

연기와 연기감지기술에 대한 고찰

이 복 영 / 경보시험실 연구원

— ABSTRACT —

This report is explain the nature of smoke and the principle of smoke detection.

The object of this research is to understand the hazard of smoke and select the optimum smoke detectors, according to the types of smoke and the particle size of smoke produced by a fire.

1. 개 요

화재시 발생된 연기는 시시각각, 화재진전 양상에 따라 매우 다변하여 생성된 연기의 성질, 양에 대한 논의는 광의의 표현으로써 설명할 수 밖에 없는 실험적 결과로 인한 부정확성을 가지고 있다.

불꽃 상층부에서의 Hot Gas 기류는 다양한 구성요소로 이루어져 다음과 같이 세 Group으로 분류하여 구성요소를 대별할 수가 있다.

- 연소물질에 의해 방출되는 뜨거운 증기와 Gas
- 미연소 열분해물질과 응축물질

(엷은색에서 검은색까지 다양한 색으로 표현)

- 상승기류에 의해 흡인된 공기와 불꽃에 의해 가열된 공기

대부분 불꽃주위를 둘러싸고 있으며 우리가 연기라고 부르는 증기운(Cloud)은 이 세 Group의 혼합된 조성으로 그 Group은 Gas, 증기, 분산된 고체물질을 포함하여 구성이 된다.

생성된 연기량, 그것의 농도와 유독성은 연소물질에 전적으로 의존적이나 전체 행동특성에 비추어 각기 다른 인자에 의존적인 것이고 이것은 각각 분리, 고려하는 것이 편리하다.

연기량에 관해 연소시의 연기와 같은 거무칙칙한 생성물과 흡인된 공기의 혼합은 총 생성된 연기로서 간주되며 농도와 유독성은 연소물질에 따라 상당한 상관관계가 있다.

화재크기에 한하여 연기생성량에 영향을 주는 가연물의 특성은 연소대상과 그것의 연소율에 의하며 이 연기는 그러므로 매우 밀접할 수도 있고 그렇지 않을수도 있으나 경우에 따라 뜨겁고 인체에 위험을 줄 정도의 충분한 유독성 물질을 내포할 수도 있다.

2. 연기의 정의

연기란 공기중에 부유하고 있는 고체·액체의 미립자를 총칭하며 크기로 제한한다면 0.01~10 μ m 정도의 미립자를 말한다. 화재시의 연기는 연기입자를 특별히 분리하지 않고 Gas 성분을 포함하여 지칭한다.

3. 연기발생(MECHANISM)

고체물질의 연소는 이들 물질의 가열에 필요한 열(이 열은 통상 인접연소물질로부터 얻음)을 수반하게 되며 가열에 따라 뜨거운 휘발성 가연성 증기를

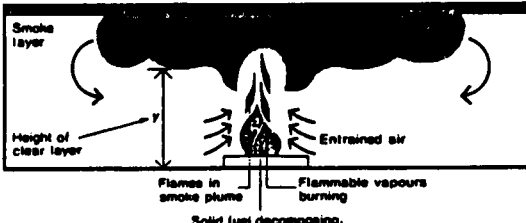
방출하고 이 증기는 불꽃(초기불꽃) 상층부에서 점화가 이루어지게 된다.

Hot Gas와 불기둥은 Hot Gas층의 농도가 주위공기 농도보다 훨씬 낮기 때문에 상승기류가 형성, 상승화되며 그 결과 주위공기는 상승기류에 흡인되고 Hot Gas층과 혼합이 되고 이 흡인된 공기는 연료의 열분해에 의해 방출된 Gas연소에 필요한 산소공급원의 대부분으로 불꽃발생을 일으키게 된다.

연기층에서의 온도는 그다지 높지 않고 산소와의 혼합도 완전치 못하여 이 Gas의 연소는 불완전 연소 상태가 되며 미연소된 고체입자는 분산되어 검은 연기형태로 발생이 된다.

불꽃의 말단부 높이에서 상승 Gas층은 연료 Gas의 연소에 사용되거나 필요한 공기보다 훨씬 더 많은 공기를 포함하고 있고 이 시간대에서 필요량 이상의 초과공기는 가열이 되고 연소시 뜨거운 생성물과 혼합이 되어 연기의 대부분 구성요소로서 형성이 되게 된다.

이것이 우리가 연기라고 볼 수 있는 연소생성물의 발생 Mechanism이다.



화재시 연기발생

4. 연기발생의 정량적 평가

불꽃에 의해 흡인된 공기의 전체량과 비교하여 연료 Gas의 양은 상대적으로 적기 때문에 연기생성율은 대략 Hot Gas와 불꽃의 상승작용에 의해 흡인되는 공기울로써 정의한다.

이 공기흡인율은

- 화재의 Perimeter(Perimeter는 주어진 면적을 둘러싼거리)

- 불꽃의 열방출

- 불꽃 상층부 Hot Gas층의 유효높이(바닥과 연기와 Gas층 하부사이 거리)에 의해 정해지며 불꽃에 의해 흡인되는 Gas량(즉, 연기생성량)은 다음 관계식으로 표현이 된다.

