

SIFT-MS를 이용한 작업환경 유해물질 노출 모니터링

- 작업환경 유해물질 사고 이슈화** : 최근 여러 작업환경 유해물질 노출 사건이 최근 빈번히 일어나 환경부, 고용노동부를 비롯한 국내/국제 산업안전보건(OSH)기관들은 작업장 내 유해물질 규제강화를 시작하였고 이에 작업장 내 유해물질 노출 모니터링과 같은 안전응용분야의 관심이 증폭되어 있다.
- 기존분석법을 이용한 작업환경 유해물질 모니터링** : 지금까지는 한대의 분석기기로 작업환경에서 발생하는 여러 유해물질을 한꺼번에 분석하기 어려웠다. 실제로 작업환경 내 유해물질 분석과 관련하여 PID(s(광이온화 검출기), GC(가스크로마토그래피), chemical indicator tubes(화학물질 감지 튜브)등과 같은 기존 측정분석기기를 최소 두가지 방식을 혼합하여 사용되어 분석되어 지거나 샘플링백이나 흡착관등과 같이 시료채취 후 분석이 가능하였다.
- SIFT-MS를 이용한 작업환경 유해물질 모니터링** : SIFT-MS는 호흡시료 및 대기질 내 VOCs를 전처리 없이 실시간 모니터링 할 수 있는 부드러운 화학적 이온화 방식의 온라인 질량분석기이다. 특히, 작업장 내 공기를 실제 들이마시는 작업 근로자의 호흡시료를 직접 분석하여 실시간 ppt level로 정성,정량 분석 가능하며 유해물질 누출시 빠르게 안전 대응 가능한 OSH 응용 에 가장 적합한 분석 시스템이다.

작업 환경측정이란

- 정의(산업안전보건법 제2조 제5호)**
 근로자의 건강장해를 초래할 수 있는 유해인자의 노출정도나 발생수준등 작업환경 실태를 파악하기 위하여 해당 근로자 또는 작업장에 대하여 사업주가 측정 계획을 수립하여 시료의 채취 및 분석평가하는 것
- 측정 대상 작업장 :**
 반도체, 전자/전기, 페인트 산업등 다양한 산업공정

작업환경 유해물질이란



- 주요 작업환경 내 유해물질은** 벤젠, 톨루엔, 에틸벤젠, 자일렌, 포름 알데히드와 같은 휘발성 유기화합물(VOCs)

국내 산업안전 관련 주요법률

| 분야 | 관련법률 | 소관부처 | 산하기관 |
|------------|---|---------|----------------------|
| 산업안전 | 산업안전보건법 | 고용노동부 | 한국산업안전보건공단 |
| 가스 | 고압가스 안전관리법 액화석유가스의 안전관리 및 사업법 도시가스사업법 | 산업통상자원부 | 한국가스안전공사 |
| 화학물질 | 화학물질관리법 | 환경부 | 환경관리공단 |
| 소방 국민안전 | 소방기본법, 재난 및 안전관리기본법 | 안전행정부 | 한국소방검정공사 한국소방안전협회 |



국가별 작업환경 규제기관 및 노출 규제한계

국가별 작업환경 유해물질 규제기관은 다음과 같으며 작업환경 노출기준은 지속적으로 강화되고 있다.

실제 미국 산업안전 및 보건행정(OSHA)의 경우 기존 벤젠 허용 피폭한계가 1ppm이었으나 규제농도보다 더 낮은 유해물질 농도(0.57ppm)에서 백혈병 등과 같은 인체 치명적인 피해 보고로 기준 강화되었다.

| 기관 | 지역 | 노출한도 명칭 |
|---|------|---------------------------------|
| National Occupational Health and Safety Commission (NOHSC) | 호주 | National Exposure Standards |
| European Agency for Safety and Health at Work | 유럽연합 | Occupational Exposure Limits |
| Japanese Association of Industrial Health | 일본 | Permissible Exposure Limits |
| Occupational Safety and Health Service | 뉴질랜드 | Workplace Exposure Standards |
| Health and Safety Executive (HSE) | 영국 | Occupational Exposure Standards |
| National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) | 미국 | Recommended Exposure Limits |
| Occupational Safety and Health Administration (OSHA) | 미국 | Permissible Exposure |
| American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) | 미국 | Limits Threshold Limit Values |

