

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2016-150890  
(P2016-150890A)

(43) 公開日 平成28年8月22日 (2016. 8. 22)

(51) Int.Cl.			F I	テーマコード (参考)		
<b>CO1B</b>	<b>3/04</b>	<b>(2006.01)</b>	CO1B	3/04	B	
<b>CO1C</b>	<b>1/02</b>	<b>(2006.01)</b>	CO1C	1/02	A	
<b>CO1B</b>	<b>21/40</b>	<b>(2006.01)</b>	CO1B	21/40	B	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2015-30509 (P2015-30509)  
(22) 出願日 平成27年2月19日 (2015. 2. 19)

(71) 出願人 304019399  
国立大学法人岐阜大学  
岐阜県岐阜市柳戸1番1  
(71) 出願人 000102212  
ウシオ電機株式会社  
東京都千代田区丸の内一丁目6番5号  
(71) 出願人 000253075  
澤藤電機株式会社  
群馬県太田市新田早川町3番地  
(74) 代理人 110000659  
特許業務法人広江アソシエイツ特許事務所  
(72) 発明者 神原 信志  
岐阜県岐阜市柳戸1番1 国立大学法人岐阜大学内

最終頁に続く

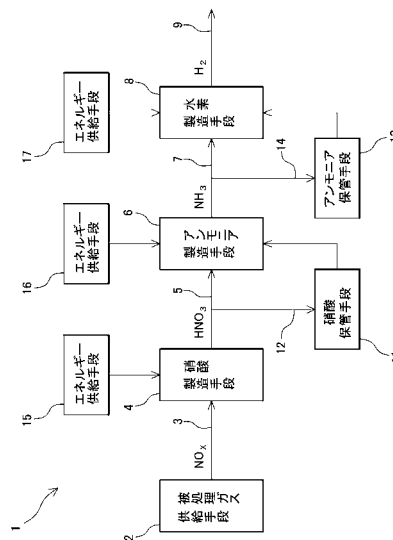
(54) 【発明の名称】 エネルギー貯蔵輸送方法およびエネルギーキャリアシステム

(57) 【要約】

【課題】アンモニアを高効率に製造し、最終的にはアンモニアから水素を製造してエネルギーとして用いるエネルギーキャリアシステムとそれを用いたエネルギー貯蔵輸送方法とを提供する。

【解決手段】本発明のエネルギーキャリアシステムは、硝酸製造手段と、アンモニア製造手段と、水素製造手段とを備えている。硝酸製造手段は、光反応器と、光反応器に窒素酸化物と水と酸素とを含む被処理ガスを供給する被処理ガス供給手段と、光反応器内に配置されており175nmよりも短い波長の紫外線を含む光を発生させる光源とを備えている。本発明のエネルギー貯蔵輸送方法は、窒素酸化物から硝酸を製造する硝酸製造工程と、硝酸を還元してアンモニアを製造するアンモニア製造工程と、アンモニアを分解して水素を製造する水素製造工程と、を含んでいる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

窒素酸化物から硝酸を製造する硝酸製造工程と、  
硝酸を還元してアンモニアを製造するアンモニア製造工程と、  
アンモニアを分解して水素を製造する水素製造工程と、を含むエネルギー貯蔵輸送方法  
であって、

前記硝酸製造工程は、窒素酸化物と水と酸素とを含む被処理ガスに 175 nm よりも短い波長の紫外線を含む光を照射することを特徴とするエネルギー貯蔵輸送方法。

**【請求項 2】**

前記アンモニア製造工程は、  
硝酸水溶液と水酸化チタンとを供給して混合液とする原料供給工程と、  
水酸化チタンの還元作用によって硝酸からアンモニアを製造する還元工程と、を備えて  
おり、

アンモニアガス、液化アンモニア、またはアンモニア水から選択される一以上の物質を  
製造することを特徴とする請求項 1 に記載のエネルギー貯蔵輸送方法。

**【請求項 3】**

前記硝酸製造工程、前記アンモニア製造工程、または前記水素製造工程から選択される  
少なくとも一つの工程が、

再生可能エネルギーによって製造される電力、

再生可能エネルギーによって製造される電力および熱、

または再生可能エネルギーによって製造される電力および熱プロセスから得られる熱  
、のいずれかを使用することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のエネルギー貯蔵輸送  
方法。

**【請求項 4】**

硝酸製造手段と、

アンモニア製造手段と、

水素製造手段と、

を備えており、

前記硝酸製造手段が、光反応器と、当該光反応器に窒素酸化物と水と酸素とを含む被処  
理ガスを供給する被処理ガス供給手段と、前記光反応器内に配置されており 175 nm より  
も短い波長の紫外線を含む光を発生させる光源と、を備えていることを特徴とするエネ  
ルギーキャリアシステム。

**【請求項 5】**

前記アンモニア製造手段が、反応器と、硝酸供給部と、チタン供給部と、波長 308 n  
m 以下の短波長の光を発生する光源と、を備えていることを特徴とするエネルギーキャ  
リアシステム。

**【請求項 6】**

硝酸保管手段と硝酸輸送手段をさらに備えており、

硝酸をエネルギーキャリアとすることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のエネルギ  
ーキャリアシステム。

**【請求項 7】**

アンモニア保管手段とアンモニア輸送手段とをさらに備えており、

アンモニアガス、液化アンモニア、またはアンモニア水から選択されるすくなくとも一  
つの物質をエネルギーキャリアとすることを特徴とする請求項 5 から 7 のいずれか一項に  
記載のエネルギーキャリアシステム。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、窒素酸化物から硝酸を製造し、製造した硝酸からアンモニアを製造し、さら  
にそのアンモニアを原料として水素を製造することを特徴とするエネルギー貯蔵輸送方法

10

20

30

40

50

およびエネルギーキャリアシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

太陽光、風力等の再生可能エネルギーを含む各種エネルギーの利用効率を高める試みが種々なされている。しかしながら、再生可能エネルギーは、その多くが自然現象に由来するために季節や時間によって供給量の変動が激しく、電力需要と供給のピークが一致しないという本質的な課題がある。また、大規模太陽光発電は広大な土地面積を必要とすること、風力発電は適する地域が洋上であったり沿岸部であることから、両者ともにエネルギー消費地と距離的に離れており、その送電線の敷設もコスト面で課題を有する。

【0003】

これらの課題を解決するために、エネルギー貯蔵輸送方法とエネルギーキャリアシステムが提案されている。従来から知られているエネルギー貯蔵輸送方法は、電気エネルギーや熱エネルギーを用いて、アンモニア、有機ハイドライド、メタノール、ジメチルエタン等の水素キャリアを製造して貯蔵する工程と、製造した水素キャリアを電力消費地に輸送する工程と、必要に応じて水素キャリアから水素を製造する工程とを備えている。エネルギー貯蔵輸送方法によって最終的に製造される水素は、燃料電池車や燃料電池発電システムに利用されるエネルギー源となる。

【0004】

エネルギーキャリアシステムを具現化する技術として、例えば特許文献1では、太陽光で発電した電力で水素を製造する方法が示されている。また例えば特許文献2では、水素と窒素からアンモニアを合成するための方法が示されている。また例えば特許文献3には、Pt, Rh, Pd, Ruなどの貴金属触媒を用いて400以上の加熱条件で、アンモニアから水素を製造する技術が開示されている。特許文献1の方法と特許文献2の方法と特許文献3の方法を組み合わせることによって、太陽光で発電した電力を水素に変換し、その水素を原料としてアンモニアを合成して液化アンモニアとして貯留し、液化アンモニアをエネルギー消費地に輸送し、エネルギー消費地で液化アンモニアから水素に転換して、燃料電池車に供給したり、燃料電池発電システムに供給することができる。しかしながら、特許文献1と特許文献2と特許文献3の技術を組み合わせただけの場合、再生可能エネルギーから水素への総合変換効率は7パーセント程度である。そこで、より総合変換効率の高いエネルギーキャリアシステムが望まれている。

