

# 金属等を含む産業廃棄物の安定無害化（第3報）

## Deactivation of Hazardous Industrial Wastes (III)

小林 進    小野 雄策    稲村 江里

### 要 旨

下水汚泥をコンクリート固化処理し、その安定無害化の程度を有害物質等の溶出抑制効果から検討した。

溶出溶媒の液性をかえて、溶出試験及び1年間の浸漬実験を行った。その結果、下水汚泥をコンクリート固化したものを最終処分した場合、これと接触する水系が酸性のものになるとHgとCNが溶出し、中性ではCr<sup>6+</sup>が、アルカリ性となる条件ではCdとPbが溶け出し易くなることがわかった。これら成分は、下水汚泥からよりも、コンクリート固化物からの方が溶出率が高くなっており、固化処理によりむしろ溶出し易くなったことを示していた。その他の成分ではコンクリート固化による溶出抑制効果が認められた。

### 1 はじめに

水質汚濁防止法で規定される特定施設から発生する排水処理汚泥や指定下水汚泥等のように、有害物質を含有する産業廃棄物は、環境保全上、有害物質が周辺環境へ漏出しないように密閉してしまうか又は固化等により安定無害化処理してから最終処分することが望まれる。

有害物質を含む汚泥などの産業廃棄物を安定無害化処理する場合に必要な条件としては、①前処理により二次公害が生じないこと、②固化処理の際には分離水を生じないこと、③処理過程で二次公害を起さないこと、④処理物からの有害物質の溶出が抑制されていること、⑤固化物が長期間安定で崩壊しないこと等があげられる<sup>1)</sup>。

前報<sup>2, 3)</sup>では、有害廃棄物としてめっき汚泥を選び、溶融・焼結処理による安定無害化の効果について、減容化率、有害物質の処理過程での挙動、前処理及び処理過程での二次公害発生の有無、原汚泥と処理生成物の性状及び有害物質等の水への溶出性、実際に埋立地へ処分された場合を想定した条件による水系への有害物質等の溶出の程度などについて検討した。

その結果、有害物質が固着されずに溶出する場合や、排ガス中に含まれて系外に排出され、大気汚染などの

二次公害の原因となることが予想されるものなどがあり、未だ解決すべき問題が残されていることが分かった。

特にCdやPbのような低沸点のものは、揮散してEP灰として捕集されるか又は系外に排出されてしまう。EP灰として捕集されたものは再度、溶融・焼結処理したとしても結局はEP灰として回収されることとなるため、CdやPbを捕集したEP灰は、現状ではコンクリート固化する以外に方法はないものと考えられる。

さらに、溶融・焼結処理物も産業廃棄物とみなされるため<sup>4)</sup>、判定基準<sup>5)</sup>に合格しない場合にはコンクリート固化処理<sup>6)</sup>して最終処分しなければならない。

そこで、現在、最も広く行われているコンクリート固化による安定無害化の効果をみるため、下水汚泥のコンクリート固化について検討したので報告する。

### 2 実験方法

#### 2・1 試料

実験に用いた下水汚泥は、都市終末下水処理場の排水処理を行う際に、活性汚泥法処理によって生じた汚泥を真空脱水処理した脱水ケーキである。

コンクリート固化物は、この脱水ケーキをセメン

等と混練し、養生したものである。

混練は、脱水ケーキ78%、焼却灰13%、セメント9%の混合比率で、混練機を用いて混ぜ合わせている。処理剤としてのセメントは、ポルトランドセメント70%、アルミナ24~25%、固化促進剤(シリカ)4~5%の構成のものとなっている。

混練されたものは、養生床(コンクリートのたつき)に厚さ1.5~2mに敷きつめて3日間養生し、その後トラックで埋立地に運ばれて処分される。

実験に供したコンクリート固化物は、養生床から採取したものである。

## 2.2 方法

試料の調整、溶出試験、浸漬実験、分析方法などはすべて前報<sup>3)</sup>と同様に行った。

## 3 試料の性状と溶出試験結果

下水汚泥の性状と各種溶出溶媒を用いた溶出試験の結果を表1に、コンクリート固化物の場合については

表2に示した。

下水汚泥・コンクリート固化物とも、有害物質としてHg・Cd・Pb・As・CNを含み、特にPbの含有量が高いものであった。また、両試料ともCa・Fe・Mg・Znを多く含んでおり、FeとCaの多いのは塩化第二鉄や石灰による汚泥調質が行われたためであり、さらにコンクリート固化物ではセメントの添加によりCaが極めて高濃度となっている。

