

온도변화에 따른 감지기 동작특성 및 화재 적응성

이종철, 김두현, 홍성호
충북대학교 안전공학과

Activation Characteristic and Fire Adaptability of Detectors with Temperature Variation

Lee-Jong Chul, Kim-Doo Hyun, Hong-Sung Ho
Chung-buk National University

1. 서론

자동화재탐지설비(Fire alarm system)는 화재에 의해 발생하는 열, 연기 또는 화염을 이용하여 자동으로 화재를 감지하고 벨 또는 사이렌 등의 음향장치를 작동함으로써 화재를 조기에 발견하여 초기소화, 조기피난을 가능하게 하는 설비로서 수신기, 감지기, 중계기, 발신기, 음향장치, 배선, 전원 등으로 구성되어 있다. 이 중 감지기는 화재로 인하여 발생한 연기, 열, 화염 및 연소생성물을 감지하여 수신기로 신호를 보내는 장치이다.

화재 발생시 인명피해 및 재산피해의 규모를 결정하는 주요인자가 감지기의 정상작동 유무임에도 불구하고 그 역할의 중요성을 간과한 채 시공을 위한 법적조건을 충족시키기 위한 임시방편으로 사용되는 경우가 많다. 일반적으로 시공되고 있는 감지기는 오래전부터 사용되어졌던 제품이고 새롭게 출시된 감지기는 대부분이 고가이므로 초기 설치 가격이 상승하여 일반적인 건축물에는 경제적인 측면에서 볼 때 부적절하므로 사용빈도가 매우 낮고 현실적으로 사용이 거의 불가능하다.¹⁾ 감지기에 대한 연구 또한 미비하고 관련된 논문이나 보고서조차 찾기 힘든 실정이다. 본 연구는 small scale 모의화재실험실내에 현재 가장 많이 사용하고 있는 차동식 감지기와 정온식감지기, 연기감지기를 설치하여 가연물을 연소시킴으로써 각각의 작동온도 및 작동시간을 상호 비교 검토하여 감지기의 동작특성과 화재 적응성을 연구하여 감지기 성능향상을 위한 기반 지식을 제공할 수 있는 자료를 정립하였다.

2. 이론

자동화재탐지설비는 수신기, 감지기, 발신기, 음향장치 등으로 구성되어 있다.²⁾ 감지기는 자동화재탐지설비의 가장 중요한 부분으로 현재 가장 많이 사용되고 있는 것은 차동식 스포트형, 정온식 스포트형, 이온화식 비축적형, 광전식(산란광식) 비축적형으로서 본

연구에서도 이들 감지기를 사용하여 실험을 하였다.

차동식 스포트형 감지기는 주위 온도가 일정 온도 상승률 이상이 되었을 때 작동하는 것으로서 국소적인 열효과에 의해 작동하는 것을 말한다. 점화 이후 감지기가 작동하는 순간까지의 온도 상승률과 온도의 최고점까지의 온도 상승률은 식(1)에 의한다.

$$a_T = \frac{T_f - T_i}{t_f - t_i} \quad (1)$$

a_T : 온도 상승률(°C/sec)

T_i : 측정 시작시 온도(°C)

T_f : 최종온도(°C)

t_i : 측정 시작 시간(sec)

t_f : 최종시간(sec)

본 연구에서는 점화 후 차동식 감지기가 작동할 때 까지의 온도 상승률을 차동식 감지기의 종류에 따라 비교 검토하였으며, 최고점에 도달할 때까지의 온도 상승률과 비교하였다. 또한 일정한 온도 상승률 값에서 차동식 감지기가 작동하는지, 아니면 임의의 값에서 작동하는지도 식(1)과 온도변화값을 통해 알아보았다.

