

有害廃棄物の適正処理に関する研究

高 月 紘

(京都大学環境保全センター)

Studies on appropriate disposal of hazardous wastes

Hiroshi TAKATSUKI

(Environment Preservation Center of Kyoto University.)

H. TAKATSUKI *Studies on appropriate disposal of hazardous wastes*. Bull. Inst. Public Health, 40(2), 152-163, 1991.

In this paper, the present states and controversial points concerning disposal of several hazardous wastes in Japan are described, and some proposal for appropriate disposal are studied.

The Japanese definition of hazardous waste is limited in comparison with that of other advanced industrial countries. In the disposal of used dry batteries, a mercury recovery system has already been established, but the collection system of dry batteries is not as efficient as expected. As for medical wastes, a guideline recommending their disposal by incineration has been introduced by the Ministry of Health and Welfare, but most medical facilities have not yet implemented it.

In this paper, some methods of treating asbestos wastes, car shredder dust and laboratory wastes are also discussed. Some testing and evaluation methods for hazardous wastes are introduced.

Finally, it is concluded that a product environmental assessment system based on the principle of producer's responsibility should be established as a social system for appropriate disposal of hazardous wastes.

Key Words hazardous waste, appropriate disposal, used dry battery, medical wastes, shredder dust, asbestos wastes, laboratory wastes, evaluation methods, producer's responsibility

(Accepted for publication, June 24, 1991)

1. はじめに

現在、有害廃棄物の問題は、世界的にも大きな社会問題となっており、その適正な処理が強く求められているところであるが、そもそも、この「有害廃棄物」とは具体的にはどのようなものを指すのであろう

[キーワード] 有害廃棄物、適正処理、使用済乾電池、医療廃棄物、シュレッダーダスト、アスベスト廃棄物、実験廃棄物、評価方法、製造者責任

[平成3年6月24日受理]

か？

我国の場合、法律（廃棄物の処理と清掃に関する法律以下「廃掃法」）の上では、ある限られた産業廃棄物の中で、定められた有害物質を定められた基準以上に溶出するものに限られている。すなわち、燃がら、汚泥、鉍滓などの産業廃棄物であって、環境庁の定める溶出試験（環境庁告示13号）の結果、次の11の有害物質、すなわち有機水銀、総水銀、カドミウム、ヒ素、シアン、6価クロム、鉛、有機リン、PCB、トリクロロエチレン、テトラクロロエチレンの濃度が総理府に定める判定基準を越えたとき、はじめて、その廃棄物

が有害廃棄物であると定義づけられている。

したがって、我国の法律上は、対象廃棄物が単に一般廃棄物や、プラスチックなどの産業廃棄物である場合、さらに上記以外の有害物質が問題になる場合には、有害廃棄物とはならないことになる。しかし、他の国、例えば米国の環境保護庁（EPA）などでの有害廃棄物の定義では、毒性以外に引火性、爆発性、腐蝕性、反応性などの性質も有害性の範疇に入れて、有害廃棄物を管理しようとしている。すなわち、我国の消防法で言う危険物や毒物・劇物取締法の対象物、化審法の化学物質なども含む、幅広い物質を有害物質としている。したがって、その有害物質のリストも400以上の物質が対象となっている。

このように、法的に有害廃棄物を定義づけしようとすると、国によって様々に異なるので、ここでは、現行法にこだわることなく、「有害廃棄物とは、人の健康、および生活環境若しくは生態系に危害を及ぼし、または、そのおそれのある廃棄物」という一般概念的な視点で論じてみたい。

したがって、一般廃棄物、産業廃棄物の区分も越えて、具体的な廃棄物の一つずつ取上げてその性状と処理上の問題点を整理し、適正処理の方法を検討してみ

ることにする。

2. 使用済み乾電池

使用済み乾電池をはじめとする、水銀を含有する廃棄物の処理法について検討してみる。

我国において現在、乾電池はどれくらい生産され、流通し、どのようにして廃棄されているかは、完全には把握されていない。日本乾電池工業会の発表によれば、1988年で総生産量37億個（水銀量154トン）、国内流通量21億個となっている。一方、廃棄段階で、回収され、水銀が資源化されている乾電池の量は、7.5%程度と推定されている¹⁾。したがって、残りの90%以上の使用済み乾電池は埋立られるか、焼却炉に投入されるかの道をたどっていることになる。ここで、何故、乾電池が環境保全上問題なのかを特に埋立処分される場合を想定して検討してみる。

現在、廃棄物の有害性を法的に検証する方法として、環境庁告示の溶出試験法がある。これは「廃掃法」において産業廃棄物に関してその有害・無害を判定する方法として定められたものであるが、この溶出試験を乾電池について行なってみたところ表1のごとき結果を得た²⁾。

表1 各種乾電池の溶出試験

試料		溶出試験結果 単位mg/l					含有量mg/kg (mg/個)	備考
		T-Hg	Cd	Zn	Mn	最終pH	T-Hg	
マンガン電池	単1 (放電済)	0.058	0.51	130	4.9	7.4	—	製造年月 昭和59年6月 以前のもの
	単3 (放電済)(1)	0.063	1.3	860	170	6.4	—	
	単3 (放電済)(2)	0.058	0.62	2,000	398	—	34.1(0.648)	
	単3 (未放電)	0.0024	0.18	1,900	1.7	6.0	—	
アルカリ マンガン電池	単1 (放電済)	6.9	—	—	—	—	—	
	単3 (放電済)	13	<0.01	5.4	2.5	12.8	4,800(114)	
	単3 (放電済)	5.4	—	—	—	—	—	
水銀ボタン電池(MR-9) (放電済)		51	<0.01	93	1.7	12.8	226,000(895)	
アルカリ マンガン電池	単3 (放電済)	0.69						製造年月 昭和60年4月 以降のもの
	単3 (放電済)	3.2						
	単3 (放電済)	0.47						