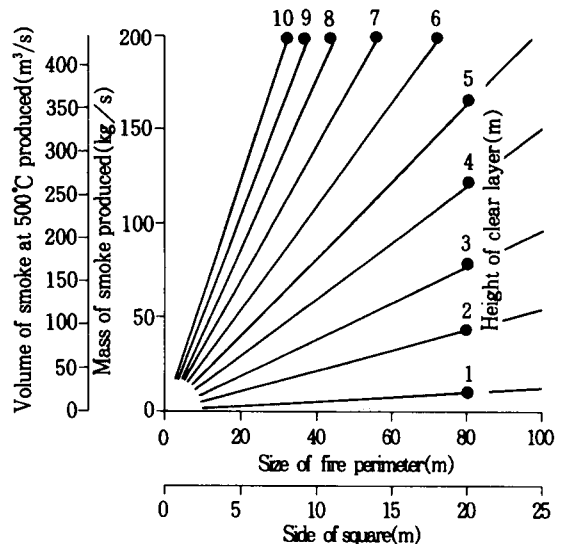
$$M=0.096P\rho_0 Y^{3/2}\left(g\frac{T_0}{T}\right)^{1/2} \text{ [kg/s]}$$

식에 사용된 기호의 의미와 대표값

기호	의미	대표값
P	Perimeter of fire	As appropriate (expressed in meters)
Y	Distance between floor and bottom of smoke layer under ceiling	As appropriate (expressed in metres)
ρ_0	Density of the ambient air	1.22kg/m ³ at 17°C
T ₀	Absolute temperature of ambient air	of: 290K
T	Absolute temperature of flames in smoke plume	of: 1100K
g	Acceleration due to gravity	9.81m/s ²
M	Rate of production of smoke	in kg/s

표에서 수치는 연기기둥내에서 불꽃이 천정아래 연기층까지 확대되는 통상 화재상황에 대해 대표적인 수치로 특별한 주위영향에 대한 이용 가능한 정보가 없는 한 연기생성율의 개략적 계산에 사용된다.

표의 수치를 대입하여 연기생성율에 관한 식은 다음과 같이 간략화 할 수가 있다.



화재에 의해 생성된 연기량

$$M=0.188PY^{3/2} \text{ (kg/s)}$$

이 식은 연기생성율은 화재의 크기(P)와 청정공간의 높이(Y)에 의존하는 정비례관계가 성립된다는 것을 의미한다.

그림은 화재크기(P)와 청정공간높이(Y) (건물내 화재인 경우 예상가능)의 수치에 대해 예상 연기생성율을 나타낸다.

화재 크기에 대한 수치는 화재의 주변길이(m로 표현)와 정방형화재의 한 면의 길이(m로 표현)로 나타낸다.

연기생성율에 대한 값은 (kg/s)로 표현하고 500°C의 온도에서 연기발생 체적율(m³/s)도 나타내었다.

연기발생 증량변화율은 다음과 같은 과정을 거쳐 체적변화율로 바꿀 수가 있다.

- 온도 17°C에서 공기밀도 : 1.22(kg/m³)
- T°C에서 공기(연기)밀도 : $1.22 \times \left(\frac{290}{T+273}\right)$ (kg/m³)

- 연기발생 증량율(kg/s)은 연기온도에 적당한 밀도로 나누어 (m³/s)로 변환된다.

연기생성의 증량율에 대한 체적율의 등가치가 다음표에 주어졌다.

Mass rate of flow		Volume rate of flow			
kg/s	ℓ b/s	m³/s		ft³/min	
		at 20°C	at 500°C	at 20°C	at 500°C
200	440.8	163.9	436.9	346928	925354
100	220.4	81.9	218.5	173464	462783
90	198.4	73.8	196.6	156308	416399
80	176.6	65.6	174.8	138941	370226
70	154.3	57.4	152.9	121573	323842
60	132.2	49.2	131.1	104205	277670
50	110.2	41.0	109.2	86838	231286
40	88.2	32.8	87.4	69470	185113
30	66.1	24.6	65.4	52103	138517
20	44.1	16.4	43.7	34735	92557
10	22.0	8.2	21.8	17346	46278
9	19.8	7.4	19.7	15631	41640
8	17.7	6.6	17.5	13894	37023
7	15.4	5.7	15.3	12157	32384
6	13.2	4.9	13.1	10420	27767
5	11.0	4.1	10.9	8684	23128
4	8.8	3.3	8.7	6947	18511
3	6.6	2.5	6.5	5210	13852
2	4.4	1.6	4.4	3473	9256
1	2.2	0.8	2.2	1735	4628

연기의 증량변화율 대 체적변화율 등가관계

5. 연기발생량

화재규모가 3m×3m의 정방형(또는 등가원형으로 직경 3.8m)으로 크기가 제한되어 있다고 가정하면 연기발생율은

$$M=0.188 P Y^{3/2}$$

식으로 계산되거나 그림에서 직접 찾아낼 수 있다.

다음표는 연기층과 천정하부에 형성된 Hot Gas 층으로 확대되는 불꽃과 같은 화재로부터의 열방출에 근거하여 계산된 대표값이다.

이런 Hot Gas에 의해 차지하는 체적은 Hot Gas 온도에 의존하며 온도 500°C인 불꽃에 가까운 곳에서 1(kg)의 연기는 약 (2m³) 공간 차지하게 된다. 그러나 불꽃으로부터 먼곳의 연기는 주위 온도보다 약간 높게되어 1kg의 연기는 약 0.8m³ 공간을 차지하게 된다.

Height of clear layer (distance between floor and bottom of smoke layer) metres	Rate of smoke production		
	kg/s	Smoke volume at 500°C m³/s(ft³/min)	Smoke volume at 20°C m³/s(ft³/min)
2	6	13.1(27710)	5.0(10550)
2.5	9	19.6(41570)	7.5(15826)
3	12	26.2(55420)	10.0(21180)
4	18	39.2(83135)	14.9(31653)
5	25	54.5(115466)	20.7(43962)
6	33	71.9(152415)	27.4(58030)
8	51	111.2(235550)	42.3(89680)
10	71	154.8(327920)	58.9(124850)

화재(3M×3M 크기)로부터 연기생성율

표에서 알 수 있듯이 작은 화재로부터 생성된 연기의 부피가 상당히 크고 얼마나 빠르게 건물을 연기로 채우게 되는가를 인지하여야 하며

건물의 천정하부에 형성된 연기층의 정도(높이)는 하부로 확산되어 위험에 처할 정도의 머리부분까지 다다르게 된다는 것을 인지하고

이 상황은 매우 빠르게 전개가 될 수 있어 다음표에서는 3mx3m 화재에 의해 생긴 연기가 다양한 규모의 건물을 부분적으로나 전체적으로 채울 수 있는 개략적인 시간진전 상태를 나타내고 있다.