정온식 스포트형 감지기는 한정된 장소의 주위 온도가 일정한 온도 이상으로 되었을 때 작동하는 것으로서 감도는 실온이 5°C 이상 35°C 이하(상대습도 45%~85%)인 조건에서 30분간 강제 통풍한 후 시험하였을 때 식(2)에 만족되어야 한다.⁸⁾

$$t = \frac{t_0 \log_{10} \left(1 + \frac{\theta - \theta_r}{\delta}\right)}{\log_{10} \left(1 + \frac{\theta}{\delta}\right)} \quad (2)$$

여기서 t_0 는 실온이 0°C인 경우의 작동시간(sec)이고, θ 는 공칭작동온도(°C)이며, θ_r 는 점화당시의 온도(°C)이고, δ 는 공칭작동온도와 작동시험온도의 차(°C)이다. 본 연구에서 사용한 정온식 스포트형 감지기는 1종이므로 t_0 는 40초 초과 120초 이하이다. 정온식 감지기 공칭작동온도의 125%가 되는 온도이고 풍속이 1(m/sec)인 수직기류에 투입하는 경우에는 식(2)의 시간 이내에 작동하여야 하고, 공칭작동온도 보다 10°C 낮은 온도이고 풍속이 1(m/sec)인 수직기류가 투입되는 경우 10분 이내에 작동하지 아니하여야 한다. 식(2)와 실온이 0°C인 경우의 작동시간을 통해 정온식 감지기의 작동시간의 감도기준 범위를 구할 수 있으며 이를 통해 실험에 사용한 정온식 감지기가 적절한 시간내에 작동했는지 알 수 있고, 작동온도와 공칭작동온도를 비교함으로써 적절한 온도에서 작동했는지를 종류별로 비교할 수 있다.^{3,4)}

연기 감지기는 이온화식과 광전식의 두 종류로 나누어져 있다. 이온화식이란 검지부에 연기(연소 생성물)가 들어가면 전류가 변하는 것을 이용하여 화재를 감지하는 방식인 것이다. 한편, 광전식이란 검지부 안에 연기가 들어가면 이 연기에 의하여 평상시 광전 소자에 의하여 일정하게 흐르던 전류의 값을 변화시켜 화재를 감지하는 방식으로 그 구조와 기능은 다음과 같다.⁵⁾

3. 실험장치 및 실험방법

모의화재실험실의 크기는 110cm×110cm×170cm이며 천장에 감지기를 가연물로부터 140cm 떨어진 천장에 한 번이 40cm 간격인 정삼각형 모양으로 설치하고 측면에 K-Type Thermocouple을 설치하여 온도를 측정하였다. 1개당 질량이 4.5g이고 크기가 0.5×0.7×10.4(cm³)인 가느다란 목재를 총당 4개씩 정사각형 모양으로 쌓아 연소시키고, 종이류는 20g씩 M자 모양으로 접어 층을 쌓아 연소시켰다. A/D Converter와 Personal Computer를 상호 연결함으로써 모니터를 통해 온도변화를 관찰하였다. 모의화재 실험장치의 구조도는 Fig.10과 같다.⁶⁾

