



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월24일

(11) 등록번호 10-2220213

(24) 등록일자 2021년02월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01N 15/02 (2006.01) G01N 15/00 (2017.01)

G01N 21/94 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G01N 15/0211 (2013.01)

G01N 21/94 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0130755

(22) 출원일자 2019년10월21일

심사청구일자 2019년10월21일

(56) 선행기술조사문헌

JP2008256363 A\*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김용준

서울특별시 용산구 이촌로65길 8, 207동 1707호 (이촌동, 한가람아파트)

유성재

서울특별시 마포구 마포대로20길 26, 105동 1204호 (공덕동, 삼성래미안공덕2차아파트)

성우석

경기도 고양시 일산동구 강송로 195, 810동 301호 (마두동, 강촌마을8단지아파트)

(74) 대리인

김인철

전체 청구항 수 : 총 10 항

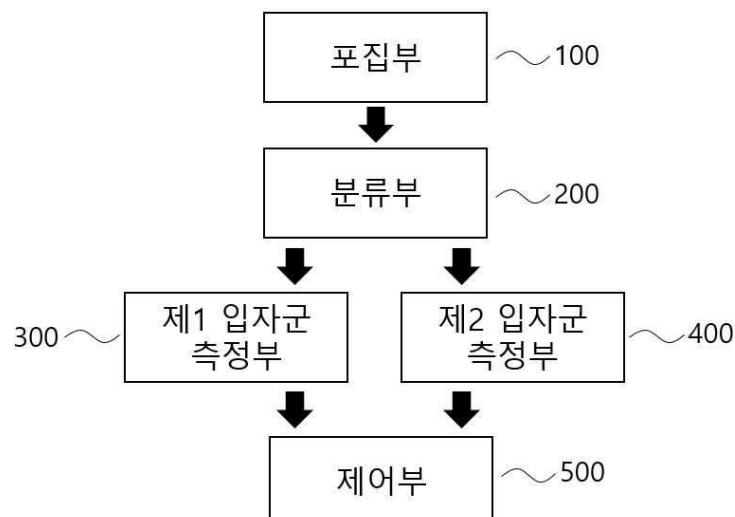
심사관 : 인치현

(54) 발명의 명칭 비산면지 실시간 측정시스템

## (57) 요약

본 발명은 비산면지 실시간 측정시스템으로서, 총부유입자(TSP)를 포집하는 포집부(100); 상기 포집부(100)에서 포집된 비산면지를 직경이 10 $\mu$ m이하인 제1 입자군(p1)과 직경이 10 $\mu$ m초과~50 $\mu$ m이하인 제2 입자군(p2)으로 분류하는 분류부(200); 광학식 센서(310)를 이용하여 상기 제1 입자군의 농도를 측정하는 제1 입자군 측정부(300); 발광부(410) 및 수광부(420)가 구비되며, 수광부의 집광렌즈는 발광부의 입사광 방향과 평행하게 배치되어, 제2 입자군의 산란도를 측정하는 제2 입자군 측정부(400); 및 상기 제1 입자군 측정부(300)의 측정값과 상기 제2 입자군 측정부(400)의 측정값을 전달받아, 환산 또는 보정 알고리즘을 적용한 값을 산출하는 제어부(500)를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01N 2015/0096 (2013.01)  
G01N 2015/0288 (2013.01)  
G01N 2015/0294 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR101952079 B1\*  
KR200367121 Y1\*  
KR101683433 B1  
KR1020190064946 A  
KR1020170117960 A  
KR1020050060481 A  
KR1020120041920 A  
JP2008224332 A

KR101145915 B1

KR101932446 B1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2017-11-1643
부처명	서울시
과제관리(전문)기관명	서울산업진흥원
연구사업명	미세먼지 저감 기술개발
연구과제명	IoT 기반 공사장 비산먼지 모니터링 및 능동적 저감 솔루션 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서울시
연구기간	2017.11.01 ~ 2018.10.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

총부유입자(TSP)를 포집하는 포집부; 상기 포집부에서 포집된 비산먼지를 직경이  $10\mu\text{m}$ 이하인 제1 입자군(p1)과 직경이  $10\mu\text{m}$ 초과~ $50\mu\text{m}$ 이하인 제2 입자군(p2)으로 분류하는 분류부; 광학식 센서를 이용하여 상기 제1 입자군의 농도를 측정하는 제1 입자군 측정부; 발광부 및 수광부가 구비되며, 수광부의 집광렌즈는 발광부의 입사광 방향과 평행하게 배치되어, 제2 입자군의 산란도를 측정하는 제2 입자군 측정부; 및 상기 제1 입자군 측정부의 측정값과 상기 제2 입자군 측정부의 측정값을 전달받아, 환산 또는 보정 알고리즘을 적용한 값을 산출하는 제어부를 포함하며,

상기 제1 입자군 측정부는 광학식 센서를 이용하여 PM2.5에 대한 최초 농도값(x)과, PM10에 대한 최초 농도값(x)을 산출하고,

상기 제어부는 비산먼지 농도 구간을 미세먼지 농도가  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하인 제1 구간과, 미세먼지 농도가  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  초과인 제2 구간으로 구분하고, 각 농도 구간 별로, 최초 농도값(x)에 기 설정된 추세선 보정 알고리즘을 적용하여 최종 농도값(y)을 산출하는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 포집부는 이격된 2개의 하향 경사면 사이에 형성된 유입부를 통해 비산먼지가 유입되며, 일측에 형성된 유출구를 통해 상기 분류부와 연통되는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 분류부는 비산먼지의 관성력을 이용하여 제1 입자군(p1)과 제2 입자군(p2)으로 분류하며,

제1 입자군은 주 이동경로를 따라 낙하하다가, 공기 흡입력에 의해 부 이동경로로 이탈되어 제1 입자군 측정부로 이동되며,

제2 입자군은 주 이동경로를 따라 계속 낙하되어 제2 입자군 측정부로 이동되는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

#### 청구항 4

삭제

#### 청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 제어부에서

PM2.5의 제1 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM2.5 로그 추세선 1-1 및 PM2.5 로그 추세선 1-2를 통해 각 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y)으로 산출되며,

상기 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제1 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값을 최종 농도값(y)으로 선택하는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

$$[\text{PM2.5 로그 추세선 1-1}] y = 18.06\ln(x) - 40.5$$

$$[\text{PM2.5 로그 추세선 1-2}] y = 18.22\ln(x) - 43.04$$

#### 청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 제어부에서

PM2.5의 제2 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM2.5 선형 추세선 2-1 및 PM2.5 선형 추세선 2-2를 통해 각각 제1 보정농도값(y) 및 제2 보정농도값(y)로 산출되고,

상기 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제2 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값을 최종 농도값(y)으로 선택하는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

