

1 1) 大気中の水銀及び硫酸イオン濃度の変動要因に関する調査

工藤 聖 松本 依子* 今村 修 上野 一憲 北岡 宏道

はじめに

大気中の水銀については、国の中央環境審議会において、低濃度であっても長期的に曝露されると健康影響の可能性のある物質（有害大気汚染物質）のうち、人への健康リスクが高く優先的に取り組むべき物質として指定されている。

また、近年、大気中の微粒子により大気が白く濁り視程が悪くなる煙霧が多く観測されているが、この微粒子中に硫酸イオンが多く含まれており、大陸からの移流も考えられている¹⁾。

本県では、有害大気汚染物質調査として水銀を毎月1回調査しており、2008年1月8～9日にかけて県下で高濃度の水銀及び硫酸イオンが観測され、後方流跡線から大陸からの影響が示唆されたことを既報²⁾で報告した。

そこで、本調査では水銀及び硫酸イオンの濃度変動を詳細に把握し、濃度変動の要因を明らかにすることを目的として、水銀調査の頻度を毎日の調査に変更し、硫酸イオンと水銀の1日単位での調査を実施した。

調査結果及び大気の流れ経路から濃度変動の要因について検討したので報告する。

調査方法

1 水銀及び硫酸イオン

宇土市（保健環境科学研究所）において、2008年10月1日から2010年3月31日（以下、「調査期間」という）の午前9時から翌日の午前9時まで環境大気を採取し、水銀及び粒子状物質中の硫酸イオンを調査した。なお、休日は連続して採取し平均値として算出した。調査地点の位置を図1に示す。

水銀は、金アマルガム捕集加熱酸化冷原子吸光法³⁾により、環境大気を採取、分析した。

硫酸イオンは、テフロン製ろ紙（住友電気工業製、直径47mm）を用い、約11ℓ/minの流速で環境大気を採取した。採取した試料の前処理、分析については、既報²⁾のとおりである。

2 後方流跡線解析

大気汚染物質の移流経路を求める解析手法として国



図1 調査地点

立環境研究所地球環境研究センターのMETEX⁴⁾のデータを用い、宇土市を起点とした調査期間の毎日21時の後方流跡線（起点高度1000m、遡及時間72時間）を作成した。

調査結果

1 水銀及び硫酸イオン濃度の変動

宇土市における調査期間の水銀及び硫酸イオン濃度の経日変動を図2に、月ごとの平均値、最大値の変動を図3に示す。

水銀について、全データの個数は345個で、平均値は1.9ng/m³、最大値は5.6ng/m³、最小値は0.80ng/m³であった。平成20年度の全国平均値（2.1ng/m³）及び熊本県内3地点（玉名市、八代市、水俣市）の平均値（1.7ng/m³）と宇土市における平均値は同程度であった。国が定める指針値（40ng/m³）と比較すると、最大値で指針値の約1/7であった。最大値、平均値ともに冬季に高くなる傾向がみられ、今回の調査で水銀濃度に季節変動があることが明らかとなった。

硫酸イオンについて、全データの個数は360個で、平均値は5.9μg/m³、最大値は18.3μg/m³、最小値は1.1μg/m³であった。濃度の変動に明確な傾向はみられなかった。

