

반도체공장 Clean Room에 대한 화재요인 분석
및 성능위주 화재안전설계
Fire Hazard Analysis and Performance Based
Fire safety Design for the Clean Room in
Semiconductor Factory

한수진 *

Han Su Jin

강경식 **

Kang Kyung Sik

Abstract

This research analyzes clean room major fire prevention standard of clean Room (FM, IRI, and NFPA Code), the structure of Performance-Based Fire Safety Design (PBD) applied the korean fire industry situation. Performance-Based Fire Safety can operate effectively the performance of fire protection equipment & building design, so the fitness of fire safety system can be embodied by operating this. moreover, cost to be consume fire safety of real building can reduce and Performance-Based Fire Safety is considered to important technique in fire protection field.

A fire in a clean room may cause a serious loss by spreading smoke particles. We will be investigated by using a computational fluid dynamics, for loss prevention by smoke spreading from one fire area to another for clean room and compared the Performance-Based Fire Safety Design with the prescriptive code design.

* 명지대학교 박사과정

** 명지대학교 산업공학과 교수

The methodology of fire safety performance-based fire safety design and guarantee of many kinds design skill of fire system and developing design procedure will be very serious one in order to improve efficiency of domestic system. Therefore, This research will be contributing to secure safety of clean room and to set up the performance-based fire safety design in Korea by regulation for the performance-based fire safety design effectively.

Keywords : PBD, clean room, serious loss, design procedure, regulation

1. 서 론

20세기 중엽 반도체의 모태인 트랜지스터가 발명된 후 지속적으로 확장해오고 있는 반도체 시장은 시장점유를 위한 선진 각국·각사의 무한 기술경쟁으로 반도체 소자 기초기술은 물론 반도체 제조환경인 클린룸 관련 기술의 급속한 발전을 가져오게 되었다. 우리나라의 경우 1970년대 해외자본에 의한 국내 조립 생산단계, 1980년대 웨이퍼의 일관 생산체제 구축 및 메모리의 초기 양산단계를 거쳐 이제는 메모리 분야에 있어서는 세계의 최 상위 수준에까지 올라있다. 이러한 반도체 산업에서 우리나라의 괄목할 성장은 최첨단 신기술의 연구개발에 대한 지속적이고 과감한 투자전략의 결과라 할 수 있으며, 이러한 연구 개발에 대한 투자는 세계 반도체 시장에서 우위를 점하기 위해서는 필수적이다.

위험관리 측면에서 반도체 공장의 최악의 시나리오는 지진 또는 화재발생으로 인하여 천문학적 재산손실과 공장가동이 중단되고 해당 기업의 이미지가 실추하는 경우라고 볼 수 있다. 특히 공장의 제품특성상 연기로 인한 피해는 치명적이며 최근 타이완 반도체 공장에서 보여준 유형, 무형의 손실은 대표적인 예가 된다. 현재 반도체 공장의 제연설계를 위한 국내·외의 관련법규나 일관성 있는 설계 기준의 부재는 설계진행에 큰 장애가 되고 있다.

증가하는 클린룸의 제연설비 및 소화설비가 기존의 사양중심적인 체계(법의 세부적인 지침과 기술고시에 의해서 설계하는 것)로 되어있어 과투자, 저효율 및 다양화되어 가는 건축설계의 자유로움을 소화하지 못하고, 빠른 신기술의 변화에 적용하지 못하는 것이다.

본 연구의 근본적인 목적은 기존의 사양중심적인 화재안전 설계의 분석과 적용으로 되어있는 반도체공장의 Clean Room에 대해 성능위주의 화재안전설계를 적용 하여 비교, 분석하여 경비절감과 성능위주의 소방안전설계의 국내 정착화의 초석을 만드는데 그 목적이 있다.

이를 위하여 본 연구에서는 clean room에서의 위험요인을 분석하고 성능위주의 화재안전설계를 국내에 정착시키고 국내 실정에 적합한 틀과 인정과정을 제시하고자 한다.

