

환경대기 시료채취방법

(Sampling Methods in Ambient Atmosphere)

2025

1.0 개요

이 시험방법은 환경정책기본법에서 규정하는 대기 중의 기후·생태계 변화유발물질 (이하 온실가스)을 측정 및 분석하기 위한 시료 채취방법에 대하여 규정한다.

2.0 시료채취 지점 수 및 채취 장소의 결정

시료채취 지점 수 및 지점 장소는 측정하려고 하는 대상 지역의 발생원 분포, 기상조건 및 지리적, 사회적 조건을 고려하여 다음과 같이 결정한다.

2.1 시료채취 지점 수의 결정

2.1.1 인구비례에 따른 방법

측정하려고 하는 대상지역의 인구 분포 및 인구밀도를 고려하여 인구밀도가 5 000 명/ km^2 이상일 때는 그림 1을 적용하고 그 이하일 때는 그 지역의 거주지 면적 (그 지역 총면적에서 전답, 임야, 호수, 하천 등의 면적을 뺀 면적)으로부터 다음 식에 의하여 측정점의 수를 결정한다.

$$\text{측정점수} = \frac{\text{그 지역 거주지면적}}{25 \text{ } km^2} \times \frac{\text{그 지역 인구밀도}}{\text{전국 평균인구밀도}} \quad (\text{식 1})$$

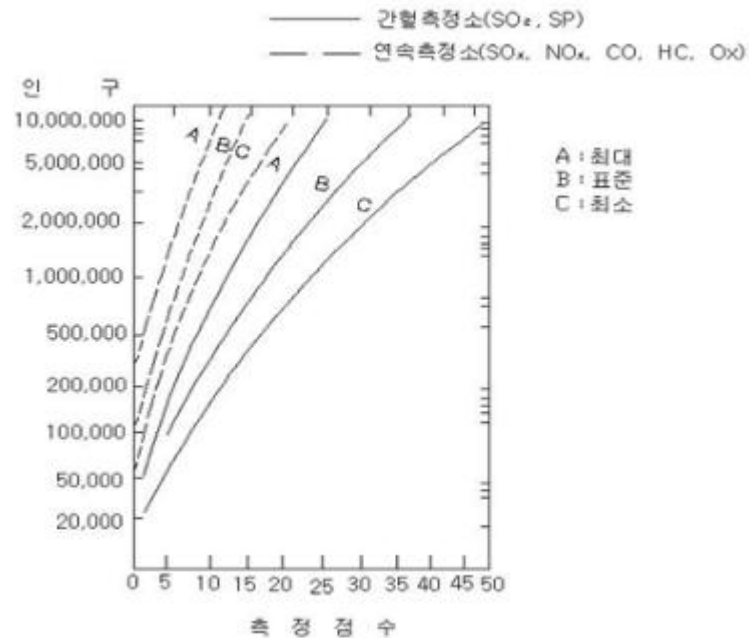


그림 1. 인구비례에 따른 측정점수

2.2 시료채취 장소의 결정

2.2.1 중심점에 따른 동심원을 이용하는 방법

측정하려고 하는 대상지역을 대표할 수 있다고 생각되는 한 지점을 선정하고 지도위에 그 지점을 중심으로 0.3 km~2 km의 간격으로 동심원을 그린다. 또 중심점에서 각 방향 (8방향 이상)으로 직선을 그어 각각 동심원과 만나는 점을 측정점으로 한다 (그림 2). 이 때 전체의 측정점수는 인접 측정점과의 거리를 고려하여 적당히 조절할 수도 있다.

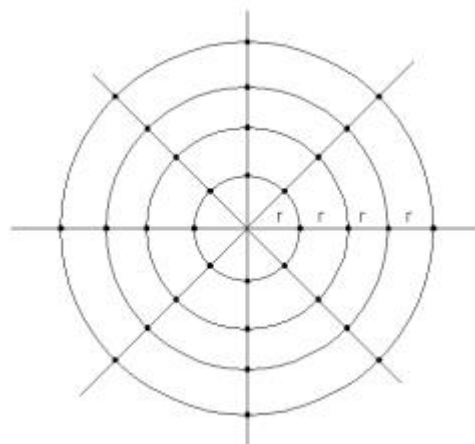


그림 2. 동심원상 측정점 선정

2.2.3 기타방법

과거의 경험이나 전례에 의한 선정 또는 이전부터 측정을 계속하고 있는 측정점에 대하여는 이미 선정되어 있는 지점을 측정점으로 할 수 있다.

