

클린룸의 안전대책 (소방설비를 중심으로)

이 상 인
(주) 삼우 설계
실장 / 기술사

1. 클린룸에 있어서의 재해의 특수성

클린룸내에서 작업을 필요로하는 공장 연구소등은 그 기본 성격상 Process의 청정도에 의해 건물내가 구획, 구분되고 각 공간은 1~2개의 문으로 연결되어 있다.

또한 외벽측도 대부분 무창으로 외부와 격리되어있고 각 공간 또는 외계된 건물내는 공조배기 시스템만에 의해 외기와 통하도록 되는 밀폐구조가 대부분이다.

더구나 이와같은 클린룸내에서는 일반적으로 타 설비와 비교되지 않을 만큼 기밀도로 되어 있고 각종의 Energy, 약품, 가스, 미생물 가연물 등을 취급하기 때문에 인체에 대해 직접 독성이나 위험성이 높고, 인화나 폭발을 야기시키기 쉽게 되어있다.

이와같이 클린룸내에서 화재의 발생이나 유해가스, 유독성 물질이 누설되는 사고가 발생하면 클린룸이라는 특수구조로 이상이나 재해발생의 조기발견이 지연되며 미로상의 실구성이 작업자의 조기피난 행동을 방해하

게 된다.

또한 공조설비에 의한 강제순환에 의해 유해물질이나 연기가 급속히 확산하여 유해가스의 농도를 급상승시켜 재해의 정도를 심화시키는 결과를 초래하게 된다.

클린룸에서의 위험요인을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 클린룸에서의 위험요인

	요 인	위험의 종류
화학적요인	폭발성, 인화성 물질 가연성가스, 자연성가스 유해물질, 독성 가스	폭발, 화재 폭발, 화재 침해, 화상
물리적요인	전기장치 정전기 고 Energy 장치 고압장치	감전 폭발, 화재 화상, 폭발, 감전 폭발, 화재

2. 방재설비

2.1 기본구상

〈방재대책의 기본〉

- ① 복수의 피난경로에 유의한다. 피난경로는 물리적인 장애가 없도록 함은 물론 화재의 번짐이나 연기 고압증기 등의 분출가능성을 제거하도록 배려한다.
- ② 피난로에는 통상의 경로이외 긴급전용의 비상구를 설치한다. 비상구는 지진등의 건물변위에 의해 개방불능의 구조가 되지 않도록 한다.
- ③ 위험요인은 물리적으로 격리한다(특수가스를 누설감지기가 있는 실린더 박스에 수용하는 등)
- ④ 위험요인의 반입을 제한한다.
- ⑤ 긴급시 화재요인의 공급정지(특수가스, chemical등의 긴급차단 설비등)
- ⑥ 재해의 발생을 조기에 발견, 통보한다. 가스감지기 화재보지설비, ITV설비, 인터폰설비, 비상방송설비등
- ⑦ 초기단계에서의 확대방지 및 피해의 최소화를 위해 소화설비(소형할로겐, CO₂소화기, 스프링크라설비, CO₂소화설비, 할로겐소화설비, 옥내소화전 설비등), Emergency Body Shower, 긴급용 공기호흡기를 설치한다.

2.2 안전대책 예

반도체 공장을 예를 들어 재해의 안전대책을 나열하면 다음과 같다.(그림1 참조)

2.2.1 위험의 조기감지

- ① 가스 탐지시설의 설치
- ② 열감지기의 설치

③ 초고감도 연감지기의 설치

④ 누수 감지설비의 설치

⑤ 누액 감지설비의 설치

⑥ ITV설비의 설치

2.2.2 위험의 조기 배제

⑦ 소화설비(스프링크라 옥내소화전 등)의 설치

⑧ 긴급 배기설비의 설치

⑨ 긴급 재해설비의 설치

⑩ 닥트내 CO₂소화설비의 설치

⑪ Emergency Shower의 설치

⑫ 보호구(공기호흡기, 안전보호구 보호의, 보호장갑)의 비치

2.2.3 위험역에서의 이탈

⑬ 비상방송설비의 설치

⑭ 유동등(피난구통로)의 설비

⑮ 비상조명의 설치

⑯ 피난기구의 설치

⑰ 안전피난통로의 설치

⑱ 배연설비의 설치

2.2.4 기타의 안전대책

⑲ Maintenance 배기설비의 설치

⑳ RAP(Return Air Plenum)의 안전통로의 설치

㉑ 배관의 이중화(Gas, 약액, 발액)

