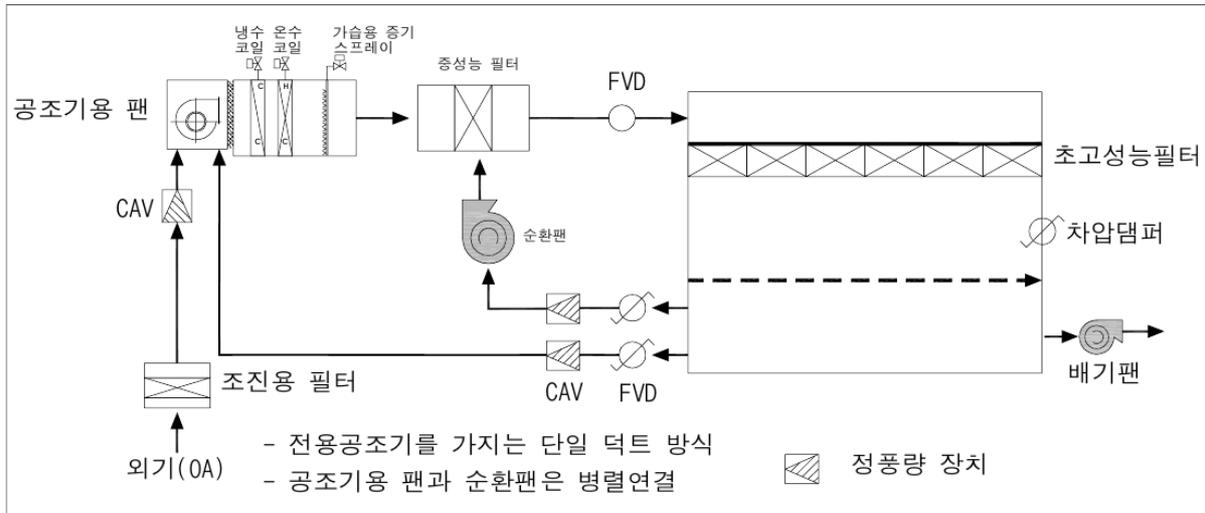


크린룸 개요

제1장 크린룸 개요

제1절 크린룸의 정의

1. 크린룸



[그림 1] 크린룸에서의 전형적인 공조시스템 구성

- 크린룸(clean room)이란 오염 제어가 행해지고 있는 한정된 공간으로, 공기 속에 포함되어 있는 먼지 뿐 아니라 온도, 습도, 실내 공기압, 가스성분, 정전기, 미진동, 전자파 등 환경조건이 제어되는 실(room)을 의미 한다. 여기서 공간이란 생물이나 미세입자를 제어 할 수 있는 작은 실험용 벤치로부터 반도체나 디스플레이 등 산업용 제품을 생산할 수 있는 공장을 포함한다.
- 현재의 크린룸은 특별한 의미를 갖고 있고 ISO(international organization for standardization) 기준 14644-1에 다음과 같이 정의되어 있다. 실 내부에서 부유입자의 농도가 제어되고, 입자의 유입, 발생, 보유를 최소화하기 위한 방법으로 건설되어 유지되며, 필요에 따라 연관된 변수인 온도, 습도, 압력 등이 조절되어지는 실을 의미한다.
- IT산업, 제약 및 식품산업, 병원, 의료기기 제조시설, 동물실험시설, 식품공장 등 다양한 분야에서 청정 환경 구현 및 제품이나 사람, 동식물을 최대한 보호하기 위하여 보편적으로 사용되고 있다.
- 최근 기술이 발전함에 따라 반도체, 디스플레이, 및 제약 업종 등 산업 전반에 걸쳐 클

린룸에서 생산되는 제품군이 늘어나고 있는 추세이다.

- 크린룸은 고도의 청정기술과 다양한 제어 기술이 집약된 에너지 다소비 설비이다.

2. 부유입자의 정의

- 공기 혹은 가스 중에 부유하는 고체나 액체상태의 작은 입자를 에어로졸(aerosol) 이라 하며, 이러한를 고체, 액체, 기체, 플라즈마에 이어 제5의 물질상태 라고 한다. 대체로 에어로졸은 그 생성 매커니즘과 형태에 따라 여러 종류로 분류되고 크기는 0.002~100 μ m 범위 내에 있다.
- 주로 기계적 혹은 물리적 과정인 절단, 연마 혹은 굴착과정에서 생기는 아주 작은 모래 알 같은 입자는 통상 먼지(dust)라고 부른다. 스모크(smoke)는 주로 연소과정에서 생기는 입자를 말하는데 석탄 혹은 장작 등이 연소할 때 나타나고, 흠(fume)은 금속물질이 연소할 때 생성되며 이는 용접 시에 목격되는 입자가 좋은 예이다.
- 한편 미스트(mist)와 포그(fog)는 주로 액체입자를 칭하는데 기체가 작은 유체입자로 응고하거나 혹은 액체 자체가 분산 됐을 경우에 생기고, 스모그(smog)는 스모크(smoke)와 포그(fog)를 합쳐서 칭하는데 이는 광화학적 대기반응에서 흔히 볼 수 있다. 이 밖에도 여러 가지 용어가 에어로졸과 관련하여 정의될 수 있는데 예로는 먼지, 분진, 액적, 스프레이 등이 있다. 에어로졸이 기체에 떠있는 입자를 칭하는데 비하여, 액체에 떠 있는 입자는 하이드로졸(hydrosol), 에멀전(emulsion) 등으로 칭한다.

<표 1> 에어로졸 입자의 생성 메커니즘과 형태

에어로졸	생성메커니즘	생성형태	예
먼지	분체분산 및 물질분쇄	자연적, 바람, 사람활동	꽃가루, 모래폭풍, 노상먼지, 부유재
포그, 미스트, 스모크	가스나 기체의 응축, 연소	응축, 연소	수트, 스모크, 포그구름, 응축핵, 인공 에어로졸
스모그, 헤이즈	광화학, 반응물의 응축	태양광선	스모그, 헤이즈, 응축핵
미스트, 스프레이	용액의 증발분무	액체의 분무화	바다스프레이, 소금핵, 가습먼지, 노상스프레이

[출처] 설비공학편람 3판 제2권 공기조화, 대한설비공학회

3. 청정도 등급

1) 역사

- 크린룸 관리에서 가장 중요한 청정도의 기준은 1961년 미국 공군에서 발표된 기술교본 이 발단이 되었다. 이 교본은 크린룸 설계와 부유입자 기준, 작업절차(인입절차, 복장규 정, 제 한 품목, 재료의 청소, 크린룸 청소절차)를 명시하고 있다.
- 1963년 Federal Standard 209(FED-STD-209)를 제정, 1988년 FED-STD-209D(Imperial Uni 법)로 개정된 후, 2001년 11월에 폐지되고 ISO로 통합되었다.
- 일본에서는 1975년 JIS 규격화가 이루어졌고, 1999년에 국제 규격 ISO 14644-1이 제정 된 후 현재 ISO 14644-12까지 제정되었다. 또한 지금까지 일본과 미국에서는 FED-STD-209 D의 명칭이 일반적이지만, FED-STD-209규격의 폐지에 따라 이후부터는 ISO 또는 JIS의 표 기가기본이 된다. 하지만 실무에서는 아직도 FED-STD-209 규정이 통 용되고 있는 실정이 다.

<표 2> 청정도 구·현 규격의 개요 비교

구분	청정도 구 규격	청정도 현 규격
단위체적	1 ft ³ (0.028m ³)	1m ³
기준	1 ft ³ 중의 입자경 0.5 μm 이상의 입자 개수로 등급 구분	1m ³ 중의 입자경 0.1μm 이상의 입자 개수로 등급 구분
예	0.5 μm 이상의 입자가 100개/ft ³ 일 경우 클래스 100	0.1μm 이상 입자가 1,000개/m ³ 일 경우 클래스 3(10 ³)

2) 등급의 분류

- 시가지와 농촌, 일반 실내의 입자 농도와 크린룸내의 입자 농도를 비교해 보면 비교적 입자 농도가 낮은 농촌과 비교해도 크린룸내의 입자 농도는 현저하게 낮은 값이다.
- 실내의 입자 농도를 저감하여 청정도를 확보한 것이 크린룸으로, 이러한 환경은 외부 공 기 를 도입하는 개소에 설치된 공기조절기 내의 공기 순환 경로(주로 천장부)에 설치되어 있는 중성능 필터와 고성능 필터(Air Filter, HEPA 필터와 ULPA 필터)로 입자를 제거한다.

