

# 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

花石 竜治 齊藤 輝夫 阪崎 俊璽 早狩 進 関野 正義

八戸市内の降下ばいじん観測地点のうち、工場周辺地域の2地点について、溶解性重金属降下量を把握した。まず、通常の塩酸・過酸化水素分解が溶解性重金属の分析に有用であることを見出した。この前処理法を用いると、既報のとおり、かなりの金属元素が溶解性重金属として観測されることが確認された。溶解性重金属類は、重金属の低酸化状態や硫化物などが、防腐剤として添加してある硫酸銅と反応して溶け出したものと考えられた。降下ばいじんにおける発生源の寄与を、発生源を工場ダストと仮定してCMB法で求めたところ、春から秋にかけて、新産都市会館に近い非鉄金属製錬工場の鉛の寄与が大きいと判明した。浮遊粉じんの粒径分布の調査結果からは、粗大粒子の寄与が大きいと結論された。以上から、八戸の非鉄金属周辺地域での大気中の重金属汚染は、鉛粉じんや鉛石によって汚染された土壌の舞い上がりによるものが圧倒的であるという結論を得た。

Key words: dust fall, water soluble heavy metal deposition, CMB, Andersen air sampler

## 1. 緒言

八戸市内の降下ばいじんは青森県公害センター発足当初から監視が続けられている。調査・研究も数編、発表されている<sup>1-5)</sup>が、非鉄金属製錬工場周辺地域で高濃度に観測されるPb, Zn, Cdなどの重金属については、風向との相関が調べられた<sup>2,5)</sup>だけで、発生源が金属製錬工場内のどこかまで言及した報告はなかった。問題は、工場周辺地域で浮遊粉じん中の重金属濃度を測定しても、降下ばいじん中の重金属濃度に比例していないことであった。一方、従来のほとんどの降下ばいじん調査は、不溶性重金属に限った測定であり、溶解性重金属に焦点をあてた調査・研究は2報が報告されている<sup>2-3)</sup>のみであった。今回、われわれは、八戸市内の非鉄金属製錬工場周辺地域の降下ばいじん調査で、溶解性重金属に着目し、それが降下ばいじん重金属の把握に重要であることを改めて確認した。本報告では、溶解性重金属降下量を把握し、これによって完全な重金属降下量を求め、さらに各種のデータ解析を行った結果を述べる。

## 2. 調査方法

### 2.1 降下ばいじんの調査方法

八戸市内の6地点で硫酸銅水溶液を防腐剤として注入したデポジットゲージを設置し、約1ヶ月間放置して、降下ばいじんを採取した。この6地点のうち、Zn, PbおよびCdの降下量が高い2地点、すなわち、新産都市会館と第二千葉幼稚園(図1参照)で、本調査を行った。調査は平成11年3月から平成12年2月まで行った。溶解性重金属(Ni, Fe, Pb, Zn, Cd, MnおよびCu)は検液1Lを加熱、濃縮して、乾固し、残渣に塩酸・過酸化水素分解を

施して、溶液の重金属をフレイム原子吸光分析で定量した。不溶性成分はタール分を抽出後、不抽出物残渣をろ紙ごと灰化して、塩酸・過酸化水素分解を施し、抽出液のフレイム原子吸光分析を行い、不溶性重金属(Ni, Fe, Pb, Zn, Cd, MnおよびCu)を定量した。データ整理にあたっては、観測される溶解性Cuと $SO_4^{2-}$ には、防腐剤として用いた硫酸銅の寄与が入っているのので、その分を差し引いた。また、この硫酸銅に不純物として含まれる重金属などの物質の影響が少ないことは、バックグラウンド地域である三沢市(三沢市役所)および十和田市(みちのく銀行十和田支店)の降下ばいじん成分の観測によって確認した。また、重金属量の標準偏差は、ブランクとして用いた1.3%硝酸の原子吸光分析の繰返し測定の標準偏差を用いた。

