

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7579738号**  
**(P7579738)**

(45)発行日 令和6年11月8日(2024.11.8)

(24)登録日 令和6年10月30日(2024.10.30)

## (51)国際特許分類

C 01 C	1/04 (2006.01)	F I	C 01 C	1/04	E
C 01 B	3/02 (2006.01)		C 01 B	3/02	Z
C 01 B	3/26 (2006.01)		C 01 B	3/26	
C 01 B	3/32 (2006.01)		C 01 B	3/32	
C 25 B	1/042(2021.01)		C 25 B	1/042	

請求項の数 12 (全9頁)

(21)出願番号	特願2021-61246(P2021-61246)
(22)出願日	令和3年3月31日(2021.3.31)
(65)公開番号	特開2022-157170(P2022-157170)
	A)
(43)公開日	令和4年10月14日(2022.10.14)
審査請求日	令和5年11月13日(2023.11.13)

(73)特許権者	000006208 三菱重工業株式会社 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
(74)代理人	110002147 弁理士法人酒井国際特許事務所
(72)発明者	浅野 耕司 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
(72)発明者	岩渕 宏之 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
(72)発明者	松尾 健 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内
(72)発明者	中桐 基裕

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 水素キャリア製造システムおよび水素キャリア製造方法

## (57)【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

900 以上の熱エネルギーを発生可能な熱源と、  
前記熱エネルギーにより熱媒体が加熱されてこの加熱された高温熱媒体を使用して水素  
を製造する水素製造装置と、  
前記水素製造装置で使用された前記高温熱媒体が温度低下した低温熱媒体を用いて水素  
キャリアを製造する水素キャリア製造装置と、  
を備える水素キャリア製造システム。

## 【請求項2】

900 以上の熱エネルギーを発生可能な熱源と、  
前記熱エネルギーにより熱媒体が加熱されてこの加熱された前記熱媒体を使用して水素  
を製造する水素製造装置と、  
前記水素製造装置で使用された前記熱媒体を用いて水素キャリアを製造する水素キャリ  
ア製造装置と、  
を備え、  
前記水素キャリア製造装置は、前記水素製造装置で製造された水素と前記水素製造装置で  
使用された前記熱媒体を用いて水素キャリアを製造する、

