

【書類名】明細書

【発明の名称】水素製造方法

【技術分野】

【0001】

この発明は水素製造方法に係り、特に、酸性化した湖水や海水中に鉄等の金属を投与し、酸と金属との化学反応を利用して水素を発生させる技術に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、環境に与える負荷の低いエネルギー資源として、水素の積極活用が期待されているが、現時点ではその製造に化石燃料を必要とする「グレー水素」が全体の95%を占めているため、今後は化石燃料を用いないで製造される「グリーン水素」の比率を高めていくことが求められている。

【非特許文献1】一般財団法人新エネルギー財団／新エネルギー／「最近の話題・キーワード」解説コーナー／グレー水素、ブルー水素、グリーン水素 インターネット URL : https://www.nef.or.jp/keyword/ka/articles_ku_04.html 検索日: 令和6年2月8日

【0003】

一方で、酸性雨等の影響による湖や池沼の酸性化がヨーロッパを中心に大きな環境問題として認識されてきており、生態系を回復するための中和化事業も試みられている。しかし、その手段として投入された石灰石による生成物のほとんどが、湖底に沈んだまま放置されているという問題が生じている。

日本においても、戦時中の電源開発によって酸性の強い水が流れ込み、魚のほとんど住めない「死の湖」と化した田沢湖の中和化事業が、1989年から実施されている。

この結果、水深の比較的浅いところでは中和化が実現し、酸性に強いウグイの生息までは確認されているが、田沢湖の特産種であるクニマスを呼び戻すためには、水深の深い部分まで中性化を進めることが求められている。ただ、これまでは大量の反応物を深い湖底まで有効に導入できる技術がなかった。

【非特許文献2】朝日新聞DIGITAL／田沢湖の中和化事業8年 死の湖、再生へ インターネットURL : <https://www.asahi.com/eco/kunimasu/TKY201101260365.html#Contents> 検索日: 令和6年2月8日

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

この発明は、このような現状に鑑みて案出されたものであり、湖底や海底の酸性化した水を利用して水素をクリーンな状態で製造できると共に、湖等の閉鎖性水域においては酸性化した水質の改善にも寄与し得る水素製造技術を提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0005】

上記の目的を達成するため、この発明に係る水素製造方法は、酸性化した水中に比較的長尺な筒体を建て込む工程と、酸と反応して水素を発生させる金属を内部に収納した複数の搬送容器を、上記筒体内に導入し、それぞれの自重によって沈降させる工程と、筒体の下端において、水中の酸と搬送容器内の金属との反応によって水素を発生させる工程と、筒体内を伝って上昇してきた水素を、筒体の上端付近において捕集し、所定の収納容器内に貯蔵する工程と、上記の反応によって軽量化し、筒体内を反転浮上してきた搬送容器を回収する工程と、からなることを特徴としている。

【0006】

上記搬送容器内に収納された金属は、例えば鉄粉よりなる。鉄粉は直径が半分になると比表面積が2倍、1/3になれば3倍になる。このように比表面積が上がれば反応速度が比例して上がるので、ナノサイズの微粒子で生産性を上げることが可能となる。

鉄は環境保護・改善のシーンにおいて「ある意味万能」である。塩酸による水素製造場面

でなく、全国各地や世界の磯焼け、酸化した海底において二価鉄イオン (Fe^{2+}) の溶出・酸素電位改善等が、サカナのへい死を招く貧酸素水塊を改善し、猛毒の硫化水素を無毒な硫化鉄に変えられる (化学式: $\text{Fe}^{3+} + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{FeS} + 2\text{H}^+$)。

ただし、アルミニウムや、アルカリ金属 (Li、Na、K、Rb、Cs、Fr) など、水素を発生させ得る鉄以外の金属の微粉末を用いることもできる (水素よりもイオン化傾向が強い金属はほとんど水素を発生可能)。

