

大分県における微小粒子状物質成分の調査(2017年度)

松田 貴志、伊賀上 美紗、伊東 矢颯、河野 建人、大森 由紀、河野 公亮*1

Chemical Composition of PM2.5 in Oita Prefecture

Takashi Matsuda, Fusa Igagami, Naoaki Ito, Kento Kawano,
Yuki Omori, Kosuke Kawano*1Key Words : 微小粒子状物質 PM2.5, 成分組成 Chemical Composition,
大気汚染常時監視 Air Pollution Monitoring

要 旨

微小粒子状物質（以下「PM2.5」という。）の発生源の推定を目的として、2015年度、2016年度に引き続いて2017年度も県内の2地点（以下「A地点」、「B地点」という。）でPM2.5の質量濃度、イオン成分、無機成分及び炭素成分を調査し、発生源に関する情報を収集した。NO₃/SO₄²⁻比を用いた解析から、A地点よりもB地点の方が越境汚染と比較して自動車の排気ガス等に代表される都市大気汚染の影響が大きかったと推察される。常時監視測定局で測定したガス成分との相関解析から、夏季において昼間の光化学オキシダント濃度とPM2.5の質量濃度に強い相関がみられた。炭素成分の解析結果から、B地点においては低温元素炭素の濃度が高く、バイオマス燃焼等の影響が推察された。Positive Matrix Factorization(PMF)法を用いた解析の結果から、B地点においてバイオマス燃焼と推察される因子の寄与がみられた。また、A地点及びB地点で越境汚染の指標と言われる硫酸塩の寄与が大きく、越境汚染の影響が考えられた。

1 目的

大分県において環境基準値の超過等、高濃度事例が発生したPM2.5について、発生源対策の一助とするため、大気常時監視測定データ、成分分析結果等を複合的に活用し、発生源を推定することを目的とした。PM2.5の成分を分析することで、PM2.5の発生源に関する情報を得ることができ、発生源の推定につながることを期待できる。発生源を推定できれば、発生源への対策を取ることで、PM2.5による県民の健康被害の未然防止に役立てることができる。また、越境汚染の指標となる成分を評価することで、PM2.5の濃度に対する越境汚染の寄与を評価することも可能と考えられる。2015年度及び2016年度の報告^{1),2)}に引き続き、2017年度の調査結果について報告する。

2 方法

大気試料のサンプリング及び分析は、環境省が定める「微小粒子状物質（PM2.5）の成分分析ガイドライン」³⁾及び「大気中微小粒子状物質（PM2.5）成分測定マニュアル」⁴⁾に従って実施した。

サンプリング地点は、経年的な変化を調査するための固定局としてA地点、県内全域の状況を数年ごとに移動して調査するための移動局としてB地点とした。

サンプリング期間を表1に示す。全国統一日程とし、各季節ごとに環境省が示したコア期間を中心とした14日間にわたって、1試料につき23時間30分かけて大気をろ紙上に吸引捕集した。吸引流量は30L/minとした。

測定成分は、質量濃度、イオン成分、無機元素及び炭素成分とした。測定方法と測定に使用したろ紙の種類は表2のとおりとした。

表1 サンプリング期間

地点	年度	春季	夏季	秋季	冬季
A	2017	5/10~5/23	7/20~8/2	10/19, 10/25~10/26, 11/1~11/4, 11/8~11/14	1/18, 1/20, 1/25~1/31, 2/4~2/8
B	同上	同上	同上	10/19, 10/25~10/26, 11/1~11/2, 11/6~11/14	1/18~1/19, 1/23~1/31, 2/3~2/5

*1 大分県福祉保健部西部保健所

表2 測定成分ごとの測定法とろ紙の種類

測定成分	測定法	ろ紙の種類
質量濃度	秤量法	PTFE製
イオン成分 (Cl ⁻ ,NO ₃ ⁻ ,SO ₄ ²⁻ ,Na ⁺ ,NH ₄ ⁺ ,K ⁺ ,Mg ²⁺ ,Ca ²⁺)	イオンクロマトグラフ法	石英製
無機元素 (Na,Al,K,Ca,Sc,Ti,V,Cr,Mn,Fe,Co,Ni,Cu,Zn,As,Se, Rb,Mo,Sb,Cs,Ba,La,Ce,Sm,Hf,W,Ta,Th,Pb,Cd)	酸分解/ICP-MS法	PTFE製
炭素成分(有機炭素(OC),元素状炭素(EC))	サーマルオプテカル・ リフレクタンス法	石英製

3 結果

(1) 質量濃度の推移

図1に調査地点ごとの常時監視測定局における自動測定器による自動測定、PTFE製ろ紙の秤量及び測定成分の積算によって求めた質量濃度の測定結果を示す。秤量法による質量濃度は、自動測定器の質量濃度とほぼ同じ経時変化をしていた。

図2に自動測定器による自動測定によって求めた質量濃度と秤量法によって求めた質量濃度の相関関係を示す。相関係数がA地点では0.99、B地点では0.94と、両地点ともに強い相関が認められた。

(2) 平均成分濃度

図3に調査地点ごとの2017年度の平均成分濃度と各成分の内訳を示す。平均成分濃度の合計値(μg/m³)はA地点が16.2、B地点が18.5であり、B地点の方が成分濃度の合計値が高かった。

(3) 平均成分組成

図4に、各調査地点における平均成分組成を示す。両地点とも、有機炭素及び硫酸イオンの割合が大きくなった。また、両地点とも、イオン成分が約30%、炭素成分が約20~30%と成分の大部分を占め、無機元素は約2~3%と微量であった。

(4) 調査期間中の成分濃度の推移

図5に調査期間中の成分濃度の24時間ごとの推移を示す。最高濃度は、A地点が2017年7月30日から同年同月31日にかけてサンプリングした試料で38μg/m³、B地点が2017年5月21日から同年同月22日にかけてサンプリングした試料で31μg/m³であった。

(5) 質量濃度と各成分の相関

表3に秤量質量濃度(PTFE)とイオン成分及び炭素成分濃度の相関係数を示す。硫酸イオン、アンモニウムイオン及び元素状炭素と質量濃度の相関係数が特に高くなり、これらの成分は、両地点の質量濃度に大きな影響を与える要因の可能性が示唆され

た。また、ナトリウムイオンについては、両地点ともに質量濃度との相関が弱かった。

(6) 濃縮係数(EF値)による人為的汚染の評価

PM2.5の主な発生源の一つと考えられる土壌とその他の人為的な発生源の影響を評価するため、濃縮係数を用いて解析を行った。濃縮係数の計算方法については、既報に示しているとおりとした^{1,2,5)}。地殻の平均組成の値は、MacLennan(2001)を用いた⁶⁾。図6に元素ごとの濃縮係数の年平均値を示す。A,B両地点ともに、As、Cd及びSbが高い値を示した。これらの元素については、土壌以外の人為的な発生源の存在が推察された。As,Cdは、廃棄物焼却由来が推察される。また、Sbについては、プラスチック製品等に難燃剤として含まれている場合の廃棄物焼却や自動車のブレーキパッドに添加された難燃剤に由来するブレーキ粉じんの影響が考えられた⁷⁾。

(7) 無機元素濃度比による人為的汚染の評価

濃縮係数と比較して気象条件等に左右されることの少ない指標として、無機元素濃度比を用いて解析を行った⁸⁾。Pb/Zn比は石炭燃焼の、V/Mnは石油燃焼の指標とされており、全浮遊粒子状物質(TSP: Total Suspended Particulate)中のPb/Zn比は、国内起源の場合は0.2~0.3程度、大陸起源の場合0.5~0.6程度と推定されている。また、地殻中のV/Mn比は0.16であるが、石油燃焼によるVの排出により高くなるとされている⁸⁾。図7にPb、Zn濃度及びPb/Zn比、図8にV、Mn濃度及びV/Mn比の経日変化を示す。

Pb/Zn比が0.5を超えたのは、A地点では、2017年10月19日、2017年11月4日、2017年11月11日、2018年1月27日及び2018年2月7日、B地点では、2017年5月21日に採取を開始した試料であった。

V/Mn比の平均値は、A地点では0.84、B地点では1.1となった。また、V/Mn比の最高値は、A地点では2017年10月19日に採取を開始した試料で2.0、B

地点では2017年5月23日に採取を開始した試料で21となった。

(8) $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比を用いた解析

自動車の排気ガス等による都市大気汚染を代表する成分として硝酸イオン (NO_3^-)、石炭中の硫黄分の燃焼に由来し大陸からの移流を特徴付ける成分として硫酸イオン (SO_4^{2-}) を用いて両者の比をとることにより、都市大気汚染と越境大気汚染の影響を考察した。 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比が高くなれば、越境大気汚染よりも都市大気汚染の影響が大きいと考えられ、反対に $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比が低くなれば、越境大気汚染の影響の方が大きいと考えられる。図9に NO_3^- 、 SO_4^{2-} 濃度及び $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比の経日変化を示す。 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比の最高値は1.3で、B地点で2018年1月26日に採取を開始した試料であった。また、A地点でも2018年1月20日に $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比が1.0であった。図10に各季節ごとの $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比の平均値及び平均気温を示す。 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比の年平均値は、A地点が0.14、B地点が0.21とB地点の方が高く、全ての季節においてB地点の方がA地点よりも高かった。

(9) 常時監視測定局で測定したガス成分との相関

表4に調査地点ごとの常時監視測定局の測定成分（一酸化窒素、二酸化窒素、窒素酸化物、二酸化硫黄、5時から20時までの光化学オキシダント（以下「昼間Ox」という。）、浮遊粒子状物質(以下「SPM」という。))とPM2.5の質量濃度の相関係数を示す。季節ごと (n=14) 及び通年 (n=56) で相関係数を求めたところ、1パーセントの危険率で有意となった成分は、表中に太字で表記した。A地点では、秋季の SO_2 、また、夏季及び秋季の昼間Oxとの相関が強くなった。B地点では、秋季のNO、秋季の NO_x 、夏季の SO_2 、春季及び夏季の昼間Oxとの相関が強くなった。SPMについては、A、B両地点ともに全季節で相関が強くなった。

図11に昼間Ox濃度の平均値及び最高値、図12に日射量の平均値及び最高値を示す。昼間Ox濃度の最高値は、A、B両地点ともに春季及び夏季で比較的高い傾向がみられた。一方で、昼間Ox濃度の平均値は、B地点では春季及び夏季で比較的高いが、A地点では秋季及び冬季でも高く、季節ごとの差が少ないという特徴がみられた。日射量については、両地点ともに気象庁の大分気象台のデータを採用したため、両地点ともに最高値及び平均値は春季に高いという結果になった。

(10) 炭素成分の比較

図13にOC、EC濃度及びOC/EC比の季節ごとの平均値及び年平均値を示す。OC及びOC/EC比は、全季節、また、年度を通じてA地点よりもB地点が高かった。一方で、ECは、夏季でB地点よりもA地点の方が高かった。

