

(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12月20日(20.12.2018)



(10) 国際公開番号

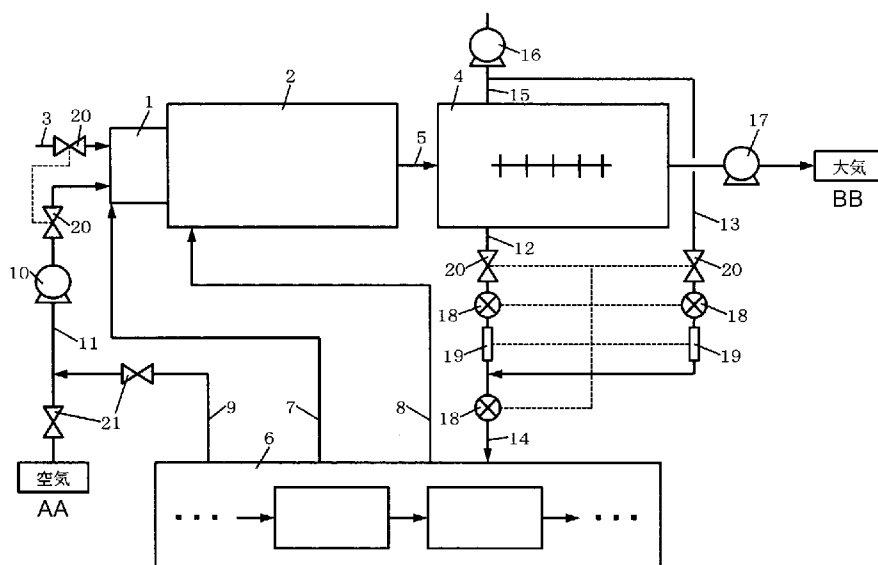
WO 2018/230055 A1

- (51) 国際特許分類:  
D01F 9/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/009001
- (22) 国際出願日: 2018年3月8日(08.03.2018)
- (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 2017-115670 2017年6月13日(13.06.2017) JP
- (71) 出願人: 東レ株式会社 (TORAY INDUSTRIES, INC.) [JP/JP]; 〒1038666 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 滝浩輔(TAKI, Kosuke); 〒7913193 愛媛県伊予郡松前町大字筒井1515番地 東レ株式会社 愛媛工場内 Ehime (JP). 上田浩臣(UEDA, Hiroomi); 〒7913193 愛媛県伊予郡松前町大字筒井1515番地 東レ株式会社 愛媛工場内 Ehime (JP). 小西弘之(KONISHI, Hiroyuki); 〒7913193 愛媛県伊予郡松前町大字筒井1515番地 東レ株式会社 愛媛工場内 Ehime (JP).
- (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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: CARBON FIBER PRODUCTION METHOD

(54) 発明の名称: 炭素繊維の製造方法

[図1]



AA... AIR  
BB... AMBIENT AIR

(57) Abstract: Provided is a carbon fiber production method comprising: a carbon fiber producing step including at least a flame-proofing step for obtaining flameproof fibers by performing flame-proofing treatment on precursor fibers through circulation of hot air, and a carbonizing step for obtaining carbonized fibers by performing carbonization treatment on the flameproof fibers; and a discharged gas processing step for performing, by means of a discharged gas combustion device, combustion processing of discharged gas generated in at least the



WO 2018/230055 A1

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))

---

flame-proofing step and the carbonizing step. The discharged gas processing step includes: a heat exchange step for obtaining heated external air through heat exchange between normal external air and the processed discharged gas that has been discharged from the discharged gas combustion device; an external air mixing step for obtaining mixed external air by mixing the heated external air and the normal external air with each other; and a mixed external air supplying step for supplying the mixed external air, in at least one of steps that use heated air and that are included in the carbon fiber producing step. Of the discharged gas, a high-heat-generation-amount discharged gas having a heat generation amount not less than 250 kcal/Nm<sup>3</sup> is supplied to the inlet side of the discharged gas combustion device, and a low-heat-generation-amount discharged gas having a heat generation amount less than 150 kcal/Nm<sup>3</sup> is supplied to the outlet side of the discharged gas combustion device. Accordingly, the present invention provides a method for economically producing carbon fibers by using the discharged gas combustion device having low energy loss.

(57) 要約 : 少なくとも熱風を循環させて前駆体繊維を耐炎化処理して耐炎化繊維を得る耐炎化工程と、耐炎化繊維を炭素化処理して炭素化繊維を得る炭素化工程とを有する炭素繊維製造工程と、少なくとも耐炎化工程、炭素化工程からの排出ガスを排出ガス燃焼装置により燃焼処理する排出ガス処理工程とを有する炭素繊維の製造方法であって、前記排出ガス燃焼工程が、排出ガス燃焼装置から排出される処理後排出ガスと通常外気とを熱交換して加熱外気とする熱交換工程と、加熱外気と通常外気とを混合して混合外気とする外気混合工程と、混合外気を炭素繊維製造工程の内、加熱気体を使用する工程の少なくとも一つへ給気する混合外気給気工程からなり、排出ガスのうち、発熱量が 250 kcal / Nm<sup>3</sup> 以上の高発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置入口側に、発熱量が 150 kcal / Nm<sup>3</sup> 未満の低発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置出口側にそれぞれ供給する炭素繊維の製造方法。エネルギーロスが小さい排出ガス燃焼装置を用い、経済的に炭素繊維を製造する方法を提供する。

## 明 細 書

発明の名称：炭素繊維の製造方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、特定の排ガス処理装置を用いた炭素繊維の製造方法に関する。

### 背景技術

[0002] 炭素繊維は、比強度、比弾性率が高く、比抵抗が低く、耐薬品性などに優れることを生かして、繊維強化樹脂の補強繊維素材として、多種の用途に用いられている。炭素繊維は、例えば、前駆体繊維としてポリアクリロニトリル系繊維（以下、PAN系繊維と記す。）を用いた場合、例えば主として下記の工程により製造される。

[0003] すなわち、PAN系繊維パッケージから糸条を解舒する工程、耐炎化炉にて、空気などの酸化性気体中、200～300℃の温度で前駆体繊維を耐炎化処理して耐炎化繊維を得る耐炎化工程、炭素化炉にて、不活性雰囲気中、300～2000℃の温度で耐炎化繊維を炭素化処理して炭素繊維を得る炭素化工程、必要に応じて、さらに高温で処理する黒鉛化工程、得られた炭素繊維に表面処理を行う表面処理工程、サイジング剤を付与するサイジング剤付与工程、サイジング付与した炭素繊維を乾燥する工程、巻取工程を経て製造される。

[0004] 該耐炎化工程や炭素化工程等では、高温炉内で繊維を加熱処理することにより、各工程で所望の繊維物性を得る。このときに前駆体繊維に含まれる不純物などが高温炉で分解・揮発する。これらによる炉内の汚染や、繊維への付着による品質・品位低下を防ぐために、炉内ガスの排出ならびに排出分相当の気体の供給を行っており、排出されたガスについては燃焼処理が行われている。

