

宮城県における大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分分析結果

The Results of PM_{2.5} Component Analysis in Miyagi Prefecture

吉川 弓林 太田 耕右*1 太田 栞 佐久間 隆 天野 直哉 大熊 一也 三沢 松子
Yuri KIKKAWA, Kosuke OHTA, Shiori OHTA, Takashi SAKUMA,
Naoya AMANO, Kazunari OOKUMA, Matuko MISAWA

近年、呼吸器・循環器への影響が懸念されている微小粒子状物質（以下「PM_{2.5}」）に係る対策を検討するため、PM_{2.5}の成分等の詳細な分析が必要とされている。今回、平成28年度から令和元年度までの質量濃度、イオン成分、無機元素、炭素成分、レボグルコサン及び令和元年度のコハク酸とピノン酸の分析結果について解析を行った結果、平成30年5月16日の石巻局PM_{2.5}高値の要因は、Ca濃度が高く、後方流跡線解析で大陸由来と西日本由来の気流を確認したことから、大陸からの砂塵嵐の影響によるものと推察された。また、レボグルコサン濃度は名取自排局、石巻局ともに秋季及び冬季に高い傾向を示し、寒候期における有機粒子の要因となっていることが示された。

キーワード：PM_{2.5}；二次生成；砂塵嵐；黄砂；バイオマス燃焼

Key words：particulate matter 2.5；secondary build；dust storm；yellow sand；biomass burning

1 はじめに

大気中の微小粒子状物質であるPM_{2.5}は、非常に小さいため、肺の奥深くまで入りやすく、呼吸器系や循環器系への影響が懸念されている。

本県では、平成24年度から、名取自動車排出ガス測定局（以下、「名取自排局」）及び石巻一般環境測定局（以下、「石巻局」）において、大気汚染物質であるPM_{2.5}の成分分析調査を行っているが、さらに詳しくPM_{2.5}発生源の推測や寄与割合を把握するため、平成28年度からはバイオマス燃焼の指標とされるレボグルコサン、令和元年度からは、光化学反応由来のコハク酸及び植物由来であるピノン酸についても分析を開始した。

今回、平成28年度から令和元年度までのPM_{2.5}成分調査結果について解析を行ったので報告する。

2 方法

2.1 調査地点及び調査期間

調査は、名取自排局及び石巻局（令和元年10月からは石巻西局、以下同じ）の2地点で実施した。調査期間は、表1に示すとおり、季節毎に年4回、午前10時から翌日の午前10時まで24時間サンプリングを行った。

2.2 調査対象物質

質量濃度、炭素成分（有機炭素（OC）、元素状炭素（EC））、イオン成分（Cl⁻、SO₄²⁻、NO₃⁻、Na⁺、NH₄⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺）、無機元素（Na、Al、K、Ca、V、Cr、Mn、Fe、Co、Ni、Cu、Zn、As、Se、Mo、Sb、Ba、Pb）、レボグルコサン、コハク酸、ピノン酸（コハク酸及びピノン酸は令和元年度のみ）を対象とした。

2.3 試料採取方法

試料採取は、調査地点毎にFRM-2025i（Thermo Fisher Scientific）を2台使用し、PTFE及び石英フィルターを用い、流量16.7L/分で24時間行った。

表1 調査期間

年度	調査地点	春季	夏季	秋季	冬季
H28	名取		7/20~7/27 8/8~8/15	10/20~11/3	1/18~1/31
	石巻	5/10~5/23	7/20~8/3	10/20~10/21 10/29~11/3 11/5~11/10	1/18~2/1
H29	名取	5/10~5/24	7/19~8/2	10/19~11/1	1/18~1/31
	石巻		7/27~8/10	10/27~11/9	
H30	名取	5/9~5/23	7/19~8/2	10/18~11/1	1/17~1/31
	石巻				
R1	名取				1/15~1/29
	石巻	5/9~5/23	7/18~8/1	10/17~10/31	1/15~1/23 1/29~1/31 2/7~2/9