【0007】

また、上記搬送容器内に、隔壁によって区画された複数のセルを有する内部骨格を配置すると共に、各セル内に不織布よりなる袋体を装着し、各袋体内に鉄粉等を充填するように構成することもできる。

上記隔壁の表面に金属微粒子捕捉層 (粘着層、磁性体層、生物由来吸粘着層等) を形成しておけば、この金属微粒子捕捉層によって水中のナノサイズまでの貴金属やレアメタルを捕集することも可能となる。当該金属微粒子捕捉層が磁性体よりなる場合、沈降開始の際、鉄は磁性に引寄せられ、酸化鉄になると磁性を失い自然に剥離する (酸化鉄は自然にやさしいためそのまま水中に帰す選択も可能)。

なお、磁性体でないと思われてきた金が、2~7nmのナノ粒子の場合には磁石に吸着することが最近判明した。ハニカム状に形成した10nmサイズのセルは、東京都青ヶ島の熱水噴出孔で金を採取するIHI社のシートの捕集効率の100万倍以上の比表面積を提供できる。

【0008】

上記搬送容器は、例えば球体、楕円体または正多面体 (例えば五方十二面体) 形状を備えている。搬送容器を、薬のカプセル状の楕円体に形成することもできる。

この搬送容器の頂部に、複数枚の回転翼の一端をそれぞれ固定しておくこと、当該搬送容器が水中を沈降するに際して各回転翼の他端が水圧を受けてスクリュウ状に起立する。この結果、搬送容器を回転させながら真っ直ぐに沈降させることが可能となる。

スクリュウにより容器を無造作に海面に投下しても、貫通孔を中心に回転するジャイロ効果で、仮に回転をリードする誘導紐などがなくても、容器は垂直且つ直進性を自律的に担保し沈降する。

さらに、水面または海底から誘導棒や紐でリードすると、ターゲティング水域に搬送物質を散り散りにせず運べる。

【0009】

上記筒体を、水素回収用の第1の管路と、この第1の管路に対し斜めに接続された搬送容器導入用の第2の管路からなるように構成し、第1の管路の途中の側面に開口部を形成すると共に、第1の管路内に案内板を傾斜配置することもできる。

この場合、水上に配置された第2の管路の上端開口から投入された搬送容器が、第2の管路経由で第1の管路の下端に到達し、そこで搬送容器内の金属と水中の酸との反応によって発生した水素が、上記案内板の通気孔を通過し、第1の管路を伝って水面方向に上昇する。

また、反応を終えて浮上を開始した搬送容器は、上記案内板に沿って上記開口部から管外に排出される。

【0010】

上記収納容器は、例えば水中に配置されたバルーンによって構成される。この場合、水中において筒体の上端開口から排出された水素が、漏斗状のキャップ部材及びパイプを介して上記バルーン内に充填される。

この際、筒体を蛇腹状に折り畳まれた素材によって構成しておけば、水素が充填されたバルーンの浮力によって筒体が水面方向に伸張する。

【0011】

バルブ及びパイプを介して相互に連通接続された複数のバルーンを、水中の所定の深度毎に配置しておき、筒体の上端に連通接続された最も下層のバルーン内に蓄積された水素が、バルブ及びパイプを介して順に上層のバルーン内に移送されるように構成することも

できる。

【0012】

上記のバルーンを、外層及び内層からなる二重構造を備えるように構成し、外層と内層の間の空隙に水素ゼリーまたは窒素を充填することもできる。

【発明の効果】

【0013】

この発明に係る水素製造方法にあつては、筒体に沿って多数の搬送容器を酸性化した湖底や海底に沈めることができ、そこで水中の酸と搬送容器内の金属とを反応させることによって水素を発生させることができる。

