

松の針葉を生物指標とした大気中の重金属類濃度の実態把握調査 ～サーマルリサイクル工場稼働前後の比較調査～

池田こみち・鷹取敦・朝原真実（環境総合研究所）
加藤晶子（彩の国資源循環工場と環境を考えるひろば）

1. 調査の目的

埼玉県寄居町と小川町の境に建設された廃棄物処理一大コンプレックス施設、彩の国資源循環工場の整備が進み、順次各種産廃処理工場が本格稼働となっている。そうしたなか、ガス化溶融炉など廃棄物の高温処理（サーマルリサイクル）施設など複数の廃棄物中間処理施設の稼働にともない、重金属類が環境中に排出されている実態について、松葉を採取して市民参加により経年的な監視を行うこととなった。

本調査においては、松葉の生物指標としての有効性ととも、廃棄物熱処理施設の稼働前及び稼働後における針葉中の金属元素濃度の変化について調査し、施設の周辺環境への影響について明らかにすることを目的としている。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年度から試験的に松葉中の金属類3項目（ヒ素・カドミウム・鉛）の測定を開始したが、2006年度からはこれら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）測定分析機関

Maxxam Analytics Inc.（オンタリオ州、カナダ）

（2）測定項目

本調査においては、EUが既に規制対象としている下記の12元素を測定することとした。

- ①ヒ素（As）、②カドミウム（Cd）、③コバルト（Co）、④クロム（Cr）、⑤銅（Cu）、⑥水銀（Hg）、⑦マンガン（Mn）、⑧ニッケル（Ni）、⑨鉛（Pb）、⑩アンチモン（Sb）、⑪タリウム（Tl）、⑫バナジウム（V）

（3）分析方法

分析方法は、米国環境保護庁（EPA）が定める方法に準拠するとともに、Maxxam社の開発したSOP（標準操作手順）に従って実施されている。

- ①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
②水銀以外の金属元素：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

3. 分析結果

表1に2006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、本報告では濃度が高かったデータを採用した。

表1 2006～2007年度の分析結果 単位：μg/g

対象地域	循環型工場 施設敷地内		同 敷地外
	2006年	2007年	2006年
分析項目			
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）

2006年度と2007年度の敷地内の結果を比較すると、全12項目全てについて濃度が高くなって

いる。

各項目について、2年の変化をグラフに示す。

鉛とカドミウムの経年変化についてはそれぞれ図1、図2に示した。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。

鉛は、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。

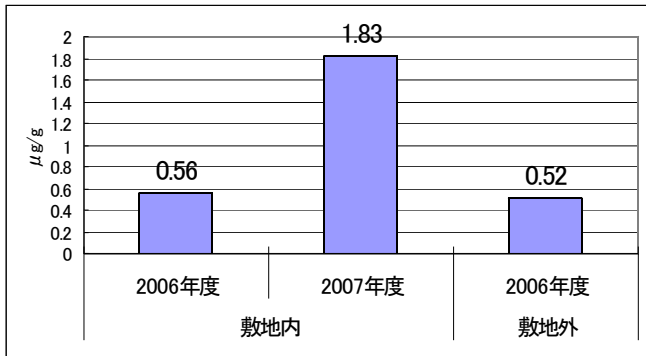


図1 敷地内外の鉛 (Pb) 濃度の変化

同様に、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、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。

