

2 学会等発表

名古屋市沿岸部における風向別捕集した PM2.5 の化学成分組成

山神真紀子, 久恒邦裕, 池盛文数, 長田和雄¹⁾

¹⁾ 名古屋大学大学院環境学研究科

第 35 回エアロゾル科学・技術研究討論会 (名古屋市) 2018 年 7 月

はじめに

PM2.5 は関東や東海など大都市港湾部を中心とする地域で濃度が高く、都市域で排出あるいは二次生成される PM2.5 の発生源寄与の解明が必要である。港湾部からは、発電や工業、船舶等からの大気汚染物質が排出されており、風向によっては都市域全体に影響する。そこで本研究では、風向別の大気サンプリングを行い、PM2.5 の化学成分の風向別傾向について調べた。

方法

ウインドセクター (紀本電子工業製、WS-16) を付けた 2 台のハイボリュームサンプラーを名古屋市環境科学調査センター (名古屋市南区) 屋上に設置し、海風・陸風に分けて PTFE ろ紙 (住友電工製、POREFLON) 上に 1 週間ごとに PM2.5 を捕集した。ハイボリュームサンプラーには PM2.5 インパクター (柴田製) を装着し流速 700 L/min で PM2.5 を捕集した。海風は南風 112~248 度、陸風は北風 0~68、292~360 度で風速 1 m/s を超えた場合とした。同時に自動測定機 (紀本電子工業製、PM712) により、風向別の PM2.5 濃度を算出した。ハイボリュームサンプラーで捕集した 2016 年 8 月から 2017 年 7 月までの試料のイオン成分、水溶性有機炭素 (WSOC)、無機元素成分、有機トレーサー成分を測定した。

結果と考察

PM2.5 捕集地点における 2016 年 8 月~2017 年 7 月までの風向は、8 月、9 月では南風と北風が混在し、10 月から翌年 3 月はほぼ北風のみとなり、4 月から 6 月では南風と北風が混在し、7 月には南風の頻度が多かった。PM2.5 の風向別採取は、風向の範囲 (南風 112~248 度、北風 0~68、292~360 度) に入り、かつ風速 1m/s を超えた場合としたところ、季節を問わず 1 週間のうち約半分の時間でサンプラーが稼働していた。風向別の PM2.5 濃度は、測定期間中 52 週間のうち 45 週で北風よりも南風の時に濃度が高くなっていた。南風の時の PM2.5 の平均濃度は $13.4 \pm 4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、北風の時は $9.8 \pm 3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、南風と北風の濃度の差は平均 $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。観測期間中の全平均は $11.9 \pm 2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。風向別の風速は、春から夏にかけて南風の風速が大きく、秋から冬にかけて北風の風速が大きい傾向が見られた。風速に関係なく南風で PM2.5 濃度が高いことから、この観測地点においては、北側よりも南側により大きな発生源があると推定される。

風向別に採取した nssSO_4^{2-} は南風、北風ともに PM2.5 濃度の約 25% を占めた。南風の nssSO_4^{2-} 濃度は夏季に高く ($3.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、冬季に低い ($2.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 傾向を示し、年平均濃度は $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。北風の nssSO_4^{2-} 濃度は春季、夏季に高く ($2.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、冬季に低い ($1.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 傾向を示し、年平均濃度は $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。 nssSO_4^{2-} は PM2.5 と同様に南風で高濃度になる傾向が見られた。重油燃焼の指標である V 濃度も南風で高い傾向にあった。また、風向別 PM2.5 採取時における SO_2 濃度も南風で高い傾向が見られた。V 濃度との関係では、 nssSO_4^{2-} 濃度、 SO_2 濃度、総硫黄濃度 ($\text{nssSO}_4^{2-} + \text{SO}_2$) のうち総硫黄濃度との相関が最もよく、 nssSO_4^{2-} は重油燃焼が寄与していることが示唆された。

風向別に採取した PM2.5 の成分のうち WSOC は南風時で PM2.5 濃度の 11%、北風時で 9% を占めた。南風の WSOC 濃度は冬季に高く ($2.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、夏季に低い ($0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 傾向を示し、年平均濃度は $1.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。北風の WSOC 濃度は春季に高く ($1.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$)、夏季、冬季に低い ($0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) 傾向を示し、年平均濃度は $0.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。秋季から冬季にかけて南風で高濃度になる傾向が見られた。植物燃焼の指標であるレボグルコサン濃度は秋季から冬季に高い傾向にあった。WSOC 濃度とレボグルコサン濃度の関係では、南風の秋季、北風の秋季、冬季で相関がよく、秋季と冬季の WSOC は植物燃焼が寄与していることが示唆された。

謝辞：本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(5-1604)により実施されました。

名古屋市南部における海陸風別 PM2.5 の化学成分 (2)

山神真紀子, 池盛文数, 久恒邦裕, 長田和雄¹⁾

¹⁾ 名古屋大学大学院環境学研究科

第 59 回大気環境学会年会 (福岡県春日市) 2018 年 9 月

【はじめに】

PM2.5 は関東や東海など大都市港湾部を中心とする地域で濃度が高く、都市域で排出あるいは二次生成される PM2.5 の発生源寄与の解明が必要である。港湾部からは、発電や工業、船舶等からの大気汚染物質が排出されており、風向によっては都市域全体に影響する。そこで本研究では、風向別の大気サンプリングを行い、PM2.5 の化学成分の風向別傾向について調べた。

【方法】

ウインドセクター (紀本電子工業製、WS-16) を付けた 2 台のハイボリュームサンプラーを名古屋市環境科学調査センター (名古屋市南区) 屋上に設置し、海風・陸風に分けて PTFE ろ紙 (住友電工製、POREFLON) 上に 1 週間ごとに PM2.5 を捕集した。ハイボリュームサンプラーには PM2.5 インパクター (柴田製) を装着し流速 700 L/min で PM2.5 を捕集した。海風は南風 112~248 度、陸風は北風 0~68、292~360 度で風速 1 m/s を超えた場合とした。同時に自動測定機 (紀本電子工業製、PM712) により、風向別の PM2.5 濃度を算出した。ハイボリュームサンプラーで捕集した 2016 年 8 月から 2017 年 7 月までの試料のイオン成分、水溶性有機炭素 (WSOC)、無機元素成分、有機トレーサー成分を測定した。

【結果と考察】

PM2.5 捕集地点における 2016 年 8 月~2017 年 7 月までの風向は、8、9 月では南風と北風が混在し、10 月から翌年 3 月はほぼ北風のみとなり、4 月から 6 月では南風と北風が混在し、7 月には南風が多かった。風向別の PM2.5 濃度は、測定期間中 52 週間のうち 45 週で北風よりも南風の時に濃度が高くなっていた。南風の時の PM2.5 の平均濃度は $13.4 \pm 4.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、北風の時は $9.8 \pm 3.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、南風と北風の濃度の差は平均 $3.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また、春から夏にかけて南風の風速が大きく、秋から冬にかけて北風の風速が大きい傾向が見られた。風速に関係なく南風で PM2.5 濃度が高いことから、この観測地点においては、北側よりも南側により大きな発生源があると推定される。週ごとに捕集した PM2.5 の各成分 (NO_3^- 、 nssSO_4^{2-} 、 NH_4^+ 、 K^+ 、WSOC、 EC^* ($\text{EC}^*=1.12 \times \text{OBC}+0.052$)) の濃度差の総和 ($\Delta(\text{S-N})$) と PM2.5 の濃度差 ($\Delta \text{PM}_{2.5}$) には良い相関が見られることから ($r=0.89$, $n=46$, $\Delta(\text{S-N})=0.60 \times \Delta \text{PM}_{2.5}+0.33$)、これらの成分で $\Delta \text{PM}_{2.5}$ の変動は概ね説明できると推定される。 nssSO_4^{2-} はほぼ年間を通して北風よりも南風で濃度が高く、年平均濃度は南風で $3.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、北風で $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ で、 nssSO_4^{2-} は南風で平均 $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 濃度が高かった。 NO_3^- も年間を通して南風で濃度が高く、平均 $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 南風で濃度が高かった。重油燃焼の指標である V 濃度は南風で高い傾向にあった。 nssSO_4^{2-} 濃度、 SO_2 濃度、総硫黄濃度 ($\text{nssSO}_4^{2-}+\text{SO}_2$) と V 濃度との関係では総硫黄濃度との相関が最もよく、 nssSO_4^{2-} は重油燃焼が寄与していることが示唆された。WSOC は夏に北風で濃度が高く、秋、冬には南風で高くなり、季節により異なる傾向を示した。WSOC 濃度とレボグルコサン濃度の関係では、秋の南風、秋、冬の北風で相関がよく、これらの時期の WSOC は植物燃焼が寄与していることが示唆された。

謝辞：本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(5-1604)により実施されました。

名古屋市における PM2.5 の化学成分の長期変動（2003～2017 年度）

山神真紀子，久恒邦裕，池盛文数，森 健次，長田和雄¹⁾，上田佳代²⁾

¹⁾ 名古屋大学大学院環境学研究科

²⁾ 京都大学大学院地球環境学堂

第 59 回大気環境学会年会（福岡県春日市）2018 年 9 月

【はじめに】

名古屋市では、一般環境の 1 地点で 2003 年度から現在まで PM2.5 の日ごとの観測を行っている。この間、PM2.5 濃度は大きく低下した。低下に寄与した要因と現状を把握するため、PM2.5 のイオン、炭素成分の組成の変化について調べた。

【方法】

PM2.5 は名古屋市南部にある名古屋市環境科学調査センター（4 階建て）屋上で捕集した。PM2.5 の捕集方法および成分分析方法は環境省マニュアルに準拠し、流速 16.7 L/min で 23.5～24 時間捕集した。年間約 200～350 日間のサンプルのイオン成分と炭素成分を分析した。

【結果と考察】

PM2.5 濃度の年平均値は、2003 年度の 25.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から 2017 年度の 13.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ に半減した。この期間に主要成分（ SO_4^{2-} 、 NO_3^- 、 NH_4^+ 、OC、EC）で最も濃度の低下が大きかったのは EC で、2003 年度の 5.0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から 2017 年度の 0.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となり、観測当初から 82%減少した。EC 濃度の経年変化は自動車排出ガス粒子の排出量低下と連動している。 SO_4^{2-} 濃度、 NH_4^+ 濃度、 NO_3^- 濃度はそれぞれ 52%減、52%減、54%減で、PM2.5 濃度と減少率とほぼ同じであった。 SO_4^{2-} 濃度は 2005 年度と 2013 年度にピークがあった。OC は 2003 年度の 5.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ から 2017 年度の 3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ となり、39%減で最も減少率が低く、2010 年度以降は横ばいで推移している。PM2.5 の主要成分の濃度データがすべて揃っている 3962 検体について、主要成分の含有率を用いてクラスター分析を行った。その結果、高 SO_4^{2-} 型、 SO_4^{2-} 型、 NO_3^- 型、OC 型、EC 型、その他の 6 つのグループに分かれた。各グループの年間出現率は、2003 年度には 4 割を占めた EC 型が年々減少し OC 型が近年増加していることが特徴である。また、高 SO_4^{2-} 型の出現率が 2013 年度以降減少している。また、PM2.5 の日平均濃度が 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えた日数は年々低下しているが、近年では高 SO_4^{2-} 型、 SO_4^{2-} 型、 NO_3^- 型によって高濃度になっていることが示された。

謝辞：本研究の一部は、JSPS 科研費（JP16K09097）ならびに（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（5-1604）の助成を受けたものです。

街路空間におけるヒートアイランド緩和策としての湧水の活用

中島寛則

第33回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会（名古屋市）2019年1月

【はじめに】

名古屋市では、近年夏の気温が高い日が多くなってきており、最近100年間の年平均気温は2.9℃上昇しており、日本全体の1.5℃を大幅に上回っている。この原因としては、化石燃料の消費量増加に伴う地球温暖化の影響に加えて、都市化の進行によるヒートアイランド現象が挙げられる。また、最高気温が35℃を超える猛暑日も近年増加の傾向を示しており、ヒートアイランド現象の影響を緩和することが名古屋市でも求められている。このため、名古屋市では市内に存在する湧水を用いて路面温度の上昇抑制を図り、ヒートアイランドの影響を緩和する方法の実証実験を行っている。今回、地表面温度や地上気温、暑さ指数にどの程度の効果があるのかを舗装種別に検証したので、その結果について報告する。

【調査方法】

調査地点：川名公園南側歩道（名古屋市昭和区）

調査時期：2018年6月22日～9月28日

調査した舗装種：保水性ブロック舗装(ブロック)、保水性アスファルト舗装(保水性アスファルト)、透水性舗装(アスファルト)

調査方法：ブロックと保水性アスファルトに送水管を敷設し、晴れの日の日中に、貯水槽にためた湧水を通水した。各舗装につき2ヶ所で地表面温度を10分間隔で連続して測定した。また別に対照としてアスファルトの1ヶ所でも地表面温度の測定を行った。湧水の通水時間は1時間のうち4～54分とし、日中に通水した。

またこれとは別に、人間の感覚について検証するため、地上1.1mにおける気温、湿度及び暑さ指数(WBGT)も不定期に測定した。これらの測定は原則として晴れの日の15時に職員が目視で測定した。

【調査結果】

図1に測定期間の地表面温度の推移を示す。なおブロック及び保水性アスファルトは2ヶ所で測定したため平均値で示している。この結果、アスファルトと比較して、湧水を通水した時には、地表面温度の減少が認められた。また、ブロックに比べ保水性アスファルトの方が、減少効果が大きい結果となった。

次に地上1.1mの気温、湿度及び暑さ指数を測定した結果、地表面温度の結果とは異なり、地上1.1mの気温は通水時にアスファルトに比べて明確な減少は認められなかった。