작업환경 내 유해물질 모니터링 분석기기 비교

| | PIDs | 화학물질 표시기 튜브 | 가스 크로마토그래피 | SIFT-MS |
|------------|-------|-------------|------------|--------------|
| 특수성 | 매우 낮음 | 보통 | 높음 | 높음 |
| 선택성 | 보통 | 보통 | 높음 | 높음 |
| 분석속도 | 실시간 | 실시간 | 느림 | 실시간(현장분석 가능) |
| 유지비용 | 낮음 | 높음 | 보통 | 낮음 |
| 분석비용 | 낮음 | 높음 | 높음 | 낮음~보통 |
| 직접 호흡시료 분석 | 불가능 | 불가능 | 불가능 | 가능 |

작업환경 내 유해물질 모니터링 기존 분석기기 한계

| PIDs | SIFT-MS |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 단일 VOCs에 대한 감도가 아닌 복합 VOCs에 대한 총 감도로 측정 | <ul style="list-style-type: none"> 개별 VOCs를 정성, 정량분석 가능 여러 VOCs를 단 한번의 스캔으로 동시 분석 가능 |
| Indicator tube(지시관) | SIFT-MS |
| <ul style="list-style-type: none"> 실제보다 더 높은 감도를 나타내는 오차 발생 분석값 해석 및 적절한 농도 범위의 분석값을 측정하기 위해 분석 전에 전처리 필요 | <ul style="list-style-type: none"> 실제 현장 측정값을 바로 스크린 창을 통해 확인 가능 초과 농도 발생시에는 위험메세지와 알람시스템 작동 |
| GC-MS | SIFT-MS |
| <ul style="list-style-type: none"> 감도는 정확하나 분석 속도가 매우 느림 (단일 VOCs 분석시간 : 몇분~몇십분) 기기를 작동하고 결과값을 해석하는데 전문가적인 지식을 갖춘 인력이 필요 | <ul style="list-style-type: none"> 실시간 ppt level로 분석값을 확인 가능 비전문가도 30분의 짧은 교육으로 손쉽게 사용 현장노동자가 사용하기 가장 편리한 분석기 |

OSH 응용에 대한 SIFT-MS 분석능력

SIFT-MS의 호흡시료에 대해 비침습성 직접분석이 가능한 분석도구이며 분석 환경에 맞게 자동 Validation이 가능하여 여러 산업용 여러 VOCs를 호흡시료 분석을 통해 한번에 실시간 ppt level로 분석가능함을 국제 여러 논문을 통해 발간되었다.

그림1 작업 환경에서 나오는 자일렌과 메시틸렌(또는 트리메틸벤젠, $C_6H_3(CH_3)_3$)을 포함한 유해가스 노출의 영향을 실제로 받는 작업 근로자의 호흡시료를 SIFT-MS로 직접 분석했다.

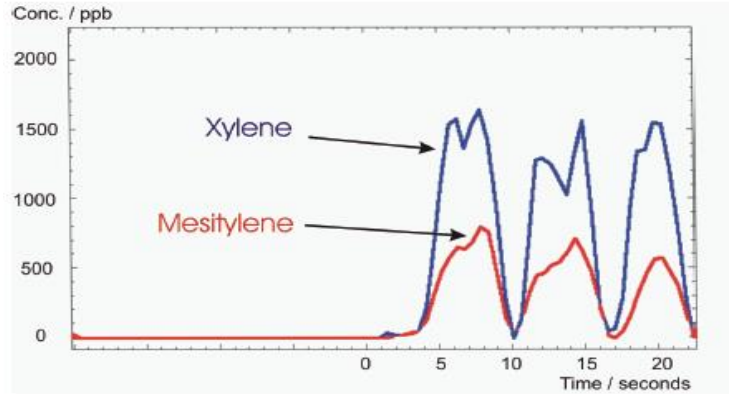
- 분석모드 : SIFT-MS SIM모드(Selected Ion Mode)
- 농도: ppbv

그림2 4시간 동안 연속적으로 측정기간동안 오직 메시틸렌을 감소가 얼마만큼 변하는지를 나타냈고 자일렌도 이와 유사한 감소형태를 보였다.

