

(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
2021年9月30日(30.09.2021)



(10) 国際公開番号

WO 2021/192156 A1

- (51) 国際特許分類:
C10L 3/08 (2006.01) *C25B 1/02* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/013721
- (22) 国際出願日: 2020年3月26日(26.03.2020)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 株式会社日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 長谷川 浩章(HASEGAWA Hiroaki);
〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 白

川 雄三(SHIRAKAWA Yuzo); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 内藤 寛人(NAITO Hiroto); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 石川 敬郎(ISHIKAWA Takao); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

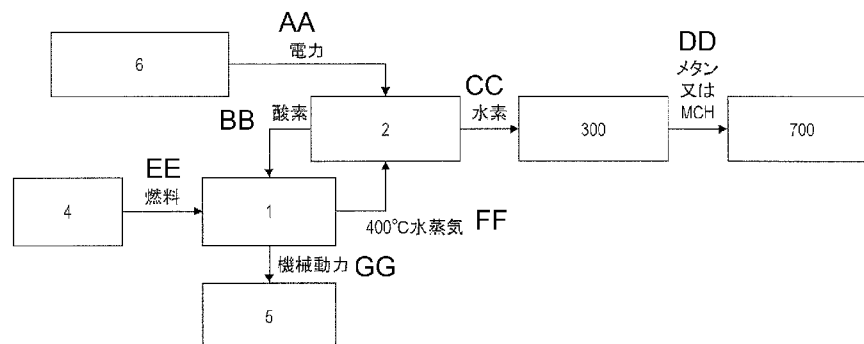
(74) 代理人: 特許業務法人平木国際特許事務所(HIRAKI & ASSOCIATES); 〒1056232 東京都港区愛宕二丁目5-1 愛宕グリーンヒルズMORITOWER32階 Tokyo (JP).

(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,

(54) Title: FUEL PRODUCTION DEVICE

(54) 発明の名称: 燃料製造装置

図 4



AA Electric power
BB Oxygen
CC Hydrogen
DD Methane or MCH
EE Fuel
FF Water vapor
GG Mechanical power

(57) Abstract: Provided is a device for producing a fuel using a high-temperature exhaust gas released from an internal combustion engine. The present invention relates to a fuel production device comprising an internal combustion engine, an electrolysis device connected to the internal combustion engine, and a hydrogenation reactor connected to the electrolysis device, wherein the electrolysis device is a device whereby a high-temperature water vapor contained in the exhaust gas from the internal combustion engine is decomposed into hydrogen and oxygen, and the hydrogenation reactor is a device

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, 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:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

whereby the hydrogen from the decomposition is converted into a fuel.

(57) 要約: 内燃機関から放出される高温の排気ガスを使用して燃料を製造する装置を提供する。内燃機関と当該内燃機関に接続されている電気分解装置と当該電気分解装置に接続されている水素化反応器とを含み、電気分解装置が内燃機関からの排気ガス中に含まれる高温の水蒸気を水素と酸素とに分解するための装置であり、水素化反応器が分解された水素を燃料に変換するための装置である燃料製造装置に関する。

明 細 書

発明の名称： 燃料製造装置

技術分野

[0001] 本発明は、燃料製造装置に関する。

背景技術

[0002] 近年、地球環境の保全及び省資源を目指して、エネルギーを有効利用する試みがなされている。

[0003] 例えば、特許文献1には、電気エネルギー源から炭化水素又は炭化水素誘導体を生成する方法であって、a. 電気エネルギー源を設けるステップ、b. 前記電気エネルギー源からの電気エネルギーを用いて、水を電気分解し水素と酸素を生成するステップ、及びc. 生成した水素を用いて二酸化炭素を水素化してメタンを生成するステップを含む方法が記載されており、当該方法では、電気エネルギー源として再生可能エネルギー源が使用されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特表2015-513531号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一方で、従来使用されている内燃機関について、そこから排出される熱エネルギーを効率よく利用することもまた課題である。

[0006] したがって、本発明は、内燃機関から放出される高温の排気ガスを使用して燃料を製造する装置を提供することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは、前記課題を解決するための手段を種々検討した結果、内燃機関から排出される排気ガス中に含まれる高温の水蒸気を電気分解装置にて水素と酸素に分解し、分解された水素を高温の状態から燃料に変換することによって、内燃機関からのエネルギーを効率よく利用して燃料を製造できる

ことを見出し、本発明を完成した。

[0008] すなわち、本発明は、内燃機関と当該内燃機関に接続されている電気分解装置と当該電気分解装置に接続されている水素化反応器とを含み、電気分解装置が内燃機関からの排気ガス中に含まれる高温の水蒸気を水素と酸素とに分解するための装置であり、水素化反応器が分解された水素を燃料に変換するための装置である燃料製造装置を特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、内燃機関から放出される高温の排気ガスを使用して燃料を製造する装置が提供される。前記した以外の課題、構成及び効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]水素化反応器の一例を模式的に示す図である。

[図2]水素化反応器における反応セルの一例を模式的に示す図である。

[図3]水素化反応器の反応セルにおける反応シートの一例を模式的に示す図である。

[図4]本発明の燃料製造装置の実施形態1の構成を示す図である。

[図5]本発明の燃料製造装置の実施形態2の構成を示す図である。

[図6]本発明の燃料製造装置の実施形態3の構成を示す図である。

[図7]本発明の燃料製造装置の実施形態4の構成を示す図である。

[図8]本発明の燃料製造装置の実施形態5の構成を示す図である。

[図9]本発明の燃料製造装置の実施形態6の構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、図面等を用いて、本発明の実施形態について説明する。図面では、明確化のために各部の寸法及び形状を誇張しており、実際の寸法及び形状を正確に描写してはいない。それ故、本発明の技術的範囲は、これら図面に表された各部の寸法及び形状に限定されるものではない。また、以下の説明は本発明の内容の具体例を示すものであり、本発明がこれらの説明に限定されるものではなく、本明細書に開示される技術的思想の範囲内において当業者

による様々な変更及び修正が可能である。また、本発明を説明するための全図において、同一の機能を有するものは、同一の符号を付け、その繰り返しの説明は省略する場合がある。

[0012] 本発明は、内燃機関と当該内燃機関に接続されている電気分解装置と当該電気分解装置に接続されている水素化反応器とを含み、電気分解装置が内燃機関からの排気ガス中に含まれる高温の水蒸気を水素と酸素とに分解するための装置であり、水素化反応器が分解された水素を燃料に変換するための装置である燃料製造装置に関する。

[0013] ここで、本発明における内燃機関とは、燃焼ガスが作動流体であるものを指し、レシプロエンジン、ロータリーエンジン等が含まれる。

[0014] 本発明の燃料製造装置における内燃機関は、起動及び／又は停止を素早く実施することができ、電気分解装置における電気分解に用いる電力として再生可能エネルギー源を使用したときに、再生可能エネルギー源に由来する変動余剰電力に容易に追従することができる。さらに、本発明の燃料製造装置における内燃機関は、燃料製造装置の暖機運転時間を短くすることができる。

[0015] さらに、内燃機関では、バイオエタノール又は含水エタノールを補助燃料として使用することができる。

[0016] 内燃機関における補助燃料としてバイオエタノールを使用することにより、地球温暖化の原因の一つとして挙げられる二酸化炭素の排出を抑えることができる。

[0017] 内燃機関における燃焼は、当該技術分野における公知の温度で行われ、通常300℃～900℃、好ましくは500℃～700℃で行われる。

[0018] 内燃機関における燃焼が前記範囲の温度で行われることにより、外部装置、例えば発電機は、内燃機関による機械動力によって動作することができる。さらに、当該内燃機関から排出される排気ガスの温度は、通常250℃～850℃、好ましくは350℃～650℃、例えば350℃～550℃になり、当該温度は下記で説明する電気分解装置における電気分解の温度に相当

するため、排気ガス中に含まれる水蒸気は下記で説明するように電気分解装置において効率よく水素に分解される。

[0019] さらに、内燃機関は、空燃比 (Air/Fuel ratio) が理論空燃比となる量論比燃焼 (ストイキトメトリ：以下ストイキ燃焼と呼称する) になるように調整 (調節) されて運転されることが好ましい。

[0020] 内燃機関がストイキ燃焼よりも空気の比率の高いリーン雰囲気 で運転されると、電気分解装置に供給されることになる排気ガスは酸素 (O₂) を含み得る。酸素が電気分解装置に供給されると、電気分解装置中での水蒸気の電気分解は抑制され得る。

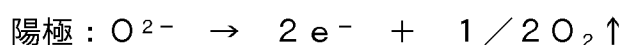
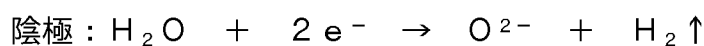
[0021] したがって、本発明の燃料製造装置において、内燃機関をストイキ燃焼で運転することにより、内燃機関から排出された排気ガスは酸素を含まなくなり、排気ガスが供給される電気分解装置中での水蒸気の電気分解の効率低下や生成した水素の消耗等を防ぐことができる。前記理由から、本発明における内燃機関にはストイキ燃焼での運転に適する火花点火エンジンが望ましい。

[0022] 本発明の燃料製造装置では、内燃機関は電気分解装置と接続され、内燃機関から排出される排気ガスは電気分解装置に供給される。

[0023] 本発明における電気分解装置とは、常温に対して高温、例えば通常 250℃～850℃、好ましくは 350℃～650℃、例えば 350℃～550℃で行われる高温電気分解又は水蒸気電気分解と称される電気分解を行うための装置である。

