

[별표 1]

제정 2000. 02. 24

개정 2006. 01. 10

SPS-KACA003-0133

클린룸 성능평가 시험방법

Test Methods for Performance Evaluation of Cleanrooms
and Associated Controlled Environments

한국공기청정협회

Korea Air Cleaning Association

SPS-KACA003-0133

클린룸 성능평가 시험방법

Test methods for performance evaluation of cleanrooms and associated controlled environments

1. **적용 범위** 이 규격은 산업용 클린룸의 주요 성능을 평가하기 위한 시험 방법에 대하여 규정한다.

2. **인용 규격** 다음에 나타내는 규격은 이 규격에 인용됨으로써 이 규격의 일부를 구성한다. 이러한 인용 규격은 그 최신판을 적용한다.

KS A 0078 습도 - 측정 방법

KS A 0511 온도 측정 방법 통칙

KS A 0701 소음도 측정 방법

KS B 6336 광산란식 자동 입자 계수기

KS M ISO 14644-1 클린룸 및 관련된 제어 환경 제1부 : 공기청정도 등급 분류

KS M ISO 14644-2 클린룸 및 관련된 제어 환경 제2부 : KS M ISO 14644-1의 지속적인 등급 유지를 위한 시험 및 모니터링 규격

KS M ISO 14644-3 클린룸 및 관련된 제어 환경 제3부 : 시험방법

3. **용어의 정의** 다음 용어의 정의는 이 규격을 위한 것이다.

3.1 일반

a) **격리 장비** 정해진 공간의 내부와 외부를 확실한 수준으로 분리시키기 위하여 구조적 및 이동적 도구를 사용하는 장비

비고 특정 산업에 사용되는 격리 장비로는 청정공기 후드, 폐쇄 용기(containment enclosures), 글로브 박스, 격리기(isolator), 국소환경(mini-environment) 등이 있다.

b) **청정 구역** 공기 중 부유입자의 농도가 제어되고 그 구역내 입자들의 유입, 생성 및 체류를 최소화하기 위한 방법이 사용되며, 아울러 온도, 습도, 그리고 압력 등이 필요에 따라 제어되는 전용 공간.

비고 이 청정 구역은 개방된 형태 또는 폐쇄된 형태의 공간이며, 클린룸내에 위치할 수도 있으며, 위치하지 않을 수도 있다.

c) **청정실** 클린룸 또는 하나 혹은 그보다 많은 청정 구역으로 구성되어 있으며, 모든 관련 구조물들, 공조 시스템, 공급 시설 그리고 유틸리티를 포함한다.

d) **클린룸** 공기 중 부유입자의 농도를 제어하고, 입자의 유입, 생성 및 체류를 최소화할 수 있는 방을 의미하며, 또한 온도, 습도 및 압력 등이 필요에 따라 제어되는 방.

3.2 공기부유입자 측정

a) **개수 중앙 입경 (CMD)** 입자 수를 근거로 구한 중앙 입경.

비 고 CMD보다 작은 입자의 수가 절반을 차지하고, CMD보다 큰 입자가 나머지 절반을 차지한다.

b) **공기부유입자** 일반적으로 1nm ~ 100 μ m의 크기를 갖고 공기 중에 부유되는 증식성 또는 비증식성, 고체 또는 액체 물질(또는 복합물).

비 고 공기 청정도 등급을 분류하기 위하여 크기가 0.1 μ m에서 5 μ m 범위내의 누적분포상에 존재하는 고체 또는 액체의 물체가 측정된다.

c) **시험 에어로졸** 크기 분포와 농도가 알려지거나 제어된 고체 또는 액체 입자가 공기 중에 부유된 것.

d) **시험 에어로졸 발생기** 일정 농도에서 적절한 크기 범위(예로 0.05 ~ 2 μ m)의 입자상 물질을 발생시킬 수 있는 측정기기. 에어로졸 발생기는 열적, 수력학적, 공압적, 음향적 또는 정전기적 원리에 의해 분류될 수 있다.

e) **입자 농도** 공기의 단위 체적당 입자의 수.

f) **입자 크기** 주어진 입자 측정장비에 의해 측정된 입자가 나타내는 물리적 반응에 상당하는 반응을 나타내는 구의 직경.

비 고 개별 입자 계수를 위한 광산란식 개별 입자 계수기의 경우 광학적 등가 입자 직경 사용.

g) **입자 크기 분포** 입자 크기의 함수로서 입자 농도의 누적 분포.

h) **질량 중앙 입경 (MMD)** 입자 질량을 근거로 구한 중앙 입경.

비 고 MMD보다 작은 입자의 질량이 절반을 차지하고, MMD보다 큰 입자의 질량이 나머지 절반을 차지한다.

3.3 에어 필터 및 시스템

a) **누설** 불완전한 결합 또는 결합에 의해 설정된 하류 농도를 초과하는 오염물질의 투과.

b) **설정 누설치** 개별 입자 계수기 또는 에어로졸 광도계를 사용하여 클린룸을 주사하는 동안 누설되어 감지되는 최대 허용 누설치로 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라 결정된 값.

c) **설치 필터 시스템** 천장, 벽, 장치 또는 덕트에 장착된 필터 시스템.

d) **설치 필터 시스템의 누설 시험** 클린룸에서 바이패스 누설이 없음을 입증하기 위하여 필

터가 적절하게 설치되어 있는지, 필터와 격자 시스템의 누설과 결함이 없는지를 확인하기 위한 시험.

e) **에어로졸 시험** 시험 에어로졸을 사용하는 필터나 설치 필터 시스템의 누설 시험.

f) **주사** 에어로졸 광도계나 개별 입자 계수기의 프로브(probe) 입구를 정해진 시험 영역을 가로지르도록 겹쳐진 일정 간격으로 움직이면서 필터나 유닛의 부분에서 누설을 찾아내는 방법.

g) **최종 필터** 공기가 클린룸으로 들어가기 전인 최종 위치에 사용되는 필터.

h) **표준 누설 투과량** 샘플 프로브가 누설 부분에서 정지하고 있을 때 표준 샘플링 공기량을 갖는 개별 입자 계수기 또는 에어로졸 광도계에 의해 측정되는 누설 투과량.

비 고 투과량은 필터의 상류 농도에 대한 하류 농도의 비.

i) **필터 시스템** 필터, 틀 및 다른 지지 시스템 또는 다른 하우징으로 구성되는 시스템.

j) **희석 장치** 입자의 농도를 낮추기 위하여 정해진 체적비로 청정한 희석 공기를 에어로졸과 혼합시키는 장치.

3.4 기류 및 다른 물리량

a) **균일 기류** 많은 측정점에서 측정된 풍속이 평균 풍속의 정해진 비율 이내인 단일 방향류.

b) **급기 풍량** 단위 시간 동안 최종 필터나 공기 덕트를 통하여 클린룸으로 공급되는 공기 체적.

c) **단일 방향류** 청정 구역의 전체 횡단면에서 안정된 속도와 거의 평행한 유선으로 제어된 기류.

비 고 이러한 타입의 기류는 청정 구역으로부터 입자들을 일정 방향으로 운송한다.

d) **비단일 방향류** 청정 구역으로 들어가는 공급 공기가 유인에 의해 내부 공기와 혼합되는 공기 분배.

e) **측정 단면** 풍속과 같은 성능 인자를 시험하거나 측정하기 위한 단면.

f) **총 풍량** 단위 시간 동안 클린룸의 단면을 통과하는 공기 체적.

g) **평균 풍량** 클린룸 또는 청정 구역의 환기회수를 결정하기 위한 단위 시간당 평균 공기 체적.

비 고 풍량의 단위는 m^3/h .

h) **혼합류** 동일한 청정 구역에 단일 방향류와 비단일 방향류가 함께 존재하는 기류.

i) **환기회수** 단위 시간 동안 공급되어진 공기의 체적을 공간의 체적으로 나누어 계산되고, 단위 시간 동안 공기 교환 회수로 표현되는 공기 교환율.

3.5 정전기 측정

a) **누설 저항** 표면과 접지 사이의 저항.

b) **방전 시간** 절연된 도전성 대전 감지판의 정전압이 초기 전압의 10%로 감소되는데 걸리는 시간. 일반적으로 초기 전압을 1000V 로 설정한다.

- c) **잔류 전압 (오프셋 전압)** 초기에 대전되지 않은 절연된 도전성 대전 감지판이 이온화된 공기에 노출되었을 때 측정되는 전압.
- d) **정전 소산성** 작업면 또는 제품 표면의 정전기적 대전 상태를 전도 또는 다른 메커니즘에 의해 특정한 값 또는 영(zero)의 정격 대전 수준으로 감소시키는 능력.
- e) **표면 저항** 표면에서 다른 두 위치 사이의 저항.
- f) **표면 전압** 적절한 기기를 사용하여 측정된 작업면 또는 제품 표면의 정전기적 대전 상태의 양 또는 음 전압.

3.6 측정기기 및 측정조건

- a) **개별 입자 계수기** 특정 유량에서 개별 입자의 수와 크기를 표시하고 기록할 수 있는 측정기기.
- b) **계수 효율** 주어진 입경 범위에서 입자의 실제 농도와 측정 농도의 비.
- c) **동축 샘플링** 샘플 프로브의 입구로 들어가는 기류의 방향이 샘플링되는 단일 방향류의 방향과 동일한 샘플링 조건.
- d) **등속 샘플링** 샘플 프로브의 입구로 들어가는 공기의 평균 속도가 측정점에서 단일 방향류의 평균 속도와 동일한 샘플링 조건.
- e) **비등속 샘플링** 샘플 프로브의 입구로 들어가는 공기의 평균 속도가 측정점에서 단일 방향류의 평균 속도와 크게 다른 샘플링 조건.
- f) **에어로졸 광도계** 전방 산란 광학 챔버를 사용하여 입자를 측정하는 광산란식 공기부 유입자 질량 농도 측정기기.
- g) **오계수 (배경 노이즈 계수, 제로 계수)** 입자가 존재하지 않을 때 내부 또는 외부의 전기적 노이즈에 의해 개별 입자 계수기에서 측정되는 입자 수.
- h) **최소 한계 입경** 어떤 크기 이상의 입자 농도를 측정하기 위해 선택된 최소 입자 크기.
- i) **후드 유량계** 클린룸의 각 최종 필터나 공기 디퓨저에서 직접적으로 풍량을 측정할 수 있는 유량계가 부착되어 있으며, 필터나 디퓨저를 완전히 덮을 수 있는 측정기기.

3.7 시험 상태

- a) **비운전 상태** 클린룸내 생산장비의 설치가 완료되고 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라 작동되지만 작업자가 없는 상태.
- b) **운전 상태** 클린룸이 계약서상의 방법대로 작동되며, 명시된 수만큼의 작업자가 계약서상의 방법으로 작업을 하고 있는 상태.
- c) **준공 상태** 클린룸 설치가 완료되어 모든 유틸리티가 연결되고 작동되지만, 생산장비, 재료 혹은 작업자 등이 없이 작동되는 상태.

4. 시험 방법

4.1 시험 항목의 선택 및 점검 목록

4.1.1 시험 항목의 선택

a) 기본 시험 KS M ISO 14644-2에 규정된 측정 주기에서 KS M ISO 14644-1의 규정에 의해 클린룸의 공기 청정도 등급을 분류하기 위하여 실시하는 공기부유입자 계수 시험.

b) 선택 시험 클린룸을 시험하는데 필요한 시험으로, 시험 항목은 표 1을 참고하여 클린룸의 기류 방식, 시험 상태, 요구되는 인증 수준에 따라 선택한다.

1) 공기 청정도와 관련된 선택 시험 공기 청정도 분류와 관련되는 시험이다.

1.1) 기류 속도 시험

1.2) 구역간 압력차 시험

1.3) 설치 필터 시스템의 누설 시험

2) 기류 및 입자의 이동과 관련된 선택 시험 기류 및 입자의 이동과 관련되며, 4.1.1 b)

1)의 시험을 보완하기 위하여 실시되는 시험이다.

2.1) 기류 방향 시험

2.2) 공기 청정도 회복 시험

2.3) 오염물의 실내 유입 시험

3) 클린룸 환경과 관련된 선택 시험 설정된 제어 한계에 대한 클린룸의 특성을 포함하는 시험으로 기류와 직접적으로 관련되지는 않는다.

3.1) 온도 시험

3.2) 습도 시험

3.3) 정전기 및 이온 발생기 시험

3.4) 소음 시험

4.1.2 시험 항목의 점검 목록

a) 표 2는 시험 항목의 점검 목록을 나타낸 것이다.

b) 구체적인 시험 순서는 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다.

표 1 클린룸의 기류 방식과 시험 상태에 따른 권장 시험 항목

시험 항목	시험 절차	기류 방식		
		단일 방향류	비단일 방향류	혼합류
공기 청정도 분류와 시험 측정용 공기부유입자의 계수	4.2	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3
기류 속도 시험	4.3	1, 2, 3	선택	선택
구역간 압력차 시험	4.4	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3
설치 필터 시스템의 누설 시험	4.5	1, 2	1, 2	1, 2
기류 방향 시험 및 가시화 시험	4.6	1, 2	비적용	선택 (1, 2)
온도 시험	4.7	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3
습도 시험	4.8	선택	선택	선택
정전기 및 이온 발생기 시험	4.9	선택	선택	선택
공기 청정도 회복 시험	4.10	비적용	1, 2	1, 2
오염물의 실내 유입 시험	4.11	1, 2	1, 2	1, 2
소음 시험	4.12	1, 2, 3	1, 2, 3	1, 2, 3

비고 비적용 : 적용할 수 없음, 1 : 준공 상태에 적합, 2 : 비운전 상태에 적합, 3 : 운전 상태에 적합, 선택 : 공정의 요구사항에 따라 선택함.

