

# 詳細説明

## 1. 装置の説明

本装置は、廃棄物系バイオマスや未利用バイオマス等の被処理物を、その発生現場まで赴いて炭化処理し、再資源化原料としての炭化生成物を製造する「車載式熱分解炭化装置」である。

なお、「本装置」とは後述する「2. 開発経緯」にて述べるように、改良を重ねたて開発した新型の「車載式炭化処理装置（CRBON-Xシリーズ）」である。

従来主流の他社製品（A社）に係る類似装置（バッチ式炭化装置）の課題は以下のとおりである。

- ①外部加熱される炭化室に熱斑が発生することによる炭化処理の不均一化、熱損失の問題、炭化処理時間の長期化、炭化物の歩留まりの悪化、熱歪みによる装置寿命の短命化
- ②熱源としての熱風を生成する燃料燃焼室と熱分解に伴い発生する有毒ガスを完全燃焼処理するガス処理燃焼室の燃費の高額化
- ③炭化処理施設の設置スペースの確保、被処理物の発生現場から炭化処理施設までの被処理物の輸送費の高額化

本装置の外観及び寸法を図1に示す。本装置は、炭化室の熱分解技術を向上させることにより炭化装置本体をコンパクト化すると共に同炭化装置本体をトレーラへ載置して車載式としたことにより上記類似装置の課題を解決した。

図1 車載式炭化処理装置の外観及び寸法



外寸（長さ・幅・高さ）	11,925L×2,500W×3,790H（mm）
炭化室内寸（長さ・幅・高さ）	1,450L×1,550W×1,800H（mm）
炭化室容積	8m <sup>3</sup> （4m <sup>3</sup> ×2室）
処理時間	約6～8時間
使用燃料	灯油（LPG）

炭化装置本体の炭化システム概念を図2に示す。炭化装置本体は、被処理物を収納する炭化室と、炭化室の炭化処理対象物出入口側を除いた外周五側面との間に形成したジグザグ状の熱流路と、熱流路に熱風供給路を介して連通した燃焼室と、炭化室と燃焼室との間に連通介設した乾留ガス移送管とで構成し、トレーラへ載置可能にコンパクト化したシンプルなユニット構造としている。装置稼働時には、図3に示すように、炭化システム概念に対応表示した操作パネルにて各構成部材の操作状態や温度状況を確認しながら操作する

ことができる。

本装置の特徴は、大きくまとめると3つである。

①熱エネルギーを均一化させる炭化室外側壁に配した全長 60mの熱流路構造（熱損失抑制・高熱分解向上効果）

②低燃料で高温の熱風を生成する 0.5m<sup>3</sup>容積の燃料燃焼室のコンパクトな燃焼構造（低燃費・高温熱風生成効果）

③炭化装置本体の各部材の重量負荷を可及的軽減したトレーラシャーシの載置構造（設置費・輸送費削減効果）

本装置は、炭化室内部に被処理物を収納して扉で密閉状態とし、エジェクター機能により炭化室内の空気を外部排出した無酸素雰囲気中で炭化室の外周に設けた熱流路に熱風を流通させることにより炭化室を外部加熱し、その輻射熱により炭化室内部の被処理物を加熱して熱分解（炭化）処理する。