水素キャリア製造システム。

## 【請求項3】

900 以上の熱エネルギーを発生可能な熱源と、

10

20

前記熱エネルギーにより熱媒体が加熱されてこの加熱された前記熱媒体を使用して水素を製造する水素製造装置と、

前記水素製造装置で使用された前記熱媒体を用いて水素キャリアを製造する水素キャリア製造装置と、

を備え、

前記熱源は、高温ガス炉で生成される、

水素キャリア製造システム。

**【請求項 4】**

前記水素製造装置は、メタン熱分解法と電気分解法と高温水蒸気電解法と高温アルカリ水電解法と水蒸気改質法の少なくとも一つを有する、

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の水素キャリア製造システム。

**【請求項 5】**

前記水素キャリア製造装置は、水素キャリアとしてアンモニアまたは有機ハイドライドを製造する、

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の水素キャリア製造システム。

**【請求項 6】**

前記水素キャリア製造装置は、ハーバーボッシュ法によりアンモニアを製造する、

請求項 5 に記載の水素キャリア製造システム。

**【請求項 7】**

前記水素キャリア製造装置は、炭化水素化合物に水素を添加して有機ハイドライドを製造する、

請求項 5 に記載の水素キャリア製造システム。

**【請求項 8】**

前記水素キャリア製造装置が製造した水素キャリアを貯蔵する水素キャリア貯蔵装置が設けられる、

請求項 1 から請求項 7 のいずれか一項に記載の水素キャリア製造システム。

**【請求項 9】**

前記水素キャリア製造装置が製造した水素キャリアから水素を生成する水素生成装置が設けられる、

請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の水素キャリア製造システム。

**【請求項 10】**

900 以上の熱エネルギーを発生させる工程と、

前記熱エネルギーにより熱媒体が加熱されてこの加熱された高温熱媒体を使用して水素を製造する工程と、

水素製造で使用された前記高温熱媒体が温度低下した低温熱媒体を用いて水素キャリアを製造する工程と、

を有する水素キャリア製造方法。

**【請求項 11】**

900 以上の熱エネルギーを発生させる工程と、

前記熱エネルギーにより熱媒体が加熱されてこの加熱された前記熱媒体を使用して水素を製造する工程と、

水素製造で製造された水素と水素製造で使用された前記熱媒体を用いて水素キャリアを製造する工程と、

を有する水素キャリア製造方法。

**【請求項 12】**

900 以上の熱エネルギーを高温ガス炉で発生させる工程と、

前記熱エネルギーにより熱媒体が加熱されてこの加熱された前記熱媒体を使用して水素を製造する工程と、

水素製造で使用された前記熱媒体を用いて水素キャリアを製造する工程と、

を有する 水素キャリア製造方法。

10

20

30

40

50

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本開示は、水素キャリア製造システムおよび水素キャリア製造方法に関するものである。

**【背景技術】****【0002】**

低炭素社会を実現する技術として、例えば、高温ガス炉がある。高温ガス炉は、運転温度が軽水炉に比べて高温である。高温ガス炉は、燃料の被覆にセラミックス材料を使用し、冷却材がヘリウム、減速材が黒鉛である。高温ガス炉は、運転温度が高く、高い熱エネルギーが得られることから、発電以外のエネルギー利用が可能であり、水素製造装置への適用が進められている。そして、水素製造装置により製造された水素からアンモニアを製造し、アンモニアを水素キャリアとして用いることが考えられている。従来の水素キャリア製造システムとして、例えば、下記特許文献1に記載されたものがある。

10

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0003】**

【文献】特開2016-44107号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0004】**

20

上述した従来の水素キャリア製造システムは、所定の方法を用いて水素を製造し、製造された水素からアンモニアを製造する。この場合、水素製造装置とアンモニア製造装置は、熱エネルギーを利用する必要がある。水素製造装置とアンモニア製造装置において、熱エネルギーの利用効率の向上が求められている。

**【0005】**

本開示は、上述した課題を解決するものであり、熱エネルギーにおける利用効率の向上を図る水素キャリア製造システムおよび水素キャリア製造方法を提供することを目的とする。

**【課題を解決するための手段】****【0006】**

30

上記の目的を達成するための本開示の水素キャリア製造システムは、900以上 の熱エネルギーを発生可能な熱源と、前記熱エネルギーにより加熱された熱媒体を使用して水素を製造する水素製造装置と、前記水素製造装置で使用された前記熱媒体を用いて水素キャリアを製造する水素キャリア製造装置と、を備える。

**【0007】**

また、本開示の水素キャリア製造方法は、900以上 の熱エネルギーを発生させる工程と、前記熱エネルギーにより加熱された熱媒体を使用して水素を製造する工程と、水素製造で使用された前記熱媒体を用いて水素キャリアを製造する工程と、を有する。

**【発明の効果】****【0008】**

40

本開示の水素キャリア製造システムおよび水素キャリア製造方法によれば、熱エネルギーにおける利用効率の向上を図ることができる。

**【図面の簡単な説明】****【0009】**

【図1】図1は、水素キャリア製造システムを表す概略構成図である。

**【発明を実施するための形態】****【0010】**

以下に図面を参照して、本開示の好適な実施形態を詳細に説明する。なお、この実施形態により本開示が限定されるものではなく、また、実施形態が複数ある場合には、各実施形態を組み合わせて構成するものも含むものである。また、実施形態における構成要素に

50

は、当業者が容易に想定できるもの、実質的に同一のもの、いわゆる均等の範囲のものが含まれる。

**【0011】**

<水素キャリア製造システム>

図1は、水素キャリア製造システムを表す概略構成図である。

**【0012】**

本実施形態において、図1に示すように、水素キャリア製造システム10は、熱源11と、水素製造装置12と、水素キャリア製造装置13とを備える。

**【0013】**

熱源11は、高温ガス炉であり、900以上 の熱エネルギーを発生可能である。水素製造装置12は、熱源11で発生した熱エネルギーにより加熱された熱媒体を使用して水素を製造する。水素製造装置12は、例えば、メタン熱分解法、電気分解法、高温水蒸気電解法(SOEC)、高温アルカリ水電解法、熱化学分解法(ISC法)などにより水素を製造する水素製造装置である。

