

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年9月7日(07.09.2018)



(10) 国際公開番号

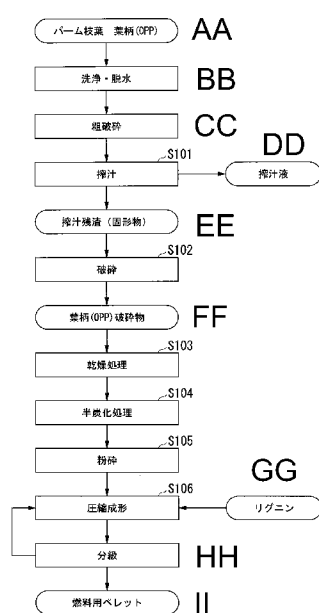
WO 2018/159818 A1

- (51) 国際特許分類:
C10L 5/44 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/008037
- (22) 国際出願日: 2018年3月2日(02.03.2018)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
- | | | | |
|----|-------------|------------------------|----|
| 特願 | 2017-039481 | 2017年3月2日(02.03.2017) | JP |
| 特願 | 2017-039482 | 2017年3月2日(02.03.2017) | JP |
| 特願 | 2017-039483 | 2017年3月2日(02.03.2017) | JP |
| 特願 | 2017-146387 | 2017年7月28日(28.07.2017) | JP |
| 特願 | 2017-147195 | 2017年7月28日(28.07.2017) | JP |
| 特願 | 2017-168690 | 2017年9月1日(01.09.2017) | JP |
- (71) 出願人: 三菱マテリアル株式会社 (MITSUBISHI MATERIALS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目3番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 鴻巣 一巳 (KONOSU Kazumi); 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目3番2号 三菱マテリアル株式会社内 Tokyo (JP).
河野 文夫 (KAWANO Fumio); 〒1008117 東京都千代田区大手町一丁目3番2号 三菱マテリアル株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 松沼 泰史, 外 (MATSUNUMA Yasushi et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(54) Title: FUEL PELLETS, PRODUCTION METHOD FOR FUEL PELLETS, PRODUCTION METHOD FOR SOLID BIOMASS FUEL, PRODUCTION METHOD FOR HALAL FERTILIZER, MODIFIED BIOMASS CHAR, PRODUCTION METHOD FOR MODIFIED BIOMASS CHAR, PRODUCTION METHOD FOR HYDROGEN, AND METHOD FOR PRODUCING OIL BY ALGA

(54) 発明の名称: 燃料用ペレット及び燃料用ペレットの製造方法、固形バイオマス燃料の製造方法、ハラール肥料の製造方法、バイオマス改質炭及びバイオマス改質炭の製造方法、水素の製造方法並びに藻類産生油の製造方法

[図3]



S101 Squeezing
S102 Crashing
S103 Drying
S104 Torrefaction
S105 Pulverization
S106 Compression molding
AA Petioles (OPP) of palm branches and leaves
BB Washing/dehydration
CC Rough crashing
DD Squeeze liquid
EE Squeeze residue (solid matter)
FF Crashed petioles (OPP)
GG Lignin
HH Classification
II Fuel pellets

(57) Abstract: Fuel pellets for use as a fuel which are characterized by comprising a compression-molded object of palm



(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告(条約第21条(3))

petioles that are some of palm branches and leaves that have grown around palm fruit bunches, the compression-molded object having been torrefied; and a production method for the fuel pellets which comprises a squeezing step in which palm petioles that have grown around palm fruit bunches are squeezed to obtain sap and a squeeze residue, a crashing step in which the obtained squeeze residue is crashed, a drying step in which the crashed palm petioles obtained in the crashing step are dried to regulate the water content, a torrefaction step in which the dried crashed palm petioles are torrefied, a pulverization step in which the torrefied crashed palm petioles are pulverized, and a pelletizing step in which palm-derived lignin is added to the obtained pulverized palm branches and leaves and the resultant mixture is compression-molded to form pellets.

(57) 要約: 燃焼燃料として使用される燃料用ペレットであって、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム枝葉の一部パーム葉柄の圧縮成形体からなり、半炭化処理が施されていることを特徴とする。パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄を搾汁して樹液と搾汁残渣とを得る搾汁工程と、得られた前記搾汁残渣を破碎する破碎工程と、前記破碎工程で得られたパーム葉柄破碎物を乾燥して水分調整する乾燥工程と、乾燥後のパーム葉柄破碎物を半炭化処理する半炭化処理工程と、半炭化処理されたパーム葉柄破碎物を粉碎する粉碎工程と、得られたパーム枝葉粉碎物にパーム由来のリグニンを添加するとともに圧縮成形してペレット化するペレット成形工程と、を備えている。

明 細 書

発明の名称：

燃料用ペレット及び燃料用ペレットの製造方法、固形バイオマス燃料の製造方法、ハラル肥料の製造方法、バイオマス改質炭及びバイオマス改質炭の製造方法、水素の製造方法並びに藻類産生油の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、ボイラ等の燃焼燃料として使用される燃料用ペレット及び燃料用ペレットの製造方法パーム椰子農園における木質廃棄物の再利用による、固形バイオマス燃料の製造方法及びこれを用いたハラル肥料の製造方法、褐炭とパーム産業由来の未利用（余剰）バイオマスを用いたバイオマス改質炭及びその製造方法、パーム椰子産業における木質廃棄物等のバイオマス資源を用いた水素の製造方法並びにパーム椰子産業における未利用廃棄物のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法に関するものである。

本願は、2017年3月2日に日本に出願された特願2017-039481号、特願2017-039482号及び特願2017-039483号、2017年7月28日に日本に出願された特願2017-146387号及び特願2017-147195号並びに2017年9月1日に日本に出願された特願2017-168690号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 石炭は一般的に発熱量の高いものから順に無煙炭、瀝青炭、亜瀝青炭、褐炭に分類される。炭化度の低い低品位炭である褐炭は、世界的に埋蔵量が多い。例えば、インドネシアは、世界的に見ても褐炭埋蔵量の多い国である。

[0003] しかしながら、褐炭は含水率が高く、そのまま燃料として用いる場合、発熱量が低い。

また、褐炭は空気中の酸素と化学変化して自然発火する懸念のある官能基を多く含んでおり、含水率を下げるために乾燥させると自然発火する懸念が

ある。このため、長距離の輸送が困難であり、褐炭の燃料としての利用は、その産出地域の近傍に限られている。

[0004] こうした埋蔵量は多いものの、産出時の状態では発熱量が低く、かつ輸送効率も低い褐炭を有効に利用するために、例えば、特許文献 1 には、褐炭などの低品位炭を乾燥させた後、灰分を除去して脱灰乾燥炭を生成し、この脱灰乾燥炭を乾留して改質石炭である脱灰乾留炭を得る改質石炭の製造方法が開示されている。

[0005] また、例えば、特許文献 2 には、褐炭などの低品位炭を粉砕してサイロに貯蔵して乾燥させ、この乾燥物と油とを混合して水分を除去して得た脱水スラリーを生成する。更にこの脱水スラリーから油分を分離してケーキを生成し、このケーキを、不活性ガスを用いて乾燥した後に成形して改質石炭を得る改質石炭の製造方法が開示されている。

[0006] また、例えば、特許文献 3 には、褐炭などの低品位炭と溶媒油とを混合して加熱脱水することで脱水スラリーを生成し、この脱水スラリーから油分を分離してケーキを得る。更にこのケーキを加熱して脱水石炭を生成し、この脱水石炭および低品位炭を粉砕した粉碎石炭を混合して成形することにより改質石炭を得る改質石炭の製造方法が開示されている。

[0007] 一方、褐炭埋蔵量の多い生産国であるインドネシアは、また、世界的にも主要なパーム椰子産業が存在している。

パーム椰子は、生鮮果房（FFB: Fresh Fruit Bunch）の果肉とパーム椰子核とからそれぞれ油脂を採取でき、こうした油脂の生産を目的として栽培が行われている。パーム椰子は、単位面積当たりで得られる油脂の量が植物中でも極めて多く、商業作物として、特にインドネシアやマレーシアを中心に大規模な栽培（プランテーション農業）が行われている。

[0008] 椰子（Arecales Bromhead）は、単子葉植物ヤシ科に属する植物であり、熱帯地方を中心に約 3300 種以上存在している。こうした椰子のうち、主に椰子油の生産を目的として栽培されている種として、パ

ーム椰子（アブラヤシ：Elaeis）がある。パーム椰子は、ヤシ科アブラヤシ属に分類される植物の総称であり、中米および南米の熱帯域原産のアメリカアブラヤシ（Elaeis oleifera）と、西アフリカ原産のギニアアブラヤシ（Elaeis guineensis）の2種が知られている。また、栽培品種の中にはギニアアブラヤシとアメリカアブラヤシとの交配品種も存在する。

[0009] 今日産業的に大規模栽培されたパーム椰子から収穫された果実は、石鹼や食用植物油の生産に使われている。生鮮果房（FFB）の果実うち果肉（中果皮）からはパーム油が、また、中心部のパーム椰子核からはパーム核油がそれぞれ得られる。パーム油とパーム核油の品質は異なっており、パーム油は主に調理用、パーム核油は主に加工食品用としての用途が多いが、近年では、こうしたパーム油やパーム核油をバイオマス燃料としてディーゼル燃料の代替品として用いられつつある。

[0010] こうした、バイオマス燃料の原料として、近年では、パーム椰子のパーム油やパーム核油を採取した際に副産物として得られるパーム椰子殻（PKS：Palm Kernel Shell）が用いられている。特に最近、日本国内においては、バイオマス原料（資源）となる間伐材の供給が不足する傾向にあり、パーム椰子殻（PKS）の使用量が増加傾向にある。

[0011] パーム椰子からパーム油やパーム核油を採取するパーム油産業においては、上述のパーム椰子殻（PKS）以外にも、空果房（EFB：Empty Fruit Bunch）、パーム古木（OPT：Oil Palm Trunk）、パーム枝葉（OPF：Oil Palm Frond）等が副産物として発生する。

また、パーム椰子の生鮮果房（FFB：Fresh Fruit Bunch）の果実より搾油する際に、油分などの有機物を含むパーム椰子排水（POME：Palm Oil Mill Effluent）が多量に生じる。

[0012] ここで、空果房（EFB）においては、パーム椰子の生鮮果房（FFB：

F r e s h F r u i t B u n c h) から実を採取する際に蒸煮することから、このときの蒸気によって空果房 (E F B) の水分量は 65% 以上となり、さらに脱水工程が必要になること、及び、カリウム含有量が多いことにより、燃焼用の燃料としては適してはいない。このため、空果房 (E F B) のほとんどは、パーム農園に戻して放置されるか、空果房 (E F B) の水分含有率を 30~50% 程度まで脱水し、パーム繊維 (F i b e r)、パーム椰子殻 (P K S) と一緒にボイラで燃焼させ、その燃焼灰は肥料として利用されている。なお、水分を比較的多く含んだ燃料であることから、水分を蒸発させる熱量が必要となり、ボイラの熱効率はその分低くなる。

[0013] また、パーム椰子樹木は、樹齢が 20~25 年程度となると経済性が低くなるため切り倒されて、新しい木に植え替えが行われる。このとき、パーム古木 (O P T) が発生することになる。ここで、このパーム古木 (O P T) の発生量は、パーム椰子殻 (P K S) の約 3 倍である。上述のパーム古木 (O P T) においては、組織が脆弱であるため通常の木材利用には適しておらず、最外層の一部が合板材として利用されるのみであった。また、パーム椰子の樹齢によって発生することから、供給量が年次によってばらつくおそれがある。

なお、最近では、例えば特許文献 4~6 に開示されているように、パーム古木 (O P T) に対して搾汁を行い、得られた樹液に含まれる糖分からバイオエタノールや乳酸を製造する技術が提案されている。

[0014] 世界シェア No. 1 であるパーム椰子産業が存在し、かつ褐炭埋蔵量の多い国であるインドネシアでは、パーム産業由来のバイオマス資源と、褐炭とを用いて、新たな石炭改質燃料を生産することが考えられている。

[0015] ところで、パーム枝葉 (O P F) は、パーム椰子の果房を収穫する際に伐採されるものであり、一つの果房を採取する際に 2 本のパーム枝葉が伐採される。このパーム枝葉 (O P F) は、組織が脆弱で、かつ、水分量も約 77% と多いことから、使用用途がなく、現状では、農園に放置されている。現地の農園では、パーム椰子の果房を狙う野ネズミ対策として、野ネズミを退

治する蛇の棲み処として利用されている。

[0016] しかしながら、このパーム枝葉（OPF）は、その発生量がパーム椰子殻（PKS）の約10倍であり、パーム枝葉（OPF）を有効利用することが求められている。また、パーム椰子は、熱帯雨林地方で栽培されていることから、パーム枝葉（OPF）は年間を通して安定して供給可能であるため、バイオマス燃料として利用することで大きな効果を得ることが可能となる。

[0017] このようなパーム油産業は、世界的にみて、マレーシアおよびインドネシア（以下、生産国と称することがある）の2か国だけで地球上の全生産量の85%強を占めている。パーム油の生産工程から多量に排出される上述したパーム椰子排水（POME）は、生産国においてはその殆どがオープンラグーンで処理されており、地球温暖化ガス（メタンを含むバイオガス）の大気放散、及び水質汚染の面で課題があり、EU等からも生産国に対して改善を求められている。

[0018] このため、例えばマレーシア政府は、パーム油産業を持続可能な環境配慮型の産業に転換すべく、パーム油生産工場に対して「BOD 20 mg/L 以下」という厳しい排水基準値を適用する方向であり、バイオガス発電した電力の買い取り価格を優遇する Feed-in Tariff (FIT) 制度も導入している。

[0019] パーム油生産工場において、パーム椰子排水（POME）を発酵システムにより処理し、得られたバイオガスを燃料として発電したエネルギー利用も幾つかのパーム油生産工場において始まっている。例えば、温室効果ガス削減効果としては、パーム油生産工場一ヶ所当たり約2.2万t/日のCO₂削減ができ、排水処理能力向上による環境負荷低減については、パーム油生産工場1ヶ所当たりBOD約18t/年が削減される。

[0020] 但し、通常のパーム油生産工場では基本的にエネルギーが余っており、ガス発電したとしても、売電に必要な高圧線網が整備されているパーム油生産工場はごく限られ、パーム油生産工場の事業主が、水質規制対策を単なるコストアップとしてではなく、投資回収できる設備投資として捉えるまでには

至っていない。

[0021] 太陽や風力のような再生可能エネルギーの分野において、最も急を要する責務の1つが、出力が時間変動するエネルギー資源から得られた電力の貯蔵に関する問題である。一例として、PTG (Power to Gas) 技術は、有望な取り組みとして発展してきた。世界中に多数のプロジェクトがあり、それらのいくつかはパイロット段階を終了し、商業運転へと向かっている。

[0022] こうしたPTG技術の原理は極めて単純であり、再生可能エネルギーからの電力は、電氣的に水を水素と酸素に分解するために使用される。そして、得られた水素は、電気に変えることも燃料として直接使用することもできる。電力の水素への転換には、ある程度のエネルギー損失があるが、1つの目的のためには有効である。再生可能エネルギーからの電力をエネルギーの豊富な水素として貯蔵できることであり、必要に応じて炭素によってメタンガスを得ることも可能である。ある程度までの輸送と貯蔵には、既存のガスインフラが利用可能である。

[0023] 例えば、世界で最も大きな6メガワットの最大生産能力を持つメタン化施設は、ドイツ北部のWerlteにおいて運転が行われている。この施設では、自動車メーカーのAudi社が、水ではなく年間11万トンのスラリーと食品廃棄物をメタンに転換することを支援している。メタン化プロセスに必要なエネルギーには、北海の洋上風力発電所で発生する過剰電力が使用される。この施設では、有機物を約3分の2のメタンと3分の1のCO₂から構成されるバイオガスに転換する。その後、複数のプロセスを経て得られたバイオガスからCO₂を吸着する活性炭中を通過させてCO₂が除去される。次の段階では、CO₂は低い圧力で脱着され、メタン化施設に送られる。そして、「 $\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$ 」のプロセスが実行される。

[0024] 一方、再生可能エネルギーの分野において、炭化水素産生藻類に炭化水素などの油脂を産生させ、藻類産生油（グリーンオイル）を得る方法が行われつつある。藻類とは、陸上生活を行わない酸素発生型光合成生物である。酸

素発生型の光合成を行う最初の生物は30億年近く前に出現し、シアノバクテリアに類似したものであったと考えられている。

[0025] シアノバクテリアはラン藻とも呼ばれるが、核を持たない原核生物（バクテリアの仲間）である。その後、真核生物（核を持つ生物）の細胞内に取り込まれたシアノバクテリアのひとつが、今日の葉緑体の起源となった。この最初の真核光合成生物（一次植物）の複数の子孫は、さらに別の真核生物によって取りこまれ、複数の光合成生物（二次植物）が誕生した。すなわち、藻類とは、起源が全く異なる光合成生物の総称であり、原核生物（シアノバクテリア）と多系統の真核生物（紅藻、褐藻、緑藻など）を含んでいる。

[0026] 一方において、藻類は、光合成を行うこと、水生生物であることなど、共通の性質を有している。藻類には単細胞性のものが多く（以下、単細胞性藻類を微細藻類と称する）、それらの中には増殖速度が速く培養が容易なものも多い。これらの性質をもつ藻類としては、シアノバクテリアあるいは緑藻に属するものが多く、バイオ燃料生産との関連で研究されている。

[0027] 微細藻類は以下のことが理由となって、バイオ燃料として大きく注目されるようになったものと考えられる。（1）単位時間・単位面積あたりのバイオマス生産性が、高等植物の数倍から数十倍になるものがある。（2）増殖速度が速いものがある。（3）油脂含量あるいはデンプン蓄積量が高いものがある。（4）培養が比較的容易である。（5）耕地として適さない土地および水域を利用して藻類を培養できる。すなわち、食糧生産と競合しないパーム産業由来の、バイオ燃料として生産出来る。

[0028] こうした項目をだけを考慮すると極めて良好なバイオ燃料と考えられるが、実際には微細藻類によって生産されたグリーンオイルは生産コストが高く、現状技術で軽油相当品を生産すると、1リットルあたりの単価が1,000円近くになってしまう。

[0029] 微細藻類からのバイオ燃料生産が高コストな理由としては、培養から燃料生産までの一連の工程すべてにおいて、安価な大規模生産に対応できる技術が未熟だからと言える。例えば、微細藻類の培養について考えてみると、こ

れまで微細藻類の大量培養技術は、生体内化学物質が生体の特定の生理的調節機能に対して作用する性質を持つ、生理活性物質など付加価値の高い物質の商業生産を対象として開発されてきた。

[0030] その1つである「垂直パネル型」培養装置では、垂直に立てた微細藻類培養パネルの側面から蛍光灯などで微細藻類に向けて光を照射することにより、高い増殖速度かつ高密度での微細藻類バイオマス生産が可能となる。しかし、培養装置の運転に要するエネルギー消費が多いことから、廉価なバイオ燃料生産への転用は困難である。バイオ燃料生産のためには、野外開放系での、高効率・低コストな培養技術の開発が必要である。

[0031] また、微細藻類を培養した後バイオマスを回収するために、藻体（固形分）と培地（液体部分）とを効率良く分離する必要がある。培養液は不透明な深緑色で、一見すると高濃度のバイオマスが存在するだろうと思われるが、実際には、培養液の99.5%が液体部分である。この培養液から藻体を分離するために、遠心分離、凝集剤による沈降分離、膜分離などの従来技術がある。この中で、遠心分離は、多大な電力コストがかかる。膜分離は近年注目を集めているが、目詰まりや劣化の問題があり、凝集剤を使用して一旦濃縮した後、脱水処理にて固体回収する方法が、コスト面から最も有利と思われるが、無害な凝集剤を見つけるのが困難等の問題もある。

[0032] 一方、次世代のバイオ燃料の可能性が以下のように提起されている。

（1）最近のバイオ燃料の生産増加は、従来の農産物の仕向け先であった食料供給との競合を招いていると指摘されている。食料との競合問題を解決するため、糖質の多い農産物を発酵させてバイオ燃料を製造するという「第一世代バイオ技術」から脱却し、ワラ等の食料を競合しないセルロース系原料を用い、その製造技術も発酵のみならず、新たな酵素を触媒として活用する全く新しい化学技術によってバイオ燃料を製造する「第二世代バイオ技術」の早期商業化が必要となる。

バイオ燃料向けと食料向けとの競合が加速化し、食料用の仕向け量が減少すると、国際農産物価格が上昇するだけでなく、開発途上国等の食料輸入国

において、食糧不足が発生することも考えられるなど、各国の食料安全保障に多大な影響を及ぼすという問題も生じる。

[0033] (2) 次世代バイオ燃料の商業的利用への様々な課題として、一般的に第二世代バイオ燃料は、化石燃料の代替となることで温室効果ガスの排出が抑制されることは当然であり、また、その原料が非可食部分であるため、直接的に食料との競合を回避できることが最大の利点とされているが、以下の課題が指摘されている。

(2-1) 第二世代バイオ燃料向けの非食用農産物を生産するため、新たな耕地を開墾せずに食用向け農作物の耕地を転用する場合には、結果的に食料との競合を生じさせることになる。

(2-2) 農産物全体を畑から回収することで土壌に還元される葉茎等の有機物が減り、土壌の劣化と侵食の影響を受けやすくなり、耕地の生産性が低下することから、化学肥料の使用を増やさざるを得なくなる。

(2-3) さらに問題なのは、現在、第二世代バイオ燃料の実証実験が進められているが、商業ベースの利用に向けては革新的な研究結果が必要とされる段階にある。

これら諸課題をクリアしてもなお、第二世代バイオ燃料の利用のためには、大規模生産施設や原料の効率的収集と輸送コストの低減等、まだまだ大きな課題が残る。

[0034] (3) グリーンオイルとは、微細藻類が体内に蓄積する「油類」を抽出して作るパーム油などと似た性質を持つ「中性脂質」とよばれるオイルである。グリーンオイルには他のバイオ燃料と比べ、2つの利点がある。1つ目は、藻類は耕作不敵地でも育成でき、食料農業と競合しないことである。2つ目は育成速度の速さから新たな原料として期待されることである。グリーンオイルを作るにはまず、オイルを蓄積する性質の藻類を培養する。

一定期間育て、増殖した藻を回収したら有機溶剤で体の中のオイルを抽出する。有機溶剤を蒸発させて残ったものが粗油である。この粗油を精製すると、燃料や工業原料としての活用が可能となる。課題として、効率よく行お

うとすると、藻類の培養やオイルの抽出、溶剤の蒸発などに電力を始めとするエネルギーを大量に消費する。つまりCO₂削減を目指して化石燃料に代わる燃料を作ろうとしているのに、かえってCO₂を発生してしまうという矛盾した状況を生み出してしまう。

また、藻の培養には大量の水資源を必要とする。淡水由来の藻を利用した場合、飲料水、農業用水、工業用水などの水資源の奪い合いとなってしまう。更に安定生産や生産コストの低減などの課題もある。藻類は食物連鎖の底辺に位置し、プランクトンなどの上位の生物に食べられる宿命にあり、屋外培養は捕食されるリスクは高く、コスト削減は、安定生産ができることが前提となる。

[0035] こうした藻類の育成にパーム油産業排出されるパーム椰子排水（POME）を利用することが検討される。パーム椰子排水（POME）は、通常、広大で簡易なオープンラグーンパーム椰子排水システムによる排水処理を施してから放流している。

[0036] パーム椰子排水は温度が70～80℃と高いため、このパーム椰子排水を冷却池で40℃程度まで冷却し、この冷却池からのパーム椰子排水を混合池で後段の嫌気池から返送した微生物と混合する。この混合池からのパーム椰子排水を、深い嫌気池で主に嫌気性の生物処理を行い、この嫌気池からのパーム椰子排水を浅い好気池で主に好気性の生物処理を行い、これら一連の池での処理に際してメタンガスを放出させる。そして、一連の処理が行われたら、沈殿池（バッファ池）に導入し上澄みを処理水として後段に排水するものである。

[0037] しかし、何れの従来技術にあっても、BOD（Biological Oxygen Demand：生物学的酸素要求量）成分及びSS（Suspended Solid：懸濁固形物）成分を十分に低減できないという課題がある。特に、好気性の生物処理によりBOD成分の低減は十分ではなく、SS成分の低減も十分ではない。特に、マレーシアにあっては、パームオイル工場の排水基準が、現在、BOD成分：100mg/L未満、SS成分：400mg/L未満とされているが、今後

、さらに厳しい基準値（例えば、BOD成分：20mg/L未満、SS成分：200mg/L未満）とされることが予想され、このような基準を、既存設備で満たすのは困難である。

先行技術文献

特許文献

[0038] 特許文献1：日本国特開2015-30737号公報（A）

特許文献2：日本国特許第6026367号公報（B）

特許文献3：日本国特開2015-218271号公報（A）

特許文献4：日本国特許第4065960号公報（B）

特許文献5：日本国特許第4418871号公報（B）

特許文献6：日本国特許第4665257号公報（B）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0039] パーム枝葉（OPF）をバイオマス燃料として利用することが可能な燃料用ペレット、及び、この燃料用ペレットの製造方法を提供することを目的とする。

[0040] パーム枝葉（OPF）を有効利用するために、例えば、パーム枝葉（OPF）を原料として固形バイオ燃料などを製造する際には、搾汁工程において糖분을サトウキビ並みに含んだ搾汁液が得られ、また、パーム椰子からパーム油やパーム核油を採取する工程において、粗パーム油を水で洗浄した後に油水分離を行った際に、分離水である多量のパーム椰子排水（POME：P a i m O i l M i l l E f f u e n t）が生じる。

[0041] パーム椰子の処理に伴い発生するパーム椰子排水（POME）は、ラグーンと呼ばれる広大な処理池から河川等に排出され河川の水質汚染問題が顕在化しつつある。広大なラグーンの維持管理は池の深さが重要で、池の下層に堆積する污泥処理対策が重要課題となる。

パーム椰子排水（POME）にはまだ多くの油分を含むため、これらを有

効利用することが望まれる。

又、POMEからは、膨大なメタン（温室効果ガス）が発生しているが、大部分のパーム油搾油工場では、これらはエネルギー源として使われる事無く、大気中にそのまま放出されている。例えば、メタン（ CH_4 ）の地球温暖化係数は25と高く、地球温暖化の原因にもなっている。

[0042] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、パーム油搾油工程で生じるパーム椰子排水（POME）を有効利用した固形バイオマス燃料の製造方法及びハラル肥料の製造方法を提供することを目的とする。

[0043] さらに、特許文献1～3に開示された褐炭などの低品位炭を原料にした改質石炭の製造方法では、褐炭を乾燥させてから乾留したり、褐炭を乾燥させてから油と混合して再度脱油させたりするなど、コストの掛かる製造設備、手間の掛かる製造工程、および添加する油のコストなど、褐炭の主要な生産地である発展途上国では経済的に実施が困難であるという課題があった。

[0044] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、褐炭などの低品位炭を多く産出し、かつ大規模なパーム椰子産業が存在する環境において、パーム油の生産に伴い生じる余剰エネルギー及びパーム産業由来未利用バイオマス資源と、褐炭とを用いた、発熱量が高く、輸送性、取扱い性に優れたバイオマス改質炭及びその製造方法を提供することを目的とする。

[0045] また、パーム産業由来の未利用バイオマス資源を、再生可能なエネルギーを用いて得られたメタンやバイオエタノールは、そのままでは利用範囲が限られるという課題があった。メタンは代表的な地球温暖化ガスであり、そのままの形態では環境に悪影響を及ぼす懸念がある。また、バイオエタノールはエタノール用エンジンを備えた自動車など限られた用途にしか利用できない。このため、メタンやバイオエタノールよりも工業的が利用範囲広く、かつ環境に悪影響を及ぼす虞の無い水素に改質することが望まれている。

[0046] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、パーム産業由来の未利用バイオマス資源を再生可能なエネルギーを用いて得られたメタンやバイオエタノールを、外部エネルギーを消費することなくカーボンニュー

トラルで水素に改質することができるバイオマス資源を用いた水素の製造方法を提供することを目的とする。

[0047] 一方で、上述した従来のバイオエネルギーは、以下のような課題がある。

(1) パーム椰子農園におけるラグーンから多量の地球温暖化ガス（メタンを含むバイオガス）が大気に放散されている。

MPOB (Malaysia Palm Oil Board) は、2013年パームオイル業界に対し追加認定基準を設定した。「パームオイル工場新設のための許可申請時、及び既存のパームオイル工場において生産能力増強予定のある場合に、共にPOMEからのメタンガスの排出をなくす、または吸収するための設備導入する」ことである。

(2) パーム椰子農園におけるラグーンからの処理水の排水による水質汚染。

例えば、マレーシアにおける公共水域への排出基準を表1に示す。

[0048] [表1]

項目	単位	上限値					
		1978-1979	1979-1980	1980-1981	1981-1982	1982-1983	1984-
BOD (3days 30°C)	mg/L	5,000	2,000	1,000	500	250	100
COD	mg/L	10,000	4,000	2,000	1,000	-	-
Total Solid	mg/L	4,000	2,500	2,000	1,000	-	-
Suspended Solid	mg/L	1,200	800	600	400	400	400
Oil and Grease	mg/L	150	100	75	50	50	50
Ammoniacal-Nitrogen	mg/L	25	15	15	10	150*	150*
Total Nitrogen	mg/L	200	100	75	50	300*	200*
pH	-	5.0	9.0	5.0	9.0	5.0	5.0-9.0
Temperature	°C	45	45	45	45	45	45

(出典：「マレーシア国パームオイル工場の排水処理高度化・循環利用 案件化調査」
阪神動力機械株式会社・三菱UFJ リサーチ&コンサルティング株式会社 共同企業体
JICA事業 2014年)

[0049] マレーシア政府は、既存パーム産業からの排水基準を、2020年から環境局（DOE：Department of Environment）排水基準（BOD 20 mg/L）とする意向。

(3) 従来のパーム椰子油工場では基本的にエネルギーが余っており、POMEからのメタンガス発電を行ったとしても、売電に必要な高圧線網が整備されているパーム椰子油工場はごく限られる。

(4) パーム油産業を持続可能な環境配慮型の産業に転換させる必要性がある。

(5) 水質規制対策が単なるコストアップとなっている状況がある。

(6) 現在、藻類によるバイオ燃料製造は、現実には、燃料の生産コストが高く、現状技術で軽油を生産すると、1リットルあたりの単価が既存の燃料油に比べて極めて高コストである。

(7) 藻類によるバイオ燃料製造においては、安価な大規模生産に対応できる技術が未だに開発されていない。

(8) 藻類によるバイオ燃料製造は、装置運転に要するエネルギー消費が多いことから、廉価なバイオ燃料生産への転用が困難であり、バイオ燃料生産のためには、野外開放系での高効率・低コストな培養技術の開発が望まれている。

(9) 藻類によるバイオ燃料製造は、培養液から藻体を分離するために、遠心分離、凝集剤による沈降分離、膜分離などが従来から行われている。この中で、特に遠心分離は、多大な電力を消費して運転コストがかかり、藻類によるバイオ燃料製造のコスト上昇を招いている。

(10) 藻類による次世代バイオ燃料向けの非食用農産物を生産するため、新たな耕地を開墾せずに食用向け農作物の耕地を転用する場合には、結果的に食料との競合を生じさせるという課題がある。

(11) 藻類による次世代バイオ燃料の実証実験が進められているが、商業ベースの利用に向けては更なる技術開発が必要とされている。

(12) 藻類による次世代バイオ燃料は、大規模生産施設や原料の効率的収集、および輸送コストの低減が未だに実現していない。

(13) 藻類による次世代バイオ燃料は、効率よく生産を行おうとすると、藻類の培養や油の抽出、溶剤の蒸発などに電力を始めとするエネルギーを

大量に消費してしまう。

(14) 藻類による次世代バイオ燃料の生産は、藻類の培養には大量の水資源を必要とするため、淡水由来の藻類を利用した場合、飲料水、農業用水、工業用水などの水資源が減少する懸念がある。

(15) 藻類による次世代バイオ燃料の生産にあたって、藻類は食物連鎖の底辺に位置し、プランクトンなどの上位の生物に食べられるため、コストの安い屋外培養は藻類が捕食される懸念がある。

(16) パーム油生産工場からのパーム椰子排水 (POME) は、ラグーンによる、従来設備では BOD 成分 (生物学的酸素要求量) 及び SS 成分 (懸濁固形物) を十分に低減できない。特に、好気性の生物処理により BOD 成分の低減は十分ではなく、SS 成分の低減も十分ではないという課題がある。

[0050] この発明は、前述した事情に鑑みてなされたものであって、パーム椰子油の生産に伴って生じたパーム椰子排水 (POME) を用いて、炭化水素産生藻類から藻類産生油を効率的に、かつ低コストに製造することが可能なバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0051] 上記の課題を解決するために、本発明の第 1 の態様は下記 (1) ~ (6) の構成を備える。

(1) 燃焼燃料として使用される燃料用ペレットであって、

パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄の圧縮成形体からなり、半炭化処理が施されていることを特徴とする燃料用ペレット。

[0052] この構成の燃料用ペレットにおいては、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄の圧縮成形体で構成されているので、パーム椰子の果房を収穫する際に伐採されるパーム葉柄を原料としており、供給量が多く、かつ、年間を通して供給量が安定しており、バイオマス燃料として安定供給することが可能となる。また、従来は有効利用されていなかったパーム葉柄 (OPP) をバイオマス燃料として利用することが可能となる。

[0053] さらに、半炭化処理を行っているので、燃焼用ペレットの含水量を低減することができるとともに、揮発成分も低減はするが単位重量当たりの熱量を向上させることができ、バイオマス燃料として特に適している。さらに、半炭化処理によって燃焼用ペレットの面が疎水性となり、水に接触した場合でも燃焼用ペレットが容易に崩壊することがなく、取り扱い性及び保管性に優れている。

(2) ハードグローブ粉砕性指数 (HGI) が 22 以上 50 以下の範囲内とされていることを特徴とする前記 (1) に記載の燃料用ペレット。

この場合、燃料用ペレットが十分な硬度を有しており、石炭等に混合して粉砕することが可能となる。よって、化石燃料である石炭の使用量を低減することができ、二酸化炭素の発生量の低減を図ることができる。

(3) 含水量が 12 % 以下とされていることを特徴とする前記 (1) 又は (2) に記載の燃料用ペレット。

この場合、含水量が十分に低減されているので、燃焼させた際に大きなエネルギーを得ることができ、バイオマス燃料として特に適している。

(4) 熱量が 20 kJ/kg 以上 24 kJ/kg 以下の範囲内とされていることを特徴とする前記 (1) から (3) のいずれか一つに記載の燃料用ペレット。

この場合、熱量が十分に高く、燃焼させた際に大きなエネルギーを得ることができ、バイオマス燃料として特に適している。

(5) 前記 (1) から (4) のいずれか一つに記載の燃料用ペレットの製造方法であって、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄を搾汁して樹液と搾汁残渣とを得る搾汁工程と、得られた前記搾汁残渣を破砕する破砕工程と、

前記破砕工程で得られたパーム葉柄破砕物を乾燥して水分調整する乾燥工程と、乾燥後のパーム葉柄破砕物を半炭化処理する半炭化処理工程と、半炭化処理されたパーム葉柄破砕物を粉砕する粉砕工程と、得られたパーム葉柄破砕物にパーム由来のリグニンを添加するとともに圧縮成形してペレット化

するペレット成形工程と、を備えていることを特徴とする燃料用ペレットの製造方法。

[0054] この構成の燃料用ペレットの製造方法においては、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄を搾汁して樹液と搾汁残渣を得て、得られた搾汁残渣を破碎し、得られたパーム葉柄破碎物を乾燥後、半炭化处理し、半炭化处理されたパーム葉柄破碎物をペレット製造に適切な寸法まで粉碎し、パーム椰子半炭化粉状物に必要な分のパーム由来のリグニンを添加し、圧縮成形してペレット化しているので、上述した燃料用ペレットを製造することができる。

また、搾汁工程によって樹液を採取することができ、この樹液をエタノールや乳酸の原料として使用することができる。また、樹液を採取することで粉碎物の状態での含水量を低減することができる。

[0055] バイオマスの主成分はセルロース、ヘミセルロース、リグニンであるが熱分解温度が高くなるにつれて分解物の量が多くなる。残差は炭であり、概ねその収率は10%～25%である。

バイオマスの熱分解工程では、先ず水分が蒸発（～110℃）、次いでヘミセルロースが約200～260℃、セルロースは240～340℃、リグニンは280～500℃で分解する。

ペレット固化にはリグニンが必要とされるが、半炭化・炭化の温度条件によりペレットを固化する役割のあるリグニンが熱分解する場合がある。その場合、半炭化、炭化物をペレット化する為には、別途リグニンを添加する必要がある。例えば、半炭化温度が200℃～350℃の温度条件によりペレット化する場合には280℃以上でリグニンの添加が必要となる場合が生じる。通常は別途リグニンを購入する必要があるが、添加するリグニンは、パームの由来のリグニン（例えば、葉柄部分の粉状物）を使用することができる。これにより、自己完結するペレット化が可能となる。

（6）前記（1）から（4）のいずれか一項に記載の燃料用ペレットの製造方法であって、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄を搾汁して樹液と搾汁残渣とを得る搾汁工程と、得られた前記搾汁残渣を破碎する破碎工

程と、得られたパーム葉柄破砕物を圧縮成形してペレット化するペレット成形工程と、ペレット成形された圧縮成形体を半炭化処理する半炭化処理工程と、を備えていることを特徴とする燃料用ペレットの製造方法。

[0056] この構成の燃料用ペレットの製造方法においては、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄を粉砕し、得られたパーム葉柄粉状物を圧縮成形してペレット化し、得られた圧縮成形体に対して半炭化処理を行っているので、上述した燃料用ペレットを製造することができる。

また、搾汁工程によって樹液を採取することができ、この樹液をエタノールや乳酸の原料として使用することができる。また、樹液を採取することで粉砕物の状態での含水量を低減することができる。

また、本発明の第2の態様は下記(7)～(12)の構成を備える。

(7) パーム椰子樹木から果房および該果房の周囲に生えるパーム枝葉をそれぞれ分離、収穫する収穫工程と、前記パーム枝葉を搾汁し、搾汁液および第1固形残渣に分離する搾汁工程と、前記搾汁液を発酵させ、バイオ燃料を製造するバイオ燃料製造工程と、前記バイオ燃料を用いて第1稼働用エネルギーを生成する第1エネルギー生成工程と、前記第1稼働用エネルギーをエネルギー源として用いて、前記第1固形残渣の圧縮成形体からなり半炭化処理が施された燃料用ペレットを製造する燃料用ペレット製造工程と、を備えたことを特徴とする固形バイオマス燃料の製造方法。

[0057] 本発明の第2の態様の固形バイオマス燃料の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉(OPF)、あるいはパーム古木(OPT)、パーム椰子殻(PKS)を用いて、固形バイオマス燃料を製造することで、パーム椰子の樹木全体を有効に利用することができる。

特に、パーム枝葉(OPF)は、パーム椰子の果房を収穫する際にほぼ2本伐採されるので、供給量が多く、かつ、年間を通して供給量が安定しており、固形バイオマス燃料の原料として安定供給することが可能となる。また、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉(OPF)を固形バイオマス燃料として利用することが可能となる。

- [0058] そして、固形バイオマス燃料の製造に必要なエネルギー源として、搾汁工程で得られた糖成分を多く含んだ搾汁液を発酵させてバイオ燃料を生成し、これを利用した第1稼働用エネルギーを用いることで、余剰エネルギーの有効利用を図り、低コストで固形バイオマス燃料の製造を可能にする。
- [0059] また、こうした余剰エネルギーの有効利用に伴って、木質廃棄物や糖成分を多く含んだ廃液の排出量を大きく減少させることが可能なため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

(8) 前記果房から果実を脱果させ、該果実および脱果後の空果房に分離する脱果工程と、前記果実を搾油し、粗パーム油および第2固形残渣に分離する第1搾油工程と、前記粗パーム油に加水した後、油水分離してパーム油を得る油水分離工程と、前記第2固形残渣から第2稼働用エネルギーを生成する第2エネルギー生成工程と、を更に備え、前記搾汁工程から前記燃料用ペレット製造工程までは、前記第1稼働用エネルギーに加えて前記第2稼働用エネルギーをエネルギー源として用いることを特徴とする前記(7)記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

(9) 前記搾汁工程の前工程として、パーム古木を破砕する第1破砕工程を更に備えたことを特徴とする前記(7)または(8)記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

(10) 燃料用ペレット製造工程は、前記第1固形残渣を破砕してパーム葉柄破砕物を得る第2破砕工程と、前記パーム葉柄破砕物の水分調整をする乾燥工程と、半炭化処理する半炭化処理工程と、半炭化処理されたパーム葉柄破砕物をペレット成形機の投入寸法に調整する粉碎工程と、粉碎後の半炭化処理されたパーム葉柄破砕物にリグニンを添加して前記ペレット成形機で投入圧縮成形してペレット化する圧縮成形工程と、を備えていることを特徴とする前記(7)から(9)のいずれか一つに記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

(11) 前記パーム葉が生える葉部および該葉部よりも果房側を成す葉柄

のうち、葉柄を用いることを特徴とする前記（７）から（１０）のいずれか一つに記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

（１２）前記搾汁工程には、前記パーム葉柄に加えて、更に前記パーム椰子樹木の樹幹が更に供給されることを特徴とする前記（７）から（１１）のいずれか一つに記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

前記固形バイオマス燃料の製造方法では、前記第２固形残渣は、搾油後の前記果実のパーム椰子殻およびパーム繊維を含み、前記燃料用ペレット製造工程には、前記第１固形残渣に加えて前記パーム椰子殻、前記パーム繊維が更に供給されてもよい。

また、前記燃料用ペレット製造工程には、前記第１固形残渣に加えて前記脱果工程からの空果房が更に供給されてもよい。

また、前記バイオ燃料製造工程は、搾汁液の発酵によってメタンガスを生成する過程を含んでもよい。

また、前記バイオ燃料は、メタンガスまたはバイオエタノールであってもよい。また、前記第１稼働用エネルギーは、前記バイオ燃料を駆動源として得られた電力、蒸気及び熱ガスのうち、少なくともいずれか１つであってもよい。

また、前記第２エネルギー生成工程は、前記空果房、前記パーム椰子殻、前記パーム繊維のうち少なくとも１つをボイラで燃焼させて得られる蒸気を駆動源として得られた電力、蒸気及び熱ガスであってもよい。

また、本発明の第３の態様は下記（１３）～（２０）の構成を備える。

（１３）パーム椰子樹木から果房および該果房の周囲に生えるパーム枝葉の一部パーム葉柄をそれぞれ分離、収穫する収穫工程と、前記パーム枝葉を搾汁し、搾汁液および第１固形残渣に分離する搾汁工程と、前記搾汁液を用いてバイオ燃料または食品原料のうち少なくとも１つを製造する加工品製造工程と、前記第１固形残渣の圧縮成形体からなり半炭化処理が施された燃料用ペレットを製造する燃料用ペレット製造工程と、前記搾汁液を用いて、前記燃料用ペレット製造工程のエネルギー源となる第１稼働用エネルギーを生

成する第1エネルギー生成工程と、を備えたことを特徴とする固形バイオマス燃料の製造方法。

[0060] 本発明の固形バイオマス燃料の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム葉柄（OPP）、あるいはパーム古木（OPT）、空果房（EFB）、椰子殻（PKS）を用いて、固形バイオマス燃料を製造することで、パーム椰子の樹木全体を有効に利用することができる。

特に、パーム葉柄（OPP）は、パーム椰子の果房を収穫する際にほぼ2本伐採されるので、供給量が多く、かつ、年間を通して供給量が安定しており、固形バイオマス燃料の原料として安定供給することが可能となる。また、従来は有効利用されていなかったパーム葉柄（OPP）を固形バイオマス燃料として利用することが可能となる。

（14）前記果房から果実を脱果させ、該果実および脱果後の空果房に分離する脱果工程と、前記果実を搾油し、粗パーム油および第2固形残渣に分離する第1搾油工程と、前記脱果工程で得られた前記空果房と、前記第1搾油工程で得られた前記第2固形残渣であるパーム椰子殻およびパーム繊維とから第2稼働用エネルギーを生成する第2エネルギー生成工程を備えたことを特徴とする前記（13）に記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

（15）前記粗パーム油に加水して懸濁させた後、油水分離してパーム油と分離水とを得る油水分離工程と、前記油水分離工程で得られた分離水から第3稼働用エネルギーを生成する第3エネルギー生成工程を更に備えたことを特徴とする前記（13）又は（14）に記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

[0061] 固形バイオマス燃料の製造に必要なエネルギー源として、油水分離工程で得られた分離水であるパーム椰子排水（POME）を利用した第3稼働用エネルギーを用いることで、未利用バイオマスエネルギーの有効利用を図り、低コストで固形バイオマス燃料の製造を可能にする。

[0062] また、こうした未利用バイオマスエネルギーPOME処理設備のラグーンから発生している膨大な温暖化ガスであるメタンを回収しエネルギー化する

事で安価に製造可能となった第3稼働用エネルギーを使用し、河川放流水を浄化する事、未利用バイオマス固形炭化物により、放流水の色素フミン酸を吸着する事等々、大気及び水質の環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

(16) 前記発酵工程の前工程として、前記搾汁液を濃縮する濃縮工程を更に備えたことを特徴とする前記(13)から(15)のいずれか一つに記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

(17) 前記搾汁工程の前工程として、パーム古木を破砕する第1破砕工程を更に備えたことを特徴とする前記(13)から(16)のいずれか一つに記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

パーム古木を、例えば50mm～150mm程度に破砕することによって、搾汁を効率的に行うことができる。

(18) 燃料用ペレット製造工程は、前記第1固形残渣を破砕してパーム枝葉破砕物を得る第2破砕工程と、前記パーム枝葉破砕物の水分調整をする乾燥工程と、半炭化処理する半炭化処理工程と、半炭化処理されたパーム枝葉破砕物をペレット成形機の投入寸法に調整する粉碎工程と、粉碎後の半炭化処理されたパーム枝葉破砕物にリグニンを添加して前記ペレット成形機で投入圧縮成形してペレット化する圧縮成形工程と、を備えていることを特徴とする前記(13)から(17)のいずれか一つに記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

前記ペレット成形工程に先立って、予め前記パーム枝葉破砕物を半炭化処理するか、または、前記ペレット成形工程の後に、前記ペレットを半炭化処理するかは、どちらも選べる。半炭化後にペレット化する場合は、半炭化物をペレット製造に適する寸法に粉碎する

粉碎工程と、ペレット製造に半炭化時に揮発したリグニンを添加するパーム由来リグニン添加過程を備えている。

(19) 前記パーム枝葉として、パーム葉が生える葉部および該葉部よりも果房側を成す葉柄のうち、葉柄を用いることを特徴とする前記(13)か

ら（１８）のいずれか一つに記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

前記（１３）から（１９）のいずれか一つに記載の固形バイオマス燃料の製造方法では、前記搾汁工程には、前記パーム枝葉に加えて、更に前記パーム椰子樹木の樹幹が更に供給されてもよい。

また、前記燃料用ペレット製造工程には、前記第１固形残渣に加えて前記脱果工程からの空果房が更に供給されてもよい。

また、前記第１エネルギー生成工程は、前記搾汁液の発酵によってメタンガスまたはバイオエタノールを生成する過程を含んでもよい。

また、前記第２エネルギー生成工程は、前記第１稼働用エネルギーおよび前記第３稼働用エネルギーを利用してよい。

また、前記第３エネルギー生成工程は、前記分離水からメタンガスまたはバイオエタノールを生成する過程を含んでもよい。

（２０）前記（１５）に記載の固形バイオマス燃料の製造方法を用いたハラール肥料の製造方法であって、前記分離水を原料とした前記第３エネルギー生成工程で生じた汚泥、または前記空果房の焼却灰、あるいは前記汚泥と前記焼却灰との混合物を原料として用い、前記第１稼働用エネルギー、前記第２稼働用エネルギー、前記第３稼働用エネルギーのうち少なくとも１つによってハラール肥料を製造するハラール肥料製造工程を備えたことを特徴とするハラール肥料の製造方法。

[0063] 本発明のハラール肥料の製造方法によれば、沈殿汚泥を用いて、窒素肥料とリン酸肥料の原料（ハラール肥料）を得ることができる。また、空果房の燃焼灰より、カリウム肥料の原料（ハラール肥料）を得ることができる。これらハラール肥料は、イスラム法に則ったハラールに基づく肥料である。

また、本発明の第４の態様は下記（２１）～（２４）の構成を備える。

（２１）パーム椰子樹木の果房の周囲に生えるパーム枝葉を炭化処理したバイオマス半炭化物と、褐炭を乾燥粉砕した粉状褐炭とを混合して圧縮成形した圧縮成形体からなることを特徴とするバイオマス改質炭。

[0064] 本発明のバイオマス改質炭によれば、従来は有効利用されていなかったパ

ーム産業由来未利用バイオマス資源を用いてバイオマス炭化物を製造するとともに、こうしたパーム椰子を得るパーム椰子農園の近傍に所在する炭鉱から得られた褐炭を乾燥、粉砕して乾燥褐炭を製造し、バイオマス炭化物と混合して圧縮成形することで、褐炭を混合しないでバイオマス炭化物のみで形成した燃料用ペレットと同等以上の発熱量を持ち、かつ、炭素分が多く硫黄分が少ない、燃料として優れた特性を有するバイオマス改質炭を実現できる。

(22) パーム椰子樹木からパーム油を得るパーム油生産プロセスと、パーム椰子樹木からリサイクル原料を得る収穫、分別プロセスと、前記リサイクル原料を炭化する炭化プロセスと、炭化した前記リサイクル原料と褐炭を混合してバイオマス改質炭を得るバイオマス改質炭製造プロセスと、を有することを特徴とするバイオマス改質炭の製造方法。

[0065] 本発明のバイオマス改質炭の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム椰子樹木由来のリサイクル原料を炭化物して、これにパーム椰子農園の近傍に所在する炭鉱から得られた褐炭を混合することによって、容易に、かつ低コストにバイオマス改質炭を製造することができる。

[0066] 炭化したリサイクル原料に褐炭を混合することで、パーム産業由来の未利用バイオマスであるリサイクル原料を有効に利用することができるとともに、バイオマス改質炭中に、パーム椰子農園の近傍で産出する褐炭を乾燥、粉砕して含ませることによって、長距離の輸送に適さず、かつ燃料としての特性が低い低品質炭である褐炭を低コストで有効利用することができる。

(23) 前記半炭化プロセスまたは前記パーム油生産プロセスのうち、少なくともいずれか一方で生じた排出物を用いて再生エネルギーを生成する再生エネルギー生成工程を備え、前記再生エネルギーを少なくともバイオマス改質炭製造プロセスの稼働エネルギー源として用いることを特徴とする前記(22)に記載のバイオマス改質炭の製造方法。

半炭化プロセスやパーム油生産プロセスの過程で生じる余剰物を用いて再生エネルギーを生成し、これをバイオマス改質炭製造プロセスの稼働エネル

ギー源として用いることによって、外部から電力や熱エネルギーなどの新たな稼働エネルギー源を導入することなく、低コストにバイオマス改質炭を製造することができ、また、カーボンフリーの実現にも寄与する。

(24) 前記収穫、分別プロセスは、前記パーム椰子樹木から果房および該果房の周囲に生える前記リサイクル原料であるパーム枝葉をそれぞれ分離、収穫する収穫工程を有し、前記半炭化プロセスは、前記パーム葉柄を搾汁し、搾汁液および第1固形残渣に分離する搾汁工程と、前記第1固形残渣を半炭化処理してバイオマス半炭化物を得る半炭化工程と、を有し、前記バイオマス改質炭製造プロセスは、褐炭を乾燥する褐炭乾燥工程と、乾燥後の前記褐炭を粉砕して粉状褐炭を得る褐炭粉砕工程と、前記粉状褐炭および前記バイオマス炭化物を混合して混合体を得る混合工程と、前記混合体を圧縮成形し、固形状のバイオマス改質炭を得る圧縮成形工程と、を有し、前記パーム油生産プロセスは、前記果房から果実を脱果させ、該果実および脱果後の空果房に分離する脱果工程と、前記果実を搾油し、粗パーム油および第2固形残渣に分離する第1搾油工程と、前記粗パーム油に加水して懸濁させた後、油水分離してパーム油と分離水とを得る油水分離工程と、を有することを特徴とする前記(22)又は(23)に記載のバイオマス改質炭の製造方法。

前記(24)に記載のバイオマス改質炭の製造方法では、前記再生エネルギー生成工程は、前記搾汁液を用いて、前記褐炭乾燥工程、前記褐炭粉砕工程、前記混合工程、前記圧縮成形工程のうち、少なくともいずれか1つの工程の稼働エネルギー源として用いる、前記再生エネルギーである第1稼働用エネルギーを生成する第1エネルギー生成工程を備えてもよい。

また、前記再生エネルギー生成工程は、前記空果房と、前記第2固形残渣であるパーム椰子殻およびパーム繊維とから、前記褐炭乾燥工程、前記褐炭粉砕工程、前記混合工程、前記圧縮成形工程のうち、少なくともいずれか1つの工程の稼働エネルギー源として用いる、前記再生エネルギーである第2稼働用エネルギーを生成する第2エネルギー生成工程を備えてもよい。

