

(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
2020年8月27日(27.08.2020)



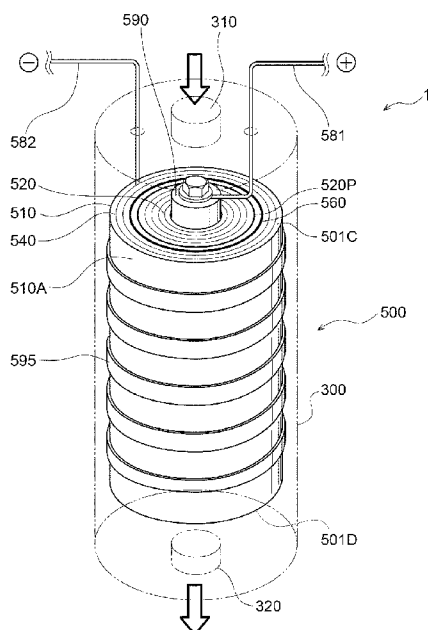
(10) 国際公開番号

WO 2020/171239 A1

- (51) 国際特許分類:
C25B 1/13 (2006.01) C25B 11/03 (2006.01)
C25B 1/10 (2006.01) C25B 11/06 (2006.01)
C25B 9/00 (2006.01) C25B 11/10 (2006.01)
C25B 9/10 (2006.01) C25B 13/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2020/007521
- (22) 国際出願日: 2020年2月25日(25.02.2020)
- (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 2019-031029 2019年2月22日(22.02.2019) JP
- (71) 出願人: 学校法人工学院大学 (KOGAKUIN UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒1638677 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 4 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 岡田 文雄(OKADA, Fumio); 〒1638677 東京都新宿区西新宿 1 丁目 2 4 番 2 号 学校法人工学院大学内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人太陽国際特許事務所 (TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿 4 丁目 3 番 1 7 号 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, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(54) Title: WATER ELECTROLYSIS APPARATUS, AND STERILIZATION/CLEANING METHOD AND METHOD FOR DECOMPOSING/REMOVING HARMFUL SUBSTANCE, EACH USING WATER ELECTROLYSIS APPARATUS

(54) 発明の名称: 水電解装置及び水電解装置を用いた殺菌洗浄方法並びに有害物質分解・除去方法



(57) Abstract: A water electrolysis apparatus (1) according to the present invention is provided with an electrode part which is configured to comprise: a positive electrode-side mesh electrode (140) that is electrically connected to a positive electrode (110); a polymer electrolyte membrane (120) that is superposed on the positive electrode-side mesh electrode so as to be adjacent thereto in the thickness direction; and a negative electrode-side mesh electrode (170) that is superposed on the polymer electrolyte membrane so as to be adjacent thereto in the thickness direction, while being electrically connected to a negative electrode (150). This electrode part is formed to have the shape of a roll that is wound around the positive electrode.

(57) 要約: 水電解装置 (1) は、陽極 (110) に電氣的に接続される陽極側メッシュ電極 (140) と、陽極側メッシュ電極の厚み方向に隣り合って重ねられる高分子電解質膜 (120) と、高分子電解質膜の厚み方向に隣り合って重ねられ、陰極 (150) に電氣的に接続される陰極側メッシュ電極 (170) とを含んで構成される電極部を備えており、この電極部が陽極に対して巻回されたロール状に形成されている。

(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：

水電解装置及び水電解装置を用いた殺菌洗浄方法並びに有害物質分解・除去方法

技術分野

[0001] 本発明は、水電解装置及び水電解装置を用いた殺菌洗浄方法並びに有害物質分解・除去方法に関する。

背景技術

[0002] 特開 2 0 1 8 - 7 6 5 7 5 号公報には、水電解セルに、角形の金属メッシュ電極を設け、金属メッシュ電極の面に対して水平に水を流通させることで、金属メッシュ電極内で微泡化されたオゾンと水とを接触させ、オゾン水の高濃度化を図るという発明が記載されている。

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0003] 本発明は、角形の金属メッシュ電極を用いた場合と比べて、水電解セルを小型化するとともに水電解セル内での圧力損失を低減させて、小型の装置ながら大流量の機能水を生成することを課題とする。また本発明は、角形の金属メッシュ電極を用いた場合と比べて、少ない配管数で効率良く水電解できるようにすることを課題とする。また、本発明は、簡易な装置、方法で河川水等の汚染水を殺菌、洗浄することを課題とする。また、本発明は、簡易な装置、方法で工場等から排水される排水中の有害物質を分解・除去することを課題とする。

課題を解決するための手段

[0004] 本発明の第 1 の態様は、陽極と、陰極と、前記陽極に電氣的に接続される陽極側メッシュ電極と、当該陽極側メッシュ電極の厚み方向に隣り合って重ねられる高分子電解質膜と、当該高分子電解質膜の厚み方向に隣り合って重ねられ、前記陰極に電氣的に接続される陰極側メッシュ電極とを含んで構成

される電極部と、を備え、前記電極部の前記厚み方向に垂直な電極面が前記陽極または前記陰極を囲むように、及び/または、前記電極部の前記厚み方向に垂直な電極面同士が対面するように、前記電極部が曲がった形状で構成され、前記電極部の前記曲がった形状の一方の端面に連通し、外部より原料水が流入される流入口と、前記一方の端面とは反対側の前記電極部の他方の端面に連通し、電解水が外部に流出される流出口と、を備えている。

[0005] 本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記一方の端面及び前記他方の端面でみて、前記電極部が前記陽極または前記陰極に対して巻回されたロール状に形成されている。

[0006] 本発明の第3の態様は、第1の態様において、前記電極部の前記電極面には、前記陽極側メッシュ電極と前記陰極側メッシュ電極を電氣的に絶縁する絶縁膜が形成されている。

[0007] 本発明の第4の態様は、第3の態様において、前記一方の端面及び前記他方の端面でみて、前記電極部が前記陽極または前記陰極に対して1回を超えて巻回されたロール状に形成されている。

[0008] 本発明の第5の態様は、第1の態様において、筐体に前記流入口および前記流出口が設けられ、前記筐体内に、前記電極部が配置され、前記筐体内にあって、前記水電解部と前記流出口の間に、気液混合部が介在され、前記気液混合部は、前記電極部の前記他方の端面に連通する気液混合入口部と、気液混合された流体を排出し、前記流出口に連通する気液混合出口部と、を備えている。

[0009] 本発明の第6の態様は、第1の態様において、前記電極部の陽極側に、ボロンドープダイヤモンドを含む触媒電極が設けられる。

[0010] 本発明の第7の態様は、第6の態様において、水電解装置の前記流入口に、菌および/またはウイルスを含む汚染水を供給し、当該水電解装置の前記流出口から、ATP（アデノシン三リン酸）値が低下した水を流出させる。

[0011] 本発明の第8の態様は、第6の態様において、水電解装置を用いて前記電解水として、オゾンと過酸化水素が共存する促進酸化水を生成し、生成され

た前記促進酸化水を、菌および/またはウイルスを含む汚染水と混合して、ATP（アデノシン三リン酸）値を低下させる。

[0012] 本発明の第9の態様は、第6の態様において、水電解装置の前記流入口に、有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンを含む汚染水を供給し、当該水電解装置の前記流出口から、有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンが分解・除去された水を流出させる。

[0013] 本発明の第10の態様は、第6の態様において、水電解装置を用いて前記電解水として、オゾンと過酸化水素が共存する促進酸化水を生成し、生成された前記促進酸化水を、有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンを含む汚染水と混合して、汚染水中の有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンを分解・除去する。

発明の効果

[0014] 本発明の第1の態様によれば、角形（正方形または長方形であり湾曲していない平面状の意味で用いる。以下、同じ）のメッシュ電極で構成した単体の水電解部を用いた場合と比べて、水の流入断面積を大きくすることができる。このため、水電解装置を通過する水の圧力損失が小さくなり、小型の装置ながら大流量の機能水を生成できる。また、単体の水電解部を用いた場合と比べて、電極面積を大きくすることができる。このため、オゾンと過酸化水素の生成量が増加する。これにより、大流量で高濃度の促進酸化水を製造することが可能となる。また、水電解部への水を供給する流入口と水電解部からの水を排出する流出口が共通化されるため、流入口と流出口の配管がそれぞれ一本ずつで済む。これにより複数の水電解装置を並列に並べた場合と比べて、配管数が減り省スペース化を図ることができる。また陽極側電解水、陰極側電解水を合流させて利用する構造であるため、水を節約することができる。

[0015] 本発明の第3の態様によれば、陽極メッシュ電極と陰極メッシュ電極が対面したとしても電氣的に絶縁される。

[0016] 本発明の第5の態様によれば、水電解部と気液混合部を配管で接続する場

合と比べて、省スペース化を図ることができる。また高効率にガスが水に溶解する。このため溶解度が大きい電解水を生成することができる。このためオゾンの溶解度が大きく、オゾンガスが発生しない安全な促進酸化水を生成することができる。

[0017] 本発明の第6の態様によれば、陽極側でオゾンと過酸化水素を生成でき、オゾンと過酸化水素が共存する促進酸化水を生成することができる。

[0018] 本発明の第7の態様、第8の態様によれば、河川水、井戸水等の汚染水を簡易な装置、方法で殺菌、洗浄することができる。

[0019] 本発明の第9の態様、第10の態様によれば、工場等から排水される排水中の有害物質を簡易な装置、方法で分解・除去することができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]第1の参考形態の水電解装置を側面からみた断面図である。

[図2A]陽極側電解領域における水の流れを説明する図である。

[図2B]従来の角型のメッシュ電極を用いて水電解部を構成した場合の水の流れを説明する図である。

[図3A]第1の参考形態の水電解部の水の流れを説明する図である。

[図3B]第2の参考形態の水電解部の水の流れを説明する図である。

[図4A]第3の参考形態の水電解部の水の流れを説明する図である。

[図4B]第4の参考形態の水電解部の水の流れを説明する図である。

[図5A]第5の参考形態の水電解部の水の流れを説明する図である。

[図5B]第6の参考形態の水電解部の水の流れを説明する図である。

[図6]第7の水電解部の水の流れを説明する図である。

[図7]第9の参考形態を示す図で、図1の筐体内に配置される水電解部の構成例を示す分解図である。

[図8]第10の参考形態の水電解部の構成例を示す分解図である。

[図9]第2の参考形態の水電解部と気液混合部を筐体内に配置した第11の参考形態の水電解装置の構成例を示す図で、側面からみた断面図である。

[図10A]チタン(Ti)メッシュ上にボロンドープダイヤモンド(BDD)粉

が担持されたボロンドープダイヤモンド（BDD）担持メッシュ電極を製造する方法を説明する図である。

[図10B]チタン（Ti）メッシュ上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉が担持されたボロンドープダイヤモンド（BDD）担持メッシュ電極を製造する方法を説明する図である。

[図11A]チタン（Ti）メッシュ上に、酸化イリジウム（IrO₂）粉が担持されたメッシュ電極を製造する方法を説明する図である。

[図11B]チタン（Ti）メッシュ上に、酸化イリジウム（IrO₂）粉が担持されたメッシュ電極を製造する方法を説明する図である。

[図12]参考例1を説明する図で、水電解部の分解図である。

[図13]参考例1の水電解装置の電圧-電流特性を示す図である。

[図14]参考例1において、生成された機能水中の溶存オゾン濃度を示す図である。

[図15]参考例1において、気相オゾン生成速度を示す図である。

[図16]参考例1において、気相オゾン、液相オゾンおよび気相オゾンと液相オゾンの合計それぞれのオゾン生成電流効率を示す図である。

[図17]参考例1において、生成した機能水中の過酸化水素濃度を示す図である。

[図18]参考例2において、陽極側電解水と陰極側電解水のpHを示す図である。

[図19]参考例2において、高分子電解質膜に接触する陰極側メッシュ電極としてプラチナ（Pt）メッシュ電極とチタン（Ti）メッシュ電極を用いた場合の水酸化物イオンOH⁻の生成速度の違いを示す図である。

[図20]参考例3を説明する図で、水電解部の分解図である。

[図21]参考例3の水電解装置の電圧-電流特性を示す図である。

[図22]参考例3において、気相オゾン生成速度を示す図である。

[図23]参考例3において、電流密度0.2 A/cm²（1.7 A）で水電解を24時間継続した場合の溶存オゾン濃度を示す図である。

[図24]参考例3において、電流密度 0.2 A/cm^2 (1.7 A)で24時間運転したときの過酸化水素の濃度を示す図である。

[図25]参考例3において、電流密度 0.2 A/cm^2 (1.7 A)で24時間運転したときのオゾン生成電流効率の経時変化を示す図である。

[図26]参考例4の耐久試験における電圧の経時変化を示す図である。

[図27]参考例4において、時間の経過に伴う溶存オゾン濃度の減少の様子を示す図である。

[図28]参考例5において、各電流密度における液相のオゾン (O_3) と過酸化水素 (H_2O_2) の濃度を表として示す図である。

[図29]参考例5の耐久試験における電圧の経時変化を示す図である。

[図30A]実施例1の構成例を示す図で、図30Bに示すロール状電極部を拡大するとともに、平坦にして断面構造を示す図である。

[図30B]実施例1の構成例を示す図で、水電解部の断面図である。

[図31A]実施例1の構成例を示す図で、筐体内に水電解部を配置した構成を示す図である。

[図31B]実施例1の構成例を示す図で、筐体と水電解部の間に配置されるスパーサの平面図である。

[図32A]第1の実施形態のロール状電極部の断面構造を示す図である。

[図32B]第1の実施形態の水電解部の構成を示す断面図である。

[図33]第1の実施形態の水電解装置を示す斜視図である。

[図34A]ロール状電極部の他の構成例を示す図である。

[図34B]ロール状電極部の他の構成例を示す図である。

[図35A]ロール状電極部に置換可能な電極部の構成例を示す図である。

[図35B]ロール状電極部に置換可能な電極部の構成例を示す図である。

[図36]第2の実施形態を示す図で、水電解部と気液混合部を同一の筐体（缶体）内に収容したミキサー内蔵型のロール型水電解装置の断面図である。

[図37]実施例3を示す図で、第1の実施形態の水電解装置の流入口に水道の蛇口を連通させるように配管接続した装置構成を示す図である。

[図38]実施例3の水電解装置の水流量-圧力損失特性を示す図である。

[図39]実施例3の水電解装置の電圧-電流特性を示す図である。

[図40]実施例3の水電解装置の水流量と、生成された促進酸化水中の溶存オゾンの濃度、過酸化水素の濃度、液相オゾン生成電流効率との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下に示す各参考形態及び各参考例並びに実施例1、実施例2は、2019年2月22日に出願された日本国特許出願2019-031029に開示されたものである。

[0022] 以下、図面を参照して、本発明に係る参考形態を説明する。

[0023] (第1の参考形態)

図1は、第1の参考形態の水電解装置1を側面からみた断面図である。

[0024] 水電解装置1は、水道水、純水またはイオン交換水（軟水）等の水を水電解してオゾン水、水素水、オゾンと過酸化水素を混合した促進酸化水などの機能水を電解水として生成する装置である。

[0025] 水電解装置1は、図1に示されるように、筐体300と水電解部100とから構成されている。筐体300は、円筒形状に形成されている。水電解部100は円柱形状に形成されている。筐体300は、図中上方からみて円形の上板330と、図中下方からみて円形の下板340と、上板330と下板340の間の円筒部350とを含んで構成される。

[0026] 筐体300内に水電解部100が配置されている。筐体300には、流入口310と流出口320が、筐体300の外部と筐体300の内部を連通するように設けられている。

[0027] 流入口310は筐体300の上板330に設けられている。流出口320は筐体300の下板340に設けられている。流入口310は、たとえば筐体300の上板330の中心に形成された貫通孔である。この貫通孔をネジ孔とし、ネジ部を有した流入用配管の継ぎ手を螺合してもよい。流出口320は、たとえば筐体300の下板340の中心に形成された貫通孔である。

この貫通孔をネジ孔とし、ネジ部を有した流出用配管の継ぎ手を螺合してもよい。流入口３１０と流出口３２０は、その中心が筐体３００の鉛直中心軸に一致または略一致するように配置されている。なお、流入口３１０と流出口３２０は、その中心が筐体３００の鉛直中心軸からずれて配置されていてもよい。

[0028] 流入口３１０には、外部から原料水が流入される。水電解部１００は、流入口３１０と流出口３２０との間に介在されている。流出口３２０からは、水電解部１００で生成された電解水が外部に流出される。

[0029] 水電解部１００は、陽極１１０と、高分子電解質膜１２０と、陽極側電解領域１３０と、陽極側メッシュ電極１４０と、陰極１５０と、陰極側電解領域１６０と、陰極側メッシュ電極１７０とを含んで構成される。なお、図７で後述するように陽極１１０を陽極保持部内に收容して保持してもよい。同様に陰極１５０を陰極保持部内に收容して保持してもよい。

[0030] 陽極１１０は、図示しない直流電源のプラス端子に電源コード１１１、陽極端子１１９を介して電氣的に接続された陽極側電極板としての陽極側ターミナルプレートである。

[0031] 高分子電解質膜１２０は、陽極１１０の厚み方向に設けられ、流出口３２０に連通する内側開口部１２１が形成されている。高分子電解質膜１２０としては、例えば、ナフィオン膜（例えばナフィオン１１７膜；ナフィオンは登録商標）などの固体高分子電解質膜が用いられる。高分子電解質膜１２０としては、ナフィオン膜に限らず、種々の固体電解質膜を用いることができる。

[0032] 陽極側電解領域１３０は、陽極１１０と高分子電解質膜１２０との間に形成され、外周開口部１３１が流入口３１０に連通している。

[0033] 陽極側メッシュ電極１４０は、陽極側電解領域１３０に設けられ、この陽極側電解領域１３０の内側に内側開口部１４１を有しており、この内側開口部１４１が高分子電解質膜１２０の内側開口部１２１に連通している。

[0034] 陰極１５０は、上記直流電源のマイナス端子に電源コード１５１、陰極端

子 159 を介して電氣的に接続された陰極側電極板としての陰極側ターミナルプレートである。陰極 150 は、高分子電解質膜 120 の厚み方向に設けられている。陰極 150 には、高分子電解質膜 120 の内側開口部 121 に連通する内側開口部 152 が形成されている。

[0035] 陰極側電解領域 160 は、高分子電解質膜 120 と陰極 150 との間に形成され、外周開口部 161 が流入口 310 に連通している。

[0036] 陰極側メッシュ電極 170 は、陰極側電解領域 160 に設けられ、この陰極側電解領域 160 の内側に内側開口部 171 を有し、この内側開口部 171 が高分子電解質膜 120 の内側開口部 121 に連通している。

[0037] 陽極側メッシュ電極 140 および陰極側メッシュ電極 170 の電極面は、高分子電解質膜 120 の面に対して平行となっている。

[0038] 陽極 110 と、陽極側メッシュ電極 140 と、高分子電解質膜 120 と、陰極側メッシュ電極 170 と、陰極 150 は、厚み方向に垂直な平面でみて、つまり図中上方からみて外形が円形または略円形に形成されている。陽極側メッシュ電極 140、高分子電解質膜 120、陰極側メッシュ電極 170、陰極 150 それぞれの内側開口部 141、121、171、152 は、円形または略円形に形成されている。内側開口部 141、121、171、152 は、たとえば陽極側メッシュ電極 140、高分子電解質膜 120、陰極側メッシュ電極 170、陰極 150 それぞれの中心に形成された貫通孔である。陽極側メッシュ電極 140、高分子電解質膜 120、陰極側メッシュ電極 170、陰極 150 は、厚み方向に垂直な平面でみて、つまり図中上方からみて、円環状または略円環状に形成されている。陽極側メッシュ電極 140、高分子電解質膜 120、陰極側メッシュ電極 170、陰極 150 は、それぞれの内側開口部 141、121、171、152 の中心が、筐体 300 の鉛直中心軸方向に一致または略一致するように配置されている。なお、陽極側メッシュ電極 140、高分子電解質膜 120、陰極側メッシュ電極 170、陰極 150 は、それぞれの内側開口部 141、121、171、152 の中心が筐体 300 の鉛直中心軸からずれて配置されていてもよい。

- [0039] 陽極側メッシュ電極 140 は、たとえば 1 つのメッシュ電極で構成することができる。メッシュ電極 140 は、その上面が陽極 110 に接触し、その下面が高分子電解質膜 120 に接触するように配置されている。
- [0040] 陰極側メッシュ電極 170 は、たとえば 2 つのメッシュ電極で構成することができる。陰極側メッシュ電極 170 の各メッシュ電極は、互いに厚み方向に接触し、上方のメッシュ電極の上面が高分子電解質膜 120 に接触し、下方のメッシュ電極の下面が陰極 150 に接触するように配置されている。
- [0041] 陽極側メッシュ電極 140 を構成するメッシュ電極の数は、1 以上の任意の数のメッシュ電極で構成することができる。同様に陰極側メッシュ電極 170 を構成するメッシュ電極の数は、1 以上の任意の数のメッシュ電極で構成することができる。
- [0042] 陽極側メッシュ電極 140 を陽極 110 と高分子電解質膜 120 の間に挟み、陰極側メッシュ電極 170 を高分子電解質膜 120 と陰極 150 の間に挟み、陽極 110、陰極 150、筐体 300 の下板 340 に形成されたネジ孔にボルト 180 のネジ部を螺合する。ボルト 180 をねじ込み、厚み方向に締結することで、水電解部 100 が、筐体 300 の下板 340 に固定される。なお後述するように陽極保持部と陰極保持部にボルト 180 をねじ込み固定してもよい。
- [0043] 水電解装置 1 では、陽極 110 と筐体 300 の上板 330 の間に隙間としての流路 301 が形成される。また陽極 110 および陰極 150 と筐体 300 の円筒部 350 の間に隙間としての流路 302 が形成される。また陰極 150 と筐体 300 の下板 340 の間に隙間としての流路 303 が形成される。
- [0044] 陰極 150 と筐体 300 の下板 340 の間の隙間として流路 303 は、Oリング 360 によってシールされる。Oリング 360 の内側上方に、陰極 150 の内側開口部 152 が位置し、Oリング 360 の内側下方に、流出口 320 が位置するように、Oリング 360 が配置される。
- [0045] 陽極側メッシュ電極 140、陰極側メッシュ電極 170 は、生成しようと

する機能水の種類に応じて材料が選定される。陽極側メッシュ電極 140、陰極側メッシュ電極 170 としては、例えば、水の電気分解活性に優れた触媒電極が用いられる。この触媒電極としては、例えば、Pt、Ni、ステンレス等の金属、 PbO_2 、Ni や Sb をドーピングした SnO_2 、 IrO_2 、 Nb_2O_5 、 TaO_x 等の酸化物、活性炭素、ボロンドープダイヤモンド (BDD) 等の炭素電極などが用いられる。陽極側メッシュ電極 140、陰極側メッシュ電極 170 としては、水中へのガス成分の溶解を促進するため、平織り、あるいは複数本を束ねて綾織りにした構造のものがよい。また織り込みのないエキスパンドメタルなどを使用してもよい。陽極側メッシュ電極 140、陰極側メッシュ電極 170 としては、液体 (水) がメッシュ面を通過する際に気体 (ガス) が液体 (水) 中に効率よく溶解する構造のものであればよい。例えば、平織りや綾織りなどで板状 (扁平状) かつメッシュ状 (網状) の電極が用いられる。

[0046] 例えば、オゾン水を生成したい場合には、陽極側メッシュ電極 140 としてプラチナ (Pt) 等の金属や PbO_2 等の金属酸化物のメッシュを使うことができる。同じく、酸素水を生成したい場合には、陽極側メッシュ電極 140 として IrO_2 等の金属酸化物のメッシュを使うことができる。特に、 IrO_2 メッシュは、人体に有害なオゾンガスをほとんど生成しないので酸素水を安全に作ることができる。また、オゾンと過酸化水素が共存する促進酸化水を生成する場合には、ボロンドープダイヤモンド (BDD) 粉を担持したメッシュ電極や孔あき Nb 基板上にボロンドープダイヤモンド (BDD) を成膜した電極を陽極側の電極として使うことができる。これらのボロンドープダイヤモンド (BDD) 触媒電極は、高分子電解質膜 120 の面にボロンドープダイヤモンド (BDD) 触媒電極面を接触させた状態で設置する。

[0047] 以上のように構成された水電解装置 1 は、以下のように動作する。

[0048] 原料水源、たとえば図示しない貯留タンク、水道の蛇口等から原料水が流入口 310 に供給される。また直流電源によって、陽極 110 と陰極 150 の間に電圧が印加される。これにより、直流電源のプラス端子から電源コー

ド１１１、陽極１１０、陰極１５０、電源コード１５１を経て直流電源のマイナス端子に電流が流れ、水電解部１００の陽極側電解領域１３０および陰極側電解領域１６０で水電解が行われる。

[0049] 図３Ａは、水電解部１００の水の流れを説明する図である。以下、図１と併せ参照して説明する。

[0050] 流入口３１０に流入した原料水は、流路３０１、流路３０２、陽極側電解領域１３０の外周開口部１３１を介して陽極側電解領域１３０に流入する。

[0051] 一方、図２Ａは、陽極側電解領域１３０における水の流れを説明する図である。以下、図１、図３Ａと併せ参照して説明する。

[0052] 陽極側電解領域１３０では、外周開口部１３１から陽極側メッシュ電極１４０の内側開口部１４１に向かう径方向の流れが形成される。陽極側メッシュ電極１４０の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0053] 陽極側電解領域１３０において水電解により発生したオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が、陽極側電解領域１３０において原料水に溶解され、陽極側電解水が生成される。陽極側メッシュ電極１４０で微泡化されたオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が原料水と接触して高濃度の陽極側電解水が生成される。陽極側電解領域１３０で生成された陽極側電解水は、陽極側メッシュ電極１４０の内側開口部１４１に流入する。

[0054] 一方、流入口３１０に供給された原料水は、流路３０１、流路３０２、陰極側電解領域１６０の外周開口部１６１を介して陰極側電解領域１６０に流入する。

[0055] 陰極側電解領域１６０では、外周開口部１６１から陰極側メッシュ電極１７０の内側開口部１７１に向かう径方向の流れが形成される。陰極側メッシュ電極１７０の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0056] 陰極側電解領域１６０において水電解より発生した水素ガス、過酸化水素等が、陰極側電解領域１６０において原料水に溶解され、陰極側電解水が生成される。陰極側メッシュ電極１７０で微泡化された水素ガス、過酸化水素等が原料水と接触して高濃度の陰極側電解水が生成される。陰極側電解領域

160で生成された陰極側電解水は、陰極側メッシュ電極170の内側開口部171に流入する。

[0057] 陽極側メッシュ電極140の内側開口部141に流入した陽極側電解水は、高分子電解質膜120の内側開口部121を介して、陰極側メッシュ電極170の内側開口部171に流入された陰極側電解水と合流する。合流した電解水は、陰極150の内側開口部152、流路303、流出口320を介して外部に流出される。

[0058] 図2Bは、従来の角型のメッシュ電極500を用いて水電解部を構成した場合の水の流れを説明する図である。

[0059] メッシュ電極500の電極面積を 8 cm^2 とし、水の入口部の幅を 2 cm 、水の流れ方向の奥行きを 4 cm とする。この場合、水の流入断面積は「 $2\text{ cm} \times$ メッシュ電極の厚み」となる。

[0060] これに対して図2Aに示すように、第1の参考形態において、角型のメッシュ電極500と同じ電極面積 8 cm^2 の陽極側メッシュ電極140を用い内側開口部141の直径を 1 cm にした場合、水の流入断面積が「 $3.14\text{ cm} \times$ メッシュ電極の厚み」以上になる。陽極側メッシュ電極140の内側から外側に向かうほど水の流入断面積が大きくなるので水を流す際の抵抗が減少する。したがって角型のメッシュ電極500と比べて同じ電極面積ながら水の流入断面積が大きくなり、圧力損失の少ない水電解部を構成でき、多くの水量を流すことが可能となる。陰極側メッシュ電極170についても同様である。

[0061] このように第1の参考形態によれば、メッシュ電極の外周と内側開口部との間で径方向に流れが形成される。このため、従来の角形のメッシュ電極を用いた場合よりも、水の流入断面積を大きくすることができる。このため、水電解装置を通過する水の圧力損失が小さくなり、小型の装置ながら大流量の機能水を生成できる。また流体のデッド部やガス溜まりが生じにくい。このため、従来の角形のメッシュ電極を用いた場合よりも、少ない配管数で効率良く水電解することができる。

[0062] 第1の参考形態の場合には、陽極側と陰極側で水の入口と出口が共通化され、流入口310、流出口320がそれぞれ1つとなり、水の流入配管、流出配管をそれぞれ1つとすることができる。このため、さらに配管数を減らし、省スペース化を図ることができる。また陽極側電解水、陰極側電解水を合流させて利用できるように水を節約することができる。

[0063] 以上、陽極側メッシュ電極140、高分子電解質膜120、陰極側メッシュ電極170の形状が円環状あるいは略円環状である構成例について説明した。

[0064] しかし、陽極側メッシュ電極140、高分子電解質膜120、陰極側メッシュ電極170の形状はどのようなものでもよい。例えば陽極側メッシュ電極140、高分子電解質膜120、陰極側メッシュ電極170の外周形状および内側開口部の形状は四角形、三角形、楕円形であってもよい。また、筐体300の形状についても円筒形状に限定されることなく、四角形、三角形、楕円形等であってもよい。

[0065] また図1に示す水電解装置1は、水の流れが図中上から下へ流れる構造となっている。

[0066] しかし、図中下から陰極側メッシュ電極170の内側開口部171、高分子電解質膜120の内側開口部121、陽極側メッシュ電極140の内側開口部141に水を流す構造をとってもよい。この場合、陽極側電解領域130の外周開口部131、陰極側電解領域160の外周開口部161から電解水が外方へ流出され、図中上方に向けて水が流出される。この参考形態については第2の参考形態で後述する。

[0067] (第2の参考形態)

[0068] 第1の参考形態では、図3Aに示すように、メッシュ電極の外周から内側開口部に向けて径方向に流れが形成される構成について説明した。

[0069] しかし、図3Bに示すように、メッシュ電極の内側開口部から外周に向けて径方向に流れが形成される構成とする実施も可能である。

[0070] 図3Bは、第2の参考形態の水電解部100の水の流れを説明する図であ

る。以下、図 1 に示される構成要素と同様の構成要素には同一の符号を付与し、第 1 の参考形態と異なる構成について説明する。

[0071] 第 2 の参考形態では、流入口 310 が、陰極 150 の内側開口部 152 を介して、陰極側メッシュ電極 170 の内側開口部 171、高分子電解質膜 120 の内側開口部 121、陽極側メッシュ電極 140 の内側開口部 141 に連通している。また陽極側電解領域 130 の外周開口部 131、陰極側電解領域 160 の外周開口部 161 が流出口 320 に連通している。

[0072] したがって、流入口 310 に流入した原料水は、陰極 150 の内側開口部 152、陰極側メッシュ電極 170 の内側開口部 171 を介して陰極側電解領域 160 に流入する。また原料水は、陰極側メッシュ電極 170 の内側開口部 171、高分子電解質膜 120 の内側開口部 121、陽極側メッシュ電極 140 の内側開口部 141 を介して陽極側電解領域 130 に流入する。

[0073] 陰極側電解領域 160 では、陰極側メッシュ電極 170 の内側開口部 171 から外周開口部 161 に向かう径方向の流れが形成される。陰極側メッシュ電極 170 の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0074] 陰極側電解領域 160 において水電解より発生した水素ガス、過酸化水素等が、陰極側電解領域 160 において原料水に溶解され、陰極側電解水が生成される。陰極側メッシュ電極 170 で微泡化された水素ガス、過酸化水素等が原料水と接触して高濃度の陰極側電解水が生成される。陰極側電解領域 160 で生成された陰極側電解水は、陰極側電解領域 160 の外周開口部 161 から外方に流出される。

[0075] 一方、陽極側電解領域 130 では、陽極側メッシュ電極 140 の内側開口部 141 から外周開口部 131 に向かう径方向の流れが形成される。陽極側メッシュ電極 140 の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0076] 陽極側電解領域 130 において水電解より発生したオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が、陽極側電解領域 130 において原料水に溶解され、陽極側電解水が生成される。陽極側メッシュ電極 140 で微泡化されたオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が原料水と接触して高濃度の陽極側電解水が生

