

医療廃棄物の非焼却処理技術

Non-Incineration Medical Waste Treatment Technologies

——病院管理者、施設管理者、医療専門家、環境擁護運動家、
地域メンバーのための情報源として——

アメリカ版 2001年8月

ヨーロッパ版 2004年6月

環境 NGO 「害のない医療」
Health Care Without Harm
1755 S Street, N.W.
Unit 6B
Washington, DC 20009
Phone: 202-234-0091
www.noharm.org

翻訳：ダイオキシン・環境ホルモン対策国民会議
「非焼却」翻訳チーム（河登一郎、橘高真佐美、
高木佐基子、山田久美子） 2006年4月

<目 次>

概要 (A 版 p.ix～) …4

A-第 1 章 イントロダクション：なぜ非焼却技術なのか (A 版 p.1～) …8

A-第 2 章 非焼却技術への戦略的枠組み：

より広範な文脈として (A 版 p.3～) …12

- ・ 廃棄物の最少化が鍵である…12
- ・ なぜ分別が必要か…15
- ・ 収集・運搬・貯留…17
- ・ 廃棄物管理と偶発事故対策…17
- ・ 職業上の安全と健康…18
- ・ 立地と設置…19
- ・ 現地処理と現地外処理…21
- ・ 埋め立て処分…21
- ・ 非焼却処理技術の評価と選定…21
- ・ 微生物の不活化：滅菌と殺菌…23

A-第 3 章 廃棄物の流れの把握：最初の大切なステップ (A 版 p.11～) …25

- ・ 医療廃棄物のカテゴリー…25
- ・ 低レベル放射性廃棄物…31
- ・ 医療廃棄物監査…31

A-第 4 章 非焼却処理技術の一般的カテゴリーとプロセス (A 版 p.17～)

…35

- ・ 熱処理プロセス…35
- ・ 低温度熱処理プロセス…35
- ・ 化学的処理プロセス…36
- ・ 放射線照射処理プロセス…36
- ・ 生物学的処理プロセス…36
- ・ 機械的処理プロセス…36
- ・ カテゴリー別—非焼却処理技術…38

A-第 5 章 低温度熱処理技術：オートクレーブ、マイクロ波、
その他の蒸気処理システム (A 版 p.23～) …43

E—第5章 低温度熱処理技術：オートクレーブ、マイクロ波、
その他の蒸気処理システム (E版 p.15～) …43

- ・加熱蒸気利用システム：オートクレーブ、レトルト…43
- ・蒸気利用に基づいたその他の技術…48
- ・その他の蒸気ベースのシステム…60
- ・マイクロ波システム…72

A—第6章 低温熱処理技術—乾熱システム (A版 p.41～) …85

E—第6章 低温熱処理技術—乾熱システム (E版 p.26～) …85

- ・高速加熱空気処理…85
- ・乾熱処理…89

A—第8章 化学的処理技術：

塩素系と非塩素系処理システム (A版 p.61～) …94

E—第7章 化学的処理技術 (E版 p.28～) …94

- ・塩素系処理システム…97
- ・非塩素系処理技術…100
- ・その他の処理システム…106
- ・その他の処理技術：E版記述より抜粋…109

A—第9章 照射処理、生物学的処理、その他の技術：電子ビーム、
生物学的処理、鋭利損傷物処理システム (A版 p.69～) …110

E—第8章 照射処理、生物学的処理、及びその他の技術 (E版 p.32～) …110

- ・照射技術…110
- ・生物学的処理システム…115
- ・小型鋭利損傷物処理機…115

A—第10章 非焼却技術を選択する際に考慮すべき要素 (A版 p.75～) …119

E—第9章 非焼却技術を選択する際に考慮すべき要素 (E版 p.35～) …119

- ・一定の廃棄物には焼却が欠かせないのか？…124

A—第11章 処理技術の経済学

E—第10章 処理技術の経済学 (E版 p.37～) …132

E—補追：ヨーロッパにおける非焼却処理技術

- ケーススタディ (E版 p.39～) …135

概要 (A 版 p.ix～)

医療廃棄物焼却炉は毒性のある大気汚染物質を排出し、環境中のダイオキシン類の主な発生源となっている。またそれらの焼却炉は、潜在的に有害性のある灰を生じる。1997年、米国環境保護庁（以下 EPA）は新設・既設の医療廃棄物焼却炉への規則を公布した。EPAの要求事項の影響で焼却処理のコストは増大した。また焼却への公衆の反対運動の増大に直面し、多くの病院関連施設は焼却に変わるものを模索している。本書は非焼却処理技術という視点に立って、情報を提供するものである。

本書には非焼却処理技術の利点を最大限にするために、廃棄物の最少化と分別が最も重要な要素であるという戦略的な枠組みが述べられている。分別や発生源での減量、リサイクル、そして他の汚染物質回避技術を含むプログラムを遂行することによって、汚染除去の必要のある感染性廃棄物の量を減らすことができる。戦略的枠組みは、効果的な廃棄物収集・運搬・貯蔵のシステム；廃棄物管理と分別計画の進展；業務上の安全と健康への配慮；さらに適切な非焼却技術の設置等の実施を必然的に伴っている。

非焼却技術の選択にあたっては、医療廃棄物の分析が最も重要な最初のステップである。病院では1ベッドあたり、1日に総量で8～45ポンド（3.6kg～20kg）の一般廃棄物・感染性（レッド・バッグ）廃棄物・有害廃棄物・低レベル放射性廃棄物が発生している。感染性廃棄物は、全ての廃棄物のうち約15%を占めているとみられる。次に示すカテゴリー、つまり培地および株・病理学的廃棄物・血液および血液製剤・鋭利物・動物性廃棄物・隔離病棟の廃棄物は、感染性廃棄物を表す時に通常用いられている。医療廃棄物の監査は、医療施設における廃棄物の発生源・その組成・発生率を見出すのに効果的なツールである。また監査は、廃棄物の最少化・取り扱いの実践・分別効率・規定遵守・コストに関する情報を提供してくれる。病院廃棄物の分析が完全になされたならば、その施設は、どのような種類でどれほどの規模の非焼却処理技術が必要に最もよく合致するかを決定するのに、よりよい状況にあると言える。

医療廃棄物の処理には、熱処理・化学的処理・放射線照射処理・生物学的処理の、4つの基本的なプロセスが用いられている。熱処理は熱によって病原体の破壊を行うものである。これはさらに低温度熱処理プロセス（華氏 350 度、または 177°C 以下での処理）、中温度熱処理プロセス（華氏 350 度から約 700 度、または 177°C～約 354°C での処理）、高温度熱処理プロセス（華氏 1000 度程度から 15000 度以上、または 540°C 程度～8300°C での処理）に分類される（訳者注：ただし 2001 年のアメリカ版の出版後、2004 年のヨーロッパ版の 9 ページで、HCWH は中温度および高温度熱処理プロセスを支持しないとのコメントを改めて出した。そのため本章以下、すべての章におけるこれらの関連記述を削除した）。

低温熱処理プロセスでは湿式熱処理（通常は蒸気）または乾熱式が用いられている。化学的プロセスでは、病原体を破壊する病原性除去剤や廃棄物と反応する化学薬品を用いる。照射法においては電離放射線が用いられて病原体が破壊されるが、一方、生物学的プロセスでは酵素を使って有機物質を分解する。さらに破砕機（シュレッダー）や混合機（ミキシング・アーム）、圧縮減容機などの機械的プロセスが、廃棄物の原形を留めないように、熱や廃棄物の塊が偏らないようにするため、もしくは処理される廃棄物の体積を減らすためなどの目的で補足プロセスとして追加される。

これらの各プロセスには、処理される廃棄物のタイプ・環境排出と廃棄物残渣・微生物不活化効力・長所・短所・その他の事項についての情報とともに、その概要と機動の原理を述べてある。各技術の具体的な事例も掲載した。技術についての記述は技術保有会社のデータ（HCWH の）独自評価・その他の非機密情報源に基づくものである。多くの技術は最大限に商業化されているが、他方、未だ改良中のもや新たに商業ベースに乗ったものもある。技術というものはダイナミックな市場において次々と変わっていくものであるため、施設としては、いずれの技術を導入するにしても、技術的・経済的評価に関して技術保有者に直接コンタクトを取って、それらの技術の最新で最も正確なデータを入手すべきであろう。**Health Care Without Harm** は特定の技術・企業・ブランドネームをも推奨するものではなく、また技術の総合的なリストを提示していると主張するものでもない。

病院における標準的なプロセスである蒸気による消毒は、オートクレーブと蒸留器で行われている。次に述べるシステムは、蒸気処理の例であり、Bondtech、TEC、Mark - Costello、Sierra Industries、SteriTech、Tuttnauer として記述されている。さらに蒸気処理の最近のデザインとしては、真空化、連続投入、破砕、混合、粉碎、乾燥、化学処理、あるいは減容化などを併用したシステムとして改善している。これらのいわゆる先進的オートクレーブシステムは、San-I-Park、Tempico Rotoclave、STI、Chem-Clav、Antaeus SSM、Ecolotec、Hydroclave、Aegis Bio - Systems、および LogMed などである。マイクロ波技術は、湿熱と蒸気的作用で不活化が起きるため、本質的には蒸気処理に立脚した低温熱処理プロセスである。Sanitec と Sintion が、それぞれ大規模・小規模のマイクロ波ユニットの事例である。乾熱処理プロセスは水や蒸気を用いない方法である。これは廃棄物に強制的に対流させたり、廃棄物の周囲に加熱空気を循環させたり、あるいは輻射加熱器を使ったりして、廃棄物を加熱するものである。KC MediWaste と TWT Demolizer は、それぞれ大規模・小規模の乾熱システムの事例である。

化学的技術はそのプロセスにおいて、消毒剤を用いる方法であるが、薬剤に十分曝されることを確保するために、内部の完全な破砕または混合を行う方法である。最近までは、

塩素系の薬剤（次亜塩素酸ナトリウムと二酸化塩素）が最も一般的に使われていた。例えば Circle Medical Products, MediWaste Technologies Corporation, そして Encore である。しかしながら、特に廃水中の次亜塩素酸化合物とその副生成物には、長期間環境への影響のあるおそれがあるという論争もある。そこで非塩素系薬剤を用いる技術として、多様な化学薬品を使って処理するさまざまな方法が考案されてきている。過酢酸（Steris EcoCycle 10）、オゾンガス（Lynntech）、石灰系のドライパウダー（MMT, Premier Medical Technology）、酸と金属触媒（Delphi MEDETOX と CerOx）、あるいは生物分解可能な独自の消毒剤（MCM）など、いろいろな薬剤を用いる方法がある。アルカリ加水分解技術（WR2）は、固定液や細胞毒性のある薬剤、その他の特殊な化学薬品と同時に、人体組織や動物廃棄物を処理するために設計されている。しかしいずれの化学的技術を用いる際にも、その安全性と職業的曝露をモニタリングするべきである。

電子線技術は医療廃棄物に電離放射線を当て、微生物の細胞にダメージを与えるものである。医療廃棄物のために設計された電子線技術の例としては、Biosteril Technology, Biosiris, マイアミ大学汚染管理技術研究所の方式がある。コバルト60の照射とは異なり、電子線照射技術は照射が終わった後も残留放射能が残らない。しかしながら、ワーカーの電離放射線への曝露を避けるため、遮蔽と安全連動装置が必要である。

Bio - Converter のような生物学的プロセスは、有機質廃棄物を分解するのに酵素を使っている。小規模の鋭利物処理技術のうちのいくつかの事例も、本書の中で紹介されている。

医療施設は非焼却技術を選択するにあたって、次に述べるファクターを考慮するべきである。つまり、（投入）処理能力・処理される廃棄物のタイプ・微生物不活化効力・環境中への排出・廃棄物残渣・条例の遵守状況・必要なスペース・実用性・他に必要な設備装置・廃棄物の減量・職業的な安全性と健康・騒音・臭気・自動運転・信頼性・商業化のレベル・製造業者や販売業者の技術のバックグラウンド・コスト・地域やスタッフの受け入れ状態などである。非焼却技術のコストを比較するためには、1年毎のキャッシュフロー推定や正味原価（net present value）、およびライフサイクル・コスト法などを含む、よく用いられるいくつかのテクニックがある。もし利用できるならば、他の比較データによって非焼却処理技術の資本コストの評価が得られるであろう。これらの技術を取得するための、経済的選択肢を含む様々な一般的アプローチも本書に記載した。

しかしながら、どのひとつの技術を取っても医療廃棄物問題への万能薬ではない。それぞれの技術は長所・短所を併せ持っている。それゆえ医療施設は、どの非焼却技術が自身のニーズに最もよく合致し、しかも環境影響が最も小さく、職業上の安全性を高め、公衆の健康を約束できるかを考慮しつつ、決定しなければならない。本書は、病院管理者や施

設管理者、医療の専門家、環境保護運動者、自治体のメンバーなどの、上記のようなゴールに到達する一助となるよう、一般的な情報を提供するものである。

A-第1章 イントロダクション：なぜ非焼却技術なのか

(A版 p.1～、一部 E版記述挿入)

『焼却炉計画が苦情を呼び起こす』という見出しは、どのような医療施設管理者も見たいものではないが、これは実のところ 1995 年、ある病院に起きたことである。14 万ドルもの大金を近代的設備のために支払った後で、その病院は焼却炉に対する強い反対運動に直面したのである。その新しい近代的設備に対する反応は、環境問題や医療廃棄物にまつわる問題に、公衆の意識が育ってきたことの当然の成り行きであった。

施設における意思の決定をする立場の人たちは、既設の医療廃棄物焼却炉について、改修によりグレードアップするか、このまま保持するか、新しい物を導入するか、或いは遠く離れた地点の焼却炉まで廃棄物を搬出する業者と契約するか、という選択に迫られ、次のような問題を考慮しなければならなくなったのである。

焼却炉は有害な大気汚染物質を排気する

医療廃棄物焼却炉は、ダイオキシン類やフラン類・金属類（鉛、水銀、カドミウムなど）・粒子状物質・酸性ガス（塩化水素や二酸化硫黄）・一酸化炭素・窒素酸化物などを含む、さまざまな汚染物質を大気中に放出する。これらの排気は、作業者の安全、公衆の健康や環境に深刻な負の影響をおよぼす。例えばダイオキシン類は発ガンや免疫システムの異常、糖尿病、出産異常、その他さまざまな健康影響に関係があるとされている。医療廃棄物焼却炉は環境中のダイオキシン類と水銀の主な発生源である。しかしながら非焼却技術もまた、有害物質を排気する可能性があるということも、脳裏に刻んでおかなければならない。（ただし調査によれば、あるとしても量はより少ないということが示されている。）

(E版より)

【国際ガン研究機関（IARC）は、最も毒性の強いダイオキシンである 2,3,7,8-TCDD を、グループ 1 のヒト発ガン物質に分類している。他のダイオキシン類は人に対して発ガンのおそれのある物質としている（注 1）。またダイオキシン類は、ホルモン系に影響を及ぼし、生物の体力を弱め、遺伝子の欠損に関連し、糖尿病、子宮内膜症やその他広範な疾患に関与している。（E注 2,3,4,5）】

焼却灰は潜在的に有害性がある

廃棄物の焼却後に炉の底に残っている灰は、溶出するおそれのある重金属類を含んでいることが多い。ダイオキシン類やフラン類もまた焼却灰に見られる。また低レベル放射性廃棄物を焼却している州においては、灰残渣は痕跡量の放射性同位元素も含むことがある。もし EPA の毒性特有溶出プロトコル（TCLP）による灰の検査結果が規準を超えた場合、

その灰は有害廃棄物として取り扱われなければならない。TCLP は検査手順であり、その中には、焼却灰 100 g を検体として 40 種類の毒性物質をテストする項目がある。つまり、もしその分析によって 1 項目でも特定された規準を超える濃度が明らかになった場合、その灰は有害廃棄物とみなされるのである。

有害廃棄物の処理は、the Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) の規制を受ける事由である。しかしここで、TCLP テストは限られたほんのわずかな種類の毒性物質をテストするに過ぎず、一釜分の焼却灰をテストするわけではなく極めて少量の検体を調べているだけであるということ、覚えておいていただきたい。TCLP は、埋め立てた場合に起きるような長期間にわたる自然溶出を、再現するというわけではない抽出手順を用いるものである。その上、一釜ごとにすべての灰をテストするわけではないのである。また医療廃棄物はさまざまな素材から成り立っているため、結果的に生成した焼却灰の組成にはかなりばらつきがあるが、それにもかかわらず、1年に1回か或いはただ1回だけの測定しかされていない施設もある。

飛灰（焼却炉の煙突から大気中に排気されるガスによって運ばれる灰）は、その表面で濃縮された重金属類、ダイオキシン類、フラン類、およびその他の毒性化学物質を含んでいる。たとえバグ・フィルターなどの汚染物質コントロール機器によって排気流から除去されたとしても、毒性物質はフィルターケーキ上に濃縮されて残り、やはり有害廃棄物として扱わなければならないのである。

(E版より)

【難分解性有機汚染物質 (POPs) 廃絶に関する国際条約

難分解性有機汚染物質（以下 POPs）廃絶に関する国際条約が、2001年5月、スウェーデンのストックホルムで調印され、2004年5月に発効した。第5条は締約国に、工業生産加工における副産物として生成するダイオキシン類を含めた、POPsの発生を廃絶することを義務づけている。附則Cは、環境中へのダイオキシン類の主な発生源の中に、医療廃棄物焼却炉を挙げている（E注6）。

ほとんどのヨーロッパの国々はストックホルム条約の締約国であり、環境中の難分解性有機化合物の削減計画を策定しなくてはならない。焼却プラントとは異なり、非焼却技術を用いて医療廃棄物を処理すれば、POPsは発生しない。それゆえ、医療廃棄物の非焼却処理技術を導入することは、ストックホルム条約から生じる義務にふさわしい方向である。】

焼却炉は『新しい』規制の要求項目を満たさなければならない。

新設および既設の医療廃棄物焼却炉は、大気への排ガス濃度の上限を設定した EPA の

1997年規制に適合しなければならない。規制基準の要求に適合するには、焼却炉はスクラバーなどのような排ガス浄化装置が必要となる。また燃焼室は改修しなければならない。施設としては、規則に適合していることを示すため、定期的に煙突での排ガス採取テストを実施しなければならない。二次燃焼室の温度などの運転記録も継続的に監視しなければならない。規制はさらに作業者の訓練と資格や査察、廃棄物管理計画、報告、記録の保存を要求している。

1997年以前は、連邦政府による医療廃棄物焼却炉の排ガス規制はなかった。この新しい規制の下で、医療廃棄物焼却炉の操業者は、所属する州の施行計画をEPAが承認してから1年以内に、排出基準に適合するようにしなければならない。もしその州が独自の規制計画を持っていないのであれば、2000年8月に公布された連邦による施行に間に合わせなければならない。個々の焼却炉にどのような計画が適用されるかにかかわらず、すべての既存の医療廃棄物焼却炉は、2002年9月までに要求項目全部を満たさなければならない。(病院系/医療系/感染性廃棄物焼却炉の規則についてより詳しい情報は、<http://www.epa.gov/ttnuatw1/129/hmiwi/rihmiwi.html>で見ることができる。第10章も参照のこと)

(E版より)

【廃棄物焼却に関するEU指令No.2000/76/ECによれば、医療廃棄物焼却炉はダイオキシン類とジベンゾフラン類について、 $0.1\text{ngTEQ}/\text{m}^3$ 以下に適合しなければならない。最近では、EUへの新規加盟国やいくつかの西ヨーロッパの国々の、圧倒的多数の医療廃棄物焼却炉がこの基準に適合できていない。この制限に適合させるため、多くの場合、焼却プラントは再建や効果的なフィルターの設置を余儀なくされている。これには数千ユーロあるいは百万ユーロにのぼる投資が必要である。より低額の投資で環境にも優しい非焼却は、代替技術としてより有利である。】

焼却炉は経済性がよいとはいえない

コストは医療廃棄物の廃棄に際してのもう一つの重要なファクターである。焼却のコストを評価するとき、意思決定者は初期投資や焼却炉やスクラバー、その他の汚染抑制機器の運転コスト、および二次燃焼室の改修、定期的な排ガステスト、継続的なモニタリング、作業者の訓練と資格取得のための費用も計算に入れるべきである。さらに維持管理や修理、特に耐火設備や故障関連の修理費用も考慮しなければならない。病院はその焼却炉に必要な汚染抑制機器を導入して、EPAの規則に適合させるには、650,000ドル以上にものぼる。

多くの地域社会が焼却に反対している

焼却施設が周辺地域に環境影響を与えていることを、まざまざと思い出させるものとし

て、病院の焼却炉の煙突から煙が立ち上る。クリーンな環境への公衆の関心と、地域社会の反対運動の増加は、医療廃棄物焼却炉の運転を続けるか否かの意思決定への、最重要 d ファクターである。よりクリーンな非焼却処理技術を選択することは、その医療施設が公衆の健康と環境を守っているという意思を表すことになる。

医療廃棄物問題への万能薬となる処理技術はない

しかし一般的には、非焼却処理技術は汚染物質の排出がより少ないことがわかっている。非焼却処理技術のほとんどは、有害性のない固形残渣を発生する。代替技術（特に非焼却技術）はEPAの医療廃棄物焼却炉の規制基準の対象となっていない。多くの病院で焼却炉の改修や購入が、廃棄物削減プログラムの実施や非焼却後術の導入ほど費用対効果のあるものだとは言えないという結論に達している。後述の章において、非焼却技術の長所短所について、詳細に検証する。

.....

E 注 1 : McGregor, DB., Partensky, C., Wilbourn, J., Rice, JM.: An IARC evaluation of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and polychlorinated dibenzofurans as risk factors in human carcinogenesis. *Environ. Health Perspect.*, 1998, 106(2):755-760.

E 注 2 : Egeland, G., Sweeney, M., Fingerhut, M., Wille, K., Schnoor, T. Total serum testosterone and gonadotropin in workers exposed to dioxin. *Am. J. Epidemiol.*, 1994, 139:272-281.

E 注 3 : Birnbaum, L. Developmental Effects of Dioxins. *Environ. Health Perspect.*, 1995, 103(Suppl 7):89-94.

E 注 4 : Weisglas-Kuperus, N. Neurodevelopmental, immunological and endocrinological indices of perinatal human exposure to PCBs and dioxins. *Chemosphere*, 1998, 37:1845-1853.

E 注 5 : Sweeney, M., Hornung, R., Wall, D., Fingerhut, M., Halperin, W. Prevalance of diabetes and elevated serum glucose levels in workers exposed to 2,3,7,8-tetrachlordibenzo-p-dioxin(TCDD). Presented at the 12th International symposium on Dioxins and Related compounds, Tampere, Finland, 24-28 August 1992.

E 注 6 : <http://www.pops.int>

A—第2章 非焼却技術への戦略的枠組み：より広範な文脈として（A版 p3～）

非焼却技術に関する技術的および経済的な事由（第4章から第11章）を扱う前に、非焼却技術の使用をより幅広い文脈の中に据えることが重要である。代替技術の選択については、医療廃棄物のさまざまな面に目を配りつつ、戦略的な枠組みの中で方針を決定しなければならない。そうすることによって環境や職業上の安全性が最大限に確保され、また非焼却技術の経済的利点も達成できる。

過去においては、多くの病院はすべての廃棄物の流れを一緒にして、つまり受付窓口領域のごみから厨房ごみ、手術室からの廃棄物、汚染された鋭利損傷物、それに研究室からの廃棄物などを、単に集めて廃棄するだけだった。廃棄物の分別やリサイクル、または減量をしようというインセンティブがなかったのである。公衆の健康と環境保護の責任、およびコスト削減の必要性から、病院廃棄物を扱うに際して新しい枠組みが要求されている。

以下に示す戦略的枠組みの要素は、廃棄物の**最少化と分別**である。異なった廃棄物の流れを、それぞれ分離された状態で維持しなければならない。特に潜在的に感染性のある廃棄物と通常の廃棄物、有害廃棄物、低レベル放射性廃棄物はそれぞれ分別されなければならない。この廃棄物の流れはそれぞれにおいて最少化の努力がなされなければならない。またそれぞれが適正に処理されなければならない。感染性の残存する廃棄物は代替（非焼却）技術を用いて処理することができる。（非焼却技術ですでに処理した廃棄物をさらに焼却している施設もあるが、これは代替技術を用いる目的を自ら破壊しているようなものである。）

戦略的枠組みの他の要素としては次のようなもの：安全で効果的な収集・運搬・貯留システム；廃棄物管理と不慮の事故への対策；作業者の健康保護と安全確保；非焼却技術の適正な設置場所などが含まれる。この章ではこれらの要素についてそれぞれ述べている。さらに付け加えると、廃棄物の流れを理解することが必要なステップである。第3章では医療廃棄物を構成するものと廃棄物の分析に必要な事由について検討する。

廃棄物の最少化が鍵である

廃棄物の最少化は、最終処分される運命の廃棄物を、再使用や再利用や他のプログラムによって、可能な限り最大限に減量することである。廃棄物の最少化の潜在的な利点とは、環境保護、業務上の安全性と健康の向上、コスト削減、法的責任の削減、規制遵守が容易になること、地域社会との関係の改善などである。次に挙げる項目は、廃棄物の最少化テクニックとして推薦される、優先順位（優先性が順に減っていく）による分類階層である。

1. **分別**—それぞれの廃棄物をかならず適正な容器に入れること（適正な容器に入っている

ることを確認すること)。医療廃棄物を規則にしたがって適正に維持管理するには、例えば水銀や低レベル放射性廃棄物のような有害廃棄物と、通常のごみをそれぞれ分別するというようなスタッフの訓練が必須である。

2. 発生源における削減—廃棄物の発生をその発生源自体においてを最少化したり除去したりすること。つまり発生源における減量は、再利用や再使用よりも優先順位を高くすべきである。使用者や廃棄物管理者および製品規格化委員会などは、彼ら自身が買った製品から廃棄物が生じるということに気づくべきである。発生源における削減には、購買担当職員をも巻き込むことが必要である。そして段階的に規制のある医療廃棄物、有害廃棄物、低レベル放射性廃棄物、通常のごみなどをその発生源で削減すべきである。その具体的な発生源削減テクニックには次のようなものがある：

a. **素材の排除・製品の変更や代替**

例えば資源保全再生法（RCRA：the Resource Conservation and Recovery Act）に則り、有害物質を生成するクリーナーを、無毒性で微生物による不活性化が可能なクリーナーで代替する；単用途製品の代わりに多用途製品を導入する；ガン治療に用いるラジウム 226 を使用した針の代わりに、短寿命の放射性核物質を使うなど。

b. **処理技術やプロセスの変更**

例えば水銀非含有器材を水銀温度計の代わりに使う；化学系洗剤による洗浄の代わりに超音波や蒸気による洗浄技術を導入するなど。

c. **良好な操業・運転の実行**

例えば在庫管理を改善する、蒸発によるロスを防ぐため消毒溶液のトレーにカバーをかける、適用に際して推奨された最小の設定を採用するなど。

d. **優先購入**

簡易包装であるかどうかで販売者を選ぶ

(A 版 p.4)

3. 発生源での回収と再利用—廃棄物の流れの中からの、資源の回収と再使用。いくつかの具体的な例として：

- a. 新聞紙・包装資材・ガラス・アルミ缶・建設廃材など再利用可能なものリサイクル。
- b. 消費者が使用後にも再利用できる材料で作られた製品の購入。
- c. 食品の有機廃棄物のコンポスト化
- d. 写真現像液からの銀の回収

4. **処理**—廃棄物を除去または濃縮させる措置、「パイプの出口」的処理よりもプロセスの中での措置が望ましい。廃水からの水銀の回収には、フィルター類や捕捉器材などの使用が例として挙げられる。また感染性廃棄物の場合は、処置は病原体の破壊を伴った処置。これについては非焼却技術が役に立つだろう。

5. **適正な廃棄**—すべての廃棄物の最少化の選択肢が手を尽くされたとしても、さらに残った廃棄物はやはり最も環境へのインパクトの小さい方法で廃棄されなければならない。大抵の非焼却技術を用いれば、処理された廃棄物は一般の都市廃棄物と同じく埋め立てできる。

HCWH は、医療廃棄物の処理として、あるいは消毒したあとの処理として焼却することを、支持しない。

廃棄物最少化プログラムの進展によって、計画や組織化・アセスメント・可能性の分析・実施・義務訓練・定期的評価が伴ってくる。トップマネジメントの関与が必須である、円滑に行うためには、さまざまな部署からの個々人の積極的な熱意ある参加と、コミュニケーション、そして教育プログラムが必要である。

廃棄物減量の努力は、覚書 Memorandum of Understanding(MOU)が、米国病院協会 American Hospital Association(AHA)と EPA の間で調印された 1997 年に、国レベルでの注目と支援を得るところとなった。この MOU は廃棄物総量についても 3 分の 1 を 2005 年までに削減することと、2010 年までには 50% を削減すること、水銀含有廃棄物については 2005 年までに排除すること、さらに残留性／難分解性で生物蓄積性の毒性物質 (PBT : persistent, bioaccumulative, toxic) 汚染物質を最少化するとの公約を含むものである。(さらに情報が必要な場合は、<http://www.ashes.org/services> または <http://www.epa.gov/glnpo/toxteam/ahamou.htm> を参照のこと)

医療施設における廃棄物最少化プログラムの進展の一助となる、使いやすい情報源はたくさんある。(次のページの囲みの中を参照)。多くの協会や州には、病院の廃棄物削減と汚染回避の方法についての手掛かりとなるよう開発された手引き書がある。読者諸氏にもぜひ州の病院協会や州の環境担当局 (特に汚染回避を担当する部署) にコンタクトを取って、便利で利用可能なものを探していただきたい。ガイドブックとしては、『病院廃棄物の減量計画と実施プログラム : Guidebook for Hospital Waste Reduction Planning and Program Implementation』, や 『1 オンスの予防 : 医療施設のための廃棄物削減戦略 An Ounce of Prevention』『ウェイスト・ノット・ブック : Waste Not Book』 が、価値ある情報と実務的な示唆を提供してくれる。

なぜ分別が必要か

第 3 章では、病院における異なった廃棄物の流れについて述べる。**混合／混交**（異なった廃棄物の流れを混ぜてしまうこと）は、特別な処理をしなければならない廃棄物の量を増加させ、それゆえ処理と廃棄にかかるコストを増大させる。もし感染性（生物学的有害性のある）廃棄物および有害廃棄物が一緒に混ぜられてしまえば、その混合物には、有害廃棄物としてのおよび生物学的有害廃棄物としての、両方の処理をしなければならない。大抵の運搬業者は 1 種類程度の廃棄物の運搬しか許可されていない。例えば有害物質の運搬を許可されている業者は感染性廃棄物の混入した廃棄物を受け入れてはくれない。混合物全体をまず非感染性にしてから、有害廃棄物として運搬しなければならないのである。もし一般廃棄物が『レッド・バッグ』廃棄物に加えられてしまったならば、その足し合わせた量が感染性廃棄物として処理されなければならない。『レッド・バッグ』廃棄物は、規制外医療廃棄物の 5 倍もの処理コストがかかる。廃棄物の混合／混交は全くの論外なのである。

分別は異なったタイプの廃棄物を発生の時点で分け、それぞれを分離させることを意味している。分別することにより、発生源での適切な回収と再利用技術が、それぞれの分離された廃棄物の流れについて適用可能となる。さらに州法に基づく、感染性の不活化処理が必要な感染性廃棄物、および多量の有害廃棄物が、資源保全再生法 the Resource Conservation and Recovery Act : RCRA によって、また低レベル放射性廃棄物は米国原子力規制委員会 U.S. Nuclear Regulatory Commission : NRC と州法の下で減量化をされることとなっている。

また分別が重要であるというもうひとつの重要な理由としては、感染性廃棄物のための処理システムに、有害廃棄物処理や放射性物質処理を導入しなければならないことになるという、事態の重大さがある。それではある化学薬品が、焼却を含めたさまざまな処理プロセスに偶然はいってしまった場合に起きることを、よく考えてみよう。その場合、3 とおりの可能性がある：

1. その化学薬品は変化しないまま排出され、処理された廃棄物とともに処理室から出て行く。
例：細胞毒性のあるもの（化学療法剤）、あるいは放射性廃棄物などは電子線処理システムを通過しても変化せず、処理済の廃棄物が最終的処分される埋め立て地を汚染する。
2. その化学薬品は物理的变化を受けて一定あるいは多様な形態で処理室を出ていく。
例：使用後のメタノールやホルムアルデヒド溶液は、マイクロ波ユニットか高速過熱空気^①によって、毒性のある気体を大気中に放出しながら、部分的にあるいは完

全に気化される。またオートクレーブに入ってしまった水銀は揮発する。そのうちのあるものは液体として残り、処理された廃棄物とともに埋め立て最終処分場を汚染する。またあるものは蒸気とともに排出され、凝縮し、廃水を汚染するかもしれない。さらに別の水銀は水銀蒸気となって処理室の戸が開けられたときに大気中に逃げるだろう。

3. その化学薬品は処理プロセスの中で化学的変化を受けて、反応副生成物として処理済廃棄物とともに出ていく。

例：これは焼却炉の中で起きていることである。ポリ塩化ビニル（PVC）のような塩素系のプラスチック類が焼却炉で燃やされると、煙突から飛灰として飛び出す、ダイオキシン類やジベンゾフラン類を形成する中間生成物を生じるといふ、強い証拠がある。

その化学薬品はまた処理室にも蓄積するが、最終的には外へ出る可能性もあって、それにより他の廃棄物を汚染することもある。いずれのケースでも材質や副生成物に毒性があり、環境を汚染し、将来的に人類を曝露させる結果となる。このように、廃棄物の分別をしなければ非焼却処理技術の環境への利点が水泡に帰することとなるだけでなく、ケースによっては法を破ることになるだろう。

分別へのテクニック

分別は、一定のタイプの廃棄物をその発生時点において、適切な容器に分けて入れることが必須である。感染性廃棄物は、その廃棄物のタイプや重さに適切な、はっきりとマークをつけた容器に入れるべきである。鋭利損傷物と流動性のものを除けば、感染性廃棄物は一般的には、特別な標準仕様に準拠したプラスチックバッグやプラスチック（フィルム）張りのダンボール、または漏出しない（密封）容器に入れる。合衆国では、レッド・バッグまたはオレンジ・バッグが、規制された感染性廃棄物にはよく使われる。一方、一般廃棄物は黒や白、透明なバッグに入れられる。他の国々では、黄色・茶色・黒の袋が、それぞれ感染性廃棄物・化学／医薬品系廃棄物・一般廃棄物に用いられている。感染性廃棄物容器に張られたラベルには、目立つ色の国際バイオハザードのシンボルも含んでいる。鋭利損傷物の廃棄に最初に用いられる容器は、硬質で密閉でき、破損や破裂しにくいものでなければならない。もし最初の容器が搬送の途中で漏れたりした場合は、2次的に密閉容器を追加する。

分別の効果がさらに出るように、また容器の誤使用を最小限にするために、容器類の適切な場所への設置とラベリングが注意深く行われなければならない。一般ゴミの容器の横に感染性廃棄物の容器が置かれた場合、結果的にはよりよく分離分別されるはずである。あまりたくさんの感染性廃棄物容器を置くと、廃棄物量を増加させる傾向があるが、あまり

に少ないとコンプライアンスが悪くなることもある。感染性廃棄物容器の数を、患者の治療エリアで最小限にしたり排除したりすると、廃棄物量はずっと削減される。(ただし鋭利損傷物容器はアクセスしやすいところに置くべきである)。医療施設はスタッフの訓練を含めた分別計画を進めるべきである。

収集・運搬・貯留

医療廃棄物収集の方法は、ひとりひとりへのリスクの低減を図りながら、発生時点から貯留・処理に至る、廃棄物の効率的な動きが達成できるように設計するべきである。一般的に、施設内では廃棄物の移動にカートが使われる。感染性廃棄物の運搬に用いられたカートは他の目的に使うべきではない。またそれらは、流出を防ぎ、見た目や臭気の不快さを避けるため、運搬中は閉じた状態にして置くべきである。なおカートを定期的に洗浄したり消毒するなどのプログラムも、適切に行わなければならない。

医療廃棄物の容器への封入、ラベリング、貯留の詳細事項については、労働安全衛生法の血液由来病原体取り扱い規定 **OSHA's Bloodborne Pathogen Rule** のような規則に従うのが適切であろう。もし感染性廃棄物を貯留しなければならなくなった場合、その貯留場所は排水がよく、表面をきれいにしやすく、適切な照明と風通しがよく、悪天候や動物の侵入や許可されていない、入室に対しても安全性の高い場所でなければならない。腐敗を防ぐため、次の最大貯留時間が **WHO** から提案されている。すなわち例年並みの気候であれば冬季は 72 時間、夏季は 48 時間；涼しい季節では 48 時間、暑い時期では 24 時間である(注 1)。規制のかかる医療廃棄物については、もし貯留時間が超過するようであれば冷蔵保存すること、としている州もいくつかある。

廃棄物管理と偶発事故対策

医療廃棄物管理対策計画とは、その施設の発生から廃棄に至るまでの廃棄物管理プログラムのことである。その対策計画には次のような項目を示しておかなければならない：

- (1) 規則に対するコンプライアンス；(2) スタッフ等メンバーの責任；(3) 医療廃棄物の定義／分類；(4) 医療廃棄物の取り扱い手順；(5) 訓練計画 などである。
- また手順は次の事柄を扱っていなければならない：鑑定、分別、保管、ラベリング、貯留、処理、運搬、廃棄、モニタリング、記録の保存、および偶発事故対策などである。スタッフや患者、訪問者の健康や安全を守り、環境も保護しながら適切な規則を満たしていくことは、廃棄物管理の上でのいくつかの包括的な到達点である。対策計画は定期的に見直されるべきで、医療廃棄物に関連のあるスタッフのすべてのメンバーが読んでおかなければならない。廃棄物管理計画は施設の廃棄物最少化計画や化学薬品安全計画、あるいは **OSHA** で要求されているような有害情報伝達計

画や曝露抑制計画などともリンクしていなければならない。

医療施設は（汚染物などの）漏洩や感染性廃棄物への曝露、あるいは廃棄物処理システムの過誤などに対する責任体制を整えておくべきである。医療施設での大抵の漏洩は、封じ込めとクリーンアップキットで浄化することができる。その手順も曝露事由に応じて開発しなければならない。曝露してしまった場合の事後対策としては、OSHA's Bloodborne Pathogen Standard にある要求事項に従って行う。またメンテナンスや修理のために機器を作動できない中断時間を想定して、医療廃棄物を貯留したり、病院外の非焼却処理施設で処理するために移送するなどの代替プランも立てておくべきであろう。

