

**日本産業機械工業会会長賞**  
**「タール燃料を利用した排ガス処理装置」**  
 日工株式会社／三機工業株式会社

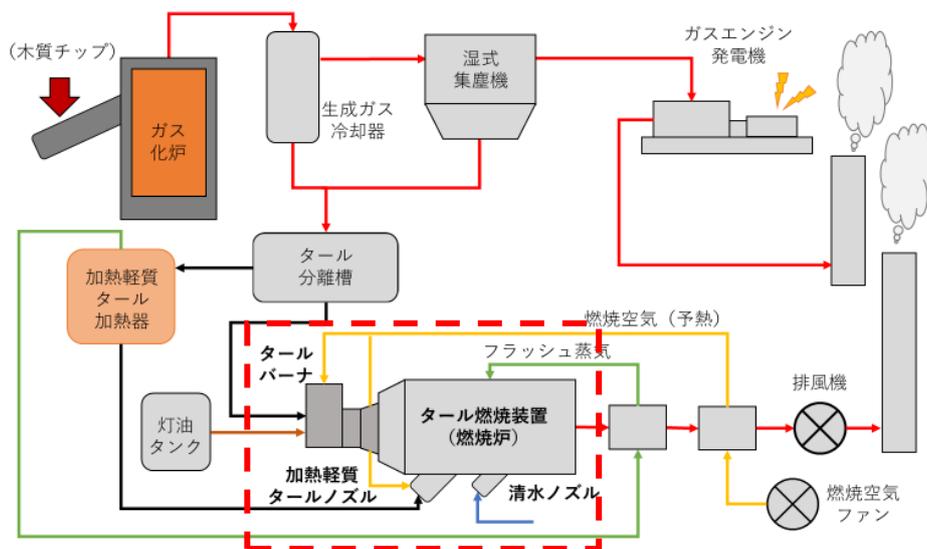
1. 装置の詳細説明

(1) はじめに

本装置は、より高い発電効率が見られるガスエンジン方式の木質バイオマス発電所において、発生するタールを燃料として利用し、臭気成分を含む排ガスを処理する装置である。

本装置を導入した木質バイオマス発電所でのフロー図を図表 1 に示す。最初にガス化炉が設置されており、ガス化炉から発生した木質ガスは生成ガス冷却器及び湿式集塵機においてタール除去を行った後、レシプロガスエンジン発電機に導入される。タール除去の過程で冷却されたことにより、凝縮水として大量のタール水が発生する。

タール水はタール分離槽に貯蔵された後、比重分離により重質タールと加熱軽質タールに分けられ、重質タールはそのままバーナの燃料として利用される。一方、加熱軽質タールには木質由来の有機化合物を含むフェノール、クレゾール、酢酸メチル等のほか、原料由来の水分も多く含まれるため、そのまま燃料利用することは困難である。そこで、タールを濃縮して利用するために、水分を蒸発させる過程で大量のフラッシュ蒸気が発生する。この蒸気には木質由来の炭化水素が含まれ、低沸点の芳香族系の物質など臭気成分を多く含んでいるため、図表 1 中の点線枠内のタール燃焼装置で高温に昇温し無害化処理を行う。



