

深海 1.1 万m仕様の水中ドローン特許草案

日本にしかできない超精密なチタン加工技術による（真円度 0.025%）

【書類名】 明細書

【発明の名称】 深海水中ドローン

【技術分野】

【0001】

本発明は、水中探査装置に関し、特に超高压環境下である1万メートル級の深海において、自律的な姿勢制御、着底制御、および各種観測を遂行する水中ドローンに関する。

【背景技術】

【0002】

従来の深海探査機においては、耐圧殻や浮力材を備えるものの、海底近傍における姿勢安定性や軟着陸性能が不十分であり、着底時の衝撃に起因する機体の損傷が重大な課題となっていた。また、推進機構の長期耐久性や、極限環境下における高精度な観測能力の面においても、依然として改善の余地が残されていた。

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】 特開2015-78598

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、過酷な深海環境下において長期的かつ安定的な探査活動を維持すべく、以下の要素を備えた水中ドローンを提供することを目的とする。

- ・ 人工知能（AI）による自律的姿勢制御
- ・ 軟着陸を具現化する錘および浮力体制御
- ・ 高耐久性を有するスクリュウ推進機構
- ・ 高精度観測装置

【課題を解決するための手段】

【0005】

本願発明の水中ドローンは、以下に示す構成を特徴とする。

(1) 耐圧構造 ・ チタン合金製球体耐圧殻 ・ 前記球体耐圧殻の外周を被覆するFRP層およびシンタクチックフォーム ・ 殻内部の複数箇所に配設され、構造応力をAIにより常時監視する歪ゲージ

(2) 推進機構 ・ 垂直方向4基、左右方向2基、前後方向2基の計8基からなるスクリュウ ・ ダイヤモンドライクカーボン（DLC）コーティングを施したチタン製スクリュウ軸 ・ ネオジウム磁石を用いた磁気結合による非接触型の

回転伝達構造モーター ・ 海水および前記 DLC 層の介在により形成される低摩擦軸受

(3) 着底制御機構 ・ 円錐形錘 (600kg) と浮力体 (300kg) との協調による着底制御構造 ・ 電磁石による吸着解除機構およびロッド機構を組み合わせた錘分離構造 ・ カメラ A により捉えた映像から海底への接近を検知し、スクリー回転数と錘の落下速度をリアルタイムで制御して軟着陸を実現する AI 制御システム

(4) 観測装置 ・ カメラ A : オートフォーカス機構付超望遠ズームレンズ、高感度カラーカメラ、およびスポット LED 照明 ・ カメラ B : 広角レンズ、カラーカメラ、および LED 照明 ・ サファイアガラス製の耐圧光学窓

(5) センシング・通信 ・ アクティブソナーによる自己位置検出 ・ AI による圧力・歪・姿勢データのリアルタイム解析

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、以下の優れた効果を奏する。

- ・ 深海 1 万メートル級の超高水圧環境下においても、極めて安定した姿勢制御が可能となる。

- ・ AI 駆動による軟着陸制御により、着底時の衝撃を緩和し、機体の損傷を確実に防止する。

- ・ DLC コーティングを施した軸受構造により、海水環境下での長期耐久性が確保される。

- ・ サファイア製耐圧窓と高感度カメラの駆動により、極限環境下での高精度な観測、および AI による深海底の 3 次元 (3D) マップ構築が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】 本発明の一実施形態に係る深海水下ドローンの全体構成を示す概要図。

【図2】 同水中ドローンを用いた、自然力を利用した海底資源の採掘プロセスの概要を示す説明図。

【発明を実施するための形態】

【0008】

本願発明の水中ドローンは、以下に示す構成を特徴とする。

(1) 耐圧構造 ・ チタン合金製球体耐圧殻 ・ 前記球体耐圧殻の外周を被覆する FRP 層およびシタクチックフォーム ・ 殻内部の複数箇所に配設され、構造応力を AI により常時監視する歪ゲージ

