(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7080168号
(P7080168)

(45)発行日　令和4年6月3日(2022.6.3)

(24)登録日　令和4年5月26日(2022.5.26)

(51)国際特許分類
Ｃ１０Ｂ　53/02　(2006.01)

ＦＩ
Ｃ１０Ｂ　53/02

請求項の数　5　（全40頁）

(21)出願番号　特願2018-510601(P2018-510601)
(86)(22)出願日　平成29年4月3日(2017.4.3)
(86)国際出願番号　PCT/JP2017/014002
(87)国際公開番号　WO2017/175737
(87)国際公開日　平成29年10月12日(2017.10.12)
審査請求日　令和2年1月31日(2020.1.31)
(31)優先権主張番号　特願2016-76234(P2016-76234)
(32)優先日　平成28年4月6日(2016.4.6)
(33)優先権主張国・地域又は機関
日本国(JP)

(73)特許権者　000000206
ＵＢＥ株式会社
山口県宇部市大字小串１９７８番地の９６
(74)代理人　100106297
弁理士　伊藤 克博
(72)発明者　林 茂也
山口県宇部市大字小串１９７８番地の９６ 宇部興産株式会社内
(72)発明者　田野 龍海
山口県宇部市大字小串１９７８番地の９６ 宇部興産株式会社内
(72)発明者　藤本 直秀
山口県宇部市大字小串１９７８番地の９６ 宇部興産株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　炭化物の製造装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

バイオマス成型体を１５０～４００℃で炭化してバイオマス炭化物を得るロータリーキルンと、

前記ロータリーキルンの下流側に設けられ、前記バイオマス炭化物を分級する分級手段と、

前記分級手段の下流側に設けられ、分級された前記バイオマス炭化物を冷却する冷却手段とを備え、

前記バイオマス成型体は、原料のバイオマスを粉砕した後成型して得られた成型体であって、

前記冷却手段は、散水により前記バイオマス炭化物を冷却することと、

前記炭化は熱分解であることと、

を特徴とする炭化物の製造装置。

【請求項２】

請求項１に記載の炭化物の製造装置において、

前記冷却手段は、振動する平板と、この平板上に散水する散水部と、を有し、

前記平板は金属板または樹脂板であって、振動により前記バイオマス炭化物を搬送することを特徴とする炭化物の製造装置。

【請求項３】

請求項１または請求項２に記載の炭化物の製造装置において、

前記ロータリーキルンの出口の温度を計測する温度計を設け、

前記温度計により計測された温度が所定値以下となった場合、前記散水手段を停止する制御手段を設けたこと
を特徴とする炭化物の製造装置。
【請求項４】
請求項３に記載の炭化物の製造装置において、
前記温度計は、前記バイオマス炭化物の温度を直接計測可能であること
を特徴とする炭化物の製造装置。
【請求項５】
請求項１ないし請求項４のいずれか１項に記載の炭化物の製造装置において、
前記分級手段と前記冷却手段とを隔成する隔成部を設けたこと
を特徴とする炭化物の製造装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、バイオマス炭化物の冷却装置に関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、特許文献１にあっては、粉砕されたバイオマスを加熱しながら加圧成形することにより半炭化し、強度に優れたバイオコークスを得ている。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００３】
【文献】特許４０８８９３３
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
しかしながら上記特許文献１にあっては、成形後は加圧状態で冷却され、また大気による自然冷却であるため冷却効率が低いという問題があった。冷却効率向上のため水冷による冷却を行うとしても、加圧状態での水冷は困難であるとともに、バイオコークスは粉砕後成形されたバイオマスであるため一部が粉化してハンドリングが困難になる。とりわけ加熱が行われない非定常状態の場合、成形されたバイオコークスが崩壊して設備が閉塞するおそれがある。あるいは単純化のため炭化（加熱）後に水槽等に入れて冷却する場合、バイオマス固体燃料は比重が軽いため浮いてしまい回収が煩雑となる。
【０００５】
本発明は上記問題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、半炭化されたバイオマス成型体の冷却を効率化しつつ、設備閉塞を低減することにある。
【課題を解決するための手段】
【０００６】
本発明では、バイオマス成型体を炭化してバイオマス炭化物を得る炭化炉と、前記炭化炉の下流側に設けられ、前記バイオマス炭化物を分級する分級手段と、前記分級手段の下流側に設けられ、分級された前記バイオマス炭化物を冷却する冷却手段とを備え、前記バイオマス成型体は、原料のバイオマスを粉砕した後成型して得られた成型体であって、前記冷却手段は、散水により前記バイオマス炭化物を冷却することを特徴とする。
【発明の効果】
【０００７】
本発明によれば、半炭化されたバイオマス成型体の冷却を効率化しつつ、設備閉塞を低減することにある。
【図面の簡単な説明】
【０００８】
【図１】バイオマス固体燃料の固体温度－ＣＯＤ、ｐＨを示す図である。

【図２】加熱工程における固体温度と、得られたバイオマス固体燃料の粉砕性、および粉砕速度との相関を示す図である。
【図３】粉化試験を行ったバイオマス固体燃料の粒度分布を示す図である。
【図４】バイオマス固体燃料の水中浸漬試験結果（固体水分）を示す図である。
【図５】水中浸漬前後の固体強度（回転強度）を示す図である。
【図６】水中浸漬前後の固体強度（機械的耐久性）を示す図である。
【図７】固体燃料のＢＥＴ比表面積を示す図である。
【図８】固体燃料表面の平均細孔直径を示す図である。
【図９】固体燃料表面の全細孔容積を示す図である。
【図１０】バイオマス固体燃料の収率を示す図である。
【図１１】バイオマス固体燃料の自然発熱性指数（SCI）を示す図である。
【図１２】例Ａ－２における水中浸漬前の断面写真である。
【図１３】例Ａ－２における水中浸漬（２秒）後の断面写真である。
【図１４】例Ａ－２における水中浸漬（２０秒）後の断面写真である。
【図１５】比較例Ａにおける水中浸漬前の断面写真である。
【図１６】比較例Ａにおける水中浸漬（２秒）後の断面写真である。
【図１７】比較例Ａにおける水中浸漬（２０秒）後の断面写真である。
【図１８】ＰＢＴにおける固架橋発達のメカニズム（推定）を示す図である。
【図１９】バイオマス固体燃料のペレットの外表面のＦＴ－ＩＲ分析の結果を示す図である。
【図２０】バイオマス固体燃料のペレットの断面中心のＦＴ－ＩＲ分析の結果を示す図である。
【図２１】バイオマス固体燃料のアセトン抽出液のＦＴ－ＩＲ分析の結果を示す図である。
【図２２】バイオマス固体燃料のアセトン抽出後の固体のＦＴ－ＩＲ分析の結果を示す図である。
【図２３】バイオマス固体燃料のアセトン抽出液のＧＣ－ＭＳ分析の結果を示す図である。
【図２４】例Ｂにおいて生理食塩水に浸漬した後のペレットの形状を示す図である。
【図２５】例Ｂにおいて生理食塩水に浸漬する前と後のナトリウムの分布を示す図である。
【図２６Ａ】バイオマス炭化物の冷却設備を示す概略図である。
【図２６Ｂ】バイオマス炭化物の冷却設備の他の例を示す概略図である
【図２７】本発明のプロセスフローを示す図である。
【図２８】制御フローを示す図である。
【発明を実施するための形態】
【０００９】
［実施形態］
図２６Ａは本発明の概略図、図２７はプロセスフローである。図２７の燃料製造工程１００によって得られたバイオマス固体燃料は、分級工程２００及び冷却工程３００を経て製品となる。
【００１０】
燃料製造工程１００では公知の手法を用いてバイオマス固体燃料が製造される。原料のバイオマスは破砕、粉砕工程１１０を経た後成型工程１２０において成型された後、加熱工程１３０において図２６Ａのキルン１を用いて加熱される。成型工程１２０においてはバインダー等の結合剤は添加されず、単にバイオマス粉を圧縮、加圧することで成型される。
【００１１】
成型工程１２０を経た直後の未加熱のバイオマス成型体（Ｗｈｉｔｅ　Ｐｅｌｌｅｔ：以下ＷＰと記載）は、単にバイオマス粉を加圧成型したのみであるため強度が低く、ハンドリング中に粉化しやすい。また吸水により膨張して崩壊してしまう。
【００１２】
本発明の燃料製造工程１００においては、加熱工程１３０（キルン１）でバイオマス成型体を１５０～４００℃で加熱（低温炭化）することで、成型体としての形状を保持しつつ

、強度及び耐水性を有するバイオマス固体燃料（Ｐｅｌｌｅｔｉｚｉｎｇ Ｂｅｆｏｒｅ Ｔｏｒｒｅｆａｃｔｉｏｎ：以下ＰＢＴと記載）が製造される。なおこの燃料製造工程１００の詳細は後述する。

【００１３】

分級工程２００及び冷却工程３００は図２６Ａの振動コンベア２を用いて行われる。振動コンベア２は仕切り板２４により２つの区画に隔成されており、それぞれ分級部２１および冷却部２２となる。キルン１から排出されたＰＢＴは、平板２２ｂの振動およびキルン１から順次供給されるＰＢＴに押し出されることで搬送され、分級部２１及び冷却部２２を経て製品として排出される。なお図２６Ａの振動コンベア２は傾斜しているが、傾斜しない水平のものであってもよい。

【００１４】

分級部２１ではＰＢＴを篩２１ａの上で振動させることで、ＰＢＴと微粉との分級（分級工程２００）が行われる。篩２１ａの目の大きさは所望の値に応じて適宜変更してもよい。製造中に崩壊したものや所定の大きさに届かない小さなＰＢＴはこの篩２１ａ下に落下して別途処理される。篩２１ａ上に残ったＰＢＴは冷却部２２へ移動する。

【００１５】

冷却部２２は散水部２２ａおよび振動する平板２２ｂを有し、散水部２２ａは平板２２ｂ上に散水を行う。この平板２２ｂ上のＰＢＴに対し散水することで冷却（冷却工程３００）が行われ、製品として排出される。なお冷却は散水だけであってもよいし、散水部２２ａに加えて空気ノズル等を設け、空気による冷却を併用してもよい。さらに散水ノズルを空気+水の２流体ノズルとしても良い。

【００１６】

平板２２ｂは孔や凹凸のない平滑な板であって、金属板または樹脂板が用いられる。平滑な板とすることで冷却部２２内のＰＢＴが滑りやすくなり、冷却部２２内での移動がスムーズとなる。

【００１７】

また、分級部２１と冷却部２２との間は仕切り板２４によって隔成されるため、冷却部２２内に散水された水の分級部２１への進入が低減される。これにより分級部２１内で分級された微粉の吸水が抑制され、分級部２１における閉塞を低減することができる。

【００１８】

キルン１の出口には温度計１１が設けられ、制御部３０は測定された温度に基づき散水を実行または停止する。なお温度計１１はキルン１の温度が計測可能な位置であれば他の位置でもよい。

【００１９】

本発明においてはＷＰをキルン１で加熱することで初めて強度および耐水性が付与されたＰＢＴが得られるものであるが、キルン１の温度が所定値以下の場合、未加熱のＷＰ、あるいは加熱が不十分なため強度、耐水性が確保されないバイオマス成型体がキルン１から排出されることとなる。それらが振動コンベア２に供給されると、散水部２２では耐水性不足のため吸水により膨張・崩壊し、設備閉塞の原因となる。

【００２０】

したがって温度計１１で測定された温度が所定値を下回った場合、ＰＢＴ製造に不十分な低温と判断して制御部３０は散水部２２ａの散水を停止する。これによりキルン１の温度が低い際にＷＰや加熱が不十分なＰＢＴが排出された場合であっても、散水部２２における崩壊を抑制して設備閉塞を低減することができる。

【００２１】

図２８は温度に基づく散水続行／停止のフローチャートであり、制御部３０により実行される。ステップＳ１では温度計１１によりキルン１出口温度Ｔを測定する。ステップＳ２では計測された温度Ｔが所定値α以下か否かを判断し、ＹＥＳであればステップＳ３において散水を停止し、ＮＯであればステップＳ４において散水を実行する。

【００２２】

とりわけ、キルン１の起動時や非定常時等、温度が低い状況ではキルン１から未加熱のＷＰまたは加熱が不十分なバイオマス成型体が排出されるため、散水を停止することにより崩壊および設備閉塞を抑制することが可能となる。

【００２３】

キルン１が停止して所定値以下の低温となった際にキルン１内におけるＷＰの搬送をストップすると、キルン１内にＷＰが残存する。その場合、仮に低温であってもＷＰの炭化が進行して熱分解ガスが大量に発生し、ガスの別途処理が必要となるため煩雑である。また過度に炭化されたＷＰは揮発分の残存量が少なく燃料としては不利であり、こちらも別途処理する必要があるため更に工数が増大してしまう。したがってキルン１内での搬送停止は好ましくない。

【００２４】

一方低温時にＷＰの供給を遮断した場合であっても、キルン１内での搬送を継続すると未炭化のＷＰあるいは加熱が不十分なバイオマス成型体が排出されてしまう。したがって低温時であっても搬送は停止しないことで、熱分解ガスの大量発生や過度な炭化を回避するとともに、排出されたＷＰへの散水を停止して閉塞を抑制するものである。

【００２５】

なお、温度計１１はキルン１出口の雰囲気温度ではなく、キルン１出口におけるＰＢＴの温度を直接計測する。本発明ではＷＰを所定温度以上で炭化することで耐水性及び強度を持つＰＢＴ（固体燃料）を得るものであるが、過度な温度上昇は必要以上に炭化を進行させて熱量収率を悪化させるため、燃料特性が劣ることとなる。熱量収率を最大限に確保しつつ耐水性、強度を発現させるためにはシビアな温度管理が必要となるため、ＰＢＴの温度を直接計測することで高精度な炭化を行うものである。温度計１１はキルン１出口におけるＰＢＴの温度を直接計測可能なものであればよく、接触式温度計であってもよいし、赤外線等の非接触式温度計であってもよい。

【００２６】

［効果］

（１）バイオマス成型体を炭化してバイオマス炭化物（ＰＢＴ）を得るキルン１（炭化炉）と、キルン１の下流側に設けられ、バイオマス炭化物（ＰＢＴ）を分級する分級部２１（分級手段）と、分級部２１の下流側に設けられ、分級されたバイオマス炭化物（ＰＢＴ）を冷却する冷却部２２（冷却手段）とを備え、

バイオマス成型体は、原料のバイオマスを粉砕した後成型して得られた成型体であって、冷却部２２は、散水によりバイオマス炭化物（ＰＢＴ）を冷却することとした。

【００２７】

バイオマス炭化物を水中浸漬により冷却する場合、バイオマス炭化物が水に浮いて水面に拡散するためハンドリングが困難である。一方散水により冷却する場合であっても、バイオマス成型体は粉砕物を成型しているため再度粉化しやすく、そのまま散水するとバイオマスの粉が吸水し、設備が閉塞するおそれがある。そのため分級した後に散水することで閉塞を回避することができる。散水に加え、空気冷却と散水を併用してもよいし、空気＋水の２流体ノズルとしてもよい。

【００２８】

（２）冷却部２２は、振動する平板２２ｂ（平板）と、この平板２２ｂ上に散水する散水部２２ａと、を有し、平板２２ｂは金属板または樹脂板であって、振動によりバイオマス炭化物（ＰＢＴ）を搬送することとした。

【００２９】

バイオマス炭化物（ＰＢＴ）は搬送中に一部が崩壊するため、分級後も小径のバイオマス炭化物が一定程度残存する。小径であるほど散水により互いに付着しやすく、搬送時のハンドリングが煩雑となりやすい。ここで排水を考慮してバイオマス炭化物を網上で冷却する場合、網の凹凸の抵抗により散水されたバイオマス炭化物が堆積し、搬送が非効率となって閉塞のおそれがある。したがってバイオマス炭化物との摺動抵抗の少ない金属板または樹脂板とすることにより、搬送時の抵抗を低減して効率的な搬送を行うことができる。

