

明 細 書

発明の名称：

水素と酸素からなる液状物、これから得られる水素と酸素からなる再気化ガス、これらの製造方法及び装置、並びにこれら液状物及び再気化ガスからなる炭酸ガスを発生しない燃料

技術分野

[0001] 本発明は、振動攪拌を伴う電気分解により得られた水素と酸素からなるガスから出発して得られる水素と酸素からなる液状物、これから得られる水素と酸素からなる再気化ガス、これらの製造方法及び装置、並びにこれら液状物及び再気化ガスからなる炭酸ガスを発生しない燃料に関する。

背景技術

[0002] 水を電気分解すると陰極から水素ガス、陽極から酸素ガスが発生する。水素エネルギー時代の到来で、昨今それがスポットライトを浴びている。しかし、従来法では、水素ガスを酸素ガスから分離して取り出し、酸素ガスを捨て水素ガスだけを利用するのが主流である。その理由は、水素ガスと酸素ガスを混合すると、2～3気圧の低圧でも爆発するからである。通常、このガスを爆鳴気と言っている。そのため、水素・酸素混合ガスを加圧することは、日本国では一般高圧ガス保安規則第6条により禁止されているところである。

[0003] 従来から水素と酸素の混合ガスはブラウンガスと呼ばれており、この技術はオーストラリアのブラウン エネルギー システム テクノロジー ピーティー ワイ社 (Brown Energy System Technology PTY. LTD.) のユル・ブラウン博士 (Dr. Yull Brown) の開発にかかるものである。特許文献1を参照されたい。

[0004] このブラウンガスは、特許文献2の第6頁第9欄5～8行に記載されているように、5 kgf/cm²までの圧縮に耐え、加圧が多くなると水に戻ってしまう性質があることが知られている。

[0005] 一方、本発明者は、特許文献3～5において、振動攪拌手段を用いて、水素・酸素ガスを製造する技術を提案しており、この方法により得られた水素と酸素からなるガスは、水素と酸素だけの成分であるにもかかわらず、従来公知の方法で得られた水素・酸素からなるガスに較べて不思議なことに極めて安定である。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：登録実用新案第3037633号公報

特許文献2：特開2002-348694号公報

特許文献3：WO 02/090621 A1

特許文献4：WO 03/048424 A1

特許文献5：特開2005-232512号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、特許文献3～5に示されるような技術を用いて生成したガスをそのまま使用するという態様のみでは、その使用範囲が大きく制約される。

[0008] もし、振動攪拌を伴う水の電気分解により得られた水素と酸素からなるガスを液化、貯蔵し、それを再びガス化しても、初期ガスと同一の物性をもち、爆発の危険性のないガスという特性を保持していれば、その用途は無限に拡大することになる。

[0009] 本発明の第1の目的は、従来の水素と酸素を別々に液化している今日の技術を脱し、振動攪拌を伴う水の電気分解により得られた水素と酸素からなるガスから出発して、その特異な性質を失うことなく、水素と酸素の液状物を製造する方法と装置ならびにそれにより得られた水素と酸素からなる液状物を提供する点にある。

[0010] 本発明の第2の目的は、振動攪拌を伴う水の電気分解により得られた水素と酸素からなるガスの特異な性質を失うことなく、水素と酸素からなる液状

物を製造して、これを必要な期間、液状物として保管し、必要な時点でこれを再ガス化する方法と装置ならびにそれにより得られた水素と酸素からなる再気化ガスを提供する点にある。

[0011] 本発明の第3の目的は、炭酸ガスを全く発生しない燃料を提供する点にある。

課題を解決するための手段

[0012] 本発明によれば、上記第1の目的を達成するものとして、

電解質5～30重量%を含む電解液を、電解槽中で、3～10mmの間隔を保って前記電解槽内に配置された電極群を用いて、電流密度5～20A/dm²、浴温20～70℃、強アルカリの条件下で、振動攪拌を与えながら電気分解し、これにより生成した水素と酸素からなるガスを冷却して液化することを特徴とする、水素と酸素からなる液状物の製造方法、が提供される。

[0013] 本発明の一態様においては、前記水素と酸素からなるガスを液化するに際して該ガスの圧力を0.1～0.5MPaとして冷却する。本発明の一態様においては、前記水素と酸素からなるガスを液化するに際して-190～-250℃に冷却する。本発明の一態様においては、前記強アルカリの条件はpH14以上の条件である。

[0014] 更に、本発明によれば、上記第1の目的を達成するものとして、

上記の水素と酸素からなる液状物の製造方法の実施に使用される装置であって、

(A) 電解槽、

(B) 3～10mmの間隔を保って前記電解槽内に配置された電極群、

(C) 前記電解槽内の電解液を振動攪拌するための振動攪拌手段、

(D) 生成した水素と酸素からなるガスを捕集するための捕集手段、及び

、

(E) 捕集された前記水素と酸素からなるガスを冷却して液化する手段、を備えることを特徴とする、水素と酸素からなる液状物の製造装置、

が提供される。

[0015] 上記の水素と酸素からなる液状物の製造方法により製造された本発明の水素と酸素からなる液状物の一態様においては、水素と酸素が $-190 \sim -250^{\circ}\text{C}$ 、 $3 \sim 300 \text{ kg f / cm}^2$ の条件下で液状物として存在している。尚、本明細書においては、圧力の単位としてMPa及び kg f / cm^2 が使用されているが、これらの圧力は、実質上0.1MPaが 1 kg f / cm^2 に相当するものとして、記載している。