2.4 測定方法

分析方法は、「大気中微小粒子状物質（PM_{2.5}）成分測定マニュアル」¹⁾に準拠し、質量濃度、イオン成分（8成分）、無機元素（18成分）についてはPTFEフィルター捕集試料を、炭素成分、レボグルコサン、コハク酸、ピノン酸については石英フィルター捕集試料を用いて測定を行った。なお、名取自排局における平成30年度秋季

*1 現 東部保健福祉事務所登米地域事務所

のイオン成分及び無機元素は、測定機器の不具合により欠測とした。

3 結果

3.1 質量濃度

平成 28 年度から令和元年度までに採取した PM_{2.5} の質量濃度は、名取自排局は 1~27.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、石巻局は 0.8~40.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ で、質量濃度と OC 濃度の推移はおおむね一致した (図 1, 2)。

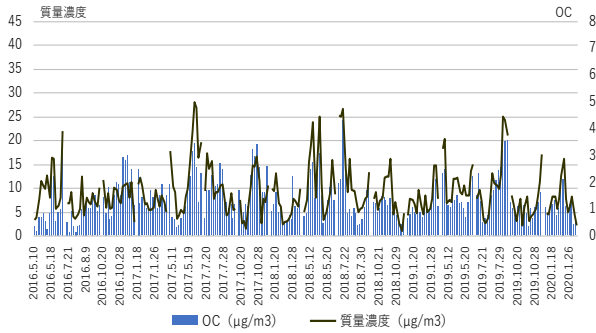


図 1 平成 28 年度～令和元年度名取自排局 PM_{2.5} 質量濃度及び OC 濃度

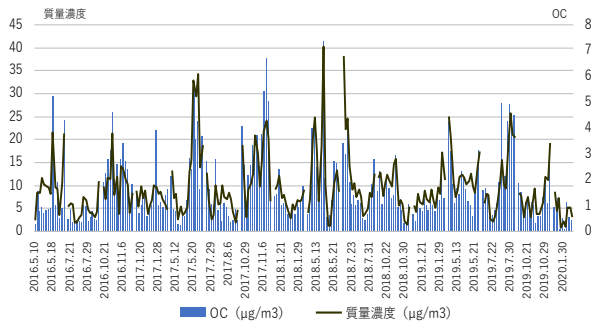


図 2 平成 28 年度～令和元年度石巻局 PM_{2.5} 質量濃度及び OC 濃度

質量濃度は、平成 30 年 5 月 16 日の石巻 (40.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) で最も高い値を示し、構成する成分としてイオン成分 (SO₄²⁻, NO₃⁻, Na⁺, NH₄⁺) (図 3)、無機元素 (Na, Ca, K, Fe, Al) (図 4)、OC, EC の濃度が高い結果がみられた (図 5)。

