

埼玉県廃棄物分野の課題と取組み

小林 進（埼玉県公害センター）

1. はじめに

昭和45年に「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」が制定され、埼玉県においても、廃棄物処理体制の整備・拡充が図られ、衛生部がこれに対処していた。

しかし、廃棄物問題が深刻化してきたこと及び環境に対する県民意識の高まり等を受けて、昭和57年4月に埼玉県では、廃棄物問題を環境保全上の問題としてとらえ、これに総括的に対処するため、廃棄物部門を衛生部から環境部に移管した。これに伴い、衛生研究所にあった廃棄物の検査・研究部門は公害センターに移管され、廃棄物部（一般廃棄物科・産業廃棄物科）として現在に至っている。

この間、行政検査件数は年々大幅に増加してきた。これは、廃棄物行政課題の複雑多様化等に伴う検査件数の増加及び廃棄物関連の新しい技術情報の蓄積等により、環境保全を考慮した場合に必要となる分析項目が増えたことによる。

特に、行政課題の解決には知見の蓄積量が大きく影響することから、公害センターにおいては、行政課題となっているその時々課題について調査・研究を実施し、関連データや解析例を集積して情報の蓄積に努めている。

ここでは、公害センターにおいて、以上のような経緯で行った調査・研究の中の主なものを紹介することにより、埼玉県廃棄物分野の課題と取組みとして報告する。

2. 一般廃棄物関係

一般廃棄物に関する行政検査は、市町村・一部事務組合のし尿処理施設、ごみ処理施設及び一般廃棄物最終処分場を対象とした維持管理に係るものが中心となっている。

調査・研究としては、これまで都市ごみ焼却場集塵灰（主としてEPダスト）に含まれる有害重金属に関するものを取り上げてきた。現在は、都市ごみ焼却残渣中の塩類除去に関する研究を実施している。

1) 焼却処理施設から排出される廃棄物の性状等に関する調査研究

a. EPダスト中の重金属濃度と経日変動¹⁾

ごみ焼却残渣を適正に処理処分するためには、まず第一にその性状を十分に把握する必要があるということから、県内ごみ焼却場30施設のEPダストについて9種類の重金属濃度を、さらに焼却方式の異なる3施設におけるそれらの経日変動について調査した。

その結果、測定値の平均値・分散度から、各重金属の濃度とも施設間のばらつきがかなり大きいことが認められた。こうした濃度差が生ずる要因としてはごみ組成・焼却条件・設備・装置等が考えられるが、主要な要因が何かを確認するまでには至らなかった。測定項目の組み合わせで最も高い相関関係を示したものはFe-Niで、Cd-Pb・Cd-Zn・Pb-Cuの組み合わせにも比較的高い相関がみられた。

同一の施設における経日変動は全般的に小さいことが明らかになったが、Crでは特異的な変動パターンがみられる場合があった。

b. EPダスト中重金属類の溶出性

EPダストは焼却灰と共に最終処分されている場合が多く、発生量は少ないが一般に重金属濃度が高いことから、重金属類の溶出性について調べた²⁾。

環境庁告示第13号による溶出試験の結果、溶出液中の重金属濃度とpHの間には密接な関係がみられ、Cdの場合には溶出液pH値が9以下で、またPbではpH値が7.5以下及び11.5以上の溶出液で溶出し易くなる傾向にあった。

特に、乾式の塩化水素除去装置を使用している施設の場合は、溶出液pHが強アルカリ性を呈し、Pbの溶出濃度及び溶出率とも極めて高いという特徴を示した。

次いで、埋立地内部の液性の複雑さを考慮し、酸及びアルカリを添加してジャーテストを用いた溶出試験を行った。

この実験から、pH 値が10付近で重金属類は最も溶出しにくくなることがわかった。また、Cd・Pb・Zn の濃度が高い試料の場合は、溶出溶媒の pH 値10を境にして、pH のわずかな相違によっても溶出率が大きく増加し、この傾向は酸性側で顕著であった。さらに、流動床炉から排出される EP ダストは、他の型式のものに比べて重金属含有量が低く、また溶出率も小さいといった傾向がみられた。

c. 都市ごみ焼却残渣のコンクリート固形化物等における重金属の溶出性³⁾

1 年間の純水による浸漬実験の結果、浸漬液 pH は、浸漬初期からアルカリ性を示し、時間経過に伴い上昇した。Cd・Cu 等の酸性で溶出し易い重金属の場合は溶出防止効果が認められたが、強アルカリ性で溶出し易い金属、特に Cr^{6+} の溶出がみられる場合があった。