2. 크린룸 Trend 분석

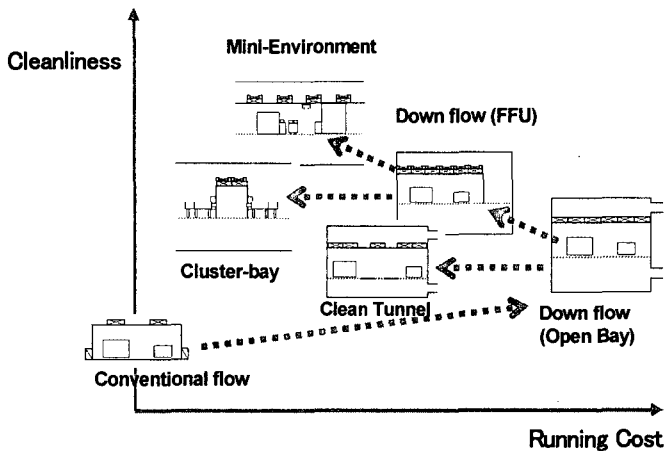
크린룸의 대형화에 따라 고도의 기류제어 기술이 요구되고, 달라진 크린룸 환경에 적합한 Mini-Environment System 이 도입되고 있으며, 새로운 초정밀산업의 성장으로 크린룸 시장의 확대가 예상된다.

2.1 크린룸 대형화

고집적 반도체 메모리칩 및 LCD 패널 크기의 증가로 생산장비의 대형화, 크린룸 층고 상승 하고 청정도 확보를 위한 순환풍량 과다화, 수평유동거리 증가, 오염발생시 확산용이 등 기류제어의 기술적 어려움 증가하고 있다.

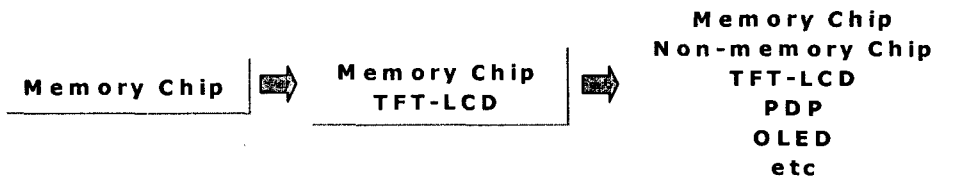
2.2 크린룸 형식 변화

- 수직층류 방식을 채용함에 있어서 청정도를 보다 높게 유지하며 운전비를 절감할 수 있도록 크린룸 형식이 변화되고 있다.
- 과거 Open Bay System에서 설치면적 절약 및 경제성에서 유리한 FFU System 으로 변화하였으며, 현재 국소청정 제어방식인 Mini-Environment가 도입되고 있다.
- 반도체 크린룸에서 중규모의 경우 CTM(Clean Tunnel Module)의 적용되나, 일반적으로는 제어공간을 국소화하는 SMIF(Standard Mechanical InterFace) 이 적용된다.



2.3 적용 사업분야 다양화

크린룸 적용 국내 사업분야는 메모리 반도체 및 TFT-LCD 분야에서 새로운 초정밀산업으로 급속히 확대되고 있다.



3. Clean Room의 위험요인

3.1 Clean Room 설계의 주요 방화기준 비교·분석

표 1. Clean Room 설계의 방화기준[1]

내화시간에 관한 기준	
IRI	1. 가연물농도에 노출된 Clean Room : 최소 2시간 내화벽으로 구획 2. 노출이 보다 심각한 Clean Room : 2시간 이상 내화벽으로 구획 3. Clean Room 내의 문 : 3시간 이상 내화도인 방화문
NFPA code	1. 인접용도로 부서의 Clean Room : 1시간 내화구조인 벽으로 구획
FM	Clean Room : 1시간 내화구조인 벽으로 구획
건축재료에 관한 기준	
IRI	벽, 바닥, 천장의 내장재 : 승인된 불연재 구조재료와 내부 마감재 : 입자 발산 최소화
NFPA code	벽, 바닥, 천장, 칸막이 : 승인된 불연재
FM	Clean Room 외부벽에 들여다보는 창이 있는 복도 : 불연성 구조 자동식 소화설비에 관한 기준
자동식소화설비에 관한 기준	
IRI	스프링클러 설비 : Clean Room이 있는 건물 내에 설치, 스프링클러헤드는 배기덕트 개구부 직상에 설치, Access Floor아래 Plenum Area 설치 고정식 이산화탄소 소화설비 : Wet Station의 내부와 위에 설치
NFPA code	스프링클러 설비 : Clean Room, Clean Zone 전체에 설치, 스프링클러헤드는 승인된 속도형 헤드 사용 물분무 소화설비 : 개방분배설비의 실란가스 실린더 위에 설치 국소방출방식의 가스소화설비 : 스프링클러 대응으로 허용
FM	스프링클러 설비 : Clean Room전체 Class분류에 상관없이 설치, 직경이 150mm 이상인 모든 비급속 덕트설비에 설치, 스프링클러헤드는 57도 등급의 승인된 속도형 헤드 사용 물분무 소화설비 : 최소한 방출시간이 2분이 되도록 설치 이산화탄소 소화설비 : Plenum Area의 방호는 1분내 50% 최저농도를 달성하도록 설계

