

본 기획 연재물은 미국 트레도 의과대학의 비제시 교수와 동카롤라이나 대학의 콘 교수가 공동 집필한 "Industrial Hygiene Evaluation Method"를 번역한 것으로 작업환경측정과 평가에 관한 내용이다.

역, 연세대학교 의과대학 산업보건연구소  
노재훈

## 공기 중 가연성 가스 및 산소의 평가 고형흡착검출관이 달린 Piston 또는 Bellow 공기흡입 펌프를 이용한 현장 구역 감시법

### 개요

현장에서 공기 중의 무기 혹은 유기가스 및 증기의 농도를 측정하거나 검출하는 것이 필요한 경우가 종종 있으며 이러한 목적에 맞는 검출관과 수동식 공기 펌프로 구성된 기구가 현재 사용가능하다. 공기 중의 개별 오염물질류의 농도를 정성적으로나 정량적으로 측정하기 위한 공기 채취는 1-2분이면 충분하다. 관심의 대상이 되는 다양한 오염물질에 따라 다양한 검출관이 사용가능하다.

검출관은 어떤 장소에서 전 근무시간동안 어떤 종류의 특정한 오염물질을 통합된 감시 방



그림 1. Standard glass detector tube filled with a solid sorbent coated with a chemical reagent.

법을 이용하여 감시하게 될 것인지 선별하기 위하여 사용될 수 있다. 검출관은 또한 전 근무시간동안 중에서 오염의 근원을 추적하기 위하

거나 노출 수준의 변화를 추적하기 위하여도 사용할 수 있다.

### 가스나 증기를 위한 검출관 매질

검출관에는 착색길이를 재는 것과 색도계를 이용한 두 가지 종류가 있다. 두 종류 모두 검출관은 특정한 오염물질에 반응하는 화학물질로 코팅된 고형 흡착제로 채워져 있다(그림 1). 흔한 흡착제로는 적당한 화학제에 적셔진 실리카겔이나 aluminium oxide가 사용된다. 유리관의 끝은 제조과정에서 봉해진다. 관의 끝이 깨지고 측정하고자 하는 오염물질을 포함한 공기가 관으로 들어오면 오염물질의 분자는 고체매질과 접촉하여 반응을 일으킨다. 이러한 반응의 결과는 관의 종류에 따라(착색길이, 색도계) 검게 착색되거나 다른 색으로 착색된다. 착색의 길이나 강도 그리고 색의 그림자는 채집된 공기 내부에 있는 가스나 증기의 농도에 의하여 결정된다. 착색의 길이를 측정하는 관은 관에 농도눈금이 표시되어 있거나 전체 매질의 농도로 착색길이를 나누어서 해당 농도의 기준표와

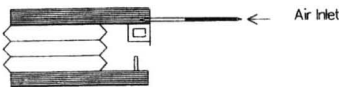
비교하게 된다. 색도계관에 오염된 공기가 들어오면 흡착제는 색깔의 강도가 변하게 된다. 채취가 끝나면 검출관은 해당 농도의 기준표와 비교된다. 대부분의 관은 즉석에서 채집을 하지만 어떠한 관은 8시간동안 채집하는 경우도 있다.

### 주의

검출관은 가장 쉽게 측정할 수 있는 기구이지만 동시에 관이 부정확할 수 있기 때문에 주의해서 해석해야 한다. 대부분의 경우 정확도는 25% 내외이며 어떠한 종류는 그보다 더 큰 경우도 있다. 때문에 예를 들어 어떤 관이 200ppm으로 측정되었다면 실질적인 농도는 150에서 250ppm 사이에 (200ppm±25%) 있을 것이다. 낱알 크기의 흡착제는 그 크기에서 변화가 있을 수 있으며 이러한 차이는 채취된 공기에서 channelling 효과를 일으키며 소위 '꼬리'라고 불리는 관에서 수직이 아닌 형태의 착색을 일으킨다. 검출관은 변할 수 있기 때문에



(a)



(b)

그림 2. Sampling train for organic and inorganic gases and vapors consisting of either (a) a piston pump connected to a detector tube or (b) a bellows pump connected to a detector tube.

