

松葉を生物指標とした大気中金属類濃度把握の可能性 2006～2007年度調査の成果

池田こみち（環境総合研究所）、鷹取敦（環境総合研究所）、
青山貞一（武蔵工業大学環境情報学部）

注）本報告は、2008年12月13日開催の環境ホルモン学会第11回研究発表会において報告したものである。

1. 調査の目的

EU では廃棄物焼却炉の排ガスに含まれる金属類の規制が既に行われているが、日本では未だにその兆しすらない。焼却炉が高度化し高温焼却・高温熔融され、なおかつ、廃プラスチックのいわゆる「サーマルリサイクル」（廃棄物の焼却・発電）が本格化すれば、プラスチックに含まれる各種添加剤（可塑剤、難燃剤、発色剤等）に含まれる金属類が気化して大気中に排出される可能性が危惧される。多くの金属類は高濃度に体内に摂取された場合、発がん性などの毒性を有していることから、排ガス中の濃度について適切な監視と管理が求められている。

本調査は、身近な松葉を生物指標とした金属類濃度調査である。松葉の採取を通じて、環境中の重金属類と焼却炉の問題について市民が自ら考え、政策提言していくための基礎となることを目的としている。

2. 調査の概要

2-1 測定対象地域

マツの針葉を生物指標とした金属元素濃度の測定活動は 2005 年度から一部地域でスタートした。分析方法の改善を行い 2006 年度から 12 項目による本格的な調査となった。2006 年、2007 年の 2 年間に参加した地域は以下の通りである。

このうち埼玉県寄居町の産業廃棄物総合処理施設「彩の国資源循環工場」周辺の調査は、既に報告した。今回は主に 2 年継続して調査を行った地域の測定結果の特徴を示し、松葉による環境監視の可能性について報告することとする。

①東京都大田区京浜島・大田第二清掃工場（プラスチック専焼工場）近傍（クロマツ）

京浜島には区内から移転した工場が多数操業している。大田第二清掃工場は、羽田飛行場が近いいため、航空法の空域制限により煙突高が低く抑えられ、周辺への影響が危惧されている。

②埼玉県寄居町・小川町「彩の国資源循環工

場」（産業廃棄物処理団地）敷地内・敷地外（アカマツ）

彩の国資源循環工場は、民間リサイクル施設（借地事業者）、PFI サーマルリサイクル施設（PFI 事業者）、県営最終処分場（環境整備センター）、県と民間の研究施設で構成する総合的な「資源循環モデル施設」とされているが、既に水銀汚染も発覚するなどほころびが出始めている。

③埼玉県川口市南東部（南平地区：流動床式ガス化熔融炉、朝日清掃センター周辺）（クロマツ）

川口市内では、市民と市役所の協力により、市域を 4 区域に分け、継続的なダイオキシン類調査が行われた。その結果、南東部（南平地区）が常に最も高い濃度を示し、ガス化熔融炉の影響が危惧されてきた。また、市内には小型焼却炉が依然として多く稼働している。

④静岡県島田市伊太地区（アカマツ）

新たに建設されたガス化熔融炉の近傍（田代）と尾根を超えて 1km ほど離れた対照地（八倉）において、稼働前と稼働後のダイオキシン調査を実施しており、2007 年度から金属類の調査をスタートさせた。

⑤愛知県春日井市・高蔵寺中学校周辺地域（クロマツ）

高蔵寺中学校の科学部が中心となり、早くからクロマツによるダイオキシン調査を行ってきた市民グループが協力し、科学教育と環境教育を兼ねた調査を行っている。2007 年度は金属類の調査に初めて取り組んだ。住宅地域の調査として貴重なデータとなっている。

⑥大分県大分市（アカマツ）

大分市は 2006 年度から分別方法を見直し、廃プラ焼却を開始した。そのため佐野・福宗両清掃センターとも 2006 年度と 2007 年度の金属濃度、ダイオキシン類濃度の変化が注目された。