【0005】

発明者らは、水素キャリアの一つであるアンモニアから水素を製造する技術についての検討を行っており、その成果を特許文献4および特許文献5で開示している。特許文献4に開示した水素製造方法は、アンモニアガスを含む水素源ガスに、常温で波長200nm以下の光を含む紫外線を照射して水素ガスを発生させる。特許文献5に開示した水素製造装置は、プラズマ反応器と、高電圧電極と、接地電極とを備えており、常温大気圧の条件下で高電圧電極と接地電極との間で放電を行ってアンモニアをプラズマとし、水素を生成する。これらの水素製造方法は、従来よりも高効率に水素を生成することが可能であり、最適なアンモニア製造方法と組み合わせることによって、エネルギー貯蔵輸送方法とエネルギーキャリアシステムを実現することができる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2014-203274号公報

【特許文献2】特開2013-209685号公報

【特許文献3】特開2003-40602号公報

【特許文献4】特開2014-24751号公報

【特許文献5】特開2014-70012号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 7 】

本発明は上記課題に鑑みてなされたものであって、窒素酸化物から硝酸を製造し、製造した硝酸からアンモニアを製造し、さらにそのアンモニアを原料として水素を製造する各々の工程の全てを、従来よりも効率よくしかも安価に実現するエネルギー貯蔵輸送方法を提供すること、および窒素酸化物から硝酸とアンモニアとを経由して水素を従来よりも効率よく作ることが可能なエネルギーキャリアシステムを提供することを解決すべき課題としている。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 8 】

本発明者は、新規な硝酸製造工程および新規なアンモニア製造工程を創作し、さらにこの硝酸製造工程およびアンモニア製造工程に複数の水素製造工程とを組み合わせることが可能なことを見いだして、本発明を完成させるに至った。請求項1記載のエネルギー貯蔵輸送方法は、窒素酸化物から硝酸を製造する硝酸製造工程と、硝酸を還元してアンモニアを製造するアンモニア製造工程と、アンモニアを分解して水素を製造する水素製造工程と、を含む。本発明のエネルギー貯蔵輸送方法は、その硝酸製造工程が、窒素酸化物と水と酸素とを含む被処理ガスに175nmよりも短い波長の紫外線を含む光を照射することを特徴とする。

10

## 【 0 0 0 9 】

請求項2記載のエネルギー貯蔵輸送方法のアンモニア製造工程は、硝酸水溶液と水酸化チタンとを供給して混合液とする原料供給工程と、水酸化チタンの還元作用によって硝酸からアンモニアを製造する還元工程と、を備えており、アンモニアガス、液化アンモニア、またはアンモニア水から選択される一以上の物質を製造することを特徴とする。

20

## 【 0 0 1 0 】

請求項3記載のエネルギー貯蔵輸送方法は、硝酸製造工程、前記アンモニア製造工程、または前記水素製造工程から選択される少なくとも一つの工程が、再生可能エネルギーによって製造される電力、再生可能エネルギーによって製造される電力および熱、または再生可能エネルギーによって製造される電力および熱プロセスから得られる熱、のいずれかを使用することを特徴とする。なお、ここでいう「熱プロセス」とは、ガス燃焼プロセス、油燃焼プロセス、石炭燃焼プロセス、廃棄物燃焼プロセス、バイオマス燃焼プロセス、ガスエンジン発電プロセス、ディーゼルエンジン発電プロセス、ガソリンエンジン発電プロセス、炭化プロセス、セメントプロセスなど、廃熱が発生する任意の熱プロセスのことを指す。

30

## 【 0 0 1 1 】

本発明はまた、新規なエネルギーキャリアシステムを提供する。請求項4記載のエネルギーキャリアシステムは、硝酸製造手段と、アンモニア製造手段と、水素製造手段と、を備えており、その硝酸製造手段が、光反応器と、当該光反応器に窒素酸化物と水と酸素とを含む被処理ガスを供給する被処理ガス供給手段と、前記光反応器内に配置されており175nmよりも短い波長の紫外線を含む光を発生させる光源と、を備えていることを特徴とする。

## 【 0 0 1 2 】

請求項5記載のエネルギーキャリアシステムは、アンモニア製造手段が、反応器と、硝酸供給部と、チタン供給部と、波長308nm以下の短波長の光を発生する光源と、を備えていることを特徴とする。

40

## 【 0 0 1 3 】

請求項6記載のエネルギーキャリアシステムは、硝酸保管手段と硝酸輸送手段をさらに備えており、硝酸をエネルギーキャリアとすることを特徴とする。

## 【 0 0 1 4 】

請求項7記載のエネルギーキャリアシステムは、アンモニア保管手段とアンモニア輸送手段とをさらに備えており、アンモニアガス、液化アンモニア、またはアンモニア水から選択される少なくとも一つの物質をエネルギーキャリアとすることを特徴とする。

50

## 【発明の効果】

## 【0015】

本発明のエネルギー貯蔵輸送方法およびエネルギーキャリアシステムは、窒素酸化物と水と酸素を含む被処理ガスに175nmよりも短い波長の光を照射することで硝酸を製造する新規な硝酸製造技術を提供する。本発明の硝酸製造技術は、短時間の反応時間で連続的に、従来よりも高効率かつ安価に硝酸を製造することができる。

## 【0016】

本発明のエネルギー貯蔵輸送方法およびエネルギーキャリアシステムにおいて、硝酸製造の原料となる窒素酸化物は、燃焼器の排ガス等から容易かつ安価に得ることができ、硝酸を従来よりも安価に製造することができる。同時に、本発明の硝酸製造工程は、排ガスから有害な窒素酸化物を除去することにつながるため、排ガスの環境対策を行うことができる。

10

## 【0017】

本発明のエネルギー貯蔵輸送方法およびエネルギーキャリアシステムは、硝酸を水酸化チタンで還元するアンモニア製造技術を提供する。本発明のアンモニア製造技術は、従来よりも大量に、高効率に、かつ安価にアンモニアを製造することが可能となる。

## 【0018】

本発明のエネルギー貯蔵輸送方法は、再生可能エネルギーによって製造される電力、再生可能エネルギーによって製造される電力および熱、または再生可能エネルギーによって製造される電力および熱プロセスから得られる熱、のいずれかを使用して、水素を製造することができる。本発明は、これらのエネルギーを硝酸またはアンモニアとして貯蔵し、電力消費地に輸送して、輸送先で水素を製造して発電を行うことができる。本発明のエネルギー貯蔵輸送方法とエネルギーキャリアシステムは、再生可能エネルギーの貯蔵と輸送を可能として、再生可能エネルギー特有の電力供給の不安定さを解消することができる。

20

## 【図面の簡単な説明】

## 【0019】

【図1】本発明のエネルギーキャリアシステムを模式的に示すブロック図である。

【図2】本発明の硝酸製造手段の構成を模式的に示す図である。

【図3】本発明のアンモニア製造手段の構成を模式的に示す図である。

【図4】本発明の水素製造手段の構成を模式的に示す図である。

30

【図5】本発明の水素製造手段の構成を模式的に示す図である。

## 【発明を実施するための形態】

## 【0020】

(エネルギーキャリアシステムの構成)