사용 전에는 냉동보관해야 한다. 검출관은 반드시 제조업체에서 제공된 수동펌프를 사용해야 한다. 만약 다른 회사의 제품을 사용하면 상대적인 유속의 차이가 생기며 이러한 유속의 차이는 오염물질이 흡착되어 반응을 일으키는 양에 영향을 미친다.

### 모니터링

포집 전에 유리검출관의 양끝을 조심스럽게 깨서 포집 전기간동안 공기에 노출되도록 한다. 검출관은 수동펌프의 입구에 끼워진다. 검출관을 위한 공기포집펌프는 크게 두 가지가 사용된다. 두 종류 모두 수동식이며 하나는 'Piston pump' 또 하나는 'Bellow pump'이다(그림 2). 피스톤 펌프는 한 번의 Piston stroke에 따라 일정한 공기의 양을 검출관 내로 통과시키도록 한 장치이다. Piston stroke이란 피스톤의 손잡이를 뒤로 당겨서 실린더 내를 음압으로 만드는 것을 말한다. 매 Piston stroke마다 충분한 양의 공기를 포집하기 위하여는 정해진 시간이 필요하다. 제품설명서에는 모든 펌프마다 필요한 시간이 정해져 있다. Bellow 펌프 역시 수동으로 움직이며 Bellow는 압축하는 것으로 작동된다. Bellow를 압축하게 되면 펌프는 음압이 된다. Piston이나 Bellow를 수동으로 작동하게 되면 실린더 내부는 대기보다 음압이 되고 이로 인하여 대기 중의 공기가 펌프안으로 들어간다. 공기는 펌프안으로 들어가기 전에 검출관을 통과한다. 펌프가 공기로 차게 되면 대기와 압력차는 없어지고 일정한 양의 공기가 검출관을 통과, 즉 포집된다. 포집되는 공기의 양은 Piston의 stroke이나 Bellow압축의 수에 따른다. 오염물질이나 오염물질의 현재 농

## 12 산업장 환경평가



도에 따라 시료의 양이 다르고 이에 따라 각기 다른 관이 필요하다.

### 누출검사

수동식 공기펌프는 공기누출이나 기능장애가 있는지 검사해야 한다.

### 보정

■ 수동식 공기펌프는 유리 검출관이 연결된 상태에서 수동 혹은 전자식 보정장치를 이용하여 주기적으로 유속을 측정해야 한다(그림 3).

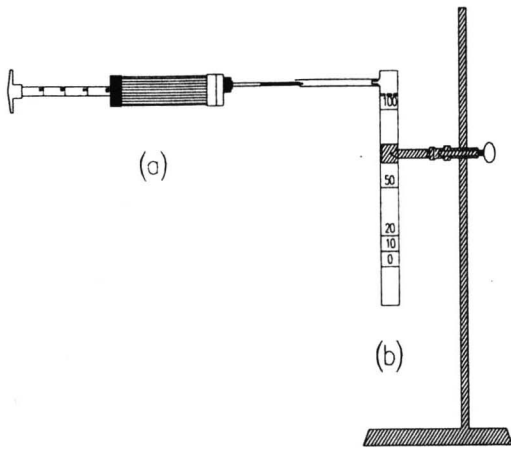


그림 3. Calibration train for detector tube pump consisting of (a) a piston pump and detector tube in-line with (b) a frictionless bubble-tube.

■ 유속은 기포가 기포관의 50cc에서 100cc로 이동하는데 걸리는 시간을 3회 측정하여 평균한  $T_{avg}$  sec를 이용하여 구한다.

$$\text{Equation: } Q \frac{\text{cc}}{\text{min}} = \frac{\text{Vol. cc}}{T_{avg} \text{ sec}} \times 60 \text{sec/1min}$$

■ 고휘흡착제 검출관을 이용한 유기가스 및 증기채취의 일반적인 유속은 1회 펌프 stroke이 나 Bellow 압축을 기본으로 100cc/min이다

### Monitoring 준비

- 유리검출관의 양쪽 끝을 깨서 개봉한다.
- 포집장치를 조립하고 수동식 Piston이나 Bellow 펌프를 검출관과 연결한다.

