Check for updates

Journal of Korean Society for Atmospheric Environment
Vol. 38, No. 1, February 2022, pp. 159-168
https://doi.org/10.5572/KOSAE.2022.38.1.159
p-ISSN 1598-7132, e-ISSN 2383-5346

기술자료

광산란 방식 간이형 미세먼지 센서의 입경 분리능 평가기법 개발

Development of Particle Size Resolution Evaluation Method of OPC-type Low-cost and Mid-to-low cost Dust Sensors

김형래, 강 훈[1)], 박인용[1)], 정진상*
한국표준과학연구원 가스분석표준그룹, [1)]한국표준과학연구원 첨단측정장비연구소

접수일 2021년 11월 22일
수정일 2021년 12월 15일
채택일 2021년 12월 30일

Received 22 November 2021
Revised 15 December 2021
Accepted 30 December 2021

***Corresponding author**
Tel : +82-(0)42-868-5934
E-mail : jsjung@kriss.re.kr

Hyeong Rae Kim, Hoon Kang[1)], In-Yong Park[1)], Jinsang Jung*
Gas Metrology Group, Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS), Daejeon, Republic of Korea
[1)]*Advanced Instrumentation Institute, Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS), Daejeon, Republic of Korea*

Abstract Low-cost dust sensors are widely used because of their advantages in real-time measurement, portability, and low price. Low-cost dust sensor which adopts the OPC (optical particle counting) method converts the intensity of light scattering into an electrical signal to measure the particle size. It provides mass concentration information of dust to consumers through its own algorithm using the measured particle size information. However, most manufacturers do not provide information on the sensor's size segregated mass concentration calculation algorithm, therefore users cannot know whether the sensor accurately measures the particle size or not. In this study, the particle size resolution performance evaluation of four types of low-cost dust sensors and one type of mid-to-low-cost type dust sensor, most commonly used in the market, was performed. Test particles were aerosolized and injected into a chamber and simultaneously measured with low-cost dust sensors and a reference measuring device (aerodynamic particle sizer; APS). The sensor's electrical signals obtained through communication were correlated with the particle sizes measured by APS. As a result, it was confirmed that the four types of the low-cost dust sensors could not segregate the size of particles. Thus, the mass concentrations provided by the four types of the low-cost dust sensors and APS did not match each other. On the other hand, the mid-to-low-cost dust sensor could segregate the size of particles. Therefore, the mass concentrations measured by the mid-to-low-cost dust sensor and the mass concentrations measured by APS were similar to each other. The performance evaluation method that simply compares the mass concentration provided by a standard measuring instrument (beta ray measurement method, gravimetric method) and the mass concentration provided by low-cost dust sensor is not traceable. Therefore, it is important in terms of traceability to evaluate whether the low-cost dust sensors segregate the size of particles by light scattering method.

Key words: Low-cost dust sensor, Optical particle counter (OPC), Particle size resolution, Mass concentration

1. 서 론

미세먼지는 그 크기가 나노미터에서 마이크로미터로 매우 작아 폐포에 침투하여 다양한 질병의 원인이 되므로 세계보건기구(WHO) 산하 국제암연구소(IARC)에서 분류한 1급 발암 물질이다(Hamra *et al.*, 2014). 미세먼지의 위험성 때문에 정부는 2016년에 미세먼지 해결 기술 개발을 9대 국가 전략 프로젝트 중 하나로 선정하였으며 그중 미세먼지 측정이 한 줄기로 자리잡고 있다. 우리나라의 미세먼지 질량농도 측정법은 환경부와 국립환경과학원에서 정한 중량법과 베타선법이며 이들을 활용하여 미세먼지 측정망을 운영 중이다. 중량법은 정확하고 신뢰성이 높지만 24시간 동안 대기중의 미세먼지를 포집하여 무게를 측

정하기 때문에 측정 시간이 길다. 또한 책임자 1인 이상, 연구원 2인 이상으로 구성된 숙련된 측정 전문가 필요하며 항온항습장치, 정밀 저울, 형식승인을 획득한 미세먼지 시료채취기 및 연속자동측정기 등 종합적 시스템이 필요하다. 베타선법은 측정 시간이 1시간으로 짧지만 중량법에 비해 정확도가 낮다(NIER, 2018). 또한 중량법과 베타선법에 사용되는 장비는 가격이 높으므로 설치할 수 있는 측정 장비 수가 제한적이다. 즉, 다양한 곳에서 미세먼지의 농도를 정확히 측정하기에 적합하지 않다.

이해 비해 간이형 미세먼지 센서는 가격이 낮고 실시간(1초~1분)으로 미세먼지를 측정할 수 있어 최근 수요가 증가하여, 이에 따라 다양한 제조사에서 판매를 시작하고 있다. 간이형 미세먼지 센서는 사물인터넷과 연동하여 가정용 공기청정기 내에 탑재되어 보급될 정도로 실생활에서도 널이 사용되고 있다. 간이형 미세먼지 센서는 대부분 광학식 측정 원리를 도입하고 있다. 광학식 미세먼지 측정 방식은 그림 1과 같다. 레이저 다이오드에서 발생된 광원이 미세먼지에 부딪혀 산란되는 빛을 검출부가 측정하여 이것을 전압신호로 바꾼다. 미세먼지의 크기에 따라 빛이 산란되는 정도가 다르므로 검출부에서 측정되는 전압 크기에 따라 미세먼지의 크기를 구분한다. 간이형 미세먼지 센서가 미세먼지의 크기별 개수를 측정 후 부피