職業上の安全と健康

業務上の安全と健康への配慮は、医療廃棄物管理の枠組みの中で常に重要な部分である。医療廃棄物を扱う時には、多くの潜在的なハザードが存在する。ハザードによっては取り扱いや移送の際に伴うものがある。例えば：

- * 注射針による穿刺
- * その他の鋭利損傷物による外傷（割れたガラスなどによるもの）
- * 人間工学的な問題（特に持ち上げる作業時）
- * 廃棄物を扱うときの血液の飛散、跳ねかかり
- * 廃棄物の投入時や圧縮時の、あるいは未処理の廃棄物が破損した場合の、エアロゾル化した病原体（微小な飛沫として空気中に浮遊している病原性微生物）
- * 漏洩
- * 化学物質や有害薬品への曝露

その他のハザードは、どのような処理方法が用いられるかによるものである。

- * 燃焼による熱面
- * 処理室からの蒸気
- * 冷却と換気が不十分なことによる作業環境の高温度
- * 作業場に放出された揮発性有機化合物とその他の化学物質
- * 短い排気筒から排出される毒性のある汚染物質
- * 放射線照射プロセスからの電離放射線
- * マイクロ波処理からの非電離放射線
- * 不快な臭気
- * 騒音

国立労働安全衛生研究所（The National Institute of Occupational Safety and Health

(NIOSH)は、非焼却技術に関する化学的、生物学的、あるいは安全上の問題についての 2 年間にわたる研究に対して助成金を出した。その研究とは、蒸気オートクレーブ、マイクロ波処理、化学的・機械的処理、および熱分解処理について調査したものである。当該研究によれば、概ね、揮発性有機化合物が OSHA (Occupational Safety and Health Act : 労働安全衛生法) の曝露限界を超えて存在するケースは見られなかった。すべての大気中の金属(測定用)検体は最小であり、ほとんど検出限界以下であった。生物学的有害性(バイオ・ハザード)の観点では、作業者が処理システムの中にコンテナ(容器)内容物を投入する際の、血液の飛散が最も大きい有害性があるとしていた。その次に強い関心を寄せているのが、さまざまな重いコンテナを手で扱う際に必要とされる技術としての、人間工学的な問題である。最後に、一般的な安全問題、例えば作業防護設備の問題がある。

医療施設は、医療廃棄物の取り扱い、処理、廃棄により想定される、あらゆる業務上の危険性を確認しなければならない。この場合、環境サービススタッフや装置を扱う従業員、訓練を受けた産業衛生士、安全担当者、消毒を管理する看護師、労働衛生スタッフ、施設エンジニア、その他の専門家を巻き込んだチームは、危険性(有害性、ハザード)の認識とそれらを削減し排除する方法を確認する作業を、協同して行なうことができる。これらの危険性を最小化するには、警報システム、より安全な注射器といった技術的管理、安全な作業場、作業防護装置、業務上の管理などが必要であろう。また適切な防護服や装置が作業者に提供されなければならない。なぜならば作業者の動作や作業を阻害するような体に合わない防護装置は、使用されなくなるおそれがあるからである。破傷風やB型肝炎ウイルスなどの予防接種といった予防的手段も重要である。さらに、医学的なモニタリング、安全のためのさまざまな手段の定期的な評価とそれを文書化することが、医療系廃棄物管理に関連する業務上の安全と健康を守るプログラムの一環である。最後に、従業員の訓練も非常に重要な項目である。

立地と設置

施設には、より規模の大きい技術のため、古い焼却炉を取り壊して撤去した後の空き地に、新しい建物が必要であったり、あるいは既存の建物の改修が必要となることもある。いずれの技術にもスペースや基礎、共用サービスとの連絡 utility service connection、通気、機材のサポートの点で難しい要求事項がある。非焼却処理技術のための最適なロケーションを決めるためには、安全な輸送ルート、廃棄物の発生源からの平均的距離、一時保管のための必要条件、作業者が処理ユニットの周辺で安全に操作を行なえるようなスペースのゆとりも、考慮にいれなければならない。その技術の立地場所が、廃棄物の搬入や搬出による問題の原因となってはならない。臭気、騒音、患者や訪問者への医療廃棄物の取り扱いの際の視覚的なインパクト、そして一般人の立ち入り(public access)とセキュリティに関しても考慮されなければならない。

処理技術からの排気口がたとえわずかでも、暖房・換気・空調 HVAC: heating, ventilation, air condition システムの吸気口の近くであってはならない。もしその技術が熱の放散を伴う場合は、十分な冷却と換気が必要である。配線やアースを含む電気系統は、病院内の感度の高い電気機器への、伝導性放射および放射妨害波による干渉を避けるようデザインされなければならない。逆に、コンピュータ制御を用いた処理技術は、入力電圧への妨害から防御されていないといけない。

人間工学に関連する事柄もやはり重要である。この問題には、架設後の供給部位の高さや、コンベア継ぎ手部分の高さ、レッド・バッグやボックスなどがカートから設備のホッパーへ容易に移送できるかどうか、機器の制御装置の位置、スロープや階段の使用などが含まれる。

もともと立地と設置は、基礎部分や電気接続、排水、HVAC、ユーティリティなど、エンジニアの取り扱いの範疇である。チームによる取り組みを行ったり、施設エンジニアリング、環境サービス、日常業務、安全と工場の衛生状態、感染防止、労働衛生を絡ませることによって、労働衛生や安全といった重要な局面（問題）が立地と設置の決定要因となる。

現地処理と現地外処理

現地での焼却以外に、医療施設としては2つの選択肢がある。つまり現地（オンサイト）での非焼却処理か、収集運搬して現地外（オフサイト）での処理をするかという選択肢である。HCWHは、オンサイト処理が常にどの医療施設でも行なえるとは限らないと認識している。

廃棄物取り扱い企業や廃棄物取り扱い業者は、医療機構に対して、収集運搬、保管、処理および最終処分というサービスを提供している。多数の病院で、より低いコストを収集運搬の際の主な理由に挙げている。しかし収集運搬の全原価を定着させることが、隠れたコストを計上するためには重要である（A 第 11 章および E 第 10 章を参照）。収集運搬の最も不都合な点は、収集運搬業者による不適正処分や輸送中の業務上の傷害、あるいは漏逸や損傷をもたらす交通事故などに伴う、潜在的な責任（liability）である。またそれ以外の不都合な点としては、連邦や州、州間や州内の医療廃棄物輸送に関する地方条例を満たさなければならないことである。つまり免責は一切考慮されず、排出した廃棄物によって惹起された事柄については、その廃棄物の発生者が最終的に責任を負うことになっている。

環境と公衆衛生の観点から、収集運搬とオフサイト処理の深刻な問題とは、毒性のある

汚染物質の原因となる地方の大きな焼却炉で廃棄物が処理されることである。一方、より大きな規模でも、廃棄物をより少ない排出物質で非焼却処理することは可能である。いずれの場合も、最終的に廃棄物がどのように処分されるかについては、発生源である医療施設の責任である。残念なことに、施設経営者はしばしば廃棄物がどこに運ばれているのかも知らされていない。この不確実性は、オンサイト・非焼却処理を導入することでなくすことができ、さらに、発生地点と処理地点が近接していることによって、感染性廃棄物が遠路を輸送されることもなくなるわけである。この本はオンサイト処理およびオフサイト処理技術の両方について述べている。

埋め立て処分

規制のかかる医療廃棄物が非焼却処理され、医療廃棄物と認識できない状態にされた後（特に法律で要求されている場合は）、処理済みとなった廃棄物は概ね（：一般的には）衛生理め立て処分場に廃棄される。処理済みの廃棄物は焼却炉で焼却するべきではない。多くの場合、施設では処理した廃棄物（非感染性、非有害性の）を通常のごみと混合し、一般廃棄物埋め立て処分場に送る。

しかしながら、一部の埋め立て処分場の操業者 **operator** は、規制された医療廃棄物由来の処理済み廃棄物には、高めの埋め立て料金を設定するかもしれない。そのような場合、一般ゴミと処理済み廃棄物を混合するのは、廃棄コストが高くなってしまう結果となる。また、廃棄物が汚染除去されていることの文書化された証拠として、検査済み証を要求する業者もあるだろう。あるいは、一部の埋め立て処分場は、医療廃棄物であることを認識できるような状態の処理済み廃棄物を、その特定の州で「認識できない状態とすること」を規定として要求されているいにかかわらず、受け入れない場合もあるだろう。

非焼却処理が導入される前に、施設はまずその地方の埋め立て処分業者にコンタクトし、非焼却処理技術で処理した廃棄物の受け入れの可能性と、処分料がリーズナブルであることを確認しなければならない。一部の州の保険省あるいは環境保護省は、処理済み廃棄物を受け入れる埋め立て地のリストを作成している場合がある。非焼却処理技術の選定に際して、施設は、結果として生じる固形廃棄物残渣が埋め立てされた場合の、長期的な環境インパクトが最小限となるように、これらの技術について熟慮するべきである。

非焼却処理技術の評価と選定

処理技術の選定に際して考慮すべきファクターについては第 10 章で述べる。各施設において、施設のニーズ（例えば一日にどれほどの量のどのようなタイプの廃棄物を処理しなければならないか、施設のスペースの制限、地方の監督機関の許認可、財政的な状況など）と同じく、それらの技術による設計と性能記録（例えば最大容量、信頼性、使いやすさな

ど)に基づいて、いろいろな代替技術についての評価を行わなければならない。
重要な性能判断基準としては、その技術の微生物の不活性化の有効性がある。

施設は製造元のデータだけに頼るのではなく、業者に最近のユーザーのリストを求めべきである。そしてその技術に関するフィードバック情報を得るために、施設管理者はできるだけ多くのユーザーと接触すべきである。その技術に関する役に立つ洞察は操作する人や施設管理者に話かけることで得られる。維持管理日誌や修理記録は、信頼性や維持管理要件のアセスメントに不可欠である。また実際の使用時におけるその技術を評価するため、ユーザーの施設のある場所を訪れることの重要性については、強調しすぎるということはない。新しい先端技術については、製造施設を視察し、作動中のその技術を見学することも必須である。州の監督機関は、製造元が許認可を得る際に、多くの州で提出しなければならない、大気中への排出ガスのデータや微生物の不活性化試験のデータなどの情報源である。これらの試験は独立した研究所の指揮の下に行なわれなければならない。

医療施設はまた、複数の代替技術を組み合わせて使う可能性も考慮すべきである。廃棄物の大部分を処理する大規模な技術を、病院の部局やフロアなど、その発生ポイントで医療廃棄物を適切に処理できるよう設計された、小さな規模の非焼却処理技術によって補完することもあるだろう。一部の技術は小さく携帯可能で、カウンターの上にとちょうどよいものから、冷蔵庫くらいの大きさのものまである。技術を組み合わせることで、規模の大きい技術の、必要であるとされるサイズを縮小できることもあり（それゆえ初期投資を削減できる）、特に最大のものからひとつ小さい規模の容量でも廃棄物の発生量に対して大きく超過してしまう場合には、有効である。感染性廃棄物を発生ポイントで処理することによって、ハザードは減少させることができ、ハザードの量としても生物学的有害廃棄物が施設周辺を移送される場合より削減できる。

第 11 章 (A 版および E 版第 10 章) で述べるようなすべての主要な費用項目に、経済上の比較分析も勘案されるべきである。安い購入価格でも、運転コストに費用がかかるものや、取り付けコストを高額にして埋め合わせるような例と比べると、高額な資本コストのかかる技術も、年毎の運転コストがより低いことで補償されるだろう。キャッシュフローを比較分析するのは、さまざまな技術を比較する場合に、使いやすいツールとなるだろう。第 11 章では、購入の際の代替案についても議論する。

この情報ガイドは施設管理者らに、それぞれの技術の長所短所について考量する際の情報を提供するものである。これらの技術に関する本書の記述は、取り扱い業者やその他の情報源に基づいたものである。また可能な場合は、取り扱い業者からの情報の正確さを検証するよう努力がなされた。しかしながら医療施設としては、導入決定をする前に独自に

技術的・経済的評価を実施するべきである。注：HCWHは特定の技術やブランド名を保証するものではない。

・・・・・・コラム・・・・・・＜微生物の不活化：滅菌と殺菌＞・・・・・・

滅菌 (sterilization) と消毒 (disinfection) は微生物の不活化を示す言葉で、取り扱い業者はその技術の性能を表す言葉として使っている。滅菌は微生物のすべての形態の完全な破壊と定義されている。しかしながら実際は、すべての微生物の完全な除去は困難とされており、の理由から、本レポートにおいては滅菌という語彙はあまり使用されていない。いくつかの参考文献では細菌数の 99.9999% の低減を、「滅菌」として認めている。消毒は細菌汚染の低減であるが、特に病原微生物や病原菌の減少を表す言葉である。代替処理処理技術に関する州および地域協議会 The State and Territorial Association on Alternative Treatment Technologies: STAATT は、滅菌について定量的に 4 段階のレベルを定義しており、レベル IV は、増殖性細菌、菌類、すべてのウイルス類、マイコバクテリア類、*Bacillus stearothermophilus* (桿菌の一種。以下 *B. stearothermophilus*) の芽胞の、99.9999% あるいはそれ以上の低減に相当するレベルである (注 2)。STAATT は代替技術の取り扱い業者に対して、少なくともレベル III の基準に合致することを勧めている。(第 10 章を参照)

微生物の不活化は、確率関数として、つまり微生物数の生存確率を 10 の係数として測定すると、より適切に表される。耐性菌の内生孢子の懸濁液が生物指標として通常用いられる。つまり熱による不活化のテストには *B. stearothermophilus* を、*Bacillus subtilis* (以下 *B. subtilis*) は化学的不活化のテストに、*Bacillus pumilus* (以下 *B. pumilus*) は放射線による不活性化のテストに用いられる。テストは一般的に、生物指標を標準的な医療廃棄物の負荷として添加して行なわれ (通常は 1 個のプラスチック試験管に、初期接種として細菌数 2×10^{10} の懸濁液)、その廃棄物を処理プロセスを通して走査させ、処理後の生物指標を捕集する。微生物の懸濁液は培養プレートで細菌の再生を定量される。最初のテストは対照状態を確認するため、微生物の不活化を行わずに走査される (つまり熱をかけず、化学的殺菌剤を添加せず、放射線を照射せず)。2 回目の走査は通常の走査条件下で行なわれる。微生物数は廃棄物 1 g あたりのコロニー形成単位 (cfu) として測定される。その後、微生物の不活化の状態を判定するために計算がなされ、微生物生存テストの数値が対数で表示される (注 3)。結果として出された数値が、 \log_{10} reduction (低減)、あるいは \log_{10} kill と呼ばれる数値にあたる。

\log_{10} kill が 6 とは、99.9999% の低減、または 100 万分の 1 (0.000001) の生存確率、あるいは 10^6 kill ということである。4 \log_{10} kill は 99.99% の低減、あるいは 1 万分の 1 (0.0001) の生存確率、または 10^4 kill ということである。これらの用語は非焼却処理

技術についての検討の項で用いられる。

.....コラム終わり.....

注 1 : A. Pruss, E. Giroult and P. Rushbrook, *Safe management of wastes from health-care activities*, World Health Organization, Geneva, 1999.

注 2 : これらは、(米) 疾病対策予防センター (CDC : the Centers for Disease Control) の、微生物学研究所や生物医学研究所のためのガイドラインにある、バイオセーフティ・レベルの I ~IV と混同するべきではない。

注 3 : Log10kill の計算式は STAATT I に基づく。”技術補助指針 Technical Assistance Manual : 医療廃棄物処理技術の州規制の総覧 States Regulatory Oversight of Medical waste Treatment Technologies”, State and Territorial Association on Alternative Treatment Technologies, April 1994; www.epa.gov/epaoswer/other/medical/index.htm

A—第3章 廃棄物の流れの把握：最初の大切なステップとして（A版 p.11～）

廃棄物の分析は、その施設のニーズに最も適合する技術を選定するために、重要なステップである。さらに、廃棄物組成の分析は、廃棄物の最少化の選択肢を特定し、分別の度合いを確立するための基礎となる。分析を通して医療施設は、ある廃棄物が生物学的有害性のあるものとして『過剰分類 overclassify』されているかどうかを確実に認識することができ、また、廃棄物の処理と廃棄に関する現在の規制にかなうか否かの評価をすることもできる。廃棄物の監査は、病院廃棄物組成を分析する際の強力なツールである。この章においては、医療廃棄物のカテゴリーと廃棄物の監査について述べる。過剰分類の問題に焦点を当てることとする。

医療廃棄物のカテゴリー

医療廃棄物とは、透析や処置、人や動物の予防接種の結果として発生する廃棄物であると定義されている。生物医学的な研究や、生物学的製剤の検査および製造に伴って発生する廃棄物も含むとしている州もある。残念なことに、何が医療廃棄物の構成要素であるかについて、単一の明確な定義はないので、各医療施設はこれを該当する連邦の、州の、そして地方自治体の規制に基づいて決めなければならない。

医療施設から排出される廃棄物の廃棄処分は異なる規制によって決定されるので、全体的な廃棄物組成を次の4つのカテゴリーに分類することが役に立つ。

1. **一般廃棄物**は通常、都市ごみとして廃棄処分されるごみである。これは建設廃棄物と解体廃棄物と同様にリサイクル可能なあるいはコンポスト化の可能なごみに含まれる。廃棄処分は通常地方条例によって規定されている。

2. **規制のかかる医療廃棄物または感染性廃棄物**は、一般的には感染症を引き起こす可能性のある廃棄物と定義されている。他の用語に言い換えると、生物有害性廃棄物、潜在的に感染性のある廃棄物、生物医学的廃棄物、あるいは『レッド・バッグ』廃棄物などが含まれる。このカテゴリーの廃棄物には病理学的廃棄物も含まれる。廃棄処分は州条例によって規定されている。

3. **有害廃棄物**は、不適切な管理や廃棄処分をすると、死亡や重篤な疾病、あるいは人の健康と環境に相当な有害性を持つことになる廃棄物であると定義されている。有害廃棄物は、州の有害廃棄物法の対象であると同時に、Resource Conservation and Recovery Act(RCRA)の下、連邦の規制の対象となっている。RCRAの下では、廃棄物はこの法律に列挙されている構成成分を1つあるいはそれ以上含む場合、または4つの性質（毒性がある、反応性が高い、引火性がある、腐食性がある）を、一つあるいはそれ以上示す場合は、有害廃棄物とされる。また、有害性を示したり、有害廃棄

物リストに挙がっている廃棄物を含む混合物や、あるいは廃棄物管理プロセスから派生した混合物も有害廃棄物とみなされる。

4. 低レベル放射性廃棄物は、放射性崩壊などにより放射性を示す廃棄物である。これは州法と合衆国原子力規制委員会（NRC）の規制の対象である。

Brunnerによれば、典型的な病院の固形廃棄物の全体的な編成は、一般固形廃棄物－56.4%、医療廃棄物－17.5%、ダンボール紙－10.9%、患者由来の廃棄物－8.5%、紙類 3.1%、有害廃棄物－2.0%、木質パレット－0.4%、乾電池－0.4%、X線フィルム－0.3%、その他－0.4%となっている（Brunner,1996、注1）。

廃棄物の発生の比率は広範に変動する。総合的な病院廃棄物に関するある研究では、1床あたり一日に 3.6～20kg の廃棄物が発生するとされ、平均でも 10kg との報告がある（注2）。Brunnerによれば、他のタイプの医療施設では、次のような総合的な廃棄物発生率であったと報告されている（注3）。

- 内科医診察室－1患者につき1日当たり5ポンド（1患者につき1日あたり 2.3kg）
- 養護施設－1患者につき1日当たり3ポンド（1患者につき1日あたり 1.4kg）
- 研究所－1患者につき1日当たり0.5ポンド（1患者につき1日あたり 0.2kg）

一般ごみ

病院から出る一般ごみは、ホテルやレストラン、その他の施設、ロジタイプ宿泊所、食品サービス業、データ処理施設、行政施設、さまざまな施設運営などの廃棄物の組成と同じである。固形ごみは通常、蓋付きゴミ箱や大型ごみ収集器に集められ、運搬業者によって都市ごみの埋め立て処理へと運ばれる。病院は、合衆国で発生するすべての都市ごみの約1%を占めている（注4）。病院から発生する固形ごみの組成は、典型的なもので、45%の紙類とボール紙、15%のプラスチック類、10%の食物残渣、10%の金属、7%のガラス類、3%の木質類、その他10%である（Bisson, McRae,および Shanerらの調査より。1993年、注5）。もう少しこのごみの詳細な調査をしてみると、多くのものがリサイクル可能な資源であり、廃棄物の最少化に影響を持っていることがわかる。

規制医療廃棄物

この手引書の主眼は規制医療廃棄物の処理についてである。規制医療廃棄物（感染性廃棄物）は、全体の廃棄物編成のうちの15%程度に達する。各州は規制医療廃棄物について、その定義と取り扱いや処理、廃棄の標準について、それぞれ一連の規制を持っている。

各施設はその施設の性質や手順・患者のタイプ、その他の固有の条件によって、さらに

この定義と標準を細分化すればよい。分類に当たっての問題としては、医療廃棄物の分類上、廃棄物のタイプに基づくもの（例えば微生物学的なもの、病理学的なものなど）、由来に基づくもの（隔離施設廃棄物、外科由来廃棄物、研究室由来廃棄物、透析廃棄物など）、物理的な性質に基づくもの（軟質廃棄物、硬質金属類、ガラス、プラスチック類、液体類、など）の紛らわしい混合物である。

規制された医療廃棄物の多様な条例定義は、1986年の感染性廃棄物管理に関するEPAガイドにおける10個の大まかなカテゴリーに基づいている（注6）。この10項目の一般的なカテゴリーと典型的な説明は表3-1に記述した。

＜表3-1＞ 感染性廃棄物の10カテゴリー

廃棄物カテゴリー	解 説
1. 培養基、培養株	感染性物質の培養基、培養株および関連する生物学的製剤
2. 解剖廃棄物（またはヒトの病理学的廃棄物）	組織、器官、および外科手術や生検その他の医学的処置において除去された体液等を含む人体部分
3. ヒト血液、血液製剤およびその他の体液等	廃棄されたヒト血液、血液成分または血液製剤、血液・血液製剤・体液の浸透したもの、または乾燥血液の固着したもの
4. 鋭利損傷物	注射器、ピペット、外科用メスの刃、バイアル瓶および注射針（破損したもの及び未破損のもの）、
5. 動物廃棄物	解体したもの、体部分、体液等、血液を含む廃棄物質。あるいは廃棄物感染性物質に曝露された動物の病床廃棄物
6. 隔離廃棄物	伝染病から他者を守るために隔離された患者の血液・糞便等で汚染された廃棄物質
7. 汚染された医療機器	感染性物質に接触した医療機器
8. 外科廃棄物	汚れた衣類・スポンジ・ドレープ・ガウン・手袋などを含む廃棄されたもの
9. 研究室廃棄物	スライドやカバーガラスなどで感染性物質に接触したもの
10. 透析廃棄物	透析中の患者血液に接触した廃液と機器

＜表3-2＞ 規制医療廃棄物のカテゴリー比較（注7）

カテゴリー	EPA-1986	EPA-1988	AORN	NY	CA
培養基および培養株、または微生物廃棄物	○	○	○	○	○
人体部分を含む病理廃棄物	○	○	○	○	○

ヒト血液、血液製剤、その他の体液	○	○	○	○	○
鋭利損傷物（使用済み及び未使用）	○	○	○	○	○
動物性廃棄物	○	○	○	○	○
隔離廃棄物	○	○			○
選別隔離廃棄物のみ			○		
汚染された医療機器	○				
外科廃棄物	○				○
研究室廃棄物	○				○
透析廃棄物	○				
化学療法廃棄物					○
固定液または薬剤に由来する有害廃棄物					○
その他の指定されたカテゴリー				○	
注：上記の各カテゴリーの組成物の例は、若干の相異があると思われる。					

それぞれのカテゴリーの記述や感染性があるとされるカテゴリーについては、規制の担当局によってちがいがあある。表 3-2（上記）は、これらのカテゴリーを Medical Waste Tracking Act in 1988 と Association of Operating Room Nurses(AORN)、New York State Department of Health、および California’s Medical Waste Management Act において定義されているカテゴリーと比較している。

医療施設従事者は、廃棄に関して特に要求される事項や、その州や施設における規制医療廃棄物の定義によく注意していなければならない。研究所や産業研究施設、あるいは生物学的製剤の製造所からの培地や菌株を、明確に医療廃棄物に含むとしている州もある。汚染された鋭利損傷物だけを規制している州もあれば、未使用の鋭利損傷物まで規制している州もある。また化学系廃棄物、例えば化学療法における廃棄物や医薬化合物による汚染のある廃棄物を、規制医療廃棄物としている州もある。一方、州当局に、当初は考慮されていなかった追加カテゴリーを指定する権限を与えている条項を含んだ条例もある。

400 施設を超える病院への調査によれば、1980 年後半にはほとんどすべての病院が、表の最初の 6 カテゴリーを感染性廃棄物の指定に際して採用していた（注 8）。表 3-2 は、最初の 5 カテゴリーが最もよく使われていることを示している。近年、「隔離廃棄物」というカテゴリーをやめた州もあれば、特別に「選別隔離廃棄物」としてある種の高度な伝染性のあるウイルス性疾患の患者（《米》疾病対策予防センター：CDC ,Centers for Disease Control and Prevention の定義によれば、エボラ熱やラッサ熱のようなクラス 4 の病原体）に由来する廃棄物のカテゴリーを、定めている州もある。

病理学的廃棄物は、規制医療廃棄物の一構成要素であるが、一般的には組織、臓器、人

体部分、体液の検体、および外科手術・病理解剖・その他の医学的措置の際に排出される体液を含めている。約 12 の州が、人体部分は焼却か埋葬という形の廃棄だけを可能としている。また、歯および歯と骨の隣接組織、歯肉を上記のカテゴリーから除外している州もいくつかある。研究室からの廃棄物を検体廃棄物容器、スライドとカバースリップ（訳者注：スライド上で組織と反応液などを覆って、蒸発、温度変化などを防ぐのに使う）、使い捨て手袋、上着、手術用手袋に含めるように定義している条例もいくつかみられる。

血液と体液に関しては、血液や体液の染み込んだ物質や固化した血液なども規制対象として扱っている州もある。さらに血液や体液の成分（構成要素）についても、OSHA の血液由来病原体規定（Bloodborne Pathogen Standard）における、「精子、膻分泌物、脳脊髄液、滑液、胸膜液、心嚢液、腹水、羊水、歯科治療時の唾液、肉眼的に血液の混入した体液すべて、他の体液と識別できない状況のすべての体液」に該当すると定義している（注 9）。OSHA の規則は医療廃棄物の処分自体を扱ってはいないが、この定義は各施設における廃棄物分類方針の決定に際して用いられている。

・・・コラム (A-p14) <技術の解説と処理される廃棄物のタイプについての備考>・・・

ある技術が扱うことのできる廃棄物のタイプを説明する場合には、おおまかなカテゴリーが用いられる。これらのカテゴリーのほとんどについては、その技術の製造業者が示している。販売業者のカタログでは、規格外のカテゴリーとして、「柔軟廃棄物 soft wastes」と言われるものがある。ガーゼ、綿棒、ティッシュペーパー、包帯、ドレープ、ガウン、ベッド用品など、セルロース系の物質を指すカテゴリーで、この柔軟廃棄物が他の廃棄物カテゴリーに相対して入ってくる。機械的破壊という見地からは、これは使いやすいカテゴリーである。破碎機や粉碎機などの、注射針やプラスチック・コンテナ、あるいはガラス製品を容易に破壊できる装備を持った技術もあるが、セルロース系の廃棄物は破碎機の刃やシャフトに巻きついて回転を妨げるため、扱い難い。レッド・バッグに何を入れることにするかを決めたならば、その施設は、選ばれたその技術がそれぞれのカテゴリーの廃棄物を本当に処理できるのかを、機械的破壊や微生物不活性化、あるいは排気や規制の遵守、安全性といった観点からも確認しなければならない。

・・・コラムおわり・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

表 3-3 に示すように、規制される医療廃棄物の構成と性質にはかなりのばらつきがある。1 cm³ あたりのグラム数で示したかさ比重では、次のような範囲が報告されている（注 10：ただし原書中では 1 立方フィートあたりのポンド数で表されている（訳者注））。人体解剖関連（0.80～1.10）、プラスチック類（0.08～2.30）、ガーゼ・消毒綿その他のセルロース系物質（0.08～0.99）、アルコールと消毒剤（0.77～0.99）、鋭利物（7.21～8.01）、寝具（2.16～3.60）。破碎された感染性廃棄物は 1 立方センチメートルあたり 0.32 g 程度のかさ

比重であるが、その範囲は構成要素によって 0.16～2.40 と広い幅がある（注 11）。

通常の比としては、合衆国内の病院において広く調査された結果から、W.A.Rutala によれば、表 3-4 に示すように、感染性廃棄物発生率の国内平均は、1 日 1 ベッドあたり 1.38 ポンド（0.627kg）、あるいは 1 日 1 患者あたり 2.29 ポンド（1.04kg）と報告されている。これらは、積極的な廃棄物削減プログラムから恩恵を受けた結果であり、病院が未だ多量の廃棄物を発生しているかどうかの判断に役に立つ標準図表である。

<表 3-3> 感染性廃棄物の典型的な組成と性質（注 1 2）

組成：

セルロース系物質（紙および布）	50-70%
プラスチック類	20-60%
ガラス製品	10-20%
液体類	1-10%

典型的な性質：

含水量	8.5-17%（重量）
不燃物	8%（重量）
熱量	1900 キロカロリー（7,500BTU）

（訳者注：BTU=British thermal unit, イギリス熱単位、英サーマルユニット●（同）{米}熱単位：1 pound の水の温度を 1° F 上昇させるに要する熱量。1 Btu=約 251.996 カロリー=0.251996 キロ・カロリー=1.055056 キロ・ジュール=0.293071 ワット・時）

<表 3-4> 廃棄物発生率（注 1 3）

病床数	総廃棄物				感染性廃棄物 (総廃棄物中の%)
	kg/床/日	ポンド/床/日	kg/患者/日	ポンド/患者	
<100	2.59	5.71	5.13	11.3	13.3
100-299	4.70	10.4	7.16	15.8	15.0
300-499	5.67	12.5	8.63	19.0	14.9
> 500	5.83	12.8	7.69	16.9	14.9
総平均	4.18	9.21	6.93	15.3	15.0

有害廃棄物

医療施設ではさまざまな異なったタイプの有害廃棄物が発生している。キシレン、メタノール、アセトンによく使われる溶媒である。その他の化学薬品には、トルエン、クロロホルム、塩化メチレン、トリクロロエチレン、エタノール、イソプロパノール、酢酸エチ

レン、アセトニトリルなどが含まれる。ホルムアルデヒド廃棄物（ホルマリン溶液）は、病理学、病理解剖、透析、看護設備、救急治療室、外科治療室等々から発生する。化学療法廃棄物（例えば、クロラムブシル、サイトキシン、ドーナマイシンなど）は、一部の病院では有害廃棄物のうちの大きな割合を占めている（注 14）。2, 3 の州においては、化学療法廃棄物は特に焼却しなければならないとされているので、注意が必要である。その他の有害廃棄物には、放射線医学分野で使われる写真用薬剤、消毒剤（例えばグルタルアルデヒド）、施設の維持管理や施設運営によるユーティリティからの廃棄物などが含まれる。水銀は多くの施設で問題となっている。医療産業における、より広い範囲の化学薬品リストを、さまざまな関連文献の中に見ることができる（注 15）。

有害廃棄物の保管、移送、廃棄に関しては、有害廃棄物の「ゆりかごから墓場まで」という取り組みをしている連邦資源保全再生法（RCRA）の下で規制されている。非意図的な有害物質の放出に関する事由は、物質のタイプと放出量により報告が義務づけられている、包括的環境対処・補償・責任法（CERCLA：訳者注：いわゆるスーパーファンド法）の管轄下である。有害物質の放出に際しての緊急対応や有害情報伝達については、緊急計画・地域社会知る権利法（EPCRA）がカバーしている。

低レベル放射性廃棄物

放射性物質は、臨床研究や調査研究の際にはもちろんのこと、診断や治療にも用いられる。核医学、臨床検査室、研究所などで使われる放射性核種には、半減期が 2,3 時間のものから数千年のものまでである。廃棄方法は、核種崩壊を考慮した保管（保管中の核種崩壊）と、認可された放射性廃棄物の最終処分場までの輸送をも含めて考慮されている。半減期の短い放射性核種は、通常、安全な施設でバックグラウンドレベルにまで減衰させるに十分な長い期間、貯留した後（放射線探知器で確認後）、廃棄処分される。発生源における削減は、購入する放射性物質の量を制限することや、可能であれば非放射性物質やより半減期の短い放射性物質を用いることで達成できる可能性がある。また研究室での方法や手順をデザインするに当たって、混合廃棄物の量を減らすことによっても達成できるだろう。

医療廃棄物監査

医療廃棄物監査は非常に役に立つ手段である。医療廃棄物監査は、施設内での廃棄物の発生源、組成、発生率、廃棄物の流れについてのデータを提供してくれる。監査のやり方によっては、廃棄物の取り扱いの実際や貯留容量、廃棄物の輸送形態についての情報も、同時に得ることができる。医療廃棄物監査には、準備やデータの収集、分析、提言が必要である。

監査の準備は目的を明確にすること、計画策定、中心となる人物と部署の長の協力を得

ること、予め施設内を視察して回ることなどが必要である。データは組織内で自己監査や質問表の形で得ることができる。また別のやり方としては、外部のコンサルタントを使うという方法もある。データ収集の期間は代表的なサンプリングのできる期間であることが必要である。2,3日で収集したデータは廃棄物の流れの断片でしかない。2週間かそれ以上の期間のデータ収集は、スタッフのより多大な努力を必要とするが、他の曜日における重要なバリエーションを浮き彫りにする。3つめのアプローチとしては、長期間のデータを収集するために、コンピュータ化した廃棄物追跡システムを導入することである。例えばWalsh Waste Trackers (注16)のようなコンピューターシステムで、利用可能なものがいくつかある。『廃棄物分類』(期間中に収集された廃棄物を分別し、各組成の重量を測る)を行なうと、さらに詳細な廃棄物の組成分析が可能であるが、担当者個人の保護用具が必要である。

このデータから、その施設のすべての単位部署 (unit) からの発生率や廃棄物の流れが確実にわかる。廃棄物組成に関するデータは、分類や分別のやり方の評価として使うことができる。廃棄物監査によって、効率の悪さを発見することができ、廃棄物管理の真のコストを見積もることができ、法規や政策への適合水準を推定できる。さまざまな監査は、コスト削減や廃棄物減量、遵守状況の改善、リスクの削減と責任を向上させるのに必須である。

廃棄物分類についての作業者の訓練

医療廃棄物の取り扱い上の問題は、医療従事者が廃棄に際して、筆記用の紙や未使用のディスプレイ、あるいは食品廃棄物などのような非感染性廃棄物をレッド・バッグに捨ててしまう、いわゆる過剰な分類 Over-classification によってさらに複雑になっている。過剰な分類は、感染性廃棄物の取り扱いに慎重になりすぎる場合や、病院の方針が曖昧であったり存在しなかったりする場合、あるいは潜在的な感染性廃棄物とはどのようなものから成り立っているのかとの理解が欠如している場合、または単なる便宜主義の結果として起きる。

現行の法やガイドラインに則った、感染性廃棄物として扱われるべきものを示した明快な方針が、過剰な分類を回避するのに役立つはずである。前にも述べたように、最適な個数のレッド・バッグと通常のゴミ箱を、適切な箇所に設置することで、この問題をより少なくすることができる。通常のモニタリングと評価に加えて、被雇用者の実施トレーニングと教育が、過剰な分類に対しては欠かせない。この問題は、ボランティアを頼るのではなく、通常のモニタリングや評価業務、および必要なトレーニングを行なう専任の廃棄物管理スタッフを置くという重要性があることを示している。

病院の廃棄物の流れの分析が完了し、過剰な分類の問題が概ね取り除かれた後、施設は、どのような種類のどの規模の非焼却処理技術がニーズに合致するか、さらによくわかる状況にあると言えよう。

.....

注 1 : C.R.Brunner, *Medical Waste Disposal*. (Reston, VA: Incinerator Consultants Incorporated, 1996).

注 2 : U.S. Environmental Protection Agency. “Hospital Waste Combustion Study: Data Gathering Phase.” EPA-450/3-88-017. (Springfield, VA: National Technical Information Service, December 1988).

注 3 : C.R.Brunner, loc cit.

注 4 : K.D. Wagner, “Defining and Characterizing the Waste Stream of Healthcare Facilities,” Chapter 2 in K.D.Wagner, C.D.Rounds, and R.A.Spurgin, Editors. *Environmental Management in Healthcare Facilities*. (Philadelphia, PA:W.B.Saunders Company, 1998)

注 5 : R.C.Fenwick, American Hospital Association conference on hospitals and the environment, May 1991; cited in C.L.Bisson, G.McRae, and H.G.Shaner. *An Ounce of Prevention: Waste Reduction Strategies for Health Care Facilities*. (Chicago, IL: American Society for Healthcare Environmental Services, 1993)

注 6 : *Guide for Infectious Waste Management*, EPA/530-SW-86-014, Washington, DC, May 1986.

注 7 : Sources: EPA-1986(Guide for Infectious Waste Management, EPA/530-SW-86-014, Environmental Protection Agency, Washington, DC, May 1986); EPA-1988(Medical Waste Tracking Act of 1988, 42 USC 6992), AORN (AORN Position Statement, Association of Operating Room Nurses, Denver, CO, March 14, 1994); NY (Public Health Law 1389 as revised by Chapter 438 of the Laws of 1993); CA (Medical Waste Management Act, California Health and Safety Code, Sections 117600-118360).

注 8 : W.A. Rutala, W. Odette, and G.Samsa, *Infect. Waste Management*, 4(4), 198(1989).

注 9 : Occupational Exposure to Bloodborne Pathgens,” Occupational Safety and Health Administration Standard found in 29 CFR Part 1910.1030.

注 10 : Incinerator Design and Operating Criteria. Volume II. (Ontario, Canada: Ontario Ministry of the Environment, October 1986).

注 11 : J. Emmanuel, unpublished data based on measurements made in 1994 and other sources.

注 12 : U.S. Environmental Protection Agency. “Operation and Maintenance of Hospital Medical Waste Incinerators.” EPA-450/3-89-002. (March 1989); C.R. Brunner, Medical Waste Disposal. (Reston, VA: Incinerator Consultants Incorporated, 1996).

