

철도차량용 내장 재료의 연소특성을 고려한  
유해가스 정량분석 기법연구

Technical study on quantitative analysis of the toxic gas concerning  
the combustion property of interior materials of railway car

박지영\*      이철규\*\*      이덕희\*\*\*      정우성\*\*\*\*      정희일 \*\*\*\*\*  
Park, Ji-Young      Lee, Cheul-Kyu      Lee, Duck-Hee      Jung, Woo-Sung      Chung, Hoeil

ABSTRACT

In previous fire accident of railway car, the fatality was relatively high by toxic gas poisoning cause of closed space. So the necessity of quantifying toxic gas in combustion gas was recognized and then, FT-IR spectroscopy was introduced for real-time analysis of mixed gases and stimulated analysis of the concentration of several gases. Thus, in this study, absorption bands using FT-IR were obtained by each component of combustion gases for interior materials of railway car such as flooring materials and moquette seat. And then the sample spectra were compared with the spectra of NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> reference gases, we could obtain some identical peaks of them.

1. 서 론

기존의 화재사고에서 익히 알려진 바와 같이 철도차량의 경우, 폐쇄적인 공간의 특성상 유해가스중독에 의한 치사율이 매우 높은 편이다. 이에 연소가스 중 인체에 유해한 독성가스 정량화의 필요성을 인식하게 되었으며, 철도차량용 내장 재료의 연소가스 정량화를 위해 혼합가스의 실시간 분석과 여러 종류의 가스농도를 동시에 측정 가능케 하는 FT-IR spectroscopy를 도입하게 되었다<sup>1), 2)</sup>. 따라서 본 논문에서는 FT-IR spectroscopy를 이용해 바닥재, 모켓시트와 같은 철도차량용 내장 재료에 대한 연소가스성분분석이 이루어졌으며, 이때 재료의 연소를 위해 ISO-5659의 기준에 따른 챔버를 이용하였다. 이렇게 얻어진 각 샘플의 스펙트라는 대표적 유해가스 중 NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>의 표준가스 스펙트럼과 비교되어 그 존재유무가 확인되었고, 다른 성분의 스펙트라와 겹치거나 간섭을 받지 않는 성분 특유의 흡수대를 얻을 수 있었다.

\* 철도기술연구원, 환경화재팀, 정희원  
E-mail : 3342735@hanmail.net  
TEL : (031)460-5396 FAX : (031)460-5319  
\*\* 철도기술연구원, 환경화재팀, 정희원  
\*\*\* 철도기술연구원, 환경화재팀, 정희원  
\*\*\*\* 철도기술연구원, 환경화재팀, 정희원  
\*\*\*\*\* 한양대학교, 화학과, 비회원

## 2. 본 문

### 2.1 시험재료

시험재료로는 철도차량 내장용품 중 바닥재와 시트지를 사용하였으며, 바닥재의 경우 가장 널리 쓰이는 합성고무소재의 것을, 그리고 시트지의 경우 모켓소재의 것을 사용했다. 또한 시편의 크기는 ISO 5659의 기준에 따라 각각 75mm × 75mm로 제작하였다.