また、発生した水素は、筒体に沿って水面方向に上昇するため、筒体の上端付近において確実に捕集され、収納容器内に貯蔵できる。

しかも、反応を終えて軽量化した搬送容器は、浮力を得て自然に水中を上昇し、水面において回収される。

要するに、この発明に係る水素製造方法によれば、化石燃料による駆動源を用いることなく、搬送容器の自然な沈降→浮上を利用して水素を発生させることが可能となる。

また、その捕集にあつては炭酸ガスと違い極端に「水に溶けない水素」の物質特性（100万分の1.6しか水に溶けない）が活かされる。筒体の部材の水素脆化・応力腐食割れの心配が全くない。

【0014】

上記搬送容器は、浮力平衡を基本として設計されているため、投下順番によらず、最も効率的な反応をして軽くなったものから水上に向けて反転する。反応効率のよい玉が集団から抜け出すため、玉の入替えが有効に働く。この結果、濃度勾配に対応した効率のよい水素製造が図れる。液体反応において最大の問題は濃度勾配であり、化学反応の効率を左右する。

なお、浮上する多数の搬送容器を連動させることで、サルベージ機能が発現できる。上記の水中バルーンにも、このサルベージ機能を持たせることができる。

【0015】

この発明は、塩酸系噴出水、例えば海底の熱水噴出孔、5,000カ所の閉山坑水、国内の各種酸性泉（玉川、草津、箱根）・アルカリ温泉（白馬）の水、地熱発電適地でも利用できる。環太平洋火山帯にある地の利から、特に日本、アメリカ、インドネシアなどがその恩恵を受け得る。

【0016】

また、東京湾深掘跡やダム湖、欧州黒海には膨大な貧酸素や硫化水素の酸性且つ猛毒な水域が存在するが、それらを中和・中性化することができる（東京海洋大学佐々木剛教授他）。塩酸以外にも、硫化水素汚染の深刻な水域の環境回復が副次的に見通せる。水素製造以外にも有用な経済効用が得られる。生成物の硫化鉄の利用用途は幅広い。

参考：東京海洋大、使い捨てカイロでヘドロ除去?東京で水質浄化プロジェクト | 科学技術・大学 ニュース | 日刊工業新聞 電子版 (nikkan.co.jp)

<https://www.nikkan.co.jp/articles/view/00402132>

ダム湖では出し平ダムからの放流、東京湾では「青潮」で億円単位の被害や漁業補償を強いられている現実がある。

【0017】

国内の金属加工現場で日々膨大に出る「切り子」や「切り粉」、すなわち旋盤加工、フライス加工、マシニング加工、穴あけ加工などの金属加工を行う際に発生する金属の削り屑を、搬送容器内に収納する鉄粉として使用できる。このように切り子が炭素強度に組み入れられる場合、切り子運搬費を除けば、ほぼ炭素強度0の製造方法となる。この結果、本発明は「グリーン水素」を超えた「ホワイト水素」の製造をも実現可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】水素製造方法の基本原理を説明する図である。

【図2】水素製造方法の基本原理を説明する図である。

【図3】水素製造方法の基本原理を説明する図である。

【図4】鉄結球の内部構造を示す断面図である。

【図5】図4のA-A断面図である。

【図6】連続運転可能な構成を備えた水素製造装置を示す図である。

【図7】筒体内で発生した水素を水中でバルーンに保存する例を示す図である。

【図8】バルーンの内部構造を示す断面図である。

【図9】筒体を伸縮可能な蛇腹状の素材によって構成した例を示す図である。

【図10】深海で発生した水素を、複数のバルーンで中継して海面まで移送する例を示す図である。

【図11】鉄結球の変形例を示す図である。

【図12】鉄結球の他の変形例を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0019】

図1～図3は、この発明に係る水素製造方法の基本原理を説明するものである。

まず、水素発生装置10を構成する比較的長尺な筒体12を酸性化した湖中14に設置し、その内部に「搬送容器」としての鉄結球16を多数投入することにより（図1）、湖底14aで鉄結球16内に充填された鉄粉と酸との化学反応を利用して水素を発生させ（図2）、化学反応を終えて軽くなり、自動的に浮上した鉄結球16を湖面14bで回収する（図3）ものである。