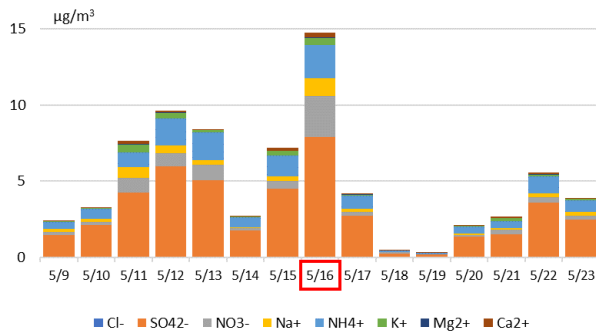


図 3 平成 30 年度春季石巻局 PM_{2.5} 成分中のイオン成分濃度

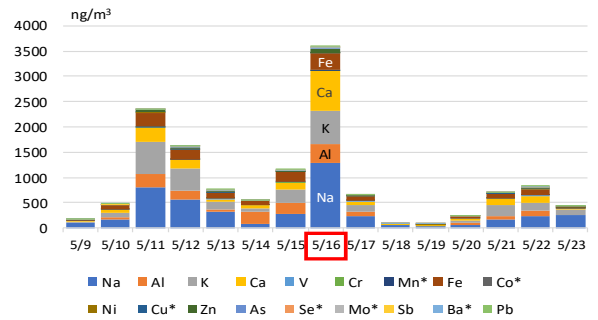


図 4 平成 30 年度春季石巻局 PM_{2.5} 成分中の無機元素濃度

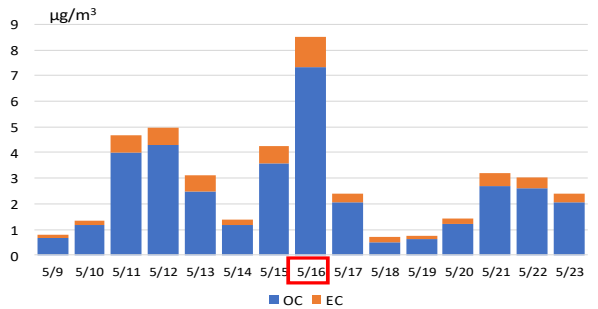


図 5 平成 30 年度春季石巻局 PM_{2.5} 成分中の炭素成分濃度

環境省の平成 30 年度黄砂飛来状況調査報告書によると、5 月 13 日と 5 月 15 日に戈壁砂漠で砂塵嵐が発生し、後方流跡線解析により、新潟、富山、松江、長崎において戈壁砂漠からの気流を示していたことを確認しており、5 月 14 日から 5 月 18 日の 5 日間、複数の観測地点で煙霧が観測されている。煙霧は、5 月 14 日には松江、5 月 15 日には銚子及び佐賀、5 月 16 日には津及び広島で観測されており、PM_{2.5} が高値となった 5 月 16 日の後方流跡線解析 (NOAA Hysplit model) で、大陸由来と西日本由来の気流を確認した (図 6)。以上のことから、PM_{2.5} 濃度が高値となった要因は、大陸からの砂塵嵐の影響によるものと推察された。また、一般的に Ca の含

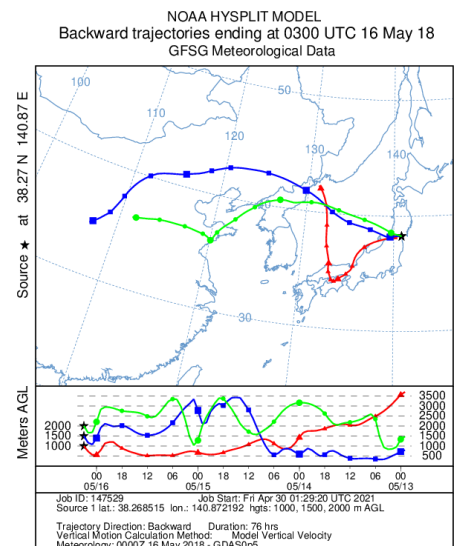


図 6 平成 30 年 5 月 16 日後方流跡線解析結果

有量が高いことが黄砂粒子の特徴とされている²⁾が、5月16日のCa濃度は、平成30年度春季平均値の約6倍の値を示しており、大陸由来の気塊の影響を裏付けるものとなった。

