

Clean Room 위험성 평가에 따른 안전성 확보에 관한 연구 A Study on Safety by Risk Assessment of Clean Room

송윤석[†] · 윤명오 · 현성호* · 이창우* · 윤여송** · 김성민**

Yun-Suk Song[†] · Myong-O Yoon · Seong-Ho Hyun* · Chang-Woo Lee* ·
Yo-Song Yoon** · Sung-Min Kim**

서울시립대학교 도시방재안전연구소, *경민대학 소방안전관리과
**삼성전기(주) 환경안전팀
(2004. 10. 26. 접수/2004. 12. 21. 채택)

요 약

본 연구에서 Clean Room 재해사례를 분석하였고, Factory Mutual Property Loss Prevention Data Sheets(FM), Industrial Risk Insurers(IRI), NFPA Code 등의 Clean Room 설계 주요 방화기준에 대하여 비교·분석을 하였다. 그리고 화재시물레이션을 통한 위험성 평가를 통해서 화재 시 공조설비의 작동으로 인한 연기산란 현상으로 Clean Room 내의 피해규모가 상상을 초월하는 결과를 얻을 수 있었으며, 또한 스프링클러설비의 작동으로 열온도가 더 낮아지고, 연기의 확산속도를 더 줄여줄 수 있는 것으로 분석되었다. 따라서, Clean Room 내의 화재 시 화재감지기에 의해 공조설비를 정지시키고, 스프링클러설비를 설치하는 것이 안전성을 확보하는데 중요한 요소를 유추하였다. 그러므로 본 연구에서 Clean Room에 대한 안전성을 확보하는데 기여하고자 한다.

ABSTRACT

This research analyzes Clean Room accidents, and presents research Clean Room, major fire prevention standards of Clean Room (FM, IRI, and NFPA Code), various results from Fire Simulation of analysis. The results are : the smoke diffusion is very quick coupled with the Heating, Ventilating, and Air Conditioning (HVAC) systems under fire ; the possibility of getting the result and the possibility the role of the Sprinkler systems to reduce the diffusion of the smoke. We learn about the importance to stop operating Heating, Ventilating, and Air Conditioning (HVAC) systems and to operate the Sprinkler system for securing safety with fire detection. Therefore, This research will be contributing to secure safety of Clean Room.

Keywords : Clean Room, Fire Simulation, HVAC systems, Sprinkler systems

1. 서 론

현대 산업은 과학산업, 첨단 기술 산업의 시대로 첨단 제품의 수율과 성능을 향상시키기 위하여 첨단기술의 고도화, 초정밀화, 고순도화, 무균화의 추세로 Clean Room 시설은 급속히 증가하고 있다. 또한, Clean Room은 반도체 산업, 정밀산업, 전자산업, 정보통신, 광학기계, 우주항공, 병원, 실험실, 의약품제조산업, 식품제조산업 등 광범위한 범위까지 다양하게 요구된다. Clean Room 시설이 가장 많은 국가로 국내와 더불어 미국, 일본, 대만 정도에 지나지 않아 국제적으로 Clean Room

에 대한 방제기준 제정 및 연구가 미흡한 실정이다. 본 연구대상인 Clean Room은 약 2,500 m²으로 외부보다 30% 이상 높은 내부압력과 Top-Down 방식의 고풍량 공조설비이다. 또한, Clean Room은 청정도에 관련된 공조설비로만 구성되어 있고, 유사시에 공조설비와 자동 연동된 감지기에 의한 동작이 제품 불량 발생이 많아 사용이 되지 않고 있는 실정이다.

2. Clean Room 사고사례분석

2.1 국내

국내 Clean Room 주요 사고 발생 공정은 특수가스(SiH₄, AsH₃, PH₃ 등) 사용공정, 기타 가스(질소, 수소)

[†]E-mail: haijoo0114@empal.com

사용 공정, 식각 작업 등 산류, 유기용제 사용공정, 기타 공정 등이고, 주요 국내 Clean Room 사고사례는 다음의 Table 1과 같다.

2.2 국외

국외 Clean Room 사고사례는 다음의 Table 2와 같다.