Approximate times for a 3m×3m fire to fill a building with smoke down to a given distance from the floor

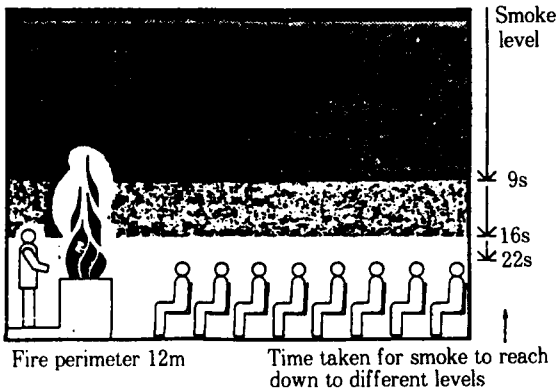
Building height (m)	Building area 100m ²			Building area 1000m ²			Building area 10000m ²		
	Distance of smoke from floor(m)			Distance of smoke from floor(m)			Distance of smoke from floor(m)		
	3	2	1.5	3	2	1.5	3	2	1.5
	(Time in seconds)			(Time in minutes)			(Time in minutes)		
4	4	11	17	0.7	1.8	2.8	6.9	18.4	28
5	7	14	20	1.2	2.3	3.3	11.5	23	33
6	9	16	22	1.5	2.6	3.6	15	26.5	36
8	12	19	25	2.0	3.1	4.1	20	31	41
10	14	21	27	2.3	3.5	4.4	23	35	44
15	17	24	30	2.8	4.0	4.9	28	40	49.5

표에서 숫자로서 시사하는 바는 어케 수준이하로 실에 연기를 채우기 위한 시간이 정말로 짧은 시간이라는 것이다.

표에서 바닥면적이 100m²인 가장 작은실 그리고 건물높이 6m로 가정하고 쉽게 100명의 수용능력을 가진 작은 강의실의 경우

만약 정면의 탁자에서 화재(벤젠같은 가연성액체 용기 파손으로 인한)가 발생하였다면 이는 순간적으로 전개되어 몇초안에 12[m]의 Perimeter를 가질 것이다.

이런 크기의 강의실에서 화재는 20여초내에 1.5m 높이 정도의 어깨높이까지 연기가 차게 될 것이고 이것은 그실에 있는 대부분의 사람이 피난활동의 개시는 차치하고서라도 화재상황을 인식하기도 전에 발생이 될 것이다.



소규모실에서의 연기전파정도
(실높이 : 6M, 실면적 : 100m²)

비록 작은화재에 의해 생성된 연기일지라도 매우 큰 양으로 인해 위험상황으로 매우 빨리 진전이 된다는 것을 알려주고 있다.

표에 대한 계산식은 연기가 경계벽에 이를때까지 천정하부를 따라 이동하는 시간을 무시한 개략식이지만 이 시간은 연기온도에 의하고, 연기층의 선단 돌출부의 속도는 약 1m/s가 될 것이다.

이 가정을 이용하여 어떤 크기의 건물에 대해 연기로 채워지는데 소요되는 시간은 영국사람인 Hinkley에 의해 다음 관계식으로 유추되었다.

$$t = \frac{20A}{Pg^{1/2}} \left(\frac{1}{Y^{1/2}} - \frac{1}{h^{1/2}} \right)$$

t : 초(sec)로 표현된 소요시간

A : 건물, 실 또는 구획실의 바닥면적(m²)

P : 화재의 Perimeter(m)

Y : 바닥에서 연기층 하부의 거리(m)

h : 건물, 실 또는 구획실의 높이(m)

g : 중력가속도(9.8m/s²)

6. 화재감지

화재에 의한 환경변화를 감지하기 위해 인간의 오감을 흉내내는 기계적, 전기적, 전자장치가 오늘날 화재예방분야에 급속하게 응용되어 보다 더 인간화된 장치로 신뢰성, 자기판단성, 제어능력을 겸비한 감지장치가 출현되고 있다.

화재의 가장 일반적인 현상 요소중 감지가가능한 것으로 열(온도), 연기, 빛의 방사로 이루어지며 모든 화재현상이 반드시 이런 요소들을 생성하는 것은 아니고, 비화재조건도 이들 현상요소와 유사한 조건을 낼 수 있는 환경조건을 가질 수가 있어 설계자, 제조자는 화재시 예상되는 이들 요소들 사이 분별화하는 것이 중요하며 비화재상태로부터 야기되는 화재상태와 유사한 조건들을 구별해야 한다.

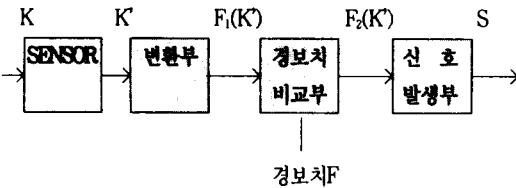
화재시 발생요소 즉, 열, 연기, 빛은 화재진행중 이론적인 정도(양)를 초과할 수도 있으며 이들 요소중 하나는 화재시 통상 제일의 현상으로 나타나게 되며 이것이 인명안전을 위한 설비의 최우선 설계사항으로서 매우 중요한 사실이다.

