

# 1. 降下ばいじん調査結果について（平成10－25年度）

武市佳子・山下 浩・山村貞雄・西 孝仁\*

## The result of monitoring about the fall dust

Yoshiko Takechi, Hiroshi Yamashita, Sadao Yamamura, Takahito Nishi

**【要旨】** 高知県では、昭和43年からデポジットゲージ法による降下ばいじんの測定を開始し、状況に応じて測定地点を見直しながら、現在まで調査を継続している。今回、平成10年度から平成25年度までの降下ばいじん測定結果を取りまとめ、併せて浮遊粒子状物質との相関を考察した。

その結果、南国市と須崎市における降下ばいじん量は、平成10年度以降も減少し、近年は1.5～4 t/km<sup>2</sup>/月の低値を維持している。また、降下ばいじん量に占める不溶性物質の割合も0.1～0.3に減少し、質的な変化を示している。さらに、南国市と須崎市における降下ばいじん量とSPM濃度は、どちらも年間値で正の相関があることがわかった。

Key words：降下ばいじん，溶解性物質，不溶性物質，浮遊粒子状物質

### 1. はじめに

降下ばいじんは、物の燃焼などで大気中に排出されたばいじんや、風により地表から舞い上がった粉じんまたは土壌粒子などのうち、比較的粒径が大きく重いため浮かんでいられず、地上に落下あるいは雨や雪などとともに降下するものをいう。

降下ばいじんの測定は、地域における大気環境の概況を簡便な方法により知ることができるため、大気汚染が顕著な時代から各地で行われてきた。

高知県では、昭和43年から高知市8地点で降下ばいじんの測定を開始し、翌年までに須崎市4地点と南国市3地点でも測定を行うようになった。その後、状況に応じて測定地点を見直しながら、現在まで調査を継続している。

昭和43年度から平成9年度の調査結果については西山らが報告しており、調査地域の大気環境が昭和40年代に比べると大幅に改善され、一部の測定地点を除き、測定地点間の差がほとんどなくなっていることが明らかとなった<sup>1)</sup>。

今回、平成10年度から平成25年度までの降下ばいじん測定結果を取りまとめ、併せて浮遊粒子状物質との相関を考察したので報告する。

### 2. 調査方法

#### 2.1 調査地点

南国市は、7地点で図1のとおり。主に、石灰製造、炭酸カルシウム製造業などの工場群がある稲生地域に測定地点を設けた。衣笠2と衣笠3は、平成16年度に測定を終了した。

須崎市は、8地点で図2のとおり。須崎港周辺には大規模なセメント工場や石灰石を粉砕集積する骨材工場があり、主にそれらの影響をみるために測定地点を設けた。平成19年度に、対照地点を須崎農協共同組合から須崎市庁舎に変更した。角谷は平成17年度に測定を終了した。

高知市については、平成10年度に当所以外の測定地点を廃止し、当所での測定も平成16年8月に終了した。平成12年度以降、高知市が年4回の測定を実施している。高知市の測定結果は、測定頻度が他と異なるため、今回の解析には用いなかった。