図2 炭化装置本体のシステム概念

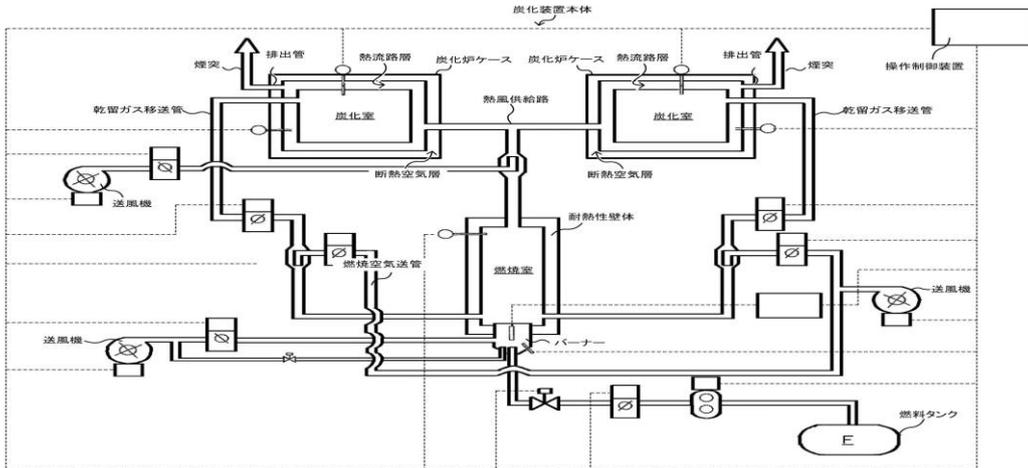
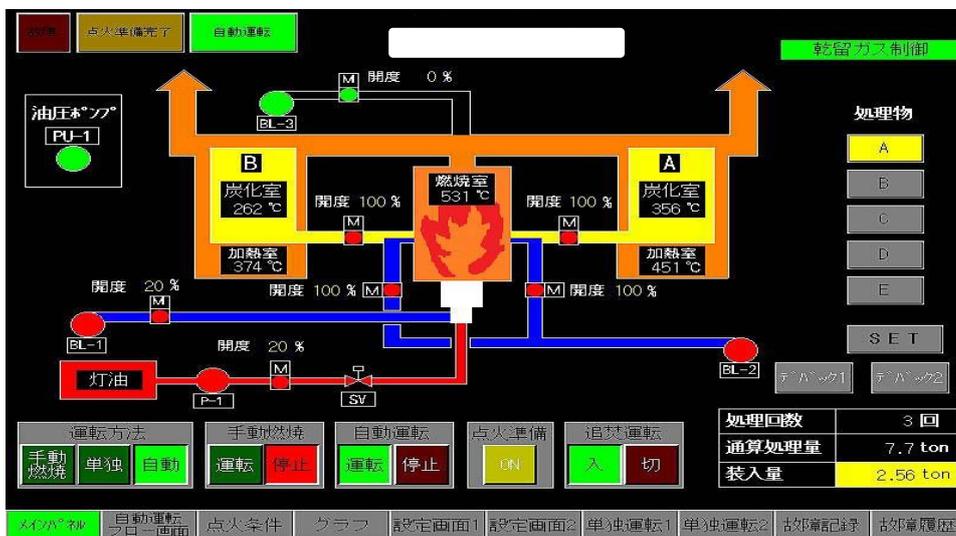


図3 本装置の操作パネル



## 2. 開発経緯

### (1) 開発主旨

広範囲に亘って点在する廃棄物系バイオマスや未利用バイオマス、移動制限される侵略的特定外来動植物の発生現場の駆除やウイルス等に感染した畜鳥獣や病原菌が付着した医療用衣服などの汚染廃棄物といった被処理物を、発生現場で熱分解炭化処理を目的とした。畜産業、農林水産業、医療業界等の産業界から、汚染物質の拡散防止輸送やその費用削減、また、被処理物の発生現場で被処理物を減容化、滅菌化及び再資源化処理したいとの強い要望があった。

### (2) 開発目標

本装置は、上記産業界からの要望に応えるべく、炭化設備を、①「道路運送法保安基準」に適合した車載式とすること、②「廃棄物の処理清掃に関する法律改正の一部を改正する法律」の基準に適合するように低燃料・高炭化率を実現し、熱処理過程で排出されるダイオキシン等の有害排出物を低減化すること、を目標とした。