즉, 화재에 대한 감지기 적용에 있어 보호대상에 적합한 감지기 원리의 선정 또는 설치상의 문제점과 적정검출화재 규모를 갖는 감지기를 선정하여야 하며 때로는 보다 고감도인 SENSOR 출력을 가진 감지기로 처리가 필요한 경우도 있다.

다음 그림은 감지기의 일반적인 구조를 나타내지만 구성요소의 일부가 복수로 존재하거나 빠지거나 하는 경우도 있고 감지기 본체가 일체화되어 있지 않은 것도 있다.

그림에서 K는 온도 등 화재에 수반되는 변화량이며 이것이 SENSOR로 전달되어서 기계적, 전기적인 보조량 K'로 출력되어진다.

SENSOR는 K를 일국소에서 포착하든지 공간분포의 평균치 혹은 누적치로 포착하는가에 따라 SPOT형과 분포형으로 나누어지며 이의 변형감지 방법으로서 SAMPLING형과 SCANNING형 등이 있다.



감지기의 일반구성

경보를 하기 위한 변화량에 K를 쓰지 않고 K의 시간적 변화량(변화속도, 적분치 등)이나 공간적변화(두점간의 차등) (K')를 이용하는 경우에는 변환부에 의하여 $F_1(K')$ 로 바꿀 필요가 있다.

K나 $F_1(K')$ 가 일정한 경보치 F에 도달했을때 경보치 비교부의 출력으로는 Digital량 $F_2(K')$ 가 변화하여 그에 대한 전기적신호 S가 송출된다. 예를들면 열감지 방식의 정온식 감지기의 구성은 시험실에서 이용되는 항온조용 Thermostat와 유사하며 K는 조내온도, K'은 Bi-metal의 활곡정도, 변환부는 이 경우 필요치 않고, $F_2(K')$ 는 급변하는 점접저항치, S는 전류가 된다.

자동화재 감지기는 NFPA 72E에 따르면 열, 연기 불꽃, 화재시 Gas, 기타 화재감지기로 분류가 되며 좀더 세분화 할 경우 Line type, Spot type, Air sampling type으로 나누게 된다.

7. 연기감지장치

열감지기는 오랜기간 사용되어 왔고 아직도 화재 감지방식에 많이 적용되고 있으며 신빙성, 정확성이 우수하고 유지관리에 그다지 어려움이 없는 장점을 갖추고 있다.

그러나 열감지기는 작동을 위해서는 많은 열량을 필요로하고 그 열은 통상 화재가 진전이 되기까지는 발생이 되지 않는고로 초기화재감지 지연이 대두되어 초기성장단계의 화재를 감지하기 위한 필요에 부응하여 연기감지기가 개발이 되었다.

연기감지기는 연소의 가시가능한 입자나 불가시입자를 검출하는 장치로서 열감지기보다 우수한 화재 반응도를 가지고 있다.

연기는 연소중 방출되는 고체, 액체 입자를 말하는 것으로서 혼소연소(Smoldering Combustion)는 농축(응결)된 증기형태로 연기를 발생시키고 이 연기는 엷은색을 띄게 되며 액체는 대부분 물이 된다.

불꽃연소(Flaming Combustion)중 발생된 연기는 탄소성분으로 인해 혼소연소시 발생되는 연기보다 대개 어두운 색으로 나타나며 이것은 혼소연소시의 연기입자크기는 불꽃연소에 의한 연기입자보다 더 크다는 것을 의미한다.

연기감지기의 개발은 연기 각각의 형상에 따라 특수하게 개발이 되어져 특정공간에서 예상되는 연기형태는 연기감지기의 감지방식 선정을 적절하게 나타내줄 수 있다.

전통적인 연기감지에 대한 방식은 IONIZATION, PHOTOELECTRIC 연기감지 방식에 의하며 이들 연기감지기는 열감지기보다 유지관리에 보다 세심한 주의가 요구되고 가격이 비싼 반면에 열감지기보다 동작에 있어서 상당히 빠른 화재의 조기감지 이점을 가지고 있다.

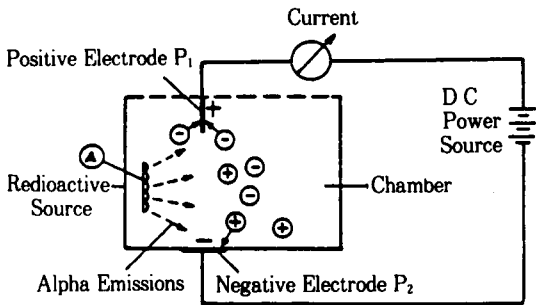
이런 연기감지기의 예민성 등으로 인한 비화재보 발생율은 열감지기보다 더 높게 나타나 최적의 성능유지를 위해서는 적절한 설치 등 유지관리에 대한 관심이 중요하다.

가. IONIZATION SMOKE DETECTORS

이온화식 연기감지기는 SPOT-TYPE이 대부분으로 이 감지기는 불꽃화재에 의해 생성되는 아주 작은 입자($1\mu\text{m}$ 이하의 입자)에 대해 상당히 민감한 반응을 나타낸다. 이는 불꽃화재는 고 Energy 화재로 작은연기입자가 다량 생성되기 때문이다.

아주 간단한 이온화식 감지기는 +, - 두개의 전극을 가진 감지실로 구성이 되고 두전극 사이는 아주 작은 Alpha, Beta 방사선원이 내장되어 있다.

α 선원으로는 Americium-241, β 선원으로는 Radium-226이 사용되고 있으며 방사선원은 Chamber내에서 +, - 이온을 생성하여 반대극성의 전극으로 흡인시키는 공기를 전기적인 도전성화 또는 이온화시키게 된다. 이것은 두전극사이 미세한 이온전류를 생성하게 되며 연기입자 크기 $0.01\sim 1\mu\text{m}$ 의 연기입자가 Chamber로 들어오게 되면 이온전류는 연기입자에 의한 이온생성화에 방해받게되어 회로상의 전류강하를 일으키게 된다.



