

19990680

平成11年度厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）

研究開発業務 成果報告書

「廃棄物処理におけるダイオキシン類の
抑制及び分解技術に関する研究」

平成12年3月

世界保健機関（WHO）健康開発総合研究センター

目 次

まえがき

研究開発メンバー名簿

総括概要報告書

廃棄物処理におけるダイオキシン類の抑制及び分解技術に関する研究

分担研究報告書

一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定

実燃焼での処理状態及び滅菌処理基礎研究

マイクロ波炉内電磁界解析の為の廃棄物材料複素誘電率の温度依存性特性

I. 研究開発の概要

1. 目的
2. 計画
3. 推進体制
4. プレゼンテーション
5. マイクロ波を利用した処理装置の概要

II. 研究開発計画

1. 基本計画

1-1. マイクロ波照射効率

- ① 60L一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定
- ② 300L一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定

1-2. 実機装置での処理物燃焼テスト

2. マイクロ波の滅菌処理テスト
3. 処理物（高分子化合物）で想定される、単一材料の複素誘電率の温度依存性特性計測及び発熱分布シミュレーション

III. 研究開発の結果と成果

1. マイクロ波焼却炉の廃棄物処理適用への意義
2. マイクロ波利用処理装置の作成
 - 2-1. 廃棄物処理に対するマイクロ波の利用
 - 2-1-1. 構想
 - 2-1-2. マイクロ波応用小型焼却炉の構造
 - 2-1-3. 展望
 - 2-2. ダイオキシン類の測定
 - 2-3. マイクロ波照射効率測定
 - 2-3-1. 60リットル容量の一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定
 - 1-1. 一次燃焼室の形状とマイクロ波導入口の寸法
 - 1-2. ネットワークアナライザーを用いた反射電力／入射波電力比の測定
 - 1-3. マイクロ波加熱効率の測定
 - 1-3-1. 加熱効率測定の方法
 - 1-3-2. データ収集の方法
 - 1-3-3. データ解析の方法
 - 1-4. 60リットル一次燃焼室のマイクロ波加熱測定の結果と評価
 - 2-3-2. 300リットル容量の一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定
 - 2-1. マイクロ波導入口の形状寸法の適正化による反射損失の低減
 - 2-2. 300リットル一次燃焼室のマイクロ波導入口計画
 - 2-3. マイクロ波加熱効率の測定

- 2-3-1. マイクロ波機器の接続状況
- 2-3-2. 加熱効率測定の方法
- 2-3-3. データ収集の方法
- 2-3-4. データ解析の方法
- 2-4. 300リットル一次燃焼室の効率測定結果
- 2-3-3. 研究の成果
 - 3-1. 省エネルギーの効果
 - 3-2. 設備費のコストダウン
 - 3-3. 今後の課題
- 3. マイクロ波利用の小型処理装置での実燃焼テスト (ダイオキシン類の発生抑制)
 - 3-1. テスト結果及び成果と今後の課題
 - 3-1-1. 装置運転関係
 - 3-1-2. ダイオキシン類の発生抑制関係
 - 3-1-3. その他分析関係
 - 3-1-4. 今後の課題
 - 3-2. 燃焼テスト
 - 3-2-1. 第1回燃焼テスト [SMCI-60L 通常運転]
 - 3-2-2. 第2回燃焼テスト [SMCI-60L 内釜予熱運転]
 - 3-2-3. 第3回燃焼テスト [冷却強化運転]
 - 3-2-4. 第4回燃焼テスト [オキ火無し運転]
 - 3-2-5. 第5回燃焼テスト [STB-60L型 運転]
 - 3-2-6. 第6回燃焼テスト [SMCI-60L 空気量削減]
 - 3-2-7. 第7回燃焼テスト [STB+マイクロ波運転]
 - 3-2-8. 第8回燃焼テスト [STB+マイクロ波運転 (改良版)]
 - 3-2-9. 関連燃焼テスト
 - 3-2-9-1. 内釜予熱テスト+強制炭化燃焼
 - 3-2-9-2. 封入含水物焼却の冷却時における
CO濃度影響確認テスト
 - 3-2-10. 分析及び熱収支
 - 3-2-10-1. 排ガス中のダイオキシン類及びCO-PCB濃度
 - 3-2-10-2. 残灰中のダイオキシン類及びCO-PCB濃度
 - 3-2-10-3. 排ガス中のダスト濃度
 - 3-2-10-4. 焼却物燃焼効率
 - 3-2-10-5. 焼却減量化率及び残渣中の熱灼減量
 - 3-2-10-6. 装置としての熱精算解析
 - 3-2-10-7. 装置運転形態
 - 3-2-10-8. 計測及び測定項目
 - 3-2-10-9. 熱精算処理
- 4. 滅菌処理利用の研究
 - 4-1. テスト結果及び成果と今後の課題
 - 4-2. 制御性テスト
 - 4-2-1. テスト結果 (1) [処理物混在及び単体での定温制御性について]
 - 4-2-2. テスト結果 (2) [制御温度による定温制御性について]
 - 4-2-3. テスト結果 (3) [血液回路とダイアライザー混在での制御性について]
- 5. マイクロ波炉内電磁界解析のための廃棄物材料複素誘電率の温度依存性特性
 - 1. はじめに
 - 2. 理論
 - 3. 測定系および空洞共振器
 - 4. フェライト透磁率の測定
 - 5. 測定用試料
 - 6. 測定方法