なお、後述する大気常時監視局の位置も、図中に示す。

\*現中央東福祉保健所

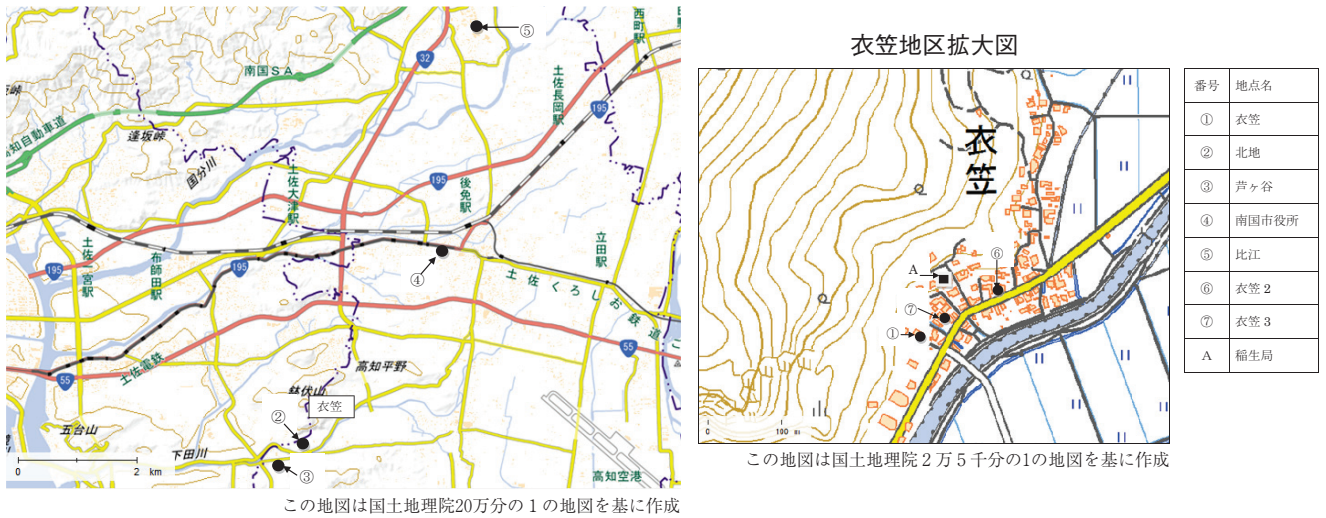


図1 降下ばいじん調査地点（南国市）



図2 降下ばいじん調査地点（須崎市）

## 2.2 調査期間

平成10年4月から平成26年3月までの測定結果を調査の対象とした。ただし、南国市は平成24年度で全ての地点の降下ばいじん測定を終了したので、平成25年2月までの期間である。

## 2.3 測定方法

降下ばいじんの測定には、デポジットゲージ法を用いた<sup>2)</sup>。試料は、原則として月初めから翌月初めまでの1ヶ月間捕集し、降水量が多い場合は途中で捕集ビンを交換するが、オーバーフローした場合は欠測とした。藻の発生を防ぐために、予め捕集ビンに0.01mol/L硫酸銅溶液10mlを加えた。試料の分析系統図を図3に示す。

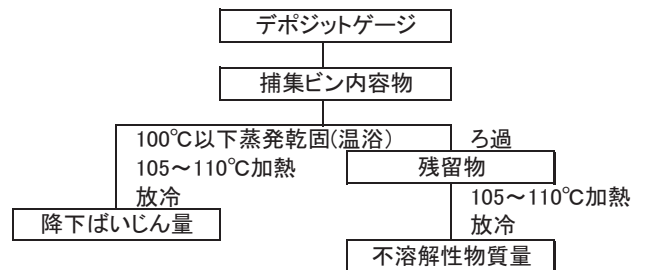


図3 降下ばいじん分析系統図

途中で捕集ビンを交換した場合は、試料ごとに分析し、加重平均を求めてその月の値とした。降下ばいじん量から不溶解性物質質量を差し引いて、溶解性物質質量を求めた。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 降下ばいじん量

##### 3.1.1 経年変化

南国市と須崎市における降下ばいじん量の経年変化を図4と図5に示す。

南国市の稲生地域（衣笠，北地，芦ヶ谷，衣笠2および衣笠3）では，平成10年度以降段階的に減少し，平成19年度には3 t/km<sup>2</sup>/月以下になった。北部の工業団地内にある比江および周辺に大きな発生源のない対照地点としての南国市役所では，平成10年度からすでに3 t/km<sup>2</sup>/月以下であり，その後も横ばい状態で推移している。この2地点は，稲生地域より1年早く測定を終了した。

須崎市では，平成10年度から17年度にかけて緩やかな減少傾向であった。平成18年度と平成19年度にやや上昇したが，平成20年度以降全ての地点で3 t/km<sup>2</sup>/月以下に収束している。