[0016] 本発明によれば、上記第2の目的を達成するものとして、
上記の水素と酸素からなる液状物の製造方法により製造された水素と酸素からなる液状物を、貯蔵し、その後ガス化することを特徴とする、水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法、
が提供される。

[0017] 本発明の一態様においては、前記水素と酸素からなる液状物のガス化の際には、加熱を行う。本発明の一態様においては、前記加熱により前記液状物の温度を常温に戻す。

[0018] 更に、本発明によれば、上記第2の目的を達成するものとして、
上記の水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法の実施に使用される装置であって、

- (A) 電解槽、
- (B) $3 \sim 10 \text{ mm}$ の間隔を保って前記電解槽内に配置されている電極群、
- (C) 前記電解槽内の電解液を振動攪拌するための振動攪拌手段、
- (D) 生成した水素と酸素からなるガスを捕集するための捕集手段、
- (E) 捕集された前記水素と酸素からなるガスを冷却して液化する手段、
- (F) 前記液化する手段により得られた液状物の貯蔵手段、及び、
- (G) 前記液状物を再びガス化する手段、

を備えることを特徴とする、水素と酸素からなる再気化ガスの製造装置、
が提供される。

[0019] 上記の水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法により製造された本発明の水素と酸素からなる再気化ガスの一態様においては、水素と酸素が3～300kgf/cm²の圧力下において実質的に反応することなく、それぞれがガス状で金属製容器中に安定的に存在している。

[0020] 本発明によれば、上記第3の目的を達成するものとして、
上記の水素と酸素からなる液状物または上記の水素と酸素からなる再気化ガスよりなり、燃焼に際して炭酸ガスを発生しないことを特徴とする燃料、が提供される。

発明の効果

[0021] 本発明によれば、振動攪拌を伴う水の電気分解により得られた水素と酸素からなるガス（初期ガス）から出発して、その特異な性質を失うことなく、水素と酸素の液状物を製造する方法と装置ならびにそれにより得られた水素と酸素からなる液状物が提供される。

[0022] また、本発明によれば、以上のような水素と酸素からなる液状物を必要な期間、液状物として保管し、必要な時点でこれを再ガス化する方法と装置ならびにそれにより得られた水素と酸素からなる再気化ガスが提供される。

[0023] 更に、本発明によれば、以上のような水素と酸素からなる液状物または水素と酸素からなる再気化ガスからなり、炭酸ガスを全く発生しない燃料が提供される。

[0024] 振動攪拌を伴う水の電気分解により得られた水素と酸素からなる初期ガスを液化して水素と酸素からなる液状物を得、これを貯蔵し、それを再びガス化して得られる水素と酸素からなる再気化ガスは、初期ガスと同一の物性を持ち、爆発の危険性が極めて少ない。従って、本発明による水素と酸素からなる液状物及び水素と酸素からなる再気化ガスの用途は極めて広範なものとなる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]実施例で用いた振動攪拌手段を備えた電解装置の模式的断面図である。

[図2]図1の電解装置の上面図である。

[図3] SUS304製ポンベの断面図である。

[図4] 図3のSUS304製ポンベの上面図である。

[図5] 図3のSUS304製ポンベの側面図である。

[図6] ガス圧縮装置の構成図である。

[図7] 実施例で用いた燃焼装置の構成図である。

[図8] 振動攪拌下での電気分解により得られた水素と酸素からなるガスを燃焼させて得られる火炎の状態を示す図である。

[図9] 振動攪拌下での電気分解により得られた水素と酸素からなるガスを燃焼させて得られる火炎によるチタン板の溶融、気化状況を示す図である。

[図10] 振動攪拌下での電気分解により得られた水素と酸素からなるガスを燃焼させて得られる火炎によるタンタル板の溶融、気化状況を示す図である。

[図11] 振動攪拌下での電気分解により得られた水素と酸素からなるガスを燃焼させて得られる火炎によるタングステン棒の溶融、気化状況を示す図である。

発明を実施するための形態

[0026] 本発明においては、電解液を電解槽中で振動攪拌を与えながら電気分解し、これにより水素と酸素からなる初期ガスを生成する。このような初期ガスの生成に際しては、本発明者の発明に係る日本国特許第1941498号、第2707530号、第2762388号、第2767771号、第2852878号、第2911350号、第2911393号、第3035114号、第3142417号、第3196890号、第3320984号、第3854006号、特開平10-309453号公報、特開平11-253782号公報、特開2000-317295号公報、特開2001-288591号公報、特開2002-53999号公報、特開2002-121699号公報、特開2002-146597号公報、特開2005-232512号公報、WO 02/090621 A1、WO 03/048424 A1、WO 2004/092059 A1などの特許文献に記載の技術を用いることができる。