(2) 推進機構 ・ 垂直方向 4 基、左右方向 2 基、前後方向 2 基の計 8 基からなるスクリー ・ ダイヤモンドライクカーボン (DLC) コーティングを施したチタン製スクリー軸 ・ ネオジウム磁石を用いた磁気結合による非接触型の回転伝達構造モーター ・ 海水および前記 DLC 層の介在により形成される低摩擦軸受

(3) 着底制御機構 ・ 円錐形錘 (600kg) と浮力体 (300kg) との協調による着底制御構造 ・ 電磁石による吸着解除機構およびロッド機構を組み合わせた

錘分離構造 ・ カメラ A により捉えた映像から海底への接近を検知し、スクリュウ回転数と錘の落下速度をリアルタイムで制御して軟着陸を実現する AI 制御システム

(4) 観測装置 ・ カメラ A：オートフォーカス機構付超望遠ズームレンズ、高感度カラーカメラ、およびスポット LED 照明 ・ カメラ B：広角レンズ、カラーカメラ、および LED 照明 ・ サファイアガラス製の耐圧光学窓

(5) センシング・通信 ・ アクティブソナーによる自己位置検出 ・ AI による圧力・歪・姿勢データのリアルタイム解析

【0009】

図 1 は、本実施形態に係る深海中ドローンの詳細な構成を示している。

二系統の冗長性を持たせたバッテリー、AI 処理用 PC およびメモリー装置、並びに配電盤等を、1 万メートル深海の超高水圧から防護するため、直径 1m、肉厚 5cm のチタン合金製球体耐圧殻を配設している。

また、探査に必要な浮力 (300kg) を担保するため、前記球体耐圧殻の外周にはシタクチックフォーム層を形成し、さらにその外層を FRP (繊維強化プラスチック) 製の保護カバー (厚さ 2cm) で被覆している。

また、当該水中ドローンの下部には、サファイア製の耐圧窓を介して、2 基のカメラ A および 1 基のカメラ B が配設され、上部には自己位置検出用のアクティブソナーが搭載されている。

チタン合金製球体耐圧殻が超高水圧下において健全な状態を維持しているかを監視するため、該球体耐圧殻の内壁面には複数の歪ゲージが随所に貼付されている。搭載された AI は、これら全ての歪ゲージの出力を常時監視し、局所的な歪の増大等により危険水準に達したと判断した場合には、電磁石により保持されていた円錐形錘を即座に離脱させ、緊急浮上シーケンスに移行する。

当該水中ドローンは、前記錘が分離された状態においては約 300kg の正の浮力を生じるよう設計されている。これに対し、質量 600kg の円錐形錘を装着することにより、負の浮力を得て海底へと急行する。

なお、前記錘の形状を円錐形 (下方に向け尖鋭化した形状) とすることにより、流体抵抗を低減し、迅速な潜航を可能としている。

当該水中ドローンには、垂直方向に 4 基、左右方向に 2 基、前後方向に 2 基の計 8 基のスクリュウが配設されている。

各スクリュウ軸はチタン製であり、その表面には DLC (ダイヤモンドライクカーボン) コーティングが蒸着されている。これにより、周囲の海水を潤滑剤として利用しながら、低摩擦かつ円滑な回転駆動を実現している。

駆動モーターはチタン製の密閉筐体内部に隔離され、スクリュウ軸は外部の海水中に位置する。したがって、チタン製の隔壁を透過してモーターの回転動

力を非接触で伝達すべく、モーター側駆動軸とスクリー軸のそれぞれに強力なネオジウム磁石を対向配置した磁気結合（マグネットカップリング）構造を採用している。

搭載されたカメラ A（2 基）は、海底の地形や状況を詳細に走査し、海底の 3 次元（3D）画像を生成する役割を担う。該カメラ A は、オートフォーカス機構付き超望遠ズームレンズ、超高感度カラーカメラ、およびスポット LED 照明から構成され、ハーフミラーを介してカメラの撮像軸と照明の光軸とが同一光軸上に一致するよう光学設計されている。

