

배출가스 중 휘발성유기화합물 (VOCs)

2023

시료채취방법

(Sampling Method of Volatile Organic Compounds in Flue Gas)

1.0 개요

이 시험기준은 연소, 화학 반응 등에 의하여 굴뚝 등에서 배출되는 배출가스 중 휘발성 유기화합물 (VOCs, volatile organic compounds)의 시료채취 방법에 대하여 규정한다. 다만, 실내 공기나 배출원에서 일시적으로 배출되는 미량 휘발성유기화합물의 채취 및 누출 확인, 굴뚝 환경이나 기기의 분석조건 하에서 매우 낮은 증기압을 갖는 휘발성유기화합물의 측정 및 알데하이드류 화합물에는 적용하지 않는다.

2.0 용어정의

2.1 파과부피 (breakthrough volume)

시료채취 시 분석대상물질이 흡착관에 채취되지 않고 흡착관을 통과하는 부피. 즉, 흡착관에 충전된 흡착제의 최대흡착부피를 말한다. 또는 2 개의 흡착관을 직렬로 연결할 경우 후단의 흡착관에 채취된 양이 전체의 5 % 이상을 차지할 경우의 부피를 말한다.

3.0 시료채취 및 관리

3.1 시료채취위치

배출가스를 대표할 수 있는 측정점을 선정한다. 예를 들면 배출가스의 유속이 현저하게 변화하지 않고 먼지 등이 쌓이지 않으며 수분이 적은 곳으로 선정한다.

3.2 시료채취장치

3.2.1 흡착관법

휘발성유기화합물 시료채취장치 (VOST, volatile organic sampling train)는 그림 1의 예로 나타낸 것과 동일하거나 유사한 구성으로 다음의 조건을 갖추어야 한다.

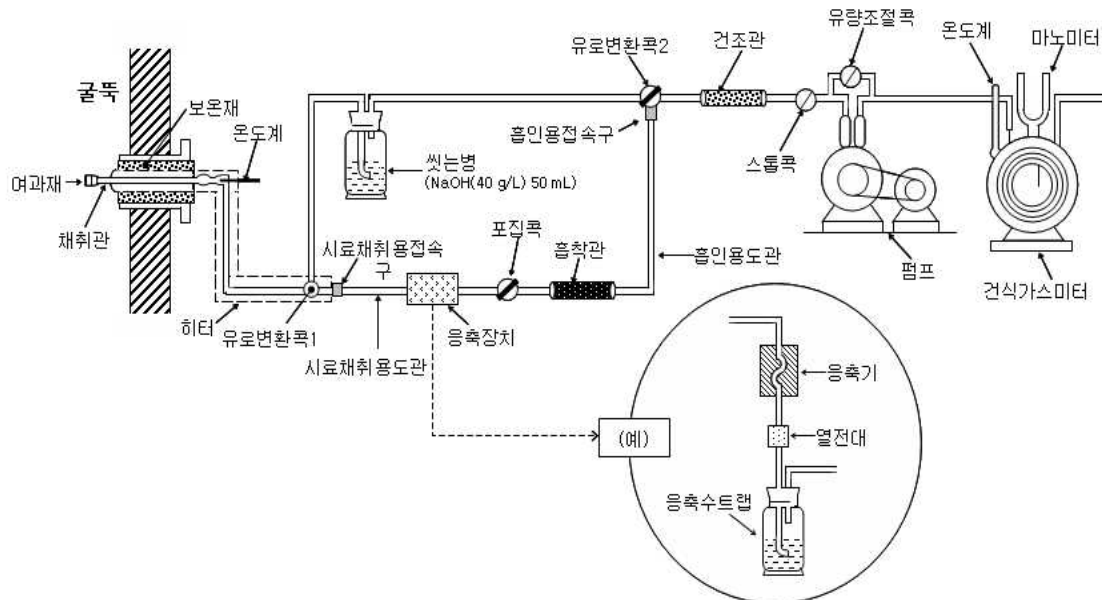


그림 1. 흡착관법 시료채취장치 (예)

3.2.1.1 채취관

채취관은 부식성 가스에 영향을 받지 않는 재질 (플루오로 수지, 유리, 석영 등)로 120 ℃ 이상 가열 가능한 것이어야 하며, 채취관의 적당한 곳에 배출가스 성분과 화학 반응 등을 일으키지 않는 재질 (무알칼리 유리섬유, 석영섬유 등)의 여과재를 넣어 먼지가 혼입되는 것을 방지한다.

