C    | 35.09  | 36.64  | 39.10  | 39.10  | 43.51  | 43.57  |
| RX TEMP R12-HOR #6/17 | DEG C    | 34.12  | 36.14  | 38.59  | 38.53  | 43.51  | 43.57  |
| COOLING FLOW - LOG#1  | KG/S     | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R |
| COOLING FLOW - LOG#2  | KG/S     | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R | ***15R |
| PWR PRESS             | BAR/PSI  | 77.53  | 74.11  | 70.50  | 67.60  | 61.71  | 58.99  |
| DEO COND PRESS        | BARS/PSI | 12.00  | 11.39  | 11.29  | 10.75  | 10.51  | 9.08   |
| PWR LEVEL             | METRES   | 2.515  | 2.490  | 2.467  | 2.443  | 2.387  | 2.353  |
| DEO COND LEVEL        | METRES   | 1.121  | 0.894  | 0.787  | 0.709  | 0.544  | ***15R |
| DEO STORAGE TR LEVEL  | METRES   | 0.3994 | 0.3441 | 0.3532 | 0.2747 | 0.3224 | 0.3703 |
| MODERATOR LEVEL       | PP       | 7482   | 7467   | 7462   | 7447   | 7391   | 7393   |
| CAL OUTLET TEMP       | DEG C    | 63.50  | 62.34  | 61.43  | 60.59  | 59.84  | 53.73  |
| COND 1/L TEMP         | DEG C    | 23.40  | 23.28  | 23.40  | 23.40  | 23.51  | 23.28  |
| COND 2/L TEMP         | DEG C    | 23.17  | 22.95  | 23.04  | 23.04  | 23.04  | 23.04  |
| COND VACUUM           | BAR/PSI  | 0.9763 | 1.0063 | 1.0063 | 1.0063 | 1.0063 | 1.0063 |
| DEO TEMP              | DEG C    | 103.59 | 101.93 | 101.68 | 101.21 | 100.51 | 99.54  |
| DEA PRESS             | BAR/PSI  | 0.6673 | 0.6199 | 0.607  | 0.603  | 0.612  | 0.612  |
| DEA LEVEL             | PP       | 3320.2 | 3478.5 | 3202.2 | 3118.0 | 3097.5 | 3117.2 |
| DEA TEMP              | DEG C    | 138.64 | 138.53 | 138.53 | 138.41 | 138.53 | 138.69 |
| DEA PRESS             | BAR/PSI  | 2.9799 | 2.9874 | 2.9789 | 2.9625 | 2.9759 | 2.9814 |
| DEA LEVEL             | PP       | 3314.5 | 3299.0 | 3319.5 | 3272.0 | 3320.7 | 3314.7 |

