

【調査研究】

## 岡山県における PM2.5 高濃度事象に関する研究(第3報) －野焼きと PM2.5 の関連性の調査－

Study on High Concentration Events of PM2.5 in Okayama Prefecture (3rd Report)  
－ Investigation of the Relationship between Open Burning and PM2.5 －

小川知也, 野村 茂, 仲 敦史, 新 和大, 林 隆義, 畝山善光, 森 寛史  
OGAWA Tomoya, NOMURA Shigeru, NAKA Atsushi, ATARASHI Kazuhiro,  
HAYASHI Takayoshi, UNEYAMA Yoshihiro, MORI Hiroshi

### 要 旨

児島湾干拓地及びその周辺の田園地帯に位置する当センターを調査地点として、微小粒子状物質(以下「PM2.5」という。)の試料採取と野焼きの状況の調査を行ったところ、目視で確認した煙数が多い日ほどPM2.5質量濃度が高い傾向があった。また、11月の調査では、PM2.5の構成成分の濃度は、有機炭素(以下「OC」という。)が最も大きく、煙数と構成成分の相関係数、PM2.5と構成成分の相関係数ともにOCが最も大きかった。OCと他の構成成分の相関係数は、バイオマス燃焼の良い指標とされているレボグルコサンが最も大きかったことから、調査期間中のOC濃度は野焼きの影響を著しく受け、PM2.5質量濃度も連動したものと推察された。

[キーワード：PM2.5, 野焼き, OC, レボグルコサン]

[Key words : PM2.5, Open Burning, OC, Levoglucosan]

### 1 はじめに

微小粒子状物質(以下「PM2.5」という。)は、大気中に浮遊している2.5 µm以下の非常に小さな粒子(髪の毛の太さの1/30程度)であり、肺の奥深くまで入りやすく、呼吸器系に悪影響を与え、さらに、循環器系に影響を与えることも報告<sup>1)</sup>されている。このため環境基本法第16条第1項に基づき人の健康の適切な保護を図るために維持されることが望ましい水準として、環境基準(1年平均値15 µg/m<sup>3</sup>以下かつ1日平均値35 µg/m<sup>3</sup>以下)が定められている。

岡山県におけるPM2.5の環境基準達成率は、平成29年度から令和2年度まで4年連続で全国ワーストとなるなど全国と比較して低位で推移していた<sup>2)</sup>。特に児島湾干拓地及びその周辺の田園地帯(以下「当該田園地帯」という。)では、稲わらの焼却処理(以下「野焼き」という。)が盛んに行われる11月にPM2.5に係る環境基準の短期基準(1日平均値35 µg/m<sup>3</sup>以下)を超過する高濃度事象が発生している。そのため本県ではPM2.5の環境基準達成に向けて、すき込みなど稲わらの有効利用への転換を促す「晴れの国ブルースカイ事業」に令和2年度から取り組んでいる<sup>3)</sup>。また、当センターでは令和4年度からPM2.5と野焼きの関連性や対策の効果を科学的に明確にすることで営農者の理解を促進し、エビデンスに基づく

行政施策の展開をサポートすることを目的に本調査研究に取り組んでいる。

既報<sup>4)</sup>に引き続き、令和5年11月及び令和6年11月に当該田園地帯で採取した大気中のPM2.5の構成成分の分析を行い、野焼きの状況の調査結果と併せて高濃度事象の要因の推定を行ったので、その結果を報告する。

### 2 調査方法

#### 2.1 調査地点及び調査期間

調査地点を図1に示す。当該田園地帯に位置する当センターを調査地点として、PM2.5の試料採取と野焼きの状況の調査を行った。調査期間は、令和4年11月7日～22日(土日祝日を除く。)、令和5年11月1日～30日及び令和6年11月1日～14日(PM2.5の試料採取は土日祝日を含み、野焼き状況の調査は土日祝日を除く。)(以下当該期間に実施した調査を「11月調査」という。)とした。また、一般的に野焼きが行われていない時期である令和5年3月20日～26日(土日祝日を含む。以下当該期間に実施した調査を「3月調査」という。))にもPM2.5の試料採取を行った。なお、令和4年11月7日～22日及び令和5年3月20日～26日の調査については既報<sup>4)</sup>の結果を用いた。