[0024] 内燃機関から排出される排気ガスは、前記の通り、電気分解装置が操作される前記範囲の温度であり、電気分解装置における電気分解を前記温度で実施することにより、高い効率で水蒸気を電気分解し、水素を生成することができる。

[0025] 電気分解装置では、以下の反応が起こる。





- [0026] すなわち、電気分解装置では、陰極に供給された排気ガス中に含まれる水蒸気が電子を受け取って水素及び酸素イオン（ O^{2-} ）に分解され、陰極で生成した酸素イオンは、陰極と陽極の間に位置する電解質を介して陽極に移動し、陽極において酸素を生成する。
- [0027] 電気分解装置は、電解質として固体酸化物電解質を含んでいてもよい。固体酸化物電解質としては、例えばイットリア安定化ジルコニア（「YSZ」、 Y_2O_3 添加 ZrO_2 ）が挙げられる。
- [0028] 電気分解装置が気密性の固体酸化物電解質を含むことで、高温で酸素イオンが良好に伝導し、水素と酸素イオンの分離をより促進できる。
- [0029] 電気分解装置は、電極として、当該技術分野で公知の電極を含み、例えばニッケルサーメット蒸気／水素電極を使用してもよい。
- [0030] 電気分解装置における電気分解に用いる電力は、再生可能エネルギー源を使用することが好ましい。再生可能エネルギー源としては、風力エネルギー、潮力エネルギー、波力エネルギー、水力エネルギー、地熱エネルギー、太陽エネルギーから選択される1つ以上のエネルギーが挙げられる。
- [0031] 電気分解装置における電気分解に用いる電力として再生可能エネルギー源を使用することにより、地球温暖化の原因の一つとして挙げられる二酸化炭素の排出を抑えるとともに、再生可能エネルギーの変動余剰電力を効率よく利用することができる。
- [0032] 電気分解装置では前記の通り排気ガス中に含まれる水蒸気が電気分解されるが、排気ガスは水蒸気以外に有害物質（一酸化炭素（ CO ）、未燃炭化水素（ HC ）、窒素酸化物（ NO_x ）等）を含み得るため、本発明の燃料製造装置は、内燃機関と電気分解装置の間に、水蒸気以外の有害物質を分解及び／又は除去するための装置をさらに含んでいてもよい。例えば、本発明の燃料製造装置は、内燃機関と電気分解装置の間に、三元触媒等の排気ガス浄化用触媒をさらに含む。
- [0033] 本発明の燃料製造装置が排気ガス浄化用触媒をさらに含むことにより、内

燃機関から排出された排気ガス中の有害物質は効率的に分解及び／又は除去され、排気ガスが供給される電気分解装置の有害物質による劣化及び／又は腐食等を防ぐことができる。

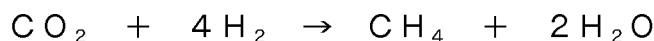
[0034] 本発明の燃料製造装置では、電気分解装置で生成された酸素は、内燃機関の燃焼のために内燃機関に供給してもよい。

[0035] 電気分解装置で生成された酸素を内燃機関に供給することにより、内燃機関の燃焼効率を向上させることができる。

[0036] 本発明の燃料製造装置では、電気分解装置は水素化反応器と接続され、電気分解装置で生成された水素は水素化反応器に供給される。

[0037] 水素化反応器とは、電気分解装置において生成した水素を操作性の高い燃料に変換するための装置であり、例えば水素と二酸化炭素を反応させてメタンを生成するメタネーション反応器や、水素とトルエンを反応させてメチルシクロヘキサン（MCH）を生成する有機ハイドライド反応器等が挙げられる。

[0038] 水素化反応器としてメタネーション反応器を使用する場合、メタネーション反応器では、以下の反応が起こる。



[0039] メタネーション反応は、サバティエ反応ともいわれ、この反応は、当該技術分野において公知である。

[0040] サバティエ反応を開始するためには、通常200℃～300℃、例えば200℃～250℃又は250℃～300℃の温度が必要である。本発明の燃料製造装置では、高温で操作される電気分解装置において生成した水素もまた高温である。したがって、電気分解装置で生成された水素は、加熱する必要がなく、下記で説明するような冷却装置や冷却水ラインを使用して、当該温度範囲に調整してメタネーション反応器に供給することができ、効率的にサバティエ反応を開始することができる。

[0041] さらに、サバティエ反応において用いられる二酸化炭素は、外部から供給してもよいが、排気ガス中に含まれる二酸化炭素を使用することが好ましい

。排気ガス中に含まれる二酸化炭素は、そのまま排出されると地球温暖化の原因となる。したがって、排気ガス中に含まれる二酸化炭素を当該反応において使用することで、二酸化炭素の排出量を低減することができる。また、排気ガス中に含まれる二酸化炭素は、内燃機関とメタネーション反応器の間に配置される電気分解装置において分解及び／又は反応しないため、内燃機関及び電気分解装置において高温を保ったままである。したがって、排気ガス中に含まれる二酸化炭素が前記の水素と同様にメタネーション反応器に供給されることで、効率的にサバティエ反応を開始することができる。

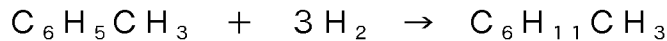
[0042] 一方で、サバティエ反応が開始されると、サバティエ反応自体は発熱反応であるため、通常反応系を冷却する必要がある。反応温度が300℃を大幅に超えると逆反応が優先されて効率が低下するため、下記で説明するような冷却装置や冷却水ラインを使用して、反応温度は300℃前後に維持することが好ましい。反応温度は、通常200℃～400℃、例えば200℃～250℃、好ましくは220℃～350℃、より好ましくは220℃～260℃、さらにより好ましくは220℃～250℃である。

[0043] サバティエ反応では、触媒が使用される。触媒としては、当該技術分野で公知の触媒を使用することができ、限定されないが、例えばルテニウム担持アルミニウム触媒やニッケル触媒が挙げられる。当該触媒を使用することにより、良好な選択性が得られる。

[0044] 本発明の燃料製造装置における水素化反応器としてメタネーション反応器を使用することにより、内燃機関により排出される二酸化炭素を有効に使用することができ、さらに、電気分解装置から排出される高温の水素及び二酸化炭素をさらに加熱することなく反応に使用することができ、エネルギーの効率化を図ることができる。さらに、水素化されることにより得られたメタンは、燃料として内燃機関に投入することも可能であり、また、パイプライン輸送することもできる。

[0045] 水素化反応器として有機ハイドライド反応器を使用する場合、例えば有機ハイドライドとしてトルエン及びメチルシクロヘキサンを例に挙げると、以

下の反応が起こる。



- [0046] 前記のメチルシクロヘキサンを用いる例により有機ハイドライド反応器を説明する。前記反応におけるメチルシクロヘキサンとトルエンは同じ炭素数を有する環状炭化水素であるが、メチルシクロヘキサンが二重結合を有しない飽和炭化水素であるのに対し、トルエンは炭素同士が二重結合で結合する部分を有する不飽和炭化水素である。つまり、メチルシクロヘキサンの脱水素反応によりトルエンが得られ、トルエンの水素付加反応によりメチルシクロヘキサンが得られる。したがって、当該有機ハイドライド反応器は、これらの炭化水素の脱水素反応及び水素付加反応を利用することによって水素の供給及び貯蔵を可能とするものである。
- [0047] 有機ハイドライドとしてトルエン及びメチルシクロヘキサンを使用する場合、水素付加反応を開始するためには、通常70℃～100℃、好ましくは80℃～100℃、より好ましくは80℃～90℃の温度が必要である。本発明の燃料製造装置では、高温で操作される電気分解装置において生成した水素もまた高温である。したがって、電気分解装置で生成された水素は、加熱する必要がなく、下記で説明するような冷却装置や冷却水ラインを使用して、当該温度範囲に調整して有機ハイドライド反応器に供給することができ、効率的に水素付加反応を開始することができる。
- [0048] 一方で、水素付加反応が開始されると、水素付加反応自体は発熱反応であるため、通常反応系を冷却する必要がある。反応温度がメチルシクロヘキサンの大気圧下での沸点100.9℃を大幅に超えると効率が低下するため、下記で説明するような冷却装置や冷却水ラインを使用して、反応温度は100℃前後に維持することが好ましい。温度域は、通常80℃～100℃、好ましくは85℃～98℃、より好ましくは85℃～96℃である。
- [0049] 有機ハイドライドにおける水素付加反応により得られる化合物を水素貯蔵体とし、脱水素反応により得られる化合物を脱水素体としたときに、有機ハイドライド反応器に用いることができる水素貯蔵体としては、鎖式飽和炭化

水素、環式飽和炭化水素が挙げられ、鎖式飽和炭化水素としては、例えば、ペンタン、ヘキサン、ヘプタン、オクタン、ノナン、デカン、ウンデカン、ドデカン及びこれらの構造異性体並びにこれらの置換体が挙げられ、環式飽和炭化水素としては、例えば、シクロブタン、シクロペンタン、シクロヘキサン、シクロヘプタン、シクロオクタン、シクロノナン及びこれらのアルキル置換体が挙げられる。環式飽和炭化水素のアルキル置換体としては、例えば、前記のメチルシクロヘキサン等が挙げられる。また、環式飽和炭化水素は、これを複数個単結合したものをを用いてもよい。このような化合物としては、例えば、ビスシクロヘキサン等を挙げることができる。