Table 1. 국내 Clean Room 사고사례

일시	사고개요	사고원인	피해현황
1992. 5	반배기 분기배관의 배기 정압이 Drop 되어 설비가 Down	산배기 분기배관 내부에서 산과 알칼리 반응물이 생성되어 배기덕트가 하중을 이기지 못하여 Crack이 발생하고, 배기 정압이 Drop 되어 설비가 Down	산배기 Duct 막힘으로 외부 PVC Duct 파손, 하부 H - Beam 부식
1999. 10	배관 오인으로 인한 가스 누출로 화재 발생	배관 신설작업 중 용접을 위하여 Fitting을 Open하는 과정에서 SiH ₄ 배관을 타 배관으로 오인하여 Fitting을 Open하여 SiH ₄ 의 자연발화로 화재 발생	SiH ₄ 공급을 즉시 차단하여 피해 없음
2000. 7	반도체 장비 Vent Line PVC관에서 폭발이 발생	사용가스(SiH ₄ , SiHCl ₃ , SiH ₂ Cl ₂)의 미세입자가 PVC 관벽에 붙어 입상관 관벽에서 이탈되어 낙하하는 도중 낙하 충격에 의해 폭발	반도체 장비 및 Scrubber 파손
2001.	공정 장비에서 SiH ₄ 가 자연발화	공정장비는 반응을 멈춘 채 SiH ₄ 가스가 계속 공급되어 Plenum Area (지하 Utility실)의 가동 중인 Mini Scrubber의 흡입부의 Bellows Type 배관에서 자연발화되어 화재 발생	Mini Scrubber의 진공펌프, 덕트 배관의 파손, 공정장비 사용중단, 진공펌프 파손
2001. 3	반응 후의 적린이 공기 중에 노출되어 화재 발생	CVD에서 PH ₃ 반응 후 Scrubber Chamber에 적린 미립자가 누적된 상태에서 수작업으로 Chamber 교체 중 공기에 노출 화재 발생	인명피해 없으며, 공정 중단
2001. 6	가스 캐비닛의 가스용기 교체 시 독성가스의 누출	용기의 End Cap을 Open 하는 순간 Cap 내부에 체류된 가스 또는 Valve의 단합이 불량하여 가스 누출	작업자의 대피로 인한 작업 중지
2002.	유기용제 사용 Wet Station의 전기 누전으로 화재 발생	톨루엔 등을 사용하는 유기 Wet Station의 하단부에 물이 흘러 전기 합선이 발생하여 화재 발생	화재로 인한 피해는 없었으나, 연기에 의한 오염이 오래 지속

Table 2. 국외 Clean Room 사고사례

일시 및 장소	사고개요	사고원인	피해현황
1982. 일본	배기가스 분말 누적에 의한 화재 발생	공정장비에서 Monosilane와 Ammonia의 반응 후에 배출된 상태에서의 미세 분말의 PVC 덕트에 누적되어 화재가 발생	배기덕트손상 및 장비 Shutdown으로 24시간 생산 중단
1992. 일본	배기 배관에서 화재	반응 후의 잔류 SiH ₄ 를 배출하기 위한 Fan을 통해 Scrubber로 이송하는 도중 배기덕트 굴곡 부분에서 화재 발생	인명피해는 없었으며, Fan 및 배기덕트 손상
1996. 10 대만	반도체 공장 폭발사고	수소 가스저장소의 수소 누출로 인한 폭발	266백만US\$ 피해
1997. 10 대만	과학기초산업공단 화재 발생	연무 배기설비 운전 중에 연무 덕트의 가지덕트(재질 Polypropylene) 신설 작업 후에 화재발생	공정전체에 조업중단 등의 피해
1999. 대만	반도체 공장 화재 발생	공정 내부의 전기 누전으로 인한 화재 발생	전용 배기설비가 없어 Fab에 연기 확산
2000. 일본	풍산성 공업기술원 종합 연구소 가스 누설	극저온 에너지 센터에서 불소가스의 누설 불소 가스는 초전도 실험장치에 사용하는 것이며, 여성보조직원은 열화된 가스를 정기 교환을 위해, 용기에서 관을 통해 장치에 가스를 보내주는 작업 도중에 실수로 다른 밸브를 개방하여 가스 누설	직원 6명이 가스를 흡입하여 가스에 중독
2001. 일본	유기용제 Wet Station 화재	유기용제 Wet Station 화재 발생	연기제거시간 60여시간 소요, 5일 조업 중지