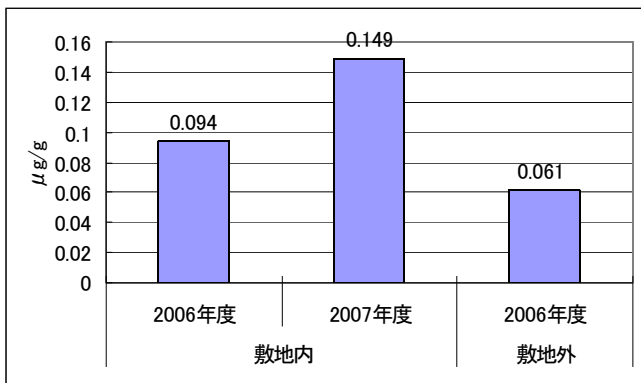


図2 敷地内外のカドミウム (Cd) 濃度の変化

その他の項目についても比較してみると、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。

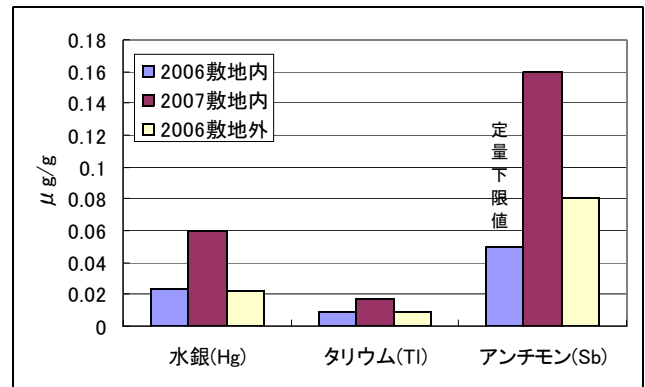


図3 アンチモン・水銀・タリウムの敷地内外濃度の比較

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。

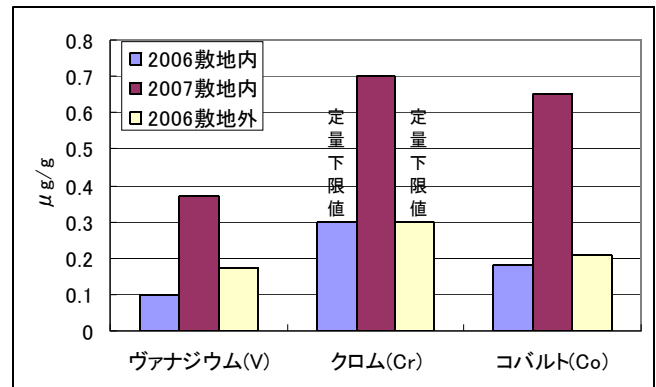


図4 ヴァナジウム・クロム・コバルトの敷地内外濃度の比較

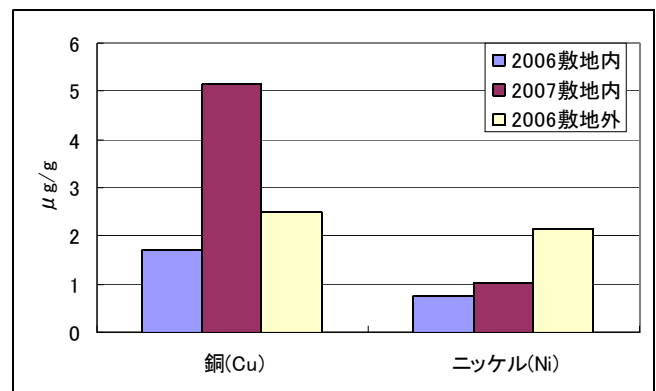


図5 銅・ニッケルの敷地内外の濃度比較

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。

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。

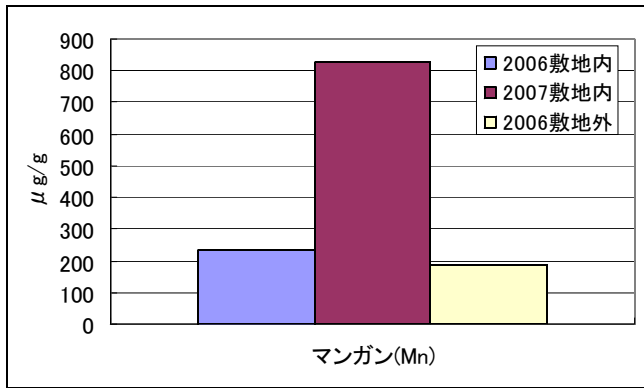


図 6 マンガンの敷地内外の濃度比較

4. 評価

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り、07 年度では全項目で前年度よりも濃度が増加した。本地域では、松葉中のダイオキシン類濃度も急激に増加したとことと関連が見られる。