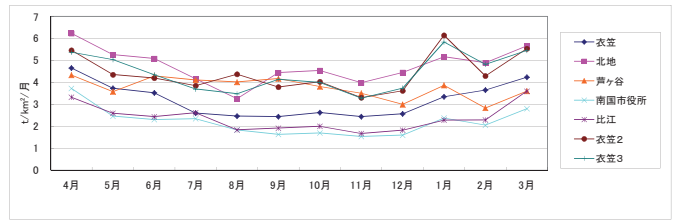


図6 降下ばいじん量の経月変化（南国市）

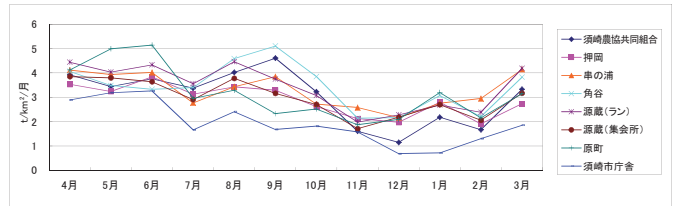


図7 降下ばいじん量の経月変化（須崎市）

#### 3.2 不溶解性物質

##### 3.2.1 経年変化

南国市と須崎市における不溶解性物質量の経年変化を図8および図9に示す。

南国市では，北地が高値を示していたが，その地点も含めて減少し，平成19年度以降横ばいの状態となった。

須崎市では，年度により多少のばらつきが見られるが，平成21年度から全ての地点で低値を示している。

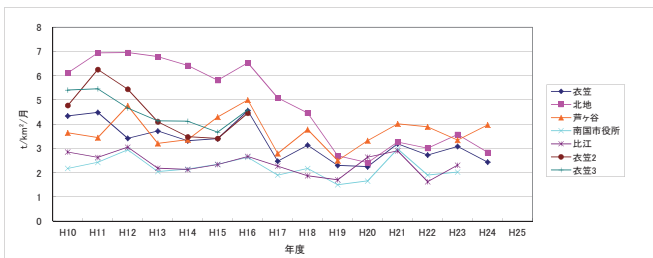


図4 降下ばいじん量の経年変化（南国市）

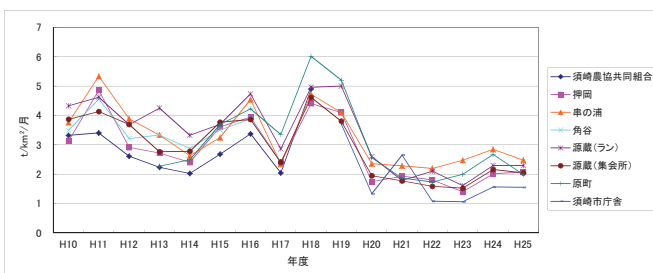


図5 降下ばいじん量の経年変化（須崎市）

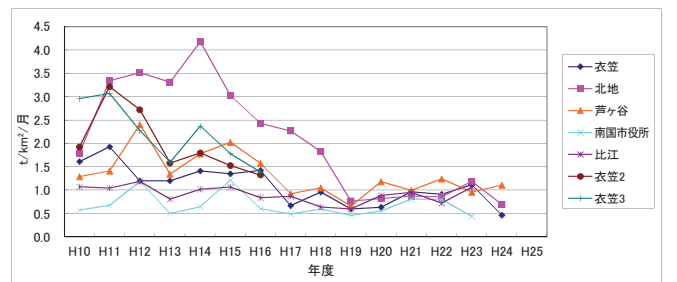


図8 不溶解性物質量の経年変化（南国市）

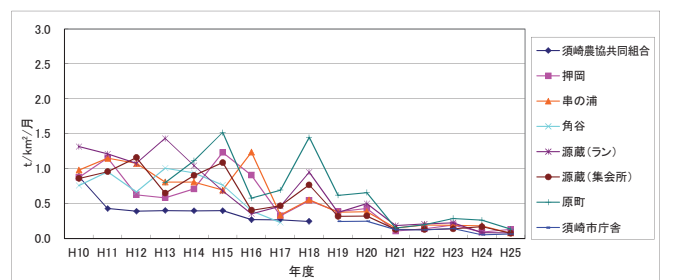


図9 不溶解性物質量の経年変化（須崎市）

##### 3.1.2 経月変化

南国市と須崎市における降下ばいじん量の経月変化を図6および図7に示す。

南国市では，1月と3月～4月にやや高くなる傾向がある。

須崎市では，3月～6月と8月～9月に上昇している。

### 3.2.2 経月変化

南国市と須崎市における不溶解性物質量の経月変化を図10および図11に示す。