図1 調査地点

### 2.2 試料採取方法及び野焼きの状況の調査方法

PM2.5の試料採取は、大気中微小粒子状物質(PM2.5)成分測定マニュアル<sup>5)</sup>(以下「マニュアル」という。)の捕集方法に準じて行った。サンプラー(Thermo Scientific製FRM-2025i)を使用して、流量16.7 L/minで石英繊維フィルタ(東京ダイレック製2500QAT-UP)及び四ふっ化エチレン樹脂製(以下「PTFE」という。)フィルタ(PALL製Teflo)に23時間採取したものを1日分とした。野焼きの状況の調査方法は、既報<sup>6)</sup>のとおりである。

### 2.3 分析方法

採取した試料の分析項目は、PM2.5質量濃度、イオン成分(Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Cl<sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>), 炭素成分(有機炭素(以下「OC」という。)), 元素状炭素(以下「EC」という。)), 無機元素(Mn, Cr, Ni, As, Al, Fe, Zn, Cu, V, Pb, Se, Cd)及びレボグルコサンとした。

PM2.5質量濃度は、PTFEフィルタをウルトラミクロ天秤(Sartorius製MSA2.7S-000-DF)を用いて、温度20℃、湿度35%の条件で秤量し、算出した。

イオン成分、炭素成分、無機元素及びレボグルコサンをマニュアルに従って分析した。イオン成分の分析は、石英繊維フィルタを超純水に浸して超音波抽出を行い、イオンクロマトグラフ装置(Thermo Scientific製ICS-1600)で分析した。炭素成分は、石英繊維フィルタをカーボンエアロゾル分析装置(Sunset Laboratory製CAA-202M-D)で分析した。無機元素の分析は、PTFEフィルタを圧力容器に入れて酸分解した後、誘導結合プ

ラズマ質量分析計(ICP-MS)(Agilent製7800)で分析した。レボグルコサンは、石英繊維フィルタをジクロロメタン/メタノール(2:1)に浸して超音波抽出を行い、N,O-ビス(トリメチルシリル)トリフルオロアセトアミド及び10%-クロロトリメチルシランで誘導体化した後、ガスクロマトグラフ質量分析計(GC-MS)(島津製作所製GCMS-QP2010Ultra)で分析した。

### 3 結果及び考察

図2に計測した煙数が0本、1~10本、11~20本、21~30本、31~40本であった日毎にPM2.5質量濃度の平均値を示す。計測された煙数が多いほどPM2.5質量濃度が高い傾向にあり、既報<sup>6), 7)</sup>と同様に、野焼きがPM2.5質量濃度の上昇に及ぼす影響が大きいことが示唆された。

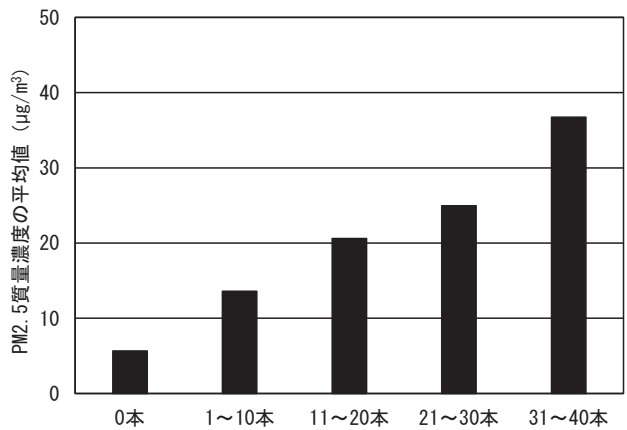


図2 煙数とPM2.5質量濃度の平均値

表1に11月調査及び3月調査のPM2.5の構成成分の平均濃度を示す。

なお、構成成分のうち、レボグルコサンは植物中に含まれるセルロースが熱分解して生成する化合物であり、バイオマス燃焼によって、その排出が確認されていることからバイオマス燃焼指標物質として用いられている<sup>8)</sup>。また、OC, EC, K<sup>+</sup>はバイオマス燃焼の起こる地点で主要な成分として検出され、レボグルコサンと強い相関を示すことが報告されている<sup>8)</sup>。また、シュウ酸の生成においてバイオマス燃焼の影響が報告されている<sup>9)</sup>。そのため、これらの物質に着目し、表中で色を付けて示した。

11月調査、3月調査ともに分析を行った成分の中ではOCの濃度が最も高く、次いでECであった。また、これら2成分は11月調査では3月調査の倍以上の濃度であった。バイオマス燃焼の良い指標とされているレボグルコサン<sup>5)</sup>の濃度は、11月調査では3月調査の10倍以上となり、上昇率が他の成分と比較して顕著に大きかつ

