(19)日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11)国際公開番号
WO2010/128682

発行日　平成24年11月1日(2012.11.1)

(43)国際公開日　平成22年11月11日(2010.11.11)

(51)Int.Cl.	F I	テーマコード（参考）
C01C 1/04 (2006.01)	C01C 1/04 C	

審査請求 有　予備審査請求 未請求　（全 28 頁）

出願番号	特願2011-512367 (P2011-512367)
(21)国際出願番号	PCT/JP2010/057918
(22)国際出願日	平成22年4月28日(2010.4.28)
(31)優先権主張番号	200910149706.3
(32)優先日	平成21年5月5日(2009.5.5)
(33)優先権主張国	中国(CN)

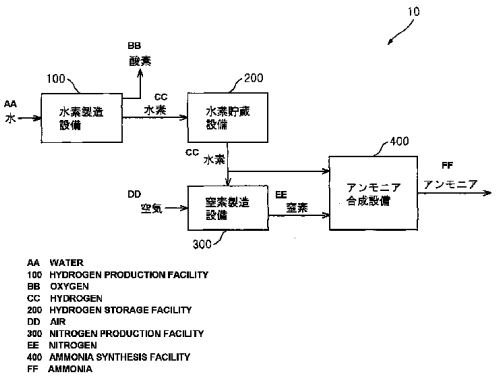
(71)出願人　509288426
中村　徳彦
静岡県三島市芙蓉台３－８－１４
(71)出願人　509288437
杉浦　繁貴
静岡県駿東郡清水町玉川１６９－７
(71)出願人　509288448
小畑　充生
愛知県名古屋市名東区名東本通４－３１－８０２
(71)出願人　509288459
竹島　伸一
静岡県沼津市大手町２－７－１７

最終頁に続く

(54)【発明の名称】複合プラント

(57)【要約】
太陽エネルギーを取得し、且つ取得した太陽エネルギーの一部を利用して水素を製造する水素製造設備と、水素製造設備により製造した水素を貯蔵する水素貯蔵設備と、空気から窒素を製造する窒素製造設備とを備え、製造された水素と窒素を合成設備へ連続的に供給する複合型プラントを提供する。

FIG.1



【特許請求の範囲】
【請求項１】
太陽エネルギーを取得し、且つ取得した太陽エネルギーの一部を利用して水素製造設備で水素を製造すること、
窒素製造設備で、空気から窒素を製造すること、
水素貯蔵設備で、前記水素製造設備により製造した水素を貯蔵すること、
アンモニア合成設備で、前記製造した水素及び前記製造した窒素からアンモニアを連続的に合成すること、
を含むアンモニア製造方法。
【請求項２】
前記窒素貯蔵設備で、前記窒素製造設備により製造した窒素を貯蔵すること、を含む請求項１に記載のアンモニア製造方法。
【請求項３】
前記製造された水素と空気とを燃焼させて発生した熱エネルギーを電気エネルギーへ変換し、得られた電力を、前記窒素製造設備、前記アンモニア合成設備、及び前記水素製造設備の少なくとも１つに供給することを含む、請求項１に記載のアンモニア製造方法。
【請求項４】
前記窒素製造設備で、前記製造された水素と、空気とを燃焼させて窒素を製造し、且つ前記燃焼により発生した熱エネルギーを電気エネルギーへ変換し、得られた電力を、前記アンモニア合成設備及び前記水素製造設備の少なくとも１つに供給することを含む、請求項１に記載のアンモニア製造方法。
【請求項５】
前記窒素製造設備で、空気と水素を化学量論比よりも水素過剰で燃焼させ、前記水素過剰の率は、燃焼ガス中の酸素濃度、窒素酸化物濃度、及び発電効率の少なくとも１つにより決定することを含む、請求項４に記載のアンモニア製造方法。
【請求項６】
前記窒素製造設備で、アンモニア合成に必要な窒素量を得る量の前記製造水素を燃焼することを含む、請求項４に記載のアンモニア製造方法。
【請求項７】
前記窒素製造設備で、前記アンモニア合成設備、及び前記水素製造設備の少なくとも１つに必要な電力から決定された電力を得る量の前記製造水素を燃焼することを含む、請求項３に記載のアンモニア製造方法。
【請求項８】
前記窒素製造設備で、前記水素貯蔵設備から前記製造水素を得ることを含む、請求項６又は７に記載のアンモニア製造方法。
【請求項９】
前記水素貯蔵設備で、前記窒素製造設備における水素と空気との燃焼圧力、及び／又は、前記アンモニア合成の反応圧力に基づいた圧力で、前記水素を貯蔵することを含む、請求項３に記載のアンモニア製造方法。
【請求項１０】
太陽の日射量情報に基づいて１日に製造可能な水素量を算出し、且つ前記算出した製造水素量に基づいてアンモニア製造量を算出すること、を含み、
前記アンモニアの連続的合成は、前記算出したアンモニア製造量でアンモニアを製造する、請求項１に記載のアンモニア製造方法。
【請求項１１】
太陽エネルギーを取得し、且つ取得した太陽エネルギーの一部を利用して水素製造設備で水素を製造すること、
窒素製造設備で、空気から窒素を製造すること、
水素貯蔵設備で、前記水素製造設備により製造した水素を貯蔵すること、
アンモニア合成設備に、前記製造した水素と、前記製造した窒素とを供給すること、

を含むアンモニア合成ガス製造方法。
【請求項１２】
前記窒素貯蔵設備で、前記窒素製造設備により製造した窒素を貯蔵すること、を含む請求項１１に記載のアンモニア合成ガス製造方法。
【請求項１３】
前記窒素製造設備は、前記製造された水素と、空気とを燃焼させて窒素を製造し、且つ前記燃焼により発生した熱エネルギーを電気エネルギーへ変換し、得られた電力を、前記アンモニア合成設備及び前記水素製造設備の少なくとも１つに供給すること、を含む請求項１１に記載のアンモニア合成ガス製造方法。
【請求項１４】
前記水素貯蔵設備は、前記窒素製造設備における水素と空気との燃焼圧力、及び／又は、前記アンモニア合成の反応圧力に基づいた圧力で、前記水素を貯蔵すること、を含む請求項１３に記載のアンモニア合成ガス製造方法。
【請求項１５】
太陽エネルギーを用いてアンモニアを製造するアンモニア製造プラントにおいて、
太陽エネルギーを取得し、且つ取得した太陽エネルギーの一部を利用して水素を製造する水素製造設備と、
空気から窒素を製造する窒素製造設備と、
前記水素製造設備により製造された水素を貯蔵する水素貯蔵設備と、
前記製造した水素及び前記製造した窒素からアンモニアを連続的に合成するアンモニア合成設備と、
を備えるアンモニア製造プラント。
【請求項１６】
前記窒素製造設備により製造した窒素を貯蔵する窒素貯蔵設備を備える請求項１５に記載のアンモニア合成プラント。
【請求項１７】
前記製造された水素と空気とを燃焼させて発生した熱エネルギーを電気エネルギーへ変換し、得られた電力を、前記窒素製造設備、前記アンモニア合成設備、及び前記水素製造設備の少なくとも１つに供給する発電設備を備える、請求項１５に記載のアンモニア製造プラント。
【請求項１８】
前記窒素製造設備は、前記製造された水素と、空気とを燃焼させて窒素を製造し、且つ前記燃焼により発生した熱エネルギーを電気エネルギーへ変換し、得られた電力を、前記アンモニア合成設備及び前記水素製造設備の少なくとも１つに供給する、請求項１５に記載のアンモニア製造プラント。
【請求項１９】
前記窒素製造設備は、空気と水素を化学量論比よりも水素過剰で燃焼させ、前記水素過剰の率は、燃焼ガス中の酸素濃度、窒素酸化物濃度、及び発電効率の少なくとも１つにより決定する、請求項１８に記載のアンモニア製造プラント。
【請求項２０】
前記窒素製造設備で、アンモニア合成に必要な窒素量を得る量の前記製造水素を燃焼する、請求項１８に記載のアンモニア製造プラント。
【請求項２１】
前記窒素製造設備は、前記アンモニア合成設備、及び前記水素製造設備の少なくとも１つに必要な電力から決定される電力を得る量の前記製造水素を燃焼する、請求項１７に記載のアンモニア製造プラント。
【請求項２２】
前記窒素製造設備は、前記水素貯蔵設備から前記製造水素を得る、請求項２０又は２１に記載のアンモニア製造プラント。
【請求項２３】

前記水素貯蔵設備は、前記窒素製造設備における水素と空気との燃焼圧力、及び／又は、前記アンモニア合成の反応圧力に基づいた圧力で、前記水素を貯蔵する、請求項１７に記載のアンモニア製造プラント。

【請求項２４】

太陽の日射量情報に基づいて１日に製造可能な水素量を算出し、前記算出した製造水素量に基づいてアンモニア製造量を算出し、且つ前記算出したアンモニア製造量で前記アンモニア合成設備にアンモニアを製造させる制御装置を備える、請求項１５に記載のアンモニア製造プラント。

【請求項２５】

水素及び窒素からアンモニアを連続的に合成するアンモニア合成設備に、水素及び窒素を連続的に供給する複合プラントであって、

太陽エネルギーを取得し、且つ取得した太陽エネルギーの一部を利用して水素を製造する水素製造設備と、

空気から窒素を製造し、且つ前記窒素を前記アンモニア合成設備に供給する窒素製造設備と、

前記水素製造設備により製造した水素を貯蔵し、且つ前記製造水素を前記アンモニア合成設備に供給する水素貯蔵設備と、

を備える複合プラント。

【請求項２６】

前記窒素製造設備により製造した窒素を貯蔵する窒素貯蔵設備を備える請求項２５に記載の複合プラント。

【請求項２７】

前記窒素製造設備は、前記製造された水素と、空気とを燃焼させて窒素を製造し、且つ前記燃焼により発生した熱エネルギーを電気エネルギーへ変換し、得られた電力を、前記アンモニア合成設備及び前記水素製造設備の少なくとも１つに供給する、請求項２５に記載の複合プラント。

【請求項２８】

前記水素貯蔵設備は、前記窒素製造設備における水素と空気との燃焼圧力、及び／又は、前記アンモニア合成の反応圧力に基づいた圧力で、前記水素を貯蔵する、請求項２５に記載の複合プラント。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、複合プラントに関する。

【背景技術】

【０００２】

近年の地球温暖化は益々深刻な事態に発展しつつある。その主原因は、２０世紀に入りエネルギー源として多量に使用されてきた石油・天然ガス等の化石燃料から放出された大気中の二酸化炭素（ＣＯ２）等であると考えられている。

一方、エネルギー需要の増大により、かつては無尽蔵と考えられていた化石燃料の枯渇がより明確になりつつあり、予想を遙かに上回る早さで価格の高騰が続いている。近い将来、もはや人類は化石燃料のエネルギーに期待することが困難になることが予想される。

石油、天然ガス等の化石燃料エネルギーに代わる代替エネルギーとしては現在、石炭エネルギー、バイオマスエネルギー、核エネルギー、並びに太陽エネルギー等の自然エネルギーが検討されている。

代替エネルギーとして石炭エネルギーを利用する場合、石炭の燃焼によって多量の二酸化炭素が放出されることが問題となると考えられる。これに対しては、二酸化炭素を燃焼時に回収して地中に貯留することが提案されており、多くの研究が行われているが、長期間の安定的な貯留については未だに不確実性があり、また貯留に適した場所も偏在している。更に、二酸化炭素の回収、移送、地中への投入には多くのコストがかかることも問題

になると考えられる。また更に、石炭の燃焼が、硫黄酸化物（SO_X）、スモーク等の発生による環境問題を引き起す可能性があることも問題になる。

代替エネルギーとしてのバイオマスエネルギー、特にエタノールを主とするバイオ燃料は、近年非常に脚光を浴びている。しかしながら、植物からのエタノールの生成及び濃縮には大きなエネルギーが必要であり、エネルギー効率的には不利なことがある。更に、バイオ燃料のための原料としてトウモロコシ、大豆、砂糖キビ等を利用する場合、これらは当然に食料及び飼料としての用途もあることから、食料及び飼料の価格を高騰させることになる。したがって、ブラジル等の特別な地域以外では、バイオマスエネルギーを実質的なエネルギー源として考慮することができない。

