

굴뚝 배출가스 시료채취방법  
(Sampling Methods for Flue Gas in Stack)

2022

## 1.0 개요

이 방법은 굴뚝, 덕트 등 (이하 “굴뚝”이라 한다)을 통하여 대기 중으로 배출되는 배출가스 중 온실가스를 측정 및 분석하기 위한 시료의 채취방법에 대하여 규정한다.

## 2.0 시료의 채취 위치, 채취점 및 채취구

### 2.1 채취 위치

2.1.1 시료의 채취 위치에는 굴뚝의 굴곡 부분, 단면 모양이 급격히 변화하는 부분 등을 피하며 배출가스의 흐름이 비교적 일정하고, 작업이 안전하고 쉬운 장소를 고른다. 다만 굴뚝 내로의 가스 누출이 현저한 부분 및 굴뚝 내에 먼지가 쌓이거나 낙하가 뚜렷한 곳은 피한다.

2.1.2 채취 위치의 주변에는 필요에 따라 적당한 높이로 작업을 하기에 충분한 넓이로 안전한 발판을 만들고 안전하고 쉽게 발판에 도달할 수 있는 설비를 만든다.

2.1.3 채취 위치의 주변에는 배전 설비를 갖추는 것이 좋다.

2.1.4 위험한 장소는 피한다.

### 2.2 채취점

시료의 채취점은 채취 위치로 선정한 굴뚝 단면 내에 고른다. 다만 각 채취점에서의 분석결과의 차이가 적고, 가스 농도가 채취 위치 단면에서 거의 균일하다고 인

정된 경우에는 임의의 한 점을 채취점으로 결정할 수 있다.

## 2.3 채취구

2.3.1 채취구는 굴뚝 내의 배출가스 흐름에 대하여 거의 직각으로 채취관을 삽입할 수 있는 각도로 한다.

2.3.2 수직굴뚝의 경우에는 옥외 작업 시 바람의 영향을 받을 수 있으므로, 바람의 방향을 확인하여 바람이 부는 쪽에서 작업하는 것이 좋다. 또한, 바람의 영향을 최소화하기 위하여 채취구를 같은 높이에 3 개 이상 설치하는 것이 좋다.

2.3.3 채취구에 사용하는 관의 재질은 표 1에 제시한 물질로 한다.

2.3.4 배출가스 중의 먼지 측정용 채취구 (바깥지름 115 mm 정도)를 이용하는 경우에는 지름이 다른 관 또는 플랜지 등을 사용하여 가스가 새는 일이 없도록 접속해서 배출가스용 채취구로 한다.

2.3.5 압력이 매우 큰 부압 ( $-300 \text{ mmH}_2\text{O}$  정도 이하)인 경우에는, 시료채취용 굴뚝을 부설하여, 용량이 큰 펌프를 써서 시료를 흡입하고 그 부설한 굴뚝에 채취구를 만든다.

2.3.6 굴뚝 내의 압력이 정압 (+)인 경우에는 채취구를 열었을 때 유해가스가 분출될 염려가 있으므로 충분한 주의가 필요하다.

2.3.7 채취관을 삽입하지 않을 때는 채취구에 덮개를 해둔다.

## 3.0 시료 채취 장치

### 3.1 장치의 구성

굴뚝 배출가스를 채취하기 위한 시료채취장치는 다음의 각 요소로 구성된다.

### 3.1.1 기기분석에 의한 경우

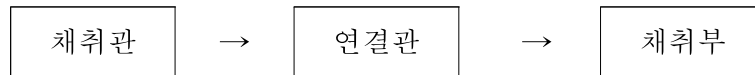


그림 1. 기기분석을 위한 시료채취장치

### 3.1.2 연속분석에 의한 경우



그림 2. 연속분석을 위한 시료채취장치

## 3.2 채취관

### 3.2.1 재질

채취관 및 여과재의 재질은 배출가스의 조성, 온도 등을 고려해서 다음의 조건을 만족시키는 것을 선택한다.

