

# バッチ台車式小型焼却炉の開発

## Development of Batch Processing Flatcar Type Small Incinerator

福岡 準人\* 山科 勝彦\*\*

Hayato Fukuoka Katsuhiko Yamashina

当社ではこれまで、ロータリーキルン&ストーカ式に代表される連続式の廃棄物燃焼処理装置を納入してきたが、サイズや性状などの制限で、塗料缶や漁網、マットレスなど連続式炉では処理困難な廃棄物がある。それら取り扱い困難な廃棄物を焼却処理するため『バッチ台車式小型焼却炉』を開発し、1号機の納入を行った。本稿では、新規開発品である小型焼却炉の技術的特徴ならびに、試運転や実際の処理立会で得られた知見・データを報告する。

Until now, KURIMOTO has constructed continuous-type waste incineration equipment, such as rotary kilns and stokers. However, due to restrictions on the size and/or properties, it is difficult to treat discarded paint cans, waste oil, fishing nets, large size mattresses, etc. in a continuous-type incinerator. In order to incinerate these kinds difficult-to-handle waste, we developed a batch processing flatcar-type small incinerator, and we have already delivered the first unit to a customer. This paper reports on the technical characteristics of the newly developed small incinerator, as well as the knowledge and data obtained from the trial run and observations from actual use.

### 1 はじめに

産業廃棄物については、事業活動に伴って生じた廃棄物の内、20種類が廃棄物処理法により定められている。

(表1) これらの産業廃棄物は、廃棄物中間処理業者を中心に、廃棄物処理法に基づき適切に処理されており、その多くは焼却処理されている。当社はこれまで培ってきた工業加熱炉の技術をベースに、産業廃棄物焼却施設的设计ならびに施工実績を多く有している。特にキルン

&ストーカ方式の産業廃棄物焼却設備では、日量100トン規模の大型施設であり、焼却対象となる12品目について適切かつ衛生的に焼却処理を行うことが可能である。

これら産業廃棄物の内、塗料類や揮発油、廃油類については、そのほとんどがドラム缶や一斗缶など金属製の容器内に付着したり、残存した状態で持ち込まれる。このような荷姿で持ち込まれた産業廃棄物は、焼却炉への投入ならび焼却処理後の焼却残さ(この場合、焼却後の金属容器)の系外への排出に関し、設備上の制約から連

表1 産業廃棄物20品目

廃棄物品目	品目例	焼却	廃棄物品目	品目例	焼却
汚泥	製造工程から出る泥状のもの、洗車場汚泥など	対象	燃え殻	石炭がら、焼却残灰など	対象外
廃油	鉱油性廃油、溶剤、不要潤滑油、溶剤		金属くず	鉄骨・鉄筋くず、金属くず	
廃酸	酸性の廃液、廃硫酸		ガラスくず	ガラスくず、陶器くず、コンクリ、および陶器くず	
廃アルカリ	アルカリ性の廃液、金属石鹼液		鉱さい	炉の鉱さい、残さい、不良石炭、不良鉱石	
廃プラスチック類	廃合成樹脂建材、廃梱包材、廃タイヤ、合成ゴムくず		がれき類	工作物のコンクリート破片や煉瓦破片	
ゴムくず	天然ゴムくず(廃タイヤは廃プラ)		ばいじん	集塵装置において捕集されたもの	
紙くず	建設業、出版業、印刷業などから生じた紙くず		動物の死体	畜産農業から排出される動物の死体	
木くず	建設業、木材業、パルプ製造業などから生じた木くず		(13号廃棄物)	以上の産業廃棄物を処理したものでこれらに該当しないもの コンクリート固形物など	
繊維くず	建設業、繊維製造業などから生じた天然繊維くず				
動植物性残さ	食料品製造業などにおいて原料として使用した動物または植物に係る不要物				
動物系固形不要物	とさつまたは解体した固形状の不要物				
動物のふん尿	畜産農業から排出される動物のふん尿				

\* エネルギーシステム技術部 \*\* 米花工業株式会社

続式焼却炉での処理が困難である。表2に塗料類、揮発油、廃油を含めた処理困難な廃棄物を記載する。これら処理困難な廃棄物については、別途前処理を行うか、処理困難物として専用の設備を有する外部処理業者へ委託処理を依頼する必要がある、処理の煩雑さ、処理経費、横持運搬経費の増加につながり、その他産業廃棄物同様、連続式焼却炉で容易に処理できることが望まれる。