湖水14の代わりに、酸性化した海水にこの発明を適用することもできる。

【0020】

図示の便宜上、筒体12の縦寸法が短く示されているが、湖底14aや海底に到達できるように、実際には数百～数千メートル級の長さとなる。

この筒体12は、多数の鉄結球16を湖底14aや海底まで案内すると共に、発生した水素や反応後の鉄結球16を湖面14bや海面まで案内する機能を果たすものであり、水素を遮蔽可能であれば、材質に限定はない。消防用のホースや、防水加工を施した紙類で筒体12を構成することもできる。水素は生まれながらにして気体であり、且つ常温圧での限界濃度がわずか1.6ppmにとどまり、ほとんど水に溶け込まないため、紙でも十分に対応可能である。

【0021】

筒体12の下端は、多数の通水孔18を備えた蓋部材20によって閉塞されており、蓋部材20の上面には不織布22が配置されている。この不織布22の存在により、万一鉄結球16が筒体12内で破損しても、鉄粉や反応後の酸化鉄が水中に流出することを有効に防止できる。

なお、筒体12の底部を適宜半球状に形成して反応スペースを拡げることにより、反応効率を高めるようにしてもよい。

【0022】

ホースや紙類のような比重の小さな材質によって筒体12を構成する場合には、その下端に適当な錘や錨を固定することにより、湖底14aに確実に到達させることができ、そのまま安定配置することも可能となる。折り紙工学を応用することにより、極めて省スペースの筒体12を形成でき、船上からポトンと海面に向けて落とすだけで、そのまま海底に向かう蛇腹形状の筒体12も実現可能となる。

【0023】

図2においては、湖底14aで発生した水素の気泡を筒体12の上端に換装した漏斗状のキャップ部材24で受け止め、パイプ26を介して「収納容器」としてのタンクやバルーン内に蓄積することを前提としているが、後述のように水中で水素を受け止め、そのまま水中保管することもできる。

【0024】

図4は、鉄結球16の内部構造を示す断面図であり、図5は図4のA-A断面図である。

鉄結球16は、酸に強いポリエチレン等の樹脂材よりなる球状の外殻28を備えており、図

5に示すように、その内部は隔壁30によって4つのセル(領域)32a, 32b, 32c, 32dに区画されている。

また、各セル32a, 32b, 32c, 32dには不織布によって形成された袋体33が格納されており、各袋体33には、粒径5 μ m程度の微細な鉄粉34が充填されている。

外殻28には、各セル32a, 32b, 32c, 32dと連通する複数の通水孔36が設けられている(図4)。外殻28を多孔質の素材によって構成した場合には、通水孔36の設置を省略できる。

外殻28は、第1の半球部材28a及び第2の半球部材28bを接合することによって形成されている。これらは、ミカンの房のように均等分割(例えば8分割)した状態で工場生産することもできる。

【0025】

また、外殻28の上部及び下部には、図4に示すように、発泡ポリエチレン等よりなる浮き部材38が配置されている。

この浮き部材38による浮力が以下の条件を満たすように、予めその体積や材質が調整されている。

(1) 鉄粉34が酸と反応する前の状態において、鉄結球16が投入された水(湖水や海水)に沈む。

(2) 鉄粉34が酸と反応して酸化鉄に変化し、重量が軽くなった後は(約64%の軽量化)、鉄結球16が自然に水面に向けて浮上する。

※鉄の比重:7.84、酸化鉄の比重:2.84

【0026】

この結果、投入時に鉄結球16は自重で水底に向けて沈降し、水素を発生した後は、何等の駆動源を要することなく自動的に水面に浮上し、船舶等による回収が可能となる。

回収した鉄結球16内の酸化鉄は、カドミウム汚染田の浄化等に有効活用される。

海底の熱水噴出口付近など、鉄結球16を投入する場所が高温の場合には、銅などの耐熱性及び耐腐食性の高い素材によって外殻28を構成すればよい。

【0027】

粉体は一般に爆発の危険性を伴うが、鉄を超微粒子化して水ごと凍らせる技術(水アトマイズ法)を適用することにより、鉄結球16の爆発を有効に防止することができる。この際、鉄粉に増粘剤を添加してアイスクリーム状にすることで、鉄の粒子同士が擦れることが抑制され、さらに爆発の危険性を低減可能となる。