OC及びECについてより詳細に解析するため、大気中微小粒子状物質 (PM2.5) 成分測定マニュアル⁴⁾に従い、OCを揮発性有機炭素及び高温有機炭素、また、ECを低温元素状炭素（以下「Char EC」という。）及び高温元素状炭素（以下「Soot EC」という。）に分類し、季節ごとの平均値及び年平均値を計算した。揮発性有機炭素は、He雰囲気中でOC1フラクションの間に試料片から揮発する有機炭素であり、高温有機炭素は、有機炭素から揮発性有機炭素を差し引いたものである⁴⁾。また、Char ECは低温での不完全燃焼によって生成する炭素成分と考えられ、Soot ECは、主として不完全燃焼時のガス・粒子化により超微小粒子として発生したものが粒子に凝集して生成する炭素成分と考えられている⁴⁾。Char ECは、バイオマス燃焼等に由来し、Soot ECはディーゼル排気等に由来すると言われている。図14に、揮発性有機炭素、高温有機炭素、Char EC及びSoot ECの各季節ごとの平均値及び年平均値を示す。年平均値では、揮発性有機炭素、高温有機炭素、Char EC及びSoot ECがA地点よりもB地点で高くなった。Char ECについては、秋季及び冬季で両地点の濃度差が大きくなった。一方でSoot ECについては、夏季にB地点よりもA地点で高く、その他の季節では両地点における濃度差が小さい傾向があった。

(11) PMF法

数理モデルの一つであるPMF法を用いて発生源因子の抽出とその寄与を求めた。PMFでは、各発生源の組成が分からなくても、大気試料の実測値が分かれば発生源の寄与を推定することができる。

計算にはEPA PMF5.0を使用した。また、解析には2015年度から2017年度までのA、B両地点のデータを用いた (n=280)。2015年度及び2016年度に係る各データの具体的なサンプリング日については、既報に示すとおりである^{1,2)}。PMF法に採用した成分は、Cl⁻, NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Al, Ti, V, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, As, Ba, Pb, Cd, OC, ECとした。成分の濃度が検出下限値未満の場合は、検出下限値の2分の1の値を濃度として採用した。不確実性 (Unc) は次式で算出した値を採用した⁹⁾。

$$\text{Unc} = (\text{Error Fraction} \times \text{濃度})^2 + (0.5 \times \text{検出下限値})^2)^{1/2}$$

ここで、Error Fractionは0.05とした。

PMFを用いた計算の結果、解の安定性及び因子プロファイルの内容を考慮し、発生源因子の数を7と決定した。図15に各発生源因子(推察)のプロファイルを示す。図15中のバーは、その因子に含まれる各成分の濃度を、ひし形のマーカーは、その因子に振り分けられた各成分の割合を示す。7つの因子について、含まれる各成分の割合を元に各因子が何の発生源を意味するのか解釈した。因子1は、V,Niが高く「重油(推察)」、因子2は、 SO_4^{2-} , NH_4^+ が高く「硫酸塩(推察)」、因子3は、Cd等複数の無機元素が高く「工業系(推察)」、因子4は、 Na^+ , Mg^{2+} が高く「海塩(推察)」、因子5は、Al,Ti,Feが高く「土壌(推察)」、因子6は、 K^+ , OC, ECが高く「バイオマス燃焼(推察)」、因子7は、 Cl^- , NO_3^- が高く「半揮発性粒子(推察)」と解釈した。図16に両地点における各発生源因子(推察)の平均寄与濃度(2015~2017)を示す。両地点、全季節で硫酸塩の寄与が大きかった。また、春は土壌(推察)と考えられる因子の寄与が大きかった。B地点では、バイオマス燃焼(推察)と考えられる因子がすべての季節で大きな寄与をしていた。図17に両地点における各発生源因子(推察)の寄与率を示す。硫酸塩(推察)と考えられる因子の寄与率はA、B両地点で高く、A地点では45%と各発生源の中で最大の寄与率となった。また、B地点では、バイオマス燃焼(推察)と考えられる因子の寄与率が39%で最大となった。図18に2017年度の各発生源因子の寄与濃度に係る経日変化を示す。A地点では、特に夏季に硫酸塩(推察)と考えられる因子のみが $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 以上の大きな寄与を示す日が多かった。一方でB地点では、A地点と同様に硫酸塩(推察)と考えられる因子の寄与が高い日が多かったが、特に秋季に硫酸塩(推察)と考えられる因子の寄与が低いにもかかわらず、バイオマス燃焼(推察)と考えられる因子の寄与が高い日が多かった。

(12) CPF法

Conditional Probability Function(CPF)法は発生源因子の寄与率が、一定の閾値を超えた場合の風向の頻度分布によって、発生源の位置を推定するものである。よって、CPF値が高い方角から発生源の影響を受けていることが推定される。CPF値は次の式によって求められる。¹⁰⁾

$$\text{CPF} = m \Delta \theta / n \Delta \theta$$

ここで、 $m \Delta \theta$ は上位25%の風向 θ の数、 $n \Delta \theta$ は風向 θ の総数を意味する。

閾値は各発生源因子の寄与率が上位25%の場合とした。風向データは、2015年度から2017年度までの常時監視測定局のデータを使用した。図19に各発生源因子(推察)に係るCPFプロットを示す。A地点では、海塩(推察)、硫酸塩(推察)及びバイオマス燃焼(推察)のCPFプロットが東北東の方角で高かった。また、半揮発性粒子(推察)のCPFプロットが西北西の方角で高かった。B地点では、バイオマス燃焼(推察)のCPFプロットが南の方角で高かった。

考 察

自動測定器と秤量法による質量濃度の相関係数は高く、回帰式の傾きもおおむね 1.0 ± 0.1 以内に収まっていたため、A、B両地点における質量濃度の自動測定は、秤量法と同等の精度が確保されていると考えられた。

A、B両地点におけるPM2.5の成分には硫酸イオンが多く含まれており、質量濃度との相関係数も高かったことから、硫酸イオンは質量濃度に大きな影響を与える要因の一つと考えられた。

濃縮係数(EF値)による人為的汚染の評価から、As,Cd及びSbが高い値を示し、廃棄物焼却等の土壌以外の人為的な発生源の存在が推察された。濃縮係数については、2015年度、2016年度の調査でも同様の結果が得られているが^{1,2)}、As,Cd及びSbの人為的発生源が存在するかについては、今後、移動地点であるB地点の場所を変更した後の調査結果を踏まえて評価すべきと考えられる。

無機元素濃度比を用いた解析について、越境汚染の指標となるPb/Zn比がB地点で0.71と高い値となった2017年5月21日に捕集を開始した試料において、図17に示すとおり、硫酸塩と解釈される因子の寄与濃度も $12\mu\text{g}/\text{m}^3$ と高くなっており、当該試料は越境汚染の影響を受けている可能性が高いと考えられる。

$\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比の年平均値は、A地点よりB地点で相対的に高い値を示した。 $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比が上昇する原因の一つとして、低温により硝酸ガスが硝酸イオンとして粒子化することに平衡が傾くことが考えられるが、平均気温は全ての季節においてB地点よりもA地点の方が低かった。よって $\text{NO}_3^-/\text{SO}_4^{2-}$ 比の解析結果からは、A地点と比較してB地点の方が自動

車の排気ガス等に代表される都市大気汚染の影響が越境汚染の影響よりも大きかったものと考えられる。

常時監視測定局で測定していたガス成分と質量濃度の相関解析の結果から、B地点については春季に昼間Ox濃度と質量濃度の相関が強くなり、また、昼間Ox濃度及び日射量も高くなった。よって、春季のB地点では光化学反応が活発であったと推察されることから、光化学反応によるPM2.5の二次生成が促進された可能性が考えられた¹¹⁾。今後、風向風速等の気象条件も考慮し、さらなる検討を進めて行きたい。

炭素成分のうちOC/EC比を用いた解析結果から、春季においては両地点ともにOC/EC比が高かった。文献によれば¹²⁾、Oxが日平均60ppb以上の高濃度である春季及び夏季に、光化学反応による二次生成でSPM中のOCが高くなり、OC/EC比が高くなることが報告されており、B地点の春季における光化学反応によるPM2.5の二次生成の可能性が考えられた。元素状炭素のうち、Char ECがA地点よりもB地点で高かった。Char ECについては、バイオマス燃焼がその原因の一つとして挙げられており³⁾、B地点においてはバイオマス燃焼等の影響が推察された。

PMF解析の結果から、B地点においてバイオマス燃焼（推察）と考えられる因子の大きな寄与があった。よって、Char ECの測定結果と合わせ、B地点においてはA地点よりもバイオマス燃焼等の影響を受けていることが推察される。また、両地点とも越境汚染の指標と言われる硫酸塩（推察）と考えられる因子の寄与が大きく、越境汚染の影響が考えられる。一方で、B地点では、硫酸塩（推察）と考えられる因子の寄与が低いにもかかわらず、バイオマス燃焼（推察）と考えられる因子の寄与が高い日があることから、バイオマス燃焼（推察）の発生源として越境汚染以外の発生源の影響も考えられる。

今後、発生源をより正確かつ詳細に推定するために、土壌やバイオマス燃焼の指標となる成分であるケイ素やレボグルコサンを新たに測定する、また、これまでの調査地点以外の地点を含む多地点に及ぶ解析を行うことで、地理的な要因や気象条件を加味して発生源を推定することが必要と思われる。

謝 辞

本調査の推進にあたり多大なるご協力を賜りました環境保全課、保健所等関係職員の皆様に深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 松田貴志、河野公亮、岡本英子、長野真紀、伊東達也：大分県における微小粒子状物質成分の調査(2015), 大分県衛生環境研究センター年報, 43, 55-64(2015)
- 2) 松田貴志、伊賀上美紗、河野公亮、伊東矢頭、岡本英子、長野真紀、大森由紀：大分県における微小粒子状物質成分の調査(2016), 大分県衛生環境研究センター年報, 44, 45-55(2016)
- 3) 平成23年7月 環境省 水・大気環境局：微小粒子状物質(PM2.5)の成分分析ガイドライン
- 4) 環境省：大気中微小粒子状物質(PM2.5)成分測定マニュアル
- 5) 溝畑朗、松田八東、坂本和彦、角脇怜(1986)粒子状大気汚染物質の化学組成,大気汚染学会誌,21(2),83-103
- 6) Scott M.McLennan : Relationships between the trace element composition of sedimentary rocks and upper continental crust, Geochem. Geophys. Geosyst., vol.2, Paper number 2000GC000109. Published April 20, 2001
- 7) 大塚英幸、秋山雅行、芥川智子：北海道における大気中微小粒子PM2.5中の無機元素成分,北海道環境科学研究センター所報,第3号(通巻第39号),平成24年度
- 8) 日置正、紀本岳志、長谷川就一、向井人史、大原利眞、若松伸司(2009)松山、大阪、つくばで観測した浮遊粉じん中金属元素濃度比による長距離輸送と地域汚染解析の特性,大気汚染学会誌,第44巻,第2号
- 9) United States Environmental Protection Agency : EPA Positive Matrix Factorization(PMF)5.0 Fundamentals and User Guide,17
- 10) 山神 真紀子、久恒 邦裕、池盛 文数：CPF法を用いたPM2.5の発生源位置の推定,名古屋市環境科学調査センター年報,第2号,2013
- 11) 東京都環境科学研究所：微小粒子状物質(PM2.5)等の二次生成機構に関する研究報告書,2011
- 12) 藤川和浩、山本重一、田上四郎、力寿雄、大石興弘、岩本眞二：大気中の炭素成分(EC,OC)の

