

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6764689号  
(P6764689)

(45) 発行日 令和2年10月7日 (2020.10.7)

(24) 登録日 令和2年9月16日 (2020.9.16)

(51) Int. Cl.

F I

C O 8 J 11/12 (2006.01)

B O 9 B 3/00 (2006.01)

F 2 3 G 7/12 (2006.01)

F 2 3 C 10/12 (2006.01)

F 2 3 G 5/30 (2006.01)

C O 8 J 11/12 Z A B

B O 9 B 3/00 3 O 3 E

F 2 3 G 7/12 Z

F 2 3 C 10/12

F 2 3 G 5/30 R

請求項の数 13 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2016-100776 (P2016-100776)  
 (22) 出願日 平成28年5月19日 (2016.5.19)  
 (65) 公開番号 特開2017-206629 (P2017-206629A)  
 (43) 公開日 平成29年11月24日 (2017.11.24)  
 審査請求日 平成31年4月16日 (2019.4.16)

(73) 特許権者 599114760  
 東芝環境ソリューション株式会社  
 神奈川県横浜市鶴見区寛政町20番1号  
 (74) 代理人 100107928  
 弁理士 井上 正則  
 (72) 発明者 岡田 耕一  
 神奈川県横浜市鶴見区寛政町20-1 東  
 芝環境ソリューション株式会社内  
 (72) 発明者 近藤 治人  
 神奈川県横浜市鶴見区寛政町20-1 東  
 芝環境ソリューション株式会社内  
 (72) 発明者 星 信夫  
 神奈川県横浜市鶴見区寛政町20-1 東  
 芝環境ソリューション株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 繊維強化プラスチックの解体方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

繊維と樹脂の複合材である繊維強化プラスチックから前記繊維を回収する繊維強化プラスチックの解体方法であって、

前記繊維強化プラスチックに対して加熱した石英砂又はガラスの粒体の集合体を衝突させ摩擦力を生じさせることにより、前記繊維強化プラスチックから前記樹脂を分離し且つ燃焼させ、残存した前記繊維を回収することを特徴とする繊維強化プラスチックの解体方法。

【請求項 2】

炉の中に前記粒体の集合体を入れ、その中に燃料ガスおよび圧縮空気を供給し、前記燃料ガスを燃焼することにより、前記粒体の集合体を加熱且つ流動化し、この中に前記繊維強化プラスチックを投入することにより、前記繊維強化プラスチックを加熱し、且つ前記繊維強化プラスチックに対して摩擦力を生じさせることを特徴とする請求項 1 記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

【請求項 3】

前記摩擦力により前記繊維強化プラスチックは摩擦振動することを特徴とする請求項 2 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

【請求項 4】

前記残存した繊維はほぐれた状態となることを特徴とする請求項 3 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

10

20

## 【請求項 5】

前記繊維強化プラスチックから前記樹脂を分離し燃焼させる際の温度は 400～500 であることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

## 【請求項 6】

前記繊維強化プラスチックは炭素繊維強化プラスチック（CFRP）であることを特徴とする請求項 5 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

## 【請求項 7】

前記繊維強化プラスチックは、繊維に方向性を持たせた状態で樹脂に浸潤させて製造されたことを特徴とする請求項 3 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

10

## 【請求項 8】

炉の中に前記粒体の集合体を入れ、その中に燃料ガスおよび空気を供給し、前記燃料ガスを燃焼し、且つ攪拌装置を用いて前記粒体の集合体を攪拌することにより、前記粒体の集合体を加熱且つ流動化し、この中に前記繊維強化プラスチックを投入することにより、前記繊維強化プラスチックを加熱し、且つ前記繊維強化プラスチックに対して摩擦力を生じさせることを特徴とする請求項 1 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

## 【請求項 9】

炉の中に前記粒体の集合体を入れ、その中に燃料ガスおよび加熱した水蒸気を供給し、前記燃料ガスを燃焼することにより、前記粒体の集合体を加熱且つ流動化し、この中に前記繊維強化プラスチックを投入することにより、前記繊維強化プラスチックを加熱し、且つ前記繊維強化プラスチックに対して摩擦力を生じさせることを特徴とする請求項 1 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