成される。陽極側電解領域 130 で生成された陽極側電解水は、陽極側電解領域 130 の外周開口部 131 から外方に流出される。

[0077] 陽極側電解領域 130 の外周開口部 131 から外方に流出された陽極側電解水は、陰極側電解領域 160 の外周開口部 161 から外方に流出された陰極側電解水と合流する。合流した電解水は、流出口 320 を介して外部に流出される。

[0078] 第 2 の参考形態によれば、第 1 の参考形態と同様に、メッシュ電極の外周と内側開口部との間で径方向に流れが形成されるため、水電解装置を通過する水の圧力損失が小さくなり、小型の装置ながら大流量の機能水を生成できる。また流体のデッド部やガス溜まりが生じにくいため、従来の角形のメッシュ電極を用いた場合よりも、少ない配管数で効率良く水電解することができる。陽極側と陰極側で水の入口と出口が共通化されているため、さらに配管数を減らし、省スペース化を図ることができる。また陽極側電解水、陰極側電解水を合流させて利用できるように水を節約することができる。

[0079] (第 3 の参考形態)

第 1 の参考形態、第 2 の参考形態では、陽極側と陰極側で水の入口と出口を共通化する構成について説明した。

[0080] しかし、陽極側と陰極側で水の入口と出口を別々に設け、陽極側電解水、陰極側電解水を合流させることなく別々の室で生成する二室型の水電解部とする実施も可能である。この場合、陽極側の室と陰極側の室は、高分子電解質膜 120 によって仕切られる。

[0081] 図 4 A は、第 3 の参考形態の水電解部 100 の水の流れを説明する図である。以下、図 1 に示される構成要素と同様の構成要素には同一の符号を付与し、第 1 の参考形態と異なる構成について説明する。

[0082] 第 3 の参考形態では、第 1 の流入口 310 A、第 2 の流入口 310 B が設けられ、第 1 の流出口 320 A、第 2 の流出口 320 B が設けられる。

[0083] 第 1 の流入口 310 A が、陽極 110 の内側開口部 112 を介して、陽極側メッシュ電極 140 の内側開口部 141 に連通している。また第 2 の流入

口 3 1 0 B が、陰極 1 5 0 の内側開口部 1 5 2 を介して、陰極側メッシュ電極 1 7 0 の内側開口部 1 7 1 に連通している。

[0084] 陽極側電解領域 1 3 0 の外周開口部 1 3 1 が、第 1 の流出口 3 2 0 A に連通している。また陰極側電解領域 1 6 0 の外周開口部 1 6 1 が第 2 の流出口 3 2 0 B に連通している。

[0085] したがって、第 1 の流入口 3 1 0 A に流入した原料水は、陽極側メッシュ電極 1 4 0 の内側開口部 1 4 1 を介して陽極側電解領域 1 3 0 に流入する。また第 2 の流入口 3 1 0 B に流入した原料水は、陰極 1 5 0 の内側開口部 1 5 2、陰極側メッシュ電極 1 7 0 の内側開口部 1 7 1 を介して陰極側電解領域 1 6 0 に流入する。

[0086] 陽極側電解領域 1 3 0 では、陽極側メッシュ電極 1 4 0 の内側開口部 1 4 1 から外周開口部 1 3 1 に向かう径方向の流れが形成される。陽極側メッシュ電極 1 4 0 の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0087] 陽極側電解領域 1 3 0 において水電解より発生したオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が、陽極側電解領域 1 3 0 において原料水に溶解され、陽極側電解水が生成される。陽極側メッシュ電極 1 4 0 で微泡化されたオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が原料水と接触して高濃度の陽極側電解水が生成される。陽極側電解領域 1 3 0 で生成された陽極側電解水は、陽極側電解領域 1 3 0 の外周開口部 1 3 1 から外方に流出される。陽極側電解領域 1 3 0 の外周開口部 1 3 1 から外方に流出された陽極側電解水は、第 1 の流出口 3 2 0 A を介して外部に流出される。

[0088] 一方、陰極側電解領域 1 6 0 では、陰極側メッシュ電極 1 7 0 の内側開口部 1 7 1 から外周開口部 1 6 1 に向かう径方向の流れが形成される。陰極側メッシュ電極 1 7 0 の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0089] 陰極側電解領域 1 6 0 において水電解より発生した水素ガス、過酸化水素等が、陰極側電解領域 1 6 0 において原料水に溶解され、陰極側電解水が生成される。陰極側メッシュ電極 1 7 0 で微泡化された水素ガス、過酸化水素等が原料水と接触して高濃度の陰極側電解水が生成される。陰極側電解領域

160で生成された陰極側電解水は、陰極側電解領域160の外周開口部161から外方に流出される。陰極側電解領域160の外周開口部161から外方に流出された陰極側電解水は、第2の流出口320Bを介して外部に流出される。

[0090] 第3の参考形態によれば、第1の参考形態、第2の参考形態と同様に、メッシュ電極の外周と内側開口部との間で径方向に流れが形成されるため、水電解装置を通過する水の圧力損失が小さくなり、小型の装置ながら大流量の機能水を生成できる。また流体のデッド部やガス溜まりが生じにくいため、従来の角形のメッシュ電極を用いた場合よりも、少ない配管数で効率良く水電解することができる。また陽極側電解水、陰極側電解水を合流させることなく別々に生成するため、陽極側電解水、陰極側電解水を合流させた場合と比べて、高濃度なオゾン水、水素水等の機能水を生成することができる。

[0091] (第4の参考形態)

第4の参考形態は、第3の参考形態と同様に、陽極側と陰極側で水の入口と出口を別々に設け、陽極側電解水、陰極側電解水を合流させることなく別々に生成する二室型の水電解部とする実施の形態である。第3の参考形態では、図4Aに示すように、メッシュ電極の内側開口部から外周に向けて径方向に流れが形成される構成について説明した。

[0092] しかし、図4Bに示すように、メッシュ電極の外周から内側開口部に向けて径方向に流れが形成される構成とする実施も可能である。

[0093] 図4Bは、第4の参考形態の水電解部100の水の流れを説明する図である。以下、図1に示される構成要素と同様の構成要素には同一の符号を付与し、第1の参考形態と異なる構成について説明する。

[0094] 第4の参考形態では、第1の流入口310A、第2の流入口310Bが設けられ、第1の流出口320A、第2の流出口320Bが設けられる。

[0095] 第1の流入口310Aが、陽極側電解領域130の外周開口部131に連通している。また第2の流入口310Bが、陰極側電解領域160の外周開口部161に連通している。

- [0096] 第1の流出口320Aが、陽極110の内側開口部112を介して、陽極側メッシュ電極140の内側開口部141に連通している。また第2の流出口320Bが、陰極150の内側開口部152を介して、陰極側メッシュ電極170の内側開口部171に連通している。
- [0097] したがって、第1の流入口310Aに流入した原料水は、陽極側電解領域130の外周開口部131を介して陽極側電解領域130に流入する。
- [0098] 陽極側電解領域130では、外周開口部131から陽極側メッシュ電極140の内側開口部141に向かう径方向の流れが形成される。陽極側メッシュ電極140の電極面に対して水平な流れが形成される。
- [0099] 陽極側電解領域130において水電解より発生したオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が、陽極側電解領域130において原料水に溶解され、陽極側電解水が生成される。陽極側メッシュ電極140で微泡化されたオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が原料水と接触して高濃度の陽極側電解水が生成される。陽極側電解領域130で生成された陽極側電解水は、陽極側メッシュ電極140の内側開口部141、陽極110の内側開口部112、第1の流出口320Aを介して外部に流出される。
- [0100] 一方、第2の流入口310Bに流入した原料水は、陰極側電解領域160の外周開口部161を介して陰極側電解領域160に流入する。
- [0101] 陰極側電解領域160では、外周開口部161から陰極側メッシュ電極170の内側開口部171に向かう径方向の流れが形成される。陰極側メッシュ電極170の電極面に対して水平な流れが形成される。
- [0102] 陰極側電解領域160において水電解より発生した水素ガス、過酸化水素等が、陰極側電解領域160において原料水に溶解され、陰極側電解水が生成される。陰極側メッシュ電極170で微泡化された水素ガス、過酸化水素等が原料水と接触して高濃度の陰極側電解水が生成される。陰極側電解領域160で生成された陰極側電解水は、陰極側メッシュ電極170の内側開口部171、陰極150の内側開口部152、第2の流出口320Bを介して外部に流出される。

[0103] 第4の参考形態によれば、第1の参考形態、第2の参考形態、第3の参考形態と同様に、メッシュ電極の外周と内側開口部との間で径方向に流れが形成されるため、水電解装置を通過する水の圧力損失が小さくなり、小型の装置ながら大流量の機能水を生成できる。また流体のデッド部やガス溜まりが生じにくいため、従来の角形のメッシュ電極を用いた場合よりも、少ない配管数で効率良く水電解することができる。また陽極側電解水、陰極側電解水を合流させることなく別々に生成するため、陽極側電解水、陰極側電解水を合流させた場合と比べて、高濃度なオゾン水、水素水等の機能水を生成することができる。

[0104] (第5の参考形態)

第5の参考形態は、第3の参考形態、第4の参考形態と同様に、陽極側と陰極側で水の入口と出口を別々に設け、陽極側電解水、陰極側電解水を合流させることなく別々に生成する二室型の水電解部とする実施の形態である。

[0105] 第5の参考形態は、図5Aに示すように、陽極側については、第3の参考形態と同様に構成され、メッシュ電極の内側開口部から外周に向けて径方向に流れが形成される。一方、陰極側については、第4の参考形態と同様に構成され、メッシュ電極の外周から内側開口部に向けて径方向に流れが形成される。

[0106] したがって、第1の流入口310Aに流入した原料水は、陽極側メッシュ電極140の内側開口部141を介して陽極側電解領域130に流入する。

[0107] 陽極側電解領域130では、陽極側メッシュ電極140の内側開口部141から外周開口部131に向かう径方向の流れが形成される。陽極側メッシュ電極140の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0108] 陽極側電解領域130において水電解より発生したオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が、陽極側電解領域130において原料水に溶解され、陽極側電解水が生成される。陽極側メッシュ電極140で微泡化されたオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が原料水と接触して高濃度の陽極側電解水が生成される。

- [0109] 陽極側電解領域 130 で生成された陽極側電解水は、陽極側電解領域 130 の外周開口部 131 から外方に流出される。陽極側電解領域 130 の外周開口部 131 から外方に流出された陽極側電解水は、第 1 の流出口 320A を介して外部に流出される。
- [0110] 一方、第 2 の流入口 310B に流入した原料水は、陰極側電解領域 160 の外周開口部 161 を介して陰極側電解領域 160 に流入する。
- [0111] 陰極側電解領域 160 では、外周開口部 161 から陰極側メッシュ電極 170 の内側開口部 171 に向かう径方向の流れが形成される。陰極側メッシュ電極 170 の電極面に対して水平な流れが形成される。
- [0112] 陰極側電解領域 160 において水電解より発生した水素ガス、過酸化水素等が、陰極側電解領域 160 において原料水に溶解され、陰極側電解水が生成される。陰極側メッシュ電極 170 で微泡化された水素ガス、過酸化水素等が原料水と接触して高濃度の陰極側電解水が生成される。陰極側電解領域 160 で生成された陰極側電解水は、陰極側メッシュ電極 170 の内側開口部 171、陰極 150 の内側開口部 152、第 2 の流出口 320B を介して外部に流出される。
- [0113] 第 5 の参考形態によれば、第 1 の参考形態、第 2 の参考形態、第 3 の参考形態、第 4 の参考形態と同様に、メッシュ電極の外周と内側開口部との間で径方向に流れが形成されるため、水電解装置を通過する水の圧力損失が小さくなり、小型の装置ながら大流量の機能水を生成できる。また流体のデッド部やガス溜まりが生じにくいため、従来の角形のメッシュ電極を用いた場合よりも、少ない配管数で効率良く水電解することができる。また陽極側電解水、陰極側電解水を合流させることなく別々に生成するため、陽極側電解水、陰極側電解水を合流させた場合と比べて、高濃度なオゾン水、水素水等の機能水を生成することができる。
- [0114] (第 6 の参考形態)
- 第 6 の参考形態は、第 3 の参考形態、第 4 の参考形態、第 5 の参考形態と同様に、陽極側と陰極側で水の入口と出口を別々に設け、陽極側電解水、陰

極側電解水を合流させることなく別々に生成する二室型の水電解部とする実施の形態である。

[0115] 第6の参考形態は、図5Bに示すように、陽極側については、第4の参考形態と同様に構成され、メッシュ電極の外周から内側開口部に向けて径方向に流れが形成される。一方、陰極側については、第3の参考形態と同様に構成され、メッシュ電極の内側開口部から外周に向けて径方向に流れが形成される。

[0116] したがって、第1の流入口310Aに流入した原料水は、陽極側電解領域130の外周開口部131を介して陽極側電解領域130に流入する。

[0117] 陽極側電解領域130では、外周開口部131から陽極側メッシュ電極140の内側開口部141に向かう径方向の流れが形成される。陽極側メッシュ電極140の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0118] 陽極側電解領域130において水電解より発生したオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が、陽極側電解領域130において原料水に溶解され、陽極側電解水が生成される。陽極側メッシュ電極140で微泡化されたオゾン、酸素等のガス及び過酸化水素が原料水と接触して高濃度の陽極側電解水が生成される。陽極側電解領域130で生成された陽極側電解水は、陽極側メッシュ電極140の内側開口部141、陽極110の内側開口部112、第1の流出口320Aを介して外部に流出される。

[0119] 一方、第2の流入口310Bに流入した原料水は、陰極150の内側開口部152、陰極側メッシュ電極170の内側開口部171を介して陰極側電解領域160に流入する。

[0120] 陰極側電解領域160では、陰極側メッシュ電極170の内側開口部171から外周開口部161に向かう径方向の流れが形成される。陰極側メッシュ電極170の電極面に対して水平な流れが形成される。

[0121] 陰極側電解領域160において水電解より発生した水素ガス、過酸化水素等が、陰極側電解領域160において原料水に溶解され、陰極側電解水が生成される。陰極側メッシュ電極170で微泡化された水素ガス、過酸化水素

等が原料水と接触して高濃度の陰極側電解水が生成される。陰極側電解領域 160 で生成された陰極側電解水は、陰極側電解領域 160 の外周開口部 161 から外方に流出される。陰極側電解領域 160 の外周開口部 161 から外方に流出された陰極側電解水は、第 2 の流出口 320 B を介して外部に流出される。

[0122] 第 6 の参考形態によれば、第 1 の参考形態、第 2 の参考形態、第 3 の参考形態、第 4 の参考形態、第 5 の参考形態と同様に、メッシュ電極の外周と内側開口部との間で径方向に流れが形成されるため、水電解装置を通過する水の圧力損失が小さくなり、小型の装置ながら大流量の機能水を生成できる。また流体のデッド部やガス溜まりが生じにくいため、従来の角形のメッシュ電極を用いた場合よりも、少ない配管数で効率良く水電解することができる。また陽極側電解水、陰極側電解水を合流させることなく別々に生成するため、陽極側電解水、陰極側電解水を合流させた場合と比べて、高濃度なオゾン水、水素水等の機能水を生成することができる。

[0123] (第 7 の参考形態)

図 6 は、図 4 B に示す第 4 の参考形態の構成例を第 7 の参考形態として示す。

[0124] 以下、図 1、図 4 B に示される構成要素と同様の構成要素には同一の符号を付与し、異なる構成について説明する。

[0125] 第 7 の参考形態の水電解装置 1 の筐体 300 は、上板としての陽極側フランジ 330 と、下板としての陰極側フランジ 340 とを含んで構成される。

[0126] 陽極側フランジ 330 の外周には、陰極側フランジ 340 のフランジ凸部 340 F に対向するフランジ凸部 330 F が形成されている。フランジ凸部 330 F の対向面には、高分子電解質膜 120 の外周に当接するリング 370 A を収容する円環状の溝が形成されている。フランジ凸部 330 F の側壁には第 1 の流入口 310 A が形成されている。フランジ凸部 330 F の内側には、第 1 の流入口 310 A に連通する円環状の溝凹部 332 が形成されている。溝凹部 332 の内側には、陽極側メッシュ電極 140 に当接する凸

部 330D が形成されている。凸部 330D には、円環状の陽極 110 を収容する円環状の凹部 331 が形成される。凸部 330D の中央にあって凹部 331 の内側中心には、第 1 の流出口 320A が形成されている。

[0127] 一方、陰極側フランジ 340 の外周には、陽極側フランジ 330 のフランジ凸部 330F に対向するフランジ凸部 340F が形成されている。フランジ凸部 340F の対向面には、高分子電解質膜 120 の外周に当接するリング 370B を収容する円環状の溝が形成されている。フランジ凸部 340F の側壁には第 2 の流入口 310B が形成されている。フランジ凸部 340F の内側には、第 2 の流入口 310B に連通する円環状の溝凹部 342 が形成されている。溝凹部 342 の内側には、陰極側メッシュ電極 170 に当接する凸部 340D が形成されている。凸部 340D には、円環状の陰極 150 を収容する円環状の凹部 341 が形成される。凸部 340D の中央にあって凹部 341 の内側中心には、第 2 の流出口 320B が形成されている。

[0128] 陽極側フランジ 330 のフランジ凸部 330F と陰極側フランジ 340 のフランジ凸部 340F は、ボルト 181 により締結される。陽極側の室と陰極側の室は、高分子電解質膜 120 によって仕切られ、それぞれリング 370A、リング 370B によってシールされる。

[0129] 陽極側フランジ 330 のフランジ凸部 330F の対向面から凸部 330D の当接面までの距離（深さ）が、陽極側メッシュ電極 140 の収容枚数を規定する。たとえば厚さ 0.3mm の陽極側メッシュ電極 140 を 5 枚収容する場合には、上記の距離（深さ）を 1.5mm にすればよい。同様に陰極側フランジ 340 のフランジ凸部 340F の対向面から凸部 340D の当接面までの距離（深さ）が、陰極側メッシュ電極 170 の収容枚数を規定する。

[0130] 例えば陽極側メッシュ電極 140 を 3 枚で構成し、陰極側メッシュ電極 170 を 6 枚で構成し、陰極側メッシュ電極 170 の枚数を陽極側メッシュ電極 140 の枚数の 2 倍とし、陰極側の室に陽極側の室よりも多くの流量を流す実施が可能である。陰極側の室に陽極側の室よりも多くの流量を流すことで、陰極側電解水の pH 上昇が抑制され、ミネラル分が陰極側に電析するこ

とが抑制される。ミネラル分の電析を抑制する参考形態については後述する。

[0131] 以上、図6を用いて、図4Bに示す第4の参考形態の構成例を説明した。

[0132] しかし、図6の構成例は、図4Aに示す第3の参考形態、図5Aに示す第5の参考形態、図5Bに示す第6の参考形態にも同様にして適用することができる。

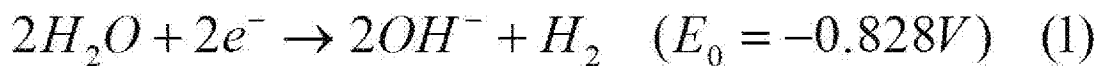
[0133] (第8の参考形態)

上記第1の参考形態乃至第7の参考形態においてミネラル分の電析を抑制する参考形態について説明する。

[0134] 陰極側メッシュ電極170の種類と枚数並びに水電解の条件（陰極側電解水の流量と電流密度）を変化させることによって水酸化物イオン OH^- の生成速度を調整し、陰極側電解水のpH上昇を抑制することが可能である。

[0135] 陰極側での水酸化物イオン OH^- の生成反応は、下記(1)式で与えられる。

[0136] [数1]



[0137] 例えば、水素過電圧がほぼゼロであるプラチナ(Pt)メッシュ、又は水素過電圧が約0.1Vのステンレスメッシュを陰極側メッシュ電極170として用いて低電流密度で水電解する。これにより陰極側電解水中での水酸化物イオン OH^- の生成速度を低くすることが可能である。この結果、陰極側電解水のpHの上昇を最低限に抑制して、pH上昇に伴う炭酸カルシウム CaCO_3 や水酸化マグネシウム $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等のミネラル分の飽和溶解度の低下が抑制される。これにより陰極側にこれらミネラル分が電析することを防止できる。このような運転を行うことにより、長時間にわたって水電解装置1を安定的に稼動することが可能となる。

[0138] 一方、チタン(Ti)、ボロンドープダイヤモンド(BDD)等の水素過電圧が高いメッシュを用いると、過酸化水素の生成には有利になる反面、上式(1)による水酸化物イオン OH^- の生成速度が大きくなる。このため陰極

側電解水のpHが上昇し、炭酸カルシウム CaCO_3 や水酸化マグネシウム Mg(OH)_2 等のミネラル分の飽和溶解度が低下する。この結果、ミネラル分が陰極側に電析しやすくなる。特に、原料水として Ca^{2+} と Mg^{2+} イオン濃度の高い硬水を使用する場合は、pH上昇をゼロに近づける必要がある。このためには、陰極側メッシュ電極170にプラチナ(Pt)メッシュ又はステンレスメッシュを用いたり、更に、電流密度を下げたり、陰極側電解水の流量を増やしたりする等の運転を行うことが望ましい。これによりミネラル分の電析が防止される。

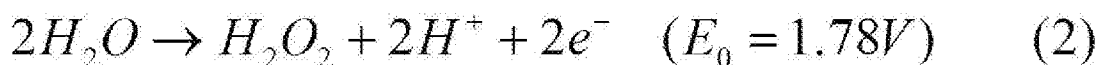
[0139] 原料水として硬水を利用する場合には、第1の参考形態、第2の参考形態の合流式の水電解装置を用いると、ミネラル分の電析を防止するために、電流密度が低く、かつ、陰極側電解水の流量が多い運転を行う必要がある。このためオゾン水の濃度を高めることが困難となる。

[0140] 一方、第3の参考形態乃至第6の参考形態の二室型の水電解装置を用いると、陽極側で生成されるオゾン水が陰極側電解水と合流することが無く、陽極側電解水を単独で取り出すことができる。このため原料水として硬水を利用する場合に、ミネラル分の電析を防止するために陰極側電解水の流量が多い運転を行っても陽極側には影響がない。このためオゾン水の濃度を高めることが容易となる。

[0141] 陰極側メッシュ電極170の材料如何にかかわらず、水電解の条件を最適化して陰極側電解水のpH上昇を制御し、ミネラル分の陰極側への電析を防止することが、長時間の運転を行う上で重要となる。

[0142] 陽極側での過酸化水素の生成反応については、下記(2)式で表すことができる。

[0143] [数2]



[0144] 陽極側にボロンドープダイヤモンド(BDD)電極を用いると、(2)式の反応が促進され、陽極側で過酸化水素が生成される。

[0145] 陰極側で水素を効率よく生成する場合には、高分子電解質膜120の面に

接触させる陰極側メッシュ電極 170 として水素過電圧が低いプラチナ (Pt) メッシュを用いるとよい。これにより電極への印加電圧が抑制され水素生成の電力効率を高くすることができる。

[0146] また、水素過電圧が低い Pt メッシュを陰極側メッシュ電極 170 として用いることにより、(1) 式による水酸化物イオン OH^- の生成を抑制できる。このため陰極側電解水の流量を増加させることなく陰極側電解水の pH の上昇を抑制でき、ミネラル分の電析を防止できる。

[0147] 一方、陰極側でも過酸化水素を生成したい場合には、チタン (Ti)、ボロンドープダイヤモンド (BDD) 等の水素過電圧が高い電極を用いればよい。これらの触媒電極も、高分子電解質膜 120 に接触させた状態で設置する。

[0148] 陰極側では、原料水中の溶存酸素と水素イオン H^+ が下記 (3) 式によって反応して過酸化水素を生成する。

[0149] [数3]



[0150] 上記 (3) 式の標準電位 E_0 から、陰極側に水素過電圧の高い電極を用いれば、より多くの過酸化水素を生成できると予想される。特に、ボロンドープダイヤモンド (BDD) 電極は、水素過電圧が -1V 程度なので陰極側で効率良く過酸化水素を生成できる。

[0151] 陽極側と陰極側に設置するメッシュ電極の枚数は、陽極側と陰極側へ流す水量の比によって決定すればよい。例えば、陰極側に陽極側の 2 倍の水量を流したい場合には、陰極側に設置されるメッシュ電極の合計枚数を、陽極側に設置されるメッシュ電極の合計枚数の 2 倍とする。これによって、陰極側への水量を確保することができるので、陰極側電解水の pH 上昇を抑制することが可能となる。そして、水電解で生成される炭酸カルシウム CaCO_3 や水酸化マグネシウム $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 等のミネラル分が陰極側に析出することを防止できる。

[0152] 陰極側電解水の pH が 9 以上に上昇すると、水への水酸化マグネシウム M

$\text{g}(\text{OH})_2$ の飽和溶解度が低くなる。このため局部的にpHが低くなっている陰極側の電極上に水酸化マグネシウム $\text{Mg}(\text{OH})_2$ が析出してしまう。また、炭酸カルシウム CaCO_3 の原料となる水中の CO_2^{3-} イオンの濃度は炭酸 H_2CO_3 の解離平衡で決まる。

[0153] しかし、pHが8.3程度まで高められると、水道水中に存在する炭酸 H_2CO_3 の1%程度しか CO_2^{3-} イオンにならない。

[0154] したがって、水流量、電流密度、並びに陰極側の触媒種を調整して、陰極側電解水のpHを8.3近傍に調整することにより、水酸化マグネシウム $\text{Mg}(\text{OH})_2$ と炭酸カルシウム CaCO_3 の両物質の電析を抑制することができる。

[0155] (第9の参考形態)

図7は、図1の筐体300内に配置される水電解部100の構成例を示す分解図である。

[0156] 円環状の陽極110が、陽極保持部118に形成された円環状凹部118A内に收容される。一方、円環状の陰極150が、陰極保持部158に形成された円環状凹部158A内に收容される。

[0157] 陽極保持部118、陰極保持部158は、たとえばアクリル樹脂製である。陽極110は、たとえばチタン(Ti)製のターミナルプレートとして構成される。陰極150は、たとえばステンレス製のターミナルプレートとして構成される。

[0158] 陽極110には、圧着端子として構成される陽極端子119が、例えばネジ117(たとえばM3ネジ)によって、ねじ込み固定される。陰極150には、圧着端子として構成されるマイナス端子159が、例えばネジ157(M3ネジ)によって、ねじ込み固定される。

[0159] 陽極側には、陽極側メッシュ電極140として2枚のチタン(Ti)メッシュ電極(たとえば80メッシュ)と1枚の基板電極140Pが設けられている。基板電極140Pには、高分子電解質膜120の内側開口部121および陽極側メッシュ電極140の内側開口部141に連通する内側開口部1

41Pが形成されている。基板電極140Pは、複数の貫通孔141Hが厚み方向に形成された基板電極であり、ニオブ（Nb）を材料とし、ニオブ（Nb）基板上にボロンドープダイヤモンド（BDD）の薄膜が成膜されている。基板電極140Pは、高分子電解質膜120に接触するように配置される。

[0160] ボロンドープダイヤモンド（BDD）の基板電極140Pを用いる場合には、物質移動が速やかに行われるようにする必要がある。このため、基板電極140Pのボロンドープダイヤモンド（BDD）膜形成面（高分子電解質膜120との接触面）とニオブ（Nb）の剥き出し面（メッシュ電極140との接触面）を貫通する細かい貫通孔141Hを開ける必要がある。例えば、直径1mmの丸い貫通孔や、一辺が1mmの四角い貫通孔が2mm程度のピッチの間隔で開けられたものを基板電極140Pとして用いる。

[0161] なお、陽極側に配置すべき陽極側メッシュ電極140としては、流路断面積を確保するために、基板電極140P以外に少なくとも1枚のメッシュ電極が配置されていればよい。

[0162] また、陰極側には、陰極側メッシュ電極170として4枚のチタン（Ti）メッシュ電極（たとえば80メッシュ）が設けられている。

[0163] 以上のような材質のメッシュ電極等を選択している理由は、オゾンと過酸化水素が共存した促進酸化水を生成するためである。

[0164] 図7に示される水電解部100は、図1に示される筐体300内に配置される。

[0165] 陽極側メッシュ電極140および基板電極140Pを陽極110と高分子電解質膜120の間に挟み、陰極側メッシュ電極170を高分子電解質膜120と陰極150の間に挟み、陽極保持部118、陰極保持部158、筐体300の下板340に形成されたネジ孔にボルト180（たとえばM3ネジ）のネジ部を螺合する。ボルト180をねじ込み、厚み方向に締結することで、水電解部100が、筐体300の下板340に固定される。

[0166] 筐体300の材料は、オゾン耐性のあるテフロン（登録商標）が好ましい

。しかし、溶存オゾン濃度が低い場合には、筐体300の材料をアクリルやポリプロピレン等の汎用樹脂で構成してもよい。特に、アクリル樹脂で筐体300を構成した場合には、10mg/L程度の濃度のオゾン水に数年間さらされても劣化しない。またテフロン（登録商標）のように圧力によって変形することがない。また加工性もよいため筐体300の材料に適している。

[0167] 筐体300の上板330および下板340の中央部にはそれぞれ、流入口310、流出口320が開口され、内周面に継ぎ手接続用のメネジが切られている。筐体300は、本参考形態では、透明なアクリル樹脂製である。流入口310、流出口320にそれぞれ継ぎ手を接続して、継ぎ手に配管またはチューブを接続する。

[0168] 筐体300は、たとえば内径が50mmで、上板330と下板340との間隔が35mmである。この筐体300の中に、図7に示される外径47mm、高さ22mmの円柱形の水電解部100が配置される。陽極110、陰極150の厚さを、たとえば、それぞれ6mmにすることができる。

[0169] 陽極側メッシュ電極140、基板電極140P、陰極側メッシュ電極170の外径を3.5cm、内径（内側開口部の直径）を1.1cmにすることができる。このときメッシュ電極および基板電極の面積は、8.6cm²程度となる。

[0170] 陽極側には、2～4枚のメッシュ電極を設けるとともに、陰極側には、4～8枚のメッシュ電極を設けて水路を形成する。厚さ0.5mmの基板電極140Pを使用することができる。高分子電解質膜120には、厚さ0.2mmのナフィオン117膜等を使用することができる。水電解部100と筐体300の下板340との隙間は、リング360によってシールされる。

[0171] 水電解部100の陽極110と陰極150には、それぞれ、たとえば直径3mm程度の太さの電源コード111、151が電氣的に接続され、筐体300に開けた孔348、349を介して電源コード111、151がそれぞれ外部に引き出される。電源コード111、151と孔348、349の間隙間は、接着剤などで封止される。電源コード111、151はそれぞれ

、可変電源あるいは定電圧直流電源のプラス端子、マイナス端子に電氣的に接続される。

[0172] 陽極側電解水と陰極側電解水の流量比は、陽極側電解領域 130 の外周開口部 131 と陰極側電解領域 160 の外周開口部 161 の流路断面積の比、つまりメッシュ電極の枚数比に応じて定められる。陽極側に、2 枚のメッシュ電極を設けるとともに、陰極側に、4 枚のメッシュ電極を設けると、水電解部 100 に流れる陽極側電解水と陰極側電解水の流量比は、（陽極側電解水の流量）／（陰極側電解水の流量）＝1／2 となる。

[0173] 陽極側に比べて陰極側へ 2 倍の流量の水をより多く流すことにより、陰極側電解水の pH 上昇が抑制され、炭酸カルシウム CaCO_3 や水酸化マグネシウム Mg(OH)_2 等のミネラル分の析出が防止される。

[0174] なお図 7 に示される水電解部 100 では、メッシュ電極以外に、基板電極 140P が用いられている。この場合、基板電極 140P に対して水が水平に流れるため基板電極 140P に相当する断面積部分は、水を堰き止めることになり、上記流路断面積には含まれない。したがって陽極側電解水と陰極側電解水の流量比は、基板電極 140P を除いたメッシュ電極の枚数比で定まる。

[0175] 水電解部 100 では、陽極側で生成された陽極側電解水と陰極側で生成された陰極側電解水が合流して、陰極保持部 158 の内側開口部 152 を介して外部に流出される。オゾン、酸素、水素の 3 種類のガスと過酸化水素が溶解した機能水を得ることができる。

