

## 비산먼지 - 광학기법

2021

(Fugitive Dust - Digital Optical Method)

## 1.0 개요

### 1.1 목적

이 시험기준은 시멘트 공장, 전기아크로를 사용하는 철강공장, 연탄공장, 석탄야적장, 도정공장, 골재공장 등 특정 발생원에서 일정한 굴뚝을 거치지 않고 외부로 비산되거나 물질의 파쇄, 선별, 기타 기계적 처리에 의하여 비산배출되는 먼지의 농도를 광학기법을 이용하여 불투명도로 산정하는 시험방법이다.

### 1.2 적용범위

굴뚝, 플레어스택 등에서 배출되는 매연을 측정하는 광학기법에 대하여 적용한다. 불투명도 0 %, 20 %, 40 %, 60 %, 80 %, 100 %는 비산먼지 농도에 있어 각각 0 도, 1 도, 2 도, 3 도, 4 도, 5 도에 해당된다. 불투명도 규정에 준하여 40 % 이내의 결과 값을 나타낼 시 비산먼지농도를 만족하는 것으로 판단한다 (표 1 참조).

## 2.0 용어정의

### 2.1 비산먼지

대기 중에 부유하는 고체 및 액체의 입자상 물질로서, 대기환경보전법에서는 굴뚝을 거치지 않고 대기 중에 직접 배출되는 경우를 말한다. 날림먼지라고도 한다.

### 2.2 불투명도

대기 중에 부유하고 있는 비산먼지로 인해 투과되는 빛의 세기 감소 정도에 따라 불 명확하게 하는 정도를 말하며, 비산이 되는 지점과 배경지점을 카메라로 촬영한 후, 비교하여 산정되며, 결과는 (0 ~ 100) % 사이에서 5 % 단위로 나타낸다.

### 3.0 분석기기 및 기구

#### 3.1 카메라와 액세서리

비산먼지 불투명도 사진 촬영을 위해 1천만 화소 이상의 이미지센서를 탑재한 디지털 일안 반사식 사진기 (DSLR, digital single lens reflex camera)를 이용한다. 사진 촬영 시 흔들리지 않도록 카메라 고정용 삼각대가 필요하다.

#### 3.2 분석 소프트웨어와 컴퓨터 (노트북)

카메라로 측정한 영상을 통해 불투명도를 산정해주는 분석 소프트웨어는 200 KB 용량의 실행프로그램으로, Window 7이상의 운영체계를 갖춘 컴퓨터나 노트북에 설치가 가능하다. 카메라와 컴퓨터를 연동하면 카메라에서 촬영한 사진이 실시간으로 컴퓨터로 전송되어 불투명도 분석을 신속하게 할 수 있다.

#### 3.3 타이머/시계

사진 촬영을 하는 동안에는 불투명도 판독 사이에 15 초 간격의 시간이 필요하다. 시계를 사용하거나 스톱워치를 이용할 수 있다. 타이머는 휴대하고 다니는 스마트폰으로도 대체 가능하다.

#### 3.4 거리측정기

촬영 시 비산먼지의 발생원과 카메라의 거리 측정에 사용되며 시중에 판매하는 거리 측정기를 사용하여 발생원과 카메라의 거리를 측정한다.

#### 3.5 각도계

촬영 시 카메라의 촬영지점 각도 관측을 위해 각도계를 사용한다.

#### 4.0 시약 및 표준용액 “내용 없음”

### 5.0 시료채취 및 관리

#### 5.1 측정위치의 선정

비산먼지 촬영 시 되도록 관측자는 시야가 깨끗하게 제공되는 최소 6 m 이상의 거리에서 촬영한다. 비산먼지 발생원에서 140° 이내 각도에서 태양을 등지고 서야 한다. 그림 1과 같이 관찰자는 카메라를 비산먼지 확산 방향에 가능한 한 수직이 되도록 놓은 후 촬영한다.

