

[Research Paper]

분진 및 풍속에 따른 광전식연기감지기 챔버의 응답특성에 관한 연구

이춘하 · 이호성 · 김시국[†]

호서대학교 소방방재학과

A Study on Response Characteristics of Photoelectric Type Smoke Detector Chamber Due to Dust and Wind Velocity

Chun-Ha Lee · Ho-Sung Lee · Si-Kuk Kim[†]

Dept. of Fire and Disaster Protection Engineering, Hoseo University

(Received January 20, 2017; Revised February 1, 2017; Accepted February 3, 2017)

요 약

본 논문은 분진 및 풍속에 따른 연기감지기 챔버의 응답특성에 관한 연구이다. 연기감지기가 실내에 적용됨으로 인해 화재의 조기감지 측면에서는 나아졌으나, 실내에서 발생하는 다양한 생활먼지 및 환경적인 요건 등에 의해 발생할 수 있는 부작용 및 오작동에 대한 연구는 미비한 편이다. 이에 본 연구에서는 다양한 분진 및 풍속에 따른 연기감지기의 실내적응성을 연구하기 위해 연기챔버의 형태 및 구조가 다른 4종류의 광전식연기감지기를 실험대상으로 하고, 플라이에서, 활석가루 그리고 섬유분진(흑채가루)을 실험시료로 하여 분진시험을 진행하였다. 또한, 연기챔버 내의 오염도에 따른 응답특성을 관찰하기 위해 추가적으로 분진시험 풍속을 0.25 m/s, 0.5 m/s, 1.0 m/s로 설정하여 인가하였다. 실험결과 플라이에서 및 활석가루, 섬유분진의 경우 분진시험 기준풍속조건인 0.25 m/s에서는 분진인가 후 작동시험 및 부작용시험에서 모두 적합한 것으로 나타났다. 반면, 가혹풍속조건인 0.5 m/s 및 1.0 m/s에서는 플라이에서 및 활석가루의 경우 부작용시험에서 비화재보인 오작동이 나타났고, 섬유분진의 경우 작동시험에서 정상적으로 작동되지 않아 부작용이 발생하는 것으로 확인되었다.

ABSTRACT

The present article discusses the response characteristics of smoke detector chamber due to dust and wind velocity. Although situations have improved in terms of early sensing of fires as the smoke detectors are applied indoors, studies tend to place insufficient focus on the side effects and malfunction that can be caused by diversified life dust produced indoors and environmental requirements, etc. Therefore, in the present study, 4 types of photoelectric smoke detectors with different forms and structures of smoke chamber were selected as the experimental objects, and dust test was conducted with fly ash, talcum powder and fiber dust as experiment samples to study indoor applicability of the smoke detectors in terms of their response to diversified dust and wind velocity. Also, to observe response characteristics due to pollution level inside the smoke chamber, wind velocity for dust test were set additionally at 0.25 m/s, 0.5 m/s, and 1.0 m/s. Based to the experimental results, fly ash, talcum powder, and fiber dust (black hair powder) were found to be suitable at the dust test reference wind velocity conditions of 0.25 m/s for both operation test and non-operation test after dust application. On the other hand, under the harsh wind velocity conditions of 0.5 m/s and 1.0 m/s, malfunction of unwanted alarm was observed in non-operation tests in the case of fly ash and talcum powder, and non-operation was confirmed to occur in the case of fiber dust as the alarm failed to operate normally in operation tests.

Keywords : Life dust, Malfunction, Non-operation, Smoke chamber, Smoke detector

1. 서 론

자동화재탐지설비 중에서 화재감지기는 화재발생시 연소생성물인 열·연기·불꽃 등을 조기에 감지하여 화재사

실을 관계인 및 거주자에게 통보하는 역할로 인명 및 재산 피해 경감에 가장 직접적인 영향을 미치고 있다⁽¹⁾. 현재까지 기존 건축물의 내부에는 주로 열감지기가 사용되었으나, 최근 자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기

[†] Corresponding Author, E-Mail: kimsikuk@hoseo.edu, TEL: +82-41-540-5736, FAX: +82-41-540-5738
Copyright © 2017 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

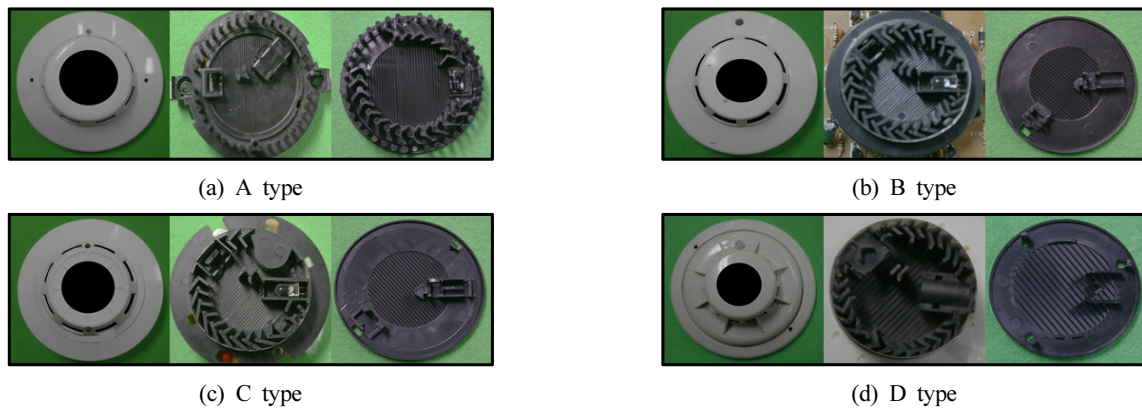


Figure 1. Experiment object.