[0176] 陽極側で生成されたオゾン水と陰極側で生成された水素水が合流して、オゾンと水素が溶解した電解水が得られる。

[0177] また陽極側に、高分子電解質膜 120 に接触する触媒電極としてボロンドープダイヤモンド（BDD）を用い、陰極側に、高分子電解質膜 120 に接触する触媒電極としてチタン（Ti）やステンレス、あるいはボロンドープダイヤモンド（BDD）を担持したメッシュ電極を用いると、両極で過酸化水素を生成することができる。これにより過酸化水素の濃度を高めることが

できる。

[0178] 図7に示す水電解部100では、陽極側電解領域130、陰極側電解領域160に存在する陽極側電解水と陰極側電解水が高分子電解質膜120により仕切られている。このため電解水が陽極側と陰極側の間を互いに行き来することはない。水電解が終了すると、水電解部100の中央の内側開口部で陽極側電解水と陰極側電解水が合流して図中下側の陰極保持部158の内側開口部152から流出される。このため水電解反応中にオゾンと酸素が水素イオン(H^+)で還元されることが抑制される。

[0179] 図7に示す水電解部100を図1に示す筐体300に配置した構成の水電解装置1では、図中上方から水を供給しているが、図中下方から水を供給してもよく、水を供給する方向は任意である。水電解部100を横向きに配置してもよく、配置の角度も任意に設定することができる。このため水電解装置1をゴムホース等につなげてシャワーや散水の用途に使用することができる。

[0180] (第10の参考形態)

第10の参考形態の変形例について説明する。図8は、第10の参考形態の水電解部400の構成例を示す分解図である。

[0181] 水電解部400は、流入口310と流出口320との間に、2つの水電解部100、100'が介在されて構成されている。

[0182] 水電解部400は、図中の対称軸Cを対称中心に上下対称に構成されている。対称軸Cの上方には、図7に示される水電解部100と同様の水電解部100（一方の電解部100という）が設けられている。対称軸Cの下方には、図7に示される水電解部100と同様の水電解部100'（他方の電解部という）が設けられている。他方の水電解部100'の各構成要素のうち、一方の水電解部100の構成要素と同じ構成要素には、ダッシュを付与している。

[0183] 一方の水電解部100の陽極側電解領域130および陰極側電解領域160における水の流れと、他方の水電解部100'の陽極側電解領域130'

および陰極側電解領域 160' における水の流れが並列となるように配置されている。

[0184] 一方の水電解部 100 の陰極 150 は、他方の水電解部 100' の陰極と共通となっている。

[0185] 一方の水電解部 100 の構成は以下のとおりである。

[0186] 円環状の陽極 110 が、陽極保持部 118 に形成された円環状凹部 118A 内に收容されている。

[0187] 陽極 110 には、圧着端子として構成される陽極端子 119 が、例えばネジ 117 によって、ねじ込み固定される。陰極 150 には、圧着端子として構成されるマイナス端子 159 が、例えばネジ 157 によって、ねじ込み固定される。

[0188] 陽極側には、陽極側メッシュ電極 140 として 2 枚のメッシュ電極と 1 枚の基板電極 140P が設けられている。基板電極 140P には、高分子電解質膜 120 の内側開口部 121 および陽極側メッシュ電極 140 の内側開口部 141 に連通する内側開口部 141P が形成されている。基板電極 140P は、高分子電解質膜 120 に接触するように配置されている。

[0189] また、陰極側には、陰極側メッシュ電極 170 として 2 枚のメッシュ電極が設けられている。

[0190] 他方の水電解部 100' の構成は以下のとおりである。

[0191] 一方の水電解部 100 の各構成要素と同じ構成要素が、対称軸 C を対称中心にして、他方の水電解部 100' の構成要素として対称に配置されている。

[0192] ただし他方の水電解部 100' の陽極保持部 118' には、流出口 320 および陽極側メッシュ電極 140' の内側開口部 141' に連通する内側開口部 115 が形成されている。

[0193] 流入口 310 に上方から水が流入されると、一方の水電解部 100 の陽極側電解領域 130 および陰極側電解領域 160 と、これらと並列に配置された他方の水電解部 100' の陽極側電解領域 130' および陰極側電解領域

１６０´で、同時に水が流れ、水電解が同時に行われる。

[0194] 一方の水電解部１００で生成された電解水と、他方の水電解部１００´で生成された電解水は合流して、他方の水電解部１００´の陽極保持部１１８´の内側開口部１１５、流出口３２０を介して外部に流出される。

[0195] 図８に示される水電解部４００を、図１に示される筐体３００内に配置して水電解装置１を構成してもよい。

[0196] また図８に示される水電解部４００に対して、図中上方から水を供給してもよく、図中下方から水を供給してもよい。水電解部４００に対して水を供給する方向は任意である。水電解部４００を横向きに配置してもよく、配置の角度も任意に設定することができる。

[0197] 第１０の参考形態の水電解部４００は、同じ電極面積を有する水電解部１００、１００´が２つ設けられている。このため流路断面積が、単一の水電解部１００の２倍となり、圧力損失を飛躍的に小さくでき、大流量の電解水を生成することができる。

[0198] 図８の構成例では、一方の水電解部１００の陰極１５０を、他方の水電解部１００´の陰極１５０と共通としている。しかし、陽極１１０を共通電極とする実施も可能である。一方の水電解部１００の陽極１１０を、他方の水電解部１００´の陽極と共通として水電解部４００を構成してもよい。

[0199] また図８の構成例では、並列に配置された二段の水電解部１００、１００´で構成したが、必要に応じて３段、４段、あるいはそれ以上の段数の水電解部で構成してもよい。

[0200] （第１１の参考形態）

第１の参考形態および第２の参考形態では、筐体３００内に、水電解部１００を配置した構成例について説明した。

[0201] しかし、筐体３００内に水電解部１００と気液混合部を配置する実施も可能である。気液混合部は、水電解部１００から流出される電解水中に水電解部１００で生成されたガスを再溶解させるために設けられる。

[0202] 図９は、第２の参考形態の水電解部１００と気液混合部２００を筐体３０

0内に配置した水電解装置1の構成例を示す図であり、水電解装置1を側面からみた断面図である。水電解部100は、図7に示す第9の参考形態の構造のものを適用することができる。

- [0203] 図9に示すように、筐体300の下板340に流入口310が設けられ、上板330に流出口320が設けられている。
- [0204] 筐体300内に、水電解部100が配置され、筐体300内にあって、水電解部100と流出口320の間に、気液混合部200が介在されている。
- [0205] 気液混合部200は、水電解部100の陽極側電解領域130の外周開口部131および陰極側電解領域160の外周開口部161に連通する気液混合入口部202を備えている。気液混合部200は、気液混合された流体を排出し、流出口320に連通する気液混合出口部203を備えている。
- [0206] 気液混合部200は、特願2017-165651号に開示された構成のものを適用することができる。
- [0207] 気液混合部200は、気液混合入口部202と気液混合出口部203との間に介在された複数の仕切り部230を備えている。複数の仕切り部230は、複数の開口230Aを有しており、筐体300の軸方向（図中上下方向）に間隔をあけて設けられ、筐体300内を軸方向に仕切っている。
- [0208] 保持部材210は、軸方向に隣接する仕切部230間に配置されており、仕切部230間の間隔を保持する。
- [0209] 仕切部230は、複数の開口230Aが形成された仕切部材220によって構成されている。
- [0210] 仕切部材220は、平織りあるいは綾織りのメッシュ、エキスパンドメタル、複数の貫通孔が形成された板状部材等を用いることができる。仕切部材220を、たとえばチタン（Ti）のメッシュを2枚重ねたもので構成することができる。
- [0211] 保持部材210は、Oリング、パッキンを用いることができる。保持部材210は、たとえばオゾン耐性のあるテフロン（登録商標）のOリングで構成することができる。

- [0212] 気液混合部200の気液混合入口部202は、リング部材201によって形成される。たとえば断面角状のリング部材201が筐体300の円筒部350の内周面に、接着等により固定される。リング部材201の内径、つまり気液混合入口部202の径は、円筒部350の内径よりも小さくなる。リング部材201は、たとえばアクリル樹脂で構成することができる。リング部材201は、気液混合部200の最下部に設けられた保持部材210に当接され、複数の保持部材210および複数の仕切部230を下方より支持する支持部材として機能する。
- [0213] 気液混合部200の気液混合出口部203の径は、筐体300の円筒部350の内径と等しくなっている。流出口320の径は、気液混合部200の気液混合出口部203の径よりも小さくなっている。
- [0214] 以上のように構成された水電解装置1の流入口310に原料水が供給されると、水電解部100の陽極側電解領域130の外周開口部131および陰極側電解領域160の外周開口部161から電解水が流出される。
- [0215] 水電解部100から流出された電解水は、気液混合部200の気液混合入口部202に流入する。
- [0216] 気液混合部200の仕切部230、たとえば2枚の仕切部材220（2枚のチタン（Ti）のメッシュ）の面に対して垂直方向に電解水が流れる。これにより軸方向に隣接する仕切部230間の空間部に水電解部100で生成されたガスがトラップされてガス溜まりを形成する。気液混合部200の仕切部230を電解水が通過すると、電解水が開口230A（例えばメッシュ孔）により微滴化（細分化）される。微滴化（細分化）され、気液接触面積が大きくなった電解水が、ガス溜まりの中を流れることにより、電解水がガスを吸収する。
- [0217] 複数の仕切部230を電解水が通過する毎に電解水へのガスの吸収が行われ、ガスと電解水との混合が促進され、高効率にガスが電解水に溶解する。
- [0218] 高効率にガスが溶解された電解水は、気液混合部200の気液混合出口部203、流出口320を介して外部に流出される。

- [0219] 第11の参考形態によれば、水電解部と気液混合部を配管で接続する場合と比べて、省スペース化を図ることができる。また、高効率にガスが水に溶解し、溶解度が大きい電解水を生成することができる。
- [0220] また、気液混合部200の流路断面積は、筐体300の円筒部350の内径から保持部材210の面積を除いた面積であるため、流路断面積が大きく圧力損失を低減することができる。水電解部100それ自体の圧力損失が小さく、小型の装置ながら大流量の機能水を生成できる。
- [0221] これにより、小型であるにもかかわらず、低圧力損失で、気体の溶解度が大きい水電解装置を実現することができる。
- [0222] 保持部材210（たとえばテフロン（登録商標）製Ｏリング）と仕切部材220（たとえばチタン（Ti）メッシュ）の数としての段数（組数）は、生成しようとするオゾン水等の濃度によって決定することができる。例えば、0.5 mg/L程度の低濃度オゾン水を生成する場合には12～13段とすればよい。また、2 mg/L程度の中濃度オゾン水を生成する場合には、20～25段にすればよい。気液混合部200の段数と内径を大きくすればするほど、ガスの溶解性能は向上する。
- [0223] しかし、気液混合部200の内径を大きくし過ぎて、大流量の電解水を流すと、水流によってチタン（Ti）メッシュで構成された仕切部材220が凹んでしまい、偏流が生じる虞がある。この結果、ガスの溶解効率が低下する。そのような場合には、チタン（Ti）メッシュを支持する目的で、0.5 mm程度の厚みのチタン（Ti）あるいはステンレス製のマイクロエキスパンドメタルを用いてチタン（Ti）メッシュを支えればよい。
- [0224] 外径47 mmの水電解部100と13段の気液混合部200を用いて図9に示す水電解装置1を構成すると、筐体300は内径50 mm、高さ100 mmの寸法となり、非常に小型となる。
- [0225] 図9に示す水電解装置1に、水道水を3 L/min程度の流量（陽極側電解水と陰極側電解水の合計）で流し、電源コード111、151を介して陽極110、陰極150間に直流8 V程度の電圧を印加すると、1.77 A（

0.2 A/cm²) 程度の電流が流れる。これにより水電解が起こり、0.5 mg/Lの溶存オゾン、0.2 mg/Lの溶存水素、10 mg/Lの溶存酸素、0.2~0.3 mg/Lの過酸化水素を含んだ機能水が生成される。

[0226] オゾンガスは、すべて機能水中に溶解しているため、有害な気相のオゾンガスは、水電解装置1からは発生しない。

[0227] ただし、この機能水を容器等に貯めておくで溶解していたオゾンが徐々にガスとして蒸散する。4 Lの洗面器に機能水を流し続けた状態で、洗面器直上10 cmでの気相オゾン濃度は0.05 ppmv程度となる。この値は、環境基準の瞬間最大値である0.1 ppmvをクリアしている。

[0228] また、洗面器直上20 cmでの気相オゾン濃度は、0 ppmvへと低下し、24時間平均規制値である0.05 ppmvを下回るので、安全面での問題は全くない。

[0229] なお、図9の構成例では、気液混合部200として、特願2017-165651号に開示された構成のものを適用した。

[0230] しかし、筐体300内に配置すべき気液混合部200としては、特願2017-165651号に開示された構成のものに限定されるわけではない。筐体300内に配置すべき気液混合部200としては、水電解部100との間の配管を不要とすることができる構成のものであればよい。

[0231] 以上、第2の参考形態の水電解部100と気液混合部200を組み合わせた構成例について説明した。

[0232] また、第1の参考形態の水電解部100と気液混合部200を組み合わせて、筐体300内にこれらを配置して水電解装置1を構成してもよい。

[0233] たとえば、図1に示される第1の参考形態の水電解部100を、図中上下を逆にして、図9に示す水電解装置1の筐体300内に第2の参考形態の水電解部100の代わりに配置すればよい。

[0234] また、以上説明した第11の参考形態を第8の参考形態、第9の参考形態、第10の参考形態と組み合わせて実施してもよい。

[0235] (第12の参考形態)

第9の参考形態、第10の参考形態では、陽極側に、ボロンドープダイヤモンド（BDD）の薄膜が成膜された基板電極140Pを配置し、促進酸化水を生成する例について説明した。

[0236] しかし、多数の貫通孔141Hが形成されたボロンドープダイヤモンド（BDD）成膜基板は高価であり、水電解装置全体のコストが上昇する。

[0237] そこで、促進酸化水を生成するための触媒電極を安価に製造することができる参考形態について説明する。

[0238] チタン（Ti）メッシュ上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉が担持されたボロンドープダイヤモンド（BDD）担持メッシュ電極147を製造する方法について図10を用いて以下説明する。ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉は安価に入手できる。

[0239] （工程1）

ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を用意する。ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉は疎水性であり、水から界面力を受けるため水面に浮く。このような水面に浮くボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を用意する。ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を、篩過等により、水面に浮く所定の粒度分布に整粒してもよい。

[0240] （工程2）

図10（A）に示すように、ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145を、水面に浮かせる。ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145は、界面力によって自己組織化し、重なり合うことなく一層（単層）に、かつ緻密に水面に自己配列する。

[0241] 一方で、水中に、ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145の粒子よりも更に目の細かいメッシュの金属メッシュを配置する。水中に、たとえば80メッシュのチタン（Ti）メッシュ146を、水面上のボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145の下方に位置するように配置する。

[0242] （工程3）

図10Bに示すように、チタン（Ti）メッシュ146を、水中から上方

に引き上げ、チタン（Ti）メッシュ146により、水面のボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145をすくい取る。

[0243]（工程4）

チタン（Ti）メッシュ146によりすくい取られたボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145に、高分子電解質膜120の溶液（ナフィオン溶液等）を噴霧するなどして、チタン（Ti）メッシュ146上に固定する。

[0244] このようにしてチタン（Ti）メッシュ146上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145が担持されたボロンドープダイヤモンド（BDD）担持メッシュ電極147が製造される。チタン（Ti）メッシュ146上には、ボロンドープダイヤモンド（BDD）の微粒子が一層（単層）で均一に配列されている。

[0245] このボロンドープダイヤモンド（BDD）担持メッシュ電極147を各参考形態の水電解部100の陽極側に配置することで、促進酸化水を生成することができる。触媒粒子が必要最小量で済むため、触媒電極を安価に製造することができる。

[0246] 高分子電解質膜120上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145を単層に担持させる実施も可能である。このような触媒電極付き高分子電解質膜120の製造方法について以下説明する。たとえば、高分子電解質膜120上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145を転写させる方法を用いる。

[0247] まず、上記工程1、工程2、工程3を実施して、チタン（Ti）メッシュ146上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145を配列させる。

[0248] つぎに、膨潤させた高分子電解質膜上に、チタン（Ti）メッシュ146上に配列されたボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145を転写させる。

[0249] つぎに、膨潤させた高分子電解質膜上に転写されたボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145に対して高分子電解質膜の溶液（ナフィオン溶液等）を噴霧するなどして固定する。

- [0250] 膨潤させた高分子電解質膜上に高分子電解質膜の溶液を噴霧すると、膜にしわや凸凹が生じやすい。そこで、高分子電解質膜の変形を防止するため、エアーチャックで高分子電解質膜を固定することが望ましい。
- [0251] また、つぎのような方法でもよい。この方法は、エアーチャックを使わずに高分子電解質膜の変形を防止できる。
- [0252] まず、ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145の転写を行う前に、高分子電解質膜の溶液を塗布したガラス上に高分子電解質膜を貼り付けて乾燥、固定しておく。
- [0253] つぎに、ガラス上の高分子電解質膜の表面に対して高分子電解質膜の溶液を塗布する。
- [0254] つぎに、高分子電解質膜の溶液が塗布された高分子電解質膜に、チタン（Ti）メッシュ146上に配列されたボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145を転写する。
- [0255] つぎに、ホットプレートを用いて、120℃程度で圧着して高分子電解質膜120とボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145を一体化させる。
- [0256] このようにして高分子電解質膜120上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145が単層に担持された触媒電極付き高分子電解質膜が製造される。この触媒電極付き高分子電解質膜の触媒電極面を各参考形態の水電解部100の陽極側に配置することで、促進酸化水を生成することができる。触媒粒子が必要最小量で済むため、触媒電極を安価に製造することができる。
- [0257] なお、以上は、メッシュ電極としてチタン（Ti）メッシュを使用したがる、チタン（Ti）以外の金属メッシュを用いる実施も可能である。
- [0258] またボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を担持する実施について説明したが、他の疎水性の触媒粒子を担持する実施も同様にして可能である。
- [0259] 以上、疎水性の触媒粒子を担持する参考形態について説明したが、親水性の触媒粒子を担持する実施も可能である。
- [0260] チタン（Ti）メッシュ上に、金属酸化物等の親水性の触媒粒子、例えば酸化イリジウム（IrO₂）粉が担持されたメッシュ電極149を製造する方

法について図 1 1 を用いて以下説明する。

[0261] (工程 1)

図 1 1 A に示すように、シリコン油等の油中の底面、シリコン油等の油と水との界面に、チタン (Ti) メッシュ 1 4 6 を浮かべる。これによりチタン (Ti) メッシュ 1 4 6 の表面に油分を浸み込ませる。

[0262] (工程 2)

チタン (Ti) メッシュ 1 4 6 の上方に、酸化イリジウム (IrO_2) 粉 1 4 8 を撒く。酸化イリジウム (IrO_2) 粉 1 4 8 は親水性であるため、水と油の界面に一層 (単層) で、かつ緻密に自己配列される。

[0263] (工程 3)

チタン (Ti) メッシュ 1 4 6 を、一旦、水中に沈める。図 1 1 B に示すように、水中からチタン (Ti) メッシュ 1 4 6 を、上方に引き上げ、チタン (Ti) メッシュ 1 4 6 により、水と油の界面に自己配列された酸化イリジウム (IrO_2) 粉 1 4 8 をすくい取る。

[0264] (工程 4)

チタン (Ti) メッシュ 1 4 6 によりすくい取られた酸化イリジウム (IrO_2) 粉 1 4 8 に、高分子電解質膜の溶液 (ナフィオン溶液等) を噴霧するなどして、チタン (Ti) メッシュ 1 4 6 上に固定する。

[0265] このようにしてチタン (Ti) メッシュ 1 4 6 上に酸化イリジウム (IrO_2) 粉 1 4 8 が担持された酸化イリジウム (IrO_2) 担持メッシュ電極 1 4 9 が製造される。チタン (Ti) メッシュ 1 4 6 上には、酸化イリジウム (IrO_2) の微粒子が一層 (単層) で均一に配列されている。この酸化イリジウム (IrO_2) 担持メッシュ電極 1 4 9 を各参考形態の水電解部 1 0 0 の陽極側に配置することで、酸素水を生成することができる。触媒粒子が必要最小量で済むため、触媒電極を安価に製造することができる。

[0266] 高分子電解質膜 1 2 0 上に酸化イリジウム (IrO_2) 粉 1 4 8 を単層に担持させる実施も可能である。このような触媒電極付き高分子電解質膜の製造方法については、上述した高分子電解質膜 1 2 0 上にボロンドープダイヤモンド

ンド（BDD）粉145を転写させる方法と同様の方法を適用することができる。

[0267] なお、以上は、メッシュ電極としてチタン（Ti）メッシュを使用したのが、チタン（Ti）以外の金属メッシュを用いる実施も可能である。

[0268] また酸化イリジウム（IrO₂）粉を担持する実施について説明したが、他の金属酸化物等の親水性の触媒粒子を担持する実施も同様にして可能である。

[0269] 第12の参考形態の触媒粒子担持メッシュ電極あるいは触媒電極付き高分子電解質膜を、第1の参考形態乃至第11の参考形態に適用することができる。

[0270] 各参考形態の水電解装置1の大きさは、水の流量に応じて定められる。大流量の水を流す場合には、筐体300と水電解部100を大きくし、電極面積と気液混合部200の容積を増やせばよい。

[0271] 各参考形態の水電解装置1は、圧力損失を考慮して製造することができる。例えば、図9に示す水電解装置1を、10L/minの水を流す装置として製造しようとする、圧力損失は0.1MPa程度となる。圧力損失を更に低減したい場合には、筐体300、水電解部100、気液混合部200の断面積を大きくしたり、図8に示す並列型の水電解部400を用いればよい。

[0272] 以下、各参考例について説明する。

[0273] （参考例1）

図1に示す構成の内径50mmの筐体300の中に、図12に示す構成の外径47mm、高さ22mmの水電解部100を設置して水電解装置1を構成した。

[0274] 図12は、図7と同様に水電解部100を分解図で示す。陽極側には、2枚の80メッシュのチタン（Ti）メッシュ電極140と、0.5mm厚のボロンドープダイヤモンド（BDD）基板電極140Pを設置した。陰極側には、8枚の80メッシュのチタン（Ti）メッシュ電極170を設置した。

。陽極側メッシュ電極 140、基板電極 140P、陰極側メッシュ電極 170 は、外径 35 mm、内径（内側開口部の径）11 mm の円環状である。陽極側と陰極側の間に、高分子電解質膜 120 としてナフィオン 117 膜を挿入した。高分子電解質膜 120 のサイズは、内径 10 mm、外径 36 mm である。

[0275] 図 1 に示す筐体 300 の上側の流入口 310 から水道水を 2.4 L/min の流量で流し、図 12 に示す陽極 110、陰極 150 間に 1～3 A の電流を流して水電解を行った。筐体 300 の下側の流出口 320 から陽極水と陰極水が混合した電解水としての機能水を取り出した。

[0276] 陽極側へは 0.5 L/min の流量、陰極側へは 1.9 L/min の流量の水が流れたものと考えられる。

[0277] 参考例 1 の水電解装置 1 の電圧-電流特性を図 13 に示す。

[0278] 図 13 から、水電解装置 1 の抵抗は少なく、電圧 6.2 V で 1 A (0.12 A/cm²) の電流が流れ、電圧 8.4 V で 3 A (0.35 A/cm²) の電流が流れたことがわかる。また、電圧に比例して電流が増加しているのがわかる。

[0279] 生成された機能水中の溶存オゾン濃度を図 14 に示す。

[0280] 図 14 から、電流密度が 0.2 A/cm² を上回ると溶存オゾン濃度が顕著に増加することがわかる。

[0281] 気相オゾン生成速度を図 15 に示す。

[0282] 図 15 から、電流密度が 0.12 A/cm² (1 A) ～ 0.17 A/cm² (1.5 A) では、気相オゾンの生成が少なく安全に装置を運転できることがわかる。しかし、電流密度が、0.23 A/cm² (2 A) を越えると気相オゾンの生成が多くなり、危険であることがわかる。

[0283] 図 16 に気相オゾン、液相オゾンおよび気相オゾンと液相オゾンの合計それぞれのオゾン生成電流効率を示す。

[0284] 図 16 からわかるように、電流密度が 0.35 A/cm² (3 A) のときに 20% 近い電流効率が得られたが、低い電流密度では 5% 未満の電流効率で

ある。

[0285] なお、いずれの電流密度の場合でも、気相オゾンと液相オゾンの生成効率は、ほぼ同等（約 1 : 1）であり、オゾンガスが水中に良く溶けずに気体として放出されていた。この原因は、陽極側への水流量が少なかったので気液混合が促進されなかった、あるいは、気体が陽極側メッシュ電極間に溜まって電極を覆い、有効触媒面積が低下した、等の理由によると考えられる。

[0286] 図 17 に生成した機能水中の過酸化水素濃度を示す。

[0287] 図 17 から、 0.23 A/cm^2 （2 A）以下の電流密度では、溶存オゾンよりも過酸化水素の方が多く生成されていることがわかる。

[0288] 参考例 1 によれば、簡素な水電解装置 1 でも運転条件を選べば、20%近いオゾン生成電流効率（図 16 参照）を得られることが明らかとなった。また溶存オゾンと同程度の濃度の過酸化水素を生成できることがわかった。また陽極側の水の流量を増加させるべきことが明らかになった。

[0289] （参考例 2）

陰極側に用いる電極の材質、陰極側へ流す水の流量、電流密度が、水電解時に生成される陰極側電解水の pH に与える影響を調べる実験を行った。

[0290] この実験では、図 6 に示す二室型の水電解装置 1 と同様の二室型の水電解装置 1 を用いた。

[0291] 陽極側には、2 枚の 80 メッシュのチタン（Ti）メッシュ電極（陽極側メッシュ 140）と、1 枚の 0.5 mm 厚のボロンドープダイヤモンド（BDD）基板電極 140P を設置した。陰極側には、陰極 150 側に、3 枚の 80 メッシュのチタン（Ti）メッシュ電極（陰極側メッシュ 170）を配置した。

[0292] 陰極側には、高分子電解質膜 120（ナフィオン 117 膜）に接する電極として、80 メッシュのチタン（Ti）メッシュ電極 170 を 1 枚または 80 メッシュのプラチナ（Pt）メッシュ電極 170 を 1 枚配置することで、陰極側の電極の材質の違いによる陰極側電解水の pH の変化を調べた。陽極側メッシュ電極 140、陽極側基板電極 140P、陰極側メッシュ電極 170

0は、いずれも円環状に形成された電極である。いずれの電極も電極面積は、 7.6 cm^2 である。

[0293] 水電解装置1に流す水道水の流量は、陽極側が 1.1 L/min 、陰極側が 2.0 L/min として、図6に示すように陽極側メッシュ電極140、陰極側メッシュ電極170の外周側から内側開口部に向けて水を流した。

[0294] 図18に、高分子電解質膜120に接触する陰極側メッシュ電極（陰極側メッシュ170）として80メッシュのプラチナ（Pt）メッシュ電極（陰極側メッシュ170）を用いた場合の陽極側電解水と陰極側電解水のpHを示す。

[0295] 図19に、高分子電解質膜120に接触する陰極側メッシュ電極170としてプラチナ（Pt）メッシュ電極とチタン（Ti）メッシュ電極を用いた場合の水酸化物イオン OH^- の生成速度の違いを示す。なお、図中のカッコ（ ）内の数値は、陰極側電解水の流量である。

[0296] 水電解装置1の陽極110、陰極150間に2A、4A、6Aの電流を流して、陰極側電解水のpH変化および水酸化物イオン OH^- の生成速度を測定した。

[0297] 図18から、陰極側に80メッシュのプラチナ（Pt）メッシュ電極170を使用すると、いずれの電流密度においても陰極側電解水のpHの上昇は少ないことがわかる。陰極側電解水のpHは、原料水中に含まれる Mg^{2+} イオン（約 5 mg/L ）が全て水酸化マグネシウム $\text{Mg}(\text{OH})_2$ になった場合に予想される飽和溶解度であるpH値8.6を下回っているのがわかる。

[0298] 図18から、陰極側メッシュ電極170にプラチナ（Pt）メッシュを用いれば、陰極側の電極上へのミネラルの電析なしに、長時間運転することが可能であると判断される。

[0299] 一方、高分子電解質膜120に接触する陰極側メッシュ電極170として80メッシュのチタン（Ti）メッシュ電極（陰極側メッシュ170）を用いると、図19に示すように、陰極側電解水のpH、つまり水酸化物イオン OH^- の生成速度が増加した。

- [0300] 図19から、プラチナ（Pt）メッシュ電極（陰極側メッシュ電極170）を用いた場合の水酸化物イオン OH^- の生成速度は、チタン（Ti）メッシュ電極（陰極側メッシュ電極170）を用いた場合の水酸化物イオン OH^- の生成速度の約半分であることがわかる。
- [0301] また、陰極側電解水の流量は、水酸化物イオン OH^- の生成速度に影響は無く、水酸化物イオン OH^- の生成速度は電極の材質と電流密度によって定まることがわかる。
- [0302] 特に、プラチナ（Pt）メッシュ電極（陰極側メッシュ電極170）を用いた場合には、電流密度を 0.5 A/cm^2 以下にすれば、水酸化物イオン OH^- の生成速度をほぼゼロに近づけることが可能である。
- [0303] したがって陰極側メッシュ電極170にプラチナ（Pt）メッシュ電極を用いた水電解装置1は、中国や欧州の水道水のような硬度の高い水を電解する用途に最適である。
- [0304] 参考例2の実験では、軟水を原料水として用いたため、プラチナ（Pt）メッシュ電極およびチタン（Ti）メッシュ電極のいずれかを陰極側メッシュ電極170として用いてもミネラル分の電析は発生しなかった。
- [0305] しかし、中国や欧州の水道水のような硬度の高い原料水を使用する場合には、陰極側メッシュ電極170にプラチナ（Pt）メッシュ電極を用いることが望ましい。陰極側メッシュ電極170にプラチナ（Pt）メッシュ電極を用い、かつ、 0.5 A/cm^2 以下の低電流密度で水電解を行うことによって、ミネラル分の電析を防止することができると考えられる。
- [0306] なお、日本の水道水のような硬度が低い軟水を原料水として用いる場合には、陰極側メッシュ電極170に比較的水素過電圧が高いチタン（Ti）メッシュ電極やステンレスメッシュ電極等を用いることが可能である。
- [0307] 図19から、例えばチタン（Ti）メッシュ電極を陰極側メッシュ電極170に用いる場合には、電流密度を 0.75 A/cm^2 以下とし、陰極側に 1 L/min 以上の流量の水を流せばミネラル分の電析を抑制する上で好ましいことがわかる。

[0308] このときの水酸化物イオン OH^- の生成速度は、 $2 \times 10^{-8} \text{ mol/min}$ であることから、原料水となる水道水のpHが8.0と高めであったとしても、陰極側電解水のpHは8.5程度となり、ミネラル分の電析を抑制できると考えられる。

[0309] (比較例1)

参考例2に対する比較例を説明する。

[0310] 陰極側メッシュ電極170として比較的水素過電圧が高いボロンドープダイヤモンド(BDD)を使用した場合に、ミネラル分の電析が問題になるか否かを調べる実験を行った。

[0311] この実験では、参考例2と同じく、図6に示す二室型の水電解装置1を用いた。

[0312] 陽極側には、2枚の80メッシュのチタン(Ti)メッシュ電極(陽極側メッシュ電極140)と、1枚の0.5mm厚のボロンドープダイヤモンド(BDD)基板電極140Pを設置した。陰極側には、陰極150に、2枚の80メッシュのチタン(Ti)メッシュ電極(陰極側メッシュ電極170)を接触するように配置した。

[0313] 陰極側には、高分子電解質膜120(ナフィオン117膜)に接する電極として、1枚の0.5mm厚のボロンドープダイヤモンド(BDD)基板電極170Pを配置した。

[0314] 陽極側メッシュ電極140、陽極側基板電極140P、陰極側メッシュ電極170、陰極側基板電極170Pは、いずれも円環状に形成された電極である。いずれの電極も電極面積は、 7.6 cm^2 である。

[0315] 水電解装置1に流す原料水となる水道水の流量は、 2 L/min とし、陽極側が 1 L/min 、陰極側が 1 L/min として、図6に示すように陽極側メッシュ電極140、陰極側メッシュ電極170の外周側から内側開口部に向けて水を流した。

[0316] この水電解装置1に 0.4 A/cm^2 (3A)の電流を流したところ、陰極側電解水のpHが9.3に上昇し、4時間の運転中に電圧が9Vから13V

へと上昇し、水電解装置 1 の劣化が確認された。

[0317] 運転停止後に、水電解装置 1 を分解、点検したところ、陰極側のボロンドープダイヤモンド（BDD）基板電極 170P および高分子電解質膜 120 の陰極面に多量のミネラル分が電析していた。

[0318] このように、陰極側に、ボロンドープダイヤモンド（BDD）基板電極 170P を使用すると、水酸化物イオン OH^- の生成速度が大きくなって、陰極側電解水の pH が上昇し、ミネラル分の析出が発生するので好ましくないと判断される。陰極側には、水素過電圧が低いプラチナ（Pt）やチタン（Ti）等の材質の電極を用いる方がミネラル分の電析を抑制する上で望ましい。

[0319] （参考例 3）

[0320] 参考例 1、参考例 2 および比較例 1 の結果を踏まえて、水電解装置 1 に用いられるメッシュ電極の種類と運転条件を最適化して促進酸化水を生成する実験を行った。

[0321] この実験では、図 9 に示す筐体 300 内に水電解部 100 と気液混合部 200 を配置した水電解装置 1 を用いた。

[0322] 図 9 に示す構成の内径 50 mm の筐体 300 の中に、図 20 に示す構成の外径 47 mm の水電解部 100 を設置した。図 20 は、図 7、図 12 と同様に水電解部 100 を分解図で示す。

[0323] 陽極側には、3 枚の 80 メッシュのチタン（Ti）メッシュ電極 140 と、1 枚の 0.5 mm 厚のボロンドープダイヤモンド（BDD）基板電極 140P を設置した。陰極側には、陰極 150 に、6 枚の 80 メッシュのチタン（Ti）メッシュ電極 170 を接触するように配置した。

[0324] 陰極側には、高分子電解質膜 120（ナフィオン 117 膜）に接する電極として、80 メッシュのプラチナ（Pt）メッシュ電極（陰極側メッシュ電極 170）を 1 枚配置した。

[0325] 陽極側メッシュ電極 140、陽極側基板電極 140P、陰極側メッシュ電極 170 は、外径 35 mm、内径 11 mm の円環状であり、電極面積は 8.