2.3 국내·외 사고사례분석 결과

Clean Room내 유독성, 발화성, 가연성, 인화성 화학 물질을 다량 사용, 저장하고 있으며, 근무자는 방진복 착용으로 화재인지가 늦고, 피난의 악영향으로 사고가 발생하면 일반생산시설의 사고에 비해 대형사고를 일으킨다. 화재 시 화염에 의한 기업손실 뿐만 아니라, 고급장비와 장치, 또한 일정 청정도를 유지하는 Clean Room이라는 특수 시설이므로 비교적 작은 사고로도 연무, 연기에 의한 기업손실이 더욱 막중하다. 특히, 반도체 산업이 주요 산업인 국내는 국가적으로 막대한 손실을 입을 수 있다.

3. Clean Room 설계 주요 방화기준 비교·분석

1999년 청정도에 관한 국제규격인 ISO 14644가 발표되어 세계적 규격의 통일에 한발 전진하게 되었다. 그러나 Clean Room에 대한 표준이 일부 확정되어 있으나, 안전에 대한 사항은 전혀 언급되지 않고 있으며, 청정도를 관리하는 방법 및 공조 방식에 대한 기준만을 제시하고 있다. 미국의 NFPA Code¹⁾와 재보험사인 FM,^{2,3)} IRI^{4,5)}에서 안전에 대한 시설기준이 제시되고 있고, 국내는 Clean Room에 대한 소방법규에서

Table 3. 국외 Clean Room 설계 주요 방화기준 비교·분석

내화시간에 관한 기준	
IRI	<ul style="list-style-type: none"> □ 가연물 용도에 노출된 Clean Room : 최소 2시간 내화벽으로 구획 □ 노출이 보다 심각한 Clean Room : 2시간 이상 내화벽으로 구획 □ Clean Room 내의 문 : 3시간 이상 내화도인 방화문
NFPA Code	□ 인접 용도로부터의 Clean Room : 1시간 내화구조인 벽으로 구획
FM	□ Clean Room : 1시간 내화구조인 벽으로 구획
건축 재료에 관한 기준	
IRI	<ul style="list-style-type: none"> □ 벽, 바닥, 천장의 내장재 : 승인된 불연재 □ 구조 재료와 내부마감재 : 입자 발산 최소화
NFPA Code	□ 벽, 바닥, 천장, 칸막이 : 승인된 불연재
FM	<ul style="list-style-type: none"> □ 벽, 바닥, 내부마감재 : 승인된 불연재 □ Clean Room 외부벽에 들여다보는 창이 있는 복도 : 불연성 구조 자동식 소화설비에 관한 기준
IRI	<ul style="list-style-type: none"> □ 스프링클러설비 : Clean Room이 있는 건물 내에 설치, 스프링클러헤드는 배기덕트 개구부 직상에 설치, Access Floor 아래 Plenum Area에 설치 □ 고정식 이산화탄소소화설비 : Wet Station의 내부와 위에 설치
NFPA Code	<ul style="list-style-type: none"> □ 스프링클러설비 : Clean Room, Clean Zone 전체에 설치, 스프링클러헤드는 승인된 속도형 헤드 사용 □ 물분무소화설비 : 개방 분배설비의 실란가스 실린더 위에 설치 □ 국소방출방식의 가스소화설비 : 스프링클러설비 대응으로 허용
FM	<ul style="list-style-type: none"> □ 스프링클러설비 : Clean Room 전체 Class 분류에 상관없이 설치, 직경이 150 mm 이상인 모든 비급속 덕트설비에 설치, 스프링클러헤드는 57°C 등급의 승인된 속도형 헤드 사용 □ 물분무소화설비 : 최소한 방출시간이 2분이 되도록 설치 □ 이산화탄소소화설비 : Plenum Area의 방호는 1분내 50% 최저농도를 달성하도록 설계 □ FM-200설비 : Plenum Area의 방호는 10초내 7% 최저농도를 달성하도록 설계
수동식 소화설비에 관한 기준	
IRI	<ul style="list-style-type: none"> □ 이산화탄소소화기 : Clean Room내에 비치 □ 옥내소화전설비 : 옥내소화전 호스함은 Clean Room 출구 바깥쪽에 설치
FM	□ 이산화탄소소화기 : B급, C급 화재 위험에 승인된 소화기 사용, 제조지역 전체에 비치
화재감지설비에 관한 기준	
IRI	<ul style="list-style-type: none"> □ 공기샘플링연기감지기 : Clean Room의 Plenum Area 전체에 설치 □ 불꽃감지기 : 고정식 이산화탄소 소화설비를 자동 연동시켜 작동
NFPA Code	<ul style="list-style-type: none"> □ 공기샘플링연기감지기 : 보충공기로 희석되기 전 Clean Room 배기흐름 내에 설치 □ 불꽃감지기 : 물분무소화설비, 가스소화설비를 작동, 매달 검사 □ 자동식소화설비 방출 시 화재경보설비 작동
FM	□ 불꽃감지기 : Clean Room의 Plenum Area에 설치, 공기샘플링, 주소아날로그형 연기감지기의 사용 고려