[0050] さらに、有機ハイドライド反応器に用いることができる水素貯蔵体として、二環式飽和炭化水素が挙げられ、二環式飽和炭化水素としては、例えば、デカリン、テトラリン及びこれらのアルキル置換体を用いることができる。二環式飽和炭化水素のアルキル置換体としては、例えば、メチルデカリン等が挙げられる。

[0051] なお、水素貯蔵体としては、水素貯蔵体から下記の触媒により水素を取り出す場合に、水素と、脱水素体と、未反応の水素貯蔵体とを分離できるものであれば、前記した化合物の中から選択されるいずれか1種のみで用いる以外にも、2種以上を混合して用いてもよい。またさらに、下記で説明する触媒における水素付加反応及び／又は脱水素反応に支障のない限り、他の化合物、例えば水素付加反応及び脱水素反応に関与しない炭化水素や安定化剤等の添加剤を適宜含んでもよい。

[0052] 水素貯蔵体から水素を取り出す場合に用いることができる触媒としては、金属触媒と、金属触媒を担持する担体とを含む触媒が挙げられ、当該触媒は、担体を保持するための保持体をさらに含むことが好ましい。

[0053] 金属触媒としては、例えば、ニッケル (Ni)、パラジウム (Pd)、白金 (Pt)、ロジウム (Rh)、イリジウム (Ir)、レニウム (Re)、ルテニウム (Ru)、モリブデン (Mo)、タングステン (W)、バナジウム (V)、オスミウム (Os)、クロム (Cr)、コバルト (Co)、及び

鉄（Fe）から選択される１種以上の遷移金属又はこれらの合金で形成される粒子を用いるのが好ましい。金属触媒の粒子の大きさは、例えば平均粒径が１nm～１０nm、例えば２nm程度のものを使用することができるがこれに限定されるものではなく、水素貯蔵体の脱水素反応を行わせることができればどのような大きさでもよい。

[0054] 担体としては、例えば、活性炭、カーボンナノチューブ、シリカ、アルミナ、ゼオライト等のアルミナシリケート、多孔質ポリイミド、酸化亜鉛、酸化ジルコニウム、珪藻土、酸化ニオブ、酸化バナジウム等が挙げられる。当該担体は、触媒の固定態様に合わせて任意の形態とすることができる。

[0055] 本発明の燃料製造装置において水素化反応器として有機ハイドライド反応器を使用し、電気分解装置から排出される高温の水素をさらに加熱することなく反応に使用することで、エネルギーの効率化を図ることができる。さらに、水素化されることにより得られる水素貯蔵体を液体（例えばメチルシクロヘキサン）にすることにより、貯蔵性、輸送性、及び操作性を向上させることができる。また、液体の燃料では、ガソリンのインフラを活用することができる。

[0056] 続いて、水素化反応器の構成を説明する。図１に水素化反応器の一例を模式的に示す。

[0057] 図１に示すように、水素化反応器３００は、外形が円柱状を呈する複数本の反応セル３１と、複数の反応セル３１を収容するための円筒状の第１ケーシング３２とを備えている。そして、排気ガス中に含まれる二酸化炭素、電気分解装置で製造された水素を含むガスや脱水素体、例えばトルエンの蒸気等が各反応セル３１内を通流し、冷却水が反応セル３１の外であって第１ケーシング３２内を通流するようになっている。

[0058] 第１ケーシング３２及び下記で説明する第２ケーシング３４は、熱伝導率が高くなるように金属製（例えば、ＳＵＳ）で形成されている。なお、第１ケーシング３２及び第２ケーシング３４の形状は、円筒状に限定されず、例えば、四角形筒状、多角形筒状であってもよい。

- [0059] 反応セル 31 は、図 2 に示すように、積層された複数枚の反応シート 33 と、複数枚の反応シート 33 を収容するための第 2 ケーシング 34 とを備えている。
- [0060] 各反応シート 33 は、図 3 に示すように、ベースとなる金属箔 35 と、金属箔 35 の両面にそれぞれ形成された多孔質層 36 と、多孔質層 36 に担持された触媒 37 とを備えている。つまり、各反応シート 33 は、触媒 37 を担持した多孔質層 36、金属箔 35、触媒 37 を担持した多孔質層 36 の順で積層した三層構造である。
- [0061] なお、厚さ方向において隣り合う反応シート 33 間には、ガス成分である二酸化炭素、水蒸気、生成した水素、及び脱水素体、例えばトルエンの蒸気等が通流可能な隙間が形成されている。
- [0062] また、反応シート 33 はシート状であるから、その熱容量が小さく、熱が反応シート 33 を速やかに伝導し、触媒 37 がその触媒機能を良好に発揮する温度に速やかに調整される。これにより、電気分解装置から供給された水素と二酸化炭素又はトルエンとが反応してメタンやメチルシクロヘキサン等の水素貯蔵体に効率よく変換される。
- [0063] さらに、各反応シート 33 には、複数の貫通孔 33a が形成されている。これにより、ガス成分である二酸化炭素、水蒸気、生成した水素及び脱水素体、例えばトルエンの蒸気等、厚さ方向にも良好に通流するようになっている。
- [0064] 金属箔 35 は、例えばアルミニウム箔で構成され、その厚さは通常 $50\ \mu\text{m}$ ~ $200\ \mu\text{m}$ である。
- [0065] ただし、金属箔 35 を備えず、又は、金属箔 35 に代えて、ベースとなる多孔質層 36 を備え、反応シート 33 全体を多孔質構造としてもよい。
- [0066] 多孔質層 36 は、触媒 37 を担持するための層であって、ガス成分である二酸化炭素、水蒸気、生成した水素及び脱水素体、例えばトルエンの蒸気等が通流可能な複数の細孔を有している。このような多孔質層 36 は、例えば、アルミナを主体とする酸化物で構成される。

- [0067] 触媒 37 は、ガス成分である生成した水素と、二酸化炭素又は脱水素体、例えばトルエンの蒸気等とからメタン又は水素貯蔵体を生成させるための触媒である。このような触媒 37 は、前記した通りであり、水素化反応に依存して異なり得るが、代表的な触媒としては、例えば、白金、ニッケル、パラジウム、ロジウム、イリジウム、ルテニウム、モリブデン、レニウム、タングステン、バナジウム、オスミウム、クロム、コバルト、鉄等から選択される少なくとも 1 種が挙げられる。
- [0068] 本発明の燃料製造装置は、水素化反応器に供給される水素等の温度や、水素化反応器の反応温度を調整するために冷却装置又は冷却水ラインをさらに含んでもよい。
- [0069] また、本発明の燃料製造装置では、内燃機関と水素化反応器と場合により冷却装置とを内燃機関を冷却するための冷却水ラインでつないでもよい。
- [0070] ここで、冷却装置は、水素化反応器に供給される水素等の温度を調整するための装置であり、冷却水ラインは、内燃機関、冷却装置及び／又は水素化装置の温度を適切に調整するための装置であり、冷却装置及び冷却水ラインとしては、当該技術分野において公知のものを使用することができる。
- [0071] 例えば、本発明の燃料製造装置において、水素化反応器としてメタネーション反応器を使用する場合、内燃機関とメタネーション反応器の間を冷却水ラインによりつなぐことにより、メタネーション反応器の温度を適切な反応温度に調整することができる。また、電気分解装置とメタネーション反応器の間に排水により冷却を行う冷却装置を設置することにより、生成した水素及び二酸化炭素をメタネーション反応の開始温度に適した温度範囲に調整できるとともに、当該冷却装置における熱交換により高温になった排水を、高温水又は水蒸気として電気分解装置に供給することでエネルギー効率を向上させることができる。なお、冷却装置に使用する排水としては、メタネーション反応器において生成したメタン混合ガスに含まれる水を使用することができる。メタン混合ガスからの水の分離は、メタネーション反応器の後段に設置した冷却装置においてメタン混合ガスを 100℃未満に冷却し、気体の

メタンと液体の水とを分離する方法で実施することができる。

[0072] 例えば、本発明の燃料製造装置において、水素化反応器として有機ハイドライド反応器を使用する場合、内燃機関と有機ハイドライド反応器の間を冷却水ラインによりつなぐことにより、有機ハイドライド反応器の反応温度を適切に調整することができる。また、電気分解装置と有機ハイドライド反応器の間に冷却装置を設置することにより、生成した水素を水素付加反応の開始温度に適した温度範囲に調整できるとともに、有機ハイドライド反応器に供給される水素ガスから余剰の水蒸気を除去して、有機ハイドライド反応器における反応効率を向上させることができる。

[0073] 図4に本発明の燃料製造装置の実施形態1の構成を示す。実施形態1の構成は、内燃機関1と当該内燃機関1に接続されている電気分解装置2と当該電気分解装置2に接続されている水素化反応器300とを直列に含む。内燃機関1には、内燃機関1に燃料を供給するための燃料タンク4と内燃機関1の機械動力により動作する発電機5とがさらに接続されており、内燃機関1と電気分解装置2の接続は、内燃機関1からの排気ガスを電気分解装置2に供給するための配管と電気分解装置2から生成された酸素を内燃機関1に供給するための配管とを含む。電気分解装置2には、電気分解装置2に電力を供給するための再生可能エネルギー源6がさらに接続されている。水素化反応器300には、水素化反応器300において生成した燃料を貯蔵するための貯蔵槽700がさらに接続されている。