10

**【0014】**

水素キャリア製造装置13は、水素製造装置12で使用された熱媒体を用いて水素キャリアを製造する。水素キャリア製造装置13は、水素キャリアとしてのアンモニアや有機ハイドライド(メチルシクロヘキサン)などを製造する。この場合、水素キャリア製造装置13は、水素キャリアとしてのアンモニアを製造する場合、例えば、ハーバーポッシュ法を適用する。また、水素キャリア製造装置13は、水素キャリアとしての有機ハイドライド(メチルシクロヘキサン)を製造する場合、例えば、炭化水素化合物(例えば、トルエン)に水素を添加して製造する。

20

**【0015】**

すなわち、水素製造装置12は、900以上の熱エネルギーにより加熱された高温熱媒体を使用して水素を製造する。水素キャリア製造装置13は、高温熱媒体が水素製造装置12で使用されて温度が低下した低温の低温熱媒体を使用して水素キャリアを製造する。このとき、水素キャリア製造装置13は、水素製造装置12で製造された水素と水素製造装置12で使用された低温熱媒体を用いて水素キャリアを製造する。

**【0016】**

熱源11としての高温ガス炉は、燃料の被覆にセラミックス材料を使用し、冷却材をヘリウムとし、減速材を黒鉛とする原子炉である。高温ガス炉は、900以上の熱媒体としてのヘリウムガスを生成可能である。熱源11としての高温ガス炉は、第1循環経路L11が連結される。第1循環経路L11は、熱源11の他に、中間熱交換器21、再生熱交換器22、冷却器23、圧縮機24が連結される。中間熱交換器21は、第2循環経路L12が連結される。

30

**【0017】**

中間熱交換器21は、第1循環経路L11を流れる1次ヘリウム(1次熱媒体)と2次ヘリウム(2次熱媒体)との間で熱交換を行う。すなわち、中間熱交換器21は、第1循環経路L11を流れる、例えば、950の1次ヘリウムにより第2循環経路L12を流れる2次ヘリウムを、例えば、900に加熱する。

40

**【0018】**

冷却器23は、中間熱交換器21で熱交換した1次ヘリウムを冷却する。圧縮機24は、第1循環経路L11を流れて冷却器23により冷却された1次ヘリウムを圧縮する。再生熱交換器22は、中間熱交換器21で熱交換した1次ヘリウムと、冷却器23により冷却されて圧縮機24により圧縮された1次ヘリウムとの間で熱交換する。

**【0019】**

第2循環経路L12は、中間熱交換器21の他に、水素製造装置12、水素キャリア製造装置13、循環ポンプ25が連結される。循環ポンプ25は、第2循環経路L12の2次ヘリウムを循環し、水素製造装置12から水素キャリア製造装置13に供給する。

**【0020】**

50

水素製造装置 1 2 は、例えば、メタン熱分解法により水素を製造する。メタンを含む天然ガスを高温の 2 次ヘリウムにより加熱された触媒反応器に供給する。すると、メタンは、高温域で水素と炭素に熱分解する。



#### 【 0 0 2 1 】

水素キャリア製造装置 1 3 は、水素キャリアとして、アンモニアまたは有機ハイドライド（メチルシクロヘキサン）を製造する。

#### 【 0 0 2 2 】

水素キャリア製造装置 1 3 は、水素キャリアとしてのアンモニアを製造する場合、ハーバーボッシュ法を適用する。すなわち、水素製造装置 1 2 で製造した水素に窒素を添加し、水素と窒素の混合物を圧縮して高圧の混合物とした後、高温の 2 次ヘリウムにより加熱された触媒反応器に供給する。すると、水素と窒素との混合物からアンモニアが生成される。生成されたアンモニアは、凝縮器により冷却されることで液体となる。



