

## 2007年度 アカマツの針葉に含まれる 金属類12項目の含有濃度測定分析調査結果報告書

市民参加による松葉ダイオキシン調査実行委員会事務局  
株式会社 環境総合研究所  
〒 142-0064 品川区旗の台 6-1-4-201  
Tel 03-5942-6832, Fax 03-5751-7464

### 1. 調査の目的

本調査は、ダイオキシン類調査と同様に、彩の国資源循環工場が周辺環境にもたらす影響を調べるものである。特にガス化溶融炉、灰溶融炉等の高温処理が行われる施設では、ダイオキシン類の濃度は多少改善されたとしても、重金属類が気化して大気中に拡散することが危惧されている。そのため、施設建設前に周辺のアカマツに含まれる重金属類の測定を行い、施設稼働後の測定結果と比較検討を行うことにより、その影響を把握しようとするものである。2004年度から松葉中の金属類3項目（ヒ素・カドミウム・鉛）の測定を開始したが、2006年度からはその3項目に新たに9項目を追加し、12項目の調査を行っている。

### 2. 調査の概要

(1) 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) 分析方法

水銀：CVAA分析(原子吸光法: Cold Vapor Atomic Absorption) 米国環境保護庁 EPA 7471A  
(modified)に準拠した含有濃度分析  
Maxxam社が独自に開発した分析プロトコル(CAM SOP-0447)に基づいた分析  
その他の項目：ICP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  
Maxxam社が独自に開発した分析プロトコル(CAM SOP-00447)に基づいた分析

(3) 分析機関 Maxxam Analytics Inc. (オンタリオ州、カナダ)

### 3. 分析結果

表3-1に2004年度～2007年度における敷地内と敷地外のアカマツに含まれる金属類の濃度を示した。ラボによる重複分析が行われている場合、本報告書では濃度が高かったデータを採用している。

#### <ヒ素・カドミウム・鉛について>

2007年度は、ヒ素は0.20  $\mu$ g/g、カドミウムは0.149  $\mu$ g/g、鉛は1.83  $\mu$ g/g 検出された。

2004年度調査からの経年変化を考慮するにあたり、注意すべきことは、各年度の定量下限値が異なることである。2005年度と比較して2006年度の結果はカドミウムや鉛(敷地内)が一見新たに検出されたように見えるが、分析方法と定量下限値の設定が異なるため、必ずしも断定できない。2006年度の調査では分析の精度が上がったため(定量下限値が下がったため)に検出された、という見方も出来るからである。2006年度ではカドミウムが敷地内で0.094  $\mu$ g/g、敷地外で0.061  $\mu$ g/g 検出されているが、2005年度のカドミウムも0.3  $\mu$ g/g(定量下限値)未満であることが判明しただけで、今年度と同じ分析精度(定量下限値)であったならば検出されていた可能性もあるわけである。「ND」と表記されている2004年度敷地内のカドミウムと2005年度鉛についても同様である。ただし、2006年度調査と2007年度調査においては定量下限値が同程度であるため、単純に数値の比較を行うことが出来る。

表 3 - 1 2004～2007年度分析結果(単位：μg/g)

測定対象エリア 年度 分析項目 分析方法	清掃工場敷地内				清掃工場敷地外		
	2004	2005	2006	2007	2004	2005	2006
	ICP-AES	ICP-AES	ICP-MS	ICP-MS	ICP-AES	ICP-AES	ICP-MS
酸抽出ヒ素 (As)	ND (<4.0)				ND (<4.0)		
酸抽出カドミウム (Cd)	ND (<0.30)				0.40		
酸抽出鉛 (Pb)	9.6				5.6		
総 ヒ素 (As)		ND (<1.0)				ND (<1.0)	
総 カドミウム (Cd)		ND (<0.30)				ND (<0.30)	
総 鉛 (Pb)		ND (<1.0)				1.0	
ヒ素 (As)			ND (<0.1)	0.20			ND (<0.1)
カドミウム (Cd)			0.094	0.149			0.061
鉛 (Pb)			0.56	1.83			0.52
アンチモン (Sb)			ND(<0.05)	0.16			0.08
クロム (Cr)			ND(<0.3)	0.7			ND(<0.3)
コバルト (Co)			0.18	0.65			0.21
銅 (Cu)			1.72	5.15			2.49
マンガン (Mn)			232	828			185
水銀 (Hg)			0.023	0.06			0.022
ニッケル (Ni)			0.75	1.03			2.15
タリウム (Tl)			0.009	0.017			0.009
バナジウム (V)			0.10	0.37			0.17