[PM2.5 선형 추세선 2-1]  $y = 0.24x + 19.76$

[PM2.5 선형 추세선 2-2]  $y = 0.23x + 18.87$

## 청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 제어부에서

PM10의 제1 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM10 로그 추세선 1을 통해 최종 농도값(y)으로 산출되는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

[PM10 로그 추세선 1]  $y = 30.18\ln(x) - 74.4$

## 청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 제어부에서

PM10의 제2 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM10 선형추세선 2-1 및 PM10 선형 추세선 2-2를 통해 각각 제1 보정농도값(y) 및 제2 보정농도값(y)로 산출되고,

상기 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제2 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값을 최종 농도값(y)으로 선택하는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

[PM10 선형추세선 2-1]  $y = 0.64x + 1.53$

[PM10 선형추세선 2-2]  $y = 0.63x - 1.11$

## 청구항 9

청구항 1에 있어서, 제2 입자군 측정부는

일측에 구비된 발광소자의 빛이 지나가도록, 발광소자의 후방에 배치되는 평행광렌즈가 구비된 발광부;

일측에 구비된 수광소자로 빛이 집적되도록, 수광소자의 전방에 배치되며, 상기 발광소자에서 발생된 빛의 경로와 평행한 방향으로 배치되는 한쌍의 집광렌즈가 구비된 수광부; 및

발광부와 수광부 사이에 구비된 통로 구조로서, 유입구를 통해 측정대상 입자가 유입되고, 입사광과 만난후 유출구를 통해 유출되는 입자유입부를 포함하는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

## 청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 한쌍의 집광렌즈에서, 양 집광렌즈의 볼록부는 마주보도록 배치되는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

## 청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 집광렌즈의 전방에 광트랩이 배치되는 것을 특징으로 하는 비산먼지 실시간 측정시스템.

## 발명의 설명

## 기술분야

[0001] 본 발명은 비산먼지 실시간 측정시스템에 관한 것이다. 구체적으로는 비산먼지를 직경이  $10\mu\text{m}$ 이하인 제1 입자군(p1)과 직경이  $10\mu\text{m}$ 초과~ $50\mu\text{m}$ 이하인 제2 입자군(p2)으로 분류하여 실시간으로 측정하는 시스템에 관한 것이다.

## 배경기술

[0002] '먼지'란 대기 중에 떠다니거나 흩날려 내려오는 입자상물질을 말하며, 일정한 배출구 없이 대기 중에 직접 배출되는 경우 '비산먼지'라고 총칭한다. 비산먼지는 주로 건설업, 시멘트·석탄·토사·골재 공장 등에서 발생하며, 크기(직경)에 따라 다음과 같이 구분된다.

[0003] TSP(Total suspended Particles, 총 부유 입자)는 입자의 직경이  $50\mu\text{m}$  이하인 대기 중에 부유하는 총 먼지를 의미한다.

[0004] PM10(Particulate Matter 10)은 입자의 직경이  $10\mu\text{m}$  이하인 미세먼지를 말하며, 건축 및 건물해체, 석탄 및 석유연소, 산업공정, 비포장도로 등에서 주로 발생된다.

[0005] PM2.5(Particulate Matter 2.5)는 입자의 직경이  $2.5\mu\text{m}$  이하인 초미세먼지로 주로 대기 중 화학반응을 통해 발생하며, 석탄, 석유, 휘발유, 디젤, 나무의 연소, 제련소, 제철소 등에서 발생된다.

[0006] 비산먼지 발생량을 살펴보면, 총 비산먼지 중 직경  $10\mu\text{m}$  이상의 먼지들이 65.1%를 차지하고 있으며, PM10이 34.9%를 차지하는 것으로 보고된다. 이를 토대로 볼 때 공사장 비산먼지의 관리를 위해서는 PM10, PM2.5 뿐만 아니라 TSP 배출량을 관리하는 것이 매우 중요함을 알 수 있다.

[0007] 현재 주기적인 현장 점검을 통해서 각 공사장의 비산먼지 발생 억제에 위한 시설 설치 및 필요 조치에 대해 관리하고 있다. 하지만, 일정한 주기로 진행되는 점검으로는, 실제 공사장에서의 비산먼지 배출량이 어느 정도 인지는 파악하기 어렵다.

[0008] 따라서, 공사장 내의 비산먼지에 의한 오염 및 발생원 추적을 위해서는 기존의 광학식 입자 측정장비가 아닌 TSP를 측정 할 수 있는 장비가 필요한 현실이다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) (문헌 1) 한국등록특허공보 제10-1115661호(2012.01.27)

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0010] 본 발명에 따른 비산먼지 실시간 측정시스템은 다음과 같은 해결과제를 가진다.

[0011] 첫째, 총부유입자(TSP)에 대한 실시간 측정을 하고자 한다.

[0012] 둘째, 총부유입자(TSP)를 제1 입자군과 제2 입자군으로 분류하여 각각의 농도를 측정하고자 한다.

[0013] 셋째, 제1 입자군의 경우, 산출된 농도값을 보정하여, 고가의 정밀 측정기의 측정값에 근사하도록 한다.

[0014] 넷째, 제2 입자군의 경우, 입자에 의해 산란되는 산란광의 후방 영역(Back scattering)을 측정하고자 한다.

[0015] 본 발명의 해결과제는 이상에서 언급한 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 해결과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어질 수 있을 것이다.

### 과제의 해결 수단

[0016] 본 발명은 비산먼지 실시간 측정시스템에 관한 것으로서, 총부유입자(TSP)를 포집하는 포집부; 상기 포집부에서 포집된 비산먼지를 직경이  $10\mu\text{m}$ 이하인 제1 입자군(p1)과 직경이  $10\mu\text{m}$ 초과~ $50\mu\text{m}$ 이하인 제2 입자군(p2)으로 분류

하는 분류부; 광학식 센서를 이용하여 상기 제1 입자군의 농도를 측정하는 제1 입자군 측정부; 발광부 및 수광부가 구비되며, 수광부의 집광렌즈는 발광부의 입사광 방향과 평행하게 배치되어, 제2 입자군의 산란도를 측정하는 제2 입자군 측정부; 및 상기 제1 입자군 측정부의 측정값과 상기 제2 입자군 측정부의 측정값을 전달받아, 환산 또는 보정 알고리즘을 적용한 값을 산출하는 제어부를 포함한다.

[0017] 본 발명에 있어서, 상기 포집부는 이격된 2개의 하향 경사면 사이에 형성된 유입부를 통해 비산먼지가 유입되며, 일측에 형성된 유출구를 통해 상기 분류부와 연통될 수 있다.

[0018] 본 발명에 있어서, 분류부는 비산먼지의 관성력을 이용하여 제1 입자군(p1)과 제2 입자군(p2)으로 분류하며, 제1 입자군은 주 이동경로를 따라 낙하하다가, 공기 흡입력에 의해 부 이동경로로 이탈되어 제1 입자군 측정부로 이동되며, 제2 입자군은 주 이동경로를 따라 계속 낙하되어 제2 입자군 측정부로 이동될 수 있다.