### 2.2 시험장비

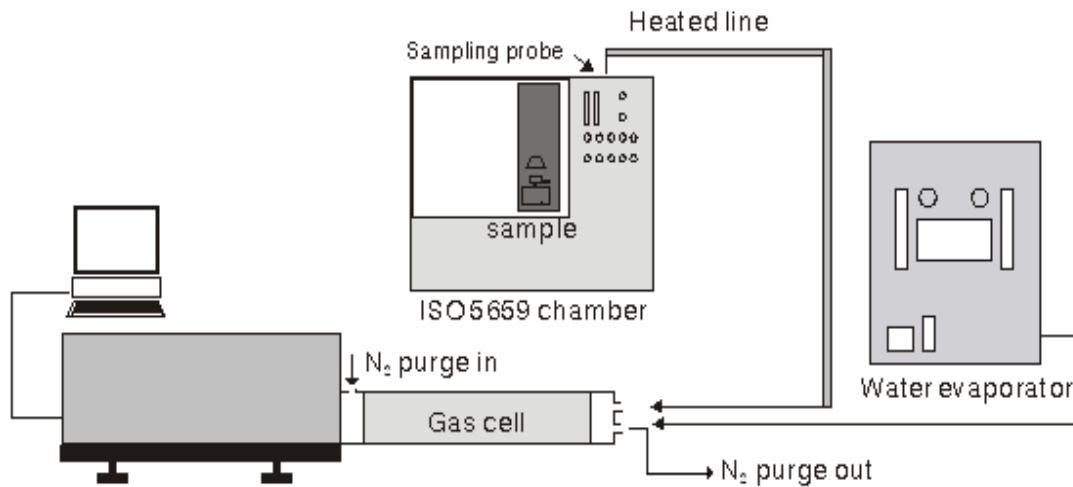


그림 1. 연소가스분석을 위한 시험장비 구성도

본 연구에 사용된 Midac Model I 4001 FT-IR spectrascopy는 10m의 cell path length와 MCT detector 그리고 ZnSe cell window를 사용하는 장치이다. Sample scan은 16 scan/spectrum 그리고 Resolution은 0.5 cm<sup>-1</sup>이다. 연소가스가 FT-IR gas cell로 삽입될 때 많은 soot가 발생하며, 이의 적재를 최소화하기 위해 gas cell을 가로로 설치했다. 또한 Gas cell과 Heated line은 생성된 연소가스의 응결 등을 고려하여 150℃로 가열되어졌다. 재료의 연소를 위해 ISO 5659의 기준에 따른 챔버 사용 및 시험 진행이 이루어졌으며, 수증기의 농도별 표준 스펙트라를 얻기 위한 수분발생장치(Water evaporator)를 FT-IR gas cell과 연결하여 설치했다. 이러한 수분발생장치는 연소가스 샘플의 IR 스펙트라에서, 확보해 두었던 표준 수분 스펙트라를 제거함으로써 수분중첩 때문에 확인하기 어려웠던 성분들의 정량화 가능성에 기여하기 위해 사용되었다.

## 3. 결과 및 고찰

샘플의 연소가스 스펙트라에서 수분간섭의 영향을 줄이기 위해 수분발생장치를 이용하여 여러 농도에서의 표준 수분 스펙트라를 얻어 이를 샘플 스펙트라에서 제거해 주었다. 합성

고무 바닥재에 대한 결과를 그림 2에 나타내었으며, 시트커버지에 대한 결과는 그림 3에 나타내었다. 수분의 제거로 스펙트럼 흡수대에 변화가 있기는 하지만 제거 과정에서 factor값을 더 조절하거나 더 부합이 잘되는 농도의 표준 수분스펙트럼을 찾아 보다 수분 간섭이 없는 스펙트라를 얻을 필요성이 있다고 본다.