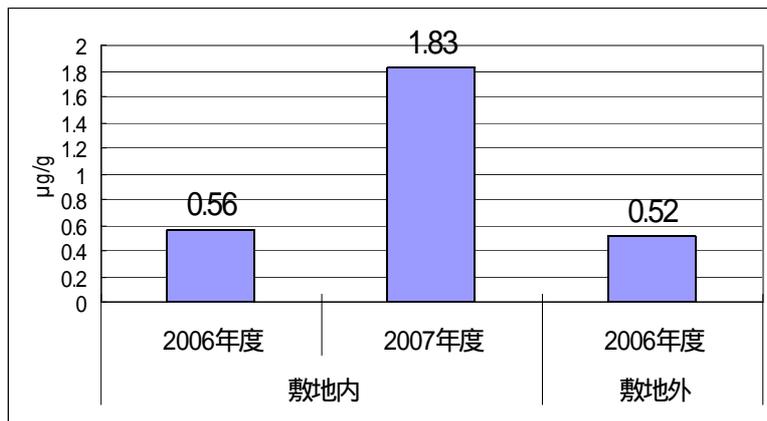
注 1) ND：不検出（定量下限値未満）

注 2) ICP-AES (ICP 発光分光分析)：EPA Method 6010 準拠

ICP-MS (ICP 質量分析)：EPA Method 6020 準拠

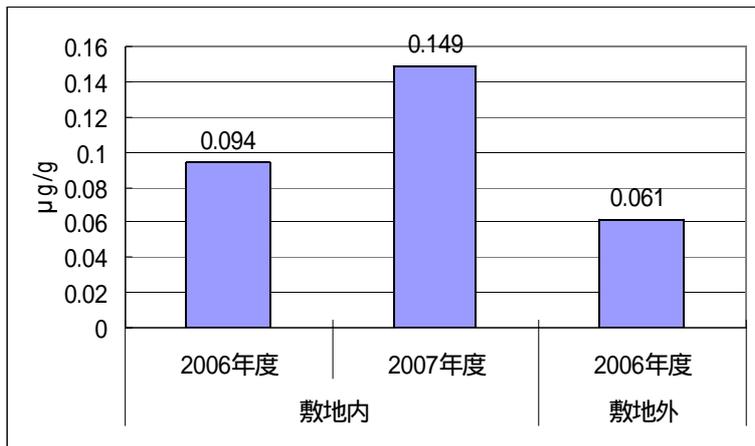
とりわけ 2006 年度と 2007 年度の敷地内の結果を比較すると、全 12 項目について濃度が高くなっている。経年で実施してきた 3 項目についてみると、ヒ素は 0.1 μg/g（定量下限値）未満であったものが 0.20 μg/g になったことで 2 倍以上、カドミウムは約 1.6 倍、鉛は約 3.3 倍濃度が高くなった。

鉛とカドミウムの経年変化についてはそれぞれ図 3 - 1、図 3 - 2 に示す。参考のため敷地外の調査結果も示している。なお、定量下限値未満となった年度は図中では割愛している。



EPA-6020 に準拠して ICP-MS により分析を行った 2006 年度と 2007 年度を比較すると、敷地内のこの 1 年で 3 倍強にまで高くなっていることがわかる。