今回、九州地区の産業廃棄物処理業者より、日量80トンの産業廃棄物を連続的に処理することが可能なキルン&ストーカ式焼却施設を受注し、これまで連続式焼却炉では処理困る産業廃棄物についても、施設内での処理を希望された。

以上の要求および問題に対応するべく、キルン&ストーカ式焼却炉にバッチ台車式小型焼却炉を併設して、処理困難物を個別に焼却処理し、燃焼ガスについては併設する焼却炉で適切に処理できるシステムを提案、またドラム缶や一斗缶などの金属容器については、金属資源として再利用可能なように回収できる設備とし、実機を2022年11月に納入した。本報では、このバッチ台車式小型焼却炉の開発経緯ならびに実際の処理実績について報告する。

表2 連続式炉で処理困難な廃棄物

廃棄物の種類	特徴
廃油、廃酸、廃アルカリ (図1)(図2)	塗料カスや固まった状態の樹脂類、廃酸・廃アルカリ等の液状廃棄物、グリスや作動油等の廃油類、等。 ドラム缶や一斗缶で持ち込まれた廃棄物については連続炉の供給設備の制限上、また搬送時の安全面より、連続式焼却施設に投入することができない。
漁網、ひも類、テントシート、大型絨毯	繊維が細くて強固なため、一般的な破砕機で処理すると破砕機軸に巻付き、機械を止めてしまう。投入処理のコンベヤ搬送においても、機械に絡まるなどの搬送トラブルになりやすい。
マットレス、木の幹	一辺が概略1mを超えるサイズのもの一般的な破砕機の処理可能範囲を超えるので破砕できず、連続式燃焼処理施設に投入することができない



図1 一斗缶で搬入された廃棄物

## 2 小型焼却炉開発の方針とその仕様について

当社が九州地区で設計、施工を行ったキルン&ストーカ式産業廃棄物焼却施設の納入に合わせて、前述の処理困難な廃棄物を安全かつ適切に焼却処理するためのバッチ台車式小型焼却炉を開発することを目指した。

バッチ式の場合、廃棄物が揮発・ガス化燃焼するために必要な温度を維持するために、助燃焼バーナにより炉内を加熱する必要がある。バーナ設備および燃焼制御については、バーナメーカーである米花工業株式会社に設計を依頼、バッチ台車式小型焼却炉の開発を共同で進めることとした。

### 2.1 小型焼却炉開発基本方針の策定

「バッチ台車式小型焼却炉」は、社内に類似設備や前例がなかったため、まずは図3の基本構造イメージを作成し、それをベースに表3の通り基本仕様の策定とともに、各部詳細検討を行った。



図2 ドラム缶で搬入された廃棄物

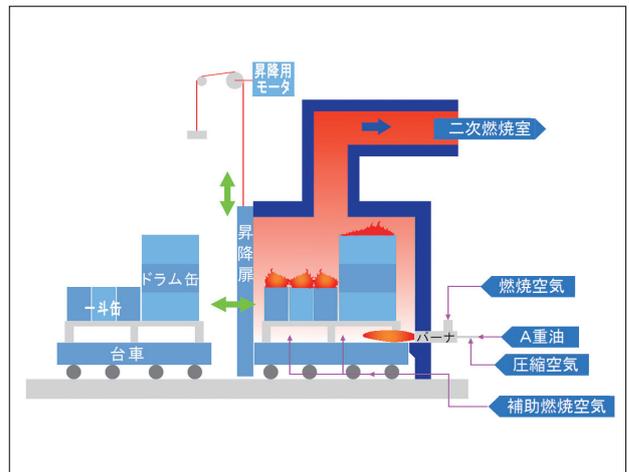


図3 小型焼却炉基本イメージ (断面)