[0019] 본 발명에 있어서, 제1 입자군 측정부는 광학식 센서를 이용하여 PM2.5에 대한 최초 농도값(x)과, PM10에 대한 최초 농도값(x)을 산출하고, 제어부는 비산먼지 농도 구간을 미세먼지 농도가  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하인 제1 구간과, 미세먼지 농도가  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  초과인 제2 구간으로 구분하고, 각 농도 구간 별로, 최초 농도값(x)에 기 설정된 추세선 보정 알고리즘을 적용하여 최종 농도값(y)을 산출할 수 있다.

[0020] 본 발명에 따른 제어부에서, PM2.5의 제1 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM2.5 로그 추세선 1-1 및 PM2.5 로그 추세선 1-2를 통해 각각 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y)으로 산출되며, 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제1 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값이 최종 농도값(y)으로 선택될 수 있다.

[0021] [PM2.5 로그 추세선 1-1]  $y = 18.06\ln(x) - 40.5$

[0022] [PM2.5 로그 추세선 1-2]  $y = 18.22\ln(x) - 43.04$

[0023] 본 발명에 따른 제어부에서, PM2.5의 제2 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM2.5 선형 추세선 2-1 및 PM2.5 선형 추세선 2-2를 통해 각각 제1 보정농도값(y) 및 제2 보정농도값(y)로 산출되고, 상기 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제2 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값을 최종 농도값(y)으로 선택될 수 있다.

[0024] [PM2.5 선형 추세선 2-1]  $y = 0.24x + 19.76$

[0025] [PM2.5 선형 추세선 2-2]  $y = 0.23x + 18.87$

[0026] 본 발명에 따른 제어부에서, PM10의 제1 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM10 로그 추세선 1을 통해 최종 농도값(y)으로 산출될 수 있다.

[0027] [PM10 로그 추세선 1]  $y = 30.18\ln(x) - 74.4$

[0028] 본 발명에 따른 제어부에서, PM10의 제2 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM10 선형추세선 2-1 및 PM10 선형 추세선 2-2를 통해 각각 제1 보정농도값(y) 및 제2 보정농도값(y)로 산출되고, 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제2 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값을 최종 농도값(y)으로 선택할 수 있다.

[0029] [PM10 선형추세선 2-1]  $y = 0.64x + 1.53$

[0030] [PM10 선형추세선 2-2]  $y = 0.63x - 1.11$

[0031] 본 발명에 따른 제2 입자군 측정부는 일측에 구비된 발광소자의 빛이 지나가도록, 발광소자의 후방에 배치되는 평행광렌즈가 구비된 발광부; 일측에 구비된 수광소자로 빛이 집적되도록, 수광소자의 전방에 배치되며, 상기 발광소자에서 발생한 빛의 경로와 평행한 방향으로 배치되는 한쌍의 집광렌즈가 구비된 수광부; 및 발광부와 수광부 사이에 구비된 통로 구조로서, 유입구를 통해 측정대상 입자가 유입되고, 입사광과 만난후 유출구를 통해 유출되는 입자유입부를 포함할 수 있다.

[0032] 본 발명에 있어서, 한쌍의 집광렌즈에서, 양 집광렌즈의 볼록부는 마주보도록 배치될 수 있다.

[0033] 본 발명에 있어서, 집광렌즈의 전방에 광트랩이 배치될 수 있다.

## 발명의 효과

- [0034] 본 발명에 따른 비산먼지 실시간 측정시스템은 다음과 같은 효과를 가진다.
- [0035] 첫째, 총부유입자(TSP)를 포집하여 실시간으로 측정하는 효과가 있다.
- [0036] 둘째, 제1 입자군과 제2 입자군을 별도의 측정수단으로 측정하여, 더욱 정밀하게 측정하는 효과가 있다.
- [0037] 셋째, 제1 입자군의 경우, 농도 구간을 구분하여 농도 보정식을 다르게 적용함으로써, 더욱 정밀한 농도값을 산출하는 효과가 있다.
- [0038] 넷째, 제2 입자군의 경우, 발광부에서 발생된 빛의 경로와 수광부의 집광렌즈를 평행하게 배치하여, 더욱 정밀한 농도값을 산출하는 효과가 있다.
- [0039] 본 발명의 효과는 이상에서 언급된 것들에 한정되지 않으며, 언급되지 아니한 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해되어 질 수 있을 것이다.

## 도면의 간단한 설명

- [0040] 도 1은 본 발명에 따른 비산먼지 실시간 측정시스템의 구성도이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 포집부의 일 실시예를 나타낸다.
- 도 3은 본 발명에 따른 분류부의 개요를 나타낸다.
- 도 4는 본 발명에 따른 제1 입자군 측정부의 일 실시예를 나타낸다.
- 도 5는 본 발명에 따른 제2 입자군 측정부의 일 실시예를 나타낸다.
- 도 6 및 도 7은 제1 입자군 측정부에서 PM2.5의 농도값 및 보정 추세선을 나타낸다.
- 도 8 및 도 9는 제2 입자군 측정부에서 PM10의 농도값 및 보정 추세선을 나타낸다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0041] 이하, 첨부한 도면을 참조하여, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 이해할 수 있는 바와 같이, 후술하는 실시예는 본 발명의 개념과 범위를 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 형태로 변형될 수 있다. 가능한 한 동일하거나 유사한 부분은 도면에서 동일한 도면부호를 사용하여 나타낸다.
- [0042] 본 명세서에서 사용되는 전문용어는 단지 특정 실시예를 언급하기 위한 것이며, 본 발명을 한정하는 것을 의도하지는 않는다. 여기서 사용되는 단수 형태들은 문구들이 이와 명백히 반대의 의미를 나타내지 않는 한 복수 형태들도 포함한다.
- [0043] 본 명세서에서 사용되는 "포함하는"의 의미는 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소 및/또는 성분을 구체화하며, 다른 특정 특성, 영역, 정수, 단계, 동작, 요소, 성분 및/또는 군의 존재나 부가를 제외시키는 것은 아니다.
- [0044] 본 명세서에서 사용되는 기술용어 및 과학용어를 포함하는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 일반적으로 이해하는 의미와 동일한 의미를 가진다. 사전에 정의된 용어들은 관련기술문헌과 현재 개시된 내용에 부합하는 의미를 가지는 것으로 추가 해석되고, 정의되지 않는 한 이상적이거나 매우 공식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0046] 이하에서는 도면을 참고하여 본 발명을 설명하고자 한다. 참고로, 도면은 본 발명의 특징을 설명하기 위하여, 일부 과장되게 표현될 수도 있다. 이 경우, 본 명세서의 전 취지에 비추어 해석되는 것이 바람직하다.
- [0048] 도 1은 본 발명에 따른 비산먼지 실시간 측정시스템의 구성도이다. 도 1에 제시된 바와 같이, 본 발명에 따른 비산먼지 실시간 측정시스템은 포집부(100), 분류부(200), 제1 입자군 측정부(300), 제2 입자군 측정부(400) 및 제어부(500)를 포함한다.
- [0049] 본 발명에 따른 비산먼지 실시간 측정시스템은 총부유입자(TSP)를 포집하는 포집부(100); 상기 포집부(100)에서 포집된 비산먼지를 직경이 10 $\mu$ m미만인 제1 입자군(p1)과 직경이 10 $\mu$ m이상 ~ 50 $\mu$ m이하인 제2 입자군(p2)으로