3.0 시료채취 위치 선정

시료채취 위치는 그 지역의 주위환경 및 기상조건을 고려하여 다음과 같이 선정한다.

3.1 시료채취 위치는 원칙적으로 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 없고 그 지역의 온실가스 농도를 대표할 수 있다고 생각되는 곳을 선정한다.

3.2 주위에 건물이나 수목 등의 장애물이 있을 경우에는 채취위치로부터 장애물까지의 거리가 그 장애물 높이의 2배 이상 또는 채취점과 장애물 상단을 연결하는 직선이 수평선과 이루는 각도가 30° 이하 되는 곳을 선정한다 (그림 4).

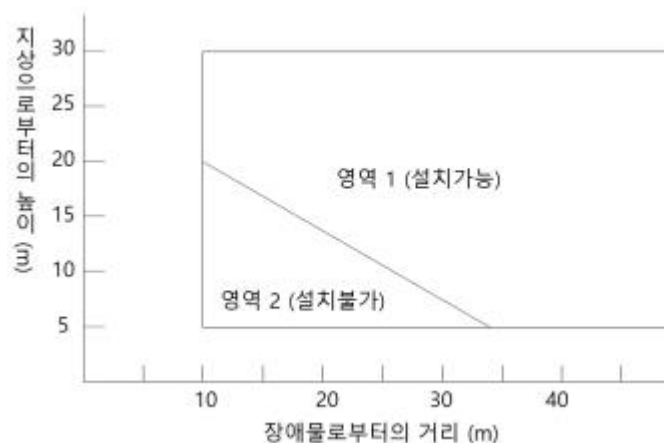


그림 4. 도로로부터의 거리와 시료채취높이

3.3 주위에 건물 등이 밀집되거나 접근되어 있을 경우에는 건물 바깥벽으로부터 적어도 1.5 m 이상 떨어진 곳에 채취점을 선정한다.

3.4 시료채취 높이는 대상 지역 평균 온실가스 농도를 측정할 수 있는 곳으로서 생활 배출 및 식생의 영향을 최소화하기 위해 가능한 한 5 m~30 m 범위로 한다.

4.0 시료채취방법

대기 중의 온실가스의 시료채취방법은 측정하려고 하는 가스 성분의 성상과 측정 방법을 고려하여 아래 방법들을 이용한다.

4.1 직접 채취법

이 방법은 시료를 측정기에 직접 도입하여 분석하는 방법으로 일반적으로 채취관 - 흡입펌프 - 분석장치로 구성된다.

4.1.1 채취구

시료채취구는 국지적 영향을 적게 받는 높이로 설치하고 채취구의 열린 방향이 아래로 향하게 하여 빗물이나 응축수가 시료채취관으로 들어가지 않도록 한다. 채취구의 입구는 곤충, 먼지, 기타 이물질이 들어가지 않도록 적절한 기공의 여과재를 장착해야 한다.

4.1.2 채취관

채취관은 일반적으로 시료와 채취관 벽과의 반응, 흡착, 흡수 등에 의한 영향을 최소한으로 줄일 수 있는 불활성 물질로 된 것을 사용한다. 시료를 채취구에서 일괄 흡인하여 각 측정기에 분배하는 공동분배관법을 사용할 경우, 가급적 분배관은 짧고 직선을 유지하여야 한다. 분배관은 수분의 응결을 예방하고 일정 온도를 유지하기 위해 필요시 단열 조치하여야 한다. 시료는 수분 제거용 트랩을 거친 후 각 측정기로 분배한다.