3. 반도체 공장의 화재의 예방과 대책

3.1 Gas 화재대책

(1) 누설의 방지 및 저장상의 주의

a. Gas Exhaust Fan을 설치하여 강제적으로 상시배기

b. 온습도가 안전한 장소에 보관

c. 가스누설경보기를 적절한 장소에 설치

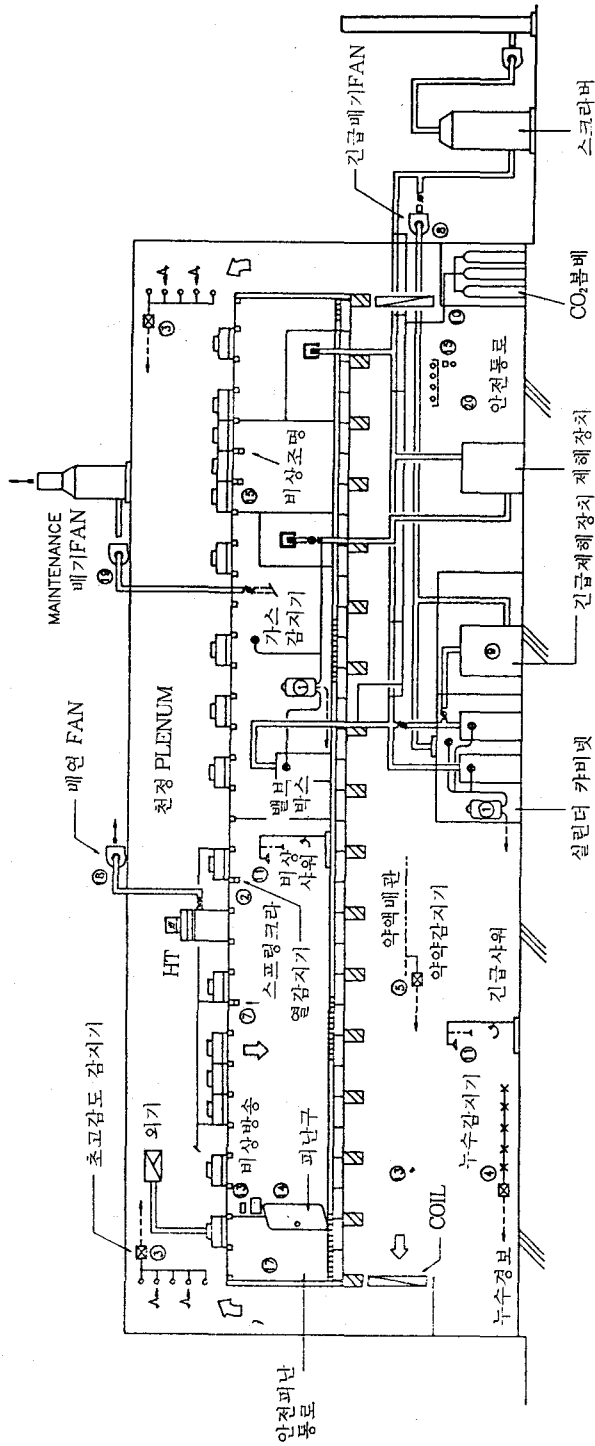


그림 1 반도체 제조공정의 안전대책 예

■ 방재설비일람

설비명	내 용
경 보 설 비	누전 화재 경보기 자동 화재 보지설비(감지기, 발신기, 수신기) 비상 경보기구별설비(Bell, Siren, 비상전화, 비상방송설비)
소 화 설 비 (자 동)	Sprinkler, 수분무, 포, 분말, 이산화탄소, Halogen 화물소화설비
소 화 설 비 (수 동)	소화기(포, 분말, Halogen, CO ₂) 옥내, 옥외소화전
방 화 · 방 배 연 설 비	감지기, 운동조작반, 자동개폐장치
방 화 설 비	방화문, 방화 Shutter, 방화 Damper
방 배 연 설 비	방연벽, 배연구, 배연기, 배연창 공조설비(운전/정지)
통 보 설 비	비상통보기, 일반전화
피 난 시 설	비상구, 피난 Balcony, 피난계단, 특별피난계단
피 난 설 비	비상용조명장치 유도등, 유도표식, 피난구유도등, 피난유도설비 구조대, 완강기
소 화 활 동 상 필 요 한 시 설 등	배연설비 연결산수설비 연결송수관
비 상 용 전 원 설 비	비상 Receptacle설비
예 비 전 원 설 비	무선통신보조설비 소방용수(방화수조, 저수지) 비상용 진입구 비상용 엘리베이터
Gas 재 해 방 지 설 비	Gas Monitoring System 긴급차단설비 긴급배기설비 긴급용 공기호흡기설비 보호구
Chemical 재 해 방 지 설 비	Chemical 누설 Monitoring System 긴급차단설비 긴급배기설비 Emergency Body/Eye Shower 보호구
부 대 설 비	연락설비(Interphone, Paging)

