

비분산적외선분광분석법

2021

(Non Dispersive Infrared Photometer Analysis)

1.0 개요

1.1 목적

이 시험법은 적외선 영역에서 고유 파장 대역의 흡수 특성을 갖는 성분가스의 농도 분석을 비분산적외선분광분석법으로 측정하는 방법에 대해 규정하며, 비분산적외선분광분석법의 표준분석절차를 기술함으로서 비분산적외선분광분석법에 의한 측정의 정확성과 통일성을 갖추도록 함을 목적으로 한다.

1.2 적용범위

1.2.1 이 시험법은 적외선 영역에서 고유 파장 대역의 흡수 특성을 갖는 성분가스의 농도 분석에 적용된다.

1.2.2 선택성 검출기를 이용하여 시료 중의 특정 성분에 의한 적외선의 흡수량 변화를 측정하여 시료 중에 들어있는 특정 성분의 농도를 구하는 방법으로 대기 및 굴뚝 배출기 체중의 오염물질을 연속적으로 측정하는 비분산 정필터형 적외선 가스 분석기에 대하여 적용한다.

1.2.3 비분산적외선분석기의 검출한계는 분석 광학계의 적외선 복사선이 시료 중을 통과하는 거리에 따라 다르며 복사선 통과 거리가 10 m ~ 16 m 일 때 분석기의 검출한계를 0.5 ppm까지 낮출 수 있다.

1.3 간섭물질

1.3.1 입자상물질

대기 또는 굴뚝 배출가스에 포함된 먼지 등 입자상 물질이 측정에 영향을 줄 수 있다. 이들 물질의 영향을 최소화하기 위하여 시료채취부 전단에 여과지 (0.3 μm)를 부착하여야 한다. 여과지의 재질은 유리섬유, 셀룰로스 섬유 또는 합성수지제 거름종이 등을 사용한다.

1.3.2 수분

적외선흡수법의 경우 시료 측정에 영향을 주는 인자로 시료 중 수분 함량이 매우 중요하다. 정확한 성분가스 농도를 측정하기 위해서는 시료가스 중 수분 함량을 구하고 이를 필요한 경우 보정해 주어야 한다.

2.0 용어정의

2.1 비분산

빛을 프리즘 (prism)이나 회절격자와 같은 분산소자에 의해 분산하지 않는 것

2.2 정필터형

측정성분이 흡수되는 적외선을 그 흡수과장에서 측정하는 방식

2.3 반복성

동일한 분석계를 이용하여 동일한 측정대상을 동일한 방법과 조건으로 비교적 단시간에 반복적으로 측정하는 경우로서 각각의 측정치가 일치하는 정도

2.4 비교가스

시료 셀에서 적외선 흡수를 측정하는 경우 대조가스로 사용하는 것으로 적외선을 흡수하지 않는 가스

2.5 시료 셀

시료가스를 넣는 용기

2.6 비교 셀

비교 (Reference)가스를 넣는 용기

2.7 시료 광속

시료 셀을 통과하는 빛

2.8 비교 광속

비교 셀을 통과하는 빛

2.9 제로가스

분석계의 최저 눈금 값을 교정하기 위하여 사용하는 가스

2.10 스펠가스

분석계의 최고 눈금 값을 교정하기 위하여 사용하는 가스

2.11 제로 드리프트

측정기의 최저눈금에 대한 지시치의 일정기간 내의 변동

2.12 교정범위

측정기 최대측정범위의 80 % ~ 90 % 범위에 해당하는 교정 값을 말한다.

2.13 스펠 드리프트

측정기의 교정범위눈금에 대한 지시 값의 일정기간 내의 변동

3.0 분석기기 및 기구

3.1 비분산형적외선분석기

비분산형적외선분석기는 고전적 측정 방법인 복광속 분석기와 일반적으로 고농도의 시료 분석에 사용되는 단광속 분석기 및 간섭 영향을 줄이고 저농도에서 검출 능이 좋은 가스필터 상판 분석기 등으로 분류된다.