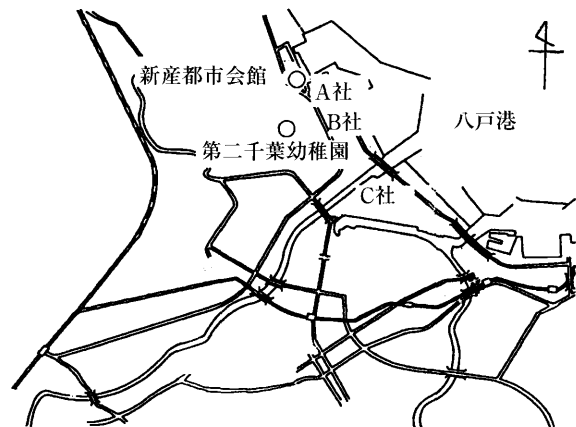


図1. 降下ばいじん採取地点○と工場との位置関係

## 2.2 工場ダストの分析

図1に示した非鉄金属製錬工場A社、鉄鋼業工場B社、非鉄金属製錬工場C社から、集塵機などのダスト、鉱石および中間原料を採取した。表1にこれらのダスト類について記した。これらは、風乾後、数10 mgないし100 mg程度を取り、塩酸・過酸化水素分解を施して、抽出液のフレイム原子吸光分析によって、重金属（Ni, Fe, Pb, Zn, Cd, MnおよびCu）を定量した。ただし、硫化鉛鉱（方鉛鉱、PbS）および酸化鉛（PbO）は、塩酸・過酸化水素分解で処理すると、多量の塩化鉛を生成し、この溶解度が比較的小さいため、標準的方法では、Pb抽出量を過小評価してしまう可能性があった。したがって、これらの鉱石類については、硝酸・過酸化水素分解を施し、その抽出量を測定した。なお、これら以外の集塵機ダストおよび鉱石粉末類が、塩酸・過酸化水素分解と硝酸・過酸化水素分解ではほぼ同一の分析値を与えることは確認した。

その上で、降下ばいじんのデータとの整合性を取るため、硫化鉛鉱および酸化鉛以外のダスト類については、塩酸・過酸化水素分解の抽出量のデータを採用した。また、重金属量の標準偏差は、ブランクとして用いた1.3%硝酸の原子吸光分析の繰返し測定の標準偏差を用いた。

## 2.3 アンダーセンエアサンプラーによる

### 浮遊粉じんの調査

調査は新産都市会館屋上で、平成11年4月20日から23日までの72時間、行った。天候は曇り時々霧で、風向は東の風であった。アンダーセンエアサンプラーは東京ダイレックAN-200を用い、28.3 l/minの流速で大気を吸引した。

各ステージには石英繊維ろ紙を敷き、粒径別に粉じんを捕集した。恒量後の石英繊維ろ紙は、塩酸・硝酸・ふっ化水素酸分解を施し、重金属を抽出した。Pb, CdおよびCrは電気加熱原子吸光分析で、FeおよびZnはフレイム原子吸光分析で定量した。

表1. 採取した工場ダスト類

名称	工場
A社1	A社 原料粉碎過程バグフィルター
A社2	A社 脱銅過程バグフィルター
A社3	A社 酸化鉱塊製造過程バグフィルター
A社4	A社 精製炉バグフィルター
A社5	A社 溶鉱炉バグフィルター
B社	B社 電気集塵機ダスト
C社	C社 ローターキルン前段階の鉱石ダスト
A社中間原料1	A社 酸化亜鉛 ZnO
A社鉱石1	A社 硫化亜鉛鉱（閃亜鉛鉱, ZnS）
A社中間原料2	A社 酸化鉛 PbO
A社鉱石2	A社 硫化鉛鉱（方鉛鉱, PbS）

## 3. 結果と考察

### 3.1 降下ばいじん中の溶解性重金属の分析にあたっての前処理方法の検討

当センターのこれまでの調査結果<sup>1-5)</sup>から、八戸市内の非鉄金属製錬工場周辺地域の降下ばいじんには、Pbが多く含まれることが明らかになっていた。これがどのような化学形態で降下してくるのかはさておき、デポジットゲージには硫酸銅溶液を注入してあり、また、降下ばいじんとして降下してくる $\text{SO}_4^{2-}$ の濃度が比較的高い測定地点もある。水溶性のPbが存在する場合、 $\text{SO}_4^{2-}$ と反応して、とくに濃縮時に難溶性の硫酸鉛として沈殿し、観測されない可能性があると考えた。Zn, Cdの塩化物、硫酸塩、硝酸塩は水に易溶である。

硫酸鉛は水には溶けにくい（20℃における溶解度：4.27 mg/100 ml）<sup>6)</sup>、気体の塩素が発生する過酷な条件下である塩酸・過酸化水素分解の条件下では、かなりの水溶性を持つ塩化鉛に変化する。このことは分析化学的にはあまり知られていないが、次のようにして検証した。

酢酸酸性として水酸化鉛の沈殿を防いだ酢酸鉛水溶液に希硫酸を滴下して得られた白色沈殿をろ紙でろ過し、水で洗浄した。残渣を風乾して、硫酸鉛の粉末を得た。これを100mg程度、蒸発皿に取り、10mlの濃塩酸および5mlの30%過酸化水素水を加えて、時計皿で覆い、1時間、200℃のホットプレートで加熱した。その結果、白色粉末は消失して、無色の針状結晶が析出してきた。室温まで放冷して、ろ過し、残渣を冷水で洗浄して結晶を取り出した。この結晶は、冷水には溶けにくく、温水には易溶であった。結晶を温水に溶かした溶液は、硝酸銀水溶液を滴下すると白色沈殿を生じ、白色沈殿は光で紫色に変化した。この白色沈殿は、塩化銀であると考えられる。このことは $\text{Cl}^-$ が結晶に含まれていることを示す。また、その結晶の溶液による化カリウム水溶液を滴下すると黄色沈殿が生成した。この黄色沈殿は、熱水によく溶け、熱水から再結晶すると、黄色の片状結晶が析出した。この黄色沈殿はよう化鉛と考えられる。このことは、結晶に $\text{Pb}^{2+}$ が含まれていることを示す。以上の定性分析から、塩酸・過酸化水素分解の条件下で硫酸鉛から生成した無色結晶は塩化鉛と結論された。