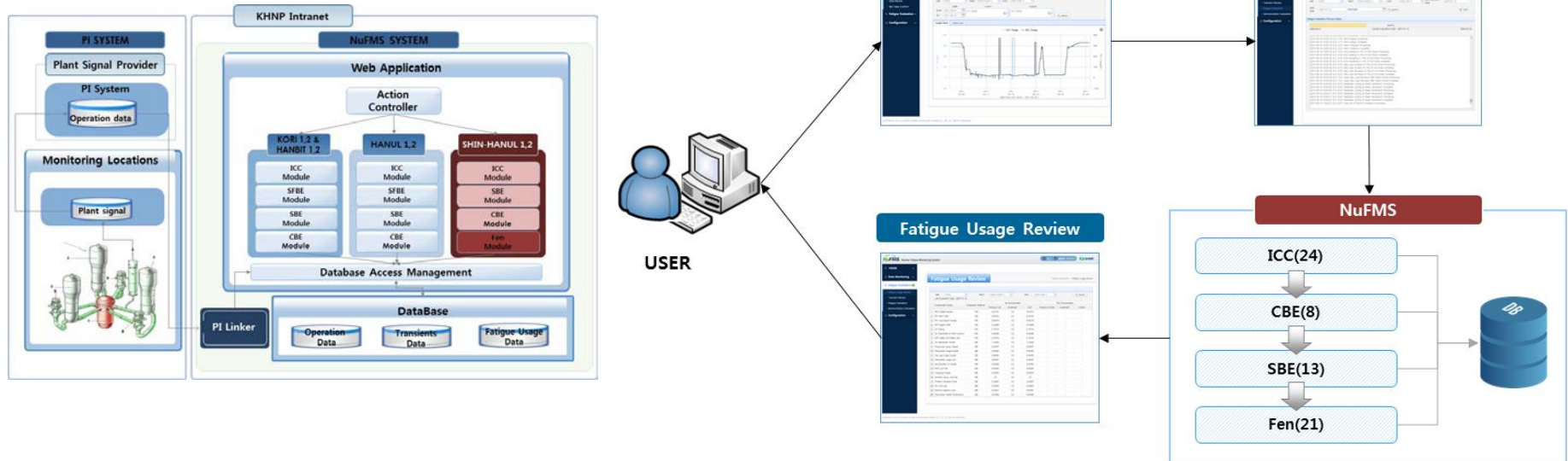


# 피로감시 시스템 구축(3)

## ❖ 현재

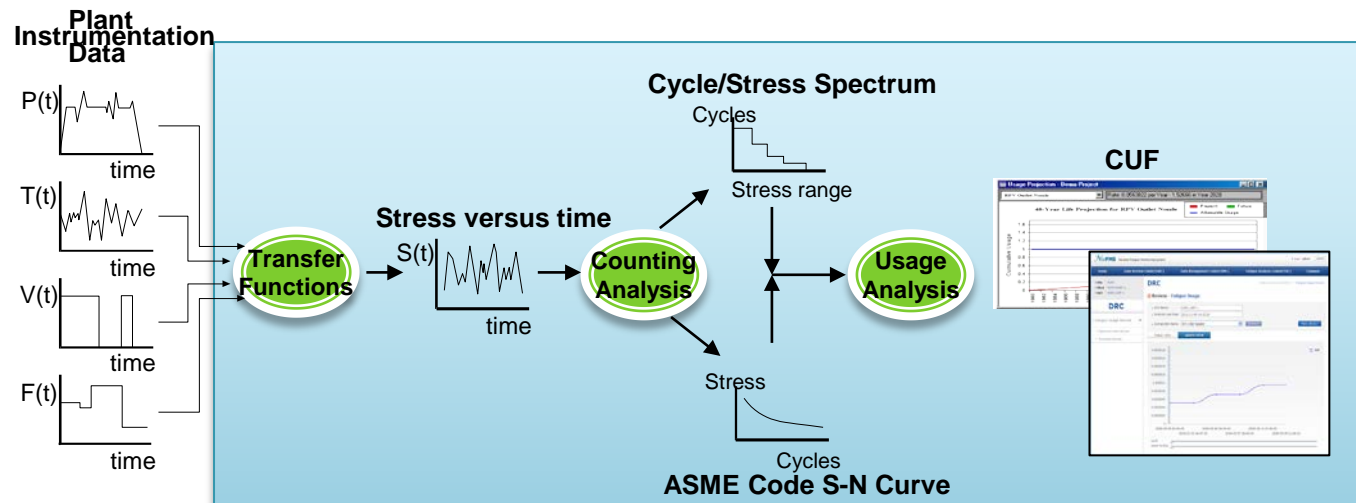
- Fatigue Pro. : 고리1,2호기 및 월성1호기
- NuFMS : 한수원 개발 Web 기반 피로감시 프로그램

### ➤ 나머지 전 원전



# 피로감시 시스템 구축(4)

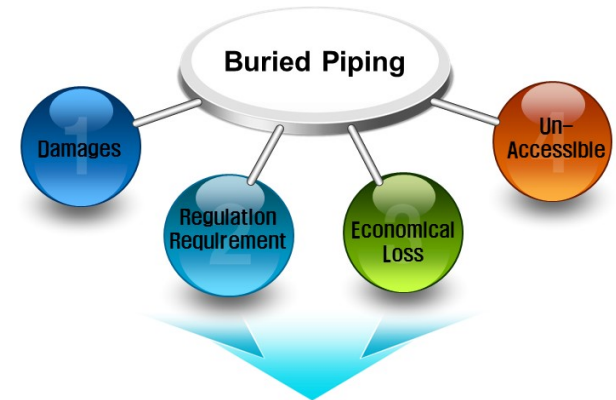
- ❖ **지능형 과도상태 횡수 계수 (ICC)**
  - 발전소 계측기 신호를 토대로 과도상태 발생여부 및 누적 횡수 계수
- ❖ **과도상태 횡수 기준 피로감시 (CBE)**
  - 설계 피로평가 결과 + 실제 과도상태 횡수 이용 피로 평가
- ❖ **응력 기준 피로감시 (SBE)**
  - 실제 운전 데이터와 그린함수 이용 피로 평가
  - 환경영향 고려한 피로평가지 보수성 제거로 인한 정확한 건전성 확인 가능



# 매설배관(1)

## ❖ 배경

- 미국원전은 계속운전 신청 시 자체 관리계획 수립 운영
- EPRI는 체계적인 매설배관 관리 지침 마련
  - 위험도순위 평가 프로그램(BPWORKS) 개발 및 사업자 적용권고
  - 지하배관 및 탱크를 포함하여 열화관리 지침 개정
- 국내에서는 한울3,4호기 시범 연구과제 수행완료
- 매설배관 경년열화관리 방안을 국내 전원전에 확대적용