今後は地表面温度の減少効果がどの程度の高さまで及んでいるかの検証を行い、降水量や日射量との比較も行うことなどにより、効果的なヒートアイランド現象緩和策の実施につなげていきたい。

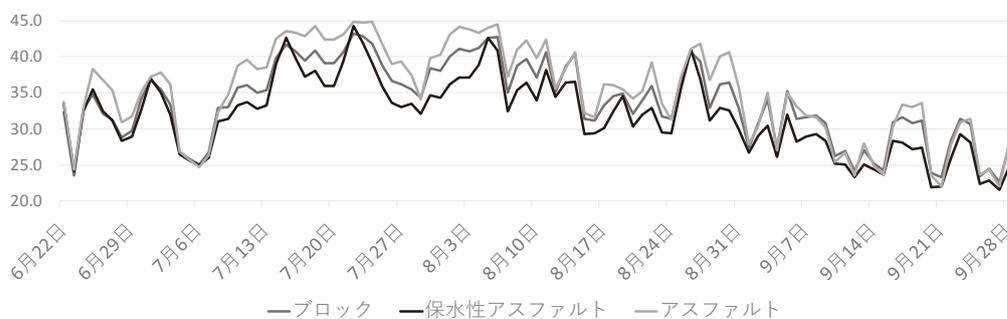


図1 地表面気温の推移

大気エアロゾル中の放射性炭素と有機トレーサーの季節変化

池盛文数, 中村俊夫¹⁾, 南 雅代¹⁾

¹⁾ 名古屋大学宇宙地球環境研究所

第35回エアロゾル科学・技術研究討論会（名古屋市）2018年8月

【はじめに】

有機エアロゾルは、その発生源や生成メカニズムが非常に複雑であるため、その起源を推定することは非常に難しい。放射性炭素 (^{14}C) は、生物起源と化石燃料起源の炭素で大きく異なる濃度を示すため、炭素成分を二つの起源に分類し、その割合を定量することができる。この ^{14}C を用いる方法は、有機エアロゾルの起源解析の有効な手法の一つである。また、特定の発生源から排出される有機物（有機トレーサー成分）を用いて、有機エアロゾルの発生源解析も行われている。本研究では、名古屋で捕集した大気エアロゾルについて、 ^{14}C と有機トレーサー成分の測定を行い、生物起源および化石燃料起源の炭素について、より詳細な発生源解析を行い、その季節傾向について考察したので報告する。

【方法】

名古屋市環境科学調査センター屋上（名古屋市南区）において、ハイボリュームエアサンプラーを用いて 700 L/min で大気粒子を捕集した。捕集期間は 2011 年 6 月から 2012 年 5 月で、基本一週間連続捕集した。 ^{14}C 濃度は、名古屋大学のタンデム加速器質量分析計（High Voltage Engineering Europe 社製 Model 4130-AMS）を用いて測定し、得られた ^{14}C 濃度から生物起源炭素（TCnf）と、化石燃料起源炭素（TCf）を計算した。一部のデータは、本学会で発表済みである（Ikemori et al., 2014）。有機トレーサー成分は捕集後のろ紙を一部くり貫き、内標準物質を添加後、ジクロロメタンとメタノールの混合溶液（2:1）を加え、超音波抽出した。その後、抽出液の一部を分取し、窒素吹付で乾固させ、N,O-ビス（トリメチルシリル）トリフルオロアセトアミドとクロロトリメチルシランの混合試薬（BSTFA+1%TMCS）を 40 μL 、ピリジンを 10 μL 加え、70°C で 1 時間半加熱した。加熱終了後、室温に冷やし、イソオクタンで希釈した後、GC/MS（Agilent 製）により有機トレーサー成分の測定を行った。

【結果と考察】

TCnf は秋と冬に高濃度であり（3.7, 3.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）、TCf は季節平均値の差が比較的小さかった（2.7-3.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）。各有機トレーサー成分と TCnf、TCf の相関について季節別に調べたところ、3-メチルブタン-1,2,3-トリカルボン酸（ α -ピネンの分解物）は年間通じて相関係数が大きかった。また TCnf は、夏に SOA のトレーサー成分、秋は特に植物燃焼の指標であるレボグルコサン、春は植物から一次的に排出される有機トレーサー成分と相関していた。この結果より、各有機トレーサー成分が高濃度の季節と TCnf との相関係数が高い季節が概ね一致していることがわかった。また、冬はすべての有機トレーサーと相関していたが、レボグルコサン以外は低濃度の季節であり、TCnf に対する植物燃焼の影響は相対的に大きいと考えられる。

4-メチルフルタル酸（人為起源 VOC の分解物）は年間通じて相関係数が大きかった。2,3-ジヒドロキシ-4-オキソペンタン酸はトルエン由来の分解物であるが、二次生成が活発であると考えられる夏に、TCf と有意な相関を示さなかった。2,3-ジヒドロキシ-4-オキソペンタン酸は夏にガス状が多くなると考えられるため、今回のような長期捕集では捕集中にガスに変化してフィルター上に一部しか残っていない可能性が考えられる。17a(H)-21b(H)-ホパン（化石燃料起源）は、秋と冬に相関係数が大きかった。以上の結果より、TCf の変動傾向は、夏と春には二次生成、秋と冬には一次発生と二次生成が大きく影響していることが示唆された。

【謝辞】本研究は、笹川科学研究助成（25-622）、また、（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（5-1604）により実施された。

石英繊維ろ紙における PM_{2.5} 中有機化学成分のガス吸着

池盛文数, 山神真紀子, 菅田誠治¹⁾

¹⁾ 国立研究開発法人国立環境研究所

第 27 回環境化学討論会 (沖縄県那覇市) 2018 年 5 月

【はじめに】

PM_{2.5} 中の有機化学成分については、発生源の指標となる有機トレーサー成分として、レボグルコサン、コハク酸、ピノン酸の測定方法が環境省より公開され、それらを含めた一斉分析の測定法や測定例も報告されている。成分測定マニュアルにおいて、有機トレーサー成分の測定は、石英繊維ろ紙で捕集した PM_{2.5} 試料を用いることとされている。しかし、石英繊維ろ紙では、ガス状有機物を吸着し粒子状有機物が過大評価されること (正のアーティファクト) や、フィルター上に捕集された半揮発性有機物が揮散し、粒子状有機物が過小評価されること (負のアーティファクト) が国内外で報告されている。捕集中におけるアーティファクトの影響の大きさは有機物によって大きく異なる可能性が考えられるが、有機トレーサー成分について、捕集中のアーティファクトについての知見は非常に乏しい。そこで、ガス状有機物の吸着が懸念される石英繊維ろ紙と、石英繊維ろ紙に比べガス状有機物の吸着が極めて小さいと考えられる PTFE ろ紙上に PM_{2.5} を 24 時間捕集し、その試料に対して有機トレーサー成分の測定を行った。二つのろ紙中の有機物濃度を比較することにより、石英繊維ろ紙を用いた 24 時間捕集試料に対する有機トレーサー成分のガス吸着の影響を考察した。

【方法】

2016 年 7 月 (夏, n=10), 2017 年 1-2 月 (冬, n=10) に FRM2025i (Thermo) を用いて、石英ろ紙 (Q) と PTFE (P) ろ紙上に PM_{2.5} を 24 時間捕集した。また 2017 年 4 月 (春, n=8) に、Q および P の下に石英ろ紙を置いて二重にし (Q の下の石英ろ紙 (QQ), P の下の石英ろ紙 (PQ)), LV250 (柴田科学), PM_{2.5} を 24 時間捕集した。Q には粒子およびガス, P には粒子のみ, QQ および PQ にはガスのみが吸着していると考えられる。なお捕集には 350°C で 1 時間加熱処理した石英ろ紙を用いた。捕集は名古屋環境科学調査センター屋上で行った。有機トレーサー成分の測定は、各ろ紙を半分用いて、シリル誘導体化 GCMS 法で行った。有機トレーサー成分は試料に内標準物質を添加後、ジクロロメタンとメタノールの混合溶液 (2:1) を加え、超音波抽出した。その後、抽出液の一部を分取し、窒素吹付で乾固させ、N,O-ビス (トリメチルシリル) トリフルオロアセトアミド (BSTFA) とクロロトリメチルシラン (TMCS) の混合試薬 (BSTFA+1%TMCS, ジーエルサイエンス) を 40 μL, ピリジン を 10 μL 加え、70°C で 1 時間半加熱した。加熱終了後、室温にし、イソオクタンを加え希釈した。希釈液について、GC/MS (Agilent 製) を用いて発生源指標となる有機物濃度の測定を行った。

【結果と考察】

各季節における二つのろ紙中の有機物濃度は、レボグルコサン (バイオマス燃焼), テレフタル酸 (プラスチック燃焼), 3-ヒドロキシグルタル酸と 3-メチルブタン-1,2,3-トリカルボン酸 (植物 VOC (ピネン) 由来の二次生成), リンゴ酸 (様々な VOC 由来の二次生成), フタル酸 (人為起源 VOC 由来の二次生成) がよく一致していた。一方で、ピノン酸 (植物 VOC 由来の二次生成) のように石英繊維ろ紙中の濃度が数十倍高い成分もあった。また、二次生成の有機トレーサーである 2-メチルエリスリトール (植物 VOC (イソプレン) 由来の二次生成), 2,3-ジヒドロキシ-4-オキソペンタン酸 (トルエン由来の二次生成) は、二次生成が活発であると考えられる夏において、石英繊維ろ紙の値が PTFE ろ紙よりも大きくなる傾向が見られ、ガス吸着の影響が大きいことが示唆された。石英繊維ろ紙と PTFE ろ紙の下に石英繊維ろ紙を置いて二段にし、石英繊維ろ紙に対するガス状有機物の吸着について調べた。その結果、ピノン酸の大部分は 24 時間捕集において粒子として捕集されず、石英繊維ろ紙にはガス吸着していると考えられた。

【謝辞】本研究は、国立環境研究所と地方環境研究所による II 型共同研究、また、(独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (5-1604) により実施された。

フィルタ材質，捕集時間および捕集方法の違いが 有機成分測定に与える影響

池盛文数

第59回大気環境学会年会（福岡県春日市）2018年9月

【はじめに】

環境省が公開した成分測定マニュアルにおいて，有機トレーサー成分の測定には，石英繊維ろ紙で捕集したPM_{2.5}試料を用いることとされている．しかし，石英繊維ろ紙は，ガス状有機物を吸着するため粒子状有機物が過大評価されること（正のアーティファクト）や，フィルタ上に捕集された半揮発性有機物が揮散し，粒子状有機物が過小評価されること（負のアーティファクト）が国内外で報告されている．本発表では，1．捕集ろ紙，2．捕集時間，3．捕集方法が有機トレーサー成分の測定値に与える影響について紹介する．

【方法】

検討1 夏，冬にFRM2025i (Thermo) を用いて，石英ろ紙 (Q) と PTFE (P) ろ紙上にPM_{2.5}を24時間捕集した．また，春に，QおよびPの下に石英ろ紙をおいて二重にし (Qの下に石英ろ紙 (QQ)，Pの下に石英ろ紙 (PQ))，LV250 (柴田科学) を用いてPM_{2.5}を24時間捕集した．

検討2 FRM2025i を用いて，PTFE ろ紙上にPM_{2.5}を24時間捕集，またPM712を用いて，PTFE ろ紙上にPM_{2.5}を1時間捕集した．また，PM_{2.5}の1週間連続の捕集 (石英繊維ろ紙) を，FRM2000を用いて行った．

検討3 ハイボリュームアンダーセンエアサンプラーを用いて，1.1 μm以下，1.1-2.0 μm，2.0-3.3 μm，3.3-7.0 μm，7.0 μm以上の分級捕集を，石英繊維ろ紙上に2週間連続で行った．捕集は，4季節で季節ごとに2回行った．

【結果と考察】

検討1 各季節における二つのろ紙中の有機トレーサー成分濃度は，レボグルコサン，テレフタル酸，リンゴ酸，3-ヒドロキシグルタル酸 (3HGA) と3-メチルブタン-1,2,3-トリカルボン酸 (MBTCA)，フタル酸がよく一致していた．一方で，ピノン酸 (PNOA) のように石英繊維ろ紙中の濃度が数十倍高い成分もあった．ろ紙を二段にした結果，下段の石英繊維ろ紙にPNOAが検出されたことより，PNOAの大部分は24時間捕集において粒子として捕集されず，石英繊維ろ紙にガス吸着していると考えられた．

検討2 1時間捕集と24時間捕集を比較すると，ピネンの分解物のPM712/FRM比は，PNOAが約1.5，ピン酸 (PA) と3HGAが約1.2，MBTCAは1であった．レボグルコサン，マンノサンのPM712/FRM比は1であった．2,3-ジヒドロキシ-4-オキソペンタン酸やフタル酸についても，PM712/FRM比はおおよそ1であった．

1週間捕集試料中のPNOAは，冬季に高濃度となったが，高濃度試料でも3 ng/m³程度と24時間捕集 (冬季は年間で低濃度だが4-7 ng/m³) に比べてやや低濃度であった．検討1で，石英繊維ろ紙は有機物をガス吸着することを示したが，捕集期間が長くなると，ガス吸着の飽和，またガス吸着した有機物の脱離，再吸着，分解などが生じ，24時間捕集の測定値の傾向と異なった結果が得られた可能性が考えられる．

検討3 二次生成した有機物は微小側で高濃度になることが知られているが，PNOAはどの季節においてもPM1.1中の濃度がもっとも低く (0.067-0.25 ng/m³)，粗大側で高濃度であった (PM7.0<, 3.3-4.6 ng/m³)．続いて，PAもPNOAと同様に粗大側で高濃度である傾向が見られたが，PM1.1も比較的濃度が高かった．3HGAやMBTCAは，微小側で高濃度となる粒径分布が得られ，粗大側は微小側に比べ低濃度であった．またPNOAを除く3成分は，冬に低濃度である傾向が見られた．検討1の結果と合わせて考えると，PNOAが粗大側で高濃度になった原因として，大気中のガス状PNOAが大気中もしくは捕集された土壌成分と反応した可能性，また石英繊維ろ紙に対するガス吸着の影響が考えられる．

