

千葉市における降下ばいじん分析結果

岡本 誓志¹、小倉 洋¹、高梨 義雄²、平山 雄一¹

(1 環境保健研究所 環境科学課 2 環境規制課)

要 旨 臨海部の工業地帯周辺を中心に行った降下ばいじん測定の結果をまとめた。溶解性降下ばいじん分析結果は、各地点間で大きな差が認められなかった。一方、不溶解性降下ばいじん分析結果は、各地点間で差が確認された。工業地帯周辺の測定地点同士を比較しても差が確認されたことから、局所的な要因の影響と考えられる。

Key Words : 降下ばいじん, 成分分析, 臨海部工業地帯

1. はじめに

降下ばいじんとは、大気中に存在する固体粒子が自重や雨により降下したものである。その粒子の大きさ、重さから、発生源近傍で降下ばいじん量が増える場合が多い。発生源は工業活動等の人工的なものから、土壌や堆積物の吹き上げ等の自然的要因まで幅広く存在している。特に製鉄所等の金属を扱う工場の周囲における降下ばいじん分析は、これまでに多くの報告がされている¹⁻³⁾。目に見える程度に粒子が大きいものが多いことから、外壁や室外に干した洗濯物等に付着し、市民が不快な思いをする可能性がある。そのため、千葉市では以下に示す環境目標値を掲げ、分析を行っている⁴⁾。

- ・月間値の年平均値が 10t/km²/Month を超えないこと。
- ・月間値が 20t/km²/Month を超える地点がないこと。

(t/km²/Month : 測定地点の周囲 1km² に、1 ヶ月間で降下した降下ばいじん量をトンで表したもの。1 ヶ月を 30 日で換算するため、本文中では 30days と明記する。)

今回、平成 20 年度から平成 26 年度までの 7 年間に於ける、降下ばいじん量及び降下ばいじん中の溶解性成分、不溶解性成分の分析結果を解析したので報告する。

2. 調査方法

2. 1 調査期間

平成 20 年 4 月から平成 27 年 3 月までの 7 年間に対象に解析を行った。

2. 2 調査地点

千葉市内 8 地点で調査を行った(図 1-①~⑧)。地点①~⑦は中央区の臨海部であり、製鉄所や火力発電所等を含む、大規模な工業地帯近傍の地点である。また、近傍を JR 外房線、京葉線等の鉄道と、国道 357 号線が走っている。地点⑧は稲毛区の住宅街にあり、北西方向に東関東自動車道が通っている。海岸からは約 5km 離れた地点である。

2. 3 サンプルング方法

約 1 ヶ月間調査地点にダストジャーを設置する、ダストジャー法を用いた。

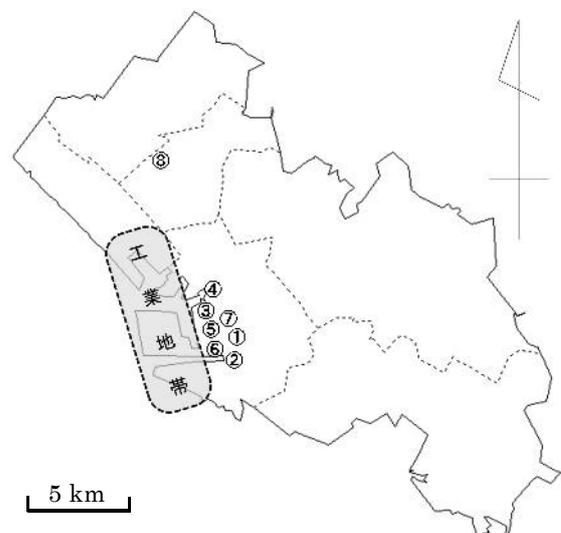


図 1 測定地点

2. 4 分析方法

2. 4. 1 降下ばいじん量

採取した降下ばいじんを、あらかじめ超純水で洗浄した後秤量したメンブレンフィルター（東洋濾紙、ADVANTEC MEMBRANE FILTER、MIXED CELLULOSE ESTER、Diameter 90mm、Pore Size 0.45 μ m）で濾過し、濾紙上の物を不溶性降下ばいじん、濾液中の物を溶解性降下ばいじんとした。濾液が 200mL に満たない場合、イオン交換水を用いて 200mL にメスアップした。濾過後の濾紙を 90 $^{\circ}$ C で 2 時間乾燥させ、デシケーター中で放冷後秤量を行い、不溶性降下ばいじん量 (t/km²/30days) を求めた。濾液 100mL の蒸発残渣量より、溶解性降下ばいじん量 (t/km²/30days) を求めた。不溶性降下ばいじん量と溶解性降下ばいじん量の和を、降下ばいじん量 (t/km²/30days) とした。

