

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年5月3日(03.05.2018)



(10) 国際公開番号

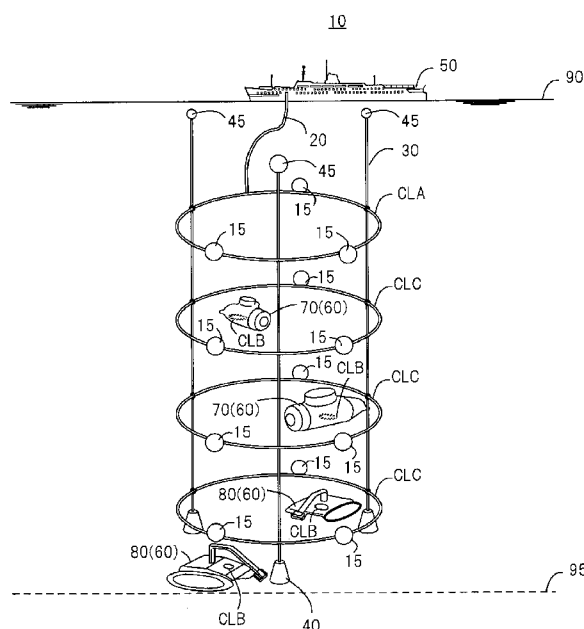
WO 2018/079082 A1

- (51) 国際特許分類:
H02J 50/50 (2016.01) H01Q 7/00 (2006.01)
B63C 11/00 (2006.01) H02J 50/12 (2016.01)
H01Q 1/04 (2006.01) H02J 50/80 (2016.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/031865
- (22) 国際出願日: 2017年9月5日(05.09.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-212218 2016年10月28日(28.10.2016) JP
- (71) 出願人: パナソニック株式会社 (PANASONIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒5718501 大阪府門真市大字門真1006番地 Osaka (JP).

- (72) 発明者: 小柳 芳雄 (KOYANAGI Yoshio). 江口和弘 (EGUCHI Kazuhiro). 川田 壮一 (KAWATA Souichi). 出口 太志 (DEGUCHI Futoshi). 岡本 克也 (OKAMOTO Katsuya). 榎場 亮祐 (HASABA Ryosuke). 浦環 (URA Tamaki).
- (74) 代理人: 特許業務法人栄光特許事務所 (Eikoh Patent Firm, P.C.); 〒1050003 東京都港区西新橋一丁目7番13号 虎ノ門イーストビルディング10階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,

(54) Title: ELECTRIC POWER TRANSMISSION DEVICE

(54) 発明の名称: 送電装置



(57) Abstract: Provided is an electric power transmission device capable of effectively wirelessly transmitting power to an underwater vehicle in water. The electric power transmission device transmits power to an electric power receiving device having a power receiving coil in water and is provided with: one or more transmission coils including a power transmission coil for transmitting power to the power receiving coil through a magnetic field; an electric power transmission unit transmitting AC power to the power transmission coil; capacitors connected to the transmission coils and forming resonant circuits that are resonant together with the transmission coils; and a buoyant body connected to at least one of the transmission coils.

(57) 要約: 水中における水中航走体への非接触電力伝送を効率的に行うことが可能な送電装置を提供する。送電装置は、水中において、受電コイルを有する受電装置に電力を送電する送電装置であって、磁界を介して受電コイルに電力を送電する送電コイルを含む1つ以上の伝送コイルと、交流電力を送電コイルへ送電する送電部と、伝送コイルに接続されると共に、伝送コイルと共に共振する共振回路を形成するコンデンサと、伝送コイルの少なくとも1つに接続された浮力体と、を備える。

MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：送電装置

技術分野

[0001] 本開示は、水中において無線で送電する送電装置に関する。

背景技術

[0002] 送電装置としての水中基地局が、受電装置としての水中航走体との間で、磁気共鳴方式を用いて非接触で電力伝送することが知られている（例えば特許文献1参照）。この送電装置は、送電用共鳴コイルと、風船と、風船制御機構と、を具備する。送電用共鳴コイルは、磁界共鳴方式により受電装置の受電用共鳴コイルに非接触で電力伝送する。風船は、送電用共鳴コイルを内包する。風船制御機構は、風船を電力伝送時に膨張させることにより、送電用共鳴コイルと受電用共鳴コイルとの間の水を排除する。

[0003] また、13.56MHz帯の周波数を用いる電磁誘導方式を利用して、電力とデータをIC搭載媒体に送信するアンテナ装置が知られている（例えば特許文献2参照）。このアンテナ装置は、信号電流が給電される少なくとも1つの給電ループアンテナと信号電流が給電されない少なくとも1つの無給電ループアンテナを有し、給電ループアンテナが発生する磁界を利用して無給電ループアンテナにも信号電流を発生させ、給電ループアンテナの通信範囲を拡大させる点を開示している。

[0004] ところで、送電装置と受電装置とが水中で接近せずに磁気共鳴方式により電力伝送するためには、少なくとも1つのコイルを水中の所定位置に設置する必要がある。この場合において、磁気共鳴方式の電力伝送に用いる周波数が比較的低い場合、コイルの直径を長くする必要がある。コイルの直径が大きいと、コイルが重くなり、コイルが水底方向に沈みやすくなる。

[0005] また、水中にコイルを設置するためには、コイルを所望の位置に固定するための支柱やロープが必要となるが、コイルの比重が水や海水の比重よりも大きい場合、支柱やロープの耐力を大きくする必要がある。そのため、コイ

ル設置のための建設費やコイルの材料費が高くなる。また、コイルが重いと、コイルを運搬する船の大型化が必要となり、コイルを運搬するための輸送コストも高くなる。

[0006] 本開示は、水中において電力伝送するためのコイルの設置に係る様々なコストを低減することを目的とする。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：日本国特開2015-015901号公報

特許文献2：日本国特開2005-102101号公報

発明の概要

[0008] 本開示の送電装置は、水中において、受電コイルを有する受電装置に電力を伝送する。送電装置は、磁界を介して受電コイルに電力を伝送する送電コイルを含む1つ以上の伝送コイルと、交流電力を送電コイルへ送電する送電部と、伝送コイルに接続されると共に、伝送コイルと共に共振する共振回路を形成するコンデンサと、伝送コイルの少なくとも1つに接続された浮力体と、を備える。

[0009] 本開示によれば、水中において電力伝送するためのコイルの設置に係る様々なコストを低減できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、第1の実施形態における電力伝送システムが置かれる環境の一例を示す模式図である。

[図2]図2は、電力伝送システムの構成例を示すブロック図である。

[図3]図3は、コイルへの浮力体の第1取付例を示す模式図である。

[図4]図4は、コイルへの浮力体の第2取付例を示す模式図である。

[図5]図5は、コイルへの浮力体の第3取付例を示す模式図である。

[図6]図6は、コイルへの浮力体の第4取付例を示す模式図である。

[図7]図7は、第2の実施形態における電力伝送システムが置かれる環境の一

例を示す模式図である。

[図8]図8は、電力伝送システムが置かれる環境の第1変形例を示す模式図である。

[図9]図9は、電力伝送システムが置かれる環境の第2変形例を示す模式図である。

[図10]図10は、電力伝送システムが置かれる環境の第3変形例を示す模式図である。

[図11]図11は、電力伝送システムが置かれる環境の第4変形例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、適宜図面を参照しながら、実施形態を詳細に説明する。但し、必要以上に詳細な説明は省略する場合がある。例えば、既によく知られた事項の詳細説明や実質的に同一の構成に対する重複説明を省略する場合がある。これは、以下の説明が不必要に冗長になることを避け、当業者の理解を容易にするためである。尚、添付図面及び以下の説明は、当業者が本開示を十分に理解するために提供されるものであり、これらにより特許請求の範囲に記載の主題を限定することは意図されていない。

[0012] (第1の実施形態)

図1は、第1の実施形態における電力伝送システム10が置かれる環境の一例を示す模式図である。電力伝送システム10は、送電装置100、受電装置200、及びコイルCLを備える(図2参照)。送電装置100は、受電装置200に対して、複数のコイルCLを介して、磁気共鳴方式に従ってワイヤレス(無接点)で電力伝送する。配置されるコイルCLの数は、n個であり、任意である。

[0013] コイルCLは、例えば、環状に形成され、樹脂のカバーで被覆されて絶縁されている。コイルCLは、例えば、ヘリカルコイルやスパイラルコイルである。また、コイルCLは、例えばキャプタイヤケーブルである。コイルCLは、送電コイルCLA及び受電コイルCLBを含む。送電コイルCLAは

、一次コイル (Primary Coil) であり、受電コイルCLBは、二次コイル (Secondary Coil) である。

[0014] また、コイルCLは、送電コイルCLAと受電コイルCLBとの間に配置された1つ以上の中継コイルCLC (Booster Coil) を含んでもよい。中継コイルCLC同志は、略平行に配置され、中継コイルCLCにより形成される開口面の半分以上が重なる。複数の中継コイルCLC間の間隔は、例えば中継コイルCLCの半径以上確保される。

[0015] 送電コイルCLAは、送電装置100に設けられる。受電コイルCLBは、受電装置200に設けられる。中継コイルCLCは、送電装置100に設けられても、受電装置200に設けられても、送電装置100及び受電装置200とは別に設けられてもよい。中継コイルCLCは、一部が送電装置100に設けられ、他の一部が受電装置200に設けられてもよい。

[0016] また、送電コイルCLA及び中継コイルCLCは、例えば直径が10m程度である。受電コイルCLBは、例えば直径が1m程度である。コイルCLの線径は、例えば0.01m~0.04m程度である。コイルCLの巻き数(コイルターン)は、任意であり、例えば値1や値5である。

[0017] 送電装置100は、船舶50に設置される。受電装置200は、移動可能な水中航走体60(例えば潜水艇70や水底掘削機80)や固定的に設置される受電装置(例えば地震計、監視カメラ、地熱発電機)に設置される。各コイルCLは、水中(例えば海中)に配置される。

[0018] 潜水艇70は、例えば、遠隔操作無人探査機(ROV: Remotely Operated Vehicle)、無人潜水艇(UUV: Unmanned Underwater Vehicle)、又は自立型無人潜水機(AUV: Autonomous Underwater Vehicle)を含んでもよい。

[0019] 船舶50の一部は、水面90(例えば海面)より上部つまり水上に存在し、船舶50の他の一部は、水面90よりも下部つまり水中に存在する。船舶50は、水上で移動可能であり、例えばデータ取得場所の水上へ自由に移動

可能である。船舶50の送電装置100と送電コイルCLAとの間は、電線20により接続される。電線20は、水上のコネクタを介して、例えば送電装置100内のドライバ151（図2参照）と接続される。

[0020] 水中航走体60は、水中又は水底95（例えば海底）に存在し、水中又は水底95を航走する。例えば、水上の船舶50からの指示により、データ取得ポイントへ自由に移動可能である。船舶50からの指示は、各コイルCLを介した通信により伝送されてもよいし、その他の通信方法により伝送されてもよい。

[0021] 各コイルCLは、連結体30と接続され、例えば等間隔に配置される。隣り合うコイルCL間の距離（コイル間隔）は、例えば5mである。コイル間隔は、例えばコイルCLの直径の半分程度の長さである。送電周波数は、水中又は海中での磁界強度の減衰量を考慮すると、例えば40kHz以下であり、10kHz未満とされることが好ましい。また、10kHz以上の送信周波数で電力伝送する場合には、電波法の規定に基づいて所定のシミュレーションを行う必要があり、10kHz未満の場合にはこの作業を省略できる。尚、送電周波数が低周波であるほど、電力伝送距離が長くなり、コイルCLが大きくなり、コイル間隔を長くなる。

[0022] また、送電周波数に基づいてコイルCLのインダクタンスが定まり、コイルCLの直径と巻き数とが定まる。コイルCLの直径は、例えば数m～数100mである。また、コイルCLの太さが太い程、コイルCLでの電気抵抗が減り、電力損失が小さくなる。また、コイルCLを介して伝送される電力は、例えば50W以上であり、kWオーダーでもよい。