挙動及び他成分との関係-日毎のデータ解析
 -，福岡県保健環境研究所年報，第35号,93-

97,2008

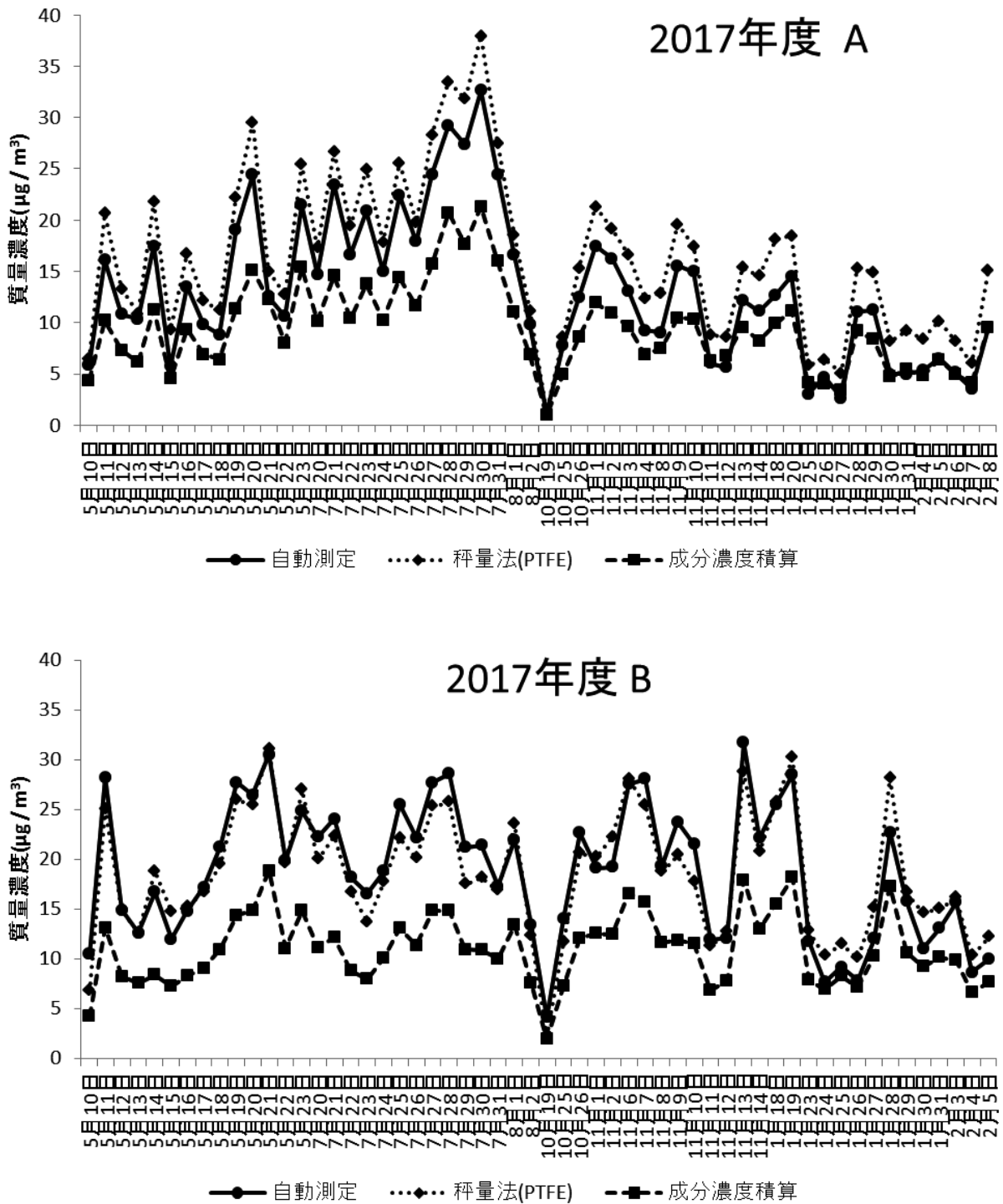


図1 自動測定、秤量法及び積分濃度の積算によって求めた質量濃度の経日変化

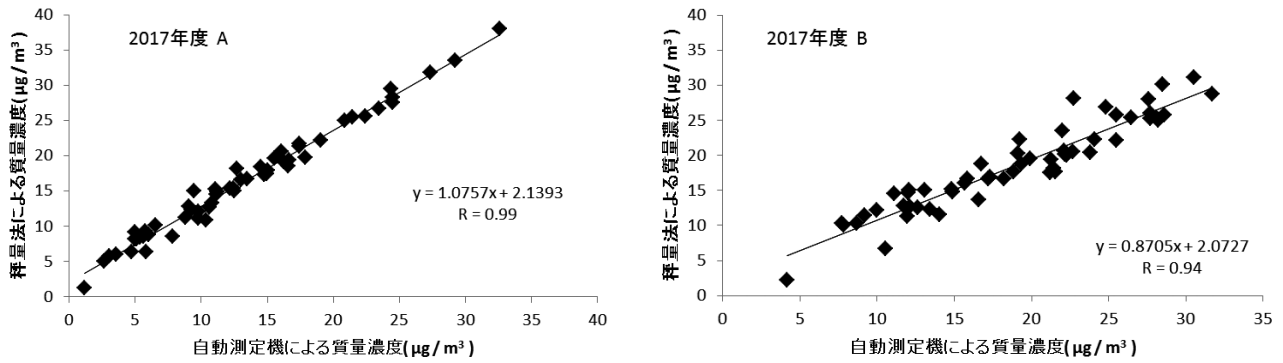


図2 自動測定器による質量濃度と秤量法による質量濃度の相関関係

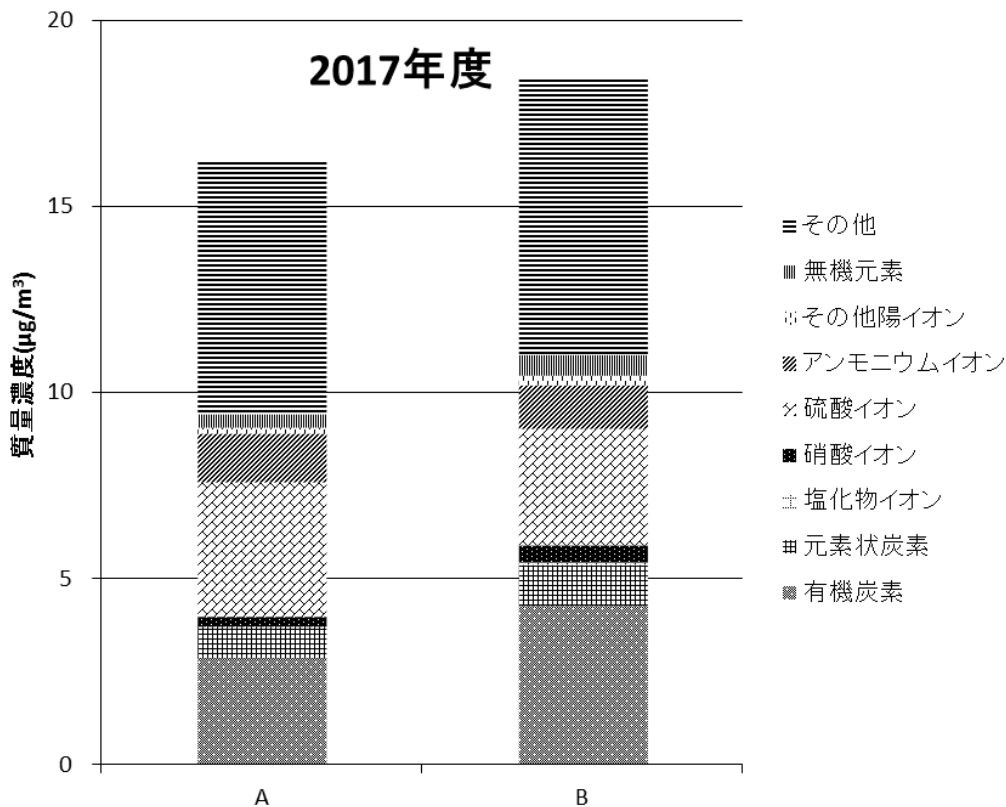


図3 平均成分濃度と各成分の内訳

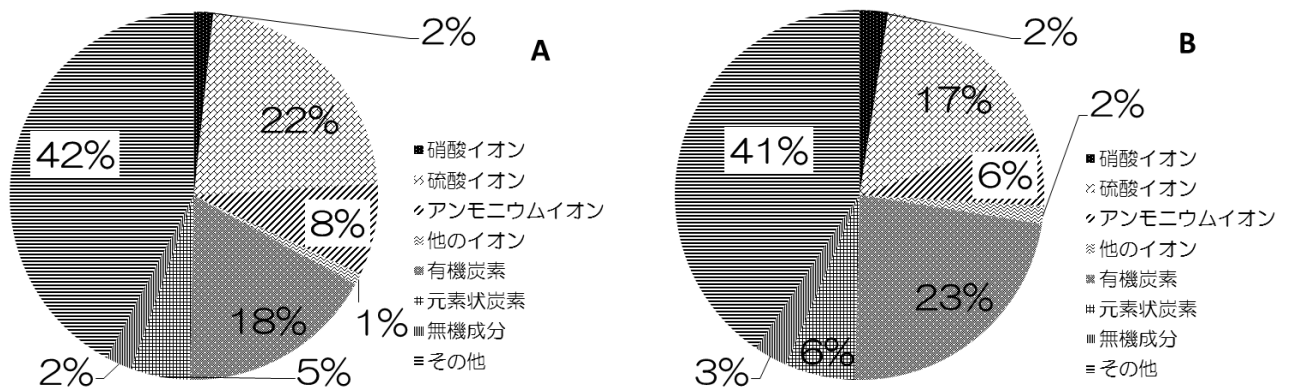


図4 各調査地点における平均成分組成

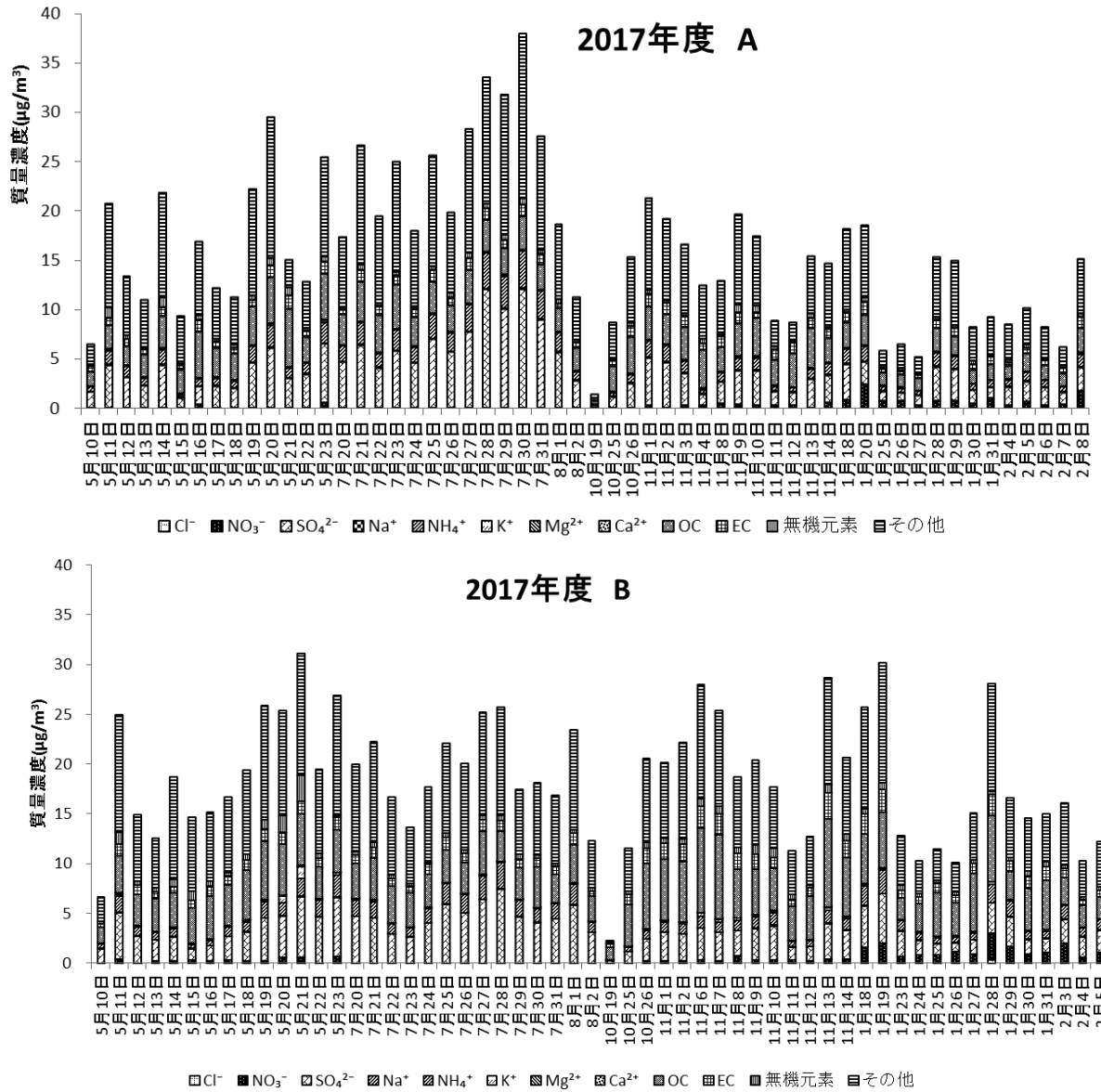


図5 成分濃度の経日変化

表3 秤量質量濃度(PTFE)と各成分の相関係数(n=56)

地点	イオン成分							炭素成分	