注 13 : W.A. Rutala, JAMA, Vol. 262 (12), September 22, 1989; W.A. Rutala, W. Odette, and G. Samsa , *Infect. Waste Management*, 4(4), 198(1989).

注 14 : ある研究では病院、クリニック、外科センターが化学療法による廃棄物の平均的な範囲を総廃棄物量の 13%～69%と報告している。 *Report to the Legislature: Washington State Infectious Waste Project and Attachments*. Olympia, WA: Washington State Department of Ecology, December 30, 1989.

注 15 : R.T. Gun et al., “Report of the DSHEFS Task Force on Hospital Worker Health,” National Institute for Occupational Safety and Health (U.S. Department of Health and Services), Cincinnati, OH, December 1985; A.R.Turk, “Managing Chemical Hazards,” Chapter 15 in K.D. Wagner, C.D. Rounds, and R.A. Spurgin, Editors. *Environmental Management in Healthcare Facilities*. (Philadelphia, PA: W.B. Saunders Company, 1998); and Hospitals for a Healthy Environment, www.h2e-online.org.

注 16 : これは、1997 年、Walsh Integrated Environmental Systems, Inc.(Montreal, Quebec)および販売業者のウェブサイトから得られた情報である。

A—第 4 章 非焼却処理技術の一般的なカテゴリーとプロセス (A 版 p.17～)

非焼却処理技術の分類には、規模に着眼したもの、価格によるもの、処理する廃棄物の種類によるもの、市場におけるシェアによるものなど、さまざまな分類方法がある。本章ではこれらの技術を、廃棄物の汚染除去に用いられている基礎的なプロセスによって分類している。その4つの基礎的なプロセスとは次のようなものである。

1. 熱処理プロセス
2. 化学的処理プロセス
3. 照射処理プロセス
4. 生物学的処理プロセス

非焼却処理技術の多くは、上記の前2者を採用している。以下に述べるのは、これらのプロセスについてそれぞれ説明し、併せて上記の4つのプロセスを補完するものとして機械的プロセスを挙げる。

熱処理プロセス

熱処理プロセスは廃棄物中の病原体を破壊するために熱（熱エネルギー）を用いる方法である。このカテゴリーはさらに低温度、中温度、高温度の熱処理プロセスに分けられる。熱処理プロセスにおいて起きる物理的および化学的メカニズムが、中温度と高温度では著しく変化するので、これらのさらなる分類が必要なのである。

低温熱処理プロセス

一般的には低温熱処理技術では、華氏 200 度から約 350 度（93°C～177°C）で処理が行なわれる。低温熱処理プロセスのうちの2つの基本的な分類としては、湿熱（蒸気）滅菌と乾熱（加熱空気）滅菌がある。湿式熱処理は廃棄物の感染性除去に蒸気を用いており、オートクレーブ（第5章を参照）内で通常行なわれているものである。マイクロ波処理も、廃棄物に水が添加されマイクロ波エネルギーによって生成した蒸気と湿熱で滅菌作用が起きるので、原理的には蒸気滅菌である（注1）。乾熱プロセスでは水も蒸気も添加されない。そのかわりに、廃棄物は赤外線ヒーターを用いて、熱の伝導や自然なあるいは強制的な対流、または熱放射によって加熱されるのである。

化学的処理プロセス

化学的処理プロセスは二酸化塩素、漂白剤（次亜塩素酸ナトリウム）、過酢酸、乾燥した無機化学薬品を使って殺菌するものである。化学薬品（試薬）への廃棄物の曝露をより高めるために、化学的処理は破砕、粉碎、攪拌を行なうことが多い。溶液系のシステムでは、殺菌剤を除去しリサイクルするため、廃棄物は脱水セクションを通す。一方、化学殺菌剤

のほかに、埋め立てに先立って、鋭利損傷物や血液、その他の体液などを固体充填物の中に固化して封じ込めるための封緘剤もある。また医療廃棄物を処理するのに、オゾンを用いる方法や触媒による酸化を利用した技術も現在開発中である。

放射線照射処理プロセス

放射線照射を基礎とする技術は、電子線やコバルト 60、あるいは紫外線照射を適用するものである。これらの技術には、職業上の曝露を避けるため、遮蔽が必要である。電子線照射は、高エネルギーの電子のシャワーを当てることによって、細胞壁の解離や破裂を惹き起こし、微生物を破壊するものである。殺菌作用のある紫外線（UV-C）の照射は、他の処理技術を補完するものとして用いられてきた。照射は廃棄物を物理的には変化させないので、（医療廃棄物としての）原型をとどめないように破碎や裁断が必要となる。

生物学的処理プロセス

生物学的処理プロセスは酵素を用いて有機物を破壊するものである。現在はほんのわずかの非焼却処理技術が、生物学的処理に基づいているに過ぎない。

機械的処理プロセス

破碎（シュレッダー）、粉碎（グラインダー）、ハンマーミル処理、攪拌（ミキサー）、混合（アジテーション）、固液分離、搬送 conveying（オーガー：らせん状の刃（注2）や、油圧ピストンやコンベアベルトによる廃棄物の送り）、圧縮などの機械的プロセスは他の処理技術を補完するものである。機械的な破壊により、廃棄物は原型をとどめることなく針や繊維を砕き、人への損傷性を最小限にしたり使用不可能にすることができる。熱処理や化学的処理の場合、シュレッダーやミキサーなどの機械的処理を施すことで熱の伝達率をよりよくしたり、廃棄物表面の化学殺菌剤への曝露をより多くすることができる。そのため機械的処理プロセスはやはり、必要な維持管理の段階のものとして加えることができる。

機械的処理プロセスは補完的なものであるため、それ自体だけでは医療廃棄物の処理プロセスとみなされていない。また、シュレッダーやハンマーミル、その他の機械的破碎プロセスは、密閉処理システムにおける不可欠な部分ではあっても、廃棄物の汚染除去が行なわれる前に使われるものではない。さもなければ機械的破碎によって環境中に放出された病原体に、作業者が曝露されるおそれがあるからである。もし機械的処理プロセスを処理システムに組み込むならば、それは機械的処理プロセスから出入りする空気が、環境中に排出される前に殺菌されるようにデザインするべきである。また特に重要なのは、廃棄物の投入の際に、空気が投入口から引き込まれるようにしておくことである。ドラフト・ファンを使って、機械的処理プロセスの処理室内が陰圧になるよう維持する方法がよく用いられている。つまり空気は機械的処理プロセスで取り込まれ殺菌室を通るか、あるいは環

境中に排出される前に、高性能粒子エアフィルタ（high efficiency particulate air filter :HEPA）を通ることになる。シュレッダー、グラインダー、ハンマーミルなどは、通常、廃棄物のサイズを小さくするための装置として用いられる。その他の場合では、造粒機、粒子化機 **particlizer**、裁断機なども用いられる。一般的に廃棄物のサイズを小さくするには、原料を二つの面（シュレッダー内のように）に切り分けたり、固体表面（solid surface）に対して衝撃を加えたりすることで完了する。さらに通常は、機器から排出される際の粒子の大きさをコントロールするため、篩（スクリーン）が付加される。油圧ピストンはシュレッダーやグラインダーを通して廃棄物を押し出すために用いられることがある。

シュレッダーは鋼のカッター、フック **hooks**、ディスク **disks**、刃 **blades** を回転シャフトに装着したデザインとなっている。これらの刃が、ケーシング（単シャフト・シュレッダーの場合）に固定された刃や、逆回転シャフト（マルチプル・シャフト・シュレッダーの場合）に装着された刃と相互に切り込む設計である。廃棄物質 **waste material** がこれらの刃の間に挟まってしまうため、シュレッダーの多くは反転運動、つまり過重かかった場合正常な回転が停止し、逆の回転をさせて詰まりを解消できるようになっている。この運動は自動で何回か繰り返し作動するように設計されていることが多い。それでももし障害物が動かない場合は、シュレッダーは一旦閉じられ、オペレーターに画像や電子音で警報が送られる。その上で障害物は手作業での除去が必要となる。シュレッダーは通常、低速運転の高回転力で運転される。

一方グラインダーは、高速で回転する一連のローラーを有したサイズ縮小装置であることが多い。クラッシャーと粉砕機も同様な条件で用いられる。ローラーに歯や刃が装備されていれば、マルチプル・シャフト・シュレッダーのような機能を持つこととなり、これがシュレッダーとグラインダーがしばしば入れ替え可能な関係となっている理由である。ハンマーミルは回転シャフト上に、上下に動くT型の鋼鉄製ハンマーや打具 **beater** を備えたものである。ハンマーミルが高速で回転すると、廃棄物がハンマーと下盤によって粉砕される。ハンマーミルは騒音の原因となることが多く、エネルギーの消費も大きい。

これらすべての機器は、徹底的な維持管理が必要である。ハンマーには定期的な表面の再加工が、鈍った切断刃は研磨が、また破損したシュレッダーの刃は交換が必要である。シュレッダーやグラインダーの中には、滅多には起きないが不可避免的に起きる、先端のスチール製接合部がシュレッダー内に達してしまうような場合に、シャフトを守るため、離脱ピンを持っているものもある。そのような事態が起きた場合、シャフト全部を交換するよりは、離脱ピンを交換する方が安全かつ簡便である。しかしながら、硬質金属物体はよくシュレッダー刃の破損や磨耗の原因となり、特にその機器がオートリバース運動をする場

合に起きることが多い。機械的処理機器には、修理などのため内部を開放する際に、廃棄物を殺菌する別の方法が必要である。さもなければ修理に携わる作業者が病原体に曝露されるおそれがあるからである。シュレッダーを破損させたり磨耗させたりする金属部品に加えて、布やガーゼ、濡れた紙類などのような柔軟廃棄物も、シュレッダーの刃やシャフトに巻きついたりしてトラブルの原因となる。熱したプラスチック（溶融したものや柔軟化されたもの）はシュレッダーの各部分に垂れて被さり冷えると固まったりする。これらの問題について、より扱いやすく工夫されている機種もある。グラインダーやシュレッダーなどの技術の導入を考えているならば、施設としては、医療廃棄物に特化して処理を行っている他の施設の実験の経験に基づいて、廃棄物のサイズを小さくする装置を検討すべきだろう。同時にこれらの技術は、安全面、過重がかかった場合の保護の面についても問い合わせるべきである。つまり一時的な障害物に対して装置がどのように作動するのか、あるいは修理の間に必要な代替りの殺菌手段、ブレードや切断刃、ハンマー、その他の磨耗する装着部品の寿命、刃の研磨や交換にかかるコスト、予防的維持管理の方法などを、さまざまな機種間で比較検討する必要がある。装着部品の量は処理する廃棄物のタイプによって異なる。例えば鋭利物を処理する場合などは、柔軟廃棄物を処理する場合に比べて頻繁に刃を交換しなければならないだろう。修理のためのアクセスや特定の装置導入した施設の維持管理記録は、異なったサイズ縮小装置の信頼性を評価検討するのに、非常に役に立つ情報である。

（廃棄物が）識別不能であること（A-p 19）

機械的破壊処理は、廃棄物をそれと識別できないようにさせるものである。州によっては、処理済みの医療廃棄物を、埋め立てる前に医療廃棄物であると識別できないようにしなければならないとしている。また人体部分だけについて、それと識別できないようにすることとしている州もある。州の多くは、鋭利損傷物は破碎し（または粉碎して）、使用不可の状態とし、あるいは耐穿刺性の容器に封入することを義務としている。施設はそれぞれの州当局に問い合わせ、どのような義務が課されているかを確認しなければならない。

「識別不能であること」の義務が課されていない州でも、施設としては埋め立ての現地自治体の運営担当者に問い合わせ確認しなければならない。処理済みの医療廃棄物がそのままの形状で埋め立てできる場所でも、埋め立て担当者が受け入れを拒否することもある。廃棄物が処理済みであることを示す指標が追加されていたため、見た目の良し悪しで「識別不能であること」について激論になったグループもある。あるいは廃棄物を識別不能化すると通常は減容されるため、埋め立て地が減って受け入れ能力が減少している地域では、明らかな利点となる。

カテゴリー別—非焼却処理技術

表 4-1 は、カテゴリー別に非焼却処理技術を列挙したものがある。これらの技術は小規模なユニットから大規模な医療センターや地域の施設にふさわしい高処理能力システムに適合する技術にまでわたっている。

<表 4-1：医療廃棄物のための非焼却処理技術> (A-p 21)

非焼却処理技術	技術製造元
低温熱処理プロセス	
オートクレーブまたはレトルト (加圧加熱)	Bondtech(サマセット, ケンタッキー州)
オートクレーブまたはレトルト (加圧加熱)	Environmental Techtonics Corp.(サウサンプトン, ペンシルバニア州)
オートクレーブまたはレトルト (加圧加熱)	Mark-Costello(カーソン, カリフォルニア州)
オートクレーブまたはレトルト (加圧加熱)	Sierra Industires(Santa Ana, カリフォルニア州)
オートクレーブまたはレトルト (加圧加熱)	Steri Tech(Bloomington, インディアナ州)
オートクレーブまたはレトルト (加圧加熱)	Tuttnauer(Ronkonkoma, ニューヨーク州)
真空-蒸気-圧縮	San-I-Pak(Tracy, カリフォルニア州)
蒸気-ミキシング-分級 /乾燥/破砕	Tempico(Madisonville, ルイジアナ州)
破砕/蒸気 - ミキシング/乾燥、化学処理	Sterile Technologies Inc.(West Chester, ペンシルバニア州)
破砕 - 蒸気 - ミキシング/乾燥	Antaeus Group(Hunt Valley, メリーランド州)
破砕 - 蒸気 - ミキシング/乾燥	Ecolotec(Union Grove, アラバマ州)
蒸気 - ミキシング - 分級/乾燥	Hydroclave Systems Corp.(Kibgston, Ontario, カナダ)
予備破砕/蒸気 - ミキシング	Aegis Bio-Systems(Edmond, オクラホマ州)
破砕/蒸気 - ミキシング - 圧縮	LogMed(ErdwichZerkleinerungs Systems 有限会社)
マイクロ波処理	Sanitec(West Caldwell, ニュージャージー州)
マイクロ波処理	Sinton/CMB(オーストリア)
電熱的不活化	Stericycle(Lake Forest, イリノイ州)
乾熱処理	KC MediWaste(Dallas, テキサス州)
乾熱処理	Demolizer

化学的処理プロセス	
次亜塩素酸ナトリウム処理 - ハンマーミル	Circle Medical Products(Indianapolis, インディアナ州)
次亜塩素酸ナトリウム処理 - 破砕 (移動式)	MedWasteTechnologiesCorp.(Houston, テキサス州)
二酸化塩素 - 破砕	Encore/Medical Compliance(El Paso, テキサス州)
オゾン処理	Lynntech(College Station, テキサス州)
電気触媒湿式酸化	MeDETOX/Delphi Research(Albuquerque, ニューメキシコ州)
“Stericid” - 破砕 - ミキシング	MCME Environmental Technologies (Gilboa, イスラエル)
乾式非有機化学薬品処理 - 破砕	Positive Impact Wates Solutions (Pearland, テキサス州)
乾式非有機化学薬品処理 - 破砕	Premier Medical Technology (Houston, テキサス州)
過酢酸 - 破砕	Ecocycle 10 /STERIS Corp.(Mentor, オハイオ州)
アルカリ加水分解	WR 2 (Indianapolis, インディアナ州)
照射処理プロセス	
電子線処理	Bio Sterile Technology (Fort Wayne, インディアナ州)
電子線処理 - 破砕	U.Maiami E-Beam (Coral Gables, フロリダ州)
生物学的処理	
酵素ベース処理/押し出し成形	Bio Conversion Technologies, Inc. (Norcross, ジョージア州)
<p>N/a=not available</p> <p>注：上記の諸技術については次章で述べる。Health Care Without Harm は特定の技術や企業、ブランドネームをも承認するものではない。これらの技術は、従来の焼却処理の、代替技術の事例として列挙したものである。HCWH はこれが包括的なリストであると、主張するものではない。</p>	

オフ・サイト処理のための非焼却技術

このレポートで紹介する技術のほとんどは、病院や医療センターの敷地内（オン・サイト）に導入することのできる技術である。多くの技術の取り扱い業者が、小規模なものから大規模な医療施設の需要に合致するよう、異なった処理能力のさまざまなモデルを提供している。下記の取り扱い業者は、地域の処理センターなどでオフ・サイト処理をするのにふさわしい高い処理能力を持った機器を製造している。

（訳者注：HCWHの新たな調査により、有害物質を排出するおそれのある中温度、高温処理技術については除外して記載した。）

- ボンドテック Bondtech
- エンバロメンタル・テクトニクス・コーポレーション
Environmental Techtonics Corporation
- マーク - コステロ Mark-Costello
- シェラ・インダストリーズ Sierra Industries
- テュットナウアー Tuttnauer
- サン・アイ・パック San-I-Pak
- テムピコ Tempico
- ステライル・テクノロジー社：Sterile Technologies Inc.
- ハイドロクレーブ・システム社：Hydroclave Systems Corp.
- イージス・バイオ - システムズ：Aegis Bio-Systems
- サニテック：Sanitec
- サークル・メディカル・プロダクツ：Circle Medical Products
- ポジティブ・インパクト・ウェイスト・ソリューションズ：Positive Impact Waste Solutions
- プレミア・メディカル・テクノロジー：Premier Medical Technology
- バイオ・コンバージョン・テクノロジーズ社：Bio Conversion Technologies, Inc.

また下記の技術は主に、地域の処理施設でのオフ・サイト処理のための技術である。

- エンバロメンタル・テクトニクス・コーポレーション：Environmental Techtonics Corporation
- イージス・バイオ - システムズ：Aegis Bio-Systems
- ステリサイクル：Stericycle
- HI ディスポーザル・システムズ：HI Disposal Systems
- エンコア/メディカル・コンプライアンス：Encore/Medical Compliance
- マトリクス：Matrix
- バイオ・コンバージョン・テクノロジーズ社：Bio Conversion Technologies, Inc.

.....コラム.....<情報源について>.....

代替処理技術の産業は、焼却産業よりは比較的新しい。新しく変動の激しい市場であるがため、技術も登場しては消えていく。新しい技術もその多くは、1年から2年も経てばすでにビジネスにはならなくなってしまう。その上、技術設計は需要やさまざまな要求の変化に応えるため、急速に進化している。このような理由で、非焼却技術についての最新の正確なデータや仕様書を入手するために、これらの技術の製造元に接触することが重要である。

以下の技術の記載は、製造元の情報（例えば製造元のウェブサイト、カタログ、および個人的な聞き取り情報）、製造元や生産者から得られた非機密データ、非営利の研究所と民間コンサルタント（著者らのような）による評価、学術研究所の調査、政府の研究、その他の情報源に基づくものである。可能な部分は製造元の情報の正確さの裏付けや検証をするよう努力した。誤解や曖昧であると思われる製造元による申し入れは、記述から除外した。ここに記述された情報は、非焼却技術の概観と一般的な理解を提供するものである。しかしながら医療施設は機種決定の前に、それぞれに技術的・経済的評価を、個々の見解により行なうべきである。

.....コラム終わり.....

注1：さまざまな研究により、微生物の有機体への致死効果は、第一に湿熱によることが示されている。つまり水分や水蒸気が存在しないと、マイクロ波エネルギーを照射しても全く細胞の不活化が見られない。例として G.R.Vela and J.F.Wu., *Environmental Microbiology*, 37(3), 552, 1979.

注2：オーガーは基本的にはシリンダー内で回転する大きなスクリーであり、その動きで廃棄物を前方へ移動させるものである。

A—第5章 低温度熱処理技術：オートクレーブ、マイクロ波、
その他の蒸気処理システム (A版 p.23～)

E—第5章 低温度熱処理技術：オートクレーブ、マイクロ波、
その他の蒸気処理システム (E版 p.15～)

加熱蒸気利用システム：オートクレーブ、レトルト

蒸気による殺菌は、再使用器具の殺菌に使われる一般的な方法であり、医療廃棄物処理にも応用されている。蒸気処理に使われる装置には伝統的に二つのタイプがある：オートクレーブとレトルトである。近年、改良型オートクレーブとも呼ばれるその他の蒸気利用システムが開発されている。蒸気利用技術の一つのユニークな方法はマイクロ波装置であり、これは湿熱 (moist heat) と蒸気によって消毒又は殺菌を行うものである。

オートクレーブは、投入扉で仕切られた金属製の処理室と、外側の蒸気ジャケットから成り立つ。蒸気は、外側のジャケットと・高圧に耐えるように設計された内側の処理室へ導入される。外側のジャケットを加熱すると、内部処理室の壁での凝縮を減らし、より低い温度での蒸気使用が可能となる。空気は効率的な断熱材だから、処理室から空気を除くことは、熱が廃棄物に有効に働くために不可欠である。これは通常2つの方法で実行される：重力による排気と予め真空にすること pre - vacuuming である。

重力排気 (または下方排気) 型オートクレーブは、蒸気が空気より軽い事実を利用する；即ち蒸気は圧力をかけて処理室に導入され、空気を処理室の低い部分にある蒸気口または排出管に強制的に押し出す。より効率的なやり方として、真空ポンプを利用して蒸気導入前に空気を抜く方法があり、予備真空方式のオートクレーブで利用される。

予備真空方式のオートクレーブは、空気を追い出す効率が高いので殺菌に必要な時間も短くてすむ。オートクレーブの種類によっては重力排気を利用するしないにかかわらず、空気を追い出すために圧力パルスを利用することがある。

レトルトは、オートクレーブと類似しているが、蒸気ジャケットがない点が異なる。建設費は安い、オートクレーブより高い蒸気温度が必要である。レトルト型は大型装置に用いられることが多い。

<表5-1> 飽和水蒸気の特徴

絶対圧力			ゲージ圧力		温度	
kPa	psia	atm*	psig		° F	° C
100	14.7	0.99	0		212	100

115	17	1.13	2.3	219	104
130	20	1.27	5.3	228	107
180	25	1.76	10	240	117
200	27	1.96	12	244	120
250	34	2.45	19	258	127
300	50	2.94	35	281	134
350	60	3.43	45	293	139
400	70	3.92	55	303	144
600	100	5.88	85	328	159

kPa=キロパスカル、psia=ポンド/平方インチ(絶対)、psig=ポンド/平方インチ(ゲージ)、atm*:(訳者による挿入) 気圧、備考:一部の技術仕様書によっては psi で表される圧力を、ゲージ圧力か絶対圧力か表示せずに掲載しているものもある。大方、その値はゲージ圧力である。その値がゲージ圧力 (psig) か絶対圧力 (psia) かを判定するには、飽和水蒸気に関する上記の表の、対応する温度を比較すればよい。

運転方法

オートクレーブ又はレトルトの典型的な運転サイクルは以下の通りである。

- **廃棄物の収集**: 廃棄物がコンテナに付着するのを防ぐため、台車又は収容箱は特殊プラスチックで内張りするか、オートクレーブ用の大きい袋に収容される。その後、内張りしたコンテナにレッド・バッグが収容される。
- **予備加熱** (オートクレーブに対して): 蒸気はオートクレーブの外部にあるジャケットに導入される。
- **廃棄物投入**: 廃棄物容器はオートクレーブ又はレトルトの処理室中に投入される。殺菌状況をチェックするために、化学系又は生物系の指標が定期的に廃棄物の中に入れられる。投入扉は閉じられ、処理室を封鎖する。
- **空気の排出**: 前述のように、空気は重力排気又は予備真空化によって排出される。
- **蒸気処理**: 蒸気は、必須温度に達するまで処理室へ吹き込まれる。その温度を、設定された時間保つために、蒸気が補充され自動的に処理室へ吹き込まれる。
- **蒸気の排出**: 蒸気は、圧力と温度を下げるため、通常は冷却器を通して排出される。システムによっては、残存蒸気を排出するために一連の操作後に真空とするサイクル **post-vacuum cycle** を利用することがある。
- **廃棄物の取り出し**: 通常、廃棄物が冷えるまで時間をかけた後、処理済み廃棄物は取り出され、指標片 **indicator strip** があればこれも取り出されて評価される。
- **機械処理**: 一般的に、処理済み廃棄物は、衛生用埋立地へ処分される前にシュレッダー又は圧縮機にかけられる。

処理される廃棄物の種類：

オートクレーブ及びレトルトで通常処理される廃棄物の種類は：培養基、培養株、鋭利損傷物、血液と少量の液体による汚染物質、隔離室及び外科廃棄物、試験室廃棄物（化学系廃棄物を除く）及び患者介護から出る軟質廃棄物（ガーゼ、包帯、掛布、ガウン、寝具など）である。十分な時間、温度及び廃棄物を識別不能にする機械があれば、人体の解剖廃棄物も技術的には処理可能であるが、倫理的、法的、文化的その他の配慮によってその処理は除外される。

揮発性・半揮発性の有機化合物、化学療法廃棄物、水銀その他の有害廃棄物及び放射性廃棄物は、オートクレーブ又はレトルトで処理してはならない。大量で嵩張る寝具類、大型動物の屍骸、封印された耐熱容器、その他熱伝導を妨げる廃棄物も回避すべきである。

排出物及び廃棄物残渣：

換気が不十分であると、オートクレーブまたはレトルトの周囲では悪臭が問題になり得る。

廃棄物の流れがきちんと分別され、有害化学物質が処理室へ入り込まないようにしないと、有害汚染物質が空气中・凝縮液・または処理済み廃棄物を汚染する。これは抗腫瘍薬品や、水銀のような重金属に汚染された廃棄物がオートクレーブに投入された場合のケースである。このように、分別が不十分な廃棄物は、低レベルのアルコール、フェノール、アルデヒドその他の有機化合物を空气中に排出する恐れがある。オートクレーブを標準的な条件下で運転した場合の、独自の排気テストが有益であろう。

米国国立労働安全衛生研究所 (US National Institute for Occupational Safety and Health: NIOSH) が、あるオートクレーブ施設で行った研究 (A 注 1) によれば、作業員の個人的な空間や作業場で、米国労働安全衛生局 (OSHA) が設定した許容暴露範囲を超える揮発性有機化合物 (VOCs) は検出されなかった。オートクレーブ中の最高 VOC レベルとしては、2-プロパノールが $643\text{mg}/\text{m}^3$ で観測された。オートクレーブ又はレトルトによっては、腐食防止剤/さび止め剤や剥落防止剤 (少量の中和用アミン) で処理された蒸気を使用する。オートクレーブの中で、焼却炉より高濃度のダイオキシンが生成される、と云う疑わしい主張がある。著者らはそのことを示す科学的な論文の存在を知らない。通常、研究者たちの意見は、ダイオキシンが $250\sim 450^\circ\text{C}$ の温度下で生成されることで一致しているが、この温度はオートクレーブの運転温度よりはるかに高い。更にダイオキシンの生成は、金属や塩素のあるところで燃焼中に生ずる飛灰を触媒として生成されると考えられている。上述の温度範囲も、飛灰もオートクレーブの中では検知されない。オートクレーブの中では焼却が起こらないからである。しかし、上記諸条件は、周知の前駆物質 (燃焼により生成さ

れダイオキシンの形成につながる化合物) と共に、焼却炉の燃焼室から排出される排気ガスの中には検出されるのである。

オートクレーブまたはレトルトから出る汚染除去後の廃棄物は、その物理的な外見を残している。埋立地の作業員によっては、識別可能な処理済み廃棄物の受け入れを拒否する場合がある。蒸気が廃棄物を物理的に大きく変えるわけではないので、廃棄物を識別不能にするためには、シュレッダーやグラインダーのような物理的な工程が必要である。破碎によって処理済み廃棄物の量は 60–80%減少する。

微生物不活化

オートクレーブ及びレトルトは、適正な消毒又は殺菌の効果を得るために、最低の暴露時間と温度が必要である。色々な条件下における時間—温度の望ましい組み合わせには、多くの参考例がある (A 注 2)。多くの場合暴露時間は、理想的な条件の下で、バクテリア芽胞に対して 6 log₁₀ kill 達成のために必要な最低必要時間の 2 倍をベースにしている ; 異なる温度帯における、それに相当する暴露時間は推定可能である。通常暴露温度—時間の基準は、121℃で 30 分である。

色が変わる化学系指標/インジケーター又は生物系モニター (例えば、*B.stearothermophilus* 又は *B.subtilis* 芽胞の指標片) を、テスト対象の中心部に置き、蒸気が十分に浸透したか、暴露時間は充分だったかの検証に使われなければならない。

本技術の長所と問題点 :

オートクレーブとレトルトには次のような長所がある。

- 蒸気による処理は、長期にわたる成功実績のある、確立した技術である。
- 本技術は理解しやすく、病院職員や地域に容易に受け入れられる。
- 医療廃棄物処理技術として、殆どの国で承認され、受け入れられている。
- 高レベルの殺菌力を達成するために必要な、時間—温度の係数は確立されている。
- オートクレーブは、1 時間あたりの処理能力が数 kg から数 ton まで、広い範囲の規模で利用可能である。
- 有害物質を除去する適切な予防策が取られるなら、オートクレーブ及びレトルトからの排出物は最小限に抑えられる。
- 初期投資額は比較的小額で済む。
- 多くのオートクレーブ製造業者はさまざまな特色やオプションを売り物にしている。例えば、プログラム可能なコンピューター・コントロール、台車の軌道や昇降機、処理実績の保存記録、台車及び台車洗浄機、及びシュレッダーなどである。

問題点には以下の諸点がある。

- 本技術は、シュレッダー又はグラインダーをつけないと、処理済み廃棄物を識別不能にはせず、かさも減らない。
- 大型の金属が廃棄物の中にあると、シュレッダーやグラインダーを破損する。
- 刺激臭が出ることもあるが、適切な空気処理設備により低く抑えられる。
- 廃棄物の中に、ホルムアルデヒド、フェノール、細胞毒性物質、水銀など有害化学物質が存在する場合、これら有毒汚染物質は空气中、排水、に排出され、又は廃棄物に残留して埋立地を汚染する。
- 本技術が廃棄物を乾燥する方法を伴わぬ場合、処理済み廃棄物は蒸気のために投入時より重くなる。
- 蒸気への直接暴露や熱伝導の阻害要因（例えば、不十分な空気吸引、大量の廃棄物、熱伝導の悪いかさばる廃棄物、又は多重包装の廃棄物、エアポケット、封印された耐熱容器など）があると、本システムの廃棄物汚染除去効率を低下させる可能性がある。別途収集し、別の技術で処理する必要のある廃棄物の例として、真空コンテナや胸膜吸引器がある。

(A—p 25)

その他の考察

オートクレーブやその他の蒸気ベースの処理システムを選定するにあたって、次のような点について考慮するとよい。

- 再度、有害物質がオートクレーブやその他の蒸気利用システムで処理されないよう、効果的な廃棄物分別計画を確実なものにすること。
- 予備真空 pre-vacuuming サイクルや多重真空（1 サイクル中に、真空にする操作を複数回、行なう） multiple-vacuum サイクルを持ったオートクレーブにおける、空気の吸引がより効果的である。
- ある投入形態、例えば多段ラックに各バッグの間に十分なスペースをあけてバッグを置くことができ、十分な蒸気に曝すことができ、他の投入形態、例えばコンテナやカート内にレッド・バッグごと詰め込む形態よりは効果的である。
- 施設は、標準的な投入量や、*B.stearothermophilus* 芽胞を用いたテストで $6\log_{10}$ kill を達成するため示された、特定の温度—時間のパラメーター設定について確認するべきである。その上で作業者は、廃棄物の投入量、投入形態、廃棄物の汚染状態、および加熱条件が最適な状態に達していないという結果を招くようなその他の条件を、モニターしなければならない。これらの問題となる条件が惹起されたときは、安全域を取って、曝露時間を延長したり蒸気温度を上げるなどの措置を執らなければならない。
- 加熱上の問題を検出するには、曝露時間中の処理室内のさまざまな部位での温度の継続

的なモニタリングが重要である。

- 空のオートクレーブを年 1 回、標準サイクルで操作すべきである。温度—時間像、真空ポンプ、蒸気圧の読み、前年よりなんらかの変化が見られた場合、それは潜在的な問題のあることを示唆している。熱電対と圧力ゲージは、精度を確認するためテストしなければならない。
- 化学的および生物学的指標テスト、時間—温度像、保全活動（フィルターやパッキンの交換など）、定期検査の記録を維持保管する。
- 臭気の問題を解決するため、十分な換気を行なう。
- もし、処理済みの廃棄物の運搬や最終処分のコストが重量によって決まっているのであれば、重量削減のため、その施設は廃棄物を乾燥させるような技術を考えてよい。
- 次のような項目を含む作業者の訓練を行なう：蒸気処理システムについての基本的な理解、標準の操作方法、労働安全（例えば人間工学、適切な廃棄物の取り扱いテクニック、蒸気と熱表面に伴う危険、針刺しによるけが、レッド・バッグが破損したり圧縮されたりしたときの血液の飛散やエアロゾル化した病原体など）、記録の保存、そのユニットで処理してはならない廃棄物の判別、加熱による問題の認識、通常とは異なる廃棄物の投入量の場合、その他の最適条件に達しない場合の対応、定期検査スケジュール、偶発事故対策（例えば流出や停電の際の対応）。

蒸気利用に基づいたシステムの例

加熱蒸気に基づいたシステムの数例が表 4-1 に示してある。以下は、本書出版時までに著者らが知りえた全ての製造元に関する説明である。他にも製造業者はいると思われるが、全てを網羅する努力はなされていない。前述のように、本報告で特定の技術に言及したことは、Health Care Without Harm が保証したと解釈されるべきではない。

(A-p 26)

BONDTECH (A注3)

<解説> Bondtech は断熱式のレトルト（加圧加熱）／オートクレーブを製造しており、10年間運転されている機種もある。同社のシステムは高圧と真空にも耐え得るものである。一旦、廃棄物が投入されるとマイクロプロセサー制御が作動し、循環し始める。前真空吸引サイクルで空気を除去した後、135℃～151℃の飽和水蒸気が導入される。蒸気への曝露の後、蒸気は凝縮器（コンデンサー）を経て、凝縮した水は排水管から排出される。残存蒸気を除去しながら作業も保護し、同時に廃棄物を乾燥させるために後真空吸引が施される。軌道、傾斜路、傾斜部リフト、蓋つき大型廃棄物容器ダンパーが、カートを処理システムに出し入れする際の移動を容易にしている。同社は商業システムを含めて 75 以上のユニットを設置している。

<モデルの処理能力>

Bondtechは注文設計が可能である。処理能力の範囲は1サイクルあたり115kgから2727kgで、それ以上も可能である。

<およその大きさ>

モデルは直径1.0m×長さ1.2mの処理室のものから、直径1.8m×長さ5.2mのものまで可能。商業システムでは直径2.4m×長さ9.8mのものまで。

<典型的な導入必要設備>

蒸気供給—151°C/55psig (3.92 気圧) ; 排水設備 ; 電気

<特徴とオプション>

内部軌道やリフトの他に、Bondtechは医療廃棄物破砕機や蓋つき大型廃棄物容器、カート、カート洗浄器、梱包機、オートクレーブにかけられるバッグやライナー、廃棄物容器ダンパー、リフト、内蔵型圧縮機とコンテナ、およびコンベア・システムといったオプションを提供している。Bondtechは完全な請け負い納入、つまり即時運転可能な状態での納入を行ない、維持管理サービスを提供している。

<商業化の段階>

十分に商業化されている。

<許可状況>

レトルトとオートクレーブは、全州で認可、承認されている。

<およそのコスト>

およそ施設投資は、1サイクルあたり45kg処理能力の機種で90000ドル; 1サイクル110kg処理の機種で102000ドル; 340kg処理の機種で123000ドル、680kg処理の機種で175000ドルである。単一ステージのシュレッダーは50000ドル~78000ドル; ニステージのシュレッダーは79000ドル~135000ドルである。内蔵型圧縮機は約19000ドル、油圧の大型廃棄物容器ダンパーは14500~16500ドルである。オートクレーブにかけられるバッグは100個でサイズ・厚さ・温度表示片つきか否かにより18ドルから163ドルである。

<販売元の連絡先>

Bondtech, 2400 North Hwy 27, Somerset, KY 42503 Ph. 606-677-2616
or 800-414-4231; Fax 606-676-9157; www.bondtech.net; elsabrown@earthlink.net

注：HCWHは特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

(A-p 27)

ENVIRONMENTAL TECHTONICS CORPORATION (A注4)

<解説>

Environmental Techtonics Corporation(ETC)は、医療廃棄物処理用のオートクレーブの技術設計を行なっている。同社は床あるいはピットに据え付けの、一重ドアあるいは二重ドアを設定しており、いずれも油圧式ロックドアとしている。投入や処理後の排出が自動化されているが、これも標準仕様である。ユニットはシュレッダー、圧縮機、資材を取り扱うシステム material handling system のような、付属機器の接続も可能である。

<処理能力>

注文による体積サイズは、0.76m³～14.5m³。標準モデルでは約1.8～5.9トン/日。

<商業化における段階>

十分に商業化されている。

<許可状況>

レトルトとオートクレーブはすべての州で承認されている。

<およそのコスト>

不明N/a

<販売元の連絡先>

Environmental Tectonics Corporation (ETC), 125 James Way, Southampton, PA 18966-3877; Ph.215-355-9100; Fax 215-357-4000; www.etcusa.com; info@etcusa.com

注意：HCWHは特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

(A-p 27)

MARK-COSTELLO (A注5)

<概説>

Mark-Costello は 20 年以上にわたって廃棄物処理オートクレーブを製造してきた。同社のユニットは、最大圧力 75psi (160°C) まで絶え得る製品である。廃棄物は収集され、特製のカートやトレイに据え付けられた、オートクレーブ用バッグに入れられる。(あるいはオートクレーブ用ライナー付きカートに入れられる。) 廃棄物が処理室に入ると、自動キロック・システムが作動し、処理プロセスと処理記録チャートを制御する。典型的なシステムでは、医療廃棄物は 135°C の蒸気に 1 時間曝露される。処理室が冷却してから廃棄物は排出される。Mark-Costello は 250 機を超えるユニットを納入している。

<選定機種 of 処理能力>

モデル AS36-102kg/サイクル、; AS47-204kg ; AS58-256kg ; AS510-340kg ;
AS515-510kg ; AS634-1360kg

<およその大きさ>

処理機は円筒形をしている。AS36-直径 0.91m×長さ 1.8m ; AS47-直径 1.2m×長さ 2.1m ; AS58-直径 5 ×長さ 8 ; AS510-直径 1.5m×長さ 3.0m ; AS515-直径 1.5m×長さ 4.6m ; AS634DD-直径 1.8m×長さ 10.4m