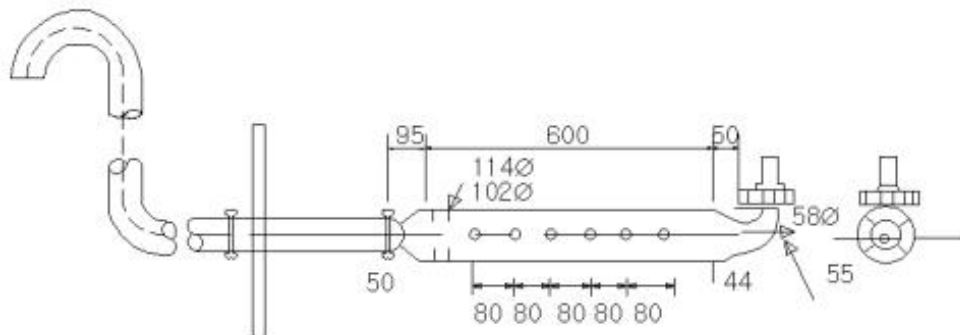


그림 5. 시료채취관의 보기 (공동배관)

4.1.3 흡입펌프

흡입펌프는 사용 목적에 맞는 용량의 격막 펌프 (diaphragm pump) 등 오일을 사용하지 않는 펌프를 사용한다. 펌프로 유입되는 시료는 유량 조절기를 통해 5 L/min~10 L/min의 유량으로 조절한다. 이 때 공동분배관의 사용여부, 분배관의 길이에 따른 압력손실 등을 고려해 펌프의 종류 및 유입 유량을 결정한다.

4.1.4 제습기

수분의 간섭을 줄이기 위해 시료가스 등에서 습기를 제거하거나 수분을 조절하는 것으로 투과막식과 전자냉각방식 등을 필요에 따라 분석장치 앞에 설치하도록 한다.

4.1.5 분석장치

분석장치는 측정하려는 가스 성분에 따라 각 항에서 규정하는 것을 사용한다.

4.1.6 여과재

시료채취구의 상단에는 대기 중 큰 입자의 유입을 막기 위한 스테인레스 스틸 재질의 여과재를 적용한다. 여과재는 채취구가 막히거나 오염되지 않도록 적시에 교체하거나 세척하여 사용한다.

4.2 용기 채취법

이 방법은 시료를 일단 일정한 용기에 채취한 다음 분석에 이용하는 방법으로 채취관 - 용기, 또는 채취관 - 유량조절기-흡입펌프-용기로 구성된다.

4.2.1 채취관

4.1.2에 따른다.

4.2.2 용기

용기는 일반적으로 진공병(캐니스터 포함) 또는 공기주머니 (air bag)를 사용한다.

4.2.2.1 진공병을 사용할 경우

4.2.2.1.1 구조

진공병은 그림 6과 같이 내부용적이 일정한 경질 유리병 또는 스테인레스 재질의 용기에 진공마개와 시료인출용 마개를 부착하고 수 mmHg 정도까지 감압할 수 있는 것을 사용한다. 이 때 마개는 스테인레스 스틸, 테플론 등 반응성이 낮은 재질을 최소한의 부위에 사용한다. 진공병의 용량은 물을 가득 채웠을 때의 물의 용량을 계산하여 구한다.