	FM-200 설비 : Plenum Area의 방호는 10초내 7% 최저농도를 달성하도록 설계
수동식소화설비에 관한 기준	
IRI	이산화탄소 소화기 : Clean Room내에 비치 육내소화전설비 : 육내소화전 호스함은 Clean Room출구 바깥쪽에 설치
FM	이산화탄소 소화기 : B급, C급 화재위험에 승인된 소화기 사용, 제조지역 전체에 비치
화재감지설비에 관한 기준	
IRI	공기샘플링 연기감지기 : Clean Room의 Plenum Area전체에 설치 불꽃감지기 : 고정식 이산화탄소 소화설비를 자동연동시켜 작동
NFPA code	공기샘플링 연기감지기 : 보충공기로 희석되기 전 Clean Room 배기흐름 내에 설치 불꽃감지기 : 고정식 이산화탄소 소화설비를 자동 연동시켜 작동 자동식소화설비 방출시 화재경보설비 작동
FM	불꽃감지기 : Clean Room의 Plenum Area에 설치, 공기샘플링, 주소아날로그형 연기감지기의 사용 고려
연무배기설비에 관한 기준	
IRI	불연성 덕트 사용, 최소한 1m/s의 공기속도를 이용 예상되는 모든 오염 방출물을 포착
NFPA code	배기덕트는 직접 밖으로 유도하고, 일체 완비 내화구조물을 관통하는 덕트는 구조물과 동등한 내화도를 갖는 외함에 수납
FM	웅축액이 덕트에 축적될 가능성이 있는 경우, 웅축액 배수관 설치 화재 예상 장소에는 연기국부제어용으로 설계하고, 최소화 압력 50Pa 이상으로 화재지역보다 노출된 인접한 지역에 유지할 수 있도록 설계
연기제어설비에 관한 기준	
IRI	공조설비가 연기제어를 위해 사용될 수 없을 때, 별도의 연기제어설비는 1m ² 당 0.9m 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	비상 전원은 모든 연무배기설비, 연기제어설비에 설치
FM	메인 변전소는 최소한 2개의 독립된 전송라인에 의해 전원을 공급받음 UPS 시스템을 모든 중요공정에 설치
기타설비에 관한 기준	
FM	Scrubber는 Clean Room내에 설치 불가, 연소성 자체로 제작 시 입구와 개방된 배기구에 스프링클러설비 설치 비상운용 절차를 문서화하여, 화재 시 비상계획을 Clean Room 입구에 게시 Clean Room내의 소음레벨은 65dB 이하로 유지

3.2 반도체공장에서의 사례연구를 통한 화재 · 폭발의 특성

3.2.1 감광성 수지 스트립퍼 공정의 화재

감광성 수지 코팅, 노광, 제거는 광마스크(photomask)의 패턴을 웨이퍼에 옮기는 광노광기술 공정의 중요한 과정이며, 특히 감광성 수지 제거과정은 웨이퍼를 가열된 감광성 수지 스트립퍼 용액에 담그는 과정을 포함한다. 대부분의 감광성 수지 스트립퍼 용액이 가연성 및 부식성이므로, 용액을 가열할 때 매우 주의해야 하며, 부적절한 가열은 용액의 연소로 이어질 수 있다.