표 2 클린룸의 권장 시험과 시험 순서에 대한 점검 목록

시험 목적	<input type="checkbox"/> 성능 평가, <input type="checkbox"/> 예비 시험		
시험 조건	<input type="checkbox"/> 예비 시험, <input type="checkbox"/> 검수 시험, <input type="checkbox"/> 점검 시험, <input type="checkbox"/> 기타		
기류 방식	<input type="checkbox"/> 단일 방향류, <input type="checkbox"/> 비단일 방향류, <input type="checkbox"/> 혼합류		
시험 상태	<input type="checkbox"/> 준공 상태, <input type="checkbox"/> 비운전 상태, <input type="checkbox"/> 운전 상태		

시험 순서	시험 항목	시험 절차	시험용 측정기기 및 선정
	공기 청정도 분류와 시험 측정을 위한 공기부유입자의 계수	4.2	<input type="checkbox"/> 개별 입자 계수기
	기류 시험	4.3	
	단일 방향류 클린룸에서 풍속 측정	4.3.2 b), 4.3.2 c)	<input type="checkbox"/> 열선 풍속계 <input type="checkbox"/> 초음파 풍속계 <input type="checkbox"/> 베인식 풍속계 <input type="checkbox"/> 피토투관과 차압계
	비단일 방향류 클린룸에서 급기 풍속 측정	4.3.3 c)	<input type="checkbox"/> 열선 풍속계 <input type="checkbox"/> 초음파 풍속계 <input type="checkbox"/> 베인식 풍속계 <input type="checkbox"/> 피토투관과 차압계
	설치 필터의 하류에서 총 풍량 측정	4.3.3 b)	<input type="checkbox"/> 후드 풍량계 <input type="checkbox"/> 오리피스 풍량계 <input type="checkbox"/> 벤추리 풍량계
	공기 덕트에서 급기 풍량 측정	4.3.2 e)	<input type="checkbox"/> 후드 풍량계 <input type="checkbox"/> 오리피스 풍량계 <input type="checkbox"/> 벤추리 풍량계 <input type="checkbox"/> 피토투관과 차압계
	구역간 압력차 시험	4.4	<input type="checkbox"/> 전자식 차압계 <input type="checkbox"/> 경사 차압계 <input type="checkbox"/> 기계식 차압계
	설치 필터 시스템의 누설 시험	4.5	
	설치 필터 시스템의 누설 주사	4.5.2, 4.5.3	<input type="checkbox"/> 선형 에어로졸 광도계 <input type="checkbox"/> 대수식 에어로졸 광도계 <input type="checkbox"/> 개별 입자 계수기 <input type="checkbox"/> 에어로졸 발생기 <input type="checkbox"/> 에어로졸 물질 <input type="checkbox"/> 희석 장치 <input type="checkbox"/> 응축핵 계수기
	덕트나 공조기에 장착된 필터의 시험	4.5.4	<input type="checkbox"/> 선형 에어로졸 광도계 <input type="checkbox"/> 대수식 에어로졸 광도계 <input type="checkbox"/> 개별 입자 계수기 <input type="checkbox"/> 에어로졸 발생기 <input type="checkbox"/> 에어로졸 물질 <input type="checkbox"/> 희석 장치 <input type="checkbox"/> 응축핵 계수기
	기류 방향 시험 및 가시화	4.6	<input type="checkbox"/> 추적자 <input type="checkbox"/> 열선 풍속계 <input type="checkbox"/> 초음파 풍속계 <input type="checkbox"/> 에어로졸 발생기
	온도 시험	4.7	
	일반 온도	4.7.2 a)	<input type="checkbox"/> 유리제 온도계 <input type="checkbox"/> 열전 온도계 <input type="checkbox"/> 저항 온도계 <input type="checkbox"/> 서미스터 온도계

표 2 (계속)

시험 순서	시험 항목	시험 절차	시험 측정기기 및 선정
	상세 온도	4.7.2 b)	[] 유리제 온도계 [] 열전 온도계 [] 저항 온도계 [] 서미스터 온도계
	습도 시험	4.8	[] 통풍 건습계 [] 전자식 습도계 [] 모발 습도계
	정전기 및 이온 발생기 시험	4.9	
	정전기	4.9.2 a)	[] 정전기 전압계 [] 고저항계 [] 절연된 도전성 대전 감지판
	이온 발생기	4.9.2 b)	[] 정전기 전압계 [] 고저항계 [] 절연된 도전성 대전 감지판
	공기 청정도 회복 시험	4.10	[] 개별 입자 계수기 [] 에어로졸 발생기 [] 희석 장치
	오염물의 실내 유입 시험	4.11	
	개별 입자 계수기 방법	4.11.2 a)	[] 개별 입자 계수기 [] 에어로졸 발생기 [] 희석 장치
	광도계 방법	4.11.2 b)	[] 광도계 [] 에어로졸 발생기
	소음 시험	4.12	[] 보통 소음계 [] 정밀 소음계 [] 옥타브 밴드 분석기

4.2 공기 청정도 분류와 시험 측정을 위한 공기부유입자의 계수

4.2.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 클린룸의 공기 청정도 등급을 KS M ISO 14644-1의 규정에 따라 평가하는 것이다. 0.1 ~ 5 μ m 범위에 있는 공기부유입자의 농도 측정에 대하여 규정한다.

4.2.2 시험 절차 측정점의 수, 측정 위치의 선정, 청정 구역의 공기 청정도 평가, 요구되는 데이터의 양에 대한 상세한 사항은 KS M ISO 14644-1을 참조한다. 이 규격에서는 각 측정점에서 공기 샘플링에 대한 기준 방법을 제시한다.

a) 개별 입자 계수기를 측정점에 설치하고, 개별 입자 계수기의 샘플링 공기량을 맞추고 KS M ISO 14644-1을 기준으로 입경의 분류 범위를 설정한다.

b) 단일 방향류 구역에서 등속 샘플링이 되도록 샘플 프로브를 선정하고, 샘플 프로브의 속도가 샘플링되는 공기 속도와 20% 이상 차이가 나지 않도록 하여야 한다. 이것이 불가능하면 동축 샘플링이 되도록 샘플 프로브 입구를 주된 기류 방향으로 설치한다.

c) 샘플링 되는 기류를 제어할 수 없거나 예측할 수 없는 비단일 방향류 측정점에서는 샘플 프로브의 입구를 수직으로 설치한다.

d) 샘플 프로브와 개별 입자 계수기를 연결하는 튜브의 길이는 가능한 짧게 한다. 1μm 이상인 입자를 샘플링하는 경우 연결 튜브의 길이는 제작사가 추천하는 길이 및 직경을 초과하지 않아야 한다.

e) 확산에 의한 작은 입자의 손실과 중력 침강과 충돌에 의한 큰 입자의 손실에 기인되는 샘플링 오차는 5% 이내이어야 한다.

4.2.3 공기부유입자 계수용 측정기기

a) **부속서**의 1.1에 규정된 광산란식 개별 입자 계수기로 클린룸의 등급에 관계된 입경 범위의 입경을 선별할 수 있는 기능을 갖고 공기 중 입자의 크기와 수를 측정할 수 있어야 한다. 또한, 대상 입경 범위에서 입자 측정결과를 보여주고 기록하는 기능을 가져야 한다.

b) 광산란식 개별 입자 계수기에 대하여 **부속서**의 1.1에 규정되지 않은 사항은 **KS B 6336**의 규정에 따른다.

c) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.

4.2.4 성능 평가 **KS M ISO 14644-1**에 규정된 방법에 따라 클린룸의 공기 청정도 등급을 평가한다. 공기 청정도 등급 분류를 위한 구체적인 계산 과정은 **KS M ISO 14644-1**의 **부속서 D**를 참조한다.

4.2.5 보고서 작성 클린룸의 공기 청정도 분류 또는 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 보고서에 다음 사항을 기록하여야 한다.

a) 개별 입자 계수기의 오계수

b) 측정의 종류 : 공기 청정도의 분류 또는 모니터링 시험

c) 클린룸의 공기 청정도 등급

d) 입경별 농도

e) 개별 입자 계수기 입구의 샘플링 공기량과 감지 공간(sensing volume)을 통과하는 공기량

f) 측정점의 위치

g) 공기 청정도 등급 분류를 위한 샘플링 프로토콜 또는 모니터링을 위한 샘플링 계획

h) 시험 상태

i) 측정 관련 데이터

4.3 기류 시험

4.3.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 클린룸과 청정 구역내 풍속의 균일도와 급기 풍량을 평가하는 것이다. 단일 방향류 클린룸과 청정 구역에서는 풍속 분포를 측정하고, 비

단일 방향류 클린룸에서는 급기 풍량을 측정하여야 한다. 단위 시간당 클린룸으로 공급되는 공기 체적을 확인하기 위하여 급기 풍량을 측정하며, 급기 풍량은 클린룸의 환기회수를 계산하는데 사용된다. 급기 풍량은 최종 필터의 하류나 급기 덕트에서 측정될 수 있는데, 이 2가지 방법 모두 알고 있는 단면을 통과하는 공기의 속도를 측정하여 풍속과 면적을 곱하여 급기 풍량을 구한다. 시험 절차의 선정은 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다. 이들 시험은 3가지 시험 상태에 모두 적용할 수 있다.

4.3.2 단일 방향류 클린룸에서 기류 시험 절차

a) 일반 사항

- 1) 단일 방향류의 풍속은 단일 방향류 클린룸의 성능을 결정한다.
- 2) 풍속은 최종 급기 필터 면에 인접한 곳이나 공간 내에서 측정할 수 있으며, 급기 유동과 수직인 측정 단면을 선정한 후 등면적의 격자계를 구성하여 풍속을 측정한다.

b) 급기 풍속

- 1) 필터 면으로부터 약 150 ~ 300mm 떨어진 위치에서 측정하여야 한다.
- 2) 측정점의 수는 클린룸과 청정 구역에서 급기량을 결정하는데 충분하여야 하며, 10배의 시험 단면적[m²]의 제곱근보다 많아야 하고, 최소 4개 이상이어야 한다.
- 3) 각 필터의 출구나 팬 필터에 대해 최소 1곳 이상에서 측정하여야 한다.
- 4) 단일 방향 기류에 대한 교란을 배제하기 위하여 커튼을 사용하여도 된다.
- 5) 각 측정점에서 재현성 있는 측정치를 얻을 수 있도록 충분한 시간 동안 측정하여야 한다. 여러 측정점에서 시간 평균 풍속을 기록하여야 한다.

c) 클린룸내 풍속 균일도

- 1) 필터 면으로부터 약 150 ~ 300mm 떨어진 위치에서 풍속 균일도를 측정하여야 하고, 시험 단면에서 격자의 간격은 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다.
- 2) 생산 장비와 작업대가 설치될 경우 심각한 기류 변화가 생길 수 있다는 것을 알려주는 것이 중요하다. 그러므로 기류 균일도의 측정은 이들 방해물 근처에서 측정하지 않아야 한다.
- 3) 측정 데이터가 클린룸이나 청정 구역 자체의 특징을 나타내는 것이 아닐 수도 있다. 구매자와 공급자가 동의한 데이터(풍속 분포)를 사용하여 풍속 균일도를 결정하여야 한다.
- 4) 각 측정점에서 재현성 있는 측정치를 얻을 수 있도록 충분한 시간 동안 측정하여야 한다.

d) 필터 면 풍속 측정에 의한 급기 풍량

- 1) 4.3.2 b)에 규정된 절차에 따라 수행된 풍속 측정의 결과를 사용하여 다음과 같이 총 급기 풍량을 계산한다.

$$Q = \sum (U_c \cdot A_c)$$

여기서, Q 는 총 풍량, U_c 는 각 격자의 중심에서 풍속, A_c 는 각 격자의 면적, Σ 는 합인 연산자이다.

e) 공기 덕트에서 급기 풍량

- 1) 오리피스 풍량계, 벤추리 풍량계와 같은 체적 풍량계와 베인식 풍속계를 사용하여 덕트에서 급기 풍량을 측정할 수 있다.
- 2) 사각 덕트에서 피토포관과 차압계 또는 열선 풍속계이나 베인식 풍속계를 사용하여 측정하는 경우 덕트 내부를 등간격의 격자로 나누고, 각 격자의 중심에서 풍속을 측정한다. 격자의 수는 9 또는 16으로 하는데, 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다. 급기 풍량은 **4.3.2 d)**에 규정된 방법과 동일하게 평가하여야 한다.

4.3.3 비단일 방향류 클린룸에서 기류 시험 절차

a) 일반 사항

- 1) 급기 풍량과 환기 회수가 가장 중요한 인자이다.
- 2) 어떤 경우에는 각 출구의 공기 체적을 결정하기 위하여 각 출구에서 급기 풍속을 측정하는 것이 필요하다.

b) 입구에서 급기 풍량의 측정

- 1) 국소 기류의 난류 영향과 출구로부터 분사되는 제트 속도 때문에 각 최종 필터 또는 급기 디퓨저로부터 공급되는 모든 공기를 측정할 수 있는 유동 후드(flowhood)의 사용을 권장한다.
- 2) 후드 유량계를 사용하여 급기 풍량을 측정하거나 유동 후드로부터 빠져나오는 공기의 풍속을 측정하여 유효 면적과 곱하여 급기 풍량을 구한다.
- 3) 유동 후드의 입구는 필터나 디퓨저를 완전히 덮어야 하고, 공기의 바이패스와 부정확한 측정을 방지하기 위하여 후드 면을 평평한 표면에 밀착시켜야 한다.
- 4) 후드 유량계를 사용하는 경우 각 최종 필터나 급기 디퓨저에서 풍량은 후드의 출구에서 직접 측정하여야 한다.

c) 필터 면풍속에 의한 급기 풍량의 계산

- 1) 유동 후드를 사용하지 않는 경우 각 최종 필터의 하류에서 열선 풍속계로 풍속을 측정하여 급기 풍량을 평가한다.
- 2) 풍속과 출구 면적을 곱하여 급기 풍량을 결정한다.
- 3) 단일 방향 기류에 대한 교란을 배제하기 위하여 커튼을 사용하여도 된다.
- 4) 측정점의 수와 급기 풍량의 계산은 각각 **4.3.2 b)**와 **4.3.2 d)**에 규정된 방법에 따른다.
- 5) 격자를 동일 면적으로 나눌 수 없으면, 면적으로 가중된 평균 풍속을 사용한다.

d) 공기 덕트에서 급기 풍량 덕트에서 급기 풍량은 4.3.2 e)에 규정된 방법으로 평가한다.

4.3.4 기류 시험용 측정기기

a) 초음파 풍속계, 열선 풍속계, 베인식 풍속계 또는 동등한 측정기기가 풍속 측정에 사용될 수 있다.

b) 오리피스 풍량계, 벤추리 풍량계, 피토 정압관, 평균 피토 정압관과 차압계 또는 동등한 측정기기가 풍량 측정에 사용될 수 있다.

c) 짧은 거리에 있는 측정점 사이의 속도 변화에 영향을 받지 않는 측정기기를 사용하여 풍속을 측정하여야 한다. 격자 간격이 좁고, 측정점을 추가하는 경우에는 열선 풍속계가 사용될 수 있다. 반면에 속도가 변하는 범위에 대해 평균 풍속을 측정하는데 충분히 민감하고, 크다면 베인식 풍속계가 사용될 수 있다.

d) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.

4.3.5 데이터 처리

a) 클린룸 또는 청정 구역의 도면에 측정치와 측정점의 번호를 기록한다.

b) 평균 풍속 및 상대 표준편차의 계산

1) 4.3.2 c)에서 측정된 풍속을 산술적으로 평균하여 평균 풍속을 구하고, 표준편차도 계산한다.

2) 평균치의 백분율로 표현되는 풍속의 상대 표준편차(균일도)를 다음과 같이 구한다.

$$\text{상대 표준편차} = \frac{\text{표준편차}}{\text{평균 풍속}} \times 100\%$$

c) 평균 풍량과 상대 표준편차의 계산

1) 4.3.2 d), 4.3.3 b) 또는 4.3.3 d)에서 측정된 풍량을 산술적으로 평균하여 필터 또는 디퓨저 마다 평균 풍량을 구하고, 표준편차도 계산한다.

2) 평균치의 백분율로 표현되는 풍량의 상대 표준편차(균일도)를 다음과 같이 구한다.

$$\text{상대 표준편차} = \frac{\text{표준편차}}{\text{평균 풍량}} \times 100\%$$

d) 4.3.2 d), 4.3.3 b) 또는 4.3.3 d)에서 측정된 각 풍량의 합을 계산하면 클린룸 또는 청정 구역으로 공급되는 총 풍량이 된다.

4.3.6 성능 평가

a) 클린룸 또는 청정 구역의 평균 풍속, 평균 풍량 또는 총 풍량은 설계치의 ±5% 또는 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 허용 한계 이내이어야 한다.

b) 상대 표준편차(균일도)는 20% 또는 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 허용치 이내이어야 한다.

4.3.7 보고서 작성 클린룸의 기류 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록하여야 한다.