### 先行技術文献

### 特許文献

[0005] 高温炉で分解・揮発された不純物を含む排出ガスの分解には概ね500～

1300°Cの加熱が必要であり、燃焼処理においては、例えば煉瓦などで区画された室内で、火炎を直接排出ガスに当てて分解処理する直接燃焼式の排出ガス燃焼装置が用いられることが多く、直接燃焼式の排出ガス燃焼装置における当該ガスの分解に有効な構造が提案されている（特許文献1）。すなわち、この特許文献1には、略円筒状の排ガスの燃焼処理炉において、排ガスを導入するダクトを複数個有し、少なくとも一つのダクトは気体が旋回流をなすように処理室に導入され、旋回流をなす気体と、中心流をなす気体の発熱量などが一定の関係にあることが好ましいことが開示されている。

[0006] また、燃焼処理後の高温の処理ガスに対して熱交換器などで廃熱回収することが望まれ、炭素繊維製造における各高温炉の排出・供給フローが提案されている（特許文献2）。

特許文献1：特開2006-308275号公報

特許文献2：特開2009-174078号公報

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、本発明者が検討したところ、特許文献1記載の装置においては、供給するガスの供給位置と燃焼の安定性が深く関係しており、位置を考慮しないと、甚だしい場合は燃焼装置内の火炎が不安定になり、工程の状態が変動する問題があった。また排出ガス燃焼装置を出た処理ガスは高温のまま大気に排出されるので、余剰に廃棄している熱を回収できる余地があった。

[0008] 特許文献2に記載の方法では、炭素繊維製造工程へ供給するための廃熱回収の効果はあるものの、耐炎化炉または炭素化炉から排出されるガスを分別せずに排出ガス燃焼装置に接続しており、複数の排出ガスの持つ熱量に応じて排出ガス燃焼装置への供給位置を変更する思想は開示されていなかった。

[0009] 本発明は、前記技術の改善のため、エネルギーロスが小さい排出ガス燃焼装置を用い、経済的に炭素繊維を製造する方法を目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0010] 本発明の炭素繊維の製造方法は上記課題を解決するため以下の(1)、(2)のいずれかの構成を有する。すなわち、

(1)少なくとも熱風を循環させて前駆体繊維を耐炎化処理して耐炎化繊維を得る耐炎化工程と、

耐炎化繊維を炭素化処理して炭素繊維を得る炭素化工程と、

炭素繊維にサイジング剤を付与するサイジング剤付与工程と、

サイジング剤付与工程後、乾燥する乾燥工程とを有する炭素繊維製造工程と、

少なくとも耐炎化工程、炭素化工程および乾燥工程からの排出ガスを排出ガス燃焼装置により燃焼処理する排出ガス処理工程とを有する炭素繊維の製造方法であって、

前記排出ガス燃焼工程が、排出ガス燃焼装置から排出される処理後排出ガスと通常外気とを熱交換して加熱外気とする熱交換工程と、加熱外気と通常外気とを混合して混合外気とする外気混合工程と、混合外気を炭素繊維製造工程の内、加熱気体を使用する工程の少なくとも一つへ給気する混合外気給気工程からなり、

排出ガスのうち、発熱量が $250\text{ kcal/Nm}^3$ 以上の高発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置入口側に、発熱量が $150\text{ kcal/Nm}^3$ 未満の低発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置出口側にそれぞれ供給する炭素繊維の製造方法、

または、

(2)少なくとも熱風を循環させて前駆体繊維を耐炎化処理して耐炎化繊維を得る耐炎化工程と、

耐炎化繊維を炭素化処理して炭素繊維を得る炭素化工程とを有する炭素繊維製造工程と、

少なくとも耐炎化工程、炭素化工程からの排出ガスを排出ガス燃焼装置により燃焼処理する排出ガス燃焼工程とを有する炭素繊維の製造方法であって、

、

前記排出ガス燃焼工程が、排出ガス燃焼装置から排出される処理後排出ガスと通常外気とを熱交換して加熱外気とする熱交換工程と、加熱外気と通常外気とを混合して混合外気とする外気混合工程と、混合外気を炭素繊維製造工程の内、加熱気体を使用する工程の少なくとも一つへ給気する混合外気給気工程からなり、

排出ガスのうち、発熱量が $250\text{ kcal/Nm}^3$ 以上の高発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置入口側に、発熱量が $150\text{ kcal/Nm}^3$ 未満の低発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置出口側にそれぞれ供給する炭素繊維の製造方法、である。

[0011] ここで、排出ガスの発熱量は、以下のとおり測定されるものである。

[0012] <排出ガスの発熱量の測定方法>

図2に示すように発熱量を測定したいガス、 $20^\circ\text{C}$ の空気、および液化天然ガス（以下、LNG）を発熱量の測定装置に配管で接続、排出ガス燃焼装置出側に誘引ブロワを設置し吸引することで排出ガス燃焼装置内へガスを供給する。LNGと燃焼を補助する空気を供給し、排出ガスの風量はその変動係数が20%以下となるよう供給する。バーナーを用いて燃焼し、排出ガス処理後のガス温度が $800^\circ\text{C}$ となるように、LNGの風量を調節する。なお、排出ガス燃焼装置内が $-4.0\text{ kPa}$ となるよう誘引ブロワで吸引し、燃焼後の処理ガスは大気へ放出する。

[0013] 処理ガス、空気とLNGそれぞれの配管にK熱電対と差圧（オリフィスプレート）流量計と手動弁を取り付けるとともに、配管及び排出ガス燃焼装置から放熱の無い様に断熱する。この状態で以下の式を用いて排出ガスの持つ発熱量を連続的に測定する。

[0014] このように調整することにより測定中のLNGの風量は安定しており、燃焼している火炎の状態も安定していることが確認できる。

[0015] なお、式中の $\text{Nm}^3$ は $0^\circ\text{C}$ 、1気圧状態下の体積（ $\text{m}^3$ ）を示す。

[0016]

[数1]

$$C_1 = Q_1 \times 1.293(\rho_1) \times 0.247(Cp_1) \times (800 - 20(T_1))$$

$$\therefore C_1 = Q_1 \times 242$$

$$C_2 = Q_2 \times \rho_2 \times Cp_2 \times (800 - T_2)$$

$$Q_3 = \frac{(C_1 + C_2)}{10702(Ho_3)}$$

$$Q_4 = Q_3 - Q_5$$

$$C_3 = Q_4 \times 10702(Ho_3)$$

$$C_4 = C_3 - Q_1 \times 1.293(\rho_1) \times 0.247(Cp_1) \times 20(T_1)$$

$$H_1 = \frac{C_4}{Q_2}$$

ここで、各定数・変数の定義は以下のとおりである。

$\rho_1$  : 空気の密度 1.293[kg/Nm<sup>3</sup>]

$\rho_2$  : 発熱量を測定したい排出ガスの密度 [kg/Nm<sup>3</sup>]