以下、図面を参照しつつ、本発明に係る好適なエネルギーキャリアシステムについて説明する。図1は、本発明のエネルギーキャリアシステム1の構成を模式的に示すブロック図である。エネルギーキャリアシステム1は、被処理ガス供給手段2と、硝酸製造手段4と、アンモニア製造手段6と、水素製造手段8とを備えている。被処理ガス供給手段2と硝酸製造手段4との間は、ガス供給路3によって接続されている。硝酸製造手段4とアンモニア製造手段6との間には、硝酸供給手段5が設けられておりアンモニア製造手段6に硝酸が供給される。アンモニア製造手段6と水素製造手段8との間には、アンモニア供給手段7が設けられており、水素製造手段8にアンモニアが供給される。

40

## 【0021】

好ましくは、硝酸製造手段4とアンモニア製造手段6との間に硝酸保管手段11が配置される。硝酸保管手段11を配置する場合、硝酸輸送手段12を設けて、硝酸製造手段4と硝酸保管手段11とアンモニア製造手段6との間で硝酸の輸送を行うことができる。ここで、硝酸製造手段4と硝酸保管手段11とアンモニア製造手段6は、互いに近接して配置されていても、あるいはいずれかが遠隔地に配置されていても良い。硝酸供給手段5と硝酸輸送手段12としては、硝酸製造手段4とアンモニア製造手段6とを相互接続する配管(パイプライン)等のほか、車両等の輸送手段が用いられる。

50

## 【0022】

同様に、アンモニア製造手段6と水素製造手段8との間にアンモニア保管手段13を配置することができる。アンモニア保管手段13を配置する場合、アンモニア輸送手段14を設けることで、アンモニア製造手段6とアンモニア保管手段13と水素製造手段8との間でアンモニアの輸送を行うことができる。アンモニア製造手段6とアンモニア保管手段13と水素製造手段8とは互いに近接していてもよく、あるいは水素製造手段8がエネルギー消費地に配置されていても良い。アンモニア供給手段7とアンモニア輸送手段14としては、アンモニア製造手段6と水素製造手段8とを相互接続する配管（パイプライン等）のほか、車両等の輸送手段が用いられる。

## 【0023】

水素製造手段8には、製造した水素を供給する水素供給路9が接続される。水素供給路9は、燃料電池車や燃料電池発電システムへの水素の供給路として機能する。

## 【0024】

硝酸製造手段4にエネルギー供給手段15が接続されており、硝酸の製造に必要な電気エネルギーを供給する。アンモニア製造手段6にはエネルギー供給手段16が接続されており、アンモニアの製造に必要な電気エネルギーと熱エネルギーとを供給する。水素製造手段8にはエネルギー供給手段17が接続されており、水素製造手段8の構成に応じて必要なエネルギーを供給する。エネルギー供給手段15、16、17は、好ましくは、太陽光、太陽熱、風力、水力、バイオマス発電などの再生可能エネルギーを供給する手段である。

## 【0025】

（被処理ガス供給手段）

図2は、本発明の被処理ガス供給手段2および硝酸製造手段4の構成を模式的に示す図である。本実施形態の被処理ガス供給手段2は、図示されない燃焼器に接続されて、燃焼器から排出される窒素酸化物を含む排ガスを硝酸製造手段4に供給する。燃焼器の排ガスは、通常、窒素酸化物と水と酸素を含むため、被処理ガス供給手段2を経由して、そのまま硝酸製造手段4に供給することができる。例えば、石炭火力発電に利用される石炭燃焼器の排ガスは、窒素酸化物濃度200ppm、水分濃度12vol%、酸素濃度5vol%程度を含み、窒素酸化物と水と酸素を含む被処理ガスとして適している。もし、水や酸素を含まない排ガスを被処理ガスとして用いる場合には、被処理ガス供給手段2に水と空気を供給して混合比を調整する調整部を設けることで、容易に窒素酸化物と水と酸素とを含むガスを供給することができる。被処理ガス供給手段2から供給される窒素酸化物を含む排ガスはガス供給路3を経由して、硝酸製造手段4に供給される。

## 【0026】

被処理ガス供給手段2が接続される燃焼器とは、ガス燃焼器、油燃焼器、石炭燃焼器、廃棄物燃焼器、バイオマス燃焼器、ガスエンジン、ディーゼルエンジン、ガソリンエンジン、炭化炉、セメントキルンなど、排ガスが発生する任意の燃焼器である。

## 【0027】

（硝酸製造手段）

本実施形態における硝酸製造手段4は、円筒状の光反応器41と、光反応器41の中心に設けられる光源44と、光源用の電気エネルギーを供給するエネルギー供給手段15とを備えている。光反応器41は、一端側にガス供給路3から被処理ガスが供給されるガス供給口42を備えており、他端側にガス排出口43を備えている。

## 【0028】

排ガス中のダストは、光源44に付着して光の照射を妨げる可能性があるため、事前に除去しておくことが望ましい。燃焼器からの排ガスは、通常は、電気集塵機やバグフィルター、セラミックフィルターなどで除塵されているためダストを事前除去する必要がなく、そのまま被処理ガス供給手段2を経由してガス供給口42から光反応器41の内部に供給できる。排ガスにダストが多く含まれる場合には、被処理ガス供給手段2に除塵部を設け、容易にダストの少ない排ガスを供給することができる。

10

20

30

40

50

## 【0029】

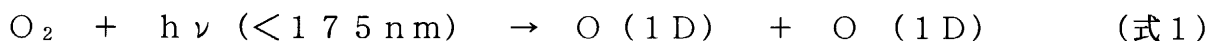
本実施形態では、光反応器41内の中心部に配置される光源44として、175nmよりも短い波長の紫外線を放射する光源44を用いている。光源44の具体例として、重水素ランプ（中心波長120～170nm）、ArBrエキシマランプ（中心波長165nm）、Xeエキシマランプ（中心波長172nm）、ArClエキシマランプ（中心波長175nm）などが適用可能である。

## 【0030】

発明者らは、175nmよりも短い波長の光のエネルギー（以下、フォトンエネルギーとも言う）が、被処理ガスに含まれる酸素と水とに吸収されたとき、以下に示す特有の反応でOラジカルとOHラジカルとを生成し、このOラジカルとOHラジカルとが硝酸の生成反応の反応速度に大きく寄与することを見いだして、光源として最適な光の波長を特定するにいたった。

## 【0031】

## 【数1】



ここで、 $h$ はプランク定数（ $\text{J} \cdot \text{s}$ ）であり、 $\nu$ は波数（ $\text{s}^{-1}$ ）であり、 $h\nu$ は光のエネルギー（ $\text{J}$ ）である。

## 【0032】

175nmより短い波長の紫外線のフォトンエネルギーは7.1eVより大きい。酸素分子は、175nmより短い波長の紫外線を吸収したとき、式1に示すように解離して、非常に活性度の高いO(1D)ラジカル（一重項酸素原子）を高濃度で生成する。

## 【0033】

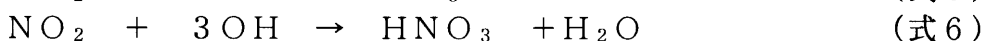
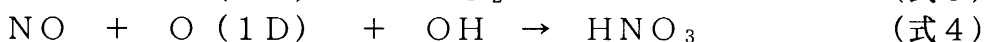
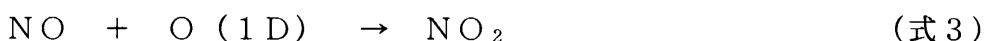
一方、水は、従来多用される波長185nmと254nmの紫外線よりも、175nm未満の波長の紫外線をより高い比率で吸収する。150nm以上175nm未満の波長の紫外線を照射された水は、式2に示すOHラジカル（ヒドロキシラジカル）を、従来より高濃度で生成する。