表3 小型焼却炉の基本仕様

項目	内容、根拠など
処理廃棄物	廃プラスチック相当品
運転形態	1日1回のバッチ焼却処理運転 (処理量が多くないことが予想されたので、連続処理には向かない)
処理量	120 kg 程度/バッチ
処理材搬入	処理材は台車に積載して、人力で炉内に搬送する構造
炉サイズ	台車にドラム缶を最大4本積載可能なサイズ (概略最大積載サイズ：□ 1.3 m × 1.3 m × 高さ 1.0 m 程度)
バーナ仕様	主燃料：A重油（本体焼却炉と同じ） 点火方式：直接点火方式 パイロットバーナ：なし (気体燃料不要とする)
バーナ配置	バーナ数量：2台 バーナ配置：対向オフセット配置 (燃焼ガスを炉内で旋回させ、炉内温度分布の偏りを少なくする)

## 2.2 バーナ容量および燃焼室熱負荷検討

助燃バーナの必要能力計算に際し、以下条件を設定した。

- 1) 炉内常用温度：700℃
- 2) 昇温時間：4時間

バーナ容量を計算した結果、バーナ 250 kW (A重油消費量 25 l/h) × 2台とした。そのバーナ容量をベースに、燃焼室負荷 (バーナ燃焼容量を燃焼室容積で割ったもの) を計算すると、110 kW/m<sup>3</sup> となり、この値は、オイルバーナ使用時の米花工業基準である、「700～930 kW/m<sup>3</sup>」を大きく下回っており、バーナ容量に対して十分な炉容積を持っていることを確認した。尚、炉内常用温度 700℃ の設定については、「ダイオキシン類発生防止等ガイドライン」による燃焼温度 800℃ 以上に合致していないが、あくまでも当該炉は併設する却炉の前処理炉としての位置づけであり、燃焼ガスは併設する連続式焼却炉で 800℃ 以上で完全燃焼され、ダイオキシン類は規定値以下に維持される。

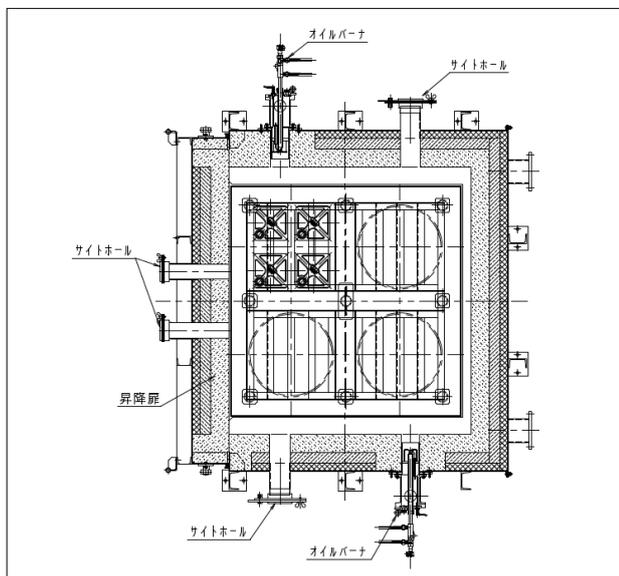


図4 炉平断面

## 2.3 前面扉構造検討

台車に処理物を積載したまま搬入・搬出するので、装置前面に大型扉が必要となる。省スペースとするために、機構は垂直昇降式を採用した。扉本体も耐火断熱施工によって重くなるので、駆動方式は電動巻上式とした。

扉部の駆動計算に際し基本仕様値を以下の通り設定。

- 1) 扉重量 …………… 2,430 kg (耐火断熱材含む)
- 2) 昇降ストローク … 2,150 mm
- 3) 昇降時間 …………… 25～30 秒

計算結果、駆動モータ容量を 3.7 kW とした。  
(余裕率は、約 1.8 倍)

また、燃焼ガスが装置外へ漏れないよう炉本体と扉のシール性を高くする必要がある。そこでエアシリンダによる扉クランプ機構を組み込み、扉と炉体との接触部には耐熱性の角型パッキンを選択した。(図5)

## 2.4 台車の構造

台車の搬入・搬出は1回/日なので、省コストの観点から台車の駆動は人力とした。

台車は高温炉内にセットされるため、上面は耐火材施工される。処理物を台車上に直接積載すれば、処理物下面の温度が上がらず伝熱効率が悪くなってしまうので、処理物を浮かした状態で積載できるように台車上面に受け台を設けた。受け台はバーナ火炎にさらされるため、耐火物で成形製作することも検討したが、伝熱やバーナ火炎による処理物への効率的な熱伝達を考慮した形状を製作しやすくするため耐熱鋼製とした。長期使用中に受け台が損耗する可能性に備えて、台車本体との接続はボルトや溶接などを使用せずはめ込み式とし、容易に交換できるような構造とした。(図6)