6 cm²である。

[0326] 図9に示すように、水電解装置1の下側から水を供給し、陽極側メッシュ電極140、陰極側メッシュ電極170の内側開口部から外周側に向けて水を流した。

[0327] 原料水として3.0L/minの水道水を供給し、陽極110、陰極150間に0.12A/cm²~0.35A/cm²(1~3A)の電流を流して水電解を行った。筐体300の流出口320からオゾンと過酸化水素が混合された促進酸化水を取り出した。

[0328] 参考例3の水電解装置1の電圧-電流特性を図21に示す。

[0329] 図21から、参考例3では電極の構造が最適化されたことにより、図17の参考例1における電圧-電流特性と比べて、低い電圧で1~3Aの電流を流せることがわかる。

[0330] 電流密度を変化させて気相オゾンの生成速度を調べた。気相オゾン生成速度を図22に示す。

[0331] 気相オゾンフリーとなる気相オゾン生成速度の目安は、0.01mL/minと考えられる。図22から、電流密度を0.2A/cm²(1.7A)以下にすれば、気相オゾンをフリーにできることがわかる。

[0332] 気相オゾンをフリーにできる電流密度である0.2A/cm²(1.7A)で水電解を24時間継続した場合の溶存オゾン濃度を図23に示す。

[0333] また、過酸化水素の濃度を図24に示す。

[0334] これら図23、図24から、参考例3の水電解装置1によれば、0.5mg/Lのオゾンと0.2mg/Lの過酸化水素を含んだ促進酸化水を気相オゾンフリーの状態で安定的に生成されることがわかる。

[0335] 電流密度0.2A/cm²(1.7A)で24時間運転したときのオゾン生成電流効率の経時変化を図25に示す。

[0336] 図25から、オゾン生成電流効率の平均は、21.3%という高い状態で安定していることが明らかである。

[0337] このように、参考例3の水電解装置1によれば、高効率に促進酸化水を生

成することができる。

[0338] (参考例4)

参考例3の水電解装置1を用いて、水電解装置1の高分子電解質膜120(ナフィオン117膜)のみを新品状態にして耐久試験を行った。

[0339] 水の流量等の条件を参考例3と同一とし、 0.2 A/cm^2 という定電流密度で120時間(7,200分)の連続運転を行った。

[0340] 連続運転の間、 4.0 L/min の流量で水を供給したときを除いて、安定的に 0.5 mg/L の溶存オゾンと 0.2 mg/L の過酸化水素を含んだ促進酸化水を生成できた。

[0341] この耐久試験における電圧の経時変化を図26に示す。

[0342] 図26から、水の流量を 4.0 L/min に増やすと、電圧が $0.2\sim 0.3\text{ V}$ 程度上がるものの、水の流量を元の 3.0 L/min に戻すと、電圧も元に戻ることがわかる。

[0343] 120時間運転後のオゾン生成電流効率は、 20.6% であり参考例3とほぼ同等の値である。これにより水電解装置1の劣化は、全く発生しなかったことがわかる。

[0344] なお、 4.0 L/min の水流量では、 0.4 mg/L の濃度の溶存オゾンを含む促進酸化水を生成することができた。

[0345] 120時間連続運転をした後に、電極へのミネラル分の電析の有無を電子天秤で調べた。測定の結果、電析は全く発生しておらず、実験前後での陰極側のメッシュ電極の重量に変化はなかった。

[0346] このように水電解装置1に用いられる触媒の種類と運転条件を最適化することにより、長時間、安定的な運転が可能であることがわかった。

[0347] 実験中に生成した促進酸化水を4Lのバケツに流してオーバーフローさせながら、北川式オゾンガス検知器を用いて、バケツの水面直上 10 cm および 20 cm の高さでオゾンガス濃度を調べた。その結果、オゾンガス濃度は、バケツの直上 10 cm で 0.05 ppmv 、直上 20 cm で 0 ppmv であり、安全であることが確認できた。

[0348] また、運転の途中で促進酸化水を光路長 1 c m の分光セルに採取して、その中の溶存オゾン濃度の経時変化を調べた。

[0349] 時間の経過に伴う溶存オゾン濃度の減少の様子を図 2 7 に示す。

[0350] 初期のオゾンの吸光度 (A b s .) は、0 . 0 3 4 (溶存オゾン濃度 ; 0 . 5 4 m g / L) であり、それが半減するまでにわずか 1 5 分しかかからなかった。

[0351] 通常のオゾン水中のオゾンの半減期は 4 5 ~ 6 0 分程度であるため、過酸化水素による促進酸化反応でオゾンが消費されていることが確認できた。

[0352] 以上のことから、参考例 3 の水電解装置 1 は、安全な促進酸化水を効率良く長時間にわたって生成できることが確認された。

[0353] (参考例 5)

参考例 3 の水電解装置 1 と同じ装置を用い、陽極のボロンドープダイヤモンド (B D D) 基板電極 1 4 0 P のみをボロンドープダイヤモンド (B D D) 担持メッシュ電極 1 4 7 (8 0 メッシュのチタン (T i) メッシュ) に置き換えて水電解の実験を行った。

[0354] チタン (T i) メッシュ 1 4 6 上にボロンドープダイヤモンド (B D D) 粉 1 4 5 を担持する方法は、図 1 0 で説明した通りである。

[0355] ボロンドープダイヤモンド (B D D) 粉 1 4 5 は、C h a n g s h a 3 B e t t e r U l t r a - h a r d M a t e r i a l s C o . , L t d . 製を使用した。

[0356] ボロンドープダイヤモンド (B D D) 粉 1 4 5 の粒子サイズは、4 0 / 4 5 (4 0 メッシュは通り抜けるが、4 5 メッシュは通り抜けない大きさ) である。ボロンドープダイヤモンド (B D D) 粉 1 4 5 を担持した後のメッシュ電極 1 4 7 の厚みは、0 . 5 3 m m になった。

[0357] ボロンドープダイヤモンド (B D D) 担持メッシュ電極 1 4 7 は、陽極側メッシュ電極 1 4 0、陰極側メッシュ電極 1 7 0 と同様に、外径 3 5 m m、内径 1 1 m m の円環状であり、電極面積は 8 . 6 c m ² である。

[0358] 実験で用いたボロンドープダイヤモンド (B D D) 粉 1 4 5 は、抵抗が大

きくなるようにボロンのドーパント濃度が低く調整されたものである。

[0359] しかし、参考例4と同じ条件（水道水の流量；3.0 L/min）で水電解した場合でも、17.5 Vで1 A（0.115 A/cm²）、20 Vで1.32 A（0.153 A/cm²）の電流を流すことができた。また、オゾン生成電流効率は、電流密度によって若干変化した。全体的に7～10%が得られた。

[0360] このように抵抗が大きくなるようにボロンのドーパント濃度が低く調整されたボロンドープダイヤモンド（BDD）粉145を用いても、オゾンと過酸化水素を含む促進酸化水を安定して生成できるのが確認された。

[0361] 各電流密度における液相のオゾン（O₃）と過酸化水素（H₂O₂）の濃度を図28に表として示す。

[0362] 図28から、電流が1 A（0.115 A/cm²）のときに、0.125 mg/Lのオゾンと0.15 mg/Lの過酸化水素が含まれた機能水を生成できたことがわかる。

[0363] また、電流が1.32 A（0.153 A/cm²）のときには、溶存オゾン濃度が0.193 mg/Lに増加した。

[0364] なお、気相オゾン生成速度は、気相オゾンフリーの目安となる0.01 mL/minを大きく下回り、どの条件でも安全に機能水を生成することが確認された。この理由は、オゾン生成量が少なかったため、その大部分が水に溶解したためと考えられる。

[0365] 水電解装置1の高分子電解質膜120（ナフィオン117膜）のみを新品状態にして耐久試験を行った。

[0366] 電流を1.5 A（0.115 A/cm²）の定電流とし、原料水となる水道水を流量3.0 L/minに設定して、水電解装置1を4時間連続運転した。

[0367] この耐久試験における電圧の経時変化を図29に示す。

[0368] 図29から、電圧が安定しており水電解装置1で劣化が生じないことが確認された。定電流で4～5時間の運転を行って電圧が安定していれば、その後も水電解装置1の劣化は発生しないと考えられる。

[0369] 4時間の運転後に水電解装置1を分解してミネラル分の電析の有無を調べた。この結果、電析は全く生じていないことが確認された。

[0370] したがってボロンドープダイヤモンド(BDD)担持メッシュ電極147を陽極側に使用した水電解装置1は、 0.115 A/cm^2 の電流密度下であれば、安定的に長時間運転ができることが確認された。

[0371] さらにボロンのドーパント濃度が高く、かつ低抵抗なボロンドープダイヤモンド(BDD)粉を用いれば、高品質のボロンドープダイヤモンド(BDD)担持メッシュ電極147を製造することができる。このような高品質のメッシュ電極147を、水電解装置1に配置することで、高濃度にオゾンと過酸化水素が溶存した促進酸化水を、長時間、水電解装置1に劣化が生じることなく、生成できるものと予測される。

[0372] (実施例1)

以下に、実施例1の水電解装置について説明する。

[0373] 参考例3によれば、原料水として 3.0 L/min の水道水を供給し、電流密度を 0.2 A/cm^2 (1.7 A)以下にすれば、 0.5 mg/L のオゾンと 0.2 mg/L の過酸化水素を含んだ促進酸化水を安定的に生成することができる。このとき気相オゾンフリーの状態で高分子電解質膜120(ナフィオン117膜)の損傷は確認されなかった。

[0374] 参考例3の水電解装置1の電極面積は 8.6 cm^2 と小さく、小型化を達成している。

[0375] そこで、以下の点を課題とする実施例1について説明する。

[0376] (課題)

(1) 促進酸化水中の溶存オゾン(DO_3)と過酸化水素(H_2O_2)の濃度を向上させること

(2) 水の流量を増やすこと

(3) 電解質膜120(ナフィオン117膜)の損傷を防止すること

[0377] 上記(1)、(2)、(3)を達成するためには、水電解部の電極面積を大きくする必要がある。

[0378] しかし、電極面積は大きいけれども小型であるという、相反した特性を兼ね備えた水電解装置を提供することを課題とする。

[0379] (促進酸化水の製造目標)

上記(1)、(2)を達成するために促進酸化水中の溶存オゾン(DO_3)と過酸化水素(H_2O_2)の濃度および水の流量の目標値を以下のとおりとする。

[0380] (4) 溶存オゾン(DO_3)の濃度 = 1.0 mg/L 、過酸化水素(H_2O_2)の濃度 = $0.4 \sim 0.6 \text{ mg/L}$ 程度

(5) 促進酸化水流量 = 10 L/min 以上

[0381] (制約条件)

筐体300の大きさ等、以下の制約条件を課す。

[0382] (6) 筐体300の内径を60mmを超えないこと

気液混合部200を筐体300内に配置することを前提にすると、仕切部材220にエキスパンドメタルを使用しないで済む大きさとする。チタン(Ti)製のエキスパンドメタルメタルは高価であり、コスト低減のためである。

(7) エキスパンドメタルを使用する場合でも筐体300の内径が80mm以下であること

(8) 第12の参考形態のボロンドープダイヤモンド(BDD)担持メッシュ電極147、触媒電極付き高分子電解質膜と同様に、チタン(Ti)メッシュ上又は電解質膜120(ナフィオン117膜)上にボロンドープダイヤモンド(BDD)粉を担持したものを使用する。

[0383] これは、電極が大面積となるため、触媒電極に、高価なプラチナ(Pt)メッシュを使用することを回避して、コスト低減を図るためである。

[0384] (必要電流値、電極面積の計算)

(9) 比較例

参考例3の水電解装置1を比較例とし、電極面積 = 8.6 cm^2 、電流密度 = 0.2 A/cm^2 、電流値 = 1.73 A で、溶存オゾン(DO_3)の濃度 =

0.5 mg/L、過酸化水素 (H_2O_2) の濃度 = 0.2 mg/L の促進酸化水を、流量 3 L/min で生成できる。オゾン生成電流効率は、20% 程度である。

[0385] (10) 実施例1の水電解装置1に必要な電流値と電極面積

必要となる電流値を X [A] とすると、上記 (4)、(5)、(9) の数値を用いて、 $1.73 : (3 \text{ L/min} \times 0.5 \text{ mg/L}) = X : (10 \text{ L/min} \times 1 \text{ mg/L})$ となる。したがって、必要な電流値は、 $X = 11.5$ [A] となる。15 A の電流を流せるようにすることが望ましい。

[0386] 電解質膜 120 (ナフィオン 117 膜) の損傷を防止するため、0.1 A/cm² という低電流密度で運転することにした場合、必要となる電極面積は、

[0387] $15 \text{ [A]} \div 0.1 \text{ [A/cm}^2\text{]} = 150 \text{ [cm}^2\text{]}$ となる。これは、比較例の電極面積 (= 8.6 cm²) の約 17.4 倍となる。

[0388] (実施例1の水電解部の構成)

実施例1の水電解部を各比較例の水電解部の構成と対比する。

(11) 比較例1：一段の水電解部 100 (第9の参考形態等)

[0389] 第9の参考形態等の一段の水電解部 100 で構成された水電解装置1を比較例1とする。

[0390] メッシュ電極のサイズを、外径 = 14 cm、内径 (開口部の径) = 2 cm とすると、電極面積 = 150.8 cm² となり、実施例1の水電解装置1の必要電極面積 (= 150 cm²) を実現できる。

[0391] ネジ孔の設置と筐体 300 内におけるクリアランスを考慮すると、筐体 300 の内径は、20 cm となる。

[0392] (12) 比較例2：三段の水電解部 (第10の参考形態)

第10の参考形態では、二段の水電解部で構成された水電解装置1とともに、三段の水電解部で構成された水電解装置1を説明した。

[0393] メッシュ電極のサイズを、外径 = 8 cm、内径 (開口部の径) = 1 cm として、水電解部 100 を3段並列に配置した構造にする。電極面積は、

[0394] $\{(8^2 - 1^2) / 4\} \pi \times 3 = 148.4 [\text{cm}^2]$

[0395] となる。この電極面積は、実施例1の水電解装置1の必要電極面積(=150 cm²)を満足できる。

[0396] ネジ孔の設置と筐体300内におけるクリアランスを考慮すると、筐体300の内径は、11 cmとなる。

[0397] (13) 実施例1の水電解部500の構成

図30に、実施例1の水電解部500の構成を示す。

[0398] 図30Bは、水電解部500の断面図で、図30Aは、図30Bに示すロール状電極部501を、拡大するとともに、平坦にして断面構造を示す図である。

[0399] 図30Bに示すように、水電解部500は、円柱状の心棒590と、ロール状電極部501を含んで構成される。

[0400] ロール状電極部501は、心棒590に巻き付けられ、密着される。ロール状電極部501は、心棒590側(内側)を裏面501Bとし、対向する反対側の外側を表面501Aとして、内側のロール状電極501の表面501Aが、外側のロール状電極501の裏面501Bに重なるように、巻き付けられる。

[0401] 図30Aに示すように、ロール状電極部501は、表面501A側から、裏面501B側に向けて、セパレータ510、陰極側メッシュ電極540、触媒電極付き高分子電解質膜560、陽極側メッシュ電極520の順番で厚み方向に積層され、密着されて構成されている。

[0402] セパレータ510は、電氣的に絶縁性のある材料で構成されている。内側のロール状電極501の表面501Aが、外側のロール状電極501の裏面501Bに重なるように、巻き付けられる。この際に、セパレータ510は、内側のロール状電極501の陰極側と、外側のロール状電極501の陽極側とが電氣的に接触して、短絡等することを防止する。

[0403] 陽極側メッシュ電極520は、参考形態の陽極側メッシュ電極140に相当する。メッシュ電極の材料、枚数等は任意である。

- [0404] 陰極側メッシュ電極 540 は、参考形態の陰極側メッシュ電極 170 に相当する。メッシュ電極の材料、枚数等は任意である。
- [0405] 触媒電極付き高分子電解質膜 560 は、第 12 の参考形態のボロンドープダイヤモンド（BDD）の触媒電極付き高分子電解質膜に相当する。触媒電極付き高分子電解質膜 560 は、電解質膜 120（ナフィオン 117 膜）上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を担持して構成される。触媒電極付き高分子電解質膜 560 の触媒電極面（ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉）が陽極側に配置される。
- [0406] セパレータ 510 と触媒電極付き高分子電解質膜 560 の間に形成された領域は、陰極側電解領域 550 を構成する。陰極側電解領域 550 は、実施形態の陰極側電解領域 160 に相当する。
- [0407] 触媒電極付き高分子電解質膜 560 と、内側のロール状電極部 501 の表面 501A に配置されたセパレータ 510 の間に形成された領域は、陽極側電解領域 530 を構成する。陽極側電解領域 530 は、実施形態の陽極側電解領域 130 に相当する。
- [0408] 図 3 に示す水電解部 500 に対して、紙面の垂直方向に原料水が流され、水が陽極側電解領域 530 および陰極側電解領域 550 内を紙面の表面から裏面に向けて、あるいは紙面の裏面から表面に向けて流通して、電気分解が行われる。
- [0409] 例えば、直径 3 cm（半径 1.5 cm）、長さ 5 cm のフィルムケースのような心棒 590 に幅 5 cm のロール状電極部 501 を 3 周巻き付けて、水電解部 500 が構成される。この水電解部 500 の電極面積は、
- [0410] $2 \times \pi \times 1.5 [\text{cm}] \times 5 [\text{cm}] \times 3 = 141.4 [\text{cm}^2]$
- [0411] となる。この電極面積は、実施例 1 の水電解装置 1 の必要電極面積（= 150 cm^2 ）を満足できる。
- [0412] これにより、小さな水電解部 500 でありながら、大きな電極面積を持たせることが可能となる。水流路である陽極側電解領域 530、陰極側電解領域 550 の流入断面積が広いため、圧力損失が小さく大流量の水を流すこと

ができる。

[0413] (実施例 1 の水電解装置 1 の構成)

図 3 1 に、実施例 1 の水電解装置 1 の構成を示す。

[0414] 図 3 1 A は、筐体 3 0 0 内に水電解部 5 0 0 を配置した構成を示す。筐体 3 0 0 については、第 1 1 の参考形態等の構成要素と同じものには同じ符号を付与している。

[0415] 図 3 1 B は、筐体 3 0 0 と水電解部 5 0 0 の間に配置されるスペーサ 3 9 1 の平面図である。すなわち、図 3 1 B は、図 3 1 A のスペーサ 3 9 1 を上面または下面からみた図である。

[0416] 図 3 1 A に示すように、筐体 3 0 0 内には、水電解部 5 0 0 が、図 3 0 B の紙面に対する垂直方向が、図 3 1 A の図中の上下方向となるように配置される。

[0417] 筐体 3 0 0 の内部上端には、図中上面からみて十字状のスペーサ 3 9 1 が配置されている。スペーサ 3 9 1 は、上板 3 3 0 と水電解部 5 0 0 の上端の間に配置される。

[0418] スペーサ 3 9 1 は、上板 3 3 0 に設けられた流入口 3 1 0 と、水電解部 5 0 0 の上端の水流入口（陽極側電解領域 5 3 0、陰極側電解領域 5 5 0 の流入口）とを連通する流路を形成する。

[0419] 筐体 3 0 0 の内部下端には、図中下面からみて十字状のスペーサ 3 9 1 が配置されている。スペーサ 3 9 1 は、下板 3 4 0 と水電解部 5 0 0 の下端の間に配置される。

[0420] スペーサ 3 9 1 は、下板 3 4 0 に設けられた流出口 3 2 0 と、水電解部 5 0 0 の下端の水流出口（陽極側電解領域 5 3 0、陰極側電解領域 5 5 0 の流出口）とを連通する流路を形成する。

[0421] 筐体 3 0 0 の内部上側および内部下側にはそれぞれ、リング 3 9 2 が、円筒部 3 5 0 の内周に設けられている。リング 3 9 2 は、水電解部 5 0 0 の外周に密着されている。

[0422] 図 3 1 A の図中上側の流入口 3 1 0 に、原料水として例えば水道水を供給

する。これにより水電解部500に対して、図中下方方向に原料水が流される。

[0423] ロール状電極部501の陽極側には、電源コード581の一端が電氣的に接続され、電源コード581の他端が図示しない直流電源のプラス端子に電氣的に接続される。ロール状電極部501の陰極側には、電源コード582の一端が電氣的に接続され、電源コード582の他端が上記直流電源のマイナス端子に電氣的に接続される。上記直流電源のプラス端子から電源コード581、ロール状電極部501の陽極側、ロール状電極部501の陰極側、電源コード582を経て上記直流電源のマイナス端子に電流が流れ、水電解部500の陽極側電解領域530および陰極側電解領域550で水電解が行われる。

[0424] 水が陽極側電解領域530および陰極側電解領域550内を図中上側から下側に向けて流通しながら当該領域530、550において電気分解が行われる。水電解が行われた電解水、たとえば促進酸化水は、図31Aの図中下側の流出口320から外部に流出される。

[0425] 水電解部500を、心棒590に、ロール状電極部501を3巻きして構成する。

[0426] ロール状電極部501の一巻き分の厚みを2.8mmとすると、3巻きしたロール状電極部501は、8.4mmの厚さとなる。また心棒590の直径を30mmとする。

[0427] このとき水電解部500の外径は、47mmとなる。したがって、内径50mmの筐体300内に水電解部500を収めることができる。

[0428] したがって電極面積は大きいけれども小型であるという、相反した特性を兼ね備えた水電解装置1を提供することができる。

[0429] 第11の参考形態等と同様に、図30Aの筐体300内にあって、水電解部500と流出口320の間に、気液混合部200を介在させて水電解装置1を構成してもよい。

[0430] (実施例2)

以下に、電極を大面積化して大流量の水を流すことができる水電解装置の実施例について説明する。本実施例2は、上述した各参考形態および各参考例および実施例1に適用することができる

[0431] (電極材料の選定)

水電解部の大型化を図る際には、電極材料の特性に注意する必要がある。大面積の電極を用いて、高いオゾン生成効率を上げるためには、少なくとも8V以上、できれば10V以上の電圧を印加する必要がある。

[0432] そこで、水電解部の陽極側に用いられる電極の材料毎に、電流-電圧の特性(以下、I-V特性)を比較、検討した。

[0433] (実施例2と比較例)

実施例2：陽極側に、チタン(Ti)メッシュ上にボロンドープダイヤモンド(BDD)粉を担持したボロンドープダイヤモンド(BDD)担持メッシュ電極を用いる。ボロンドープダイヤモンド(BDD)担持メッシュ電極は、参考例5と同様に、抵抗が大きくなるようにボロンのドーパント濃度が低く調整されたボロンドープダイヤモンド(BDD)粉を用いたものである。8cm²の電極面積で17V-1.0A程度のI-V特性となる。

[0434] 比較例1：陽極側に、プラチナ(Pt)メッシュ電極を用いる。8cm²の電極面積で10V-15A程度のI-V特性となる。

[0435] 比較例2：陽極側に、ニオブ(Nb)基板上にボロンドープダイヤモンド(BDD)の薄膜が成膜されたボロンドープダイヤモンド(BDD)基板電極を用いる。8.6cm²の電極面積 8V-1.73A程度のI-V特性となる。

[0436] (制約条件)

実施例1と同様に、以下を条件とする。

[0437] (1) 溶存オゾン(DO₃)の濃度=1.0mg/L、過酸化水素(H₂O₂)の濃度=0.4~0.6mg/L程度

(2) 促進酸化水流量=10L/min以上

(3) 電解質膜120(ナフィオン117膜)の損傷を防止するため、0.

1 A/cm²という低電流密度で運転する。

[0438] したがって、必要となる電極面積は、150[cm²]となり、150[cm²]
]の電極面積に対して15A(0.1A/cm²)の電流を流す必要がある。

[0439] またオゾン生成効率を上げるため、8V以上の電圧を陽極と陰極間に印加
する必要がある。

[0440] (印加電圧と電流の計算結果)

上記制約条件のもとに、比較例1、比較例2、実施例2について印加電圧
と電流を計算する。

[0441] (比較例1)

8[cm²]の電極面積のプラチナ(Pt)メッシュ電極の抵抗値は、10[
V]/15[A]=0.667[Ω]となる。

[0442] 150[cm²]の電極面積の電極と、8[cm²]の電極面積の電極の電極面
積比は、150[cm²]/8[cm²]=18.8倍となる。

[0443] よって、150[cm²]の電極面積のプラチナ(Pt)メッシュ電極を用い
た水電解部の抵抗値Rは、並列回路であるとして、

[0444] $1/R = (1/0.667[\Omega]) \times 18.8 = 28.2$

[0445] $R = 1/28.2 = 0.0354[\Omega]$ となる。

[0446] したがって電流15Aを流したときの印加電圧は、 $15 \times 0.0354 =$
0.53[V]となる。

[0447] この電圧0.53[V]では、オゾンは全く生成されないと考えられる。ま
た2~3Vの印加電圧で水電解が始まった瞬間に、制約条件の上限である1
5Aが流れてしまうことになる。

[0448] (比較例2)

8.6[cm²]の電極面積のボロンドープダイヤモンド(BDD)基板電極
の抵抗値は、比較例1のプラチナ(Pt)メッシュ電極の約7倍である。そ
の抵抗値は、

[0449] $8[V]/1.73[A] = 4.62[\Omega]$ となる。

[0450] 150[cm²]の電極面積の電極と、8.6[cm²]の電極面積の電極の電

極面積比は、 $150[\text{cm}^2] \div 8.6[\text{cm}^2] = 17.4$ 倍となる。

[0451] よって、 $150[\text{cm}^2]$ の電極面積のボロンドープダイヤモンド（BDD）基板電極を用いた水電解部の抵抗値Rは、並列回路であるとして、

$$1/R = (1/4.62[\Omega]) \times 17.4 = 3.78$$

$$R = 1/3.78 = 0.265[\Omega] \text{となる。}$$

[0452] したがって電流15Aを流したときの印加電圧は、 $15 \times 0.265 = 3.97[\text{V}]$ となる。

[0453] この電圧3.97[V]は、わずかにオゾンが生成し始める値であり、オゾン生成電流効率は、ほぼゼロであると考えられる。

[0454] (実施例2)

$8[\text{cm}^2]$ の電極面積のボロンドープダイヤモンド（BDD）担持メッシュ電極の抵抗値は、比較例2のボロンドープダイヤモンド（BDD）基板電極の約2.4倍である。その抵抗値は、 $14[\text{V}]/1.5[\text{A}] = 9.33[\Omega]$ となる。

[0455] $140[\text{cm}^2]$ の電極面積の電極と、 $8[\text{cm}^2]$ の電極面積の電極の電極面積比は、 $140[\text{cm}^2] \div 8[\text{cm}^2] = 17.5$ 倍となる。

[0456] よって、 $140[\text{cm}^2]$ の電極面積のボロンドープダイヤモンド（BDD）担持メッシュ電極を用いた水電解部の抵抗値Rは、並列回路であるとして、

$$1/R = (1/9.33[\Omega]) \times 17.5 = 1.88$$

$$R = 1/1.88 = 0.531[\Omega] \text{となる。}$$

[0458] したがって電流15Aを流したときの印加電圧は、 $15 \times 0.531 = 7.97[\text{V}]$ となる。

[0459] この電圧7.97[V]程度を陽極、陰極間に印加すれば、十分にオゾンを生成することができる。オゾン生成電流効率は、9%程度になると思われる。ただし、消費電力は120Wとなる。なお、電流20A（ $0.133\text{A}/\text{cm}^2$ ）を流す場合の印加電圧は、10.6Vまで上昇する。このため、上記電圧7.97[V]を陽極、陰極間に印加して、オゾン生成電流効率が低い場合には、電流密度を少し上げて運転すればよい。

[0460] 本実施例2では、ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を担持したメッシュ電極を水電解装置の陽極側に配置した構成について説明した。

[0461] しかし、ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を担持した電極であればよい。電解質膜（ナフィオン膜）上にボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を担持して構成される触媒電極付き高分子電解質膜の触媒電極面を陽極側に配置する実施でもよい。

[0462] 以上のように、本実施例2によれば、水電解装置の陽極側に、 $0.531[\Omega]$ 以上の抵抗値が得られるようにボロンのドーパント濃度が低く調整されたボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を担持した電極であって、 $140[\text{cm}^2]$ 以上の電極面積の電極を配置した。このため、つぎのような顕著な作用効果が得られる。

[0463] 1) $10\text{L}/\text{min}$ 以上の流量の促進酸化水を生成することができる。

[0464] 2) $7.97[\text{V}]$ 以上の電圧を陽極、陰極間に印加して、オゾン生成電流効率を、9%以上にすることができる。

[0465] 3) $0.1\text{A}/\text{cm}^2$ 以下の低電流密度で運転されるため、電解質膜（ナフィオン膜）の損傷が抑制される。水電解装置を安定して長時間運転することができる。

[0466] （第1の実施形態）

図32A、32Bに、本実施形態の水電解部500の構成を示す。実施例1と同一の構成要素には同一若しくは同様の符号を付与する。

[0467] 図32Bは、水電解部500の断面図で、図32Aは、図32Bに示すロール状電極部501を、拡大するとともに、平坦にして断面構造を示す図である。

[0468] 図32Bに示すように、水電解部500は、円柱状の心棒590と、ロール状電極部501を含んで構成される。心棒590は、陽極電極を構成する。心棒590は、例えばステンレス管にチタン（Ti）等の耐オゾン性に優れた金属をメッキしたもので構成される。心棒590は電源のプラス端子に電氣的に接続される。