⑦福岡県古賀市・古賀清掃工場（ガス化熔融炉）周辺地域（クロマツ）

継続的なダイオキシン類調査とともに、金属類、

PAH 類（多環芳香族炭化水素類）、PBDE 類（ポリ臭素化ジフェニルエーテル類）の調査も行い、総合的な監視活動を続けている。

⑧北海道室蘭市・白鳥台地区（ガス化溶融炉メルトタワー風下地区）（クロマツ）

継続的にダイオキシン調査を実施している地域。初年度以降、ダイオキシンは安定化している。（環境総合研究所自主調査）

⑨三重県 伊賀市桐ヶ丘地区（ガス化溶融炉建設予定地近傍住宅地）（クロマツ）

稼働前調査として実施。現状は周辺に発生源は存在していない。（環境総合研究所自主調査）

2-2 測定項目

EUにおける規制項目 12 元素：ヒ素（As）、カドミウム（Cd）、鉛（Pb）、タリウム(Tl)、水銀（Hg）、アンチモン(Sb)、クロム(Cr)、コバルト(Co)、銅(Cu)、マンガン(Mn)、ニッケル(Ni)、バナジウム(=ヴァナジウム) (V)

2-3 分析機関

Maxxam Analytics Inc. (Mississauga Lab. オンタリオ、カナダ)

2-4 分析方法

①水銀：CVAA 分析（原子吸光法：Cold Vapor Atomic Absorption）米国環境保護庁 EPA 7470 (modified) に準拠した含有濃度分析

②その他の金属類：ICP-MS 分析

（誘導結合プラズマ質量分析法 Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry）米国環境保護庁 EPA-SW846,6020 に準拠した含有濃度分析

3. 測定結果

2006 年度及び 2007 年度の各地域の分析結果について特徴を概説する。数値は別表に示す。

3-1 東京都 23 区南部地域（大田区京浜島は 2006 年、江東区は 2007 年）

東京 23 区南部地域では、廃プラスチックを専ら焼却している京浜島の大田第二清掃工場と江東区内について比較を行った。

測定した 12 項目の内、6 項目で大田区京浜島のマツに含まれる金属濃度が特に高い傾向となった。特にプラスチック製品の難燃剤として多く用いられているアンチモンに着目すると京浜島では、江東区内の 5～6 倍の濃度が検出されている。

他の地域と比較して（図 3-2）、大田第二清掃工場周辺のアンチモン濃度は突出して高い。ア

ンチモンは土壤中のクラーク数^{*1}が 0.5ppm 程度と低いことから、大田第二清掃工場周辺の松葉が吸収している大気中の濃度は人為的な影響を受けていると考えるのが妥当であろう。クロムも同様の傾向を示した。アンチモンについてみると、大田に次いで江東区内が高くその他の地域はさらに、1/3～1/8 と低い点が注目される。

*1:クラーク数：地球上の地表付近に存在する元素の割合を重量パーセントで表したもの（文中では ppm に換算した値を示した）

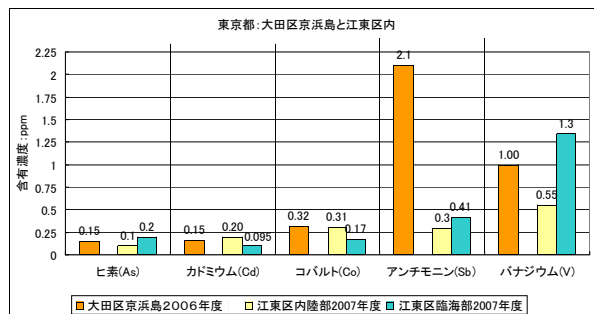


図3-1 大田区・江東区 (As,Cd,Co,Sb,V)