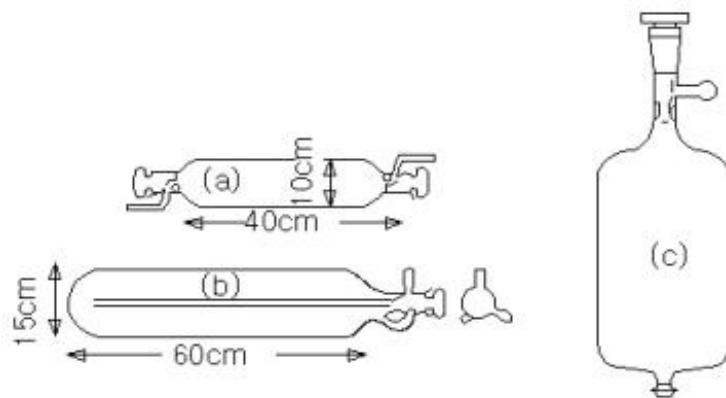


그림 6. 진공병의 보기

4.2.2.1.2 채취방법

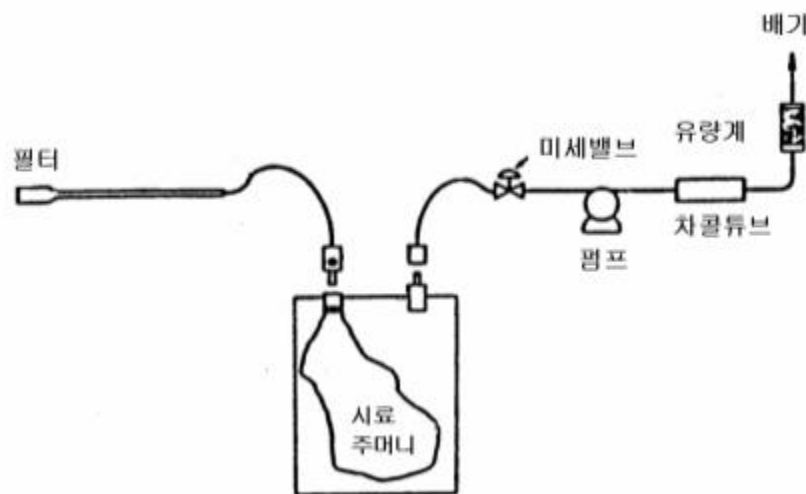
햇빛이 직접 노출되는 것을 피하여 실내에서 수행되어야 하며, 실외에서 수행할 경우 그늘을 만들어 직접적인 노출을 피할 수 있도록 한다. 미리 진공펌프를 사용하여 수 mmHg 정도까지 감압하였다가 시료채취 장소에서 마개를 열고 가스를 채취한다. 진공병에 시료채취관을 연결하여 시료를 채취하는 경우에는 채취관 내의 공기를 미리 충분히 시료로 치환한 다음 연결한다.

4.2.2.2 공기주머니를 사용할 경우

이 방법은 시료를 공기주머니에 채취하는 방법으로 측정기기를 측정 장소까지 가지고 갈 수가 없거나, 소수의 측정기로 다수의 지점에서 동시에 시료를 측정할 경우에 이용

한다. 공기주머니를 사용한 시료채취는 시료성분이 주머니 안에서 흡착, 투과 또는 서로 간의 반응에 따라 손실 또는 변질되지 않아야 한다.

대기환경 중 시료를 채취하기 위하여 일반 펌프를 쓰게 되면 여러 가지 문제가 발생한다. 내부가 특수 코팅된 펌프를 쓰는 경우는 드물게 있지만, 초기비용이 많이 들고 오염의 가능성이 있어 반드시 추천되는 방법은 아니다. 따라서 그림 7에서 보이는 바와 같이 일명 폐시료채취기 (lung sampler)를 사용하여 시료를 채취하는 것이 가장 안전하다. 이러한 시료채취 시스템의 원리는 통 내부의 공기를 진공펌프로 빨아들여 통 내부를 진공 상태로 만들어서 외부의 가스 시료를 테들러 백 (tedlar bag) 내부로 서서히 유입시키는 방법으로 간단히 제작하여 쓸 수 있다. 시료채취기의 입구는 유리섬유 (glass wool) 등을 채워 분진의 유입을 막아야 한다 (그림 7-a). 또한 기존의 복잡한 폐시료채취기 시료채취 장치를 현장에서 간편하게 휴대하여 사용할 수 있도록 휴대용 케이스 형태로 제작하여 사용하기도 한다 (그림 7-b).



(a) 일반 폐시료채취기를 이용한 시료채취장치



(b) 휴대용 폐시료채취기를 이용한 시료채취장치

그림 7. 폐시료채취기를 이용한 시료채취장치

4.2.2.2.1 격막 펌프

시료채취펌프는 흡입유량이 5 L/min~10 L/min의 용량인 격막 펌프로 흡착성이 낮은 재질 (테플론 재질)로 된 것을 사용한다.

4.2.2.2.2 주머니의 재질

일반적으로 사용되는 주머니의 재질은 온실가스의 흡착, 투과 또는 상호반응에 따라 변질되지 않는 것이어야 한다. 시료 주머니의 재질은 테플론 (teflon), 테들러 (tedlar), 폴리에스테르 (polyester) 또는 이보다 온실가스의 흡착성이 낮은 것으로서 용기 부피가 3 L~20 L 정도인 것을 사용한다. 시료채취용기 제작 시 실리콘 (silicone rubber)이나 천연고무 (natural rubber) 같은 재질은 최소한의 접합부 (seals and joints)에도 사용하지 않는다.

4.2.2.2.3 주머니의 세척

한번 사용한 주머니의 내부가 다른 가스로 오염되어 있는 경우에는 고순도 질소가스를 사용하여 3회 이상 세척 후 고순도 질소가스를 채워 오븐온도 80 ℃에서 3시간 이상 가열하고 실온에서 5분간 안정화한 후 다시 고순도 질소로 3회 이상 세척하여 사용한다. 경우에 따라서는 주머니 외부를 적외선 램프로 가열하면서 건조하고 깨끗한 공기를 통과시켜 세척하기도 한다 (그림 8). 두 경우 반드시 사용 전에 바탕실험을 수행하여야 한다.