히드록실아민, 에틸아민, 파이로카테졸(pyrocatechol; 1,2-hydroxybenzene)을 함유하는 스트립퍼 용액이 양성 감광성 수지 제거 공정에 사용되어진 사례를 보자. 용액은 석영 탱크에 저장되어 있었으며, 석영 코팅된 투입식 전열기(immersion heater)로 가열되고 있었다. 불행히도 부실한 관리 때문인지 석영 코팅에 구멍이 있었고 용액이 가열부품에 접촉하여 탱크 안에서 화재가 발생하였다. 운종계도 적외선 감지기가 화재를 감지하여 CO2 설비에 의해 진화되었다. 화재는 화학물질 저장소를 벗어나지 않았다. 용액을 격리되고 안전한 장소해서 가열하여 탱크로 이송시킬 수 있었다면 더 좋은 설계일 것이다.

그러한 경우에도 가열된 용액을 탱크로 이송시키기 위한 배관에는 특별한 관리가 반드시 있어야 한다. 다른 사례를 보자. 순환배관에 기포가 생겨 열전도율이 떨어져 가열 전력이 더 커지게 된 경우이다. 이 과도한 전력으로 인해 국부과열현상이 발생하여 PFA 순환튜브가 파열되었다. 용액이 유출 및 발화되어 화재가 발생하였으나 역시 CO2 소화설비로 진화되었다. 비슷한 사고가 많이 발생하였고 이로 인해 FM 7-7/17-12, Semiconductor Fabrication Facilities에서 용액을 가열할 때는 고온 물이나 다른 불연성 매개체를 이용하고 직접 가열하는 것을 피하도록 하였다.

이러한 산업공정에서, 가연성 용액을 직접 가열하는 것은 흔한 일이다. 화재위험은 산화제를 제거하는 이른바 증기 공간 내에 질소를 퍼지하는 방법으로 간단히 감소시킬 수 있다. 반도체 제조 공정에서는 웨이퍼 이동 시 탱크를 여닫기 때문에 질소퍼지법은 거의 쓰이지 않는다. 대신 화학물질 저장소에는 불연재료의 사용, 적외선 화재감지기, 누설감지기와 자동식이산화탄소소화설비를 화재안전을 위해 거의 필수로 사용하도록 하고 있다.

3.2.2. 공정배기설비의 화재와 폭발

반도체공장은 보통 수십~수백의 공정모듈로 구성되어 있으며, 각각의 공정모듈은 개별적인 가스와 화학물질 공급이 필요하다. 화학기상증착법(CVD) 모듈 또는 플라즈마 식각 모듈의 경우, 반응물질 가스류는 가스 용기에서 질량유량제어기를 통해 반응장치로 공급된다. 반응장치는 진공펌프에 의해 진공상태로 유지되며, 펌프로 배출되는 물질에는 미반응 가스, 반응생성물 가스, 또는 고체(실리콘이나 인)를 함유하고 있다. 배출된 가스는 지역 집진기와 수집 배관, 주배기관과 최종적으로 주집진기를 거치면서 정화된

다 (그림 1 참조). 실제로 이 배기설비는 일반적인 석유화학공업에서 사용되는 플레어 스택(flare stack) 배관설비와 매우 흡사하다. 그러나 여러 가지 특성상 이 배기설비가 플레어 설비에 비해 더 복잡하고 아마 더 위험할 것이다. 이 특성들은 다음과 같다.

- (1) 반응장치에서 나오는 가스는 가연성, 자연발화성, 부식성이며 산화성을 포함할 수도 있으며, 이상 적이라면 지역 집진기에서 이런 가스를 배기설비로 이동하기 전에 무해하게 만들어야 한다.
- (2) 배기설비는 보통 공기를 포함하고 있으며, 대부분의 공기는 지역 집진기의 연소과정에서 생성된다.
- (3) 배기설비에는 반응장치에서 생성되고 지역 집진기에서 처리되지 않은 고체를 함유할 수도 있다.
- (4) 부식성 가스가 지역 집진기에서 미분무수에 의해 간혀서 배기라인에 응축되고 있을 가능성이 있다.