<표 3> 청정도 국제 표준화 규격 (ISO 14644-1)

ISO 청정도 클래스	지정입경 이상의 허용입자 농도 (개/ m ³)						(참고) Fed.Std 기준
	0.1 μm	0.2 μm	0.3 μm	0.5 μm	1 μm	5 μm	
1	10	2	-	-	-	-	
2	100	24	10	4	-	-	
3	1,000	237	102	35	8	-	1
4	10,000	2,370	1,020	352	83	-	10
5	100,000	23,700	10,200	3,520	832	29	100
6	1,000,000	237,000	102,000	35,200	8,320	293	1,000
7	-	-	-	352,000	83,200	2,930	10,000
8	-	-	-	3,520,000	832,000	29,300	100,000
9	-	-	-	35,200,000	8,320,000	293,000	1,000,000

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

<표 4> FED-STD-209D

클래스	지정입경 이상의 허용입자 농도 (개/ m ³)				
	0.1 μm	0.2 μm	0.3 μm	0.5 μm	5 μm
1	35	7.5	3	1	NA
10	350	75	30	10	NA
100	NA	750	300	100	NA
1,000	NA	NA	NA	1,000	7
10,000	NA	NA	NA	10,000	70
100,000	NA	NA	NA	100,000	700

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

- <표 3>에서 보이는 등급들은 입자청정도 등급 한계를 설명하기 위해서 ISO 14644-1에 의해 채택된 것이다. 여기서 중요한 것은 등급을 결정하기 위한 대상입자크기의 결정은 구매자와 공급자의 협의에 의해 결정되어지고, 이에 따라 크린룸 등급도 달라질 수 있다는 것이다.
- ISO 등급은 단위 m³ 당 최대 허용되는 입자농도를 보여준다. 예를 들어, ISO 청정도 클래스 5는 단위 m³ 당 0.1 μm 보다 큰 입자의 개수가 105개이하인 크린룸의 청정도 등급을 의미한다.
- <표 4>는 미연방규격(FED-STD-209D)의 청정도 등급을 보여주고 있다. FED-STD-209D는 0.5 μm 크기를 기준으로 하고 있으며 체적은 ft³을 사용한다. 예를 들어 Class 1,000은 단위 ft³당 0.5 μm 보다 큰 입자의 개수가 1,000개 이하인 크린룸을 의미한다.

제2절 크린룸의 4대원칙

- 크린룸의 청정도를 유지하기 위해서 적용 설비의 충분한 성능확보와 함께 설치후의 유지 관리가 중요하다. 크린룸의 특수성을 감안하고 지속적인 성능 유지를 위해서는 4가지 원칙을 준수하는 것이 중요하다.

<표 5> 크린룸의 4대원칙

1. 유입, 침투방지	실내공기압력 건축적인 동선계획 filter	실간의 차압조정, 양압유지, 도입외기량 조정 작업원, 물류, 원료의 동선구분, 청정과 오염지역 구분 air loc filter leak 방지
2. 발생방지	인원관리 인원의 복장관리 건축내장재, 재료	필요인원 출입통제, 작업원 동선 최소화 무진복, 청정장갑 착용, 인체호흡 기류차단 표면가공처리, 무발진 재료사용
3. 집적방지	실내기류 건축내장재 실내청소	취출구 위치조정, 층류풍속 및 환기회수조정 무정전 내장재 사용 청소기준에 따른 지속 시설
4. 신속제거	clean room 방식 실내기류 환기회수	시설용도의 정확한 파악 기류분포 예상 및 화기구 위치조정, 발진부분 배기 환기회수를 높게 유지

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

1. 유입, 침투 방지

- 크린룸 내에 먼지가 반입되는 경로는 공기중에 부유하는 먼지의 침입, 사람이나 기자재에 부착하여 실내에 반입되는 경우, 2가지로 구분할 수 있다.
- 공기 중에 먼지가 침입하는 경우는 배출공기에 먼지가 있는 경우와 내벽, 문 등의 빈틈 사이에 외부의 오염공기가 침입하는 경우로, 전자는 고성능 필터에 미세구멍이 없고, 부착된 기밀재가 완전하다면 해결되는 문제이며, 후자는 크린룸의 오염 원인으로 가장 빈번하게 발생하므로 주의해야 한다.
- 크린룸 내에 외부 공기가 유입되는 것은 크린룸내의 기압이 외부보다 낮은 부압이라는 것이다. 따라서 크린룸 내를 정압으로 유지하는 것이 가장 중요한 기본 원칙이다.
 - 크린룸 주위의 벽면에 큰 빈틈이 없어야 한다.
 - 외부와 통하는 문, 출입구는 모두 이중으로 하고 동시에 2개의 문을 열지 않는 인터록 기구를 사용한다.
 - 사람이나 기재에 부착하여 실내에 반입되는 것을 막기 위해 옷을 갈아입고, 에어샤워, 점착매트, 기재의 청소·세정 등을 철저히 하고, 관리기준을 정하여 실행한다.

2. 발생방지

- 일반적으로 크린룸 내의 분진 발생원으로 가장 큰 것은 제조장치가 운전 중에 발생하는 것이고, 그다음은 작업자 자신이다.
 - 무진옷의 종류, 착용방법 등을 검토한다.
 - 불필요한 물건은 반입금지 한다.
 - 발진하기 쉬운 재료 비품은 사용하지 않는다.

3. 집적방지

- 기준에 준하여 청소한다는 것으로, 청소가 충분히 이루어지도록 먼지를 제거하기 어려운 코너 부분이나 청소하기 어려운 배관 등은 피해야 하며, 중요한 것은 크린룸 내에도 먼지가 쌓이므로 어떠한 방법으로 청소할 것인가가 중요하다.
 - 기기 주위를 청소하기 힘들게 하지 않는다.
 - 덕트, 배관류의 실내노출을 줄인다.

4. 신속제거

- 유효한 수단은 국부적 발생 먼지를 한 번에 배기 제거하는 것이다.
- 환기횟수를 늘려서 부유먼지를 빨리 실외로 배출시킨다.
- 크린룸내의 기류는 불필요한 난류를 일으키지 않게 하고, 부유 먼지를 환기구로 단시간에 도달시키는 것이 중요하다.
 - 발진부 가까이에서 배기한다.
 - 먼지를 제품에 부착시키지 않는 기류를 형성한다.

본 절은 「크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 (산업통상자원부, 대한상공회의소 지속가능경영원, 한국전자정보통신산업진흥회, 2014.02)」의 일부 내용임.

참고문헌 원출처

1. 일본공업출판사(2011), 『크린룸의 설계·시공 매뉴얼』, 서울: 에코북.
2. 전자업종 제조지원 설비(크린룸) 현황조사 및 에너지 절감 방안 연구 결과 보고서

제3절 크린룸의 분류

- 크린룸은 공조의 대상에 따라 크게 먼지등 미립자를 대상으로 하는 산업용 크린룸(ICR, industrial clean room)과 생물입자를 중시하는 바이오 크린룸(BCR, biological clean room)로 분류된다.

<표 6> 크린룸 분류

분류	제어 대상	적용 장소
산업용크린룸	미립자	반도체, 우주항공, 전자, 정밀산업
바이오크린룸	생물입자	병원의 무균식, 병실 등
		제약, 식품등 GMP 대상산업
		GLP, Biohazard 대책

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

<표 7> ICR, BCR 비교

구분	청정도	분진입자	최종필터	제어대상	유지방식	청정도 모니터링
ICR	클래스 1~8	0.1~0.5 μ m	HEPA, ULPA	먼지, 미립자, 케미컬, 압력(+), 기류분포, 온도, 습도	클리닝	먼지농도, 케미컬 농도
BCR	클래스 5~8	0.1~10 μ m에서 5 μ m중심	HEPA, 중성능필터	미생물, 무생물, 압력(+,-), 기류분포, 온도, 습도	세정, 재균, 소독, 감균	먼지농도, 미생물수

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

1. 산업용 크린룸(ICR, industrial clean room)