$Cp_1$  : 20~800°Cにおける空気の平均定圧比熱 0.247[kcal/(kg・°C)]

$Cp_2$  :  $T_2$ ~800°Cにおける発熱量を測定したい排出ガスの平均定圧比熱 [kcal/(kg・°C)]

$T_1$  : 空気の温度 20[°C]

$T_2$  : 発熱量を測定したい排出ガスの平均温度 [°C]

$H_1$  : 排出ガスの 800°Cにおける発熱量 [kcal/Nm<sup>3</sup>]

$Ho_3$  : LNG の高位発熱量 10702[kcal/Nm<sup>3</sup>]

$Q_1$  : 空気の風量 [Nm<sup>3</sup>/h]

$Q_2$  : 発熱量を測定したい排出ガスの平均風量 [Nm<sup>3</sup>/h]

$Q_3$  : 空気と排出ガスを 800°Cまで加熱するのに必要な LNG の理論風量 [Nm<sup>3</sup>/h]

$Q_4$  : LNG 必要風量と LNG 平均使用風量の差 [Nm<sup>3</sup>/h]

$Q_5$  : LNG の平均使用風量 [Nm<sup>3</sup>/h]

$C_1$  : 空気を 800°Cまで加熱させるために必要な熱量 [kcal/h]

$C_2$  : 発熱量を測定したい排出ガスを 800°Cまで加熱させるために必要な熱量 [kcal/h]

$C_3$  : 800°Cにおいて排出ガスと空気のもつ熱量の和 [kcal/h]

$C_4$  : 800°Cにおいて排出ガスのもつ熱量 [kcal/h]

## 発明の効果

[0017] 本発明の炭素繊維の製造方法によれば、排出ガス処理に必要な燃料を最小限に抑え、且つ燃焼処理後の処理ガスのもつエネルギーを効率的に活用し、経済的に炭素繊維を製造できる。

## 図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明に係るエアフローの一例を示す概略平面図である。

[図2]排出ガス中に含まれる発熱量の測定装置を示す概略平面図である。

### 発明を実施するための形態

[0019] 本発明の炭素繊維の製造方法は、少なくとも炭素繊維製造工程および排出ガス処理工程からなる工程を備える。

[0020] 本発明の一実施形態例の排出ガス処理工程を図1で説明する。

[0021] 排出ガス処理工程は、更に細分すると、排出ガス燃焼工程、熱交換工程、混合外気供給工程からなる。排出ガス燃焼工程は、排出ガス燃焼装置（1，2の総称）、熱交換器4、混合外気供給装置（12，13，14）からなる排出ガス処理装置によって排出ガスを処理・再利用する工程である。

[0022] 排出ガス燃焼工程では、排出ガスを燃焼処理する直接燃焼式の排出ガス燃焼装置（1，2）に、炭素繊維製造工程からの排出ガス流路（7，8）が接続され、さらに排出ガス燃焼用の燃料を供給する燃料供給路3と燃焼を補助する気体流路11が設けられている。

[0023] 熱交換工程では、熱交換器4により排出ガス燃焼装置（1，2）から送出された処理ガスと外気との間で熱交換が行われる。排出ガス燃焼装置（1，2）で処理された処理ガスが処理ガス流路5を通過して熱交換器4へ供給され、外気が流路15を通過して熱交換器4へ供給されて熱交換器4で熱交換され、加熱された外気（加熱外気）が加熱外気給気路12から排出される。

[0024] 混合外気供給工程は、熱交換器4を介さない外気（通常外気）が通過する通常外気給気路13と、加熱外気給気路12からの加熱外気とが混合されてできる混合外気が通過する混合外気給気路14とからなる。

[0025] （炭素繊維製造工程）

本発明における炭素繊維製造工程は、例えば以下の工程から成る。本発明ではこのうち耐炭化工程および炭素化工程が必須の工程である。

[0026] （耐炭化工程）

本発明では、前駆体繊維としてPAN系繊維を用い、耐炭化工程にて、空気などの酸化性気体中、200～300℃の温度で前駆体繊維を耐炭化処理

して耐炎化繊維とする。

[0027] (炭素化工程)

炭素化工程にて、不活性雰囲気中、300～2000℃の温度で耐炎化繊維を炭素化処理して炭素繊維とする。

[0028] (表面処理工程)

炭素化工程により得られた炭素繊維には、さらに必要に応じて、樹脂との接着性を付与するために表面処理が施される。表面処理の方法としては、樹脂との接着性を付与できる方法であれば特に限定されないが、例えば、オゾン酸化などの乾式法や、電解液中で電解表面処理する湿式法が挙げられる。

[0029] (サイジング剤付与工程)

表面処理された炭素繊維には、さらに必要に応じてサイジング剤が付与される。サイジング剤には、炭素繊維の取り扱い性や、樹脂との親和性を向上させる働きがある。

[0030] サイジング剤の種類としては、所望の特性を得ることができれば特に限定されないが、例えば、エポキシ樹脂、ポリエーテル樹脂、エポキシ変性ウレタン樹脂、ポリエステル樹脂を主成分としたサイジング剤が挙げられる。

[0031] 本発明の炭素繊維は、そのフィラメント数が通常1000～70000本であり、その単糸の円相当直径が4 μm～10 μmの範囲のものが好ましい。特に3000～50000本、4.5 μm～8.5 μmのものがその生産性と、炭素繊維の特性面から更に好ましい。また、得られる炭素繊維の強度を向上させるために前駆体繊維に付与する界面活性剤は耐熱性の良好なものが好ましく、特に限定しないが、例えばアミノ変性シリコン系の化合物を含む界面活性剤を付与したものが、シリコン化合物の熱分解物を効率よく処理でき、得られる炭素繊維の特性、特に引張強度などの向上と安定性の効果があり好ましく用いられる。本発明に用いるシリコン油剤は、耐熱残存率 r が20%以上であることが好ましく、40%以上がさらに好ましい。本発明における耐熱残存率とは、シリコンを240℃の空气中で60分間熱処理した後、引き続いて450℃の窒素中で30秒間熱処理した後の残存率

のことを言う。すなわち、直径が約60mm、高さが約20mmのアルミ製の容器に油剤（エマルジョン又は溶液の場合は、エマルジョン又は溶液）を約1gを採取し、空气中で105℃で5時間乾燥し、乾燥後の質量基準で次の条件でTG（熱天秤）によりサンプル量：15～20mg、空气中熱処理空気流量：30ml/分、昇温速度：10℃/分で昇温し、240℃に到達後温度を一定として60分熱処理し、雰囲気を窒素へ変更して5分間保持、窒素中熱処理窒素流量：30ml/分昇温速度：10℃/分で450℃まで昇温し、450℃において30秒保持したときの質量保持率を耐熱残存率  $r$  とする。

[0032] このような油剤の例としては、例えば側鎖に $-NH-CH_2-CH_2-NH_2$ の官能基を有するアミノ変性ジメチルシリコンを主成分としてエポキシ変性シリコンなどの変性シリコン、および分散媒を含む油剤が挙げられる。