両市とも類似の傾向で、冬季にピークがある。原因の1つとして、冬季には空気が乾燥するため、地上の堆積物が風で舞い上がり、粉じんまたは土壌由来の不溶解性物質が増加するのではないかと考えられる。

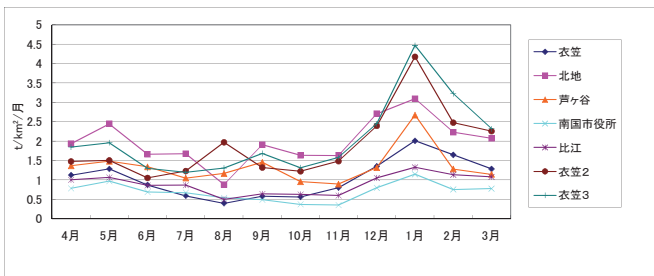


図10 不溶解性物質量の経月変化（南国市）

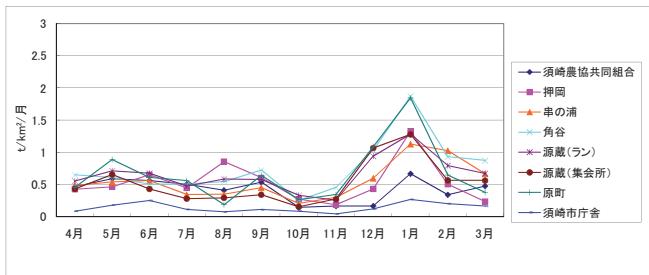


図11 不溶解性物質量の経月変化（須崎市）

### 3.3 溶解性物質

#### 3.3.1 経年変化

南国市と須崎市における溶解性物質量の経年変化を図12および図13に示す。また、測定地点ごとの降下ばいじん量と溶解性物質量の相関を表1および表2に示す。

南国市では、衣笠3を除いて降下ばいじん量と溶解性物質量の間に強い正の相関があるといえる。

須崎市では、すべての地点で降下ばいじん量と溶解性物質量の相関係数が0.9以上であり、強い正の相関が認められた。

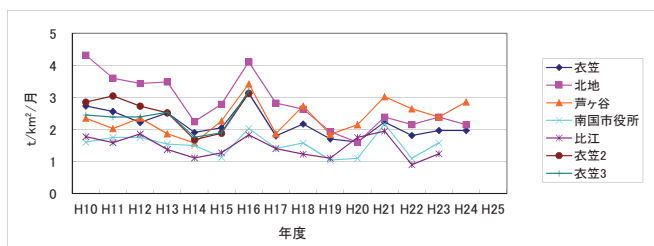


図12 溶解性物質の経年変化（南国市）

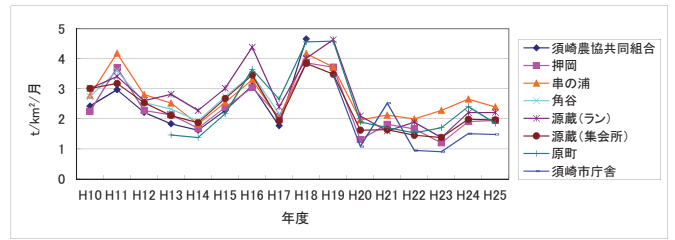


図13 溶解性物質の経年変化（須崎市）

表1 降下ばいじん量と溶解性物質量の相関（南国市）

地点名	相関係数
衣笠	0.923
北地	0.811
芦ヶ谷	0.732
南国市役所	0.823
比江	0.936
衣笠2	0.777
衣笠3	0.386

表2 降下ばいじん量と溶解性物質量の相関（須崎市）

地点名	相関係数
須崎農協共同組合	0.979
押岡	0.951
串の浦	0.936
角谷	0.902
源蔵（ラン）	0.926
源蔵（集会所）	0.947
原町	0.944
須崎市庁舎	0.997