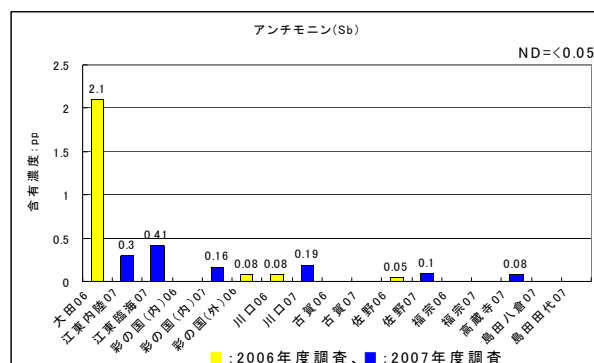


図3-2 アンチモン濃度の地域比較

3-2 埼玉県川口市南東部：南平地区（朝日環境センター周辺地域）

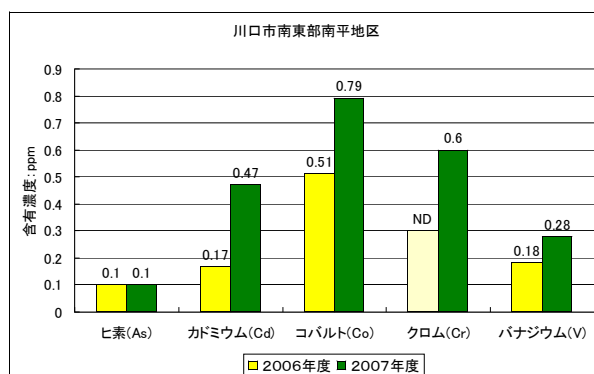


図3-3 川口市 (As,Cd,Co,Cr,V)

川口市南平地区は市の南東部に位置し、流動床式ガス化溶融炉の朝日清掃センターが立地している。2006年度と比較すると 12 項目中 10 項目について、2007 年度が高い濃度となった。他地域と

比較してカドミウムの濃度が高いことも特徴である(図3-4)。

川口市南平地区では松葉中ダイオキシン類濃度も継続的に調査を行っている。それによると、2006年度はPCDD/PCDFの濃度が1.3pg-TEQ/gであったものが、2007年度には5.8pg-TEQ/gと大幅に上昇し、朝日清掃センターの稼働状況や受け入れごみ質などが変化した可能性を窺わせた。

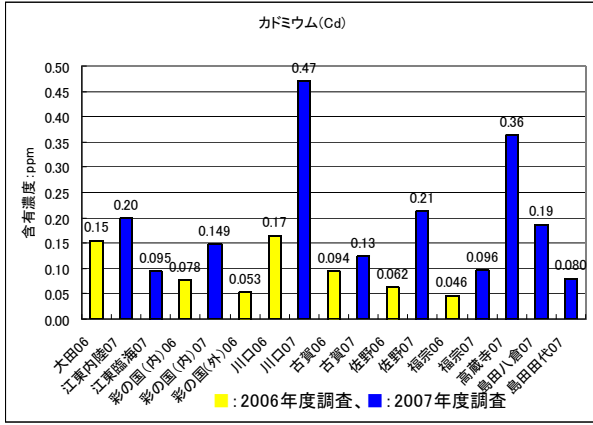


図3-4 カドミウム濃度の地域比較

3-3 愛知県春日井市高蔵寺中学校周辺と静岡県島田市ガス化溶融炉周辺地域

春日井市高蔵寺中学校周辺は住宅地であり、特筆すべき発生源は存在しない。一方、島田市のガス化溶融炉は稼働から1年半近くが経過し、近傍と尾根を超えて1km離れた地点とでどのような違いができるか関心が集まっている。立地場所は自然の多い山間地であるため、周辺にその他の発生源は存在しない。春日井市はクロマツ、島田市はアカマツを採取した。

島田市の結果を見ると、コバルトは溶融炉近傍が高いが鉛は1km付近が高いという結果となり、地形による影響も考慮する必要がありそうだ。

銅とニッケルについては、高蔵寺中学校周辺の住宅地が島田市の八倉地区(1km付近)と同レベルの値を示したがクロマツとアカマツの差も考えられる。ニッケルは近傍の田代地区が低かった。