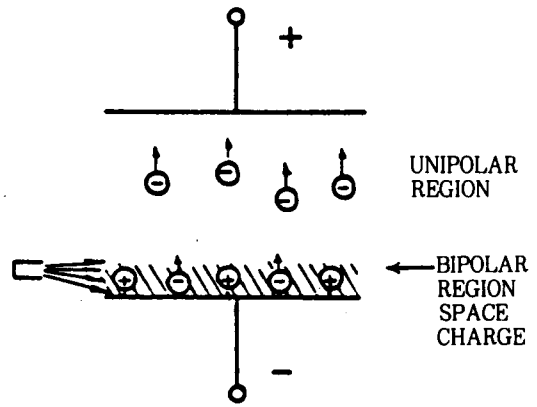
Ionization Chamber의 원리

이것은 불꽃화재로부터 전기적으로 도전성을 가진 탄소입자를 갖고 조금은 검은연기가 이온화식 감지기에 의해 왜 쉽게 감지가 되는가를 설명한다.

이온화식 감지기는 α 선원의 배치에 따라 두종류로 나뉘며 이온화 선원의 배치로 Unipolar, Bipolar Chamber를 만들수가 있다.

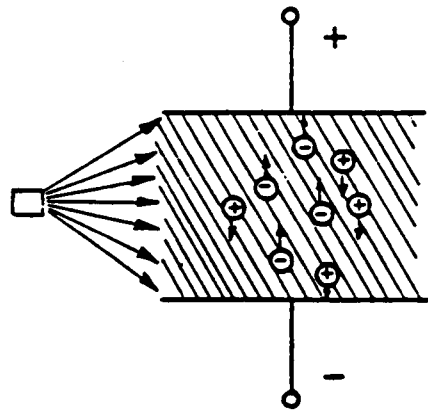
Unipolar Chamber에서 조준된 α 선원은 Chamber의 작은 부분에 이온화 영향을 제한하는 -전극에 인접하여 설치를 한다.

대부분 이온화현상은 -전극 근처에서 발생이 되고 양이온의 대부분은 쉽게 음극으로 흡인이 되어



음이온은 Chamber의 나머지 부분에서 우위를 점하게 되어 재결합을 방해하게 된다.

Bipolar Chamber 감지기는 전체 Chamber 공간이 이온화영향을 받도록 이온화원이 Chamber 중앙에 위치하게 된다.



Unipolar Chamber 감지기의 성능은 연소속도가 느린 혼소화재에 의해 생성된 연기에 노출되었을 때 Bipolar Chamber 감지기보다 거의 3배에 가까운 감지 성능을 가지고 있다.

Bipolar Chamber 감지기가 감도가 떨어지는 것은 아마 Bipolar Chamber내에서 발생하는 반대극성 이온의 중성화, 재결합 등에 기인하는 것으로 판단된다.

Chamber의 수에 따라 이온화식 감지기는 두가지로 나뉘고 하나의 Ionization Chamber가 있는 감지기의 경우 방해전류측정과 이것을 기준회로와 비교하는 기

능을 가지고 있으며

두개의 Chamber를 가지고 있는 감지기의 경우 이온화현상은 두 Chamber에서 발생이 되고 Chamber중 하나는 대기중에 노출된 상태로 다른 Chamber는 연기입자가 들어오지 못하도록 기밀실로 되어있어 대기중 노출된 Chamber에서 측정된 전류강하에 대해 기준회로로서 작용을 한다.

두개의 Chamber를 이용한 이온화식 감지기가 한개의 Chamber를 갖는 감지기에 대해 유리한점은 온도, 압력, 습도변화에 대해 예민성이 적다는 것이다.

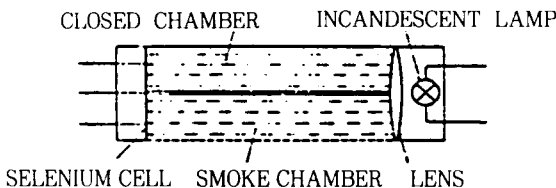
- 단 점

IONIZATION 감지기의 결점은 감지기가 경보상태에 이르게 할 수 있는 방해전류를 야기시키는 오물, 분진, 높은습도, 낮은압력 등에 대해 민감성이 있다는 것이다.

나. PHOTOELECTRIC SMOKE DETECTORS

Spot-type 광전식 감지기는 Photo Cell에 대한 Beam경로의 어두워짐이나 Photo Cell로의 빛의 산란 등에 의한 광학원리에 의해 작동하는 두가지로 분류된다.

Beam type 광전식 감지기는 넓은 공간을 경계하기 위한 지역경계장치(Area devices)로서도 이용할 수가 있다. 감광원리(Light obscuration principle)를 가진 연기감지기는 광선조준설비, 광전지, 광저항 소자, 광원을 이용하여 광선의 감쇠를 조사하여 연기입자가 light chamber내로 들어왔을때 광선경로가 간섭을 받고 빛의 감소는 출력전압을 변화시키고 이 변화가 경보발생 감지기회로에 의해 감지가 된다.

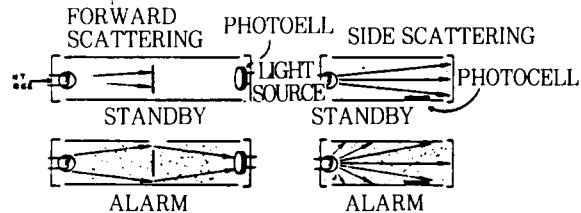


연기의 색에 대한 반응은 감광식 감지기에 대해 별다른 차이가 없다.