준(이하; NFSC 203)이 개정되면서 특정소방대상물의 취침·숙박·입원 등 이와 유사한 용도로 사용되는 거실에 연기감지기의 설치 의무화가 시행되었다. 이와 같이 연기감지기가 실내에 적용된 이유는 사공성호에 의해 진행된 ‘주택실물화재에 의한 화재감지기 응답특성에 관한 연구’에서 연기감지기의 응답특성이 열감지기의 응답특성보다 약 8분 정도 빠르게 작동되어, 기존에 사용되던 열감지기에 비하여 연기감지기가 화재 조기감지에 우수하기 때문인 것을 알 수 있다^(2,3). 또한, 대한무역투자진흥공사의 기사에 따르면 프랑스의 경우도 가정화재로 인한 인명피해를 예방하기 위해 2015년 3월부터 연기감지기의 설치 의무화 시행령을 발표하였으며, 독일에서도 프랑스보다 빠른 2012년 10월부터 연기감지기 설치의 의무화를 법으로 제정하였다^(4,5). 전 세계적으로 연기감지기의 실내 설치의 의무화가 시행됨에 따라 연기감지기의 성능과 신뢰성이 중요시되고 있으며, 복도 및 계단에 설치되었던 연기감지기의 성능이 실내 환경에서도 동일하게 적용되는 지에 대한 관심도 높아지고 있는 추세이다. 하지만 기존에 사용되었던 연기감지기들은 실내에 적용하기에 앞서 관리미비, 외부환경 등에 의해 화재발생시 작동지연 및 부작동, 비화재보인 오작동 등의 문제점을 가지고 있으며, 이로 인하여 연기감지기에 대한 신뢰성이 저하되면서 관리자들이 경보설비의 전원 및 회로 차단, 안전불감증 등의 추가적인 문제를 초래하고 있다⁽⁶⁾. 이러한 기존의 문제점들을 해결하기 위해 국내에서는 많은 연구가 진행되고 있으나, 선행 연구들의 경우 감지기의 회로개선 또는 성능시험을 통한 연기감지기의 조기감지 등 응답특성에 관한 연구가 대부분이며, 연기감지기의 감지부인 챔버에 대한 연구가 매우 부족한 상황이다. 국내의 연기감지기 챔버에 대한 연구는 이중화⁽⁷⁾에 의해 ‘연기감지기 광복합식 챔버에 관한 연구’가 선행연구로 진행되었지만, 비화재보인 오작동의 원인이 되는 먼지와 풍속으로 인하여 나타나는 챔버의 응답특성 부분은 연구되지 않았다. 즉, 분진 및 풍속에 의해 챔버 내부의 오염도에 따라 발생하는 오작동 및 부작동에 대한 연구가 미비한 편이다.

따라서 본 연구에서는 분진 및 풍속에 따른 광전식연기감지기 챔버의 응답특성을 확인하기 위해 현재 국내에서 사용되고 있는 광전식연기감지기 4종류를 실험대상으로 하여 플라이에시, 활석가루, 섬유분진을 실험분진으로 선정하고, 분진인가 풍속을 기준시험인가 풍속인 0.25 m/s 및 가혹한 분진인가를 위해 풍속을 0.5 m/s, 1.0 m/s로 추가 설정하여 감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준에 의거한 분진시험을 진행하여 분진 및 풍속에 따른 광전식연기감지기 챔버의 응답특성을 분석하였다.

2. 실험

2.1 실험대상

Figure 1은 실험대상인 광전식연기감지기(이하; 연기감지기)를 나타낸 것으로, 현재 국내에서 형식승인을 취득하여 사용되고 있는 연기감지기(감도 2종) 중 형태 및 구조가 다른 연기챔버를 가지는 연기감지기 4종류를 실험대상으로 선정 후 연기챔버 종류에 따라 A, B, C, D type으로 구분하였다. A type 연기챔버는 지름 53 mm, 발광부와 수광부 각도 140°, 기동형 및 격자형 레비린스(labyrinth) 구조로 방충망을 없는 형태이다. B type 연기챔버는 지름 44 mm, 발광부와 수광부 각도 130°, 격자형 레비린스 구조와 방충망을 가지고 있다. C type 연기챔버는 지름 45 mm, 발광부와 수광부 각도 140°, 격자형 레비린스와 콘텐서 커버(cover)를 가진 구조로 방충망을 가지고 있다. D type 연기챔버는 지름 38 mm, 발광부와 수광부 각도 145°, 격자형 레비린스 구조와 방충망을 가지고 있다.

2.2 실험분진

Figure 2는 분진종류에 따른 연기감지기의 응답특성을 확인하기 위해 사용된 분진시료를 나타낸 것으로 분진시료는 크게 3가지로 선정하였다. 5종 플라이에시(이하; 플라이에시)는 KS A 0090(시험용 분체 및 시험용 입자)⁽⁸⁾ 규격의 분진으로 감지기의 형식승인 및 제품검사의 기술기준(이

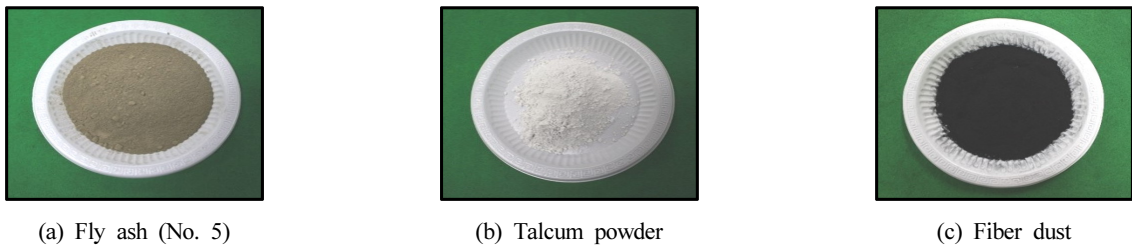


Figure 2. Dust samples.