代替エネルギーとしての核エネルギーの利用は、原子力発電所からの放射性廃棄物の処理について十分な解決策が見出されているとはいえず、更には核拡散への恐れに基づく反対意見も多いことから、世界的に大きな進展は期待できない。むしろ長期的には原子炉の老朽化に伴う廃炉の増加によって、代替エネルギーとしての核エネルギーのシェアは減少して行くと予想される。

上記の通り、石炭エネルギー、バイオマスエネルギー、核エネルギーのいずれもが、持続性及び地球温暖化につながる二酸化炭素発生の問題を解決しているとは言えない。よって理想的なエネルギー源としては、太陽エネルギーがある。

【発明の概要】

【０００３】

太陽エネルギーは非常に有力な代替エネルギーであるものの、これを社会活動の中で活用するためには、（１）太陽エネルギーのエネルギー密度が低いこと、並びに（２）太陽エネルギーの貯蔵及び移送が困難であることが、問題となる。しかし、（２）の太陽エネルギーの貯蔵及び移送に関する課題を解決することにより、砂漠等の広大な敷地を確保でき、利用できるようになることにより、エネルギー密度の低さは問題とならなくなる。

上記課題を解決するためには、太陽エネルギーを貯蔵及び移送が容易な化学エネルギーに変換することが必須である。種々の物質が考えられるが、取り扱い性、安全性、既存インフラの利用、エネルギーとしての応用性を考えるとアンモニアが最も適していると考えられる。このアンモニアの製造方法は、水素製造設備で、太陽エネルギーを取得し、且つ取得した太陽エネルギーの一部を利用して水から水素を製造すること、窒素製造設備で、空気から窒素を製造すること、水素貯蔵設備で、水素製造設備により製造した水素を貯蔵すること、アンモニア合成設備で、製造した水素及び製造した窒素からアンモニアを連続的に合成すること、を含む。

【図面の簡単な説明】

【０００４】

本発明を添付の図面を参照しながら以下に説明する。

図１は、アンモニア製造プラントの一例を示す図、

図２は、パラボリックディッシュ型集光装置の一例を示す図、

図３は、ソーラータワー型集光装置の一例を示す図、

図４は、パラボリックトラフ型集光装置の一例を示す図、

図５は、水素製造設備の一例を示す図、

図６は、水素貯蔵設備の一例を示す図、

図７は、水素貯蔵設備の別な一例を示す図、

図８は、窒素製造設備の一例を示す図、

図９は、深冷分離により窒素を製造する窒素製造設備の一例を示す図、

図１０は、アンモニア合成設備の一例を示す図、

図１１は、アンモニア合成設備の別な一例を示す図、

図１２は、集光量の一例を示す図、

図１３は、アンモニア製造量の算出及びアンモニア製造量の制御を行なう制御装置の一例を示す図、

図１４は、アンモニア製造量の算出及びアンモニア製造量の制御を行なう処理フローを

示す図、
図１５は、アンモニアプラントの物質収支を示すためのプロセスフローの一例を示す図、
図１６は、図１５に示したプロセスフローの物質収支を示す図、
図１７は、アンモニア合成設備４００に合成ガスを供給する複合プラントの一例を示すである。

【発明を実施するための形態】

【０００５】

太陽エネルギーの貯蔵及び移送に関して、水、空気、及び太陽エネルギーから製造でき、且つ貯蔵及び移送が容易な液体燃料として、アンモニア（ＮＨ３）が考えられる。

また、現在の世界のアンモニアの生産量は年間約１．５億トンであり、主として肥料用に大量に使用されている。このように市場で大量に使われている実績からも、アンモニアは十分な社会受容性を有するものと考えられる。

アンモニアの物理的特性は、ＬＰＧに近く、常温では８気圧程度で簡単に液化し、またその貯蔵及び移送に関しては十分な実績があり、特段の問題にはなっていない。また、アンモニアは不燃性物質と定義されており、着火はしにくく、着火しても燃焼速度が遅く可燃範囲も狭いので、その取り扱いは特段の問題にならないと考えられる。

アンモニアのエネルギー密度はガソリンの半分程度でメタノールとほぼ同一であるが、理論混合比での発熱量はガソリン並みであり、燃料としては十分移動体にも適用可能である。更にタンカー等で遠隔地の火力発電所に送って、天然ガス、石炭に代えて燃やすことができ、その場合の効率は理論上、天然ガス、ガソリンを凌ぐと考えられる。

アンモニアの燃焼においては、下記の式１で示すような燃焼反応を行わせることができる。

２ＮＨ３＋３／２Ｏ２→Ｎ２＋３Ｈ２Ｏ＋（発熱量）　　（式１）

すなわち、アンモニアの燃焼においては、二酸化炭素を生成せず、したがって地球温暖化に関して問題とならない。

以下、図面を参照して実施形態について説明する。

図１を用いて、太陽エネルギーを用いてアンモニアを合成するアンモニア製造プラントの一例を説明する。図１に示すように、アンモニア製造プラント１０は、水素製造設備１００、水素貯蔵設備２００、窒素製造設備３００、及びアンモニア合成設備４００を有する。

水素製造設備１００は、太陽エネルギーを取得し、且つ取得した太陽エネルギーを利用して水から水素を製造する設備である。水素製造設備１００は、太陽エネルギーを水素製造のためのエネルギー源として用いるので、太陽エネルギーが放射される昼間に水素製造の運転を行ない、太陽エネルギーの放射の無い夜間には水素製造の運転を停止する。

窒素製造設備３００は、アンモニア合成設備４００の合成ガスの一部となる窒素を空気から製造するための設備である。窒素製造設備３００は、太陽エネルギーを直接用いず、後述するように外部からの電力又は水素燃焼により窒素を製造するため、外部からの電力又は水素の供給により昼夜問わず連続運転を行なうことが出来る。

アンモニア合成設備４００は、水素及び窒素からアンモニアを合成する設備である。アンモニア合成設備４００は、昼夜問わずアンモニアを連続的に合成する。

水素貯蔵設備２００は、水素製造設備１００で製造された水素を貯蔵し、且つ、水素をアンモニア合成設備４００、及び場合によっては窒素製造設備３００に水素を連続的に供給するための設備である。

このように、水素製造設備１００は、夜間には水素製造を停止するが、アンモニア合成設備４００は昼夜問わずアンモニアを連続的に合成する。アンモニア合成設備４００を、水素製造設備１００に合わせて間欠的な運転とした場合、アンモニア合成設備４００のスタートアップ工程、並びにシャットダウン工程によるエネルギー損失を生じる。そのため、水素貯蔵設備２００は、昼間に水素製造設備１００により製造された水素の少なくとも一部を貯蔵し、夜間でもアンモニア合成設備４００に貯蔵した水素を供給することで、ア

ンモニア製造プラント１０は、アンモニア合成設備４００によるアンモニアの連続的な合成を可能にする。アンモニア合成設備の連続的運転により、昼間に稼動し夜間は停止させるようなアンモニア合成設備の間欠運転によって生じるエネルギー損失を低減できる。

以下、アンモニア製造プラント１０が有する各設備の詳細を順に説明する。

＜水素製造設備１００＞

水素製造設備１００は、太陽エネルギーを取得し、且つ取得した太陽エネルギーの一部を利用して水素を製造する設備である。

＜水素製造設備１００（太陽エネルギーの取得）＞

太陽エネルギーを取得する方法としては、単に太陽光を受ける方法以外に、そのエネルギー密度を上げるために集光する方法がある。例えば下記（Ａ１）～（Ａ３）の集光装置を利用することができる。

（Ａ１）パラボリックディッシュ型

図２は、パラボリックディッシュ型集光装置の一例を示す図である。図２で示すパラボリックディッシュ型集光装置は、太陽光２０を反射させて集光する皿状反射部１４１と集光した光を受け取る受光部１４２を有し、受光部１４２において太陽熱エネルギーを取得する。受光部１４２で得た太陽熱エネルギーは、温度が高いので直接スターリングエンジンを駆動しても良いし、随意に溶融金属ナトリウムのような溶融アルカリ金属、溶融塩、オイル、水蒸気等の熱媒体を利用して、必要な箇所まで移動させることもできる。パラボリックディッシュ型集光装置は、比較的小規模な設備に適しており、太陽熱エネルギーとしては１０ｋＷ～数１００ｋＷ程度で好ましく用いられる。一般に、パラボリックディッシュ型集光装置は集光度が高く、それによって２，０００℃以上の高温熱源が得られるが、コストが後述するタイプの集光装置と比して高い。

（Ａ２）ソーラータワー型

図３は、ソーラータワー型集光装置の一例を示す図である。図３に示すソーラータワー型集光装置１５０は、太陽光２０を反射させて集光する複数の反射部１５１と集光した光を受け取る受光部１５３を有し、受光部１５３において太陽熱エネルギーを取得する。受光部１５３は、受光タワー１５２の上部に配置されている。太陽の動きに合わせて反射部１５１を受光部１５３に向けるように制御される。受光部１５３で得た太陽熱エネルギーは、随意に熱媒体を利用して、必要な箇所まで移動させることができる。ソーラータワー型集光装置は、１０ＭＷ～数１００ＭＷの大規模なプラントに適している。一般に、ソーラータワー型集光装置では集光度が大きく、１，０００℃以上の高温熱源が得られるが、タワーの建設費が高い。

（Ａ３）パラボリックトラフ型

図４は、パラボリックトラフ型集光装置の一例を示す図である。図４で示すパラボリックトラフ型集光装置は、太陽光２０を反射させて集光するトラフ型反射部１６１と集光した光を受け取る受光部１６２を有し、受光部１６２において太陽熱エネルギーを取得する。受光部１６２で得た太陽熱エネルギーは、随意に熱媒体を、熱媒体流路１６３を経由させて流通させることによって、必要な箇所まで移動させることができる。パラボリックトラフ型集光装置は、構造が簡単でコストも安く、大規模な設備に適している。一般に、数１００ＭＷに適しているが、集光度が低く、得られる熱源は４００～６００℃の低温熱源である。

上記のように、集光装置にはそれぞれ特徴がある。したがって、水素製造設備１００では、これらのうちのいずれか又はそれらの組み合わせを利用することができる。具体的には、高温の熱源のための太陽熱エネルギーを、集光度が大きい集光装置（例えばパラボリックディッシュ型集光装置及び／又はソーラータワー型集光装置）よって得、且つ他の太陽熱エネルギー、例えば低温の熱源、動力のための太陽熱エネルギーを、集光度が小さい集光装置（例えばパラボリックトラフ型集光装置）で得る事ができる。

例えば、集光度が大きい集光装置よって得る太陽熱エネルギーを、集光度が大きい集光装置と集光度が小さい集光装置とで得る太陽熱エネルギーの合計の１／２以下、例えば１／３～１／２の範囲であるようにすることができる。このように、一般に高コストである

集光度が大きい集光装置の割合を制限することは、集光設備全体のコストに関して好ましいことがある。

＜水素製造設備１００（水素製造法）＞

取得した太陽エネルギーの一部を利用して水から水素を製造する方法として、複数の方法を利用することができる。具体的には、例えば下記の（Ｂ１）～（Ｂ６）の水の分解方法がある。（Ｂ１）～（Ｂ４）の方法においては、水の分解反応に必要な反応温度を低下させることに、（Ｂ５）の方法においては、光エネルギーの利用率を上げることに焦点が置かれている。

（Ｂ１）直接熱分解法

最も基本的な方法であり、下記の式２で示される反応によって、高温下で直接に水を水素と酸素に分解する。

Ｈ２Ｏ→Ｈ２＋１／２Ｏ２（２，０００℃以上）　（式２）

この反応は本来、数千℃の温度を必要とするが、触媒を利用することによって２，０００℃前後の温度で達成することができる。

（Ｂ２）金属酸化還元法

上記（Ｂ１）で必要とされる高温を下げるために、第３の物質を介在させて水を分解する方法が存在する。その代表的な例は、亜鉛を介在させる方法であり、この場合の反応式は以下の通りである。