7. 測定結果
8. マイクロ波炉内の発熱分布シミュレーション
9. まとめ

IV. 総括

V. 資料 [別冊]

まえがき

本報告書は、「平成11年度厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）」に基づき、「世界保健機関（WHO）健康開発総合研究センター」より申請採択された、「廃棄物処理におけるダイオキシン類の抑制及び分解技術に関する研究」の研究・開発の成果をまとめたものです。

「廃棄物処理におけるダイオキシン類の抑制及び分解技術に関する研究」は、環境ホルモンへの影響としてダイオキシン類の低減、地球温暖化への影響として二酸化炭素排出削減等、地球規模での取り組み課題として、厚生省及び環境庁より推進されています。

その発生は、廃棄物の処理において、多くは焼却過程での排出ガス中で生成されており、処理方法の安定適性により抑制できるものと考えます。

本研究開発では、廃棄物の内「処理及び清掃に関する法律」で指定されている医療機関等に依り排出される感染性廃棄物（特別管理廃棄物）を対象にした処理方法を実燃焼を主体に、研究・開発してまいりました。

実燃焼は、廃棄物の主体であります高分子有機化合物の安定燃焼を可能とする安定ガス化と燃焼処理（二次燃焼処理）の組み合わせであり、特に安定ガス化の手段として、マイクロ波照射加熱を用いた装置で実験確認を実施致しました。

処理対象物としては、医療系感染性廃棄物の中で、一般病棟で使用されている器具及び燃えにくい器具（未使用品）を選出し、各実験を行いました。

マイクロ波処理による二段燃焼に関しまして、処理対象物の基礎データ確認テスト、処理設備の運転稼動状況データ、排ガス分析並びに残渣物分析を実施すると共に、ガスバーナ二段燃焼比較を検討し、各々の優劣について検討致しました。

今回の研究は単年度にて実施し、医療系廃棄物を地球に優しい形式で処理する技術の確証を行ったものであり、今後の厚生省の方針が、本廃棄物を集中型処理するのか分散型処理するのかによって、本研究が今後の対策の一助となる事を期待しております。

本研究開発の実施及び報告書の作成に当たり、研究者各位をはじめ、支援者及び作業部員各位並びに御協力頂いた関係各位に感謝する次第であります。

平成12年3月

世界保健機関（WHO）
健康開発総合研究センター
所長 川口 雄次

開発メンバー

研究組織

研究組織	氏名	所属
主任研究者	川口 雄次	WHO 健康開発総合研究センター 所長
分担研究者	中江 章浩	WHO 健康開発総合研究センター
分担研究者	柴田 長吉郎	日本電磁波応用研究会
分担研究者	二川 佳央	国士館大学 工学部 電気工学科
分担研究者	村上 照男	マイクロ電子株式会社
分担研究者	河野 義弘	住金マネジメント株式会社
研究協力者	足立 昌子	神戸薬科大学
研究協力者	小田 正之	アストム株式会社
研究協力者	吉中 悟	ゼネラル技研株式会社

総括概要報告書

平成 11 年度厚生科学研究費補助金（生活安全総合研究事業）

廃棄物処理におけるダイオキシン類の抑制及び分解技術に関する研究

主任研究者 川口 雄次 WHO 健康開発総合研究センター 所長

分担研究者 中江 章浩 WHO 健康開発総合研究センター

二川 佳央 国士館大学工学部電気工学科

村山 照男 ミクロ電子株式会社

河野 義弘 住金マネジメント

研究要旨

廃棄物の「処理及び清掃に関する法律」により、医療関係機関より排出される感染性廃棄物が特別管理廃棄物に指定されている。

この感染性廃棄物は、発生元の責任において適正に処理する事が義務づけられており、自ら焼却等の滅菌処理を行うか、第三者に処理を委託しなければならない。

しかし、医療関係機関等における既存の焼却設備のほとんどは、一般ゴミ（紙屑等）を焼却する性能しか有しておらず、業者への委託処理にそのほとんどを頼っているのが現状であり、各分野で廃棄物の適正な処理が求められている。

現状の焼却設備としては、油若しくはガスバーナによる焼却又は、それらを使った焼却助燃が行われる装置がほとんどであり、高分子化合物質の一部でガス化燃焼（溶融ガス化分解燃焼）方式の焼却装置と焼却方法が採られているに過ぎない。

従来方式の油又はガスバーナでは、供給される燃焼エネルギーの効率が低く且つ燃焼しやすい処理物より焼却される為、内部燃焼が不安定となりがちであり、特に、医療系廃棄物は、アルコールなどの爆発的着火性を持つ物質を含んだ廃棄物も見られ、従来方式の油又はガスバーナによる直接焼却は、燃焼開始時に爆発的着火を起す危険性がある。

また、発生現場の近くに設置する事により、環境衛生保全上、一般の環境から隔離してストックされ且つ処理されるべき廃棄物を、発生から間を置く事なく迅速且つ適切に処理する事にある。さらに、老人介護施設等も今後増加し、医療系廃棄物の発生量は増加すると共に、分散化されてくる傾向にある。

これらの実態に合った、医療系廃棄物処理装置の開発と実装置での実証テストを行い、人と地球に優しい装置の実用化を進める事が検討課題と考えられた。

A. 研究の目的

医療系廃棄物（以下処理物と称す）は、難燃性の高分子有機化合物が主体であり、又、状態も固体及び液状物等多様である為、従来の処理方法での油やガスによる外部からの強制燃焼及び自然燃焼では、安定した焼却による完全焼却が困難となりがちである。又、供給燃料による排ガスの問題も生じる。