3.2 イオン成分

イオン成分濃度の季節別平均値は、両局ともに春季及び夏季に高く、秋季及び冬季に低い傾向がみられた(図7, 8)。

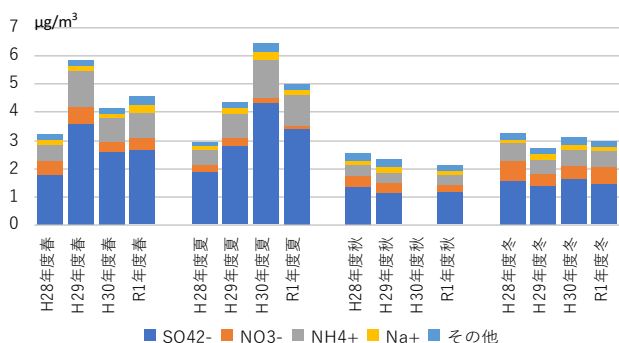


図7 平成28年度～令和元年度名取自排局PM_{2.5}成分中のイオン成分濃度

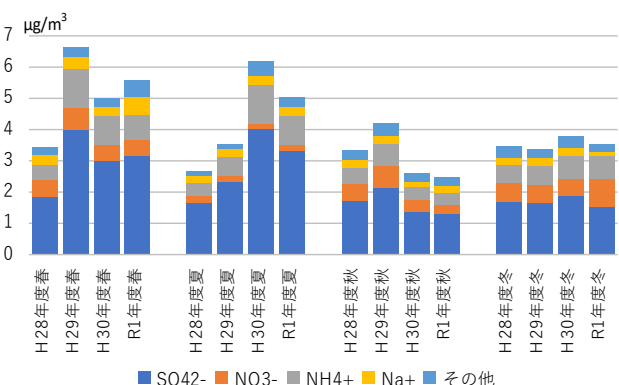


図8 平成28年度～令和元年度石巻局PM_{2.5}成分中のイオン成分濃度

イオン成分の中では、両局ともSO₄²⁻の割合が最も高く名取自排局は47～68%、石巻局は43～66%を占めた。また、両局ともに、SO₄²⁻、NO₃⁻、NH₄⁺、Na⁺がイオン成分の大部分を占めていた。SO₄²⁻とNH₄⁺は推移が類似しており、硫酸アンモニウムとして存在していることが示唆された(図9, 10)。また、NO₃⁻の濃度割合は、夏季に低く、冬季に高くなっていた。田中ら³⁾は、大気中のアンモニア、塩化水素、硝酸ガスは、低温では粒子状の塩として存在し、高温ではガスとして存在しやすいとしており、これにより季節的な特徴をみせたものと考えられた。

3.3 無機元素

無機元素濃度の季節別平均値は、両局とも春季に高く、石巻局の春季は、年々増加している(図11, 12)。元素

別濃度割合はNaが最も高く、名取自排局は26～50%、石巻局は29～60%を占めた。その次に割合が高い元素は、名取自排局ではFe、石巻局ではKと、地点間差がみられた。