Ｚｎ＋Ｈ２Ｏ→ＺｎＯ＋Ｈ２　（約４００℃）　（式３）

ＺｎＯ→Ｚｎ＋１／２Ｏ２　（約１７００℃）（式４）

全反応　Ｈ２Ｏ→Ｈ２＋１／２Ｏ２

この方法では、高温の熱源（約１７００℃）と低温の熱源（４００℃）の２種類の熱源が必要である。

（Ｂ３）Ｉ－Ｓ（ヨウ素－イオウ）法

上記（Ｂ２）の方法よりも更に反応温度を下げる方法として、Ｉ－Ｓサイクル法がある。Ｉ－Ｓ法は、８５０℃程度までの熱を利用して原料水をヨウ素（Ｉ）と硫黄（Ｓ）の化合物と反応させて得られるヨウ化水素酸や硫酸を熱分解することによって、水素と酸素を製造するものである。反応は以下の通りである。

Ｈ２ＳＯ４→Ｈ２Ｏ＋ＳＯ２＋１／２Ｏ２　（約８５０℃）　（式５）

２Ｈ２Ｏ＋ＳＯ２＋Ｉ２→Ｈ２ＳＯ４＋２ＨＩ　（約１３０℃）　（式６）

２ＨＩ→Ｈ２＋Ｉ２　（約４００℃）　（式７）

全反応　Ｈ２Ｏ→Ｈ２＋１／２Ｏ２

この方法では、高温の熱源（８５０℃）と低温の熱源（４００℃）の２種類の熱源が必要である。

（Ｂ４）ＵＴ－３サイクル法

上記（Ｂ２）の方法よりも更に反応温度を下げる方法として、ＵＴ－３サイクル法がある。反応は以下の通りである。

ＣａＢｒ２（ｓ）＋$Ｈ_2$Ｏ（ｇ）→ＣａＯ（ｓ）＋２ＨＢｒ（ｇ）　（７００～７５０℃）　（式８）

ＣａＯ（ｓ）＋$Ｂｒ_2$（ｇ）→ＣａＢｒ２（ｓ）＋１／２Ｏ２（ｇ）　（５００～６００℃）　（式９）

Ｆｅ３Ｏ４（ｓ）＋８ＨＢｒ（ｇ）→ＦｅＢｒ２（ｇ）＋４Ｈ２Ｏ（ｇ）＋Ｂｒ２（ｇ）　（２００～３００℃）　（式１０）

３Ｆｅ３Ｏ４（ｓ）＋４Ｈ２Ｏ（ｇ）→Ｆｅ３Ｏ４（ｓ）＋６ＨＢｒ（ｇ）＋Ｈ２（ｇ）　（５５０～６００℃）　（式１１）

式８～１１に示す４つの反応を加えると、水が水素と酸素に分解する反応が残り、他の化合物はサイクル中を循環する。反応はそれぞれ式８～１１に示す温度で進行するので、サイクルを進行させるには最高７５０℃の熱エネルギーがあれば良い。

上記のように、熱を利用して水から水素を製造する上記（Ｂ１）～（Ｂ４）の反応ではいずれも少なくともその一部において、比較的高い温度の熱源を必要としている。

この比較的高い温度の熱源は、取得した太陽熱エネルギーを直接に熱源として利用して提供することができ、この場合には、必要な太陽熱エネルギーの少なくとも一部を、集光度が大きい集光装置、例えばパラボリックディッシュ型集光装置及び／又はソーラータワー型集光装置で得ることができる。

（Ｂ５）光触媒による水分解

熱エネルギーではなく、光エネルギーによって光電気化学的に水を分解する方法である。室温付近で水と接触している光触媒に太陽光を当てると、水を分解して水素と酸素が発生する。代表的な光触媒としては酸化チタンがある。しかし酸化チタンの場合、太陽光のうち、紫外領域の光しかこの反応に寄与せず、太陽光の大部分を占める可視光、近赤外光を利用できないため、効率が極めて低い。そこで、例えば、窒素原子や硫黄原子などの不純物を混ぜることによって可視光領域の光まで利用可能にした光触媒など、さまざまな光触媒の研究が行われている。また、色素や太陽電池材料となるような光を受けて起電力を発生する材料と光触媒とを組み合わせて、水分解の効率を上げる研究も盛んである。一方、光触媒は、高温熱源を必要とせず、面積当りのプラントコストが大変安価になる可能性があるため、敷地面積に余裕がある場合は主流の技術となる可能性を持つ。

（Ｂ６）水の電気分解法

水を電気分解することで、水素を製造することが出来る。水の電気分解法としては、例えば、アルカリ水電解法と固体高分子電解質水電解法がある。アルカリ水電解法としては、例えば、ＫＯＨ水溶液が用いられる。固体高分子電解質水電解法では、例えば、フッ素樹脂系イオン交換膜が電解質に用いられる。

＜水素製造設備（設備説明）＞

図５に、水素製造設備１００の一例である水素製造設備１００Ａについて説明する。

水素製造設備１００Ａは、反応装置１３０、集光設備１５０Ａ、１６０Ａ、熱交換器１７０を有する。反応装置１３０は、上記（Ｂ１）～（Ｂ４）（Ｂ６）に示す方法のいずれかにより、水から水素を製造するための装置である。

図には示していないが、反応装置１３０は、直接太陽光を受けて上記（Ｂ５）に示す方法で水から水素を製造する装置であってもよい。また、反応装置１３０は、上記（Ｂ１）～（Ｂ５）のいずれかを行なうための蒸留、分解、回収、混合、加圧、熱交換等の操作を行なうための機能を有する複数の機器を有する。反応装置１３０は、水素製造反応に伴う物質を除去する機能を有しても良い。例えば、Ｉ－Ｓ法の場合、式７より、ヨウ化水素（ＨＩ）、ヨウ素（Ｉ２）が水素に随伴する場合がある。また、ＵＴ－３法の場合、式１１より、臭化水素（ＨＢｒ）が随伴する場合がある。この場合、これらの随伴ガスは、アンモニア合成触媒に接触する前に精製除去する必要があるため、精製除去を反応装置１３０で行なっても良い。

集光設備１５０Ａは、集光度が高い集光設備であり、例えば、図３を用いて説明したソーラータワー型集光装置１５０に相当する。集光設備１５０Ａで集めた太陽熱エネルギーは、例えば、（Ｂ２）～（Ｂ４）に示した７５０℃以上の反応温度を実現するための高温熱源として利用しても良い。集光設備１６０Ａは、集光度が低い集光設備であり、例えば、図４を用いて説明したパラボリックトラフ型集光装置１６０に相当する。集光設備１６０Ａは、例えば、（Ｂ２）～（Ｂ４）に示した７５０℃未満の低温の反応温度を実現するための高温熱源としても利用しても良い。このように、太陽熱エネルギーの取得を、集光度が小さい集光装置、例えばパラボリックトラフ型集光装置によって行うことで、集光設備全体のコストに関して好ましいことがある。また、図５においては、２種類の集光設備を示したが、集光設備１５０Ａのみを用いて水素生成反応の全ての反応温度を実現しても良い。

このようにして、水素製造設備１００Ａは、取得した太陽エネルギーの一部を利用して水から水素並びに酸素を製造する。酸素は別用途で利用、または大気中に放出しても良い。製造された水素は、反応装置１３０からライン１０１に投入される。ライン１０１の水素は、熱交換器１７０で冷却され、ライン１０２に投入される。この冷却処理においては蒸気による熱及び／又は動力回収を行なっても良く、冷却水（ＣＷ）により水素貯蔵設備

２００の圧縮機（後述）のための所定温度まで冷却しても良い。ライン１０２の水素は、水素貯蔵設備２００に加圧移送される。

なお、水素製造設備１００Ａは、図５に示すように発電ユニット１９０を有しても良い。発電ユニット１９０は、熱交換器１９１、蒸気タービン１９２、発電機１９４、復水器１９６、及びポンプ１９８を有する。熱交換器１９１は、高温の熱媒体と水とを熱交換することで、蒸気を発生する。蒸気タービン１９２は、熱交換器１９１から排出される蒸気で回転するタービンである。発電機１９４は、蒸気タービン１９２と連結し且つ回転するロータから動力を回収して、発電を行なう。復水器１９６は、蒸気タービン１９２から排出された蒸気を冷却し、水に戻し、水はポンプ１９８で熱交換器１９１に再度送り込まれる。なお、上記例では、蒸気は熱交換器１９１を用いて生成されたが、熱媒体との熱交換ではなく、１５０又は１６０で示す集光装置において直接蒸気を生成する構成としても良い。

（Ｂ６）に示した水の電気分解法を用いる場合、反応装置１３０は、水の電気分解を行なう装置として機能する。水の電気分解に用いる電気は、発電機１９４から反応装置１３０に供給される。

＜水素貯蔵設備＞

水素貯蔵設備２００は、水素製造設備１００で製造された水素を貯蔵し、且つ、水素を窒素製造設備３００及びアンモニア合成設備４００に供給する設備である。昼間に水素製造設備１００により製造された水素の少なくとも一部を貯蔵し、夜間でも貯蔵した水素を窒素製造設備３００及びアンモニア合成設備４００に供給することで、水素貯蔵設備２００は、窒素製造設備及びアンモニア合成設備４００の連続運転を可能にする。

図６に、水素貯蔵設備２００の一例である水素貯蔵設備２００Ａを示す。水素貯蔵設備２００Ａは、圧縮機２１０、熱交換器２２０、水素タンク２４０、圧縮ユニット２５０Ａ、及び圧力制御装置２６０Ａを有する。

水素製造設備１００と接続されるライン１０２は、圧縮機２１０の入口に接続される。

圧縮機２１０の出口圧力は、窒素製造設備３００のガスタービンの燃焼器（後述）への供給圧力、及び／又は、アンモニア合成設備４００の反応器（後述）への合成ガス供給圧力に従って決定されても良い。このように、水素タンク２４０の入口側で圧力を上げることによって、窒素製造設備３００のガスタービン燃焼器の直前における加圧、又は、アンモニア合成設備４００の反応器直前の加圧にかかるエネルギーを軽減するとともに、水素タンク２４０に貯蔵されるガス密度が上がることで、水素タンク２４０の容量を小さくすることが出来る。

熱交換器２２０は、圧縮機２１０の加圧により加熱されている水素を冷却する。

水素タンク２４０は、夜間でも連続運転するアンモニア合成設備４００に供給するための十分な量の水素を貯蔵する。水素タンク２４０Ａには、圧力計（ＰＩ）２３２が取り付けられており、圧力計２３２は、タンクの圧力を検出する。図６では、１つの水素タンク２４０が示されるが、水素貯蔵設備２００は、アンモニア合成設備４００のアンモニア製造量に合わせて夜間運転に必要となる水素量を保存するために複数のタンクを有しても良い。水素タンク２４０に貯蔵された水素は、ライン２０１に投入される。ライン２０１の水素は、窒素製造設備３００、又は、アンモニア合成設備４００に移送される。

ライン２０３は、水素タンク２４０をバイパスするラインである。水素タンク２４０に製造水素の一部を供給する場合、他の水素は、水素タンク２４０をバイパスして窒素製造設備３００又はアンモニア合成設備４００に供給される。

圧力制御装置２６０Ａは、図１３を用いて後述する制御装置と同じ装置構成である。圧力制御装置２６０Ａは、ライン２０１の圧力が低下した場合、圧力制御装置２６０Ａを用いて水素タンク２４０に貯蔵される水素を加圧することでライン２０１の圧力を維持する。なお、水素タンク２４０の圧力は、水素製造設備１００が稼動している間は製造された水素が供給されるため圧力を維持できるが、水素製造設備１００が停止している間は、水素が供給されず且つアンモニア合成設備４００に水素を供給するため、水素タンク２４０の圧力は低下する。

そのため、圧力制御装置２６０Ａは、ライン２０１の圧力を監視して、ライン２０１の圧力が低下した場合、圧縮ユニット２５０Ａを動作させて、ライン２０１の圧力を維持するように制御する。また、水素タンク２４０の圧力は、窒素製造設備３００及びアンモニア合成設備４００への水素供給量に従って徐々に低下する。そのため、圧縮ユニット２５０Ａは、ライン２０１の圧力低下に対応して圧縮比を変化できた方が良い。図６に示される圧縮ユニット２５０Ａは、圧縮比を変えるために、多段構成の圧縮機を有する。例えば、ライン２０１の圧力低下が生じた場合、制御弁２５２及び制御弁２５５を閉じて、制御弁２５１及び制御弁２５６を開放し、圧縮機２５３を起動して、圧縮機２５３で加圧された水素は、ライン２０１に供給される。さらに、圧力が低下した場合は、制御弁２５２及び制御弁２５６を閉じて、制御弁２５１及び制御弁２５５を開放し、圧縮機２５３及び圧縮機２５７を起動して、圧縮機２５３及び圧縮機２５７で加圧された水素は、ライン２０１に供給される。圧縮機２５３及び圧縮機２５７は、インバータ制御により回転数を圧力に応じて制御しても良い。インバータ制御により、ライン２０１の圧力に応じて圧縮機の吐出圧力を変化することが出来るのであれば、圧縮ユニット２５０Ａは、１つの圧縮機だけを有しても良い。このようにして、圧縮ユニット２５０Ａによって、ライン２０１の圧力は一定に維持される。

