

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2015-183643

(P2015-183643A)

(43) 公開日 平成27年10月22日(2015.10.22)

(51) Int.Cl.  
F03B 17/02 (2006.01)

F I  
F03B 17/02

テーマコード (参考)  
3H074

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-62561 (P2014-62561)  
(22) 出願日 平成26年3月25日 (2014.3.25)

(71) 出願人 899000079  
学校法人慶應義塾  
東京都港区三田2丁目15番45号  
(71) 出願人 598015084  
学校法人福岡大学  
福岡県福岡市城南区七隈8丁目19番1号  
(71) 出願人 000002093  
住友化学株式会社  
東京都中央区新川二丁目27番1号  
(74) 代理人 110000338  
特許業務法人HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発電装置、および送電システム

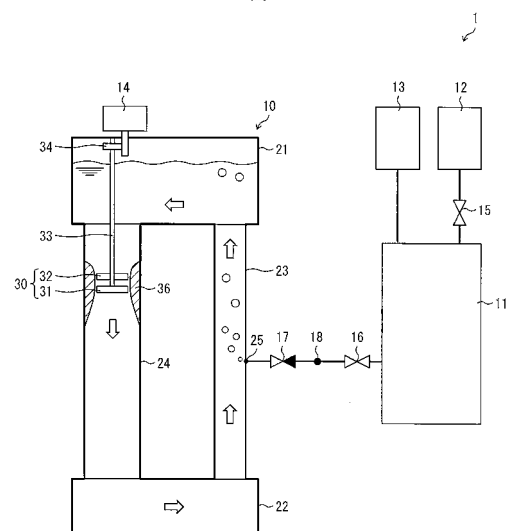
(57) 【要約】

【課題】 気体を動力源とする液体の流れによってタービンを効率的に回転させる。

【解決手段】 本発明の一態様の発電装置(1)は、水で満たされた上昇管(23)と、上昇管の中に形成される気泡流によって上昇管の中に一方通行の流れが生じるように、上昇管の中に気泡として気体を注入する気体注入口(25)と、気泡流に伴って生じる水流によって駆動されるタービン(30)とを備える。

【選択図】 図1

図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

液体で満たされた管と、

上記管の中に形成される気泡流によって上記管の中に一方通行の流れが生じるように、  
上記管の中に気泡として気体を注入する気体注入部と、

上記気泡流に伴って生じる上記液体の流れによって駆動されるタービンとを備えることを特徴とする発電装置。

**【請求項 2】**

上記タービンは、上記気泡が取り除かれた上記液体が流れる位置に配置されることを特徴とする請求項 1 に記載の発電装置。

10

**【請求項 3】**

上記タービンは、上記管の中の、上記気体注入部より下側に配置されることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の発電装置。

**【請求項 4】**

上記液体を貯める液体槽を備え、

上記液体槽の中に上記管が配置されており、

上記管の上端の開口は、上記液体の水面より下側であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の発電装置。

**【請求項 5】**

上記液体が循環可能な、上記液体で満たされた循環経路を有する液体槽を備え、

上記管は、上記循環経路の一部を構成し、

上記管の中に生じた一方通行の流れによって、上記液体が上記循環経路を循環することを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の発電装置。

20

**【請求項 6】**

海または湖の中に上記管が配置されており、

上記管の上端の開口は、上記液体の水面より下側であることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の発電装置。

**【請求項 7】**

上記管は、鉛直方向に沿って配置されており、

上記気泡流は、上方向への流れであることを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の発電装置。

30

**【請求項 8】**

上記液体が上昇する流路の断面積より、上記液体が下降する流路の断面積は、大きいことを特徴とする請求項 7 に記載の発電装置。

**【請求項 9】**

上記タービンは、上記液体が下降する流路に配置されており、

上記液体が下降する流路における上記タービンに対応する箇所断面積より、上記液体が下降する流路における上記タービンの上流側の断面積は、大きいことを特徴とする請求項 8 に記載の発電装置。