**3.2.1.1** 화학반응이나 흡착작용 등으로 배출가스의 분석결과에 영향을 주지 않는 것이어야 한다.

**3.2.1.2** 배출가스 중의 부식성 성분에 의하여 잘 부식되지 않는 것이어야 한다.

**3.2.1.3** 배출가스의 온도, 유속 등에 견딜 수 있는 충분한 기계적 강도를 갖는 것이어야 한다.

**3.2.1.4** 채취관 및 여과재의 재질은 일반적으로 분석대상가스, 공존가스 및 사용온도 등에 따라서 표 1에 나타난 것 중에서 선택한다.

표 1. 분석대상가스의 종류별 채취관 및 연결관 등의 재질

분석대상가스, 공존가스	채취관, 연결관의 재질	여과재	비 고
메탄	①②③④⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	
아산화질소	①②③④⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	① 경질유리
이산화탄소	①②③④⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	② 석영
암모니아	①②③④⑤⑥	(a) (b) (c)	③ 탄소강
일산화탄소	①②③④⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	④ 스테인리스강
염화수소	①② ⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	⑤ 세라믹
염소	①② ⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	⑥ 플루오르수지
황산화물	①② ④⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	⑦ 염화비닐수지
질소산화물	①② ④⑤⑥	(a) (b) (c)	⑧ 실리콘수지
이황화탄소	①② ⑥	(a) (b)	⑨ 네오프렌
포름알데히드	①② ⑥	(a) (b)	
황화수소	①② ④⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	
플루오린화합물	④ ⑥	(c)	① 알칼리 성분이 없는 유리솜 또는 실리카솜
시아나화수소	①② ④⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	
브롬	①② ⑥	(a) (b)	② 소결유리
벤젠	①② ⑥	(a) (b)	③ 카아보란덤
페놀	①② ④ ⑥	(a) (b)	
비소	①② ④⑤⑥⑦	(a) (b) (c)	

### 3.2.2 규격

3.2.2.1 채취관은 흡입가스의 유량, 채취관의 기계적 강도, 청소의 용이성 등을 고려해서 안지름 4 mm ~ 25 mm 정도의 것을 쓴다.

3.2.2.2 채취관의 길이는 그림 3의 채취관의 보기와 같이 선정한 채취점까지 끼워 넣을 수 있는 것이어야 한다.

3.2.2.3 배출가스의 온도가 높을 때에는 관이 구부러지는 것을 막기 위한 조치를 해두는 것이 필요하다.

3.2.2.4 먼지가 섞여 들어오는 것을 줄이기 위해서 채취관의 앞 끝의 모양은 먼지가 들어오기 어려운 구조가 좋다.