一方、カメラ B（1 基）は、水中ドローンの下部に設けられたフック機構の周辺領域を画角に収めるよう配置されている。

これは、前記錘や他の中継機器のフック部に対し、AI の指令に基づいて遠隔操作での連結または離脱を視覚的に確認・制御することを目的としており、ワイドレンズ、カラーカメラ、および LED 照明から構成され、同様にハーフミラーを介して撮像軸と照明光軸とが同一光軸上に設定されている。

潜航時、AI はカメラ A から得られるリアルタイム映像に基づいて海底への接近を自動検知し、スクリーの回転数および錘の落下速度を協調制御することで、衝撃のない軟着陸を具現化する。着底の際、先行して海底に衝突した円錐形錘からの反力により、ロッド機構が機体側へ押し込まれることで、機械的にフック部の結合が解除され、錘が分離される構造となっている。

ただし、海底地盤が軟弱である場合には機械的解除が不全となる可能性を考慮し、その代替手段として、AI からの電氣的指令により電磁石の励磁を遮断し、下部フック部から錘を強制的に離脱させる二重の錘離脱機構（冗長設計）を備えている。

図 2 の右側は、当該水中ドローンを用いた、自然力を利活用した海底資源の採掘ユニットおよび採掘システムの運用フローを示している。すなわち、浮力、重力、および慣性力という自然の力学作用のみを利用した「深海鉱物自然力採掘システム」は、以下のプロセスを経て実行される。

- (a)「浮力体に対し錘を装着した状態で海底へ向けて急行・潜航する工程」
- (b)「目標となる資源存在領域をサーチ（探索）する工程」
- (c)「岩盤を爆破・破碎する工程」
- (d)「破碎領域を再度サーチする工程」
- (e)「海底に採掘箱を埋没・設置する工程」
- (f)「採掘箱の側部から、必要な鉱物を含有する破碎礫（がれき）を内部に収納する工程」
- (g)「（慣性力の応用）採掘箱が海底に衝突した際の衝撃エネルギーを利用して錘を機械的に離脱させると同時に、採掘箱の蓋部を閉塞する工程」
- (h)「破碎礫を封入した採掘箱を、浮力により海上へと自律浮上させる工程」

<3 次元（3D）マップ作成要領> 当該水中ドローンに搭載された 2 基のカメラ

Aにより、海底の立体画像（ステレオ画像）を撮影・記録する。機体が海面に浮上し、通信回線の確立が可能となった時点で、機体内蔵の AI は、記録された立体画像データをしかるべき内部・外部の機関、または関連する AI 搭載機器へと送信する。これにより、「AI 海底 3D 画像集計センター」のごときデータ集約拠点において、世界各地の当該水中ドローンから収集された海底 3D 画像が一元的に管理・蓄積され、開示許諾を得た公的または私的機関に対して提供されるシステムが構築される。

【産業上の利用可能性】

【0010】

従来技術では極めて困難とされていた、深海底における資源含有岩盤の破碎、およびそれによって生じる資源含有礫や泥質物の海上への効率的な運搬回収が実現可能となり、海洋資源開発分野において広範に利用され得る。

【書類名】 特許請求の範囲

【請求項1】

人工知能（AI）制御ユニットを備え、海底接近時に浮力体および錘の動作を協調制御して軟着陸を行う水中ドローンであって、前記水中ドローンは、チタン合金製の球体耐圧殻、および該球体耐圧殻の外周を被覆する FRP 層を有し、前記球体耐圧殻の内部に配設された歪ゲージを介して構造応力を常時監視するよう構成され、さらに、表面にダイヤモンドライクカーボン（DLC）コーティングを施したチタン製スクリュウ軸、およびネオジウム磁石を用いた磁気結合による回転伝達構造を備えたスクリュウ推進機構を有し、かつ、サファイアガラス製の耐圧光学窓を介して配置された高感度カメラおよび照明装置を備え、深海環境下での高精度観測、並びに深海底の 3 次元マップの生成および記録を行うことを特徴とする、水中ドローン。

