

화재 현장 연소가스 감지소자 감도성능검증 연구

유승현 · 최문수 · 박상태 · 홍성호 · 유상필
한국화재보험협회부설 방재시험연구원

화재 현장에는 소방대원의 생명에 위협이 될 수 있는 다양한 연소가스가 발생하며, 소방대원의 안전에 다양한 연소가스의 농도를 실시간으로 측정하는 것은 매우 중요하다. 현재 무선통신 기술의 발달과 센서 기술의 발전으로 저전력, 소형의 센서를 이용하여 무선으로 화재현장의 온습도조건, 발생가스의 농도, 소방대원의 생체신호를 화재현장의 지휘센터로 보내주는 기술의 개발이 진행되고 있다. 이러한 추세에 맞추어 측정된 가스의 농도를 실시간으로 지휘센터로 송수신하는 기술의 연구가 활발히 진행 중이다. 본 연구는 화재환경에서 주로 발생하는 CO, NO₂, NH₃를 위주로 한 고온의 환경에서 농도를 측정하기 위한 방법에 대한 연구이다.

1. 화재현장의 연소가스

화재현장에서는 석유화학제품으로 제조된 건축내장재 등의 연소로 인하여 다양한 유독성 가스가 발생한다. 미국 NFPA 통계에 따르면 2011년의 경우 질식으로 인한 미국 직업소방관(의용소방관 제외)의 사망은 전체의 사망의 24%에 달하며 여기에 연기 흡입으로 인한 사망이 포함된다. 우리나라에서도 소방관의 연기 흡입으로 인한 순직이 끊이지 않고 발생하고 있다. 또한 유독가스의 흡입으로 인한 피해는 소방관의 건강에도 직접적으로 악영향을 미치는 것으로 판단되나 이에 대한 장기간의 연구는 아직 진행된 바 없는 것으로 파악된다. 따라서 화재 사고 현장에서 건강에 영향을 미칠 수 있는 연소가스가 일정농도 만큼 존재하는지 여부를 소방대원에게 알려주는 것은 필수적인 것으로 볼 수 있다.

2. 화재현장에서 연소가스의 종류와 농도

화재 현장에서 발생하는 인체에 치명적인 것으로 알려진 가스들은 아크로레인, 포스젠, 이산화질소, 불화수소, 염화수소, 아황산가스, 황화수소, 시안화수소, 암모니아, 일산화탄소, 이산화탄소이다. 이들 대부분은 매우 낮은 농도(ppm)에서도 인체에 치명적이고 소방대원의 생명을 위협할 수 있는 물질들이다. 미국산업안전공단(OSHA)에서는 가스의 허용노출한계(PEL)를 두고 있으며, PEL은 정량적인 위험평가를 통해서 이루어진다. 그리고 미국국립산업안전보건연구원(NOISH)는 생명에 직접적인 영향을 미치는 가스농도를 IDLH(Immediately Dangerous to Life or Health)농도로 설정하여 생산현장 등의 다양한 환경에서 가스농도를 규제하고 있다. 한편, 화재현장에서 가장 흔히 발행하는 위험연소가스인 CO, NO₂, NH₃의 PEL과 IDLH 값은 Table 1. 같다.

Table 1. PELs and IDLH of significant gas in fire environment

연소가스	PEL	IDLH
CO	50 ppm	1200 ppm
NO ₂	1 ppm	20 ppm
NH ₃	25 ppm	300 ppm

이러한 연소가스의 농도를 실시간으로 계측하여 계측된 가스의 농도와 PEL 및 IDLH의 값을 비

교하여 경보를 발하도록 하는 가스감지소자를 개발하는 것은 반드시 필요하다고 판단된다.

3. 가스감지소자의 개발과 기본성능검증

현재 고온의 화재현장에서 소방대원이 착용하여 사용할 수 있는 가스감지소자의 개발이 진행 중이며, 개발되는 가스감지소자는 소방대원의 의류형 플랫폼에 장착되어 최대 150 °C가 넘는 환경에서 사용될 것으로 예상된다. 화재현장의 고온과 다습한 환경에서 성능을 검증하는 것이 필요하며, 가스감지소자의 유효성을 검증하기 위한 장비의 제작 역시 필요하다. 가스감지소자는 주변 환경에서의 가스농도가 PELs이상인 환경에서 경보를 발하여만 하며, 가스의 농도가 IDLH 이상의 고농도에 갑자기 노출된 경우에도 정상적으로 동작 및 경보를 발하여야 한다.

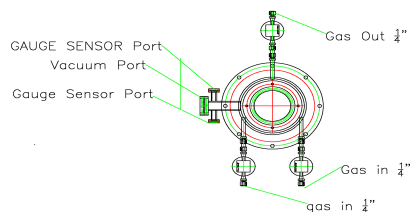
4. 기본성능검증을 위한 장치 구축

보편적으로 가스농도 분석을 위해 적외선분광광도계(FT-IR)를 흔히 사용하고 있다. 하지만 이 장비는 투입된 가스의 농도를 측정할 수만 있으며 FT-IR로 직접 시험대상인 가스감지소자의 정상 작동 여부를 시험할 수 없어 이를 판단할 수 있는 시험챔버의 구축이 필요하다. 시험챔버의 역할은 시험가스를 발란스가스와 사전에 설정된 다양한 농도로 혼합시키고 가스감지소자를 다양한 혼합가스에 노출시키는 역할을 하게 된다. 또한 시험챔버의 내부의 온도를 화재환경과 비슷한 수준으로 올려서 높은 온도의 가스에 노출된 경우에도 가스감지소자가 정상작동을 유지할 수 있는 성능이 있는지를 확인하게 된다. 이렇게 개발된 챔버와 기존 FT-IR의 input 및 output을 연결하여, 시험가스를 순환시키며 가스의 농도를 안정화 시킨 후 시험을 진행하고자 한다.

5. 시험챔버의 레이아웃

시험챔버의 레이아웃은 다음과 같이 설계하였다. 표준가스를 위한 input 포트와 발란스가스를 위한 input 포트 그리고 혼합가스를 위한 output 포트가 있으며, 감지소자를 확인할 수 있는 시창을 두고 시창을 개폐하여 가스감지소자를 투입할 수 있도록 설계되었다.

Table 1. Layout of test chamber for fire environment gas



6. 결론

개발된 챔버는 현재 가스의 혼합기능이 없으며, 표준가스를 투입할 경우에만 사용이 가능하도록 되어 있다. 추후 설계의 보완을 통하여 표준가스를 사용하여 다양한 농도의 가스로 혼합하여 성능을 확인하는 것에 적합하도록 할 계획이다.

7. 참고자료

OSHA's permissible exposure limits: regulatory compliance versus health risk.