20

## 【請求項 10】

加熱した粒体の集合体を前記繊維強化プラスチックに向けて落下させ衝突させることにより、前記繊維強化プラスチックを加熱し、且つ前記繊維強化プラスチックに対して摩擦力を生じさせることを特徴とする請求項 1 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

## 【請求項 11】

加熱した粒体の集合体を前記繊維強化プラスチックに向けて噴射し衝突させることにより、前記繊維強化プラスチックを加熱し、且つ前記繊維強化プラスチックに対して摩擦力を生じさせることを特徴とする請求項 1 に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

30

## 【請求項 12】

前記粒体は石英砂であることを特徴とする請求項 1、2、8、9、10 および 11 の何れか 1 項に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

## 【請求項 13】

前記粒体はガラスの破碎片であることを特徴とする請求項 1、2、8、9、10 および 11 の何れか 1 項に記載の繊維強化プラスチックの解体方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、繊維強化プラスチックから繊維を回収する繊維強化プラスチックの解体方法に関するものである。

40

## 【背景技術】

## 【0002】

プラスチック（合成樹脂）は、軽量であり化学的安定性に優れている材料であるが、弾性率が低く、航空機の構造材料等のように強度を必要とするところには適していない。そこで、炭素繊維やガラス繊維等の繊維を補強材とし、軽量且つ強度の強い、つまり比強度の大きな複合材料が用いられている。このような母材の樹脂と補強材の繊維とを組合せて製造される複合材料を繊維強化プラスチック（Fiber Reinforced Plastics：FRP）と称し、その代表的なものとして、炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastic：CFRP）やガラス繊

50

維強化プラスチック (Glass Fiber Reinforced Plastics : GFRP) が知られている。

【0003】

繊維強化プラスチックを解体して素材を分離する方法については、熱分解法や超臨界流体法・亜臨界流体法が知られている。

【0004】

熱分解方法 (特許文献1参照) では、乾留工程と加熱除去工程とを有し、乾留工程では炭素繊維強化プラスチックを乾留し、母材の一部を固定酸素に転換し炭素繊維の表面に付着させ、加熱除去工程では連続式炉内で炭素繊維を加熱し、付着している固定炭素の一部を除去する。しかしながら、上述した熱分解法では、加熱除去工程に長い時間を要し、コストも高くなるという欠点があった。

10

【0005】

また、超臨界流体法・亜臨界流体法 (特許文献2参照) では、反応器内に繊維強化プラスチックを仕込み、減圧して空気を除去し、続いて Ar ガスを封入して大気圧にし、繊維強化プラスチックを反応器内で超臨界水または亜臨界水と接触・反応させ、繊維強化プラスチックからガラス繊維又は炭素繊維等の繊維を分離して回収する。しかしながら、上述した超臨界流体法・亜臨界流体法では、溶媒の処理が必要であり、且つ高温・減圧処理のためエネルギーコストが高くなるという欠点があった。

【0006】

したがって、上述した背景技術では、容易且つ低コストで繊維強化プラスチックを解体して素材を分離することは不可能であり、再利用や廃棄処分は難しい。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特許第5347056号公報

【特許文献2】特許第3134095号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明が解決しようとする課題は、繊維強化プラスチックから容易且つ確実に繊維を回収する繊維強化プラスチックの解体方法を提供することである。

30

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を達成するために、実施形態の繊維強化プラスチックの解体方法は、繊維強化プラスチックに対して加熱した石英砂又はガラスの粒体の集合体を衝突させ摩擦力を生じさせることにより、繊維強化プラスチックから樹脂を分離し且つ燃焼させ、残存した繊維を回収する。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】第1の実施形態による繊維強化プラスチックの解体方法を実施する解体装置の構成図。

40

【図2】第1の実施形態による繊維強化プラスチックの解体方法を工程順に示す工程図。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、本発明の実施形態に係る繊維強化プラスチックの解体方法を説明する。

【0012】

繊維強化プラスチック (Fiber Reinforced Plastics : FRP) とは、合成樹脂 (プラスチック) を母材とし、弾性率の高い繊維を補強材とした複合材料であり、軽量で強度の強い (比強度の大きい)、且つ耐久性が高い材料として用いることができる。合成樹脂としては、ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、エポキシ樹脂