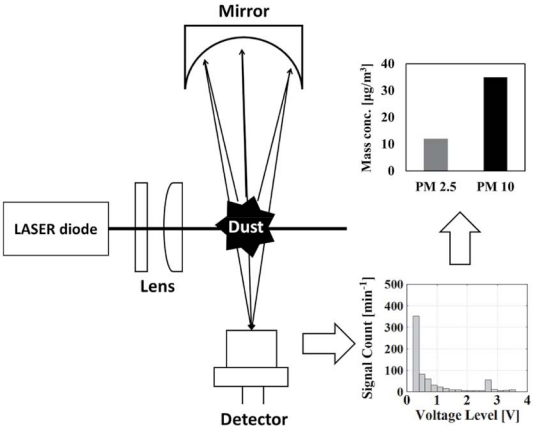

Fig. 1. The conceptual diagram of dust measurement of the low-cost dust sensors.

를 계산하고 밀도를 곱해 질량 농도로 환산하여 사용자에게 농도 정보를 제공한다.

그러나 간이형 미세먼지 센서가 제공하는 질량농도 정보를 계산하는 알고리즘의 원리는 제조사에 의해 거의 제공되지 않기 때문에 이에 대한 기술적 이해가 부족하며 정확한 측정이 이루어지는지도 불분명하다(He *et al.*, 2020; Canu *et al.*, 2018; NIER, 2018). 간이형 미세먼지 센서가 미세먼지의 크기를 구별하지 못한다면 사용자에게 부정확한 질량농도 정보를 제공할 수 밖에 없다. 따라서 간이형 미세먼지 센서가 미세먼지를 크기별로 구분할 수 있는지에 대한 평가가 필요하다. 이를 위해 센서가 전기신호를 입자의 크기로 환산하는 알고리즘을 분석해야 한다. 본 연구에서는 4종의 저가형(5만원 내외) 간이 미세먼지 센서(SM-UART-04L (Amphenol, USA), HPMA115S0 (Honeywell, USA), SN-GCJA5 (Panasonic, Japan), SPS30 (Sensirion, Switzerland))과 1종의 중저가형(50만원 내외) 간이 미세먼지 센서(OPC-N3 (Alphasense, UK))를 선정하여 센서의 미세먼지 입경 구분 성능을 평가했다. 서로 다른 크기의 입자를 챔버에 분사 후 센서에서 측정되는 전압신호와 기준측정기를 통해 측정한 입경 정보와의 상관관계를 확인했다. 또한 간이형 미세먼지 센서의 알고리즘에 따라 소비자에게 제공되는 질량농도 데이터를 기준측정기로 측정한 질량농도와 비교했다.

2. 연구 방법

2.1 분석 대상 간이형 미세먼지 센서

성능평가 대상으로 선정된 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서와 1종의 중저가형 간이 미세먼지 센서는 최근 5년간 미세먼지 측정 관련 문헌에서 가장 많이 사용된 센서(SM-UART-04L (Amphenol, USA), HPMA 115S0 (Honeywell, USA), SN-GCJA5 (Panasonic, Japan), SPS30 (Sensirion, Switzerland), OPC-N3 (Alphasense, UK))이며, 각 센서의 사양은 표 1과 같다.

Table 1. Specifications of low-cost dust sensors.

Model (manufacturer)	SM-UART-04L (Amphenol)	HPMA115S0 (Honeywell)	SN-GCJA5 (Panasonic)	SPS30 (Sensirion)	OPC-N3 (Alphasense)
Photo					
Power supply	5 V (100 mA)	5 V (80 mA)	5 V (100 mA)	5 V (80 mA)	5 V (180 mA)
Data output	UART	UART	UART	UART	SPI
Min. output interval	1 s	1 s	1 s	1 s	1 s
Particle range	0.3~10 μm	0.3~10 μm	0.3~10 μm	0.3~10 μm	0.35~40 μm
Output information	Mass concentration (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10})	Mass concentration ($PM_{2.5}$, PM_{10})	Mass concentration (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}), Particle count (6 size bins)	Mass concentration (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_4, PM_{10}), Number concentration (5 size bins)	Mass concentration (PM_1, $PM_{2.5}$, PM_{10}), Particle count (24 size bins)
Detection range	1~999 μg/m^3	0~1,000 μg/m^3	0~1,000 μg/m^3	0~1,000 μg/m^3	Max. 10,000 particles/s

2.2 실험 방법

2.2.1 테스트 입자의 챔버 내 분사

분석 대상으로 선정된 5종의 간이형 미세먼지 센서의 성능평가를 위해 그림 2와 같이 챔버 시스템을 구성하였다. 간이형 미세먼지 센서 성능평가를 위한 실험에 사용된 테스트 입자는 1.0 μm, 3.0 μm의 폴리스티렌 라텍스(polystyrene latex; PSL, Thermo scientific, USA) 입자와 2.8 μm, 6.7 μm, 7.0 μm, 9.0 μm의 올레산(oleic acid) 입자이다. 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서(SM-UART-04L (Amphenol, USA), HPMA115S0 (Honeywell, USA), SN-GCJA5 (Panasonic, Japan), SPS30 (Sensirion, Switzerland))는 3종의 입자(PSL 1.0 μm, oleic acid 2.8 μm, 6.7 μm)에 대한 입경 구별 성능평가를 수행했다. OPC-N3 (Alphasense, UK)는 4종의 입자(PSL 1.0 μm, 3.0 μm, oleic acid 7.0 μm, 9.0 μm)에 대한 입경 구별 성능평가를 수행했다. 청정공기공급장치(Clean-air supply system)를 활용하여 오염물질이 제거된 깨끗한 공기를 입자발생장치에 공급했다. PSL 입자발생을 위해 자체 제작한 입자발생장치를 사용했다. 탈이온수와 혼합한 액상의 PSL을 주사기에 넣어 주사기 펌프(KDS200, KD Scientific Inc, USA)를 사용해 입자발생기에 공급하면 입자발생장치가 액상의 PSL를 입자화하여 챔버로 주입한다. Oleic acid 입자발생을 위해 Vibrating orifice aerosol generator (3450, TSI Inc., USA)를 사용했다. 준비된 oleic acid 용액을 주사기에 주입 후 용액을 진동자로 흘려주면 진동자에서 발생된 초음파가 용액을 쪼개고, 쪼개진 액적이 희석 공기와 함께 챔버로 주입된다. 챔버에 주입된 모든 종류의 입자의 크기 분포를 확인 및 5종의 간이형 미세먼지 센서와의 비교를 위해 기준 측정기로 공기역학입자측정기(Aerodynamic particle sizer; APS 3321, TSI Inc., USA)로 동시에 측정했다.

