米国における有害廃棄物対策の動向*

細 見 正 明

1. はじめに

米国の人口は、約2億4,000万人である。1年でひとりひとりのそばに、野積みした1トンの有害廃棄物の山ができあがり、毎年次々と有害廃棄物の山ができあがっていく様子を想像すれば、米国における有害廃棄物の状況が理解しやすい。すなわち、毎年2億5,000万トンの有害廃棄物が発生している¹⁾。しかも、10年ほど前までは、優良企業といえどもズサンな陸上投棄を一般的に行っていた。当時そうした行為が長期間にわたってどのようなことをもたらすのかほとんど考慮されなかった。しかし、ラブキャナル事件などを契機に米国はそのツケを支払わざるをえない状況にある。

このように毎年膨大に発生量する有害廃棄物と過去に不法投棄された有害廃棄物は、連邦法である資源保全再生法^{2)~6)}とスーパーファンド法(総合的環境対策補償責任法)^{7)~12)}に基づいて管理処分されている。本文では、これらを概説するとともに、両法のもとで環境保護庁(EPA)が注目している廃棄物削減(Waste Minimization)計画¹³⁾とSuperfund Innovative Technology Evaluation (SITE)計画¹⁴⁾を紹介したい。

2. 資源保全再生法

2.1 経 緯

有害廃棄物に対する不適切な対応を改善するため、1976年、議会は資源再生法を改正し、資源保全再生法を制定した。さらに1984年、資源保全再生法は実質的に改正(有害固形廃棄物改正法)され、今日に至っている。資源保全再生法の最終目標は、①人の健康およ

び環境を守り、②廃棄物を減量し、エネルギー事および自然資源を保全し、③有害廃棄物の発生を可及的速やかに削減することである。このため、資源保全再生法には、主要なサブタイトルとして、D:都市ゴミ(非有害廃棄物)、C:有害廃棄物、I:地下貯蔵タンクに関する規定が盛り込まれている。特に、サブタイトルCは、EPAに有害廃棄物の「ゆりかごから墓場まで」の規制権限を与えている。これによって、EPAは有害廃棄物の処理、輸送、貯蔵、そして処分に至るすべての段階について、規制を行うことができるようになったのである。

2.2 有害廃棄物の定義

資源保全再生法のもとでは、有害廃棄物は固形廃棄物でなければならない。固形廃棄物とは、家庭から出る厨芥、商業あるいは工業で不用になった屑、下水・上水処理施設・大気汚染防止施設から生じる汚泥およびその他の廃棄物で、工業、商業、鉱業および農業などの事業ならびに地域活動によって生じた固体物質、液体物質または気体を含有する物質を含むものと定義されている。固形廃棄物は“solid waste”の日本語訳であるが、必ずしも固体ではなく、液体物質も多く含まれていることに注意する必要がある。ただし、家庭下水や水質浄化法で規制される産業排水などは除かれる。

資源保全再生法の規制対象となる有害廃棄物は、引火性、腐食性、反応性、抽出毒性のいずれかの性質を有する固形廃棄物か、有害廃棄物一覧表に記載されている固形廃棄物である。また一覧表に記載された有害廃棄物と非有害廃棄物との混合物や有害廃棄物としての規制から除外されていないものも有害廃棄物である。

有害廃棄物の判断基準となる性質の中の抽出毒性は、わが国の溶出試験と類似している。不適切な管理の結果、地下水へ有害物質成分が浸出していくような廃棄物を捕捉するため、実際の埋立処分地で起こるような浸出作用を再現する方法で廃棄物から抽出し、その抽出液中の毒性物質が表1に示す基準濃度を超えた場合、有害廃棄物となる。EPAは、不特定発生源からの有害廃棄物、特定発生源からの有害廃棄物および廃棄商業化学製品について、それぞれ有害廃棄物一覧表を定めている。1984年の資源保全再生法改正によって、ダイオキシン化合物など21物質や、人の健康に危険を

Masaaki Hosomi

昭和51年 大阪大学工学部卒業

52年 国立公害研究所

昭和63年 10月より1年間、科学技術庁長期在外研究員として、米国EPAに滞在
工学博士

* Control Strategies for Hazardous Waste in the United States of America, 1989年12月26日受理

表1 抽出毒性試験における成分および濃度

成 分	濃 度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)	成 分	濃 度 ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$)
ヒ素	5.0	銀	5.0
バリウム	100.0	エンドリン	0.02
カドミウム	1.0	リンデン	0.4
クロム	5.0	メトキシクロル	10.0
鉛	5.0	トキサフェン	5.0
水銀	0.2	2, 4-D	10.0
セレン	1.0	2, 4, 5-T	1.0