[0469] 図32Aに示すように、ロール状電極部501は、表面501A側から、裏面501B側に向けて、セパレータ510、3枚の陰極側メッシュ電極540、高分子電解質膜560、1枚のボロンドープダイヤモンド(BDD)粉を担持したメッシュ触媒電極520P、4枚の陽極側メッシュ電極520の順番で厚み方向に積層され、厚み方向に密着されて構成されている。セパレータ510と高分子電解質膜560の間に形成された領域は、陰極側電解領域550を構成する。高分子電解質膜560と、ロール状電極部501の裏面501Bの間に形成された領域は、陽極側電解領域530を構成する。

[0470] 表面501A及び裏面501Bはロール状電極部501の厚み方向に垂直な電極面を構成する。

[0471] セパレータ510は、電氣的に絶縁性のある材料、例えばテフロン(登録商標)で構成された絶縁膜である。陰極側メッシュ電極540は、例えば100メッシュのSUS304メッシュ電極である。メッシュ触媒電極520Pは、例えばボロンドープダイヤモンド(BDD)粉を担持した325/400メッシュのチタン(Ti)メッシュ電極である。陽極側メッシュ電極520は、例えば100メッシュのチタン(Ti)メッシュ電極である。

[0472] 図32Bに示すように、ロール状電極部501は、心棒590側(内側)を裏面501Bとし、対向する反対側の外側を表面501Aとして、心棒590に1回だけ巻回されて構成される。あるいは、図30Bに示すように、ロール状電極部501は、心棒590側(内側)を裏面501Bとし、対向する反対側の外側を表面501Aとして、内側のロール状電極501の表面501Aが、外側のロール状電極501の裏面501Bに重なるように、心棒590に1回を超えて巻き付けられて構成される。たとえばロール状電極部501は、心棒590に2.5回巻回されて構成される。

[0473] 電極部501を可撓性のある材料で、表面501Aでみて例えば長方形状の平坦な部材で構成し、これに曲げ力を加え、心棒590に巻き付け密着させて、ロール状電極部501を構成することができる。各メッシュ電極等を1枚ずつ心棒590に巻回してもよく、複数枚のメッシュ電極等で構成され

た電極部 501 をまとめて巻回してもよい。また円筒形状に加工形成されたメッシュ電極等の部材を同心円状に心棒 590 に装着してもよい。ロール状電極部 501 を構成する方法は任意の方法を用いることができる。

[0474] また、触媒電極としては、メッシュ電極に限定されるわけではなく、オゾンと過酸化水素が共存した促進酸化水を生成できるものであれば形態は問わない。ボロンドープダイヤモンド（BDD）粉を高分子電解質膜 560 に担持してもよい。陰極側メッシュ電極 540 としては、チタン（Ti）、プラチナ（Pt）を用いることができる。

[0475] 図 30B に示すように、ロール状電極部 501 は、内側のロール状電極 501 の表面 501A が、外側のロール状電極 501 の裏面 501B に重なるように、巻き付けられて構成される。この際に、セパレータ 510 は、内側のロール状電極 501 の陽極側と、外側のロール状電極 501 の陰極とが電気的に接触して、短絡等することを防止する。

[0476] また、図 32B に示すように、ロール状電極 501 が心棒 590 に 1 回以下で巻回されて構成される場合には、セパレータ 510 は必ずしも必要としない。図 32B に示すように、ロール状電極 501 が心棒 590 に 1 回だけ巻回されて構成される場合には、ロール状電極 501 の始端と終端との間の隙間 501G に接着剤等で充填し隙間 501G を埋めるのが望ましい。水が陽極側電解領域 530 および陰極側電解領域 550 内を流通する際の水漏れの防止のためである。

[0477] 図 32A、33B に示す水電解部 500 に対して、紙面の垂直方向に原料水が流され、水が陽極側電解領域 530 および陰極側電解領域 550 内を紙面の表面から裏面に向けて、あるいは紙面の裏面から表面に向けて流通して、電気分解が行われる。

[0478] 図 33 は、第 1 の実施形態の水電解装置 1 を斜視図で示したものである。筐体 300 に水電解部 500 を配置する具体的構成としては、図 31A、図 31B に示す装置構成のものを適用することができる。図 33 では、理解を容易にするため、筐体 300 と、その流入口 310 および流出口 320 のみ

を破線で示し、筐体 300 内の水電解部 500 を実線で示している。

[0479] 図 33 では、ロール状電極 501 が心棒 590 に 1 回だけ巻回されて構成される例を示している。しかし、図 33 において、ロール状電極 501 を心棒 590 に 1 回を超えて巻回されるように構成してもよい。

[0480] 図 33 の図中上側の流入口 310 に、原料水として例えば水道水を供給する。これにより水電解部 500 に対して、図中下方向に原料水が流される。

[0481] ロール状電極部 501 の陽極側の陽極側メッシュ電極 520 は、陽極としての心棒 590 に電氣的に接続されている。ロール状電極部 501 の裏面 501B としての電極面が、心棒 590 に密着されることで、陽極側メッシュ電極 520 が心棒 590 に電氣的に接続される。

[0482] 心棒 590 は電源コード 581 の一端に電氣的に接続されている。例えば心棒 590 の図 33 の図中上端の陽極端子に電源コード 581 の一端が電氣的に接続される。電源コード 581 の他端は図示しない直流電源のプラス端子に電氣的に接続されている。

[0483] ロール状電極部 501 の陰極側メッシュ電極 540 には、電源コード 582 の一端が電氣的に接続されている。例えば電源コード 582 が、被覆された銅電線で構成される場合、先端部の被覆が除去された銅線が給電体としてセパレータ 510 と最も外側の陰極側メッシュ電極 540 の間に挿通される。給電体（銅電線）の長さは、心棒 590 に巻きつけられる陰極側メッシュ電極 540 の長さよりも短くする。セパレータ 510 と最も外側の陰極側メッシュ電極 540 が厚み方向に密着されることで電源コード 582 の上記給電体と陰極側メッシュ電極 540 が接触して電氣的な接続がなされる。電源コード 582 の他端は上記直流電源のマイナス端子に電氣的に接続されている。なお、給電体としては銅線ではなく、ステンレス、チタン (Ti)、銅などのシートを用いてメッシュ電極とともに心棒へ巻きつけてもよい。

[0484] ロール状電極部 501 の他の構成例を図 34A、34B に示す。図 34A は、1 巻のロール状電極部 501 を同心円状に 3 重に設けた構成例を示す。陽極端子および陰極端子は同心円状の 3 つのロール状電極部 501、501

、５０１それぞれに対して必要となる。

[0485] 図３４Ｂは、長尺の長方形状の平坦な電極部５０１を心棒５９０に対して３回巻回して構成したロール状電極部５０１を例示する。陽極端子および陰極端子はロール状電極部５０１に対して１つで済む。

[0486] 以上のとおりロール状電極部５０１は、陽極としての心棒５９０に対して巻回されたロール形状で構成されている。ロール状電極部５０１の外周には、ロール状電極部５０１を厚み方向に締め付ける締付け部材５９５が設けられている。締付け部材５９５は、ロール状電極部５０１の長手方向の複数の箇所設けられる。締付け部材５９５は、ロール状電極部５０１を外周から心棒５９０の中心方向に向けて押圧して、心棒５９０に固定する。締付け部材５９５としては、例えばＳＵＳ製のメタルタイ（登録商標）を使用することができる。例えば締付け部材５９５としてのメタルタイは専用の結束工具を用いて引き締め付けられる。なお締付け部材５９５としては、樹脂製の結束バンド等を用いてもよい。

[0487] 上記直流電源のプラス端子から電源コード５８１、ロール状電極部５０１の陽極側、ロール状電極部５０１の陰極側、電源コード５８２を経て上記直流電源のマイナス端子に電流が流れる。

[0488] 原料水は、流入口３１０から、ロール状電極部５０１の図３３の図中上端のロール形状に曲げられた一方の端面５０１Ｃに供給される。

[0489] 水は陽極側電解領域５３０および陰極側電解領域５５０内を図３３の図中上側から下側に向けて流通する。これにより陽極側電解領域５３０および陰極側電解領域５５０で水電解が行われる。

[0490] 水電解が行われた電解水、つまり促進酸化水は、ロール状電極部５０１の図３３の図中下端のロール形状に曲げられた他方の端面５０１Ｄから流出する。そして図３３の図中下側の流出口３２０から外部に電解水、つまり促進酸化水が流出される。

[0491] すなわち原料水が陽極側メッシュ電極５２０の隙間に流れて電解されると、オゾン及び酸素並びに過酸化水素を含む陽極水となる。原料水が陰極側メ

ツシュ電極540の隙間に流れて電解されると、水素及び過酸化水素を含む陰極水となる。それら陽極水と陰極水は、合流して、流出口320から流出される。

[0492] 本実施形態によれば、角形の電極で構成される水電解部を用いた場合と比べて、同じ場積でありながら水の流入断面積を大きくすることができる。電極の巻回数を多くするに従い水路断面積が大きくなり、圧力損失を小さくすることができる。また、電極面積を大きくすることが可能となるので、大電流を流して促進酸化水の濃度を高めることができる。小型でありながら水路断面積とボロンドープダイヤモンド（BDD）を含む触媒電極の面積を大きくすることが可能となり、大流量で高濃度な促進酸化水を生成できる。たとえば筐体300の内径を5cm、高さを7～8cm程度とし、心棒590の直径を30mm程度にしても大流量で高濃度な促進酸化水を生成できる。非常に小型な水電解装置1でありながら大流量で高濃度な促進酸化水を生成できる。

[0493] また角形の電極を備えた単体の水電解装置を複数、並列に並べた場合と比べて、配管数が減り省スペース化を図ることができる。水電解部500への水を供給する流入口310と水電解部500からの水を排出する流出口320が共通化されるため、流入口と流出口の配管がそれぞれ一本ずつで済む。陽極側電解水、陰極側電解水を合流させて利用する構造であるため、水を節約することができる。

[0494] 本実施形態の水電解装置1に、水道水、純水またはイオン交換水（軟水）等の原料水を流し、数～20ボルト程度の電圧をかけて水電解することにより、オゾンと過酸化水素を含有した促進酸化水などの機能水を生成することができる。

[0495] 本実施形態の水電解装置1は、原料水から機能水を生成するだけでなく、排水、河川水並びに井戸水などの水を浄化、殺菌する機能も有する。例えば、有機物や酸・アルカリで汚染された排水を浄化する場合には、排水を本実施形態の水電解装置1の流入口310に直接供給して直接電解する。この際

に、排水中の有害物質がオゾン並びに過酸化水素と反応することにより分解・除去される。また、バクテリアや大腸菌等を含んだ河川水や井戸水を本実施形態の水電解装置 1 の流入口 310 に直接供給して直接電解することにより、水道水レベルにまで殺菌浄化することができる。

[0496] 本実施形態では、陽極に対して巻回されたロール状電極部 501 の構成例を説明した。しかし、心棒 590 を陰極とし、陰極に対して巻回されたロール状電極部 501 であってもよい。

[0497] 本実施形態では、円筒形に巻回されたロール状電極部 501 の構成例を説明した。しかし、電極部 501 の形状は円筒形状に限定されるわけではない。電極部 501 の厚み方向に垂直な電極面が陽極または陰極を囲むように、所定の曲がった形状で構成されたものであればよい。たとえば三角柱形状、四角柱形状等、陽極または陰極を囲むように曲がった任意の形状で電極部 501 を構成することができる。

[0498] また、電極部 501 としては、必ずしも陽極または陰極を囲むように巻回される必要はない。電極部 501 は、厚み方向に垂直な電極面同士が対面するように曲がった形状で構成されていてもよい。この場合、電極部 501 の陽極側が電源のプラス端子に電氣的に接続され電極部 501 の陽極側が電源のマイナス端子に電氣的に接続されていればよい。

[0499] 図 35A、35B は、ロール状電極部 501 に置換可能な電極部 501 の構成例を示す。図 35A は、曲げられる方向を逐次変えながら折り畳むように曲がった、全体として角柱形状で構成した電極部 501 を例示する。図 35B は、一方向に巻回され、全体として角柱形状で構成した電極部 501 を例示する。

[0500] (第 2 の実施形態)

図 9 の構成例と同様に、筐体 300 内に、第 1 の実施形態の水電解部 500 と気液混合部 200 を配置するように構成してもよい。

[0501] 図 36 は、水電解部 500 と気液混合部 200 を同一の筐体（缶体）300 内に収容したミキサー内蔵型のロール型水電解装置の断面図である。

- [0502] 図9の構成例と同様に、筐体300内に水電解部500と気液混合部200が配置される。以下では図9の構成例および図31A、31Bの構成例について説明したのと重複した説明は適宜省略する。
- [0503] 筐体300内にあって、水電解部500と、流出口320の間に、気液混合部200が介在されている。気液混合部200の気液混合入口部202は、ロール状電極部501の他方の端面501Dに連通している。気液混合部200の気液混合出口部203は、筐体300の流出口320に連通している。
- [0504] 流入口310に下方から原料水が流入されると、ロール状電極部501の一方の端面501Cに原料水が流入される。原料水がロール状電極部501の陽極側メッシュ電極の隙間に流れて電解され、オゾン及び酸素並びに過酸化水素を含む陽極水となる。原料水はロール状電極部501の陰極側メッシュ電極の隙間に流れて電解され、水素及び過酸化水素を含む陰極水となる。それら陽極水と陰極水は、ロール状電極部501の他方の端面501Dから流出され、合流する。
- [0505] 合流した電解水は、気液混合部200の気液混合入口部202に流入される。気液混合部200では、ガスと電解水との混合が促進され、高効率にガスが電解水に溶解する。高効率にガスが溶解された電解水は、気液混合出口部203、流出口320を介して外部に排出される。
- [0506] 本実施形態によれば、気液混合部200により発生したオゾンガスが全て水に溶解されるため、気相オゾンがほぼなくなり安全な促進酸化水を製造することができる。また、水電解部400と気液混合部200の配管接続が不要となる。
- [0507] 本実施形態によれば、小型でオゾンガスを発生しない安全な促進酸化水製造装置を市場に提供できる。また、排水や汚染された河川水並びに井戸水を殺菌する用途に使用することができる。この用途に使用する場合も処理装置から出る水からのオゾンガスの発生が抑制され、安全な処理水を得ることができる。

[0508] (実施例3)

図37は、第1の実施形態の水電解装置1の流入口310に水道の蛇口630を連通させるように配管接続した装置構成を示す。筐体300に水電解部500を配置する具体的構成としては、図31A、図31Bに示す装置構成のものが適用される。

[0509] 水道の蛇口630と水電解装置1の流入口310の間の配管に流量計610と圧力計620が設けられる。流量計610によって水電解装置1を流れる水の流量が測定される。圧力計620によって水電解装置1における圧力損失が測定される。

[0510] 水電解装置1の流入口310に水道水が流入される。水電解装置1の流出口320から促進酸化水が流出され、容器650に貯留される。

[0511] 可変電源640は、水電解装置1の陽極590と陰極の間に直流の電圧を印加する。可変電源640によって陽極590と陰極の間に印加される電圧Vは、その大きさを調整することができる。

[0512] 水電解装置1の筐体300は、内径が60mmで、高さが140mmである。陽極としての心棒590は、直径が50mmで、長さが100mmである。ロール状電極501は心棒590に1回だけ巻回されて構成される。陽極側のメッシュ触媒電極520Pは、ポロンドープダイヤモンド(BDD)粉を5mg/cm²の重量密度で担持した325/400メッシュのチタン(Ti)メッシュ電極である。水電解部500の電極面積は140cm²である。

[0513] 水電解装置1の流入口310に水道水を5~20L/minの流量で流し、陽極590、陰極間に電流を流して水電解を行った。実施例3の水電解装置1の水流量-圧力損失特性を図38に示す。実施例3の水電解装置1の電圧-電流特性を図39に示す。

[0514] 実施例3の水電解装置1の水流量と、生成された促進酸化水中の溶存オゾン(DO₃)の濃度、過酸化水素(H₂O₂)の濃度、液相オゾン生成電流効率(ΦDO₃)との関係を図40に示す。電流密度は0.1A/cm²に固定し、水流量を変化させて運転した。

[0515] (比較例3)

実施例3に対応する比較例3には、電極面積が 8.6 cm^2 の水電解部100と気液混合部200が筐体300内に内蔵された参考例3の水電解装置を用いた。この水電解装置も陽極側に1枚のボロンドープダイヤモンド(BDD)基板電極140Pが設置されている。この水電解装置の流入口310に水道水を流し、陽極110、陰極150間に電流を流して水電解を行った。

[0516] 実施例3の水電解装置1の電極面積は、比較例3の電解装置の電極面積の16倍である。実施例3によれば、図38から明らかなとおり、水道の元圧で 20 L/min という高流量の水を水電解装置1に流すことができたことがわかる。一方、比較例3の水電解装置に流せる最大水流量は 10 L/min であった。したがって本実施例3によれば比較例3と比べると2倍の水を流すことが可能になる。

[0517] 実施例3によれば、図39から明らかなとおり、水電解装置1の陽極590、陰極間に 20 A もの大電流を流すことができたことがわかる。実施例3によれば、図40からわかるように水電解装置1で 0.37 mg/L の溶存オゾンと 0.1 mg/L の過酸化水素を含有した促進酸化水を 10 L/min という高流量で生成できる。また水電解装置1で 0.225 mg/L の溶存オゾンと 0.1 mg/L の過酸化水素を含有した促進酸化水を 20 L/min という高流量で生成できる。

[0518] 一方、比較例では、 4 L/min の水道水を水電解装置に流し、電流密度 0.2 A/cm^2 の電流を流して水電解を行った場合には、促進酸化水中の溶存オゾン濃度は 0.48 mg/L で、過酸化水素濃度は 0.2 mg/L であった。比較例3では気液混合部200を備えており気相オゾンが完全に溶けている。このことを考慮すると、実施例3の水電解装置1に 20 L/min の水道水を流し、電流密度 0.1 A/cm^2 の電流を流した場合に比べてほぼ同等の溶存オゾン濃度と過酸化水素濃度となる。したがって実施例3によれば比較例3に比べて、高濃度の促進酸化水を高流量で生成できることが明らかである。

[0519] 実施例3によれば、図40に示すとおり液相に溶解したオゾンのみで計算したオゾン生成電流効率が、水流量が20L/minのときに6%以上となった。実施例3では比較例3と異なり気液混合部200を備えていないため、生成したオゾンの約半分は水に溶解せず、気相オゾンとして放出される。したがって気相を含めた全オゾンの生成電流効率は12%以上となる。実施例3で、さらに気液混合部200を用いて気相に逃げたオゾンガスを全て水中に溶解させれば、20L/minの流量での溶存オゾン濃度は、0.45mg/Lにまで上昇する。したがって実施例3によれば、安全かつ十分に高濃度な促進酸化水を20L/minという高流量で生成できることが明らかである。

[0520] (実施例4)

上述した実施例1、実施例2、第1の実施形態、第2の実施形態、実施例3で説明した水電解装置1を用いて、汚染水の殺菌洗浄を実施することができる。殺菌洗浄方法は、水電解装置1の流入口310に、水道水の代わりに、菌および/またはウイルスを含む汚染水を直接供給し、水電解装置1の流出口320から、ATP（アデノシン三リン酸）値が低下された（殺菌洗浄された）処理後の汚染水を流出させるという方法を採用することができる。この汚染水の殺菌洗浄方法を第1の殺菌洗浄方法というものとする。

[0521] 汚染水の殺菌洗浄の手順は、以下のとおりである。

- 1) 汚染原水として、河川の水を採取する。河川水は採取してから室内で一昼夜静置し、菌数を安定化させる。
- 2) 汚染原水中の菌数を安定化させた後に、水電解装置1の流入口310に、所定の流量で汚染原水を供給する。
- 3) 例えば実施例3の水電解装置1の場合には、容器650に貯留された処理後の汚染水の殺菌洗浄効果を評価する。評価方法は、あらゆる生物のエネルギー代謝に必須な物質であるATP（アデノシン三リン酸）の濃度を測定する方法である。この方法は、一般的に「ルミノール反応」と呼ばれている。なお、環境が無菌ではなく、サンプル採取に使用したピーカー類も滅菌処

理していないため、河川水が完全殺菌されてもA T P 指示値はゼロにはならない。そこで、水道水のA T P 値（R L U = 7）を殺菌レベルの指標とし、A T P 値が7を下回れば河川水を完全殺菌できたものと判断する。

[0522] 一例として、溶存オゾン濃度2.7mg/Lで、過酸化水素濃度0.42mg/Lを含有する促進酸化水を生成する水電解装置1であれば、A T P 値357の汚染水を、強い殺菌力で完全に殺菌洗浄することが確認された。

[0523] 汚染水を直接電解して殺菌洗浄する第1の殺菌洗浄方法を用いて汚染水を殺菌洗浄する方法を説明したが、促進酸化水と汚染水を混合する第2の殺菌洗浄方法を用いてもよい。

[0524] 第2の殺菌洗浄方法では、水電解装置1の流入口310に、水道水を供給して、促進酸化水を生成する。つぎに生成された促進酸化水を、菌および/またはウイルスを含む汚染水と混合して、A T P（アデノシン三リン酸）値を例えば7以下まで低下させる（殺菌洗浄する）。

[0525] 溶存オゾンと過酸化水素が共存する促進酸化水は、汚染水中の有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンを分解・除去する用途に用いても、有用である。

[0526] 上述した実施例1、実施例2、第1の実施形態、第2の実施形態、実施例3で説明した水電解装置1を用いて、以下の第1の分解・除去方法あるいは第2の分解・除去方法が実施される。

[0527] （第1の分解・除去方法）

水電解装置1の流入口310に、水道水の代わりに、有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンを含む汚染水を直接供給し、水電解装置1の流出口320から、有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンが分解・除去された水を流出させる。

[0528] （第2の分解・除去方法）

水電解装置1の流入口310に、水道水を供給して、促進酸化水を生成する。つぎに生成された促進酸化水を、有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンを含む汚染水と混合して、汚染水中の有機物および/またはア

ンモニアおよび/またはシアンを分解・除去する。

[0529] 第1の殺菌洗浄方法、第2の殺菌洗浄方法、第1の分解・除去方法、第2の分解・除去方法は、併用して実施することができる。

[0530] 第1の殺菌洗浄方法、第2の殺菌洗浄方法、第1の分解・除去方法、および第2の分解・除去方法の少なくとも1の方法を実施することにより、アンモニアと大腸菌を含んだ汚染水の飲用化が可能になる。例えば、0.03%程度の濃度のアンモニアが添加された水道水を、第1の実施形態の水電解装置1に供給することで、アンモニアが完全分解された無臭の水を得ることができる。

[0531] また有機物、シアンを含んだ排水を、第1の実施形態の水電解装置1に供給することで、排水中の有機物、シアンを分解・除去することができる。したがって、本明細書に開示された水電解装置を排水処理の用途に用いることができる。

2019年2月22日に出願された日本国特許出願2019-031029の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。

本明細書に記載された全ての文献、特許出願、及び技術規格は、個々の文献、特許出願、及び技術規格が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

符号の説明

- [0532] 1 水電解装置
- 500 水電解部
 - 200 気液混合部
 - 300 筐体
 - 310 流入口
 - 320 流出口
 - 590 心棒（陽極）
 - 560 高分子電解質膜
 - 520 陽極側メッシュ電極

5 2 0 P 触媒電極

5 4 0 陰極側メッシュ電極

請求の範囲

- [請求項1] 陽極と、
 陰極と、
 前記陽極に電氣的に接続される陽極側メッシュ電極と、当該陽極側メッシュ電極の厚み方向に隣り合って重ねられる高分子電解質膜と、当該高分子電解質膜の厚み方向に隣り合って重ねられ、前記陰極に電氣的に接続される陰極側メッシュ電極とを含んで構成される電極部と、
 を備え、
 前記電極部の前記厚み方向に垂直な電極面が前記陽極または前記陰極を囲むように、及び/または、前記電極部の前記厚み方向に垂直な電極面同士が対面するように、前記電極部が曲がった形状で構成され、
 前記電極部の前記曲がった形状の一方の端面に連通し、外部より原料水が流入される流入口と、
 前記一方の端面とは反対側の前記電極部の他方の端面に連通し、電解水が外部に流出される流出口と、
 を備えた水電解装置。
- [請求項2] 前記一方の端面及び前記他方の端面でみて、前記電極部が前記陽極または前記陰極に対して巻回されたロール状に形成されている、
請求項 1 に記載の水電解装置。
- [請求項3] 前記電極部の前記電極面には、前記陽極側メッシュ電極と前記陰極側メッシュ電極を電氣的に絶縁する絶縁膜が形成されている、
請求項 1 に記載の水電解装置。
- [請求項4] 前記一方の端面及び前記他方の端面でみて、前記電極部が前記陽極または前記陰極に対して 1 回を超えて巻回されたロール状に形成されている、
請求項 3 に記載の水電解装置。
- [請求項5] 筐体に前記流入口および前記流出口が設けられ、

前記筐体内に、前記電極部が配置され、
前記筐体内にあって、水電解部と前記流出口の間に、気液混合部が
介在され、
前記気液混合部は、
前記電極部の前記他方の端面に連通する気液混合入口部と、
気液混合された流体を排出し、前記流出口に連通する気液混合出口
部と、
を備えた請求項 1 に記載の水電解装置。

[請求項6] 前記電極部の陽極側に、ボロンドープダイヤモンドを含む触媒電極が
設けられる、
請求項 1 に記載の水電解装置。

[請求項7] 請求項 6 の水電解装置の前記流入口に、菌および/またはウイルスを
含む汚染水を供給し、
当該水電解装置の前記流出口から、アデノシン三リン酸値が低下した
水を流出させる、
請求項 6 に記載の水電解装置を用いた殺菌洗浄方法。

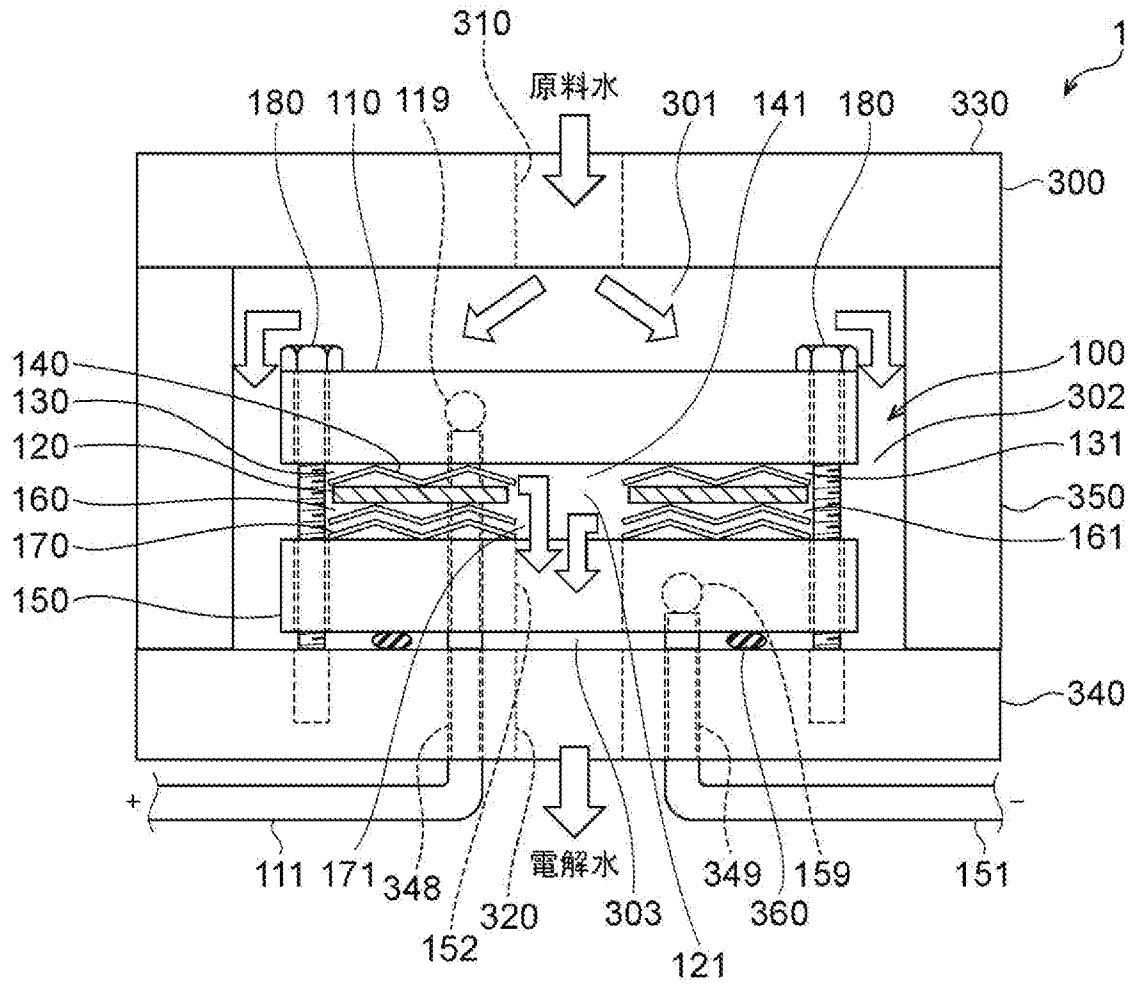
[請求項8] 請求項 6 の水電解装置を用いて前記電解水として、オゾンと過酸化水
素が共存する促進酸化水を生成し、
生成された前記促進酸化水を、菌および/またはウイルスを含む汚染
水と混合して、アデノシン三リン酸値を低下させる、
請求項 6 に記載の水電解装置を用いた殺菌洗浄方法。

[請求項9] 請求項 6 の水電解装置の前記流入口に、有機物および/またはアンモ
ニアおよび/またはシアンを含む汚染水を供給し、
当該水電解装置の前記流出口から、有機物および/またはアンモニア
および/またはシアンが分解・除去された水を流出させる、
請求項 6 に記載の水電解装置を用いた有害物質分解・除去方法。

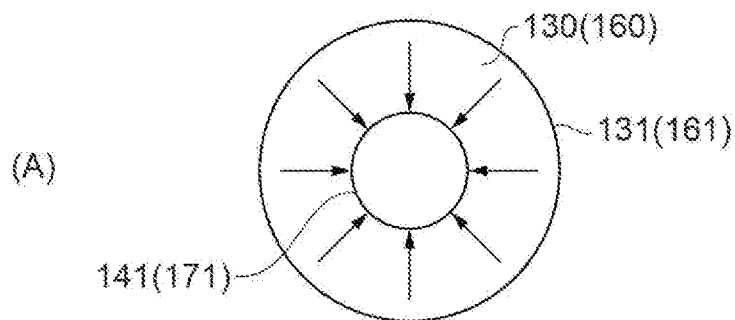
[請求項10] 請求項 6 の水電解装置を用いて前記電解水として、オゾンと過酸化水
素が共存する促進酸化水を生成し、

生成された前記促進酸化水を、有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンを含む汚染水と混合して、汚染水中の有機物および/またはアンモニアおよび/またはシアンを分解・除去する、
請求項 6 に記載の水電解装置を用いた有害物質分解・除去方法。

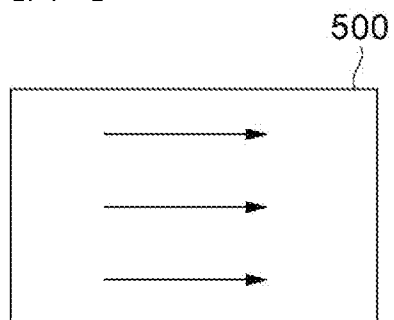
[図1]