Table 3. 계속

연무배기설비에 관한 기준	
IRI	· 불연성 덕트 사용, 최소한 1 m/s의 공기속도를 이용 예상되는 모든 오염 방출물을 포착
NFPA Code	· 배기덕트는 직접 밖으로 유도하고, 일체 완비 · 내화 구조물을 관통하는 덕트는 구조물과 동등한 내화도를 갖는 외함에 수납
FM	· 응축액이 덕트에 축적될 가능성이 있는 경우, 응축액 배수관 설치 · 화재 예상 장소에는 연기국부제어용으로 설계하고, 최소한 압력 50 Pa 이상으로 화재지역보다 노출된 인접한 지역에 유지할 수 있도록 설계 · 부식된 제품이 배기되는 곳에 설치, 연소성 덕트는 승인된 덕트로 교체, 교체할 수 없을 시 덕트를 방호할 스프링클러설비 설치
연기제어설비에 관한 기준	
IRI	· 공조설비가 연기제어를 위해 사용될 수 없을 때, 별도의 연기제어설비는 1 m ² 당 0.9 m ³ /min 이상 공급하도록 설계 · 공조설비를 겸하는 연기제어설비는 재순환 공기팬을 정지시키기 위해 공조덕트에 연기감지기를 설치 · 덕트는 불연재로 시공, 비상스위치는 각 Clean Room 출구 바깥쪽에 설치
FM	· 연기감지기에 의해 자동적으로 작동되도록 연기제어설비를 설계 · 연기제어설비를 수동으로 작동 가능한 제2방법을 Clean Room 외부에 표시, 접근할 수 있는 구역에 비치 · 덕트는 불연성 재료로 제작, 댐퍼와 팬을 포함하여 모든 감지기와 연기제어설비의 기능 테스트를 매년 실시
전기설비에 관한 기준	
IRI	· 비상전원은 모든 연무배기설비, 연기제어설비에 설치
FM	· 메인 변전소는 최소한 2개의 독립된 전송라인에 의해 전원을 공급받음 · UPS 시스템을 모든 중요 공정에 설치
기타설비에 관한 기준	
FM	· Scrubber는 Clean Room내에 설치 불가, 연소성 자재로 제작 시 입구와 개방된 배기구에 스프링클러설비 설치 · 비상운용 절차를 문서화하여, 화재 시 비상계획을 Clean Room 입구에 게시 · Clean Room내의 소음레벨은 65 dB 이하로 유지

Clean Room 시설이 일반건축물과 동일한 규정을 적용 받고 있는 상황이라 Clean Room에 대한 규정은 전혀 언급이 없는 실정이다. 단, 보험협회에서 Clean Room과 관련된 NFPA Code, FM, IRI를 기본으로 한 Clean Room 방화기준이 있다. Clean Room 설계 주요 방화 기준 비교·분석이 다음의 Table 3과 같다.

4. 화재시물레이션을 통한 위험성 평가

4.1 Clean Room의 공조방식

Clean Room의 공조 특성은 Class에 따라 쾌환수(시

간당 실내공기 순환수)를 조정하고 있으며, 공조설비 방식에 따라 Table 4와 같이 구분할 수 있다.

본 연구대상인 Clean Room은 Open Bay(FFU : Fan Filter Unit) 방식으로 기류는 Fig. 1과 같이 상부 급기, 하부 순환으로 되어 있어 연기 발생 및 가스 누출의 경우에는 일반실보다 빠른 시간에 내실자의 호흡기에 도달하게 된다.

