

千葉市臨海部における降下ばいじん分析調査

星野 智晶、菊地 真美、高尾 俊正、山岸 美保

(環境保健研究所 環境科学課)

要 旨 2021、2022 および 2024 年度に大規模な工業地帯を抱える臨海部 2 地点において 1 日単位で調査を行い、臨海部における気象と降下ばいじんの関連について解析を行った。その結果、日平均風速と不溶性降下ばいじん量に正の相関がみられ、特に、地点ごとに特定方向からの風の割合を考慮すると相関が強く見られたことから、局所的な発生源があることが示唆された。Fe/Al 比による発生源の推定を行った結果、土壌の Fe/Al 比 0.72 と道路粉じんの Fe/Al 比 1.1 を超えた日が 96.4%であったことから、土壌と道路粉じん以外の発生源の影響を受けているものと考えられたが、鉄鋼工業の Fe/Al 比 15.7 を超えた日はなく、発生源の特定には至らなかった。

Key Words : 不溶性降下ばいじん, 風向風速, 出現頻度

1. はじめに

本市では、市内の大気環境の監視の一環として、降下ばいじんの測定を継続的に実施しており、大規模な工業地帯を抱える臨海部を中心に測定地点を設置してきた。

また、2021 年度には、降下ばいじん総量の環境目標値が見直され、月間値を 20t/km²/M 以下から 10t/km²/M 以下（月間値の平均値は設定せず）に引き下げられた¹⁾。

2024 年度における新たな環境目標値の達成率は 89.4%（各地点の達成率の平均）²⁾ であるが、依然として市民からは、洗濯物が黒く汚れて外に干せない、車などに粉じんが積もるなどの生活面での支障を訴える苦情、要望等が寄せられている。

2021、2022 および 2024 年度に、月間値が高くなる傾向にある 5 月および 7 月から 9 月（春季～夏季）において、不溶性降下ばいじん（以下、降下ばいじん）および降下ばいじん中の金属成分の測定を行い、高い月間値を示す月特有の環境要因の特定を目的に調査を行ったので報告する。

2. 調査方法

2. 1 調査期間

調査期間を表 1 に示す。調査は 1 日単位（24 時間）で採取を行った。なお、試料採取は終日雨の日を避けて行った。

表 1 実施期間

年度	実施期間	日数
2021 年	7 月 24 日～7 月 30 日	6 日間
	8 月 9 日～8 月 13 日	4 日間
	8 月 23 日～8 月 27 日	4 日間
2022 年	5 月 15 日～5 月 20 日	5 日間
	5 月 22 日～5 月 27 日	5 日間
2024 年	8 月 19 日～8 月 23 日	4 日間
	8 月 26 日～8 月 30 日	4 日間
	9 月 9 日～9 月 13 日	4 日間

2. 2 調査地点

調査地点を図 1 に示す。寒川小学校測定局（以下「寒川」という）および蘇我保育所測定局（以下「蘇我」という）の 2 地点で調査を行った。調査地点は臨海部であり、製鉄所や火力発電所等を含む工業地帯および JR 内房線、JR 京葉線や国道 357 号の近傍である。