3.1.1 복광속 비분산분석기

복광속 분석기의 경우 시료 셀과 비교 셀이 분리되어 있으며 적외선 광원 (이하 “광원”이라 한다)이 회전섹터 및 광학필터를 거쳐 시료셀과 비교셀을 통과하여 적외선 검출기 (이하 “검출기”라 한다)에서 신호를 검출하여 증폭기를 거쳐 측정농도가 지시 계로 지시된다. 구조도는 그림 1과 같다.

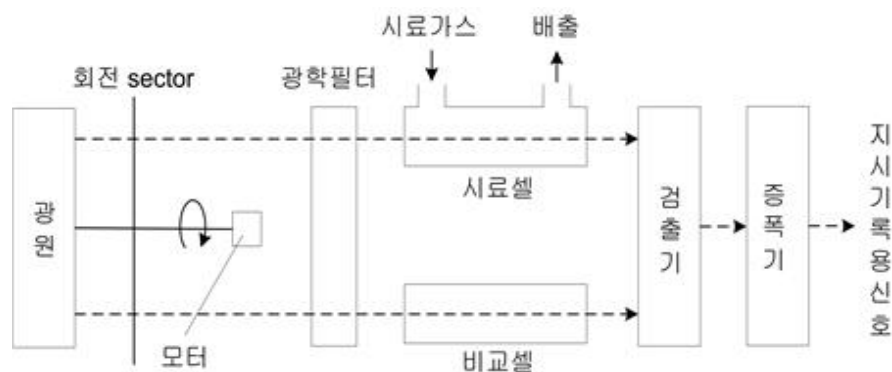


그림 1. 복광속 분석기의 구성 예

3.1.1.1 광원

광원은 원칙적으로 흑체발광으로 니크로뮴선 또는 탄화규소의 저항체에 전류를 흘려 가열한 것을 사용하며 광원의 온도가 올라갈수록 발광되는 적외선의 세기가 커지지만

온도가 지나치게 높아지면 불필요한 가시광선의 발광이 심해져서 적외선 광학기의 산란광으로 작용하여 광학기를 교란시킬 우려가 있다. 따라서 적외선 및 가시광선의 발광량을 고려하여 광원의 온도를 정해야하는데 1 000 K ~ 1 300 K 정도가 적당하다.

3.1.1.2 회전색타

회전색타는 시료광속과 비교 광속을 일정 주기로 단속시켜 광학적으로 변조시키는 것으로 측정 광신호의 증폭에 유효하고 잡신호 영향을 줄일 수 있다.

3.1.1.3 광학필터

광학필터는 시료가스 중에 간섭물질 가스의 흡수 파장역의 적외선을 흡수 제거하기 위하여 사용하며, 가스필터와 고체필터가 있는데 이것은 단독 또는 적절히 조합하여 사용한다.

3.1.1.4 시료셀

시료셀은 시료가스가 흐르는 상태에서 양단의 창을 통해 시료광속이 통과하는 구조를 갖는다.

3.1.1.5 비교셀

비교셀은 시료셀과 동일한 모양을 가지며 아르곤 또는 질소 같은 불활성 기체를 봉입하여 사용한다.

3.1.1.6 검출기

검출기는 광속을 받아들여 시료가스 중 측정성분 농도에 대응하는 신호를 발생시키는 선택적 검출기 혹은 광학필터와 비선택적 검출기를 조합하여 사용한다.

3.1.2 단광속 비분산분석기

단광속 분석기는 단일 시료 셀을 갖고 적외선 흡수도를 측정하는 분석기로 높은 농도

성분의 측정에 적합하며 간섭물질에 의한 영향을 피할 수 없다. 구조도를 보이면 다음 그림 2와 같다.