- a) 시험 및 측정의 종류, 측정 조건
- b) 사용된 측정기와 장비의 명칭 및 교정 상태
- c) 측정점의 위치 및 필터 면으로부터 정격 거리
- d) 시험 상태
- e) 측정 관련 데이터

4.4 구역간 압력차 시험

4.4.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 클린룸과 외부 환경, 클린룸내 분리된 내부 구역들 사이의 명시된 압력차를 유지하기 위하여 완성된 클린룸의 능력을 입증하는 것이다. 이 시험은 3가지 시험 상태에 모두 적용할 수 있다.

4.4.2 구역간 압력차 시험 절차

- a) 시험하기 전에 클린룸의 급기량과 배기량이 설계치를 만족하는지 확인한다.
- b) 모든 문이 닫힌 상태에서 클린룸 내부와 외부 환경 사이의 압력차를 측정하여 기록한다.
- c) 클린룸이 둘 이상의 클린룸으로 나뉘어져 있으면, 가장 내부 구역과 바로 인접한 구역 사이의 압력차를 측정한다. 이러한 측정은 마지막 내부 구역과 주변 구역 사이의 압력차를 측정할 때까지 계속하며, 다시 주변 구역과 외부 환경 사이의 압력차를 측정한다.
- d) 측정되는 압력차가 매우 적고, 부정확한 측정 기법으로 인해 쉽게 측정 오차가 생길 수 있으므로 다음 사항을 고려하여야 한다.

- 1) 클린룸에서 측정점을 고정시킨다.
- 2) 측정점의 국소 압력에 영향을 미칠 수 있는 급기 입구나 리턴 출구로부터 멀리 떨어지고, 클린룸의 중앙 근처에서 측정한다.

4.4.3 구역간 압력차 시험용 측정기기

- a) 전자식 미세 차압계, 경사 차압계 또는 기계식 차압계가 사용될 수 있다.
- b) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.

4.4.4 성능 평가

- a) 클린룸 내부와 외부 환경 사이의 압력차는 10Pa 이상이어야 한다.
- b) 클린룸의 구역간 압력차는 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 설정치 이상이어야 한다.

4.4.5 보고서 작성 클린룸의 구역간 압력차 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록하여야 한다.

- a) 시험 및 측정의 종류, 측정 조건

- b) 사용된 측정기와 장비의 명칭 및 교정 상태
- c) 대상 공간의 공기 청정도 등급
- d) 측정점의 위치
- e) 시험 상태

4.5 설치 필터 시스템의 누설 시험

4.5.1 시험의 목적 및 적용

a) 일반 사항

- 1) 이 시험은 필터 시스템이 적절하게 설치되어 있고, 사용 중에 누설이 생기지 않았음을 확인하기 위하여 실시된다.
- 2) 이 시험은 클린룸의 공기 청정도 성능과 관련된 누설이 없음을 입증한다.
- 3) 이 시험은 필터의 상류에 시험 에어로졸을 주입하고, 바로 필터와 지지대의 하류에서 주사(scanning)하거나 하류 덕트에서 에어로졸을 샘플링하여 실시한다.
- 4) 이 시험은 필터 여재, 프레임, 가스켓 및 격자계로 구성되는 완전한 필터 설치에 대한 누설 시험이다.
- 5) 설치 필터 시스템의 누설 시험은 제조회사에서 실시되는 각 필터의 효율 시험과 혼동하지 말아야 한다.
- 6) 이 시험은 준공 상태 또는 비운전 상태의 클린룸에 적용될 수 있고, 신축 클린룸의 평가, 기존 클린룸의 재시험 또는 최종 필터의 교체시 실시된다.
- 7) 천장과 벽의 필터 시스템 또는 필터가 장착된 장치에 대하여 2가지 시험 절차가 **4.5.2**와 **4.5.3**에 규정되어 있다. 필터가 장착된 덕트에 대한 시험 절차는 **4.5.4**에 규정되어 있다.
- 8) 시험은 개별 입자 계수기나 에어로졸 광도계에 의해 수행될 수 있는데, 2가지 방법에 의해 얻은 시험 결과는 직접적으로 비교될 수 없다.

b) 에어로졸 광도계 방법 이 방법은 다음과 같은 시험에 사용될 수 있다.

- 1) 명시된 고농도의 시험 에어로졸을 얻기 위하여 덕트 분배 시스템에 국소 에어로졸의 주입구가 제공되는 클린룸
 - 2) 최대 투과 입경(MPPS, most penetration particle size)에서 통과율이 0.003% 이상인 필터가 설치된 시스템
 - 3) 기름 함유 휘발성 에어로졸의 아웃가스(outgas)가 필터나 덕트에 침착되어도 클린룸내 제품, 공정 또는 작업자에 치명적인 영향을 주지 않는 클린룸
- 비 고 개별 입자 계수기 방법에 비해 에어로졸 광도계 방법은 동일한 등급의 필터에 단위 시간당 100 ~ 1,000배의 에어로졸 농도를 침착시키는 것으로 알려져 있다.

c) 개별 입자 계수기 방법 이 방법은 에어로졸 광도계 방법에 비해 보다 민감하고, 필터 시스템이 덜 오염되므로, 다음과 같은 시험에 사용될 수 있다.

- 1) 모든 방식의 공조 시스템이 적용된 클린룸
- 2) 최대 투과 입경에서 통과율이 0.000005% 이하인 필터가 설치된 시스템
- 3) 기름 함유 휘발성 에어로졸의 아웃가스(outgas)가 필터나 덕트에 침착되는 것이 허용되지 않거나 고체 에어로졸의 사용이 권장되는 클린룸

4.5.2 에어로졸 광도계를 이용한 설치 필터 시스템의 누설 주사 시험 절차

a) 일반 사항 준비 단계가 4.5.2 b)~e)에 규정되어 있고, 시험 절차는 4.5.2 f), 평가 기준과 보수 작업은 각각 4.5.6 a)와 4.5.7에 규정되어 있다.

b) 상류 시험 에어로졸의 선택

- 1) 요구되는 균일한 시험 농도에 도달할 수 있는 상류 에어로졸을 얻기 위하여 인위적으로 발생시킨 다분산 에어로졸 또는 대기 에어로졸을 상류 기류에 도입하여야 한다.
- 2) 일반적으로 인위적으로 발생시킨 다분산 에어로졸의 질량 중앙 입경(MMD, mass median particle diameter)은 0.5~0.7 μ m 범위이고, 기하학적 표준편차는 1.7 이하이다.

c) 시험 에어로졸의 상류 농도 및 검증

- 1) 필터 상류에서 시험 에어로졸 농도는 10~100mg/m³ 범위이어야 한다. 농도가 20mg/m³ 미만이면 누설 감지의 감도를 떨어뜨릴 수 있고, 농도가 80mg/m³ 을 초과하면 연장된 시험 기간 동안 과도한 필터 오염(fouling)을 유발할 수 있다.
- 2) 공급 기류에 도입된 에어로졸의 균일한 혼합을 확인하기 위하여 적절한 측정이 수행되어야 한다. 먼저 에어로졸이 충분히 혼합되었는지 확인하기 위하여 시스템이 조사되어야 한다. 이러한 검증을 위해 모든 주입구와 샘플링 위치를 정의하고 기록하여야 한다.
- 3) 필터의 상류에서 바로 측정된 상류 에어로졸 농도는 평균 측정값의 $\pm 15\%$ 를 벗어나지 않아야 한다. 평균 농도보다 낮은 농도는 적은 누설에 대한 시험 감도를 떨어뜨리고, 높은 농도는 감도를 높일 것이다.
- 4) 공기와 에어로졸의 혼합 시험 방법에 대한 상세한 사항은 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다.
- 5) ASME N510-1989와 IEST-RP-CC034.1:1999에 규정된 사항을 참고한다.

d) 프로브 크기의 결정

- 1) 샘플 프로브 입구의 크기는 프로브 입구의 유속이 필터 출구의 풍속과 비슷하도록 측정 기기의 샘플링 유량과 필터 출구의 풍속을 고려하여 결정한다.
- 2) 샘플 프로브의 형상은 정사각형 또는 직사각형이어야 한다.

- 3) 입구 속도 분포가 세심하게 고려되어야 한다.
- 4) 샘플 프로브의 크기는 다음과 같이 계산한다.

$$D_p = \frac{q_{V_a}}{(U \times W_p)}$$

여기서, D_p 는 주사 방향에 평행한 프로브의 길이[cm], q_{V_a} 는 측정기기의 실제 샘플링 유량[cm³/s], U 는 필터 출구의 풍속[cm/s], W_p 는 주사 방향에 수직인 프로브의 길이[cm]이다.

비 고 유속은 $(U+20\%) \geq U_s \geq (U-20\%)$ 이어야 한다. 이때 U 는 필터 출구의 풍속,

$$U_s = \frac{q_{V_a}}{(D_p \times W_p)}$$

는 프로브 입구의 유속이다.

e) 주사 속도의 결정 프로브의 주사 속도(S_r)는 약 $15/W_p$ cm/s 이어야 한다. 3cm×3cm 정사각형 프로브를 사용하는 경우 프로브의 주사 속도는 5cm/s 이다.

f) 설치 필터 시스템의 누설 주사 시험 절차

- 1) 이 시험을 수행하기 전에 초기 품질 인증을 위한 풍속 측정 시험이 수행되어야 한다.
- 2) 먼저 에어로졸의 농도와 균일한 분포를 확인하기 위하여 4.5.2 c)의 규정에 따라 필터 상류에서 에어로졸을 측정한다.
- 3) 약간 겹치도록 주사 간격을 맞추고, 4.5.2 e)에 규정된 값을 넘지 않는 주사 속도로 프로브를 이동시킨다. 프로브는 필터의 하류 면 또는 틀 구조로부터 약 3cm 의 거리를 유지하여야 한다.
- 4) 각 필터의 전 하류 면, 각 필터의 가장자리, 연결 부분을 포함하는 필터 프레임과 격자 구조 사이의 밀봉된 부분을 주사하여야 한다.
- 5) 시험 에어로졸 농도의 안정성을 확인하기 위하여 누설 주사를 실시하는 사이 및 후에 적절한 주기로 반복하여 필터 상류의 에어로졸 농도를 측정하여야 한다.

4.5.3 개별 입자 계수기를 이용한 설치 필터 시스템의 누설 주사 시험 절차

a) 일반 사항 다음과 같이 2단계로 실시되는 현장 필터 누설 시험 방법을 사용하면 정확하고 신속하게 수행될 수 있다.

- 1) 잠재적인 누설을 감지하기 위하여 필터의 깨끗한 면을 주사하여야 한다. 개별 입자 계수기로 주사하는 동안 샘플 채취 시간(T_s)에 관측 허용 입자 수(C_a)보다 많은 수의 입자가 감지되면 누설이 잠재적으로 존재한다는 것을 의미한다. 만약 잠재적인 누설이 감지되지 않으면, 더 이상 조사할 필요가 없다. C_a 와 T_s 값의 결정에 대해 4.5.6 b)에 규정되어 있다.
- 2) 각 잠재적 누설 아래의 최대 입자 계수 위치로 프로브를 이동시키고, 정지 상태에서 다

시 측정하여야 한다. 정지 상태에서 개별 입자 계수기로 측정하는 동안 지속 체류 시간 (T_r)에 관측 허용 입자 수(C_a)보다 많이 감지되면 누설이 존재하는 것을 의미한다. C_a 와 T_r 값의 결정에 대해 4.5.6 b)에 규정되어 있다.

b) 에어로졸 조건 필요한 시험 농도에 도달할 수 있도록 인위적으로 발생시킨 다분산 에어로졸 또는 대기 에어로졸을 상류 기류에 도입하여야 하며, 이들 에어로졸은 다음과 같은 조건을 만족하여야 한다.

- 1) 시험 에어로졸의 개수 중앙 입경(CMD, count median particle diameter)이 $0.1 \sim 0.5 \mu\text{m}$ 범위에 있어야 한다.
- 2) 시험 에어로졸의 평균 입자 크기는 개별 입자 계수기의 최소 한계 입경 이상이어야 한다.
- 3) 개별 입자 계수기가 최소 한계 입경과 $0.5 \mu\text{m}$ 사이에 2개 이상의 채널을 갖고 있으면, 하류에서 가장 높은 입자 측정치를 나타내는 채널을 선택하여야 한다.
- 4) 시험 에어로졸의 등가 평균 입자 크기의 평균값이 사용된 개별 입자 계수기의 가장 적합한 채널의 중간 입자 크기에 근접하도록 조절하여야 한다.

c) 상류 에어로졸의 농도 및 검증

- 1) 필터 상류에서 에어로졸의 시험 농도는 4.5.3 e)에 규정된 허용 실제 주사 속도를 얻을 수 있도록 충분히 높아야 한다.
- 2) 대부분의 경우 필요한 시험 에어로졸의 고농도 조건을 만족시키기 위하여 상류 시험 에어로졸에 발생한 에어로졸이 추가되어야 한다.
- 3) 고농도 조건을 확인하기 위하여 개별 입자 계수기의 농도 허용치(동소 공존의 오차, coincidence error)를 넘지 않도록 적절한 희석 장치가 필요할 수 있다. 사용 전과 후에 희석 장치의 성능이 검증되어야 한다.
- 4) 상류 에어로졸 농도가 시간에 따라 변하면, 연속적인 하류 계수에 의해 계산에 필요한 데이터를 얻기 위하여 누설 주사를 하는 동안 상류 농도를 연속적으로 측정하여야 한다.
- 5) 평균 농도보다 낮은 농도는 적은 누설에 대한 시험 감도를 떨어뜨리고, 높은 농도는 감도를 높일 것이므로, 상류 농도를 측정하는 것이 바람직하다.
- 6) 상류 측정에 대한 주기 및 측정점의 수를 포함하는 공기와 에어로졸의 혼합 시험 방법에 대한 상세한 사항은 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다.

d) 프로브 크기의 결정 4.5.2 d)의 규정에 따른다.

e) 설치 필터 시스템의 누설 주사 시험 절차 4.5.2 f)의 규정에 따른다. 이 때 4.5.2 c)와 4.5.2 e)를 각각 4.5.3 c)와 4.5.6 b) 4)로 대체한다.

4.5.4 덕트 또는 공조기(AHUs)에 장착된 필터의 전체 누설 시험 절차

- a) 이 시험 절차는 덕트에 장착된 필터를 갖는 클린룸의 전체 누설을 평가하는데 사용될 수 있다. 각 단계별 시험을 하지 않고 다단 필터 클린룸의 전체 누설을 결정하는데 사용될 수 있다. 비단일 방향류 영역이 있는 클린룸에서 최종적으로 장착된 필터에 대해 사용할 수도 있다. 이 방법은 4.5.2와 4.5.3에 규정된 방법에 비해 누설을 발견하는데 훨씬 덜 민감하다.
- b) 이 시험은 클린룸으로부터 멀리 떨어진 곳에 설치된 필터의 상류에 시험 에어로졸을 도입하여 수행된다. 덕트 또는 공조기에서 필터를 통과한 공기의 입자 농도를 측정하고, 설치 필터의 총 효율 또는 통과율을 결정하기 위하여 상류 농도와 비교한다.
- c) 이 시험을 수행하기 전에 초기 품질 인증을 위한 풍속 측정 시험이 수행되어야 한다.
- d) 먼저 에어로졸의 농도와 균일한 분포를 확인하기 위하여 4.5.2 c) (에어로졸 광도계 방법) 또는 4.5.3 c) (개별 입자 계수기 방법)의 규정에 따라 필터 상류에서 에어로졸 농도를 측정한다.
- e) 필터 하류에서 균일하게 혼합시킨 후 각 필터 셀당 최소 1곳에서 하류 에어로졸 농도를 측정하여야 한다. 만약 균일하게 혼합되지 않으면, 다른 시험 방법을 사용하여야 한다. 덕트 벽면으로부터 약 3cm 떨어지고, 필터로부터 30~100cm 떨어진 하류 평면에서 등간격으로 분포한 여러 곳에서 측정하여야 한다.
- f) 시험 에어로졸 농도의 안정성을 확인하기 위하여 적절한 주기로 반복하여 필터 상류의 에어로졸 농도를 측정하여야 한다.
- g) 측정 농도로부터 측정기기에 대해 조정된 입자 크기에 대하여 각 하류 지점에서 총 투과량이 계산되어야 한다.
- h) 필터의 명시된 정격 최대 투과 입경에서 최대 투과량의 5배보다 많은 투과량이 있어서는 안 된다. 그러나 광도계의 경우 이 투과량은 10^{-4} (0.01%)보다 크지 않아야 한다. 필터의 효율 시험에 대한 다른 허용 기준이 구매자와 공급자 사이의 약정에 의해 작성될 수 있다.
- i) 누설의 보수 또는 수정은 4.5.7의 규정이나 구매자와 제작자 사이의 약정에 명시된 절차에 따라 실시할 수 있다.