2.2.2 간이형 미세먼지 센서의 데이터 취득

분석 대상으로 선정된 간이형 미세먼지 센서는 모두 레이저를 광원으로 사용하며, 팬으로 미세먼지를 센서 내부로 흡입하여 측정한 후 외부로 배출한다. 그

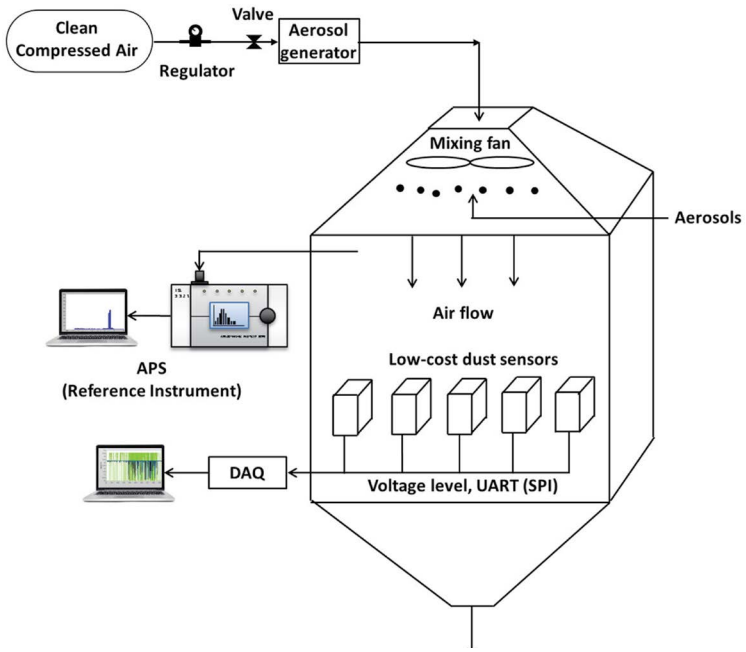

Fig. 2. Schematic diagram of chamber experiment for particle resolution performance evaluation of low-cost dust sensors.

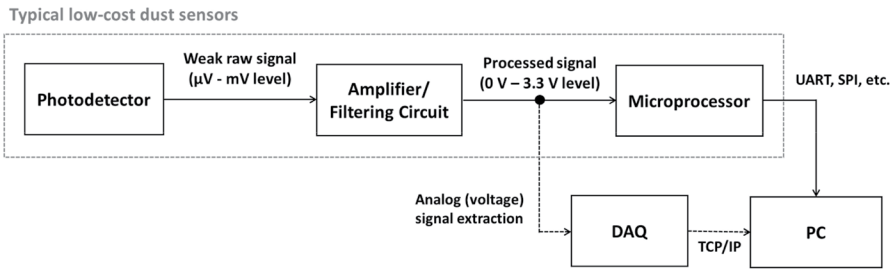

Fig. 3. Electrical signal flow of low-cost dust sensors and data acquisition method.

림 3의 점선 박스는 평가에 사용된 간이형 미세먼지 센서가 사용자에게 데이터를 제공하는 흐름도이다. 내부로 흡입된 미세먼지는 레이저를 통과하면서 빛을 산란시키고, 산란된 빛의 세기는 광검출기(photodetector)를 통해 미약한 전압 신호(μV~mV)로 변환된다. 미약한 전압 신호는 증폭/필터 회로를 거쳐 높은 전압신호(0 V~3.3 V)로 증폭되고, 이를 센서 내부의 마이크로프로세서(microprocessor)로 읽어 자체 계산 알고리즘을 통해 입경별 수농도와 질량농도를 계산한다. 그리고 계산된 결과는 통신(UART or SPI)을 통해 사용자가 취득하여 활용할 수 있다. 각각의 간이형 미세먼지 센서는 수농도와 질량농도 계산을 위한 고유의 알고리즘을 가지고 있다. 하지만, 대부분의 센서 제조사는 계산 알고리즘 정보를 제공하지 않는다.

그림 3의 점선 박스 밖은 미세먼지 센서의 입경 분리능 성능평가를 위한 아날로그 신호 획득 방식의 흐름도이다. 간이형 미세먼지 센서가 사용자에게 제공하는 수농도와 질량농도 정보를 계산하기 위해 사용

되는 미세먼지의 크기별 아날로그(전압) 신호를 취득하기 위해 센서를 분해, 가공, 재조립하여 증폭된 신호를 추출했다. 신호는 DAQ 모듈(data acquisition module, NI cDAQ-9185 and NI 9223)을 통해 50 kS/s의 속도로 수집되어 PC에 저장된다. 또한, 센서로부터 출력되는 입경별 개수와 질량농도는 통신(UART or SPI)을 통해 1초 간격으로 PC에 저장된다. 저장된 데이터는 전압 크기별 신호 개수로 가공했다.