及ぼす程度の発ガン性物質、突然変異原性物質、催奇形性物質など廃棄物についても、有害廃棄物一覧表に記載し、あるいは性質上有害廃棄物として認めるべきであるとされている。

2.3 有害廃棄物規制

EPA は、有害廃棄物排出者について、①2.2で述べた有害廃棄物に該当するか否かを決定すること、②EPA から認識番号を取得すること、③輸送目録（マニフェスト）を作成すること、④適切な容器の使用および表示を行うこと、⑤輸送に関する記録を保管すること、⑥定められた場合にEPAに報告を行うことなどを内容とする規則を制定した。ただし、有害廃棄物排出者であっても、その排出量の少ない者については資源保全再生法の規制対象から除外される。EPA は、少量排出者を月間100kg未満の有害廃棄物あるいは月間1kg未満の特別有害な廃棄物を排出する者とした。

有害廃棄物輸送者は、EPA から認識番号を取得することが義務づけられているほか、輸送目録、輸送容器や表示および記録の保管などに関する規則が定められている。特に、有害廃棄物輸送者は、輸送中に有害廃棄物が流出した場合は人の健康および環境を保護するため迅速な措置を講じるとともに、流出した有害廃棄物について浄化義務を負うものとされている。

すべての有害廃棄物の処理・保管・処分施設の運転に際しては、EPAの許可を要する。特に有害廃棄物埋立処分地（表面貯留池も含む）は、二重ライナーシステム¹⁵⁾をはじめとした厳格な基準が決められている。

許可を得た有害廃棄物処理・保管・処分施設は、認識番号の取得、廃棄物の分析、施設保安対策、施設の点検、および従業員の訓練、火災・爆発・有害廃棄物の流出などに対する緊急対策、輸送目録制度、地下水モニタリングなどを行うよう求められている。特に、施設の運転終了時には、閉鎖計画を策定し、EPAに提出し、認可を受けた後、実施しなければならない。その際、十分な資金（浄化対策費用のため）を有していることを信託資金や保険で保証しなければならない。これは、資源保全再生法で認可された処理・保管・処分施設が将来スーパーファンドの対象とならないよう

にするためである。

3. 廃棄物削減計画

資源保全再生法は、現在発生する有害廃棄物の管理処分の面では効果が認められるが、廃棄物の再利用や資源化については、その名に似われているようには成果が上がっていないのが実情である。1984年の法改正で議会はEPAに対し、廃棄物削減計画を策定実行するよう求めた。この削減計画は、ここ2、3年資源保全回収法のもとで有害廃棄物の管理処分のためのコストが著しく増大した経済的な面はもとより、規制面、責任面、さらには企業イメージのアップの面からも必然性を帯びてきている。

廃棄物削減計画は、有害廃棄物の発生、処理、保管、処分の一連の過程で有害廃棄物を実行可能な範囲で削減していくことである。廃棄物削減計画は、発生源削減対策とリサイクルからなる。発生源削減対策は、発生源および製造工程で有害廃棄物の発生量ならびにその毒性を抑制することをいう。リサイクルは、利用（use）、再利用（reuse）、および再生利用（reclaim）と定義されている。使用済みバッテリーからの鉛の回収や廃溶剤の再生は、再生利用の範疇に入る。発生源削減対策は、リサイクルよりも環境保全の見地から望ましい。こうした廃棄物削減計画の技術は図1に示すとおりである。廃棄物削減計画の本質は、系統的に廃棄物を削減するための組織化された、総合的な努力の積み重ねにある。現在、EPAは廃棄物削減計画のマニユ

図1 廃棄物削減計画の諸技術

アルを作成したり、効率的に進めるための各手続き(例えば、事業場トップの援助獲得、問題や目標の明確化、廃棄物の量およびコストの算定法など)のガイダンスを用意しつつある。

廃棄物削減アセスメントは、廃棄物削減計画を実施する上で最も重要なプロセスである。これは、廃棄物を削減するための方法を見出す目的で行われる系統的に計画された手続きである。このアセスメントは、プラントの運転や廃棄物の流れを見直したり、評価すべき範囲を限定することから始まる。次に、データの収集や立入調査を通じて問題点を明確にし、廃棄物を削減できる可能性のあるオプションを評価し、選択する。このオプションの技術的および経済的な実施可能性について検討される。最終的には、最も有望なオプションが採択され、実施に移される。