Photo Cell에서 빛의 산란은 다른말로 흔히 광기전

력(Photo electric)감지방식이라 한다.

이 설비에서 광전지, 광저항소자는 감지 Chamber내에 있으나 이것은 광선의 직선경로상에 있지는 않다.

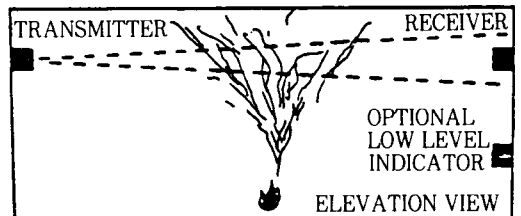


그림은 두가지 형태의 산란광 Chamber의 배치를 보여주며 연기가 Chamber로 들어왔을 때 빛은 Photo Cell로 산란이 되게되어 경보상태에 이르게 한다. 이런 형태의 감지기는 그 원리상 아주 간단함을 보여 주나 제작시 Parameter는 매우 복잡·다양하다.

산란광식 연기감지기는 혼소화재시 생성되는 크기 1 μ m 이상의 눈에 보이는 입자에 대해 훨씬 민감함을 가지고 있다.

이런 연기를 통상 색으로서 회색연기라 하며 옅은 색과 입자크기가 큰 것은 이런 형태의 연기감지기에 효율성을 주는 빛의 산란을 쉽게 한다. 즉, Smoldering fire는 저 Energy 화재인고로 불꽃화재에 의한 연기입자보다 큰 입자를 생성하게 된다.

이온화식 감지기와 Spot-type 광전식 감지기는 가정에서 사용하는 감지기와 유사한 전원 내장장치나 원격전원 공급설비, 경보, 경계구역 표시장치를 갖는 통합설비의 부품이 될 수 있는 단독형으로 사용할 수도 있다.



Operation of a projected beam smoke detector.

또한 Beam 발사를 이용한 분리형(Area-type) 광전식 감지기도 있는데 이런 형태의 감지기는 대공간

의 화재감시에 사용되며 공간의 한쪽끝에 광원을 설치하고 반대쪽 끝에는 광수신장치를 설치한다.

이 감지장치의 개념은 경기장, 대회의실, Atrium, 창고같은 대공간(High bay)의 적용에 이상적이다.

Beam발사형 연기감지기의 한 형태는 보호공간을 가로지르는 적외선 Energy의 Invisible beam을 발사하는 것이다.

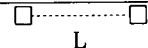
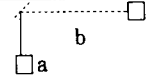
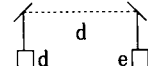
내장되는 Microprocessor는 연기에 의해 야기된 Energy감소를 분석하게 되며 분리형 광전식 감지기는 연기의 색에 의한 영향은 거의 받지 않게된다.

이러한 형태의 감지장치의 결점은 Beam경로상에 장애물이 없어야 한다는 것으로 Beam이 상대적으로 좁기 때문에 Beam 경로를 통과하여 이동할때까지 연기는 감지가 되지 못한다는 것이다.

이러한 문제는 보호공간을 지나는 Beam을 이리저리 반사시키는 거울 등을 사용하여 다수의 Beam을 형성 해결할 수가 있다.

거울을 사용하는 경우 장치의 광선거리가 다음과 같이 감소하게 된다는 단점을 가지고 있다.

PROJECTED BEAM USING MIRRORS

Number of Mirrors	Maximum Allowable Beam Length
0	Listed Length L 
1	$2/3L = a + b$ 
2	$4/9L = c + d + e$ 

EXAMPLE--Maximum allowable length of beam listed for 300 feet (L) using two mirrors is $4/9 \times 300$ or 133 feet.

For SI Units : 1 ft = 0.305m.

이온화식 감지기와 유사하게 광전식 감지기는 열 감지기보다 유지관리에 더 많은 주의가 필요하나 민감성으로 인해 열감지기보다 훨씬 빠른 경보체제를 갖출수가 있다.

다. 선정기준 - 이온화식 대 광전식

연기감지기 설치를 위한 결정은 적용장소에 대한

최선의 감지기를 선정하는 것을 필요로 한다.

이온화식감지기는 0.01~3 μ m 범위의 연소입자를 생성하는 불꽃화재의 조기감지에 대해 광전식 감지기보다 우수한 것으로 평가되며 검고, 어두운 연기에 훨씬 더 민감한 반응을 가지고 있다.

이와는 달리 광전식 감지기는 0.3~10 μ m 범위의 보다 큰 입자로 특징되는 혼소화재에 훨씬 더 민감하여 옅은 회색연기에 대해 우수한 반응성을 가지고 있다.

대개의 경우 설치장소에서 발생가능한 연기와 화재의 형태를 예견하는 것은 어려운것이지만 어떤 일반적이고 보편적인 원칙을 가정할 수는 있을 것이다.

이온화식감지기는 육안으로 식별하기 곤란한 연소생성물을 감지하는 능력으로 인해 Computer실처럼 복잡하고 고가의 장비를 보호하는데는 광전식 감지기보다 우수하다.

이온화식감지기는 또한 연소시 검은 연기를 내는 Polyurethane, Polystyrene 등과 같이 Plastic 제품이나 Gasoline, 연료유같이 가연성 액체를 가진 보호공간에 설치가 권장된다.

광전식감지기는 용접작업이 행해지는 공간, Forklift와 Truck처럼 내부연소장치를 가진 공간에 대해 이들 작동시 연소입자보다 훨씬 적은 크기의 입자를 내기 때문에 적응성이 우수하다.

광전식감지기는 또한 주방부근, 느린 혼소화재가 예상되는 보호공간에 사용이 바람직하다.

화재형태나 가연물형태가 복합적인것이나 미지인 보호공간에서는 이온화식과 광전식 연기감지기의 혼용(Cross Zoned 이나 Paired방식)으로 선정의 어려움을 해결할 수가 있다.