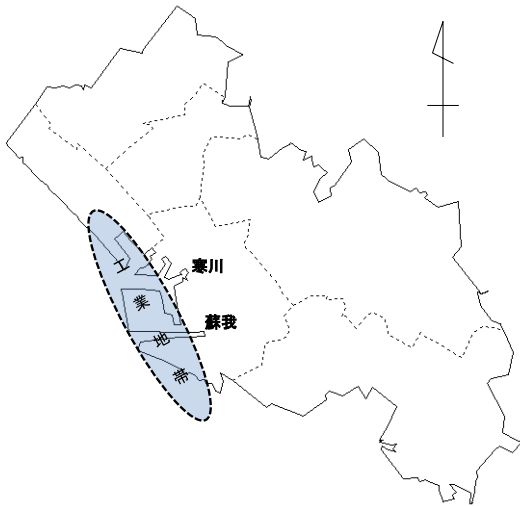


図1 調査地点

2.3 サンプルング方法

一般環境大気測定局の屋上にバケツ（円筒状で捕集面積 754.8cm²、高さ 32cm の容器）を設置し、ダストジャー法に準拠した応用手法を用いた。

2.4 分析方法

2.4.1 試薬、標準液

硝酸(1.42)は電子工業用（富士フィルム和光純薬）、30%過酸化水素水は原子吸光用（富士フィルム和光純薬）を用いた。超純水は超純水製造装置 Milli-Q[®]（メルクミリポア）により精製した。標準原液は金属分析用標準液として XSTC-22 (SPEX)、内部標準原液には In 標準原液(1000ppm)、Tl 標準原液(1000ppm)および Y 標準原液(1000ppm)（全て富士フィルム和光純薬）を使用した。

2.4.2 降下ばいじん量

ろ紙 A045A090C（アドバンテック）に次の操作を行い調製したものを用いた。2021 年度および 2022 年度は、超純水で洗浄し、95℃で 2 時間乾燥させ、デシケーター中で 4 時間放冷した後にセミマイクロ分析天秤 AUW220D（島津）で秤量した。2024 年度は、超純水で洗浄し、室温 21.5℃、湿度 35%に設定されたフレキシブルクローズドチャンバー（ヤマト科学）内で一晚乾燥させた後に Cubis[®]マイクロ天秤（SARTORIUS）で秤量した。

これを用いて試料をろ過し、調製時と同様の操作で乾燥、秤量を行い、降下ばいじん量(mg)および月間換算値(t/km²/M)を求めた。

2.4.3 金属成分

2.4.2 の操作後のろ紙を硝酸 7mL と 30%過酸化水素水 1mL の混合液に浸し、一晚放置した後、マイクロウェーブ試料前処理装置 ETHOS TC（マイルストーン

ゼネラル）を用いて分解した。分解後の試料を、ホットプレートを用いて濃縮し、0.1mol/L 硝酸で 100mL にメスアップした。In、Tl、Y の溶液を内部標準液として最終濃度がそれぞれ 10ppb になるよう添加、希釈し、誘導結合プラズマ発光分光分析装置 5800ICP-OES（アジレント・テクノロジー）を用いて金属成分（Fe、Mn、Al、Cr、Mg、Ca）の定量を行った。

3. 結果および考察

3.1 降下ばいじんと日平均風速の関係

図 2 に各日における日平均風速と降下ばいじん量の関係を示す。なお、本文中の日付は回収日である。

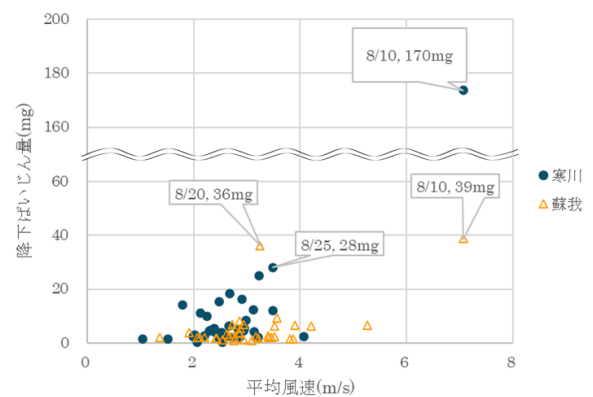


図2 各日における日平均風速と降下ばいじん量の関係

寒川の最大値は 2021 年 8 月 10 日の 170mg (69t/km²/M)、次いで 2021 年 8 月 25 日の 28mg (11t/km²/M)であった。

蘇我の最大値は 2021 年 8 月 10 日の 39mg (15t/km²/M)、次いで 2024 年 8 月 20 日の 36mg (14t/km²/M)であった。