【書類名】 要約書

【要約】

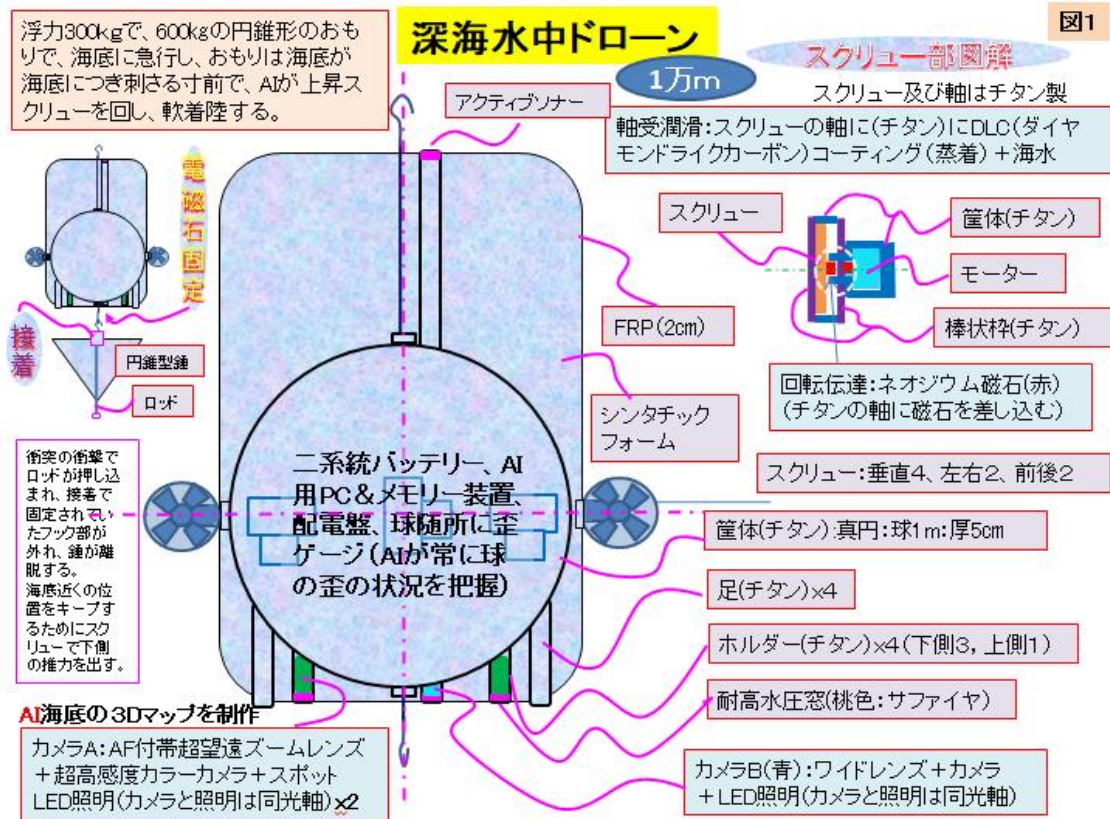
【課題】

従来の深海探査機は、耐圧殻や浮力材を備えるものの、海底近傍における姿勢安定性や軟着陸性能が不十分であり、着底時の衝撃による機体損傷が課題であった。また、推進機構の耐久性や、深海環境下における高精度な観測能力の面においても改善の余地があった。

【解決手段】

本発明の水中ドローンは以下の構成を備える。（1）耐圧構造：チタン合金製球体耐圧殻の外周に FRP 層およびシンタクチックフォームを配置し、内部の歪ゲージにより構造応力を AI が常時監視する。（2）推進機構：垂直 4 基、左右 2 基、前後 2 基の計 8 基のスクリュウを備え、チタン製スクリュウ軸に DLC コーティングを施すとともに、ネオジウム磁石による磁気結合回転伝達構造、および海水と DLC 層による低摩擦軸受を形成する。

