



Title	実稼働施設の測定データに基づく縦型ストーカ式焼却炉内の現象解明と運転特性に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	山田, 裕史
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第15379号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/89598">http://hdl.handle.net/2115/89598</a>
Rights(URL)	<a href="https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/">https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/</a>
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Yuji_Yamada_abstract.pdf (論文内容の要旨)



[Instructions for use](#)

## 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（工学） 氏名 山田 裕史

### 学 位 論 文 題 名

実稼働施設の測定データに基づく堅型ストーカ式焼却炉内の現象解明と運転特性に関する研究  
(Research on Solid Waste Pyrolysis-Combustion Characteristics and Operating Characteristics of Vertical Combustor in Operation)

わが国の廃棄物処理は焼却が中心となっている。焼却炉の形式としては火格子を階段状に並べ、可動火格子がごみを攪拌しながら下流へ送るストーカ式焼却炉が施設数の約 70% を占めている。火格子の上のごみは下流へ移動する間に、乾燥・燃焼・おき燃焼の過程を経て焼却残渣となり炉から排出される。一方、本論文で研究対象とする堅型ストーカ式焼却炉は円筒堅型の形状であり、上方から投入される廃棄物は自重で下方へ移動し、底部から焼却残渣を排出する。一次燃焼空気の空気比は 0.3~0.5 程度としてごみ層下部のみを燃焼し、その燃焼によって発生した高温の還元性ガスがその上部のごみを熱分解・乾燥させる。熱分解ガスはごみ層上方の燃焼室で完全燃焼される。堅型ストーカ式焼却炉は直接燃焼による発電とガス化による発電に分類されるバイオマス発電技術のうち、後者のガス化による発電の「熱分解ガス化」に該当するものである。

堅型ストーカ式焼却炉は現在までに国内外で 20 施設以上の実績があり、石炭やバイオマスと比較して水分が高く、不均質で、時間的変動が大きい一般廃棄物、産業廃棄物、医療廃棄物を良好に運転できることがすでに実機では確認されている。これまで幅広いごみ質に対応でき、焼却残渣中の未燃分がほぼゼロであるなどの特徴があることを示してきたが、いずれも定量的検討は行われていなかった。

本研究では、実際に稼働している堅型ストーカ式焼却炉の運転データを用い、物質収支、熱収支モデルを作成し、これらを用いて炉内の現象を定量的に明らかにすることを目的とする。また処理施設の性能として排ガス処理特性、多様なごみに対する安定運転性、炉の立上げ・立下げの運転特性、定期整備日数や施設稼働率などについて明らかにした。

本論文は、以下のような構成となっている。

第 1 章は堅型ストーカ式焼却炉の特徴、開発経緯と主な設計要因、国内外の施設納入状況、および本論文の目的を述べた。

第 2 章は、焼却炉の運転データを用いて物質・熱収支モデルを作成し、ごみ質や炉内の現象を考察した。モデルの最大の特徴は乾ガスと水分を区別したことにあり、これはガス量変化が水噴霧や水分蒸発によって生じ、乾ガス自体の変化が小さいためである。一次燃焼空気を供給してからごみ中水分の蒸発、冷却水の噴霧等による排ガス量の変化を定量的に示すことができた。物質収支を求めたのちに、温度測定データをもとに熱収支を明らかにし、燃焼室温度を測定値と比較してモデルの信頼性を確認した。またモデルによって、ごみ中の水分、ごみの発生熱量を推定することができた。堅型ストーカ式焼却炉は焼却残渣の未燃分が少ないことが特徴であり、これは滞留時間が長いとされていたが、定量的な説明がなされていなかった。

第 3 章は、実稼働している堅型ストーカ式焼却炉における熱分解、燃焼完了位置、および滞留時間の推定を目的とした。まず廃棄物層中の固形物ならびに燃焼ガス成分を測定し、 $CO$ 、 $H_2$ 、 $CO_2$  などの

