

# 안전관련 공기조화설비 운전성 평가 기술개발 현황(II)

2022.07

한수원중앙연구원



# 발표 순서

- I 추진배경
- II 추진체계
- III 추진내용
- IV 주요성과
- V 활용계획 및 기대효과



## □ 연구 개요

- 과제명/기간 : 안전성 관련 공기조화설비 가동중 시험 절차 개발(2019.01~2022.3)
- 목표 : ASME N511 적용 대비 표준 가동중 시험 계획서 작성 및 절차 개발

## □ 공기조화설비 설계 개념

- 원자력 시설내 공기중 방사성물질 여과(요오드화물)를 통한 ALARA 유지
- 공기중 부유물질 제거 및 적정 온도유지를 통한 종사자/기기의 적합한 환경 제공
- 정상 및 비상 운전시 오염공기 배출관리 및 정화 배출을 통한 환경 위해 방지

## □ 기술기준 발행 현황

### ➤ 미국

#### ● Code & Standard

- ✓ ASME N509 (1976~2002) : 설계/제작 (Nuclear Power Plant Air Cleaning Units and Components)
- ✓ ASME N510 (1975~2007) : 건설인수 시험(Testing of Nuclear Air-Cleaning Systems) 위주
- ✓ ASME AG-1 (1985~2019) : 설계/제작/건설인수 시험(Code on Nuclear Air and Gas Treatment)
- ✓ **ASME N511 (2007, 2017) : 가동중 시험(IST, In-Service Testing) 표준**

## □ 기술기준 발행 현황[계속]

### ➤ 국내

- KEPIC MHA(2000~2020) : ASME AG-1(1997~이후 버전), Div. I(일반요건 )
  - ✓ MHB AA로 통합(2020)
- KEPIC MHB(2000~2021) : ASME AG-1(1997~이후 버전), Div. II(설계, 제작)
- KEPIC MHD(2000~2021) : ASME AG-1(1997~이후 버전), Div. IV(현장 시험)
- **KEPIC MHN(2012, 2020) : ASME N511(2007, 2017)**

## □ 추진 배경

- 안전관련 공기조화설비 IST 기술표준 KEPIC MHN(ASME N511) 발행
- 주기적 안전성 평가(PSR) 등을 통한 ASME N511 적용 지속 요구

## □ 추진 필요성

- PSR 안전성 증진사항 추진 및 시범 적용 대비 기술개발
- 평균온도 상승 → 설비 가동빈도 점증 → 고장 가능성 상승 : 잠재적 기술현안 선조치

