

松江市及び水俣市の降水中の水銀量と気塊の輸送経路について

松江工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○青山 直樹
 松江工業高等専門学校 正会員 武邊 勝道
 松江工業高等専門学校 正会員 広瀬 望
 国立水俣病総合研究センター 非会員 丸本 幸治

1. 目的

水銀は火山活動、海面や土壌表面からの揮発などの自然発生源、化石燃料の燃焼およびゴミの焼却などの人為発生源から大気中へ放出されている。水銀は大気の循環により世界中に運ばれ、その大部分は降水によって地表および水中に落下する。地表および水中に落下した水銀はその一部がメチル化され、水圏で「プランクトン」→「小型魚類」→「大型魚類」の食物連鎖により濃縮され、それらを人が食べて摂取される。

人為発生源の大部分は東アジアにあり、多くは石炭の燃焼である。アジア大陸で大気中に放出された水銀は北西季節風により運ばれ、日本国内へもたらされる。石炭の燃焼では水銀の他にも硫酸化合物が発生し、それらは大気中で硫酸イオン、硝酸イオンに変化し、水銀と同様に季節風によって日本へもたらされている¹⁾。

本研究では、松江市および水俣市での降水採取により季節ごとの水銀量の変化や観測地点の違いから、日本国内への水銀の供給経路を明らかにする。松江市はアジア大陸から近く、季節風の影響を大きく受けるため、水銀と人為起源である硫酸イオン及び硝酸イオンとの関係を調べることによってアジア大陸から長距離輸送された水銀の動きをより正確に把握できると期待される。

2. 研究方法

2.1 採取及び分析方法

松江工業高等専門学校の屋上と熊本県水俣市の水俣病情報センターの屋上に降水自動採取装置を設置した。自動採取装置は感雨器で蓋を自動開閉することにより降水を採取する。2020年9月から2023年1

月まで、週単位で採取した試料を降水量データと共に国立水俣病研究センターへ送付し、還元気化一金アマルガム-冷原子蛍光分析法およびイオンクロマトグラフィによって水銀量と主要溶存イオン濃度を分析した。

2.2 後方流跡線解析

気塊の輸送経路の推定には、アメリカ海洋大気局(NOAA)のHYSPLITモデルを使用した。後方流跡線解析により任意の時間、場所、高度を出発点とし、時間を遡り気塊の通過経路、通過高度を推定することが可能である。遡行時間は採取期間の1週間とした。到着地点における到達高度は雲ができる高度とし、大気境界層高度を考慮し500, 1000, 1500mで行った。これらの計算に用いた気象データはGDAS1を用いた。

3. 考察結果

3.1 水銀濃度の季節変化

松江市と水俣市における雨水中水銀の雨量加重濃度の平均は、それぞれ7.1ng/L, 6.3ng/Lであった。日本の公共用水域及び地下水の環境基準である500ng/Lの1/50以下であることから、環境への影響は低いと考えられる。

降水中の水銀濃度の季節変動をみるため松江市と水俣市の季節別平均値を算出した。なお、季節は3~5月を春季、6~8月を夏季、9~11月を秋季、12~1月を冬季と区分した。雨水中の水銀濃度(ng/L)の平均値は、松江市で冬季(9.3) > 秋季(7.1) > 春季(6.9) > 夏季(5.1)の順になり、水俣市で秋季(7.8) > 夏季(7.1) > 春季(5.5) > 冬季(4.6)となった。松江市は冬季に特に高い値となった。一方、水俣市では夏季から秋季に高く、冬季に低い傾向がみられる。水銀

キーワード 水銀 非海塩性硫酸イオン 後方流跡線解析

連絡先 〒690-8518 島根県西生馬町14-4 松江工業高等専門学校

TEL 0852-36-5182

濃度の季節変動の因子としては雨水中の希釈効果の他に、水銀の供給経路、気温、大気中水銀濃度、降水の性状などが挙げられる。

3.2 非海塩性硫酸イオン濃度と水銀量

図1と図2に雨水中の水銀濃度と人口由来である非海塩性硫酸イオン濃度($nss-SO_4^{2-}$)の関係を示した。松江市で水銀濃度と非海塩性硫酸イオン濃度は正の相関関係を示し、その傾向は冬に顕著で相関係数は0.88であった。一方、水俣市ではその相関関係は必ずしも明瞭ではなかった。松江市で水銀濃度と非海塩性硫酸イオン濃度が相関することは、中国大陸での石炭の燃焼によって発生した汚染物質が季節風によって松江市にもたらされていることを示すと考えられる。

3.3 海塩粒子と水銀

両都市の降水中におけるナトリウムイオンと塩化物イオンの濃度は明確な正の相関関係を示すことに加え、その比率は海水の比率と近似している。このため、どちらのイオンもほぼ海水に由来すると考えられる。両都市とも冬季には塩化物イオン、ナトリウムイオン濃度が高くなる週が多い一方で、春季から夏季にかけては低くなる。冬季は強い季節風のもとで海塩を起源とする成分が降水に取り込まれ、降水中の濃度が上昇すると考えられる。

