

常時監視測定機の精度管理について (10)

—PM_{2.5} 自動測定機について—

石井克巳 豊田雄一郎

1 調査目的

大気環境常時監視測定局（以下「測定局」という。）に PM_{2.5} 自動測定機（以下「PM_{2.5} 計」という。）を設置して PM_{2.5} の常時監視が全国で行われているが、マイナス値の出現や並行稼働している SPM 自動測定機（以下「SPM 計」という。）の測定値よりも濃度が高くなる逆転現象（SPM < PM_{2.5}）等、測定精度に関する問題事象がしばしば観測される。このため、PM_{2.5} 計の精度、特に 1 時間値の振れ幅等の精度を検討する一つの手段として、これまで光散乱式の粒子計数器を用いた調査¹⁻⁹⁾を行ってきた。2024 年度は、SPM < PM_{2.5} となる率が高い測定局を対象に、同手法を用いた調査を実施したので、その結果を報告する。

2 調査方法

2・1 測定装置

光散乱式の粒子計数器は、既報¹⁻⁹⁾と同様、表 1 に仕様を示した携帯型の TSI 社製 DustTrak II 8530（以下「DustTrak」という。）を使用した。吸引部に装着された PM_{2.5} の分級器を通して大気を採取し散乱光強度を測定する。計測は 55 分測定 + 5 分インターバルで 1 時間値データを取得した。

散乱光強度から質量濃度へと換算する際の基準濃度として、PTFE ろ紙に PM_{2.5} を採取して行う標準測定法（日平均値）と DustTrak の並行測定も実施した。また、2 台の DustTrak を同時に使用するにあたって、機器間の差異を確認するための並行測定を行った。

2・2 散乱光強度から質量濃度への換算

DustTrak には、散乱光強度から質量濃度への換算式がプリセットされており、換算に際してはフォトメトリック値（1 次式の係数）を測定対象の大気に合わせて適宜変更する。本手法では、標準測定法による PM_{2.5} 濃度が DustTrak の測定値から換算した質量濃度（DustTrak 換算濃度）の基準となるように、DustTrak と標準測定法の日平均値の散布図から近似直線の傾きを求め、フォトメトリック値を変更して DustTrak 換算濃度を算出し、質量濃度として取り扱った。

2・3 大気採取位置

大気採取位置の概要を図 1 に示す。既報⁶⁻⁹⁾と同様に、既設 PM_{2.5} 計と差異のない試料を採取するため、既設 PM_{2.5} 計と隣接した位置に、既設 PM_{2.5} 計と同様の形状の導入口を上部に取り付けた筐体内に DustTrak を設置し、大気試料を採取した (①)。一方、SPM 計は測定局舎内の集合採気分配管を通して試料を採取しているため、集合

表 1 DustTrak II 8530 の仕様

項目	摘要
光学方式	90°散乱光
粒径範囲	0.1~10 μm
粒子濃度範囲	0.001~400 mg/m ³
定格流量	1.4~3.0 L
測定データ	60,000
重量	1.55 kg (バッテリー含まず)

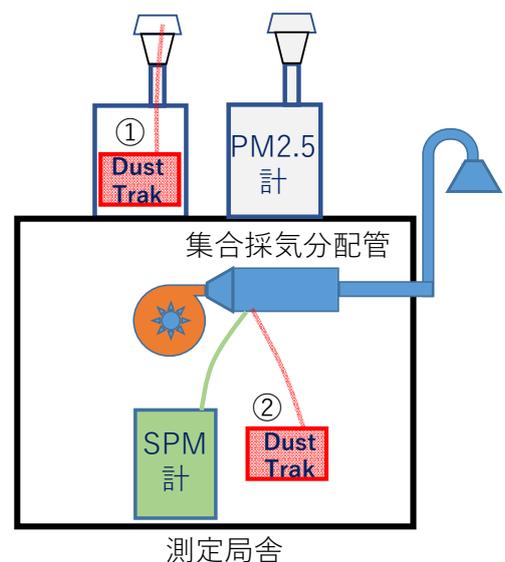


図 1 大気採取位置の概要

採気分配管への粒子の沈着が発生し、SPM 計の測定値に影響を与える可能性が考えられる。そのため、集合採気分配管においても DustTrak による測定を行った (②)。