	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	NH ₄ ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	OC	EC
A	-0.16	0.93	0.11	0.95	0.59	0.23	0.36	0.63	0.63
B	0.16	0.75	0.01	0.77	0.54	0.32	0.30	0.66	0.77

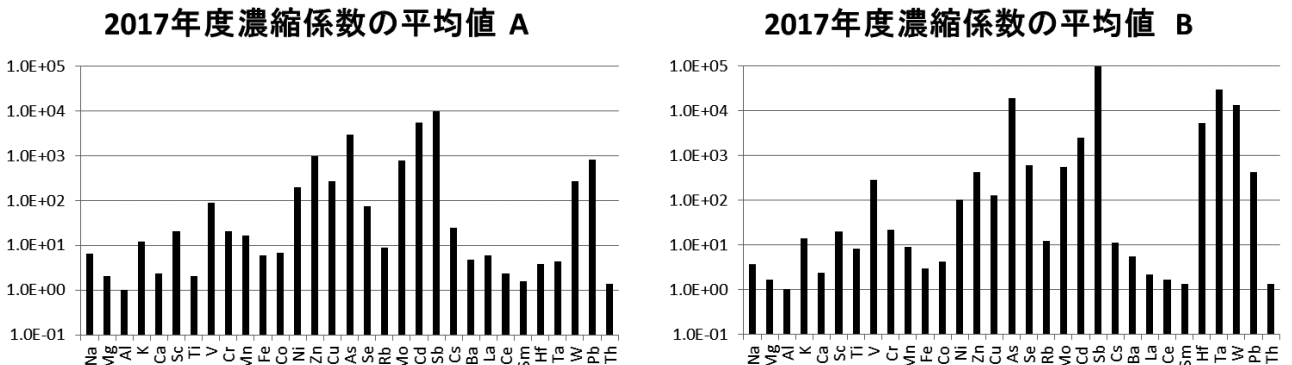


図6 濃縮係数の計算結果(A地点及びB地点)

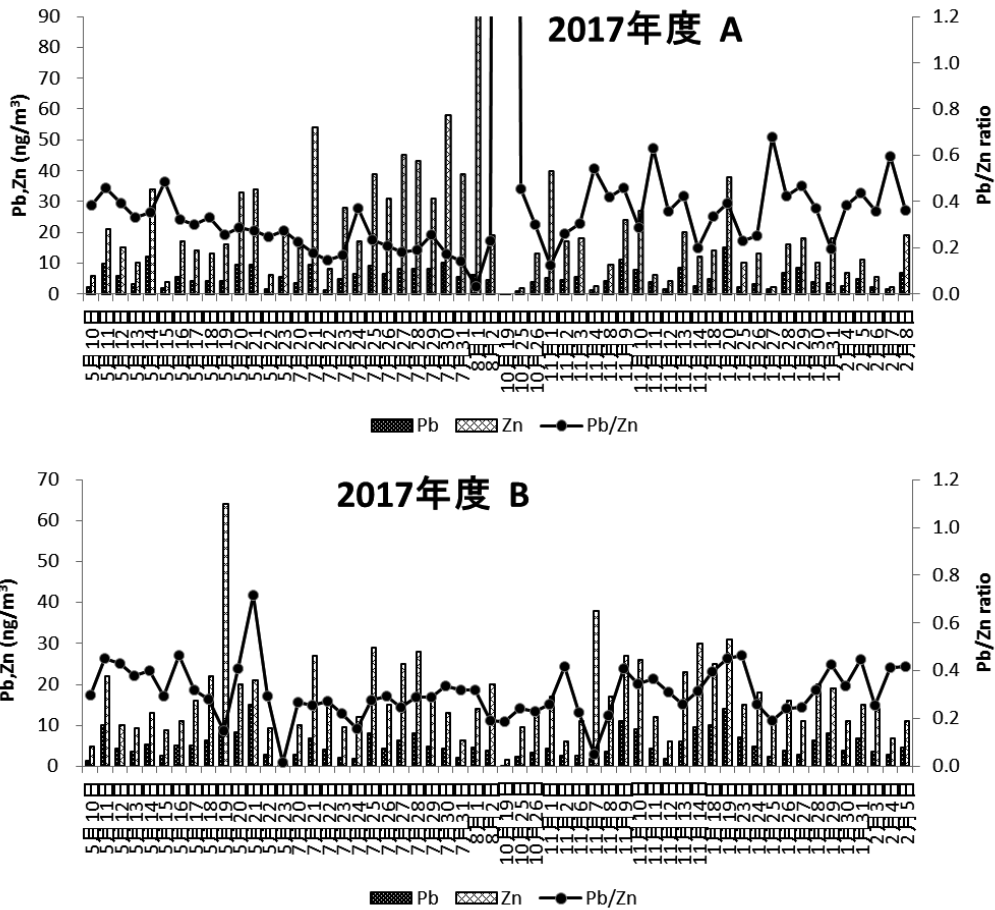


図7 Pb、Zn濃度及びPb/Zn比の経日変化(A地点及びB地点)

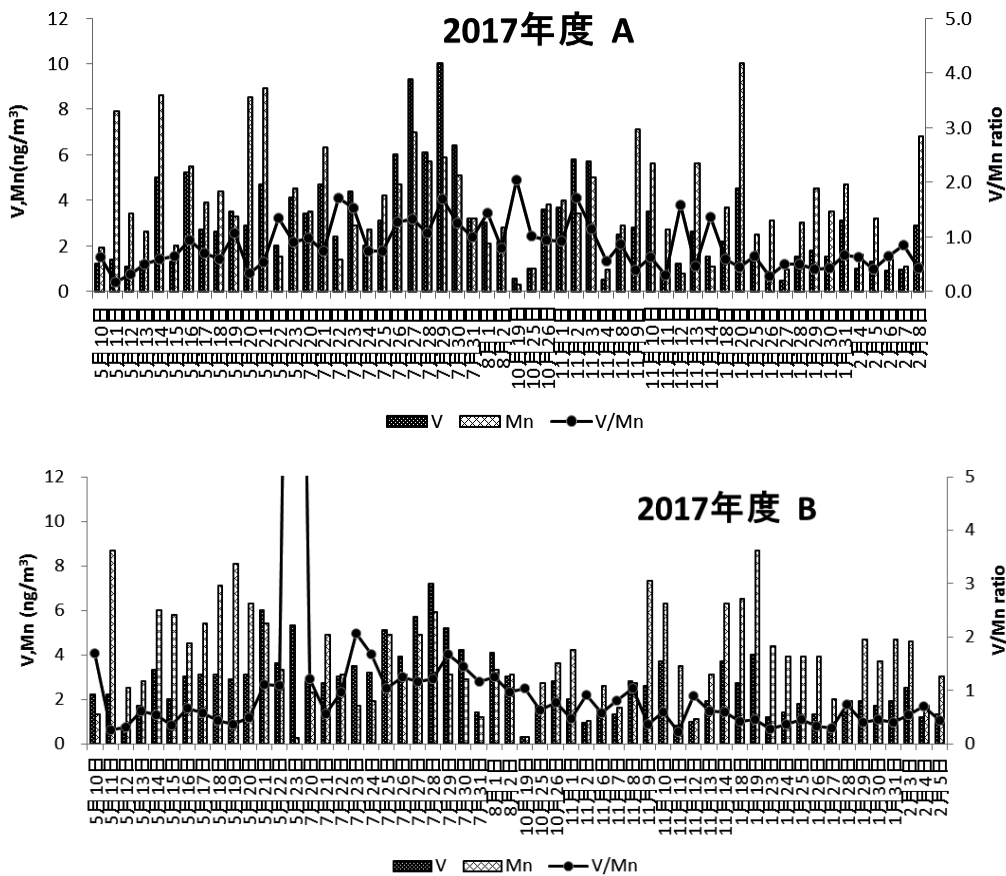


図8 V、Mn濃度及びV/Mn比の経日変化(A地点及びB地点)

