

【選択図】 図 1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 海底資源リフト装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、海底資源リフト装置に係り、より詳しくは、水深5000mを越えるような深海の海底であっても、移送ホースでレアアースを浮上させることができる海底資源リフト装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、水深5000mを越える深海は、約500気圧（ 500 kg f / cm^2 ）つまり約50Mpaもの高圧がかかり、しかも海底まで伸ばすライザー管の総重量が大きくなるので、ワイヤの先端にサンプリング装置を取り付け泥の試料を採取するのが限界であり、商業ベースで採掘することは困難であった。

【0003】

特許文献1には、海底から鉱物を揚鉱することのできる揚鉱装置が提案されている。この揚鉱装置は、海底から鉱物を含む海水を海上基地に移す揚鉱用移送管と、海上基地から海底に海水を戻す循環用移送管と、海水を循環用移送管に送り込む循環ポンプと、海底で鉱物を含む海水を吸込口から吸い込んで揚鉱用移送管に送り込む水中ポンプと、循環用移送管を流れる海水を動力源にして水中ポンプを駆動する水車と、から構成される。この揚鉱装置は、水深500～2000mに適用されるとしている。水深5000mを越える深海から鉱物を含む泥などを回収するには、長くて重いパイプを吊り下げ、水深5000mの深さから海水を押し上げる強力なポンプが必要であり未だ実現できていない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】 特開2011-196047号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【選択図】 図1

【0005】

本発明は、前記の問題点を解決するためになされたものであって、本発明の目的は、水深5000mを越えるような深海からレアアースを含む泥を浮上させることができる海底資源リフト装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明による海底資源リフト装置は、資源回収船から海底に吊り下ろされる第1ホースと第2ホースからなる移送ホースと、海底の泥を前記第1ホースに送り込む第1吸い込み室と、海底の泥を前記第2ホースに送り込む第2吸い込み室が設けられたクローラ型収集機と、前記資源回収船からの給電により水の電気分解を行なって水素ガスと酸素ガスを生成する水の電気分解装置と、生成された前記水素ガスと前記酸素ガスをそれぞれ前記第1吸い込み室と前記第2吸い込み室に噴射するガス噴射装置と、が備えられ、水素ガス又は酸素ガスの浮力により、レアアースを含む泥を海水と共に浮上させることを特徴とする。

【0007】

前記移送ホースは、内壁の軸方向に沿って一定間隔で環状のリブが設けられることを特徴とする。

【0008】

前記移送ホースは、絶縁性を有する軟質塩化ビニールからなり、内部に通電性のワイヤが埋め込まれていることを特徴とする。

【0009】

前記資源回収船は、前記移送ホースから水素ガスと酸素ガスを回収し、これらを反応させることによって発電を行ない、前記水の電気分解装置に給電される電力の一部として利用されることを特徴とする。

【0010】

前記移送ホースには、上昇流により駆動され互いに反対方向に回転する回転翼を備えた気泡碎き装置が取り付けられることを特徴とする。

【0011】

前記移送ホース4には、内管と外管から構成され、前記内管の流速を速めて圧

【選択図】 図 1

力を低下させ、前記内管と前記外管の間から外部の海水を引き込む海水引込み装置が取り付けられることを特徴とする。

【発明の効果】

【0012】

本発明による海底資源リフト装置によれば、海底に水の電気分解装置を設置し、資源回収船からの給電により水の電気分解を行なって水素ガスと酸素ガスを発生させ、水素ガスと酸素ガスをクローラ型収集機の海底の泥が集められる第1吸い込み室と第2吸い込み室に送り込み、そこから第1ホースと第2ホースの移送ホースを上昇させるようにしたので、水素ガス又は酸素ガスの浮力により、レアアース（希土類元素）を含む泥を海水と共に浮上させて、回収することができる。