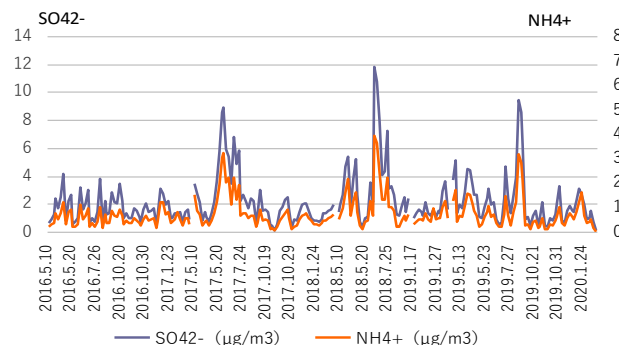


図9 平成28年度～令和元年度名取自排局PM_{2.5}成分中のSO₄²⁻及びNH₄⁺濃度

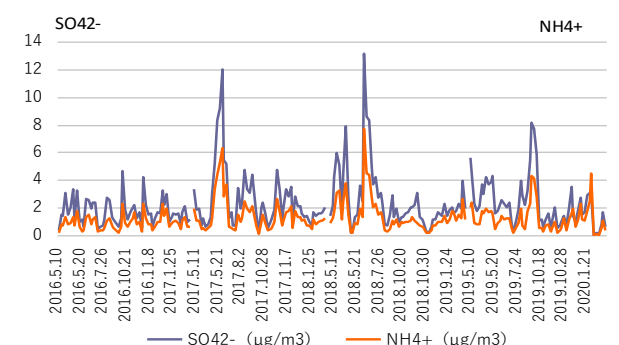


図10 平成28年度～令和元年度石巻局PM_{2.5}成分中のSO₄²⁻及びNH₄⁺濃度

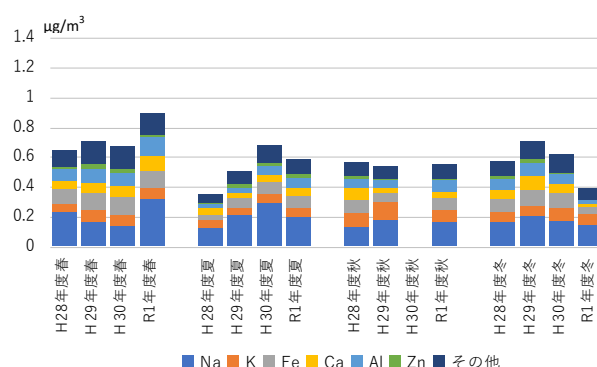


図11 平成28年度～令和元年度名取自排局PM_{2.5}成分中の無機元素濃度

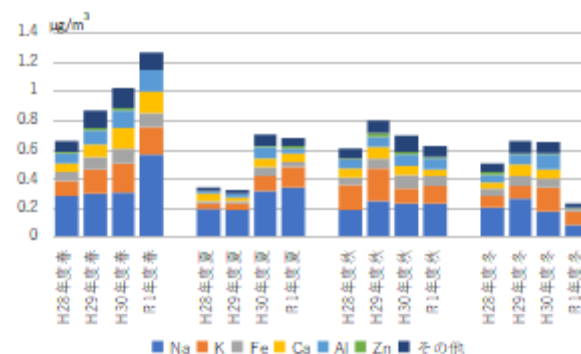


図12 平成28年度～令和元年度石巻局PM_{2.5}成分中の無機元素濃度

3.4 炭素成分

OC濃度を季節別平均値でみたところ、石巻局の平成29年度秋季が最も高い値であった(図13)。

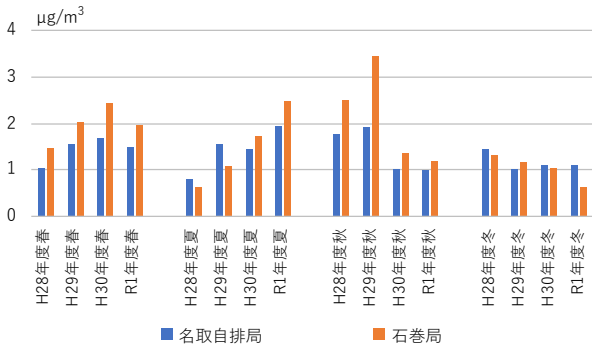
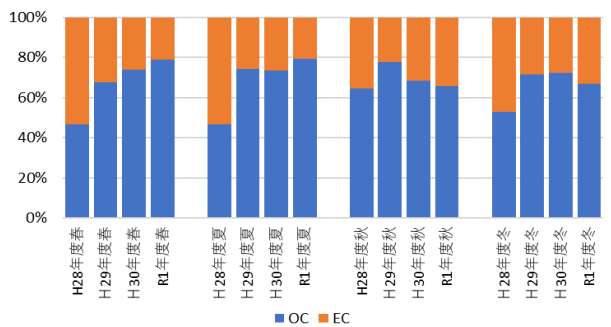


図13 平成28年度～令和元年度名取自排局及び石巻局PM_{2.5}成分中のOC濃度

一般的に夏季は光化学反応によって生成された光化学オキシダントが大気中の揮発性有機化合物を酸化し、新たに粒子を生成する二次生成が起りやすいとされているが、両局とも、春季及び夏季に増加傾向であることから、二次生成による増加が寄与していると考えられた。