[0074] 実施形態1の構成では、まず、燃料タンク4から内燃機関1に供給された燃料は燃焼されることで400℃の水蒸気及び機械動力を生成し、400℃の水蒸気は電気分解装置2に供給され、機械動力は発電機5に伝えられる。この際、内燃機関1に供給される燃料と酸素の比率をストイキ燃焼になるように調整することで、酸素を燃焼時にほぼ全て消費させ、排気ガス中に酸素が含まれないようにする。続いて、再生可能エネルギー源6により動作する電気分解装置2に供給された400℃の水蒸気は、高温電気分解により酸素及び水素に分解され、酸素は内燃機関1に供給され、水素は水素化反応器3

00に供給される。水素化反応器300に供給された水素は、メタン又はメチルシクロヘキサン(MCH)の燃料に変換され、貯蔵槽700に貯蔵される。

[0075] 実施形態1の構成では、電気分解装置2において生成された水素は、電気分解装置2と直列で接続された水素化反応器300に高温のまま供給されるため、水素化反応のために加熱する必要がなく、貯蔵しやすい形態に変換することができる。

[0076] 図5に本発明の燃料製造装置において水素化反応器としてメタネーション反応器301を使用する実施形態2の構成を示す。実施形態2の構成は、内燃機関1と当該内燃機関1に接続されている電気分解装置2と当該電気分解装置2に接続されているメタネーション反応器301とを直列に含む。内燃機関1には、内燃機関1に燃料を供給するための燃料タンク4と内燃機関1の機械動力により動作する発電機5とがさらに接続されており、内燃機関1と電気分解装置2の接続は、内燃機関1からの排気ガスを電気分解装置2に供給するための配管と電気分解装置2から生成された酸素を内燃機関1に供給するための配管とを含む。電気分解装置2には、電気分解装置2に電力を供給するための再生可能エネルギー源6がさらに接続されている。メタネーション反応器301には、メタネーション反応器301において生成したメタンを貯蔵するためのメタン貯蔵槽701がさらに接続されている。なお、電気分解装置2とメタネーション反応器301の間にはメタネーション反応の原料となる水素及び二酸化炭素等をメタネーション反応の開始温度に適した温度に調整するための冷却装置、例えば熱交換器を配置してもよい。さらに、内燃機関1とメタネーション反応器301の間は、冷却水ラインでつないでもよい。

[0077] 実施形態2の構成では、まず、燃料タンク4から内燃機関1に供給された燃料は燃焼されることで400℃の水蒸気、二酸化炭素及び機械動力を生成し、400℃の水蒸気及び二酸化炭素は電気分解装置2に供給され、機械動力は発電機5に伝えられる。この際、内燃機関1に供給される燃料と酸素の

比率をストイキ燃焼になるように調整することで、酸素を燃焼時にほぼ全て消費させ、排気ガス中に酸素が含まれないようにする。続いて、再生可能エネルギー源 6 により動作する電気分解装置 2 に供給された 400℃の水蒸気は、高温電気分解により酸素及び水素に分解され、酸素は内燃機関 1 に供給され、水素はメタネーション反応器 301 に供給される。なお、排気ガス中に含まれる二酸化炭素もまた電気分解されずメタネーション反応器に供給される。メタネーション反応器に供給された水素及び二酸化炭素は、メタンに変換され、メタン貯蔵槽 701 に貯蔵される。なお、メタネーション反応器 301 から排出されるメタンのガス温度（出口側ガス温度）は、メタネーション反応器 301 の前段に配置された冷却装置及び／又は冷却水ライン等により好ましくは 220℃～250℃に設定される。

[0078] 実施形態 2 の構成では、電気分解装置 2 において生成された水素及び排気ガス中に含まれる二酸化炭素は、電気分解装置 2 と直列で接続されたメタネーション反応器 301 に高温のまま供給されるため、メタネーションのために加熱する必要がなく、貯蔵しやすいメタンに変換することができる。

[0079] 図 6 に実施形態 2 をさらに具体化した実施形態 3 の構成を示す。実施形態 3 の構成は、内燃機関 1 と当該内燃機関 1 に接続されている有害物質を除去するための三元触媒 8 と当該三元触媒 8 に接続されている電気分解装置 2 と当該電気分解装置 2 に接続されているメタネーション反応に適した温度に調整するための第 1 の冷却装置 9 と当該第 1 の冷却装置 9 に接続されているメタネーション反応器 301 とを直列に含む。メタネーション反応器 301 の後段には、メタネーション反応器 301 おいて生成した水（水蒸気）を冷却するための第 2 の冷却装置 10 が接続されており、第 2 の冷却装置 10 の後段には冷却された水を回収するための水回収タンク 11 が接続されており、水回収タンク 11 の後段には生成したメタン混合ガスを回収するためのメタン貯蔵槽 701 が接続されている。内燃機関 1 は、内燃機関 1 と第 2 の冷却装置 10 とメタネーション反応器 301 の間をつなぐ冷却水ライン（冷却水ポンプ 12、冷却水タンク 13 及びラジエータ 14 を含む）をさらに含む。

第1の冷却装置9には、水回収タンク11から冷却媒体となり得る排水を供給するための配管と、第1の冷却装置9において熱交換された高温の排水又は水蒸気を電気分解装置2に供給するための配管とがさらに接続されている。

[0080] 実施形態3の構成では、まず、燃料タンクから内燃機関に供給された燃料、例えばメタンが燃焼されることで $350^{\circ}\text{C} \sim 550^{\circ}\text{C}$ の水蒸気及び二酸化炭素を生成し($\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$ (式1))、当該高温の水蒸気及び二酸化炭素は三元触媒8において有害物質(未燃炭化水素、一酸化炭素、酸化窒素等)を除去されてから電気分解装置2に供給される。この際、内燃機関1に供給される燃料と酸素の比率をストイキ燃焼になるように調整することで、排気ガス中に酸素が含まれないようにする。続いて、電気分解装置2に供給された高温の水蒸気は、高温電気分解により酸素及び水素に分解され($\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{CO}_2 + \text{O}_2$

(式2))、水素は、第1の冷却装置9においてメタネーション反応の開始温度に適した $250^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ に調整されてからメタネーション反応器301に供給される。なお、排気ガス中に含まれる二酸化炭素もまた電気分解されずメタネーション反応器301に供給される。メタネーション反応器301に供給された水素及び二酸化炭素は、冷却水ラインにより調整された $220^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ の適切な反応温度で、メタン及び水蒸気に変換される($2\text{H}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$ (式3))。変換されたメタン及び水蒸気は、 $220^{\circ}\text{C} \sim 260^{\circ}\text{C}$ の温度でメタネーション反応器301から第2の冷却装置10に供給される。第2の冷却装置10において水蒸気が水へと冷却されて水回収タンク11に回収され、水分が分離されたメタン混合ガスは水回収タンク11のさらに後段のメタン貯蔵槽701で回収される。なお、排気ガス中に含まれる窒素(三元触媒8により変換された窒素を含む)は、最終生成物の中に含まれる。

[0081] なお、式1～3の反応式から考慮すると、内燃機関1の燃料であるメタン1モルは燃焼されることで二酸化炭素1モル及び水蒸気2モルを生成し(式

1)、水蒸気2モルは電気分解装置2での電気分解により水素2モルを生成する(式2)。すなわち、メタン1モルからは二酸化炭素1モル及び水素2モルが生成される。一方で、メタネーション反応器301においてメタン1モルを生成するためには、二酸化炭素1モル及び水素4モルが必要である(式3)。つまり、内燃機関1から排出された排気ガス中に含まれる二酸化炭素1モルは、同じく内燃機関1から排出された排気ガス中に含まれる水蒸気2モルにより生成された水素2モルによってでは、その全てをメタネーションすることができない。したがって、不足分の水素2モルをメタネーション反応器301に新たに供給するか、あるいはさらなる水蒸気2モルを電気分解装置2に供給して不足分の水素2モルを生成する必要がある。ここで、さらなる水蒸気2モルを電気分解装置2に供給して水素2モルを生成する場合には、メタネーション反応器301において生成した水蒸気2モル、すなわち水回収タンク11において回収した水2モルを第1の冷却装置9を介して電気分解装置2に高温水又は水蒸気として供給することにより、電気分解装置2においてさらに水素2モルを生成することができる。このようにして生成されたさらなる水素2モルは、メタネーション反応器301における不足分の水素2モルとして使用することができる。

[0082] 実施形態3の構成では、電気分解装置2において生成された水素及び排気ガス中に含まれる二酸化炭素は、電気分解装置2と直列で接続されたメタネーション反応器301に高温のまま供給されるため、メタネーションのために加熱する必要がなく、貯蔵しやすいメタンに変換することができる。

[0083] 図7に本発明の燃料製造装置において水素化反応器として有機ハイドライド反応器302を使用し、有機ハイドライドとしてトルエン及びメチルシクロヘキサンを使用する実施形態4の構成を示す。実施形態4の構成は、内燃機関1と当該内燃機関1に接続されている電気分解装置2と当該電気分解装置2に接続されている有機ハイドライド反応器302とを含む。内燃機関1には、内燃機関1に燃料を供給するための燃料タンク4と内燃機関1の機械動力により動作する発電機5とがさらに接続されており、内燃機関1と電気

分解装置 2 の接続は、内燃機関 1 からの排気ガスを電気分解装置 2 に供給するための配管と、電気分解装置 2 から生成された酸素を内燃機関 1 に供給するための配管とを含む。電気分解装置 2 には、電気分解装置 2 に電力を供給するための再生可能エネルギー源 6 がさらに接続されている。有機ハイドライド反応器 302 には、有機ハイドライド反応器 302 において生成した液体のメチルシクロヘキサンを貯蔵するためのメチルシクロヘキサン貯蔵槽 702 と、脱水素体としてのトルエンを貯蔵するためのトルエン貯蔵槽 15 とがさらに接続されている。なお、電気分解装置 2 と有機ハイドライド反応器 302 の間には水素付加反応の開始温度に適した温度に調整するための冷却装置、例えば熱交換器を配置してもよい。さらに、内燃機関 1 と有機ハイドライド反応器 302 の間は、冷却水ラインでつないでもよい。