50

、フェノール樹脂、熱可逆性樹脂等が使用され、繊維としては炭素繊維、ガラス繊維、ポロン繊維等が使用される。繊維強化プラスチックの代表的なものとして、炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastic：CFRP）やガラス繊維強化プラスチック（Glass Fiber Reinforced Plastics：GFRP）がある。また、合成樹脂に繊維を混入する代表的な方法は、繊維に方向性を持たせ状態で合成樹脂に浸潤させる方法（１）と、細かく切断した繊維を均一にまぶす方法（２）の二つがあり、炭素繊維強化プラスチックは方法（１）を、ガラス繊維は方法（２）を用いて製造することが多い。この様に、繊維強化プラスチックは色々な種類があるが、本発明ではこれら全てを対象とする。

#### 【００１３】

10

##### （第１の実施形態）

図１は、繊維強化プラスチックから繊維を回収する解体装置の構成を示す図である。繊維強化プラスチック１（ここでは炭素繊維強化プラスチック）を解体処理する炉２は、その下部に燃料ガスを供給する一次燃料ガス系配管３と圧縮空気を供給する一次エアー系配管４とを設け、その上部に圧縮空気を供給する二次エアー系配管５を設けている。各々の配管の途中に、供給量を調整する一次燃料ガス系バルブ６、一次エアー系バルブ７、二次エアー系バルブ８を設けている。炉２の内側下部には断熱材９を設けており、断熱材９の外部側面から内部上面に向けて一次燃料ガス配管３と一次エアー系配管４とが導入されている。断熱材９の内部上面付近には一次燃料ガス配管３各々に対して点火装置１０を設けている。断熱材９の上の炉２の内部は、上部に空間を残して、粒体の集合体１１により満たされている。粒体は石英砂を用いているが、ガラスの破砕片等の無機粉末を用いていてもよい。

20

#### 【００１４】

断熱材９の中に、一次エアー系配管４から圧縮空気を供給し、一次燃焼ガス系配管３からＬＰガス等の燃焼ガスを供給し、点火装置１０を用いて燃焼ガスを燃焼させる。その際、一次エアー系配管３から圧縮空気を供給して粒体の集合体１１を攪拌することにより、加熱された粒体の集合体１１が流動化する。流動化した粒体の集合体１１は、粒体の集合体が沸騰した液体のような挙動をし、高い熱伝導と攪拌作用を有する。

#### 【００１５】

流動化した粒体の集合体１１の中に、吊り治具１２を介して繊維強化プラスチック１を沈み込ませる。繊維強化プラスチック１は、加熱されながら、粒体の集合体１１が衝突することにより強力な摩擦力が発生し摩擦振動する。このような環境の中、繊維強化プラスチック１の樹脂はガス化、炭化し、繊維は一本一本ほぐれた状態で分離して残る（この現象の詳細については、後に図２を用いて説明する）。加熱する際、加熱制御装置（図示無し）を用いて一次燃焼ガス系バルブ６および一次エアー系バルブ７を制御することにより、粒体の集合体１１の温度が４００～５００ になるように制御する。

30

#### 【００１６】

ガス化した樹脂は、二次エアー系配管８から供給する空気と共にバーナ１３で点火し燃焼し無害化された上で、排気ファン１４を介して外気に放出される。その際、樹脂ガス燃焼制御装置（図示無し）を用いて二次エアー系バルブ８を制御することにより、ガス化した樹脂を完全に燃焼させ確実に無害化することができる。

40

#### 【００１７】

吊り治具１２の中に残った分離した繊維は、吊り治具１２を吊り上げて回収する。

#### 【００１８】

図２は、繊維強化プラスチックの解体方法を工程順に示す工程図である。繊維強化プラスチック１として、本実施形態では炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastic：CFRP）を用いる。炭素繊維強化プラスチックは、繊維２０に方向性を持たせた状態で樹脂２１に浸潤させて製造されており、円筒状で方向性を持つ繊維２０を複数重ねた状態で樹脂２１によって固められている。流動化した粒体２２の集合体１１の中に吊り治具１２を介して沈み込ませた繊維強化プラスチッ

50

ク 1 は、熱せられ流動化した粒体 2 2 が周囲から衝突することにより強力な摩擦力が発生し、摩擦振動する。(図 2 ( a ) 参照)