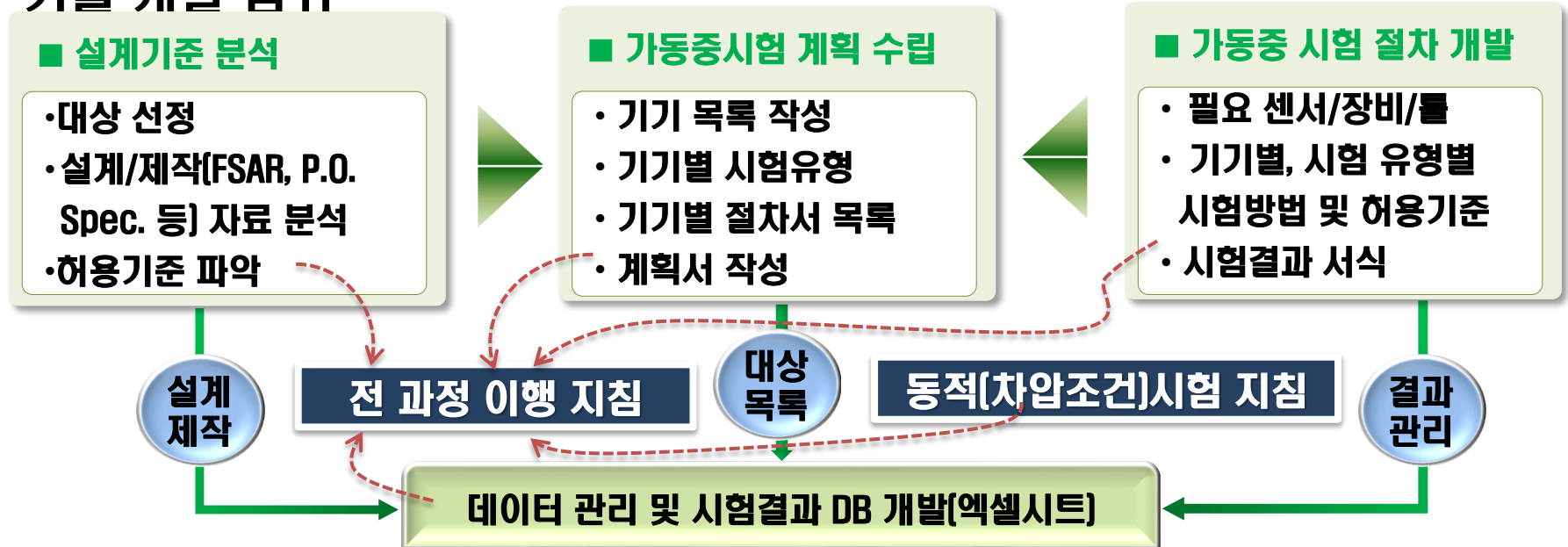
## □ 추진체계



□ 기술 개발 대상 : 고리2발, 한빛3발, 신한울1발 안전성관련 공기조화설비.  
단, 아래 설비 제외.

- 비 안전성관련 공기조화설비
- 냉동설비 포함 비압축성 유체(Liquid Water)가 통과하는 설비 : 밸브, 펌프, 배관 등의 가동중 검사/시험에 관한 원안위 고시에 따른 수행
- 방화/연기 댐퍼 등 화재방호 설비 : 화재방호 규제요건에 따른 수행 중

## □ 기술 개발 범위



## □ 차압 시험

### ● 요구사항

구분(대상 기기)	측정 항목	주기
습분분리기 뱅크(ACU)	차압	1개월(31일)
전치필터 뱅크(ACU/AHU)		
전단 HEPA 필터 뱅크(ACU)		
흡착기 뱅크(ACU)		
후단 HEPA 필터 뱅크(ACU)		

☞ ACU(Air Cleanig Unit) : 흡착기 뱅크 보유, AHU(Air Handling Unit): 흡착기 뱅크 미보유, 필터 뱅크 보유

### ● 시험 조건 : 설계 유량의 ±10%(대기 상태의 기기는 기동 수반)

### ● 시험 절차 요약

- ✓ 각 뱅크별 차압계에서 차압 측정 및 기록
- ✓ 차압계 미설치시 임치 차압계 설치 후 측정 또는 총 차압 측정 후 미설치된 뱅크의 차압 계산
- ✓ 각 뱅크별 차압측정 결과에 대한 판정기준(또는 허용 기준) 및 시험 결과 기록지 등