図 3 - 1 敷地内外の鉛 (Pb) 濃度の経年変化

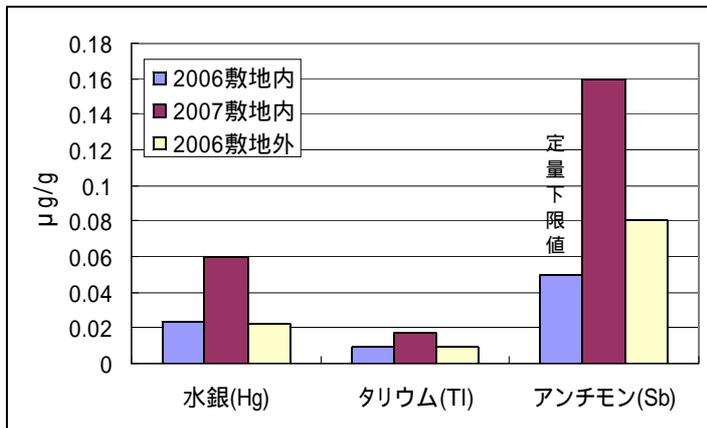


同様に、2006年度と2007年度のカドミウムについて比較すると、敷地内では、2007年度は2006年度と比べて約1.6倍濃度が高くなった。鉛同様の傾向が見られることから、敷地内の発生源の状況に変化があったことが窺える。

図3 - 2 敷地内外のカドミウム (Cd) 濃度の経年変化

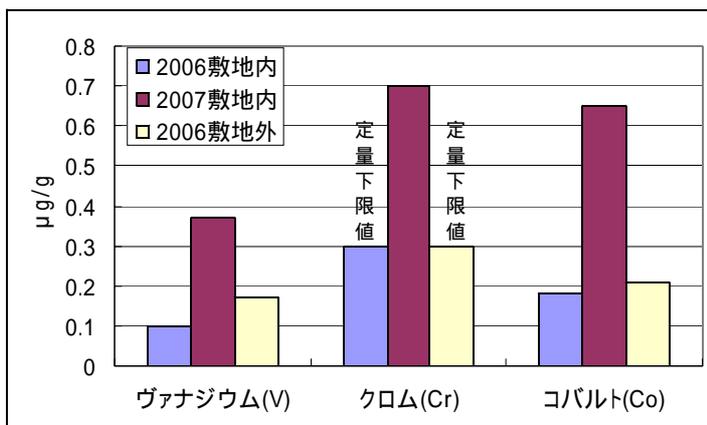
< その他の項目について >

2006年度から調査に加わった9項目について、項目別にグラフに示す。9項目全てにおいて、2006年度よりも濃度は増加した。なお、定量下限値未満だったものは、定量下限値の数値でグラフ上に表している。参考までに敷地外での2006年度調査結果もグラフ上に示す。



敷地内では、2006年度に比べて水銀は約2.6倍、タリウムは約1.9倍濃度が高くなった。アンチモンについては2006年度敷地内調査では定量下限値未満であったが、今年度は検出されている。2006年度調査が定量下限値である0.05 μg/gであったと仮定しても3.2倍も濃度は高くなった。

図3 - 3 アンチモン・水銀・タリウムの敷地内外濃度の比較



敷地内では、2006年度に比べてヴァナジウムは3.7倍、コバルトは約3.6倍濃度が高くなった。クロムについては2006年度敷地内外調査では定量下限値未満であったが、今年度は検出されている。2006年度調査が定量下限値である0.30 μg/gであったと仮定しても約2.3倍も濃度は高くなった。

