

山岳大気中の水銀の動態について

永淵修¹、横田久里子²、川上智規³、加賀谷重浩⁴、木下弾¹

1. 滋賀県立大学 環境科学部、2. 豊橋技術科学大学 建設工学系、3. 富山県立大学 環境システム工学科、富山大学大学院 理工学研究部

1. はじめに

国連環境計画 (UNEP) は2005年に水銀に関するDecision 23/9IVを採択し、各国政府機関ならびに NGO等関連組織に対して環境への水銀放出量と健康リスクの削減を求めた。その要求を受け、2006年には日本を含む6ヶ国が参加して水銀の大気輸送に関する研究分野のGlobal Partnershipが発足した。これは、水銀の越境移動や極地における水銀の沈着、高地における大気中水銀濃度などに関する研究を促すもので、大気中水銀の拡散状況の把握が国際的にも重要な課題であるという認識に立ったものである。実際、石炭燃焼や廃棄物焼却等に伴い大気に放出されたガス状原子水銀 (Hg(0)) は、対流圏において海塩エアロゾルとの光化学反応により2価水銀 (Hg(II)) まで酸化され、降水に取り込まれたり、あるいは粒子状水銀 (Hg(p)) となって地表に沈着することが明らかとなっている。これは極地域の特有現象であると考えられてきたが、近年世界各地で起こっていることが報告されており、2005年の酸性雨国際学会 (チェコ) においても中心的課題として取り上げられた。水銀排出源の風下地域では降水中水銀濃度が非汚染地域の100倍にも及ぶ数百ng/Lという値も観測され、野生動物等、生態系への影響が懸念されている。

さらに、2007年にはUNEPにおいて、2020年までに世界の水銀使用量を75%削減するという国際条約作りを開始した。また、UNEPは2009年2月に世界的に深刻化している水銀汚染防止のため、水銀の排出を国際協力で削減する条約の制定を2013年までに目指すことを決定した。このように、水銀の環境中への拡散を抑制する施策が早急に求められている。

このように水銀の環境中への拡散が懸念される中、我が国の水銀に関するモニタリングはほとんど実施されていない。2001年より本格稼働している東アジア酸性雨モニタリングネットワーク (EANET) においても、水銀は分析項目に含まれていない。アメリカでは2005年より水銀モニタリングネットワークが既に稼働しており、96ヶ所での観測が行われているのに対し我が国におけるモニタリング態勢の構築は立ち遅れていると言わざるを得ない。モニタリングの態勢を整えるためには、簡便なサンプリングと分析手法が要求される。降水・大気中水銀計測のための従来法は煩雑な試料採取・前処理や高額な装置を必要とすることから多点観測への適用が難しい。また、降雨中の水銀は保存中に大気に揮散するため沈着量の評価が困難である。

このように、わが国における水銀の沈着量や動態に関してはほとんど解明されておらず、沈着量や、大陸からの移流を評価し将来予測を行うには基礎的なデータが皆無に近い。演者らは、簡便な大気中の水銀サンプリング法と分析手法を開発し、それらを移流の影響が最も顕れやすい山岳地等 (ここでは自由対流圏にの富士山) において実施してきた結果の一部を報告する。

2. 方法

富士山での大気中水銀の調査は、2007 年～2009 年の夏季に継続して行ってきた。サンプリング地点は主に山頂である。

大気中の水銀濃度は、アクティブサンプラーとパッシブサンプラーを用いて行った。アクティブサンプラーは Fig. 1 に示す Kagaya らの方法を用いて測定した。水銀の捕集管吸引口には 25mm φ の石英ろ紙 (Pall 2500 QAT-UP) をテフロン製ホルダーに装着し、粒子状水銀を分離した。ガス状水銀の捕集には水銀捕集管 (日本インスツルメンツ製 M-160) を用いた。これらの形態別の水銀は加熱気化原子吸光光度法により分析した。パッシブサンプラーは、Fig.2 に示す小川式と同じ形状とした。但し、素材は水銀が吸着しないとされるフッ素樹脂を使用した。フッ素樹脂を使うことにより塩化臭素酸溶液による洗浄も可能となる。Fig.2 に示す拡散プレートを通じたガス状水銀は金を蒸着させた捕集用フィルターに吸着する。