【0028】

鉄結球16の形状は上記のように完全な球体に限定されるものではなく、正多角形状や卵形(楕円体)等であってもよい。あるいは、薬品カプセルのような形状であってもよい。

図示は省略したが、鉄結球16の底部に小さな直立用の突起を設けることで、水流制御等の効用を付与してもよい。

【0029】

図1～図3の水素製造方法では、作業工程が鉄結球16の投入フェーズ(図1)、水素発生フェーズ(図2)、鉄結球16の回収フェーズ(図3)に明確に分けられているが、鉄結球16の投入→水素の発生→鉄結球16の回収を連続的に実行することもできる。

【0030】

図6は、この連続運転を可能にするための装置構成を示すものであり、筒体12の一側面に鉄結球16を投入するための分岐管(第2の管路)40を連通接続すると共に、筒体12の他の側面に鉄結球16を取り出すための開口部42を設け、さらに開口部42から筒体12の内部に向けて案内板44が傾斜設置されている。

【0031】

湖面14bよりも上に突出した分岐管40の開口部40aから次々と投入された鉄結球16は、筒体12の底部に到達し、内部に収納された鉄粉34が水中の酸(例えば希塩酸)と反応することにより、水素を発生させる。

そして、反応が終了した鉄結球16は、浮力を得て自動的に浮上する。

【0032】

案内板44の左端は筒体12の内壁面に接すると共に、右端側は筒体12の外部にまで延びており、しかも左端が右端よりも低い位置に配置されているため、反応が終了して浮上してきた鉄結球16は、この案内板44に沿って移動し、開口部42から筒体12の外に排出される。

これに対し、案内板44には微細な通気孔が多数形成されているため、筒体12の底部において発生した水素は、案内板44の通気孔を通過してそのまま筒体12内を上昇し、水上において収集される。案内板44に水素分離膜を貼り付けることも可能である。この場合、150atmの圧力があれば稼働する。また、他の気体分離膜を透過性の高いものから順次装着することも可能である。

【0033】

上記のように、反応の終わった鉄結球16が開口部42を介して順次筒体12の外に排出されるため、分岐管40から新たな鉄結球16を投入することができ、水素を連続的に発生させることが可能となる。

開口部42から筒体12の外に排出された反応済みの鉄結球16は、水上において漁網や球形を掬う専用ポンプ等を使うことにより、効率的に回収することができる。

【0034】

水素は捕集する際に筒体12の中心線に沿って直進するが、鉄結球16は必ずしも中心線に沿って上昇するとは限らない。これについては、一度中心線から外れた鉄結球16を中心線に回帰させ、垂直で直線的な筒体12に螺旋状に蛇の様に巻き付くような、もしくは二重螺旋を描くような管路設計をすることで対応する。この結果、水素排出口のすぐそばに鉄結球16が浮上し、容易に回収可能となる。

【0035】

図7は、海中46に設置した筒体12内で発生した水素を、そのまま海中46でバルーン50内に保存する例を示すものである。

水素を大気中でタンク等を用いて保管するとなると、比較的大きな容積を必要とするが（同じエネルギー量で比較して重油の4倍超）、水中では水圧の影響により、その容積を減ずることができる（例えば、水深400mでは水上の約40分の1にまで体積が縮まる）。