図3 - 4 ヴァナジウム・クロム・コバルトの敷地内外濃度の比較

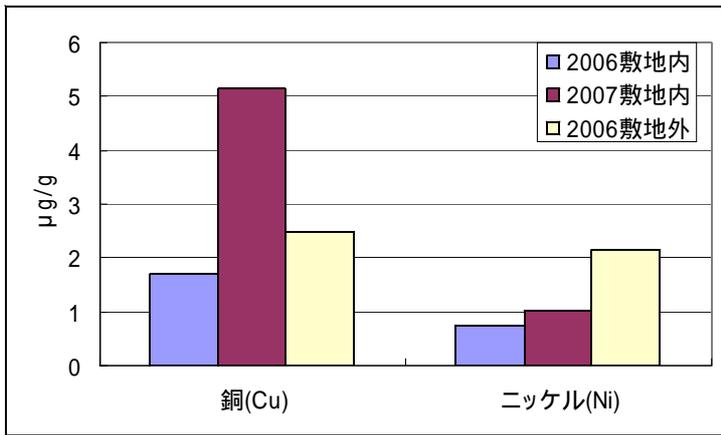


図3 - 5 銅・ニッケルの敷地内外の濃度比較

敷地内では、2006 年度に比べて銅は約 3 倍、ニッケルは約 1.4 倍濃度が高くなった。ニッケルにおいては、今年度調査よりも 2006 年度敷地外調査のほうが濃度が高かった。

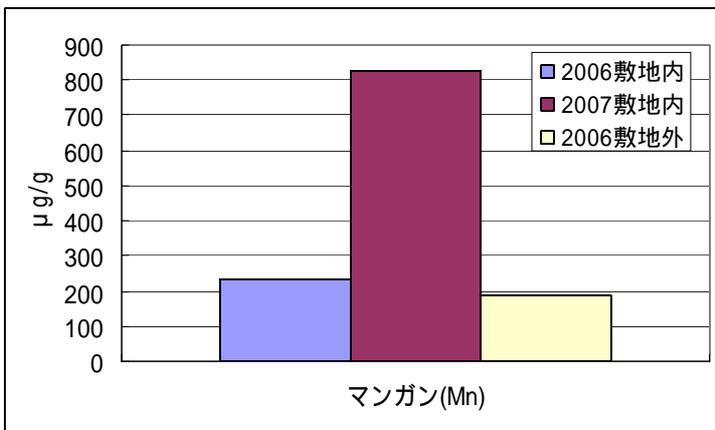


図3 - 6 マンガンの敷地内外の濃度比較

敷地内では、2006 年度に比べてマンガンは約 3.6 倍濃度が高くなった。

#### 4. 評価について

松葉に含まれる金属類についての既存データがほとんど無いため、金属類の調査は、経年変化で評価する以外にはないのが現状である。重金属類 12 項目の調査が 2 年目となり、初めて全項目の経年変化が出来るようになった。

カドミウム、鉛については 2006 年度の調査までは改善されてきていたが、今年度では全項目で前年度よりも濃度が増加した。別報告書でも述べるとおり、ダイオキシン類濃度も急激に増加したことと関連が見られる。この重金属濃度の増減は、時期的に、施設建設工事によって大気中に重金属類が発生し、工事終了で重金属類の発生が減じ、施設本格稼働により焼却の影響で再び重金属類が発生するという施設運営の流れと関連していることが推察される。

#### 5. 彩の国資源循環工場（発生源）について

彩の国資源循環工場では運営協定書に基づいて環境調査が行われている。その環境調査によって、雨水から環境基準を超える鉛が検出されたことがあった。防災調節池に流入する直前の雨水測定調査において、平成 18 年 8 月 9 日に 0.27mg/L（河川水質環境基準 0.01mg/L の 27 倍）、平成 18 年 9 月 4 日に 0.014mg/L（河川水質環境基準 0.01mg/L の 1.4 倍）の鉛が検出された。鉛の発生源はオリックス資源循環株式会社（以下「オリックス」とする）内であり、当該敷地内の雨水からは鉛 0.34mg/L（環境基準の 34 倍）、ホウ素 15mg/L（環境基準の 15 倍）が検出されている。原因はガス化溶融炉から出るスラグについて水砕水中の鉛が、（スラグヤードから）雨水排水溝へ流出したものであるという。環境基準を超える濃度の鉛が雨水から検出されたということは、相当な高濃度の鉛がスラグに含有されていることになる。大気に揮発してしまう重金属類も懸念されるが、このようにスラグの水砕水から金属類が溶出して河川・地下水・土壌を汚染するケースも実際起きていることが当該廃棄物処理施設の脆弱性をしめしている。環境調査（大気中の濃度測定等）が行われていない金属類についても懸念される。