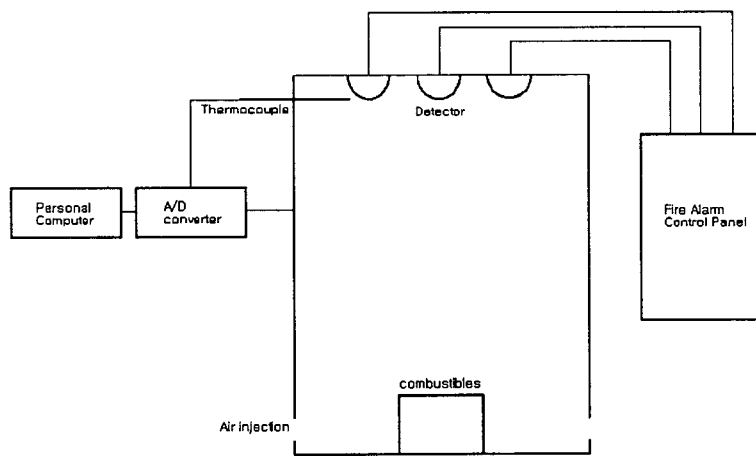


Fig. 1 모의화재 실험장치 구조도

4. 결과 및 고찰

4-1 차동식 감지기 작동시의 온도 상승률

공기식 감지기는 온도 상승률 0.25~0.28℃/sec 사이에서 경보를 발하고 반도체식 감지기는 온도 상승률이 0.26℃/sec일 때 경보를 발하였다. 이로부터 공기식 감지기보다는 반도체식 감지기가 정확한 온도 상승률 값에서 경보를 발하고, 반도체식이 대체로 화재 적용성이 높다는 것을 알 수 있다.

Fig. 2와 Fig. 3은 목재 10개와 25개를 각각 연소시켰을 때의 온도 상승을 나타내는 그래프로 ▲ 표시는 차동식(공기식) 감지기가 작동했을 때의 온도값을 나타내는 것으로, 화염이 최고점 부근에 도달하여 온도가 급상승할 때 감지기가 작동하는 것이 아니라 전체 온도 상승에 비하여 비교적 완만히 상승하는 초기 연소시에도 온도가 일정한 상승률 값에 도달하게 되면 경보를 발함을 알 수 있다. 반면에 Fig.4에서 보듯이 최고 온도에 도달할 때 까지의 온도 상승률이 경보를 발하기 위한 온도 상승률에 크게 미치지 못하더라도

초기의 온도 상승이 전체 온도 상승에 비해 크게 상승하여 작동온도상승률에 도달하였을 경우는 감지기가 작동하여 비화재보를 발생시켰다. 물론 이러한 작은 점화원도 건물내의 화재환경에 따라 화재를 발생시킬 수 있기 때문에 비화재보로 단정지을 수는 없는 것이다. 지금까지는 “차동식 감지기는 일정한 온도 상승률에 도달하였을 때 작동한다.”라는 원리만 있을 뿐 그 값에 대해서는 무시해 오다 시피하고 제품 설명란에서 조차 그 값을 찾을 수 없었다. 따라서 각각 다른 온도 상승률을 가진 다양한 차동식 감지기를 개발하여 건물내의 화재환경에 따라 차동식 감지기를 선별하여 사용함으로써 오보율을 낮추고 화재 발생시 경보가 지연되는 것을 방지할 수 있다.¹⁾