[0023] 本実施形態では、一例として、送信周波数は3kHz以下である。送信電力は、100Wである。送信効率、つまり送電コイルCLAによる送電電力と受電コイルCLBによる受電電力との比率は、30%以上である。コイルCLによる送電距離は、10m以上である。

[0024] 図1では、連結体30の数が3つであるが、これに限られない。連結体30における受電コイルCLB側の端部には、錘40が接続される。連結体3

０における送電コイルＣＬＡ側の端部には、ブイ（Ｂｕｏｙ）４５が接続される。

[0025] 錘４０により、連結体３０の移動を規制でき、連結体３０に固定された各コイルＣＬの移動を規制できる。よって、水中において水流が発生しても、錘４０により各コイルＣＬの移動が規制されるので、コイルＣＬを用いた電力伝送の効率が低下することを抑制できる。

[0026] また、連結体３０において、受電コイルＣＬＢ側の端部に錘４０が接続され、送電コイルＣＬＡ側の端部にブイ４５が接続されることで、錘４０が水底側、ブイ４５が水面側となり、連結体３０が水面と略垂直となる姿勢を維持できる。よって、各コイルＣＬにより定義される面は、水面と略平行となり、磁界共鳴方式によって水深方向（水面と略直交する方向）に電力伝送できる。

[0027] 尚、錘４０は、連結体３０の運搬時には連結体３０から取り外され、連結体３０の運搬が終了し、所定の位置に設置される際に、連結体３０に錘４０が取り付けられてもよい。これにより、連結体３０の運搬が容易になる。

[0028] また、コイルＣＬには、浮力体１５が接続されてもよい。コイルＣＬには、送電コイルＣＬＡ、受電コイルＣＬＢ、及び１つ以上の中継コイルＣＬＣが含まれるが、１つ以上のコイルＣＬに浮力体１５が接続される。浮力体１５により、浮力体１５が接続されたコイルＣＬが浮力を得る。コイルＣＬは、浮力体１５により得た浮力により、水中において中性浮力を得ることが好ましい。

[0029] また、浮力体１５により、複数のコイルＣＬ及び連結体３０を含むシステム構造物は、全体として水中において中性浮力を得ることが好ましい。中性浮力を得ることにより、例えばシステム構造物の水中での運搬が容易になる。システム構造物は、電力伝送に用いられる水中の設備（例えばコイルＣＬ、連結体３０）を含む。浮力体１５の詳細については後述する。

[0030] 図２は、電力伝送システム１０の構成例を示すブロック図である。電力伝送システム１０は、送電装置１００及び受電装置２００を備える。

- [0031] 送電装置100は、電源110、ADC (AC/DC Converter) 120、CPU (Central Processing Unit) 130、情報通信部140、及び送電回路150、を備える。
- [0032] ADC 120は、電源110から供給される交流電力を直流電力に変換する。変換された直流電力は、送電回路150へ送られる。
- [0033] CPU 130は、送電装置100の各部（例えば電源110、ADC 120、情報通信部140、送電回路150）の動作を統括する。
- [0034] 情報通信部140は、受電装置200との間で通信される通信データを変調又は復調するための変復調回路141を含む。情報通信部140は、例えば、送電装置100から受電装置200への制御情報を、コイルCLを介して送信する。情報通信部140は、例えば、受電装置200から送電装置100へのデータを、コイルCLを介して受信する。このデータは、例えば、受電装置200により水中探査や水底探査された探査結果のデータが含まれる。情報通信部140により、水中航走体60がデータ収集等の作業しながら、水中航走体60との間で迅速にデータ通信できる。
- [0035] 送電回路150は、ドライバ151及び共振回路152を含む。ドライバ151は、ADC 120からの直流電力を所定の周波数の交流電圧（パルス波形）に変換する。共振回路152は、コンデンサCAと送電コイルCLAとを含んで構成され、ドライバ151からのパルス波形の交流電圧から正弦波波形の交流電圧を生成する。送電コイルCLAは、ドライバ151から印加される交流電圧に応じて、所定の共振周波数で共振する。尚、送電コイルCLAは、送電装置100の出力インピーダンスにインピーダンス整合される。
- [0036] 受電装置200は、受電回路210、CPU 220、充電制御回路230、2次電池240、及び情報通信部250を備える。
- [0037] 受電回路210は、整流回路211、レギュレータ212、及び共振回路213を含む。共振回路213は、コンデンサCBと受電コイルCLBとを含んで構成され、送電コイルCLAから送電された交流電力を受電する。尚

、受電コイルCLBは、受電装置200の入力インピーダンスにインピーダンス整合される。整流回路211は、受電コイルCLBに誘起された交流電力を直流電力に変換する。レギュレータ212は、整流回路211から送られる直流電圧を、2次電池240の充電に適合する所定電圧に変換する。

[0038] CPU220は、受電装置200の各部（例えば受電回路210、充電制御回路230、2次電池240、情報通信部250）の動作を統括する。

[0039] 充電制御回路230は、2次電池240の種別に応じて2次電池240への充電を制御する。例えば、2次電池240がリチウムイオン電池の場合、充電制御回路230は、定電圧で、レギュレータ212からの直流電力により2次電池24への充電を開始する。

[0040] 2次電池240は、送電装置100から伝送された電力を蓄積する。2次電池240は、例えばリチウムイオン電池である。

[0041] 情報通信部250は、送電装置100との間で通信される通信データを変調又は復調するための変復調回路251を含む。情報通信部250は、例えば、送電装置100から受電装置200への制御情報を、コイルCLを介して受信する。情報通信部250は、例えば、受電装置200から送電装置100へのデータを、コイルCLを介して送信する。このデータは、例えば、受電装置200により水中探査や水底探査された探査結果のデータが含まれる。情報通信部250により、水中航走体60がデータ収集等の作業しながら、船舶50との間で迅速にデータ通信できる。

[0042] 尚、中継コイルCLCは、送電コイルCLA及び受電コイルCLBと同様に、コンデンサCCとともに共振回路を構成する。つまり、本実施形態では、共振回路が水中において多段に配置されることで、磁気共鳴方式により電力が伝送される。

[0043] 次に、送電装置100から受電装置200への電力伝送について説明する。

[0044] 共振回路152では、送電装置100の送電コイルCLAに電流が流れると送電コイルCLAの周囲に磁場が発生する。発生した磁場の振動は、同一

の周波数で共振する中継コイルC L Cを含む共振回路又は受電コイルC L Bを含む共振回路 1 3 に伝達される。

[0045] 中継コイルC L Cを含む共振回路では、磁場の振動により中継コイルC L Cに電流が励起され、電流が流れ、中継コイルC L Cの周囲に更に磁場が発生する。発生した磁場の振動は、同一の周波数で共振する他の中継コイルC L Cを含む共振回路又は受電コイルC L Bを含む共振回路 2 1 3 に伝達される。

[0046] 共振回路 2 1 3 では、中継コイルC L C又は送電コイルC L Aの磁場の振動により、受電コイルC L Bに交流電流が誘起される。誘起された交流電流が整流され、所定の電圧に変換され、2次電池 2 4 0 に充電される。

[0047] 次に、浮力体 1 5 の詳細について説明する。

[0048] 浮力体 1 5 は、少なくとも1つのコイルC Lに接続され、コイルC Lに浮力を与える。浮力体 1 5 の材料や構造として、様々なものが考えられる。

[0049] 例えば、浮力体 1 5 は、空気バルーン、発泡スチロール、空気を含む又は空気を含まないエポキシ材、ポリエチレン、ポリプロピレン、等を含んで形成される。また、浮力体 1 5 は、エポキシ材にガラスのビーズやマイクロバルーンが含有されて形成されてもよい。また、浮力体 1 5 は、ビーズを含み、このビーズの中に空気が封入されて形成されてもよい。尚、浮力体 1 5 は、絶縁材料で形成される。浮力体 1 5 は、水に対して比重に近い（比重が少し小さい）上記以外の材料で形成されてもよい。

[0050] エポキシ材は、ポリエチレン、ポリプロピレンと比較すると、耐圧性に優れる。また、ポリエチレン及びポリプロピレンは、エポキシ材と比較すると安価である。ビーズやマイクロバルーンに含まれる空気の量によって、又は、浮力体 1 5 に含まれるビーズやマイクロバルーンの個数によって、浮力を調整可能である。また、ビーズやマイクロバルーンを小さくして真球形状に近似させると、浮力体 1 5 の表面積を小さくでき、耐圧性を向上できる。この場合、例えば深海に配置されるコイルC Lやシステム構造物に接続される浮力体 1 5 として向いている。

- [0051] また、浮力体 15 が接続されるコイル CL が位置する水深に応じて、浮力体 15 の材質や構造が変更されてもよい。例えば、コイル CL が位置する水深が比較的浅い（例えば水深 10 m 未満である）場合、浮力体 15 は、空気バルーン、発泡スチロール、エポキシ材、ポリエチレン、ポリプロピレン、等を含んで形成される。また、コイル CL が位置する水深が比較的深い（例えば水深 10 m 未満である）場合、浮力体 15 は、空気を含まないエポキシ材、エポキシ材にガラスのビーズやマイクロバルーンが含有されたもの、空気を含むビーズ、等を含んで形成される。
- [0052] また、浮力体 15 は、内部に油が充填されてもよい。油は、比重が 0.8 ～ 1.0 程度であり、水の比重よりも少し小さく、水中においてコイル CL を中性浮力とするために適している。尚、油以外の液体であって、水の比重に近い液体が、浮力体 15 の内部に充填されてもよい。
- [0053] 送電装置 100 は、油等の液体により浮力体 15 の内部を満たすことにより、浮力体 15 に空気が充填される場合と比較すると、浮力体 15 周囲の水圧により浮力体 15 が変形や破損することを抑制できる。
- [0054] また、コイル CL への浮力体 15 の取付方法（接続方法）として、様々な方法が考えられる。
- [0055] 図 3 は、コイル CL への浮力体 15 の第 1 取付例を示す模式図である。図 4 の（A）、（B）は、コイル CL への浮力体 15 の第 2 取付例を示す模式図である。図 5 は、コイル CL への浮力体 15 の第 3 取付例を示す模式図である。図 6 の（A）～（C）は、コイル CL への浮力体 15 の第 4 取付例を示す模式図である。
- [0056] 図 3 に示す第 1 取付例では、バルーン方式を採用している。バルーン方式では、浮力体 15 として空気バルーンが用いられる。空気バルーンは、浮力体 15 の外層としてエポキシ材、ポリエチレン、ポリプロピレン、等を含んで形成され、この外層の内部に空気が充填されている。浮力体 15 は、可撓性を有する又は有しないケーブル 15a を介してコイル CL に接続される。バルーン方式では、浮力体 15 は水中に配置されてもよいし、水上に配置さ

れてもよい。

[0057] 図3では、浮力体15が円環状のコイルCLにおいて、等間隔の位置に、ケーブル15aを介して接続されている。等間隔の位置に浮力体15が取り付けられることで、コイルCLに付加される浮力がコイルCLの中心を基準として対称（例えば点対称）となり、コイルCLを水面90に平行にし易くできる。

[0058] 尚、浮力体15の数は、1～3個でも、5個以上でもよい。また、コイルCLの面が所望の方向（例えば水面90と略平行な方向）に沿えばよく、浮力体15がコイルCLにおいて等間隔の位置に接続されなくてもよい。

[0059] 第1取付例によれば、例えばコイルCLが比較的浅い位置に配置される場合に、コイルCLに対して中性浮力を与えやすくでき、コイルCLの運搬や設置を容易化できる。また、浮力体15をケーブル15a（ワイヤ）で接続する作業で済むため、設置作業が手軽である。

[0060] 図4の（A）、（B）に示す第2取付例では、コイルCLの全面を覆う方式を採用している。コイルCLの全面を覆う方式では、コイルCLの外周を浮力体15により包囲する。つまり、浮力体15は、コイルCLと同形状の環状（例えば円環状）に形成され、コイルCLを包囲するように筒状に（中空に）形成される。そして、浮力体15は、内部にコイルCLを内包する。図4の（A）は、コイルCLを内包する浮力体15を示す模式図であり、図4の（B）は、図4の（A）のA-A'断面図である。