炭素成分中のOCとECとの割合では、OCがECより高く、名取自排局で47～79%、石巻局で52～96%を示した(図14、15)。



成分中の炭素成分濃度割合

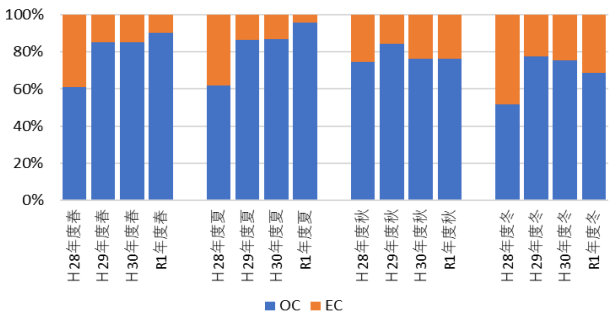


図15 平成28年度～令和元年度石巻局PM_{2.5}成分中の炭素成分濃度割合

3.5 レボグルコサン

レボグルコサン濃度は、名取自排局、石巻局ともに

秋季及び冬季に高い傾向を示し(図16)、名取自排局冬季及び石巻局秋季・冬季のOC濃度と相関がみられたことから、寒候期における有機粒子の要因となっていることが示された(図17、18)。

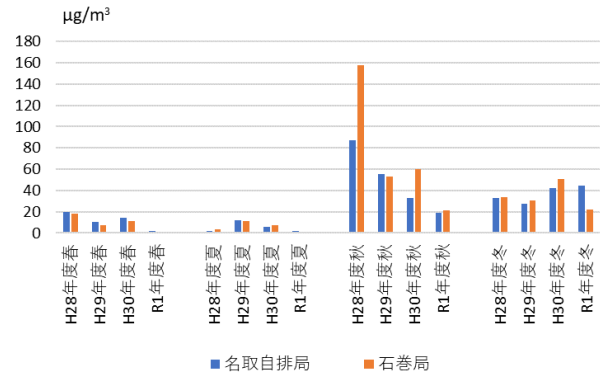


図16 平成28年度～令和元年度名取自排局及び石巻局PM_{2.5}成分中のレボグルコサン濃度

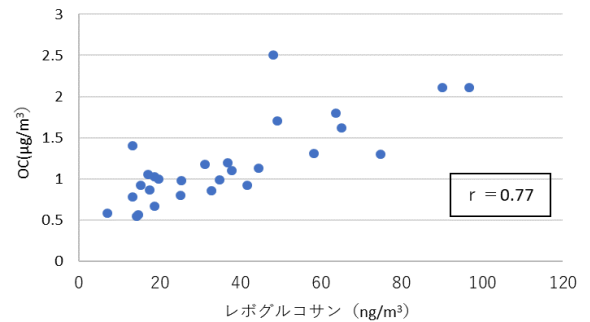


図17 平成28年度～令和元年度名取自排局冬季PM_{2.5}成分中のOC濃度とレボグルコサン濃度分布

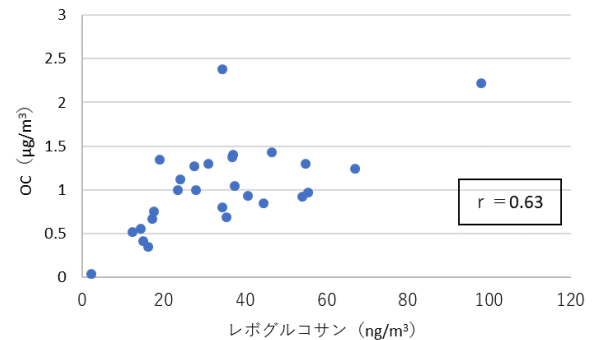


図18 平成28年度～令和元年度石巻局冬季PM_{2.5}成分中のOC濃度とレボグルコサン濃度分布

また、名取自排局冬季、石巻局の秋季及び冬季においては、レボグルコサン濃度とK⁺濃度との間に高い相関がみられたことから、植物体に多く含まれるK⁺についても、レボグルコサン同様、バイオマス燃焼の指標となる可能性が示唆された(図19、20)。