#### 【 0 0 2 3 】

また、水素キャリア製造装置 1 3 は、水素キャリアとしての有機ハイドライド（メチルシクロヘキサン）を製造する場合、炭化水素化合物（例えば、トルエン）に水素を添加して製造する。すなわち、トルエンに水素製造装置 1 2 で製造した水素を反応させることで、メチルシクロヘキサンに変換する。

#### 【 0 0 2 4 】

なお、高温の 2 次ヘリウムにより、水素製造装置 1 2 または水素キャリア製造装置 1 3 で使用される原料を予熱するように構成してもよい。例えば、水素製造装置 1 2 にて、原料としての天然ガス（メタン）を高温の 2 次ヘリウムにより事前に加熱する。また、水素キャリア製造装置 1 3 にて、原料としての水素や窒素を高温の 2 次ヘリウムにより事前に加熱する。

#### 【 0 0 2 5 】

また、水素キャリア製造システム 1 0 は、水素キャリア貯蔵装置 3 1 と、水素生成装置 3 2 とを備える。

#### 【 0 0 2 6 】

水素キャリア貯蔵装置 3 1 は、水素キャリア製造装置 1 3 により製造された水素キャリアとしてアンモニアや有機ハイドライドなどを貯蔵する。水素キャリア貯蔵装置 3 1 は、例えば、貯蔵タンクである。水素生成装置 3 2 は、水素キャリア貯蔵装置 3 1 に貯蔵された水素キャリアから水素を生成する。水素生成装置 3 2 は、水素キャリア製造装置 1 3 で使用された低温熱媒体により触媒を加熱し、加熱された触媒を用いて水素キャリアを水素に変換する。このとき、水素生成装置 3 2 により水素キャリアから水素が分離されことで発生した窒素は、水素キャリア製造装置 1 3 に供給される。

#### 【 0 0 2 7 】

第 2 循環経路 L 1 2 を流れる 2 次ヘリウムは、中間熱交換器 2 1 で 1 次ヘリウムにより加熱された後、循環ポンプ 2 5 により水素製造装置 1 2 から水素キャリア製造装置 1 3 に供給され、水素生成装置 3 2 を経て中間熱交換器 2 1 に戻される。

#### 【 0 0 2 8 】

##### <水素キャリア製造方法>

本実施形態の水素キャリア製造方法は、900 以上の熱エネルギーを発生させる工程と、熱エネルギーにより加熱された熱媒体を使用して水素を製造する工程と、水素の製造に使用された前記熱媒体を用いて水素キャリアを製造する工程とを有する。

#### 【 0 0 2 9 】

熱源 1 1 としての高温ガス炉は、例えば、950 の 1 次ヘリウムを生成する。高温の 1 次ヘリウムは、第 1 循環経路 L 1 1 を流れ、中間熱交換器 2 1 にて、第 2 循環経路 L 1 2 を流れる 2 次ヘリウムと交換を行い、2 次ヘリウムを、例えば、900 まで加熱する。中間熱交換器 2 1 で熱交換された 2 次ヘリウムは、第 2 循環経路 L 1 2 を流れ、水素製

10

20

30

40

50

造装置 1 2 に、例えば、900 程度で供給される。

**【 0 0 3 0 】**

水素製造装置 1 2 は、890 の 2 次ヘリウムを用いてメタン熱分解法により水素を製造する。水素製造装置 1 2 で使用されることで、例えば、800 まで温度低下した 2 次ヘリウムは、第 2 循環経路 L 1 2 により水素キャリア製造装置 1 3 に供給される。水素キャリア製造装置 1 3 は、800 の 2 次ヘリウムを用いて、例えば、バーバーボッシュ法により水素キャリアとしてのアンモニアを製造する。なお、水素製造装置 1 2 により製造された水素の一部を使用先に供給してもよい。また、水素キャリア製造装置 1 3 は、水素製造装置 1 2 以外で製造された水素からアンモニアを製造してもよい。

**【 0 0 3 1 】**

水素キャリア製造装置 1 3 により製造された水素キャリアは、水素キャリア貯蔵装置 3 1 に貯蔵される。水素製造装置 1 2 により製造された水素は、輸送が困難であることから、水素キャリア製造装置 1 3 により水素キャリアであるアンモニアや有機ハイドライドに変換する。そして、変換されたアンモニアや有機ハイドライドを輸送し、水素キャリア貯蔵装置 3 1 に貯蔵する。水素キャリア貯蔵装置 3 1 は、水素キャリア製造装置 1 3 の近傍、または、水素の利用先の近傍に設置することが好ましい。