3. 결과 및 고찰

3.1 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서의 성능

그림 4는 3종의 테스트 입자(PSL 1.0 μm, Oleic acid 2.8 μm, 6.7 μm)를 측정한 APS의 입경별 개수 데이터와 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서(SM-UART-04L, HPMA115S0, SN-GCJA5, SPS30)의 전압별 신호 개수 데이터다. APS의 경우, 테스트 입자의 크기에 따른 분포를 명확하게 구분한다. 광산란식 미세먼지 센서의 특징은 전압신호의 크기가 입자의 크기와 비례한다는 것이다(ISO, 2009). 그러나, 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서는 입자의 크기에 따른 특정 전압의 증가를 명확하게 보여주지 않는다. 일부 센서에서는 입자 크기가 증가함에 따라 특정 전압의 신호 개수가 증가하는 현상을 보이지만(SM-UART-04 L는 3.5 V 근처, SN-GCJA5는 3.0 V 근처, SPS30는 3.5 V 근처), APS와 같이 입자의 크기를 명확하지 구분하지 않는다. 오히려, 전체 입자 수에 비례하여 전체 전압 범위에 대한 신호 개수가 동시에 변화하는 것을 관찰할 수 있다.

그림 5는 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서(SM-UART-04L, HPMA115S0, SN-GCJA5, SPS30)로부터 취득한 질량농도 데이터를 기준측정기(APS)를 통해 계산한 질량농도 데이터를 비교한 것이다. SPS30의 PSL 1.0 μm에 대한 질량농도는 통신 오류로 인해 수집하지 못했다. APS를 통해 측정한 입자의 크기별 개수를 부피농도로 환산 후, 밀도 1,000 kg/m^{3}을 곱하여 질량농도로 환산했다. PSL 1 μm의 경우, 저가형 센서들이 측정한 질량농도는 APS가 측정한 질량농도와 유사하다는 것을 확인했다(그림 5(a)). 그러나 oleic acid 2.8 μm와 oleic acid 6.8 μm의 경우, 저가형 센서

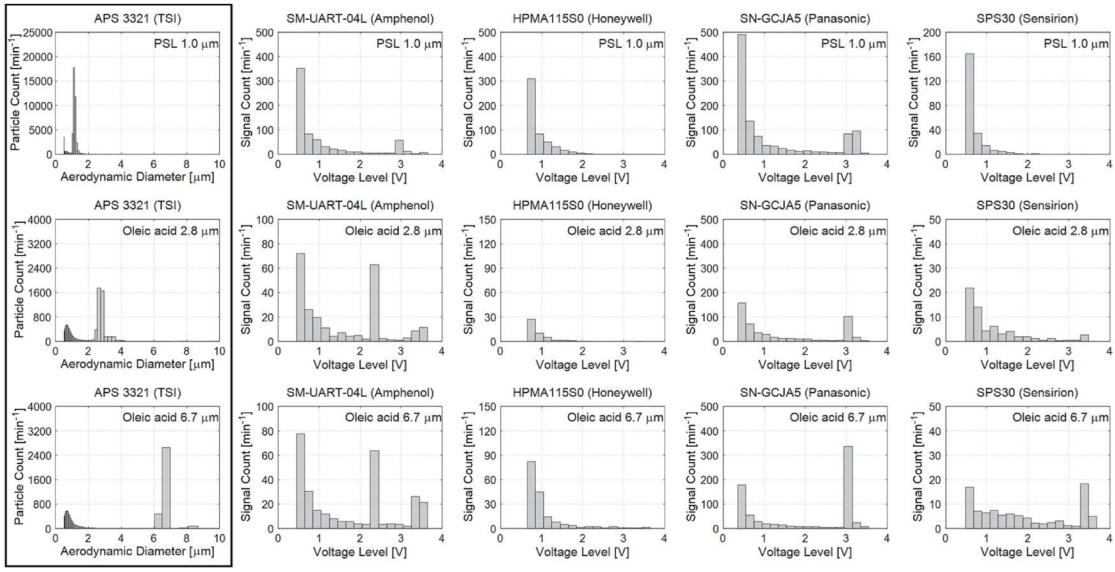

Fig. 4. The particle counts according to aerodynamic diameters (measured by APS) and signal counts according to voltage levels (measured by four types of low-cost dust sensors) for PSL 1.0 μm, oleic acid 2.8 μm, and oleic acid 6.7 μm.

