

## PIXE による大気汚染監視システムの開発

松山成男、杉原諭、石井慶造、松山成男、山崎浩道、加藤浩介、佐藤隆博、  
ツェンダワーアマルタイバン、田中晃、小森裕嗣、  
中村栄一<sup>\*1</sup>、佐藤信俊<sup>\*1</sup>、織原彦之丞<sup>\*2</sup>、ニッ川章二<sup>\*3</sup>、世良耕一郎<sup>\*4</sup>

東北大学大学院工学研究科量子エネルギー工学専攻  
980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 01

\*1 東北大学サイクロترونラジオアイソトープセンター  
980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 01

\*2 宮城県保健環境センター  
983-0836 宮城県仙台市宮城野区幸町 4-7-2

\*3 日本アイソトープ協会  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村字留ヶ森 348-58

\*4 岩手医大サイクロترونセンター  
020-0173 岩手県岩手郡滝沢村字留ヶ森 348-58

### 1. 緒言

大気エアロゾル中の元素濃度は発生源に関する多大な情報を持っているため<sup>1),2),3)</sup>、エアロゾル中の元素を分析することにより発生源の特定も可能である。我々はこれまでに、一地点で長期にわたってサンプリングを行い、その試料の PIXE 分析を行い、時系列の元素濃度の変化を調べた。さらに、サンプリング点での風向等のデータと元素濃度の変化をあわせて解析し、その結果、エアロゾル中の各元素の濃度は人間活動にともなって大きく変化するとともに、風向に強く依存しており、汚染源の特定の可能性があることがわかった<sup>4)</sup>。しかしながら、エアロゾルの輸送は、その地点での風向だけでは定まらず、周囲の地形に大きく依存する。そのため一点でなく、多地点での長期的にわたる時間分解能の高いサンプリングを行い、エアロゾル中の元素濃度や風向等のデータを合わせて解析することで汚染発生源の特定ができると考えられる。

このような大気汚染監視システムを実現するには、多地点に設置するのに適した低コストの簡単でコンパクトな小型大気浮遊塵収集器（ミニサンプラー）を開発する必要がある。これまでに、吸入口径の小口径化によるサンプラーの小型化を進めてきており、吸入口径を 2mm としても収集される元素の絶対量や、一様性に問題が生じないことが分かった。

そこで、本研究ではこれをもとに、コンパクトなミニステップサンプラーを開発し、実際に室内環境汚染のモニタリングに応用し、有効性を実証した。

## 2. ミニステップサンプラーの開発

吸入口径を小型化し、大気汚染監視に適した低コストで装置全体をコンパクト化したミニステップサンプラーの開発を行った。Fig. 1 にミニステップサンプラーの構成図を示す。サンプラーの動作は、一定時間サンプリングを行った後にポンプを停止し、吸入口を移動後、再びサンプリングを行うもので、端に到着後自動的に停止する。吸入口を移動は、小型のリバーシブルモーター（マブチ社製、RC-260）を用いて行い、移動距離はモータを回す時間を変化させることにより行う。吸入口の移動、移動時のポンプの停止、サンプリングの制御等は、プログラマブルコントローラー（Omron 社製、CPM2C）を用いている。プログラマブルコントローラーは、プログラム内蔵方式でシーケンス制御を行うことができるものであり、プログラムを変更することにより、サンプリング時間や、吸入口の移動距離などを自由に設定することができる。真空ポンプはULVAC 社製の DA-5D を用いた。軽量化を図った結果、これまでエアロゾルのサンプリングに用いていた市販のステップサンプラー（グリーンブルー社製、KE101）に比べ約 1/5 の重量（6kg）となり、移動の自由度が大幅に向上した。Fig. 2 にサンプリングユニット、制御部、マスフローメータ、真空ポンプを示す。