- [0027] 振動攪拌条件は、前記特許文献に記載されている条件で実施することができる。
- [0028] また、電気分解は、前記特許文献に記載されている条件で実施することができるが、とくに本発明においては、電解液として電解質5～30重量%を含むものを使用し、電極群を3～10mmの間隔を保って電解槽内に配置し、電流密度5～20 A/dm²、浴温20～70℃、強アルカリの条件を用いる。
- [0029] 本発明に用いる電解質としてはとくに制限はないが、通常、NaOH、KOHなどを挙げることができる。また、これらの電解質を溶解して電解液を作るのに用いる水としては、どのような水でもよいが、通常は、イオン交換水か蒸留水を用いる。電解液における電解質の濃度については、とくに制限はないが、一般に30重量%以下、好ましくは25重量%以下であり、15～25重量%程度が最も好ましい。本発明において、電解質が5重量%より少ないと電流の流れが少なくなり抵抗が増大し、電流効率が低下しさらに温度上昇を引き起こし初期ガス発生量の低下をさらに招くことになる。又、30重量%より多すぎると極板に電解質が析出し結果として電解効率が低下することになる。
- [0030] 本発明において、電流密度を上げれば電解効率が上がり、好ましい面もあるが同時に浴温上昇を招き、逆に初期ガス発生量が低下することになる。本発明では、多くの実験結果から5～20 A/dm²の範囲が総合的にみて好適であることが判明している。
- [0031] 本発明において、浴温は長時間の運転、発生量、電解効率等を考慮し、多くの実験結果から20～70℃の範囲が好適であることが分っている。
- [0032] pHは、使用する電解質により左右される。好ましいpH値は電解質、電流密度、浴温と相関関係にある。本発明においては、使用する電解質、電流密度、浴温等を各種条件で実験を重ねた結果、好ましくはpH14以上の強アルカリ下において、効率が最も良い結果が得られている。
- [0033] 本発明においては、好ましくは電極群を構成する電極を一定の間隔に保つ

が、この間隔は3～10mm、好ましくは3～5mmである。なお、電極群を構成する電極の数は、好ましくは4枚以上1000枚以下である。

[0034] 以上のようにして生成した水素と酸素からなる初期ガスは、3～300kgf/cm²に圧縮することができる。初期ガスの圧力を3～300kgf/cm²に高圧縮することにより貯蔵装置（タンク、ポンプなど）の小型化が可能となり、搬送、搭載が容易に行える。また、この3～300kgf/cm²の圧縮圧力範囲が初期ガスの実用化に適している。本発明においては、初期ガスを液化するに際して、該初期ガスの圧力を0.1～0.5MPa（好ましくは0.1～0.3MPa）とし、－190～－250℃に冷却する。すなわち、初期ガスがこの範囲より高い圧力で保存されていた場合には、初期ガスの圧力を0.1～0.5MPaに低下させて、冷却を行う。

[0035] 上記の水素と酸素からなる液状物の製造方法の実施に使用される装置における、（A）電解槽、（B）3～10mmの間隔を保って電解槽内に配置されている電極群、（C）電解槽内の電解液を振動攪拌するための振動攪拌手段、及び、（D）生成した水素と酸素からなるガスを捕集するための捕集手段、については、上記特許文献に記載のものと同等のものを使用することができる。

[0036] また、（E）捕集された前記水素と酸素からなるガスを冷却して液化する手段、については、後述のような圧縮装置と冷却媒体として液体ヘリウムを用いた冷却装置との組合せを使用することができる。

[0037] 振動攪拌を伴う電気分解で得られた水素と酸素からなる初期ガスをステンレススチール製容器に0.54MPaの圧力で貯蔵し、そして液体ヘリウムで－222℃に冷却して液化したところ、冷却による圧力降下以上の圧力降下があり、－0.03MPaまでになった。この簡易テストからも分る様に冷却による体積縮小以上に圧力が降下したという事実は、このガスが安全に液化したことを証明している。それ故、上記初期ガスは、ブラウンガスの様に水素と酸素が分子状態で混合されているとは言えず、水素と酸素が何らかの共有結合をしているものではないかと考えられる。

- [0038] この事実、初期ガスを20～30MPaまで安全に高圧縮することができ、またステンレススチール製のポンペを用いた6ヶ月に亘る圧縮貯蔵によっても何ら圧力降下がなかった現象と一致しているものと考えられる。
- [0039] 本発明においては、上記の水素と酸素からなる液状物を、所望の期間貯蔵し、必要に応じて、その後ガス化（再気化）して再気化ガスを得る。液状物のガス化の際には、加熱（冷却媒体除去などに基づく自然昇温を含む）を行い、好ましくは、加熱により液状物の温度を常温に戻す。
- [0040] 上記の水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法の実施に使用される装置における（A）乃至（E）については上述のものを使用することができる。
- [0041] また、（F）液化する手段により得られた液状物の貯蔵手段、としては、ステンレススチール等の金属製の容器（ポンペ、タンク）を使用することができる。（G）液状物を再びガス化する手段、としては、大気中へと液状物を吐出させるノズルまたはバーナー等の吐出装置を使用することができる。
- [0042] 水素と酸素からなる初期ガスを、北海道大学や名古屋大学に依頼して成分分析したところ、この初期ガスには、水素ガス（ H_2 ）や酸素ガス（ O_2 ）以外に原子状の水素（ H ）、酸素（ O ）、水酸基（ OH ）や重水素（ D ）などが混在していることが確かめられた。このように、本明細書及び請求の範囲における再気化ガスまたは液状物さらには初期ガスを修飾する「水素と酸素からなる」の意味は、水素原子（重水素原子、三重水素原子などを含む）及び酸素原子を構成要素として有する物質からなることである。
- [0043] 本発明の再気化ガスは、その一態様において、特開2005-232512号公報に記載の水素-酸素混合ガスと同様な組成を有する。
- [0044] ここで、なぜ、振動攪拌という物理的操作だけで水素ガスや酸素ガス以外の副成分が混在するようになったのか、について考察する。この疑問を解く鍵は、常温常圧下の振動攪拌を伴う電解で発生するガスのナノバブル化にある。ナノバブル化こそが従来科学を超える新しい化学反応を起こさせ、さらにはそれが非爆発性の共有結合ガスの生成をもたらすことにつながったと考えられる。