このように、重金属の溶出に関しては、固形化前の試料だけでなく、コンクリート固形化物においても、浸漬液の pH の影響が極めて大きいことが注目される。

2) 都市ごみ焼却残渣中の塩類除去に関する研究

焼却残渣中に多量に含まれる無機塩類による環境影響等に関するデータはほとんどないが、水稻被害などの環境影響が考えられること及び市町村に対する維持管理指導上からも、無機塩類に関する調査研究が必要となってきた。このため、無機塩類による、環境被害、設備・機器の腐食及びコンクリート固化等を行う場合の障害等を取り除く一つの方法として、現在、都市ごみ焼却残渣中の塩類を分離・除去する技術を確認するための基礎実験を行っている。

3. 産業廃棄物関係

産業廃棄物に関連する行政検査・調査のこれまでの経緯をみると、初期においては、六価クロム鉍さい問題を契機とした、有害物質を含む産業廃棄物の不法投棄に係るものがほとんどを占めた。

次いで、有害物質を含む産業廃棄物の安定無害化について真剣に検討され、他方では下水処理汚泥の有効利用等に対する再資源化・有効利用の面にも努力が払われた。

最近では、最終処分場の維持管理と苦情処理に係る検査・調査が大部分を占めるようになった。現在では、これに加えて中間処理施設に対する調査が実施されて

いる。

このような行政課題を受けて、公害センターにおいても以下のような調査・研究を実施した。

1) 埋立における重金属等の動向に関する研究

廃棄物を埋立てた場合に、廃棄物に含まれる有害物質をはじめとした各種汚濁成分が、雨水などによりどのような挙動を示し、廃棄物層内においてはどのような物理化学的・生物学的な影響を受けるか、また廃棄物層から浸出してくる汚濁物質が土壌とどのような相互作用を行うかといったこと等について、一連の研究を実施した。

a. 管理型処分場の実態調査

埋立て完了後 1～2 年の管理型処分場の覆土土壌の金属成分について検討し、産業廃棄物埋立てによる環境影響について調査した。この結果、小規模埋立の方が大規模埋立に比べて覆土中の重金属量は少なく、また覆土中への廃棄物の混入も少ないこと等を明らかにすることができた⁴⁾。

b. 埋立における下水汚泥中金属成分の年間推移⁵⁾

下水汚泥の乾燥余剰汚泥・焼却灰を、野外で火山灰土壌・沖積土壌に埋立て、金属成分の推移を 1 年間調査した。これにより、金属の累積溶出率と積算雨量との間における相関性の高い回帰線を求めることができた。

また、有機物と金属成分の溶出率が高い下水乾燥汚泥の場合には、相関性のかなり良い溶出曲線式及び溶出直線式を導き出すことができた。これにより、埋立 1 年目には相当量の金属成分が溶出すること及び火山灰土壌よりも沖積土壌に埋立てた方が溶出率が高くなることが予想された。他方、溶出率の低い焼却灰の場合は溶出式を導き出すまでには至らなかった。

c. 廃棄物中汚濁成分の水への溶出特性⁶⁾

有機性廃棄物（製紙汚泥・下水汚泥）と無機性廃棄物（メッキ汚泥・鋳物廃砂）の相違及び廃棄物の種類の違いが、汚濁物質の溶出性にどのような影響を及ぼすかを調べるために、廃棄物と水だけによるカラムを用いた室内溶出実験を行った。ここでは、埼玉県での発生量が比較的大きい廃棄物を選択している。