【0013】

移送ホースの内壁には、軸方向に沿って一定間隔で環状のリブを設けたので、水素ガス又は酸素ガスが移送ホース内を上昇する時の抵抗となり、移送ホースの総重量を軽減できる。

【0014】

移送ホースは、絶縁性を有する軟質塩化ビニールとし、内部に通電性のワイヤを埋め込んだので、移送ホースの強度を向上することができる。また、このワイヤを使用して海底に設置する水の電気分解装置に、海上の資源回収船から電力を給電できる。その場合、水の電気分解装置への行きのラインと戻りラインは、第1ホースと第2ホースに埋め込まれたワイヤで分担することができる。

【0015】

移送ホースの水素ガスと酸素ガスを回収し、反応させることで発電を行ない、水の電気分解装置に給電される電力の一部として利用することができる。

【0016】

移送ホースに気泡碎き装置を設けたので、移送ホース内を上昇する大きな気泡を碎くことができる。気泡が小さくなれば浮力が小さくなり、気泡と泥を含む海水の上昇速度を抑えることができる。

【0017】

移送ホースに海水引込み装置を設けたので、移送ホース内に外部の海水を引き

【選択図】 図 1

込むことができる。気泡が上昇するにしたがって膨張しても、海水を増やして、気泡と泥を含む海水の割合を維持し、気泡の割合が増えることを防止できる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】 本発明による海底資源リフト装置の構成図である。（実施例1）

【図2】 図1の移送ホースの断面図である。

【図3】 図1の水の電気分解装置の説明図である。

【図4】 図1のクローラ型収集機の内部を示す説明図である。

【図5】 移送ホースに取り付けられる気泡碎き装置の説明図である。

【図6】 移送ホースに取り付けられる海水引込み装置の説明図である。

【図7】 本発明による海底資源リフト装置の動作を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、図面を参照して、本発明による海底資源リフト装置を詳しく説明する。

【実施例】

【0020】

図1は、本発明による海底資源リフト装置100の構成図である。海上には資源回収船1、バージ船2及びタグボート3が用意される。タグボート3は、バージ船2を曳航する。バージ船2には泥を含む海水から泥を分離するセパレータ6が搭載される。セパレータ6の分離タンクの上澄みは海に戻される。海底資源リフト装置100は、資源回収船1から海底に吊り下ろされる第1ホース4aと第2ホース4bからなる移送ホース4と、移送ホース4の先端に取り付けられ、海底で泥13を集めて吸い込み室8に送り込む自走式のクローラ型収集機7を備える。クローラ型収集機7には、水の電気分解を行なって水素と酸素を生成する水の電気分解装置9と、生成した水素ガスと酸素ガスを吸い込み室8に噴射するガス噴射装置10とが備えられる。ガス噴射装置10は、高圧ポンプ23と水素ガス又は酸素ガスを噴射するノズル22を備える。クローラ型収集機7の吸い込み室8は、移送ホース4に接続されており、海底の資源が収集して集められ、移送ホース4に送り出す場所となる。