塩化鉛は降下ばいじんや浮遊粉じんの調査では問題とならない程度の水溶性を持つ。降下ばいじんの中に溶解性Pbと $\text{SO}_4^{2-}$ が含まれ、その分析過程で濃縮、乾固され、硫酸鉛を析出しても、塩酸・過酸化水素分解を行えば、すべて溶け出してくることが判明した。

以上の結論から、われわれは、水溶性重金属の分析にあたっては、乾固時の残渣に塩酸・過酸化水素分解を適用することに決めた。

### 3.2 溶解性重金属と全重金属の相関関係

図2a(新産都市会館)および図2b(第二千葉幼稚園)に重金属の溶解性降下量と溶解性と不溶解性の重金属降下量の和(全重金属)の関係を示した。双方の地点で、Niの1割程度、Pbの5割程度、Znの7割程度、Cdの7割ないし9割程度、Mnの2割程度が溶解性重金属として観測されたことがわかる。このことは、重金属の実態を把握するには、不溶解性重金属だけの調査では不十分であることを示している。ことに重金属の発生源を推定するには元素組成が重要であり、不溶解性重金属のデータだけでは判断できないことに注意すべきである。また、ZnおよびCdは、溶解性量が不溶解性量に対して、非常に良い相関関係を示した。一方、Feは、溶解性の量と全量とが相関を持たず、溶解性成分の割合はわずかであった。

図3a(新産都市会館)および図3b(第二千葉幼稚園)に全重金属降下量を月ごとに示した。季節変化の傾向は、既報の不溶解性重金属の季節変化と一致している。これは、重金属が元素により異なるものの、一定の傾向で溶解性として検出され、残りが不溶解性として観測されるためである。問題は発生源が何であるかであるが、それは後述する。

### 3.3 溶解性銅と不溶解性銅の相関関係

前述したことは、降下ばいじんとして降ってくる重金属類は、一般的にかなりの割合が、溶解性重金属として存在することであった。問題は、果たして、溶解性重金属が降下してくるときにすでに溶解性であるのか、それとも、降下ばいじん重金属が、デポジットゲージの中で溶け出すのか、ということである。理由が後者であれば、デポジットゲージに防腐剤として加えている硫酸銅と降下ばいじんが反応して重金属が溶け出していると、容易に想像がつく。例えば、金属単体などの低酸化状態の金属が降ってくる場合は、酸化還元電位の差によって駆動される化学反応によって、イオン化傾向の大きな重金属が溶け出し、一方、硫酸銅からは金属Cuが析出してくると考えられる。また、イオン化傾向の大きな金属の硫化物が降下してきた場合、硫化銅の沈殿生成反応が起こり、イオン化傾向の大きな重金属が溶け出す可能性もある。

この問題を解決する方法は、硫酸銅を防腐剤として使った降下ばいじんの採取と平行して、ホルマリンやパラベンといった金属を含まない防腐剤を使った降下ばいじんの採取を行い、結果を比較するのが最良である。しかし、難点は、これらの有機化合物が揮発性を持つことから、降水がない場合は、防腐剤が揮発してしまうことである。

今回の調査では、前述のアプローチではなく、硫酸銅を防腐剤として用いた場合における、溶解性重金属量と

不溶解性Cuの量の相関および不溶解性重金属量と溶解性Cuの量の間の相関を検討した。その結果、溶解性Znと不溶解性Cuの間に、相関係数0.76(新産都市会館)および0.49(第二千葉幼稚園)の正の相関が認められた。また、溶解性Cuと不溶解性重金属の間には一般的に負の相関が認められた。これらを表2に示した。とくに、溶解性Cuと不溶解性Cuには、明確な負の相関(相関係数 $-0.94$ (新産都市会館)、 $-0.86$ (第二千葉幼稚園))が見出された。さらに、x軸に不溶解性Cuを、y軸に溶解性Cuをとり、 $y=ax+b$ で最小自乗解析を行うと、双方の地点で、傾きaは $-1$ に近い数値を取った。これを図4に示す。