## 【0034】

175nmよりも短い波長の紫外線を照射することで、酸素と水とからそれぞれ高濃度で生成されるO(1D)ラジカルとOHラジカルとは以下に示す硝酸生成反応を著しく加速する。すなわち、O(1D)ラジカルとOHラジカルは、以下の式3～式6のラジカル気相反応によって、窒素酸化物、特に一酸化窒素（NO）と二酸化窒素（NO<sub>2</sub>）とを硝酸に転化させる。ラジカル気相反応の反応速度は常温においても著しく速い。このためガス供給口42から供給された排ガスが光反応器41を通過する間に、排ガスに含まれる窒素酸化物は瞬時に硝酸に転化し、結果、連続的に硝酸を高効率に製造することができる。NOとNO<sub>2</sub>の濃度に対して、O(1D)ラジカルおよびOHラジカルの濃度が十分に高ければ式3～式6の反応速度が増す。そこで、O(1D)ラジカルおよびOHラジカルの濃度を高めるために、排ガス中の水分濃度と酸素濃度とを、窒素酸化物の濃度に対して十分に高くなるように制御することが好ましい。

## 【0035】

## 【数2】



## 【0036】

10

20

30

40

50

なお、175 nmよりも短い波長の紫外線が酸素に照射された場合、上記したように、O(1D)酸素原子を高濃度に生成されるが、O(3P)酸素原子(三重項酸素原子)も生成される。よって、従来から知られている硝酸を生成する反応も発生する。しかしながら、上記したように、O(1D)ラジカル、OHラジカルによる反応からなる硝酸生成反応は急速に発生するため、結果的に175 nmよりも短い波長の紫外線を用いる場合、式3～式6による硝酸生成反応が支配的となる。

【0037】

光源44には、電源として、再生可能エネルギーによって生産される電力を利用するエネルギー供給手段15が使用される。

【0038】

光源44の放射照度を調節したり、光源44の長さや光反応器41の長さを変更したり光源44を複数設置することによって、式1と式2でそれぞれ生成するO(1D)ラジカルとOHラジカルの生成量を変化させることで、硝酸の生成量を調整することができる。

【0039】

光反応器41に供給される排ガスの温度は、光源44の材質に悪影響を及ぼさない温度範囲とするために、常温から200℃であることが望ましい。通常、燃焼器から排出される排ガスは、大気に排出される前に150℃以下に調整されている。このような排ガスは、調温することなくそのまま被処理ガス供給手段2を経由してガス供給口42に供給できる。もし排ガス温度が200℃を超えている場合は、被処理ガス供給手段2にガス冷却部を設けることで、容易に200℃以下とすることができる。排ガスの温度は、式3～式6の硝酸を生成するラジカル気相反応速度に影響を及ぼさないため、室温であってもよい。

【0040】

(硝酸保管手段)

光反応器41のガス排出口43の下流に、ガス冷却手段を付加することによって、生成した硝酸を液体で回収することができる。光反応器41のガス排出口43の下流に、ガス冷却手段を付加することによって、生成した硝酸を液体で回収することができる。硝酸保管手段11を設けることで、硝酸製造手段4で製造した硝酸を保管することができる。硝酸の保管状態は、液体状態(硝酸水)であり、加熱手段を付加することによって硝酸濃度を調節できる。

【0041】

(硝酸製造工程)

硝酸製造手段4の光反応器41に、水分と酸素と窒素酸化物として一酸化窒素を含む被処理ガスを一定の流量で供給し、光源44であるXeエキシマランプの光を照射することで、硝酸を製造することができる。複数の実験の結果から、NO濃度に対するH<sub>2</sub>O濃度の好ましい比は、5以上であり、またNO濃度に対するO<sub>2</sub>濃度の好ましい比は、4以上であることが明らかとなっている。これらの比率で被処理ガスを供給して硝酸を製造したとき、一酸化窒素から硝酸への転化率は50%以上となる。

【0042】

光源44に供給するエネルギーを再生可能エネルギーとすることで、この硝酸製造工程は、再生可能エネルギーによって生産される電力を硝酸という化学物質に変換する方法とも言える。また、排ガス中の窒素酸化物を硝酸として除去することにもなるため、この硝酸製造工程は、排ガスの脱硝工程としても利用できる。

【0043】

(アンモニア製造手段)

図3は、アンモニア製造手段6の構成を模式的に示す図である。アンモニア製造手段6に対して、原料となる硝酸が、硝酸製造手段4から硝酸供給手段5を介して供給される。あるいはアンモニア製造手段6は、硝酸輸送手段12によって硝酸保管手段11から輸送される硝酸の供給を受けても良い。通常、硝酸は硝酸水溶液として、保管、輸送、供給が行われる。

【0044】

10

20

30

40

50



アンモニア製造手段6は、反応器62と、チタン供給部66と、光源63とを備えている。アンモニア製造手段6はさらに、水供給部65と、水酸化ナトリウム供給部67と、加熱手段61と、攪拌機69とを備えている。水供給部65は、供給された硝酸水溶液の濃度の調整のための水を供給する、チタン供給部66は、製造工程の形態に応じて、水酸化チタンまたは塩化チタンを供給する。水酸化ナトリウム供給部67は、水酸化ナトリウムを供給する。

【0045】

反応器62は円筒状の容器であって、水供給部65、チタン供給部66、および水酸化ナトリウム供給部67とそれぞれ連通している。反応器62の上部には製造されたアンモニアガスを搬出するアンモニアガス通路が設けられており、この通路はアンモニア供給手段7と連通している。下部にはアンモニアを含む生成物の排出路が設けられており、この排出路もまたアンモニア供給手段7に連通している。

10

【0046】

光源63は、反応器62の中心に配置されている。本実施形態における光源63には、中心波長308nmの紫外線を発するエキシマ光源または波長254nmを含む紫外線を放射する低圧水銀ランプが好適に用いられる。混合液に光源63からの紫外線を照射することによって、より効率よくアンモニアを製造することができる。光源の種類としては、超高圧水銀ランプ、高圧水銀ランプ、中圧水銀ランプ、低圧水銀ランプ、XeCl, Br<sub>2</sub>, XeBr, Cl<sub>2</sub>, HgXe, XeI, KrF, KrCl, KrBr, ArFエキシマを生成するガスを夫々封入したエキシマランプ、キセノンランプ、重水素ランプ、UV

20

【0047】

反応器62の底部に接するように加熱手段61が配置されており、供給された水溶液を加熱する。加熱手段61は、たとえば、水溶液の温度を15℃に維持したり、100℃まで加熱することができる。加熱手段61を使用して水溶液の保温又は加熱を行うことで、アンモニアをより効率よく製造することができる。攪拌機69が反応器62の上部から挿入されており、反応器62に供給された水溶液を還元工程が終了するまで攪拌し続けて、溶質を均一に分布させ、水溶液の温度を均一に保つ。

30

【0048】

光源63の電源と、攪拌機69の電源と、加熱手段61の電源または熱源として、エネルギー供給手段16が用いられる。エネルギー供給手段16は、好ましくは、太陽光、太陽熱、風力などの再生可能エネルギーを供給する手段である。

【0049】

(アンモニア製造工程)