【００３０】
（３）キルン１の出口温度が所定値以下の場合、散水部２２ａの散水を停止する制御部３０（制御手段）を設けた。起動時、停止時等の非定常状態ではキルン１が所定値以下の低温（ＰＢＴ製造に不十分な低温）であるため、未炭化のバイオマス成型体（ＷＰ）あるいは炭化が不十分で強度や耐水性に劣るバイオマス成型体が排出されるが、これらは散水により膨潤・崩壊し、設備閉塞のおそれがある。そのため散水を停止して閉塞を防止することができる。
【００３１】
（４）温度計１１は、バイオマス炭化物（ＰＢＴ）の温度を直接計測可能であることとした。所定温度以上でＷＰを炭化することで耐水性及び強度を持つＰＢＴ（固体燃料）が得られる一方、過度な炭化は熱量収率を悪化させる。そのためＰＢＴの温度を直接計測することにより、高精度な炭化を行うことが可能となり、熱量収率を確保しつつ耐水性、強度を得ることができる。
【００３２】
（５）分級部２２と冷却部２３とを隔成する隔成部２４を設けた。これらを隔成することで、分級部２２への散水の侵入を低減して分級時の堆積及び閉塞を抑制することができる。
【００３３】
上述した態様における振動コンベア２に代えて、図２６Ｂに示すようなシステムを用いて分級工程及び冷却工程を実施するようにしてもよい。このシステム４０２は、振動篩装置４０３Ａと冷却振動コンベア４０３Ｂとを備えている。振動篩装置４０３Ａおよび冷却振動コンベア４０３Ｂは別体に構成されており、振動篩装置４０３ＡがＰＢＴの搬送方向上流側に、冷却振動コンベア４０３Ｂが下流側に配置されている。なお、図２６Ａの構成と共通する機能や構造に関しては、重複した説明を回避するため、説明を省略するものとする。
【００３４】
振動篩装置４０３Ａは、篩４２１ａが設けられた分級部４２１を有している。篩４２１ａ上に対しては、図２６Ａの構成と同様、ロータリーキルン（図２６Ｂでは不図示）からＰＢＴが供給される。ＰＢＴは、篩４２１ａの上で振動させられながら搬送されることによって、ＰＢＴと微粉との分級（分級工程）が行われる。なお、図の振動篩装置４０３Ａは傾斜しているが、傾斜しない水平のものであってもよい。
【００３５】
篩４２１ａの目の大きさに関し、所望の値に応じて適宜変更してもよいことは上述した実施形態と同様である。製造中に崩壊したものや所定の大きさに届かない小さなＰＢＴはこの篩４２１ａ下に落下して別途処理される。篩４２１ａ上に残ったＰＢＴは、振動篩装置４０３Ａの排出部４２１ｂから排出される。
【００３６】
冷却振動コンベア４０３Ｂは、散水部４２２ａおよび振動する平板４２２ｂ等が設けられた冷却部４２２を有しており、平板４２２ｂ上に、振動篩装置４０３ＡからのＰＢＴが供給される。図示は省略するが、冷却振動コンベア４０３Ｂは、図２６Ａの構成と同様、散水部４２２ａ等の動作制御を行う制御部も備えている。平板４２２ｂは、一例として、孔や凹凸のない平滑な板であって、金属板または樹脂板が用いられる。平滑な板とすることでＰＢＴが滑りやすくなり移動がスムーズとなる。なお、図の冷却振動コンベア４０３Ｂは傾斜しているが、傾斜しない水平のものであってもよい。
【００３７】
なお、この例においても、冷却は散水だけであってもよいし、空冷を併用してもよい。散水ノズルを空気＋水の２流体ノズルとしても良い。また、上述した態様と同様、キルン１の温度計１１（図２６Ａ参照）で測定された温度が所定値を下回った場合に、散水部４２２ａによる散水が停止するように制御されることが一形態において好ましい。図２６Ｂとして開示された技術的事項は、本発明の趣旨を逸脱しない限り、他の態様として開示された内容と組合せ可能であることまたは置換可能であることに留意されたい。

【００３８】
なお、上述の燃料製造工程１００において製造されるバイオマス固体燃料（ＰＢＴ）の製造方法について以下のとおり詳述する。
【００３９】
［燃料製造工程におけるバイオマス固体燃料（ＰＢＴ）の製造］
バイオマス固体燃料は、バイオマスを破砕後粉砕し、屑または粉状となったバイオマスを圧縮・成型して塊状物とする成型工程、成型工程後の塊状物を加熱する加熱工程を経て得られた成型済固体物を燃料とするものである（後述のＰＢＴに相当）。このバイオマス固体燃料は、水蒸気爆砕の工程、およびバインダーを要しないため、コストアップを抑制することができる。なお、本明細書においては、成型工程により得られ、加熱工程前の塊状物のことを「未加熱塊状物」とも記載する。この未加熱塊状物とは上述のＷＰに相当する。
【００４０】
原料となるバイオマスは木質系及び草木系であればよく、樹種および部位等は特に限定されないが、例えば、米松、米栂、杉、桧、欧州アカマツ、アーモンド古木、アーモンド殻、アカシア木部、アカシアバーク、胡桃殻、サゴヤシ、ＥＦＢ（パーム油加工残渣の空果房）、メランティ、ゴムの木等が挙げられ、これらのうち１種であっても２種以上の混合物であってもよい。
【００４１】
成型工程では、公知の成型技術を用いて塊状物とする。塊状物はペレットまたはブリケットであることが好ましく、大きさは任意である。加熱工程では、成型された塊状物を加熱する。
【００４２】
加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料は、水中に浸漬した際の浸漬水のＣＯＤ（化学的酸素要求量）が、３０００ｐｐｍ以下であることが好ましい。また、バイオマス固体燃料は、（加熱工程後のバイオマス固体燃料のＣＯＤ／未加熱のバイオマス固体燃料のＣＯＤ）で表されるＣＯＤ比が、０．９８以下であることが好ましい。ここで、バイオマス固体燃料を水中に浸漬した際の浸漬水のＣＯＤ（化学的酸素要求量）（単に、「ＣＯＤ」とも記載する）とは、ＣＯＤ測定用浸漬水試料の調製を昭和４８年環境庁告示第１３号（イ）産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法に従って行い、ＪＩＳ　Ｋ０１０２（２０１０）－１７によって分析したＣＯＤ値のことをいう。
【００４３】
また、加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料は、ＪＩＳ　Ｍ　８８０１に基づく粉砕性指数（ＨＧＩ）が、１５以上６０以下であることが好ましく、より好ましくは２０以上６０以下である。また、ＢＥＴ比表面積が０．１５～０．８m^2／ｇであることが好ましく、０．１５～０．７m^2／ｇであることがより好ましい。また、水中浸漬後の平衡水分が１５～６５ｗｔ％であることが好ましく、１５～６０ｗｔ％であることがより好ましい。
【００４４】
バイオマス固体燃料は、燃料比（固定炭素／揮発分）が０．２～０．８、無水ベース高位発熱量が４８００～７０００(kcal/kg)、酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃが０．１～０．７、水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃが０．８～１．３にある。バイオマス固体燃料の物性値が該範囲内にあることにより、貯蔵時の排水中のＣＯＤを低減しつつ粉化を低減し、貯蔵時のハンドリング性を向上させることができる。バイオマス固体燃料は、例えば、原料として用いるバイオマスの樹種、その部位、加熱工程における加熱温度等を調整することにより得ることができる。なお本明細書における工業分析値、元素分析値、高位発熱量はＪＩＳ　Ｍ　８８１２、８８１３、８８１４に基づく。
【００４５】
バイオマス固体燃料の製造方法は、破砕及び粉砕されたバイオマスのバイオマス粉を成型して未加熱塊状物を得る成型工程と、未加熱塊状物を加熱し、加熱済固体物を得る加熱工程とを有し、加熱工程における加熱温度は、１５０℃～４００℃であることが好ましい。加熱工程の温度をこの範囲とすることで、上記の特性を有するバイオマス固体燃料が得ら

れる。この加熱温度は原料となるバイオマスおよび塊状物の形状、大きさによって適宜決定されるが、１５０～４００℃が好ましく２００～３５０℃がより好ましい。さらに好ましくは２３０～３００℃である。２５０～２９０℃であればなお好ましい。また、加熱工程における加熱時間は、特に限定されないが、０．２～３時間が好ましい。バイオマス粉の粒径は、特に限定されないが、平均で約１００～３０００μｍ、好ましくは平均で４００～１０００μｍである。なお、バイオマス粉の粒径の測定方法は公知の測定方法を用いてよい。後述のとおりバイオマス固体燃料（ＰＢＴ）においては固架橋によりバイオマス粉同士の接続または接着が維持されるため、成型可能な範囲であればバイオマス粉同士の粒径は特に限定しない。また微粉砕はコストアップ要因となるため、コストと成型性を両立可能な範囲の粒径であれば公知の範囲でよい。

【００４６】

加熱工程前の未加熱塊状物の嵩密度をＡ、加熱工程後の加熱済固体物の嵩密度をＢとすると、Ｂ／Ａ＝０．７～１であることが好ましい。嵩密度Ａの値はバイオマス粉を成型して未加熱塊状物を得られる公知の範囲であれば特に限定されない。また原料バイオマスの種類によっても嵩密度は変化するため適宜設定されてよい。また、未加熱塊状物のＨＧＩ（ＪＩＳ　Ｍ８８０１のハードグローブ粉砕性指数）をＨ１、前記加熱済固体物のＨＧＩをＨ２とすると、Ｈ２／Ｈ１＝１．１～２．５であることが好ましい。Ｂ／ＡとＨ２／Ｈ１のいずれかまたは両方の値がこの範囲となるように加熱を行うことで、貯蔵時の排水中のＣＯＤを低減しつつ粉化を低減し、貯蔵時のハンドリング性を向上させたバイオマス固体燃料を得ることができる。

【００４７】

なお、バイオマス固体燃料の特性は、原料として用いるバイオマスの樹種によって、好適な範囲を定めてもよい。以下、その一例を記載するが、本発明はこれらの樹種およびその組み合わせに限定されるものではない。以下、本発明で用いたバイオマス原料の種類と得られた固体燃料（後述のＰＢＴに相当）の性状、およびその製造方法について、好ましい範囲をそれぞれ示す。

【００４８】

［原料バイオマスの種類と固体燃料の性状］

（米松、米栂、杉、および桧：固体燃料Ａ）

本発明の一態様として、原料が米松、米栂、杉、および桧から選ばれる少なくとも１種を含む場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ａと記載することがある）の性状は以下のとおりである。

【００４９】

ＣＯＤについては１０００ｐｐｍ以下が好ましく、９００ｐｐｍ以下がより好ましく、８００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．８０以下が好ましく、０．７０以下がより好ましく、０．６８以下がさらに好ましい。

【００５０】

水中浸漬後の平衡水分（後述）については１５ｗｔ％～４５ｗｔ％であることが好ましく、１８ｗｔ％～３５ｗｔ％であることがより好ましく、１８ｗｔ％～３２ｗｔ％であることがさらに好ましい。

【００５１】

ＢＥＴ比表面積は０．２５m^2／ｇ～０．８m^2／ｇであることが好ましく、０．２８m^2／ｇ～０．６m^2／ｇであることがより好ましく、０．３２m^2／ｇ～０．５m^2／ｇであることがさらに好ましい。

【００５２】

ＨＧＩについては２０～６０が好ましく、２０～５５がより好ましく、２２～５５がさらに好ましい。発電用のボイラ燃料として好適な石炭（瀝青炭）のＨＧＩが５０前後であり、石炭と混合粉砕されることを考慮すると５０前後に近接するほど好ましい。ＨＧＩ比（後述）については１．０～２．５が好ましい。

【００５３】

燃料比については０．２～０．８が好ましく、０．２～０．７がより好ましく、０．２～０．６５がさらに好ましい。

【００５４】

無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、４９００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、４９５０～７０００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。

【００５５】

酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．１～０．６２が好ましく、０．１～０．６１がより好ましく、０．１～０．６０がさらに好ましい。

【００５６】

水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましく、０．８５～１．３がより好ましく、０．９～１．３がさらに好ましい。

【００５７】

以上、固体燃料Ａの性状における好ましい範囲を記載した。

【００５８】

また固体燃料Ａを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２１０～３３０℃がより好ましく、２２０～３００℃がさらに好ましい。

【００５９】

（欧州アカマツ：固体燃料Ｂ）

本発明の一態様として、原料が欧州アカマツである場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｂと記載することがある）の性状は以下のとおりである。

【００６０】

ＣＯＤについては９００ｐｐｍ以下が好ましく、８００ｐｐｍ以下がより好ましく、７００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．７５以下が好ましく、０．６８以下がより好ましく、０．６４以下がさらに好ましい。

【００６１】

水中浸漬後の平衡水分については１５ｗｔ％～４５ｗｔ％であることが好ましく、１８ｗｔ％～４０ｗｔ％であることがより好ましく、１８ｗｔ％～３１ｗｔ％であることがさらに好ましい。

【００６２】

ＢＥＴ比表面積は０．３０m^2／ｇ～０．７m^2／ｇであることが好ましく、０．３０m^2／ｇ～０．６m^2／ｇであることがより好ましく、０．３０m^2／ｇ～０．５m^2／ｇであることがさらに好ましい。

【００６３】

ＨＧＩについては２５～６０が好ましく、３０～５５がより好ましく、３５～５５がさらに好ましい。ＨＧＩ比（後述）については１．０～２．５が好ましい。

【００６４】

燃料比については０．２～０．８が好ましく、０．２～０．７がより好ましく、０．２～０．６５がさらに好ましい。

【００６５】

無水ベース高位発熱量は４９５０～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、５０００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、５１００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。

【００６６】

酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．１～０．６０が好ましく、０．２～０．６０がより好ましく、０．３～０．６０がさらに好ましい。

【００６７】

水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましく、０．８５～１．３がより好ましく、０．９～１．３がさらに好ましい。

【００６８】

以上、固体燃料Ｂの性状における好ましい範囲を記載した。
【００６９】
また固体燃料Ｂを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２４０～２９０℃がさらに好ましい。
【００７０】
（アーモンド古木：固体燃料Ｃ）
本発明の一態様として、原料がアーモンド古木である場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｃと記載することがある）の性状は以下のとおりである。
【００７１】
ＣＯＤについては２１００ｐｐｍ以下が好ましく、２０００ｐｐｍ以下がより好ましく、１５００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．８０以下が好ましく、０．７５以下がより好ましく、０．５５以下がさらに好ましい。
【００７２】
水中浸漬後の平衡水分については２５ｗｔ％～６０ｗｔ％であることが好ましく、３０ｗｔ％～５０ｗｔ％であることがより好ましく、３０ｗｔ％～４５ｗｔ％であることがさらに好ましい。
【００７３】
ＢＥＴ比表面積は０．２０m^2／ｇ～０．７０m^2／ｇであることが好ましく、０．２２m^2／ｇ～０．６５m^2／ｇであることがより好ましく、０．２５m^2／ｇ～０．６０m^2／ｇであることがさらに好ましい。
【００７４】
ＨＧＩについては１５～６０が好ましく、１８～５５がより好ましく、２０～５５がさらに好ましい。ＨＧＩ比（後述）については１．０～２．０が好ましい。
【００７５】
燃料比については０．２～０．８が好ましく、０．２５～０．７がより好ましく、０．３０～０．６５がさらに好ましい。
【００７６】
無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、４８００～６５００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、４９００～６５００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。
【００７７】
酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．１０～０．７０が好ましく、０．２０～０．６０がより好ましく、０．３０～０．６０がさらに好ましい。
【００７８】
水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましく、０．８５～１．３がより好ましく、０．９～１．２０がさらに好ましい。
【００７９】
以上、固体燃料Ｃの性状における好ましい範囲を記載した。
【００８０】
また固体燃料Ｃを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２４０～２９０℃がさらに好ましい。
【００８１】
（アーモンド殻とアーモンド古木の混合物：固体燃料Ｄ）
本発明の一態様として、原料がアーモンド殻とアーモンド古木の混合物である場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｄと記載することがある）の性状は以下のとおりである。
【００８２】
ＣＯＤについては２５００ｐｐｍ以下が好ましく、２０００ｐｐｍ以下がより好ましく、１５００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．７５以下が好ましく、０．６８以下がより好ましく、０．５０以下がさらに好ましい。
【００８３】

水中浸漬後の平衡水分については１５ｗｔ％～５０ｗｔ％であることが好ましく、２０ｗｔ％～４０ｗｔ％であることがより好ましく、２０ｗｔ％～３５ｗｔ％であることがさらに好ましい。