## 3. 独創性

以下に、本装置と他社製品に係る類似装置（バジジ式炭化装置）とを比較して本装置の独創性を説明する。

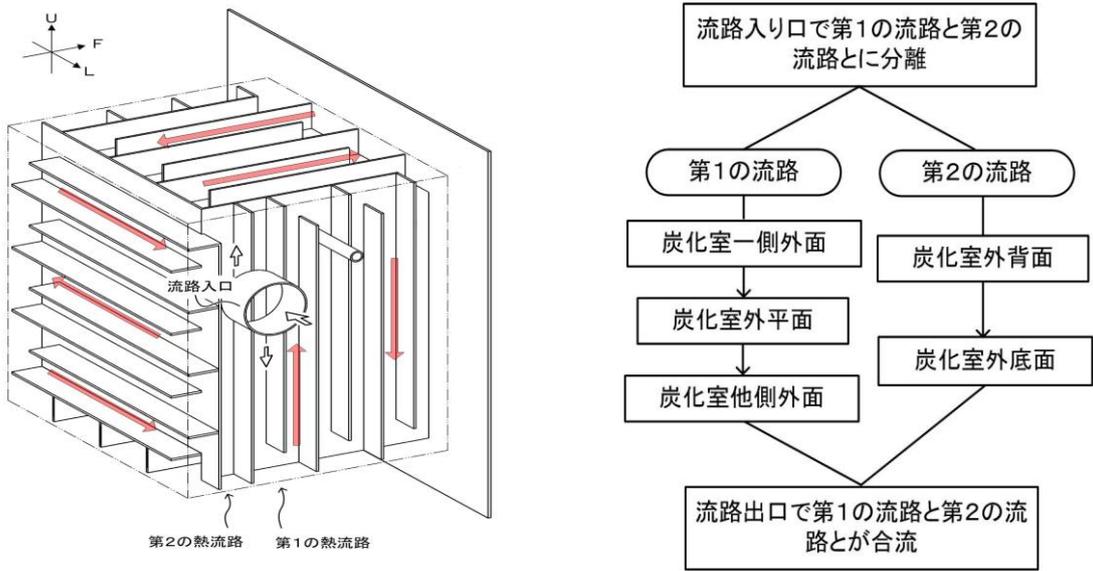
### (1) 炭化室の熱流路の特徴

図4に本装置の熱流路構造を示す。本装置の熱流路構造は、炭化室の外周五壁面にそれぞれ満遍なくジグザグの熱流路を形成し、各壁面の熱流路を連結して一本化し、熱損失を可及的に抑えた点で、類似装置の加熱形態とは全く異なり、特許化の評価となった。

類似装置（炭化室の加熱構造）	本装置（炭化室の熱流路構造）
<p>〔構成〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>炭化室の外周近くに電熱器や熱風層などの熱源を配置</li> </ul> <p>〔課題〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>炭化室の各壁面において熱源との熱伝導面積に差が生じ、炭化室壁面を均一加熱できない</li> <li>熱伝導に斑があるため、熱エネルギー損失が大きく、炭化室壁から発散される輻射熱にも斑があるため被処理物を均一に加熱分解できない</li> <li>炭化室内部で熱分解された被処理物を取り出す</li> </ul>	<p>〔特徴・構成〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>炭化室の外周五壁面の各壁面にジグザグの熱流路を満遍なく形成</li> <li>炭化室の五側面のうち三側面に第1の流路（35m）、他の二側面に第2流路（25m）を形成</li> <li>各壁面のそれぞれの熱流路を連結して一本化</li> <li>第1の流路と第2の流路の始端及び終端は合流した構成</li> </ul> <p>〔効果〕</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><u>熱風と炭化室壁との接触面積を一定にして熱伝導を安定させ、炭化室壁面の均一加熱が可能</u></li> <li><u>熱エネルギー損失を可及的に抑制して被処理物を熱分解する輻射熱として効果的に利用可能</u></li> <li><u>熱風の代わりに冷風を流通させることで炭化室の素早い冷却（強制冷却）が可能</u></li> </ul>

<p>ための冷却に時間がかかり、短いスパンで連続バッチ使用ができない（1バッチにつき約24時間）</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>熱膨張差を過剰にして歪み現象が炭化室壁部の各所で生じ、装置寿命を短命とする</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>炭化室壁面に負担をかけない加熱・冷却が可能であり、熱膨張差による歪み現象が生じにくく連続使用が可能（1バッチにつき約6～8時間）</li> <li>熱風排出に伴うエジェクター効果により、一方の熱流路の熱風の流速や流量が他方の熱流路の熱風の流速と流量を一定に補う</li> </ul>
--	--

図4 本装置の熱流路構造



熱流路は、図5に示す伝熱速度計算モデルに基づき設計されている。熱流路は燃焼室から送られてくる熱風の熱エネルギーを炭化室からの輻射熱として最大限利用する構造としている。

