



EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,  
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, 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,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, 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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

---

(57) 要約: 水素製造装置 100 は、燃料供給部 190 によって供給される燃料を燃焼させて、触媒粒子 C A T を加熱する加熱炉 110 と、加熱炉 110 の下流側に接続され、触媒粒子 C A T と、燃焼排ガス E X とを分離するサイクロン 120 と、サイクロン 120 によって分離された触媒粒子 C A T を収容する収容槽 132 と、収容槽 132 の下部から、少なくとも炭化水素を含む原料ガスを導入する原料ガス導入部 140 と、を有する熱分解炉 130 と、を備える。

## 明 細 書

**発明の名称：水素製造装置**

### 技術分野

[0001] 本開示は、水素製造装置に関する。本出願は2020年3月19日に提出された日本特許出願第2020-049291号に基づく優先権の利益を主張するものであり、その内容は本出願に援用される。

### 背景技術

[0002] 水素を製造する技術として、メタン等の炭化水素を水蒸気改質する技術が知られている。しかし、水蒸気改質は、水素の製造過程で二酸化炭素が生じてしまう。そこで、炭化水素を熱分解して、炭素を固体として生成することで、二酸化炭素を排出しない水素を製造することが考えられる。

[0003] 炭化水素を熱分解する技術として、反応炉と、原料ガス供給源と、加熱部とを備える装置が開示されている（例えば、特許文献1）、反応炉は、触媒を収容する。原料ガス供給源は、反応炉に炭化水素を供給する。加熱部は、反応炉の周囲に設けられ、反応炉内を加熱する。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5862559号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 炭化水素の熱分解反応は、触媒を用いることによって800℃以上で効率よく進行する。しかし、炭化水素の熱分解反応は吸熱反応であるため、外部から熱を供給する必要がある。このため、上記特許文献1のような、反応炉を外部から加熱する技術において、反応炉の内部を800℃以上にするためには、反応炉の炉壁を1000℃以上に加熱する必要がある。そうすると、1000℃以上の耐熱性を有する材料で反応炉を構成しなければならず、反応炉に要するコストが高くなってしまいう課題がある。

[0006] そこで、本開示は、このような課題に鑑み、炭化水素を低コストで熱分解させることが可能な水素製造装置を提供することを目的としている。

### 課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本開示の一態様に係る水素製造装置は、燃料供給部によって供給される燃料を燃焼させて、触媒粒子を加熱する加熱炉と、加熱炉の下流側に接続され、触媒粒子と、燃焼排ガスとを分離するサイクロンと、サイクロンによって分離された触媒粒子を収容する収容槽と、収容槽の下部から、少なくとも炭化水素を含む原料ガスを導入する原料ガス導入部と、を有する熱分解炉と、を備える。

[0008] また、収容槽から送出された混合ガスから水素を分離する水素分離部を備え、燃料供給部は、水素分離部によって分離された水素を燃料として加熱炉に供給してもよい。

[0009] また、収容槽から送出された混合ガスから水素を分離する水素分離部を備え、燃料供給部は、水素分離部によって水素が分離された後の混合ガスを燃料として加熱炉に供給してもよい。

[0010] また、収容槽から送出された混合ガスから固体炭素を除去する炭素回収部を備え、燃料供給部は、固体炭素が除去された混合ガスを燃料として加熱炉に供給してもよい。

[0011] また、収容槽は、サイクロンによって分離された触媒粒子が導かれる粒子導入口と、収容槽において生成された混合ガスが送出される第1送出口と、粒子導入口と第1送出口との間に設けられ、収容槽において生成された混合ガスが送出される第2送出口と、を有し、燃料供給部は、第2送出口を通じて、収容槽から送出された混合ガスを燃料として加熱炉に供給してもよい。

[0012] また、収容槽内に設けられ、第1送出口が設けられる第1室と、第2送出口が設けられる第2室とに収容槽内を区画する仕切板を備えてもよい。

[0013] また、サイクロンによって分離された燃焼排ガスと、酸化剤とを熱交換する第1熱交換部と、第1熱交換部によって熱交換された酸化剤を加熱炉に供給する酸化剤供給部と、を備えてもよい。

[0014] また、収容槽から送出された混合ガスと、原料ガスとを熱交換する第2熱交換部を備え、原料ガス導入部は、第2熱交換部によって熱交換された原料ガスを収容槽に導入してもよい。

### 発明の効果

[0015] 本開示によれば、炭化水素を低コストで熱分解させることが可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0016] [図1]図1は、第1の実施形態に係る水素製造装置を説明する図である。

[図2]図2は、第1の実施形態に係る精製装置を説明する図である。

[図3]図3は、第1の変形例に係る燃料供給部を説明する図である。

[図4]図4は、第2の変形例に係る燃料供給部を説明する図である。

[図5]図5は、第3の変形例に係る加熱炉、サイクロン、熱分解炉を説明する図である。

[図6]図6は、第2の実施形態に係る水素製造装置を説明する図である。

[図7]図7は、第2の実施形態に係る精製装置を説明する図である。

[図8]図8は、触媒粒子に原料ガスであるメタンを通気した反応時間と、収容槽におけるガスの生成量との関係を説明する図である。

### 発明を実施するための形態

[0017] 以下に添付図面を参照しながら、本開示の実施形態について詳細に説明する。実施形態に示す寸法、材料、その他具体的な数値等は、理解を容易とするための例示にすぎず、特に断る場合を除き、本開示を限定するものではない。なお、本明細書および図面において、実質的に同一の機能、構成を有する要素については、同一の符号を付することにより重複説明を省略する。また本開示に直接関係のない要素は図示を省略する。

[0018] [第1の実施形態：水素製造装置100]

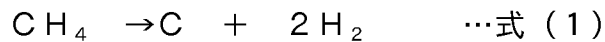
図1は、第1の実施形態に係る水素製造装置100を説明する図である。

図1に示すように、水素製造装置100は、加熱炉110と、第1配管112と、第2配管114と、サイクロン120と、連通管122と、熱分解炉130と、第1送出管134と、精製装置150と、除塵装置160と、第

3配管162と、酸化剤供給部170と、第1熱交換部180と、燃料供給部190とを含む。なお、図1中、実線の矢印は、ガスの流れを示す。図1中、破線の矢印は、触媒粒子CATの流れを示す。

[0019] 加熱炉110は、筒形状である。第1配管112は、加熱炉110の下部と、後述する熱分解炉130（収容槽132の側面）とを接続する。なお、第1配管112には、不図示のループシールが設けられている。加熱炉110には、第1配管112、ループシールを通じて、熱分解炉130から触媒粒子CATが導入される。

[0020] 触媒粒子CATは、下記式（1）で示す熱分解反応を促進する触媒である。



触媒粒子CATは、例えば、鉄系の触媒（鉄、鉄鉱石）である。触媒粒子CATの粒径は、例えば、50μm以上1000μm以下であり、好ましくは、100μm以上300μm以下である。

[0021] 加熱炉110は、後述する燃料供給部190によって供給される燃料FGを空気で燃焼させて、触媒粒子CATを900℃程度に加熱する。第2配管114は、加熱炉110の上部と、後述するサイクロン120とを接続する。加熱炉110において加熱された触媒粒子CATおよび燃焼排ガスEXは、第2配管114を通じて、サイクロン120に送出される。

[0022] サイクロン120は、熱分解炉130の上方に設けられる。サイクロン120は、第2配管114を介して、加熱炉110の下流側に接続される。サイクロン120は、第2配管114を通じて加熱炉110から導入された、触媒粒子CATと燃焼排ガスEXとの混合物を固気分離する。

[0023] 連通管122は、サイクロン120の底部と熱分解炉130（収容槽132）とを接続する。また、連通管122には、不図示のループシールが設けられている。サイクロン120で分離された高温の触媒粒子CATは、連通管122、ループシールを通過して、熱分解炉130に導入される。

[0024] 熱分解炉130は、例えば、気泡流動層（バブリング流動層）炉である。

熱分解炉 130 は、サイクロン 120 から導入された高温の触媒粒子 CAT を、原料ガス GG によって流動化する。原料ガス GG は、少なくとも炭化水素（例えば、メタン）を含む。原料ガス GG は、例えば、液化天然ガス（LNG）である。以下、炭化水素としてメタンを例に挙げる。

[0025] 具体的に説明すると、熱分解炉 130 は、収容槽 132 と、原料ガス導入部 140 とを含む。収容槽 132 は、サイクロン 120 によって分離された、高温の触媒粒子 CAT を収容する容器である。収容槽 132 の上面には、粒子導入口 132 a と、第 1 送出口 132 b が設けられる。第 1 送出口 132 b は、粒子導入口 132 a よりも触媒粒子 CAT の流れ方向の下流側に設けられる。

[0026] 粒子導入口 132 a には、連通管 122 が接続される。第 1 送出口 132 b には、第 1 送出管 134 が接続される。また、収容槽 132 の側面には、粒子排出口 132 c が設けられる。粒子排出口 132 c には、第 1 配管 112 が接続される。収容槽 132 の底面は、通気可能な分散板 142 a で構成される。

[0027] 原料ガス導入部 140 は、収容槽 132 の下部から原料ガス GG を導入する。本実施形態において、原料ガス導入部 140 は、風箱 142 と、ブロワ 144 とを含む。風箱 142 は、収容槽 132 の下方に設けられる。風箱 142 の上部は、分散板 142 a で構成されている。換言すれば、分散板 142 a は、収容槽 132 と風箱 142 とを区画する。ブロワ 144 は、風箱 142 に原料ガス GG を供給する。ブロワ 144 は、吸入側が原料供給管 146 を通じて、原料ガス GG の供給源に接続される。ブロワ 144 は、吐出側が原料送出管 148 を通じて、風箱 142 に接続される。ブロワ 144 によって風箱 142 に供給された原料ガス GG は、収容槽 132 の底面（分散板 142 a）から当該収容槽 132 内に導入される。