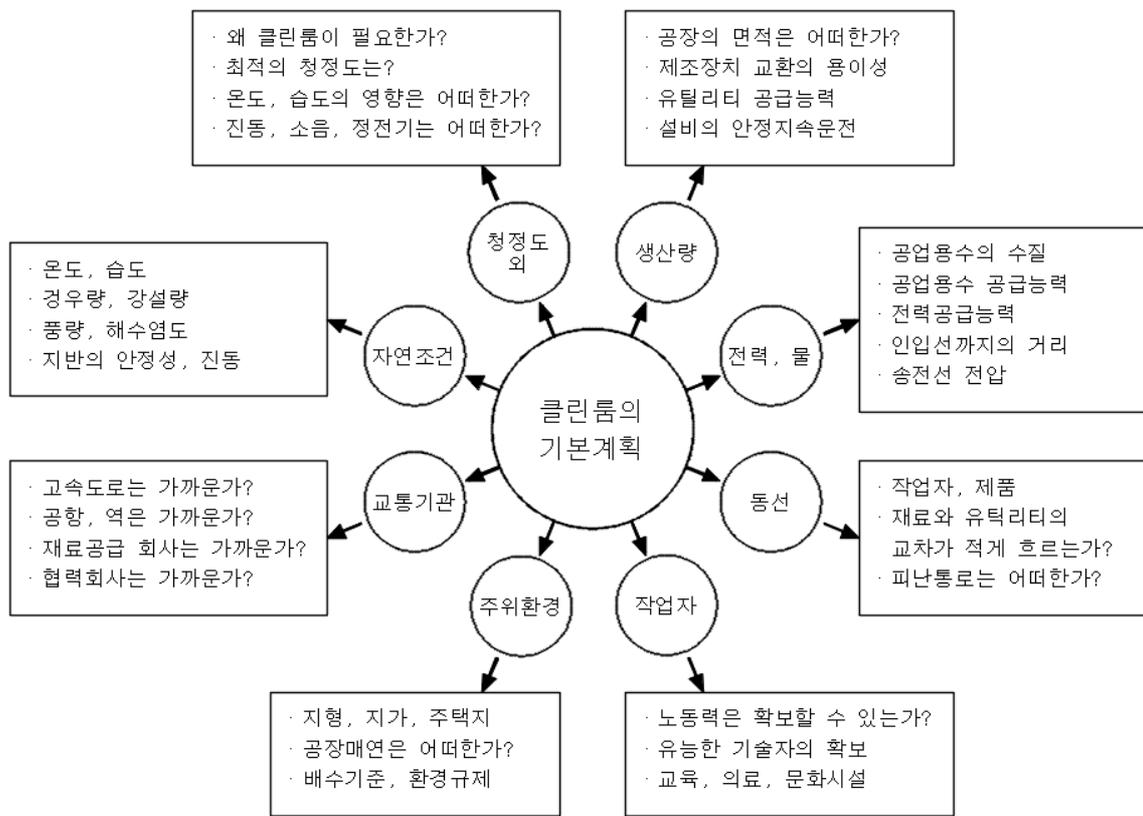
1) 개요

- 산업용크린룸은 제품의 품질과 신뢰성을 높이고 가동시 원료에 대한 제품의 수율을 향상시키는 목적이 있으며, 주로 미립자를 제어대상으로 한다.
- 청정도 외에도 필요에 따라 온도, 습도, 압력, 기류, 소음, 진동 등의 환경조건도 제어되어야 한다.
- 최근 반도체 제조, 우주항공, 전자, 정밀산업 등의 발전으로 인해 제품의 정밀화, 미세화, 고품질화 및 고신뢰성이 요구되고 있다. 전자공업, 필름공장 또는 정밀 기계공장 등에서는 실내 부유 미립자가 제조중인 제품에 부착되어 제품의 불량률을 초래하고, 사용 목적에 적합한 제품생산에 저해요소가 되어 제품의 신뢰성과 수율(생산원가)에 막대한 영향을 미치므로 공장전체 또는 중요한 작업이 이루어지는 부분에 대해서는 필요에 대응하는 청정한 상태가 유지되도록 하여야 한다.

- 산업용 크린룸의 적용분야는 반도체 산업을 필두로 하는 전자산업과 정밀기계, 광학기기 등의 제조업 등이 있으며, 반도체관련 제조장치 산업, 소재·재료 공급사업, PDP, EL 등 디스플레이 패널 사업 등으로 확대 되고 있다.
- 반도체 제조공정에서는 미세화 기술의 발전에 따라 ICR에 요구되는 청정도가 점점 고도화 되고, 대상의 입자 크기도 점점 작아지고 있다.

2) 기본계획시 검토사항

- 크린룸 설계시 검토해야 할 항목은 아래 그림에 나타낸다.



[그림 2] 크린룸 기본계획의 검토 항목

[출처] 설비공학편람 제3판 제2권 공기조화, 대한설비공학회

가. 자연조건, 교통기관

- 크린룸 계획 이전의 공장입지 조건이다. 크린룸 내에서 제조되는 제품에 따라서는 입지 조건이 제품의 품질에 크게 영향을 미치는 경우가 있다.
- 계획된 부지의 바람의 성분, 해염의 농도 등은 제품의 질에 심한 악영향을 줄 수 있으므로 외기조화기의 필터구성을 검토하여야 하며, 작업자나 재료에 의해 공정내로 운반 되지 않도록 하는 대책이 필요하다. 점점 심해지는 황사 현상 또한 외기도입에 대한 고

려가 필요하다.

- 지반의 진동은 지반 자체의 강도와 부근의 간선도로나 철도 등과 관련되며, 광학기기, 정밀 측정기기, 사진제판공정 등은 극도로 진동에 민감한 영향을 받으므로 부지 선정에 중요한 검토 항목이 되며, 설계시의 제진대책이 고려되어야 한다.

나. 청정도

- 제품과 필요청정도의 관계가 불명확한 것에 대하여는 일반적으로 시작·실험을 통하여 알맞은 청정도를 책정한다.

다. 생산량

- 생산량에 의해 제조장치의 배치, 공장, 필요면적, 조업시간 등이 정해지고 그것에 의해 유지보수 방법, 연속운전에 대한 설비기기의 예비기능이 검토된다. 또한 생산에 필요한 물, 전력, 공기, 가스, 약품 등 유틸리티 공급능력이 산정 된다.

라. 전력, 물

- 유틸리티 공급능력 전력과 물의 공급능력과 질은 가장 중요한 요소이다. 전력의 질이란 전압의 변동, 정전 또는 순간정전의 유무 등이다.

마. 동선

- 건축 평면배치, 설비방식, 작업자·재료의 입출입 등 모든 요소가 무리 없이 흐르도록 검토하는 것으로, 제품의 품질, 작업성, 보수성을 크게 좌우한다.
- 동선에 재료나 사람의 교차부분이나 집중적으로 혼잡 되는 장소가 많으면, 교차오염에 의한 품질저하나 작업능률의 저하가 발생하기 때문에 기본계획에 있어서 가장 정성들여 검토되어야 하는 항목이다.

바. 작업자

- 그 지역에서 노동력을 확보할 수 있는가, 질은 어떠한가 등도 공장의 계획상 중요한 요소이다.

사. 주위환경

- 주위에 주택이 가까운 경우 많은 문제가 발생한다. 배수·배기처리도 규제가 엄하고, 소음, 진동, 악취 등에도 충분히 배려해야만 한다.

3) 최적설계를 위한 검토항목

- 공장의 기본적인 사항이 결정된 후 제조공정에 가장 적합한 설계를 하기위한 상세검토 를 실시한다.
- 설계자는 요구 성능을 만족한다는 전제하에 과잉 설계를 피하고, 운전비용의 절감, 에너지 저감 등에 노력한다.

가. 공장의 요구조건

- 크린룸의 적용대상
- 크린룸의 필요성
- 필요 청정도
- 작업내용 또는 실내 설치 생산기기의 특징

나. 생산라인에서의 검토사항

- 분진 발생원이 되는 기기의 내용을 파악하고, 분진 발생량을 추정한다. 벨트 구동부, 체인 오일미트스, 분체 분진 발생원, 증기를 발생여부, 압축공기를 사용여부 등에 주의한다.
- 기기에서 나오는 발진량이 다량이거나, 분체발진인 경우에는 국부배기를 고려해야 한다. 기기의 형상, 설치상태, 작업성을 고려하여 국부배기 또는 주위환경 등의 처리가 되는지도 검토한다.
- 기종에 따라 배기의 유무 및 배기량, 대수, 사용조건 등을 검토 한다.
- 발열이 큰 장치의 유무 및 냉각장치(수냉, 공냉 등)의 유무 등을 검토한다.
- 크린룸의 공조부하는 생산기기의 발열과 필요배기에 따르는 외기부하로 결정되며, 클린룸 내를 정압으로 유지하기 위해 도입 외기량이 항상 배기량을 상회하여 잉여 공기량이 가압공기가 되어 항상 일정량을 실외로 유출하는 것이 바람직하다.
- 배기량이 변동하면 정압도 변동하고, 부압이 되어 크린룸의 기능이 상실되는 경우가 발생한다. 배기량의 변동을 피할 수 없는 경우에는 외기량의 자동제어가 필수적이다.
- 작업자의 인원수가 많은 경우에는 발진량에 주의 하여야 하며, 작업개시, 종료 시의 입퇴실에 필요한 시간과 에어샤워의 구조, 대수등을 검토한다.
- 운전시간이 크린룸만 다른 경우에는 독립열원이 필요하다.
- 내용연수가 특히 짧은 시작라인 등의 경우에는 경제적 건재의 선정, 다목적 용도의 클린유니트를 채용하여 이설 재사용을 가능하게 하는 것 등을 고려한다.
- 보수원이 전문공이 아닌 생산라인의 작업자가 겸임하는 경우 복잡한 조작방식은 피한다.