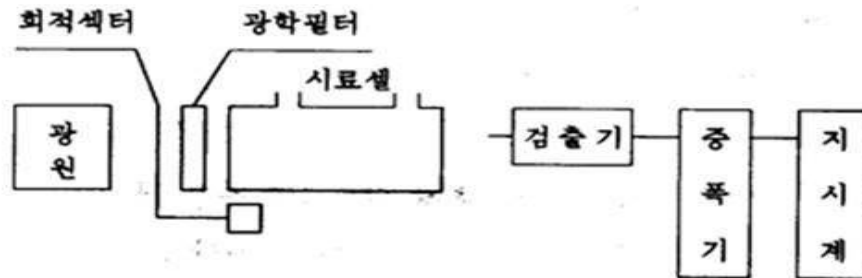


그림 2. 단광속 분석기의 구성

3.1.3 가스필터 상관 비분산분석기

가스필터 상관 분석기는 적외선광원, 가스필터, 대역통과 (band pass)광학필터, 적외선 흡수 광학셀, 반사 거울, 적외선 검출기 등으로 구성된다. 광원에서 방출되는 적외선 복사광은 회전하는 가스필터를 통과하게 되는데, 이 가스필터에는 질소가스가 충전되어 있는 측정 셀 (mearsurment cell)과 기준가스가 충전되어있는 기준 셀 (reference cell)로 나뉘어져 있고 광원으로부터 나온 빛이 이 셀을 번갈아 가며 통과하고 적외선 흡수셀 내로 들어가게 된다. 가스필터는 일정 속도로 회전하며 기준 맥동과 측정 맥동을 발생시킨다. 기준 맥동이 나타나는 동안에는 기준 셀에 의해 해당 파장의 적외선 에너지의 빛이 흡수되며 측정 맥동이 나타나는 동안에는 측정 셀을 통과하여 흡수셀 내의 시료 중에 포함된 측정 대상 성분 농도에 의해 흡수된다. 적외선 흡수셀을 나온 빛은 광간섭 필터를 통해 측정 대상 성분 가스의 고유 흡수 파장 빛만 검출기에 들어가 전기적인 신호로 변환 증폭된다. 이 과정에서 시료의 온도, 유량, 압력 및 수분 함량 등이 측정되고 이 측정자료는 시료 농도 보상에 적용된다. 일반적인 구조는 그림 3과 같다.

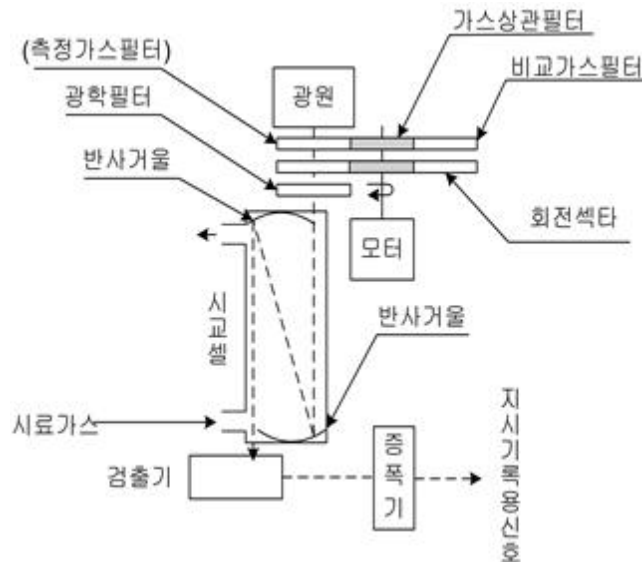


그림 3. 가스필터 상관 적외선 분석계

3.1.3.1 적외선흡수셀

적외선흡수셀은 비분산적외선 광학기에서 측정 대상 가스의 유로를 형성하며 광원에서부터 복사된 적외선이 이 셀 내를 채운 시료가스에 의해 흡광이 일어나는 곳으로 셀 내의 양단에는 반사거울을 두어 입사된 복사선의 반복반사에 의해 통과거리를 늘려주도록 되어있으며 셀 내의 광 경로 통과거리는 10 m ~ 16 m이다. 셀 내에는 3 개의 구면 오목거울이 셀 양단에 설치되어 있으며, 열선이 장착되어 내부온도를 항온 (45 ℃ 정도)으로 유지시킨다.

3.1.3.2 가스필터

가스필터 (gas filter correlation, GFC)는 밀폐된 두 공간으로 나뉘어 한쪽은 고농도의 기준가스를 충전시킨 기준 셀과 또 다른 한쪽은 질소가스를 충전한 측정 셀로 구성된다. 광원에서 방출된 적외선 복사광이 일정 속도로 회전하는 가스필터를 통과함으로써 기준 광과 측정 광을 순서대로 발생시키고 이 두 광신호를 비교하여 특정 성분가스의 농도를 측정함으로써 다른 방해성분에 의한 영향을 상관 (correlation) 효과로 제거할 수 있다.