비 고 주사에 의해 누설이 시험되어야 하는 덕트 필터의 경우 4.5.2 또는 4.5.3의 규정이 적용되어야 한다.

4.5.5 설치 필터 시스템의 누설 시험용 측정기기 및 물질

- a) 대수 또는 직선 눈금으로 판독할 수 있는 에어로졸 광도계
- b) 충분한 샘플링 유량과 누설 시험과 관련된 입자 크기를 감지할 수 있는 개별 입자 계수기. 개별 입자 계수기와 에어로졸 광도계는 오계수 또는 배경 농도가 설정 누설치의 10% 미만인 경우에만 사용될 수 있다.

- c) 적절한 입경 범위에서 시험 에어로졸 농도를 공급할 수 있는 적절한 공력 또는 열식 에어로졸 발생기
- d) 적절한 에어로졸 희석 장치
- e) 4.5.5 a)~d)에 규정된 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.
- f) 적절한 에어로졸 물질

4.5.6 성능 평가

a) 에어로졸 광도계 방법

- 1) 주사하는 동안 설정 누설치 이상의 누설이 발견되면 누설 지점에 프로브를 고정시킨다. 에어로졸 광도계에서 최대로 읽히는 프로브의 위치가 누설 지점이다.
- 2) 설정 누설치는 시험 에어로졸의 상류 농도의 10^{-4} (0.01%) 보다 큰 측정치를 유발시키는 것이다.
- 3) 구매자와 공급자 사이의 약정에 의해 다른 설정 누설치를 설정할 수 있다.
- 4) 감지된 누설을 보수하는 방법은 4.5.7에 규정되어 있다.

비 고 필터 통과율 또는 광도계의 반응 시간이 다른 경우 다른 설정 누설치를 고려할 필요가 있다.

b) 개별 입자 계수기 방법

1) 예비 계산 및 평가의 심볼과 순서도

1.1) 사용된 심볼은 다음과 같다.

C_c : 필터 상류에서 시험 에어로졸의 농도 [particles/cm³]

P_s : 시험되는 필터의 최대 투과 입경에서 최대 허용 적분 투과량 [-]

P_L : 시험되는 필터의 표준 누설 투과량 [-]

K : P_L 이 P_s 보다 큰 정도를 나타내는 인자

q_{Vs} : 표준 샘플링 유량 [472cm³/s = 28.3L/min]

q_{Va} : 개별 입자 계수기의 실제 샘플링 유량 [cm³/s]

S_r : 프로브의 주사 속도 [cm/s]

D_p : 주사 방향에 평행한 프로브의 길이 [cm]

N_p : 설정 누설치로 예상되는 입자 수 [particles]

N_{pa} : 설정 누설치로 측정된 입자 수 [particles]

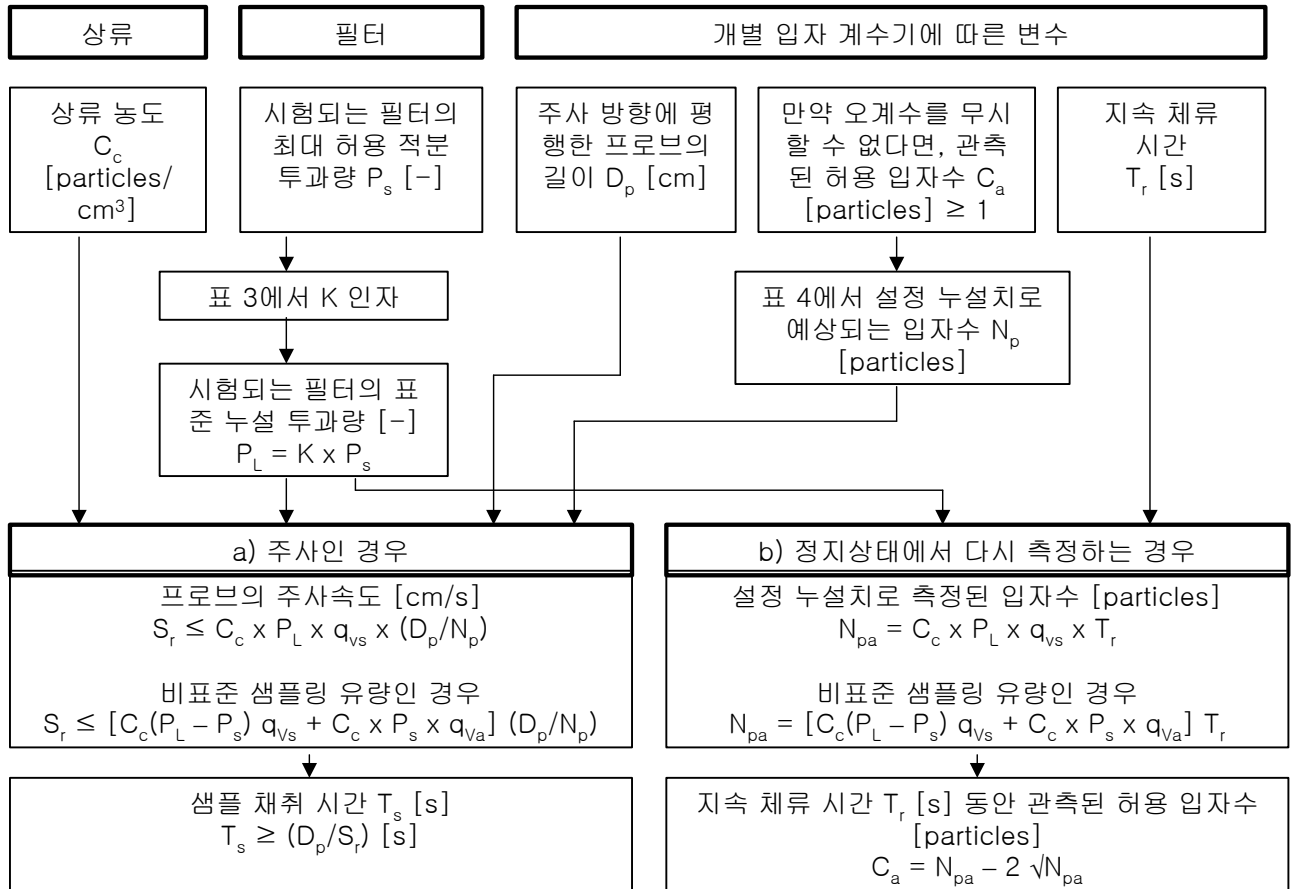
C_a : 관측된 허용 입자 수 [particles]

T_s : 샘플 채취 시간 [s]

T_r : 지속 체류 시간 [s]

1.2) 그림 1은 예비 계산 및 평가의 순서도를 나타낸 것이다.

주사 이전의 예비 계산



시험 및 평가 절차

그림 1 예비 계산 및 평가의 순서도

a) 주사에 의한 잠재적 누설의 감지

C_a 를 1로 설정하였을 때 짧은 시간($> T_s$) 동안 입자수가 2개 이상 증가하면, 누설 위치에 서 프로브를 정지시켜 다시 측정하여야 한다. 만약 입자수가 증가하지 않으면, 주사된 구역 은 누설이 없는 것으로 간주되어야 한다.

b) 정지 상태에서 재측정에 의한 누설 감지

지속 체류 시간(T_r) 동안 관측된 입자수가 C_a 보다 적으면, 그 위치는 누설이 없는 것으로 간주되어야 한다. 연장된 지속 체류 시간 동안 관측된 입자수가 계속하여 C_a 보다 많으면, 누설이 있는 것으로 간주되어야 한다.

2) 시험되는 필터의 표준 누설 투과량(P_L)

2.1) 표준 누설 투과량(P_L)은 누설 지점에 샘플 프로브를 정지시킨 상태에서 개별 입자 계

수기가 표준 샘플링 유량으로 감지하는 투과율로 정의된다. 이때 표준 샘플링 유량(q_{Vs})은 $472\text{cm}^3/\text{s}(28.3\text{L}/\text{min})$ 으로 정의된다.

2.2) P_L 은 구매자와 공급자 사이의 약정에 따르거나 표 3과 식 (1)을 기준으로 선정한다.

$$P_L = K \times P_s \quad (1)$$

표 3 P_s 의 함수인 K

최대 허용 투과량 (P_s)	$\leq 5 \times 10^{-4}$	$\leq 5 \times 10^{-5}$	$\leq 5 \times 10^{-6}$	$\leq 5 \times 10^{-7}$	$\leq 5 \times 10^{-8}$
인자 (K)	10	10	30	100	300

2.3) P_s 는 제조회사에서 규정된 방법에 의해 시험된 필터의 최대 투과 입경에서 최대 허용 적분 투과량으로 정의되어야 한다. 최대 투과 입경에서 최대 허용 적분 투과량을 모를 경우 특정 입경에서 정격 투과량을 사용할 수 있다.

비 고 P_L 은 보통 필터 여재와 누설의 통과량을 포함한다.

2.4) 어떤 부분에서 국소 투과량이 전체 누적 투과량보다 클 수도 있다.

2.5) 수동 주사 절차인 경우 C_a 가 N_p 로 대체될 수 있다. N_p 가 2 이상인 것을 권장하고, 4.5.6 b) 3)의 내용을 고려할 필요가 없다.

2.6) 광도계 방법의 평가 기준과의 상관성을 고려하여 누적 통과율이 0.05%, 0.005% 인 필터에 대해 최대 허용 통과율을 0.01%로 변경할 수 있다. 이런 경우 에어로졸의 평균 입자 크기는 약 $0.8 \pm 0.2 \mu\text{m}$ 이어야 한다.

3) 예상 입자 수(N_p) 및 허용 기준(C_a) 한번 관측된 입자 수(C_a)는 통계적 계산에 의해 신뢰 상한치(N_p)를 제공한다. 표 4는 C_a 와 N_p 쌍의 예를 나타낸 것이다. N_p 가 작을수록 보다 빠른 주사 또는 더 낮은 상류 농도가 허용된다.

3.1) 만약 오계수가 무시할 정도로 작다면, $C_a=0$, $N_p=3.7$ 의 쌍이 선택되어야 한다.

3.2) 만약 오계수를 무시할 수 없다면, $C_a \geq 1$ 인 값이 선택되어야 한다.

표 4 Poisson 분포에서 95% 신뢰구간의 상한선

관측된 C_a	상한선 N_p	관측된 C_a	상한선 N_p
0	3.7	6	13.1
1	5.6	7	14.4
2	7.2	8	15.8
3	8.8	9	17.1
4	10.2	10	18.4
5	11.7	11	19.7

N_p 가 19.7보다 크면,
 $C_a = N_p - 2 N_p^{0.5}$

4) 주사 속도(S_r)

4.1) 프로브의 주사 속도(S_r)는 다음 식에 따라 결정한다.

$$S_r \leq C_c \times P_L \times q_{Vs} \times \frac{D_p}{N_p} = C_c \times P_L \times 472 \times \frac{D_p}{N_p} \quad (2)$$

4.2) S_r 은 8cm/s 이하이어야 한다.

4.3) S_r 과 C_a 가 먼저 선택되어야 하고, 시험 에어로졸 농도(C_c)는 식 (2)로부터 계산되어야 한다.

5) 지속 체류 시간(T_r)과 T_r 에 대한 N_{pa} 와 C_a

5.1) 지속 체류 시간의 선택(T_r [s]) C_a 보다 큰 입자 수가 관측된 경우에는 모두 지속 체류 시간(T_r) 동안 정지 상태의 재측정을 하여야 한다.

5.2) T_r [s]과 C_a [particles]에 대한 실제 입자 수(N_{pa} [particles])의 계산 T_r 에 대한 설정 누설치(N_{pa})로 단정지울 수 있는 실제 입자 수는 식 (3)으로부터 계산될 수 있다. N_{pa} 가 큰 경우 C_a 는 식 (4)로부터 계산될 수 있다.

$$N_{pa} = C_c \times P_L \times q_{Vs} \times T_r \quad (3)$$

$$C_a = N_p - 2 N_p^{0.5} \quad (4)$$

6) 주사에 의한 잠재적 누설의 감지

6.1) 관측된 입자 수가 C_a [particles]보다 적은 경우 샘플 채취 시간(T_s) 이상으로 긴 시간 동안 관측된 입자 수가 C_a 이하이면 누설이 없다는 것을 입증한다. 샘플 채취 시간(T_s)은 식 (5)에 나타낸 바와 같이 프로브가 누설을 통과하는 시간 이상이어야 한다.

$$T_s \geq \frac{D_p}{S_r} \quad (5)$$

6.2) 관측된 입자 수가 C_a [particles]보다 많은 경우 관측된 입자 수가 C_a [particles]보

다 많은 경우에는 모두 누설 지점에서 프로브로 지속 체류 시간 동안 조사되어야 한다. 수동으로 주사할 경우 개별 입자 계수기의 가시적 출력이나 경보음에 의해 잠재적 누설을 감지할 수 있다. 허용과 불용 입자 수를 구분하기 위하여 허용 입자 수가 1 이하가 되도록 필터의 앞면에서 에어로졸 농도를 조절하여야 한다. 개별 입자 계수기의 샘플링 주기는 측정 주기 사이의 재설정 시간(reset time)의 영향을 배제할 수 있도록 충분히 길어야 한다.

7) 정지 상태에서 재측정에 의한 누설 감지

7.1) 관측된 입자 수가 C_a [particles]보다 적은 경우 T_r 동안 관측된 입자 수가 C_a 이 미만이면 누설이 없다는 것을 입증한다.

7.2) 관측된 입자 수가 C_a [particles]보다 많은 경우 관측된 입자 수가 C_a 보다 많은 경우에는 정지 상태의 재측정이 고려될 수 있다. 만약 관측된 입자 수가 항상 C_a 보다 크면, 필터가 누설된다고 간주되어야 한다.

8) 비표준 유량에 대한 보정

8.1) 표준 누설 투과량(P_L)은 표준 샘플링 유량($q_{Vs} = 472\text{cm}^3/\text{s}(28.3\text{L}/\text{min})$)에서 정의된다.

8.2) 보통 필터 여재에서 측정되는 입자와 달리 누설된 입자 수는 실제 샘플링 유량(q_{Va} [cm^3/s])과 무관하다.