#### 3.3.2 経月変化

南国市と須崎市における溶解性物質の経月変化を図14および図15に示す。

降下ばいじん量の経月変化の変動は、1月を除いて不溶解性物質より溶解性物質の変化に因るところが大きい。

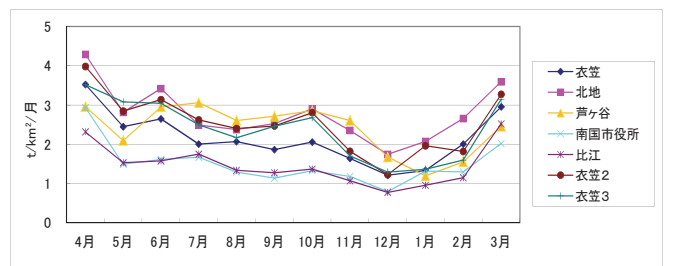


図14 溶解性物質の経月変化（南国市）

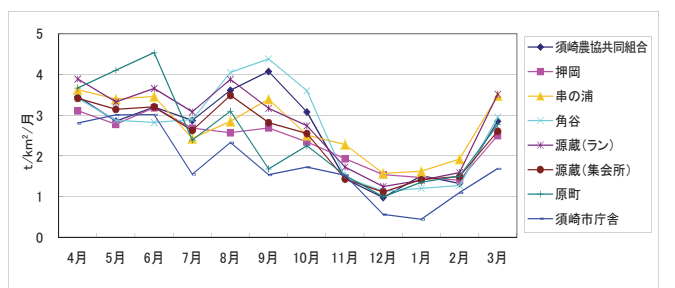


図15 溶解性物質の経月変化（須崎市）

### 3.4 降下ばいじん量に占める不溶解性物質の割合

#### 3.4.1 経年変化

南国市と須崎市における降下ばいじん量に占める不溶解性物質の割合の経年変化を図16および図17に示す。

南国市では、平成14年度にやや上昇したが、その後は0.5を下回り緩やかに減少している。

須崎市では、平成10年度にはすでに全ての地点で0.5以下となっており、その後も徐々に低下し、平成21年度以降全地点で0.2以下になっている。

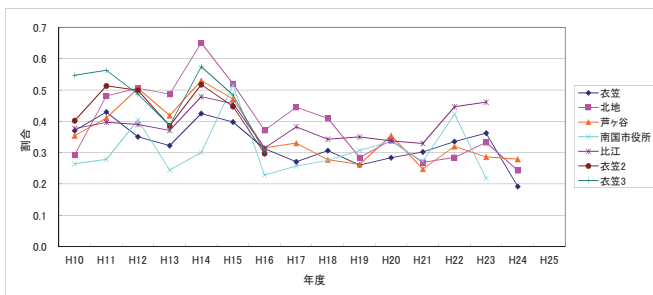


図16 降下ばいじん量に占める不溶解性物質の割合の経年変化 (南国市)

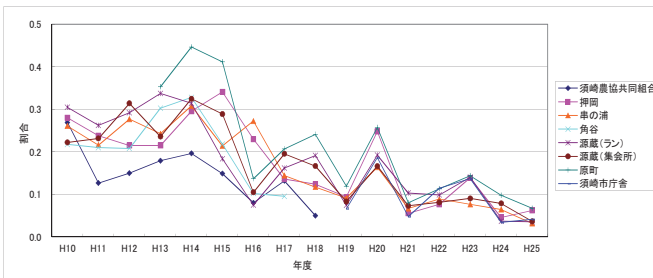


図17 降下ばいじん量に占める不溶解性物質の割合の経年変化 (須崎市)