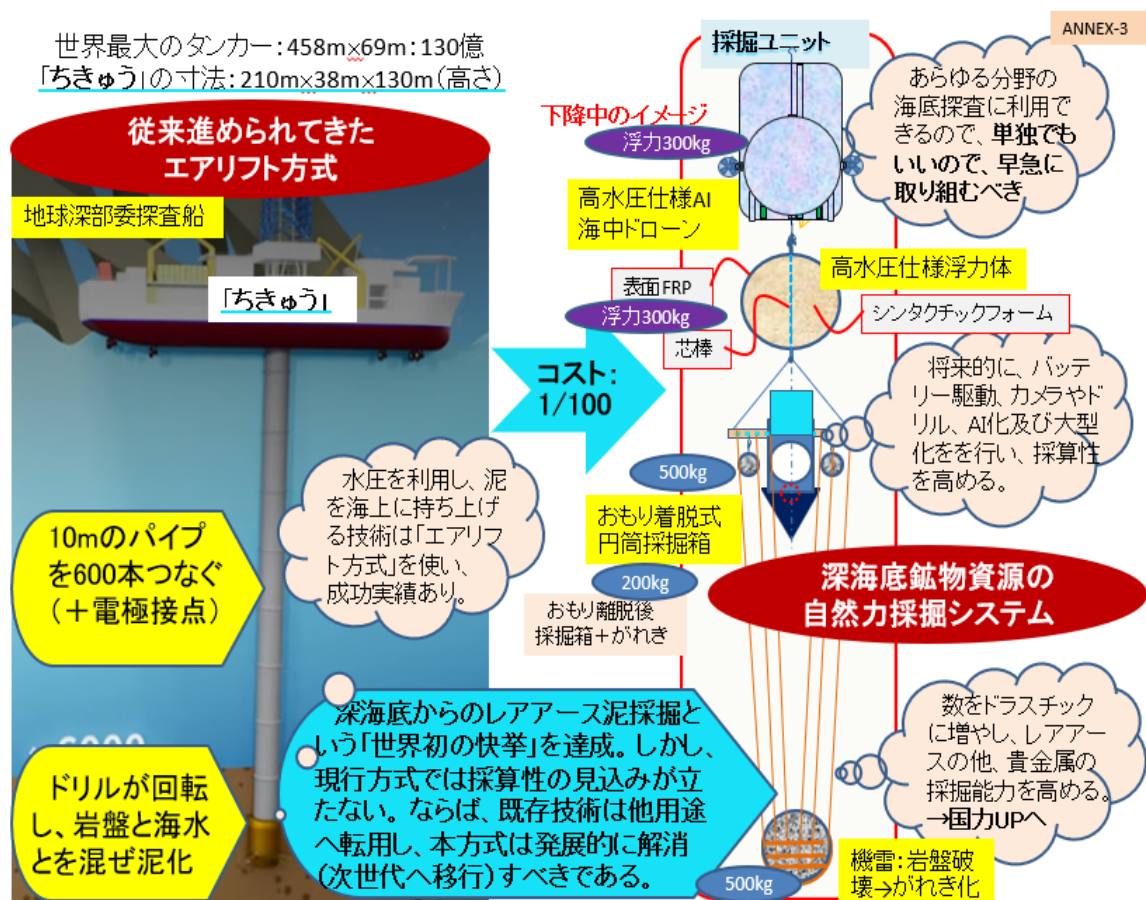
【図 1】



「自然力×AI アタッチメント」による低コスト採掘システム

従来の海洋資源開発（「ちきゅう」等の大型掘削船による採掘）は、巨大な揚鉤パイプラインや高額な設備投資を必要とし、1回あたりのコストが極めて膨大であることが実用化の最大の壁となっておりました。

これに対し本システムは、浮力・重力・慣性力という自然の力学作用と高度なAI自動制御を融合させることで、従来システムの1/100以下という圧倒的な低コストを実現いたします。