2. 바이오 크린룸(BCR, biological clean room)

1) 개요

- 바이오 크린룸은 생물학적 오염(bio-contamination)이 제어되는 청정실이다.
- 생물학적 오염이란 생물성 입자(viable particle) 또는 생물 관련 입자들에 의해 자재, 장치, 작업자 표면, 액체, 가스 및 공기가 오염되어 있음을 말한다.
- 생물성입자란 자연적 발생이나 인위적 발생에 의한 증식이 가능한 미생물을 말한다.
- 생물 입자(biological agent)란 아러젠(allergen), 독소(endotoxin) 등을 말한다.
- 바이오 크린룸의 응용분야는 아래 표와 같이 제약에서 비롯하여 병원의 수술실 또는 입원실, 실험동물 사육실, 식품공정, 화장품, 농업 등의 청정실과 바이오해저드(biohazard) 시설 등에 응용 되고 있다.

<표 8> 바이오크린룸의 주요적용 분야와 특징

적용분야	바이오크린룸을 필요로 하는 이유와 특징
의약품	<ul style="list-style-type: none"> · 제조공정중 약진에 의한 교차방지, 품질저하 방지 · 공기환경으로부터 생물성오염 방지
병원	<ul style="list-style-type: none"> · 수술실 수술 중 감염방지 · 병실 면역 저하된 환자의 대기감염 방지, 화상환자의 감염방지
실험동물 사육시설	<ul style="list-style-type: none"> · 무균동물 등의 사육중 대기 감염방지 · 동물 간, 사람, 동물간, 대기와 동물간 감염방지 · 동물배설물 또는 포말에 의한 대기오염 확산 방지
식품	<ul style="list-style-type: none"> · 제조된 식품의 대기 오염방지로 보존기간 연장 · 냉각 충전 밀봉 등 공정의 생물오염 방지 · 가열멸균 지양으로 풍미향상
화장품	<ul style="list-style-type: none"> · 제조중 교차오염 방지, 특히 색조 화장품 · 변질 방지 · 미생물 증식 방지
농업 등	<ul style="list-style-type: none"> · 육종 유전자 조작 교배, 발아관리 시 생물오염 방지
바이오 해저드시설	<ul style="list-style-type: none"> · 생물성 위해 작업중 미생물의 확산 또는 오염방지

[출처] 설비공학편람 제3판 제2권 공기조화, 대한설비공학회

<표 9> BCR 청정도의 NASA 규격

규격,기준		NASA(미항공우주국-NHB 5340.2, JIS B 9920-1989)														
청정도 클래스		입자		생물입자		압력	온도	습도	기류							
ISO (=JIS)	0.5 μ m개/ft ³	입자 (μ m)	입자수 (개/m ³)	부유균	낙하균(CFU/m ²)	(PA)	(°C)	(%)	(m/s) 환기횟수							
클래스5	100	0.5이상	3,500 이하	3.5 CFU 이하	12,900 CFU이하				층류방식 0.45±0.1							
		5.0이상	29이하													
클래스7	10,000	0.5이상	350,000 이하	17.6CFU 이하	64,600 CFU이하								난류방식≥ 20회/시			
		5.0이상	2,900 이하													
클래스8	100,000	0.5이상	3,500,000 이하	88.4 CFU 이하	323,000 CFU이하											
		5.0이상	29,000 이하													

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

2) 바이오 크린룸 적용 분야별 특징

가. 약품 제조 공정

- 제조 공정 중 발생하는 약진에 의해 타 공정 의약품과의 교차 오염으로 인한 부작용 발생, 대기로부터 유입된 분진, 생물성 입자에 의한 오염, 변질, 작업자와 약품의 상호 오염에 의한 약화발생 등의 제어가 필수적이다.
- 특히 체내 혈관에 직접 주사하는 주사제의 공정에 주의를 요한다.
- 세계 각국별로 GMP(GMP, good manufacturing practice)제도가 법제화되어 시설운용, 감사가 이루어지고 세계적으로는 WHO GMP에 의해 표준화하고 있다.
- 모든 공기청정실의 설비와 운용은 설계, 설치, 가동. 운용에 이르기까지 단위 기계별 조 합 공정별 적결성이 확인되고 검증되어 표준화되어야 한다. 이를 밸리데이션(validation) 이라 하며 법적 규정으로 규제하고 있다.
- 모든 설비의 과학적 타당성, 합리성, 항상성, 신뢰성이 보장된 환경 위에 GMP 제도가 운영된다.
- 청정실의 방식은 주로 난류형 청정실과 국소적 층류 방식의 클린부스(clean booth) 또는 폐쇄적 설비이며 HEPA필터에 의한 여과, 실별 차압의 합리적인 설정, 각 실의 합리

적 배치, 종말처리 즉 바이오해저드(biohazard) 방식을 적절히 운용한다.

나. 병원 수술실과 병실

- 수술실에서 BCR의 필요성은 수술 중 공기 감염의 방지에 있다. 장기이식 수술, 심장외과, 정형외과 수술 등에 많이 응용되며, 청정실 방식은 수직, 수평층류 방식이 많이 채용된다.
- 병실에서의 필요성은 감염에 저항력이 저하된 환자, 예를 들어 장기이식 후 거부반응 완화를 위해 면역억제제를 사용하여 감염에 민감해진 환자, 항암제 투여 환자, 백혈병 환자 등의 병실 등이며, 화상치료 중인 환자, 신생아실 등에도 청정실이 이용된다.
- 병원내 감염의 증가로 인해 병원 전체를 청정실화 해가는 경향이 있다. 무균병실은 주로 수평층류 방식이 이용되고, 신생아실 ICU(중환자실) 또는 DFL반 병실에는 난류형 청정실이 이용된다.

다. 실험동물 사육실

- 신약품의 연구나 약효검증을 할 때 인체에 직접 임상하기 전에 동물시험을 하게 되는 데 이를 전임상시험이라 하며, 주로 의약품에 유효성과 안정성을 검토한다. 이때의 실험동물은 면역학적으로 규격화되어 있어야 한다.
- 규격화된 실험동물은 무균동물, gnotobiot, SPF(specific pathogene free)로 분류되며, 이들에게는 대기로부터의 감염, 동물 간 감염, 인간 동물 간 감염 등의 방지가 필요하다.
- 실험동물의 사육에 이용되는 청정실의 규격은 각국마다 GLP(good laboratory practice)에 의해 관리된다.
- 공기청정 방식은 격리기(isolate), 차단시스템(barrier system), 개방시스템 등 차압을 활용하고, HEPA 필터를 활용한 난류형이 주종을 이룬다. 배기측에는 악취 포말확산에 의한 오염을 방지하기 위해 바이오해저드 시설이 있어야 하며, 전체적으로 소음이 적고 무정전 완전 가동 시설이어야 한다.
- 동물 종류별 온·습도 조절이 필요하다.

라. 식품공장

- 식품 가공의 목적은 풍미, 영양증진 외에 보존기간 연장에 있다. 식품의 변질은 자체 효소에 의한 분해와 외부 미생물 오염에 의한 부패로 구분되며, 부패방지와 효소활성의 중지를 위해 열 살균법을 적용하거나 방부제를 사용한다. 이때 식품 고유의 풍미를 상실하게 된다.
- 청정조건에서 공정을 관리하는 기술이 청정실 기술과 함께 사용되는데, 이를 클린필

(clean fill), 또는 무균필(aseptic fill) 작업이라 한다.

- 가열튀김, 찜 등 공정 후에 냉각하게 되는데 이때 대기로부터 오염공기에 폭로되어 분진 미생물 오염이 발생하고 이를 막기 위해 청정실 기술이 도입되게 된다.
- 주로 난류형 청정실과 국소적 층류실, 밀폐형 격리기 등이 사용된다.
- 식품공정은 수증기에 의한 결로가 발생하므로 공기조화시설 또는 배기시설에 응축수, 즉 결로에 의한 낙수, 부식 등에 대한 조치가 필요하다.

본 절은 「크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 (산업통상자원부, 대한상공회의소 지속가능경영원, 한국전자정보통신산업진흥회, 2014.02)」 및 「설비공학 편람 3판 제2권 공기조화 (대한설비공학회)」의 일부 내용임.