無機性と有機性の廃棄物の最大の相違点は有機成分の溶出性にあり、製紙汚泥からの最大有機成分溶出率（熱灼減量）は66%、下水汚泥では48%、メッキ汚泥で

15%, 鋳物廃砂は0%であった。他方、無機成分の溶出は、有機性・無機性というよりは廃棄物の種類による差が大きいという傾向を示した。

溶出液の酸化還元電位の変化が全期間を通じて一定か若しくは一定に近いメッキ汚泥と下水汚泥のK・Na・Ca・Mgにおいては、適合性の高い溶出実験式を導き出すことができ、また初期溶出性が高いことも判明した。

すべての廃棄物に共通してみられたことは、Naの溶出性が高いという点である。Naの溶出率は、環境庁告示第13号の溶出試験とカラム溶出実験とでは同じ値を示すことから、Naは単純に溶出し、移動する廃棄物成分であることがわかる。

従って、このNaを、埋立地における廃棄物と雨量との関係、あるいは埋立地浸出水への移行度、拡散状態などを把握するための指標物質として使用できる可能性があると考えている。

d. 廃棄物からの溶出成分と土壌との相互作用^{7,8)}

有機性・無機性廃棄物から溶出してくる成分と土壌との相互作用について調査した。土壌としては火山灰土壌及び沖積土壌の表土・心土を用い、各廃棄物と混合処理した場合と二層処理した場合とについて室内カラム実験を行った。この実験により、汚濁成分の累積溶出濃度の推移から溶出実験式を導き、実験式から予測される最大溶出量について主成分分析を行い、土壌処理の効果等について検討を加えた。

この結果、埋立時における汚濁成分の溶出量を抑制する方法として、製紙汚泥の場合には、火山灰土壌よりは沖積土壌を用いた方が良く、その沖積土壌も腐植の多い表土が適していること及び埋立方法は製紙汚泥と土壌を混合するよりも層状にして埋立てた方が良いことが判明した。下水汚泥の場合は、汚濁物質の溶出量が極めて大きいため、少量の土壌では土壌処理の効果があまり期待できないようであった。

鋳物廃砂を火山灰土壌に埋立てる場合はT-Nの溶出に、また沖積土壌に埋立てるときにはCa・Feの溶出に注意する必要があることが明らかになった。

重金属類の溶出性が高いメッキ汚泥は、土壌と層状に埋立てるとそれらの溶出を抑制できた。下水焼却灰では、Caの溶出量が極めて高いことから溶出液がアルカリ性となるために、重金属類の溶出は少ないがCu

だけは溶出してくる。これも、二層処理により抑制された。

e. 混合廃棄物からの水への溶出性⁹⁾

廃棄物を最終処分するときには、通常、混合されて埋立てられる。この場合、廃棄物の混合により、汚濁成分が単に希釈されて溶出するのか、相互作用により抑制されて溶出するのか、あるいは相乗効果により倍加されて溶出するのかといったことが、埋立地の性状を把握するという点からも重要になる。

そこで、有機性と無機性の廃棄物の混合比を変えてカラムによる室内溶出実験を行った。

製紙汚泥に無機性廃棄物を混合したとき、塩類と有機汚濁成分の溶出は低減され、重金属類の溶出も下水汚泥焼却灰との混合により抑制された。

下水汚泥と無機性廃棄物とを混合した場合の溶出性をみると、メッキ汚泥・鋳物廃砂と混合することにより塩類の溶出が幾分低減されること、重金属類の溶出は下水汚泥焼却灰と混合することで抑制できること及び鋳物廃砂との混合ではFeを除いて重金属類の溶出が抑制されること等が示された。

いずれの場合も、下水汚泥焼却灰と混合することにより、溶出液はアルカリ性となった。

f. 混合廃棄物からの溶出成分と土壌との相互作用¹⁰⁾

混合した廃棄物を土壌処理することによって、汚濁成分の溶出傾向がどのように変化するかについて検討した。その結果、製紙汚泥を埋立てる場合には、有機物や重金属類の溶出を抑制するためには、メッキ汚泥・下水汚泥焼却灰と混合すれば効果的であること及び土壌処理の効果が高いこと等が判明した。