3.1.3.3 적외선 검출기

적외선흡수 파장영역 $1\ \mu\text{m} \sim 5.2\ \mu\text{m}$ 대역에서 검출능이 좋은 PbSe 센서 등이 사용되며, 감응 특성을 좋게하기 위하여 전자 냉각 장치가 장치되어 낮은 온도 ($-25\ ^\circ\text{C}$)에서 일정하게 유지되도록 한다.

3.1.3.4 셀 투과 창 (Cell window)

$1.5\ \mu\text{m} \sim 5.8\ \mu\text{m}$ 적외선 파장영역에서 우수한 투과 특성을 갖는 대표적인 창 재료로는 NaCl, CaF_2 , sapphire 등이 사용된다.

3.1.3.5 광원

광원은 흑체 발광을 이용한 것으로 흑체 발광에 있어서 흑체의 온도가 올라갈수록 발광되는 적외선의 세기가 커지지만 온도가 지나치게 높아지면 불필요한 가시광선의 발광이 심해져서 적외선 광학계의 산란광으로 작용하여 광학계를 교란시킬 우려가 있다. 따라서, 적외선 및 가시광선의 발광량을 고려하여 광원의 온도를 정해야하는데, $1\ 000\ \text{K} \sim 1\ 300\ \text{K}$ 정도가 적당하다.

3.1.3.6 교정장치

지시부의 오차를 용이하게 교정할 수 있는 장치가 있어야 하며 원격조절장치로 조작할 수 있어야 한다.

3.2 시료채취장치

시료를 분석기에 연속적으로 도입하기 위하여 시료 채취 장치를 사용한다. 시료 채취 장치는 가스채취기구, 가스 흡인펌프, 제습기, 트랩, 건조기, 제진기, 압력계, 압력조절기, 유량계, 유량조절기, 각종 배관·계통변환기 등을 시료가스의 종류와 상태에 따라 필요한 것을 적절히 조합 연결한 것이다. 측정가스의 유량과 온도 허용범위는 사용 목적에 따라 다르지만 일반적으로 유량은 $0.2\ \text{L/min} \sim 2.0\ \text{L/min}$, 허용 온도범위는 정해진 유량으로 가스를 도입할 때 원칙적으로 $0\ ^\circ\text{C} \sim 50\ ^\circ\text{C}$ 사이로 한다.

따라서 채취장치는 분석을 방해하는 각종 고형 부유물이나 액체 부유물 등이 충분히 제거되어, 분석기에 정해진 성능을 유지할 수 있도록 만들어져야 한다.

3.2.1 굴뚝 시료가스 채취장치

굴뚝배출가스 측정 시 필요하며 흡인노즐, 흡인관, 여과지홀더, 굴뚝가스 분류 유로와 이들 장치를 150 °C 정도까지 가열이 가능한 펌프와 유량계측시스템을 구비한 장비를 이용한다.

3.2.2 펌프와 유량계측 시스템

유량계와 연결하여 20 L/min ~ 30 L/min의 수준으로 시료를 채취할 수 있는 흡인펌프를 사용한다. 이러한 유량 범위에서 유속을 측정할 수 있는 가스미터가 필요하다.

3.3 표시사항

측정기에는 다음 사항을 표시해야 한다. 단, 이들의 표시는 측정기에 분산하여 표시하여도 좋다.

3.3.1 제조업자명 또는 등록상표

3.3.2 제조업자가 부여한 측정기형명

3.3.3 제조번호

3.3.4 제조년월일

3.3.5 측정방법

3.3.6 측정범위

3.3.7 측정기 사용상 주의사항

3.3.8 전원의 종류, 전압 (V), 주파수 (Hz), 및 소요전력 (W) 또는 피상전력 (VA)

3.3.9 필요에 따라서는 전송출력의 종류 및 사용서에 기재한 시험성적을 첨부할 것

4.0 시약 및 표준용액

4.1 표준가스

농도와 불확도가 잘 확인된 가스로서, 농도에 대한 인증값의 소급성이 국가표준기관을 통하여 SI 단위로 잘 유지된 가스를 말한다. 교정 시에는 높은 농도 표준가스를 질소 또는 정제 공기로 일정 비율 희석하여 사용한다.