#### 3.4.2 経月変化

南国市と須崎市における降下ばいじん量に占める不溶解性物質の割合の経月変化を図18および図19に示す。

不溶解性物質の経月変化と同じく、両市とも冬季に高値を示し、須崎市でその傾向が顕著である。

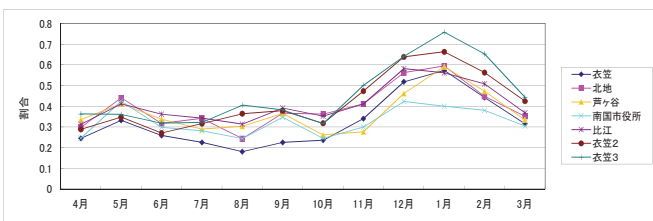


図18 降下ばいじん量に占める不溶解性物質の割合の経月変化 (南国市)

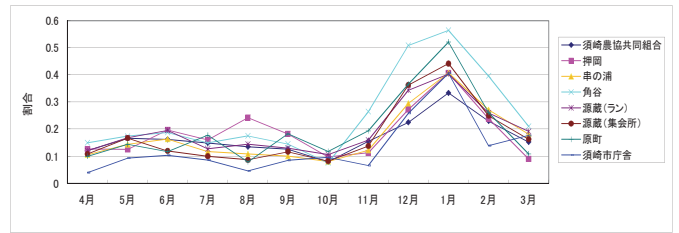


図19 降下ばいじん量に占める不溶解性物質の割合の経月変化 (須崎市)

### 3.5 降下ばいじん量と浮遊粒子状物質の相関

大気中の粒子状物質は、降下ばいじんと浮遊粉じんに大きく分けることができ、さらに浮遊粉じんの中で粒径が $10\mu\text{m}$ 以下のものを浮遊粒子状物質(以下SPM)という。降下ばいじんに環境基準は設定されていないが、SPMは昭和48年5月に環境基準が定められており<sup>3)</sup>、自動測定機により1時間値を測定し、状況を把握する必要がある。

平成26年3月現在、高知県では6ヶ所の常時監視局でSPM濃度を測定しており、南国市では稲生局、須崎市では須崎高等学校局(平成25年3月に須崎福祉保健所局から移設)と押岡局(平成26年2月から測定開始)で監視を行っている。これらの年間値および月間値を用いて、降下ばいじん量とSPM濃度の相関について検討した。

#### 3.5.1 年間値

南国市の各地点における降下ばいじん量の年間値の平均値(以下南国市年平均)と稲生局SPM濃度の年間値の経年変化を図20、各地点における降下ばいじん量の年間値も含めた相関を表3に示す。

また、須崎市の各地点における降下ばいじん量の年間値の平均値(以下須崎市年平均)と須崎高等学校局(平成10年度から平成24年度までは須崎福祉保健所での測定値)SPM濃度の年間値の経年変化を図21、各地点における降下ばいじん量の年間値も含めた相関を表4に示す。

南国市では、南国市年平均とSPM濃度はほぼ同様の動きをしており、相関係数も0.744で強い正の相関があるといえる。各地点ごとの降下ばいじん量とSPM濃度では、衣笠および北地と正の相関がある。

須崎市では、平成19年度まで須崎市年平均がSPM濃度に比べて大きく変動しているが、平成20年度以降SPM濃度とともに動いている。全期間での相関係数は0.613で、中程度の正の相関があるといえる。各地点ごとの降下ばいじん量とSPM濃度では、須崎市庁舎と強い正の相関があり、源蔵(ラン)および源蔵(集会所)の2地点とも正の相関が認められる。