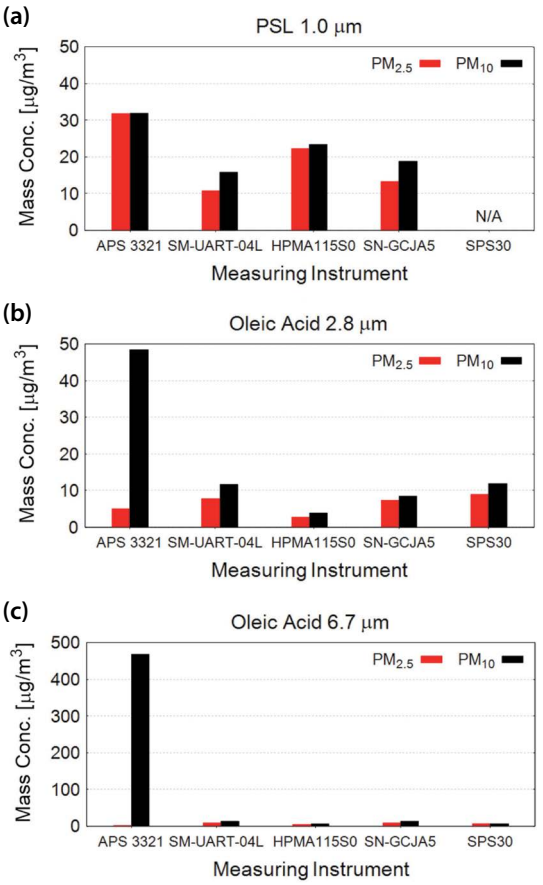

Fig. 5. Mass concentrations measured by APS and 4 types of low-cost dust sensors for (a) PSL 1.0 μm, (b) oleic acid 2.8 μm, and (c) oleic acid 6.7 μm.

들이 측정한 질량농도는 APS가 측정한 질량농도와 차이가 매우 크다는 것을 확인했다(그림 5(b), (c)). 저가형 센서는 큰 입자의 크기를 정확히 측정하지 못하므로 큰 입자에 대한 질량농도가 부정확하다(그림 4).

3.2 중저가형 간이 미세먼지 센서(OPC-N3)의 성능

그림 6은 4종의 테스트 입자(PSL 1.0, 3.0 μm, oleic acid 7.0, 9.0 μm)를 측정한 APS의 공기역학경별 입자 개수(1열), OPC-N3의 전압별 신호 개수(2열), OPC-N3의 광학직경별 개수(3열) 데이터다. APS의 경우, 테스트 입자의 크기를 명확하게 구분하는 것을 확인할 수 있으며, OPC-N3도 테스트 입자의 크기에 따라 특정 전압에서의 수가 증가하는 것을 명확하게 확인할 수 있다. 1.0 μm, 3.0 μm의 PSL 입자는 각각 0.105~0.120 V, 0.450~0.500 V 전압 구간에서 개수가 가장 높게 나타났고, 7.2 μm, 9.0 μm의 Oleic acid 입자는 각각 2.40~2.70 V, 3.30~3.60 V 전압 구간에서 개수가 가장 높게 나타났다. 상대적으로 입자 크기가 작은 경우에는 수 분포가 낮은 전압에 집중되어 있기 때문에 전압의 범위를 좁게 하여 분포를 관찰하였고(그림 6의 확대), 상대적으로 입자 크기가 큰 경우에는 수 분포가 높은 전압에 걸쳐 있기 때문에 전압 범위를 넓게 하여 분포를 관찰하였다(그림 6의 확대). 더불어, 이러한 신호 분포는 광산란 기반 광학적입자계수기(optical particle counter; OPC)의 교정 곡선(calibration curve) 특징과 일치한다. 교정 곡선은 입자 크기와 OPC에서 감지하는 신호 세기와의 관계를 나타내며(Hagan and Kroll, 2020; Czitrovszky, 2013; Wang *et al.*, 2009), 로그-로그 스케일(log-log scale)로 표현되기 때문에 입자가 작을수록 낮은 신호 강도(intensity)에서 좁은 분포로 나타나고 입자가 클수록 높은 신호 강도에서 넓은 분포로 나타나는 특징이 있다. OPC-N3가 측정한 입자의 광학 직경에 따른 개수도 입자의 크기를 구분할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

그림 6의 APS가 측정한 공기역학경(평균)과 OPC-N3가 측정한 전압신호(평균)로부터 상관관계를 구하면 그림 7(a)와 같다. 3.1에서 설명한 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서(SM-UART-04L, HPMA115S0, SN-GCJA5, SPS30)는 입자 크기를 명확하게 구분하지 못하므로 교정 곡선을 얻을 수 없지만, OPC-N3는 입자 크기를 구분할 수 있으므로 그림 7(a)와 같은 교정 곡선을 얻을 수 있다. 그림 6의 APS가 측정한 공기역학경(평균)과 OPC-N3가 측정한 광학경(평균)으로부터 상관관계를 구하면 그림 7(b)와 같다. 비록 OPC-N3가 측정한 입자 크기가 APS로부터 얻은 공기역학적 직경보다 약간 크지만, 거의 같으며 높은 상관관계를 가진다는 것을 알 수 있다.