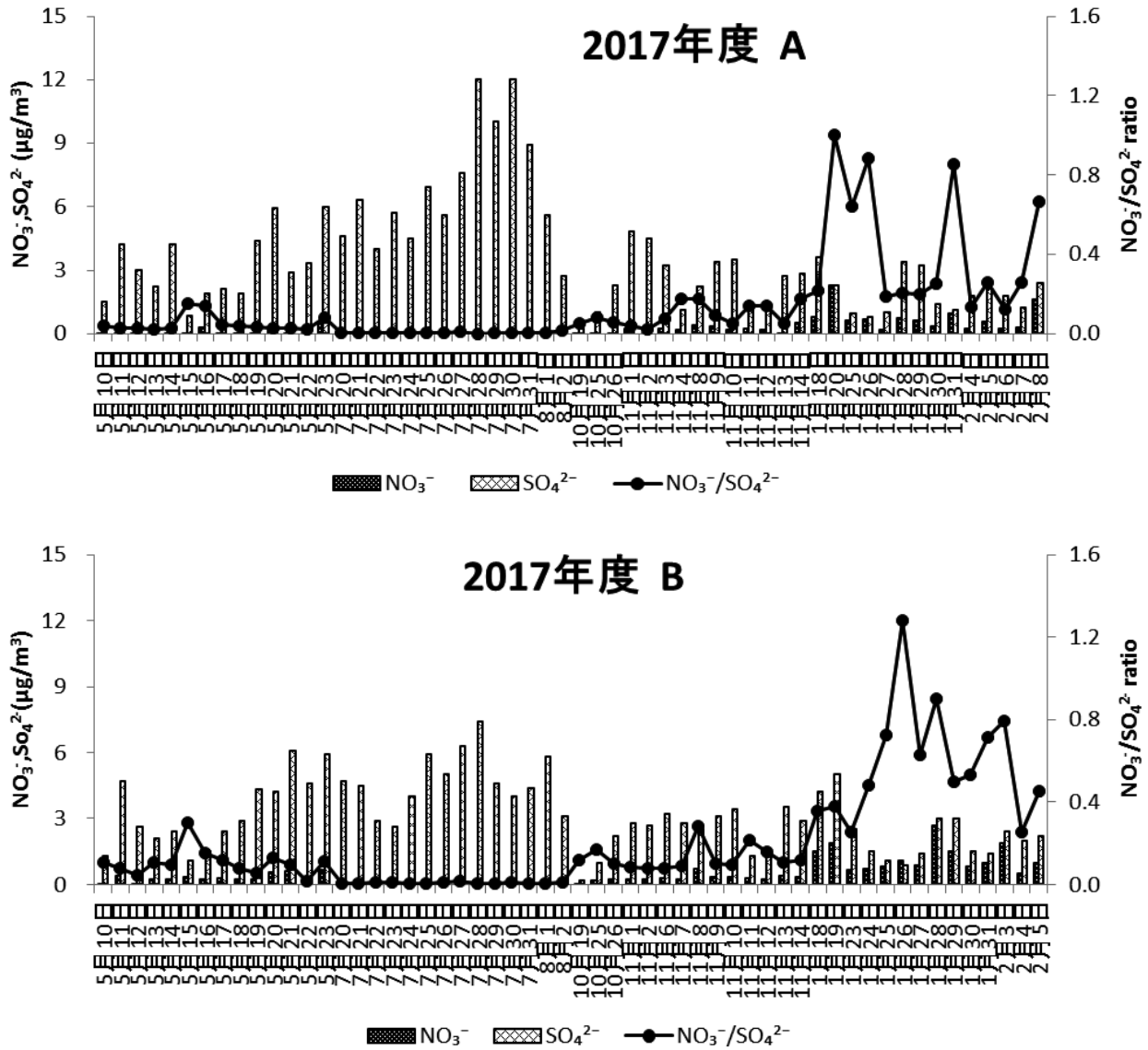


図9 NO₃⁻、SO₄²⁻濃度及びNO₃⁻/SO₄²⁻比の経日変化(A地点及びB地点)

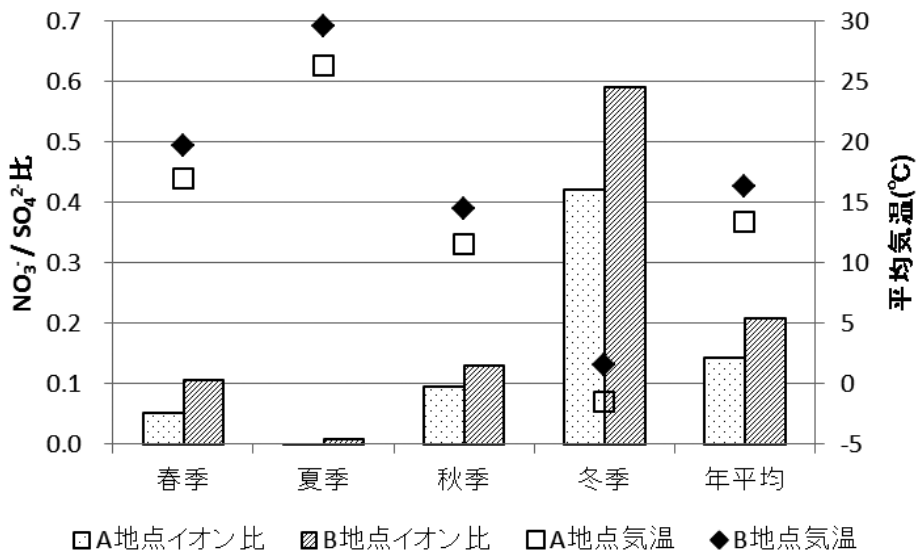


図10 各季節ごとの硝酸イオン/硫酸イオン比の平均値及び平均気温

表4 常時監視測定局の測定成分とPM2.5の質量濃度の相関係数

地点	季節	測定項目						n
		NO	NO ₂	NO _x	SO ₂	昼間O _x	SPM	
A	春	0.49	0.65	0.62	0.54	0.29	0.94	14
	夏	0.10	0.60	0.61	0.51	0.72	0.99	14
	秋	-0.14	-0.03	-0.07	0.83	0.70	0.96	14
	冬	-0.06	0.30	0.27	0.19	0.28	0.98	14
	年平均	0.25	0.33	0.32	0.56	0.38	0.95	56
B	春	-0.34	0.32	0.25	0.57	0.77	0.92	14
	夏	0.40	0.55	0.60	0.72	0.70	0.88	14
	秋	0.72	0.60	0.67	0.43	-0.17	0.87	14
	冬	0.11	0.38	0.45	-0.10	-0.60	0.98	14
	年平均	0.55	0.18	0.33	-0.06	0.21	0.79	56

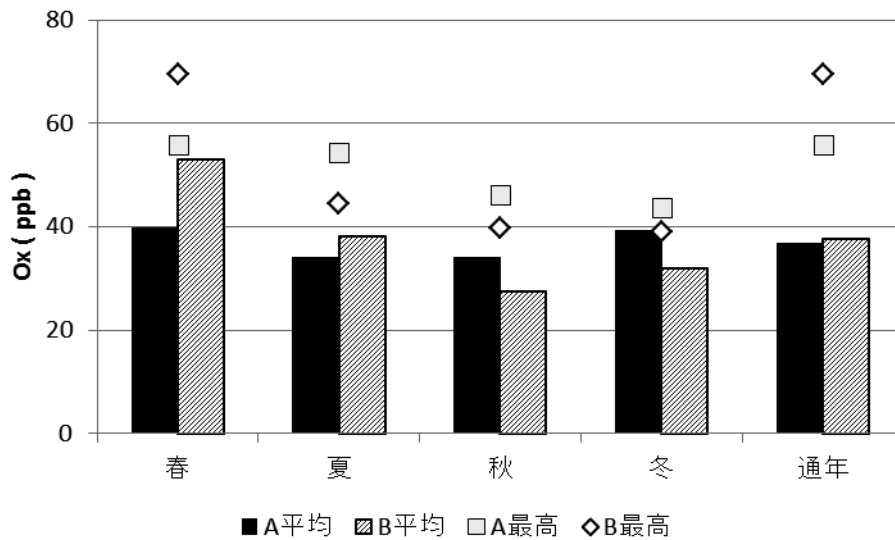


図11 昼間の光化学オキシダント濃度の平均値及び最高値(A地点及びB地点)

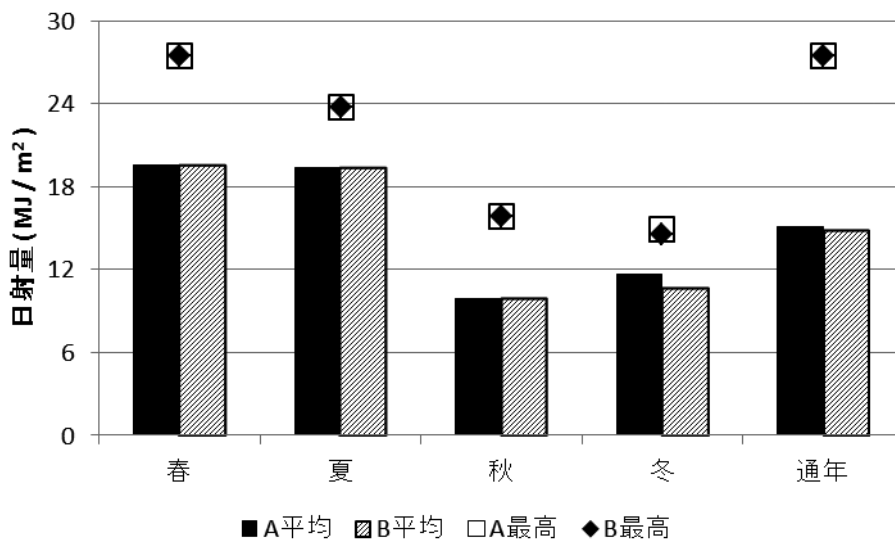


図12 日射量の平均値及び最高値(A地点及びB地点)