[0061] 第2取付例によれば、コイルCLの周囲に浮力体15が均一に連続的に覆っているので、コイルCLは、コイルCL上の各点において均一に浮力を得る。よって、コイルCLの浮力のバランスが良く、コイルCLが所望の向きから傾いたり回転したりすることを抑制できる。また、浮力体15に対して局所的に圧力がかかり、浮力体15がコイルCLから外れる、という事態を回避できる。

[0062] 図5に示す第3取付例では、内周又は外周への取付方式を採用している。内周又は外周への取付方式では、浮力体15が、コイルCLの外周又は内周

に当接する。コイルC Lの外周又は内周の当接部分は、例えば、接着剤により接着され、螺子により螺合され、又は、ロープ、結束バンド、結束テープなどで取り付けられる。図5では、コイルC Lの外周に3つの浮力体15が取り付けられている。尚、浮力体15の数は1〜2個でも、4個以上でもよい。また、図5では、コイルC L上において浮力体15が等間隔に取り付けられているが、取付間隔は等間隔でなくてもよい。

[0063] 第3取付例によれば、コイルC Lの内周又は外周に浮力体15を接続する作業で済むため、設置作業が手軽である。また、コイルC Lの内周に浮力体15を取り付ける場合には、コイルC Lと浮力体15とを含む領域の体積が小さくなり、水圧による影響を低減できる。

[0064] 図6の(A)〜(C)に示す第4取付例では、挟み込み方式を採用している。挟み込み方式では、浮力体15は、この浮力体15の内部にコイルC Lの一部分を内包する。つまり、第4取付例では、第2取付例に示した円環状の浮力体15の一部分が省略され、コイルC Lの一部分が露出された状態となっている。

[0065] 図6の(A)は、コイルC Lと、このコイルC Lの一部分をそれぞれ内包する浮力体15と、を示す模式図である。図6の(B)は、図6の(A)の領域a r eの第1例を示す拡大図である。図6の(C)は、図6の(A)の領域a r eの第2例を示す図である。

[0066] 図6の(B)に示すように、コイルC Lの外周が、ポリエチレン製の発泡材15 b (例えば化学架橋ポリエチレンフォーム)により包囲されている。ポリエチレン製の発泡材15 bの外周は、外層15 cにより覆われている。コイルC Lがポリエチレン製の発泡材15 bで覆われた後、外層15 cに結束バンド15 dが取り付けられて結束される。

[0067] 図6の(B)では、浮力体15がコイルC Lの延在方向に沿って2つの切断面15 eを有する。つまり、浮力体15は2つに分離されている。分離された浮力体15を対向する方向から挟み込み(符号15 x 1参照)、結束バンド15 dで結束する(符号15 y 1)。これにより、コイルC Lに浮力体

15を装着する。

[0068] 尚、図6の(B)では、説明のために、浮力体15の図中手前側においてコイルCLの延在方向に沿って分離された状態を示しているが、浮力体15が図中奥側のように浮力体15でコイルCLの外周面が覆われた状態で、コイルCL及び浮力体15が水中に配置される。また、図6の(B)では、浮力体15は、コイルCLの延在方向に直交する面で分離されることで、4つの浮力体部分に分離されることを例示するが、1つ以上の浮力体部分を含めばよく、浮力体15に含まれる浮力体部分の数は任意である。

[0069] このように、コイルCLの一部を浮力体15が内包する場合でも、コイルCLは浮力を得ることができる。また、浮力体15の取付数を調整することで、容易に浮力体による浮力を調整可能である。

[0070] また、切断面15eを複数にすることで、コイルCLへの浮力体15の取り付けが容易になる。

[0071] 一方、図6の(C)では、浮力体15がコイルCLの延在方向に沿って1つの切断面15eを有する。つまり、浮力体15は1つであるが、浮力体15が切り込みを有し、浮力体15が開くようになっている。浮力体15が開かれた状態で浮力体15の内部にコイルCLを挿入し(符号15x2参照)、浮力体15の切断面15eを合わせることで浮力体15を閉じ、浮力体15の外周を結束バンド15dで結束する(符号15y2参照)。これにより、コイルCLに浮力体15を装着する。

[0072] 尚、図6の(C)では、説明のために、浮力体15の図中手前側においてコイルCLの延在方向に沿って開いた状態を示しているが、浮力体15が図中奥側のように浮力体15でコイルCLの外周面が覆われた状態で、コイルCL及び浮力体15が水中に配置される。また、図6の(C)では、浮力体15は、コイルCLの延在方向に直交する面で分離されることで、4つの浮力体部分に分離されることを例示するが、1つ以上の浮力体部分を含めばよく、浮力体15に含まれる浮力体部分の数は任意である。

[0073] このように、浮力体15の切断面15eを1つにすることで、コイルCL

への浮力体 15 の取付後に浮力体 15 を水が通過し難くなり、浮力体 15 内部のコイル CL 側に水が浸入し難くできるので、浮力の低減を抑制できる。また、浮力体 15 内への水の侵入を抑制することで、コイル CL の腐食を低減でき、コイル CL の耐久性を向上できる。

[0074] (第 2 の実施形態)

図 7 は、第 2 の実施形態における電力伝送システム 400 が置かれる環境の一例を示す模式図である。図 7 において、第 1 の実施形態と共通する部分については同じ符号を用いている。また、説明の簡潔のために、第 1 の実施形態と共通する部分については、適宜、説明を省略する。

[0075] 電力伝送システム 400 は、送電コイル CLA と水面 90 の間に反射コイル CLR を有する点で、第 1 の実施形態と相違する。反射コイル CLR は、送電コイル CLA から水面 90 の方向へ放出される磁界を水底 95 の方向へ反射する。これにより、送電コイル CLA から放出された磁界が水面 90 から放出されることを抑制できる。よって、送電コイル CLA から放出された磁界と水上や水中での超長波 (VLF) 帯や極超長波 (ULF) の通信との干渉を抑制することが可能になる。

[0076] 尚、反射コイル CLR は、送電コイル CLA との共振を避ける必要があるため、受電コイル CLB や中継コイル CLC の様にコンデンサが接続されておらず、共振回路を形成しない。すなわち、反射コイル CLR はコンデンサの無い閉ループになる。

[0077] また、反射コイル CLR は、図 7 に示すような一つの環とは限らない。例えば、反射コイル CLR の内側に、反射コイル CLR よりもコイル直径の小さな第 2 の反射コイルを反射コイル CLR と同心円状に配置してもよい。これにより、送電コイル CLA から発生する磁界を水底方向へ反射可能な面積が増えるので、水面 90 から磁界が放出されることをより確実に抑えることができる。また、反射コイル CLR が 3 つ以上設けられてもよい。

[0078] また、コイル CL には、浮力体 15 が接続されてもよい。コイル CL には、送電コイル CLA、受電コイル CLB、1 つ以上の中継コイル CLC、及

び反射コイルCLRが含まれるが、1つ以上のコイルCLに浮力体15が接続される。よって、反射コイルCLRに浮力体15が接続されてもよい。

[0079] 浮力体15により、浮力体15が接続されたコイルCLが浮力を得る。コイルCLは、水中において中性浮力を得ることが好ましい。また、浮力体15により、複数のコイルCL及び連結体30は、全体として水中において中性浮力を得ることが好ましい。中性浮力を得ることにより、例えば水中での運搬が容易になる。浮力体15の材料・構造や取付方法の詳細は、第1の実施形態と同様である。

[0080] (電力伝送システムの設置環境の変形例)

次に、第1、第2の実施形態の電力伝送システム10、400が置かれる環境の変形例について説明する。ここでは、電力伝送システム10として例示するが、電力伝送システム400についても同様である。

[0081] 図8は、電力伝送システム10が置かれる環境の第1変形例を示す模式図である。図8では、複数のコイルCL(反射コイルCLR、送電コイルCLA及び3つの中継コイルCLC1~3)が連結体30を介して接続されている。中継コイルCLC2の内部(中継コイルCLC1により包囲する領域内)には、UV71aが航走している。また、中継コイルCLC3の下方(水底方向)には、UV71bが航走している。UV71a、71b、受電コイルCLBを有する。受電コイルCLBは、磁界を用いて電力伝送を受けられるように、例えば水面90と略平行に配置される。

[0082] UV71aは、送電コイルCLA及び中継コイルCLC1を介して電力伝送を受ける。UV71bは、送電コイルCLA及び3つの中継コイルCLC1~CLC3を介して電力伝送を受ける。これにより、UV71a、71bは、データ取得活動等を実施できる。

[0083] 中継コイルCLC3の更に下方の水底95付近には、地震計72及び海中監視カメラ73が設置されている。地震計72及び海中監視カメラ73は、受電コイルCLBを有する。受電コイルCLBは、磁界を用いて電力伝送を受けられるように、例えば水面90と略平行に配置される。地震計72及び

海中監視カメラ 73 が有する受電コイル C L B は、送電コイル C L A から送電された電力を、必要に応じて 1 つ以上の中継コイル C L C を介して、磁界共鳴方式によって受ける。

[0084] これにより、地震計 72 は、電力供給元とケーブル等を接続することなく、また電力供給元に接近するよう移動することなく、水面 90 付近にある船舶 50 からの電力を受けて、地震による水底 95 としての海底の揺れを検出可能となる。また、海中監視カメラ 73 は、水面 90 付近にある船舶 50 からの電力を受けて、電力供給元とケーブル等を接続することなく、また電力供給元に接近するよう移動することなく、水面 90 付近にある船舶 50 からの電力を受けて、水底 95 としての海底付近の画像を撮像でき、海底付近を監視可能である。このように、水中航走体 60 以外の移動しない装置に対して、コイル C L を用いて電力伝送されてもよい。

[0085] 図 9 は、電力伝送システム 10 が置かれる環境の第 2 変形例を示す模式図である。図 9 では、複数のコイル C L（送電コイル C L A 及び 2 つの中継コイル C L C 1, C L C 2）が連結体 30 を介して接続されている。また、水上には、船舶 50 ではなく、太陽光発電機 51 が配置される。太陽光発電機 51 は、電線 20 としての海中ケーブルを介して送電コイル C L A と接続される。中継コイル C L C 2 は、支柱 31 によって水底 95 に設置されている。尚、支柱 31 は、水底 95 に接していなくてもよい。

[0086] 中継コイル C L C 2 の下方には、水底掘削機 80 としての自走ロボット 81 が水底 95 を航走している。自走ロボット 81 は、例えば水中又は水底 95 の検査を行う。自走ロボット 81 は、受電コイル C L B を有する。受電コイル C L B は、磁界を用いて太陽光発電機 51 からの電力を受けられるように、例えば水面 90 と略平行に配置される。

[0087] これにより、電力伝送システム 10 は、水上を移動しない太陽光発電機 51 から、コイル C L を用いて磁界共鳴方式によって、水中又は水底の自走ロボット 81 に対して電力供給できる。よって、自走ロボット 81 は、有線によって電力を受ける必要がなく、電力供給を受ける際に水面 90 付近に浮上

する必要がない。よって、自走ロボット 81 は、電力供給を受けながら、水中又は水底 95 において作業を継続できる。

[0088] 尚、太陽光発電機 51 以外の発電機（例えば風力発電機、波力発電機）が水上に設置されてもよい。

[0089] 尚、連結体 30 が設けられず、複数のコイル CL（送電コイル CLA 及び 2 つの中継コイル CLC1, CLC2）が連結体 30 を介して接続されていなくてもよい。

[0090] 図 10 は、電力伝送システム 10 が置かれる環境の第 3 変形例を示す模式図である。図 10 では、複数のコイル CL（送電コイル CLA 及び 2 つの中継コイル CLC1, CLC2）が連結体 30 を介して接続されている。また、水底 95 付近は熱水鉱床となっており、水底 95 には、地熱発電機 52 が設置されている。地熱発電機 52 は、電線 20 としての海中ケーブルを介して送電コイル CLA と接続される。図 10 では、送電コイル CLA が他のコイル CL（中継コイル CLC1, CLC2）よりも水底 95 側に配置されている。送電コイル CLA は、支柱 31 によって水底 95 に設置されている。支柱 31 は、水底 95 に接していなくてもよい。