水銀サンプラーは、構造物がある場合それから 5m 以上はなして、1.5m 程度の高さにセットし、12 時間

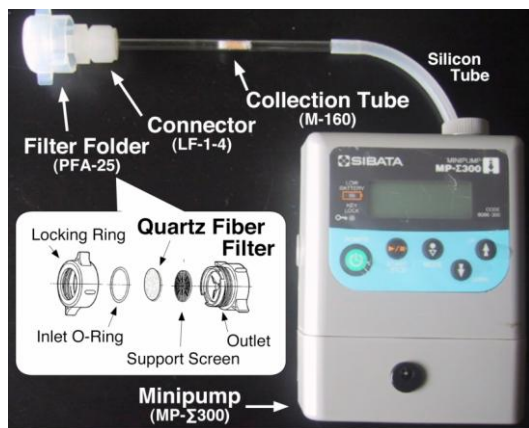


Fig 1 アクティブサンプラー装置



Fig 2 パッシブサンプラーの構造、ろ紙と拡散プレート

～72 時間のインターバルでサンプリングを行った。

水銀の観測は主に山頂で行ったが、他の観測としてパッシブサンプラーによるガス状成分は高度毎に温湿度とともにを行い、また、カスケードインパクターによる粒子状物質は山頂を含め3地点で行った。

3. 結果と考察

2007 年 8 月 23 日～30 日 (インターバルは 2～3 日)、2008 年 8 月 10～18 日 (インターバルは 12 時間 (7:00～19:00 と 19:00～7:00))、2009 年 8 月 28 日～9 月 2 日 (インターバルは 1～2 日) の結果を Fig.3～Fig.5 に示す。その時のバクトラジェクトリーも Fig.6～Fig.8 に示す。

Fig.5 に示すように 2007 年 8 月下旬の富士山頂では非常に高濃度のガス状水銀と粒子状水銀が観測された。SwartzendruberらはMt. Bachelorの自由対流圏におけるガス状及び粒子状水銀濃度はそれぞれ $1.54\text{ng}/\text{m}^3$ 、 $0.0043\text{ng}/\text{m}^3$ と報告している。また、Hans R. Friedliらは、中国、韓国及び日本でそれぞれ、 $\sim 6.3\text{ng}/\text{m}^3$ 、 $\sim 3\text{ng}/\text{m}^3$ 、 $\sim 3\text{ng}/\text{m}^3$ と報告している。この 2007 年 8 月下旬のバクトラジェリー (Fig. 10) から 2007 年の 8 月下旬の富士山頂の高濃度は東アジアにおいて何か特定の汚染源があることを示唆している。また、2008 年 8 月の昼夜に分けての観測では

2009 年の観測では、2007 年と同程度の採取時間で行ったが水銀濃度に大きな違いが認められた。この両年の観測時のバクトラジェクトリーを見ると明らかに 2007 年は大陸から気団が来ており、2009 年の観測時はほとんど小笠原気団であった。これら富士山の結果や屋久島、伊吹山の結果から大陸の気団が入ると高濃度になる確率が高いことがわかってきた。また、実際に大連の都市大気 (2009 年 10 月) の水銀濃度は日本の都市大気の水銀濃度と比較してかなり高い濃度であった。

演者らのグループは、従来ほとんど測定されてなかった大気中の粒子状水銀 ($\text{Hg}(\text{p})$) 及びガス状水銀 ($\text{Hg}(\text{0})$)、並びに降雨中の水銀についてその測定法を開発してきた。これらの手法を用いて富士山での大気中の水銀濃度を測定してきた結果が上記に示したものである。Fig.3～Fig.5 見てもらうと前記した 2007 年 8 月の富士山頂で認められた非常に高濃度の時もあれば、一般大気バックグラウンドレベルの時もある。しかし、この程度のモニタリングでも大気中水銀濃度の高低に傾向がみえる。すなわち、高濃度の時は、ほとんど北からの気団であり、小笠原気団の時は大体バックグラウンドレベルである (Fig.8)。2007 年夏の富士山頂でこのような高濃度が観測されたが、この時はサルフェートの濃度も上昇し、粒子中には石炭燃焼に由来する粒子も多く含まれていた。夏季であっても条件させ整えば大陸から汚染物質が輸送されることが明らかになった。