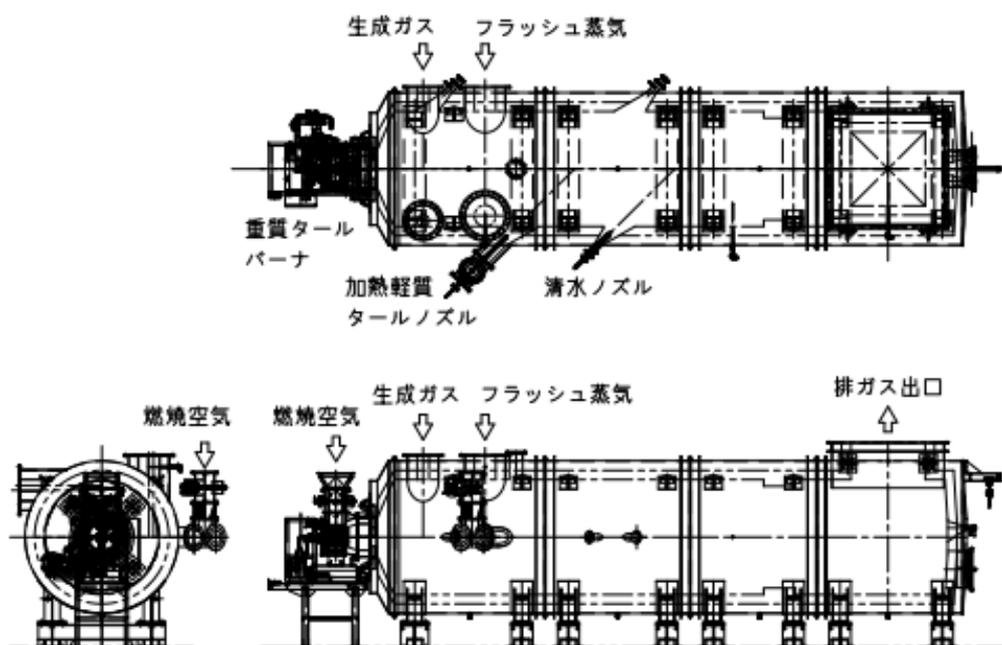
図表 1 バイオマス発電所フロー図（点線枠内が開発した装置）

## (2) 装置の構成

本装置の全体図を示す(図表2)。本装置は重質タールバーナ(図表3)、加熱軽質タールバーナ(図表4)、燃焼炉(図表5)で構成される。重質タールバーナはノズルを2本設置しており、完全停止からの立ち上げ時のみ灯油を使用し、運用時には廃熱を回収した予熱空気を利用し、重質タールを燃料として使用するバーナである。加熱軽質タールバーナは、予熱空気を利用し、特殊なセパレートノズルを設置したバーナである。そして、燃焼炉は内面にキャストブルを施工し、高温耐熱構造になっている。

## (3) タール燃料を利用した排ガス処理装置

バイオマス発電所内で発生する木質ガスは、洗浄が必要な場合や、熱交換器などで廃熱回収をすることがある。その際にガス中の成分が凝縮し、大量のタールが発生する。これらのタールは一般的に廃棄物処理されるが、本装置ではこれらのタールを燃料として利用し、発生する熱を熱源として設備内で発生する臭気の強いガスを無害化できる装置である。



図表2 タールを利用した排ガス処理装置全体図



図表3 重質タールバーナ



図表4 加熱軽質タールバーナ



図表5 燃焼炉

従来は、これらの木質系の排ガス処理はバーナ1基で高温に昇温する直接燃焼で無害化処理を行っている。しかし、木質バイオマス発電所で発生する燃料由来の排ガスは、季節による原料中の水分量の変動や構成成分のバラつき、運用操作によるプラントバランスにより、発生する排ガスの量や含まれる水蒸気の量が安定しないことがある。その結果、バーナ1基では無害化する必要温度に至らないことや、温度のハンチングなどが発生し、排ガスの無害化処理が不安定になる。これらの問題点を改善するために、本装置では加熱バーナを2基使用し、1段燃焼で排ガスを予熱し、2段燃焼で完全無害化する方式による排ガス処理装置を開発した。

## 2. 開発経緯

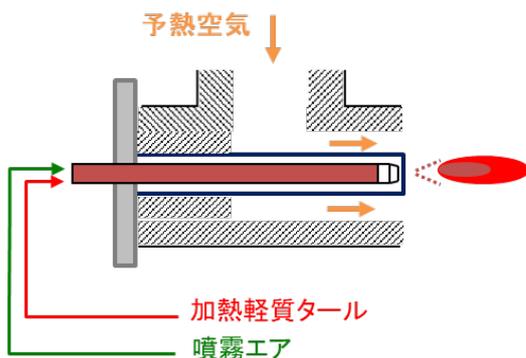
### (1) 開発経緯

木質バイオマス発電所内では始動時に発電機へ導入できない不安定な木質ガスやタールの発生過程から各機器でフラッシュ蒸気が発生する。木質ガスは一酸化炭素（以下、CO）を含み、発生するフラッシュ蒸気（タール含有水の蒸気）は芳香族性の炭化水素や木粉、有機化合物を含む酸性系のガスである。従来は、可燃性成分の排ガスを処理をする場合に直接燃焼式排ガス処理装置を使用しており、無害化処理能力はバーナ1基で十分発揮する。しかし、発生する排ガスに水分やフラッシュ蒸気が入る場合には、バーナ1基では処理能力が低下し、能力が不安定になる。