<エネルギー消費>

小規模および中規模のユニットは 1 サイクルあたり約 45kg の蒸気を使用する ; 大規模の標準ユニットになると 1 サイクルあたり約 68~91kg の使用である。

<典型的な導入必要設備>

蒸気-60psig に保たれた蒸気供給 ; 電気-115V、単相 5 A ; 衛生下水に連結した床排水施設または床水槽 ; 通気管路 vent line 、排気管路 blow down line

<特徴とオプション>

オートクレーブのための内部軌道と傾斜路に加えて、Mark Costello 社は、標準カート、オートクレーブにかけられるカート (ステンレス鋼またはアルミニウム)、油圧カート・ダンパー、引き出し式の底板 pullout drawer、コンベア類、廃棄物圧縮機 (固定型で自動充填式 ; 1.5~15m³) と廃棄物取り扱い機器一式も、提供している。

<商業化の段階>

十分に商業化されている

<許可状況>

レトルトとオートクレーブは全州で認可または承認されている。

<およそのコスト>

およその初期投資額は、AS36 で約 26,000 ドル、AS47 で 34,000 ドル、AS510 で 38,000 ドル、AS515 で 41,000 ドル。オートクレーブ・カートは約 1,100-1,500 ドル。製造元は、運転コストを労働、ユーティリティ、維持管理、オートクレーブ用バッグ類、最終処分、減価償却などのコストを含めて、45kg 約 0.06 ドルと見積もっている。

<販売元の連絡先>

The Mark-Costello Company, 1145 Dominguez Street, Carson, CA 90746;
Ph.310-637-1851; Fax 310-762-2330; www.mark-costello.com

(A-p 28)

SIERRA INDUSTRIES (A 注 6)

<解説>Sierra Industries (正式には RE Baker Company) は、レトルト/オートクレーブを製造しており、そのうちの数機種は 10 年以上稼働している。同社は油圧式ドアと安全内部ロックにかかる断熱圧力器を製造している。同社の機器は作り付けの傾斜台、自動制御、処理条件の文書化などの機能を備えている。レッド・バッグはオートクレーブ可能なバッグに入れられ、ステンレスのカートに載せられる。処理器のドアが開くと、蝶つがいのついた傾斜台が床面に設置され、カートを傾斜台に沿って押し上げ、処理器内に投入する。ドアが閉められると、開始ボタンでサイクルが始まり、華氏 275 度 (31psig) の蒸気が注入され 45 分の曝露が施される。記録器のチャートが温度を記録する。サイクルの終わりには、凝集した蒸気が排出され、ドアが解除できる状態となる。廃棄物は、体積を 80% 以上減容できる、オプションのシュレッダーと圧縮機に投入される。

<モデルの処理能力>

Sierra Industries は 100psig、204℃までの圧力に耐え得るさまざまなサイズのレトルト処理器を製作している。典型的な設計としては、1 時間当たり 90kg (200 ポンド)、227kg (500 ポンド)、および 340kg (750 ポンド) の処理能力のものがある。

<およその容量と重量>

処理器は円柱形で、水密性の筐体、油圧ポンプ、支持体、およびその他の構造に取り囲まれている。3 種の典型的な設計においては、およその大きさや重量は次のようになっている：高さ 1.6m (62 インチ) × 幅 1.8m (70 インチ) × 長さ 2.8m (112 インチ)、2.8 トン (6000 ポンド)；高さ 2.4m (96 インチ) × 幅 2.0m (78 インチ) × 長さ 3.7m (144 インチ)

チ)、3.3 トン (7200 ポンド) ; 高さ 2.4m (96 インチ) ×幅 2.0m (78 インチ) ×長さ 4.9 m (191 インチ)、3.9 トン (8500 ポンド)。

<エネルギー消費>

上記の典型 3 機種における標準的な天然ガスの使用量は以下のとおりである : 60 分 1 サイクル当たり 1.71、2.71、および 3.46 サーム (訳者注 : therm、ガス料金の単位)

<典型的な導入必要設備>

蒸気—3/4 インチ口径 NPT、ガス圧 60psig ; 水—1/2 インチ口径 NPT、水圧 40psig ; ドレイン—S/S2 インチ (各 2 個) ; 電気—120V 60Hz、単相 (制御用)、208-230/480 V 60Hz、3 相 (モーター用)

<特徴とオプション>

Sierra Industries は、医療廃棄物のための、完全自動化された破砕/グラインディング・ユニット、半自動化されたカート・ティッパー、破砕した廃棄物を直接、圧縮機に投入するオーガー (スクリュウ型コンベア) を提供している。またさまざまな形状の固定型圧縮機も提供している。

<商業化の段階>

十分に商業化されている

<許可状況>

レトルトとオートクレーブは全州で認可または承認されている。

<およそのコスト>

情報なし (N/a)

<販売元の連絡先>

Sierra Industries, Inc., 1021 South Linwood Avenue, Santa Ana, CA 92750; Ph.714-560-9333, 800-437-9763; Fax 714-560-9339; www.sierraindustries.com; sierra@sierraindustries.com

注意 : HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

(A-p 28)

STERI TECH (A注7)

<解説>

レッド・バッグは蒸気透過性の頑丈な布袋に入れられる。処理システムは工場の蒸気供給を利用する。(あるいは処理器内部の電気蒸気発生器も使用可能である。)もし作業者が、オプションである『殺菌/溶融サイクル』を鋭利損傷物コンテナについて使用する場合は、鋭利損傷物を荷重カートのホイルを敷いた棚に載せ、華氏 270 度以上まで加熱される。蒸気処理後、鋭利損傷物コンテナは、プラスチック製のコンテナや注射筒を使用不可能にする溶融のため、加熱サイクルに入る。

<モデルの処理能力>

モデル # 3016-016—0.11m³または 8.2kg/時間 ; # 3020-020—0.25m³または 18kg/時間 ; # 3024-036—0.42m³または 129kg/時間 ; # 3024-048—0.56m³または 40kg ; # 3024-060—0.57m³または 52.2kg/時間。

<およその大きさ> (処理室のサイズ)

モデル # 3016-016—40×40×66cm ; # 3020-020—50×50×97cm ; # 3024-036—60×91×91cm ; # 3024-048—60×91×120cm ; # 3024-060—60×91×150cm

<特徴とオプション>

このシステムは、オプションで特許であるクローズド・ループ設計により、水、排水溝、蒸気供給設備のない場所でも導入できる、液状残渣処理システムを有する。

<許可状況>

オートクレーブはすべての州で承認されている。

<販売元の連絡先>

SteriTech, P.O.Box 5383, Bloomington, IL 61702-5383, Ph.309-662-3614

(A-p 29)

TUTTNAUER (A注8)

<解説>

感染性廃棄物が入ったレッド・バッグは、オートクレーブ可能なバッグに入れられ、手作業で、台車上に載っているオートクレーブ・バスケットに据えられる。一杯になったバスケットは、台車からオートクレーブ室に転がして投入される。作業者が扉を閉めてボタンを押すと、自動的に予めプログラムされたサイクルが開始する。空気は真空ポンプを使っ

て除去され、熱交換器で 148℃にまで加熱された後、排出口から放出される。蒸気が導入され、廃棄物は設定された時間中、曝露される。処理室は 3 3 psig で 137℃に達する条件で運転可能である。処理後、高真空ポンプが、廃棄物の冷却と乾燥のために用いられる。その後バスケットは処理室から、シュレッダーや圧縮機に続く台車の上に転がり出る。これらのユニットはマイコン制御となっている。

<処理量>

680kg/時間まで。

<およその大きさ>

処理室は幅 91×高さ 120cm、奥ゆき 183～549cm。

<特徴とオプション>

Tuttnauer は片端あるいは両端に完全自動スライド式のドア、バスケット、荷重カート、移送台車を備えている。

<商業化の段階>

十分に商業化されている。

<許可状況>

オートクレーブはすべての州で承認されている。

<およそのコスト>

資本コストは約 100,000 ドルから 200,000 ドル以上。

<販売元の連絡先>

Tuttnauer USE Co.Ltd., 33 Comac Loop, Equi Park, Ronkonkoma, NY 11779;
Ph.516-737-4850 or 800-624-5836; Fax 516-737-0720; www.tuttnauer.com;
info@tuttnauer.com

(E-p18)

Ecodas

医療廃棄物は、機械の頂上から、耐久力のあるシュレッダーが底部に据付けられた処理室へ入れられる。廃棄物に、金属部品など大型の破壊できない物体が入っている場合、シュレッダーは自動的に止まり、廃棄物が蒸気で殺菌されるまで、処理室は開かない。破碎された廃棄物は重力により下の処理室へ落ちる。この機械は、蒸気で 138℃まで熱せられ、圧

力は 3.8bar まで加圧される。

完全に自動化され、オンライン・コントロールされた工程は、設備規模及び廃棄物の量によって 1 サイクルに 40–60 分かかる。殺菌された細片（減少率 8 log10）が器械の底から排出され、通常の埋立地に処分される。当初の廃棄物量より 80%減少している。

Ecodas には 3 つの異なるモデルがある。T1000 と T300 との主な相異は高さであり、T2000 と T1000 との相異は直径である。従って、T2000 と T1000 の場合、積荷用エレベーターが必要である。廃棄物処理施設のコストは、0.05–0.09 ユーロ/kg の範囲である。初期投資額概算は 145,000–400,000 ユーロ*3 である。

Ecodas のオートクレーブはフランスに数カ所設置されている。主として個別の医療施設であるが、Santes や Loos のように病院の中心施設として稼動しているケースもある。これらのシステムは、キプロス、ハンガリー、ポーランド、ロシア、スペインでも、またアルゼンチン、ブラジル、メキシコ、日本、エジプト、レバノン、ガイアナ、モロッコなどヨーロッパ以外の諸国でも稼動している。

処理能力：25(0.3 m³)/80(1 m³)/190kg/h(2 m³)

初期投資額：145,000 ユーロより。

技術情報：温度：138℃；圧力：3.8bar；暴露時間：10 分。

商業化の段階：1993 年から商業化されている。

販売元の連絡先：Ecodas, 28, rue Sebastopol, 59100 Roubaix, France; Tel.:+33 3 20 70 98 65, fax:+33 3 20 36 28 05, e-mail: contact@ecodas.com, www.ecodas.com

Steriflach

Steriflash は少量の廃棄物に適したオートクレーブである。廃棄物発生源の付近に設置できる。

ホッパーに入れられた廃棄物は機械により裁断され、処理タンクに落とされる。外部の蒸気発生器（処理室の外にある）から供給される飽和状態の湿った蒸気を注入することから工程が始まる。達成された温度は、圧力 2.3bar で 134℃であり、20 分続く。

工程の終わりに正面のドアが自動的に開き、脱水された固い廃棄物はコンテナへ放出される…液体は排水システムを通じて排出される。

ガス状の排気は濾過され（0.3μ フィルター）、凝縮された後、曝気処理される。

Steriflash 装置はフランス、ギリシャ及びスペインで操業中である。会社はドイツ、ノルウェー、ポーランド及びスウェーデンでも販売している。

処理能力：約 16kg/工程 (0.38 m³)

初期投資額：30,000 ユーロ

技術情報：温度：134℃；圧力：2.3bar；暴露時間：20 分。

商業化の段階：商業化済みである。

販売元の連絡先：T.E.M.；Hotel d'entreprises Z1 la Pradelle voie la pradelle, 31190 Auterive, France；tel.:+33 5 342 80 237, e-mail:tem31@wanadoo.fr,www.steriflash.fr

Sterival

Sterival システムは、感染性廃棄物のオンサイト殺菌用に設計された。これはモジュール・システムであり、その組み合わせは必要規模により、いつでも調整可能である。

Sterival システムは、エネルギー（ベース）と蒸気供給モジュールで構成される。基本モジュールは4つの殺菌モジュールまで管理でき、増設により2-4モジュールまで追加可能である。このシステムは、60リットルの再使用可能な Sterifant PC 廃棄物貯蔵容器を使用する。これらは、貯蔵容器のモデルにより、平均200-300回使用できる。

136℃での完全な殺菌工程にかかる時間は、1容器12kgとして、廃棄物の内容により25-35分である。

このシステムには化学品は不要である。廃棄物は単に真空と飽和蒸気を規則的に繰り返すだけで殺菌されるからである。

本モジュールと Sterifant の独立したシュレッダーを組み合わせることで、処理後の廃棄物は80%まで減らすことができる。

この廃棄物処理プロセスは、ドイツ連邦健康庁編集によるドイツ伝染病管理法（German Epidemics Control Act）第10条に基づく、承認済み殺菌技術リストに Valides R システム名で明記されている。Sterival のモジュール型医療廃棄物殺菌システムは、新たに建設されたクウェートにあるロンドン病院に（Valides R システムとして）設置された。更に、ドイツ・ミュンヘン市の大病院にも設置された。

処理能力：約 21-84kg/h.

初期投資額：98,100－200,400 ユーロ

技術情報：温度：136℃；圧力：2.1bar； 暴露時間：30 分。

商業化の段階：商業化済みである。

販売元の連絡先：Sterifant Vertriebs GmbH；12, Rue Jean Engling, L-1466 Luxembourg；tel.:+352-43 22 22-1, fax: +352-42 60 59, sterilux@pt.lu,www.sterifant.com

STI Chem-Clav

STI Chem-Clav によれば、廃棄物は原料コンベア又は台車ダンパーに積まれて、空気が高性能微粒子空気フィルター（HEPA）を通して吸引され、マイナスの圧力が維持されているホッパーに投入される。ホッパー内の廃棄物は、ピストンを使って下向き圧力がかかっている頑丈な裁断機の中に落下する。統一工程コントローラーが原料のメカニズムを制御する。裁断された原料は、回転式オーガー・コンベヤーに乗せられる。そこでは 114－128℃に保たれた低圧蒸気が多数の蒸気口から吹き付けられる。コンベアの下流には脱水工程があり、蒸気ジャケットが温度を 118℃以上に高める。蒸気はコンベアの終点にある穴から、コンデンサーを通して放出されるため、廃棄物は乾燥して排出することになる。汚染を除去された廃棄物は、コンベアから自動投入 self-contained 圧縮機又は搬出 roll-off コンテナに積み込まれ、埋立地へ運ばれる。化学系の付属システムが次亜塩素酸ナトリウムのミストを噴出して清掃と臭気除去を行う。頑丈なシュレッダーが廃棄物の量を最大 90%まで減らす。

処理能力：270-1800kg/h.

初期投資額：305,000 ユーロ以上

技術情報：温度：118－128℃

商業化の段階：1995 年から商業化

販売元の連絡先：Waste Reduction by Waste Reduction Europe Ltd., Clydebank Riverside Medi-Park, Beardmore Street, Clydebank, Glasgow G81 4SA, UK; tel.:+44 0 141 951 5980, fax: +44 0 141 951 5985; e-mail: wreurope@wreurpoe.com, www.wreurope.net; www.stichemclav.com

STS

医療廃棄物は、油圧昇降機の仕組みで螺旋型容器に投入され、容器の蓋が閉じ次第破碎される。裁断された“冷たい”廃棄物は、螺旋の下の部分で蒸気を加えられ、湿気を含んだ物質と混合される。搬送工程の間に、水分は熱せられた螺旋型容器の壁に接触して蒸発し、蒸発熱は次の凝縮段階で“冷たい”原料に移行する。凝縮と対流により、廃棄物の温度は着実に上昇する。

熱せられた廃棄物は次の段階で、加熱油ジャケットによる加熱設備のついた熱気螺旋容器に転送される。この段階で、温度範囲は 124–134℃と 140℃の間であるが、特殊な場合には 150℃まで上昇可能である。原料は殺菌工程の間中、連続して動かされる。

熱螺旋中の廃棄物の揺動とゆるい嵩密度により、廃棄物は排出口へ向かう途中で圧縮される。殺菌消毒された廃棄物は流動性があり、量は相当減る。

この技術は病院の特別廃棄物の処理だけでなく、ケータリング廃棄物、屠殺場の廃棄物、液状物、動物実験所などにも利用できる。

処理能力：250–300kg/h.

初期投資額：550,000 ユーロ。

技術情報：温度：124–150℃；圧力：2.4bar；暴露時間:20 分。

商業化の段階：2001 年から商業化されている。

販売元の連絡先：Erdwich Zerkleinerrungssysteme GmbH, Kolpingstrasse 8, D-86916 Kaufering, Germany ; tel. +9 08 191 96 52-0, fax +49 08 191 96 52-16, info@erdwich.de, www.erdwich.de

System Drauschke

廃棄物処理プラントは定置式オートクレーブと供給装置で構成される。注文があれば移動式も供給する。オートクレーブは 2 重壁圧力容器で、容量は 13 m³である。特殊閉鎖方法により、一定の圧力や真空を堅固に密閉することができる。積荷と荷卸のために、円筒型の容器は水平方向に傾斜できる。

感染性廃棄物は、プラスチックで内張りされた特殊紙袋に入れられる。液状廃棄物はポリスチレン製のドラム缶に入れられる。紙袋とドラム缶は施錠可能な容器に入れられ、オートクレーブの処理室に投入される。オートクレーブ工程は、感染性廃棄物を 121℃の温度と 2.1bar の圧力を加えて殺菌する。廃棄物中のいわゆる“冷氣アイランド”を避けるため、分割真空方式…殺菌室は数回脱気され、その後蒸気が注入される…が適用される。殺菌工程は完全に自動化されている。処理後の廃棄物は埋め立て場に処分される。

顧客から注文があれば、同社はシュレッダーと圧縮機を提供する。

System Drauschke は、ドイツ伝染病管理法第 10 条により認可された殺菌工程である。加えて本技術は、大型殺菌設備に関するヨーロッパ基準 EN285 の条件を充足している。

Drausche システムは、1990 年代にドイツのいくつかの地域（ハンブルグ、ベルリン、チューリンゲン）で操業していた。現在はドイツでは操業していないが、2003 年以来、スロバニアで 1 基の “System Drauschke” が操業している。

処理能力：140-1450kg/h.

初期投資額：500－600,000 ユーロ

技術情報：温度：121℃；圧力:2.1bar；暴露時間：30 分。

商業化の段階：商業化済み。改変中。

販売元の連絡先：GOK Consulting AG Am Schlangengraben 20, 13597 Berlin, Germany
tel. : +49 30 351 99 680, fax:+49 30 351 99 640,
info@goek-consulting.de, www.goek-consulting.de

ZDA-M3

汚染された医療廃棄物は、プラントに投入され、カッターで破砕され、高熱蒸気で殺菌される。殺菌温度は 105℃以上であることを要求されているが、140℃までの高温をセットすることが可能である。殺菌時間は 15 分続く。プラントはコンピュータ制御されている；温度、圧力、消毒（殺菌）時間は個々の必要性に応じて設定可能である。

タイプ II と云われる移動型 ZDA - M3 は、Maschinenvertrieb fur Umwelttechnik GmbH 社が製造し、ドイツ（BGA-リストによると、BSeuchG 第 10c 節）により認証（certify）され、スロバニアで医療廃棄物殺菌用に使用されている。ZDA-M3 は、スイス、スペイン、アメリカ・ニューヨーク州でも認証され、フランス、イタリア、及びベネルクス（E 注 4）では認可申請されている。このオートクレーブはポーランドのリブニク町でも操業しており、ここでは病院と医療業務に使われている。

処理能力：約 90kg/h.(1.1 m³)

初期投資額：明記されていない。

技術情報：温度：105℃（より高温も可能）；圧力：5bar；暴露時間：15 分。

商業化の段階：1995 年より商業化。

販売元の連絡先：スロバニアのユーザー：Mollier, Opekarniska 3, 3000 Celje, Slovenia; tel. +386 3 42 88 400, fax: +386 3 42 88 402, info@mollier.si, www.mollier.si

(A- p 29)

その他の蒸気ベースのシステム

技術の概観

ここ 20 年から 30 年、蒸気を利用したシステムは、廃棄物への熱の移動を改良する、廃棄

物を均一に加熱する、識別不可能にする、処理システムを連続投入方式にする（バッチ式よりは）などの目的で、第 2 世代の機種が開発されてきた。これらの新しいシステムは、**改良型オートクレーブ**といわれている。

これらのシステムは基本的にはオートクレーブやレトルトの機能を持っているが、蒸気滅菌処理の前や最中、あるいは滅菌後に、予備真空吸引を伴う蒸気処理やさまざまな機械的処理プロセスを接続させている。

- 真空／蒸気処理／圧縮
- 蒸気処理—ミキシング—分級／乾燥／破碎
- 破碎／蒸気処理—ミキシング／乾燥（および化学薬品で洗浄）
- 破碎—蒸気処理—ミキシング／乾燥
- 蒸気処理—ミキシング—分級／乾燥
- 予備破碎／蒸気処理—ミキシング（以下の注を参照）
- 破碎／蒸気処理—ミキシング—圧縮

これらのシステムでは、それぞれ異なった操作を行なう。それにもかかわらず、扱う廃棄物のタイプは同じであり、排気はオートクレーブやレトルトと似た性質のものである。またこれらのシステムはオートクレーブの長所短所を数多く併せ持つ。全州で承認されてきた従来型のオートクレーブとは異なり、改良型オートクレーブを代替技術として別個の認可が必要であるとする州条例もある。

注：前述のように、機械的処理によって空気中に放出された、病原体への曝露から作業者を保護するため、予備破碎や予備粉碎は滅菌処理の前に行なうべきではない；これを明確に禁止する州法もある。ただし、機械処理プロセスからの気流が周辺環境中に放出される前に滅菌されるようなクローズド・システムの中で、破碎や粉碎が切り離せない設計である場合に限り、例外として扱われる。

「改良型オートクレーブ」の例を以下に列挙する。

(A- p 30)

真空／蒸気処理／圧縮

いわゆる改良型オートクレーブの中で、**San-I-Pak** は最も確立された技術の一つである。1978 年から合衆国と全世界の約 12 カ国で 700 ユニットを納入してきた。その技術は、基本的には高真空／オートクレーブに圧縮を組み合わせたものである。**San-I-Pak** システムは、1993 年の USEPA による医療廃棄物管理に関する会議の報告のための、基礎資料として取り上げられた技術の一つである。当該実験（注 9）においては、すべてのレベルの *B.stearothermophilus* (10^6 レベルまで) と *B.subtilis* (10^8 レベルまで) が、テストされ

たいずれのサイクルでも不活性化されていた。

SAN-I-PAK (A 注 10)

San-I-Pak の旧型の標準設計のものは、長方形のシステムであり、その一部がオートクレーブ、それ以外の部分は圧縮機となっている。オートクレーブのサイクルは空気を除去するための高真空ポンプによる吸引で始まり、152°Cの蒸気への曝露へと続いている。(吸引された空気は排出口から排気される前に、病原体を破壊するための蒸気に混合される。) 処理室は 138~140°Cに達する (約 38psig : 約 3 気圧)。処理後は、蒸気は凝縮用の diffuser を通って排気され、廃棄物は自動的にコンベアで圧縮室へと運ばれる。圧縮機部分は、通常の廃棄物用にその部分だけ分けて使用することもできる。

1990 年代半ば、San-I-Pak は、各処理室が明確に分かれており、それぞれの処理室が 3 つの基本的な位置に設置されたモジュール設計 (標準寸法設計) である、新しい処理ラインを開発した。処理室がそれに面したドアから傾斜するよう設計された投入ポジションでは、作業者はオプションであるオートクレーブのライナーを挿入し、廃棄物を投入する。その後処理室は、処理サイクルを開始するため、回転して水平ポジションとなる ; 空気は真空ポンプで吸引され、152°Cの蒸気が導入される。廃棄物は、処理室温度が 132°Cに達してから 30 分間蒸気に曝露され、最高で 140°Cに達する。この処理が済むと蒸気は排気される。作業者がドアを開けて廃棄サイクルを開始すると、廃棄物が圧縮機の中に投入されるよう処理室は回転して下降する。圧縮機では、ピストンが直接、回転落下させる roll-off コンテナの中に廃棄物を圧縮して押し込む。このユニットにはデジタル・ディスプレイがついており、記録は長いチャート用紙に保管用として文書化される。

San-I-Pak は数十種のモデルに基づいた、広範囲にわたる統一的な注文設計である。また共通の投入口に沿って、廃棄物を地面 ground level からの投入か作業台の高さからの投入かで選べるよう、すべてのユニットが揃っている。さらに San-I-Pak はカート・ダンパー、コンベア、単段式および 2 段式のシュレッター、圧縮率が 1/4 と 1/6 の圧縮機、汲み上げ機 bailer、自動秤量システムを提供している。

選択モデルの処理能力 (kg/時間)

処理能力は 11kg/時間~1016kg/時間。1 例として : モデル # 130-2P は 11kg/時間 ; # 230-2P は 39kg ; Mark-II-N は 48kg ; # 241 は 72kg ; # 341 は 140kg ; # 352 は 254kg ; # 347 は 526kg ; # 358 は 1016kg。

およその大きさ (選択モデル ; 立ち上がりの部分を除く高さ dump height×荷重台 load platform の長さなど)

Mark-II-N—高さ 2.58m×幅 2.9m×奥行 9.6m；#241—高さ 2.48m×幅 1.2m×奥行 1.86m；#341—高さ 2.34m×幅 1.38m×奥行 1.62m；#352—高さ 3.07m×幅 1.38m×奥行 2.13m；#347—高さ 2.34m×幅 9.78m×奥行 1.62m；#358—高さ 3.07m×幅 11.2m×奥行 2.13m

典型的な必要設備等

コンクリート床に固定；蒸気—最小 65psig の蒸気で最大 125psig の 1 インチ引き込みライン；水—30-100psi；排水口—床に取り付け；電気—専用 120V、10A；ただしモデルにより 208/240/480V 3 相、または 220V 単相の必要な場合もある；遠隔診断のための電話線。

特徴とオプション

San-I-Pak は廃棄物監査プログラム、サービス込みの訓練、フルサービス契約、社内モニタリング、遠隔メッセージシステムなどの提供も行なっている。また同社は鋭利損傷物処理器も提供している。

商業化の段階

十分に商業化されている。

許可状況

オートクレーブは全州で認可または承認されている。

およそのコスト

コストは 11kg/時間のユニットで約 26,000 ドルから、最大規模のもので 500,000 ドルを超える。例えばモデル #241 は約 154,000 ドルおよび #352 で約 286,000 ドル。

販売元の連絡先

San-I-Pak, 23555 South Bird Poad, Tracy, CA 95376 または P.O.Box 1183, Tracy, CA 95378-1183; Ph.209-836-2310; Fax 209-836-2336; www.sani.com; sanipak@com

注意：HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

(A-p 31)

蒸気処理—ミキシング—分級／乾燥／破碎

Tempico 社は 1992 年、ミシシッピ州ハティスバーグの forrest General Hospital に、同社

の最初のオートクレーブを納入した。以来、25 機が各地に設置され、運転されてきた。この技術は標準的なオートクレーブを、回転するドラム型にし、廃棄物を破壊したり分解したりするための攪拌を伴った蒸気処理を一体化させたものである。

TEMPICO ROTOCLOVE (A 注 13)

解説

Rotoclave は回転する内ドラムを持った圧力容器である。医療廃棄物の入ったバッグとボックスは、オプションであるカート・ダンパーを使ってドラムの中に投入される。最初の段階として真空ポンプで空気を除去する；吸引された空気は蒸気と混和されコンデンサーとフィルターを通して病原体を破壊するために送られる。回転する圧力室は 146°C/50psig で 30 分間の運転である。蒸気による処理と、強制的に回転させるという効果を合わせると、コンテナが、回転しているドラムの羽根に押し付けられたり落下したりすることによって、ボックスやバッグがばらばらに分散することの原因となる。この攪拌が温度の上がない部分がなくなるような効果をもたらす。この処理の後、蒸気はコンデンサーを通り、凝縮されたものは配水管から排出され、残存する空気は臭気を除去するためカーボン・フィルターを通して放出される。制御システムが処理室を冷却し、廃棄物を乾燥させる。汚染除去された廃棄物は処理室から取り出され、コンベアで後処理として 80%の減容を行なうグラインダーに送られる。ユニットはプログラム可能なマイクロプロセッサで制御されている。

<モデルの処理能力> (1 サイクルあたりの立法メートル)

処理能力の範囲は、1 処理室当り 136 から 340kg/時間。モデル # 1250-G1—3.09m³/50 分サイクル；# 1500-D1—6.0m³/60 分サイクル；# 2500-D1 (2 処理室)—12.0m³/60 分サイクル；# 12000-E—29.4m³/80 分サイクル。

<およその大きさ> (グラインダー、コンベア・システムを除く処理室の大きさ)

1250-G1—直径 1.2m×3.0m；1500-D1—直径 1.5m×3.7m；2500-D1—各直径 1.5m×3.7m (2 処理室)；12000-E—直径 2.4m×7.6m。

<典型的な導入に必要な設備>

コンクリート敷きの床；蒸気—60psig で 204kg/時間；水—284 リットル/分；電気—30kWh, 250A；空気—100psig で 0.14m³/分)

<特徴とオプション>

Tempico は統一的な寸法の製品や自動投入システムと同時に、単段式 (D 1) あるいは 2 段式 (D 2) グラインダーも提供している。また、国内での販売や国際的に販売している

ことに加えて、同社は地方の廃棄物処理センターにもユニットを納入している。

<商業化の段階>

十分に商業化されている。

<許可の状況>

オートクレーブはすべての州で承認されている。

<およそのコスト>

施設投資コストは 382,000 ドル（＃1250-G 1）およびそれ以上である。

<販売元の連絡先>

Tempico, Inc., P.O.Box 428, Madisonville, LA 70447-0428, または 251 Highway 21 North, Madisonville, LA 70447; Ph.800-728-9006 または 504-845-0800; Fax 504-845-4411; www.tempico.com

注意：HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

(A-p 32)

破砕／蒸気処理—ミキシング／乾燥と化学薬品による浄化

1990 年代半ば、Sterile Technologies Industries 社 (STI) は、蒸気処理と次亜塩素酸ナトリウム (漂白剤) を用いる化学的殺菌を連結させた処理システムを導入した。1995 年から 1997 年までの間、STI に対して一連の微生物不活性化テストが、さまざまなテスト機関として 3 つの異なる研究機関 (BBI Clinical Laboratories-Connecticut, ViroMed Laboratories-Minnesota, およびクリーブランド州立大学の Dr.E. ジャロル) で行なわれた。Log₁₀kill で表すと、B.stearothermophilus を 6 以上で殺菌し、B.subtilis を 8.5 以上で殺菌すると報告されている。同様にその他 5 種の微生物を、log₁₀ kill で 6 以上殺菌する。1996 年の TCLP テストでは、固形廃棄物残渣が非有害であると分類された。(注 14)

技術が進化するにつれ、立ち下げやメンテナンスの際の機器の洗浄に、主に化学的消毒剤を用いる蒸気処理ユニットとなった。最初のユニットは 1995 年に導入された。最近、STI は WR 2 (化学的処理のところで後述) に買収された。

STI CHEM-CLAV (A 注 15)

<解説>

Chem-Clav によれば、廃棄物は投入用コンベアまたはカート・ダンパーで、HEPA(高性能微粒子エア・フィルター) で陰圧に保たれたホッパー内に投入される。ホッパー内の廃棄物は頑丈な裁断ユニットの中に落とされ、ピストンを使って下向きの圧力が加えられる。廃棄物投入メカニズムは統一プロセスコントローラーで制御されている。裁断されたものは、回転しているスクリー式コンベアに入る。華氏 205 度から 230 度 (114–128°C) に保たれた低圧蒸気が、多数の蒸気口 multiple port を通って導入される。コンベアの下流の部分は脱水工程であって、蒸気ジャケットが華氏 212 度 (118°C) を超えて上昇する。コンベアの最後の部分になると蒸気が排気口から排出され、廃棄物が乾燥することになる。汚染除去された廃棄物は、コンベアを出て自動充填圧縮機か、あるいは衛生埋立地に輸送されるためのコンテナに落とし込まれる。化学的補助システムが、清浄化と臭気を抑えるため、霧状の次亜塩素酸ナトリウムを注入する。その後、頑丈なシュレッダーが廃棄物を 90% まで減容する。

<モデルの処理能力>

Chem-Clav のモデルには次のような処理能力の機種がある：0.27kg および 0.45kg/時間；より大きいユニットとして 0.91kg、1.36kg、および 1.81kg/時間。

<特徴とオプション>

このユニットはタッチ・スクリーン式で自動診断技術を搭載している。アルミニウム筐体で組立て式となっている機種もあり、1 日で導入できる。

<認可の状況>

Chem-Clav は 44 の州で認可されているか、あるいは特定地域において承認されている。

<およそのコスト>

0.27 および 0.45kg/時間のユニットでは、施設投資額はおよそ 367,000 ドルおよび 427,000 ドルである。

<販売元の連絡先>

米国：Sterile Technologies Industries, Inc., 1155 Phoenixville Pike, Unit 105, West Chester, PA 19380; Ph. 610-436-9980; Fax 610-436-9986; www.stichemclav.com; Chemclav@aol.com

欧州：Waste Reduction by Waste Reduction Europe Ltd., Clydebank Riverside

Medi-Park, Beardmore Street, Clydebank, Glasgow G81 4SA, UK;
tel.:+44-0-141-951-5980, fax:+44-0-141-951-5985; e-mail: wreurope@wreurope.com,
www.wreurope.net; www.stichemclav.com

注意：HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

(A-p 32)

破碎—蒸気処理—ミキシング／乾燥

1990年代前半、メリーランドの歯科医が使い始めた非焼却技術は、現在 Steam Sterilization Macerator または SSM150 という機種で、愛称を Waste Wacker と呼ばれる。新型機器は Antaeus グループにより販売されており、内部裁断、蒸気処理とミキシングを伴う浸漬、その後の脱水工程が接続したものである。1996年、この機器は John Hopkins University School of Medicine と、その後 Franklin Square Hospital/Helix Health System に導入され、テストされた。

ANTAEUS SSM-150 (A 注 16)

解説

SSM-150 は、一端がボートのハッチのように開く大きな金属の箱である。作業者は直径 24 インチのハッチからレッド・バッグをユニットに投入する。ハッチを閉めた後、作業者がボタンで予約すると、コンピュータ制御が後を引き継ぐ。熱水と 148°C の蒸気が処理タンクに注入され廃棄物を浸漬する。ポンプ・グラインダーが作動し、原料のスラリーは、破碎機と再循環させ混合するポンプの羽根車を通して、浸漬される (18cm の羽根車が毎分 1800 回転で粉碎している)。破碎された廃棄物の流れの温度が処理時間中は 137°C に保たれ、その後原料の冷却のため冷水が注入される。さらに廃棄物は濾過分離器が固体を液体から分離する。液体廃棄物はもう一つのフィルターを通してから下水に放流される。個体廃棄物は使い捨てフィルターバッグに濾し取られ通常のごみとともに廃棄される。体積は 80% も減容され、重量も 15% 減量される。

モデルの処理能力

SSM-150 は 68kg/時間の処理能力で作動時間は約 30 分である。

およその大きさと重量

SSM-150 は長さ 2.9m×高さ 2.0m×幅 1.2m、重さ 1.59t ; フィルター分離器は 1.2m×1.5 mで重さは 136kg。

およそのエネルギー消費量

水は 100kWの電気ボイラーで加熱される。

導入に必要な設備

衛生下水 ; 熱水および冷水 ; 電気—480V、60Hz、3相 ; 電話線 ; 導入には焼く 8 時間を要する。

およそのコスト

およその初期投資は約 200,000 ドル。

販売元の連絡先

The Anraeus Group, 10626 York Road, Suite D, Hunt Valley, MD 21030;
Ph.410-666-6160; Fax 410-666-6110; www.redbag.com; info@antaeusgroup.com

注意 : HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

最近紹介された技術が Ecolotec である。これは毎分 3500 回転で回転するナイフ・ハンマーを内部に装着した、ジャケットのついた圧力処理室で構成されている。Ecolotec は蒸気処理をミキシングや内部破碎と組み合わせ、最後に脱水工程をつけ加えたものである。

(A・p 33)

ECOLOTEC (A 注 17)

解説

廃棄物が処理器内に投入される。蒸気が注入され内部に装着されたナイフ・ハンマーが回転し廃棄物を破碎する。処理器内の温度は 132°Cに達するまで上げられる。一定の処理時間の後、処理器は凝縮器と濾過システムを通して排気される。(濾過システムは機械的な前フィルターと高機能エアフィルタで構成されている。) 廃棄物を 73°Cまで冷却する蒸発冷却の間、残存する湿気をすべて除去するために真空ポンプで吸引する。その後、処理器は開けられ乾燥した内容物が取り出され、通常のごみと同様に廃棄される。Ecolotec はプログラム可能なロジック・コントローラを搭載している。

処理能力

このユニットは 1 時間当たり 136kg 或いはそれ以上の処理が可能である；各サイクルは約 15 分である。

およその大きさや重量

2.6m×1.0m×高さ 2.4m；重さ 1.27t

導入に必要な設備

電気—230V200A 未結合、115V60A ブレーカー；蒸気—60psi で 1 時間に 3.6kg；冷水—毎分 38 リットル 2.5cm 接続；ドレーン—10cm；空調—標準のコンピュータ環境、1 時間に 10 回換気、外部排気口への機械からの接続

およそのコスト

およその初期投資額：約 325,000 ドル

販売元の連絡先

Ecolotec LLC, 8 Savannah Court, Union Grove, Al 35175; Ph.256-498-1114; Fax 256-498-1115; www.ecolotec.com; tmiken@mindspring.com

注意：HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

(A- p 33)

蒸気処理—ミキシング—分級／乾燥

カナダの Hydroclave システムは、オートクレーブ（外部ジャケットだけに蒸気が供給されるものを除く）と破壊や分解による agitation を組み合わせ、廃棄物をさらに加熱するというアイデアの、一連の蒸気処理ユニットを開発してきた。製造元が行うべきテスト類は、 10^6 当量の *B.stearothermophilus* を、121°C で 30 分以内または 132°C 15 分以内に不活性化した。また揮発性有機化合物の分析結果も、製造元（注 18）から入手可能である。

HYDROCLAVE (A 注 19)

解説

Hydroclave は基本的に、二重ジャケットになった円柱状の処理器でミキシング/断片化 fragmenting パドルを内部に装備している。廃棄物はこの円柱の上端にある投入ドアから投

入される。ドアが閉じた後、高温蒸気が外部ジャケットに注入され、熱せられた内部の表面によって廃棄物が加熱される。処理時間中は、廃棄物を断片化してかき混ぜるため、シャフトとパドルが内部で回転する。廃棄物中の水分は蒸気になり、内側の処理器の圧力を上げる；しかし、もし十分な水分がない場合は、望ましい圧力に達するまで少量の蒸気が追加される。温度は 132°C で 15 分間（または 121°C で 30 分）維持され、その間、ミキシング・パドルが回転を続ける。この処理の後、蒸気は凝縮器を通して排出されるが、その間も熱は加えられるため、廃棄物は乾燥することになる。ジャケットに通されていた蒸気は遮断され、排出ドアが開き、シャフトとパドルが逆回転をして廃棄物をすくい、投入ドアからコンベアまたは廃棄物コンテナに載せる。帯状チャートの記録装置が処理中のパラメーターを文書化する。