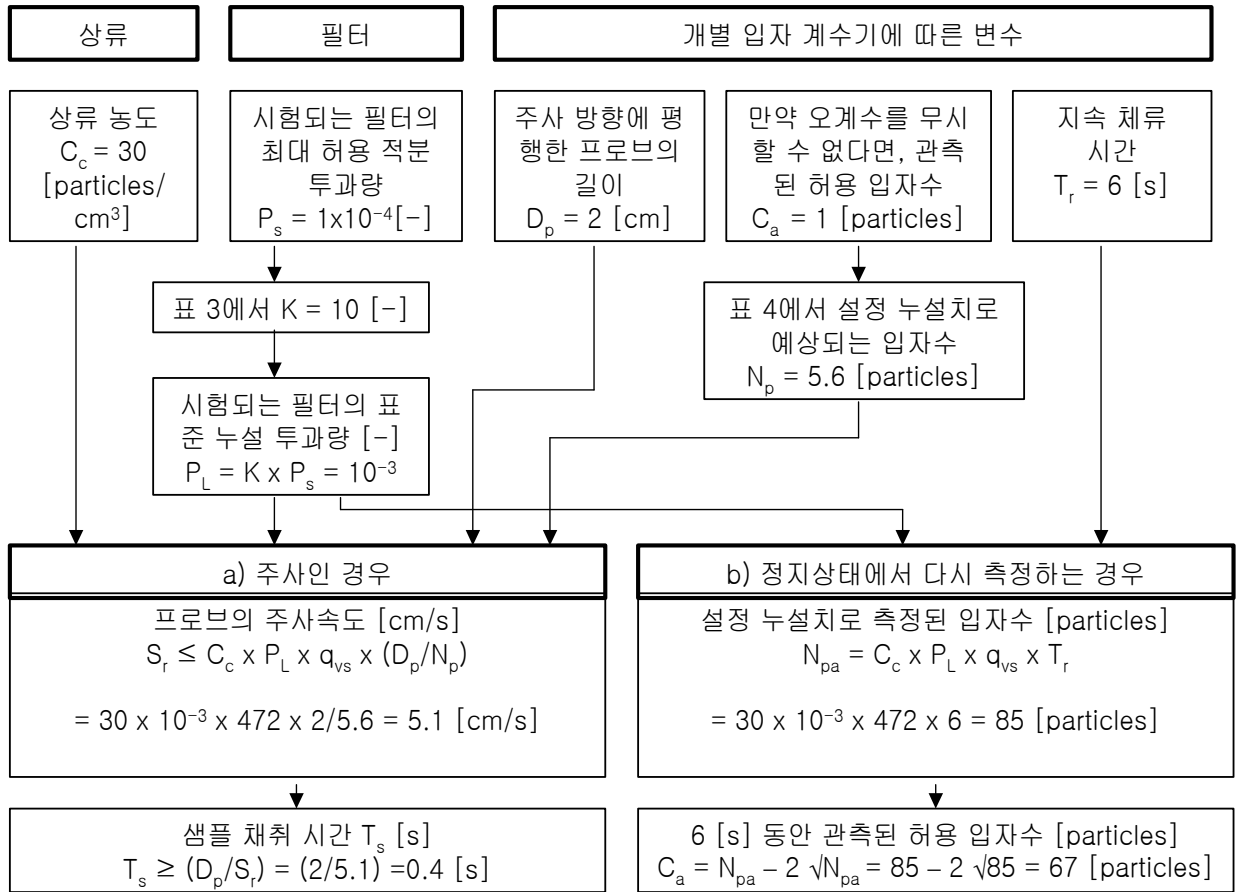
8.3) 비표준 샘플링 유량에서 측정하는 경우 사용되는 식이 다음과 같이 보정되어야 한다.

$$S_r \leq C_c(P_L - P_s) + C_c \times P_s \times q_{Vs} \times \frac{D_p}{N_p}$$

$$N_{pa} = C_c(P_L - P_s)q_{Vs} + C_c \times P_s \times q_{Vs} \times T_r$$

9) 평가 응용 예제 그림 2는 평가 절차의 예제를 나타낸 것이다.

주사 이전의 예비 계산 $q_{va} = q_{vs} = 472 \text{ cm}^3/\text{s}$



시험 및 평가 절차

그림 2 평가 절차의 순서도

a) 주사에 의한 잠재적 누설의 감지

짧은 시간(> 0.4 [s]) 동안 입자수가 2개 이상 증가하면, 누설 위치에서 프로브를 정지시켜 다시 측정하여야 한다. 만약 입자수가 증가하지 않으면, 주사된 구역은 누설이 없는 것으로 간주되어야 한다.

b) 정지 상태에서 재측정에 의한 누설 감지

지속 체류 시간($T_r = 6$ [s]) 동안 관측된 입자수가 $C_a = 67$ [particles]보다 적으면, 그 위치는 누설이 없는 것으로 간주되어야 한다. 연장된 지속 체류 시간 동안 관측된 입자수가 계속하여 C_a 보다 많으면, 누설이 있는 것으로 간주되어야 한다.

4.5.7 보수 및 보수 절차

a) 누설의 보수는 구매자와 공급자 사이의 약정에 의해서만 허용되어야 한다. 보수 방법은 장비 제조회사 또는 구매자의 설명서를 고려하여야 한다.

b) 보수 재료의 선정시 재료의 아웃가스로 인한 분자 오염물질의 제품 및 공정 영향을 고려하여야 한다.

c) 필터, 밀봉 또는 격자 구조에서 발견된 누설은 보수되어야 한다.

d) 필터나 격자 구조의 보수는 구매자와 공급자가 약정한 절차에 따라 실시하여야 한다.

e) 다음 조건을 만족하는 경우에만 필터의 누설을 보수할 수 있다.

1) 함께 보수되는 모든 부분(필터 제조자가 수행한 것은 제외)은 필터 표면적(필터의 틀 제외)의 5% 이상을 막거나 제한하지 않는다.

2) 보수되는 곳의 최대 폭(높이 또는 길이)은 3.8cm 를 넘지 않아야 하나 구매자와 공급자 사이의 약정에 의한 다른 보수 기준을 따를 수도 있다.

f) 완전히 보수가 끝나고 보수 부분이 자리 잡을 만큼 적절한 시간이 지난 후 규정된 방법으로 누설 지점을 다시 주사하여야 한다.

4.5.8 보고서 작성 설치 필터 시스템의 누설 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록하여야 한다.

a) 시험 방법 : 에어로졸 광도계 방법 또는 개별 입자 계수기 방법

b) 사용된 측정기와 장비의 명칭 및 교정 상태

c) 본 시험 방법과 다른 특별한 조건과 구매자와 공급자 사이의 약정에 의한 특별한 시험 절차

d) 측정점의 위치 및 측정 시간과 함께 측정된 상류 에어로졸 농도

e) 샘플링 유량, 개별 입자 계수기의 경우 입경 범위

f) 계산된 평균 상류 에어로졸 농도와 분포

g) 하류 측정에 적용된 계산된 인증 조건

h) 분명히 구분된 필터, 영역 또는 측정 위치에 대한 하류 측정 결과

i) 각 위치에서 최종 시험 결과

j) 누설이 없으면 통과하고, 누설이 있으면 누설 위치, 보수 작업 및 누설 위치에서 재시험 결과를 보고

4.6 기류 방향 시험 및 가시화

4.6.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 설계 및 성능 사양과 일치하는 기류 방향과 균일성을 확인하는 것이다. 필요하면 클린룸에서 기류의 공간적 및 시간적 특징을 확인할 수도 있다.

비 고 이 규격에서는 예측 또는 분석용 도구인 전산유체역학(CFD, computational fluid dynamics)을 고려하지 않는다.

4.6.2 시험 방법

a) 기류 방향 시험 및 가시화는 다음 4가지 방법에 의해 수행될 수 있다.

1) 추적자 실(thread) 방법

2) 추적자 주입 방법

3) 이미지 처리 기법에 의한 기류 가시화 방법

4) 풍속 분포 측정에 의한 기류 가시화 방법

b) 1)과 2) 방법은 추적 섬유실 또는 추적 입자상 물질을 사용하여 클린룸에서 기류를 실제로 가시화 시킬 수 있다. 비디오 카메라, 화학 필름, 디스크 또는 테이프와 같은 저장 매체를 사용하여 프로파일을 기록한다. 추적 섬유실 또는 추적 입자상 물질이 오염원이 되지 않아야 하고, 기류 프로파일을 정확하게 따라가야 한다. 이 방법에 추적 입자 발생기와 같은 다른 장비와 고강도 광원이 사용될 수 있다.

c) 3) 방법은 클린룸에서 풍속 분포를 정량적으로 보여주는데 사용된다. 이 기법은 컴퓨터를 사용하여 추적 입자의 이미지를 처리하는 기법을 이용한다.

d) 측정자는 조사되는 기류 패턴에 간섭을 일으키지 않도록 주의하여야 한다.

비 고 기류는 구역간 압력차, 풍속 및 기온과 같은 변수의 영향을 받는다.

4.6.3 기류 방향 시험 및 가시화 절차

a) 추적자 실(thread) 방법

- 1) 이 시험은 비단실, 하나의 나일론 섬유 또는 박막 테이프 등을 관찰하여 수행된다.
- 2) 이들 추적자 실은 기류 내 지지 막대 끝이나 가는 철망의 교점에 부착된다.
- 3) 기류 방향과 난류에 의한 교란을 시각적으로 파악할 수 있다.
- 4) 조명을 효과적으로 사용하면 보다 잘 관찰하고 기록할 수 있다.
- 5) 두 지점(예로 2m 와 0.5m) 사이에서 기류의 굴절을 측정하여 편향각을 계산한다.

b) 추적자 주입 방법

- 1) 이 시험은 고밀도 광원으로 조사되는 추적 입자의 거동을 관찰하거나 이미지로 만들어 수행되며, 클린룸 내 기류 방향과 균일성에 관한 정보를 제공한다.
- 2) 추적 입자는 초순수(de-ionized water), 분무되거나 화학적으로 발생된 알코올/글리콜 등의 물질로부터 발생할 수 있다. 표면 오염을 피하기 위하여 이러한 물질은 신중하게 선택되어야 한다.
- 3) 액적 발생 방법을 선택할 때 적합한 액적 크기가 고려되어야 한다. 액적은 사용 가능한 이미지 처리 기법으로 감지될 수 있을 정도로 충분히 커야 하지만, 중력이나 다른 효과에 의해 관찰되는 기류로부터 이탈될 만큼 크지 않아야 한다.

c) 이미지 처리 기법에 의한 기류 가시화 방법

- 1) 4.6.3 b)에 기술된 방법으로부터 비디오 프레임이나 필름에 얻은 입자 이미지 데이터를 처리하면 그 영역에서 2차원 풍속 벡터에 의한 정량적인 기류 특징을 알 수 있다.
- 2) 이 처리 기법에는 적절한 인터페이스와 소프트웨어가 있는 디지털 컴퓨터가 필요하다.
- 3) 공간적 분해능을 증가시키기 위하여 레이저 광원과 같은 기기가 사용될 수 있다.

d) 풍속 분포 측정에 의한 기류 가시화 방법

- 1) 조사되는 클린룸의 정해진 여러 측정 위치에 열선 풍속계 또는 초음파 풍속계와 같은 풍속 측정기기를 설치하여 풍속 분포를 측정할 수 있다.
- 2) 측정 데이터를 처리하면 기류 분포에 대한 정보를 얻을 수 있다.

e) 기류 방향 시험

- 1) 청정 구역의 상류 단면과 하류 단면을 동일 면적의 격자로 나눈다. 격자의 크기는 3m×3m 로 하거나 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다.
- 2) 상류 단면과 하류 단면 사이의 거리는 0.9m 이상이어야 한다. 하류 단면의 높이는 임계 작업 높이로 하거나 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다.
- 3) 측정점은 각 격자의 중심에 위치한다.
- 4) 기류 방향의 균일성을 평가하는 경우에는 다수의 측정점을 선정하는 것이 바람직하다.
- 5) 4.6.2에 규정된 시험 방법을 사용하여 각 측정점에서 예측된 기류 방향으로부터의 편향 각을 구한다.

4.6.4 기류 방향 시험 및 가시화용 측정기기 각 시험 방법마다 사용되는 측정기기가 다르다.

- a) 열선 풍속계
- b) 초음파 풍속계
- c) 클린룸을 오염시키지 않도록 실에 의한 기류 가시화 방법에서는 비단실(silk thread), 모방사(woolen yarn), 나사(cloth) 등을 사용한다.
- d) 클린룸을 오염시키지 않도록 추적자에 의한 기류 가시화 방법에서는 입경이 0.5 ~ 50 μ m 인 초순수 미스트, 측정 위치에서 공기와 동일한 밀도의 기포(bubble)를 추적 입자로 사용한다.

4.6.5 성능 평가 편향각이 14° 또는 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 편향각 이내이어야 한다.

4.6.6 보고서 작성 클린룸의 기류 방향 시험 및 가시화에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음과 같은 정보와 데이터를 기록하고 보관하여야 한다.

- a) 시험 방식, 가시화 방법 및 시험 조건
- b) 사용된 측정기기와 장비의 명칭 및 교정 상태

- c) 가시화 위치
- d) 영상 처리 기법이나 풍속 분포를 측정할 경우 명시되어 있으면 각 측정에 대한 사진 또는 비디오 카세트에 저장된 영상 또는 기초 데이터
- e) 모든 장비의 정확한 위치에 대한 계획이 기류 가시화 보고서에 기록되어야 한다.
- f) 시험 상태

4.7 온도 시험

4.7.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 시험되는 특정 구역에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 시간 동안 제어 한계 이내로 공기의 온도 수준을 유지하기 위한 클린룸 공조 시스템의 성능을 보여주는 것이다. 2가지 시험 방법이 있다. 첫 번째 방법은 일반 시험으로 준공 상태에서 클린룸의 1차 시험에 적합한 절차이다. 두 번째 방법은 상세 시험으로 비운전 상태 또는 운전 상태에 적용될 수 있고, 보다 정확한 온도 성능이 요구되는 구역에 적용될 수 있다.

4.7.2 온도 시험 절차

a) 일반 온도 시험

- 1) 이 시험은 기류 균일도 시험을 완료하고, 공조 시스템의 제어 상태를 조정된 후 실시한다.
- 2) 공조 시스템을 가동하여 조건이 안정된 후 실시한다.
- 3) 각 온도 제어 구역마다 최소 한 곳에서 온도가 측정되어야 한다.
- 4) 작업 높이의 지정된 위치에 센서가 설치되어야 한다.
- 5) 센서가 안정되기에 충분한 시간이 경과한 후 각 위치에서 측정된 온도를 기록하여야 한다.
- 6) 적용 목적에 충분하게 측정되어야 하며, 최소 1분마다 한번씩 기록하고 최소 5분 이상 측정하여야 한다.

b) 상세 온도 시험

- 1) 이 시험은 환경 제어 사양이 엄격한 구역에 권장된다.
- 2) 공조 시스템을 가동하여 조건이 안정되고 최소 1시간 경과한 후 시험을 실시하여야 한다.
- 3) 작업 구역을 동일 면적의 격자로 나누어야 한다.
- 4) 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라 각 시험 구역을 선택하여야 한다.
- 5) 측정점의 수는 최소 2개 이상이어야 한다.
- 6) 클린룸의 천장, 벽 또는 바닥으로부터 300mm 이상 떨어진 곳의 작업 높이에 온도 프로브가 설치되어야 한다.
- 7) 열원을 고려하여 프로브의 위치를 선정하여야 한다.