【選択図】 図 1

【0 0 2 1】

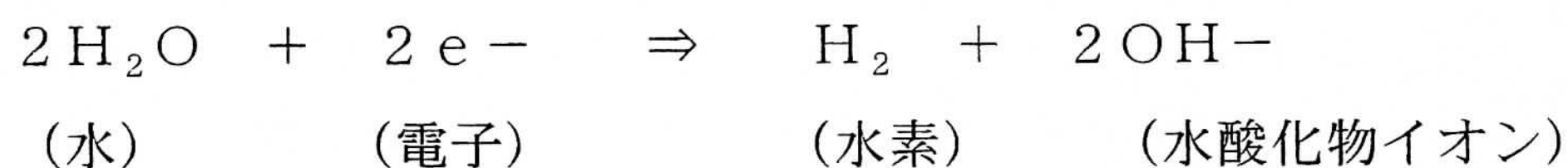
図 2 は、図 1 の移送ホース 4 の断面図である。図 2 (A) に示すように、移送ホース 4 は、内壁の軸方向に沿って一定間隔で環状のリブ 1 5 が設けられる。図 2 (B) に示すように、移送ホース 4 は、絶縁性を有する軟質塩化ビニールからなり、内部に通電性のワイヤ 1 4 が網目状に埋め込まれている。ワイヤ 1 4 を埋め込んだので、海底のクローラ型収集機 7、水の電気分解装置 9、ガス噴射装置 1 0 に給電することができる。例えば、直流の給電線 2 本で給電する場合、2 本の移送ホース 4 を使用する。軟質塩化ビニールで移送ホース 4 を構成した場合、深海の圧力でへこむことがあるので、移送ホース 4 を海中に沈める際は、移送ホース 4 の内部に常に海水が入るようにする。これにより移送ホース 4 の外側と内側で圧力がバランスを保ち移送ホース 4 の変形を防止できる。移送ホース 4 の外径は、これに限られるものではないが、1 0 ～ 2 0 c m とすることができる。

【0 0 2 2】

図 3 は、図 1 の水の電気分解装置 9 の説明図である。水の電気分解装置 9 は、電解槽 1 1 の水を電気分解して水素と酸素を 2 : 1 の比で生成する。電解槽 1 1 には、電気を通しやすくするため水酸化ナトリウム又は苛性カリの電解質を加えて電解液 1 2 としている。電解槽 1 1 は、電解液 1 2 は通過できる隔膜 1 9 で 2 室に仕切られており、一方に陽極 1 7、他方に陰極 1 8 を設置して電気分解を行なう。陰極 1 8 では、電子 (e -) が水 (H₂O) と反応し水素 (H₂) が発生する。反応式を次に示す。

【0 0 2 3】

(数 1)



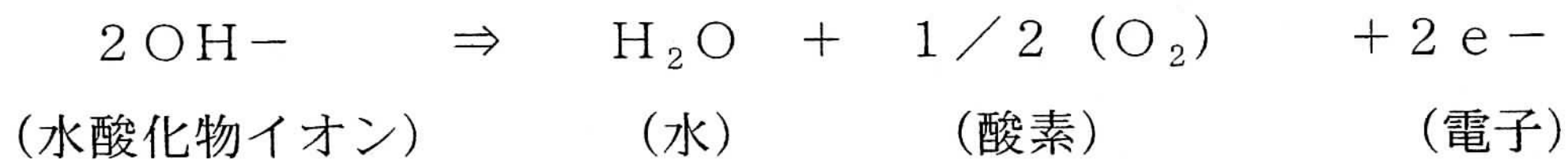
【0 0 2 4】

陰極 1 8 で生成した水酸化物イオン (OH-) は陽極 1 7 に移動する。そして陽極 1 7 では、電子を失って酸素 (O₂) が発生する。反応式を次に示す。

【0 0 2 5】

(数 2)

【選択図】 図1



【0026】

水の電気分解が進むと、水は水素ガス20と酸素ガス21に分解されるので、電解液12が減少する。その場合、電解質は還元されずに電解液12中に残るので補給は必要でなく、電解槽11には水を補給する。水は、資源回収船からパイプ等で補給することができる。また、海底で、海水を逆浸透膜に通して真水とし、これを補給することでもよい。生成された水素ガス20と酸素ガス21はガス噴射装置10で噴射される。

【0027】

図4は、クローラ型収集機7の内部を示す説明図である。吸い込み室8は、第1吸い込み室8aと第2吸い込み室8bからなる。水の電気分解装置9で生成した水素ガス20と酸素ガス21を、海底5000mの場合であれば、500気圧以上に昇圧して噴射する。水素ガス20と酸素ガス21は、水温1.5度、水圧500気圧を受けても液化せず気体である。そのため、気体は気泡となって、浮力で第1ホース4aと第2ホース4bからなる移送ホース4の内部を浮上する。気泡の上昇に引きつられて、泥13を含む海水5も上昇する。第1吸い込み室8aと第2吸い込み室8bの2つを設け、水素ガス20と酸素ガス21を個別に噴射した。混合したガスを使用しても約570度の高温で着火しないかぎり燃えることはないが、水素ガス20が酸素ガス21で燃えることを避けるためである。