分布および固形物中の  $C, H$  含有量から、熱分解および熱分解残渣の燃焼完了位置を確認し、熱分解は廃棄物層内の狭い範囲で起きていることを明らかにした。トレーサ試験には廃棄物層上に 4 種類のセラミック材を使用した。セラミック材を炉に投入し、約 5~6 時間ごとに排出される焼却残渣中の個数を測定した。炉内の滞留時間は 20 時間程度であり、ストーカ炉の 10 倍程度と推定された。特に燃焼完了後に 15 時間以上炉内にとどまることによって、未燃炭素が検出下限以下となることが明らかとなった。

第 4 章は、 $NO_x$  の生成機構およびバグフィルタの除去性能について述べた。廃棄物焼却施設に対して排ガスの排出基準が定められており、一般廃棄物焼却施設はばい煙発生としての基準と較べて、より厳しい自主基準を定めることが一般的となっている。特に窒素酸化物は低い自主基準を満足するため設備の追加が必要となり、イニシャルコスト、ランニングコストが増加するといった問題がある。さまざまな脱硝技術があるが、発生を抑制することが根本的な解決方法である。そこで第 4 章は  $HCN$  および  $NH_3$  を  $NO_x$  生成の主要物質と考え、室内実験により、酸素濃度、温度および  $H_2, CO$  などの共存ガスが  $NO_x$  生成にどのような影響があるか調べることを目的とした。最後に、数時間分の消石灰を十数~数十分間で一気に吹込み短時間で厚みのあるろ過層を形成するプレコートバグフィルタによる塩化水素、硫黄酸化物、水銀、ダイオキシン類の除去性能について整理した。

これまでに述べたように、竪型ストーカ式焼却炉は幅広いごみ質に対応できることが特徴であることから、第 5 章は、多様なごみ質に対する運転特性について述べた。廃棄物焼却施設においてはごみ質が低質~基準~高質と変動することを想定し、その間で安定運転できるように設計されている。そこで 2 章の手法を用い、下水汚泥混焼施設における物質収支、熱収支を定量化した。下水汚泥の混焼については、効率化が図れるが、技術的な難しさのため、汚泥単独処理が一般的である。また、その他の燃焼困難物の処理が安定的に行われていることを医療廃棄物処理施設、海外での有害ごみ処理施設、災害廃棄物処理施設のそれぞれの施設運転データをもとに示した。医療廃棄物はプラスチック類、紙おむつのほかガラス・不燃物などが混在し、容器ごとに内容物の発熱量や種類、大きさにばらつきがあり、しかもこの容器ごと焼却する必要があることから、一般的な形式の焼却炉では医療廃棄物を主体とした処理は困難であるが、ここではその医療廃棄物を専焼している施設について処理の状況を示した。また海外の処理施設では、液状も含む有害廃棄物に指定されている廃棄物の処理事例を示し、最後に東日本大震災で発生した災害廃棄物の処理について、災害廃棄物は津波によって大きな被害が出たためさまざまなものが混合し、土砂・がれき・水分を多く含む廃棄物であるとの特徴があるが、その処理状況を仮設焼却炉の公表データをもとに、焼却残渣の特性、燃料消費量などを他施設と比較した。特に他施設が多くの燃料を使用しているのに対し、竪型ストーカ式焼却炉は通常的一般廃棄物処理施設と同等の助燃量であり、低質ごみに対する適応性を示した。

第 6 章は、炉の立上げ・立下げの運転特性、および定期補修整備の所要日数について述べた。ごみ焼却施設は、施設の安定稼働のために定期点検、定期整備が必要である。点検や整備の際には必ず、焼却炉の立下げ、立上げを行う必要があり、竪型ストーカ式焼却炉は従来型ストーカ炉とくらべて構造が簡単であることから、短時間で効率よく作業を行うことを示した。さらに損傷箇所が少なく限定的であることから補修期間が短く、結果として稼働率が高いことを示した。

第 7 章は、論文の総括であり、本論文で得られた結果をまとめた。