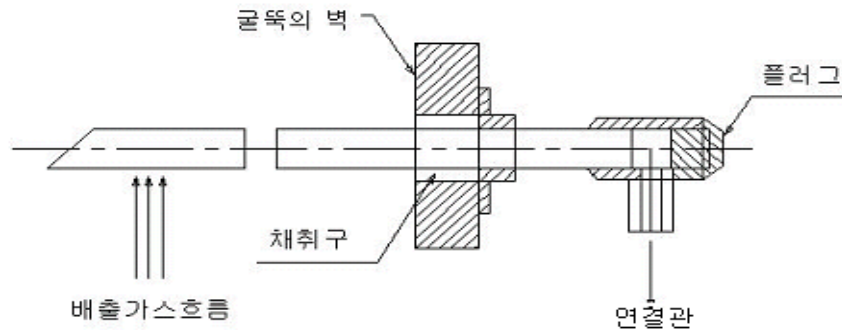


그림 3. 채취관

### 3.2.3 여과재

**3.2.3.1** 시료 중에 먼지 등의 입자상물질이 섞여 들어오는 것을 막기 위하여 필요에 따라서 그림 4과 같이 채취관에 여과재를 넣는다.

**3.2.3.2** 여과재는 먼지 등의 입자상물질의 제거율이 좋고 압력손실이 적으며 흡착, 분해작용 등이 일어나지 않는 것을 쓴다.

**3.2.3.3** 여과재를 끼우는 부분은 교환이 쉬운 구조의 것으로 한다. 여과재를 채취관 앞쪽에 넣는 경우 입자에 의해 채취관이 막히지 않도록 적절한 조치를 취한다.

### 3.2.4 채취관의 고정용 기구

그림 4와 같이 채취구와 채취관의 고정에는 여러 방법이 있다. 재료로서는 보통 탄소강 또는 스테인리스강 재질을 쓴다.