アンモニアを製造する工程の一つの形態として、反応器62中に、硝酸水溶液と、硝酸と当量の水酸化チタンとを供給する工程が適用可能である。水溶液中の硝酸イオンは、水酸化チタンによって還元されてアンモニウムイオンを生成する。還元工程の終了後、生成したアンモニウムイオンを含む弱酸性の水溶液に水酸化ナトリウムを加えて中和または弱アルカリ性とすることで、アンモニアガスを得ることができる。

40

【0050】

アンモニアを製造する工程の他の形態は、反応器62中に、硝酸水溶液と塩化チタンと水酸化ナトリウムとを供給して混合液とし、混合液中で塩化チタンおよび水酸化ナトリウムから水酸化チタンを生成して硝酸に供給する工程からなる。このアンモニア製造工程では、硝酸水溶液を硝酸と当量の水酸化ナトリウムで中和すると同時に、水酸化チタンを製造しながら硝酸の還元反応を行なう。このアンモニア製造工程は、供給する硝酸水溶液の濃度を高くすることが可能で、より多量のアンモニアを製造することができる。以下では、反応器62に硝酸水溶液と塩化チタンと水酸化ナトリウムとを供給してアンモニアを製造する工程について、より詳細に説明する。

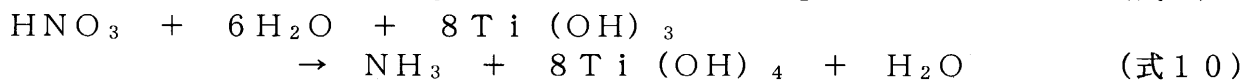
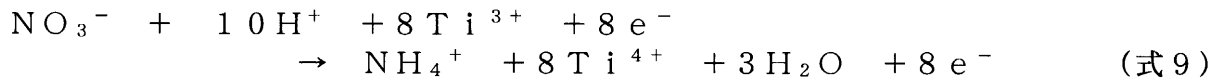
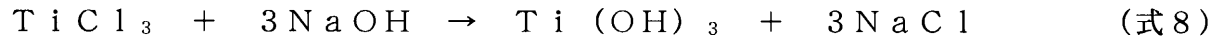
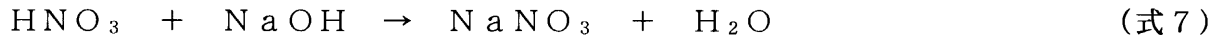
50

## 【 0 0 5 1 】

反応器 6 2 に、硝酸製造手段 4 から供給される硝酸水溶液と、チタン供給部 6 6 から供給される塩化チタンと、水酸化ナトリウム供給部 6 7 から供給される水酸化ナトリウムとが同時に供給される。反応器 6 2 内に供給された硝酸と水と塩化チタンと水酸化ナトリウムとは攪拌機 6 9 によって混合攪拌されて均一な混合液となり、硝酸は式 7 によって中和される。また、塩化チタンは式 8 によって水酸化チタンとなる。水溶液中の硝酸イオンは、式 9 の反応によって、硝酸イオンからアンモニウムイオンを生成する還元工程が進行する。総括の還元反応は、式 1 0 で表わされる。

## 【 0 0 5 2 】

## 【 数 3 】



10

## 【 0 0 5 3 】

式 7 は硝酸を水酸化ナトリウムによって中和する反応であり、混合液の pH を 5 ~ 6 程度に保つ。式 7 の中和反応によって、式 8 の反応で生成する水酸化チタン粒子が、強酸性の硝酸水溶液に溶解し還元剤の作用を損なうことが防止される。また、式 7 の中和反応によって硝酸濃度を高くすることができ、大量のアンモニアを生成することが可能となる。

20

## 【 0 0 5 4 】

式 8 は、塩化チタンと水酸化ナトリウムの反応により、還元剤である水酸化チタンを混合液中で生成する反応である。

## 【 0 0 5 5 】

式 9 は、硝酸イオンからアンモニウムイオンを生成するイオン式（半反応式）であり、還元反応のメカニズムを表わした式である。イオン式左項の  $\text{H}^+$  は、硝酸から供給される。式 1 0 は、硝酸からアンモニアを生成する還元反応式である。水酸化チタンは還元作用が強く、硝酸の還元速度を高め、高効率にアンモニアを生成することが可能となる。

30

## 【 0 0 5 6 】

還元工程では、混合液を室温より高い温度、例えば常圧下で 1 0 0 に加熱することにより、水酸化チタンの生成速度を速めることができる。また、混合液に波長 3 0 8 nm 以下の短波長の光を照射することで、光触媒効果により式 9 の  $\text{H}^+$  生成量は増加し、式 1 0 の還元速度を高めることができる。

## 【 0 0 5 7 】

(アンモニア保管手段)

アンモニア保管手段 1 3 を設けることで、アンモニア製造手段 6 で製造したアンモニアを保管することができる。アンモニアの保管状態は、気体状態（アンモニアガス）であってもよく、液体状態（液体アンモニア）であってもよく、またアンモニア水であってもよい。

40

## 【 0 0 5 8 】

(水素製造手段)

本発明の硝酸製造手段 4 およびアンモニア製造手段 6 と組み合わせることで、好適に水素を製造することのできる水素製造手段 8 について、以下に水素製造手段 8 a と水素製造手段 8 b の二つの実施形態を挙げて説明する。なお、二つの水素製造手段 8 a、8 b を総称して水素製造手段 8 と言う。水素製造手段 8 に対して、原料となるアンモニアが、アンモニア製造手段 6 からアンモニア供給手段 7 を介して供給される。あるいは水素製造手段 8 は、アンモニア輸送手段 1 4 によってアンモニア保管手段 1 3 から輸送されるアンモニアの供給を受けても良い。

50

## 【0059】

水素製造手段8aの構成を、図4に、模式的に示す。水素製造手段8aは、円筒状の外管部分73と、この外管部分73と同心円状に配置される円筒状の内管部分74とを有する二重管状のガス流路部材70を備えている。外管部分73と内管部分74との間には、環状空間よりなるガス流路Rが形成されている。ガス流路部材70の両端に、外管部分73および内管部分74を連結して封鎖するように形成された側壁部分75a、75bが設けられている。ガス流路部材70の一端側(図4における右端側)には、ガス混合部71を備えたガス導入口76が形成されている。ガス混合部71は、アンモニア製造手段6から供給されたアンモニアと、キャリアガス供給源72から供給された希ガスまたは窒素などの不活性ガスからなるキャリアガスとを混合して、混合ガスとする。ガス流路部材70の他端側(図4における左端側)には、ガス排出口77が形成されている。ガス排出口77は、水素透過膜を介して水素供給路9に接続される。

10

## 【0060】

ガス流路部材70の内管部分74に、波長200nm以下の光を含む紫外線(以下、「特定紫外線」ともいう。)を透過する、例えば円管状の石英ガラス管よりなる紫外線透過窓78が設けられている。内管部分74の内部には、特定紫外線を放射する棒状のランプ(以下、「特定紫外線放射ランプ」ともいう。)79よりなる光源が配設されており、ガス流路部材70には、特定紫外線放射ランプ79からの特定紫外線が照射される。ここで、特定紫外線放射ランプ79に電気を供給する電源と、原料の混合ガスの温度を調整する熱源として、エネルギー供給手段17が用いられる。エネルギー供給手段17は、好ましくは、太陽光、太陽熱、風力などの再生可能エネルギーを供給する手段である。