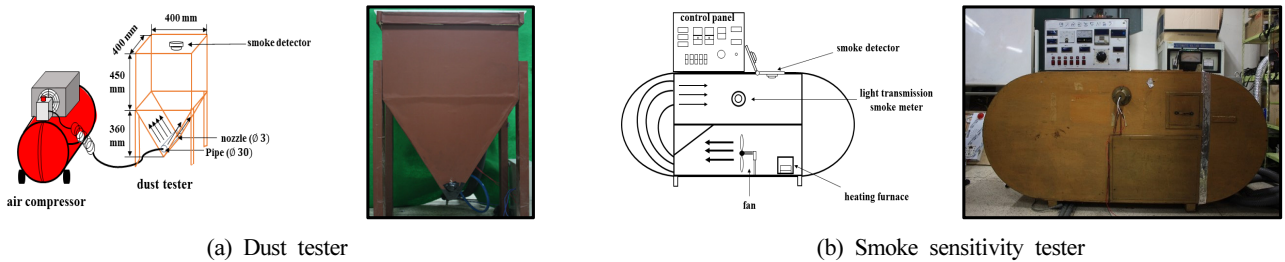


Figure 3. Dust tester and smoke sensitivity tester (schematic diagram & photograph).

하; 감지기 형식승인기준)에 의거한 분진시험 시 사용되는 분진이다. 활석가루(talcum powder)는 KS C IEC60068-2-68 (환경시험 2장:시험-시험L:분진 및 모래)⁽⁹⁾ 규격의 분진으로 전자제품의 환경시험 및 방폭기기의 방진시험에 사용되는 분진이다. 섬유분진의 경우 연기감지기가 실내에 적용되었을 때, 연기감지기의 작동성능에 가장 영향을 미칠 것으로 생각되는 섬유분진에 대한 응답특성을 추가적으로 관찰하기 위해 100% 천연섬유로 만든 흑채가루를 사용하였다. 또한, 시험에 사용한 분진은 분진종류마다 평균 입자크기가 다르기 때문에 시험의 신뢰성을 높이기 위해 감지기 형식승인기준의 분진시험 시 표준 분진시료인 플라이애시를 기준으로 하여, KS L 5405(플라이애시)⁽¹⁰⁾ 규격에 의해 망 체 방법을 이용하여 표준 mesh망 최소 크기인 325 mesh (45 μm) 체 망을 통과한 분진만을 사용하였다.

2.3 실험방법

시험은 온도 20±5 °C, 습도 45±5%의 환경조건의 실험실에서 진행하였다. 먼저, 연기감지기의 분진시험은 감지기 형식승인기준 제31조(분진시험)에 규정⁽¹¹⁾되어 있으며 다음과 같다. 감지기는 전류가 통전한 상태에서 내용적 0.09 m³ 이 되는 밀폐된 상자 내에 정상위치에 부착하고, 플라이애시 60 g을 상자 속에 투입 후 풍속 0.25 m/s로 압축된 공기 또는 통풍기로 15분간 교반한 후 제19조(광전식감지기)의 감도시험을 하는 경우 기능에 이상이 생기지 아니하여 한다. 이에 본 연구에서는 분진 및 풍속에 따른 광전식 연기감지기 챔버의 응답특성을 확인하기 위해 감지기 형식승인기준 제31조(분진시험) 규정을 응용하여 시험을 진행하였다. Figure 3(a)은 감지기 형식승인 취득을 위해 소방제조업체에서 보유하고 있는 내용적 0.09 m³의 분진시험기로써

에어컴프레서를 통한 압축된 공기를 하단의 파이프 노즐을 통해 양 방향으로 분사하는 방식으로 압력조절기(air regulator)를 통해 풍속을 가변할 수 있는 구조로 되어 있다. 분진시험기를 이용하여 실험대상인 A, B, C, D type 연기감지기를 부착하고 분진시료는 기준 분진인 플라이애시 및 추가적인 응답특성 관찰하기 위한 실험분진인 활석가루, 섬유분진을 각각 60 g 분진시험기에 투입하여 분진시험을 진행하였다. 이때, 실험풍속은 분진시험 기준풍속조건인 0.25 m/s 및 실내의 밀폐된 환경 내에서 공조설비 및 냉·난방설비 등에 의한 강제기류를 고려하여 가혹풍속조건을 0.5 m/s, 1.0 m/s로 설정하고, 15분 동안 압축된 공기로 교반한 후 Figure 3(b)의 연기감도시험기를 이용하여 감도시험을 진행하였다. 실험방법은 감지기 형식승인기준 제19조(광전식감지기) 감도시험기준에 의거하여 작동시험 및 부작동시험을 진행하였다. 작동시험은 화재 시 연기감지기의 정상작동을 성능을 확보하기 위한 시험으로 감광율 15 %/m 농도의 연기를 포함하는 풍속 30 cm/s의 기류에 투입하여 30초 이내에 연기감지가 작동하도록 규정하고 있어 적합 유·무를 판정하였다. 반면 부작동시험은 비화재보시 연기감지기의 작동오류를 방지하기 위한 시험으로 5 %/m 농도의 연기를 포함하는 풍속 30 cm/s의 기류에 투입하여 5분 이내에 연기감지기가 작동하지 않도록 규정하고 있어 적합 유·무를 판정하였다. 또한, 실험종료 후 연기감지기 챔버를 분해하여, 분진종류 및 풍속에 따른 오염도를 사진으로 촬영하여 육안으로 관찰하였다. 모든 시험은 5회 실시한 후 분진 및 풍속에 따른 실내적용성의 문제점을 파악하기 위해 작동시험의 경우 가장 느리게 작동된 감지기의 데이터를, 부작동시험의 경우 가장 빠르게 오작동한 감지기의 데이터로 나타내었다.