*Required Effective AGING Management Program*

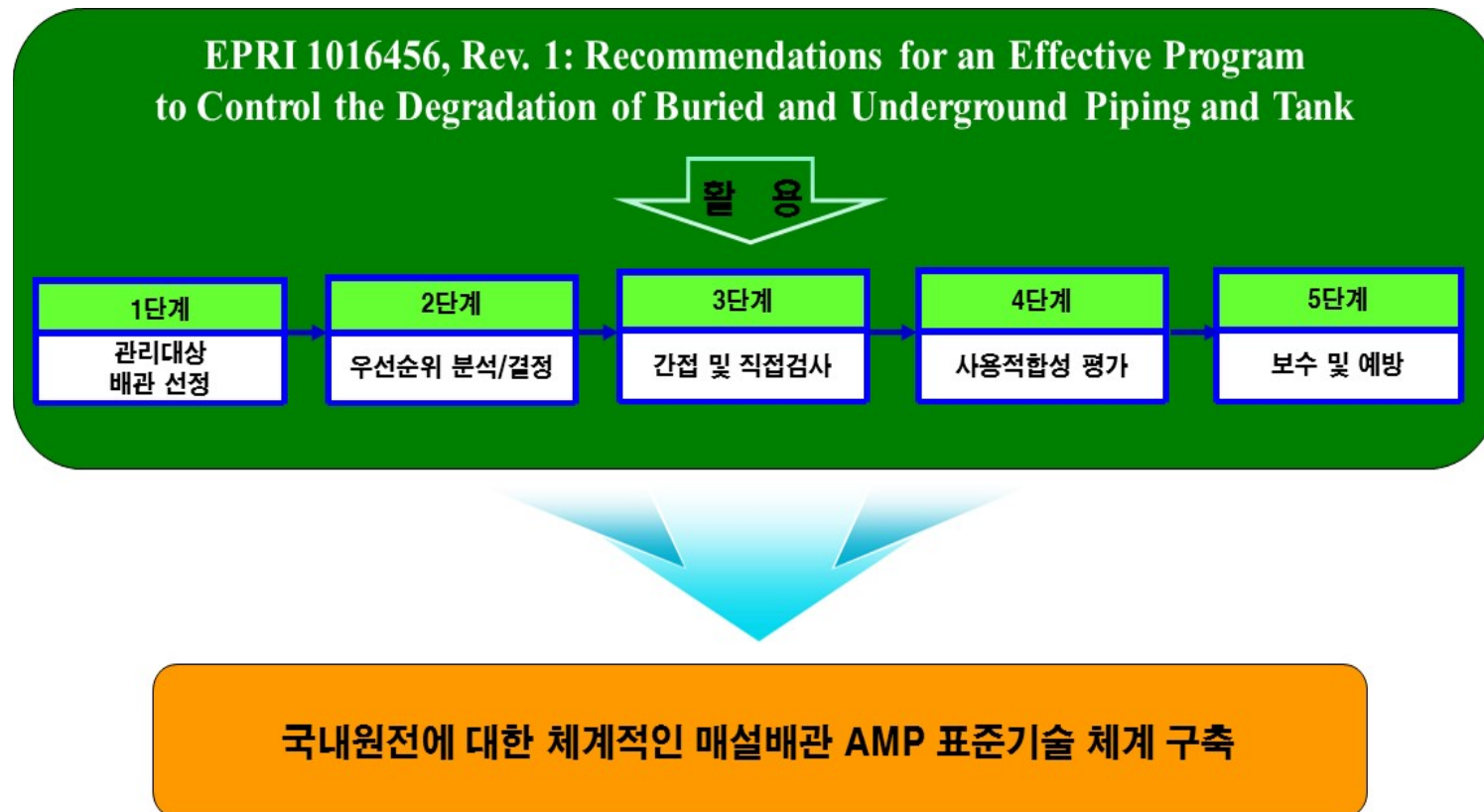
## ❖ 현황

- 20년 이상 가동원전(진행중, 2017.6월 완료예정)
  - 고리1-4호기, 월성1호기, 한빛1,2호기, 한울1,2호기
- 나머지 모든 원전에 대해 추진 예정(한수원 주관)



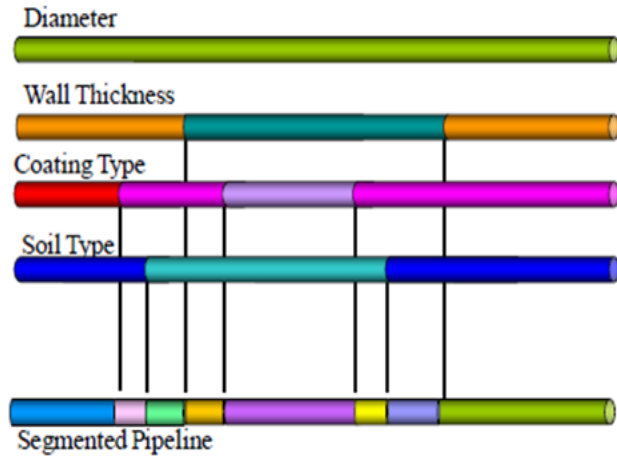
## 매설배관(2)

- ❖ 과거 : 계속운전 대상 원전만 NUREG 1801요건 적용
- ❖ 현재 : 전원전에 대해 강화된 EPRI 요건(NUREG 포함) 적용 추진중
- ❖ 추진중인 매설배관 열화관리 체계