20

## 【0061】

水素製造手段8bの構成を、図5に、模式的に示す。水素製造手段8bは、プラズマ反応器83と、このプラズマ反応器83の中に収容された高電圧電極85と、プラズマ反応器83の外側に接して配置された接地電極87とを備えている。プラズマ反応器83は、石英製であり、円筒形に形成されている。高電圧電極85は、円筒形の水素分離膜92と、水素分離膜92の両端を支持する円盤状の支持体93とを備えている。水素分離膜92の好適な素材は、パラジウム合金の薄膜である。

## 【0062】

高電圧電極85は、エネルギー供給手段17である高電圧パルス電源に接続されており、高電圧が印加される。プラズマ反応器83の内壁に対して水素分離膜92が同心円状に配置されるように、プラズマ反応器83と支持体93の間にはリング94が嵌め合わされている。この結果、プラズマ反応器83の内壁と水素分離膜92の間には、一定の間隔が維持された放電空間84が形成されている。また、水素分離膜92の内側には、水素分離膜92と支持体93とでとり囲まれて閉空間となっている内室86が形成されている。接地電極87は、プラズマ反応器83および水素分離膜92と同心円状に配置されている。本実施形態において、アンモニア製造手段6から供給されるアンモニアはアンモニアガスであり、アンモニアガスは、水素製造手段8bの放電空間84に供給される。

30

## 【0063】

水素分離膜92と接地電極87が対向しており、且つその間に石英製のプラズマ反応器83を配置したことで、プラズマ反応器83が誘電体として機能して、高電圧電極85の水素分離膜92に高電圧を印加すると誘電体バリア放電を発生させることができる。高電圧電極85に高電圧を印加する電源17は、波形保持時間 $T_0$ が $10\mu s$ と極めて短い電圧を印加する。電源17には、図1で示したエネルギー供給手段17が適用される。エネルギー供給手段17は、好ましくは、太陽光、太陽熱、風力などの再生可能エネルギーを供給する手段である。

40

## 【0064】

(水素製造方法)

水素製造手段8aを使用した水素製造方法は、以下のとおりである。

アンモニアと、希ガスまたは窒素などの不活性ガスからなるキャリアガスとをガス混合

50

部 7 1 で混合し、ガス流路部材 7 0 のガス流路 R に導入して、波長 2 0 0 n m 以下の光を含む紫外線を照射する。特にこのとき、下記の式 1 1 を満たす条件で混合ガスに紫外線を照射することで、高い生成率で水素を製造することができる。

【 0 0 6 5 】

【 数 4 】

$$N(\text{NH}_3) = \frac{(1.223 \times Q \times C_{\text{NH}_3} \times t) \times 10^{21}}{(273 + T)} \geq 20 \times 10^{19} \quad (\text{式 1 1})$$

ここで、 $Q$  [L/min] はガス流路 R に導入される混合ガスのガス流量であり、

$C_{\text{NH}_3}$  [体積%] は混合ガス中のアンモニアガスの濃度であり、

$T$  [°C] はガス流路 R 内でのガス温度であり、

$t$  [sec] はガス滞留時間であり、

$N(\text{NH}_3)$  [個] はガス流路 R 内で紫外線が照射されるアンモニア分子数である。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

水素製造手段 8 b を使用した水素製造方法は、以下の第一から第四の工程を備えている。第一の工程は、アンモニア製造手段 6 がアンモニア供給手段 7 を経由して放電空間 8 4 に所定の流量でアンモニアガスを供給する工程である。第二の工程は、アンモニアガスの流量に基づいて、高電圧パルス電源の印加電圧と周波数とを調整する工程である。第三の工程は、高電圧電極 8 5 の水素分離膜 9 2 と、接地電極 8 7 との間で誘電体バリア放電を発生させて、放電空間 8 4 の中にアンモニアの大気圧非平衡プラズマを発生させる工程である。第四の工程は、アンモニアの大気圧非平衡プラズマから発生した水素ガスを、水素分離膜 9 2 を通過させて内室 8 6 に移動させることで分離する工程である。

【 0 0 6 7 】

以上説明したように、硝酸製造手段 4 によって窒素酸化物から硝酸を製造し、アンモニア製造手段 6 によって硝酸を還元してアンモニアを製造し、水素製造手段 8 によってアンモニアを分解して水素を製造する本発明のエネルギー貯蔵輸送方法およびエネルギーキャリアシステムによれば、再生可能エネルギーを利用して、高効率かつ安価に水素を製造することが可能となる。

【 実施例 】

【 0 0 6 8 】

以下では、本発明の実施形態を具現化したエネルギーキャリアシステムを用いて、エネルギー貯蔵輸送方法を実施した例について説明する。

【 0 0 6 9 】

第一の工程として、硝酸製造手段 4 を用いて、排ガス中の窒素酸化物から硝酸を製造した。硝酸製造手段 4 は、内径 (R 1) 5 2 . 9 mm、長さ (L 1) 8 4 7 mm の光反応器 4 1 の中央に、光源として 1 台の X e エキシマランプ 4 4 を配置している。使用した X e エキシマランプ 4 4 は、中心波長が 1 7 2 nm の光を発生するランプである。ここでは、ランプ径 (R 2) 2 0 mm、発光長 (L 2) 8 0 0 mm、ランプ面出力 3 6 m W / c m <sup>2</sup> の X e エキシマランプを用いている。

【 0 0 7 0 】

本実施例において被処理ガス供給手段 2 から硝酸製造手段 4 に供給した被処理ガスは、一酸化窒素 1 2 0 0 ppm と酸素 8 . 3 vol % と水分 1 4 . 9 % とを含む、温度 1 5 0 のガスである。供給する流量は 2 0 L / m i n とし、X e エキシマランプ 4 4 の光を照射した。この時の H N O <sub>3</sub> 転化率は 8 1 . 4 % であった。すなわち、H N O <sub>3</sub> は 1 0 0 % 換算として 3 . 3 g / h 得られた。また、得られた硝酸水溶液の硝酸濃度は 3 6 . 9 w t %、硝酸水溶液量は 1 7 9 m L / h であった。ここで、H N O <sub>3</sub> 転化率は、以下の式 1 2 で計算される。

【 0 0 7 1 】

## 【数5】

$$\text{HNO}_3 \text{ 転化率}\% = \frac{(\text{光反応器入口のNO濃度}) - (\text{光反応器出口のNO濃度})}{(\text{光反応器入口のNO濃度})} \times 100$$

(式12)

## 【0072】

本実施例において硝酸製造手段の消費電力は185Whであった。この電力は、再生可能エネルギーで発電された電力や熱プロセスの廃熱で発電された電力を用いることができる。本実施例では、排ガス中の窒素酸化物を連続的かつ定期的に硝酸に転換するため、太陽光発電モジュールで発電した電力をリチウムイオン電池（サンワサプライ社製，BTP1000）に蓄電し、その放電によって硝酸製造手段4を稼働した。

10

## 【0073】

第二の工程として、アンモニア製造手段6を用いて、硝酸製造手段4で得られた硝酸水溶液からアンモニアを製造した。本実施例で用いたアンモニア製造手段6は、内径95mm、高さ175mmの反応器62を備えている。反応器62の中央には、1台の低圧水銀ランプで構成されている光源63を配置した。使用した低圧水銀ランプは、波長254nmを含む紫外線を発生するランプ（ヘレウス(株)製，G8T5VH/4）である。ここでは、ランプ径10mm、発光長100mmの低圧水銀ランプを用いている。