2004 年度からのパイロット調査から考えると、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少し、その後、中間処理施設の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。また、同時に、大気中にも揮散していたことが容易に考えられる。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 2 に示した。なお、エコ計画については HP に自主測定のデータが掲載されていない。

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/m³N 未満（通常運転時保証値 1.0mg/m³N）、鉛及びその化合物 0.07mg/m³N 未満（通常運転時保証値 10mg/m³N）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 3 に調査結果一覧を示す。定量下限値未満 (ND) については、砒素 (As) が 0.1、アンチモン (Sb) が 0.05、クロム

表2 オリックスガス化溶融炉

	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/m³N (2007.5.18 測定) <0.005mg/m ³ N (2007.6.5 測定) <0.005mg/m ³ N (2007.7.3 測定)	1.3mg/m³N (2007.5.18 測定) 0.017mg/m³N (2007.6.5 測定) 0.089mg/m³N (2007.7.3 測定)
燃焼後の排出口(煙突1号)	<0.0004mg/m ³ N (2007.5.2 測定) <0.0005mg/m ³ N (2007.6.5 測定) <0.0005mg/m ³ N (2007.7.3 測定)	0.0008mg/m ³ N (2007.5.2 測定) 0.0027mg/m ³ N (2007.6.5 測定) 0.0009mg/m ³ N (2007.7.3 測定)
燃焼後の排出口(煙突2号)	<0.0006mg/m ³ N (2007.5.2 測定) <0.0004mg/m ³ N (2007.6.5 測定) <0.0004mg/m ³ N (2007.7.3 測定)	<0.002mg/m ³ N (2007.5.2 測定) 0.0029mg/m ³ N (2007.6.5 測定) <0.002mg/m ³ N (2007.7.3 測定)
通常運転時保証値	1.0mg/m ³ N	10mg/m ³ N

(出典：オリックスHP http://www.orix.co.jp/resource/news_070823.pdf)

(Cr) が 0.3 である。

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、後日公表後に改めて比較検討を行う予定である。)

7. 考察

本来、廃棄物焼却炉やガス化溶融炉、灰溶融炉などの施設を稼働させるにあたっては、周辺への環境影響を考慮して、十分なモニタリング体制を整えることが重要となる。

連続的あるいは定期的な排ガス中のダイオキシン類や金属元素類、また、ベンゾ(a)ピレンに代表されるような多環芳香族炭化水素類 (PAH 類) などはダイオキシン類に比べて排出濃度が極めて高く排出量が多いことから、継続的な測定及び監視が不可欠である。しかし、実際には、排ガスについても、周辺環境大気についても事業者側の都合により最低限の法律で定められた項目あるいは地元自治体との協定で合意した項目についてのみ測定されているのが実態である。

表3 2006年度の分析結果との比較 単位：μg/g

年度	2007	2006			
		彩の国 敷地内	大分県 佐野	大分県 福宗	福岡県 古賀
As	0.20	0.2	ND	ND	0.1
Cd	0.149	0.062	0.046	0.094	0.177
Pb	1.83	0.88	0.875	0.55	6.6
Sb	0.16	0.05	ND	ND	0.08
Cr	0.7	ND	0.35	ND	ND
Co	0.65	0.4	0.185	0.08	0.52
Cu	5.15	2.15	1.705	1.74	19.7
Mn	828	329	185.5	110	75.9
Hg	0.06	0.01	0.02	0.02	0.02
Ni	1.03	2.94	0.31	0.49	1.26
Tl	0.017	0.009	0.0125	0.006	0.011
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。

松の針葉を生物指標とした大気中の金属元素濃度の監視はまだ緒についたばかりであるが、松葉に取り込まれる金属元素は焼却炉等から気相状態で排出されている実態を示すのもであり、高濃度となった場合には、ダイオキシン類などの有機塩素系化合物との複合的曝露による健康リスクが危惧される。金属元素類には発がん性をはじめ強い毒性をもつものが多く含まれている。廃プラスチック類の焼却処理、サーマルリサイクルが本格稼働しつつある今日、改めてその監視の必要性を指摘しておきたい。本研究は、調査に参加された全国の市民グループの協力に支えられていることをこについて場を借りて改めてお礼を申し上げる。