4.2 화재시물레이션 개요

4.2.1 적용 프로그램

적용된 프로그램은 National Institute of Standards and

Table 4. Clean Room 공조 방식에 따른 구분

Clean Room 방식	쾌환수	평균 풍속
난류형 방식	20~80회/h	0.3~1.1 m/s
AHU(Air Handling Unit) 방식	350~450회/h	0.3 m/s
CTM(Clean Tunnel Module) 방식	400~600회/h	0.3 m/s
Open Bay 축류(Axial Fan) 방식	400~600회/h	0.3 m/s
Open Bay(FFU : Fan Filter Unit) 방식	400~600회/h	0.3 m/s

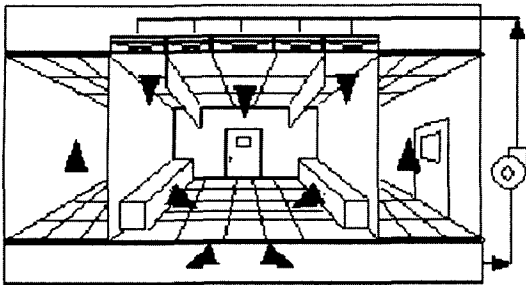


Fig. 1. Clean Room 공조 흐름 방식.

Technology에서 개발한 Computational Fluid Dynamics Model의 일종인 Fire Dynamics Simulator 3.1을 적용하였다. 이 프로그램은 화재 시 연기와 열의 이동이 Navier-Stokes식에 의해 수치해석을 하고, 알고리즘의 주요핵심은 적용된 계획에 의해 공간, 시간이 정확히 예측되어야 한다. 또한, Field Model인 이 프로그램은 기존의 다른 Field Model과 달리 스프링클러설비, 화재감지설비 등 소방설비를 적용하여 화재시나리오를 분석하는데, 즉 스프링클러설비가 설치된 산업용 시설의 화재현상을 예측하는데 적용되는 화재전용 수치해석 프로그램이다.⁶⁾

4.2.2 화재 시나리오 설정

NFPA 92B 기술되어 있는 내용을 참고하여 연소율이 시간의 제곱에 비례하는 화재 현상으로 적용하였다. ² 화재는 열방출량이 1,000 Btu/s에 도달하는 화재 성장 시간이 Slow는 600초, Medium은 300초, Fast는 150초, Ultra-Fast는 75초로 분류되고, 일반적인 공식은 다음과 같다.⁷⁾

$$q = \alpha t^2$$

- q : 열방출량(Btu/s)
- α : 성장속도(Btu/s³)
- t : 시간(s)

급속은 대기 중에 노출되면 부식되기 때문에, Wet Bench는 플라스틱 재료인 Polypropylene(PP), Fire-retardant Polypropylene(FRPP), Polyvinylchloride(PVC) 등으로 제작된다. Factory Mutual Research에서 길이가 2.4 m인 Wet Bench에 대해 실제 화재시험을 실시하였는데, 대략 10분만에 최대 열방출량이 10 MW를 초과했고, Wet Bench는 시험동안에 전소했다고 보고하고 있다.³⁾

본 연구에서는 유기용제의 사용 중 Wet Station에서의 화재 발생으로 사용되는 유기용제 15와 저장되어 있는 20 l가 연소되어, 불소 수치계 Wet Station이 전소



Fig. 2. Wet bench 화재시험 - Factory Mutual Research.

된다. 또한, SiH₄ 가스 사용 장비 내부에서 가스 누출 및 SiH₄ 배기구 측의 Powder 누적으로 인해 자연 발화하여 장비 또는 PVC 배기덕트가 전소한 것으로 가정한다.

4.2.3 화재시뮬레이션 조건 및 실시

화재 발생공간은 밀폐공간으로 공간 내·외부 사이의 열 및 물질 전달은 없고, 초기 상태의 온도는 20°C, 압력에 대한 영향은 실내의 고른 분포로 감안되지 않았으며, 초기의 유동은 없고, 벽면은 단열조건으로 가정하였고, 화재 성장은 Clean Room 내의 유기용제 및 자연발화성 가스에 의한 화재 성장으로 Ultra-Fast를 열 방출량은 3 MW로 적용하였고, 또한 화원 위치는 화재실 바닥의 중앙부근에 위치하는 것을 기본값으로 하였다.