溶出液のpH値は、中性溶媒による溶出試験(公定法に規定される方法<sup>7)</sup>で陸上埋立の判定<sup>5)</sup>の際に摘要される。以下、「中性溶出法」という。)の場合は、両方の試料ともその溶出液は強アルカリ性を示した。他方、酸性溶媒で溶出試験(以下、「酸性溶出法」という。)を行った溶出液はPH値の変動がなく酸性のままであり、酸性溶媒の緩衝効果が高いことが認められた。アルカリ性溶媒を使った溶出試験(公定法<sup>7)</sup>で、海面埋立・海洋投入処分の判定<sup>5)</sup>に摘要される。以下、「アルカリ溶出法」という。)の場合は、溶出液がわずかにアルカリ性側に傾く程度であった。

コンクリート固化処理することにより、一般にセメ

表1 下水汚泥の化学組成と溶出試験結果

(溶出量の単位は、pH・EC以外はmg/l)

項目	含有量(mg/kg)		酸性溶出法		中性溶出法		アルカリ性溶出法	
	生汚泥	乾燥汚泥	溶出量	溶出率(%)	溶出量	溶出率(%)	溶出量	溶出率(%)
含水率(%)	80.5	—	—	—	—	—	—	—
pH	—	—	4.2	—	10.4	—	9.7	—
EC(uS/cm)	—	—	39000	—	1200	—	47000	—
Hg	0.4	1.8	0.008	20	0.000	0.00	0.000	0.00
Cd	0.6	3.3	0.005	8.3	0.000	0.00	0.000	0.00
Pb	27	140	0.12	4.4	0.02	0.74	0.00	0.00
Cr <sup>6+</sup>	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As	1	3.7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CN	1	3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Fe	7600	39000	320	42	0.10	0.01	0.04	0.005
Mn	82	420	6.4	78	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu	62	320	1.5	24	0.29	4.7	1.1	18
Zn	510	2600	20	39	0.13	0.25	0.36	0.71
Ni	54	280	1.8	33	0.58	11	0.54	10
Cr	34	170	0.67	20	0.00	0.00	0.10	2.9
Ca	27000	140000	2700	100	550	20	410	15
Mg	1600	8000	130	81	0.00	0.00	0.05	0.03
Na	300	1500	30	100	24	80	—	—
K	380	1900	9.0	24	1.9	5.0	—	—

表2 下水汚泥コンクリート固化物の化学組成と溶出試験結果

(溶出量の単位は、pH・EC以外は $\mu\text{g}/\text{g}$ )

項目	含有量 (mg/kg)		酸性溶出法		中性溶出法		アルカリ性溶出法	
	湿重あたり	乾燥重量あたり	溶出量	溶出率(%)	溶出量	溶出率(%)	溶出量	溶出率(%)
含水率(%)	66.6	—	—	—	—	—	—	—
pH	—	—	4.2	—	11.8	—	8.5	—
EC( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	—	—	40000	—	2000	—	48000	—
Hg	0.30	0.82	0.011	37	0.000	0.00	0.000	0.00
Cd	0.60	1.9	0.007	12	0.000	0.00	0.000	0.00
Pb	57	170	0.17	3.0	0.01	0.18	0.01	0.18
Cr <sup>6+</sup>	—	—	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As	2	5.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CN	0.0	0.97	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	—
Fe	16000	48000	510	32	0.00	0.00	0.14	0.009
Mn	240	710	11	46	0.00	0.00	0.01	0.04
Cu	170	490	4.5	27	0.52	3.1	2.0	12
Zn	590	1800	26	44	0.02	0.03	1.3	2.2
Ni	110	310	2.6	24	0.58	5.3	0.57	5.2
Cr	150	460	1.5	10	0.00	0.00	0.65	4.3
Ca	64000	190000	5200	81	580	9.1	500	7.8
Mg	2100	6200	170	81	0.00	0.00	0.22	0.10
Na	570	1700	64	110	39	68	—	—
K	870	2600	40	46	15	17	—	—

ントのCaによりpH値が高アルカリ性になるため、3価クロムの6価クロムへの転換、シアン金属錯体の安定化による溶出の増加、クロム水酸化物の再溶出があるといわれる<sup>8)</sup>が、本実験では含有量が少ないこともあり、顕著な溶出の増加は認められなかった。

下水汚泥の溶出試験で溶け出す有害物質は、酸性溶出法でHg・Cd・Pbが、中性溶出法でPbがあったが、いずれも埋立判定基準を超えて溶出したものはなかった。

また、有害項目以外の金属などは酸性溶出法で溶出しやすく、汚泥中に含まれるCaとNaのほとんどは溶出してしまうことが分かった。

溶出溶媒の違いによる下水汚泥成分の溶出性をみると、Pb・Ni・Ca・Mgは酸性側になるに従い溶出しやすく、また、Hg・Cd・Mnは酸性溶出法でしか溶出しないことを示している。Cu・Cr・Znは酸性溶出法で良く溶出するが、アルカリ溶出法によっても溶出した。