【謝辞】本研究の一部は，国立環境研究所と地方環境研究所のII型共同研究，(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(5-1604)により実施した．

2018年3月におけるPM_{2.5}高濃度事例の

有機トレーサー成分の地域特性

池盛文数, 熊谷貴美代¹⁾, 石川千晶²⁾, 梅津貴史³⁾, 北見康子⁴⁾, 飯島史周⁵⁾, 長谷川就一⁶⁾, 石井克巳⁷⁾, 齊藤伸治⁸⁾, 木戸瑞佳⁹⁾, 寺本佳宏¹⁰⁾, 山本真緒¹¹⁾, 西村理恵¹²⁾, 中坪良平¹³⁾, 金津雅紀¹⁴⁾, 中川修平¹⁵⁾, 藍川昌秀¹⁶⁾, 菅田誠治¹⁷⁾

¹⁾群馬県衛生環境研究所, ²⁾仙台市衛生研究所, ³⁾山形県環境科学研究センター, ⁴⁾茨城県霞ヶ浦環境科学センター, ⁵⁾栃木県保健環境センター, ⁶⁾埼玉県環境科学国際センター, ⁷⁾千葉県環境研究センター, ⁸⁾東京都環境科学研究所, ⁹⁾富山県環境科学センター, ¹⁰⁾三重県保健環境研究所, ¹¹⁾奈良県景観・環境総合センター, ¹²⁾(地独)大阪府立環境農林水産総合研究所, ¹³⁾兵庫県環境研究センター, ¹⁴⁾島根県保健環境科学研究所, ¹⁵⁾福岡県保健環境研究所, ¹⁶⁾北九州市立大学, ¹⁷⁾国立研究開発法人国立環境研究所

第59回大気環境学会年会(福岡県春日市) 2018年9月

【はじめに】

国内広域において、PM_{2.5}が日平均35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超える事例が、2018年3月24日から30日にかけて発生した。その期間、OC濃度の上昇も見られ、特に名古屋においては期間平均が5.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ と2017年度のOC平均値のおよそ2倍であった。そこで本発表では、2018年3月下旬における有機トレーサー成分の地域特性について調べた。

【方法】

全国16地点において、PM_{2.5}の捕集を2018年3月24日から30日の24時間サンプリングを基本として行なったが、捕集開始時間や捕集日数は地点によって異なる。有機トレーサー成分の測定には、石英繊維ろ紙を用いた。有機トレーサー成分を溶媒抽出後、濃縮・乾固し、シリル化反応後、GC-MSで測定を行った。

【結果と考察】

リンゴ酸, 2,3-ジヒドロキシ-2-メチルプロパン酸, 2-メチルエリスリトール, 3-ヒドロキシグルタル酸(3HGA), 2,3-ジヒドロキシ-4-オキソペンタン酸(DHOPA), フタル酸など、二次生成トレーサーの多くは地点間の平均値の差が2倍以内となった。特にDHOPAについては、大陸からの輸送の影響を強く受けると考えられる離島の隠岐において、期間平均が2.4 ng/m^3 , 最大値が4.9 ng/m^3 (3/24)と高濃度であった。立地状況から、DHOPAの起源は大陸輸送の影響と考えられ、高濃度となったと考えられるが、硫酸イオンのピークトップ(3/25)とは、一日ずれていた。一方、ピネン分解物である、ピノン酸, ピン酸, 3-メチルブタン-1,2,3-トリカルボン酸は3HGAと異なり、地点間の差が非常に大きかった(5.5-18倍)。ナフタレン分解物の4-メチルフタル酸も、同様の起源を持つフタル酸と比べ地点間の差が大きく隠岐では低濃度であった。またバイオマス燃焼の指標であるレボグルコサンも地点間の差が大きく、村山, 霞ヶ原, 真岡では期間平均が100 ng/m^3 を超えるなど高濃度でローカルな汚染であると考えられる。17a(H),21b(H)-ホパンは都市部(神戸, 大阪, 名古屋, 東京)で検出されたため、化石燃料由来のローカルな汚染が都市部で大きいことを示していると考えられる。

有機トレーサー成分の大陸からの輸送については、その安定性や酸化の進行程度、また国内の発生量の把握等、検討課題が多いが、課題解決のために事例の少ない有機トレーサー成分の多地点の同時観測データを、今後、一層蓄積していく必要がある。

【謝辞】本研究は、国立環境研究所と地方環境研究所のⅡ型共同研究、一部を(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(5-1604)により実施した。

名古屋市における PM_{2.5} 中有機トレーサー成分の季節変動 — 一般局と自排局における有機トレーサー成分組成の特徴 —

池盛文数, 久恒邦裕, 山神真紀子, 長田和雄¹⁾

¹⁾名古屋大学大学院環境学研究科

第 59 回大気環境学会年会 (福岡県春日市) 2018 年 9 月

【はじめに】

近年, PM_{2.5} 質量濃度は減少傾向にあるが, 名古屋市内のフィルター観測ではここ数年, 有機炭素 (OC) の年平均値が横ばいであり, その発生源や生成メカニズム解明が急務である. 特にレセプターモデルを用いた OC の発生源寄与解析は大きな課題であるが, 自治体が行っている PM_{2.5} 成分測定の本項では, 植物燃焼と道路交通の切り分けが難しいことが多い. 特定の発生源から排出, また VOC から二次生成する有機化学成分 (有機トレーサー成分) は, 発生源・生成機構が複雑な有機エアロゾルの解析に有用である. 有機化学成分は, 植物燃焼や自動車排出粒子の主要成分であり, 一般環境大気測定局 (一般局) と自動車排出ガス測定局 (自排局) における有機トレーサー成分の特徴を把握することは重要であるが, 報告例は少ない. 本発表では, 名古屋市内の一般局と自排局における有機トレーサー成分の特徴について報告する.

【方法】

2014-16 年度の 3 年間に実施された PM_{2.5} 成分測定のフィルターを有機トレーサー成分の測定に用いた. 一般局は八幡中学校 (名古屋市中川区, 2014 年度, n=56) および富田支所 (名古屋市中川区, 2015-16 年度, n=111), 自排局は元塩公園 (名古屋市内南区, 2014-16 年度, n=168) で捕集した石英繊維ろ紙を分析に用いた. ろ紙は炭素成分分析後, 抽出まで -60°C で保管した.

【結果と考察】

自排局において, 四季のすべての平均濃度が高かった有機トレーサー成分は, 17a(H),21b(H)-ホパン (HOP, 一般/自排比=0.42), アゼライン酸 (DCA9, 0.75), 4-メチルフタル酸 (4PHA, 0.86) であった. EC もまた, 一般/自排比が 0.58 と自排局で高濃度であった. 自排局における, EC と HOP, DCA9 および 4PHA の相関係数はそれぞれ, 0.75, 0.61, 0.41 であった. HOP はエンジンオイルに含まれているため, 交通量の多い自排局で濃度が高く, EC と相関しており, 自動車の指標として有効であると考えられる. DCA9 については, 調理やオレイン酸の分解によって発生・生成することが知られているが, 自排局で高濃度となった理由については不明である. 4PHA はメチルナフタレンの分解物として知られている. 夏に一般/自排比が小さくなる傾向であること, EC と強い相関が見られないことから, 自動車から排出される VOC の二次生成が重要である可能性が考えられるが, 2014 年の八幡中学校と元塩公園における夏季の一般/自排比は, 他の季節より高い傾向が見られなかったため, 今後慎重に解析していきたい.

続いて, 一般局において四季すべての平均濃度が高かった有機トレーサー成分は, レボグルコサン (LEV) であった. LEV の一般/自排比は 1.65 であり, 特に秋に一般/自排比が高くなる傾向にあった. 富田支所で LEV 濃度が 200 ng/m³ を超えた日は 4 日あったが, 2015 年 10 月 26 日 (404 ng/m³), 11 月 1 日 (770 ng/m³), 2016 年 10 月 22 日 (319 ng/m³) は, 濃尾平野の北部で PM_{2.5} 質量濃度が上昇し, その高濃度分布が南下して名古屋の西側から流れ込んでいることが確認できた. 我々は, 昨年の年会において, 濃尾平野北部から南部へと植物燃焼起源の PM_{2.5} 高濃度気塊が流れ込む事例 (2016 年 12 月) を報告したが, 記の 3 日間も同様の事例であり, 名古屋市西部に位置する富田支所の LEV が高濃度になったと考えられる.

【謝辞】本研究は, (独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(5-1604)により実施した.

有機トレーサー成分を用いた一次・二次 有機エアロゾルの発生源寄与解析

池盛文数, 久恒邦裕, 山神真紀子, 長田和雄¹⁾

¹⁾ 名古屋大学大学院環境学研究科

第 59 回大気環境学会年会 (福岡県春日市) 2018 年 9 月

【はじめに】

レセプターモデルを用いた有機炭素 (OC) の発生源寄与解析は大きな課題である。有機トレーサー成分をレセプターモデル解析に用いることにより、自動車、バイオマス燃焼や生物起源などの一次粒子 (POA) と、植物起源 VOC (BVOC) や人為起源 VOC 由来の二次生成粒子 (SOA) について、PM_{2.5} に対する寄与率を推計することは、発生源対策を考える上で非常に重要である。本発表では、PM_{2.5} 成分測定 of 四季調査で名古屋市内の一般局と自排局において捕集した PM_{2.5} について、環境省への報告項目に有機トレーサー成分を加え、Positive Matrix Factorization (PMF) を用いた発生源寄与解析を試みた。

【方法】

2014-16 年度の 3 年間に実施された PM_{2.5} 成分測定 of フィルター (各年度 2 地点, n = 335) のイオン, 炭素, 無機元素, 有機化学成分, 合計 48 成分を PMF 解析に用いた。解析には EPA-PMF5.0 を用いた。解析結果について、Bootstrap method により分解した各因子の堅牢性を確認した。

【結果と考察】

PMF モデルにより、12 因子に分解した。12 因子について、候補とした発生源と参考にした指標成分は、F1: 自動車 (EC, 17a(H), 21b(H)-ホパン), F2: バイオマス燃焼 (レボグルコサンとその異性体, OC, EC), F3: 生物起源一次排出 (以下 BPOA, 糖類), F4: 芳香族類 (フタル酸類), F5: イソプレン由来 SOA (メチルテトラール類), F6: ピネン由来 SOA (3-ヒドロキシグルタル酸, 3-メチルブタン-1,2,3-トリカルボン酸), F7: 石炭燃焼 (SO₄²⁻, NH₄⁺, Pb, As), F8: 重油燃焼 (V, Ni), F9: 半揮発性無機化学成分 (Cl⁻, NO₃⁻), F10: 土壌 (Ca²⁺, Al, Ti), F11: 海塩 (Na⁺, Mg²⁺, Ca²⁺), F12: 局所的発生源 (Mn, Fe, Cu) 2) である。F1-F6 が有機物主体の因子 (有機系因子) であると考えられるが、これらの因子で PM_{2.5} の約 45%, OC の約 75% が割り当てられた。有機トレーサー成分を用いた PMF 解析は、国内では飯島らが報告しているが、本研究の特徴的な因子は F4 (芳香族類) である。芳香族類は、その多くが人為起源であると考えられ、発生源対策を考える上で重要な成分である。F4 は、冬に因子濃度がやや高い傾向が見られるが、明瞭な季節傾向を示さなかった。フタル酸や 4-メチルフタル酸は、ナフタレンやメチルナフタレンの分解物として知られている。また自動車の不完全燃焼によっても生成することが報告されている。特に 2015-2016 年度の春や夏において、F4 の濃度は自排局が一般局よりも高くなる傾向が見られたが、二次生成が活発になる季節でもあり、自排局で前駆体ガス濃度が高くフタル酸などの二次生成量が多かった可能性も考えられたため、POA か SOA かの判断は難しい。今後、ニトロ芳香族類など、ベンゼン環骨格を有する他の有機トレーサー成分を加え解析を進める。他の有機系因子濃度の地点特徴について、F2 (バイオマス燃焼) と F3 (BPOA) の濃度は一般局において自排局より高く、F1 (自動車) の濃度は自排局において一般局よりも高かった。有機系因子濃度の季節傾向について、F1 (自動車) と F2 (バイオマス燃焼) は秋冬に高濃度であった。F3 (BPOA) は冬に極めて濃度が低く、F6 (ピネン由来 SOA) は春に高濃度で冬に低濃度であった。F5 (イソプレン由来 SOA) は夏に高濃度となる季節傾向であった。

【謝辞】 本研究は、(独)環境再生保全機構の環境研究総合推進費(5-1604)により実施した。

沿岸部および内陸部におけるPM2.5成分の時間値変動の解析

久恒邦裕, 池盛文数, 山神真紀子, 長田和雄¹⁾

¹⁾ 名古屋大学大学院環境学研究科

第35回エアロゾル科学・技術研究討論会（名古屋市）2018年7月

【はじめに】

PM2.5の濃度変動は、越境汚染に加えて周辺環境による影響を強く受ける。名古屋市は南部に名古屋港があり、その活動量は日本有数を誇る。さらに、その周辺部には多くの大規模な工場が存在している。そのため、当該地域は名古屋市を含む愛知県西部で観測される大気汚染物質の大規模な発生地域として懸念される。また、名古屋市内にも移動および固定発生源として多くの発生源が考えられ、それらのローカルな影響が気象条件なども複雑に絡んでPM2.5の変動の要因となっている。