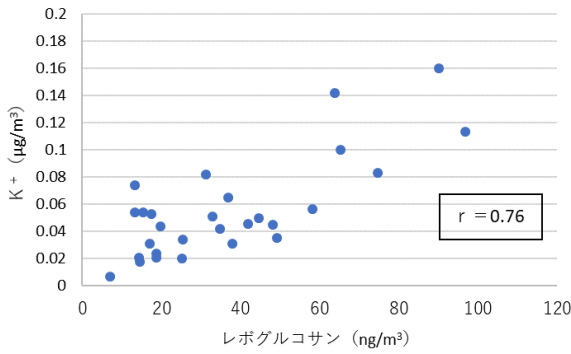


図 1 9 平成 2 8 年度～令和元年度名取自排局冬季 PM_{2.5} 成分中の K⁺ 濃度とレボグルコサン濃度分布

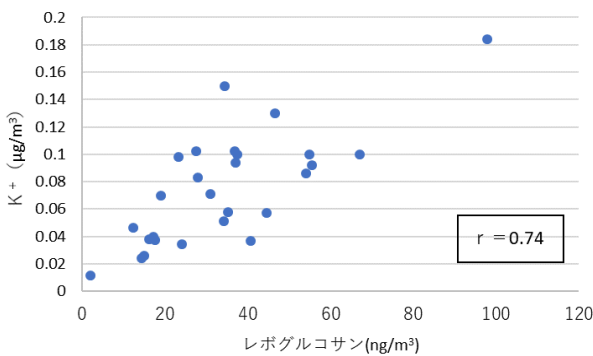


図 2 0 平成 2 8 年度～令和元年度石巻局冬季 PM_{2.5} 成分中の K⁺ 濃度とレボグルコサン濃度分布

3.6 コハク酸

令和元年度のコハク酸濃度の季節別平均値は、名取自排局、石巻局ともに、春季>冬季>秋季>夏季と春季に高い濃度を示し、最も低い濃度であった夏季との濃度比（春季/夏季）は、名取自排局で 6.2、石巻局で 8.8 と季節間差が顕著であった（図 21）。コハク酸は、光化学反応由来マーカーの一つとされ、その季節別平均値と名取自排局近傍の岩沼局のオキシダント濃度平均値に同様の動きがみられることから、オキシダントによる二次生成の影響が窺えた（図 22, 23）。