적용된 격자수는 약 192,000개이고, 입자농도가 연기의 전체적인 유동에 영향을 주지는 않아서 연층은 공기의 흐름과 동일한 기법으로 취급하였고, Mixture Fraction level = 0.001(kg/kg)인 농도층을 Smoke Layer Interface로 취급하였다.

이러한 조건으로 공조설비 작동(상부급기) 시와 공조설비 정지(상부급기 정지) 시, 그리고 공조설비 정지 조건하에 스프링클러설비 미설치 시와 설치 시 유효하게 스프링클러설비가 작동되는 조건을 적용해 각각 화재시뮬레이션을 실시하였다.

공조설비 작동 시 상부급기 풍속 데이터는 Clean

Table 5. Clean Room 풍속데이터(A구역)

Clean Room 실내 양압 (0~0.5 m/s)				
회수	1회 (m/s)	2회 (m/s)	3회 (m/s)	4회 (m/s)
0월 0일	0.28	0.39	0.35	0.3
0월 0일	0.33	0.32	0.31	0.32
0월 0일	0.4	0.4	0.4	0.3

Table 6. Clean Room 풍속데이터(B구역)

Clean Room 실내 양압 (0~0.5m/s)					
회수 측정일	1회 (m/s)	2회 (m/s)	3회 (m/s)	4회 (m/s)	5회 (m/s)
0월 0일	0.4	0.29	0.31	0.31	0.23
0월 0일	0.31	0.36	0.34	0.34	0.33
0월 0일	0.35	0.4	0.38	0.38	0.37

Room내의 A구역, B구역을 선정하여 3일간 각각 4회, 5회 측정한 평균치를 적용하였고, 측정된 풍속 데이터 값이 각각 다음의 Table 5 및 Table 6과 같다.

4.3 화재시뮬레이션을 통한 비교·분석

4.3.1 공조설비 작동 및 정지 시

화재시뮬레이션을 통한 공조설비 작동 및 정지 시의 연층하강에 대해 비교를 하면 다음의 Fig. 3과 같다.

공조설비 작동(상부 급기) 시 화재 초기에 상부 급기로 인한 연층의 산란으로 확산 속도가 빠르고, Fab Area 바닥으로 연층이 퍼지고, 그 아래 재순환설비(Return Vent), 가스관, 인화성 액체의 덕트 라인, 케이블 등이 있는 Plenum Area로 급속히 연층이 확산되고, Plenum Area로 퍼진 연층의 불규칙한 흐름으로 인해 방화구획된 Fab Area의 비화재구역으로 연층이 퍼져 방화구획의 원래 용도가 상실하게 되고, 또한 연층