そこで、本研究では愛知県の沿岸部と内陸部でPM2.5成分の時間変動等を調査し、大気汚染物質のローカルな範囲での影響について検証した。

【実験方法】

調査地点は、沿岸部として名古屋市環境科学調査センター（名古屋市南区、以降は”環科セ”）を、内陸部として滝高校（江南市、以降は”滝”）を選択した。各地点にPM712（紀本電子工業製）を設置して1時間値のスポットを成分分析に用いた。

調査期間は、夏季が2016年8月4～6日、冬季が2017年2月16～17日および春季として2017年3月19～20日の3期間を選択した。

夏季はイオン成分および微量無機成分の分析を行った。当該期間の成分分析のサンプルは、各日の同一2時間分をまとめて一つにして、半分をイオン分析に、残りを無機元素分析に用いて解析を行った。冬季及び春季については、1時間分のスポットをイオン分析に用いた。ただし、スポットごとにイオン成分と有機物成分を交互に分析したため、イオン成分のデータは2時間おきで得られた。

イオン成分の分析は、対象となるフィルターを超純水に浸漬してから抽出し、イオンクロマトグラフ法で分析した。微量無機成分は、硝酸、フッ酸および過酸化水素水を用いてマイクロウェーブ分解装置で分解し、ICP-MSで分析を行った。

【結果と考察】

夏季の対象となる3日間は、いずれも晴天が続き、夜中から昼前までは北からの風が続き、それ以降夜中までは南からの風が卓越した。またPM2.5の時間変動は、環科セで夜に $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 近辺まで低下し、日中には $30\mu\text{g}/\text{m}^3$ を超えるパターンを示した。環科セおよび滝における、成分分析のスパンに合わせたPM2.5の変動はFig.1Aに示した。ピークトップは2～4時間、滝が遅れている。環科セから滝まで大気が直線で移動したとすると、平均風速から計算された移動時間はいずれの日も2時間前後となっており、ピークトップのずれと大きく矛盾しない。

イオン成分について質量濃度との相関係数($n=12$)をとると、両地点において0.8（有意水準5%）を超えたのは NH_4^+ 、 SO_4^{2-} およびシュウ酸イオンであった。無機元素については、両地点共に相関係数が0.8を超える成分はなかったが、環科セのデータではAl(0.85)、V(0.92)、Fe(0.86)、Ni(0.92)、Se(0.85)、W(0.86)等の成分において、相関係数が0.8を超えていた。Vは滝において、質量濃度と同様に17-18時にピークトップが見られた。以上のことから、この時期には、沿岸部の汚染物質が海風により北上したと考えられる。

冬季の環科セおよび滝におけるPM2.5および主要成分の濃度変動はFig.2に示した。この期間は2月16日の夜半から両地点において濃度が上昇し、17日の夜に低下した。成分の変動を見ると、PM2.5との相関係数が0.8を超えたのは、環科セで NH_4^+ (0.97)、 K^+ (0.80)、 NO_3^- (0.94)、 SO_4^{2-} (0.88)、WSOC(0.85)、滝で NH_4^+ (0.96)、 NO_3^- (0.90)、 SO_4^{2-} (0.84)、シュウ酸(0.82)、WSOC(0.80)であった。イオン濃度は NO_3^- が最も高く、濃度変動に大きく寄与したと考えられる。

周辺の常時監視測定局のデータでは、16日の夜にPM2.5の濃度が上昇するタイミングで環科セでは NO_2 および SO_2 の、滝では NO_2 の濃度上昇がみられ、またその直前にはOx濃度の落ち込みも観測された。このため、当該時間では窒素酸化物等の急激な酸化に伴い、PM2.5への粒子化が進み濃度増加につながったと推察される。春季のPM2.5および主要成分の濃度変動を見ると、環科セおよび滝において、いずれも変動が似ており他の季節で見られた濃度の立ち上がりのタイムラグなどがみられない。このことから、当該期間の高濃度化については、大規模な移流による影響だと推察される。

【おわりに】

沿岸部および内陸部における観測結果を元に、高濃度化現象の要因を個別に推定した。夏季は沿岸部の大気汚染の北上が、冬季は近傍の汚染の影響が、春季は大規模な移流がそれぞれの原因だと推察された。

【謝辞】

本研究は（独）環境再生保全機構の環境研究総合推進費（5-1604）により実施された。

名古屋市における 2017 年 2 月および 3 月に見られた PM2.5 高濃度事例解析

久恒邦裕, 池盛文数, 山神真紀子, 長田和雄¹⁾

¹⁾名古屋大学大学院環境学研究科

第 59 回大気環境学会年会 (福岡県春日市) 2018 年 9 月

【はじめに】 PM2.5 の濃度変動には、越境の影響と共に周辺環境の影響も強く反映される。以前、名古屋南部にある港湾や大規模工場の影響を受けた高濃度化現象について、港湾部および内陸部での測定結果をもとに解析した事例を報告した¹⁾。一方、名古屋市内にも移動および固定発生源として、多くの要因が存在すると考えられる。その影響は気象条件などと共に複雑に影響して、PM2.5 の高濃度化を引き起こすことがある。本研究では、港湾部および内陸部での測定結果を元に、2017 年 2 月および 3 月に観測された高濃度事例について、その要因を推定した。

【実験方法】 調査地点は、沿岸部として名古屋市環境科学調査センター (名古屋市南区、以降は”環科セ”) を、内陸部として滝高校 (江南市、以降は”滝”) を選択した。各地点に PM712 (紀本電子工業製) を設置して 1 時間値のスポットを成分分析に用いた。調査期間は、2017 年 2 月 16~17 日 (以降は”冬季”) および 2017 年 3 月 19~20 日 (以降は”春季”) の 2 期間を選択した。分析は 1 時間分のスポットをイオン分析に用いた。ただし分析成分の関係で、イオン成分のデータは 2 時間おきで得られた。イオン成分の分析は、フィルターを超純水に浸漬してから抽出し、イオンクロマトグラフ法で分析した。微量無機成分は、硝酸、フッ酸および過酸化水素水を用いてマイクロウェーブ分解装置で分解し、ICP-MS で分析を行った。

【結果と考察】 冬季の環科セおよび滝における PM2.5 および主要成分の濃度変動は Fig.1 に示した。この期間は 2 月 16 日の夜半から両地点において濃度が上昇し、17 日の夜に低下した。成分は NO₃ が支配的に、濃度変動に大きく寄与した。この時期の高濃度は窒素酸化物等の酸化による地域的な汚染の影響だと推察する。春季の PM2.5 および主要成分の濃度変動を Fig.2 に示した (データがない部分は欠測)。環科セおよび滝において、いずれも変動が似ており濃度の立ち上がりのタイムラグなどがみられない。このことから、当該期間の高濃度化については、大規模な移流による影響だと推察される。

【まとめ】 沿岸部および内陸部における観測結果を元に、高濃度化現象の要因を個別に推定した。冬季は近傍の汚染の影響が、春季は大規模な移流がそれぞれの原因だと推察された。

【謝辞】 本研究は (独) 環境再生保全機構の環境研究総合推進費 (5-1604) により実施された。

【引用文献】 1) 久恒ら, 第 58 回大気環境学会年会講演要旨集, p473, 2017

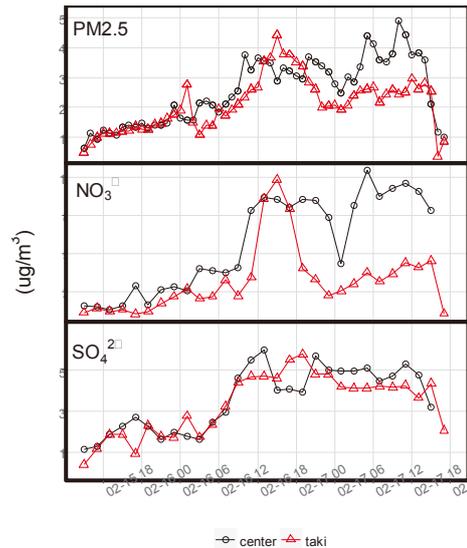


Fig.1 Time series variation of PM2.5, nitrate ion and sulfate ion in the winter.

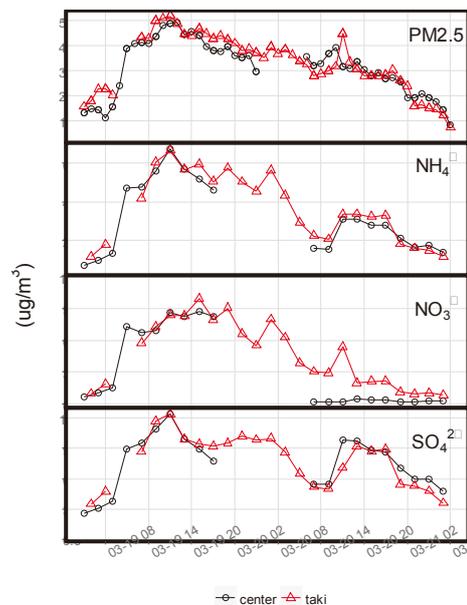


Fig.2 Time series variation of PM2.5, nitrate ion and sulfate ion in the spring.

名古屋市に降る雨に含まれる微量無機元素の解析

久恒邦裕, 森 健次, 池盛文数, 中島寛則, 山神真紀子

第 59 回大気環境学会年会 (福岡県春日市) 2018 年 9 月

【はじめに】

名古屋市では、全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会で行われている全国酸性雨調査に参加している。当該調査では、イオンクロマトグラフによる雨水中の無機イオン成分の分析を行っている。しかし、雨水には他にも多くの成分が含まれており、それらも雨の汚染状況を理解する上での情報を持っていると考えられる。そこで、本報告では、酸性雨調査で採取された雨水に含まれる微量無機成分を測定し、その結果について報告する。

【調査方法】

試料は愛知県名古屋市南区にある名古屋市環境科学調査センター屋上にて、降水時開放型捕集装置を用いて採取した。採取は原則週 1 回で、採取したサンプルはろ過した後、30mL を分取し硝酸 1.38(EL グレード：関東化学株式会社製)を 1.5mL 加えて測定直前まで冷蔵保存した。ろ過までの手順は酸性雨全国調査実施要領に従った。測定は ICP-MS(Agilent 製 7700x)によって行った。期間は 2011～2016 年度のサンプルを使用した。

ベイズ推定は R(ver. 3.4.2)および rstan(ver. 2.17.3)パッケージを使用して、収束判定は r-hat 値の値が 1.1 を下回ることを確認して行った。

【結果と考察】

期間中の平均で最も高かったのは、Fe の 123ng/mL であった。次に Zn の 19.5ng/mL、Al の 13.6ng/mL と続いた。それ以外で平均値が 1ng/mL を超えたのは Mn(3.94ng/mL) Cu(1.73ng/mL) Sr(1.00ng/mL) Ba(1.72ng/mL) Pb(1.16ng/mL) であった。越境汚染の影響を調べるため、Pb/Zn を計算した。Pb/Zn は平均値 0.074 で、場所や採取方法が異なるが既報値(0.16~0.17)¹⁾より半減していた。また、Pb/Zn が高い値をとる試料は経年的に少なくなっていた。

雨水中の成分濃度は、回収した雨量と相関があることが多い。一般的に、雨量が多い場合は濃度が低下し、雨量が少ないと濃度が高くなる傾向がある。そのため、濃度の高低を判断する場合に、濃度のみを取り上げて論じることが難しい。また、濃度と雨量の積を用いる場合もあるが、RainOut と WashOut を切り分けずに考えるため、上記の傾向は解消しないケースが多い。そこで今回、濃度と雨量の関係をモデルで表現し、雨量ごとの平均濃度および試料ごとの濃度の予測などを行った。モデルは、以下の式 eq.1 および eq.2 を用いた。Meas.value は濃度、Cloud_pollu は RainOut を想定した汚染物質濃度で、今回は一定値とした。Rain_pollu は WashOut を想定した汚染物質濃度、Rain_pollu_base は降下中に取り込む平均的な汚染物質濃度、Rain_pollu_sample は試料ごとの汚染物質濃度の変動値で、rainfall は雨量とした。

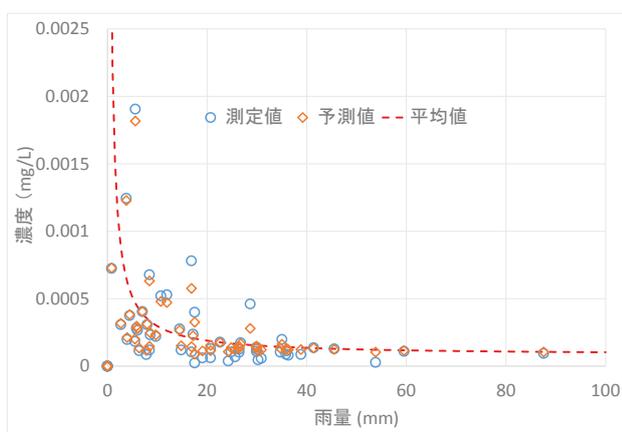


図 1 雨量と濃度の関係およびベイズ統計による推定値(V)

$$\text{Meas.value} = \text{Cloud_pollu} + \text{Rain_pollu} \quad \text{eq.1}$$

$$\text{Rain_pollu} = (\text{Rain_pollu_base} + \text{Rain_pollu_sample}) / \text{rainfall} \quad \text{eq.2}$$

このモデルのパラメータをベイズ推定により決定した。例として、V の結果を図 1 に示す。破線で示された線が推定された雨量ごとの平均値で、これより上にある点が高濃度側、下にある点が低濃度側だと判断でき、単純な濃度の高低とは必ずしも一致しないことが示された。