## 2.5 運転・制御方案

専任オペレータが常駐しないことを前提に、処理材を積載した台車を装入後、図7の通りの運転フローチャートにしたがって処理を行うプログラムとした。

問題となったのは、バーナを消火するタイミングをどのように認識するかという点であったが、炉内温度が設定温度に到達してから、設定時間経過でバーナ消火する制御とした。(但し後述の通り、試運転にてバーナ消火の運転方案を変更した)



図5 小型焼却炉正面外観（前面扉開状態）

### 3 処理運転時の実測結果

2022 年 11 月にロータリーキルン&ストーカ式廃棄物燃焼処理施設の付帯設備として、バッチ台車式小型焼却炉を納入した。

試運転および運転立会期間中には、廃塗料、未使用塗料、シンナー類、石けん原液、床ワックス剤、廃油、未使用残油、船底廃液（ビルジ）などの多種多様な廃棄物の処理を実施した。本稿では、主に廃塗料、未使用塗料、シンナー類の処理時のデータを報告する。

#### 3.1 処理システムの概要

処理運転時の運転チャートを使いながら処理システムの概要を説明する。(図8参照)

まずバッチ炉の前面扉を開け、台車を炉外に出してから、一斗缶やドラム缶などの処理物を積載する。その際に、焼却処理を促進させるためにふたを取外したり、缶の上面を大きく開ける。(図9)

台車を装入後、前面扉を閉め処理スタートボタンを押すとバーナが自動点火する。昇温開始後早ければ5分程

度で一部処理物に引火し、自発燃焼が始まる。ほとんどの場合、しばらくすると処理物の自発燃焼が一気に進み炉内温度の急激な上昇が始まる。(図8チャートの赤線) 処理物により温度の上昇度合いや時間は変わるが、やがて急昇温が頭打ちとなり炉温が下がってくる。その後自動制御によりバーナの出力(チャートの緑線)が増減し、設定温度勾配(チャートでは200℃/h)に基づき炉内温度が上昇する。なお、処理材により急激燃焼が複数回発生することもある。

炉温が設定到達温度(チャートでは540℃)に達してある程度時間が経過してから、扉に設けているサイトホールから炉内を覗き、自発燃焼がほぼなくなっていればバーナ燃焼を手動にて停止させる。なお、計画時には、バーナ燃焼停止をタイマーによる自動制御で行うことを考えていたが、処理材の性状、量によって必要な焼却処理時間が大きく違ってくることから、燃焼停止はオペレータ判断に変更している。

以降は自動で冷却モードに移行し、炉温が決められた温度まで下がったところで自動的に処理運転が停止する。



図6 台車外観(炉外搬出状態)



図9 処理材を積載し、装入した炉内状況  
(注：図8の運転チャートの処理材とは異なる)