[0091] 中継コイル CLC1 の中心部には、UV71 が航走している。UV71 は、受電コイル CLB を有する。受電コイル CLB は、磁界を用いて地熱発電機 52 からの電力を受けられるように、例えば水面 90 と略平行に配置される。

[0092] これにより、電力伝送システム 10 は、水底 95 で移動しない地熱発電機 52 から、コイル CL を用いて磁界共鳴方式によって、水中又は水底の UV71 に対して電力供給できる。よって、UV71 は、有線によって電力を受ける必要がなく、電力供給を受ける際に水底 95 方向に移動する必要がない。よって、UV71 は、電力供給を受けながら、水中又は水底 95 において作業を継続できる。

[0093] 図 11 は、電力伝送システム 10 が置かれる環境の第 4 変形例を示す模式図である。図 11 では、電源（例えば電力供給元としての船舶 50 や各種発

電機)にケーブルを介して接続された送電コイルC L Aが、水中に配置されている。送電コイルC L Aの下方(水底方向)では、U U V 7 1が航走し、橋脚9 1の水中検査を行っている。

[0094] U U V 7 1は、受電コイルC L Bを有する。受電コイルC L Bは、磁界を用いて地熱発電機5 2からの電力を受けられるように、例えば水面9 0と略平行に配置される。

[0095] 図1 1では、水中に存在する複数の橋脚9 1の全体を送電コイルC L A内部に含むように、送電コイルC L Aが設置されているが、これに限られない。例えば、送電コイルC L Aは、橋脚9 1の一部を送電コイルC L A内部に含むように配置されてもよい。

[0096] これにより、電力伝送システム1 0は、電源から、コイルC Lを用いて磁界共鳴方式によって、水中又は水底において橋脚9 1を水中検査中のU U V 7 1に対して電力供給できる。よって、U U V 7 1は、有線によって電力を受ける必要がなく、電力供給を受ける際に水底9 5方向に移動する必要がない。よって、U U V 7 1は、電力供給を受けながら、水中又は水底9 5において橋脚9 1の水中検査を継続できる。

[0097] 電力伝送システム1 0は、海洋鉱物資源探査に利用され得る。海洋鉱物資源は、例えばシェールガス、マンガン団塊、チタンハイドレード、メタンハイドレード、レアアースを含む。電力伝送システム1 0は、水産資源の管理や監視に利用され得る。電力伝送システム1 0は、海中観測網に利用され得る。海中観測は、例えば、地震観測、温度観測、C O 2観測を含む。電力伝送システム1 0は、橋脚9 1や栈橋の維持管理に利用され得る。

[0098] [第1, 第2の実施形態の効果等]

コイルC Lの線材として例えば銅が用いられている場合、銅は比重が値8 . 9程度であるので、水に対してかなり重い。また、コイルC Lに対して連結体3 0(例えばロープ)や支柱3 1が接続されると、システム構造物を運搬する場合の重量は更に大きくなる。

[0099] この場合に、浮力体1 5を用いずにコイルC Lやシステム構造物を運搬す

ると、コイルＣＬやシステム構造物が水底方向に沈み、水中での運搬が困難となる可能性がある。この場合、運搬船に台車を繋ぎ、水上の台車にコイルＣＬやシステム構造物を乗せて牽引し、設置場所まで水上で移動させる必要がある。また、水中でのコイルＣＬやシステム構造物の牽引が可能であっても、コイルＣＬやシステム構造物が大きな重量のために水底方向に沈み込む力が大きく作用し、運搬時に大きな力を作用させる必要がある。また、コイルＣＬやシステム構造物を運搬するために運搬船が大型化し、コイルＣＬやシステム構造物の設置作業が大がかりとなる。また、コイルＣＬやシステム構造物の重量が大きいので、運搬時に慣性力が働き、コイルＣＬやシステム構造物の運搬船が大きく揺れることがある。また、運搬時にコイルＣＬやシステム構造物と運搬船とを接続するケーブルが、大きな重量により断線する可能性もある。

[0100] これに対し、送電装置１００は、水中において、受電コイルを有する受電装置２００に電力を伝送する。送電装置１００は、磁界を介して受電コイルＣＬＢに電力を伝送する送電コイルＣＬＡを含む１つ以上の伝送コイルと、交流電力を送電コイルＣＬＡへ送電するドライバ１５１と、伝送コイルに接続されると共に、伝送コイルと共に共振する共振回路１５２を形成するコンデンサＣＡと、伝送コイルの少なくとも１つに接続された浮力体１５と、を備える。ドライバ１５１は、送電部の一例である。伝送コイルは、例えば送電コイルを含む。

[0101] これにより、伝送コイルに浮力体１５が接続されることで、水中における伝送コイルが軽量化される。よって、電力伝送システム１０，４００は、水中での伝送コイルやシステム構造物の運搬が可能となり、伝送コイルやシステム構造物の運搬時に作用させる力を低減することができる。尚、システム構造物は、全体が一度に運搬されてもよいし、分散して運搬されてもよい。

[0102] また、伝送コイルに浮力を与え、中性浮力とすることで、海水の比重と伝送コイルの比重とを同等とすることができる。そのため、伝送コイルやシステム構造物の運搬時に要する牽引力を小さくできる。

- [0103] また、伝送コイルの重量が軽減することで、伝送コイルの重量に対する連結体30や支柱31の耐力を小さくできる。よって、電力伝送システム10, 400は、システム構造物の材料費、運搬費、建設費などのコストを低減できる。
- [0104] また、伝送コイルやシステム構造物の重量が小さくなることで、運搬船を小型化できる。また、伝送コイルやシステム構造物が中性浮力となることで、伝送コイルやシステム構造物を海上から運搬可能となり、運搬船による曳航での搬送が可能となる。また、伝送コイルやシステム構造物の運搬時の慣性力も小さくなり、運搬船の揺れも低減できる。また、伝送コイルやシステム構造物の重量が軽減されることで、システム構造物と運搬船とを接続するケーブルの断線も抑制できる。
- [0105] このように、送電装置100及び電力伝送システム10, 400は、水中において電力伝送するための伝送コイルの設置に係る様々なコストを低減できる。
- [0106] また、送電装置100は、連結体30を備えてもよい。伝送コイルは、送電コイルCLAからの磁界を用いて受電コイルCLBに電力を伝送する少なくとも1つの中継コイルCLCを含んでもよい。連結体30は、送電コイルCLAと中継コイルCLCとを連結してもよい。
- [0107] これにより、送電装置100は、中継コイルCLCに浮力体15が接続されることで、中継コイルCLCを中性浮力とすることができ、中継コイルCLCを所望の位置に配置し易くなり、送電装置100と受電装置200との間の電力伝送を好適に中継できる。また、送電装置100は、中継コイルCLCを用いて、電力伝送距離を延長できる。また、上記と同様に、中継コイルCLCの設置に係る様々なコストを低減できる。また、送電装置100は、連結体30により各伝送コイルの移動を制限でき、共振回路152による共振効率を向上できるので、電力伝送効率を向上できる。従って、送電装置100は、水中において水流が発生しても、水中航走体60の充電効率が低下することを抑制できる。

- [0108] また、伝送コイルは、送電コイルC L Aが発生する磁界を水底95に向けて反射する反射コイルC L Rを含んでもよい。
- [0109] これにより、送電装置100は、伝送コイルに浮力体15が接続されることで、反射コイルC L Rを中性浮力とすることができ、反射コイルC L Rを所望の位置に配置し易くなる。また、送電装置100は、送電コイルC L Aから放出された磁界が水面90から放出されることを抑制でき、送電コイルC L Aから放出された磁界と水上や水中での超長波帯や極超長波の通信との干渉を抑制できる。よって、送電装置100は、受電装置200との間での電力伝送効率を向上できる。
- [0110] また、浮力体15は、連結体30に接続されてもよい。これにより、連結体30を中性浮力にすることができ、連結体30を含むシステム構造物の運搬を容易化できる。よって、上記と同様に、システム構造物の設置に係る様々なコストを低減できる。
- [0111] また、浮力体15は、伝送コイルにおける等間隔の位置に複数接続されてもよい。
- [0112] これにより、送電装置100は、伝送コイルに対して、伝送コイルの中心部を基準として点対称の位置で均一に浮力を付与できる。よって、伝送コイルが水中の設置後には、例えば伝送コイルを水面90と平行な面に沿って姿勢を維持し易くなり、伝送コイルを通過する磁界の損失を低減できる。
- [0113] また、浮力体15は、ケーブル15aを介して伝送コイルに接続され、内部に空気が充填されてもよい。
- [0114] これにより、例えば、伝送コイルに対して浮力体15がケーブル15aとしてのワイヤで固定されることで、浮力体15を容易に取扱いできる。また、空気バルーンを用いるので、浮力体15を安価に構成できる。また、浮力体15の取付数を調整することで、容易に浮力体15による浮力を調整可能である。
- [0115] また、浮力体15は、伝送コイルの内周又は外周に当接してもよい。
- [0116] これにより、浮力体15を伝送コイルに直接取付でき、浮力体15の取付

作業を容易にできる。また、伝送コイルの内周に浮力体 15 が当接する場合、伝送コイルと浮力体 15 とを含む領域の面積を小さくでき、潮流等の影響を低減できる。

[0117] また、浮力体 15 は、筒状且つ環状に形成され、浮力体 15 の内部に伝送コイルを内包してもよい。

[0118] これにより、送電装置 100 は、浮力体 15 が伝送コイルを内包することで、伝送コイルと浮力体 15 とが潮流等の力を受ける表面積を小さくできる。そのため、浮力体 15 の耐久性が向上する。また、伝送コイルの外周の全面を覆うことで、伝送コイルを保護できる。また、浮力体 15 が伝送コイルを内包して一体に形成されることで、浮力体 15 が突起部とならず、浮力体 15 は、水圧を均一に受けることができる。

[0119] また、浮力体 15 は、内部に伝送コイルの一部を内包してもよい。これにより、伝送コイルに対して部分的に浮力を与えて、例えば中性浮力とすることができる。また、伝送コイル全体を浮力体 15 が内包する場合と比較して、浮力体 15 の材料が少なく済み、安価に構成できる。

[0120] また、浮力体 15 は、内部に油が充填されてもよい。

[0121] これにより、油が水や海水と比重が同程度であるので、伝送コイルに対して容易に中性浮力を付与できる。また、送電装置 100 は、浮力体 15 に油が充填されることで、浮力体 15 が水圧により変形したり破損したりすることを抑制できる。

[0122] また、浮力体は、伝送コイルが配置された水深に応じて、異なる材料で形成されてもよい。

[0123] これにより、水深に応じて異なる浮力を与えることができ、例えば伝送コイルを多段に水深方向に連結した場合でも、それぞれの伝送コイルで中性浮力にし易くなる。これにより、多段の伝送コイルを水深方向に沿って所望の位置に配置し易くなり、多段の伝送コイルを用いた電力伝送の信頼性が向上する。

[0124] また、伝送コイルは、水面 90 と略直交する方向に電力を伝送してもよい

。

[0125] これにより、送電装置 100 は、水深方向に電力伝送距離を延長でき、水深の深い場所（深海）に位置する受電装置 200 に対して給電でき、受電装置 200 の作業効率を向上できる。

[0126] また、伝送コイルは、電力を伝送するとともに、データを通信してもよい。

[0127] これにより、受電装置 200 は、データ収集等の活動効率の低下を抑制しながら、送電装置 100 からの電力を充電でき、送電装置 100 との間でデータ通信できる。

[0128] また、送電装置 100 及び電力伝送システム 10, 400 によれば、受電装置 200（例えば水中航走体 60）は、水中の流れがある環境においても、送電コイル C L A に接触する必要なく、磁気共鳴方式による電力伝送の効率低下を抑制して、安定的に電力の供給を受けることができる。従って、水中航走体 60 は、データ収集等の活動を行いながら連続給電を受けることが可能になり、給電を受ける際の水中航走体 60 の稼働率が向上する。よって、送電装置 100 は、水中でのデータ収集活動の効率を向上できる。