분류하는 분류부(200); 광학식 센서(310)를 이용하여 상기 제1 입자군의 농도를 측정하는 제1 입자군 측정부(300); 발광부(410) 및 수광부(420)가 구비되며, 수광부의 집광렌즈는 발광부의 입사광 방향과 평행하게 배치되어, 제2 입자군의 산란도를 측정하는 제2 입자군 측정부(400); 및 상기 제1 입자군 측정부(300)의 측정값과 상기 제2 입자군 측정부(400)의 측정값을 전달받아, 환산 또는 보정 알고리즘을 적용한 값을 산출하는 제어부(500)를 포함한다.

- [0051] 먼저, 본 발명에 따른 포집부(100)를 설명하고자 한다.
- [0052] 본 발명에 따른 포집부(100)는, 이격된 2개의 하향 경사면(110a, 110b) 사이에 형성된 유입부(120)를 통해 비산 먼지가 유입되며, 일측에 형성된 유출구(130)를 통해 분류부(200)와 연통될 수 있다(도 2 참조).
- [0053] 도 2의 실시예를 보면, 아래로 낙하하는 비산 먼지가 유입부(120)를 통해 역류하듯이 포집부(100)로 이동됨을 알 수 있다.
- [0055] 기존의 광학식 입자계수 모듈은 예서는 직경  $10\mu\text{m}$  이하의 가벼운 입자를 측정하고, 공사장과 같은 외부의 극도로 오염된 환경에서 사용하지 않기 때문에 특별한 포집 장치 없이 측정을 하였다.
- [0056] 하지만 공사장 내에서 발생하는 비산먼지의 경우 다양한 크기의 입자가 혼재되어 있고, 그 중  $10\mu\text{m}$  이상의 침강속도( $V_{TS}$ : Settling velocity)가 빠른 입자가 대다수를 차지하고 있다.
- [0057] 이에 따라, 직경  $50\mu\text{m}$  이하의 입자를 포집하기 위해 최적화 되어있는 포집부의 설계 및 제작이 필요하다.
- [0058] 또한, 외부의 이물질 유입을 방지하기 위해, 도 2에 도시된 실시예와 같이, 하향경사면을 가진 햇(hat) 형태의 포집부(100) 설계를 진행하였고, 직경  $50\mu\text{m}$  입자의 침강속도를 기반으로 흡입 유량을  $0.09\text{m/s}$  이상으로 설정하였다. 입자의 입경별 침강 속도는 아래 식 1과 같다.

### 수학식 1

$$V_{TS} = \frac{\rho_p d^2 g}{18\eta}$$

$V_{TS}$ : 침강속도,  $\rho_p$ : 밀도,  $d$ : 직경,  $g$ : 중력가속도,  $\eta$ : 점성계수

- [0059]
- [0061] 본 발명에 따른 분류부(200)는 비산먼지의 관성력을 이용하여 제1 입자군(p1)과 제2 입자군(p2)으로 분류할 수 있다. 제1 입자군은 주 이동경로(210)를 따라 낙하하다가, 공기 흡입력에 의해 부 이동경로(220)로 이탈되어 제1 입자군 측정부(300)로 이동되며, 제2 입자군은 주 이동경로(210)를 따라 계속 낙하되어 제2 입자군 측정부(400)로 이동될 수 있다(도 3 참조).
- [0062] 부 이동 경로(220)는 도 3에는 별개로 도시되어 있으나, 필요시 연결시키는 것도 가능하다.
- [0063] 한편, 부 이동경로(220)로 유입되는 제2 입자군의 침강속도와 흡입 유량은 전술한 수학식 1을 활용하여 산출할 수 있다.
- [0065] 다음으로, 본 발명에 따른 제1 입자군 측정부(300)를 설명하고자 한다.
- [0066] 제1 입자군 측정부(300)는 광학식 센서(310)를 이용하여 상기 제1 입자군의 농도를 측정할 수 있다. 도 4는 일반적인 광학식 센서의 실시예를 나타낸다.
- [0067] 제1 입자군 측정부(300)는 PM10과 PM2.5의 농도값을 측정하는데, 기존의 저가의 광산란기반 센서를 이용할 수 있다.
- [0068] 물론, 고가의 정밀장비인 에어로졸 측정 장비 APS(Aerodynamic Particle Sizer) 등을 사용하면 정밀한 농도값을 측정할 수는 있을 것이다. 하지만, 본 발명은 저렴한 기존의 광학식 센서를 사용하면서도 고가의 정밀장비와 근사한 측정값을 도출하는 것을 해결과제로 하고 있다.
- [0069] 기존의 저가형 광학식 센서의 경우 그 측정 정확도가 나쁘고, 공사장과 같은 고농도의 입자환경에 최적화 되어있지는 않다.