2. 4. 2 溶解性降下ばいじん中イオン成分分析

濾液中のイオン成分 (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻) の濃度はイオンクロマトグラフ（ダイオネクス、DX-AQ2211）を用いて定量した。また NO₂⁻濃度は、ナフチルエチレンジアミン法を用いて定量した。

2. 4. 3 不溶性降下ばいじん中金属成分分析

濾過、秤量を行った後の濾紙を超高純度硝酸 6mL と 30% 過酸化水素水 1mL の混合液に浸し、一晚放置した後にマイクロウェーブ試料前処理装置（Milestone、ETHOS TC）を用いて高温高圧下で分解を行った。分解後の試料を 0.1mol/L 硝酸を用いて 100mL にメスアップした後、In 溶液を内標準として最終濃度が 10ppb になるよう添加、希釈し、ICP-AES（バリアンテクノロジー、Vista-Pro）及び ICP-MS（パーキンエルマージャパン、ELAN DRC-e）を用いて金属成分の定量を行った。

3. 結果

3. 1 降下ばいじん量

地点①～⑧における降下ばいじん量、不溶性降下ばいじん量、溶解性降下ばいじん量の年平均値、及びその推移を図 2 に示した。(a)より、2014 年は 2008 年の 1.5～2.3 倍となっていることが確認された。この 7 年間において、降下ばいじん量は増加傾向にあることがわかる。(b)より、溶解性降下ばいじん量は、この 7 年間でおおまかに横ばいであり、(c)より、不溶性降下ばいじんは増加しているということが確認された。

3. 2 溶解性降下ばいじん成分分析結果

図 3 に、溶解性降下ばいじん中のイオン成分各種の年平均値を積み上げ棒グラフとして示した。また図 4 に、各イオン成分の年平均値をそれらの和に対する割合で示した。地点③の 2010 年、地点①の 2011 年は、

降下量が特に高い。地点③の 2010 年は Na⁺イオンの濃度が、地点①の 2011 年は Na⁺イオン、Cl⁻イオンの濃度がそれぞれ高くなっていた。それ以外の地点では、溶解性降下ばいじんの組成は 7 年間で大きな変化が見られないことがわかった。

3. 3 不溶性降下ばいじん成分分析結果

図 5 に、不溶性降下ばいじん中の各金属元素の降下量を示した。地点④の 2010 年における金属成分降下量が突出しており、Fe、Ca の降下量が多くなっていた。地点③、④、⑤および⑦は、他の地点に比べ金属成分が多く、最近の推移は横ばいもしくは緩やかな減少傾向にあるといえる。他の地点は、金属成分は少ないが、最近では増加傾向にあることがわかる。図 6 に、金属成分の和に対する各成分の割合を、図 7 に、不溶性降下ばいじん量に対する各成分の降下量の割合を、年平均値で示した。この 8 地点のうち、測定した金属成分の占める割合が高いのは、地点②、④、⑥、⑦であり、これらの地点においては、2010 年～2011 年をピークに割合が減少している。

4. 考察

溶解性降下ばいじんについて、測定したイオン種の降下量の和と、溶解性降下ばいじん量に差がある。これは測定していない水溶性成分によるものであり、水溶性有機炭素（WSOC）等ではないかと考えられる。

地点③の 2010 年、地点①の 2011 年では、例年より多くの溶解性降下ばいじんを記録した。図 3 より、このとき、Na⁺、Cl⁻の比率が例年より高く、海塩粒子の影響が大きかったと推察される。

溶解性降下ばいじんの構成比について、海岸から離れた地点⑧では Ca²⁺の割合が若干下がるものの、地点による差はさほど大きくない。このことから、溶解性降下ばいじんは、測定地点全域を覆う要因によるものであり、局所的な要因の寄与は小さいと考えられる。

不溶性降下ばいじんについて、図 5 より、中央区の臨海部である地点①～⑦では、内陸部である地点⑧よりも多くの金属成分が降下したことがわかる。また、図 6 に示した割合を見ると、Ca については地点①～⑦において、15～20%を占めるのに対し、地点⑧では 10%前後で推移している。一方 Fe については、地点③～⑦においては 60%前後を占めるのに対し、地点①、②、⑧では 50%前後で推移している。主に工業地帯に接している地点で割合が高くなっており、少し離れた地点で割合が低くなっていると考えられるが、地点①および地点②のように、その傾向が当てはまらない場合もある。近傍の地点で成分比が異なることから局所的な