[0033] （乾燥工程）

通常サイジング剤は、水などの溶媒や分散剤とともに付与され、付与後溶媒、分散媒などを乾燥させて除去する。

[0034] （排出ガス処理工程）

本発明の排出ガス処理工程は、排出ガス燃焼工程、熱交換工程および混合外気給気工程からなる。炭素繊維製造工程6における排出ガスとは、例えば、耐炎化前の糸条の加熱などを行う場合の空気又は窒素が主成分で糸条からの分解物を含む可能性がある加熱ガス、耐炎化炉の排出ガス、一段以上の炭素化炉からそれぞれ排出される排出ガス、表面処理工程からの排出ガス、表面処理された糸条やサイジング処理された糸条を乾燥させた排出ガスなどがある。

[0035] 排出ガス燃焼工程は、炭素繊維製造工程6から排出される前記排出ガスのうち、熱量が大きいものや、大気へ排出する前にガスを分解することが好ましいものを中心に、耐炎化工程の排出ガス、炭素化工程の排出ガス、サイジング剤付与繊維の乾燥工程の排出ガスを必須の対象として、これらを燃焼さ

せ、該排出ガスに含まれるシアン化合物、アンモニア、一酸化炭素、タール分などを分解処理する工程であり、排出ガス燃焼装置は、排出ガスを燃焼させるための燃料を供給する燃料供給路3と送風機10により送り込まれる空気などの気体とを混合・燃焼するように構成されている。

[0036] 前記排出ガス燃焼装置は、その入口側に燃料供給路3と排出ガス中の発熱量が $250 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 以上の高発熱量排出ガスを供給するための排出ガス供給路7が接続され、その出口側に排出ガス中の発熱量が $150 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 未満の低発熱量排出ガスを供給するための排出ガス供給路8が接続されていることに特徴がある。

[0037] 炭素繊維製造工程から排出された、排出ガス中の発熱量が $250 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 以上の高発熱量排出ガスは排出ガス燃焼装置入口側1に供給される。燃料と燃焼を補助する気体によって、この排出ガスを燃焼処理したときの発熱量を利用して火炎を形成する。次に排出ガス燃焼装置入口側より出口側に接続された排出ガス供給路8から、発熱量が $150 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 未満の低発熱量排出ガスを供給する。なお、本発明においては、発熱量が $150 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 以上 $250 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 未満の排出ガスは、入口側と出口側のどちらに供給してもエネルギー的には大差がなく、操作性や、工程の安定性を確認して供給位置を決定することが出来る。

[0038] 発熱量は、工程とその製造条件が定まると、大きくは変動しないので、予め発熱量が測定された工程から排出されたガスの発熱量に従って、入口側と出口側とに分けて供給する。

[0039] また、図1には、出口側の供給路が、排出ガス燃焼装置(1, 2)の断面積が入口側の供給路のそれより大きいところに設置したように図示されているが、断面積は同じであっても小さくても良い。

[0040] 燃料の供給量は、燃焼装置内の温度が上記不純物の分解に最適になるように制御されることが好ましく、一方、供給される燃焼を補助する気体と燃料とは、予め実験などで燃焼効率が最適となるように定められた比率によって供給されるよう流量比率を一定に制御されることが好ましい。燃焼を補助す

る気体は、通常の外気を使用することが出来る。また空気を主成分とする排出ガスの一部を使用することも好ましく、その場合は、燃料使用量に対する理論空燃比を中心として±10%の範囲で排出ガスを供給し、それ以外の排出ガスは、その発熱量が、 $250\text{ kcal/Nm}^3$ 以上の場合は排出ガス燃焼装置入口側1から、 $150\text{ kcal/Nm}^3$ 未満の場合は排出ガス燃焼装置出口側2から排出ガス燃焼装置（1，2）に供給されることが必要である。

[0041] ここで空気を主成分とする排出ガスとは、空気成分が95%以上であり、残りに可燃性ガスや分解ガスが含まれるもののことを指す。

[0042] 空気を主成分とする排出ガスの例としては、前駆体繊維を解舒した後に加熱処理した空気排出ガス、耐炎化工程の排出ガス、表面処理工程の排出ガスやサイジング剤付与炭素繊維の乾燥工程の排出ガスである。送風機10としては特に限定されず、設置場所、排出ガスの温度及び風量などを考慮し、適宜選定される。なお、燃焼を補助する気体の取入口は、前記排出ガス燃焼装置（1，2）の仕様等により、排出ガス供給路（7，8）に設けられてもよい。

[0043] ここで、排出ガス燃焼装置入口側1とは、排出ガス燃焼装置（1，2）の入口側の端面および端面から機長方向に100cm以内の領域を指し、排出ガス燃焼装置出口側2とは、排出ガス燃焼装置（1，2）の入口側の端面から機長方向に150cm以上離れた領域のことを指す。排出ガス燃焼装置（1，2）の端面から100cm以内の領域に高発熱量排出ガスを供給することによって、火炎のより根元に高発熱量排出ガスを供給することが出来、火炎を形成するための燃料を削減することができる。また、排出ガス燃焼装置（1，2）の端面から機長方向に150cm以上離れたところから低発熱量排出ガスを供給することによって、形成された火炎が十分に拡散した地点に低発熱量排出ガスが供給されるので、火炎との接触時間を長く確保することができ、分解効率を上昇することが出来る。

[0044] 排出ガス燃焼装置の入口側1と出口側2は、例えば断面積の変化や部材の組み合わせなどで物理的に区分されている必要はなく、単に排出ガス燃焼装

置の端面からの距離で定義される。入口側の高発熱量排出ガス供給孔の位置は、入口側の領域のなかでも、排出ガス燃焼装置の入口側1の端面から機長方向に50cm以内が好ましい。また、出口側の低発熱量排出ガス供給孔の位置は、排出ガス燃焼装置(1, 2)の端面から150cm以上離れている必要があるが、最も入口側の高発熱量排出ガス供給孔から150cm以上離れた位置が好ましく、更に200cm以上離れていることが好ましい。なお入口側の高発熱量排出ガス供給孔と出口側の低発熱量排出ガス供給孔との距離が650cmを超えると効率はあまり向上せず、装置も大型化するので、650cm以下であることが好ましい。

[0045] また、排出ガス燃焼装置の入口側1および/または出口側2のそれぞれの領域に複数の排出ガス供給孔を設けてもよい。入口側1に複数の高発熱量排出ガス供給孔を設ける場合、排出ガス燃焼装置(1, 2)の端面及び端面から50cm以内の領域に総ての高発熱量排出ガス供給孔を設けることが好ましく、また、出口側2に複数の低発熱量排出ガス供給孔を設ける場合、総ての低発熱量排出ガス供給孔が最も出口側に位置する入口側の高発熱量排出ガス供給孔から150cm以上離れていることが好ましい。

[0046] また、排出ガス燃焼装置(1, 2)を円筒形にして、少なくとも一部の導入排出ガスが旋回流を形成する様に導入することも好ましい。本発明では、発熱量によって排出ガスを区分し、導入位置を適正化することによって、燃焼に使用する燃料を節約でき又燃焼状態を安定させることができる。