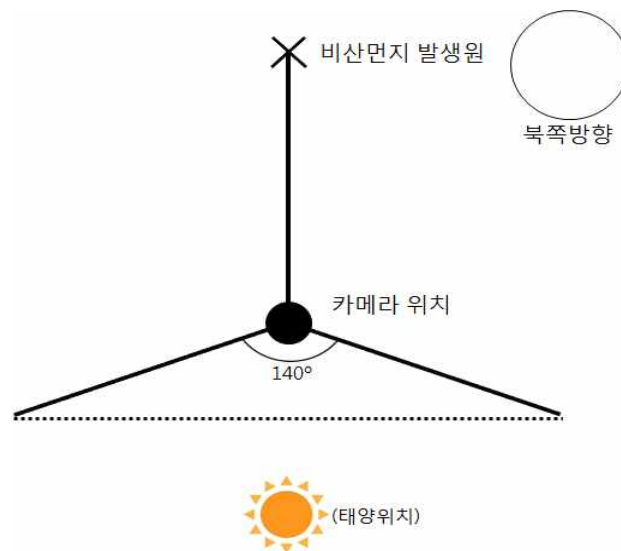


그림 1. 측정위치 선정 방법

#### 5.2 시료측정 절차

**5.2.1** 관측하기 전에 5.1 측정위치의 선정에 따라 적합한 관찰위치를 선정한다. 배경, 바람의 방향, 그리고 태양과 관련된 측정대상의 위치를 선정한다.

**5.2.2** 관측하고자 하는 발생원으로부터 측정 대상을 결정하고 기록지에 기록한다. 측정하고자 하는 비산먼지 이외의 다른 비산먼지가 포함되지 않도록 한다.

**5.2.3** 관찰자는 관찰자의 이름, 소속, 비산먼지 발생원의 현장 이름, 발생 지점, 발생 원에서의 카메라의 방향을 기록한다. 측정일, 측정 시작 및 종료 시간, 관찰자와 발생 위치 사이의 거리, 추정 풍향 및 풍속, 기상상태 (구름의 존재 여부와 색상), 배경 및 비산먼지의 색상을 측정용지 (표 2. 비산먼지 불투명도 측정용 기록지)에 기록한다.

**5.2.4** 비산먼지의 촬영 높이는 비산먼지가 발생하는 지점으로부터 1 m 이상의 높이에서 촬영한다. 비산먼지의 발생 순간부터 15 초 간격으로 촬영한다.

**5.2.5** 불투명도 측정은 아래의 두 가지 방법 중 하나를 선정하여 진행한다. 매회 측정된 불투명도 값은 15 초 동안의 평균값으로 간주한다. 촬영 시 여러 개의 비산먼지가 관측되었다면, 해당 불투명도 값은 제외한다. (0 ~ 100) % 사이에서 5 % 간격 값들 중 가장 인접한 값으로 선정하여 기록한다 (예시. 12 % → 10 %). 촬영사진에 비산먼지가 완전히 덮혀 대조배경을 얻을 수 없을 시 비산 전·후의 배경사진을 이용할 수 있으며, 배경사진은 비산 전·후 30 분 이내로 한다. 그리고 최종 불투명도 값의 선정은 표 1과 같이 연속측정은 6 회 촬영한 평균값, 간헐적 측정은 12 회 촬영한 평균값으로 한다.

**표 1. 비산먼지 불투명도 측정방법**

측정 유형	불투명도 규정	방법	비고
연속 측정	40 %	15 초 간격 (동안) 최소 6 회* 촬영한 평균값	연속 촬영 시 최대 1장 누락 허용
간헐적 측정	40 %	1 시간 이내 최소 12 회* 촬영한 평균값	-

※ 1 회 측정 불투명도 값은 15 초 동안 평균값으로 한다.

### 5.3 시료측정 시 주의사항

**5.3.1** 바람에 의해 비산먼지가 카메라 쪽으로 불어오는 상황에서는 촬영할 수 없다.

**5.3.2** 카메라의 각종 필터 사용은 불투명도 값에 영향을 주기 때문에 사용할 수 없다.

5.3.3 카메라 뒤로 140° 안에 태양이 위치할 때에만 촬영할 수 있다.

5.3.4 불빛이 없는 새벽시간이나 늦은 오후에는 측정하지 않으며, 비나 눈 또는 안개가 끼었을 때에도 측정하지 않는다.

### 5.3.5 대조현상

비산먼지의 불투명도는 발생한 비산먼지와 배경 색과의 명확한 구분이 가능한 지점에서 촬영되어야 한다.

### 5.3.6 발광현상

주간 동안에 동일한 밝기 (조도)의 태양광이 비산먼지와 배경에 비춰질 수 있도록 촬영해야 한다.

## 6.0 정도보증/정도관리 (QA/QC) “내용 없음”

## 7.0 분석절차

### 7.1 관측 시작

관찰자는 기록지를 작성한다. 기록지에 촬영 날짜를 적고 시작한 시간을 기록한다. 관찰자는 연속 측정의 경우 15 초 간격으로 최소 6 장, 간헐적 측정의 경우 1 시간 이내 최소 12 장의 사진을 촬영해야 한다. 촬영에 방해되는 요인은 따로 기록해야 한다. 촬영이 끝나면 촬영 종료시간을 기록하고 관찰자 소속을 작성한다. 분석이 완료된 기록지는 확인 후 서명한다.

### 7.2 불투명도 계산 방법

불투명도는 연속 측정의 경우 15 초 간격으로 촬영된 6 장의 사진, 간헐적 측정의 경우 1 시간 이내 촬영된 12 장의 사진의 불투명도 값에 대한 평균으로 결정된다. 촬영이 끝나면 분석 프로그램 (국립환경과학원 홈페이지에서 제공)을 이용하여 촬영한 각각의 사진에 대하여 불투명도 값의 분석을 진행한다.