[0129] また、送電装置 100 は、送電装置 100 の送電コイル C L A 及び受電装置 200 の受電コイル C L B を用いることで、磁気共鳴方式によりワイヤレスで電力伝送できる。また、送電装置 100 は、水中航走体 60 が所定の給電場所に移動することなく電力を受けられるので、給電時においても水中航走体 60 は自由に移動でき、ポジションフリーの電力伝送が可能となる。よって、送電装置 100 は、水中航走体 60 による水中や水底 95 での活動が阻害されることを抑制できる。よって、水中航走体 60 は、充電中でも作業範囲を拡大でき、作業中に連続充電できる。また、水中航走体 60 は、任意のタイミングで充電できるので、作業時間を短縮できる。

[0130] また、送電装置 100 は、中継コイル C L C を用いることで、連続した電磁誘導により電力伝送距離を延長できる。例えば、図 1 に示したように、中継コイル C L C を多段に水面 90 付近から水底方向へ配置することで、送電

装置 100 は、水深の深い位置（例えば水深 1000 m 以上）まで電力伝送可能となる。この場合、送電装置 100 は、海底資源の採掘や調査を行う水中航走体 60 に対して、ワイヤレスで電力伝送でき、給電時の水中航走体 60 の稼働率の低下を抑制できる。

[0131] また、無給電により動作するための大型のバッテリーを水中航走体 60 が備えなくても、水中航走体 60 が活動できる。この場合には、水中航走体 60 を小型化、軽量化できる。

[0132] （他の実施形態）

以上のように、本開示における技術の例示として、第 1、第 2 の実施形態を説明した。しかし、本開示における技術は、これに限定されず、変更、置き換え、付加、省略などを行った実施形態にも適用できる。

[0133] 第 1、第 2 の実施形態では、浮力体 15 に油等の液体が封入されることを例示したが、コイル CL に油等の液体が封入されてもよい。コイルは、1 回以上巻回された電線と、巻回された電線全体の外周を覆う被覆材と、を含んで構成される。コイル CL に油が封入される場合、コイル CL 内の電線と被覆材との間に油が封入される。

[0134] コイル CL に油等の液体が封入されることで、コイル CL が変形し難く、破損し難い。また、浮力体 15 を用いない場合でも、ある程度の浮力がコイル CL に与えられ、コイル CL の運搬を容易化できる。

[0135] このように、伝送コイルは、環状に形成された電線の周囲が被覆材により被覆され、電線と被覆材との間に油が充填されてもよい。

[0136] これにより、伝送コイル内の油により、伝送コイル自体に浮力が付与される。よって、伝送コイル自体の浮力と伝送コイルに接続された浮力体 15 による浮力との合計により中性浮力を得ようとする場合、浮力体 15 による浮力を小さくでき、浮力体 15 のコストを低減できる。

[0137] 第 1、第 2 の実施形態では、伝送コイル（例えば送電コイル CLA、中継コイル CLC、又は反射コイル CLR）に浮力体 15 が接続されることを例示したが、受電コイル CLB に浮力体 15 が接続されてもよい。これにより

、電力伝送システム 10 は、受電コイル C L B を搭載する水中航走体 60（例えば A U V）の重量負荷を低減でき、水中航走体 60 の電力消費（例えば 2 次電池 240 の電力消費）を抑制できる。

[0138] 第 1，第 2 の実施形態では、コイル C L に浮力体 15 が接続されることを例示したが、水中で使用される各種ケーブル（例えば電線 20，ケーブル 15 a）に浮力体 15 が接続されてもよい。各種ケーブルへの浮力体 15 の取付方法は、例えばコイル C L への浮力体 15 の取付方法と同様である。これにより、例えば、コイル C L と同様に、各種ケーブルの水中での運搬を容易にできる。

[0139] 第 1，第 2 の実施形態では、コイル C L に浮力体 15 が接続されることを例示したが、連結体 30（例えばロープ）に浮力体 15 が接続されてもよいし、支柱 31 に浮力体 15 が接続されてもよい。連結体 30 や支柱 31 への浮力体 15 の取付方法は、例えばコイル C L への浮力体 15 の取付方法と同様である。これにより、例えば、コイル C L と同様に、連結体 30 や支柱 31 の水中での運搬を容易にできる。尚、連結体 30 に接続される浮力体 15 は、ブイ 45 であってもよいし、ブイ 45 とは別体に設けられる浮力体であってもよい。

[0140] また、第 1，第 2 の実施形態では、図 3 及び図 5 において浮力体 15 が球形状であることを例示したが、他の形状でもよい。また、図 4 の（A），（B）及び図 6 の（A）～（C）において、コイル C L の延在方向に直交する面で切断した断面図では、浮力体の外周形状が円形であることを例示したが、他の形状であってもよい。

[0141] 第 1，第 2 の実施形態では、水中航走体 60 が 2 次電池 240 を備えることにより、水中充電が可能となることを例示した。尚、水中航走体 60 は 2 次電池 240 を備えなくてもよい。この場合でも、水中航走体 60 は各コイル C L を介して電力供給を受けることができ、つまり水中給電可能である。

[0142] 第 1，第 2 の実施形態では、電力伝送システム 10 として、海中又は海底においてデータ収集等を行う海底カメラシステムを例示したが、これ以外の

用途に適用されてもよい。例えば、受電装置 200 を様々なセンサを備える水中ロボットや無人探査機に設け、水中や水底 95 に配置してもよい。これにより、水中ロボットや無人探査機により、水産資源や養殖の管理、橋梁やダムなどのインフラシステムの維持管理、港湾などの海底監視が可能となる。

[0143] 第 1, 第 2 の実施形態では、水面 90 から水底 95 に向かって、送電コイル C L A、中継コイル C L C、及び受電コイル C L B が並んで配置されることを例示したが、コイル C L の配置方向はこれに限られない。例えば、水面 90 や水底 95 に沿う方向に、送電コイル C L A、中継コイル C L C、及び受電コイル C L B が並んで配置されてもよい。これにより、送電装置 100 は、水中で水平方向に電力伝送できる。

[0144] 第 1, 第 2 の実施形態では、C P U 130, 220 を例示したが、C P U 130, 220 以外のプロセッサが用いられてもよい。プロセッサは、物理的にどのように構成してもよい。また、プログラム可能なプロセッサを用いれば、プログラムの変更により処理内容を変更できるので、プロセッサの設計の自由度を高めることができる。プロセッサは、1つの半導体チップで構成してもよいし、物理的に複数の半導体チップで構成してもよい。複数の半導体チップで構成する場合、第 1 の実施形態の各制御をそれぞれ別の半導体チップで実現してもよい。この場合、それらの複数の半導体チップで 1つのプロセッサを構成すると考えることができる。また、プロセッサは、半導体チップと別の機能を有する部材（コンデンサ等）で構成してもよい。また、プロセッサが有する機能とそれ以外の機能とを実現するように、1つの半導体チップを構成してもよい。

[0145] 本開示を詳細にまた特定の実施態様を参照して説明したが、本開示の精神と範囲を逸脱することなく様々な変更や修正を加えることができることは当業者にとって明らかである。

本出願は、2016年10月28日出願の日本特許出願No. 2016-212218に基づくものであり、その内容はここに参照として取り込まれる。

産業上の利用可能性

[0146] 本開示は、水中において電力伝送するためのコイルの設置に係る様々なコストを低減できる送電装置等に有用である。

符号の説明

[0147] 1 0, 4 0 0 電力伝送システム

1 5 浮力体

1 5 a ケーブル

1 5 b ポリエチレン製の発泡材

1 5 c 外層

1 5 d 結束バンド

1 5 e 切断面

2 0 電線

3 0 連結体

3 1 支柱

4 0 錘

4 5 ブイ

5 0 船舶

5 1 太陽光発電機

5 2 地熱発電機

6 0 水中航走体

7 0 潜水艇

7 1 U U V

7 2 地震計

7 3 海中監視カメラ

8 0 水底掘削機

8 1 自走ロボット

9 0 水面

9 1 橋脚

9 5	水底	
1 0 0	送電装置	
1 1 0	電源	
1 2 0	A D C	
1 3 0	C P U	
1 4 0	情報通信部	
1 4 1	変復調回路	
1 5 0	送電回路	
1 5 1	ドライバ	
1 5 2	共振回路	
2 0 0	受電装置	
2 1 0	受電回路	
2 1 1	整流回路	
2 1 2	レギュレータ	
2 2 0	C P U	
2 3 0	充電制御回路	
2 4 0	2 次電池	
2 5 0	情報通信部	
2 5 1	変復調回路	
C L	コイル	
C L A	送電コイル	
C L B	受電コイル	
C L C, C L C 1, C L C 2, C L C 3	中継コイル	
C L R	反射コイル	
C A, C B, C C	コンデンサ	

請求の範囲

- [請求項1] 水中において、受電コイルを有する受電装置に電力を伝送する送電装置であって、
- 磁界を介して前記受電コイルに電力を伝送する送電コイルを含む1つ以上の伝送コイルと、
- 交流電力を前記送電コイルへ送電する送電部と、
- 前記伝送コイルに接続されると共に、前記伝送コイルと共に共振する共振回路を形成するコンデンサと、
- 前記伝送コイルの少なくとも1つに接続された浮力体と、
- を備える送電装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の送電装置であって、更に、
- 連結体を備え、
- 前記伝送コイルは、前記送電コイルからの磁界を用いて前記受電コイルに電力を伝送する少なくとも1つの中継コイルを含み、
- 前記連結体は、前記送電コイルと前記中継コイルとを連結する、送電装置。
- [請求項3] 請求項1に記載の送電装置であって、更に、
- 前記伝送コイルは、前記送電コイルが発生する磁界を水底に向けて反射する反射コイルを含む、送電装置。
- [請求項4] 請求項2に記載の送電装置であって、更に、
- 前記浮力体は、前記連結体に接続された、送電装置。
- [請求項5] 請求項1に記載の送電装置であって、
- 前記浮力体は、前記伝送コイルにおける等間隔の位置に複数接続された、送電装置。
- [請求項6] 請求項1に記載の送電装置であって、
- 前記浮力体は、ケーブルを介して前記伝送コイルに接続され、内部に空気が充填された送電装置。
- [請求項7] 請求項1に記載の送電装置であって、