[0084] 実施形態 4 の構成では、まず、燃料タンク 4 から内燃機関 1 に供給された燃料は燃焼されることで 400℃の水蒸気及び機械動力を生成し、400℃の水蒸気は電気分解装置 2 に供給され、機械動力は発電機 5 に伝えられる。この際、内燃機関 1 に供給される燃料と酸素の比率をストイキ燃焼になるように調整することで、酸素を燃焼時にほぼ全て消費させ、排気ガス中に酸素が含まれないようにする。続いて、再生可能エネルギー源 6 により動作する電気分解装置 2 に供給された 400℃の水蒸気は、高温電気分解により酸素及び水素に分解され、酸素は内燃機関 1 に供給され、水素は有機ハイドライド反応器 302 に供給される。有機ハイドライド反応器 302 に供給された水素は、トルエン貯蔵槽 15 から供給されるトルエンと反応して液体のメチルシクロヘキサンに変換され、メチルシクロヘキサン貯蔵槽 702 に貯蔵される。なお、有機ハイドライド反応器 302 から排出されるメチルシクロヘキサンの温度（出口側温度）は、有機ハイドライド反応器 302 の前段に配置された冷却装置及び／又は冷却水ライン等により好ましくは 85℃～98℃に設定される。

[0085] 実施形態 4 の構成では、電気分解装置 2 において生成された水素は、電気分解装置 2 と直列で接続された有機ハイドライド反応器 302 に高温のまま

供給されるため、水素付加反応のために加熱する必要がなく、貯蔵しやすい液体のメチルシクロヘキサンに変換することができる。

[0086] 図8に実施形態4をさらに具体化した実施形態5の構成を示す。実施形態5の構成は、内燃機関1と当該内燃機関1に接続されている有害物質を除去するための三元触媒8と当該三元触媒8に接続されている電気分解装置2と当該電気分解装置2に接続されている水素付加反応に適した温度に調整するための冷却装置16と当該冷却装置16に接続されているトルエン気化器17と当該トルエン気化器17に接続されている有機ハイドライド反応器302とを直列に含む。トルエン気化器17には、脱水素体としてのトルエンを貯蔵するためのトルエン貯蔵槽15がさらに接続されている。有機ハイドライド反応器302には、有機ハイドライド反応器302において生成した液体のメチルシクロヘキサンを貯蔵するためのメチルシクロヘキサン貯蔵槽702がさらに接続されている。内燃機関1は、内燃機関1と冷却装置16と有機ハイドライド反応器302の間をつなぐ冷却水ライン（冷却水ポンプ12、冷却水タンク13及びラジエータ14を含む）をさらに含む。

[0087] 実施形態5の構成では、まず、燃料タンクから内燃機関1に供給された燃料は燃焼されることで高温の水蒸気を生成し、当該高温の水蒸気は三元触媒8において有害物質（未燃炭化水素、一酸化炭素、酸化窒素等）を除去されてから電気分解装置2に供給される。この際、内燃機関1に供給される燃料と酸素の比率をストイキ燃焼になるように調整することで、排気ガス中に酸素が含まれないようにする。続いて、電気分解装置2に供給された高温の水蒸気は、高温電気分解により酸素及び水素に分解され、水素は、冷却装置16においてトルエンへの水素付加反応の開始温度に適した温度である80℃～90℃に調整されてからトルエン気化器17に供給される。なお、冷却することにより生成した水は冷却装置16又は冷却装置16に接続されている水分離タンク（図示せず）において除去される。トルエン気化器17に供給された水素、窒素ガスは、当該トルエン気化器17において、蒸気圧分のトルエンを気化して、トルエン蒸気と共に有機ハイドライド反応器302に供

給される。有機ハイドライド反応器302に供給された水素及びトルエン蒸気は、冷却水ラインにより調整された85℃～96℃の適切な反応温度で、メチルシクロヘキサンに変換される。変換されたメチルシクロヘキサンは85℃～96℃の温度で有機ハイドライド反応器302からメチルシクロヘキサン貯蔵槽702に供給される。なお、排気ガス中に含まれる窒素（三元触媒により変換された窒素を含む）は、最終的にメチルシクロヘキサン貯蔵槽702から排出される。

[0088] 実施形態5の構成では、電気分解装置2において生成された水素は、電気分解装置2と直列で接続された有機ハイドライド反応器302に高温のまま供給されるため、水素付加反応のために加熱する必要がなく、貯蔵しやすい液体のメチルシクロヘキサンに変換することができる。

[0089] 図9に本発明の燃料製造装置において水素化反応器としてメタネーション反応器301及び有機ハイドライド反応器302を使用する実施形態6の構成を示す。実施形態6の構成は、内燃機関1と当該内燃機関1に接続されている電気分解装置2と当該電気分解装置2に接続されているメタネーション反応器301と当該メタネーション反応器301に接続されている有機ハイドライド反応器302とを含む。内燃機関1には、内燃機関1に燃料を供給するための燃料タンク4と内燃機関1の機械動力により動作する発電機5とがさらに接続されており、内燃機関1と電気分解装置2の接続は、内燃機関1からの排気ガスを電気分解装置2に供給するための配管と、電気分解装置2から生成された酸素を内燃機関1に供給するための配管とを含む。電気分解装置2には、電気分解装置2に電力を供給するための再生可能エネルギー源6がさらに接続されている。メタネーション反応器301には、メタネーション反応器301において生成したメタンを貯蔵するためのメタン貯蔵槽701と、メタネーション反応器301において未反応である水素をさらに反応させるための有機ハイドライド反応器302とがさらに接続されている。有機ハイドライド反応器302には、有機ハイドライド反応器302において生成した液体のメチルシクロヘキサンを貯蔵するためのメチルシクロヘキサン貯

蔵槽 702 と、脱水素体としてのトルエンを貯蔵するためのトルエン貯蔵槽 15 とがさらに接続されている。なお、電気分解装置 2 とメタネーション反応器 301 の間及びメタネーション反応器 301 と有機ハイドライド反応器 302 の間にはメタネーション反応及び／又は水素付加反応の開始温度に適した温度に調整するための冷却装置、例えば熱交換器を配置してもよい。さらに、内燃機関 1 とメタネーション反応器 301 と有機ハイドライド反応器 302 の間は、冷却水ラインでつないでもよい。

[0090] 実施形態 6 の構成では、まず、燃料タンク 4 から内燃機関 1 に供給された燃料は燃焼されることで 400℃ の水蒸気、二酸化炭素及び機械動力を生成し、400℃ の水蒸気及び二酸化炭素は電気分解装置 2 に供給され、機械動力は発電機 5 に伝えられる。この際、内燃機関 1 に供給される燃料と酸素の比率をストイキ燃焼になるように調整することで、酸素を燃焼時にほぼ全て消費させ、排気ガス中に酸素が含まれないようにする。続いて、再生可能エネルギー源 6 により動作する電気分解装置 2 に供給された 400℃ の水蒸気は、高温電気分解により酸素及び水素に分解され、酸素は内燃機関 1 に供給され、水素はメタネーション反応器 301 に供給される。なお、排気ガス中に含まれる二酸化炭素もまた電気分解されずメタネーション反応器 301 に供給される。メタネーション反応器 301 に供給された水素及び二酸化炭素は、メタンに変換され、メタン貯蔵槽 701 に貯蔵される。なお、メタネーション反応器 301 から排出されるメタンのガス温度（出口側ガス温度）は、メタネーション反応器 301 の前段に配置された冷却装置及び／又は冷却水ライン等により好ましくは 220℃～250℃ に設定される。続いて、メタネーション反応器 301 において未反応の水素は、反応生成物であるメタンと混合されたまま有機ハイドライド反応器 302 に供給される。有機ハイドライド反応器 302 に供給された前記混合ガス中の水素は、トルエン貯蔵槽 15 から供給されるトルエンと反応して液体のメチルシクロヘキサンに変換され、メチルシクロヘキサン貯蔵槽 702 に貯蔵される。前記混合ガス中のメタンはメチルシクロヘキサンの生成反応には関与せず、気体のまま排出

されることによりメタンを分離することが可能となる。なお、有機ハイドライド反応器 302 から排出されるメチルシクロヘキサンの温度（出口側温度）は、有機ハイドライド反応器 302 の前段に配置された冷却装置及び／又は冷却水ライン等により好ましくは 85℃～98℃に設定される。

[0091] 実施形態 6 の構成では、電気分解装置 2 において生成された水素、排気ガス中に含まれる二酸化炭素、及びメタネーション反応器 301 において未反応の水素は、電気分解装置 2 と直列で接続されたメタネーション反応器 301 及びメタネーション反応器 301 と直列で接続された有機ハイドライド反応器 302 に高温のまま供給されるため、メタネーション及び水素付加反応のために加熱する必要がなく、貯蔵しやすいメタン及び液体のメチルシクロヘキサンに変換することができる。

[0092] なお、本発明は上記した実施形態に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、実施形態の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