4.2 교정용가스

분석기의 교정은 농도를 알고 있는 교정용 가스를 사용한다. 교정용 가스로는 제로가스 (zero gas) 와 스패가스 (span gas)가 필요하고, 교정용 가스는 성분 농도가 안정되어 있고 교정치의 정확도가 매우 좋고 신뢰성이 있는 것이어야 한다. 특히 고압용기에 저장되어있는 것은 충전압력이 떨어져도 성분 농도가 변하지 않는 것^[1]이어야 한다. 교정용 가스로는 목적 성분에 질소와 같은 다른 가스를 혼합한 두 성분 혼합가스가 많이 사용되지만 분석계의 사용 목적에 따라서는 두 성분 혼합가스나 여러 성분 혼합가스를 사용하며 필요에 따라서는 대용가스를 사용할 수도 있다. 혼합가스를 조제할 때 목적 성분 가스의 농도가 0.1 % 이하일 때는 용기 표면의 가스흡착 영향을 제거할 수 있는 방법을 충분히 검토해야 한다. 또 교정치의 결정에는 필요에 따라 각종 분석법에 병용하여 충분히 신뢰성이 있도록 한다.

4.3 먼지 필터

시료대기 중에 함유되어있는 먼지 등 입자상 물질을 제거하기 위한 것으로서 유리섬유, 셀룰로스 섬유 또는 합성수지제 거름종이 등을 사용한다. 먼지필터는 먼지 부착량이 많아지면 성분가스 채취 손실, 시료 흡인유량의 감소 원인이 되므로 정기적으로 교환한다.

5.0 시료채취 및 관리

[1] 용기 내 가스압력이 15 kgf/cm^2 (35°C 게이지 압력) 이하로 될 때는 유효기간 이내라 하더라도 농도변화가 있을 수 있으므로 사용하지 않는다.

시료를 분석기에 연속적으로 도입하기 위하여 3.2 시료채취장치를 따른다.

6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC)

6.1 측정의 정도관리

6.1.1 측정품질요소 관리

측정 품질 요소는 매 측정 시에 얻어지는 것과 교정주기에 따라 주기적으로 관리되어야 하는 항목이 있다. 다음의 품질 요소에 대하여 주기적인 실험을 실시하고 품질 요소를 관리 기록한다. 측정 품질 요소는 다음과 같다.

6.1.1.1 시료 측정의 반복성

6.1.1.2 바탕시험 값 측정의 반복성

6.1.1.3 교정범위 값 측정의 반복성

6.1.1.4 측정기의 직선성

6.1.1.5 교정주기 내의 변동성

6.1.1.6 교정용 표준가스 농도 값의 불확실성

6.1.1.7 유량 안정성

6.1.2 측정기의 유지관리

비분산형적외선분석기 내부의 중요한 부품의 성능을 조사하고 필요에 따라 교환한다. 점검 결과를 품질 요소와 함께 기록한다. 유지관리에 요구되는 정도관리 요소는 다음과 같다.

6.1.2.1 시료 여과지 교환 상태

6.1.2.2 시료 대기의 유량 점검

6.1.2.3 시료 온도, 압력 점검

6.1.2.4 자료수집장치 기록/전송상태 확인

6.1.2.5 검출기의 안정성 점검

6.1.2.6 교정용 표준가스에 의한 주기적인 측정기 교정

6.2 교정 절차

측정기의 각부를 점검하고 특히 가스가 새는지 확인하고 소정의 순서에 따라 전원을 넣고 기기 매뉴얼에 따라서 시료대기 유량 및 기타 측정조건을 조정한다.

측정기가 정상 상태에 도달하면 다음 방법에 의해 측정기를 교정한다.

6.2.1 제로가스를 설정 유량으로 도입해서 지시 안정 후 영점 조정을 한다.

6.2.2 스펠가스를 설정 유량으로 도입해서 스펠 조정을 한다.

6.2.3 필요에 따라 6.2.1과 6.2.2를 반복한 후 제로 및 스펠 교정값이 각각 일치할 때까지 반복 수행한다.