【参考文献】 1) 日置ら, J. Jpn. Soc. Atoms. Environ. 43, 100-111, 2008

【謝辞】 本研究は、全環研東海・近畿・北陸支部共同

調査研究 (越境/広域大気汚染) の一環として行われました。

全国酸性雨調査 (101) —湿性沈着—

久恒邦裕, 堀江洋佑¹⁾, 西山 亨²⁾, 北岡宏道³⁾, 宮野高光⁴⁾, 石飛博之⁵⁾, 船越吾朗⁵⁾

¹⁾元兵庫環境研究センター, ²⁾元三重県保健環境研究所, ³⁾熊本県保健環境科学研究所, ⁴⁾広島市衛生研究所, ⁵⁾元環境省

第 59 回大気環境学会年会 (福岡県春日市) 2018 年 9 月

【はじめに】

全国環境研協議会酸性雨広域大気汚染調査研究部会では、1991 年より全国酸性雨調査を実施している。そのうち、湿性沈着調査は、日本全域における湿性沈着による汚染実態を把握することを目的としている。本報告では、2016 年度の調査結果について報告する。

【調査地点】

2016 年度の湿性沈着調査には、45 機関 65 地点の参加があった。ただし、地点によっては装置の故障などにより測定値の全部または一部を参考値として、解析に用いていないところもある。地域ごとの特徴を把握するために、全地点を北部(NJ)、日本海側(JS)、東部(EJ)、中央部(CJ)、西部(WJ)、南西諸島(SW)の 6 つに分類し、傾向を調べた。各測定地点の場所、地域の分類および年間平均値 pH については、図 1 に示した。

【結果と考察】

年間平均値 pH は 4.60(広島安佐南:広島) ~ 5.86(旭:千葉) の範囲にあり、加重平均は 4.87 であった。H⁺濃度の加重平均は 13.9

μmol L⁻¹ で、全体的に JS および

WJ において高く、EJ で低くなる

傾向が見られた (図 2(a))。季節ご

とにみると、NJ・JS・CJ・WJ・

SW で冬季に、EJ で夏季に高くなる

傾向を示した。年間平均値

nss-SO₄²⁻濃度は、4.1(静岡北安東:

静岡) ~ 33.8 μmol L⁻¹ (大分:大分)

の範囲で、加重平均は 10.7 μmol L⁻¹

であった。大分で観測された高濃

度は、2016 年 10 月 8 日に発生した

阿蘇山の噴火の影響だと考えら

れる。地域的には JS および WJ

で高く、SW で低い傾向を示した

(図 2(b))。季節変動ではいずれの

地域もおおむね、冬季に高くなる

傾向を示した。年間平均値 NO₃⁻

濃度は、4.6(勝浦:千葉) ~ 23.6 μmol L⁻¹ (前橋:群馬)の範囲で、加重平均は 13.6 μmol L⁻¹ であった。地域別では EJ およ

び JS で高く、SW で低い傾向を示した (図 2(c))。季節的には NJ・JS・CJ・WJ・SW で冬季に、EJ で夏季に高くなる傾向を示した。

【全国酸性雨調査(101)~(104)】

本調査にご参加いただいた全環研協議会会員機関、並びに全面的な支援及び協力を頂いた環境省、国立環境研究所、日本環境衛生センターアジア大気汚染研究センターの方々に厚く御礼申し上げます。

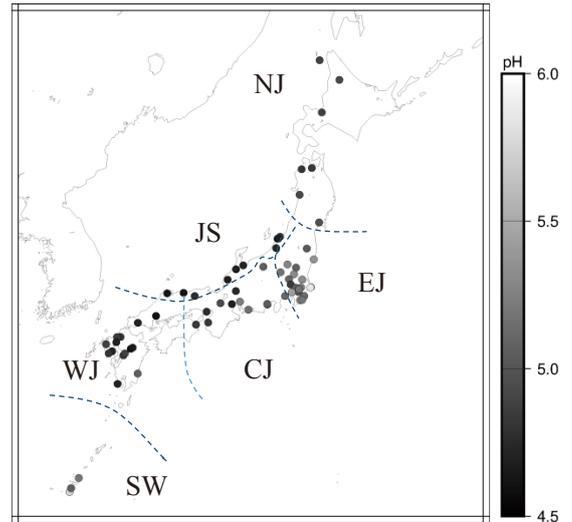


図 1 2016 年度調査地点

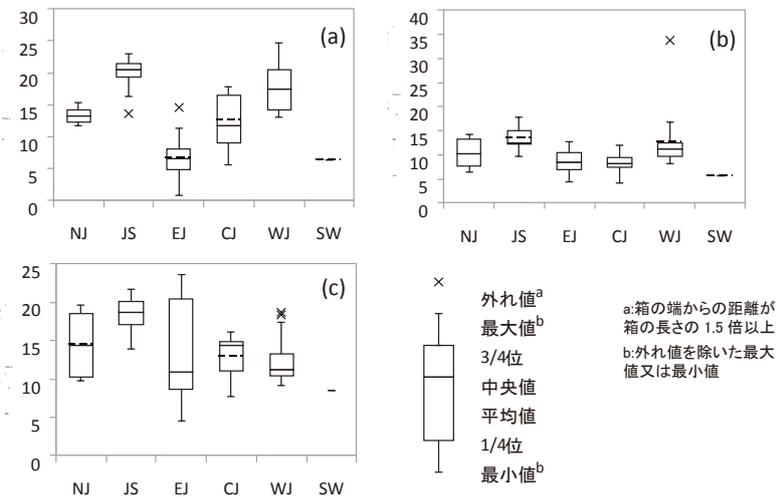


図 2 酸性成分の地域ごとの濃度分布 (a) H⁺ (b) nss-SO₄²⁻ (c) NO₃⁻

名古屋市における有害大気汚染物質濃度の 20 年間の経年変化

大野 隆史, 山神 真紀子, 中島 寛則, 森 健次, 池盛 文数, 久恒 邦裕

第 33 回全国環境研協議会東海・近畿・北陸支部研究会（名古屋市）2019 年 1 月

1. はじめに

有害大気汚染物質の測定開始から 20 年が経過したのを機に、その間の経年変化に加えて、PRTR データとの関連性等について検討したので、その結果を報告する。

2. 調査結果及び考察

2.1 経年変化

平成 10 年度以降、継続的に測定している 4 地点（富田支所・港陽・白水小学校・本地通）について、実測データ（年平均値）の傾き（増減率）、及び全局最大値を 100 として規格化したデータの傾きを表 1 に示す。規格化したデータの傾きは通年の全局最大値に対する % 単位での増減率、即ち %/年を示す。但し、本地通については平成 22 年度以降の傾きである。

平成 10～29 年度の 20 年間では、クロロホルムや 1,2-ジクロロエタン、水銀及びその化合物を除く、ほぼ全物質・全地点について濃度は減少傾向にあり、年間減少率としては概ね 1.5～3% 弱であった。有害大気汚染物質の排出削減対策として、PRTR 法や固定発生源からの VOC 排出規制に加えて、事業者による排出削減に係る自主的取り組みなどの、官民挙げての取り組みが成果となって現れてきたものと考えられる。

また、濃度減少傾向が認められなかった物質のうち、クロロホルムの年平均値の経年変化を図 1 に示す。クロロホルムについては、周辺の特定の固定発生源からの影響が示唆された。1,2-ジクロロエタンについても平成 15 年度以降は濃度増加傾向にあり、中国等からの越境大気汚染の寄与の増大が示唆された。

2.2 PRTR 法排出量との関連性

ベンゼンについて、全地点平均濃度と全国での PRTR 法届出排出量、届出外排出量（推計値）及びそれらの和の、平成 13～28 年度（最新年度）までの経年変化グラフを図 2 に示す。（届出+届出外）排出量合計と観測された濃度は、共にリンクして強い関連性をもって減少していることがよくわかる。

PRTR データと実測された大気中濃度の関係について比較検証する場合には、環境への排出実態に鑑み、届出排出量と届出外排出量の和で、正しく評価していく必要がある。

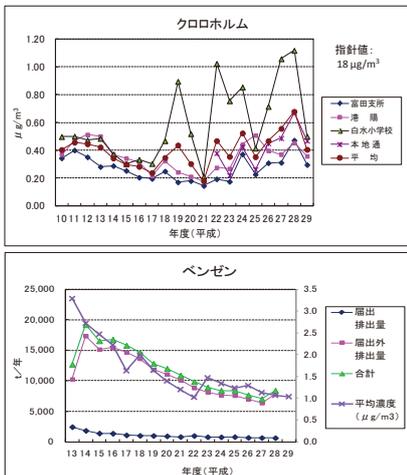


図 1
クロロホルムの年平均値の経年変化

図 2
PRTR 法届出・届出外排出量と平均濃度の経年変化（ベンゼン）

表 1 有害大気汚染物質の年間増減率

物質名	富田支所	港陽	白水小学校	本地通	4地点平均
ベンゼン	-0.111	-0.124	-0.144	-0.049	-0.123
トリクロロエチレン	-2.72	-3.02	-3.52	-1.20	-2.99
エチレン	-0.056	-0.080	-0.249	-0.045	-0.118
テトラクロロエチレン	-1.01	-1.43	-4.45	-0.81	-2.11
ジクロロメタン	-0.021	-0.117	-0.147	-0.045	-0.096
アクリロニトリル	-0.40	-2.28	-2.86	-0.88	-1.85
塩化ビニルモノマー	-0.173	-0.174	-0.637	-0.168	-0.291
クロロホルム	-1.05	-1.06	-3.86	-1.02	-1.77
1,2-ジクロロエタン	-0.006	-0.010	-0.038	0.000	-0.019
エタン	-0.51	-0.77	-3.09	0.02	-1.52
1,3-ブタジエン	-0.004	-0.006	-0.001	-0.002	-0.004
トルエン	-1.01	-1.83	-0.27	-0.45	-1.09
塩化メチル	0.000	-0.002	0.025	0.039	0.007
エチレンオキシド	-0.01	-0.14	2.23	3.47	0.62
ホルムアルデヒド	0.009	0.001	0.002	-0.007	0.003
ホルムアルデヒド	1.76	0.13	0.39	-1.34	0.50
ホルムアルデヒド	-0.015	-0.019	-0.015	-0.018	-0.016
ホルムアルデヒド	-2.71	-3.35	-2.66	-3.10	-2.73
ホルムアルデヒド	-0.712	-1.000	-0.907	-0.041	-0.819
ホルムアルデヒド	-2.64	-3.70	-3.36	-0.15	-3.03
ホルムアルデヒド	-0.014	-0.028	-0.060	-0.023	-0.031
ホルムアルデヒド	-0.76	-1.48	-3.19	-1.25	-1.67
ホルムアルデヒド	-0.003	-0.004	-0.003	-0.001	-0.003
ホルムアルデヒド	-1.92	-2.98	-2.32	-0.57	-2.40
ホルムアルデヒド	-0.093	-0.083	-0.077	-0.022	-0.093
ホルムアルデヒド	-1.80	-1.60	-1.49	-0.42	-1.79
ホルムアルデヒド	-0.197	-0.142	-0.123	-0.027	-0.165
ホルムアルデヒド	-2.21	-1.59	-1.38	-0.30	-1.85
ホルムアルデヒド	-0.045	-0.063	-0.048	-0.035	-0.052
ホルムアルデヒド	-2.50	-3.50	-2.68	-1.92	-2.88
ホルムアルデヒド	-0.029	0.009	-0.003	-0.182	-0.016
ホルムアルデヒド	-0.86	0.26	-0.09	-5.45	-0.47
ホルムアルデヒド	-0.395	-1.316	-1.767	-0.023	-1.151
ホルムアルデヒド	-0.55	-1.83	-2.45	-0.03	-1.60
ホルムアルデヒド	-0.046	-0.072	-0.070	-0.119	-0.062
ホルムアルデヒド	-1.48	-2.31	-2.26	-3.83	-2.00
ホルムアルデヒド	-0.461	-1.827	-2.973	-0.129	-1.728
ホルムアルデヒド	-0.58	-2.32	-3.77	-0.16	-2.19
ホルムアルデヒド	-0.002	-0.002	-0.002	-0.003	-0.001
ホルムアルデヒド	-2.20	-2.70	-2.56	-4.71	-2.68
ホルムアルデヒド	-1.412	-2.818	-2.915	-0.252	-2.388
ホルムアルデヒド	-1.21	-2.41	-2.49	-0.22	-2.04

単位：上段-ホルムアルデヒドまでは $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{年}$ 、以降は $\text{ng}/\text{m}^3/\text{年}$
下段- %/年

気温測定データに地表面形態の違いが及ぼす影響

大野 隆史

平成 30 年度 日本気象学会中部支部研究会（三重県津市）2018 年 11 月

1. はじめに

名古屋は東京や大阪と比べて夏の暑さが厳しいことが知られており、また気象台が公表する気温データよりも、体感的にはより厳しい暑さであることが、多方面からしばしば指摘されてきた。

今回は、名古屋地方気象台（以降：気象台）で測定された気温データと、気象台とは地表面形態が異なる他の場所で測定された気温データについて、両者の差異を比較検討したので報告する。

2. 使用データ・解析方法

気温測定は名古屋市環境科学調査センター（名古屋市南区豊田五丁目、以降：調査センター）の 4 階屋上で行った。調査センターでの気温データは、5 分毎にデータロガーに取り込み、毎正時から 12 データの平均をとって 1 時間値を算出した。気象台での気温データは、1 時間値をオンラインで入手した。具体的には、2015 年 7 月と 8 月の 1 時間値データについて、両者の差異を比較検討した。

調査センターでは、標高がほぼ 0 m 地点に立地する建物の 4 階屋上で気象測定を行っており、測定高度は 16 m ほどとなり、気象台では標高 51.1 m の地点で気象測定を行っているため、 $0.649^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の気温減率を用いて高度補正を行った 1 時間値データについても、両者の差異を比較検討した。

なお、気象台での気温測定は強制通風式で行われているが、調査センターでの気温測定は自然通風式（百葉箱）で行われている。また、気温測定を行う地点の地表面形態は、気象台では芝地であるが、調査センターでは蓄熱性の高いコンクリート建物の屋上であり、両者の地表面形態は大きく異なっている。