上記図4の熱流路構造の特徴及び機能は、炭化室5面を（200 cm）角の熱循環構造である熱流路は、熱交換効率を高効率化する金属接触面積を最大限とした輻射熱を発生させる構造である。輻射熱は熱分解するため、間接加熱源とする構造を具備した。また、処理物の物性で異なるが、処理物の一定温度領域から発生する乾留ガスを燃焼室に具備したエジェクターで燃焼室に吸引する構造を具備した。乾留ガスを燃焼室で混焼する乾留ガス成分を無害化性能と省エネ性を利点とする構造にした。

（2）燃焼室の構造の特徴

図6に本装置の燃料の燃焼室の構造を示す。本装置の燃焼室は、乾留ガス移送管を介して炭化室内と接続し、バーナーの火炎噴射方向の両側に沿うように2つのガス旋回流が発生する構造とし、内部容積 0.5m<sup>3</sup>の極小構造としている点で、類似装置の燃焼形態とは全く異なる。

類似装置（燃焼室構造）	本装置（燃焼室構造）
<p>[構成]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 熱源となる熱風を生成するための燃料燃焼を行う燃焼室</li> <li>・ 乾留ガスを完全燃焼して無毒化处理するガス処理燃焼室</li> </ul> <p>[課題]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃料が2つの燃焼室で消費されるため、燃費がかかる</li> <li>・ 燃料燃焼室とガス処理燃焼室とを設けるためのスペースが余分に必要</li> <li>・ 各燃焼室を連結するなどの装置構成の複雑化</li> <li>・ 大量の熱風を生成したり、乾留ガスを処理するために大型化</li> <li>・ 乾留ガス処理に際し、乾留ガスにダイオキシン等の有害物質が含まれていた場合、無害化するには、複数回の燃焼処理が必要。もしくは、バグフィルターを通す必要がある</li> </ul>	<p>[特徴・構成]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 燃焼室と炭化室内部とが乾留ガス移送管で接続</li> <li>・ 乾留ガス移送管開口はバーナー火炎噴射の両側に沿うよう外壁に向かうように配置</li> <li>・ 乾留ガス移送管の中途内部には燃焼空気送管の一端が燃焼室方向に開口</li> <li>・ 燃焼室の内部容積 0.5m<sup>3</sup>の極小構造</li> </ul> <p>[効果]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ <u>1つの燃焼室で熱風生成と乾留ガス処理とを同時に行うことが可能</u></li> <li>・ <u>単一の燃焼室で二個の炭化室を加熱可能</u></li> <li>・ <u>焼空気送管からの送風エジェクター機能により乾留ガス送管内を負圧とし、炭化室内部の乾留ガスを効果的に吸引しつつ燃焼室へ送風可能</u></li> <li>・ <u>乾留ガスと送風空気との旋回混焼により1次燃焼のみで乾留ガスにダイオキシン等の有害物質が含まれていた場合であっても850℃以上の高温で熱分解し、無害化することが可能</u></li> <li>・ <u>乾留ガスをも燃焼源として少燃料で高温熱風を大量生成することが可能</u></li> <li>・ <u>コンパクト構造により省スペース化に成功</u></li> </ul>