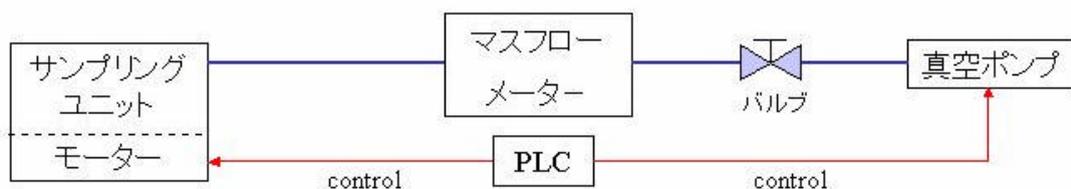


Fig. 1 ミニサンプラー構成図

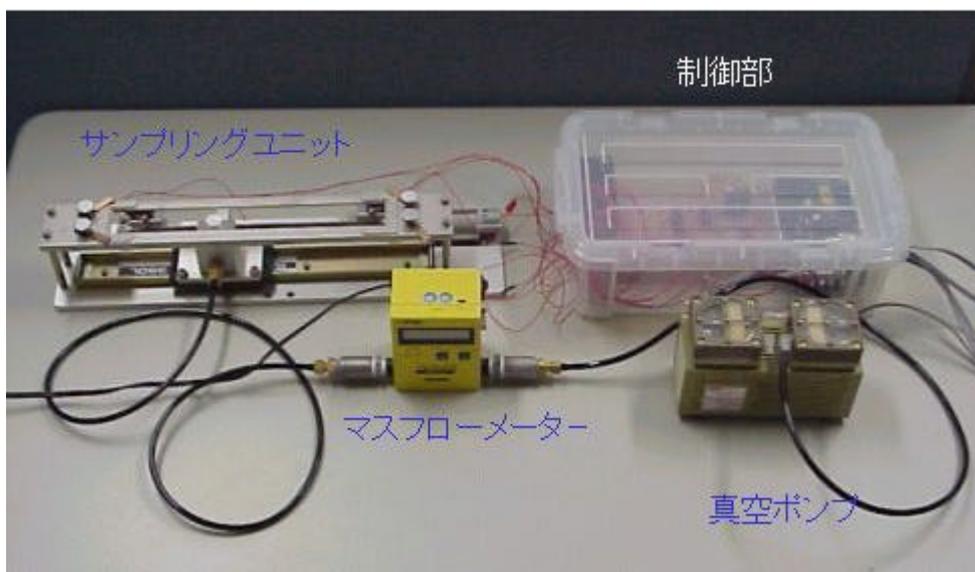


Fig. 2 ミニサンプラー

### 3. 室内環境モニタリングへの応用

ミニステップサンプラーを室内環境モニタリングに応用した。我々の研究室のある研究棟の 2F で、研究室内の 2 ヶ所と研究室外の 1 ヶ所でサンプリングを行った。サンプリング箇所を Fig.3 に示す。研究棟内は外履きのままで入れるが、研究室では入り口で室内履きに履き替えている。サンプリング地点 1(Lab1)は研究室の書庫がある場所で入り口から遠く、窓の開閉、人の出入りも比較的少ない場所である。サンプリング地点 2(Lab2)は入り口の近くで、靴の履き替えを行うところである。研究室に入室する人間が必ず通る地点である。サンプリング地点 3 は交流スペース(Hall)であり、不特定多数の人間が出入りできる。また、2F の研究室共有のコピー機がある。サンプリングの期間は、2002/1/11 (金)~1/15 (火) で、サンプリング時間は 3 時間とした。この時期は大学院の終了に近い時期であり、研究室の活動がもっとも活発な時期である。

サンプリングした試料を、東北大学のダイナミトロン実験室、垂直ビーム型大気 PIXE 分析装置を用いて分析した<sup>5),6)</sup>。ビーム径は 1.5mm でエネルギーは 3 MeV とした。Ca、Fe、Zn、Pb、Ti、Ni、Cu、の 7 元素が検出された。Ca、Fe、Zn の時系列データをそれぞれ Fig. 4 から Fig. 6 に示す。またサンプリング地点ごとの平均値、最大値、最小値を併せて示す。

元素の濃度は、昼に高く夜に低い傾向が見られる。Ca と Fe の相関は交流スペースで非常に高い。平日の元素濃度は休日の数倍の値を示しており、特に交流スペースと、実験室入り口で顕著である。

Ca と Fe については、土壌中に多く含まれる元素であることから、靴などに付着した土などの人間の移動に伴う舞い上がりの成分と考えられることから、平日の元素濃度の増加は人間の活動に伴う舞い上がり成分の増加に対応するものと考えられる。