- d. 용기의 전도방지
- e. 빈 용기 일지라도 전용저장고에 설치
- f. 사용이 끝난 용기도 가압상태에서 저장한다 (빈 용기에 부압이 발생하여 공기가 침입하는 일을 방지하기 위해)

(2) 주위의 불연대

(3) 소화의 원칙:가연물, 산소, 열

- a. 질식소화법
 - 불연성액체로 가연물을 덮는 방법
 - 불연성 포로 연소물에 뿌리는 방법
- b. 희석소화법
 - 바람으로 불어서 끄는 방법(연소범위이하)
 - 불연성기체로 희석하여 소화하는 방법
- c. 제거소화법
 - Bombe의 Cock을 닫아서 연소물을 제거

d. 냉각소화법

- 소화제의 냉각효과를 이용

e. 연소 억제작용에 의한 소화법

- 할로젠 탄화수소를 이용한 소화약제
- 분말소화약제
- 강화액 소화약제(탄산칼륨 수용액)

(4) 가스화재의 소화법

재착화나 폭발의 위험이 있기 때문에 직접소화는 피한다. 그 대책으로는

- a. 누설등의 유출을 막는다.
- b. 화염에 의한 연소방지
- c. Bombe가 설치된 곳의 화재는 폭발방지를 위해 냉각을 행한다.
- d. 주위의 가연물의 소화를 중시한다.

(6) Bombe에서의 분출화염의 소화법

- a. 화재가 적은 경우의 대책:젖은 장갑으로 용기 밸브를 잠근다.
- b. 화재가 큰 경우의 대책:

(5) 가연물과 소화기의 소화능력

가연물	소화기	수 계 소 화 기				GAS계 소화기		분말소화기	
	수소화기	강화액	화학포	기계포	이산화탄소	할로젠계	ABC분말	BC분말	
목 재 품	◎	○	○	○	×	×	○	×	
종 이 섬 유 제 품	◎	○	○	○	×	×	△	×	
셀룰로이드, 고무류	◎	○	○	○	×	×	△	×	
합 성 수 지 류	○	○	○	○	○	○	○	○	
인 화 성 유 류 등	×	○	◎	◎	○	○	◎	◎	
가 연 가 스	×	×	×	×	○	○	○	○	

(주) ◎:가장 소화가 잘 됨

○:소화가 가능함

△:완전하게 소화되지 않지만, 화재를 억제가능한 것

×:소화가 불가능한 것.

- 용기의 냉각
 - 연소방지를 위한 물주입
 - 화원에 분말소화기 이산화탄소를 뿌려서 소화
 - 소화후 즉시 용기밸브를 잠근다
- (7) 자연발화성가스의 소화:Gas계 고정 소화설비를 설치하여 가능
- (8) 독가스의 소화법;소화엄금(독가스의 연소 생성물의 독성은 낮다)
- 저장실을 격리하고 고정소화설비를 설치하여 외부에서 소화한다.
 - 인명구조 활동을 최우선으로 하고 자급식 호흡기를 장착한다.