安定した燃焼をさせるには、安定したクリーンなエネルギーを供給すると共に、処理物が安定した状態で、ガス化燃焼・焼却を行えるかである。

そこで、本研究では一般家庭及び工業熱処理に広く用いられている（廃棄物処理装置としては用いられていない）マイクロ波を用い、マイクロ波の特性を利用した、処理物自体の励起加熱と発熱量による、安定ガス化、燃焼、焼却の実燃焼テストを行い、実装置適用（処理物の焼却運転状態及び排出ガス・残渣中の、ダイオキシン類の分析等）と滅菌処理利用の基本事項である処理物への定温制御性の確認及び、マイクロ波加熱効率と処理量アップ相当へのマイクロ波対応対応そして、マイクロ波照射に影響する処理物自体の誘電率の温度依存特性を測定し、今後の課題を明らかにする事を目的に行った。

B. 研究方法

1. 実燃焼テストとして、マイクロ波利用の実装置適用の確認を下記の方法で行った。

処理装置	マイクロ波利用処理装置 (SMCI-60)、比較処理装置 (強制着火、自然)
対象処理物	ダイアライザー (水入り)、血液回路、注射筒 計 7.359kg (9.189kg)
燃焼テスト	A 標準燃焼、比較処理装置の標準燃焼 B 処理サイクル改善燃焼 C 供給空気改善及び調整燃焼
データ類	装置運転データ (マイクロ波作動等推移)、各燃焼室温度推移 排ガス、残渣分析 (ダイオキシン類、熱灼減量他)
解析	熱精算関係

2. 滅菌処理の定温制御性確認は、下記の方法で行った。

処理装置	マイクロ波利用処理装置 (SMCI-60)
対象物	ダイアライザー (水入り)、鳥もも肉 (含水物)、血液回路
確認テスト	3種混在、単材、2種混在に対し、マイクロ波を照射し、定温度手動制御を行った。 基準温度 100 から 120℃、時間 15～30 分
データ類	熱電対による温度変化を連続記録

3. マイクロ波の加熱効率測定

医療廃棄物はいろいろな物質の混合体であるため医療廃棄物そのものをマイクロ波加熱して加熱効率を直接求めることは不可能である。そこで本研究では加熱対象物に水を用いてマイクロ波加熱効率を求めた。

まず、SMCI-60型60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率を測定し、得られた測定データが十分な加熱効率ではないと見なされる場合、その原因を特定して改善方法を見つけた。

改善したマイクロ波照射方法を採用した300リットル容量の一次燃焼室の加熱効率を測定し、60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率測定データと比較する方法を採用した。

4. 処理物材料の複素誘電率の温度依存特性

測定試料：ポリ塩化ビニル、ジュラコン、ナイロン、ポリエチレンテレフタレート、ポリプロピレン
ABS の7種類

矩形空洞共振器に直流磁界を加え、共振周波数の変化により、処理材の複素比誘電率の測定と、マイクロ波の炉内想定での材料の電磁界解析を行った。

C. 研究結果

1. 実燃焼テスト及び滅菌利用の定温制御性確認

1-1. マイクロ波利用処理装置での運転適用

- ・二次燃焼室設定温度制御が、燃焼バーナーとマイクロ波照射負荷（入・切）により、安定したコントロール状態が確認でき、マイクロ波利用による処理物加熱制御への有効適用性が確認され処理装置として、マイクロ波の利用は可能である。

1-2. ダイオキシン類の発生抑制

- ・排ガス中のダイオキシン類濃度は、2.2～4.4 ng/m³N、Co-PCB濃度は0.0046～0.02 ng/m³Nの結果となり、規制値はクリアしているが、従来実績値1 ng/m³N以下とはならなかった。これは、処理物の過剰投入による発生ガス量アップの為、二次燃焼室での滞留時間が標準2秒に対し、0.7～0.8秒となった為、ダイオキシン類の分解が低下したものと考える。二次燃焼室の滞留時間を標準2秒に対応する処理量とすれば、低ダイオキシン類濃度1 ng/m³Nは、充分可能である。
- ・残渣中のダイオキシン類濃度は0.16～2.7 ng/m³N、Co-PCB濃度は0.00097～0.07 ng/m³Nと低濃度を確認できた。但し、1テスト結果として、ダイオキシン類濃度56 ng/m³N、Co-PCB濃度が、1.8 ng/m³Nと高濃度となる。これは、一次燃焼室の温度が、400℃程度と低い状態の為、未燃炭化物も多く、ダイオキシン類の析出保持された為と考える。
- ・ガス化中のCO濃度は数ppmと低濃度である。
- ・ダイオキシン類の発生抑制は、二次燃焼室温度850℃以上、滞留時間2秒以上、一次燃焼室温度は、600℃以上を管理条件とし、2時間以内に一次燃焼室をガス化+燃焼状態にすべきである。

1-3. その他分析及び解析

- ・焼却排ガス中のダスト濃度は、0.001～0.08 ng/m³Nと、低濃度である。
- ・処理物の燃焼効率、97%と、高効率である。
- ・処理物の減量化率は、98%である。
- ・焼却残渣中の熱灼減量は、85%（未燃炭素分が主）
- ・装置の有効熱量率は、SMCI-60で、66%、STB-60で、76%である。