図 2 ( a - 2 ) は、図 2 ( a ) に示す炭素繊維強化プラスチックの A - A 断面を拡大して示している。繊維(ここでは炭素繊維) 2 0 は径 5  $\mu$  程度の円筒状であり、その長さは製造方法により異なる。繊維 2 0 を固めている樹脂 2 1 は、もっと外側の部分(スキン層)の厚さは数十  $\mu$ 、繊維 2 0 間にある部分の厚さは数  $\mu$  である。また、粒体 2 2 は石英砂であり、その平均粒径は 0 . 0 7 ~ 0 . 6 mm (珪砂 6 号相当)である。

#### 【 0 0 1 9 】

次に、樹脂 2 0 の中で繊維強化プラスチックの外側にある部分は、炉 2 全体が高温である環境の中でガス化、炭化すると共に、衝突する粒体 2 2 による強力な摩擦力により剥離される。このような相互効果により、樹脂 2 0 の中で繊維強化プラスチック 1 の外側にある部分は、極めて短時間でガス化、炭化する。(図 2 ( b ) 参照)

次に、繊維強化プラスチックの外側にある樹脂が一通り除去され、繊維 2 0 の一部が露出した状態になる。流動化した粒体 2 2 は、繊維 2 0 の露出した部分に衝突することにより、強力な摩擦力が発生し、繊維 2 0 を一本一本ほぐす作用をもたらす。繊維 2 0 の間に存在する樹脂 2 1 は、繊維 2 0 が一本一本ほぐれようとする過程で、炉 1 全体が高温である環境の中でガス化、炭素化が進む。(図 2 ( c ) 参照)

次に、繊維 2 0 の間に存在する樹脂 2 1 が除去され、且つ、繊維 2 0 が一本一本ほぐされる現象が加速し、最終的には繊維 2 0 の間に存在する樹脂は全てガス化、炭素化され、無くなり、繊維 2 0 は一本一本ほぐれた状態となる。(図 2 ( d ) 参照)

最後に、吊り治具 1 2 を用いて分離した繊維 2 0 を取り出し、一本一本ほぐれた状態となった繊維 2 0 を回収する。(図 2 ( e ) 参照)

以上、第 1 の実施形態によれば、流動化した高温の粒体の集合体 1 1 を繊維強化プラスチック 1 に衝突させることにより、強力な摩擦力を発生させながら、樹脂 2 1 をガス化、炭素化することにより、樹脂 2 1 を除去し残った繊維 2 0 を回収する作業を短時間で確実にこなうことができる。

#### 【 0 0 2 0 】

また、加熱且つ流動化した粒体の集合体 1 1 を繊維強化プラスチック 1 に衝突させることにより、強力な摩擦力を発生させ、繊維 2 0 を一本一本ほぐしながら、樹脂 2 1 をガス化、炭素化する。その結果、回収する繊維 2 0 は一本一本ほぐれた状態となり、再利用し易い。

#### 【 0 0 2 1 】

また、炉 2 の中の温度を 4 0 0 ~ 5 0 0 に制御することにより、繊維 2 0 を劣化させることなく回収することができる。炭素繊維強化プラスチックで使用する炭素繊維だけでなく、それ以外の繊維強化プラスチックで使用する繊維(ガラス繊維、ポロン繊維)についても、5 0 0 以下の熱処理では劣化が生じないので、本発明は有効である。尚、繊維強化プラスチックの母材(合成樹脂)として使用される合成樹脂(ポリエステル樹脂、ビニルエステル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂、熱可逆性樹脂)は 5 0 0 以下でガス化、炭素化する。

#### 【 0 0 2 2 】

また、一般的な炭素繊維の曲げ弾性率は 1 3 0 G P a であり、他の繊維の同率と比較して大きい(例:ガラス繊維の曲げ弾性率は 7 4 G P a )。したがって、炭素繊維強化プラスチックは、曲げ弾性が強く、加熱且つ流動化した粒体の集合体が繊維成分方向の横から衝突しても破損して繊維長が短くなることが極めて少ない。繊維長が長い繊維は再利用がし易く、本実施形態は、特に、炭素繊維強化プラスチックから繊維を回収する際に適している。

#### 【 0 0 2 3 】

また、繊維に方向性を持たせた状態で樹脂に浸潤させて製造された繊維強化プラスチックを解体対象とした場合、繊維長が長い繊維を回収できるので再利用がし易い。つまり、本実施形態は、特に、繊維に方向性を持たせた状態で樹脂に浸潤させて製造された繊維強