図6 燃焼室の構造（旋廻流乱流燃焼構造と命名した。）

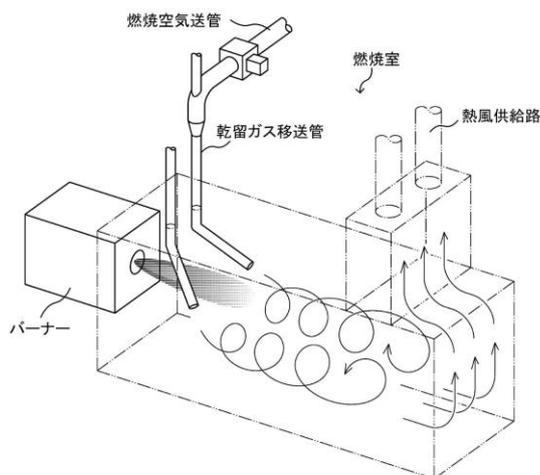
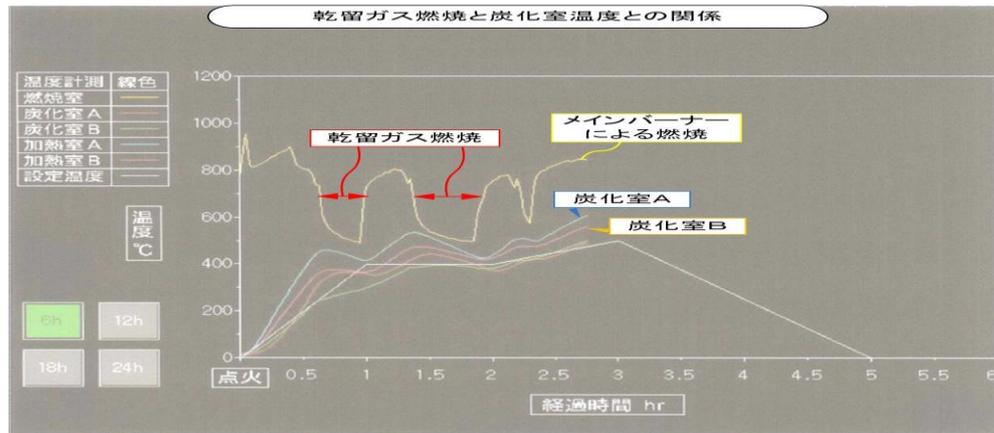


図7は乾留ガス燃焼と炭化室温度の関係を示すトレンドグラフである。トレンドグラフからも読み取れるように、乾留ガス燃焼区間では、メインバーナー燃焼を制御しても、炭化室A及び炭化室Bの温度帯は400℃以上を保持しており、メインバーナー出力を抑制（燃料灯油の消費を抑制）しても乾留ガスの燃焼エネルギーにより加熱エネルギーが補助されている。

図7 乾留ガス燃焼と炭化室温度の関係を示すトレンドグラフ



### (3) 本装置のトレーラの積載構造の特徴

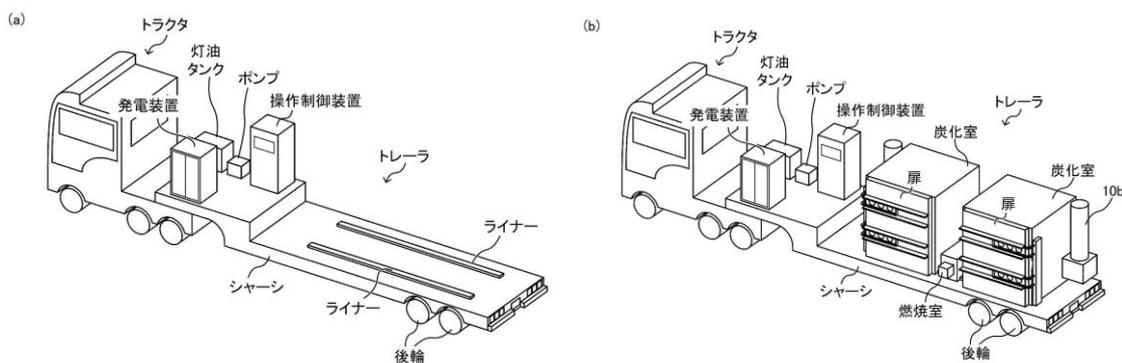
図8は、炭化装置本体を載置可能に構成したトレーラ構造を示す。本装置は、「道路運送法保安基準」に適合させるべく、炭化装置本体の車載用トレーラのシャーシに対する重量負荷を可及的に軽減する載置構造を設けている。本装置のように移動形態とした炭化装置はこれまでに実現してない。