6.2.4 교정주기는 원칙적으로 주 1회로 한다.

6.2.5 교정용 가스는 제로가스로서 정제된 공기 또는 고순도 질소가스 (순도 99.99 % 이상, 성분가스 함유량 0.2 ppb 이하)를 사용하며, 스펠가스로서 표준가스와 제로가스의 희석가스로 최대 눈금의 80 % ~ 100 %의 농도의 것을 사용한다.

6.3 분석기의 설치 장소

분석기의 설치장소는 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

6.3.1 진동이 작은 곳

6.3.2 부식 가스나 먼지가 없는 곳

6.3.3 습도가 높지 않고 온도변화가 작은 곳

6.3.4 전원의 전압 및 주파수의 변동이 작은 곳

6.4 측정기기 성능

측정기를 처음 설치할 때는 설치하기에 앞서 다음의 항목별 절차에 따라 성능을 조사하고 결과를 기록한다. 측정 가스성분, 농도범위, 공존가스, 기타 배출원의 상태 등에 따라서 제조, 운영되어야 하며 원칙적으로 다음과 같은 성능을 유지해야 한다.

6.4.1 재현성

동일 측정조건에서 제로가스와 스펠가스를 번갈아 3 회 도입하여 각각의 측정값의 평균으로부터 편차를 구한다. 이 편차는 전체 눈금의 $\pm 2 \%$ 이내이어야 한다.

6.4.2 감도

최대눈금범위의 $\pm 1 \%$ 이하에 해당하는 농도변화를 검출할 수 있는 것이어야 한다.

6.4.3 제로 드리프트

동일 조건에서 제로가스를 연속적으로 도입하여 고정형은 24 시간, 이동형은 4 시간 연속 측정하는 동안에 전체 눈금의 $\pm 2 \%$ 이상의 지시 변화가 없어야 한다.

6.4.4 스펠 드리프트

동일 조건에서 제로가스를 흘려보내면서 때때로 스펠가스를 도입할 때 제로 드리프트

(zero drift)를 뺀 드리프트가 고정형은 24 시간, 이동형은 4 시간 동안에 전체 눈금 값의 $\pm 2\%$ 이상이 되어서는 안 된다[2].

6.4.5 응답시간

제로 조정용 가스를 도입하여 안정된 후 유로를 스펀가스로 바꾸어 기준 유량으로 분석기에 도입하여 그 농도를 눈금 범위 내의 어느 일정한 값으로부터 다른 일정한 값으로 갑자기 변화시켰을 때 스텝 (step) 응답에 대한 소비시간이 1 초 이내이어야 한다. 또 이때 최종 지시 값에 대한 90 %의 응답을 나타내는 시간은 40 초 이내이어야 한다.

6.4.6 온도변화에 대한 안정성

측정가스의 온도가 표시온도 범위 내에서 변동해도 성능에 지장이 있어서는 안 된다.

6.4.7 유량변화에 대한 안정성

측정가스의 유량이 표시한 기준유량에 대하여 $\pm 2\%$ 이내에서 변동하여도 성능에 지장이 있어서는 안 된다.

6.4.8 주위 온도변화에 대한 안정성

주위온도가 표시 허용변동 범위 내에서 변동하여도 성능에 지장이 있어서는 안 된다.

6.4.9 전압변동에 대한 안정성

전원전압이 설정 전압의 $\pm 10\%$ 이내로 변화하였을 때 지시 값 변화는 전체 눈금의 $\pm 1\%$ 이내여야 하고, 주파수가 설정 주파수의 $\pm 2\%$ 에서 변동해도 성능에 지장이 있어서는 안 된다.

7.0 분석절차

[2] 측정시간 간격은 고정형은 4 시간 이상, 이동형은 40 분 이상이 되도록 한다.

7.1 측정방법

일반적으로 분자는 적외선의 조사를 받으면 그 고유의 진동 및 회전 스펙트럼에 상당하는 고유 파장대의 전파에 의해 여기 되어 그에 대응한 스펙트럼선의 흡수를 일으킨다.