1-4. 比較処理装置（STB-60）との差異

- ・今回の焼却テスト（小型処理）結果では、特に差異は見られなかった。

1-5. 滅菌利用へのマイクロ波の定温制御性

- ・混在では、処理物の状態差（水分の有無）により、処理物均一の定温制御性は困難である。
- ・単材での定温制御は可能である。
- ・処理物の組み合わせにより、定温制御は可能である。
- ・水分含有物については、水分蒸発迄、100℃以上での滅菌状態は出来ない。（常圧下）
- ・処理物の温度管理に十分な配慮が必要と考える。

2. マイクロ波の加熱効率測定

2-1. ネットワークアナライザーアナライザによるマイクロ波照射口の反射特性の測定

加熱効率測定を行う前にネットワークアナライザーを用いてSMCI-60型60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波照射口のマイクロ波反射特性を測定した。

測定の結果、6.8kgの人工透析器をマイクロ波吸収材としたときに23.6%のマイクロ波電力が反射によって損失している事が判明した。

2-2.6 0リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率測定

加熱物に水を用いた時のマイクロ波加熱効率測定の結果は60%と決して高効率とはいえない値であった。どこかに失われた40%のエネルギー損失分のうち23.6%はマイクロ波照射口でのマイクロ波反射によるものである。

2.3. マイクロ波照射口の最適化研究

6.8kgの人工透析器をマイクロ波吸収材にし、ネットワークアナライザーで反射の少ないマイクロ波照射口の形状と照射口の位置を求めた。

照射口は従来のSMCI-60型医療廃棄物焼却装置の開口寸法である27mm×96mmより一辺を31mm短くした27mm×65mmとし、開口位置を一次燃焼室の内壁面より46.5mm以上離すことで、マイクロ波反射電力損失を2.2%に減少させることが出来た。

2-4. 最適化した照射口を備えた300リットル容量一次燃焼室のマイクロ波加熱効率

60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率の測定方法と全く同じ方法で300リットル容量一次燃焼室のマイクロ波加熱効率を測定して86.9%の測定値を得た。

3. 処理物材料の複素誘電率の温度依存特性

D. 研究のまとめと考察

1. 実燃焼テスト及び滅菌利用

今回の燃焼テストでは、マイクロ波利用処理装置(SMCI-60)と、比較処理装置(マイクロ波無し、強制着火自然焼方式)での差異は見られず、両処理装置とも良好であった。これは、小容量処理での比較の為、内部燃焼状態差が生じなかった為と考える。(含水物が20%以上と多い場合には、自然焼消火等の発生が想定される。)

ダイオキシン類の抑制については、二次燃焼室容量と発生ガスの燃焼排ガスによる設計滞留時間2秒に対し、0.7~0.8秒程度となり、2.2~4.4 ng/m³N と、低ダイオキシン濃度1 ng/m³N とはならなかった。また、残渣中のダイオキシン類濃度は、0.16~2.7 ng/m³N と低濃度を確認できた。

ダイオキシン類の発生抑制は、二次燃焼室の温度制御及び滞留時間の確保であり、マイクロ波の利用により、発生ガスのコントロールと安定ガス化燃焼が可能である。また、マイクロ波の有効活用として、滅菌処理利用については、処理物の選択により可能である。

今回の研究により、上記のようにマイクロ波の焼却処理及び滅菌処理への利用は、クリーンなエネルギー及び環境ホルモン問題を解決する手段として、活用できる基本的な確認が出来、医療系廃棄物の処理装置として、実用化には十分期待できる。

今後、利用するマイクロ波の制御を状況に合わせた条件設定で行う為に、センサー類の研究開発が課題と考える。

2. マイクロ波の加熱効率測定

2-1. 省エネルギー

マイクロ波導入口の形状と位置を最適化することによって、300リットル一次燃室のマイクロ波加熱効率86.9%の結果を得た。

従来型SMCI-60型医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率は約60%であるので26%強の効率を上昇させる結果を得た。

SMCI-60型医療廃棄物焼却装置では、約10kgの人工透析機器を焼却するのに25kWhの電力が必要であったので、人工透析器を焼却処理するのに1kgあたり2.5kWh必要であったが、最適化したマイクロ波照射口を備えた300リットル医療廃棄物焼却装置ならば1kgの人工透析器を焼却処理するのに1.88kWhで済み、25%のエネルギーコストの削減が可能となった。

2-2.設備費のコストダウン

来型のSMC I-60医療廃棄物焼却装置のままで燃焼室容量を300リットルにスケールアップすると12kWのマイクロ波出力が必要である。

この方法では、1.2kWマイクロ波発振器及びマイクロ波を送電する導波管など10セットを300リットル一次燃焼室に針鼠のごとくに配置して接続する事になる。

本研究の成果で、マイクロ波出力は9kWで同じ能力を出せることになり、一台のマイクロ波出力が1.5kW出力のマイクロ波発振器を採用した場合には導波管、アイソレーター、マイクロ波発振器等マイクロ波機器の台数を6セットにすることで、30%程度コストダウンが可能となった。

2-3.今後の課題

医療系廃棄物は様々な物質の集合体であり、加熱減容する際に示す反射電力の挙動はいつも同じではないので、長期にわたるデータ収集とデータの解析から最適なマイクロ波の制御プログラムの作成が課題と考える。