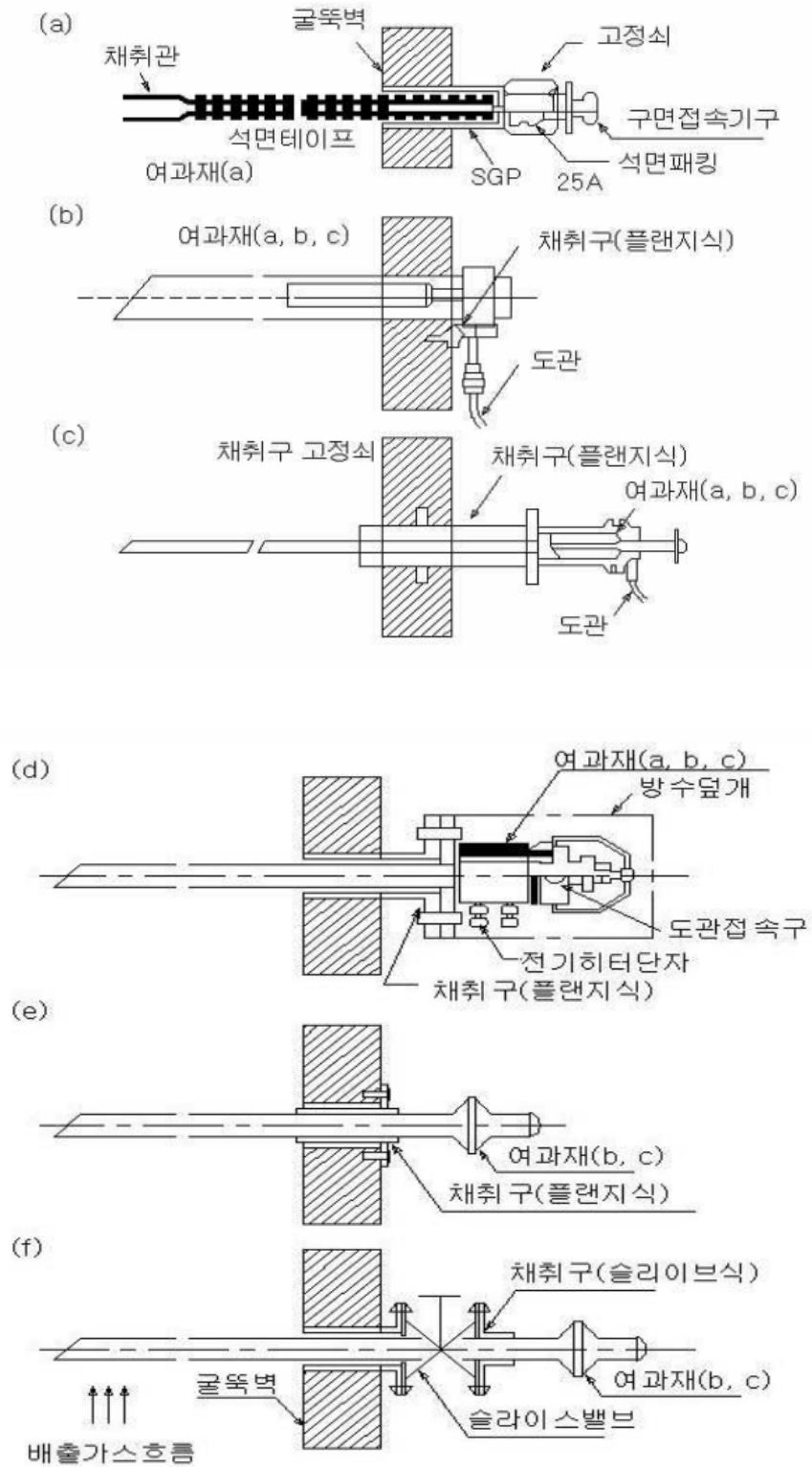


그림 4. 채취구 및 여과재의 설치

### 3.2.5 보온 및 가열

3.2.5.1 배출가스 중의 수분 또는 이슬점이 높은 가스성분이 응축해서 채취관이 부식될 염려가 있는 경우, 여과재가 막힐 염려가 있는 경우, 분석물질이 응축수에 용해되어 오차가 생길 염려가 있는 경우에는 채취관을 보온 또는 가열한다.

3.2.5.2 보온 재료는 암면, 유리섬유제 등을 쓰고 가열은 전기가열, 수증기 가열 등의 방법을 쓴다. 전기가열 채취관을 쓰는 경우에는 가열용 히터를 보호관으로 보호하는 것이 좋다.

3.2.5.3 보호관이 있는 전기가열 채취관의 보기는 그림 5와 같다. 보호관의 재질은 채취하는 배출가스에 알맞는 것을 선정한다.

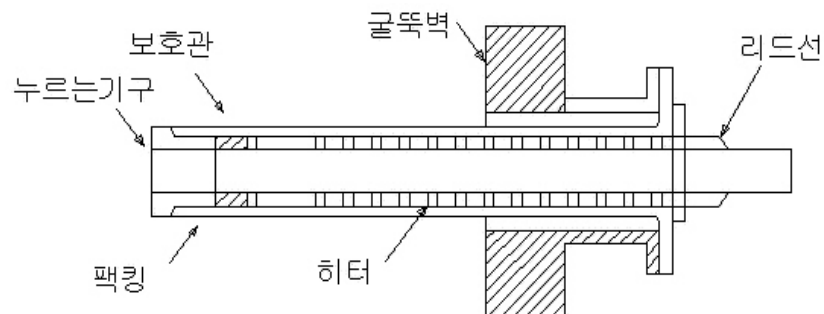


그림 5. 보호관이 있는 전기가열 채취관

## 3.3 연결관

### 3.3.1 재질

3.3.1.1 연결관의 재질은 사용하는 채취관의 종류에 따라 적당한 것을 쓴다. 연결된 부분이나 충전 연결관의 일부에 부득이 흡착성이 있는 재질을 쓰는 경우에는 가스와의 접촉면적을 최소화한다.

3.3.1.2 연결관의 재질은 일반적으로 분석물질, 공존가스, 사용온도 등에 따라서 선정한다.

### 3.3.2 연결관의 규격

3.3.2.1 연결관의 안지름은 연결관의 길이, 흡입가스의 유량, 응축수에 의한 막힘 또는 흡입펌프의 능력 등을 고려해서 4 mm ~ 25 mm로 한다.

3.3.2.2 가열 연결관은 시료연결관, 퍼지라인 (purge line), 교정가스관, 열원 (선), 열전대 등으로 구성되어야 하며 그림 6에 그 보기를 나타내었다.