そこで、排ガスを安定化処理するために、2段燃焼方式の排ガス処理装置を開発した。本装置の1基目のバーナでは導入されたガスを800℃まで昇温する。続いて2基目のバーナでは更に950℃まで昇温して排ガス中の可燃性ガスや臭気成分を含む有機化合物を燃焼し、酸化分解の無害化処理を行う。一般的にはこの2段燃焼方式を実施する場合、バーナを2基使用するため、化石燃料を大量に使用し、二酸化炭素排出量や燃費に課題があった。また、バイオマス発電所で発生するタールを含んだ洗浄水は一般的に産業廃棄物として処分されるため、運用時に発生するタールは廃棄物処分費用が発生し、コストが掛かっている。

そこで、本装置ではプラント内で発生するタールを燃料として利用することで、化石燃料の削減と廃棄物処理費用の削減ができるようにした。発生するタールは、排ガスの洗浄水を静置することで重質タールと軽質タールに比重分離される。1基目の重質タールを使用する重質タールバーナは日工株式会社の既製品を使用し、2基目の加熱軽質タールを使用する加熱軽質タールバーナについては、動粘度が高くタール温度を低下させないこと、及び燃焼効率を高めるために微粒化することを重点に置き、新たに共同開発した。

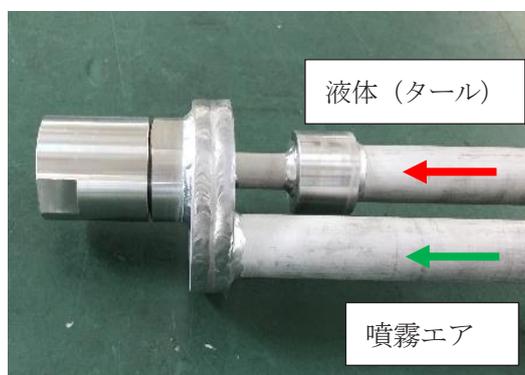
開発当初、図表6に示すように二重管で構成されている二流体ノズルを使用した。この方式で加熱軽質タールを噴霧すると噴霧エアの温度で加熱軽質タールの温度が低下しノズル内部でタールが詰まる現象（図表7）が起きた。そのため、開発した加熱軽質タールバーナで採用した特殊ノズルでは、図表8に示すように、タールと空気が混合する位置をノズル先端近傍にし、混合したあとの経路を短くすることにより、ノズル内での閉塞を抑制した。それに加えて2本管の液体部分に250～300℃の予熱空気がより多く接触できるノズル設置位置関係にし、加熱軽質タールを問題なく運用できるようにし、重質タールと加熱軽質タール両方を利用可能にした。また、立ち上げ時などにタールがない場合でも運転できるように1基目のバーナでは灯油も使用可能とし、プラントの状況に応じて排ガス処理装置が対応できるようにしている。



図表6 加熱軽質タールバーナ



図表7 従来ノズル断面



図表8 特殊二流体ノズル

- 2007年 日工株式会社による重質タールバーナの開発開始
- 2008年 重質バイオマスバーナ1号機をアスファルトプラントに導入
- 2015年 タールを利用した排ガス処理設備の開発開始
- 2016年 タール燃焼炉設計  
日工株式会社、三機工業株式会社による加熱軽質タールバーナの共同開発開始
- 2017年 第1号機納入