図７に、水素貯蔵設備２００の別な一例である水素貯蔵設備２００Ｂを示す。水素貯蔵設備２００Ｂは、水素タンク２４０、圧縮ユニット２５０Ｂ、及び圧力制御装置２６０Ｂを有する。

水素貯蔵設備２００Ｂと水素貯蔵設備２００Ａの相違点は、圧縮ユニット２５０Ｂが水素製造設備１００からのライン１０２で供給される水素の加圧を行なう機能と、夜間時のライン２０１の圧力低下を防ぐために、水素タンク２４０から供給される水素を加圧する機能とを両方備え、図６に示す圧縮機２１０を不要にしている点である。圧縮ユニット２５０Ｂの設備構成は、図６に示す圧縮ユニット２５０Ａと同じである。

水素製造設備１００稼動中は、圧力制御装置２６０Ｂは、制御弁２１２及び制御弁２１４を開放し且つ制御弁２１６を閉じる。圧力制御装置２６０Ｂは、さらに制御弁２５２及び制御弁２５６を閉じて、且つ制御弁２５１及び制御弁２５５を開放して圧縮機２５３及び圧縮機２５７を起動する。このようにして、圧縮ユニット２５０Ｂは、水素タンク２４０及び窒素製造設備３００及びアンモニア合成設備４００に、水素製造設備１００から製造された水素を加圧移送する。水素製造設備１００停止中は、圧力制御装置２６０Ｂは、制御弁２１６を開放し且つ制御弁２１２及び制御弁２１４を閉じて、圧縮ユニット２５０Ｂを運転して、水素タンク２４０及び窒素製造設備３００及びアンモニア合成設備４００に、水素タンク２４０の水素を加圧移送する。水素製造設備１００停止時の圧縮ユニット２５０Ｂの運転は、上記した圧縮ユニット２５０Ａと同じである。

このように、圧縮ユニット２５０Ｂがライン１０２から供給される製造水素を加圧する機能と水素タンク２４０から供給される水素を加圧する機能とを備えることにより、図６に示す圧縮機２１０を不要にすることが出来る。

＜窒素製造設備（窒素製造法）＞

窒素製造設備３００は、アンモニア合成設備４００の合成ガスの一部となる窒素を空気から製造し、その一部を貯蔵する機能を含めた設備である。

窒素製造設備３００は、下記の（Ｃ１）又は（Ｃ２）の方法により空気から窒素を製造する。

（Ｃ１）深冷分離

深冷分離法では、空気を冷却しながら圧縮し、液体空気を作り、酸素と窒素との沸点の差を利用して、液体空気から窒素を分離する。深冷分離法では、高純度の窒素が得られるが、大規模な設備、及び比較的多くのエネルギーが必要とされる。

（Ｃ２）燃焼による酸素の除去

製造した水素（Ｈ２）を空気で燃焼させ、空気中の酸素を消費させることによっても、窒素ガスを製造できる。なお、水素の燃焼反応は発熱発応であるので、反応熱を利用してアンモニア製造プラント１０において必要とされる電力等を作り出すことも出来る。

＜窒素製造設備（水素燃焼により窒素を製造する設備）＞

図８に、水素燃焼により窒素を製造する窒素製造設備の一例を示す。窒素製造設備３００Ａは、水素燃焼装置３１０Ａを有する。窒素製造設備３００Ａは、水素制御装置３２０Ａ、制御弁３４０、制御弁３４２、熱交換器３５０、ガス精製装置３６０、窒素貯蔵設備３８０Ａを有しても良い。

このように、窒素製造設備３００Ａは、製造された水素と、空気とを燃焼させて窒素を製造し、且つ燃焼により発電した電力を、アンモニア合成設備４００及び水素製造設備１００の少なくとも１つに供給する。

水素制御装置３２０Ａは、制御弁３４０、３４２を用いてライン２０１から供給される水素を水素燃焼装置３１０Ａに供給されるライン３０２と、アンモニア合成設備４００に接続されるライン３０３とに分ける。

水素燃焼装置３１０Ａは、空気圧縮機３１１、燃焼器３１２、ガスタービン３１３、排熱回収ボイラ３１４、蒸気タービン３１５、復水器３１６、ポンプ３１８、発電機３１９を有する。空気圧縮機３１１は、燃焼器３１２の圧力条件に従う所定圧力に空気を圧縮する。燃焼器３１２は、水素の燃焼反応を行なうために、ライン３０２から供給される水素と、空気圧縮機３１１により圧縮された空気とを燃焼する。なお、窒素製造設備３００Ａは、水素貯蔵設備２００に貯蔵された水素を得ることが出来るので、水素製造設備１００停止時であっても、水素燃焼装置３１０Ａは、連続運転することが出来る。そのため、水素燃焼装置３１０Ａのスタートアップ工程並びにシャットダウン工程に伴うエネルギー損失を生じない。

水素ガスの燃焼が化学量論比の場合の化学式を以下に示す。

Ｈ２＋２．４Ａｉｒ→Ｈ２Ｏ＋１．８８Ｎ２＋０．０２３Ａｒ＋０．０００７ＣＯ２　（式１２）

このように、水素燃焼装置３１０Ａによって、アンモニア合成ガスの窒素を製造すると共に、下流のアンモニア合成設備４００においてライン３０３から供給される水素ガスを混合し、所望の化学量論比を有する水素と窒素の合成ガスを製造することができる。

また、水素の空気中の燃焼限界は、４～７５（容量％）である。水素と窒素との混合割合は、水素の燃焼限界範囲内であれば、自由に変更可能である。そのため、水素ガスの空気に対する混合比を燃焼限界の上限値である７５容量％まで上げて、水素燃焼を行なっても良い。例えば、燃焼後の排出ガス中の窒素量及び水素量に応じてライン３０３から水素ガスを供給し、アンモニア合成ガスの混合比を、水素：窒素＝３：１とする。その上で、燃焼後の排出ガス中の水素：窒素が３：１となるように予めライン３０２より水素燃焼装置３１０Ａへ水素ガスを供給することで、ライン３０３からの水素ガス追加供給を不要とすることができる。この場合でも、下式１３に示すように、導入ガス中の水素濃度は、７３．４容量％となり、水素の可燃領域である。

６．６３Ｈ２＋２．４Ａｉｒ→Ｈ２Ｏ＋１．８８Ｎ２＋５．６３Ｈ２＋０．０２３Ａｒ＋０．０００７ＣＯ２　（式１３）

一方、式１２及び式１３には示さないが、水素燃焼反応によって、窒素酸化物（ＮＯｘ）が生じる。アンモニア合成において、含酸素化合物は触媒毒であるため、後述するガス精製装置３６０により、ＮＯｘは除去される。ＮＯｘの燃焼ガス中の濃度は、酸素に対する水素の量を化学量論比より大きくすることで少なくすることができる。そのため、後述するＮＯｘ除去設備の設備能力に従って、酸素に対する水素の量を化学量論比より大きくして燃焼する、言い換えれば、化学量論比よりも水素過剰で燃焼することが好ましい。

なお、水素制御装置３２０Ａは、制御弁３４０、３４２を用いて、水素燃焼装置３１０Ａで燃焼する水素を、ある水素過剰率で供給して、水素を燃焼させる。上記水素過剰率は、燃焼ガス中の酸素濃度、窒素酸化物濃度、及び発電効率の少なくとも１つにより決定しても良い。燃焼ガス中の酸素濃度、窒素酸化物濃度は、定期的に検出したデータを用いて水素制御装置３２０Ａに設定しても良いし、後述するガス精製装置３６０において検出される検出値を用いても良い。また、水素制御装置３２０Ａは、発電効率を、発電機３１９の発電量及びライン３０２における水素流量から得ることが出来る。

燃焼器３１２における燃焼温度は、例えば、１１００～１５００℃である。ガスタービン３１３による発電効率を上げようとすると燃焼器３１２の圧力が高くなるため、供給される空気の圧縮比は、例えば、１１～２３である。そのため、燃焼器３１２に供給するライン３０２の水素供給圧力は、配管の圧力損失を考慮して１１～２３気圧より大きくなる。水素燃焼装置３１０Ａはコンバインドサイクル発電装置である。ガスタービン３１３は、燃焼器３１２からの高温高圧の燃焼ガスで回転するタービンである。排熱回収ボイラ３１４は、ガスタービン３１３からの高温排気ガスと水とを熱交換させることで、蒸気を発生するボイラである。蒸気タービン３１５は、排熱回収ボイラ３１４で熱交換された蒸気で回転するタービンである。発電機３１９は、ガスタービン３１３及び蒸気タービン３１５から動力を得、回転するロータによって発電を行なう。復水器３１６は、蒸気タービンから排出された蒸気を冷却し、水に戻し、水はポンプ３１８で再度排熱回収ボイラ３１４に送り込まれる。

このように、窒素ガスの製造と共に発電機３１９により発電された電力は、水素貯蔵設備２００及びアンモニア合成設備４００の少なくとも１つの電力として使用することが出来る。また、熱交換器３５０から回収された熱は、水素製造設備１００、水素貯蔵設備２００、窒素製造設備３００、アンモニア合成設備４００の少なくとも１つの熱源として使用することが出来る。そのため、単に窒素を製造するだけではなく、水素燃焼によるエネルギーを利用することで、外部から電気を受電することなく、または外部からの電力を低減し、昼夜を問わずアンモニア製造プラント１０の連続運転を可能にする。

なお、窒素製造設備３００Ａは、アンモニア合成に必要な窒素量を得る製造水素を燃焼する。窒素製造設備３００Ａは、アンモニア合成設備４００、及び水素製造設備１００の少なくとも１つに必要な電力から決定される電力を得る量の製造水素を燃焼する。その結果、窒素製造設備３００Ａは、アンモニア合成ガスの原料である窒素を供給することが出来る。そして、外部から電気を受電することなく、または外部からの電力を低減し、昼夜を問わずアンモニア製造プラント１０の連続運転を可能にする。電力需要が多い時には、製造窒素量が、アンモニア合成に必要な窒素量を超える場合がある。そのような場合は、窒素貯蔵設備３８０Ａをバッファーとして窒素を貯蔵し、さらに過剰な窒素は、水素制御装置３２０Ａによって、制御弁３４４が制御され、ライン３０５を介してアンモニア製造プラント１０以外で利用することを目的に外部へ供給される。このように、窒素貯蔵設備３８０Ａを設け、過剰に製造された窒素を貯蔵することによって、窒素の需要に拘らず、水素燃焼装置３１０Ａの発電量すなわち窒素製造量を減らす自由度を作り出すことができる。たとえばアンモニア製造プラント１０での電力の需要の変動や水素燃焼装置３１０Ａによる発電電力の需要が一時的に減少する際に窒素貯蔵によりバッファーができ、プラントとして円滑な動作が可能となる。あるいは、日中の太陽熱発電、深夜電力のような、より効率の良い、もしくはより安価な他の電力供給設備を使用することが可能となる。また、さらに過剰な窒素ガスをライン３０５から外部に供給することで、窒素製造設備３００は、アンモニア合成ガスを製造するという機能のみならず、単に窒素を製造する装置として機能しうる。

熱交換器３５０からの排気ガスは、ライン３０４に供給される。水素制御装置３２０Ａは、ライン３０３への水素供給量と、ライン３０２への水素供給量とを制御する装置である。水素制御装置３２０Ａは、制御弁３４０を用いて燃焼器３１２への供給水素量を制御する。水素制御装置３２０Ａは、ライン３０２への水素量を制御することで、水素燃焼における窒素に対する水素の混合比を制御することが出来る。