コンクリート固化物の場合は、Pb・Ni・Caは下水汚泥と同じく酸性になるに従い溶出しやすくなり、Hg・Cdは下水汚泥と同様、酸性溶出法でのみ溶出した。Fe・Mn・Cu・Zn・Cr・Mgは酸性溶出法で高く溶出

するが、アルカリ溶出法でもわずかに溶出することか認められる。

シアンだけはアルカリ溶出法でしか溶出しなかったが、これは、酸性では空气中に揮散され易いことによるものと考えられる。

溶出試験結果から、下水汚泥のコンクリート固化による安定無害化の効果を見ると、酸性溶出法で下水汚泥から溶出する成分のうち、Hgだけはコンクリート固化により溶出率が高くなったが、CdやPbをはじめ、その他の成分での溶出は抑制されている。

中性溶出法の場合には、下水汚泥から溶出したすべての成分でコンクリート固化による処理効果があることを示している。また、アルカリ溶出法では、下水汚泥からは溶出しなかったPbがコンクリート固化したにより溶出するようになった。他の成分の溶出は抑制されており、処理効果が認められる。

4 浸漬実験結果

4・1 浸漬による溶出性と処理効果

下水汚泥を1年間、浸漬実験して得た結果を表3に  
コンクリート固化物については表4に示した。

中性溶出法では有害物質としてPbが溶出したが、中  
性溶媒を浸漬液とした実験（以下、「中性浸漬法」と  
いう。）では、下水汚泥からはHg・Cd・Pb・CNが、

コンクリート固化物からはPb・Cr<sup>6+</sup>・CNが有害物質  
として検出された。

中性溶出法で溶出した成分はコンクリート固化によ  
り溶出が抑制されたが、中性の浸漬液に1年間、浸漬  
した場合にはコンクリート固化によりCr<sup>6+</sup>の溶出性  
が高くなることが分かった。

酸性溶液に浸漬する実験（以下、「酸性浸漬法」と  
いう。）の結果では、下水汚泥とコンクリート固化物

表3 下水汚泥の浸漬による全溶出量とその溶出率

(溶出量の単位はmg/l)

	酸性浸漬法		中性浸漬法		アルカリ性浸漬法	
	溶出量	溶出率(%)	溶出量	溶出率(%)	溶出量	溶出率(%)
Hg	0.001	2.5	0.001	2.5	0.001	2.5
Cd	0.06	99	0.003	5.0	0.002	3.3
Pb	1.6	59	0.06	2.2	0.00	0.00
Cr <sup>6+</sup>	0.11	3.1	0.00	0.00	0.00	0.00
As	0.05	50	0.00	0.00	0.02	20
CN	0.01	10	0.04	35	0.06	55
Fe	550	72	28	3.7	26	3.4
Mn	6.0	73	0.27	3.3	0.4	4.9
Cu	5.9	94	2.2	35	2.2	36
Zn	24	47	0.29	0.57	1.3	2.5
Ni	0.98	17	0.64	12	0.51	9.4
Cr	1.2	36	0.01	0.29	0.23	6.6
Ca	2700	100	690	26	1100	42
Mg	150	91	6.4	4.0	6.1	3.8
Na	29	95	19	63	—	—
K	7.2	19	7.1	19	22	57

表4 下水汚泥コンクリート固化物の浸漬による全溶出量とその溶出率

(溶出量の単位はmg/l)

項 目	酸性浸漬法		中性浸漬法		アルカリ性浸漬法	
	溶出量	溶出率(%)	溶出量	溶出率(%)	溶出量	溶出率(%)
Hg	0.003	8.3	0.000	0.00	0.000	0.00
Cd	0.06	100	0.000	0.00	0.003	5.0
Pb	2.6	46	0.02	0.35	0.05	0.79
Cr <sup>6+</sup>	0.10	0.63	0.01	0.07	0.00	0.00
As	0.10	50	0.00	0.00	0.01	5.0
CN	0.03	—	0.03	—	0.01	—
Fe	590	37	4.4	0.28	2.1	0.13
Mn	11	45	0.08	0.33	0.19	0.77
Cu	9.7	57	1.8	10	2.6	15
Zn	24	40	0.36	0.61	0.51	0.86
Ni	2.0	1.8	0.43	3.9	0.64	5.8
Cr	3.2	21	0.01	0.07	0.58	3.8
Ca	5300	83	720	11	1500	24
Mg	130	63	0.06	0.03	0.54	0.26
Na	59	100	38	67	—	—
K	42	48	28	32	69	80