2・4 調査地点及び期間

調査対象は、SPM 計及び PM_{2.5} 計の両方が設置されている千葉県所管の測定局のうち、2022 年度及び 2023 年度の 1 時間値の比較で SPM < PM_{2.5} となった率が最も高かった測定局 D とした。調査期間は、四季の中で SPM < PM_{2.5} の比率が最も高い傾向が見られた冬季とし、2023 年 1 月 28 日から 2 月 17 日に実施した。

3 結果

3・1 DustTrak と標準測定法の日平均値

DustTrak (フォトメトリック値 = 1) と標準測定法の日平均値の散布図は、図 2 に示したように良好な直線関係が得られた。なお、今回の標準測定法と DustTrak の並行測定は、調査地点である測定局 D とは異なる地点で実施した。測定地点が異なる場合、同時期の測定で PM_{2.5} 濃度に差異がなくても、近似直線の傾きに差異が生じることがある⁹⁾。測定局 D における調査期間中の DustTrak と PM_{2.5} 計の日平均値の散布図における近似直線の傾きを確認したところ、大きな差は見られず、1 時間値の評価に影響はないと考えられた。そのため、図 2 から得られた近似直線の傾き 0.346 をフォトメトリック値として使用し、DustTrak 換算濃度を算出した。

また、2 台の DustTrak の機差については、同一の採取点で並行測定を行い確認した。両機の測定値の一致性は良好であったため、機差補正は行わず、測定値をそのまま使用した。

3・2 DustTrak と PM_{2.5} 計の比較 (1 時間値の推移)

DustTrak と PM_{2.5} 計の 1 時間値の推移を図 3 に示した。既報⁸⁾では PM_{2.5} が高濃度の期間に PM_{2.5} 計よりも DustTrak の方が高め傾向があると報告されており、今回の調査でも 2 月 2 日から 4 日にかけて PM_{2.5} 濃度が比較的高い期間に同様の傾向が見られた。一方、2 月 13 日の短時間の高濃度ピークについては、強風のため隣接する学校のグラウンドから飛来した砂塵の影響を受けたと