我々は、大気中水銀のモニタリングと同時に O_3 、 SO_2 等のガス状成分及びカスケードインパクターによる PM も採取しており、それらの結果を含めた解析結果は別の機会に公表する。

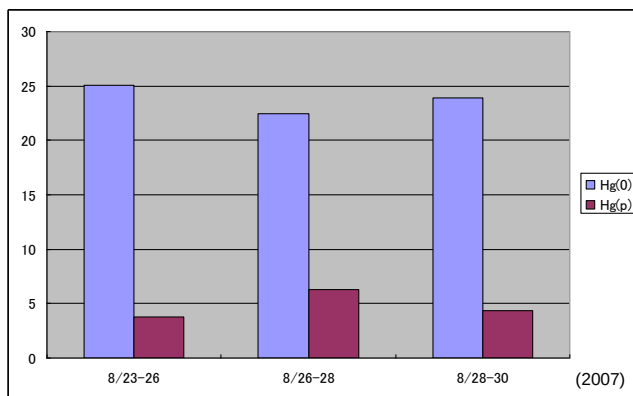


Fig 3 2007 年 8 月富士山頂水銀濃度

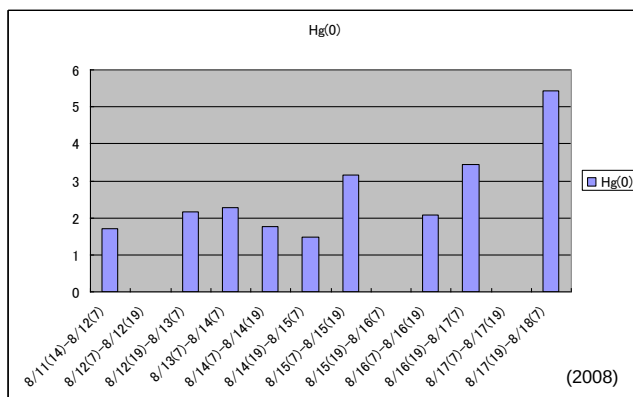


Fig 4 2008 年 8 月富士山頂水銀濃度

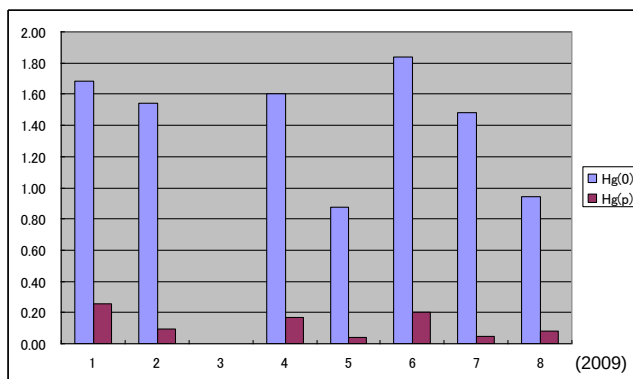


Fig 5 2009 年 8、9 月富士山頂水銀濃度