8) 적용 목적에 충분하게 측정되어야 하며, 최소 1분마다 한번씩 기록하고 최소 5분 이상 측정하여야 한다.

4.7.3 온도 시험용 측정기기

- a) 온도 시험은 KS A 0511에 규정되어 있는 정밀도를 갖는 센서(예 : 저항 온도계, 서미스터 온도계, 열전 온도계, 유리제 온도계)를 사용하여 실시하여야 한다.
- b) 측정기기에 요구되는 최소 측정 분해능은 설정 온도와 허용 온도 차이의 1/5이다.
- c) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.

4.7.4 성능 평가

- a) 클린룸내 권장 기준 온도는 23°C 이고, 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라 기준 온도를 변경할 수 있다.
- b) 기준 온도로부터의 변동은 등급에 따라 표 5의 허용 변동폭 이내이어야 한다.

표 5 온도의 허용 변동폭

등 급	허용 변동폭 (±°C)
1	0.1
2	0.5
3	1
4	2

4.7.5 보고서 작성 클린룸의 온도 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록하여야 한다.

- a) 시험 및 측정의 종류, 측정 조건
- b) 사용된 측정기기와 장비의 명칭 및 교정 상태
- c) 측정점의 위치
- d) 시험 상태

4.8 습도 시험

4.8.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 시험되는 구역에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 시간 동안 제어 한계 이내로 상대습도나 노점으로 표현되는 공기의 습도 수준을 유지하는 클린룸 공조 시스템의 성능을 보여주는 것이다.

4.8.2 습도 시험 절차

- a) 이 시험은 기류 균일도 시험을 완료하고, 공조 시스템의 제어 상태를 조정 한 후 실시한다.
- b) 이 시험은 공조 시스템을 완전히 가동하여 조건이 안정된 후 실시되어야 한다.
- c) 각 습도 제어 구역마다 최소 한 곳에 습도 센서를 설치하여야 하고, 센서가 안정될 때까지

지 충분히 기다려야 한다.

d) 센서가 안정된 후 적용 목적에 충분하게 측정되어야 하며, 최소 5분 이상 측정하여야 한다.

e) 데이터 기록에 대한 측정점, 측정 빈도, 간격 및 주기는 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라야 한다.

f) 습도 시험은 온도 시험과 함께 실시되어야 한다.

4.8.3 습도 시험용 측정기기

a) 습도 시험은 KS A 0078에 규정된 센서(예 : 통풍 건습계, 전자식 습도계, 모발 습도계)를 사용하여 실시한다.

b) 측정기기에 요구되는 최소 측정 분해능은 설정 습도와 허용 습도 차이의 1/5이다.

c) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.

4.8.4 성능 평가

a) 클린룸내 권장 기준 상대습도는 45% 이고, 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라 기준 상대습도를 변경할 수 있다.

b) 기준 상대습도로부터의 변동은 등급에 따라 표 6의 허용 변동폭 이내이어야 한다.

표 6 상대습도의 허용 변동폭

등 급	허용 변동폭 (±%)
1	1
2	2
3	3
4	5
5	10

4.8.5 보고서 작성 클린룸의 습도 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록하여야 한다.

a) 시험 및 측정의 종류, 측정 조건

b) 사용된 측정기기와 장비의 명칭 및 교정 상태

c) 온도

d) 측정점의 위치

e) 시험 상태

4.9 정전기 및 이온 발생기 시험

4.9.1 시험의 목적 및 적용

a) 이 시험은 두 부분으로 구성되어 있다. 하나는 정전기 시험이고, 다른 하나는 이온 발생

기(이오나이저) 시험이다.

b) 정전기 시험의 목적은 작업면 또는 제품 표면에서 정전기 대전 전압 수준과 바닥, 작업대 상부 또는 다른 클린룸 구성 요소의 정전압 소산율을 평가하는 것이다. 이들 표면에서 표면 저항과 누설 저항을 측정하여 정전 소산성을 평가한다.

c) 이온 발생기 시험은 초기에 대전되어 있는 절연된 도전성 대전 감지판의 방전 시간을 측정하고 대전 감지판의 잔류 전압을 측정하여 이온 발생기의 성능을 평가하는 것이다. 각 측정결과는 정전하의 제거(중성화) 효율과 발생된 양이온과 음이온 양의 불균형을 나타낸다.

4.9.2 정전기 및 이온 발생기의 시험 절차

a) 정전기 시험 절차

1) 표면 전압의 측정

1.1) 정전기 전압계 또는 전기장계를 사용하여 작업면과 제품 표면의 양 또는 음의 정전기 전하를 측정한다.

1.2) 프로브를 금속 접지판에 달게 하여 정전기 전압계와 전기장계의 출력을 영(0)으로 맞춘다. 제조사의 설명서에 제시된 거리에서 감지 구멍이 판에 평행하도록 프로브를 고정시켜야 한다. 영점 조정에 사용되는 금속판은 프로브 구멍의 크기와 프로브와 표면 사이의 거리를 고려하여 충분한 표면적을 가져야 한다.

1.3) 표면 전압을 측정하기 위하여 전하가 측정되는 물체의 표면 근처에 프로브를 위치시킨다. 프로브를 영점 조정과 같은 방법으로 고정시켜야 한다. 타당한 측정을 하기 위해서는 물체의 표면적이 프로브의 구멍 크기와 프로브와 표면 사이의 거리에 비해 충분히 넓어야 한다.

1.4) 정전기 전압계의 측정치를 기록한다.

1.5) 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라 측정점 또는 측정 물체를 결정하여야 한다.

2) 정전 소산성의 측정

2.1) 정전 소산성은 표면 저항(표면에서 다른 두 위치 사이의 저항)과 누설 저항(표면과 접지 사이의 저항)을 측정하여 평가한다. 고저항계를 사용하여 이들 저항을 측정한다.

2.2) 적절한 무게와 크기를 갖는 전극봉을 사용하여 표면 저항 또는 누설 저항을 측정한다. 전극봉은 표면 저항을 측정하는 동안 표면으로부터 정확한 거리에 설치되어야 한다.

2.3) 시험 조건에 대한 세부 사항은 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다.

b) 이온 발생기 시험 절차

1) 일반 사항

1.1) 이 시험의 목적은 클린룸에 설치되어 있는 양극성 이온 발생기의 성능을 평가하는 것

이다.

1.2) 시험은 방전 시간과 잔류 전압의 측정으로 구성된다.

1.3) 이온 발생기를 사용하여 정전하의 제거 효율을 평가하기 위하여 방전 시간을 측정한다.

1.4) 이온 발생기에서 발생된 이온화된 기류내 양전하와 음전하의 불균형을 평가하기 위하여 잔류 전압을 측정한다.

1.5) 이온의 불균형으로 인해 불필요한 잔류 전압이 생길 수 있다.

1.6) 이러한 측정은 대전 감지판, 정전기 전압계, 타이머와 전원을 사용하여 실시한다. 때로는 이러한 부분으로 구성된 기기가 절연된 도전성 대전 감지판(charged plate monitor)이라고 불린다.

2) 방전 시간의 측정

2.1) 용량(예, 20pF)을 알고 있는 대전 감지판을 사용하여 측정한다. 초기에 전원으로부터 대전 감지판이 알려진 양 또는 음 전압으로 대전된다.

2.2) 평가되는 양극성 이온 발생기에 의해 이온화된 기류에 대전 감지판을 노출시켜 감지판의 정전하 변화를 측정한다. 정전기 전압계와 타이머를 사용하여 시간 경과에 따른 감지판 전압의 변화를 측정한다.

2.3) 방전 시간은 대전 감지판의 정전압이 초기 전압의 10% 로 감소하는 데 걸리는 시간으로 정의된다. 일반적으로 초기 전압을 1000V 로 설정한다.

2.4) 방전 시간은 양과 음으로 대전된 감지판에서 모두 측정되어야 한다.

2.5) 인정 기준에 대한 시험 지점과 결과는 수요자와 공급자 사이의 약정에 따라야 한다.

3) 잔류 전압의 측정

3.1) 절연체 표면에 장착된 대전 감지판을 사용하여 잔류 전압을 측정한다.

3.2) 정전기 전압계를 사용하여 대전 감지판의 전하를 감지한다.

3.3) 초기에 잔류 전압을 제거하기 위하여 대전 감지판을 접지시켜야 하고, 감지판의 전압이 0V인지 확인하여야 한다.

3.4) 전압계의 눈금이 안정될 때까지 대전 감지판을 이온화된 기류에 노출시켜 잔류 전압을 측정한다.

3.5) 이온 발생기의 잔류 전압은 작업 구역에서 물체의 정전하 민감도에 따라 달라진다. 잔류 전압은 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라야 한다.

4.9.3 정전기 및 이온 발생기 시험용 측정기기

a) 정전기 시험에 필요한 표면 정전기 전압 측정을 위한 정전기 전압계 또는 정전기장 측정기

- b) 정전기 시험에서 정전 소산성을 측정하기 위한 고저항계
- c) 이온 발생기 시험을 위한 정전기 전압계 또는 정전기장 측정기, 절연된 도전성 대전 감지판
- d) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.

4.9.4 보고서 작성 클린룸의 정전기 및 이온 발생기 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록하여야 한다.

- a) 시험 및 측정의 종류, 측정 조건
- b) 사용된 측정기기와 장비의 명칭 및 교정 상태
- c) 온도, 습도 및 관련 환경 데이터
- d) 측정점의 위치
- e) 시험 상태
- f) 측정 관련 데이터

4.10 공기 청정도 회복 시험

4.10.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 시험 공기부유입자의 공급원에 잠시 노출된 클린룸이 제한된 시간 내에 설정된 공기 청정도 등급까지 회복될 수 있는지를 평가하는 것이다. 입자 발생 사건 이후에 공기 청정도의 회복 성능은 클린룸의 가장 중요한 능력의 하나이다. 회복 성능은 제어 구역내 공기 재순환 비율, 입구와 출구 기류 형상, 열적 조건 및 기류 분포 특징의 함수이므로, 비단일 방향류에서 중요하고 권장된다. 단일 방향류 시스템의 경우 오염이 제어된 기류에 의해 재배치되고, 회복 시간은 위치 및 거리의 함수이다. 이 시험은 준공 상태 또는 비운전 상태의 클린룸에 대해 실시되어야 한다. 이 시험은 **KS M ISO 등급 8과 9**에는 권장되지 않는다. 인위적인 에어로졸이 사용된 경우 클린룸의 잔류 오염을 피하여야 한다.

4.10.2 청정도 회복 성능

- a) 회복 성능은 100:1 회복 시간 또는 청정도 회복률을 사용하여 평가한다.
- b) 100:1 회복 시간은 농도가 초기 입자 농도의 1/100로 감소하는데 걸리는 시간으로 정의된다.
- c) 청정도 회복률은 시간에 따른 입자 농도의 변화율로 정의된다.
- d) 동일한 입자 농도 감소 곡선으로부터 100:1 회복 시간과 청정도 회복률을 평가할 수 있다.
- e) 반 로그 도표(횡축은 선형 눈금으로 나타낸 시간이고, 종축은 대수 눈금으로 나타낸 농도)에서 직선으로 나타내어지는 단일 지수 함수로 표현되는 입자 농도 감소 시간 범위 내에

서 측정하여야 한다.

f) 시험 농도는 동소공존의 오차가 발생되지 않도록 너무 높지 않아야 하고, 계수 불확도가 생길 정도로 너무 낮지 않아야 한다.

비 고 100:1 회복 시간의 실험적 평가가 추천하는 시험 절차이다.

4.10.3 회복 시험 절차

a) 100:1 회복 시간에 의한 평가

1) 초기 입자 농도를 목표 청정도 수준의 100배 이상으로 설정할 수 있으면, 100:1 회복 시간을 직접 측정할 수 있다.

2) 동소공존의 오차와 개별 입자 계수기 광학계의 오염 가능성을 피하도록 주의하여야 한다.

3) 시험 전에 100:1 회복 시간 시험을 수행하는데 필요한 농도를 계산한다.

4) 만약 농도가 동소공존의 오차가 발생하거나 희석 장치를 사용할 만큼 개별 입자 계수기의 최대 측정 농도를 초과하면, 동소공존의 오차를 피하기 위하여 농도를 낮추거나 100:1 회복 시간 시험을 회복률 시험으로 변경한다.

5) 다음과 같은 순서로 100:1 회복 시간 시험을 수행한다.

5.1) 제조사의 설명서와 장비 교정 확인서에 따라 개별 입자 계수기를 설치한다.

5.2) 측정점에 개별 입자 계수기의 프로브를 설치한다. 측정점과 측정 횟수는 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라야 한다. 개별 입자 계수기의 프로브는 공기 출구 바로 아래에 설치하지 않아야 한다.

5.3) 청정도 등급을 평가할 때 사용된 샘플링 공기량으로 1회의 샘플링 공기량을 설정한다. 측정간 인쇄를 위한 지연 시간이 10초 이내가 되도록 설정하여야 한다.

5.4) 시험에 사용되는 입자 크기는 $1\mu\text{m}$ 미만이어야 한다. 개별 입자 계수기의 사용된 크기 채널이 에어로졸의 최대 수 농도를 나타내는 크기 채널과 일치하는 것을 권장한다.

5.5) 공조 시스템이 작동하는 동안 클린룸의 시험 대상 구역을 에어로졸로 오염시켜야 한다.

5.6) 목표 청정도 수준의 100배 이상으로 초기 입자 농도를 높인다.

5.7) 1분 간격으로 측정을 시작하여 입자 농도가 100배의 목표 농도 값에 도달하는 시간(t_{100n})을 기록한다.

5.8) 입자 농도가 목표 청정도 수준에 도달하는 시간(t_n)을 기록한다.

5.9) 100:1 회복 시간은 $t_{0.01} = (t_n - t_{100n})$ 으로 표현된다.

b) 회복률에 의한 평가

1) 회복 성능은 요구되는 청정도 등급에서 입자 농도 감소 곡선의 기울기로부터 다음과 같이 결정할 수 있다.

1.1) 황축이 선형 눈금의 시간이고, 종축이 대수 눈금의 농도로 표현되는 그래프 위에 감소하는 입자 농도 자료를 표시한다.

1.2) 직선의 기울기로부터 청정도 회복률을 구한다.

① 연속하는 두 측정값의 청정도 회복률은 다음 식을 이용하여 계산한다.

$$n = -2.3 \times \frac{1}{t_1} \log_{10} \left(\frac{C_1}{C_0} \right)$$

여기서, n 은 청정도 회복률, t_1 은 첫 번째 측정과 두 번째 측정 사이의 경과 시간, C_0 는 초기 농도, C_1 은 t_1 시간 경과후 농도(= $C_0 \exp(-n t_1)$)이다.

② 한 번 측정에서 얻은 5 ~ 10개의 회복률 값을 평균한다.

③ 회복률과 100:1 회복 시간은 다음과 같이 관련되어 있다.

$$n = -2.3 \times \frac{1}{t_{0.01}} \log_{10} \left(\frac{1}{100} \right) = -2.3 \times \frac{1}{t_{0.01}} (-2) = 4.6 \times \frac{1}{t_{0.01}}$$

4.10.4 회복 시험용 측정기기 및 측정점

- a) 에어로졸 발생기와 공력 발생 에어로졸
- b) 개별 입자 계수기
- c) 필요한 경우 희석 장치
- d) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.
- e) 측정점의 수는 구매자와 공급자 사이의 약정에 따라 결정될 수 있다.