の両方から、分析したすべての有害物質が溶出し、HgとCNでは固化により、かえって溶出性が高まった。他はコンクリート固化により溶出が抑制されることが分かった。酸性溶出法ではHgに対する効果がなかっただけであるが、酸性浸漬法ではCNに対しても効果がないことを示している。

アルカリ性の溶液に浸漬した実験（以下、「アルカリ性浸漬法」という。）で溶出する有害物質としては、下水汚泥からHg・Cd・As・CNが、コンクリート固化物からはCd・Pb・As・CNが溶け出すことが分かった。コンクリート固化により、Hg・As・CNの溶出は抑制された（特にCNに対する溶出抑制効果は大きい。）が、CdとPbの溶出率は高くなっており、これの処理効果はみられなかった。

浸漬実験で溶け出す有害項目以外の金属等は、コンクリート固化により大きく溶出が抑制されることが分かった。

液性の違う浸漬液への、各成分の溶出性をみると、下水汚泥に含まれるCd・Pb・Cr<sup>6+</sup>・Fe・Cu・Ni・Mgは酸性になるにつれて溶出しやすくなり、As・Mn・Zn・Cr・Caは酸性及びアルカリ性で溶け出すことが分かった。他方、CNは、これらとは逆に、アルカリ性が強くなる程、溶出しやすいことを示している。また、Hgは液性に関係なく溶け出すものであった。

この下水汚泥をコンクリート固化すると、Cr<sup>6+</sup>とFeは下水汚泥と同様、酸性になるほど溶出しやすかったが、Hgは酸性の浸漬液にのみ溶出し、さらにCNは下水汚泥とは全く逆に、酸性側になるほど溶出し易くなった。

その他の成分も酸性の浸漬液に良く溶出し、次いでアルカリ性のものに溶け出し易いことを示している。

#### 4・2 浸漬実験による経時的な溶出濃度の変化

浸漬により、試料から溶出する各成分の経時的な濃度の変化を、下水汚泥については図1に、コンクリート固化物については図2に示した。

下水汚泥の中性浸漬法によると、浸漬液のPH値は約11前後で推移しており、コンクリート固化物の場合もほぼ同じようなpH値の変化を示し、1年間の浸漬によっても高アルカリ性が続くことが認められた。これは、Caの高濃度の溶出が続いているためであると考えられる。

中性浸漬法におけるECの経時変化は、下水汚泥とコンクリート固化物とも変化のバラツキが大きい

1年後でも溶出する成分が多くあることを示している。

下水汚泥の酸性浸漬法から溶出してくる成分の経時変化をみると、Fe・Mn・Zn・Cr・Ca・Mg・Na・Kは浸漬してすぐに溶出してしまうが、Cd・Pb・Cr<sup>6+</sup>・Cu・Niは浸漬後かなりの時間が経過してから溶出してくることが分かった。Hg・As・CNは溶出濃度が低いため、明らかな変化パターンを把握することはむずかしい。

中性浸漬法で下水汚泥から溶出してくるFe・Mn・Na・Kは酸性浸漬法と同じく初期に溶け出し、Pb・Cu・Ni・Caは浸漬後、大分時間が経過してから溶出し、特にCu・Ni・Caは浸漬してから1年を経過しても溶出が続いている。

アルカリ性浸漬法の場合にもFe・Mn・Mgは浸漬初期に溶出してしまうが、CuとCaは中性浸漬法と同じく1年後まで溶出が持続していた。

また、中性及びアルカリ性浸漬法でのCuと、中性浸漬法でのNiは、浸漬後1年以上たってから溶出濃度が高くなる傾向を示した。

その他の成分の経時変化は、中性及びアルカリ性浸漬法とも溶出濃度が極めて低いために、経時的な変化を良く把握することは困難であった。

他方、コンクリート固化物を浸漬したときの溶出濃度の経時変化をみると、酸性浸漬法ではほとんどの成分が浸漬開始直後に溶出してしまうことを示していたが、Cr<sup>6+</sup>とCuは浸漬開始後1～3ヶ月経過してから溶出がはじまることが分かった。

中性及びアルカリ性浸漬法によりコンクリート固化物から溶出する成分の経時変化をみると、Fe・Mn・Zn・Kは浸漬を開始してすぐに溶出することを示し、さらに中性浸漬法によるNa及びアルカリ性浸漬法でのMgも同様であった。Cu・Ni・Caは、浸漬開始後かなりの時間がたってから溶出がはじまり、1年後も溶出が続くことが分かる。その他の成分の経時変化は、溶出濃度が低いために下水汚泥と同様、明確には言及できないものであった。