3. 処理物材料の複素誘電率の温度依存特性

・複素誘電率の温度依存特性

全ての材は、温度上昇（特に100℃前後より）と共に複素誘電率の虚数部が大きく上昇し、実数部の変化は虚数部に比べ、小さい結果を得た。

・マイクロ波炉内での材料の発熱分布

高温時（150℃及び200℃）での発熱量は常温時に対して2倍以上であり、発熱は中心部分が周辺より大きい事が判明。

マイクロ波加熱時の発熱は、温度が上昇するほど大きくなり中心部分から加熱が広がって行き、昇温が進むほど加熱が強くなり、処理物の温度上昇はマイクロ波照射により高温に昇温される。

今後は、これらの発熱分布を考慮した処理釜（一次燃焼室）の最適設計が課題と考えられる。

(分担) 研究報告書

平成 11 年度厚生科学研究費補助金 (生活安全総合研究事業)

一次燃焼室のマイクロ波加熱効率測定

分担研究者 村山 照男 ミクロ電子株式会社
研究協力者 工藤 稔 ミクロ電子株式会社

研究要旨

廃棄物の「処理及び清掃に関する法律」により、医療関係機関より排出される感染性廃棄物が特別管理廃棄物に指定されている。

この感染性廃棄物は、発生元の責任において適正に処理する事が義務づけられており、自ら焼却等の滅菌処理を行うか、第三者に処理を委託しなければならない。

しかし、医療関係機関等における既存の焼却設備のほとんどは、一般ゴミ (紙屑等) を焼却する性能しか有しておらず、業者への委託処理にそのほとんどを頼っているのが現状であり、各分野で廃棄物の適正な処理が求められている。

現状の焼却設備としては、油若しくはガスバーナによる焼却又は、それらを使った焼却助燃が行われる装置がほとんどであり、高分子化合物質の一部でガス化燃焼 (熔融ガス化分解燃焼) 方式の焼却装置と焼却方法が採られているに過ぎない。

従来方式の油又はガスバーナでは、供給される燃焼エネルギーの効率が低く且つ燃焼しやすい処理物より焼却される為、内部燃焼が不安定となりがちであり、特に、医療系廃棄物は、アルコールなどの爆発的着火性を持つ物質を含んだ廃棄物も見られ、従来方式の油又はガスバーナによる直接焼却は、燃焼開始時に爆発的着火を起す危険性がある。

また、発生現場の近くに設置する事により、環境衛生保全上、一般の環境から隔離してストックされ且つ処理されるべき廃棄物を、発生から間を置く事なく迅速且つ適切に処理する事にある。さらに、老人介護施設等も今後増加し、医療系廃棄物の発生量は増加すると共に、分散化されてくる傾向にある。

これらの実態に合った、医療系廃棄物処理装置の開発と実装置での実証テストを行い、人と地球に優しい装置の実用化を進める中で、マイクロ波の加熱効率が検討課題と考えられた。

A. 研究の目的

現在、小規模医院で稼働中のマイクロ波利用処理装置 (以下 SMCI-60 と称す) 60 リットル一次燃焼室容量の医療廃棄物焼却装置の焼却データでは、10 kg の人工透析機器を 7 時間で焼却するのに 2.4 kW のマイクロ波電力が用いられている。

商用電力をマイクロ波電力に変換する際の効率は 67% 程度であるので、上記の焼却時間中に使用される商用電力量は概ね 2.5 kWh である。

所要マイクロ波出力は燃焼室に投入される医療廃棄物の重量に比例するので、中規模以上の医療施設で必要とする 300 リットル容量の医療廃棄物焼却装置の場合を想定すると、所要マイクロ波出力は 12 kW で運転時に使用される商用電力は 12.5 kWh に達する。

本研究では、300 リットル容量の一次燃焼室に結合するマイクロ波放射口の形状と位置を最適化する事でマイクロ波加熱効率を高めて運転時の省エネルギーと医療廃棄物焼却装置の建造費の低減を計ることを目的とした。

B. 研究方法

医療廃棄物はいろいろな物質の混合体であるため医療廃棄物そのものをマイクロ波加熱して加熱効率を直接求めることは不可能である。そこで本研究では加熱対象物に水を用いてマイクロ波加熱効率を求めた。

まず、SMC I-60型60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率を測定し、得られた測定データが十分な加熱効率ではないと見なされる場合、その原因を特定して改善方法を見つけ出す。

改善したマイクロ波照射方法を採用入れた300リットル容量の一次燃焼室の加熱効率を測定し、60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率測定データと比較する方法を採用した。

C. 研究結果

1. ネットワークアナライザーによるマイクロ波照射口の反射特性の測定

加熱効率測定を行う前にネットワークアナライザーを用いてSMC I-60型60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波照射口のマイクロ波反射特性を測定した。

測定の結果、6.8kgの人工透析器をマイクロ波吸収材としたときに23.6%のマイクロ波電力が反射によって損失している事が判明した。

2. 60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率測定

加熱物に水を用いた時のマイクロ波加熱効率測定の結果は60%と決して高効率とはいえない値であった。どこかに失われた40%のエネルギー損失分のうち23.6%はマイクロ波照射口でのマイクロ波反射によるものである。

3. マイクロ波照射口の最適化研究

6.8kgの人工透析器をマイクロ波吸収材にし、ネットワークアナライザーで反射の少ないマイクロ波照射口の形状と照射口の位置を求めた。

照射口は従来のSMC I-60型医療廃棄物焼却装置の開口寸法である27mm×96mmより一边を31mm短くした27mm×65mmとし、開口位置を一次燃焼室の内壁面より46.5mm以上離すことで、マイクロ波反射電力損失を2.2%に減少させることが出来た。