[0028] したがって、粒子導入口 132 a を通じてサイクロン 120 から導入された高温の触媒粒子 CAT は、原料ガス GG によって流動化し、収容槽 132 内において流動層 R（気泡流動層）が形成される。また、熱分解炉 130 は

、流動層 R（触媒粒子 C A T）が有する熱で、原料ガス G G を熱分解する。つまり、収容槽 1 3 2 内において、上記式（1）に示す熱分解反応が進行する。

[0029] こうして、熱分解炉 1 3 0 において、水素（ $H_2$ ）、未反応のメタン（ $CH_4$ ）、一酸化炭素（CO）、二酸化炭素（ $CO_2$ ）、および、固体炭素（SC）を含む混合ガス MG が生成される。熱分解炉 1 3 0 で生成された混合ガス MG は、第 1 送出口 1 3 2 b、第 1 送出管 1 3 4 を通じて、精製装置 1 5 0 に導入される。精製装置 1 5 0 は、混合ガス MG から水素を分離する。精製装置 1 5 0 については、後に詳述する。

[0030] 一方、上記したように、熱分解炉 1 3 0 において流動化された触媒粒子 C A T は、粒子排出口 1 3 2 c、第 1 配管 1 1 2 を通じて加熱炉 1 1 0 に戻される。

[0031] このように、本実施形態に係る水素製造装置 1 0 0 において、触媒粒子 C A T は、加熱炉 1 1 0、第 2 配管 1 1 4、サイクロン 1 2 0、連通管 1 2 2、熱分解炉 1 3 0（収容槽 1 3 2）、第 1 配管 1 1 2 を、この順に移動し、再度加熱炉 1 1 0 に導入されることにより、これらを循環することとなる。

[0032] 除塵装置 1 6 0 は、第 3 配管 1 6 2 を通じてサイクロン 1 2 0 の上部に接続される。除塵装置 1 6 0 は、燃焼排ガス E X を除塵する。除塵装置 1 6 0 は、例えば、バグフィルタである。除塵装置 1 6 0 によって除塵された燃焼排ガス E X は、大気に放散される。

[0033] 酸化剤供給部 1 7 0 は、加熱炉 1 1 0 に空気を供給する。酸化剤供給部 1 7 0 は、ブロワ 1 7 2 と、酸化剤供給管 1 7 4 とを含む。ブロワ 1 7 2 は、吸入側が大気開放される。ブロワ 1 7 2 は、吐出側が酸化剤供給管 1 7 4 に接続される。酸化剤供給管 1 7 4 は、ブロワ 1 7 2 と加熱炉 1 1 0 の底部とを接続する。

[0034] 第 1 熱交換部 1 8 0 は、サイクロン 1 2 0 によって分離された燃焼排ガス E X（第 3 配管 1 6 2 を通過する燃焼排ガス E X）と、酸化剤供給管 1 7 4 を通過する空気とを熱交換する。これにより、燃焼排ガス E X から熱が奪わ

れ（冷却され）、空気が加熱される。こうして、冷却された燃焼排ガスEXは、除塵装置160に導かれる。また、加熱された空気は、酸化剤供給部170によって加熱炉110に導かれる。

[0035] 燃料供給部190は、加熱炉110に燃料FGを供給する。燃料供給部190については、後に詳述する。

[0036] [精製装置150]

図2は、第1の実施形態に係る精製装置150を説明する図である。図2に示すように、精製装置150は、サイクロン210と、第4配管212と、炭素回収部220と、第5配管222と、コンプレッサ230と、第6配管232と、水素分離部240と、第7配管242と、第8配管244と、第2熱交換部250とを含む。

[0037] サイクロン210は、第1送出管134を介して、収容槽132の第1送出口132bに接続される。サイクロン210は、第1送出管134を通じて収容槽132から送出された混合ガスMGを固気分離する。サイクロン210で分離された固形物（触媒粒子CATおよび固体炭素SC）は、ナノ炭素材料として利用されたり、アスファルト、コンクリート等の構造材料に混合されたりする。

[0038] 第4配管212は、サイクロン210の上部と炭素回収部220とを接続する。サイクロン210によって固形物が分離された後の混合ガスMGは、第4配管212を通じて、炭素回収部220に導かれる。

[0039] 炭素回収部220は、混合ガスMGから固体炭素SCを除去する。炭素回収部220は、例えば、バグフィルタ、または、サイクロンである。炭素回収部220によって除去された固体炭素SCは、後段の固体炭素利用設備に搬送される。

[0040] 第5配管222は、炭素回収部220とコンプレッサ230の吸入側とを接続する。コンプレッサ230は、炭素回収部220によって固体炭素SCが除去された混合ガスMGを昇圧して水素分離部240に送出する。コンプレッサ230は、燃料供給部190としても機能する。第6配管232は、

コンプレッサ 230 の吐出側と水素分離部 240 とを接続する。

[0041] 水素分離部 240 は、混合ガス MG から水素を分離する。水素分離部 240 は、例えば、圧カスイング吸着（PSA：Pressure Swing Adsorption）を利用した装置、または、深冷分離装置である。

[0042] 第 7 配管 242 は、水素分離部 240 と、後段の水素利用設備とを接続する。水素分離部 240 によって分離された水素（例えば、純度 99% 以上）は、水素利用設備に送出される。

[0043] 第 8 配管 244 は、水素分離部 240 と、原料供給管 146 とを接続する。水素分離部 240 によって水素が分離された後の混合ガス MG は、原料ガスの供給源から導かれる原料ガス GG に混合され、収容槽 132 に供給される。つまり、水素分離部 240 によって水素が分離された後の混合ガス MG は、原料ガス GG として、収容槽 132 に導かれる。水素分離部 240 によって水素が分離された後の混合ガス MG は、未反応のメタンおよび水素を少なくとも含む。

[0044] 燃料供給部 190 は、コンプレッサ 230 と、燃料供給管 192 とを含む。燃料供給管 192 は、第 7 配管 242 と加熱炉 110（図 1 参照）とを接続する。したがって、本実施形態において、燃料供給部 190 は、水素分離部 240 によって分離された水素を燃料 FG として加熱炉 110 に供給する。

[0045] 第 2 熱交換部 250 は、サイクロン 210 によって固気分離された混合ガス MG と、原料ガス GG とを熱交換する。本実施形態において、第 2 熱交換部 250 は、第 4 配管 212 を通過する混合ガス MG と、原料送出管 148 を通過する原料ガス GG とを熱交換する。これにより、混合ガス MG から熱が奪われ（冷却され）、原料ガス GG が加熱される。こうして、冷却された混合ガス MG は、炭素回収部 220 に導かれる。また、加熱された原料ガス GG は、原料ガス導入部 140 によって、熱分解炉 130（収容槽 132）に導かれる。

[0046] 以上説明したように、本実施形態に係る水素製造装置 100 は、加熱炉 1

10と、熱分解炉130とを備える。このため、水素製造装置100は、加熱炉110によって加熱された触媒粒子CATの熱でメタン（炭化水素）を熱分解することができる。

[0047] また、水素製造装置100では、加熱された触媒粒子CATが熱分解炉130（收容槽132内）に導入される。このため、收容槽132の内部は、触媒粒子CATによって実質的に均一に加熱される。したがって、水素製造装置100は、熱分解炉130を外部から加熱する必要がない。これにより、水素製造装置100は、1000℃以上の耐熱性を有する材質で熱分解炉130の炉壁を構成する必要がなくなり、熱分解炉130の製造コストを低減することができる。したがって、水素製造装置100は、メタン（炭化水素）を低コストで熱分解させることが可能となる。換言すれば、水素製造装置100は、低コストで水素を製造することができる。

[0048] また、熱分解炉内を外部から加熱する従来技術は、熱分解炉の内部温度を均一にすることが難しく、熱分解炉の大型化が困難である。これに対し、水素製造装置100は、熱分解炉内を外部から加熱する従来技術と比較して、收容槽132内の温度を均一化することができる。これにより、水素製造装置100は、收容槽132内において、触媒粒子CATの温度が局所的に低下してしまう事態を回避することが可能となる。したがって、水素製造装置100は、効率よくメタン（炭化水素）を熱分解することができる。また、水素製造装置100は、收容槽132の内部の温度を均一化できるため、收容槽132を大型化することも可能である。これにより、水素製造装置100は、大量の水素を安価に製造することができる。

[0049] また、上記したように、原料ガス導入部140は、收容槽132内に触媒粒子CATの流動層Rを形成する。これにより、熱分解炉130は、收容槽132内において触媒粒子CAT同士を摺動させることができる。したがって、熱分解炉130は、触媒粒子CATの表面に成長した固体炭素SCを脱着させることが可能となる。このため、水素製造装置100は、触媒粒子CATから固体炭素SCを分離するため専用の装置（例えば、化学洗浄装置）

を省略することができる。

[0050] また、上記したように、水素製造装置１００は、水素分離部２４０および燃料供給部１９０を備える。これにより、水素製造装置１００は、水素を燃料ＦＧとして燃焼させて、触媒粒子ＣＡＴを加熱することができる。したがって、水素製造装置１００は、触媒粒子ＣＡＴの加熱において二酸化炭素の発生を防止することが可能となる。このため、水素製造装置１００は、二酸化炭素フリーの水素を製造することができる。

[0051] また、上記したように、水素製造装置１００は、第１熱交換部１８０を備え、酸化剤供給部１７０は、第１熱交換部１８０によって加熱された空気を加熱炉１１０に供給する。つまり、水素製造装置１００は、加熱炉１１０に供給する空気を予熱することができる。このため、水素製造装置１００は、触媒粒子ＣＡＴを所望の温度（例えば、９００℃）に加熱するために必要な燃料ＦＧの量を削減することが可能となる。したがって、水素製造装置１００は、低コストで触媒粒子ＣＡＴを加熱することができる。また、第１熱交換部１８０は、除塵装置１６０に供給する前の燃焼排ガスＥＸを冷却することが可能となる。したがって、水素製造装置１００は、除塵装置１６０の破損を防止することができる。