- [0045] また、水素と酸素からなるガスであるにもかかわらず爆発しないのは、これら副成分ガスが、人工的な強制を伴わず自然のプロセスとしてバランスよく生成されるので、水素と酸素との反応により爆発するのを防止するバッファの役割を果たしているからだと考えられる。
- [0046] 本発明による振動攪拌を伴う電気分解と従来からの電気分解とでは、発生する泡の大きさが非常に異なっている。従来法による電気分解では、酸素ガスや水素ガスが形成する泡は大きさが1～5 mmφで目視できる程度のものである。これに対して、本発明による振動攪拌を伴う電気分解では、気泡は肉眼では確認できない5～700 nm、たとえば20～700 nmまたは5～200 nmの大きさであり、水全体があたかも「牛乳状」の感じを示す状態となる。
- [0047] 例えば、1000 mm×2000 mmの開口を有する電解槽を用いて、電気分解中の電解液上でスパークを発生させる場合、通常の場合だとスパーク時に水素ガスと酸素ガスの爆発がおこり大変危険であるが、本発明の振動攪拌を伴う電気分解により得られた水素と酸素からなるガスの場合にはスパークさせても全く爆発は起こらない。
- [0048] 通常の場合の電気分解による水素は、金属ポンベ（実例はステンレススチール製ポンベを用いているが、鋼鉄製、鋳鉄製、アルミニウム合金製などの金属ポンベでもよい）内に貯蔵する際に、水素によりポンベ自体が脆化したり、水素が金属ポンベを透過して離脱するので、長期保管が不可能であるが、振動攪拌を伴う電気分解により得られた水素と酸素からなるガスは、高圧で圧縮できる（200 kgf/cm²：20 MPaまで爆発せずに圧縮できた）ばかりでなく、ステンレススチール製ポンベに圧縮保管された10 MPaの水素と酸素からなるガスは6ヶ月という長期間保存しても全く何の水素漏洩もなく又、圧力も当初の10 MPaを保っていたという実績がある。
- [0049] ブラウンガスがそうであったように、振動攪拌を伴う電気分解で得られた水素と酸素からなる混合ガスの場合もこれを液化してしまえば、その特徴が失われ、単なる水になってしまうと考えるのが従来の常識である。

- [0050] ところが、振動攪拌を伴う電気分解により得られた水素と酸素からなるガスを、 5 kg f / cm^2 に圧縮し液体ヘリウムを用いて -220°C に冷却して液化しても、単なる水に戻ることなく、これを再びガス化したものも初期ガスと同等の物性を持つガス（再気化ガス）に戻り、その特異な性質を再び発揮するという驚くべき特性を有することが見出されたのである。
- [0051] ブラウンガスは 0.2 MPa 以上に圧縮すると水素ガスと酸素ガスの分子摩擦により爆発することが知られているが、上記のように、振動攪拌を伴う水溶液の電気分解により得られた水素と酸素からなるガスは、 $20\sim30\text{ MPa}$ という高い圧縮状態においても安定的に長期保存が可能で爆発をおこさない特異な性質をもち、これらのすばらしい特性は、これを液化したのち、再ガス化しても全く失われない。すなわち、本発明の再気化ガスにおいては、水素と酸素が $3\sim300\text{ kg f / cm}^2$ の圧力下において実質的に反応することなく、それぞれがガス状で容器中に安定的に存在し得る。また、本発明の液状物は、 $-190\sim-250^\circ\text{C}$ 、 $3\sim300\text{ kg f / cm}^2$ の条件下で液状物として存在し得る。
- [0052] 従来のロケット用燃料は危険性がある為に水素と酸素を別々のタンクで圧縮、液化し貯蔵しており、使用直前に噴射混合している。それにもかかわらず、度々爆発事故を起こしていることは事実である。本発明の水素と酸素からなるガスは、水素と酸素の分子状態で混合しているのではなく、何らかの結合状態で安定に存在しており、ガス化や液化を繰り返すことができ、従来の液体水素と液体酸素とを噴射混合する燃焼方式よりはるかに取り扱いが安全で長期保存も可能なロケット用燃料への適用が可能である。これにより宇宙工学分野で飛躍的な貢献が出来るであろう。
- [0053] しかも、本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスを燃焼させても、炭酸ガスを全く発生しないから、理想的なクリーンエネルギー源となる。また燃焼の結果発生するものは水であるから、本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスを燃焼させることで、人類にとって必要不可欠な物質を供給することになる。