相関係数は寒川で 0.82 と強い相関を示し、蘇我でも 0.58 と寒川ほどではないが正の相関がみられた。

3.2 風向と降下ばいじん量の関係

2022 年度年報³⁾において、特定の風向の割合が大きくなると降下ばいじん量が多くなる傾向があることが示されたことから、「日平均風速と南～西風出現頻度の積」および「降下ばいじん量」の関係について検証した（図 3）。ただし、2021 年 8 月 10 日は日平均風速 7m/s を超える荒天のため除外した。その結果、寒川は相関係数が 0.82 と強い相関がみられたが、蘇我の相関係数は 0.16 であった。

そこで、蘇我における対象とする風向を検討し、「日平均風速と西南西～北北西風の出現頻度の積」および「降下ばいじん量」の関係について検証した（図 4）。その結果、相関係数が 0.75 と西南西～北北西風との間に強い相関が認められたことから、蘇我における局所

的な発生源は西南西～北北西方向にあることが示唆された。

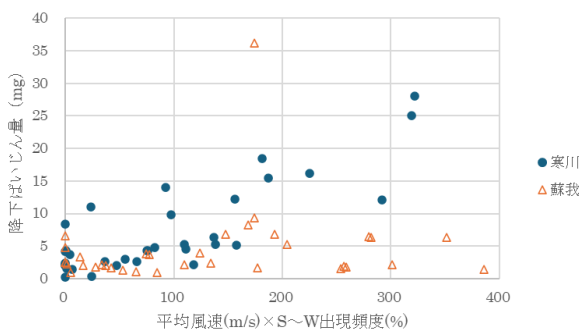


図3 「日平均風速と南～西風の出現頻度の積」と降下ばいじん量の関係

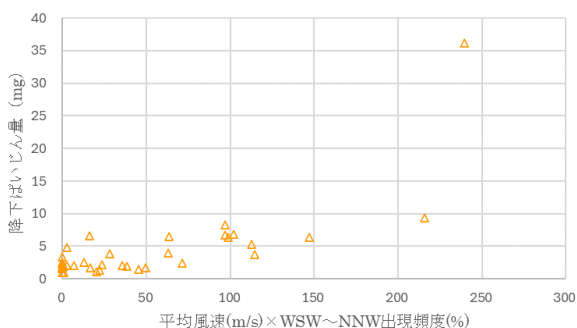


図4 蘇我における「日平均風速と西南西～北北西風の出現頻度の積」と降下ばいじん量の関係

3.3 Fe/Al比による発生源の推定

各地点における降下ばいじん量と不溶性金属量の関係を図5 (FeはAとD、MnはBとE、AlはCとF) に示す。ただし、2021年8月10日の値は除いた。また、降下ばいじん量と金属成分の相関係数を表2に示す。

表2 降下ばいじん量と金属成分の相関係数

地点	Fe	Mn	Al
寒川	0.85	0.87	0.88
蘇我	0.72	0.62	0.64

両地点において、降下ばいじん量と各金属成分の量に正の相関がみられ、寒川はいずれの金属も強い相関を示した。

堀本ら⁴⁾は、Fe、MnおよびAlは、土壌および鉄鋼工業由来の粒子に含まれるが、その割合は表3のとおり発生源によって異なり、中でもFe/Al比は、土壌および道路粉じん(土壌等)が0.72~1.1であることに対し、鉄鋼工業関連が15.7~81と明確な差があることを報告している。そこで、千葉市のデータにおいてもFe/Al比を算出した。その結果、両地点においても降下ばいじん量とFe/Al比の間に相関は認められなかった(図6)。しかし、全データ56件のうち54件

(96.4%)がFe/Al比1.1を上回っていることから、土壌等以外の発生源の影響を受けていることが示唆されたが、鉄鋼工業に由来する15.7以上の数値はなく、発生源の特定には至らなかった。

表3 各種発生源におけるFe/Al比

発生源	Al(%)	Fe(%)	Fe/Al
千葉県土壌	9.8	7.1	0.72
道路粉じん	6.83	7.4	1.1
鉄鋼工業(電気炉)	1.0	15.7	15.7
鉄鉱石	0.80	65	81