10

20

30

40

50

化プラスチックから繊維を回収する際に適している。

【 0 0 2 4 】

また、粒体は石英砂を用いており、繊維強化プラスチックに対して適度な摩擦力を生じさせる無機粉末として適している。尚、他の無機粉末として、ガラスの破砕片を用いることもできる。

【 0 0 2 5 】

( 第 2 の実施形態 )

上述した第 1 の実施形態では、炉の中の粒体の集合体を入れ、その中に燃料ガスを供給し燃焼すると共に、圧縮空気を粒体の集合体の中に供給することにより、加熱された粒体の集合体を攪拌し流動化させているが、圧縮空気を用いず他の方法を用いることにより、粒体の集合体を流動化することもできる。加熱且つ流動化した粒体の集合体を繊維強化プラスチックに対して衝突させ摩擦力を生じさせることにより、繊維強化プラスチックから樹脂を分離し且つ燃焼させ、残存した繊維を回収することができる。

【 0 0 2 6 】

例えば、第 1 の実施形態のように炉の中に粒体の集合体を入れた上で、その中に燃料ガスおよび空気を供給し、燃焼ガスを燃焼し、且つ爪を有する攪拌装置（図示無し）を用いて粒体の集合体を直接攪拌することにより、加熱された粒体の集合体を流動化することもできる。粒体の集合体を直接攪拌する爪の形状、大きな、配置の条件を変更することにより、攪拌条件を適正化することができる。

【 0 0 2 7 】

また、第 1 の実施形態のように炉の中に粒体の集合体を入れた上で、その中に燃料ガスおよび加熱した水蒸気を供給し、燃焼ガスを燃焼することにより、加熱された粒体の集合体を流動化することもできる。水蒸気は圧力をかけて供給し、粒体の集合体を攪拌させる。水蒸気は空気より熱伝導度が高く、加熱し易い。

【 0 0 2 8 】

( 第 3 の実施形態 )

上述した第 1 および第 2 の実施形態では、炉の中の粒体の集合体を入れ、その中に燃料ガスを供給し燃焼すると共に、何らかの方法で粒体の集合体を攪拌し流動化させることにより、繊維強化プラスチックに対して加熱した粒体の集合体を衝突させ摩擦力を生じさせているが、炉の中に入れた粒体の集合体を用いず他の方法を用いることにより、繊維強化プラスチックに対して加熱した粒体の集合体を衝突させ摩擦力を生じさせることもできる。これにより、繊維強化プラスチックから樹脂を分離し且つ燃焼させ、残存した繊維を回収することができる。

【 0 0 2 9 】

例えば、加熱した粒体の集合体を重力落下させて繊維強化プラスチックに衝突させることにより、繊維強化プラスチックを加熱し、且つ繊維強化プラスチックに対して摩擦力を生じさせることもできる。粒体の集合体を重力落下させるため、その分設備を簡略化することができる。

【 0 0 3 0 】

また、加熱した粒体の集合体を繊維強化プラスチックに向けて噴射し衝突させることにより、繊維強化プラスチックを加熱し、且つ繊維強化プラスチックに対して摩擦力を生じさせることもできる。粒体の集合体を特定部分に集中的に噴射することができる。解体対象とする繊維強化プラスチックがシステムの特定部分のみに用いられており、他の部分が高温に弱い場合に有効な解体方法である。

【 0 0 3 1 】

尚、上述した第 3 の実施形態 2 つでは、繊維強化プラスチック全体を加熱しながら実施すると、繊維強化プラスチックから樹脂を分離し且つ燃焼させる処理が加速され、より短時間で確実に実施することができる。