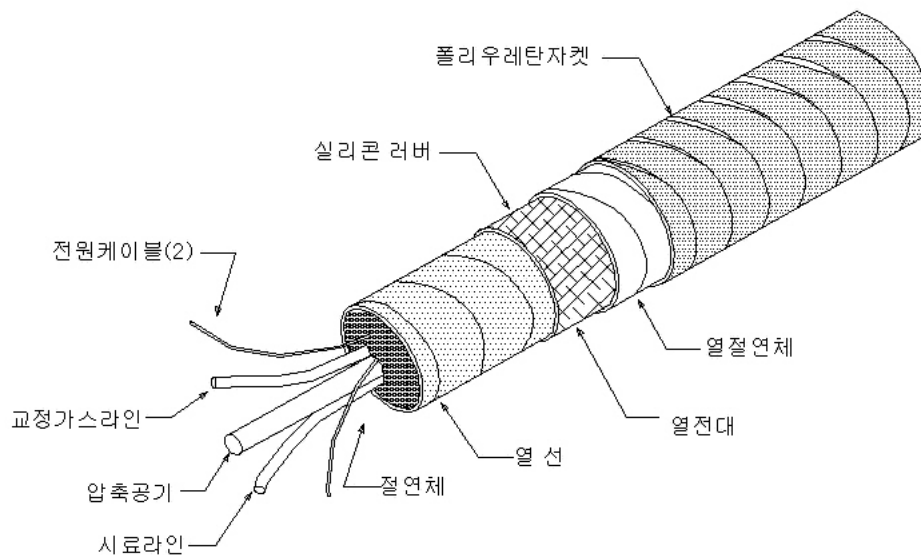


그림 6. 가열연결관의 구성

3.3.2.3 연결관의 길이는 되도록 짧게 하고, 부득이 길게 해서 쓰는 경우에는 이음매가 없는 배관을 써서 접속 부분을 적게 하고 받침 기구로 고정해서 사용해야 한다.

3.3.2.4 연결관은 가능한 한 수직으로 연결해야 하고 부득이 구부러진 관을 쓸 경우에는 응축수가 흘러나오기 쉽도록 경사지게 ( $5^\circ$  이상)하고 시료가스는 아래로 향하게 한다.

3.3.2.5 연결관은 새지 않는 구조이어야 하며, 분석계에서의 배출가스 및 바이패스 (bypass) 배출가스의 연결관은 압력의 변동이 적은 장소에 설치한다.



**3.3.2.6** 하나의 연결관으로 여러 개의 측정기를 사용할 경우 각 측정기 앞에서 연결관을 병렬로 연결하여 사용한다.

### 3.3.3 연결관의 보온 및 가열

**3.3.3.1** 입자가 제거된 고온의 습한 배출가스가 유입되는 측정시스템이나 전처리 장치에 측정기 앞부분에 있는 경우에는 시료중의 수분 및 이슬점이 높은 가스 성분이 연결관 속에서 응축되는 것을 막기 위하여 보온 또는 가열한다.