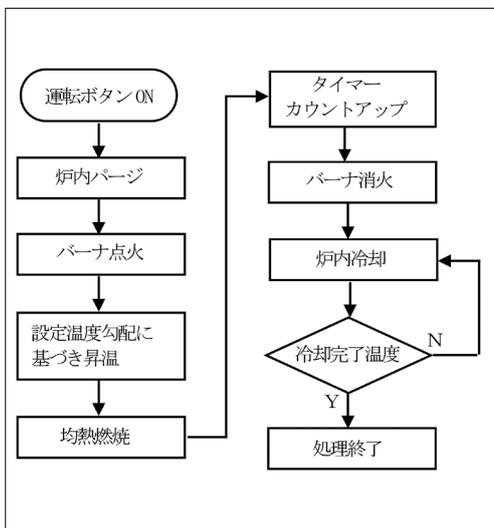


図7 運転フローチャート

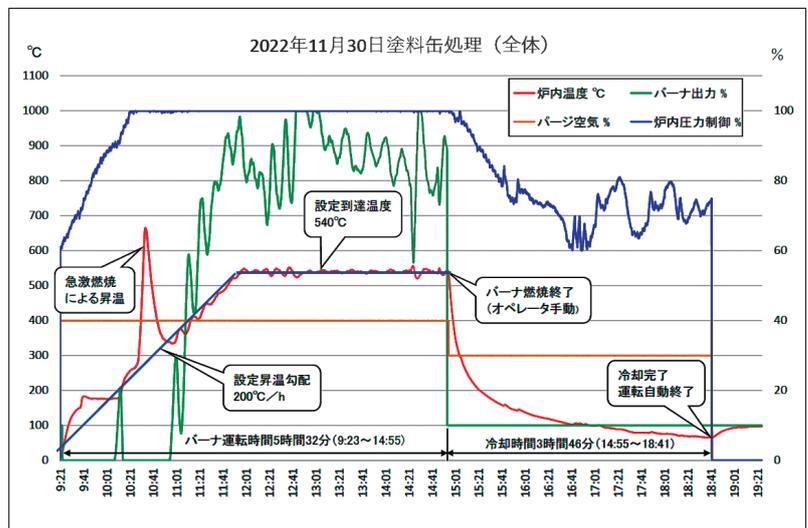


図8 自動処理運転チャート(実績)

### 3.2 処理実績

運転実績では、塗料や廃油などを含む処理物重量が200～300 kgであれば、運転開始から冷却完了までの1バッチ処理時間が8～10時間程度であった。

写真の通り、処理後の金属缶内には、焼却灰や金属などの不燃物以外に残留物はなく、良好に焼却処理できている。(図10)

本炉のバーナ燃焼や廃棄物の燃焼によって発生した排ガスはすべて隣接する連続式燃焼処理施設の燃焼室に導入し、そこで高温焼却処理され、バグフィルターを通過して排気筒から排出される。連続燃焼処理施設で生じる排ガス量に比べて、小型焼却炉で生じる排ガス量はかなり小さいので、燃焼処理施設側への影響(燃焼室温度、炉内圧力、排ガス成分などの変化)は、ほとんど認められなかった。また小型焼却炉設備の炉内を常に負圧に制御しているので、悪臭や排ガスの漏れも発生しなかった。

1バッチ処理における助燃バーナ燃焼のためのA重油消費量は、およそ150～250 Lであった。燃焼用および冷却用低圧空気は連続燃焼処理施設から分岐しているので、小型焼却炉の実質ランニングコストは、この重油消費コストのみとなる。

### 3.3 計画計算値と実運転との比較および考察

今回、計画値と実運転で大きく違ったのが、無負荷での到達温度であった。計算では、炉内温度700℃まで昇温できるバーナ容量としていたが、実際には、最高で600℃弱であった。バーナ容量不足に加えて、測定点の位置や余剰空気量も要因と考えられる。

実際の焼却処理では、到達炉内温度は問題とならなかったが、次期炉ではバーナ容量をアップして制御の余裕度を高めることを考えている。

### 3.4 設備の安全対策について

操業運転開始後、自動運転中に、炉内圧力が急激に上昇し、扉を固定する金物が破損し、一部扉より炉内の燃焼ガスが噴出するという事象が発生した。状況から、処理廃棄物の急速気化による急激燃焼により、炉内圧力が急上昇した可能性が高いと考えられる。

処理物の性状に起因すると推察されるが、以降も同様の事象が発生することも考えられるため、炉内圧力が急上昇しても設備を安全に保つように、設備天井部に新たに圧力放散口を設置することとした。