비분산적외선분광분석법은 이와 같이 적외선 흡수대를 갖는 기체에 적외선을 투과하여 그 분자 고유의 적외선흡수 에너지를 검출함으로써 기체의 농도를 측정하는 방법으로 보통 사용되는 파장 범위는 1 μm ~ 12 μm 영역이다. 각 기체 농도에 따른 적외선흡수 정도는 램버트-비어의 법칙을 만족하며 농도와 적외선 통과 거리의 곱 및 그 기체 고유의 흡수계수에 의해 결정되고 지수 함수적으로 변화하며 다음 (식 1)과 같은 관계식을 따른다.

$$I = I_0 e^{-\alpha cl} \quad (\text{식 1})$$

여기서, I = 측정 시료를 통과한 적외선 세기

I_0 = 기준 시료를 통과한 적외선 세기

α = 기체의 흡수계수

l = 광속 통과 거리 (path length)

c = 농도

비분산형적외선분석기의 검출 성능은 고에너지 광원의 사용, 고감도 검출 센서의 선택, 전자적인 신호의 증폭 및 S/N비의 확장방법 등이 고려될 수 있으나 가장 영향이 큰 요소는 적외선 복사선의 통과 거리이다. 비분산적외선 광학 흡수셀은 측정 대상가스의 유로를 형성하며 광원으로부터 복사된 적외선이 이 흡수셀 내를 통과하며 시료가스에 의해 광흡수가 일어나도록 되어있다. 셀 내의 양단에 반사거울을 두어 입사된 복사선의 반복반사에 의해 복사선의 통과거리를 늘려 줌으로서 분석기의 검출 성능을 높일 수 있다. 흡수셀의 복사선 통과 거리가 10 m ~ 16 m일 때 분석기의 검출한계를 0.5 $\mu\text{mol/mol}$ 까지 낮출 수 있다.

7.2 측정 대상 성분의 적외선 흡수 파장대역

비분산형적외선분석기에서 측정 가능한 주요 성분 가스의 적외선 영역 고유 흡수 파장 대역은 다음 표 1과 같다.

표 1. 주요 오염물질의 적외선 영역 흡수 파장 대역

측정 대상 성분	흡수 파장 대역 (μm)
SO ₂	3.96, 7.2, 8.5
CO	4.7
NO	5.25
NO ₂	3.4, 5.7, 6.25, 7.9
HCl	3.3, 3.57
H ₂ O	1.4, 1.9, 2.7
CO ₂	4.25

7.3 측정절차

7.3.1 측정기의 각부를 점검하고 특히 가스가 새는지 확인하고 기기 사용설명서의 운전 절차에 따라 전원을 넣고 시료대기 유량 및 기타 측정조건이 안정될 때까지 필요한 조정을 한다. 측정기가 정상 상태에 도달하면 다음 방법에 의해 측정 절차에 들어간다.

7.3.2 분석기가 안정되면 제로가스와 스펠가스를 사용하여 최저눈금 값과 최고 눈금 값의 교정을 행한다.

7.3.3 시료를 도입하여 연속적으로 측정하여 지시 또는 기록되도록 한다.

8.0 결과보고

8.1 측정결과 보고

대기 시료에 함유되어있는 성분 가스의 측정 결과를 보고하는 경우에 다음 목록의 자료를 함께 보고하여야 한다.

8.1.1 시료 관련자료

시료측정일시, 시료측정장소 등

8.1.2 측정방법 개요

시료 채취 유속, 총량, 시간, 기상요소 (기온, 기압, 습도, 풍속, 풍향 등), 주변 환경 (4방위 개방여부, 주변 건물, 지표면 상태 등) 요소를 작성한다.

8.1.3 측정결과

8.2 측정량의 표시

8.2.1 측정량은 표준상태 (0 °C, 760 mmHg)로 환산된 대기 시료 중의 측정 성분가스 농도이며, 측정 단위는 ppm 또는 $\mu\text{mol/mol}$ 을 사용한다.

8.2.2 측정값은 소수점 둘째 자리까지 계산하고 결과 표시는 소수점 첫째 자리까지 한다.

9.0 참고자료

9.1 JIS K 0151 Non-dispersive infrared gas analyzer, (1984)

9.2 NIST-EPA gas phase IR database

9.3 EPA Environmental technology verification report, Gas filter correlation Non disperse Infrared analyzer