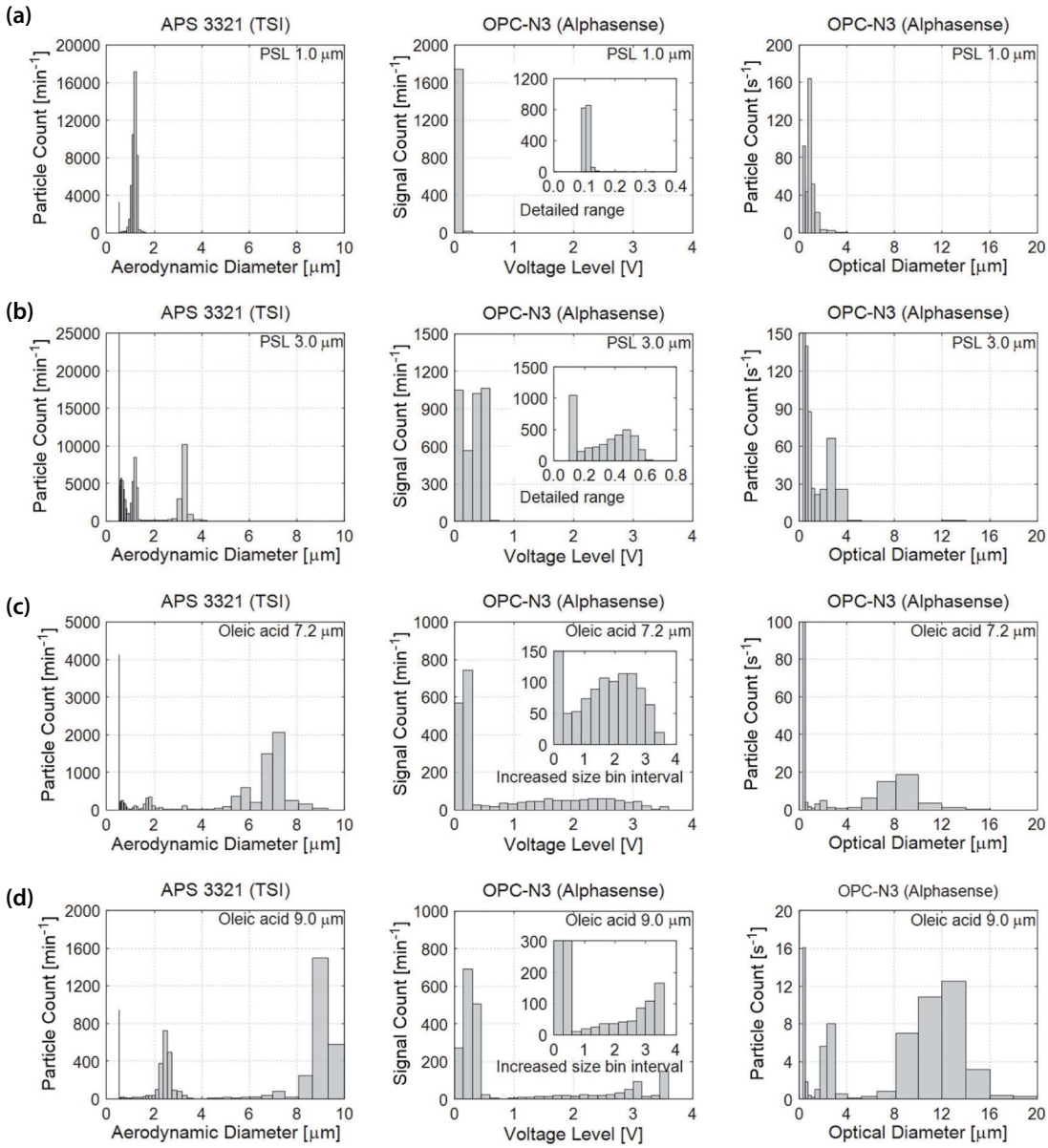

Fig. 6. The particle counts according to aerodynamic diameters (measured by APS) and according to voltage levels (measured by OPC-N3) for (a) PSL 1.0 μm, (b) PSL 3.0 μm, (c) oleic acid 7.2 μm, and (d) oleic acid 9.0 μm.

4종의 저가형 간이 미세먼지 센서는 입자를 크기별로 분류할 수 없지만 OPC-N3는 가능한 이유를 관련 특허로부터 유추할 수 있다(Kaye and Hirst, 2015). 관련 특허의 핵심 내용은 그림 8을 통해 설명할 수 있다. 그림 8은 저가형 간이 미세먼지 센서와 OPC-N3의 광검출 특성 모식도이다. 간이형 미세먼지 센서의 레이저로부터 방출되는 광원의 강도는 가우시안 분포(Gaussian distribution)로 나타난다(그림 8). 서로 다른 크기의 입자는 광원의 강도가 낮은 곳을 지나가면 산란되는 빛의 세기는 입자의 크기에 상관없이 모두

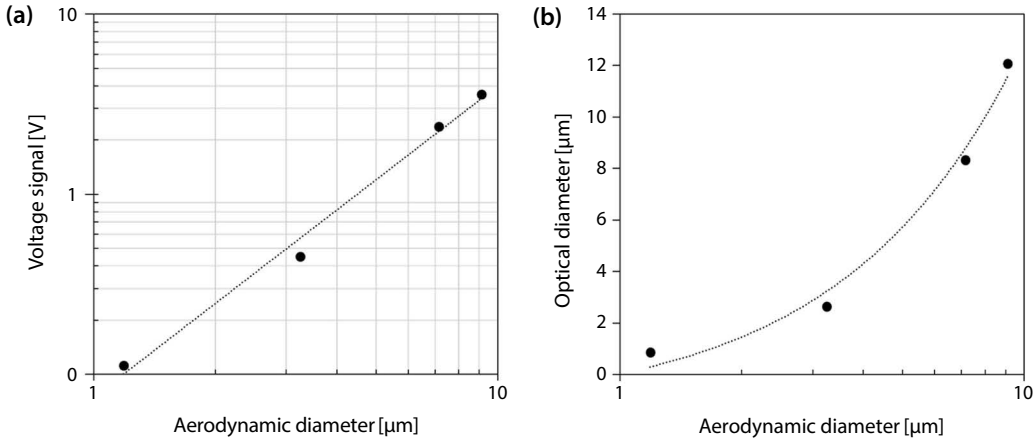

Fig. 7. Correlation between the aerodynamic diameters (obtained by APS) (a) and voltage signals and (b) optical diameter (obtained by OPC-N3).