## 5 考 察

有害物質を含む産業廃棄物をコンクリート固化により安定無害化する方法は、現在、最も広く実用化されており、また、固化基準<sup>6+</sup>も定められている。

しかしながら、コンクリート固化処理には、CNやCr<sup>6+</sup>の固着がむずかしいことや、有機物の多い汚泥

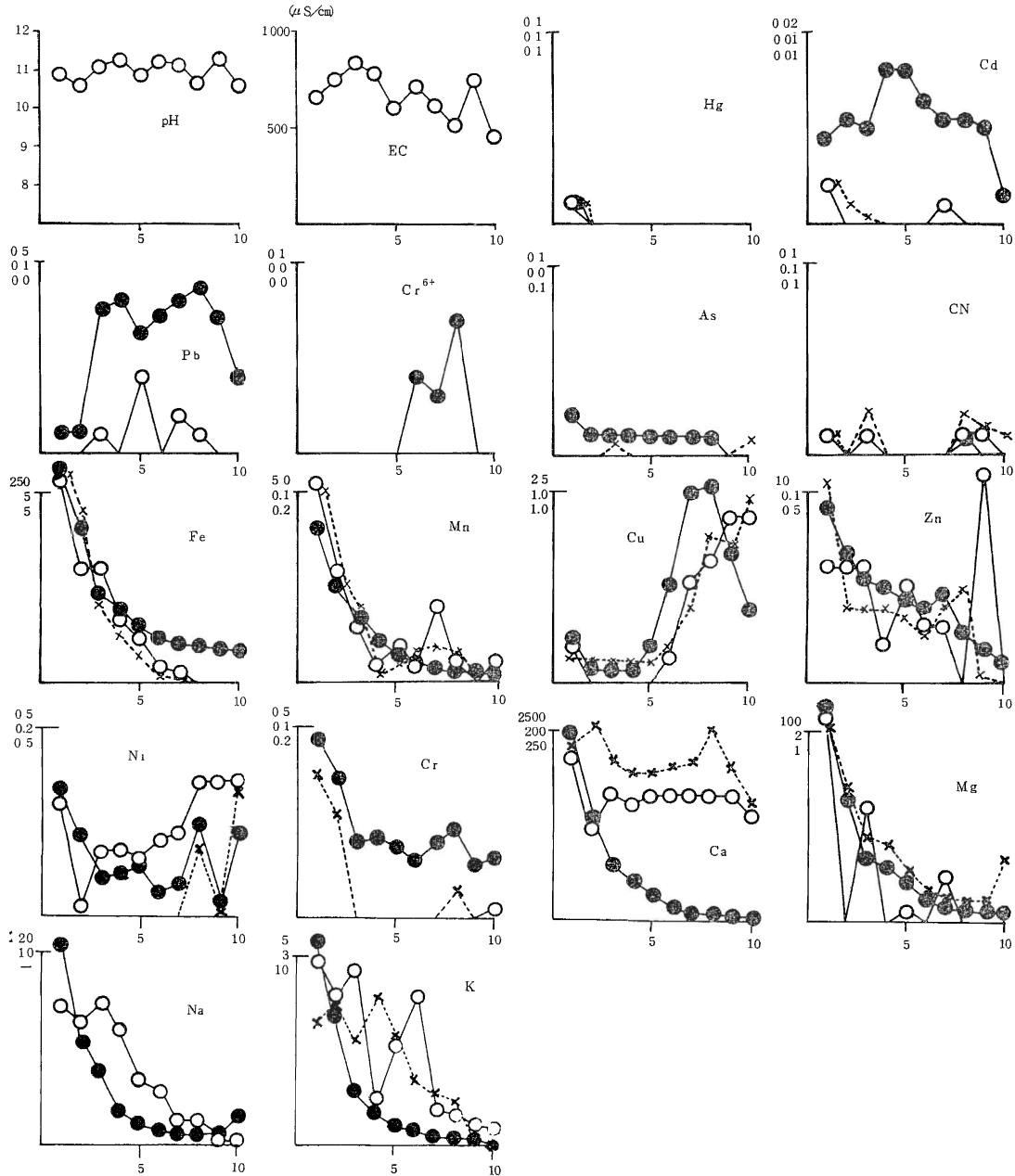


図1 下水汚泥の浸漬による溶出濃度の経時変化

(—●— 酸性, —○— 中性, ---×--- アルカリ性; 横軸は浸漬期間、  
 たて軸は溶出濃度を示し、溶出濃度の数字は上から、酸性、中性、アル  
 カリ性のフルスケール濃度であり、pH・EC 以外はmg/lを示す。