また、製紙汚泥からの塩類の溶出を抑制したい場合には、下水汚泥焼却灰と混合し、沖積表土と混合処理すれば良いこと及び下水焼却灰と混合すると溶出液は強アルカリ性を示すようになるが、これはサンドイッチ工法により火山灰心土を覆土として用いれば、かなり長い間中性を保つこと等を明らかにできた。

下水汚泥の場合は、有機物が相当多量に溶出するが、鋳物廃砂との混合又は多量の土壌との処理によりその溶出を幾分抑えることができた。さらに、下水汚泥を下水汚泥焼却灰と混合すると塩類の溶出量が多くなるが、沖積表土と混合処理すれば抑制効果が期待できる

こと及び下水汚泥からの重金属類の溶出を抑制するためには、下水汚泥焼却灰及び沖積表土との混合処理が効果的であること等が明らかになった。

2) 覆土による浸出水の場内浄化に関する研究

これまで行ってきた室内カラム実験は非常に長い時間を要したので、迅速かつ効率的に土壌と廃棄物との相互作用を測定するシステムの開発を行ってきたが、高速液体クロマトグラフを応用した埋立モデル装置の実用化が可能となった¹¹⁾。

この装置を用いて、現在、埋立地周辺にある土壌を覆土として有効に活用することにより、埋立地浸出水に含まれる汚濁物質の低減を図ると共に経済的な効果についても着目して、自然条件におけるこれまでに得られた結果を、いかにうまく迅速に再現するかという研究を実施中である。

3) 有害産業廃棄物の安定無害化处理

有害物質を含むメッキ汚泥を安定無害化する方法である溶融・焼結固形化处理について一連の検討を加えた¹²⁾。

実験は、固形化物と未処理汚泥を Ph 値 4・6・8 の溶出溶媒に浸漬し、一年間にわたる含有成分の溶出濃度の経時変化及び溶出量等について調べた。

この結果、アーク炉溶融固形化物からアルカリ側で溶出してくる Cr^{6+} を除き、他はすべて酸性側に極めて高濃度に溶出してくることが判明した。そこで、酸性溶液に溶出する各成分の溶出率を処理前後で比較し、安定無害化の効果をみた。

アーク炉溶融で最も良く処理効果が認められ、次いでマイクロ波溶融、焼結の順であつた。特に、マイクロ波溶融と焼結の場合には有害重金属の処理効果が小さいという結果を示した。

他方、アーク炉溶融の場合、有害重金属の溶出が少ない原因は、それらが排ガス中へ揮散して系外へ排出されてしまい、溶融固形化物中には残存しないためであることがわかった。従って、大気汚染など二次公害の問題が懸念される。

このように、溶融・焼結固形化处理には未だ解決すべき問題があるとわかったが、原理的にも、また減量化といった点からも有用性は高いと考えられるため、今後の研究開発に期待したい。

4) 有効利用に関する調査

ミミズによる製紙汚泥の有効利用に関する調査を実施した。環境分野では、高速道路ぞいのミミズを用いた自動車による Pb 等の環境影響を調べた報告がみられる程度で、ミミズによる産業廃棄物の有効利用に関する報告はなかった。

この調査は、製紙汚泥をミミズにより処理してミミズ糞粒の農業利用を図ることにより、環境浄化と産業廃棄物の再資源化に資することを目的に、有害物質の動向等について検討したものである。この結果、ミミズは製紙汚泥中の Cd を特異的に生物濃縮して蓄積すること等が明らかになった¹³⁾。

5) 産業廃棄物中の化学物質に関する研究

昭和61年の環境白書(環境庁)で、「高度技術会社における環境保全」として先端技術産業の環境問題が初めて取り上げられた。これを契機に、先端技術産業から排出される未規制化学物質等の実態と環境影響などについて検討を始めた。

最初に、内外の文献等を取り纏めて、先端産業と環境問題について総説を試みた¹⁴⁾。

次いで、県内の IC 製造工場から排出される廃棄物の性状や処理処分の実態について調査した¹⁵⁾。この結果、固形廃棄物中に多量の Ga や As が検出されると共にその溶出量も多い場合のあることが認められた。