アンモニア合成において、含酸素化合物は触媒毒であるため、空気に含まれるＣＯ２、水素燃焼により生じた水、及びＮＯｘは所定の濃度まで除去する必要がある。従って、ガス精製装置３６０は、アンモニア合成設備４００の入口条件に従って、水素ガス燃焼反応により製造する水素及び窒素以外の副生成物を除去する設備である。

ガス精製装置３６０として、水（Ｈ２Ｏ）除去設備、二酸化炭素（ＣＯ２）除去設備、酸素（Ｏ２）除去設備、ＮＯｘ除去設備、過酸化水素（Ｈ２Ｏ２）除去設備を有しても良い。水除去設備として、ゼオライトを充填したドライヤがある。二酸化炭素（ＣＯ２）除

去設備として、炭酸カリ水溶液を用いて反応吸収させる方法（下式）がある。
Ｋ２ＣＯ３＋ＣＯ２→２ＫＨＣＯ３　（低温における吸収反応）　（式１４）
Ｋ２ＣＯ３＋ＣＯ２←２ＫＨＣＯ３　（高温における再生反応）　（式１５）
酸素（Ｏ２）除去設備として、Ｈ２とのＰｄ又はＰｔとの触媒反応、分離膜、ＰＳＡ（Ｐｒｅｓｓｕｒｅ　Ｓｗｉｎｇ　Ａｄｓｏｒｐｔｉｏｎ）法がある。ＮＯｘ除去設備として、アンモニアを用いた除去方法がある。
ガス精製装置３６０は、燃焼ガス中の酸素濃度、窒素酸化物濃度は、連続的に検出し、検出値を水素制御装置３２０Ａに通知しても良い。
＜窒素製造設備（深冷分離により窒素を製造する設備）＞
図９に、深冷分離により窒素を製造する窒素製造設備の一例を示す。窒素製造設備３００Ｂは、窒素製造設備３００Ａと比して、深冷分離設備３７０をさらに有し、ガス精製装置３６０が無い点において異なるが、他の装置は、窒素製造設備３００Ａと共通する。水素燃焼装置３１０Ｂは、窒素製造ではなく発電設備として設置され、水素燃焼装置３１０Ｂで発電された電力は、深冷分離設備３７０、水素貯蔵設備２００、アンモニア合成設備４００の少なくとも１つに供給される。なお、窒素製造設備３００Ｂは、深冷分離設備３７０、アンモニア合成設備４００、及び水素製造設備１００の少なくとも１つに必要な電力から決定される電力を得る量の製造水素を燃焼する。水素制御装置３２０Ｂは、ライン３０３に供給される水素量に応じて、深冷分離設備３７０で製造され、ライン３０４に供給される窒素量を制御することが出来る。
窒素製造設備３００Ｂは、水素貯蔵設備２００に貯蔵された水素を得ることが出来るので、水素製造設備１００停止時であっても、水素燃焼装置３１０Ｂは連続運転することが出来る。
従って、窒素製造設備３００Ｂは、製造された水素と空気とを燃焼させて発電した電力を、深冷分離設備３７０、アンモニア合成設備４００、及び水素貯蔵設備２００の少なくとも１つに供給する発電設備を備え、外部からの受電を必要とせず、アンモニア製造プラント１０と深冷分離設備３７０の連続運転が可能になる。そのため、深冷分離設備３７０のスタートアップ工程並びにシャットダウン工程に伴うエネルギー損失を軽減できる。窒素製造設備３００Ｂは、窒素貯蔵設備３８０Ｂを有しても良い。窒素貯蔵設備を持つことによって、より効率の良い、もしくはより安価な他の電力で窒素を製造し、貯めておくことができる。例えば、図５に示す発電ユニット１９０をアンモニア製造プラント１０が有する場合、日中の余剰太陽熱で発電した電力を利用して深冷分離設備３７０において窒素を製造し、窒素貯蔵設備３８０Ｂに貯めることができる。また、外部から電力を供給できる場合は、深夜電力で窒素を多めに製造し、貯めておくことも可能である。
窒素製造設備３００Ｂにおける、窒素製造設備３００Ａと共通する他の装置についての説明は省略する。
深冷分離により製造される窒素は、導入される空気から深冷分離内のコールドボックスに入る前に水と二酸化炭素が抜かれ、且つその空気を液化した後に酸素と窒素に分離される。ここで製造した窒素ガス中の含酸素化合物は極めて低い濃度であるため、ガス精製装置３６０を不要とすることが出来る。また、副生した酸素はアンモニア製造プラント１０以外でも利用することができる。
＜アンモニア合成設備（アンモニア合成方法）＞
水素及び窒素からアンモニアを合成する設備である。
アンモニア合成は、下記に示す反応式で示され、発熱反応である。
Ｎ２＋３Ｈ２→２ＮＨ３　（約４００℃）　（式１６）
式１６に示すように容積が減少する反応であるため、反応圧力は、化学平衡上高圧が好ましい。アンモニア合成反応は発熱反応であっても、圧縮工程の必要性により、アンモニア合成には動力が必要となる。
＜アンモニア合成設備（設備説明）＞
図１０に、アンモニア合成設備の一例を示す。アンモニア合成設備４００Ａは、合成ガス圧縮機４２０、合成ガス熱交換器４３０、反応器４４０、液化設備４５０、及びアンモ

ニア合成制御装置４６０を有する。ライン３０３には、ライン３０３を流れる水素の流量を検出する流量計（ＦＩ）４６１が設置される。ライン３０４には、ライン３０４を流れる窒素の流量を検出する流量計４６２が設置される。ライン４０６には、ライン４０６を流れるアンモニアの流量を検出する流量計４６３が設置される。アンモニア合成制御装置４６０は、流量計４６１から得た水素流量、及び、流量計４６２から得た窒素流量に基づいて、式１６に示す化学量論比に基づいて設定値となる所定のアンモニア製造量を流量計４６３から得られるように各設備を制御する。なお、アンモニア合成制御装置４６０は、設定値となる所定のアンモニア製造量は、後述の制御装置９００から受信しても良い。

ライン３０３、３０４から供給される合成ガスは、合成ガス圧縮機４２０によって反応器４４０の反応圧力まで昇圧される。そして、合成ガスは、合成ガス圧縮機４２０の吐出からライン４０１に供給される。ライン４０１は、合成ガス熱交換器４３０の低温側に供給される。

合成ガス圧縮機４２０は、水素及び窒素を含む合成ガスをアンモニア合成反応の反応圧力まで加圧するための圧縮機である。合成ガス圧縮機は、多段構成の遠心圧縮機、又は、多段構成の軸流圧縮機である。図１０では、合成ガス圧縮機４２０は、２つの圧縮機から構成されているが、この構成に限定されない。

合成ガス熱交換器４３０は、合成ガスの発熱反応により高温化したアンモニアガスを高温側に入れ、合成ガスを低温側に入れる熱交換器である。このように、高温化したアンモニアガスを熱媒体として利用することで、合成ガスを反応温度まで加熱するエネルギーを外部から供給することが不要になる。

反応器４４０は、所定の触媒が充填され、且つ、式１６で示されるアンモニア合成反応を行なう機器である。

反応器４４０で合成されたアンモニアは、ライン４０３に供給される。ライン４０３に供給されたアンモニアは、合成ガス熱交換器４３０によって低温化され、ライン４０４に供給される。ライン４０４は、液化設備４５０に接続される。

液化設備４５０は、生成したアンモニアを液化し、ライン４０６に取り出し、未反応の合成ガスを、ライン４０５に戻し、新規な合成ガスとともに合成ガス圧縮機４２０で加圧され反応器４４０に投入される。液化設備４５０で液化されたアンモニアは、ライン４０６から図示しないアンモニア貯蔵設備に貯蔵され、陸上及び／又は船上出荷される。

図１１に、アンモニア合成設備の別な一例を示す。アンモニア合成設備４００Ｂは、ライン３０３の接続先が合成ガス圧縮機４２０の後段側であることを除いて、図１０を用いて説明したアンモニア合成設備４００Ａと同じ構成を有する。そのため、アンモニア合成設備４００Ａと同じ構成については説明を省略する。

ライン３０４に供給される窒素は、合成ガス圧縮機４２０の１段圧縮機の入口に供給される。ライン３０３に供給される水素は、合成ガス圧縮機４２０の２段圧縮機の入口に供給される。

ライン３０４から供給される窒素は、ガスタービン３１３の排気圧力であるため、低圧である。ライン３０３から供給される水素は、圧縮貯蔵された水素タンク２０２から供給されるため高圧である。したがって、ライン３０４からの窒素は、圧縮機の１段目に供給され、ライン３０３からの水素は、圧縮機の２段目以降に供給すれば良い。なお、図１１では、合成ガス圧縮機４２０が多段構成になることを例示したものであり、合成ガス圧縮機は、図１１に説明した合成ガス圧縮機４２０に限定されない。

このように、ライン３０４から供給される窒素の３倍のモル数の水素をライン３０３から圧縮機の後段の入口側に投入することで、混合後の合成ガスを圧縮機の１段目に投入して加圧する場合と比して、合成ガス圧縮機４２０の必要動力を大幅に減少することが出来る。上述のように、アンモニア製造プラントでは、合成ガスの圧縮動力がアンモニア当たりの必要エネルギーにおいて大きな比率を占めるため、合成ガス圧縮機４２０の必要動力の低下は、アンモニア当たりの必要エネルギーを低減することが出来る。

＜アンモニア合成設備の制御＞

水素製造設備１００は、日射量によって水素の製造量が異なるため、アンモニア製造プ

ラント１０は、日射量に従ってアンモニアの生産量を制御しても良い。

図１２は、日射の集光量の一例を示す図である。集光量曲線８０１は夏の集光量を示す。集光量曲線８０３は冬の集光量を示す。集光量曲線８０２は、春又は秋の集光量を示す。図示されるように、夏は日の出から日の入りの時間が長いため、集光量が大きい。一方、冬は日の出から日の入りの時間が短いため、集光量が小さい。集光量が小さいとき、目標アンモニア製造量に対して水素を十分に得られない場合がある。また、集光量が大きいときは過剰な水素が製造される。そのため、アンモニア製造プラント１０は、集光量に従ってアンモニアの製造量を制御することが好ましい。

図１３を用いて、アンモニア製造量の算出及びアンモニア製造量の制御を行なう制御装置の一例を説明する。制御装置９００は、記憶部９１１、処理部９１２、通信部９１３、外部記憶装置９１４、ドライブ装置９１５、及びバス９１９を有する。なお、図示しないが制御装置９００は、通信部９１３を介して、アンモニア製造プラント１０の計装機器類、並びに、圧力制御装置２６０Ａ又は圧力制御装置２６０Ｂ、水素制御装置３２０Ａ又は水素制御装置３２０Ｂ、及びアンモニア合成制御装置４６０と接続されている。

制御装置９００は、記憶部９１１に日射量情報、水素タンク残存量、天気予報情報を格納する。日射量情報並びに天気予報情報は、通信部９１３を介して日射量並びに天気予報を予測する外部システムからネットワーク受信することが出来る。制御装置９００は、水素タンクの圧力計２３２から取得した圧力情報を用いて水素タンク残存量を取得する。日射量情報は、季節ごとに変わる日の出から日没までの時間、及び、天気予報に応じて決めた時間当たりの日射量を記録し、記録を用いて集光量及び水素製造量を予測するための情報である。言い換えれば、日射量情報は、例えば、図１２に示すように季節及び時間の変動を記録した日射量を含む情報である。

制御装置９００は、さらに、アンモニア製造量を算出し、且つアンモニア合成設備に算出したアンモニア製造量でアンモニアを製造させるためのプログラムを格納する。制御装置９００の処理部９１２は、上記プログラムを実行することで、アンモニア製造量算出機能を実現する。制御装置９００は、アンモニア製造量算出機能により、算出したアンモニア製造量を設定値としてアンモニア合成制御装置４６０に送信することで、アンモニア合成設備４００のアンモニア製造量を制御することができる。

このように、制御装置９００は、太陽の日射量情報に基づいて１日に製造可能な水素量を算出し、且つ算出した製造水素量を原料とするアンモニア製造量を算出することで、算出したアンモニア製造量でアンモニア合成設備４００にアンモニアを製造させる。