【００８４】

ＢＥＴ比表面積は０．２０ｍ^2／ｇ～０．７０ｍ^2／ｇであることが好ましく、０．２７ｍ^2／ｇ～０．７０ｍ^2／ｇであることがより好ましく、０．３０ｍ^2／ｇ～０．６０ｍ^2／ｇであることがさらに好ましい。

【００８５】

ＨＧＩについては２０～６０が好ましく、２０～５５がより好ましく、２３～５５がさらに好ましい。ＨＧＩ比（後述）については１．０～２．０が好ましい。

【００８６】

燃料比については０．２～０．８が好ましく、０．３０～０．７がより好ましく、０．３５～０．６５がさらに好ましい。

【００８７】

無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、４８００～６５００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、４９００～６３００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。

【００８８】

酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．１０～０．７０が好ましく、０．２０～０．６０がより好ましく、０．３０～０．５５がさらに好ましい。

【００８９】

水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましく、０．８～１．２５がより好ましく、０．８５～１．２０がさらに好ましい。

【００９０】

以上、固体燃料Ｄの性状における好ましい範囲を記載した。

【００９１】

また固体燃料Ｄを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２４０～２９０℃がさらに好ましい。

【００９２】

（アカシア木部：固体燃料Ｅ）

本発明の一態様として、原料がアカシア木部である場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｅと記載することがある）の性状は以下のとおりである。

【００９３】

ＣＯＤについては９５０ｐｐｍ以下が好ましく、８５０ｐｐｍ以下がより好ましく、８００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．９５以下が好ましく、０．８５以下がより好ましく、０．８０以下がさらに好ましい。

【００９４】

水中浸漬後の平衡水分については２０ｗｔ％～６０ｗｔ％であることが好ましく、２０ｗｔ％～５５ｗｔ％であることがより好ましく、２３ｗｔ％～５３ｗｔ％であることがさらに好ましい。

【００９５】

ＢＥＴ比表面積は０．４０ｍ^2／ｇ～０．７０ｍ^2／ｇであることが好ましく、０．５０ｍ^2／ｇ～０．７０ｍ^2／ｇであることがより好ましく、０．５５ｍ^2／ｇ～０．７０ｍ^2／ｇであることがさらに好ましい。

【００９６】

燃料比については０．２～０．６が好ましく、０．２～０．５がより好ましく、０．２～０．４がさらに好ましい。

【００９７】

無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、４８００～６０００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、４８００～５５００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好まし

い。
【００９８】
酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．４０～０．７０が好ましく、０．４５～０．７０がより好ましく、０．４８～０．６５がさらに好ましい。
【００９９】
水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましく、１．０～１．３がより好ましく、１．１～１．３がさらに好ましい。
【０１００】
以上、固体燃料Ｅの性状における好ましい範囲を記載した。
【０１０１】
また固体燃料Ｅを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２４０～２９０℃がさらに好ましい。
【０１０２】
（アカシアバーク：固体燃料Ｆ）
本発明の一態様として、原料がアカシアバークである場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｆと記載することがある）の性状は以下のとおりである。
【０１０３】
ＣＯＤについては２５００ｐｐｍ以下が好ましく、２０００ｐｐｍ以下がより好ましく、１２００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．３０以下が好ましく、０．２０以下がより好ましく、０．１５以下がさらに好ましい。
【０１０４】
水中浸漬後の平衡水分については１５ｗｔ％～５０ｗｔ％であることが好ましく、２０ｗｔ％～４５ｗｔ％であることがより好ましく、２５ｗｔ％～４０ｗｔ％であることがさらに好ましい。
【０１０５】
ＢＥＴ比表面積は０．３５m^2／ｇ～０．５５m^2／ｇであることが好ましく、０．４０m^2／ｇ～０．５５m^2／ｇであることがより好ましく、０．４０m^2／ｇ～０．５０m^2／ｇであることがさらに好ましい。
【０１０６】
燃料比については０．４～０．８が好ましく、０．４２～０．７５がより好ましく、０．４５～０．７５がさらに好ましい。
【０１０７】
無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、５０００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、５２００～６５００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。
【０１０８】
酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．２５～０．６０が好ましく、０．３０～０．６０がより好ましく、０．３０～０．５５がさらに好ましい。
【０１０９】
水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましく、０．８～１．２がより好ましく、０．９～１．２がさらに好ましい。
【０１１０】
以上、固体燃料Ｆの性状における好ましい範囲を記載した。
【０１１１】
また固体燃料Ｆを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２４０～２９０℃がさらに好ましい。
【０１１２】
（アーモンド殻と胡桃殻の混合物：固体燃料Ｇ）
本発明の一態様として、原料がアーモンド殻と胡桃殻の混合物である場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｇと記載することがある）の性状は以下のとおりである。

【０１１３】
ＣＯＤについては２５００ｐｐｍ以下が好ましく、２１００ｐｐｍ以下がより好ましく、１５００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．６５以下が好ましく、０．５５以下がより好ましく、０．４５以下がさらに好ましい。
【０１１４】
水中浸漬後の平衡水分については２０ｗｔ％～４５ｗｔ％であることが好ましく、２０ｗｔ％～４０ｗｔ％であることがより好ましく、２５ｗｔ％～３５ｗｔ％であることがさらに好ましい。
【０１１５】
ＢＥＴ比表面積は０．１５ｍ^{2}／ｇ～０．３５ｍ^{2}／ｇであることが好ましく、０．１９ｍ^{2}／ｇ～０．３３ｍ^{2}／ｇであることがより好ましく、０．２０ｍ^{2}／ｇ～０．３０ｍ^{2}／ｇであることがさらに好ましい。
【０１１６】
ＨＧＩは１８～６０が好ましく、２０～６０であればさらに好ましい。ＨＧＩ比は１．０以上が好ましい。
【０１１７】
燃料比については０．２～０．７が好ましく、０．２５～０．６５がより好ましく、０．２８～０．６０がさらに好ましい。
【０１１８】
無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、４８００～６０００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、５０００～６０００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。
【０１１９】
酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．３０～０．６５が好ましく、０．４０～０．７０がより好ましく、０．４０～０．６０がさらに好ましい。
【０１２０】
水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましく、０．９～１．２５がより好ましく、０．９～１．２がさらに好ましい。
【０１２１】
以上、固体燃料Ｇの性状における好ましい範囲を記載した。
【０１２２】
また固体燃料Ｇを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２４０～２９０℃がさらに好ましい。
【０１２３】
（サゴヤシ：固体燃料Ｈ）
本発明の一態様として、原料がサゴヤシである場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｈと記載することがある）の性状は以下のとおりである。
【０１２４】
ＣＯＤについては２０００ｐｐｍ以下が好ましく、１６００ｐｐｍ以下がより好ましく、８００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．８５以下が好ましく、０．６０以下がより好ましく、０．４以下がさらに好ましい。
【０１２５】
水中浸漬後の平衡水分については２０ｗｔ％～３５ｗｔ％であることが好ましく、２０ｗｔ％～３３ｗｔ％であることがより好ましく、２２ｗｔ％～３０ｗｔ％であることがさらに好ましい。
【０１２６】
ＢＥＴ比表面積は０．１５ｍ^{2}／ｇ～０．３５ｍ^{2}／ｇであることが好ましく、０．１８ｍ^{2}／ｇ～０．３３ｍ^{2}／ｇであることがより好ましく、０．１８ｍ^{2}／ｇ～０．３０ｍ^{2}／ｇであることがさらに好ましい。
【０１２７】

ＨＧＩは２０～６０が好ましく、２５～５５であればさらに好ましく、３０～５５であればさらに好ましい。ＨＧＩ比は１．０～２．５が好ましく、１．３～２．３がより好ましく、１．５～２．２がさらに好ましい。

【０１２８】

燃料比については０．２～０．８が好ましく、０．２５～０．８がより好ましく、０．５～０．８がさらに好ましい。

【０１２９】

無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、４９００～６５００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、５０００～６０００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。

【０１３０】

酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．２０～０．６５が好ましく、０．２０～０．６０がより好ましく、０．２～０．５５がさらに好ましい。

【０１３１】

水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましく、０．８５～１．３がより好ましく、０．８５～１．２がさらに好ましい。

【０１３２】

以上、固体燃料Ｈの性状における好ましい範囲を記載した。

【０１３３】

また固体燃料Ｈを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２４０～２９０℃がさらに好ましい。

【０１３４】

（ＥＦＢ：固体燃料Ｉ）

本発明の一態様として、原料がＥＦＢ（パーム油加工残渣の空果房）である場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｉと記載することがある）の性状は以下のとおりである。

【０１３５】

ＣＯＤについては２３５０ｐｐｍ以下が好ましく、２３００ｐｐｍ以下がより好ましく、２０００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．９８以下が好ましく、０．９６以下がより好ましく、０．８５以下がさらに好ましい。

【０１３６】

水中浸漬後の平衡水分については２３ｗｔ％～４５ｗｔ％であることが好ましく、２０ｗｔ％～４０ｗｔ％であることがより好ましく、２０ｗｔ％～３５ｗｔ％であることがさらに好ましい。

【０１３７】

ＢＥＴ比表面積は０．２５m^2／ｇ～０．６５m^2／ｇであることが好ましく、０．３０m^2／ｇ～０．６０m^2／ｇであることがより好ましく、０．３５m^2／ｇ～０．５５m^2／ｇであることがさらに好ましい。

【０１３８】

燃料比については０．２５～０．８が好ましく、０．３０～０．８がより好ましく、０．３６～０．８がさらに好ましい。

【０１３９】

無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、４９００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、５０００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。

【０１４０】

酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．１５～０．６５が好ましく、０．１５～０．６０がより好ましく、０．１５～０．５５がさらに好ましい。

【０１４１】

水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．５～１．３が好ましく、０．５５～１．３がより好ましく、０．６～１．２がさらに好ましい。

【０１４２】
以上、固体燃料Ｉの性状における好ましい範囲を記載した。
【０１４３】
また固体燃料Ｉを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２４０～２６０℃がさらに好ましい。
【０１４４】
（メランティ：固体燃料Ｊ）
本発明の一態様として、原料がメランティである場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｊと記載することがある）の性状は以下のとおりである。
【０１４５】
ＣＯＤについては３３０ｐｐｍ以下が好ましく、３２０ｐｐｍ以下がより好ましく、３００ｐｐｍ以下がさらに好ましく、ＣＯＤ比は、０．９８以下が好ましく、０．９５以下がより好ましく、０．９０以下がさらに好ましい。
【０１４６】
水中浸漬後の平衡水分については１５ｗｔ％～３０ｗｔ％であることが好ましく、１５ｗｔ％～２７ｗｔ％であることがより好ましく、１８ｗｔ％～２５ｗｔ％であることがさらに好ましい。
【０１４７】
燃料比については０．２～０．６が好ましく、０．２～０．５がより好ましく、０．２～０．４５がさらに好ましい。
【０１４８】
無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましく、４８００～６５００ｋｃａｌ／ｋｇがより好ましく、４８００～６０００ｋｃａｌ／ｋｇがさらに好ましい。
【０１４９】
酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．３～０．６０が好ましく、０．３５～０．６０がより好ましく、０．４０～０．６０がさらに好ましい。
【０１５０】
水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．９～１．２が好ましく、０．９５～１．２がより好ましく、１．０～１．２がさらに好ましい。
【０１５１】
以上、固体燃料Ｊの性状における好ましい範囲を記載した。
【０１５２】
また固体燃料Ｊを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２３０～２９０℃がさらに好ましい。
【０１５３】
（ゴムの木：固体燃料Ｋ）
本発明の一態様として、原料がゴムの木である場合のバイオマス固体燃料（以下、固体燃料Ｋと記載することがある）の性状は以下のとおりである。
【０１５４】
燃料比については０．２～０．８が好ましく、０．２～０．７がより好ましい。無水ベース高位発熱量は４８００～７０００ｋｃａｌ／ｋｇが好ましい。
【０１５５】
酸素Ｏと炭素Ｃのモル比Ｏ／Ｃは０．１～０．７が好ましい。水素Ｈと炭素Ｃのモル比Ｈ／Ｃは０．８～１．３が好ましい。
【０１５６】
以上、固体燃料Ｋの性状における好ましい範囲を記載した。
【０１５７】
また固体燃料Ｊを製造する際、加熱工程における加熱温度は、２００～３５０℃が好ましく、２２０～３００℃がより好ましく、２３０～２９０℃がさらに好ましい。

【０１５８】
本発明者らは、バイオマス固体燃料の製造方法において、成型工程の後、未加熱塊状物を加熱する加熱工程を行うという工程の順序により、バインダーを使用することなく原料であるバイオマス由来の成分を用いてバイオマス粉同士の接続または接着が維持され、水中浸漬によっても崩壊することがない耐水性の高いバイオマス固体燃料を製造することができると推察している。本発明者らの解析により、バイオマス固体燃料が耐水性を獲得するメカニズムについて下記の知見が得られた。
【０１５９】
本発明者らは、製造方法の異なる３種類のバイオマス固体燃料、具体的には、粉砕されたバイオマスを成型した未加熱の固体燃料（Ｗｈｉｔｅ　Ｐｅｌｌｅｔ：以下ＷＰと記載することがある）、および粉砕されたバイオマスを成型した後加熱して得られた固体燃料（Ｐｅｌｌｅｔｉｚｉｎｇ　Ｂｅｆｏｒｅ　Ｔｏｒｒｅｆａｃｔｉｏｎ：以下ＰＢＴと記載することがある）について、ＦＴ－ＩＲ分析、ＧＣ－ＭＳ分析、ＳＥＭによる観察等を行い、バイオマス固体燃料の耐水性のメカニズムについて解析を行った。なおＷＰ、ＰＢＴいずれにおいてもバインダーは使用されない。
【０１６０】
まず、各固体燃料のアセトン抽出物についてＦＴ－ＩＲにより分析したところ、加熱工程を経て得られるＰＢＴは、未加熱のＷＰに比べて親水性のＣＯＯＨ基の含有量は少ないが、Ｃ＝Ｃ結合の含有量が多いことから、加熱によりバイオマスを構成する成分の化学構造が変化して疎水性になっているが示唆された。
【０１６１】
さらに、各固体燃料のアセトン抽出成分についてＧＣ－ＭＳ分析を行ったところ、アビエチン酸とその誘導体（以下、「アビエチン酸等」とも呼ぶ）等のテルペン類が加熱により熱分解することが、バイオマス固体燃料の耐水性に関与していることが示唆された。アビエチン酸等は、マツ等に含まれるロジンの主成分である。
【０１６２】
図１８はＰＢＴにおける固架橋発達のメカニズム（推定）を示す図である。ＰＢＴの場合は、成型工程後の加熱工程において、温度上昇にしたがいアビエチン酸の溶融による液が粉砕されたバイオマス（以下バイオマス粉と記載することがある）同士の間隙（粉砕後成型により圧密され、隣接するバイオマス粉の間隙）に溶出し、さらにアビエチン酸の蒸発と熱分解がおこり、疎水物が上記バイオマス粉同士の間隙に固着して架橋（固架橋）が発達する。これにより、バインダーを添加することなく、原料であるバイオマス由来のアビエチン酸等によりバイオマス粉同士の接続または接着が維持される。よってバイオマス粉同士が接続または接着されて水の進入を抑制し、耐水性が向上すると考えられる。
【０１６３】
一方、ＷＰの場合は単にバイオマス粉を成型したに留まるのみで加熱を行わないため、上記ＰＢＴのようにバイオマス粉同士の固架橋が存在しない。ＷＰを構成する生のバイオマス粉の表面には上述のとおり親水性のＣＯＯＨ基等が多く存在するため水の浸入が容易であり、侵入した水がバイオマス粉同士の間隙を大きく広げ、成型したペレット等が崩壊しやすくなってしまう。
【０１６４】
また、バイオマス粉を加熱した後に成型した固体燃料（Ｐｅｌｌｅｔｉｚｉｎｇ　Ａｆｔｅｒ　Ｔｏｒｒｅｆａｃｔｉｏｎ：以下ＰＡＴと記載することがある）の場合、加熱により個々のバイオマス粉そのものはアビエチン酸等の溶出により表面が疎水性になるが、あくまでも加熱により疎水性になった後に粉砕して成型を行うため、ＰＢＴのようにバイオマス粉同士の架橋は形成されないと考えられる。したがって成型前に加熱を行うＰＡＴでは、圧密されたバイオマス粉同士の間隙に容易に水が浸入し、ＰＢＴに比べて耐水性が劣るものと推察される。
【０１６５】
アビエチン酸またはその誘導体の融点は約１３９～１４２℃であり、沸点は約２５０℃で