調査期間における水銀濃度と硫酸イオン濃度との相関係数は0.11と低く、明確な相関はみられなかった。

* 現熊本県環境生活部水環境課

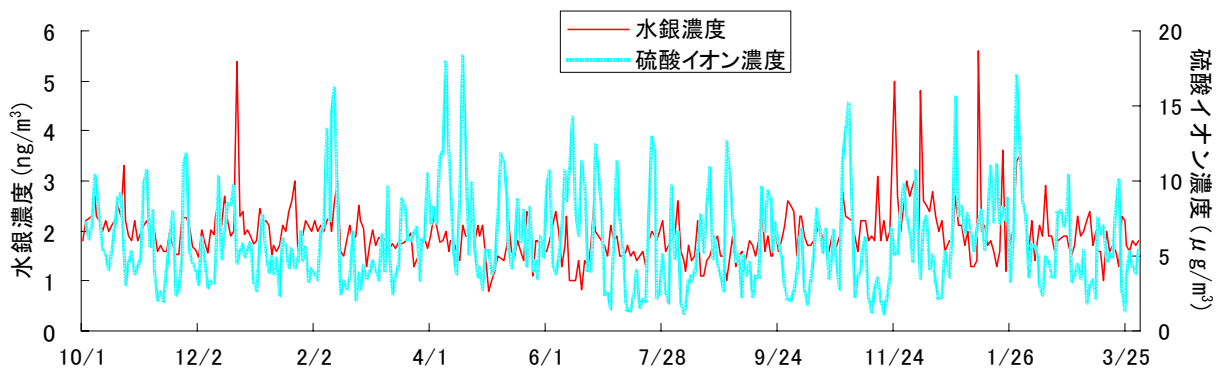


図2 水銀及び硫酸イオン濃度の経日変動

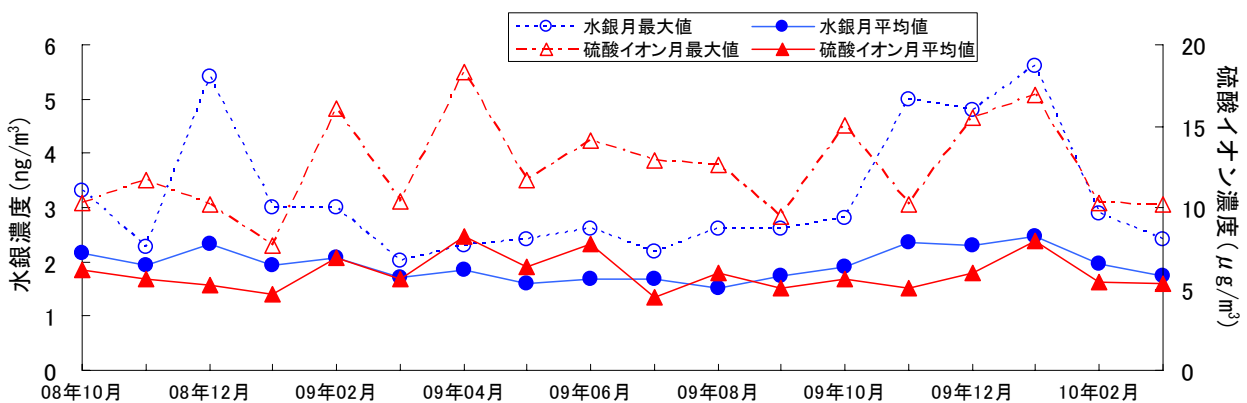


図3 水銀及び硫酸イオン濃度の経月変動

2 高濃度事例解析

(1) 水銀

調査期間内で最も高濃度 ($5.6\text{ng}/\text{m}^3$) であった 2010 年 1 月 8～11 日について解析を行った。1 月 8～11 日の後方流跡線を図 4 に示す。いずれの日も大陸から気塊が到達していた。

環境省の有害金属対策基礎調査検討会会議資料⁵⁾によると、中国国内での水銀濃度は、調査期間、調査地点によって違いはあるが、2000 年度以降は各地点とも平均値で $5\sim 10\text{ng}/\text{m}^3$ 程度である。韓国国内においても、2005～2006 年のソウルにおける平均値は $3.2\text{ng}/\text{m}^3$ であり、中国、韓国ともに宇土市における平均値 ($1.9\text{ng}/\text{m}^3$) を大幅に上回る濃度が観測されている。

また、中国では冬季に暖房用として石炭が使用され、石炭の燃焼に伴い水銀が放出されることで冬季の水銀濃度が高くなるとの報告がある⁵⁾。

宇土市においても冬季に濃度が上昇する傾向があり、大陸での季節変動と同じ変動をしていること、後方流跡線によると大陸から気塊が到達していることから、大陸からの移流があったことが示唆された。

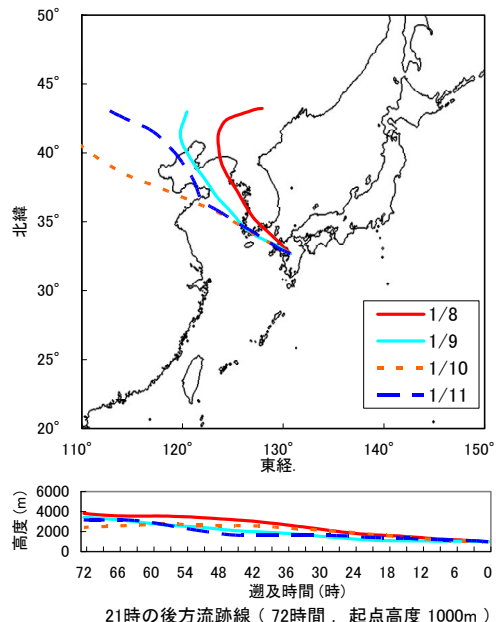


図4 後方流跡線 (2010.1.8～11)