- [0070] 따라서 본 발명에서는 저가의 광학식 센서의 측정 정확도 향상 및 공사장 환경에서 사용가능 하도록 하는 보정-환산 알고리즘 구축하였다.
- [0071] 정밀 에어로졸 측정 장비인 APS의 측정값을 본 발명에서는 기준 측정값의 일 실시예로 삼았다. 다만, 기준 측정값은 기준 역할을 하는 정밀한 값이면 충분하므로, APS 측정값에 한정되지 않는다.
- [0072] 도 6 및 도 7은 제1 입자군 측정부에서 PM2.5의 농도값 및 보정 추세선을 나타낸다. 상기 기준 측정값과 본 발명에 따른 보정후 최종 농도값은 도 7에 도시된 바와 같이, 매우 근사한 측정 정확도를 보였다.
- [0073] 보정-환산알고리즘과 보정식을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0074] 본 발명에 따른 제1 입자군 측정부(300)는 광학식 센서(310)를 이용하여 PM2.5에 대한 최초 농도값(x)과, PM10에 대한 최초 농도값(x)을 산출할 수 있다.
- [0075] 본 발명에 따른 제어부(500)는 비산먼지 농도 구간을 미세먼지 농도가  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하인 제1 구간과, 미세먼지 농도가  $100\mu\text{g}/\text{m}^3$  초과인 제2 구간으로 구분할 수 있다.
- [0076] 제1 구간은 일상생활 미세먼지 농도로 구분하고, 제2 구간은 생활위험 미세먼지 농도로 구분하였다.
- [0077] 그리고 각 농도 구간 별로, 최초 농도값(x)에 기 설정된 추세선 보정 알고리즘을 적용하여 최종 농도값(y)을 산출할 수 있다.
- [0079] 본 발명에 따른 제어부는 제1 입자군 측정부와 별개로 독립 구비될 수도 있고, 제1 입자군 측정부에 포함되어 구비될 수도 있다. 광학식 센서의 최초 농도측정값을 제어부로 보내어, 제어부에서 보정식을 적용하여 최종 농도값을 산출할 수 있다. 또한, 제어부가 포함된 광학식 센서를 통해 최종 농도값을 산출할 수도 있다.
- [0080] 이하에서는, 제어부(500)에서 보정 알고리즘이 적용되는 기술 구성에 관하여 설명하고자 한다. 기준 측정값은 정밀 에어로졸 측정 장비인 APS의 농도 측정값이 채택되었다.
- [0081] 도 6 및 도 8은 고가의 정밀한 APS로 측정한 농도 측정값과, 저가의 보급형 광학식 센서 2개로 측정한 각 농도 측정값을 나타낸다. 이때, 광학식 센서 측정값과 APS 농도 측정값은 소정 구간에서 불일치가 심하게 발생함을 알 수 있다.
- [0082] 한편, 동일한 광학식 센서의 농도 측정값들은 당연히 매우 근사하게 일치한다. 이에 1개의 측정값을 선택하거나, 2개의 측정값의 평균값을 선택할 수 있을 것이다. 다만, 결과값은 유의미한 차이가 없을 것이다.
- [0083] 따라서, 1개의 광학식 센서에서 측정된 값을 제어부에서 활용하여도 유의미한 차이는 크지 않을 것이다. 다만, 본 실시예에서는 실험의 편의성과 결과의 상호검증을 위하여, 광학식 센서 2개(도 6 내지 도 9의 sensor 1,2)를 배치하여 각각의 최초 측정값을 산출하였고, 각 센서에 보정알고리즘을 적용시켰다.
- [0085] PM2.5의 경우, 제1 구간 및 제2 구간 모두 불일치가 크게 발생하므로, 양 구간 모두 광학식 센서로 측정된 농도값에 보정을 해주는 것이 바람직하다. 하지만, PM10의 경우, 제1 구간 보다는 제2 구간의 불일치에 대해 보정하는 것이 바람직하다.
- [0087] 이하에서, 제어부에서 제1 구간의 PM2.5 측정값을 보정하는 기술 구성을 설명한다.
- [0088] 제어부(500)에서, PM2.5의 제1 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM2.5 로그 추세선 1-1 및 PM2.5 로그 추세선 1-2를 통해 각각 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y)으로 산출될 수 있다(도 7 참조).
- [0089] [PM2.5 로그 추세선 1-1]  $y = 18.06\ln(x) - 40.5$
- [0090] [PM2.5 로그 추세선 1-2]  $y = 18.22\ln(x) - 43.04$
- [0091] 제어부에서는, 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제1 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값을 최종 농도값(y)으로 선택하는 것이 바람직하다.
- [0092] 이하에서, 제어부에서 제2 구간의 PM2.5 측정값을 보정하는 기술 구성을 설명한다.
- [0093] 제어부(500)에서, PM2.5의 제2 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM2.5 선형 추세선 2-1 및 PM2.5 선형 추세선 2-2를 통해 각각 제1 보정농도값(y) 및 제2 보정농도값(y)로 산출될 수 있다(도 7 참조).

- [0094] [PM2.5 선형 추세선 2-1]  $y = 0.24x + 19.76$
- [0095] [PM2.5 선형 추세선 2-2]  $y = 0.23x + 18.87$
- [0096] 제어부에서는, 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제2 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값을 최종 농도값(y)으로 선택하는 것이 바람직하다.
- [0098] 이하에서, 제어부에서 제1 구간의 PM10 측정값을 보정하는 기술 구성을 설명한다.
- [0099] 제어부(500)에서, PM10의 제1 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM10 로그 추세선 1을 통해 최종 농도값(y)으로 산출될 수 있다(도 9 참조).
- [0100] [PM10 로그 추세선 1]  $y = 30.18\ln(x) - 74.4$
- [0102] 이하에서, 제어부에서 제2 구간의 PM2.5 측정값을 보정하는 기술 구성을 설명한다.
- [0103] 제어부(500)에서, PM10의 제2 구간에서의 최초 농도값(x)은 다음의 PM10 선형추세선 2-1 및 PM10 선형 추세선 2-2를 통해 각각 제1 보정농도값(y) 및 제2 보정농도값(y)로 산출될 수 있다(도 9 참조).
- [0104] [PM10 선형추세선 2-1]  $y = 0.64x + 1.53$
- [0105] [PM10 선형추세선 2-2]  $y = 0.63x - 1.11$
- [0106] 제어부에서는, 제1 보정농도값(y)과 제2 보정농도값(y) 중 제2 구간의 기준 측정값과 대비하여 표준편차가 더 적은 값을 최종 농도값(y)으로 선택하는 것이 바람직하다.
- [0108] 이하에서는, 본 발명에 따른 제2 입자군 측정부(400)를 설명하고자 한다.
- [0109] 제2 입자군 측정부(400)는 일측에 구비된 발광소자(411)의 빛이 지나가도록, 발광소자의 후방에 배치되는 평행 광렌즈(412)가 구비된 발광부(410); 일측에 구비된 수광소자(421)로 빛이 집적되도록, 수광소자의 전방에 배치되며, 상기 발광소자(411)에서 발생된 빛의 경로와 평행한 방향으로 배치되는 한쌍의 집광렌즈(422)가 구비된 수광부(420); 및 발광부(410)와 수광부(420) 사이에 구비된 통로 구조로서, 유입구(431)를 통해 측정대상 입자가 유입되고, 입사광과 만난후 유출구(432)를 통해 유출되는 입자유입부(330)를 포함한다(도 5 참조).
- [0110] 본 발명에 따른 상기 한쌍의 집광렌즈(422)에서, 양 집광렌즈의 볼록부(420a)는 마주보도록 배치될 수 있다.
- [0111] 본 발명에 있어서, 집광렌즈(422)의 전방에 광트랩(423)이 배치될 수 있다.
- [0113] 본 명세서에서 설명되는 실시예와 첨부된 도면은 본 발명에 포함되는 기술적 사상의 일부를 예시적으로 설명하는 것에 불과하다. 따라서, 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이므로, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아님은 자명하다. 본 발명의 명세서 및 도면에 포함된 기술적 사상의 범위 내에서 당업자가 용이하게 유추할 수 있는 변형예와 구체적인 실시 예는 모두 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