**【 0 0 3 2 】**

水素キャリア貯蔵装置 3 1 に貯蔵されたアンモニアや有機ハイドライドは、水素を使用するときに、水素生成装置 3 2 により水素に変換される。このとき、水素生成装置 3 2 は、水素キャリア製造装置 1 3 で使用されることで、例えば、550 まで温度低下した 2 次ヘリウムを用いて水素を生成する。そのため、水素キャリア貯蔵装置 3 1 および水素生成装置 3 2 により、必要時に必要な量だけ水素を生成することができる。

**【 0 0 3 3 】**

水素キャリア製造装置 1 3 で使用されることで、例えば、550 まで温度低下した 2 次ヘリウムは、水素生成装置 3 2 を経て第 2 循環経路 L 1 2 により中間熱交換器 2 1 に戻される。

**【 0 0 3 4 】**

< 水素製造システムの変形例 >

上述した実施形態にて、熱源 1 1 を高温ガス炉としたが、この構成に限定されるものではない。例えば、熱源として、電気炉、ヘリオスタッフ式太陽熱集光装置、ボイラ、ガスタービン排熱などを適用してもよい。

**【 0 0 3 5 】**

また、上述した実施形態にて、熱源 1 1 として、高温ガス炉を適用し、水素製造装置 1 2 として、メタン熱分解法、高温アルカリ水電解法、熱化学分解法、高温水蒸気電解法を適用し、水素キャリア製造装置 1 3 として、バーバーボッシュ法を適用することで、二酸化炭素の発生量をなくすことができる。また、熱源として、再生エネルギーを利用した電気炉やヘリオスタッフ式太陽熱集光装置を適用することで、同様に、二酸化炭素の発生量をなくすことができる。但し、熱源 1 1 として高温ガス炉を適用することで、水素製造装置や水素キャリア製造装置の形式に拘わらず、二酸化炭素の発生量を低減することができる。

**【 0 0 3 6 】**

[ 本実施形態の作用効果 ]

第 1 の態様に係る水素キャリア製造システムは、900 以上の熱エネルギーを発生可能な熱源 1 1 と、熱エネルギーにより加熱された熱媒体を使用して水素を製造する水素製造装置 1 2 と、水素製造装置 1 2 で使用された熱媒体を用いて水素キャリアを製造する水素キャリア製造装置 1 3 とを備える。

**【 0 0 3 7 】**

第 1 の態様に係る水素キャリア製造システムによれば、熱源 1 1 で発生した熱エネルギーにより加熱された熱媒体を使用して水素製造装置 1 2 により水素を製造し、水素製造装置 1 2 で使用された熱媒体を使用して水素キャリア製造装置 1 3 により水素キャリアを製

10

20

30

40

50

造する。その結果、熱エネルギーを効率良く利用し、熱エネルギーにおける利用効率の向上を図ることができる。

**【 0 0 3 8 】**

第2の態様に係る水素キャリア製造システムは、水素製造装置12が900以上熱エネルギーにより加熱された高温熱媒体を使用して水素を製造し、水素キャリア製造装置13が高温熱媒体より低温の低温熱媒体を使用して水素キャリアを製造する。これにより、高温熱媒体および低温熱媒体の熱エネルギーを利用して効率良く水素と水素キャリアを製造することができる。

**【 0 0 3 9 】**

第3の態様に係る水素キャリア製造システムは、水素キャリア製造装置13は、水素製造装置12で製造された水素と水素製造装置12で使用された熱媒体を用いて水素キャリアを製造する。これにより、高温熱媒体を用いて製造された水素を低温熱媒体を用いて水素キャリアを製造することとなり、効率良く水素キャリアを製造することができる。

10

**【 0 0 4 0 】**

第4の態様に係る水素キャリア製造システムは、水素製造装置12は、メタン熱分解法と電気分解法と高温水蒸気電解法と高温アルカリ水電解法と水蒸気改質法の少なくとも一つを有する。これにより、効率良く水素を製造することができる。