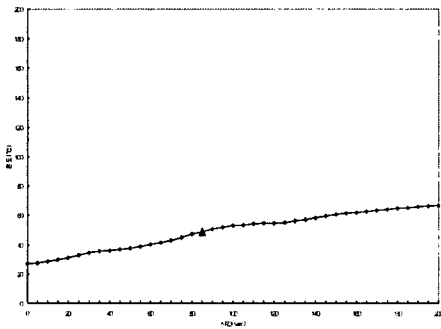


Fig. 2 목재10(EA) 연소시 온도상승

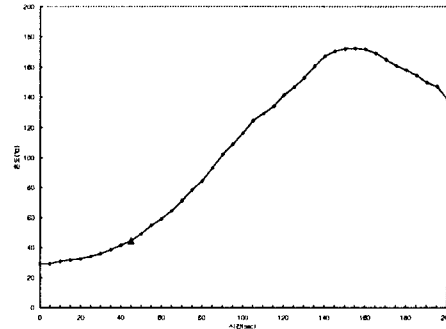


Fig. 3 목재25(EA) 연소시 온도 상승

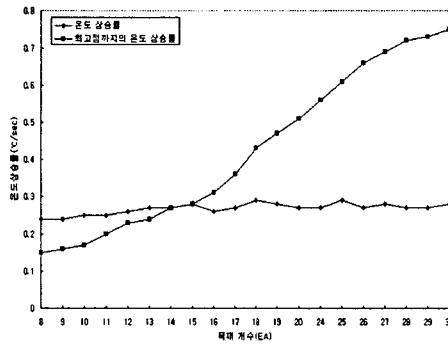


Fig. 4 차동식(공기식)감지기 작동온도상승률과 최고연소온도까지의 온도 상승률 비교

4.2 정온식 감지기의 감도 및 화재 민감도

본 실험에서 사용한 감지기는 정온식 스포트형 1종 감지기이므로 실온이 0°C일때의 작동시간(t_0)은 40~120초이다.⁸⁾ 이를 활용한 결과는 Fig 5와 Fig 6이며, 이를 통해 본 실험에 사용한 감지기는 시간적인 면에서는 적절했음을 알 수 있다. 그러나 Fig 7에 도시한바와 같이 B업체의 작동 시험 온도는 공칭작동온도와 큰 차이를 보이지 않았으나 D업체의 감지기의 경우는 공칭작동온도보다 10°C 이상 낮은 온도에서조차 작동하여 오보의 가능성을 가지고 있다.

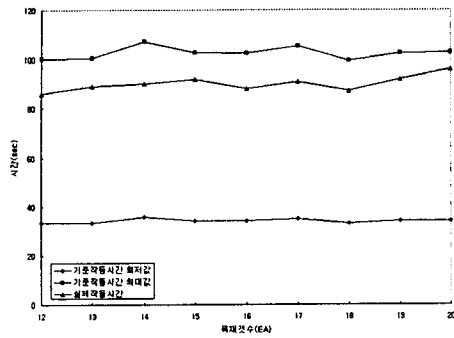


Fig. 5 B업체의 정온식스포츠형 감지기의 작동시간

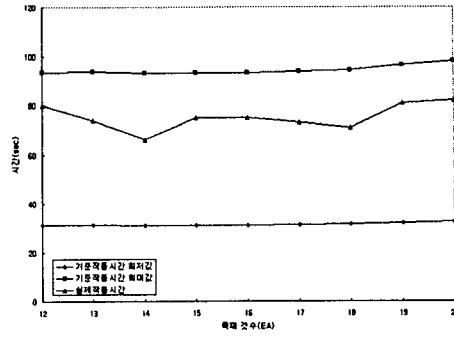


Fig. 6 D업체의 정온식스포츠형 감지기의 작동시간

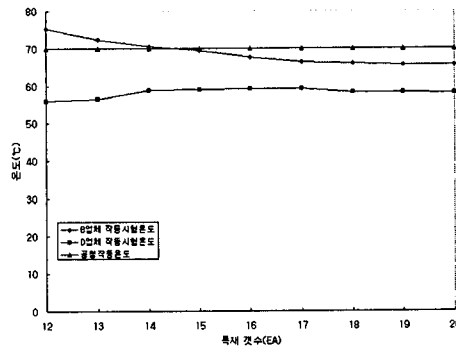


Fig. 7 공칭작동온도와 작동시험온도 비교

4.3 감지기 작동온도 및 반응시간 비교[3]

Fig. 8과 Fig. 9는 종이를 연소시켰을 때의 연기감지기(이온화식, 광전식)와 차동식(공기식)감지기의 작동온도와 작동시간을 비교한 것이다. 연기감지기는 차동식 감지기에 비해 신속하게 경보를 발생하지만 화재로 보기에 너무 낮은 온도에서조차 반응하여 오보의 가능성을 크게 내포하고 있다.