4. スーパーファンド法

4.1 経緯

1972年に成立した水質浄化法で、議会は公共(航行)水域に排出された有害廃棄物の規制を行うようにEPAに権限を与えた。3,500万ドルの信託基金がこの問題に対処するため設けられた。しかしながら、過去において不適切に陸上処分された有害廃棄物で汚染された土壌や地下水に対しては何ら対策が講じられなかった。このような問題に対処するため、1980年12月、スーパーファンド法が制定されたのである。スーパーファンド法の主要な目的は、以下のとおりである。

①多くの有害廃棄物汚染箇所の浄化のために優先順位をつけ、総合計画をたてる。②汚染原因者に浄化費用を支払わせる。③原因者が支払い不可能である箇所の浄化を行うため、また有害物質による汚染に緊急に対応するために、16億ドルの有害廃棄物信託基金を設ける。この基金がスーパーファンドと呼ばれている。④有害廃棄物の管理、処理、処分の面で科学的技術的な開発を推進する。

1986年10月17日、レーガン大統領は、1980年に制定されたスーパーファンド法の再授權を認める改正法に署名した。スーパーファンド改正法は基本的にはスーパーファンド法と同じであるが、その主な特徴はその規模の拡大である。1980～1985年まで、EPAのスーパーファンド計画は16億ドルの基金に依拠していたが、1986～1991年までその基金を85億ドルとしたことである。基金は、石油消費税、42の化学物質消費税、環境税および一般歳入から拠出される。

4.2 全国偶発事故対策計画とスーパーファンド事業の成果¹⁾

1972年の水質浄化法において、有害廃棄物を含む緊

急事故に対処するため全国偶発事故対策計画が策定されたことは、大きなひとつの成果であった。この全国偶発事故対策計画はその後改訂されて、今なおスーパーファンドの実施におけるバックボーンをなしている。全国偶発事故対策計画は、以下のようなステップから構成されている。

4.2.1 汚染発見通報

不法投棄や流出事故の通報が個人から国家対応センター、あるいは地方自治体、州政府や連邦政府に行われる。1988会計年度現在、30,013箇所の通報データがスーパーファンド情報システムデータベースに組み入れられている。

4.2.2 予備的アセスメント

EPAは、通報のあった箇所の情報を集め、位置、規模、汚染責任容疑者、処分された廃棄物の種類、量、水文学的、気象学的条件、環境に対する影響などを評価し、除去措置をとる必要があるか検討する。1988会計年度現在、26,959箇所について予備的アセスメントが行われている。

4.2.3 除去措置

除去措置は、人の健康や環境に対する悪影響を防ぐため、速やかに対応する短期的な措置で、いわゆるband-aid対策である。スーパーファンド改正法によって、措置継続期間が12カ月に、そしてその費用が200万ドルに拡張された。1,604箇所において除去措置が講じられている(進行中も含む)。

4.2.4 現場立入調査

予備的アセスメントで人の健康や環境に悪影響のおそれがあると判断された場合、危険度ランク付けを決めるのに十分な情報を収集するため、汚染箇所の現場立入調査が行われる。調査内容は、汚染状況、土壌や水試料のサンプリング、有害物質の移行経路、などである。現在、9,604箇所の立入調査が完了している。

4.2.5 危険度ランク付けシステムと優先順位一覧表

現場立入調査から得られた情報を基に、危険度ランク付けを行う。これはスーパーファンド法のもとで、優先順位一覧表に記載されるかどうかを決める重要な手続である。

危険度ランク付けは、①有害物質の地下水、表流水、大気を通じて移行し、人および環境にもたらす危険度、②爆発性、燃焼性物質による危険度、③直接有害物質に接触することによる危険度、を評価する。

①の危険度は、地下水、表流水、大気からの危険度の各得点を求め、相乗平均をとって0～100の得点で表示される。現在、危険度ランク付けにより1,175箇所が優先順位一覧表に記載されている。

4.2.6 修復浄化対策検討調査

いったん、汚染箇所が優先順位一覧表に記載されると、EPA、州あるいは汚染責任容疑者が、汚染箇所の恒久的な浄化を目指して、汚染の特定化や浄化対策の選択およびその実施可能性について検討する。

浄化対策の評価や選定の判断基準は、①人の健康や環境の保全、②適用可能な、適切な、あるいは適正基準の遵守(例えば、地下水の場合、飲料水基準)、③長期にわたる効果および性能、④毒性、移動性、量の削減、⑤短期的な効果、⑥実行可能性、⑦費用、⑧州政府の承諾、⑨市民の反応、の9つである。