Table 1. Dust Test Results by Fly Ash (F: Fit, U: Unfit, NO: Non Operation)

Item	Operation Test (Fit Condition: Operation within 30 s)			Non-Operation Test (Fit Condition: Non-Operation within 300 s)		
	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s
A Type	F (10.8 s)	F (4.5 s)	F (4.2 s)	F (NO)	U (7.9 s)	U (4.6 s)
B Type	F (10.9 s)	F (7.1 s)	F (4.6 s)	F (NO)	U (11.7 s)	U (10.6 s)
C Type	F (10.3 s)	F (5.3 s)	F (4.5 s)	F (NO)	U (14.5 s)	U (6.7 s)
D Type	F (14.0 s)	F (11.5 s)	F (5.2 s)	F (NO)	U (15.6 s)	U (8.7 s)

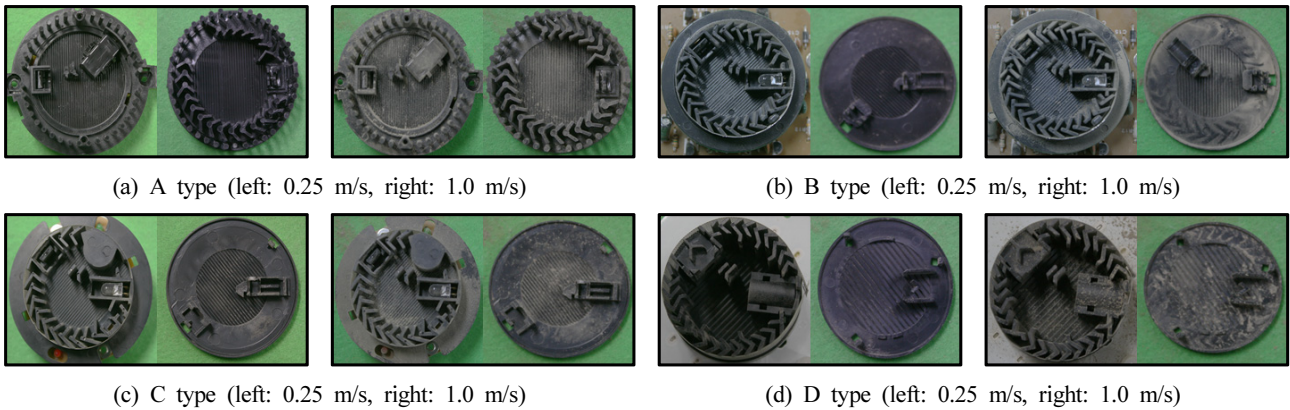


Figure 4. Photograph of dust test results due to applied dust wind velocity (fly ash).

3. 실험결과 및 고찰

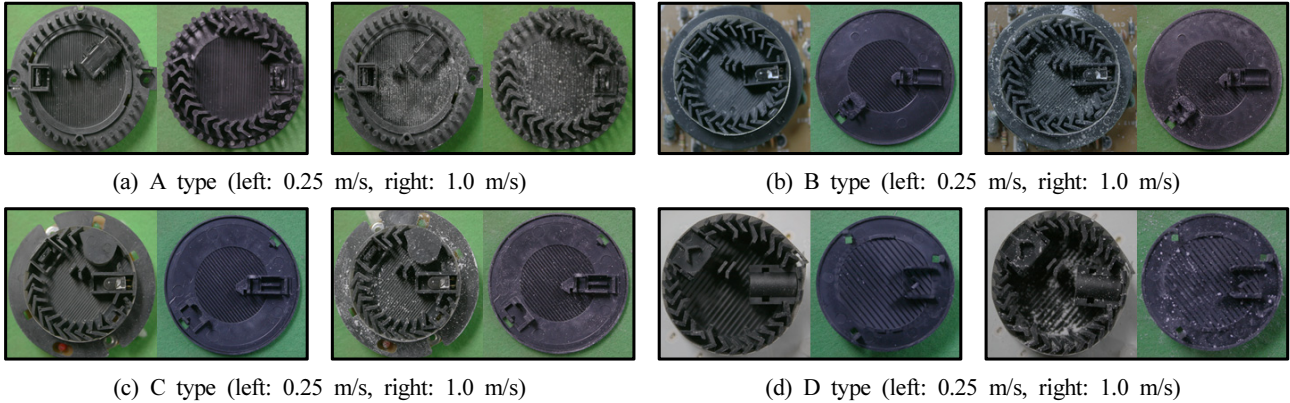
3.1 플라이애시 분진시험결과

Table 1은 감지기 형식승인기준에 의한 분진시험 시 사용되는 기준 분진인 플라이애시의 분진시험 결과를 나타낸 것이다. 분진시험 기준풍속인 0.25 m/s를 인가 후 연기감지기의 감도시험을 한 결과 작동시험에서 30초 이내 작동 및 부작동시험에서 5분 이내에 작동되지 않아 모든 연기감지기가 분진시험 기준을 만족하여 적합한 것으로 나타났다. 반면, 분진시험 기준풍속보다 가혹풍속조건으로 인가한 0.5 m/s 및 1.0 m/s의 경우 작동시험에서는 모두 기준을 만족하여 적합하였지만, 부작동시험에서는 모두 작동하여 부적합한 것으로 나타났다. 즉, 감지기 형식승인기준의 분진시험 기준 풍속인 0.25 m/s에서는 기능이상 발생하지 않았지만, 가혹풍속조건인 0.5 m/s와 1.0 m/s에서는 부작동시험에서 기능이상 발생함을 확인할 수 있었다. 작동시험결과 분진인가 풍속과 상관없이 모두 적합하였으나, 분진인가 풍속이 0.25 m/s에서 1.0 m/s로 증가됨에 따라 작동시간에서 연기감지기 A type 최대 6.6 s, B type 최대 6.3 s, C type 최대 5.8 s, D type 최대 8.8 s 정도 작동이 빨라지는 것으로 나타났다. 부작동시험결과 분진시험 기준 풍속인 0.25 m/s를 제외하고, 0.5 m/s, 1.0 m/s 분진인가 후 A, B, C, D type 모두 비화재보 연기농도에서 오작동 했으며, 작동시험과 마찬가지로 분진인가 풍속이 증가됨에 따라 오작동하는 연기감지기의 시간이 빨라지는 것으로 나타났다.