表1 調査期間中におけるPM2.5の構成成分の平均濃度(μg/m<sup>3</sup>)

成分	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	OC	EC
11月調査	0.10	0.89	0.13	0.019	0.069	0.088	0.66	2.0	0.14	6.6	0.71
3月調査	0.13	0.91	0.12	0.027	0.15	0.13	1.2	2.0	0.15	2.6	0.35

成分	Mn	Cr	Ni	As	Al	Fe	Zn	Cu	V	Pb	Se
11月調査	0.010	0.0013	0.0010	0.0026	0.063	0.16	0.031	0.0048	0.00079	0.0076	0.0014
3月調査	0.012	0.0017	0.0015	0.0016	0.28	0.31	0.036	0.0031	0.0015	0.0063	0.0020

成分	Cd	レボグルコサン	その他
11月調査	0.00075	0.28	5.1
3月調査	0.00025	0.025	6.1

レボグルコサン: バイオマス燃焼の指標成分  
 その他: PM2.5質量濃度からイオン成分、炭素成分及び無機元素成分を除いた濃度

た。なお、K<sup>+</sup>、C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>の濃度は、11月調査と3月調査は同程度であった。

図3に11月調査における各構成成分の濃度と煙数の散布図を示す。相関係数が大きいのは、OC(R=0.75)、K<sup>+</sup>(R=0.72)であった。一方で、バイオマス燃焼の良い指標とされているレボグルコサンの相関係数は0.59であり、今回の調査における煙数との相関では、最も相関の強い成分とはならなかった。これは、野焼きのPM2.5への影響の強さは、単に目視で確認された煙数のみでなく、測定地点と野焼きが行われている地点との位置関係、野焼きが行われている圃場の規模、風向風速等の気象条件等様々な要因で変化するためと推察される。

各構成成分の濃度とPM2.5質量濃度の散布図を図4(11月調査)及び図5(3月調査)に、11月調査及び3月調査における各構成成分の濃度とPM2.5質量濃度の相関係数を表2に示す。11月調査ではOCの相関係数が0.96と非常に大きかった。これは、OCがPM2.5の主要な構成成分であるため、OC濃度によってPM2.5質量濃度が影響を受けたものと考えられた。

OCはバイオマス燃焼で発生するものの自動車等他の発生源からも発生することから、PM2.5の主要な構成成分であるOC濃度と他の構成成分との相関を確認した。OC濃度と他の構成成分の濃度の散布図を図6(11月調査)及び図7(3月調査)に、11月調査及び3月調査における各構成成分の濃度とOC濃度の相関係数を表3に示す。3月調査ではバイオマス燃焼の指標とされている成分の相関係数は特段大きくなかった一方で、11月調査ではレボグルコサンをはじめ、K<sup>+</sup>、EC、C<sub>2</sub>O<sub>4</sub><sup>2-</sup>とOCの相関が強く、調査期間中のOC濃度は野焼きの影響を強く受け、PM2.5質量濃度も連動して影響を受けたものと推察された。

#### 4 まとめ

- (1)目視で確認した煙数が多い日ほどPM2.5質量濃度が高い傾向があった。
- (2)調査期間中のPM2.5の構成成分の濃度は、OCが最も大きかった。
- (3)煙数と構成成分の相関係数を求めたところ、OCが最も大きかった。
- (4)PM2.5と構成成分の相関係数もOCが最も大きかった。OCの発生源はバイオマス燃焼だけでなく自動車等他の発生源からも発生するが、OC濃度と各構成成分の濃度の相関係数を求めたところ、バイオマス燃焼の良い指標とされているレボグルコサンが、最もOC濃度との相関が強かったことから、調査期間中のOC濃度は野焼きの影響を強く受け、PM2.5質量濃度も連動して影響を受けたものと推察された。