モデルの処理能力 (kg/時間、投入時間および非投入時間を含む)

モデル # H - 25—90kg/時間、# 65 - 226kg；# - 100—340kg；# 150 - 454kg；
H - 200—680kg； # H- 250—908kg

およその大きさ (外郭寸法、長さ×高さ×幅) /重量

モデル # H-25—2.1×2.0×1.2m/2.9t；# H-65—3.9×2.8×1.8m/7.0t；# H-100—4.5×2.6×1.8m/8.1t；# H-150—5.7×2.6×1.8m/10.0t；# H-200—6.3×2.6×1.8m/10.5t；# H-250—6.9×2.6×1.8m/11.1t。

およそのエネルギー消費

電気 (kWh/h)：モデル # H-25—1.65；# H-65—4；# H-100—5；# H-150—6；# H-200—8；# H-250—8

蒸気 (kg/1 バッチ)：モデル # H-25—91kg；# H-65—45kg；# H-100—454kg；# H-150—816kg；# H-200—998kg；# H-250—1.13t

導入に必要な典型的施設

電気—460V、3相、運転モーター用 60Hz；蒸気—モデルにより最低 40～60psi 必要；水消費—機種により 1 バッチ当たり 379 リットル～3790 リットル；凝縮器用水道—機種により 10～40gpm

特徴とオプション

Hydroclave は 破砕システム、コンベア、3 日間の試運転、1 日のオペレーター訓練。

商業化の段階

充分商業化されている。

受け入れ状況

全州ではないにしてもほとんどの州で認可または承認されている。

およそのコスト

初期投資額は、サイズにより 200,000 ドルから 500,000 ドル台である。

販売元の連絡先

Hydroclave Systems Corporation, 1371 Middle Road, Kingston, Ontario, Canada K7L 5H6; Ph. 613-545-1933; Fax 613-547-4521; www.hydroclave.com; Hydrosys@istar.ca

注意：HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

(A-p 34)

予備破碎／蒸気処理—ミキシング

Aegis Bio-System 社は、最近、予備裁断と内部攪拌を行なう大型（6.9m³の容量）オートクレーブ処理室を組み合わせた、可動型のシステムを開発した。当社のシステムは『Junk Yard Dog』または JYD との愛称で呼ばれる。

AEGIS BIO-SYSTEMS JYD-1500 (A 注 20)

解説

Aegis Bio-Systems は、医療施設へのサービスの一環として、大型の可動型処理システムである JYD-1500 を開発してきた。この技術は1バッチ当たり 1.13t までの大容量を処理することができる。2段階のシュレッダーを装備しており、第1シュレッダーはコンテナやバケツなど大きな器物を破壊し、第2シュレッダーは1時間あたり 680kg 以上の割合でさらに減容する、4 トンの機械である。廃棄物の体積は 80%またはそれ以上の割合で減容される。破碎された原料は、オートクレーブの処理室に送られ、攪拌され 121℃で処理される（華氏 250 度/15psig）。可動型システムはトラックに載せられ、病院の投入ドック内やその付近で稼動することが可能である。JYD-1500 は、3機が完成された比較的新しい技術である。

モデルの処理能力

JYD-1500：最小処理量が1時間当たり 680kg。

標準的な必要設備

電気—480V 3 相 ; 水—1.3cm 接続 ; 天然ガス供給 ; 舗装 48 フットトラックが充分入る大きさの舗装した水平な床面。

販売元の連絡先

Aegis Bio-Systems, 409 W. Centennial Boulevard, Edmond, OK 73013; Ph.888-993-1500
または 405-341-4667; Fax 405-844-9364; www.jyd-1500.com; jrayburn@aegisco.com

注意 : HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

ミキシング—圧縮

ドイツの Goldner によって設計された LogMed Medical Waste 処理システムは、オートクレーブ技術を基本とした新しい処理システムである。油圧リフトでじょうご型の投入口から投入された病院廃棄物は、じょうごの蓋が閉じられた後、破砕される。蒸気が添加され、廃棄物はオイルジャケット加熱システムによって加熱された、回転スクリューで送られる。廃棄物は加熱されると同時に、排出口のある末端に送られる途中で圧縮される。プログラム可能な制御装置が、滅菌に必要な温度と処理時間を設定する。LogMed-200 は最大 440 ポンドを 1 時間当たりで処理できる。(150–200kg/hr) 必要な設備は電気 (400V、50Hz)、水 (1.3cm 蛇口、6 バール圧力) である。初期投資コストは約 950,000 ドルと見積もられている。

(A- p 35、E- p 22)

マイクロ波システム

マイクロ波による殺菌は、基本的に蒸気利用技術であり、マイクロ波エネルギーで作られた蒸気と湿熱の作用で殺菌される。

マイクロ波は、電磁波スペクトル中の極短波である。マイクロ波はラジオ周波数帯に入り、テレビに使われる極高周波 (UHF) より高く、赤外線より低い周波数である。マグネトロンにより、高圧電気エネルギーがマイクロ波エネルギーに転換され、次に導波管と呼ばれる金属管に転送される。導波管はエネルギーを特定域 (電子オーブンの調理エリアや、滅菌装置の処理部位など) に導く。

短時間調理を可能にしているマイクロ波技術の原理が、この技術を滅菌システムとしても有用なものとしている。マイクロ波エネルギーの波は、陽極と陰極を 1 秒間に $2.45 \times$

1000,000,000 回というきわめて高い周波数で往来する。これが廃棄中（あるいは食品中）の水とその他の分子を、高速でシフトしている電磁場に対し、分子自身で整列しようとして（あたかも顕微鏡的な磁石のように）、速やかに振動させる。きわめて強い振動が抵抗を生じ、これが熱を生成して水を蒸気に変える。この熱は微生物の細胞内のタンパク質を変性させ、病原体を不活化する。さまざまな研究により、水が存在しなければマイクロ波の乾燥した微生物検体への致死効果は、かなり減弱することが示されている。またそれらの研究は、微生物不活化がマイクロ波の場によるものではなく、熱によるものであると結論付けている。このようにマイクロ波処理システムは、処理の一環として、通常は水または蒸気を廃棄物に添加する。

マイクロ波ユニットは通常でも、注射針や汚染された金属破片などの鋭利損傷物を処理する。マイクロ波滅菌システムでは金属は処理できないというのは、誤った概念である。スチール板や補装具の断片など、シュレッダーを通すには大き過ぎたり、あまりに硬い金属は、シュレッダーを傷めるのでこのユニットでは処理できない。

技術の概要

一般的に云って、マイクロ波システムは、殺菌域又はマイクロ波エネルギーが、マイクロ波発生器（マグネトロン）と、それから発生するマイクロ波エネルギーが導かれる、滅菌エリアまたは滅菌室で構成される。典型的な場合、2-6 マグネトロンにより、各約 1.2kW が発生する。システムによってはバッチ工程のように設計されており、それ以外は半連続型である。代替技術市場で成功して確立されたマイクロ波処理システムは、ヨーロッパでは Medister, Sanitec, Sintion, Sterifant である。マイクロ波システムは自動充填システム、ホッパー、シュレッダー、コンベア・スクリュウ、蒸気発生器、マイクロ波発生器、排出スクリュウ、二次シュレッダー（粒子化器）、制御装置である。装置は油圧システム、高機能粒子フィルター（HEPA）、およびマイクロプロセッサ全天候型のスチール製の覆いで保護されている。

運転方法

マイクロ波装置の運転方法は（Sanitec マイクロ波システムをベースとして）、以下の通りである。

- **廃棄物投入**：レッド・バッグは、投入物 feed 集荷場に付属したカート台車に積み込まれる。次に、高温蒸気が投入ホッパーに注入される。空気は HEPA フィルターを通して抽出されるが、ホッパーの天井にある吊り扉が開かれ、廃棄物の入ったコンテナが持ち上げられ、ホッパーの中に投入される。
- **内部裁断**：ホッパーの吊り扉が閉じられた後、廃棄物はまずホッパー内で回転する投入

物 feed アームで破碎され、次にシュレッダーでさらにもっと細かい小片に碎かれる。

● **マイクロ波処理**：裁断された粒子は、回転するらせん状コンベアで運搬されながら蒸気に曝され、次に 95°C と 100°C の間で、4-6 基のマイクロ波生成器により 95°C から 100°C の間まで熱せられる。

● **処理時間**：廃棄物は合計で最低 30 分間は保持部位において確実に処理される。

● **第 2 シュレッダーのオプション**：処理された廃棄物は、第 2 のシュレッダーを通して更に細かい粒子に砕くこともできる。これは鋭利損傷物を処理する際に使われる。オプションの第 2 シュレッダーは運転前に約 20 分で取り付け可能である。取り付ける場所は第 2 らせん状コンベアの終わりの部分である。

● **排出**：処理済み廃棄物は、貯蔵場所 から取り込まれ、第 2 らせん状コンベア又はオーガーを使って搬送され、貯蔵用容器又は排出コンテナに排出される。容器は圧縮機まで搬送されるか、直接衛生用埋立地へ持ち込まれる。

処理される廃棄物の種類

通常マイクロ波で処理される廃棄物の種類は、オートクレーブやレトルトで処理される廃棄物と全く同じである：即ち、培養基、培養株、鋭利損傷物、血液及び体液で汚染されたもの、隔離室又は外科廃棄物、試験室廃棄物（化学系廃棄物を除く）、及び患者介護から出る柔らかい廃棄物（ガーゼ、包帯、掛布、ガウン、寝具など）。時間と温度を充分にかけ、廃棄物を識別不能にする機械があれば、人体解剖廃棄物を処理することは技術的に可能であるが、倫理的、法律的、文化的及びその他の配慮から、その処理は除外される。

揮発性又は半揮発性有機化合物、化学療法廃棄物、水銀、その他有害化学系廃棄物、及び放射性廃棄物は、マイクロ波によって処理してはならない。

排出物及び廃棄物残渣

コネチカットの実験グループ、ロンドンの研究所、リヨン（フランス）にある研究機関などの研究（E 注 5）によれば、Sanitec ユニットの設計によって霧状の排出物は最小限に抑えられることを示している。

有害化学系物質が処理室に入り込むことを避けるため、廃棄物がきちんと分別されていない場合、有害汚染物質が空気中、濃縮液、又は処理済み廃棄物に放出される。米国国立労働安全衛生研究所（NIOSH）による独立した研究（E 注 6）によれば、作業員の個人的な空間及び同機関が設定した暴露許容限度を超えるマイクロ波施設の作業場で、揮発性有機化合物（VOCs）は発見されなかった。オートクレーブ施設中の最高 VOC レベルは、2-ブロパノールで 2318mg/m³が観測された。

微生物不活性化

マイクロ波施設で処理された廃棄物の微生物学研究（E注7）によれば、以下の実験有機物に関して微生物の成長（7log10kill 又はそれ以上）は見られなかった：Bacillus subtilis, Pseudomonas aeruginosa, Staphylococcus aureus, Enterococcus faecalis, Nocardia asteroides, Candida albicans, Aspergillus fumigatus, Mycobacterium bovis, Mycobacterium fortuitum 及び duck hepatitis. Giardia miura についても成長(3log10kill 超)は示さなかった。その他の研究（E注8）は、湿った状態での他の微生物に対するマイクロ波殺菌の有効性を示した。

本技術の有利な点及び問題点

マイクロ波技術の有利な点は以下の通りである。

- 多くの人がマイクロ波オーブン（電子レンジ）を持っているので、病院の職員にとっても地域の人々にとっても、この技術は理解し受け入れやすいものである。
- 代替技術の一つとして受け入れられ、承認されており、既に何年も前から何十もの装置が稼動している。
- 有害物質を除くための適切な対策がとられれば、マイクロ波から発生する公害は無視できる程度である。
- Sanitec マイクロ波ユニットからは、液状流出物は排出されない。
- 内部シュレッダーは廃棄物量を 80%まで減らすことが出来る。
- 本技術は自動化され、使用しやすい。オペレーターは 1 人で良い。

本技術の短所は次のような点である。

- 有害化学物質が廃棄物の中にあると、その有害汚染物質は空気中に排出されるか、廃棄物の中に残って埋立地を汚染する。
- マイクロ波設備の周囲では、刺激臭が発生することがある。
- 鋭利損傷物用に使われる 2 次シュレッダーは、騒音を生ずる。
- 廃棄物中の大型・硬質の金属はシュレッダーを壊す恐れがある。
- 初期投資額は比較的高い。

その他の考慮すべき事項

オートクレーブやその他の蒸気処理システムの選定にあたって考慮すべき事項には以下のようなものがある。

- 再度、有害物質がマイクロ波システムで処理されないよう、効果的な廃棄物分別計画を確実なものにすること。
- シュレッダーは最も高度な維持管理を必要とする機器であるため、重い金属物体が廃棄物の流れに一切混入しないようにすることが重要である。

- オートクレーブやその他の蒸気処理システムとは異なり、Sanitec マイクロ波は、水の沸点かあるいはそれ以下の温度で操作する。滅菌の時間—温度基準は、一般的には沸点かそれ以上の温度が基本である。滅菌レベルを検証するには、*B.stearothermophilus* 属桿菌または *B.subtilis* 属桿菌を使った微生物学的テストが、用いられるべきである。
- Sanitec はマイクロ波エネルギーの漏洩測定機器も提供している。作業者がこの機器の使い方の訓練を受け、マイクロ波のモニタリングを常時行なうべきである。
- ホッパー領域から、残渣などの堆積しているような汚染シェルターの上端までの、浄化を含めた定期検査を行なうべきである。
- 作業者は、Sanitec のマニュアルに詳細に書かれている、日常的な予防維持業務のリストを忠実に守らなければならない。
- 作業者の訓練は次のような事項を含むべきである：マイクロ波と蒸気処理システムについての理解、標準的な操作方法、労働安全（例えば人間工学、適正な廃棄物の取り扱いテクニック、マイクロ波放射の漏洩テストなど）、記録の保持、このユニットで処理してはならない廃棄物の識別、シュレッターの問題点と軟質廃棄物がシュレッター部分に詰まったときの対応策、定期検査と保全維持管理、偶発事故対策（例えば流出や停電などの場合の対応策）。

マイクロ波システムの例：

(A— p 37)

Sanitec (A 注 27)

解説

Sanitec は 1990 年から運転されている。初期には大手の総合国内商社である Asea Brown Boveri(ABB)の一部門であったが、現在は Sanitec International Holdings の 1 部署である。70 基を超えるユニットが 20 の州で導入されており、6 基は米国以外で導入されている。ユニットの大部分は病院に入っており、20 基は商業処理センターに設置されている。

モデルの処理能力

モデル # HG-A100—100kg から 180kg/時間； # HG-A250—249kg から 408kg/時間

およその大きさ（フラップの開放時の高さを含む）と重量

モデル # HG-A100：長さ 6.7m×高さ 5.4m×幅 3.1m/1.13t、 # HG-A250：長さ 7.3m×高さ 5.2m×幅 3.1m/1.22t

およそのエネルギー消費

処理廃棄物 1 ポンド当たり 0.1kW；ピーク時は 70 kW

導入に必要な設備

電気—AC460/480V ; 150V から 200V、60Hz、3 相 ;

水—3/4 インチ連結

特徴とオプション

Sanitec は許可・届け出の際に、料金込みサービスでトレーニングや技術デザインなどの支援を行なっている。この技術を販売に加えて、Sanitec は注文リースと融資、および完成・設定までの一貫導入と大型廃棄物の流れに関する運転指導などの提供も行なっている。

商業化の段階

十分に商業化されている

許可状況

Sanitec のマイクロ波ユニットは非焼却技術として 40 以上の州で認可または承認されている。

およそのコスト

モデル # HG-A100—約 500,000 ドル ; # HG-A250—約 600,000 ドル

販売元の連絡先

Sanitec International Holdings, 26 Fairfield Place, West Caldwell, NJ 07006;
Ph.973-227-8855; Fax 973-227-9048; www/sanitec-inc.com; sales@sanitec.net

注意：HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

Sintion (A 注 28)

解説

廃棄物は蒸気透過性の袋にゆったりと入れられ（二重バッグや閉じたコンテナではない。また鋭利損傷物の破裂防止コンテナも密閉してはならない。）作業者は滅菌室の蓋を開け、廃棄物バッグを中に入れる（1 サイクルあたり 1 袋）。マイクロ波が廃棄物内部に熱を発生させる間、廃棄物の外側は蒸気に曝される。滅菌室は 121°C（華氏 250 度）で操作されるが、必要であれば 134°C（華氏 273 度）まで温度を上げることができる。曝露時間は自由に設定することが可能で、通常は 10 分から 30 分の間である。典型的な処理時間は 20 分で

ある。処理後、廃棄物は除去され、オプションのシュレッダーや圧縮機を通される。Sinton は自動制御コンピュータ・プログラムを採用している。車輪がついているので移動可能である。

処理能力

このユニットは1サイクルあたり、60 から 70 リットル (約 12kg/サイクル) あるいは 2.1 から 2.5 立方フィート (26 ポンド/サイクル)、場合によっては最大約 35kg/時間の廃棄物の処理が可能である。

およその大きさ

径 1120mm × 幅 840mm × 高さ 1180mm ; 重量 430kg

およその消費エネルギー

1 サイクル 1.5kWh ; ピーク時は 8.7kW

導入に必要な設備

電気— (標準ユーロ - パワー・プラグ) 230/400 V, 50(60)Hz, 16A ; 水—3/4 インチ口径 < 20°C、最小圧力 4.5 bar、純水、1 サイクル約 10 リットル ; 排水口—1 インチ ; 最高気温 35°C ; 良好な換気

特徴とオプション

CBM はスタッフの訓練と導入を提供している。同社は内部移送のためのプラスチックバッグとコンテナも販売している。破碎機はオプションである。

販売元の連絡先

CMB/Christof Group, Plabutscherstrasse 115, A-8051 Graz, Auatria;
Ph.(43-316)68-55-150; Fax (43-316)68-55-1510; cmb@sintion.at

(E - p 23)

Ecosteryl

Ecosteryl は廃棄物を 100°C のもとで粉碎、加熱する工程である。廃棄物の重量は自動的に測定され、750 リットルの容器にまとめられたうえ、ホッパーに投入される。投入ホッパーは、殺菌剤スプレーシステムと、開かれた際に部分的な真空状態を作るための吸引装置を含む。空気は活性炭を通して洗浄、殺菌、脱臭及び濾過され、排気の質が維持される。水道水は逆流防止バルブを通して供給されるので、いかなる液体も飲料水システムに戻ることは防止される。液状殺菌剤 (Dial Danios) は自動的に適量計量され、システムに圧入さ

れる。

廃棄物は、熱処理開始前に格子つき切断機で切断され、1.5–2.0cm サイズの細粒になる。切断機の自動コントロールシステムは、自動破塊装置 (anti-blocking device) を含む。廃棄物は粉碎された後、スクリーンで処理され、湿気を与えられる。粉碎された廃棄物は、閉鎖空間を通じて搬送中にマイクロ波を照射されるため、芯まで加熱、殺菌される。処理のためにスクリーンへ移動する時間は3分前後である。殺菌レベルを上げるため、廃棄物は500リットルの緩衝ホッパーに1時間浸漬される。殺菌された廃棄物は、次にアルキメデス・スクリーンで貯蔵ホッパーに引き揚げられ、45リットルのホッパーに運び込まれる。スクリーンの広い交換面を使って廃棄物は約60–70°Cまで冷却される。廃棄物は5分の1（ファクター5）まで減量され、さらに減ることもある。

Ecosteryl 医療廃棄物殺菌装置は、フランスで数基使われている。

処理能力：250t/a.

初期投資額：500,000 ユーロ

技術情報：温度:100°C；暴露時間：60分。

商業化の段階：商業化されている。

販売元の連絡先：AMB S.A., Avenue Wilson 622, 7012 Mons, Belgium; tel.: +32 658 226 81, +32 658 247 98; amebo@skynet.be

Medister

オーストリアの Mekata 社は、感染性廃棄物をマイクロ波作用を利用して殺菌するのに適した装置を供給している。Medister 10, 60, 及び 160 タイプは、処理する廃棄物の量によって異なり、多様な感染性廃棄物が処理可能である。Medister 360 は、感染性の高い物質、及び生物因子の完全な破壊が要求される、遺伝子組み換え生物を使用する研究所から出る廃棄物を殺菌するために設計された。

Mekata は3つの Medister160 廃棄物殺菌装置から成る移動型マイクロ波設備も供給する。8時間のシフト以内に36 Meditainer 廃棄物コンテナ（2160リットル）の廃棄物を殺菌可能である。

Medister HF は、もう一つの廃棄物殺菌装置であり、施設内の水道水を使って運転する。水は高周波エネルギーで加熱され、装置の中で蒸気になる。製造業者は、本装置が *B.stearothermophilus* を殺菌するのに 10^6 (6log10) (E 注9) と効率的であると明記している。

処理能力：6-60 リットル/サイクル。

初期投資額：10,000-70,000 ユーロ。

技術情報：温度:110/121/134℃；1 運転サイクル：45 分。

商業化の段階：商業化され、1991 年から稼動。

販売元の連絡先：Burgasse 108, 8750 Judenburg, Austria, tel.:+43 3572 85166 6,
info@meteka.com, www.meteka.com

Sterifant 90/4

廃棄物は特別に設計された、再使用可能な、密閉されたポリカーボネート製収納箱 bin で収集される。この収納箱は本システムのために設計され、500 回まで使用可能である。蓋は、処理の都度、「栓」で代用できる。収納箱は蓋の接合部に密閉するための締めがねがあり、密閉状態で施錠される。満杯で密閉された収納箱は簡単に積み重ねられる。

1 サイクルごとに、10 個の収容箱が密閉された処理室へ入れられる。サイクルは、10 本の穴の開いた針がコンテナの上を下ろされ、蓋の封印をしている「栓」を突き破ることから始まる。次に、穴の開いた針の周りの洗浄機が圧力で封印する形になり、10 個の収容箱のそれぞれを装置につなぎ、処理がスタートする。

処理工程が始まる際、約 2 リットルの水と 140℃の蒸気が穴の開いた針から、それぞれの収容箱に注入される。本システムの 9 個のマイクロ波発生器が次に動き始め、収容箱の内容物を 105℃以上に加熱し続け、飽和蒸気状態を維持する。各収容箱内部を、最初は真空状態、次には加圧状態にすることにより、装置の効率はさらに高められる。

工程の終わりに、処理室は自動的に開く。次に収容箱は装置の側面にあるシュレツダーに移され、箱の中身は自動的にシュレツダー内に空けられる。破碎された廃棄物は、80bar の圧力で圧縮され、絞られた液体は別のタンクに入れられる。殺菌工程は、廃棄物の性質にもよるが、約 70 分かかる。処理廃棄物の量は 80%まで減量される。

本システムは、医療施設の廃棄物を現場で処理するために、移動型或いは定置型で使われる。ドイツでは Sterifant システムは 1995 年に受け入れられ、健康省のロベルト・コッホ研究所の認可リストに掲載された。

Sterifant システムのユニットは、ドイツ、ハンガリー、フランス、オランダ、イタリア、スペイン、英国、ブルガリア、ポルトガルで使用されている。

処理能力：約 125kg/h.

初期投資額：391,400 ユーロ（定置型）、446,400 ユーロ（移動型）。

技術情報：温度：95℃—105℃；暴露時間：70 分。

商業化段階：1995 年より商業化。

販売元の連絡先：Sterifant Vertriebs GmbH；12、Rue Jean Engling, L-1466 Luxembourg；tel.:+352 43 22 22-1, fax: +352 42 60 59, sterilux@pt.lu, www.sterifant.com

.....

A 注 1：K. Owen, K. Leese, L. Hodson, R. Uhorchak, D. Greenwood, D. Van Osdell, 及び E. Cole。“医療廃棄物処理施設における、エアロゾル管理（生物学的及び非生物学的）及び化学暴露と安全への障害”。（シンシナチ、OH：National Institute of Occupational Safety and Health, November 1997）。

A 注 2：例えば、以下参照：J.L.Lauer, D.R.Battles, 及び D. Vesley, “オートクレーブによる感染性研究室廃棄物の汚染除去について”, Appl. Environ. Microbiol., 1982, 44(3), 690-694； W.A. Rutala, M.M. Stiegeland, 及び F.A. Sarrubi, Jr., “研究所の微生物系廃棄物の蒸気殺菌による汚染除去”, appl. Environ. Microbiol., June 1982, 43, 1311-1316. E. Hanel, Jr., 研究室における微生物災害の管理の中の、“化学的殺菌”、ジョンズ・ホプキンス大学衛生及び公衆健康学部教材、ボルチモア、MD, 1981； Herman Koren, 環境による健康と安全、Pergamon Press, NY, 1974.

A 注 3:販売元のウェブサイトと、1995 年 7 月～2000 年 8 月の間に Bondtech Corporation から提供された技術データに基づく。

A 注 4：1993 年～1998 年の間に ETC から提供された、販売元の資料に基づく

A 注 5：販売元のウェブサイト、1998 年～2000 年の間に Mark Costello から提供された技術データ、および Roger Markle との個人的に授受した情報に基づく

A 注 6:販売元のウェブサイト、1996 年に R.E.Baker から提供された技術資料、および 1998 年～2000 年の間に Sierra Industries から得られた資料、および個人的な情報交換に基づく

A 注 7：2000 年に入手した、販売元の資料に基づく

A 注 8 : 販売元のウェブサイト、1994 年～1997 年の間に Tuttnauer から提供されたカタログ、および Robert Basile と個人的に授受した情報に基づく

A 注 9 : E.C. Cole, T.K. Pierson, D.R. Greenwood, K.E. Leese, and K.K. Foarde, “Evaluation of Medical Waste Treatment Technologies: Final Report,” prepared for the Office of Solid Waste, U.S. EPA, RTI Report number 5400-005/01F, Research Triangle Institute, Research Triangle Park, NC, January 1993.2

A 注 10 : 販売元のウェブサイト、1994 年～2000 年の間に San-I-pak から提供されたカタログと技術データ、技術的質疑への応答として記述されたもの、カリフォルニアで San-I-pak を導入している 箇所への訪問、公表されたデータ、および Karl Oser, Jim Pyder, Arthur McCoy らと個人的な情報交換に基づく。

A 注 11 : W.L.Turnberg. *Biohazardous Waste: Risk Assessment, Policy and Management.*(New York, NY: John Wiley & Sons,Inc. 1996)にある記述である。

A 注 12 : G.Braedt, “Treatment of Regulated Medical Waste in Tempico’s Rotoclave Produces and output that is sterile and Non-carcinogenic.” (日付不明) ; 製造元から提供された報告

A 注 13 : 製造元のウェブサイト、1994 年～2000 年の間に Tempico から提供されたカタログおよび技術データ、技術的質問に対する書面での回答、Sid Alexander との個人的な情報交換に基づく。

A 注 14 : BBI Clinical Laboratories(New Britain, CT), ViroMed Laboratories(Minneapolis, MN)および Dr.Edward Jarrol, Cleveland State University による微生物学的試験の報告、および Waterford Compliance Groupe (Pottstown, PA)、Bulue Marsh Laboratory (Douglassville, PA)による大気質テストおよび TCLP テストの写しで、販売元から提供されたもの。これらの研究は Tempico から委託されたものである。

A 注 15 : 販売元のウェブサイト、1997 年から 2000 年の間に STI から提供されたさまざまな技術資料、質問に対する文書による回答、および Randel McKee との個人的な情報交換に基づく。

A 注 16 : 販売元のウェブサイト、公表資料、1993 年の Sanford Glazer 博士による技術的

な発表、1996年～1998年間の販売元のパンフレット、William Norton との個人的な情報交換に基づく。

A 注 17 : 販売元のウェブサイト、1999年に販売元から提供された資料、Wolf von Lersner および Michael Neubauer との個人的な情報交換に基づく。

A 注 18 : S. Springthorpe and S. Sattar, “Performance of the Hydroclave for Determination of Biomedical Waste: Trials conducted on unit installed at Kingston General Hospital”, University of Ottawa, report submitted to Hydroclave Systems and Ontario Ministry of Health, November 1995; “Preliminary Evaluation of Volatile Organic Compounds Associated with a Hydroclave Cycle at Kingston General Hospital”, Phoenix OHC, Inc., November 1998.

A 注 19 : 販売元のウェブサイト、R.Venderwall による発表、1997年に販売元から提供されたカタログに基づく。

A 注 20 : 販売元のウェブサイト、1997年に Aegis Bio-Systems から提供されたカタログ、Ron Mercer との個人的な情報交換に基づく。

A 注 21 : “Evaluation of the ABB Sanitec Microwave Disinfection System for Aerosol Emissions,” North American Laboratory Group, New Britain, CT, 1992; “ABB Sanitec Microwave Disinfection System-Ability to Control Aerosol Emissions: Synopsis of Evaluations,” a summary of aerosol emission studies provided by Sanitec, November 1, 1996.

A 注 22 : E. Cole. “Chemical and Biological Exposures and Safety Hazards in Medical Waste Treatment Facilities: An Assessment of Alternative Technologies.” Vol.98/2, No.9(Cedex, France: International Healthcare Waste Network(IncWaN), August 31, 1998).

A 注 23 : Burlington County, JFK Medical Center, Our Lady Lourdes, West Jersey, Dover General, Cooper からの “Mixture TLV Results”の写しで、Sanitec から提供されたもの。

A 注 24 : Sanitec から提供された”Landfill Acceptability of Waste Residue From ABB Sanitec Microwave Disinfection Unit” by Technical Services, Inc.(Jacksonville, FL) の写し

A 注 25 : North American Laboratory Group および Stanford University からの”ABB Sanitec Microwave Disinfection System Laboratory Test Results” の写しで、Sanitec から提供されたもの

A 注 26 : G.R. Vela and J.F Wu, *Appl. Environ. Microbiol.*, 37(3), 552, 1979; L. Najdovski, A.Z.Dragas, and V. Kotnik, *J. Hosp. Infect.* (19), 239, 1991.

A 注 27 : 販売元のウェブサイト、1994 年～2000 年間に Sanitec から提供されたカタログと技術資料、技術的な質問に関する文書による回答、カリフォルニアでのマイクロ波ユニット導入事例における技術的評価、Mark Taitz との個人的な情報交換、公表データに基づく。

A 注 28 : 1997 年～1999 年間に Sintion から提供された技術データ、および Carmen Spinotti との情報交換に基づく。

A 注 29 : 販売元のウェブサイト上の Stericycle's ETD についての記述、販売元のパンフレット、および W.L. Turnberg. *Biohazardous Waste: Risk Assessment, Policy and Management*. (New York, NY: John Wiley & Sons, Inc. 1996)

A 注 30 : ”Profile of Stericycle, Inc.: An Environmental Assessment of the Nation's Largest Medical Waste Company,” 2001 年、Health Care Without Harm によるもの

E 注 3 www.ecodas.com からの情報に基づく

E 注 4 以下の情報リーフレットに基づく。「感染性廃棄物の移動型処分」(ドイツ語)
(訳者注: ベネルクスとはベルギー、オランダ、ルクセンブルグの三国を指す)

E 注 9 <http://www.christof-group.at/www/en/cmb/zertifikate.php>

A—第6章 低温熱処理技術—乾熱システム (A版 p.41～)

E—第6章 低温熱処理技術—乾熱システム (E版 p.26～)

高速加熱空気処理

加熱空気循環型のオーブンが、ガラス製品やその他再使用可能器具の殺菌に利用されているのと同様、医療廃棄物の処理については乾熱殺菌法が利用されている。乾熱方式では水蒸気や水を加えずに加熱される。代わりに、廃棄物は伝導・自然なあるいは強制された対流、又は熱輻射によって加熱される。強制対流加熱の場合、抵抗器型ヒーター又は天然ガスで加熱された空気が、加熱室の中で廃棄物の周囲を回転する。技術の種類によっては、加熱室の熱せられた壁が、伝導と自然対流によって廃棄物を加熱する。他の方法では、赤外線又は石英加熱器の輻射熱によって加熱する。一般的に云って、乾熱方式では水蒸気方式に比べてより高温で短時間の暴露になるが、実際上の暴露時間—加熱温度の関係は、処理する対象物の性質と大きさによって異なる。

高速加熱空気を使用する、トロイド（らせん）状の混合床乾燥器（KC MediWaste 社が提供する病院向け技術）及びデモライザー（病院の部局、診療所、医療事務所など少量の廃棄物が発生する部局のための小型卓上機）は主としてアメリカで利用されている乾熱システムの2つの例である。

技術の概要

KC MediWaste 方式は、Cox Sterile Products 社が高速乾熱殺菌機を開発する努力、及び Torftech (UK)社の Torbed 技術＝鉋物、食物及び廃棄物の処理に使われる乾熱技術＝の応用の中から進化したものである。KC MediWaste の技術が最初に設置されたのは、テキサス州ラレドにある Mercy Health Center であった。

この方式の心臓部は、密閉されたステンレス鋼の処理室であり、その中に破碎された医療廃棄物が投入され、タービンの歯に似た羽根、又はみぞを通して、処理室の底に圧入された高速で循環する熱気に曝される。熱気は廃棄物の碎片が縦軸の周りを、トロイド状に混合されて激しく循環させる方向に吹き付けられる。そのような条件の下で、熱交換が効率的に行われる。4～6分以内に、乾いた識別不能な廃棄物が噴出する。そのような状態になった廃棄物は通常の埋立地に処分可能である。

運転方法

KC MediWaste System の運転は以下の通り。

●廃棄物の積み込み：レッド・バッグが台車に積み込まれ、昇降機がエアーロック・ホップドアを自動的に開き、廃棄物をシュレッダー・ホッパーに降ろすが、その間、気化を

最小限に抑えるために圧力はマイナスに保っている。

- 内部破碎：廃棄物は比較的均一な、ほぼ 19mm の大きさに破碎され、移動式篩を通過して曝露室（乾燥室）に集められる。
- 計量：ゲート・バルブが乾燥室に持ち込まれる廃棄物の量を管理する。乾燥室が空になるとバルブが自動的に開き、新しく処理するバッチを取り入れる。乾燥室はマイナス圧力の下で運転される。
- 乾熱処理：破碎された廃棄物は処理室へ持ち込まれたのち、高速の熱気（約 171℃）に曝される。乾燥室内の温度は最初降下するが、約 4 分後に回復する。
- 排気：事前にセットされた時間が経過すると、乾燥室の排出口が開き、数秒で廃棄物を排出する。処理された廃棄物は乾燥室の下にある廃棄物圧縮・収集容器に落下する。
- 圧縮及び最終処分：乾燥した、識別不能な廃棄物は圧縮され、封印されたコンテナに積み込まれて衛生埋め立て処分場へ向かう。

処理される廃棄物の種類：

KC MediWaste システムにより処理される廃棄物の種類は加圧滅菌器やマイクロ波で処理される廃棄物と類似している：即ち、培養基、培養株、鋭利損傷物、血液や体液で汚染された物質、隔離室や手術由来廃棄物、試験室廃棄物（化学系廃棄物を除く）及び病人介護由来の軟質廃棄物（ガーゼ、包帯、掛け布、ガウン、寝具、など）である。加えて、血液や体液などの液体もこの装置で処理できる。技術的には人体の解剖廃棄物も処理可能だが、倫理、法律、文化、その他の配慮がこの技術による処理を妨げている。

揮発性又は半揮発性有機化合物、化学療法由来廃棄物、水銀、その他有害化学廃棄物及び放射線医療は乾熱システムで処理してはならない。

排出物及び廃棄物残渣

シュレッダー・ホッパーから引き出された気体からの排気ガスは、高効率微粒子気体フィルター（HEPA）及び炭素フィルターで、霧状の病原体と臭気を除去するために排出居先立って濾過される。処理室からの加熱空気は、ベンチュリ・スクラバー（流速測定管付きガス洗浄装置）で冷却されるが、ここでも微粒子が除去される。装置の周囲では若干の臭気がある。

処理室内の条件では燃焼は起こらない。従って、廃棄物の流れがきちんと管理され、有害化学物質が処理室に混入せぬよう分別されている限り、有害な排出物は最小限となる。また、液状排出物も処理室からは排出されない。

廃棄物残渣は乾燥しており識別し難い。破碎と圧縮により、廃棄物の量は約 80%減ってお

り通常の埋立地で処分のため受け入れられる。乾燥処理された廃棄物の量も減っているがその量は原料が含んでいた水分の量による。

微生物不活化

処理室の中で行われた *B. subtilis var.niger* ストリップ方式による微生物実験（乾熱抵抗のテストのために伝統的に利用されている方法の一種）の結果は、約 3 分間で $6\log_{10}$ kill の数値を示した。（A 注 1）

本技術の長所及び欠点：

加熱空気技術は次のような長所を持っている。

- 処理室の基本設計が単純であること（別名“ポップコーン”ポッパーと呼ばれている）。
- Torbed 方式自身は別の用途で長年利用されている。
- 有害物質除去のための正しい予防策が講じられている限り、乾熱システムからの排気は最小限に抑えられる。
- 本技術は血液や体液を含む、含水量の異なる廃棄物の処理が可能である。
- 液体排出物はない。
- 内部破砕機及び処理後の圧縮機により廃棄物は約 80%減量される。
- 本技術は自動化され、作業員一人で運転可能である。
- HEPA、炭素フィルター、及びベンチュリー・スクラバーの組み合わせにより悪臭は最小限に抑えられる。
- 処理済み廃棄物は乾燥し、識別不能で、コンパクトである。

また、欠点は次の通りである。

- 廃棄物中に有害化学物質が混入していると、その有害汚染物質は大気中に排出されるか、廃棄物中に残存して埋立地を汚染する。
- 圧縮機の周辺では多少の臭気が発生することがある。
- 大型の硬質な金属はシュレッダーの故障の原因となる可能性がある。
- KC MediWaste 処理機は比較的新しい技術である。

（A-p42）

その他の考慮すべき事項

乾熱システムの選定に当たっては、次の事項をも考慮すべきである。

- 再度、有害物質が乾熱処理システムで取り扱われないよう、確実に分別されるような効果的な廃棄物分別計画であることを確認すること。
- カート類は再使用する前に消毒しなければならない。蒸気洗浄システムが利用できなければならない。