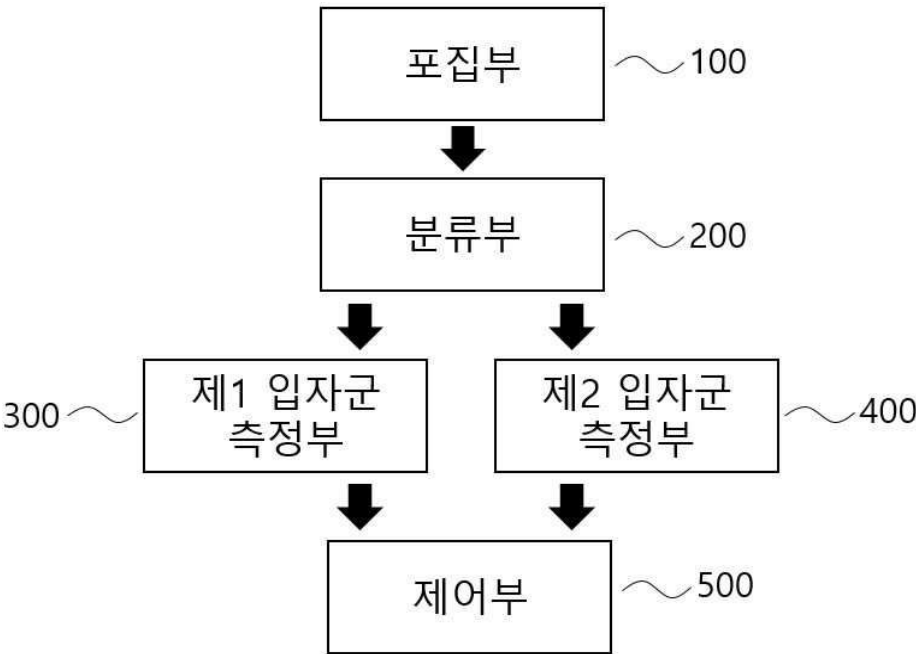
### 부호의 설명

- [0114]
- |                  |                  |
|------------------|------------------|
| 100 : 포집부        | 110a, 110b : 경사면 |
| 120 : 유입부        | 130 : 유출부        |
| 200 : 분류부        |                  |
| 210 : 주 이동경로     | 220 : 부 이동경로     |
| 300 : 제1 입자군 측정부 | 310 : 광학식 센서     |
| 400 : 제2 입자군 측정부 | 410 : 발광부        |
| 411 : 발광소자       | 412 : 평행광렌즈      |
| 420 : 수광부        | 421 : 수광소자       |
| 422 : 집광렌즈       | 423 : 광트랩        |

