

多点観測型 SPM 捕集用パッシブサンプラーの開発に関する研究

環境システムコース 地球環境工学分野

36643 佐々木 由佳

1. 背景

SPM は主に自動車の排ガスや化石燃料の燃焼によって生じる微小粒子である。現在では気管支疾患や肺がんなどの原因となることが指摘されており、健康影響が懸念されている。しかし我が国の SPM 環境基準達成率は低く、SPM 排出源となる沿道での SPM 対策が急務となっている。より効果的な SPM 対策を構築するためには SPM 汚染の現状を把握する必要があるが、現在国設の大気環境監視測定局による常時観測が行われているものの、測定局が区や市内に 1~2 箇所しかないという地域も多く、測定局データのみを観測地域の代表値とするのは不適當である。また SPM の拡散は排出源や土地利用状況、気象などの影響を受けて粒子拡散状況が異なるため、地域ごとの対策を講じる必要がある。

対策の考案のためには SPM の主要排出源となる沿道を中心に、広域的な大気汚染状況を把握することが第一であり、その有効な手法として大気汚染分布図の作成がある。現在一般的な SPM 測定にはアクティブサンプリング法が用いられているが、大気汚染分布図の作成には同時多点観測が必要となるため、安価で設置場所を限定しないパッシブサンプリング法が有効であると言える。

2. 目的と研究の流れ

ガス状物質を対象としたパッシブサンプラーの開発は多く報告されているものの、SPM 捕集用パッシブサンプラーの報告はほとんど無い。そこで本研究では、大気汚染分布図を作成するための同時多点観測に用いる SPM 捕集用パッシブサンプラーの開発を行うことを目的とした。同時多点観測を行うためには①設置場所を特定しない、②作成・設置などの取り扱いが容易、③安価であることが必要となり、この条件を満たす最適なサンプラーの開発を行った。

研究の流れとしてパッシブサンプラーの設置方法および作成法を検討し、パッシブサンプラーの開発を行った。またサンプラーの性能評価として捕集量の評価を、また化学分析による捕集物質の質的評価を行い、開発したサンプラーを用いて同時多点観測を行った。

3. 多点同時観測型 SPM 捕集用パッシブサンプラーの開発

斉藤ら (2003) が捕集材として用いていたマイクロ繊維シート (花王・クイックルワイパー®) を使用した。設置場所を限定しないということを考慮して設置方法を検討した結果、図 1 のようなハンガー式サンプラーが最も捕集効率がいいと考えた。この設置方法で、円筒型・灯籠型・アクリルの枠組み・正方形のアクリル板の 4 種類の形状のサンプラーを作成し、捕集を行った。この結果、正方形のアクリル板を用いたサンプラーの捕集効率が最も良かった。(図 2)

また実験結果から捕集効率とサンプラー作成の簡便さという点から、正方形 (10×10cm) にカッティングしたアクリル板の四隅に、両面テープでマイクロ繊維シートを接着させて作成し、パッシブサンプラーとして用いることとした。

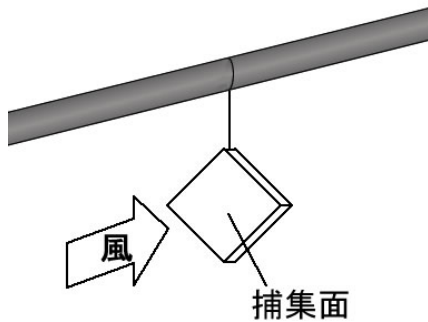


図1. サンプラーの設置方法

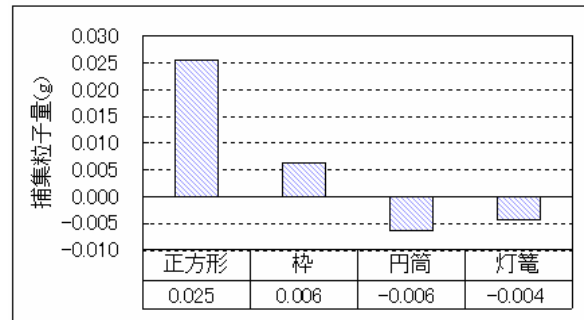


図2. サンプラー形状の違いによる捕集量の比較

4. パッシブサンプラーの性能評価

4.1. パッシブサンプラーの捕集性能評価

開発したパッシブサンプラーが沿道における大気環境を正確にモニタリングできるかを検討するため、アクティブサンプラーの捕集量との比較を行った。アクティブサンプラーとしてアンダーセン型ロープレッシャーインパクター（東京ダイレック・LP-20、吸引流量 22.6 L/min）を用いて7日間の捕集を行った。両サンプラーによる捕集粒子量の相関関係を図3に示す。相関係数は 0.6036 であり比較的高い相関を有している。捕集対象がエアサンプラーでは SPM、パッシブサンプラーでは全粒子状物質であることを考慮すると、高い相関係数が認められたと言える。このことから、ハンガー型パッシブサンプラーで捕集される粒子状物質は捕集期間内における大気中の環境状況を反映しており、簡易的な大気モニタリングサンプラーとして妥当であることが確認できた。また、本駒込にある一般慣用大気測定局と大塚に設置されている自動車排気ガス測定局で捕集を行った結果、両者の相関係数は 0.9327 と高く、アクティブサンプラーとの相関係数より高い係数となった（図4）。より信頼性の高いデータである自排局および一般局のデータと比較して高い相関関係を有していることから、改良したパッシブサンプラーは SPM をよく捕集していると言える。