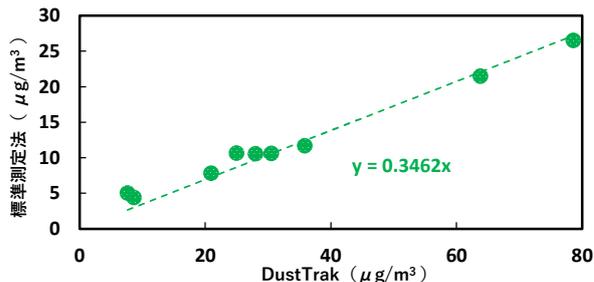


図 2 DustTrak と標準測定法の日平均値

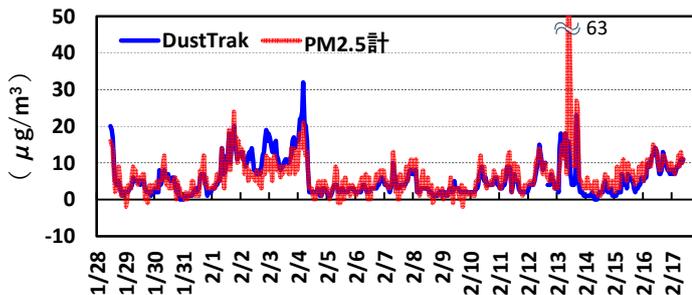


図 3 DustTrak と PM_{2.5} 計の 1 時間値の推移

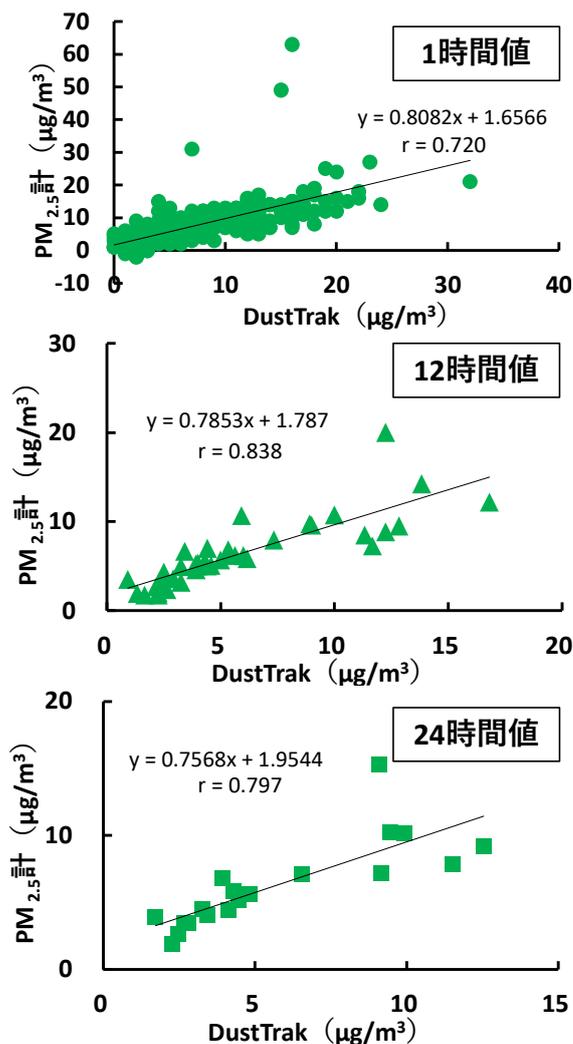


図 4 DustTrak と PM_{2.5} 計の散布図 (1 時間値、12 時間値、24 時間値)

考えられるが、PM_{2.5}計の方が高い値を示した。上記のケースを除けば、全体的には概ね一致しており、PM_{2.5}計の1時間値に大きな振れ幅はなく、安定していたと推察された。

3・3 DustTrak と PM_{2.5}計の比較（散布図）

DustTrak と PM_{2.5}計の1時間値、12時間値及び24時間値の散布図を図4に示した。近似直線は、正のy切片が生じて傾きは0.75~0.81と1よりも小さくなる傾向が見られた。この傾向は、PM_{2.5}計が安定している場合の既報^{8,9)}と同様だが、相関係数はやや小さめであった。なお、図3で示したように、2月13日の短時間の高濃度時に DustTrak と PM_{2.5}計の間で乖離が見られたため、特に乖離が大きかった3時間分（10~12時）のデータを除外すると相関係数は既報^{8,9)}と同程度になった。その際の近似直線の傾きは、PM_{2.5}計の高濃度データが除外された影響を受けて小さくなり、0.70~0.76となった。

3・4 PM_{2.5}計と SPM計の比較（1時間値の推移）

調査期間中の PM_{2.5}計及び SPM計の1時間値の推移を図5に示した。なお、3・3でも触れた DustTrak と PM_{2.5}計の乖離が大きかった2月13日10~12時のデータについては、SPM濃度も突出して高かった（87~324 μg/m³）ため、本節ではこの時間帯を除外して取り扱った。

SPM計は1時間値の振れ幅が PM_{2.5}計に比べて大きく、下方に振れている時間では SPM < PM_{2.5} となりやすいため、SPM < PM_{2.5} となっている時間数が半分近くに達していた。期間中の平均濃度は、PM_{2.5} が 6.1 μg/m³、SPM が 6.8 μg/m³、PM_{2.5}/SPM が 0.90 であった。平均濃度が 10 μg/m³ よりもかなり低い状態であり、PM_{2.5}/SPM は概ね 0.6~0.8 としている文献値¹⁰⁾と比較すると、PM_{2.5} の比率が高い状態であった。