라. 초미립자 검출감지기(Submicrometer Particle Counting Detectors)

이온화식, 광전식 연기감지기는 혼소화재나 화재성장단계의 열분해 초기에 화재를 검출하는 기능을 가지고 있으나 아직도 감지기작동을 야기시키기 위한 연기의 충분한 양에 대해 시간을 요하고 있다.

연기가 희석될 수 있는 공기유속이 높은 지역에서

Spot-type의 이온화식, 광전식 연기감지기는 응답 지연현상을 가져오게 된다.

또한 신호전송 후 어떤 초기응답을 나타내는 동안에도 시간지연이 있게 된다.

청정실(Clean room), 무향실(Anechoic Chamber), 교환실, 중요한 기능을 수행하거나 고가인 Computer 시설같은 적용장소에서는 보다 빠른 조기감시체제가 요망된다.

예로서 청정실과 Computer실은 보통 청정상태와 전자부품에 의한 열을 방열하여 일정온도를 유지하기 위해 상당량의 공기유동이 있게되어 이런형태의 시설에서 작은화재는 공기유동에 의해 시설 전체로 확산될 수 있는 연기와 유해부식성 증기를 발생할 수가 있다.

화재가 초기단계에 감지되고 공기순환설비가 차단, 진압활동이 개시된다면 예상되는 많은 손해를 경감시킬 수 있을 것이다.

이런 이유로 인해 초미립자 표본추출형감지기(Sampling-Type Submicrometer Particle Counting Detector)가 개발되었다.

가연물이 열을 받는 화재성장의 초기단계중(열분해 또는 예연소) 초미립자는 방대한 양으로 생성이 되며 전형적으로 가연성물질의 가열로 인해 초당 10^9 입자정도의 입자를 생성할 수 있고 이 입자의 크기는 $0.005 \sim 0.02 \mu\text{m}$ 정도가 된다.

초기화재는 이 입자의 농도를 증가시키고 화재신호로서 사용되는 원인정도를 충분히 초과한다.

조기감지기의 한가지 형태는 응축핵으로서 초미립자를 사용하는 것으로 입자가 가습장치를 통하여 유입되었을때 입자는 수증기를 가지고 있어 광전식 방법에 의해서 감지가능한 입자크기에 다다르게 되어 화재를 감지하는 방식이다.

또다른 조기감지형 감지기의 형태는 초기입자의 빛 감광의 광전식 원리를 사용하는 것으로 입자는 Cloud Chamber 감지기에 의해 감지되는 입자보다 약간 크게 되어야 한다.

이것이 공기표본추출형 감지기(Air-sampling-type Detectors)로 이 감지기는 높은 유속, 분진, 습기, 진동, 온도의 넓은 범위 등에 대해 영향을 거의 받지 않는다.

공기표본 추출회로를 구성하는 Tube는 RF 방사시험이 행해지는 지역에서 사용하기 위해 투명 Plastic 재질로 만들 수 있고, 감지장치가 보호지역에서 멀리 떨어져 위치할 수 있기 때문에 감지장치는 방사에 의한 영향을 받지 않는다.

RF 방사에 의한 작동은 Spot-type의 이온화식, 광전식 감지기로서는 문제점을 가지고 있다.

초미립자 검출감지 System은 그것의 복잡화, 신뢰성 등으로 다른설비보다 고가로 되나 재산 보호가치나 초기감지가 절대적인 경우는 비용이 그다지 문제는 아닐 것이다. 부가적으로 초미립자 검출감지기는 비용의 평등화를 가져오는 다수의 Spot-type 감지기를 대체하고 대규모 지역을 보호구역으로 할 수 있다.

(1) CLOUD CHAMBER SMOKE DETECTORS

Cloud Chamber 연기감지기는 Cloud Chamber 입자감지기술을 채택한 공기표본 추출장치이다.

이 감지기의 형태는 재료의 열분해나 연소로부터 발생되는 아주 작은 입자($0.002 \mu\text{m}$ 이하)에 대해 매우 민감한 반응을 가지고 있다.

이들 매우 작은입자는 가연물이 분해되기 시작하는 초기화재 단계에서 발생이 된다.

연소 초기단계의 초미립자 생성물은 응축핵으로서 간주되어 이것이 적당한 조건하에서 높은 습도에 노출되었을 때 입자는 수증기를 만나 약 $15 \mu\text{m}$ 정도로 크기가 증가된다.

$15 \mu\text{m}$ 정도의 입자는 육안으로도 식별이 되어 광전식 감지방법에 의해 간단하게 감지할 수가 있다.

공기표본은 분진, 기타 큰입자를 제거하기 위해 Filter를 거쳐 감지기내 높은습도 Chamber로 유입이 된다.

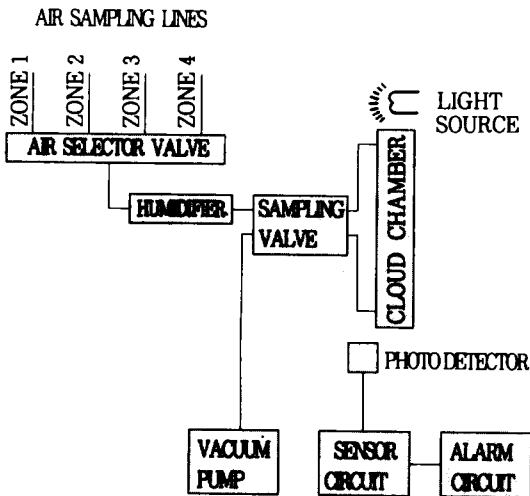
공기표본이 습도 Chamber(약 100% 습도상태)를 통해 흡인이 되면 진공 Pump에 의해 압력을 약간 감소시키는 팽창실(Expansion Chamber)을 지나게 되어 초미립자 연기입자가 존재시 Chamber내에 수증기는 연기 미립자를 연무(煙霧)형태로 응축시키게 된다.