(9) 특별재료 GAS의 소화제 일람

	특수 재료 가스	화학식	유효소화제	소화불능소화제
실리콘계	모노실란	SiH ₄	불명(가연성)	하론 1301,1211,CO ₂
	지그롤실란	SiH ₂ Cl ₂	불명(가연성)	불명
	삼염화규산	SiHCl ₃	CO ₂ 드라이케미칼(가연성)	불명
	사염화규산	SiCl ₄	불연성	~
	사불화규산	SiF ₄	불연성	~
	지실란	Si ₂ H ₆	불명(가연성)	불명
비소계	알신	AsH ₃	불명(가연성)	불명
	불화비소	AsF ₂	불연성	~
	불화비소	AsF ₅	불연성	~
	염화비소	AsCl ₃	불연성	~
	염화비소	AsCl ₅	-	-
인계	호스핀	PH ₃	불명(가연성)	불명
	불화인	PF ₃	지연성으로 생각됨	~
	불화인	PF ₅	지연성	~
	염화인	PCl ₃	-(불연성)	-
	염화인	PCl ₅	-(불연성)	-
	옥시염화인	POCl ₃	불연성	-
호우소계	지플란	B ₂ H ₆	프로린포소호제	하론 1301,CO ₂ ,N ₂
	삼불화호우계	BF ₃	불연성	
	삼염화호우계	BCl ₃	불연성	
	삼취화호우계	BBr ₃	불연성	
금수속산화물계	셀렌화수소	H ₂ Se	불명(가연성)	불명
	모노겔만	GeH ₄	불명(가연성)	불명
	테르화수소	H ₂ Te	-(가연성)	-
	스치핀	SbH ₃	-(가연성)	-
	수소화스즈	SnH ₄	-(가연성)	-
	할로	삼불화질소	NF ₃	액체질소, 다량의물(지연성)
사불화질소		SF ₄	-(불연성)	-
불화텅스텐		WF ₅	불연성(지연성으로 생각됨)	~
불화몰리브덴		MoF ₆	-(불연성)	-

겐 화 물	사염화질마늄	GeCl ₄	불연성	~
	염화스즈	SnCl ₄	불연성	~
	염화안티몬	SbCl ₅	-(불연성)	-
	염화텅스텐	WCl ₆	불연성	~
	육염화몰리브덴	MoCl ₆	-(불연성)	-
금속 아르킬 화물	트리아르킬인듐	GaR ₃	아스베스토방화포,분말소화제	불명
	트리아르킬갈륨	InR ₃	아스베스토방화포,분말소화제	불명

(10) 특수재료 GAS의 소염농도

	이산화탄소의소염농도(%)		하론1301의소염농도(%)		물의 소화효과
	대략	완전	대략	완전	
실란(SiH ₄)	70~80	소화불능	소화불능	소화불능	소화불능
호스핀(PH ₃)	78~80	95	60	95	소화(착화원에 의해 재착화)
지플란(B ₂ H ₆)	-	77	77	소화불능	소화(착화원에 의해 재착화)

3.2 유기용제의 화재대책

(1) 누출방지

- a. 밀폐용기의 사용
- b. 배관의 사용
- c. 누출의 국한대

- 전도성을 좋게하는 첨가제를 부여한다
- Boud Earth의 접촉을 한다
- 전도성 신발을 사용한다

(2) 폭발성 혼합기의 형성방지

- a. 환기장치로 증기농도를 낮춘다.
- b. 환기장치에는 방폭기기를 사용한다.
- c. 가스농도계 등에 의해 가스농도를 Monitor한다.