### Monitoring

- 포집장치를 구역 모니터링을 하기 위한 장소에 고정시킨다.
- Piston이나 Bellow 펌프를 Piston의 손잡이를 당기거나 Bellow를 압축하여 음압으로 만든다.
- 정해진 시간 후(일반적으로 1분) Piston이나 Bellow 펌프의 압축을 반복하거나 검출관을 펌프에서 제거한다.

■ 오염물질의 검출이나 측정을 착색정도에 따라 결정한다.

### 연습

#### 1. 개요





후 손잡이를 놓는다. 피스톤이 0cc의 위치까지 복구되면 누출이 없는 것이다.

- Bellow 펌프의 경우; Bellow를 완전히 압축한 후 놓고 10분간 기다린다. Bellow가 완전히 열리지 않으면 누출이 없는 것이다.

### 2) 피스톤 펌프의 채취 전 적정

- 적정양식을 완성하기 위하여서는 이름, 위치, 일시, 공기온도, 공기압력, 펌프 제조회사 및 모델, 적정장치, 3회 시도의 시간, 평균유속 등이 기록되어야 한다.
- 기포를 무마찰 기포관의 0cc에 위치시킨다. 이렇게 하기 위해서는 유연한 관을 burette의 위에 연결하고 바닥에는 비누칠을 한다. 그렇게 한 후 유연한 관을 기포가 0cc에 위치할 때까지 조심스럽게 입으로 뺀다.
- 검출관의 양쪽 끝을 개봉한 후 Piston이나 Bellow 펌프의 입구에 삽입한다.
- 유연한 관의 한 쪽 끝을 검출관의 입구에 연결한다.
- 유연한 관의 다른 쪽 끝을 기포관에 연결한다.
- 피스톤이나 Bellow 펌프를 100cc가 될 때까지 당기거나 압축한다.
- 피스톤 펌프의 경우; 비누막이 80에서 100cc에 이르는 시간을 측정해서 제조회사에서 추천한 유속과 비교한다.
- Bellow 펌프의 경우; Bellow가 팽창하도록 한 후 비누막이 95cc까지 올라오는 것을 확인한다.

### 3) 유기증기의 공기채취

- 측정할 유기 혹은 무기증기나 가스의 농도가 검출, 측정 가능하여 모니터링을 적절히 시행할 수 있을 만한 장소에서 모니터링을 시행할 수 있는 허가를 얻는다. 아니면 알려진 유기 혹은 무기증기나 가스를 이용하여 가상 모니터링을 시행한다.
- 검출관의 양쪽 끝을 개봉한 후 Piston이나 Bellow 펌프의 입구에 삽입한다.
- 검출관의 사용설명서를 읽고 Pump stroke이나 Bellow 압축 회수를 결정한다.
- 손잡이의 표시를 적절히 맞춘 후 손잡이를 똑바로 측정하려고 하는 오염물질에서 필요한 특정 용량에 도달할 때까지 뒤로 당기고 고정시킨다. 펌프에 공기가 찰 때까지 기다린다(더 정확하게는 공기가 매질을 지나 검출관을 통과할 때까지). 손잡이를 늦춘다. 필요하다면 손잡이의 표시를 다시 맞추고 펌프 stroke를 다시 한다.
- 만약 Bellow 펌프를 사용하는 경우는 Bellow를 엄지 손가락과 나머지 손가락 사이에 쥐고 끝까지 압축한 후 늦춘다. stroke은 arrestor chain이 팽팽해질 때까지 한다. 검출관의 사용설명서에 지적되어 있는 회수대로 반복한다.
- 측정농도를 읽고 기록한다.
- 현장모니터링 결과표를 완성하기 위하여 이름, 기관 및 채취 위치, 일시, 공기온도, 공기압력, 상대습도, 검출관 및 펌프의 제조회사 및 모델을 기록한다.