SPM計は試料採取時に集合採気分配管への粒子の沈着が発生し、測定値が低下する可能性も考えられるため、集合採気分配管においても DustTrak による測定を行った（図1中の②）。測定局舎上での測定（図1中の①）と合わせて1時間値の推移を図6に示した。両測定値にほとんど差は見られず、本調査においては集合採気分配管における粒子沈着の影響はなかったと考えられる。

SPM < PM_{2.5} となる現象について、本調査の結果からは、PM_{2.5}計の1時間値は安定していたと考えられることから、SPM計の状態の影響が強いと推察された。状況としては、粒子濃度が低く、PM_{2.5}/SPM が高く、SPM計の1時間値の振れ幅が大きい時に生じる傾向が見られた。

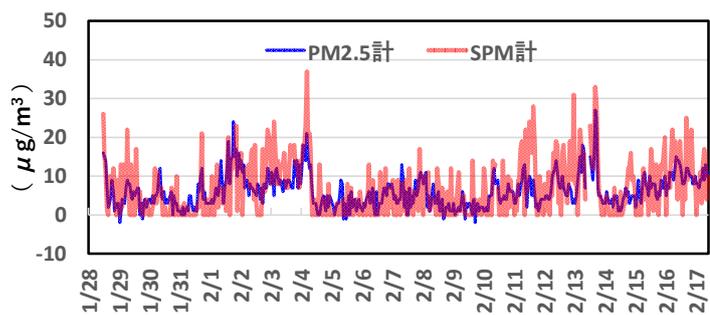


図5 PM_{2.5}計と SPM計の1時間値の推移

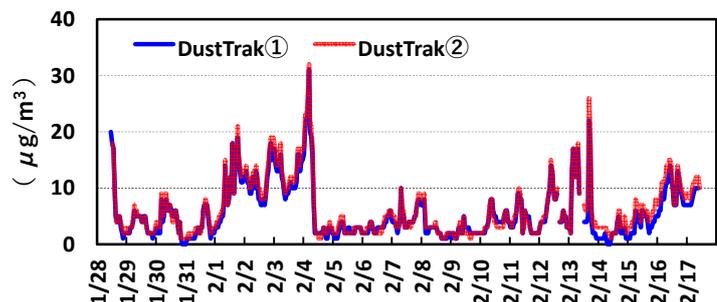


図6 2箇所の大気採取位置における DustTrak の1時間値の推移

引用文献

- 1) 内藤季和, 渡邊剛久: 常時監視測定機の精度管理について. 千葉県環境研究センター年報第 15 号 (平成 27 年度), (2016).
- 2) 内藤季和, 渡邊剛久: 常時監視測定機の精度管理について (2). 千葉県環境研究センター年報第 16 号 (平成 28 年度), (2017).
- 3) 内藤季和, 渡邊剛久: 常時監視測定機の精度管理について (3). 千葉県環境研究センター年報第 17 号 (平成 29 年度), (2018).
- 4) 内藤季和, 渡邊剛久: 常時監視測定機の精度管理について (4). 千葉県環境研究センター年報第 18 号 (平成 30 年度), (2019).
- 5) 内藤季和, 石原健, 石井克巳: 常時監視測定機の精度管理について (5). 千葉県環境研究センター年報第 19 号 (令和元年度), (2020).
- 6) 石井克巳, 石原健: 常時監視測定機の精度管理について (6). 千葉県環境研究センター年報第 20 号 (令和 2 年度), 29-32, (2021).
- 7) 石井克巳, 石原健: 常時監視測定機の精度管理について (7). 千葉県環境研究センター年報第 21 号 (令和 3 年度), 30-33, (2022).
- 8) 石井克巳, 豊田雄一郎: 常時監視測定機の精度管理について (8). 千葉県環境研究センター年報第 22 号 (令和 4 年度), 58-61, (2023).
- 9) 石井克巳, 豊田雄一郎: 常時監視測定機の精度管理について (9). 千葉県環境研究センター年報第 23 号 (令和 5 年度), 51-54, (2024).
- 10) 大気汚染に係る粒子状物質による長期曝露調査検討会: 大気汚染に係る粒子状物質による長期曝露影響調査報告書, (2009).