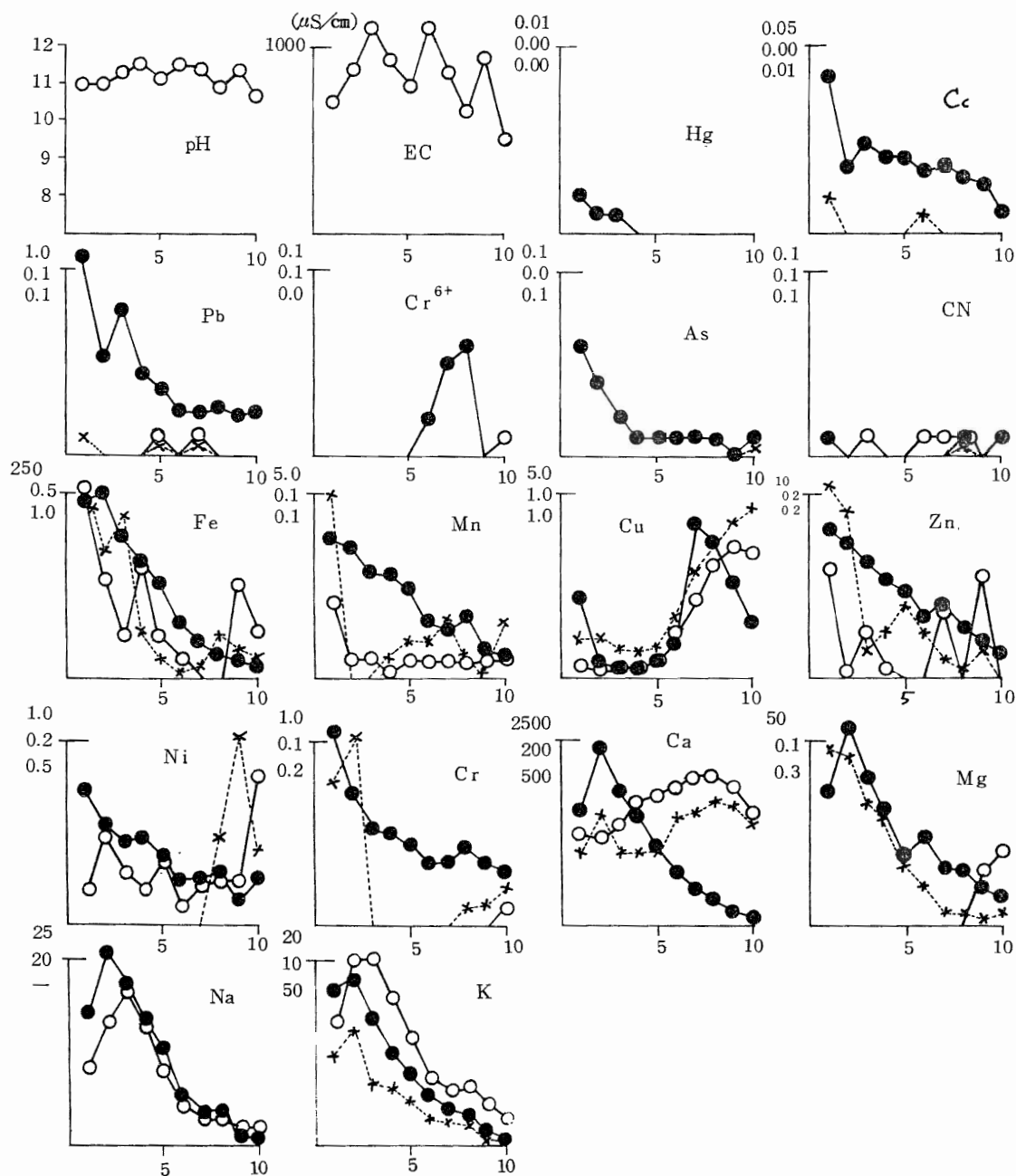


図1 下水汚泥の浸漬による溶出濃度の経時変化  
 (●—酸性, ○—中性, -×-アルカリ性; 横軸は浸漬期間、たて軸は溶出濃度を示し、溶出濃度の数字は上から、酸性、中性、アルカリ性のフルスケール濃度であり、pH・EC以外は $\mu\text{g/l}$ を示す。)