[0047] 燃料供給路3から供給される前記燃料としては、LNG、LPGなどの気体燃料、または灯油、軽油などの液体燃料を用いることができる。

[0048] (熱交換工程)

分解処理された処理ガスは、排出ガス燃焼装置(1, 2)から送出され、処理ガス流路5を流れて、熱交換器4に送入され、外気を加熱するための熱交換に利用される。

[0049] 熱交換器4には、処理ガス流路5が貫通し、さらに送風機16からの外気を熱交換器4に流す通常外気給気路15と、熱交換器4から送出される加熱

外気を流す加熱外気給気路 1 2 とが接続されている。熱交換工程では、外気給気路 1 2 から送入される外気と、処理ガス流路 5 から送入される処理ガスとの間で熱交換を行い、加熱外気給気路 1 2 に流すように構成されている。

[0050] その後、処理ガスは、熱交換器 4 から送出され、処理ガス流路 5 に導かれ、そのまま系外に排出される、または必要に応じ、処理ガスに含まれる珪素化合物などの粒子状物を、処理ガス流路 5 に設けられたフィルター（図示していない）で除去してから系外に排出される。

[0051] なお、炭素繊維製造工程で使用される熱交換器 4 は、珪素化合物などの粒子状物が堆積し、熱交換効率が徐々に低下することが知られている。この熱交換効率の低下を防ぐために、熱交換器 4 にはスートブローを備え、圧空の噴射による粒子状物の吹き飛ばしを行うことで、長期間支障なく熱風の加熱が行うことができるようにすることが好ましい。

[0052] 熱交換器 4 としては、チューブ式熱交換器、多管式熱交換器、プレート式熱交換器などが挙げられる。

[0053] （混合外気供給工程）

送風機 1 6 から通常外気給気路 1 5 を流れる前記外気は、その一部が通常外気給気路 1 5 から分岐されて熱交換器 4 に送入され、熱交換器 4 に送入された外気は、前述の通り、処理ガス流路 5 から送入された処理ガスとの間で熱交換を行い、加熱された外気（加熱外気）となる。

[0054] 混合外気給気工程では、熱交換器を介さない通常外気給気路 1 3 と加熱外気給気路 1 2 とを接続し、炭素繊維製造工程へ供給するための混合外気給気路 1 4 とを備え、耐炎化、乾燥等、加熱外気が必要な工程に供給する。

[0055] また、混合外気給気路 1 4 には、混合外気給気路 1 4 を流れる混合外気の温度を検出する温度検出手段と、混合外気給気路 1 4 を流れる混合外気の温度を調整する温度調整手段とを備えることが好ましく、該温度調整手段は、加熱外気給気路 1 2 および自動弁、通常外気給気路 1 3 および自動弁からなることが好ましい。

[0056] これら熱交換器 4、加熱外気給気路 1 2、通常外気給気路 1 3、混合外気

給気路 14 の働きにより、上記排出ガス燃焼装置で発生した熱量を最大限に回収することが可能となる。

[0057] ここで、「通常外気」とは、炭素繊維製造工程 6 の外部に存在している空気のことを意味し、炭素繊維製造工程 6 の外部から特に加熱や冷却などの処理を施されることなくそのまま取り込まれて使用される。

[0058] 次に、混合外気給気路 14 を流れる外気の温度と風量の調整手段と、該混合外気の温度検出を行う温度検出手段 18 とについて説明する。

[0059] 温度検出手段 18 と風量検出手段 19 は、加熱外気給気路 12 と通常外気給気路 13 に設けられている制御手段に電氣的に接続され、さらに制御手段は、前記給気路それぞれの風量調節手段 20 と電氣的に接続されている。制御手段は、温度検出手段 18 からの温度検出信号と風量検出手段 19 からの風量検出信号とに基づいてそれぞれの給気路（12，13）に流れる外気の熱量を計算する。

[0060] 混合外気給気路 14 を流れる外気の風量と温度を予め決定、熱量を計算しておき、それぞれの外気給気路（12，13）の風量調節手段 20 に制御信号を送り、風量調節手段 20 である自動弁の開度を制御可能なように構成することが好ましい。

[0061] 混合外気の温度調節手段としては、混合外気の温度検出結果をもとに、加熱外気と通常外気の風量調節信号を自動弁に送ってもよい。

[0062] 自動弁は、制御手段に電氣的に接続されており、混合外気給気路を流れる加熱外気が所望の熱量及び風量になるように、制御手段からの風量調節信号に基づいて、それぞれの外気給気路（12，13）を流れる外気の風量を調整するように構成することが好ましい。

[0063] このように、温度と風量が調整された混合外気を炭素繊維製造工程 6 に給気することで、炭素繊維製造に使用する熱風の温度斑、風量斑を低減することができる。したがって、安定した炭素繊維製造を行うことができる。

[0064] 温度検出手段 18 としては、熱電対、測温抵抗体などが挙げられ、風量検出手段 19 としては各種風速計、ピトー管、差圧流量計、超音波流量計、渦

流量計などが挙げられる。

- [0065] 制御手段は、市販品にて構成してもよく、また専用のハードウェア、ソフトウェアにて構成してもよい。
- [0066] また、制御手段には、必要に応じて、入力装置、表示装置などの周辺装置（図示せず）が接続される。該入力装置としては、ディスプレイタッチパネル、スイッチパネル、キーボードなどの入力デバイスが挙げられ、該表示装置としては、CRT、液晶表示装置などが挙げられる。
- [0067] 図1の実施形態例に示すように、このように風量と温度を調整した混合外気を炭素繊維製造工程6の必要な部分に給気する。すなわち、加熱外気給気路12と通常外気給気路13を流れる外気の風量と温度を風量検出手段19と温度検出手段18で検出し、制御手段からの風量調節信号に基づいて、自動弁の調整により混合外気の熱量を調整する。給気先としては、加熱空気を使用する工程であれば特に制限はないが、例えば前駆体繊維の前処理工程、耐炎化工程、表面処理やサイジング処理の乾燥工程などから、風量、温度を勘案して決定することが出来るが、特に風量が多い耐炎化工程に適用することが好ましい。
- [0068] なお、この例の場合、加熱されていない外気を、加熱外気に混合する温度調整、すなわち、加熱外気の温度を下げることによる温度調整となる。本発明はこれに限らず、加熱外気が所望の温度より低下する場合を考慮して加熱外気給気路12および／または通常外気路13に加熱器（図示していない）を設置し、該加熱器を温度検出手段からの温度検出信号で制御して、加熱外気を所望の温度にまで昇温することによる温度調整を行ってもよい。前記加熱器としては、例えば加熱外気給気路および通常外気給気路13に巻き付け可能な電熱ヒーターなどが挙げられる。
- [0069] また、温度を下げる調節の場合、加熱外気給気路12および／または混合外気給気路14にダンパーを設置し、加熱外気および／または混合外気を大気へ放出することを併用してもよい。
- [0070] このように、混合外気の熱量調整を行うことで、炭素繊維製造工程6への