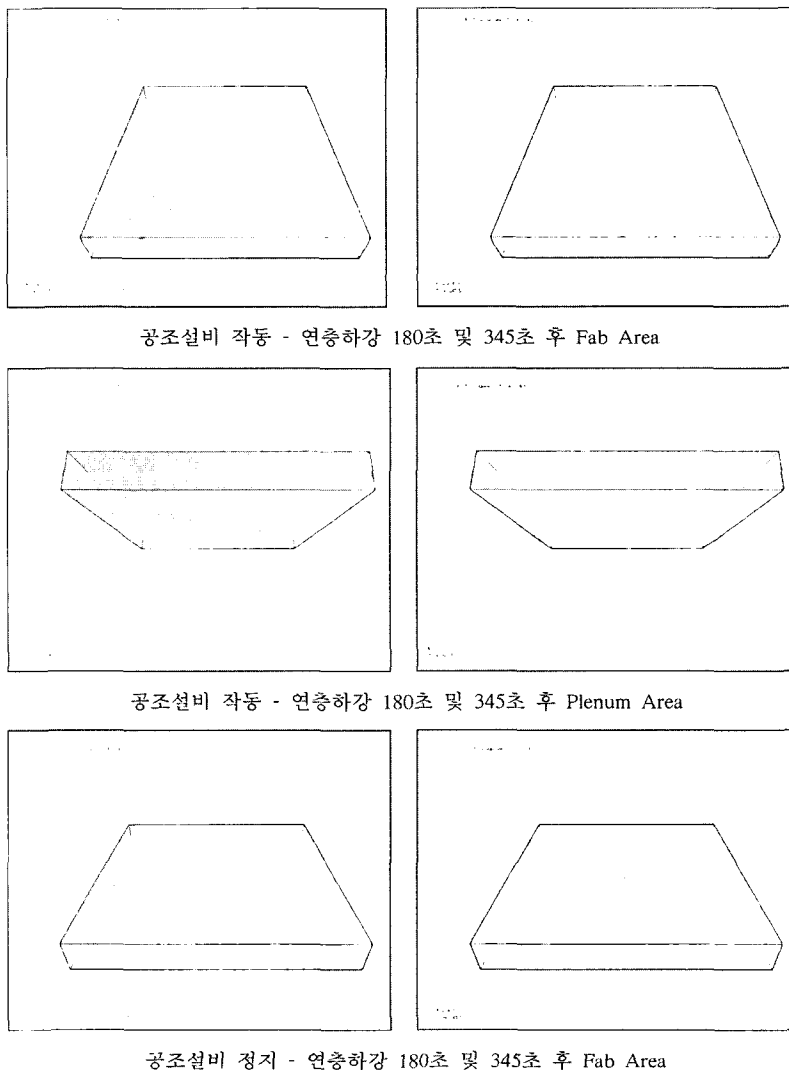
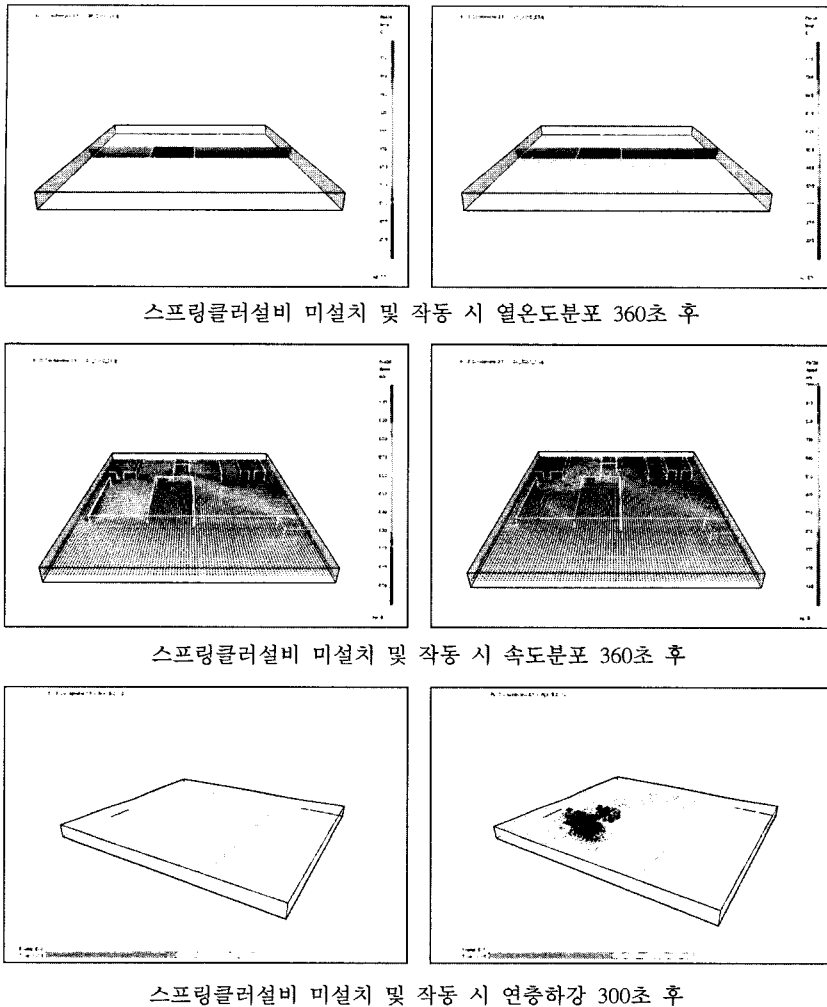


Fig. 3. Clean Room내의 공조설비 작동 및 정지 시 비교.



스프링클러설비 미설치 및 작동 시 열온도분포 360초 후

스프링클러설비 미설치 및 작동 시 속도분포 360초 후

스프링클러설비 미설치 및 작동 시 연층하강 300초 후

Fig. 4. Clean Room내의 스프링클러설비 미설치 및 작동 시 비교.