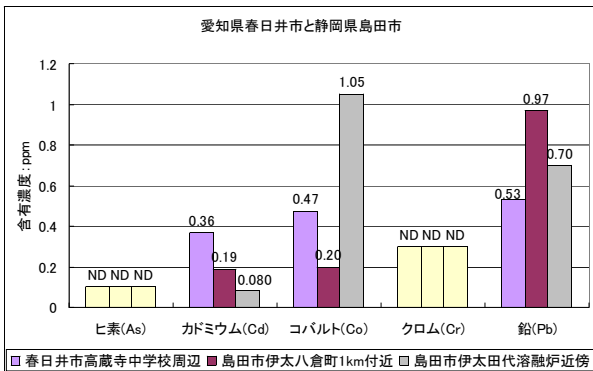


図3-5 春日井市・島田市 (As,Cd,Co,Cr,Pb)

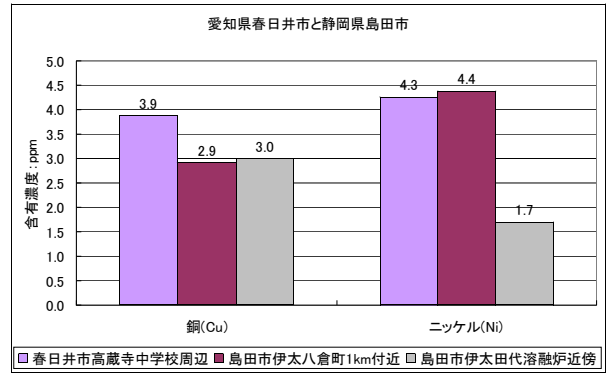


図3-6 春日井市・島田市 (Cu,Ni)

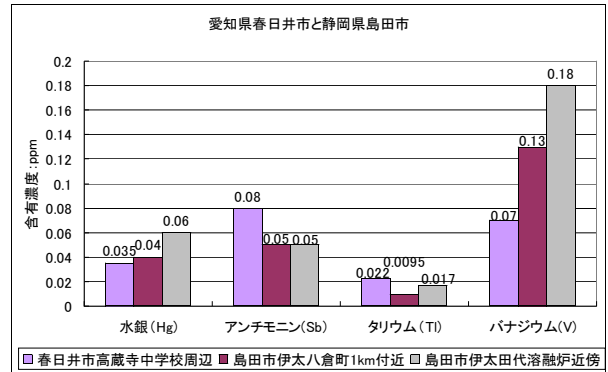


図3-7 春日井市・島田市 (Hg,Sb,Tl,V)

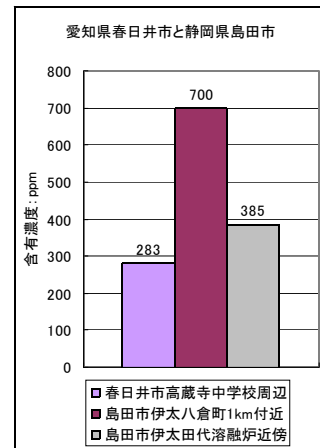


図3-8 春日井市・島田市 (Mn)

その他の項目では、水銀、タリウム、バナジウムについて、田代地区(近傍)が高めであったが、マンガンは八倉(1km付近)が高くなっており、溶融炉が山陰に立地しているため、汚染物質の最大着地点も平地の場合とは異なっていることが考えられる。

春日井市の高蔵寺中学校周辺は総じて低めではあるが、アンチモン、タリウムなどでは島田市の値より高くなっている。住宅地での金属の発生源について今後調査が必要となる。

3-4 大分県 大分市内清掃工場周辺地域(1km範囲アカマツ)