3. 結果及び考察

3.1 1 時間値気温データにおける差異

1 時間値生データと高度補正を行った 1 時間値について、気象台で測定したデータと調査センターで測定したデータの、平均及びその標準偏差、最高・最低温度等を、2015 年 8 月について表 1 に示す。

調査センターの方が気象台よりも、高度補正データでは $0.37 \pm 0.62^{\circ}\text{C}$ （2015 年 7 月）、 $0.46 \pm 0.78^{\circ}\text{C}$ （2015 年 8 月）高く、7-8 月通算では $0.41 \pm 0.70^{\circ}\text{C}$ 高くなった。

3.2 時刻別平均気温の経時変化における差異

高度補正データについて、それぞれ時刻別に算出した平均気温の経時変化を、2015 年 8 月について図 1 に示す。

深夜から未明にかけては調査センターの方が気温が高く、日の上り始めた 7 時頃から 13 時頃まではほぼ一致した気温となり、15 時以降は再び調査センターの方が気温が高い状態が続き、深夜から翌日の日の出までずっと続いた。

このように経時変化に差異が生じた原因としては、調査センターでは、日中に十分に蓄熱したコンクリート建物からの輻射熱の放射が、午後から翌日の日の出までずっと続いたことが主たる原因であると考えられる。

表 1 環境科学調査センター屋上と名古屋地方気象台との温度差
(2015 年 8 月の 1 時間値データとその差)

	生データ(°C)			高度補正データ(°C)		
	環境科学 調査センター 屋上	名古屋 地方 気象台	その差	環境科学 調査センター 屋上	名古屋 地方 気象台	その差
平均 (n=744)	28.82	28.14	0.68	28.93	28.47	0.46
標準偏差	3.35	3.32	0.78	3.35	3.32	0.78
最高温度	38.74	37.8	8.69*	38.85	38.13	8.46*
最低温度	21.49	21.6	-1.93*	21.60	21.93	-2.15*

*: 両地点の温度差の最大値・最小値

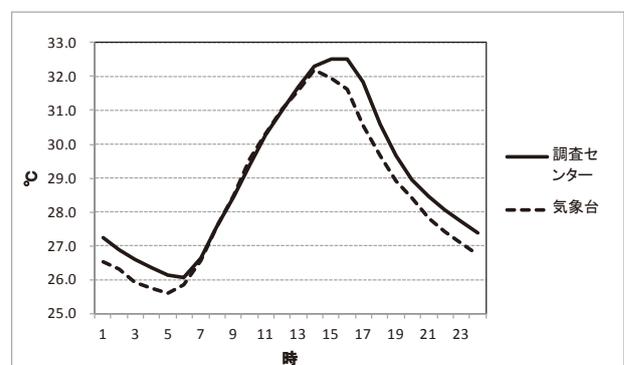


図 1 時刻別平均気温の経時変化
(2015 年 8 月, 高度補正データ)

名古屋市内で掘削されたボーリングコア試料中の 自然由来有害重金属の分布とその起源

山守英朋, 朝日教智, 長谷川絵理

第45回環境保全・公害防止研究発表会(島根県松江市) 2018年11月

1. はじめに

名古屋市では、ヒ素、ふっ素、ほう素による広範囲な地下水汚染が見つかっている。これらの地下水汚染と、土壌との関係を明らかにするため、名古屋市内で掘削されたボーリングコア試料(以下コア試料)を入手し、土壌中の重金属等の全量分析を実施した。本報告では、コア試料中の重金属等の定量結果を取りまとめ、自然由来土壌汚染対象8元素(六価クロムは、総クロムとして評価)に関して、土質、地質ごとに全体像を解析した結果について報告する。あわせて、ヒ素については、比較的高濃度に検出されたコア試料について、X線マイクロアナライザー付き電子顕微鏡分析(SEM-EDS)による元素マッピングを行い、その起源について推定した。

2. 調査方法

1) **試料採取法**:名古屋市全域を3kmメッシュに分け、メッシュごとに1地点、コア試料を入手した。本報告では、25地点、延べ494試料の分析結果を用いた。対象元素は、ヒ素、鉛、ふっ素、ほう素、水銀、カドミウム、セレン、クロムとした。

2) **SEM-EDS分析**:エネルギー分散型X線分析装置を装備した電子顕微鏡により、元素マッピングを実施した。

3. 実験結果および考察

1) **土質と土壌濃度との関係**:重金属の人為的な汚染は、表層付近に留まるため、本報告の解析からは、表層土を除外し解析することとした。また、表層土を除外した後、中央値を比較すると、ほぼ全ての元素で、粒子サイズが小さくなるにつれて、濃度が高くなる傾向が認められた。最大値に関しては、1つの高濃度試料の影響があると、中央値で認められるような、明確な傾向は認められなかった。

2) **地層と土壌濃度との関係**:コア試料の地層鑑定を行い、地層ごとに分類し、箱ひげ図を用いて解析した。また、Bowenは高濃度汚染土や鉱山付近の結果を除いた一般土壌中の各元素の中央値および分布範囲をとりまとめて報告しており、本報告の定量値と比較した。ヒ素は、中央値(文献値6.0mg/kg)を比較すると、沖積層、熱田層下部においてやや高かったが、他の地層では、むしろ低い値となった。また、最大値(文献値40mg/kg)と比較すると、八事・唐山層および熱田層上部で非常に高い値を示した地点が認められた。他の元素結果もあわせて考察すると、中央値の比較では、ヒ素(沖積層、熱田層下部)、ふっ素(沖積層、熱田層上部・下部)、ほう素(熱田層下部)といった海水中に含まれる元素で比較的高い傾向が認められた。また、それら元素で比較的高い値となった地層は、沖積層、熱田層下部であり、これらの地層は、海成粘土層を含むことが知られている。更に、ふっ素のみ該当した熱田層上部は砂層ではあるが、中にレンズ状に、シルト層・粘土層を挟むことがあるとされていることから、これらの元素が、比較的高い傾向があるのは、海成粘土層に係わっている可能性が考えられた。また、非海成(陸成)の第一礫層において、これらの元素は、非常に低い値となっていることから、先の考察を補完すると考えられた。

3) **SEM-EDSマッピングによる元素分析**:ヒ素濃度が高かったコア試料について、SEM-EDSマッピングによる元素分析を行った。試料中には、鉄、硫黄が高濃度に存在した。一方、ヒ素は、特異的に濃集しているわけではなく、全体的に薄く広がっているように思われた。鉄および硫黄といった海成層に特徴的な元素が高濃度に存在すること、ヒ素鉱物が認められなかったことは、この土壌が、海成層由来であることを支持する結果であった。

以上より、名古屋市の西部で認められるヒ素による地下水汚染は、沖積層、熱田層に存在する海成粘土層由来と推定した。

参考文献 1) H.J.M. Bowen, Environmental Chemistry of the Elements, ACADEMIC PRESS (1979)

名古屋市の地下水のヒ素汚染とその起源推定

山守英朋, 朝日教智, 長谷川絵理

第 53 回日本水環境学会年会 (山梨県甲府市) 2019 年 3 月

1. はじめに

名古屋市では、ヒ素、ふっ素、ほう素による地下水汚染が見つかっている。中でもヒ素による地下水汚染は、停滞型深層地下水で、広域的に、環境基準値をわずかに上回って検出され、地層等の自然由来による汚染が疑われている。そこで、その原因を明らかにする目的で、市内で掘削された土壌ボーリング試料を収集し、調査を進めている。本報告では、ヒ素に関して、土壌中の全量分析結果を取りまとめて、地層との関係、既往研究との比較を行うとともに、特に高濃度となった土壌試料について SEM-EDS による分析を行い、その結果から、地下水中のヒ素汚染の起源について推定した。

2. 実験方法

1) 試料採取法および定量方法:既報¹⁾に従い、市内全域を 3km メッシュに分け、その中で 1 地点ボーリング試料を入手した。本報告では、28 地点、延べ 545 試料の分析を実施した。

2) SEM-EDS 分析:エネルギー分散型 X 線分析装置を装備した電子顕微鏡により、元素マッピングを実施した。

3. 実験結果

1) 地層毎の土壌中ヒ素濃度および既往研究との比較

全ての測定結果を地層毎に集計し、ヒ素の土壌濃度(中央値・濃度範囲)を解析した。なお、表層付近の土壌は、解析より除外した。また、その解析結果を、Bowen²⁾が取りまとめた鉱山等を除く一般土壌中の中央値(6.0mg/kg)、最大値(40mg/kg)と比較した。中央値の比較では、沖積層(6.72mg/kg)および熱田層下部(6.07mg/kg)で、やや高い値となった。また、最大値の比較では、熱田層上部(試料 A:39.8mg/kg)および八事唐山層(試料 B:47.3mg/kg)にて高い値を示した。産総研の地球化学図³⁾との比較も行った。地球化学図が、西部でやや高く、東部で低くなっているのに対し、本研究では、全体的な傾向は類似しているが、所々高濃度を示した区画が、西部(試料 A)のみではなく、中央部(試料 B)・東部でも認められた。

2) 高濃度土壌の SEM-EDS による解析(Fig.1)

1)の土壌試料 A および B について、SEM-EDS による元素マッピングを行った。両試料とも、明確なヒ素ピークは検出されなかった。一方で、試料 A においては、鉄および硫黄が比較的高濃度で検出され、試料 B では、明確な硫黄ピークは認められなかった。

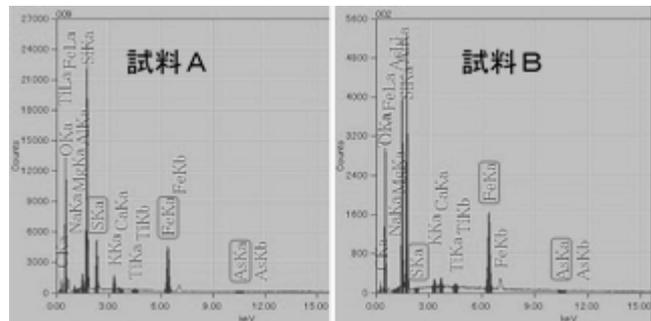


Fig.1 高濃度土壌の SEM-EDS 分析結果

内園は、濃尾平野の土壌コアの EC を測定し、60mS/m

以上が、海成と淡水成の境界であると報告している⁴⁾。そこで、試料 A および B で作成した溶出試料の pH・EC を測定した。試料 A は、pH 3.5, EC 56.8mS/m を示した。一方、試料 B は、pH 6.4, EC 1.4mS/m であった。

4. 考察

島田の分類⁵⁾を参考に、試料 A の結果等を考え合わせると、名古屋市西部地下水でのヒ素汚染は、堆積層タイプの水酸化鉄型と推定された。すなわち、酸化的环境下でヒ素を吸着し堆積した水酸化鉄が、還元环境下にある地下水に触れることで分解してヒ素を脱着した結果と考えられた。一方、地下水汚染は認められないが、中部・東部においても、ヒ素濃度が高い土壌試料も認められており潜在的なヒ素汚染の可能性があり注意を要する。

参考文献

1)山守英朋ら:第 50 回日本水環境学会講演要旨集,544 (2016)

4)内園立男:地球科学,61,179-186 (2007)

2)Bowen H.J.M.:Env. Chem. of the Elements, Academic Press (1979)

5)島田允堯:資源地質,53(2),161-173 (2003)

3)<https://gbank.gsj.jp/geochemmap/>

名古屋市内的における河川水中有機化学物質のスクリーニング分析

長谷川 瞳, 西野貴裕¹⁾, 東條俊樹²⁾, 松村千里³⁾, 宮脇 崇⁴⁾

¹⁾東京都環境科学研究所, ²⁾大阪市立環境科学研究センター,

³⁾兵庫県環境研究センター, ⁴⁾福岡県保健環境研究所

第 21 回日本水環境学会シンポジウム (島根県松江市) 2018 年 9 月

1. はじめに

現在、環境中の汚染化学物質の測定方法は、選定した特定の物質のみを測定するターゲット分析が一般的であるが、環境へ放出される化学物質の種類が増え続ける中で、ターゲット分析のみでは実態の把握や環境リスクの評価が追いつくことが出来ない。未把握の環境リスクを評価するためにも、ターゲット分析に加えて、多種の汚染化学物質を一斉に測定する手法が必要であると考えられる。また、この手法は、災害、事故時などの緊急時に、環境中へ放出された多種の汚染化学物質について迅速な対応が求められた際にも活用できると考えられる。

そこで本研究では、LC/Q-TOF-MS を用いて環境水中の多種の汚染化学物質を一斉に分析することを目的とした。名古屋市内的の水環境試料をスクリーニング分析し、環境中に存在する汚染化学物質の定量を行ったので報告する。

2. 実験方法

スクリーニング分析の測定対象として、農薬 285 種、医薬品 105 種、リン酸エステル類 15 種を設定した。それぞれのプレカーサーイオンおよびフラグメントイオンの精密質量数、保持時間を元にスクリーニング分析を行った。測定は waters 社製の LC/Q-TOF-MS を使用し、LC が Acquity H class、MS が Xevo G2-S で、測定は ESI ポジティブモードにより行った。前処理方法は図 1 に示した。ステンレス製バケツを用いて採取した環境水試料 500mL をガラス繊維ろ紙を用いてろ過した。ろ液はアセトンで超音波抽出をした後、ろ液と合わせ、Oasis HLB および Sep-Pak AC2 で抽出した。通液後、固相カートリッジは精製水にて洗浄し、乾燥後、アセトンおよびジクロロメタン 5mL ずつでバックフラッシュ溶出を行った。窒素吹き付けにより乾固直前まで濃縮した後、メタノールに転溶し、1mL に定容して、LC/Q-TOF-MS で測定を行った。