すなわち、使用済み乾電池を粒径5 mm以下に粉碎し、10倍量の水で6時間振とうする、溶出試験を行なったところ、溶出液中の水銀濃度はマンガン電池といえども判定基準(0.005mg/l)を超える結果を得た。アルカリマンガン電池や水銀電池の場合は判定基準の数千倍の濃度を示しており、産業廃棄物であれば、明らかに有害廃棄物と認定されるものである。

最近になって、汞化率の低いアルカリ電池が開発されたが、それでもやはり水銀の含有率は、マンガン電池の含有量に比べれば100倍以上であり、また溶出試験結果も表1の最下段に示すように判定基準の100倍近い値を示している。

したがってこれらが工場等から排出された廃棄物であれば、非常に有害性の高い廃棄物としてコンクリート固化など無害化処理もしくは、遮蔽型埋立されるべき対象物である。たまたま乾電池が家庭から排出されると一般廃棄物となり、有害・無害の判定外の対象物として取扱われる。

ここに大きな矛盾がある。

本来、溶出試験は、ある廃棄物を埋立処分したり、海洋処分する際、その廃棄物が環境保全面でより慎重な対策を要する廃棄物か否かを判定する目的で行なうものである。すなわちこの溶出試験は、環境中に有害な重金属等が容易に流出するかどうかを示すものであって、あくまで廃棄物そのものの物理・化学的性質を問題にしているものである。したがって同じ廃棄物であるにもかかわらず発生源が異なるだけで有害物として扱われたり、無害となったりするのは不合理である。

乾電池はたとえ一般廃棄物であっても有害廃棄物と考えるべきである。

次に使用済み乾電池を粉碎せずに、そのまま種々の溶液に浸漬させる実験を行なってみた。

すなわち筒型マンガン電池・筒型アルカリマンガン電池・ボタン型水銀電池を水道水・食塩水(NaCl 3%)・焼却灰や厨芥との混合水に浸漬し、乾電池内からの重金属類の溶出状況を観察した²⁾。

浸漬条件は、乾電池1(単3, 3本)に対し、環境

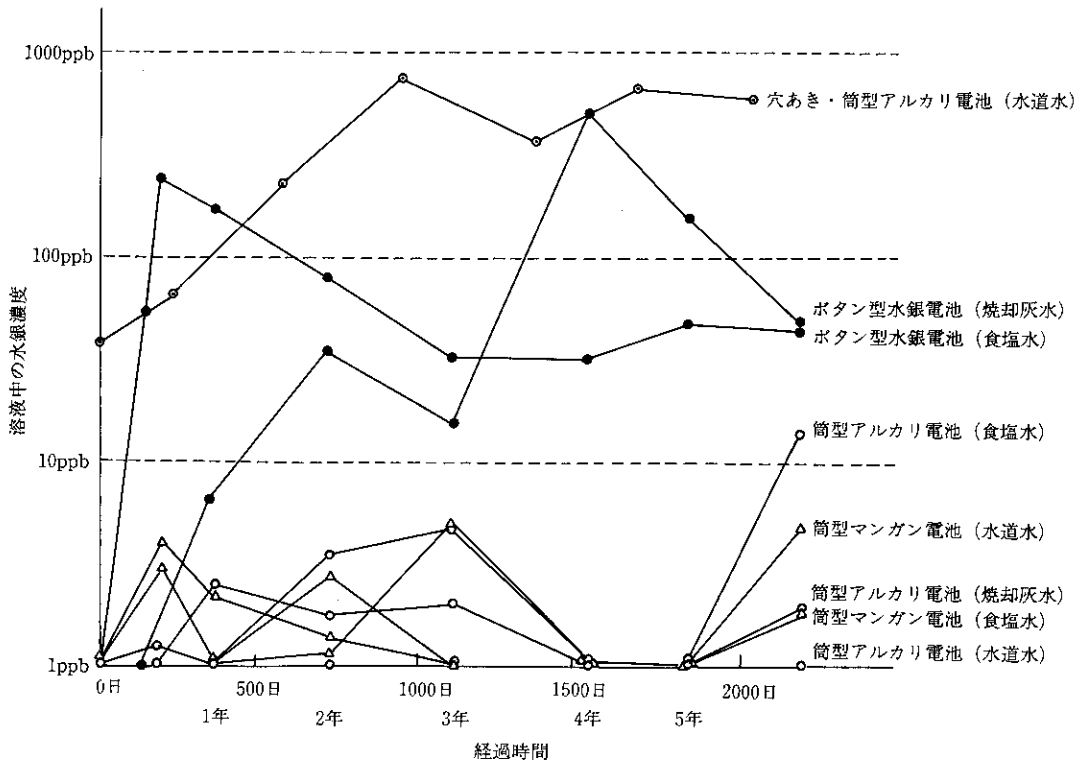


図1 使用済み乾電池の浸漬実験

水10（約500ml）の比率で行なっている。

問題となる筒型アルカリマンガン電池およびボタン型電池について水銀の溶出状況を図1に示す。

ボタン型電池は、構造上金属ケースが一重のため腐食条件が苛酷な順にケースに穴があき、水銀の溶出がみられる。なお、この場合、水銀の濃度がある時期を越えると時間とともに徐々に低下しているのは、水銀の水中からの揮散ならびに容器壁への吸着などが考えられる。

いずれにしてもボタン型電池は環境条件によって若干ずれがあるものの、水気の多いところでは1年から2年でケースは腐食によって穴があき、水銀が溶出してくる可能性がある。

一方、筒型アルカリマンガン電池の場合は、金属ケースが二重になっていることもあって、食塩水中という苛酷な条件下で6年経過した現在でも、顕著な水銀の溶出はみられない。また、厨芥や焼却灰の混合水中でも、外側の金属ケースはかなり腐食しているが、依然として密封性を保っている。

しかし、何時かの時点で、内側の金属ケースが腐食等で穴があいた場合はどうなるのであろうか？

この状態を想定して、あらかじめドリルで乾電池の胴部に4ヵ所2mmφの穴をあけたもので同様の浸漬実験を行なってみたところ、図1の穴あき筒型アルカリマンガン電池（水道水中）のグラフに見られるように明らかに水銀が溶出してくることがわかる。