この地域では、大分市内の東西の清掃工場周辺

を継続的に調査している。

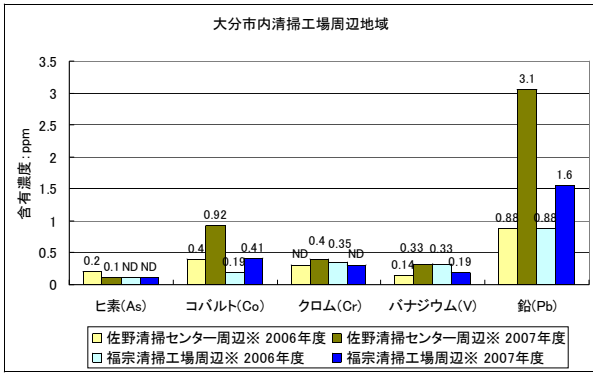


図3-9 大分市 (As,Co,Cr,V,Pb)

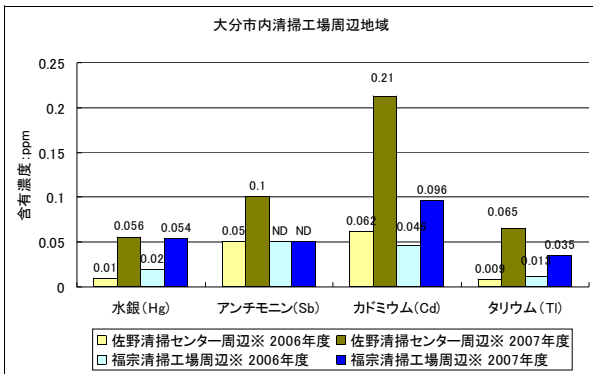


図3-10 大分市 (Hg,Sb,Cd,Tl)

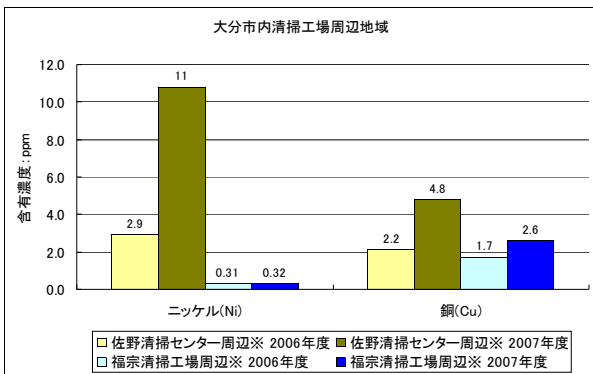


図3-11 大分市 (Ni,Cu)

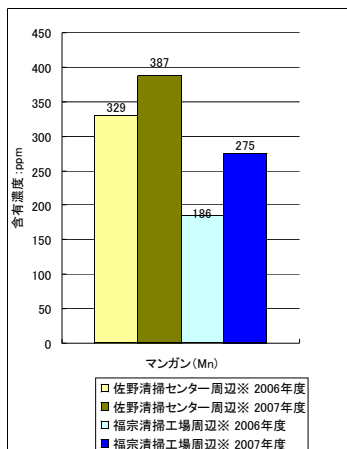


図3-12 大分市 (Mn)

2006年度から2007年度にかけての変化は、佐

野・福宗の両清掃センターとも廃プラ焼却を始めたことである。各グラフからも明らかなように、いずれの項目も、2007年度が高くなっている点に注目する必要がある。福宗と佐野を比較すると、総じて佐野の上昇率が大きい。

大分市の二カ所の焼却工場はいずれも山間部にあり、周辺に住宅などは立地していないものの、廃プラ焼却を開始して濃度が悪化したという事実は、都市部の焼却炉にとっても参考となる。佐野清掃センター近傍は廃プラ焼却によると思われる特有の臭気が感じられた。

3-5 福岡県 古賀市古賀清掃工場(ガス化炉)周辺地域(1km以内)

