

自由対流圏における水晶振動子システムを応用した水銀挙動測定システムの課題

野田和俊¹, 兼保直樹¹, 丸本幸治²

1. 国立研究開発法人産業技術総合研究所, 2. 国立水俣病総合研究センター

1. はじめに

水銀に関する水俣条約を批准し、日本が率先して水銀の使用(利用)の削減と水銀を使用しないシステムの構築など、全般的な対応の取り組みを進める必要な状況である。これから、主に大陸からの影響の測定を目的として、近傍のローカル発生源の影響を受けにくい2000m以上の自由対流圏高度での水銀汚染状況の通年観測を2016年から開始し継続中である。このシステムは、冬場など商用電力が供給されていない状況でも電池程度で動作可能な水晶振動子をセンサとして用いたシステムである。継続中の測定について、その結果と今後の課題¹⁾など、簡潔に報告する。

2. 測定システム

現在、環境中における水銀挙動について、越境輸送の観測に不可欠な自由対流圏内での通年測定は国内では行われていない。その理由として、測定システムをそのような環境で安定して動作させるための商用電力が供給されている場所がないことが大きな理由の一つである。これから、商用電力に頼らない、バッテリー等で稼働するシステムとして、水晶振動子を検知センサ(QCM)とした測定機器を2016年に初めて旧富士山測候所に設置して通年観測を開始した¹⁾。基本的な検知原理について説明する。大気中の水銀は、自由対流圏高度ではガス状元素態水銀と考えられている。このQCMセンサの電極はもともと金が蒸着されており、この水晶振動子の金電極と大気中の金属水銀(以下、単に水銀)とのアマルガム反応によって電極表面の質量変化が生じ、それに伴う発振周波数変化に変換する測定システムを試作¹⁾し、この測候所内に設置して観測を開始した(図1)。

測定構成は、旧測候所南西方向の外側から大気をセンサユニットに接続したポンプによって吸引導入(テフロンチューブ・約20m)する構成(図1)である。施設の制約上、7~8月の約2ヶ月間しか人の出入りと商用電力の利用ができないため、センサユニットはリチウム電池(CA123A型)のみでも動作する構成とした。耐寒用鉛バッテリーは、小型太陽パネルを接続して受電しており、ポンプ、タイマー等はここから給電されて動作する構成としている。なお、前年度の測定結果を元に今年度は、リチウム電池のみで動作するシステム(1組)と、耐寒用鉛バッテリーで動作するシステム(1組)の異なる構成で試験を行った(図2)。また、センサユニットは前年度問題なく動作したことから、前年度測定用の水晶振動子1個(1ch)から、2個の2chタイプのロガーに変更し、測定点数を増やして観測データの充実をはかる構成とした。

3. 測定結果と課題

測定結果の一例を図3に示す。前年度同一2組のシステムは問題なくほぼ通年動作した実績を踏まえて、今回2chタイプのシステムとし、さらにリチウム電池も容量(本数)を増やした構成で観測に望んだ。その結果、リチウム電池だけで動作するセンサユニットは、記録されるべきメモリカード(マイクロSDタイプ)の不良により、データ回収ができなかった。これから、動作の有無の判定もできなかった。もう一組の鉛バッテリーのユニットは動作開始後、約3ヶ月で停止していた。なお、記録されたデータ自体は問題ないことを確認した。これから、今回使用した鉛バッテリーは新品ではないため、環境による電力低下が考えられる。さらに、太陽電池パネルも室内の窓枠に取り付けているため、必ずしも発電能力は十分とは言えない状況と考える。得られた3ヶ月分のデータについては、前年度の動きと類似の結果が示されていた。