の圧縮強度が低くなったり、経年変化による固化物の崩壊などによる有害物質の流出などの問題点が指摘されている。また、この方法は固化によって体積と重量が増加するために輸送や処分のコストが大きくなり、特に、最終処分場の確保難から、廃棄物の減量化の促進が重要な課題となっている現在、この点からも不利な方法であると考えられる。

他方、①セメントは比較的安価な固化剤であることや混練という単純な操作で固化できることなど、経済性に優れていること、②溶融・焼結処理のように有害物質の揮散がないこと、③固化が適切ならばセメント水和物は物理的に安定性が高く、有害物質を長期にわたって固着できること等の利点があるため、一般にコンクリート固化が行われている。

コンクリート固化処理により有害物質が安定無害化する機構は<sup>9)</sup>、①セメントの水和反応に伴う水酸化カルシウムによって重金属イオンが水酸化物となって固定される化学反応（水酸化物沈殿効果）、②共沈効果、③水和生成物結晶構造中への重金属イオンなどの置換効果、④水和生成物の表面における吸着、⑤次いで、水和物結晶が構成する硬化体内部表面への吸着効果により有害物質を固定するものであるといわれている。

また、有害物質の固定機能としては次のことが報告されている。

Hg ……吸着（表面吸着、内部表面への吸着）。

Cd ……水酸化物沈殿効果。

Pb・As ……水酸化物沈殿効果と吸着効果。

Cr<sup>6+</sup> ……イオン置換効果及び固溶効果。

CN ……難溶性錯体形成（鉄塩による前処理必要）。

コンクリート固化に使用されるポルトランドセメントは<sup>10)</sup>、 $3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  固溶体、 $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  固溶体及び $4\text{CaO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$  固溶体を水硬性化合物として、これに凝結遅延剤として石こう（ $\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ）を加えた粉末であり、一般に使用されている最も代表的な材料である。

ところで、有害物質を含む産業廃棄物を中間処理して安定無害化を図った場合、それがどの程度効果的に処理されたかを知るためには、処理する前の廃棄物と処理生成物からの有害物質の溶出率を比較すれば良いことになる。しかし、ここで最も大きな問題となることは、溶出に使用する溶媒と溶出方法である。

環境庁の告示の方法<sup>7)</sup>では、陸上埋立した場合、降雨により有害物質が環境へ溶出していくものと考えて、

蒸留水による6時間振とう法を採用して、産業廃棄物から環境へ溶け出す有害物質の量を実験的に予測している。

ところが、腐敗性の有機物を多く含む廃棄物などと埋立てられると、有機物の分解により生成する酢酸などの有機酸により、廃棄物と接触する水は大きく酸性側に傾いたり、酸化還元電位の変化、土壤微生物の作用、錯塩の形成など、実際の自然環境中におかれた場合の廃棄物からの溶出性は極めて複雑であることが予想される。

そこで、下水汚泥をコンクリート固化したときの安定無害化の効果を調べるために、液性をかえて、6時間振とうによる溶出試験を行うとともに、1年間の浸漬実験をも行った。さらに、溶出試験と浸漬実験での溶出性の違い及び浸漬による経時的な溶出の変化についても調べてみた。

実験に供した下水汚泥は有害物質としてHg・Cd・As・CNを含み、これらは下水中の汚濁物質に含まれていたものが濃縮されて、汚泥中に取り込まれたものである。

一般に、家庭下水のみを処理している下水処理場から発生する脱水ケーキ中の重金属濃度は、工場排水が入っている処理場のそれと比べると著しく低いといわれており、Cdで3 ppm以下、Znで1500 ppm、Mnで400 ppm、Cuで200 ppm、Pbで50 ppm、Asで10 ppm、Hgで0.5 ppm、Crで30 ppm、Niで20 ppmであるといわれる。これと実験に使用したものを比べてみると、HgとCrが少し高い傾向にあるが、工場排水の流入はないものようであった。

溶出試験結果から、下水汚泥とコンクリート固化物に含まれる重金属などの溶出性をみると、コンクリート固化物中のCNがアルカリ性溶出法で溶け出し易いことを除けば、一般には酸性溶出法で溶出することが認められる。これは、使用した酸性溶出液の緩衝効果が高く、溶出試験を行っても溶出液は酸性に保持されるため重金属等が溶出し易い結果となったものと考えられる。

他方、公定法<sup>7)</sup>による溶出試験では溶出液のpH値は大きく変動し、強アルカリ性となったために重金属等の溶出が起りにくくなったものと思われる。

次に、コンクリート固化処理の効果を溶出試験結果からみると、下水汚泥はコンクリート固化により安定無害化されたと大筋ではいえる。特に、公定法<sup>7)</sup>による溶出試験では良好な処理効果があったことを示した。