**【 0 0 4 1 】**

第5の態様に係る水素キャリア製造システムは、水素キャリア製造装置13は、水素キャリアとしてアンモニアまたは有機ハイドライドを製造する。これにより、水素キャリアとしてのアンモニアや有機ハイドライドを容易に製造し、製造したアンモニアや有機ハイドライドを使用先に容易に輸送することができる。

20

**【 0 0 4 2 】**

第6の態様に係る水素キャリア製造システムは、水素キャリア製造装置13は、ハーバーボッシュ法によりアンモニアを製造する。これにより、効率良く水素キャリアを製造することができる。

**【 0 0 4 3 】**

第7の態様に係る水素キャリア製造システムは、水素キャリア製造装置13は、炭化水素化合物に水素を添加して有機ハイドライドを製造する。これにより、効率良く水素キャリアを製造することができる。

30

**【 0 0 4 4 】**

第8の態様に係る水素キャリア製造システムは、熱源11は、高温ガス炉で生成される。これにより、二酸化炭素の発生量を低減することができる。

**【 0 0 4 5 】**

第9の態様に係る水素キャリア製造システムは、水素キャリア製造装置13が製造した水素キャリアを貯蔵する水素キャリア貯蔵装置31が設けられる。これにより、水素キャリア貯蔵装置31を所望の場所に設置することで、水素キャリア製造装置13が製造した水素キャリアを容易に輸送して貯蔵することができる。

**【 0 0 4 6 】**

第10の態様に係る水素キャリア製造システムは、水素キャリア製造装置13が製造した水素キャリアから水素を生成する水素生成装置32が設けられる。これにより、水素の使用時に使用する量の水素を容易に生成することができる。

40

**【 0 0 4 7 】**

第11の態様に係る水素キャリア製造方法は、900以上の熱エネルギーを発生させる工程と、熱エネルギーにより加熱された熱媒体を使用して水素を製造する工程と、水素の製造に使用された熱媒体を用いて水素キャリアを製造する工程とを有する。これにより、熱エネルギーを効率良く利用し、熱エネルギーにおける利用効率の向上を図ることができる。

**【 符号の説明 】**

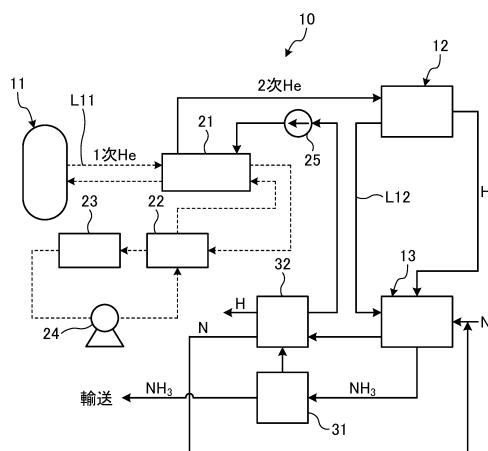
**【 0 0 4 8 】**

50

- 1 0 水素キャリア製造システム
  - 1 1 熱源
  - 1 2 水素製造装置
  - 1 3 水素キャリア製造装置
  - 2 1 中間熱交換器
  - 2 2 再生熱交換器
  - 2 3 冷却器
  - 2 4 圧縮機
  - 2 5 循環ポンプ
  - 3 1 水素キャリア貯蔵装置
  - 3 2 水素生成装置
  - L 1 1 第1循環経路
  - L 1 2 第2循環経路

〔 図 面 〕

〔 1 〕



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 三菱重工業株式会社内

(72)発明者 武石 雅之

兵庫県神戸市須磨区多井畠南町23番地の10 技術連携支援コンサルタント武石技研合同会社内

審査官 森坂 英昭

(56)参考文献 国際公開第2009/104820 (WO, A1)

中国特許出願公開第101946134 (CN, A)

特開2003-165704 (JP, A)

国際公開第2019/226416 (WO, A1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

C01B 3/00 - 3/58

C01C 1/00 - 1/28

C25B 1/042