**【請求項 10】**

圧縮された気体を貯める気体槽を備え、

上記気体槽から上記気体注入部に上記圧縮された気体が供給されることを特徴とする請求項 1 から 9 のいずれか一項に記載の発電装置。

40

**【請求項 11】**

外部電力が不足していない期間に、上記外部電力を用いて圧縮された気体を作っておき、上記気体槽に上記圧縮された気体を貯める気体圧縮部を備え、

上記外部電力が不足している期間に、上記気体槽に貯められている上記圧縮された気体を用いて発電を行い、外部の電力消費設備に電力を供給することを特徴とする請求項 10 に記載の発電装置。

**【請求項 12】**

50

請求項 1 から 10 のいずれか一項に記載の発電装置を複数備える送電システムであって、  
 複数の上記発電装置に対応して設けられる複数の電力消費設備と、  
 外部電力を複数の上記電力消費設備に供給する送電網とを備え、  
 複数の上記電力消費設備における消費電力が所定の閾値以上の場合、  
 複数の上記発電装置は、発電した電力に対応する上記電力消費設備に供給し、  
 複数の上記発電装置のうち電力が余った上記発電装置は、余った電力を上記送電網に  
 供給することを特徴とする送電システム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は流体を利用する発電装置に関する。

【背景技術】

【0002】

電力を蓄えるものとして、燃料電池、化学電池等の電池がある。また、余剰電力を蓄える大規模な施設として、ダム揚水発電等がある。燃料電池等の電池は、小規模であるため任意の場所に設置しやすいが、発電量が小さい。一方、ダム等は、発電量が大きいが、設置可能な場所は山間部の河川周辺に限られる。

【0003】

また、使用したエネルギーの回収を図る技術として、特許文献 1 に記載の発電装置がある。特許文献 1 の技術では、散気管によって空気を水中に排出して水質浄化を行う水質浄化装置において、気泡の浮上によって発電装置のタービンを回転させる。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2011-007174 号公報（2011 年 1 月 13 日公開）

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献 1 に記載の技術では、気泡がタービンを通過するため、気泡がタービン翼に不要な振動を生じさせる。そのため、タービンを回転させる効率が低いという問題がある。また、特許文献 1 に記載の技術では、上昇流と下降流とがタービン付近で混在する可能性があり、効率的にタービンを回転させることができない。

30

【0006】

本発明の一態様によれば、気体を動力源とする液体の流れによってタービンを効率的に回転させることができる。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一態様に係る発電装置は、液体で満たされた管と、上記管の中に形成される気泡流によって上記管の中に一方通行の流れが生じるように、上記管の中に気泡として気体を注入する気体注入部と、上記気泡流に伴って生じる上記液体の流れによって駆動されるタービンとを備えることを特徴としている。

40

【0008】

上記の構成によれば、上記管の中に気体を注入することにより、気泡流が形成される。気泡流は、連続して分布する液体と、分散された気泡とを含む 2 相流である。気泡流は、浮力によって上昇する速度がスラグ流等と比べて速い。そして、管の中では流路の断面積が限定されているため、気泡流によって上記管の中に一方通行の流れが生じる。そのため、発電装置は、効率よくタービンを回転させるための液体の流れを生じさせることができる。よって、発電装置は、効率よく発電を行うことができる。

【0009】

50

また、上記タービンは、上記気泡が取り除かれた上記液体が流れる位置に配置される構成であってもよい。

【0010】

気泡はタービンに不要な振動を生じさせる。一方、上記の構成によれば、タービンは、気泡流ではなく液体の流れによって回転させられる。そのため、タービンを効率よく回転させることができる。

【0011】

また、上記タービンは、上記管の中の、上記気体注入部より下側に配置される構成であってもよい。

【0012】

上記の構成によれば、気泡流は上方向に上昇するため、気体注入部より下側の流れには気泡が含まれない。そのため、タービンを効率よく回転させることができる。

【0013】

また、上記発電装置は、上記液体を貯める液体槽を備え、上記液体槽の中に上記管が配置されており、上記管の上端の開口は、上記液体の水面より下側である構成であってもよい。

【0014】

上記の構成によれば、液体を貯えた液体槽の中に管を配置することで、液体が循環する流路を形成することができる。発電装置が簡単な構造になるので、発電装置の製造およびメンテナンスが容易である。