참고문헌 원출처

1. 일본공업출판사(2011), 『크린룸의 설계·시공 매뉴얼』, 서울: 에코북.
2. 전자업종 제조지원 설비(크린룸) 현황조사 및 에너지 절감 방안 연구 결과 보고서

제2장 크린룸 용어 정리

제1절 일반사항

- 크린룸 공기 중 부유입자의 농도를 제어하고, 입자의 유입, 생성 및 체류를 최소화할 수 있는 방을 의미하며, 또한 온·습도 및 압력 등이 필요에 따라 제어되는 방(공간)이다.
- 고성능필터 계수법으로 평가하는 극 미세한 입자를 제거하기 위한 에어필터로 고성능필터는 HEPA(High Efficiency Particulate Air), ULPA(Ultra Low Penetration Air)로 분류한다.
- 청정구역 공기 중 부유입자의 농도가 제어되고 그 구역 내 입자들의 유입, 생성 및 체류를 최소화하기 위한 방법이 사용되며, 아울러 온·습도, 그리고 압력 등이 필요에 따라 제어되는 전용 공간이다.
- 액세스 플로어(Access Floor) 수직 단일방향류 방식 크린룸의 바닥은 콘크리트의 바닥 위에 지지대나 기둥을 세우고 그 위에 바닥을 설치한 2중 구조로 되어있는데 이를 액세스 플로어(Access Floor)라 부르고 있다.
 - 액세스 플로어의 바닥재는 알루미늄 다이캐스트, 스틸 등이 있다. 일반적으로 프리 액세스 플로어의 경우는 바닥 흡입이고, 바닥재에 다공판이나 그레이팅을 사용해 공기흐름 유로를 만든다.
 - 전체를 다공판으로 하는 것이 아니라 기류 성질과 상태를 고려하여 다공판이나 그레이팅을 설치하는 비율, 배치를 결정한다.
- 격리장비 정해진 공간의 내부와 외부로 확실한 수준으로 분리시키기 위하여 구조적 도구를 사용하는 장비. 특정 산업에 사용되는 격리 장비로는 청정공기 후드, 폐쇄 용기 (Containment Enclosures), 글로브박스(Globe Box), 격리장치(Isolator), 국소청정화장치 (Mini-Environment) 등이 있다.
- 제어환경 오염원이 지정된 수단에 의해 제어되는 한정된 지역을 말한다.
- 오염 인간이나 동식물에게 유해한 물질이 대기나 사용공간에서 높은 농도로 머물고 있는 상태로 인간이나 동식물에게 유해한 오염을 pollution이라 하고, 제품생산에 유해한 오염을 contamination이라 한다.
- 공기부유입자 일반적으로 1nm~100 μm 의 크기를 갖고 공기에 부유되는 증식성 또는 비증식성 고체 또는 액체 물질(또는 복합물). 공기 청정도 등급을 분류하기 위하여 크기가 0.1 μm 에서 5 μm 범위내의 누적분포 상에 존재하는 고체 또는 액체의 물체가 측정된다.
- 공기 중 분자 오염 (airborne molecular contamination, AMC) 크린룸 또는 제어 환경에

서 제품, 공정 또는 장비에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 (화학적 비입자상) 분자물질이 클린룸 또는 제어환경의 공기 중에 있는 상태를 의미한다.

- **입자** (particle) 정의된 물리적 경계를 가진 미세한 물질의 조각을 일컫는다.
- **입자 농도** [particles/ m³] 공기의 단위 체적당 포함된 입자의 수를 말한다. 크린룸에서 공기의 입자농도는 주로 개별 입자계수기를 통하여 측정되고 Federal Standard 209D에 의한 Class 표현법이나 ISO 14644-1의 ISO Class 표현방법으로 표기된다.
- **청정도** 대상으로서 생각하고 있는 물체나 물질 또는 공간의 청정성의 정도를 나타내는 법, 일정 면적 또는 일정 체적 중에 포함되어 있는 오염물의 양으로 나타낸다. 크린룸에서는 일정 체적 중에 포함되는 입자, 가스, 미생물 농도의 양을 말한다.

제2절 구성장비

- **냉각수(PCW, Process Cooling Water)** 공정용 냉각수로서 생산 장비의 냉각을 위하여 사용된다. 저압 및 고압용이 있다. (냉동기와 냉각탑간의 냉각수와는 별도)
- **공기 조화기(AHU : Air Handling Unit)** 공기를 흡입하여 이것을 공기 조화(냉방 · 난방 · 제습 · 가습 · 공기의 정화 등)의 목적을 달성해서 내보내기 위해 필요한 장비(에어 필터 · 공기 냉각기 · 공기 가열기, 가습기, 송풍기 등)를 케이싱에 조합시킨 유닛으로, 용도에 따라 형태나 기능 및 용량이 다양하다.
- **외조기(OAC : Out Air handling Conditioner)** AHU의 일종으로 환기되는 공기 없이 외부 공기로만 장비 배기 및 크린룸 양압 유지를 위한 공기를 크린룸에 적합 하도록 온습도 및 청정도를 맞추어 공급하는 장치, 외기조화기 줄여서 외조기(전외기 공조기)라고도 한다.
- **덕트** 공기나 기타 유체가 흐르는 통로를 말하며, 공기가 흐를 경우 풍도라고도 한다. 단 면이 직사각형이나 원형으로 된 것이 많이 사용되지만, 때로는 타원형을 사용한다.
- **에어샤워(Air Shower)** 크린룸의 입구에 설치되어 사람이 입퇴실 할 경우에 반드시 통과 하는 관문으로 크린룸 내의 공기와 크린룸 외의 공기가 직접 섞이지 않게 하기 위함(Air Lock 효과)과 입실 시에 작업자의 의복에 부착한 먼지를 제거하기 위해서 이용된다. 에어록 효과를 유지하기 위해서 양쪽 문이 동시에 개방하지 않게 인터록 기능을 갖추고 있는 것이 일반적이다.
- **파티션(Partition)** 설비 중요 부분을 칸막이하여 외부로부터 오염 입자의 침입을 방지하기 위한 건축 자재. 크린룸의 정전기 특성을 고려하여 일반 아크릴이 아닌 정전기 방지용 도전성 재질을 사용한다.
- **패스박스 (Pass Box)** 크린룸 내부와 외부로 물품을 주고받을 경우에 이용하는 관통 박스로 안쪽과 바깥쪽에 각각 문이 달린 겹문 구조로 되어 있으며, 문은 동시에 개방하지 않게 인터록이 되어 있다. 단순한 박스를 이용한 단순한 구조의 타입이 많이 이용되지만, 청정공기를 순환하는 타입이나, 바이오 크린룸 등에서는 UV 살균등을 설치한 것도 있다.
- **EFU(Equipment Fan-filter Unit)** M/E 방식 생산설비의 설비 내부 환경유지를 위하여 환기횟수 및 청정도 유지, 설비 외부간의 차압 유지를 위해서 설치한다. 팬과 필터가 결합되어 있다.
- **FFU(Fan Filter Unit)** 크린룸 내부 온·습도 유지, 환기횟수 및 청정도 유지, 크린룸과 외부 간의 차압 유지를 위해 설치한다. 팬과 필터가 결합되어 있다.

제3절 성능평가

- **개별 입자계수기** 특정 유량에서 개별 입자의 수와 크기를 표시하고 기록할 수 있는 측정 기기이다.
- **T.A.B**(Testing, Adjusting & Balancing, 시험·조정·균형) 각종 설비가 설계대로 시공되어 운전되고 있는지를 측정하여 문제점 및 해결방안을 제시하여 시스템이 최적상태로 운전되도록 함으로써 에너지 절감 및 장비수명을 향상시키는 활동이다.
- **계수 효율** 주어진 입자직경 범위에서 입자의 실제 농도와 측정 농도의 비율이다.
- **샘플링** 공기 중의 오염물질 농도를 측정하기 위한 시료로서 공기를 모으는 작업을 의미한다.
- **등속 샘플링** 샘플 프로브의 입구로 들어가는 공기의 평균 속도가 측정 점에서 단일 방향의 평균 속도와 동일한 샘플링 조건이다.
- **동축 샘플링** 샘플 프로브의 입구로 들어가는 기류의 방향이 샘플링 되는 단일 방향의 방향과 동일한 샘플링 조건이다.
- **등급 분류** 크린룸 또는 청정 구역에 적용할 수 있는 공기 중 입자의 청정도 등급(또는 그 등급을 특성화하고 결정하는 과정)은 특정 입자 크기에서의 최대 허용 농도(입자수/ m^3)로 나타내는 ISO 등급으로 표시된다.
- **비등속 샘플링** 샘플 프로브의 입구로 들어가는 공기의 평균 속도가 측정 점에서 단일방향류의 평균 속도와 크게 다른 샘플링 조건이다.
- **측정 단면** 풍속, 입자농도와 같은 성능 인자를 시험하거나 측정하기 위한 단면이다.
- **커미셔닝** (commissioning) 청정실을 규정된 바와 같이 정확한 기술적 운전에 맞추기위해 체계적으로 수행되는 문서화된 일정의 검사, 조절 및 시험을 말한다.