実験結果から、実際のごみ埋立地においては、問題の筒型アルカリマンガン電池など、最近になって急増した水銀含有量の大きい乾電池が、周囲の環境へ何等かの影響を与えるのは何十年あるいは何百年という長い時間を経たからのことと推察される。

このように使用済み乾電池による環境汚染が心配される中で、乾電池製造業界から、最近、無水銀のアルカリ電池の開発に成功し、今後は、逐次、この種の乾電池に切り換えていく方針が発表された。この新しいタイプの乾電池では、水銀の代替品としてインジウムや鉛を使用するとの情報であるが、はたしてインジウムや鉛による環境汚染は大丈夫であろうか。また依然として、水銀電池は残るし、輸入乾電池の中の水銀問題もある。亜鉛、マンガンも水質汚濁防止法の規制物質であり、貴重な資源でもある。このようなことを考

えると、やはり、乾電池は普通のごみと一緒に捨てずに、別途回収し、リサイクルすべきものと考ええる。

幸い、我国では、まがりなりにも使用済み乾電池や蛍光灯などの回収システムが確立しているので、このルートを大切に、今一度、環境汚染防止と資源リサイクルの視点で使用済み乾電池の処理方法を検討する必要がある。

3. 医療廃棄物

ここ数年、病院などの医療現場から排出される廃棄物の処理について、大きな社会的関心が寄せられている。

その背景は、ひとつには、最近某病院で医療職員がB型肝炎に感染、短時間の間に3人中2人が劇症肝炎で死亡したことや、患者から採血した後、その注射針を誤って自らの指に刺した看護婦が、やはり劇症肝炎にかかったことなどが、相次いで報道され、このことが院内感染だけでなく、医療廃棄物の処理過程でも起こりうるとの社会的不安感をかもしだしたこと、また一方、アメリカでも話題のAIDSがらみで、現在までの医療系廃棄物のずさんな処理体制がたびたび報道されていたが、特に1988年の夏、使用済み注射器などが多量に海岸に漂着した事件で、東海岸、五大湖周辺の海水浴場が閉鎖される騒ぎになり、急きょ関連法律が成立されるなど、内外ともに社会の目が、この医療系廃棄物に集まったことがあげられる。いまひとつには、医療器具が最近急速にディスポーザブル化し、大量のプラスチック廃棄物が医療現場から廃棄されることになったため、その処理が非常に困難になってきたこともあげられよう。

これに対し、国（厚生省）も1989年11月に「医療廃棄物処理ガイドライン」を作成し、各都道府県を通じ、各医療機関に医療廃棄物の適正な処理の指導を開始したところである。

さて、この医療廃棄物の定義と対象物は、現在国によってまちまちの状態であるが、医療業務全般にかかわって発生する廃棄物の総称を医療廃棄物（medical waste）、その中で感染性媒体による危険性にかかわる廃棄物を感染性廃棄物（infectious waste）、あるいは病原性廃棄物（pathological waste）と表現するのが妥当のようである。

WHO (世界保健機関) の見解では、医療廃棄物に特有な危険性は感染性的のみならず、有害化学物質や放射性廃棄物まで広くおよぶとし、それらを総合的に管理する体制を検討すべきとしている。一方、米国 EPA は、医療廃棄物対策では感染性廃棄物を重点的に行なうべきだとの見解であり、我国厚生省のガイドラインも、ほぼこの線に沿って定められている。

バイオハザードの面で医療廃棄物をみると、当然感染性廃棄物が問題となるが、これらは具体的には、伝染性病原菌を培養したものや株、伝染病患者の外科手術や解剖からでる廃棄物、隔離室の感染患者からでる廃棄物、透析中の感染患者との接触で生じる廃棄物(たとえば、チューブやフィルターのような透析装置、使い捨てタオル、ガウン、手袋、白衣)、損傷性廃棄物(注射針、メス、ガラス片)、伝染病などの実験に使用した動物などである。しかし、外来患者からの検査血液などのように、病原性の有無は後日に判明されるものも多く、現実問題として現場での感染性の判断としては、血液や体液の付着したものやそのおそれのあるものは、すべて感染性廃棄物として取り扱う方が安全である。

このような視点で医療廃棄物の実態を調査してみた例を示す³⁾。

調査対象とした病院は京都大学附属病院で、従業員数約1,200人、病床数1,080床、外来患者数約1,600人/dayの医学教育・研究系の総合病院である。廃棄物総発生量は、2.1ton/dayであった。その内、問題となる感染性廃棄物の発生量をセクション別に整理し、合せて、諸外国の感染性廃棄物の混入率と比較したものが表2である。また、その組成調査も行ない、表3のような結果を得た。

本調査では、食堂からの厨芥を対象外としたので、厨芥類が少ないが、一般廃棄物(京都市の例)に比べてプラスチック、繊維、ガラス類の割合が高い。特に、感染性廃棄物でのプラスチック類の比率の高さと塩化ビニール類(全プラスチック中約20%)の含有量の高さに、取扱上の注意を要すると思われる。

なお、損傷性廃棄物の発生量は7.1kg/dayで、注射針の発生原単位は3~4本/day/bedであった。

感染性廃棄物の処理には、焼却処理が最も一般的で、かつ、推奨されるものである。しかし、焼却処理もど

表2 感染性廃棄物の発生量および比率

	発生量 [kg/day] ([%])	全廃棄物に対する比率 [%]
外科病棟	567(67.0)	49.9
内科病棟	73(8.6)	42.8
外来棟	12(1.4)	3.3
中診・RI棟	123(14.5)	43.9
研究棟	24(2.9)	26.7
病院全体	846(100.0)	40.3
西独の5医療機関		25
EC加盟10か国平均		30
St. Anthony's Hospital		24

表3 医療系廃棄物および感染性廃棄物の組成

湿重比 [%]

