

# 클린룸 자동화재탐지설비의 성능위주 방재설계 적용에 관한 고찰

## A Study on the appliance of performance based design to the automatic fire alarm system in clean room facility

김동성\*, 황철승, 이상곤, 조원철\*\*, 이태식\*\*\*

Kim dong sung, Hwang cheol seung, Lee sang gon, Cho won cheol, Lee tae shik

### Abstract

This study is to establish the appliance model for the automatic fire alarm system in clean room within the framework of the performance based design. Because of the environmental and dimensional characters of clean room, this space is exposed to fire and toxic damage, so it is very important to notify the occupants of these dangerous situations.

**Keywords** : Performance Based Design, Automatic Fire Alarm System, Clean Room

## 1. 서 론

전자, 정밀기계공업 등 첨단산업의 발달로 인하여 첨단제품 생산에는 정밀화, 미소화, 고품질화 및 고신뢰성이 요구되고 있어 공장전체 또는 중요한 작업이 이루어지는 부분에 대해서는 필요에 대응하는 청정한 환경이 유지되도록 하여야 할 필요성이 대두되었다. 일반적으로 이러한 공간을 클린룸(Clean Room)이라 하며 산업의 발달로 인해 그 설치가 점점 증가하고 있는 실정이나, 공간의 특성상 방재적인 측면에서는 매우 취약한 특성을 지니고 있다. 이것은 다른 공간에 비해 화재시 인적·물적 피해가 더 커질 수 있음을 의미한다.

이에 클린룸의 방재설비 중에서 가장 중요한 설비는 화재발생을 빠르게 재실자 및 관리자에게 전달하여 화재피해를 최소화할 수 있는 자동화재탐지설비이며, 이러한 설비는 클린룸이라는 공간적 특성에 적절하게 설치되어야만 그 최적의 성능을 신뢰할 수 있을 것이다.

따라서 본 연구는 클린룸이라는 특수공간에 설치되는 자동화재탐지설비의 적용에 관하여 법규위주의 접근이 아닌 성능위주의 접근법을 통하여 일반적인 적용 모델을 수립하고자 한다.

## 2. 본 론

### 2.1 클린룸의 화재위험성

클린룸은 그 공간적 특성으로 인하여 일반 거실과는 다른 화재위험성을 내포하고 있다. 이러한 클린룸의 화재위험 특성은 다음과 같다.

#### 가. 일반적 위험성

클린룸 안에서 수행되는 작업에 필요한 최고의 청정도 때문에, 작은 화재로부터 연소 생성물과 여러 가지 종류의 오염물질은 조업시간의 중단으로 인한 높은 비용의 탈 오염 정화작업을 해야 한다. 그러므로 클린룸 방호설비에서 가장 중요한 권장사항은 신뢰할 만한 감지, 조기 진화, 그리고 초기 단계에서의

\* 연세대학교 공학대학원 방재안전관리전공 석사과정

\*\* 정희원, 방재학회 부회장, 연세대학교 교수, 방재안전관리전공 지도교수

\*\*\* 정희원, 연세대학교 교수, 방재안전관리전공 지도교수

오염물질을 제어하는 것이다.

나. 은폐공간

클린룸에는 대개 천장 상부나 높입바닥 아래 은폐 공간이 존재한다. 은폐 공간은 종종 서비스 공간으로 사용하거나 공기 취급 플리넘(plenum)으로 사용된다. 인화성 액체 또는 가스관, 가연성 덕트 라인, 케이블 등은 또한 이런 공간을 통과할 수 있다.

다. 빠른 공기 이동과 순환속도

빠른 공기 이동과 높은 순환 속도는 화재의 발견과 자동식 스프링클러설비의 작동에 나쁜 영향을 미칠 수 있다. 에어록이 없는 동일 공기취급설비를 공유하는 인접한 청정지역은 또한 화재가 발생할 경우, 오염물질을 확산시킬 가능성을 증가시킨다.

라. 연기위험

스프링클러설비가 설치되었다 할지라도 연기 피해로 인한 손실 가능성은 매우 높다. 종종 연기 배기 덕트용으로 내화플라스틱 재료가 사용된다. 그러나 이러한 덕트의 소형 화재는 클린룸 장비와 제품에 부식 등의 큰 피해를 야기하는 다량의 연기를 발생시킬 수 있다.