ある。よって、加熱により融点付近でアビエチン酸等が溶融して液架橋がおこり、沸点付近でアビエチン酸等が熱分解して固架橋が発達するものと推察される。

【０１６６】

なおアビエチン酸を始めとするテルペン類はバイオマス一般に含まれている（北海道立林産試験場月報　１７１号　１９６６年４月、公益社団法人日本木材保存協会「木材保存」Ｖｏｌ．３４‐２（２００８）等）。バイオマスの種類によって若干含有量に差はあるものの（『精油の利用』大平辰朗　日本木材学会第６期研究分科会報告書ｐ７２　第１表日本木材学会１９９９　年　等）、下記＜例Ａ＞～＜例Ｉ＞ではいずれも２３０℃以上の加熱により耐水性（水中浸漬後でも崩壊しない、表６参照）の発現がみられるため、バイオマス一般について少なくとも２３０℃以上～２５０℃以上の加熱により耐水性が付与されるものと考えられる。

【０１６７】

図１９～図２２はバイオマス固体燃料のＦＴ－ＩＲ分析の結果を示す図である。原料は下記例Ｂの欧州アカマツであって、粉砕後ペレット状に成型したものを２５０℃で加熱した固体燃料（ＰＢＴ）を分析したものである。また同じ原料を粉砕し、成型後未加熱のもの（ＷＰ）についても併せて示す。ペレットの外表面（図１９）、断面中心（図２０）いずれにおいてもＣＯＯＨ基の量はＷＰ＞ＰＢＴであり、Ｃ＝Ｃ結合の量はＰＢＴ＞ＷＰである。またアセトン抽出液（図２１）へのＣＯＯＨ基溶出量はＷＰ＞ＰＢＴであり、ＰＢＴは親水性のＣＯＯＨ基が少ないことが示される。さらにアセトン抽出後の固体（図２２）ではＰＢＴのほうがＷＰよりもＣ＝Ｃ結合が多い。したがってＰＢＴのほうが耐水性に優れることが分かる。

【０１６８】

図２３はアセトン抽出液のＧＣ－ＭＳ分析の結果を示す図である。原料は上記図１９～図２２と同様に例Ｂの欧州アカマツであって、粉砕後ペレット状に成型したものを２５０℃で加熱した固体燃料（ＰＢＴ）、および未加熱のもの（ＷＰ）を用いた。図２３に記載のとおりＰＢＴにおいてはテルペン類の一種であるアビエチン酸等のアセトンへの溶出量がＷＰよりも少なく、加熱によりアビエチン酸が溶融して液架橋を形成した後、アビエチン酸等の揮発によって固架橋が形成されたことを示すと考えられる。

【０１６９】

またＰＢＴでは固架橋の発達により固体燃料の強度が向上し、耐水性同様に少なくとも２３０℃以上～２５０℃以上の加熱によって、バインダーを添加することなく良好な粉砕性（後述のＨＧＩ、粉砕速度）及び良好なハンドリング性（後述の粉化試験）が得られると推察される。さらにＰＢＴでは前述のとおりＣＯＤが低減されるが、これは加熱によってバイオマス原料のタール分が揮発すると同時に、ＰＢＴの固体燃料表面が固化したアビエチン酸等によって被覆され、さらに固体燃料表面が疎水性となってバイオマス原料内に残存するタール分の溶出が抑制されるためと考えられる。

【実施例】

【０１７０】

＜例Ａ＞

（例Ａ－１～Ａ－６）

バイオマスを破砕後粉砕し、粉砕されたバイオマスを成型する成型工程およびその後の加熱工程を経てバイオマス固体燃料Ａ（ＰＢＴ）を得た。いずれの工程においてもバインダーは使用されない。原料のバイオマスとして、米松４０重量％、米栂５８重量％、杉１重量％、桧１重量％の混合物を用いた。各例の成型工程においては、直径８ｍｍのペレット形状に成型した。各実施例における加熱工程ではφ６００ｍｍ電気式バッチ炉にそれぞれの原料を４ｋｇ投入し、２℃／ｍｉｎの昇温速度で各実施例における目標温度（表１における加熱温度）まで昇温させ、加熱した。以下、目標温度と加熱温度は同一のものを指す。各例Ａ－１～Ａ－６いずれにおいても目標温度（加熱温度）における保持は行っていない（以下の例Ｂ～例Ｋも同様）。例Ａ－１～Ａ－６の加熱工程における加熱温度と、加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ａの性状を表１に示す。

【０１７１】
（比較例Ａ）
比較例Ａは破砕、粉砕後に成型したのみで加熱工程を経ていない、未加熱のバイオマス固体燃料（ＷＰ）である。比較例Ａについてもバインダーは不使用である。原料のバイオマスは、例Ａ－１と同様である。比較例Ａの固体燃料の性状についても表１に示す。
【０１７２】
表１において、上記のとおりＨＧＩはＪＩＳ　Ｍ　８８０１に基づくものであり、高いほど粉砕性が良好であることを示す。また、表１には高位発熱量（無水ベース）、工業分析値（気乾ベース）に基づき算出された燃料比、および元素分析値（気乾ベース）の結果とこれに基づき得られた酸素Ｏ、炭素Ｃ、水素Ｈのモル比をそれぞれ示す。
【０１７３】
【表１】

サンプル＜例A＞			比較例A 未加熱	例A－1 230℃	例A－2 250℃	例A－3 270℃	例A－4 280℃	例A－5 290℃	例A－6 300℃
			WP	PBT					
工業分析	水分	wt%-AD	11.0	8.4	7.7	7.2	6.9	6.7	6.3
	灰分	wt%-AD	0.6	0.6	0.5	0.5	0.6	0.7	0.9
	揮発分	wt%-AD	73.6	74.1	74.5	70.9	68.9	64.8	57.4
	固定炭素	wt%-AD	14.8	16.9	17.3	21.4	23.6	27.8	35.4
燃料比		-	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.6
高位発熱量		kcal/kg-dry	4,719	5,000	5,146	5,366	5,478	5,734	6,105
元素分析	灰分	wt%-dry	0.7	0.7	0.5	0.6	0.7	0.7	1.0
	炭素	wt%-dry	50.7	52.2	53.4	56.0	57.2	60.0	63.9
	水素	wt%-dry	5.5	5.6	5.7	5.5	5.4	5.2	5.2
	酸素	wt%-dry	42.7	41.2	40.0	37.5	36.4	33.9	29.5
	窒素	wt%-dry	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.2	0.4
	燃焼性硫黄	wt%-dry	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00
O / C		mol / mol	0.63	0.59	0.56	0.50	0.48	0.42	0.35
H / C		mol / mol	1.30	1.29	1.28	1.18	1.13	1.04	0.98
全硫黄		wt%-dry	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
不燃焼性硫黄		wt%-dry	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
かさ密度		g/cm^3	0.69	0.69	0.66	0.63	0.63	0.59	0.55
かさ密度比（B / A）		-	-	1.00	0.96	0.91	0.91	0.86	0.80
HGI		-	21	24	29	38	35	38	46
HGIの比（H2 / H1）			-	1.14	1.38	1.81	1.67	1.81	2.19

【０１７４】
上記実施例および比較例で得られた各バイオマス固体燃料について、さらに下記の分析を行った。
【０１７５】
［ＣＯＤ］
図１は加熱工程における加熱温度と、得られたバイオマス固体燃料を水中に浸漬した際の浸漬水のＣＯＤ（化学的酸素要求量）およびｐＨの相関を示すものである（ｐＨについては後述）。ＣＯＤ測定用浸漬水試料の調製は、昭和４８年環境庁告示第１３号（イ）産業廃棄物に含まれる金属等の検定方法に従い、ＣＯＤはＪＩＳ　Ｋ０１０２（２０１０）－１７によって分析した。

【０１７６】
図１から、比較例Ａ（ＷＰ：成型したのみで加熱工程を経ていないバイオマス固体燃料）のＣＯＤは約１２００ｐｐｍと高い値となっている。これに対し、２３０℃以上で加熱されたバイオマス固体燃料はＣＯＤが８００ｐｐｍ以下となり、タール分の溶出が低いことが示された。したがって、例Ａ－１～Ａ－６のバイオマス固体燃料は、屋外貯蔵時においてもタール分の溶出が少なくハンドリング性に優れた燃料であることが示されている。なお、２３０℃以上で加熱された例Ａ－１～Ａ－６のバイオマス固体燃料のＣＯＤは加熱温度が高くなるにつれて減少しているが、これは加熱に伴うタール分等の揮発によってＣＯＤ値が減少することを示すと推察されるため、加熱温度が２３０℃未満の場合、すなわち加熱温度が１５０℃以上２３０℃未満であっても比較例Ａと比べて低いＣＯＤ値となることが推測される。
【０１７７】
［ｐＨ］
例Ａ－１～Ａ－６および比較例Ａの固体燃料を固液比１：３で浸漬し、ｐＨを測定した。図１から、例Ａ－２および例Ａ－３については若干値が低くなるものの、全ての例Ａ－１～Ａ－６において概ねｐＨは６前後であり、加熱前の比較例Ａと比べて特に変化はないことが示される。したがって、例Ａ－１～Ａ－６を屋外貯蔵した際に出る排水のｐＨについては特に問題ないことが示される。
【０１７８】
［粉砕性］
図２は加熱工程における加熱温度と、得られたバイオマス固体燃料Ａの粉砕性（ＨＧＩ）、および粉砕速度（後述）の相関を、比較例Ａおよび例Ａ－１～Ａ－６のバイオマス固体燃料について示す図である。
【０１７９】
表１および図２から明らかなとおり、例Ａ－１～Ａ－６では加熱により性状が変化し、比較例Ａ（ＷＰ：成型後、未加熱のバイオマス固体燃料）よりもＨＧＩ（ＪＩＳ　Ｍ　８８０１に基づく）の値が上昇している。一般的な石炭（瀝青炭）のＨＧＩは５０前後であり、例Ａ－１～Ａ－６の粉砕特性は、比較例Ａよりも石炭に近接した良好なものといえる。
【０１８０】
また図２における粉砕速度とは、７００ｃｃの試料をボールミルで粉砕後に１５０μｍ篩を通過したものを粉砕後の試料として重量を測定することで、単位時間当たりの粉砕重量（ｇ／ｍｉｎ）を測定したものである。なお、ボールミルはＪＩＳ　Ｍ４００２に準拠したものを用い、内径３０５ｍｍ×軸方向長さ３０５ｍｍの円筒容器にＪＩＳ　Ｂ１５０１に規定された並級ボールベアリング（Φ３６．５ｍｍ×４３個、Φ３０．２ｍｍ×６７個、Φ２４．４ｍｍ×１０個、Φ１９．１ｍｍ×７１個、Φ１５．９ｍｍ×９４個）を入れて７０ｒｐｍの速度で回転させて測定した。加熱により粉砕速度が向上し、特に２３０℃以上での加熱により粉砕速度が急上昇している。加熱に伴うタール等有機成分の溶出・固化により、バイオマス固体燃料Ａの粉砕性が上昇し、粉砕速度が向上したものと言える。したがって、加熱工程における加熱温度が１５０℃以上２３０℃未満であっても、未加熱の比較例Ａと比べてＨＧＩおよび粉砕速度が向上するものと推察される。
【０１８１】
［粉化試験］
表２は粉化試験を行ったバイオマス固体燃料Ａの篩下積算割合、図３はその粒度分布図である。ペレットのハンドリング特性を評価するために、粉化試験を実施した。サンプル１ｋｇを８．６ｍの高さから樹脂製の袋に入れて２０回落下させた後、ＪＩＳ　Ｚ　８８４１に基づき回転強度試験を行い、粒度分布を測定した。得られた粒度分布を図３に示す。サンプル粒度分布における２ｍｍ篩下品が３０ｗｔ％以下、および０．５ｍｍ篩下品が１５ｗｔ％以下であれば搬送、貯蔵等におけるハンドリングが可能な粒度であるとみなすものとする。表２および図３より、回転強度試験後のサンプル粒度は固体温度が高くなるにつれて細かくなったが、いずれのサンプルにおいても上述の評価基準をクリアしており、問

題無くハンドリング可能であることが示唆された。

【０１８２】

【表２】

篩目 (mm)	比較例A (wt%)	例A－1 (wt%)	例A－2 (wt%)	例A－3 (wt %)	例A－4 (wt%)	例A－5 (wt %)	例A－6 (wt %)
16	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
9.5	90.5	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
4.75	12.9	14.4	19.5	20.9	32.3	19.1	18.4
3.35	10.2	10.1	14.9	16.9	26.2	15.8	16.8
2	8.0	7.4	11.2	12.7	20.0	13.4	14.5
1	6.3	5.8	9.0	10.4	16.1	11.6	12.3
0.5	5.1	4.7	7.2	8.6	13.2	10.0	10.3
0.212	3.0	2.8	4.0	4.9	8.6	6.8	6.3
0.1	1.2	1.0	1.2	1.7	3.5	2.7	2.4
0.075	0.7	0.6	0.6	0.8	1.7	1.5	1.3

【０１８３】

［水中浸漬］

表３および図４はバイオマス固体燃料Ａの水中浸漬試験結果である。各実施例および比較例の固体燃料を水中に浸し、表３および図４に示す所定時間経過後に取り出して水分を拭き取って固体水分を測定した。比較例Ａ（ＷＰ）の固体燃料は水中浸漬によって崩壊し、固体水分の測定は不可能であった。これに対し、例Ａ－１の固体燃料では浸漬後約１０時間で水分量が平衡に達し、平衡水分量は約２７ｗｔ％であった。また、例Ａ－２の固体燃料では約１００時間経過後に水分量が平衡に達し、平衡水分は約２５ｗｔ％であった。例Ａ－３～Ａ－５についても約１００時間後に水分量約２３ｗｔ％で平衡となった。例Ａ－６も約１００時間経過後にほぼ平衡に達し、平衡水分量は約２８ｗｔ％であった（例Ａ－３～Ａ－５よりも振れが大きいが、原料のばらつきによるものと考えられる）。これらの結果は、加熱に伴うタール等有機成分の溶出・固化により、バイオマス固体燃料の表面が疎水性に変化したためと考えられ、例Ａ－１～Ａ－６（ＰＢＴ）は屋外貯蔵されることが多い固体燃料として有利な特性を示している。

【０１８４】

【表３】

浸漬時間 (h)		0	6	24	48	72	96	144	168	192	240
浸漬後の水分 (wt%)	例A－1	2.83	27.34	28.76	28.81	27.35	27.79		27.97		
	例A－2	2.37	21.91	23.74	25.02	24.59	24.71		23.80		
	例A－3	1.71	14.39	19.66	20.30	22.09	22.85		23.00		
	例A－4	1.13	12.00	16.78	18.43	20.31		23.83	22.58	22.41	
	例A－5	1.31	11.10	14.87	17.16	18.67		23.93	22.09	23.04	
	例A－6	2.48	9.99	14.94	17.05	18.73		25.02	27.21	28.13	26.97

【０１８５】

［水中浸漬前後の固体強度］

（回転強度）

図５は例Ａ－１～Ａ－６および比較例Ａについて、水中浸漬前後の固体強度（ＪＩＳ　Ｚ８８４１　回転強度試験方法　に基づく）を測定した結果である。上述のとおり比較例Ａ（ＷＰ）については水中浸漬後崩壊したため、浸漬後の回転強度は測定不可能であった。例Ａ－１～Ａ－６（ＰＢＴ）については、平衡水分に達した固体燃料の表面水分を拭き取った後、恒温乾燥機にて３５℃で２２時間乾燥させたものを使用した。加熱工程を経た例Ａ－１～Ａ－６（ＰＢＴ）の強度はほとんど低下しておらず、水中浸漬前の比較例Ａ（ＷＰ）と比べても粉化が発生しにくく、ハンドリング性を維持できるものと言える。

【０１８６】

（機械的耐久性）

図６は水中浸漬前後の機械的耐久性を測定した結果を示す図である。例Ａ－１～Ａ－６、比較例Ａの固体燃料について、アメリカ農業工業者規格ＡＳＡＥ　Ｓ　２６９．４、およびドイツ工業規格ＤＩＮ　ＥＮ　１５２１０－１に準拠して機械的耐久性ＤＵを以下の式に基づいて測定した。式中、ｍ０は回転処理前の試料重量、ｍ１は回転処理後の篩上試料重量であり、篩は円孔径３．１５ｍｍの板ふるいを用いた。