4.10.5 성능 평가

- a) 100:1 회복 시간에 의한 평가 **4.10.3 a)**의 시험 절차에 따라 구한 100:1 회복 시간이 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 시간 이하이어야 한다.
- b) 회복률에 의한 평가 **4.10.3 b)**의 시험 절차에 따라 구한 청정도 회복률이 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 값 이상이어야 한다.

4.10.6 보고서 작성 클린룸의 공기 청정도 회복 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록하여야 한다.

- a) 사용된 측정기기와 장비의 명칭 및 교정 상태
- b) 측정점의 수 및 위치
- c) 시험 상태

4.11 오염물의 실내 유입 시험

4.11.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 동일하거나 다른 정압 레벨에서 제어되지 않은 주변 구역으로부터 오염된 공기가 청정 구역으로 유입되는 지를 결정하고, 가압 천장

시스템의 누설을 점검하는 것이다.

4.11.2 오염물의 실내 유입 시험 절차

a) 개별 입자 계수기 방법

- 1) 평가되는 표면이나 통로에 바로 인접한 클린룸의 외부에서 입자 농도를 측정한다. 이 농도는 측정되는 입경에서 클린룸내 농도의 10^3 배 이상이거나 3.5×10^6 개/ m^3 이상이어야 한다. 농도가 낮으면 입자를 인위적으로 발생시켜 농도를 증가시킨다.
- 2) 건축물의 연결 부위나 틈새를 통한 유입을 점검하기 위하여 약 5cm/s 의 주사 속도로 시험되는 연결 부위 등으로부터 5cm 이내의 거리에서 내부를 주사한다.
- 3) 출입문에서의 유입을 점검하는데 유동 가시화 방법을 권장한다.
- 4) 적절한 입경에서 외부 입자 농도의 10^{-2} 배 이상의 모든 측정치를 기록하여 보고한다.

비 고 측정점의 수와 위치는 구매자와 공급자 사이의 약정에 따른다.

b) 에어로졸 광도계 방법

- 1) 클린룸 또는 설비의 외부에서 에어로졸 광도계의 0.1% 설정을 초과하도록 입자를 발생시킨다.
- 2) 0.1%로 설정된 에어로졸 광도계에서 0.01% 이상이 측정되면 유입을 의미한다.
- 3) 건축물의 연결 부위나 틈새를 통한 유입을 점검하기 위하여 약 5cm/s 의 주사 속도로 시험되는 연결 부위 등으로부터 5cm 이내의 거리에서 내부를 주사한다.
- 4) 출입문에서의 유입을 점검하기 위하여 출입문으로부터 0.3 ~ 1m 떨어진 거리에서 내부의 농도를 측정한다.
- 5) 에어로졸 광도계 눈금의 0.01% 를 초과하는 측정치를 기록하여 보고한다.

4.11.3 오염물의 실내 유입 시험용 측정기기

- a) 인위적으로 발생된 에어로졸 공급원
- b) 최소 한계 입경이 $0.5\mu m$ 이하인 개별 입자 계수기 또는 에어로졸 광도계
- c) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.

4.11.4 성능 평가

- a) **개별 입자 계수기 방법** 적절한 입경에서 외부 입자 농도의 10^{-2} 배 이상의 측정치가 발견되면 외부에서 입자가 유입된 것으로 평가한다.
- b) **에어로졸 광도계 방법** 0.1% 로 설정된 에어로졸 광도계에서 광도계 눈금의 0.01% 를 초과하는 측정치가 발견되면 외부에서 입자가 유입된 것으로 평가한다.

4.11.5 보고서 작성 클린룸에서 오염물의 실내 유입 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록하여야 한다.

- a) 사용된 측정기기와 장비의 명칭 및 교정 상태

- b) 자료 취득 기법
- c) 측정점의 위치
- d) 시험 상태

4.12 소음 시험

4.12.1 시험의 목적 및 적용 이 시험의 목적은 내부 또는 주변 구역 내에 있는 클린룸의 기계적 및 전기적 시스템에 의해 야기되는 클린룸내 소음 레벨을 평가하는 것이다.

4.12.2 소음 시험 절차

a) A 특성 음압을 이용한 소음 시험

- 1) 이 시험은 공조 시스템이 정상적으로 운전되고, 외부의 암소음이 낮은 무인 상태에서 실시하여야 한다.
- 2) 작업 구역의 수평 단면을 40m² 이하의 동일 면적의 격자로 나눈다.
- 3) 측정점은 각 격자의 중심에 위치한다.
- 4) 측정점에서 바닥으로부터 약 1.5m 높이에 소음계를 설치한 후 소음 레벨을 측정하여 기록한다.
- 5) 모든 장치의 운전을 중지한 상태에서 클린룸내 암소음 레벨을 측정하여 기록한다.

b) NC(noise criterion) 곡선을 이용한 소음 시험

- 1) 작업 구역의 수평 단면을 40m² 이하의 동일 면적의 격자로 나눈다.
- 2) 측정점은 각 격자의 중심에 위치한다.
- 3) 측정점에서 바닥으로부터 약 1.5m 높이에 소음계를 설치한다.
- 4) 측정점에서 각 옥타브 밴드(octave band, 63 ~ 8000Hz)에 대한 소음 레벨을 측정하여 기록한다.

4.12.3 소음 시험용 측정기기

- a) A 특성 음압을 이용한 소음 시험은 보통 소음계, 정밀 소음계 또는 동등한 측정기기를 사용하여 실시한다.
- b) NC 곡선을 이용한 소음 시험은 옥타브 밴드 분석기와 소음계를 사용하여 실시한다. 소음계로는 보통 소음계, 정밀 소음계 또는 동등한 측정기기가 사용될 수 있다.
- c) 측정기기에 대한 공인기관의 교정 확인서를 구비하고 있어야 한다.

4.12.4 데이터 처리 (NC 곡선을 이용한 소음 시험인 경우)

- a) 측정치와 측정점의 번호를 기록한다.
- b) 측정치로부터 각 옥타브 밴드(63 ~ 8000Hz)에 대한 최대치를 결정한다.
- c) NC 곡선 그래프에 최대치를 표시한다.

d) 모든 옥타브 밴드에 대하여 최대치를 초과하는 최소 NC 곡선을 결정한다. 이것이 클린룸의 NC를 나타내는 값이다.

4.12.5 성능 평가

a) A 특성 음압을 이용한 소음 시험

1) 4.12.2 a)에서 측정한 암소음 레벨을 사용하여 KS A 0701에 규정된 방법에 따라 소음 레벨을 보정한다.

2) 클린룸내 소음 레벨은 등급에 따라 표 7의 소음 레벨 이하이거나 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 소음 레벨 이하이어야 한다.

표 7 등급에 따른 소음 레벨

등 급	소음 레벨 (dB(A))
1	60 미만
2	60 이상 65 미만
3	65 이상 70 미만
4	70 이상

b) NC 곡선을 이용한 소음 시험 클린룸내 소음 레벨은 NC 60 이하이거나 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 NC 허용치 이하이어야 한다.

4.12.6 보고서 작성 클린룸의 소음 시험에 대하여 구매자와 공급자 사이의 약정에 명시된 대로 다음 사항을 기록한다.

- a) 사용된 측정기기와 장비의 명칭 및 교정 상태
- b) 자료 취득 기법
- c) 측정점의 위치
- d) 시험 상태

부속서 유용한 시험용 측정기기

머리말

이 부속서는 각 권장 시험에서 사용되어질 측정기기에 대하여 기술한다. 표는 각 측정기기에 대한 최소 요구조건을 나타낸 것이다. 시험 계획자는 이 부속서와 표 2에 언급된 필요한 측정기기를 선택하여 준비할 수 있다. 측정기기는 수요자와 공급자 사이의 약정에 의하여 선택되어야 한다. 이 부속서는 정보를 제공하는 것이며, 성능이 개선된 측정기기의 사용을 금지하는 것은 아니다. 다른 시험용 측정기기도 적절할 수 있고, 수요자와 공급자 사이의 약정에 따라 사용될 수 있다.

1. 공기부유입자의 계수

1.1 광산란식 개별 입자 계수기 단일 공기부유입자의 수와 크기를 측정할 수 있고, 등가 광학 직경으로 크기 데이터를 나타내는 측정기기.

표 A.1 광산란식 개별 입자 계수기의 시방

항 목	시 방
감도/분해능*	10% 이하의 크기 분해능을 갖는 0.1 ~ 5 μ m 범위에서 선택
측정 불확도	설정된 크기에서 $\pm 20\%$ 의 농도 오차
교정 간격	최대 12개월 또는 명시된 성능의 입증
계수 효율	최소 한계 입경에서 50 $\pm 20\%$ 와 최소 한계 입경보다 1.5배 이상 큰 입자에 대해 100 $\pm 10\%$
하한 농도 범위	실제로 예상되는 최소 계수율과 비교하여 무시할 수 있는 오계수율. 낮은 계수율은 일정 시간(예, 5분) 동안 영(zero)이어야 한다.
상한 농도 범위	사용 지점에서 클린룸 청정도 등급의 상한 농도의 2배 이상, 제조회사의 최대 권장 농도의 75% 이하

* 10% 이상의 입자 크기 분해능을 갖는 측정기기는 1차수 정도까지 높게 입자 계수 결과를 나타낼 수도 있다.

2. 기류 시험

2.1 풍속 측정기기

2.1.1 열선 풍속계 전기적으로 가열된 작은 센서를 기류에 노출시켜 열전달의 변화를 감지하여 풍속을 측정하는 기기.

표 A.2 열선 풍속계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	일반적으로 클린룸에서 0.1 ~ 1.0m/s, 덕트에서 0.5 ~ 20m/s
민감도/분해능	0.05m/s (또는 최대 측정범위의 최소 1%)*
측정 불확도	±(표시치 5% + 0.1m/s)*
반응 시간	최대 측정범위의 90%에서 1초 미만
교정 간격	최대 12개월

* 민감도와 측정 불확도에 대해서는 ISO 7726을 참조. 측정기기는 공기 온도 차이와 대기 압의 변화에 대한 보정이 필요하다.

2.1.2 초음파 풍속계 측정하려는 기류내 두 지점 사이의 음 주파수(또는 음향 속도)의 이동을 감지하여 풍속을 측정하는 기기.

표 A.3 초음파 풍속계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	클린룸에서 0 ~ 1m/s
민감도/분해능	0.01m/s
측정 불확도	지시치의 ±5%
반응 시간	1초 미만
교정 간격	최대 12개월

2.1.3 베인식 풍속계 기류에 의해 회전되는 날개의 회전수를 측정하여 풍속을 나타내는 기기.

표 A.4 베인식 풍속계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	덕트에서 0.2 ~ 10m/s
민감도/분해능	0.1m/s
측정 불확도	±0.2m/s 또는 지시치의 ±5% 중에서 큰 값
반응 시간	최대 측정범위의 90%에서 10초 미만
교정 간격	최대 12개월

2.1.4 피토포관과 (디지털) 차압계 전자식 디지털 차압계를 사용하여 기류내 한 지점에서 전압과 정압의 차이로부터 풍속을 측정하는 기기.

표 A.5 피토포관과 차압계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	>1.5m/s
민감도/분해능	0.5m/s
측정 불확도	지시치의 ±5%
반응 시간	최대 측정범위의 90%에서 10초 미만
교정 간격	최대 12개월

2.2 풍량 측정기기

2.2.1 후드 풍량계 기류에 변동이 있을 수 있는 면적에 대하여 누적 풍량을 측정하는 기기. 측정점의 속도가 총 면적에 대한 단면 평균 속도를 나타내도록 총 풍량이 채취되고 집중된다.

표 A.6 후드 풍량계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	풍량* : 50 ~ 1,700(최소)m ³ /hr
측정 불확도	지시치의 ±5%
반응 시간	90%에서 10초 미만
교정 간격	최대 12개월

* 600×600mm 후드의 전형적인 범위. 측정한계와 분해능은 사용되어지는 후드의 크기에 따라 달라진다.

2.2.2 오리피스 풍량계 ISO 5167-2: 2003을 참조한다.

2.2.3 벤추리 풍량계 ISO 5167-4: 2003을 참조한다.

3. 구역간 압력차 시험

3.1 전자식 차압계 격판의 이동(변위)에 따른 정전기적 용량 또는 전기적 저항의 변화를 감지하여 공간과 그 주위 사이의 공기 압력 차이를 출력하거나 표시하는데 사용되는 기기.

표 A.7 전자식 차압계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	일반적으로 작은 범위의 경우 0 ~ 100Pa, 큰 범위의 경우 0 ~ 100kPa
민감도/분해능	0 ~ 100Pa 범위의 경우 1Pa/0.1Pa
측정 불확도	0 ~ 100Pa 범위인 경우 최대 측정범위의 ±1.5%, 0 ~ 100kPa 범위인 경우 최대 측정범위의 ±1%

3.2 경사 차압계 물이나 알코올과 같은 액체로 채워진 게이지 튜브내 미세한 압력 수두(높이)를 나타내는 경사 눈금의 크기를 감지하여 두 지점 사이의 공기 압력 차이를 측정하는데 사용되는 기기.

표 A.8 경사 차압계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	0 ~ 0.3kPa 또는 0 ~ 1.5kPa
민감도	0 ~ 0.3kPa 범위에서 1Pa
측정 불확도	0 ~ 0.3kPa 범위에서 ±3%
눈금 폭의 지수 (scale amplitude power)	0 ~ 0.3kPa 범위에서 2(최소) ~ 10

3.3 기계식 차압계 격판의 이동(변위)을 기계적인 기어 또는 자기적인 연도장치에 연결된 바늘의 이동 거리를 감지하여 두 영역 사이의 공기 압력 차이를 측정하는데 사용되는 기기.

표 A.9 기계식 차압계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	작은 범위인 경우 0~50Pa, 큰 범위인 경우 0~50kPa
민감도/분해능	0~50Pa 범위에서 0.5Pa
측정 불확도	0~50Pa 범위인 경우 최대 측정범위의 ±5%, 0~50kPa 범위인 경우 최대 측정범위의 ±2.5%

4. 설치 필터 시스템의 누설 시험

4.1 에어로졸 광도계

4.1.1 선형 에어로졸 광도계 에어로졸의 질량 농도를 µg/L의 단위로 측정하는데 사용되는 기기. 광도계는 전방 산란광 챔버를 사용하여 에어로졸을 측정한다. 이 기기는 직접적으로 필터의 누설 투과율을 측정하는데 사용될 수 있다.

표 A.10 선형 에어로졸 광도계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	0.001 ~ 100µg/L : 5개 선형 차수(5 full linear decades)
민감도/분해능	0.001µg/L
측정 불확도	±5%
선형성	±0.5%
안정성	±0.002µg/(L·min)
반응 시간	0%에서 90%를 측정하는데 30초 이하, 100µg/L에서 10g/L를 측정하는데 60초 이하
교정 간격	12개월 또는 400시간 작동 중에서 빠른 것
샘플링 프로브 튜브의 길이	최대 4m
입자 크기	측정 범위에 대해 0.1 ~ 0.6µm
샘플링 유량	정격 유량±15%
샘플링 프로브	4.5.2 d) 참조

4.1.2 대수식 에어로졸 광도계 에어로졸의 질량 농도를 µg/L의 단위로 측정하는데 사용되는 기기. 광도계는 전방 산란광 챔버를 사용하여 에어로졸을 측정한다. 이 기기는 직접적으로 필터의 누설 투과율을 측정하는데 사용될 수 없다.