混合外気の給気をより適切に行うことができる。

[0071] 本発明の炭素繊維の製造方法によれば、排出ガス燃焼装置に供給する排出ガスの熱量によって供給位置を変えることで、一つの排出ガス処理装置で炭素繊維全工程の排出ガスを処理でき、且つ燃料消費を最小限にできるため、低コストを実現できる。また、混合外気の風量と温度を調整してから炭素繊維製造工程に給気できるので、熱風の温度斑が生じにくく、安定した温度管理の下、品質が安定した炭素繊維を得ることができる。

### 実施例

[0072] 以下、本発明について、実施例を用いてさらに詳しく説明する。

[0073] <排出ガス中に含まれる発熱量の測定方法>

図2に示すように発熱量を測定する排出ガス及び、20℃の空気、およびLNGを発熱量の測定装置に配管で接続、排出ガス燃焼装置出側に誘引ブロワ17を設置し吸引することで排出ガス燃焼装置内へガスを供給した。排出ガスと空気の風量それぞれの変動係数が20%以下となるよう供給し、バーナーを用いてLNGと燃焼を補助する気体を燃焼し、排ガス処理後のガス温度を800℃となるように、LNGの流量で調節した。なお、排出ガス燃焼装置内が-4.0kPaとなるようブロワで吸引し、燃焼後の処理ガスは大気へ放出した。

[0074] 処理ガス、空気とLNGそれぞれの配管にK熱電対と差圧（オリフィスプレート）流量計と手動弁を取り付けるとともに、配管及び排出ガス燃焼装置から放熱の無い様に断熱した。この状態で以下の式を用いて排出ガスの持つ発熱量を連続的に測定した。

[0075] なお、式中のNm<sup>3</sup>は0℃、1気圧状態下の体積（m<sup>3</sup>）を示す。

[0076]

[数2]

$$C_1 = Q_1 \times 1.293(\rho_1) \times 0.247(Cp_1) \times (800 - 20(T_1))$$

$$\therefore C_1 = Q_1 \times 242$$

$$C_2 = Q_2 \times \rho_2 \times Cp_2 \times (800 - T_2)$$

$$Q_3 = \frac{(C_1 + C_2)}{10702(Ho_3)}$$

$$Q_4 = Q_3 - Q_5$$

$$C_3 = Q_4 \times 10702(Ho_3)$$

$$C_4 = C_3 - Q_1 \times 1.293(\rho_1) \times 0.247(Cp_1) \times 20(T_1)$$

$$H_1 = \frac{C_4}{Q_2}$$

ここで、各定数・変数の定義は以下のとおりである。

$\rho_1$  : 空気の密度 1.293[kg/Nm<sup>3</sup>]

$\rho_2$  : 発熱量を測定したい排出ガスの密度 [kg/Nm<sup>3</sup>]

$Cp_1$  : 20~800°Cにおける空気の平均定圧比熱 0.247[kcal/(kg・°C)]

$Cp_2$  :  $T_2$ ~800°Cにおける発熱量を測定したい排出ガスの平均定圧比熱 [kcal/(kg・°C)]

$T_1$  : 空気の温度 20[°C]

$T_2$  : 発熱量を測定したい排出ガスの平均温度 [°C]

$H_1$  : 排出ガスの 800°Cにおける発熱量 [kcal/Nm<sup>3</sup>]

$Ho_3$  : LNG の高位発熱量 10702[kcal/Nm<sup>3</sup>]

$Q_1$  : 空気の風量 [Nm<sup>3</sup>/h]

$Q_2$  : 発熱量を測定したい排出ガスの平均風量 [Nm<sup>3</sup>/h]

$Q_3$  : 空気と排出ガスを 800°Cまで加熱するのに必要な LNG の理論風量 [Nm<sup>3</sup>/h]

$Q_4$  : LNG 必要風量と LNG 平均使用風量の差 [Nm<sup>3</sup>/h]

$Q_5$  : LNG の平均使用風量 [Nm<sup>3</sup>/h]

$C_1$  : 空気を 800°Cまで加熱させるために必要な熱量 [kcal/h]

$C_2$  : 発熱量を測定したい排出ガスを 800°Cまで加熱させるために必要な熱量 [kcal/h]

$C_3$  : 800°Cにおいて排出ガスと空気のもつ熱量の和 [kcal/h]

$C_4$  : 800°Cにおいて排出ガスのもつ熱量 [kcal/h]

[0077] <混合外気の温度の標準偏差算出方法>

混合外気給気路にK熱電対を取り付けるとともに設置、配管から放熱の無い様に断熱した。この状態で温度を出力し、評価を行った2日間における出力値から以下の式を用いて標準偏差を算出した。

[0078]

[数3]

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}$$

ここで、各定数・変数の定義は以下のとおりである。

$S$  : 標準偏差 [°C]

$n$  : データ数

$T_i$  : 各データの個別値 [°C]

$\bar{T}$  : 全データの平均値 [°C]

[0079] <実施例1>

フィラメント数24000、単糸繊度1.1 dtexのPAN系前駆体繊維に、先述の耐熱残存率  $r$  が45%であるシリコン系油剤を0.5%付与したものをを用いて、クリールから解舒し、耐炎化、1次炭素化、2次炭素化を行い、表面処理後、水系サイジング剤を付与し、乾燥して巻き取った。

[0080] ここで、燃焼を補助する気体として空気を使用し、排出ガス燃焼装置の端面、即ち端面からの距離が0cmの位置に備え付けられた入口側の供給孔に発熱量が478 kcal/Nm<sup>3</sup>の高発熱量排出ガスを、入口側の排出ガス供給孔から200cm離れた出口側の供給孔に発熱量が77 kcal/Nm<sup>3</sup>の低発熱量排出ガスを供給した。実施例1における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表1に示す。以下の例では、比較例1に対するLNGの削減率も表1に記載した。

[0081] <実施例2>

排出ガス燃焼装置入口側の供給孔に供給する排出ガスの発熱量を332 kcal/Nm<sup>3</sup>にした以外は実施例1と同様にして排出ガス処理を実施した。実施例2における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表1に示す。

[0082] <実施例3>

入口側の供給孔の位置を排出ガス燃焼装置の端面から100cmに、出口側の供給孔の位置を入口側の供給孔から75cm離れた以外は実施例2と同

様にして排出ガス処理を実施した。実施例3における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表1に示す。

[0083] <実施例4>

出口側の供給孔の位置を入口側の供給孔から300cm離れた以外は実施例2と同様にして排出ガス処理を実施した。なお、実施例4における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表1に示す。

[0084] <実施例5>

処理する排出ガス量の合計を実施例2と同一とし、出口側の供給孔に供給する発熱量が77kcal/Nm<sup>3</sup>の低発熱量排出ガスから一部抜き出し、燃焼を補助する気体として供給した以外は実施例2と同様にして排出ガス処理を実施した。なお、実施例5における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表1に示す。