3.2.1.2 밸브

밸브는 플루오로 수지, 유리, 석영 등의 재질로 밀봉 윤활유 (sealing grease)를 사용하지 않고 가스의 누출이 없는 구조이어야 한다.

3.2.1.3 응축기 및 응축수 트랩

응축기 및 응축수 트랩은 유리 등의 재질로 응축기는 가스가 흡착관을 통과하기 전 가스를 20 °C 이하로 낮출 수 있는 부피가 되어야 하고 상단 연결부는 밀봉 윤활유를 사용하지 않고도 누출이 없도록 연결해야 한다.

3.2.1.4 흡착관

3.2.1.4.1 흡착관은 스테인리스강 재질 (예: 5 mm × 89 mm) 또는 파이렉스 (pyrex) 유리 (예: 5 mm × 89 mm)로 된 관에 측정대상 성분에 따라 흡착제를 선택하여 각 흡착제의 파과부피 (breakthrough volume)를 고려하여 일정량 이상 (예: 200 mg)으로 충전한 후에 사용한다. 흡착관은 시판되고 있는 별도규격 제품을 사용할 수 있다.

3.2.1.4.2 각 흡착제는 반드시 지정된 최고 온도범위와 가스유량을 고려하여 사용해야 하며, 흡착관은 사용하기 전에 반드시 안정화 (컨디셔닝) 단계를 거쳐야 한다.

3.2.1.4.3 보통 350 °C (흡착제의 종류에 따라 조절가능)에서 99.99 % 이상의 헬륨 또는 질소를 (50 ~ 100) mL/min의 속도로 흘려 2 시간 이상 안정화 (시판된 제품은 최소 30 분 이상)시키고, 흡착관은 양쪽 끝단을 PTFE (polytetrafluoroethylene) 재질의 마개를 이용하여 밀봉하거나, 불활성 재질의 필름을 사용하여 밀봉한 후 마개가 달린 용기 등에 넣어 이중 밀봉하여 보관한다.

3.2.1.4.4 흡착관은 24 시간 이내에 사용하지 않을 경우 4 °C의 냉암소에 보관하고, 반드시 시료채취 방향을 표시해주고 고유번호를 적도록 한다.

3.2.1.5 유량 측정부

3.2.1.5.1 흡착관법의 유량 측정부는 압력게이지, 흡입펌프, 건식가스미터 및 이와 관련된 밸브와 장비들로 구성된다. 응축기와 흡착관 사이의 가스온도를 응축기 바깥표면에 연결된 열전기쌍 (thermocouple)을 이용하여 측정하되 이 지점의 온도는 20 °C 이하가 되어야 하고, 만약 그렇지 않다면 다른 응축기를 사용해야 한다.

3.2.1.5.2 기기의 온도 및 압력 측정이 가능해야 하며, 최소 100 mL/min의 흡입속도로 시료채취가 가능해야 한다.

3.2.1.5.3 흡착관법으로 배출가스 시료를 채취하기 위하여 “실내공간오염물질 (휘발성 유기화합물 및 포름알데히드) 시료채취장치 및 그 부속기기”로 환경측정기기 형식승인 및 정도검사를 받은 흡입펌프를 사용할 수 있다. 다만, 측정공 내부 배출가스의 유속과 압력 등을 고려하여 흡입펌프가 배출가스 시료를 충분히 흡입할 수 있는 경우에만 사용할 수 있으며, 이 경우에는 가스미터의 온도는 흡입펌프 유입 전 온도를 측정하며, 가스미터의 게이지압은 무시할 수 있다.