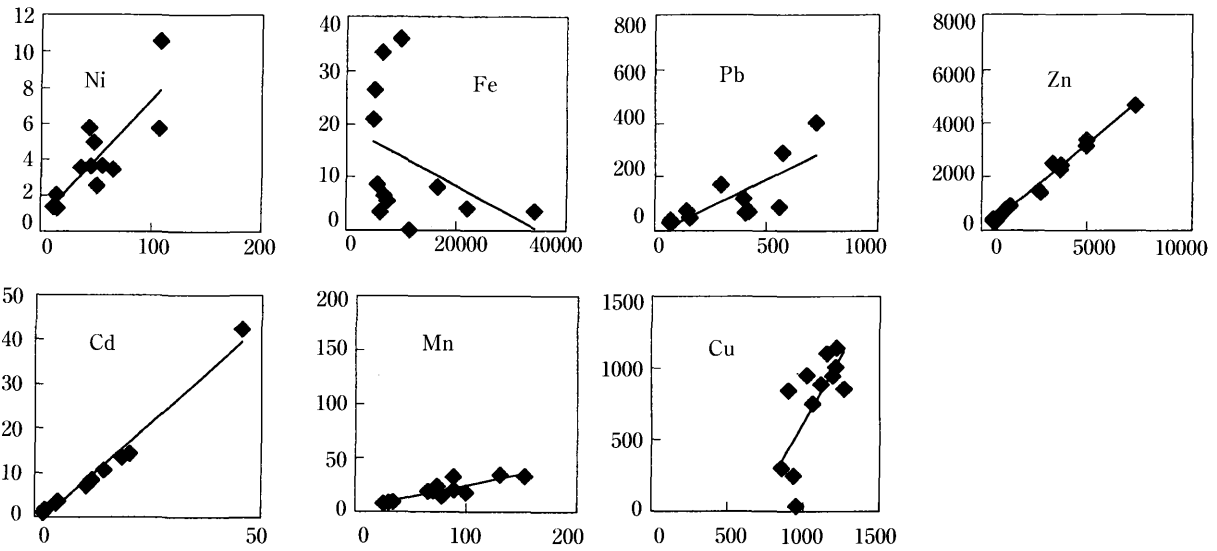
これらのことは、とくにZnなどを中心として、低酸化状態の金属や金属硫化物が硫酸銅と反応して溶け出すということを支持している。その過程で、硫酸銅が不溶解性Cuを析出することも示唆している。

### 3.4 発生源説明の試み

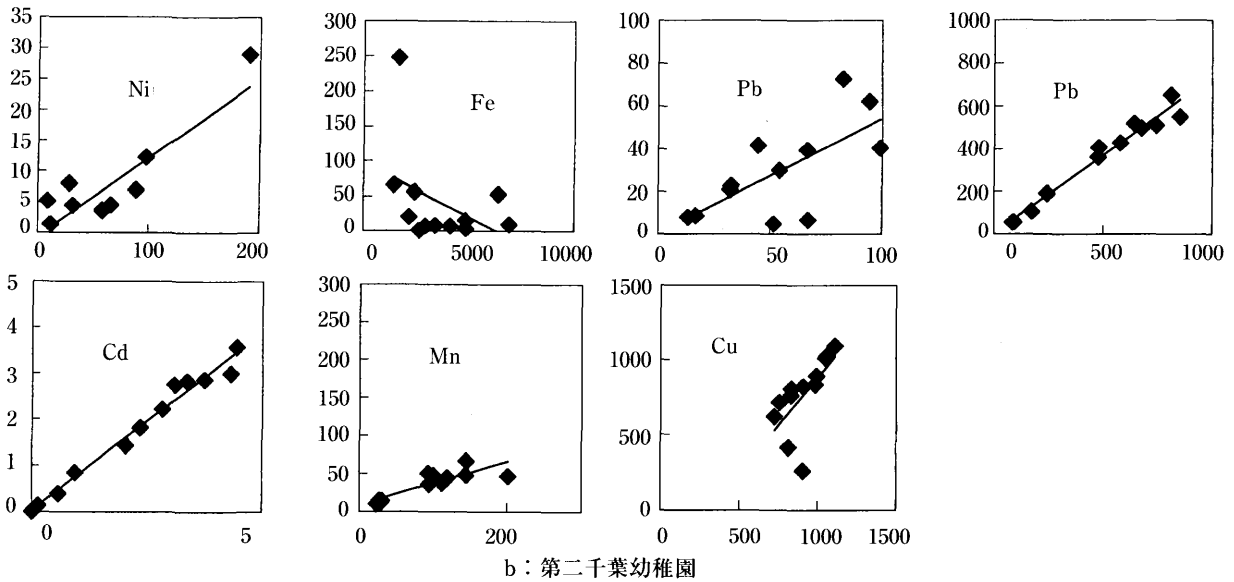
発生源ダストの重金属組成と環境側の試料である降下ばいじんの重金属組成とから、発生源の寄与を求めるには、CMB(Chemical Mass Balance)法が適当な方法である。ただし、一般的にCMB法では、工場ダストや鉱石だけを発生源として考えるのではなく、土壌や海塩なども発生源として計算を行う。今回のケースでは、まず、工場周辺地域では降下ばいじんとして重金属が降っているのであり、汚染されていない工場周辺地域の土壌の入手が困難であることと、考える化学種を重金属に限定していることから、土壌や海塩を発生源とはしなかった。その代わり、新産都市会館や第二千葉幼稚園以外の八戸市内でも高濃度に観測される重金属元素(Fe、MnおよびCu)は、CMB法の計算対象から除外し、工場に由来すると考えられるNi、Pb、ZnおよびCdをCMB法での化学種として考えた。表3にダスト類の分析結果を示した。