(2) 共同開発

本装置は、日工株式会社及び三機工業株式会社が共同で開発を行った。それぞれが担当した開発の内容は、次のとおりである。

- ・日工株式会社：  
2段燃焼方式で重質タールバーナを使用できるように排ガス処理設備の設計を行った。
- ・三機工業株式会社：  
加熱軽質タールを使用するための条件設定と加熱軽質タールバーナ開発を行った。

(3) 技術導入

なし

### 3. 独創性

#### (1) 燃焼方式

本装置では、1 段目のバーナは炉内中心に火炎を位置するよう位置している。燃焼室に導入されるガスは火炎中に直接入れると燃焼状態が悪化するため、重質タール火炎の周囲に炉の内壁を沿うように旋回導入する。この方式により、重質タールは最大の燃焼効率を維持しつつ、導入ガスを輻射熱により 800℃まで昇温する。

次に、2 基目のバーナから噴射された加熱軽質タールは、水分とタールを含んだ状態で噴霧燃焼される。1 段目に輻射熱で昇温された導入ガス中が加熱軽質タール火炎中を通過することで、排ガス中の温度が 950℃まで急激に昇温される。燃焼炉内の 2 段目燃焼が行われる箇所の内径を一部小さくする（断面積約 30%減）ことで、炉内中心に向かって速度が上昇して酸素との混合を良くし、その結果燃焼速度を上昇させている。

このように本装置では、2 基のバーナを設置することで、プラント内で発生する有害ガスを無害化しつつ、発生する産業廃棄物であるタールを最大限利用し、化石燃料の使用量削減を実践できる方式として独創性を持たせている。

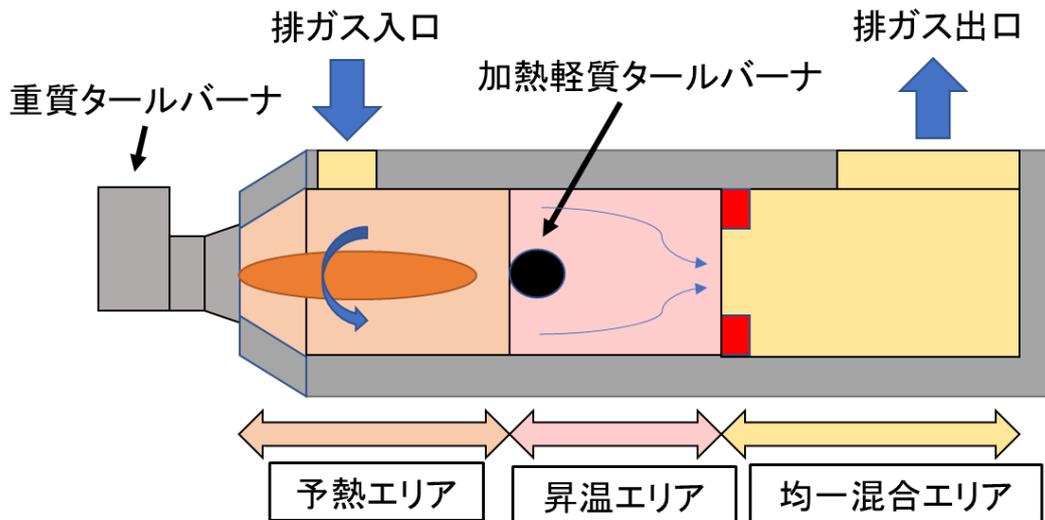
#### (2) 燃焼炉

排ガス処理装置の燃焼炉は、図表 9 に示す 3 エリアに分かれる。フラッシュ蒸気（以下、排ガス）は重質タールバーナの火炎上部から導入され、重質タールの予熱エリアを旋回しながら通過し予熱される。そして、加熱軽質タールバーナで昇温され、均一混合エリアで排ガスの温度を均一にしてから排ガス出口へ移動する構造である。