施設内のサーマルリサイクル施設、オリックスと株式会社エコ計画（以下「エコ計画」とする）の

施設は自身の HP で排ガス中カドミウム及び鉛の濃度を公表している。オリックスの調査結果は表 5 - 1 に示した。なお、エコ計画については HP に自主測定データのデータが掲載されていない。

表 5 - 1 オリックスガス化溶融炉施設の環境調査結果

	カドミウム及びその化合物 濃度 (測定日)	鉛及びその化合物 濃度 (測定日)
ガス改質後の煙道	0.055mg/m <sup>3</sup> N (2007.5.18 測定) <0.005mg/m <sup>3</sup> N (2007.6.5 測定) <0.005mg/m <sup>3</sup> N (2007.7.3 測定)	1.3mg/m <sup>3</sup> N (2007.5.18 測定) 0.017mg/m <sup>3</sup> N (2007.6.5 測定) 0.089mg/m <sup>3</sup> N (2007.7.3 測定)
燃焼後の排出口(煙突 1 号)	<0.0004mg/m <sup>3</sup> N (2007.5.2 測定) <0.0005mg/m <sup>3</sup> N (2007.6.5 測定) <0.0005mg/m <sup>3</sup> N (2007.7.3 測定)	0.0008mg/m <sup>3</sup> N (2007.5.2 測定) 0.0027mg/m <sup>3</sup> N (2007.6.5 測定) 0.0009mg/m <sup>3</sup> N (2007.7.3 測定)
燃焼後の排出口(煙突 2 号)	<0.0006mg/m <sup>3</sup> N (2007.5.2 測定) <0.0004mg/m <sup>3</sup> N (2007.6.5 測定) <0.0004mg/m <sup>3</sup> N (2007.7.3 測定)	<0.002mg/m <sup>3</sup> N (2007.5.2 測定) 0.0029mg/m <sup>3</sup> N (2007.6.5 測定) <0.002mg/m <sup>3</sup> N (2007.7.3 測定)
通常運転時保証値	1.0mg/m <sup>3</sup> N	10mg/m <sup>3</sup> N

(出典：オリックスHP [http://www.orix.co.jp/resource/news\\_070823.pdf](http://www.orix.co.jp/resource/news_070823.pdf))