Figure 4는 플라이애시 분진시험 결과사진을 나타낸 것으로 연기챔버내부 오염도의 뚜렷한 차이를 확인하기 위해 분진시험 기준풍속조건인 0.25 m/s와 가혹풍속조건인 1.0 m/s를 비교하였다. 분진인가 풍속 0.25 m/s의 경우 분진시험기 내부에서 부유하는 분진의 양이 적어 연기챔버 내에 소량의 분진이 도포될 뿐 기능 이상이 발생될 만큼 오염되지 않는 것으로 관찰되었다. 분진인가 풍속 1.0 m/s의 경우 분진시험기 내부에서 다량의 분진이 부유하면서 연기챔버 내에 회색의 플라이애시 분진이 다량 도포되어 오염도가 상당한 것을 확인할 수 있었다. 이로 인해 Table 2의 결과와 같이 1.0 m/s에서는 내부오염도가 크게 증가하면서 기능 이상이 발생되어 부작동시험에서 부적합한 걸로 나타났다. 이는 가혹풍속조건으로 인해 내부의 오염도가 증가되면서 연기챔버 내부체적이 감소되지만, 상대적으로 단위체적당 연기밀도가 증가하는 결과로 이어져 작동시험에서 작동시간이 감소되고, 비화재보인 부작동시험에서도 오작동하게 된 것으로 판단된다. 즉, 감도시험풍속에 의해 연기챔버로 투입되는 연기 양은 일정하지만, 공간면적이 감소됨으로 인해 연기가 내부공간을 채우는 시간이 빨라지고, 상대적으로 연기밀도가 증가되는 효과로 이어진 것으로 생각된다. 반면, 발광부인 적외선 LED와 수광부인 포토셀의 경우 연기챔버 내부의 보호커버로 감싸고 있어, 오염도가 상당히 낮게 관측되었다. 이로 인해 Table 1의 결과와 같이 작동시험에서 작동실패 한, 즉 부작동한 감지기가 없었으며, 플라이애시 분진의 경우 본 실험조건에서는 오염도가

Table 2. Dust Test Results by Talcum Power (F: Fit, U: Unfit, NO: Non Operation)

Item	Operation Test (Fit Condition: Operation within 30 s)			Non-Operation Test (Fit Condition: Non-Operation within 300 s)		
	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s
Dust Wind Velocity	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s
A Type	F (11.1 s)	F (6.5 s)	F (4.0 s)	F (NO)	U (10.1 s)	U (5.6 s)
B Type	F (11.0 s)	F (9.9 s)	F (5.6 s)	F (NO)	U (16.3 s)	U (11.6 s)
C Type	F (10.9 s)	F (8.0 s)	F (5.3 s)	F (NO)	U (23.6 s)	U (14.5 s)
D Type	F (14.9 s)	F (12.6 s)	F (6.1 s)	F (NO)	U (18.4 s)	U (14.1 s)

**Figure 5.** Photograph of dust test results due to applied dust wind velocity (talcum powder).

증가될수록 부작용보다 오작동의 문제가 나타나는 것으로 확인되었다.

3.2 활석가루 분진시험결과

Table 2는 전자제품의 환경시험 및 방폭기기의 방진시험에 사용되는 활석가루의 분진시험 결과를 나타낸 것이다. 활석가루의 경우도 플라이에시와 마찬가지로 분진시험 기준풍속인 0.25 m/s를 인가한 후 감도시험을 진행하였을 때 작동시험 및 부작용시험에서 모두 적합한 것으로 나타났지만, 가혹풍속조건인 0.5 m/s 및 1.0 m/s를 인가한 후 감도시험을 진행하였을 때 작동시험은 모두 만족하지만, 부작용시험에서는 모두 오작동하여 부적합한 것으로 나타났다. 작동시험결과 분진인가 풍속과 상관없이 모두 적합하였으나, 분진인가 풍속이 0.25 m/s에서 1.0 m/s로 증가됨에 따라 작동시간에서 연기감지기 A type 최대 7.1 s, B type 최대 5.4 s, C type 최대 5.6 s, D type 최대 8.8 s 정도 작동이 빨라지는 것으로 나타났다. 부작용시험결과 기준풍속인 0.25 m/s를 제외하고, 가혹풍속조건인 0.5 m/s, 1.0 m/s에서는 A, B, C, D type 모두 비화재보 연기농도에서 오작동 했으며, 분진인가 풍속이 증가됨에 따라 오작동하는 연기감지기의 시간이 빨라지는 것으로 나타났다. 그리고 전반적인 실험결과 플라이에시보다 활석가루 분진인가 후 감도시험결과 작동시간이 조금 늦어지는 경향이 나타났다.

Figure 5는 활석가루 분진시험 결과사진을 나타낸 것으로 플라이에시와 동일하게 오염도의 뚜렷한 확인을 위해

기준풍속인 0.25 m/s와 가혹풍속조건인 1.0 m/s를 비교하였다. 분진인가 풍속 0.25 m/s의 경우 플라이에시와 마찬가지로 분진시험기 내부에서 부유하는 분진의 양이 적어 연기챔버 내부에 매우 소량의 분진이 도포될 뿐 육안으로 쉽게 오염정도를 관찰할 수 없었다. 분진인가 풍속 1.0 m/s의 경우 분진시험기 내부에서 다량의 분진이 부유하면서 연기챔버 내에 백색의 활석가루 분진이 다량 도포되어 오염도가 상당한 것을 관찰할 수 있었다. 반면, 전반적인 오염도에서 플라이에시보다 오염상태가 다소 낮은 것으로 관찰되었는데, 이는 실험조건에서 325 mesh (45 μ m) 체 망을 통과한 분진만을 사용하였지만, 활석가루 평균입자 크기는 70 μ m이하로, 플라이에시 평균입자 크기인 30 μ m이하 보다 입자가 크고, 돌가루인 활석가루가 화산재인 플라이에시보다 상대적으로 무겁기 때문에 활석가루 분진에 의한 연기챔버의 오염도가 플라이에시 분진에 의한 오염도보다 낮게 나타난 것으로 생각된다.