- [0054] 本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスからなる燃料は、多量の水を含んだ油とのエマルジョン（水の含有量70%）を燃焼させる能力を有する。
- [0055] 本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスを使用すると、タングステン（タングステン）を僅か1秒程度の加熱で気化させることができる。これは本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスが極めて高いエネルギーを持っていることを示している。
- [0056] このように本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスが極めて高いエネルギーを持っているため、このガスの使用により元素変換を生じさせる可能性を秘めている。
- [0057] 本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスを製造する装置は、得られる液状物または再気化ガスの爆発の危険性が極めて低いので、電極間に隔膜を設ける必要がない。
- [0058] また、本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスは、燃料電池用燃料として有用であり、純水素を燃料として使用する場合より約5～7%起電力が大きいという結果が得られている。
- [0059] とくに、本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスは、ガス発電機のエネルギー源としても有用である。たとえば、ポータブルガス発電機に本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスを0.2Mpaに圧力調整し、ガス発電機に供給して発電を行ったところ、エンジンが快適に作動し100Wの電球を点灯することができた。ゆえに、ガス発電機のエネルギー源としての使用が期待される。
- [0060] 本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスは、自動車やその他のエンジンの燃料として、高圧縮された状態でそのまま使用することができる。これにより、CO₂削減を短期間で大幅に実現し、地球温暖化防止をいち早く実現することができる。
- [0061] 又、本発明の水素と酸素からなる液状物または再気化ガスは、現在の都市ガスやプロパンガスにとって代わる家庭用等の新クリーン燃料として使用す

ることができ、その実現に近い将来期待される。

実施例

[0062] 以下に実施例を挙げて本発明を説明するが、本発明はこれにより何ら限定されるものではない。

[0063] 図1～図2に示す振動攪拌手段を備えた電解装置（ガス発生装置）を用いた。これは、市販の商品名「水素・酸素ガス（OHMA S-A-GAS）発生装置」（日本テクノ株式会社製）に相当する。この装置の電解槽に常温の15重量%のKOH水溶液を仕込み、振動攪拌手段を駆動させて振動羽根に35～50Hzの振動を与えながら、装置仕様に従って電気分解を行った。振動羽根による振動攪拌の結果、互いに対面するように配置された複数の電極からなる電極群（セル）上の電解発生ガスは、目視できないほどの小さい気泡、すなわちナノサイズの気泡となって分散し、そのまま電解槽上部へ放出される。水素と酸素からなるガスの燃焼炎が目視できるようにするため、生成した水素と酸素からなるガスをアルコール槽を通した後、燃焼させるシステムを採用した。

[0064] なお、このアルコール槽を通す理由は、燃焼温度の調節並びに水素と酸素からなるガスを燃焼した場合、このガスが無色透明であり、炎を目視確認できず危険であるために、アルコール槽を通して目視可能な状態にするためである。したがって、燃焼ガスが目視できなくとも問題がない場合は、アルコール槽は不要である。

[0065] 前記方法により製造した水素と酸素からなるガスについて、独立行政法人建築研究所において、下記の圧縮試験、漏洩試験、落下試験をそれぞれ行った。

[0066] <圧縮試験>

図3～図5に示すステンレスチール（SUS304）製のボンベに振動攪拌による水の電気分解により得られた水素と酸素からなるガスを3～20kgf/cm²の圧力をかけて注入する低圧圧縮試験を行ったが爆発しなかった。

[0067] 具体的な低圧圧縮試験は、図 6 の装置を用い、下記のとおり行った。なお、図 6 は、低圧圧縮試験開始前の状態を示し、各バルブの状態は以下の通り、

バルブ A : 閉

バルブ B : 閉

バルブ C : 開

バルブ D : 開

バルブ E : 閉

バルブ F : 開

バルブ G : 開

バルブ H : 閉

バルブ I : 開

その他のバルブ : 閉

である。

[0068] 上記の状態に各バルブがなっていることを確認後、以下の操作手順に従って低圧圧縮試験を行った。

[0069] <操作手順 1>

バルブ B を開、バルブ E を開、バルブ F を閉、バルブ H を開、バルブ I を閉とし、次に水素と酸素からなるガスの発生装置との接続口に水タンク配管（点線にて表示）を接続し、低圧ブースターポンプで低圧タンクおよび高圧タンクに水を送り、両タンク内の空気を排出する。排出が完了したらバルブ B を閉とする。

[0070] <操作手順 2>

操作手順 1 で接続した水素と酸素からなるガスの発生装置との接続口の水タンク配管（点線にて表示）を切り離し、ここに水素と酸素からなるガスの発生装置からのガス配管を接続する。

[0071] バルブ C を閉、バルブ A を開とし、次にバルブ B を開として水素と酸素からなるガスを送り、高圧、低圧タンク内の水を排出する。水の排出が完了し

たら、バルブAを閉めて各タンクの圧力が0. 2 MP aになるまで水素と酸素からなるガスを注入する。完了したらバルブBを閉じる。

[0072] なお、高圧に圧縮する手順は以下のとおりである。

[0073] <操作手順3>

バルブCを開き、低圧ブースターポンプで低圧タンクに水を送り、タンク内のガスを1. 8 MP aまで圧縮する。圧縮が完了したら、バルブD、Eを閉じる。

[0074] <操作手順4>

バルブFを開とし、高圧ブースターポンプで容量の大きい方の高圧タンクに水を送り、ガスを圧縮し、容量の小さい方の高圧タンク内を1 0 MP aまで圧縮する。さらに2 ~ 2 0 MP aの高圧まで圧縮するために、バルブD、Eを開とし、容量の大きい方の高圧タンク内の水を低圧タンクに排出し、完了したらバルブD、Eを閉とする。この操作手順4の操作を繰り返して所定の圧力まで加圧を行う。この手順に従い、実際に2 0 ~ 2 0 0 k g f / c m²の高圧圧縮試験を行ったが、やはり爆発しなかった。