1986年末までに489箇所で行った修復浄化対策検討調査が開始された。スーパーファンド改正法は、1990年10月までに少なくとも450箇所について修復浄化対策検討調査を行うよう命じている。

修復浄化対策検討調査の結果、スーパーファンド箇所で行く検出される汚染物質は、トリクロロエチレンをはじめとした有機塩素系溶剤や鉛、亜鉛などの重金属である。

4.2.7 決定記録

修復浄化対策検討調査が完了すると、EPA は対応策を選定する。その際、EPA は決定記録という行政記録を書き上げなければならない。この決定記録は、EPA の事業を審理する際の記録となるので、公聴会を開催し、広く意見をつのる。一般市民はこの決定記録が確立される過程で参加することができる。EPA はこうした意見や批判、新しいデータに対して答えを記載して最終計画を一般市民に知らせる。1986年6月までに126の決定記録が署名され、1988会計年度だけで153の決定記録に署名された。

4.2.8 修復浄化事業

1986年末までに、EPA は14箇所で行った修復浄化事業を完了し、別に103箇所で行った浄化事業を開始した。スーパーファンド改正法は、最初の3年間で新たに175箇所、4年目から5年目にかけてさらに200箇所で行った浄化事業を開始するよう命じている。

スーパーファンド箇所の管理手法は、陸上処分(その箇所か別の箇所で行う埋立処分や覆土を含む)と有害廃棄物を削減したり、その毒性を抑制する処理技術の2つに分かれる。一般に、陸上処分は、有害廃棄物の性質を変更する技術に比べ、コストが低く、第I期スーパーファンドで最も広く利用された方法である。このことは、有害廃棄物の無害化技術や安定化技術の開発を結果的に遅らせることを意味する。

5. SITE 計画

スーパーファンド改正法は、EPA に代替あるいは革

図2 代替技術の開発過程

新的処理技術研究と実証計画を策定し、実施するように求めている。EPA は、1986年12月より革新的な処理技術の開発、実証および実用化を促進するため、また、革新的な測定モニタリング技術を実証し評価するため、SITE 計画を策定実施している。このSITE 計画は、SITE 実証計画、創造的処理技術計画、技術移転計画、測定モニタリング技術開発計画、新技術計画から成っている。

スーパーファンド改正法では、代替技術とは従来の手法(陸上処分)にかわって廃棄物のリサイクル、汚染物質の毒性、移動性、量を削減するための化学的、生物的、物理的手法によって有害廃棄物の成分や性質を恒久的に変える技術と定義されている。SITE 計画での代替技術のレベルは、図2のように示される。これは代替技術が商業ベースにのり、一般に普及するための過程を示している。利用可能代替技術は、すでに実スケールで証明され、ルーチン的に使用されている焼却技術のようなものをいう。革新的代替技術は、十分研究開発が行われてはいるが、コストあるいは性能に関する情報が不完全であるため、有害廃棄物汚染箇所で行う際に問題となるレベルの技術である。したがって、こうした技術は実用段階以前にフィールド実証試験を行う必要がある。創造的代替技術は、その原理は実験室で実証されてはいるものの、開発の初期段階にあり、パイロット試験を行う必要があるレベルの技術をいう。

5.1 SITE 実証計画

目的は、革新的技術が有害廃棄物箇所で行った浄化対策のオプションとして考慮されるように、より広範な工学的性能やコストに関する情報を提供することにある。SITE 実証計画では、代替技術が実際のスーパーファンド箇所で行われ、代替技術の限界、適用可能な廃棄物のタイプ、前処理の必要性、運転上の問題、設備費用、運転経費などが明らかにされる。

技術開発者は、選択された箇所で行った代替技術を実証する責務があり、装置の輸送、運転、撤去費用も支

払うよう求められる。EPA はプロジェクトの計画、サンプリング解析、データの精度保証、報告書、情報の普及に務める。

現在、30の代替処理技術が SITE 実証計画で評価されている。これらの代替技術は、熱処理(8)、生物処理(4)、固定化・安定化処理(6)、化学処理(3)、物理処理(6)に分類され、また3つの処理技術システムは、いくつかの単位処理操作の組み合わせである。1989会計年度では、8つの代替処理技術が実証段階を終了した。