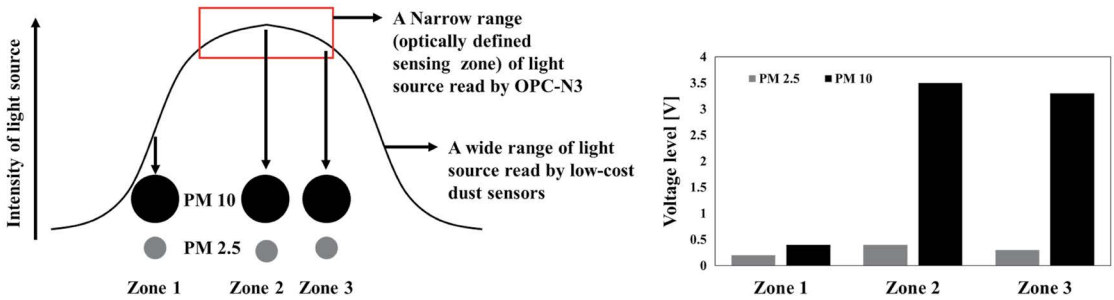

Fig. 8. Schematic of optical detection characteristics of low-cost dust sensors and OPC-N3.

감소한다. 그러나 입자가 광원의 강도가 높은 곳을 지나가면 산란되는 빛의 세기는 입자의 크기에 상관없이 모두 증가한다. 예를 들면 PM 10이 Zone 1 (광원의 강도가 낮은 구역)을 통과할 때의 광산란 신호와 Zone 2 (광원의 강도가 높은 구역)를 통과하는 PM 2.5의 광산란 신호는 유사하다 (그림 8). 따라서 광원의 강도가 일정하지 않고 넓은 가우시안 분포를 그대로 사용한다면 입자의 크기를 구별해 낼 수 없다. 본 연구에서 사용된 저가형 간이 미세먼지 센서는 모두 광원의 강도가 가우시안 분포를 그대로 사용하므로 입자의 크기를 구별할 수 없다. 그러나 OPC-N3는 저가형 간이 미세먼지 센서의 단점을 보완했다. OPC-N3는 광원의 강도가 비교적 일정한 제한된 영역 (optically defined sensing zone)을 통과한 입자만 개수하는 방식을 사용하므로 입자의 크기 구분이 가능하다 (Kaye and Hirst, 2015). 따라서 광원의 강도가 비교적 유사한 Zone 2와 Zone 3을 지나는 입자는 크기에 따라 산란되는 빛의 세기가 명확히 차이가 나므로 입자의 크기를 구분할 수 있다 (그림 8).

그림 9는 챔버 내에 분사한 서로 다른 입자의 크기별 개수를 APS와 OPC-N3가 측정 후 그 값을 질량농도로 환산하여 나타낸 것이다. OPC-N3가 측정한 질량농도는 APS가 측정한 질량농도와 정확히 일치하지는 않지만 높은 유사성을 보였다 (그림 9(a)~(d)). OPC-N3는 입자의 크기를 구분하므로 질량농도가 비교적 정확하다 (그림 6, 7(a)).

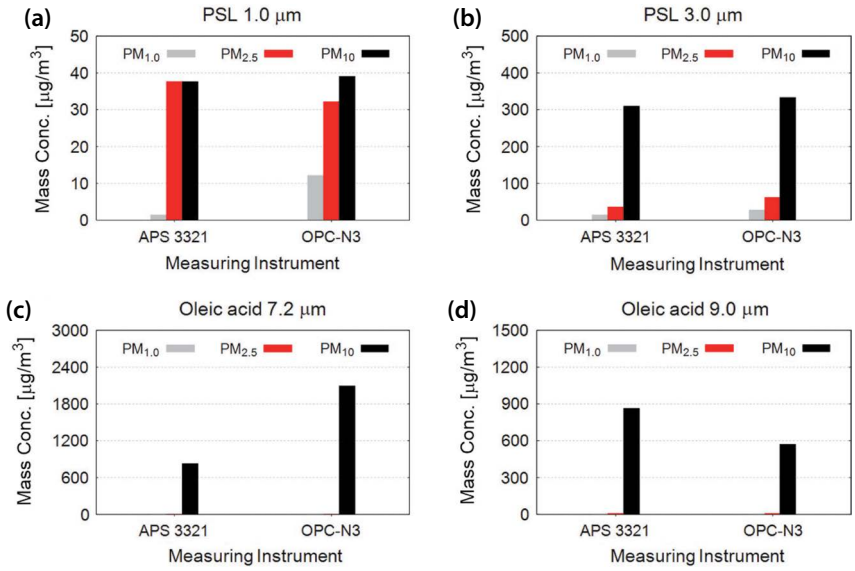

Fig. 9. Mass concentrations measured by APS and OPC-N3 according to the sizes of the test particles.

4. 결 론

기술적 이해가 부족한 상태에서 활용되고 있는 간이형 미세먼지 센서의 입경 분리 성능을 확인했다. 이를 위해 최근 5년간 미세먼지 측정 관련 문헌에서 가장 많이 사용된 센서 5종(Amphenol SM-UART-04L, Honeywell HPMA115S0, Panasonic SN-GCJA5, Sensirion SPS30, Alphasense OPC-N3)을 성능평가 대상으로 선정했다. 테스트 입자를 크기별로 챔버 내에 발생시켜 센서의 입자 크기 구분 여부를 전압 신호별 개수로 파악하고 기준 측정기(APS)와 비교했다. 또한 센서가 사용자에게 제공하는 질량농도 데이터를 기준측정기를 통해 측정 후 환산한 질량농도와 비교했다.