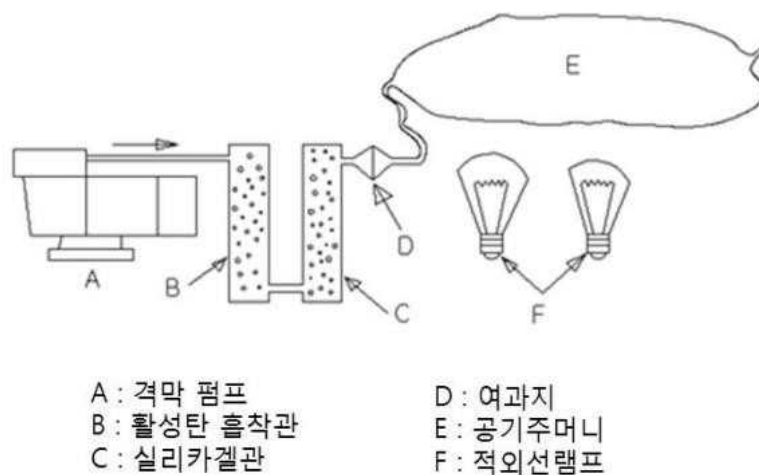


그림 8. 공기주머니 세척

5.0 시료채취 일반사항

5.1 시료채취를 할 때는 되도록 측정하려는 성분의 손실이 없도록 한다. 특히 바람이나 눈, 비로부터 보호하기 위하여 측정기기는 실내에 설치하고 채취구를 밖으로 연결할 경우에는 채취관 벽과의 반응, 흡착, 흡수 등에 따른 영향을 최소한으로 줄일 수 있는 재질과 방법을 선택한다.

5.2 채취관을 장기간 사용하여 관내에 분진이 퇴적하거나 퇴적한 분진이 가스와 반응 또는 흡착하는 것을 막기 위하여 채취관은 항상 깨끗한 상태로 보존한다.

5.3 미리 측정하려고 하는 성분과 이외의 성분에 대한 물리적, 화학적 성질을 조사하여 방해성분의 영향이 최소인 방법을 선택한다.

5.4 시료채취시간은 원칙적으로 그 오염물질의 영향을 고려하여 결정한다.

5.5 자동채취기를 사용할 경우에는 다음 사항에 주의한다.

5.5.1 유량계의 측정범위 조정

5.5.2 여과재의 교체

5.5.3 타이머 (timer)의 점검

5.5.4 기록계의 영점 조정

5.5.5 기록 잉크의 보급

5.5.6 램프의 청소

5.5.7 광원램프의 교체

5.5.8 진공관 교체

5.5.9 기록펜의 청소

5.5.10 기록지 교체

5.6 기타 필요한 사항은 각항에 정하는 방법에 따른다.

6.0 시료의 보존 및 운송방법

시료의 분석은 원칙적으로 시료채취 후 24시간 이내에 한다. 그러나 시료채취 후 분석하기 전까지 보관이 필요한 경우에는 수분의 증발 또는 수분의 흡수, 공기에 의한 산화, 휘발에 의한 손실, 보존 중 성분의 변화 또는 변질을 최소화하기 위하여 다음과 같은 조치를 취한다.

6.1 시료의 보존 및 운송

6.1.1 가스 시료는 가스잡이관을 사용하여 채취하면 장기간 시료의 유출을 방지할 수 있다.

6.1.2 시료를 시료채취 장소에서 다른 장소로 운송할 때는 시료의 손실이나 파괴가 없도록 물리적, 화학적 충격을 최소화하도록 한다.

6.1.3 운송 중에는 시료에 충격을 최소화하기 위한 충전 (packing)을 하고, 시료의 변질을 막기 위하여 빛에 노출되지 않도록 하고 수분 응결을 예방하기 위해 일정 온도를 유지한다.

6.1.4 시료가 캐니스터 (canister)에 담겨있을 때는 운송 전후에 캐니스터의 압력을 기록하여 시료의 손실이 없음을 확인한다.