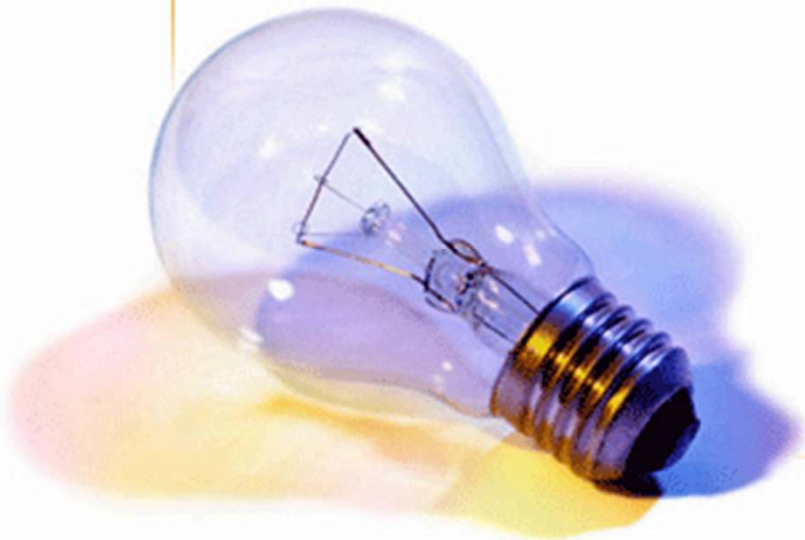


한국원자력학회 2018 춘계학술발표회  
원전 안전 및 기자재산업 활성화를 위한 원전부품설비 인/검증 기술 워크샵

## 내환경검증과 원전 기자재 수명 관리

2018. 5. 16

(주)코넥 검증사업본부  
이사 고성실



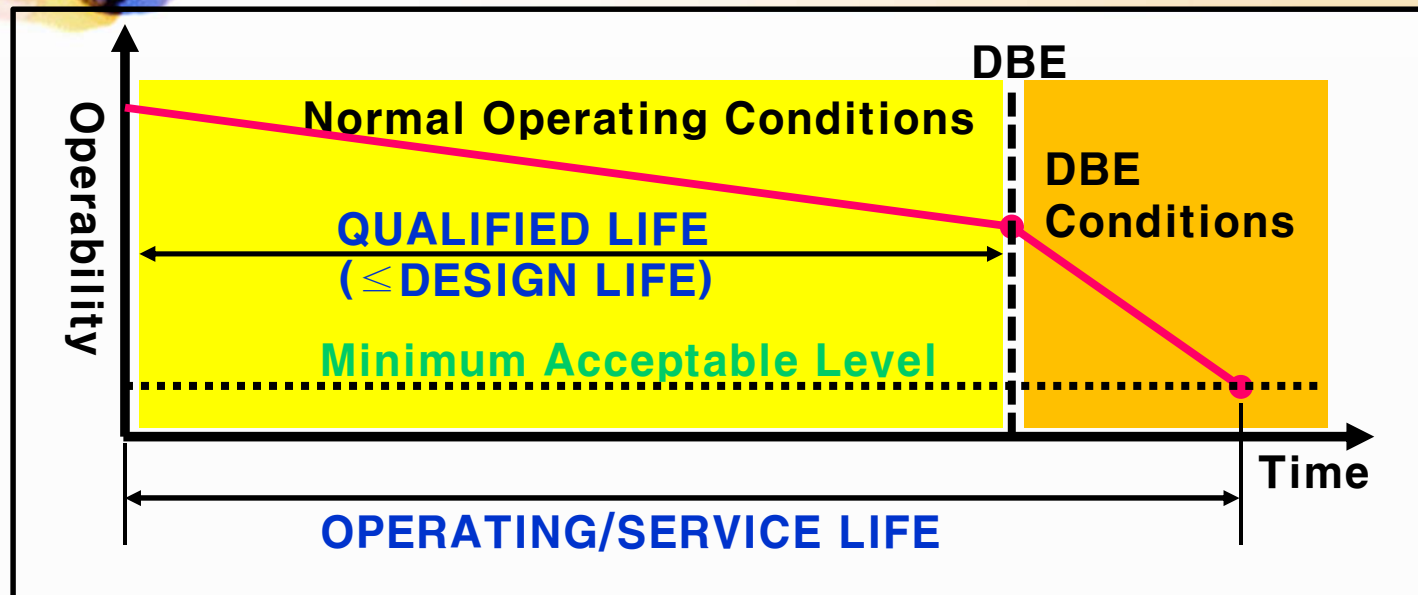


## 발표 순서

- 기자재 수명과 내환경검증의 관계
- 내환경 검증수명 관련 기술기준
- 검증수명 평가 현황 및 문제점
- 원전 기자재 수명 관리 방안



## 기자재 수명과 내환경검증의 관계



- ※ 설계수명 (Design Life): 해당 운전환경조건에서 주어진 기능을 만족스럽게 수행할 수 있는 기간 (40년/60년)
- ※ 검증수명 (Qualified Life): DBE 발생 전까지, 해당 운전환경조건에서 설계요건을 만족함이 입증된 기간 (5년~설계수명)
- ※ 운전(사용)수명 (Operating/Service Life): 최초 운전개시로부터 운전(사용)정지 시까지의 기간 (기기/부품: 사용수명)



## 내환경 검증수명 관련 기술기준

- IEEE 323-2003 (KEPIC END 1100)
  - 온화환경에서 중대노화메커니즘 없는 경우  
검증수명 및 노화시험 불필요
  - 중대노화메커니즘을 갖는 경우  
공급자의 권고에 따른 보수/감시 프로그램 수립 필요
- IEEE 627-2010 (KEPIC END 3100)
  - 중대노화메커니즘 갖는 경우  
검증수명/검증조건(Qualified Condition) 결정
  - 주기적/특정 부품교체를 통해 검증수명 연장 가능
- IEEE 649-2006 (KEPIC END 3220)
  - 온화/가혹환경에서 중대노화메커니즘 없는 경우  
검증수명 및 노화시험 불필요



## 검증수명 평가 현황 및 문제점.

- 열적환경(온도)에 대한 검증수명 평가  
아레니우스 노화이론에 의거 열수명/검증수명 산출
  - 검증기관별 재료노화데이터 주관적 선택/적용
    - 동일품목에 대해 검증수명 평가결과 상이
  - 중대노화영향/검증수명 판단기준 불분명
    - 열수명에 따라 (잠재적)중대노화영향 여부 판단  