[0052] また、上記したように、水素製造装置１００は、第２熱交換部２５０を備え、原料ガス導入部１４０は、第２熱交換部２５０によって加熱された原料ガスＧＧを熱分解炉１３０（収容槽１３２）に導入する。つまり、水素製造装置１００は、熱分解炉１３０に供給する原料ガスＧＧを予熱することができる。このため、水素製造装置１００は、熱分解炉１３０の温度の低下を抑制することができる。したがって、水素製造装置１００は、加熱炉１１０における触媒粒子ＣＡＴの加熱量（燃料ＦＧの量）を低減することが可能となる。また、水素製造装置１００は、熱分解炉１３０内の温度の不均一化を抑制することができる。したがって、水素製造装置１００は、効率よくメタン（炭化水素）を熱分解することが可能となる。また、第２熱交換部２５０は、炭素回収部２２０に供給する前の混合ガスＭＧを冷却することが可能とな

る。したがって、水素製造装置１００は、炭素回収部２２０の破損を防止することができる。

[0053] [第１の変形例]

上記第１の実施形態では、燃料供給部１９０が、水素分離部２４０によって分離された水素を燃料ＦＧとして、加熱炉１１０に供給する構成を例に挙げた。しかし、燃料供給部は、他のガスを燃料ＦＧとして、加熱炉１１０に供給してもよい。

[0054] 図３は、第１の変形例に係る燃料供給部３１０を説明する図である。図３に示すように、第１の変形例に係る燃料供給部３１０は、コンプレッサ２３０と、燃料供給管３１２とを含む。燃料供給管３１２は、原料送出管１４８と、加熱炉１１０（図１参照）とを接続する。したがって、第１の変形例において、燃料供給部３１０は、水素分離部２４０によって水素が取り除かれた後の混合ガスＭＧを燃料ＦＧとして加熱炉１１０に供給する。水素分離部２４０によって水素が取り除かれた後の混合ガスＭＧには、未反応のメタン、および、水素が含まれる。

[0055] 燃料供給部３１０は、第１の実施形態とは異なり、水素に代えて、混合ガスＭＧを加熱炉１１０に供給する。つまり、燃料供給部３１０は、第１の実施形態とは異なり、水素分離部２４０によって製造される水素を加熱炉１１０の燃焼に用いない。したがって、燃料供給部３１０は、第１の実施形態と比較して、単位原料ガスＧＧ量あたりの水素の製造量を増加させることができる。したがって、燃料供給部３１０を備える水素製造装置１００は、低コストで水素を製造することが可能となる。

[0056] [第２の変形例]

上記第１の実施形態および第１の変形例では、燃料供給部１９０、３１０が、水素分離部２４０によって分離された、水素または混合ガスＭＧを燃料ＦＧとして、加熱炉１１０に供給する構成を例に挙げた。しかし、燃料供給部は、他のガスを燃料ＦＧとして、加熱炉１１０に供給してもよい。

[0057] 図４は、第２の変形例に係る燃料供給部３２０を説明する図である。図４

に示すように、第2の変形例に係る燃料供給部320は、コンプレッサ230と、燃料供給管322とを含む。燃料供給管322は、第6配管232と、加熱炉110（図1参照）とを接続する。したがって、第2の変形例において、燃料供給部320は、炭素回収部220によって固体炭素が除去された混合ガスMGを燃料として加熱炉110に供給する。炭素回収部220によって固体炭素が除去された混合ガスMGには、未反応のメタン、および、水素が含まれる。

[0058] これにより、燃料供給部320は、水素分離部240に導かれる混合ガスMGの量を第1の実施形態よりも低減することができる。これにより、水素分離部240の水素分離動力を低減させることが可能となる。また、水素分離部240に導かれる混合ガスMGの主成分は、水素である。このため、燃料供給部320が混合ガスMGを燃料FGとして用いることにより、炭化水素を燃料FGとして用いるよりも、二酸化炭素の発生量を低減することが可能となる。

[0059] [第3の変形例]

上記第1の実施形態では、第1配管112および連通管122にループシールが設けられる構成を例に挙げた。しかし、ループシールを省略することもできる。

[0060] 図5は、第3の変形例に係る加熱炉110、サイクロン120、熱分解炉130を説明する図である。図5中、破線は、触媒粒子CATの流動層Rの上面を示す。

[0061] 図5に示すように、第3の変形例において、連通管122は、収容槽132の上面を貫通し、収容槽132の内部まで延在する。連通管122の下部開口122aは、収容槽132に形成される流動層R内に位置する。

[0062] また、収容槽132の側面と、加熱炉110の側面とは、開口110aを通じて連通する。

[0063] 収容槽132内には、第1仕切板350と、第2仕切板352とが設けられる。第1仕切板350は、分散板142aから上端350aまで鉛直方向

に延在し（立設し）、両側面に亘って延在した板である。第1仕切板350の上端350a（先端）は、收容槽132の上面から離隔する。第3の変形例において、第1送出管134は、收容槽132の上面のうち、連通管122と第1仕切板350との間に接続される。

[0064] 第2仕切板352は、第1仕切板350と開口110aとの間に設けられる。第2仕切板352は、收容槽132の上面から下端352aまで鉛直方向に延在し、両側面に亘って延在した板である。第2仕切板352の下端352a（先端）は、分散板142aから離隔する。

[0065] 第1仕切板350の上端350aは、第2仕切板352の下端352aよりも上方に位置する。第2仕切板352の下端352aは、開口110aの下端110bよりも下方に位置する。開口110aの下端110bは、第1仕切板350の上端350aより下方に位置する。

[0066] また、第3の変形例の風箱142内には、第3仕切板142bが設けられる。第3仕切板142bは、風箱142内における第1仕切板350に対応する位置に設けられる。第3仕切板142bは、原料ガスGGが流通不可能、または、流通困難に風箱142内を区画する。なお、原料送出管148は、風箱142における連通管122と第1仕切板350との間、および、第1仕切板350と開口110aとの間に接続される。

[0067] このように、第3の変形例に係る連通管122は、收容槽132の上面を貫通し、收容槽132の内部まで延在する。これにより、第3の変形例は、第3配管162の燃焼排ガスEXが收容槽132に混入してしまう事態を回避することが可能となる。このため、第3の変形例の連通管122は、上記第1の実施形態とは異なり、ループシールを省略することができる。

[0068] また、第3の変形例に係る加熱炉110および熱分解炉130は、開口110a、第1仕切板350、第2仕切板352を備える。これにより、第3の変形例は、收容槽132の混合ガスMGが加熱炉110に混入してしまう事態を回避することが可能となる。このため、加熱炉110および熱分解炉130は、上記第1の実施形態とは異なり、第1配管112およびループシ

ールを省略することができる。

[0069] このように、第3の変形例は、ループシールおよびループシールに付随する機器を省略することができる。このため、第3の変形例は、水素製造装置100全体のコンパクト化を図ることができ、水素製造装置100を低コスト化することが可能となる。

[0070] [第2の実施形態：水素製造装置400]

図6は、第2の実施形態に係る水素製造装置400を説明する図である。

図7は、第2の実施形態に係る精製装置450を説明する図である。図6に示すように、水素製造装置400は、加熱炉110と、第1配管112と、第2配管114と、サイクロン120と、連通管122と、熱分解炉430と、第1送出管134と、第2送出管136と、精製装置450と、除塵装置160と、第3配管162と、酸化剤供給部170と、第1熱交換部180と、燃料供給部490とを含む。また、図7に示すように、精製装置450は、サイクロン210と、第4配管212と、炭素回収部220と、第5配管222と、コンプレッサ230と、第6配管232と、水素分離部240と、第7配管242と、第8配管244と、第2熱交換部250と、サイクロン460と、第2熱交換部470とを含む。

[0071] なお、図6および図7中、実線の矢印は、ガスの流れを示す。図6中、破線の矢印は、触媒粒子CATの流れを示す。また、上記水素製造装置100と実質的に等しい構成要素については、同一の符号を付して説明を省略する。

[0072] 熱分解炉430は、収容槽132と、仕切板434と、原料ガス導入部140とを含む。収容槽132の上面には、粒子導入口132aと、第1送出口132bと、第2送出口432aが設けられる。第2送出口432aは、粒子導入口132aと第1送出口132bとの間に設けられる。つまり、第2送出口432aは、粒子導入口132aよりも触媒粒子CATの流れ方向の下流側に設けられる。また、第2送出口432aは、第1送出口132bよりも触媒粒子CATの流れ方向の上流側に設けられる。第2送出口432

aには、第2送出管136が接続される。

[0073] 仕切板434は、收容槽132内に設けられる。仕切板434は、收容槽132の上面から下端まで鉛直方向に延在し、両側面に亘って延在した板である。仕切板434の下端（先端）は、分散板142a（底部）から離隔する。仕切板434は、第1送出口132bが設けられる第1室432Aと、粒子導入口132aおよび第2送出口432aが設けられる第2室432Bとに收容槽132内を区画する。

[0074] なお、水素製造装置100の運転中において、仕切板434の下端は、触媒粒子CATで形成される流動層R内に位置する。つまり、仕切板434は、收容槽132内に形成されるフリーボード領域を2つに区画する。

[0075] 図8は、触媒粒子CATに原料ガスGGであるメタンを通気した反応時間と、收容槽132におけるガスの生成量との関係を説明する図である。図8中、横軸は、メタン分解の反応時間の経過を示す。図8中、縦軸は、收容槽132におけるガスの生成量を示す。また、図8中、白い丸は、メタンを示す。図8中、白い四角は、水素を示す。図8中、黒い四角は、一酸化炭素を示す。図8中、黒い丸は、二酸化炭素を示す。