(a) 測定システムの基本構成



(b) 使用した2chタイプの測定用ロガー

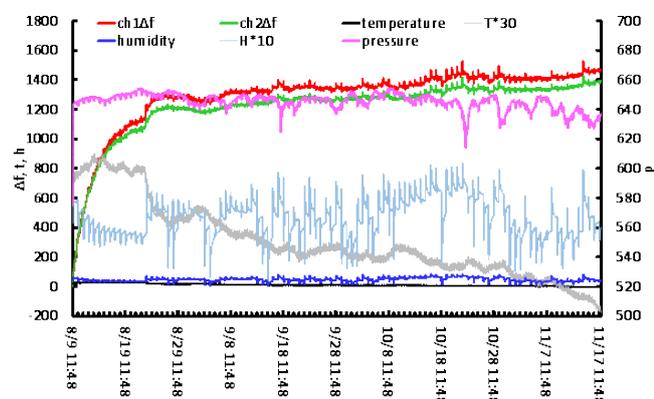


図2 施設内設置状況の一例

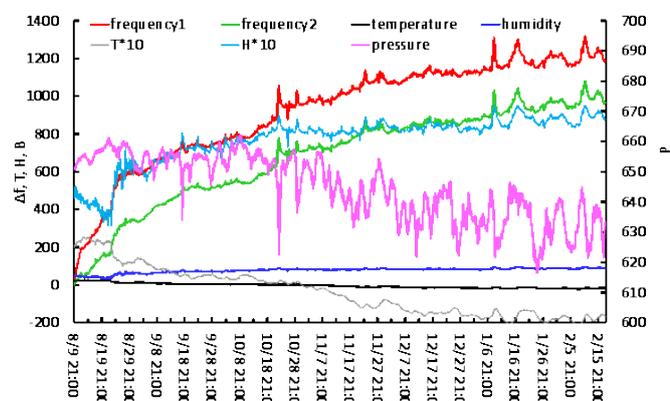
図1 水晶振動子を活用した水銀測定システムの基本構成

この他、同じセンサユニットを室内に設置して、自然通気状態での室内モニタとして使用している。こちらのセンサユニットも、約6ヶ月動作して停止していた。これらの結果より、前年度の動作条件を元に電力量(電池容量)を用意したものの、想定よりもかなり早く停止してしまった原因については、1)消費電力量の見誤り、2)購入した新品電池の耐環境特性(温度等)など前年度購入した電池と比較して劣化が早かったなどが考えられる。今回は、原因を特定できるだけの情報がないため、今後はさらに容量を増やした対策を施す必要があると考える。

2018年初夏に設置したセンサユニットは、同じ2chタイプであるが、ある特定期間だけ測定・記録するシステムとして設置した。つまり、一定間隔で通年測定・記録するのではなく、1月と4月のみ測定を行う構成としている。それ以外の期間はポンプも動作しないことから、その期間だけの測定データが得られる構成として行った。残念ながら、現在の動作確認はできないが、そのデータに期待したいところである。



(a) 2017.8~2017.11 までの測定結果の一例(外気)



(b) 2017.8~2018.2 までの測定結果の一例(室内)

図3 2017~18年富士山測候所観測結果の一例

4. まとめ

旧富士山測候所において通年観測可能な金電極素子 QCM によるセンサユニットを活用した水銀測定システムを2016年から使用している。初年度の結果を元に、2年目は一部システムの変更を行い、データの充実をはかる予定であったが、動作不備などから得られたデータが少ない状況となった。主な原因は電力容量に関する内容であったことから、これらの対策を施す必要があると考える。その他、2年間の使用でその他の課題なども分かってきた。これらの対策を抜本的に行わないと、今後有効なデータを得ることは難しいことも考えられる。

本文に記載した、すべての写真・図・グラフは著者が権利を有するものである。

謝辞

本研究は、2017年度年賀寄附金配分事業の助成を受け実施しております。また、本研究で使用しております旧富士山測候所は、現在NPO法人富士山測候所を活用する会が運営管理しております。ここで、改めて感謝いたします。

参考文献

- (1) 野田、兼保:「自由対流圏における水銀挙動測定システム(II)」、平成30年度電気学会全国大会、1404-A3-3-184 (2018)