[0075] この実験により、従来の水素と酸素の混合ガスは3 k g f / c m²になると爆発したが、振動攪拌を伴う水の電気分解により得られた水素と酸素からなるガスは爆発しないことが証明された。

[0076] <漏洩試験>

平成1 5年1 0月8日、「振動攪拌を用いた電気分解により得られた水素と酸素からなるガス」をステンレススチール（S U S 3 0 4）製ボンベに1 0 0 k g f / c m²の高圧に圧縮し更に冷却（但し液状化しない程度の温度への冷却）して充填し、この状態のまま平成1 6年3月8日までの約半年間貯蔵した。この間、圧力計の目盛りは1 0 0 k g f / c m²を指示したままで、全く変化がなかった。

[0077] 又、ボンベにセットされている圧力計のねじ部のシールも、普通のテフロン（登録商標）にて行ったが、この部分からのガスの漏洩も全く無いことが判明した。

[0078] 通常の純水素の場合、容易に漏れて圧力が低下するのに比べ、振動撹拌を伴う電気分解で得られた水素と酸素からなるガスは優れた貯蔵特性を有していることがわかる。また、このことは水素と酸素が独立してガス状態にあるのではなく、新しい水素と酸素の化合物が存在する可能性があることを示唆している。

[0079] <落下試験>

前記ステンレススチール製ボンベに水素と酸素からなるガスを1MPaに充填し高さ5mの位置から落下させたが、爆発などの現象は起きなかった。尚、10MPaに圧縮された水素と酸素からなるガスを充填したステンレススチール製ボンベ(3.8L)を自動車に搭載し、該自動車を特定構内の周回走行路上にて時速約200kmに達するまで一般路上と同様の振動を与えながら数回に亘り周回運転を行ったが、ボンベ自体や充填ガスの圧力などに何等の異常も発見されなかった。

[0081] <燃焼試験>

(1) 高融点金属の燃焼試験:

図9～11に熔融温度の高い金属類の燃焼状態を示す。燃焼試験には、図7に示す装置を用いた。

[0082] まず、図8の写真は、振動撹拌による電気分解により得られた水素と酸素からなるガスの火炎の様子であるが、赤い炎の酸素が青い炎の水素を挟み込むサンディッチ構造を呈しており、火炎は爆発もなく、静かに青白く安定して燃焼状態を示していた。

[0083] 図9は、チタン(融点 1667℃)板と水素と酸素からなるガスの燃焼による火炎との間隔を約10mmとして燃焼させたケースを示すが、チタン板は瞬時に溶融、気化した。

[0084] 図10は、タンタル(融点 2980℃)板と水素と酸素からなるガスの燃焼による火炎との間隔を約10mmとして燃焼させたケースを示すが、タンタル板は2～3秒で溶融、気化した。

[0085] 図11は、タングステン(融点 3380℃)棒と水素と酸素からなるガ

スの燃焼による火炎との間隔を約 10 mm として燃焼させたケースを示すが、タングステン棒は 2 ～ 3 秒で熔融、気化した。

[0086] 実験に用いた板の大きさは下記の通り、

チタン板 : 15 mm × 150 mm × 0.5 mm (t)

タンタル板 : 15 mm × 150 mm × 1.0 mm (t)

タングステン棒 : 3.2 mm φ

である。これらはカットした試験片であり、実際は更に厚みのある板の切断が可能である。

[0087] 従来の水素ガスと酸素ガスの混合ガスの燃焼温度は、混合比により異なるが、1200℃から2500℃程度とされているから、タンタルやタングステンを熔融することはできない。今回の燃焼試験の温度は、それを1000～2000℃上回る燃焼熱となっている。

[0088] この、振動攪拌による電気分解により得られた水素と酸素からなるガスのものの燃焼温度は、約600℃～700℃の比較的低温であるが、前記のようにその対象物によって高エネルギーを発揮できる。

[0089] 本発明の振動攪拌による電気分解により得られた水素と酸素からなるガスは空気中の酸素を消費せずともそのまま燃焼する。その結果、バーナーのガス放出口での燃焼発熱が小さく、上記燃焼試験直後に手で触れてもさほど熱くない。このことは、また振動攪拌による電気分解により得られた水素と酸素からなるガスの場合、従来の発熱型燃焼反応とは異なった機構で化学反応が起きていることを示唆しているものと言うことができる。

[0090] (2) 鋼板溶断試験のコスト比較

参考までに、振動攪拌による電気分解により得られた水素と酸素からなるガスとアセチレンガスをそれぞれ使用して鋼板(12 mm)を切断した場合のコスト比較を表1に示す。振動攪拌による電気分解により得られた水素と酸素からなるガスによれば、コストがアセチレンガスによる場合に比べて、半減できることがわかる。