활석가루 분진시험의 경우도 플라이에시 분진시험과 유사하게 연기챔버내부 오염도가 크게 증가하면서 연기챔버 내부체적이 감소되어, 상대적으로 단위체적당 연기밀도가 증가하는 결과로 이어져 Table 2와 같이 작동시험에서 작동시간이 감소되고, 부작용시험에서도 비화재보인 연기농도에서 오작동이 발생한 것으로 판단된다. 또한, A type과 D type의 경우 플라이에시보다 분진 오염도가 전반적으로 낮지만, 분진인가 풍속이 0.25 m/s에서 1.0 m/s로 증가됨에 따라 최대 작동시간 감소율 다소 높거나 동일한 이유는 입자가

Table 3. Dust Test Results by Fiber Dust (F: Fit, U: Unfit, NO: Non Operation)

Item	Operation Test (Fit Condition: Operation within 30 s)			Non-Operation Test (Fit Condition: Non-Operation within 300 s)		
	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s
Dust Wind Velocity	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s	0.25 m/s	0.5 m/s	1.0 m/s
A Type	F (13.9 s)	U (NO)	U (NO)	F (NO)	F (NO)	F (NO)
B Type	F (16.1 s)	U (NO)	U (NO)	F (NO)	F (NO)	F (NO)
C Type	F (15.7 s)	U (NO)	U (NO)	F (NO)	F (NO)	F (NO)
D Type	F (15.8 s)	U (NO)	U (NO)	F (NO)	F (NO)	F (NO)

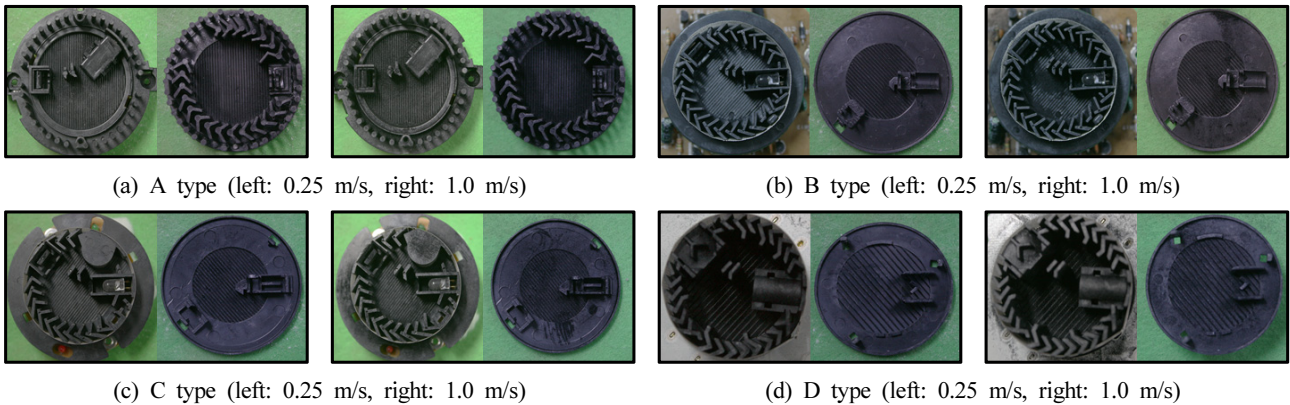


Figure 6. Photograph of dust test results due to applied dust wind velocity (fiber dust).

백색인 활석가루의 경우 다른 입자색의 분진보다 빛의 반사가 더 활발하게 일어나기 때문에 발생하는 산란량이 증가된 것으로 생각된다. 실험결과 활석가루의 경우도 본 실험조건에서는 오염도가 증가될수록 부작용보다 오작동에 영향을 주는 것으로 나타났다.

3.3 섬유분진 분진시험결과

Table 3은 연기감지기가 실내에 적용되었을 때, 작동 성능에 가장 영향을 미칠 것으로 생각되는 섬유분진을 이용한 분진시험 결과를 나타낸 것이다. 섬유분진의 경우 플라이애시 및 활석가루와 마찬가지로 분진시험 기준풍속인 0.25 m/s를 인가한 후 감도시험을 진행하였을 때 작동시험 및 부작용시험에서 모두 적합한 것으로 나타났다. 하지만 가혹풍속조건인 0.5 m/s 및 1.0 m/s를 인가한 후 감도시험을 진행하였을 때 기준 플라이애시 및 활석가루의 경우와는 정반대의 결과로 작동시험에서 모두 부적합한 것으로 나타났다. 즉, 작동시험 적합기준인 30초 이내에 감지기가 정상작동 되지 않는 작동지연이 발생했고, 이로 인해 작동시험보다 낮은 연기농도인 부작용시험에서는 상대적으로 작동되지 않아 적합한 것으로 나타났다. 실험결과 섬유분진의 경우 플라이애시와 활석가루와는 다르게 분진인가 풍속이 증가됨에 따라 부작용의 문제가 나타나는 것을 관찰할 수 있었다.

Figure 6은 섬유분진의 분진시험 결과사진을 나타낸 것으로 기존 분진시료와 동일하게 오염도의 뚜렷한 확인을

위해 기준풍속인 0.25 m/s와 가혹풍속조건인 1.0 m/s를 비교하였다. 분진인가 풍속 0.25 m/s의 경우 다른 시료와 마찬가지로 분진시험기 내부에서 부유하는 분진의 양이 적었으나, 다른 분진시료에 비해 평균입자크기가 5 μm이하로 상대적으로 작고, 천연섬유여서 가볍기 때문에 연기챔버 내부에 분진 도포량이 다른 시료에 비해 미세하고 넓게 도포된 것을 관찰할 수 있었다. 이로 인해 기준 분진인가 풍속인 0.25 m/s에서의 작동시험결과 동작시간이 플라이애시 및 활석가루에 비해 다소 느려진 것으로 관측된다. 반면, 분진인가 풍속 1.0 m/s의 경우 다른 시료와 마찬가지로 분진시험기 내부에서 다량의 분진이 부유하면서 연기챔버내에 검은색의 섬유분진이 다량 도포되어 오염도가 상당한 것을 육안으로 관찰할 수 있었지만, 검은색의 연기챔버와 흑재가루인 섬유분진의 색이 동일하기 때문에 사진 상으로는 정확한 관측이 어렵다.