[0076] 図8に示すように、メタンは、触媒粒子CATの滞留時間が時間Taに到達するまでは、熱分解反応の進行に伴って減少する。また、メタンは、触媒粒子CATの滞留時間が時間Taを超えると、わずかに漸増する。一方、水素の生成量は、触媒粒子CATの滞留時間が時間Taに到達するまでは、メタンの熱分解反応の進行に伴って増加する。また、水素の生成量は、時間Taを超えると、わずかに漸減する。

[0077] 一酸化炭素の生成量は、触媒粒子CATの滞留時間が時間Taよりも短い時間Tbに到達するまでは増加し、時間Tbを超えると漸減する。また、一酸化炭素は、時間Taを超えると、生成量が約0になる。二酸化炭素の生成量は、触媒粒子CATの滞留時間が時間Tbに到達するまでにわずかに生成されるものの、時間Taを超えると、生成量が約0になる。つまり、図8に示すように、触媒粒子CATの滞留時間が時間Taに到達するまでに、一酸

化炭素および二酸化炭素が生成されることがわかる。

[0078] 加熱炉 110 において、燃料 FG を燃焼させる際に用いる空気に含まれる酸素によって、触媒粒子 CAT の少なくとも一部が酸化され、酸化された触媒粒子 CAT が熱分解炉 130 に導かれる。そうすると、熱分解炉 130 において酸化された触媒粒子 CAT がメタンによって還元され、一酸化炭素および二酸化炭素が生成されることになる。

[0079] 上記したように、触媒粒子 CAT は、粒子導入口 132a を通じて収容槽 132 内に導かれ、粒子排出口 132c を通じて収容槽 132 内から排出される。つまり、触媒粒子 CAT は、収容槽 132 内を図 6 中、右側から左側に移動する。そこで、仕切板 434 は、収容槽 132 内における、触媒粒子 CAT の滞留時間が時間 Ta 以上の所定の時間に相当する箇所に設置される。

[0080] これにより、仕切板 434 は、第 2 室 432B において、触媒粒子 CAT が還元されることにより生成される、一酸化炭素および二酸化炭素を含む混合ガス MGb の第 1 室 432A への移動を制限することができる。

[0081] また、第 2 室 432B において、還元された触媒粒子 CAT は、仕切板 434 の下方を通過し、第 1 室 432A に移動する。このため、熱分解炉 430 は、第 1 室 432A において、水素およびメタンを含む混合ガス MGa を生成することができる。

[0082] こうして、第 2 室 432B において生成された、メタン、水素、一酸化炭素、および、二酸化炭素を含む混合ガス MGb は、第 2 送出口 432a、第 2 送出管 136 を通じて、サイクロン 460 に送出される。一方、第 1 室 432A において生成された、メタンおよび水素を含む混合ガス MGa は、第 1 送出口 132b、第 1 送出管 134 を通じて、サイクロン 210 に送出される。

[0083] 図 7 に示すように、サイクロン 460 は、第 2 送出管 136 を介して、収容槽 132 の第 2 送出口 432a に接続される。サイクロン 460 は、第 2 送出管 136 を通じて収容槽 132 から送出された混合ガス MGb を固気分

離する。サイクロン４６０で分離された固形物（触媒粒子ＣＡＴおよび固体炭素ＳＣ）は、ナノ炭素材料として利用されたり、アスファルト、コンクリート等の構造材料に混合されたりする。

[0084] 燃料供給部４９０は、第９配管４９２と、炭素回収部４９４と、第１０配管４９６と、ブロワ４９８と、燃料供給管５００とを含む。

[0085] 第９配管４９２は、サイクロン４６０の上部と炭素回収部４９４とを接続する。サイクロン４６０によって固形物が分離された後の混合ガスＭＧｂは、第９配管４９２を通じて、炭素回収部４９４に導かれる。

[0086] 炭素回収部４９４は、混合ガスＭＧｂから固体炭素ＳＣを除去する。炭素回収部４９４は、例えば、バグフィルタ、または、サイクロンである。炭素回収部４９４によって除去された固体炭素ＳＣは、後段の固体炭素利用設備に搬送される。

[0087] 第１０配管４９６は、炭素回収部４９４とブロワ４９８の吸入側とを接続する。ブロワ４９８は、炭素回収部４９４によって固体炭素ＳＣが除去された混合ガスＭＧｂを昇圧して加熱炉１１０に送出する。燃料供給管５００は、ブロワ４９８の吐出側と加熱炉１１０とを接続する。

[0088] したがって、本実施形態において、燃料供給部４９０は、サイクロン４６０によって分離された混合ガスＭＧｂを燃料ＦＧとして加熱炉１１０に供給する。

[0089] 第２熱交換部４７０は、第９配管４９２を通過する混合ガスＭＧｂと、原料送出管１４８を通過する原料ガスＧＧとを熱交換する。そして、第２熱交換部２５０は、第２熱交換部４７０によって加熱された原料ガスＧＧと、第４配管２１２を通過する混合ガスＭＧａとを熱交換する。

[0090] 以上説明したように、本実施形態に係る水素製造装置４００は、仕切板４３４および第２送出管１３６を備える。これにより、水素製造装置４００は、触媒粒子ＣＡＴの還元によって生じた、一酸化炭素および二酸化炭素を、混合ガスＭＧａから分離することができる。したがって、水素製造装置４００は、水素分離部２４０に導かれる混合ガスＭＧａ中の水素濃度を増加させ

ることが可能となる。このため、水素製造装置４００は、水素分離部２４０を小型化することができる。これにより、水素製造装置４００は、水素分離部２４０のコストを低減することが可能となる。したがって、水素製造装置４００は、低コストで水素を製造することが可能となる。

[0091] 以上、添付図面を参照しながら実施形態について説明したが、本開示は上記実施形態に限定されないことは言うまでもない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された範疇において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本開示の技術的範囲に属するものと了解される。

[0092] 例えば、上述した第１の実施形態において、燃料供給部１９０が水素のみを燃料ＦＧとして加熱炉１１０に供給する構成を例に挙げた。しかし、燃料供給部１９０は、水素に加えて、炭化水素を燃料ＦＧとして加熱炉１１０に供給してもよい。

[0093] また、上記第１の実施形態、第１の変形例、第２の変形例、および、第２の実施形態において、酸化剤供給部１７０が空気を加熱炉１１０に供給する構成を例に挙げた。しかし、酸化剤供給部１７０は、酸化剤を加熱炉１１０に供給すればよい。酸化剤供給部１７０は、例えば、酸素富化ガスを加熱炉１１０に供給してもよい。

[0094] また、上記第１の実施形態、第１の変形例、第２の変形例、および、第２の実施形態において、水素製造装置１００、４００が第１熱交換部１８０を備える構成を例に挙げた。しかし、第１熱交換部１８０は必須の構成ではない。同様に、上記第１の実施形態、第１の変形例、第２の変形例、および、第２の実施形態において、水素製造装置１００、４００が、第２熱交換部２５０を備える構成を例に挙げた。しかし、第２熱交換部２５０は必須の構成ではない。また、第２の実施形態において、水素製造装置４００が、第２熱交換部４７０を備える構成を例に挙げた。しかし、第２熱交換部４７０は必須の構成ではない。

[0095] また、上記第２の実施形態において、熱分解炉４３０が仕切板４３４を備

える場合を例に挙げた。しかし、仕切板 4 3 4 は必須の構成ではない。

[0096] また、上記第 2 の実施形態において、仕切板 4 3 4 によって、1 つの収容槽 1 3 2 の内部を 2 つに仕切る場合を例に挙げた。しかし、2 つの収容槽 1 3 2 を備えてもよい。この場合、第 1 送出管 1 3 4 および第 1 配管 1 1 2 は、第 1 の収容槽 1 3 2 に接続される。また、連通管 1 2 2 および第 2 送出管 1 3 6 は、第 2 の収容槽 1 3 2 に接続される。そして、第 1 の収容槽 1 3 2 の側面と、第 2 の収容槽 1 3 2 の側面とを接続する配管およびループシールが設けられる。つまり、第 1 の収容槽 1 3 2 が第 1 室 4 3 2 A として機能し、第 2 の収容槽 1 3 2 が第 2 室 4 3 2 B として機能する。

[0097] また、上記第 2 の実施形態において、第 2 熱交換部 2 5 0 は、第 2 熱交換部 4 7 0 によって熱交換された後の原料ガス G G を熱交換する構成を例に挙げた。しかし、第 2 熱交換部 4 7 0 は、第 2 熱交換部 2 5 0 によって熱交換された後の原料ガス G G を熱交換してもよい。

[0098] また、燃料供給部は、水素分離部 2 4 0 によって分離された水素、水素分離部 2 4 0 によって水素が分離された後の混合ガス、炭素回収部 2 2 0 によって固体炭素が除去された混合ガス、および、第 2 送出口 4 3 2 a を通じて収容槽 1 3 2 から送出された混合ガスのうちの 2 種類以上のガスを燃料として加熱炉 1 1 0 に供給してもよい。

[0099] また、水素製造装置 1 0 0、4 0 0 は、スートブロワ、または、ガスの噴流を供給する装置を収容槽 1 3 2 に備えてもよい。これにより、触媒粒子 C A T から固体炭素 S C の脱着を効率よく行うことができる。

[0100] また、上記したように、混合ガス M G、M G a、M G b の流れに伴い、熱分解炉 1 3 0 から触媒粒子 C A T の一部が送出される。このため、水素製造装置 1 0 0 に触媒粒子 C A T が適宜追加されるとよい。なお、加熱炉 1 1 0、第 1 配管 1 1 2、第 2 配管 1 1 4、サイクロン 1 2 0、連通管 1 2 2 を通じて、収容槽 1 3 2 内に触媒粒子 C A T が追加されるとよい。これにより、新規の触媒粒子 C A T を効率よく加熱することができる。したがって、常温程度の新規の触媒粒子 C A T が収容槽 1 3 2 に供給される事態を回避するこ