- Laredo と TX のユニットは、垂直の立体配置となっている。その他のデザインも可能である。
- 生物指標テストの結果、処理上のパラメーター、 保全業務、定期的検査の記録を続けること
- 以下の事項を含む従業者訓練を行なうこと：乾熱処理システムの基礎的な理解、基本的な運転手順、労働安全、記録の保持、そのユニットで扱ってはならない廃棄物の見分け方、技術的な問題の確認、定期維持管理活動のスケジュール、偶発事故対策（例えば廃棄物の流出や故障の場合にどうするか等）

K C Medi Waste (A 注 2)

概要（上記を参照）

モデルの処理能力

標準モデルの処理能力は 90kg/時；その他の規模も利用可能である。

およその大きさや重量

5.5×3.0×高さ 7.0m；重さ 6.6t

およそのエネルギー消費量

毎時約 63 キロワット

標準的な導入に必要な設備

電気—480V、3相、125A；圧縮空気—ピーク時で 100scfm および 90psig；

水—60psig で 5 gpm；ドレーン—1～1/2 インチのライン；油圧設備

特徴とオプション

エア・コンプレッサー、廃棄物カート、秤量計、圧縮機のための油圧設備はオプションである。

商品化の段階

商品化の初期段階

許認可の状況

この技術は、イリノイ州とニューヨーク州での認可を待って、テキサス州でも認可されている。その他の州でもいくつか申請中である。

およそのコスト

初期投資額は、およそ 385,000 ドルである。

販売業者の連絡先

KC MediWaste , 4219University Boulevard, Dallas, TX75205; Ph.214-528-8900;

Fax214-528-0467

注意：HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

乾熱処理

技術の概要

デモライザー (Thermal Waste Technologies, Inc., formerly DOCC) は、少量の鋭利損傷物と軟質の『レッド・バッグ』廃棄物を、発生場所あるいはその付近で処理する、デスクトップ・システムである。診療所や内科の診察室、歯科診療所、獣医の診療所、医学部などで使用されている。

運転方法

デモライザーのユニットの操作方法は次のようなものである。

- ・廃棄物の投入：廃棄物は、鋭利損傷物と軟質廃棄物用の 1 ガロン入れのコンテナに収集される。安全ラインまで廃棄物が満たされたら、コンテナは封じられユニットへと運ばれる。オペレーターは、ユニットの蓋を開閉する際には、ドア解除ボタンを押さなくてはならない。
- 文書化の開始：オペレーターは、プリントアウト/確認ラベルを処理中のユニットの細い溝に設定する。
- 乾熱処理プロセス：工程はサイクル開始ボタンを押すと開始となる。18 分間余熱する。その後、廃棄物は華氏 350 度 (177°C) 90 分の乾熱殺菌サイクルを通される。
- 冷却：このユニットは約 52 分間、華氏 95 度 (35°C) 以下になるまで放置され冷却される。30 分～2 時間の処理サイクルの後、ユニットは音響信号とディスプレイのメッセージを送ってくれる。
- 最終的な文書化：オペレーターはプリントアウトラベルを取りはずし、日時・開始および終了時刻・オペレーターのイニシャルを書き込む。プリントアウトラベルの半分は運転日誌に挟み込まれ、残りの半分は処理済みコンテナに添付される。
- 廃棄物の取り出しと最終処分：処理済みコンテナから取り出され、通常のごみとともに廃棄される。

処理できる廃棄物の種類

デモライザーで取り扱う廃棄物のタイプは、患者の治療に使われた鋭利損傷物や軟質廃棄物（ガーゼ、絆創膏、手袋など）を含む。少量の液体廃棄物や血液・体液等の滲みた衣服も処理できると思われるが、大量の液体は不可能である。

揮発性あるいは半揮発性有機化合物、化学療法廃棄物、水銀、その他の有害化学物質からなる廃棄物、放射性廃棄物、ヒトおよび動物の体部分は、デモライザーシステムで取り扱われるべきではない。製造元は培地や保存株、隔離廃棄物、大量の液体類はデモライザーで処理することを禁止している。

排気と廃棄物残渣

デモライザーの処理室での条件は、燃焼による副生成物は一切生じない。処理室から出る排気は、活性炭フィルターと高機能粒子エアフィルター（HEPA）から成る二重濾過システムを通して、臭気とバクテリアを除去される。デモライザーからの排出物は、Valley Medical Laboratory(スプリングフィールド、メリーランド州)において、微生物芽胞についてのテストが行なわれる。*B. stearothermophilus* を用いた結果は、デモライザーから周辺環境中への微生物エアロゾル等の放出は、検出されなかったことを示している。（A注3）

扱われた廃棄物は乾燥したものである。廃棄物はその物理的外観をほとんど保持したままではあるが、処理したコンテナに密閉されたまま廃棄される。鋭利損傷性廃棄物は通常、溶融したディスク型の固形プラスチックに、金属部分とともに溶かして埋め込まれる。Leberco Testing 社(Roselle Park, ニュージャージー州)による、処理済み医療廃棄物のテスト（A注4）では、EPAの排出基準を超える金属濃度は検出されなかった。8種類の金属類（鉛、水銀、砒素、カドミウムなどを含む）のうちの6種は、検出限界以下であった。残る2種（バリウム、クロム）は、規制レベルより、充分低かった。

微生物不活化

製造元は1990年代前半では一連のテストを外注していた。微生物学的テスト（A注5）は*B.subtilis* で8 log₁₀killを示すよう、実施された。またこれらのテスト（A注6）は、*Staphylococcus aureus*, *Candida albicans*, *Mycobacterium fortuitum*, *Mycobacterium bovis*, および *Giardia sp* の生長は見られなかった。いずれも細菌の生長の見られなかった追加試験（A注7）は、AMA研究所が大腸菌 *E. coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, および *Staphylococcus aureus* を用いて行なった。その他のテスト（A注8）は、デモライザーによってアヒルB型肝炎ウイルスが不活化されたことを示した。

この技術の長所と短所

デモライザーの技術には次のような長所がある。

- 小型であるこの機器—16kg 程度の重さ—は、1 箇所で運転するために設計されているものの、若干の移動は可能である。卓上型ユニットであるため、廃棄物の発生場所あるいはその近くで用いられ、感染性廃棄物のその場所での貯留や移送が不要となる。
- 45 の州で代替技術として認可、あるいは承認されている。
- もし有害物質を排除するという適当な予防策が施されているならば、デモライザーからの排気はごく微量である。廃液は出ない。
- この技術は自動化されており、使いやすく、1 サイクルの稼働時間として1分程度を必要とするのみである。誤操作回避機能を持つマイクロプロセッサによる制御を導入している。
- 臭気は二重濾過システムで除去される。この操作は事実上、騒音もなく行なわれる。
- 廃棄物コンテナは、処理済みか未処理かを識別できるよう、感熱変色ストリップが添付してある。これらのコンテナは廃棄されるまで密封されたままである。この機器はラベリングと文書化のためのプリントアウト機能を持つ。
- このシステムの初期投資額は低く、アースされた標準の 110V コンセントがあれば、他に大掛かりな設備の必要がない。

また短所としては次のような点がある。

- 有害化学物質が廃棄物に混入している場合、これらの毒性のある汚染物質がフィルター内で濃縮され、空气中に散逸したり、固形廃棄物中に残存し埋め立て処理場を汚染する。
- この機器は少量の廃棄物の発生源用に設計されているため、病院や大規模な医療施設全体の廃棄物を扱うことはできない。
- その施設は、単一用途の収集コンテナをデモライザーでの処理のために購入しなければならない。この消費材は運転コストのかなりの部分を占める。
- たとえ鋭利損傷廃棄物が体積で 75%減容されたとしても、それを入れたコンテナの大きさは変わらず、重さもほとんど減少しないまま廃棄される。
- 使い捨て器材の廃棄物が、埋め立て処分場に送られる廃棄物の量を増大させる。

その他の考慮すべき事項

乾熱処理システムの選定にあたって、考慮すべき点には以下のようなものがある。

- 再度、有害物質が乾熱処理システムで取り扱われないよう、確実に分別されるような効果的な廃棄物分別計画であることを確認すること。
- デモライザーは少量の廃棄物の発生源のために設計されているが、補助的技術として他のさらに規模の大きい非焼却技術と組み合わせて、病院などでも用いることが可能である。
- このユニットは、温度が華氏 120 度 (48°C) に下がって処理プロセスが中断されると、ユニットが開かないように設計されている。その代わりに、ユニットはリセットされ、90 分

のフルサイクルで開始するようになっている。

●生物指標テストの結果、処理上のパラメーター、保全業務、定期的検査の記録を続けること。

●以下の事項を含む従業者訓練を行なうこと：乾熱処理システムの基礎的な理解、基本的な運転手順、労働安全、記録の保持、そのユニットで扱ってはならない廃棄物の見分け方、技術的な問題の確認、定期維持管理活動のスケジュール、偶発事故対策（例えば廃棄物の流出や故障の場合、どうするか等）

DEMOLIZER (A 注9)

概要

デモライザーは Thermal Waste Technologies 社 あるいは TWT 社が提供している。(前述の概要を参照)

処理能力

デモライザーモデル 47：1 サイクル 3.8 リットルまで。(約 2 時間半)

およその大きさ

奥行 49×幅 33×高さ 31cm、重さ 16kg

必要な設備

電気—115V、750W、60Hz

特徴とオプション

Thermal Waste Technologies 社は 廃棄物収納缶、ラベル、運転日誌、廃棄物収納缶を除去する磁石、壁掛け式の張り出し棚、鋭利損傷物コンテナ用じょうごも、提供している。

商品化の段階

十分に商品化されている。

受け入れ状況

45 の州の特定地域で認可または承認されており、その他の州でも承認を検討中である。

およそのコスト

およその初期投資額は、約 4000 ドル；鋭利損傷物用および軟質廃棄物用缶はそれぞれ約 4.25 ドルである。

販売業者の連絡先

Thermal Waste Technologies, Inc., 19 Stony Road, Bethel, CT 06801; 電話 888-336-6549 または 203-778-2210 ; ファクス 203-778-3114

注意：HCWH は特定のいかなる技術や会社をも、支持するものではない。この技術は非焼却技術の一例として挙げているだけである。常に製造元に問い合わせ最新で詳細なデータをチェックすること。

A 注 1 : データは KC Mediwaste 社の提供による。

A 注 2 : 製造元のカタログと、KC Mediwaste 社によって 1997 年から 2000 年にかけて提供された、技術的な質問事項に対する回答として得られた技術的データに基づく。また、テキサス州の Mercy Health Center に導入された当該技術の地域評価、および Keith Cox との個人的なコミュニケーションにも基づいている。

A 注 3 : “Bacterial Emission sample testing from the Demolizer System Medical Waste Treatment System,” Valley Medical Laboratory, Springfield, MA, 1998.

A 注 4 : “USEPA Regulatory Requirement Levels for Heavy Metal Concentration: Demolizer System” Leberco Testing, Inc., Roselle Park, NJ, August 2, 1993.

A 注 6 : “Efficacy Testing of the Demolizer system medical waste treatment system,” Leberco Testing, Inc., Roselle Park, NJ, November 10, 1992.

A 注 7 : “Certificate of Analysis,” AMA Laboratories, New City, NY, August 25, 1989.

A 注 8 : “Efficacy of the Demolizer System on Hepadana Virus(Duck Hepatitis Virus), “tests conducted by Dr.Patricia Marion, Division of Infectious Diseases, Stanford University School of Medicine, November 9, 1992.

A 注 9 : DOCC 社(後に TWT 社となる)により、1995 年から 1999 年 11 月にかけて提供されたカタログおよび技術的データ、および Jon Bricken との個人的なコミュニケーションに基づく。

A—第8章 化学的処理技術：塩素系と非塩素系処理システム (A版 p.61～)

E—第7章 化学的処理技術 (E版 p.28～)

病院やその他の医療施設では、再使用する器具の殺菌や一般的な表面の消毒などの目的のために、何十年にもわたって日常的に薬剤を使用している。医療廃棄物処理については、主要な課題は、適切な水準の消毒を行うために、十分な濃度の薬剤を十分な暴露時間の間、感染性廃棄物と確実に接触させることができるかということである。一般的に、化学的処理の消毒技術は、この接触と暴露の問題を解決するために内部粉碎と混合を行う。化学的処理技術は、適切な濃度に保つために、揮発、分解、廃棄物の表面への吸着、微生物との相互作用などを通して失われる化学物質を補充できるようなものでなければならない。その他には、pH、温度、消毒過程に関与するかもしれないほかの化学物質の存在などの要因を検討しなければならない。

化学物質の性質によっては、大気への濃縮や皮膚接触を通しての作業員への職業上の暴露が課題となる。多くの化学的処理系技術では、かなりの量の廃液や廃水を下水道に流すので、排水規制に従わなければならない。さらに、そのような排水が長期的に環境へどのような影響をあたえる可能性があるのかを見極めることも重要である。

以前は、塩素と次亜塩素酸塩が幅広い種類の微生物を不活化させることから、医療廃棄物を取り扱うための化学的消毒剤として、塩素系のものがよく使われていた。次亜塩素酸ナトリウム溶液は定期的に使われていた。最近では、ペルオキシ酢酸（過酢酸とも言われる）やグルタルアルデヒド、水酸化ナトリウム、オゾンガス、酸化カルシウムなど非塩素系消毒剤が販売されるようになり、医療器具の消毒によく使われているものもある。

<E版記述挿入【 】内>

【この章の技術は、塩素系と非塩素系の技術に分けられる。このように分ける理由の一つとしては、近年になって、塩素及び次亜塩素酸塩の大量使用（例えばパルプ・紙産業のように）に伴う、少量の有害副産物に関する懸念が問題提起されてきたからである。この問題が、医療廃棄物に対する化学的処理についても存在するか否かに関する研究が、現在のところ行われていないことは確かである。しかし、次亜塩素酸塩及び有機物との反応が、有害なトリハロメタン、ハロ酢酸及び塩素化した芳香族化合物を生成すると考えられている。】

扱われる廃棄物の種類

化学的処理技術で処理されることが多い廃棄物には次のようなものがある。培養物と株

(cultures and stocks)、鋭利損傷物、血液や体液などを含む人間や動物の廃棄物（技術によっては、廃棄物の一定の割合までに限られることもある。）、隔離室・外科手術の廃棄物 (isolation and surgery waste)、実験廃棄物（化学系廃棄物は除く）、看護に使用された柔らかな廃棄物（ガーゼ、包帯、無菌布、ガウン、シーツや毛布など）である。人体の解剖起因廃棄物については、倫理的、法的、文化的、あるいはその他の観点から、化学的処理システムの処理から除外されることがある。

揮発性・半揮発性の有機化合物、化学療法の廃棄物、水銀、その他の有害な化学系廃棄物、放射性廃棄物は、化学処理ユニットの中で取り扱うべきではない。大きな金属片は内部シュレッターに損傷を与える可能性がある。

排出と廃棄物の残留物

化学的処理技術ではたいてい粉碎が必要なので、エアロゾル（訳者注：大気中に浮遊している固体および液体）の生成により病原体が放出されることが懸念される。化学的処理技術は、通常は閉鎖系システムとして、あるいは HEPA やその他のフィルターを通して排気されるような陰圧下で行われる。これらの安全対策に妥協があってはならない。消毒剤の逸散排出、事故による漏洩や保管容器からの漏出、処理ユニットからの放出、処理された廃棄物からの揮発や廃液など、作業員の職業上の暴露についても課題がある。消毒剤は濃縮した形で保管することもよくあるが、その場合には危険性が高まる。米国国立労働安全衛生研究所(NIOSH)の研究によると、作業員の個人的な空間や機械的・化学的処理施設での作業場からは、米国労働安全衛生庁(OSHA)の設定する許容暴露基準を超える揮発性有機化合物(VOC)は検出されていない。処理施設の中でもっとも濃度の高い揮発性有機化合物はエタノールで、4732mg/m³であった。

微生物不活性化

微生物の化学的処理に対する抵抗はさまざまである。もっとも抵抗が弱いのは、増殖期のバクテリア(vegetative bacteria)、増殖期の菌類 (vegetative fungi)、孢子(fungal spores)、脂質親和性ウイルス(lipophilic viruses) である。もう少し抵抗力の高いものとしては、親水性ウイルス(hydrophilic viruses)、マイコバクテリウム、*B.stearothermophilus* のような細菌の芽胞がある。微生物不活性試験は、その技術が通常運用される化学物質の濃度と処理状態で、少なくとも *B.stearothermophilus* 芽胞の 10⁴以上の殺菌力を示すように実施されなければならない。

利点と欠点

化学的処理技術には次のような利点がある。

- ◆ 次亜塩素酸ナトリウムを使う技術は 1980 年代初頭から利用されており、長期にわたる

実績がある。処理過程が十分に理解されている。

- ◆ 技術が十分に自動化されており、使いやすい。
- ◆ 廃液は一般的に下水道に排水することができる。
- ◆ 燃焼による副生成物が発生しない。
- ◆ シュレッダーを利用する処理技術では、廃棄物が認識できないような形になる。

欠点としては次のようなものがある。

- ◆ 大規模な塩素と次亜塩素酸塩のシステムからの廃水に含まれる有害な副生成物について懸念が残る。
- ◆ 化学物質の有害性は、化学的処理システムに常に潜在する問題である。
- ◆ 有害な化学物質が廃棄物に混入している場合には、その有害な化学物質が大気や排水に放出されたり、そのまま残って埋立地の土壌を汚染したり、消毒剤と反応して別の有害な、あるいは有害ではないかもしれない化学物質を発生させたりする可能性がある。
- ◆ 粉砕過程などで発生する騒音レベルが高いことがある。
- ◆ 化学的処理機材の周辺で不快な臭気が発生することがある。
- ◆ 大きく、硬い金属片が廃棄物にまざった場合には、シュレッダーのような機械に損傷を与えることがある。

その他の考慮事項

化学的処理システムを選択するときに考慮すべきこととして以下のような点がある。

- ◆ 繰り返しとなるが、化学的処理過程から有害物質を取り除くことができるように、効果的な廃棄物の分別が確実に実施されるようにする。
- ◆ 最低限でも、OSHA の許容暴露基準を超えないように、作業場の化学物質濃度を監視する。
- ◆ 化学的・生物学的指標検査、(化学物質濃度など) 処理のパラメーター、予防保全活動、定期的な検査の記録をとる。
- ◆ 臭気および空気中の化学物質濃度を下げするために十分に換気を行う。
- ◆ 緊急用の洗浄ホース、シャワー、目の洗浄場所、化学物質暴露事故に対応できる救急箱を用意する。作業者は化学物質からの防護ゴーグル、手袋、エプロン、使用されている化学物質によって引き起こされる緊急事態に対応できるような個人用呼吸装置などその他の個人的な保護用品を用意しておくべきである。
- ◆ 粉砕過程の騒音が大きすぎるのであれば、作業者に聴覚保護具を用意する。
- ◆ 処理技術の製造者に消毒剤と廃棄物に不注意で混入する可能性のある化学物質とで起こりうる反応について尋ねる。それが処理過程にどのように影響を与えるか、発生する可能性のある有害化学物質はどのようなものか、どういった緊急対応が必要で、ど

のように緊急事態を避けられるかを調べておく。

- ◆ 処理施設は、(特定の「報告基準」を超えた場合) 化学物質の漏洩について法定の規制当局に報告しなければならない。
- ◆ 次のような訓練を作業者にを行う。化学的処理システムの基本的な理解、作業手順の標準、労働安全衛生 (MSDS (化学物質の性状・取扱いに関する情報)、毒性、暴露基準、人間工学、適切な廃棄物処理技術、個人的な保護具など)、記録のとり方、ユニットの中で処理してはならない廃棄物の特定の仕方、技術的な問題の見分け方、定期的なメンテナンスのスケジュール、危機管理計画 (たとえば、有害化学物質の漏洩の際にどのような対応をおこなうべきか) である。

塩素系処理システム

次亜塩素酸ナトリウム(NaOCl)は、医療機関で一般的に使用される消毒剤であるが、塩素を水酸化ナトリウムと水に反応させて生成される。家庭用漂白剤には、3-6%程度の次亜塩素酸ナトリウムが含まれている。バクテリア、真菌、ウイルスを不活性化させ、臭いを抑える効果がある。飲料水やプール、下水処理の消毒剤として多く使用されている。当然のことながら、医療廃棄物を処理する際にも、よく使われる化学的消毒剤の一つである。

理想的な条件下では、次亜塩素酸ナトリウムは分解され塩になる。しかし、近年では、製紙産業のように、塩素と次亜塩素酸塩を大量に使用すると、少量ではあるが有毒な副生成物が生成されると懸念される。医療廃棄物の化学的処理施設の下流で、同様の問題が起こっているかどうかを解明した研究はまだなされていないようである。しかしながら、塩素・次亜塩素酸塩と有機物が反応すると、有害なトリハロメタン、ハロ酢酸、塩素化芳香族化合物を発生させると考えられている。さらに、漂白された紙製品、塩素と次亜塩素酸塩の漂白を利用するパルプ・製紙工場から排出される廃棄物、それらの工場の下流の水性生態系からダイオキシンが検出されている。塩素が水中のアンモニアと反応すると有害なクロラミンが排出されることがある。

二酸化塩素(ClO_2) ClO_2 は、紙パルプ産業、地方自治体の廃水処理、食品産業などで次亜塩素酸塩の代替として提案されている物質だ。大気中の二酸化塩素は、分解されると有害な塩素ガスと熱になる不安定なガスである。その不安定な性質のため、亜塩素酸ナトリウムや塩素酸ナトリウム、あるいは電気化学的を使用する場所で、発生したり、使用されたりする。希釈された水溶液の状態では安定性がある。塩素や次亜塩素酸塩と同様に、二酸化塩素は強い殺傷剤である。環境の観点から重要なことは、二酸化塩素が分解されると食塩になる亜塩素酸イオンを生成するのは利点と言える。アンモニアやアルコール、芳香族化合物など多くの有機化合物は、二酸化塩素とただちに反応するわけではないので、トリハロメタン、ハロ酢酸、ダイオキシンやそのほかの塩素系の副生成物が著しく削減される

と指摘されている。二酸化塩素については、安全上の問題が考慮されなければならない。

どちらの化学物質も注意深く取り扱わねばならない。次亜塩素酸ナトリウムは、気道、皮膚、目に刺激を与えることがある。呼吸や心臓に病気がある人は、次亜塩素酸塩の健康への害について、特に影響を受けやすい。OSHA の許容暴露規制は 0.5ppm(時間加重平均)である。部分的な排気が重要である。作業環境の濃度が OSHA の規制を超えるならば、酸性ガスのカートリッジ付の顔全体を覆うような呼吸装置や陽圧空気を供給する呼吸装置が必要となる。二酸化塩素はすぐに水に溶ける有毒なガスである。最大推奨限度は 0.1ppm(8 時間平均)である。作業環境の濃度がそれより高ければ、自給式呼吸器が必要であり、適切な換気も重要である。作業員は、投入する化学物質も有害なのであるから、使用に伴い二酸化塩素を発生させるような化学物質については、MSDS を調べておくべきである。

以下に述べる技術では、消毒剤として次亜塩素酸塩か二酸化塩素を使用するものである。

塩素系処理技術の解説 (A-p 63)

Circle Medical Products 社 (旧メディカル・セーフ・TEC 社) (A 注 1) は、1985 年からシュレッダー化学消毒システムを製造している。MST300 のような旧モデルは、新モデルである LFB12-5 に置き換えられた。この技術では、病原体を破壊するために次亜塩素酸ナトリウムを用いている。医療廃棄物はベルトコンベヤに置かれ、陰圧のシステムに運ばれて、次亜塩素酸溶液に浸される。それから、3つの部屋を持つ高速ハンマーミルで粉々に粉碎される。粉々のとなった廃棄物は、ハンマーミルから加圧タンクに送られ、一定の圧力の下で、攪拌器によって飽和させる。高圧になると次亜塩素酸ナトリウムがよくしみ込み、殺菌レベルが高くなる。余分な水分を取り除き、処理廃棄物の重量を減らすために、廃棄物は成型機(extruder)に投入され、大型ゴミ容器や圧縮機などのオンサイト廃棄物容器にオーガー(is augered)される。完全に処理過程が終わるまでに約 5 分間かかる。主な構成は、コンベア、高速ハンマーミル、次亜塩素酸ナトリウム注入システム、加圧殺菌タンク、オーガー・システム、HEPA フィルター、制御機器がある。処理スピードは、最大 1 時間あたり 1.4t である。LFB 12-5 の価格は約 29 万 5 千ドルである。(Circle Medical Products, Inc., 3950 Culligan Avenue #D, Indianapolis, IN46218; Ph. 317-541-8080)

MedWaste Technologies Corporation 社 (A 注 2) は、消毒剤として次亜塩素酸ナトリウムを使った移動式医療廃棄物処理機を開発した。廃棄物はシュレッダーにかけられ、化学薬品で処理される。移動式機材を病院まで車で運び、その場で感染性廃棄物を処理してから、通常の廃棄物として病院の廃棄物処理容器に捨て、廃棄処理することができる。現在さまざまな州で認可を申請中で医療機関にサービスを提供している。(MedWaste Technologies Corporation 6830 N. Eldridge Parkway, Building 110, Houston, TX 77041; Ph.

713-849-5480; Fax 713-849-9774; www.medwastetech.com)

Encore 社 (A 注 3) は、二酸化塩素を使った化学処理と、業務用シュレッダーと造粒器とを組み合わせている。独自の生成過程により、二酸化塩素をその場で作りだす。Encore の機材では、1 時間あたり 1.1t から 1.4t の処理ができる。テキサス州の地域処理センターである Medical Compliance Service によって採用されている技術である。(Medical Compliance Service, Ph. 800-274-4627)

(E- p 29)

Newster

Newster とは、中小規模の病院向けに設計された機械である。その技術は廃棄物を殺菌するために熱処理と化学的処理工程を組み合わせたものである。

閉鎖された殺菌容器の中で、刃のついた強力な回転機が廃棄物を衝撃と摩擦により攪拌、分解、加熱する。廃棄物には 14%–15%の NaClO が撒布される。温度が事前に決められた 150°C に達すると、大量の廃棄物に水が自動的に短時間撒布され、温度が約 2 分間 150°C 以上で維持される。

この工程の間、高温がプラスチック素材を溶かし、廃棄物は均一の灰褐色の、平均 2–3mm の顆粒状態に変形する。

次に、処理された廃棄物は 95°C まで温度を下げられ、その時点で工程は完了し、殺菌済の廃棄物は自動的に排出される。工程全体で約 20 分かかる。

廃液の蒸発により発生した蒸気は、殺菌槽に接続されたカラムの中の、次亜塩素酸ナトリウムを含む水の流れに吸収される。このシステムで発生した熱を発散させるため、水の一部は主供給源から新たに供給される水と連続的に交換される。過剰な水と濃縮できないガスは下水に放流される。

塩素系殺菌剤の使用は、浄化された廃棄物中に塩素が残留するリスク及び新たな有害塩素系化合物（即ち、トリハロメタン）の生成の原因になる可能性がある。

規模：370 t /a.

投資額：85,000EUR.

技術情報：温度：95–155°C；暴露時間：25 分；1 サイクルの NaClO 使用量：0.3–0.5kg.

商業化の段階：商業化済み。

販売元の連絡先： Multiservice First s.r.l.; Via dei Boschetti 58/A, 47893 Borgo Maggiore, Republic of San Marino; tel.: +378 0549 907 222, fax +378 0549 907223, First@omniway.sm, www.tradecenter.sm.newster/

非塩素系処理技術

非塩素系処理過程は、オゾンのようなガス、アルカリのような液体、酸化カルシウムのような粉末まで、使用するシステムによって全く異なる。オゾンのように廃棄物を物理的に変容させないものもあれば、化学反応によって化学的・物理的特性を変えるものもある。非塩素系処理には、ダイオキシンやその他の有害な塩素系副生成物を生じさせないという利点がある。しかし、薬剤の処方が特許となっておりものもある。そのような場合は、処理施設は微生物不活性化や、環境への排出、作業場の危険などに関する化学物質について販売会社にデータを要求しなければならない。

石灰や生石灰とも呼ばれる酸化カルシウムは、白色あるいは灰色の臭いのない粉末で、石灰岩を熱して生成される。ガラスの原材料や砂糖の精製、土壌処理だけでなく、薬品の成分、硬水軟化剤、セメントとしてなど、多様な方法で使用される。水と反応して、水酸化カルシウムを形成し、目や気道上部に刺激感を与えることがある。NIOSH の推奨暴露限界は 2 mg/m^3 である。

オゾンは、酸素原子を通常の 2 個(O_2)ではなく 3 個(O_3)含んでいる酸化剤である。微量のオゾンは、太陽や時には落雷によって生成される。オゾンは、スモッグの成分であると同時に、地球の周りに保護層を作っている。非常に反応しやすいため、容易に分解され、より安定的な O_2 の形に戻ろうとする。オゾンは飲料水の処理、工場や市町村の排水処理、臭気抑制、空気清浄化、農業、食品加工などに使用されている。オゾンは、目、鼻、気道に刺激感を与えることがある。作業場の大気は、NIOSH によれば、オゾンを 0.1 ppm 以上含んでいてはならないとされている。

ナトリウムや水酸化カリウムなどのアルカリまたは腐食剤は、非常に腐食性が高い。化学薬品製造、pH 管理、石けんの製造、洗剤、繊維加工など、そのほかにも幅広い目的で使用されている。固形またはペレットのアルカリは、水と強く反応し、放熱する。金属を含むさまざまな化学物質と接触すると、発火する。高濃度のアルカリ溶液では、永久的な瘢痕が残ったり、失明をするだけでなく、時には死に至ることもある。アルカリのエアゾルは肺を損傷する可能性がある。暴露制限は 2 mg/m^3 である。

過酢酸（ペルオキシ酢酸）は、医療器具の表面の殺菌に使用され、病院の実験室、備品

室、治療室でよく見かける。皮膚、目、粘膜に強い刺激を与え、継続した経皮膚摂取は、肝臓、腎臓、心臓に病気を起こす可能性がある。皮膚への直接接触や蒸気への暴露は制限されるべきである。過酢酸は最終的には酢酸水溶液（酢）に分解する。

非塩素系技術で処理できる廃棄物の種類は、具体的な技術や使用される消毒剤によって異なる。たとえば、アルカリ加水分解は特に細胞組織の廃棄物、動物の死体、解剖された部分、血液、体液などの処理に適している。アルデヒド、定着剤、細胞毒性薬を破壊することもできる。過酢酸を利用する技術で、破砕機を備えているものであれば、鋭利損傷物、ガラス製品、実験廃棄物、血液、その他の体液、培養物（cultures）、その他の汚染されたものを処理することができる。

非塩素系技術の解説

Steris EcoCycle10（A注4）は、少量の廃棄物処理するためのコンパクトなシステムで、廃棄物の発生場所あるいはその近くで使用できる。注射器、注射針、ガラス製品、実験廃棄物、血液、その他の体液、標本、培養物（cultures）、その他の汚染廃棄物を含む廃棄物を、10分毎に2.3kg～3.6kg処理できる。廃棄物は発生場所で、運搬用の処理箱に集められる。いっぱいになると、箱はオプションの容器を使って運ばれる。専用容器入りの過酢酸を利用した除染剤を箱に入れる。（廃棄物の中にどれくらいの液体があるかによって、特定の公式が使われる。）処理が始まると、廃棄物は粉碎され、除染剤の容器も壊れ、除染剤が出て、10～12分間で化学的に消毒を行う。エアロゾル化した病原体が広がるのを防ぐために、蓋には交換式のHEPAフィルターを使用している。処理過程の最後には、チルト・ブラケットの上に箱を置いて、内容物はプラスチックの袋がついた液体選別ユニットに廃棄される。廃棄物をすすぐために水が使われる。廃液は下水に排水される前に濾され、プラスチックの袋の中に残った廃棄物は、通常の廃棄物として廃棄される。除染による副生成物は酢酸と過酸化水素で、最終的には薄い酢に分解される。*B.subtilis*、*Staphylococcus*、*Pseudomonas aeruginosa*、MS-2バクテリオファージ、*Mycobacterium bovis*、ポリオウイルス、*Aspergillus fumigatus*、*Canadian albicans*、*Giardia muris*を含む13種類の微生物について、微生物不活化試験¹では6ないし8 log₁₀ killを示している（A注5）。Steris社では、二種類の除染剤を販売している。一つは、主に有機的負荷が低い固形廃棄物に使用されるSTERI-SWで、もう一つは液体を多く含み、有機的負荷が高い廃棄物に使用されるSTERI-LWである。EcoCycle10の機材は、幅1.2m、奥行0.78m、高さ1.3mで、電源（208V、単相、30A）、水（40-100psi、1サイクルで5.7リットル）、そして排水溝を必要とする。Steris社が受注製造を行っており、約2万ドルで販売している。（Steris Corporation, 5960 Heisley Road, Mentor OH 44060; Ph. 800-548-4873 または 440-354-2600; Fax 440-639-4450; www.steris.com）

Waste Reduction By Waste Reduction Inc. (A 注6)あるいは **WR²**では、アルカリによる分解過程により、動物・微生物の組織を、中性の除染された水溶液に変化させる。**WR²**では、高温でのアルカリ加水分解を処理に用いる。アルカリは、組織の中の定着剤やホルムアルデヒドやグルタルアルデヒドを含むさまざまな有害な化学物質を破壊する (A 注7)。「Tissue Digester」組織消化機は、絶縁された蒸気ジャケットがある、ステンレス鋼のタンクで、残った骨や貝殻用のカゴもついている。廃棄物が密閉されたタンクに投入されたら、タンクに入っている組織の分量に応じたアルカリを水と一緒に加える。そして、通常、華氏 230 度から 260 度 (摂氏 110 度から 127 度) で熱するが、かき混ぜている間には華氏 300 度 (摂氏 150 度) まで温度が上がることもある。タンクは 100psia とみなされるが、70psia で操業される。アルカリの量や温度によって変わるが、分解時間は6-8時間程度である。この技術では、医療施設から排出される全ての廃棄物を取り扱うことはできず、処理できるのは解剖された部位を含む細胞組織の廃棄物、器官、胎盤、血液、体液、標本、分解性のある袋、(Isolyser's Ores や Enviroguard のような) 分解性のある布だけである。

WR²は、化学療法の廃棄物を扱える、非焼却の代替的な技術である。米国 EPA によって有害な廃棄物としてリストに上げられている全ての抗癌薬が、高温のアルカリ水溶液で破壊される。他の抗癌剤、特にナイトロジェン・マスタードを用いたアルキル化剤のようなものについては、アルカリ加水分解で分解することもできるが、廃棄物に含まれる具体的な化学療法剤がこの技術で確実に破壊されるかを施設では販売会社と規制当局に確認すべきである。

他の種類の廃棄物については、熱アルカリによって環境的な悪影響をなくして破棄することができるが示されていない限り、処理されるべきではない。(放射性核種と表示された動物の死体は **WR²**を使って処理することができる。たとえば、¹²⁵I や ¹³¹I の場合、**WR²**での処理のあとには、放射性ヨウ素は白骨からは検出されないが、分解と洗浄では分散されている (A 注8)。一般的に、低レベルの短半減期放射性核種を含む低レベル放射性水溶液廃棄物は、「減衰させるための保管 (通常は半減期の 10 倍の間、安全な保管地域においておく)」を行うことができる。他の連邦あるいは地域の許可や規制条件が適用されるかもしれない。長半減期の高レベルの放射性廃棄物は下水道に排出されてはならず、承認された放射性廃棄物処分場に移動させるべきである。

WR²の処理に伴う副生成物は生分解性である。骨や歯のミネラル分 (粉碎して無菌骨粉 (sterile bone meal として再生される) やペプチド鎖、アミノ酸、砂糖、石けん、塩の水溶液だ。処理施設は地域の市町村にアルカリ液廃棄物を下水道に排水してもよいことを確認

すべきである。過剰な水酸化物で廃棄物が pH12.5 以上になった場合には、有害廃棄物として分類されるであろう。陶磁器、ステンレスのカテーテルや針、ゴムのようなものは、アルカリ加水分解によっては影響を受けないので、処理後に回収されるカゴの中に残っている。微生物不活化試験（A 注 9）では、次の微生物について 99.9%以上の殺菌率を示している²。 *Aspergillus fumigatus*, *B.subtilis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Giardia* 嚢胞、*Mycobacterium bovis*, *BCG*, *Giardia muris*, *MS-2* バクテリオファージ, *Staphylococcus aureus*, *Mycobacterium fortuitum*, *Canadian albicans*。処理過程では、タンパク質を加水分解するので、プリオンが原形をとどめたまま生き残ることができないと考えられている（A 注 10）。海綿状脳症（例：狂牛病）に関する懸念が大きくなる中で、動物の死体を扱うときには、この点を検証することは重要であろう。

処理過程は自動化されていて、処理する間は無人でよい設計となっている。処理の範囲は、19～568 リットルあるいはそれ以上で、計量システム、文書管理のためのチャート記録機、電熱器が含まれることもある。標準的なサイズの病院用のモデルは、それぞれ 36kg、90kg を処理する 100-18-20 と 100-30-26 である。WR² は最近ヨーロッパ支社を開き、上述の蒸気処理システムを利用する Sterile Technologies Industries を買収した。(Waste Reduction by Waste Reduction, Inc., 5711 W.Minnesota Street, Indianapolis, IN 46241; Ph.317-484-4200; Fax 317-484-4201; www.wr2.net; wr2@wr2.net)

Lynntech 社（A 注 11）は、除染剤としてオゾンを使う技術を開発した。オゾンは強い酸化剤で、微生物を破壊し、酸素原子に変化する。リンテック社のシステムでは医療廃棄物を低速・高回転力のシュレッダー付の処理箱に入れる。電気化学オゾン製造機で、加圧下で水を原料として、18wt%もの濃度で一日あたり 5 ポンドのオゾンが生成される。水は貯水部と室温でオゾンと酸素を作りだす電気化学セルの間を循環する。100kg の粉碎された医療廃棄物を 4 時間、約 14wt%のオゾンに暴露させると、*B.subtilis* の内生孢子が 4 log の削減がされる。テキサス州のラックランド空軍基地で 3 週間、パイロット規模の機材が試用された。この技術は移動可能な消毒システムとして使うことができる。オゾン化技術は、医療器具や汚染された地下水処理など他の用途にも応用できる。デモ機材では、220-518 ポンド（100-235kg）をバッチ処理することができる。(Lynntech, Inc., 7610 Eastmark Drive, Suite 105, College Station, TX77840; Ph.409-693-0017; Fax 409-764-7479)