【0028】

水素ガス20と酸素ガス21は、水1リットルが水の電気分解により1気圧で1860リットルの気体となる。水深5000mの海底では、1/500に圧縮され、3.72リットル(=1860÷500)となるが、海上に向かって圧力が低くなるので元の体積に増える。そのため、大きな浮上力が得られる。

【0029】

海底5000mでの水素ガス20又は酸素ガス21の気泡は、海上で500倍に膨張する。海底での気泡の半径r1とし、海上での気泡の半径をr2すると、海底での気泡の体積V1は $(4/3)\pi(r1)^3$ となり、海上での気泡の体積

【選択図】図1

V_2 が $(4/3) \pi (r_2)^3$ となるから、 V_2/V_1 は $(r_2)^3/(r_1)^3$ と計算される。 V_2/V_1 が500なら、 $(r_2)^3/(r_1)^3=500$ が成立する。これから約 $r_2 \doteq 8 r_1$ の関係が得られる。海底での気泡の半径 (r_1) が1mmなら、海上での気泡の半径 (r_2) は8mmと算出される。海底での気泡の半径 (r_1) が6mmなら、海上での気泡の半径 (r_2) は48mm (直径にして96mm) の気泡となる。なお、気泡と泥を含む海水の割合に注目して、移送ホース4は、海底から海上側に向かって段階的に径が大きくされてもよい。また、海底でノズル22から噴出する気泡は、適切なサイズで噴出させることが望ましい。

【0030】

気泡は、 $F = \rho g V$ で算出される浮力 F を受ける。 ρ は水の密度で 1000 kg/m^3 、 g は重力の加速度で 9.8 m/s^2 、 V は気泡の体積 (m^3) である。気泡の半径を r とすると $V = (4/3) \pi r^3$ である。これらを代入すると浮力 F は、 $F = (4/3) \times \rho g \pi r^3$ と表される。例えば、半径8mmの気泡は、 $F_1 = 2.1 \times 10^{-2} (\text{kg} \cdot \text{m/s}^2)$ の浮力を受け、半径48mmの気泡は、 $F_2 = 4.62 (\text{kg} \cdot \text{m/s}^2)$ の浮力を受ける。このように、大きな気泡の方が小さな気泡より大きな浮力を受ける。

【0031】

気泡の上昇速度は、気泡に働く浮力 F と抗力 R が釣り合い、 $F = R$ の関係から算出される。抗力 R は $R = (1/2) \times C_d \times \rho U^2 S$ で示され、 C_d は抗力係数である。 S は気泡の投影面積で πr^2 と表され、 ρ は水の密度で 1000 kg/m^3 、 U は気泡の上昇速度 (m/s) である。この抗力 R と前述の浮力 F が釣り合うとする。 $F = R$ は、 $(4/3) \times \rho g \pi r^3 = (1/2) \times C_d \times \rho U^2 \times (\pi r^2)$ と表せる。 U^2 を求めると $U^2 = (8/3) \times (g r / C_d)$ を得る。水の抗力係数 C_d は1～2であることが知られる。ここで C_d を2とし、 g は 9.8 m/s^2 とし、半径 r は、 $8 \times 10^{-3} \text{ m}$ ($= 8 \text{ mm}$) とする。これら代入すると、 $U \doteq 0.32 \text{ m/s}$ が得られる。半径が8mm気泡は、上昇速度が約32 cm/s と算出される。半径が80mmの気泡は、上昇速度が約1 m/s と算出される。このように、大きな気泡の方が小さな気泡より上昇速度が大きい。抗力係