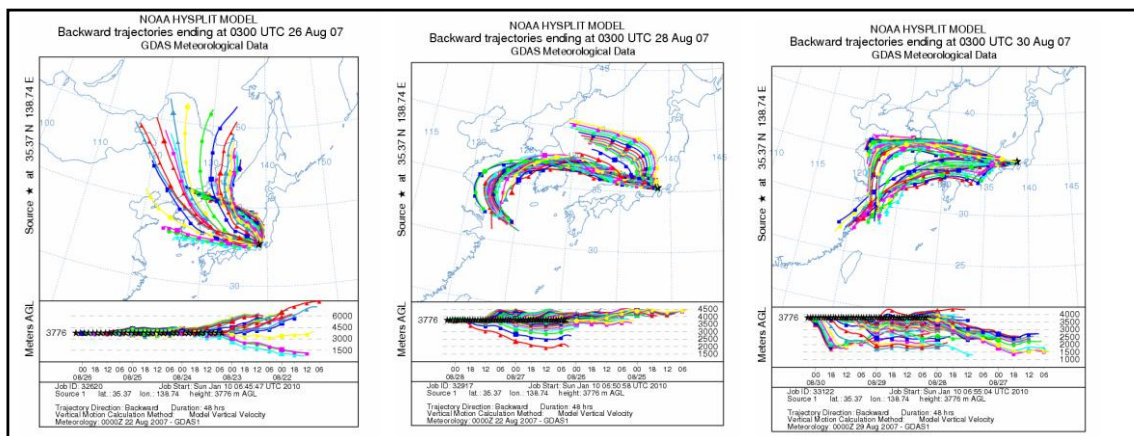
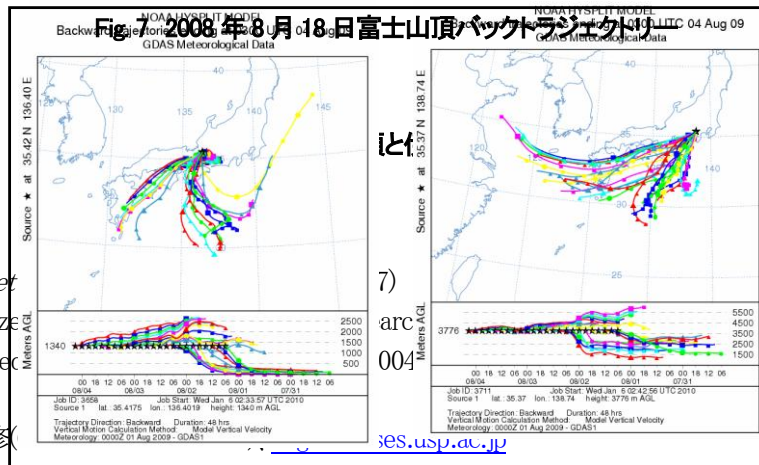
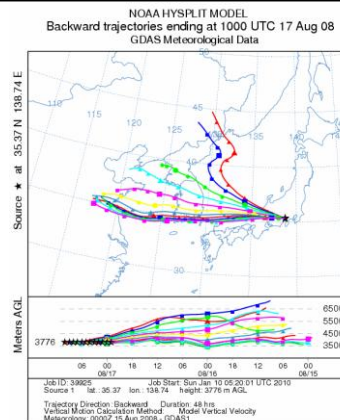
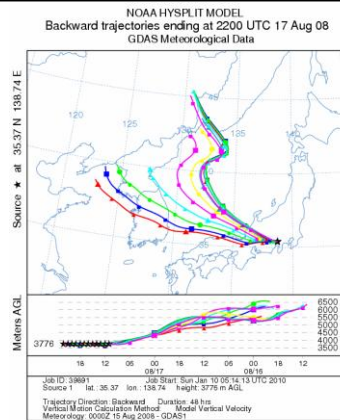
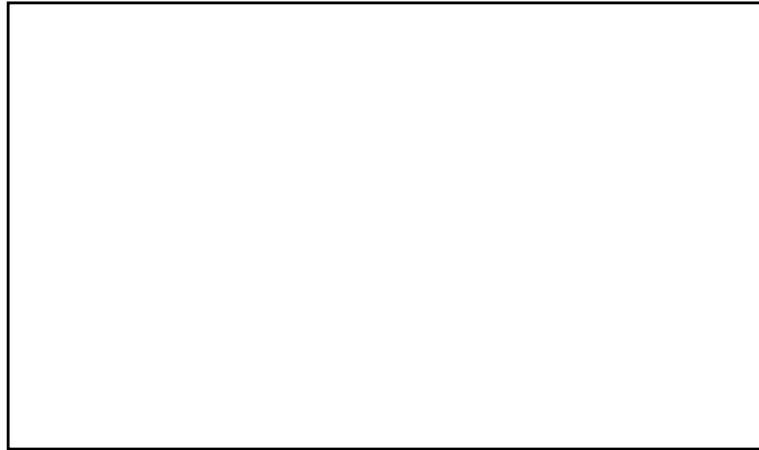


Fig. 6 2007 年 8 月富士山頂バックトラジェクトリー



参考文献

- 1) Kagaya, S. et
- 2) P. C. Swartz
- 3) Hans R. Frie

*連絡先: 永淵修

ses.usp.ac.jp