**3.3.3.2** 전처리 시설이 시료 채취관에 있는 측정시스템의 경우에는 연결관을 보온 또는 가열할 필요가 없다. 그림 7에 그 보기를 나타내었다.

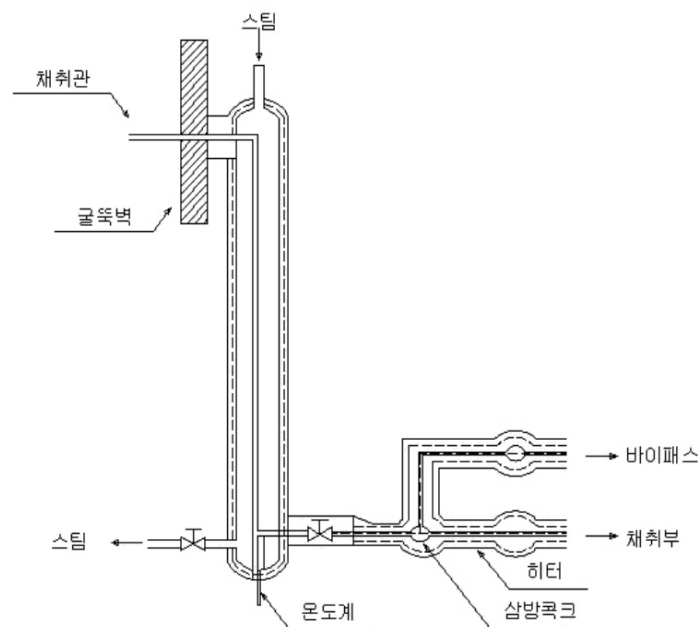


그림 7. 가열연결관

## 3.4 채취부

측정분석에 사용하는 채취부는 채취용기, 흡입펌프, 가스미터 등으로 구성된다. 접속에는 공통구면 갈아맞춤 접속관, 실리콘 고무관, 불소 고무관, 연질 염화비닐관, 두꺼운 고무관 등을 사용한다.

### 3.4.1 채취 용기

시료가스를 가스 상태로 채취하는 용기이다. 테들러 백, 채취병 및 주사기 등이 있다. 또한 채취백의 재질은 분석대상물질의 흡착, 투과 및 변질을 일으키지 않는 것을 선택한다.

### 3.4.2 수은 마노미터

진공 마노미터 및 대기 개방형 마노미터로 대기압과의 차가 100 mmHg 이상인 것을 사용한다.

### 3.4.3 흡입펌프

배기능력 0.5 L/min ~ 5 L/min인 밀폐형인 것을 쓴다.

### 3.4.4 가스미터

1 회전 1 L의 건식 가스미터로 온도계 및 압력계를 부착한 것을 사용한다.

## 4.0 시료 채취 방법

배출가스 중 온실가스를 채취하는 방법으로 일반적으로 사용하는 시료채취방법은 테들러 백을 이용한 방법이다. 이외의 안정성이 있는 시료채취방법들을 병용하여 사용할 수 있다.

### 4.1 테들러 백 방법

이 방법은 굴뚝으로 배출되는 배출가스 중 온실가스의 테들러 백 시료채취방법에 적용한다.

**4.1.1** 그림 8과 같이 시료채취 시스템을 구성하고, 테들러 백과 채취관의 모든 부분을 시료가 새지 않도록 조인다.

**4.1.2** 누출시험을 실시한 후 시료를 채취하기 전에 유로변환콧 1과 2를 바이패스 쪽으로 돌린 후, 흡입펌프를 작동시켜서 가열한 시료가스 채취관부터 유로변환콧



4.1.7 진공흡입상자 (lung sampler)를 사용하여 시료를 채취하는 것이 가장 안전하다. 이러한 시료채취 시스템의 원리는 통 내부의 공기를 진공펌프로 빨아들여 진공상태로 만든 뒤 외부의 시료를 데들러 백 내부로 서서히 유입시키는 방법이다.

4.1.8 시료채취의 입구는 되도록 유리섬유 (유리솜)와 같은 여과 필터를 채워 먼지의 유입을 막아야 한다. 또한, 기존의 복잡한 진공흡입장치를 현장에서 간편하게 휴대하여 사용할 수 있도록 휴대용 케이스 형태로 제작하여 사용하기도 한다 (그림 9).