[0093] 本明細書で引用した全ての刊行物、特許及び特許出願はそのまま引用により本明細書に組み入れられるものとする。

符号の説明

[0094] 1：内燃機関、2：電気分解装置、300：水素化反応器、301：メタネーション反応器、302：有機ハイドライド反応器、4：燃料タンク、5：発電機、6：再生可能エネルギー源、7：貯蔵槽、701：メタン貯蔵槽、702：メチルシクロヘキサン貯蔵槽、8：三元触媒、9：第1の冷却装置、10：第2の冷却装置、11：水回収タンク、12：冷却水ポンプ、13：冷却水タンク、14：ラジエータ、15：トルエン貯蔵槽、16：冷却装置、17：トルエン気化器、31：反応セル、32：第1ケーシング、33：反応シート、33a：貫通孔、34：第2ケーシング、35：金属箔、36：多孔質層、37：触媒

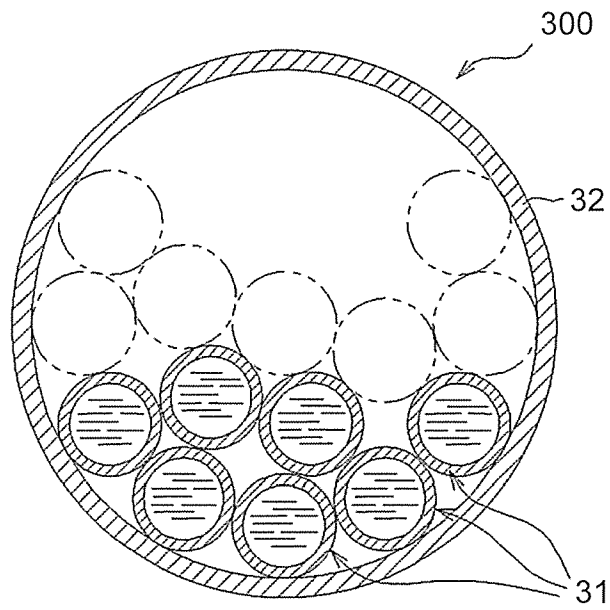
請求の範囲

- [請求項1] 内燃機関と当該内燃機関に接続されている電気分解装置と当該電気分解装置に接続されている水素化反応器とを含み、電気分解装置が内燃機関からの排気ガス中に含まれる高温の水蒸気を水素と酸素とに分解するための装置であり、水素化反応器が分解された水素を燃料に変換するための装置である燃料製造装置。
- [請求項2] 分解された酸素を内燃機関に供給するための配管をさらに含む請求項1に記載の燃料製造装置。
- [請求項3] 水素化反応器が、メタネーション反応器であり、メタネーション反応器が、分解された水素と排気ガス中に含まれる二酸化炭素とを反応させてメタンに変換するための装置である請求項1に記載の燃料製造装置。
- [請求項4] 電気分解装置とメタネーション反応器の間に冷却装置をさらに含み、冷却装置が、分解された水素及び排気ガス中に含まれる二酸化炭素を200℃～250℃に調整するための装置である請求項3に記載の燃料製造装置。
- [請求項5] 水素化反応器が、有機ハイドライド反応器であり、有機ハイドライド反応器が、分解された水素と脱水素体とを反応させて水素貯蔵体に変換するための装置である請求項1に記載の燃料製造装置。
- [請求項6] 脱水素体がトルエンであり、水素貯蔵体がメチルシクロヘキサンである請求項5に記載の燃料製造装置。
- [請求項7] 電気分解装置と有機ハイドライド反応器の間に冷却装置をさらに含み、冷却装置が、分解された水素を85℃～98℃に調整するための装置である請求項6に記載の燃料製造装置。
- [請求項8] 内燃機関が、内燃機関と水素化反応器の間をつなぐ冷却水ラインをさらに含み、冷却水ラインが、水素化反応器における反応温度を調整するための機関である請求項1～7のいずれか一項に記載の燃料製造装置。

- [請求項9] 内燃機関において燃料をストイキ燃焼することで高温の水蒸気及び二酸化炭素を生成する第1のステップと、
第1のステップにおいて生成した高温の水蒸気を電気分解装置により水素及び酸素に分解する第2のステップと、
第2のステップにおいて分解した水素を水素化反応器において燃料に変換する第3のステップと
を含む燃料を製造する方法。
- [請求項10] 第3のステップにおいて、水素化反応器としてメタネーション反応器を使用し、水素及び二酸化炭素を、冷却装置により200℃～250℃に調整し、メタネーション反応器においてメタンに変換する請求項9に記載の方法。
- [請求項11] 第3のステップにおいて、水素化反応器として有機ハイドライド反応器を使用し、水素を、冷却装置により85℃～98℃に調整し、有機ハイドライド反応器において脱水素体としてのトルエンと反応させてメチルシクロヘキサンに変換する請求項9に記載の方法。

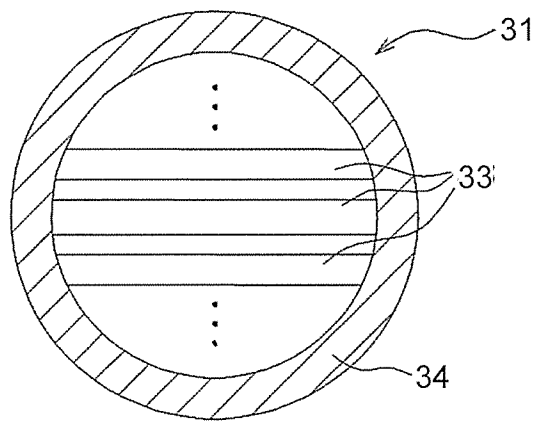
[図1]

図 1



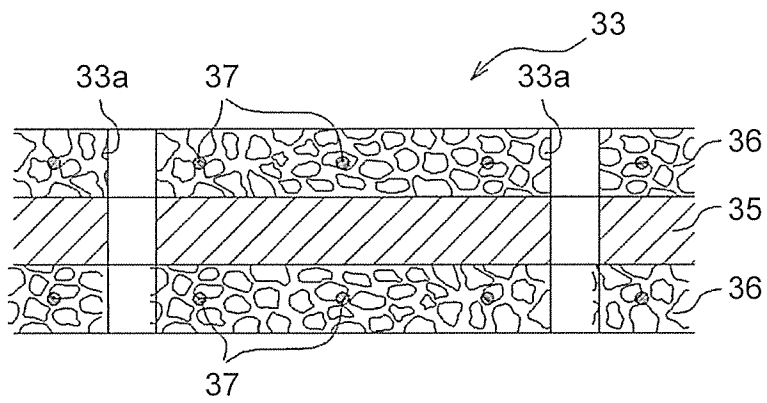
[図2]

図 2



[図3]

図 3



[図4]

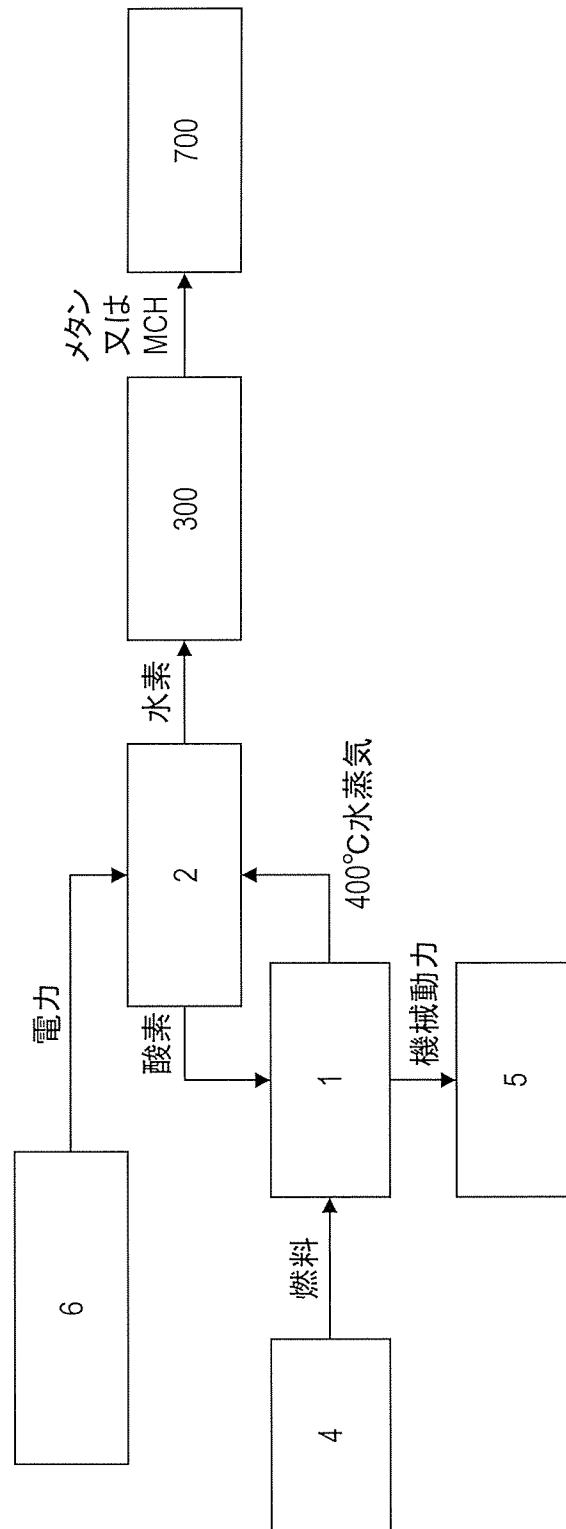


図4

[図5]