多くの項目で2007年度の濃度が上昇している。ごみの組成、操業状態等に変化がなかったか等も把握する必要がある。

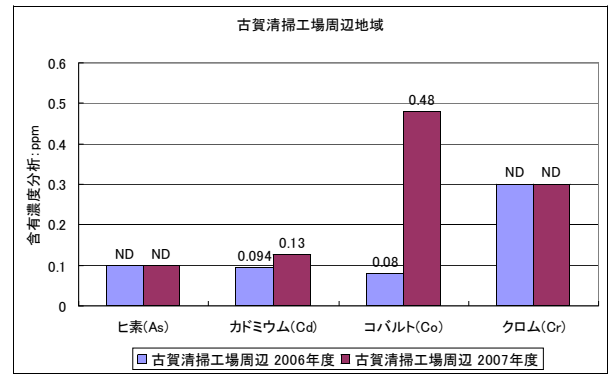


図3-13 古賀市 (As,Cd,Co,Cr)

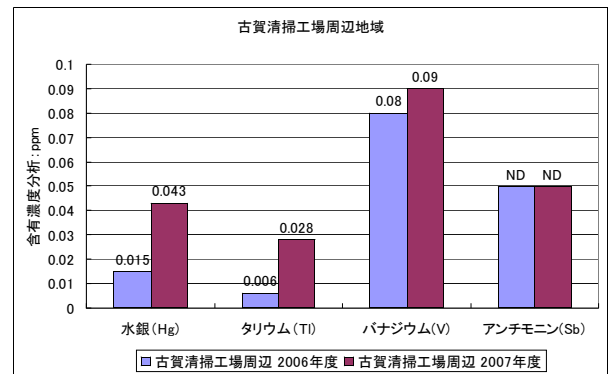


図3-14 古賀市 (Hg,Tl,V,Sb)

古賀清掃工場周辺の市民グループは継続的に監視活動を行っており、ダイオキシン類は比較的濃度が安定しているが、金属類をはじめ、その他の項目についての貴重なデータが蓄積され、今後が注目される。

各地域の測定結果と比較すると、古賀清掃工場周辺と島田市のガス化溶融炉から1km付近の八倉地区、埼玉県の寄居町彩の国資源循環工場敷地内2007年度の3地域において、マンガンの濃度が極めて高く、今後、研究が必要である。

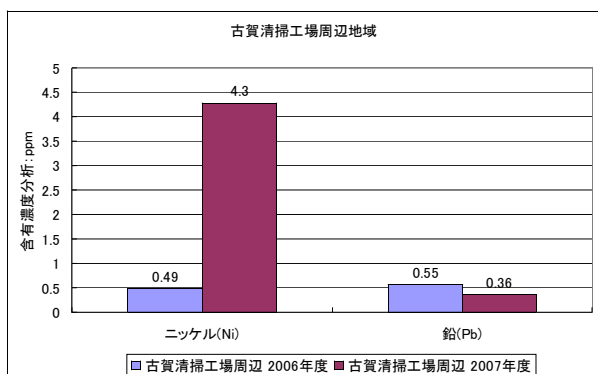


図3-15 古賀市 (Ni,Pb)

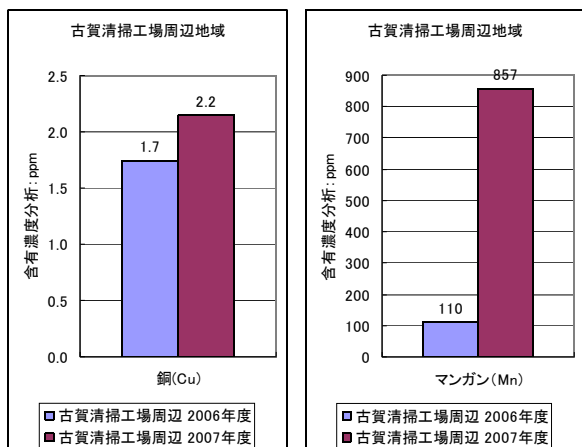


図3-16 古賀市 (Cu,Mn)

4. 評価について

EU でこれら 12 項目の金属類の排ガス中濃度が規制されている背景として、金属類には発がん性など毒性の強いものが多く、ダイオキシン類等の有機汚染物質等との複合的な汚染が健康への影響をもたらす可能性がある。表 4-1 は対象金属類の有害性をまとめたものである。