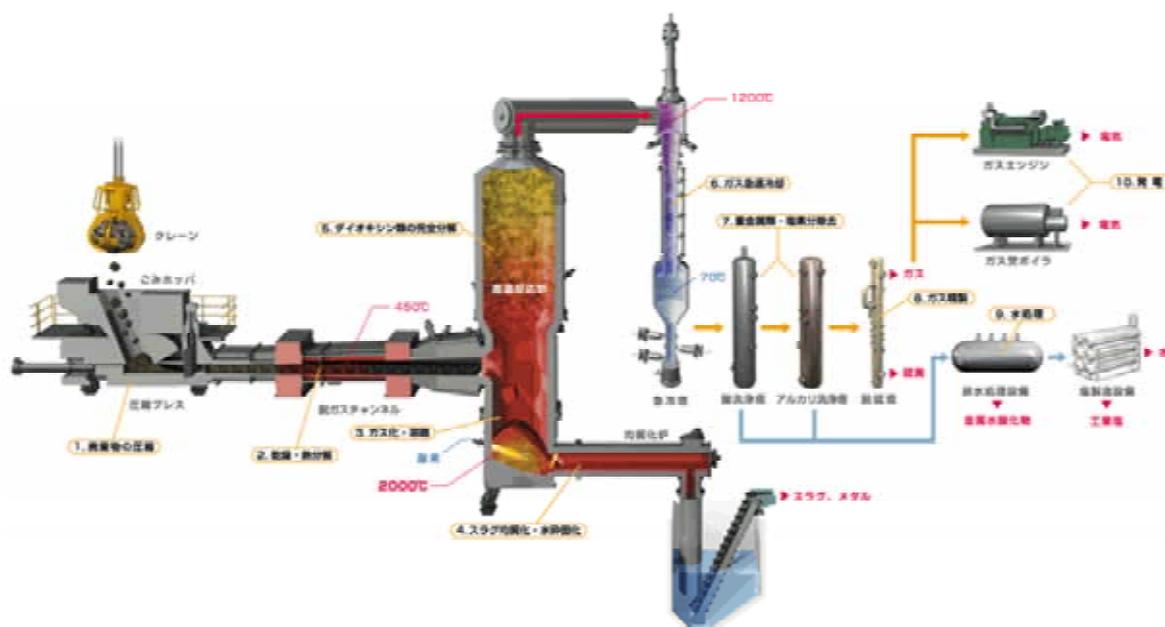


図 5 - 1 最新ガス化改質施設の概要

出典：オリックス資源循環株式会社ホームページ <http://www.orix.co.jp/resource/plant/index.htm>

表より、ガス改質後の煙道では、若干検出されている金属類が、燃焼後の排出口（煙突）においては、不検出（定量下限値未満）あるいは煙道よりも低い濃度になっていることが示されている。

エコ計画では平成 19 年 8 月 20 日の調査で、カドミウム及びその化合物 0.007mg/m<sup>3</sup>N 未満（通常運転時保証値 1.0mg/m<sup>3</sup>N）、鉛及びその化合物 0.07mg/m<sup>3</sup>N 未満（通常運転時保証値 10mg/m<sup>3</sup>N）であった。両施設とも通常運転時保証値よりも濃度は大幅に低く、カドミウム・鉛においてはこれらのデータは一見問題がない。しかし、年間を通じて大気中の重金属を蓄積する松葉中濃度が 2006 年度から 2007 年度にかけて測定した全項目において高くなっていることから、発生源からの影響は否めない。

今後も煙突から排出される重金属類及び、スラグから溶出する重金属類の環境汚染には注意を要する。施設の稼働状況を監視していくことが望まれる。

## 6. 全国データとの比較

2006 年度の松葉中重金属類調査（公表可能の地域のみ）との比較を行う。表 6 - 1 に調査結果一覧を示す。また、2006 年度調査との比較を行ったグラフを図 6 - 1 に示した。定量下限値未満のデータについては、定量下限値でグラフに示している。

2006 年度調査においては、大分県佐野清掃センター周辺（アカマツ調査）及び福宗清掃工場周辺（アカマツ調査）、福岡県古賀清掃工場周辺、埼玉県川口市南平地区にて重金属調査が行われた。カドミウム・鉛・銅においては、寄居町の清掃工場敷地内よりも川口市南平地区のほうが濃度高く、ニッケルにおいては佐野清掃センターのほうが濃度が高かった。しかしそれ以外の 8 項目においては寄居町の当該彩の国資源循環工場敷地内の濃度が 2006 年度調査地域中最も濃度が高かった。とりわけ、アンチモンは 2006 年度調査地域の 2 倍以上、水銀は 3 倍以上、クロムは 2 倍以上、マンガンは 2.5 倍以上の高い濃度となった。（2007 年度の全国調査はまだ終了していないため、比較は後日となります。）