要因の寄与が考えられる。今後風向を含めた考察を重ねる必要があると考えている。

図 7 に示した不溶性降下ばいじん量に対する金属成分の占める割合は、全地点において横ばいもしくは年々低下している。このことから近年、多くの地点で測定金属以外の成分が増加していることがわかった。その成分は、土壌由来成分（珪素等）や炭素成分等が考えられる。

5. まとめ

7年間の解析結果より、降下ばいじん量や成分ごとの降下量を比較したとき、溶解性降下ばいじんは各測定地点で大きく変わらないが、不溶性降下ばいじんは近隣の測定地点同士を比較しても異なる場合があるということがわかった。このことから、溶解性降下ばいじんは、測定地域全体を覆う大きな要因の寄与が大きいと考えられるが、一方不溶性降下ばいじんは、局所的な要因の寄与が大きいと考えられる。不溶性降下ばいじんは近年増加しており、特に測定金属以外の成分が増加していることによる影響が大きいことがわかった。今後それら未測定成分の解明を実施することで、発生源の解析、粉塵対策への一助となると考えられる。

2015年度より、測定地点を市内一円に広げている。これに伴い、今後海岸からの距離に対する成分比の比較等の解析を行っていく予定である。

広域的な大気汚染対策は重要である。一方、降下ばいじん分析のように簡便で、測定地点近傍に由来する大気汚染状況を把握できるという手法は、市民に密着した、局所的な大気汚染対策を行っていくうえで重要であることから、今後も継続して調査を行っていく必要がある。

文 献

- 1) 大橋英明, 内藤季和, 君津地域における降下ばいじん調査, 平成 23 年度千葉県環境研究センター年報,
<http://www.pref.chiba.lg.jp/wit/taiki/nenpou/documents/ar2011taiki013.pdf> (2015.8.27 アクセス).
- 2) 花石竜治, 齊藤輝夫他, 八戸市内の降下ばいじん中の重金属: 溶解性成分の分析法から CMB 法の適用まで, 青森県環境保健センター研究報告, No.11, pp.47-53, 2000.
- 3) 齊藤由倫, 中曾根佑一他, 固定発生源周辺における降下ばいじん中重金属の動体解析, 群馬県衛生環境研究所年報, No.45, pp.21-25, 2014.
- 4) 平成 26 年度千葉市環境白書, pp56, 2015.