(2) 硫酸イオン

調査期間内で最も高濃度であった2009年4月16日及び次いで高濃度であった2009年4月8日の事例について解析を行った。

2事例の後方流跡線を図5に示す。2事例とも大陸方向から気塊が到達していた。

硫酸イオンについては、国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究九州グループで2009年4月～6月に九州各自治体の研究所でも調査を行った。他自治体の調査結果と比較してみると、宇土市で $18.3\mu\text{g}/\text{m}^3$ を観測した2009年4月16日は、長崎県で $24.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、熊本市で $20.0\mu\text{g}/\text{m}^3$ を観測し、さらに北九州市、福岡県、宮崎県でも $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上を観測した。

また、宇土市で $17.9\mu\text{g}/\text{m}^3$ を観測した2009年4月8日は、福岡県の $27.1\mu\text{g}/\text{m}^3$ を最高に、北九州市、福岡市、長崎県で $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上を観測し、熊本市においても $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上を観測した。

2事例とも後方流跡線によると、大陸から気塊が到達していること、九州の広域に高濃度汚染が認められたことから、大陸からの移流が示唆された。

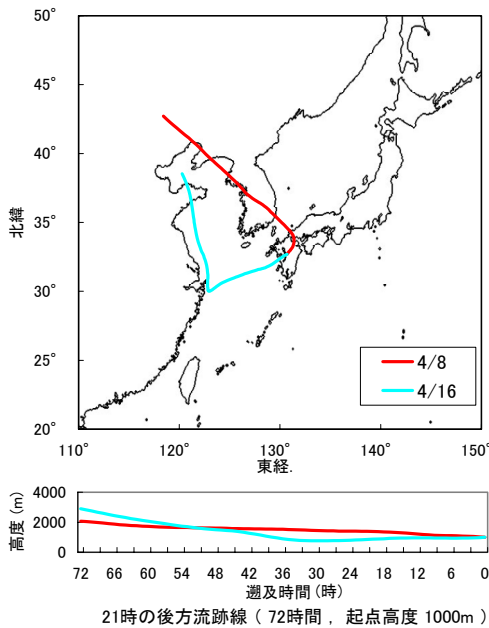


図5 後方流跡線 (2009. 4. 8 及び 4. 16)

3 後方流跡線による解析

高濃度事例ではいずれも大陸から気塊が到達していた。そこで、後方流跡線を方位別に分割し、大陸方向の方位とそれ以外の方位での濃度の差を明らかにするために、後方流跡線による解析を行った。

なお、調査期間は2008年10月から2010年3月まで

の1年半であるが、10月から3月の期間を重複して解析することで偏りが出ること避けるため、解析の期間を2009年4月から2010年3月までの1年間とした。

(1) 方位別頻度割合

METEX のデータから後方流跡線を作成し、宇土市を起点として8方位に分割し、72時間前の気塊の位置から求めた方位の頻度割合を図6に示す。

方位別の頻度割合はNWが最も多く、全体の39%であった。大陸方向(N~SW)の割合は69%であり、大陸から大気移流が多いことが示唆された。

水銀濃度が高濃度時($3\text{ng}/\text{m}^3$ 以上)の方位を調べると、高濃度時のデータ9個のうち、8個が大陸方向であった。また、高濃度時のデータは全て11~2月の冬季に集中して観測された。

硫酸イオンについても、高濃度時($12\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上)のデータ12個のうち、11個が大陸方向であった。なお、季節的な傾向はみられなかった。