#### 文 献

- 1) 環境省：微小粒子状物質(PM2.5)に関する情報  
<https://www.env.go.jp/air/osen/pm/info.html#ABOUT>(2025.6.13アクセス)
- 2) 環境省：大気汚染状況  
<https://www.env.go.jp/air/osen/index.html>(2025.6.13アクセス)
- 3) 岡山県環境文化部環境管理課：晴れの国ブルースカイ事業  
<https://www.pref.okayama.jp/page/665278.html>(2025.6.13アクセス)
- 4) 森寛史, 野村茂, 仲敦史, 畝山善光, 小川知也：岡山県におけるPM2.5高濃度事象に関する研究(第2報), 岡山県環境保健センター年報, 48, 1-6, 2024
- 5) 環境省：大気中微小粒子状物質(PM2.5)成分測定マニュアル
- 6) 小川知也, 野村茂, 大月史彦, 畝山善光, 森寛史：

岡山県における PM2.5 高濃度事象の要因について,  
岡山県環境保健センター年報, 47, 1-4, 2023

- 7) 小川知也, 野村茂, 大月史彦, 畝山善光, 森寛史:  
岡山県における PM2.5 高濃度事象に関する研究,  
岡山県環境保健センター年報, 47, 5-7, 2023
- 8) 坂本和彦, 岡本敬義: PM2.5 等のレボグルコサン分  
析に関する研究, 微小粒子状物質検討会研究成果最  
終報告書
- 9) 岩田杉夫, 梶田奈穂子, 黒木誠, 岡崎広史, 尾崎由衣:  
愛知県における PM2.5 中のシュウ酸に関する考察,  
愛知県環境調査センター所報, 46, 1-6, 2018

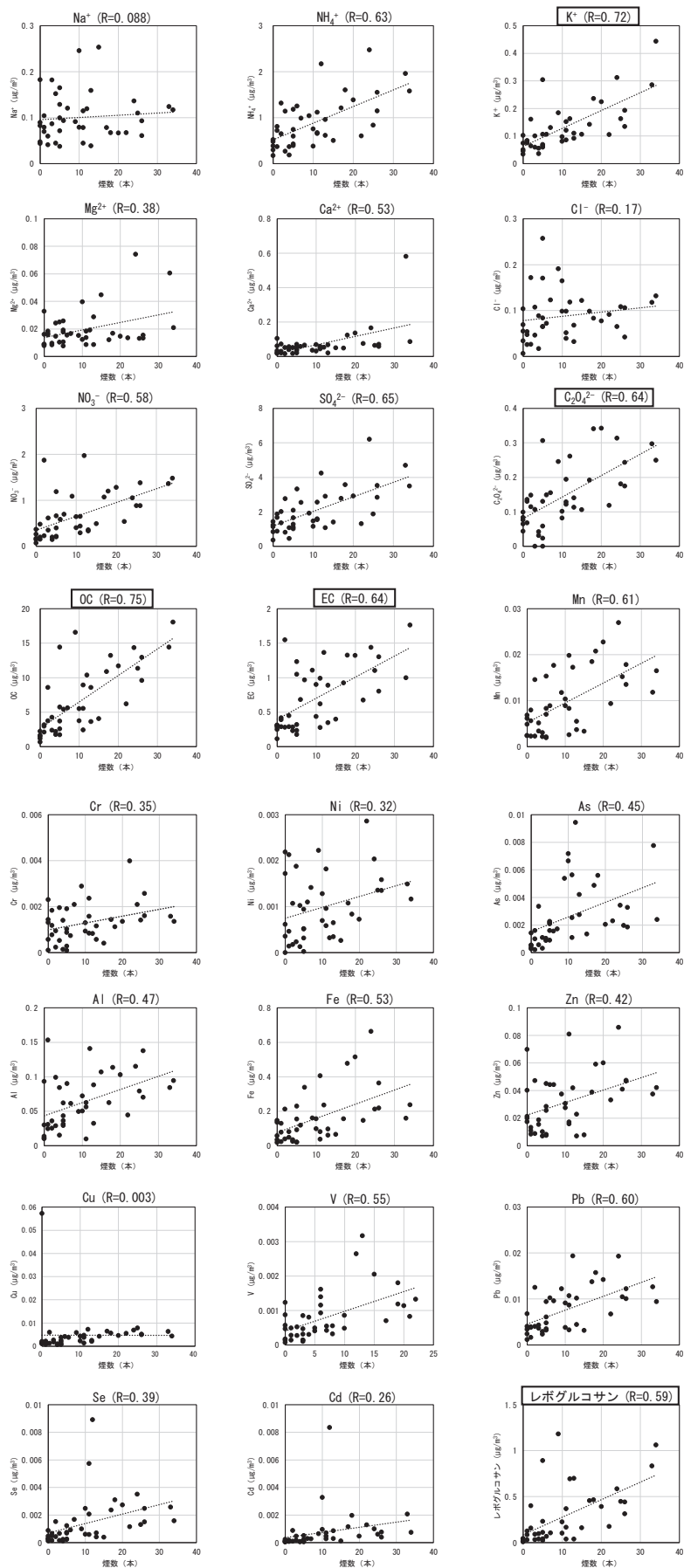


図3 11月調査における各構成成分の濃度と煙数の散布図  
(バイオマス燃焼の指標成分を太枠で示している。)