마. 가스, 증기 및 연무

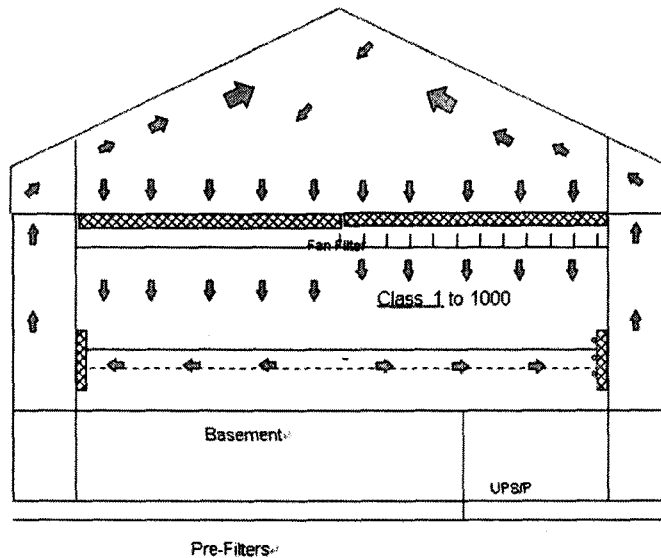
클린룸 공기 안으로 완제품에 영향을 미칠 수 있는 가스, 증기 또는 연무가 침투되어 오염을 유발시킬 수도 있다. 클린룸 안으로의 부식성 가스나 액체의 유입은 제품에 영향을 줄 수 있을 뿐만 아니라 클린룸 안에 있는 정밀 계기를 부식시킬 수 있다.

바. 습도

수분의 과다 또는 부족은 클린룸 안에서 사용된 일부 공정에 있어서 중대한 문제일 수 있다. 높은 습도 상태는 부식성 가스, 증기 또는 연무의 존재로 계기의 부식을 촉진시킬 수 있다. 낮은 습도는 정전기의 발생으로 인하여 화재 위험을 증가시킬 수 있다.

## 2.2 클린룸의 자동화재탐지설비 규정

위에서 언급하였듯이 클린룸에서의 화재감지는 반드시 조기감지 되어야 하지만 그 공간적 특성으로 인해 제약을 받는다. 그 대표적인 원인은 클린도를 유지하기 위한 공간내 빠른 기류인데 이것은 일반적으로 다음 [그림 1]과 같다.



[그림 1] 클린룸의 일반적인 기류 흐름

이처럼 빠른 기류로 인해 화재감시에 제약을 받는 클린룸의 자동화재탐지설비에 대한 국내의 규정은 없어 일반적으로 자체규정으로 대체하는 실정이며, 대표적인 해외 코드인 NFPA318 Standard for the Protection of Semiconductor Fabrication Facilities(2006 Edition) 4.3절에 의하면 다음과 같다.

### 2.3 화재 감지 시스템

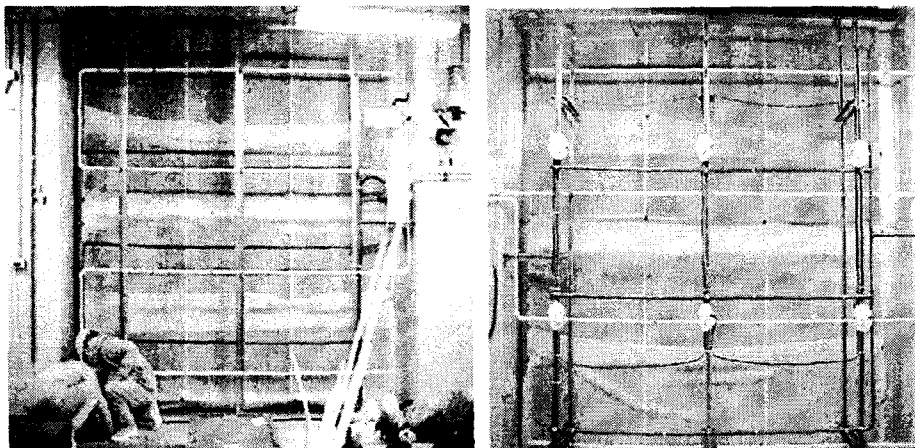
- 클린룸 공기 순환부의 고층기류부분에 공기가 희석되지 않은 지점에 국제인증 받은 화재감지 시스템을 설치하여야 한다.
- 클린룸 공조설비내의 연기감지기는 클린룸 내의 경보 신호를 재실자에게 지속적으로 발할 수 있어야 하며 이것은 클린룸내의 설비 대피 경보신호 및 장비 경보신호와 구별이 가능한 것이어야 한다.
- 8.4절에 기술된 open dispensing 시스템 안에 위치한 실란(silane) 실린더에는 불꽃을 감지하는 광불꽃감지기를 설치하여야 한다. 감지기가 작동하면 8.1.2절에 기술된 실린더 자동차단 밸브가 작동되어야 한다.
- 가연성 가스감지기에 대한 내용이므로 생략
- makeup 및 air-handling 유닛의 출구에 국제 인증된 연기감지기가 설치되어야 한다.