【選択図】図1

数を小さくして C_d を1とした場合、半径が8mmの気泡では、約45cm/sの上昇速度、半径が80mmの気泡では1.45m/sの上昇速度と算出される。

【0032】

図5は、移送ホース4に取り付けられる気泡碎き装置30の説明図である。気泡碎き装置30は、流れに対して反対方向に回転する回転翼31、31を備える。回転翼31、31は、上昇する泥を含む海水と気泡で駆動される。図5に示すように、比較的大きなサイズとなった水素ガス20の気泡は、回転翼31、31で挟まれて小さな気泡に細分される。ここで気泡は、移送ホース4の内壁のリブ15に留まり、後から上昇してきた気泡と合体して、より大きな気泡となる場合がある。また、大きな気泡ほど大きな浮力があるので早く上昇するので、ゆっくり上昇する小さな気泡にぶつかりより大きな気泡となる場合がある。気泡碎き装置30を備えることで、大きな気泡を小さくし、気泡が移送ホース4の内部を占有しないようにできる。前述のように、小さな気泡は大きな気泡より上昇速度が小さい。気泡を細かくすることは、海水を含めその上昇速度を抑えることになる。なお、気泡を碎いても、例えば移送ホース4の一定長さに占める気泡の全体積は変化しない。

【0033】

図6は、移送ホース4に取り付けられる海水引込み装置40の説明図である。海水引込み装置40は、内管41と外管42からなり、内管41と外管42の間から外部の海水を内部に引き込む。海水を引き込みやすくするため、内管41の上部は径を小さくして、気泡と泥を含む海水の上昇速度を上げ、内部の圧力を低下させている。気泡の量が少ないと泥を含む海水を駆動できないが、海底側での移送ホース4内の気泡を増やすと、海上側に進むに従って膨張し、泥を含む海水の流速を速める。そこで移送ホース4に海水引込み装置40を設け、海水を引き込むことで、気泡の体積が増えても、海水と気泡の割合を大きく変えないようにできる。海水引込み装置40によれば、流速を調節できる。なお、図6では、海水引込み装置40の上側と下側の移送ホース4は同じ外径としたが、上側の移送ホース4の外径を下側の移送ホース4の外径より大きくしてもよい。

【0034】

【選択図】 図 1

図 7 は、本発明による海底資源リフト装置 1 0 0 の動作を示すフロー図である。S 1 は、水の電気分解装置 9、ガス噴射装置 1 0 を搭載したクローラ型採集機 7 を 2 本の移送ホース 4 の一端に接続し、資源回収船 1 から降ろす動作である。S 2 は、水の電気分解装置 9 で、水素ガス 2 0 と酸素ガス 2 1 を生成する動作である。電力は資源回収船 1 から 2 本の移送ホース 4 a、4 b で供給する。S 3 は水素ガス 2 0 と酸素ガス 2 1 を高圧で、つまり深海の水圧より高くしてガス噴射装置 1 0 で第 1 吸い込み室 8 a と第 2 吸い込み室 8 b のそれぞれに噴射する動作である。S 4 はレアアースを含む泥 1 3 を海水 5 と共に資源回収船 1 に集め、水素ガス 2 0 と酸素ガス 2 1 を回収し、反応させて発電を行なう動作である。発電にて得た電力は、水の電気分解装置 9 に送る電力の一部として利用できる。S 5 は、泥 1 3 と海水 5 を汲み出しポンプ 1 6 でバージ船 2 のセパレータ 6 に送り出す動作である。S 6 は、セパレータ 6 の分離タンクで泥 1 3 と海水 5 を分離する動作である。

【産業上の利用可能性】

【0 0 3 5】

本発明は、海底のレアアースを含む泥を回収することができる海底資源リフト装置として好適である。

【符号の説明】

【0 0 3 6】

- 1 資源回収船
- 2 バージ船
- 3 タグボート
- 4 移送ホース
- 4 a 第 1 ホース
- 4 b 第 2 ホース
- 5 海水
- 6 セパレータ
- 7 クローラ型収集機
- 8 吸い込み室