表 6 - 1 2006年度の分析結果との比較（単位：μg/g）

調査年度	2006				
	彩の国敷地内(アカマツ)	大分県佐野清掃センター周辺(アカマツ)	大分県福宗清掃工場周辺(アカマツ)	福岡県古賀清掃工場周辺	埼玉県川口市南平地区
ヒ素 (As)	0.20	0.2	ND (<0.1)	ND (<0.1)	0.1
カドミウム (Cd)	0.149	0.062	0.046	0.094	0.177
鉛 (Pb)	1.83	0.88	0.875	0.55	6.6
アンチモン (Sb)	0.16	0.05	ND (<0.05)	ND (<0.05)	0.08
クロム (Cr)	0.7	ND (<0.3)	0.35	ND (<0.3)	ND (<0.3)
コバルト (Co)	0.65	0.4	0.185	0.08	0.52
銅 (Cu)	5.15	2.15	1.705	1.74	19.7
マンガン (Mn)	828	329	185.5	110	75.9
水銀 (Hg)	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02
ニッケル (Ni)	1.03	2.94	0.31	0.49	1.26
タリウム (Tl)	0.017	0.009	0.0125	0.006	0.011
バナジウム (V)	0.37	0.14	0.325	0.08	0.18

注) ND：不検出（定量下限値未満）

ラボによる重複分析が行われている場合は値が高い方のデータを採用した。

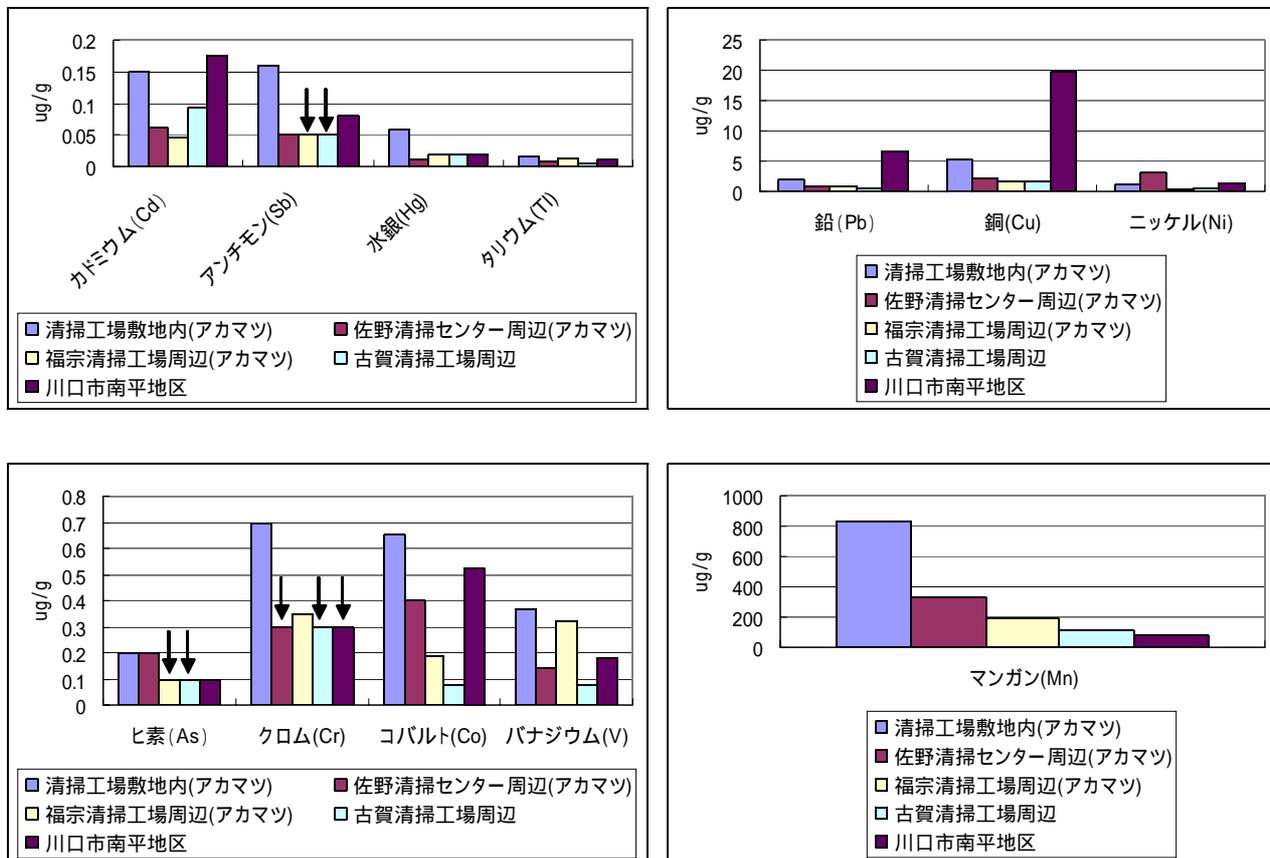


図 6 - 1 2006年度の分析結果との比較

(注) 図中 (矢印) は定量下限値未満であったデータを指し、その値は定量下限値である  
次に、参考までに、国立環境研究所が実施した調査から針葉樹に関連するデータを以下に示す。

表6 - 2 針葉中の金属類含有濃度の例

元素	樹種	採取年月日	場所	濃度 (ppm)
ヒ素 (As)	アカマツ	80.05.13	滋賀	<b>0.0398</b>
カドミ (Cd)	ヒノキ	80.09.02	滋賀	0.616
クロム (Cr)	アカマツ	90.05.13	滋賀	<b>0.316</b>
水銀 (Hg)	メタセコイア	80.07.03	神奈川	0.273
	メタセコイア	同上	同上	0.193
	メタセコイア	同上	同上	0.129
	スギ	81.09.10	沖縄	0.107
	スギ	80.11.13	大阪	0.0999
	メタセコイア	80.08.04	大阪	0.0807
	スギ	80.03.27	大阪	0.0453
マンガン (Mn)	マツ	80.08.04	大阪	2230