とが可能となる。このため、常温程度の新規の触媒粒子CATによる熱分解反応の抑制を回避することができる。

### 符号の説明

[0101] 100 : 水素製造装置 110 : 加熱炉 120 : サイクロン 130 : 熱分解炉 132 : 収容槽 132a : 粒子導入口 132b : 第1送出口  
140 : 原料ガス導入部 170 : 酸化剤供給部 180 : 第1熱交換部  
190 : 燃料供給部 220 : 炭素回収部 240 : 水素分離部 250 :  
第2熱交換部 310 : 燃料供給部 320 : 燃料供給部 400 : 水素製造装置  
430 : 熱分解炉 432A : 第1室 432B : 第2室 432a : 第2送出口 434 : 仕切板 490 : 燃料供給部

## 請求の範囲

- [請求項1] 燃料供給部によって供給される燃料を燃焼させて、触媒粒子を加熱する加熱炉と、  
前記加熱炉の下流側に接続され、前記触媒粒子と、燃焼排ガスを分離するサイクロンと、  
前記サイクロンによって分離された前記触媒粒子を収容する収容槽と、前記収容槽の下部から、少なくとも炭化水素を含む原料ガスを導入する原料ガス導入部と、を有する熱分解炉と、  
を備える水素製造装置。
- [請求項2] 前記収容槽から送出された混合ガスから水素を分離する水素分離部を備え、  
前記燃料供給部は、前記水素分離部によって分離された前記水素を前記燃料として前記加熱炉に供給する請求項1に記載の水素製造装置。
- [請求項3] 前記収容槽から送出された混合ガスから水素を分離する水素分離部を備え、  
前記燃料供給部は、前記水素分離部によって水素が分離された後の前記混合ガスを前記燃料として前記加熱炉に供給する請求項1または2に記載の水素製造装置。
- [請求項4] 前記収容槽から送出された混合ガスから固体炭素を除去する炭素回収部を備え、  
前記燃料供給部は、前記固体炭素が除去された前記混合ガスを前記燃料として前記加熱炉に供給する請求項1から3のいずれか1項に記載の水素製造装置。
- [請求項5] 前記収容槽は、  
前記サイクロンによって分離された前記触媒粒子が導かれる粒子導入口と、  
前記収容槽において生成された混合ガスが送出される第1送出口と

、

前記粒子導入口と前記第 1 送出口との間に設けられ、前記収容槽において生成された混合ガスが送出される第 2 送出口と、を有し、

前記燃料供給部は、前記第 2 送出口を通じて、前記収容槽から送出された前記混合ガスを前記燃料として前記加熱炉に供給する請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の水素製造装置。

[請求項6]

前記収容槽内に設けられ、前記第 1 送出口が設けられる第 1 室と、前記第 2 送出口が設けられる第 2 室とに前記収容槽内を区画する仕切板を備える請求項 5 に記載の水素製造装置。

[請求項7]

前記サイクロンによって分離された前記燃焼排ガスと、酸化剤とを熱交換する第 1 熱交換部と、

前記第 1 熱交換部によって熱交換された前記酸化剤を前記加熱炉に供給する酸化剤供給部と、

を備える請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の水素製造装置。

[請求項8]

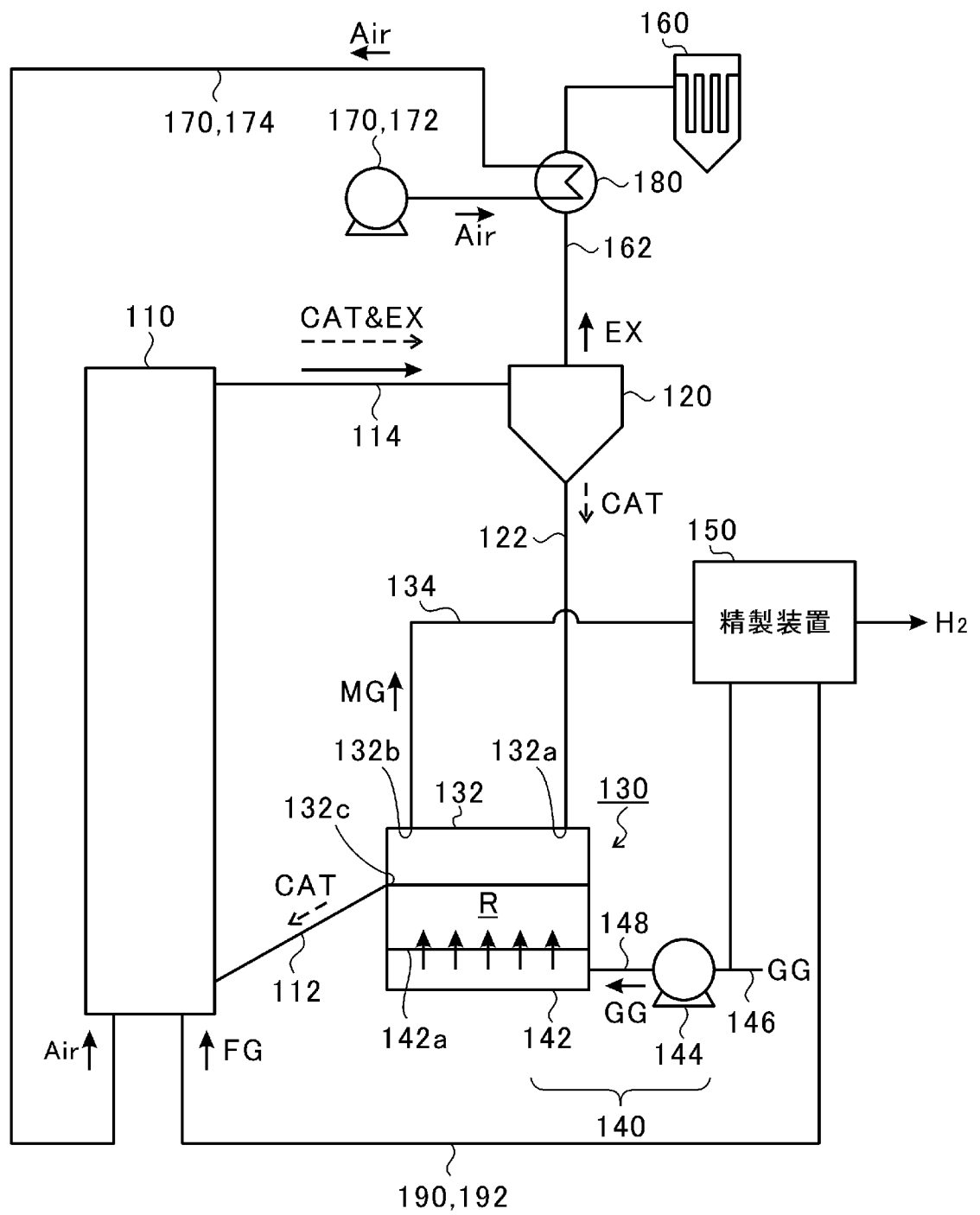
前記収容槽から送出された混合ガスと、前記原料ガスとを熱交換する第 2 熱交換部を備え、

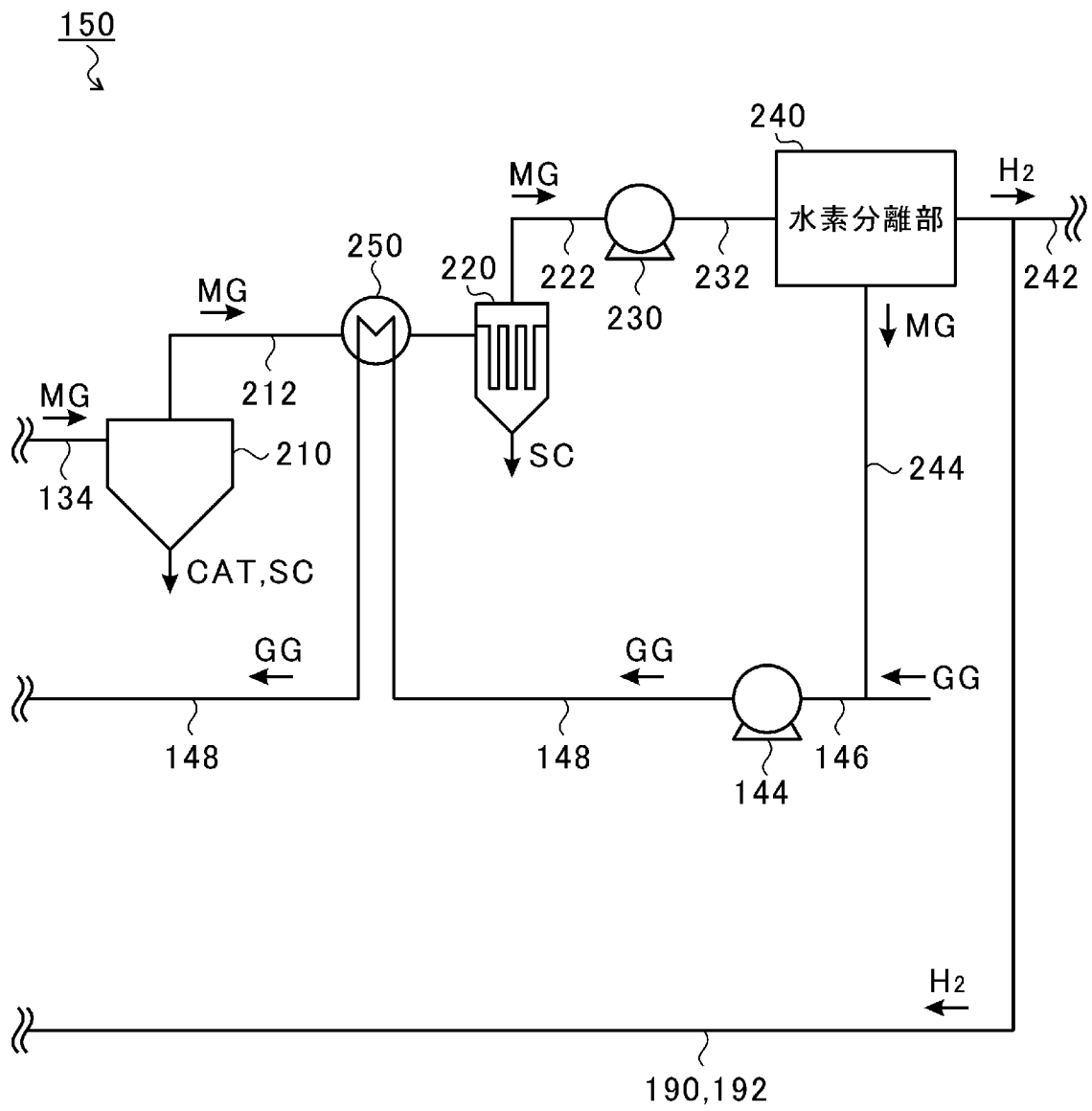
前記原料ガス導入部は、前記第 2 熱交換部によって熱交換された前記原料ガスを前記収容槽に導入する請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載の水素製造装置。