# 매설배관(3)



관리대상 매설배관 선정



간접검사

| 957 Total<br>957 Calculated<br>0 Skipped | No<br>Consequence    | Low<br>Consequence     | Medium<br>Consequence  | High<br>Consequence     |
|------------------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|
| High<br>Likelihood                       | Cell 4<br>0 Segments | Cell 7<br>9 Segments   | Cell 10<br>0 Segments  | Cell 12<br>20 Segments  |
| Medium<br>Likelihood                     | Cell 2<br>0 Segments | Cell 5<br>0 Segments   | Cell 8<br>0 Segments   | Cell 11<br>377 Segments |
| Low<br>Likelihood                        | Cell 1<br>0 Segments | Cell 3<br>180 Segments | Cell 6<br>178 Segments | Cell 9<br>193 Segments  |

위험도 우선순위 분석/결정

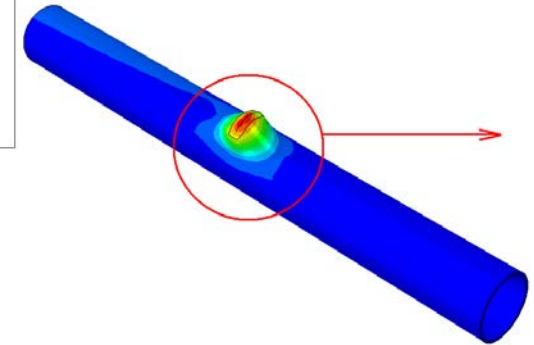
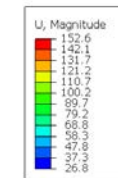
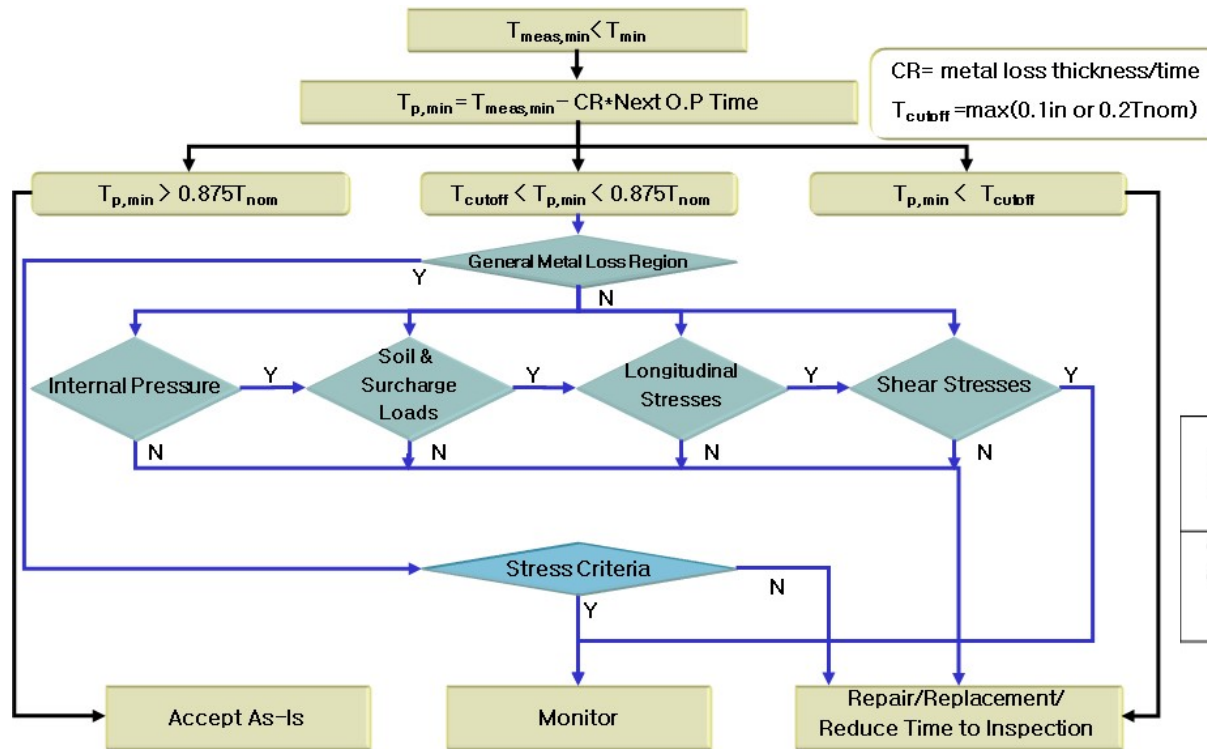


직접검사

# 매설배관(4)

## ❖ CC N-806에 의한 사용적합성평가

### ● 감육깊이 별 파열압력 계산



| 감육 깊이          | 초기 국부 감육<br>(깊이 9.4mm) | 1주기 이후 국부 감육<br>(깊이 10.0236mm) | 설계압력  |
|----------------|------------------------|--------------------------------|-------|
| 파열 압력<br>(MPa) | 3.89                   | 2.93                           | 1.379 |