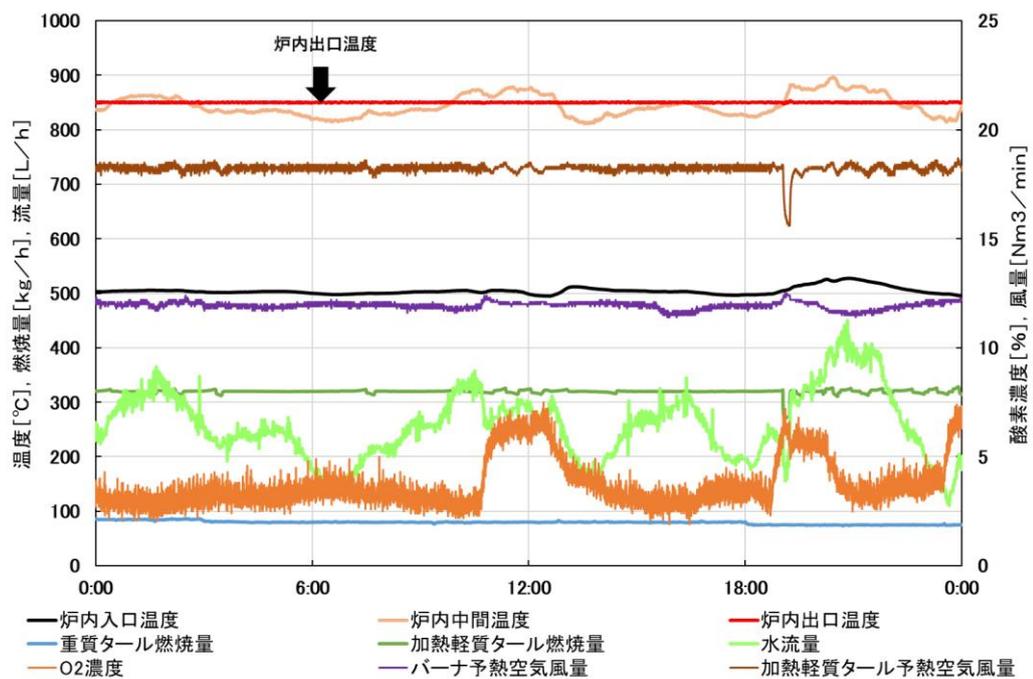
#### (3) 温度制御

炉内の温度制御は出口の温度計で制御される。重質タール及び加熱軽質タールの熱量変動が大きい場合、炉内の温度が低くなる場合には灯油を利用し、高い場合には昇温エリアに設置している清水ノズルを噴霧して炉内の温度を維持している。ただし、年間を通して灯油を使用するのは木材の含水率が高くなる春の期間だけで、その他の時期はほぼタールを熱源として稼働している。

図表 10 に示す運転データより、炉内の中間温度は 800～900℃に変動しているが、矢印の炉内出口温度は 24 時間ほぼ一定で安定した温度で運用している。このように季節変動の中で重質タールバーナ及び加熱軽質タールバーナの負荷変動が大きくても炉内出口の温度は安定して運用することが可能である。



図表9 排ガス処理装置概要



図表10 運転データ

#### 4. 特許の有無

次のとおり、特許1件を出願中。

公開番号：特開 2020-193764

/ 名称：木質バイオマス発電施設にて発生する木質系のタール含有廃水の処理方法

## 5. 性能

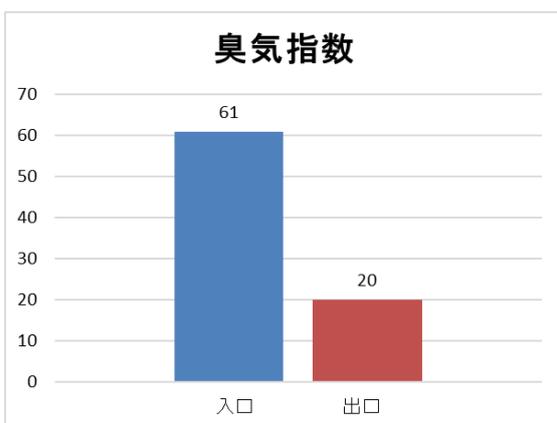
第1号機を納入したバイオマス発電所では一日90tの木質チップを燃料とし、約2,000kg/hのタール含有水が発生する。これを燃焼炉の熱を利用して濃縮すると約100kg/hの重質タールと約130kg/hの加熱軽質タールが発生する。また濃縮過程でフラッシュ蒸気が約2,200kg/h発生する。また、近隣設備から発生した重質タールを約20kg/h燃料として購入し、利用できる余裕もあり、化石燃料を極力使用しない運用を可能にしている。