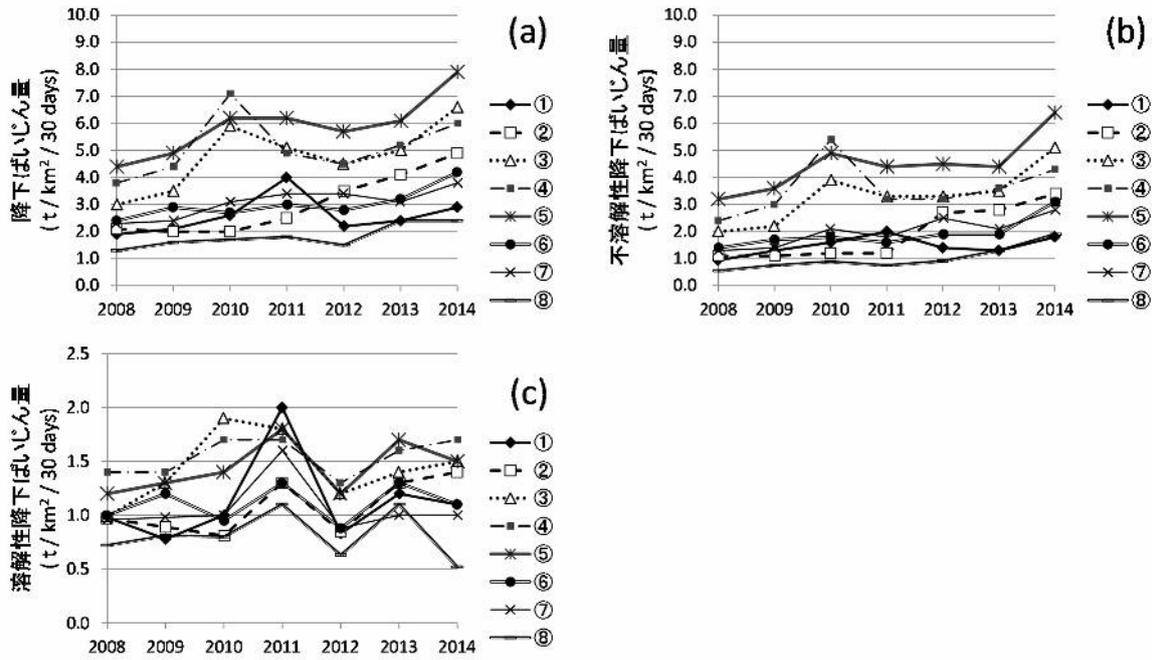


図2 降水ばいじん量推移 (a)降水ばいじん量 (b)不溶性降水ばいじん量 (c)溶解性降水ばいじん量

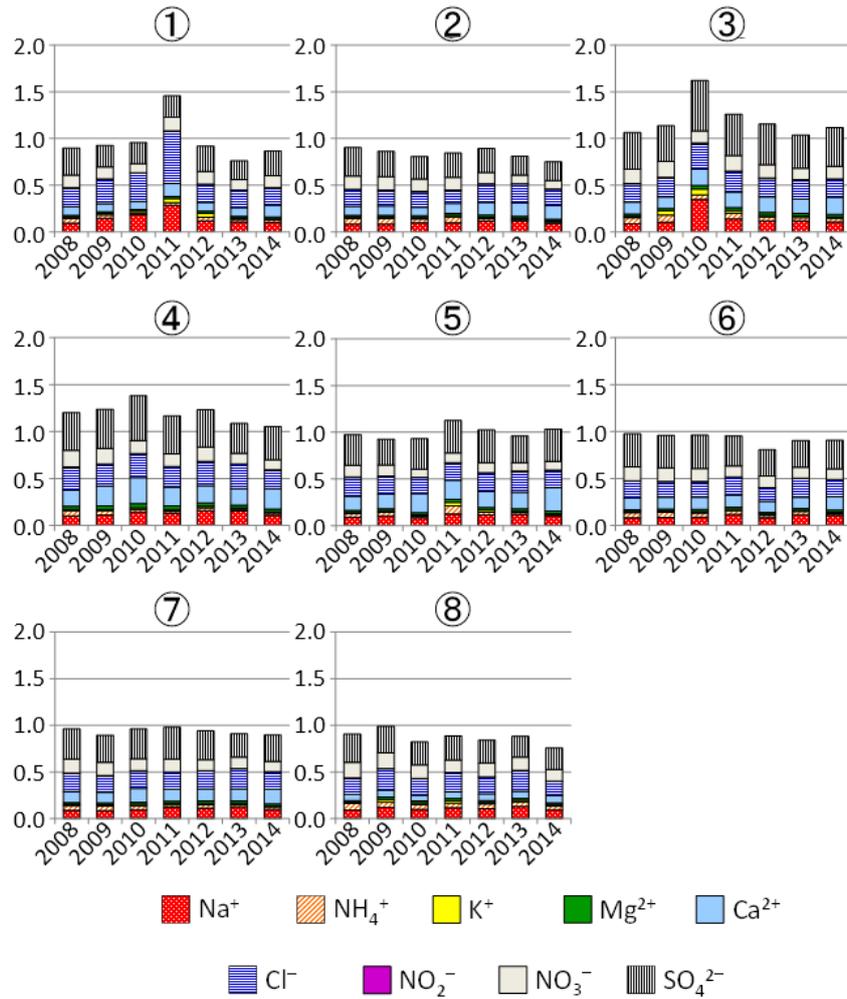


図3 地点①～⑧における溶解性降水ばいじん中各イオン成分降下量 ($t/km^2/30\text{ days}$)