炉内圧力が急上昇した場合には、圧力放散口のふたが自動的に開いて、圧力を逃がすという機構とする。

放散口から緊急排出される炉内の燃焼ガスは、作業エリアから離れた安全なところまでダクトで導かれ、排出される。

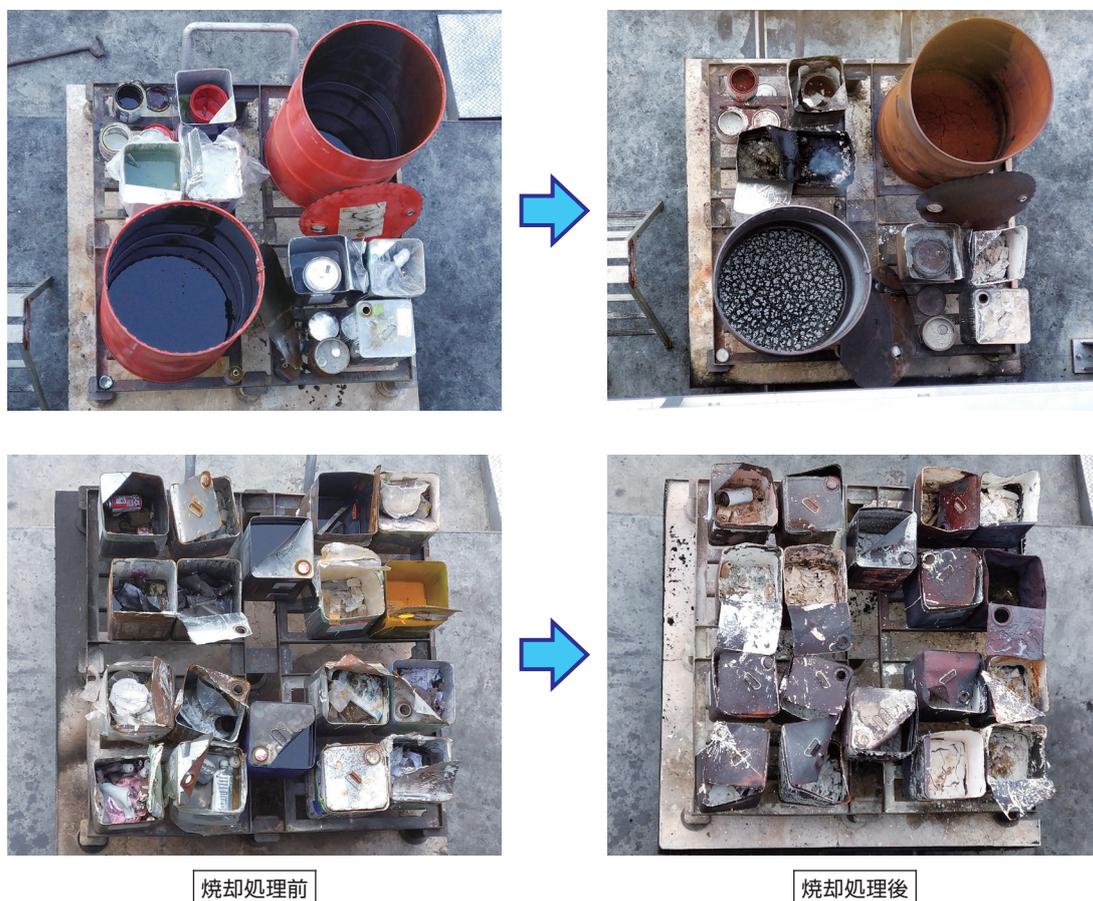


図10 焼却処理前後の処理状況

#### 4 おわりに

本開発にあたり、処理物の品種、性状、1 バッチ当たりの処理量、燃焼特性など、設計する上でのパラメータが非常に多く、実際の処理を行いながら、平均的な条件を見出すことで、客先の要求事項に到達することができた。高温対策用として炉内注水による燃焼抑制機能を備えるなど、想定内の対策が効果的に働いたことも、今回の成果に繋がったといえる。

処理後のドラム缶、一斗缶については金属資源として回収（図 11）することで、持続可能な開発目標（SDGs）へのアクションに繋がり、またこれまで処理困難物として外部委託していた費用が削減でき、顧客の業績に大きく貢献するに至った。また廃棄物処理における多様なニーズに対応できる商材として、今後社会に大きく貢献できるものと確信する。

処理物によっては爆発的に短時間で燃焼するもの、なかなか着火せず、助燃しながら長時間燃え続けるものなど、多品種にわたる処理を安定的に処理するためには引き続き、多くの運転データを蓄積する必要がある。またさらなる助燃料削減についても、改善すべき課題である。引き続き本設備の改良に努めるとともに、今後も顧客のニーズに沿い、社会に貢献できるモノづくりに努める。

執筆者：

福岡 準人

2016 年入社

プラント設計に従事



山科 勝彦

米花工業株式会社

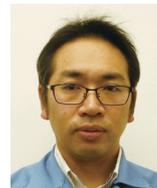


図 11 まとめてスクラップ引取りされる金属缶