CMB法では、発生源の数は化学種の数を超えてはならないので、発生源として考える工場ダストや鉱石粉末の種類は4種類に限定される。今回の場合、考えたい工場ダスト類は11種類あった。

そこで、まず、スクリーニング的に、11種類のうちから4種類を取り出す組み合わせ( ${}_{11}C_4=330$ 通り)のすべについてCMB計算を行い、得られた寄与率の平均を取って、11種類の工場ダスト類の発生源としての可能性を算出した。なお、降下ばいじんの重金属降下量は、単位が $\text{mol}/\text{km}^2/\text{月}$ であり、発生源として考えている工場ダスト類の重金属含有量の単位は $\text{mmol}/\text{kg}$ であるので、次元解析を行うと、発生源寄与の単位は $1000\text{kgダスト}/(\text{km}^2 \cdot \text{月})$ となる。CMB計算は有効分散最小自乗法<sup>8)</sup>で、負の発生源寄与を除去する方法で行った<sup>7)</sup>。

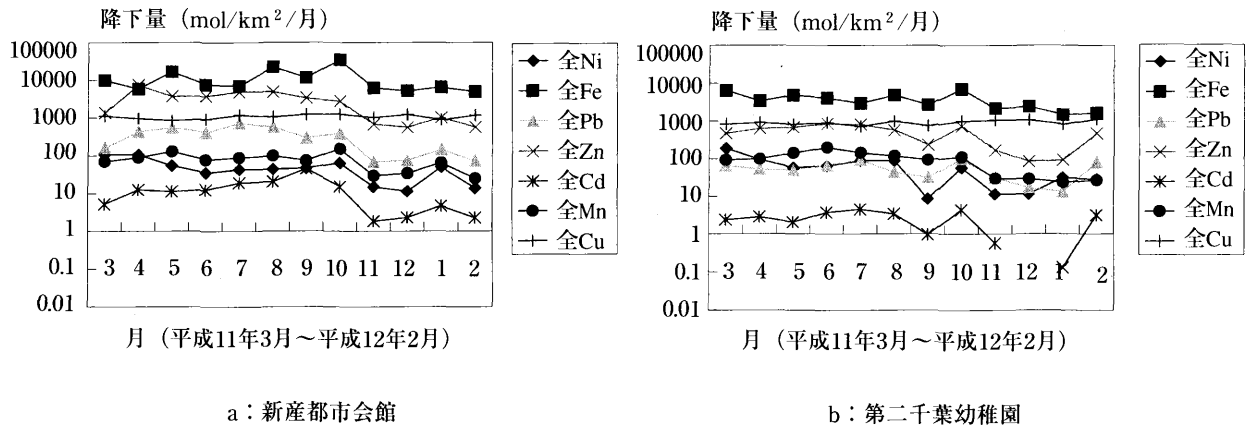


a：新産都市会館



b：第二千葉幼稚園

図2. 降下ばいじん中の全重金属降下量（横軸：mol/km<sup>2</sup>/月）とそのうちの溶解性重金属降下量（縦軸：mol/km<sup>2</sup>/月）との関係（a：新産都市会館，b：第二千葉幼稚園）



月（平成11年3月～平成12年2月）

a：新産都市会館

月（平成11年3月～平成12年2月）

b：第二千葉幼稚園

図3. 降下ばいじん中の全重金属の降下量

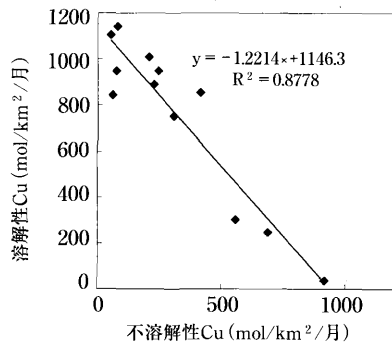
表2. 溶解性および不溶解性重金属降下量の相関

a: 新産都市会館

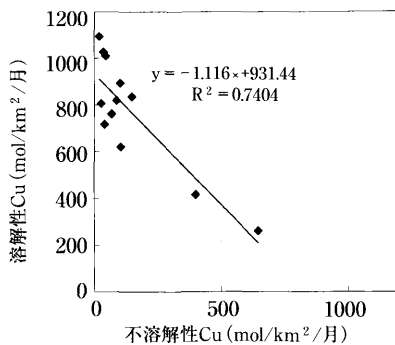
	不溶解性重金属							溶解性重金属						
	Ni	Fe	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Ni	Fe	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu
不溶解Ni		0.22	0.39	0.53	0.31	0.49	0.57	0.79	0.15	-0.01	0.48	0.08	0.46	-0.52
不溶解Fe			0.39	0.32	0.54	0.84	0.18	0.02	-0.39	0.25	0.11	0.22	0.57	-0.04
不溶解Pb				0.85	0.84	0.78	0.82	0.22	-0.52	0.39	0.76	0.14	0.70	-0.78
不溶解Zn					0.86	0.66	0.85	0.26	-0.56	0.47	0.94	0.25	0.53	-0.75
不溶解Cd						0.77	0.59	0.23	-0.64	0.74	0.82	0.42	0.68	-0.49
不溶解Mn							0.59	0.21	-0.42	0.30	0.48	0.21	0.80	-0.50
不溶解Cu								0.27	-0.41	0.00	0.76	0.07	0.37	-0.94
溶解Ni									0.22	0.21	0.35	0.20	0.38	-0.18
溶解Fe										-0.43	-0.55	-0.53	-0.33	0.29
溶解Pb											0.56	0.46	0.52	0.10
溶解Zn												0.44	0.48	-0.66
溶解Cd													0.37	0.07
溶解Mn														-0.28
溶解Cu														