類似装置	本装置
<p>[類似装置の方式]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>設置スペース（約500～1000m<sup>2</sup>）に設置固定する固定型</li> </ul> <p>[課題]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>装置の設置スペースが必要で装置の設置コストが高額となる</li> <li>被処理物の発生場所から装置の設置場所まで被</li> </ul>	<p>[特徴・構成]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>シャーシの後半部の上面に車両前後方向に沿って平行に一对のライナーを前後摺動可能に敷設</li> <li>後半部のシャーシライナー上に炭化装置本体を炭化室を前後に並べて配設</li> <li>前半部のシャーシに操作及び作動関係の付属関連部材を配設</li> <li>全長12m、全幅2.5m、全高3.8m、総重量25ton未満（約22ton）、載置面積約30m<sup>2</sup></li> </ul> <p>[効果]</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>車両の振動をライナーが摺動吸収して炭化装置本体への振動負荷を軽減化</li> <li>炭化装置本体の重量負荷を可及的軽減化</li> <li>発生現場での被処理物の炭化処理が可能</li> <li>装置の設置スペースが不要</li> </ul>

処理物を輸送するコストがかかる

・ 国内外の道路運送法保安基準に適合し、一般道路を走行可能とし、車両扱いでリース使用も可能

図8 炭化装置本体を載置可能に構成したトレーラ構造



## 4. 性能

### (1) 処理能力

類似装置（A社製品）の処理時間は23時間で一日一回の稼働が限界である。装置冷却に要する時間を長時間化することに起因する。一方、本装置は、熱流路兼冷却流路構造により熱分解炭化時間及び装置冷却時間を大幅に短縮して1日に複数回稼働させることが可能である。従って、本装置は、類似装置に対し2倍～4倍（24時間稼働させた場合）の処理能力を有する。

### (2) 省エネ性能

本装置の特徴である、①優れた熱交換性能による使用燃料の低減効果、②乾溜ガスを制御しながら循環燃料として燃焼させることによる使用燃料抑制効果、③一回の稼働時間が少ないことによる電気使用量抑制効果により、従来機や他社製品と比較して20～30%の使用エネルギー削減を実現している。

### (3) 耐久性

高温加熱・急速冷却を繰り返す炭化室構造は、炭化室の周りに配した熱流路により熱膨張・収縮の歪に耐えうる構造としている。また炭化室はケーシングに対してフローティング式設置構造とし、炭化室に接合する各配管（熱ガス及び、乾溜ガス）の途中に伸縮継手を設けて熱膨張・収縮による動きを制約しない仕組みとしている。炭化室の扉は、炭化室内の内圧上昇（20kpa以上）に耐えうる二重パッキン構造としている。

### (4) メンテナンス

定期的な交換が必要な部品は、工場に持ち込むことなく現場で交換可能な部品でありメンテナンスが容易な構造である。一例として炭化室は、図9に示すように、フォークリフトを使用して本体から取り外すことができ、炭化室の交換作業も現場で実施可能である。

図9 炭化室入れ替え作業



(5) 炭化処理後の生成物

本装置にて熱分解処理した炭化物と類似装置により炭化処理された炭化物とを比較した。図10は本装置により炭化処理したであり、類似装置との比較分析結果を表1に示す。

図10 廃トウモロコシの芯の炭化



表1 炭化物の比較データ

分析項目	単位	分析結果		分析の方法
		本装置	類似装置	
高位発熱量	J/g	34500	25100	JIS M 8814
低位発熱量	J/g	33900	24300	JIS M 8814
水分	%	6	10	JIS M 8812
水素	%	2.49	6	JIS M 8819

本装置により熱分解されたトウモロコシの芯の炭化物は、外観全体が黒炭独特の色合いを呈しており、その断面においても内部までしっかりと炭化処理されている。表1において類似装置による炭化物と発熱量を比較すると、従来技術による炭化物の高位発熱量は25100 J/g のであるのに対し、本装置による炭化物の高位発熱量は34500 J/g であった。また、水含量は従来技術による炭化物は10% のであるのに対し、本装置による炭化物では6% であった。このように本装置により熱分解された炭化物は、炭化率（歩留まり）が高く、しかも石炭の発熱量を有していることが示されている。