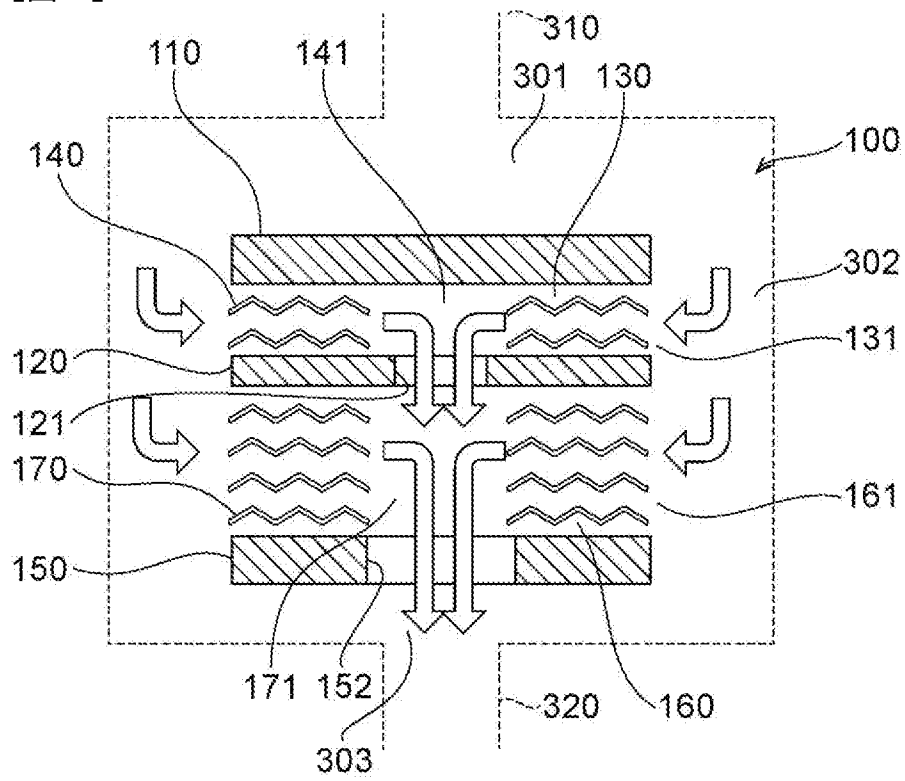
[図2A]



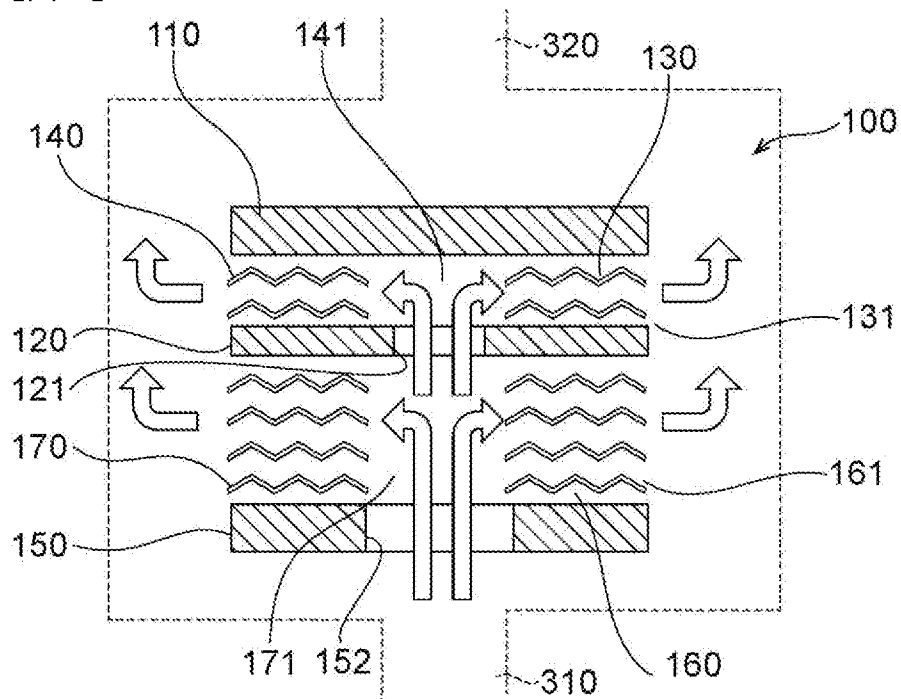
[図2B]



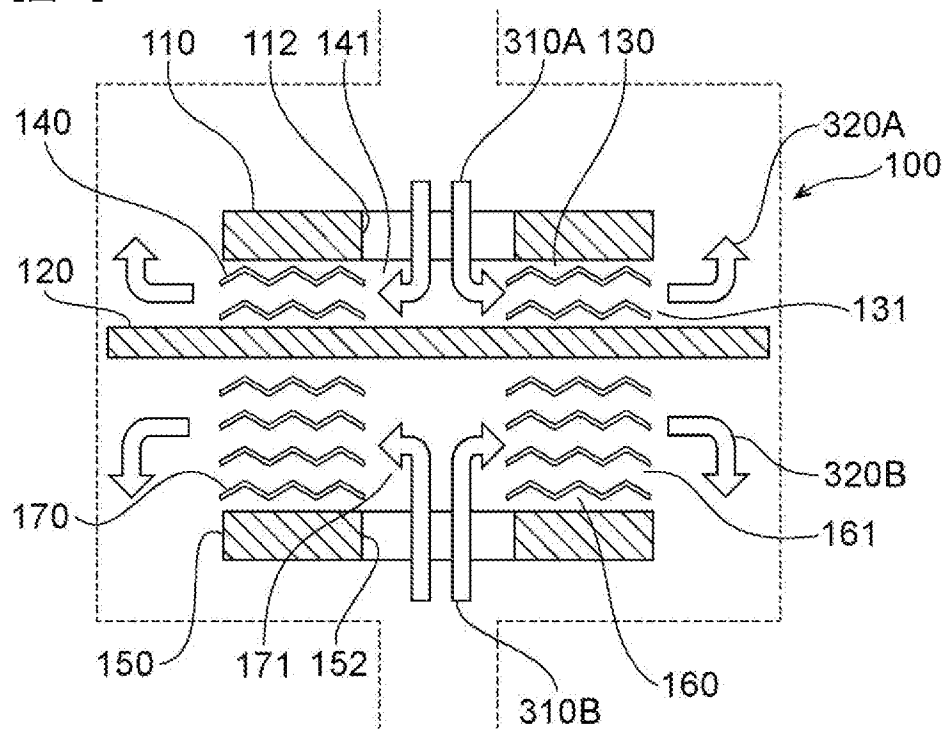
[図3A]



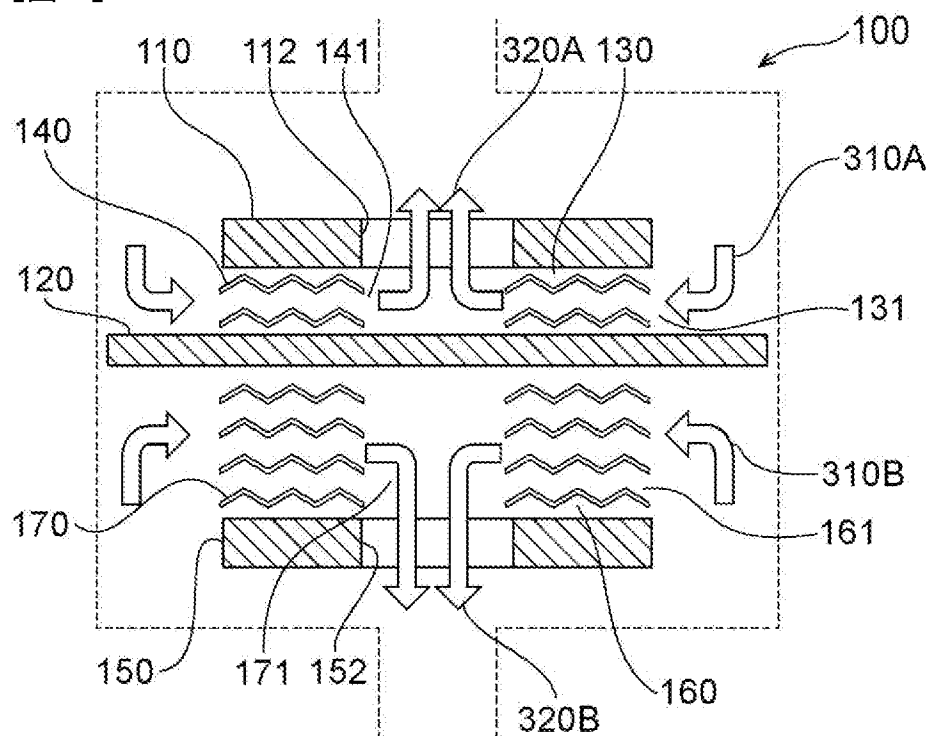
[図3B]



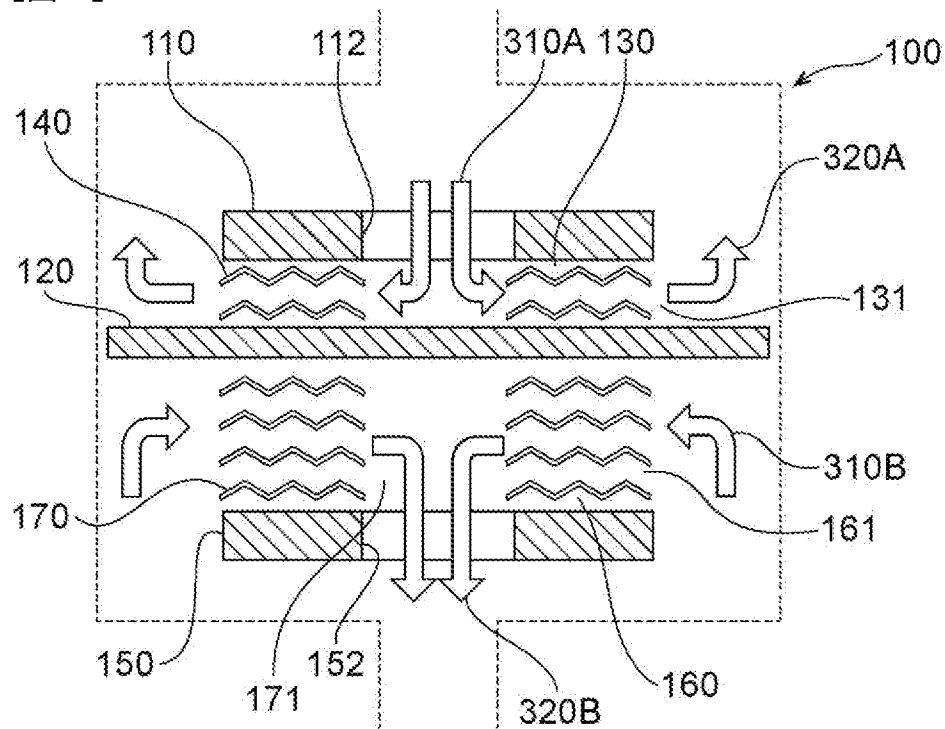
[図4A]



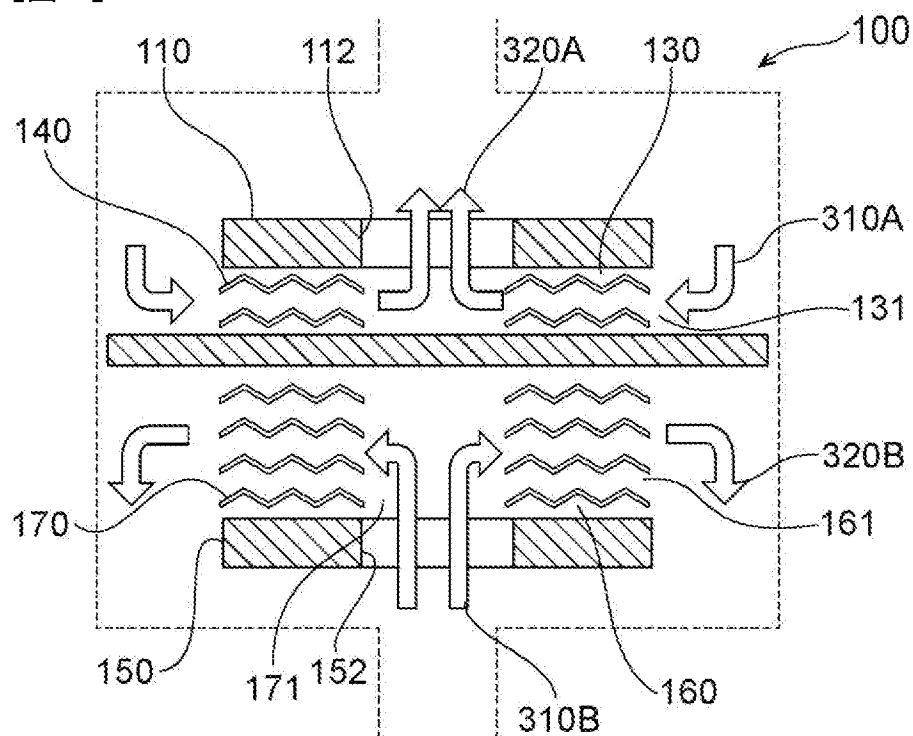
[図4B]



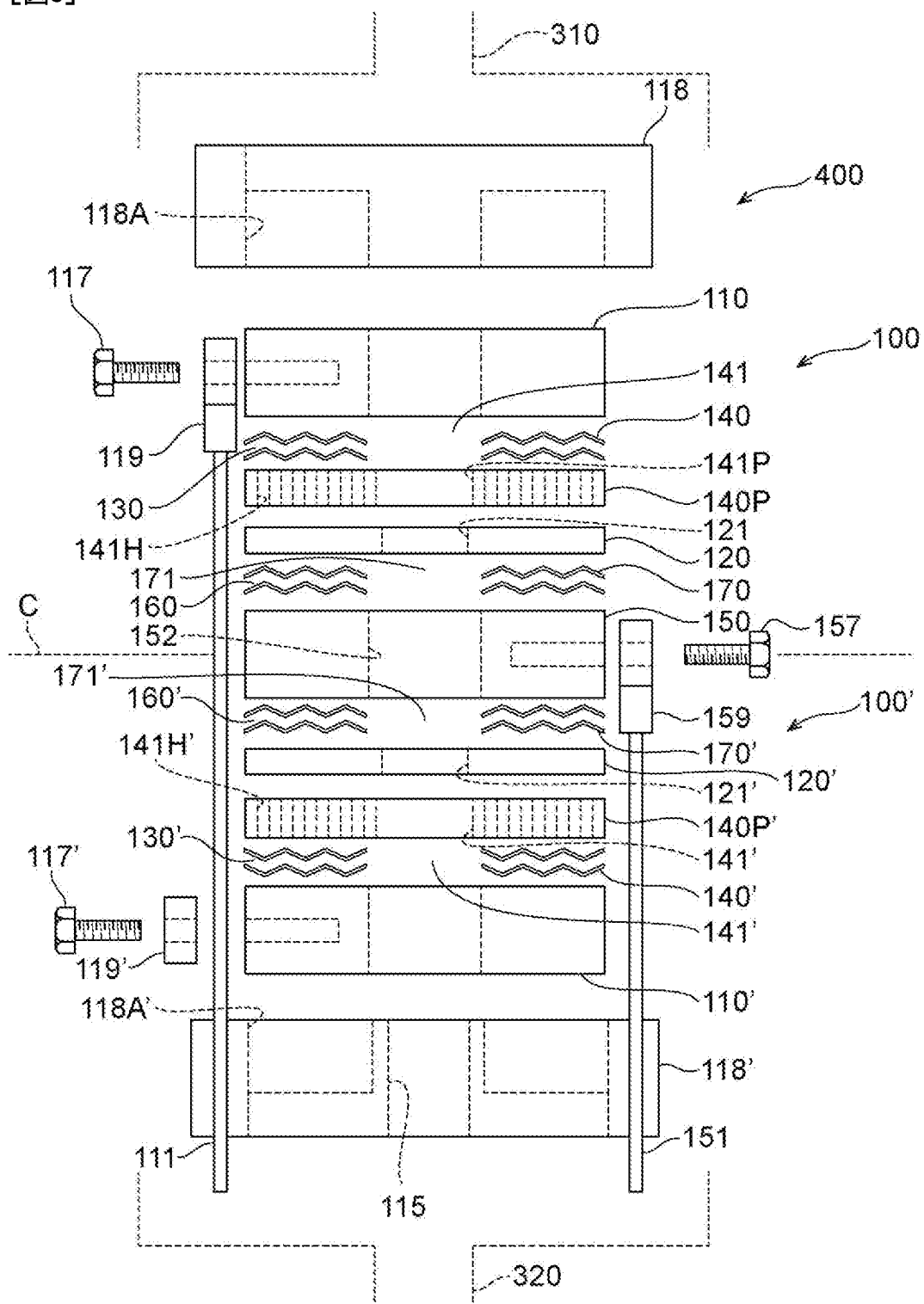
[図5A]



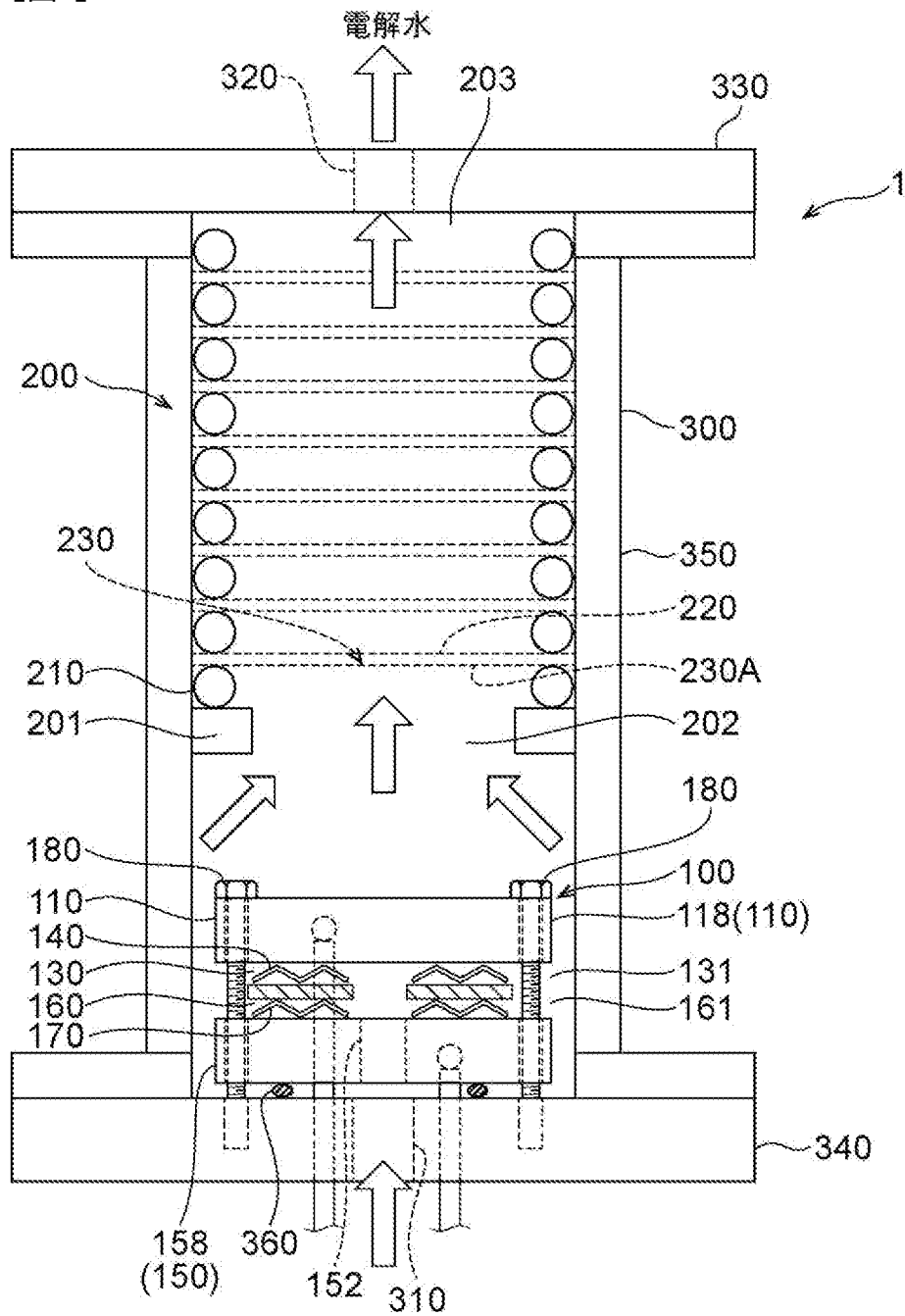
[図5B]



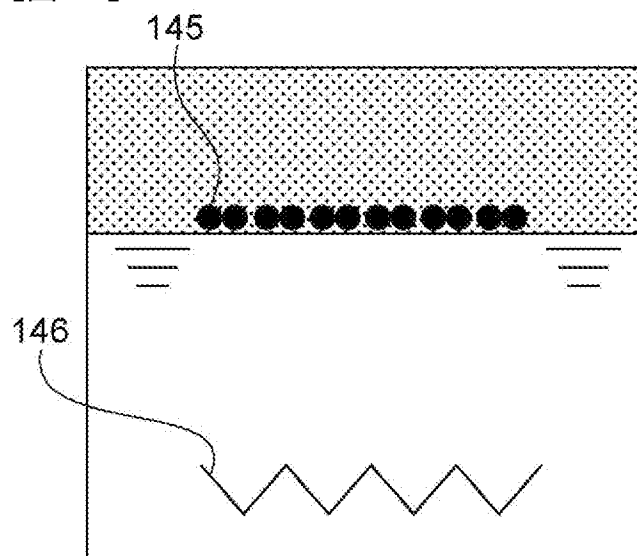
A schematic cross-sectional view of a device 100. The device consists of several stacked layers and structural elements. At the top, two vertical bolts 180 are shown passing through a rectangular plate 118. Below plate 118 is a layer 117 containing a dashed rectangular feature. This is followed by a thick horizontal layer 110. To the left of layer 110, a bolt 119 passes through it. Layer 110 contains internal features labeled 141, 140, 141P, and 140P. Below layer 110 is a thin layer 130, which contains a hatched patterned region labeled 141H. Underneath layer 130 is another thin layer 121, followed by a thicker layer 120. Below layer 120 is a layer 160 featuring a wavy or corrugated pattern. This is followed by another thin layer 121, then a layer 170 with a similar wavy pattern. Below layer 170 is a rectangular component 150. To the right of component 150, a bolt 157 passes through it. Component 150 has a dashed rectangular feature on its right side. Below component 150 is a layer 158, which contains a dashed rectangular feature labeled 158A. At the very bottom is a base layer 151. Two vertical support structures, 111 on the left and 152 on the right, extend from the base layer 151 up through layers 110, 130, 120, 160, and 158.



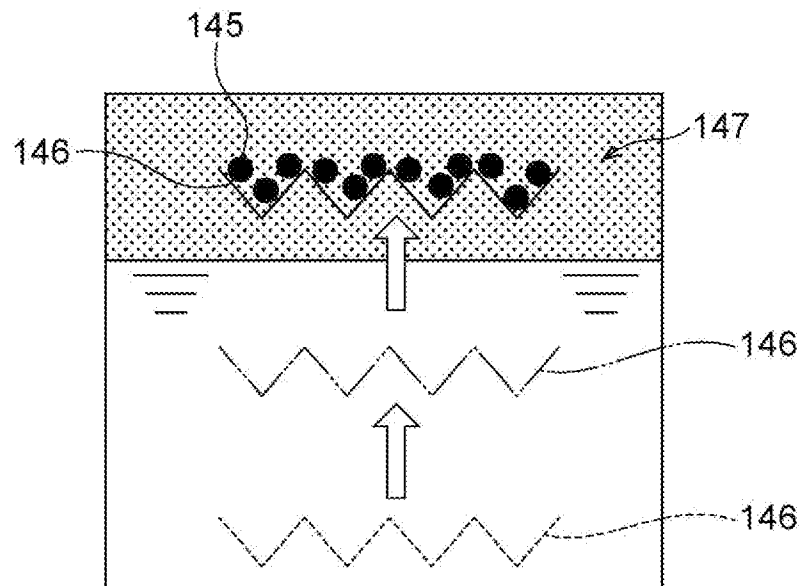
[図9]



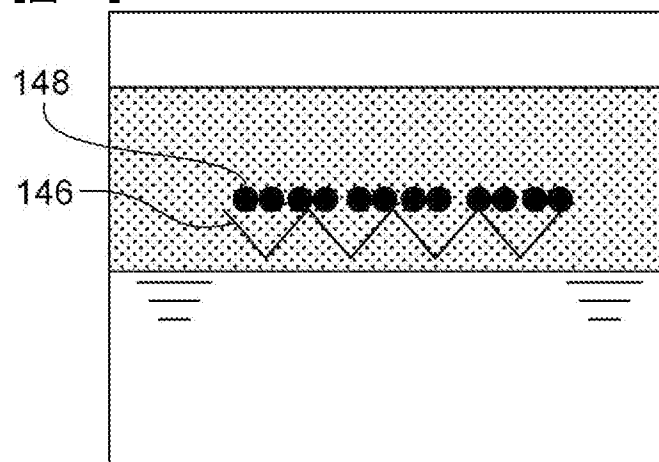
[図10A]



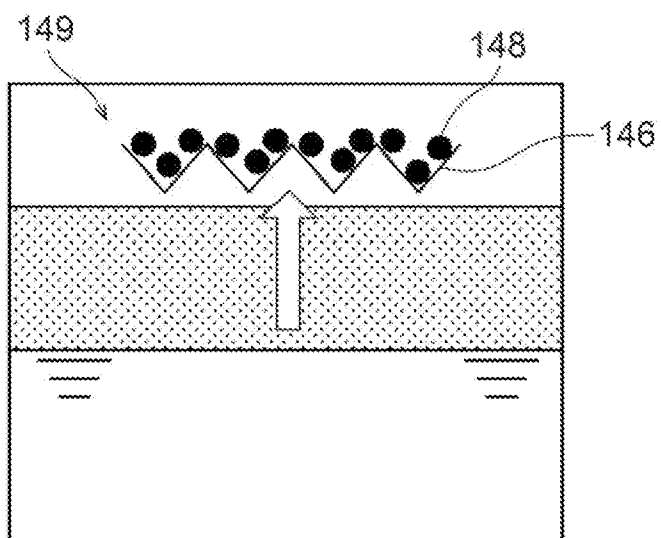
[図10B]



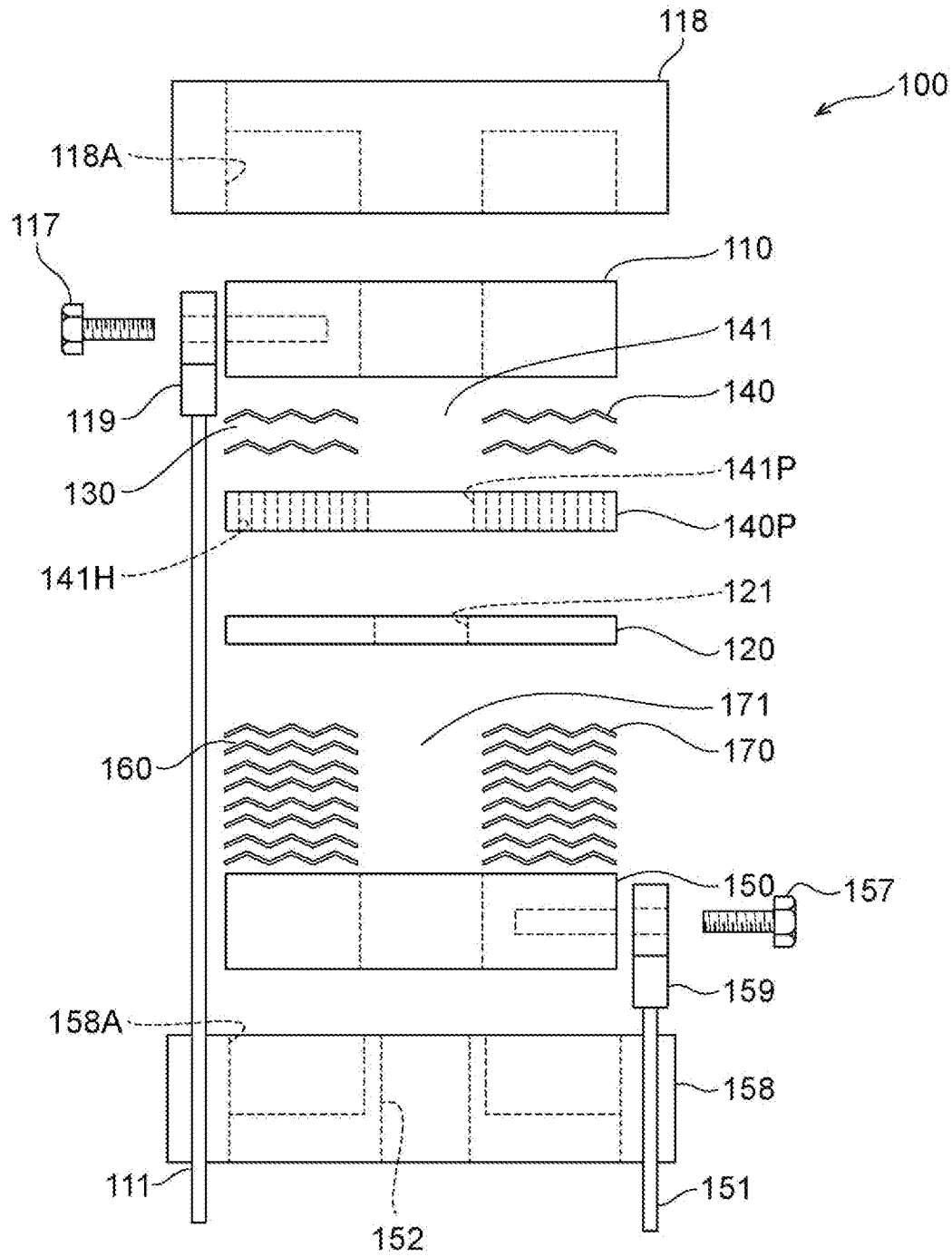
[図11A]



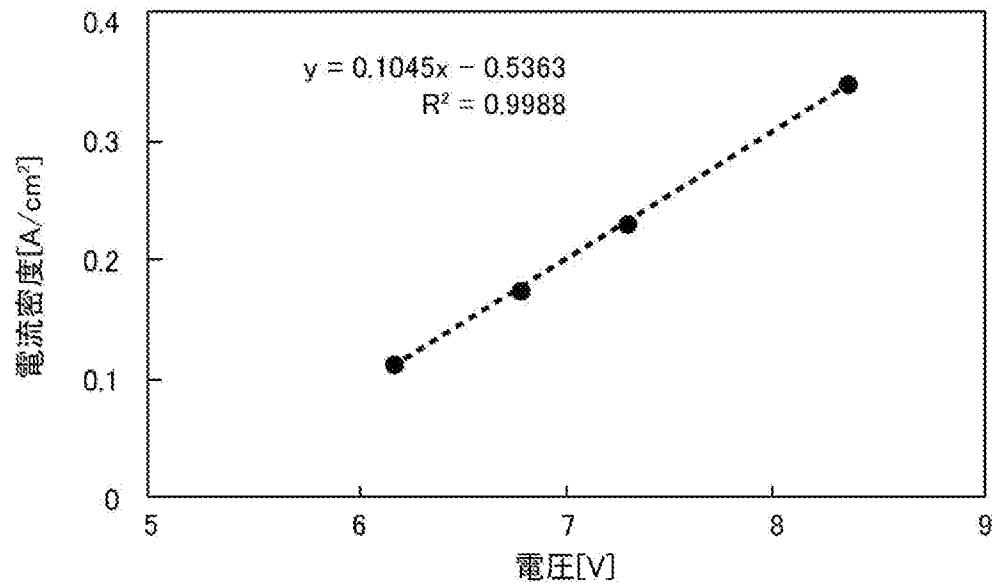
[図11B]



[図12]