[0085] <実施例6>

加熱外気と通常外気との混合後の温度を165℃に調整した以外は実施例1と同様にして排出ガス燃焼処理を実施した。実施例6における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量及び、焼成設備内の温度とその標準偏差を表2に示す。

[0086] <実施例7>

排出ガス燃焼装置入口側の供給孔に供給する排出ガスの発熱量を332kcal/Nm<sup>3</sup>にした以外は実施例6と同様にして排出ガス燃焼処理を実施した。実施例7における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量及び、焼成設備内の温度とその標準偏差を表2に示す。

[0087] <実施例8>

加熱外気と通常外気との風量を固定し、混合後の温度を調整せず焼成設備に供給した以外は実施例6と同様にして排出ガス燃焼処理を実施した。実施例8における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量及び、焼成設備内の温度とその標準偏差を表2に示す。

[0088] <実施例9>

加熱外気と通常外気との風量を固定し、混合後の温度を調整せず焼成設備に供給した以外は実施例7と同様にして排出ガス燃焼処理を実施した。実施例9における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量及び、焼成設備内の温度とその標準偏差を表2に示す。

[0089] <実施例10>

フィラメント数24000、単糸織度1.1dtexのPAN系前駆体繊維に、先述の耐熱残存率rが45%であるシリコン系油剤を0.5%付与したものをを用いて、クリールから解舒し、耐炎化、1次炭素化、2次炭素化を行い巻き取った。

[0090] ここで、燃焼を補助する気体として空気を使用し、排出ガス燃焼装置の端面、即ち端面からの距離が0cmの位置に備え付けられた入口側の供給孔に発熱量が478kcal/Nm<sup>3</sup>の高発熱量排出ガスを、入口側の排出ガス供給孔から200cm離れた出口側の供給孔に発熱量が83kcal/Nm<sup>3</sup>の低発熱量排出ガスを供給した。実施例10における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表3に示す。

[0091] <実施例11>

排出ガス燃焼装置入口側の供給孔に供給する排出ガスの発熱量を332kcal/Nm<sup>3</sup>にした以外は実施例10と同様にして排出ガス処理を実施した。実施例11における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表3に示す。

[0092] <比較例1>

排出ガス燃焼装置に供給するガスを入口側と出口側とで入れ替えた以外は実施例2と同様にして排出ガス処理を実施した。なお、比較例1における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表1に示す。

[0093] <比較例2>

排出ガス燃焼装置を2段に区分せず、発熱量が77kcal/Nm<sup>3</sup>の低発熱量排出ガスと発熱量が332kcal/Nm<sup>3</sup>の高発熱量排出ガスを火炎根元に設けた供給孔から供給し排出ガス燃焼処理を実施した。なお、比較例2における排出ガス燃焼装置でのLNG使用量を表1に示す。

[0094] <比較例 3>

排出ガス燃焼装置に供給するガスを入口側と出口側とで入れ替えた以外は実施例 1 1 と同様にして排出ガス処理を実施した。なお、比較例 1 における排出ガス燃焼装置での LNG 使用量を表 3 に示す。

[0095] <比較例 4>

排出ガス燃焼装置を 2 段に区分せず、発熱量が 83 kcal/Nm<sup>3</sup> の低発熱量排出ガスと発熱量が 332 kcal/Nm<sup>3</sup> の高発熱量排出ガスを火炎根元に設けた供給孔から供給し排出ガス燃焼処理を実施した。なお、比較例 4 における排出ガス燃焼装置での LNG 使用量を表 3 に示す。

[0096] <評価>

全ての例において 2 日間の連続運転を行った。実施例 1 ~ 5、10 および 11 では燃料消費量を大幅に削減できた。

[0097] 次に実施例 6 および 7 は燃料消費量の削減率、混合外気の温度ともに安定しており、炭素繊維物性も良好であった。一方、実施例 8 および 9 では、混合外気の温度がやや安定しにくくなり、炭素繊維物性の変動が若干見られたが、燃料消費量を大幅に削減できた。

[0098] [表 1]

【表 1】

	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	比較例 1	比較例 2
入口側の供給位置	0 cm		100 cm	0 cm	0 cm	0 cm	0 cm
出口側の供給位置	入口側供給位置から 200 cm		入口側供給 位置から 75 cm	入口側供給 位置から 300 cm	入口側供給 位置から 200 cm	入口側供給 位置から 200 cm	入口側供給 位置と同じ
燃焼を補助する気体	空気	空気	空気	空気	出口側へ供給する排出 ガス	空気	空気
入口側へ供給する 排出ガスの発熱量 [kcal/Nm <sup>3</sup> ]	478	332	332	332	332	77	77, 332
出口側へ供給する 排出ガスの発熱量 [kcal/Nm <sup>3</sup> ]	77	77	77	77	77	332	
LNG 消費量 [Nm <sup>3</sup> /h]	82	97	109	115	82	132	147
LNG 削減率 注)	38%	26%	17%	13%	38%	—	-12%

注:LNG 削減率は、比較例 1 の LNG 消費量に対する LNG 削減量の割合で表した。

[0099] [表2]

【表2】

	実施例 6	実施例 7	実施例 8	実施例 9
入口側の供給位置	0 cm			
出口側の供給位置	入口側供給位置から 200 cm			
燃焼を補助する気体	空気			
入口側へ供給する排出ガスの発熱量 [kcal/Nm <sup>3</sup> ]	478	332	478	332
出口側へ供給する排出ガスの発熱量 [kcal/Nm <sup>3</sup> ]	77	77	77	77
LNG 消費量 [Nm <sup>3</sup> /h]	82	97	82	97
LNG 削減率 注 <sup>1)</sup>	38%	26%	38%	26%
混合外気の制御	あり		なし	
混合外気平均温度 [°C]	165	165	163	162
温度標準偏差 [°C]	0.2	0.2	5.5	5.1

注:LNG 削減率は、比較例1の LNG 消費量に対する LNG 削減量の割合で表した。

[0100] [表3]

【表3】

	実施例 10	実施例 11	比較例 3	比較例 4
入口側の供給位置	0 cm		0 cm	0 cm
出口側の供給位置	入口側供給位置から 200 cm		入口側供給位置から 200 cm	入口側供給位置と同じ
燃焼を補助する気体	空気	空気	空気	空気
入口側へ供給する排出ガスの発熱量 [kcal/Nm <sup>3</sup> ]	478	332	332	332
出口側へ供給する排出ガスの発熱量 [kcal/Nm <sup>3</sup> ]	83	83	83	83
LNG 消費量 [Nm <sup>3</sup> /h]	74	90	124	140
LNG 削減率 注 <sup>1)</sup>	44%	32%	6%	-6%