前記浮力体は、前記伝送コイルの内周又は外周に当接する、送電装置。

[請求項8] 請求項1に記載の送電装置であって、
前記浮力体は、筒状且つ環状に形成され、当該浮力体の内部に前記伝送コイルを内包する、送電装置。

[請求項9] 請求項1に記載の送電装置であって、
前記浮力体は、当該浮力体の内部に前記伝送コイルの一部を内包する、送電装置。

[請求項10] 請求項7に記載の送電装置であって、
前記浮力体は、内部に油が充填された、送電装置。

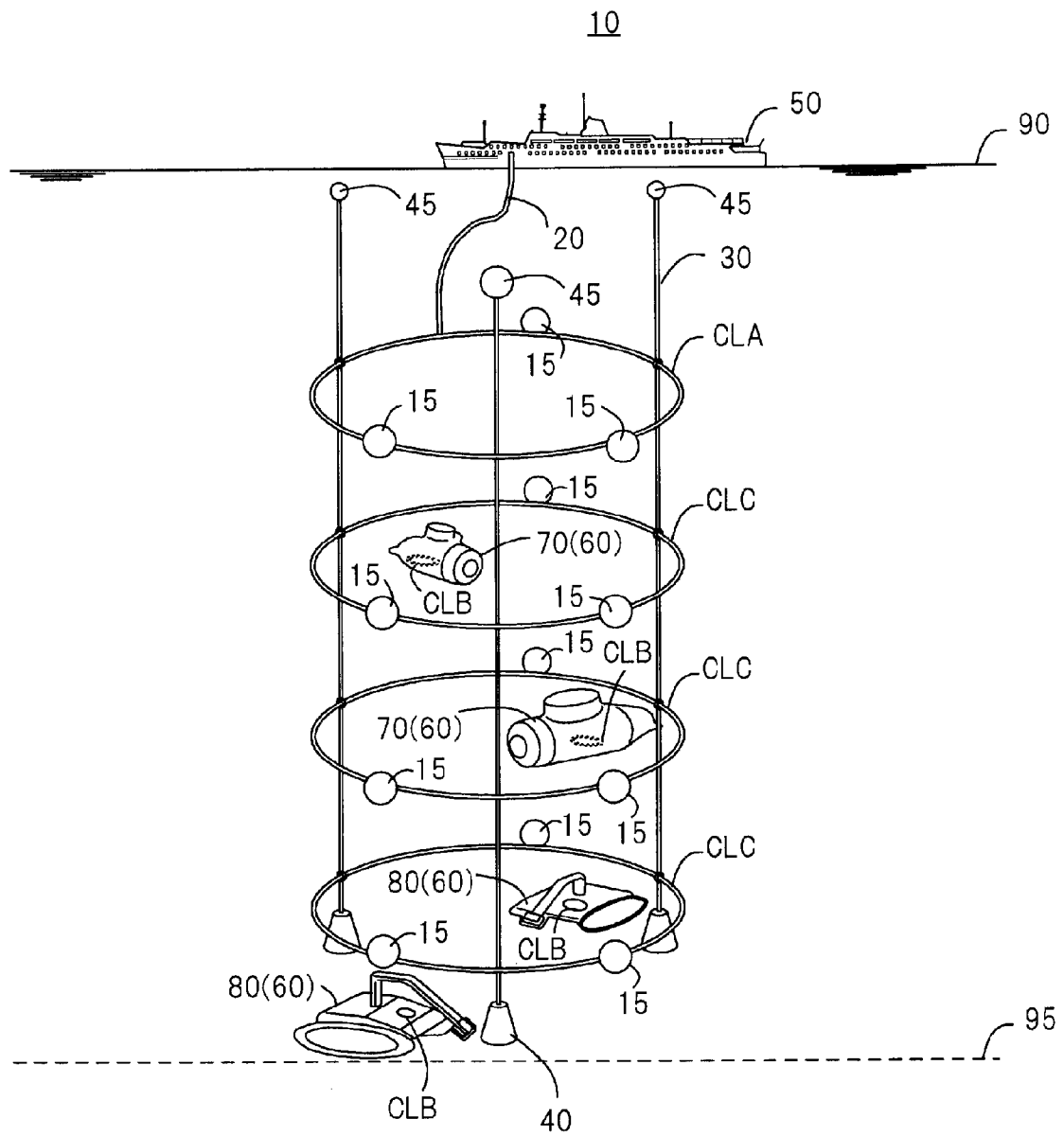
[請求項11] 請求項1に記載の送電装置であって、
前記浮力体は、前記伝送コイルが配置された水深に応じて、異なる材料で形成された、送電装置。

[請求項12] 請求項1に記載の送電装置であって、
前記伝送コイルは、環状に形成された電線の周囲が被覆材により被覆され、前記電線と被覆材との間に油が充填された、送電装置。

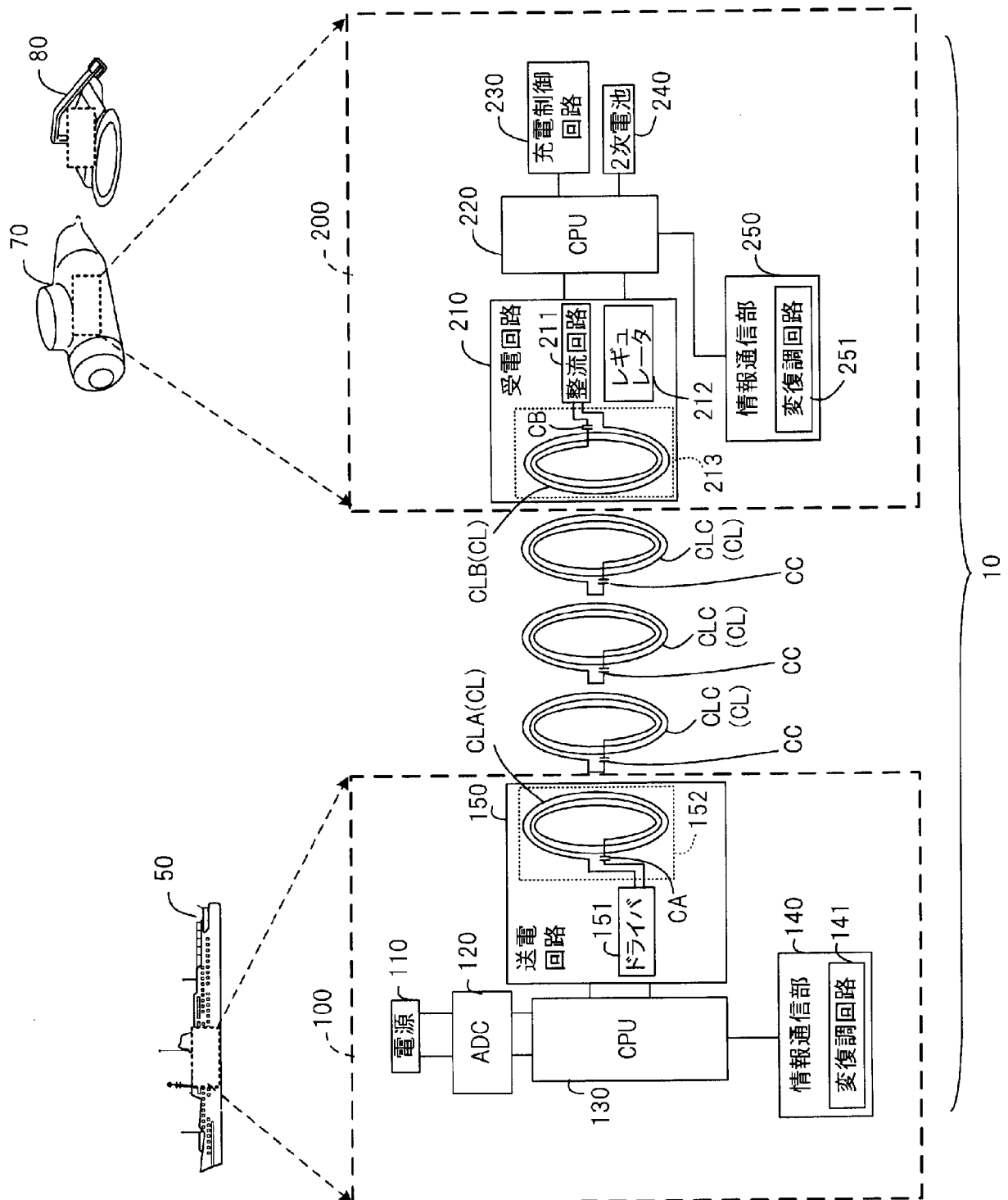
[請求項13] 請求項1に記載の送電装置であって、
前記伝送コイルは、水面と略直交する方向に電力を伝送する、送電装置。

[請求項14] 請求項1に記載の送電装置であって、
前記伝送コイルは、前記電力を伝送するとともに、データを通信する、送電装置。

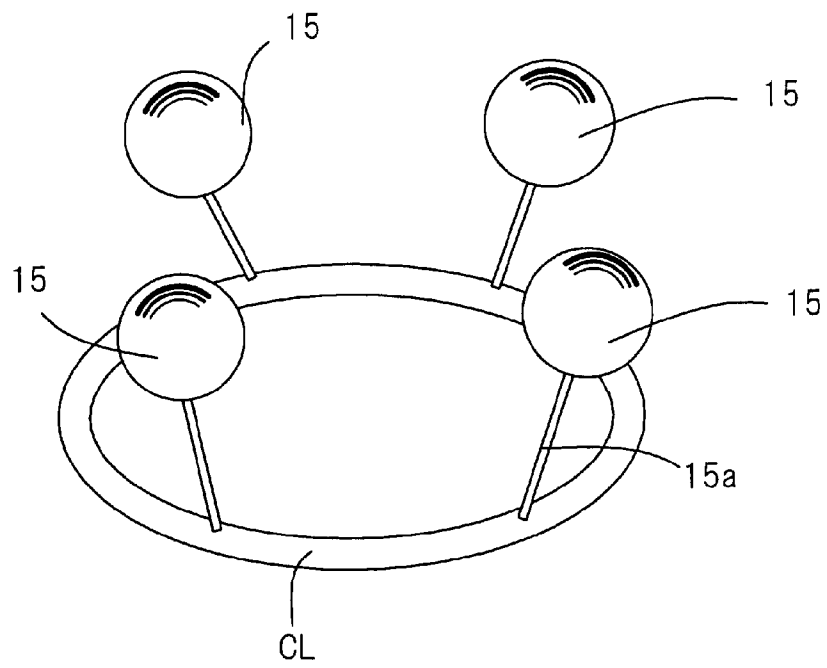
[図1]



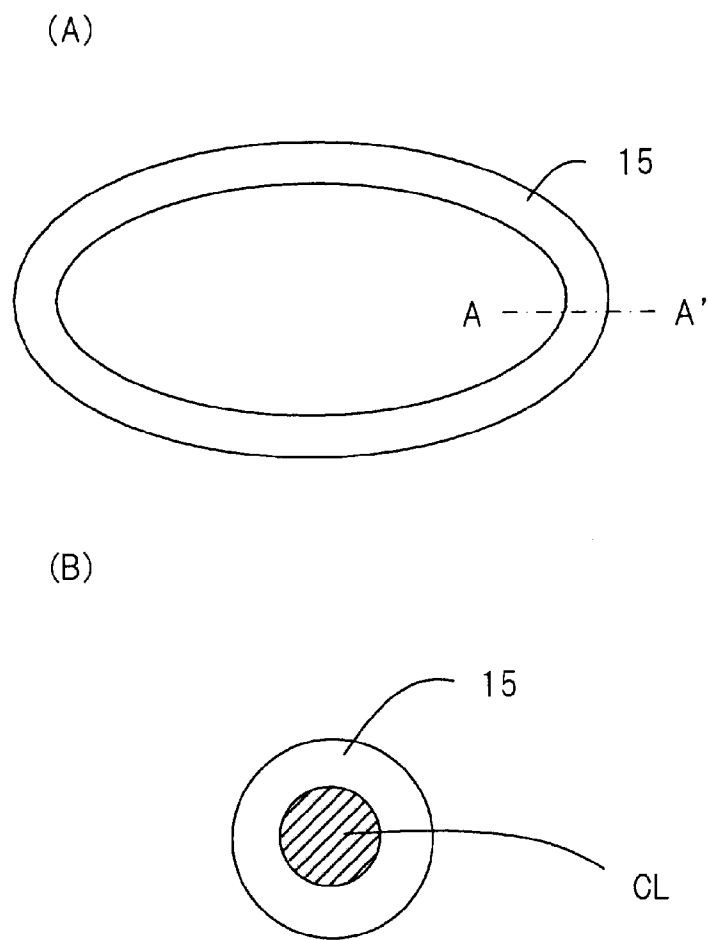
[図2]



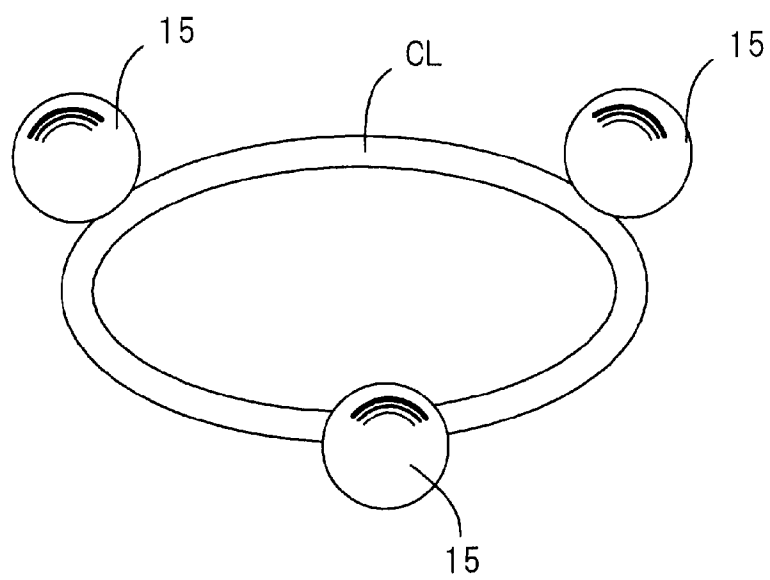
[図3]