체계적이고 안전한 검사주기, 보수, 교체 계획수립 가능

신고리5,6부터는 설계단계에서 적용예정

# 배관감육관리 DB 및 체계개발(1)

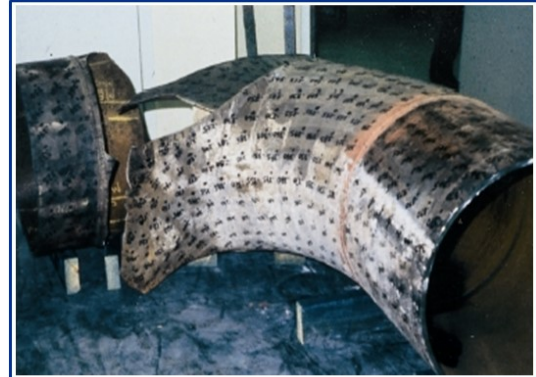
## ❖ 배경

- 배관감육으로 인한 발전소 정지 및 인명피해 발생을 예방하기 위해 배관감육관리 DB의 재개발, 발전소 담당자가 체계적으로 관리·평가 및 공유 할 수 있는 배관감육 체계 개발
- 배관의 감육관리 DB 및 체계 개선을 통해 최적의 배관감육관리 대상 도출 및 감육으로 인한 배관 누설 예방

## ❖ 현황

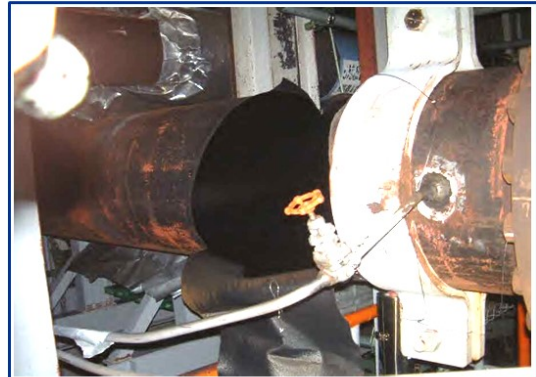
- 진행중 : 10년이상 가동원전(20개호기)
- 배관감육은 신고리1,2호기부터 설계원전에 사전 반영

미국 Surry 2호기 (1986년)



- 4명 사망, 4명 중경상
- 손상원인 : FAC

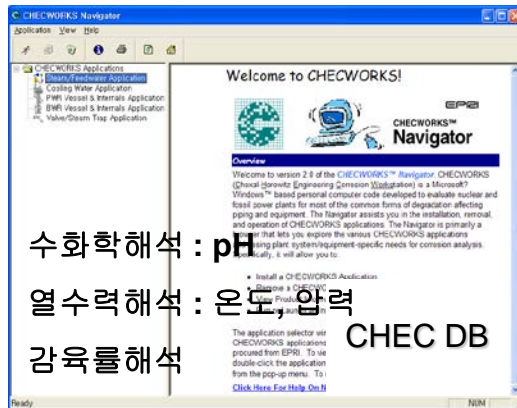
일본 Mihama 3호기 (2004년)