	医療系廃棄物	感染性廃棄物	参考京都市 (1985)
紙 類	39.7	6.5	26.3
プラスチック類	26.2	42.7	14.4
織 維 類	12.9	22.1	2.5
ゴム、皮革類	0.9	2.0	0.9
ガラス類	14.1	24.4	6.1
金属類	1.7	1.4	3.4
陶 器 類	<0.1	0	1.2
厨 芥 類	4.1	0.1	42.6
そ の 他 ^{*1}	0.4	0.9	2.6

*1注射針等の損傷性廃棄物

んな焼却処理でも良い訳ではない。完全な殺菌を行うためには、感染源となる微生物を一定時間以上十分な高温域の雰囲気下に置く必要がある。この条件が満たされないと、時として細菌類が焼却灰や排ガス中に残存することになる。

その意味で、医療廃棄物を各種、焼却炉で焼却した際の微生物挙動を実験的に研究してみた⁴⁾。

その結果を表4に示す。焼却炉Aでは焼却灰ではかなりの生菌が残存する場合が認められた。

一方、焼却炉B、Cでは焼却灰はいずれも十分に灰化されており、細菌も1資料でわずかに検出されたのみであった。一方、排ガスの調査では、焼却炉Aにおいては高温焼却時および炉温下降時に一般細菌がわずかに検出され、芽胞菌の一部が炉内の温度にも耐えて残存していたものと推察される。また、感染性廃棄物焼

表4 医療廃棄物焼却における焼却灰、排ガス等の微生物濃度

対象	焼却炉	一般細菌 (CFU/g)	芽胞 (CFU/g)	大腸菌 (MPN/g)	対象	焼却炉	一般細菌 (CFU/m ³)
焼却灰	A	9.4×10 ⁸	1.2×10 ⁴	<2	焼却 排ガス	A	0
		7.4×10 ⁸	0	2			500
		2.2×10 ⁹	0	<1			1030
		6.3×10 ⁸	0	<1	燃焼 空気	A	180
		8.6×10 ⁵	3.3×10 ³	<1.2			170
		>10 ⁹	6.3×10 ²	>1.5×10 ⁷			30
		>10 ⁹	8.2×10 ³	<1.2			
焼却灰	B	0	0	<1	焼却 排ガス	B	200,180
		0	0	<1			70,90
		10	0	<1	燃焼空気	B	20
焼却灰	C	0	0	<1	焼却 排ガス	C	130,30
		0	0	<1			100
		1.1×10 ²	0	<1	燃焼空気	C	430,70

却炉 B、動物専用の焼却炉 C の排ガスで検出された細菌はわずかであり、これは、焼却用空気中の検出数と大差はなかった。

焼却炉 A のようにいわゆるバッチ式の小型雑芥炉で、かなりの負荷をかけて医療系廃棄物を処理した場合は、殺菌が不十分になることもありうることを知っておくべきである。

現在、医療廃棄物の適正処理に向けて、ガイドラインを核に種々の取組みが始まったところであるが、まだまだ、各医療機関の対応はにぶい。新しく改正された廃棄物処理法の下では、医療廃棄物は特定管理廃棄物として、より厳しい管理が求められている。医療廃棄物専用の優れた焼却技術の開発と、各医療機関の廃棄物問題への理解が大きな課題となっている。

4. アスベスト廃棄物、シュレッターダスト、実験廃棄物

使用済み乾電池や医療廃棄物以外で、現在および今後、問題になりそうな有害廃棄物として、アスベスト廃棄物、シュレッターダスト、研究機関からの実験廃棄物などを取上げてみる。

アスベスト汚染対策が実施され、かつ過去に使用されたアスベストが徐々に劣化し、廃棄物として排出さ

れてくることを考えるとき、アスベスト廃棄物の処理処分問題が大きな問題となってくることは容易に予想される。すでに我国では1987年10月に厚生省より「アスベスト（石綿）廃棄物の処理について」を環境庁と連名で通知しており、吹付けアスベスト廃棄物の湿潤化などによる飛散防止、運搬処分時の対策として十分な強度のプラスチック袋（二重）、堅牢な容器使用の他、水硬性セメント等による固化などの実施、埋立処分場所が表面から深さ2 m 以上となることと、埋立数量と位置の確認書類の保存などを求めている。ドイツでも同様の指針が出されている模様であるが、埋立処分には十分な留意が必要であり、安全な貯留を原則とするべきである、とする意見もある。アスベスト使用量は全世界の総生産量として1970年以降は400~600万トン/年、我国の輸入量として20~30万トン/年のレベルで推移している。その使用目的は約7割が建設材料であり、石綿スレート等の石綿セメント製品の利用がその大半である。吹付けアスベストは1975年以降事実上労働者保護の観点から使用規制されたため、現在では使用されていないが、1975年以前では約2万トン/年が使用されていたものと推定されている。このような過去のアスベスト多量消費、昨今のアスベスト除去対策に加え、最終処分埋立地の再利用といった状況が加味

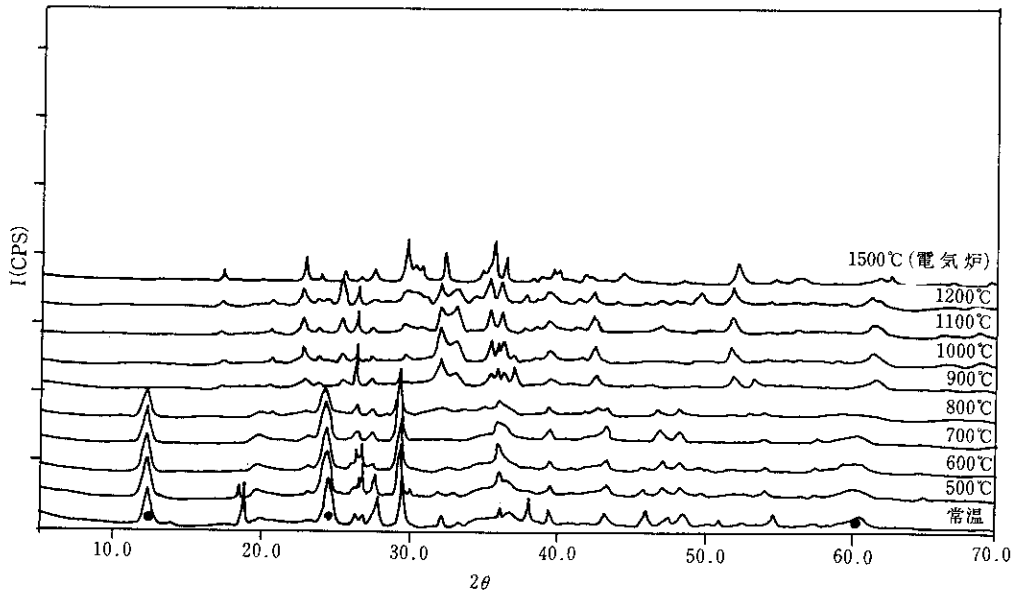
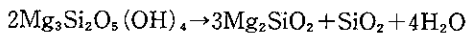