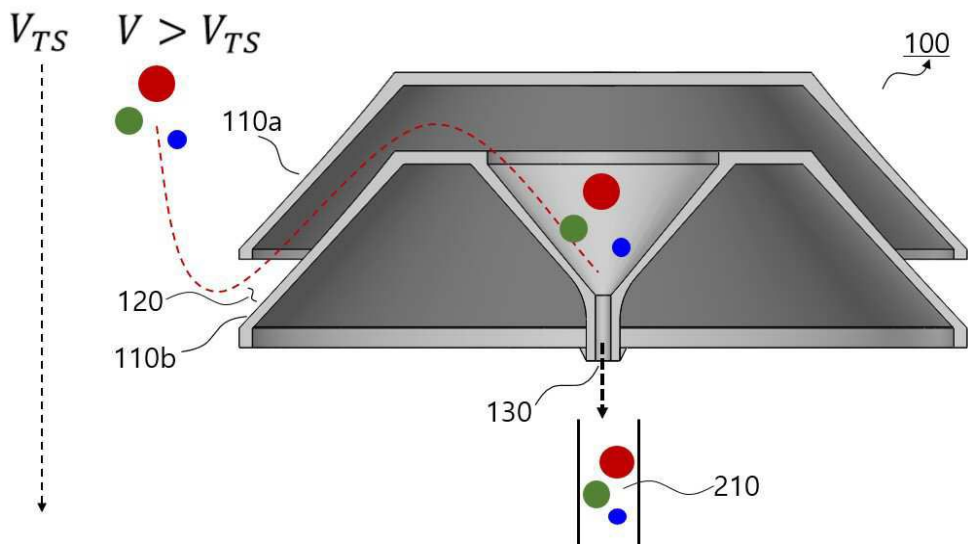
500 : 제어부

도면

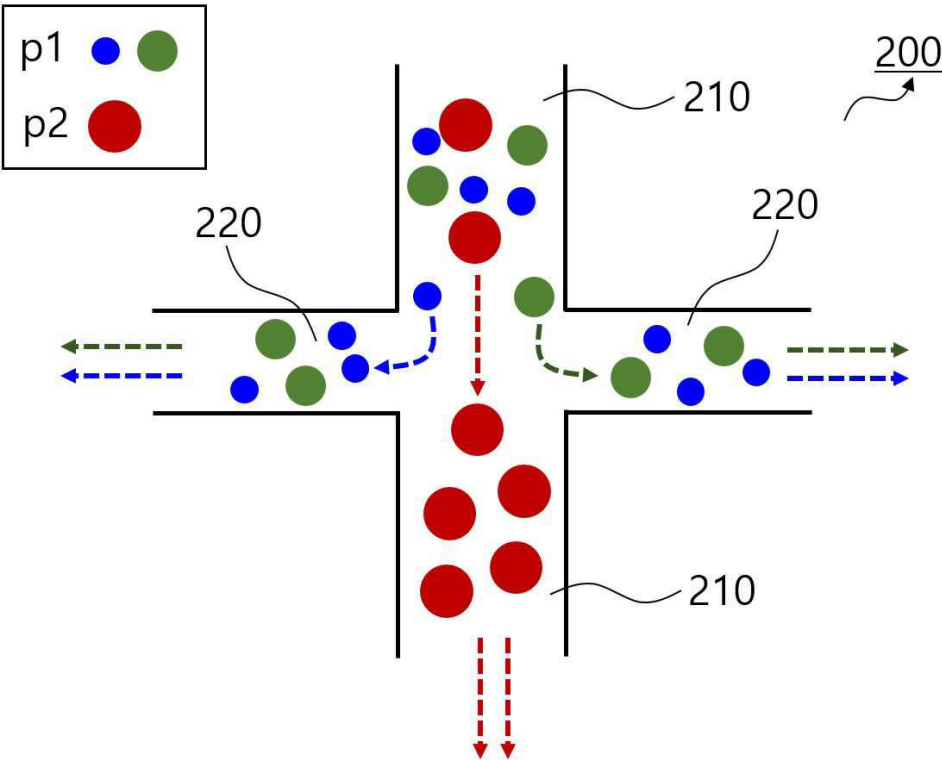
도면1



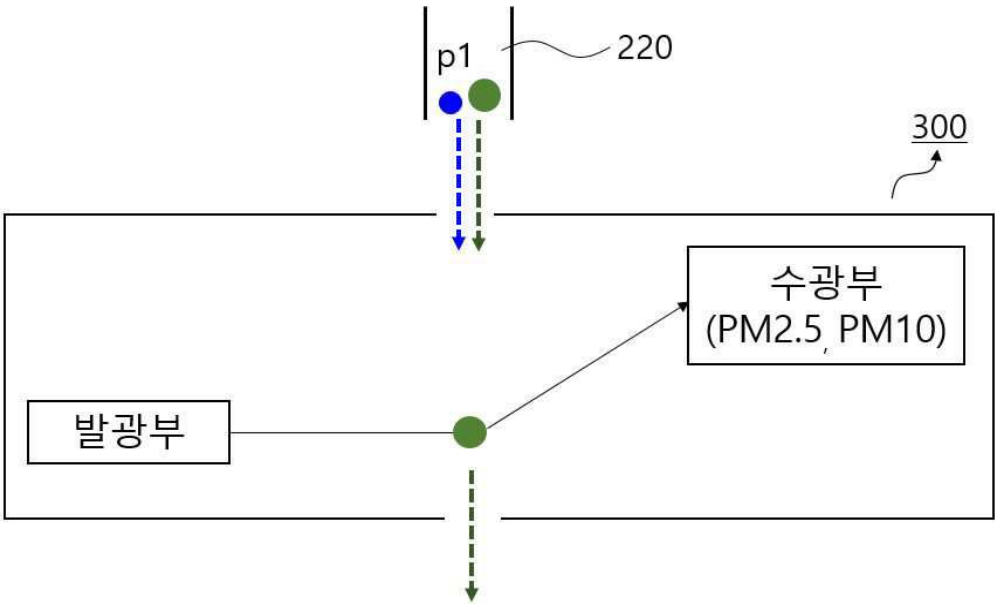
도면2



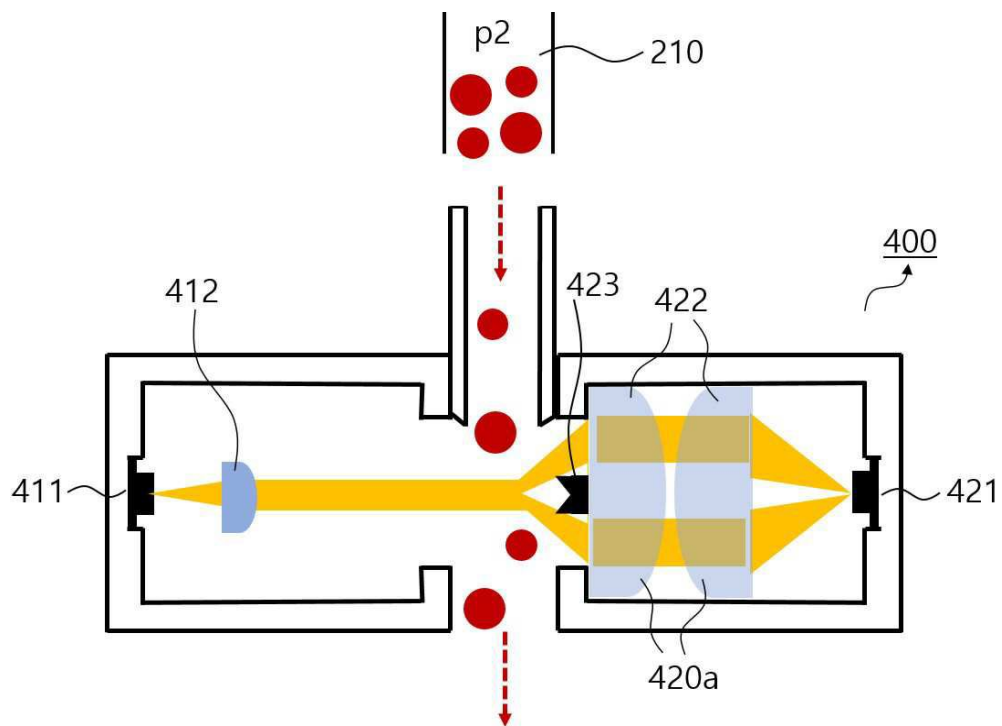