	マツ	80.05.13	滋賀	1300
	アカマツ	80.09.04	滋賀	<b>671</b>
	アカマツ	80.10.07	鹿児島	<b>509</b>
	アカマツ	80.11.25	滋賀	<b>507</b>
ニッケル (Ni)	リュウキュウマツ	81.03.28	沖縄	0.912
セレン (Se)	リュウキュウマツ	81.03.29	沖縄	0.257
	リュウキュウマツ	81.03.29	沖縄	0.162
亜鉛 (Zn)	クロマツ	80.10.29	青森	74.4
	アカマツ	80.08.04	大阪	<b>54.4</b>
	リュウキュウマツ	81.09.10	沖縄	31.6
	アカマツ	80.09.02	滋賀	<b>26.2</b>
ヴァナジウム (V)	アカマツ	80.09.02	滋賀	<b>0.150</b>

出典：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 ( ) -

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

この調査に使用された松葉はアカマツであるため、主にアカマツについての参考データと比較を行った。その結果、ヒ素については、当該掃工場敷地内では国の研究機関が測定した値に比べて5倍高い濃度が検出れていることがわかった。クロム、バナジウムについては参考データより2倍以上敷地内が濃度が高かった。マンガンは参考データの約1.2 ~ 1.6倍と、やや高い濃度であった。

分析方法や時期・地域の違いもあるが、ひとつの参考として見ることができる。

表6 - 3 分析結果と参考データとの比較 (単位:  $\mu\text{g/g}=\text{ppm}$ )

分析項目	清掃工場敷地内(アカマツ)	参考データ (国環研調査) (アカマツ)
ヒ素 (As)	<b>0.20</b>	<b>0.040</b>
カドミウム (Cd)	<b>0.149</b>	(0.62)
鉛 (Pb)	<b>1.83</b>	-
アンチモン (Sb)	<b>0.16</b>	-
クロム (Cr)	<b>0.7</b>	<b>0.32</b>
コバルト (Co)	<b>0.65</b>	-
銅 (Cu)	<b>5.15</b>	-
マンガン (Mn)	<b>828</b>	<b>507 ~ 671</b>
水銀 (Hg)	<b>0.06</b>	(0.045 ~ 0.27)
ニッケル (Ni)	<b>1.03</b>	(0.91)
タリウム (Tl)	<b>0.017</b>	-
バナジウム (V)	<b>0.37</b>	<b>0.15</b>

注) アカマツ以外の樹種については ( ) 内に記載した。