전압신호 분석 결과, 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서(SM-UART-04L, HPMA115S0, SN-GCJA5, SPS30)는 입자 크기에 따른 전압신호 분포 경향이 관찰되지 않았으며, 입자의 개수에 비례하여 전체 전압신호 분포가 변화하는 것을 확인했다. 또한 4종의 저가형 간이 미세먼지 센서로부터 획득한 질량농도 정보는 입자의 크기에 따라 기준측정기가 측정한 질량농도와 일치하지 않는 것으로 나타났다. 이것은 저가형 간이 미세먼지 센서 4종의 측정방식으로 입자의 크기를 구분할 수 없기 때문이다. 반면, OPC-N3는 입자 크기에 따른 전압신호 분포 변화가 명확하게 관찰되었고, 이를 바탕으로 전압신호 레벨에 따른 입자 크기의 상관관계(교정 곡선)를 얻을 수 있었다. 더불어 OPC-N3로부터 획득한 질량농도는 기준측정기가 측정한 질량농도와 유사한 경향을 나타내는 것을 확인했다. 이것은 OPC-N3가 입자의 크기를 구분할 수 있기 때문이다. OPC-N3가 입자의 크기를 구분할 수 있는 이유는 정규분포를 따르는 광원의 강도 중 좁은 범위으로부터 산란된 빛만 측정(optically defined sensing zone)하기 때문이라는 것을 관련 특허로부터 유추할 수 있다.

현재 우리나라 미세먼지 간이측정기의 성능평가는 환경부에서 성능인증제도로 운영하고 있다. 그러나 성능인증제도는 기준 측정기(중량법과 베타선흡수법)와 간이측정기의 질량농도만 비교할 뿐 간이측정기의 입자 크기 구분 성능을 평가하지 않고 있다. 따라서 제한된 실험 환경에서는 간이측정기와 기준측정

기가 각각 측정한 질량농도가 어느정도 일치하더라도 실제 대기 환경에서 간이측정기가 측정한 질량농도의 정확성 여부는 장담할 수 없다. 따라서 간이측정기가 광산란 방식으로 입자의 크기 구분 여부를 파악하는 것이 소급성 측면에서 중요하다. 따라서 본 연구에서 제안한 입자 크기별 전압신호 확인을 통해 간이형 미세먼지 센서의 입자 크기 구분 성능을 평가해야 한다.

감사의 글

이 연구는 한국표준과학연구원 기관고유사업인 “2차 생성 질소산화물 측정표준확립 (21011085)”의 연구비 지원을 받아 수행되었습니다.

References

Canu, M., Galvis, B., Morales, R., Ramírez, O., Madelin, M. (2018) Understanding the Shinyei PPD24NS low-cost dust sensor, 2018 IEEE International Conference on Environmental Engineering, 1-10. https://doi.org/10.1109/EE1.2018.8385268

Czitrovszky, A. (2013) Environmental applications of solid-state lasers, in Handbook of Solid-State Lasers, Woodhead Publishing, Cambridge, 616-646. https://doi.org/10.1533/9780857097507.2.616

Hagan, D.H., Kroll, J.H. (2020) Assessing the Accuracy of Low-cost Optical Particle Sensors Using a Physics-based Approach, Atmospheric Measurement Techniques, 13(11), 6343-6355. https://doi.org/10.5194/amt-13-6343-2020

Hamra, G.B., Guha, N., Cohen, A., Laden, F., Raaschou-Nielsen, O., Samet, J.M., Vineis, P., Forastier, F., Saldiva, P., Yorifuji, T., Loomis, D. (2014) Outdoor particulate matter exposure and lung cancer: a systematic review and meta-analysis, Environmental Health Perspectives, 122(9). https://doi.org/10.1289/ehp/1408092

He, M., Kuerbanjiang, N., Dhaniyala, S. (2020) Performance Characteristics of the Low-cost Plantower PMS Optical Sensor, Aerosol Science and Technology, 54(2), 232-241. https://doi.org/10.1080/02786826.2019.1696015

International Organization for Standardization (ISO) (2009). Determination of particle size distribution: Single particle light interaction methods, part 1: Light scattering aerosol spectrometer. https://www.iso.org/standard/42728.html (accessed on Oct. 22, 2021).

Kaye, P.H., Hirst, E. (2015) Second Generation Low-cost Particle Counter. https://patentimages.storage.googleapis.com/b8/cd/cc/7d4193fb3444e5/US9116121.pdf (accessed on Oct. 22, 2021).

National Institute of Environmental Research (NIER) (2018) Guide book for low cost air sensor (PM-2.5). https://ecolibrary.me.go.kr/nier/#/search/detail/5668661 (accessed on Nov. 04, 2021).

Wang, X., Chancellor, G., Evenstad, J., Farnsworth, J.E., Hase, A., Olson, G.M., Sreenath, A., Agarwal, J.K. (2009) A Novel Optical Instrument for Estimating Size Segregated Aerosol Mass Concentration in Real Time, Aerosol Science and Technology, 43(9), 939-950. https://doi.org/10.1080/02786820903045141

Authors Information

김형래 (한국표준과학연구원 가스분석표준그룹 선임연구원)
(hrkim@kriss.re.kr)

강훈 (한국표준과학연구원 첨단측정장비연구소 선임기술원)
(hkang@kriss.re.kr)

박인용 (한국표준과학연구원 첨단측정장비연구소 책임연구원)
(inyong.park@kriss.re.kr)

정진상 (한국표준과학연구원 가스분석표준그룹 책임연구원)
(jsjung@kriss.re.kr)