## □ 가열기 성능 시험

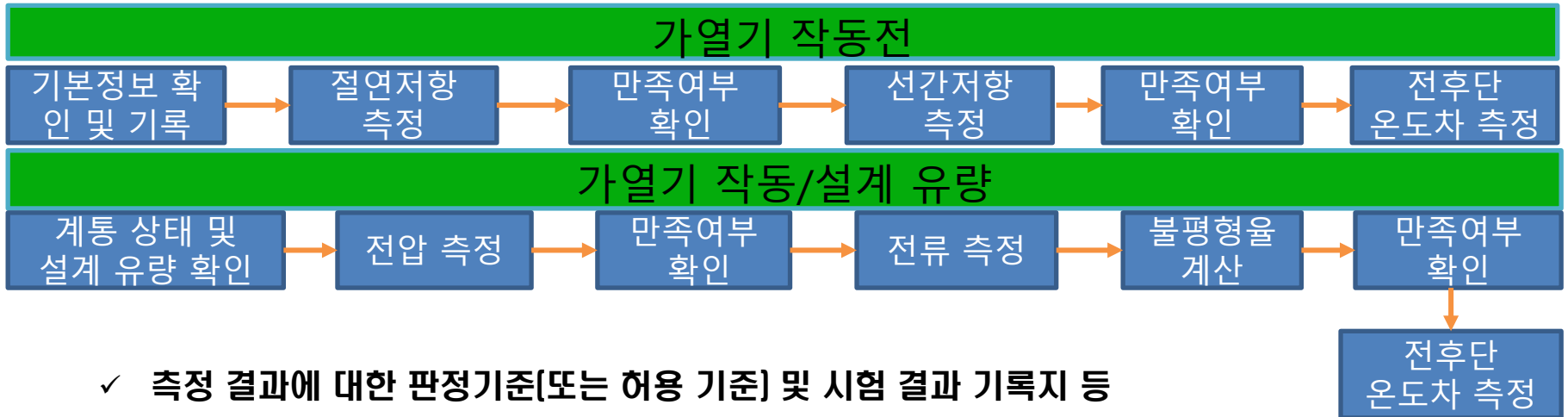
### ● 요구사항

구분(대상 기기)	측정 항목	주기
가열기 뱅크 (ACU/AHU/DH)	전압, 전류, 전류 불평형율, 전후단 온도차	2년

☞ DH : Duct Heater

- 시험 조건 : 정지 및 설계 유량의  $\pm 10\%$ (대기 상태의 기기는 기동 수반)

### ● 시험 절차 요약





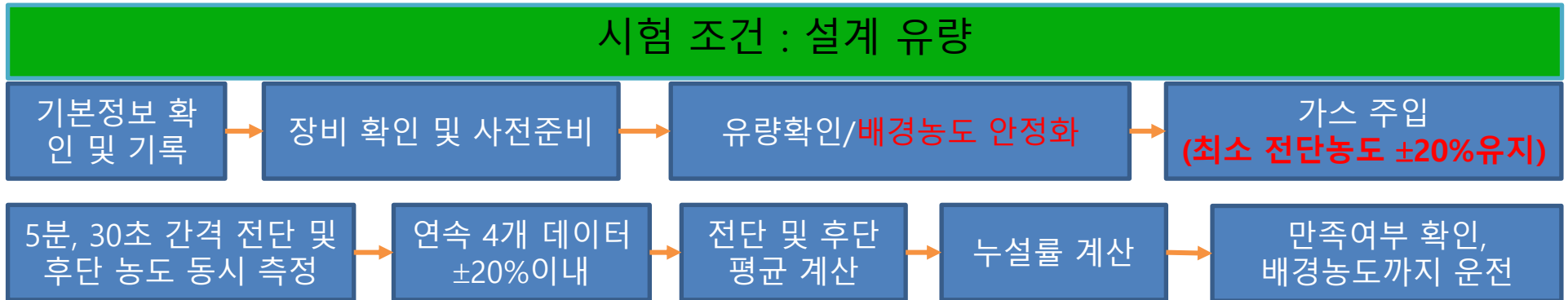
## □ 흡착기 뱅크 누설 시험

### ● 요구사항

구분(대상 기기)	측정 항목	주기
흡착기 뱅크 (ACU)	누설률	2년

- 시험 조건 : 설계 유량의  $\pm 10\%$ (대기 상태의 기기는 기동 수반)

### ● 시험 절차 요약



- ✓ 측정 결과에 대한 판정기준(또는 허용 기준) 및 시험 결과 기록지 등

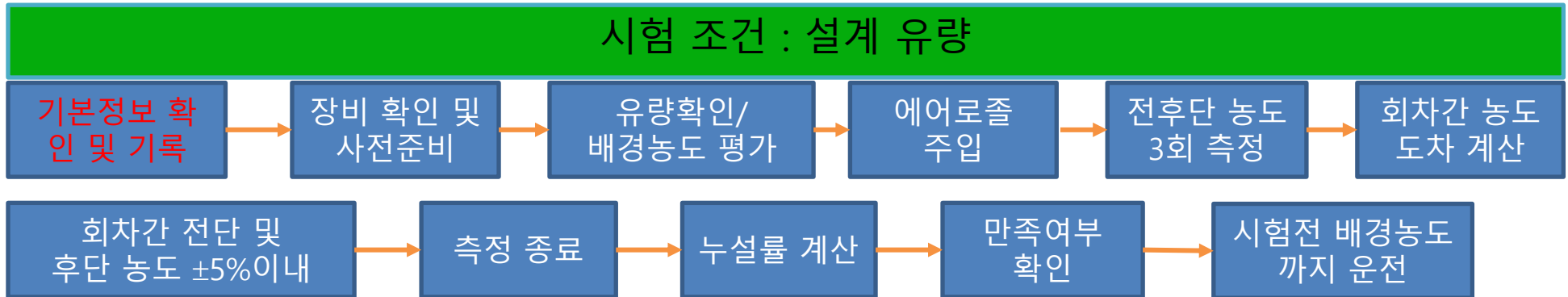
## □ HEPA 필터뱅크 누설 시험

### ● 요구사항

구분(대상 기기)	측정 항목	주기
HEPA 필터뱅크 (ACU)	누설률	2년

- 시험 조건 : 설계 유량의  $\pm 10\%$ (대기 상태의 기기는 기동 수반)