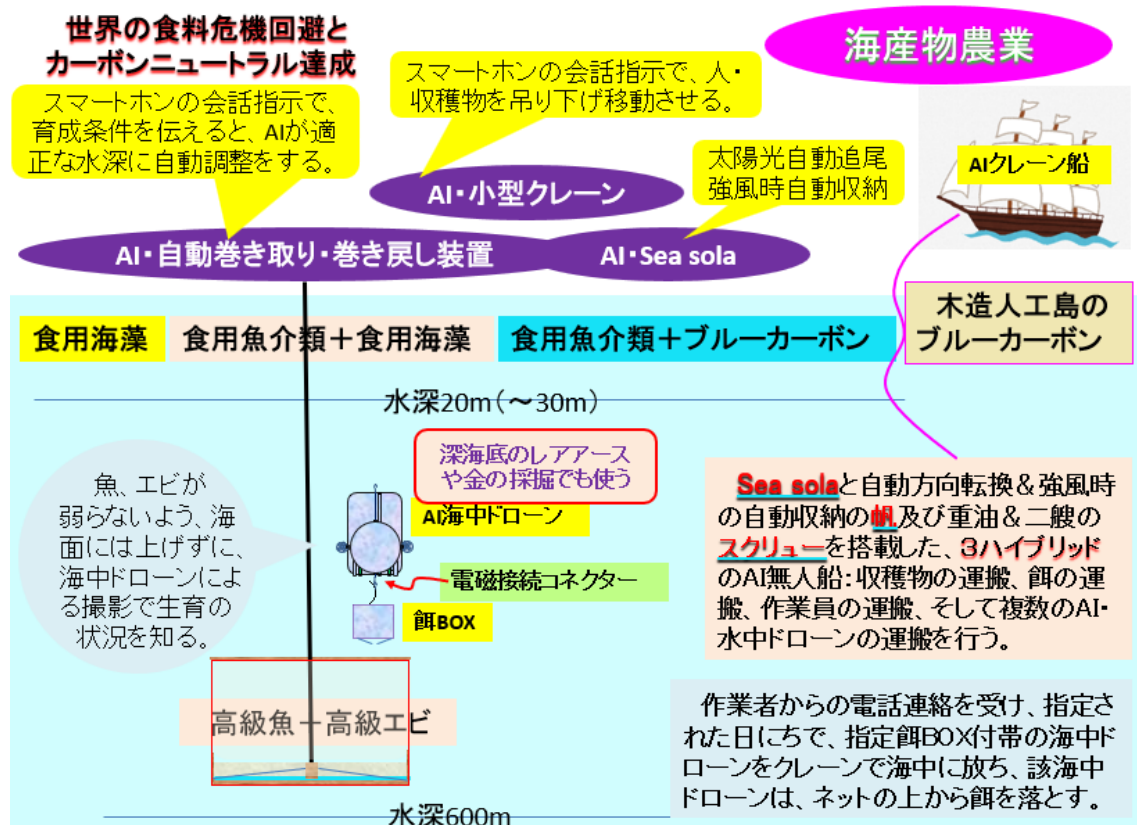
<採掘手順>

- 「浮力体に対し錘を装着した状態で海底へ向けて急行・潜航する工程」
- 「目標となる資源存在領域をサーチ（探索）する工程」
- 「岩盤を爆破・破碎する工程」
- 「破碎領域を再度サーチする工程」
- 「海底に採掘箱を埋没・設置する工程」
- 「採掘箱の側部から、必要な鉱物を含有する破碎礫（がれき）を内部に収納する工程」
- 「（慣性力の応用）採掘箱が海底に衝突した際の衝撃エネルギーを利用して錘を機械的に離脱させると同時に、採掘箱の蓋部を閉塞する工程」
- 「破碎礫を封入した採掘箱を、浮力により海上へと自律浮上させる工程」

【核心技術：ドローン下部アタッチメント・ユニットの構造と特長】

本システムの中核をなすのが、深海中ドローン下部の「電磁接続コネクタ」を介して装着される各種高機能アタッチメント群です。海産物農業システムで培ったモジュール技術を横展開することで、高精度な採掘作業を可能にしています。