4. まとめ

降下ばいじん量と金属成分および風向・風速から、局所的な発生源および高い月間値を示す月特有の環境要因の特定を目的として調査を行った結果、日平均風速と降下ばいじん量には正の相関がみられ、寒川では南～西風、蘇我では西南西～北北西風の出現頻度が高いほど、強い相関が認められた。

Fe、MnおよびAlの量と降下ばいじん量に正の相関が認められたが、Fe/Al比と降下ばいじん量の間に相関は認められなかった。全データの約96%以上でFe/Al比が1.1を上回り、土壌等以外の発生源の影響を受けていることが示唆された。

文献

- 1) 令和3年度 千葉県環境審議会 第3回大気環境目標値専門委員会資料：
<https://www.city.chiba.jp/kankyo/kankyohozen/so-mu/documents/031115taikiinkai-shiryu1.pdf>
(URLは2023年6月9日現在)
- 2) 千葉市令和6年度降下ばいじん調査結果：
https://www.city.chiba.jp/kankyo/kankyohozen/kankyokisei/documents/bessi5_koukabaijin.pdf
(URLは2025年11月17日現在)
- 3) 栗橋健, 山岸美保, 風見千夏, 他: 千葉市臨海部における降下ばいじん分析調査. 千葉市環境保健研究所年報, 30, 78-83, 2023.
- 4) 堀本泰秀, 内藤季和: 千葉県における降下ばいじん中の金属成分濃度の推移について. 千葉県環境研究センター年報, 14, 72-75, 2014.