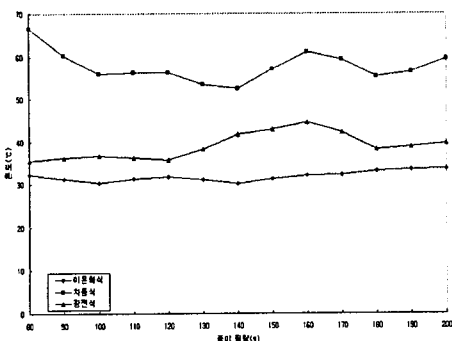


Fig. 8 연기감지기(이온화식, 광전식)감지기와 차동식(공기식)감지기의 작동온도 비교

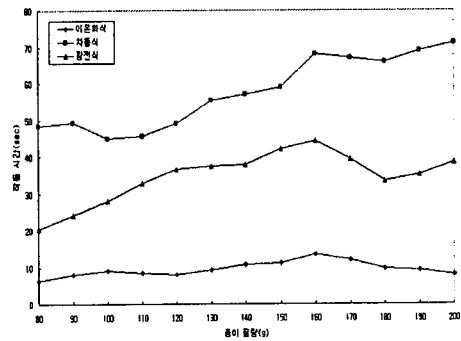


Fig. 9 연기감지기(이온화식, 광전식)감지기와 차동식(공기식)감지기의 작동시간 비교

5. 결론

1) 본 연구에서 사용한 차동식 감지기 중 공기식 감지기는 온도상승률 $0.25\sim 0.28^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 사이에서 경보를 발하고 반도체식 감지기는 온도 상승률이 $0.26^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 일 때 경보를 발하였다. 이로부터 공기식 감지기 보다는 반도체식 감지기가 정확한 온도 상승률 값에서 경보를 발하고, 반도체식이 대체로 화재 적응성이 약간높다는 것을 알 수 있다.

2) 차동식 감지기는 화염이 최고점 부근에 도달하여 온도가 급상승할 때 감지기가 작동하는 것이 아니라 전체 온도 상승에 비하여 비교적 완만히 상승하는 초기 연소시에 온도 상승률이 일정한 상승률 값에 도달하게 되면 경보를 발한다는 것을 알 수 있었다. 반면에 최고 도달 온도가 일반적인 환경에서는 화재로 확산되기 어렵고 최고온도에 도달할 때까지의 온도 상승률이 경보를 발하기 위한 온도상승률에 크게 미치지 못하더라도 초기의 온도 상승이 전체 온도 상승에 비해 크게 상승하여 작동온도상승률에 도달하였을 경우에는 차동식 감지기가 작동하였다.

3) 제조업체가 각각 다른 정온식 감지기를 사용하여 실험한 결과 동작 시간은 감도 기준에 적합하지만, 한 업체의 제품은 공칭작동온도인 70°C 보다 10°C 이상 낮은 온도에서 작동하여 오보의 가능성을 가지고 있었다. 또한 기준작동시간의 값이 클수록 실제 작동시간의 값도 크게 나오고 작동시험 온도도 큰 값에서 경보하였기 때문에 감지기의 온도에 대한 민감도는 작동시간에 큰 영향을 주었음을 알 수 있다.

4) 연기감지기는 다른 감지기에 비해 신속하게 경보를 발하지만 화재로 보기에 너무 낮은 온도인 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 사이에서 반응하였다. 이는 비화재인 연소에서조차 경보를 발할 수 있다는 것을 말해주고 온도에 상관 없이 각종 smoke 발생으로 비화재보를 발할 수 있다는 것을 말해준다.

5) 높이에 따른 온도 분포는 최고 80°C 의 큰 차이를 보이고 있으므로 감지기 종별에 따른 부착 높이별 기준을 엄격히 적용하여 시설해야하고 그 기준도 현실에 맞게 개정되어야 한다.

참고문헌

1. Thuillard, M., "New Methods for Reducing the Number of False Alarms in Fire Detection Systems", Fire Technology, 30:2, 250-268, 1994.
2. 김병호, 화재경보설비, 技文堂, pp.18-36, 1997.
3. J.R.Qualey III, L.Desmarais, J.Pratt, "Response-Time Recorder Comparisons of Ionization and Photoelectric/Heat Detectors", 12th International Conference on Automatic Fire Detection, 2001.
4. 김갑순, 소방관계법규, 일진사, pp.231-238, 2000.
5. Richard W. Bukowski and Jason D. Averill, "Methods for Predicting Smoke Detector Activation", Fire Suppression and Detection Research Application Symposium, 64-69, 1998.
6. 백동현, 소방전기시설론, 동일출판사, pp.12-28, 1998.