3. 結果

2018 年 2 月に名古屋市内的中心部を流れる堀川および新堀川において、下水処理場周辺の橋で採水を行った。それぞれの河川水試料についてスクリーニング分析を行ったところ、測定質量誤差 5mDa 以下で、農薬 15 種類、医薬品 13 種類、リン酸エステル 6 種類が定量された。

冬期の採水であったため、検出された農薬類についてはいずれも低濃度で数 ng/L 程度であった。

一方、医薬品類は濃度が高く、最も濃度が

高かったのはかゆみ止めとして使用されている Crotamiton であった。次いで、抗アレルギー薬として使用されている Fexofenadine、高血圧治療薬 Telmisartan が高濃度で検出された。

また、抗生物質として使用されている Clarithromycin は半数以上の地点において PNEC の値 (52ng/L) を越えた。リン酸エステル類については、数 ng/L~数百 ng/L の濃度範囲で検出され、中では Tris(2-butoxyethyl)phosphate が最も高濃度であった。下水処理場の上下で検出濃度が大きく異なる物質も多く、都市河川において下水処理場が化学物質の大きな排出源となっていることが示唆された。

本研究は環境省環境研究総合推進費 (課題番号 5-1602) により行った。

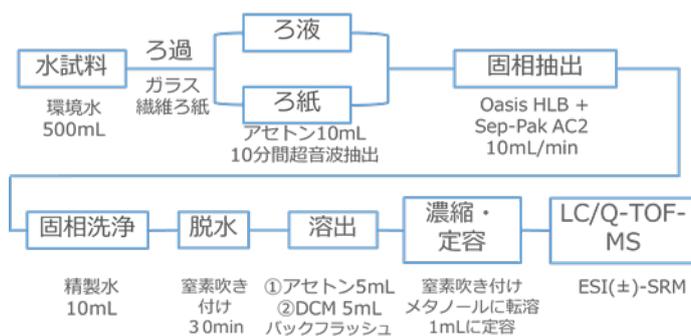


図 1 分析フローチャート

化学物質環境実態調査 分析法開発調査

～水質中の N,N-ジメチルアルカン-1-アミン=オキシド

(アルキル基が直鎖でかつ炭素数が 10, 12, 14, 18) の分析～

長谷川 瞳, 平生 進吾

平成 30 年度環境科学セミナー (東京都墨田区) 2019 年 1 月

水質試料中に含まれている N,N-ジメチルアルカン-1-アミン=オキシド(アルキル基が直鎖でかつ炭素数が 10,12,14,18) の分析法の開発を行った。

水質試料 200mL にメタノールを 20mL 加え, ディスク型固相 (SDB-X) にて固相抽出する。固相は 20% メタノール水溶液 10mL で洗浄した後, 吸引脱水する。メタノール 7mL で溶出し, 精製水で 10mL に定容し試験液とする。この試験液を LC/MS/MS ESI-positive モードで分析する。

本分析法の注意点は以下の通りである。

1. 器具洗浄に用いる洗剤に N,N-ジメチルアルカン-1-アミン=オキシド類が含まれている場合があるので、ブランクチェックをしてから使用すること。
2. 採取した水試料は全量使用するため、試料採取時は出来るだけ正確に 200 mL を採取するよう心がけること。試料量は、あらかじめ容器重量を量っておき、重量差から水質試料の体積を求める。
3. 保護用手袋からブランクが検出される可能性があるため、器具洗浄、試料採取、分析操作全般にわたって保護手袋の使用を極力避けること。
4. 精製水で添加回収試験やブランク試験を行う際は、試料重量の 3%にあたる量の塩化ナトリウム添加すること。
5. 高濃度 (50 ng/mL 以上) の標準液および試料を分析した後は、メモリーを避けるため、メタノールを数回注入すること。

名古屋市河川水中に存在する医薬品類の実態調査

長谷川 瞳, 平生 進吾

第 53 回水環境学会年会 (山梨県甲府市) 2019 年 3 月

1. はじめに

国内外において、新規に製造・使用される化学物質の種類は年々増加しており、2015 年には米国化学会に 1 億種目の化学物質が登録された。人口増加や高齢化社会という背景の中、医薬品類の種類・使用量も年々増加している。

医薬品の場合、農薬や工業製品材料と比較すると、その製造量は少ない。しかし、低用量であっても薬理活性を持つ医薬品が環境中へ放出された場合、水環境中に生息する生態系への毒性影響や薬物耐性菌の発生、飲料水を通じたヒトへの健康影響などが懸念されている。欧米では 1990 年代後半から医薬品による水環境汚染が問題視されるようになってきており、近年、日本国内でも、水環境中に存在する医薬品類の研究結果が報告されている。医薬品の種類は非常に多く、リスクが高い可能性のあるものに絞り込んだ調査が必要であると考えられる。

そこで、本研究では名古屋市河川水について、LC/Q-TOF-MS を使用し、医薬品類に関してターゲットスクリーニングを行い、強度の高かったもの 20 種類について調査対象物質として選定した。下水処理場の影響を受けると考えられる地点も含めて、名古屋市河川 7 地点で調査を行った。以下、調査結果について報告する。

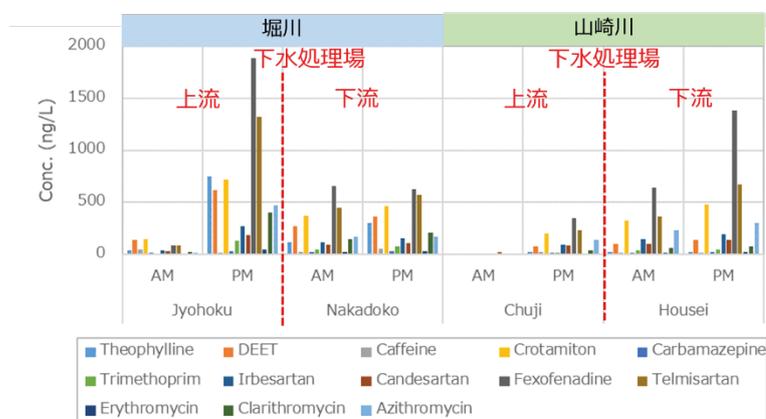
2. 実験方法

分析対象物質は、LC/Q-TOF-MS を使用し、医薬品類 105 種に関してターゲットスクリーニングを行い、強度の高かったものを中心に 20 種類を選定した。前処理は 200mL の環境水試料に各種サロゲートを添加した後、Oasis HLB にて固相抽出し、5 mL のメタノールで溶出した。窒素吹きつけにより濃縮、メタノールにより 1 mL に定容し、LC/Q-TOF-MS および LC/MS/MS にて測定を行った。

3. 結果

名古屋市河川水中の医薬品の濃度レベルを名古屋市河川 7 地点において、2018 年 2 月 (冬季) および 8 月 (夏季) の 2 回採水を行った。夏季における測定結果の一部を図に示す。測定対象とした医薬品類は 100ng/L 以上の高濃度で検出された。最も濃度が高かったのは、抗アレルギー薬として使用されている Fexofenadine で最高濃度は 1900ng/L、かゆみ止めとして使用されている Crothamiton で最高濃度は 1700 ng/L であった。次いで、高血圧治療薬 Telmisartan の最高濃度は 1300ng/L であった。また、抗生物質として使用されている Clarithromycin や Azithromycin は上記物質と比較して環境中濃度は高くないが、半数以上の地点において PNEC の値 (52ng/L および 20ng/L) を越えた。下水処理場の上下で検出濃度が大きく異なる物質も多く、都市河川においては下水処理場が医薬品類の大きな排出源となっていることが示唆された。

本研究は環境省環境研究総合推進費 (課題番号 5-1602) により行った。



図：測定対象医薬品類の測定結果

LC/MS による化学物質分析法の基礎的研究 (72)

長谷川 瞳, 平生進吾, 折原智明¹⁾, 伊藤朋子²⁾, 山本道方³⁾, 吉野共広⁴⁾,
八木正博⁴⁾, 浦山豊弘⁵⁾, 飛石和大⁶⁾, 上田守男⁷⁾, 鈴木 茂⁸⁾

¹⁾札幌市衛生研究所, ²⁾岩手県環境保健研究センター, ³⁾和歌山県環境衛生研究センター, ⁴⁾神戸市環境保健研究所, ⁵⁾岡山県環境保健センター, ⁶⁾福岡県保健環境研究所, ⁷⁾九州環境管理協会, ⁸⁾中部大学大学院応用生物学研究科

第 27 回環境化学討論会 (沖縄県那覇市) 2018 年 5 月

1. 概要

LC/MS による水質試料中の(1) *N,N*-ジメチルアルカン-1-アミン=オキシド、(2)ポリカーバメートの分析法を検討した。

2. 結果と考察

(1) 水質試料中の *N,N*-ジメチルアルカン-1-アミン=オキシド (アルキル基が直鎖であり、かつ炭素数が 10、12、14、18 のもの) の分析

【概要】 *N,N*-ジメチルアルカン-1-アミン=オキシド (アルキル基が直鎖であり、かつ炭素数 10、12、14、18 のもの) は、増泡剤、家庭用洗剤などとして使用されている化学物質である。水質試料中に残留するデシルジメチルアミンオキシド (DAO), ドデシルジメチルアミンオキシド (DDAO), テトラデシルジメチルアミンオキシド (TDAO), オクタデシルジメチルアミンオキシド(ODAO)の 4 物質を LC/MS/MS で定量する方法について検討を行った。

【方法】 固相ディスクを用いて、水質試料 200 mL から DDAO 等を抽出する。脱水後、メタノール 7 mL で溶出し、精製水を加えて 10 mL 定容、LC/MS/MS (ESI-Positive)により 4 物質を同時分析する。

【分析における注意点】 炭素鎖が長くなるほどガラス壁面への吸着が高くなり、回収率が下がる傾向があるため、前処理時は容器を十分に洗いこむ必要がある。

【結果】 DAO, DDAO, TDAO, ODAO の検出下限値は順に 0.309, 0.279, 0.283, 0.337 $\mu\text{g/L}$, 名古屋市内河川水を用いた添加回収試験における回収率は、順に 96.8, 99.0, 101.9, 93.6%であった。環境水からは、いずれの試料も全て不検出であった。

(2) 水質試料中のポリカーバメートの分析

【概要】 ビス(*N,N*-ジメチルジチオカルバミン酸)*N,N'*-エチレンビス(チオカルバモイルチオ亜鉛) (別名: ポリカーバメート) は、かつて殺菌剤として使用されてきた農薬の一つである。今回、水質中に残留するポリカーバメートを LC/MS/MS で定量する方法について検討を行った。

【方法】 ポリカーバメート自体を直接検出するのではなく、アルカリ分解後メチル誘導体化して得られるエチレンビスジチオカルバミン酸ジメチル (EBDC-2Me) 及びジメチルジチオカルバミン酸メチル (DMDC-Me) を測定し、そこからポリカーバメート及びジラムに換算して定量を行った。

【結果】 河川水にポリカーバメート溶液を添加した試料と無添加の試料の分析を行った。結果、無添加試料は、ポリカーバメートに由来する EBDC-2Me は、全く観測されなかった一方で、添加した試料から EBDC-2Me が明瞭に観測された。添加試料を複数回測定して、そのとき得られた回収率は、概ね 75%前後であった。また、ジラムについても同様の試験を行い、河川水から DMDC-Me は全く観測されず、回収率は 90%程度であった。さらに、種々の検討の結果、水質試料中のポリカーバメート及びジラムを定量する手法を開発することができた。

高分解能 GC/MS による環境中のノニルフェノールの 経月変動及び異性体解析

平生 進吾, 長谷川 瞳, 鈴木 茂¹⁾

¹⁾中部大学大学院応用生物学研究科

分析化学会第 67 年会 (仙台市) 2018 年 9 月

【はじめに】

ノニルフェノールは、主に非イオン界面活性剤の一つであるノニルフェノールエトキシレートの原料として用いられている物質である。この物質は、環境中において水生生物に対して一定程度の毒性有するだけでなく、内分泌かく乱作用も疑われており、環境リスクの懸念が指摘されている。一般に、ノニルフェノールは、数多くの異性体を持ち、理論上 211 種の異性体を有する。

我が国では、近年、公共用水域における環境基準項目に設定され、併せて分析方法も定められた。その分析方法では、環境水中から固相抽出により抽出を行ない、夾雑物に関してはシリカゲルによるクリーンアップで除去してから汎用的な四重極型 GC/MS で測定を行うこととされている。その際には、4-ノニルフェノールを初めとする 13 種の異性体について、それぞれを分離定量することが求められている。しかしながら、汎用的な GC/MS では、多くの場合高々 1 mass 程度の質量分解能しかなく、目的成分と質量数が非常に近い、クリーンアップでは除去が困難な妨害成分からの妨害を受け易いといった課題がある。一方、高分解能 GC/MS では、質量分解能 10,000 以上で測定を行い、妨害成分と目的成分の分離を行って、高感度な測定が可能である。

そこで、本研究では、高い質量分解能を有する二重収束型 GC/MS を用いて、ノニルフェノールの定量を行った。同時に、オクチルフェノールについても併せて定量を行った。さらに、その際に得られたノニルフェノールの異性体存在比を用いて、主成分分析による多変量解析を行った。

【実験】

本調査は、2015 年から 2016 年までの 2 年間毎月サンプリングを行った。また、調査は、市内 7 箇所における環境水を使用した。採取した環境水から固相抽出によりノニルフェノール及びオクチルフェノールを抽出し、シリカゲルによるクリーンアップを経て試験液を調製した。得られた試験液を高分解能 GC/MS により、13 成分のノニルフェノール異性体及びオクチルフェノールを分離・定量を行った。

【結果と考察】

すべての採取地点において、ほぼ毎月ノニルフェノールが観測された。また、季節変動や地域変動など明確な濃度の周期的変動は見出せなかった。さらに、これらの結果を基にして主成分分析を行なった結果、因子負荷量において概ね 3 つのグループに分類できることがわかった。