図2 アスベスト廃棄物の温度挙動変化 (X線回折スペクトル)

されてくれば、現在のアスベスト廃棄物指針では不十分な状況が生ずるものと考えられる。

そこで、アスベスト廃棄物の処理処分方法として、溶融固化処理の可能性を検討すべくアスベストの融解にともなう諸特性の把握を行なった⁹⁾。吹付けアスベスト廃棄物の熱的構造変化を把握するため、X線回折装置に試料高温加熱装置を充填し、回折スペクトルの温度挙動を調べた。その結果を図2にマルチスペクトル図として示す。装置の制約から1,200℃までの加熱を行ったものであり、最上段のスペクトルは電気炉で加熱した1,400~1,500℃の溶融スラグのものである。図2のクリソタイル系廃棄物のスペクトルをみれば、常温の元試料と500℃の間には大きな変化のないことが分かる。そして、800℃あたりから明確にスペクトル変化が始まることが読み取れる。クリソタイル特有の $2\theta = 12^\circ, 24^\circ, 37^\circ, 60^\circ$ のピークに変化が生じるのもこの温度を境にしている。同じ試料の熱分析結果より、500℃前後までのTG-DTA変化はその多くが飛散防止剤に用いたアクリルビニル共重合体の分解によるものと考えられ、500℃以上のTG変化がクリソタイルによるものとみなされる。すなわち、



の変化により、クリソタイルの分解反応が生じている

ものと推測される。また一部固着剤に使用されたカルサイトの脱炭酸反応も生じていると考えられる。

このように、アスベストを高温処理することによって、化学的に構造変化させ、アスベストのもつ有害性を少なくする試みは基礎実験の段階ではあるが、今後はパイロットプラントによる実証から技術的課題の検討、経済性、制度面など社会的課題を検討する価値は十分あるものと思われる。

次に、廃車や廃家電製品をシュレッダーにかけた際、発生するダスト(廃棄物)の処理について検討する。

1989年現在で、廃車台数は年間約46万台に達しており、これら廃車の解体や破碎で発生する廃棄物は99万トンにも及ぶという。

これらのダストには、様々な有害物質が混入されていると推定されたので、溶出試験を行ってみた。結果を表5に示す⁹⁾。なお、TCLPは、後述する米国の環境保護庁が採用している溶出試験法である。

この種のシュレッダーダストに重金属類の含有量については、勝村ら⁷⁾による表6の報告がある。

これらの結果をみると、やはり、シュレッダーダストは有害廃棄物として取り扱った方がよさそうである。

有害物質の由来は定かではないが、現在のところ、

表5 原料別シュレッターダスト溶出試験結果

	T-Hg ($\mu\text{g/l}$)	Cd (mg/l)	Pb (mg/l)	As ($\mu\text{g/l}$)	T-Cr (mg/l)	Cu (mg/l)
〈TCLP〉						
自動車 n=3	<0.5	0.031~0.095	16~23	0.2~3	<0.01~0.45	0.81~2.4
家電 n=1	<0.5	0.15	110	6	0.067	2.8
〈告示法〉						
自動車 n=3	1.0~2.1	<0.004~0.007	0.33~0.45	0.9~3	<0.01	0.25~0.81
家電 n=1	1.0	0.02	0.28	0.5	<0.01	0.23

表6 原料別シュレッターダスト成分試験結果⁷⁾ (()内; 平均値)

	n-ヘキサン 抽出物質 (%)	T-Hg (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Pb (%)	As (mg/kg)	T-Cr (mg/kg)	Cu (%)
自動車 n=3	2.6~5.4 (4.2)	0.27~2.4 (1.2)	3.9~23 (12.3)	0.13~0.48 (0.81)	1.3~6.5 (4.2)	100~290 (167)	0.056~3.9 (2.3)
家電 n=1	2.2	0.63	8.3	0.31	4.2	8.3	13

塗料や廃油, さらには3万点にも及ぶ様々な部品に使用されている新素材としての合金類が考えられる。

シュレッターダスト廃棄物の適正処理法の開発は, 緊急性があるにもかかわらず, まだほとんど手がつけられておらず, しかも, 非常にむづかしい課題が多い。

熱処理や固化処理に際して, いずれもダスト中のプラスチックが阻害要因となっているので, このプラスチック対策がシュレッターダストの処理上の大きな課題なのである。

まさに製品アセスメントになるが, 車の製造段階での材料選択に後処理を考えた対策が要求されるところである。

次に, 有害廃棄物として典型的なものとして研究機関からの実験廃棄物がある。特に化学実験室をもつ研究機関からは, 様々な有害化学物質を含む実験廃棄物の排出が考えられる。処理対策上, 緊急性のあるものは液状廃棄物であるが, これらは, 通常2種類に大別される。すなわち, 有機性実験廃液と無機性実験廃液である。有機性実験廃液は廃溶媒が主体であるが, 引火性に富み, 消防法上の危険物であるものが多い。処理方法としては焼却処理が一般的であるが, 廃液中に