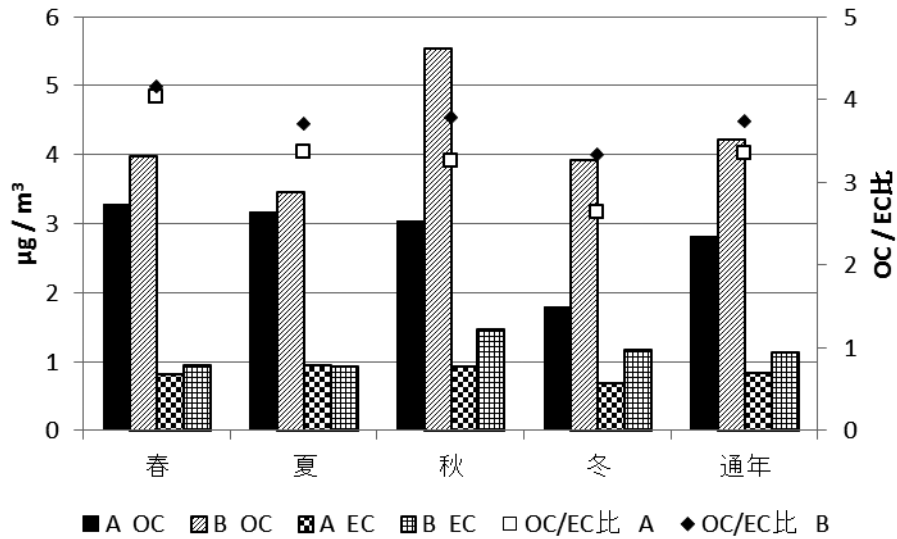


図13 OC、EC濃度及びOC/EC比の各季節ごとの平均値及び年平均値

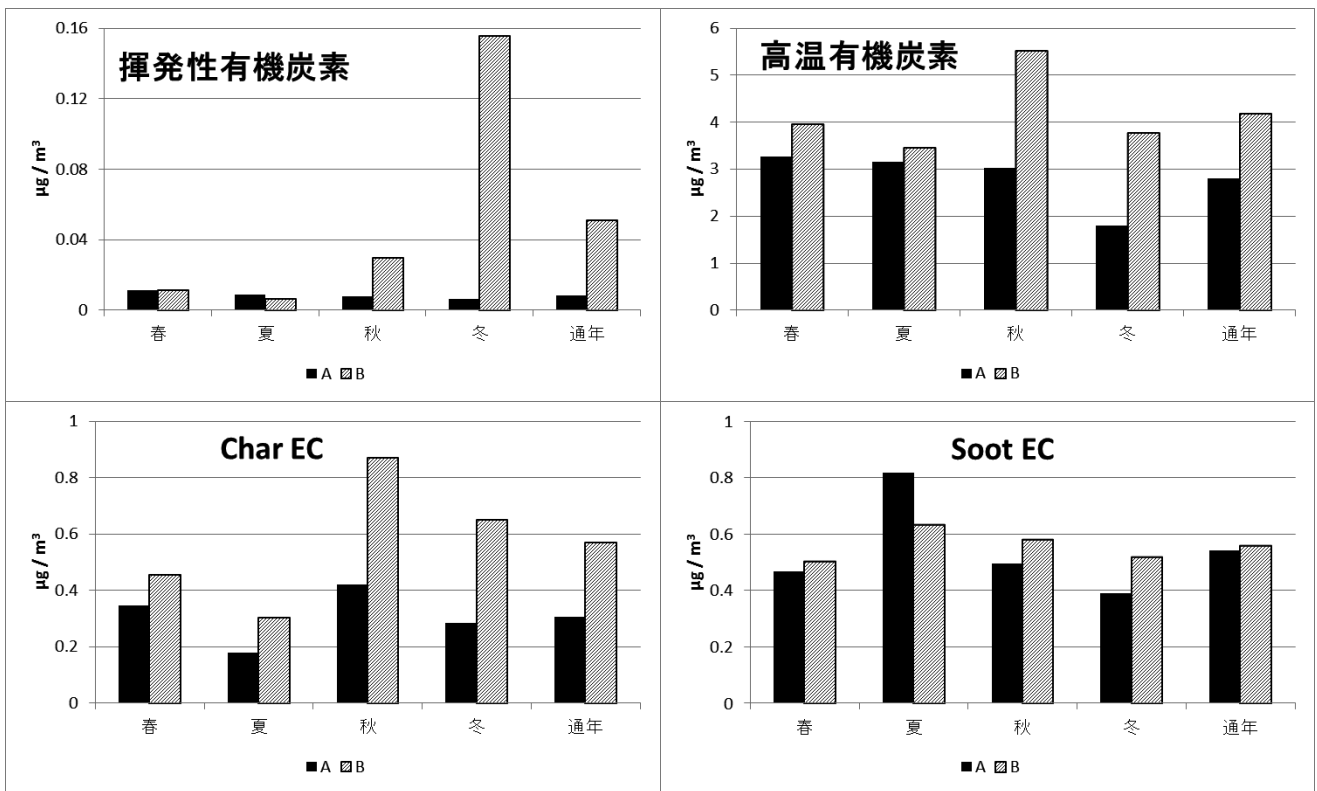
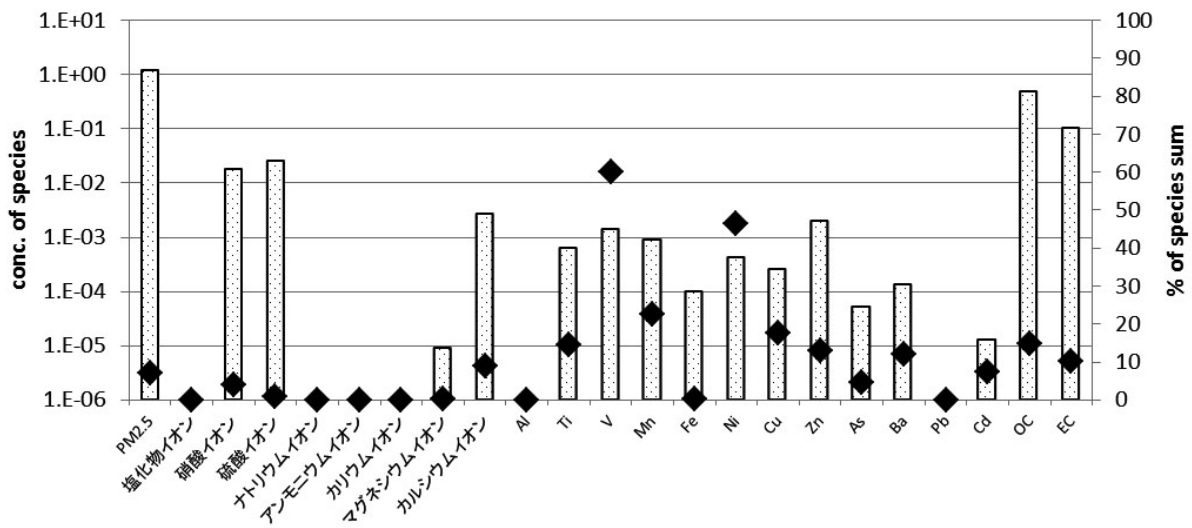
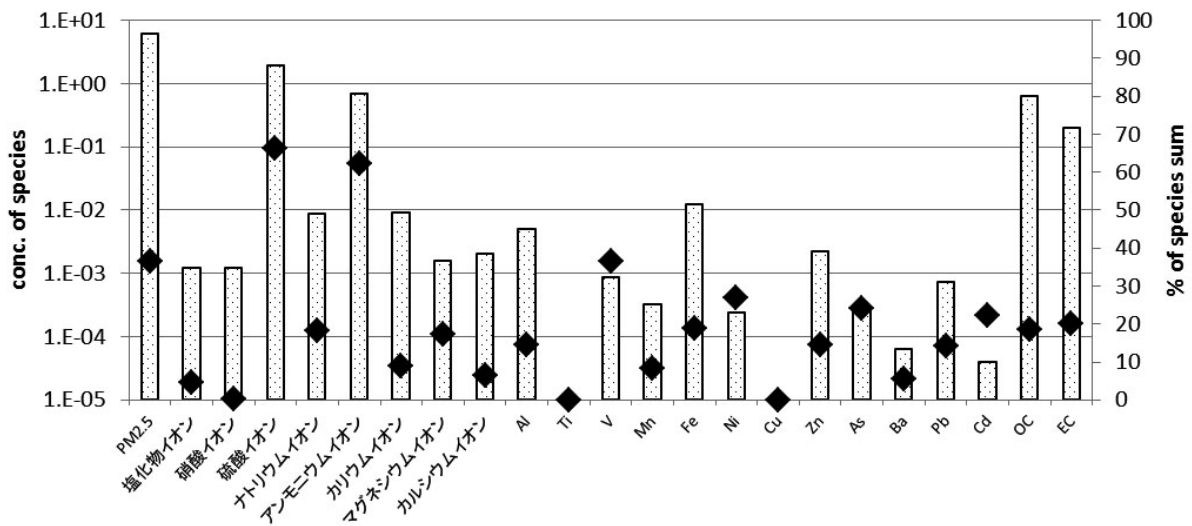