図3、4に海塩由来と考えられるナトリウムイオンの濃度と水銀濃度の関係を示した。松江市では冬季に正の相関関係がみられた。このことから冬季には海塩をもたらす季節風が水銀を同時に供給していると考えられる。一方、水俣市ではその傾向は必ずしも明らかでなかった。

3.4 後方流跡線解析結果

図5、6に冬季の降水中の水銀濃度が高くなった週と低くなった週の降水を記録した日から1週間遡った気塊の後方流跡線解析結果を示した。松江市においては北西方向の大陸性の気塊が来ていることから、大陸からの汚染物質が輸送され、大気中水銀濃度が上昇した可能性があると考えられる。しかし北西から気塊が来ても水銀濃度が低い時があるため今後検討していく必要がある。また図7、8に夏季

の降水中の水銀濃度が高くなった週と低くなった週の降水を記録した日から1週間遡った気塊の後方流跡線解析結果を示した。大陸から気塊が来た際には水銀濃度が高くなり、太平洋側から来た際には低くなることが分かった。

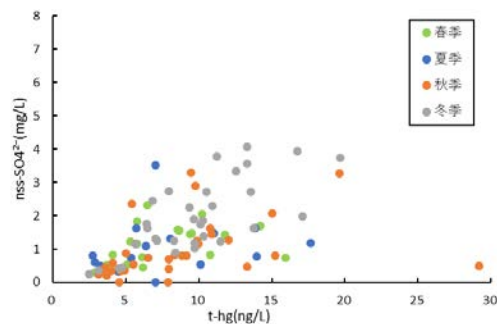


図1 水銀濃度と非海塩性硫酸イオンの関係(松江)

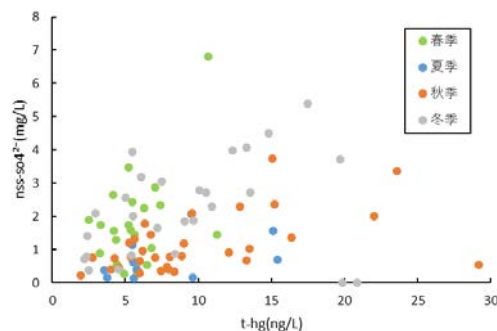


図2 水銀濃度と非海塩性硫酸イオンの関係(水俣)

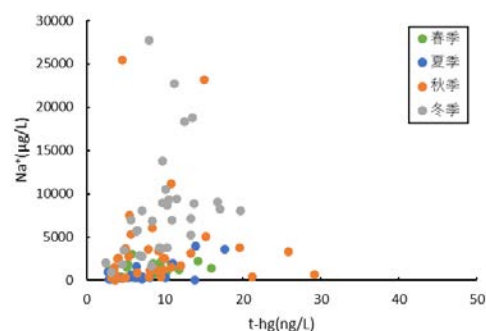


図3 水銀濃度とナトリウムイオン濃度の関係(松江)

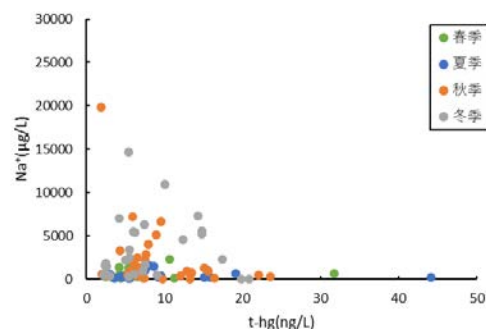


図4 水銀濃度とナトリウムイオン濃度の関係(水俣)

4. まとめ

松江市と水俣市で降水を採取し主要溶存イオン濃度を分析した。降水の組成から冬季は中国大陸で発生した水銀が、季節風によって日本にもたらされていると考えられる。後方流跡線解析結果から松江市の夏季は大陸から空気塊来ている場合には水銀濃度が高くなり、太平洋側来ている場合には低くなった。