이처럼 클린룸의 자동화재탐지설비에 대한 규정은 상당히 막연하고 모호하여 각 사업장의 경험치 혹은 자체규정에 의해 설치되고 있는 실정이다.

## 3. 연구 고찰

### 3.1 클린룸에 일반감지기 설치 실험

클린룸에 스팟(SPOT)형 감지기와 공기흡입형 감지기를 설치하여 기류가 화재감지에 어떠한 영향을 미치는지와 어떠한 감지기가 오동작 없이 조기감지가 가능하지에 대하여 실험하였다. 감지기의 설치부는 Waffle Slab와 Dry Coil쪽 부분이며 스팟형 감지기와 공기흡입형 감지기의 감지반경은 10m로 설정하였다. 화재의 크기는 Test Wire를 통해 1KW 미만으로 설정하였으며, 3분정도 지속되도록 유지하였다. 스팟형 감지기와 공기흡입형 감지기의 경우 감지 각도를 조금씩 조정하면서 본 실험을 수행하였다.



[그림 2] 실험용 감지기 설치작업(좌), 설치 후 모습(우)

총 2일에 걸쳐 27회의 반복실험을 실시하였으며 실험의 주요 결과는 다음과 같이 나타났다.

- 가. 스팟형 연기감지기 및 공기흡입형 감지기 모두 Test Wire 화재를 감지
- 나. 반응시간의 분포는 40초에서 130초에 이르기까지 다양하였음. 이때 일반 스팟형 감지기보다는 공기흡입형감지기가 더 빨리 감지하는 것으로 나타났음.

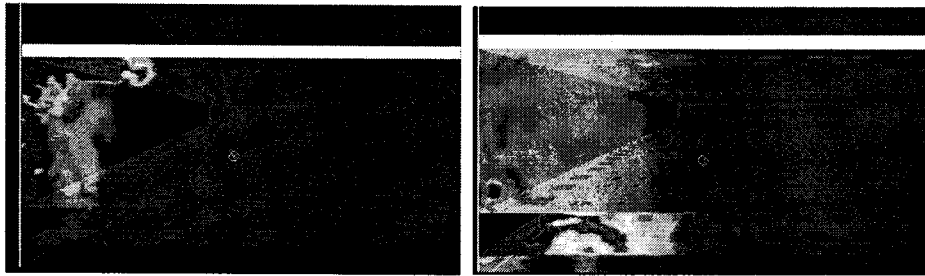
- 다. 스팟형 연기감지기의 경우 기류에 대한 감지기의 각도가 매우 밀접한 관계가 있었음. (45도일 때 가장 빠른 감지속도 보임)
- 라. 공기흡입형 감지기의 경우도 기류와 기류와 평행 각도보다는 15도에서 30도로 해주었을 때 가장 빨리 감지하였음.

### 3.2 CFD에 의한 분석

CFD는 다음과 같은 4개의 시나리오에 대해 수행되었다.

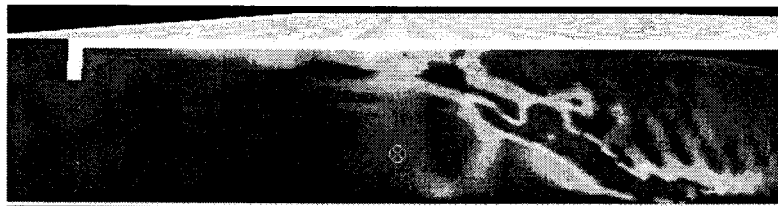
#### 가. FAB부 화재 (0.3m/s 기류와 1.2m/s 기류)

0.3m/s의 경우 FAB에서 발생한 화재는 상부로 온도 및 연소생성물이 상부로 상승하지만 그 확산범위가 크지 못하고 일부분에 집중되게 된다. 1.2m/s의 경우 동일한 FAB부에서 발생한 화재는 기류로 인해 상부 온도 및 연소생성물이 상승하지 못하고 하부로 퍼지는 것을 알 수 있다.