松葉には、ガス状（気相化した金属類）物質が気孔から吸収されることから、特に廃棄物を高温処理するガス化炉周辺で心配される気化した金属類の汚染も把握できる。評価については、大気中の金属濃度と松葉に吸収蓄積された濃度の関係が未だ明らかになっていないため、今回の調査のみでリスク等について言及することは困難ではあるが、他地域との比較や経年変化から課題を明らかにすることは可能である。また、行政が測定している大気中（粒子状物質中）の金属濃度についてもその推移を把握していくこととしたい。

なお、摂南大学の宮田教授から「土壌中の金属濃度との相関をみることも重要な視点」との助言を得た。土壌中金属類の土壌の背景濃度として土

壤元素組成を表 4-2 に示す。これは特段の汚染が認められない場合である。松葉も同様に非汚染地域のデータを収集し検討する必要がある。

表4-1 金属元素の生体に対する有害性

元素記号	元素名	元素の生体に対する有害性 (該当する項目に○を表示)			
		非特異的 催腫瘍性	発癌性	発癌性の 疑い	その他 刺激性
Cd	カドミウム		○		
Hg	水銀	○			
Tl	タリウム				○
Pb	鉛		○		
Sb	アンチモン			○	
Ni	ニッケル	○			
As	ヒ素			○	
		催奇形性	催奇形性の疑い	アルギン性	
Cd	カドミウム	○			
V	バナジウム				○
Cr	クロム				○
Mn	マンガン		○		
Hg	水銀	○			○
Tl	タリウム		○		
Pb	鉛	○			
Sb	アンチモン				○
Co	コバルト				○
Ni	ニッケル				○
Cu	銅				○
As	ヒ素	○			○

出典：中央環境審議会資料より抜粋

表4-2 土の元素濃度（単位：ppm）

項目	土の元素組成	項目	土の元素組成
アンチモン	1	鉛	12
ヒ素	6	マンガン	1000
カドミウム	0.35	ニッケル	50
クロム	70	タリウム	0.2
コバルト	8	ヴァナジウム	90
銅	30	水銀	0.06

出典：H.J.M.Bowen, Environmental Chemistry of the Elements, Academic Press, London (1979), p.333

季刊化学総説 No.4,1989、土の化学、日本化学会編、学会出版センターより抜粋

土の元素組成みると、マンガンの濃度が高いことから、松葉にもマンガンが一定量高い割合で含まれることが想定できるが、松葉は気化したガス状金属類を多く吸収している可能性もあることから、両者の関係について今後も研究する必要がある。松葉を生物指標とした金属類の分析については、今後も他の専門家、研究者の協力も得ながら、データの蓄積を行い調査を進めていく予定である。

5. 参考文献

- 1) 国立環境研究所 F-58-93/NIES、陸上植物葉の元素濃度—中性子放射化分析データ集(I)—高田実弥、高松武次郎、佐竹研一、佐瀬裕之編著 平成 6 年 2 月 1 日発行
- 2) データで示す日本土壌の有害金属汚染、浅見輝男、アグネ技術センター発行、2001.3.16