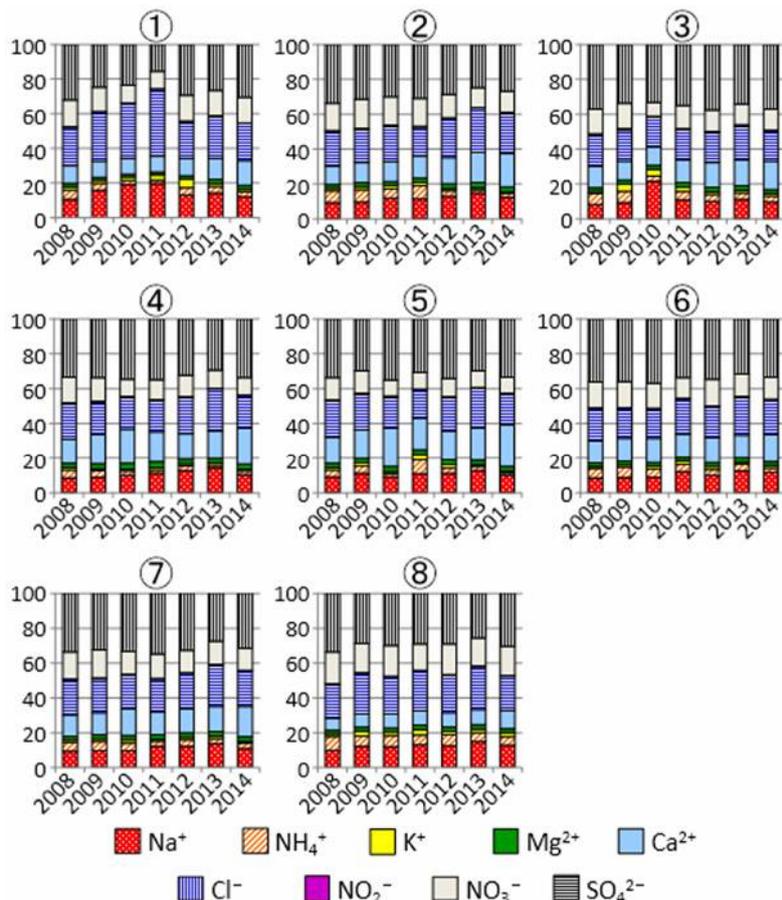


図 4 地点①～⑧における溶解性降下ばいじん中の各イオン成分降下量の和に対する各成分の割合（％）

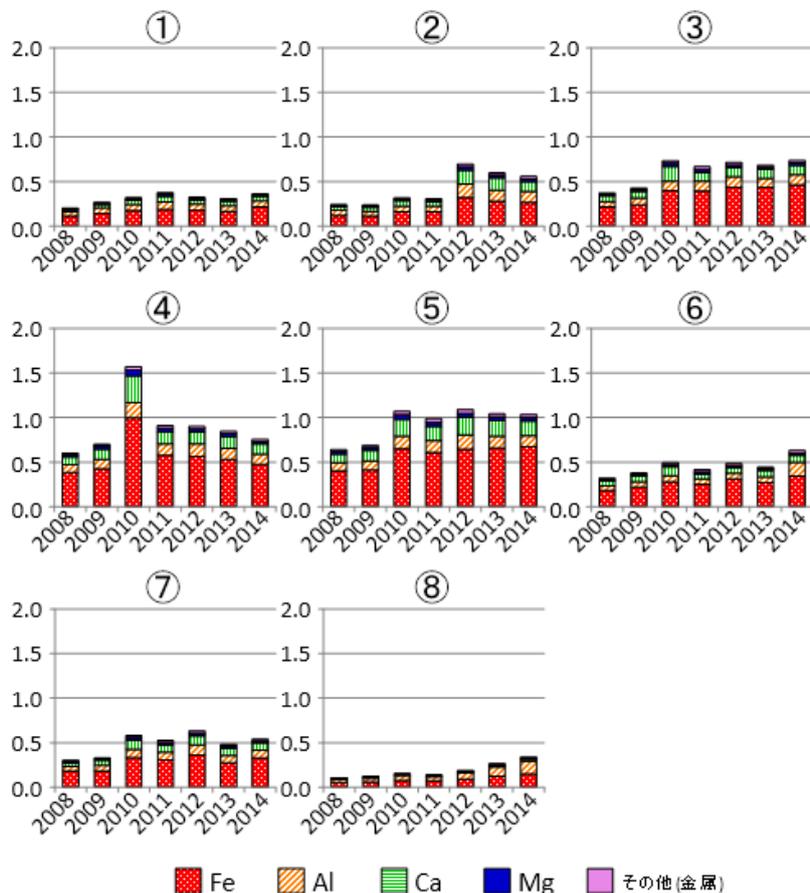


図 5 地点①～⑧における不溶性降下ばいじん各金属成分降下量（t/km²/30days）