[図1]

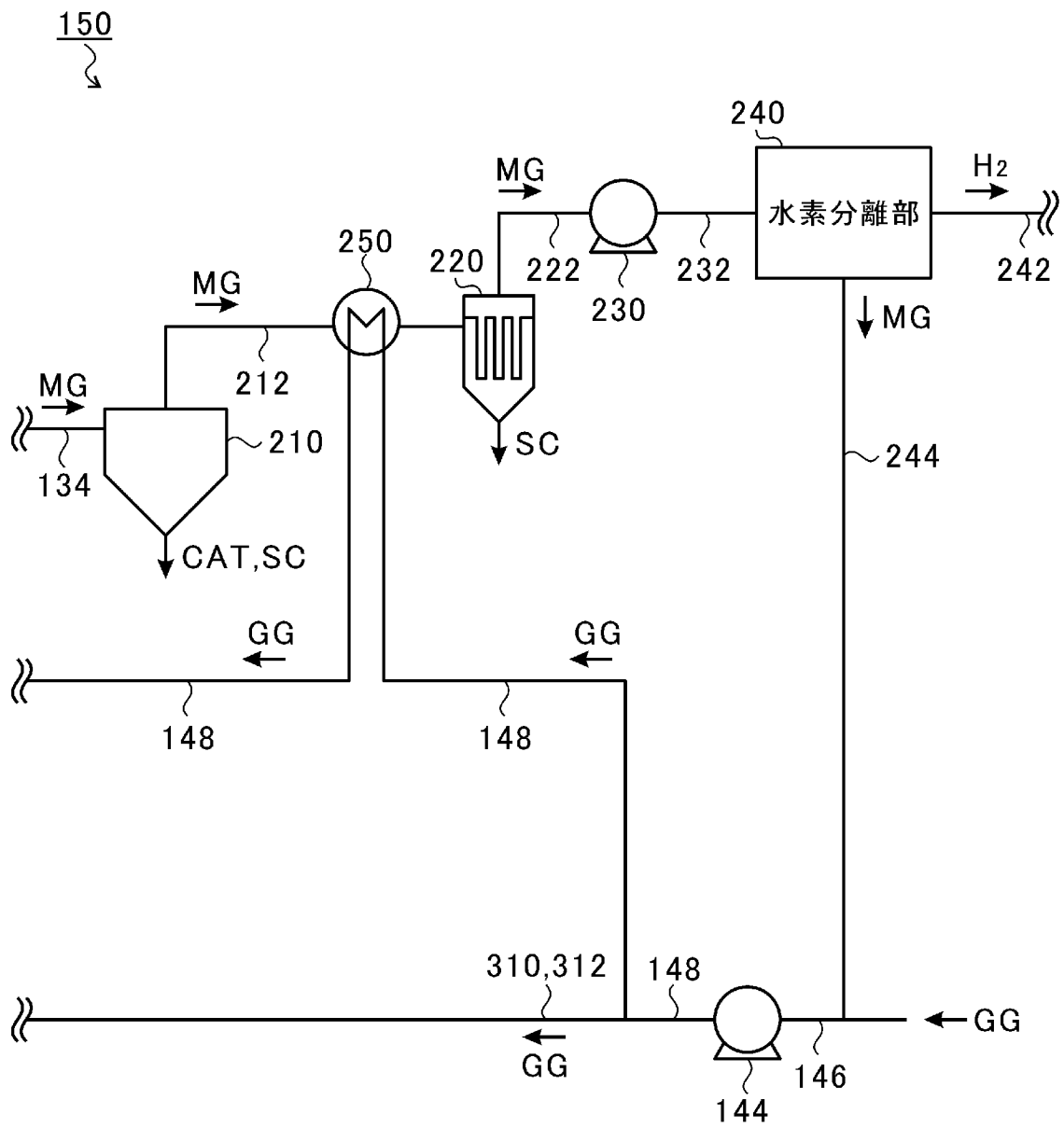
Fig.1

100



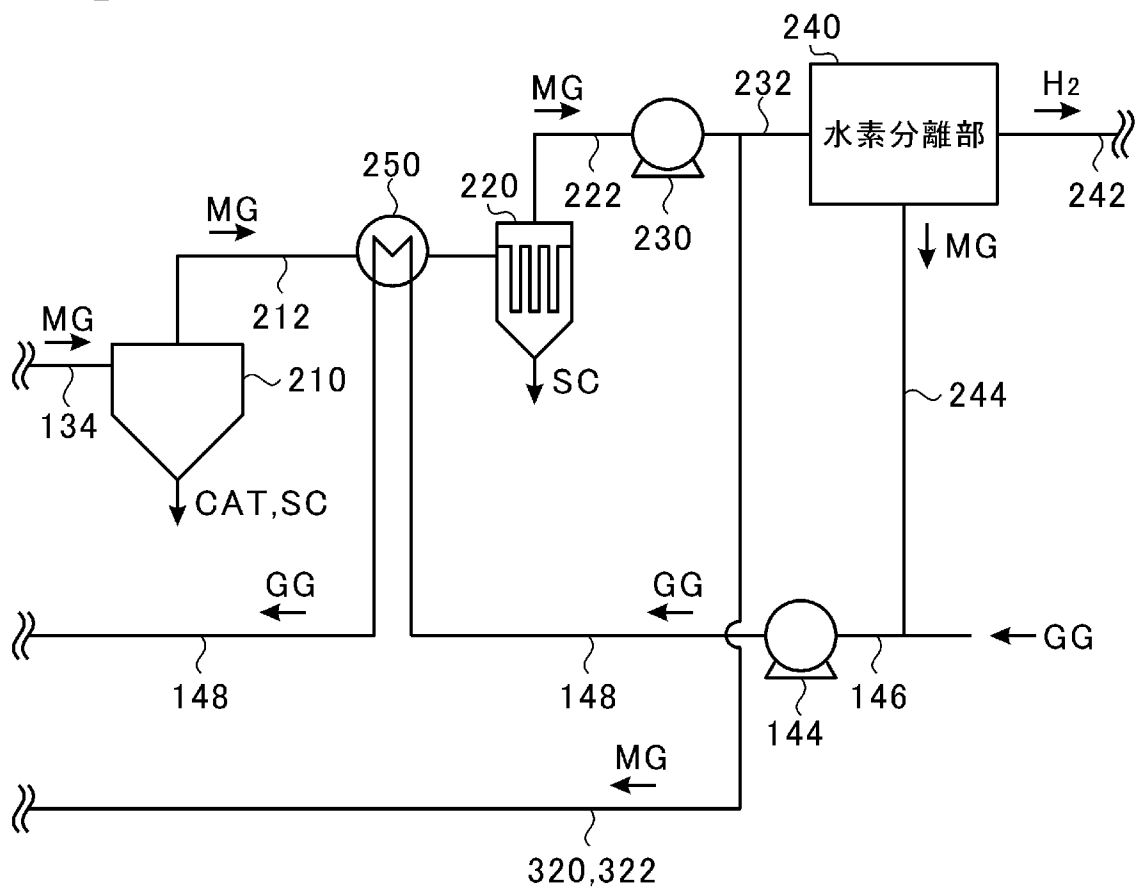
[図2]  
Fig.2

[図3]  
Fig.3