b: 第二千葉幼稚園

	不溶解性重金属							溶解性重金属						
	Ni	Fe	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu	Ni	Fe	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu
不溶解Ni		0.67	0.31	0.40	0.48	0.41	0.14	0.84	-0.20	0.27	0.55	0.49	0.46	-0.29
不溶解Fe			0.63	0.64	0.72	0.57	0.34	0.42	-0.44	0.02	0.51	0.43	0.45	-0.34
不溶解Pb				0.88	0.84	0.80	0.76	0.00	-0.36	-0.12	0.67	0.50	0.48	-0.71
不溶解Zn					0.87	0.93	0.83	-0.01	-0.38	-0.01	0.79	0.71	0.59	-0.71
不溶解Cd						0.70	0.48	0.11	-0.29	0.31	0.86	0.83	0.60	-0.44
不溶解Mn							0.90	0.03	-0.50	-0.18	0.72	0.58	0.70	-0.87
不溶解Cu								-0.17	-0.33	-0.42	0.49	0.32	0.40	-0.86
溶解Ni									0.12	0.33	0.22	0.22	0.18	0.00
溶解Fe										-0.51	-0.15	0.04	-0.57	0.52
溶解Pb											0.45	0.67	0.18	0.40
溶解Zn												0.92	0.77	-0.52
溶解Cd													0.63	-0.28
溶解Mn														-0.65
溶解Cu														



a: 新産都市会館



b: 第二千葉幼稚園

図4. 不溶解性Cu降下量と溶解性Cu降下量との相関

表3. 工場ダスト類の分析結果

重金属含有量 (%)	Ni	Fe	Pb	Zn	Cd	Mn	Cu
A社1	0.007	6.1	27	29	0.90	0.12	0.61
A社2	0.29	5.3	33	15	0.0071	0.00070	15
A社3	0.015	2.1	22	42	0.088	0.11	0.33
A社4	<0.004	0.06	1.1	72	0.51	0.059	0.043
A社5	0.005	1.4	26	39	0.057	0.031	0.10
B社	0.011	13.6	2.8	37	0.057	1.17	0.23
C社	1.5	15	0.028	0.15	0.0059	0.28	0.0053
A社中間原料1	0.0037	1.9	0.42	74	0.0037	0.17	0.035
A社鉍石1	<0.004	8.9	3.1	49	0.18	0.033	0.23
A社中間原料2	<0.006	0.20	62	3.9	0.11	0.0066	0.084
A社鉍石2	<0.008	7.3	62	4.8	0.019	0.11	0.77

この計算プログラムはCMB計算用のマイクロソフト社 ExcelマクロCMB8J<sup>7)</sup>を改造して作成した。

図5 a)に新産都市会館屋上での降下ばいじんのCMB法の結果を、図5 b)に第二千葉幼稚園での降下ばいじんのCMB法の結果を示す。まず始めに留意すべき点は、調査期間の初めの平成11年3月に事故でC社工場から粉じんが飛散したことである<sup>9)</sup>。飛散した粉じんは図5でのC社というダストである。

新産都市会館では、大雑把に、A社ダスト類の寄与がとくに春から秋にかけて大きいことがわかる。これは、不溶性重金属降下量と風向との相関関係を調べた結果と一致している。また、C社ダストの寄与は月を追うごとに減っているが、これは、3月のC社の粉じん飛散事故から時間が経つにつれて、粉じんが拡散していったことを示すと考えられる。

前述したCMB計算は、あくまでもスクリーニングのためのものであり、得られた寄与が実際に環境汚染に寄与する発生源の寄与を直接的に示しているとは言いがたい。そこで、前述した多数の発生源を使ったCMB計算で、寄与の大きさが上位にある4個の発生源を抽出して、4つの成分で、4つの発生源を用いて、再度CMB計算を行うことで、重金属汚染における発生源の寄与を求めた。発生源の抽出の結果、新産都市会館でも、第二千葉幼稚園でも、A社-3、B社、C社およびA社鉱石1という発生源が選択された。A社ダスト類の寄与が、図5 a)で高かったにも関わらず、このようなスクリーニングを行うと、A社-3とA社鉱石1に収束したことは興味深い。これら4つの発生源を用いて、CMB計算を行った結果が図6である。