また、水中保管により、水素爆発の危険性を回避することもできる。

陸上の水素タンクやパイプラインは重油の4倍の容量がいる上、水素脆化や応力腐食割れに備えて原料金属にパラジウムなどの高価な金属を混合する必要があったり、水素吸蔵合金のように水素を利用する際に100度に加熱する必要があったりするが、水中保管によりこのような手間を省くことができる。

【0036】

この場合、海面46aの船舶52に固定されたホースよりなる分岐管40から鉄結球16が順次投入され、海底付近で筒体12内に到達し、内部の鉄粉34が海底の熱水噴出口から放出された酸と反応することによって水素が発生する。

発生した水素は、筒体12内を伝ってキャップ部材24に到達し、キャップ部材24の先端に連通接続されたパイプ26及びバルーン50のバルブ54を介してバルーン50内に蓄積される。

【0037】

反応済みの鉄結球16は、上記と同様の案内板に沿って筒体12の開口部より外部に排出され、海面46aにおいて回収される。

バルーン50に超音波発信器56を取り付けておくと、その発信音を船舶52側の受信器58で探知することにより、水中におけるバルーン50の所在を把握可能となる。

【0038】

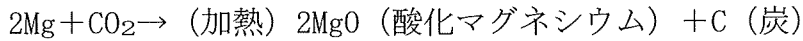
バルーン50は、図8に示すように、ナイロン製の外層60及び内層62よりなる二重構造を備えており、外層60と内層62の間の空隙には食用の高濃度水素ゼリー64が充填されている。この水素ゼリー64は、バルーン50の緩衝材として機能すると共に、バルーン50内に貯めた水素の漏洩防止にも役立つ。バルーン50の上記空隙に対して、水素ゼリー64の代わりに窒素（一酸化窒素や二酸化窒素）を充填すると、窒素の消火効果をバルーン50に付与する

ことが可能となる。

また、内層62の内面には光触媒層66が形成されている。この光触媒層66の親水効果によって水の被膜が形成されるため、水素の漏洩防止効果が高まる。

さらに、アルミ蒸着の膜を内層62の内面に付加すると、酸素や水蒸気の遮断能力と遮光性を従来品の10倍まで高められるため、気密度が高まる。この光触媒層は、光を照射されるとメタンを水素に水中で変換する事ができる。

このことは、水素保管シーン以外でも応用が効く。バルーン内部の気体に対し光化学や熱反応などを起こし、水中に保管するCO₂を炭の粉に変えることもできる。



【0039】

バルーン50のバルブ54内には水素透過フィルターが配置されており、このフィルターによって水素以外の物質がバルーン50内に混入することが防止されている。

発生した水素はそのままバルーン50内に保存され、水中に沈めたまま船舶で消費地近傍の港湾まで曳航される。

バルーン50内の水素は、バルブ54に連通接続された分岐栓68を介して取り出され、地上のタンク等に移し替えた後、様々な用途に利用される。

【0040】

バルーン50は、トラス構造を基本にした圧力強度の高い外郭や内郭を設け、回転翼をつけて水平に曳航することにより、安定した直進性が得られる。潜水艦の涙形状（ティアドロップ形状）を真似てもよい。この結果、風力や潮力あるいはヨットで水中曳航可能となる。上記の外殻や内殻の存在により、気体の未充填時にバルーンがペシャンコになり、気体の充填が阻害されることを有効に防止できる。

【0041】

図9は、蛇腹状に折り畳んだ素材によって筒体12を形成した例を示しており、水素の発生によってバルーン50が膨らみ始めると（図9(a)）、その浮力によって筒体12が上に向けて伸張し（図9(b)）、バルーン50が水面に向けて浮上する様子が描かれている。

【0042】

水中の深度が増すにつれて水素を貯めたバルーン50の体積を小さくできるため、バルーン50をできるだけ深い位置に設置することが望ましいが、一方で水素を利用するために水面付近までバルーン50を移送すると、その体積が急激に増加して破裂する危険性が生じる。