4. 最適化した照射口を備えた300リットル容量一次燃焼室のマイクロ波加熱効率

60リットル一次燃焼室容量医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率の測定方法と全く同じ方法で300リットル容量一次燃焼室のマイクロ波加熱効率を測定して86.9%の測定値を得た。

D. 研究のまとめと考察

1. 省エネルギー

マイクロ波導入口の形状と位置を最適化することによって、300リットル一次燃室のマイクロ波加熱効率86.9%の結果を得た。

従来型SMC I-60型医療廃棄物焼却装置のマイクロ波加熱効率は約60%であるので26%強の効率を上昇させる結果を得た。

SMC I-60型医療廃棄物焼却装置では、約10kgの人工透析機器を焼却するのに25kWhの電力が必要であったので、人工透析器を焼却処理するのに1kgあたり2.5kWh必要であったが、最適化したマイクロ波照射口を備えた300リットル医療廃棄物焼却装置ならば1kgの人工透析器を焼却処理するのに1.88kWhで済み、25%のエネルギーコストの削減が可能となった。

2. 設備費のコストダウン

来型のSMC I-60 医療廃棄物焼却装置のままで燃焼室容量を300リットルにスケールアップすると12kWのマイクロ波出力が必要である。

この方法では、1.2kWマイクロ波発振器及びマイクロ波を送電する導波管など10セットを300リットル一次燃焼室に針鼠のごとくに配置して接続する事になる。

本研究の成果で、マイクロ波出力は9kWで同じ能力を出せることになり、一台のマイクロ波出力が1.5kW出力のマイクロ波発振器を採用した場合には導波管、アイソレーター、マイクロ波発振器等マイクロ波機器の台数を6セットにすることで、30%程度コストダウンが可能となった。

3. 今後の課題

医療系廃棄物は様々な物質の集合体であり、加熱減容する際に示す反射電力の挙動はいつも同じではないので、長期にわたるデータ収集とデータの解析から最適なマイクロ波の制御プログラムの作成が課題と考える。

(分担) 研究報告書

平成 11 年度厚生科学研究費補助金 (生活安全総合研究事業)

実燃焼での処理状態及び滅菌処理基礎研究

分担研究者 河野 義弘 住金マネジメント

研究要旨

廃棄物の「処理及び清掃に関する法律」により、医療関係機関より排出される感染性廃棄物が特別管理廃棄物に指定されている。

この感染性廃棄物は、発生元の責任において適正に処理する事が義務づけられており、自ら焼却等の滅菌処理を行うか、第三者に処理を委託しなければならない。

しかし、医療関係機関等における既存の焼却設備のほとんどは、一般ゴミ(紙屑等)を焼却する性能しか有しておらず、業者への委託処理にそのほとんどを頼っているのが現状であり、各分野で廃棄物の適正な処理が求められている。

現状の焼却設備としては、油若しくはガスバーナによる焼却又は、それらを使った焼却助燃が行われる装置がほとんどであり、高分子化合物質の一部でガス化燃焼(溶融ガス化分解燃焼)方式の焼却装置と焼却方法が採られているに過ぎない。

従来方式の油又はガスバーナでは、供給される燃焼エネルギーの効率が低く且つ燃焼しやすい処理物より焼却される為、内部燃焼が不安定となりがちであり、特に、医療系廃棄物は、アルコールなどの爆発的着火性を持つ物質を含んだ廃棄物も見られ、従来方式の油又はガスバーナによる直接焼却は、燃焼開始時に爆発的着火を起す危険性がある。

また、発生現場の近くに設置する事により、環境衛生保全上、一般の環境から隔離してストックされ且つ処理されるべき廃棄物を、発生から間を置く事なく迅速且つ適切に処理する事にある。さらに、老人介護施設等も今後増加し、医療系廃棄物の発生量は増加すると共に、分散化されてくる傾向にある。

これらの実態に合った、医療系廃棄物処理装置の開発と実装置での実証テストを行い、人と地球に優しい装置の実用化を進める事が検討課題と考えられた。

A. 研究の目的

医療系廃棄物(以下処理物と称す)は、難燃性の高分子有機化合物が主体であり、又、状態も固体及び液状物等多様である為、従来処理方法での油やガスによる外部からの強制燃焼及び自燃焼では、安定した焼却による完全焼却が困難となりがちである。又、供給燃料による排ガスの問題も生じる。

安定した燃焼をさせるには、安定したクリーンなエネルギーを供給すると共に、処理物が安定した状態で、ガス化燃焼・焼却を行えるかである。

そこで、本研究では一般家庭及び工業熱処理に広く用いられている(廃棄物処理装置としては用いられていない)マイクロ波を用い、マイクロ波の特性を利用した、処理物自体の励起加熱と発熱量による、安定ガス化、燃焼、焼却の実燃焼テストを行い、実装置適用(処理物の焼却運転状態及び排出ガス・残渣中の、ダイオキシン類の分析等)と滅菌処理利用の基本事項である処理物への定温制御性の確認を行い、今後の課題を明らかにする事を目的に行った。