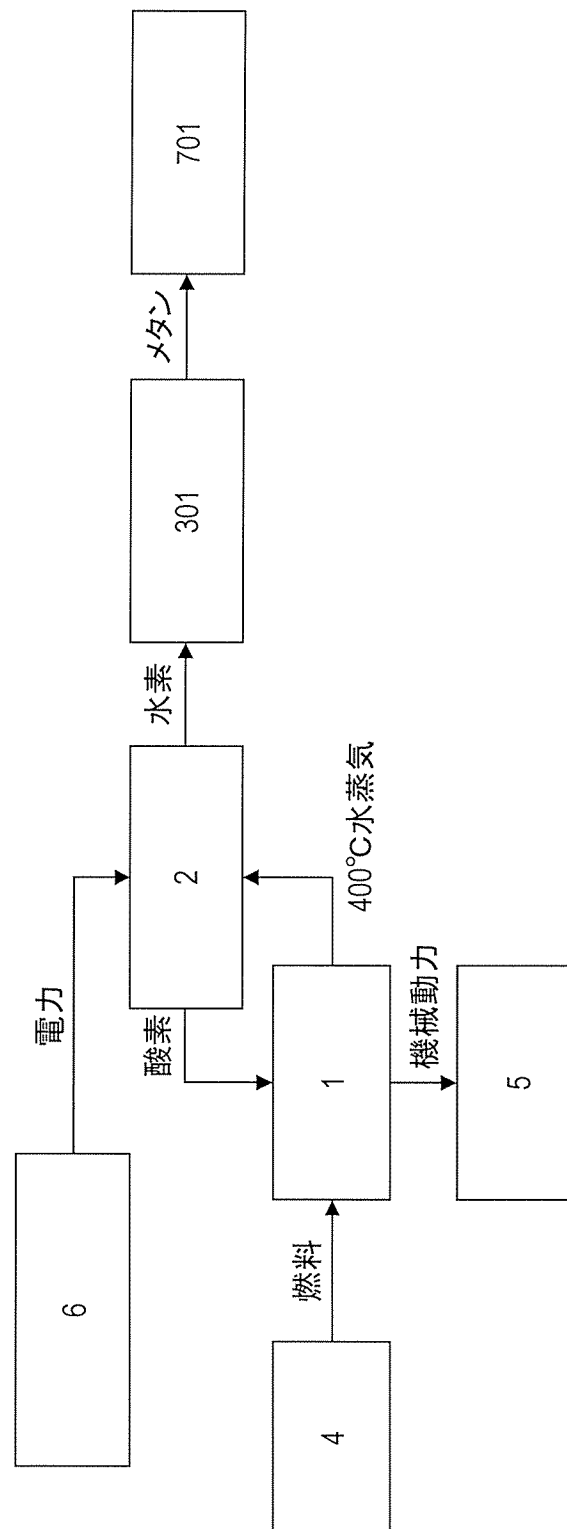
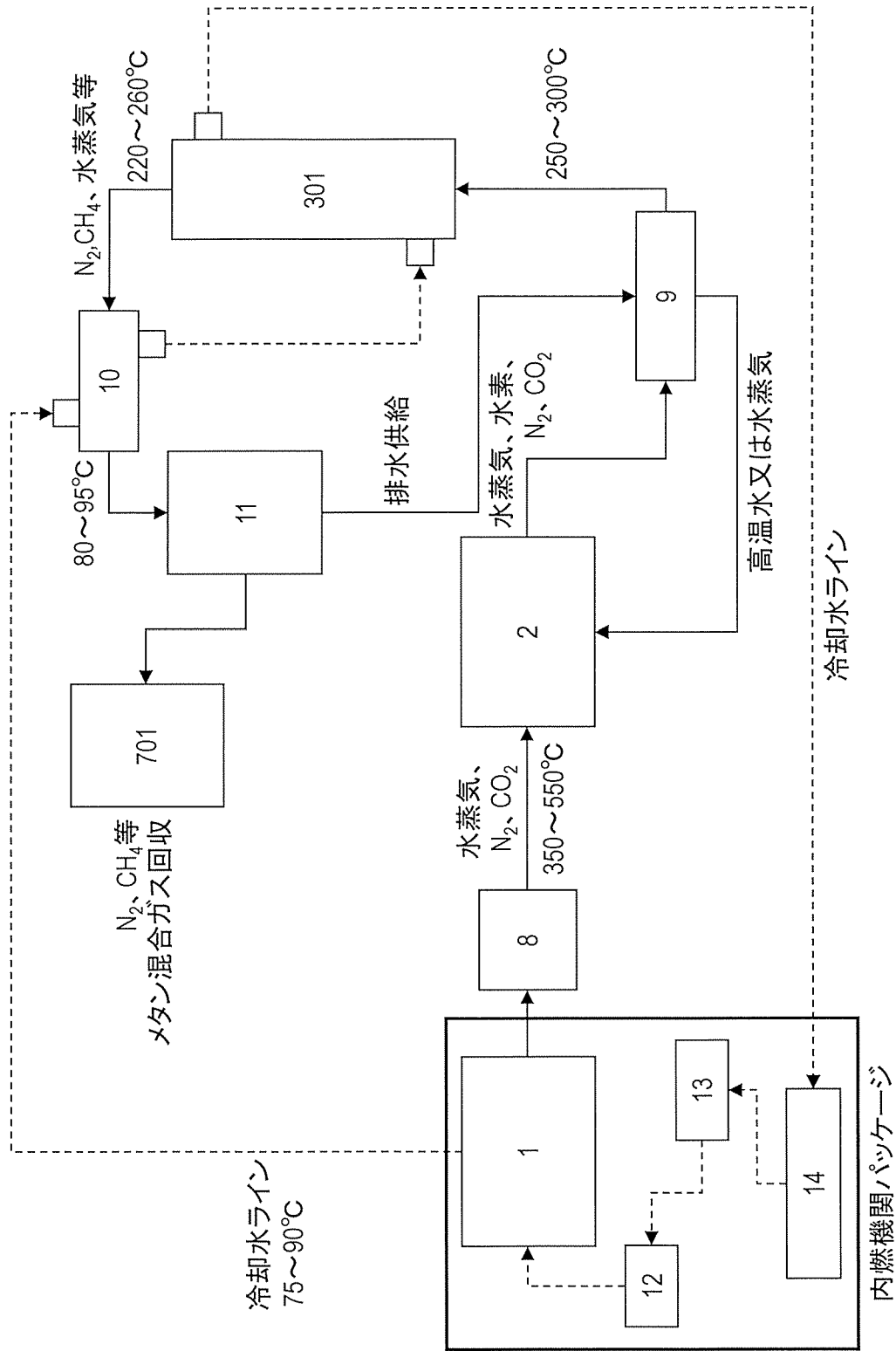


図5

[図6]



[図7]