図１３、図１４を用いて、制御装置９００によるアンモニア製造量の算出及びアンモニア製造量の制御を行なう処理のフローの一例を説明する。

制御装置９００の処理部９１２は、日射量情報から得られる日射量を用いて、水素製造量を算出する（Ｓ７０１）。水素製造量は、日射量から得られる熱エネルギーに基づいて算出される。処理部９１２は、算出した水素製造量から、水素貯蔵設備２００から窒素製造設備３００及びアンモニア合成設備４００に供給する時間当たりの水素流量を算出される（Ｓ７０２）。次に、処理部９１２は、窒素製造設備３００及びアンモニア合成設備４００への水素流量を決定する（Ｓ７０３）。水素燃焼反応は、窒素製造及び発電のために行なわれるが、窒素製造量又は発電のどちらか支配的な量に基づいて水素流量が決定する。水素燃焼装置３１０の発電効率が高く、アンモニア合成設備４００の消費電力効果が大きい場合などは、少ない水素量で所定の発電量を満たす一方、十分な合成ガス用の窒素量が得られない場合は、窒素を製造するために窒素製造設備３００への水素流量が決定される。また、電力需要が多い場合は、合成ガスの必要窒素量以上に窒素を製造して、発電を行なうため窒素製造設備３００への水素流量が決定される。

なお、水素流量は、以下の式を用いて算出することが出来る。

Ｈａ＝窒素製造設備３００及びアンモニア合成設備への水素供給量

Ｈｇ＝合成ガスの水素流量

Ｈｅ＝発電用の水素流量

Ｈｎ＝窒素製造用の水素流量

Ｎｇ＝合成ガス中の窒素流量
ａ＝所定係数（アンモニア製造の必要電力から決定される係数）
ｂ＝窒素製造に必要な水素の窒素に対する割合。
Ｈａ＝Ｈｇ＋Ｈｅ　（式２１）
Ｈａ＝Ｈｇ＋Ｈｎ　（式２２）
Ｈｅ＝ａ×Ｈｇ　（式２３）
Ｈｎ＝ｂ×Ｎｇ　（式２４）
Ｎｇ＝１／３×Ｈｇ　（式２５）
発電目的の水素流量が決まる場合、式２１及び式２３を用いて得られる下式２６から合成ガスの水素流量（Ｈｇ）が求められる。
Ｈｇ＝Ｈａ／（１＋ａ）　（式２６）
窒素製造目的で水素流量が決まる場合、式２２、式２４及び式２５を用いて得られる下式２７から合成ガスの水素流量（Ｈｇ）が求められる。
Ｈｇ＝Ｈａ／（１＋ｂ／３）（式２７）
処理部９１２は、算出したＨｇから、Ｎｇを求め（Ｓ７０４）、さらに、Ｈｇ及びＮｇからアンモニア製造量を算出する（Ｓ７０５）。制御装置９００は、このようにして算出したアンモニア製造量を、設定値としてアンモニア合成制御装置４６０に送信することで、アンモニア合成設備４００のアンモニア製造量を制御することができる。
日射量情報をもとに水素製造量、並びに、アンモニア製造量を算出し、制御することによって、日射があるときだけ生じる水素を平準化してアンモニア合成設備４００に送る水素量を算出することで、間欠運転によるエネルギー損失を回避することで、太陽エネルギーを効率よく利用してアンモニアを製造することが出来る。
＜アンモニアの合成ガスを供給する複合プラント＞
図１７を用いて、アンモニア合成設備４００に合成ガスを供給する複合プラントの一例を示す。複合プラント３０は、アンモニア合成設備４００に合成ガスを供給するプラントである。
複合プラント３０は、図５～９を用いて説明した水素製造設備１００Ａ、水素貯蔵設備２００Ａ又は水素貯蔵設備２００Ｂ、窒素製造設備３００Ａ又は窒素製造設備３００Ｂを含み、水素及び窒素を含む合成ガスをアンモニア合成設備４００に供給する。水素製造設備１００Ａ、水素貯蔵設備２００Ａ又は水素貯蔵設備２００Ｂ、窒素製造設備３００Ａ又は窒素製造設備３００Ｂは、既に説明したため、ここでの説明を省略する。
複合プラント３０は、水素貯蔵設備２００Ｂを有する場合、圧縮ユニット２５０Ｂの多機能性によって図６に示す圧縮機２１０を省略することが出来る。また、図６及び７を用いて説明したように、水素タンク２４０に貯蔵される水素は、燃焼器３１２の運転圧に合わせて昇圧されている。そのため、水素タンク２４０の必要容量を小さくでき、さらに、図１１を用いて説明したように、水素は、合成ガス圧縮機４２０の後段に供給することで、アンモニア合成設備４００における合成ガス圧縮機４２０の圧縮動力を低下させることが出来る。
＜アンモニアプラントの物質収支＞
図１５を用いて、アンモニアプラントの物質収支を示すためのプロセスフロー図を説明する。
ライン２０１、３０３、３０４、３０５、及び４０６は、図５～１０で説明した通りである。電力２９１は、窒素製造設備３００から水素貯蔵設備２００に供給する電力である。電力３９１は、深冷分離により窒素製造設備３００が消費する電力である。電力４９１は、窒素製造設備３００からアンモニア合成設備４００に供給する電力である。
図１６を用いて、図１５に示したアンモニアプラントにおける物質収支の一例を説明する。
以下に示す３つのケースにおいて、物質収支を計算した。
ケースＡ）水素燃焼により窒素を製造し、且つ水素燃焼により発電した電気を、窒素製造設備及びアンモニア合成設備で２４時間使用する。

ケースＢ）水素燃焼により窒素を製造し、且つ水素燃焼により発電した電気を、窒素製造設備及びアンモニア合成設備で夜間のみ使用する。昼間は、図５の発電ユニット１９０で発電して、発電ユニット１９０から窒素製造設備及びアンモニア合成設備に必要な電力を供給する。

ケースＣ）深冷分離により窒素を製造し、且つ水素燃焼により発電した電気を、窒素製造設備及びアンモニア合成設備で夜間のみ使用する。

物質収支を計算する計算条件は以下の通りである。

アンモニア製造量：２，５００ｔ／ｄ

合成ガス中の窒素量：１，８６０，０００Ｎｍ３／ｄ

合成ガス中の水素量：５，５７０，０００Ｎｍ３／ｄ

水素燃焼ガス発電効率：０．３

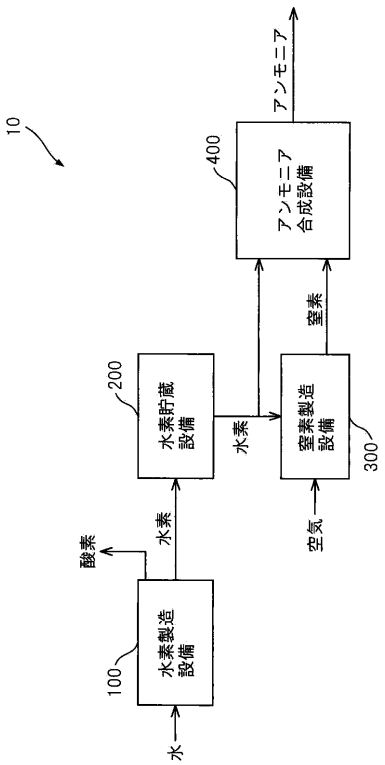
図１６に上記ケース及び計算条件で得た物質収支の表８０１を示す。表８０１から明らかのように、アンモニア製造量を一定とした場合、ライン２０１に示される必要水素流量は、ケースＣ、ケースＡ、ケースＢの順で少なくなる。夜間の必要電力を全て窒素製造設備３００で供給するケースＢとケースＣを比較すると、深冷分離より水素燃焼により窒素を製造したほうが、必要水素量が小さくなることがわかる。

この結果は、いくつかの仮定に基づいて計算したものであり、実際のプラントでの選択は、この計算以外にも、例えば、プラントの建設コスト、メンテナンス性、外部からの電力供給の可否、敷地面積等、数多くの要因を考慮して決定される。

ここで記載した全ての例と条件は、読み手に本発明を理解させることを意図した記載であるため、本発明の限定を伴わずに解釈されるべきである。本発明の実施例は詳細に記載されたが、発明の範囲と離れることなく、様々な変更、置換、及び代替案がなされ得ることを理解すべきである。

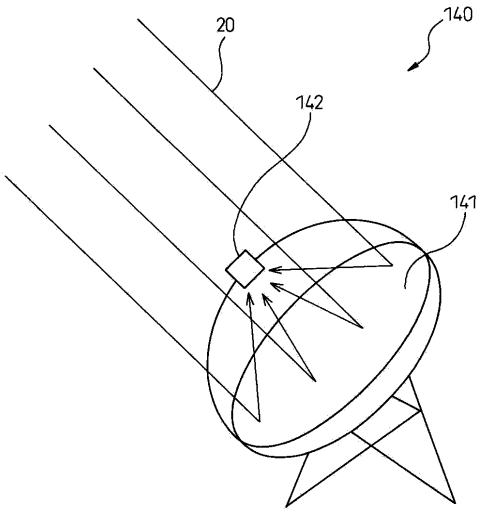
【図１】

FIG.1



【図２】

FIG.2



【図３】

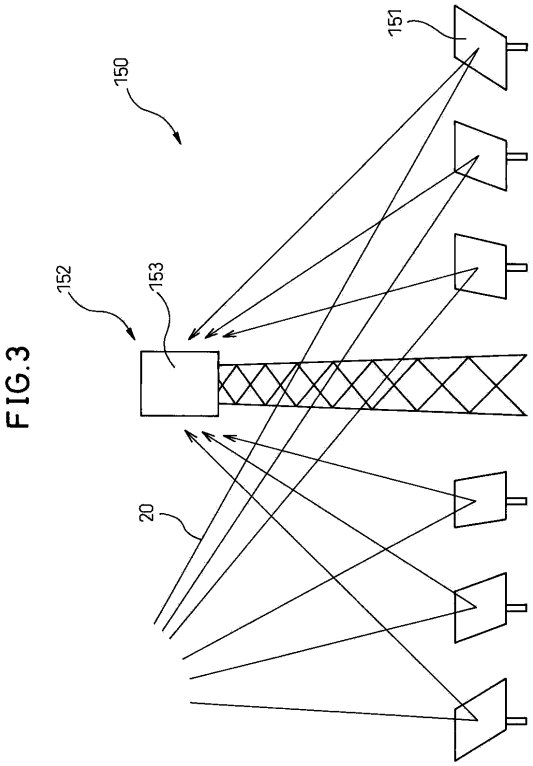
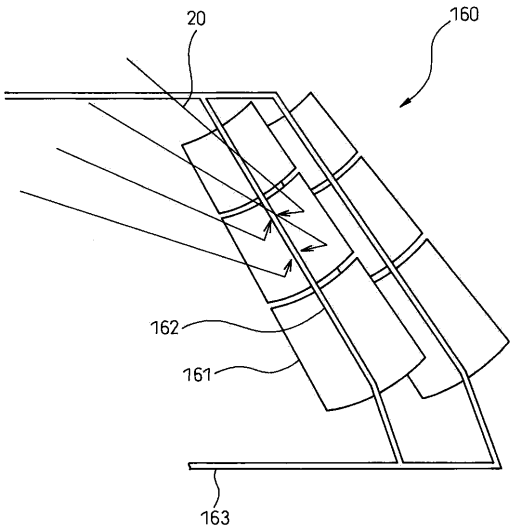