【０１８７】

ＤＵ＝（ｍ１／ｍ０）×１００

回転強度と同様、機械的耐久性についても加熱工程を経た例Ａ－１～Ａ－６（ＰＢＴ）の強度はほとんど低下しておらず、水中浸漬前の比較例Ａ（ＷＰ）と比べても粉化が発生しにくく、ハンドリング性を維持できることが示されている。

【０１８８】

［自然発火性］

「国連試験および判定基準マニュアル：危険物船舶運送及び貯蔵規則１６訂版」の「自然発火性試験」に基づき評価を行った。例Ａ－２のバイオマス固体燃料（加熱温度２５０℃）１～２ｃｍ^{3}を１ｍの高さから無機質断熱板上に落下させ、落下途中又は落下後５分以内に発火するか否かの測定を６回行った。６回の試験いずれも発火せず、例Ａ－２（ＰＢＴ）は上記国連試験および判定基準マニュアルの容器等級Ｉに該当しないと判定された。

【０１８９】

［自己発熱性］

自然発火性と同様、「危険物船舶運送及び貯蔵規則１６訂版」の「自己発火性試験」に基づき評価を行った。試料容器（一辺が１０cmのステンレス網立方体）に例Ａ－２のバイオマス固体燃料（加熱温度２５０℃）を充填し、恒温槽内部に吊り下げ、１４０℃の温度で２４時間連続して物質の温度を測定した。発火又は２００℃を超える温度上昇の認められた物質は、自己発熱性物質と認め、更に一辺が２．５cmの試料容器を使用し同様の試験を行い、発火又は６０℃を超える温度上昇の有無を確認した。試験結果に基づき、例Ａ－２（ＰＢＴ）は自己発熱性物質に該当しないと判定された。

【０１９０】

［細孔径分布］

（ＢＥＴ比表面積）

図７は固体燃料ＡのＢＥＴ比表面積の測定結果を示す図である。例Ａ－１～Ａ－６および比較例Ａの固体燃料につき、自動比表面積／細孔径分布測定装置（日本ベル（株）製ＢＥＬＳＯＲＰ－ｍｉｎ　ＩＩ）を用い、前処理として試料を２～６ｍｍにカットして容器内に充填した後に、１００℃で２時間真空脱気してＢＥＴ比表面積を求めた。なお吸着ガスには窒素ガスを用いた。図７から、加熱温度の上昇に伴ってＢＥＴ比表面積は増加しており、加熱（熱分解）にともなって細孔が発達していくことが示される。

【０１９１】

（平均細孔直径、全細孔容積）

図８は固体燃料Ａ表面の平均細孔直径、図９は全細孔容積を示す図である。平均細孔直径、全細孔容積いずれもＢＥＴ比表面積と同じ装置を用いて測定した。なお、ここでいう「細孔」とは直径２ｎｍ～１００ｎｍの孔とする。平均細孔直径は例Ａ－２以降で加熱温度の上昇にともなって減少していることから、細かな細孔が多数生成していくことを示して

いる。これはセルロースの分解に起因すると考えられる。

【０１９２】

［収率］

図１０は加熱工程を経た後のバイオマス固体燃料Ａの収率（固体収率および熱収率）である。固体収率は加熱前後の重量比、熱収率は加熱前後の発熱量比である。なお上述のとおり各実施例の目標温度（加熱温度）における保持は行っていない（以下の例Ｂ～例Ｋも同様）。

【０１９３】

以上の例Ａ－１～Ａ－６の結果から、本発明によるとＣＯＤの低減、粉砕性向上、吸水低減、固体強度向上、収率向上を図ったバイオマス固体燃料Ａ（ＰＢＴ）を、低コストで得られることが示された。

【０１９４】

［自然発熱性］

例Ａ－２の固体燃料につき以下の方法で自然発熱性を測定した。試料１ｋｇを容器に装入し、８０℃の恒温槽中に反応器を入れて、試料に空気を流して得られたガスのＯ２、ＣＯ、ＣＯ２濃度を測定した。加熱前後の濃度から試料の加熱に基づくＯ２吸着量、ＣＯ発生量、ＣＯ２発生量を計算し、以下の式（１）に基づき自然発熱性指数（ＳＣＩ）を算出する。

【０１９５】

自然発熱性指数（SCI）

＝ {O2吸着量*O2吸着熱*(1/100)}+{CO発生量*(CO生成熱+(1/2)*H2O生成熱*H/C)*(1/100)}

+{CO2発生量*(CO2生成熱+ (1/2)*H2O生成熱*H/C)*(1/100)}

・・・式（１）

【０１９６】

なお、例Ａ－２の固体燃料における吸着量、発生量、H/Cは以下のとおりである。

【０１９７】

O2吸着量　0.42[ml/kg・min]

CO発生量　0.03[ml/kg・min]

CO2発生量　0.02[ml/kg・min]

H/C（例Ａ－２の固体燃料における水素、炭素のモル比）　1.28[mol/mol]（表１参照）

また、式（１）で用いた吸着熱、各生成熱は以下のとおりである。

【０１９８】

O2吸着熱　253[kJ/mol]（石炭へのO2吸着熱と同一値）

CO生成熱　110.5[kJ/mol]

H2O生成熱　285.83[kJ/mol]

CO2生成熱　393.5[kJ/mol]

以上に基づき例Ａ－２にかかる固体燃料のＳＣＩを算出したところ、ＳＣＩ＝１．３であった。なお、バイオマス固体燃料Ａは石炭に性状が近接していることから、O2吸着熱は石炭への吸着熱と同一のものを用いた。

【０１９９】

例Ａ－２におけるＳＣＩの算出と同様の方法を用い、例Ａ－１～Ａ－３、Ａ－６および粉化試験（表２、図３参照）後の例Ａ－２についてもＳＣＩを算出した。算出結果を図１１に示す。比較のため、図１１では表４の瀝青炭のＳＣＩについても示す。なお図１１の横軸は到着ベースの水分であり、図１１の瀝青炭のＳＣＩは表４に示す瀝青炭に水分を加えてそれぞれ異なる水分を有する４種のサンプルを用意し、この４種のサンプルについてＳＣＩを算出したものである。

【０２００】

式（１）に示すとおりＳＣＩの値が低いほど自然発熱性も低いといえるため、例Ａ－１～Ａ－３、Ａ－６、および粉化試験後の例Ａ－２（表２および図３参照）と瀝青炭を比較し

た場合、水分量が同程度であれば、本発明バイオマス固体燃料（ＰＢＴ）はいずれも瀝青炭よりもＳＣＩ（自然発熱性）が低くなり、高水分の瀝青炭と同程度のＳＣＩ（自然発熱性）となった。これによりバイオマス固体燃料Ａ（ＰＢＴ）は、ハンドリング時における発火のおそれが低減された良好な燃料といえる。

【０２０１】

【表４】

			瀝青炭
工業分析	水分	wt%（気乾）	3.3
	灰分		12.3
	揮発分		30.5
	固定炭素		53.9
高位発熱量		kcal/kg（無水）	7135
元素分析	灰分	wt%（無水）	12.8
	炭素		73.6
	水素		4.5
	酸素		6.9
	窒素		1.7
	燃焼性硫黄		0.46

【０２０２】

［表面写真］

図１２～図１４は例Ａ－２における水中浸漬前後の固体燃料（ＰＢＴ）の断面SEM写真である。図１２は浸漬前、図１３は２秒浸漬後、図１４は２０秒浸漬後である。同様に図１５～図１７は比較例Ａ（ＷＰ）における水中浸漬前後の断面ＳＥＭ写真であり、図１５は浸漬前、図１６は２秒浸漬後、図１７は２０秒浸漬後である。なお例Ａ－２、比較例Ａいずれも、浸漬後の断面とは２秒または２０秒浸漬後の固体燃料を切断した断面のことである。また、各写真下に倍率およびスケールを示す。

【０２０３】

水中浸漬前後の写真を比較すると、比較例Ａ（図１５～図１７）では水中浸漬後に細孔が拡大している。これは上述のとおり比較例Ａ（ＷＰ）が粉砕されたバイオマスの成型体であるため、浸水によりバイオマスが吸水して細孔（バイオマス粉同士の間隙）が拡大したものと推察される。よって、拡大した細孔に更に水分が浸入することで粉砕されたバイオマス同士が離間し、固体燃料自身が崩壊するものと考えられる（図４参照）。

【０２０４】

これに対し例Ａ－２（図１２～図１４）の固体燃料表面は水中浸漬後においても細孔があまり拡大しておらず、浸漬による変化が少ない。例Ａ－２では加熱によってバイオマス粉同士に固架橋が発達し、疎水性が向上して吸水しづらくなっており、浸漬による変化が少ないものと推察される。したがって浸漬後であっても固架橋による粉砕されたバイオマス同士の接続または接着が維持されるため、比較例Ａのように崩壊することが少ない。よって、加熱を行った例Ａ－１～Ａ－６（ＰＢＴ）の固体燃料においては、図４で示されるように、雨水等による崩壊が抑制され屋外貯蔵時のハンドリング性が確保されたバイオマス固体燃料が得られている。

【０２０５】

＜例Ｂ＞

例Ｂ－１～例Ｂ－４（ＰＢＴ）においては、原料のバイオマスとして欧州アカマツを用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｂ（例Ｂ－１～例Ｂ－４）の性状を表５及び表６に示す。比較例Ｂ（ＷＰ）についても同様に示した。なお例Ａと同様、例Ｂ－１～例Ｂ－４、比較例Ｂいずれもバインダーは不使用である。水中浸漬後の水分は１００時間以

上浸漬後のものであるため（例Ｂでは１６８時間）、実質的に固体燃料Ｂ内の水分は平衡に達していると看做す。バイオマス固体燃料の各性状の測定方法は、上記例Ａと同様である。なお、表６に記載のボールミル粉砕性は、下記のように測定した。

【０２０６】

［ボールミル粉砕性］

各バイオマス固体燃料Ｂの粉砕時間を２０分として、２０分後の１５０μｍ篩下の重量比を粉砕ポイントとした。なお、ボールミルはＪＩＳ　Ｍ４００２に準拠したものを用い、内径３０５ｍｍ×軸方向長さ３０５ｍｍの円筒容器にＪＩＳ　Ｂ１５０１に規定された並級ボールベアリング（Φ３６．５ｍｍ×４３個、Φ３０．２ｍｍ×６７個、Φ２４．４ｍｍ×１０個、Φ１９．１ｍｍ×７１個、Φ１５．９ｍｍ×９４個）を入れて７０ｒｐｍの速度で回転させて測定した。数値が高い方が粉砕性は向上していることを示す。加熱温度の上昇にともない、粉砕ポイントは上昇することを確認した。

【０２０７】

比較例Ｂは水中浸漬後直ちに崩壊した。これに対し例Ｂ－１、例Ｂ－３及びＢ－４については、いずれも水中浸漬後（１６８時間）であってもバイオマス粉同士の接続または接着が維持され、崩壊することがなかった。これにより浸漬後も固体形状が維持されため水分測定が可能であり、耐水性の発現が確認できた。また比較例Ｂと比べて粉砕性が向上し、ＣＯＤも低減されている。耐水性（浸漬後水分）の観点から例Ｂ－３が特に優れており、収率の観点から例Ｂ－２、例Ｂ－３のバイオマス固体燃料が特に優れた物性を示している。

【０２０８】

また、例Ｂ－２についても、固架橋の発達に基づき優れた耐水性及び粉砕性を有し、かつＣＯＤが低減された燃料であることが推定される。

【０２０９】

＜例Ｃ＞

原料のバイオマスとして、アーモンド古木を用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｃ－１～例Ｃ－４：ＰＢＴ）。ボールミル粉砕性については上記例Ｂと同様の方法で測定した。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｃの性状を表５及び表６に示す。例Ｂと同様、水中浸漬後の水分は１００時間以上の浸漬後（例Ｃでは１６８時間）であるため平衡しているものと看做す。比較例Ｃ（ＷＰ）についても同様に示した。なお例Ｃ－１～例Ｃ－４、比較例Ｃいずれもバインダーは不使用である。

【０２１０】

比較例Ｃは水中浸漬後直ちに崩壊した。これに対し例Ｃ－１～例Ｃ－４はいずれも水中浸漬後もバイオマス粉同士の接続または接着が維持され崩壊することがなく、耐水性が向上している。また粉砕性の向上、およびＣＯＤの低減等が示される。ＣＯＤおよび耐水性（浸漬後水分）の観点からは例Ｃ－２、例Ｃ－３、例Ｃ－４が優れ、熱収率の観点からは例Ｃ－１、例Ｃ－２、例Ｃ－３が優れている。なお例Ｃ－１のＨＧＩは比較例Ｃと比べて低下しているが、これは原料のばらつきや測定誤差によるものと考えられ、少なくとも比較例Ｃと同等以上のＨＧＩがあるものと推定される。

【０２１１】

＜例Ｄ＞

原料のバイオマスとして、（３０ｗｔ％アーモンド殻＋７０ｗｔ％アーモンド古木）を用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｄ－１～例Ｄ－４：ＰＢＴ）。ボールミル粉砕性については上記例Ｂと同様の方法で測定した。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｄの性状を表５及び表６に示す。水中浸漬後の水分は１００時間以上の浸漬後（例Ｄでは１６８時間）であり、平衡しているものと看做す。また比較例Ｄ（ＷＰ）についても同様に示した。なお例Ｄ－１～例Ｄ－４、比較例Ｄいずれもバインダーは不使用である。

【０２１２】

比較例Ｄは水中浸漬後直ちに崩壊した。これに対し例Ｄ－１～例Ｄ－４例はいずれも水中

浸漬後であってもバイオマス粉同士の接続または接着が維持されるため崩壊することがなく、耐水性が向上している。また粉砕性の向上、およびＣＯＤの低減等が示される。ＣＯＤの観点からは例Ｄ－２、例Ｄ－３、例Ｄ－４が優れており、熱収率の観点からは例Ｄ－１、例Ｄ－２、例Ｄ－３が特に優れた物性を示した。

【０２１３】

＜例Ｅ＞

原料のバイオマスとしてアカシア木部を用い、バイオマスをタブレット形状に成型し、加熱装置としてφ７０ｍｍの管状炉を用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｅ－１～例Ｅ－３：ＰＢＴ）。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｅの性状を表５及び表６に示す。水中浸漬後の水分は１００時間以上の浸漬後（例Ｅでは１６８時間）であり、平衡しているものと看做す。また比較例Ｅ（ＷＰ）についても同様に示す。なお例Ｅ－１～例Ｅ－３、比較例Ｅいずれもバインダーは不使用である。例ＥにおいてｐＨの測定は、固体燃料を固液比１：１３で浸漬して測定した。ここで、表６における比較例Ｅの浸漬時間はｐＨを測定した時間、すなわち比較例Ｅを浸漬して９６時間経過後のｐＨを測定したことを示す。

【０２１４】

比較例Ｅは水中浸漬後直ちに崩壊したが、例Ｅ－１～例Ｅ－３はバイオマス粉同士の接続または接着が維持され、崩壊することなく耐水性を示した。耐水性（水中浸漬後水分）の観点からは例Ｅ－２，例Ｅ－３が優れ、熱収率の観点からは例Ｅ－１、例Ｅ－２が優れている。なお例Ｅにおいては２４０～２７０℃で加熱したＰＢＴについても上述の固架橋が形成されていると推定され、耐水性、ＣＯＤ、粉砕性等が優れていると考えられる。また例Ｅ－１の熱収率が１００％を超えているが、原料のばらつきや測定誤差によるものである。

【０２１５】

＜例Ｆ＞

原料のバイオマスとしてアカシアバークを用いた以外は、例Ｅと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｆ－１～例Ｆ－４：ＰＢＴ）。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｆの性状を表５及び表６に示す。水中浸漬後の水分は１００時間以上の浸漬後（例Ｆでは１６８時間以上）であり、平衡しているものと看做す。また比較例Ｆ（ＷＰ）についても同様に示す。なお例Ｆ－１～例Ｆ－４、比較例Ｆいずれもバインダーは不使用である。例ＦにおいてｐＨの測定は、固体燃料を固液比１：１３で浸漬して測定した。ここで、表６における比較例Ｆの浸漬時間はｐＨを測定した時間、すなわち比較例Ｆを浸漬して９６時間経過後のｐＨを測定したことを示す。