도면3



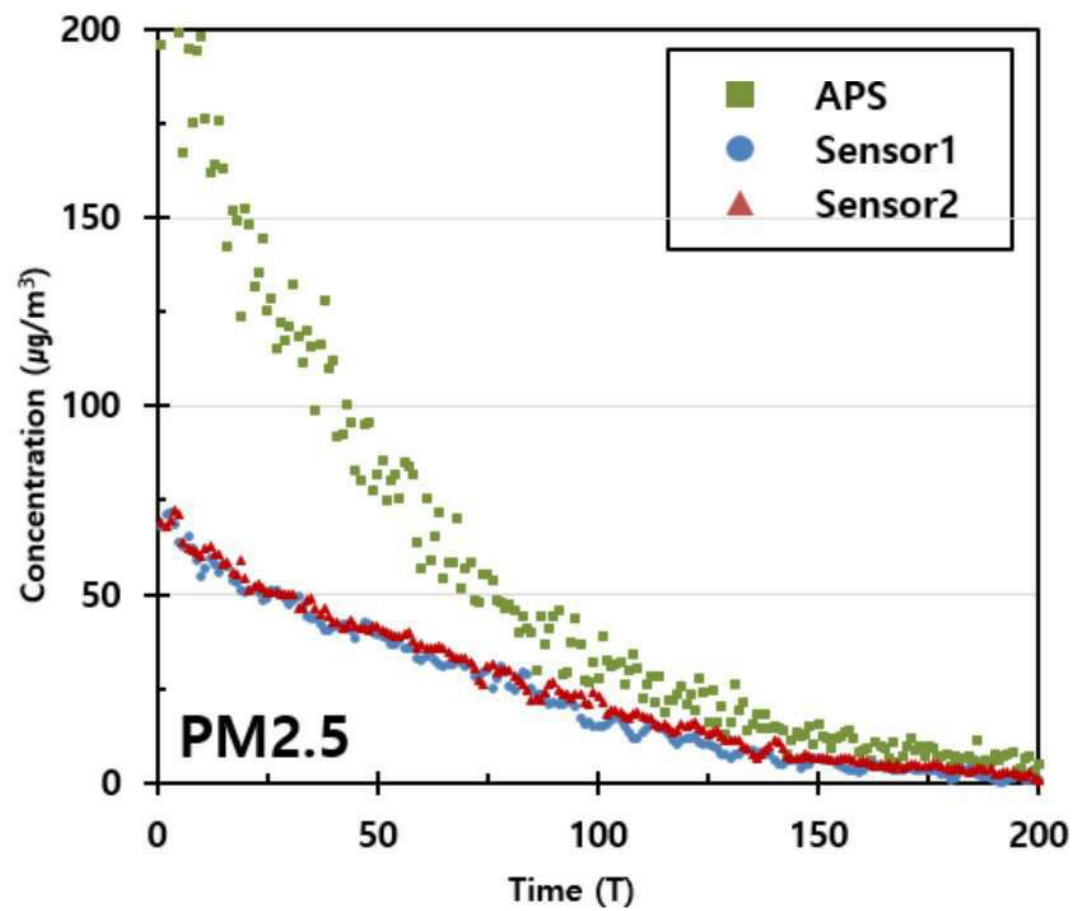
도면4



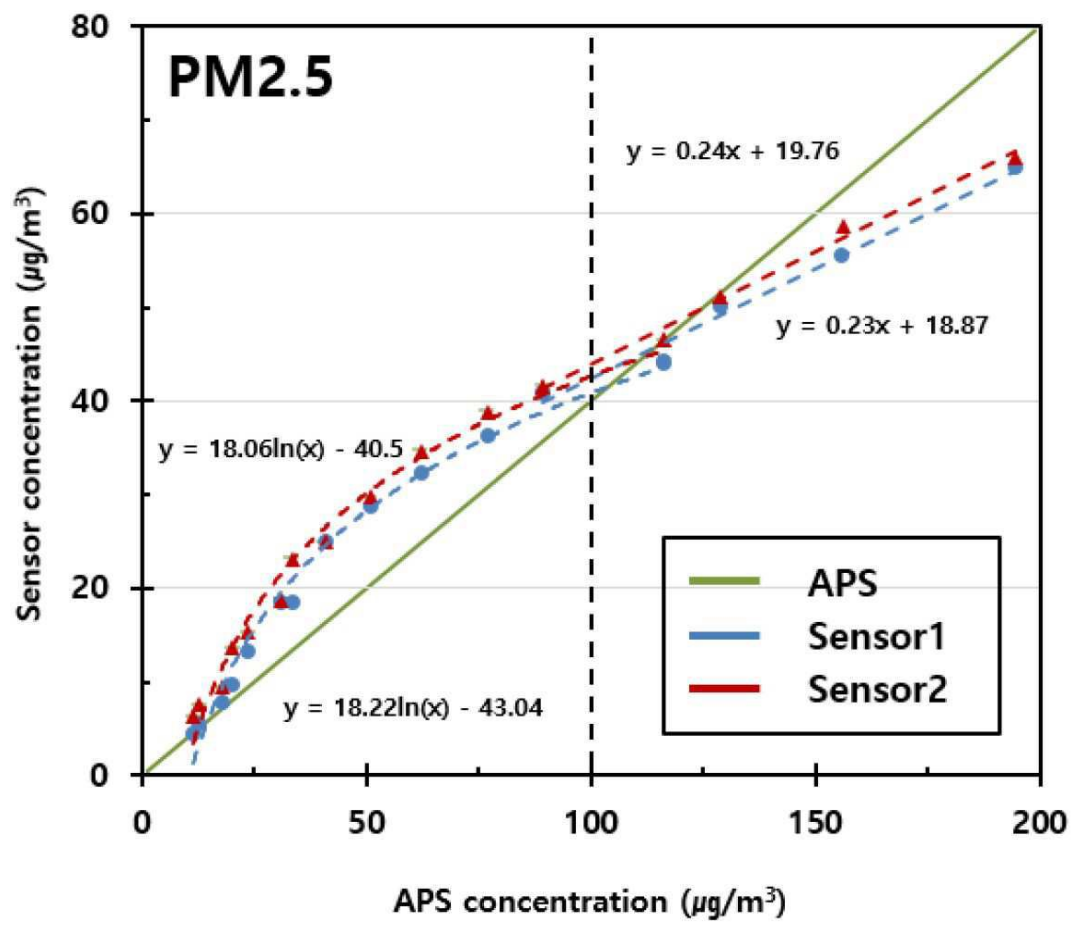
도면5



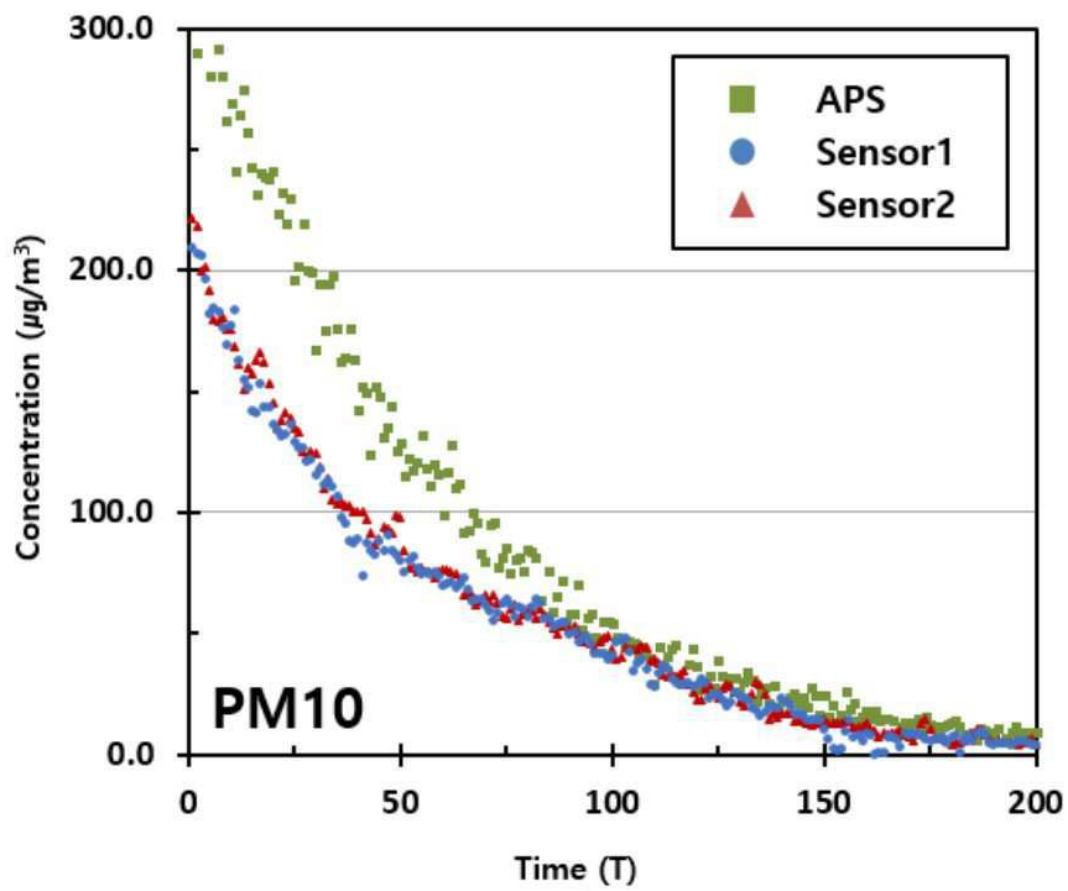
도면6



도면7



도면8





도면9