(보수적 접근방식으로 판단 근거 불분명)
      - 온화 환경: 열수명 < (운전수명)\*3
      - 가혹 환경: 열수명 < 10,000년[(설계수명:40년)\*250]
    - 중대노화영향품목에 대해 검증수명 결정
      - 온화 환경: 검증수명(교체주기) = (열수명)\*1/3
      - 가혹 환경: 운전수명에 해당하는 노화시험 수행  
(사실상 “운전수명” = “검증수명”으로 평가)



## 검증수명 평가 현황 및 문제점..

- 방사선환경에 대한 검증수명 평가
  - 임계방사선량(RTL)에 의거 내방사선 특성(검증수명) 결정
  - 검증기관별 임계방사선량/시험데이터 주관적 선택/적용
    - 동일품목에 대해 검증수명 평가결과 상이
  - 중대노화영향/검증수명 판단기준 불분명
    - RTL(시험값)에 따라 중대노화영향 여부 판단
      - 정상 및 사고 방사선량이 안전기능 영향 없음 입증: 노화시험 면제 (IEEE 323)
      - $RTL \geq TID$ (정상+사고): 중대노화영향 없음(IEEE 649)
    - 중대노화영향품목에 대해 검증수명 결정
      - 검증수명 = (운전수명) \*  $RTL/TID$
      - 통상 총요구방사선량(정상+사고)으로 방사선조사 (사실상 “운전수명=검증수명”으로 평가)



## 검증수명 평가 현황 및 문제점...

- 운전환경에 대한 검증수명 평가
  - 전기품목 운전내구성(동작횟수)에 따라 검증수명 결정
  - 내진성능 실증데이터 없으면 검증 불가
    - 지속적인 내진요건 강화로 사실상 실증 데이터 부재 (기존 시험데이터는 최신 내진조건 불만족)
  - 중대노화영향/검증수명 판단기준 불분명
    - 시험횟수>요구운전기준: 중대노화영향 없음(IEEE 649)
      - 발전소 요구운전기준(구매기술규격 요건) 부재 (IEEE 649/관련기술기준(내구성시험요건) 준용)
      - 실증시험 없으면, 잠재적 중대노화영향품목으로 판정
    - 검증수명 결정 (IEEE 649, 5년간 노화시험기준)
      - 발전소 운전수명에 해당하는 운전노화시험 (사실상 “운전수명=검증수명”으로 평가)