3.2.1.6 연결관

채취관에서 응축기 및 기타 부분의 연결관은 가능한 짧게 하고, 밀봉 윤활유 등을 사용하지 않고 누출이 없어야 하며, 플루오로 수지 재질 등의 관을 사용한다.

3.2.2 시료채취 주머니법

그림 2 또는 그림 3의 예로 나타난 것과 동일하거나 유사한 구성으로 다음의 조건을 갖추어야 한다.

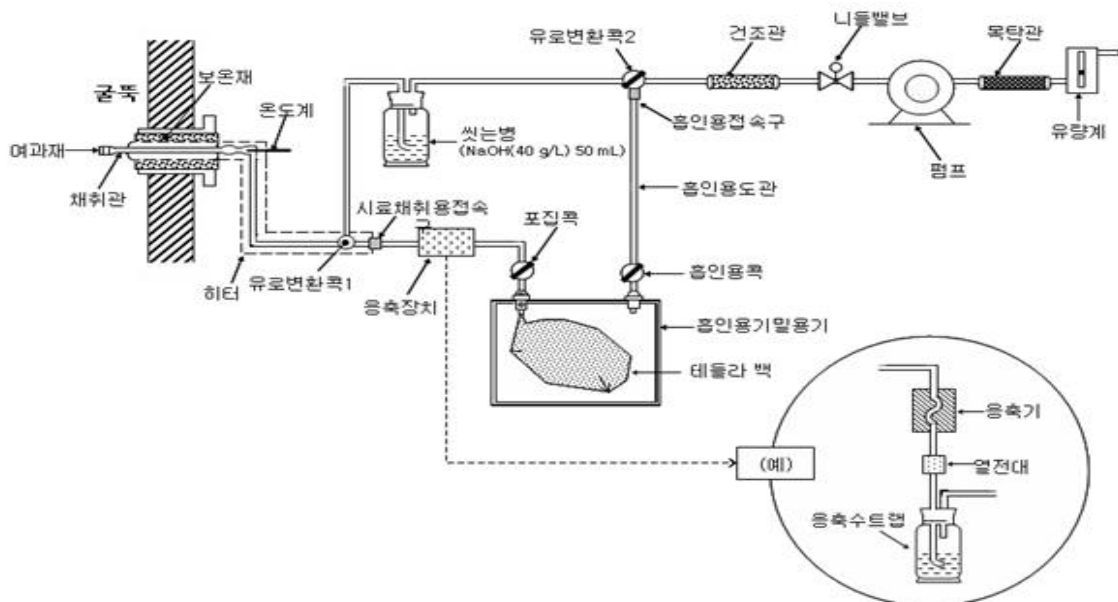


그림 2. 시료채취 주머니법 시료채취장치 (예)