このため、所定の深度毎に複数の中継用バルーン50を多段式に接続しておき、深海から海面に向けて徐々に水素を移送させることで、圧力を調整することが望ましい。

【0043】

図10はその具体例を示すものであり、異なる深度に配置された複数のバルーン50のバルブ54間、連結パイプ70を介して数珠つなぎに接続されている。

この場合、より下層のバルーン50が水素で一杯になると、バルブ54及び連結パイプ70経由で一つ上のバルーン50にその一部を移送する。

そして、このバルーン50が水素で一杯になると、同じくバルブ54及び連結パイプ70を介して一つ上のバルーンにその一部を移送する。

これを複数回繰り返すことにより、深海から海面46aまで水素を安全に移送することが可能となる。

各バルーン50のバルブ54の開閉動作は、例えば図示しないケーブルを介して、海面46aの船舶52から有線で制御される。

【0044】

これはすなわち、多段階的に圧力の昇圧・減圧がなされる形式である。複数バルーン相互の引火による爆発も回避できる。

【0045】

図11は、鉄結球16の変形例を示すものであり、多孔質のポリエチレン等よりなる外殻28の一部を剥がした状態を表している。

図示の通り、鉄結球16内には多数の六角形のセル（小室）72を備えたハニカムボール状の内部骨格74が収納されている。この内部骨格74は、ポリエチレン等よりなる。

図示は省略したが、各セル72内には鉄粉が封入された不織布よりなる袋体が装填される。

【0046】

このように、鉄結球16の内部にハニカムボール状の内部骨格74を配することにより、鉄結球16の剛性が高まり耐水圧性能を向上させることができる。

また、鉄粉を充填する前に、各セル72の表面にアルギン酸塩類や硫酸性温泉紅藻、ネオジムなどの磁性体等を塗布して金属微粒子捕捉層（粘着層）を形成しておけば、そのヌルヌル性能によって海底に存するレアメタルや貴金属を捕集可能となる。また、各セル72の対角線の長さを7~10nmに設定すると、その比表面積は一枚シートの100万倍を超す比表面積となる。この結果、鉄結球16の回収後に外殻28を分解することで、貴重なレアメタル等を収集することができる。上記のように内部骨格74をハニカムボール状に形成することで、比表面積を稼ぐことができ、その分、レアメタル等の収集効率を高めることが期待できる。なお、マグヌス効果やコアンダ効果によって流れが玉に巻き付き、水流が内部に侵入することにより、その捕集効率が飛躍的に向上する。

上記のように外殻28を多孔質の材料で構成したため、敢えて通水孔を設けなくても海水等を鉄結球16内に取り込むことができる。

【0047】

図12は、鉄結球16の他の変形例を示すものであり、外殻28の頂点付近に複数枚（図においては4枚）の回転翼76が装着されている（図12(a)）。

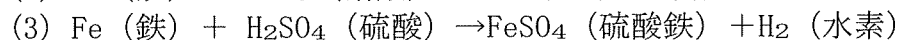
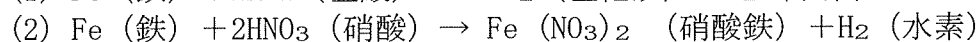
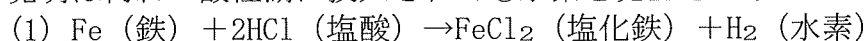
各回転翼76は、可撓性を備えた材質よりなり、一端が鉄結球16の外殻28に固定されると共に、残りの部分は非固定状態となされている。

このため、鉄結球16を水中に投入した際には、水圧・水流によって各回転翼76の非固定部が上向き（図12(b)）、そのスクリュウ効果によって回転しながら真っ直ぐに沈降していく。つまり、各回転翼76の回転作用により、鉄結球16に直進降下性を付与することが可能となる。これは水平移送にも効果を発する。