はクロロホルムや四塩化炭素の様な塩素を含むものや, フルオロ酢酸のようにフッ素を含むものがあるため, これらが燃焼によって塩化水素やフッ化水素などの腐蝕性の強い有害ガスを発生するので, 苛性ソーダなどによって中和処理する必要がある。また, 廃液中には, 種々の混入物があるので, 通常, 液性燃料に使用されるガンタイプのバーナではすぐ目づまりを起こす。そこで, ロータリーバーナや二流体ノズル形式のバーナが使用される。

一方, 無機性実験廃液は, 主として重金属含有廃液が処理対象となる。重金属以外では, シアンやフッ素なども処理が必要である。処理方法としては, 凝集沈殿法が一般的であるが, 我国の大学ではフェライト法を採用しているところが多い。フェライト法は, 重金属を鉄の酸化物(フェライト)の格子の中に閉じ込める方法で, 生成物が安定しており再利用も可能という利点を有している。しかし, このフェライト法では水銀など一部の重金属は完全に処理することができないので, それらはあらかじめ別途の方法で除去しておく必要がある。水銀廃液は, キレート樹脂による吸着処理, シアン廃液は次亜塩素酸による酸化処理, フッ素

廃液はカルシウムによる凝集沈殿処理が一般的である。

実験廃棄物には、廃液以外に廃試薬や廃ガスボンベのような固体の有害・危険廃棄物もあるが、まだ、完全な処理体制は確立されていない。

実験廃棄物の全国レベルでの発生量等に関するデータがないので、参考のために京都大学の実績を示す。

京都大学は学生・職員総数2万人の総合大学であるが、現在(1990)、有機実験廃液は年間約42,000l発生し、ロータリーバーナによる焼却(70l/hr)で処理されている。無機実験廃液は年間約9,000lほど発生し、フェライト法を中心とした方法で処理されている。なお、この無機実験廃液の性状は表7のようになっている。

今後は先端産業関連の研究活動が活発になるにつれ、未規制の様々な化学物質も使用されてくることが予想される。研究機関から発生する有害廃棄物に関する適正な管理体制がますます強く求められよう。

5. 有害廃棄物試験法

我国では、有害廃棄物の試験法と言え、まず、環境庁告示13号の溶出試験法が頭に浮ぶ。この溶出試験法は、廃棄物の有害性を環境評価する絶対的な手段としては、物理的、化学的に種々の問題があると指摘されているところであるが、有害な産業廃棄物を行政的にスクリーニングする方法としてそれなりの役割を果たしていることも事実である。そこで、ここでは溶出試験に関する改良や工夫を検討してみる。

1) 迅速性への工夫

現行の溶出試験の問題の1つとして、試験結果がでるのに少なくとも溶出時間の6時間以上はかかることがある。産業廃棄物の処理現場では、時として正体不明の廃棄物が持込まれ、即刻、その対応をせまられるケースがある。その場合、持込んだトラックをゲートで6時間以上待たせることは、実際上は困難である。そこで、もう少し溶出試験が迅速に行え、かつ、現行

表7 無機性廃液の性状(京都大学, 1990年度)

一般重金属系

単位: 処理量 l , 金属類 mg/l ,

部局	処理量	Hg	Cr	Cd	As	Pb	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni	Co	Sn	全金属濃度	PO ₄
理学部	340.0	0	1,808	0	9	664	196	400	4,800	273	10	365	60	8,585	0
医学部	280.0	0	11	5	0	4	1	49	17	16	0	0	6	108	0
薬学部	294.0	0	536	0	42	51	288	47	116	26	3	16	14	1,138	0
工学部	4,310.0	0	226	64	7	12	486	71	1,176	405	692	41	221	3,402	113
農学部	505.0	0	2,418	0	5	0	614	119	184	118	2	0	4,829	8,290	0
教養部	970.0	0	8	0	10	23	0	1	9	2	2	37	2	94	0
その他	145.0	0	34	3	8	11	151	29	139	101	51	5	25	557	3,862
全部局	6,844.0	0	436	40	8	46	377	78	1,002	281	438	50	500	3,258	153

水銀系

部局	処理量	Hg	Cr	Cd	As	Pb	Cu	Mn	Zn	Fe	Ni	Co	Sn	全金属濃度	PO ₄
工学部	165.6	108	52	0	7	18	22	33	29	230	7	1	17	523	0
農学部	61.0	236	11	1	0	0	28	1	5,574	50	3	6	11	5,921	0
その他	20.0	35	0	0	0	0	7	9	98	20	0	0	0	169	0
全部局	246.6	133	38	0	5	12	22	23	1,407	169	6	3	14	1,829	0

の溶出試験値とさほど差のない方法はないものかとミキサーによる強制溶出試験を検討してみた⁹⁾。

すなわち、ミキサー、遠心分離、シリンジによるろ過採水の組合せで現行の溶出試験で6時間20分かかる検水採取を約20分に短縮し、実際にこの方法で産業廃棄物処理現場で検証してみた。その手順や分析結果を図3、表8に示す。