【０２１６】

比較例Ｆは水中浸漬後１時間で崩壊したが、例Ｆ－１～例Ｆ－４はバイオマス粉同士の接続または接着が維持され、崩壊することなく耐水性を示した。ＣＯＤおよび耐水性（水中浸漬後水分）の観点からは例Ｆ－２，例Ｆ－３、例Ｆ－４が優れ、熱収率の観点からは例Ｆ－１、例Ｆ－２、例Ｆ－３が優れている。

【０２１７】

＜例Ｇ＞

原料のバイオマスとして（７０ｗｔ％アーモンド殻＋３０ｗｔ％胡桃殻）を用い、加熱装置としてφ７０ｍｍの管状炉を用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｇ－１～例Ｇ－４：ＰＢＴ）。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｇの性状を表５及び表６に示す。水中浸漬後の水分は１００時間以上の浸漬後（例Ｇでは１４４時間以上）であり、平衡しているものと看做す。比較例Ｇ（ＷＰ）についても同様に示す。なお例Ｇ－１～例Ｇ－４、比較例Ｇいずれもバインダーは不使用である。

【０２１８】

比較例Ｇは水中浸漬後直ちに崩壊したが、例Ｇ－１～例Ｇ－４はバイオマス粉同士の接続または接着が維持され、崩壊することなく耐水性を示した。ＣＯＤおよび耐水性（水中浸

漬後水分）の観点からは例Ｇ－２，例Ｇ－３、例Ｇ－４が優れ、熱収率の観点からは例Ｇ－１、例Ｇ－２、例Ｇ－３が優れている。なお例Ｇ－２の熱収率が１００％を超えているが、原料のばらつきや測定誤差によるものである。

【０２１９】

＜例Ｈ＞

原料のバイオマスとしてサゴヤシを用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｈ－１～例Ｈ－４：ＰＢＴ）。ボールミル粉砕性については上記例Ｂと同様の方法で測定した。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｈの性状を表５及び表６に示す。水中浸漬後の水分は１００時間以上の浸漬後（例Ｈでは１６８時間）であり、平衡しているものと看做す。比較例Ｈ（ＷＰ）についても同様に示す。なお例Ｈ－１～例Ｈ－４、比較例Ｈいずれもバインダーは不使用である。表６における比較例Ｈの浸漬時間はｐＨを測定した時間、すなわち比較例Ｈを浸漬して２４時間経過後のｐＨを測定したことを示す。

【０２２０】

比較例Ｈは水中浸漬後３時間で崩壊したが、例Ｈ－１～例Ｈ－４はバイオマス粉同士の接続または接着が維持され、崩壊することなく耐水性を示した。ＣＯＤ、ｐＨ（やや低い）および耐水性（水中浸漬後水分）の観点からは例Ｈ－２，例Ｈ－３、例Ｈ－４が優れ、熱収率の観点からは例Ｈ－１、例Ｈ－２、例Ｈ－３が優れている。

【０２２１】

＜例Ｉ＞

原料のバイオマスとしてＥＦＢ（パーム油加工残渣の空果房）を用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｉ－１～例Ｉ－４：ＰＢＴ）。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｉの性状を表５及び表６に示す。水中浸漬後の水分は１００時間以上の浸漬後（例Ｉでは１６８時間）であり、平衡しているものと看做す。比較例Ｉ（ＷＰ）についても同様に示す。なお例Ｉ－１～例Ｉ－４、比較例Ｉいずれもバインダーは不使用である。

【０２２２】

なお、２７０℃で加熱した例Ｉ－３、３００℃で加熱した例Ｉ－４についての水中浸漬前後の機械的耐久性については、以下の方法により測定した。試料５０ｇを１，０００ｃｃのポリプロピレン製容器に充填し、ＭＩＳＵＧＩ製まぜまぜマンＳＫＨ－１５ＤＴにて、６０ｒｐｍで３０分（計１，８００回転）回転させる。回転後のサンプルを円孔径３．１５ｍｍ篩にて篩分けし、下式：

ＤＵ＝（ｍ１／ｍ０）×１００

により機械的耐久性（ＤＵ）を算出した。式中、ｍ０は回転処理前の試料重量、ｍ１は回転処理後の篩上試料重量である。

【０２２３】

比較例Ｉは水中浸漬後直ちに崩壊したが、例Ｉ－１～例Ｉ－４はバイオマス粉同士の接続または接着が維持され、崩壊することなく耐水性を示した。ＣＯＤおよび耐水性（水中浸漬後水分）の観点からは例Ｉ－２，例Ｉ－３、例Ｉ－４が優れ、熱収率の観点からは例Ｉ－１、例Ｉ－２、例Ｉ－３が優れている。

【０２２４】

＜例Ｊ＞

原料のバイオマスとしてメランティを用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｊ－１、例Ｊ－２：ＰＢＴ）。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｊの性状を表５及び表６に示す。水中浸漬後の水分は１００時間以上の浸漬後（例Ｊでは１６８時間）であり、平衡しているものと看做す。比較例Ｊ（ＷＰ）についても同様に示す。なお例Ｊ－１、例Ｊ－２、および比較例Ｊいずれもバインダーは不使用である。

【０２２５】

比較例Ｊは水中浸漬後直ちに崩壊したが、例Ｊ－１、例Ｊ－２はバイオマス粉同士の接続

または接着が維持され、崩壊することなく耐水性を示した。ＣＯＤについても優れた結果を示した。

【０２２６】

＜例Ｋ＞

原料のバイオマスとしてゴムの木を用い、加熱装置としてφ７０ｍｍの管状炉を用いた以外は、例Ａと同様にして目標温度（表５に記載の加熱温度）まで昇温させ、加熱した（例Ｋ－１）。加熱工程後に得られたバイオマス固体燃料Ｋの性状を表５に示す。比較例Ｋ（ＷＰ）についても同様に示す。いずれもバインダーは不使用である。

【０２２７】

比較例Ｋについても、他の例と同様に水中浸漬により崩壊することが予想される。一方、例Ｋ－１については、上記固架橋の形成により水中浸漬によっても崩壊することなく、耐水性、粉砕性の向上およびＣＯＤの低減等が見込まれる。例Ｋ－１は２７０℃で加熱しているが、上記同様に２３０～２７０℃の加熱温度についても同様の効果が推定される。

【０２２８】

【表５】

		樹種	加熱温度	固体収率	熱収率	固定炭素	揮発分	燃料比	HHV	O	H	C	O/C	H/C	HGI	HGI比
			℃	wt%	%	wt% -AD	wt% -AD		kcal/kg -dry	wt% -dry	wt% -dry	wt% -dry				
比較例B	WP	欧州アカマツ	未加熱	100.0	100.0	11.5	77.4	0.15	4,949	42.1	5.7	51.9	0.61	1.32	23	1.0
例B-1	PBT		230	94.7	98.1	12.8	78.7	0.16	5,125	41.0	5.8	52.8	0.58	1.32	40	1.7
例B-2			250	87.8	94.2	16.2	77.2	0.21	5,310	39.1	5.8	54.8	0.54	1.27	40	1.7
例B-3			270	81.4	89.2	18.3	75.7	0.24	5,425	37.8	5.7	56.1	0.51	1.22	43	1.9
例B-4			300	52.7	70.5	44.2	50.0	0.88	6,618	24.6	5.0	68.7	0.27	0.87	48	2.1
比較例C	WP	アーモンド古木	25	100.0	100.0	18.4	63.8	0.29	4,539	40.2	5.1	47.5	0.63	1.29	24	1.0
例C-1	PBT		230	90.0	96.1	21.8	64.1	0.34	4,847	36.5	5.1	51.2	0.53	1.20	22	0.9
例C-2			250	82.4	91.8	24.9	61.7	0.40	5,059	33.9	5.0	53.4	0.48	1.12	25	1.0
例C-3			270	75.6	88.2	28.8	57.7	0.50	5,295	31.2	4.9	55.8	0.42	1.05	30	1.3
例C-4			300	59.2	77.8	39.1	47.6	0.82	5,968	25.2	4.6	62.1	0.30	0.89	47	2.0
比較例D	WP	30%アーモンド殻＋70%アーモンド古木	未加熱	100.0	100.0	17.3	65.5	0.26	4,535	40.4	5.0	47.8	0.63	1.26	31	1.0
例D-1	PBT		230	89.5	96.2	21.9	64.4	0.34	4,875	36.8	5.1	51.5	0.54	1.19	26	0.8
例D-2			250	81.1	91.5	25.6	61.8	0.41	5,119	34.4	4.9	54.2	0.48	1.08	30	1.0
例D-3			270	74.1	87.6	29.1	58.0	0.50	5,361	31.6	4.8	56.6	0.42	1.02	30	1.0
例D-4			300	56.0	75.9	42.8	43.7	0.98	6,143	23.0	4.4	64.3	0.27	0.82	50	1.6
比較例E	WP	アカシア木部	未加熱	100.0	100.0	12.6	76.1	0.17	4,623	44.1	5.6	49.8	0.66	1.35	—	—
例E-1	PBT		230	98.2	100.3	12.8	78.4	0.16	4,721	42.9	5.5	51.0	0.63	1.29	—	—
例E-2			270	87.8	95.1	16.0	74.8	0.21	5,005	41.0	5.4	53.0	0.58	1.22	—	—
例E-3			300	78.2	90.2	21.2	70.6	0.30	5,331	38.2	5.3	55.8	0.51	1.14	—	—
比較例F	WP	アカシアバーク	未加熱	100.0	100.0	25.6	60.3	0.42	4,994	39.4	5.3	51.5	0.57	1.23	—	—
例F-1	PBT		230	93.9	99.1	27.5	60.9	0.45	5,272	35.4	5.2	55.3	0.48	1.13	—	—
例F-2			250	89.1	97.0	30.5	58.9	0.52	5,439	33.6	5.0	57.1	0.44	1.05	—	—
例F-3			270	84.5	95.3	33.5	56.7	0.59	5,635	31.7	4.9	59.1	0.40	0.99	—	—
例F-4			300	77.5	90.6	36.6	53.5	0.68	5,835	29.5	4.7	61.3	0.36	0.92	—	—
比較例G	WP	70%アーモンド殻＋30%胡桃殻	未加熱	100.0	100.0	17.7	67.1	0.26	4,603	41.8	5.2	48.5	0.65	1.29	17	1.0
例G-1	PBT		230	91.0	96.2	20.0	67.4	0.30	4,867	40.0	5.3	51.0	0.59	1.25	—	—
例G-2			250	86.5	101.0	27.8	61.1	0.45	5,372	33.7	5.2	56.2	0.45	1.11	22	1.3
例G-3			270	80.1	92.2	26.4	62.9	0.42	5,298	35.4	5.2	55.4	0.48	1.13	—	—
例G-4			300	67.0	82.3	32.3	56.7	0.57	5,654	31.3	5.1	59.1	0.40	1.04	—	—
比較例H	WP	サゴヤシペレット	未加熱	100.0	100.0	16.3	68.2	0.24	4,403	43.4	5.2	47.0	0.69	1.33	20	1.0
例H-1	PBT		230	76.6	86.8	27.5	60.5	0.45	4,989	37.1	4.9	53.5	0.52	1.10	38	1.9
例H-2			250	71.1	83.2	30.8	57.1	0.54	5,152	35.3	4.8	55.2	0.48	1.04	37	1.9
例H-3			270	63.3	78.1	35.8	51.1	0.70	5,436	31.3	4.5	58.5	0.40	0.92	34	1.7
例H-4			300	48.0	68.9	48.5	36.9	1.31	6,317	21.7	4.0	67.3	0.24	0.71	46	2.3
比較例I	WP	EFB	未加熱	100.0	100.0	16.5	67.6	0.24	4,463	41.7	5.1	47.3	0.66	1.29	—	—
例I-1	PBT		230	81.3	90.1	22.6	65.2	0.35	4,946	37.7	5.2	51.4	0.55	1.21	—	—
例I-2			250	71.4	83.6	27.0	60.2	0.45	5,228	34.6	5.1	54.0	0.48	1.13	—	—
例I-3			270	52.0	73.4	40.3	45.3	0.89	6,303	24.0	4.8	62.7	0.29	0.92	—	—
例I-4			300	40.3	58.1	51.0	32.1	1.59	6,430	17.7	4.0	67.7	0.20	0.71	—	—
比較例J	WP	メランティ	未加熱	100.0	100.0	13.6	74.8	0.18	4,793	42.1	5.2	51.4	0.61	1.21	—	—
例J-1	PBT		250	87.7	95.4	20.2	72.9	0.28	5,213	39.3	5.3	54.3	0.54	1.17	—	—
例J-2			270	78.8	89.6	24.7	68.7	0.36	5,451	36.4	5.2	57.2	0.48	1.09	—	—
比較例K	WP	ゴムの木	未加熱	100.0	100.0	12.9	74.1	0.17	4,461							
例K-1	PBT		270	87.6	94.7	17.7	71.2	0.25	4,822	39.7	5.2	50.6	0.59	1.23		