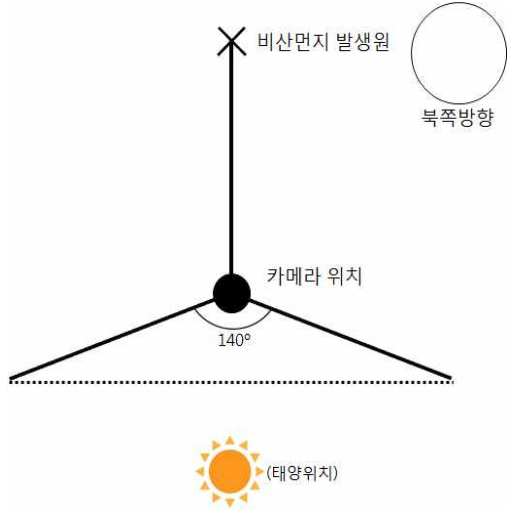
### 7.3 불투명도 측정용 기록지 작성

불투명도 측정용 기록지는 표 2와 같으며 기입할 수 있는 모든 항목을 전부 작성할 때까지 양식에 서명을 하지 않는다. 만약 필수항목(\*) 중 누락된 것이 있으면, 유효한 불투명도 촬영으로 인정되지 않는다.

- 비산먼지 발생 현장 주소\*
- 비산먼지 발생원 유형\*
- 비산먼지 발생원 식별 번호 (선택사항)
- 관찰자 이름 및 소속 기관\*
- 관찰 날짜 및 시간\*
- 발생원과 카메라 간의 거리\*
- 풍향, 풍속 (선택사항)
- 기상상태 (구름의 존재 여부 및 색상) (선택사항)
- 비산먼지의 배경 (선택사항)
- 태양, 배출원의 위치 그리고 관찰자 위치를 스케치\*
- 15 초 간격 6 번 연속 촬영 또는 1 시간 이내 12 번 촬영\*
- 관찰자 서명\*

표 2. 비산먼지 불투명도 측정용 기록지

<p><b>관찰 날짜 및 시간*</b> :</p> <p><b>비산먼지 발생현장 주소*</b> :</p> <p><b>비산먼지 발생원 유형*</b> :</p> <p><b>비산먼지 발생원 식별 번호 (선택사항)</b> :</p> <p><b>관찰자 성명*</b> :</p> <p><b>관찰자 소속 기관*</b> :</p> <p><b>카메라 제조사, 모델명</b> :</p>	<p><b>태양, 발생원의 위치, 관찰자 위치 스케치*</b></p>
--	--

			
1. 시간	시작시간 :	종료시간 :	
2. 기상 상황			
풍향, 풍속			
기상 상태 (구름의 존재여부 및 색상 등)			
3 비산먼지의 배경			
4. 발생원과 카메라 간의 거리*			
5. 촬영 유형 (연속, 간헐적)			
6. 관찰자 서명*			

8.0 결과보고 “내용 없음”

## 9.0 참고자료

9.1 US EPA Method 9, "Visual Determination of the Opacity of Emissions from Stationary Sources", US EPA, (2017)

9.2 United States Environmental Protection Agency (US EPA) Method 22, "Visual determination of fugitive emissions from material sources and smoke emissions from flares", US EPA, (2019)

9.3 ASTM D7520, Standard Test Method for Determining the Opacity of a Plume

in the Outdoor Ambient Atmosphere, ASTM International, (2016)

## 10.0 부록



표 3. 시험기준 요약표

비산먼지 - 광학기법 (Fugitive Dust - Digital Optical Method)	
분자식 및 특징:	해당 없음, 대기 중에 부유하는 고체 및 액체의 입자상 물질
정량범위:	해당 없음
간섭물질:	습도 및 이산화황과 질산 등 기체상 물질의 반응
시료채취	
방법:	해당 없음
흡수액:	해당 없음
흡입속도:	해당 없음
표준채취량:	15 초 간격 연속 6 회 또는 1 시간 이내 12 회 이상
이동:	해당 없음
보관:	해당 없음
분석용 시료용액:	해당 없음
Blank:	비산먼지 발생 지점과 구분이 가능한 지점에서의 촬영
측정	
방법:	불투명도법
물질:	먼지
표준물질:	해당 없음
검정곡선:	해당 없음
카메라:	1천만 화소 이상의 이미지센서를 탑재한 DSLR
컴퓨터:	카메라와 연동 가능한 컴퓨터
타이머:	초 단위를 측정할 수 있는 타이머 또는 스마트폰
거리측정기:	시중에 판매하는 거리측정기
각도계:	시중에 판매하는 각도계
정도관리	
주기:	해당 없음
방법검출한계:	해당 없음
정밀도:	해당 없음
정확도:	해당 없음
검정곡선:	해당 없음
방법마탕시료:	해당 없음