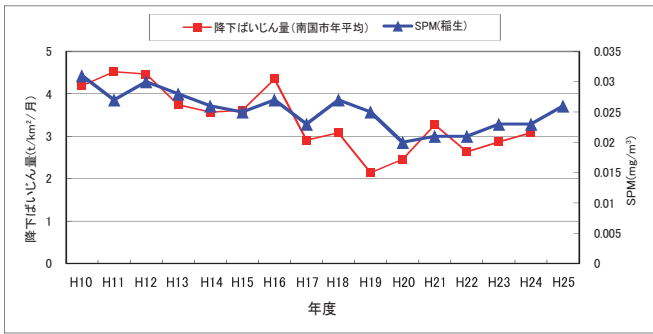


図20 降下ばいじん量（南国市平均）とSPMの経年変化

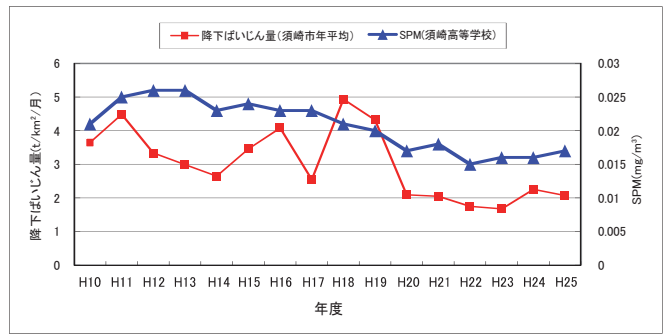


図21 降下ばいじん量（須崎市）とSPMの経年変化

表3 降下ばいじん量とSPM濃度の相関（南国市年平均）

	平成10～24年度を対象								
	衣笠	北地	芦ヶ谷	南国市役所	比江	衣笠2	衣笠3	降下ばいじん量(南国市年平均)	SPM(稲生局)
衣笠	1								
北地	0.797	1							
芦ヶ谷	0.453	0.316	1						
南国市役所	0.580	0.495	0.778	1					
比江	0.482	0.390	0.491	0.693	1				
衣笠2	0.551	0.676	0.060	0.487	0.698	1			
衣笠3	0.743	0.368	-0.115	0.164	0.655	0.838	1		
降下ばいじん量(南国市年平均)	0.893	0.884	0.583	0.728	0.648	0.911	0.797	1	
SPM(稲生局)	0.696	0.798	0.234	0.320	0.280	0.486	0.629	0.744	1

備考：赤色網掛けは、相関係数が0.7以上を示す。

表4 降下ばいじん量とSPM濃度の相関（須崎市年平均）

	平成10～25年度を対象									
	須崎農協共同組合	押岡	串の浦	角谷	源蔵(ラン)	源蔵(集会所)	原町	須崎市庁舎	降下ばいじん量(須崎市年平均)	SPM(須崎高等学校局)
須崎農協共同組合	1									
押岡	0.801	1								
串の浦	0.784	0.934	1							
角谷	0.845	0.944	0.943	1						
源蔵(ラン)	0.827	0.912	0.878	0.883	1					
源蔵(集会所)	0.897	0.938	0.906	0.837	0.932	1				
原町	0.947	0.917	0.873	0.443	0.838	0.914	1			
須崎市庁舎	—	0.877	0.781	—	0.768	0.838	0.782	1		
降下ばいじん量(須崎市年平均)	0.947	0.974	0.940	0.955	0.951	0.972	0.945	0.874	1	
SPM(須崎高等学校局)	-0.522	0.618	0.575	0.182	0.688	0.683	0.389	0.938	0.613	1

備考：「—」は、同じ時期に測定していないため。  
赤色網掛けは、相関係数が0.7以上を示す。

### 3.5.2 月間値

南国市の各地点における降下ばいじん量およびそれらの平均値（南国市月平均）と稲生局SPM濃度の月間値の相関を表5に示す。

また、須崎市の各地点における降下ばいじん量およびそれらの平均値（須崎市月平均）と須崎高等学校局SPM濃度の相関を表6に示す。

南国市月平均とSPM濃度の相関は0.227で相関がなく、各地点ごとにみてもSPM濃度と相関のある地点はなかった。

須崎市月平均とSPM濃度の相関は0.382で相関がなく、各地点ごとにみてもSPM濃度と相関がなかった。

降下ばいじん量は、降雨により浮遊粉じんも取り込まれるため増加するが、SPM濃度は、大気中の浮遊粉じんを測定しており、降雨で浮遊粉じんが洗い落とされるため逆に低下する。このことが、月単位でみた場合には乖離する一因ではないかと推測される。