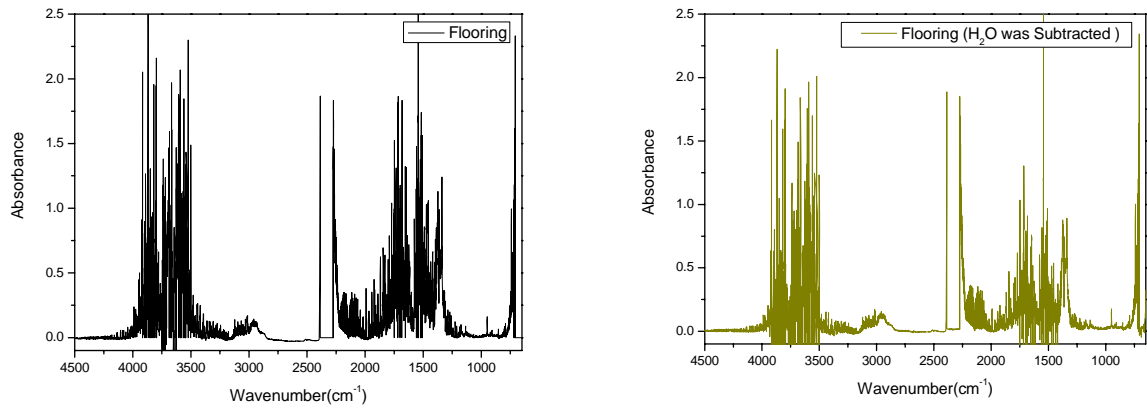


그림 2. 바닥재 연소가스 스펙트라와 수증기가 제거된 스펙트라

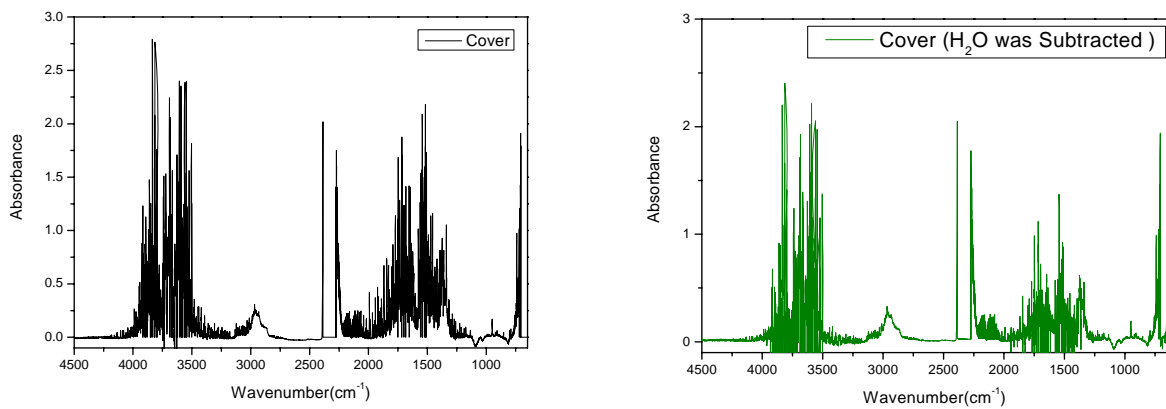


그림 3. 시트커버지 연소가스 스펙트라와 수증기가 제거된 스펙트라

수분이 제거된 바닥재와 시트 커버지의 연소가스 스펙트라는 다른 성분과의 IR 흡수대 중첩이 심해 분석이 어려운 NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>의 표준가스 스펙트럼과 함께 아래 그림에 나타내었으며 같은 흡수피크영역을 확인함으로써 이들 유해가스가 본 연구에 사용된 샘플의 연소가스에 포함되어 있다는 사실과, 또한 그 구체적인 흡수영역을 알 수 있었다. 그림4 에서와 같이 바닥재와 시트커버지의 경우 약 1840cm<sup>-1</sup>, 1910~1920cm<sup>-1</sup> 등의 화살표에서 표준가스 NO와 일치하는 피크영역을 볼 수 있었으며, 그림 5에서는 약 1595cm<sup>-1</sup>, 1625~1630cm<sup>-1</sup>등의 화살표로 표시된 영역에서 NO<sub>2</sub>의 표준가스와 같은 흡수피크를 갖는

것을 볼 수 있었다. 마지막으로 표준가스  $\text{SO}_2$ 와의 비교에서는 약 $1340\sim 1350\text{ cm}^{-1}$ 사이에서 몇 개의 일치하는 흡수피크가 있음을 그림 6에서 확인할 수 있다.