섬유분진의 경우 다른 시료보다 입자가 미세하고 가볍기 때문에 전체적인 오염범위가 증가하고, 발광부 등에 흡착되어 가혹풍속조건인 0.5 m/s 및 1.0 m/s에서 Table 3과 같이 작동시험에서 부작용이 발생된 것으로 판단된다. 또한, 플라이애시 및 활석가루와는 마찬가지로 내부의 체적이 감소되어, 연기밀도가 상대적으로 증가하지만, 검은색의 분진입자 증가로 인해 빛의 흡수량이 상대적으로 많아져, 빛의 산란의 의해 작동되는 연기감지기의 산란량이 감소되어 작동시간이 지연되는 것으로도 생각된다. 이로 인해 흑색의 섬유분진의 경우 본 실험조건에서는 오염도가

Table 4. Measurement Results of Average Voltage in Smoke Chamber

Dust State	Normal (No Dust)	Fly Ash	Talcum Powder	Fiber Dust
A Type	77.35 mV	125.78 mV	133.77 mV	62.39 mV
B Type	33.39 mV	55.63 mV	49.59 mV	24.11 mV
C Type	168.77 mV	198.26 mV	187.46 mV	154.19 mV
D Type	105.96 mV	176.07 mV	163.08 mV	87.59 mV

증가될수록 오작동보다 부작용에 영향을 주는 것으로 나타났다. 화재감지기에 있어서 오작동은 환경적인 조건에 의해 발생하는 작동오류로써 인간의 생명과 직접적으로 연관되지 않지만, 부작용은 화재 시 인간의 생명과 직접적으로 연관되는 작동실패이기 때문에 부작용의 방지를 위한 연기감지기 챔버의 개발이 더욱 필요할 것으로 생각된다.

3.4 연기챔버내 수광부 평균전압 측정

추가적으로 분진에 의해 오염된 연기챔버만의 특성을 관찰하기 위해 실험대상인 연기감지기의 발광부와 수광부만 제외하고 연결된 PCB를 제거하여, 직류전원공급장치(TX-3005T, Trinix Co., Korea)를 발광부인 적외선 LED에 1.5 V 전압으로 전원을 직접인가하고, 수광부인 포토셀에 측정되는 전압을 멀티테스터기(Fluke 289, Fluke Co., Korea)로 측정하였다. 이때, 전압의 측정은 연기감지기 감도시험기를 이용하여 작동시험 기준과 동일하게 실험하여 감도시험기의 연기농도 15 %/m 일 때의 연기챔버내부의 수광부 평균전압을 측정하였다. 이와 같이 추가 측정한 이유는 각 사마다 연기감지기의 회로설계방식 및 프로그램 등의 차이로 인해 작동시간에 차이가 날 수 있기 때문에, 연기챔버만의 정확한 응답특성을 관찰하기 위해 추가적으로 진행한 것이다.

Table 4는 분진에 오염되지 않은 정상상태에서의 A, B, C, D type의 수광부 평균전압과 분진시험결과와 분진오염도가 가장 심한 가혹풍속조건인 1.0 m/s에서의 A, B, C, D type의 수광부 평균전압을 비교 측정한 결과를 나타낸 것이다. 측정결과 분진에 오염되지 않은 정상상태보다 플라이애시 및 활석가루에 의해 오염된 연기챔버의 수광부 평균전압이 크게 상승되는 것으로 나타났으며, 이는 앞서 설명한 바와 같이 연기챔버 내부체적 감소에 따른 단위체적당 연기밀도 증가로 인해 산란방식으로 작동되는 연기감지기의 산란양이 많아져 수광부 평균전압이 증가된 것으로 판단된다. 또한, A type의 경우에는 플라이애시보다 활석가루의 평균전압이 증가하는 것으로 나타났는데 이는, 앞서 설명한 바와 같이 백색의 분진입자로 빛의 반사가 일어나 내부 산란양이 더욱 증가되었기 때문인 것으로 생각된다. 반면, 섬유분진의 경우는 정상상태에서보다 수광부 평균전압이 감소되는 것으로 측정되었는데, 이는 다른 분진에 비해 상대적으로 미세하고 가벼운 섬유분진이기 때문에 오염 범위가 증가되어 발광부의 오염 등으로 인해 전압이 감소

될 수도 있지만, 흑채인 섬유분진의 경우 검은색의 입자를 가지고 있기 때문에 연기챔버 내에서 빛의 흡수가 발생되고 이로 인한 산란양이 감소되어 수광부 전압이 정상상태에 비해 낮게 측정된 것으로 생각된다.

4. 결 론

본 논문은 분진 및 풍속에 따른 광전식 연기감지기 챔버의 응답특성을 확인하는 연구로써 본 실험조건하에서 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 플라이애시에 의한 분진시험결과 기준풍속조건인 0.25 m/s에서는 작동시험 기준인 30초 이내에 작동 및 부작용시험 기준인 5분 이내에 작동되지 않아 감지기 형식승인 기준에 적합한 것으로 나타났다. 반면, 가혹풍속조건인 0.5 m/s, 1.0 m/s로 분진인가 풍속이 증가함에 따라 분진 오염도가 증가되면서 상대적으로 단위체적당 연기밀도가 증가하여 작동시험에서 작동시간이 0.25 m/s와 비교했을 때, A type의 연기감지기는 최대 6.6 s, B type 최대 6.3 s, C type 최대 5.8 s, D type 최대 8.8 s 정도 빨라지는 것으로 나타났다. 부작용시험에서는 모든 연기 감지기가 비화재보 연기농도에서 오작동 했으며, 오작동하는 연기감지기의 작동시간이 빨라지는 것으로 나타났다.