B. 研究方法

1. 実燃焼テストとして、マイクロ波利用の実装置適用の確認を下記の方法で行った。

処理装置	マイクロ波利用処理装置 (SMCI-60)、比較処理装置 (強制着火、自然)
対象処理物	ダイアライザー (水入り)、血液回路、注射筒 計 7.359kg (9.189kg)
燃焼テスト	A 標準燃焼、比較処理装置の標準燃焼 B 処理サイクル改善燃焼 C 供給空気改善及び調整燃焼
データ類	装置運転データ (マイクロ波作動等推移)、各燃焼室温度推移 排ガス、残渣分析 (ダイオキシン類、熱灼減量他)
解析	熱精算関係

2. 滅菌処理の定温制御性確認は、下記の方法で行った。

処理装置	マイクロ波利用処理装置 (SMCI-60)
対象物	ダイアライザー (水入り)、鳥もも肉 (含水物)、血液回路
確認テスト	3種混在、単材、2種混在に対し、マイクロ波を照射し、定温度手動制御を行った。 基準温度 100 から 120℃、時間 15～30 分
データ類	熱電対による温度変化を連続記録

C. 研究結果

1. マイクロ波利用処理装置での運転適用

- ・二次燃焼室設定温度制御が、燃焼バーナーとマイクロ波照射負荷 (入・切) により、安定したコントロール状態が確認でき、マイクロ波利用による処理物加熱制御への有効適用性が確認され処理装置として、マイクロ波の利用は可能である。

2. ダイオキシン類の発生抑制

- ・排ガス中のダイオキシン類濃度は、2.2～4.4 ng/m³N、Co-PCB 濃度は 0.0046～0.02 ng/m³N の結果となり、規制値はクリアしているが、従来実績値 1 ng/m³N 以下とはならなかった。これは、処理物の過剰投入による発生ガス量アップの為、二次燃焼室での滞留時間が標準 2 秒に対し、0.7～0.8 秒となった為、ダイオキシン類の分解が低下したものと考える。二次燃焼室の滞留時間を標準 2 秒に対応する処理量とすれば、低ダイオキシン類濃度 1 ng/m³N は、充分可能である。
- ・残渣中のダイオキシン類濃度は 0.16～2.7 ng/m³N、Co-PCB 濃度は 0.00097～0.07 ng/m³N と低濃度を確認できた。但し、1 テスト結果として、ダイオキシン類濃度 56 ng/m³N、Co-PCB 濃度が、1.8 ng/m³N と高濃度となる。これは、一次燃焼室の温度が、400℃程度と低い状態の為、未燃炭化物も多く、ダイオキシン類の析出保持された為と考える。
- ・ガス化中の CO 濃度は数 ppm と低濃度である。
- ・ダイオキシン類の発生抑制は、二次燃焼室温度 850℃以上、滞留時間 2 秒以上、一次燃焼室温度は、600℃以上を管理条件とし、2 時間以内に一次燃焼室をガス化+燃焼状態にすべきである。

3. その他分析及び解析

- ・焼却排ガス中のダスト濃度は、0.001～0.08 ng/m³N と、低濃度である。
- ・処理物の燃焼効率は、97 % と、高効率である。
- ・処理物の減量化率は、98 % である。
- ・焼却残渣中の熱灼減量は、85 % (未燃炭素分が主)
- ・装置の有効熱量率は、SMCI-60 で、66 %、STB-60 で、76 % である。

4. 比較処理装置 (STB-60) との差異

- ・今回の焼却テスト (小型処理) 結果では、特に差異は見られなかった。

5. 滅菌利用へのマイクロ波の定温制御性

- ・混在では、処理物の状態差 (水分の有無) により、処理物均一の定温制御性は困難である。
- ・単材での定温制御は可能である。
- ・処理物の組み合わせにより、定温制御は可能である。
- ・水分含有物については、水分蒸発迄、100 °C以上での滅菌状態は出来ない。(常圧下)
- ・処理物の温度管理に十分な配慮が必要と考える。

D. 研究のまとめと考察

- ・今回の燃焼テストでは、マイクロ波利用処理装置 (SMCI-60) と、比較処理装置 (マイクロ波無し、強制着火自燃焼方式) での差異は見られず、両処理装置とも良好であった。これは、小容量処理での比較の為、内部燃焼状態差が生じなかった為と考える。(含水物が 20 % 以上と多い場合には、自然焼消火等の発生が想定される。)

ダイオキシン類の抑制については、二次燃焼室容量と発生ガスの燃焼排ガスによる設計滞留時間 2 秒に対し、0.7~0.8 秒程度となり、2.2~4.4 ng/m³N と、低ダイオキシン濃度 1 ng/m³N とはならなかった。また、残渣中のダイオキシン類濃度は、0.16~2.7 ng/m³N と低濃度を確認できた。

ダイオキシン類の発生抑制は、二次燃焼室の温度制御及び滞留時間の確保であり、マイクロ波の利用により、発生ガスのコントロールと安定ガス化燃焼が可能である。また、マイクロ波の有効活用として、滅菌処理利用については、処理物の選択により可能である。

今回の研究により、上記のようにマイクロ波の焼却処理及び滅菌処理への利用は、クリーンなエネルギー及び環境ホルモン問題を解決する手段として、活用できる基本的な確認が出来、医療系廃棄物の処理装置として、実用化には十分期待できる。

今後、利用するマイクロ波の制御を状況に合わせた条件設定で行う為に、センサー類の研究開発が課題と考える。

(分担) 研究報告書

平成 11 年度厚生科学研究費補助金 (生活安全総合研究事業)