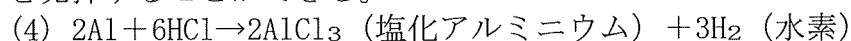
また図示は省略するが、貫通孔又は誘導紐にラチェット機能を設けることで、浮上する無数の鉄結球16の浮力回復によりサルベージ機能が発現できる。無数が集積すると侮れない浮力となる。

【0048】

酸性湖は一般に塩素系、硝酸系、硫酸系に大別されるが、以下の式に示すように、この発明は何れの酸性湖に投入されても水素を発生させることができる。



また、次式で示されるように、鉄粉の代わりにアルミ粉を鉄結球16内に充填しても効果を発揮することができる。



【0049】

この発明は、本来は水素製造用鉄粉が搬送物質であるが、その他にCO₂も運べる。

CO₂を液体や固体のまま玉に内包して運搬し、海中深く保管するには、(1)水深400メートル超、(2)海水温5度未満、を満たす水域に早く到達し隔離することが条件となる。

その際、搬送容器の上部排出口からは、(1)の水深までは昇華・膨張したCO₂気体が吐き出され、推力となる。推力は一方向に方向づけられるため鉄結球の元々の沈降スピードを格段に上げて海底に向かい、そして着床する。NEDOの国際協働研究事業「CO₂海洋隔離方法（シャーベット放出ノズル方式：COSMOS）」の弱点である全方向への拡散や玉割れを簡単に当該容器がカバーするし、より良い隔離効率を提供できる。

沖縄県与那国島では「自然のCO₂海底プール」が確認されたが物質の三態を勘案すると、上記の2条件に加えて海底が窪んでいる地形の自然プール（例：半径1キロ等）に液体

・固体のCO₂を運べば、CO₂を容器毎海洋隔離できる。海水から淡水が溶出しメタンハイドレートのシャーベット等が液体CO₂のフタをすることが期待できる水域は、全国各地に点在する。当方は、光ファイバーによる光合成をスタンバイする。

【符号の説明】

【0050】

- 10 水素製造装置
- 12 筒体
- 14 湖中
- 14a 湖底
- 14b 湖面
- 16 鉄結球（搬送容器）
- 18 通水孔
- 20 蓋部材
- 22 不織布
- 24 キャップ部材
- 26 パイプ
- 28 外殻
- 28a 第1の半球部材
- 28b 第2の半球部材
- 30 隔壁
- 32a~32d セル
- 33 袋体
- 34 鉄粉
- 36 通水孔
- 38 浮き部材
- 40 分岐管
- 40a 分岐管の開口部
- 42 筒体の開口部
- 44 案内板
- 46 海中
- 46a 海面
- 50 バルーン
- 52 船舶
- 54 バルブ
- 56 超音波発信器
- 58 受信器
- 60 バルーンの外層
- 62 バルーンの内層
- 64 水素ゼリー
- 66 光触媒層
- 68 分岐栓
- 70 連結パイプ
- 72 セル
- 74 内部骨格
- 76 回転翼

【書類名】要約書

【要約】

【課題】湖底や地表、地中、海底の酸性化した水を利用して水素をクリーンな状態で製造できると共に、湖等の閉鎖性水域においては酸性化した水質の改善にも寄与し得る水素製造技術を提供する。

【解決手段】酸性化した水中に筒体12を建て込む工程と、酸と反応して水素を発生させる鉄粉34を内部に収納した複数の鉄結球16を筒体12内に導入し、自重によって沈降させる工程と、筒体12の下端において水中の酸と鉄結球16内の鉄粉34との反応によって水素を発生させる工程と、筒体12内を伝って上昇してきた水素を、筒体12の上端付近において捕集し、収納容器内に貯蔵する工程と、反応によって軽量化し、筒体12内を浮上してきた鉄結球16を回収する工程と、からなる水素製造方法。

【選択図】図6

【書類名】 図面

【図 1】