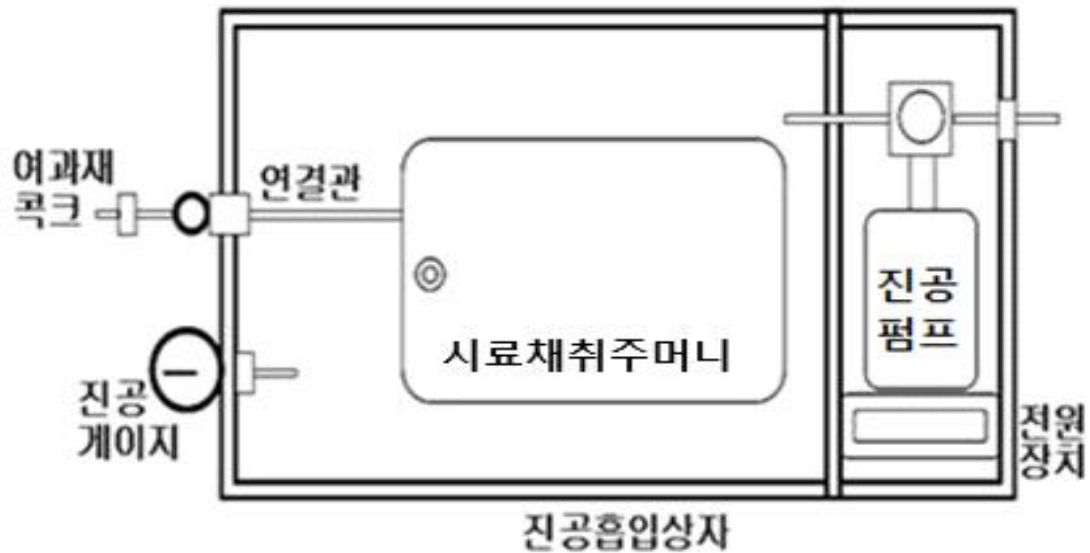


그림 3. 시료채취 주머니법 휴대용 시료채취장치 (예)

3.2.2.1 시료채취 주머니는 플루오로 수지, 폴리에스터 수지 등의 불활성 재질로 시료 채취 동안이나 채취 후 보관 시 반드시 직사광선을 받지 않도록 하여 시료성분이 시료채취 주머니 안에서 흡착, 투과 또는 서로간의 반응에 의하여 손실 또는 변질되지 않아야 한다.

3.2.2.2 시료채취 주머니에 시료채취 하는 방법으로 진공 흡입상자를 사용하여 시료를 채취하는 것이 가장 안전하다. 이러한 시료채취 시스템의 원리는 상자 내부의 공기를 흡입펌프로 흡입하여 진공상태로 만든 뒤 외부의 시료를 시료채취 주머니 내부로 서서히 유입시키는 방법으로서 간단히 제작하여 사용할 수 있다.

3.2.2.3 기존의 복잡한 진공 흡입장치를 현장에서 간편하게 휴대하여 사용할 수 있도록 휴대용 진공 흡입상자 형태로 제작하여 사용하기도 한다.

3.2.2.4 배출가스의 온도가 100 ℃ 미만으로 시료채취 주머니 내에 수분응축의 우려가 없는 경우에는 응축기 및 응축수 트랩을 사용하지 않아도 무방하다.

3.2.2.5 채취관

3.2.1.1을 따른다.

3.2.2.6 밸브

3.2.1.2를 따른다.

3.2.2.7 응축기 및 응축수 트랩

3.2.1.3을 따른다.

3.2.2.8 진공 흡입상자

진공 흡입상자는 (1 ~ 10) L 시료채취 주머니를 담을 수 있어야 하며, 용기가 완전 진공이 되도록 밀폐된 구조의 것을 사용하여야 한다.

3.2.2.9 흡입펌프

흡입펌프는 흡입유량이 (1 ~ 4) L/min의 용량과 격막펌프로 휘발성유기화합물의 흡착성이 낮은 재질 (PTFE 재질 등)로 된 것을 사용한다.

3.2.2.10 연결관

3.2.1.6을 따른다.

3.3 시료채취방법

3.3.1 흡착관법

3.3.1.1 흡착관을 시료채취장치 (VOST)에 연결한다. 분석 대상 물질을 고려하여 흡착관 종류를 적절히 선택하여야 한다.

3.3.1.2 누출시험 실시 후 3 방향 콧을 세척병 방향으로 하고 흡입펌프를 작동시켜 가열한 채취관 및 연결관을 배출가스 시료로 충분히 세척한다.

3.3.1.3 흡입펌프를 정지시키고 3 방향 콧을 흡착관 방향으로 한다. 가스미터의 지시 값을 0.01 L까지 확인한다.

3.3.1.4 흡입펌프를 작동시켜 배출가스 시료를 흡착관에 통과시킨다. 흡입속도를 (100 ~ 200) mL/min으로 하여 (1 ~ 5) L를 채취한 후 흡입펌프를 정지시키고 3 방향 콧을 닫는다. 가스미터의 지시 값을 0.01 L까지 확인한다. 배출가스 시료를 채취하는 동안 가스미터의 온도 및 게이지압을 확인하고 대기압을 측정한다.