交流スペースでの元素濃度は、研究室の中での値よりも常に数倍高く、研究室の中でも入り口に近い場所が奥の図書スペースでの値よりも高い値を示している。我々の研究室では入り口で靴を履き替えているためことにより、土壌成分の持ち込みが低く抑えられているのではないかと考えられる。入り口付近の元素濃度が、図書スペースよりも高いのは、ドアの開閉による影響や、図書スペースより入り口のほうが人の動きが頻繁であるということが原因と考えられる。休日では研究室内 2 地点ともでの元素濃度はほぼ同じ値を示しているが、これは人の出入りや移動が少ないことに対応していると考えられる。これらのことから、室内エアロゾルは、人の動きに影響に大きく依存しており、靴の履き替えによる室外からのエアロゾルの持ち込みが最小に抑える効果が高いことを示している。

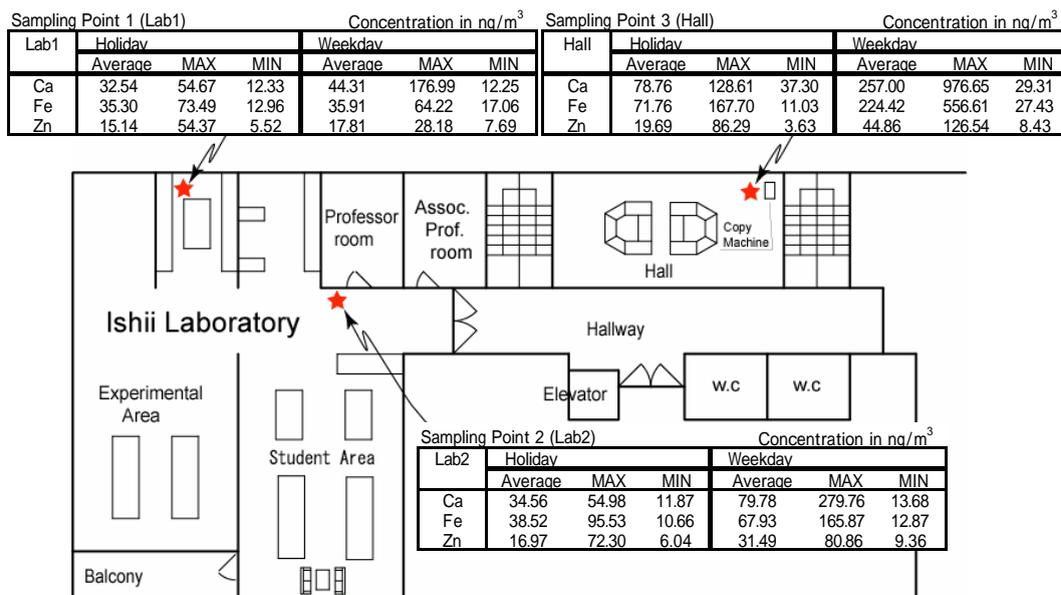


Fig. 3 屋内でのサンプリング地点

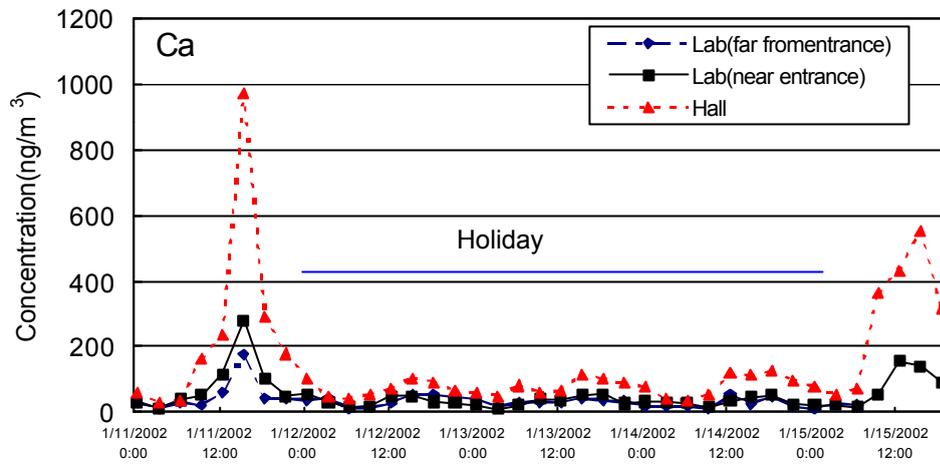


Fig. 4 Caの時系列データ

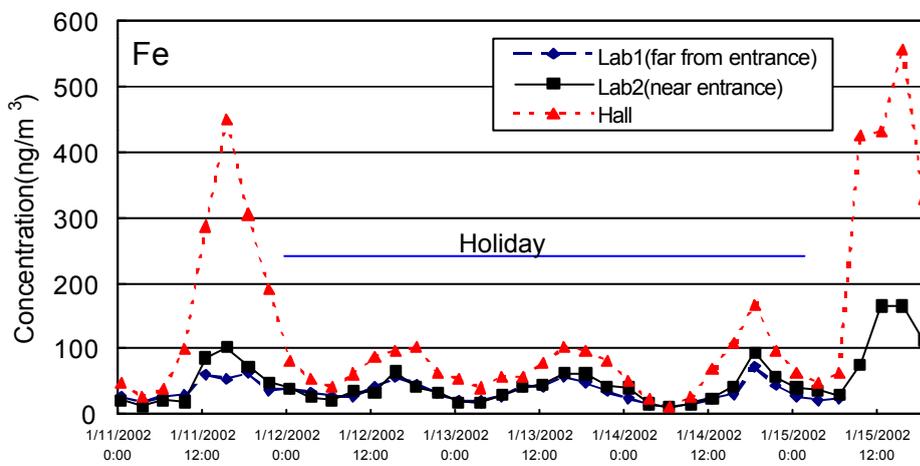


Fig. 5 Feの時系列データ