また、前記再生エネルギー生成工程は、前記分離水から、前記褐炭乾燥工程、前記褐炭粉碎工程、前記混合工程、前記圧縮成形工程のうち、少なくともいずれか1つの工程の稼働エネルギー源として用いる、前記再生エネルギーである第3稼働用エネルギーを生成する第3エネルギー生成工程を備えてもよい。

また、前記搾汁工程の前工程として、前記パーム椰子樹木のうち、収率の低下した樹齢が20年以上経過したパーム古木を破砕する第1破砕工程を更に備え、前記搾汁工程において前記パーム枝葉とともに前記パーム古木の破砕物を搾汁してもよい。

また、前記パーム枝葉として、パーム葉が生える葉部および該葉部よりも果房側を成す葉柄のうち、葉柄を用いてもよい。

また、前記搾汁工程には、前記パーム枝葉に加えて、更に前記パーム椰子樹木の樹幹が更に供給されてもよい。

また、前記半炭化工程には、前記第1固形残渣に加えて前記脱果工程からの空果房が更に供給されてもよい。

また、前記第1エネルギー生成工程は、前記搾汁液の発酵によってメタンガスまたはバイオエタノールを生成する過程を含んでもよい。

また、前記第3エネルギー生成工程は、前記分離水からメタンガスまたはバイオエタノールを生成する過程を含んでもよい。

また、本発明の第5の態様は下記(25)の構成を備える。

(25) パーム椰子樹木からパーム油を得るパーム油生産プロセスと、パーム椰子樹木からリサイクル原料を得る分別プロセスと、前記リサイクル原料からバイオマス半炭化物およびバイオエタノールを製造する半炭化プロセスと、前記パーム油生産プロセスで生じた排出物を用いてメタンを生成し、前記バイオエタノールとともに水蒸気改質によって水素を得る水素製造プロセスと、を有し、

前記水素製造プロセスは、前記パーム油生産プロセスで生じた排出物を用いて生成した再生エネルギーを稼働エネルギー源として用いることを特徴と

するバイオマス資源を用いた水素の製造方法。

[0067] 本発明のバイオマス資源を用いた水素の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉（OPF）、あるいはパーム古木（OPT）、空果房（EFB）、単純焼却していたパーム椰子殻（PKS）、パーム繊維（Fiber）といったリサイクル原料や、パーム油生産プロセスで生じた排出物を用いてメタンやバイオエタノールを製造し、また、余剰エネルギーを利用して水蒸気を生成し、これらから水蒸気改質によって水素を生成するので、新規に外部から原料やエネルギー供給することなく、極めて低コストに水素を得ることが可能になる。そして、パーム椰子産業で生じる未利用物が廃棄物として排出されることなく再利用されることにより、排水の浄化・温暖化ガスの発生抑制が可能なため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与することができる。

前記（25）記載の水素の製造方法では、前記分別プロセスは、パーム椰子樹木から果房および該果房の周囲に生えるパーム枝葉をそれぞれ分離、収穫する収穫工程を備え、前記半炭化プロセスは、前記パーム枝葉を搾汁し、搾汁液および第1固形残渣に分離する搾汁工程と、前記搾汁液を発酵させ、バイオエタノールを製造するバイオエタノール製造工程と、前記第1固形残渣を半炭化させバイオマス半炭化物を得る半炭化工程と、を備え、前記パーム油生産プロセスは、前記果房から果実を脱果させ、該果実および脱果後の空果房に分離する脱果工程と、前記果実を搾油し、粗パーム油および第2固形残渣に分離する搾油工程と、前記粗パーム油に加水して懸濁させた後、油水分離してパーム油および分離水を得る油水分離工程と、を備え、前記水素製造プロセスは、前記バイオエタノールをガス化させる第1ガス化工程と、前記分離水を発酵させてメタンを製造するメタン製造工程と、前記搾油工程で得られた前記第2固形残渣であるパーム椰子殻およびパーム繊維から、水蒸気、電力、および熱エネルギーを生成するエネルギー生成工程と、前記バイオエタノールガス、前記メタン、および前記エネルギー生成工程で得られた水蒸気から、水蒸気改質法によって水素を生成する水蒸気改質水素生成工

程と、を備えてもよい。

また、前記水蒸気改質水素生成工程は、前記バイオエタノールガスおよび前記メタンを前記水蒸気と反応させる反応工程、前記反応工程によって生じた水素と一酸化炭素および二酸化炭素とを分離する分離工程、を少なくとも含んでもよい。

また、前記半炭化プロセスは、前記バイオマス半炭化物を圧縮成形してペレット化して固形バイオマス燃料を得る圧縮成形工程を更に備えてもよい。

また、褐炭を乾燥する褐炭乾燥工程と、乾燥後の前記褐炭を粉砕して粉状褐炭を得る褐炭粉砕工程と、前記粉状褐炭から一酸化炭素を発生させる第2ガス化工程とを含むバイオマス改質炭製造プロセスを更に備え、前記一酸化炭素を前記水蒸気改質水素生成工程に更に加えてもよい。

また、前記エネルギー生成工程で得られた電力ないし熱エネルギーを、前記水蒸気改質水素生成工程の稼働エネルギー源として用いてもよい。

また、前記水素製造プロセスは、前記エネルギー生成工程で得られた電力を用いて水を電気分解する水電解法によって水素を生成する水電解水素生成工程を更に備えてもよい。

また、前記パーム枝葉として、パーム葉が生える葉部および該葉部よりも果房側を成す葉柄のうち、葉柄を用いてもよい。

また、前記搾汁工程には、前記パーム枝葉に加えて、更に前記パーム椰子樹木の樹幹が供給されてもよい。

[0068] パーム椰子排水（POME）の処理について、例えば後述する日本のメーカー（株式会社クボタ）の膜型メタン発酵システムと膜を利用した排水処理設備を併設すれば、厳格化される排水処理基準値をクリアする事が可能となる。よって既存の広大なオープンラグーンによる排水処理は不要となり、使用しなくなったオープンラグーンでの藻類産生油という、新たな利用方法が生まれる事となる。

上記課題を解決するため、本発明の第6の態様は下記（26）の構成を備える。

(26) パーム椰子樹木からパーム椰子を収穫して部位ごとに分ける分別プロセスと、前記分別プロセスで分けられた前記パーム椰子の果房からパーム油を生産するパーム油生産プロセスと、前記パーム椰子から燃料用ペレットの原料となるバイオマス半炭化物を製造する半炭化プロセスと、前記パーム油生産プロセスで生じたパーム椰子排水および炭化水素産生藻類から藻類産生油を製造する藻類産生油製造プロセスと、を有し、前記藻類産生油製造プロセスは、前記パーム油生産プロセスで生じた排出物を用いて生成した再生エネルギーを前記炭化水素産生藻類の育成エネルギー源として用いることを特徴とするバイオマス資源を用いたバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法。

[0069] 本発明の第6の態様のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉(OPF)、あるいはパーム古木(OPT)、空果房(EFB)、単純焼却していたパーム椰子殻(PKS)、パーム繊維(Fiber)を用いてメタンやバイオエタノールを製造し、また、余剰エネルギーを利用して水蒸気や電力を生成し、これら再生可能エネルギーを用いて炭化水素産生藻類を育成し、育成した炭化水素産生藻類から藻類産生油を分離するので、新規に外部から原料やエネルギー供給することなく、低コストに藻類産生油(グリーンオイル)を得ることが可能になる。従来は製造コストの面から課題の多かった藻類産生油(グリーンオイル)の生産コストを低減できることで、藻類産生油(グリーンオイル)の産業レベルでの普及に寄与する。

前記(26)記載の藻類産生油の製造方法では、前記分別プロセスは、前記パーム椰子樹木から前記果房および該果房の周囲に生えるパーム枝葉をそれぞれ分離、収穫する収穫工程を備え、前記半炭化プロセスは、前記パーム枝葉を搾汁し、搾汁液および第1固形残渣に分離する搾汁工程と、前記第1固形残渣を半炭化させバイオマス半炭化物を得る半炭化工程と、前記バイオマス半炭化物を圧縮成形してペレット化して固形バイオマス燃料を得る圧縮成形工程と、前記搾汁液を発酵させ、バイオエタノールを製造するバイオエ

タノール製造工程と、を備え、

前記パーム油生産プロセスは、前記果房から果実を脱果させ、該果実および脱果後の空果房に分離する脱果工程と、前記果実を搾油し、粗パーム油および第2固形残渣に分離する搾油工程と、前記粗パーム油に加水して懸濁させた後、油水分離してパーム油と前記パーム椰子排水とを得る油水分離工程と、を備え、前記藻類産生油製造プロセスは、前記炭化水素産生藻類に炭化水素からなる藻類産生油を産生させる藻類育成工程と、前記炭化水素産生藻類に産生させた前記藻類産生油を分離する藻類産生油分離工程と、を備えてもよい。

また、前記藻類産生油製造プロセスは、前記藻類産生油分離工程で排出される脱油後の前記炭化水素産生藻類を含む排水を活性炭によって脱色させる活性炭処理工程を更に備えてもよい。

また、前記搾油工程で得られた前記第2固形残渣であるパーム椰子殻およびパーム繊維から、水蒸気と、電力ないし熱エネルギーとを生成するエネルギー生成工程を更に備えてもよい。

また、前記エネルギー生成工程で生成された電力ないし熱エネルギーを、前記藻類産生油製造プロセスの稼働エネルギーとして供給してもよい。

また、前記バイオエタノールをガス化させる第1ガス化工程と、前記油水分離工程で得られた前記パーム椰子排水から発酵によってメタンを製造するメタン製造工程と、前記第1ガス化工程で得られたバイオエタノールガス、前記メタン製造工程で得られたメタン、および前記エネルギー生成工程で得られた水蒸気から、水蒸気改質法によって水素を生成させる水蒸気改質水素生成工程と、を含む水素生成プロセスを更に備えてもよい。

また、褐炭を乾燥する褐炭乾燥工程と、乾燥後の前記褐炭を粉砕して粉状褐炭を得る褐炭粉砕工程と、前記粉状褐炭およびバイオマス炭化物を混合して混合体を得る混合工程と、前記混合体を圧縮成形し、固形状のバイオマス改質炭を得る圧縮成形工程と、を含むバイオマス改質炭製造プロセスを更に備えてもよい。

また、前記パーム枝葉として、パーム葉が生える葉部および該葉部よりも果房側を成す葉柄のうち、葉柄を用いてもよい。

また、前記搾汁工程には、前記パーム枝葉に加えて、更に前記パーム椰子樹木の樹幹が供給されてもよい。

[0070] 上記構成を有する本発明の第6の態様では、大量の水資源を必要とするグリーンオイル生産において、パーム産業自体の必須条件である降水量と、パーム産業由来未利用バイオマス資源の存在が、藻類産生油とパーム産業の共存を条件とするベストマッチな藻類産生油の製造方法を提供できる。

[0071] また、既存のオープンラグーンによるパーム椰子排水（POME）処理に、高度嫌好気排水処理工程を導入することにより、規制強化される排水処理基準を順守する事を前提にし、その処理水と、不要になる旧オープンラグーンを活用した藻類産生油の製造方法を提供できる。

発明の効果

[0072] 本発明の第1の態様によれば、パーム枝葉（OPF）をバイオマス燃料として利用することが可能な燃料用ペレット、及び、この燃料用ペレットの製造方法を提供することができる。

[0073] また、本発明の第2の態様によれば、パーム枝葉（OPF）をバイオマス燃料として有効利用することを可能にする固形バイオマス燃料の製造方法を提供することができる。

[0074] また、本発明の第3の態様によれば、パーム枝葉（OPF）をバイオマス燃料として有効利用する為に、第2稼働用エネルギーの利用と、未利用バイオマス資源であるPOMEを有効利用する事による、メタンガスによる温暖化防止と、POME処理排水による、水質汚染を防止することが可能な固形バイオマス燃料の製造方法を提供することができる。

[0075] また、本発明の第3の態様によれば、分離水を原料とした第3エネルギー生成工程で生じた汚泥、または空果房の焼却灰、あるいは汚泥と焼却灰との混合物を原料として用い、第1稼働用エネルギー、第2稼働用エネルギー、第3稼働用エネルギーのうち少なくとも1つによって、イスラム法に則った

ハラル肥料を製造することができる。

[0076] また、本発明の第4の態様によれば、褐炭などの低品位炭を多く産出し、かつ大規模なパーム椰子産業が存在する環境において、パーム油の生産に伴い生じる余剰エネルギー及びパーム産業由来未利用バイオマスと褐炭とを用いた、発熱量が高く、輸送性、取扱い性に優れたバイオマス改質炭及びその製造方法を提供することができる。

[0077] また、本発明の第5の態様によれば、パーム椰子の未利用部位を再生可能エネルギーを用いて得られたメタンやバイオエタノールを、外部エネルギーを消費することなくカーボンニュートラルで水素に改質することができるバイオマス資源を用いた水素の製造方法を提供することができる。

[0078] また、本発明の第6の態様によれば、パーム椰子油の生産に伴って生じたパーム椰子排水（POME）を用いて、炭化水素産生藻類から藻類産生油を効率的に、かつ低コストに製造することが可能なバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0079] [図1]本発明の第1～6実施形態である燃料用ペレットの原料となるパーム枝葉の概略説明図である。

[図2]本発明の第1～6実施形態である燃料用ペレットの概略説明図である。

[図3]本発明の第1実施形態である燃料用ペレットの製造方法を説明するフロー図である。

[図4]本発明の第1実施形態である燃料用ペレットの製造方法を説明するフロー図である。

[図5]本発明の固形バイオマス燃料の製造手順を模式的に示した概略説明図である。

[図6]本発明の固形バイオマス燃料の製造方法を段階的に示したフローチャートである。

[図7]パーム椰子の各構成部位を示す説明図である。

[図8]パーム椰子の果実の断面を示す模式図である。

[図9]本発明の固形バイオマス燃料の製造方法及びハラル肥料の製造手順を模式的に示した概略説明図である。

[図10]本発明の固形バイオマス燃料の製造方法及びハラル肥料の製造方法を段階的に示したフローチャートである。

[図11]本発明のバイオマス改質炭の製造方法の概要を示したブロック図である。

[図12]本発明のバイオマス改質炭の製造方法を模式的に示した概略説明図である。

[図13]本発明のバイオマス改質炭の製造方法を段階的に示したフローチャートである。

[図14]本発明のバイオマス資源を用いた水素の製造方法の概要を示したブロック図である。

[図15]本発明のバイオマス資源を用いた水素の製造方法を模式的に示した概略説明図である。

[図16]本発明のバイオマス資源を用いた水素の製造方法を段階的に示したフローチャートである。

[図17]本発明のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法の概要を示したブロック図である。

[図18]本発明のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法を模式的に示した概略説明図である。

[図19]本発明のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法を段階的に示したフローチャートである。

[図20]本発明のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法を段階的に示したフローチャートである。

[図21]マレーシア（クアラルンプール）における月毎の平均気温と降水量とを示すグラフである。

[図22]本発明の第1から第6までの実施形態における原材料、中間生産物、最終生産物、工程及びエネルギーを示す概略フローである。

発明を実施するための形態

[0080] (第1の実施形態)

[0081] 以下に、本発明の第1の実施形態に係る燃料用ペレット、及び、燃料用ペレットの製造方法について、添付した図面を参照して説明する。

本実施形態である燃料用ペレット120は、パーム椰子の生鮮果房(F F B)の周囲に生えるパーム枝葉(OP F)を原料とするものである。

[0082] パーム椰子からパーム油を採取するパーム油生産プラントにおいては、以下のようにしてパーム油を製造している。

まず、パーム農場で栽培されたパーム椰子の生鮮果房(F F B)を収穫し、収穫された生鮮果房(F F B)を蒸煮して果実を取り出す。得られた果実を搾汁精製し、パーム油の原油を得る。圧縮精製した際に得られた残渣は、パーム核と中果皮繊維とに分離される。

パーム核はさらに核と殻(P K S)に分離され、核から核油が生産される。殻(P K S)と中果皮繊維(F i b e r)はボイラ等の燃焼燃料として利用される。

[0083] ここで、パーム椰子の生鮮果房(F F B)を収穫する際には、生鮮果房(F F B)の周囲に生えているパーム枝葉(OP F)を伐採する必要がある。なお、1つの生鮮果房(F F B)を収穫する際には、2本のパーム枝葉(OP F)が伐採されることになる。

パーム椰子は熱帯雨林地方で栽培されており、1本のパーム椰子において年間で約11個の生鮮果房(F F B)が収穫可能であり、この収穫の際に2本のパーム枝葉(OP F)が伐採されることとなる。このため、パーム枝葉(OP F)は、年間を通じて安定して多量に得られることになる。

このパーム枝葉(OP F)は、含水量が多く燃料に不適であったため、従来は、有効活用されることなく、農場に放置されていた。本実施形態である燃料用ペレット120は、上述のパーム枝葉(OP F)をバイオマス燃料として有効活用するものである。

[0084] 図1に示すように、パーム枝葉(OP F)110は、葉柄(OP P : O i

l Palm Petiole) 111と葉部112とを備えている。ここで、現地の農場では、パーム枝葉(OPF) 110を、パーム椰子の果房を狙う野ネズミを退治する蛇の棲み処として利用していることから、本実施形態においては、葉部112は農場に残しておき、葉柄(OPP) 111を燃料用ペレット120の原料とする。もちろん、葉部112も含めて燃料用ペレット120の原料とすることも可能である。なお、パーム枝葉(OPF) 110において、葉柄(OPP) 111と葉部112との重量比はおよそ50 : 50である。

[0085] そして、本実施形態である燃料用ペレット120は、上述したパーム枝葉(OPF) 110の粉碎物を半炭化処理し、これを圧縮成形したものである。本実施形態である燃料用ペレット120においては、図2に示すように、例えば概略円柱形状をなしており、直径D : 4 mm以上20 mm以下、長さL : 5 mm以上100 mm以下の範囲内とされている。

また、その嵩比重が0.65以上0.85以下の範囲内とされている。

[0086] そして、本実施形態である燃料用ペレット120においては、半炭化処理によって水分及び揮発成分が除去されており、燃料用ペレット120における含水量は12%以下に調整されており、熱量が20 kJ/kg以上24 kJ/kg以下の範囲内とされている。

本実施形態である燃料用ペレット120においては、原材料にパーム枝葉(OPF)のうち、ヘミセルロース含量が低い葉柄(OPP)を使用しているため、半炭化処理後の質量当たりの熱量が、パーム枝葉(OPF)全体を使用したものよりも高くなる。バイオマスには主要成分としてヘミセルロース、リグニン及びセルロースが含まれる。これらのうち、半炭化処理における加熱温度が低い段階で、最も大きな重量低減を受けるのはヘミセルロースである(平成23年度～平成24年度成果報告書「バイオマスエネルギー技術研究開発 戦略的次世代バイオマスエネルギー利用技術開発事業(実用化技術開発) 石炭火力微粉炭ボイラーに混焼可能な新規バイオマス固形燃料の研究開発」(日本製紙株式会社)新エネルギー・産業技術総合開発機構)。

そのため、本実施形態である燃料用ペレット１２０においては、原材料にパーム枝葉（ＯＰＦ）のうち、ヘミセルロース含量が低い葉柄（ＯＰＰ）を使用しているため、半炭化処理後の質量当たりの熱量が、パーム枝葉（ＯＰＦ）全体を使用したものよりも高くなる。

さらに、本実施形態である燃料用ペレット１２０においては、ＪＩＳ Ｍ ８８０１で規定されているハードグローブ粉砕性指数（ＨＧＩ）が２２以上５０以下の範囲内とされている。

本実施形態である燃料用ペレット１２０においては、原材料にパーム枝葉（ＯＰＦ）のうち、セルロース含量が低い葉柄（ＯＰＰ）を使用しているため、半炭化処理後の粉砕性が、パーム枝葉（ＯＰＦ）全体を使用したものよりも向上する。セルロース含量が多い、すなわち繊維質成分の含有量が多いと、粉砕性は低下し、その結果、石炭火力における混焼率も低下する。

そのため、本実施形態である燃料用ペレット１２０においては、原材料にパーム枝葉（ＯＰＦ）のうち、セルロース含量が低い葉柄（ＯＰＰ）を使用しているため、半炭化処理後の粉砕性が高く、石炭火力における混焼率も向上する。

原材料に樹木の木質部を原材料としたペレットは、パーム枝葉（ＯＰＦ）全体を使用したペレットよりもさらに多くのセルロースを含有する。従って、本実施形態である燃料用ペレット１２０は、木質由来のペレットよりも、半炭化処理後の粉砕性がより高く、石炭火力における混焼率もより向上する。

また、本実施形態である燃料用ペレット１２０においては、半炭化処理によって燃料用ペレット１２０の表面は疎水性を有しており、耐水性が向上されている。すなわち、本実施形態である燃料用ペレット１２０を水に浸漬しても、容易に崩壊せずに形状が維持されることになる。

また、本実施形態である燃料用ペレット１２０においては、葉柄（ＯＰＰ）を事前に水洗しておくことにより、半炭化処理後の燃料用ペレットのカリウム含有量を、パーム枝葉（ＯＰＦ）全体を使用したものよりも顕著に低減

させることができる。

これは、単一素材である葉柄（OPP）の方が、異なる素材の混在するパーム枝葉（OPF）全体よりも、水洗によるカリウム除去が容易であるためである。

また、同様の理由で、葉柄（OPP）を事前に水洗しておくことにより、半炭化処理後の燃料用ペレットの塩素含有量を、パーム枝葉（OPF）全体を使用したものよりも顕著に低減させることができる。

[0087] 次に、上述した本実施形態である燃料用ペレット120の製造方法について、図3のフロー図を用いて説明する。

まず、農場よりパーム枝葉（OPF）110の葉柄（OPP: Oil Palm Petiole）111を入荷する。入荷した葉柄（OPP）111を洗浄・脱水、粗破碎後、搾汁し、樹液を採取する（搾汁工程S101）。なお、得られた樹液は、エタノールや乳酸の原料として使用される。また、この樹液から得られるバイオガスを、当該製造方法におけるエネルギー源として利用することもできる。

[0088] 洗浄・脱水した葉柄（OPP）を、圧搾の効率化を考慮し、粗破壊（おおよそ50mm～150mm）する。OPP粗破碎品を搾汁して得られた搾汁残渣を破碎して葉柄（OPP）破碎物を得る（破碎工程S102）。ここで、本実施形態においては、破碎工程S102で得られる葉柄（OPP）破碎物の寸法が、後段の乾燥工程S103、半炭化工程での破碎動力と乾燥・半炭化エネルギーの折り合う最適サイズになるように、おおよそ10mm～30mm範囲で破碎条件を調整する。なお、破碎方法に特に限定はなく、既存の手法を適宜選択して採用すればよい。

すなわち、乾燥工程S103においては原料のサイズは小さいほど効率良く乾燥でき、半炭化工程においても原料のサイズは小さいほど効率良く半炭化できるが、原料を小さく破碎するためには、大きな動力が必要となる。このため、取り扱い性等も考慮して葉柄（OPP）破碎物の寸法を設定することが好ましい。

[0089] 次に、得られたパーム葉柄（OPP）破砕物を、水分調整を目的として乾燥する（乾燥工程S103）。

そして、乾燥工程S103を実施後に、半炭化炉に装入して半炭化処理を施す（半炭化処理工程S104）。ここで、半炭化処理工程S104の条件は、保持温度が200℃以上350℃以下、保持時間が5min以上90min以下、炉内雰囲気酸素濃度が低減された雰囲気にしなければならない。

この半炭化処理工程S104において、水分と揮発成分とが低減される。これにより、単位重量当たりの発熱量が向上する。例えば、半炭化処理によって重量が30%低減され、熱量が10%低減した場合には、半炭化処理前後で単位重量当たりのエネルギーは約1.3倍となる。

[0090] 次に、半炭化処理されたパーム葉柄（OPP）破砕物をペレット化する最適サイズに粉砕する（粉砕工程S105）。例えば、径8mmのペレット製造時には、粉砕物のサイズは10mm以下とすることが好ましい。粉砕する手段としては、ハンマーミル、コーンミル、ピンミル等の既存設備を適宜選択して使用することができる。

そして、得られたパーム枝葉粉砕物に対してパーム由来のリグニンを添加し、これを圧縮成形してペレット化する（ペレット成形工程S106）。ここで、圧縮成形方法に特に限定はなく、既存の手法を適宜選択して採用すればよい。

以上の工程により、本実施形態である燃料用ペレット120が製造される。

[0091] 以上のような構成とされた本実施形態である燃料用ペレット120においては、パーム椰子の新鮮果房（FFB）を収穫する際に伐採されるパーム葉柄（OPP）111を原料としていることから、原料の供給量が多く、かつ、年間を通して供給量が安定しており、バイオマス燃料として安定供給することが可能となる。また、従来は有効利用されていなかったパーム葉柄（OPP）111をバイオマス燃料として利用することが可能となる。

[0092] さらに、本実施形態においては、パーム葉柄（OPP）111を破碎して得られたパーム葉柄破碎物に対して半炭化処理を行い、この半炭化処理を施したパーム葉柄破碎物を、粉碎後、圧縮成形することによってペレット化されているので、燃料用ペレット120における含水量を低減することができるとともに、揮発成分を除去することで単位重量当たりの熱量を向上させることができる。

さらに、半炭化処理によって燃料用ペレット120の表面が疎水性となり、水に接触した場合でも燃料用ペレット120が容易に崩壊することがなく、取り扱い及び保管性に優れている。

[0093] さらに、本実施形態である燃料用ペレット120においては、JIS M8801で規定されているハードグローブ粉碎性指数（HGI）が22以上50以下の範囲内とされているので、燃料用ペレット120が十分な硬度を有しており、石炭等に混合して粉碎することが可能となる。よって、化石燃料を使用している火力発電所等において、石炭の代用として本実施形態である燃料用ペレット120を混在させて使用することができ、石炭等の使用量を低減することが可能となる。

[0094] また、本実施形態である燃料用ペレット120においては、含水量が12%以下とされており、含水量が十分に低減されているので、燃焼させた際に大きなエネルギーを得ることができ、バイオマス燃料として特に適している。

本案件の半炭化ペレットについては、規格が無く、半炭化する前の木質ペレットでは、Enpulus A1 欧州規格（ISO17225-2）では、含水率 $\leq w/t$ 10%であり、日本木質ペレット協会規格（JPA規格）では、湿式基準含水率 $\leq 10\%$ となっており、下限値は無く、10%以下であれば良いとしている。

さらに、本実施形態である燃料用ペレット120においては、熱量が20 kJ/kg以上24 kJ/kg以下の範囲内とされているので、熱量が十分に高く、燃焼させた際に大きなエネルギーを得ることができ、バイオマス燃

料として特に適している。

電力研究所「混焼率向上を目指した新規バイオマス燃料の評価」第1表によると、発熱量は木質チップ： $(2, 508 \text{ kcal/kg}) \rightarrow$ 低温炭化（半炭化）： $(4, 474 \text{ kcal/kg})$ と上昇エネルギー密度は木質チップ： $(3.57 \text{ GJ/m}^3) \rightarrow$ 低温炭化（半炭化）： (12.7 GJ/m^3) となっている。より好ましい範囲は、範囲ではなくより石炭に近い発熱量とエネルギー密度と言える。

[0095] また、本実施形態である燃料用ペレット120においては、図2に示すように、概略円柱形状をなしており、直径D：4mm以上20mm以下、長さL：5mm以上100mm以下の範囲内とされており、嵩比重が0.65以上0.85以下の範囲内とされているので、取り扱い性、搬送性に優れている。

以上で説明したペレット120に係る構成は、後述の実施例2～6に記載されるペレット120にも同様に適用することができる。

[0096] さらに、本実施形態においては、パーム葉柄（OPP）111を搾汁して樹液を採取する搾汁工程S101を有しているので、搾汁工程S101で採取された樹液からエタノールや乳酸を生産することが可能となる。また、この樹液から得られたバイオマスガス等を当該製造方法のエネルギー源として利用することが可能となる。

[0097] また、本実施形態では、半炭化工程の後に粉碎工程S105を有しているので、粉碎に要するエネルギーを低く抑えることができる。

さらに、本実施形態では、ペレット成形工程S106でパーム由来のリグニンを添加しているので、別途リグニンを購入する必要がなく、自己完結で燃料用ペレットを製造することが可能となる。

[0098] 以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明はこれに限定されることはなく、その発明の技術的思想を逸脱しない範囲で適宜変更可能である。

例えば、本実施形態では、図2に示すように概略円柱形状をなす燃料用ペ

レットを例に挙げて説明したが、これに限定されることはなく、その他の形状であってもよい。

[0099] また、本実施形態では、図3のフロー図に示すように、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄を搾汁して樹液と搾汁残渣とを得る搾汁工程S101と、得られた前記残渣を破碎する破碎工程S102と、前記破碎工程S102で得られたパーム葉柄破碎物を乾燥して水分調整する乾燥工程S103と、乾燥後のパーム葉柄破碎物を半炭化処理する半炭化処理工程S104と、半炭化処理されたパーム葉柄破碎物を粉碎する粉碎工程S105と、得られたパーム枝葉粉碎物にパーム由来のリグニンを添加するとともに圧縮成形してペレット化するペレット成形工程S106を有する製造工程で燃料用ペレットを製造するものとして説明したが、これに限定されることはなく、図4のフロー図に示すように、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム枝葉からの葉柄を搾汁して樹液と搾汁残渣とを得る搾汁工程S101と、得られた前記搾汁残渣を破碎する破碎工程S102と、得られたパーム葉柄破碎物を圧縮成形してペレット化するペレット成形工程S106と、ペレット成形された圧縮成形体を半炭化処理する半炭化処理工程S104と、を有する製造工程で燃料用ペレットを製造してもよい。

(第2の実施形態)

[0100] まず始めに、本発明の第2の実施形態の技術的背景について説明する。

バイオマスは植物に由来する有機物であり、その育成過程において大気中のCO₂を吸収しながら成長するため、これらを燃焼させても追加的なCO₂を排出しないカーボンニュートラルという特徴がある。一般的に、従来のバイオマス資源である木質ペレット（ホワイトペレット）の欠点は、（1）石炭と比較すると発熱量が低い、（2）粉碎性が悪い為、石炭混焼率が最大で3wt%程度に過ぎない、（3）自然発熱しやすい、（4）親水性で、吸湿により湿潤すると形状劣化し、含水率が不安定、といったことが挙げられる。特に、日本国内での利用を考えると、海外バイオマス資源の安定供給（資源確保、ロジスティック）に不確実性がある。また、バイオマス燃料の持続可

能性の不確実性がある。

[0101] そこで木質バイオマス資源に対して、上述した欠点を克服するための技術が、本発明で述べる半炭化技術となる。半炭化ペレット化（ブラックペレット）の特徴として、（１）発熱量が大きい、（２）解砕性、および混焼性に優れる、（３）疎水性により取扱い性が向上する、（４）自然発熱も炭化温度によってほぼ無くすることができる、などの優れた特徴がある。但し、半炭化ペレット（ブラックペレット）の製造には、高い素材コストに加えて、製造コスト（エネルギーコスト、設備コスト、人件費コスト等）と搬送コストが発生し、販売単価（熱量／kg）が上昇する為、従来は経済的に成り立っておらず、産業レベルでの実例は殆ど見られなかった。

[0102] 特に日本国内ではバイオマス資源量が少なく、製造コストも高くなるため、従来は半炭化ペレット（ブラックペレット）を製造するメリットを見出すことは難しいのが現状であった。

本発明では、こうした半炭化ペレット（ブラックペレット）に係る経済性、産業化困難性等の諸問題を解決する。

[0103] 半炭化ペレットの産業化の要件として、（Ａ）バイオマス資源の安定確保（資源確保とロジスティック）、（Ｂ）バイオマス資源由来製品の経済的生産の持続性、（Ｃ）バイオマス資源由来製品製造に関する技術的課題の解決、（Ｄ）パーム油産業立地地域及び相手国とのWin-Winの関係構築、などが挙げられる。

[0104] （Ａ）バイオマス資源の安定確保としては、新規の未利用バイオマス資源化工場を、大規模なパーム油産業が存在する代表例であるマレーシア、インドネシアの既存パーム搾油工場に隣接または同一場所に設置する事により、既存パーム油産業と協業することにより、種々のバイオマス資源を安定的に入手可能にすることができる。

[0105] 一例として、マレーシアにおけるパーム油産業のバイオマス資源量を例示する。

EFB ≒ 7 百万トン／年、OPF ≒ 25 百万トン／年（Petioleのみ）、O

P T ≒ 20 百万トン／年、P K S ≒ 5 百万トン／年、F i b e r ≒ 8 百万トン／年、P O M E ≒ 64 百万トン／年。参考までに、インドネシアには、マレーシアの約1.3倍量のバイオマス資源があるとされている。

[0106] これらバイオマス資源の内、既存のパーム搾油工場では、P K S と F i b e r のみが利用されており、それ以外の部位は現状では有効利用されていない。そこで、資源確保の意味で、バイオマス資源であるE F B、O P F (O P P) (含む搾汁液)、O P T (含む搾汁液)、P K S、F i b e r、P O M Eの利用を行う。特に、P K S、F i b e rに関しては、高付加価値化が可能である。また、季節変動によるこれらバイオマス資源の入荷の安定性については、四季の無いマレーシア、インドネシアにおいては、雨期による若干の入荷量変動はあるが、極めて安定的にパーム由来バイオマス資源が発生するため、安定してバイオマス資源を入手することができる。

[0107] また、現地のパーム油産業との協業により、既存のF F B入荷及び製品出荷のロジスティックがそのままO P Pの入荷、新規の未利用バイオマス資源化工場で生産された製品群の出荷に利用することができ、O P Tは現地植替え業者による入荷が可能である。更に、立地上、既存パーム搾油工場から、E F B、P K S、F i b e r、P O M Eの横持ちが極めて容易であり、経済性が高い。

[0108] (B) バイオマス資源由来製品の経済的生産の持続性としては、資源価格と、ロジスティック費用、製造費用等は、パーム油産業がある現地の既存パーム搾油工場との協業により達成できる。

素材コストは、例えばマレーシア、インドネシアのパーム油産業において、E F B、O P P、O P T、P O M Eは、現状では廃棄物、処理困難物、環境汚染対象物であり、素材コストとしてほぼ無価値となっている。

P K S、F i b e rは、搾油工場内のボイラ燃料として熱利用されているが、E F B等の未利用バイオマスを代替燃焼利用する事により、それらは外販燃料としての価値が新たに生まれる。

[0109] エネルギーコストは、既存のパーム油産業と協業する最も重要なポイント

であり、上述した素材コストとしてほぼ無価値な E F B、O P P、O P T、P O M E と、余剰が見込まれる P K S、F i b e r をエネルギー資源として利用することによって、大きな低減効果が得られる。例えば、（１）E F B（既存パーム搾油工場の廃棄物）：脱水技術＋低温燃焼技術により熱エネルギーを回収する。（２）O P P、O P T からの搾汁液（新規の未利用バイオマス資源化工場からの産物）：発酵によってメタンガス、エタノールに変換し、熱エネルギー、発電用燃料として使用する。（３）P O M E（既存パーム搾油工場の廃液、環境汚染対象物）：バイオマスガス抽出技術によりメタンガス変換し、熱エネルギー、発電用燃料として使用する。

[0110] P K S、F i b e r（余剰が見込まれる産物）：副産物として得られる P K S、F i b e r は、既存パーム搾油工場に於いては燃料として使用しきれない場合、余剰物として廃棄物処理する必要がある。P K S は近年、外販燃料として定着してきたが、F i b e r は使い切りを基本としている。よって、既存パーム搾油工場の燃焼ボイラは、高燃焼効率ボイラでは無く、より余剰物を沢山燃焼処理出来る事を基本としたボイラ設備が主流となっている。

現状の燃焼効率ボイラから高燃焼効率型を導入する事により、P K S、F i b e r は余剰分が増加する事となり、有価物として外販可能となる。

[0111] 用地費用については、既存パーム搾油工場が設置状況は、おおよそ 10 k m 四方のパーム農園の中心にあり、工場用地費用としては、例えば、マレーシア、インドネシアでは、例えば日本と比較すると極めて低価格である。

人件費については、現地のパーム油産業との協業によって従業員、管理人員等の一元管理が可能となり、更に、新規の未利用バイオマス資源化工場は、日本からの技術導入により必要最小限の人数となるので、工場生産コストに占める人件費は少なくなる。

エネルギーは前述のように余剰バイオマス資源により自己生産出来、水資源は多雨地域である為、豊富にある。

[0112] ストック費用については、前述したようにバイオマス資源が極めて安定的

に入手可能であるため、広大ストックヤードや保管施設を必要とせず、保管設備費は相当に安価となる。ロジスティックに関する費用については、現地のパーム油産業との協業により、既存の F F B 入荷及び輸出まで含めた製品出荷のロジスティックが、そのまま O P P の入荷、新規の未利用バイオマス資源化工場で生産された製品群の出荷に利用出来るので、相対的に安価となる。また、マレーシアやインドネシアなどの現地のパーム油産業は、地方であっても道路に関するインフラは確立しており、協業によるメリットは大きくなる。バラ物出荷の港湾設備も、両国から出荷している P K S 出荷設備、インドネシアでは石炭出荷設備の利用が想定できる。

未利用バイオマス原料側の横持ち費用については、既存のパーム搾油工場との間で、E F B、P K S、F i b e r、P O M E の横持ち自動搬送設備が設置可能であり、設置後は大きな横持ち費用は発生しない。

[0113] そして、多様性のあるバイオマス製品及びエネルギーを創出することができる。既存パーム搾油工場とパーム農園から供給されるバイオマス資源で、新たに得られる産物としては、（１）E F B：自家用ボイラ燃料、半炭化燃料、カリウム肥料、（２）O P F：O P F 半炭化燃料、O P F 炭化燃料・コークス代替ブリケット、（３）O P T：O P T 半炭化燃料、O P T 炭化燃料・コークス代替ブリケット、（４）P K S：P K S 半炭化燃料（単味ペレット、混合ペレット、単純半炭化）、（５）F i b e r：F i b e r 固形燃料、他原料混合燃料利用、（６）P O M E：メタンガス利用（自家消費電力発電、売電、メタンガス製造）、（７）搾汁液：メタンガス生産利用、エタノール製造、糖分類、などが挙げられる。

[0114] また、既存のパーム搾油工場との協業による、ユーティリティのバックアップ化、及び、作業員の管理、防犯の共同化等のメリットがあり、特に既存のパーム油工場の環境管理は、協業によって飛躍的な向上が見込まれる。

[0115] （C）バイオマス資源由来製品製造に関する技術的課題としては、日本の政府機関及び民間、現地国（マレーシア・インドネシア）の大学を含む研究機関でコア技術開発が進んでおり、本発明ではそれら技術を、例えば、マレ

ーシア・インドネシアにおけるパーム油産業のバイオマス資源の有効利用に適用可能な、固形バイオマス燃料の製造方法として提案する。

[0116] (D) パーム油産業立地地域及び相手国とのWin-Winの関係構築としては、現地既存パーム搾油工場に隣接または同一場所に設置することで解決することができる。(1) 協業体制により、既存のパーム油産業における廃棄物、処理困難物、環境汚染対象物を、新規の未利用バイオマス資源化工場でバイオマス資源として有効利用することが可能である。社会問題化しているPOME浄化による環境保全が、そのまま新規の未利用バイオマス資源化工場で可能となる。よって、既存パーム油産業のコスト削減、回収費用及び売却費用も見込まれ、収入増加に繋がる。(2) パーム椰子農園従事者に対し、電気・熱源供給、及びOPF回収等の作業による新たな収入源を供与することができる。(3) 新規の未利用バイオマス資源化工場自体は省人化工場であるが、受入・出荷・操業管理等々の雇用が期待され、現地協業企業及び地域活性化が見込まれる。(4) 相手国及び日本でのバイオマス資源活用によって「カーボンニュートラル」な成果物が得られる。

[0117] 新規の未利用バイオマス資源化工場は、既存パーム搾油工場に隣接または同一場所に設置する事を想定しているが、産業規模の拡大範囲は、比較的搬送可能なOPF、OPT、EFBに関して、例えば、片道50km程度を輸送範囲とすると、約20箇所の工場の所掌農園面積から回収可能となる。一例としてマレーシアでは、1つの新規の未利用バイオマス資源化工場当たり、OPF：116万トン／年の回収が見込まれる。

[0118] 以下、図面を参照して、上述した技術的背景や課題を解決するための本発明の一実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法について説明する。以下に示す各実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

図5は、固形バイオマス燃料の製造手順を模式的に示した概略説明図である。

また、図6は、固形バイオマス燃料の製造方法を段階的に示したフローチ

ヤートである。

なお、本実施形態では、固形バイオマス燃料の製造方法の一例として、ペレット状の固形バイオマス燃料である燃料用ペレットの製造方法を例示する。

[0119] パーム椰子を原料とする固形バイオマス燃料生産プロセス210は、大別して、収穫、分別プロセス211と、燃料用ペレット生産プロセス212と、パーム油生産プロセス213に分けられる。なお、燃料用ペレット生産プロセス212およびパーム油生産プロセス213を行う施設は、物理的に近接しないし一体の施設とすることが好ましい。

[0120] パーム椰子は、赤道を中心に北緯17度～南緯20度の範囲、年間雨量1500～2000mm、最低気温22～24℃、最高気温29～30℃、日照時間5時間／日以上的高温多湿な気候が栽培に好ましい環境であり、東南アジアやアフリカ、中南米が栽培適地とされている。

[0121] プランテーションで栽培されるアブラヤシは、種子から発芽したのち、1年～1年半程度、鉢で育てられた後、整地された土地に約140～150本／ha程度の密度で植え付けられる。植え付け後、3年で葉の付け根に最初の花房が現れ、やがて全ての葉の付け根に花房がついていく。花房には、雄花房と雌花房があり、雄花は黄色で小さく、現れてから3～4日で花粉をつくる。雌花も黄色い花で、10～12個でひとつの花序をつくり、この花序が集まって花房になっている。花粉の飛ぶ距離はあまり長くないため、虫を媒介とした受粉などが行われる。

[0122] 受粉後、約150日で果実が成熟する。収穫は、発芽から3年～4年半から始まり、8～15年の木がもっともよく収穫できる。1本のパーム椰子からは年間で約11個の生鮮果房（FFB）が収穫可能であり、この収穫の際に2本のパーム枝葉（OPF）が伐採される。そして、約18年を過ぎると収穫量が減りはじめるため、通常は20～25年ほどで伐採され、植え替えが行われる。

[0123] 図7は、パーム椰子の各構成部位を示す模式図である。

図7に示すように、パーム椰子201は、地面から立ち上がる樹幹202と、この樹幹202から枝分かれして延びるパーム枝葉(OPF)203(110)と、パーム枝葉(OPF)203(110)の付け根部分に生じる、多数の果実204を実らせた果房(生鮮果房)205とを有している。

[0124] パーム椰子のパーム枝葉(OPF)については、については、第1の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0125] 図8はパーム椰子の果実の断面を示す模式図である。

果実204は、外果皮204Aと、パーム油を含む果肉(中果皮)204Bと、内果皮に包まれ、パーム核油を含むパーム椰子核204Cとからなる。

[0126] 収穫、分別プロセス(収穫工程S201)211では、パーム農園で栽培されたパーム椰子の生鮮果房(FFB)を収穫する。また、パーム椰子の生鮮果房(FFB)を収穫する際には、生鮮果房(FFB)の周囲に生えているパーム枝葉(OPF)を伐採する必要がある。なお、1つの生鮮果房(FFB)を収穫する際には、2本のパーム枝葉(OPF)が伐採されることになる。

[0127] 収穫、分別プロセス211で得られたパーム枝葉(OPF)は、更に、パーム葉が生える葉部(Rachis)およびこの葉部よりも生鮮果房(FFB)側を成す葉柄(OPP)に切り分けられる。そして、以下の燃料用ペレット生産プロセス212では、パーム枝葉(OPF)として、葉柄(OPP)が用いられる。もちろん、葉部112も含めて燃料用ペレット生産プロセス212に用いることも可能である。なお、パーム枝葉(OPF)110において、葉柄(OPP)111と葉部112との重量比はおよそ50:50である。こうしたパーム枝葉(OPF)110の葉柄(OPP)111は、樹幹202に繋がる付け根(基部)から中央部分にかけて、澱粉含量がとりわけ高いのが特徴となっている。

燃料用ペレット生産プロセス212で、パーム枝葉(OPF)として、葉柄(OPP)を用いることで、第1の実施形態と同じ効果を得ることができる。

。

[0128] 一方、切り分けられた葉部（R a c h i s）は、パーム椰子農園の育成中のパーム椰子の周辺に敷設される。こうした多数の葉が付いた葉部（R a c h i s）をパーム椰子の周辺に置くことによって、パーム椰子の果房を狙う野ネズミを捕食する蛇類の棲み処を確保し、パーム椰子の鼠害を防止する。

[0129] 以上の収穫、分別プロセス（収穫工程 S 2 0 1）2 1 1 によって、生鮮果房（F F B）、およびパーム枝葉（O P F）の葉柄（O P P）1 1 1 が得られる。また、例えば、2 5 年以上経過したパーム椰子 2 0 1 も伐採され、パーム古木（O P T）および残ったパーム葉柄（O P P）として回収される。

[0130] パーム古木（O P T）の樹幹は、大量の樹液を含んでおり、その樹液の含量は中心部分ほど高い傾向があるが、平均して約 6 5 % ~ 8 5 % 程度である。このパーム古木（O P T）は、グルコース、フルクトース、スクロースが非常に多い優良な糖液である。パーム古木（O P T）の樹齢などによって若干の差異はあるが、伐採直後の全糖量はおおよそ 7 ~ 1 0 % 程度である。同一樹幹でみればその上下における糖含量の分布では、最下部では 2 割程度低いが、中間部から最上部まではほぼ同程度である。

[0131] なお、パーム古木（O P T）は、伐採後に一定期間貯蔵することによって、糖含量が大きく増加するという、熟成現象ともいえる変化があることも知られている。例えば、伐採直後の樹液含量は 6 5 % ~ 8 5 % で貯蔵期間中ほとんど変化しないが、一方で糖含量は最大 1 5 % 近くまで上昇することが知られている。一例としてサトウキビの搾汁液の糖含量が約 1 6 % であることを考慮すると、適当な熟成期間を経ることによって、パーム古木（O P T）がサトウキビに相当する糖含量を持つ原料になる可能性がある。このため、伐採後のパーム古木（O P T）を一定期間貯蔵して糖含量を増加させることも好ましい。

[0132] 分別プロセス（収穫工程 S 2 0 1）2 1 1 を経た生鮮果房（F F B）はパーム油生産プロセス 2 1 3 に、またパーム葉柄（O P P）は燃料用ペレット生産プロセス 2 1 2 にそれぞれ送られる。

- [0133] まず、燃料用ペレット生産プロセス212について説明する。燃料用ペレット生産プロセス212では、パーム枝葉（OPF）の葉柄（OPP）111を洗浄する。洗浄には水を用いる。なお、こうした葉柄（OPP）111の洗浄に用いた洗浄排水は、沈殿などの工程を行って再生水として循環利用することが好ましい。
- [0134] 次に、洗浄した葉柄（OPP）111を脱水ないし乾燥させる。葉柄（OPP）111の乾燥は、例えば、天日干しによって行うことが好ましい。また、温風等による乾燥機を用いて乾燥することもできる。また、脱水機を用いて脱水することもできる。
- [0135] 収穫工程S201でのハンドリング上、1m程度におおまかに切断されたパーム枝葉（OPF）の葉柄（OPP）111は、そのまま、後述する搾汁工程S203に送られるが、葉柄（OPP）111とともに、分別プロセス（収穫工程S201）211で回収されたパーム古木（OPT）も破砕する事により（第1破砕工程S202）用いることができる。こうしたパーム古木（OPT）も葉柄（OPP）111と共に用いることで、樹木としては強度不足で活用することが困難であったパーム古木（OPT）を有効に活用できる。
- [0136] 次に、第1破砕工程S202で破砕されたパーム古木（OPT）および葉柄（OPP）111から搾汁し、得られた搾汁液と第1固形残渣（葉柄（OPP）111およびパーム古木（OPT）の破砕物（例えば、50mm程度の塊状物）から樹液を搾り取ったもの）とを分離する（搾汁工程S203）。葉柄（OPP）111やパーム古木（OPT）の破砕物を搾汁する際には、例えば、サトウキビの搾汁などに用いるローラープレス式の搾汁機を用いることができる。
- [0137] 搾汁液と第1固形残渣との分離は、遠心分離や濾過分離などの分離方法によって行うことができる。分離された搾汁液は、例えば黄濁色の液体を成し、多量の糖成分を含有している。こうした搾汁液を用いて、バイオ燃料を製造する（バイオ燃料製造工程S204）。

- [0138] バイオ燃料製造工程 S 2 0 4 では、発酵によって搾汁液に含まれる糖成分をメタンガスやバイオエタノールにする。例えば、アルコール発酵(E t h a n o l F e r m e n t a t i o n)によって、糖成分（グルコース、フルクトース、ショ糖）を分解して、エタノール（バイオエタノール）および二酸化炭素を生成させる。また、この二酸化炭素と水素からメタン発酵(M e t h a n o g e n e s i s)によってメタンガス（バイオガス）を生成する。
- [0139] 次に、得られたバイオエタノールやバイオガスを燃料として、電力や蒸気及び熱ガスなどの第 1 稼働用エネルギーを生成する（第 1 エネルギー生成工程 S 2 0 5）。ここで得られた電力や蒸気及び熱ガスなどの第 1 稼働用エネルギーは、後述する燃料用ペレットを生産するプロセスの稼働用エネルギー源として用いられる。
- [0140] 前述した搾汁工程 S 2 0 3 で得られた、第 1 固形残渣である搾汁された搾汁残渣は、破碎によってパーム葉柄（O P P）破碎物が形成される（第 2 破碎工程 S 2 0 6）。第 1 固形残渣の搾汁残渣は、例えば、ロータリー刃を備えた破碎機によって破碎されればよい。これによって得られるパーム葉柄破碎物は、例えば本実施形態においては、おおよそ寸法は 5 0 m m ~ 1 5 0 m m 程度である。
- [0141] なお、第 2 破碎工程 S 2 0 6 において、後述するパーム油生産プロセス 2 1 3 における果実を脱果させた後の空果房（E F B）、および果実を搾油後のパーム椰子殻（P K S）も破碎し、パーム葉柄破碎物に加えることができる。
- [0142] 後述する半炭化工程 S 2 0 7 B による半炭化の利点の 1 つとして、破碎動力の低減が挙げられる。パーム葉柄（O P P）、パーム古木（O P T）組織が脆弱な為、半炭化工程 S 2 0 7 B 前のある程度の破碎は動力負荷が少ないが、空果房（E F B）の破碎動力負荷に関しては
- 半炭化工程 S 2 0 7 B 前の破碎動力負荷が大きい。このため、空果房（E F B）に関しては、半炭化工程 S 2 0 7 B 前の破碎では 5 0 m m ~ 1 5 0 m m 程度にして脱水後、半炭化工程 S 2 0 7 B を行ってから 1 5 m m 以下に破

砕ることが経済的には好ましい。

[0143] 次に、第2破碎工程S206で得られたパーム葉柄破碎物を用いて、固形バイオマス燃料である燃料用ペレットを製造する（燃料用ペレット製造工程S207）。燃料用ペレット製造工程S207は、乾燥工程S207A、半炭化工程S207B、粉碎工程S207C及び圧縮成形工程S207Dを含む。

[0144] 乾燥工程S207Aでは、乾燥機などを用いてパーム葉柄破碎物の水分調整を行う。半炭化工程S207Bでは、第2破碎工程S206で得られたパーム葉柄破碎物を半炭化炉によって半炭化处理（トレファイド）を施す。パーム葉柄（OPP）破碎物を例えば300℃以下、酸素10%未満の雰囲気中で半炭化处理することで、発熱量を2～3割向上させるとともに、耐水性を高めることができる。

[0145] 第2破碎工程S206での産物は、パーム葉柄（OPP）、パーム古木（OPT）の場合は、含水率は40%前後、空果房（EFB）の場合は50%前後と多い。このため、乾燥工程S207Aから半炭化工程S207Bまでを1回で行うか、これらの工程を2段階にするかは、設備によって異なるが、乾燥工程後において通常、含水率は10～13%程度、その後の半炭化工程S207Bにおいて含水率12%以下、好ましくは5%前後（その後、吸湿によって8～10%）とする。

[0146] こうした半炭化处理を行うための半炭化处理装置は、例えば、回転式の熱処理炉であればよい。こうした回転式の熱処理炉を用いて、パーム葉柄破碎物を例えば200℃～350℃程度に加熱し、5分～90分間保持することによって、含水率を0%～12%程度にする。

[0147] 燃料用ペレット製造工程S207に用いる必要なエネルギー源として、第1エネルギー生成工程S205で得られた電力や蒸気及び熱ガスなどの第1稼働用エネルギーを用いる。半炭化工程S207Bでは、加熱熱源を半炭化時の間接加熱により発生する揮発分（可燃ガス）を使用する事が望ましく、揮発分（可燃ガス）が冷却されると出来る重質油による閉塞問題等を減ずる

効果がある。更に、後述するパーム油生産プロセス 2 1 3 における第 2 稼働用エネルギーは、パーム油産業全体及び新規固形バイオマス燃料製造等に供給することも好ましい。