- 4명 사망, 8명 중경상
- 사고원인 : FAC



# 배관감육관리 DB 및 체계개발(2)

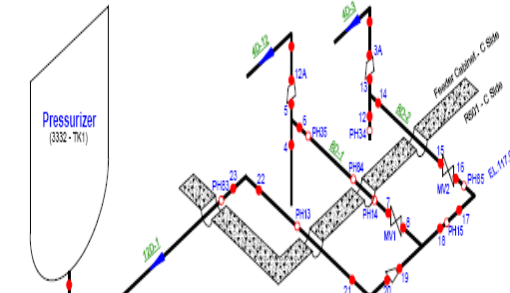


수화학해석 : pH

열수력해석 : 온도, 압력

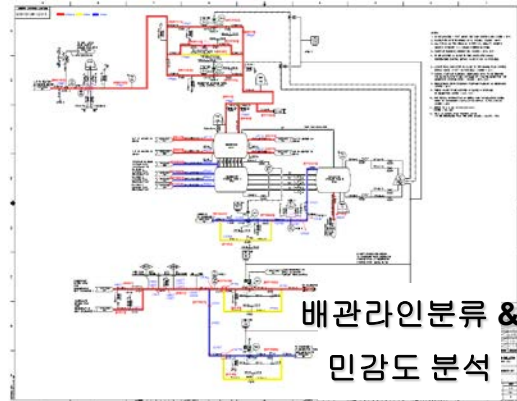
감육률해석

CHEC DB



◆ 측정 없이 일반 CHECWORKS의 DB로 잔여수명도출

◆ 잔여수명 결과로 검사대상 부위도출



배관라인분류 & 민감도 분석

|          | A | B     | C     | D     | E     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | L     |
|----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| U/S EXT  | 1 | 0.495 | 0.486 | 0.494 | 0.501 | 0.509 | 0.513 | 0.520 | 0.524 | 0.517 | 0.514 | 0.501 |
|          | 2 | 0.506 | 0.493 | 0.497 | 0.497 | 0.509 | 0.513 | 0.528 | 0.532 | 0.534 | 0.515 | 0.522 |
|          | 3 | 0.512 | 0.495 | 0.500 | 0.492 | 0.503 | 0.501 | 0.515 | 0.517 | 0.531 | 0.524 | 0.525 |
| U/S MAIN | 1 | 0.507 | 0.491 | 0.502 | 0.530 | 0.562 | 0.596 | 0.588 | 0.583 | 0.552 | 0.517 | 0.472 |
|          | 2 | 0.508 | 0.496 | 0.511 | 0.539 | 0.564 | 0.600 | 0.546 | 0.587 | 0.545 | 0.510 | 0.458 |
|          | 3 | 0.496 | 0.496 | 0.515 | 0.537 | 0.554 | 0.605 | 0.553 | 0.586 | 0.536 | 0.499 | 0.451 |
|          | 4 | 0.496 | 0.491 | 0.511 | 0.546 | 0.559 | 0.600 | 0.546 | 0.570 | 0.522 | 0.484 | 0.445 |
|          | 5 | 0.491 | 0.501 | 0.514 | 0.553 | 0.561 | 0.590 | 0.532 | 0.567 | 0.526 | 0.491 | 0.447 |
|          | 6 | 0.509 | 0.509 | 0.520 | 0.562 | 0.565 | 0.599 | 0.522 | 0.553 | 0.520 | 0.485 | 0.446 |
|          | 7 | 0.541 | 0.509 | 0.523 | 0.543 | 0.565 | 0.580 | 0.607 | 0.553 | 0.523 | 0.494 | 0.461 |
| EXT      | 1 | 0.525 | 0.521 | 0.514 | 0.527 | 0.511 | 0.513 | 0.504 | 0.537 | 0.503 | 0.502 | 0.505 |
|          | 2 | 0.525 | 0.523 | 0.512 | 0.525 | 0.508 | 0.505 | 0.493 | 0.496 | 0.503 | 0.511 | 0.509 |
|          |   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       | 0.491 |

◆ 실제 UT 측정 및 결과입력

◆ 실제수명도출

| Wolsong NPP Unit-1<br>Periodic Inspection Schedule<br>in Accordance with CHAS/SAE/ASME |      |          |           |        |    |    |    |    |    |    |    | S020801-07-02-01        |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------|----------|-----------|--------|----|----|----|----|----|----|----|-------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| System: Primary Heat Transport (B/S 2012)                                              |      |          |           |        |    |    |    |    |    |    |    | 30/Jan/2018 10:53:23-04 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| Task No.                                                                               | Ref. | Location | Component | Method | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT                      | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT | UT |

# 원자로내부구조물 경년열화관리(1)

## ❖ 배경

- NRC의 RVI AMP 주요내용(2001년)

- ASME Section XI ISI B-N-3에 의한 노심지지구조물 검사
- 수화학에 의한 경년열화 완화

☞ NRC는 인허가 심사과정에서, GALL에 따라 제시한 RVI AMP가 미흡하다고 판단

- GALL Report Rev.2 발행(2010년 12월)

- MRP-227(2008.12 발행)에 따라 AMP를 개발하고 이를 이행하도록 관련내용을 개정함 (MRP-227 Rev.A : 2011.12월 발행)