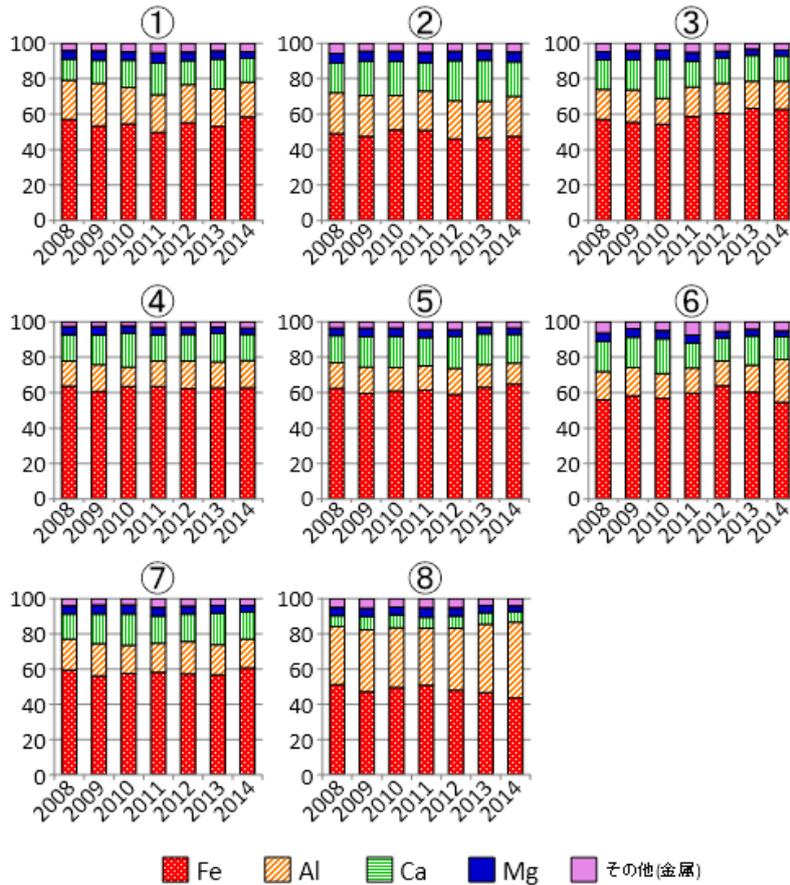


図 6 地点①～⑧における不溶性降下ばいじん中の各金属成分降下量の和に対する各成分の割合（％）

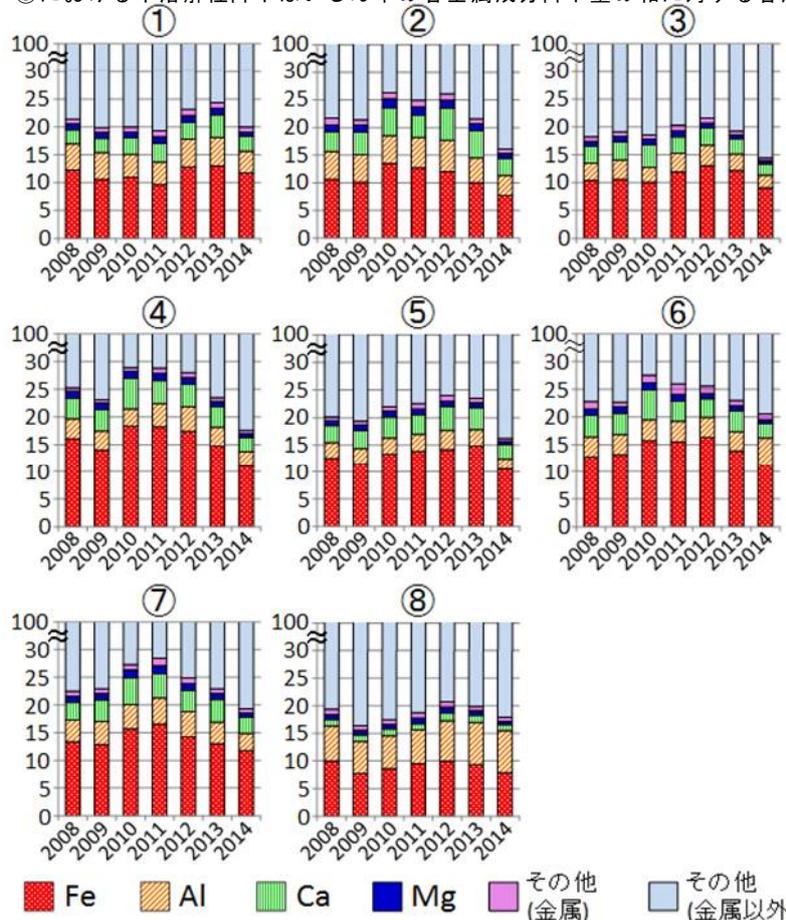


図 7 地点①～⑧における不溶性降下ばいじん量に対する各金属成分の割合（％）