[0091]

[表1]

	消費ガス製造 コスト	酸素使用のコスト	合計コスト
アセチレンガス	18.7円	57.7円 (使用量115リットル)	76.4円
振動撹拌による電気分解により得られた水素と酸素からなるガス	1.19円	32.95円 (使用量65.9リットル)	34.14円

[0092] 酸素使用に関しては、アセチレンガスの燃焼では市販の酸素ポンベの酸素を使用しており、振動撹拌による電気分解により得られた水素と酸素からなるガスの燃焼ではその成分である酸素が用いられている。

[0093] 成分を正確に特定するためには、専用の分析機器の開発も視野に入れる必要があったが、取りあえず超低温で液化が実現すれば、新しい分子の存在を裏付ける可能性があるので、 -260°C まで冷却可能な特殊な専用冷却装置を開発製作して本発明の水素と酸素からなるガスの液化を行った。

[0094] この液化装置には、ガスの冷却温度、圧力などがリアルタイムで表示、記録されるようになっており、特筆すべき特徴は装置下部に約40mmφの覗き窓があり、又その内部には液体を収納する約15mmφの透明ガラス管が設置されており、液化開始状況や液体の状態、色相などが肉眼でリアルタイムで装置外部の覗き窓から分るようになっている事である。

[0095] 肉眼で見る事により、新しいガスだけに圧力や温度だけのデータ解析でのミスを防ぐ狙いがあった。

[0096] つぎに、本発明ガスのための新しい専用液化装置をつくり、単一の酸素ガスおよび単一の水素ガスのそれぞれについて下記の要領で予備液化試験を行った。

[0097] 〔1〕単一の酸素ガスの液化：

1) 純酸素ガスを装置に流入させる前に、装置内部の冷却部を事前に -150°C に冷却しておいた。この冷却された装置内部に酸素ガスを0.2MPaで、又ガス流入量を200scc/min (standard cc/min) として冷却温度を 0.01°C ずつ降下させて酸素の液化試験を行った。

[0098] 2) 理論値どおり -183°C から酸素の液化が始まるのが、装置外部の覗き窓から目視でき、その液体は透明な薄い青色を呈していた。

[0099] 3) 更に、温度を下げていくと、 -225°C 近辺から液体酸素の結晶が析出し始めて -230°C 位では全体が結晶化するのが目視出来た。

[0100] 4) これらの確認後、徐々に温度を上昇させて酸素を完全に気化した。

[0101] [2] 単一の水素ガスの液化：

1) 酸素と同様に、事前に装置内部の冷却部を -240°C に設定し、水素ガスを 0.2MPa で、ガス流入量を 200 scc/min として、冷却温度を 0.01°C ずつ降下させて水素の液化試験を行ったところ、理論値どおり -252.5°C 位から液化するのを覗き窓から目視できた。

[0102] 2) 液体の色相は、無色透明であった。

[0103] 3) -255°C 位まで温度を下げてから、徐々に温度を上昇させて全ての水素を気化させて予備試験を終えた。

[0104] [3] 本発明の水素と酸素からなるガスの液化と再気化試験：

1) 予備試験と同様に、事前に装置内部の冷却部を -150°C に冷却し、その後本発明の水素と酸素からなるガスを 0.2MPa の圧力で、又ガス流入量を 200 scc/min とし、温度降下を 0.01°C ずつにして本発明の水素と酸素からなるガスを装置内部に流入させたところ、 -178.89°C で液化が始まり「無色透明の液体」であるのが目視出来た。

[0105] 2) 徐々に温度を下げて、液体酸素の結晶の析出が始まる -225°C でも液体のままで結晶の析出はなかった。

[0106] 3) 更に、温度を -255°C まで下げたが、液体のままで結晶は全く観察されなかった。

[0107] 4) その後、徐々に温度を上昇させて本発明の水素と酸素からなるガスを気化させボンベ内に収納し、再気化したガスを燃焼させその火焰をチタン金属などに当てると瞬間的に金属が光り輝き気化するのを確認した。

[0108] [4] 水素と酸素の混合ガスの液化試験：

1) 本発明の水素と酸素からなる液状物またはガスは、水素と酸素の混合

物とは異なることを明らかにする為に、以下のようにして市販の水素ガスと市販の酸素ガスとを混合し、上記と同様の方法で液化を行い、その液化温度を測定し、液化物の色を観察した。尚、このような試験を安全に行うことができたことは、主として圧力を適切に設定したことによるものと考えられ、この事実は1つの発見である。

[0109] 2) 予備試験と同様に、事前に装置内部の冷却部を -150°C に冷却し、その後、市販の水素ガスと市販の酸素ガスとを 0.2MPa の圧力で、又、ガス流入量を水素は 200 scc/min 、酸素は 100 scc/min に調整し、温度降下を 0.01°C ずつにして水素ガス及び酸素ガスを装置内部に流入させたところ、 -182.50°C で液化が始まり「酸素の液化の色である薄いブルーの液体」が目視出来た。