요약하자면, 배기설비의 안전성은 지역 집진기가 얼마나 효율적으로 작동하느냐에 달려있으며, 지역 집진기의 성능은 거의 평가되지 않으며 일반적으로 알 수 없다.

4. 성능위주의 화재안전설계의 국내 현황 및 세계적 흐름

4.1 국내의 동향

2005.6.29. 국회에서 성능위주설계 관련 입법을 의결하여 성능위주 소방설계에 대한 법적 근거를 보면 소방시설공사업법 제11조 2항(신설):특정소방대상물의 신축인 경우, 소방시설공사업법 제11조 3항(신설): 성능위주설계자의 자격, 기술인력, 설계범위 등: 대통령령으로 정함, 소방시설공사업 제11조 4항(신설): 성능위주설계의 방법, 기타 필요한 사항: 소방방재청장 고시를 신설하여 법적인 근거를 제시하고 있다. 그 후에 2006.4월에 성능위주설계 대상을 연면적 5만㎡ 이상, 높이 100m 이상 신축 건축물로 했다. 아울러 소방시설공사업 시행령 입법예고(안)에서 성능위주설계자는 소방관련 박사학위 소지자, 소방기술사, 소방방재청이 고시하는 연구기관 또는 단체로 하고, 기술인력은 대학교의 안전공학과, 건축공학과, 기계공학과, 전기공학과를 전공한 소방기술사 각1인 이상이며, 설계범위는 연면적 5만㎡ 이상, 30층(100m)이상, 철도역사, 공항시설, 영화상영관으로 하고 있다.

국내에서 법적으로 시행되기 이전의 성능위주의 방화설계의 실례로는 인천공항 여객 터미널의 방화구역 설정, 고속 철도의 청사에 대한 방화성능 평가, Atrium 공간 내의 사무실과 방화구역 문제(유리 창문) 및 강남의 ASEM 빌딩의 지하공간내의 방화

구역은 Window Sprinkler 시스템으로 하는 경우에 방화구역으로 인정하는 문제들이 성능위주의 방화설계를 국내에서 인정하느냐 하는 측면에서 소방인의 커다란 관심을 유도해낸 사건들이다. 아울러 인천 신공항의 지하차도 제연설비에 대한 제연 성능평가도 성능위주의 방화설계의 개념으로 행정자치부의 중앙소방안전기술위원회의 심의를 거쳐 인정을 받은 사례라 하겠다.

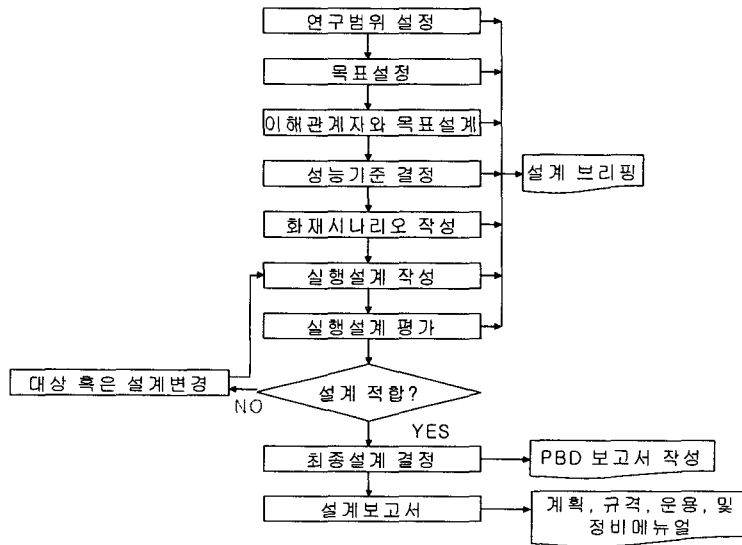
국내의 실례로서 ASEM 빌딩의 지하공간 내를 Window Sprinkler 시스템으로 방화구역을 하는 경우가 있고, 이 경우에는 성능위주의 방화설계가 아직은 기술적으로 국내에 도입이 어렵다는 사실을 단적으로 보여 준 사건이라고 볼 수 있다. 즉 Window Sprinkler 시스템은 방화구역으로 인정을 받지 못했다. 이 사건을 계기로 성능위주의 방화설계의 체계적인 도입에 필요한 연구가 절실히 요구되고, 제도적 및 법적인 정비가 필요함을 제시해 주고 있다. 아울러 인천공항 지하차도에서는 Phoenix라는 전산유체역학(Computational Fluid Dynamics)을 해석하는 소프트웨어를 이용해서 얻은 결과는 지하차도 내에서 화재가 발생하는 경우의 급·배기 시스템을 설계하는데 유용한 자료를 제공해 줌으로서 제연설비 설계에 성능을 도입한 좋은 일례가 되었다.