### ● 시험 절차 요약



- ✓ 측정 결과에 대한 판정기준(또는 허용 기준) 및 시험 결과 기록지 등

## □ 팬 성능 시험

### ● 요구사항

시험 유형	시험 조건	측정 항목	주기	해당 기기
작동시험	설계 유량의 $\pm 10\%$	이상 징후 없이 안정된 상태 육안 확인	분기(3개월)	단독 팬 ACU/AHU/ CC 내부 팬
진동시험		진동	분기(3개월)	
유량시험	팬 동작성 확인	유량(ACGIH)	2Y	
정압시험	설계 유량의 $\pm 10\%$	팬 정압	2Y	
회전속도시험		회전 속도	2Y	

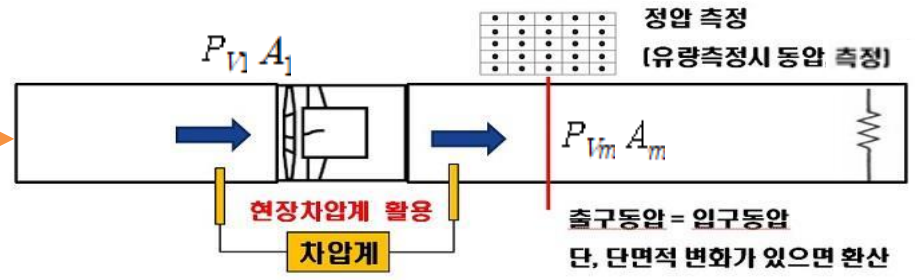
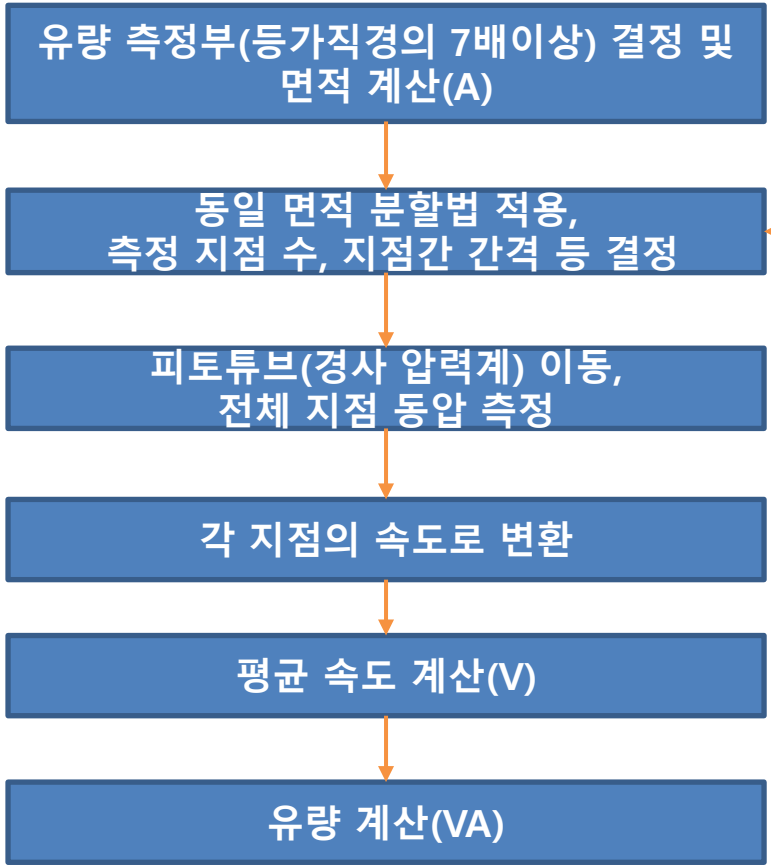
### ● 시험절차 요약 : 판정기준 및 시험결과 기록지 등 포함