[0110] 3) 徐々に温度を下げて、液体酸素の結晶の析出が始まる -225°C でも液体のままで結晶の析出はなかった。

[0111] 4) 更に、温度を -250°C まで下げたが、液体のままで結晶は全く観察されなかった。

[0112] 5) 以上のことから、予想通り、本発明の水素と酸素からなる液状物またはガスは、水素と酸素の混合物とは異なることが証明された。

[0113] [5] 水の電気分解から生成される水素と酸素からなるガスの液化と再気化：

前述のガス発生手段に限定せず、他のガス発生手段から生成されるガスにも液化と再気化が適用される。

[0114] [6] 結論：

これらの実験を通して判明した本発明の水素と酸素からなる液状物またはガスの特徴は以下のとおりであり、水素と酸素との新しい化合物の存在を明示するものとして注目に値する。

[0115] a) 液化温度は約 -179°C で酸素よりも約 4°C 「高い温度」である。

[0116] b) 液体の色相は、「無色透明」である。

[0117] c) -255°C の超低温でも「結晶化しない」。

[0118] d) 本発明の水素と酸素からなる液状物は、温度が液化温度より上昇すると気化が始まり、再気化したガスは気化前と同様のエネルギーを保持していると考えられる。

[0119] e) 従来から、水の電気分解から発生する酸素と水素とはそれらの混合ガスであると考えられていたが、上記の各種の試験から本発明の水素と酸素からなるガスは全く「新しい酸素と水素の結合」をなしている化合物であると考えられる。

請求の範囲

- [請求項1] 電解質 5 ～ 30 重量%を含む電解液を、電解槽中で、3 ～ 10 mm の間隔を保って前記電解槽内に配置された電極群を用いて、電流密度 5 ～ 20 A / dm²、浴温 20 ～ 70 °C、強アルカリの条件下で、振動攪拌を与えながら電気分解し、これにより生成した水素と酸素からなるガスを冷却して液化することを特徴とする、水素と酸素からなる液状物の製造方法。
- [請求項2] 前記水素と酸素からなるガスを液化するに際して該ガスの圧力を 0 . 1 ～ 0 . 5 MP a として冷却することを特徴とする、請求項 1 に記載の水素と酸素からなる液状物の製造方法。
- [請求項3] 前記水素と酸素からなるガスを液化するに際して - 190 ～ - 250 °C に冷却することを特徴とする、請求項 1 に記載の水素と酸素からなる液状物の製造方法。
- [請求項4] 前記強アルカリの条件は pH 14 以上の条件であることを特徴とする、請求項 1 に記載の水素と酸素からなる液状物の製造方法。
- [請求項5] 請求項 1 に記載の水素と酸素からなる液状物の製造方法の実施に使用される装置であって、
- (A) 電解槽、
 - (B) 3 ～ 10 mm の間隔を保って前記電解槽内に配置された電極群、
 - (C) 前記電解槽内の電解液を振動攪拌するための振動攪拌手段、
 - (D) 生成した水素と酸素からなるガスを捕集するための捕集手段、及び、
 - (E) 捕集された前記水素と酸素からなるガスを冷却して液化する手段、
- を備えることを特徴とする、水素と酸素からなる液状物の製造装置。
- [請求項6] 請求項 1 に記載の水素と酸素からなる液状物の製造方法により製造された、水素と酸素からなる液状物。

- [請求項7] 水素と酸素が $-190 \sim -250^{\circ}\text{C}$ 、 $3 \sim 300 \text{ kg f / cm}^2$ の条件下で液状物として存在していることを特徴とする、水素と酸素からなる液状物。
- [請求項8] 請求項1に記載の水素と酸素からなる液状物の製造方法により製造された水素と酸素からなる液状物を、貯蔵し、その後ガス化することを特徴とする、水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法。
- [請求項9] 前記水素と酸素からなる液状物のガス化の際には、加熱を行うことを特徴とする、請求項8に記載の水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法。
- [請求項10] 前記加熱により前記液状物の温度を常温に戻すことを特徴とする、請求項9に記載の水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法。
- [請求項11] 請求項8に記載の水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法の実施に使用される装置であって、
- (A) 電解槽、
 - (B) $3 \sim 10 \text{ mm}$ の間隔を保って前記電解槽内に配置されている電極群、
 - (C) 前記電解槽内の電解液を振動攪拌するための振動攪拌手段、
 - (D) 生成した水素と酸素からなるガスを捕集するための捕集手段、
 - (E) 捕集された前記水素と酸素からなるガスを冷却して液化する手段、
 - (F) 前記液化する手段により得られた液状物の貯蔵手段、及び、
 - (G) 前記液状物を再びガス化する手段、
- を備えることを特徴とする、水素と酸素からなる再気化ガスの製造装置。
- [請求項12] 請求項8に記載の水素と酸素からなる再気化ガスの製造方法により製造された、水素と酸素からなる再気化ガス。
- [請求項13] 前記水素と酸素からなる再気化ガスは、水素と酸素が $3 \sim 300 \text{ k}$

gf/cm^2 の圧力下において実質的に反応することなく、それぞれがガス状で金属製容器中に安定的に存在していることを特徴とする、請求項 1 2 に記載の水素と酸素からなる再気化ガス。

[請求項14] 請求項 6 または 7 に記載の水素と酸素からなる液状物または請求項 1 2 に記載の水素と酸素からなる再気化ガスよりなり、燃焼に際して炭酸ガスを発生しないことを特徴とする燃料。