[0148] 前工程である搾汁工程 S 2 0 3 で生じる搾汁液は比較的多量であり、そのまま排出すれば水質汚染等の懸念があるが、搾汁液の発酵によって生じたエタノールやメタン等を用いて第 1 エネルギー生成工程 S 2 0 5 で電力などの第 1 稼働用エネルギーを生成することで、外部から燃料等を導入せずに、低コストで燃料用ペレット生産を行うことができる。

[0149] 次に、半炭化処理されたパーム葉柄破砕物に対してパーム由来のリグニンを添加した後、圧縮成形してペレット化する（圧縮成形工程 S 2 0 7 D）。圧縮成形工程 S 2 0 7 D では、例えば、ダイス押出式のペレット成形装置を用いることができる。なお、製造するペレット寸法により、ペレット成形装置に投入する原料の寸法を調整する必要があるが生じる。そのため、圧縮成形工程 S 2 0 7 D の前工程として、原料寸法調整のための粉碎工程 S 2 0 7 C を設置する事が望ましい。こうした、粉碎工程 S 2 0 7 C 及び、圧縮成形工程 S 2 0 7 D においても、例えばペレット成形装置の駆動源として、第 1 エネルギー生成工程 S 2 0 5 で得られた電力や蒸気及び熱ガスなどの第 1 稼働用エネルギー、および後述するパーム油生産プロセス 2 1 3 における第 2 稼働用エネルギーを用いることができる。

[0150] 以上のような工程を経て固形バイオマス燃料である燃料用ペレットが得られる。

本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレットは、半炭化処理を行ったパーム葉柄粉状物をペレット化したものである。図 2 に示すように、燃料用ペレット 1 2 0 は、例えば概略円柱形状をなしており、直径 D : 4 mm ~ 2 0 mm と長さ L : 5 mm ~ 1 0 0 mm の範囲内とされている。また、その嵩比重が 0. 6 5 以上 0. 8 5 以下の範囲内とされている。

[0151] そして、本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃

料用ペレット１２０は、脱水処理や半炭化処理によって水分及び揮発成分が減少されており、燃料用ペレット１２０における含水率は１２％以下の範囲内に調整されている。

[0152] さらに、本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレット１２０においては、ＪＩＳ Ｍ ８８０１で規定されているハードグロブ粉碎性指数（ＨＧＩ）が２２以上５０以下の範囲内とされている。

[0153] また、本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレット１２０においては、半炭化処理によって燃料用ペレット１２０の表面は疎水性を有しており、耐水性が向上されている。すなわち、本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレット１２０を水に浸漬しても、容易に崩壊せずに形状が維持されることになる。

[0154] 次に、パーム油生産プロセス２１３について説明する。

パーム油生産プロセス２１３では、生鮮果房（ＦＦＢ）を洗浄した後、生鮮果房（ＦＦＢ）を蒸煮して、果実と空果房（ＥＦＢ）に分離する（脱果工程Ｓ２１１）。例えば、約３ｋｇ／ｃｍ³程度の飽和蒸気で約１時間生鮮果房（ＦＦＢ）を蒸す。パーム椰子は、果実の中に油分を分解するリパーゼ酵素を含んでいるため、収穫した瞬間から、このリパーゼ酵素が活性化される。このため、生鮮果房（ＦＦＢ）の収穫後は２４時間以内に熱を加え、リパーゼ酵素を不活性化させる必要がある。

[0155] こうした生鮮果房（ＦＦＢ）を蒸煮の目的は、油を分解する酵素を不活性化（失活）させることである。こうした不活性化のためには５５℃以上での処理が必要である。また、蒸煮することで、果房から果実が離脱しやすくなり、また果実を柔軟にして、パーム油生産プロセス２１３での搾油を容易にする。果房から果実を離脱させるには、例えば、脱果機などを用いて果房を叩き、果房の茎と果実に分離する。

この後、分離した果実から効率よく搾油するため、果実を蒸気で９５℃から１００℃に加熱しながら約３０分程度攪拌し、スラリー状にする（消化）

。

[0156] こうした脱果工程 S 2 1 1 において、前述した燃料用ペレット生産プロセス 2 1 2 において生成した、第 2 エネルギー生成工程 S 2 1 6 で得られた蒸気（第 2 稼働用エネルギー）を用いて、生鮮果房（F F B）を蒸煮することができる。こうした脱果工程 S 2 1 1 は、パーム油生産プロセス 2 1 3 の中でもっとも蒸気使用量が多い。

[0157] また、この脱果工程 S 2 1 1 で生じた脱果後の空果房（E F B）は、脱水後、前述した燃料用ペレット生産プロセス 2 1 2 における第 2 破碎工程 S 2 0 6 に導入し、パーム葉柄（O P P）破碎物の一部として燃料用ペレットの製造原料に用いることで、木質廃棄物の削減、有効利用を図ることができる。これは空果房 E F B 単体でも良く、パーム枝葉との混合でも良い。

[0158] 次に、脱果工程 S 2 1 1 においてスラリー状にした果実を搾油する（第 1 搾油工程 S 2 1 2）。例えば、第 1 搾油工程 S 2 1 2 では、スクリー式の搾油機を用いて、圧力によって粗パーム油およびパーム椰子核を含む繊維質である第 2 固形残渣に分離する。

[0159] 次に、第 1 搾油工程 S 2 1 2 で得られた粗パーム油に対して加水し、例えば約 8 5℃程度に加熱して静置した後、比重差による油水分離を行ってパーム油を得る（油水分離工程 S 2 1 3）。なお、加水後に更に遠心分離器によって繊維や水分などを取り除くことで、迅速に油水分離を行うこともできる。

。

[0160] 一方、第 2 固形残渣には、パーム椰子核が含まれており、第 2 固形残渣を乾燥、粉碎後、パーム椰子核とパーム椰子殻（P K S）とを分離する（椰子核分離工程 S 2 1 4）。こうした分離は、例えば、空気流によって行うことができる。そして、分離されたパーム椰子核を搾油してパーム核油を得る（第 2 搾油工程 S 2 1 5）。

[0161] 次に、得られたバイオエタノールやバイオガスを燃料として、発電や水の加熱によって電力や蒸気及び熱ガスなどの第 2 稼働用エネルギーを生成する（第 2 エネルギー生成工程 S 2 1 6）。ここで得られた電力や蒸気及び熱ガ

スなどの第2稼働用エネルギーのうち、例えば、蒸気は、脱果工程S 2 1 1で生鮮果房（F F B）を蒸すための飽和蒸気として用いることができる。また、第2稼働用エネルギーのうち、例えば、電力は、燃料用ペレット製造工程S 2 0 7における半炭化工程S 2 0 7 Bでの熱処理炉の駆動力として用いたり、圧縮成形工程S 2 0 7 Dでのペレット成形装置の動力源として用いたりすることができる。また、熱ガスは乾燥工程の熱源として用いることができる。

[0162] また、この椰子核分離工程S 2 1 4で分離されたパーム椰子殻（P K S）の一部は、前述した燃料用ペレット生産プロセス2 1 2における第2破碎工程S 2 0 6に導入し、パーム葉柄（O P P）破碎物の一部として燃料用ペレットの製造原料に用いることが出来る。従来のP K Sでは、ハードグローブ粉碎性指数（H G I）は≒ 1 4と木質ペレット同等以下、耐水性はあるものの、含水率が安定せず、石炭の混焼燃料としては使いづらい燃料である為、木質バイオマス発電用の補助燃料として使用される例がほとんどである。そこで燃料用ペレット生産プロセス2 1 2に取込むことにより、半炭化燃料となり、より高付加価値燃料としての利用可能、更に木質廃棄物の削減を図ることができる。

[0163] 以上、説明したように、本発明の固形バイオマス燃料の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉（O P F）、パーム古木（O P T）、空果房（E F B）、利用用途が少なかったパーム椰子殻（P K S）を用いて、固形バイオマス燃料、例えば燃料用ペレットを製造することで、パーム椰子の樹木全体を有効に利用することができる。特に、パーム葉柄（O P P）は、パーム椰子の果房を収穫する際に多量に伐採されるので、供給量が多く、かつ、年間を通して供給量が安定しており、固形バイオマス燃料の原料として安定供給することが可能となる。また、従来は有効利用されていなかったパーム葉柄（O P P）を固形バイオマス燃料として利用することが可能となる。

[0164] なお、空果房（E F B）は、単なるペレット及び半炭化ペレットでは、カ

リウム成分が多く燃料としての利用範囲は限定的である。ここでは、（１）石炭使用量が多い火力発電燃料の混合燃料として、カリウムが含まれていても問題が無い範囲での用途向けの半炭化燃料とする、（２）生産地で、カリウムの沸点 774℃以下での低温燃焼用燃料として使用し、焼却灰を「アッシュカリウム」として商品化する、という利用例を挙げることができる。

[0165] そして、こうした燃料用ペレットの製造に必要なエネルギー源として、搾汁工程 S203 で得られた糖成分を多く含んだ搾汁液を発酵させてメタンガスやバイオエタノールを生成し、これを利用した電力や高圧蒸気などの第 1 稼働用エネルギー、未利用バイオマス利用の第 2 稼働用エネルギーを用いることで、余剰エネルギーの有効利用を図り、低コストで燃料用ペレットなどの固形バイオマス燃料の製造を可能にする。

[0166] また、こうした余剰エネルギーの有効利用に伴って、木質廃棄物や糖成分を多く含んだ廃液の排出量を大きく減少させることが可能なため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

（第 3 の実施形態）

[0167] まず始めに、本発明の第 3 実施形態の技術的背景について説明する。

バイオマスは植物に由来する有機物であり、その育成過程において大気中の CO_2 を吸収しながら成長するため、これらを燃焼させても追加的な CO_2 を排出しないカーボンニュートラルという特徴がある。一般的に、従来のバイオマス資源である木質ペレット（ホワイトペレット）の欠点は、（１）石炭と比較すると発熱量が低い、（２）粉碎性が悪い為、石炭混焼率が最大で 3 wt % 程度に過ぎない、（３）自然発熱しやすい、（４）親水性で、吸湿により湿潤すると形状劣化し、含水率が不安定、といったことが挙げられる。特に、日本国内での利用を考えると、海外バイオマス資源の安定供給（資源確保、ロジスティック）に不確実性がある。また、バイオマス燃料の持続可能性の不確実性がある。

[0168] そこで木質バイオマス資源に対して、上述した欠点を克服するための技術が、本発明で述べる半炭化技術となる。半炭化ペレット化（ブラックペレッ

ト)の特徴として、(1)発熱量が大きい、(2)解砕性、および混焼性に優れる、(3)疎水性により取扱い性が向上する、(4)自然発熱も炭化温度によってほぼ無くすることができる、などの優れた特徴がある。但し、半炭化ペレット(ブラックペレット)の製造には、高い素材コストに加えて、製造コスト(エネルギーコスト、設備コスト、人件費コスト等)と搬送コストが発生し、販売単価(熱量/kg)が上昇する為、従来は経済的に成り立っておらず、産業レベルでの実例は殆ど見られなかった。

[0169] 特に日本国内ではバイオマス資源量が少なく、製造コストも高くなるため、従来は半炭化ペレット(ブラックペレット)を製造するメリットを見出すことは難しいのが現状であった。

本発明では、こうした半炭化ペレット(ブラックペレット)に係る経済性、産業化困難性等の諸問題を解決する。

[0170] 半炭化ペレットの産業化の要件として、(A)バイオマス資源の安定確保(資源確保とロジスティック)、(B)バイオマス資源由来製品の経済的生産の持続性、(C)バイオマス資源由来製品製造に関する技術的課題の解決、(D)パーム油産業立地地域及び相手国とのWin-Winの関係構築、などが挙げられる。

[0171] (A)バイオマス資源の安定確保としては、新規の未利用バイオマス資源化工場を、大規模なパーム油産業が存在する代表例であるマレーシア、インドネシアの既存パーム油搾油工場に隣接または同一場所に設置する事により、既存パーム油産業と協業することにより、種々のバイオマス資源を安定的に入手可能にすることができる。

[0172] 一例として、マレーシアにおけるパーム油産業のバイオマス資源量を例示する。

E F B ≒ 7 百万トン/年、O P P ≒ 2 5 百万トン/年、O P T ≒ 2 0 百万トン/年、P K S ≒ 5 百万トン/年、F i b e r ≒ 8 百万トン/年、P O M E ≒ 6 4 百万トン/年。参考までに、インドネシアには、マレーシアの約1.3倍量のバイオマス資源があるとされている。

[0173] これらバイオマス資源の内、既存のパーム油搾油工場では、PKSとFiberのみが利用されており、それ以外の部位は現状では有効利用されていない。そこで、資源確保の意味で、バイオマス資源であるEFB、OPP（含む搾汁液）、OPT（含む搾汁液）、PKS、Fiber、POMEの利用を行う。特に、PKS、Fiberに関しては、高付加価値化が可能である。また、季節変動によるこれらバイオマス資源の入荷の安定性については、四季の無いマレーシア、インドネシアにおいては、雨期による若干の入荷量変動はあるが、極めて安定的にパーム由来バイオマス資源が発生するため、安定してバイオマス資源を入手することができる。

[0174] また、現地のパーム油産業との協業により、既存のFFB入荷及び製品出荷のロジスティックがそのままパーム葉柄（OPP）の入荷、新規の未利用バイオマス資源化工場で生産された製品群の出荷に利用することができ、OPTは現地植替え業者による入荷が可能である。更に、立地上、既存パーム油搾油工場から、EFB、PKS、Fiber、POMEの横持ちが極めて容易であり、経済性が高い。

[0175] （B）バイオマス資源由来製品の経済的生産の持続性としては、資源価格と、ロジスティック費用、製造費用等は、パーム油産業がある現地の既存パーム油搾油工場との協業により達成できる。

素材コストは、例えばマレーシア、インドネシアのパーム油産業において、EFB、OPP、OPT、POMEは、現状では廃棄物、処理困難物、環境汚染対象物であり、素材コストとしてほぼ無価値となっている。

PKS、Fiberは、パーム油搾油工場内ボイラ燃料として熱利用されているが、EFB等の未利用バイオマスを代替燃焼利用する事により、それらは外販燃料としての価値が新たに生まれる。

[0176] エネルギーコストは、既存のパーム油産業と協業する最も重要なポイントであり、上述した素材コストとしてほぼ無価値なEFB、OPP、OPT、POMEと、余剰が見込まれるPKS、Fiberをエネルギー資源として利用することによって、大きな低減効果が得られる。例えば、（1）EFB

（既存パーム油搾油工場の廃棄物）：脱水技術＋低温燃焼技術により熱エネルギーを回収する。（２）OPP、OPTからの搾汁液（新規の未利用バイオマス資源化工場からの産物）：発酵によってメタンガス、エタノールに変換し、熱エネルギー、発電用燃料として使用する。（３）POME（既存パーム油搾油工場の廃液、環境汚染対象物）：バイオマスガス抽出技術によりメタンガス変換し、熱エネルギー、発電用燃料として使用する。

[0177] PKS、Fiber（余剰が見込まれる産物）：副産物として得られるPKS、Fiberは、既存パーム油搾油工場に於いては燃料として使用しきれない場合、余剰物として廃棄物処理する必要がある。PKSは近年、外販燃料として定着してきたが、Fiberは使い切りを基本としている。よって、既存パーム油搾油工場の燃焼ボイラは、高燃焼効率ボイラでは無く、より余剰物を沢山燃焼処理出来る事を基本としたボイラ設備が主流となっている。

現状の燃焼効率ボイラから高燃焼効率型を導入する事により、PKS、Fiberは余剰分が増加する事となり、有価物として外販可能となる。

[0178] ハラルは、イスラム法で許された項目をいう。端的にはイスラム法上で食べることが許されている食材や料理を指す。日本語に訳すと、「やってもやらなくてもかまわないもの（許可）」という意味となる。反対に、口にすることを禁止されている物をハラームと言い、この語は「やってはならないもの（禁止）」という意味でハーレムと同じ語源である。イスラム法の下では豚肉を食べることは禁じられているが、その他の食品でも加工や調理に関して一定の作法が要求される。この作法が遵守された食品がハラルとされる。

なお、ハラルとハラームの間に疑わしいものシュブハという概念がある。シュブハな食品はできるだけ食べることを避けることとされている。

[0179] 基本的に魚、植物は有毒でなければすべてハラルで、キノコ、天然鉱物、物質、飲料はすべて有害でない限りハラルとなる。ただし、同じ家畜・水産物・植物でも、自然な状態の餌や肥料を与えられているものは「ハラー

ル」で、イスラム法で不浄とされる餌を与えられた物は、「ハラーム」になる。

[0180] POME 処理設備である、第3エネルギー生成工程で発生する汚泥の取出しは、タンクバルブを開けば回収できるので、極めて安易である。従来、汚泥に関心が払われないのは、汚泥を必要としないからである。汚泥は微生物の塊なので、窒素やリン酸に富んでいる。また、空果房（EFB）は特にカリウムが豊富である。空果房（EFB）の焼却灰はアッシュカリウムとして、市場性がある。しかもパーム油搾油工場では油が搾られているだけで、それ以外の有機物が入って来ない。また、パーム油の収率を高い値で一定にするために生鮮果房（FFB）は厳選され、農家も買ってもらえるもの以外持ち込まない。つまり、原料も製品もずっと同じである。

[0181] 上記の原料、製造方法から、ここで製造する肥料は、植物のハラームの条件である、（1）遺伝子組み換えをした植物、（2）人間に有毒なもの、（3）人間に不快感を与えるもの、（4）無農薬野菜であっても、イスラム法で不浄とされる肥料を用いて栽培されたものの内、イスラム法で不浄とされるもの、即ち、死肉、血液、遺伝子組み換えの物質、豚由来成分のものには当たらず、極めて安定的に明確に証明が可能なハラール対応肥料となる。

[0182] 用地費用については、既存パーム油搾油工場の設置状況が、およそ10km四方のパーム農園の中心にあり、この広大な敷地の為、工場用地費用としては、例えば、マレーシア、インドネシアでは、例えば日本と比較すると極めて低価格である。

人件費については、現地のパーム油産業との協業によって従業員、管理人員等の一元管理が可能となり、更に、新規の未利用バイオマス資源化工場は、日本からの技術導入により必要最小限の人数となるので、工場生産コストに占める人件費は少なくなる。

エネルギーは前述のように余剰バイオマス資源により自己生産出来、水資源は熱帯雨林地方である為、豊富にある。

[0183] ストック費用については、前述したようにバイオマス資源が極めて安定的

に入手可能であるため、広大ストックヤードや保管施設を必要とせず、保管設備費は相当に安価となる。

ロジスティックに関する費用については、現地のパーム油産業との協業により、既存の F F B 入荷及び輸出まで含めた製品出荷のロジスティックが、そのまま O P F の入荷、新規の未利用バイオマス資源化工場で生産された製品群の出荷に利用出来るので、相対的に安価となる。また、マレーシアやインドネシアなどの現地のパーム油産業は、地方であっても道路に関するインフラは確立しており、協業によるメリットは大きくなる。

バラ物出荷の港湾設備も、両国から出荷している P K S 出荷設備、インドネシアでは石炭出荷設備の利用ができる。

未利用バイオマス原料側の横持ち費用については、既存のパーム油搾油工場との間で、E F B、P K S、F i b e r、P O M E の横持ち自動搬送設備が設置可能であり、設置後は大きな横持ち費用は発生しない。

[0184] そして、多様性のあるバイオマス製品及びエネルギーを創出することができる。既存パーム油搾油工場とパーム農園から供給されるバイオマス資源で、新たに得られる産物としては、（１）E F B：自家用ボイラ燃料，半炭化燃料，カリウム肥料、（２）O P P：O P P 半炭化燃料，O P P 炭化燃料・コークスブリケット、（３）O P T：O P T 半炭化燃料，O P T 炭化燃料・コークスブリケット、（４）P K S：P K S 半炭化燃料（ペレット、単純半炭化）、（５）F i b e r：F i b e r 固形燃料、他バイオマス資源混合燃料利用、（６）P O M E：メタンガス利用（自家消費電力発電，売電，メタンガス製造）、チッソ・リン酸肥料（７）搾汁液：メタンガス生産利用，エタノール製造，糖分類、などが挙げられる。

[0185] また、既存のパーム油搾油工場との協業による、ユーティリティのバックアップ化、及び、作業員の管理、防犯の共同化等のメリットがあり、特に既存のパーム油搾油工場の環境管理は、協業によって飛躍的な向上が見込まれる。更には、比較的軽作業である、O P F 回収・工場品質管理等々の、パーム農園の従業員家族の雇用を創出できる。

- [0186] パーム農園の製造原価の内、農園用の化学肥料費用が50%以上という報告もあり、これをパーム農園由来の天然肥料に替え、安価に提供出来れば、農園経営にも貢献でき、環境保全にも有益となりえる。
- [0187] (C) バイオマス資源由来製品製造に関する技術的課題としては、日本の政府機関及び民間、現地国（マレーシア・インドネシア）の大学を含む研究機関でコア技術開発が進んでおり、本発明ではそれら技術を、例えば、マレーシア・インドネシアにおけるパーム油産業のバイオマス資源の有効利用に適用可能な、固形バイオマス燃料及びハラル肥料の製造方法として提案する。
- [0188] (D) パーム油産業立地地域及び相手国とのWin-Winの関係構築としては、現地既存パーム油搾油工場に隣接または同一場所に設置することで解決することができる。(1) 協業体制により、既存のパーム油産業における廃棄物、処理困難物、環境汚染対象物を、新規の未利用バイオマス資源化工場でバイオマス資源として有効活用することが可能である。社会問題化しているPOME浄化による環境保全が、そのまま新規の未利用バイオマス資源化工場で可能となる。よって、既存パーム油産業のコスト削減、回収費用及び売却費用も見込まれ、収入増加に繋がる。(2) パーム椰子農園従事者に対し、電気・熱源供給、及びOPF回収等の作業による新たな収入源を供与することができる。(3) 新規の未利用バイオマス資源化工場自体は省人化工場であるが、受入・出荷・操業管理等々の雇用が期待され、現地協業企業及び地域活性化が見込まれる。(4) 相手国及び日本でのバイオマス資源活用によって「カーボンニュートラル」な成果物が得られる。(5) ハラル肥料を製造する事により、パーム農園の収益向上、環境保全、イスラム法で植物を栽培している農家に対する、安全な肥料提供を図れる。
- [0189] 新規の未利用バイオマス資源化工場は、既存パーム油搾油工場に隣接または同一場所に設置する事を想定しているが、産業規模の拡大範囲は、比較的搬送可能なOPP、OPT、EFBに関して、例えば、片道50km程度を輸送範囲とすると、約20箇所の工場の所掌農園面積から回収可能となる。

一例としてマレーシアでは、1つの新規の未利用バイオマス資源化工場当たり、OPP: 116万トン／年の回収が見込まれる。

[0190] 特に、本発明の重要な構成であるPOMEの処理に関して、現状はPOMEが処理される広大な処理池（ラグーン）からは、自然な嫌気状態によって、強い温室効果ガスであるメタンが膨大に発生しているが、ほとんどのパーム油搾油工場では、これらはエネルギー源として使われる事無く、大気中に放出されている。パーム油産業がラグーンを設置する理由は広大なプランテーションのほんの一部を、それも掘るだけで設備ができる安易性による。今回想定しているバイオガスタンを備えたPOME処理の方が、設備費が高くなる可能性もある。しかし、前述したラグーン方式の場合、嫌気や好気の処理に伴い汚泥が発生し、これをラグーン底から取り除く必要がある。広大なラグーンから例え年に一度であっても、広大な面積であることから、処理コストは決して安価ではない。

[0191] 一方、ガスタンを備えたPOME処理の場合、汚泥の取出しはタンクのバルブを開けば回収できるので、極めて安易である。従来、汚泥に関心が払われないのは、汚泥を必要としないからである。汚泥は微生物の塊なので、窒素やリン酸に富んでいる。また、空果房（EFB）は特にカリウムが豊富である。空果房（EFB）の焼却灰はアッシュカリウムとして、市場性がある。しかもパーム油搾油工場では油が搾られているだけで、それ以外の有機物は入って来ない。また、パーム油の収率を高い値で一定にするために生鮮果房（FFB）は厳選され、農家も買ってもらえるもの以外持ち込まない。つまり、原料も製品もずっと同じである。

[0192] しかも、パーム油搾油工場では主に水以外の原料は加わらない。つまり、汚泥の質が極めて整っているといえる。つまり、生ごみや下水処理汚泥のような原料の品質が安定に出来ないものと違い、POME汚泥とEFBは極めて質が整っていると考えられる。したがって、これらの原料から作られた有機肥料は品質が安定した、あるいは、品質が保証された製品が可能である。この肥料はイスラム法のハラール肥料としての価値を持つ。有機肥料産業と

いうパーム油産業とは異なる産業を、ここに付加することにより、経済合理性においてラグーンではなく、近代的なバイオガスタンクが選択されることになる。パーム油搾油工場でPOMEによるバイオマス発電を行った場合、パーム油搾油工場の必要電力を賄うことが可能になる。POMEからのバイオガスで蒸気製造も可能であるが、蒸気は、これも未利用バイオマス資源のEFBをボイラ燃料として製造する方が、肥料製造の面からも利点がある。これにより、従来、パーム油搾油工場で使用している膨大なパームバイオマス(Fiber、PKS)はすべてフリーとなる。

[0193] 以下、図面を参照して、上述した技術的背景や課題を解決するための本発明の一実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法及びハラール肥料の製造方法について説明する。以下に示す各実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

図9は、固形バイオマス燃料の製造手順及びハラール肥料の製造手順を模式的に示した概略説明図である。

また、図10は、固形バイオマス燃料の製造方法及びハラール肥料の製造方法を段階的に示したフローチャートである。

なお、本実施形態では、固形バイオマス燃料の製造方法の一例として、ペレット状の固形バイオマス燃料である燃料用ペレットの製造方法を例示する。また、本実施形態では、ハラール肥料の製造方法の一例として、上述した燃料用ペレットの製造方法の過程で得られる汚泥、あるいは空果房の焼却灰を用いたハラール肥料の製造方法を例示する。

[0194] パーム椰子を原料とする固形バイオマス燃料生産プロセス及びハラール肥料製造プロセス310は、大別して、収穫、分別プロセス311と、燃料用ペレット生産プロセス312と、パーム油生産プロセス313とハラール対応肥料製造プロセス314に分けられる。なお、燃料用ペレット生産プロセス312およびパーム油生産プロセス313及びハラール対応肥料製造プロセス314を行う施設は、物理的に近接ないし一体の施設とすることが好ま

しい。

[0195] パーム椰子については、第2の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0196] また、パーム椰子の各構成部位及びパーム椰子の果実の断面については、第2の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0197] パーム椰子のパーム枝葉（OPF）については、第1の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0198] 収穫、分別プロセス（収穫工程S301）311では、パーム農園で栽培されたパーム椰子の生鮮果房（FFB）を収穫する。また、パーム椰子の生鮮果房（FFB）を収穫する際には、生鮮果房（FFB）の周囲に生えているパーム枝葉（OPF）を伐採する必要がある。なお、1つの生鮮果房（FFB）を収穫する際には、2本のパーム枝葉（OPF）が伐採されることになる。

[0199] 収穫、分別プロセス311で得られたパーム枝葉（OPF）は、更に、パーム葉が生える葉部（Rachis）およびこの葉部よりも生鮮果房（FFB）側を成す葉柄（OPP）に切り分けられる。そして、以下の燃料用ペレット生産プロセス312では、葉柄（OPP）が用いられる。もちろん、葉部112も含めて燃料用ペレット生産プロセス312に用いることも可能である。なお、パーム枝葉（OPF）110において、葉柄（OPP）111と葉部（Rachis）112との重量比はおよそ50：50である。こうしたパーム枝葉（OPF）110の葉柄（OPP）111は、樹幹202に繋がる付け根（基部）から中央部分にかけて、澱粉含量がとりわけ高いのが特徴となっている。

燃料用ペレット生産プロセス312で、葉柄（OPP）を用いることで、第1の実施形態と同じ効果を得ることができる。

[0200] 一方、切り分けられた葉部（Rachis）112は、パーム椰子農園の育成中のパーム椰子の周辺に敷設される。こうした多数の葉が付いた葉部（Rachis）をパーム椰子の周辺に置くことによって、パーム椰子の果房

を狙う野ネズミを捕食する蛇類の棲み処を確保し、パーム椰子の鼠害を防止する。

更に葉部（R a c h i s）112は、放牧した家畜（牛・山羊等）の餌として利用されたり、パーム樹木の肥料としての意義があるとされている。前述の利用法でも余剰葉部（R a c h i s）があれば、固形化する事により、家畜用の飼料として利用されている事例もある。

[0201] 以上の収穫、分別プロセス（収穫工程S301）311によって、生鮮果房（F F B）、およびパーム枝葉（O P F）の葉柄（O P P）111が得られる。また、例えば、25年以上経過したパーム椰子201も伐採され、パーム古木（O P T）および残ったパーム枝葉（O P F）の葉柄（O P P）として回収される。

[0202] パーム古木（O P T）の樹幹は、大量の樹液を含んでおり、その樹液の含量は中心部分ほど高い傾向があるが、平均して約65%～85%程度である。このパーム古木（O P T）は、グルコース、フラクトース、スクロースが非常に多い優良な糖液である。パーム古木（O P T）の樹齢などによって若干の差異はあるが、伐採直後の全糖量はおおよそ7～10%程度である。同一樹幹でみればその上下における糖含量の分布では、最下部では2割程度低い、中間部から最上部まではほぼ同程度である。

[0203] なお、パーム古木（O P T）は、伐採後に一定期間貯蔵することによって、糖含量が大きく増加するという、熟成現象ともいえる変化があることも知られている。例えば、伐採直後の樹液含量は65%～85%で貯蔵期間中ほとんど変化しないが、一方で糖含量は最大15%近くまで上昇することが知られている。一例としてサトウキビの搾汁液の糖含量が約16%であることを考慮すると、適当な熟成期間を経ることによって、パーム古木（O P T）がサトウキビに相当する糖含量を持つ原料になる可能性がある。このため、伐採後のパーム古木（O P T）を一定期間貯蔵して糖含量を増加させることも好ましい。

[0204] 分別プロセス（収穫工程S301）311を経た生鮮果房（F F B）はパ

ーム油生産プロセス 313 に、またパーム葉柄（OPP）は燃料用ペレット生産プロセス 312 にそれぞれ送られる。

[0205] まず、燃料用ペレット生産プロセス 312 について説明する。燃料用ペレット生産プロセス 312 では、パーム枝葉（OPF）の葉柄（OPP）111 を洗浄する。洗浄には水を用いる。なお、こうした葉柄（OPP）111 の洗浄に用いた洗浄排水は、沈殿などの工程を行って再生水として循環利用することが好ましい。

[0206] 次に、洗浄した葉柄（OPP）111 を脱水ないし乾燥させる。葉柄（OPP）111 の乾燥は、例えば、天日干しによって行うことが好ましい。また、温風等による乾燥機を用いて乾燥することもできる。また、脱水機を用いて脱水することもできる。

[0207] 収穫工程 S301 でのハンドリング上、1 m 程度におおまかに切断されたパーム枝葉（OPF）の葉柄（OPP）111 は、そのまま、後述する搾汁工程 S303 に送られるが、葉柄（OPP）111 とともに、分別プロセス（収穫工程 S301）311 で回収されたパーム古木（OPT）も破砕する事（第 1 破砕工程 S302）により用いることができる。こうしたパーム古木（OPT）も葉柄（OPP）111 と共に用いることで、樹木としては強度不足で活用することが困難であったパーム古木（OPT）を有効に活用できる。

[0208] 次に、第 1 破砕工程 S302 で破砕されたパーム古木（OPT）および葉柄（OPP）111 から搾汁し、得られた搾汁液と第 1 固形残渣（葉柄（OPP）111 およびパーム古木（OPT）の破砕物（例えば、50 mm 程度の塊状物）から樹液を搾り取ったもの）とを分離する（搾汁工程 S303）。葉柄（OPP）111 やパーム古木（OPT）の破砕物を搾汁する際には、例えば、サトウキビの搾汁などに用いるローラープレス式の搾汁機を用いることができる。

[0209] 搾汁液と第 1 固形残渣との分離は、遠心分離や濾過分離などの分離方法によって行うことができる。分離された搾汁液は、例えば黄濁色の液体を成し

、多量の糖成分を含有している。こうした搾汁液を用いて、バイオ燃料や食品原料を製造する（加工品製造工程 S 3 0 4）。

[0210] 加工品製造工程 S 3 0 4 は、例えば、濃縮工程 S 3 0 4 A、発酵工程 S 3 0 4 B、および精製工程 S 3 0 4 Cを備えている。濃縮工程 S 3 0 4 Aでは、搾汁液を効率的に発酵可能な程度まで濃縮を行う。濃縮工程 S 3 0 4 Aは、例えば、搾汁液の遠心分離や、加熱による水分の減少などによって行うことができる。

[0211] 発酵工程 S 3 0 4 Bでは、発酵によって搾汁液に含まれる糖成分をメタンガスやバイオエタノールにする。例えば、アルコール発酵(E t h a n o l F e r m e n t a t i o n)によって、糖成分（グルコース、フラクトース、ショ糖）を分解して、エタノール（バイオエタノール）および二酸化炭素を生成させる。

[0212] 精製工程 S 3 0 4 Cでは、バイオエタノールや糖成分を精製して不純物を除去し、より純度の高いバイオエタノールや糖成分（食品原料）を得る。

前工程である搾汁工程 S 3 0 3 で生じる搾汁液は比較的多量であり、そのまま排出すれば水質汚染等の懸念があるが、搾汁液の発酵、精製によってバイオエタノールや糖成分（食品原料）を製造することによって、搾汁液の有効利用を図るとともに、搾汁液による水質汚染を防止することができる。

[0213] 一方、前述した搾汁工程 S 3 0 3 で得られた、第 1 固形残渣である搾汁された搾汁残渣は、破碎によってパーム葉柄破碎物が形成される（第 2 破碎工程 S 3 0 5）。第 1 固形残渣の搾汁残渣は、例えば、ロータリー刃を備えた破碎機によって破碎されればよい。これによって得られるパーム葉柄破碎物は、例えば本実施形態においては、寸法が例えば 5 0 m m ~ 1 5 0 m m 程度範囲の破碎物である。

[0214] なお、第 2 破碎工程 S 3 0 5 において、後述するパーム油生産プロセス 3 1 3 における果実を脱果させた後の破碎した空果房（E F B）、および果実を搾油後のパーム椰子殻（P K S）を、パーム葉柄破碎物に加えることができる。なお、以下の説明では、こうした空果房粉状物やパーム椰子殻粉状物

を加えたものも含めてパーム枝葉粉状物と述べる。

[0215] 後述する、乾燥工程 S 3 0 6 A、半炭化工程 S 3 0 6 B による半炭化の利点の 1 つとして、破碎動力の低減が挙げられる。パーム葉柄 (O P P) 、パーム古木 (O P T) 組織が脆弱な為、半炭化工程 S 3 0 6 B 前のある程度の破碎は動力負荷が少ないが、空果房 (E F B) の破碎動力負荷に関しては、半炭化工程 S 3 0 6 B 前の破碎動力負荷が大きい。このため、空果房 (E F B) に関しては、半炭化工程 S 3 0 6 B 前の第 2 破碎工程 S 3 0 5 で例えば 5 0 m m ~ 1 5 0 m m 程度に破碎後、水分調整のための乾燥工程 S 3 0 6 A、半炭化工程 S 3 0 6 B を行ってから 1 5 m m 以下程度に粉碎することで動力負荷が低減するので、経済的には好ましい。

[0216] 次に、第 2 破碎工程 S 3 0 5 で得られたパーム葉柄破碎物を用いて、固形バイオマス燃料である燃料用ペレットを製造する (燃料用ペレット製造工程 S 3 0 6) 。燃料用ペレット製造工程 S 3 0 6 は、乾燥工程 S 3 0 6 A、半炭化工程 S 3 0 6 B、粉碎工程 S 3 0 6 C 及び圧縮成形工程 S 3 0 6 D を含む。半炭化工程 S 3 0 6 B では、第 2 破碎工程 S 3 0 5 で得られたパーム葉柄破碎物を半炭化炉によって半炭化处理 (トレファイド) を施す。パーム葉柄破碎後の水分調整した乾燥物を例えば 3 0 0 °C 以下、酸素 1 0 % 未満の雰囲気中で半炭化处理することで、発熱量を 2 ~ 3 割向上させるとともに、耐水性を高めることができる。

[0217] 第 2 破碎工程 S 3 0 5 での産物は、パーム葉柄 (O P P) 、パーム古木 (O P T) の場合は、含水率は 4 0 % 前後、空果房 (E F B) の場合は 5 0 % 前後と多い。このため、乾燥工程 S 3 0 6 A から半炭化工程 S 3 0 6 B までを 1 回で行うか、これらの工程を 2 段階にするかは、設備によって異なるが、乾燥工程 S 3 0 6 A 後において通常、含水率は 1 0 ~ 1 3 % 程度、その後の半炭化工程 S 3 0 6 B において含水率 1 2 % 以下、好ましくは 5 % 前後 (その後、吸湿によって 8 ~ 1 0 %) とする。

[0218] 水分調整のための乾燥設備は、例えばベルト乾燥機、あるいは回転式の熱処理炉がある。次工程である半炭化工程投入材料の水分量を一定にする事は

、次工程である半炭化処理に重要な点で、出口含水率を10～13％程度にする事が求められる。

[0219] 半炭化処理を行うための半炭化処理装置は、例えば、回転式の熱処理炉であればよい。

こうした回転式の熱処理炉を用いて、パーム枝葉粉状物を例えば200℃～350℃程度に加熱し、5分～90分間保持することによって、含水率を0％～12％程度にする。

[0220] 半炭化処理（トレファイド）に用いる熱処理炉の稼働に必要なエネルギー源として、後述する油水分離工程S313で生じた分離水（POME）を利用した第3エネルギー生成工程S317で得られた電力や蒸気及び熱ガスなどの第3稼働用エネルギーを用いる。更に、後述するパーム油生産プロセス313における第1稼働用エネルギー及び第2稼働用エネルギーを乾燥装置および熱分解装置に供給することも好ましい。

[0221] 次に、半炭化処理されたパーム葉柄破碎物に対してパーム由来のリグニンを添加した後、圧縮成形してペレット化する（圧縮成形工程S306D）。圧縮成形工程S306Dでは、例えば、ダイス押出式のペレット成形装置を用いることができる。こうした圧縮成形工程S306Dにおいても、例えばペレット成形装置の駆動源として、後述する第1搾油工程S312由来の油水分離工程S313で生じた分離水（POME）を利用した第3エネルギー生成工程S317で得られた電力や蒸気及び熱ガスなどの第3稼働用エネルギー、および後述するパーム油生産プロセス313における第2稼働用エネルギー、パーム葉柄（OPP）の搾汁工程S303で得られた搾汁液から生成された第1稼働用エネルギーをも用いることができる。

[0222] なお、圧縮成形工程S306Dにおいて、投入材料中のリグニン量がペレットの成形度合に関係するが、リグニン量を調整する場合、パーム由来のリグニンが利用できる。また、ペレット成形前の材料寸法は、成形するペレット径により、粉碎による寸法調整が必要となる。また、上述した実施形態では、燃料用ペレット製造工程S306において、半炭化工程S306Bの後

、圧縮成形工程 S 3 0 6 D を行っているが、圧縮成形工程 S 3 0 6 D を行ってから、半炭化工程 S 3 0 6 B を行うこともできる。この場合、圧縮成形工程 S 3 0 6 D への投入原料寸法は、成形するペレット径により決まる。

[0223] 通常、木質の場合、ペレット成形機投入物の前処理粉砕所要エネルギーは、半炭化による脆化の為、半炭化度合いが進むほど粉砕エネルギーは低減する。このため、半炭化工程 S 3 0 6 B の後、圧縮成形工程 S 3 0 6 D を行うことが好ましい。

[0224] 一方、パーム葉柄（OPP）、あるいはパーム古木（OPT）は、組織が脆弱な為、粉砕所要エネルギーは少ない。このため、圧縮成形工程 S 3 0 6 D を行ってから、半炭化工程 S 3 0 6 B を行うことも好ましい。また、空果房（EFB）組織が非脆弱であり、半炭化工程 S 3 0 6 B の後、粉砕工程 S 3 0 6 C を経過し、圧縮成形工程 S 3 0 6 D を行うことが好ましい。

[0225] 以上のような工程を経て固形バイオマス燃料である燃料用ペレットが得られる。

なお、本実施形態においては、半炭化工程 S 3 0 6 B を行った後に圧縮成形工程 S 3 0 6 D を実施しているが、こうした工程は、逆の順番で行うこともできる。即ち、第2破碎工程 S 3 0 5 で得られたパーム葉柄破碎物を圧縮成形工程 S 3 0 6 D によってペレット化した後、このペレットを、熱処理炉等を用いた半炭化工程 S 3 0 6 B によって半炭化し、燃料用ペレットを得ることもできる。

[0226] 本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレットは、半炭化処理を行ったパーム葉柄粉状物をペレット化したものである。図2に示すように、燃料用ペレット 120 は、例えば概略円柱形状をなしており、直径 D : 4 mm ~ 20 mm、長さ L : 5 mm ~ 100 mm の範囲内とされている。また、その嵩比重が 0.65 以上 0.85 以下の範囲内とされている。

[0227] 半炭化工程 S 3 0 6 B を経たパーム葉柄破碎物は、ペレット形状のみならず、石炭コークス代替燃料のバイオコークスブリケット、例えば直径が 50

～150mm、長さが（直径）×1～5の範囲内の製品にも成形可能である。

[0228] そして、本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレット120は、脱水処理や半炭化処理によって水分及び揮発成分も低減はするが、燃料用ペレット120における含水率は12%以下の範囲内に調整されており、熱量が20kJ/kg以上24kJ/kg以下の範囲内とされている。

[0229] さらに、本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレット120においては、JIS M 8801で規定されているハードグロブ粉砕性指数（HGI）が22以上50以下の範囲内とされている。なお、参考例として、微粉炭ボイラにおける運用下限値は、HGI＝40以上とされている。

石炭への混焼率から推測すると、上記HGIが40あれば100%石炭と置換え出来ると考えられる。よって例えば電力研究所「混焼率向上を目指した新規バイオマス燃料の評価」によるとPKSの低温炭化（半炭化）はHGI：25の時、予想値ではあるが、10%までの混合粉砕可能としている。同時に第1表による、木質チップ（HGI：16）が通常混合粉砕率3%と言われる事より、HGIが25～40までで混合粉砕率が10～100%に上昇すると考えられる

[0230] また、本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレット120においては、半炭化処理によって燃料用ペレット120の表面は疎水性を有しており、耐水性が向上されている。すなわち、本実施形態の固形バイオマス燃料の製造方法によって得られる燃料用ペレット120を水に浸漬しても、容易に崩壊せずに形状が維持されることになる。

[0231] 一方、上述した搾汁工程S303、加工品製造工程S304、および前記燃料用ペレット製造工程と6でそれぞれ生じたパーム椰子由来の搾汁液（OPT・OPP-Juice）を集約して、第1エネルギー生成工程S307によって、第1稼働用エネルギーを生成する。第1エネルギー生成工程S3

07では、上述した各工程で生じた搾汁液を濃縮し、発酵、精製を行う。

[0232] パーム椰子由来の搾汁液 (OPT・OPP-Juice) は糖成分を含んでいる。この搾汁液を濃縮して効率的に発酵が可能な濃度にした後、アルコール発酵 (Ethanol Fermentation) によって、糖成分 (グルコース、フラクトース、ショ糖) を分解して、エタノール (バイオエタノール) および二酸化炭素を生成させる。

[0233] そして、こうしたバイオエタノールを用いて、発電や水の加熱によって電力や高圧蒸気などの第1稼働用エネルギーを生成する (第1エネルギー生成工程S307)。ここで得られた電力や高圧蒸気などの第1稼働用エネルギーのうち、例えば、例えば、電力は、燃料用ペレット製造工程S306における半炭化工程S306Bでの熱処理炉の駆動力として用いたり、圧縮成形工程S306Dでのペレット成形装置の動力源として用いたりすることができる。

[0234] 燃料用ペレット生産プロセス312を構成する各工程で生じた、椰子由来の糖成分を含んでいる搾汁液を集めて、第1エネルギー生成工程S307によって電力や高圧蒸気などの第1稼働用エネルギーを生成する。これにより、農園に廃棄し、腐敗し、メタンガス放出していたパーム葉柄 (OPP) を含むパーム枝葉 (OPF)、パーム古木 (OPT) がバイオマス資源として有効利用が出来る。

[0235] 第2エネルギー生成工程S316は、未利用バイオマス資源である、既存パーム油搾油工場のエネルギー源としていたパーム椰子殻 (PKS)、パーム繊維 (Fiber)、及び未、空果房 (EFB) から、電力や蒸気及び熱ガスなどの第2稼働用エネルギーを生成する。こうした第2稼働用エネルギーは、自家消費エネルギーとして使用する事も、有価物として売却する事も出来る。

[0236] なお、第1稼働用エネルギー、第2稼働用エネルギー、および第3稼働用エネルギーは、後述するハラール肥料の製造方法におけるハラール肥料製造プロセス314にも使用され、乾燥熱源、搬送動力等に利用される。

[0237] 次に、パーム油生産プロセス313について説明する。

パーム油生産プロセス313では、生鮮果房（FFB）を洗浄した後、生鮮果房（FFB）を蒸煮して、果実と空果房（EFB）に分離する（脱果工程S311）。例えば、約3kg/cm³程度の飽和蒸気で約1時間生鮮果房（FFB）を蒸す。パーム椰子は、果実の中に油分を分解するリパーゼ酵素を含んでいるため、収穫した瞬間から、このリパーゼ酵素が活性化される。このため、生鮮果房（FFB）の収穫後は24時間以内に熱を加え、リパーゼ酵素を不活性化させる必要がある。

[0238] こうした生鮮果房（FFB）を蒸煮の目的は、油を分解する酵素を不活性化（失活）させることである。こうした不活性化のためには55℃以上での処理が必要である。また、蒸煮することで、果房から果実が離脱しやすくなり、また果実を柔軟にして、パーム油生産プロセス313での搾油を容易にする。果房から果実を離脱させるには、例えば、脱果機などを用いて果房を叩き、果房の茎と果実に分離する。

この後、分離した果実から効率よく搾油するため、果実を蒸気で95℃から100℃に加熱しながら約30分程度攪拌し、スラリー状にする（消化）。

[0239] こうした脱果工程S311において、前述した燃料用ペレット生産プロセス312で生成した、第1エネルギー生成工程S307で得られた蒸気（第1稼働用エネルギー）や、後述する第2エネルギー生成工程S316で得られた蒸気（第2稼働用エネルギー）、後述する油水分離工程S313で得られた分離水（POME）を用いて第3エネルギー生成工程S317で得られた蒸気（第3稼働用エネルギー）を用いて、生鮮果房（FFB）を蒸煮することができる。こうした脱果工程S311は、パーム油生産プロセス313の中でもっとも蒸気使用量が多い。

[0240] また、この脱果工程S311で生じた脱果後の空果房（EFB）は、ある程度の脱水後、前述した燃料用ペレット生産プロセス312における第2破碎工程S305に導入し、パーム枝葉粉状物の一部として燃料用ペレットの

製造原料に用いることで、木質廃棄物の削減、有効利用を図ることができる。また、脱果後の空果房（E F B）は、パーム古木の第1破碎工程S 3 0 2を使用して破碎することも可能である。

[0241] 次に、脱果工程S 3 1 1においてスラリー状にした果実を搾油する（第1搾油工程S 3 1 2）。例えば、第1搾油工程S 3 1 2では、スクリー式の搾油機を用いて、圧力によって粗パーム油およびパーム椰子核を含む繊維質である第2固形残渣に分離する。

[0242] 次に、第1搾油工程S 3 1 2で得られた粗パーム油に対して加水し、例えば約85℃程度に加熱して静置した後、比重差による油水分離を行ってパーム油と第2パーム椰子排水（P O M E）とを得る（油水分離工程S 3 1 3）。なお、加水後に更に遠心分離器によって繊維や水分などを取り除くことで、迅速に油水分離を行うこともできる。

[0243] こうした油水分離工程S 3 1 3で分離された分離水（P O M E）は、油水分離によっても水層に溶存している椰子由来の油脂を完全には分離除去できず、椰子由来の油脂を一定量含んでいる。この分離水（P O M E）を燃料用ペレット生産プロセス3 1 2における第3エネルギー生成工程S 3 1 7の原料として用いる。

[0244] このように、パーム油生産プロセス3 1 3を構成する油水分離工程S 3 1 3で生じた、椰子由来の油脂を含む分離水（P O M E）を用いて、第3エネルギー生成工程S 3 1 7によって電力や蒸気及び熱ガスなどの第3稼働用エネルギーを生成することによって、従来、問題となっていたパーム椰子由来の排水（P O M E）の外部への排出による水質汚染を防止するとともに、こうした排水（P O M E）を有効に再利用することが可能になる。

[0245] 未利用バイオマス資源である分離水（P O M E）から第3エネルギー生成工程S 3 1 7で、メタンガスによるバイオマス発電および燃焼エネルギーが得られ、自家消費エネルギーとして、使用する事も、有価物として売却する事も出来る。

[0246] 第1搾油工程S 3 1 2で生じた、椰子由来の油脂を含んでいる分離水（P

OME) 処理場ラグーンから発生していた膨大な温暖化ガスであるメタンを回収し出来、エネルギー化により第3エネルギー生成工程S317によって電力や高圧蒸気などの第3稼働用エネルギーを生成することによって、自家消費エネルギーに加え、メタンガス利用による温暖化防止と、POME処理排水による、水質汚染を防止することが可能になる。更に河川放流水の浄化、未利用バイオマス固形炭化物により、放流水の色素、フミン酸を吸着する事等々、大気及び水質の環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営が出来る。

[0247] 一方、第2固形残渣には、パーム椰子核が含まれており、第2固形残渣を乾燥、粉碎後、パーム椰子核とパーム椰子殻(PKS)とを分離する(椰子核分離工程S314)。こうした分離は、例えば、空気流によって行うことができる。そして、分離されたパーム椰子核を搾油してパーム核油を得る(第2搾油工程S315)。

[0248] 一方、椰子核分離工程S314で分離されたパーム椰子殻(PKS)の一部は、そのままで市場性を有した有価物燃料として売却されるが、含水率が一定ではなく乾燥する事例もある。但し、その後の吸湿、並びに乾燥コストが増加する等の問題がある。本発明では、パーム枝葉(OPF)由来の燃料用ペレット製造工程S306にパーム椰子殻(PKS)を添加若しくは、単独で製造すればよく、製造コストは現状の乾燥製品に比べても安価で、尚且つ疎水性のある極めて石炭に近いパーム椰子殻(PKS)由来の半炭化ペレットとなる。

[0249] 次に、得られたバイオエタノールやバイオガスを燃料として、発電や水の加熱によって電力や蒸気などの第2稼働用エネルギーを生成する(第2エネルギー生成工程S316)。

ここで得られた電力や蒸気などの第2稼働用エネルギーのうち、例えば、蒸気は、脱果工程S311で生鮮果房(FFB)を蒸すための飽和蒸気として用いることができる。また、第2稼働用エネルギーのうち、例えば、電力は、燃料用ペレット製造工程S306における半炭化工程S306Bでの熱処

理炉の駆動力として用いたり、圧縮成形工程 S 3 0 6 D でのペレット成形装置の動力源として用いたりすることができる。

[0250] また、この椰子核分離工程 S 3 1 4 で分離されたパーム椰子殻 (P K S) の他の一部は、前述した燃料用ペレット生産プロセス 3 1 2 における第 2 破碎工程 S 3 0 5 に導入し、パーム葉柄 (O P P) 破碎物の一部として燃料用ペレットの製造原料に用いることで、木質廃棄物の削減、有効利用を図ることができる。これらはパーム繊維 (F i b e r)、空果房 (E F B) もまた同様である。

[0251] 以上、説明したように、本発明の固形バイオマス燃料の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム葉柄 (O P P) を含むパーム枝葉 (O P F)、あるいはパーム古木 (O P T)、空果房 (E F B)、単純焼却していたパーム椰子殻 (P K S)、パーム繊維 (F i b e r) を用いて、固形バイオマス燃料、例えば燃料用ペレットを製造することで、パーム椰子の樹木全体を有効に利用することができる。特に、パーム葉柄 (O P P) は、パーム椰子の果房を収穫する際に多量に伐採されるので、供給量が多く、かつ、年間を通して供給量が安定しており、固形バイオマス燃料の原料として安定供給することが可能となる。また、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉 (O P F) を固形バイオマス燃料として利用することが可能となる。

[0252] そして、こうした燃料用ペレットの製造に必要なエネルギー源として、油分を多く含んだパーム椰子排水 (油水分離による分離水 : P O M E)、これを利用した電力や蒸気などの稼働用エネルギーを用いると共に、分離水 (P O M E) から第 3 稼働用エネルギーを得られる事で、余剰エネルギーの有効利用を図り、低コストで燃料用ペレットなどの固形バイオマス燃料の製造を可能にする。分離水 (P O M E) の利用は、最終排水浄化・温暖化ガス発生の発生抑制が可能なため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