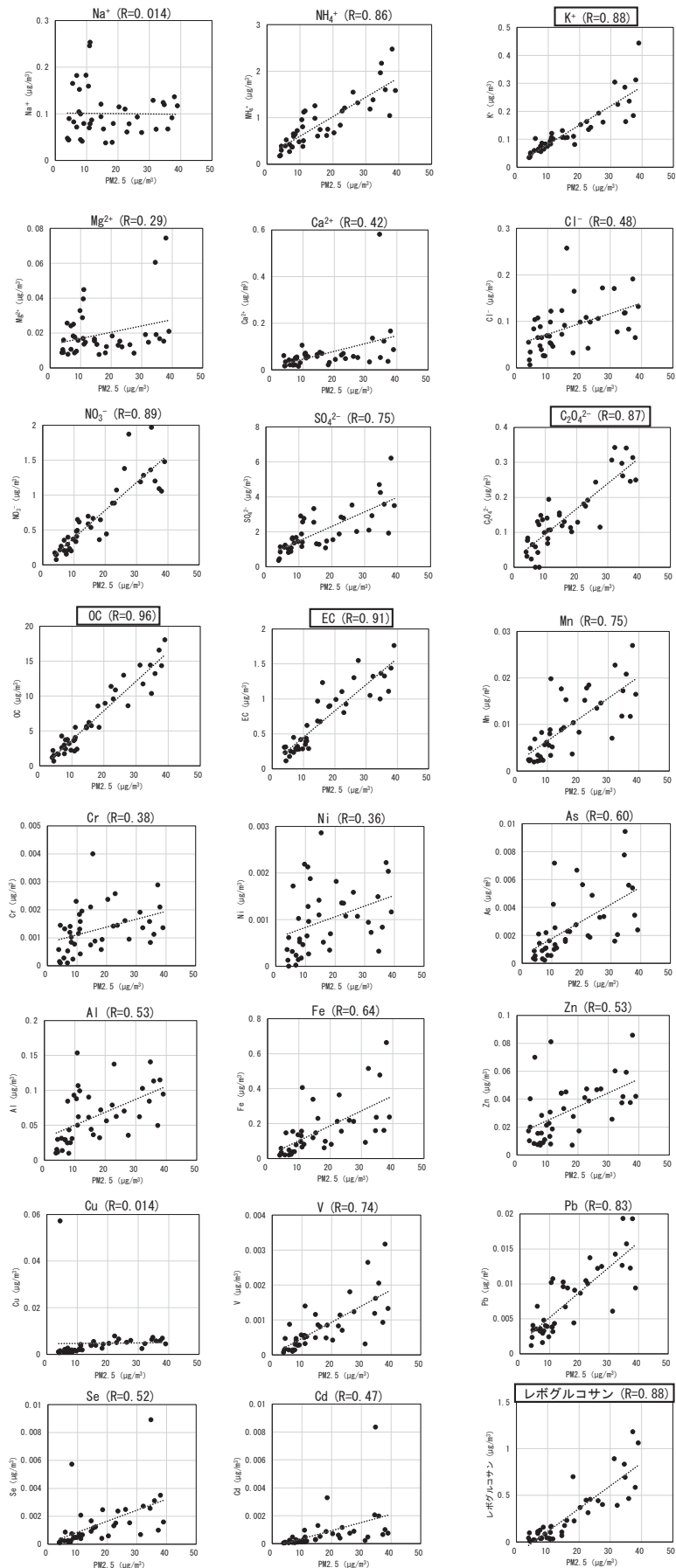


図4 11月調査における各構成成分の濃度とPM2.5質量濃度の散布図  
(バイオマス燃焼の指標成分を太枠で示している。)