タールを燃料として使用した状態で燃焼炉の入口と出口の排ガスをサンプリングし臭気指数を測定した。その結果、排ガス処理性能は図表11に示すように、入口臭気指数61(臭気濃度1,300,000)に対して出口臭気指数20(臭気濃度100)であり、65%削減した。臭気指数30以下はほぼ無臭である。また、木質由来の全炭化水素(Total Hydrocarbon 以下THC)濃度は図表12に示すように、入口は144,302ppm(酸素濃度4%換算)に対し、出口は定量下限値以下になっているため、大気へ排気される排ガスは無臭で無害である。

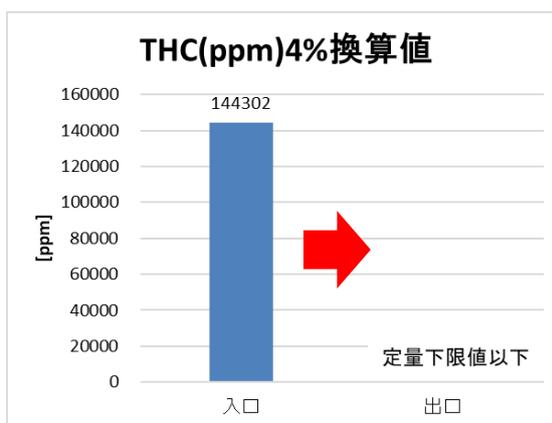
安全性に関しては、従来の装置と同等である。メンテナンス性はバーナが2基になるためにメンテナンス部分は増えている。重質タールバーナは従来のバーナ同等のメンテナンス頻度で良い。加熱軽質タールバーナはノズルを定期的に交換してメンテナンスする必要がある。運用中も交換可能であるため、連続運転しながらのメンテナンスが可能である。

## 6. 経済性

従来のバイオマス発電所では、木質ガスの洗浄で発生したタールは産業廃棄物処理をしていた。また、排ガス処理に灯油104L/hを使用している。申請装置以外でのインシヤルコスト及びランニングコストは従来と変わらないため、申請装置のインシヤルコストとランニングコストを比較する(図表13)。申請装置では、排ガス処理に使用していた灯油は1ヶ月に1度の燃焼炉の立ち上げ時のみ使用し、安定運転時には灯油使用量をゼロにすることが可能である。また、タールを燃料に用いるため、産業廃棄物処理費もゼロとなる。インシヤルコストとランニングコストを比較すると約1ヶ月で費用回収が可能であり、設置費用は約1年で回収可能である。



図表11 臭気指数



図表12 THC濃度

図表 13 イニシャルコストとランニングコスト比較表<sup>\*1</sup>

	従来装置	申請装置
イニシャルコスト		
排ガス処理装置費用	<b>100</b>	111
ランニングコスト		
燃料代	9.13	0.10
電気代	0.23	0.98
メンテナンス費用	0.01	0.03
産廃費用	2.22	0.00
合計	11.58	1.11

## 7. 将来性

2050年に向けてカーボンニュートラルが要求される中、バイオマス発電所はさらに増加していくと考えられる。バイオマス発電所ではタール及び有害な排ガスが発生するので、排ガス処理を行う熱処理炉に本装置を導入することにより、化石燃料を極力使用しない排ガスの無害化装置として今後のカーボンニュートラルへの対応装置として、かつ大気汚染を防止する装置として環境改善に貢献できる。一般社団法人日本有機資源協会（JORA）と一般社団法人木質バイオマスエネルギー協会（JWBA）の見通しでは2021年から2030年までに343基のバイオマス発電所が設置される見通しである。

([https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/saisei\\_kano/pdf/030\\_03\\_00.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/saisei_kano/pdf/030_03_00.pdf))

<sup>1</sup> 従来装置費用を100とした場合の相対値