化学物質環境実態調査 分析法開発調査

～水質中のポリカーバメートの分析～

平生 進吾, 長谷川 瞳

平成 30 年度環境科学セミナー（東京都墨田区）2019 年 1 月

水質試料中に含まれているポリカーバメート（農薬）の分析法の開発を行った。水質試料に 5%シス테인-EDTA 溶液を加え、振とうして対象物質を水溶性のナトリウム塩にする。試料水に硫酸ジメチルを加えて激しく振とうして、メチル誘導体化を行う。静置後、試料液を固相カートリッジ(Oasis HLB)に通水させ、固相を転倒させてアセトニトリルで溶出する。この試験液を LC/MS/MS で分析する。

本分析法は、対象物質を EBDC-2Me として測定し、ポリカーバメート換算として定量する。このとき、ポリカーバメートと同様に誘導体化により EBDC-2Me を生成するマンゼブ及びマンネブもポリカーバメートの合算値として評価する。また、同時に DMDC-Me も測定し、ジラム換算として定量する。

本法におけるポリカーバメートの MDL 及び MQL は、0.0027 $\mu\text{g/L}$ および 0.0072 $\mu\text{g/L}$ であり、1.21 から 242 ng/mL の濃度範囲（EBDC-2Me の濃度範囲：0.50-100 ng/mL）で検量線の直線性が確認された。また、河川水及び海水からポリカーバメートは検出されなかった。河川水及び海水にポリカーバメートを 10 ng 添加した際の回収率は、概ね 70%以上であった。同様に、本法におけるジラムの MDL 及び MQL は、0.040 $\mu\text{g/L}$ 及び 0.10 $\mu\text{g/L}$ であり、5.67 から 113 ng/mL の濃度範囲（DMDC-Me の濃度範囲：5.0-100 ng/mL）で検量線の直線性が確認された。また、河川水及び海水からジラムは検出されなかった。河川水及び海水にジラムを 80 ng 添加した際の回収率は概ね 70～90%程度であった。

以上の結果から、本法は環境水中の 0.003 $\mu\text{g/L}$ オーダーのポリカーバメート及び 0.05 $\mu\text{g/L}$ オーダーのジラムの検出に適用できるものと判断される。

LC/MS を用いた名古屋市河川・海域における

ビスフェノール A の環境調査

平生 進吾, 長谷川 瞳, 鈴木 茂¹⁾

¹⁾中部大学大学院応用生物学研究科

第 53 回水環境学会年会 (山梨県甲府市) 2019 年 3 月

1. はじめに

ビスフェノール A (BPA) は, 常温で白色の固体で, ほとんどがポリカーボネート樹脂やエポキシ樹脂などの合成樹脂の原料として幅広く利用されており, 年間 40 万トン以上生産されている. ポリカーボネート樹脂は, CD や光ファイバーなど光学関連分野, アーケードの屋根といった建材分野などで幅広く用いられている. 一方で, ビスフェノール A は, 内分泌かく乱作用を有すると懸念されており, 特に, 近年においては極めて微量でも動物の胎児等に影響が生じることがあるとの報告もある. こうした中で, 環境中におけるビスフェノール A の存在量について, 極めて微量であっても高感度に分析する手法が求められている. これまで, 我々は, 環境水中のビスフェノール A 及び *p*-クミルフェノールについて, 高感度に分析する手法を開発した. さらに, 底質及び水生生物中におけるビスフェノール A の高感度分析法の開発を行った. そこで, 3 年間に渡って名古屋市内の環境調査 (水質, 底質及び水生生物) を行ったので, 報告する.

2. 実験方法

水質, 底質及び水生生物中のビスフェノール A の分析法は, 既報のとおり行った.

(1) 試料 水質試料については, 2016~2017 年度の 2 年間にわたって河川 9 地点と海域 3 地点の計 12 地点で採取した. また, 底質試料については, 2015~2017 年度の 3 年間にわたって河川 9 地点と海域 3 地点の計 12 地点で採取した. 水生生物試料について, 海域の潮見埠頭北及び高潮防波堤において, 採取できた水生生物 (貝類及び魚類) を試料とした. いずれの試料についても, 春~秋にかけてサンプリングを実施した.

(2) LC/MS 測定 得られた試料溶液を LC/MS に導入して定量を行なった.

3. 結果及び考察

(1) 水質 2016 年及び 2017 年に各採取地点で採取した水質試料中から, ビスフェノール A 及び *p*-クミルフェノールがすべての地点で検出された. また, 河川上流域の大森橋においては, 最も高濃度であった. これは, 市外の上流域に産業廃棄物処分場などがあることが原因と考えられる.

(2) 底質 2015 年から 2017 年に各採取地点で採取したすべての底質試料中において, ビスフェノール A が検出された. 特に, 荒子ポンプ場, 港新橋, 道徳橋の 3 地点が, 高濃度地点であった. これらの地点の底質は腐泥で有機物を非常に多く含んでいるため, このような結果になったと考えられる. 一方, 水質で高濃度であった大森橋においては, 低い濃度であった. これは, 底質が砂状であるため, ビスフェノール A が底質に吸着することが困難であった結果と考えられる.

(3) 生物 2015 年から 2017 年に採取した生物試料中において, 概ねビスフェノール A が検出された. 特に, 魚類よりイガイの方が高濃度の傾向も見られた. また, 魚種間の明確な差異は認められなかった.

4. まとめ

概ねすべての水質, 底質及び水生生物中からビスフェノール A が検出された. さらに, 3 年間の濃度変動は, 観測されなかった.

生物応答を用いた排水試験法への海棲ミジンコの適用性の検討

長谷川 絵理, 大畑 史江, 金田 千佳, 山守 英朋

第 53 回日本水環境学会年会 (山梨県甲府市) 2019 年 3 月

1. はじめに

生物応答を用いた排水試験法は、公共用水域に排出された事業場排水の、生態系への影響を評価する試験法である。環境省において提案された「生物応答を用いた排水(環境水)試験方法検討案¹⁾」は、淡水生の水生生物を用いた試験法であり、海棲の生物を使用する試験法は、まだ標準化されていない。本試験法の甲殻類試験で推奨されているニセネコゼミジンコは、淡水を好み、耐塩濃度が約 0.7% であり、海水を含む排水の評価は難しい。海水を含む排水や、海域に排出する事業場排水の生物影響評価を行うために、海棲生物を用いた試験法の標準化は重要であると考えられる。

海棲甲殻類の試験では、カイアシ類、端脚類、エビ類等が使用されているが²⁾、海棲生物の飼育の為に、新たな設備や機材の整備は難しい。また、海棲ミジンコは繁殖に雌雄を必要とするものが多く、飼育管理方法も異なる。既存の設備と、培ってきたノウハウを生かす為には、単為生殖を行う小型のミジンコを使用することが望ましい。

今回、甲殻類について、当センターですでに飼育試験を行っている、ニセネコゼミジンコと同様の設備を用いて、市内で採集した海棲ミジンコの飼育、試験が可能か検討した。また生態と、化学物質の感受性を比較し、生物応答を用いた排水試験法に適用可能か検討した結果を報告する。

2. 試験方法

試験生物: オナガミジンコ属のミジンコ(以下オナガミジンコとする)(図 1) オナガミジンコ属は淡水から汽水域に生息し、体調は約 1 mm と小型のミジンコである。全国の湖沼に生息し、単為生殖を行う。



図 1 オナガミジンコ属の一種

採集場所: 小栗橋(中川運河)

1) オナガミジンコの生態調査

既存の設備を用いて、オナガミジンコの飼育を行った。また、10 日間の合計産仔数を算出し、ニセネコゼミジンコと比較した。

2) オナガミジンコとニセネコゼミジンコの感受性比較

硫酸銅等の化学物質を用いてニセネコゼミジンコとオナガミジンコの生物応答試験を行い、感受性を比較する。試験方法は、生物応答を用いた排水(環境水)試験法¹⁾に準ずる方法で行った。

3. 結果と考察

既存のグロースチャンパー内において、ニセネコゼミジンコと同条件下で、オナガミジンコの飼育を行った結果を図 2 に示す。

10 日間飼育を行った結果、産仔数はオナガミジンコの方がわずかに少なく、産仔の頻度も少ない傾向であった。しかし、オナガミジンコは単為生殖で増え、繁殖の際に雌雄を必要としないことから、使用器具や試験方法も、ニセネコゼミジンコと同じように行うことが可能であった。飼育設備、飼育条件も同様であり、体長、産仔の傾向も似ていることから、生物応答を用いた排水試験に使用することが可能であると考えられる。今後、より最適な試験条件について検討していく。

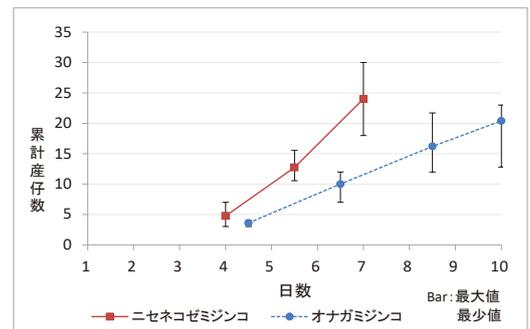


図 2 ニセネコゼミジンコとオナガミジンコの産仔数

参考文献

- 1) 排水(環境水)管理のバイオアッセイ技術検討分科会「生物応答を用いた排水試験法」
- 2) 眞道 幸司(2012)海産生物を用いた毒性試験法及び化学物質の有害性評価手法に関する近年の動向. 海生研研報, 第 15 号, 41-62

排水を放流した河川で生物は元気に生活できるのか

長谷川 絵理, 山守 英朋, 岡村 祐里子, 長谷川 瞳

平成 30 年度日本水環境学会中部支部研究発表会 (石川県金沢市) 2018 年 11 月

1. はじめに

現在、環境水に排出される事業場排水の評価手法として、3 種の水生生物応答を用いた排水試験法が注目されている。この手法は、事業場における化学物質管理、排水放流先の水生生物保全を目的としている。

日本でも環境省において、試験手法が検討されており、2013 年に「生物応答を用いた排水(環境水)試験方法検討案」が提案された。

当センターでも 2010 年度から試験検討を行ってきた。今回、この手法を用いて、名古屋市内の事業場排水について実態調査を行った。また、影響が認められた排水について、原因物質の推定を行った。

2. 試験方法

1) 試験水

名古屋市内の A~T の 20 事業場排水を用いて試験を行った。

2) 試験方法

生物応答を用いた排水(環境水)試験法¹⁾に基づき試験を行った。試験濃度区は、最高濃度を 80%濃度区とし、公比 2 で希釈していき、LOEC(最小影響濃度)、NOEC(最大無影響濃度)を算出した。さらに、試料の NOEC を毒性単位 TU(Toxicity Unit)に換算した。また、併せて重金属分析も行った。

3. 結果と考察

試験結果を図 1 に示す。

生物応答を用いた排水(環境水)試験法に基づき、名古屋市内の事業場排水 13 業種 20 地点の排水の試験を行った結果、10 倍に希釈しても生物影響が認められた排水は約 60%あり、生物種別では、魚類では約 5%、甲殻類では約 45%、藻類では約 25%であった。特に強い排水では 1000 倍希釈でも影響が認められた。

試験に供した排水の約半数は、浄化槽排水であり、影響原因物質の特定は困難であった。しかし、より強い生物影響が見られた排水では、排水に含まれる重金属類の濃度が NOEC(最大無影響濃度)を超過していたため、原因物質は重金属類であると考えられた。また、試験生物が淡水棲であるため、海水を含む排水でも強い生物影響が認められた。

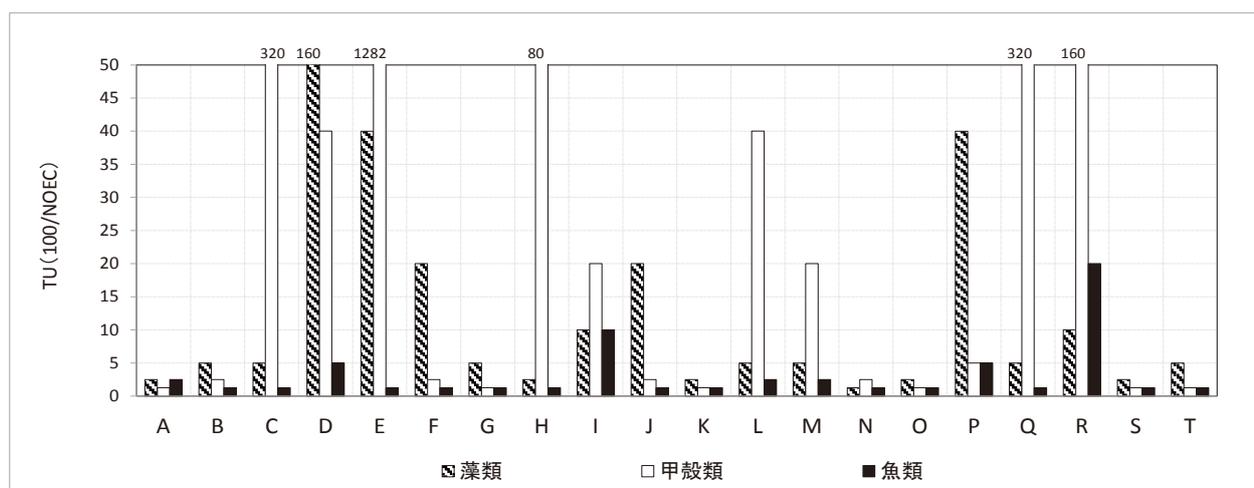


図 1 20 事業場の試験結果

参考文献

1) 排水(環境水)管理のバイオアッセイ技術検討分科会「生物応答を用いた排水試験法」