図14 揮発性有機炭素、高温有機炭素、Char EC及びSoot ECの各季節ごとの平均値及び年平均値

Factor1 重油燃焼



Factor2 硫酸塩



Factor3 工業系

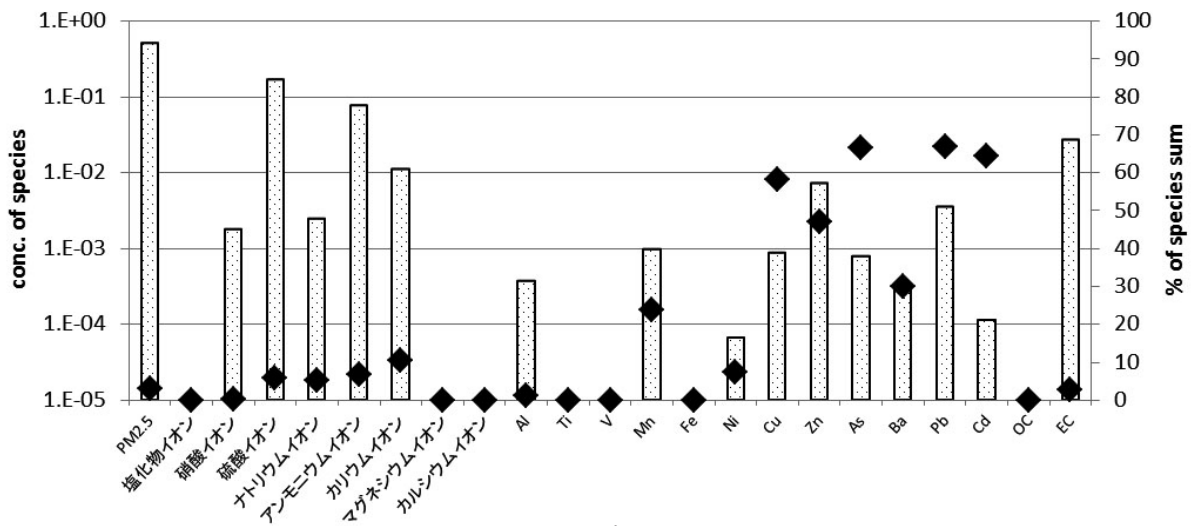
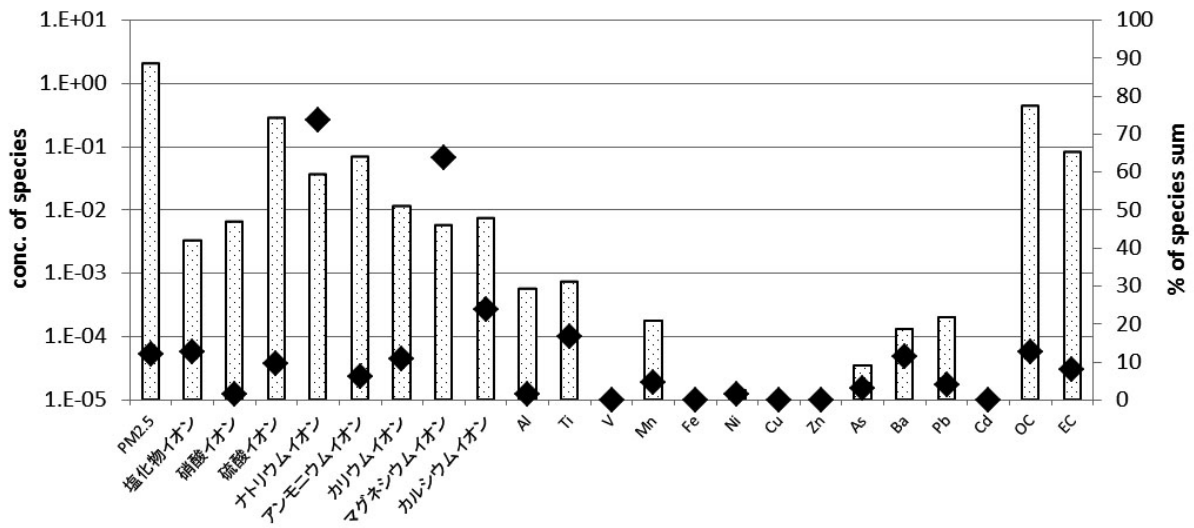
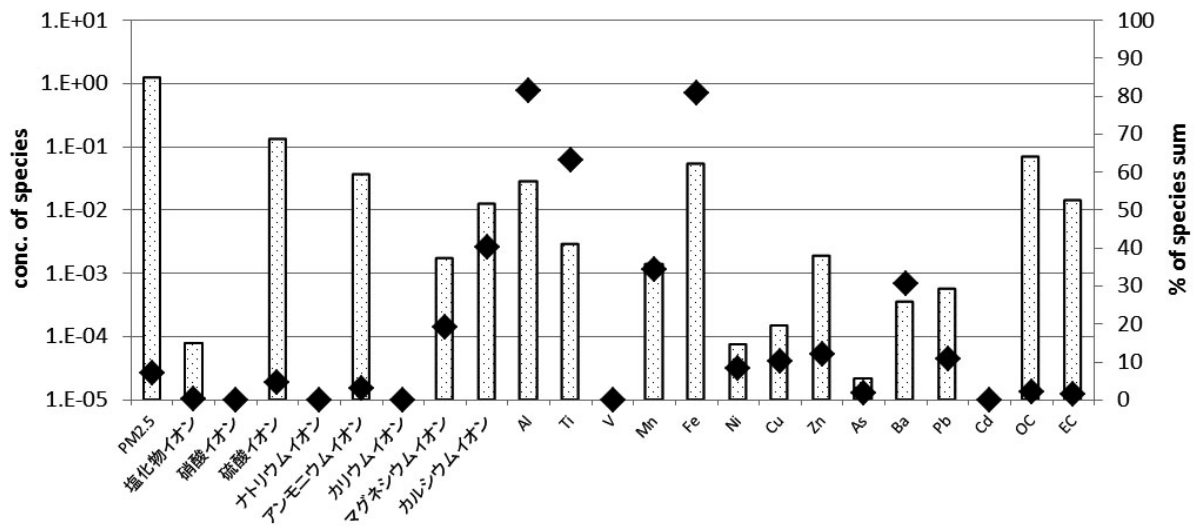


図15 各発生源因子(推察)のプロファイル (Factor1~3)

Factor4 海塩



Factor5 土壌



Factor6 バイオマス燃焼

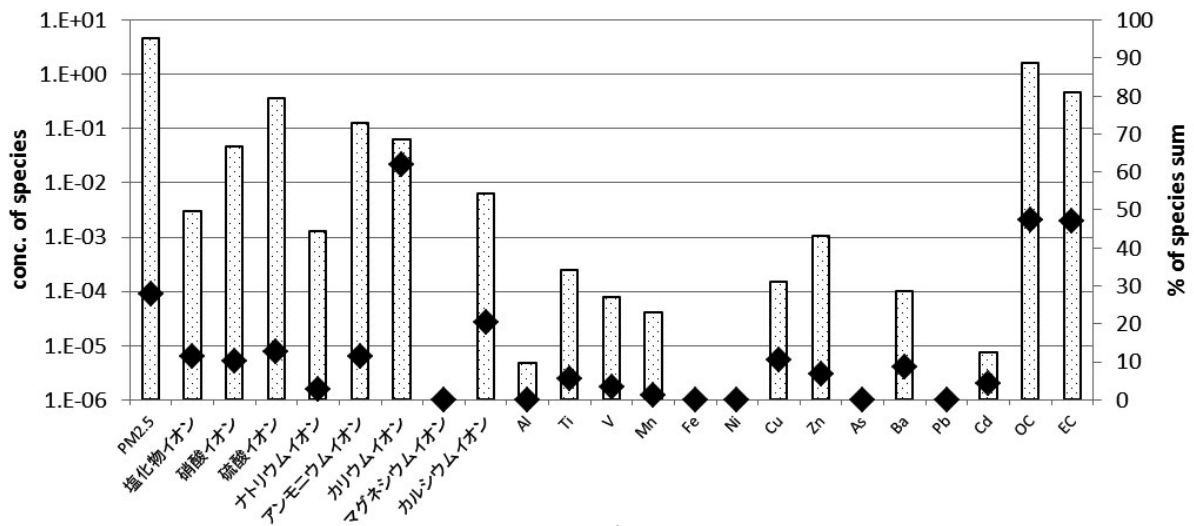


図15 各発生源因子(推察)のプロファイル (Factor4~6)

Factor7 半揮発性粒子

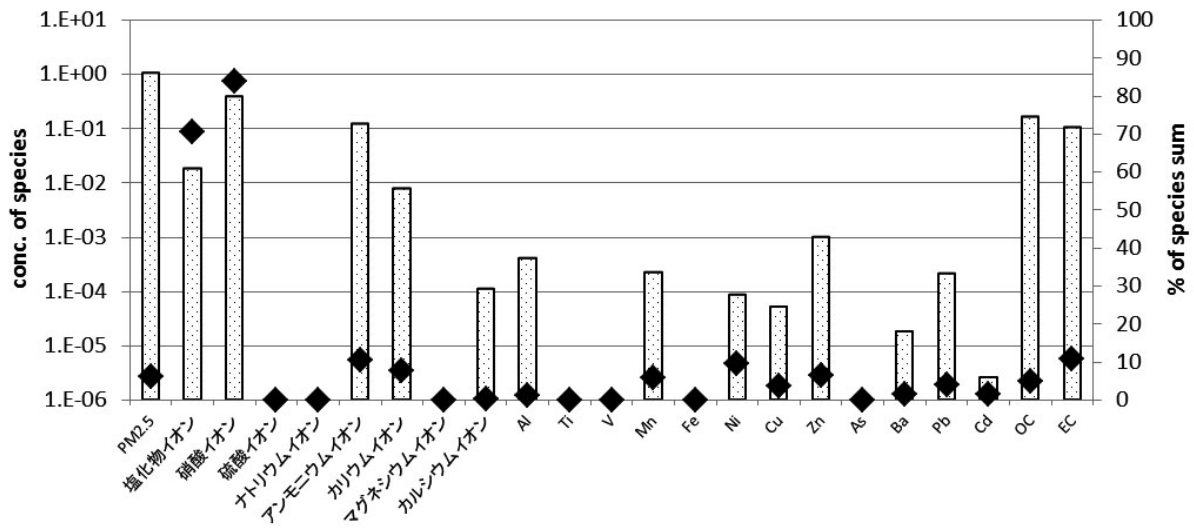


図15 各発生源因子（推察）のプロファイル (Factor7)

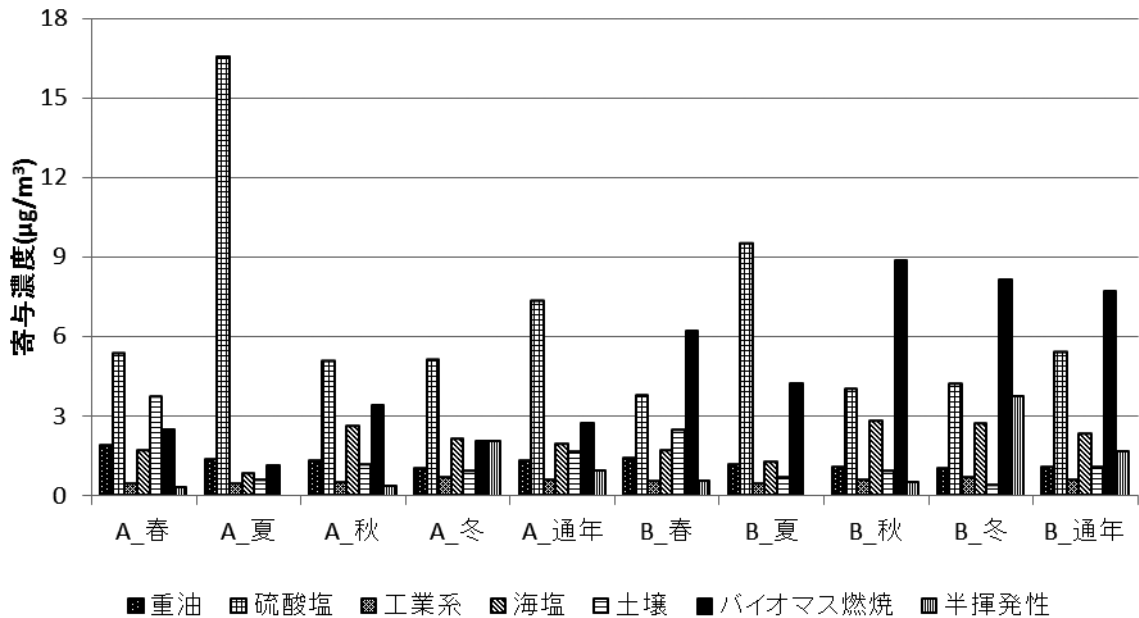


図16 両地点における各発生源因子（推察）の平均寄与濃度(2015~2017)