【選択図】 図 1

- 8 a 第 1 吸い込み室
- 8 b 第 2 吸い込み室
- 9 水の電気分解装置
- 1 0 ガス噴射装置
- 1 1 電解槽
- 1 2 電解液
- 1 3 泥
- 1 4 ワイヤ
- 1 5 リブ
- 1 6 汲み出しポンプ
- 1 7 陽極
- 1 8 陰極
- 1 9 隔膜
- 2 0 水素ガス
- 2 1 酸素ガス
- 2 2 ノズル
- 2 3 高圧ポンプ
- 3 0 気泡碎き装置
- 3 1 回転翼
- 4 0 海水引込み装置
- 4 1 内管
- 4 2 外管
- 1 0 0 海底資源リフト装置

【選択図】 図 1

【書類名】 請求の範囲

【請求項 1】

資源回収船から海底に吊り下ろされる第 1 ホースと第 2 ホースからなる移送ホースと、

海底の泥を前記第 1 ホースに送り込む第 1 吸い込み室と、海底の泥を前記第 2 ホースに送り込む第 2 吸い込み室が設けられたクローラ型収集機と、

前記資源回収船からの給電により水の電気分解を行なって水素ガスと酸素ガスを生成する水の電気分解装置と、

生成された前記水素ガスと前記酸素ガスをそれぞれ前記第 1 吸い込み室と前記第 2 吸い込み室に噴射するガス噴射装置と、が備えられ、

水素ガス又は酸素ガスの浮力により、レアアースを含む泥を海水と共に浮上させることを特徴とする海底資源リフト装置。

【請求項 2】

前記移送ホースは、内壁の軸方向に沿って一定間隔で環状のリブが設けられることを特徴とする請求項 1 に記載の海底資源リフト装置。

【請求項 3】

前記移送ホースは、絶縁性を有する軟質塩化ビニールからなり、内部に通電性のワイヤが埋め込まれていることを特徴とする請求項 1 に記載の海底資源リフト装置。

【請求項 4】

前記資源回収船は、前記移送ホースから水素ガスと酸素ガスを回収し、これらを反応させることによって発電を行ない、前記水の電気分解装置に給電される電力の一部として利用されることを特徴とする請求項 1 に記載の海底資源リフト装置。

【請求項 5】

【選択図】 図 1

前記移送ホースには、上昇流により駆動され互いに反対方向に回転する回転翼を備えた気泡碎き装置が取り付けられることを特徴とする請求項 1 に記載の海底資源リフト装置。

【請求項 6】

前記移送ホース 4 には、内管と外管から構成され、前記内管の流速を速めて圧力を低下させ、前記内管と前記外管の間から外部の海水を引き込む海水引込み装置が取り付けられることを特徴とする請求項 1 に記載の海底資源リフト装置。

【選択図】 図 1

【書類名】 要約書

水深 5 0 0 0 m を越えるような深海からレアアースを含む泥を浮上させることができる海底資源リフト装置を提供する。本発明による海底資源リフト装置は、資源回収船から海底に吊り下ろされる第 1 ホースと第 2 ホースからなる移送ホースと、海底の泥を第 1 ホースに送り込む第 1 吸い込み室と、海底の泥を第 2 ホースに送り込む第 2 吸い込み室が設けられたクローラ型収集機と、資源回収船からの給電により水の電気分解を行なって水素ガスと酸素ガスを生成する水の電気分解装置と、生成された水素ガスと酸素ガスをそれぞれ第 1 吸い込み室と第 2 吸い込み室に噴射するガス噴射装置と、が備えられ、水素ガス又は酸素ガスの浮力により、レアアースを含む泥を海水と共に浮上させる。