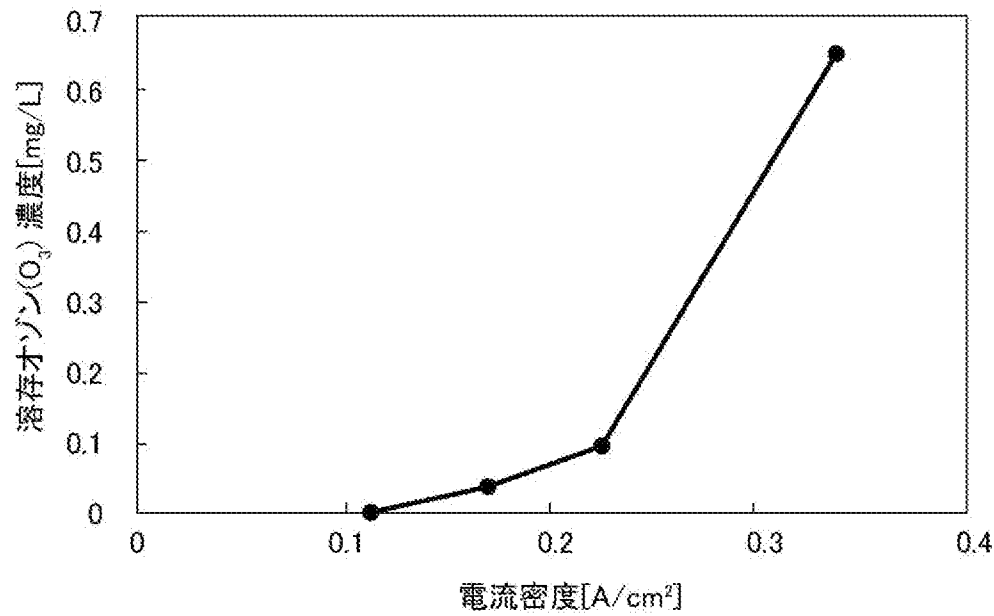


[図13]



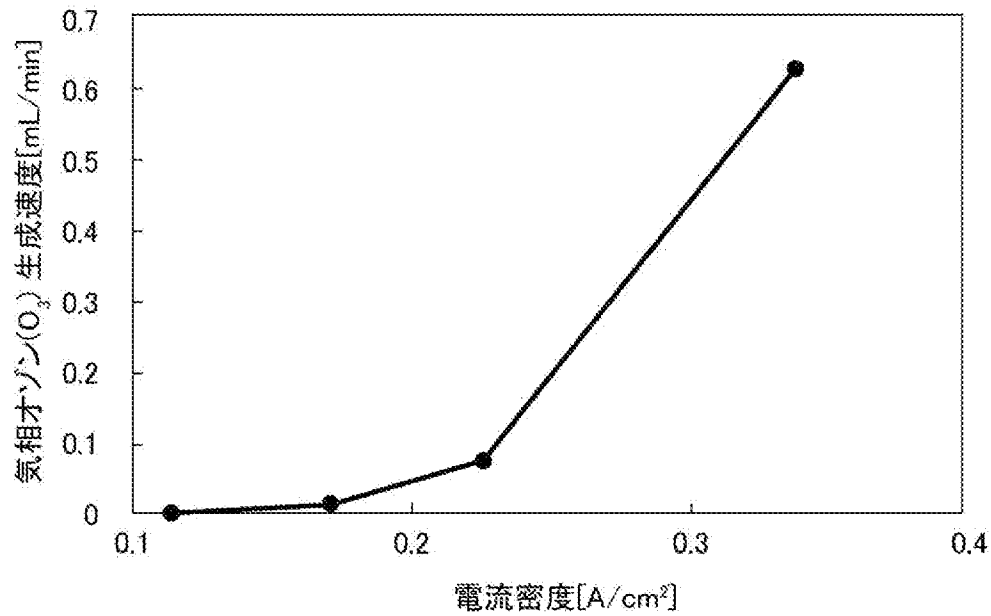
水電解装置の電圧・電流特性

[図14]



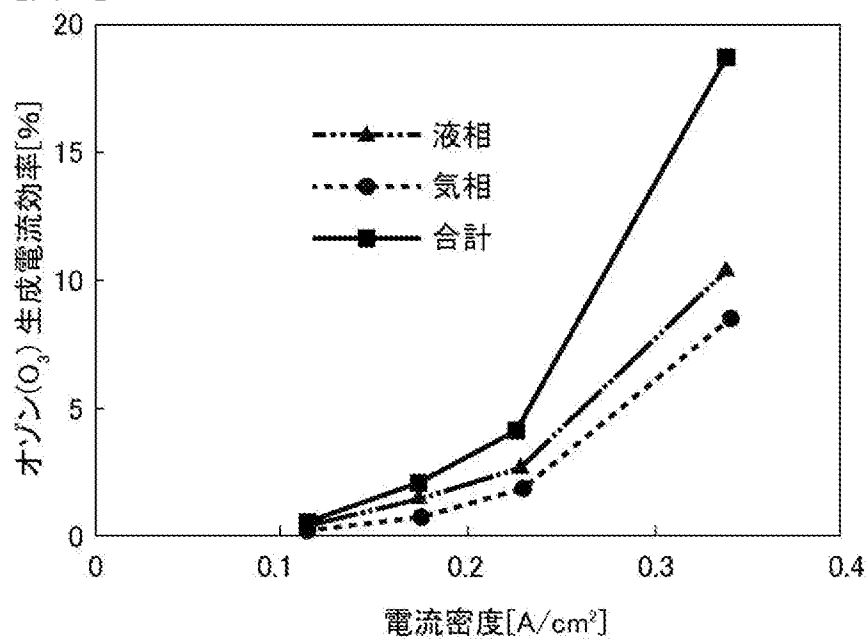
水電解装置で生成した機能水の溶存オゾン濃度

[図15]



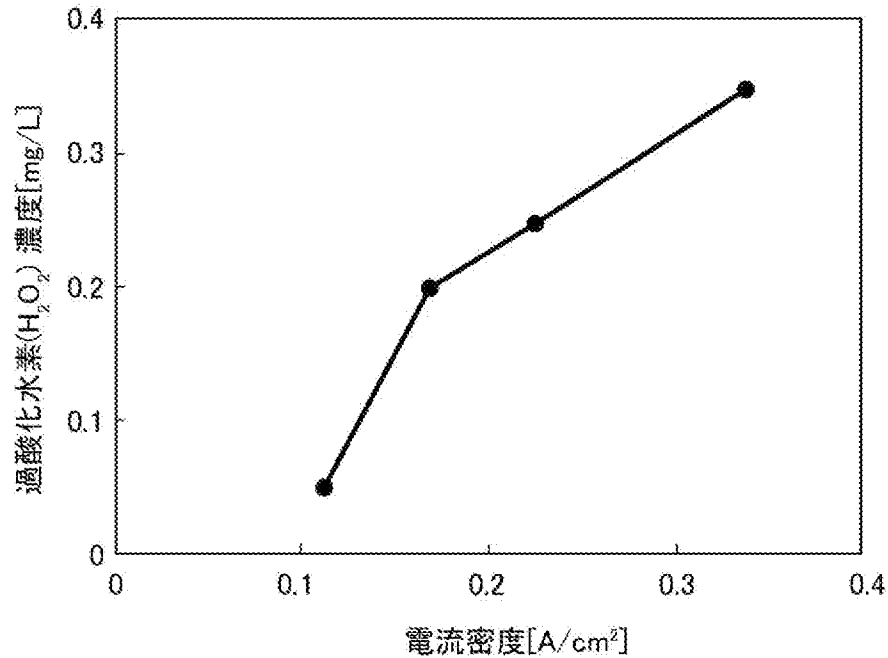
水電解装置の気相オゾン生成速度

[図16]



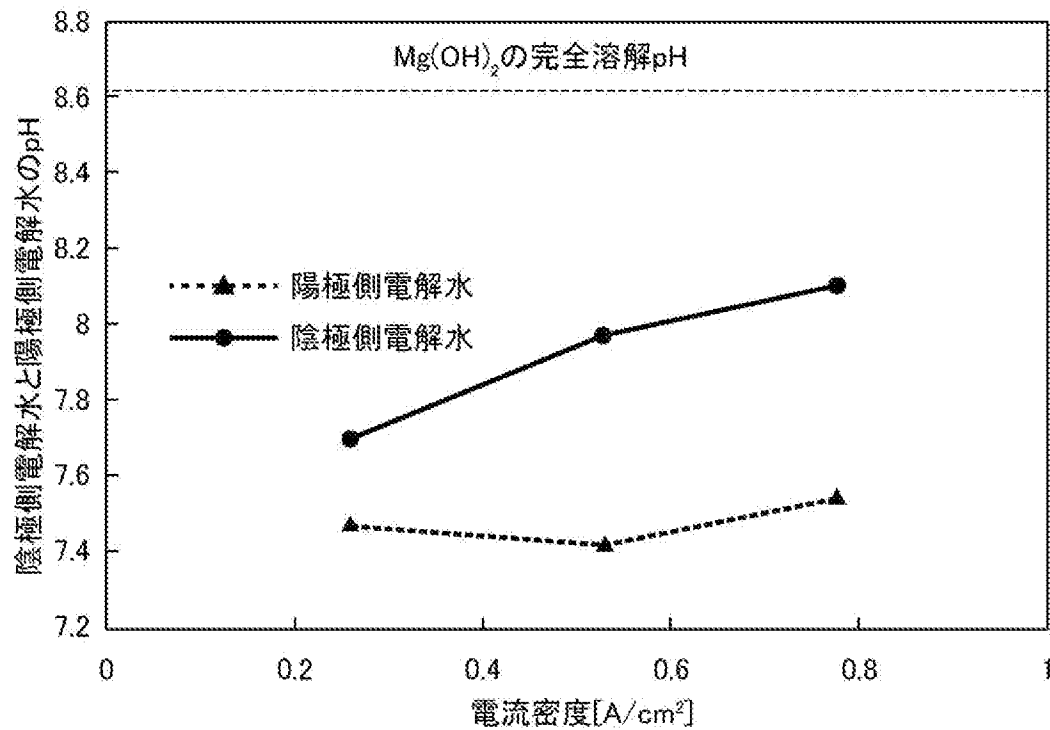
水電解装置のオゾン生成電流効率

[図17]



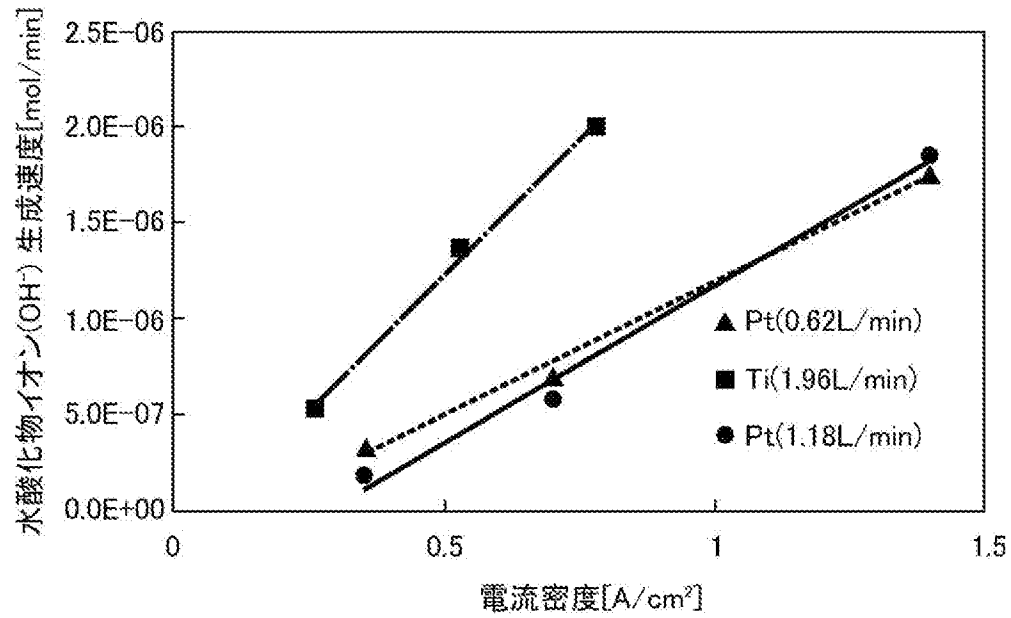
水電解装置で生成した機能水中の過酸化水素濃度

[図18]



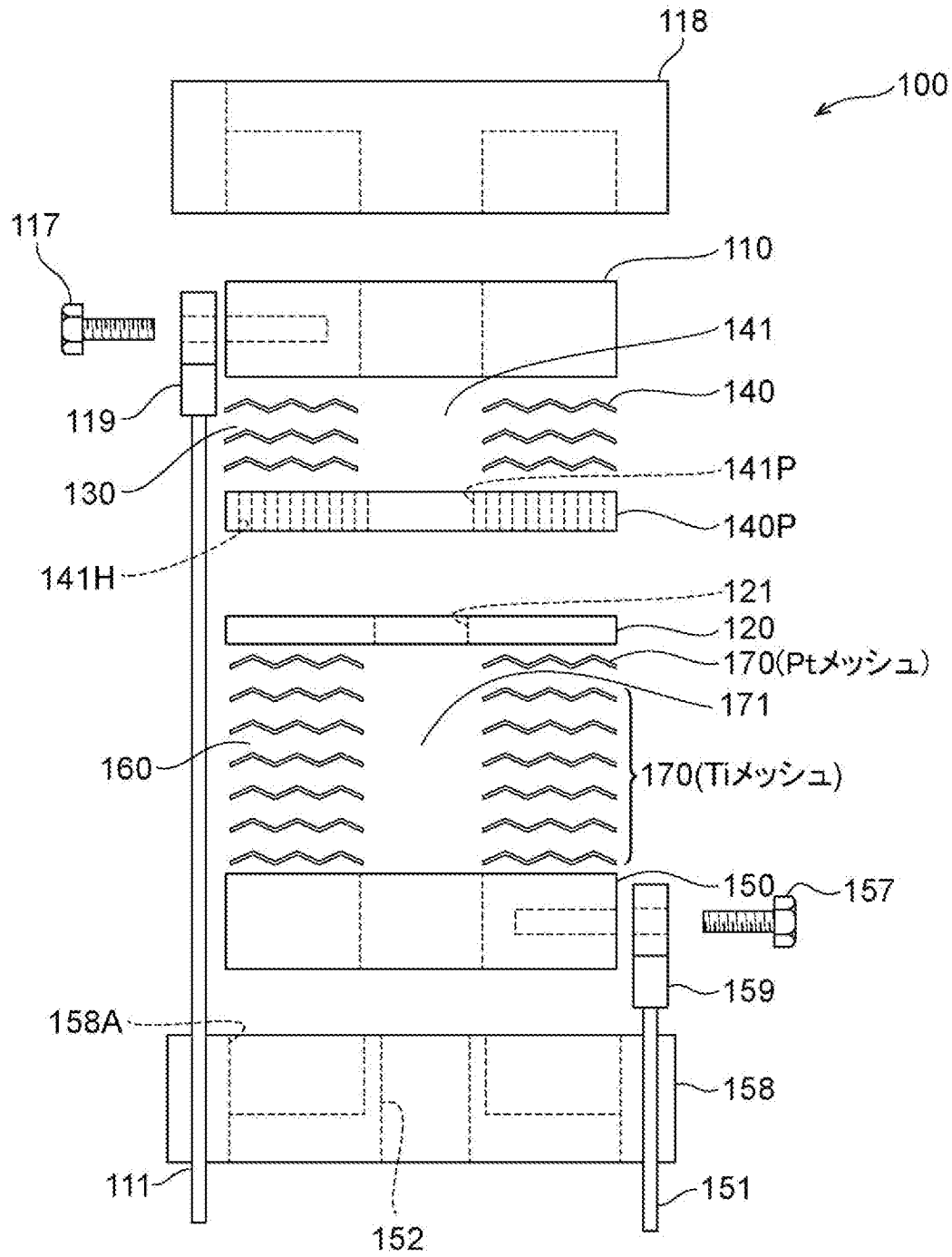
水電解装置の流出口での陽極側電解水と陰極側電解水のpH

[図19]

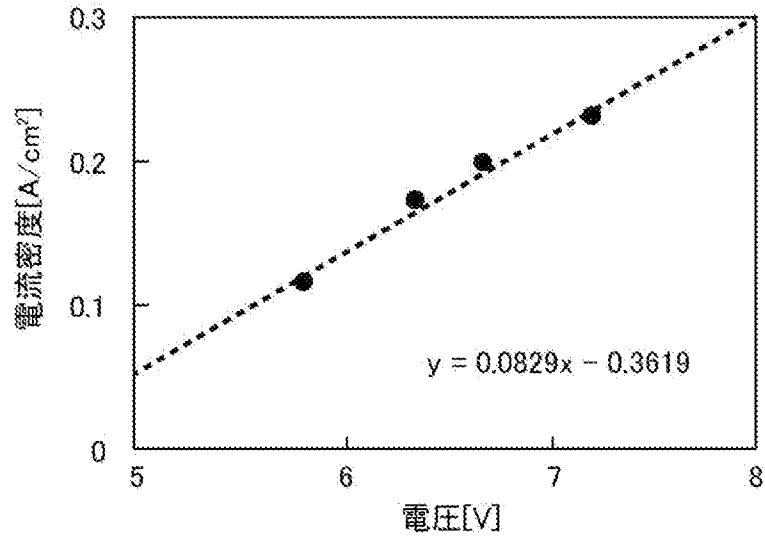


Pt電極とTi電極の水酸化物イオン(OH^-) 生成速度の違い

[図20]

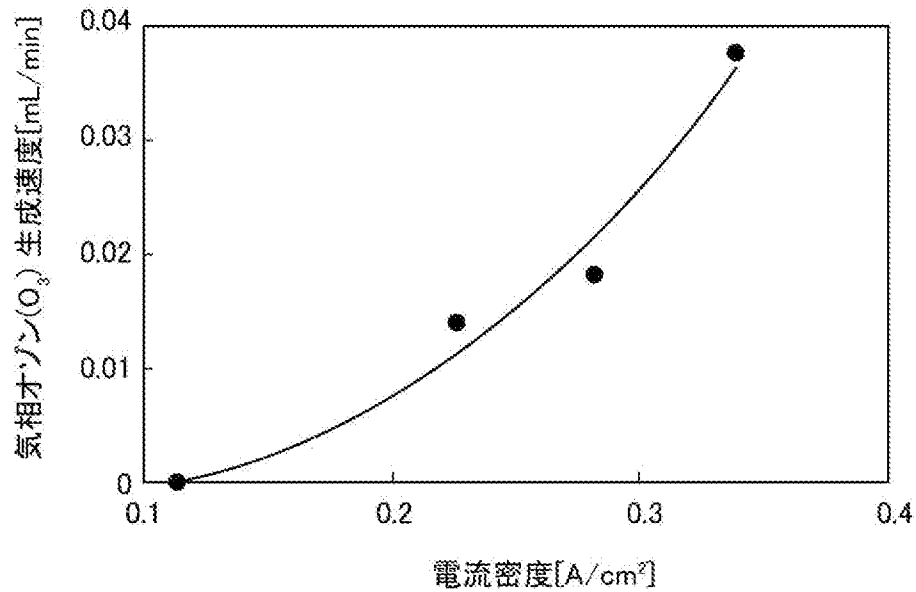


[図21]



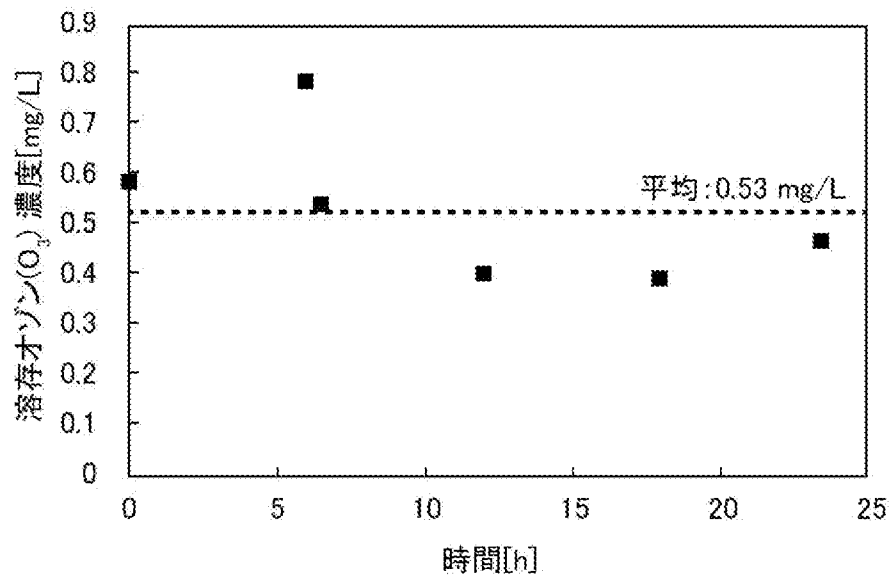
水電解装置の電圧-電流特性

[図22]

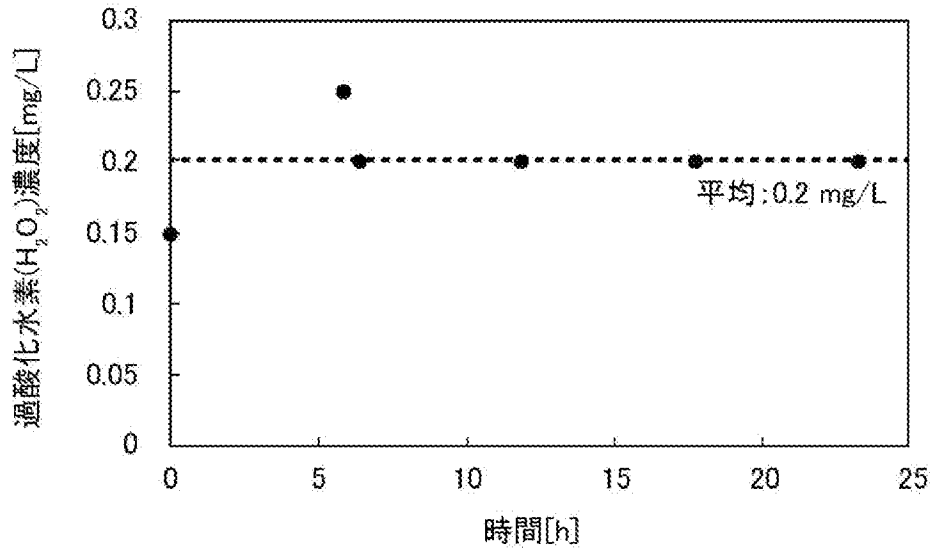


電流密度と気相オゾン生成速度との関係

[図23]

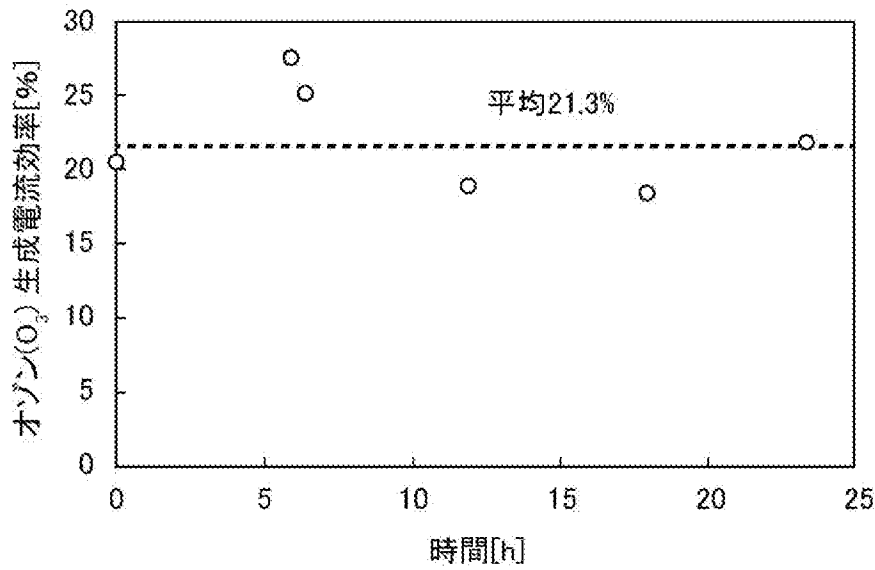
電流密度0.2A/cm²で生成した促進酸化水中の溶存オゾン濃度

[図24]



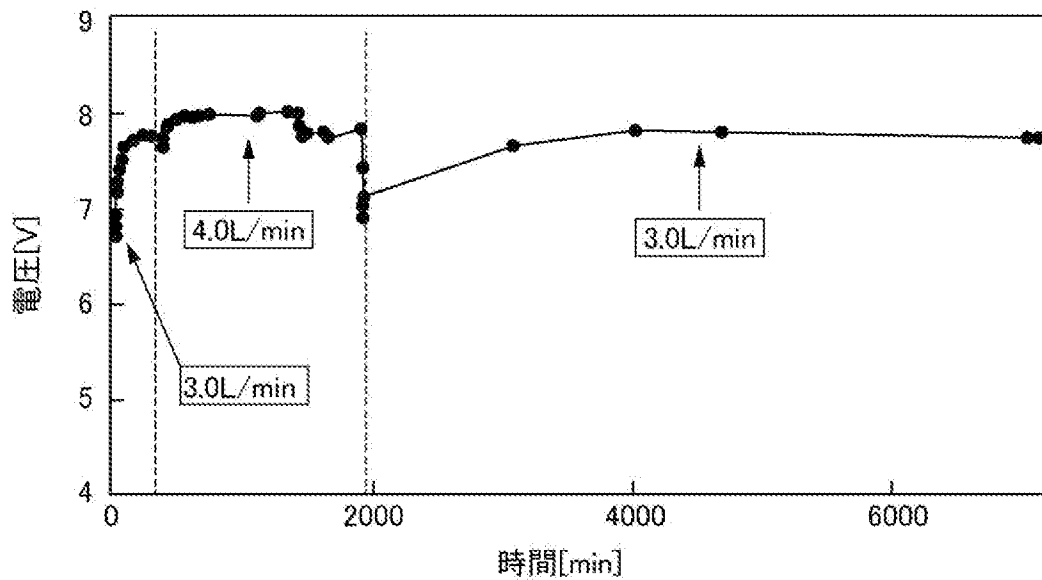
電流密度 $0.2\text{A}/\text{cm}^2$ で生成した促進酸化水中の過酸化水素濃度

[図25]



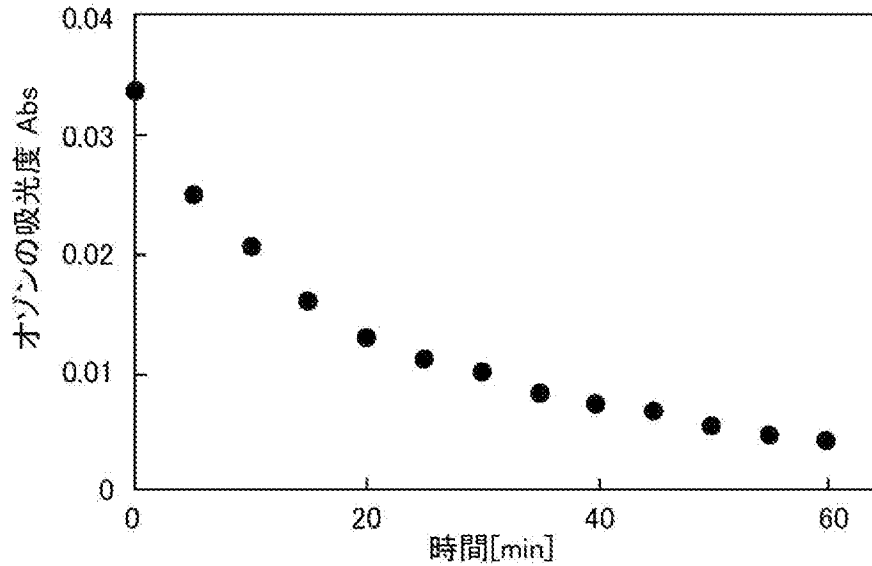
電流密度 $0.2\text{A}/\text{cm}^2$ で運転した場合のオゾン生成電流効率

[図26]



電流密度 $0.2\text{A}/\text{cm}^2$ で運転した場合の電圧の経時変化

[図27]



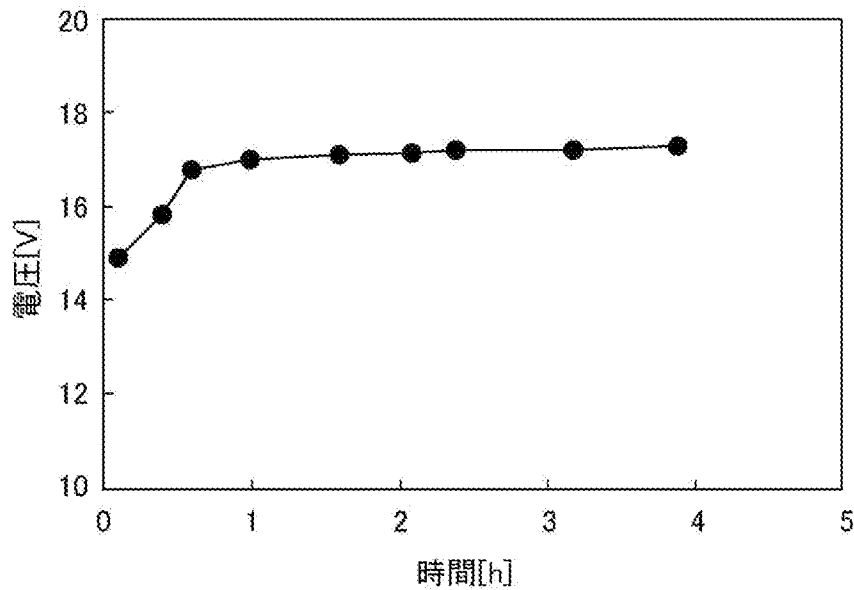
促進酸化水中の溶存オゾン濃度の経時変化

[図28]

BDD粉担持触媒を用い生成した促進酸化水の分析結果

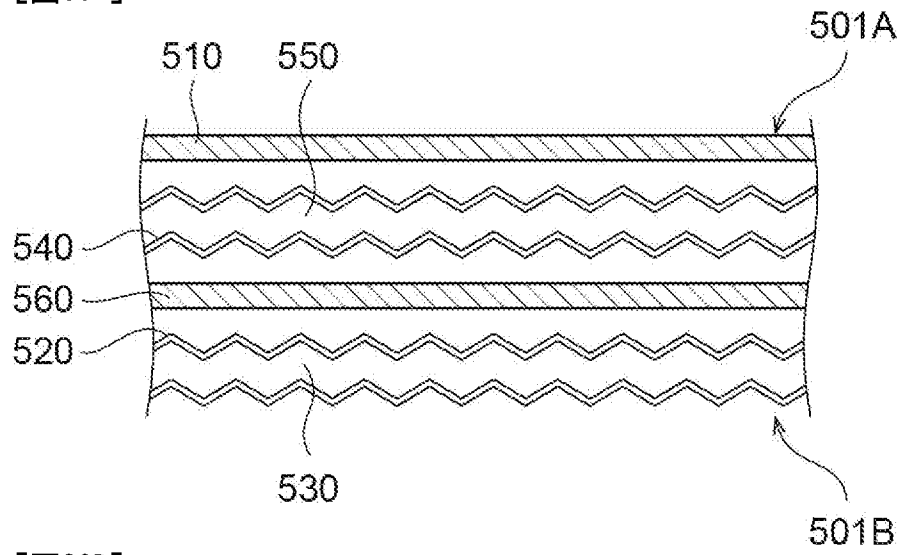
電気密度 [A/cm ²]	液相O ₃ 濃度 [mg/L]	気相O ₃ 生成速度 [mL/min]	H ₂ O ₂ 濃度 [mg/L]
0.115	0.125	0.0009	0.15
0.153	0.193	0.0031	0.15

[図29]