[0253] また、糖成分を多く含んだパーム椰子由来の搾汁液を発酵させてメタンガ

スやバイオエタノールを生成し、第1エネルギーとして、自家消費エネルギー、及び売却可能な有価物を生産出来、温室効果ガスの発生を抑制することが可能なため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

[0254] 本発明のハラール肥料の製造方法であるハラール肥料製造プロセス314は、汚泥や焼却灰を用いたハラール肥料製造工程S318を備えている。

汚泥は、油水分離工程S313で得られた分離水(POME)をラグーン処理から、効率的なタンク式発酵処理にて第3稼働用エネルギーを得る第3エネルギー生成工程S317の過程で発生する汚泥を用いる。この汚泥は前述したように、窒素およびリン酸の肥料原料が含まれている。

[0255] また、未利用バイオマスである空果房(EFB)にはカリウムが含まれ、ある程度の粉碎空果房(EFB)でもよいがボイラー燃料として使用した際得られた焼却灰をハラール肥料製造工程S318の肥料原料として用いる。

以上のように、固形バイオマス燃料製造とハラール肥料製造とが、他からの原料、エネルギーを調達して追加することなく自己完結する。

(第4の実施形態)

[0256] まず始めに、本発明の第4の実施形態の技術的背景について説明する。

一般財団法人電力中央研究所による「バイオマス残渣の燃料利用技術の探索」の報告書(V14008)によれば、低品位炭である褐炭は、埋蔵量が多いものの、含水率が高いために発熱量が低く乾燥すると自然発火性のあることから、その利用は主に褐炭採掘地域に限定されている。脱水、乾燥を中心に褐炭改質技術の開発は進められているが、多くの技術に経済的な課題がある。低コストに褐炭を改質する手段として、バイオマス残渣の利用が有望視されているが、改質後の燃料特性や安全性に関する知見は得られていない。

[0257] 褐炭の燃料としての利用を目的として、褐炭-バイオマス残渣(米糠・ジャトロファ搾油かす・ユーカリチップ)混合ペレットの試作を行っているが、燃焼特性として褐炭混合率の増加に伴いペレットの機械的耐久力は向上す

るものの、発熱量を維持するためには褐炭混合率を50%程度に抑える必要がある。こうした混合ペレットの試作により、褐炭に比べ自然発火性が抑制される可能性が示唆された。また、石炭燃焼に比べ、60%のCO₂排出削減が見積られている。

[0258] また、一般財団法人電力中央研究所による「日本のバイオエネルギーシナリオの検討」の報告書（V08003）には、長距離船舶輸送によるバイオマス資源の海外調達の可能性についてのシナリオが示されている。これによれば、電力シナリオとして、キーアクターは電気事業者、トリガーはRPS制度への対策と原油価格高騰である。なお、RPS制度（Renewables Portfolio Standard）とは、「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」（以下、「新エネルギー等利用法」という。）に基づき、エネルギーの安定的かつ適切な供給を確保するため、電気事業者に対して、毎年、その販売電力量に応じた一定割合以上の新エネルギー等から発電される電気の利用を義務付け、新エネルギー等の更なる普及を図るものである（なお、このRPS制度は、段階的に廃止され、FIT（固定買取制度）に移行する予定である）。

[0259] こうしたRPS制度への対策をきっかけに、木質ペレットとパーム油と残渣輸入が本格化する。しかしながら、ボトルネックとして、（1）海外バイオマス資源の安定供給（資源確保、ロジスティクス）に不安があること、（2）バイオマス燃料の持続可能性への疑問、が提起されている。

[0260] また、一般財団法人電力中央研究所による「炭化燃料化実験設備の運転条件が炭化燃料性状に及ぼす影響の評価」の報告書（M14012）には、木質バイオマスは発熱量が低く破碎性が悪いことから、1～3wt%程度の混焼率で、混焼率の向上には発熱量を高め、かつ破碎性を改善できる炭化処理が有効であるとされている。

[0261] また、一般財団法人電力中央研究所による「世界の褐炭の需給動向とインドネシア・豪州の炭鉱別資源量等に関する調査」の報告書（Y13012）には、（1）炭鉱別にみるとインドネシアは中小規模炭鉱が多い、（2）イ

インドネシアは2010年頃から中国やインドに向けて褐炭の輸出量を増加させている、とされている。一例として2010年におけるインドネシアの褐炭に関する状況は以下の通りである。

- ・ 褐炭生産量（輸出量） 179百万t
- ・ 褐炭可採埋蔵量 1105百万t
- ・ 褐炭推定資源量 21228百万t

[0262] また、独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構による「世界における低品位炭の開発・利用状況と我が国への輸入可能性調査」（平成27年3月11日）の報告書によれば、インドネシアではMedium rankとLow rankの石炭、つまり気乾ベース6100Kcal/Kg以下の石炭を低品位炭とみなしている。

[0263] そして、この低品位炭に関する技術課題の取り纏めと今後の動向として、以下のことが挙げられている。

（1）改質・ブリケット化の場合は同等発熱量炭の市場価格レベルで提供出来なければならない。低品位炭利用の全体プロセスはコスト削減への工夫が不可欠である。

（2）各国で低品位炭の高付加価値化を目的とした技術開発・実証が行なわれている。

（2-1）乾燥・改質してハンドリング性、輸送性を向上させる。

（2-2）燃焼やガス化によって電気・クリーン燃料・化学品に転換する。

（3）低品位炭の混焼比率について

（3-1）褐炭のように水分を多く含む石炭は含まれる水分が水蒸気となり排ガス量が増える為ボイラ内の滞留時間を長くしなければならず、そのため、ボイラの火炉容積は大きくする必要がある。しかしながら、混炭で使用するボイラは瀝青炭で設計されているので火炉容積は大きくなり、混炭比率には限度がある。

（3-2）現在の日本での、低品位炭の混焼比率は、概ね20～30%程

度が限界である。

(4) 低品位炭又は改質した低品位炭の使用状況

(4-1) 日本の輸入量は、2008年がピークで1700万t、2013年で1000万t

(4-2) 2013年では、インドネシアが最も多く760万t(72%)

(4-3) 低品位炭の使用は、約8割が発電所の混焼用、残り約2割が一般産業用

(4-4) 改質した低品位炭の利用は現在のところ普及に至っていない。

技術的な課題や改質コストの低減が課題となっている。

(5) 今後の低品位炭の利用・輸入可能性

(5-1) 低品位炭は瀝青炭との価格優位性を維持しており、今後もインドネシアからの低品位炭輸入が大勢を占めると見られる。

(5-2) 産炭国において高発熱量の良質瀝青炭の生産割合が徐々に減少する傾向に向かう中、世界の低品位炭の生産量・貿易量は増加している。

(5-3) 現在、日本から様々な低品位炭の利用技術が実用段階に来ており、コスト面での問題が解決できれば、近い将来には産炭国で改質された低品位炭が輸入される可能性がある。

(6) 今後の課題

(6-1) 経済評価

低品位炭の混焼比率が上がるに伴い、(a) 燃料コストは低減、(b) 発電効率は低下

、(c) 石炭取扱量は増加、(d) 自然発火、ミルでのトラブル、事前乾燥などの費用増加(e) 各課題に対する技術的改善が必要、とされている。

(6-2) インドネシアでは経済成長に伴う電力需要に対応するために山元発電所建設が続く。その場合、低品位炭は山元発電所へDMO(石炭国内供給義務)に従って優先的に使用されることが予想され、低品位炭の日本への輸入へ影響を与える懸念があり、輸出規制、付加価値の義務化の石炭への

適用が検討されている。

[0264] インドネシアの石炭について、石炭確認可採埋蔵量は世界6位、28017百万t（2013 WEC資料）あるが、その内訳のほとんどは褐炭+亜瀝青炭の低品位炭である。

褐炭のように水分を多く含む石炭は含まれる水分が水蒸気となり排ガスが増える為、ボイラ内の滞留時間を長くしなければならず、そのため、ボイラの火炉容積を大きくする必要がある。しかしながら、混炭で使用するボイラは瀝青炭で設計されているので、火炉容積は小さくなく、混焼比率には限度がある（混焼比率は概ね20～30%程度）。

[0265] インドネシアが保有する低品位炭の特性は以下のとおりである。

（メリット）

（1）埋蔵量が豊富である（可採年数が長い）ため、長期安定供給が可能である。

（2）採掘が露天掘りで生産コストが低いため、購入価格が安い。

（3）高揮発分、低灰融点であるため、燃焼性が良く、ガス化利用に適している。

（デメリット）

（1）高水分であるため、ボイラ能力低下によりCO₂排出量が増大する。また、高水分輸送による輸送効率の低下が懸念される。

（2）細孔容量が大きく、酸素官能基が多いため、自然発火しやすく、輸送、貯炭の安全性の低下が懸念される。

（3）乾燥、改質、ブリケット処理が必要であるため、エネルギー消費が大きくなり、設備費が高くなる。

[0266] 以上、褐炭などの低品位炭に関する課題のまとめとして、（1）最終製品のコストを競合製品（同等発熱量炭）に対抗できるレベルまで下げられるか、（2）ハンドリング性、輸送性を向上し競合製品（同等発熱量炭）に対抗できるレベルに上げられるか、ということを解決する必要がある。

[0267] 一方、インドネシアでは、低品位炭（主に褐炭）の有数の産出地域である

とともに、大規模なパーム椰子産業が存在する地域でもある。

パーム産業と低品位炭（主に褐炭）両方が存在するインドネシアから、近年PKSがバイオマス資源として輸出されている。中規模のパーム油搾油工場例えば、FFB：65 t／時の搾油規模では、年間15000 t／年のPKSが産出される。PKSは元々搾油工場の副産物であり、自社内発電用に使用されるが、従来、Fiberの補助燃料としての使用が主力であり、約80％は外部売却されている。

[0268] インドネシアにおける多くのパーム油搾油工場は零細な生産者であり、PKS中の異物混入、高水分率（露天保管による雨水吸収）等の品質のバラつきがある。加えて、バイヤーが工場まで直接買付けする商取引がほとんどである為、産地トレーサビリティは確保されておらず、バイオマス資源（ここではPKS）の持続性に課題がある。

[0269] 植物由来の、PKSをはじめとするパーム由来のバイオマス資源はカーボンニュートラルとして扱われる。しかし、LCA（ライフサイクルアセスメント）-CO₂で見ると輸送手段（例えば海運）により増加するが、それよりも原料乾燥での石油利用が大きく、CO₂を引き上げる原因となっている。PKSを例にとると、含水率の品質確保のため、近年は業者が集積場に乾燥装置を設置する傾向にある。

[0270] 以上に基づいて、全く新しく発明した低品質炭とパーム産業由来未利用バイオマス資源の組み合わせで包括的なプロセスによる解決方法を提供する。

（１）新エネルギーの創出

低品位炭（主に褐炭）の改質炭、褐炭ブリケット、ガス化・液化等での製品が開発若しくは実用段階に入っているが、本発明はそれらとコンセプトが違う高付加価値バイオマス混合燃料炭であるバイオマス改質炭を創出する。これらは限定された地域で、限られた条件での新規燃料となるが、製造能力は多大である。個々の技術は、確立あるいは実証確認されている技術で、その新規な組合せによる包括的なプロセスとなる。

（２）本発明の好適な条件

A. パーム産業由来のバイオマス資源、例えばOPFが安易に入手可能であること。

B. パーム産業由来のバイオマス資源、例えばOPFを安価に半炭化（炭化を含む）出来る環境、即ち必要なエネルギーが極めて安価に入手可能であること。

C. パーム椰子農園及びその近隣で産出する低品位炭（主に褐炭）が入手可能なこと。

あるいは、低品位炭（主に褐炭）の産地及びその近隣でパーム椰子由来のバイオマス資源の炭化（半炭化を含む）物が入手可能なこと。

これら好適な条件A～Cを満たす国や地域は、インドネシアとマレーシアの一部である。

[0271] 以上の条件を踏まえた本発明の概要は以下のとおりである。

低品位炭（主に褐炭）をパーム産業由来未利用バイオマス資源の半炭化物に混合してバイオマス改質炭にする。これにより、以下の課題を解決する効果が得られる。

（１）高水分による燃焼能力低下：

水分調整（乾燥及び混合）は産炭地とパーム搾油工場が近傍にある場所で行い、水分調整された燃料となる。その為、発熱量も調整された燃料を生産でき、燃焼能力の低下を回避することができる。

（２）高水分による輸送効率：

産炭地とパーム搾油工場が近傍にある条件を満たすことで、水分調整は現地で行われる。よって、高水分の低品位炭を輸送する距離は短くて済み、生産された燃料水分は瀝青炭相当と少量である。

（３）高水分調整のコスト：

搬送コストは上述した状況である為、低コストである。また、乾燥・粉碎等のエネルギーコストは、パーム産業由来未利用バイオマス資源を利用するため低コストである。さらに、生産する燃料（低品位炭＋炭化バイオマス（例えばパーム葉柄（OPP）半炭化粉碎物）の混合燃料）におけるバイオマ

ス側は、パーム産業由来未利用バイオマス資源使用する為、低コストである。

(4) 高水分による水蒸気などの排ガス量が増える為、ボイラ内の滞留時間を長くとる必要があり、火炉容積の大きな設備とするか、混合比率を抑制：

水分調整された新燃料の為、火炉容積を増加する必要は無く、混合比率も瀝青炭＋低品位炭の混合比率よりは、大きくなる。

(5) 低灰融点によるボイラ能力の低下：

生産する燃料を低品位炭＋炭化バイオマス（例えばパーム葉柄（OPP）半炭化粉碎物）の混合燃料とする場合、燃料は、微粉炭ボイラ燃料の混合物としての利用がメインである為、低灰融点によるボイラ能力低下は、炭化バイオマス燃料の混合割合が、50%以下では問題が発生しない。但し、カリウム含有が高いEFB炭化物の場合は混合条件を調整する必要がある。

(6) 自然発火しやすく、輸送・貯炭の安全性が低い：

生産する燃料（低品位炭＋炭化バイオマス（例えばパーム葉柄（OPP）半炭化粉碎物）の混合燃料）は、混合固形燃料（バイオマス改質炭）になった時点で自然発火は生じにくくなり、輸送・貯炭の安全性は、瀝青炭と同等になり安全性が高められる。

(7) 低品位炭（主に褐炭）を利用するには、乾燥、改質、ブリケット・ペレット処理が必要で、そのための設備費とエネルギーコストがかかり、製造コストが上昇：

上記(1)～(6)の必要条件が揃った場所での生産であれば、低コストでの製造が可能となる。

(8) 木質バイオマスは発熱量が低く破碎性が悪いことから、1～3wt%程度の混焼率で混焼率の向上には、発熱量を高め、かつ破碎性を改善できる炭化処理が必要：

バイオマス改質炭（パーム葉柄（OPP）-半炭化物と低品位炭（主には褐炭）の乾燥破碎物との混合ブリケット・ペレット）である事より、GHIが20～45程度に硬度を持つことができ、混焼率は1～100%の間で調整

できる。また、発熱量も 5300 kcal/kg 以上と高いので、微粉炭式ボイラに問題なく対応可能であり、循環流動層ボイラ、ストーカーボイラ等も使用が可能である。

[0272] また、 $\text{LCA}-\text{CO}_2$ の観点から見たメリットは以下のとおりである。

(1) 石炭を燃料とするため、 CO_2 発生の問題：

上述した好適な条件と低品位炭＋炭化バイオマスの混合燃料という条件により、製造エネルギーの全量と、炭化バイオマスの混合燃料割合分がカーボンニュートラルであり、 CO_2 削減に寄与する。

(2) 製造に関する $\text{LCA}-\text{CO}_2$ ：

ここで使用する全てのエネルギーは、パーム産業由来の未利用バイオマス資源から利用可能な、電力、蒸気、熱ガス、バイオエタノール、水素が得られることにより、バイオマス改質炭は、極めて $\text{LCA}-\text{CO}_2$ 低減に効果のある燃料となる。

[0273] また、トレーサビリティの観点から見たメリットは以下のとおりである。

本発明のバイオマス改質炭は、産地・原料・安定性・生産・燃料・品質の何れも以下のように問題は無い。

・産地：インドネシア・マレーシア。

・原料：パーム由来バイオマス資源と近隣で産出される低品位炭。

・安定性：パーム由来バイオマス資源は年間平均的に多量に産出される。

また、褐炭などの低品位炭は特にインドネシアに豊富にある。

・生産：エネルギーは自前、インフラは既存パーム産業と石炭産業のものを利用できる。技術は個別には確立している。パーム産業由来未利用バイオマスは、極めてサステイナブルな資源である。

・燃料：自前バイオマスエネルギーでカーボンニュートラルである。

・品質：原料のバラつきが少なく、混合燃料での調整が可能な為、品質は安定している。

・環境：本発明は石炭産業、パーム椰子産業、エネルギー製造、バイオマス改質炭製造、パーム葉柄（OPP）-半炭化ペレット製造の全てを含む包括

的なシステムであり、バイオマス改質炭の製造方法の各工程での環境保護について、POMEを含む事で相互に補完が可能となっている。

[0274] 日本における微粉炭発電所の安定的な燃料確保について、限定的な条件下での燃料製造となるが、インドネシア、マレーシアの一部では、低品位炭は埋蔵量が豊富で長期安定供給可能であり、また、パーム産業由来未利用バイオマス資源の利用で安価で豊富に長期安定供給が可能である。よって、バイオマス改質炭の生産の持続性は十分に確保できる。

[0275] 既存パーム産業の環境破壊問題については、パーム椰子農園に放置されるOPT、OPFを回収して腐敗ガス（メタン、CO₂）の発生を防ぐことができる。また、POMEからのメタンガスを回収し、バイオマス改質炭の製造のためのエネルギー源として利用することができる。また、パーム油搾油工場からのEFBを有効利用する事により、腐敗ガス発生を防ぐことができる。

[0276] 以下、図面を参照して、上述した背景や課題を解決するための本発明の一実施形態のバイオマス改質炭、およびその製造方法について説明する。なお、以下に示す実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

[0277] 最初に図11を参照して、本発明のバイオマス改質炭の製造方法の概要を説明する。

図11は、本発明の一実施形態であるバイオマス改質炭の製造方法の概要を示したブロック図である。

本発明のバイオマス改質炭の製造方法410は、パーム産業由来未利用バイオマス資源と褐炭（低品質炭）とを原料とするバイオマス資源および褐炭利用エネルギーシステムである。バイオマス改質炭の製造方法410は、パーム椰子樹木からパーム油を得るパーム油生産プロセス413と、パーム椰子樹木からリサイクル原料を得る収穫、分別プロセス411と、リサイクル原料を半炭化する半炭化プロセス412と、半炭化したリサイクル原料と褐

炭を混合してバイオマス改質炭を得るバイオマス改質炭製造プロセス４１４と、を有する。

[0278] 収穫、分別プロセス４１１では、パーム農園で栽培されたパーム椰子の生鮮果房（ＦＦＢ）を収穫する。また、パーム椰子の生鮮果房（ＦＦＢ）を収穫する際に、パーム葉柄（ＯＰＰ：リサイクル原料）が得られる。

[0279] パーム油生産プロセス４１３では、収穫した生鮮果房（ＦＦＢ）からパーム油やパーム核油を搾油する。

[0280] 半炭化プロセス４１２では、生鮮果房（ＦＦＢ）を収穫時に得られたリサイクル原料であるパーム葉柄（ＯＰＰ）を炭化させる。

[0281] バイオマス改質炭製造プロセス４１４では、半炭化プロセス４１２で得られた半炭化させたパーム枝葉と、パーム椰子農園の近隣で得られた褐炭とを混合し、成形してバイオマス改質炭を得る。

[0282] また、本発明のバイオマス改質炭の製造方法４１０は、再生エネルギー生成工程４１５を備えることが好ましい。再生エネルギー生成工程４１５は、例えば、半炭化プロセス４１２においてパーム葉柄（ＯＰＰ）を搾汁した搾汁液（排出物）を発酵させるなどして、バイオエタノールなどを生成し、これをバイオマス改質炭製造プロセス４１４の稼働エネルギー源とする工程である。

[0283] また、再生エネルギー生成工程４１５は、例えば、生鮮果房（ＦＦＢ）の脱果後の空果房（排出物）や、パーム油の搾油後に排出されるパーム椰子殻（排出物）やパーム繊維（排出物）を燃焼させることによって電力や蒸気を生成し、これらをバイオマス改質炭製造プロセス４１４の稼働エネルギー源とする工程である。

[0284] また、再生エネルギー生成工程４１５は、例えば、パーム油生産プロセス４１３においてパーム油の油水分離によって生じた分離水（排出物）を発酵させるなどして、バイオエタノールなどを生成し、これをバイオマス改質炭製造プロセス４１４の稼働エネルギー源とする工程である。

[0285] 本発明のバイオマス改質炭の製造方法４１０によれば、パーム油の製造時

に生じるパーム葉柄（OPP）（リサイクル原料）と、パーム椰子農園の近隣で産する褐炭とを混合して、固形燃料であるバイオマス改質炭を製造できる。これによって、余剰物であるパーム葉柄（OPP）（リサイクル原料）と、用途が限られていた褐炭とを有効利用することが可能になる。

[0286] また、本発明のバイオマス改質炭の製造方法410によれば、パーム油生産プロセス413や半炭化プロセス412において生じた排出物を用いて、再生エネルギー生成工程415によってバイオマス改質炭製造プロセス414の稼働エネルギー源を生成することにより、外部から電力や熱エネルギーなどを調達しなくても、バイオマス改質炭を低コストに製造することができ、同時に、排出物を低減して環境保全を図ることができる。

[0287] 以下、上述したバイオマス改質炭の製造方法の概要の各部をより詳細に説明する。

図12は、図11に示すバイオマス改質炭の製造方法をより詳細に示した概略説明図である。また、図13は、本発明の一実施形態であるバイオマス改質炭の製造方法を段階的に示したフローチャートである。なお、図13において、点線で囲まれた領域は、当該領域に向けて延びる矢印で示されるエネルギーや各物質が、当該領域に含まれる任意の工程に供給されることを示している。また、図13において、一点鎖線で囲まれた領域は、ある工程が複数の工程（下位工程）からなることを示している。

また、以下の説明において、褐炭と言った場合、石炭化度の低い（例えば、炭素含有量70wt%以下）の低品位炭を指し、これよりも石炭化度の高い亜瀝青炭、瀝青炭、無煙炭を除いた石炭を全て含む。

[0288] パーム産業由来未利用バイオマス資源と褐炭（低品質炭）とを原料とするバイオマス資源および褐炭利用エネルギーシステム10は、大別して、パーム椰子の収穫、分別プロセス411と、半炭化プロセス412と、パーム油生産プロセス413と、バイオマス改質炭製造プロセス414に分けられる。なお、半炭化プロセス412およびパーム油生産プロセス413及びバイオマス改質炭製造プロセス414を行う施設は、物理的に近接ないし一体の

施設とすることが輸送効率上好ましい。

[0289] パーム椰子については、第2の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0290] また、パーム椰子樹木の各構成部位及びパーム椰子の果実の断面については、第2の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0291] パーム椰子のパーム枝葉（OPF）については、第1の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0292] 収穫、分別プロセス（収穫工程S401）411では、パーム農園で栽培されたパーム椰子の生鮮果房（FFB）を収穫する。また、パーム椰子の生鮮果房（FFB）を収穫する際には、生鮮果房（FFB）の周囲に生えているパーム枝葉（OPF）を伐採する必要がある。なお、1つの生鮮果房（FFB）を収穫する際には、2本のパーム枝葉（OPF）が伐採されることになる。

[0293] 収穫、分別プロセス411で得られた、リサイクル原料であるパーム枝葉（OPF）は、更に、パーム葉が生える葉部（Rachis）およびこの葉部よりも生鮮果房（FFB）側を成す葉柄（OPP）に切り分けられる。そして、以下の半炭化プロセス412では、パーム枝葉（OPF）の一部パーム葉柄（OPP）が用いられる。もちろん、葉部も含めて半炭化プロセス412に用いることも可能である。なお、パーム枝葉（OPF）110において、葉柄（OPP）111と葉部112との重量比はおよそ50：50である。こうしたパーム枝葉（OPF）110の葉柄（OPP）111は、樹幹202に繋がる付け根（基部）から中央部分にかけて、ブドウ糖含量がとりわけ高いのが特徴となっている。

半炭化プロセス412で、パーム枝葉（OPF）として、葉柄（OPP）を用いることで、第1の実施形態と同じ効果を得ることができる。

[0294] 一方、切り分けられた葉部（Rachis）112は、パーム椰子農園の育成中のパーム椰子の周辺に敷設される。こうした多数の葉が付いた葉部（Rachis）をパーム椰子の周辺に置くことによって、パーム椰子の果房

を狙う野ネズミを捕食する蛇類の棲み処を確保し、パーム椰子の鼠害を防止する。

[0295] 以上の収穫、分別プロセス（収穫工程 S 4 0 1）4 1 1 によって、生鮮果房（F F B）、およびパーム枝葉（O P F）の葉柄（O P P）1 1 1 が得られる。また、例えば、2 0 ～ 2 5 年以上経過したパーム椰子 2 0 1 も伐採され、パーム古木（O P T）および残ったパーム枝葉（O P F）の葉柄（O P P）として回収される。

[0296] パーム古木（O P T）の樹幹は、大量の樹液を含んでおり、その樹液の含量は中心部分ほど高い傾向があるが、平均して約 6 5 % ～ 8 5 % 程度である。このパーム古木（O P T）は、グルコース、フラクトース、スクロースが非常に多い優良な糖液である。パーム古木（O P T）の樹齢などによって若干の差異はあるが、伐採直後の全糖量はおおよそ 7 ～ 1 0 % 程度である。同一樹幹でみればその上下における糖含量の分布では、最下部では 2 割程度低い、中間部から最上部まではほぼ同程度である。

[0297] なお、パーム古木（O P T）は、伐採後に一定期間貯蔵することによって、糖含量が大きく増加するという、熟成現象ともいえる変化があることも知られている。例えば、伐採直後の樹液含量は 6 5 % ～ 8 5 % で貯蔵期間中ほとんど変化しないが、一方で糖含量は最大 1 5 % 近くまで上昇することが知られている。一例としてサトウキビの搾汁液の糖含量が約 1 6 % であることを考慮すると、適当な熟成期間を経ることによって、パーム古木（O P T）がサトウキビに相当する糖含量を持つ原料になる可能性がある。このため、伐採後のパーム古木（O P T）を一定期間貯蔵して糖含量を増加させることも好ましい。

[0298] 収穫、分別プロセス（収穫工程 S 4 0 1）4 1 1 を経た生鮮果房（F F B）はパーム油生産プロセス 4 1 3 に、またパーム葉柄（O P P）は半炭化プロセス 4 1 2 にそれぞれ送られる。

[0299] まず、半炭化プロセス 4 1 2 について説明する。半炭化プロセス 4 1 2 では、パーム枝葉（O P F）の葉柄（O P P）1 1 1 を洗浄する。洗浄には水

を用いる。なお、こうした葉柄（OPP）111の洗浄に用いた洗浄排水は、沈殿などの工程を行って再生水として循環利用することが好ましい。

- [0300] 次に、洗浄した葉柄（OPP）111を脱水ないし乾燥させる。葉柄（OPP）111の乾燥は、例えば、天日干しによって行うことが好ましい。また、温風等による乾燥機を用いて乾燥することもできる。
- また、脱水機を用いて脱水することもできる。

- [0301] 収穫工程S401でのハンドリング上、0.5～1m程度におおまかに切断されたパーム枝葉（OPF）の葉柄（OPP）111は、そのまま、あるいは粗破碎され、後述する搾汁工程S403に送られるが、葉柄（OPP）111とともに、収穫、分別プロセス（収穫工程S401）411で回収されたパーム古木（OPT）も破碎する事（第1破碎工程S402）により用いることができる。こうしたパーム古木（OPT）も葉柄（OPP）111と共に用いることで、樹木としては強度不足で活用することが困難であったパーム古木（OPT）を有効に活用できる。

- [0302] 次に、第1破碎工程S402で破碎されたパーム古木（OPT）および葉柄（OPP）111から搾汁し、得られた搾汁液（排出物）と第1固形残渣（葉柄（OPP）111およびパーム古木（OPT）の破碎物（例えば、50mm程度の塊状物）から樹液を搾り取ったもの：リサイクル原料）とを分離する（搾汁工程S403）。葉柄（OPP）111やパーム古木（OPT）の破碎物を搾汁する際には、例えば、サトウキビの搾汁などに用いるローラプレス式の搾汁機を用いることができる。

- [0303] 搾汁液（排出物）と第1固形残渣（リサイクル原料）との分離は、遠心分離や濾過分離などの分離方法によって行うことができる。分離された搾汁液は、例えば黄濁色の液体を成し、多量の糖成分を含有している。こうした搾汁液を用いて、バイオ燃料や食品原料を製造する（加工品製造工程S404）。

- [0304] 加工品製造工程S404は、例えば、濃縮工程S404A、発酵工程S404B、および精製工程S404Cを備えている。濃縮工程S404Aでは

、搾汁液を効率的に発酵可能な程度まで濃縮を行う。濃縮工程 S 4 0 4 A は、例えば、搾汁液の遠心分離や、加熱による水分の減少などによって行うことができる。

[0305] 発酵工程 S 4 0 4 B では、発酵によって搾汁液に含まれる糖成分をメタンガスやバイオエタノールにする。例えば、アルコール発酵(E t h a n o l F e r m e n t a t i o n)によって、糖成分（グルコース、フラクトース、ショ糖）を分解して、エタノール（バイオエタノール）および二酸化炭素を生成させる。

[0306] 精製工程 S 4 0 4 C では、バイオエタノールや糖成分を精製して不純物を除去し、より純度の高いバイオエタノールや糖成分（食品原料）を得る。

前工程である搾汁工程 S 4 0 3 で生じる搾汁液は比較的多量であり、そのまま排出すれば水質汚染等の懸念があるが、搾汁液の発酵、精製によってバイオエタノールや糖成分（食品原料）を製造することによって、搾汁液の有効利用を図るとともに、搾汁液による水質汚染を防止することができる。

[0307] 一方、前述した搾汁工程 S 4 0 3 で得られた、第 1 固形残渣である搾汁された搾汁残渣は、破碎によってパーム葉柄（O P P）破碎物が形成される（第 2 破碎工程 S 4 0 5）。第 1 固形残渣の搾汁残渣は、例えば、ロータリー刃を備えた破碎機によって破碎されればよい。これによって得られるパーム葉柄（O P P）破碎物は、例えば本実施形態においては、寸法が例えば、5 0 m m 以下の破碎物である。また、搾汁工程の前段に破碎工程を設けることも、搾汁方式によっては選択可能である。

[0308] なお、第 2 破碎工程 S 4 0 5 において、後述するパーム油生産プロセス 4 1 3 における果実を脱果させた後の破碎した空果房（E F B：リサイクル原料）、および果実を搾油後のパーム椰子殻（P K S：リサイクル原料）を、パーム葉柄（O P P）破碎物に加えることができる。なお、以下の説明では、こうした空果房粉状物やパーム椰子殻粉状物を加えたものも含めてパーム枝葉粉状物と述べる。

[0309] 後述する、乾燥工程 S 4 0 6 A、半炭化工程 S 4 0 6 B による半炭化の利

点の1つとして、破碎動力の低減が挙げられる。パーム葉柄（OPP）、パーム古木（OPT）組織が脆弱な為、半炭化工程S406B前のある程度の破碎は動力負荷が少ないが、空果房（EFB）の破碎動力負荷に関しては半炭化工程S406B前の破碎動力負荷が大きい。このため、空果房（EFB）に関しては、半炭化工程S406B前の第2破碎工程S405で例えば50mm～150mm程度に破碎後、水分調整のための乾燥工程S406A、半炭化工程S406Bを行ってから15mm以下程度に粉碎することで動力負荷が低減し、経済的には好ましい。

[0310] 次に、第2破碎工程S405で得られたパーム葉柄（OPP）破碎物を用いて、後述するバイオマス改質炭の原料となるバイオマス半炭化物やこれを用いた燃料用ペレットを製造する（燃料用ペレット製造工程S406）。燃料用ペレット製造工程S406は、乾燥工程S406A、半炭化工程S406B、粉碎工程S406C及び圧縮成形工程S406Dを含む。半炭化工程S406Bでは、第2破碎工程S405で得られたパーム葉柄（OPP）破碎物を半炭化炉によって半炭化处理（トレファイド）を施す。パーム葉柄破碎後の水分調整した乾燥物を例えば300℃以下、酸素10%未満の雰囲気中で半炭化处理することで、発熱量を2～3割向上させるとともに、耐水性を高めることができる。

[0311] 第2破碎工程S405での産物は、パーム葉柄（OPP）、パーム古木（OPT）の場合は、含水率は40%前後、空果房（EFB）の場合は50%前後と多い。このため、乾燥工程S406Aから半炭化工程S406Bまでを1回で行うか、これらの工程を2段階にするかは、設備によって異なるが、乾燥工程S406A後において通常、含水率は10～13%程度、その後の半炭化工程S406Bにおいて含水率12%以下、好ましくは5%前後（その後、吸湿によって8～10%）とする。

[0312] 水分調整のための乾燥設備は、例えばベルト乾燥機、あるいは回転式の熱処理炉がある。次工程である半炭化工程投入材料の水分量を一定にする事は、次工程である半炭化处理に重要な点で、出口含水率を13%程度以下にす

る事が求められる。

[0313] 半炭化処理を行うための半炭化処理装置は、例えば、回転式の熱処理炉であればよい。

こうした回転式の熱処理炉を用いて、パーム葉柄粉状物を例えば200℃～350℃程度に加熱し、5分～90分間保持することによって、含水率を0%～12%程度にする。

[0314] 半炭化処理（トレファイド）に用いる熱処理炉の稼働に必要なエネルギー源として、後述する油水分離工程S413で生じた分離排水（POME）を利用した第3エネルギー生成工程S417で得られた電力や蒸気及び熱ガスなどの第3稼働用エネルギーを用いる。更に、後述するパーム油生産プロセス413における第1稼働用エネルギー及び第2稼働用エネルギーを乾燥装置および熱分解装置に供給することも好ましい。

[0315] 以上のような半炭化工程S406Bによって、第1固形残渣を粉砕したパーム葉柄（OPP）破砕物が半炭化処理（トレファイド）されたバイオマス半炭化物が得られる。このバイオマス半炭化物は、後述するバイオマス改質炭の製造原料として用いられる。また、このバイオマス半炭化物は、次に述べる燃料用ペレットの原料としても用いることができる。

[0316] バイオマス半炭化物を燃料用ペレットの製造に用いる場合、半炭化処理されたパーム葉柄（OPP）破砕物であるバイオマス半炭化物に対して、パーム由来のリグニンを添加した後、圧縮成形してペレット化する（圧縮成形工程S406D）。圧縮成形工程S406Dでは、例えば、ダイス押出式のペレット成形装置を用いることができる。こうした圧縮成形工程S406Dにおいても、例えばペレット成形装置の駆動源として、後述する第1搾油工程S412由来の油水分離工程S413で生じた分離排水（POME）を利用した第3エネルギー生成工程S417で得られた電力や蒸気及び熱ガスなどの第3稼働用エネルギー、および後述するパーム油生産プロセス413における第2稼働用エネルギー、OPFの搾汁工程S403で得られた搾汁液から生成された第1稼働用エネルギーをも用いることができる。

[0317] なお、圧縮成形工程 S 4 0 6 D において、投入材料中のリグニン量がペレットの成形度合に関係するが、リグニン量を調整する場合、パーム由来のリグニンが利用できる。また、ペレット成形前の材料寸法は、成形するペレット径により、粉碎による寸法調整が必要となる。また、上述した実施形態では、燃料用ペレット製造工程 S 4 0 6 において、半炭化工程 S 4 0 6 B の後、圧縮成形工程 S 4 0 6 D を行っているが、圧縮成形工程 S 4 0 6 D を行ってから、半炭化工程 S 4 0 6 B を行うこともできる。この場合、圧縮成形工程 S 4 0 6 D への投入原料寸法は、成形するペレット径により決まる。

[0318] 通常、木質の場合、ペレット成形機投入物の前処理粉碎所要エネルギーは、半炭化による脆化の為、半炭化度合いが進むほど粉碎エネルギーは低減する。このため、半炭化工程 S 4 0 6 B の後、圧縮成形工程 S 4 0 6 D を行うことが好ましい。

[0319] 一方、パーム葉柄（OPP）、あるいはパーム古木（OPT）は、組織が脆弱な為、粉碎所要エネルギーは少ない。このため、圧縮成形工程 S 4 0 6 D を行ってから、半炭化工程 S 4 0 6 B を行うことも好ましい。また、空果房（EFB）組織が非脆弱であり、半炭化工程 S 4 0 6 B の後、粉碎工程 S 4 0 6 C を経過し、圧縮成形工程 S 4 0 6 D を行うことが好ましい。

[0320] 以上のような工程を経て固形バイオマス燃料である燃料用ペレットが得られる。

なお、本実施形態においては、半炭化工程 S 4 0 6 B を行った後に圧縮成形工程 S 4 0 6 D を実施しているが、こうした工程は、逆の順番で行うこともできる。即ち、第2破碎工程 S 4 0 5 で得られたパーム葉柄（OPP）破碎物を圧縮成形工程 S 4 0 6 D によってペレット化した後、このペレットを熱処理炉等を用いた半炭化工程 S 4 0 6 B によって半炭化しバイオマス半炭化物を得る。そして、このバイオマス半炭化物を用いて、燃料用ペレットを製造することもできる。

[0321] 燃料用ペレットは、半炭化処理を行ったパーム葉柄粉状物をペレット化したものである。燃料用ペレットは、例えば概略円柱形状をなしており、直径

が4 mm～20 mm、長さが5 mm～100 mmの範囲内とされている。また、その嵩比重が0.65以上0.85以下の範囲内とされている。

[0322] 半炭化工程S406Bを経たバイオマス半炭化物は、ペレット形状のみならず、石炭コークス代替燃料のバイオコークスブリケット、例えば直径が50～150 mm、長さが(直径)×1～5の範囲内の製品にも成形可能である。

[0323] そして、燃料用ペレットは、脱水処理や半炭化処理によって水分及び揮発成分も低減はするが、燃料用ペレットにおける含水率は12%以下の範囲内に調整されており、熱量が20 kJ/kg以上24 kJ/kg以下の範囲内とされている。

[0324] さらに、燃料用ペレット120においては、JIS M 8801で規定されているハードグローブ粉碎性指数(HGI)が22以上50以下の範囲内とされている。なお、参考例として、微粉炭ボイラにおける運用下限値は、HGI=40以上とされている。

また、燃料用ペレットは、半炭化処理によって表面が疎水性を有しており、耐水性が向上されており、水に浸漬しても、容易に崩壊せずに形状が維持されることになる。

[0325] 一方、上述した搾汁工程S403、加工品製造工程S404、および燃料用ペレット製造工程S406でそれぞれ生じたパーム椰子由来の搾汁液(OPT・OPP-Juice)を集約して、再生エネルギー生成工程415(図1参照)の一例である第1エネルギー生成工程S407によって、第1稼働用エネルギー(再生エネルギー)を生成する。第1エネルギー生成工程S407では、上述した各工程で生じた搾汁液を濃縮し、発酵、精製を行う。

[0326] パーム椰子由来の搾汁液(OPT・OPP-Juice)は糖成分を含んでいる。この搾汁液を濃縮して効率的に発酵が可能な濃度にした後、アルコール発酵(Ethanol Fermentation)によって、糖成分(グルコース、フラクトース、ショ糖)を分解して、エタノール(バイオエタノール)および二酸化炭素を生成させる。

[0327] そして、こうしたバイオエタノールを用いて、発電や水の加熱によって電力や高圧蒸気などの第1稼働用エネルギーを生成する（第1エネルギー生成工程S407）。ここで得られた電力や高圧蒸気などの第1稼働用エネルギーのうち、例えば電力は、半炭化工程S406Bでの熱処理炉の駆動力として用いたり、圧縮成形工程S406Dでのペレット成形装置の動力源として用いることができる。

[0328] 半炭化プロセス412を構成する各工程で生じた、椰子由来の糖成分を含んでいる搾汁液を集めて、第1エネルギー生成工程S407によって電力や高圧蒸気などの第1稼働用エネルギーを生成する。これにより、農園に廃棄し、腐敗し、メタンガス放出していたパーム枝葉（OPF）、パーム古木（OPT）がバイオマス資源として有効利用が出来る。

[0329] 再生エネルギー生成工程415（図11参照）の一例である第2エネルギー生成工程S416は、未利用バイオマス資源である、既存パーム油搾油工場のエネルギー源としていたパーム椰子殻（PKS：排出物）、パーム繊維（Fiber：排出物）、及び空果房（EFB：排出物）から、電力や蒸気及び熱ガスなどの第2稼働用エネルギー（再生エネルギー）を生成する。こうした第2稼働用エネルギーは、自家消費エネルギーとして使用する事も、有価物として売却する事も出来る。

[0330] なお、第1稼働用エネルギー、第2稼働用エネルギーは、後述するバイオマス改質炭製造プロセス414である各工程（褐炭乾燥工程S421、褐炭粉碎工程S422、混合工程S423、圧縮成型工程S424）の動作エネルギー源として使用され、例えば、乾燥熱源、粉碎用動力源、混合用動力源、および圧縮成形用動力源などに利用される。

[0331] 次に、パーム油生産プロセス413について説明する。

パーム油生産プロセス413では、生鮮果房（FFB）を洗浄した後、生鮮果房（FFB）を蒸煮して、果実と空果房（EFB）に分離する（脱果工程S411）。パーム椰子は、果実の中に油分を分解するリパーゼ酵素を含んでいるため、収穫した瞬間から、このリパーゼ酵素が活性化される。この

ため、生鮮果房（F F B）の収穫後は24時間以内に熱を加え、リパーゼ酵素を不活性化させる必要がある。

[0332] こうした生鮮果房（F F B）を蒸煮の目的は、油を分解する酵素を不活性化（失活）させることである。こうした不活性化のためには、例えば、回転式の蒸煮プロセスでは、75分から90分にわたって、最高温度140℃（圧力+2気圧）をピークに2, 3回圧力をスイングする操作がなされる。また、蒸煮することで、果房から果実が離脱しやすくなり、また果実を柔軟にして、パーム油生産プロセス413での搾油を容易にする。果房から果実を離脱させるには、例えば、脱果機などを用いて果房を叩き、果房の茎と果実に分離する。

この後、分離した果実から効率よく搾油するため、果実を蒸気で95℃から100℃に加熱しながら約30分程度攪拌し、スラリー状にする（消化）。

[0333] こうした脱果工程S411において、前述した半炭化プロセス412で生成した、第1エネルギー生成工程S407で得られた蒸気（第1稼働用エネルギー）、後述する第2エネルギー生成工程S416で得られた蒸気（第2稼働用エネルギー）、後述する油水分離工程S413で得られた分離水（POME：排出物）を用いて第3エネルギー生成工程S417で得られた蒸気（第3稼働用エネルギー）を用いて、生鮮果房（F F B）を蒸煮することができる。こうした脱果工程S411は、パーム油生産プロセス413の中でもっとも蒸気使用量が多い。

[0334] また、この脱果工程S411で生じた脱果後の空果房（E F B）は、ある程度の脱水後、前述した半炭化プロセス412における第2破碎工程S405に導入し、パーム葉柄粉状物の一部として燃料用ペレットの製造原料に用いることで、木質廃棄物の削減、有効利用を図ることができる。また、脱果後の空果房（E F B）は、パーム古木の第1破碎工程S402を使用して破碎することも可能である。

[0335] 次に、脱果工程S411においてスラリー状にした果実を搾油する（第1

搾油工程 S 4 1 2)。例えば、第 1 搾油工程 S 4 1 2 では、スクリー式の搾油機を用いて、圧力によって粗パーム油およびパーム椰子核を含む繊維質である第 2 固形残渣に分離する。

[0336] 次に、第 1 搾油工程 S 4 1 2 で得られた粗パーム油に対して加水し、例えば約 85℃程度に加熱して静置した後、比重差による油水分離を行ってパーム油と第 2 パーム椰子排水（POME）とを得る（油水分離工程 S 4 1 3）。なお、加水後に更に遠心分離器によって繊維や水分などを取り除くことで、迅速に油水分離を行うこともできる。

[0337] こうした油水分離工程 S 4 1 3 で分離された分離水（POME）は、油水分離によっても水層に溶存している椰子由来の油脂を完全には分離除去できず、椰子由来の油脂を一定量含んでいる。この分離水（POME）を半炭化プロセス 4 1 2 における再生エネルギー生成工程 4 1 5（図 1 1 参照）の一例である第 3 エネルギー生成工程 S 4 1 7 の原料として用いる。

[0338] このように、パーム油生産プロセス 4 1 3 を構成する油水分離工程 S 4 1 3 で生じた、椰子由来の油脂を含む分離水（POME）を用いて、第 3 エネルギー生成工程 S 4 1 7 によって電力や蒸気及び熱ガスなどの第 3 稼働用エネルギー（再生エネルギー）を生成することによって、従来、問題となっていたパーム椰子由来の排水（POME）の外部への排出による水質汚染を防止するとともに、こうした排水（POME）を有効に再利用することが可能になる。

[0339] 未利用バイオマス資源である分離水（POME）から第 3 エネルギー生成工程 S 4 1 7 で、メタンガスによるバイオマス発電および燃焼エネルギーが得られ、自家消費エネルギーとして使用する事も、有価物として売却する事も出来る。例えば、第 3 稼働用エネルギーは、後述するバイオマス改質炭製造プロセス 4 1 4 である各工程（褐炭乾燥工程 S 4 2 1、褐炭粉碎工程 S 4 2 2、混合工程 S 4 2 3、圧縮成型工程 S 4 2 4）の動作エネルギー源として使用され、例えば、乾燥熱源、粉碎用動力源、混合用動力源、および圧縮成形用動力源などに利用される。

[0340] 第1搾油工程S412で生じた、椰子由来の油脂を含んでいる分離水（POME）処理場ラグーンから発生していた膨大な温暖化ガスであるメタンを回収し出来、エネルギー化により第3エネルギー生成工程S417によって電力や高圧蒸気などの第3稼働用エネルギーを生成することによって、自家消費エネルギーに加え、メタンガス利用による温暖化防止と、POME処理排水による、水質汚染を防止することが可能になる。更に河川放流水の浄化、未利用バイオマス固形炭化物により、放流水の色素、フミン酸を吸着する事等々、大気及び水質の環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営が出来る。

[0341] 一方、第2固形残渣には、パーム椰子核が含まれており、第2固形残渣を乾燥、粉碎後、パーム椰子核とパーム椰子殻（PKS）とを分離する（椰子核分離工程S414）。こうした分離は、例えば、空気流によって行うことができる。そして、分離されたパーム椰子核を搾油してパーム核油を得る（第2搾油工程S415）。

[0342] 一方、椰子核分離工程S414で分離されたパーム椰子殻（PKS）の一部は、そのままで市場性を有した有価物燃料として売却されるが、含水率が一定ではなく乾燥する事例もある。但し、その後の吸湿、並びに乾燥コストが増加する等の問題がある。本発明では、パーム枝葉（OPF）由来の燃料用ペレット製造工程S406にパーム椰子殻（PKS）を添加若しくは、単独で製造すればよく、製造コストは現状の乾燥製品に比べても安価で、尚且つ疎水性のある極めて石炭に近いパーム椰子殻（PKS）由来の半炭化物であるバイオマス半炭化物にすることができる。

[0343] 次に、得られたバイオエタノールやバイオガスを燃料として、発電や水の加熱によって電力や蒸気などの第2稼働用エネルギーを生成する（第2エネルギー生成工程S416）。

ここで得られた電力や蒸気などの第2稼働用エネルギーのうち、例えば、蒸気は、脱果工程S411で生鮮果房（FFB）を蒸すための飽和蒸気として用いることができる。また、第2稼働用エネルギーのうち、例えば、電力は

、燃料用ペレット製造工程 S 4 0 6 における半炭化工程 S 4 0 6 B での熱処理炉の駆動力として用いたり、圧縮成形工程 S 4 0 6 D でのペレット成形装置の動力源、および後述するバイオマス改質炭製造プロセス 4 1 4 である各工程（褐炭乾燥工程 S 4 2 1、褐炭粉碎工程 S 4 2 2、混合工程 S 4 2 3、圧縮成型工程 S 4 2 4）の動作エネルギー源として用いたりすることができる。

[0344] また、この椰子核分離工程 S 4 1 4 で分離されたパーム椰子殻（P K S）の他の一部は、前述した半炭化プロセス 4 1 2 における第 2 破碎工程 S 4 0 5 に導入し、パーム葉柄（O P P）破碎物の一部として半炭化工程 S 4 0 6 B を経てバイオマス半炭化物にして、後述するバイオマス改質炭製造プロセス 4 1 4 である混合工程 S 4 2 3 に送られ、バイオマス改質炭の製造に用いることができる。これにより、木質廃棄物の削減、有効利用を図ることができる。これらはパーム繊維（F i b e r）、空果房（E F B）もまた同様である。

[0345] 次に、バイオマス改質炭製造プロセス 4 1 4 について説明する。

バイオマス改質炭製造プロセス 4 1 4 では、原料として褐炭を用いる。こうした褐炭は、前述した技術的背景でも説明したように、例えば、インドネシアなどにおいて多く産出する石炭化度の低い（例えば、炭素含有量 7 0 w t % 以下）の低品位炭である。以下のバイオマス改質炭製造プロセス 4 1 4 は、前述した半炭化プロセス 4 1 2 やパーム油生産プロセス 4 1 3 などを実施するパーム椰子産業の近傍に存在する炭鉱から得られる褐炭を用いることが好ましい。これにより、褐炭の輸送コストや褐炭の乾燥に伴う発火性の官能基による自然発火を抑制できる。

低品位炭の改質技術は脱水改質技術の開発を中心に、発熱量の改善や自然発火性への対策が進められ、既に実用化段階にあり、商業化の計画も進められているが、多くの技術が経済的理由から商業化に至っていない。

[0346] 褐炭は通常暗褐色から帯褐色を呈する。より高品位な瀝青炭に比べ暗炭が多く、水分、腐植酸、酸素に富む。灰分の（ミネラル）の割合は産炭地によ

って様々である。水分が重量の半分以上（多い場合は66%程度）を占めるのが特徴である。これは褐炭の細孔容積が大きい（隙間が多い）ため、水分が浸み込みやすいからである。

まず、こうした水分を効率的かつ安全に蒸発させることで褐炭を乾燥させる（褐炭乾燥工程S421）。なお、採掘された褐炭が大きな塊状である場合、褐炭破碎工程によって、所定の大きさになるまで褐炭を予め破碎しておくことが好ましい。

[0347] 褐炭乾燥工程S421では、褐炭に含まれる発火性の官能基が水分の蒸発によって自然発火することを防止しつつ、褐炭の水分量が例えば20%以下になるように乾燥させる。

具体的には、褐炭の乾燥に間接加熱方式を用いる。例えば、熱源としては飽和スチームを用いる。こうした褐炭乾燥工程S421消費する熱量を減らすため、乾燥機からの復水に熱回収ユニットで排熱をさらに回収し、スチーム発生ユニットに戻す構成が好ましい。例えば、空気、または窒素ガスを乾燥機に送り込み、水分蒸発速度を調整する。乾燥機の出口ガスはスチーム、空気（または窒素）、褐炭の微粉を含んでおり、大気に放出する前にバグフィルタを使用し褐炭の微粉を除去する。

[0348] 次に、褐炭乾燥工程S421で乾燥させた褐炭を粉砕して、所定サイズの粉末状の粉状褐炭を製造する（褐炭粉砕工程S422）。この褐炭粉砕工程S422では、例えば、ハンマーミルを用いて、平均粒子径が例えば1mm以下程度になるように乾燥褐炭を粉砕する。粉砕によって得られる粉状褐炭の粒子径分布と水分は、後工程で得られるバイオマス改質炭の品質に大きく影響するため、制御には細心の注意を払って行う。燃焼性ガスやイナータガスを循環させ、粉砕雰囲気酸素濃度を制御することによって粉砕、乾燥による発火を抑制し、安全性を向上させる。

[0349] 次に、褐炭粉砕工程S422を経て得られた粉状褐炭と、半炭化プロセス412の半炭化工程S406Bにおいてパーム葉柄（OPP）やパーム古木（OPT）を原料として得られたバイオマス半炭化物とを混合して混合体を

得る（混合工程 S 4 2 3）。

[0350] この混合工程 S 4 2 3 では、粉体用の混合装置（ミキサー）を用いて、粉状褐炭と粉砕したバイオマス半炭化物とを、所定の混合比率で混合する。粉状褐炭とバイオマス半炭化物との混合比率（重量比）は、例えば 1 : 9 ~ 9 : 1 の範囲にすることが好ましい。本実施形態では、粉状褐炭とバイオマス半炭化物とを、重量比 50 : 50 で混合した混合体を形成している。

[0351] 次に、混合工程 S 4 2 3 で得られた粉状褐炭とバイオマス半炭化物との混合体を圧縮成形し、ブリケット状、或いはペレット状のバイオマス改質炭を得る（圧縮成型工程 S 4 2 4）。圧縮成型工程 S 4 2 4 では、例えばブリケットマシンを使用して圧縮成形する。ブリケットの形状・サイズ、ロール回転数、ロール支持圧力を最適設定することにより、バインダーを使用せず、高強度、高密度のブリケット状のバイオマス改質炭が製造でき、同時に電力消費を抑えることができる。