マイクロ波炉内電磁界解析の為の廃棄物材料複素誘電率の温度依存性特性

分担研究者 二川 佳央 国土館大学教授 工学部電気工学科

研究要旨

廃棄物の「処理及び清掃に関する法律」により、医療関係機関より排出される感染性廃棄物が特別管理廃棄物に指定されている。

この感染性廃棄物は、発生元の責任において適正に処理する事が義務づけられており、自ら焼却等の滅菌処理を行うか、第三者に処理を委託しなければならない。

しかし、医療関係機関等における既存の焼却設備のほとんどは、一般ゴミ(紙屑等)を焼却する性能しか有しておらず、業者への委託処理にそのほとんどを頼っているのが現状であり、各分野で廃棄物の適正な処理が求められている。

現状の焼却設備としては、油若しくはガスバーナによる焼却又は、それらを使った焼却助燃が行われる装置がほとんどであり、高分子化合物質の一部でガス化燃焼(熔融ガス化分解燃焼)方式の焼却装置と焼却方法が採られているに過ぎない。

従来方式の油又はガスバーナでは、供給される燃焼エネルギーの効率が低く且つ燃焼しやすい処理物より焼却される為、内部燃焼が不安定となりがちであり、特に、医療系廃棄物は、アルコールなどの爆発的着火性を持つ物質を含んだ廃棄物も見られ、従来方式の油又はガスバーナによる直接焼却は、燃焼開始時に爆発的着火を起す危険性がある。

また、発生現場の近くに設置する事により、環境衛生保全上、一般の環境から隔離してストックされ且つ処理されるべき廃棄物を、発生から間を置く事なく迅速且つ適切に処理する事にある。さらに、老人介護施設等も今後増加し、医療系廃棄物の発生量は増加すると共に、分散化されてくる傾向にある。

これらの実態に合った、医療系廃棄物処理装置の開発と実装置での実証テストをうものであるが、廃棄物の高分子処理物がマイクロ波に対しどのような特性を呈するのかは、マイクロは利用処理装置を実用化する上での検討課題と考えられた。

A. 研究の目的

誘電体材料の電気的特性である複素誘電率は周波数、温度、材料の組成によって大きく変化する。従って医療性廃棄物に多く含まれる高分子材料を含めた誘電体材料の複素誘電率も温度によって大きく変化する。しかしながらマイクロ波領域における複素誘電率の温度特性に関してはこれまでよく知られておらず、マイクロ波加熱の際の加熱炉内の電磁界分布解析・廃棄物の発熱解析、あるいはこれらを含めた最適設計を行うことが難しいのが現状である。また、材料の複素誘電率の温度依存性を知ることが、材料が非晶質に転移する温度を知ることができるなど、高温に至るまでの材料の分子構造を解析する上できわめて重要である。

B. 研究方法

材料の複素誘電率温度特性測定としては、マイクロ波領域では一般に空洞共振器が使用されるが、複素誘電率が温度変化を起こすことにより共振器の同調がずれ、これを修正するために機械的操作を行うと、共振状態を保つための時間遅れが生じ、複素誘電率の温度依存性を求める際の精度が損なわれる。これに対して、本研究では、新しく材料の複素誘電率を測定するためにフェライトを装荷した矩形空洞共振器を使用し、そのフェライトに外部から直流磁界を加えることによって同調周波数を合わせることで、機械的な同調によらず共振状態を維持する方法について検討し、これを利用した複素比誘電率の測定法について考察した。また実際に、本装置を用いた廃棄物材料の複素誘電率を測定した。またこれらの結果を基に、医療性廃棄物等のマイクロ波加熱焼却用マイクロ波炉内の電磁界解析を行った。

誘電体材料の2.45GHzのマイクロ波周波数における複素誘電率測定の測定試料として、ポリ塩化ビニル(PVC)、ジュラコン、ナイロン(PA)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリカーボネート(PC)、ポリプロピレン(PP)、ABSの7種類のテスト試料を準備し、赤外線サーモグラフィで試料の表面温度を測定しながらマイクロ波加熱と同時に測定した。このようなマイクロ波加熱と測定を同時に行う試みは他に例を見ない。測定結果から、いずれも温度上昇と共に複素誘電率の虚数部が大きく上昇することが分かった。また、複素誘電率の実数部の変化は、虚数部の変化に対して小さく、いずれも材料により若干の特性の差異があるものの、材料の温度が100℃前後から複素誘電率の虚数部が上昇し、これによりマイクロ波吸収が急激に増加することが分かった。

C. 研究結果

今回得られた廃棄物に含まれる誘電体材料の複素誘電率の温度特性結果を用いて、マイクロ波炉内における廃棄物の発熱分布について検討した。前節で求めた複素誘電率の測定結果から、前節の材料が廃棄物として平均的に分布していると考え、炉内の150℃および200℃における廃棄物発熱分布を電磁界シミュレータにより求めた。結果から高温時における発熱量は常温時に対して2倍以上あることがわかった。結果から、発熱は中心部分が周辺よりも大きく、中心部分から高温に昇温してゆくことがわかった。

以上よりマイクロ波加熱時の発熱は温度が上昇するほどより大きくなり、中心部分から加熱が広がって行くことが分かる。昇温が進むほど、加熱がより強くなることにより、廃棄物の温度上昇はマイクロ波照射によってより高温に昇温されることがわかった。尚、これらの発熱分布を考慮した上での炉の最適設計は今後の課題である。

I . 研究開発の概要