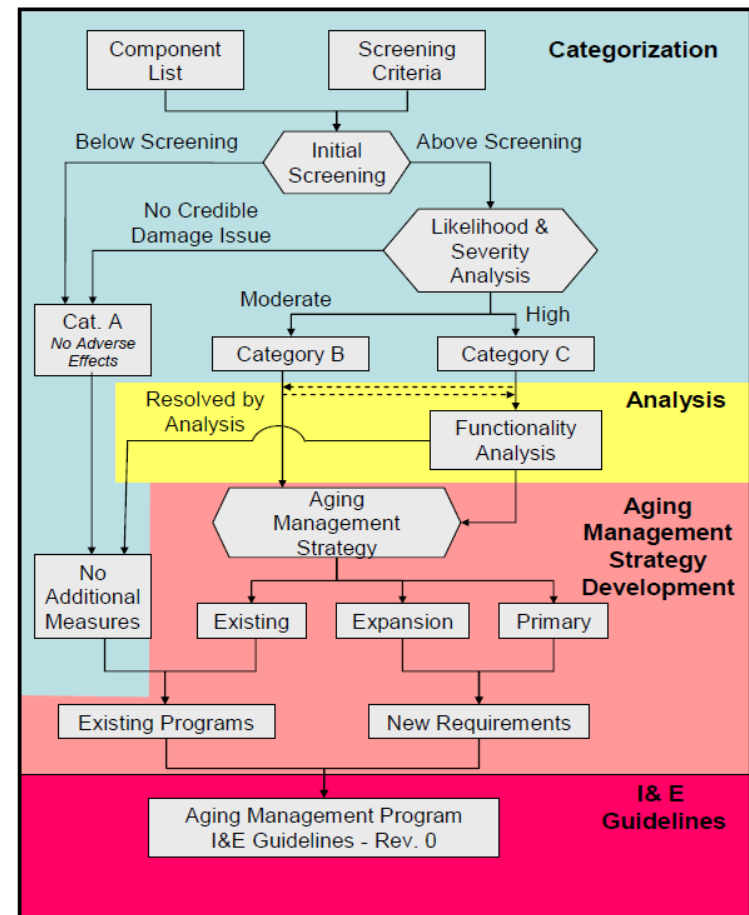
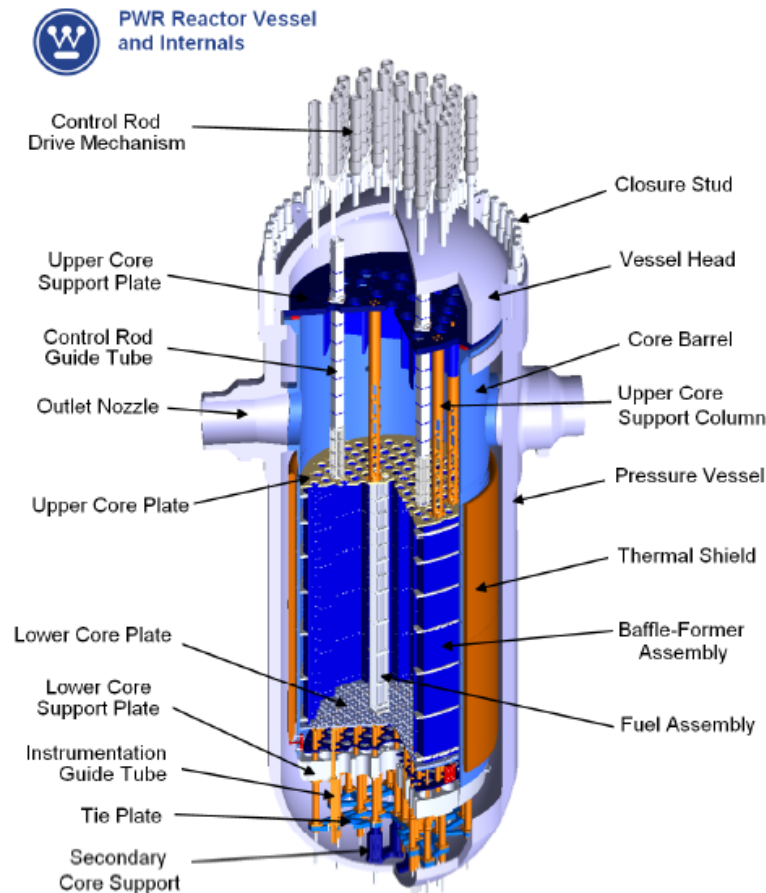
- 미국 내 모든 계속운전 대상 원전은 MRP 227 적용하여야 함

- 계속운전에 진입한 Ginna, Nine Mile Point 원전도 MRP-227 적용완료(2013년)
- MRP-227 Rev.A에 따라 미국 내 모든 원전은 2015월 12월까지 이행 완료 예상 (2016년, MRP Rev.1 발행 예정)

# 원자로내부구조물 경년열화관리(2)

## ❖ 현황

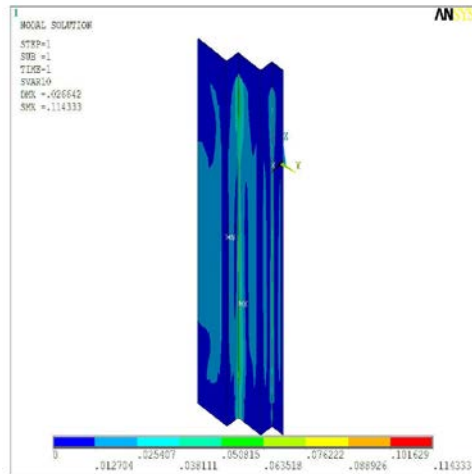
- 고리1호기 : 2차 계속운전 준비과정에서 수행완료



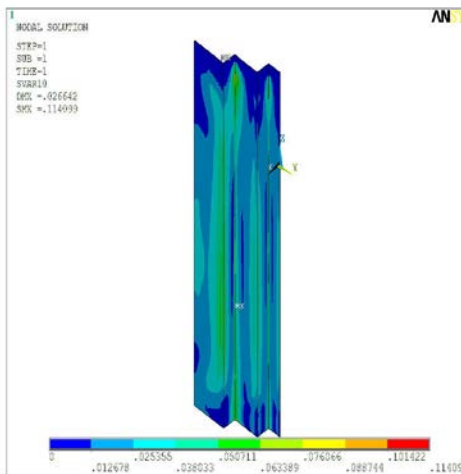
# 원자로내부구조물 경년열화관리(3)

$$IASCC \text{ Susceptibility Ratio} = \frac{\text{Effective Stress}}{\text{IASCC Susceptibility Stress}}$$