20

## 【0074】

アンモニア製造手段6には、アンモニアの原料として、硝酸製造手段4で製造した36.9wt%の硝酸水溶液300mLと、硝酸の25倍当量の水酸化ナトリウムと、硝酸の8倍当量の塩化チタンとを供給し、混合液とした。硝酸水溶液と水酸化ナトリウムと塩化チタンからなる混合液を攪拌機69で混合し、室温15の混合液として、これに光源63から光を照射した。この時の硝酸からアンモニアへの還元効率は81%であった。すなわち、アンモニアガスは100%換算として31.9L/h得られた。ここで、硝酸からアンモニアへの還元効率は、以下の式13で計算される。

## 【0075】

## 【数6】

$$\text{還元効率}\% = \frac{\text{反応後液中のアンモニウムイオン濃度 (mol/L)}}{\text{供給した硝酸水溶液中の硝酸濃度 (mol/L)}} \times 100$$

(式13)

30

## 【0076】

本実施例においてアンモニア製造手段6の消費電力は8Whであった。この電力は、再生可能エネルギーで発電された電力や熱プロセスの廃熱で発電された電力を用いることができる。本実施例では、硝酸を連続的かつ定期的にアンモニアに転換するため、太陽光発電モジュールで発電した電力をリチウムイオン電池（サンワサプライ社製，BTP1000）に蓄電し、その放電によってアンモニア製造手段6を稼働した。

## 【0077】

第三の工程として、水素製造手段8bを用いて、アンモニア製造手段6で得られたアンモニアガスから水素を製造した。水素製造手段8bは、内径45mm、長さ490mmの大気圧プラズマ反応器83を備えている。大気圧プラズマ反応器83の高電圧電極85は、パラジウム合金製の水素分離膜92を備えている。水素分離膜92は、プラズマ反応器83の内部に、プラズマ反応器83の内壁に対して1.5mmの距離を隔てて同心円状に配置されている。

40

## 【0078】

本実施例において水素製造手段8bに供給した原料は、濃度約100%のアンモニアガスである。このアンモニアガスは、アンモニア製造手段6で製造し、アンモニア保管手段13として容量2.0Lのポリフッ化ビニル製テドラ・バッグに貯留したものを使用した

50

。アンモニアガスは、流量 0.8 L/min (48 L/h) で水素製造手段 8b に供給した。この時の水素生成流量は 1.2 L/min (72 L/h) であり、アンモニアから水素への転換効率は約 100% であった。ここで、アンモニアから水素への転換効率は、以下の式 14 で計算される。

【0079】

【数7】

$$\text{水素転換効率}\% = \frac{3 \times \text{反応器出口の水素モル流量 (mol/min)}}{2 \times \text{反応器入口のアンモニアモル流量 (mol/min)}} \times 100 \quad (\text{式14})$$

10

【0080】

本実施例において水素製造手段 8b の消費電力は 300 Wh であった。本実施例では、アンモニアを連続的かつ定常的に水素に転換するため、太陽光発電モジュールで発電した電力をリチウムイオン電池 (サンワサプライ社製, BTP 1000) に蓄電し、その放電によって水素製造手段 8b を稼働した。

【0081】

ここで本実施例における、窒素酸化物を原料として、再生可能エネルギーをアンモニアおよび水素に変換した場合の総合変換効率を示す。表 1 は、水素製造手段 8b を 1 時間運転し、72 L の水素を製造した場合のエネルギー収支をまとめたものである。72 L/h の水素を製造するために、アンモニア製造手段 6 で 48 L/h のアンモニアガスを製造して水素製造手段 8b に供給した。このアンモニアガスを製造するために、36.9% 硝酸水溶液 452 mL をアンモニア製造手段 6 に供給し、アンモニア製造手段 6 を 1.5 時間運転した。そして、36.9% 硝酸水溶液 452 mL を製造するために、1200 ppm の窒素酸化物を含む 20 L/min の排ガスを硝酸製造手段 4 に供給し、硝酸製造手段 4 を 2.5 時間通過させた。

20

【0082】

【表1】

表 1 水素製造手段の運転単位時間 (1 時間) を基準としたエネルギー収支

30

工程 No.	1	2	3
使用装置	硝酸製造手段 4	アンモニア製造手段 6	水素製造手段 8b
運転時間 (h)	2.5	1.5	1.0
消費電力 (kJ)	P1 = 1683	P2 = 43	P3 = 1080
生成物	硝酸水溶液 硝酸濃度 36.9%	100% アンモニア ガス	100% 水素ガス
生成量	452 mL	48 L	72 L
生成物熱量 (kJ)	H1 = 23	H2 = 821	H3 = 912

40

【0083】

第一の製造工程から第二の製造工程までの消費電力は、全て再生可能エネルギーから得られたものであるから、本実施例のエネルギーキャリアシステムを用いて再生可能エネルギーをアンモニアに変換する変換効率は、以下の式 15 で計算できる。計算の結果、本実施例におけるアンモニア総合変換効率は 47.5% であった。この値は、従来のエネルギー貯蔵方法での総合変換効率に比較して、有意に高いことが明らかである。

【数 8】

$$\text{アンモニア総合変換効率}\% = \frac{H2}{(P1 + P2)} \times 100 \quad (\text{式}15)$$

【0084】

第三の製造工程の消費電力もまた、全て再生可能エネルギーから得られたものであるから、本実施例のエネルギーキャリアシステムを用いて再生可能エネルギーを水素に変換する総合変換効率は、以下の式16で計算できる。

10

【数 9】

$$\text{水素総合変換効率}\% = \frac{H3}{(P1 + P2 + P3)} \times 100 \quad (\text{式}16)$$

【0085】

計算の結果、本実施例の水素総合変換効率は32.5%であった。この値は、従来の方法での総合変換効率に比較して、有意に高い。本発明のエネルギーキャリアシステムと、これを用いたエネルギー貯蔵輸送方法の効果は明らかである。

【産業上の利用可能性】

20

【0086】

本発明のエネルギー貯蔵輸送方法とエネルギーキャリアシステムは、再生可能エネルギーの貯蔵と輸送を可能として、再生可能エネルギー特有の電力供給の不安定さを解消することができるため、特に再生可能エネルギーを用いた発電施設に適用が可能である。また、再生可能エネルギーに限定されることなく、種々の発電施設にも適用が可能である。さらに窒素酸化物を発生させる燃焼器を有する施設に適用して、脱硝と水素の製造とを同時に行うことも可能である。

【符号の説明】

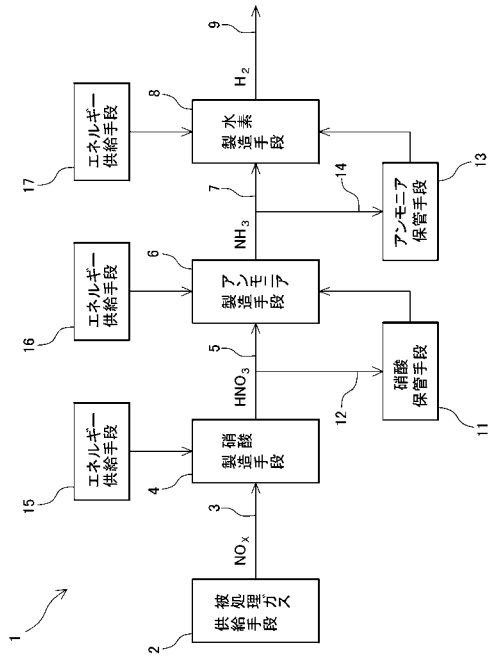
【0087】

- 1 エネルギーキャリアシステム
- 2 被処理ガス供給手段
- 3 ガス供給路
- 4 硝酸製造手段
- 5 硝酸供給手段
- 6 アンモニア製造手段
- 7 アンモニア供給手段
- 8、8 a , 8 b 水素製造手段
- 9 水素供給路
- 11 硝酸保管手段
- 12 硝酸輸送手段
- 13 アンモニア保管手段
- 14 アンモニア輸送手段
- 15 , 16 , 17 エネルギー供給手段