(2) 활석가루에 의한 응답특성 실험결과 플라이애시와 마찬가지로 기준풍속조건인 0.25 m/s에서는 작동시험 기준 및 부작용시험 기준에 적합한 것으로 나타났다. 반면, 가혹풍속조건인 0.5 m/s, 1.0 m/s에서는 연기챔버의 오염도가 증가되면서 단위체적당 연기밀도가 증가하여 작동시험에서 작동시간이 A type 최대 7.1 s, B type 최대 5.4 s, C type 최대 5.6 s, D type 최대 8.8 s 정도 빨라지는 것으로 나타났으며, 추가적으로 백색 분진의 특성으로 인한 빛의 산란양 증가로 인해 작동시간이 빨라지는 특성도 관찰되었다. 부작용시험에서는 활석가루와 마찬가지로 모든 연기감지기가 비화재보 연기농도에서 오작동이 나타났으며, 오염도가 증가될수록 부작용보다 오작동에 영향을 주는 것으로 나타났다.

(3) 섬유분진(흑채가루)에 의한 응답특성 실험결과 다른 분진시료와 마찬가지로 기준풍속조건인 0.25 m/s에서는 작동시험 기준 및 부작용시험 기준에 적합한 것으로 나타났다. 반면, 가혹풍속조건인 0.5 m/s 및 1.0 m/s에서 기존 플라이애시 및 활석가루의 경우와는 정반대로 작동시험에서 모두 부적합한 것으로 나타났다. 이는 연기챔버의 오염도가

증가되었지만, 흑색 분진의 특성으로 인해 빛의 산란량이 감소되어 모든 연기감지기가 30초 이내에 정상작동 되지 않은 것으로 생각되며, 이로 인해 비화재보 연기 농도인 부 작동시험에서도 부작동이 나타났다.

(4) 분진에 의해 오염된 연기챔버 내 수광부 평균전압 측정결과 분진오염도 및 분진종류에 따라 수광부 평균전압에 차이가 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 분진에 오염되지 않은 정상상태보다 플라이애시 및 활석가루에 의해 오염된 연기챔버의 경우 내부체적 감소와 빛의 산란양 증가로 수광부 평균전압이 크게 상승되는 것으로 나타났다. 반면, 섬유분진의 경우 빛의 흡수로 인한 산란양 감소로 정상상태에서보다 수광부 평균전압이 감소되는 것으로 나타났다.

이상과 같은 결과 연기감지기 챔버 내부에 분진과 풍속에 의해 오염도가 증가하게 되면 챔버 내부의 단위체적당 연기밀도에 영향을 주어 비화재보의 농도에서도 오작동이 발생할 수 있으며, 챔버 내부에 오염된 분진의 색상에 따라 수광부로 입사되는 빛의 산란량이 감소되어 정상작동 농도에서도 부작동이 발생할 수 있다. 이로 인해 실화재 시 연기감지기 작동지연 및 부작동으로 인한 초기감지 실패로 인명 및 재산피해가 발생할 가능성이 높기 때문에 연기감지기 챔버의 지속적인 유지관리가 필요할 것으로 생각된다.

끝으로 분진 및 풍속에 따른 광전식 연기감지기 챔버의 오작동 및 부작동을 최소화하기 위해서는 연기챔버에 관한 지속적인 연구와 분진에 의한 오염을 최소화 할 수 있는 연기챔버 구조의 개발이 필요할 것으로 생각되며, 본 논문의 결과는 향후 실내 적용성 향상을 위한 연기감지기 챔버 개발 시 기초자료로 활용되고자 한다.

후 기

이 논문은 2016년도 호서대학교의 재원으로 학술연구비 지원을 받아 수행된 연구임(2016-0060).

References

1. S. K. Kim, H. D. Yuk, S. H. Yang, S. W. Jee and C. H. Lee, "A Study on the Problem of Tester for the Field Inspection of the Photoelectric Smoke Detector", Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 23, No. 4, pp. 137-144 (2009).
2. NFSC 203, "Fire Safety Standards for Automatic Fire Alarm System and Visual Alarm Equipment" (2016).
3. S. H. Sakong, S. K. Kim, C. H. Lee and J. J. Jung, "A Study on the Response Characteristics of Fire Detector by Full-Scale Experiment of Fire Phenomena in the Row House", Korean Institute of Fire Science and Engineering, Vol. 23, No. 3, pp. 67-72 (2009).
4. Korea Trade-Investment Promotion Agency Website, "news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/5/globalBbsDataView.do?setIdx=244&dataIdx=153323" (2015).
5. Korea Trade-Investment Promotion Agency Website, "news.kotra.or.kr/user/globalBbs/kotranews/4/globalBbsDataView.do?setIdx=243&dataIdx=116789" (2012).
6. B. K. Seo and S. G. Nam, "Study of the Improvement of False Fire Alarms in Analog Photoelectric Type Smoke Detectors", Korean Institute of Fire Science & Engineering, Vol. 30, No. 5, pp. 108-115 (2016).
7. J. H. Lee, "A Study on the Multi-optical Smoke Detector Chamber", The Graduate School of Hoseo University, Academic Thesis, pp. 1-118 (2013).
8. KS A 0090, "Test Powders and Test Particles" (2012).
9. KS C IEC60068-2-68, "Environmental Testing-Part 2: Tests-Test L: Dust and Sand" (2013).
10. KS L 5405, "Fly ash" (2015).
11. KOFEIS 0301, "Engineering Criteria for Form Approval of Detector and Product Inspection" (2015).