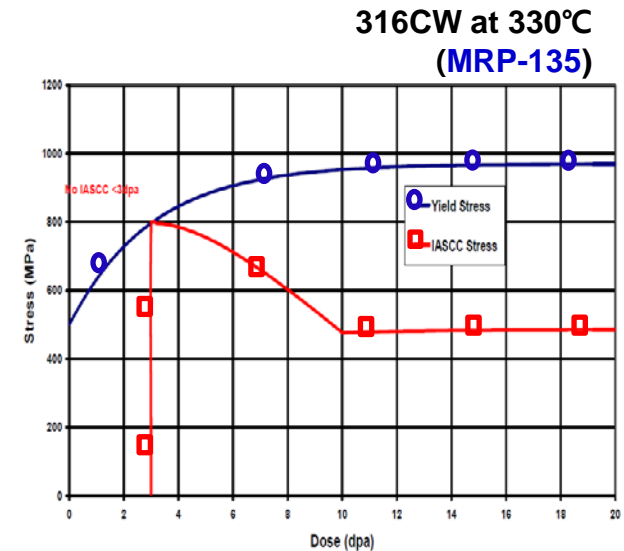
※ IASCC Susceptibility Ratio :  $\geq 1$ , susceptible to IASCC  
 $< 1$ , Non-susceptible



At 7.73 EFPY



At 32.0 EFPY



- 기능해석결과를 경년열화 전략수립(검사방법, 주기, 검사범위 결정)에 반영
- Category C중 민감하지 않은 기기는 Cat. A(No Additional Measures)로 재분류

# 원자로내부구조물 경년열화관리(4)

## ❖ Primary 부속기기 관리전략(MRP-227)

신규요건 적용

Westinghouse plants Primary components (continued)

| Item                                                           | Applicability                     | Effect (Mechanism)                                                                                                                                                              | Expansion Link (Note 1)                         | Examination Method/Frequency (Note 1)                                                                                                                                               | Examination Coverage                                                                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Core Barrel Assembly<br>Lower core barrel flange weld (Note 5) | All plants                        | Cracking (SCC, Fatigue)                                                                                                                                                         | None                                            | Periodic enhanced visual (EVT-1) examination, no later than 2 refueling outages from the beginning of the license renewal period and subsequent examination on a ten-year interval. | 100% of one side of the accessible surfaces of the selected weld and adjacent base metal (Note 4).                                                                                           |
| Baffle-Former Assembly<br>Baffle-edge bolts                    | All plants with baffle-edge bolts | Cracking (IASCC, Fatigue) that results in<br>•Lost or broken locking devices<br>•Failed or missing bolts<br>•Protrusion of bolt heads<br>Aging Management (IE and ISR) (Note 6) | None                                            | Visual (VT-3) examination, with baseline examination between 20 and 40 EFPY and subsequent examinations on a ten-year interval.                                                     | Bolts and locking devices on high fluence seams. 100% of components accessible from core side (Note 3). See Figure 4-23.                                                                     |
| Baffle-Former Assembly<br>Baffle-former bolts                  | All plants                        | Cracking (IASCC, Fatigue)<br>Aging Management (IE and ISR) (Note 6)                                                                                                             | Lower support column bolts, Barrel-former bolts | Baseline volumetric (UT) examination between 25 and 35 EFPY, with subsequent examination on a ten-year interval.                                                                    | 100% of accessible bolts (Note 3). Heads accessible from the core side. UT accessibility may be affected by complexity of head and locking device designs.<br><br>See Figures 4-23 and 4-24. |

☞ 기존 ISI와 더불어 열화민감 부위 중점관리 수행(검사방법 및 주기 강화),

계속운전 대상원전만 수행하면 되나 지속적인 기술추적 필요

## ❖ 강화방안

- PSR 법적요건(원안법 시행규칙 제20조)에 강화방안이 모두 포함
  - 구조물 · 계통 및 기기의 경년열화 완화대책 및 관리계획
  - 원자로시설의 운전경험 · 연구 결과의 반영을 위한 계획 및 체제의 적절성 등
- 국내 원자력안전법은 국제 기준에 부합
  - 현시점에서는 현행 PSR 및 계속운전 체계 유지
- 후쿠시마 후속조치로 일부사항은 계속운전 원전 수준의 경년열화관리 수행

## ❖ PSR을 통한 이득효과

- 국내 원전의 안전성을 더욱 향상
- 국내 PSR 기술(경년열화) 향상
  - 국내 기술로 고리1호기 및 월성1호기 계속운전 인허가 획득 및 해외수출의 기반

---

감사합니다