FIG.3

【図４】

FIG.4



【図５】

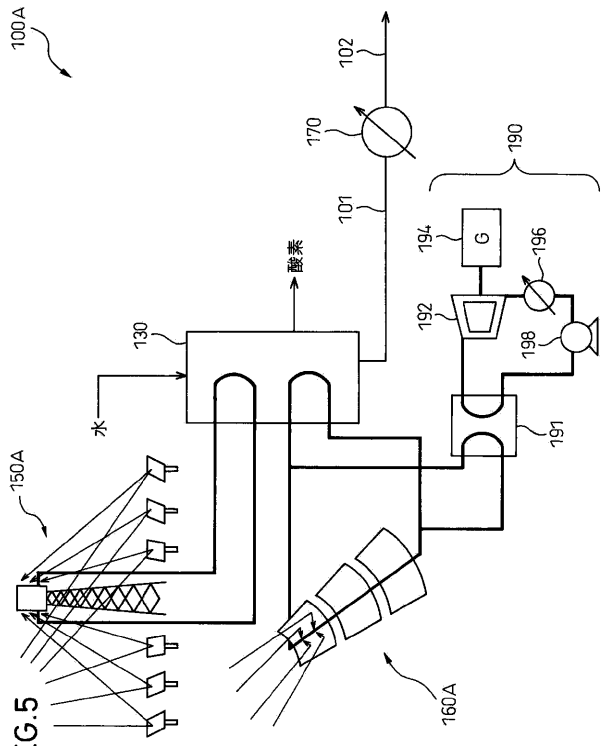


FIG.5

【図６】

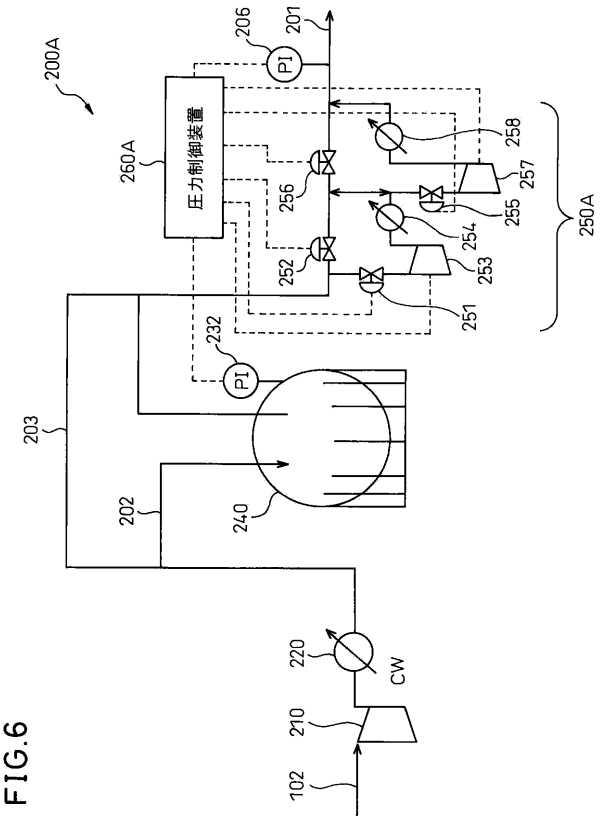
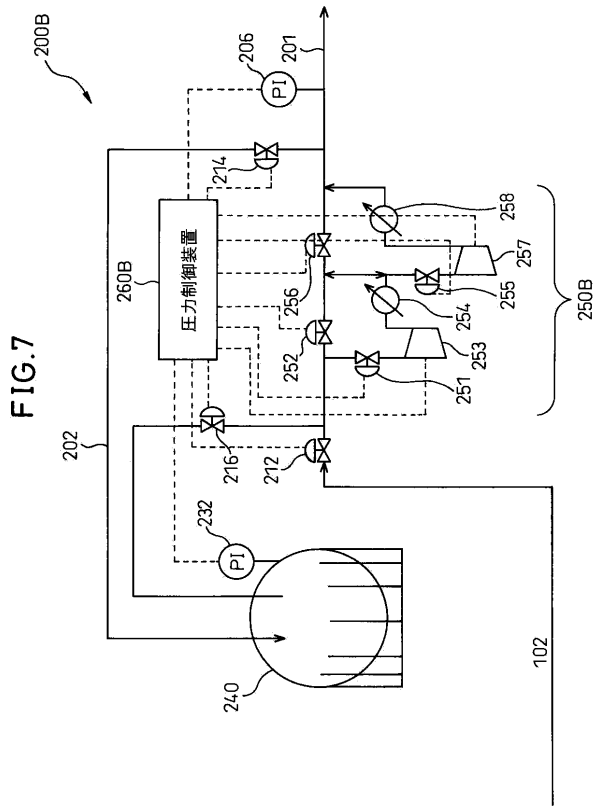