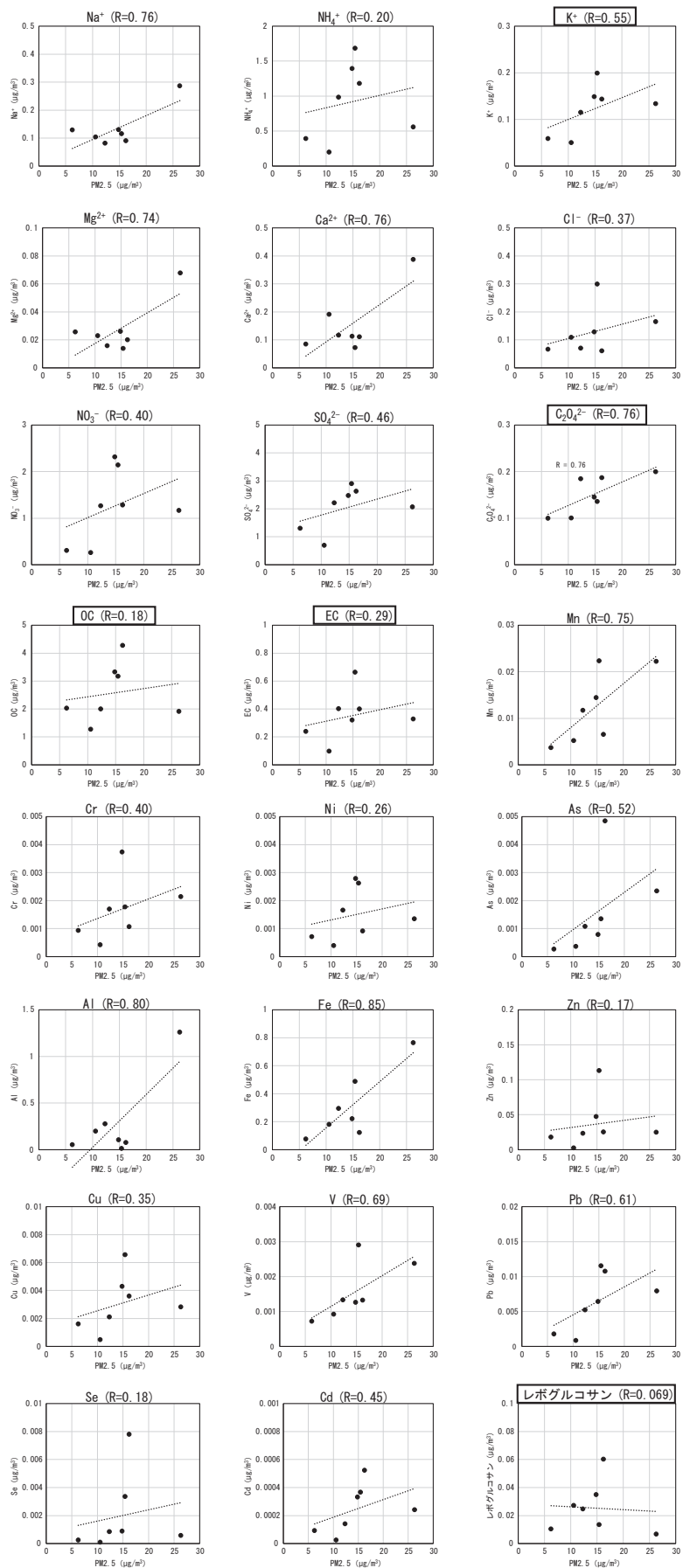


図5 3月調査における各構成成分の濃度とPM2.5質量濃度の散布図  
(バイオマス燃焼の指標成分を太枠で示している。)

表2 各構成成分の濃度とPM2.5質量濃度の相関係数

11月調査		3月調査	
成分	相関係数	成分	相関係数
OC	0.96	Fe	0.85
EC	0.91	Al	0.80
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.89	Na <sup>+</sup>	0.76
K <sup>+</sup>	0.88	Ca <sup>2+</sup>	0.76
レボグルコサン	0.88	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.76
C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.87	Mn	0.75
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.86	Mg <sup>2+</sup>	0.74
Pb	0.83	V	0.69
Mn	0.75	Pb	0.61
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.75	K <sup>+</sup>	0.55
V	0.74	As	0.52
Fe	0.64	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.46
As	0.60	Cd	0.45
Al	0.53	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.40
Zn	0.53	Cr	0.40
Se	0.52	Cl <sup>-</sup>	0.37
Cl <sup>-</sup>	0.48	Cu	0.35
Cd	0.47	EC	0.29
Ca <sup>2+</sup>	0.42	Ni	0.26
Cr	0.38	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.20
Ni	0.36	OC	0.18
Mg <sup>2+</sup>	0.29	Se	0.18
Cu	0.014	Zn	0.17
Na <sup>+</sup>	0.014	レボグルコサン	0.069