MCM Environmental Technologies 社（A 注 12）は、ステリメッドという、食洗機/乾燥機ぐらいの大きさで、粉碎と混合、独自の消毒剤を使用した消毒を行う小型で自動化されたシステムを開発した。販売会社によると、ステリシッドという独自の消毒剤は廃棄物の臭気を取り除き、90%は生分解性がある。すべての独自の処方については、処理施設は排出物と可能性のある労働災害について尋ねなければならない。MCM 環境技術社の製品の試

験 (A 注 13) では、12 分間 0.5%のステリシッドに暴露させると、*B.subtilis*, *S.aureus*, *C.albicans*, *Aspergillus niger*, *M.phlei*, *M.bovis var BCG*, *P.aeruginosa*, *E.aerones*, *Giardia* 嚢胞が、ポロウィルス・タイプ 2 について、さまざまな暴露時間で、6Log10kill 以上の殺菌がされるという結果が出ている。ステリメッドは、15 分周期で 20 ガロン (75 リットル) まで処理する。ステリメッドは、ニューヨークとその他 23 州で代替技術として承認を受けていると報告されている。ミズリー州のセントルイスにあるガンプロ医療施設に試験施設 (A 注 14) がある。(MCM Environmental Technologies, Moledet, M.P. Gilboa 19130 Israel; Ph 972-6-653-1104)

Matrix (A 注 15) は消毒剤を使用し、廃棄物を除染、脱臭する大規模な処理システムである。消毒剤自体は水、粘土、炭酸塩に変容する。廃棄物はシュレッダーにかけられ、不活性で一定の形を持たない固形物に変わる。運用コストは低いと報告されている。(Matrix Technology Pty. Ltd., P.O. Box 1213, Cairns, Queensland, Australia 4870; Ph. 617-40512955; Fax 617-40518709; www.iig.com.au/matrix)

MMT3000 (A 注 16) は、コールド・スターという酸化カルシウムをベースにした無機質の粉末を使った化学的消毒に、独自の水平シュレッダーによる物理的な破壊を組み合わせた、粉末化学薬品による処理技術である。微生物不活性化試験 (A 注 17) では、*B.subtilis* と *B.stearothermophilus* について 6log₁₀kill 以上の殺菌力を示している。廃棄物を粉碎して、化学薬剤と少量の水を加える。処理には 6 分かかるが、廃液は排出されない。機材は、以前は Medical Material & Technology 社によって販売されていたが、現在は Positive Impact Waste Solutions 社によって販売されている。(4110 Rice Dryer Boulevard, Pearland, TX 77581; Ph. 281-421-9991; Fax 281-997-1007)

Premier Medical Technology (PMT)社 (A 注 18) は、物理的な破壊と独自の粉末薬剤を組み合わせたシステムを開発した。PMT の委託により行われた研究 (A 注 19) では、この薬剤が *B.subtilis* と *B.stearothermophilus* (6log₁₀kill 以上)、HIV (5log₁₀kill)、アヒル B 型肝炎ウイルス、*Mycobacterium chelonae*, *Stapylococcus aureus*, *Psuedomonas cepacea* や水疱性口内炎ウイルスを不活性化させることを示している。じょうご状の投入部に入れられた医療廃棄物は高トルク切断・粉碎処理を経て、無機質の消毒剤の粉末と混ぜられる。混合物は高速シュレッダーに進み、廃棄物圧縮機に送られる。主要構成部には、廃棄物計測・投入システム、切断部品 2 つ、混合オーガー 2 つ、計測・投入サブシステム、水系サブシステム、廃棄物前処理、大気ろ過装置、制御装置がある。この機材には、1 時間あたり 270 から 410kg の処理能力があり、水と電源(460V、3-phase、150A)の供給が必要である。(Premier Medical Technology, Inc., 525 North Sam Houston Parkway East, Houston, TX 77060; Ph.281-448-2399)

Delphi Research 社 (A 注 20) は、有害・放射性廃棄物と同様に医療廃棄物を処理する MEDETOX という電極触媒湿式酸化処理システムを開発している。このシステムでは、特許で保護された組み合わせである、金属触媒と共触媒を希釈した酸性溶液に溶解して均質にしたものを用いる。廃棄物が反応器に入れられると、有機物質が溶液の中で酸化される。多くの金属は溶けて濃縮し、回収されるものもある。(Delphi Research, Inc., 710 Hains Avenue NW, Albuquerque, NM 87102; Ph. 505-292-9315)

CerOx Corporation 社 (A 注 21) は、セリウムという金属触媒を酸性溶液に入れて、反応器で有機廃棄物を酸化させる電気化学的酸化触媒技術を開発している。この技術は、細胞毒性のある廃棄物、医薬品、アルコール、塩素系溶剤、ダイオキシン、PCB、殺虫剤、低レベル放射性廃棄物、その他の有機物を破壊するために開発されている。(CerOx Corporation, 760 San Aleso Avenue, Sunnyvale, CA 94086; Ph. 408-744-9180; www.cerox.com)

WR2 (A 注 22)

説明は上述参照。

機種

処理能力

小： Model#100-18-20 : 50 ポンド (23kg)

中： Model#100-30-26 : 200 ポンド (91kg) ; #100-48-32 : 750 ポンド (340kg)

大： Model#100-48-52 : 1,500 ポンド (682kg) ; #100-72-52 : 3,000 ポンド (1,364kg) ; #100-96-68 : 7,000 ポンド (3,200kg)

サイズ (管の直径と高さ、蓋の持ち上げ部は含まない。)

Model#100-18-20 18×20 インチ (45×50cm) 直径×高さ; #100-30-26 30×26 インチ (76×66cm) ; #100-48-32 48×32 インチ (120×81cm) ; #100-48-52 48×52 インチ (120×130cm) ; #100-72-52 72×52 インチ (180×130cm) ; #100-96-68 96×68 インチ (240×170cm)

消費電力

Model#100-18-20 0.104kWh (廃棄物 1 ポンド : 0.45kg あたり) ; #100-30-26 0.041; #100-48-32 0.011; #100-48-52 0.005; #100-72-52 0.005; #100-96-68 0.002

導入のための必要設備

蒸気の供給、電気、給湯設備、防水堤・床ドレーン、目の洗浄と化学シャワー場、個人用保護具の棚、化学薬品保管タンクの設置場所

特徴とオプション

WR 2 の付属品には、プロセッシング・バスケット、カゴ巻き上げ機、油圧式蓋閉めシステム、全自動制御システム、処理カート、台車、溶解プロセッシング・バッグ、アルカリがある。遠隔コンピュータ監視も可能である。

商品化の段階

すでに商品化されている。

費用の概算

不明

販売元の連絡先

Waste Reduction by Waste Reduction, Inc., 5711 W. Minesota Street, Indianapolis, IN 46241; Ph. 317-484-4200; Fax 317-484-4201; www.wr2.net

注 : Health Care Without Harm は特定の技術や企業を保証するものではない。これらの技術は、非焼却処理技術の玲として紹介したものである。最新で正確なデータや性能は販売会社に必ず確認されたい。

その他の処理システム

消毒剤としてだけでなく、凝固剤としてあるいは廃棄物を密閉するために化学化合物を用いている技術はこの報告書では紹介していない。たとえば、液状の医療廃棄物と吸引缶の処理に使用するもので、OBF Industries 社 (Downers Grove, IL) の Premicide、Premisorb、Canister Express や Solidifier、あるいは液体・アルデヒド・X 線廃棄物をそれぞれ処理するもので、Isolyser 社 (Norcross, GA) が製造する LTS Plus、ALDEX や Raysorb などがある。封緘剤の中には、廃棄物を消毒するための抗菌剤を入れた、即効性のあるアクリル系やエポキシ樹脂系のポリマーを使っているものもある。大部分は、有毒ではなく生物学的に有毒な廃液を非有毒物質に変えて削減すると主張している。

抗菌作用のある化学消毒剤はどのようなものでも殺虫剤・殺菌剤・殺鼠剤法(FIFRA)の下、EPA に登録されなければならない。最近、カリフォルニア州では、ある液体処理システムの承認を取り消した。*Bacillus* (桿菌) 芽胞について 100%の血清溶液で 4 log₁₀ の殺菌力という能力に疑問があったからだ。他のケースでは、EPA は殺菌効果 (A 注 23) について

立証されていないとして、凝固剤と液体吸収剤を製造する会社に罰則を適用した。

処理施設は、凝固処理された廃棄物が本当に殺菌され、有害ではなくなっているという主張を確かめるために、微生物不活化試験、TCLP、毒性試験、職業暴露試験、などの結果を請求して、注意深く検討するべきである。液状医療廃棄物に含まれる有機物は、抗菌効果を弱めるので、殺菌試験は100%の血清を製品のラベルに指示された濃度に希釈し行うべきだ。処理施設で凝固剤や消毒剤自体が危険なものか、処理後の密閉された廃棄物を埋め立て処理できるのかは製造元から情報を得た上で決めなければいけない。密閉することを医療廃棄物の処理方法として認めていない州もある。

.....

A注1：販売元の資料およびメディカル・セーフ・TEC、後のサークル・メディカル・プロダクツ社が1994年から2000年までに技術的質問への回答として、およびジョン・ワトソン氏との個人的なコミュニケーションによって得られた技術データに基づく。

A注2：2000年にMTCから入手した販売元のパンフレットに基づく。

A注3：1995年に入手した情報とオットリー・スミス氏とネルソン・スラヴィック氏との過去の個人的なコミュニケーションによって得られた限られた情報に基づく。

A注4：販売元のホームページ、1993年初頭にエコメド、1995年から1999年までにステリス社から入手した文書、ステリス社の社員との個人的なコミュニケーションに得られた情報に基づく。

A注5：W.L. Turnberg, *Biohazardous Waste: Risk Assessment, Policy and Management*. (New York, NY: John Wiley & Sons, Inc. 1996)

A注6：1998年から2000年までWR2によって提供された販売会社のホームページ、パンフレット、技術データ、およびゴードン・ケイ氏とジョン・ウィルソン氏との個人的なコミュニケーションによって得られた情報に基づく。

A注7：WR2のゴードン・ケイ博士によって提供されたデータ。

A注8：WR2によって提供された放射性組織の破壊についてのデータ。

A注9：G.I. Kaye, P.B. Weber, A. Evans, and R.A. Venezia, "Efficacy of Alkaline Hydrolysis as an Alternative Method for Treatment and Disposal of Infectious Animal Waste," *Contemporary Topics* (American Association for Laboratory Animal Science), 37(3), 43-46, May 1998; Dr. Edward Jarroll (Cleveland State University), "Evaluation of WR2 Model 100 Animal Tissue Digester for Inactivation of Giardia Cysts: Final Report," July 23, 1996 (WR2からレポートのコピーを入手。)

A注10：“Description of the WR2 Processes,” Waste Reduction by Waste Reduction, Inc.,

Troy, NY, August 1997.

A 注 11 : 1998 年から 2000 年にリンテック社から、およびトム・ロジャース氏との個人的なコミュニケーションから得られたデータに基づく。

A 注 12 : 2000 年販売元のホームページと文書から得た情報に基づく。

A 注 13 : R. Colodner and A. Shneor, “Sterimed’-Medical Waste Treatment System Efficacy Tests – Final Report,” Haemek Medical Center Microbiology Laboratory (Israel), 1998; S. Trask and R. Tilton, “Stericid for Sterimed Efficacy Testing,” BBI Clinical Laboratories, New Britain, CT, November 21, 1997; and E. Jarroll (Northwestern University), “Evaluation of a Medical Waste Treatment System for Inactivation of *Giardia* Cysts,” consultant’s report, 1997.

A 注 14 : S. Bander and M. Rothstein, “Sterimed beta Site-Testing Final Report,” GAMBRO Healthcare, St. Louis, MO, (nodate).

A 注 15 : 販売元のホームページの情報に基づく。

A 注 16 : 1996 年に MMT によって提供された販売資料およびポジティブ・インパクト・ウェイスト・ソリューションズ社との個人的コミュニケーションで得られた情報に基づく。

A 注 17 : W.L. Turnberg, *Biohazardous Waste: Risk Assessment, Policy and Management*. (New York, NY: John Wiley & Sons, Inc. 1996)

A 注 18 : 1993 年から 1995 年に PMT から入手した販売資料、テリー・シェルトン氏とディック・テイラー氏との過去の個人的コミュニケーションで得られた情報に基づく。

A 注 19 : Studies by Prof. Miles Cloyd, Department of Microbiology, University of Texas Medical Branch at Galveston, August 13, 1992; Dr. John Pugh, Fox Chase Cancer Center, Philadelphia, PA, May 20, 1993; Dr. Howard Gratzner, Consultants in Biotechnology, Houston, TX, October 9, 1991, May 11, 1992, and March 23, 1993

A 注 20 : デルフィ・リサーチ社から入手した技術データに基づく。

A 注 21 : 販売元のホームページに基づく。

A 注 22 : 販売元のホームページ、1998 年から 2000 年に WR 2 から入手したパンフレット、技術データ、およびゴードン・ケイ氏とジョン・ウィルソン氏との個人的なコミュニケーションで得られた情報に基づく。

A 注 23 : “In Precedent-Setting Case, Maker of ‘Antibacterial’ Hospital Products Settle with EPA,” press release, EPA Region 2, New York, November 9, 1998.

.....

<その他の処理技術：E版記述より抜粋【 】内> (E-p 31)

【本報告に含まれていない技術には、化学化合物は使用するものの、その殺菌力のためではなく、廃棄物を固化又は封じ込める性質を利用する技術がある。封じ込め剤の中には、抗菌剤を組み込んだ、即効性のアクリル又はエポキシ系ポリマーがある。それら技術の多くは、無害であり有害微生物廃液を無害化すると主張している。

これらの技術に関心のあるヘルスケア施設は、微生物不活性化効率テスト、毒性テスト、職業的暴露テストその他の結果を問い合わせるべきである。これら技術の結果、固化された廃棄物が本当に殺菌され、無害化するという主張を確認するためである。液状医療廃棄物中の有機物質が抗微生物効果を減ずる可能性があるので、殺菌テストは製品のラベルに指定してある希釈率を使用する場合、100%血清を用いて行うべきである。関心のある施設は、固化剤や消毒剤自体が有害物質であるか否か及び封じ込められた廃棄物が埋立地に処分できるか否かを確認すべきである。しかし、そのような廃棄物が「処理済み」と考えられたとしても、依然感染性がありとされ、EU法規に従い、埋め立ては認められない可能性がある。(指令 99/31/EC)】

A—第9章 照射処理、生物学的処理、その他の技術：電子ビーム、 生物学的処理、鋭利損傷物処理システム（A版 p 69～）

E—第8章 照射処理、生物学的処理、及びその他の技術（E版 p 32～）

この章では、照射や生物学的処理などを利用した技術について論じる。照射技術についての説明は電子ビーム・システムを中心に行う。医療廃棄物処理用に設計された生物学的処理システムはほとんどない。生物学的処理技術はいまだ研究開発段階にある。注射針や注射器による労働災害が医療機関では問題となっているため、廃棄鋭利損傷物の処理技術についての議論について、この章の終わりに紹介している。鋭利損傷物処理は、熱あるいは化学処理の原理に基づいて運用する小型の移動可能な機材で行われる。

照射技術

技術の概要

電磁波放射線は、原子の軌道から電子を追い出すほど強い時には、**電離放射線**といわれる。X線やガンマ線がその例である。（マイクロ波や可視光線のような、**非電離放射線**には、電子を離すほどのエネルギーはない。）電離放射線が細胞と相互作用すると、原子核の中のDNAが主な標的になる。強い電離放射線であれば、DNAを傷つけ、細胞を殺すこともある。電離放射線は、タンパク質や酵素などの細胞の中にある高分子と反応することで、いわゆるフリー・ラジカルを作りだし、更に大きなダメージを与える。電離放射線は、高速ガンマ線を発するコバルト 60 のような放射性物質を使うことで、得られる。UV-C、つまり紫外線C波(253.7nm)は、殺菌力があること、あるいは短波のUVとして知られているが、電離放射線であり、適切な条件下では細胞を破壊することもできる。UV-Cは特別のランプを用いて発生させることができ、粉砕機や他の機器からエアゾル化した病原体を不活性化させる代替的な処理技術の補助として使用されている。

電離放射線を作り出すには、「電子銃」を使って、高エネルギー電子のビームを狙いに向けて高速で発射するという方法もある。緩やかに電子が結びついた物質（これを陰極と呼ぶ）にエネルギーを与えると、電子の流れが発射される。**電子ビーム(eビーム)**は電磁場を使って焦点を合わせ、陽極と呼ばれる部分に衝突する。電子のエネルギーは電子ボルト(eV)という単位で計られ、陰極と陽極との電圧の差および電流の差によって決定される。感染性廃棄物を電子ビームの通り道に置くと、電子シャワーが化学的解離、細胞壁の破裂、DNAなどの高分子を破壊することによって、微生物を破壊する。電子ビームが廃棄物の中にある金属にあたり、X線が生じることもある。このX線も高分子に作用して、化学結合を破壊する。電子ビームは大気中の酸素をオゾンに変えるが、オゾンには消毒・脱臭作用がある。高エネルギー電子は、廃棄物を脱臭するだけでなく、X線やフリー・ラジカル、オゾンと一緒にウイルス、真菌、バクテリア、寄生虫、孢子や他の微生物を破壊する。廃棄物に

吸収された放射線は吸収線量、あるいは単に線量と呼ばれ、グレイという単位で計られる。以前はラッドという単位が良く使われた。(1グレイ=100ラッド)。適切な線量を決めるため、この技術の製造者は処理区域にあるいろいろな部品の線量をはかり、その線量を微生物不活化に必要なレベルと関連付けている。

原子力と防衛産業の製品である電子ビーム(eビーム)の技術は、2-30年ほど前から使われている。ポリマー加工やタイヤ製造、医療製品の殺菌など、他の分野でも使われている。コバルト60とは異なり、eビームの技術は放射線源を使うものではなく、eビームのシステムのスイッチが切られると放射線はまったく残らない。しかし、誘起放射能の問題については議論がある。eビーム製造者には10あるいは16メガ電子ボルトを越えるような高エネルギーが使われない限り放射能は誘起されないと主張するものもいる。しかし、ずっと低いエネルギーでも放射能が誘起される可能性があるとするものもいる。この議論は、電子ビーム技術を使った食品照射の賛否について大論争になった中で提起された問題である。

どのように機能するのか

電子ビーム技術は高度に自動化されており、コンピュータ制御される。一般的に、eビーム処理システムの構成は次の通りである。電源、電子を作り、加速して、対象に当てるビーム・アクセル、必要な線量を出す走査システム、アクセルや他の部品を冷やす冷却システム、アクセルの中の真空を保つ真空システム、作業者を保護するためのシールド、廃棄物を運ぶためのコンベヤー・システム、センサーと制御機器である。保護システムは、コンクリートでできた丸天井の部屋(concrete vaults)や、地下空洞、処理区域を囲う完全防壁の場合もある。eビームは、温度を数度上昇させることはあるが、それ以外の点では廃棄物の物理的特性を変容させるものではない。したがって、eビーム技術では、廃棄物を認知できない形にし、容量を減らすためには、後処理でシュレッダーあるいはその他の機械を使う必要がある。

取り扱える廃棄物の種類

破壊処理装置を備えたeビーム技術で通常取り扱える廃棄物の種類は次の通りである。培養物と培養株、鋭利損傷物、血液・体液汚染物、隔離・手術廃棄物、実験廃棄物(化学廃棄物を除く)、看護のために使用した柔軟廃棄物(ガーゼ、包帯、無菌布、ガウン、シーツや毛布など)である。人体の解剖に伴う廃棄物の処理については、倫理的、法的、文化的、その他の考慮が前提とされるであろう。

揮発性・半揮発性有機化合物、化学療法廃棄物、水銀、その他の有害化学廃棄物、放射性廃棄物はeビーム処理機で取り扱ってはならない。

排出物と廃棄物残渣

e ビーム・システムでは、二原子の酸素(O₂)に分解する少量のオゾンを除いては、有害な排出物はない。残余のオゾンは脱臭を助け、処理箱の中で殺菌過程に役立つが、環境中や作業場に放出する場合には、二原子の酸素に変えてからでなければならない。E ビーム照射は廃棄物の物理的特性を変えないため、廃棄物残留物は処理前とまったく同じように見える。したがって、廃棄物を識別できないようにし、容量を減らすためには、機械的な処理が必要になる。e ビーム・システムでは防護壁に鉛が含まれていることがある。e ビーム機材を廃棄する時には、その鉛は再利用するか、有害廃棄物として取り扱わなければならない。

微生物不活化

細菌の放射線に対する抵抗は、照射によって傷ついた DNA を修復する能力によって大きく左右される。線量によって、細菌細胞は完全に死なないこともあるが、再生能力は正常に機能しなくなる。照射による微生物不活化を示すには *B.stearothermophilus* や *B.subtilis* 芽胞を使うことが推奨される。しかし、*B.pumilus* 芽胞は照射に対して抵抗力が強く、照射による医療器具の殺菌処理の標準的な生物指標として使われている。必要があれば、*Deinococcus radiodurans* のような、照射に対してもっと抵抗力の強い生物指標を使って、厳しい基準と余裕をもった安全性を規定することができる。

利点と欠点

e ビーム処理技術には次のような利点がある。

- ◆ 基本技術は20年ほど前から他の分野に使われており、ガンの治療に関わる医療従事者にはなじみがある。
- ◆ e ビーム技術は有毒な排出物を生成せず（少量のオゾンを除く）、廃液も出ない。
- ◆ コバルト60とは異なり、機械のスイッチを切った後には電離放射線は発生しない。
- ◆ 常温で処理でき、蒸気や水、化学物質、熱など何も加えない。
- ◆ 技術は十分に自動化されており、作業者がほとんど時間を取られない。
- ◆ e ビーム技術そのものは騒音がない（シュレッダーや圧縮機は除く）。
- ◆ 運用コストが安価である。

欠点には次のものが含まれる。

- ◆ 作業者を放射線から保護しなければならない。
- ◆ 完全防護壁が設計上含まれていない場合には、e ビーム・システムでは数フィートの厚さがあるコンクリートの防護壁や地下室が必要となり、設置コストが大幅に追加され

る。

- ◆ オゾン排気は大気に放出される前に取り除かなければならない。
- ◆ 食品照射に関連して、低レベル放射能が誘起される可能性を指摘するグループもある。この分野については更なる調査が必要とされる。
- ◆ 基本的な技術では、後処理としてシュレッダーや他の機械処理が追加されなければ、廃棄物の容量が削減されず、識別できない状態にはならない。
- ◆ 廃棄物の中に大きく硬い金属があると、シュレッダーや粉砕機が傷つけられることがある。

その他の考慮点

e ビーム処理システムを選択する際には、次に挙げる提案を検討されたい。

- ◆ 繰り返しとなるが、e ビーム処理システムで扱う有害物質を分けるために、効果的な廃棄物の分別を行う。
- ◆ 作業場では、OSHA の許容暴露限界を超えないようにオゾン濃度を監視する。
- ◆ 偶発的な放射線に暴露しないように作業者を監視する。米国原子力規制委員会が定める成人の最大許容線量は年間 5rem である。(rem は線量の単位で、rad に似ているが、生物的損傷を要因として含めるものである。新しい単位で、シーベルト(Sv)は 100rem に等しい。)
- ◆ 誤って保護壁に囲まれた部屋に入る、あるいは廃棄物投入口を開けるといった事故による暴露を防止するために、安全装置を設置し十分に機能させなければならない。
- ◆ 生物指標試験、処理パラメーター (放射線量)、保全活動や定期検査についての記録をつける。
- ◆ 誘起放射線が問題とならないとされる電子エネルギーレベルを決定するために、誘起放射線問題に関する科学的な文献を検討する。
- ◆ 作業者に次のような訓練を実施する。e ビーム技術に関する基本的な理解、標準作業手順、労働安全 (電離放射線の生物への影響、最大許容線量、ALARA(as low as reasonably achievable=合理的に達成可能なほど低く)プログラム、人間工学、適切な廃棄物処理技術、個人用保護具など)、記録の保持、当該機材で取り扱ってはならない廃棄物の特定、技術的問題の認識、定期的な保全スケジュール、緊急時の計画 (たとえば漏洩や停電の場合に何をすべきか) などである。

電子ビーム処理システムの解説

BioSterile Technology 社 (A 注 1) は、発生する場所で医療廃棄物を処理するためのコンパクトな電子ビーム・システムを開発した。このシステムでは、5MeV、2kW の機材で 1 時間あたり 400 から 550 ポンド (180-225Kg) を処理できる。対辺に位置する二つの投入口がある回転ターンテーブルがついた処理箱の中に廃棄物を入れる。ターンテーブルはモ

ーターによって回転する。電子は、高周波を使って、照射箱に向けて加速される。磁気コイルを走査するビームは、箱の幅に合わせて一定の線量になるようにビームを調整する。典型的な周期は 2 分間である。独自の線量計測システムで、処理パラメーターを検証し、記録をとって、消毒作業について文書化している。完全防護壁は加速機と処理箱を囲んでいる。機械的な連動装置や他の安全対策もなされている。ある程度は自動化されているが、オペレーター1名が必要となる。オペレーターは廃棄物の種類に応じて、機械のモードを選ぶことができる。バイオシリスは、85 平方フィート (9 平方メートル) の床面積、標準的な 208V、3-Phase の電源を使用する。電気はほとんど使わず、1 時間あたり 0.035kWh しか消費しない。容量を減らすための機械的な破壊 (シュレッダー、粉砕機、圧縮機) は、オプションである。価格は、1 台約 35 万ドルだ。同社は e ビーム・システムを実証できる医療施設を探している。(BioSterile Technology, Inc., 4104 Merchant Road, Fort Wayne, IN46818; Ph.888-710-3792 or 219-489-2961; Fax 219-489-3654; www.biosterile.com; info@biosterile.com)

マイアミ大学汚染管理技術研究所 (A 注 2) は、UM/ジャクソン記念医療センターと協力をして、高エネルギー電子ビーム医療廃棄物処理施設を開発した。この技術では、廃棄物はカゴのような容器やプラスチック加工された箱などに入れられ、コンベヤー・システムでビームのところまで運ばれる。コンベアのスピードを調節することで、コンピュータが適切な線量を照射する。コンベア・システムは、廃棄物がビームを 2 回通るように、つまり 2 回目は最初にビームの方を向いていなかった面にあたるように、設計されている。処理された廃棄物はコンベアで防護室から運び出され、粉砕機で細かく砕いて、衛生埋め立て処理場に廃棄される。e ビーム施設では、1 時間あたり 400 ポンド (180kg) の医療廃棄物を処理することができ、防護室、制御室、廃棄物保管場所を含めて 2,082 平方フィートの広さが必要である。電子ビーム・システムの主な構成は、プロセッサで管理できる高圧電源、水冷式電子ビーム加速機、スキャンホーン部、ビーム・ストッパー、コンベア・システム、シュレッダー、コンピュータ制御機器である。空気は外部に放出されるので、オゾン除去システムが使用される。遠隔カメラや他の器具によってシステムを監視する。偶発的に発生する放射線に職業被曝することを防ぐために、照射室は分厚いコンクリート防護壁で囲まれている。一旦システムが落ちると、電子ビームや X 線の生成も止まる。通常必要とされる電源は、380/220VAC、40A、3-phase である。消費電力は処理済み廃棄物 1 ポンドあたり、0.04kWh と見積もられている。大学の e ビーム施設はフロリダで廃棄物処理施設として免許を得ている。最近まで、施設では 8MeV の電子加速機を使用していた。現在は、もっと小さな 4MeV システムの研究開発を継続するため財源を求めているところだ。(Prof. Charles Kurucz or Dean Thomas Waite, Laboratories for Pollution Control Technologies, University of Miami, P.O. Box 248294, Coral Gables, FL33124; Ph.305-284-2423 or 305-284-2885)

Iotron Technologies 社は、食品、医療機器や他の素材を殺菌するために電子ビーム照射を使用している。現在は医療廃棄物用には使用されていないが、同様のイオトロンの設計を医療廃棄物処理に応用することが検討されている。(Iotron Technologies, Inc., 1425 Kebet Way, Port Coquitlam, V2C6L3, BC, Canada; Ph.604-945-8838; Fax 604-945-8827)

生物学的処理システム

Bio Conversion Technologies Inc.社(BCTI) (A 注 3) はバイオメディカル・ディスプレイ社の一部門で、生物学的処理を用いた医療廃棄物処理システムを開発している。「バイオ・コンバーター」の試作機はヴァージニア州で試行されている。医療廃棄物を除染するために酵素の混合物を使い、処理後の汚泥を汚泥処理のために水分を取り除くために押し出し成型機 extruder にかける。大量処理(1日 10 トン)に適し、動物廃棄物の解体のために農業分野でも使用できるように開発されている。新興技術である生物学的処理技術は、ヴァージニア・テック、ヴァージニア大学、ヴァージニア医科大学の研究者も関わった 6 年間の開発研究の成果に続いて開発されたものである。このシステムには、運搬用のバネ、HEPA フィルター付の粉碎機、廃棄物を酵素溶液に暴露させる反応部タンク、スラリーを液状廃棄物と固形廃棄物に分ける分離機がある。液状廃棄物は下水道に送られ、固形廃棄物は埋め立て場に送られる。(動物廃棄物の固形部分はコンポストとしてリサイクルされることもある。) この技術では、温度、pH、酵素レベル、その他の変数を規定する必要がある。機材は、地域の医療廃棄物処理センター向けに設計されている。BCTI はこの技術の開発を完成させるための工学的・財政的な資源を持つ協力団体を求めている。親会社の Biomedical Disposal 社は注射針の破壊処理システムを製造している。(Bio Conversion Technologies, Inc.(BCTI) c/o Biomedical Disposal, Inc., 3690 Holcomb Bridge Road, Norcross, GA 30092; Ph. 770-300-9595; Fax 770-300-9599)

小型鋭利損傷物処理機

注射針や注射器による労働災害は医療従事者であれば誰もが直面する問題である。60 万人から 80 万人の看護婦や医者、その他の医療従事者が針刺しや、鋭利物による切り傷などを経験している。全てのけがが感染につながるわけではないが、汚染された鋭利損傷物から血液感染性の病気が伝染する可能性は常につきまとう。そのような病気の中でも、とりわけ C 型肝炎ウイルス (HCV)、B 型肝炎ウイルス (HBV)、ヒト免疫不全ウイルス (HIV) などが心配される。これらのけがは、針を使わないシステムや格納式や先のとがっていない針を使った器具、安全性の機能を備えたいわゆる安全針を使用することによって防止できる。針刺し安全防止法が通過したことにより、けが防止処理された鋭利物の使用が義務付けられ、労働者のけがのリスクを削減することが雇用者の責任であることが明確され、医療鋭利物の製造会社により安全な器具の数を増やすことを促した。針刺しのリスク削減

には、使用場所の近くに鋭利損傷物廃棄処理システムを置くという方法もある。しかし、針刺し安全防止法では、工学的管理が優先されており、けが防止処理をされ鋭利物や針を使わないシステムについて触れているが、鋭利損傷物廃棄処理については触れられていない。

処理場はさまざまな鋭利損傷物管理方法の利点と欠点を衡量しなければならない。(次に示すような技術を用いる) 発生場所あるいはその近くでの小型鋭利損傷物処理システム、鋭利損傷物を収集し、その場で非焼却技術を用いた処理(この報告書で紹介している代替的処理方法のほとんどで鋭利廃棄物も扱うことができる。)、あるいは鋭利損傷物を収集し、外部の処理施設に運び処理する方法がある。以下の小型技術には注射針だけを扱うものもある。注射器全体をプラスチックに埋め込んで密閉し、プラスチック廃棄物として埋め立て処分する技術もある。全体の廃棄物を最少化するために再使用可能な容器を使う業者もいる。処理施設は、どの方法が労働者の労働衛生安全を向上させ、最も費用が安く、入れ過ぎの容器の問題を最小化し、移動に関わるリスクを削減し、全体の廃棄物を削減できるかということを考慮しなければならない。

処理施設が発生場所に小型鋭利損傷物処理システムを設置することを決めたら、いくつかの問題に取り組まなければならない。鋭利損傷物処理技術には、高温熱処理を用いているものがあるので、施設は可燃性ガスや液体がある環境で処理機材が使えることを確かめなければならない。また微生物不活化や環境への排出、処理後の鋭利損傷物の廃棄の仕方、労働安全衛生、MSDSシート(使用されている消毒液の配合が書かれている。)や、FIFRAが適用される場合はその登録、その他の関連情報に関するデータを請求すべきである。もし鋭利損傷物をプラスチックのディスクや詰め物で密閉するのであれば、鋭利損傷物の端や先が密閉したものから出ることがないかを確かめなければならない。密閉を鋭利損傷物の処理方法として認めない州もあると思われる。

備考: 次の情報は、販売会社の文書に基づくものであり、包括的なリストの作成を目指したものではない。鋭利物処理システムの一例として紹介しているものである。これらの鋭利物処理技術は2000年の連邦針刺し安全防止法(PL 106-430)に「けが防止のために処理をされた鋭利損傷物」には当たらない。

Medical Disposal Devices 社は高温酸化処理によって注射針を気化するための小型機械を提供している。この機械は壁にかけるか、カウンターの上において使うことができる。使い捨てカートリッジは注射針 2,500~3,500 本分の残留物をためることができる。大きさは 10 インチ (25cm) × 4.5 インチ (11cm) × 3.5 インチ (8.9 cm) で、重さは約 7.5 ポンド (3.4kg) である。価格は約 600 ドルである。(Medical Disposal Devices, P.O. Box 523,

11 Halls Road, Old Lyme, CT 06371; Ph. 888-881-3477; Fax 860-434-3690;
www.meddisposal.com; mdd@meddisposal.com)

Medical Innovations メディカル・イノベーションズ社は TAPS プロセッサという、小型のカウンターにおけるサイズの機械で、1.6 クォート (1.5 リットル) の廃棄鋭利損傷物を処理できる。廃棄物と一緒に使い捨てプラスチック・ディスクを置いて、廃棄物を 3 時間から 4 時間にわたって、華氏 375 度 (摂氏 190 度) まで加熱処理を行う。廃棄物は回りを流れる融解されたプラスチックと接触することで滅菌される。冷却されるとすぐに、固形プラグあるいはディスクになり、通常のごみとして廃棄される。このシステムは診療所や歯科医院、クリニック、介護施設、病院用に設計されている。さまざまな州で承認されている。(Medical Innovations, P.O.Box 148, Wayland, MA01778; Ph 508-358-8099)

MedPro メドプロ社は、Needlyzer という、使用した場所で注射針を廃棄するための、小型の持ち運び可能な FDA に承認された機械を販売している。16 から 30 ゲージのステンレス鋼の注射針は、アークを使った焦電気性酸化(pyroelectric oxidataion)によって破壊され、後には顆粒の酸化残留物が残る。20 ゲージの注射針を処理するのに一秒もかからず、蒸気は 3 段階のフィルターを通っていく。コンパクトな機材 (34cm×13cm×12cm、2.6kg) で、交換式カートリッジには 3,000 本から 5,000 本の注射針が残る。充電式電池で稼動する。価格は 1 台 895 ドルで、複数台購入者には割引がある。(MedPro, Inc., 817 Winchester Road, Lexington, KY 40505; Ph.606-225-5375; Fax 606-225-5347; www.needlyzer.com; eadams@needlyzer.com)

Needle-Eater ニードル・イーターは、注射針、注射器、手術用メスを破棄するために設計されたコンパクトな気密室がある小型の機械で、クリニックや病院、診療所や歯科医院で使用できる。鋭利損傷物を粉砕するために高速切断を行い、残留物を浄化するために消毒液を用いる。容器には 75 本から 150 本の注射針を入れることができる。通常のごみとして廃棄するためには硬化剤を加えなければならない。(SPS Medical Equipment Corporation, 450 West First Avenue, Roselle, NJ 07203; Ph.800-978-8006)

Sharp Needle Destruction Unit は、数秒で 19 から 27 ゲージの皮下注射針を破棄するために設計された小型機材である。60 分急速充電ができる 7.2VDC 高性能充電式ニッカド電池を使用する。機材の大きさは、8.25 インチ(21cm)×4 インチ (10cm) ×4 インチ(10cm) で、重さは 2 ポンド (910 g) である。持ち運んで使うこともできるし、恒久的な設置もできる。爆発の可能性のある場所、あるいは手術室や緊急処置室など引火性ガスや液体が保管されたり使用されている場所では使ってはならない。(Biomedical Disposal, Inc.,3690 Holcomb Bridge Road, Norcross, GA 30092; Ph.888-393-9595; Fax 770-300-9599;

www.biodisposal.co

.....