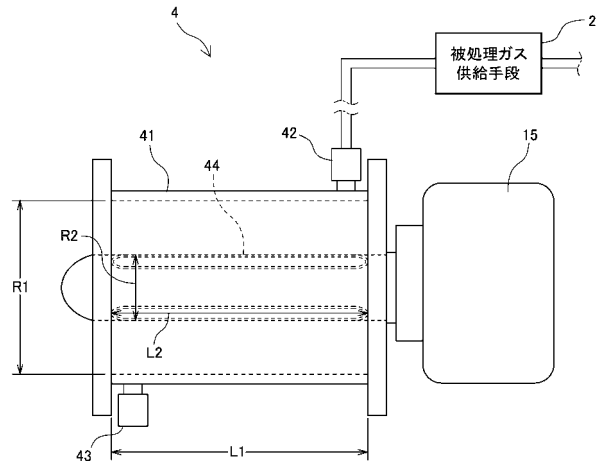
30

40

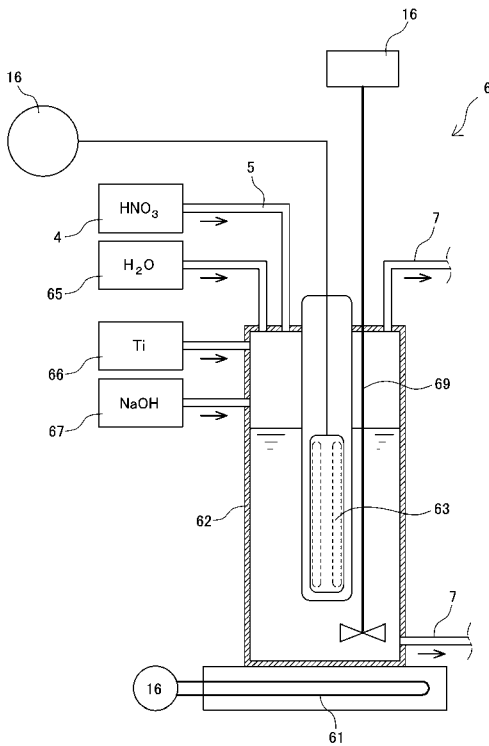
【 図 1 】



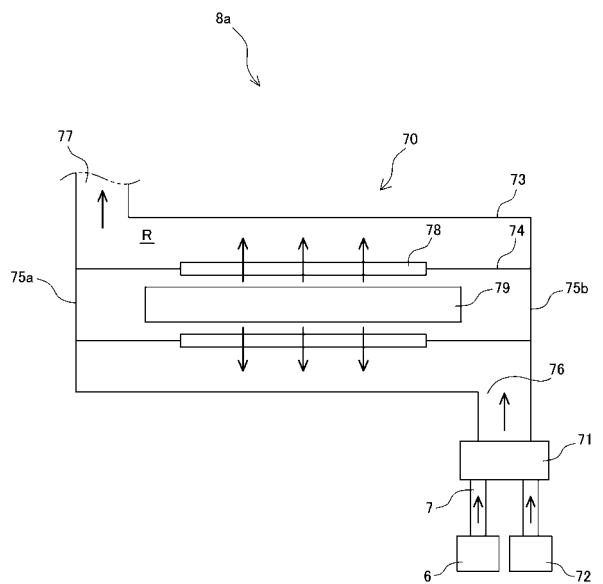
【 図 2 】



【 図 3 】

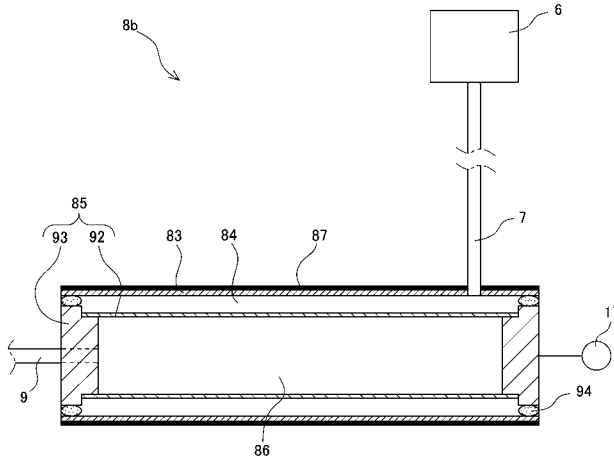


【 図 4 】





【図5】



## 【手続補正書】

【提出日】平成28年3月30日(2016.3.30)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

窒素酸化物から硝酸を製造する硝酸製造工程と、  
 硝酸を還元してアンモニアを製造するアンモニア製造工程と、  
 アンモニアを分解して水素を製造する水素製造工程と、を含むエネルギー貯蔵輸送方法  
 であって、

前記硝酸製造工程は、窒素酸化物と水と酸素とを含む被処理ガスに175nmよりも短い波長の紫外線を含む光を照射することを特徴とするエネルギー貯蔵輸送方法。

【請求項2】

前記アンモニア製造工程は、  
 硝酸水溶液と水酸化チタンとを供給して混合液とする原料供給工程と、  
 水酸化チタンの還元作用によって硝酸からアンモニアを製造する還元工程と、を備えて  
 おり、

アンモニアガス、液化アンモニア、またはアンモニア水から選択される一以上の物質を  
 製造することを特徴とする請求項1に記載のエネルギー貯蔵輸送方法。

【請求項3】

前記硝酸製造工程、前記アンモニア製造工程、または前記水素製造工程から選択される  
 少なくとも一つの工程が、

再生可能エネルギーによって製造される電力、  
再生可能エネルギーによって製造される電力および熱、  
または再生可能エネルギーによって製造される電力および熱プロセスから得られる熱、  
のいずれかを使用することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のエネルギー貯蔵輸送方法。

【請求項 4】

硝酸製造手段と、  
アンモニア製造手段と、  
水素製造手段と、  
を備えており、

前記硝酸製造手段が、光反応器と、当該光反応器に窒素酸化物と水と酸素とを含む被処理ガスを供給する被処理ガス供給手段と、前記光反応器内に配置されており 175 nm よりも短い波長の紫外線を含む光を発生させる光源と、を備えていることを特徴とするエネルギーキャリアシステム。

【請求項 5】

前記アンモニア製造手段が、反応器と、硝酸供給部と、チタン供給部と、波長 308 nm 以下の短波長の光を発生する光源と、を備えていることを特徴とする請求項 4 に記載のエネルギーキャリアシステム。

【請求項 6】

硝酸保管手段と硝酸輸送手段をさらに備えており、  
硝酸をエネルギーキャリアとすることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載のエネルギーキャリアシステム。

【請求項 7】

アンモニア保管手段とアンモニア輸送手段とをさらに備えており、  
アンモニアガス、液化アンモニア、またはアンモニア水から選択されるすくなくとも一つの物質をエネルギーキャリアとすることを特徴とする請求項 4 から 6 のいずれか一項に記載のエネルギーキャリアシステム。

---

フロントページの続き

(72)発明者 菱沼 宣是

兵庫県姫路市別所町佐土 1 1 9 4 番地 ウシオ電機株式会社内

(72)発明者 三浦 友規

群馬県太田市新田早川町 3 番地 澤藤電機株式会社内