別表：2006年度～2007年度 松葉に含まれる金属元素濃度分析結果

測定地域 ・年度		単位	東京都			埼玉県					静岡県	
			大田区	江東区		寄居町・小川町			川口市		島田市	
分析項目			京浜島	内陸部	臨海部	資源循環工場			南平地区		伊太八倉	伊太田代
			大田第二 清掃工場近傍			敷地内		敷地外	ガス化溶融炉 周辺		ガス化溶融炉	
			2006年度	2007年度	2006年度	2007年度	2006年度	2006年度	2007年度	1km後背地	近傍	
			クロマツ			アカマツ			クロマツ		アカマツ	
ヒ素	As	mg/kg	0.15	0.1	0.2	ND(<0.1)	0.2	ND(<0.1)	0.1	0.1	ND(<0.1)	ND(<0.1)
カドミウム	Cd	mg/kg	0.15	0.20	0.095	0.078	0.149	0.053	0.17	0.47	0.19	0.080
コバルト	Co	mg/kg	0.32	0.31	0.17	0.18	0.65	0.21	0.51	0.79	0.20	1.05
クロム	Cr	mg/kg	4.0	0.5	0.9	ND(<0.3)	0.7	ND(<0.3)	ND(<0.3)	0.6	ND(<0.3)	ND(<0.3)
銅	Cu	mg/kg	8.6	4.3	5.2	1.7	5.15	2.5	18	8.5	2.9	3.0
水銀	Hg	μ g/g	0.04	0.03	0.04	0.023	0.059	0.022	0.02	0.028	0.04	0.06
マンガン	Mn	mg/kg	61	74	31	212	828	185	74	101	700	385
ニッケル	Ni	mg/kg	7.7	0.015	0.99	0.72	1.03	2.2	1.2	3	4.4	1.7
鉛	Pb	mg/kg	4.7	1.2	2.2	0.54	1.83	0.50	5.8	2.9	0.97	0.70
アンチモン	Sb	mg/kg	2.1	0.3	0.41	ND(<0.05)	0.16	0.08	0.08	0.19	ND(<0.05)	ND(<0.05)
タリウム	Tl	mg/kg	0.013	0.017	0.02	0.0085	0.017	0.009	0.01	0.018	0.0095	0.017
バナジウム	V	mg/kg	1.00	0.55	1.3	0.095	0.37	0.17	0.18	0.28	0.13	0.18

測定地域 ・年度		単位	愛知県	大分県			福岡県		北海道	三重県		
			春日井市	大分市			古賀市		室蘭市	伊賀市		
分析項目			高蔵寺中学校 周辺	佐野清掃センター 周辺		福宗清掃工場 周辺		古賀清掃工場 周辺		白鳥台	桐ヶ丘地区	
			2007年度	2006年度	2007年度	2006年度	2007年度	2006年度	2007年度	2007年度	2007年度	
			クロマツ			アカマツ			クロマツ		クロマツ	
			ヒ素	As	mg/kg	ND(<0.1)	0.2	0.1	ND(<0.1)	ND(<0.1)	ND(<0.1)	ND(<0.1)
カドミウム	Cd	mg/kg	0.36	0.062	0.21	0.046	0.096	0.094	0.13	0.13	0.17	
コバルト	Co	mg/kg	0.47	0.4	0.92	0.19	0.41	0.08	0.48	0.08	0.24	
クロム	Cr	mg/kg	ND(<0.3)	ND(<0.3)	0.4	0.35	ND(<0.3)	ND(<0.3)	ND(<0.3)	0.3	ND(<0.3)	
銅	Cu	mg/kg	3.9	2.2	4.8	1.7	2.6	1.7	2.2	3.1	3.8	
水銀	Hg	μ g/g	0.035	0.01	0.056	0.02	0.054	0.015	0.043	0.02	0.04	
マンガン	Mn	mg/kg	283	329	387	186	275	110	857	274	594	
ニッケル	Ni	mg/kg	4.3	2.9	11	0.31	0.32	0.49	4.3	0.3	0.74	
鉛	Pb	mg/kg	0.53	0.88	3.1	0.88	1.6	0.55	0.36	1.2	1.1	
アンチモン	Sb	mg/kg	0.08	0.05	0.1	ND(<0.05)	ND(<0.05)	ND(<0.05)	ND(<0.05)	ND(<0.05)	ND(<0.05)	
タリウム	Tl	mg/kg	0.022	0.009	0.065	0.013	0.035	0.006	0.028	0.068	0.032	
バナジウム	V	mg/kg	0.07	0.14	0.33	0.33	0.19	0.08	0.09	0.30	0.17	

注)ND(定量下限値未満)には()内に定量下限値を示した。