最近の SITE 実証計画への応募要領では、有害廃棄物で汚染された土壌、汚泥、地下水などに適用できる処理技術の参加を呼びかけている。

5.2 創造的処理技術計画

創造的処理技術計画は、フィールド実証試験の前の段階の代替処理技術で、パイロットおよびベンチスケールで評価を行う。EPA は、1988年84の応募者から限外汚過法、電気浸透法、溶媒洗浄法、固定化藻類、人工湿地やレーザービームの利用などの7つの代替技術を採択し、約100万ドル/年を技術開発者に供与した。

第II期の計画では、無機および有機の有害廃棄物で汚染された汚泥や土壌を現場で処理ができる処理技術が要望されている。

5.3 技術移転計画

この計画では、スーパーファンド浄化事業に関係する州政府、連邦政府、技術者団体、産業界、市民等に SITE 計画の成果や浄化実証データを普及することになっている。すでに SITE 実証計画のひとつの揮発化処理技術がスーパーファンド箇所採用されたことから、この計画が順調に進められていることがわかる。

5.4 測定モニタリング計画

スーパーファンド箇所の汚染度を評価するための新測定モニタリング技術が検討されている。種々の毒性物質に対する免疫定量法と光ファイバーセンサーによる地下水汚染物質の現場測定技術が注目され、大学、各省庁、産業界と共同して研究開発が進められている。

5.5 新技術計画

SITE 計画以前に EPA の研究開発局によって開発された技術を商業ベースでスーパーファンド箇所へ応用するための一連の計画である。特に掘削された汚染土壌の現場での無害化処理が中心となっている。すでに7つの技術がフィールドで試験されている。

6. おわりに

EPA の環境諮問委員会は、環境問題への対応策として、70年代から80年代は end-of-pipe control であっ

たのに対し、90年代は source control を目指す必要性を指摘している¹⁷⁾。これに沿った廃棄物削減計画は、有望な有害廃棄物対策として展開していくことになる。また、いったん有害廃棄物で汚染された土壌や地下水（特に土壌が汚染源である場合）は、修復浄化が極めて困難であるため、SITE 計画のなかでもこうした汚染土壌の浄化に対する新技術の開発が望まれている。

文 献

- 1) U.S.EPA (1987) Superfund: Looking Back, Looking Ahead, OPA-87-007.
- 2) Reinhardt, J.R. (1989) Summary of Resource Conservation and Recovery Act Legislation and Regulation. "Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal" Ed: Freeman, H.M. McGrawHill, 1.9-1.27.
- 3) U.S. EPA (1986) RCRA Orientation Manual.
- 4) 細野豊樹 (1988) アメリカ合衆国における環境保全の概況と最近の動向、公害と対策, 24(1), 15-24.
- 5) 石野耕也 (1988) 法制度にみる合衆国の環境保全のしくみと動向、公害と対策, 24(1), 25-30.
- 6) 池口 孝 (1985) 米国における有害廃棄物対策の現状、環境研究, 56, 62-72.
- 7) ロジャー・C. フィールド (1989) 米国における有害廃棄物管理における資源保全再生法の役割、いんだすと, 4(4), 70-73. (藤倉まなみ訳)
- 8) Stanford, R. and Yang, E.C. (1989) Summary of CERCLA legislation and Regulations and The EPA Superfund Program. "Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal" Ed: Freeman, H.M. McGrawHill, 1.29-1.45.
- 9) Hill, R.D. (1988) Superfund. "Hazardous and Toxic Materials: Safe Handling and Disposal, Second Edition" Ed: Fawcett H.H. John Wiley & Sons, Inc. 281-307.
- 10) 朝見行弘 (1988) スーパーファンド法の最近の動向にみるアメリカ合衆国の有害物質対策、公害と対策, 24(1), 31-34.
- 11) ロジャー・C. フィールド (1989) 米国における有害廃棄物の管理、いんだすと, 4(2), 22-25. (藤倉まなみ訳)
- 12) ロジャー・C. フィールド (1989) 米国における有害廃棄物の管理、いんだすと, 4(3), 18-20. (藤倉まなみ訳)
- 13) U.S. EPA (1988) Waste Minimization Opportunity Assessment Manual. EPA/625/7-88/003.
- 14) U.S. EPA (1989) The Superfund Innovative Technology Evaluation Program: Progress and Accomplishments Fiscal Year 1988. EPA/540/5-89/009.
- 15) U.S. EPA (1988) Guide to Technical Resources for the Design of Land Disposal Facilities. EPA/625/6-88/018.
- 16) U.S. EPA (1988) Office of Solid Waste and Emergency Response: Annual Report, Fiscal Year 1988. EPA/68-01-7259.
- 17) U.S. EPA Science Advisory Board (1988) Future risk: research strategies for the 1990s. SAB-EC-88-040.