[0352] これら一連のバイオマス改質炭製造プロセス 4 1 4 では、搾汁工程 S 4 0 3 で得られた搾汁液から生成した第 1 稼働用エネルギー、パーム椰子殻（PKS）やパーム繊維（Fiber）から得られた第 2 稼働用エネルギー、および分離水（POME）から得られた第 3 稼働用エネルギーを、各工程（褐炭乾燥工程 S 4 2 1、褐炭粉砕工程 S 4 2 2、混合工程 S 4 2 3、圧縮成型工程 S 4 2 4）の動作エネルギー源として用いることができる。これによって、外部から新たなエネルギー（電力、蒸気等）を追加することなく、低コストにバイオマス改質炭を製造することができる。

[0353] 以上のようなバイオマス改質炭製造プロセス 4 1 4 を経て得られた本発明のバイオマス改質炭と、比較例である瀝青炭、褐炭、および燃料用ペレット製造工程 S 4 0 6 で得られた燃料用ペレットの性状例とを表 2 に示す。

[0354]

[表2]

		瀝青炭	褐炭	バイオマス OPF-TRFD (燃料用ペレット)	(粉状褐炭： バイオマス半炭化物 50 : 50) バイオマス改質炭
全水分	wt%, AR	12.7	30~40	<13	<20
高位発熱量	KacI/kg, AD	6,930	5,400~5,600	5,300~5,600	5,300~5,600
低位発熱量	KacI/kg, AR	6,030	3,200~3,900	5,000~5,500	4,000~5,000
水分	wt%, AR	4.26	9~11	7~12	6~12
灰分		9.78	6.5~9.5	1.5~4.0	5~8
揮発分		34.56	41~46	50~70	45~65
固定炭素		51.4	38~40	15~40	30~40
燃料比		1.49	0.83~0.97	0.8~0.21	0.46~0.89
HGI(ハーダグロブ粉砕性指数)	-	50	44~61	-	20~45
炭素	wt%, DFA	81.93	69~72	45~55	57~64
水素		5.27	5.0~5.2	6~7	5.5~6.5
窒素		1.98	0.8~1.2	0.65~0.80	0.7~1.1
燃焼性硫黄		0.37	0~0.02	0.03~0.06	0~0.05
酸素		10.45	22.0~25.0	35~42	28~34

[0355] 以上、説明したように、本発明のバイオマス改質炭の製造方法によれば、

従来は有効利用されていなかったパーム枝葉（OPF）の一部パーム葉柄（OPP）、あるいはパーム古木（OPT）、空果房（EFB）、単純焼却していたパーム椰子殻（PKS）、パーム繊維（Fiber）を用いてバイオマス半炭化物を製造するとともに、こうしたパーム椰子を得るパーム椰子農園の近傍に所在する炭鉱から得られた褐炭を乾燥、粉碎して乾燥褐炭を製造し、バイオマス半炭化物と混合して圧縮成形することで、容易に、かつ低コストにブリケット・ペレット状のバイオマス改質炭を製造することができる。

[0356] こうして得られたバイオマス改質炭は、褐炭を混合しないでバイオマス半炭化物のみで形成した燃料用ペレットと同等の発熱量を持ち、かつ、炭素分が多く硫黄分が少ない、燃料として優れた特性を有する。

[0357] バイオマス改質炭にバイオマス半炭化物を含ませることで、パーム椰子の樹木全体を有効に利用することができる。特に、パーム枝葉（OPF）は、パーム椰子の果房を収穫する際に多量に伐採されるので、供給量が多く、かつ、年間を通して供給量が安定しており、固形バイオマス燃料の原料として安定供給することが可能となる。また、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉（OPF）の一部パーム葉柄（OPP）をバイオマス改質炭として利用することが可能となる。

[0358] また、バイオマス改質炭に、パーム椰子農園の近傍で産出する褐炭を乾燥、粉碎して含ませることによって、長距離の輸送に適さず、かつ燃料としての特性が低い低品質炭である褐炭を低コストで有効利用することができる。

[0359] そして、こうしたバイオマス改質炭の製造に必要なエネルギー源として、油分を多く含んだパーム椰子排水（油水分離による分離水：POME）、これを利用した電力や蒸気などの稼働用エネルギーを用いると共に、分離水（POME）から第3稼働用エネルギーを得られる事で、余剰エネルギーの有効利用を図り、低コストでバイオマス改質炭の製造を可能にする。分離水（POME）の利用は、最終排水浄化・温暖化ガス発生の発生抑制が可能なたため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

[0360] また、糖成分を多く含んだパーム椰子由来の搾汁液を発酵させてメタンガスやバイオエタノールを生成し、第1稼働用エネルギーとして、自家消費エネルギー、及び売却可能な有価物を生産出来、温室効果ガスの発生を抑制することが可能なため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

(第5の実施形態)

[0361] まず始めに、本発明の第5の実施形態の技術的背景について説明する。

再生可能エネルギーの利用法として、Power to Gas (PTG) とは、再生可能エネルギーで得た大量の余剰電力を水素やメタンに変換して貯蔵、輸送する技術の事である。ここで、再生可能エネルギーとは、自然の活動によってエネルギー源が絶えず再生され、半永久的に供給され、継続して利用できるエネルギーであり、有限の資源である化石燃料などに代わる新エネルギー（中小水力・地熱・太陽光・太陽熱・風力・雪氷熱・温度差・バイオマスなど）、大規模水力、波力・海洋温度差熱などのエネルギーを意味している。再生可能エネルギーは、エネルギー変換効率やコスト、需給バランスなどの課題も残されているが、温室効果ガスを排出することなくエネルギーを得られるため、地球温暖化対策の一つとしても重要視されている。

[0362] 再生可能エネルギーの分野において、最も急を要する責務の1つが、太陽や風力のような変動するエネルギー資源から得られた電力の貯蔵に関する課題を解消することである。

上述したPTG技術のコンセプトは、非常に前途有望な取り組みとして発展してきた。世界中に多数のプロジェクトがあり、それらのいくつかはパイロット段階を終了し、商業運転へと向かっている。PTG技術の原理は極めて単純であり、再生可能エネルギーからの電力は、電氣的に水を水素と酸素に分解するために使用される。

[0363] そして、得られた水素は、電気に変えることも燃料として直接使用することもできる。

電力の水素への転換には、ある程度のエネルギー損失があるが、1つの目的

のためには有効である。再生可能エネルギーからの電力をエネルギーの豊富な水素として貯蔵できることであり、必要に応じて炭素によってメタンガスを得ることも可能である。ある程度までの輸送と貯蔵には、既存のガスインフラが利用可能である。

[0364] 例えば、世界で最も大きな6メガワットの最大生産能力を持つメタン化施設は、ドイツ北部のW e r l t eにおいて2013年中旬から運転に入った。この施設では、ドイツの自動車メーカーのアウディ社が、水ではなく年間11万トンのスラリーと食品廃棄物をメタンに転換することを支援している。メタン化プロセスに必要なエネルギーには、北海の洋上風力発電所で発生する過剰電力が使用される。

[0365] また、アウディ社は、バイオガス施設によって生成されるガス中成分の二酸化炭素をメタンに変える施設を建設している。このバイオガス施設自体は地域のユーティリティ企業であるEWE社の施設であり、施設稼働のための原材料は半径150km以内から得られるとしている。この施設では、有機物を約3分の2のメタンと3分の1の二酸化炭素から構成されるバイオガスに転換する。それから、多数のプロセスを経て得られたバイオガスから二酸化炭素を吸着する活性炭中を通過させて二酸化炭素が除去される。次の段階では二酸化炭素は低い圧力で脱着されメタン化施設に送られる。そして、 $C O_2 + 4 H_2 \rightarrow C H_4 + 2 H_2 O$ のプロセスによって水素からメタンが生成される。

[0366] 他にもPTGの既存技術としては、ガス液化（GTL）、バイオマス液化（BTL）、石炭液化（CTL）、ジメチルエーテル（DME）化、代替天然ガス（SNG）化などが挙げられる。

[0367] このうち、バイオマス液化（BTL）は「Biomass To Liquid」の略称であり、バイオマス（生物資源）を液化してつくる燃料をさす。木材などの有機物を加熱してガスにし、そこに含まれる水素と一酸化炭素から液体燃料を合成する。木材や紙、廃プラスチック、食品廃棄物、汚泥などほぼすべての有機物を原料にできるのが特徴である。

BTLは食用と競合しないほか、（１）自動車やボイラの燃料などに幅広く使える、（２）燃やしても硫黄分の発生が少ない、（３）液体のため貯蔵が容易、などの利点を持つ。しかし量産技術が障害となり、一般的な普及には至っていない。

[0368] 従来、バイオ燃料では、サトウキビやトウモロコシを発酵させるバイオエタノールの利用が先行してきた。日本では２００７年度に給油所でガソリンに混ぜて販売する実証事業が始まり、政府は東日本大震災前のエネルギー基本計画で２０２０年までにガソリン需要の３％相当を賄う目標を掲げた。ただ大半はブラジルからの輸入であり、安定確保には課題も多いとされる。

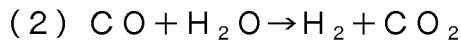
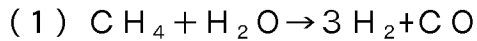
[0369] バイオエタノールに次に挙げられるのが、菜種やヒマワリの種などからつくるバイオディーゼル燃料である。ディーゼル車の普及率が高い欧州が技術開発でリードしているが、原料植物の生産量に限界があり、バイオディーゼル燃料も安定確保には課題が多いとされている。

[0370] 一方、水素エネルギーは幅広いエネルギー源から生産することが可能であり、燃焼しても水しか生成しないという特性から、持続可能な社会におけるエネルギーシステムに用いられる２次エネルギーとして期待され、様々な技術開発が進められている。

[0371] １次エネルギーから水素を生産するにあたって、既存の化石燃料や原子力からの水素生産は燃料改質や大規模な水の電気分解を用いて比較的容易に行えるが、再生可能エネルギーである太陽エネルギーや風力エネルギーからの水素生産は、規模が小さいこと、エネルギー出力の変動があることなどのために必ずしも安価かつ効率的な生産ができる状況にはなっていない。

[0372] これに対してバイオマスは再生可能エネルギーとして安定したエネルギー変換が可能であるため、再生可能エネルギーの中でも比較的安定に水素生産が行える利点がある。現在、日本における１次エネルギー供給量の中で再生可能エネルギーの占める割合は１％に過ぎないが、その大部分はバイオマスによって供給されており、バイオマスからの水素生産は、インパクトの大きな再生可能水素源として期待されている。

[0373] バイオマスから水素を生産するには、バイオマスをガス化し、生成した可燃性ガスを改質する手法が最も多く用いられる。バイオマスのガス化によって生成するガスは、ガス化の手法によってさまざまではあるが、主に水素、メタン、一酸化炭素、二酸化炭素のいくつかを主成分とする。メタンの改質による水素の生成は以下の反応による。



こうした反応によって、メタンを容易に水素と二酸化炭素に変換することができるため、ガスの形に変換できれば、水素を得ることは難しくない。よって、バイオマスから水素を得るためには、如何に効率よくガス化を行うかが重要となる。生成ガスの改質と比較して、バイオマスのガス化技術そのものには開発課題もあり、多くの研究が進められている。

[0374] バイオマスの代表的なガス化技術は、熱化学的ガス化と生物化学的ガス化に大別される。前者はバイオマスに熱をかけて熱分解や部分酸化、加水分解などの化学反応を進行させるものであり、迅速かつ比較的完全にガス化が進行する特徴を有する。高温ガス化、超臨界水ガス化が相当する。

後者はバイオマスに微生物を作用させて発酵の作用によってガスへの変換を進めるものであり、生物作用であるために時間がかかり、また完全なガス化は難しいが、比較的穏和な条件で実現できる利点を有する。メタン発酵、水素発酵が該当する。

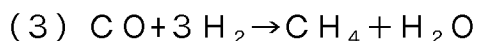
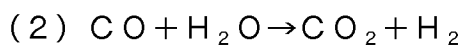
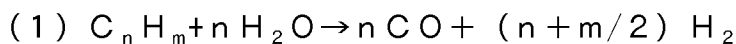
[0375] 一方、水素生成には石炭を用いることもできる。石炭は他の化石燃料に比べて可採年数が長く、世界各国に幅広く分布する等、供給安定性が高く経済性に優れているという特徴を有している。一方で有限な可採埋蔵量のうち約半分は、ほとんど利用されていない褐炭に代表される低品位炭である。こうした石炭を用いて、高濃度CO条件でのメタネーション技術開発及び代替天然ガス(SNG)の高カロリー化技術が開発されている。これにより、褐炭等の低品位炭をガス化した既存技術よりも効率的に利便性の高いSNG(メタン、エタン、プロパン等)へ変換し、低品位炭の有効利用を図ることがで

きるとされている。

[0376] 水素製造の一例として水蒸気改質法が挙げられる。しかしながら、天然ガスやナフサを用いた水蒸気改質は大きな吸熱反応であるために、触媒や改質管にとって過酷な900℃以上の高温を必要としている。また、反応温度を維持するために大量の原料炭化水素の燃焼および触媒上への炭素質の析出を防ぐために過剰な水蒸気を使用しており、極めて多量のエネルギーを消費している。更に、反応、燃焼生成物としての二酸化炭素と燃焼時に発生する窒素酸化物が多量に放出される。例えば、天然ガスを原料とした場合、煙道ガスとして排出される二酸化炭素の量は水素1 m₃あたり約0.9 kgにも達している。最近の環境問題と関連して、クリーンエネルギーとしての水素が脚光を浴びているが、水素製造プロセスがこのような環境汚染プロセスを含むことは大きな課題とされている。

[0377] 現行の水蒸気改質プロセスは、触媒のみならず脱硫技術や改質管材料の格段の進歩によって高圧化と大型化を可能としており、近年ではもはや技術革新はないものと考えられていたが、最近、水素の需要拡大、高品位化、高効率化および環境対策のため、環境調和型の水素製造法に関する研究も行われている。また、最近では、半導体、電子産業や燃料電池などの比較的小規模なプラントでの水素の需要も増加しつつあることから、触媒に要求される本来の定常性能のほかに、頻繁な起動や停止（D S S運転）対応する機械的強度の維持や負荷追従性が良いことが要求されている。

[0378] 炭化水素の水蒸気改質は以下によって行われる。



炭化水素は水蒸気と反応して直ちに一酸化炭素と水素、つまり合成ガスに転化する。そして、引き続き（2）の水性ガスシフト反応が起こり、また一酸化炭素と水素の一部は（3）のメタネーション反応で消費される。

（2）と（3）の反応は熱力学的平衡に達しているため、最終的な生成ガス

の組成は原料の炭化水素の種類に依存せず、反応温度（触媒層出口温度）、圧力、および水蒸気モル数と原料の炭素原子数の比（水蒸気／カーボン比）によって決まる。水蒸気改質は（２）の水性ガスシフト反応以外は大きな吸熱反応であるために、触媒にとって過酷な 900°C 以上の高温を必要とすること、この高温のために物質移動と熱移動の大きな制約を受けていること、用いられる改質管の使用条件が金属学的に限界に近いことが特徴である。現行の天然ガスやナフサを原料とする大型水素製造装置は1960年代に相次いで建設されたICI法やトプソ法を基礎とするものである。原料としての重質ナフサの使用、 30 kg/cm^2 以上の高圧運転、 $200\text{ 万Nm}^3/\text{日}$ の製造規模を可能としたこれらのプロセスは、優れた触媒の開発だけでなく、反応管に使用する金属材料の進歩や原料炭化水素の脱硫技術の進歩により実現されている。

[0379] 以上のような背景を踏まえて、本発明では、パーム産業由来の未利用バイオマス資源を、再生可能エネルギーによりバイオエタノールやメタンを生成し、これを用いてカーボンニュートラルな水素を製造する。本発明は、以下の目的を含む。

- （１）パーム椰子産業における未利用バイオマス資源の有効的な活用。
- （２）パーム椰子産業における未利用バイオマス資源由来の液体燃料の製造。
- （３）パーム椰子産業における未利用バイオマス資源由来のガス燃料の製造。
- （４）パーム椰子産業における未利用バイオマス資源由来のカーボンニュートラルな炭化固形燃料の製造。
- （５）パーム椰子産業における未利用バイオマス資源由来のカーボンニュートラルな炭化固形物と低品位炭（褐炭）の混合によるバイオマス改質炭の製造。
- （６）持続的生産可能なパーム椰子産業における未利用バイオマス資源利用による環境に悪影響を与えないバイオ燃料の製造。

(7) パーム椰子産業における未利用バイオマス資源由来のOPF・OPT搾汁液を原料とした高糖分食物原料の製造。

(8) パーム椰子産業における未利用バイオマス資源由来エネルギー創生による炭酸ガス低減と地球環境の保全。

(9) 化石資源（石炭・石油）代替の為のバイオマスのエネルギー利用最適システムの構築。

(10) パーム椰子産業における、搾油工場と、エネルギー供給工場（会社）の分離が可能となり、搾油工場にとっては、エネルギー製造の手間が無くなりパーム油生産に特化出来、エネルギー供給工場は、安価なバイオマス資源の安定的入手が可能となる。

(11) LPGに類似したDME（ジメチルエーテル）の合成を可能にする。

(12) 1つのプラントで、ガス液化（GTL）、バイオマス液化（BTL）、石炭液化（CTL）を可能にする（但し、石炭液化（CTL）は、パーム椰子産業と石炭産出地が同一地域に存在する事が条件）。

(13) 本システムは、各技術要素として確立されたものを用いた独自のシステム構築であり、経済性の高いエネルギー生産技術の提供出来る。

(14) パーム椰子産業が存在する国や地域と日本の双方にメリットのある相互補完性の高い、全く新しいエネルギー生産技術の提供。

(15) パーム椰子産業と低品位炭（主に褐炭）産出地が同一地域に存在する国でのパーム椰子産業と石炭産業との融合。

(16) 製造したバイオマス燃料、バイオマス改質炭を既存のインフラをそのまま利用して環境特性の優れたクリーンシステムを実現。

[0380] 最近の環境問題の高まりからクリーンエネルギーとしての水素への期待が大きくなっている。しかし、水素の製造方法に関して、減圧残油や石油の部分酸化による水素の製造コストは水蒸気改質に比べてかなり高く、また熱化学法、光化学法、あるいは太陽発電と水の電気分解による水素の製造は、将来見込まれる技術の大幅な進歩を考慮しても、まだ解決すべき課題が多い。

このため、近将来的には炭化水素を原料とする水蒸気改質によって水素を製造せざるを得ないと見込まれることから、より一層の省エネルギー化と放出物質の低減を目指した技術開発が求められている。

[0381] 本発明では、再生可能エネルギーで得た大量の余剰電力やエネルギーを利用してパーム産業由来の未利用バイオマス資源と低品位炭から、バイオエタノールやメタン製造し、これを水素に改質する包括的なプロセスに基づく発明を提供する。

本発明では、原材料としてPOME、搾汁液、褐炭を本発明の製造方法で入手する。

また、製造に必要なエネルギー（電気・蒸気・熱エネルギー）を本発明の製造方法で入手する。よってエネルギーコストはパーム産業由来のバイオマス資源が主体であり、極めて安価にバイオエタノールやメタン製造し、これを用いて水素を製造できる。

本発明の最適な環境としては、インドネシアとマレーシアが挙げられる。特にインドネシアでは、低品位炭（主に褐炭）とパーム産業由来の未利用バイオマス資源の両方が世界で唯一、大量に存在している。独立したエネルギー会社と、既存パーム搾油工場・パーム農園、既存石炭産業とが共生する事を可能にする。

[0382] 再生可能なエネルギー、即ち自然の活動によってエネルギー源が絶えず再生され、半永久的に供給され、継続して利用できるエネルギーは、パーム椰子産業中に半永久的に大量に存在する。石炭が同一地域で入手できる環境があれば、低品位炭（主に褐炭）に関しても環境負荷の少ないバイオマス改質炭・液体燃料等が同時に安定的に製造可能となる。

[0383] 基本的技術は製造エネルギーコストを考慮しなければ殆ど確立されており、この製造エネルギーコスト低減が、本発明のプロセスにおいて解決可能となる。また、パーム産業由来の未利用バイオマス資源を利用したプロセスであり、カーボンニュートラルが達成可能で、電力、水蒸気、熱エネルギー、バイオエタノール、水素、バイオマス半炭化ペレットなどを製造できる。

[0384] 標準的なバームオイル搾油工場と農場から発生する、製品以外のバイオマスエネルギー総量は7 MW程度であり、バームオイル搾油工場で使用するエネルギーは約1 MW、即ち6 MWが新エネルギー工場のインプットとなり得る。更に、近隣50 km圏内のバームオイル搾油工場（約20）とパーム椰子農園（約20工場分）から、POMEを除く、EFB、PKS、OPT、OPPを入手すると、大よそ4 MW×20倍＝80 MWがエネルギー会社の入手可能なエネルギーとなる。

[0385] 本発明は、世界のパームオイル産業約85%を占める、マレーシア、インドネシアの2国において、

- (a) 安価で安定的な、未利用バイオマス資源の存在、
 - (b) 安価で安定的で再生可能エネルギーである、バイオマス燃料の存在、
 - (c) 確立した既存技術の存在（エネルギーコストに課題がある安定的な技術を含む）
 - (d) 広大な用地確保がしかも低価格で使用可能な事、
 - (e) 恒温で、雨量が多い地域で水の確保が容易なこと、
 - (f) 既存パーム産業で確立された産業ユーティリティ、例えば輸送用道路、港湾設備等の存在、
 - (g) 特にインドネシアでは豊富な埋蔵量の低品位炭（主に褐炭）の存在、
- などの好適な諸条件が満たされている。

[0386] [1] 化石燃料改質、低品位炭（主に褐炭）からの水素化

低品位炭（主に褐炭）を乾燥、粉砕した状態、即ち、水分が減少し、かつ揮発分比率が高くなった原料炭は、既存製造技術での水素製造プロセスでの原料としての問題は無く、また、必要エネルギー源として、パーム産業由来の未利用バイオマス資源を使用する事により、水素製造が極めて経済的に優位となる。

(1-1) 石炭の持つ水素量：

一般的には石炭は、有機質部分と無機質部分から構成されている。各種の

化石燃料中には水素が含まれているが、石炭の水素含有量（重量ベース）は石油の約 1 / 3、天然ガスの約 1 / 5 となっている。概略値として、化石燃料の賦存量の値を基に燃料種別の水素賦存量を計算すると、かなりの量の水素が石炭として地球に賦存されていることになる。

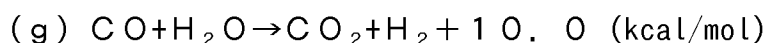
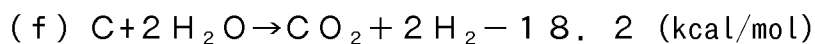
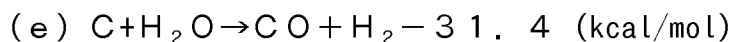
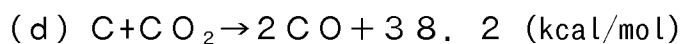
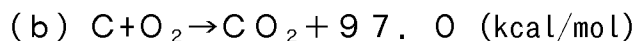
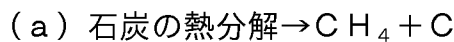
（１－２）石炭から水素製造プロセス：

石炭から水素を製造するプロセスとしては、石炭をガス化し、精製後に天然ガスからの水素製造と同様な工程で水素系燃料を得る間接ガス化プロセスが挙げられる。なお、石炭を乾留した場合でも、石炭中の揮発分がガスとして得られ水素源とすることができるが、石炭中の未反応炭素分が多く残る。

（１－３）石炭のガス化プロセス：

石炭から水素を生成させる方法としては、工業的に行われているのは、ガス化である。

ガス化炉では、高温により石炭の熱分解（大きな石炭分子が小さな分子に転換する事）が行われ、炭素に酸素、水蒸気が反応してガス化される基本反応は、以下の通りである。



一般的にガス化の温度が低い場合（800～900℃以下）の場合には、タール分の発生が多くなるが、高温ガス化（千数百℃以上）でガス化する場合には、最終的な可燃成分として、CO、H₂と若干のCH₄が生成される。

石炭ガス化炉では、上述の反応によりCO、H₂が主成分のガスが生成され、石炭中の灰分は固形物として除去される。また、プロセスにより一部の未燃炭素は、系外へ抜き出される。

[0387] [2] バイオマス資源 POME の水素化：

既存パームオイル搾油工場排水であるパーム椰子排水（POME）からメタンガスを得る事は、例えば、マレーシア、インドネシアでは10例以上が稼働中である。しかし、そのメタンガスは、ガス発電、若しくは単純焼却され、POME から水素製造の事例は知られていない。既に確立された水素製造方法である水蒸気改質法は現段階では製造コストが高く、故にPOME 発生地では発生するメタンガスを、現地消費する方法が経済的な選択となっている。

[0388] マレーシア、インドネシア以外のほとんどの国では、パーム油製造産業が無い為、POME の発生がほとんどなく、他の未利用バイオマス資源も安易に入手できる環境に無い為、バイオマス資源から水素を製造することは経済的ではない。POME からのメタンガスを原料とし、水素改質に必要なエネルギーは、パーム産業由来の未利用バイオマス資源を使用する事により、水蒸気改質法による水素製造が経済的に有利となる。こうして得られた水素は世界市場に向けて供給可能となる。水素は利用時にCO₂を発生しないという優位性がある事に加え、製造工程もCO₂フリーとなる。水素及びバイオエタノール、メタンガスを燃料とした輸送手段が加われば、全くのCO₂フリーの水素エネルギーとなる。

[0389] また、メタンガスよりメタノールを製造することも確立された技術が存在するが、同様に現地では製造コストの課題があり、実機ベースでは無いと思われる。これも必要エネルギーをパーム産業由来の未利用バイオマス資源を使用する事により、メタン製造が経済的に有利となる。

[0390] 前述のように石炭から合成する水素系燃料は、石炭のガス化、ガス精製プロセスが必要なため、所要エネルギー及び所要設備が多くなる。一般的に、石炭からの年産100万トン規模のガス液化（GTL）製造と天然ガスからのガス液化（GTL）を比較すると、エネルギー効率、経済性ともに現状では天然ガスからのGTLに対して劣る事となる。

[0391] しかしながら、将来的な原料価格の変動、技術革新による設備費の低減等

を考慮すると、石炭からのG T L製造が経済性ベースで実現する可能性もある。資源量の観点から、石炭には他の化石燃料と比較しても遜色無い水素エネルギーが含まれている。また、石炭のガス化、精製を行うことにより、燃料電池等に使用可能な実用燃料への転換も技術的には可能と考えられる。しかし、現時点では、天然ガス等からの水素系燃料と比較すると、ガス化、ガス精製での設備点数が多いため、エネルギー効率及び経済性の面で必ずしも優位にあるとはいえない。よって、石炭からの水素製造は、今後の転換プロセスの技術開発及びエネルギー価格動向により位置づけが定まると考えられる。

[0392] 以上を纏めると以下のとおりである。

[条件]

(1) パーム産業由来の未利用バイオマス資源 (P O M E、O P P、O P T、E F B、P K S) が存在している。

(2) 既存パーム産業と高付価値バイオマス混合燃料製造との複合生産システムが可能な状況がある。

(3) P O M E : 未利用排水, 現状無価値物、O P P・O P T : 未利用バイオマス, 現状無価値、E F B : 未利用バイオマス, 現状無価値、P K S : 自家消費は約20%その他は売却。

(4) パーム椰子産業の持つ、広大な敷地 (工場用地のコストが極めて低い) がある。

(5) パーム椰子産業の持つ利用可能ロジスティックス (新規開発の必要なし)。

[手段]

(1) 既存技術 (低品位炭 (褐炭) 乾燥粉碎物製造、水蒸気改質法による水素製造等) を利用する。

(2) パーム産業の主要国であるインドネシアは、低品位炭の産出国であり、その両条件を備えたところであるからこそ、複合生産システムが可能となる。

(3) 既存パームオイル搾油工場、新規の高付加価値バイオマス燃料製造工場、および近くにある低品位炭（褐炭）の産炭地での利用技術、パーム由来未利用バイオマス資源からの必要エネルギー製造の要素を組合せる事によって初めて可能になる経済的な水素製造の複合的生産技術となる。

[0393] [3] パーム産業由来の未利用バイオマス資源であるOPP、OPT樹液の水素化：

パーム古木（OPT）・パーム葉柄（OPP）を搾汁した搾汁液は糖分が多く含まれるため、発酵によりバイオエタノール・メタンガス製造が可能な事はJIRCAS（国立研究開発法人 国際農林水産研究センター）等で実証済みである。

世界のパーム椰子産業の主要国であるマレーシア、インドネシアではパーム古木（OPT）の利用（外皮利用を除く）は、入荷の安定性と製作コストが経済的でないため大きくは進んでいない。パーム葉柄（OPP）は、事業規模での実施例は無く、また、マレーシア、インドネシア以外の国では、パーム椰子産業は大規模化されておらず、バイオマス資源利用によるエネルギー変換、特に水素生成は経済的ではなかった。

[0394] パーム古木（OPT）・パーム葉柄（OPP）の搾汁液からのメタン発酵で得られるメタンガスを原料とし、ガス改質に必要なエネルギーは、パーム産業由来の未利用バイオマス資源を使用する事により、水素製造の一般的な方法である、水蒸気改質法による水素製造が経済的に有利となる。生産された水素は世界市場に供給可能。また、メタンガスよりメタノール製造も確立された既存技術が存在するが、製造コストの課題があり、実機ベースでは経済的な課題が大きいと推測される。本発明では、必要エネルギーをパーム産業由来の未利用バイオマス資源を使用する事により、メタノール製造が経済的に有利となる。

水素は利用時にCO₂を発生しないという優位性がある事に加え、製造工程もCO₂フリーとなる。水素及びバイオエタノール、メタンガスを燃料とした輸送手段が加われば、全くのCO₂フリーの水素エネルギーとなる。

[0395] 以上を纏めると以下のとおりである。

[条件]

(1) パーム産業由来の未利用バイオマス資源 (POME、OPP、OPT、EFB、PKS) が存在している。

(2) 既存パーム産業との複合生産システムが可能な状況が存在する。

(3) POME : 未利用排水, 現状無価値物、OPT・OPP : 未利用バイオマス, 現状無価値、EFB : 未利用バイオマス, 現状無価値、PKS : 自家消費は約20%、その他は売却される。

(4) パーム産業の持つ、広大な敷地 (工場用地のコストが極めて低い) が存在する。

(5) パーム産業の持つ利用可能ロジスティックス (新規開発の必要なし) が存在する。

[手段]

(1) 既存技術 (OPT・OPP搾汁液からのバイオエタノール製造、水蒸気改質法による水素製造等) が利用可能。

(2) 既存のパームオイル搾油工場があり、且つ、パーム産業由来の未利用バイオマス資源と再生可能エネルギーを利用した、水素製造する複合的生産技術で可能になる。

[0396] 本発明のパーム産業由来の未利用バイオマス資源を用いた水素の製造方法によって、以下のようなことを実現する。

(1) POMEからのメタンガス発生を有効利用出来して、地球温暖化ガスの発生を抑制する。

(2) POMEから得られたメタンガスを用いて水素を製造する、エネルギーコスト、輸送コスト、設備建設コスト等が抑えられるため、今までに成し得なかった低コストでの水素製造を可能にする。

(3) パーム産業由来の未利用バイオマス資源の腐敗によって大気中に放出されていたメタンガス等を有効利用する事で、地球温暖化ガスの発生を抑制する。

(4) パーム産業由来の未利用バイオマス資源と再生可能エネルギーを利用しての水素製造によってCO₂削減効果を得る。

(5) OPT・OPP搾汁液からの水素製造も上述したCO₂削減効果に置き換えられる。

(6) 低品位炭（主に褐炭）の利用用途を拡大する。

(7) そのままでは輸出が困難である低品位炭（主に褐炭）を水素に変換するため現状と異なるエネルギーの移動が可能となる。バイオエタノールもまた同様である。

(8) 低品位炭（主に褐炭）からの水素製造コストを本発明の枠組みにより大きく低減する。

(9) 低品位炭（主に褐炭）から水素を製造するエネルギーが全てバイオマス由来の再生可能エネルギーでまかなえる事よりCO₂排出を、化石燃料を利用したエネルギーで、水蒸気改質法による水素製造と比較して大きく低減する。

(10) 膨大な量の新再生可能エネルギーが極めて安定的且つ安価に工場生産で可能となる。

(11) パーム産業由来の未利用バイオマス資源は季節変動が少なく、安定的に発生し大きな外乱も無い事より、将来に亘り安定したエネルギー供給を行う。

(12) エネルギー供給会社の分離が可能となり、既存パーム椰子産業の効率的運用が促進されると共に、パーム椰子産業の環境負荷（大気・水質）を低減し、またコスト削減を可能となる。

(13) パーム椰子産業の立地地域でのエネルギー確保に貢献し、現地の雇用拡大、収益拡大、低品位炭（褐炭）のエネルギー変換による有効利用を図れる。

[0397] 以下、図面を参照して、上述した背景や課題を解決するための本発明の一実施形態のバイオマス資源を用いた水素の製造方法について説明する。以下に示す各実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明

するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

[0398] 最初に図 1 4 を参照して、本発明のバイオマス資源を用いた水素の製造方法の概要を説明する。

図 1 4 は、本発明の一実施形態であるバイオマス資源を用いた水素の製造方法の概要を示したブロック図である。

本発明のバイオマス資源を用いた水素の製造方法 5 1 0 は、パーム椰子樹木からパーム油を得るパーム油生産プロセス 5 1 3 と、パーム椰子樹木からリサイクル原料を得る収穫、分別プロセス 5 1 1 と、リサイクル原料からバイオマス半炭化物およびバイオエタノールを製造する半炭化プロセス 5 1 2 と、パーム油生産プロセス 5 1 3 で生じた排出物（例えば分離水）を用いてメタンを生成し、半炭化プロセス 5 1 2 で得たバイオエタノールとともに水蒸気改質によって水素を得る水素製造プロセス 5 1 4 と、を有する。

[0399] 収穫、分別プロセス 5 1 1 では、パーム農園で栽培されたパーム椰子の生鮮果房（F F B）を収穫する。また、パーム椰子の生鮮果房（F F B）を収穫する際に、パーム枝葉（O P F：リサイクル原料）が得られる。

[0400] パーム油生産プロセス 5 1 3 では、収穫した生鮮果房（F F B）からパーム油やパーム核油を搾油する。こうしたパーム油生産プロセス 5 1 3 では、パーム油を生成する際に行う油水分離による排出物である分離水や、生鮮果房（F F B）の脱果後の空果房（排出物）や、パーム油の搾油後に排出されるパーム椰子殻（排出物）やパーム繊維（排出物）が排出される。

[0401] 半炭化プロセス 5 1 2 では、生鮮果房（F F B）を収穫時に得られたリサイクル原料であるパーム枝葉（O P F）の一部パーム葉柄（O P P）を搾汁した後、搾汁残渣を半炭化させバイオマス半炭化物を得る。また、この半炭化プロセス 5 1 2 では、パーム葉柄（O P P）の搾汁によって生じた搾汁液を発酵させて、副産物であるバイオエタノールを生成する。

[0402] 水素製造プロセス 5 1 4 では、パーム油生産プロセス 5 1 3 の排出物である分離水を用いて、発酵によってメタンを生成する。そして、このメタンや、半炭化プロセス 5 1 2 の副産物であるバイオエタノールを用いて、水蒸気

改質によって水素ガスを生成する。

[0403] この水素製造プロセス514では、パーム油生産プロセス513の排出物である空果房、パーム椰子殻、パーム繊維などを用いて、燃焼などによって熱エネルギーや電力などの再生エネルギーを生成する。そして、この再生エネルギーを稼働エネルギー源として水蒸気改質を行う。

[0404] 本発明のバイオマス資源を用いた水素の製造方法510によれば、例えば700℃～1000℃といった高温環境にするために大きなエネルギーを必要とする水蒸気改質工程の稼働エネルギー源として、パーム油生産プロセス513の排出物を用いた再生エネルギーを利用する。これによって、パーム油生産プロセス513の排出物である空果房、パーム椰子殻、パーム繊維などを有効に利用することができ、外部から電力や熱エネルギーなどを調達しなくても、水蒸気改質法により水素ガスを低コストに製造することができる。また、パーム油生産プロセス513に伴い排出される空果房、パーム椰子殻、パーム繊維などの排出物を、コストを掛けずに処理することができ、排出物を低減して環境保全を図ることが可能になる。

[0405] 図15は、図14に示すバイオマス資源を用いた水素の製造方法をより詳細に示した概略説明図である。また、図16は、本発明の一実施形態であるバイオマス改質炭の製造方法を段階的に示したフローチャートである。なお、図16において、点線で囲まれた領域は、当該領域に向けて延びる矢印で示されるエネルギーや各物質が、当該領域に含まれる任意の工程に供給されることを示している。また、図16において、一点鎖線で囲まれた領域は、ある工程が複数の工程（下位工程）からなることを示している。

また、以下の説明において、褐炭と言った場合、石炭化度の低い（例えば、炭素含有量70wt%以下）の低品位炭を指し、これよりも石炭化度の高い亜瀝青炭、瀝青炭、無煙炭を除いた石炭を全て含む。

[0406] パーム産業由来の未利用バイオマス資源と褐炭（低品質炭）とを原料とし、再生可能エネルギーを利用した、水素の製造方法510は、大別して、パーム椰子の収穫、分別プロセス511と、半炭化プロセス512と、パーム

油生産プロセス513と、バイオマス改質炭製造プロセス514と、水蒸気改質水素生成プロセス515および水電解水素生成プロセス516を含む水素製造プロセス517とを備えている。なお、これら各プロセスを行う施設は、物理的に近接ないし一体の施設とすることが輸送効率上好ましい。また、バイオマス改質炭製造プロセス514は、必須の構成ではなく、低品位炭である褐炭がパーム椰子農園の近傍で入手可能な場合において、好ましく行うことができる工程である。

[0407] パーム椰子については、第2の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0408] また、パーム椰子の各構成部位及びパーム椰子の果実の断面については、第2の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0409] パーム椰子のパーム枝葉（OPF）については、第1の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0410] 収穫、分別プロセス（収穫工程S501）511では、パーム農園で栽培されたパーム椰子の生鮮果房（FFB）を収穫する。また、パーム椰子の生鮮果房（FFB）を収穫する際には、生鮮果房（FFB）の周囲に生えているパーム枝葉（OPF）を伐採する必要がある。なお、1つの生鮮果房（FFB）を収穫する際には、2本のパーム枝葉（OPF）が伐採されることになる。

[0411] 収穫、分別プロセス511で得られたパーム枝葉（OPF）は、更に、パーム葉が生える葉部（Rachis）およびこの葉部よりも生鮮果房（FFB）側を成す葉柄（OPP）に切り分けられる。そして、以下の半炭化プロセス512では、パーム葉柄（OPP）が用いられる。もちろん、葉部も含めて半炭化プロセス512に用いることも可能である。なお、パーム葉柄（OPP）111と葉部112との重量比はおよそ50：50である。パーム葉柄（OPP）111は、樹幹202に繋がる付け根（基部）から中央部分にかけて、澱粉含量がとりわけ高いのが特徴となっている。

半炭化プロセス512で、パーム葉柄（OPP）を用いることで、第1の実

施形態と同じ効果を得ることができる。

[0412] 一方、切り分けられた葉部（R a c h i s）112は、パーム椰子農園の育成中のパーム椰子の周辺に敷設される。こうした多数の葉が付いた葉部（R a c h i s）をパーム椰子の周辺に置くことによって、パーム椰子の果房を狙う野ネズミを捕食する蛇類の棲み処を確保し、パーム椰子の鼠害を防止する。

[0413] 以上の収穫、分別プロセス（収穫工程S501）511によって、生鮮果房（F F B）、およびパーム枝葉（O P F）の葉柄（O P P）111が得られる。また、例えば、20年以上経過したパーム椰子201も伐採され、パーム古木（O P T）および残ったパーム枝葉（O P F）として回収される。

[0414] パーム古木（O P T）の樹幹は、大量の樹液を含んでおり、その樹液の含量は中心部分ほど高い傾向があるが、平均して約65%～85%程度である。このパーム古木（O P T）は、グルコース、フラクトース、スクロースが非常に多い優良な糖液である。パーム古木（O P T）の樹齢などによって若干の差異はあるが、伐採直後の全糖量はおおよそ7～10%程度である。同一樹幹でみればその上下における糖含量の分布では、最下部では2割程度低いが、中間部から最上部まではほぼ同程度である。

[0415] なお、パーム古木（O P T）は、伐採後に一定期間貯蔵することによって、糖含量が大きく増加するという、熟成現象ともいえる変化があることも知られている。例えば、伐採直後の樹液含量は65%～85%で貯蔵期間中ほとんど変化しないが、一方で糖含量は最大15%近くまで上昇することが知られている。一例としてサトウキビの搾汁液の糖含量が約16%であることを考慮すると、適当な熟成期間を経ることによって、パーム古木（O P T：リサイクル原料）がサトウキビに相当する糖含量を持つ原料になる可能性がある。このため、伐採後のパーム古木（O P T）を一定期間貯蔵して糖含量を増加させることも好ましい。

[0416] 収穫、分別プロセス（収穫工程S501）511を経た生鮮果房（F F B）はパーム油生産プロセス513に、またパーム枝葉（O P F）の一部パー

ム葉柄（OPP）（リサイクル原料）は半炭化プロセス512にそれぞれ送られる。

[0417] まず、半炭化プロセス512について説明する。半炭化プロセス512では、パーム葉柄（OPP）111を洗浄する。洗浄には水を用いる。なお、こうした葉柄（OPP）111の洗浄に用いた洗浄排水は、沈殿などの工程を行って再生水として循環利用することが好ましい。

[0418] 次に、洗浄した葉柄（OPP）111を脱水ないし乾燥させる。葉柄（OPP）111の乾燥は、例えば、天日干しによって行うことが好ましい。また、温風等による乾燥機を用いて乾燥することもできる。また、脱水機を用いて脱水することもできる。

[0419] 収穫工程S501でのハンドリング上、0.5～1m程度におおまかに切断されたパーム枝葉（OPF）の葉柄（OPP）111は、そのまま、後述する搾汁工程S503に送られるが、葉柄（OPP）111とともに、収穫、分別プロセス（収穫工程S501）511で回収されたパーム古木（OPT：リサイクル原料）も破碎する事（第1破碎工程S502）により用いることができる。こうしたパーム古木（OPT）も葉柄（OPP）111と共に用いることで、樹木としては強度不足で活用することが困難であったパーム古木（OPT）を有効に活用できる。

[0420] 次に、第1破碎工程S502で破碎されたパーム古木（OPT）および葉柄（OPP）111から搾汁し、得られた搾汁液と第1固形残渣（葉柄（OPP）111およびパーム古木（OPT）の破碎物（例えば、50mm以下程度の塊状物）から樹液を搾り取ったもの）とを分離する（搾汁工程S503）。葉柄（OPP）111やパーム古木（OPT）の破碎物を搾汁する際には、例えば、サトウキビの搾汁などに用いるローラープレス式の搾汁機を用いることができる。

[0421] 搾汁液と第1固形残渣との分離は、遠心分離や濾過分離などの分離方法によって行うことができる。分離された搾汁液は、例えば黄濁色の液体を成し、多量の糖成分を含有している。こうした搾汁液を用いて、バイオ燃料であ

るバイオエタノールや食品原料を製造する（バイオエタノール製造工程 S 5 0 4）。また、このバイオエタノール製造工程 S 5 0 4 において、搾汁液の糖成分を用いて食品原料を製造することもできる。

[0422] バイオエタノール製造工程 S 5 0 4 は、例えば、濃縮工程 S 5 0 4 A、発酵工程 S 5 0 4 B、および精製工程 S 5 0 4 C を備えている。濃縮工程 S 5 0 4 A では、搾汁液を効率的に発酵可能な程度まで濃縮を行う。濃縮工程 S 5 0 4 A は、例えば、搾汁液の遠心分離や、加熱による水分の減少などによって行うことができる。

[0423] 発酵工程 S 5 0 4 B では、発酵によって搾汁液に含まれる糖成分をメタンガスやバイオエタノールにする。例えば、アルコール発酵（E t h a n o l F e r m e n t a t i o n）によって、糖成分（グルコース、フラクトース、ショ糖）を分解して、エタノール（バイオエタノール）および二酸化炭素を生成させる。

[0424] 精製工程 S 5 0 4 C では、バイオエタノールや糖成分を精製して不純物を除去し、より純度の高いバイオエタノールを得る。また、発酵によって生じた糖成分を食品原料とすることもできる。このようなバイオエタノール製造工程 S 5 0 4 で得られたバイオエタノールは、後述する水蒸気改質水素生成プロセス 5 1 5 において、水素生成原料の 1 つとして用いられる。

[0425] 前工程である搾汁工程 S 5 0 3 で生じる搾汁液は比較的多量であり、そのまま排出すれば水質汚染等の懸念があるが、搾汁液の発酵、精製によってバイオエタノールや糖成分（食品原料）を製造することによって、搾汁液の有効利用を図るとともに、搾汁液による水質汚染を防止することができる。現状、パーム古木（O P T）は農地に於いて破碎若しくは切倒されたまま腐敗し、パーム枝葉（O P F）も F F B 収穫時に 2 本切落され、その場に放置されるため、腐敗し、環境汚染源となっている。

[0426] 一方、前述した搾汁工程 S 5 0 3 で得られた、第 1 固形残渣である搾汁された搾汁残渣は、破碎によってパーム葉柄（O P P）破碎物が形成される（第 2 破碎工程 S 5 0 5）。第 1 固形残渣の搾汁残渣は、例えば、ロータリー

刃を備えた破砕機によって破砕されればよい。これによって得られるパーム葉柄（OPP）破砕物は、例えば本実施形態においては、寸法が例えば50mm程度以下の破砕物である。搾汁工程の前段に破砕工程を設ける事も搾汁方式により選択する。

[0427] なお、第2破砕工程S505において、後述するパーム油生産プロセス513における果実を脱果させた後の破砕した空果房（EFB）、および果実を搾油後のパーム椰子殻（PKS）を、パーム葉柄（OPP）破砕物に加えることができる。なお、以下の説明では、こうした空果房粉状物やパーム椰子殻粉状物を加えたものも含めてパーム枝葉粉状物と述べる。

[0428] 後述する、乾燥工程S506A、半炭化工程S506Bによる半炭化の利点の1つとして、破砕動力の低減が挙げられる。パーム葉柄（OPP）、パーム古木（OPT）組織が脆弱な為、半炭化工程S506B前のある程度の破砕は動力負荷が少ないが、空果房（EFB）の破砕動力負荷に関しては半炭化工程S506B前の破砕動力負荷が大きい。このため、空果房（EFB）に関しては、半炭化工程S506B前の第2破砕工程S505で例えば50mm～150mm程度に破砕後、水分調整のための乾燥工程S506A、半炭化工程S506Bを行ってから15mm以下程度に粉砕することで動力負荷が低減し、経済的には好ましい。

[0429] 次に、第2破砕工程S505で得られたパーム葉柄（OPP）破砕物を用いて、後述するバイオマス改質炭の原料となるバイオマス半炭化物やこれを用いた燃料用ペレットを製造する（燃料用ペレット製造工程S506）。燃料用ペレット製造工程S506は、乾燥工程S506A、半炭化工程S506B、粉碎工程S506C及び圧縮成形工程S506Dを含む。半炭化工程S506Bでは、第2破砕工程S505で得られたパーム葉柄（OPP）破砕物を半炭化炉によって半炭化处理（トレファイド）を施す。パーム枝葉破砕後の水分調整した乾燥物を例えば300℃以下、酸素10%未満の雰囲気中で半炭化处理することで、発熱量を2～3割向上させるとともに、耐水性を高めることができる。

[0430] 第2破碎工程S505での産物は、の一部パーム葉柄（OPP）、パーム古木（OPT）の場合は、含水率は40%前後、空果房（EFB）の場合は50%前後と多い。このため、乾燥工程S506Aから半炭化工程S506Bまでを1回で行うか、これらの工程を2段階にするかは、設備によって異なるが、乾燥工程S506A後において通常、含水率は10～13%程度、その後の半炭化工程S506Bにおいて含水率12%以下、好ましくは5%前後（その後、吸湿によって8～10%）とする。

[0431] 水分調整のための乾燥設備は、例えばベルト乾燥機、あるいは回転式の熱処理炉がある。次工程である半炭化工程投入材料の水分量を一定にする事は、次工程である半炭化処理に重要な点で、出口含水率を13%程度以下で安定した含水率にする事が求められる。

[0432] 半炭化処理を行うための半炭化処理装置は、例えば、回転式の熱処理炉であればよい。

こうした回転式の熱処理炉を用いて、パーム枝葉粉状物を例えば200℃～350℃程度に加熱し、5分～90分間保持することによって、含水率を0%～12%程度にする。

[0433] 半炭化処理（トレファイド）に用いる熱処理炉の稼働に必要な稼働エネルギー源としては、パーム椰子殻（PKS：排出物）やパーム繊維（Fiber：排出物）を用いた後述するエネルギー生成工程S516によって得られた電力、蒸気及び熱エネルギーなどを用いることができる。

[0434] 以上のような半炭化工程S506Bによって、第1固形残渣から半炭化処理（トレファイド）されたバイオマス半炭化物が得られる。このバイオマス半炭化物は、後述するバイオマス改質炭の製造原料として用いられる。また、このバイオマス半炭化物は、次に述べる燃料用ペレットの原料としても用いることができる。

[0435] バイオマス半炭化物を燃料用ペレットの製造に用いる場合、半炭化処理されたパーム葉柄（OPP）破碎物であるバイオマス半炭化物に対して、パーム由来のリグニンを添加した後、圧縮成形してペレット化する（圧縮成形工

程 S 5 0 6 D)。圧縮成形工程 S 5 0 6 Dでは、例えば、ダイス押出式のペレット成形装置を用いることができる。こうした圧縮成形工程 S 5 0 6 Dにおいても、例えばペレット成形装置の駆動源として、空果房（E F B）やパーム椰子殻（P K S）やパーム繊維（F i b e r）などを用いた後述するエネルギー生成工程 S 5 1 6 によって得られた再生可能エネルギーである、電力、蒸気及び熱エネルギーなどを用いることができる。

[0436] なお、圧縮成形工程 S 5 0 6 Dにおいて、投入材料中のリグニン量がペレットの成形度合に関係するが、リグニン量を調整する場合、パーム由来のリグニンが利用できる。また、ペレット成形前の材料寸法は、成形するペレット径により、粉碎による寸法調整が必要となる。また、上述した実施形態では、燃料用ペレット製造工程 S 5 0 6 において、半炭化工程 S 5 0 6 Bの後、圧縮成形工程 S 5 0 6 Dを行っているが、圧縮成形工程 S 5 0 6 Dを行ってから、半炭化工程 S 5 0 6 Bを行うこともできる。この場合、圧縮成形工程 S 5 0 6 Dへの投入原料寸法は、成形するペレット径により決まる。

[0437] 通常、木質の場合、ペレット成形機投入物の前処理粉碎所要エネルギーは、半炭化による脆化の為、半炭化度合いが進むほど粉碎エネルギーは低減する。このため、半炭化工程 S 5 0 6 Bの後、圧縮成形工程 S 5 0 6 Dを行うことが好ましい。

[0438] 一方、パーム葉柄（O P P）、あるいはパーム古木（O P T）は、組織が脆弱な為、粉碎所要エネルギーは少ない。このため、圧縮成形工程 S 5 0 6 Dを行ってから、半炭化工程 S 5 0 6 Bを行うことも好ましい。また、空果房（E F B）組織が非脆弱であり、半炭化工程 S 5 0 6 Bの後、粉碎工程 S 5 0 6 Cを経過し、圧縮成形工程 S 5 0 6 Dを行うことが好ましい。

[0439] 以上のような工程を経て固形バイオマス燃料である燃料用ペレットが得られる。

なお、本実施形態においては、半炭化工程 S 5 0 6 Bを行った後に圧縮成形工程 S 5 0 6 Dを実施しているが、こうした工程は、逆の順番で行うこともできる。即ち、第2破碎工程 S 5 0 5 で得られたパーム葉柄（O P P）破

砕物を圧縮成形工程 S 5 0 6 D によってペレット化した後、このペレットを熱処理炉等を用いた半炭化工程 S 5 0 6 B によって半炭化しバイオマス半炭化物を得る。そして、このバイオマス半炭化物を用いて、燃料用ペレットを製造することもできる。

[0440] 燃料用ペレットは、半炭化処理を行ったパーム枝葉粉状物をペレット化したものである。燃料用ペレットは、例えば概略円柱形状をなしており、直径が 4 mm ~ 2 0 mm、長さが 5 mm ~ 1 0 0 mm の範囲内とされている。また、その嵩比重が 0. 6 5 以上 0. 8 5 以下の範囲内とされている。

[0441] 半炭化工程 S 5 0 6 B を経たバイオマス半炭化物は、ペレット形状のみならず、石炭コークス代替燃料のバイオコークスブリケット、例えば直径が 5 0 ~ 1 5 0 mm、長さが（直径）× 1 ~ 5 の範囲内の製品にも成形可能である。