연무의 밀도는 광전자원리에 의해 측정이 된다.

현재 이용되고 있는 Cloud Chamber-type 연기감지기는 관로부터 공기표본을 모으는 4경계구역 조절

장치로 구성이 되고 표본회로는 36,000ft²의 전체 경계구역에 대해 4개까지 경계구역으로 분리하여 표본을 채취할 수가 있다.

1개의 ZONE은 10개의 Sampling head를 가질 수 있으며 각 Zone은 1~15초 사이 1번씩 Sampling되고 네 개의 Zone은 매분마다 Sampling이 가능하다.



Cloud chamber smoke detector.

(2) 광전식 초기화재감지기

산란광원리에 의해 작동하는 공기표본추출 광전식 연기감지기는 육안으로 식별가능한 연기발생 이전 초기화재에 의해 발생하는 초미립자에 대해 매우 민감한 반응을 나타낸다.

이 높은 감도를 실현하기 위해 이것은 일종의 대형산란 Chamber로 강력한 광원과 아주 민감한 광수신장치를 이용하고 있다.

공기표본은 분진과 큰 입자를 제거하기 위해 8 μ m Filter를 통해 유입이 된다. 공기표본은 최대 20,000ft²까지 Sample이 가능하고 감지장치로부터 250ft까지 가능한 관 net-work로부터 표본조사가 가능하다.

공기표본은 Filter를 통해 입자가 강력한 크세논 광원에 매 3초마다 조사되는 감지 Chamber내로 유입이 되고 초고감도 광수신장치는 입자에 의한 산란광을 모으게 된다.

이 감지기는 감광정도에 따라 3종류의 감도등급으로 나뉘어져 사용이 되고 감도등급은 0.003~0.03%/

ft, 0.006~0.06%/ft, 0.015~0.15%/ft로 나누게 된다.

Cloud Chamber 감지기와 같이 이 감지기는 회색과 검은빛을 띄는 열분해 입자에 대해 유사한 감도특성을 가지고 있다.

신호는 작동신호를 발생하는 3종류로 프로그램된 정보 Level로부터 10등급의 Bar 그래프 배치로 작동하는 Analog 연기감도 판독을 하도록 처리된다. 이 3종류의 정보 level은 교정기능과 소화설비 작동을 위한 지구경보작동이 서로다르게 프로그램이 가능하며 오동작 방지와 응답의 작동지연에 사용가능한 매 정보 level에서 0~60초의 지연시간 조정이 가능하고 연기감도가 지연시간중 떨어지게 되면 경보상태가 취소되게 할 수 있다.

참고문헌

1. Butcher, E. G. & Parnell, A. C. Smoke Control in Fire Safety Design. E & F. N. Spon V. K., 1979
2. Hinkley, P. L. Some Notes on the Control of Smoke in Enclosed Shopping Centres. Fire Research Note No. 875, 1971.
3. Bukowski, R. W. & O'Laughlin, R. J. Fire Alarm Signaling Systems Handbook. NFPA & SFPE, 1987
4. Ladwing, T. H. Industrial Fire Prevention and Protection
5. 安全工學協會 編 "火災" 東京, 海文堂, 1983

연기감지형 감지기의 특성

감지기 구분	광전식 Spot-type 연기감지기	이온화식 Spot-type 연기감지기	초미립자 검출 감지기(공기표본추출형)	
			Cloud Chamber 연기감지기	초기감지형 광전식감지기
화재형상	연소속도가 느린 혼소화재 (Smoldering fire)	연소속도가 빠른 불꽃화재 (Flaming fire)	화재초기의 열분해 생성물에 대해 반응	화재초기의 열분해 생성물에 대해 반응
입자크기	0.3~10 μ m	0.01~3 μ m	0.005~0.02 μ m	0.005~0.02 μ m
연기의색	회색(엷은색)연기	탄소입자를 가져 검은색 연기	회색, 검은색을 띄는 열분해 입자	회색, 검은색을 띄는 열분해 입자
설치(최적) 장소	-내연기관등에 의해 연소입자를 내는 경우 우 이온화식의 작동이 우려되는 곳 -혼소화재가 예상되는 공간	-육안으로 연소 생성물을 식별하기 곤란한 Computer실 등	-공기순환에 의해 연기가 희석될 수 있는 청정실, 무향실, 교환실, Computer실 등 -높은유속, 분진, 습기, 진동, 온도변화가 심한 장소 -전자파 등으로 오보우려가 있는 장소	-공기순환에 의해 연기가 희석될 수 있는 청정실, 무향실, 교환실, Computer실 등 -높은유속, 분진, 습기, 진동, 온도변화가 심한 장소 -전자파등으로 오보우려가 있는 장소
가연물종류	-느린혼소화재가 예상되는 가연물	-Polyurethane, Polystyrene 등 Plastic 제품 -Gasoline, 연료유 등 가연성 액체	-	-
작동원리	산란광, 감광에 의한 광전지나 광저항소자의 변화이용	연기에 의한 이온전류 변화이용	광전식 원리(Cloud Chamber 입자 감지기술)	산란광 원리
주요구성 요소	-광원(Lamp) -광수신부(광전지, 광저항 소자) -출력전압변화 검지부	-방사선원(α , β 선) -Ion Chamber -이온전류검출부	-Air pump -Filter -Tube -Cloud Chamber -광원 -광수신장치	-대형산란 Chamber -크세논광원 -고감도광수신장치 -Air pump -Tube -Filter -감도조정장치 -작동시간조정장치