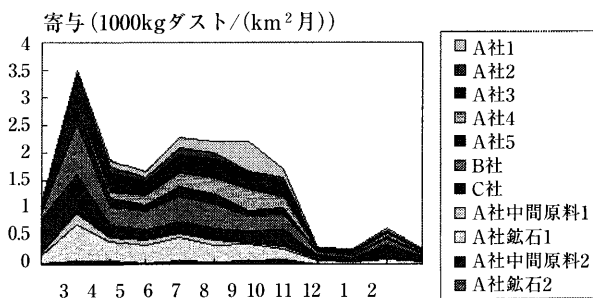
図6を見ると、図5で寄与が高く出たA社3やB社は、改めてCMB計算を行ってみると、寄与が小さいことがわかる。新産都市会館と第二千葉幼稚園の双方でC社というダストの寄与が出ており、特に後者では圧倒的であるが、その原因は、前に記したとおりである。

ここで注目すべきことは、このようにして発生源を絞り込むと、新産都市会館では、A社鉱石1の寄与が支配的であるということである。

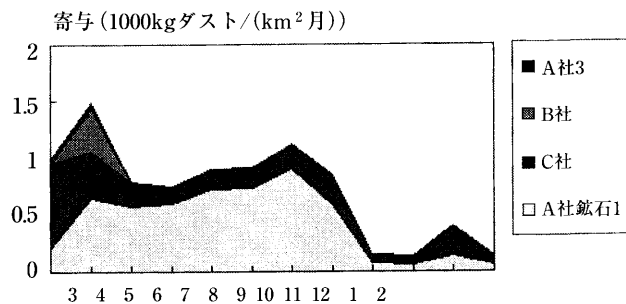
図7にアンダーセンエアサンプラーデータ用描画ソフトAndersenAnalyzer<sup>7)</sup>でスプライン補間によって描いた新産都市会館屋上での浮遊粉じんの粒径分布を示した。この調査結果からは、新産都市会館付近では、Pb、ZnおよびCdに関しては、燃焼などではなく、汚染土壌の舞い上がりや機械的粉砕によって生成する粗大粒子がほとんどを占めていることがわかる。本報告で述べたCMB法の結果はそのことの傍証でもある。すなわち、鉱石粉末の発生源としての寄与が圧倒的であった。これに対して、溶鉱炉や精製炉のダストは寄与が小さかった。新産都市会館付近の重金属問題の主要な発生源が、溶鉱炉や精製過程で排出されるばいじんではなく、汚染土壌の舞い上がりや、原料などの固形物の粉じんであることが結論される。

#### 4. 結 論

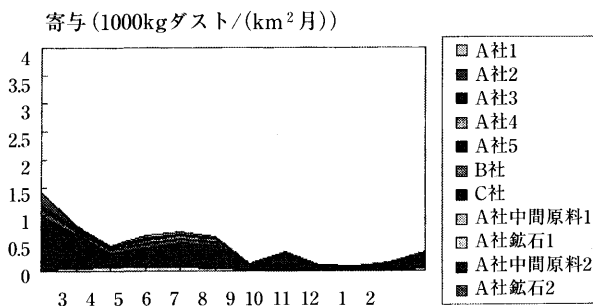
八戸市内の降下ばいじん観測地点のうち、工場周辺地域の2地点について、溶解性重金属を把握した。PbとSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が含まれる溶液の重金属の分析には、塩酸・過酸化水素分解が適当なことが判明した。溶解性重金属降下量の測定の結果、金属元素によっては、かなりの部分が溶解性重金属となって溶けだしていることが確認され、不溶性重金属量だけでは、重金属汚染の実態の把握は不十分であることが確認された。溶解性重金属類は、金属低酸化状態や硫化物などが、デポジットゲージに防腐剤として添加してある硫酸銅と反応して溶け出したものと考えられた。降下ばいじんにおける発生源の寄与をCMB法で求めたところ、春から秋にかけて、新産都市会館に近い非鉄金属製錬工場の寄与が大きいことがわかった。



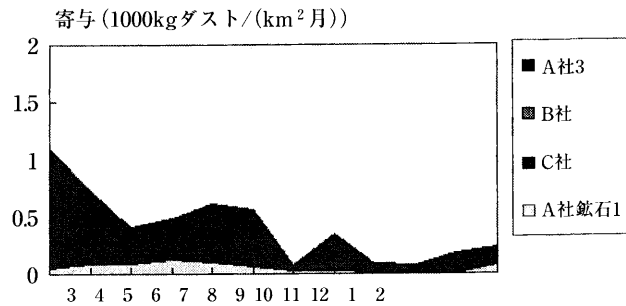
a：新産都市会館 月(平成11年3月～平成12年2月)



a：新産都市会館 月(平成11年3月～平成12年2月)



b：第二千葉幼稚園 月(平成11年3月～平成12年2月)



b：第二千葉幼稚園 月(平成11年3月～平成12年2月)