しかし、腐敗性の有機物を多く含む廃棄物と混合埋立てされたりして、生成する有機酸などにより pH 値が低くなるようなことがあれば Hg の溶出が、また、電解質を多く含むような状態のところにおかれた場合には Pb が溶出してくることが予想された。

ところで、試料を1年間浸漬した場合についてみると、試料からの有害物質等の溶出性は、溶出試験の場合と同様に、一般には酸性浸漬法で良く溶け出すことが分かった。下水汚泥に含まれる CN だけはアルカリ性浸漬法で溶け出し易かったが、これもコンクリート固化すると酸性側で溶出するようになることが認められた。

浸漬実験結果から、コンクリート固化処理による下水汚泥の安定無害化の効果についてみると、酸性の溶液に浸漬した場合には Hg と CN が、また、中性では Cr<sup>6+</sup> が、アルカリ性では Cd と Pb が、下水汚泥からよりも高い溶出率で浸漬液中に溶け出しており、これらについてはコンクリート固化処理の効果は認められなかった。

以上のことから、溶出試験についてみても、公定法だけで有害物質等の溶出性を把握することは困難であることが分かる。さらに、浸漬実験を行った場合の結果を溶出試験結果から推し量ることはむずかしく、廃棄物から溶出する汚濁物質が環境へ与える影響を実験室的に、どのような方法を用いて予測するかということとは大きな問題であることを示している。

## 6 まとめ

下水汚泥をコンクリート固化処理した場合の安定無害化の程度について、溶出溶媒を酸性、中性、アルカリ性として溶出試験及び1年間の浸漬実験を行い調べた。その結果は次のとおりであった。

- ① 下水汚泥、コンクリート固化物ともに、中性溶出法では含まれる Ca が高濃度に溶出するため強アルカリ性となったが、酸性溶出法では緩衝効果が高く溶出による pH 値の変動はなかった。
- ② このため、一般には酸性溶出法で有害物質等が良く溶出することが確認された。
- ③ 溶出試験結果からコンクリート固化処理の効果を見ると、酸性条件では Hg が、アルカリ性では Pb の溶出が抑制されないことが分かった。
- ④ 浸漬実験の結果からは、酸性浸漬法での Hg と CN、中性浸漬法では Cr<sup>6+</sup>、アルカリ性浸漬法

の Cd と Pb のコンクリート固化による処理効果が認められなかった。

- ⑤ 浸漬実験の場合も溶出試験のときと同じく、酸性浸漬法で良く溶出しやすいことがみられたが、下水汚泥中の CN はアルカリ側になるほど溶出しやすい傾向を示した。
- ⑥ 浸漬実験による溶出濃度の経時変化は、溶出濃度の高い酸性浸漬法で良く観察できた。ほとんどの成分は浸漬直後に溶出してしまふことを示したが、酸性浸漬法での Cr<sup>6+</sup>、中性・アルカリ性での Ca・Ni、また Cu ではいずれの場合も、浸漬してからかなり時間が経過してから溶け出しはじめることが分かった。特に、Ca は酸性浸漬法では浸漬開始後すぐに溶出してしまふが、中性及びアルカリ性浸漬法ではかなりの時間が経過してから溶出が大きくなることを示した。

## 文 献

- 1) 清水博, 田山健司; スラッジの無公害固化と再利用技術, 環境技術, 7, 1095~1104 (1978)
- 2) 小林進ら; メッキ汚泥に対する溶融・焼結固型化処理の効果, 埼玉衛研所報, [15], 96~105 (1981)
- 3) 小林進ら; 有害廃棄物の溶融・焼結処理による安定無害化(第2報), 埼玉県公害センター年報, [12], 143~162 (1985)
- 4) 「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」令第1条第13号(政令第300号, 昭和46年9月)
- 5) 「金属等を含む産業廃棄物に係る判定基準を定める総理府令」(昭和48年2月, 総理府令第5号)
- 6) 「金属等を含む廃棄物の固型化に関する基準」(環境庁告示第5号, 昭和52年3月)
- 7) 「産業廃棄物に含まれる有害物質の検定方法」(昭和48年2月, 環境庁告示第13号)
- 8) 大山征也, 他; 金属表面処理業汚泥のコンクリート固型化における処理剤の検討(1), 公害と対策, 13, 668~674 (1977)
- 9) 産業公害防止協会; 産業廃棄物のセメント固型化処理による実験報告, 都市と廃棄物, 15, 28~43 (1981)
- 10) 柏原太郎; 重金属含有スラッジの処理法, 環境技術, 6, 397~404 (1977)