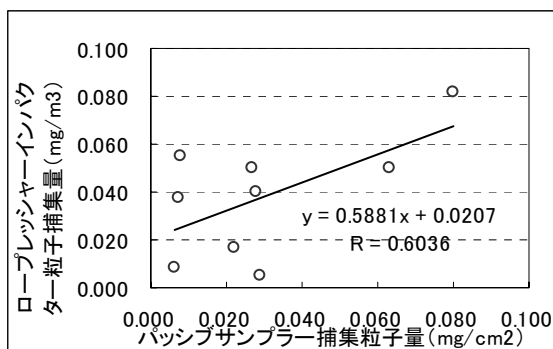


図3. アクティブサンプラーとパッシブサンプラーの粒子捕集量の関係

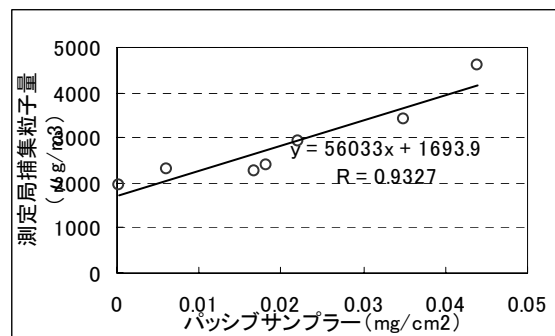


図4. 測定局とパッシブサンプラーの粒子捕集量の比較

4.2. 捕集粒子の化学分析

4.2.1. 抽出方法の検討

パッシブサンプラーで捕集した粒子が、アクティブサンプラーで捕集した粒子と同一のものを捕集しているかを検討するために化学分析を行うことにした。対象物質としては、一般行政機関がCMB法を行う際に用いている金属元素である Al、Mn、Pb、V とフィルターのバックグラウンド値として Ti の分析を行うこととした。

酸分解法は SPM の抽出方法として一般的に用いられている手法であるが、分解時間がかかる（長い場合は1ヶ月）上、手順が多いため汚染の機会が増すという欠点がある。本研究では酸分解の前処理として行われる水抽出（超音波抽出）について検討を行ったが、捕集粒子の1割程度の抽出率という結果であった。

そこで本研究ではより簡便に抽出が行える方法として用いられているマイクロウェーブ抽出を試みた。マイクロウェーブ抽出法は、マイクロ波が直接試料に当たることにより、高速でかつ均一に加熱処理を行うことができる。一度に多くの試料が処理可能で、操作が容易であり、抽出手順や用いる酸の量が少ないことから、コンタミネーションの減少が図れるという特徴を有する。しかし、エアロゾル粒子の抽出例は非常に少ないため、抽出溶媒量や試料量、抽出時間、抽出温度といった抽出条件を検討する必要があった。検討を重ねた結果、図5に示す手順にて試料作成を行うこととし、マイクロウェーブ装置（MCS950, PROLABO）での抽出条件は表1のようになった。

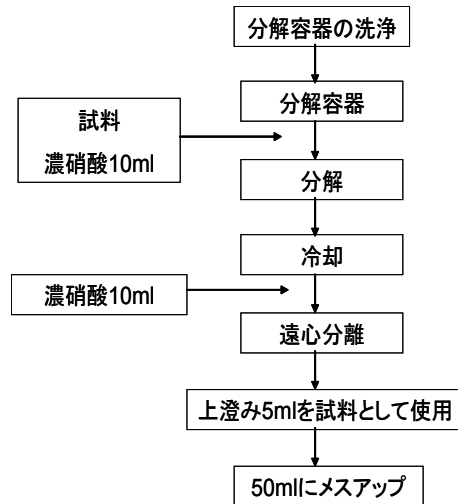


図5. 試料作成手順

表1. 加熱条件設定

ステップ	加熱パワー	制限温度	設定加熱時間	最大加熱時間
1	40%	100°C	2分15秒	5分
2	50%	140°C	2分15秒	5分
3	60%	160°C	2分15秒	5分
4	60%	180°C	2分15秒	5分
5	60%	190°C	14分	20分