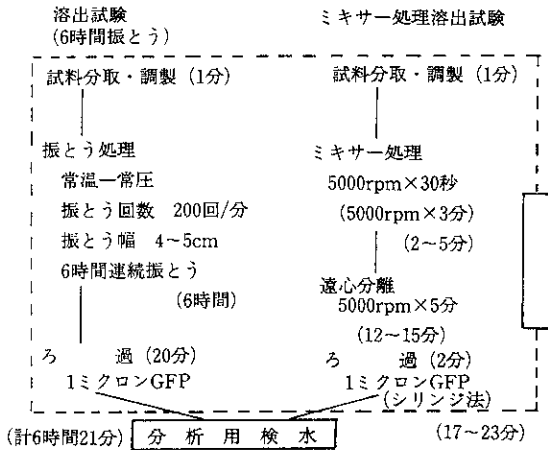


図3 溶出試験の分析手順と所要時間の比較

表8 現地検証分析値

試料	項目		pH	Cd	Pb	As	Cr(VI)	T-Hg	CN
	区分								
A	溶出 (mg/l)	迅速法	6.23	28.0	3.1	ND	ND	ND	ND
		公定法	6.75	22.7	3.5	—	ND	—	ND
	含有量 (mg/kg)			—	—	—	—	—	—
B	溶出 (mg/l)	迅速法	6.91	ND	0.1	ND	0.25	ND	—
		公定法	7.68	ND	ND	—	0.15	—	ND
	含有量 (mg/kg)			ND	63.800	—	—	—	1.98
C	溶出 (mg/l)	迅速法	8.35	ND	0.1	ND	0.15	ND	0.01
		公定法	8.90	ND	ND	—	ND	—	0.01
	含有量 (mg/kg)			ND	115	—	—	—	
D	溶出 (mg/l)	迅速法	10.61	ND	ND	13.0	ND	ND	ND
		公定法	10.68	ND	ND	—	ND	—	0.01
	含有量 (mg/kg)			—	—	—	—	—	2.28
E	溶出 (mg/l)	迅速法	6.72	11.0	ND	ND	ND	31	ND
		公定法	—	—	—	—	—	—	ND
	含有量 (mg/kg)			—	—	—	—	—	—

もちろん、若干のずれはあるが、おおむねこの迅速法で安全サイドに廃棄物のスクリーニングが可能と思われる。

2) 諸外国の溶出試験法との比較

最近、我国以外でも溶出試験法を有害廃棄物の評価法に取入れる傾向が見られる。米国ではEPAが種々の改良の後、表9に示すようなTCLPという溶出試験法を採用している⁹⁾。液固比や振とう時間も異なるが、やはり溶出溶媒に酢酸を用いている点が最も大きな差である。その結果、同じ廃棄物でも先の表5に示すように鉛をはじめ、多くの項で溶出量が多く検出されている。英国、フランス、ドイツでも種々の溶出試験法が提案されており、今後は、有害廃棄物の評価法の1つとして溶出試験の意味を国際的に比較し、再検討する必要があると思われる。

有害廃棄物の溶出試験という評価法は、固形状もしくは泥状の廃棄物を対象とし、有害物の環境影響は主として水系を通じて生じることを前提にしている。

そして、含有される重金属等の有害物の溶出量が溶出溶媒のpHに大きく依存することは多くの場合正し

表9 溶出試験の各種条件とその内容

出典	FR Vol.51 No.114 (1986)	環境庁告示第13号 (1973)
方法名	Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP)	産業廃棄物に含まれる有害物質検査方法
試料の粒径	<9.5mm	0.5~5mm
溶出溶媒 および pH	脱イオン水 酢酸または酢酸緩衝液 2.88±0.05 4.93±0.05	純水 塩酸 5.8~6.3
液固比	20	10
温度(°C)	22.3±3°C	室温
振とう容器 材質	ZHEまたは2L容器 ガラス,PTFE,HDPE等	
振とう方法	30±2rpm 回転振とう	200rpm 振とう幅: 4~5cm
振とう時間 (hr)	18	6
固液分離	加圧濾過 0.6~0.8μmGFF	濾過または遠心分離 1μmGFF 3000rpm

いが、たとえば、金属水銀の場合、図4に示すように、pHもさることながら、むしろ溶出条件が酸化雰囲気か還元雰囲気の影響の方が大きい場合もある。

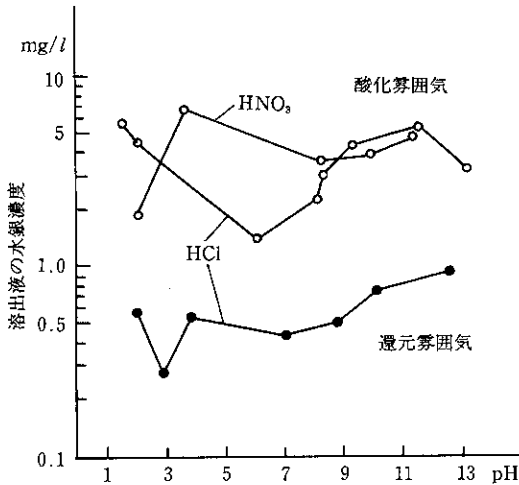


図4 pHと雰囲気を変化させた金属水銀の溶出実験

3) バイオハザード試験法

医療廃棄物問題を契機に、最近では廃棄物の有害性をめぐる評価も単にケミカルハザードだけではなく感染性などバイオハザードの評価が必要となってきた。

感染性を評価する場合、具体的にはB型肝炎やエイズのウイルスなどをチェックすることが必要なわけだが、これは、よほど設備の完備したところでないといこの種の検査はできない。