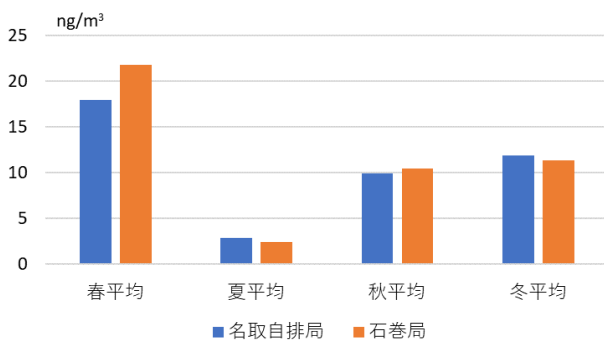


図 2 1 令和元年度名取自排局及び石巻局 PM_{2.5} 成分中のコハク酸濃度

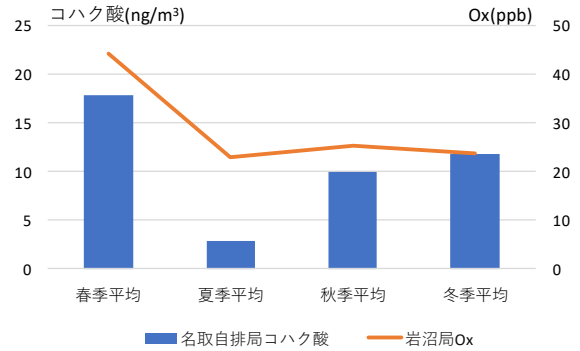


図 2 2 令和元年度名取自排局 PM_{2.5} 成分中のコハク酸濃度と岩沼局の O_x 濃度

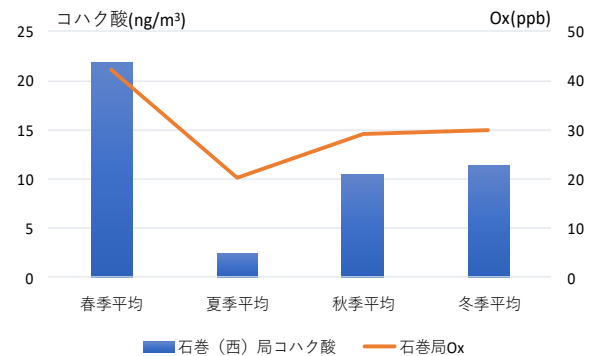


図 2 3 令和元年度石巻局 PM_{2.5} 成分中のコハク酸濃度と石巻局の O_x 濃度

3.7 ピノン酸

ピノン酸は一年を通じて検出され、令和元年度の季節別平均値は、名取自排局、石巻局ともに、春季>秋季>夏季>冬季と、春季に高く、冬季に低い濃度を示した（図 24）。

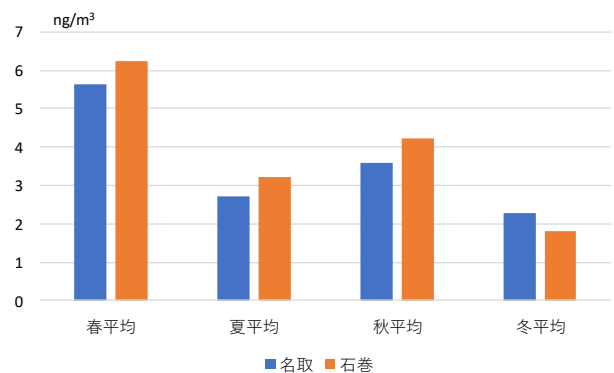


図 2 4 令和元年度名取自排局及び石巻局 PM_{2.5} 成分中のピノン酸濃度

4 まとめ

平成 28 年度から令和元年度までの名取自排局及び石巻局における PM_{2.5} 成分調査結果について解析を行った。

質量濃度は、両局とも OC 濃度の推移とおおむね一致した。質量濃度が最も高かった平成 30 年 5 月 16 日の石

巻局では、Ca 濃度が平成 30 年度春季平均値の約 6 倍を示したこと、また、同年 5 月 13 日と 5 月 15 日にゴビ砂漠で砂塵が発生し、5 月 16 日の後方流跡線解析で、大陸由来と西日本由来の気流を確認したことから、PM_{2.5} 高値の要因は、大陸からの砂塵嵐によるものと推察された。

両局ともに、イオン成分の割合が最も高く、春季及び夏季に高い傾向がみられた。また、イオン成分の中では、SO₄²⁻の占める割合が最も高く、NH₄⁺と推移が類似していることから、硫酸アンモニウムとして存在していることが示唆された。

無機元素濃度の季節別平均値は、両局とも春季に高く、濃度割合は、Na が最も高かったが、Na の次に濃度割合が高い成分は、地点間差がみられ、名取自排局では Fe、石巻局では K であった。

OC 濃度は、両局とも春季及び夏季に増加傾向を示し、二次生成による増加が寄与していると考えられた。

レボグルコサン濃度は、両局とも秋季及び冬季に高い傾向を示しており、名取自排局冬季、石巻局の秋季及び冬季においては、OC 濃度及び K⁺濃度と相関がみられたことから、レボグルコサンは寒候期における有機粒子の要因となっており、K⁺についても、レボグルコサン同様、バイオマス燃焼の指標となる可能性が示唆された。

コハク酸濃度は、季節別平均値が両局とも春季に高く、夏季に低い濃度を示し、季節間差が顕著であった。また、オキシダント濃度平均値と同様の動きがみられ、オキシダントによる二次生成の影響が窺われた。

ピノン酸は一年を通じて検出され、両局ともに春季に高く、冬季に低い濃度を示した。

参考文献

- 1) 環境省：大気中微小粒子状物質 (PM_{2.5}) 成分測定マニュアル
- 2) 環境省：黄砂とその健康影響について (2018 年 3 月発行)
- 3) 田中茂ら：「大気中の塩化アンモニウムおよび硝酸アンモニウムの挙動とその解離平衡」, 日本化学会誌, 12 号 (1987)