## 검증수명 평가 현황 및 문제점....

### ➤ 중대노화영향과 검증수명(교체주기) 종합

환경 인자	환경 조건	중대노화 영향품목	검증수명	교체주기
온도	Mild	열수명 < 123년(41년*3)	열수명*1/3	≤ 검증수명
	Harsh	열수명 < 1만년(40년*250)	열수명*1/250 (노화시험 입증)	-
방사선	Mild	임계선량(RTL) < 총선량(TID)	RTL/TID*40 (노화시험 입증)	≤ 검증수명
	Harsh	실증시험 부재	운전수명 (노화시험 입증)	-
운전	Mild	실증시험 부재	운전수명 (노화시험 입증)	≤ 검증수명
	Harsh	실증시험 부재	운전수명 (노화시험 입증)	-





## 원전 기자재 수명 관리 방안.

- 기자재 수명 관리 요건 및 현황
  - 구매기술규격서 요건 (신고리 5,6호기 기준)
    - 기기 설계수명: 40년 (단, 전선 60년)  
(일부 규격서 패킹/씰/가스켓 등 소모자재 : 최소 5년)
    - 공급자 제출 사용지침서(Instruction Manual) 요건
      - Part List : 부품 교체주기/저장기간 제시
      - Maintenance & Surveillance Program :  
열/운전 노화에 의한 검증수명 기준 제시
    - 표준부록 4F (안전등급기기 내환경검증) 요건
      - 검증보고서 : 검증수명(Qualified Life) 제시
      - Part List : 공급자 권고 교체주기 제시
      - 기타 예비품 저장기간(Shelf Life) 및 교체주기 제시



## 원전 기자재 수명 관리 방안..

- 기자재 수명 관리 요건 및 현황 (계속)
  - 저장기간(Shelf Life) 관련 요건 (EPRI NP-6408)  
저장기간: 기자재 제작 후부터 설치까지의 기간
    - 저장기간 결정 : 5가지 방법을 사용
      - 제작자 권고사항 적용
      - 자연노화데이터 활용
      - 재료/검증 데이터 (아레니우스 노화이론) 활용
      - 가속노화시험 데이터 활용
      - EPRI NP-6408, Appendix B (표준저장기간) 준용
    - 검증데이터에 의한 저장기간 결정
      - 정상보관상태에서 주요노화인자: 온도
      - 성능: 검증수명 영향없는 수준(검증수명의 95%) 보장
      - 저장기간: 최대 검증수명의 5%로 제한



## 원전 기자재 수명 관리 방안...

- 기자재 수명 관리 개선 방안
  - 검증기관의 검증수명/교체주기 평가 표준화
    - 현재: 검증보고서에 검증수명/교체주기 제시하지만, 검증기관별 검증수명 다양 (발전소 적용 혼란)
    - 개선(안): 공급자의 부품 검증수명 표준목록 유지 (검증기관별 동일부품 검증수명 통일 유도)
  - 주요부품 최소 검증수명/교체주기 지정 (구매요건화)
    - 현재: 부품의 최소 검증수명/교체주기 요건 없음  
대부분 공급자 권고사항을 기초로 결정  
(공급자 권고수명의 적합성 판단 곤란)
    - 개선(안): 구매기술규격서에 주요부품 수명기준 제시  
(공급자의 고품질 부품 사용 유도)
- ※ 통합인/검증정보시스템에 부품 검증수명 등록관리 추진  
(발전소/설계자/공급자/검증기관 간 정보 공유 및 활용)



**감사합니다!**  
**THANK YOU!**

**ANY QUESTIONS?**

**PLEASE FEEL FREE TO CONTACT US!**

**[koss@koneq.co.kr](mailto:koss@koneq.co.kr) / [koneq@koneq.co.kr](mailto:koneq@koneq.co.kr)**