- ✓ 작동 시험 : 팬 기동 확인 → 15분이상 팬의 운전상태 확인 → 판정기준(안정된 상태)과 비교
- ✓ 진동 시험 : 팬 기동 확인 → 모터 측과 팬 측 베어링 하우징에서 진동 측정(휴대용 측정기) → 판정기준과 비교
  - \* 축류형 팬 하우징 접근 불가능시 대책 : 팬 하우징의 모터 지지부에서 측정(측정 부위 지속 유지)
- ✓ 회전 속도 : 팬 기동 확인 → 스크로보스코프 이용(비접촉식)/광학식 타코미터(마킹 필요)로 속도 측정
  - \* 스크로보스코프 측정 부위 : 팬 날개 또는 회전축 키홈, 볼트 등
- ✓ 정압 시험 : 팬 기동 확인 → 차압계에서 차압 측정 → 팬 입구 단면적 계산 → 유량 측정시 동압 측정 값 활용 → 정압 계산

## □ 팬 성능 시험

### ● 시험절차 요약(계속)

- ✓ 정압시험 : 팬 전 후단 덕트 연결 사례
- ✓ 유량 시험

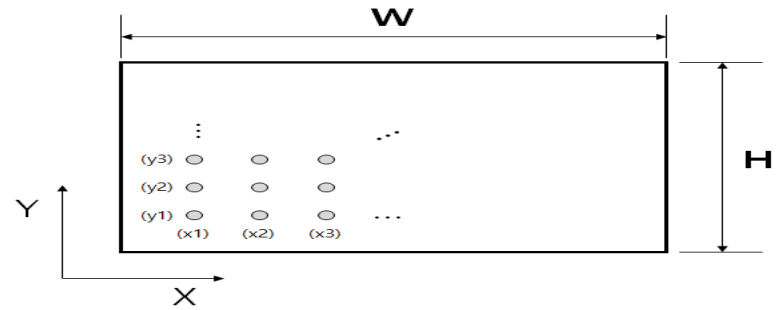


송풍기 정압 = [ 출구정압 - 입구정압 ] - 입구동압

$$P_{V1} = P_{Vm} \times \left( \frac{A_m}{A_1} \right)^2$$

내부 폭 또는 높이(mm)	사각 덕트 측정 지점 수
600 이하	4
601~750	5
751~900	6
901~1050	7
1050 이상	8

예) 내부 폭 500mm \* 높이 1000mm  
 측정 지점수 = 4\*7 = 28  
 (사각 덕트 : 최소 16개, 64개 지점)



## □ 댐퍼 시험

### ● 요구사항 및 시험 절차 요약

유형	시험 대상 댐퍼	시험 조건	측정 항목	주기	시험절차 요약
위치 지시 시험	원격 지시기 구비 댐퍼	주제어실 또는 Local 판넬에서 댐퍼 작동	행정 위치 일치 여부 육안 확인	2Y	현장과 원격에서 열림과 닫힘 위치 일치 여부 확인
정적시간 시험	행정 시간이 제한된 POD(Power Operated Damper)	정적 조건	행정 시간		현장에서 열림과 닫힘시 시간 측정
동적시간 시험		설계 유량의 ±10%			
유량제어 시험	유량 제어 기능 보유 POD	유량 제어 조건	유량 제어 기능 육안 확인		현장에서 유량제어 위치로 이동 여부 확인
동작시험	POD 및 수동댐퍼 중 격리기능 보유 댐퍼	댐퍼 동작 (현장 또는 원격)	작동성 육안 확인		현장에서 댐퍼의 열림과 닫힘 위치 이동 확인
연동시험	타 기기와 연동되어 열림과 닫힘 기능 보유 댐퍼	설계 유량 조건	닫힘과 열림 위치 확인		연동 기기 동작 후 해당 댐퍼의 열림과 닫힘 위치 확인
시트 누설시험	누설률이 제한된 댐퍼	외부 가압	누설률		댐퍼를 닫은 후 압력경계 밀봉, 가압, 누설률 계산