しかし、一般的な微生物試験法によってもバイオハザードの可能性を検討することはできる。

たとえば、図5に示すように、熱に比較的強い芽胞菌の存在の有無によって、焼却による殺菌効果などは評価できよう¹⁰⁾。この方法で測定してみたものが先の表4である。

いずれにせよ今後は廃棄物分野でもバイオハザードに関する評価法の確立が求められよう。

4) 今後の廃棄物分析・試験法の課題

廃棄物の多様化から廃棄物に関する分析や試験法も今後は種々の視点から取組む必要がある。廃棄物その

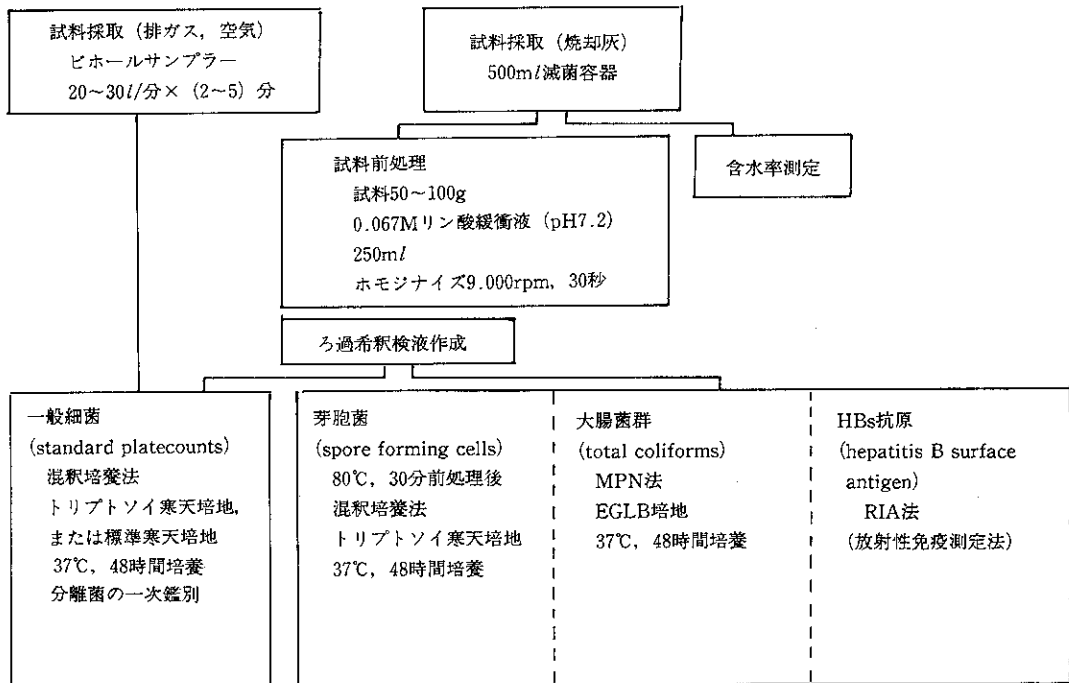


図5 医療廃棄物焼却における微生物動態調査方法

ものの性状分析から、ダイオキシンなど処理過程で生成する物質についても分析法や試験法の検討が求められている。また、適正処理の困難度を評価する尺度にも、従来と異なった視点の分析や試験法の開発が必要と思われる。

近い将来バーゼル条約の批准や特別管理廃棄物の指定などからみ、有害物質の定義も種類も大きく変化することが予想される。環境保全の評価でも発癌性、変異原性なども重要な評価項目になることも予想される。したがって、廃棄物処理分野における関連学問も、機械や土木に加えて、化学や医学知識がその重要性を増してきているといえよう。

6. 適正処理への提言

以上、我国で現在問題になっている各種有害廃棄物について、具体的にその実態と処理方法を検討してみた。しかし、ここで取上げた有害廃棄物は、すでに社会的に問題が表面化したものばかりであり、実はまだまだかくれた有害廃棄物は数多くあると推察される。たとえば、現在も貯留中のPCB含有トランス、防錆処理された木材の廃棄物、先端産業から排出される未規制有害廃棄物など、いわば潜在有害廃棄物はいずれ社会問題化してもおかしくない状況にある。さらに、バーゼル条約が世界的に批准されることになれば、当然その中にリストアップされている、セレン、ベリリウムなどの有害廃棄物を含有する廃棄物も具体的にその対応が求められよう。

また、我国では徐々に制度化されつつあるマニフェストシステムも、その実行性また情報管理の面でも、各国に歩調を合せて再検討が必要となろう。

このように、有害廃棄物の適正処理をめぐるのは、今後、ますます、幅広い対応すなわち、未規制物質に対する適正処理方法の開発や試験方法を含めた有害廃棄物の環境影響評価法の確立などが求められている。

さらに言えば、これら処理方法や試験方法の開発は、いわばハードな技術的側面で一部は解決されると思われるが、あくまでも事後処理的対策である。すなわち、排出された有害廃棄物についていかにその実態を把握し、適正な処置方法をほどこすか、という受身の対策である。

今後の有害廃棄物の管理においては、その適正な処

理方法の開発も必要であるが、それ以上に「いかに有害廃棄物を発生させないか」が重要と思われる。

そのためには、よく言われるように、上流側での制御、すなわち製品アセスメントをいかに社会的システムとして定着させるかが最大のポイントである。

勿論、その前提には、事業者責任というコンセプトが当然のこととして社会的に認識された上で、それを実質化させるためには、やはり製品アセスメントを法的に制度化することが必要である。

以前、厚生省から「事業者による製品等の廃棄物処理困難性自己評価のためのガイドライン」(1987年)なるものが提示されたが、理念はともかく、残念ながらこのガイドラインではあくまでも自己評価ということ客観的な評価が加えられることなく、具体的な評価手順も示されず、さらに罰則もないということで、結局、実行されることがなかった。

今後は、上記の不備な点を根本的に改良し、何よりも法的に義務化された制度として、再導入して欲しいものである。

文 献

- 1) 高月 紘：適正処理困難物。環境衛生工学研究，3，77-81，1989。
- 2) 高月 紘：使用済み乾電池はほんとうに安全か？。第36回廃棄物処理対策全国協議会全国大会講演集，118-121，1985。
- 3) 高月 紘：医療廃棄物の適正管理システム。臨床検査1990～1991，100-104，1990。
- 4) 酒井伸一，高月 紘，藤田泰行，篠田純男，山中浩泰：感染性廃棄物の焼却処理。医療廃棄物研究，3(1)，7-16，1990。
- 5) 高月 紘，酒井伸一：アスベストによる環境汚染について(続報)。環境保全，(4)，63-73，1989。
- 6) 酒井伸一，小川眞佐子，高月 紘：シュレッダーダストの有害成分と適正処理。廃棄物学会論文誌，2(2)，33-42，1991。
- 7) 勝村陽子，大賀守也，軽部達男：シュレッダーダストの成分組成および特性について。廃棄物処理対策全国協議会第39回全国大会資料，104-107，1988。
- 8) 田中 勝，他：廃棄物最終処分上の事前チェックシステムの開発に関する研究。厚生省調査研究(1982～1984年度)。
- 9) Federal Register，51(114)，21685-21691，1986。
- 10) 田中 勝，高月 紘編著：医療廃棄物。中央法規出版，東京，1990。