4.2.2. 金属元素分析

マイクロウェーブ抽出法を用いてマイクロ繊維シートから粒子を抽出し、ICP-AESを用いて金属元素分析を行った。その結果、各粒径とパッシブサンプラーの捕集粒子の間に特異的な成分の相関や特徴が見られなかったことから（図6）、パッシブサンプラーがある粒径の粒子だけを選択的に捕集することなく、平均的に捕集していることが示唆された。さらにアクティブサンプラーの捕集粒子とパッシブサンプラーの捕集粒子が同一の粒子を捕集しているかを確認するため、アクティブサンプラーによる全捕集粒子とパッシブサンプ

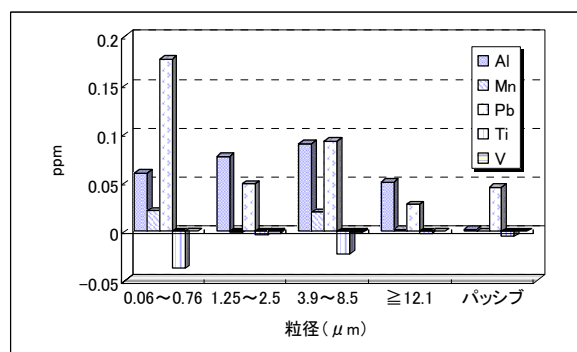


図6. 金属元素分析結果

ラーによる捕集粒子の各成分比を算出した結果、Mn/Al が近い値を示した。このことから、アクティブサンプリング法による捕集粒子とパッシブサンプラーの捕集粒子は金属成分比から見ても同一の起源の粒子を捕集していることが推測された。また、今回の成分分析は分析対象元素数が少なかったため CMB 法を用いて粒子の発生源を特定するにいたらなかった。今後は、測定対象元素を多くし、さらに成分分析試料数を多くすることにより発生源解析を行えると考えられる。

5. 同時多点観測への適用

本研究で開発した SPM 捕集用パッシブサンプラーについて捕集粒子量および捕集粒子の成分分析を行った結果、簡易指標として用いる場合には有効であることが示された。この結果を受け、本研究では実際に山梨県甲府市の東西 2 km、南北 6 km の範囲、96 地点の SPM 観測を行った。3 月、6 月、11 月の 3 回の観測を行い、3 月および 11 月は 14 日間、6 月は 7 日間の測定を行った。3 月の結果は良好であったものの、6 月と 11 月

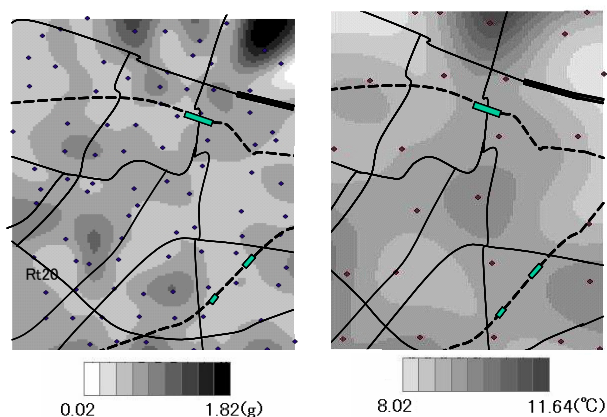


図7. 3月の SPM 観測および温度分布図

の結果ではパッシブサンプラーの捕集量が負になるものが多数あった。6 月の観測では 96 箇所中 11 箇所で捕集量が負になり、11 月の観測では 96 箇所のうち 85 箇所で粒子捕集量がマイナスとなってしまった。このように捕集量がマイナスになった原因としてはフィルターの損失が考えられる。11 月の観測に用いたサンプラーは肉眼で確認できるほど黒くなっていたにも関わらず捕集量が負となっていた。こうしたサンプラーはマイクロ繊維シートの四辺が損失していたという共通点があった。また 3 月・6 月と比較して風が強い日が多く、平均風速も大きかった。このことから、設置したサンプラーが周囲の壁や枝などに衝突し、捕集材の損失を招き、結果として捕集量が負になったと推察される。図 7 には 3 月の結果を元に作成した汚染分布図を示す。この結果から甲府の SPM 分布には①沿道から離れた地点での SPM 量が多い、②高速道路などの高架道路で生じた SPM が遠方へ拡散している、③緑地での SPM 量が多いという特徴が見られた。

6. まとめと今後の課題

本研究で開発したハンガー式多点同時観測用 SPM 捕集パッシブサンプラーは、簡易測定を行う場合には有効であることが示された。しかし捕集材に用いたマイクロ繊維シートの強度に若干の問題があり、これを補強するようなサンプラーの検討を行う必要がある。また、成分分析としてマイクロウェーブ抽出法を用いた分析方法を提案したが、発生源解析までいたらなかった。今後は抽出率を向上させ捕集粒子の金属元素分析を行い、捕集粒子の発生源特定を行う必要があると考える。

参考文献

斉藤貢・大塚尚寛 (2003):マイクロ繊維シートを用いた多点での簡易大気モニタリング法,大気環境学会誌,38 (3), 162-171.