[0442] そして、燃料用ペレットは、脱水処理や半炭化処理によって水分及び揮発成分も低減はするが、燃料用ペレットにおける含水率は 1 2 % 以下の範囲内に調整されており、熱量が 2 0 k J / k g 以上 2 4 k J / k g 以下の範囲内とされている。

[0443] さらに、燃料用ペレット 1 2 0 においては、J I S M 8 8 0 1 で規定されているハードグローブ粉碎性指数（H G I）が 2 2 以上 5 0 以下の範囲内とされている。なお、参考例として、微粉炭ボイラにおける運用下限値は、H G I = 4 0 以上とされている。

また、燃料用ペレットは、半炭化処理によって表面が疎水性を有しており、耐水性が向上されており、水に浸漬しても、容易に崩壊せずに形状が維持されることになる。

[0444] 一方、上述した搾汁工程 S 5 0 3、および燃料用ペレット製造工程 S 5 0 6 でそれぞれ生じたパーム椰子由来の搾汁液（O P T ・ O P P - J u i c e）を集約して、バイオエタノール製造工程 S 5 0 4 に用いて濃縮し、発酵、精製を行うことができる。

[0445] 半炭化プロセス 5 1 2 を構成する各工程で生じた、椰子由来の糖成分を含

んでいる搾汁液を集めてバイオエタノール製造工程 S 5 0 4 に用いることにより、農園に廃棄し、腐敗し、メタンガス放出していたパーム枝葉（O P F）、パーム古木（O P T）がバイオマス資源として有効利用が出来る。

[0446] エネルギー生成工程 S 5 1 6 は、脱果工程 S 5 1 1 で生じた脱果後の空果房（E F B：排出物）やパーム繊維（F i b e r：排出物）、および椰子核分離工程 S 5 1 4 で分離されたパーム椰子殻（P K S：排出物）を燃焼等によって熱エネルギーを生成し、この熱エネルギーを用いて水を加熱して水蒸気（高温蒸気）や電力など生成する。こうしたエネルギー生成工程 S 5 1 6 で得られた熱エネルギーや水蒸気（高温蒸気）は、後述する水蒸気改質水素生成プロセス 5 1 5 に、また、電力は水蒸気改質水素生成プロセス 5 1 5 や水電解水素生成プロセス 5 1 6 に用いることができる。

[0447] また、エネルギー生成工程 S 5 1 6 で得られた熱エネルギーや電力は、後述するバイオマス改質炭製造プロセス 5 1 4 である各工程（褐炭乾燥工程 S 5 2 1、褐炭粉碎工程 S 5 2 2、混合工程 S 5 2 3、圧縮成型工程 S 5 2 4）の稼働エネルギー源として使用することもできる。

[0448] 次に、パーム油生産プロセス 5 1 3 について説明する。

パーム油生産プロセス 5 1 3 では、生鮮果房（F F B）を洗浄した後、生鮮果房（F F B）を蒸煮して、果実と空果房（E F B）に分離する（脱果工程 S 5 1 1）。パーム椰子は、果実の中に油分を分解するリパーゼ酵素を含んでいるため、収穫した瞬間から、このリパーゼ酵素が活性化される。このため、生鮮果房（F F B）の収穫後は 2 4 時間以内に熱を加え、リパーゼ酵素を不活性化させる必要がある。

[0449] こうした生鮮果房（F F B）を蒸煮の目的は、油を分解する酵素を不活性化（失活）させることである。こうした不活性化のためには例えば、回転式の蒸煮プロセスでは、7 5 分から 9 0 分にわたって、最高温度 1 4 0℃（圧力+2 気圧）をピークに 2，3 回圧力をスイングする操作がなされる。また、蒸煮することで、果房から果実が離脱しやすくなり、また果実を柔軟にして、パーム油生産プロセス 5 1 3 での搾油を容易にする。果房から果実を離

脱させるには、例えば、脱果機などを用いて果房を叩き、果房の茎と果実に分離する。

この後、分離した果実から効率よく搾油するため、果実を蒸気で95℃から100℃に加熱しながら約30分程度攪拌し、スラリー状にする（消化）。

[0450] こうした脱果工程S511において、前述したエネルギー生成工程S516で得られた蒸気を用いて、生鮮果房（FFB）を蒸煮することができる。脱果工程S511は、パーム油生産プロセス513の中でもっとも蒸気使用量が多い。

[0451] また、この脱果工程S511で生じた脱果後の空果房（EFB）は、ある程度の脱水後、前述した半炭化プロセス512における第2破碎工程S505に導入し、パーム枝葉粉状物の一部として燃料用ペレットの製造原料に用いることで、木質廃棄物の削減、有効利用を図ることができる。また、脱果後の空果房（EFB）は、パーム古木の第1破碎工程S502を使用して破碎することも可能である。

[0452] 次に、脱果工程S511においてスラリー状にした果実を搾油する（第1搾油工程S512）。例えば、第1搾油工程S512では、スクリュー式の搾油機を用いて、圧力によって粗パーム油およびパーム椰子核を含む繊維質である第2固形残渣に分離する。

[0453] 次に、第1搾油工程S512で得られた粗パーム油に対して加水し、例えば約85℃程度に加熱して静置した後、比重差による油水分離を行ってパーム油と第2パーム椰子排水（POME）とを得る（油水分離工程S513）。なお、加水後に更に遠心分離器によって繊維や水分などを取り除くことで、迅速に油水分離を行うこともできる。

[0454] こうした油水分離工程S513で分離された分離水（POME：排出物）は、油水分離によっても水層に溶存している椰子由来の油脂を完全には分離除去できず、椰子由来の油脂を一定量含んでいる。この分離水（POME）を後述するメタン製造工程（発酵工程）S517の原料として用いる。

- [0455] メタン製造工程（発酵工程）S 5 1 7は、油水分離工程S 5 1 3で分離された分離水（P O M E：排出物）に残留している油分、糖成分を、例えばメタン細菌などによって発酵させメタンにする。こうしてメタン製造工程（発酵工程）S 5 1 7で得られたメタンは、後述する水蒸気改質水素生成プロセス5 1 5において、水素生成原料の1つとして用いられる。
- [0456] このように、パーム油生産プロセス5 1 3を構成する油水分離工程S 5 1 3で生じた、椰子由来の油脂を含む分離水（P O M E）を用いて、メタン製造工程（発酵工程）S 5 1 7によってメタンを生成することによって、従来、問題となっていたパーム椰子由来の排水（P O M E）の外部への排出による水質汚染を防止するとともに、こうした排水（P O M E）を有効に再利用することが可能になる。
- [0457] なお、未利用バイオマス資源である分離水（P O M E）からメタン製造工程（発酵工程）S 5 1 7によって生成されたメタンは、後述する水蒸気改質水素生成プロセス5 1 5以外にも、メタンガスによるバイオマス発電および燃焼エネルギーが得られ、自家消費エネルギーとして使用する事も、有価物として売却する事も出来る。
- [0458] 第1搾油工程S 5 1 2で生じた、椰子由来の油脂を含んでいる分離水（P O M E）処理場ラグーンから発生していた膨大な温暖化ガスであるメタンを回収することで、自家消費エネルギーに加え、メタンガス利用による温暖化防止と、P O M E処理排水による、水質汚染を防止することが可能になる。更に河川放流水の浄化、未利用バイオマス固形炭化物により、放流水の色素、フミン酸を吸着する事等々、大気及び水質の環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営が出来る。
- [0459] 一方、第2固形残渣には、パーム椰子核が含まれており、第2固形残渣を乾燥、粉碎後、パーム椰子核とパーム椰子殻（P K S）とを分離する（椰子核分離工程S 5 1 4）。こうした分離は、例えば、空気流によって行うことができる。そして、分離されたパーム椰子核を搾油してパーム核油を得る（第2搾油工程S 5 1 5）。

[0460] 一方、椰子核分離工程 S 5 1 4 で分離されたパーム椰子殻（P K S）の一部は、そのままで市場性を有した有価物燃料として売却されるが、含水率が一定ではなく乾燥する事例もある。但し、その後の吸湿、並びに乾燥コストが増加する等の問題がある。本実施形態では、パーム葉柄（O P P）由来の燃料用ペレット製造工程 S 5 0 6 にパーム椰子殻（P K S）を添加若しくは、単独で製造すればよく、製造コストは現状の乾燥製品に比べても安価で、尚且つ疎水性のある極めて石炭に近いパーム椰子殻（P K S）由来の半炭化物であるバイオマス半炭化物にすることができる。

[0461] また、エネルギー生成工程 S 5 1 6 で得られた蒸気は、脱果工程 S 5 1 1 で生鮮果房（F F B）を蒸すための飽和蒸気として用いることができる。また、電力は、燃料用ペレット製造工程 S 5 0 6 における半炭化工程 S 5 0 6 B での熱処理炉の駆動力として用いたり、圧縮成形工程 S 5 0 6 D でのペレット成形装置の稼働エネルギー源、および後述するバイオマス改質炭製造プロセス 5 1 4 である各工程（褐炭乾燥工程 S 5 2 1、褐炭粉碎工程 S 5 2 2、混合工程 S 5 2 3、圧縮成型工程 S 5 2 4）の稼働エネルギー源として用いたりすることができる。

[0462] また、この椰子核分離工程 S 5 1 4 で分離されたパーム椰子殻（P K S）の他の一部は、前述した半炭化プロセス 5 1 2 における第 2 破碎工程 S 5 0 5 に導入し、パーム葉柄（O P P）破碎物の一部として半炭化工程 S 5 0 6 B を経てバイオマス半炭化物にして、後述するバイオマス改質炭製造プロセス 5 1 4 である混合工程 S 5 2 3 に送られ、バイオマス改質炭の製造に用いることができる。これにより、木質廃棄物の削減、有効利用を図ることができる。これらはパーム繊維（F i b e r）、空果房（E F B）もまた同様である。

[0463] 次に、バイオマス改質炭製造プロセス 5 1 4 について説明する。

バイオマス改質炭製造プロセス 5 1 4 では、原料として褐炭を用いる。こうした褐炭は、前述した技術的背景でも説明したように、例えば、インドネシアなどにおいて多く産出する石炭化度の低い（例えば、炭素含有量 7 0 w

t %以下)の低品位炭である。以下のバイオマス改質炭製造プロセス514は、前述した半炭化プロセス512やパーム油生産プロセス513などを実施するパーム椰子産業の近傍に存在する炭鉱から得られる褐炭を用いることが好ましい。これにより、褐炭の輸送コストや褐炭の乾燥に伴う発火性の官能基による自然発火を抑制できる。

低品位炭の改質技術は脱水改質技術の開発を中心に、発熱量の改善や自然発火性への対策が進められ、既に実用化段階にあり、商業化の計画も進められているが、多くの技術が経済的理由から商業化に至っていない。

[0464] 褐炭は通常暗褐色から帯褐色を呈する。より高品位な瀝青炭に比べ暗炭が多く、水分、腐植酸、酸素に富む。灰分の（ミネラル）の割合は産炭地によって様々である。水分が重量の半分以上（多い場合は66%）を占めるのが特徴である。これは褐炭の細孔容積が大きい（隙間が多い）ため、水分が浸み込みやすいからである。まず、こうした水分を効率的かつ安全に蒸発させることで褐炭を乾燥させる（褐炭乾燥工程S521）。なお、採掘された褐炭が大きな塊状である場合、褐炭破碎工程によって、所定の大きさになるまで褐炭を予め破碎しておくことが好ましい。

[0465] 褐炭乾燥工程S521では、褐炭に含まれる発火性の官能基が水分の蒸発によって自然発火することを防止しつつ、褐炭の水分量を低減させる。具体的には、褐炭の乾燥に間接加熱方式を用いる。熱源としては飽和スチームを用いる。こうした褐炭乾燥工程S521消費する熱量を減らすため、乾燥機からの復水に熱回収ユニットで排熱をさらに回収し、スチーム発生ユニットに戻す構成が好ましい。例えば、空気、または窒素ガスを乾燥機に送り込み、水分蒸発速度を調整する。乾燥機の出口ガスはスチーム、空気（または窒素）、褐炭の微粉を含んでおり、大気に放出する前にバグフィルタを使用し褐炭の微粉を除去する。

[0466] 次に、褐炭乾燥工程S521で乾燥させた褐炭を粉碎して、所定サイズの微粉末状の粉状褐炭を製造する（褐炭粉碎工程S522）。粉碎によって得られる粉状褐炭の粒子径分布と水分は、後工程で得られるバイオマス改質炭

の品質に大きく影響するため、制御には細心の注意を払って行う。燃焼性ガスやイナータガスを循環させ、粉碎雰囲気酸素濃度を制御することによって粉碎、乾燥による発火を抑制し、安全性を向上させる。

[0467] この褐炭乾燥工程 S 5 2 1 で得られた粉状褐炭は、一部がバイオマス改質炭の製造に用いられ、また残りの一部は後述する水蒸気改質水素生成プロセス 5 1 5 による水素製造に用いられる。

[0468] 次に、褐炭粉碎工程 S 5 2 2 を経て得られた粉状褐炭と、半炭化プロセス 5 1 2 の半炭化工程 S 5 0 6 B においてパーム葉柄 (O P P) やパーム古木 (O P T) を原料として得られたバイオマス半炭化物とを混合して混合体を得る (混合工程 S 5 2 3)。

[0469] この混合工程 S 5 2 3 では、粉体用の混合装置 (ミキサー) を用いて、粉状褐炭と粉碎したバイオマス半炭化物とを、所定の混合比率で混合する。本実施形態では、粉状褐炭とバイオマス半炭化物とを、重量比で 5 0 : 5 0 で混合した混合体を形成している。

[0470] 次に、混合工程 S 5 2 3 で得られた粉状褐炭とバイオマス半炭化物との混合体を圧縮成形し、ブリケット状のバイオマス改質炭を得る (圧縮成型工程 S 5 2 4)。圧縮成型工程 S 5 2 4 では、例えばブリケットマシンを使用して圧縮成形する。ブリケットの形状・サイズ、ロール回転数、ロール支持圧力を最適設定することにより、バインダーを使用せず、高強度、高密度のブリケット状のバイオマス改質炭が製造でき、同時に電力消費を抑えることができる。

[0471] これら一連のバイオマス改質炭製造プロセス 5 1 4 では、搾汁工程 S 5 0 3 で得られた搾汁液から生成した第 1 稼働用エネルギー、空果房 (E F B) や、パーム椰子殻 (P K S) やパーム繊維 (F i b e r) から得られた第 2 稼働用エネルギー、および分離水 (P O M E) から得られた第 3 稼働用エネルギーを、各工程 (褐炭乾燥工程 S 5 2 1、褐炭粉碎工程 S 5 2 2、混合工程 S 5 2 3、圧縮成型工程 S 5 2 4) の稼働エネルギー源として用いることができる。これによって、外部から新たなエネルギー (電力、蒸気等) を追

加することなく、低コストにバイオマス改質炭を製造することができる。

[0472] 次に、水蒸気改質水素生成プロセス 5 1 5 について説明する。

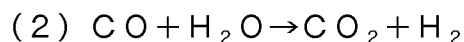
水蒸気改質水素生成プロセス 5 1 5 は、バイオエタノール製造工程 S 5 0 4 で得られたバイオエタノールをガス化させる第 1 ガス化工程 S 5 3 1 と、褐炭粉砕工程 S 5 2 2 を経て得られた粉状褐炭から炭化水素ガスを発生させる第 2 ガス化工程 S 5 3 2 と、水蒸気改質工程 S 5 3 3 とを備えている。

[0473] 第 1 ガス化工程 S 5 3 1 は、パーム古木 (OPT) ・ パーム葉柄 (OPP) の搾汁液を発酵させたバイオエタノール製造工程 S 5 0 4 で得られたバイオエタノールを、例えば気化器などを通してエタノールガスにする。

第 2 ガス化工程 S 5 3 2 は、褐炭粉砕工程 S 5 2 2 で得られた粉状褐炭を加熱器によってするなどして一酸化炭素や二酸化炭素を得る。

[0474] 水蒸気改質工程 S 5 3 3 では、エネルギー生成工程 S 5 1 6 で得られた水蒸気 (高温蒸気) と、油水分離工程 S 5 1 3 の分離水 (POME) を用いてメタン製造工程 (発酵工程) S 5 1 7 で生成させたメタン、第 1 ガス化工程 S 5 3 1 で得られたエタノールガス、第 2 ガス化工程 S 5 3 2 で得られた一酸化炭素などを水蒸気改質法によって改質し、水素を発生させる。

これに水蒸気と、炭化水素 (エタノール、メタノール) ガス、一酸化炭素から水素を生成する反応は以下のようなものである。



[0475] こうした水蒸気改質工程 S 5 3 3 では、反応のための熱エネルギーとして、エネルギー生成工程 S 5 1 6 で得られる再生可能な熱エネルギーを用いることができる。以上のような工程を経て、パーム産業由来の未利用バイオマス資源や、パーム椰子農園の近傍から産出する褐炭を用いて、効率的に、かつ極めて低コストに水素を生産することができる。こうして得られた水素は輸送が容易な液化状態にして、幅広い産業の熱エネルギー源や原料ガスとして用いることができる。

[0476] 次に、水電解水素生成プロセス 5 1 6 について説明する。

水電解水素生成プロセス 516 では、エネルギー生成工程 S516 で得られた熱エネルギーを用いて発電した電力によって、水を電気分解する電解工程 S534 を備えている。この電解工程 S534 では、パーム産業由来の未利用バイオマス資源を原料として製造した再生可能エネルギーである電力を用いて水を電気分解することによって、極めて低コストに水素を生産することができる。こうして得られた水素は輸送が容易な液化状態にして、幅広い産業の熱エネルギー源や原料ガスとして用いることができる。

[0477] 以上、説明したように、本発明のバイオマス資源を用いた水素の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉（OPF）の一部パーム葉柄（OPP）、あるいはパーム古木（OPT）、空果房（EFB）、単純焼却していたパーム椰子殻（PKS）、パーム繊維（Fiber）、パーム椰子排水（POME）を用いてメタンやバイオエタノールを製造し、また、余剰エネルギーを利用して水蒸気を生成し、これらから水蒸気改質法によって水素を生成するので、新規に外部から原料やエネルギー供給することなく、極めて低コストに水素を得ることが可能になる。また、従来は有効利用されていなかったパーム産業由来の未利用バイオマス資源を用いた再生可能エネルギーである電力によって水を電気分解して水素を生成するので、新規に外部から原料やエネルギー供給することなく、極めて低コストに水素を得ることが可能になる。

[0478] そして、パーム椰子産業で生じる未利用バイオマス資源が廃棄物として排出されることなく再利用されることにより、排水の浄化・温暖化ガスの発生抑制が可能なため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

（第6の実施形態）

[0479] まず始めに、本発明の第6実施形態の技術的背景、諸課題の解決方法について説明する。

（1）前提条件：

a）原材料（パーム椰子排水（POME）、搾汁液、褐炭）を入手可能で

あること。

b) エネルギー（電気、蒸気、熱エネルギー）を入手可能であること。これについては、エネルギーコストは未利用のパーム椰子由来バイオマスが主体であり、極めて安価に入手可能である。

c) 低品位炭とパーム産業の両方が大量に存在すること。例えば、インドネシアが挙げられる。

(2) 既存パーム産業との共生の確立：

ここでは、独立したエネルギー会社と既存パーム搾油工場、パーム農園が共生可能であることが特徴となる。

(3) 工程の概念：

再生エネルギー、即ち自然の活動によってエネルギー源が絶えず再生され、半永久的に供給され継続して利用できるエネルギーは、パーム椰子産業中に半永久的に大量に存在する。石炭が同地域で入手できる環境があれば、低品位炭（主に褐炭）に関しても環境負荷の少ない改質炭・液体燃料等が同時に安定的に製造可能となる。

[0480] (4) 発明の実施に必要な技術的要素：

基本的な各技術要素は、製造エネルギーコストを考慮しなければ、ほとんどが確立されており、この製造エネルギーコストが、本発明において解決可能である。

(5) 本発明はパーム由来のバイオマス資源を全て利用したプロセスであり、全てでカーボンニュートラルが達成可能である。そして、電力、蒸気、熱エネルギー、バイオエタノール、水素、半炭化ペレット、食糧原料など、多様なものを生産可能である。

(6) 標準的なパーム油搾油工場から出るバイオマスエネルギーは7 MW程度で、パーム油搾油工場で使用するエネルギーは約1 MW、即ち、約6 MWが新エネルギー工場のインプットとなる。そして、例えば近隣25 km圏内のパーム油搾油工場とパーム椰子農園から、EFB、PKS、OPT、OPP等入手すると、おおよそ $4\text{ MW} \times 20 = 80\text{ MW}$

と 6 MW の合計 8 6 MW がエネルギー会社の入手可能なエネルギーになる。

(7) 本発明の実施を想定するマレーシア、インドネシアにおいては、1. 安価な安定的なバイオマス原料の存在、2. 安価で安定的に供給可能なバイオマス燃料の存在、3. 既に確立した技術の存在（エネルギーコストに問題がある安定的な技術を含む）、4. 広大な用地確保が低価格で可能、5. 雨量が多い地域である事による水の確保が容易、6. 特にインドネシアでは豊富な埋蔵量の褐炭が存在する、などの限定的な条件下で好適な発明である。

[0481] (8) 発明を実現する個別的技術要素：

a) バイオガス回収技術：I K E 社「I C リアクター技術」、クボタ「M B R 技術」、富士化工業「U A S B 技術」などがある。

b) 排水処理技術：クボタ「M B R 技術」、他、日本国内の排水処理技術が多数ある。

c) 余剰エネルギーの利用：O P F 半炭化ペレット製造、バイオエタノール製造などが挙げられる。

d) 持続可能な環境配慮型の産業に転換：本願発明で実現できる。

e) 水質規制対策によるコストアップの解決：排水処理の最終工程に E F B などパーム椰子バイオマス由来の活性炭を使用し、排水色対策及び、高度規制値の対応でのコスト対策を実現可能。更に、残渣活性炭を肥料化若しくは燃料化できる。

f) 藻類によるバイオ燃料製造の高コストの解決：エネルギーの自家消費などでコストダウンできる。

g) 安価な大規模生産に対応できる技術：既存の広大なラグーンを転用とエネルギー自家消費で解決可能である。

h) 野外開放系での高効率、低コストな藻類の培養技術：既存の広大なオープンラグーンを転用とエネルギー自家消費で解決可能である。

i) 遠心分離による多大な電力消費：エネルギーの自家消費などでコストダウンが可能になる。

j) 新たな耕地を開墾せずに食用向け農作物の耕地を転用する際の食料生産との競合問題：既存の広大なオープンラグーンを転用する事で解決可能である。

k) 土壌の劣化と侵食の影響：旧オープンラグーン跡地を利用する藻類によるバイオ燃料製造であればこうした課題は回避できる。

l) 商業ベースの利用に向けた革新的な技術の必要性：藻類によるバイオ燃料製造技術は実用段階にあり、現状はコストがネックとなっているが、上記各項に挙げたコストについてはほぼ解決可能である。

m) 大規模生産施設や原料の効率的収集と輸送コストの低減の課題：既存の広大なラグーンを転用とエネルギー自家消費（輸送用エネルギー）で解決可能である。

n) 藻類の培養、オイルの抽出、溶剤の蒸発等に必要な大量のエネルギー消費の課題：エネルギーの自家消費などによって低原価化を実現できる。CO₂発生に関しては、バイオマス由来エネルギーを使用するため、カーボンニュートラルが実現できる。

o) 藻類の培養に大量の水資源が必要となる課題：オイルパーム産業は、多湿地帯であり、水資源は豊富で、かつ低コストに調達可能である。

p) BOD成分（生物学的酸素要求量）及びSS成分（懸濁固形物）を十分に低減できない。特に、既存好気性の生物処理によりBOD成分の低減は十分ではなく、SS成分の低減も十分ではないという課題；日本での排水処理技術およびEFBなどバーム椰子バイオマス由来の活性炭を使用し、排水色対策及び、高度規制値の対応でのコスト対策で対応可能となる。

[0482] 以下、図面を参照して、上述した背景や課題を解決するための本発明の一実施形態のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法について説明する。以下に示す各実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために具体的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

なお、以下の説明において、油産生藻類と言った場合、細胞内に脂質（炭

化水素)を多く含んだ藻を指し、具体例としては、ボトリオコッカス (*Botryococcus braunii*)、シュードコリスティス (*Pseudochoricystis ellipsoidea*)、オーランチオキトリウム (*Aurantiochytrium*)、イカダモ (*Scenedesmus*, *Desmodesmus*)などが挙げられる。これら油産生藻類の細胞を破壊し、脂質を取り出して化学反応させれば藻類産生油(グリーンオイル)が得られる。

また、以下の説明において、褐炭と言った場合、石炭化度の低い(例えば、炭素含有量70wt%以下)の低品位炭を指し、これよりも石炭化度の高い亜瀝青炭、瀝青炭、無煙炭を除いた石炭を全て含む。

[0483] 最初に図17を参照して、本発明のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法の概要を説明する。

図17は、本発明の一実施形態であるバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法の概要を示したブロック図である。

本発明のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法610は、パーム椰子樹木からパーム椰子を収穫して部位ごとに分ける分別プロセス611と、分別プロセス611で分けられたパーム椰子の果房からパーム油を生産するパーム油生産プロセス613と、パーム椰子のリサイクル原料から燃料用ペレットの原料となるバイオマス半炭化物を製造する半炭化プロセス612と、パーム油生産プロセスで生じたパーム椰子排水および油産生藻類から藻類産生油を製造する藻類産生油製造プロセス614と、を有する。

[0484] 収穫、分別プロセス611では、パーム農園で栽培されたパーム椰子の生鮮果房(FFB)を収穫する。また、パーム椰子の生鮮果房(FFB)を収穫する際に、パーム枝葉(OPF:リサイクル原料)が得られる。

[0485] パーム油生産プロセス613では、収穫した生鮮果房(FFB)からパーム油やパーム核油を搾油する。こうしたパーム油生産プロセス613では、パーム油を生成する際に行う油水分離による排出物であるパーム椰子排水(POME)や、生鮮果房(FFB)の脱果後の空果房(排出物)や、パーム油の搾油後に排出されるパーム椰子殻(排出物)やパーム繊維(排出物)が

排出される。

[0486] 半炭化プロセス612では、生鮮果房（FFB）を収穫時に得られた未利用バイオマス資源であるパーム枝葉（OPF）の一部パーム葉柄（OPP）を搾汁した後、搾汁残渣を半炭化させバイオマス半炭化物を得る。また、この半炭化プロセス612では、パーム枝葉（OPF）の搾汁によって生じた搾汁液を発酵させて、副産物であるバイオエタノールを生成する。

[0487] 藻類産生油製造プロセス614では、パーム油生産プロセス613で生じたパーム椰子排水（POME）を高度好嫌気処理を行った後、この処理水を用いて油産生藻類の育成を行う。そして、油産生藻類が十分に藻類産生油を生成したら、藻類産生油を分離する。

こうした油産生藻類の育成には水温を適切に保つ必要がある。本発明では、油産生藻類の育成に、パーム油生産プロセス613の排出物である空果房、パーム椰子殻、パーム繊維などを用いて、燃焼などによって生成した熱エネルギーや電力などの再生エネルギーを用いる。また、藻類産生油を分離にもこうした再生エネルギーを用いる。

[0488] 一方、藻類産生油製造プロセス614のパーム椰子排水（POME）の高度好嫌気処理で生じたメタンや、半炭化プロセス612の副産物であるバイオエタノールなどを用いて、水蒸気改質によって水素ガスを生成することができる。

[0489] 本発明のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法610によれば、パーム油生産プロセス613で生じたパーム椰子排水（POME）を高度好嫌気処理した処理水を用いて油産生藻類の育成を行い、また、育成のためのエネルギー源として、パーム油生産プロセス613の排出物から得られた再生エネルギーを用いることにより、極めて低コストに藻類産生油を得ることができる。また、パーム油生産プロセス613で生じたパーム椰子排水（POME）を油産生藻類の育成に用いることで、河川などへの排水の放出による水質汚染を防止し、規制強化される排水処理基準を順守する事を前提にし、その処理水と、不要になる旧オープンラグーンを有効に活用することが

できる。また、パーム油生産プロセス 613 に伴い排出される空果房、パーム椰子殻、パーム繊維などの排出物を、コストを掛けずに処理することができ、排出物を低減して環境保全を図ることが可能になる。

[0490] 図 18 は、図 17 に示すバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法をより詳細に示した概略説明図である。また、図 19、図 20 は、本発明の一実施形態であるバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法を段階的に示したフローチャートである。

パーム産業由来の未利用バイオマス資源を原料とし、再生可能エネルギーを利用した藻類産生油の製造方法 610 は、大別して、パーム椰子の収穫、分別プロセス 611 と、半炭化プロセス 612 と、パーム油生産プロセス 613 と、バイオマス改質炭製造プロセス 614 と、水蒸気改質水素生成プロセス 615 および水電解水素生成プロセス 616 を含む水素製造プロセス 617 と、炭化水素産生藻類から藻類産生油を製造する藻類産生油製造プロセス 618 と、を備えている。

[0491] なお、これら各プロセスを行う施設は、物理的に近接ないし一体の施設とすることが輸送効率上好ましい。また、バイオマス改質炭製造プロセス 614 や水素製造プロセス 617 は、必須の構成ではなく、低品位炭である褐炭がパーム椰子農園の近傍で入手可能な場合などにおいて、好ましく行うことができるプロセスである。

[0492] パーム椰子については、第 2 の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0493] また、パーム椰子の各構成部位及びパーム椰子の果実の断面については、第 2 の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0494] パーム椰子のパーム枝葉（OPF）については、第 1 の実施形態と同様であるため詳しい説明は省略する。

[0495] 収穫、分別プロセス（収穫工程 S601）611 では、パーム農園で栽培されたパーム椰子の生鮮果房（FFB）を収穫する。また、パーム椰子の生鮮果房（FFB）を収穫する際には、生鮮果房（FFB）の周囲に生えてい

るパーム枝葉（OPF）を伐採する必要がある。なお、1つの生鮮果房（FFB）を収穫する際には、2本のパーム枝葉（OPF）が伐採されることになる。

[0496] 収穫、分別プロセス611で得られたパーム枝葉（OPF）は、更に、パーム葉が生える葉部（Rachis）およびこの葉部よりも生鮮果房（FFB）側を成すパーム葉柄（OPP）に切り分けられる。そして、以下の半炭化プロセス612では、パーム葉柄（OPP）が用いられる。もちろん、葉部も含めて半炭化プロセス612に用いることも可能である。パーム葉柄（OPP）111と葉部112との重量比はおよそ50：50である。こうしたパーム葉柄（OPP）111は、樹幹202に繋がる付け根（基部）から中央部分にかけて、澱粉含量がとりわけ高いのが特徴となっている。

半炭化プロセス612で、パーム葉柄（OPP）を用いることで、第1の実施形態と同じ効果を得ることができる。

[0497] 一方、切り分けられた葉部（Rachis）112は、パーム椰子農園の育成中のパーム椰子の周辺に敷設される。こうした多数の葉が付いた葉部（Rachis）をパーム椰子の周辺に置くことによって、パーム椰子の果房を狙う野ネズミを捕食する蛇類の棲み処を確保し、パーム椰子の鼠害を防止する。

[0498] 以上の収穫、分別プロセス（収穫工程S601）611によって、生鮮果房（FFB）、およびパーム枝葉（OPF）の一部パーム葉柄（OPP）111が得られる。また、例えば、20年以上経過したパーム椰子201も伐採され、パーム古木（OPT）および残ったパーム枝葉（OPF）として回収される。

[0499] パーム古木（OPT）の樹幹は、大量の樹液を含んでおり、その樹液の含量は中心部分ほど高い傾向があるが、平均して約65%～85%程度である。このパーム古木（OPT）は、グルコース、フラクトース、スクロースが非常に多い優良な糖液である。パーム古木（OPT）の樹齢などによって若干の差異はあるが、伐採直後の全糖量はおおよそ7～10%程度である。同

一樹幹でみればその上下における糖含量の分布では、最下部では2割程度低い、中間部から最上部までほぼ同程度である。

[0500] なお、パーム古木（OPT）は、伐採後に一定期間貯蔵することによって、糖含量が大きく増加するという、熟成現象ともいえる変化があることも知られている。例えば、伐採直後の樹液含量は65%～85%で貯蔵期間中ほとんど変化しないが、一方で糖含量は最大15%近くまで上昇することが知られている。一例としてサトウキビの搾汁液の糖含量が約16%であることを考慮すると、適当な熟成期間を経ることによって、パーム古木（OPT）がサトウキビに相当する糖含量を持つ原料になる可能性がある。このため、伐採後のパーム古木（OPT）を一定期間貯蔵して糖含量を増加させることも好ましい。

[0501] 収穫、分別プロセス（収穫工程S601）611を経た生鮮果房（FFB）はパーム油生産プロセス613に、またパーム葉柄（OPP）は半炭化プロセス612にそれぞれ送られる。

[0502] まず、半炭化プロセス612について説明する。半炭化プロセス612では、パーム葉柄（OPP）111を洗浄する。洗浄には水を用いる。なお、こうしたパーム葉柄（OPP）111の洗浄に用いた洗浄排水は、沈殿などの工程を行って再生水として循環利用することが好ましい。

[0503] 次に、洗浄したパーム葉柄（OPP）111を脱水ないし乾燥させる。パーム葉柄（OPP）111の乾燥は、例えば、天日干しによって行うことが好ましい。また、温風等による乾燥機を用いて乾燥することもできる。また、脱水機を用いて脱水することもできる。

[0504] 収穫工程S601でのハンドリング上、0.5～1m程度におおまかに切断されたパーム枝葉（OPF）のパーム葉柄（OPP）111は、そのまま、後述する搾汁工程S603に送られるが、パーム葉柄（OPP）111とともに、収穫、分別プロセス（収穫工程S601）611で回収されたパーム古木（OPT）も破碎する事（第1破碎工程S602）により用いることができる。こうしたパーム古木（OPT）もパーム葉柄（OPP）111と

共に用いることで、樹木としては強度不足で活用することが困難であったパーム古木（OPT）を有効に活用できる。

[0505] 次に、第1破碎工程S602で破碎されたパーム古木（OPT）およびパーム葉柄（OPP）111から搾汁し、得られた搾汁液と第1固形残渣（パーム葉柄（OPP）111およびパーム古木（OPT）の破碎物（例えば、50mm程度の塊状物）から樹液を搾り取ったもの）とを分離する（搾汁工程S603）。パーム葉柄（OPP）111やパーム古木（OPT）の破碎物を搾汁する際には、例えば、サトウキビの搾汁などに用いるローラープレス式の搾汁機を用いることができる。

[0506] 搾汁液と第1固形残渣との分離は、遠心分離や濾過分離などの分離方法によって行うことができる。分離された搾汁液は、例えば黄濁色の液体を成し、多量の糖成分を含有している。こうした搾汁液を用いて、バイオ燃料であるバイオエタノールや食品原料を製造する（バイオエタノール製造工程S604）。また、このバイオエタノール製造工程S604において、搾汁液の糖成分を用いて食品原料を製造することもできる。

[0507] バイオエタノール製造工程S604は、例えば、濃縮工程S604A、発酵工程S604B、および精製工程S604Cを備えている。濃縮工程S604Aでは、搾汁液を効率的に発酵可能な程度まで濃縮を行う。濃縮工程S604Aは、例えば、搾汁液の遠心分離や、加熱による水分の減少などによって行うことができる。

[0508] 発酵工程S604Bでは、発酵によって搾汁液に含まれる糖成分をメタンガスやバイオエタノールにする。例えば、アルコール発酵（Ethanol Fermentation）によって、糖成分（グルコース、フラクトース、ショ糖）を分解して、エタノール（バイオエタノール）および二酸化炭素を生成させる。

[0509] 精製工程S604Cでは、バイオエタノールや糖成分を精製して不純物を除去し、より純度の高いバイオエタノールを得る。また、発酵によって生じた糖成分を食品原料とすることもできる。このようなバイオエタノール製造

工程 S 6 0 4 で得られたバイオエタノールは、後述する水蒸気改質水素生成プロセス 6 1 5 において、水素生成原料の 1 つとして用いられる。

[0510] 前工程である搾汁工程 S 6 0 3 で生じる搾汁液は比較的多量であり、そのまま排出すれば水質汚染等の懸念があるが、搾汁液の発酵、精製によってバイオエタノールや糖成分（食品原料）を製造することによって、搾汁液の有効利用を図るとともに、搾汁液による水質汚染を防止することができる。現状、パーム古木（O P T）は農地に於いて破碎若しくは切倒されたまま腐敗し、パーム枝葉（O P F）も F F B 収穫時に 2 本切落され、その場に放置されるため、腐敗し、環境汚染源となっている。

[0511] 一方、前述した搾汁工程 S 6 0 3 で得られた、第 1 固形残渣である搾汁された搾汁残渣は、破碎によってパーム葉柄（O P P）破碎物が形成される（第 2 破碎工程 S 6 0 5）。第 1 固形残渣の搾汁残渣は、例えば、ロータリー刃を備えた破碎機によって破碎されればよい。これによって得られるパーム葉柄（O P P）破碎物は、例えば本実施形態においては、寸法が例えば 5 0 m m 以下程度範囲の破碎物である。搾汁工程 S 6 0 3 の前段に破碎工程を設ける事も搾汁方式により選択する。

[0512] なお、第 2 破碎工程 S 6 0 5 において、後述するパーム油生産プロセス 6 1 3 における果実を脱果させた後の破碎した空果房（E F B）、および果実を搾油後のパーム椰子殻（P K S）を、パーム葉柄（O P P）破碎物に加えることができる。なお、以下の説明では、こうした空果房粉状物やパーム椰子殻粉状物を加えたものも含めてパーム枝葉粉状物と述べる。

[0513] 後述する、乾燥工程 S 6 0 6 A、半炭化工程 S 6 0 6 B による半炭化の利点の 1 つとして、破碎動力の低減が挙げられる。パーム葉柄（O P P）、パーム古木（O P T）組織が脆弱な為、半炭化工程 S 6 0 6 B 前のある程度の破碎は動力負荷が少ないが、空果房（E F B）の破碎動力負荷に関しては、半炭化工程 S 6 0 6 B 前の破碎動力負荷が大きい。このため、空果房（E F B）に関しては、半炭化工程 S 6 0 6 B 前の第 2 破碎工程 S 6 0 5 で例えば 5 0 m m ～ 1 5 0 m m 程度に破碎後、水分調整のための乾燥工程 S 6 0 6 A

、半炭化工程 S 6 0 6 B を行ってから 1 5 m m 以下程度に粉砕することで動力負荷が低減し、経済的には好ましい。

[0514] 次に、第 2 破碎工程 S 6 0 5 で得られたパーム葉柄（O P P）破碎物を用いて、後述するバイオマス改質炭の原料となるバイオマス半炭化物やこれを用いた燃料用ペレットを製造する（燃料用ペレット製造工程 S 6 0 6）。燃料用ペレット製造工程 S 6 0 6 は、乾燥工程 S 6 0 6 A、半炭化工程 S 6 0 6 B、粉砕工程 S 6 0 6 C 及び圧縮成形工程 S 6 0 6 D を含む。半炭化工程 S 6 0 6 B では、第 2 破碎工程 S 6 0 5 で得られたパーム葉柄（O P P）破碎物を半炭化炉によって半炭化处理（トレファイド）を施す。パーム枝葉破碎後の水分調整した乾燥物を例えば 3 0 0 °C 以下、酸素 1 0 % 未満の雰囲気中で半炭化处理することで、発熱量を 2 ～ 3 割向上させるとともに、耐水性を高めることができる。

[0515] 第 2 破碎工程 S 6 0 5 での産物は、パーム葉柄（O P P）、パーム古木（O P T）の場合は、含水率は 4 0 % 前後、空果房（E F B）の場合は 5 0 % 前後と多い。このため、乾燥工程 S 6 0 6 A から半炭化工程 S 6 0 6 B までを 1 回で行うか、これらの工程を 2 段階にするかは、設備によって異なるが、乾燥工程 S 6 0 6 A 後において通常、含水率は 1 0 ～ 1 3 % 程度、その後の半炭化工程 S 6 0 6 B において含水率 1 2 % 以下、好ましくは 5 % 前後（その後、吸湿によって 8 ～ 1 0 %）とする。

[0516] 水分調整のための乾燥設備は、例えばベルト乾燥機、あるいは回転式の熱処理炉がある。次工程である半炭化工程投入材料の水分量を一定にする事は、次工程である半炭化处理に重要な点で、出口含水率を 1 3 % 程度以下で安定した含水率にする事が求められる。

[0517] 半炭化处理を行うための半炭化处理装置は、例えば、回転式の熱処理炉であればよい。

こうした回転式の熱処理炉を用いて、パーム枝葉粉状物を例えば 2 0 0 °C ～ 3 5 0 °C 程度に加熱し、5 分～9 0 分間保持することによって、含水率を 0 % ～ 1 2 % 程度にする。

- [0518] 半炭化処理（トレファイド）に用いる熱処理炉の稼働に必要なエネルギー源としては、パーム椰子殻（PKS）やパーム繊維（Fiber）を用いた後述するエネルギー生成工程S616によって得られた電力、蒸気及び熱エネルギーなどを用いることができる。
- [0519] 以上のような半炭化工程S606Bによって、第1固形残渣から半炭化処理（トレファイド）されたバイオマス半炭化物が得られる。このバイオマス半炭化物は、後述するバイオマス改質炭の製造原料として用いられる。また、このバイオマス半炭化物は、次に述べる燃料用ペレットの原料としても用いることができる。
- [0520] バイオマス半炭化物を燃料用ペレットの製造に用いる場合、半炭化処理されたパーム葉柄（OPP）破砕物であるバイオマス半炭化物に対して、パーム由来のリグニンを添加した後、圧縮成形してペレット化する（圧縮成形工程S606D）。圧縮成形工程S606Dでは、例えば、ダイス押出式のペレット成形装置を用いることができる。こうした圧縮成形工程S606Dにおいても、例えばペレット成形装置の駆動源として、空果房（EFB）やパーム椰子殻（PKS）やパーム繊維（Fiber）などを用いた後述するエネルギー生成工程S616によって得られた再生可能エネルギーである、電力、蒸気及び熱エネルギーなどを用いることができる。
- [0521] なお、圧縮成形工程S606Dにおいて、投入材料中のリグニン量がペレットの成形度合に関係するが、リグニン量を調整する場合、パーム由来のリグニンが利用できる。また、ペレット成形前の材料寸法は、成形するペレット径により、粉砕による寸法調整が必要となる。また、上述した実施形態では、燃料用ペレット製造工程S606において、半炭化工程S606Bの後、圧縮成形工程S606Dを行っているが、圧縮成形工程S606Dを行ってから、半炭化工程S606Bを行うこともできる。この場合、圧縮成形工程S606Dへの投入原料寸法は、成形するペレット径により決まる。
- [0522] 通常、木質の場合ペレット成形機投入物の前処理粉砕所要エネルギーは、半炭化による脆化の為、半炭化度合いが進むほど粉砕エネルギーは低減する

。このため、半炭化工程 S 6 0 6 B の後、圧縮成形工程 S 6 0 6 D を行うことが好ましい。

[0523] 一方、パーム葉柄（OPP）、あるいはパーム古木（OPT）は、組織が脆弱な為、粉碎所要エネルギーは少ない。このため、圧縮成形工程 S 6 0 6 D を行ってから、半炭化工程 S 6 0 6 B を行うことも好ましい。また、空果房（EFB）組織が非脆弱であり、半炭化工程 S 6 0 6 B の後、粉碎工程 S 6 0 6 C を経過し、圧縮成形工程 S 6 0 6 D を行うことが好ましい。

[0524] 以上のような工程を経て固形バイオマス燃料である燃料用ペレットが得られる。

なお、本実施形態においては、半炭化工程 S 6 0 6 B を行った後に圧縮成形工程 S 6 0 6 D を実施しているが、こうした工程は、逆の順番で行うこともできる。

即ち、第2破碎工程 S 6 0 5 で得られたパーム葉柄（OPP）破碎物を圧縮成形工程 S 6 0 6 D によってペレット化した後、このペレットを、熱処理炉等を用いた半炭化工程 S 6 0 6 B によって半炭化しバイオマス半炭化物を得る。そして、このバイオマス半炭化物を用いて、燃料用ペレットを製造することもできる。

[0525] 燃料用ペレットは、半炭化処理を行ったパーム枝葉粉状物をペレット化したものである。燃料用ペレットは、例えば概略円柱形状をなしており、直径が 4 mm ～ 20 mm、長さが 5 mm ～ 100 mm の範囲内とされている。また、その嵩比重が 0.65 以上 0.85 以下の範囲内とされている。

[0526] 半炭化工程 S 6 0 6 B を経たバイオマス半炭化物は、ペレット形状のみならず、石炭コークス代替燃料のバイオコークスブリケット、例えば直径が 50 ～ 150 mm、長さが（直径）× 1 ～ 5 の範囲内の製品にも成形可能である。

[0527] そして、燃料用ペレットは、脱水処理や半炭化処理によって水分及び揮発成分も低減はするが、燃料用ペレットにおける含水率は 12% 以下の範囲内に調整されており、熱量が 20 kJ/kg 以上 24 kJ/kg 以下の範囲内

とされている。

- [0528] さらに、燃料用ペレット１２０においては、ＪＩＳ Ｍ ８８０１で規定されているハードグロブ粉碎性指数（ＨＧＩ）が２２以上５０以下の範囲内とされている。なお、参考例として、微粉炭ボイラにおける運用下限値は、 $HGI = 40$ 以上とされている。

また、燃料用ペレットは、半炭化処理によって表面が疎水性を有しており、耐水性が向上されており、水に浸漬しても、容易に崩壊せずに形状が維持されることになる。

- [0529] 一方、上述した搾汁工程Ｓ６０３、および燃料用ペレット製造工程Ｓ６０６でそれぞれ生じたパーム椰子由来の搾汁液（OPT・OPP-Juice）を集約して、バイオエタノール製造工程Ｓ６０４に用いて濃縮し、発酵、精製を行うことができる。

- [0530] 半炭化プロセス６１２を構成する各工程で生じた、椰子由来の糖成分を含んでいる搾汁液を集めてバイオエタノール製造工程Ｓ６０４に用いることにより、農園に廃棄し、腐敗し、メタンガス放出していたパーム枝葉（OPF）、パーム古木（OPT）がバイオマス資源として有効利用が出来る。

- [0531] エネルギー生成工程Ｓ６１６は、脱果工程Ｓ６１１で生じた脱果後の空果房（EFB）やパーム繊維（Fiber）、および椰子核分離工程Ｓ６１４で分離されたパーム椰子殻（PKS）を燃焼等によって熱エネルギーを生成し、この熱エネルギーを用いて水を加熱して水蒸気（高温蒸気）や電力など生成する。こうしたエネルギー生成工程Ｓ６１６で得られた熱エネルギーや水蒸気（高温蒸気）は、後述する水蒸気改質水素生成プロセス６１５に、また、電力は水蒸気改質水素生成プロセス６１５や水電解水素生成プロセス６１６に用いることができる。

- [0532] また、エネルギー生成工程Ｓ６１６で得られた熱エネルギーや電力は、後述するバイオマス改質炭製造プロセス６１４である各工程（褐炭乾燥工程Ｓ６２１、褐炭粉碎工程Ｓ６２２、混合工程Ｓ６２３、圧縮成型工程Ｓ６２４）の動作エネルギー源として使用することもできる。

[0533] 次に、パーム油生産プロセス613について説明する。

パーム油生産プロセス613では、生鮮果房（FFB）を洗浄した後、生鮮果房（FFB）を蒸煮して、果実と空果房（EFB）に分離する（脱果工程S611）。パーム椰子は、果実の中に油分を分解するリパーゼ酵素を含んでいるため、収穫した瞬間から、このリパーゼ酵素が活性化される。このため、生鮮果房（FFB）の収穫後は24時間以内に熱を加え、リパーゼ酵素を不活性化させる必要がある。

[0534] こうした生鮮果房（FFB）を蒸煮の目的は、油を分解する酵素を不活性化（失活）させることである。こうした不活性化のためには、例えば、回転式の蒸煮プロセスでは、75分から90分にわたって、最高温度140℃（圧力+2気圧）をピークに2, 3回圧力をスイングする操作がなされる。また、蒸煮することで、果房から果実が離脱しやすくなり、また果実を柔軟にして、パーム油生産プロセス613での搾油を容易にする。果房から果実を離脱させるには、例えば、脱果機などを用いて果房を叩き、果房の茎と果実に分離する。

この後、分離した果実から効率よく搾油するため、果実を蒸気で95℃から100℃に加熱しながら約30分程度攪拌し、スラリー状にする（消化）。

[0535] こうした脱果工程S611において、前述したエネルギー生成工程S616で得られた蒸気を用いて、生鮮果房（FFB）を蒸煮することができる。脱果工程S611は、パーム油生産プロセス613の中でもっとも蒸気使用量が多い。

[0536] また、この脱果工程S611で生じた脱果後の空果房（EFB）は、ある程度の脱水後、前述した半炭化プロセス612における第2破碎工程S605に導入し、パーム枝葉粉状物の一部として燃料用ペレットの製造原料に用いることで、腐敗による温暖化ガス発生量の削減、有効利用を図ることができる。また、脱果後の空果房（EFB）は、パーム古木の第1破碎工程S602を使用して破碎することも可能である。

- [0537] 次に、脱果工程 S 6 1 1 においてスラリー状にした果実を搾油する（第 1 搾油工程 S 6 1 2）。例えば、第 1 搾油工程 S 6 1 2 では、スクリー式の搾油機を用いて、圧力によって粗パーム油およびパーム椰子核を含む繊維質である第 2 固形残渣に分離する。
- [0538] 次に、第 1 搾油工程 S 6 1 2 で得られた粗パーム油に対して加水し、例えば約 85℃程度に加熱して静置した後、比重差による油水分離を行ってパーム油と第 2 パーム椰子排水（POME）とを得る（油水分離工程 S 6 1 3）。なお、加水後に更に遠心分離器によって繊維や水分などを取り除くことで、迅速に油水分離を行うこともできる。
- [0539] こうした油水分離工程 S 6 1 3 で分離されたパーム椰子排水（POME）は、油水分離によっても水層に溶存している椰子由来の油脂を完全には分離除去できず、椰子由来の油脂を一定量含んでいる。このパーム椰子排水（POME）を後述する藻類産生油製造プロセス 6 1 8 の原料として用いる。
- [0540] 藻類産生油製造プロセス（メタン製造工程）6 1 8 は、油水分離工程 S 6 1 3 で分離されたパーム椰子排水（POME）に残留している油分、糖成分を、例えばメタン細菌などによって発酵させメタンにする。こうして藻類産生油製造プロセス 6 1 8 で得られたメタンは、後述する水蒸気改質水素生成プロセス 6 1 5 において、水素生成原料の 1 つとして用いられる。
- [0541] このように、パーム油生産プロセス 6 1 3 を構成する油水分離工程 S 6 1 3 で生じた、椰子由来の油脂を含むパーム椰子排水（POME）を用いて、藻類産生油製造プロセス 6 1 8 によってメタンを生成することによって、従来、問題となっていたパーム椰子排水（POME）の外部への排出による水質汚染を防止するとともに、こうしたパーム椰子排水（POME）を有効に再利用することが可能になる。
- [0542] なお、未利用バイオマス資源であるパーム椰子排水（POME）から藻類産生油製造プロセス 6 1 8 によって生成されたメタンは、後述する水蒸気改質水素生成プロセス 6 1 5 以外にも、メタンガスによるバイオマス発電および燃焼エネルギーが得られ、自家消費エネルギーとして使用する事も、有価

物として売却する事も出来る。

[0543] 第1搾油工程S612で生じた、椰子由来の油脂を含んでいるパーム椰子排水（POME）処理場ラグーンから発生していた膨大な温暖化ガスであるメタンを回収することで、自家消費エネルギーに加え、メタンガス利用による温暖化防止と、POME処理排水による、水質汚染を防止することが可能になる。更に河川放流水の浄化、未利用バイオマス固形炭化物により、放流水の色素、フミン酸を吸着する事等々、大気及び水質の環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営が出来る。

[0544] 一方、第2固形残渣には、パーム椰子核が含まれており、第2固形残渣を乾燥、粉碎後、パーム椰子核とパーム椰子殻（PKS）とを分離する（椰子核分離工程S614）。こうした分離は、例えば、空気流によって行うことができる。そして、分離されたパーム椰子核を搾油してパーム核油を得る（第2搾油工程S615）。

[0545] 一方、椰子核分離工程S614で分離されたパーム椰子殻（PKS）の一部は、そのままで市場性を有した有価物燃料として売却されるが、含水率が一定ではなく乾燥する事例もある。但し、その後の吸湿、並びに乾燥コストが増加する等の問題がある。本実施形態では、パーム葉柄（OPP）由来の燃料用ペレット製造工程S606にパーム椰子殻（PKS）を添加若しくは、単独で製造すればよく、製造コストは現状の乾燥製品に比べても安価で、尚且つ疎水性のある極めて石炭に近いパーム椰子殻（PKS）由来の半炭化物であるバイオマス半炭化物にすることができる。

[0546] また、エネルギー生成工程S616で得られた蒸気は、脱果工程S611で生鮮果房（FFB）を蒸すための飽和蒸気として用いることができる。また、電力は、燃料用ペレット製造工程S606における半炭化工程S606Bでの熱処理炉の駆動力として用いたり圧縮成形工程S606Dでのペレット成形装置の動力源、および後述するバイオマス改質炭製造プロセス614である各工程（褐炭乾燥工程S621、褐炭粉碎工程S622、混合工程S623、圧縮成型工程S624）の動作エネルギー源として用いたりするこ