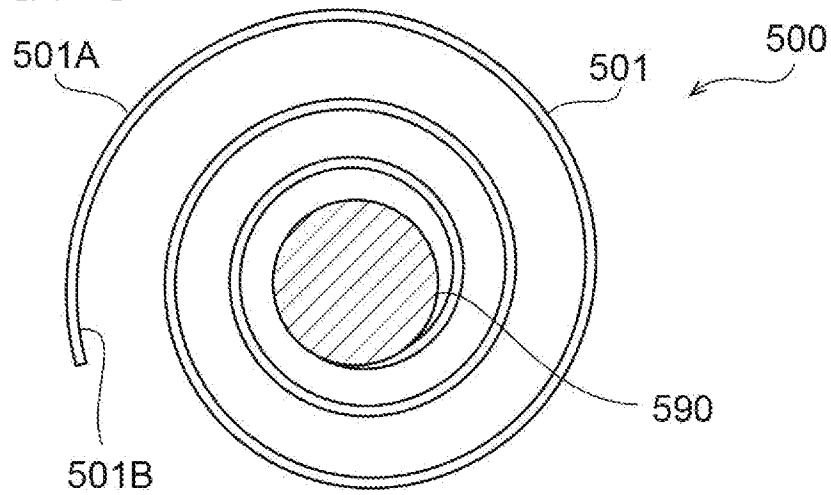


BDD粉担持Tiメッシュ触媒による1A運転時の電圧の経時変化

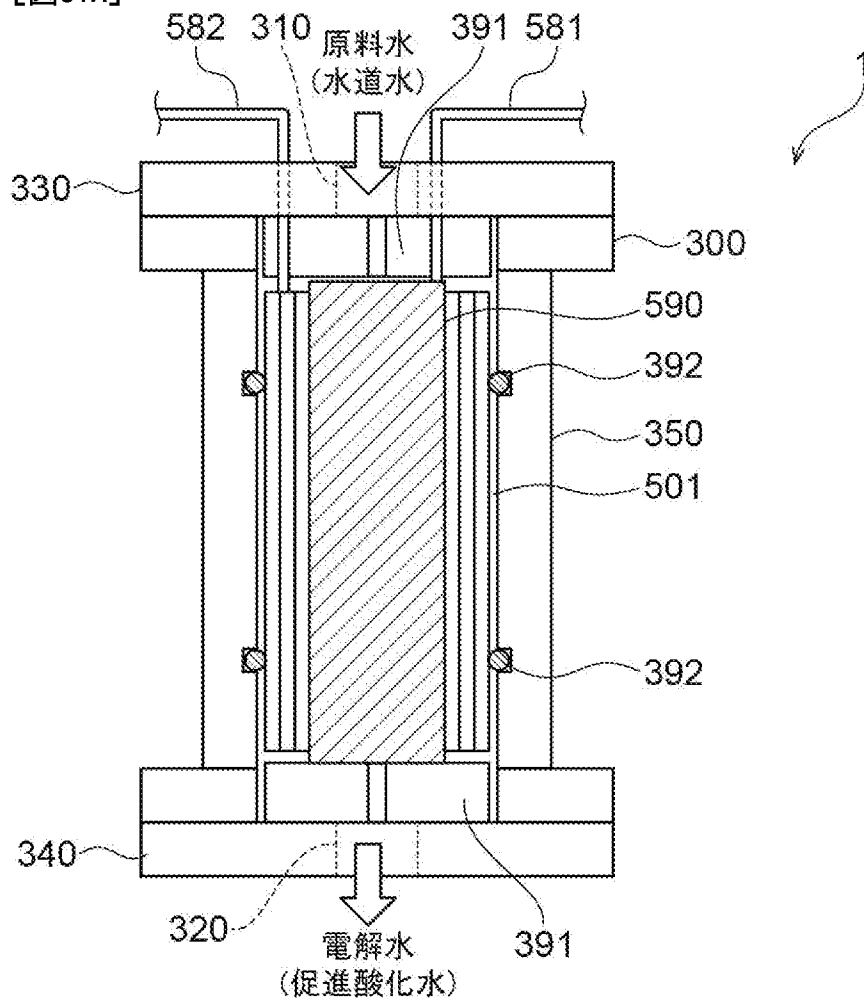
[図30A]



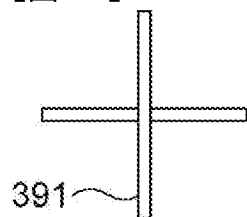
[図30B]



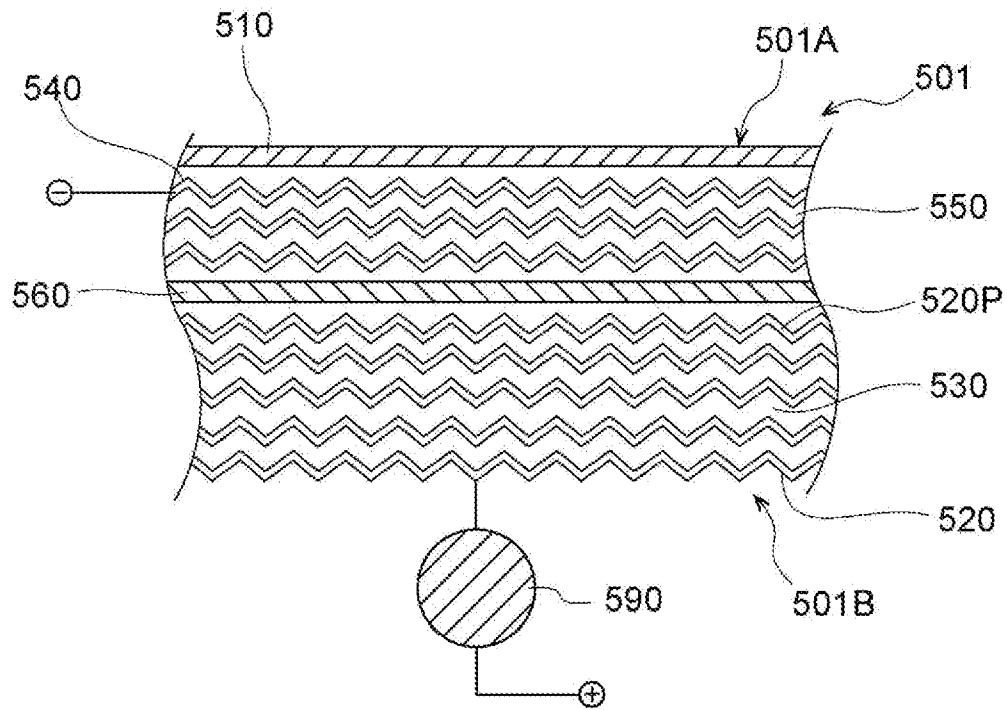
[図31A]



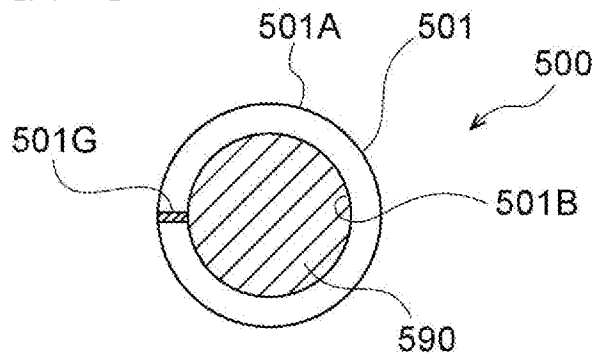
[図31B]



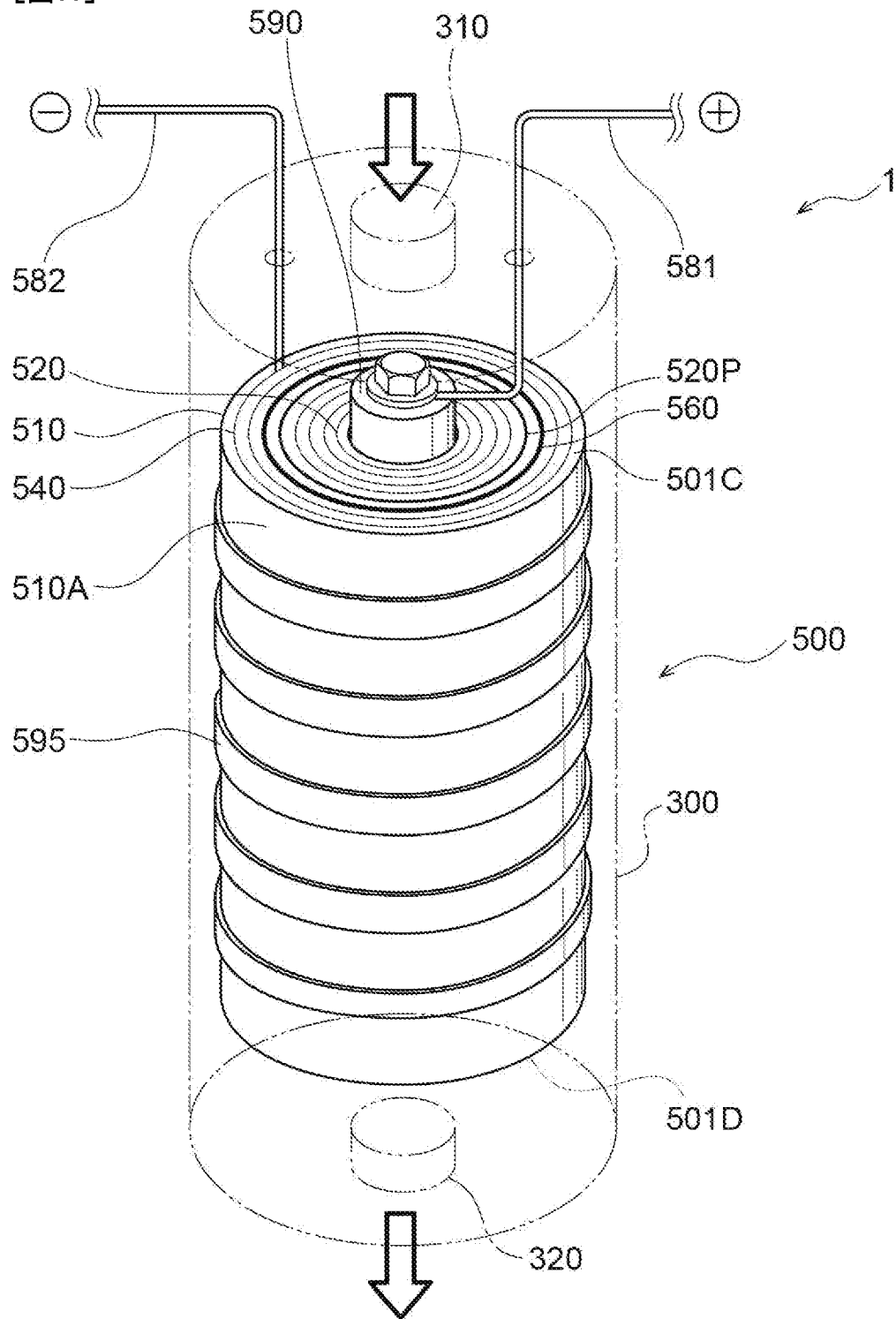
[図32A]



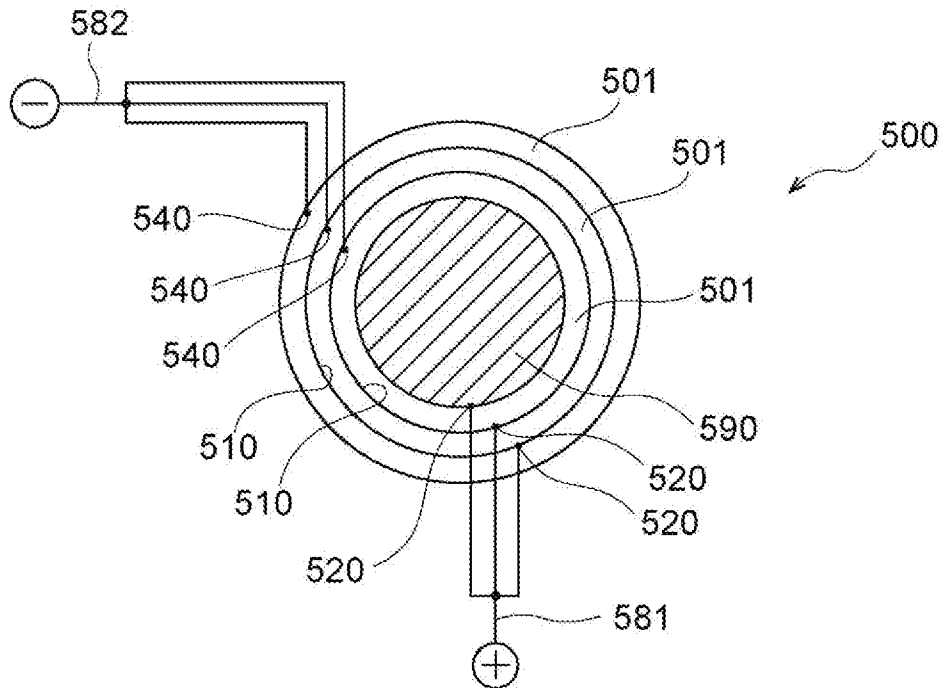
[図32B]



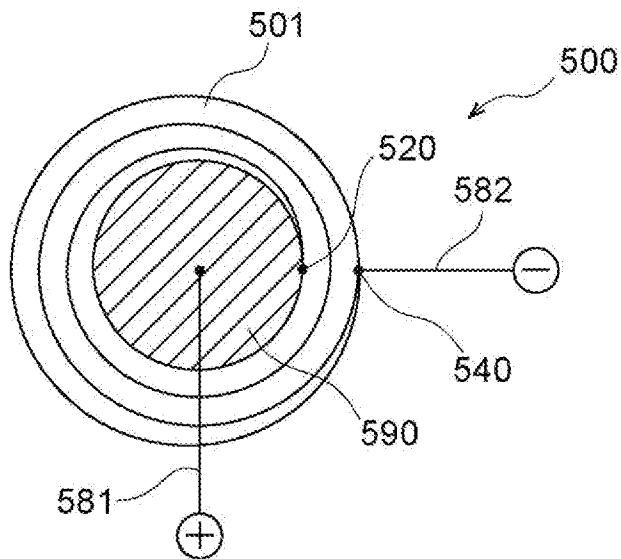
[図33]



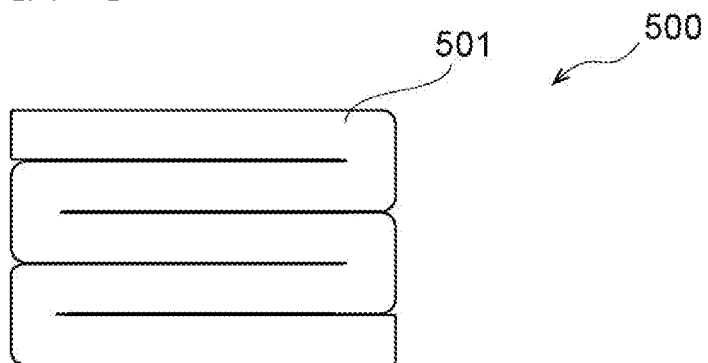
[図34A]



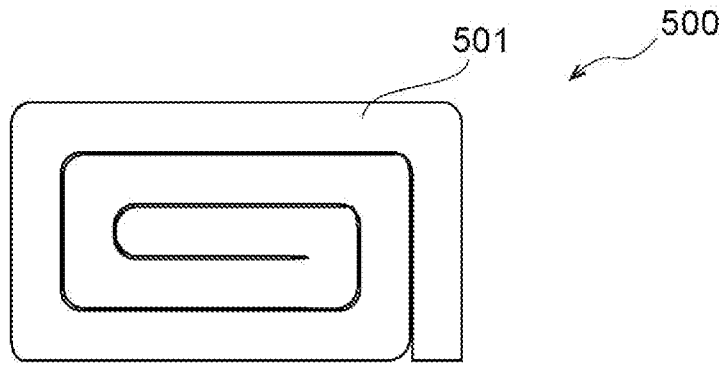
[図34B]



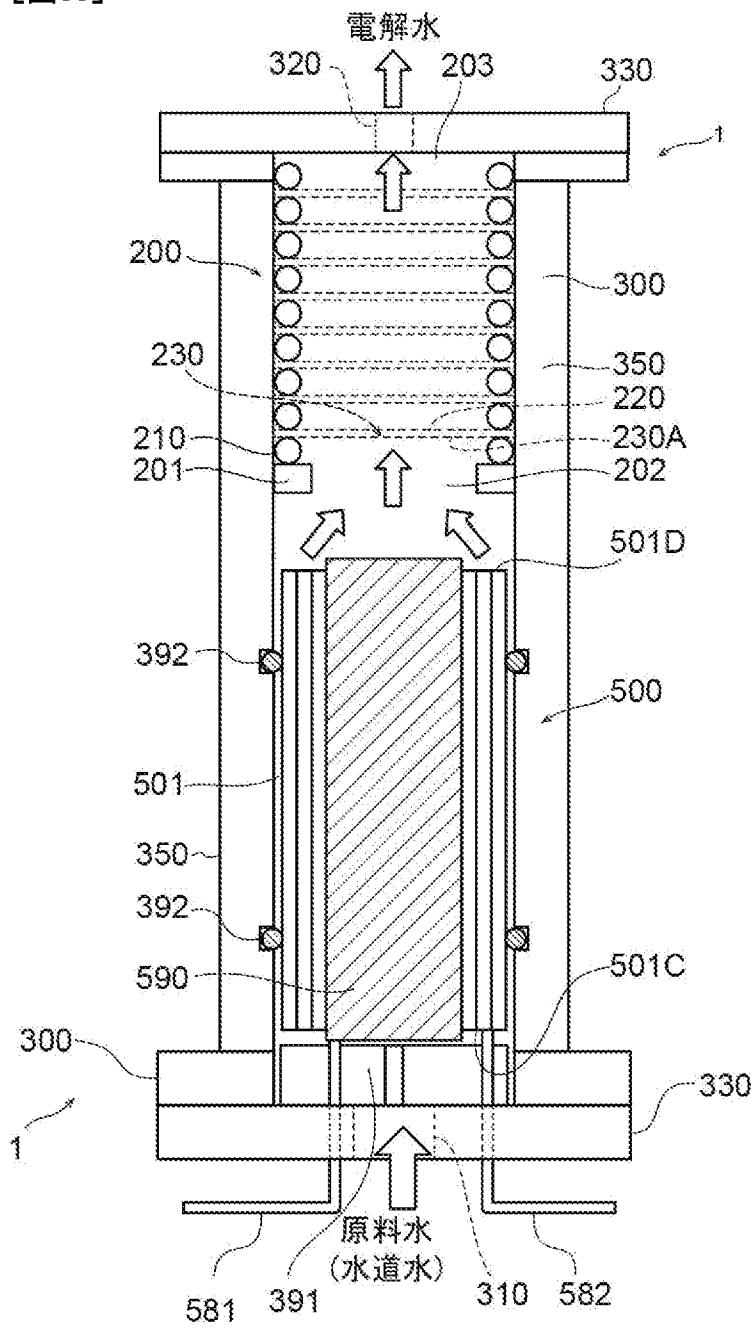
[図35A]



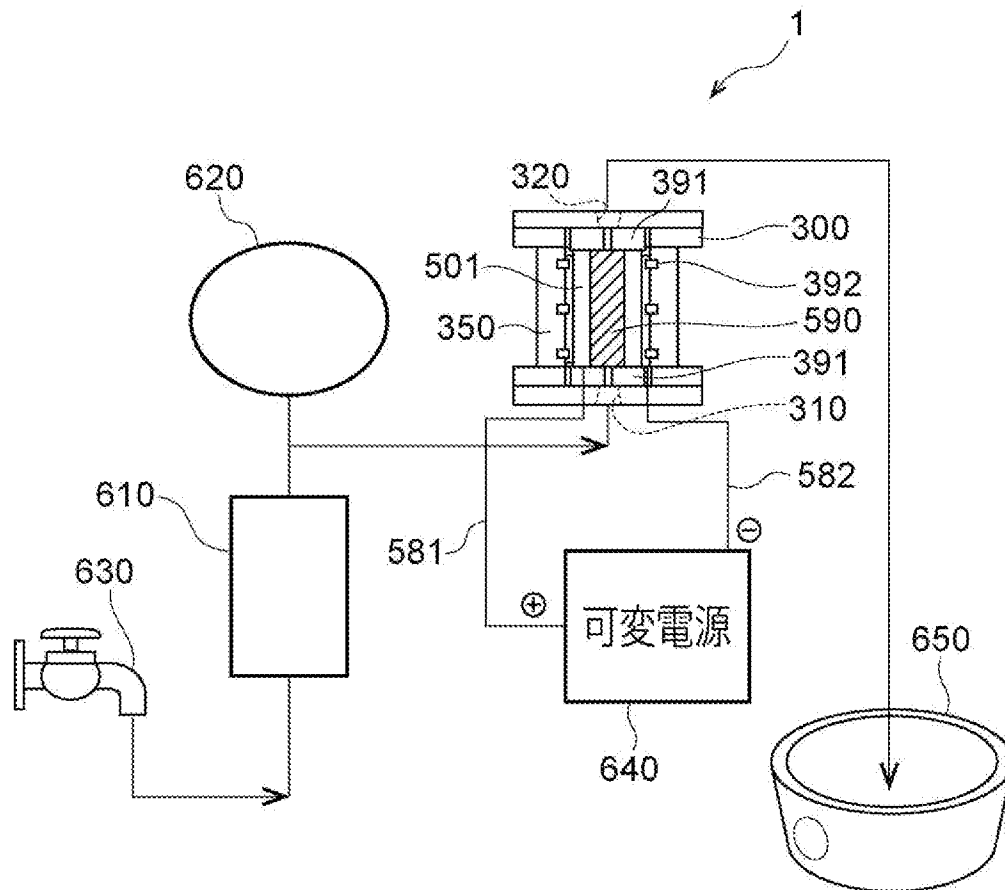
[図35B]



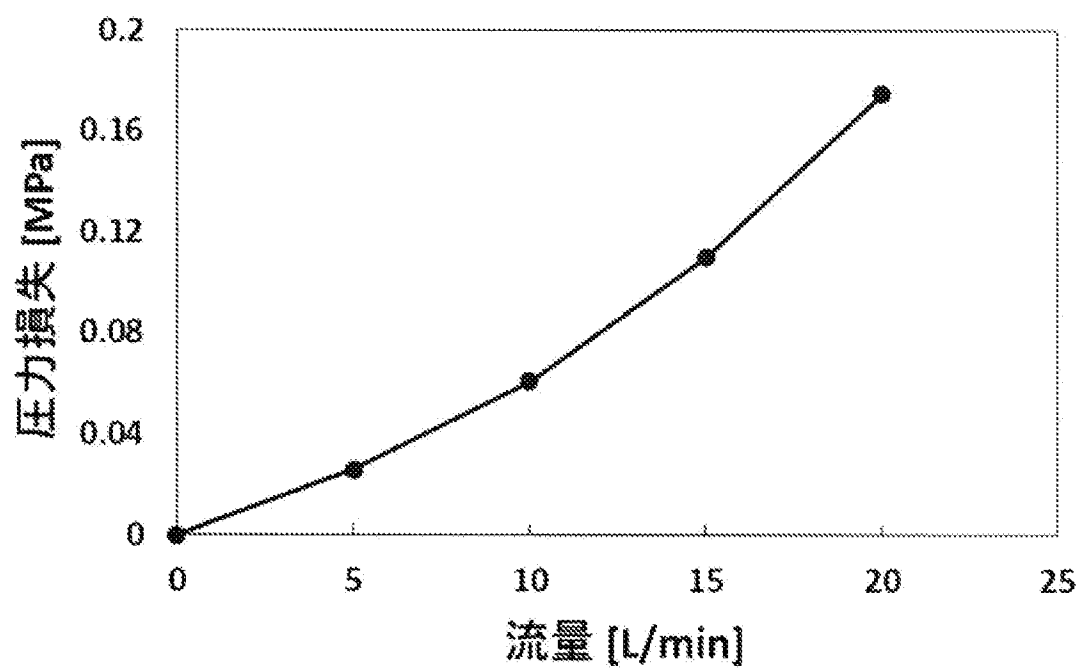
[図36]



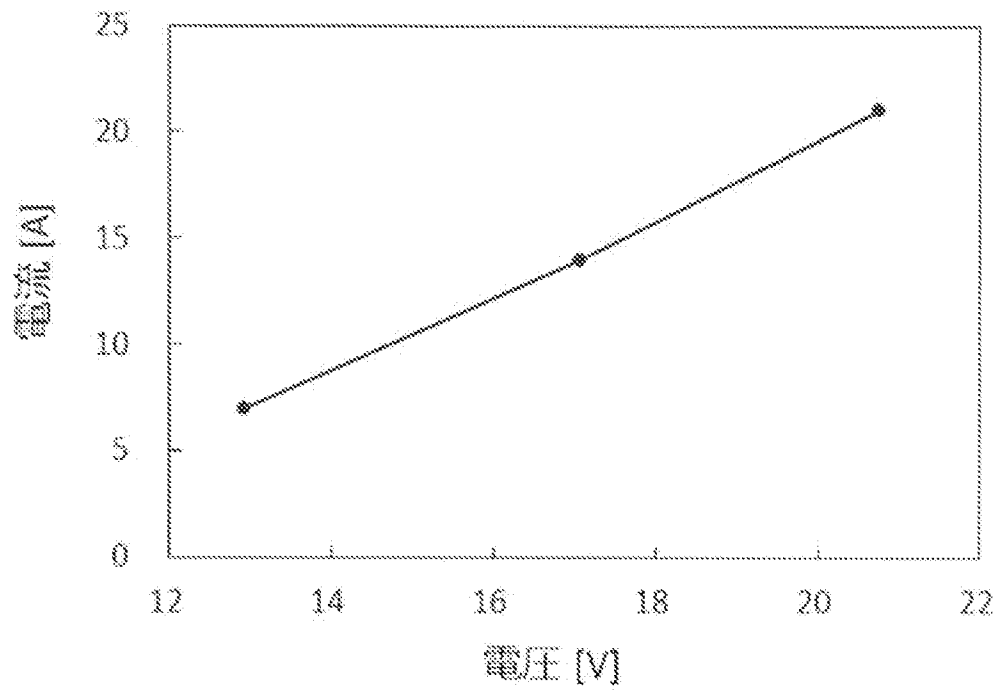
[図37]



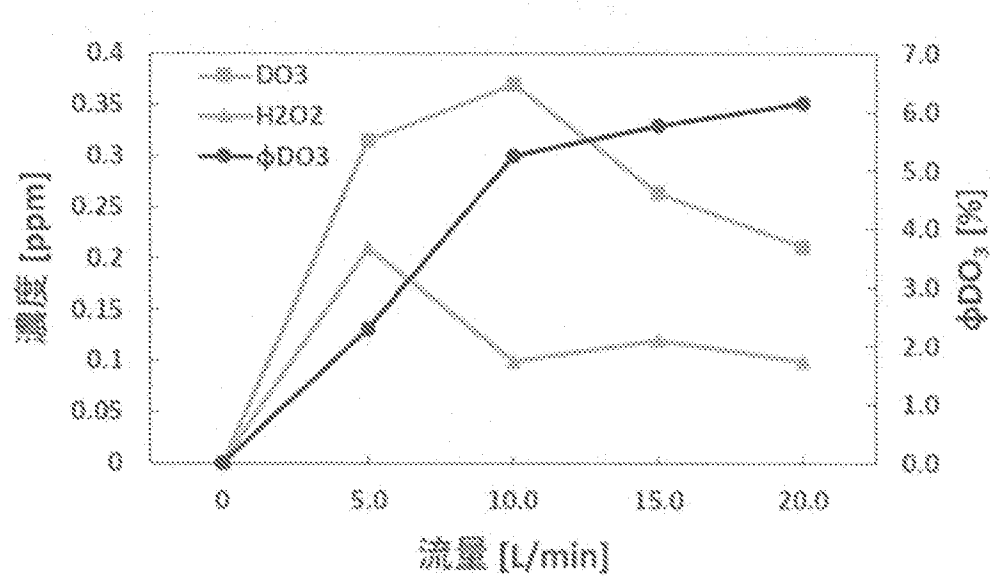
[図38]



[図39]



[図40]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2020/007521

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C25B 1/13(2006.01)i; C25B 1/10(2006.01)i; C25B 9/00(2006.01)i; C25B 9/10(2006.01)i; C25B 11/03(2006.01)i; C25B 11/06(2006.01)i; C25B 11/10(2006.01)i; C25B 13/02(2006.01)i

FI: C25B1/13; C25B11/03; C25B11/10 Z; C25B11/06 Z; C25B1/10; C25B9/00 E; C25B9/10; C25B13/02 302

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)

C25B13/02; C25B1/10; C25B1/13; C25B9/00; C25B9/10; C25B11/03; C25B11/06; C25B11/10

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2020
Registered utility model specifications of Japan	1996-2020
Published registered utility model applications of Japan	1994-2020

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 08-325772 A (SHINKO PANTEC CO., LTD.) 10.12.1996	1-2
Y	(1996-12-10) claims, paragraphs [0001]-[0006], [0011]-[0033], fig. 1-5	3-10
Y	JP 10-121283 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 12.05.1998 (1998-05-12) claim 7, paragraph [0062], fig. 12-13	3-10
Y	JP 2018-076575 A (KOGAKUIN UNIVERSITY) 17.05.2018 (2018-05-17) paragraph [0044]	3-10
Y	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 173852/1984 (Laid-open No. 087503/1986) (SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.) 07.06.1986 (1986-06-07) pp. 1-5, fig. 1-2	3-10



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
12 May 2020 (12.05.2020)

Date of mailing of the international search report
19 May 2020 (19.05.2020)

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/JP2020/007521

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2017/006837 A1 (AQUAECOS LTD.) 12.01.2017 (2017-01-12) paragraphs [0001]-[0002]	3-10
Y	WO 2014/115383 A1 (KURITA WATER INDUSTRIES LTD.) 31.07.2014 (2014-07-31) paragraphs [0001]-[0016]	3-10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2020/007521

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 08-325772 A	10 Dec. 1996	(Family: none)	
JP 10-121283 A	12 May 1998	(Family: none)	
JP 2018-076575 A	17 May 2018	(Family: none)	
JP 61-087503 U1	07 Jun. 1986	(Family: none)	
WO 2017/006837 A1	12 Jan. 2017	US 2017/0334750 A1 paragraphs [0001]- [0002]	
WO 2014/115383 A1	31 Jul. 2014	US 2015/0353401 A1 paragraphs [0001]- [0017] EP 2949630 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C25B 1/13(2006.01)i; C25B 1/10(2006.01)i; C25B 9/00(2006.01)i; C25B 9/10(2006.01)i; C25B 11/03(2006.01)i; C25B 11/06(2006.01)i; C25B 11/10(2006.01)i; C25B 13/02(2006.01)i FI: C25B1/13; C25B11/03; C25B11/10 Z; C25B11/06 Z; C25B1/10; C25B9/00 E; C25B9/10; C25B13/02 302										
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（IPC）） C25B13/02; C25B1/10; C25B1/13; C25B9/00; C25B9/10; C25B11/03; C25B11/06; C25B11/10										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2020年	日本国実用新案登録公報	1996-2020年	日本国登録実用新案公報	1994-2020年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2020年									
日本国実用新案登録公報	1996-2020年									
日本国登録実用新案公報	1994-2020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）										
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								
X	JP 08-325772 A（神鋼パンテック株式会社）10.12.1996（1996-12-10） 特許請求の範囲，段落0001-0006，0011-0033，図1-5	1-2								
Y		3-10								
Y	JP 10-121283 A（三菱電機株式会社）12.05.1998（1998-05-12） 請求項7，段落0062，図12-13	3-10								
Y	JP 2018-076575 A（学校法人 工学院大学）17.05.2018（2018-05-17） 段落0044	3-10								
Y	日本国実用新案登録出願59-173852号（日本国実用新案登録出願公開61-087503号）の願 書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（住友精密工業株式 会社）07.06.1986（1986-06-07）第1-5頁，第1-2図	3-10								
Y	WO 2017/006837 A1（アクアエコス株式会社）12.01.2017（2017-01-12） 段落0001-0002	3-10								
Y	WO 2014/115383 A1（栗田工業株式会社）31.07.2014（2014-07-31） 段落0001-0016	3-10								
☐ 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抵 触するものではなく、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 12.05.2020		国際調査報告の発送日 19.05.2020								
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		権限のある職員（特許庁審査官） 柰屋 健太郎 4E 3635 電話番号 03-3581-1101 内線 3425								

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2020/007521

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	08-325772	A	10.12.1996	(ファミリーなし)	
JP	10-121283	A	12.05.1998	(ファミリーなし)	
JP	2018-076575	A	17.05.2018	(ファミリーなし)	
JP	61-087503	U1	07.06.1986	(ファミリーなし)	
WO	2017/006837	A1	12.01.2017	US 2017/0334750 A1	
				段落0001-0002	
WO	2014/115383	A1	31.07.2014	US 2015/0353401 A1	
				段落0001-0017	
				EP 2949630 A1	