제4절 CFD

- **공기연령 (Air age)** 일반실에서 공기연령은 디퓨저로 공급된 공기가 실내 임의의 지점까지 도달하는데 걸리는 평균 시간을 말한다. 크린룸에서 공기연령은 HEPA 이상 성능의 필터를 통과한 청정한 공기가 크린룸 내 임의의 지점으로 도달하는데 걸리는 평균시간 을 의미한다. 완벽한 단일방향류(Displacement flow)에서는 크린룸 평균 공기연령이 환 기횟수 역수의 1/2배와 동일한 값을 갖게 되고 완전혼합(Perfect Mixing)의 비단일방향류 에서는 환기 횟수의 역수와 동일한 값을 갖는다.
- **격자** CFD 해석을 위해 해석 대상을 여러 개의 다면체로 나누는데 이때 형성된 하나의 작은 영역이다.
- **경계조건** 미분방정식의 일반해에 포함되는 임의의 상수 또는 임의의 함수를 정하는데 필요한, 영역의 경계에 부과하는 조건이다. CFD에서는 정확한 경계조건을 입력해야 정확한 해를 얻을 수 있다.
- **전처리** CFD 해석을 위한 모델의 형상 및 계산 격자(mesh) 생성작업을 말한다.
- **후처리** 해석 결과를 분석하는 과정이다.
- **CFD(Computational Fluid Dynamics)** 일반적인 열 유체 유동방정식을 지배하는 기본 이론인 질량보존, 운동량보존, 에너지보존법칙의 지배를 받는 Navier-Stokes 방정식을 수치적으로 풀 수 있도록 편미분의 차분화 된 대수방정식과 경계조건, 초기조건을 이용하여 해를 구하는 이론 및 기술이다.

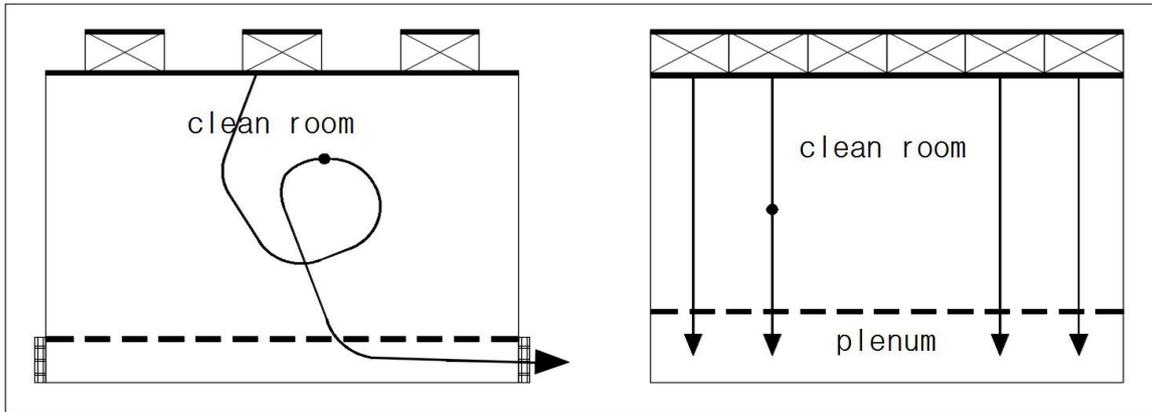
본 절은 「크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 (산업통상자원부, 대한상공회의소 지속가능경영원, 한국전자정보통신산업진흥회, 2014.02)」의 일부 내용임.

참고문헌 원출처

1. 일본공업출판사(2011), 『크린룸의 설계·시공 매뉴얼』, 서울: 에코북.
2. 전자업종 제조지원 설비(크린룸) 현황조사 및 에너지 절감 방안 연구 결과 보고서
3. KS I ISO 14644-6 제6부 :용어(Part 6: Vocabulary)

제3장 크린룸의 종류

제1절 실내 기류형태에 따른 크린룸의 종류



[그림 3] 기류방식별 크린룸

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

1. 비층류형, 난류형

- 일반 공기조화설비에 초고성능 Filter(HAPA Filter or ULPA Filter)를 사용하고 풍량을 많게 설정한 방식으로, 천장에서 급기하고 실의 한쪽에 설치된 흡입구로 환기를 한다.
- 청정도 ISO Class 6~8 정도의 크린룸에 채용가능하다.
- 환기횟수는 20~40회/h정도이나, 60~70회/h로 환기횟수를 늘리고 흡입구를 바닥에 설치하여 균일하게 하면 Class 1,000까지 성능향상이 가능하다.
- 구조가 간단하고, 설비비가 저렴하며, 실의 확장이 용이하다.
- 정상상태가 되는데 시간이 소요되며, 난기류에 의한 오염입자의 재순환 가능성이 있다.
- 흡입구는 바닥가까이에 설치한다.
- 보조 크린룸으로도 사용된다.

2. 단일방향류(층류형)

- 단일방향류는 수직형과 수평형으로 분류되며 ISO 규격에서는 「단일방향류 (Unidirectional Airflow)」라고 정의한다. 이것은 가능하면 직선적인 기류의 흐름을 유지할 수 있도록 하며 기류 패턴이 공정 중심부에서 가능한 거의 교란되지 않도록 해야 한다.
- 수직형은 주로 반도체 등 전자 산업용 크린룸에 적용되고, 수평형은 수술실 등 바이오

크린룸에 주로 적용 된다.

1) 수직층류형

- 천정 전면에 초고성능 Filter(HAPA Filter or ULPA Filter)를 설치하고 바닥전면을 흡입구로 하여 기류를 수직단일방향으로 형성하는 방식이다.
- 실내공간에서 발생될 부유미립자 곧바로 바닥으로 흡입되어 주위에 영향을 주지 않는다.
- 병원의 수술실 등에서는 용도상 바닥을 흡입하지 않고 벽 하부로 흡입한다.
- 설비비 및 운전비 절감을 위해 흡입공기는 일부만 공조기로 되돌리고 대부분 순환팬을 통해 재 송풍한다.
- 운전개시 후 정상상태가 되기까지 시간이 매우 짧고, 효과가 완전하다.
- 작업인원, 작업 상태에 좌우되지 않고 관리가 용이하다.
- 먼지의 퇴적 및 재 부유가 별로 없다.
- 필터 교환이 까다롭고, 설비비가 고가이며, 실의 확장이 어렵다.
- 청정도 ISO Class 1~4 정도의 크린룸에 채용가능하며, 환기횟수는 약 200~600회/h 정도이다.
- 취출구 풍속은 0.25~0.30 m/s 가 적당하며, 풍속이 너무 빠르면 미립자가 재 부유할 수 있다.
- 대규모 반도체 공장에 널리 사용된다.

2) 수평형

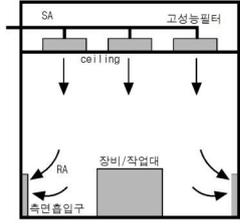
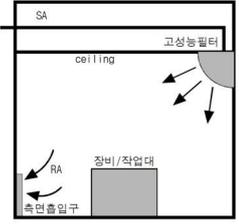
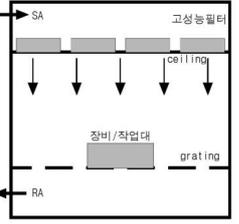
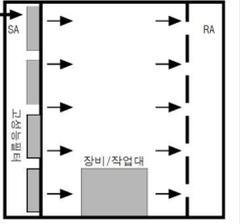
- 한쪽의 내벽면 전면에 초고성능 Filter(HAPA Filter or ULPA Filter)를 설치하고 반대측의 전면에 빨아들여 수평으로 흐르게 하는 방식이다.
- 실내공간에 발생한 부유미립자는 그 위치에서 바로 하류로 흘러서 유선을 제외하면 영향은 없다.
- 상류측은 수직층류와 같이 고청정도가 유지되는 반면, 하류로 감에 따라 청정도가 저하되고 균일한 청정도 유지가 어렵다.
- 순환팬을 사용하여 재순환이 가능하다.
- 구조가 간단하지만 설비비가 비교적 고가이고, 기기 배치, 관리에 주의를 요한다.
- ISO Class 2의 경우 환기횟수는 200~600 회/h, ISO Class 3의 경우 100~200 회/h 정도 이다.

- 토출구는 벽의 80% 이상, 흡입구는 벽의 40% 이상이며 천정도 가능하다.
- 기류속도는 0.45~0.5 m/s 정도 이다.