【0015】

また、上記発電装置は、上記液体が循環可能な、上記液体で満たされた循環経路を有する液体槽を備え、上記管は、上記循環経路の一部を構成し、上記管の中に生じた一方通行の流れによって、上記液体が上記循環経路を循環する構成であってもよい。

【0016】

上記の構成によれば、管の中に生じた一方通行の流れに押されるように、循環経路を液体が循環する。これにより、循環経路の液体の流れによってタービンを回転させることができる。

【0017】

また、海または湖の中に上記管が配置されており、上記管の上端の開口は、上記液体の水面より下側である構成であってもよい。

【0018】

上記の構成によれば、管を収容する液体槽を設ける必要がない。そのため、より大きな規模の発電装置を容易に製造することができる。

【0019】

また、上記管は、鉛直方向に沿って配置されており、上記気泡流は、上方向への流れである構成であってもよい。

【0020】

上記の構成によれば、気泡流は管に沿って鉛直方向に上昇するため、気泡流および液体の流れを速くすることができる。よって、発電装置は、効率よく発電を行うことができる。

【0021】

また、上記液体が上昇する流路の断面積より、上記液体が下降する流路の断面積は、大きい構成であってもよい。

【0022】

上記の構成によれば、液体が下降する流路の断面積が大きいので、該流路を下降する液体の速度は、液体が上昇する流路における液体の速度よりも遅くなる。そのため、下降する液体に巻き込まれる気泡を少なくすることができる。

【0023】

また、上記タービンは、上記液体が下降する流路に配置されており、上記液体が下降す

10

20

30

40

50

る流路における上記タービンに対応する箇所の断面積より、上記液体が下降する流路における上記タービンの上流側の断面積は、大きい構成であってもよい。

【0024】

上記の構成によれば、タービンの上流側において液体の速度が遅いので気泡の巻き込みを防ぐことができる。さらに、タービンの位置においては、上流側より断面積が狭くなるため、液体の速度も速くなる。それゆえ、タービンの回転を速くすることができる。

【0025】

また、上記発電装置は、圧縮された気体を貯める気体槽を備え、上記気体槽から上記気体注入部に上記圧縮された気体が供給される構成であってもよい。

【0026】

上記の構成によれば、圧縮された気体の圧縮エネルギーとして、エネルギーを貯えておくことができる。そして、電力が必要な時に、圧縮された気体を使用することで、圧縮エネルギーを電気エネルギーに変換することができる。

【0027】

また、上記発電装置は、外部電力が不足していない期間に、上記外部電力を用いて圧縮された気体を作っておき、上記気体槽に上記圧縮された気体を貯める気体圧縮部を備え、上記外部電力が不足している期間に、上記気体槽に貯められている上記圧縮された気体を用いて発電を行い、外部の電力消費設備に電力を供給する構成であってもよい。

【0028】

上記の構成によれば、余剰電力を圧縮された気体の圧縮エネルギーに変換して貯えることができる。そして、外部電力が不足したときでも、発電装置が発電する電力により、電力消費設備に電力を供給することができる。そのため、上記発電装置は、外部電力が停電したときのためのバックアップ電源として使用することができる。

【0029】

また、本発明の一態様に係る送電システムは、上記発電装置を複数備える送電システムであって、複数の上記発電装置に対応して設けられる複数の電力消費設備と、外部電力を複数の上記電力消費設備に供給する送電網とを備え、複数の上記電力消費設備における消費電力が所定の閾値以上の場合、複数の上記発電装置は、発電した電力に対応する上記電力消費設備に供給し、複数の上記発電装置のうち電力が余った上記発電装置は、余った電力を上記送電網に供給する。

【0030】

上記の構成によれば、複数の上記電力消費設備における消費電力が所定の閾値以上の場合、すなわち送電網の電源の負荷が大きい場合、複数の発電装置は、発電を行い、発電した電力に対応する上記電力消費設備に供給する。そして、電力が余った発電装置は、余った電力を送電網に供給する。送電網は、発電装置から受け取った電力を、他の発電装置に対応する消費電力（電力需要）がより大きい電力消費設備に電力を回すことができる。それゆえ、発電装置から受け取った電力に応じて、送電網の電源の負荷を減らすことができる。よって、送電網の電源の発電量（負荷）を一定値以下に保つことができる。