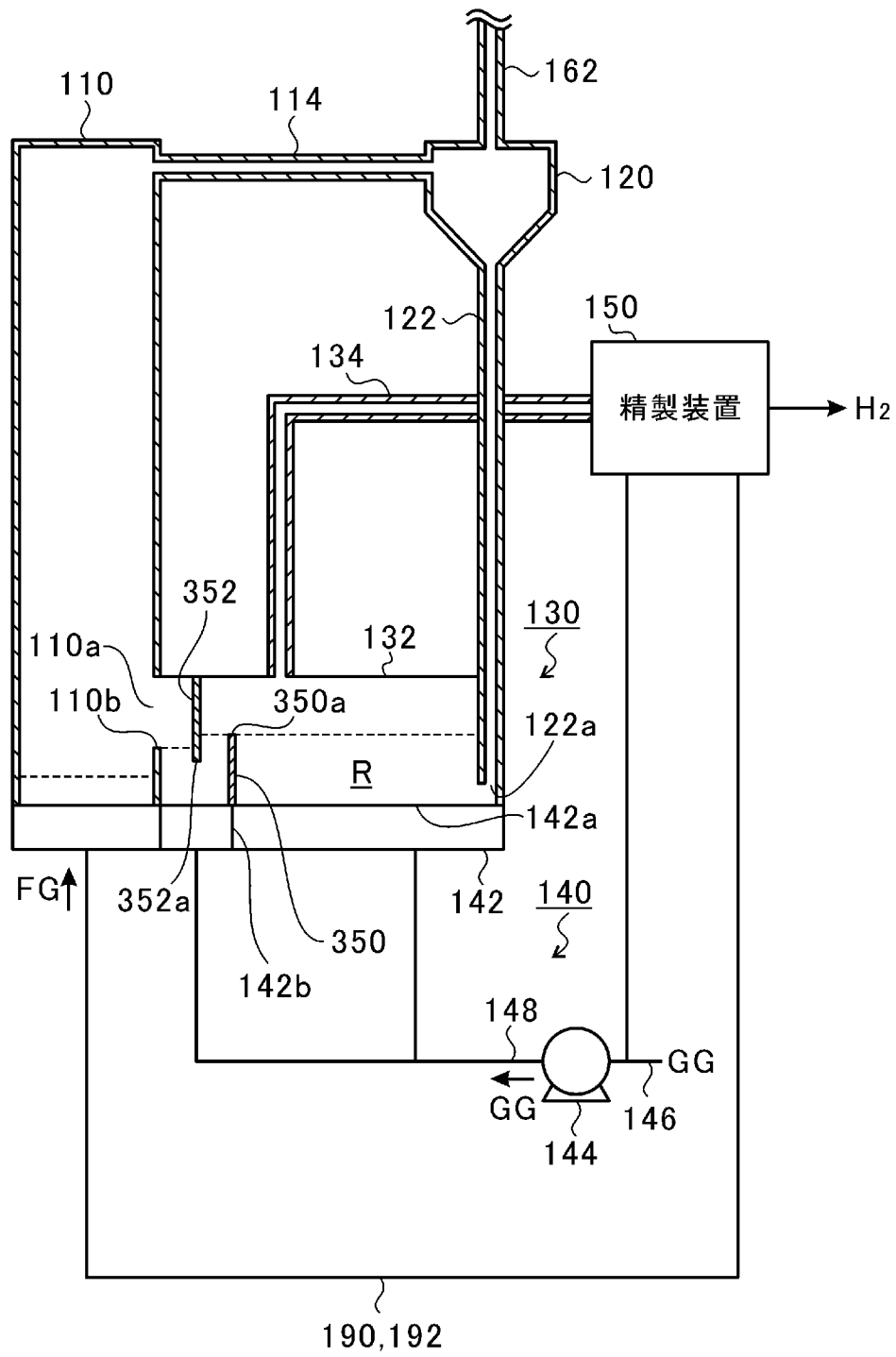


[図4]  
Fig.4

150

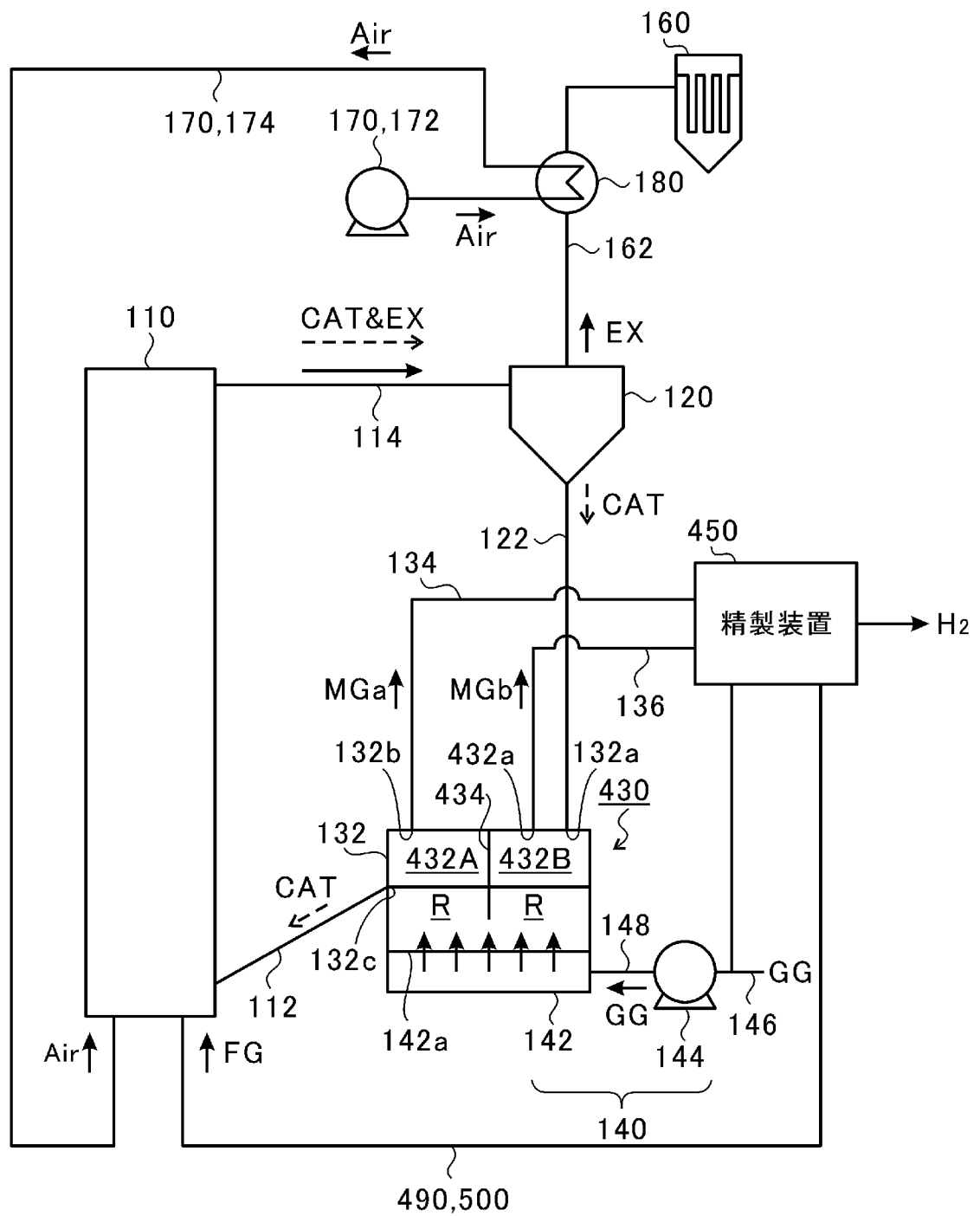


[図5]  
Fig.5

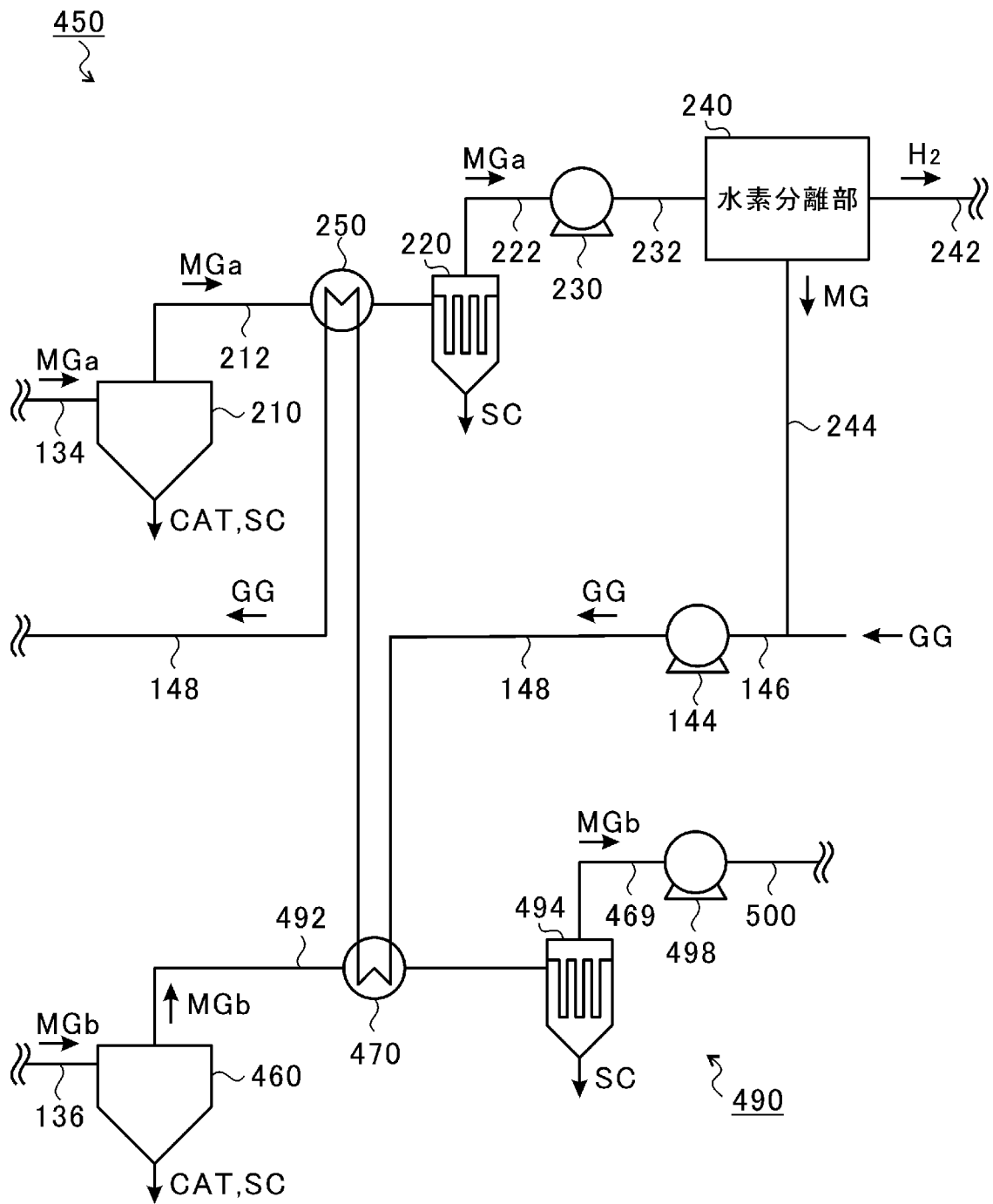


[図6]