また、廃油の再生処理により、その残渣中には Cu・Zn・Ni・P が濃縮されることも判明した。特に、廃油などが回収業者によって回収され、中間処理を施された場合にどうなっているかが全く不明であった。

このため、産業廃棄物中間処理施設における有害物質等の実態を明らかにし、廃棄物の適正な処理処分の方策を検討するための基礎データを作成することを目的として、現在、「産業廃棄物中の未規制有害物質等に関する研究」を実施中である。

4. おわりに

以上のような各種研究・調査等から得られた知見は、行政上の問題解決のために実際の現場等に応用されている。

たとえば、埋立地浸出水が黒色化して問題となった場合¹⁶⁾や、アルカリ性浸出水の中性化¹⁷⁾など、問題となった多くの現場に応用され、改善が図られている。

文 献

- 1) 丹野幹雄, 清水典徳: 埼玉県内の都市ごみ焼却炉ダストの性状等に関する調査研究(第1, 2報), 埼玉県公害センター年報, **13**, 104-115, 1986.
- 2) 丹野幹雄, 清水典徳: 埼玉県内の都市ごみ焼却炉ダストの性状等に関する調査研究(第3, 4報), 同上, **14**, 118-129, 1987.
- 3) 丹野幹雄, 清水典徳: 都市ごみ焼却残渣の安定化, 同上, **16**, 112-120, 1989.
- 4) 小林進, 小野雄策, 丹野幹雄, 稲村江里, 吉岡勝平, 藤本義典: 産業廃棄物最終処分場の実態について, 廃棄物処理対策全国協議会全国大会第33回講演集, 82-87, 1982.
- 5) 小林進, 小野雄策, 藤本義典: 埋立における下水汚泥金属組成の年間推移, 同上第34回講演集, 109-114, 1983.
- 6) 小林進, 小野雄策, 稲村江里, 吉岡勝平: 埋立における廃棄物中汚濁成分等の動向(第2報), 同上第35回講演集, 111-116, 1984.
- 7) 小林進, 小野雄策, 稲村江里, 北野拓: 埋立における廃棄物中汚濁成分等の動向(第3, 4報), 同上第36回講演集, 85-96, 1985.
- 8) 小林進, 小野雄策, 稲村江里, 北野拓: 埋立における廃棄物中汚濁成分等の動向(第5報), 同上第37回講演集, 132-137, 1986.
- 9) 小野雄策, 須貝敏英, 増田武司, 渡辺洋一, 小林進: 埋立における汚濁成分等の動向(第6報), 同上第38回講演集, 111-116, 1987.
- 10) 小野雄策, 須貝敏英, 増田武司, 渡辺洋一, 小林進: 埋立における汚濁成分等の動向(第7報), 同上第39回講演集, 158-163, 1988.
- 11) 小野雄策, 須貝敏英, 増田武司, 渡辺洋一, 小林進: 埋立における汚濁成分等の動向(第8報), 同上第40回講演集, 24-29, 1989.
- 12) 小林進, 小野雄策, 稲村江里: 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.
- 13) 埼玉県企画財政部: スラッジ及びミミズ糞粒中の有害物質の検索, 昭和57年度環境浄化対策・省エネルギー省資源対策に係わる共同研究報告書, 94-103, 1983.
- 14) 小林進, 小野雄策, 稲村江里: 先端技術産業と環境問題, 埼玉県公害センター年報, **13**, 9-23, 1986.
- 15) 増田武司, 須貝敏英, 小野雄策, 渡辺洋一, 小林進: 先端技術産業と環境問題(第2報), 埼玉県公害センター研究報告, **15**, 132-142, 1988.
- 16) 渡辺洋一, 須貝敏英, 小野雄策, 増田武司, 小林進: 黒い水の生成過程と処理, 同上, **16**, 121-129, 1989.
- 17) 埼玉県科学技術推進会議: 覆土による浸出水の場内浄化に関する研究, 平成元年度環境保全対策及び食品加工技術に係る共同研究報告書, 51-65, 1990.