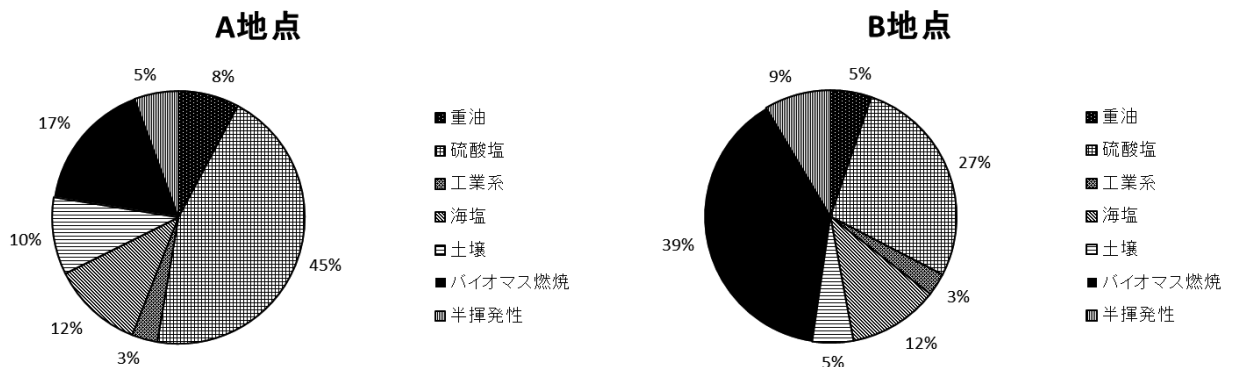


図17 両地点における各発生源因子(推察)の寄与率(2015~2017)

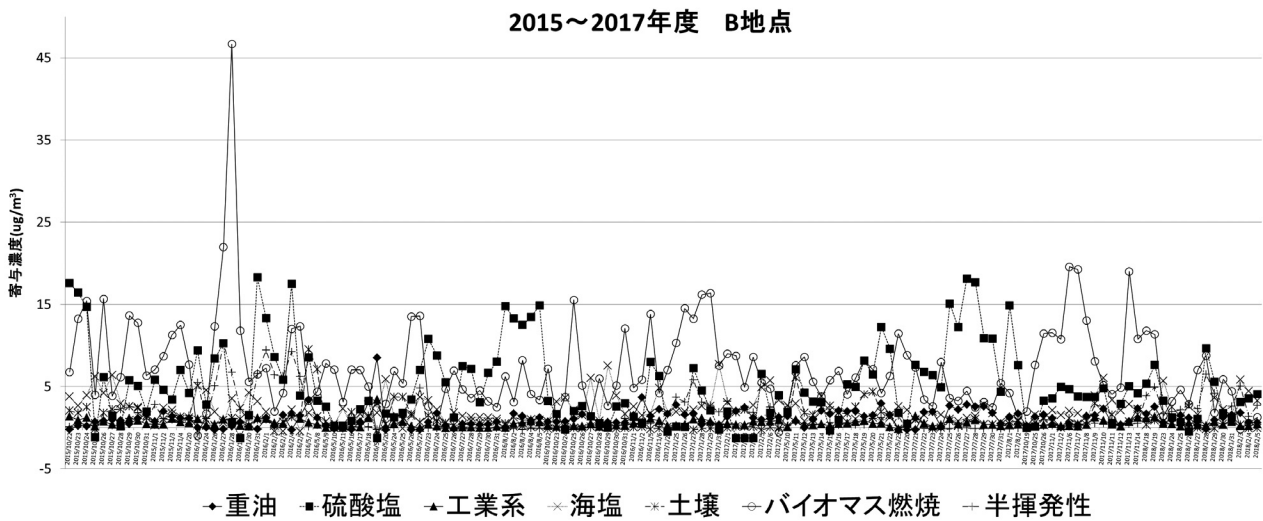
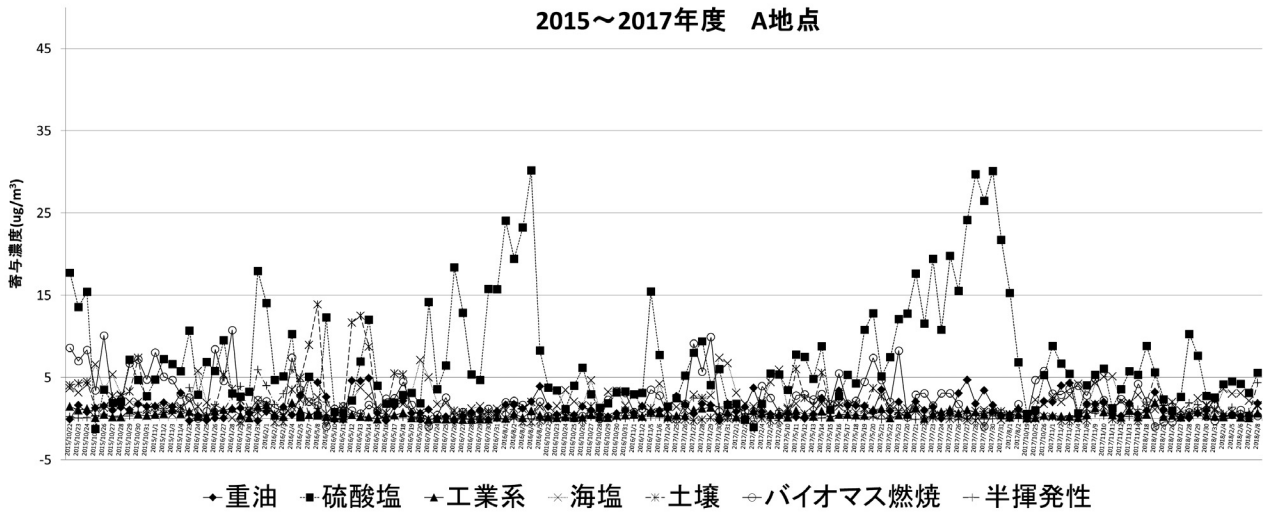


図18 各発生源因子(推察)の寄与濃度に係る経日変化(A地点及びB地点)

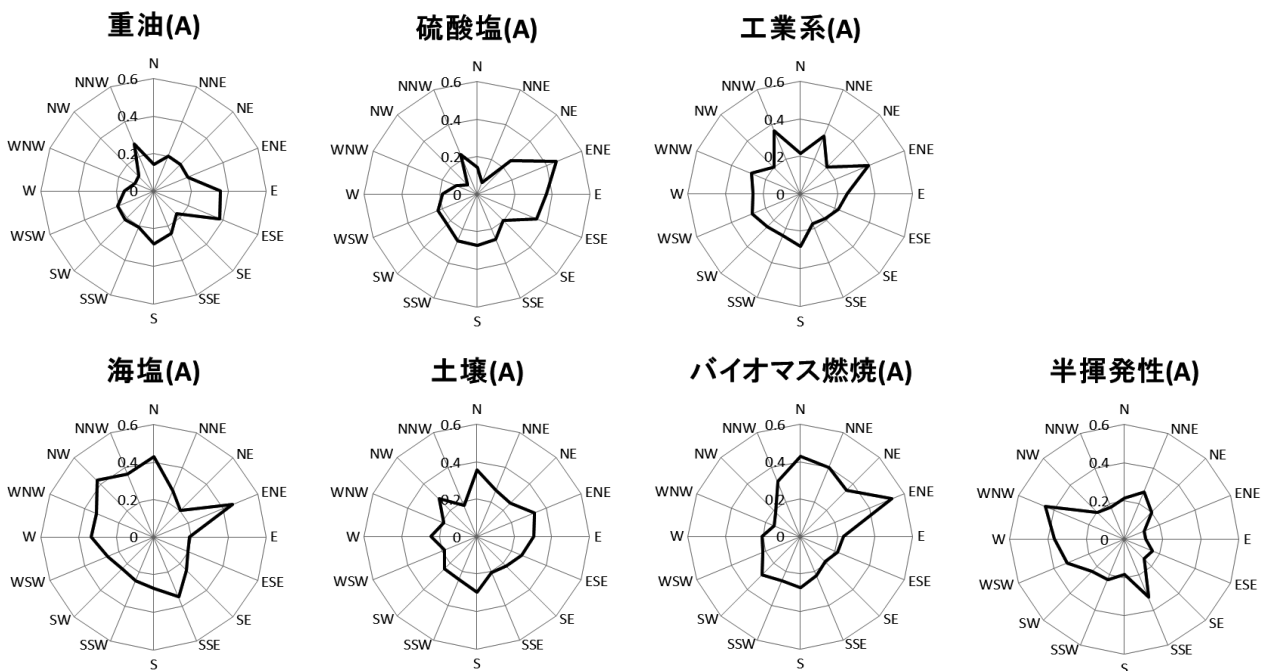


図19 各発生源因子(推察)に係るCPFプロット (A地点)

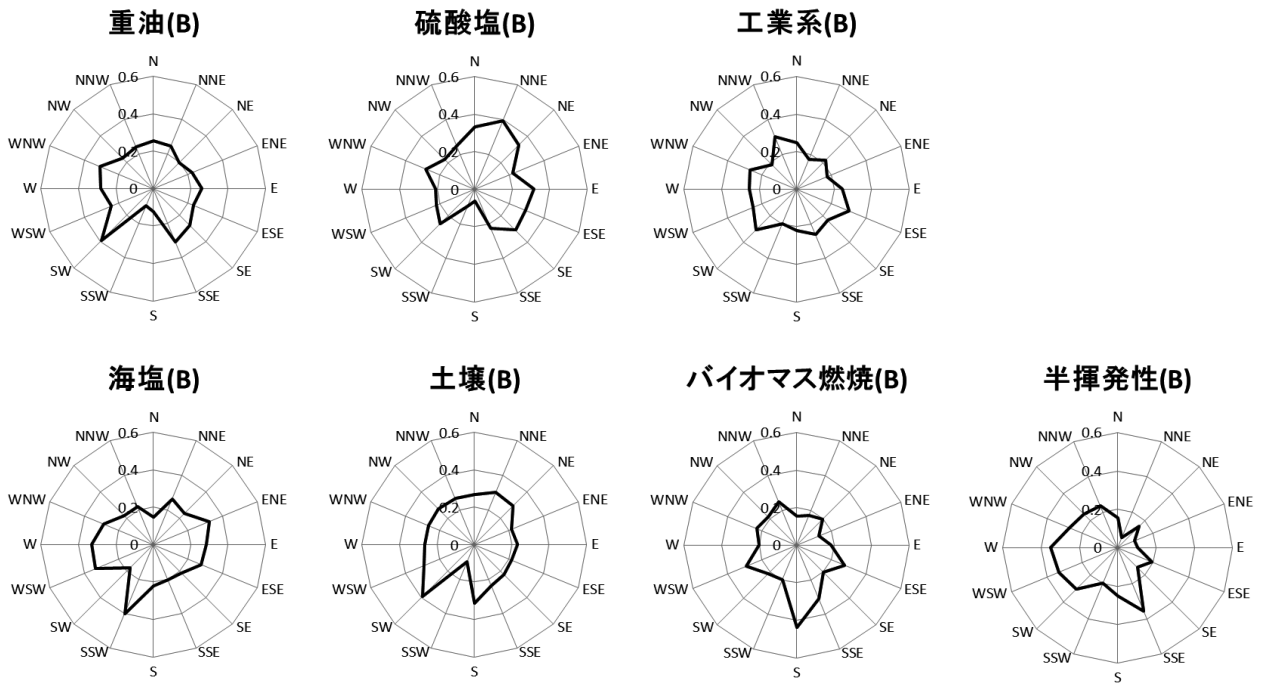


図19 各発生源因子(推察)に係るCPFプロット(B地点)