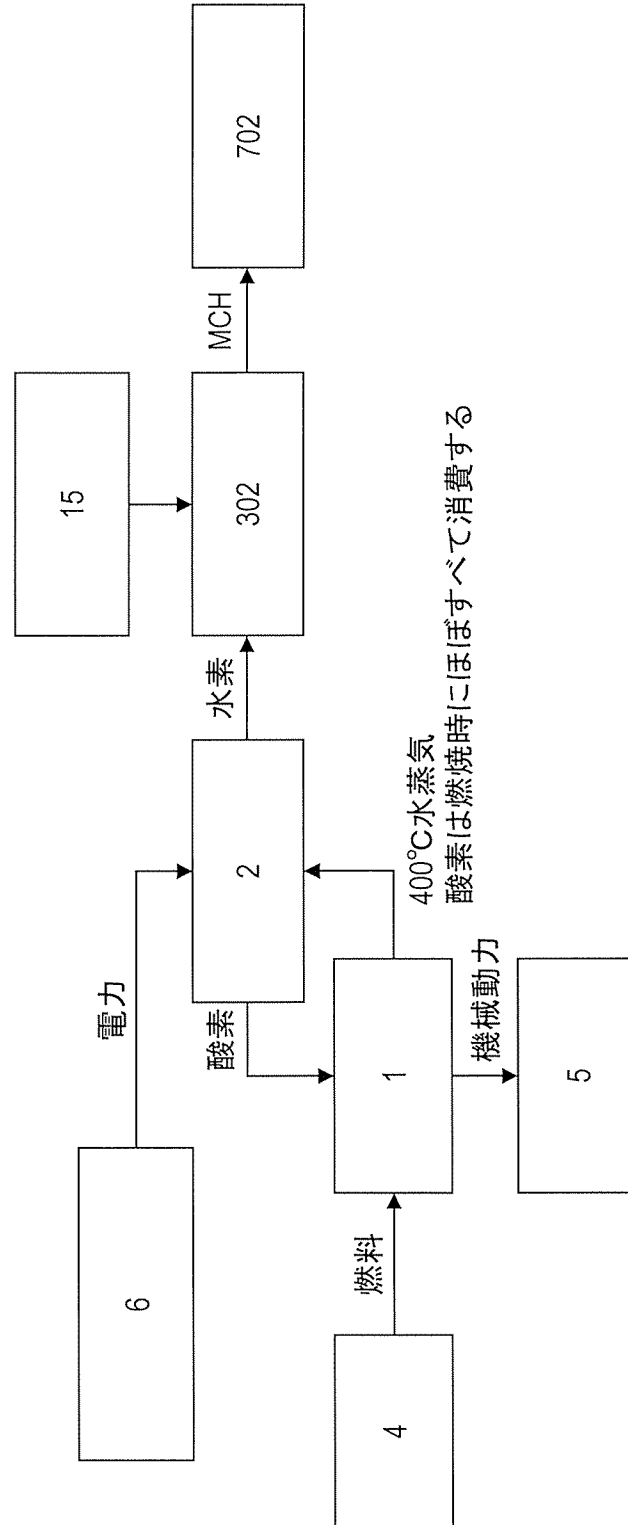
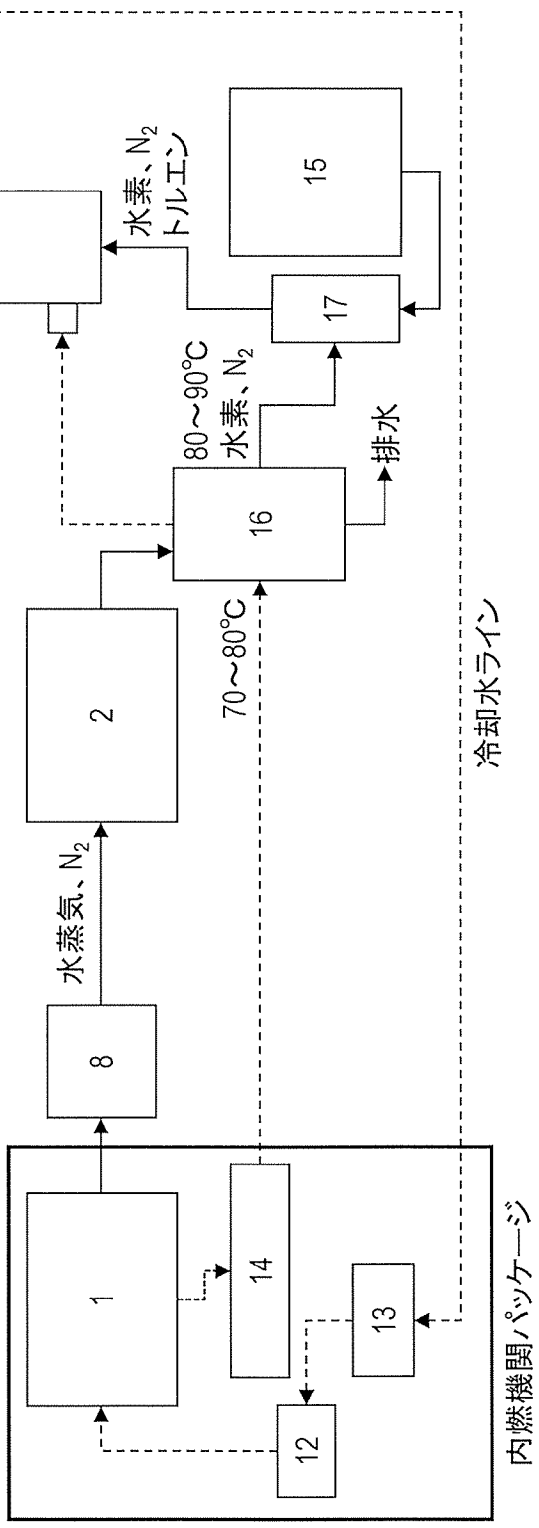
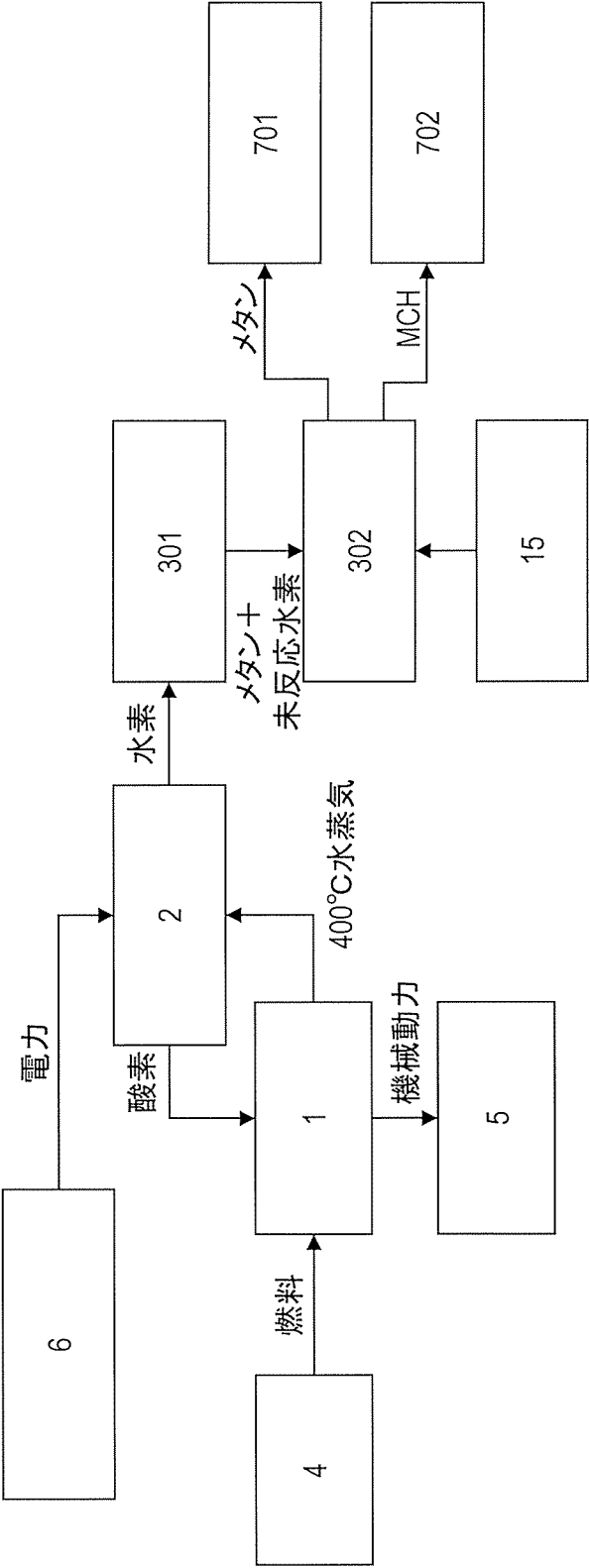


図7



[図9]

図9



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/013721

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C10L 3/08 (2006.01) i; C25B 1/02 (2006.01) i
FI: C10L3/08; C25B1/02

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)

C10L3/08; C25B1/02

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	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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 2018-523046 A (SAUDI ARABIAN OIL COMPANY) 16 August 2018 (2018-08-16) fig. 1a-2d	1-11
Y	JP 2006-206931 A (DENSO CORP.) 10 August 2006 (2006-08-10) fig. 1, 3-5	1-11
Y	JP 2016-531973 A (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS EUROPE GMBH) 13 October 2016 (2016-10-13) claims	1-11
Y	WO 2012/147157 A1 (HITACHI, LTD.) 01 November 2012 (2012-11-01) fig. 1-7	1-11
Y	JP 2009-7547 A (HITACHI, LTD.) 15 January 2009 (2009-01-15) claims	1-11

☐ 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
03 June 2020 (03.06.2020)

Date of mailing of the international search report
16 June 2020 (16.06.2020)

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

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/013721

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2018-523046 A	16 Aug. 2018	US 2016/0369688 A1 fig. 1a-2d WO 2016/204881 A1 EP 3310880 A1 CN 107771162 A KR 10-2018-0020220 A (Family: none)	
JP 2006-206931 A	10 Aug. 2006	US 2016/0153316 A1 claims WO 2015/004143 A1 EP 3019581 A1 KR 10-2016-0030559 A CN 105518112 A (Family: none)	
JP 2016-531973 A	13 Oct. 2016	US 2009/0000574 A1 claims DE 102008030575 A1 CN 101333667 A	
WO 2012/147157 A1	01 Nov. 2012		
JP 2009-7647 A	15 Jan. 2009		

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C10L 3/08(2006.01)i; C25B 1/02(2006.01)i FI: C10L3/08; C25B1/02		
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）） C10L3/08; C25B1/02		
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 1971-2020年 日本国実用新案登録公報 1996-2020年 日本国登録実用新案公報 1994-2020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 2018-523046 A（サウジ アラビアン オイル カンパニー）16.08.2018（2018 - 08 - 16） 図1a-2d	1-11
Y	JP 2006-206931 A（株式会社デンソー）10.08.2006（2006 - 08 - 10） 図1, 3-5	1-11
Y	JP 2016-531973 A（三菱自動車工業株式会社）13.10.2016（2016 - 10 - 13） 特許請求の範囲	1-11
Y	WO 2012/147157 A1（株式会社日立製作所）01.11.2012（2012 - 11 - 01） 図1-7	1-11
Y	JP 2009-7647 A（株式会社日立製作所）15.01.2009（2009 - 01 - 15） 特許請求の範囲	1-11
☐ 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 “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 “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 03.06.2020		国際調査報告の発送日 16.06.2020
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 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） 森 健一 4V 9263 電話番号 03-3581-1101 内線 3483

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/JP2020/013721

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2018-523046	A	16.08.2018	US 2016/0369688 A1 FIG. 1a-2d WO 2016/204881 A1 EP 3310880 A1 CN 107771162 A KR 10-2018-0020220 A	
JP	2006-206931	A	10.08.2006	(ファミリーなし)	
JP	2016-531973	A	13.10.2016	US 2016/0153316 A1 claims WO 2015/004143 A1 EP 3019581 A1 KR 10-2016-0030559 A CN 105518112 A	
WO	2012/147157	A1	01.11.2012	(ファミリーなし)	
JP	2009-7647	A	15.01.2009	US 2009/0000574 A1 claims DE 102008030575 A1 CN 101333667 A	