表中、HHVは無水ベース高位発熱量を表す。

【０２２９】

【表６】

		水中浸漬前									水中浸漬後				
		ボールミル粉砕性	初期寸法	機械的耐久性(DU)(水中浸漬前)	かさ密度	かさ密度比	BET比表面積	平均細孔直径	全細孔容積	COD	浸漬時間	寸法	pH	水分	機械的耐久性(DU)
		ポイント	mm	%	kg/L		m2/g	nm	cm3/g	mg/L	h	mm		wt%	%
比較例B	WP	19.4	Φ8.1	96.9	0.70	1.00	0.290	28.9	0.00210	1,100	–	–	–	–	–
例B−1	PBT	50.2	Φ8.0	97.7	0.67	0.96	0.374	24.9	0.00233	710	168	Φ9.2	4.65	35.6	95.8
例B−2															
例B−3		85.8	Φ7.8	96.9	0.64	0.91	0.392	22.2	0.00218	560	168	Φ8.0	4.60	22.1	96.5
例B−4		–	Φ6.9	90.8			0.558	19.5	0.00272	42	168	Φ7.0	7.68	31.1	91.9
比較例C	WP	5.0	Φ8.6	83.5	0.47	1.00	0.215	23.3	0.00125	2,700	–	–	–	–	–
例C−1	PBT	20.7	Φ8.3	83.0	0.44	0.93	0.261	14.8	0.000969	1,900	168	Φ8.9	5.57	40.7	81.8
例C−2		29.1	Φ8.2	78.9	0.42	0.89	0.301	18.2	0.00137	1,200	168	Φ8.7	5.96	39.5	79.5
例C−3		63.8	Φ7.9	76.4	0.40	0.85	0.386	20.6	0.00199	630	168	Φ8.4	6.87	36.5	80.7
例C−4		–	Φ7.8	65.0			0.628	30.9	0.00485	210	168	Φ7.8	8.29	37.1	66.3
比較例D	WP	6.9	Φ8.6	89.1	0.62	1.00	0.268	24.5	0.00164	3,000	–	–	–	–	–
例D−1	PBT	32.5	Φ8.0	87.5	0.59	0.95	0.320	22.6	0.00181	1,900	168	Φ8.7	5.94	33.2	86.4
例D−2		60.3	Φ7.8	84.7	0.56	0.90	0.357	24.0	0.00214	980	168	Φ8.0	6.01	30.7	86.8
例D−3		74.8	Φ7.5	83.1	0.53	0.86	0.402	21.3	0.00214	480	168	Φ8.0	6.72	25.7	87.6
例D−4		–	Φ7.2	70.0			0.672	21.0	0.00352	150	168	Φ7.3	8.30	27.1	75.4
比較例E	WP	–	Φ20.1 ×H14.5	–			0.550	21.1	0.00290	1,000	96	崩壊	5.51	–	–
例E−1	PBT	–	Φ20.2 ×H17.1	–			0.567	16.5	0.00234	810	168	Φ20.7 ×H24.0	6.48	53.0	–
例E−2		–	Φ20.2 ×H16.2	–			0.632	20.5	0.00324	540	168	Φ20.5 ×H18.0	7.37	33.0	–
例E−3		–	Φ20.0 ×H15.0	–			0.709	19.6	0.00347	300	168	Φ20.2 ×H16.8	7.92	25.4	–
比較例F	WP	–	Φ20.1 ×H13.0	–			0.431	30.3	0.00327	10,000	96	崩壊	4.88	–	–
例F−1	PBT	–	Φ19.9 ×H14.9	–			0.442	28.1	0.00311	1,600	168	Φ20.7 ×H17.1	6.59	38.3	–
例F−2		–	Φ20.0 ×H14.5	–			0.442	31.6	0.00349	890	240	Φ20.2 ×H15.0	7.32	34.7	–
例F−3		–	Φ20.0 ×H14.0	–			0.414	18.2	0.00189	480	264	Φ20.2 ×H18.5	7.89	32.6	–
例F−4		–	Φ20.0 ×H14.0	–			0.462	19.9	0.00230	270	168	Φ20.1 ×H14.2	7.50	27.3	–
比較例G	WP	–	Φ8.0	90.5			0.188	17.2	0.000809	4,000	–	–	–	–	–
例G−1	PBT	–	Φ8.0	–			0.228	12.3	0.00070	1,800	168	Φ8.7	6.54	32.6	–
例G−2		–	Φ7.6	–			0.261	12.0	0.00078	1,100	144	Φ8.1	6.55	31.1	–
例G−3		–	Φ7.5	–			0.248	11.4	0.00071	1,100	168	Φ8.1	7.01	29.2	–
例G−4		–	Φ7.2	–			0.284	13.5	0.00096	510	168	Φ7.5	7.05	29.5	–
比較例H	WP	9.8	Φ8.1	99.1	0.68	1.00	0.175	30.1	0.00132	2,400	24	崩壊	4.01	–	–
例H−1	PBT	96.5	Φ7.3	92.9	0.62	0.91	0.201	26.3	0.00132	1,300	168	Φ7.8	4.52	23.0	95.0
例H−2		97.8	Φ7.2	92.7	0.61	0.89	0.191	25.4	0.00122	590	168	Φ7.7	5.23	24.0	95.1
例H−3		99.1	Φ7.3	92.2	0.57	0.83	0.205	17.7	0.00090	310	168	Φ7.2	6.78	25.7	93.9
例H−4		99.4	Φ6.9	86.3	0.51	0.75	0.276	15.3	0.00105	130	168	Φ7.0	7.91	27.5	86.4
比較例I	WP	4.4	Φ7.9	96.1	0.69	1.00	0.288	35.2	0.00253	2,400	–	崩壊	–	–	–
例I−1	PBT	78.9	Φ7.7	93.2	0.62	0.90	0.396	25.9	0.00256	2,300	168	Φ7.9	6.91	28.5	93.5
例I−2		86.6	Φ7.4	92.7	0.58	0.84	0.374	24.0	0.00224	1,500	168	Φ7.7	7.15	27.7	93.4
例I−3		98.9	Φ7.2	75.5	0.51	0.74	0.438	20.9	0.00229	740	168	Φ7.1	8.04	29.8	82.9
例I−4		–	Φ6.5	67.7	0.51	0.74	0.521	17.6	0.00230	200	168	Φ6.6	9.10	32.7	78.9
比較例J	WP	17.5	Φ7.8	98.3	0.63	1.00				340	–	崩壊	–	–	–
例J−1	PBT	84.5	Φ7.6	96.6	0.60	0.95				260	168	Φ8.0	5.22	20.9	
例J−2		97.3	Φ7.4	94.6	0.56	0.89				170	168	Φ7.8	5.37	22.1	

【０２３０】

＜吸水分布＞

ＰＡＴとＰＢＴの耐水性を比較するため、これらバイオマス固体燃料について、食塩水を用いて、吸水後のナトリウムの分布を調べた。ＰＡＴの試料としては、原料の欧州アカマツを２５０℃で加熱した後直径６ｍｍのペレットに成型した固体燃料を用いた。ＰＢＴの試料としては、原料の欧州アカマツを直径６ｍｍのペレットに成型した後２５０℃で加熱した固体燃料（固体燃料Ｂ）を用いた。ＰＢＴとＰＡＴを０．９ｗｔ％の生理食塩水に５日間浸漬した。その結果、ペレット外観は図２４に示したとおり、ＰＢＴはペレット形状を保持した（図２４の左）が、ＰＡＴは大きく崩壊した（図２４の右）。また、ＰＡＴお

よびＰＢＴを、それぞれ、生理食塩水に浸漬する前と０．９ｗｔ％の生理食塩水に５日間浸漬後について、その断面をＥＰＭＡ（Ｅｌｅｃｔｒｏｎ Ｐｒｏｂｅ ＭｉｃｒｏＡｎａｌｙｓｅｒ）分析にかけ、Ｎａ分布を比較した。Ｎａ分布は、ＰＢＴはペレット表面にとどまり内部に浸透していないのに対し、ＰＡＴでは内部にまで広く分布していた（図２５参照）。これはＰＢＴの方がＰＡＴより生理食塩水の浸入が少ないことを意味する。この結果からも、ＰＢＴは隣接するバイオマス粉同士の間隙を抽出成分の熱分解物が固架橋し、疎水性になったために水の侵入を防いでいるのに対し、ＰＡＴでは、バイオマス粉同士の間隙に水が浸入できるため水がペレット内部にまで浸透し、バイオマス粉同士の間隙を押し広げた結果、崩壊に至ったと推察される。

【０２３１】

［水中浸漬前後の膨張率］

例Ａ－１、Ａ－３の固体燃料につき水中浸漬前後のペレット長さを測定した。ペレット長さについては、浸漬前のペレットを１０個選択し、電子ノギス（ミツトヨ製：ＣＤ－１５ＣＸ、繰り返し精度は０．０１ｍｍであり小数点２桁の部分を四捨五入した。）により測定するとともに、同じペレットを７２時間水中浸漬させた後、再度電子ノギスにより長さを測定した。なお浸漬前後いずれにおいてもペレット端が斜めの場合は最も先端部分までを長さとして計測した。計測結果を表７に示す。表７に示すとおり、例Ａ－１のペレット長さは平均で４．６％、例Ａ－３は平均で０．２％増加した。

【０２３２】

【表７】

L1 浸漬前(mm)		L2 72時間浸漬後(mm)		長さ膨張率(平均)	
例A－1	例A－3	例A－1	例A－3	例A－1	例A－3
17.4	18.9	20.1	15.9	{(L2－L1)／L1}×100%	
17.9	18.7	17.1	18.1		
19.8	17.9	20.8	13.5		
16.5	17.5	18.0	17.5		
19.7	15.0	19.5	17.7		
18.0	13.8	18.6	14.7		
18.1	16.2	19.6	18.9		
20.2	17.8	19.7	17.6		
17.5	17.4	18.2	19.0		
18.2	14.9	20.1	15.6		
平均 18.33	平均 16.81	平均 19.17	平均 16.85	4.6	0.2

※表７では、同一のサンプルが同一の行に対応していない。

【０２３３】

また、例Ａ－１～例Ａ－６の固体燃料につき、表７の測定と同様の電子ノギスおよび測定方法により浸漬前後のペレット径を測定した。測定結果を表８に示す。なおペレット径の測定値は、各例Ａ－１～例Ａ－６において無作為に選択した１０個の平均値である。

【０２３４】

【表８】

	水中浸漬前	水中浸漬後		径膨張率
	φ1 初期寸法（mm）	時間（h）	φ2 寸法（mm）	{(φ2－φ1)／φ1}×100%
比較例A	Φ8.０	24	―	―
例A－1	Φ7.８	168	Φ8.４	7.７
例A－2	Φ7.７	168	Φ8.１	5.２
例A－3	Φ7.５	168	Φ7.８	4.０
例A－4	Φ7.５	168	Φ7.７	2.７
例A－5	Φ7.３	168	Φ7.５	2.７
例A－6	Φ7.２	144	Φ7.３	1.４

【０２３５】
表７、表８から、加熱工程の温度が高くなるほど膨張率が低くなることが示された。加熱に伴う固架橋形成により膨張が抑制されるものと推定される。表７の長さ膨張率よりも表８の径膨張率が高くなっているが、これは表７のほうが浸漬時間が長いこと、また例Ａがペレットであるため主として径方向に圧密されており、そのため膨張も径方向が大きくなるためと考えられる。なお表８においては径膨張率が最大の例Ａ－１においても１０％以下の膨張率に留まっている。例Ａにおいては径および長さ膨張率が１０％以下が好ましく、７％以下がより好ましい。体積膨張率は１３３％以下が好ましく、１２３％以下がより好ましい。
【０２３６】
上記表７、表８においては例Ａの膨張率を示したが、表６に基づき例Ｂ～例Ｊの膨張率を算出する。例Ａと同様に下記式（２）を用いて膨張率を算出した。
【０２３７】
膨張率＝｛（浸漬後の値－浸漬前の値）／浸漬前の値｝×１００・・・（２）
【０２３８】
例Ｂはペレットであり、式（２）に基づき浸漬前のペレット径（表６における初期寸法）と浸漬後のペレット径（表６における浸漬後の寸法）を用いて算出された径膨張率は１５％以下であった（以下例Ｂ以降も径膨張率は式（２）を用いる）。例Ａと同様にペレットにおいては長さ膨張率＜径膨張率と推定されるため、例Ｂにおける長さ膨張率も最大１５％以下と仮定して体積膨張率を算出すると１５２％以下（浸漬前の体積１００％に対する浸漬後の体積。以下例Ｃ以降も同様）である。例Ｂにおいては径膨張率が２０％以下が好ましく、１０％以下がより好ましい。体積膨張率は１７３％以下が好ましく、１３３％以下がより好ましい。
【０２３９】
例Ｃもペレットであり、浸漬前後の径膨張率は７．２％以下、長さ膨張率も最大７．２％と仮定して体積膨張率は１２３％以下である（以下ペレットの例についても同様に体積膨張率を算出する）。例Ｃにおける径膨張率は１３％以下が好ましく、７％以下がより好ましい。体積膨張率は１４４％以下が好ましく、１２３％以下がより好ましい。
【０２４０】
例Ｄ（ペレット）については浸漬前後の径膨張率は８．８％以下、それに基づく体積膨張率は１２９％以下である。例Ｄにおける径膨張率は１０％以下が好ましく、８％以下がより好ましい。体積膨張率は１３３％以下が好ましく、１２６％以下がより好ましい。
【０２４１】
例Ｅはタブレット形状であり、径（φ）膨張率は２．５％以下、高さ（Ｈ）膨張率は４０％以下、体積膨張率は１４７％以下である。径膨張率は５％以下が好ましく、２．３％以下がより好ましい。高さ膨張率は５０％以下が好ましく、２０％以下がより好ましい。体

積膨張率は１６５％以下が好ましく、１２６％以下がより好ましい。

【０２４２】

例Ｆ（タブレット）については径膨張率が４．０％以下、高さ膨張率は１５％以下、体積膨張率が１２４％以下である。なお例Ｆ－３の浸漬後高さは測定誤差または個体ばらつきと考えられる。径膨張率は５％以下が好ましく、３％以下がより好ましい。高さ膨張率は４０％以下が好ましく、１０％以下がより好ましい。体積膨張率は１５４％以下が好ましく、１１７％以下がより好ましい。

【０２４３】

例Ｇ（ペレット）については浸漬前後の径膨張率は８．８％以下、それに基づく体積膨張率は１２９％以下である。径膨張率は１０％以下が好ましく、８％以下がより好ましい。体積膨張率は１３３％以下が好ましく、１２６％以下がより好ましい。

【０２４４】

例Ｈ（ペレット）については浸漬前後の径膨張率は６．９％以下、それに基づく体積膨張率は１２２％以下である。径膨張率は１０％以下が好ましく、７％以下がより好ましい。体積膨張率は１３３％以下が好ましく、１２３％以下がより好ましい。

【０２４５】

例Ｉ（ペレット）については浸漬前後の径膨張率は４．１％以下、それに基づく体積膨張率は１１３％以下である。径膨張率は１０％以下が好ましく、５％以下がより好ましい。体積膨張率は１３３％以下が好ましく、１１６％以下がより好ましい。

【０２４６】

例Ｊ（ペレット）については浸漬前後の径膨張率は５．４％以下、それに基づく体積膨張率は１１７％以下である。径膨張率は２０％以下が好ましく、１０％以下がより好ましい。体積膨張率は１７３％以下が好ましく、１３３％以下がより好ましい。

【０２４７】

以上のとおり、バイオマスを原料とする本発明の固体燃料（ＰＢＴ）は、浸漬前後の長さ（径、高さを含む）はいずれも４０％以下の膨張率であることが好ましく、体積膨張率は約２７５％以下であることが好ましい。径、長さの膨張率が３０％以下、体積膨張率は約２２０％以下であればなお好ましい。径、長さの膨張率が２０％以下、体積膨張率は約１７３％以下であればより好ましい。径、長さの膨張率が１０％以下、体積膨張率は約１３３％以下であればさらに好ましい。このように水中浸漬後の膨張率が一定の範囲内にあることで、バイオマス固体燃料（ＰＢＴ）は浸漬によっても崩壊せず、耐水性を有することが示される。

【０２４８】

なお、ゴムの木、アカシア、メランティの各原料について別途ＰＢＴを作成して試験を行った。試験結果を下記表９、表１０に示す。この表９、表１０の試験結果においてはゴムの木を例ａ、アカシアを例ｂ、メランティを例ｃと記載する。

【０２４９】

【表９】

原料の樹種	性状	形状	加熱温度	固体収率(乾)	熱収率	加熱装置	FC	VM	燃料比 FC/VM	HHV	O	H	C	O/C	H/C	HGI	HGI比
	単位 / 例		℃	wt%	%		wt% -AD	wt% -AD		kcal/kg -dry	wt% -dry	wt% -dry	wt% -dry				
ゴム (例a)	比較例a	Φ8 ペレット	25	100.0	100.0	―	13.0	74.3	0.17	4,613	43.6	5.6	48.4	0.68	1.39	18	1.00
	例a1		230	94.2	83.6	Φ600バッチ	15.4	74.9	0.21	4,777	42.5	5.7	49.7	0.64	1.38	35	1.94
	例a2		250	82.4	77.7	Φ600バッチ	20.3	71.2	0.29	5,081	39.1	5.7	53.0	0.55	1.29	45	2.50
	例a3		270	71.6	71.6	Φ600バッチ	25.8	65.8	0.39	5,385	35.9	5.6	56.1	0.48	1.20	49	2.72
	例a4		300	43.1	53.6	Φ600バッチ	50.3	41.3	1.22	6,702	21.3	4.8	70.2	0.23	0.82	65	3.61
アカシア (例b)	比較例b	Φ8ペレット	25	100.0	100.0	―	14.8	72.7	0.20	4,780	42.3	5.5	50.2	0.63	1.31	18	1.00
	例b1		230	94.0	85.8	Φ600バッチ	16.5	74.5	0.22	5,000	40.8	5.5	52.0	0.59	1.27	43	2.39
	例b2		250	85.7	81.8	Φ600バッチ	20.2	72.1	0.28	5,225	38.2	5.5	54.6	0.52	1.21	52	2.89
	例b3		270	77.1	77.1	Φ600バッチ	24.3	68.9	0.35	5,477	36.0	5.5	56.7	0.48	1.16	55	3.06
	例b4		300	53.3	62.5	Φ600バッチ	42.1	51.2	0.82	6,417	25.7	5.1	66.8	0.29	0.92	62	3.44
メランティ (例c)	比較例c	Φ8ペレット	25	100.0	100.0	―	13.7	74.3	0.18	4,759	42.2	5.5	50.6	0.63	1.30	23	1.00
	例c1		230	95.0	87.6	Φ600バッチ	16.0	74.7	0.21	4,978	40.8	5.6	51.8	0.59	1.30	33	1.43
	例c2		250	87.0	83.1	Φ600バッチ	19.1	72.6	0.26	5,156	38.6	5.7	54.0	0.54	1.27	41	1.78
	例c3		270	78.8	78.8	Φ600バッチ	23.4	68.3	0.34	5,398	36.2	5.5	56.5	0.48	1.17	55	2.39
	例c4		300	56.4	65.3	Φ600バッチ	40.0	51.9	0.77	6,247	27.0	5.1	65.4	0.31	0.94	66	2.87