1. AI 制御型・電動ドリル&電動鎚（地ならし・事前破碎ユニット）：
 - 超高压対応型電動ドリル： ダイヤモンドライクカーボン（DLC）コーティング軸受と超硬チタン合金ビットを採用し、1,000 気圧を超える極限環境下でも熱水鉱床の強固な岩盤を高速穿孔します。成形爆破用のガイドホール（穿孔）をミリ単位の精度で削孔します。
 - 電動鎚（ハンマー・地ならし機構）： 爆破後に生じた大塊の破碎岩を、採掘箱へ収納可能なサイズ（数 cm～十数 cm）へ効率的に小割り破碎します。また、凹凸の激しい海底地盤を平坦化（地ならし）し、採掘箱の密着性を高めます。
2. 指向性破碎ユニット（機雷・成形炸薬シェイプドチャージ）：
 - 深海の高水压下でエネルギーが散逸するのを防ぐため、防衛・産業技術を応用した「一方向集中型爆破ユニット」を穿孔部に設置・起爆します。最小限の爆薬量で金脈岩盤のみをピンポイントに微細破碎し、周辺の生態系や水質汚濁への影響を極小化します。
3. 電磁スライド蓋搭載・高機能電動採掘箱（回収ユニット）：
 - 高密度充填&自動開閉メカニズム： 着底時の衝撃（慣性力）による機械的解錠に加え、AI カメラ（カメラ A/B）が破碎礫の充填状態をリアルタイムで認識し、電動スライド蓋・電磁ロックを自動で作動させ密閉します。泥質地帯での作動不良リスクをゼロ化しました。
 - 電磁接続コネクタによるワンタッチ換装： 海産物農業用ドローン（水深～600m）と共通規格の電磁コネクタを採用しており、「採掘箱」「餌 BOX」「観測モジュール」等のアタッチメントを海上船上で迅速に脱着・交換可能です。



2. 中国を凌駕する「レアアース自給率の完全確保」

現在、陸上レアアース市場は中国による供給独占と環境破壊的な採掘手法が問題視されています。

日本の排他的経済水域（EEZ）内の深海底（南鳥島沖等）には、世界需要の数百年分に及ぶ超高濃度レアアース泥が存在します。本水中ドローンシステムを投入することで、「環境負荷を極小化」しつつ「中国の陸上採掘コストを下回る低コスト・高効率」での連続揚泥・採掘が可能となります。我が国が真の資源自給国となり、ハイテク産業・防衛産業における外交的カードと圧倒的な優位性を確立する鍵となります。

3. 深海「金脈」の本格採掘による「恒久的な消費税減税」の実現

日本近海（伊豆・小笠原海域や沖縄トラフ等）の海底熱水鉱床（水深 500m～2,000m 等）には、陸上金鉱山を遥かに超える高品位な「金・銀・ベースメタル」が存在します。

本採掘ドローン群を現地に一斉投入し、無人・自動化された連続採掘ラインを稼働させることで、莫大な貴金属資源を極めて低いランニングコストで回収することが可能です。

本システムによってもたらされる鉱物資源益およびライセンス・IP 収入を「国家の新たな非税収財源（政府特別会計等）」として組み入れることで、防衛費の増加や社会保障費の膨張に耐えうる持続可能な国家財務基盤を構築し、国民が永続的に享受できる「恒久的な消費税減税」の財源を創出いたします。

今後の進め方およびお願い

本技術は、水深 1,000m～2,000m 級の比較的浅い熱水鉱床エリアから段階的にプロトタイプ実証を進めることで、短期間での PoC（概念実証）および実用化が可能です。

政府が掲げる「成長戦略」の主軸である海洋開発・海洋状況把握（BDA/3D 海底地図構築）を飛躍的に加速させる本提案につきまして、ぜひ一度、直接のご説明の機会を賜りたく存じます。