とができる。

[0547] また、この椰子核分離工程 S 6 1 4 で分離されたパーム椰子殻 (P K S) の他の一部は、前述した半炭化プロセス 6 1 2 における第 2 破碎工程 S 6 0 5 に導入し、パーム葉柄 (O P P) 破碎物の一部として半炭化工程 S 6 0 6 B を経てバイオマス半炭化物にして、後述するバイオマス改質炭製造プロセス 6 1 4 である混合工程 S 6 2 3 に送られ、バイオマス改質炭の製造に用いることができる。これにより、未利用廃棄物の削減、有効利用を図ることができる。これらはパーム繊維 (F i b e r)、空果房 (E F B) もまた同様である。

[0548] 次に、バイオマス改質炭製造プロセス 6 1 4 について説明する。

バイオマス改質炭製造プロセス 6 1 4 では、原料として褐炭を用いる。こうした褐炭は、前述した技術的背景でも説明したように、例えば、インドネシアなどにおいて多く産出する石炭化度の低い（例えば、炭素含有量 7 0 w t % 以下）の低品位炭である。以下のバイオマス改質炭製造プロセス 6 1 4 は、前述した半炭化プロセス 6 1 2 やパーム油生産プロセス 6 1 3 などを実施するパーム椰子産業の近傍に存在する炭鉱から得られる褐炭を用いることが好ましい。これにより、褐炭の輸送コストや褐炭の乾燥に伴う発火性の官能基による自然発火を抑制できる。低品位炭の改質技術は脱水改質技術の開発を中心に、発熱量の改善や自然発火性への対策が進められ、既に実用化段階にあり、商業化の計画も進められているが、多くの技術が経済的理由から商業化に至っていない。

[0549] 褐炭は通常暗褐色から帯褐色を呈する。より高品位な瀝青炭に比べ暗炭が多く、水分、腐植酸、酸素に富む。灰分の（ミネラル）の割合は産炭地によって様々である。水分が重量の半分以上（多い場合は 66 %）を占めるのが特徴である。これは褐炭の細孔容積が大きい（隙間が多い）ため、水分が浸み込みやすいからである。まず、こうした水分を効率的かつ安全に蒸発させることで褐炭を乾燥させる（褐炭乾燥工程 S 6 2 1）。なお、採掘された褐炭が大きな塊状である場合、褐炭破碎工程によって、所定の大きさになるまで

褐炭を予め破碎しておくことが好ましい。

[0550] 褐炭乾燥工程 S 6 2 1 では、褐炭に含まれる発火性の官能基が水分の蒸発によって自然発火することを防止しつつ、褐炭の水分量を低減させる。具体的には、褐炭の乾燥に間接加熱方式を用いる。熱源としては飽和スチームを用いる。こうした褐炭乾燥工程 S 6 2 1 消費する熱量を減らすため、乾燥機からの復水に熱回収ユニットで排熱をさらに回収し、スチーム発生ユニットに戻す構成が好ましい。例えば、空気、または窒素ガスを乾燥機に送り込み、水分蒸発速度を調整する。乾燥機の出口ガスはスチーム、空気（または窒素）、褐炭の微粉を含んでおり、大気に放出する前にバグフィルタを使用し褐炭の微粉を除去する。

[0551] 次に、褐炭乾燥工程 S 6 2 1 で乾燥させた褐炭を粉碎して、所定サイズの微粉末状の粉状褐炭を製造する（褐炭粉碎工程 S 6 2 2）。粉碎によって得られる粉状褐炭の粒子径分布と水分は、後工程で得られるバイオマス改質炭の品質に大きく影響するため、制御には細心の注意を払って行う。燃焼性ガスやイナータガスを循環させ、粉碎雰囲気酸素濃度を制御することによって粉碎、乾燥による発火を抑制し、安全性を向上させる。

[0552] この褐炭乾燥工程 S 6 2 1 で得られた粉状褐炭は、一部がバイオマス改質炭の製造に用いられ、また残りの一部は後述する水蒸気改質水素生成プロセス 6 1 5 による水素製造に用いられる。

[0553] 次に、褐炭粉碎工程 S 6 2 2 を経て得られた粉状褐炭と、半炭化プロセス 6 1 2 の半炭化工程 S 6 0 6 B においてパーム葉柄（OPP）やパーム古木（OPT）を原料として得られたバイオマス半炭化物とを混合して混合体を得る（混合工程 S 6 2 3）。

[0554] この混合工程 S 6 2 3 では、粉体用の混合装置（ミキサー）を用いて、粉状褐炭と粉碎したバイオマス半炭化物とを、所定の混合比率で混合する。本実施形態では、粉状褐炭とバイオマス半炭化物とを、重量比 50 : 50 で混合した混合体を形成している。

[0555] 次に、混合工程 S 6 2 3 で得られた粉状褐炭とバイオマス半炭化物との混

合体を圧縮成形し、ブリケット状のバイオマス改質炭を得る（圧縮成型工程 S 6 2 4）。圧縮成型工程 S 6 2 4 では、例えばブリケットマシンを使用して圧縮成形する。ブリケットの形状・サイズ、ロール回転数、ロール支持圧力を最適設定することにより、バインダーを使用せず、高強度、高密度のブリケット状のバイオマス改質炭が製造でき、同時に電力消費を抑えることができる。

[0556] これら一連のバイオマス改質炭製造プロセス 6 1 4 では、搾汁工程 S 6 0 3 で得られた搾汁液から生成した第 1 稼働用エネルギー、空果房（E F B）やパーム椰子殻（P K S）やパーム繊維（F i b e r）から得られた第 2 稼働用エネルギー、およびパーム椰子排水（P O M E）から得られた第 3 稼働用エネルギーを、各工程（褐炭乾燥工程 S 6 2 1、褐炭粉碎工程 S 6 2 2、混合工程 S 6 2 3、圧縮成型工程 S 6 2 4）の動作エネルギー源として用いることができる。これによって、外部から新たなエネルギー（電力、蒸気等）を追加することなく、低コストにバイオマス改質炭を製造することができる。

[0557] 次に、水蒸気改質水素生成プロセス 6 1 5 について説明する。

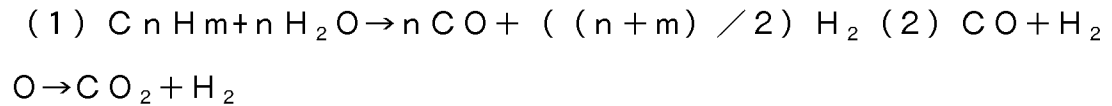
水蒸気改質水素生成プロセス 6 1 5 は、バイオエタノール製造工程 S 6 0 4 で得られたバイオエタノールをガス化させる第 1 ガス化工程 S 6 3 1 と、褐炭粉碎工程 S 6 2 2 を経て得られた粉状褐炭から炭化水素ガスを発生させる第 2 ガス化工程 S 6 3 2 と、水蒸気改質工程 S 6 3 3 とを備えている。

[0558] 第 1 ガス化工程 S 6 3 1 は、パーム古木（O P T）・パーム葉柄（O P P）の搾汁液を発酵させたバイオエタノール製造工程 S 6 0 4 で得られたバイオエタノールを、例えば気化器などを通してエタノールガスにする。

第 2 ガス化工程 S 6 3 2 は、褐炭粉碎工程 S 6 2 2 で得られた粉状褐炭を加熱器によってするなどして一酸化炭素や二酸化炭素を得る。

[0559] 水蒸気改質工程 S 6 3 3 では、エネルギー生成工程 S 6 1 6 で得られた水蒸気（高温蒸気）と、油水分離工程 S 6 1 3 のパーム椰子排水（P O M E）を用いて藻類産生油製造プロセス 6 1 8 で生成させたメタン、第 1 ガス化工

程 S 6 3 1 で得られたエタノールガス、第 2 ガス化工程 S 6 3 2 で得られた一酸化炭素などを水蒸気改質法によって改質し、水素を発生させる。これに水蒸気と、炭化水素（エタノール、メタノール）ガス、一酸化炭素から水素を生成する反応は以下のようなものである。



[0560] こうした水蒸気改質工程 S 6 3 3 では、反応のための熱エネルギーとして、エネルギー生成工程 S 6 1 6 で得られる再生可能な熱エネルギーを用いることができる。以上のような工程を経て、パーム椰子産業由来の未利用バイオマス資源や、パーム椰子農園の近傍から産出する褐炭を用いて、効率的に、かつ極めて低コストに水素を生産することができる。こうして得られた水素は輸送が容易な液化状態にして、幅広い産業の熱エネルギー源や原料ガスとして用いることができる。

[0561] 次に、水電解水素生成プロセス 6 1 6 について説明する。

水電解水素生成プロセス 6 1 6 では、エネルギー生成工程 S 6 1 6 で得られた熱エネルギーを用いて発電した電力によって、水を電気分解する電解工程 S 6 3 4 を備えている。この電解工程 S 6 3 4 では、パーム椰子産業由来の未利用バイオマス資源を原料として製造した再生可能エネルギーである電力を用いて水を電気分解することによって、極めて低コストに水素を生産することができる。こうして得られた水素は輸送が容易な液化状態にして、幅広い産業の熱エネルギー源や原料ガスとして用いることができる。

[0562] 次に、藻類産生油製造プロセス 6 1 8 について説明する。

藻類産生油製造プロセス 6 1 8 では、油水分離工程 S 6 1 3 で生じたパーム椰子排水（POME）を用いる。3にこうしたパーム椰子排水（POME）の性状の一例を示す。

[0563]

[表3]

POME (廃液) FFB当たりの発生比率 (%)	50 - 60
BOD (ppm)	80 - 30.000
COD (ppm)	1.500 - 78.000
TS (mg/L)	11.000 - 64.000

[0564] まず、このパーム椰子排水（POME）の高度嫌好気排水処理を行う（高度嫌好気排水処理工程S641）。この高度嫌好気排水処理工程S641では、まず、パーム椰子排水（POME）の有機性物質を嫌気状態にして、嫌気性微生物群によって分解し低級脂肪酸の生成過程を経て、メタンと二酸化炭素に分解する（メタン発酵法）。分解によって発生したメタンガスはバイオマス燃料として有効に用いることができる。

[0565] メタン発酵法は曝気エネルギーが不要で、生成する汚泥量も少ない。メタン発酵法は、30～38℃で処理を行う中温法が一般的であるが、50～58℃で行う高温法も用いることができる。メタン発酵法では、温度が高い程、硝化速度が速い反面、エネルギー消費が大きい。pHの最適領域は通常中性付近であり、酸類濃度が高くpHが低下するとメタン発酵に変調をきたす場合がある。平均滞留時間は約20～30日、有機物類の分解率は約50％程度、槽内の攪拌等の効率を高めると消化は促進される。ガス中のメタンの占める比率は約60％で2％程度の水素を含んでいる。

[0566] こうした高度嫌好気排水処理工程S641の嫌気処理にメタン発酵法を用いる場合、空果房（EFB）やパーム椰子殻（PKS）やパーム繊維（Fiber）を用いてエネルギー生成工程S616で得られた再生可能エネルギーである熱エネルギーを用いてパーム椰子排水（POME）の液温を適切に調節し、嫌気処理を行うことで、外部からのエネルギーを消費することなく処理を行うことができる。

[0567] また、高度嫌好気排水処理工程S641では、パーム椰子排水（POME）の有機性物質を好気状態にして、好気性微生物群によって有機性物質を炭

酸ガスと水に分解する。好気処理の代表的なものとしては、活性汚泥法が挙げられる。活性汚泥法は、浮遊する微生物に空気を吹き込みながら有機物の分解を効率的に行うもので、大規模な下水処理や工場排水処理に広く使用されている。

[0568] パーム椰子排水（POME）を高度嫌好気排液処理工程S641によって処理した処理水は、次に炭化水素産生藻類の育成に用いられる（藻類育成工程S642）。この藻類育成工程S642では、高度嫌好気排液処理工程S641によって得られた処理水を用いて、炭化水素産生藻類を育成し、炭化水素産生藻類に炭化水素（脂質）を産生させる。

[0569] 炭化水素産生藻類は、微細藻類の一群であり体内に貯蔵物質としてオイル（炭化水素）を蓄積する。炭化水素産生藻類としては、例えば、ボトリオコッカス（*Botryococcus braunii*）、シュードコリスティス（*Pseudochoricystis ellipsoidea*）、オーランチオキトリウム（*Aurantiochytrium*）、イカダモ（*Scenedesmus*, *Desmodesmus*）などが挙げられる。近年では、これら炭化水素産生藻類よりもさらにオイルの蓄積効率が高い藻類も研究されつつある。

[0570] 藻類の培養と藻類バイオ燃料の生産には、a) 太陽エネルギー、b) 栄養塩類、c) 水資源、d) 適した温度、e) 広大な土地、f) 攪拌、g) CO₂の供給、h) 他の微生物の侵入防止、i) 抽出油の改質、j) 抽出残渣の処理（例えばメタン発酵）、k) 投入栄養塩類の回収と再利用、などの多岐にわたる要因が絡み合っている。

[0571] 本発明プロセスでは、既存パーム産業とパーム産業由来未利用バイオマス資源を利用する産業が存在する事により、ほとんどの問題は安価に安易に持続性を持って解決できる。

a) 太陽エネルギー

パームオイル樹木は、赤道を中心として経度で南北15度程度の地域でしか育成しない事より、本プロセスの提案する藻類培養には、太陽エネルギーは全く問題ないレベルで供給される。

b) 栄養塩類

栄養塩類とは、N（窒素）、P（リン）、Si（珪素）など、植物が正常な生活を営むのに必要な無機塩類の事で、元々、パーム由来物質のみで、他の混合物が極めて少ないPOMEであり高度嫌好気処理後の処理水には、N（窒素）、P（リン）、Si（珪素）は十分に含まれている。

c) 水資源

d) 適した温度

高度嫌好気処理で、BOD：20mg/L以下、COD：400mg/L前後までになる為、藻類の生成にとって水資源として全く問題なく、且つ追加水量についても、豊富な地下水からの水資源があり、適した温度調整も可能となっている。

一例として、マレーシア（クアラルンプール）における月毎の平均気温と降水量を図21に示す。

この図21に示すグラフの様に、パーム産業の適地であるマレーシアに於いて、比較的25℃～28℃のほぼ一定の気温で、多雨な状況がよくわかる。

水資源については、パーム搾油工場排水を処理した安定的で管理された水資源を使用する事と、更に豊富な地下水利用で変動に対するコントロールが出来、水温に関しても本システム内で安価なエネルギーが供給されることにより、元々変動が少ない水温も、より高度な温度制御が出来る事となる。

e) 広大な土地

パーム産業における、1つの搾油工場当たりの農園面積は、おおよそ平均1万haで、その搾油工場は例えば2014年でマレーシア国内に434か所の工場に存在する。

元々広大な土地が必要なパーム産業である為、本システムに於いて土地問題の障壁は極めて少ないといえる。旧オープンラグーンの新利用形態に加え、近傍の農園用地を転用することも問題とはならない。

f) 攪拌

本システムに於いて、安価で多量な再生可能エネルギーが存在する事により、攪拌に要する動力エネルギーの供給及び経済的問題は無い、又、広大な敷地であるが、障壁となる工作物等が無い為、設置及び維持管理が安易となる。

g) CO_2 の供給

前述した、例えばバイオエタノール製造工程、水素製造工程、メタン発酵工程、エネルギー生成工程等から得られる二酸化炭素を、培養池に直接通気させ、藻類の成長促進を図れる。藻類は、光合成によって二酸化炭素を体内に取り込み固定化し有機物を生産する事となる。

h) 他の微生物の侵入防止、

本システムでは、パーム搾油工場排水を処理した安定的で管理された水資源を利用する事より、上流側からの他の微生物進入は少ない。但しオープンラグーンを利用する為の他微生物進入リスクは存在する。

i) 抽出油の改質

本システムに於いて、安価で多量な再生可能エネルギーが存在する事により、改質に要する熱及び動力エネルギー問題は無い。

又、改質自体も本システム内で別に行うメタン改質、エタノール改質等に合併した改質も可能となる。

j) 抽出残渣の処理（例えばメタン発酵）

例えば、乾燥残渣燃料製造、植物性残渣部分のメタン発酵、等の処理方法はあるがEFB燃焼灰がカリウム肥料となる事より、残渣の窒素、リンを加えた自給できる農園用肥料製造が推奨できる。

k) 投入栄養塩類の回収と再利用

本システムでは、前述したように栄養塩類は、パーム椰子排水（POME）処理水中に元々含まれている為、特に回収と再利用の必要性はない。

[0572] 藻類育成工程S642では、高度嫌好気排水処理工程S641によって処理した処理水と炭化水素産生藻類とを、旧オープンラグーンを転用した培養池や、新たに導入する大型の培養容器（貯槽）を用いて、所定の藻類の培養

に適した温度管理を行うことで、効率的に炭化水素産生藻類の体内にオイル（炭化水素）を蓄積させる。

[0573] こうした藻類育成工程 S 6 4 2 においても、空果房（E F B）やパーム椰子殻（P K S）やパーム繊維（F i b e r）を用いてエネルギー生成工程 S 6 1 6 で得られた再生可能エネルギーである熱エネルギーおよび電力を用いて、炭化水素産生藻類の培養池や培養容器内の温度管理、日照管理を行うことによって、外部からのエネルギーを消費することなく炭化水素産生藻類の育成を行うことができる。

[0574] 藻類育成工程 S 6 4 2 によって、所定の基準までオイル（炭化水素）を蓄積させた炭化水素産生藻類は処理水から取り出される。そして、体内にオイル（炭化水素）を蓄積させた炭化水素産生藻類から、藻類産生油が分離される（藻類産生油分離工程 S 6 4 3）。この藻類産生油分離工程 S 6 4 3 では、例えば遠心分離機を用いて、炭化水素産生藻類の体内に含まれる藻類産生油（グリーンオイル）を分離する。分離した藻類産生油（グリーンオイル）は、適切な精製工程等を経て、例えば、ディーゼルオイルの代替燃料として用いることができる。藻類から得られるバイオ燃料は化学構造上ディーゼルオイルに類似しているので、製油施設や貯蔵施設などのインフラは既存のディーゼルのものが流用できる。

表 4 に、各種作物、微細藻類のオイル生産量の比較例を示す。

[0575]

[表4]

作物・藻類	オイル生産量 L/ha/年	世界の石油需要を 満たすのに必要な 面積(100万ha)	地球上の耕作面積に 対する割合(%)
とうもろこし	172	28,343	1430.0
綿実	325	15,002	756.9
大豆	446	10,932	551.6
菜種	1,190	4,097	206.7
ヤトロファ	1,892	2,577	130.0
ココナッツ	2,689	1,813	91.4
パーム	5,950	819	41.3
微細藻類(1)*	136,900	36	1.8
微細藻類(2)**	58,700	83	4.2

*バイオマス(乾燥重量)の70%、**30%が、オイルの種あるいは培養株

- [0576] 既存オープンラグーンは、パーム椰子排水(POME)中の有機物(BODもしくはCODで評価)含有量を低減する為に必要な水力学的滞留時間(HRT: Hydraulic Retention Time)を確保するための容積で決定される。
- [0577] 2020年から厳守化される予定の、DOE排水基準(特にBOD<20mg/L)をクリアするには、HRTは約120日必要で、仮に搾油工場規模を平均的な、FFB処理能力: 60tFFB/hで考察すると、ミルのパーム椰子排水(POME)は最大936m³/dで、ラグーンでは、混入雨量を考慮する必要がある、およそ2倍の排水量で計算される。従って、約2000m³/dの排水を120日間滞留する容量(2000m³/d×120d=240000m³)が必要になり、仮にPONDの深さを5m均一とすると、240000m³/5m=48000m²の面積とる。1ha=10000m²より、面積は4.8haで、表4中の微細藻類(2)で旧オープンラグーンを4.8ha流用すると、生産量は4.8×58,700=281,760L/年となる。
- [0578] こうした藻類産生油分離工程S643においても、空果房(EFB)やパーム椰子殻(PKS)やパーム繊維(Fiber)を用いてエネルギー生成工程S616で得られた再生可能エネルギーである熱エネルギーおよび電力

を用いて、藻類産生油（グリーンオイル）を分離することにより、従来は藻類産生油（グリーンオイル）の高コストの主な原因であった藻類産生油の分離に必要な大きなエネルギーを外部から供給する必要がなく藻類産生油（グリーンオイル）の低コスト化に大きく寄与する。

[0579] また、この藻類育成工程 S 6 4 2 によって育成した藻類は、生物の食物連鎖の底辺を構成し、この藻類を動物プランクトンが食べ、それを順次、小魚・大型魚等食べる事となる。

即ち、パーム椰子排水（POME）の高度嫌好気排水処理導入により、旧オープンラグーンは藻類育成工程に加え、各種養殖池としての流用が可能で、新事業化の創設となる。

[0580] 一方、この藻類産生油分離工程 S 6 4 3 によって藻類産生油を分離した後の残渣、および高度嫌好気排水処理工程 S 6 4 1 で生じた残渣を纏めて、発酵等のプロセスを経て残渣燃料を生産する。こうした残渣燃料としては、メタンガスや、発酵固形燃料などのバイオマス燃料が挙げられる。

[0581] 藻類の分離残渣は、空果房（EFB）焼却灰+パーム椰子排水（POME）汚泥残渣による肥料に加える利用法、或いは藻には、糖質、タンパク質、脂質、ミネラルが栄養学的にバランスよく含まれており、牛をはじめとする肉用家畜の飼育用ハラル飼料としての利用法もある。

[0582] また、藻類育成工程 S 6 4 2 で炭化水素産生藻類を取り除いた後の排水は、有機物が含まれているだけでなく、暗緑色や茶色に変色している。こうした変色した排水を河川等に放流することは河川の美観を低下させるため、パーム産業由来の未利用バイオマスを利用した、活性炭による脱色処理を行う（活性炭処理工程 S 6 4 4）。この活性炭処理工程 S 6 4 4 では、藻類育成工程 S 6 4 2 で炭化水素産生藻類を取り除いた後の排水に活性炭を投入し、無色に近い色調になるまで脱色を行う。また、活性炭によって、過剰な有機物も吸着される。こうした活性炭処理工程 S 6 4 4 によって水質基準を満たすように調整された排水は、河川に放流される。

[0583] 破瓜（吸着できなくなった状態）した活性炭は廃棄物ではなく、パーム農

園の肥料として利用出来る。この破瓜した活性炭には窒素、リン酸、カリを含み、且つ、農地に戻し、すき込む事で雨水による流出を防ぐ効果・保水効果も持っている。

[0584] 一般的な（１）バイオエタノール（糖質のアルコール発酵）、（２）バイオディーゼル（植物油の改質）生産に比較して、藻類によるバイオマス燃料生産は、以下の特徴がある。

- （a）食料生産と競合しない。
- （b）植物より単位面積あたりの生産性が高い（表４を参照）。
- （c）植物栽培に適さない土地でも利用できる。
- （d）CO₂固定への寄与率が高い。

などの利点があり、更に本特許のパーム産業由来の未利用バイオマス資源を有効利用した藻類産生油するシステムでは、更に次の利点が挙げられる。

（e）エネルギーコスト、旧POME処理用オープンラグーン使用による培養池製造コスト、残差処理コスト、ユーティリティ整備コスト等が安価となり、総合的な藻類産生油

生産コストが大幅に低減できる。

（f）食物連鎖を利用した各種養殖業を創出できる。この養殖事業から、食用及び畜産用飼料生産が可能でハラル食物となる。

（g）パーム由来未利用バイオマス資源を利用した、再生可能エネルギーであるカーボンニュートラル事業と、現状のバイオマス資源を放置することによる温暖化腐敗ガス、POMEから大気放出している温暖化メタンガスを防止できることより、CO₂削減事業となり得る。

（h）システム全ての工程エネルギー、例えば製造エネルギー、輸送エネルギーなどを再生可能エネルギーでまかなった藻由来のバイオマス燃料ができる。

[0585] 表４による微細藻類（２）のオイル生産量を参考に、マレーシアでの生産量を想定すると、（a）2014年のマレーシア内搾油工場数＝434工場、（b）281760L／年（平均≒60tFFB／h工場と仮定）これに

より、 $434 \text{ 工場} \times 281 \text{ kL} / \text{年} \div 13 \text{ 万 kL} / \text{年}$ （マレーシアの例）となる。

[0586] 以上、説明したように、本発明のバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法によれば、従来は有効利用されていなかったパーム枝葉（OPF）の一部パーム葉柄（OPP）、あるいはパーム古木（OPT）、空果房（EFB）、単純焼却していたパーム椰子殻（PKS）、パーム繊維（Fiber）パーム椰子排水（POME）を用いてメタンやバイオエタノールを製造し、また、余剰エネルギーを利用して水蒸気や電力を生成し、これら再生可能エネルギーを用いて炭化水素産生藻類を育成し、育成した炭化水素産生藻類から藻類産生油を分離するので、新規に外部から原料やエネルギー供給することなく、低コストに藻類産生油（グリーンオイル）を得ることが可能になる。従来は製造コストの面から課題が多かった藻類産生油（グリーンオイル）の生産コストを低減できることで、藻類産生油（グリーンオイル）の産業レベルでの普及に寄与する。

[0587] また、パーム椰子産業で生じる未利用物が廃棄物として排出されことなく再利用されることにより、排水の浄化・温暖化ガスの発生抑制が可能のため、環境保全に適合したパーム椰子農園の持続的な運営に寄与する。

実施例

[0588] 以下に、本発明の効果を確認すべく行った確認実験の結果について説明する。

本実施形態で記載された方法によって、パーム枝葉（OPF）の粉碎物を半炭化処理して圧縮成形し、燃料用ペレットを得た。

比較対象として、市販されているパーム椰子殻（PKS）、石炭、木質ペレットを準備した。

[0589] これらのハードグローブ粉碎性指数（HGI）、含水量、熱量、嵩密度、体積エネルギー密度、表面特性を評価した。評価結果を表5に示す。

[0590]

[表5]

	燃料用ペレット (OPF)	パーム椰子殻 (PKS)	石炭	木質ペレット
HGI	22~50	14	45~57	22
含水量 (%)	<12	10~15	10~15	7~10
熱量 (MJ/kg)	20~24	18~19	23~28	15~16
嵩密度 (kg/l)	0.65~0.85	0.5~0.6	0.8~0.85	0.55~0.75
体積エネルギー密度 (GJ/m ³)	10.8~20.4	9.0~11.4	18.4~23.8	8.25~12.0

[0591] 5に示すように、本発明である燃料用ペレットにおいては、石炭と同等のハードグローブ粉碎性指数（HGI）、熱量、体積エネルギー密度を有しており、石炭代替燃料として使用可能であることが確認された。

産業上の利用可能性

[0592] カーボンニュートラルなエネルギー源を効率的に供給することができる。

符号の説明

[0593] 110、203 パーム枝葉（OPF）
 111 葉柄
 112 葉部
 120 燃料用ペレット
 201 パーム椰子
 202 樹幹
 204 果実
 204A 外果皮
 204B 果肉（中果皮）
 204C パーム椰子核
 210 固形バイオマス燃料生産プロセス
 211 収穫、分別プロセス

- 2 1 2 燃料用ペレット生産プロセス
- 2 1 3 パーム油生産プロセス
- 3 1 0 固形バイオマス燃料生産プロセス
- 3 1 1 収穫、分別プロセス
- 3 1 2 燃料用ペレット生産プロセス
- 3 1 3 パーム油生産プロセス
- 3 1 4 ハラール肥料製造プロセス
- 4 1 0 バイオマス改質炭の製造方法（バイオマス原料および褐炭利用エネルギーシステム）
- 4 1 1 収穫、分別プロセス
- 4 1 2 半炭化プロセス
- 4 1 3 パーム油生産プロセス
- 4 1 4 バイオマス改質炭製造プロセス
- 5 1 0 バイオマス資源を用いた水素の製造方法（バイオマス資源および褐炭利用エネルギーシステム）
- 5 1 1 収穫、分別プロセス
- 5 1 2 半炭化プロセス
- 5 1 3 パーム油生産プロセス
- 5 1 4 バイオマス改質炭製造プロセス
- 5 1 5 水蒸気改質水素生成プロセス
- 5 1 6 水電解水素生成プロセス
- 5 1 7 水素製造プロセス
- 6 1 0 バイオマス原料および褐炭利用エネルギーシステム
- 6 1 1 収穫、分別プロセス
- 6 1 2 半炭化プロセス
- 6 1 3 パーム油生産プロセス
- 6 1 4 バイオマス改質炭製造プロセス
- 6 1 5 水蒸気改質水素生成プロセス

- 6 1 6 水電解水素生成プロセス
- 6 1 7 水素製造プロセス
- 6 1 8 藻類産生油製造プロセス

請求の範囲

- [請求項1] 燃焼燃料として使用される燃料用ペレットであって、
パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄の圧縮成形体からなり、半炭化処理が施されていることを特徴とする燃料用ペレット。
- [請求項2] ハードグローブ粉碎性指数（HGI）が22以上50以下の範囲内とされていることを特徴とする請求項1に記載の燃料用ペレット。
- [請求項3] 含水量が12%以下とされていることを特徴とする請求項1又は請求項2に記載の燃料用ペレット。
- [請求項4] 熱量が20 kJ/kg以上24 kJ/kg以下の範囲内とされていることを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の燃料用ペレット。
- [請求項5] 請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の燃料用ペレットの製造方法であって、
パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄を搾汁して樹液と搾汁残渣とを得る搾汁工程と、
得られた前記搾汁残渣を破碎する破碎工程と、
前記破碎工程で得られたパーム葉柄破碎物を乾燥して水分調整する乾燥工程と、
乾燥後のパーム葉柄破碎物を半炭化処理する半炭化処理工程と、
半炭化処理されたパーム葉柄破碎物を粉碎する粉碎工程と、
得られたパーム葉柄粉碎物にパーム由来のリグニンを添加するとともに圧縮成形してペレット化するペレット成形工程と、
を備えていることを特徴とする燃料用ペレットの製造方法。
- [請求項6] 請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の燃料用ペレットの製造方法であって、
パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄を搾汁して樹液と搾汁残渣とを得る搾汁工程と、
得られた前記搾汁残渣を破碎する破碎工程と、

得られたパーム葉柄破碎物を圧縮成形してペレット化するペレット成形工程と、

ペレット成形された圧縮成形体を半炭化処理する半炭化処理工程とを備えていることを特徴とする燃料用ペレットの製造方法。

[請求項7]

パーム椰子樹木から果房および該果房の周囲に生えるパーム枝葉をそれぞれ分離、収穫する収穫工程と、

前記パーム枝葉を搾汁し、搾汁液および第1固形残渣に分離する搾汁工程と、

前記搾汁液を発酵させ、バイオ燃料を製造するバイオ燃料製造工程と、

前記バイオ燃料を用いて第1稼働用エネルギーを生成する第1エネルギー生成工程と、

前記第1稼働用エネルギーをエネルギー源として用いて、前記第1固形残渣の圧縮成形体からなり半炭化処理が施された燃料用ペレットを製造する燃料用ペレット製造工程と、を備えたことを特徴とする固形バイオマス燃料の製造方法。

[請求項8]

前記果房から果実を脱果させ、該果実および脱果後の空果房に分離する脱果工程と、

前記果実を搾油し、粗パーム油および第2固形残渣に分離する第1搾油工程と、

前記粗パーム油に加水した後、油水分離してパーム油を得る油水分離工程と、

前記第2固形残渣から第2稼働用エネルギーを生成する第2エネルギー生成工程と、を更に備え、

前記搾汁工程から前記燃料用ペレット製造工程までは、前記第1稼働用エネルギーに加えて前記第2稼働用エネルギーをエネルギー源として用いることを特徴とする請求項7記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

- [請求項9] 前記搾汁工程の前工程として、パーム古木を破碎する第1破碎工程を更に備えたことを特徴とする請求項7または8記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項10] 燃料用ペレット製造工程は、前記第1固形残渣を破碎してパーム葉柄破碎物を得る第2破碎工程と、前記パーム葉柄破碎物の水分調整をする乾燥工程と、半炭化処理する半炭化処理工程と、半炭化処理されたパーム葉柄破碎物をペレット成形機の投入寸法に調整する粉碎工程と、粉碎後の半炭化処理されたパーム葉柄破碎物にリグニンを添加して前記ペレット成形機で投入圧縮成形してペレット化する圧縮成形工程と、を備えていることを特徴とする請求項7から9のいずれか一項記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項11] 前記パーム葉が生える葉部および該葉部よりも果房側を成す葉柄のうち、葉柄を用いることを特徴とする請求項7から10のいずれか一項記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項12] 前記搾汁工程には、前記パーム葉柄に加えて、更に前記パーム椰子樹木の樹幹が更に供給されることを特徴とする請求項7から11のいずれか一項記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項13] パーム椰子樹木から果房および該果房の周囲に生えるパーム枝葉の一部パーム葉柄をそれぞれ分離、収穫する収穫工程と、
前記パーム枝葉を搾汁し、搾汁液および第1固形残渣に分離する搾汁工程と、
前記搾汁液を用いてバイオ燃料または食品原料のうち少なくとも1つを製造する加工品製造工程と、
前記第1固形残渣の圧縮成形体からなり半炭化処理が施された燃料用ペレットを製造する燃料用ペレット製造工程と、
前記搾汁液を用いて、前記燃料用ペレット製造工程のエネルギー源となる第1稼働用エネルギーを生成する第1エネルギー生成工程と、を備えたことを特徴とする固形バイオマス燃料の製造方法。

- [請求項14] 前記果房から果実を脱果させ、該果実および脱果後の空果房に分離する脱果工程と、
- 前記果実を搾油し、粗パーム油および第2固形残渣に分離する第1搾油工程と、
- 前記脱果工程で得られた前記空果房と、前記第1搾油工程で得られた前記第2固形残渣であるパーム椰子殻およびパーム繊維とから第2稼働用エネルギーを生成する第2エネルギー生成工程を備えたことを特徴とする請求項13記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項15] 前記粗パーム油に加水して懸濁させた後、油水分離してパーム油と分離水とを得る油水分離工程と、
- 前記油水分離工程で得られた分離水から第3稼働用エネルギーを生成する第3エネルギー生成工程を更に備えたことを特徴とする請求項13または14記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項16] 前記発酵工程の前工程として、前記搾汁液を濃縮する濃縮工程を更に備えたことを特徴とする請求項13から15のいずれか一項記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項17] 前記搾汁工程の前工程として、パーム古木を破碎する第1破碎工程を更に備えたことを特徴とする請求項13から16のいずれか一項記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項18] 燃料用ペレット製造工程は、前記第1固形残渣を破碎してパーム葉柄破碎物を得る第2破碎工程と、前記パーム葉柄破碎物の水分調整をする乾燥工程と、半炭化処理する半炭化処理工程と、半炭化処理されたパーム葉柄破碎物をペレット成形機の投入寸法に調整する粉碎工程と、粉碎後の半炭化処理されたパーム葉柄破碎物にリグニンを添加して前記ペレット成形機で投入圧縮成形してペレット化する圧縮成形工程と、を備えていることを特徴とする請求項13から17のいずれか一項記載の固形バイオマス燃料の製造方法。
- [請求項19] 前記パーム枝葉として、パーム葉が生える葉部および該葉部よりも

果房側を成す葉柄のうち、葉柄を用いることを特徴とする請求項 13 から 18 のいずれか一項記載の固形バイオマス燃料の製造方法。

[請求項20] 請求項 15 記載の固形バイオマス燃料の製造方法を用いたハラール肥料の製造方法であって、前記分離水を原料とした前記第3エネルギー生成工程で生じた汚泥、または前記空果房の焼却灰、あるいは前記汚泥と前記焼却灰との混合物を原料として用い、前記第1稼働用エネルギー、前記第2稼働用エネルギー、前記第3稼働用エネルギーのうち少なくとも1つによってハラール肥料を製造するハラール肥料製造工程を備えたことを特徴とするハラール肥料の製造方法。

[請求項21] パーム椰子樹木の果房の周囲に生えるパーム枝葉を半炭化処理したバイオマス半炭化物と、褐炭を乾燥粉碎した粉状褐炭とを混合して圧縮成形した圧縮成形体からなることを特徴とするバイオマス改質炭。

[請求項22] パーム椰子樹木からパーム油を得るパーム油生産プロセスと、パーム椰子樹木からリサイクル原料を得る収穫、分別プロセスと、前記リサイクル原料を半炭化する半炭化プロセスと、半炭化した前記リサイクル原料と褐炭を混合してバイオマス改質炭を得るバイオマス改質炭製造プロセスと、を有することを特徴とするバイオマス改質炭の製造方法。

[請求項23] 前記半炭化プロセスまたは前記パーム油生産プロセスのうち、少なくともいずれか一方で生じた排出物を用いて再生エネルギーを生成する再生エネルギー生成工程を備え、前記再生エネルギーを少なくともバイオマス改質炭製造プロセスの稼働エネルギー源として用いることを特徴とする請求項 22 記載のバイオマス改質炭の製造方法。

[請求項24] 前記収穫、分別プロセスは、前記パーム椰子樹木から果房および該果房の周囲に生える前記リサイクル原料であるパーム枝葉をそれぞれ分離、収穫する収穫工程を有し、

前記半炭化プロセスは、前記パーム葉柄を搾汁し、搾汁液および第1固形残渣に分離する搾汁工程と、前記第1固形残渣を半炭化処理し

てバイオマス半炭化物を得る半炭化工程と、を有し、

前記バイオマス改質炭製造プロセスは、褐炭を乾燥する褐炭乾燥工程と、乾燥後の前記褐炭を粉砕して粉状褐炭を得る褐炭粉砕工程と、前記粉状褐炭および前記バイオマス半炭化物を混合して混合体を得る混合工程と、前記混合体を圧縮成形し、固形状のバイオマス改質炭を得る圧縮成形工程と、を有し、

前記パーム油生産プロセスは、前記果房から果実を脱果させ、該果実および脱果後の空果房に分離する脱果工程と、前記果実を搾油し、粗パーム油および第2固形残渣に分離する第1搾油工程と、前記粗パーム油に加水して懸濁させた後、油水分離してパーム油と分離水とを得る油水分離工程と、を有することを特徴とする請求項22または23記載のバイオマス改質炭の製造方法。

[請求項25]

パーム椰子樹木からパーム油を得るパーム油生産プロセスと、パーム椰子樹木からリサイクル原料を得る分別プロセスと、前記リサイクル原料からバイオマス半炭化物およびバイオエタノールを製造する半炭化プロセスと、前記パーム油生産プロセスで生じた排出物を用いてメタンを生成し、前記バイオエタノールとともに水蒸気改質によって水素を得る水素製造プロセスと、を有し、

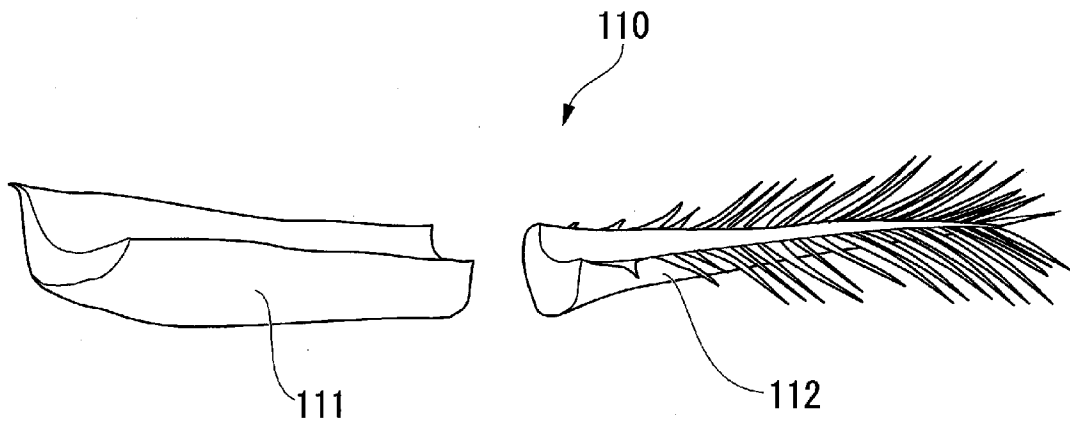
前記水素製造プロセスは、前記パーム油生産プロセスで生じた排出物を用いて生成した再生エネルギーを稼働エネルギー源として用いることを特徴とするバイオマス資源を用いた水素の製造方法。

[請求項26]

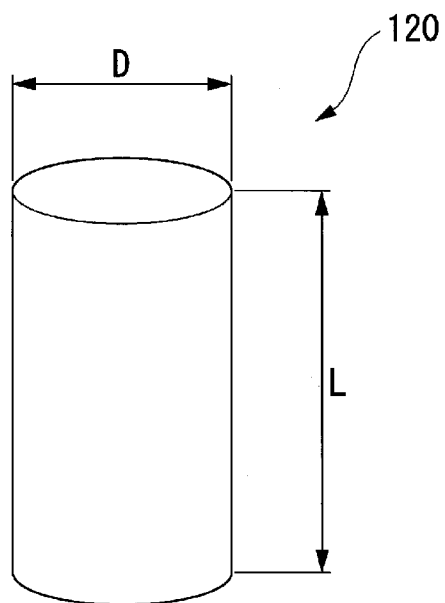
パーム椰子樹木からパーム椰子を収穫して部位ごとに分ける分別プロセスと、前記分別プロセスで分けられた前記パーム椰子の果房からパーム油を生産するパーム油生産プロセスと、前記パーム椰子から燃料用ペレットの原料となるバイオマス半炭化物を製造する半炭化プロセスと、前記パーム油生産プロセスで生じたパーム椰子排水および炭化水素産生藻類から藻類産生油を製造する藻類産生油製造プロセスと、を有し、

前記藻類産生油製造プロセスは、前記パーム油生産プロセスで生じた排出物を用いて生成した再生エネルギーを前記炭化水素産生藻類の育成エネルギー源として用いることを特徴とするバイオマス資源を用いたバイオマス資源を用いた藻類産生油の製造方法。

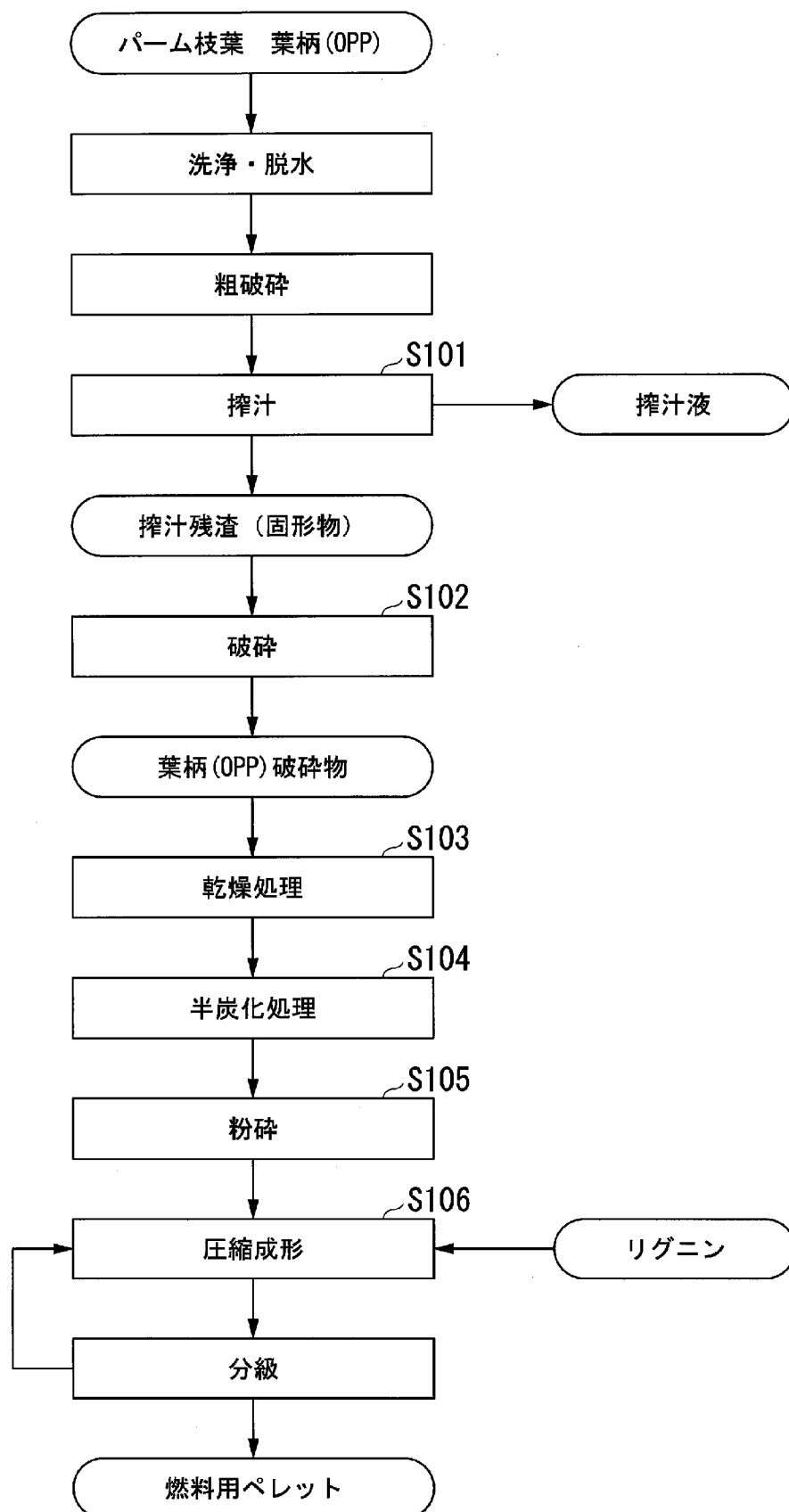
[図1]



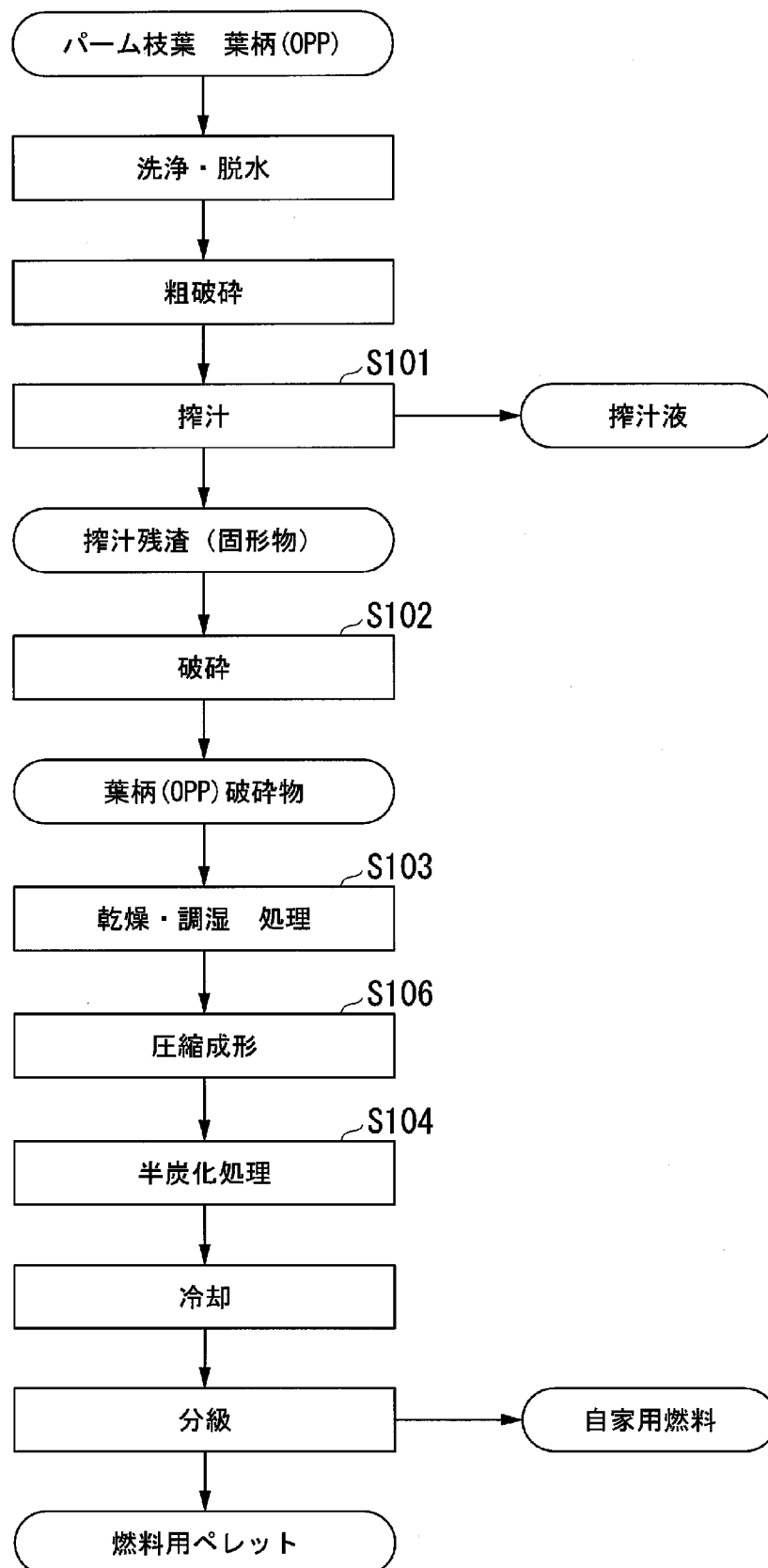
[図2]



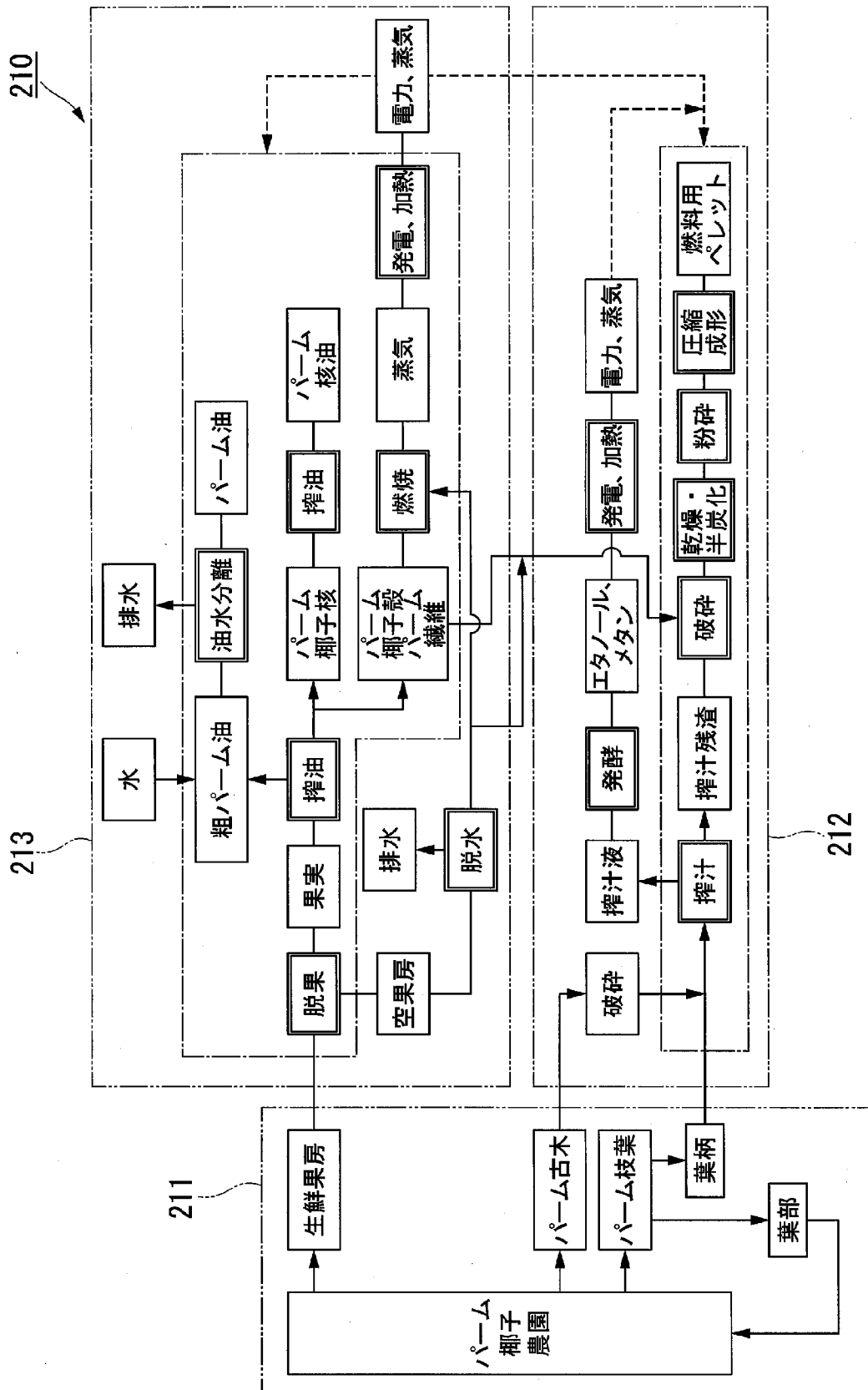
[図3]