【 0 0 3 2 】

以上説明した各実施形態によれば、繊維強化プラスチックに対して加熱した粒体の集合

10

20

30

40

50

体を衝突させ摩擦力を生じさせることにより、繊維強化プラスチックから樹脂を分離し且つ燃焼させ、残存した繊維を回収することができる。

【 0 0 3 3 】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【 符号の説明 】

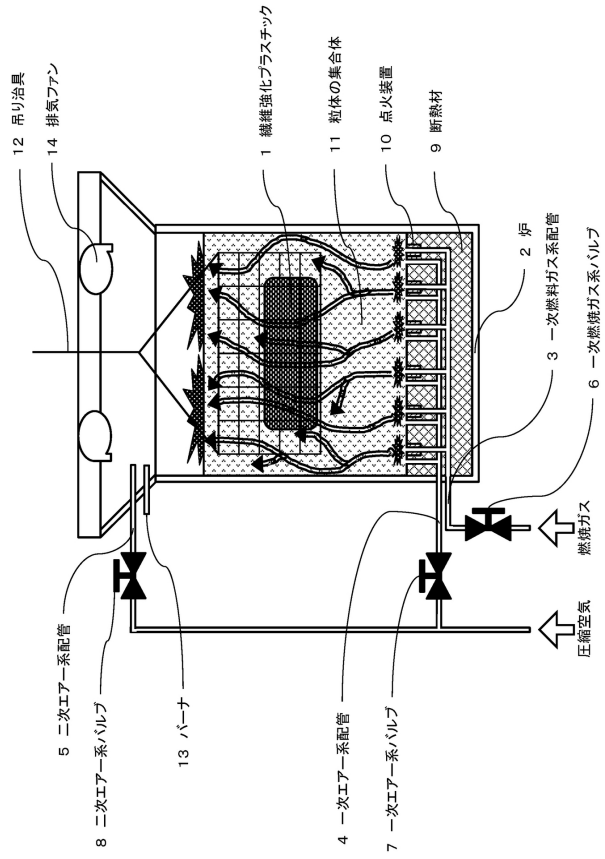
【 0 0 3 4 】

- 1 . . . 繊維強化プラスチック
- 2 . . . 炉
- 3 . . . 一次燃料ガス系配管
- 4 . . . 一次エアー系配管
- 5 . . . 二次エアー系配管
- 6 . . . 一次燃料ガス系バルブ
- 7 . . . 一次エアー系バルブ
- 8 . . . 二次エアー系バルブ
- 9 . . . 断熱材
- 1 0 . . . 点火装置
- 1 1 . . . 粒体の集合体
- 1 2 . . . 吊り治具
- 1 3 . . . バーナ
- 1 4 . . . 排気ファン
- 2 0 . . . 繊維
- 2 1 . . . 樹脂
- 2 2 . . . 粒体

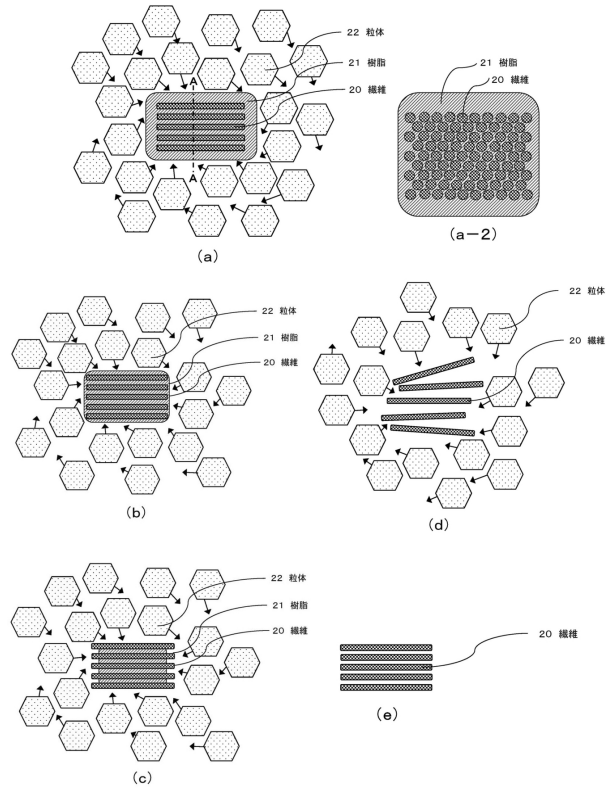
10

20

【図 1】



【図 2】





---

フロントページの続き

(72)発明者 及川 巧

神奈川県横浜市鶴見区寛政町 2 0 - 1 東芝環境ソリューション株式会社内

審査官 柴田 啓二

(56)参考文献 特開 2 0 0 6 - 3 2 1 8 5 1 ( J P , A )

特開 2 0 1 5 - 0 0 0 8 9 7 ( J P , A )

特開平 0 7 - 1 1 8 4 4 0 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

C 0 8 J 1 1 / 1 2

B 0 9 B 3 / 0 0