4.2 세계적인 흐름

1980년대 중반 영국과 일본에서 목적 지향, 성능지향 규정이 도입된 이후 1980년대 후반 호주에서 발표된 Warren Centre Report는 전 세계적으로 관심을 끌기 시작하였다. 건물 설계규정에서 사양기준의 제약성을 최소화하고 설계의 유연성을 최대로 확보하고자 하는 움직임은 더욱 폭넓게 확산되었다. 그리고 이러한 움직임에 미국과 스웨덴이 선두그룹에 가세하게 되었다. 성능기준규정과 빌딩화재안전에의 공학적 접근의 개념은 1970년대 초기의 개념에 대하여 큰 변화는 없었다. 그러나 많은 국가에서의 성능기준 건물규정과 화재 규정의 발전과 더불어 많은 공학적 해결방안의 유효성은 성능위주 화재안전설계에 대한 관심을 증가시키는 결과를 가져왔고 그 결과 영국은 1985년 Building Regulation에서 언급된 후에 1996년부터 시행되고, 일본은 1988년 건물화재안전 종합설계시스템 연구로부터 2000년 시행되고, 미국은 1992년 연방화재안전법 등에서 시작한 후에 2001년부터 시행되고, 뉴질랜드는 1991년부터 검토 후에 1996년부터 시행되고, 싱가포르 2004년부터 시행되고 있다.

설계방법의 선택은 법규에 의해서 사양설계 및 성능위주 설계로 나눌 수 있다. 법체계는 사양적 기준, 승인된 계산방법 및 성능설계(설계지침서)을 근거로 규칙/고시, 시행령, 법의 구성으로 되어 있다. 특히 미국의 SFPE에서 제시하는 성능위주의 화재안전설계의 기본적인 과정은 그림 3과 같다. 이 방법에 의해서 성능위주의 화재안전설계가 미국에서는 실행되고 있다. 아울러 일본에서 실시되고 있는 성능위주의 화재안전설계의 틀은 그림 4와 같다.

<그림 3> 미국 SFPE에서 제안된 성능위주의 화재안전설계[2]



<그림4> 일본의 성능위주의 화재안전설계 및 인정 과정[3]

4.3. 성능기준 소방안전 설계의 응용기법

성능기준 소방안전규정에서 요구하는 화재안전의 목적과 기능적 요구조건을 충족하기 위해서는 이를 증명하기 위한 공학적 기법들이 필요하다. 다시 말해 종래의 사양기준에 의한 소

방법은 화재에 대한 명확한 정의가 없이 근사적으로 접근하기 때문에 용도별 발생예상 화재에 대한 소방시설의 효과가 너무 크거나 작은 단점이 있었다. 직접 예측한 것에 의해 소방시설 및 건축재료, 건축기법을 유효 적절하게 사용할 수 있으므로 고효율, 저비용과 함께 건축주와 건축설계자의 자유도를 증가시켜준다.

이러한 화재시의 여러 가지 상황예측을 위하여 가장 중요한 것은 화재시나리오의 작성과 화재거동예측 및 재실자의 피난예측 모델이다. 화재의 발생부터 진압 혹은 전파되기까지의 상황을 예측하는 데는 현재 컴퓨터에서 사용되는 화재시물레이션(Fire Simulation) 프로그램과 SFPE Hand Book에 있는 예측공식들이 사용되며, 재실자의 피난에 대한 예측도 피난시물레이션(Evacuation Simulation) 프로그램이 사용된다.