(4) 유기용제의 소화법

- a. 화재가 적은 경우-이산화탄소 소화기의 사용
- b. 화재가 큰 경우-고정소화장치의 사용

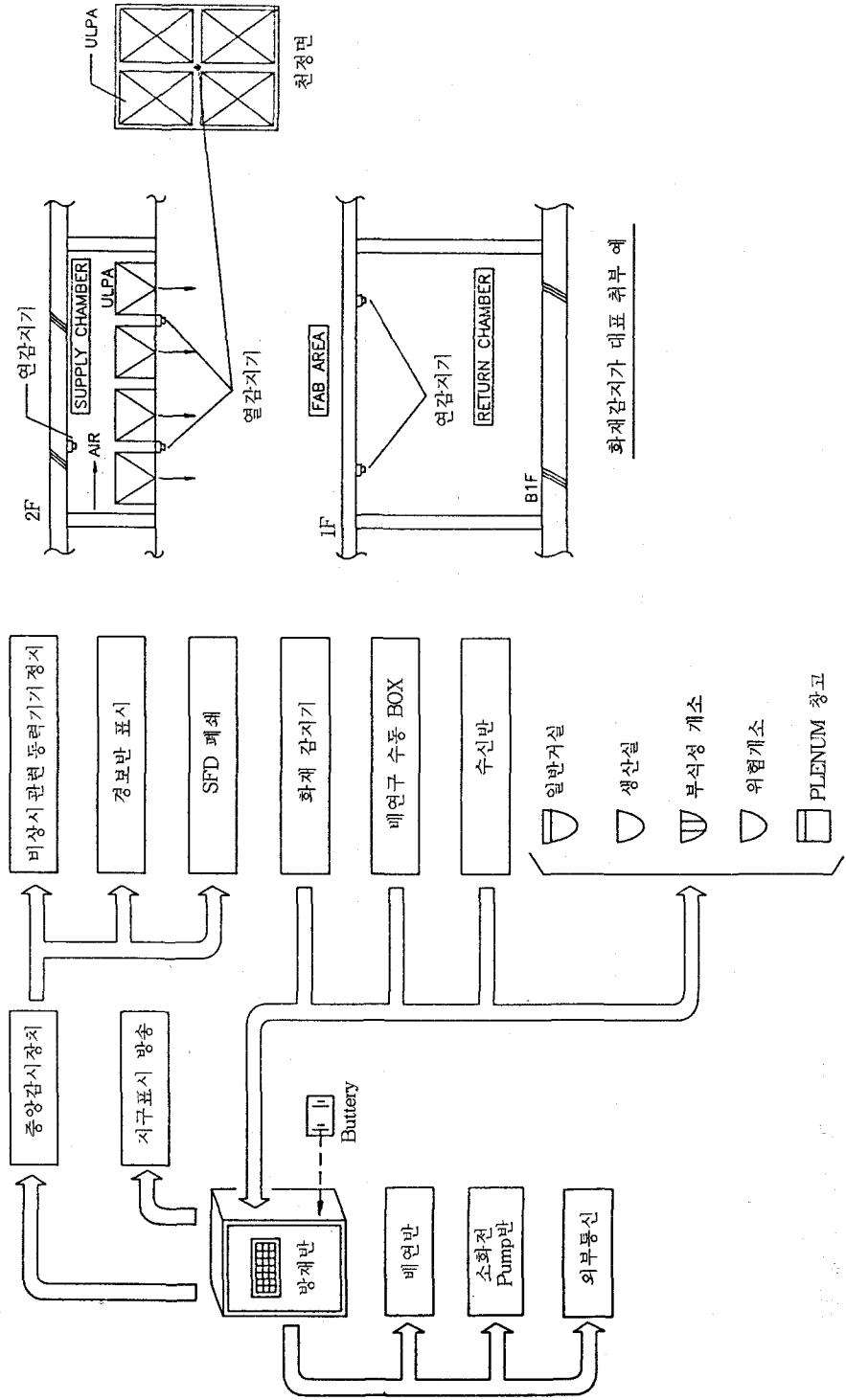
(3) 발화원의 제거

- a. 일반 화기사용(담배, 성냥, 라이터) 엄금
- b. 작업용 화기의 제한
- c. 임시화기는 책임자의 감독하에 실시
- d. 전기설비(방폭기기사용)
- e. 정전기
 - 정전기 흐름을 제한한다
 - 급격한 교반을 피한다
 - 주위의 ION대를 중대시킨다

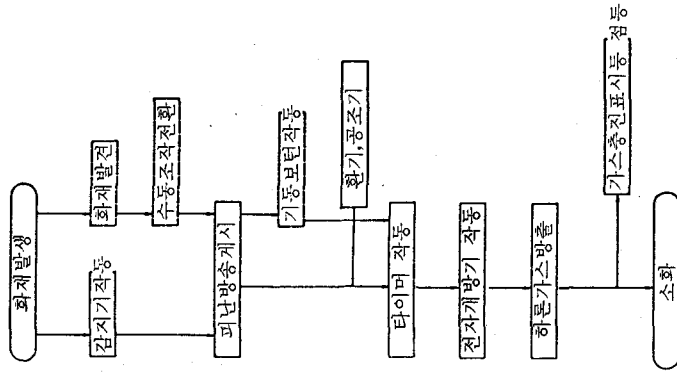
(5) 소화농도

	화학식	이산화탄소	질소	할론 1301	할론 1211
아세톤	(CH ₃) ₂ CO	19	27	3.0	3.4
에틸알콜	C ₂ H ₅ OH	23	32	3.3	4.0
에틸에테르	(C ₂ H ₅) ₂ O	23	35	3.4	3.8
벤젠	C ₆ H ₆	20	29	2.3	2.4
톨루엔	C ₆ H ₅ CH ₃	17	28	1.9	2.3
메탄올	CH ₃ OH	29	38	6.3	7.8
인프로필알콜	(CH ₃) ₂ CHOH	18	27	3.1	3.5