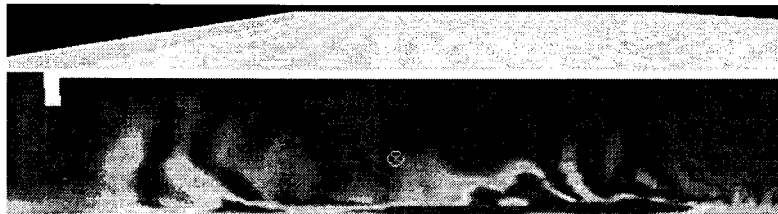
[그림 3] FAB 부 화재 (좌:0.3m/s, 우:1.2m/s)

#### 나. Grill부 화재 (0.3m/s 기류와 1.2m/s 기류)



[그림 4] Grill 부 화재 (기류 0.3m/s)

0.3m/s의 기류 하에서 클린룸 Grill 부에 발생한 화재의 경우 열 및 연소생성물이 기류에 의해 수평이동을 하면서 위의 FAB하부로 이동하고 1.2m/s의 기류 하에서 클린룸 Grill 부에 발생한 화재의 경우 열 및 연소생성물이 기류에 의해 수평이동은 하지만 하강 기류에 의해 더 이상 상승하지 못하고 바닥에 깔리는 것을 알 수 있다.

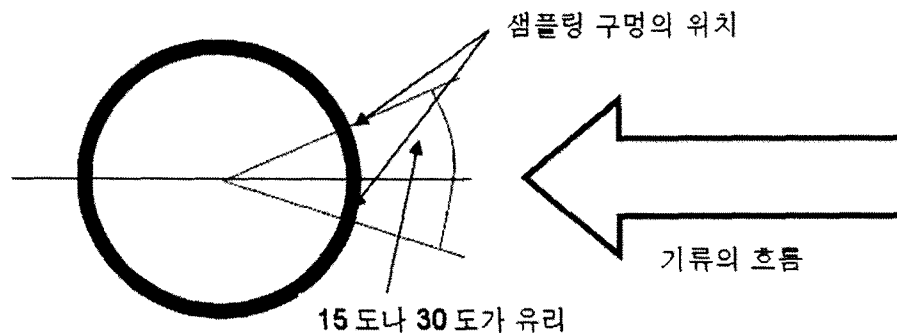


[그림 5] Grill 부 화재 (기류 1.2m/s)

#### 4. 결론

이상과 같이 클린룸에서의 화재감지에 대한 특성에 대해 살펴보았으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

- 가. 실험에 의하면 기류가 심한 클린룸에서는 일반 스팟형 연기식 감지기 보다는 공기흡입형 감지기가 화재감지에 있어 더 조기에 하는 추세를 보였다.
- 나. 이때 감지시간은 감지가와 클린룸내의 기류와의 각도가 매우 중요한 인자로 작용했으며, 스팟형 연기 감지기의 경우 45도에서 공기흡입형 감지기의 경우 15~30도의 샘플링 포인트 각도가 더 화재감지에 유리한 것으로 나타났다.



- 다. 기류가 1.2m/s 이상이 되면 FAB에서의 화재나 Grill에서의 화재의 경우 화재감지기 어려운 것으로 나타났다. 이것은 기류에 의해 연기나 열이 상승하지 못해 나타나는 현상으로 판단된다.
- 라. 따라서 클린룸 설계당시 유속을 고려한 화재시물레이션을 실시하여 화재를 조기에 감지할 수 있는 적합한 위치에 감지기를 설치하여 화재를 조기에 감지하여야 한다.

#### 참고문헌

1. 화재안전기준 KFS- 521, 클린룸 방화기준, 한국화재보험 협회, 1998
2. NFPA 318 "Standard for the Protection of Clean rooms" National Fire Protection Association 2006
3. Performance-Based Design Evaluation for Fab Smoke Detection Systems, Vincent DeGiorgio1 Lu, C.H. Su, H.L. Chang, W. T. Ho, C.E, 2001
4. "Performance-Based Design for Fab Smoke Detection System"; Technology Risk Consulting Services, LLC; February, 2001