5. 経済性

本装置と類似装置との経済性についての比較は以下の通りである。

項目	類似装置	申請装置	解説
イニシャルコスト	100	100	同等の処理能力と仮定し比較
装置費用	100	120	トレーラ部のコスト分加算
設置費用	100	0	移動式のため不要
ランニングコスト	100	75	-
燃料代	100	70	高い熱効率、乾溜ガス制御による低燃費
電気代	100	80	▲効率良く炭化+冷却工程でブロワ稼働
稼働率	1バッチ/日	4バッチ/日	強制冷却により短時間で取り出せる
メンテナンス費用	100	100	同様の機構を備えたものと仮定

類似装置の場合は、炭化処理後、更に自然冷却させた後に炭化物を取り出す方式あることから一日一回しか稼働させることしかできない。本装置は、熱流路構造の炭化室強制冷却機能から短時間で炭化室を冷却して炭化物を取り出すことができる。従って、一日あたり（1回の工程6時間、24時間稼働の場合）稼働させることが可能であり、本装置は、類似装置の4倍の処理能力を有する。また、熱分解過程で発生する可燃性の乾溜ガスを調整しながら同乾溜ガスを補助燃料として燃焼させる機構により燃料代を低く抑えることが出来る。また、移動式としたことにより処理現場に赴いてその場で被処理物を炭化処理できるため、月25回の装置稼働を仮定した場合その走行距離にもよるが年間約600万～1000万円の輸送費を削減できる。

## 6. 将来性

日本政府は、2050年カーボンニュートラル実現を表明し、温暖化ガスの制御に向けた技術のひとつに熱分解の利用を挙げている。焼却処理から熱分解炭化処理に転換することで炭化物の循環利用が可能となり低炭素・脱炭素に寄与できる。

他社類似装置と比べて本装置の大きな特徴は ①被処理物の発生現場で炭化処理可能。②関連公害法律にも抵触しない処理能力。③一次電源工事不要。④直ちに機動性を発揮できるトレーラに搭載された車載式オールインワン炭化熱分解装置である。

本装置の他社類似品に対する優位性は ①国内の未利用バイオマス資源の発生現場で炭化処理したバイオ炭を補助的燃料や土壌改良材などに有効利用できる事。②被処理物が熱分解を受けて減容・減量化されるため輸送費等が削減される事が挙げられる。このようにコベネフィット的な炭化物を製造することで、環境に負荷をかけない循環型社会への形成に大きく寄与する。ひいては環境関連業界や各企業において大幅な経費削減効果が期待でき地球温暖化防止などの環境対策にもつながる。この他、衛生改善や防疫対策、乾熱滅菌装置としての利用も可能である。

## 7. 仕様

①本装置の基本仕様は以下の通りである。

燃焼室	寸法 (長さ・幅・高さ)	1,550 L × 500 W × 665 H
	容量	0.515 m <sup>3</sup>
	耐火物 バーナー	断熱ボード+キャストブル 使用燃料 灯油 (熱量 390,000kcal/Hr)
炭化室	外形寸法 (長さ・幅・高さ)	1,650 L × 1,950 W × 2,100 H
	内形寸法 (長さ・幅・高さ)	1,450 L × 1,550 W × 1,800 H
	容量	4.045 m <sup>3</sup> /室
	数量	2 室
	内部材質	SUS310S
	熱流路	2 箇所
扉	寸法 (長さ・幅・高さ)	200 L × 2,210 W × 2,360 H
	シール方法	ダブルシール方法
	耐火物	セラミックウール
	締付方式	油圧シリンダー/自動カムロック方式
煙突部	数量	2 式
	寸法	400A SGP、450ASUS304 × 2,000H
	耐火物	セラミックウール
トレーラ	数量	1 台
	最大積載量	22ton
	寸法 (長さ・幅・高さ)	12,000 L × 2,500 W × 1,650 H
発電機	数量	1 台 (ディーゼル)
	出力	25KVA (20KW), AC220V × 60Hz
	燃料	軽油
	冷却方法	水冷
灯油タンク	数量	1 基
	容量	200 L
ブロワ (送風機)	数量	3 基 (燃焼ブロワ: 1基、乾留ブロワ: 1基、冷却ブロワ: 1基)
油圧ユニット	数量	1 基
油圧シリンダ	数量	ドア用 (8個)、スタック用 (6個)
コントロールバルブ	数量	高温用 (2基)、空気用 (3基)