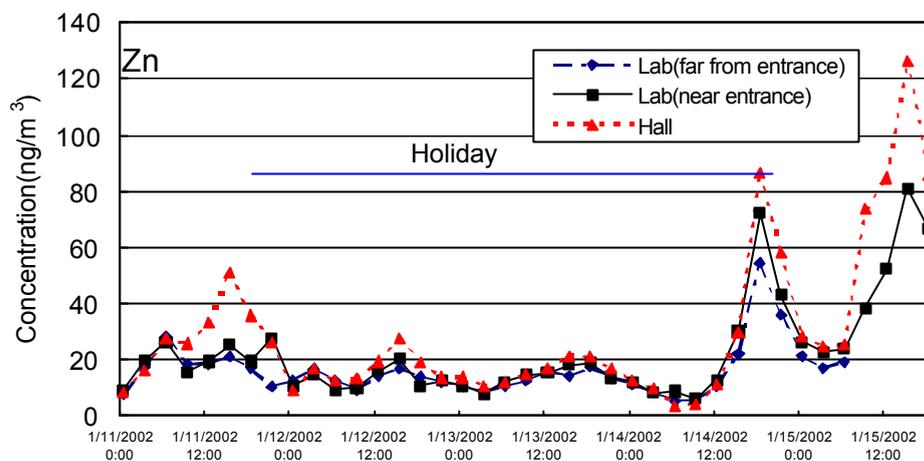


Fig. 6 Znの時系列データ

参考文献

- 1) 笠原三紀夫「大気圏エアロゾルの化学組成と発生機構、発生源」、エアロゾル研究 第11巻 第2号 pp120-126 (1996)
- 2) S.A.E.Johansson and J.L.Campbell, PIXE:A Novel Technique for Elemental Analysis,(JohnWiley and Sons, 1988)
- 3) T.A.Cahill, Nucl. Instr. and Meth., B49, 345(1990)
- 4) S.Matsuyama et.al., International Journal of PIXE, 9, Nos 1&2, 51(1999)
- 5) S.Iwasaki, K.Ishii, S.Matsuyama et. al, International Journal of PIXE, 5, 2&3, 163 (1995)
- 6) S.Iwasaki, K.Ishii, S.Matsuyama et. al, International Journal of PIXE, 6, 1&2, 117 (1996)