表5 降下ばいじん量とSPM濃度の相関（南国市月間値）

	平成10～24年度を対象								
	衣笠	北地	芦ヶ谷	南国市役所	比江	衣笠2	衣笠3	降下ばいじん量(南国市月平均)	SPM(稲生局)
衣笠	1								
北地	0.663	1							
芦ヶ谷	0.430	0.485	1						
南国市役所	0.544	0.515	0.493	1					
比江	0.538	0.360	0.380	0.569	1				
衣笠2	0.607	0.648	0.521	0.635	0.680	1			
衣笠3	0.712	0.601	0.486	0.633	0.586	0.772	1		
降下ばいじん量(南国市月平均)	0.829	0.830	0.712	0.747	0.664	0.855	0.827	1	
SPM(稲生局)	0.278	0.263	0.098	0.126	0.082	-0.066	-0.041	0.227	1

備考：赤色網掛けは、相関係数が0.7以上を示す。

表6 降下ばいじん量とSPM濃度の相関（須崎市月間値）

	平成10～25年度を対象									
	須崎農協共同組合	押岡	串の浦	角谷	源蔵	源蔵集会所	原町	須崎市庁舎	降下ばいじん量(須崎市月平均)	SPM(須崎高等学校局)
須崎農協共同組合	1									
押岡	0.637	1								
串の浦	0.701	0.768	1							
角谷	0.869	0.790	0.733	1						
源蔵	0.723	0.719	0.777	0.782	1					
源蔵集会所	0.673	0.782	0.741	0.792	0.804	1				
原町	0.682	0.642	0.686	0.636	0.680	0.744	1			
須崎市庁舎	—	0.755	0.778	—	0.769	0.806	0.687	1		
降下ばいじん量(須崎市月平均)	0.886	0.876	0.888	0.929	0.894	0.906	0.855	0.873	1	
SPM(須崎高等学校局)	0.168	0.270	0.275	0.153	0.388	0.411	0.309	0.384	0.382	1

備考：「—」は、同じ時期に測定していないため。  
赤色網掛けは、相関係数が0.7以上を示す。

### 3.6 各地点ごとの降下ばいじん量の相関

#### 3.6.1 年間値

表3および表4から、各地点ごとの降下ばいじん量（年間値）の相関をみた。

南国市では、衣笠2と衣笠3、衣笠と北地、南国市役所と芦ヶ谷、衣笠と衣笠3に強い正の相関があった。

須崎市では、ほぼ全ての地点でお互いに強い正の相関が認められた。

#### 3.6.2 月間値

表5および表6から、各地点ごとの降下ばいじん量の相関をみた。

南国市では、衣笠2と衣笠3、衣笠と衣笠3に正の相関があった。

須崎市では、お互いに正の相関が認められた。

年間値の結果も併せて考察すると、南国市では比較的近い地点間で正の相関がみられ、工場群や道路など共通の発生源からの影響を受けていると考えられる。また須崎市は、須崎港を囲む広範囲の地点間で正の相関がみられた。事業活動などの個別の発生源より、気象条件といった自然現象に

よる影響が大きいのではないかと推察される。

### 4. おわりに

南国市と須崎市における降下ばいじん量は、平成10年度以降も減少し、近年は1.5～4 t/km<sup>2</sup>/月の低値を維持している。また、降下ばいじん量に占める不溶解性物質の割合も0.1～0.3に減少し、質的な変化を示している。これは、発生源である各施設の防じん対策が維持されている成果であると考えられる。

さらに、南国市と須崎市における降下ばいじん量とSPM濃度は、どちらも年間値で正の相関があることがわかった。

一方、数年前からSPMよりさらに微小なPM2.5による越境大気汚染が問題となり、監視体制が整備されつつある。今後、大気環境をさらに多方面から測定し、状況を正確に把握する必要があると思われる。

### 謝辞

本調査にあたり、試料採取等にご協力頂いた南国市役所環境課および須崎市役所環境保全課の皆

様に感謝いたします.

文献

- 1) 西山泰彦ら：高知県環境研究センター所報, 14, 37-45, 1998
- 2) 日本規格協会：大気汚染の公害計測, 246-250, 1981
- 3) 環境庁告示第25号, 昭和48年5月8日