(1) 화재 모델과 시물레이션 프로그램

화재가 발생하였을 경우, 특히 대규모 화재의 경우에는, 출화원 및 연소확대 원인을

일한 화재현상을 재현하고 각종 데이터를 상세히 측정하고 그 결과를 가지고 여러 각도로 해석해야 하는데, 이것은 현실적으로 불가능한 것이다. 그래서 화재모델(Fire Model)을 이용한 화재 시뮬레이션(Fire Simulation)이 필요하게 되었다. 소방기술자(Fire Protection Engineer)는 대상건물의 화재 위험성평가를 할 필요가 있다. 화재발생 위험을 우선 알아내고 이로 인해 화재가 발생 할 경우 화재 진행상황 및 전파예측과 연기의 이동, 그리고 인명 대피의 여부를 판단할 수 있어야 한다. 이를 효과적으로 수행하기 위해서는 화재 시뮬레이션의 실행이 필수적이다. 그러나 화재 시뮬레이션을 수행하기 위해서는 적절한 모델의 선정과 이를 이용한 S/W의 선정이 필수적이다. 또한 소방기술자가 화재의 성장을 예상하여 다음 <표2>와 같은 조치를 수립하는 중요한 역할을 한다.

<표. 2> 화재 성장과 화재방호 단계와의 관계[4]

구분 방화조치	목적	대응 화재 특성
구획계획	화원에서 발생한 화재의 전면적인 확대의 저지	연기유동 등 물질전달, 열전달, 연소속도 등
내장계획	화재하중의 고려	화재발생확률, 화재속도 및 열, 연기, 유독가스의 방출 등의 화재성장, 개구조건, 내장재료의 연소특성, 실내수납가연물의 종류 및 양
출화방지계획	화재의 감지 및 초기소화를 통한 화재 성장과정의 단절	열전달 연기유동 등의 감지에 필요한 자료
내화계획	내화설계, 부재설계를 통한 화재발생 및 성장제어	열전달률, 화재하중, 화재온도, 화재시간
연기제어설계	연기로 인한 열전달 및 인명 피해방지	물질전달, 열전달
피난계획	피난로의 계획	Flash-Over 시간, 집단 보행속도추정, 연소확대율
소방설비계획	화재관리	전반적인 자료

4.3.1. 화재모델의 종류와 특징

실내 화재현상은, 화원부인 가연물의 연소과정에서 발생한 연기·가스 등을 포함한 화재기류(화염·화염기둥·열기류)의 생성과정과 계속적으로 경계에 미치는 연기·가스를 포함한 열기류의 유동과정, 그리고 건물의 각 구획에 있어서 열기류의 확산 분포과정의 단계로 구분할 수 있다. 비정상, 비선형인 화재현상을 어떻게 하여 할 것 인가 하는 것으로부터 화재모델의 연구는 시작되었다. 화재모델의 연구는, 통계학 등의 입장에서 건축물의 화재 위험성평가의 목적을 위해서 연구된 확률론적 연구방법(Stochastic Approach)과 열물리학·열화학이론 및 유체역학적 이론 등에 근거하여 이론적 해석 및 실험적 해석으로부터 기초 지배법칙을 도입하기 위해 연구한 결정론적 연구방법(Deterministic Approach)이 있고, 전자를 「통계모델」(Stochastic Model), 후

자를 「수학모델」(Mathematical Model)이라고 부른다. 수학모델은 Zone Model과 Field Model로 구분하고 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