寒川

蘇我

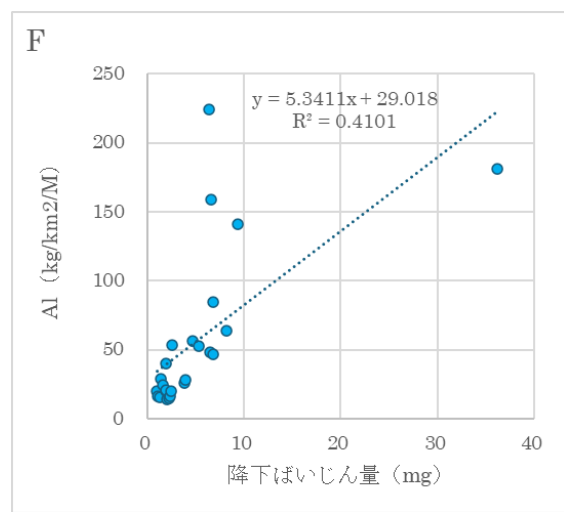
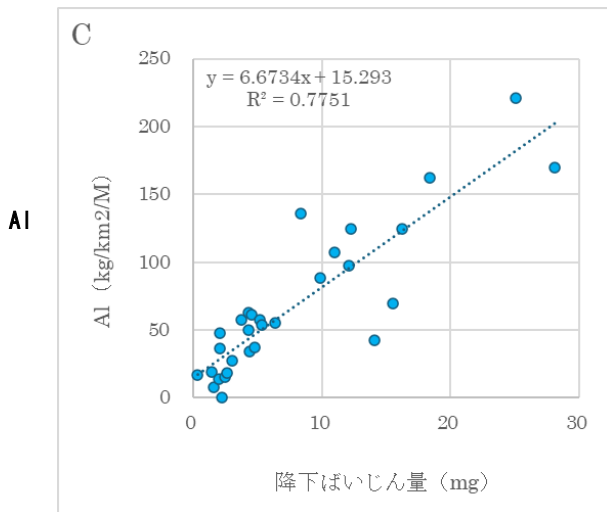
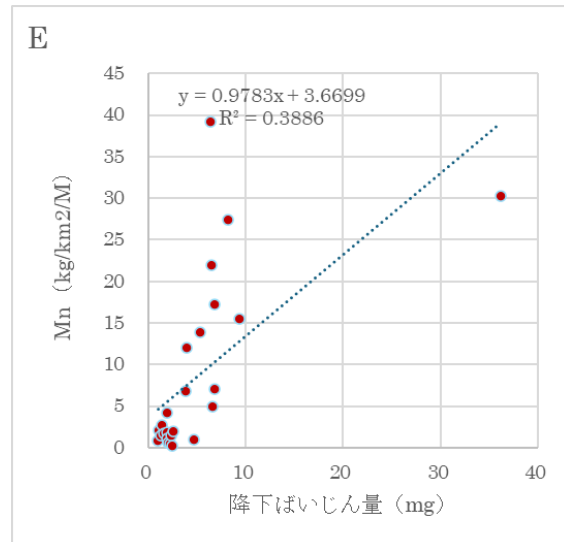
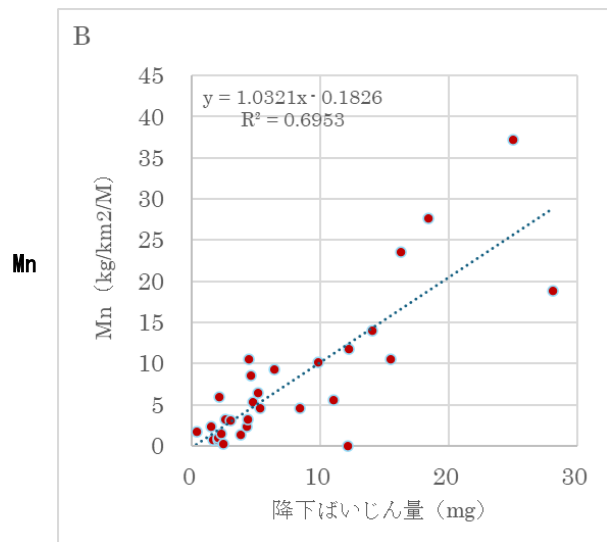
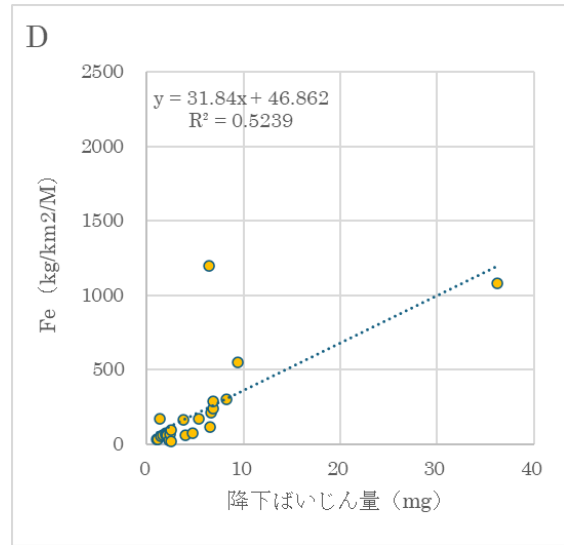
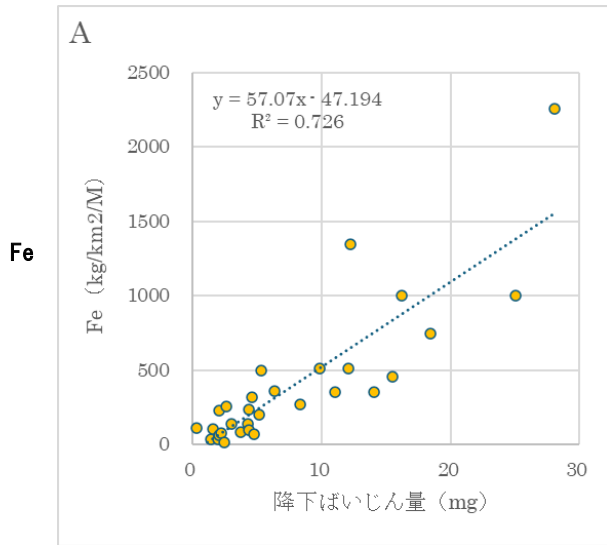