【発明の効果】

【0031】

本発明の一態様によれば、効率よく発電を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】本発明の一実施形態の発電装置の概略構成を示す断面図である。

【図2】上記発電装置のタービンの概略構成を示す斜視図である。

【図3】本発明の他の実施形態の発電装置の概略構成を示す断面図である。

【図4】本発明のさらに他の実施形態の発電装置の概略構成を示す断面図である。

【図5】図4におけるA-A線に沿った断面図である。

【図6】本発明のさらに他の実施形態の発電装置の概略構成を示す断面図である。

【図7】本発明のさらに他の実施形態の電力供給システムの構成を示す概略図である。

10

20

30

40

50

【図 8】上記電力供給システムの別の動作例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

[実施形態 1]

(発電装置の構成)

図 1 は、本実施形態の発電装置の概略構成を示す断面図である。発電装置 1 は、貯水槽 10、エアタンク 11、エアポンプ 12、圧力計 13、および発電機 14 を備える。エアポンプ 12 とエアタンク 11 とは配管で接続され、該配管には流量調節バルブ 15 が設けられている。圧力計 13 は、エアタンク 11 内の圧力を計測する。エアタンク 11 と貯水槽 10 とは別の配管で接続されている。該配管のエアタンク 11 側には流量調節バルブ 16 が設けられ、該配管の貯水槽 10 側には逆止弁 17 が設けられている。流量調節バルブ 16 と逆止弁 17 との間には、レギュレーター 18 が設けられている。

10

【0034】

貯水槽 10 (液体槽) は、液体 (ここでは水) を貯める容器である。貯水槽 10 は、上部水槽 21、下部水槽 22、上昇管 23、および下降管 24 を備える。上部水槽 21 および下部水槽 22 は、直方体形状の容器であるが、任意の形状であってよい。特に液体の流れを阻害しないために、上部水槽 21 および下部水槽 22 は、上昇管 23 および下降管 24 を繋ぐ滑らかな形状 (例えば U 字型の円筒) であってもよい。上昇管 23 および下降管 24 は、その上端および下端が開口された円筒形状の管である。ただし、上昇管 23 および下降管 24 の断面形状は任意の形状であってよく、上昇管 23 および下降管 24 は、例えば断面形状が四角形または六角形の管であってもよい。上昇管 23 および下降管 24 は、流路が縦方向 (鉛直方向) になるように配置されている。

20

【0035】

上昇管 23 の下端は下部水槽 22 に繋がっており、上昇管 23 の上端は上部水槽 21 に繋がっている。また、下降管 24 の下端は下部水槽 22 に繋がっており、下降管 24 の上端は上部水槽 21 に繋がっている。これにより、上昇管 23、上部水槽 21、下降管 24、および下部水槽 22 は、循環経路 (流路) を形成している。貯水槽 10 の中に貯められた水は、上昇管 23、上部水槽 21、下降管 24、および下部水槽 22 の中を循環することができる。なお、上部水槽 21 の上部 (天井) は密閉されておらず、大気開放されている。水面は、上部水槽 21 の天井より低い位置にある。上部水槽 21 の一部、ならびに、上昇管 23、下降管 24、および下部水槽 22 は、水で満たされている。

30

【0036】

上昇管 23 の側面には気体注入口 25 (気体注入部) が設けられている。エアタンク 11 から貯水槽 10 への配管は、気体注入口 25 に接続されている。エアタンク 11 の圧縮気体は、レギュレーター 18 で所定の圧力に減圧されて気体注入口 25 に供給される。所定の圧力は、少なくとも気体注入口 25 の位置の水圧より高ければよい。気体注入口 25 は、上昇管 23 の中に設けられるノズルであってもよい。

【0037】

下降管 24 の直径は、上昇管 23 の直径よりも大きい。ここでは、下降管 24 の直径は、上昇管 23 の直径の 2 倍である。下降管 24 の一部には、流路の直径を狭く制限する規制壁 36 が設けられている。これにより、規制壁 36 に対応する流路の最小の直径は、上昇管 23 と同等の直径になっている。