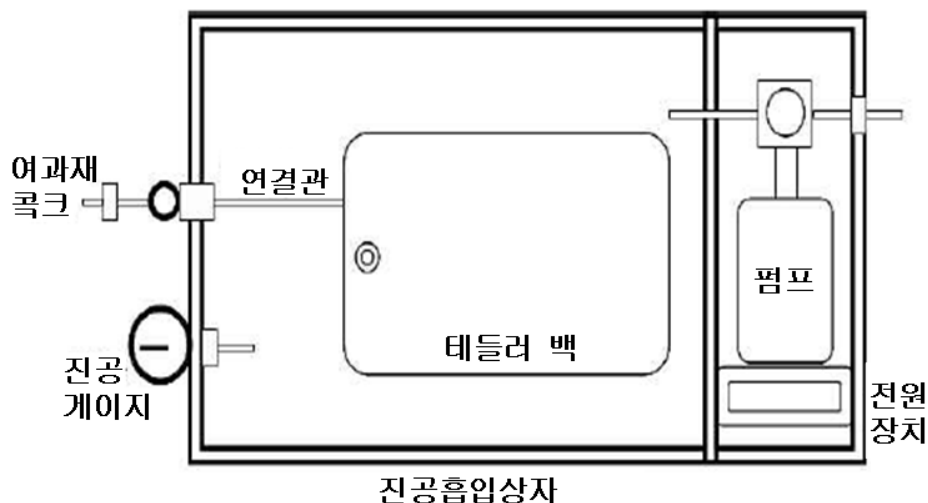


그림 9. 데들러 백 시료채취용 진공흡입상자

#### 4.1.9 진공흡입상자

진공흡입상자는 1 L ~ 10 L 데들러 백을 담을 수 있어야 하며, 용기가 완전진공이 되도록 밀폐된 구조의 것을 사용하여야 한다.

#### 4.1.10 펌프

시료채취펌프는 다이어프램펌프 (diaphragm pump)로 흡입유량이 1 L/min ~ 10 L/min이며, 흡착성이 낮은 폴리테트라플루오로에틸렌 재질로 된 것을 사용한다.

## 4.2 채취병 및 주사기 방법

이 방법은 굴뚝으로 배출되는 배출가스 중 온실가스의 채취병 시료채취에 적용한다. 채취병은 소량의 시료채취시 용이하다.

4.2.1 채취병은 미리 새는 곳이 없는가를 시험하여 새지 않는 것으로 준비한다.

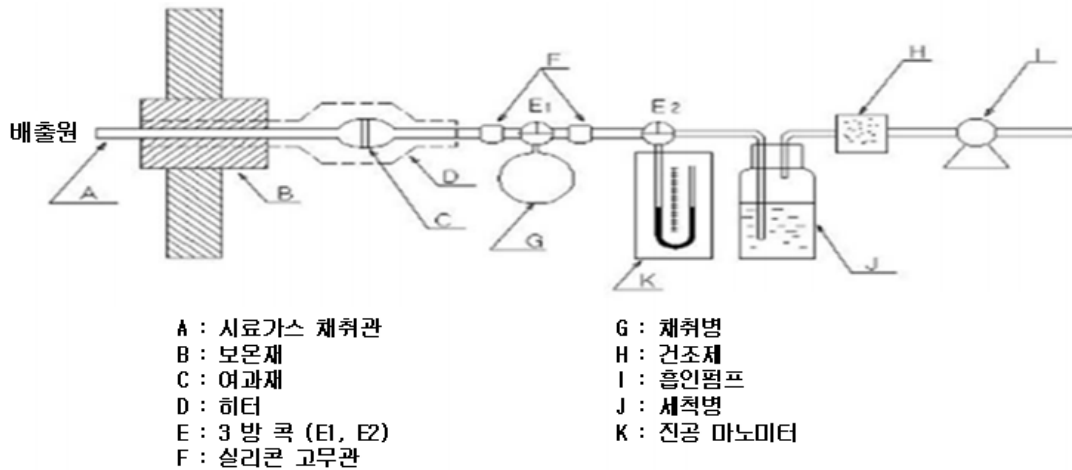
4.2.2 채취병의 접속에는 구면 접속기구 또는 실리콘 고무관을 사용한다.

4.2.3 채취병은 가급적 채취위치 가까이에 접속한다.

4.2.4 그림 10의 (a) 및 (b)는 배출가스 중 온실가스의 시료채취시 시료 채취량이 적을 때와 시료 채취관이 적은 경우를 나타낸다.