: バイオマス燃焼の指標成分

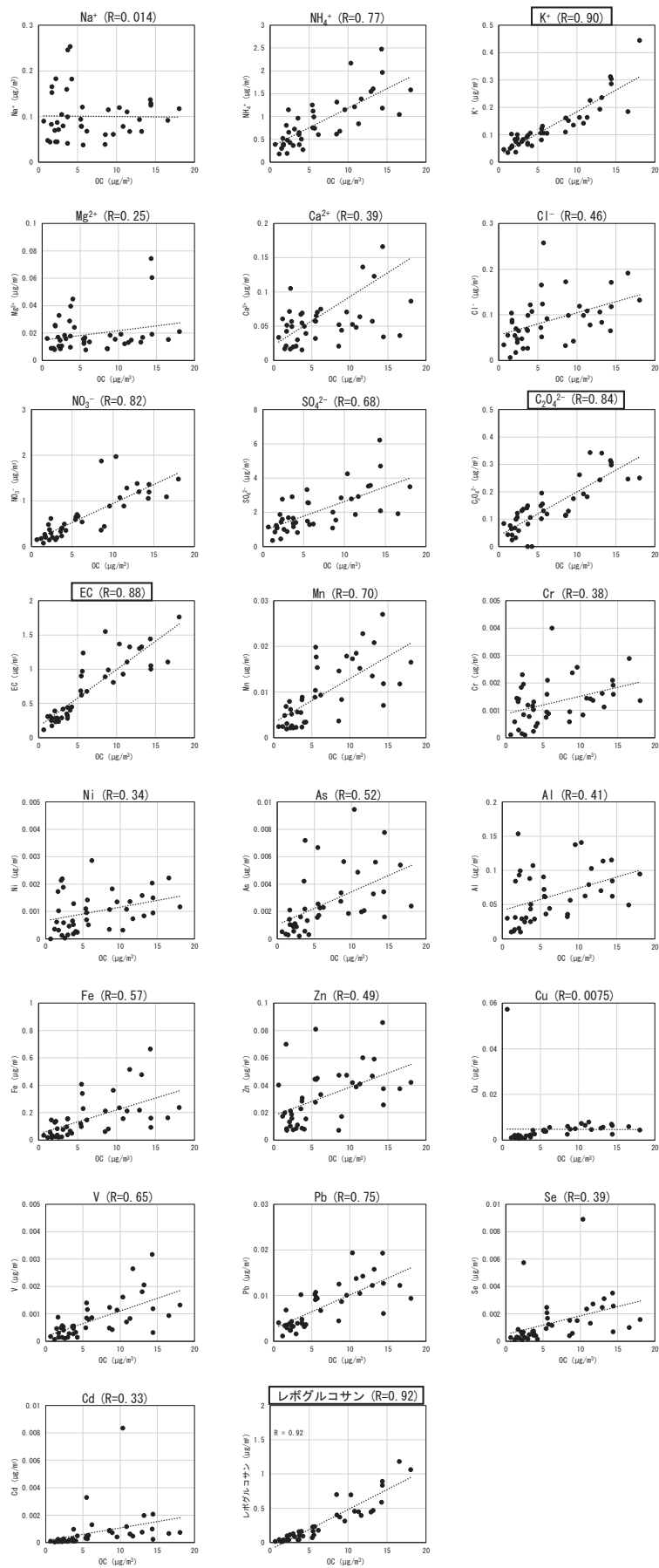


図6 11月調査におけるOC濃度と他の成分濃度の散布図  
(バイオマス燃焼の指標成分を太枠で示している。)