표 A.11 대수식 에어로졸 광도계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	0.01 ~ 100µg/L : on one range
민감도/분해능	0.001µg/L
측정 불확도	±5%
안정성	±0.002µg/(L·min)
반응 시간	0%에서 90%를 측정하는데 60초 이하, 100µg/L에서 10g/L를 측정하는데 90초 이하
교정 간격	12개월 또는 400시간 작동 중에서 빠른 것
샘플링 프로브 튜브의 길이	최대 4m
입자 크기	측정 범위에 대해 0.1 ~ 0.6µm
샘플링 유량	정격 유량±15%
샘플링 프로브	4.5.2 d) 참조

4.2 개별 입자 계수기 부속서의 1.1 참조

4.3 에어로졸 발생기 일정한 농도로 적절한 크기 범위(예, 0.05 ~ 2µm)의 입자상 물질을 발생시키는 기기로 열적, 수력학적, 공력학적, 음향학적 또는 정전기적 방법에 의해 에어로졸을 발생시킬 수 있다.

4.4 시험 에어로졸 물질 일반적으로 다음과 같은 물질들이 분사나 분무에 의해 대기중으로 발생하는 액체 또는 고체 시험 에어로졸로 사용된다. 요구되는 시험 농도를 만족할 수 있으면, 대기 에어로졸을 사용할 수도 있다.

- a) polyalpha olefin (PAO) oil, 4 cSt (예, CAS No. 68649-12-7)
- b) dioctyl sebacate (DOS)
- c) di-2-ethyl hexyl sebacate (DEHS)
- d) dioctyl (2-ethyl hexyl) phthallate (DOP) (예, CAS No. 117-81-7)
- e) shell Ondina (FL), food quality mineral oil (예, CAS No. 8042-47-5)
- f) parafin oil (예, CAS No. 64742-46-7)
- g) polystyrene latex (PSL)

비 고 1 미국 특허 5,059,349 및 5,059,352에 필터 시험용 PAO의 사용 방법 및 한계에 대하여 기술되어 있다.

비 고 2 CAS No. (화학 요약어 등록 번호) : 미국 화학학회(American Chemical Society)에서 발행하는 화학 요약어에 물질이 등록되어 있다.

비 고 3 일부 국가에서는 안전 문제로 필터 시험에 DOP의 사용이 권장되지 않는다.

4.5 희석 장치 농도를 감소시키기 위하여 알고 있는 체적비(10 ~ 100)로 에어로졸을 청정 공기와 혼합시키는 장치.

5. 기류 방향 시험 및 가시화

5.1 기류 방향 시험 및 가시화에 필요한 장치, 재료 및 부속품

표 A.12 추적자 실 또는 추적자 주입 방법에 사용되는 재료 또는 입자

항 목	시 방
추적자 실 방법에 사용되는 재료	비단실, 천 등
추적자 주입 방법에 사용되는 입자	직경 0.5 ~ 50 μm 인 초순수 또는 다른 에어로졸(미스트) 측정점의 공기에서 중성 밀도를 갖는 기포 유기 또는 무기 시험 안개
추적 입자의 가시화된 사진 또는 영상을 기록하기 위한 영상 기록 장비	유동 가시화에 사용될 수 있는 고속, 섬광 또는 동조 기 능이 있는 정밀 사진기, 비디오 카메라, 고속 카메라와 같 은 다양한 장비와 영상 기록 장비

비 고 일반적으로 기류 가시화를 실시한 후 클린룸을 다시 깨끗하게 청소한다.

표 A.13 기류 가시화를 위한 조명의 광원

항 목	시 방
기류의 대비에 의한 관찰이나 영상을 얻기 위한 다양한 조명의 광원	기록기에 섬광 또는 동조 기기가 부착되어 있거나 있지 않 은 텅스텐 램프, 형광 램프, 할로겐 램프, 수은 램프, 레이저 광원(He-Ne, 아르곤 이온, YAG 레이저 등)
기류 가시화의 정량적인 측정을 위한 이미지 처리 기법	2차원 기류를 가시화할 수 있도록 고출력 레이저원(아르곤 또는 YAG 레이저), 원통형 렌즈를 포함한 광학계, 제어기로 구성된 레이저 광판법

5.2 열선 풍속계 부속서의 2.1.1 참조

5.3 초음파 풍속계 부속서의 2.1.2 참조

5.4 에어로졸 발생기 기류 가시화에서 추적 에어로졸 발생기는 부속서의 4.3을 참조한다.

입자 발생기와 초음파 분무기의 적용 예를 다음에 나타냈다.

5.4.1 초음파 분무기 에어로졸(미스트)을 발생시키기 위하여 집중된 음파를 사용하여 액체 (예, 초순수)를 공기 중에 부유할 수 있는 미세 액적으로 만드는 기기.

표 A.14 초음파 분무기의 시방

항 목	시 방
액적의 입경 범위	예로 6 ~ 9 μm 또는 30 ~ 70 μm (질량 중앙 입경, MMD)
부유 농도	1 ~ 6mL/min으로 용액을 공급할 때 70 ~ 150g/cm ³

비 고 입경 범위는 초음파 진동수에 따라 변한다. 즉, 6 ~ 9 μm 범위인 경우 1MHz.

5.4.2 안개 발생기 초순수 증기를 냉각시켜 가스와 액체의 상변화를 이용하여 에어로졸(미스트)을 발생시키는 기기.

표 A.15 안개 발생기의 시방

항 목	시 방
액적의 입경 범위	1 ~ 10 μ m(질량 중앙 입경, MMD)
입자 발생률	1 ~ 25g/min

6. 온도 시험

6.1 유리제 온도계 KS A 0511 참조

6.2 열전 온도계 KS A 0511 참조

6.3 저항 온도계 KS A 0511 참조

6.4 서미스터 온도계 KS A 0511 참조

7. 습도 시험

7.1 통풍 건습계 KS A 0078 참조

7.2 전자식 습도계 KS A 0078 참조

7.3 모발 습도계 KS A 0078 참조

8. 정전기 및 이온 발생기 시험

8.1 정전기 전압계 프로브의 작은 구멍을 통하여 프로브내 전극에서 전기장의 강도를 감지하여 작은 영역의 평균 전압(전위)을 측정하는 기기.

표 A.16 정밀 정전기 전압계의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	-3kV ~ +3kV
민감도/분해능	0.8mm 직경 점(면적)에서 0.3V(rms) 또는 2V(p-p)
측정 불확도	0.1%
반응 시간	10%에서 90%를 나타내는데 4ms 미만
교정 간격	최대 12개월

표 A.17 휴대형 정전기 전압계 또는 정전기장 측정기의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	± 10 kV/cm
측정 불확도	지시치의 $\pm 5\%$ 또는 ± 0.01 kV
반응 시간	0kV에서 ± 5 kV를 나타내는데 2초 미만
교정 간격	최대 12개월

8.2 고저항 측정기 고저항 측정기는 시험중 기기에 고전압을 인가하여 기기로부터 누설되는 전류를 감지하여 절연재와 구성 요소의 저항을 측정하는 기기.

표 A.18 고저항 측정기의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	1,000 ~ 3×10 ⁹ Ω
측정 불확도	각 최대 측정 범위의 ±5%
반응 시간	10 ~ 390ms
교정 간격	최대 12개월
시험 전압	직류 0.1 ~ 1000V
최대 입력 전류	10mA 미만
최대 출력 전류	100V 미만인 경우 10mA, 250V 미만인 5mA, 500V 미만인 경우 2mA, 1000V 미만인 경우 1mA

8.3 절연된 도전성 대전 감지판 이온 발생기나 이온화 설비의 중성화 특성을 측정하기 위해 사용하는 기기.

표 A.19 절연된 도전성 대전 감지판의 시방

항 목	시 방
측정 한계/범위	-5 ~ +5kV
측정 불확도	최대 측정 범위의 ±5%
반응 시간	0.1초
교정 간격	최대 12개월
절연	40% 상대습도와 200이온/cm ³ 미만인 조건에서 5분 동안 10% 미만의 자기 방전
판의 용량	20±2pF
판의 크기	150mm×150mm
충전	각 극성과 제한된 전류에 대하여 최소 1kV

9. 공기 청정도 회복 시험

9.1 개별 입자 계수기 부속서의 1.1 참조

9.2 에어로졸 발생기 부속서의 4.3 참조

9.3 희석 장치 부속서의 4.5 참조

10. 오염물의 실내 유입 시험

10.1 개별 입자 계수기 부속서의 1.1 참조

10.2 에어로졸 발생기 부속서의 4.3 참조

10.3 희석 장치 부속서의 4.5 참조

10.4 광도계 부속서의 4.1 참조

11. 소음 시험

11.1 보통 소음계 KS A 0701 참조

11.2 정밀 소음계 KS A 0701 참조

SPS-KACA003-0133

클린룸 성능평가 시험방법의 해설

이 해설은 규격의 본체에 규정·기재한 사항과 이에 관련된 사항을 설명한 것으로 규격의 일부는 아니다.

1. 개요

1.1 제정의 취지 클린룸은 공기부유입자의 농도가 제어되고 내부에서 입자의 유입, 발생 및 정체가 최소화되도록 건설되고, 온도, 습도, 압력 등의 관련 인자들이 필요에 따라 제어되는 공간으로 반도체, 액정표시장치(LCD), 전자, 신소재, 정밀기계 분야에 널리 사용되고 있다. 클린룸에 대한 국제 표준화 작업이 1993년부터 ISO/TC 209를 중심으로 진행되고 있으며, 1999년부터 일부 내용이 국제 규격으로 확정되고 있다. 현재 클린룸 성능평가 시험방법에 관한 규격(ISO/FDIS 14644-3)이 거의 확정 단계에 있으므로, 국제적인 추세에 신속히 대응하기 위하여 이에 부합되는 클린룸 성능평가 시험방법에 관한 규격을 제정하였다.

1.2 제정의 경위 클린룸의 성능평가에 널리 사용되고 있는 국내외 단체표준규격(미국 IEST-RP-CC006.2, 일본 JACA NO.24, 한국 SPS-KACA001-0131)과 국제 규격으로 인정되는 단계에 있는 ISO/FDIS 14644-3(2005)을 종합적으로 비교, 검토한 후 향후 국제 규격에 대응하기 위하여 ISO/FDIS 14644-3(2005)의 내용을 기본 골격으로 국내 실정을 감안하여 다른 규격의 내용을 보완하여 클린룸의 성능을 종합적으로 평가할 수 있는 시험방법을 표준화하였다. 공기 청정도 등급은 KS M ISO 14644-1에 따라 평가하도록 작성하였다.

2. 단체표준규격 제정을 위한 (안) 검토 중에 특히 문제가 된 사항 클린룸의 성능평가에 사용되는 시험항목이 매우 많으므로, 본 규격에서 규정할 시험항목을 결정하는데 논란이 있었다. 본 규격에서는 특수한 클린룸에서 요구되는 성능(예 : 진동)은 제외시켰다. 등급에 따른 온도 및 상대습도의 허용 변동폭과 소음 레벨을 구체적인 수치로 제시하는데 논란이 있었으나, 클린룸에 대한 전문적인 지식이 없는 사람들의 이해를 돕기 위하여 표로 제시하였다. 현재 소음 평가에는 NC 곡선이 많이 사용되고 있는데, KS A 0701에는 음압을 이용한 소음 평가방법만 규정되어 있어 소음 평가방법을 규정하는데 논란이 있었으며, 선택하여 사용할 수 있도록 2가지 방법을 모두 규격에 포함시켰다.

3. 적용 범위 클린룸은 크게 산업용 클린룸과 바이오 클린룸으로 구분되는데, 산업용 클린룸과 달리 바이오 클린룸에서는 미생물이 중요하며 클린룸내 압력을 음압으로 만들어야 하므로, 본 규격의 적용 범위를 산업용 클린룸으로 제한하였다.

4. 각 구성 요소의 내용

4.1 시험 항목의 선택 및 점검 목록 (본체의 4.1) 클린룸의 기류 방식과 시험 상태에 따라 필요한 시험 항목을 선택하는데 도움을 주기 위하여 IEST-RP-CC006.2를 인용하여 표 1을 작성하였다. 시험 항목에 따른 시험 순서와 필요한 시험 측정기기를 점검하는데 편리하도록 ISO/FDIS 14644-3을 인용하여 표 2를 작성하였다.

4.2 클린룸의 공기 청정도 분류와 시험 측정을 위한 공기부유입자의 계수 (본체의 4.2) 클린룸의 공기 청정도 등급에 관한 국제 규격(ISO 14644-1)이 제정되어 있고, 국내 규격으로 KS M ISO 14644-1과 SPS-KACA003-0133가 있다. 본 규격에서는 ISO 14644-1과 동일하게 공기 청정도 등급을 규정한 KS M ISO 14644-1에 따라 공기 청정도 등급을 평가하도록 규정하였다.

4.3 기류 시험 클린룸의 대표적인 기류 방식은 단일 방향류와 비단일 방향류이므로, 풍속과 풍량의 측정 절차를 기류 방식에 따라 구분하여 규정하였다. 풍속과 풍량의 균일도에 관한 사항은 IEST-RP-CC006.2의 방법에 따라 규정하였다. IEST-RP-CC006.2에는 균일도의 허용치가 15%로 규정되어 있는데, 본 규격에서는 약간 완화시켜 20%로 규정하였다.

4.4 구역간 압력차 시험 성능 평가에서 클린룸 내부와 외부 환경 사이의 압력차에 대한 허용치(10Pa)는 JACA NO.24를 인용하여 규정하였다.

4.5 설치 필터 시스템의 누설 시험 2가지 측정기기(에어로졸 광도계 또는 개별 입자 계수기)로 설치 필터 시스템의 누설 시험을 할 수 있도록 규정하였다.

4.6 기류 방향 시험 및 가시화 4가지 방법(추적자 실 방법, 추적자 주입 방법, 이미지 처리 기법에 의한 기류 가시화 방법, 풍속 분포 측정에 의한 기류 가시화 방법)에 의해 기류 방향 시험 및 가시화를 할 수 있도록 규정하였다. 시험 절차와 편향각에 대한 허용치(14°)는 IEST-RP-CC006.2에 따라 규정하였다.

4.7 온도 시험 일반 온도와 상세 온도 시험으로 구분하였고, JACA NO.24를 인용하여 온도의 허용 변동 폭을 표로 나타냈다.

4.8 습도 시험 JACA NO.24를 인용하여 습도의 허용 변동 폭을 표로 나타냈다.

4.9 정전기 및 이온 발생기 시험 정전기 시험과 이온 발생기 시험으로 구분하였다.

4.10 공기 청정도 회복 시험 2가지 방법(100:1 회복 시간 또는 회복률)으로 공기 청정도 회복 시험을 할 수 있도록 규정하였다.

4.11 오염물의 실내 유입 시험 2가지 측정기기(개별 입자 계수기 또는 에어로졸 광도계)로 오염물의 실내 유입 시험을 할 수 있도록 규정하였다.

4.12 소음 시험 ISO/FDIS 14644-3에는 소음에 대한 규정이 없으므로, IEST-RP-CC006.2와 JACA NO.24를 참고하여 2가지 방법(A 특성 음압 또는 NC 곡선)으로 소음 시험을 할 수 있도록 규정하였다. 국내 실정을 감안하여 소음 레벨을 표로 나타냈다.