【０２５０】
【表１０】

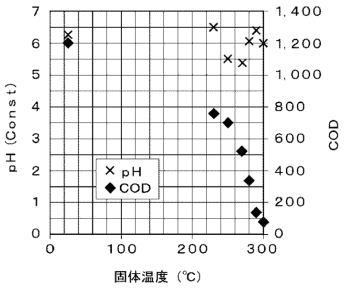
	水中浸漬前										水中浸漬後								
原料の樹種		ボールミル粉砕性	初期寸法 径(φ1)	初期寸法 長さ(L1)	機械的耐久性(DU)	かさ密度	かさ密度比	BET比表面積	平均細孔直径	全細孔容積	COD	時間	径(φ2)	長さ(L2)	径膨張率	長さ膨張率	pH	固体水分168 h	機械的耐久性(DU)
	単位 / 例	ポイント	mm	mm	%	kg/L		m^2/g	nm	cm^3/g	mg/L	h	mm	mm	%	%		wt%	
ゴム (例a)	比較例a	16.7	9.2	46.1	95.6	605	1.0	0.426	25.0	0.00266	1100	168	崩壊				–	–	–
	例a1	43.7	9.1	29.2	94.9	609	1.0	0.439	20.1	0.00221	2200	168	10.5	31.1	15.4	6.6	4.89	40.4	85.2
	例a2	84.3	8.8	28.3	94.5	560	0.9	0.467	18.6	0.00218	1000	168	9.1	28.6	3.4	1.0	5.18	32.4	94.4
	例a3	96.1	8.4	28.1	91.6	522	0.9	0.481	17.5	0.00210	460	168	8.7	28.3	3.2	0.5	5.76	30.6	92.3
	例a4	99.0	7.8	28.5	78.3	429	0.7	0.715	16.2	0.00290	110	168	7.9	29.2	1.8	2.5	7.74	20.5	83.0
アカシア (例b)	比較例b	5.3	8.1	22.4	98.3	723	1.0	0.313	24.0	0.00188	310	168	崩壊				–	–	–
	例b1	25.8	7.9	25.1	97.2	684	0.9	0.378	22.4	0.00212	400	168	8.6	25.7	9.1	2.7	4.77	24	96.2
	例b2	72.9	7.7	22.9	95.2	656	0.9	0.412	20.5	0.00211	300	168	8.0	23.2	4.1	1.2	4.95	21.1	96.1
	例b3	96.1	7.5	22.7	93.2	610	0.8	0.464	19.4	0.00225	200	168	7.7	23.5	3.3	3.5	5.29	21.3	94.6
	例b4	98.8	7.0	20.2	84.5	495	0.7	0.552	17.9	0.00246	47	168	7.1	20.5	1.3	1.7	6.47	19.2	86.7
メランティ (例c)	比較例c	19.6	8.1	22.6	98.1	776	1.0	0.296	26.4	0.00195	560		崩壊				–	–	–
	例c1	51.9	8.0	31.3	97.2	737	0.9	0.330	28.6	0.00236	460	168	8.8	32.9	9.5	5.0	5.06	25.3	92.5
	例c2	90.0	7.9	32.1	96.2	703	0.9	0.351	28.5	0.00251	250	168	8.2	32.6	3.8	1.4	5.4	19.5	96.4
	例c3	97.8	7.8	28.4	94.5	661	0.9	0.352	26.3	0.00231	120	168	8.0	28.6	2.6	0.7	5.69	17.9	96.0
	例c4	99.2	7.2	24.6	88.0	558	0.7	0.406	23	0.00233	43	168	7.4	24.8	2.7	1.0	5.85	16.8	90.1

【符号の説明】
【０２５１】
１　炭化炉
２　振動コンベア
１１　温度計
２１　分級部（分級手段）
２２　冷却部（冷却手段）
２２ａ　散水部（散水手段）
２２ｂ　平板
２４　隔成部
３０　制御部（制御手段）
１００　燃料製造工程
１１０　粉砕工程
１２０　成型工程
１３０　加熱工程
２００　分級工程
３００　冷却工程

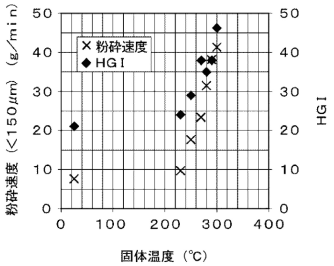
４０２　システム
４０３Ａ　振動篩装置
４０３Ｂ　冷却振動コンベア
４２１　分級部
４２１ａ　篩
４２１ｂ　排出部
４２２　冷却部
４２２ａ　散水部
４２２ｂ　平板

【図面】

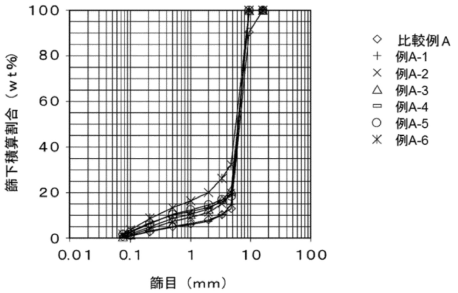
【図１】



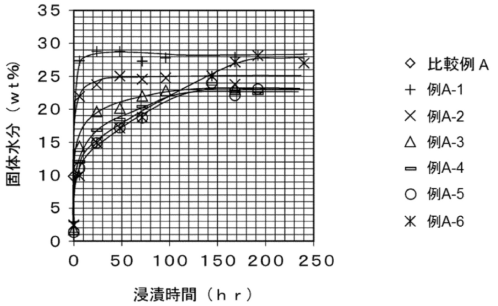
【図２】



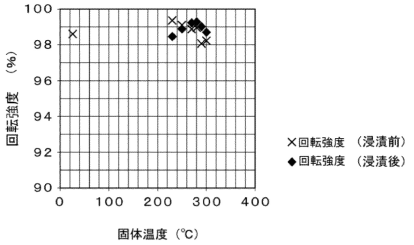
【図３】



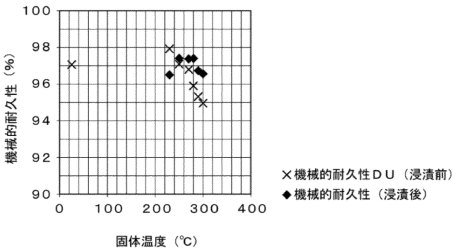
【図４】



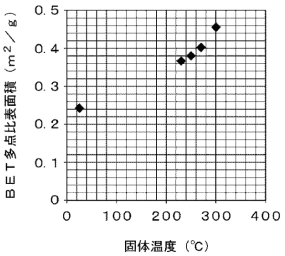
【図５】



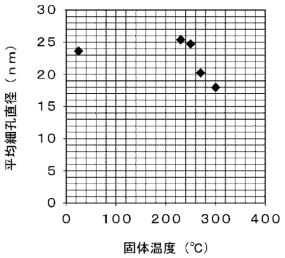
【図６】



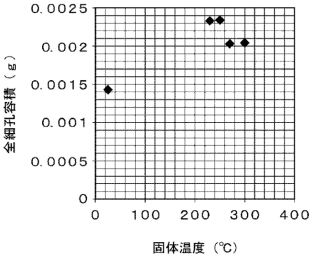
【図７】



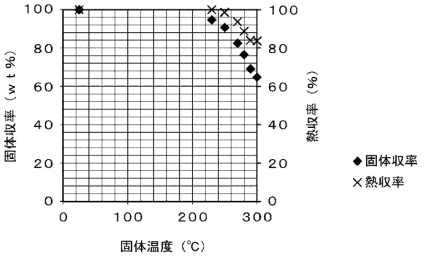
【図８】



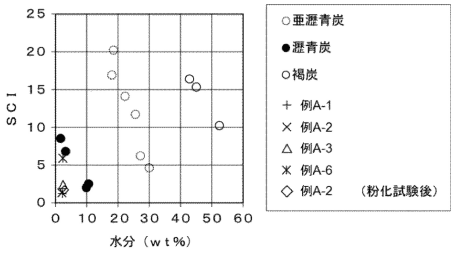
【図９】



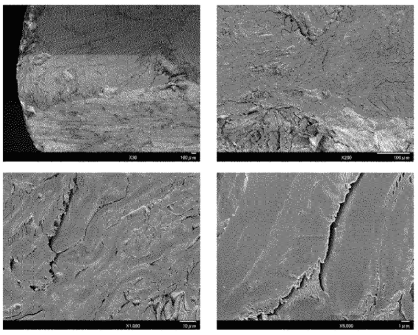
【図１０】



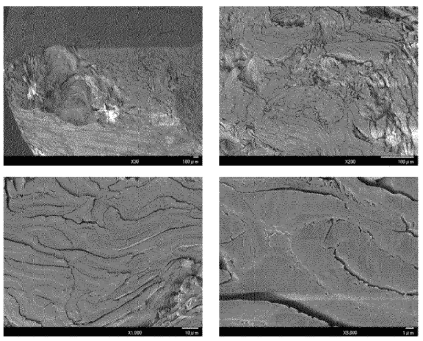
【図１１】



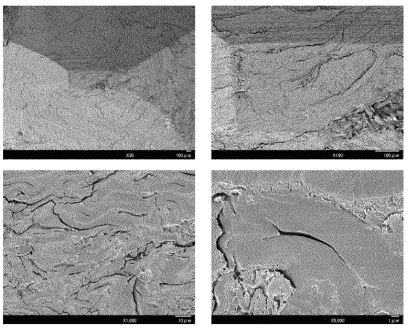
【図１２】



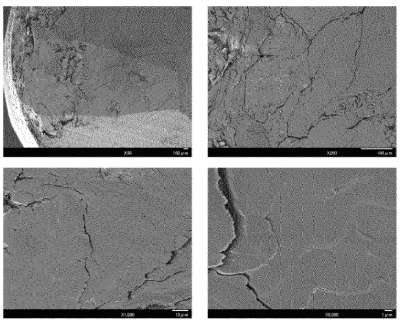
【図１３】



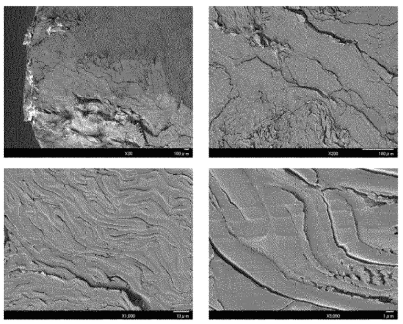
【図１４】



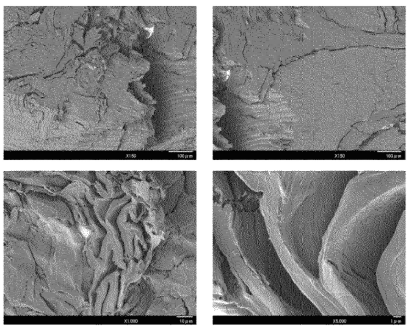
【図１５】



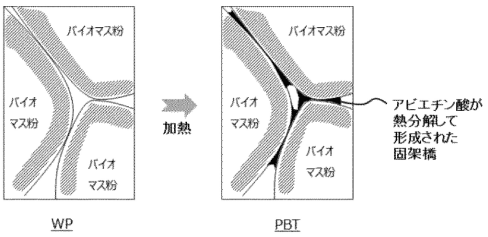
【図１６】



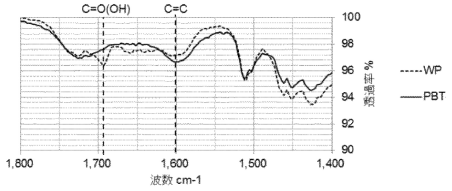
【図１７】



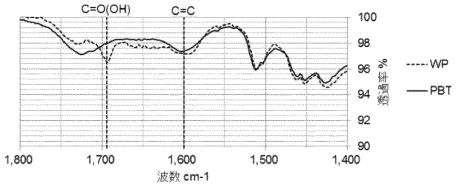
【図１８】



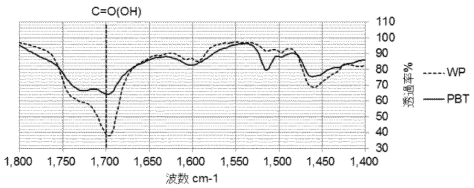
【図１９】



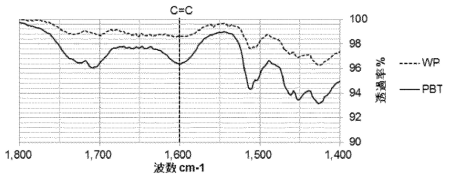
【図２０】



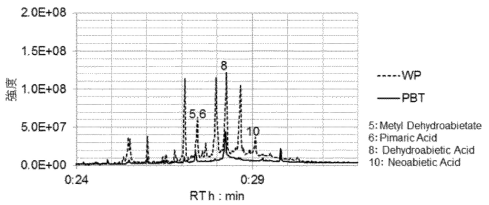
【図２１】



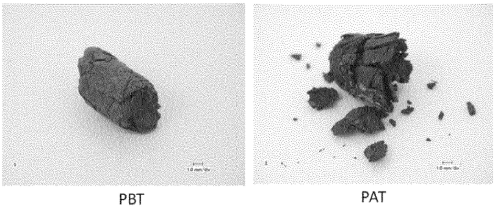
【図２２】



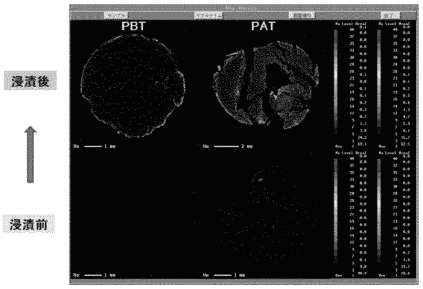
【図２３】



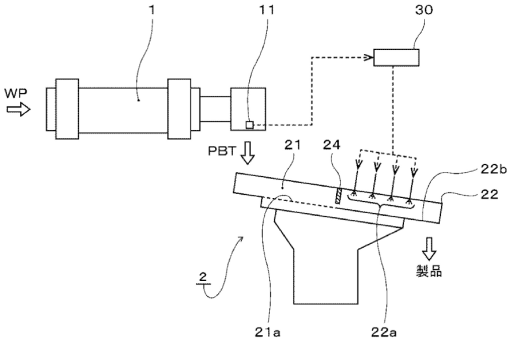
【図２４】



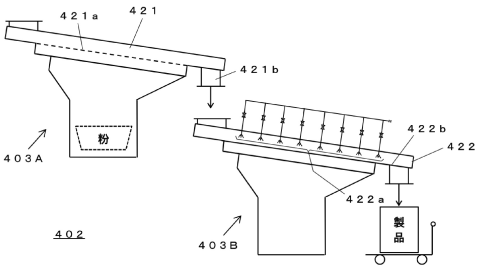
【図２５】



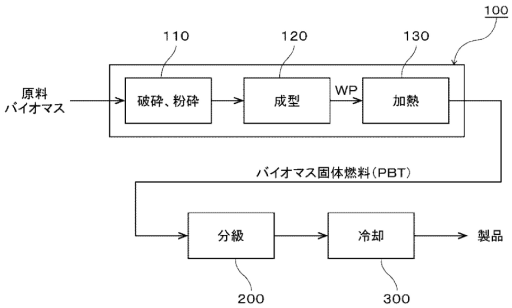
【図２６Ａ】



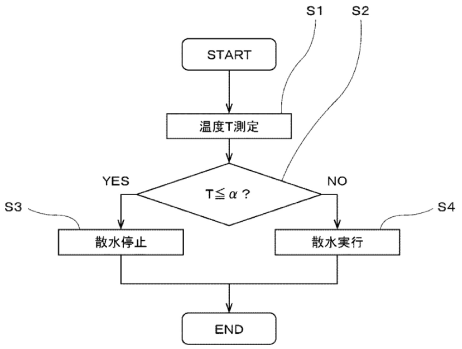
【図２６Ｂ】



【図２７】



【図２８】



フロントページの続き

(72)発明者　真木 大輔
山口県宇部市大字小串１９７８番地の９６ 宇部興産株式会社内

審査官　齊藤 光子

(56)参考文献　特開昭５９－０６６４８５（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－２０４０４５（ＪＰ，Ａ）
特公昭４７－０１５４７１（ＪＰ，Ｂ１）
特公昭４０－０１９０２４（ＪＰ，Ｂ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｃ１０Ｂ　５３／０２
Ｆ２５Ｄ　７／００