의 산란으로 인하여 피난이 원활한 높이(Clear Height)까지 연기가 도달하는 시간은 매우 짧아, 그 피해 규모가 상상을 초월한다. 공조설비 정지 시 연층이 일반 실과 같은 형상으로 확산되고, 화재 초기에 화원의 위치를 기준으로 연층이 급속히 천장까지 상승한 후 천장을 따라 퍼져나가, Clean Room내의 전체로 퍼진다. 이에, 공조설비 작동 시보다 공조설비 정지 시가 연기의 확산 시간이 짧아 연기로 인한 제품의 피해가 적은 것으로 분석되어, 화재 시 연기감지기에 의해 공조설비가 자동으로 정지하도록 연동이 되어야 하고, 수동으로 정지시키는 장치 또한 설치해야 한다.

4.3.2 스프링클러설비 미설치 및 설치 시

화재시물레이션을 통한 공조설비 정지 조건하에 스

프링클러설비 미설치 시와 설치 시 유효하게 스프링클러설비가 작동될 시에 대해 비교를 하면 다음의 Fig. 4와 같다.

스프링클러설비 작동 시, 미작동 시 보다 열온도가 약 40°C 낮은 차이를 보여, 스프링클러설비의 작동으로 인해 연층이 냉각이 된 것으로 분석되고, 연기확산 속도는 약 0.2 m/s 낮은 차이를 보여, 스프링클러설비의 작동으로 인해 화염의 사이즈가 줄어든 것으로 분석되며, 연층이 천장의 끝부분에 도달하는 시간이 약 40초 차이를 보여, 스프링클러설비의 작동으로 인해 연층이 냉각되고, 화염의 사이즈가 줄어 든 것을 알 수 있다. 이에, 화재 시 스프링클러설비 작동으로 연층하강 시간이 빨라지는 우려가 있겠지만, 오히려 연기를

냉각시키고, 화염의 사이즈를 줄일 수 있어 스프링클러설비 미작동 시 보다 Clean Room내의 근무자가 장시간 머무를 수 있고, 또한 연기제어에도 유효하므로, 스프링클러설비를 반드시 설치해야 한다.

5. 결 론

1. Clean Room 내의 모든 내장재는 승인된 불연재로 하고, 최소 1시간 내화벽으로 구획하여 화재 시 화재실은 배기, 인접실은 급기자동모드로 전환되는 제연설비를 설치하고, 반드시 승인된 덕트로 연무, 연기를 외부로 적절히 배출한다.

2. Clean Room 내에 감지기의 오동작 발생 건수가 적지 않으며, 공정의 중지로 인해 발생하는 피해는 규모가 크지만, Clean Room은 화재 시 연기감지기에 의해 공조설비가 자동 정지하도록 연동이 되어야 하고, 수동으로 정지시키는 장치 또한 설치해 근무자의 안전에 우선권을 두고, Clean Room내의 시설물 확대 피해를 최소한으로 줄여야 한다.

3. Clean Room 내에 스프링클러설비를 설치한다. 화재 시 스프링클러설비 작동으로 연층하강 시간이 빨라지는 우려가 있겠지만, 오히려 연기를 냉각시키고, 화염의 사이즈를 줄일 수 있어 스프링클러설비가 없는 경우보다도 Clean Room내의 근무자가 장시간 머무를

수 있고, 또한 연기제어도 유효한 설비이다.

참고문헌

1. NFPA, NFPA 318 Standard for the Protection of Cleanrooms, National Fire Protection Association (2000).
2. FM, Factory Mutual Property Loss Prevention Data Sheets 1-56, Clean Rooms(2001).
3. FM, Factory Mutual Property Loss Prevention Data Sheets 7-7/17-12, Semiconductor Fabrication Facilities(2001).
4. IRI, Industrial Risk Insurers IM.17.1.1 Guiding Principles for the Protection of Semiconductor Manufacturing Facilities(1991).
5. IRI, Industrial Risk Insurers IM.17.11 Cleanroom (1990).
6. Kevin B. McGrattan, Glenn P. Forney, Jason E. Floyd, Simo Hostikka, Kuldeep Prasad, Fire Dynamics Simulator - User's Guide, National Institute of Standards and Technology(2002).
7. NFPA, NFPA 92B Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria and Large Areas - Appendix C t-Squared Fires, National Fire Protection Association(2000).