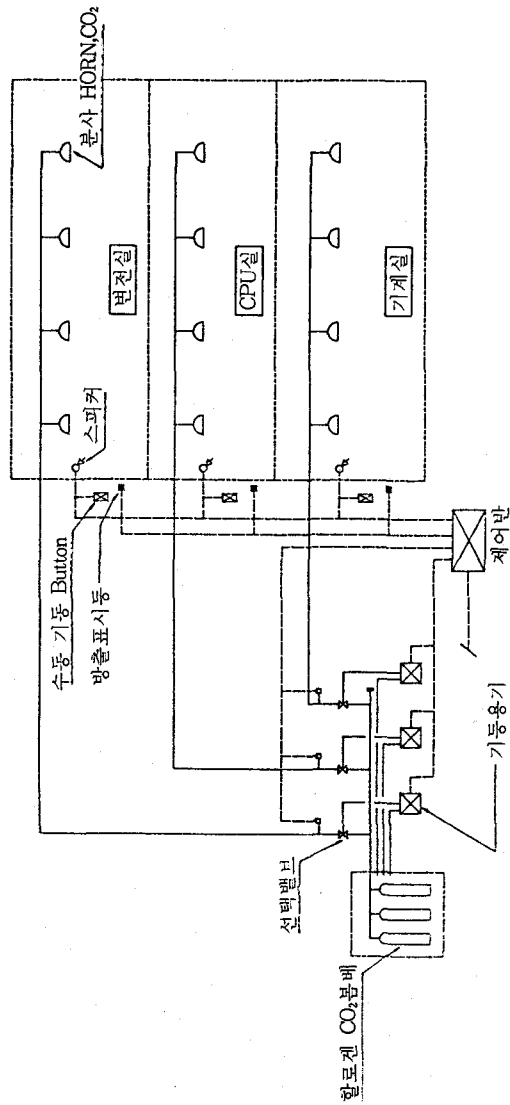
4. 클린룸의 자동화재 탐지설비 방식에



5. 할로겐, 이산화탄소 설비



자동소화 시스템 프로세스



6. 가스 캐비닛 Room의 안전대책

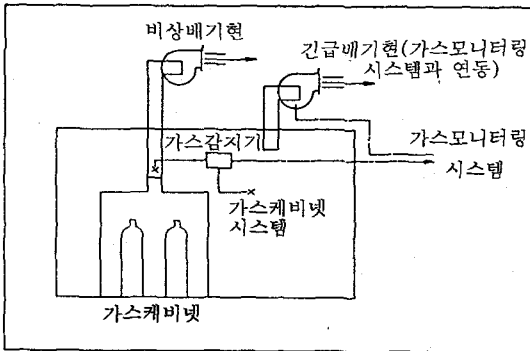
1) 가스 캐비닛 Room의 설치장소

가스 캐비닛 Room은 클린룸과 구획된 장소로 가스의 성질마다 구획한다.

2) 가스 캐비닛 Room의 조건

- a) 바닥, 천정, 벽, 문, 창
 - 장벽으로서의 강도를 가진다
 - 대전방지대책
- b) 통상배기설비: Room마다 단독계통으로 하고 10회/HR이상의 환기를 한다.
- c) 긴급배기설비: 가스 누설 경보장치와 연동
- d) 화재탐기설비: 연기, 온도 감지기의 설치
- e) 살수설비: 화재감지 설비와 연동

3) Gas 캐비닛 Room System



7. 결 론

클린룸은 일반 건축물과는 달리 소방설비

에 대한 제약이 많고 현행 법규에 대한 해석 자체도 애매한 것이 많다.

예를들면 층류형 클린룸에서는 천정 내 Supply Plenum과 클린룸, 즉 작업공간은 Hepa Filter로 구획되어 있고 클린룸과 Return Plenum은 Free Access Floor로 구획되어 있다. 이것을 각층으로 해석할때 층간 방화구획은 현실적으로 불가능하고, 또한 건물전체를 1개의 층으로 간주하기에는 그 소방시설 및 법규적용에 문제점이 많다.

또한 대단위 공정을 갖는 바닥면적이 1000m²이상인 클린룸에 있어서도 분류나 공정의 흐름상 방화구획이 현실적으로 불가능하여 스프링클라 설비가 갖추어져야 함에도 불구하고, 초청정 공간을 형성하는데 있어서 그러한 물 분무 설비의 설치의 제약이 많은 것도 현실이다. 설치의 문제를 떠나서라도 오작동이나, 배관 Leak에 따른 시설물(장치를 포함)에 가해지는 Damage는 실로 상상할 수 없는 정도로 크게될 우려가 있다.

차후 이러한 시설물에 대한 법적제약을 떠나 재해를 사전에 방지하는 예방적인 차원에서 그 연구 및 대책이 이루어져야 할 것이다.

- 참고문헌 -

1. 클린룸 핸드북(클린룸의 안전대책)
2. 건축설비 핸드북
3. 소방법 시행령 시행규칙