注:LNG 削減率は、比較例 1 の LNG 消費量に対する LNG 削減量の割合で表した。

### 産業上の利用可能性

[0101] 本発明は、経済的に炭素繊維を製造する方法を提供するものであり、前駆体繊維として PAN 系繊維を用いる炭素繊維の製造方法において幅広く利用

することができる。

## 符号の説明

- [0102] 1 : 排出ガス燃焼装置入口側  
2 : 排出ガス燃焼装置出口側  
3 : 燃料供給路  
4 : 熱交換器  
5 : 処理ガス流路  
6 : 炭素繊維製造工程  
7 : 高発熱排出ガス供給路  
8 : 低発熱排出ガス供給路  
9 : 燃焼を補助する排出ガス供給路  
10 : 燃焼用外気送風機  
11 : 燃焼を補助する気体流路  
12 : 加熱外気給気路  
13 : 通常外気給気路  
14 : 混合外気給気路  
15 : 熱交換器へ接続する通常外気給気路  
16 : 送風機  
17 : 誘引ブロワ  
18 : 温度検出手段  
19 : 風量検出手段  
20 : 風量調整手段  
21 : 流路切り替え弁

## 請求の範囲

[請求項1]           少なくとも熱風を循環させて前駆体繊維を耐炎化処理して耐炎化繊維を得る耐炎化工程と、

耐炎化繊維を炭素化処理して炭素繊維を得る炭素化工程と、

炭素繊維にサイジング剤を付与するサイジング剤付与工程と、

サイジング剤付与工程の後、乾燥する乾燥工程とを有する炭素繊維製造工程と、

少なくとも耐炎化工程、炭素化工程および乾燥工程からの排出ガスを排出ガス燃焼装置により燃焼処理する排出ガス処理工程とを有する炭素繊維の製造方法であって、

前記排出ガス処理工程が、排出ガス燃焼装置から排出される処理後排出ガスと通常外気とを熱交換して加熱外気とする熱交換工程と、加熱外気と通常外気とを混合して混合外気とする外気混合工程と、混合外気を炭素繊維製造工程の内、加熱気体を使用する工程の少なくとも一つへ給気する混合外気給気工程からなり、

排出ガスのうち、発熱量が $250 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 以上の高発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置入口側に、発熱量が $150 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 未満の低発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置出口側にそれぞれ供給する炭素繊維の製造方法。

[請求項2]           少なくとも熱風を循環させて前駆体繊維を耐炎化処理して耐炎化繊維を得る耐炎化工程と、

耐炎化繊維を炭素化処理して炭素繊維を得る炭素化工程とを有する炭素繊維製造工程と、

少なくとも耐炎化工程、炭素化工程からの排出ガスを排出ガス燃焼装置により燃焼処理する排出ガス処理工程とを有する炭素繊維の製造方法であって、

前記排出ガス処理工程が、排出ガス燃焼装置から排出される処理後排出ガスと通常外気とを熱交換して加熱外気とする熱交換工程と、加

熱外気と通常外気とを混合して混合外気とする外気混合工程と、混合外気を炭素繊維製造工程の内、加熱気体を使用する工程の少なくとも一つへ給気する混合外気給気工程からなり、

排出ガスのうち、発熱量が $250 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 以上の高発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置入口側に、発熱量が $150 \text{ kcal} / \text{Nm}^3$ 未満の低発熱量排出ガスを排出ガス燃焼装置出口側にそれぞれ供給する炭素繊維の製造方法。

[請求項3] 加熱外気と常温の空気との風量調整により混合外気の温度と風量を調整する請求項1または2に記載の炭素繊維の製造方法。

[請求項4] 排出ガス燃焼装置の入口側の供給孔に高発熱量排出ガスを供給し、最も入口側の高発熱量排出ガス供給孔から $150 \text{ cm}$ 以上離れた出口側の供給孔に低発熱量排出ガスを供給する請求項1～3のいずれかに記載の炭素繊維の製造方法。



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2018/009001

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> Int.Cl. D01F9/32 (2006.01) i  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC										
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) Int.Cl. D01F9/08-D01F9/37, F23G7/06  Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:70%;">Published examined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align:right;">1922-1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td style="text-align:right;">1971-2018</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td style="text-align:right;">1996-2018</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td style="text-align:right;">1994-2018</td> </tr> </table> Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)			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
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									
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>										
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.								
Y A  Y A	JP 2006-308275 A (TORAY INDUSTRIES, INC.) 09 November 2006, paragraph [0043], fig. 1a-1c (Family: none)  WO 2016/117167 A1 (TAIYO NIPPON SANSO CORPORATION) 28 July 2016, claims, paragraphs [0029]-[0093], drawing & US 2017/0370580 A1, claims, paragraphs [0039]-[0113], figures & JP 2016-133286 A & EP 3249295 A1 & CN 107110500 A & KR 10-2017-0093904 A & TW 201627607 A	2-4 1  2-4 1								
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.										
<table style="width:100%; border:none;"> <tr> <td style="width:50%; vertical-align:top;">                     * 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                 </td> <td style="width:50%; vertical-align:top;">                     "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                      "&amp;" document member of the same patent family                 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 04 June 2018 (04.06.2018)		Date of mailing of the international search report 12 June 2018 (12.06.2018)								
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/JP2018/009001

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2009-174078 A (MITSUBISHI RAYON CO., LTD.) 06 August 2009, claims, paragraphs [0021]-[0024], [0035]-[0039], drawings (Family: none)	2-4 1
A	JP 59-142826 A (TORAY INDUSTRIES, INC.) 16 August 1984, page 2, upper left column, line 3 to upper right column, line 15 (Family: none)	1-4
A	JP 2012-246598 A (MITSUBISHI RAYON CO., LTD.) 13 December 2012, entire text (Family: none)	1-4
A	JP 2013-032608 A (TORAY INDUSTRIES, INC.) 14 February 2013, entire text (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. D01F9/32(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. D01F9/08-D01F9/37, F23G7/06

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 A	JP 2006-308275 A (東レ株式会社) 2006. 11. 09, [0043]、[図1a] - [図1c] (ファミリーなし)	2-4 1
Y A	WO 2016/117167 A1 (大陽日酸株式会社) 2016. 07. 28, [請求の範囲]、[0029] - [0093]、[図面] & US 2017/0370580 A1, Claims, [0039]-[0113], Figures & JP 2016-133286 A & EP 3249295 A1 & CN 107110500 A & KR 10-2017-0093904 A & TW 201627607 A	2-4 1

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

04.06.2018

国際調査報告の発送日

12.06.2018

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)

岩本 昌大

4S

3636

電話番号 03-3581-1101 内線 3474

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 A	JP 2009-174078 A (三菱レイヨン株式会社) 2009. 08. 06, [特許請求の範囲]、[0021] - [0024]、 [0035] - [0039]、[図面] (ファミリーなし)	2-4 1
A	JP 59-142826 A (東レ株式会社) 1984. 08. 16, 第2頁左上欄第3行-右上欄第15行 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2012-246598 A (三菱レイヨン株式会社) 2012. 12. 13, 文献全体 (ファミリーなし)	1-4
A	JP 2013-032608 A (東レ株式会社) 2013. 02. 14, 文献全体 (ファミリーなし)	1-4