[주 1] 시료채취량은 휘발성유기화합물 농도에 따라 적절히 증감할 수 있다.

3.3.1.5 시료를 채취한 흡착관은 양쪽 끝단을 PTFE 재질의 마개를 이용하여 단단히 막고 불활성 재질의 필름 등으로 밀봉하거나 마개가 달린 용기 등에 넣어 이중으로 외부 공기와의 접촉을 차단하여 분석하기 전까지 4 °C 이하의 냉암소에 보관하며 가능한 빠른 시일 내에 분석한다.

3.3.2 시료채취 주머니법

시료채취 주머니는 새 것을 사용하는 것을 원칙으로 하되 만일 재사용 시에는 제로가스와 동등 이상의 순도를 가진 질소나 헬륨을 채운 후 24 시간 이상 시료채취 주머니를 놓아둔 후 퍼지 (purge)시키는 조작을 반복하고, 시료채취 주머니 내부의 가스를 채취하여 기체크로마토그래프를 이용하여 사용 전에 오염여부를 확인하고 오염되지 않은 것을 사용한다.

3.3.2.1 진공 흡입상자에 (1 ~ 10) L 시료채취 주머니를 넣는다.

3.3.2.2 누출시험 실시 후 3 방향 콧을 세척병 방향으로 하고 흡입펌프를 작동시켜 가열한 채취관 및 연결관을 배출가스 시료로 충분히 세척한다.

3.3.2.3 흡입펌프를 정지시키고 3 방향 콧을 시료채취 주머니 방향으로 한다.

3.3.2.4 흡입펌프를 작동시켜 배출가스 시료를 시료채취 주머니에 1 회 이상 채취하고 배기한 후 다시 채취한다. 흡입속도를 약 1 L/min으로 하여 채취한 후 흡입펌프를 정지시키고 3 방향 콧을 닫는다.

[주 2] 응축기 및 응축수 트랩을 사용하지 않는 경우에는 흡입속도를 (1 ~ 4) L/min

으로 하여 채취할 수 있다.

3.3.2.5 시료채취 주머니는 빛이 들어가지 않도록 차단하고 시료채취 후 24 시간 이내에 분석한다. 고농도로 인하여 분석 장비의 오염 또는 정확한 분석이 어려울 것으로 예상되는 경우에는 전자식 유량 조절기 (mass flow controller) 또는 가스용 유리 주사기를 사용하여 고순도 질소로 희석하여 분석할 수 있다.

3.3.2.6 시료채취 주머니에 채취된 시료를 흡착관에 흡착하여 분석할 경우에는 시료채취 후 24 시간 이내에 흡착관에 흡착하여 양쪽 끝단을 PTFE 재질의 마개를 이용하여 단단히 막고 불활성 재질의 필름 등으로 밀봉하거나 마개가 달린 용기 등에 넣어 이중으로 외부공기와의 접촉을 차단하여 분석하기 전까지 4 °C 이하의 냉암소에 보관하며 가능한 빠른 시일 내에 분석한다.

4.0 참고자료

4.1 한국산업표준 (KS), KS I 2200, “연도가스의 오염물질 측정방법”, 산업표준심의회 (2014)

4.2 EPA Performance Specification 8A, “Specifications and test procedures for total hydrocarbon continuous monitoring systems in stationary source”, United States Environmental Protection Agency, (2021)

4.3 EPA Method 0040, “Sampling of principal organic hazardous constituents from combustion sources using tedlar bags”, United States Environmental Protection Agency, (1996)

4.4 EPA Method 0106, “Determination of vinyl chloride emissions from stationary sources”, United States Environmental Protection Agency, (1995)

4.5 EPA Method 0030, “Volatile organic sampling train”, United States Environmental Protection Agency, (1986)

4.6 EPA Method 0031, “Sampling method for volatile organic compounds (SMVOC)”, United States Environmental Protection Agency, (1996)

4.7 JIS K 0088, “Methods for determination of benzene in flue gas”, Japanese industrial standards committee, (1997)