측정데이터의 실선은 작업 근로자의 몸 기관 중 입속과 폐 속 두군데의 분포 값의 범위를 나타내며 자일렌이 체류시간은 0.4과 2.5으로 메시틸렌의 경우 체류시간은 0.4 과 2.8으로 계산되어진다.

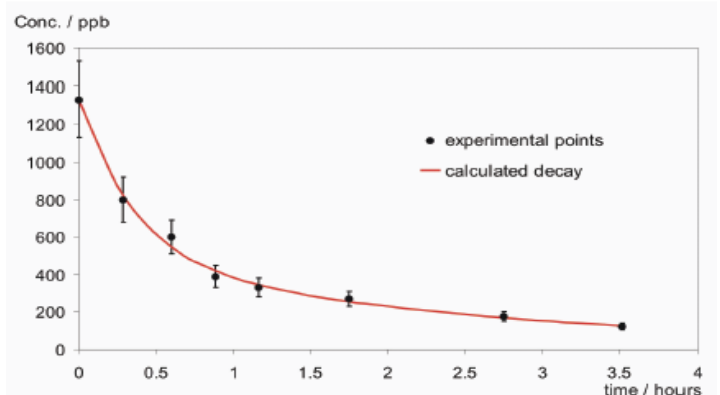
그림1. SIFT-MS SIM(Selected Ion mode)모드로

작업환경에서 나오는 유해한 VOCs(자일렌, 메시틸렌)을 작업 근로자의 호흡시료를 통해 2시간동안 실시간 연속측정



- ▶ 한번의 스캔으로 여러 화합물 동시분석 가능
- ▶ 대기질 내 VOCs는 물론 호흡시료 실시간 direct분석
- ▶ 혈액 또는 소변의 Headspcae 시료 분석가능
- ▶ 넓은 dynamic range(ppm~ppt, 희석시 %가능)로 여러 작업장 모니터링 가능

그림2. SIFT-MS를 이용하여 작업 근로자의 호흡시료를 통해 메시틸렌 농도 변화 실시간 측정



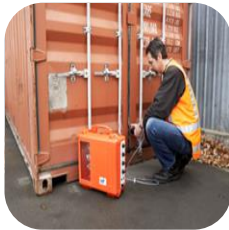
- ▶ OSH응용에서는 작업질 내 발생하는 유해물질이 몸속으로 들어왔을때 거짓 양성, 음성반응을 피하기 위해 몸속에서 변하는 VOCs를 정확한 정량분석이 필요하다. SIFT-MS는 호흡시료를 인체 내부별 변화되는 VOCs의 절대정량이 가능하다.

SIFT-MS(Selected Ion Flow Tube-Mass Spectrometry)



터치 스크린 및 PC 제어

- 한번의 TOUCH로 다양한 VOCs를 동시분석
- 비전문가도 손쉽게 사용



온라인 및 실험실 분석

- 실험실은 물론 현장에서도 정확하고 빠른 분석
- Sampling tool로 시료 포집 후 실험실 분석 가능



원격제어 및 차량탑재

- 사무실에서 기기 제어 및 분석 결과 확인
- 외부 진동에도 흔들리지 않는 분석



넓은 응용분석

- 수분이 많은 시료도 정확하게 분석
- 대기질 분석은 물론 의학, 제약, 풍미, 식품 가능



SIFT-MS는

작업환경 유해물질분석에

가장 빠른 대처가 가능한 분석기기입니다.