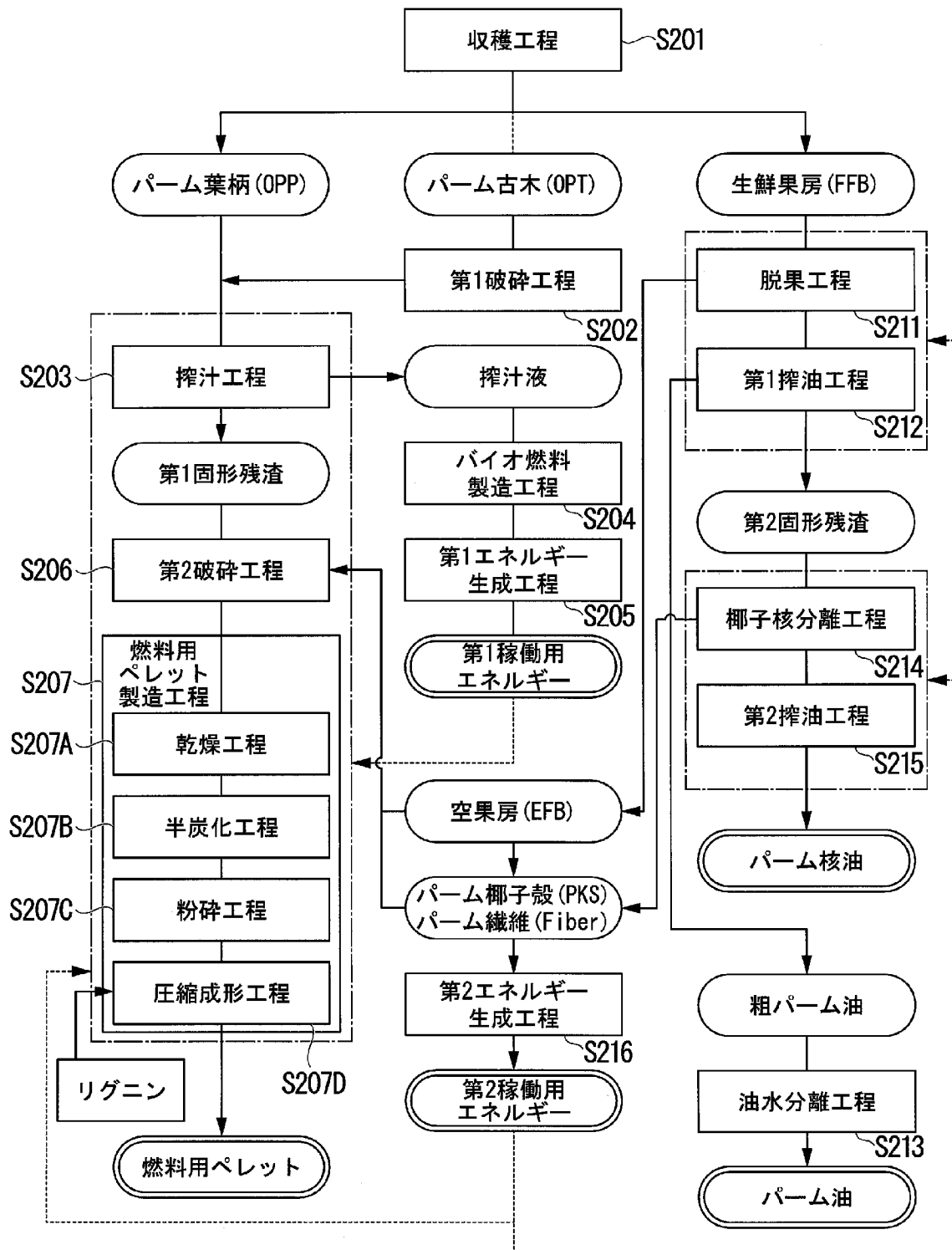
[図4]



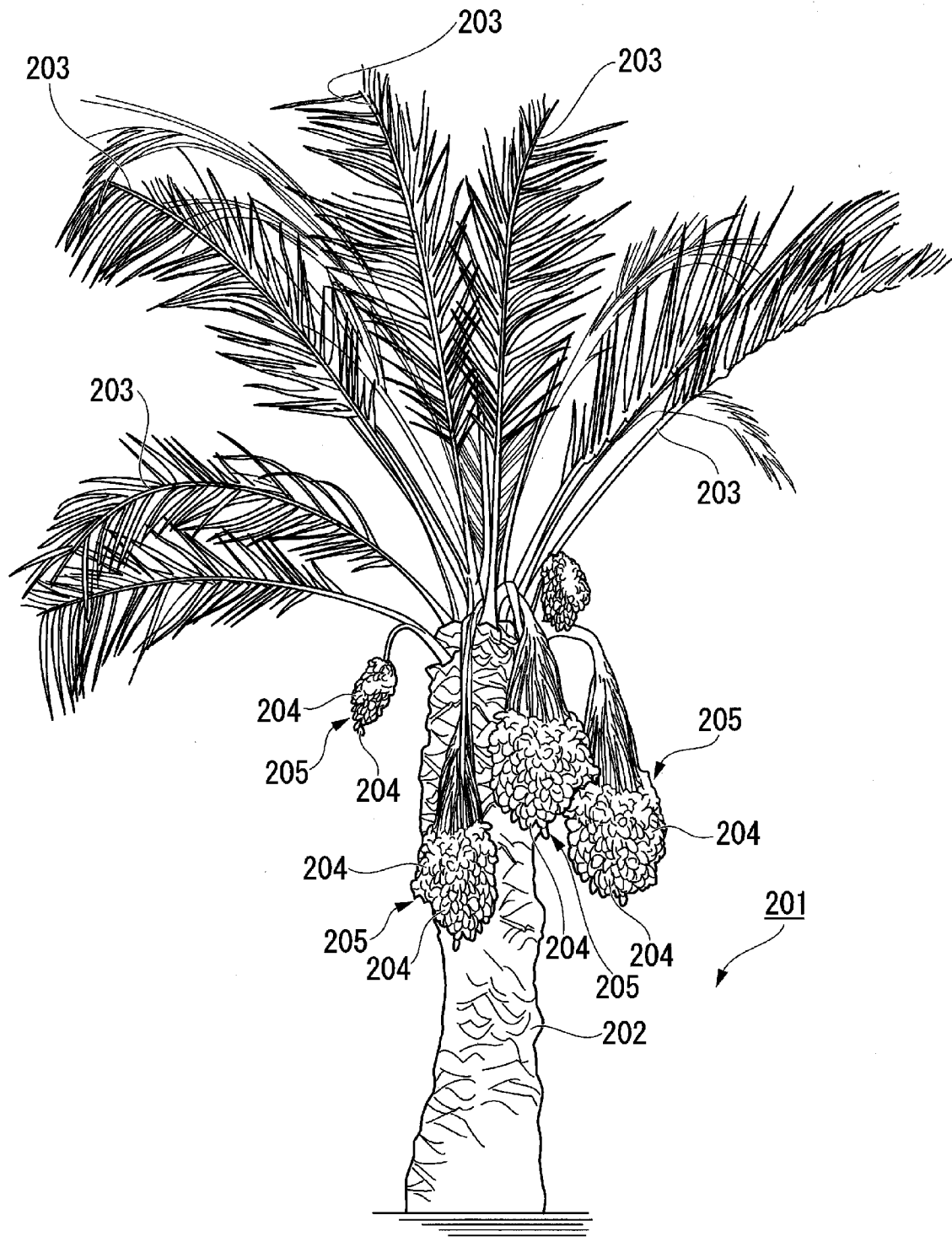
[図5]



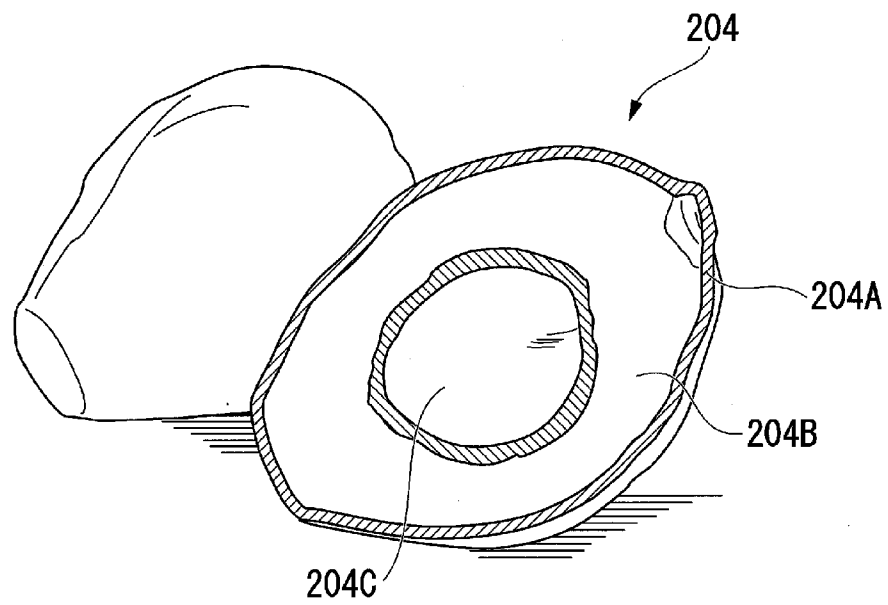
[図6]



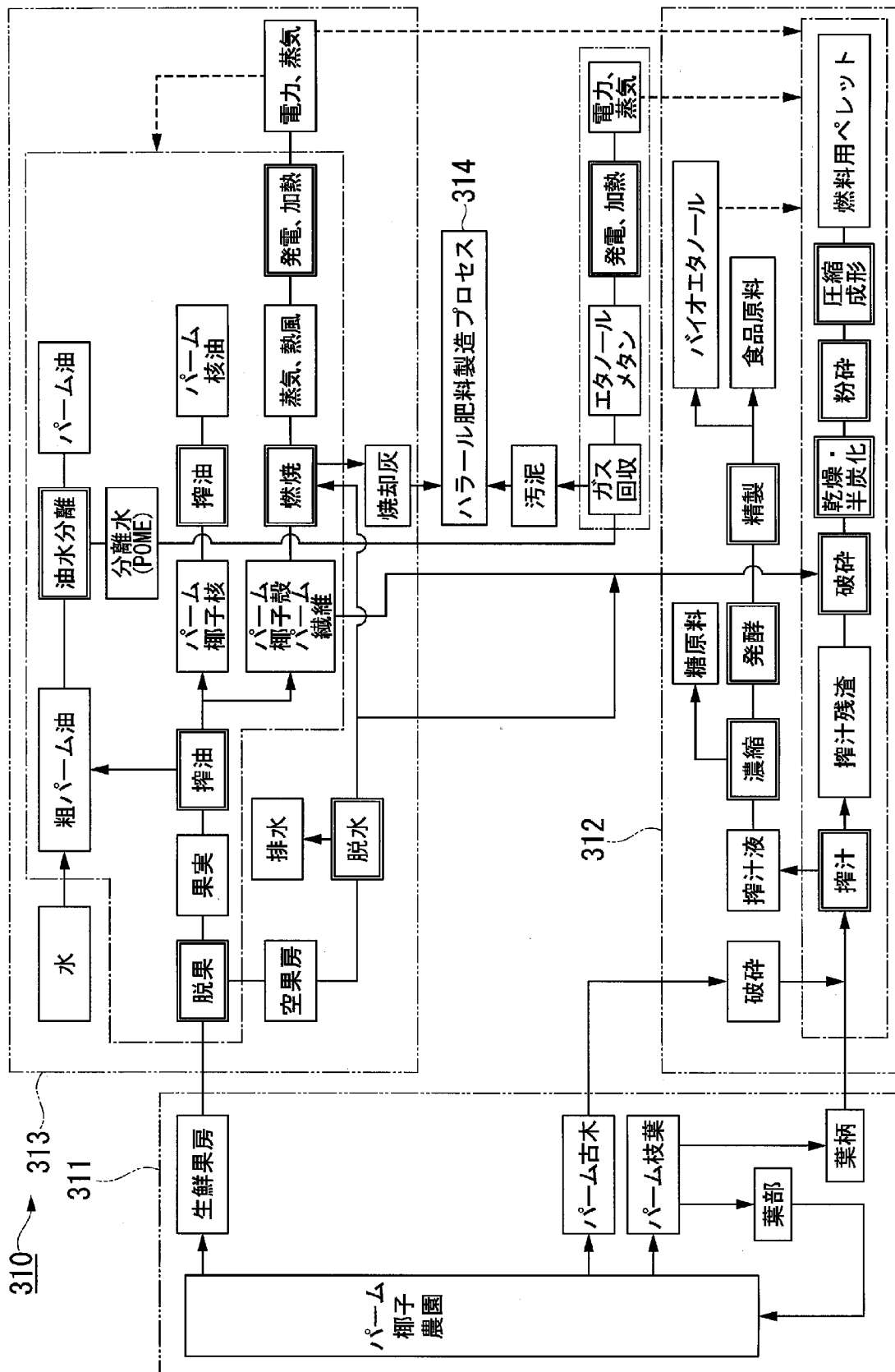
[図7]



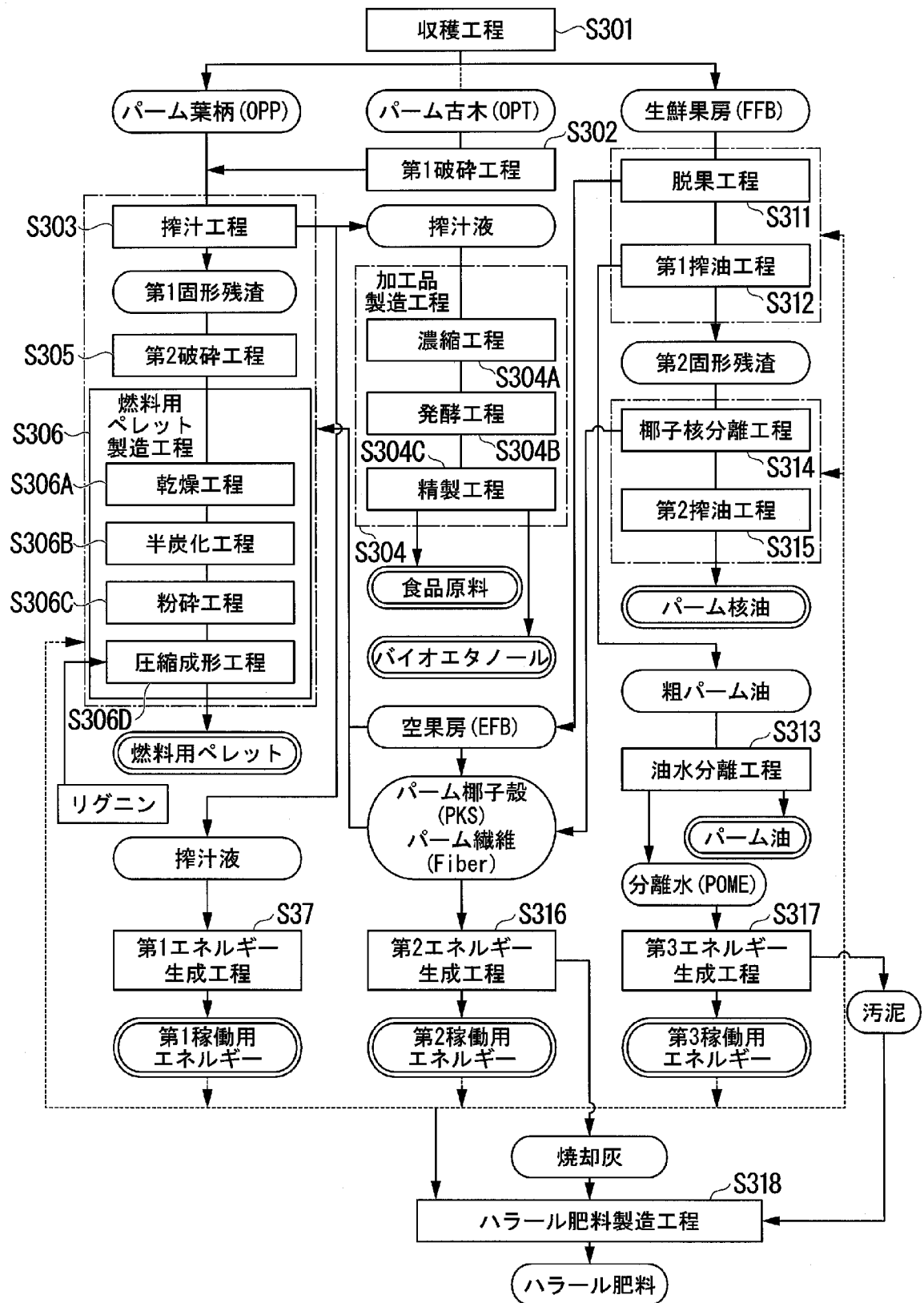
[図8]



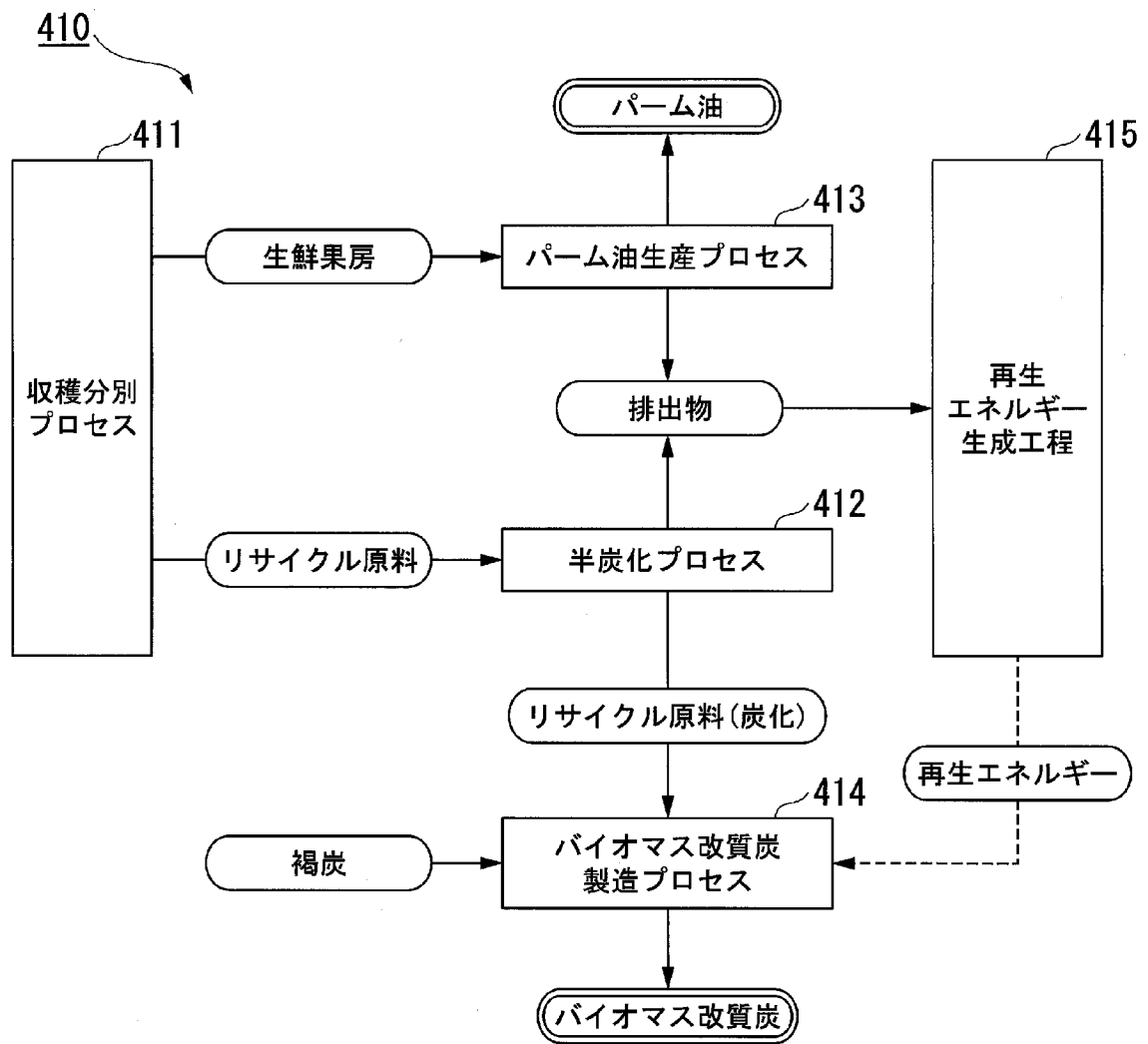
[図9]



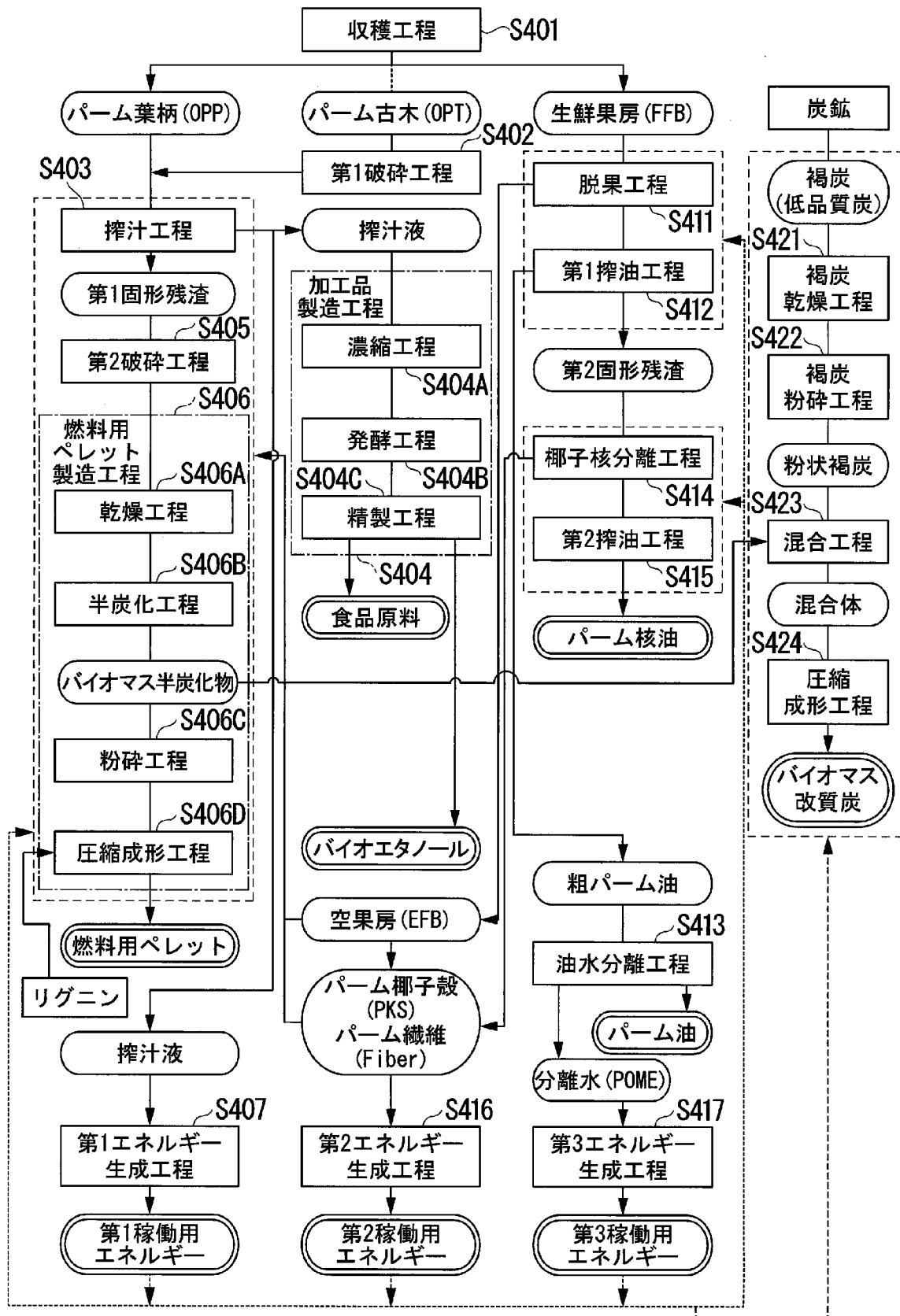
[図10]



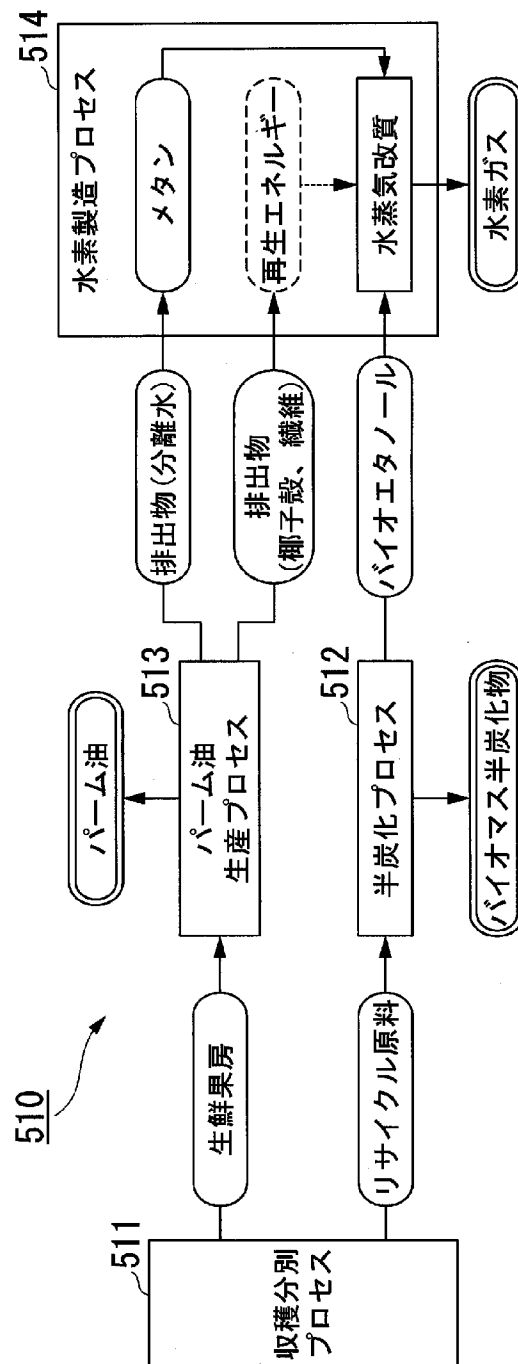
[図11]



[図13]

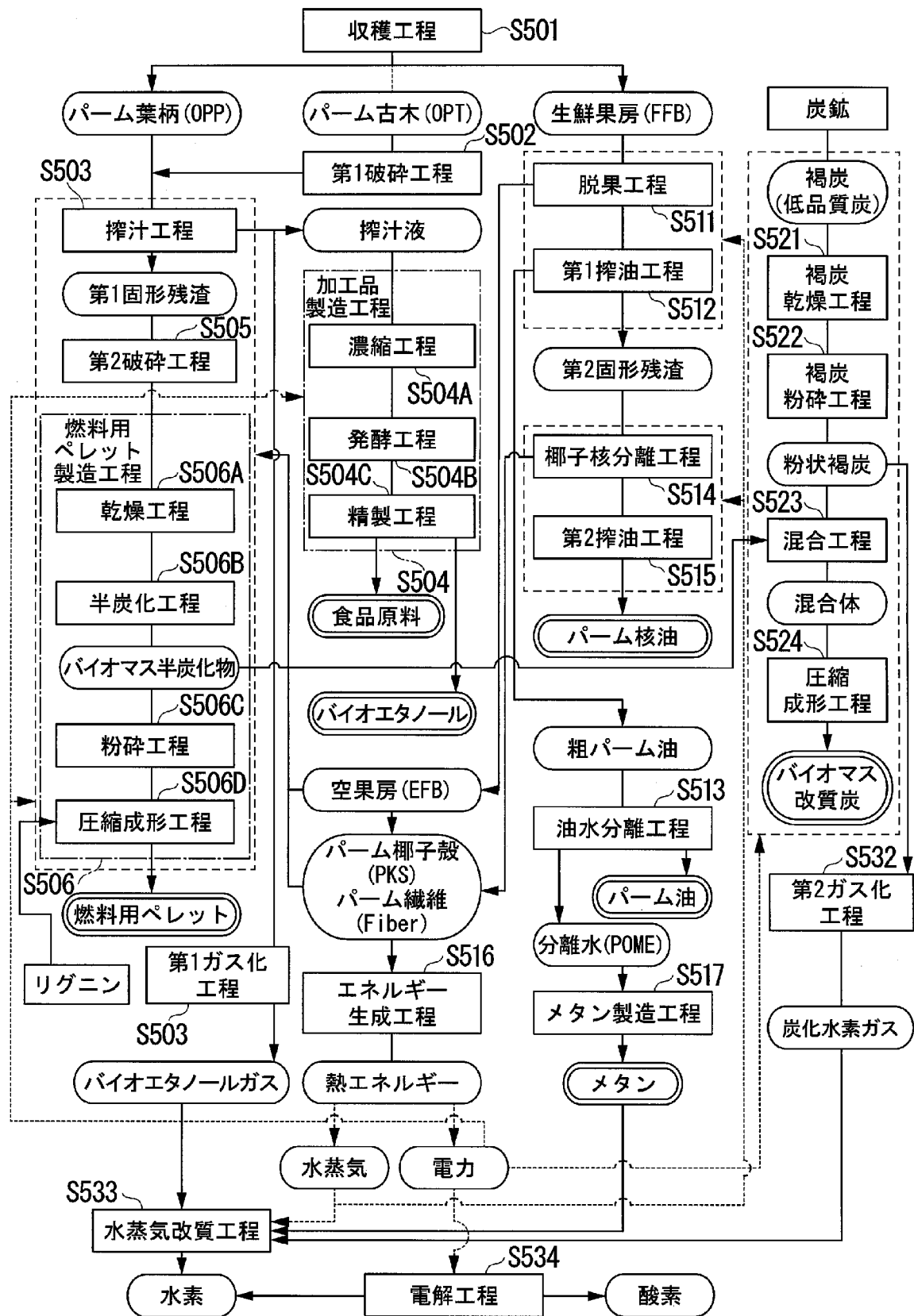


[図14]

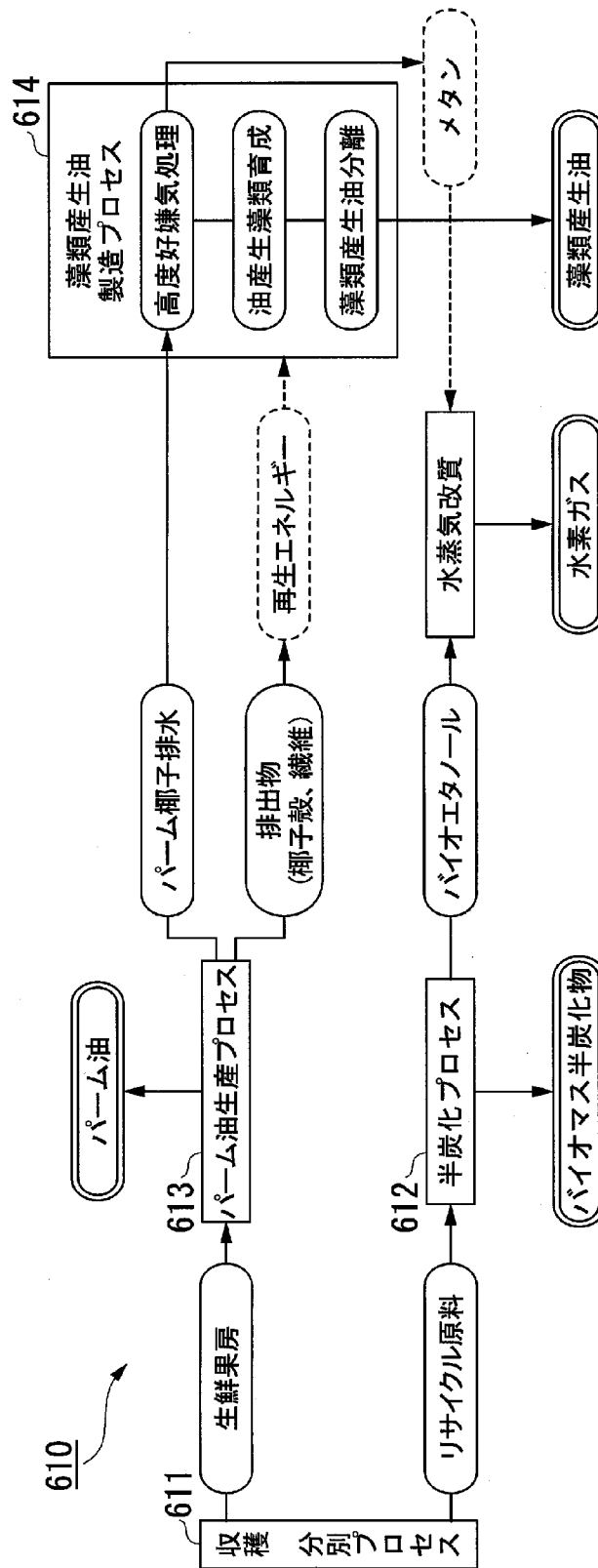


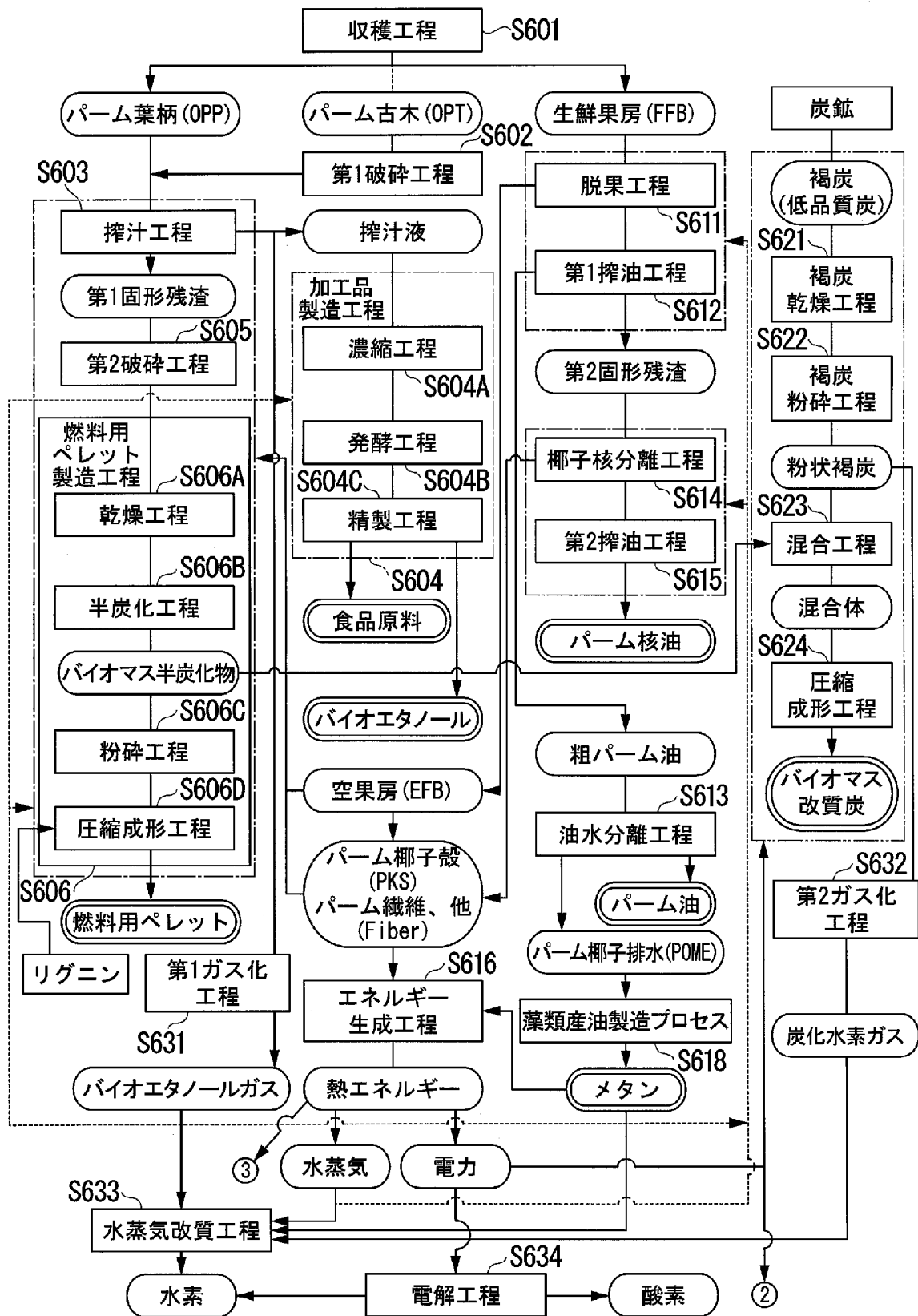
[illegible]

[図16]

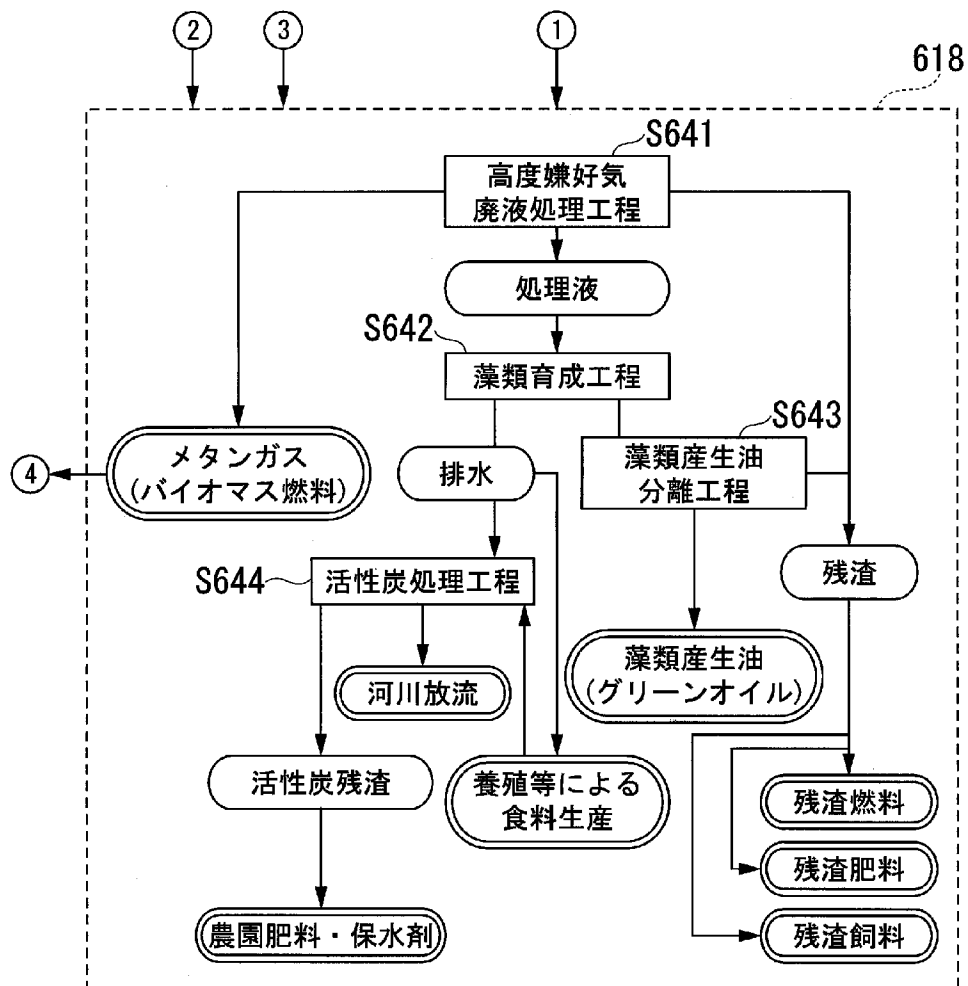


[図17]

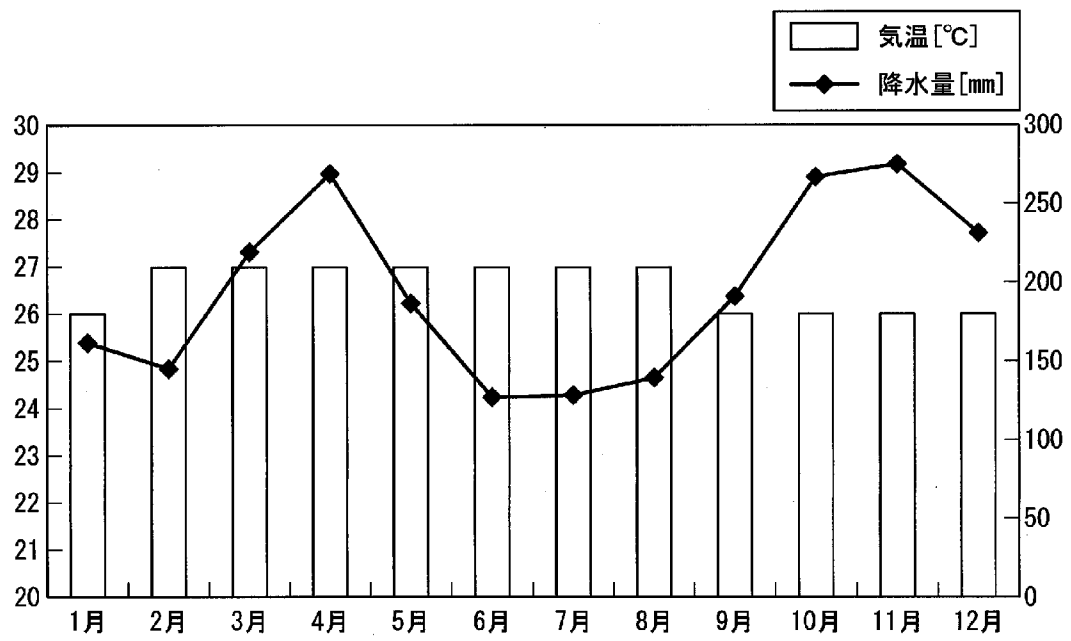




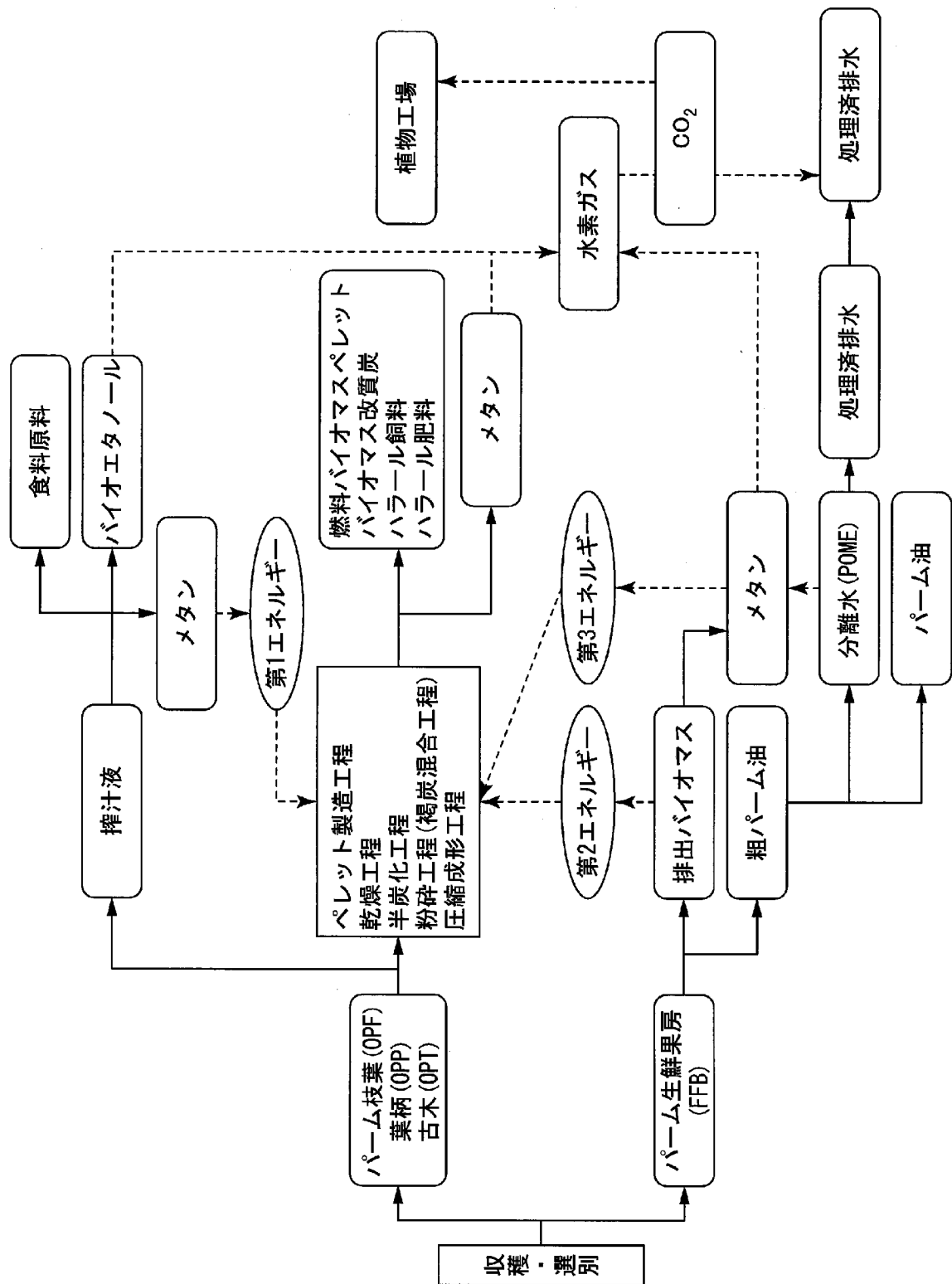
[図20]



[図21]



[図22]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/008037

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C10L5/44 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. C10L5/44

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2014-40552 A (DAIO PAPER CORP.) 06 March 2014, paragraphs [0023]-[0037] (Family: none)	1-6
Y	JP 2015-229751 A (SUMITOMO CORPORATION) 21 December 2015, examples (Family: none)	1-6
Y	WO 2016/056354 A1 (IKE CO., LTD.) 14 April 2016, paragraph [0059] (Family: none)	1-6
Y	WO 2016/056608 A1 (UBE INDUSTRIES, LTD.) 14 April 2016, table 1 & US 2017/0218290 A1, table 1 & CA 2962744 A1 & AU 2015329082 A & KR 10-2017-0066511 A	2-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
02 May 2018 (02.05.2018)

Date of mailing of the international search report
15 May 2018 (15.05.2018)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/008037

(Invention 1) Claims 1-6

Claims 1-6 have the special technical feature of being formed as a compression molding body of palm leafstalks growing near the sepals of a palm, and being subjected to a half-carbonization treatment, and thus is classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 7-12 and claims 13-20

Claims 7-21 and claims 13-20 do not have a technical feature in common with claim 1 classified as invention 1, and there do not exist any identical or corresponding special technical features between these inventions.

In addition, claims 7-12 and claims 13-20 are not dependent on claim 1, and are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1.

Thus, claims 7-12 and claims 13-20 cannot be classified as invention 1.

In addition, claims 7-12 and claims 13-20 have the special technical feature in which first operation energy which serves as an energy source for a raw material pellet production process is generated using a juice obtained by squeezing palm leafstalks, and thus are classified as invention 2.

(Invention 3) Claims 21-24

Claims 21-24 do not have a technical feature in common with claim 1 classified as invention 1 and claims 7 and 13 classified as invention 2, and there do not exist any identical or corresponding special technical features between these inventions.

In addition, claims 21-24 are not dependent on claim 1, claim 7, and claim 13, and are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1 or 2.

Accordingly, claims 21-24 cannot be classified as invention 1 or 2.

In addition, claims 21-24 have the special technical feature in which a recycled raw material obtained from palm trees is half-carbonized, and half-carbide and lignite are mixed to obtain a biomass modified coal, and thus are classified as invention 3.

(Invention 4) Claim 25

Claim 25 does not have a technical feature in common with claim 1 classified as invention 1, claims 7 and 13 classified as invention 2, and claim 21 classified as invention 3, and there do not exist any identical or corresponding special technical features between these inventions.

In addition, claim 25 is not dependent on claim 1, claim 7, claim 13, and claim 21. In addition, claim 25 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-3.

Accordingly, claim 25 cannot be classified as invention 1, 2, or 3.

In addition, claim 25 has the special technical feature of having a half-carbonization process in which a biomass half-carbide and a bio-ethanol are produced from a recycled raw material obtained from palm trees, and a hydrogen production process in which methane is produced using effluent generated during a palm oil production process, and hydrogen is obtained by a vapor modification together with said bio-ethanol, and thus is classified as invention 4.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/008037

(Invention 5) Claim 26

Claim 26 does not have a technical feature in common with claim 1 classified as invention 1, claims 7 and 13 classified as invention 2, claim 21 classified as invention 3, and claim 25 classified as invention 4, and there do not exist any identical or corresponding special technical features between these inventions.

In addition, claim 26 is not dependent on claim 1, claim 7, claim 13, claim 21, and claim 25. In addition, claim 26 is not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as inventions 1-4.

Accordingly, claim 26 cannot be classified as invention 1, 2, 3, or 4.

In addition, claim 26 has the special technical feature of having a process for producing algae-producing oil, wherein algae-producing oil is produced from palm oil drainage and hydrocarbon-producing algae which are generated in a palm oil production process, and thus is classified as invention 5.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C10L5/44 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C10L5/44

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2014-40552 A (大王製紙株式会社) 2014.03.06, [0023]-[0037] (ファミリーなし)	1-6
Y	JP 2015-229751 A (住友商事株式会社) 2015.12.21, 実施例 (ファミリーなし)	1-6
Y	WO 2016/056354 A1 (株式会社 I H I 環境エンジニアリング) 2016.04.14, [0059] (ファミリーなし)	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

02.05.2018

国際調査報告の発送日

15.05.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

森 健一

4 V

9263

電話番号 03-3581-1101 内線 3483

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	WO 2016/056608 A1 (宇部興産株式会社) 2016.04.14, 表 1 & US 2017/0218290 A1, TABLE1 & CA 2962744 A1 & AU 2015329082 A & KR 10-2017-0066511 A	2 - 4

(発明1) 請求項1-6

請求項1-6は、パーム椰子の果房の周囲に生えるパーム葉柄の圧縮成形体からなり、半炭化処理が施されているという特別な技術的特徴を有しているので、発明1に区分する。

(発明2) 請求項7-12及び請求項13-20

請求項7-12及び請求項13-20は、発明1に区分された請求項1と共通の技術的特徴を有しておらず、これらの発明の間には、同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項7-12及び請求項13-20は、請求項1の従属請求項ではなく、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にもない。

したがって、請求項7-12及び請求項13-20は発明1に区分できない。

そして、請求項7-12及び請求項13-20は、パーム枝葉を搾汁した搾汁液を用いて、燃料用ペレット製造工程のエネルギー源となる第1稼働用エネルギーを生成するという特別な技術的特徴を有しているので、発明2に区分する。

(発明3) 請求項21-24

請求項21-24は、発明1に区分された請求項1及び発明2に区分された請求項7及び請求項13と共通の技術的特徴を有しておらず、これらの発明の間には、同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項21-24は、請求項1、請求項7及び請求項13の従属請求項ではなく、発明1又は発明2に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にもない。

したがって、請求項21-24は発明1又は発明2のいずれにも区分できない。

そして、請求項21-24は、パーム椰子樹木から得られるリサイクル原料を半炭化し、半炭化物と褐炭を混合してバイオマス改質炭を得るという特別な技術的特徴を有しているので、発明3に区分する。

(発明4) 請求項25

請求項25は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項7及び請求項13、ならびに発明3に区分された請求項21と共通の技術的特徴を有しておらず、これらの発明の間には、同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項25は、請求項1、請求項7及び請求項13、ならびに請求項21の従属請求項ではない。また、請求項25は、発明1-3に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項25は発明1-3のいずれにも区分できない。

そして、請求項25は、パーム椰子樹木から得られるリサイクル原料からバイオマス半炭化物およびバイオエタノールを製造する半炭化プロセスと、パーム油生産プロセスで生じた排出物を用いてメタンを生成し、前記バイオエタノールとともに水蒸気改質によって水素を得る水素製造プロセスとを有するという特別な技術的特徴を有しているので、発明4に区分する。

(発明5) 請求項26

請求項26は、発明1に区分された請求項1、発明2に区分された請求項7及び請求項13、発明3に区分された請求項21、ならびに発明4に区分された請求項25と共通の技術的特徴を有しておらず、これらの発明の間には、同一の又は対応する特別な技術的特徴は存在しない。

さらに、請求項26は、請求項1、請求項7及び請求項13、請求項21、ならびに請求項25の従属請求項ではない。また、請求項26は、発明1-4に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

そして、請求項26は、パーム油生産プロセスで生じたパーム椰子排水および炭化水素産生藻類から藻類産生油を製造する藻類産生油製造プロセスを有するという特別な技術的特徴を有しているので、発明5に区分する。