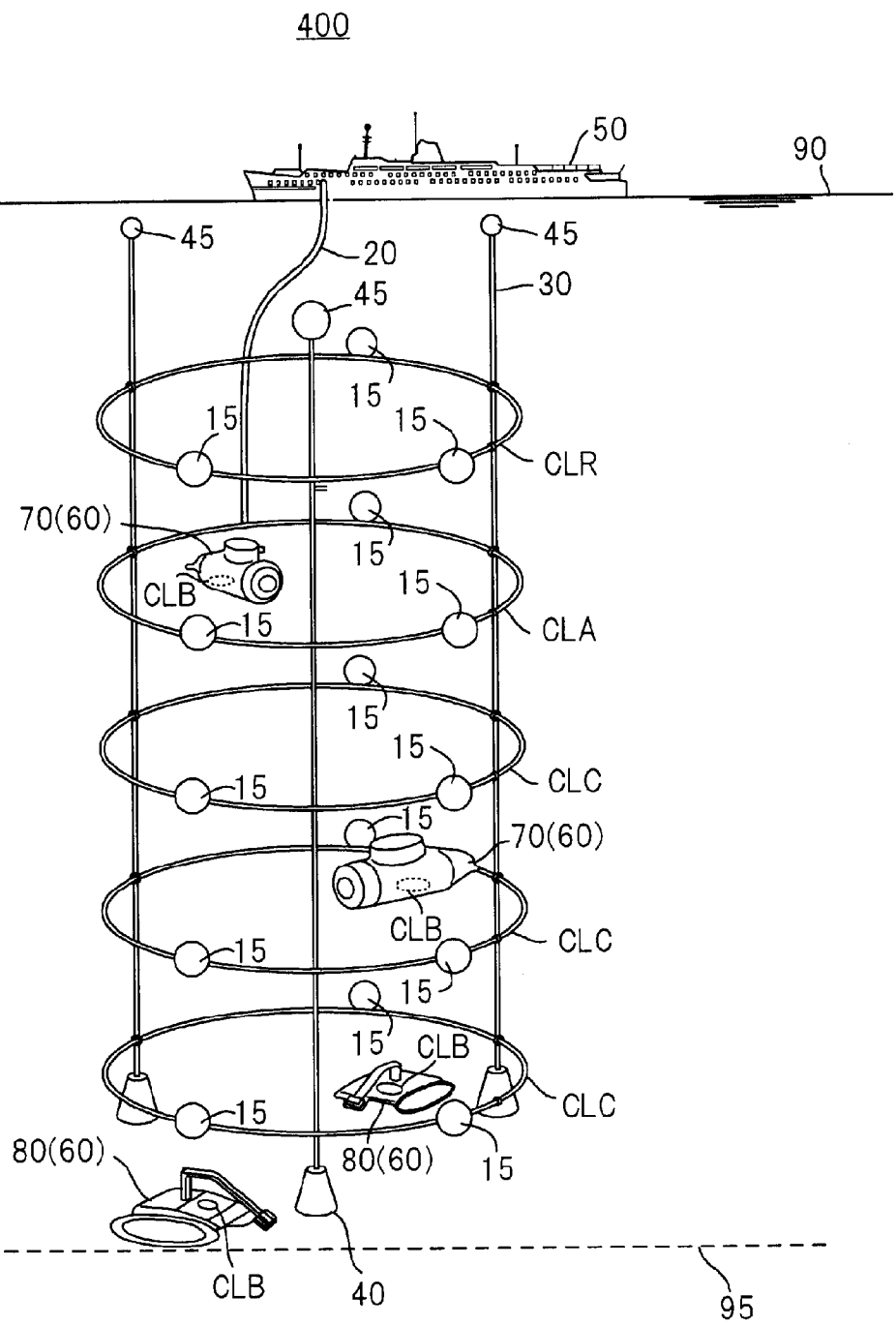
[図4]



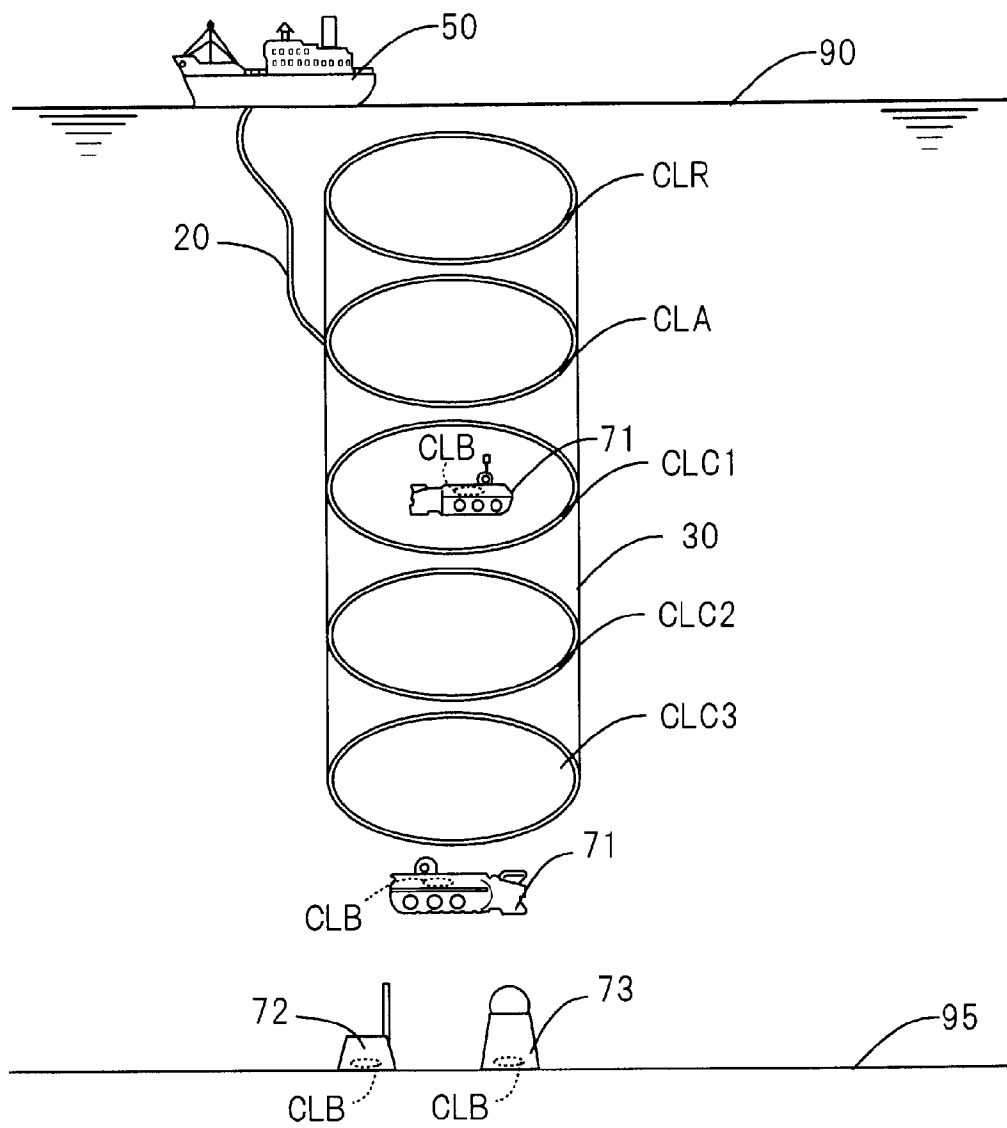
[図5]



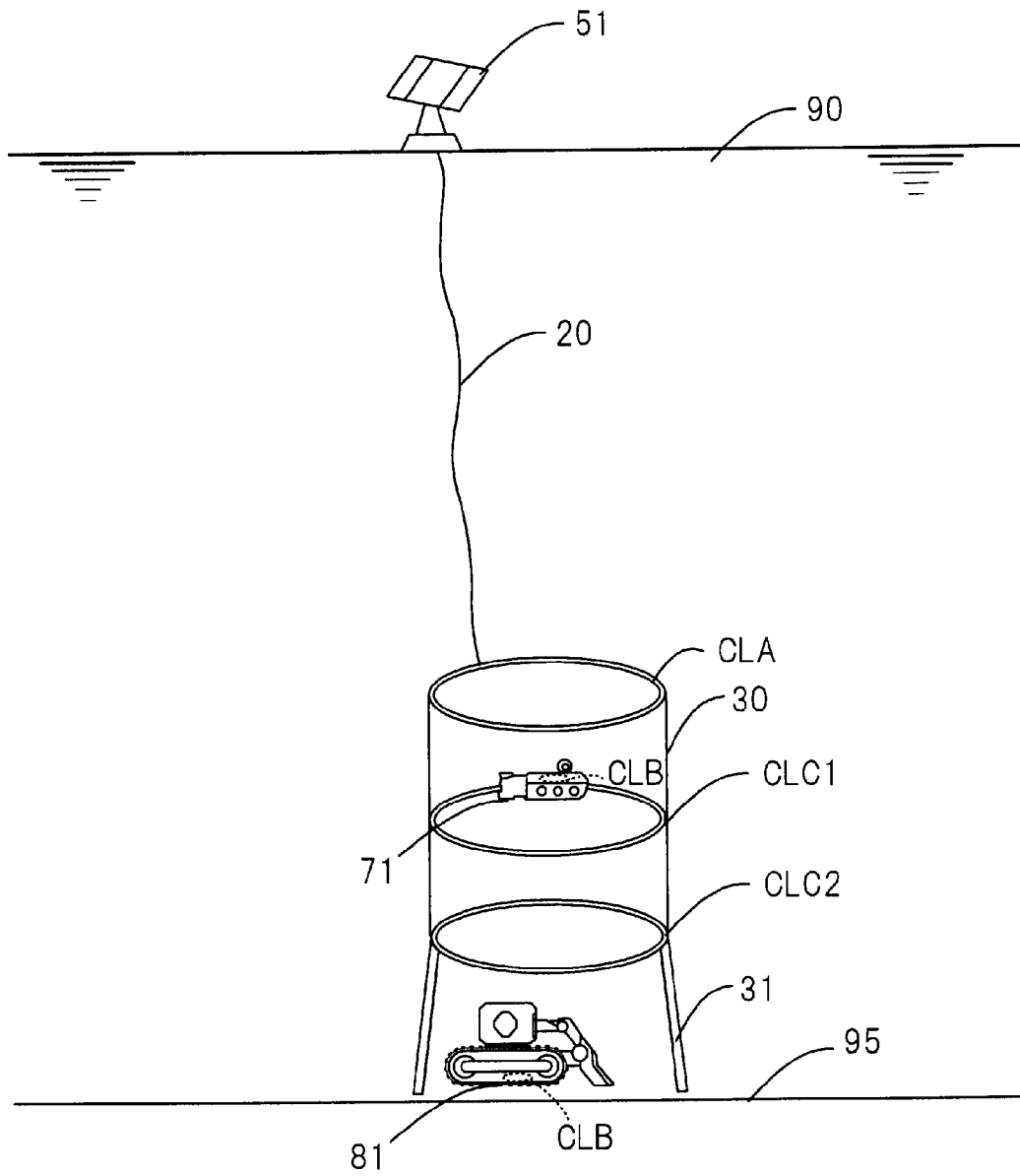
[図7]