図5. 11個の発生源を用いたスクリーニング的なCMB計算

図6. 選択した4つの発生源を用いたCMB計算の結果

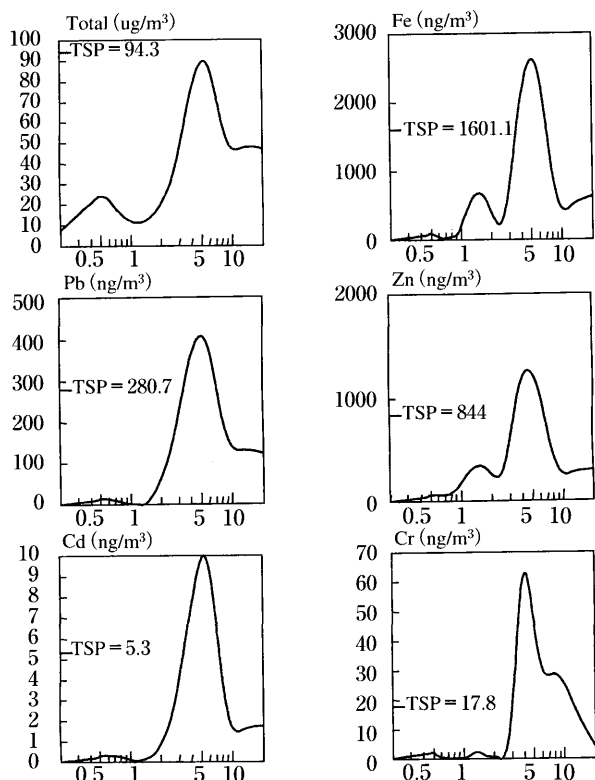


図7. 新産都市会館でのアンダーセンエアサンプラーによる浮遊粉じんの粒径分布の測定（平成11年4月20日から23日）。横軸は粒径  $D_p$  ( $\mu\text{m}$ )、縦軸は  $dC_p/d\log(D_p/\mu\text{m})$ 、ただし  $C_p$  は粉じんあるいは重金属濃度。

この工場のダスト類を見てみると、ばいじんではなく、鉱石の寄与が比較的大きいと判明した。浮遊粉じんの粒径分布の調査結果は、粗大粒子が圧倒的であるというもので、鉱石によって汚染された土壌の舞い上がりや鉱石粉じんの寄与が大きいと推測される。

#### Abstract

## Water soluble heavy metal depositions in Hachinohe-city: from analytical method to application of CMB apportionment

Ryuji Hanaishi, Teruo Saito, Shunji Sakazaki, Susumu Hayakari and Masayoshi Sekino

Water soluble heavy metal depositions around a smelting factory district in Hachinohe-city were measured. The authors discovered that an ordinary wet decomposition method utilizing hydrochloric acid and hydrogen peroxide is applicable to analysis of water soluble heavy metals. Significant amounts of heavy metal depositions were observed to be water soluble metals and perfect understand of metal deposition cannot be obtained without measurement of soluble metals. Water soluble heavy metals were thought to come from metals lying in less oxidation states and/or metal sulfides by an action of copper sulfate that is added into deposit gauges as an anti-algae reagent. A CMB method was applied to estimate the sources in the depositions, and ore powders of a non-iron smelting factory turned out to contribute to the depositions from spring to fall. Mechanically produced dusts from ores seemed to contribute significantly. A result of investigation of diameter distribution of SPM around the smelting factory supported this CMB estimate.

Key words: dust fall, water soluble heavy metal deposition, CMB, Andersen air sampler

以上の知見は、溶解性重金属降下量の把握を第1段階として得られたものである。八戸市内の工場周辺地域での重金属汚染の把握には、降下ばいじん中の溶解性重金属の測定が不可欠であることが結論された。

#### 文 献

- 1) 細川 可興他：八戸地区における降下ばいじんの解析，青森県公害センター所報，1，33-45，1975.
- 2) 細川 可興他：八戸地域における降下ばいじん中の重金属，青森県公害センター所報，2，75-83，1976.
- 3) 石塚 伸一他：降下ばいじん調査（その1）溶解性成分に関する考察，青森県公害センター所報，4，44-49，1979.
- 4) 今 武純他：八戸市内の降下ばいじんについて一年間降下量の経年変化一，青森県公害センター所報，8，83-88，1987.
- 5) 工藤 隆治他：八戸市内の降下ばいじん（2）—不溶解性重金属について—，青森県環境保健センター研究報告，2，105-110，1991.
- 6) 日本化学会：化学便覧基礎編，改訂2版，789，丸善，東京，1975.
- 7) CMB8Jおよびクラスター分析ソフト，AndersenAnalyzerの公開ウェブサイト：  
<http://www.jomon.ne.jp/~hayakari/index.html>
- 8) Watson J. G.：The effective variance weighting for least square calculations applied to the mass balance receptor model，*Atmospheric Environment*，18，1347-1355，1984.
- 9) 花石 竜治他：金属製錬工場周辺地域の粉じん苦情処理におけるCMB法の適用事例，青森県環境保健センター研究報告，10，45-48，1999.