5.1 결 론

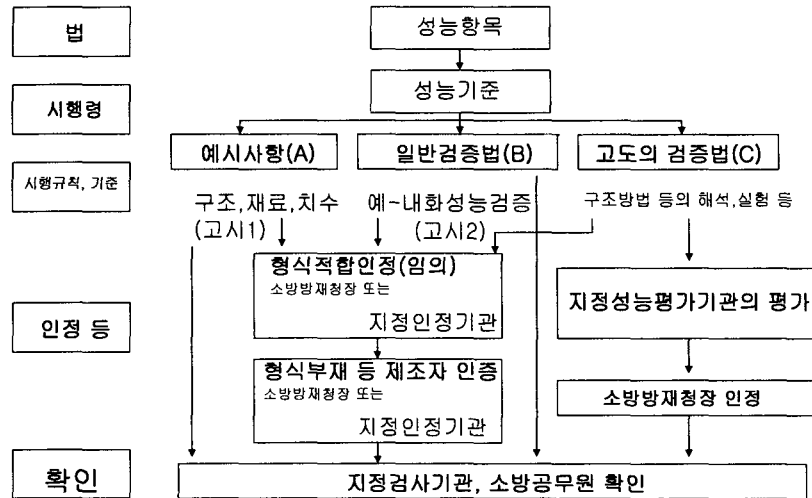
반도체 공장의 청정실(Clean Room)에는 발생하는 먼지 등 미세입자를 제거하기 위해 대부분 상부의 천정에서 공기가 들어와 하부 바닥을 통해 배출되는, 청정도 유지 시스템이 구축되어 있다. 이러한 구조적 특성으로 인해 상부의 연, 열 감지기는 강한 공기의 유속에 영향을 받아 본래의 기능을 발휘할 수가 없게 된다. 또한 Clean Room내에는 Toxic Gas 및 알콜류 등의 가연성, 휘발성 물질에 투입, 보관되어 짐으로써 화재, 폭발 발생위험이 크다.

국내에서는 Clean Room내 기류에 대한 연구는 수행되어왔으나 Clean Room은 구조적 특성과 연계한 연기확산 이에 따른 차단에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 반도체 제조용 청정실은 여러 개의 작업구역으로 구성되어 있는데 한 구역에서 화재가 다른 구역으로 확산, 전파되기 위해서는 소화설비 외에 제연 및 배기 시스템이 필수적이다.

아울러 국내에 적합한 성능위주의 화재안전설계의 틀과 인증 과정은 그림 5와 같다. 성능위주의 화재안전설계의 주체는 소방방재청이 되며 지정인정기관은 소방방재청의 산하기관이 되어야 할 것이다. 인정기관은 충분한 조직과 인적자원을 가지고 있어야 하겠다. 이를 통하여 2년 후에 의무적으로 실시되는 성능위주의 화재안전설계가 국내에 정착되리라고 본다.

5.2 향후 연구 과제

Clean Room의 최적기능을 발휘하고 유지하기 위한 설계기술은 매우 빠르게 발전하고 있으나, 이에 따른 방재시스템의 설계기술은 도식적이고, 일률적인 틀에서 벗어나지 못하고 있다. 따라서 향후 연구과제는 Clean Room의 실제적인 구조적인 특성을 고려하여 화재 발생시 연기의 분포상태, 화염의 전파속도를 수식화하고 기 구축되어 있는 소방시설물중 가장 중요한 소화수단인 제연시스템 및 수계소화설비에 성능위주설계를 적용하여 최적의 방재시스템을 도출해야 할 것이다.



<그림 5> 국내에 적합한 성능위주의 안전설계 및 인정 틀

6. 참고 문헌

1. 송윤석, 윤명오, 현성호, 이창우, 윤여송, 김성민, "Clean Room 위험성 평가에 따른 안정성 확보에 관한 연구", 한국소방학회지, Vol.18.No.4, pp78-85.
2. SFPE, "SFPE Engineering Guide to Performance-Based Fire Protection Analysis and Design of Building", SFPE, 2000.
3. 이경구, "건물화재안전에 관한 성능설계법 소개", 2006년도 하계세미나 발표집, 한국화재소방학회, 2006.
4. FM, Factory Mutual Property Loss Prevention Data Sheets 1-56, Clean Rooms(2001).
5. NFPA, NFPA 92B Guide for Smoke Management Systems in Malls, Atria and Large Areas - Appen-dix C t-Squared Fires, National Fire Protection Association(2000).
6. 김원국, Room Fire Modeling for performance based Fire protection Design(1999)
7. 박외철, "청정실 화재의 시뮬레이션" 한국화재소방학회지, Vol.19, No.2, pp200-205.
8. 김운형, Michal J.Ferreira, 안병국, "반도체 공장의 제연설계", 한국화재소방학회, Vol.14 .No.4, pp23-28.
9. 민동호, 손봉세, "반도체 공장의 청정실 화재확산현상에 대한 수치해석적 연구", 한국화재소방학회 추계학술 논문발표회, pp23-29.