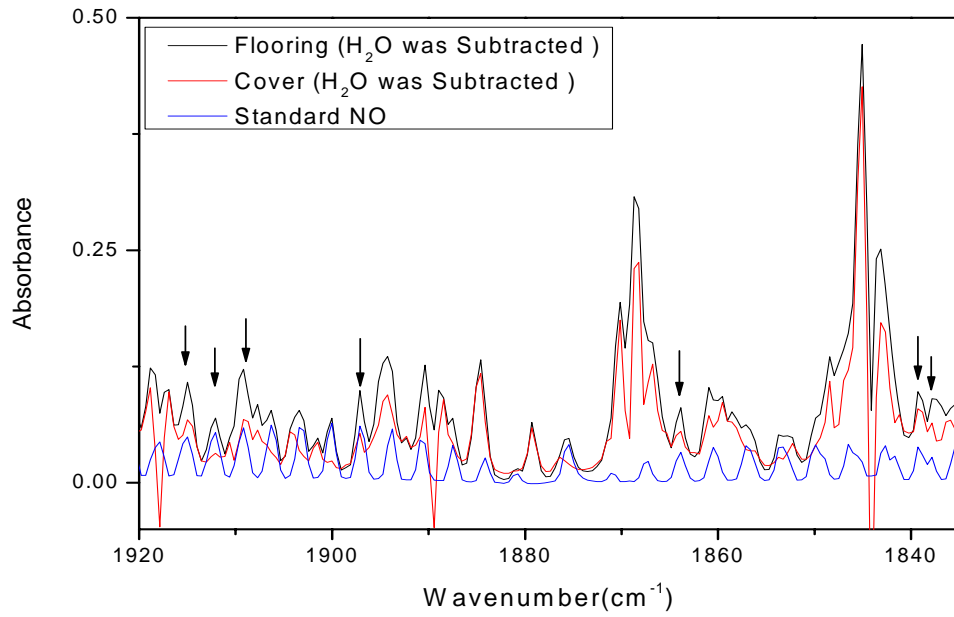


그림 4. 바닥재, 커버지의 연소가스와 표준가스 NO의 스펙트라

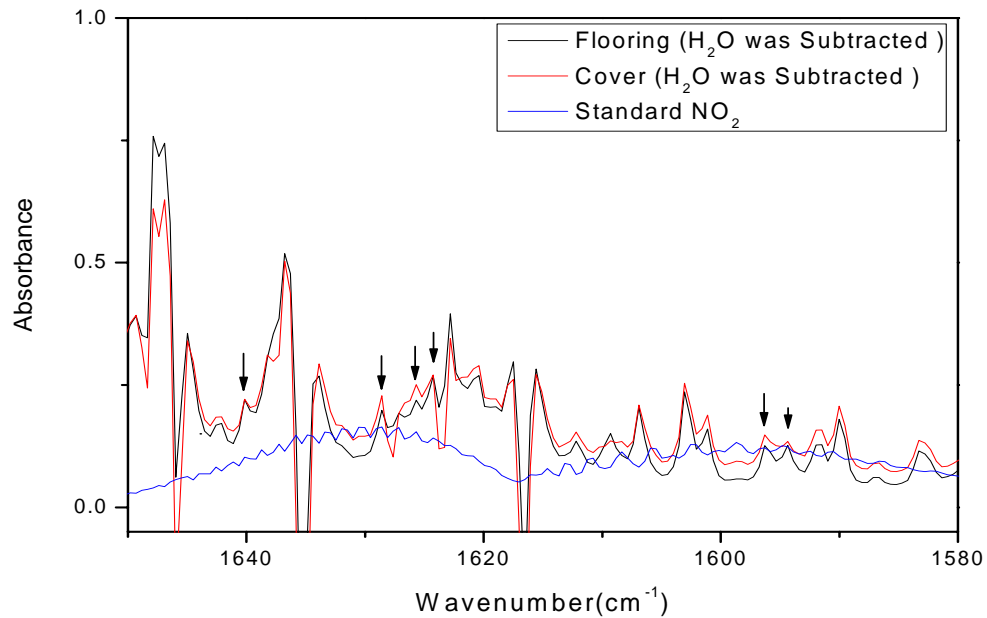


그림 5. 바닥재, 커버지의 연소가스와 표준가스  $\text{NO}_2$ 의 스펙트라

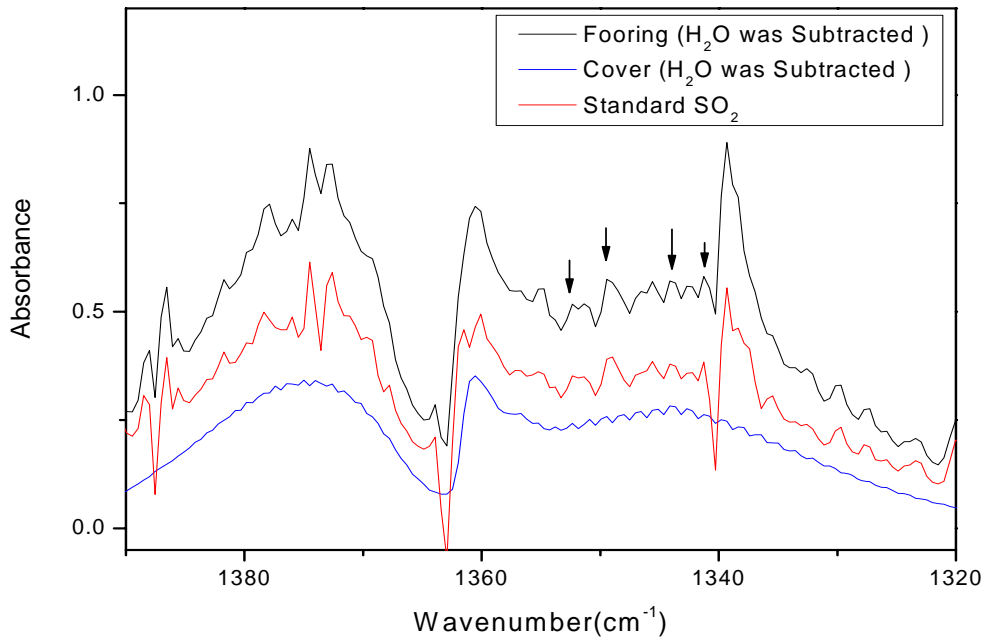


그림 6. 바닥재, 커버지의 연소가스와 표준가스 SO<sub>2</sub>의 스펙트라

#### 4. 결 론

본 논문에서는 연소가스의 특성상 수분 발생 및 증착 등의 문제점으로 인해 분석에 있어 어려움이 많은 철도차량 내장용품의 연소가스에 대해 FT-IR장비로 연구가 진행되었다. 먼저 수증기 발생장치를 이용하여 농도별 표준 수분 스펙트라를 얻어 이를 바닥재와 시트 커버지 샘플 연소가스에서 가장 잘 부합하는 농도의 수분 표준 스펙트라를 제거해주었다. 이렇게 얻어진 스펙트라는 더 많은 기술적인 노력이 이루어진다면 수분간섭의 영향이 덜해 수분증착으로 인해 분석이 어려웠던 성분들의 확인이 보다 손쉬워 질것으로 여겨진다. 또한 얻어진 수분제거샘플 스펙트라를 NO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>의 표준가스 스펙트라와 비교해 본 결과, 샘플의 연소가스에서 이들 표준가스와 일치하는 피크영역을 볼 수 있었다.

#### 참고문헌

1. Louise C. Speitel, " Fourier Transform Infrared Analysis of Combustion Gases" U.S Department of Transportation Federal Aviation Administration Final Report, October 2001.
2. Tuula Hakkarainen (1999), "Smoke gas analysis by Fourier transform infrared spectroscopy", VTT Building Technology, Final report of the SAFIR project