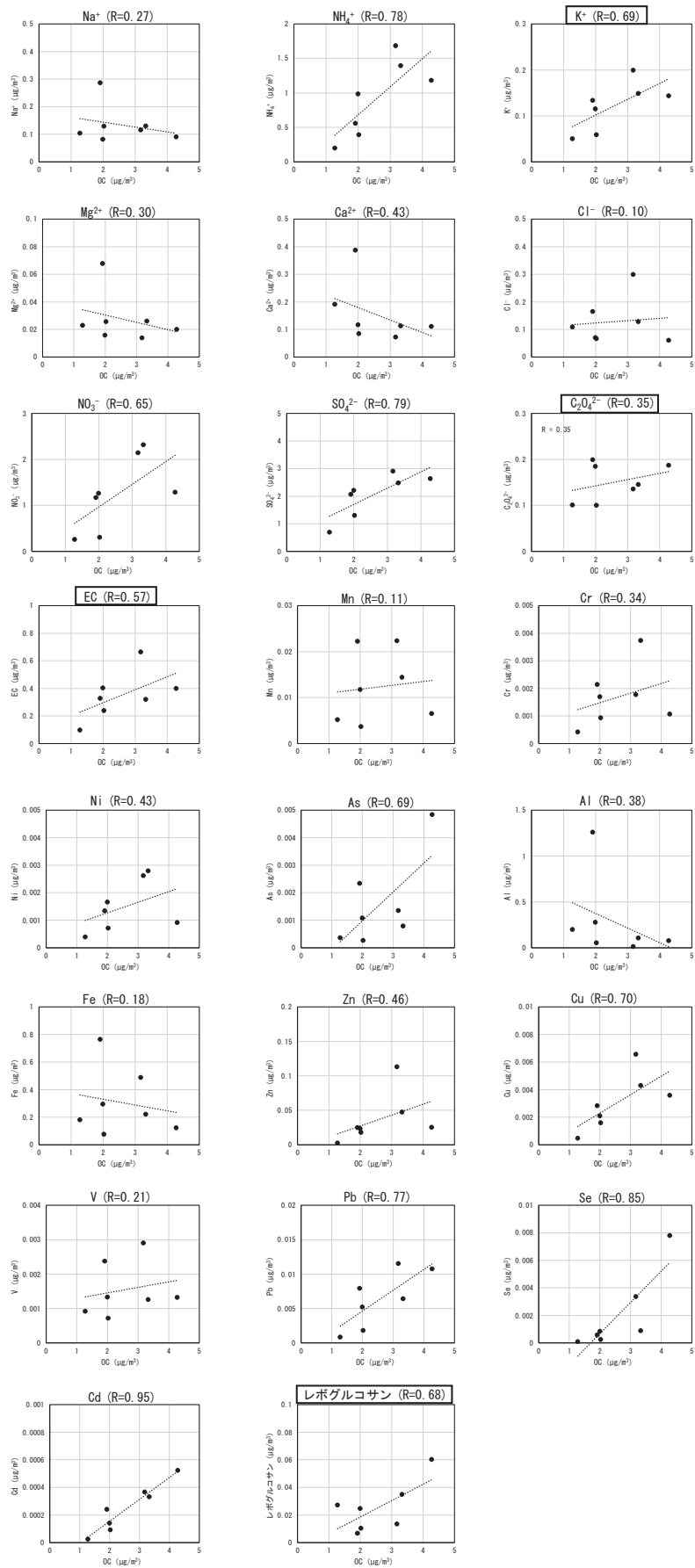


図7 3月調査におけるOC濃度と他の成分濃度の散布図  
(バイオマス燃焼の指標成分を太枠で示している。)

表3 各構成成分の濃度とOC濃度の相関係数

11月調査		3月調査	
成分	相関係数	成分	相関係数
レボグルコサン	0.92	Cd	0.95
K <sup>+</sup>	0.90	Se	0.85
EC	0.88	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.79
C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.84	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.78
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.82	Pb	0.77
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.77	Cu	0.70
Pb	0.75	K <sup>+</sup>	0.69
Mn	0.70	As	0.69
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.68	レボグルコサン	0.68
V	0.65	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.65
Fe	0.57	EC	0.57
As	0.52	Zn	0.46
Zn	0.49	Ca <sup>2+</sup>	0.43
Cl <sup>-</sup>	0.46	Ni	0.43
Al	0.41	Al	0.38
Ca <sup>2+</sup>	0.39	C <sub>2</sub> O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.35
Se	0.39	Cr	0.34
Cr	0.38	Mg <sup>2+</sup>	0.30
Ni	0.34	Na <sup>+</sup>	0.27
Cd	0.33	V	0.21
Mg <sup>2+</sup>	0.25	Fe	0.18
Na <sup>+</sup>	0.014	Mn	0.11
Cu	0.0075	Cl <sup>-</sup>	0.10

: バイオマス燃焼の指標成分