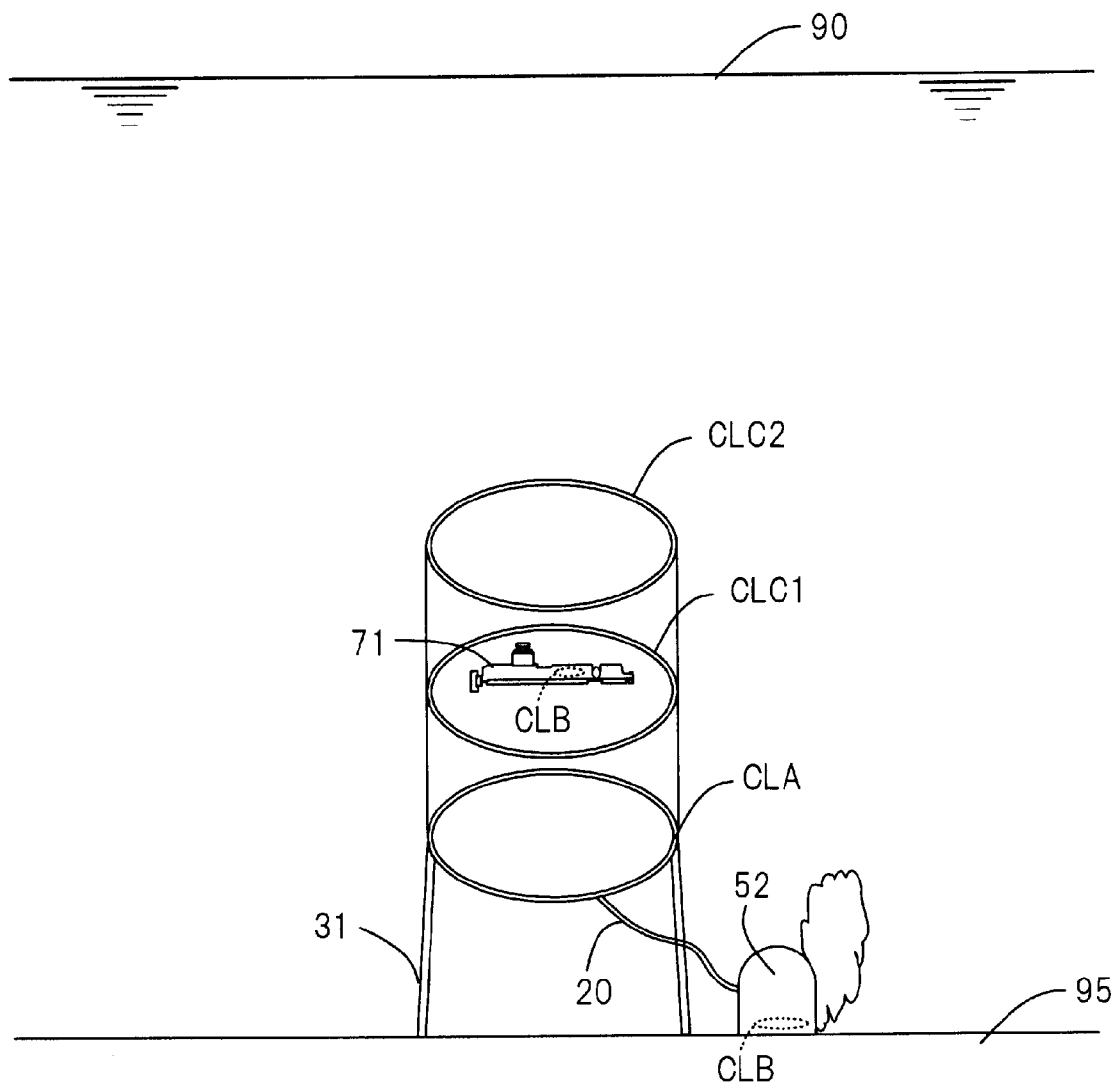
[図8]



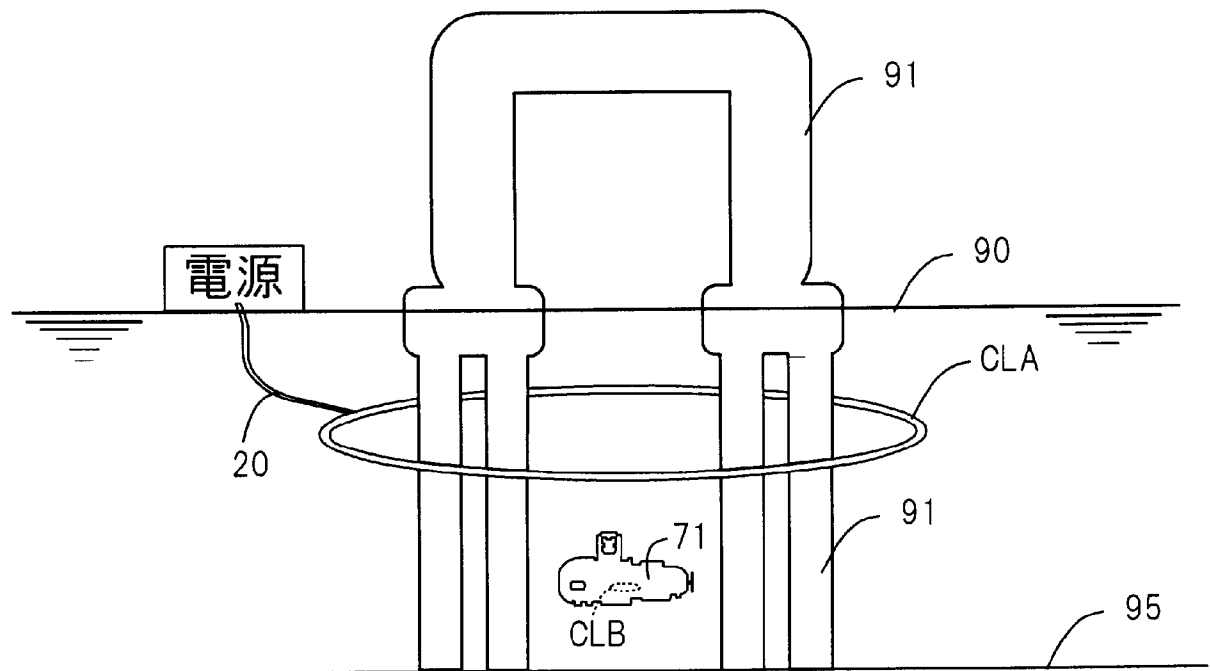
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/031865

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J50/50(2016.01)i, B63C11/00(2006.01)i, H01Q1/04(2006.01)i, H01Q7/00(2006.01)i, H02J50/12(2016.01)i, H02J50/80(2016.01)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)

H02J50/00-50/90, H02J7/00-7/12, H02J7/34-7/36, H02J5/00, H01M10/42-10/48, B63C11/00, H01Q1/04, H01Q7/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII), IEEE Xplore

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2014/073207 A1 (NEC Corp.), 15 May 2014 (15.05.2014), paragraphs [0013] to [0016], [0019] to [0027], [0035] to [0038], [0051] to [0060]; fig. 1, 2, 5, 6, 10 to 12 & EP 2919365 A1 paragraphs [0013] to [0016], [0020] to [0028], [0037] to [0040], [0055] to [0066]; fig. 1, 2, 5, 6, 10 to 12 & US 2015/0311880 A1	1-10, 12-14 11
Y	JP 7-189290 A (Toa Corp.), 28 July 1995 (28.07.1995), paragraph [0009]; fig. 1 (Family: none)	1-10, 12-14

☒ 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
26 October 2017 (26.10.17)

Date of mailing of the international search report
07 November 2017 (07.11.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/031865

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-247218 A (Toa Corp.), 27 September 2007 (27.09.2007), paragraph [0009]; fig. 1 (Family: none)	1-10, 12-14
Y	JP 2014-222975 A (IHI Corp.), 27 November 2014 (27.11.2014), paragraphs [0019], [0068], [0069]; fig. 1 & US 2016/0013664 A1 paragraphs [0132], [0188], [0189]; fig. 6 & WO 2014/181669 A1 & EP 2996221 A1 & CN 105191064 A	2, 4
Y	Ryosuke HASABA, Katsuya OKAMOTO, Futoshi DEGUCHI, Kazuhiro EGUCHI, Yoshio KOYANAGI, "Study of wireless power transmission for under seawater using EM simulation", Proceedings of the 2016 IEICE General Conference Tsushin 1, 16 March 2016 (16.03.2016) (received date), page 681	2-4
Y	JP 2013-215049 A (Advantest Corp.), 17 October 2013 (17.10.2013), paragraphs [0171] to [0183]; fig. 30 to 32 & US 2015/0015087 A1 paragraphs [0229] to [0242]; fig. 30 to 32 & WO 2013/150726 A1 & TW 201345104 A	3
Y	JP 10-223057 A (Kubota Corp.), 21 August 1998 (21.08.1998), paragraphs [0014] to [0017]; fig. 1 (Family: none)	8
Y	JP 5-120925 A (Shimizu Corp.), 18 May 1993 (18.05.1993), paragraph [0007]; fig. 2 (Family: none)	9
A	JP 2015-23669 A (IHI Transport Machinery Co., Ltd.), 02 February 2015 (02.02.2015), paragraphs [0066] to [0075]; fig. 4 & US 2016/0049799 A1 paragraphs [0175] to [0205]; fig. 4 & WO 2015/008599 A1 & CN 105379063 A	1-14
A	WO 2016/098151 A1 (The Chugoku Electric Power Co., Inc.), 23 June 2016 (23.06.2016), paragraphs [0033] to [0046]; fig. 1 to 3 & JP 5823656 B1	1-14

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H02J50/50(2016.01)i, B63C11/00(2006.01)i, H01Q1/04(2006.01)i, H01Q7/00(2006.01)i,
H02J50/12(2016.01)i, H02J50/80(2016.01)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 (I P C))

Int.Cl. H02J50/00-50/90, H02J7/00-7/12, H02J7/34-7/36, H02J5/00, H01M10/42-10/48,
B63C11/00, H01Q1/04, H01Q7/00

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 7 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 7 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 7 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/JMEDPlus/JST7580 (JDreamIII), IEEE Xplore

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 A	WO 2014/073207 A1 (日本電気株式会社) 2014.05.15, 段落 [0013] - [0016], [0019] - [0027], [0035] - [0038], [0051] - [0060], 第1, 2, 5, 6, 10-12図 & EP 2919365 A1, 段落 [0013] - [0016], [0020] - [0028], [0037] - [0040], [0055] - [0066], 第1, 2, 5, 6, 10-12図 & US 2015/0311880 A1	1-10, 12-14 11

☒ 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

2 6 . 1 0 . 2 0 1 7

国際調査報告の発送日

0 7 . 1 1 . 2 0 1 7

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

早川 卓哉

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 6 8

5 T

9 2 9 5

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 7-189290 A (東亜建設工業株式会社) 1995. 07. 28, 段落 [0009], 第1図 (ファミリーなし)	1-10, 12-14
Y	JP 2007-247218 A (東亜建設工業株式会社) 2007. 09. 27, 段落 [0009], 第1図 (ファミリーなし)	1-10, 12-14
Y	JP 2014-222975 A (株式会社 I H I) 2014. 11. 27, 段落 [0019], [0068], [0069], 第1図 & US 2016/0013664 A1, 段落 [0132], [0188], [0189], 第6図 & WO 2014/181669 A1 & EP 2996221 A1 & CN 105191064 A	2, 4
Y	榑場亮祐, 岡本克也, 出口太志, 江口和弘, 小柳芳雄, 海中ワイヤ レス電力伝送の電磁界シミュレーション検討, 電子情報通信学会 2016年総合大会講演論文集 通信1, 2016. 03. 16 (受入日), 第681頁	2-4
Y	JP 2013-215049 A (株式会社アドバンテスト) 2013. 10. 17, 段落 [0171] - [0183], 第30-32図 & US 2015/0015087 A1, 段落 [0229] - [0242], 第30- 32図 & WO 2013/150726 A1 & TW 201345104 A	3
Y	JP 10-223057 A (株式会社クボタ) 1998. 08. 21, 段落 [0014] - [0017], 第1図 (ファミリーなし)	8
Y	JP 5-120925 A (清水建設株式会社) 1993. 05. 18, 段落 [0007], 第2図 (ファミリーなし)	9
A	JP 2015-23669 A (I H I 運搬機械株式会社) 2015. 02. 02, 段落 [0066] - [0075], 第4図 & US 2016/0049799 A1, 段落 [0175] - [0205], 第4図 & WO 2015/008599 A1 & CN 105379063 A	1-14
A	WO 2016/098151 A1 (中国電力株式会社) 2016. 06. 23, 段落 [0033] - [0046], 第1-3図 & JP 5823656 B1	1-14