4.2.5 시료 채취관에서 채취병에 이르는 사이는 직선이 되도록 조립한다, 직선으로 조립할 수가 없는 경우에는 L 자형 연결관 등을 써서 조작이 쉽도록 조립한다.

(a) 채취병을 쓰는 경우 (시료 채취량이 적은 경우)



(b) 주사기를 쓰는 경우 (시료 채취량 및 채취관이 적은 경우)

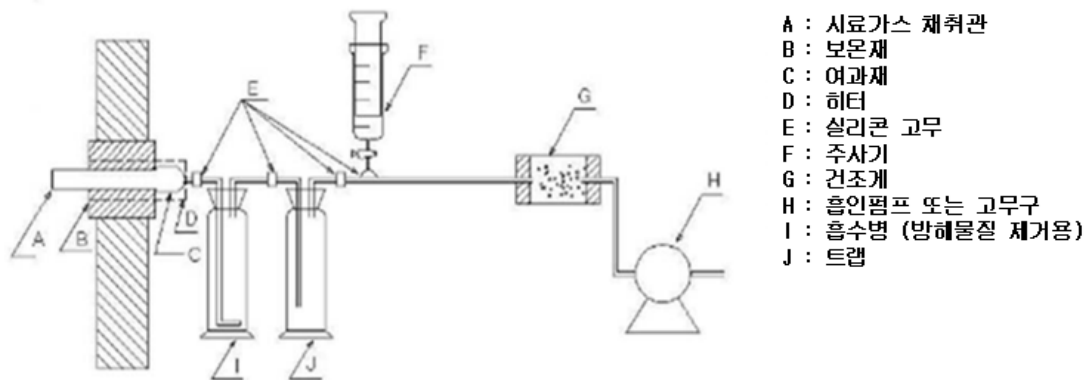


그림 10. 채취병 및 주사기 채취부의 구성

## 5.0 주의 사항

### 5.1 일반 사항

시료채취를 수행하는 사람의 안전을 위하여 다음의 조치를 준수할 필요가 있다.

5.1.1 시료채취를 수행하는 사람은 보통 2 인 이상을 1 조로 한다.

5.1.2 굴뚝 배출가스의 조성, 온도 및 압력과 작업환경 등을 사전에 파악한다.

5.1.3 옥외에서 작업하는 경우에는 바람의 방향을 확인하여 바람이 부는 쪽에서 작업하는 것이 좋다.

5.1.4 위험방지를 위하여 다음의 사항들에 충분히 주의한다.

5.1.4.1 피부를 노출하지 않는 복장을 하고, 안전화를 신는다.

5.1.4.2 작업환경이 고온인 경우에는 드라이아이스 자켓 등을 입는다.

5.1.4.3 높은 곳에서 작업을 하는 경우에는 반드시 안전밧줄을 쓴다.

5.1.4.4 교정용 가스가 들어있는 고압가스 용기를 취급하는 경우에는 안전하고 쉽게 운반, 설치할 수 있는 방법을 쓴다.

## 5.2 기타

5.2.1 시료를 채취할 때에는 조업상태를 충분히 고려해서 채취시간을 정한다.

5.2.2 측정자는 채취시의 조업상태를 확인한다. 또한, 측정값을 보고할 때는 그 조업상태를 기록하여 두는 것이 바람직하다.

5.2.3 방지시설에서 가스상 물질의 저감효율을 측정하는 경우, 방지시설 진단과 후단에 채취구를 설치하여 동시에 시료를 채취해야 한다.

## 6.0 참고 자료

6.1 ES 01111.b, 대기오염공정시험기준 “배출가스 중 가스상 물질 시료채취방법”, 국립환경과학원 (2021)

6.2 ES 01114.b, 대기오염공정시험기준 “배출가스 중 굴뚝 배출 시료채취방법”, 국립환경과학원 (2021)

6.3 KS I 2200, 연도가스의 오염물질 측정방법, 한국산업기준 (2019)