冬季については水銀濃度が高い時も低い時も空気塊が北西からもたらされる傾向がある。このため水銀濃度が増減する要因については今後さらに検討していく必要がある。

参考文献

- 1) 市川,藤田(1994),電力中央研究所研究報告,T93012

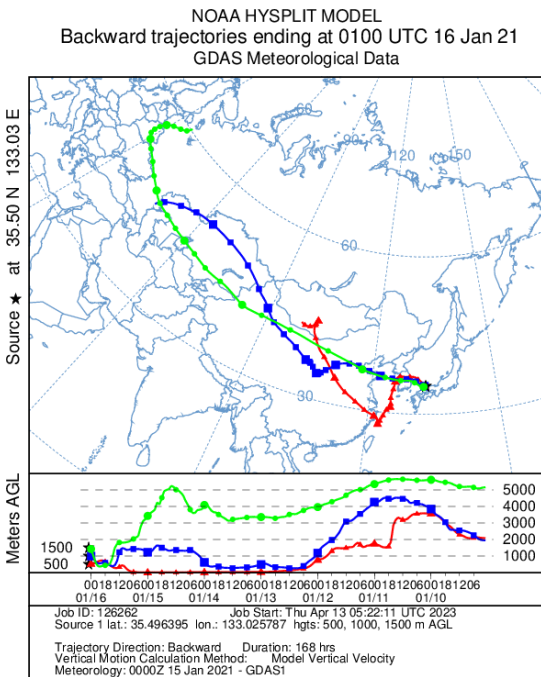


図5 後方流跡線解析結果(冬季 高濃度)

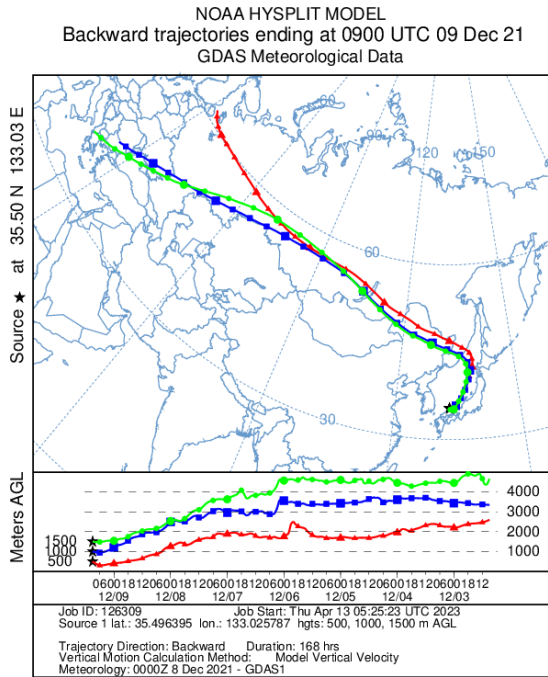


図6 後方流跡線解析結果(冬季 低濃度)

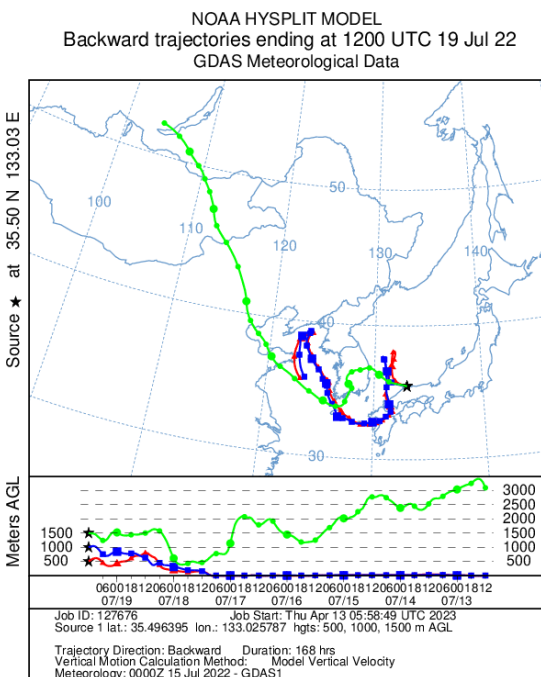


図7 後方流跡線解析結果(夏季 高濃度)

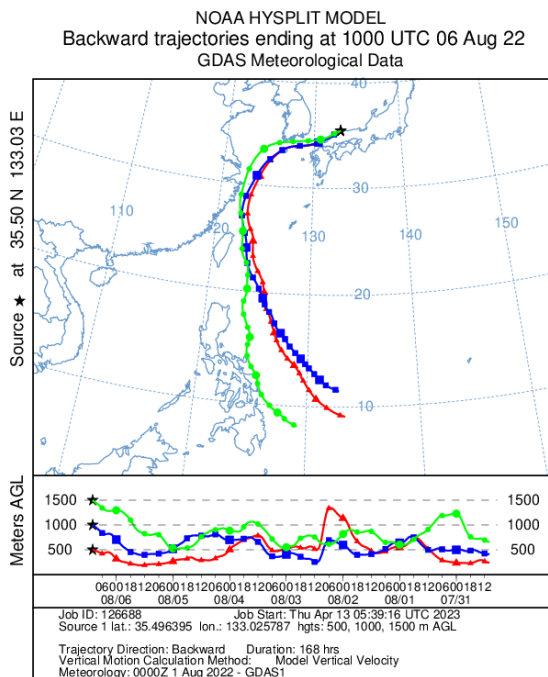


図8 後方流跡線解析結果(夏季 低濃度)