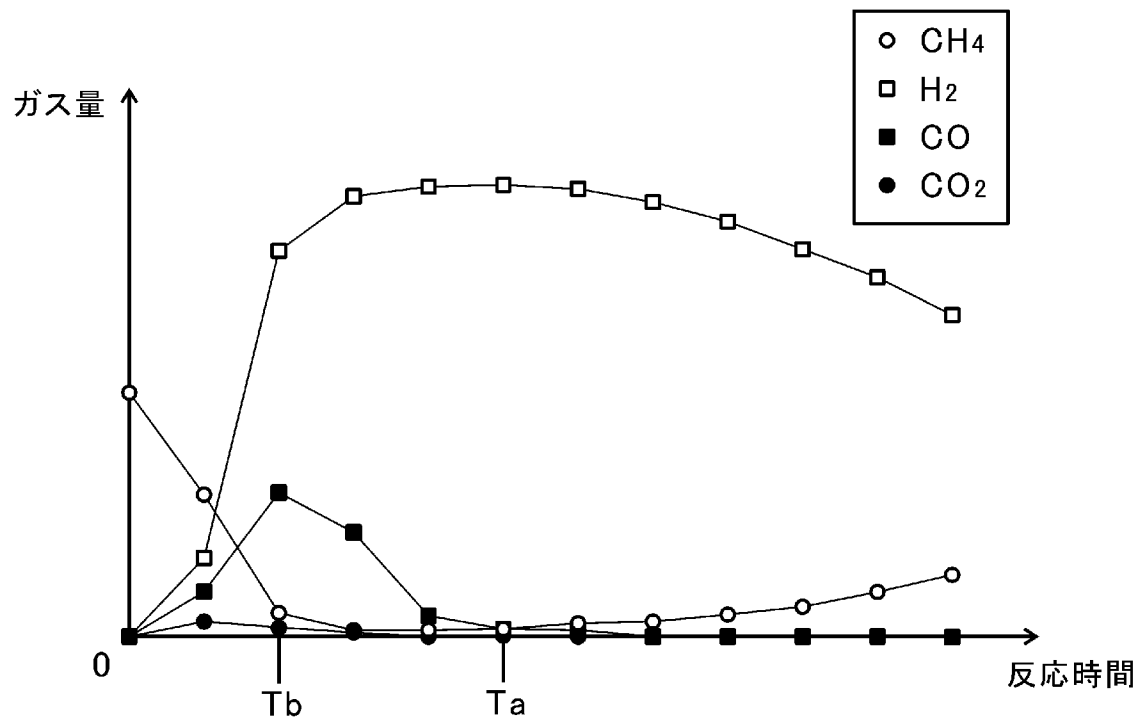
Fig.6

400  
↘

[図7]  
Fig. 7



[図8]  
Fig.8



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/003762

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. C01B3/30 (2006.01) i, C01B3/56 (2006.01) i, C01B32/05 (2017.01) i, H01M8/0612 (2016.01) i

FI: C01B3/30, G01B3/56 Z, C01B32/05, H01M8/0612

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. C01B3/30, C01B3/56, C01B32/05, H01M8/0612

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 1971-2021

Registered utility model specifications of Japan 1996-2021

Published registered utility model applications of Japan 1994-2021

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. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | JP 2003-238973 A (EBARA CORP.) 27 August 2003,                                     | 1                     |
| Y         | claims, paragraphs [0047]-[0052], [0171], [0189],                                  | 1-6, 8                |
| A         | [0196], fig. 2, 36, 53, 60                                                         | 7                     |
| Y         | JP 2001-354405 A (KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD.)                                 | 1-6, 8                |
| A         | 25 December 2001, claims, paragraphs [0009]-                                       | 7                     |
|           | [0012], fig. 1                                                                     |                       |
| Y         | CN 108328573 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND                                     | 1-3, 5, 6, 8          |
|           | TECHNOLOGY) 27 July 2018, paragraphs [0035]-                                       |                       |
|           | [0043], fig. 1                                                                     |                       |
| Y         | JP 2003-103235 A (TADA, Asao) 08 April 2003,                                       | 2, 8                  |
|           | paragraph [0033]                                                                   |                       |



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  
05.04.2021

Date of mailing of the international search report  
13.04.2021

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/JP2021/003762

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages        | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Y         | JP 2004-256336 A (NIPPON OIL CORP.) 16 September 2004, paragraph [0058]                   | 2, 8                  |
| Y         | JP 2004-19018 A (MITSUBISHI CHEMICAL ENGINEERING CORP.) 22 January 2004, paragraph [0069] | 8                     |
| Y         | JP 2009-221057 A (JAPAN ENERGY CORP.) 01 October 2009, paragraph [0043]                   | 8                     |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/003762

| Patent Documents referred to in<br>the Report | Publication Date | Patent Family                                                                                                                                                        | Publication Date |
|-----------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| JP 2003-238973 A                              | 27.08.2003       | US 2004/0244289 A1<br>claims, paragraphs<br>[0116]-[0124],<br>[0253], [0271],<br>[0278], fig. 2, 36,<br>53, 60<br>WO 2003/029390 A1<br>EP 1431373 A1<br>CN 1561381 A |                  |
| JP 2001-354405 A                              | 25.12.2001       | (Family: none)                                                                                                                                                       |                  |
| CN 108328573 A                                | 27.07.2018       | (Family: none)                                                                                                                                                       |                  |
| JP 2003-103235 A                              | 08.04.2003       | (Family: none)                                                                                                                                                       |                  |
| JP 2004-256336 A                              | 16.09.2004       | (Family: none)                                                                                                                                                       |                  |
| JP 2004-19018 A                               | 22.01.2004       | (Family: none)                                                                                                                                                       |                  |
| JP 2009-221057 A                              | 01.10.2009       | (Family: none)                                                                                                                                                       |                  |

| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>C01B 3/30(2006.01)i; C01B 3/56(2006.01)i; C01B 32/05(2017.01)i; H01M 8/0612(2016.01)i<br>FI: C01B3/30; C01B3/56 Z; C01B32/05; H01M8/0612 |                                                                                                                                                                                                                |                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 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））<br>C01B3/30; C01B3/56; C01B32/05; H01M8/0612                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                |                |
| 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<br>日本国実用新案公報 1922-1996年<br>日本国公開実用新案公報 1971-2021年<br>日本国実用新案登録公報 1996-2021年<br>日本国登録実用新案公報 1994-2021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<br>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<br>請求項の番号 |
| X                                                                                                                                                                       | JP 2003-238973 A (株式会社荏原製作所) 27.08.2003 (2003 - 08 - 27)<br>特許請求の範囲、段落0047-0052、0171、0189、0196、図<br>2、36、53、60                                                                                                 | 1              |
| Y                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                | 1-6, 8         |
| A                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                | 7              |
| Y                                                                                                                                                                       | JP 2001-354405 A (川崎重工業株式会社) 25.12.2001 (2001 - 12 - 25)<br>特許請求の範囲、段落0009-0012、図1                                                                                                                             | 1-6, 8         |
| A                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                | 7              |
| Y                                                                                                                                                                       | CN 108328573 A (CHINA UNIVERSITY OF MINING AND TECHNOLOGY) 27.07.2018<br>(2018 - 07 - 27)<br>段落0035-0043、図1                                                                                                    | 1-3, 5, 6, 8   |
| Y                                                                                                                                                                       | JP 2003-103235 A (多田 旭男) 08.04.2003 (2003 - 04 - 08)<br>段落0033                                                                                                                                                 | 2, 8           |
| Y                                                                                                                                                                       | JP 2004-256336 A (新日本石油株式会社) 16.09.2004 (2004 - 09 - 16)<br>段落0058                                                                                                                                             | 2, 8           |
| <input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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                                                                                                                                                            | “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抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの<br>“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<br>“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<br>“&” 同一パテントファミリー文献 |                |
| “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な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                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                |                |
| 国際調査を完了した日<br>05.04.2021                                                                                                                                                | 国際調査報告の発送日<br>13.04.2021                                                                                                                                                                                       |                |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>東京都千代田区霞が関三丁目4番3号                                                                                                      | 権限のある職員（特許庁審査官）<br><br>中田 光祐 4G 1146<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3416                                                                                                                                          |                |

| C. 関連すると認められる文献 |                                                                              |                |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |
| Y               | JP 2004-19018 A (三菱化学エンジニアリング株式会社) 22.01.2004 (2004 - 01 - 22)<br>段落 0 0 6 9 | 8              |
| Y               | JP 2009-221057 A (株式会社ジャパンエナジー) 01.10.2009 (2009 - 10 - 01)<br>段落 0 0 4 3    | 8              |

国際調査報告  
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/003762

| 引用文献 |             |   | 公表日        | パテントファミリー文献                                                                                                                                              | 公表日 |
|------|-------------|---|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| JP   | 2003-238973 | A | 27.08.2003 | US 2004/0244289 A1<br>請求の範囲、段落 0 1 1 6<br>- 0 1 2 4、0 2 5 3、0<br>2 7 1、0 2 7 8、図 2、<br>3 6、5 3、6 0<br>WO 2003/029390 A1<br>EP 1431373 A1<br>CN 1561381 A |     |
| JP   | 2001-354405 | A | 25.12.2001 | (ファミリーなし)                                                                                                                                                |     |
| CN   | 108328573   | A | 27.07.2018 | (ファミリーなし)                                                                                                                                                |     |
| JP   | 2003-103235 | A | 08.04.2003 | (ファミリーなし)                                                                                                                                                |     |
| JP   | 2004-256336 | A | 16.09.2004 | (ファミリーなし)                                                                                                                                                |     |
| JP   | 2004-19018  | A | 22.01.2004 | (ファミリーなし)                                                                                                                                                |     |
| JP   | 2009-221057 | A | 01.10.2009 | (ファミリーなし)                                                                                                                                                |     |