✓ 시험 유형별 판정기준 및 시험결과 기록지 등

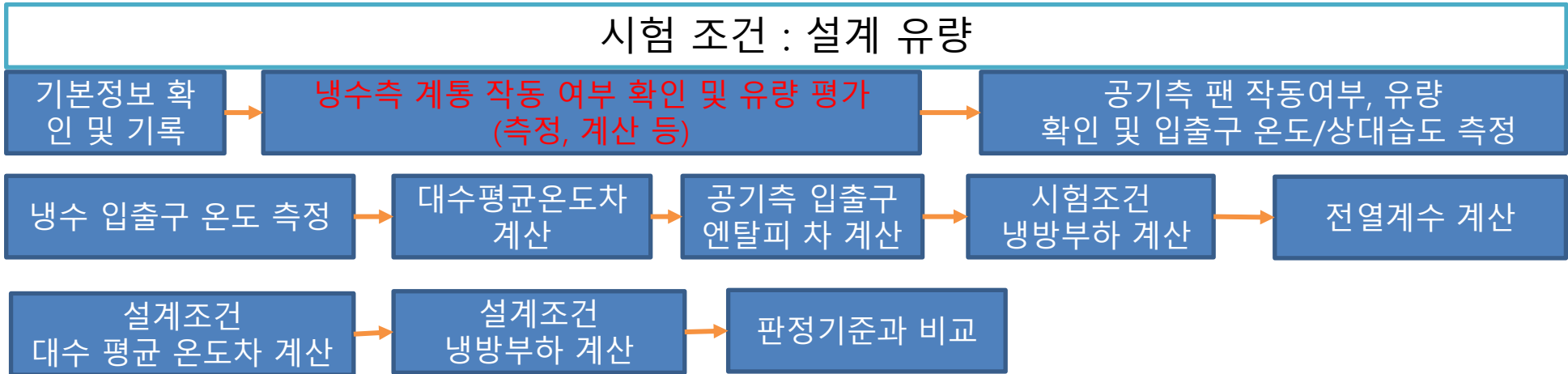
## □ 냉각 성능 시험

### ● 요구사항

시험 대상 بانک	시험 조건	측정 항목	주기	해당 기기
냉각 코일 بانک	설계 유량의 $\pm 10\%$	냉수측의 유량, 공기측의 유량, 차압, 온도차	2Y	AHU/ 지역냉방기

### ● 시험 절차 요약

시험 조건 : 설계 유량



✓ 측정 결과에 대한 판정기준(또는 허용 기준) 및 시험 결과 기록지 등

## □ 덕트/하우징 성능 시험

### ● 요구사항

시험 대상	시험 조건	측정 항목	주기	해당 기기
압력 경계를 형성하는 기기의 하우징과 덕트	외부 가압	누설률	10Y	ACU/AHU/CC/덕트가열기, 단독팬 및 덕트

☞ CC : Cubicle Cooler

### ● 시험 절차 요약

#### ✓ 시험절차 요약

- 압력 경계 밀봉 → 일정 압력법, 압력감쇠법 중 택일 → 시험 → 누설률 평가 → 허용 누설률(흡기 덕트, 계통 등에 따라 상이)과 비교

#### ✓ 압력 경계 설정 방안

- CC : 하우징 누설시험 제외(압력경계를 해당 공간으로 판단)
- ACU/AHU(냉각 또는 가열코일 설치) : 하우징 입출구(내부 팬의 하우징 누설시험 제외)
- 덕트가열기, 단독 팬(AHU 전단에 필터만 설치된 기기 포함), 댐퍼를 포함하도록 압력경계 설정  
[현장 시험 여건 및 상황에 의존]
- 압력감쇠법(대체적) 적용 대비 압력경계 구간별 체적 계산

#### ✓ 측정 결과에 대한 판정기준(또는 허용 기준) 및 시험 결과 기록지 등

## 활용계획

현장시험	• 안전관련 공기조화설비 <b>시범적용</b> 및 PSR 안전성 증진사항에 활용
O&M 분야	• 시험결과 추적 및 분석을 통한 설비 O&M에 활용
타 원전	• 바라카 원전 등 해외 수출 원전에 활용

☞ O&M : Operation & Maintenance, PSR : Periodic Safety Review

## 기대효과

현안 해결	• 규제 및 기술현안 해결에 기여
기술적 측면	• 공기조화설비 현장시험 분야 기술 선점 및 우위 확보 • 사례기반 예방/예측 정비에서 성능기반 O&M으로 기술 패러다임 전환
경제적 측면	• 단기 : 기술개발비 투입으로 ROI(Return On Investment) 감소 • 중장기 : 성능기반의 O&M으로 인한 고장율 감소효과로 ROI 증가 예상