このように水銀又は硫酸イオンが高濃度時の流跡線の方位は、ほとんどが大陸方向であり、このことから高濃度時は大陸からの移流が考えられた。

しかし、水銀及び硫酸イオン濃度が同時に高濃度になることはほとんどなく、その理由として発生源、大気中での挙動の違いが考えられた。

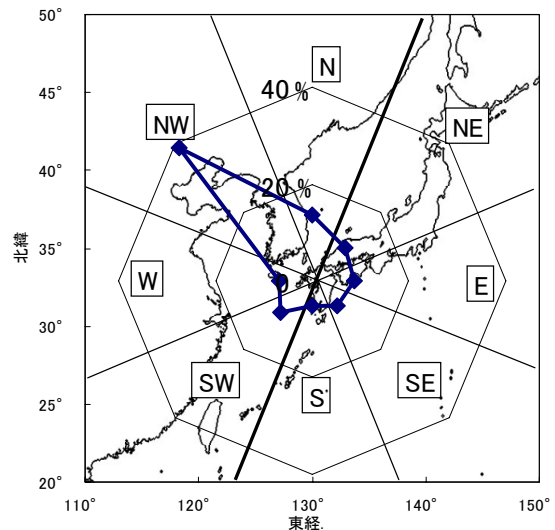


図6 後方流跡線の方位別分割及び割合

(2) 方位別平均値

大陸からの影響を解析する手法として、後方流跡線の方位と大気汚染物質の濃度を関連づけた解析が行われている⁶⁾。

宇土市における2009年4月から2010年3月までの

水銀及び硫酸イオン濃度の方位別平均値を図7に示す。

方位別平均値は、水銀はNW(2.0ng/m³)で、硫酸イオンはW(7.3μg/m³)で最も高く、大陸方向の方位で平均値が高くなる傾向がみられた。

また、平均値が最も低かった方位は、水銀はNE(1.6ng/m³)、硫酸イオンはSE(3.9μg/m³)であった。

特に硫酸イオンは方位別の最大平均値(W)と最小平均値(SE)の差が大きく、最大平均値は最小平均値の約1.9倍であり、方位別の差が大きかった。

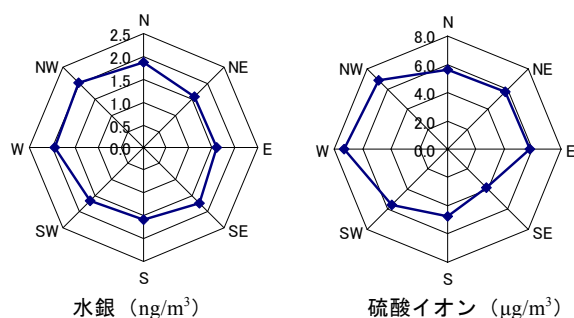


図7 方位別平均値

(3) 方位別寄与率

(1)で方位別頻度割合、(2)で方位別平均値を算出したが、宇土市で観測された水銀及び硫酸イオンの方位ごとの影響を求めるために、方位別寄与率を算出した。寄与率は方位別平均値に方位頻度割合を乗じて算出した値(方位別の寄与)を割合にして示した。

2009年4月から2010年3月までの水銀及び硫酸イオン濃度の方位別寄与率を図8に示す。

寄与率は水銀、硫酸イオンともに後方流跡線の方位別割合(図6)と同じような割合を示し、方位別平均値(図7)の差よりも方位別割合の差が寄与率に大きく影響していることが分かる。

大陸方向からの寄与率は、水銀で72%、硫酸イオンで74%と推定された。

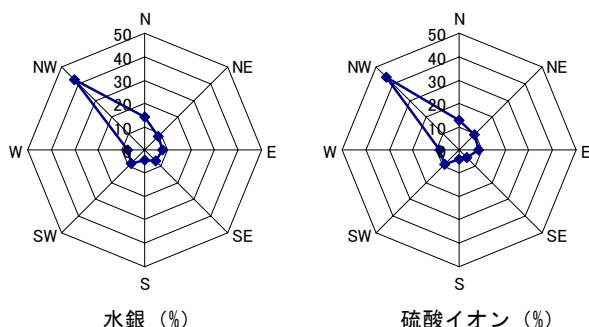


図8 方位別寄与率

まとめ

1 調査期間における水銀濃度の平均値は1.9ng/m³、最大値は5.6ng/m³、最小値は0.80ng/m³であった。硫酸イオンについて、平均値は5.9μg/m³、最大値は18.3μg/m³、最小値は1.1μg/m³であった。

2 硫酸イオンは季節的な傾向がみられなかった。一方、水銀は最大値、平均値ともに冬季に高くなる傾向がみられ、今回の調査で季節変動があることが明らかとなった。

3 高濃度事例解析及び流跡線による解析から、既報²⁾と同様に水銀、硫酸イオンとも大陸からの移流が示唆された。しかし、水銀及び硫酸イオン濃度が同時に高濃度になることはほとんどなく、その理由として発生源の違い、大気中での挙動の違いが考えられた。

4 2009年4月から2010年3月の大陸方向からの寄与率は水銀で72%、硫酸イオンで74%と推定された。

文献

- 1) 山本重一, 田上四郎, 大石興弘, 岩本真二: 第48回大気環境学会年会講演要旨集, p.380 (2007).
- 2) 上野一憲, 松本依子, 工藤 聖, 北岡宏道, 今村修: 熊本県保健環境科学研究所報, 31, 73 (2008).
- 3) 有害大気汚染物質測定方法マニュアル, p.169, 平成20年10月.
- 4) METEX (Meteorological Data Explorer): 国立環境研究所地球環境研究センター
<http://db.cger.nies.go.jp/metex/index.jp.html>
- 5) 平成21年度第1回有害金属対策基礎検討会会議資料: 環境省総合環境政策局環境保健部環境安全課
<http://www.env.go.jp/chemi/tmms/2101/index.html>
- 6) 国立環境研究所と地方環境研究所とのC型共同研究九州グループ: 九州における光化学オキシダント高濃度に関する解析, p.50, 2008年7月.