3) 혼재류형

- 같은 크린룸에서도 그 실내에서 실시되는 작업은 다양한 경우가 많아 요구되는 청정도 도 여러 가지로, 경제적인 비단일방 향류형과 높은 청정도를 얻을 수 있는 단일방향 류 형을 조합한 형식이다.

<표 10> 기류형식별 특징 -1

	비단일방향류 방식		단일방향류 방식	
	일반형	벡터형	수직형	수평형
개념도				
특징	- 표준형 크린룸 - 입실 관리가 청정도 유지에 중요	- 작업공정 중 필요 부분만을 고정정도화 - 상황류 청정도 변화 심함	- 실내 어느 부분에서도 고정정도 확보 - 입실관리 용이	- 실내 작업으로 먼지나 균 발생 시 그 장소보다 하류역에서 청정도 저하
청정도	ISO 4~8	벡터기류내 ISO 4~7	ISO 1~4	ISO 3~7
적용처	청정공간이 필요한 공정 전반	일부 특수존	일반적인 IC 공장	수술실, 무균병실
송풍방식	센트럴 방식	센트럴 방식 (PAC 사용)	센트럴 방식 (FFU)	센트럴 방식
환기횟수	15~80	30~200	300~600	100~300
운전비	저	저	고	중
건설비	저	중	고	고
유지보수	중음	중음	가장 중음	중음
유틸리티공급	- 바닥 피트나 벽을 이용(벽이용시 먼지축적 위험)	- 바닥 피트나 벽 이용	이중 바닥 내부	- 바닥 피트 또는 작업대 아래
장치와 레이아웃 유동성	중음 (환기구 고정유의)	어려움	가장 중음	어려움

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

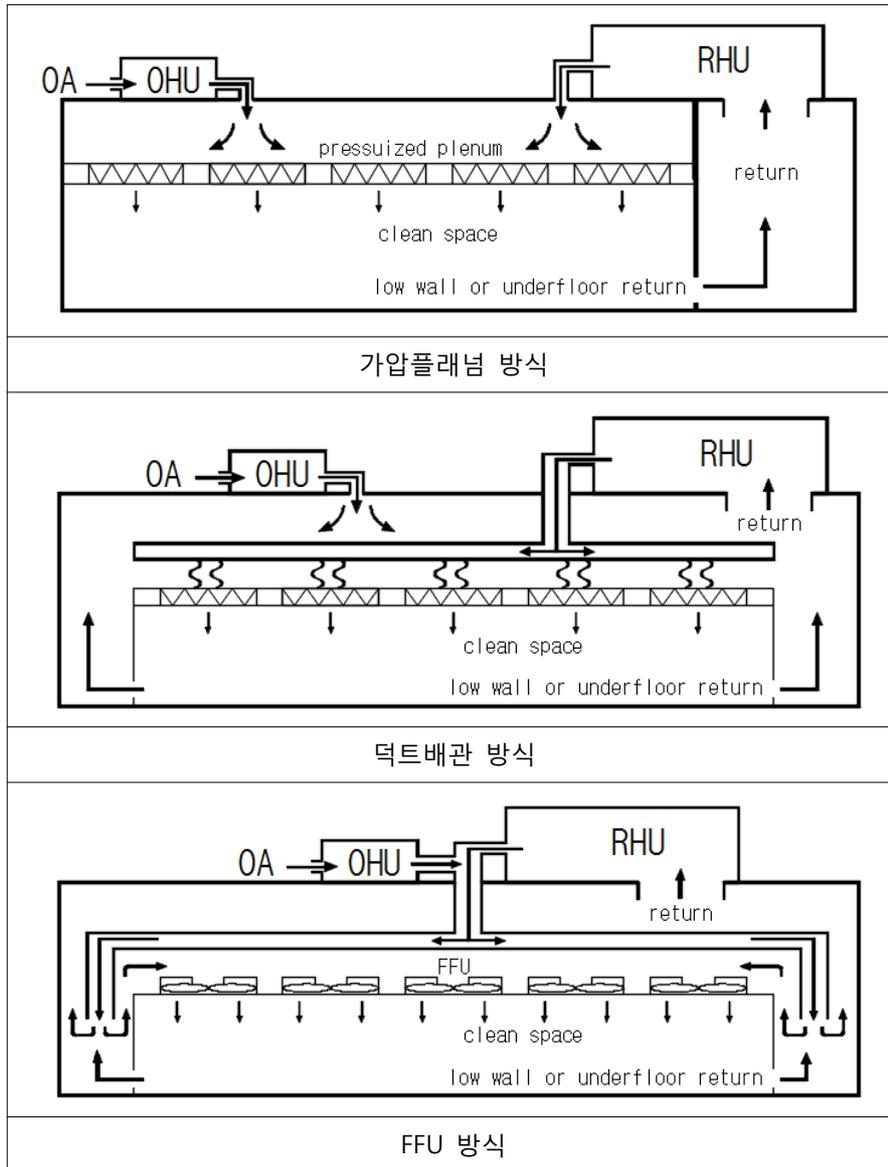
<표 11> 기류형식별 특징 -2

	비단일방향류 방식		단일방향류 방식		
	일반형	벡터형	수직형	수평형	
CASS	클래스 7	클래스 8	클래스 4~5	클래스 4~5	클래스 6
풍속(m/s)	-	-	0.25 ~ 0.30	0.45 ~ 0.50	-
환기횟수 (회/h)	30 ~ 60	20 ~ 30	200 ~ 600	200 ~ 600	100~200
취출구	필터 취출구		천정의 80%이상	벽의 80% 이상	
흡입구	바닥면 근처		바닥의 40% 이상, 벽 면하부로 부터도 가능	벽의 40% 이상, 천정으로부터 가능	
장점	<ul style="list-style-type: none"> - 구조가 간단 - 설비비가 저렴하다. - 실의 확장이 비교적 용이 - 크린룸 고청정도 확보 		<ul style="list-style-type: none"> - 작업인원, 작업상태에 좌우 되는 경우가 적다. - 운전개시 후 즉시 정상상태로 된다. - 분진의 퇴적, 재 부유 어렵다. - 관리용이 	<ul style="list-style-type: none"> - 운전개시 후, 즉시 정상상태로 된다. - 구조가 간단하다. 	
단점	<ul style="list-style-type: none"> - 기류가 불규칙하여 오염입자가 실내에서 순환할 염려가 있다. - 정상상태로 외기까지 많은 시간이 걸린다. - 사람, 기기류의 레이아웃, 관리에 주의 필요하다. 		<ul style="list-style-type: none"> - 천장부 dead space(조명등)주의가 필요(난류 방지를 위해) - 필터 교환이 불편하다. - 초기 설비비가 비싸다. - 실의 확장이 곤란. 	<ul style="list-style-type: none"> - 상류의 영하이 하류에 미친다. - 사람, 기기류의 레이아웃, 관리에 주의 - 설비비가 상당히 높다. - 실의 확장이 곤란 	

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

제2절 공기순환 방식에 따른 크린룸의 종류

- 크린룸의 공기는 일반적인 건물의 공조된 공기에 비해서 고가이기 때문에 대부분의 공기를 재순환시켜 외부로 유출되는 공기를 최소화시키는 것이 중요하다.
- 실제 외부로 유출되는 공기는 가압을 위한 공기량과 배기량의 합이고 나머지 공기는 재순환 시킨다. 기본적인 공기순환 방식은 가압플래넘 방식, 덕트배관 방식, FFU(Fan Filter Unit) 방식이 있다.



[그림 4] 크린룸 공기순환 방식

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

1. 가압플레넘 방식

- 크린룸 천장에 초고성능 Filter(HAPA Filter or ULPA Filter)를 설치되고 리턴덕트 또는 공기 순환유닛 내부에 가압용 축류팬이 설치되어 크린룸으로 청정한 공기를 불어넣어주는 방식이다.
- 덕트방식에 비해 공기의 유로가 짧고 축류팬의 기계적 효율이 좋기 때문에 에너지 절감 방식이라고 알려져 있다.
- 상부 플레넘의 압력이 높아 필터누출이 발생하면 크린룸을 오염시킬 수 있다.

2. 덕트 방식

- 리턴되어 순환되는 공기가 외부에서 유입되는 공기와 혼합된 후 크린룸으로 재공급되는 방식으로, 공조기에서 크린룸까지 덕트로 연결된 방식을 말한다.
- 여러개의 직병렬 덕트가 연결되어 압력손실이 큰 단점이 있다.
- 에너지 소비량은 다른 방식에 비해 크다.