図5 降下ばいじん量と不溶性金属量の関係

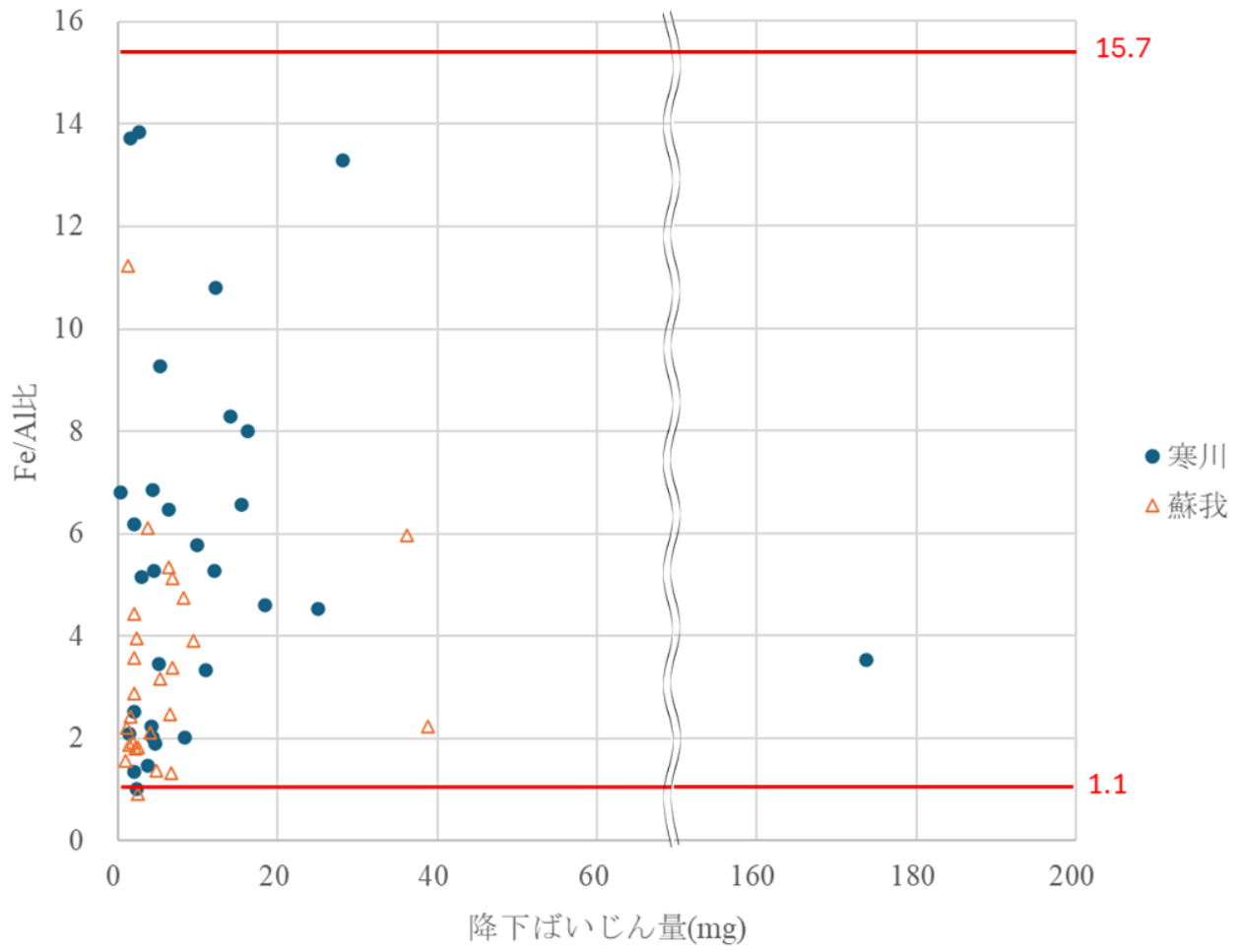


図 6 降水ばいじん量と Fe/Al 比の関係