FIG.6

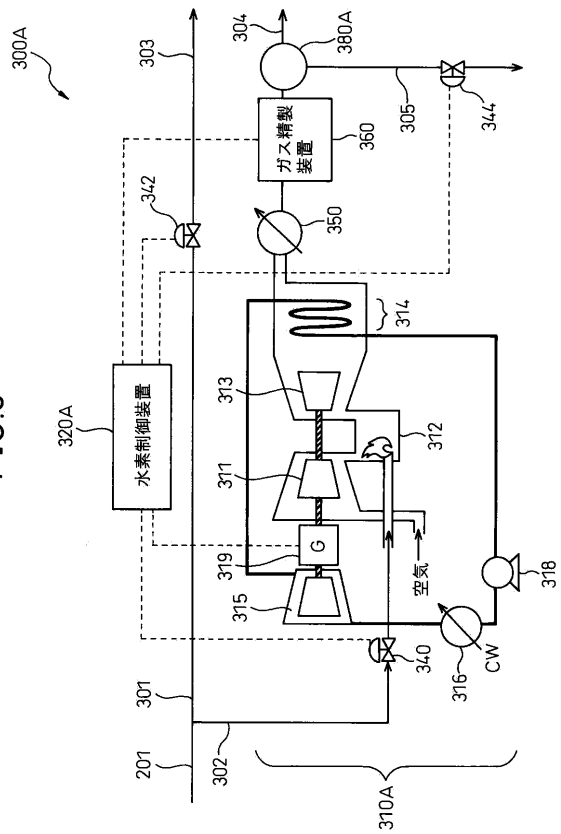
【図７】

FIG.7



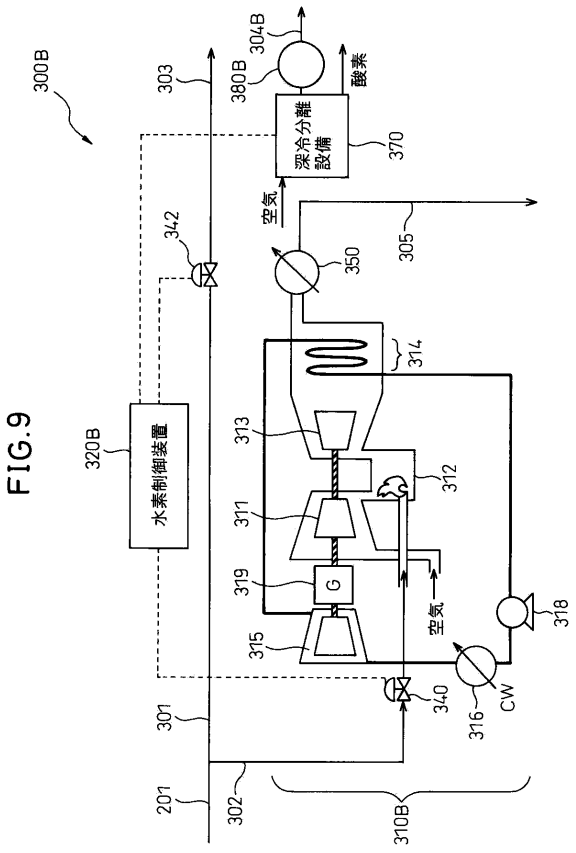
【図８】

FIG.8



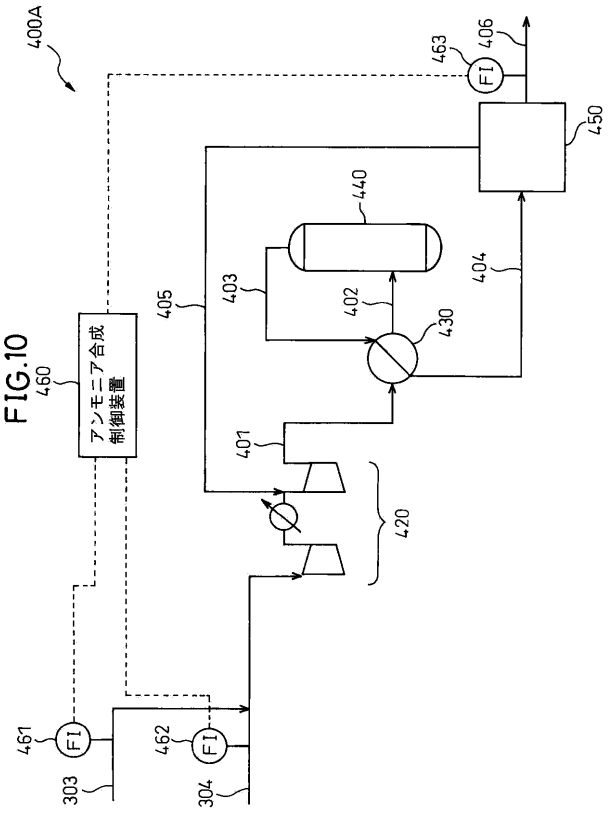
【図９】

FIG.9



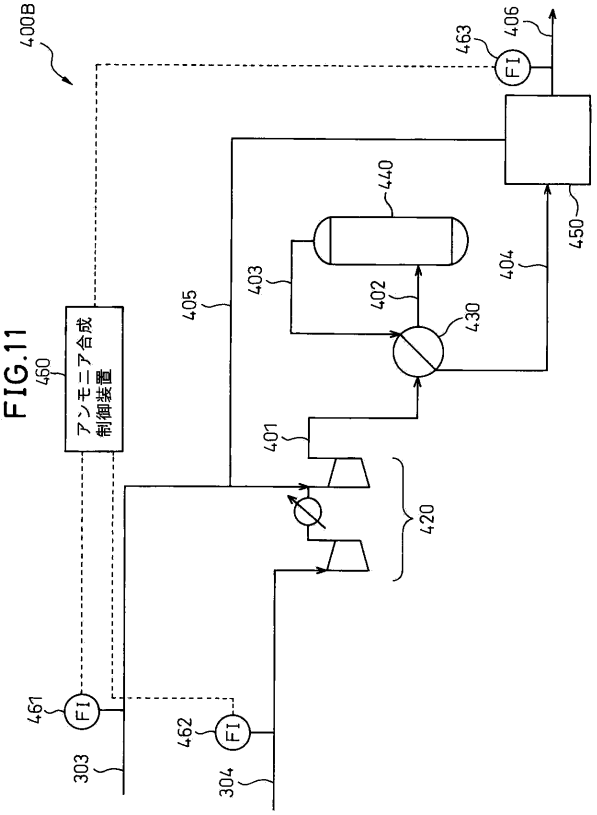
【図１０】

FIG.10



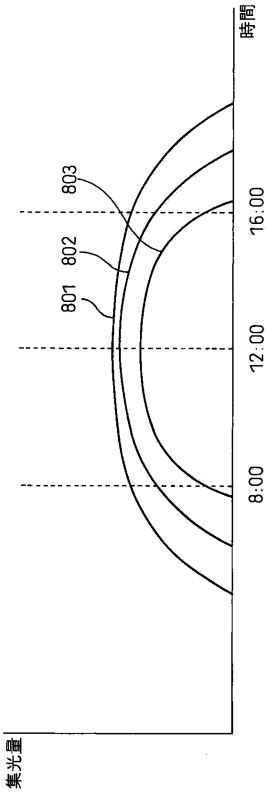
【図１１】

FIG.11



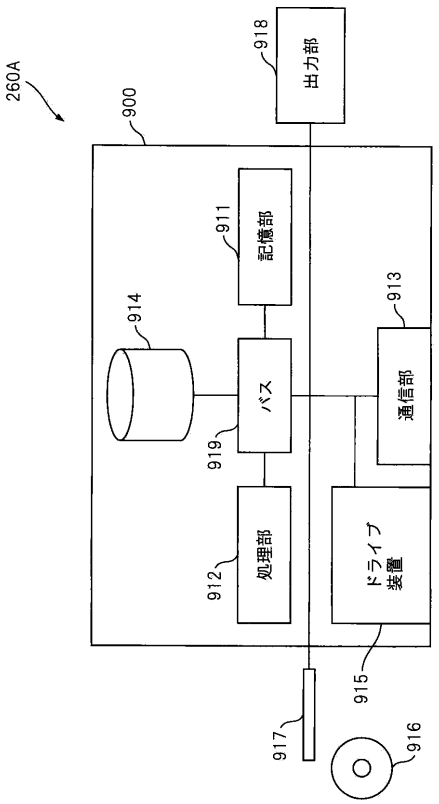
【図１２】

FIG.12



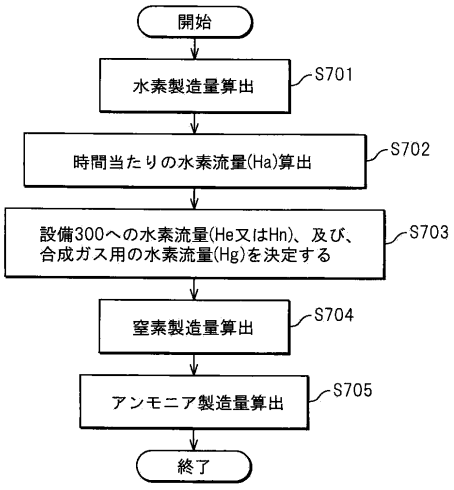
【図１３】

FIG.13



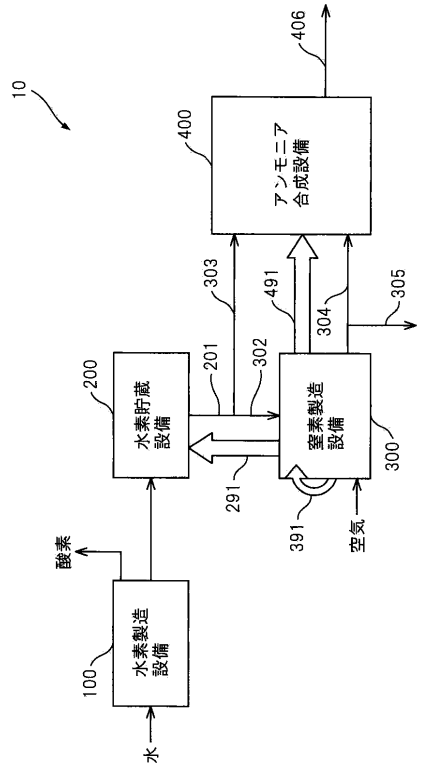
【図１４】

FIG.14



【図１５】

FIG.15



【図１６】

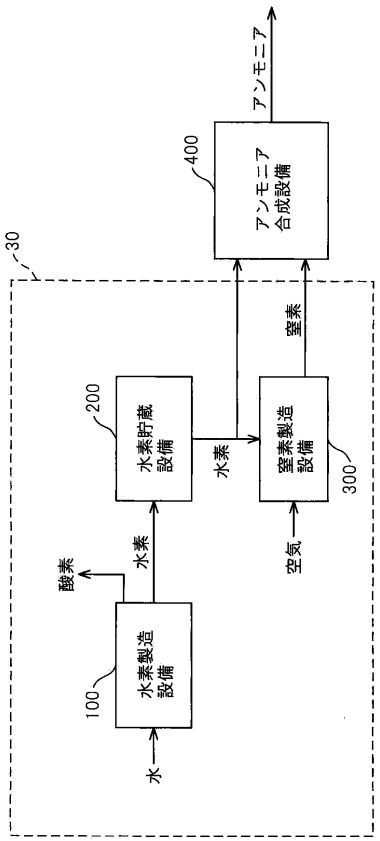
FIG.16

801

	201	302	303	304	305	406	291	391	491
	水素	水素	水素	窒素	窒素	アンモニア	電力200	電力300	電力400
	[Nm3/d]	[Nm3/d]	[Nm3/d]	[Nm3/d]	[Nm3/d]	[ton/d]	[Mwh/d]	[Mwh/d]	[Mwh/d]
ケースA	7,960,000	2,390,000	5,570,000	1,860,000	2,690,000	2,500	1,298	-	1,015
ケースB	7,570,000	2,000,000	5,570,000	1,860,000	1,940,000	2,500	1,298	-	634
ケースC	8,480,000	2,910,000	5,570,000	1,860,000	3,680,000	2,500	1,298	502	1,015

【図１７】

FIG.17



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/057918

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C01C1/04(2006.01)i, *C01B21/02*(2006.01)i

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)
C01C1/04, C01B21/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2010 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2010

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JSTPlus(JDreamII), WPI

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	LUZZI, A. et al, TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF A 10 MWe SOLAR THERMAL POWER PLANT USING AMMONIA-BASED THERMOCHEMICAL ENERGY STORAGE, Solar Energy, 1999.06, Vol.66, No.2, p.91-101, doi:10.1016/S0038-092X(98)00108-X	1-28
Y	JP 2005-200245 A (Honda Motor Co., Ltd.), 28 July 2005 (28.07.2005), claims; paragraphs [0001], [0006], [0022]; fig. 1 (Family: none)	1-28
Y	JP 2002-520533 A (Norsk Hydro ASA.), 09 July 2002 (09.07.2002), claim 10; paragraphs [0002] to [0004]; fig. 2 & US 6505467 B1 & EP 1105625 A1 & WO 2000/003126 A1	3,7-9,13,14, 17,21-23,27, 28

☒ 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	Date of mailing of the international search report
02 August, 2010 (02.08.10)	10 August, 2010 (10.08.10)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2009)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/057918

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KREETZ, H. et al, Maximizing Thermal Power Output of an Ammonia Synthesis Reactor for a Solar Thermochemical Energy Storage System, Journal of Solar Energy Engineering, 2001.05, Vol.123, No.2, p.75-82, doi:10.1115/1.1352737	4-6,8,18-20, 22
Y	JP 61-153136 A (Foster Wheeler Energy Corp.), 11 July 1986 (11.07.1986), page 2, upper right column, line 11 to lower left column, line 9; page 3, upper right column, lines 2 to 17; fig. 1 to 4 & US 4668494 A & IN 164537 A & AU 4890985 A1	10,24
A	APPL, M., Ammonia, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, John Wiley & Sons, Inc., 2006, p.44, 45, 52, 62, 63, 79, 80, 84, 85, 98-109, DOI:10.1002/14356007.a02_143.pub2	1-28
A	JP 2000-178467 A (Shimadzu Corp.), 27 June 2000 (27.06.2000), paragraphs [0003], [0006], [0008], [0010], [0014]; fig. 4 (Family: none)	1-28
A	JP 5-9769 A (Haruo ARASHI), 19 January 1993 (19.01.1993), claim 1; paragraph [0001], [0011], [0012], [0015], [0016]; fig. 1 (Family: none)	1-28
A	JP 2008-508184 A (Fluor Technologies Corp.), 21 March 2008 (21.03.2008), entire text & EP 1778585 A2 & WO 2006/015231 A2 & CA 2574877 A1 & CN 101102965 A	1-28
A	JP 62-502610 A (Schick Josef Hubert), 08 October 1987 (08.10.1987), entire text & EP 215930 A1 & WO 1986/005769 A1 & DE 3511191 A1 & RU 2042607 C1	1-28
P,A	JP 2010-159194 A (Toyota Motor Corp.), 22 July 2010 (22.07.2010), entire text (Family: none)	1-28
P,A	WO 2009/104813 A1 (Toyota Motor Corp.), 27 August 2009 (27.08.2009), entire text & JP 2009-197734 A	1-28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2010/057918

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P,A	WO 2009/104820 A1 (Toyota Motor Corp.), 27 August 2009 (27.08.2009), entire text & JP 2009-197733 A	1-28

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 2009)

国際調査報告	国際出願番号 PCT／JP2010／057918

A． 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C01C1/04(2006.01)i, C01B21/02(2006.01)i

B． 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C01C1/04, C01B21/02

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	1971－2010年
日本国実用新案登録公報	1996－2010年
日本国登録実用新案公報	1994－2010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）

JSTPlus(JDreamII), WPI

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	LUZZI, A. et al, TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF A 10 MWe SOLAR THERMAL POWER PLANT USING AMMONIA-BASED THERMOCHEMICAL ENERGY STORAGE, Solar Energy, 1999.06, Vol.66, No.2, p.91-101, doi:10.1016/S0038-092X(98)00108-X	1-28
Y	JP 2005-200245 A（本田技研工業株式会社）2005.07.28, 特許請求の範囲、段落【0001】,【0006】,【0022】, 図１（ファミリーなし）	1-28

☑ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊ 引用文献のカテゴリー
「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日
０２．０８．２０１０	１０．０８．２０１０

国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官（権限のある職員）	4G	4488
日本国特許庁（ISA／JP） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	大城 公孝 電話番号 ０３－３５８１－１１０１ 内線 ３４１６		

様式PCT／ISA／210（第２ページ）（２００９年７月）

国際調査報告 | 国際出願番号 ＰＣＴ／ＪＰ２０１０／０５７９１８

Ｃ（続き）． 関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
Y	JP 2002-520533 A (ノルスク・ヒドロ・アーエスアー) 2002.07.09, 請求項１０, 【0002】－【0004】, 図２ & US 6505467 B1 & EP 1105625 A1 & WO 2000/003126 A1	3,7-9,13,14, 17,21-23,27, 28
Y	KREETZ, H. et al, Maximizing Thermal Power Output of an Ammonia Synthesis Reactor for a Solar Thermochemical Energy Storage System, Journal of Solar Energy Engineering, 2001.05, Vol.123, No.2, p.75-82, doi:10.1115/1.1352737	4-6,8,18-20, 22
Y	JP 61-153136 A (フオスター・ホイーラー・エナージイ・コーポレイシヨン) 1986.07.11, 第２頁右上欄第１１行－左下欄第９行、第３頁右上欄第２行－１７行、第１－４図 & US 4668494 A & IN 164537 A & AU 4890985 A1	10,24
A	APPL, M., Ammonia, Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, John Wiley & Sons, Inc., 2006, p.44,45,52,62,63,79,80,84,85,98-109, DOI:10.1002/14356007.a02_143.pub2	1-28
A	JP 2000-178467 A (株式会社島津製作所) 2000.06.27, 段落【0003】, 【0006】, 【0008】, 【0010】, 【0014】, 図４ (ファミリーなし)	1-28
A	JP 5-9769 A (嵐治夫) 1993.01.19, 請求項１、段落【0001】, 【00011】, 【0012】, 【0015】, 【0016】、図１ (ファミリーなし)	1-28
A	JP 2008-508184 A (フルオー・テクノロジーズ・コーポレイシヨン) 2008.03.21, 全文 & EP 1778585 A2 & WO 2006/015231 A2 & CA 2574877 A1 & CN 101102965 A	1-28
A	JP 62-502610 A (シツク・ヨーゼフ・フーベルト) 1987.10.08, 全文 & EP 215930 A1 & WO 1986/005769 A1 & DE 3511191 A1 & RU 2042607 C1	1-28
P,A	JP 2010-159194 A (トヨタ自動車株式会社) 2010.07.22, 全文 (ファミリーなし)	1-28
P,A	WO 2009/104813 A1 (トヨタ自動車株式会社) 2009.08.27, 全文 & JP 2009-197734 A	1-28
P,A	WO 2009/104820 A1 (トヨタ自動車株式会社) 2009.08.27, 全文 & JP 2009-197733 A	1-28

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(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,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KM,KN,KP,KR,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LY,MA,MD,ME,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PE,PG,PH,PL,PT,RO,RS,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SM,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,ZA,ZM,ZW

(71)出願人 509288460
中西 治通
静岡県裾野市茶畑１４６５－８２
(71)出願人 509288471
飯田 陽介
静岡県裾野市御宿１２００ メゾン東富士Ｃ４０７
(71)出願人 509288482
佐藤 彰倫
静岡県裾野市御宿１２００ メゾン東富士Ａ３０４
(74)代理人 100099759
弁理士 青木 篤
(74)代理人 100092624
弁理士 鶴田 準一
(74)代理人 100087413
弁理士 古賀 哲次
(74)代理人 100119987
弁理士 伊坪 公一
(74)代理人 100123593
弁理士 関根 宣夫
(72)発明者 中村 徳彦
静岡県三島市芙蓉台３－８－１４
(72)発明者 杉浦 繁貴
静岡県駿東郡清水町玉川１６９－７
(72)発明者 小畑 充生
愛知県名古屋市名東区名東本通４－３１－８０２
(72)発明者 竹島 伸一
静岡県沼津市大手町２－７－１７
(72)発明者 中西 治通
静岡県裾野市茶畑１４６５－８２
(72)発明者 飯田 陽介
静岡県裾野市御宿１２００ メゾン東富士Ｃ４０７
(72)発明者 佐藤 彰倫
静岡県裾野市御宿１２００ メゾン東富士Ａ３０４

（注）この公表は、国際事務局（ＷＩＰＯ）により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願（日本語実用新案登録出願）の国際公開の効果は、特許法第１８４条の１０第１項(実用新案法第４８条の１３第２項）により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。