3. FFU(Fan Filter Unt) 방식

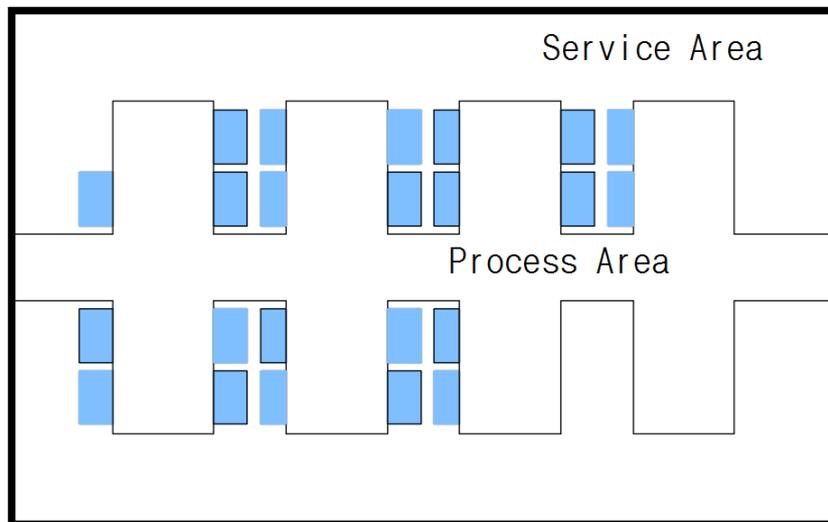
- FFU에 내장된 팬에 의해 가압하여 공기를 순환하는 방식으로 크린룸과 상하부 플레넘으로 구성된다.
- 최근 신설되는 중·대형 크린룸에 빠르게 확산되는 방식으로, 순환 공조계통은 타 방식과 동일하고 공기의 순환을 필터 상부에 설치된 개별 팬으로 순환하는 방식이다.
- 소형 순환 팬 유닛과 ULPA 또는 HAPA Filter를 조합한 복수의 FFU를 천장에 설치하여 청정 공기를 순환시킨다.
- 크린룸의 압력이 상부 플레넘의 압력보다 높아 가압플레넘 방식에 비해 오염누출에 유리하고 배치의 유연성이 큰 것으로 알려져 있다.
- FFU에 내재된 팬의 기계적 효율에 따라 에너지 비용의 편차가 크다.

제3절 레이아웃에 따른 분류

- 크린룸의 다원화, 대형화 등으로 여러 가지 방식이 접목되는 것이 일반적이라 모든 경우를 일반화시킬 수는 없지만 여기서는 대표적인 방식에 대해서만 언급한다.

1. 베이(Bay) 방식

- 기본적으로 수직단일방향류 방식의 일종으로 실내에 고청정 지역(Process area)과 청정도가 떨어지는 지역(Service area)이 섞여있는 경우에 ULPA 필터, HEPA필터 또는 블라인드 패널을 청정도에 따라 배치함으로써 경제적인 순환풍량을 확보하고, 온습도유지 및 유연성 관점에서 유리한 방식이다.
- 순환계통에는 대형 축류팬, 쿨링 코일, 미디움필터 등이 필요하다.
- 에너지 절약 및 오염제어 대응성을 동시에 해결할 수 있는 방식이다.
- 프로세스영역과 서비스영역을 판막으로 구획하여 필요에 따라 청정도를 변화시킬 수 있는 방식으로 고집적도 반도체 공장에 많이 적용되고 있다.



[그림 5] 베이방식 크린룸

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

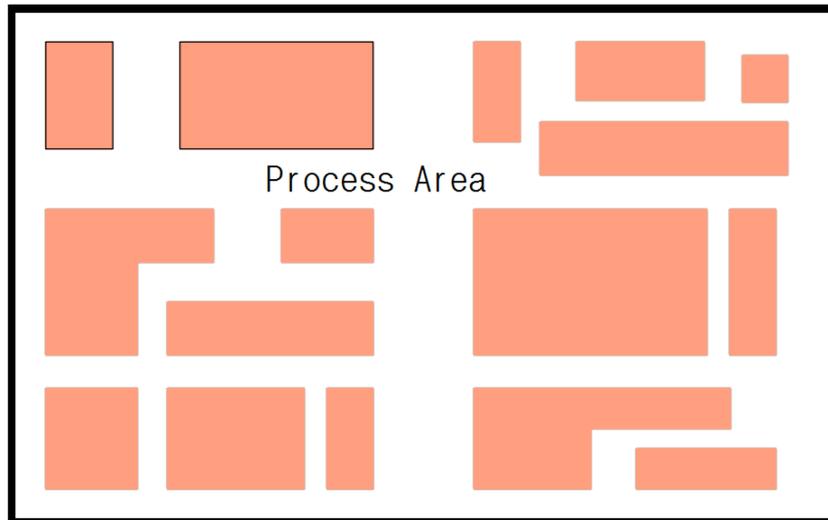
2. CTM(Clean Tunnel Module) System

- 공기 순환계통은 로컬 순환방식으로 생산시설의 레이아웃이 Bay방식으로 되는 경우에 Fan, Filter 및 Cooling Coil이 포함 된 Tunnel Module 을 연속 조합, 설치하여 청정공기를 순환시키는 방식이다.

- 타 방식에 비해 청정도, 온습도 유지성능이 떨어지고, 일단 설치하면 이설이 어렵기 때문에 유연성이 떨어지는 단점이 있다.
- 공기순환방식이 로컬 순환이기 때문에 교차오염의 문제가 발생하지 않는다.
- 중규모 크린룸에 많이 적용된다.

3. 볼룸(Ballroom) 방식

- 베이방식과는 달리 크린룸 전체가 프로세스영역으로 구성되어 있는 크린룸을 말한다.
- 생산장비들은 크린룸에 위치하고 별도의 구획이 존재하는 않는다.
- 전면 층류방식으로 Class 1,000이상 크린룸에 적용하며 상부에 FFU가 배치되거나 가압 플레넘 방식이 적용되기도 한다.

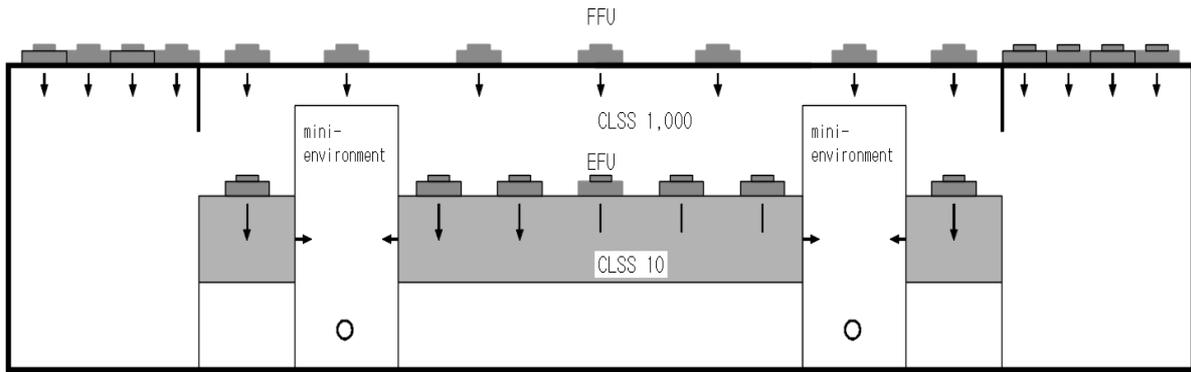


[그림 6] Ballroom 방식 크린룸

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

4. 국소환경(Mini-environment) 방식

- 크린룸 전체를 고청정화 하는 것이 아니라 국소 영역에 필요한 청정도를 생산 장치에 맞춰 EFU(Equipment Fan-filter Unit) 등을 이용하여 국소적으로 클린화 하는 방식으로 에너지 절약과 오염제어에 매우 유리한 방식이다.
- SMIF(Standard Mechanical Interface) 시스템도 국소환경 방식의 일종이다.
- 크린룸의 대형화로 설비가 증대되고 웨이퍼의 대구경화와 제품의 고집적화에 적합한 작업 효율성을 요구되어 제어공간의 국소화와 크린룸 설치비 및 운전비 절감을 위해 제안된 방식이다.



[그림 7] 국소환경 방식 크린룸

[출처] 산업통상자원부 크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 2014.02

본 절은 「크린룸 공조에너지 최적화 운용가이드 (산업통상자원부, 대한상공회의소 지속가능 경영원, 한국전자정보통신산업진흥회, 2014.02)」의 일부 내용임.

참고문헌 원출처

1. 일본공업출판사(2011), 『크린룸의 설계·시공 매뉴얼』, 서울: 에코북.
2. 전자업종 제조지원 설비(크린룸) 현황조사 및 에너지 절감 방안 연구 결과 보고서