A注1：販売元のホームページ、1994年から2000年までにバイオステライル・テクノロジー社から入手したパンフレットや技術データ、およびゲイリー・バウザー氏との個人的コミュニケーションによって得られた情報に基づく。

A注2：1997年から2000年に大学の Laboratories for Pollution Control Technologies から入手した技術データ、新聞記事、ディーン・ブラウン氏によって提供されたデータ、the University of Miami-Coral Gables での実物の評価、トーマス・ウエイツ氏とチャールズ・クルクス氏との個人的なコミュニケーションで得られた情報に基づく。

A注3：マイケル・チェレット氏とのコミュニケーション及び同氏から入手した資料に基づく。

A―第10章 非焼却技術を選択する際に考慮すべき要素（A版p75～）

E―第9章 非焼却技術を選択する際に考慮すべき要素（E版p35～）

どの技術あるいは技術の組み合わせが最適なものであるかは、発生する廃棄物の量や構成、利用できる空間、許認可、市民の理解、コストなど、その施設特有の事情によって異なる。この章で論じるキーポイントをいくつか表10-1に挙げた。

表10-1 技術を選択する際に考慮すべきこと

- ・ 処理能力
- ・ 処理廃棄物の種類
- ・ 微生物不活化効力
- ・ 環境への排出と廃棄物残渣
- ・ 規制上の問題がないこと
- ・ 必要な空間
- ・ 設備やそのほかの設置のための必要条件
- ・ 廃棄物の容量や重量の削減
- ・ 労働安全衛生
- ・ 騒音と悪臭
- ・ 自動化
- ・ 信頼性
- ・ 商品化の段階
- ・ 技術の製造者や販売者の背景情報
- ・ コスト
- ・ 地域と従業員が受け入れること

処理能力

どのような廃棄物がどの程度発生しているのかを見極め、積極的な廃棄物削減計画を実施してから、初めて医療廃棄物の種類や量に合った処理能力がある非焼却処理技術を選択することができる。処理能力を廃棄物の発生量と適合させる時には、その施設の将来的な成長や発生する廃棄物の変動も考慮しなければならない。技術によっては、運転するために必要な、あるいはコスト効率よく運転するための最少廃棄物量が決まっているものもある。またどの技術でも最大設計投入量は設定されている。処理施設では、機材の見積耐用年数の間に起こる廃棄物発生量の変動が、その機材の最少処理量と最大処理量の範囲内にあるかどうかを判断しなければならない。複数の技術を組み合わせることを検討するのも良い。（たとえば、廃棄物の大部分は大型処理技術で、難しい廃棄物については発生源で小型技術を使って処理するという組み合わせがある。）技術の販売会社が引用する処理能力は

大まかなものであり、実際の処理能力は廃棄物の密度やその他の要因によって変わることを考慮しなければならない。

処理できる廃棄物の種類

製造者の一般的な提案に基づくと、その技術で扱える廃棄物の種類をあらわすためには、広いカテゴリーが使用される。レッド・バッグに何を入れるかを決めたら、処理施設では機械的な破壊、微生物不活化、排出、規制や安全などの観点から、選択した技術でそれぞれの廃棄物カテゴリーを処理できるのかを確かめるべきである。

機材の大きさを決める時には、規制を受ける医療廃棄物のうち、その技術で取り扱えない（あるいは規制のため取り扱うことが許されていない）廃棄物の割合は差し引いた上で、処理できる廃棄物の種類を判断しなければならない。処理施設ではそのような取り除かれた廃棄物については他の方法を用意することになる。代替技術のコスト全体を比較するためには、このような排除される廃棄物の処理コストも含めなければならない。

特定の廃棄物が混じらないようにするために、たとえば低レベル放射性廃棄物を発見するツールとしてのモニタリング用の機材を使用することもできる。技術の販売会社の中には、投入した廃棄物から、好ましくないものを排除するためのモニタリング用機材も販売しているところもある。そのような機材に接続できるような設計をしている会社もある。

微生物不活化効力

処理技術の主要な目的は、病原体を破壊することで廃棄物を除染することである。処理施設は、その技術が州の消毒基準に合うものであることを確認しなければならない。多くの州では、微生物不活化効力に基づく代替技術については承認が必要とされている。代替処理技術に関する州・地域協会(the State and Territorial Association on Alternative Treatment Technologies, STAATT)という州政府規制当局のコンソーシアムは 1994 年と 1998 年に会合を開き、医療廃棄物処理効果の統一基準を作成した。最初の STAATT の会合では、次ようなの微生物不活化のレベルの定義が作られた。

レベル I	増殖期のバクテリア、菌類、脂質親和性ウイルスを 6 Log 10 以上削減
レベル II	増殖期のバクテリア、菌類、脂質親和性および親水性ウイルス、寄生虫、マイコバクテリアを 6 Log 10 以上削減
レベル III*	増殖期のバクテリア、菌類、脂質親和性および親水性ウイルス、寄生虫、マイコバクテリアを 6 Log 10 以上削減および <i>B.stearothermophilus</i> 芽胞と <i>B.subtilis</i> 芽胞を 4 Log 10 以上削減
レベル IV	増殖期のバクテリア、菌類、脂質親和性および親水性ウイルス、寄生虫、

マイコバクテリア、*B.stearothermophilus* 芽胞を 6 Log 10 以上削減

*レベル III が STAATT の推奨最低基準として選択された。

6 Log 10 の削減（あるいは 10^6 kill）は、微生物母集団のうち 100 万分の 1 が生き残る可能性に等しく、処理プロセスの結果 99.9999 パーセントの微生物が削減されたことに等しい。上述の微生物を代表していくつかの病原体が選ばれ、試験に使われる。第 2 回目の STAATT の会合では、次の代表的な生物指標が推奨された。（「ATCC」は「American Type Culture Collection」のことである。）

マイコバクテリア(6 Log 10 の削減)

- ・ チモテ菌
- ・ ウシ型結核菌(BCG) (ATCC35743)

バクテリア芽胞(4 Log 10 の削減)

- ・ *B.stearothermophilus* (ATCC7953)
- ・ *B.subtilis* (ATCC 19659)

2000 年には、アンダーライターズ研究所(UL)が、効果を含めた代替処理技術の統一基準の作成に取り掛かった。技術の販売会社は、州の規制がある場合にはその技術が基準を上回っていることと、UL2334 の効果に関する要求を満たしていることを示す文書を用意することができるようになる（A 注 1）。もしそのような文書がない場合には、処理施設は独立した、質の高い研究所を使って効能試験をするように要求すべきである。

環境への排出と廃棄物残渣

処理施設では、作業場所の空気、外部の空気、廃棄物の残渣、排水、埋め立てなど全ての起こりうる環境媒体への漏洩や排出（逸散排出も含む）を考慮し、環境への影響が最も少ない技術を選択すべきである。処理施設は、その技術の使用者が過去にどのような規制に違反したかについて、州の規制当局からデータを入手できるだろう。

大気への排出について、処理施設は排ガスやそのほかの大気への排出についての試験結果のコピーを入手すべきである。特に大量の水や電気を消費する技術である場合には機械の使用に伴う環境負荷についても考慮しなければならない。

全ての廃液の排出は、水系に直接排出するのであれば、地域の公共処理作業グループ (POTW) や国家汚染物質排出防止システム (NPDES) の設定する許容値に合致するものでなければならない。固形廃棄物の残留物は、市町村の固形廃棄物埋立地に廃棄するためには、

米国 EPA の毒性指標浸出法(TCLP)を通るものでなければならない。廃棄鋭利損傷物は処理過程の中で使用不能にされなければならない。

処理済廃棄物は美観的な理由で識別不能な形にしなければならないという人もいる。その廃棄物が処理されたということがはっきりと分かるようになるし、識別できない形にすれば必然的に廃棄物の容量の削減にもつながる。

規制上の問題がないこと

全ての州で、医療廃棄物の処理にオートクレーブ（加圧滅菌）蒸気処理システムは承認されている。（いくつかの州ではオートクレーブで化学療法廃棄物を扱うことを明示的に禁止している。）いわゆるアドバンスト・オートクレーブと言われるようなものを含む他の種類の処理については、代替技術には承認が必要であるという規制を設けている州もある。そのような承認手続きがない州もあるが、個別に、あるいは特定の場所での使用に限って、その技術を承認する場合もある。多くの販売会社では既に複数の州において、その技術についての公的な承認や認容を証明する文書を得ている。しかし、試験の費用がかかるので、購入しそうな顧客が現れるまでは、販売会社がその州での承認の申請書を提出しないこともよくある。いくつかの州では、複数の機関からの承認が必要とされる。（たとえば、微生物不活化を扱うものと、大気への排出を扱うものなど。）処理施設は、州の規制当局にその技術が承認されている、あるいは認められているものかを確認するべきだ。他の州に提出した試験結果を使うことができ、承認過程を簡素化している州もある。（備考：規制はよく変更されるので、読者は自分の州規制当局に最新の規制について確認するべきである。）

既に述べたように、全ての州で医療廃棄物が識別不能な形にすることが義務付けられているわけではない。人体組織についてのみ識別不能な形にすることを義務付ける州もある。しかし、多くの州では鋭利損傷物は破壊され（あるいは粉々にされ）、使用できない形にし、かつ／あるいは耐穿刺性の容器に包装することを義務付けている。

2、3の州では、ある種の廃棄物については特定の処理過程を規定している。たとえば、化学療法の廃棄物は焼却しかできない、あるいは解剖された部分については焼却または埋葬のみであることを求める州もある。処理施設はある廃棄物が法的な理由から非焼却技術によって処理できないかどうかを判断するために、規制当局に確認をするべきである。

必要な空間

医療機関では空間はたいがい高価なものである。技術を運用するために必要とされる空間は施設の中で利用できる空間に納まらなければならない。空間は床面積や機械の高さだけでなく、廃棄物を入れるために扉を開けておく空間、コントロール・パネルまでの通

り道、油圧リフト、コンベヤ、移動容器、保管区域など追加的に必要とされる空間も含めるべきである。非焼却技術にはコンパクトな設計のものもあるが、大きな空間を必要とするものもある。移動型機材、トレーラー搭載型機材、地下設置型、あるいは戸外シェルター付全天候型を使うことも可能である。

設備やそのほかの設置のための必要条件

運転のために電気のコンセントさえあればよいという技術もあるが、蒸気や圧縮空気、天然ガスや排水溝、換気装置などが必要となる場合もある。コンクリートのパッドや通り道、曲がった切り通しや他の場所に関する準備が必要とされることもある。場所としては、積荷ドック、保管スペース、安全塀、退避容器などが備えられていることが必要なこともあるが、その必要がないこともある。すべての施設がこのような設備を備えているわけではなく、選択された場所に他の基幹設備が利用できることもある。販売会社では設置コストを機材の価格に含むものもあるが、設置施設側で基本的な役務を行わなければならない。廃棄物の物理的特性を変えない処理の場合はシュレッダーや圧縮機のような補助的機材を使い、廃棄物の容量を減らし、識別不能な形にしなければならない。

・・・・・・コラム・・・・・・特定の廃棄物には焼却は欠かせないのか？・・・・・・

化学療法や解剖した遺骸については焼却するように義務付けている州がある。しかし、組織や動物廃棄物は、少なくともアルカリ加水分解を使った化学処理システムでは取り扱うことができる。体の一部を他の処理技術でも扱うことは技術的には可能であるが、倫理的、法的、文化的、美的、その他の制限があるかもしれない。大型の解剖遺骸については埋葬（埋設）も選択肢に入る。

化学療法用薬品のうち8つだけ（クロラムブシル、シクロフォスファミド、ダウノマイシン、メルファラン、マイトマイシン C、ストレプトゾトシン、クロルナファジン、ウラシル・マスタード）は、RCRA で有害廃棄物として特に指定されているが、全ての化学療法薬品は有毒な廃棄物（A 注 3）として取り扱うべきである。このように全ての化学療法廃棄物の大部分は有害廃棄物として処理されなければならないが、RCRA で埋め立て処理を規制されているいくつかの薬品を除いて有害廃棄物用埋立地に送られる。しかし、技術的には化学療法廃棄物は化学処理技術、つまりアルカリ加水分解システムによって破壊することができる。しかし連邦あるいは州の規制によって処理の選択肢としては制限されることもある。

1987 年に、米国 EPA の通達により微量の化学療法剤に汚染された廃棄物は「空の容器」基準に合致する場合は非有害廃棄物と見なされることが明確になった（A 注 4）。したがって、州や市町村の規制で禁止されている場合を除けば、微量汚染化学療法廃棄物はマイク

ロ波処理機のような低温熱処理システムとして扱うことができる。オートクレーブでは、あまり安定していない化合物は分解して、少量の有毒な副生成物を生成することがある。微量汚染化学療法廃棄物をこのように処理すると、病院スタッフや廃棄物収集者、埋立地での労働者を労働災害の危険にさらし、埋立地を汚染することになる場合がある。高温アルカリ加水分解処理技術を使って微量汚染化学療法廃棄物を処理すると、抗新生物薬は生分解性の副生成物に分解し、プラスチックや金属、布などは消毒されるが基本的には変化せずにそのまま残る。対照的に、化学療法廃棄物を焼却すると、廃棄物収集者や焼却炉作業者が職業暴露することになり、NO_x や HCl、おそらくダイオキシンやフラン、そのほかの有毒な汚染物質が発生するだろう。

まとめると、法的あるいはそのほかの考慮から処理の選択肢として制限されていることもあるが、病原体を持つ廃棄物や化学療法廃棄物も非焼却技術を使って処理できる。原則としては、焼却は本質的な方法ではなく、非焼却の代替技術で技術的には全ての医療廃棄物を扱うことができる。

.....コラム終わり.....

廃棄物の容量や重量の削減

処理済の廃棄物の運搬費や埋め立て処理費は、容量や重量に応じて支払わなければならないので、処理施設にとって容量や重量を削減することは重要な要因と言える。固形廃棄物の埋め立て処理場の数は 1970 年代には約 2 万ヶ所だったのが、1990 年代半ばには 3 千ヶ所にまで減っている (A 注 5)。多くの州ではまだ十分な埋め立て能力があるけれど、残された処理能力が 5 年あるいは 10 年以下となっているところもある。埋立地の処理能力が減ってくることに伴い、埋め立て処理費を押し上げ、毎年平均 7% ずつ値上がりしている。廃棄物の容量を削減するために シュレッダーや圧縮機が追加で必要となる。廃棄物容量を大幅に削減できる技術を選ぶことによって、処理施設は埋め立て処理能力の減退問題の改善に役立ち、環境負荷を最小化することができる。

労働安全衛生

労働安全衛生の問題は第 2 章で論じている処理技術を選択する際には、処理施設は次のような作業員の暴露の可能性について検討しなければならない。熱い表面、電離・非電離放射線、作業場所に放出される化学物質、コンベヤで運ぶときに落ちるかもしれない鋭利損傷物、破砕されたときにエアゾル化した廃棄物からの病原体、血液が飛び散ることなどである。既にその技術を使っている処理施設からその技術の安全記録を入手することもできるかもしれない。

処理施設は、引火性の液体やエアゾル缶、大きな金属部品、低レベル放射性廃棄物など

の潜在的に危険のある物質があやまって機械にはいった場合にどのような反応があるかを、技術の製造者から教えてもらうべきである。高熱システムでは、水溶液の大部分は急速な蒸気放出や、圧力の急激な上昇が起こるおそれがある。特定の化学物質が混ざると反応を起こして、有毒なガスが発生することがある。たとえば濃縮した酸やアンモニアが次亜塩素酸ナトリウムと反応すると塩素ガスやクロラミン・ガスがそれぞれ発生する。処理施設では緊急手順を用意して、未然防止措置を取っておくべきである。

機械を分解するときには、機材の内部部品を取り出す必要のある作業者を保護するための方法があるはずである。このような場合に、未処理の廃棄物と内部の表面に化学消毒剤を注入する方法があるような機械もある。処理サイクルが中断された場合には処理室のドアが開かないように安全装置がついているものもある。

騒音と悪臭

販売会社の中には、自分たちの販売する技術には騒音がなく臭いもしないと言っている。このことを評価するための最適の方法は、実際に運用している時にその機械を見学していただくことである。製造施設あるいは他の医療施設で実際に設置しているところであれば、より望ましい。騒音や悪臭は労働災害や地域との関係で重要な側面である。

自動化（使いやすさ）と作業者の訓練

技術は自動化されていけば作業者のミスを最低限にできる上に、処理過程の管理が効率的で簡易になり、安全連動保護装置や、診断、遠隔監視、警報装置、記録維持義務に応じる自動文書化機能を備えることもできる。ほとんどの非焼却技術も操作の簡易さや作業者の時間の最少化を実現できるように設計されている。通常は、労働集約的な作業は、機械に廃棄物を投入することである。またそれが労働災害の原因にもなっている。（たとえば背中の痛みや針刺し事故など）現在は、多くの技術で、作業者がレッド・バッグを扱わずに済むように、カート昇降機やふたつきの容器など自動投入部品を含めるようになっている。

技術を選択する際には、作業者に求められる技術や必要な研修について考慮しなければならない。一般的には、販売会社は、新しいシステムを設置する際には、作業者用の研修を行う。処理施設では更なる研修や教育を用意する必要となることもある。作業者の研修には、システムの基本的な理解、標準的な操作手順、労働安全衛生や個人的な保護具、記録の取り方、その技術で取り扱うべきではない廃棄物の特定の仕方、技術的な問題の見分け方、異常時での扱い方、定期的な保守スケジュール、緊急時の手順、危機管理計画を含むべきである。処理施設では作業者の研修や資格について文書化しておくべきである。

信頼性

機械の信頼性は過去の保守記録から決定される。(過去保守記録は新しい技術については、利用可能なこともあるが、ない場合もある。) 販売会社が遠隔監視や診断機能を提供している場合もある。シュレッダーや粉砕機、投入システムのように動く部品、耐火物質のように高温にさらされる部品には頻繁な保守が必要とされる。処理施設ではその機材を使った他の施設の保守記録を検討できることがあるかもしれない。新しい技術については、処理施設ではその技術がどれほどの期間、問題なく全力で継続的に使用できるかを調べるべきである。

処理施設は、販売会社がスペア部品の在庫を十分に用意しているか、質問に迅速に回答したり、緊急修理をしてくれる技術者がいるかを確かめるべきである。過去の長期運用実績記録がないような新しく商品化されたものについては、技術サポートが利用できるかどうかは特に重要である。十分に長期に運用されている技術については、製品の耐用期間を正確に予想することができることもある。

商品化の段階

処理施設は機材を設置した処理施設のリストとその連絡先を請求すべきである。十分に商品化された技術には、代理店や技術サービスセンターの広域なネットワークがあることもある。そのようなネットワークがあれば、緊急時に迅速な対応が可能となることがある。こういった点は、十分に商品化されたシステムの大きな強みの一つである。反対に、まだ商品化の初期段階の技術については、販売会社から大幅な値下げをしてもらえる可能性がある。新しい技術の販売会社は医療施設で実証できることを条件に喜んで大幅に値下げをしてくれるだろう。実績記録がない、あるいはほとんどない技術を始めて使うのであれば、リスクがあることは明らかである。

表 10-6 非焼却処理技術の種類による比較

技術／販売会社	概算能力 (ポンド／ 時間)	処理廃棄物の種類	容量の 削減率 (%)	商 品 化 の 段 階 ***
低温熱処理				
Bondtech(Somerset, KY)	250-6000	CS,S,I,L,SW,LB	0**	C

Environmental Techtonics Corp. (Southampton, PA)	4000 ボン ド/1日	CS,S,I,L,SW,LB	0**	C
Mark-Costello (Carson, CA)	225-3000	CS,S,I,L,SW,LB	0**	C
Sierra Industries (Santa Ana, CA)	200-750	CS,S,I,L,SW,LB	0**	C
SteriTech (Bloomington, IN)	18-115	CS,S,I,L,SW,LB	0**	C-n
Tuttnauer (Ronkonkoma, NY)	1500 まで	CS,S,I,L,SW,LB	0**	C
San-I-Pak (Tracy, CA)	25-2240	CS,S,I,L,SW,B	75-85	C
Tempico (Madisonville, LA)	300-750+	CS,S,I,L,SW,B	80	C
Sterile Technologies Inc. (West Chester, PA)	600-4000	CS,S,I,L,SW,B	80-90	C
Antaeus Group (Hunt Valley, MD)	150	CS,S,I,L,SW,B	80	C-n
Ecolotec (Union Grove, AL)	300	CS,S,I,L,SW,B	N/a	C-n
Hydroclave Systems Corp.(Kingston, Ontario,Can.)	200-2000	CS,S,I,L,SW,B	N/a	C
Aegis Bio-Systems (Edmond, OK)	1500	CS,S,I,L,SW,B	80	C-n
LogMed (Erdwich ZerkleinerungsSysteme GmbH)	N/a	N/a	N/a	N/a
Sanitec (West Caldwell, NJ)	220-550	CS,S,I,L,SW,B,TCT+	80	C
Sintion/CMB (Austria)	78	CS,S,I,L,SW,LB	N/a	N/a
Stericycle (Lake Forest, IL)	1000-6000	CS,S,I,L,SW,B	N/a	C
KC MediWaste (Dallas, TX)	200	CS,S,I,L,SW,B	80	C-n
Demolizer	1	CS,S,I,L,SW,LB	0	C

	gal/2.5hr			
化学的处理				
Circle Medical Products (Indianapolis, IN)	250-3000	CS,S,I,L,SW,B	80	C
MedWaste Technologies Corp. (Houston, TX)	N/a	CS,S,I,L,SW,B	N/a	C
Encore/ Compliance (El Paso, TX)	2500-3000	CS,S,I,L,SW,B	N/a	C
Lynntech (College Station, TX)	220-518ポ ンド/cyc	CS,S,I,L,SW,B	N/a	D
MeDETOX/Delphi Research (Albuquerque, NM)	N/a	N/a	N/a	D
MCM Environmental Technologies (Gilboa, Israel)	20gal/15 分	N/a	N/a	N/a
Positive Impact Waste Solutions (Pearland, TX)	2000 まで	CS,S,I,L,SW,LB	80-90	D
Premier Medical Technology (Houston, TX)	600-900	CS,S,I,L,SW,LB	80-90	D
Ecocycle 10/STERIS Corp. (Mentor, OH)	8 ポンド/ 10 分	CS,S,I,L,SW,LB	80	C
WR ² (Indianapolis, IN)	50-7000ポ ンド/cyc	CS,S,I,L,SW,B,P,A,TCT	N/a	C
照射处理				
BioSterile Technologies, Inc. (Norcross, GA)	400-550	CS,S,I,L,SW,B,P,A	0**	C-n
U.Miami E-Beam (Caral Gables, FL)	400	CS,S,I,L,SW,B,P,A	85	D

生物学的処理					
Bio Conversion Technologies, Inc. (Norcross, GA)	10 トン／日	N/a		N/a	D

凡例：CS=cultures and stocks(培養物と培養株)、S=sharps(鋭利物)、I=isolation waste(分離廃棄物)、L=lab wastes excluding chemicals(化学物質を除く実験廃棄物)、SW=soft waste such as contaminated bandages and gloves(汚染された包帯や手袋などの柔らかい廃棄物)、LB=limited amounts of blood and body fluids(限られた量の血液や体液)、B=bulk blood and body fluids(大量の血液と体液)、P=pathological waste including anatomical parts(解剖された部分を含む病理廃棄物)、A=animal waste(動物廃棄物)、TCT=trace-contaminated chemotherapeutic waste(微量汚染化学療法廃棄物)、BCT=bulk contaminated and/or trace-contaminated chemotherapy waste(大量および微量の汚染化学療法廃棄物、RCRAにより一定の特定大量汚染化学療法廃棄物は埋め立て処理規制がある)、SS=spent solvents and chemical waste(廃溶剤と化学廃棄物)、PH=pharmaceutical waste(薬品廃棄物)

(表の注)

* 規制や設計は、これらの技術で処理される廃棄物の種類によって変わるかもしれない。ある種の廃棄物の処理については、追加で認可が必要となることがある。技術的には、大型の解剖された部分が適切に滅菌されるように処理パラメーターを十分に長く調節する限り、低温熱処理や化学処理技術でも病理廃棄物を処理することができるものもある。しかし、法的、倫理的、文化的、美的、その他の考慮がこれらの技術で病理廃棄物を処理することの前提となる。処理施設は販売会社と規制当局に確認をすべきである。

** オプションのシュレッダーや他の機械を使わない容量削減。補助シュレッダーを使用すれば容量は約 70-80%削減できる。

*** 商品化の段階についての凡例： C=完全に商品化されている。C-n=新規に商品化された。D=開発中あるいは近日中に商品化される。

+ いくつかの州や地方自治体の規制により処理が禁止されている場合もあるが、法的にはさまざまな技術で微量化学療法汚染廃棄物を処理することは許されている。この章の「特定の廃棄物には焼却は欠かせないのか？」の議論も参照されたい。連邦の規制では、特定の化学療法薬剤について埋め立て廃棄処理を制限している。(U リスト有害廃棄物)処理施設は規制当局と販売会社に確認すべきである。

技術の製造者や販売者の背景情報

技術の製造者や販売会社がどれぐらい業務を行っているのか、財務状態はどうか（たとえば財務的に安定しているか）、会社の主要役員の経歴がどのようなものか、環境や他の規制で取り上げられたことはあるか、財務的あるいは法的信頼性はあるかを知ることは、処

理施設にとって意味のあることである。新規技術については、その会社がどのようにその技術を商品化しようとしているのか、どの程度出資しているのか、合理的期間に受注できるかなどを処理施設は知りたいと思うかもしれない。処理施設は、技術の開発者が新規技術に関連する他者と知的財産について法的紛争に巻き込まれていないかも調べるべきである。

コスト

医療施設は、コスト削減の圧力の下にある。したがって、処理施設特有の要求に見合う技術のリストを作れば、費用対効果をもっとも高いかを比較することができる。意思決定者は、既存の焼却炉を改善したり、米国 EPA の新規汚染源性能標準に見合う新規焼却炉を建設したり、ごみ運搬業者と契約をして外部の地域処理施設に医療廃棄物を運び、処理したりすることと比べて、非焼却技術が長期的に見て節約につながるのかを決めたいと思うかもしれない。処理技術の経済的側面については、次章で論じる。

地域と従業員が受け入れること

新規技術への理解を得るためには、従業員に非焼却技術の賛否について教育し、選択過程に関与させることが重要である。技術についての規制当局からの承認があったとしても、特にその施設が住宅地域、学校や敏感な人々の近くにある場合には、周囲の理解がないために、新規技術の導入が妨げられることがある。マイクロ波や蒸気処理システムのように一般の人にもなじみのある処理過程であれば、プラズマや電子ビーム技術などのような、あまり知られていない技術よりも、地域コミュニティでは受け入れられやすいかもしれない。コミュニティに代替技術の選択について知らせ、関与できるプログラムを作れば、コミュニティも意思決定過程に意見を述べることができ、より納得が得られやすく、医療施設は地域の環境リーダーとしての名声につながるだろう。

技術の比較

表 10-6 は非焼却技術を比較したものである。その技術で扱われる廃棄物の種類によって、規制や特定の設計は変わる。廃棄物の中には追加の許可が必要とされるものもある。処理施設は、最新の正確な情報を販売会社に確認するべきである。

.....

A 注 1 : Underwriter Laboratories. “Standard for Alternative Treatment Technologies for the Disposal of Medical Waste.” Draft ANSI/UL Standard, UL-2334 (Research Triangle Park, NC: Underwriters Laboratories, 2000); www.ul.com/eph/medwaste.htm

A 注 2 : “Medical Waste: Still Healthy After All These Years,” Dee NaQuin, *Waste Age* (Environmental Industry Associations, Washington, DC), VOol.29, No.7, July 1998.

A注3 : P.Vaccari et al., “Disposal of antineoplastic wastes at the National Institutes of Health,” *Am J Hosp Pharm*, 41, 87 (January 1984); “Hazardous Drug Waste Management,” Chapter 12 in W.L. Turnberg, *Biohazardous Waste: Risk Assessment, Policy and Management*, (New York, NY: John Wiley & Sons, Inc., 1996)

A注4 : OSWER Directive 9441.1987(45) (policy directive from J.Sales, Chief, Regulation Development Section, EPA), U.S. Environmental Protection Agency, June 16, 1987; cited in W.L. Turnberg, *loc.cit.* 「空の容器」とは、化学療法薬剤が取り除かれた容器で、1インチ以下の残留物、あるいは重量で3%以下の残留物しか容器の中に残っていないものを指す。EPAは水薬瓶、注射器、手袋など化学物質に汚染されたものは、暴露を最小化するために使用後は取り扱わないことを推奨している。

A注5 : E.W.Repa and A.Blakey, “Municipal Solid Waste Disposal Trends: 1996 update,” *Waste Age* (Environmental Industry Association), January 1996.

(A 第11章 処理技術の経済学・・・A版 p85～)

E 第10章 処理技術の経済学・・・E版 p37～

資本コスト

総資本コストは、機器の購入にかかる経費と同様、立地や設置導入に関するすべての直接のおよび間接的成本を含めなければならない。技術の中には、立地や導入にほとんど経費のかからないものもあるが、その他は導入に際しての相当の設備も必要とする。以下のリストに、計上する必要のある直接コストの例を列挙した。ただし該当する技術によっては、これらのすべての項目が必要というわけではない。

- ・ 立地準備
- ・ 解体と廃棄（つまり古い焼却炉の撤去）
- ・ 建物（新規に建設あるいは改修）
- ・ 基礎と支持体部分
- ・ 電気設備
- ・ 蒸気と水の供給パイプ設置
- ・ 加熱および空調システム
- ・ 空気圧縮機
- ・ 照明設備
- ・ 衛生下水
- ・ スプリンクラー・システム
- ・ 塗装および断熱・防音
- ・ 運送と現地製作
- ・ 機器購入コスト（補助機材、機器、廃棄物搬送用のカート、モニタリング機器、運搬費、購入税、などを含む）

また、以下は考慮すべき間接コストの例である。

- ・ プロジェクト運営
- ・ エンジニアリング
- ・ 建設費
- ・ 許可申請
- ・ 定期試験
- ・ 専門費（その地域が、選択された当該技術に対して好意を持っていない場合、住民の抗議に対する説明責任としての広報費を含む）
- ・ 運転始動
- ・ 性能試験
- ・ 偶発事故（臨時出費）

また当該技術が、その地域住民や定量的に認識できない部局員にとって馴染みのないものの場合、一般の人の認識不足といったことに対する、無形の（漠然とした）費用もある。

年間運転費

年間運転費とは、その機器の寿命の間、毎年の運転をするためにかかる費用のことである。費用の膨張によって、これらの費用の大きさは変わることもあるが、同じ種類の他の費用も生じることがある。直接的な費用はシステムの処理能力によって変わるものである。つまり、

- 労働（運転上および管理上の労働）
- 設備
 - ・電気
 - ・蒸気
 - ・天然ガス
 - ・水
 - ・圧縮空気
 - ・その他
- 必需品
 - ・箱またはコンテナ
 - ・オートクレーブまたは蒸気透過性バッグ
 - ・ラベル
 - ・その他
- 消耗品
 - ・化学消毒剤
 - ・電極または点火棒
 - ・その他
- 維持費（定期的なもの及び不定期のもの）
 - ・資材
 - ・取替え部品（例えば耐火物や破碎機の刃など）
 - ・維持のための労働
- 埋め立て処分費（輸送費およびチップ費も含む）
- その技術では処理できなかった廃棄物の処分費
- 定期的および不定期の不稼働時の廃棄物処理費

間接的費用とは、処理能力に比例しない費用であって、以下のような項目がある。

- 管理運営上の諸経費
- 管理費

- 保険
- 年毎の定期的な許可費
- 定期的な検査または排出ガス試験
- 税金

焼却炉の改修費用

焼却炉に関して言えば、第1章で挙げたように、環境や健康あるいはその他の無形の問題に加えて、費用は主たるファクターとなっている。古い既存の焼却炉が、医療廃棄物焼却炉に対する EU の新規制を遵守するためには、高額の汚染除去機器を導入しなければならず、二次燃焼室の改修、モニタリング機器を付設しなければならず、さらに定期的な排気筒（煙突）のテスト、運転者の訓練といったことが要求される。それゆえ、初期投資は、次のような項目を含む。

- 湿式スクラバーあるいはその他の機器の購入と導入
- 二次燃焼室の改修
- モニタリング機器の購入と導入

年毎の運転にかかる費用は次のような項目を含む。

- 湿式スクラバーあるいはその他の機器の稼動にかかる年間費用
- 二次燃焼室にかかる年間費用
- 排気筒（煙突）テストにかかる年間費用
- パラメータのモニタリングにかかる年間費用
- 運転者訓練のコースにかかる年間費用

E-補追：ヨーロッパにおける非焼却処理技術

- ケーススタディ (E 版 p.39~)

フランス、ルーベの中央病院

Roubaix 医療センターの収容力は 2000 ベッドあり、年間 1 ベッドあたり 1 トンの廃棄物 (全ての種類の廃棄物) を出す。病院での廃棄物の組成は次の通り：有害病院廃棄物—15% (そのうち 3%は解剖による身体部分及び増殖抑制状態のもので、残りは感染性廃棄物である)、残りの 85%は非感染性廃棄物である。この 85%のうち、特殊産業廃棄物が 2%、通常産業廃棄物が 3%、残りの 80%は家庭廃棄物に似ておりそのうち 45%はリサイクル可能である。

1993 年以前、この病院は廃棄物をあまり分別せず現場の焼却炉で焼却していた。1993 年には、焼却炉を停止して廃棄物処理について他の方法を探した。彼らの選んだ方法は、廃棄物を発生源で分別し、感染性の部分を現場で、高温蒸気式の非焼却方式で処理することであった。1993 年 8 月、同病院は Ecodas T1000 (破砕—蒸気処理—乾燥する技術) を、1995 年にはもう 1 台の T1000 を買った。

病院の説明によれば、Ecodas 装置は彼らのニーズに最も適しているようだったから選んだ：つまり、環境にやさしく、感染性廃棄物を 138°Cの蒸気工程で殺菌し、自家用シュレッダーで当初の廃棄物量を 80%も減らせるのである。廃棄物の収集と分別は、「至近」原則にのっとり、現場で行われた：感染リスクのある廃棄物に関する作業を減らすことは、病院の職員や収集作業員の職業上のリスクを減らすことになる。これは又明らかに輸送費を減らす。

ルーベ病院の役員、ベルナール・プーラン氏は、焼却式から非焼却式への転換について次のように評価した。

「我々のコスト効率目標は達成できた。我々の廃棄物管理は経済的である；我々は病院の廃棄物管理の年間総コストを 30%減らした。我々はリスク管理を改善し、更に注意を深めている。我々の方法はよりエコロジカルでもある。」

ポルトガルにおける病院廃棄物管理

1995 年まで、ポルトガルでは環境に関してきちんとした病院廃棄物管理は事実上存在しなかった。法制上、病院廃棄物は 2 種類に分けられていただけである。無害廃棄物と有害廃棄物である。発生源で分別する非常に弱い仕組みがあり、その結果約 50% (年間 25,000 トン) の廃棄物が有害とみなされていた。有害廃棄物の持ち込み先は、40 ヶ所の医療廃棄物現地焼却炉であった。これら焼却炉の環境面での実績は非常に悪かった。殆どの焼却室

の温度は 800°C 以下であった。煙道ガス処理設備もなく、空気汚染検知システムは存在しなかった。

世論の圧力に押され、1996 年に政府は新しい法律を制定し、感染性廃棄物の滅菌用加圧釜をついに承認した。1998 年に政府は病院廃棄物に対する国家計画を承認した。この計画によれば、30 の既存焼却炉を徐々に減らし 2000 年には全国で 1 - 2 の焼却炉のみを残すことになった。2003 年と 2004 年には最後に残された医療廃棄物焼却炉 3 ヶ所のうち 2 ヶ所が閉鎖された。残された施設は、公的な操業許可がないという理由で閉鎖すべしとの強い世論を浴びている。

有害病院廃棄物の量は、廃棄物分別方法の改善により 1995 年以来着実に減少している。(1995 年 25,000 トン、2001 年 16,469 トン、2002 年 15,336 トン)。1996 年から 1998 年間に 2 つの大型滅菌用加圧釜が建設され、現在ではポルトガルで生成される病院廃棄物の 80% 以上を処理している。病院廃棄物焼却炉は 1 ヶ所しか残っていないので、病院廃棄物の焼却は 1995 年の 25,000 トンから、2001 年 5,726 トン、2002 年 3,174 トンと劇的に減少した。

有害病院廃棄物の焼却はさらに減らせる余地がある。1996 年から施行された法律では、病院廃棄物のうち、グループ III とグループ IV を有害と分類している。第 IV 分類廃棄物は焼却が義務付けられている。(第 III 分類廃棄物は滅菌用加圧釜でよい)。従って、III グループと IV グループの正確な分類は重要である。2002 年には有害病院廃棄物の約 20% 焼却されたが、IV グループ廃棄物の量は、より真剣な分別方針が行われている病院での廃棄物総量の約 5% にしか相当しない。(即ち、エボラの地方病院又はポルトのプレラダ病院)。

アイルランドは病院廃棄物を非焼却炉技術で処理することを決定した

最近まで、アイルランドでは医療廃棄物の約 50% は現地で焼却され、50% は埋め立てられていた。現在の国内、国外の趨勢により、医療分野では、病院の焼却炉を閉鎖して、廃棄物は他の方法で処理するよう強い圧力がかかっている。現在のところ、許可された焼却炉を持つ病院は 2 つしかないが、両方とも過去数年間運転されていない。最後の 2 つの医療廃棄物焼却炉も、一時期アイルランドに存在した他の 150 の焼却炉のように許可を取り消され、撤去されると予想されている。

最近の動きでは、Irish North/South Body の連合体及び共同廃棄物管理委員会が、民間廃棄物管理会社である Sterile Technologies Ireland 社と、アイルランドの病院廃棄物処理に関して契約を結んだ。Sterile Technologies Ireland 社は STI Model 2000 を用い、処理前に廃棄物を破砕し、引き続き蒸気を注入して病原菌の微生物を完全に除去する。重要な数値

は連続的に監視され、記録され、医療廃棄物の安全、清潔、説明可能な技術を提供している。識別不能な廃棄物は、埋め立て処分場に持ち込まれる前に、科学的に殺菌済みと定義され、証明されるまで保管される。

アイルランドの現状は、島内で処理される全医療廃棄物の 95%は、発生源で家庭系及び医療系廃棄物の特定処分の流れに分別される。医療廃棄物は、各病院でキャスター付き容器に貯蔵され、発生源から最終処分場まで電子追跡システムによって輸送される。

この方法による医療廃棄物の処理は、医療廃棄物の処分方法として焼却が唯一の安全な方法であるという認識を変えた。この新技術の、ワークショップを通じた詳しい説明が、病院へのシステムの紹介を助け、発生源での廃棄物分別や書類の扱い方を周知させ、施設ごとの収集ポイント及びキャスター付き容器の使用に貢献した。

STI Model 2000 工程では受け入れられない廃棄物は 2 つの種類に分類される。

第 1 は、きちんと封印されておらず、破損され、穴が開いており、漏れている包装物、及び発生源と内容物を確認できるひもやラベル表示がない包装物である。この種類の廃棄物は、きちんと管理されれば処理可能になる。第 2 の種類は、STI Model 2000 処理システムでは処理できない廃棄物である。細胞毒性物質、鋭利廃棄物、非鋭利廃棄物、識別可能な解剖廃棄物、即ち手足、器官、CJD 又は有害グループ 4 の病原体を含む廃棄物は、アイルランドの全医療廃棄物の約 3%をしめるが、越境輸送許可の下でベルギーの焼却施設へ輸出される。

スロベニアでは 1995 年以降、感染性廃棄物を移動式高熱蒸気施設で処理している

健康省発行の法令集 30/95 のスロベニア規則 No. 1520 により、最近まで全ての感染性廃棄物は移動式設備 ZDA-M3(移動式蒸気殺菌機)で処理しなければならなかった。スロベニアには、感染性廃棄物を処理する移動式設備は 3 基あった。浄化された廃棄物は埋め立てられた。焼却は、解剖による人体の一部、細胞増殖抑制状態のもの及び薬品など他の有害病院廃棄物についてのみ許可されていた。

2003 年 11 月に、スロベニアの病院廃棄物に関する新しい法律が採用された。新法は、EU 法令に基づく新しい廃棄物目録を含む。非焼却処理技術の使用を命じていた 1995 年からの旧法は無効とされ、感染性廃棄物の処理に関しては、焼却式、非焼却式双方が合法的となった。現在のところ、感染性廃棄物は依然として非焼却式汚染除去施設で処理されているが、スロベニアは EU の新しいメンバーとして、EU の近隣先進諸国の例にならい、廃棄物処理に関して非焼却技術の研究を続けることが期待されている。

(以 上)