40

【0038】

発電機 14 は、タービン 30、タービン軸 33、および減速機 34 を備える。タービン 30 は、動翼 31 と静翼 32 とを備える。動翼 31 は回転可能な翼であり、静翼 32 は静止した (固定された) 翼である。タービン 30 は、複数段の動翼 31 と複数段の静翼 32 とを備えてもよい。静翼 32 は、対応する動翼 31 よりも上流側に配置される。なお、タービンとしては、例えば潮力発電または水力発電で使用されるような、任意の水力発電用タービンを使用することができる。

【0039】

50

タービン 30 は、下降管 24 の規制壁 36 に対応する位置（流路の直径が最小になる位置）に配置される。静翼 32 は、規制壁 36（または下降管 24）に対して固定される。タービン軸 33 は動翼 31 と共に回転する。減速機 34 は、所定のギア比によって、タービン軸 33 の回転を発電機 14 の軸に伝達する。ここでは、発電機 14 の軸はタービン軸 33 よりも高回転で回転させられる。

【0040】

なお、タービン軸 33 は、複数箇所に設けられた軸受け（図示せず）で支持されている。

【0041】

なお、上部水槽 21 と下部水槽 22 との間に、複数の上昇管 23、および/または、複数の下降管 24 を設けてもよい。

【0042】

上昇管 23 および下降管 24 を例えば斜めに配置してもよいが、鉛直方向に配置した方が効率がよい。

【0043】

（発電装置の寸法の一例）

以下に、発電装置 1 の各部の寸法の一例を説明する。ただし、以下の寸法はあくまで一例であって、これに限定されない。

【0044】

下部水槽 22 の底面から上部水槽 21 の水面までの高さは、例えば 5 m である。上昇管 23 の内径は、10 cm 以上であることが好ましく、例えば 23 cm である。下降管 24 の内径は、20 cm 以上であることが好ましく、例えば 46 cm である。上昇管 23 および下降管 24 の長さは、2 m 以上であることが好ましく、例えば 3 m である。気体注入口 25 は、上昇管 23 の上端および下端から 0.5 m 以上離して配置されてもよい。

【0045】

管による圧力損失（摩擦損失）を低減するためには、流路の内径は大きい方がよい。例えば、上昇管 23 の内径は 50 cm 以上、下降管 24 の内径は 1 m 以上としてもよい。この場合、上昇管 23 に一方通行の流れを生じさせるために、例えば、上昇管 23 および下降管 24 の長さは 20 m 以上としてもよい。

【0046】

この貯水槽 10 は、地上に構築してもよいし、地面を掘削することによって地下に構築してもよい。

【0047】

（発電装置のエネルギー蓄積動作）

発電装置 1 は、外部電源で駆動されるエアポンプ 12（気体圧縮部）によって、圧縮された気体（圧縮気体）をエアタンク 11（気体槽）に貯める。エアポンプ 12 は、ここでは空気を圧縮する。エアポンプ 12 の動作は、電力消費の少ない期間（例えば夜間）に余剰電力を用いて行う。すなわち、発電装置 1 は、余剰電力のエネルギーを圧縮気体のエネルギーとして蓄える。圧縮された気体は、気体のままエアタンク 11 内に貯められる。

【0048】

圧縮気体が貯水槽 10 の水中に送り出されるように、エアタンク 11 に蓄えられる圧縮気体の圧力は、気体注入口 25 のレベルにおける水圧より大きい必要がある。例えば気体注入口 25 の位置が水面下 3 m であれば、エアタンク 11 内の圧縮気体の圧力は、0.13 MPa より大きい必要がある。なお、エアタンク 11 に蓄えられる圧縮気体の圧力は、1 MPa 未満であることが好ましい。圧力が 1 MPa 未満であれば、エアタンク 11 の耐圧構造を簡易なものとすることができる。なお、圧縮気体の圧力は 1 MPa 以上であってもよい。

【0049】

エアポンプ 12 からエアタンク 11 への気体の注入は、流量調節バルブ 15 によって制御される。一方、エアタンク 11 から貯水槽 10 への気体の注入は、流量調節バルブ 16

10

20

30

40

50

によって制御される。逆止弁 17 は、エアタンク 11 から貯水槽 10 への流体だけを通過させ、貯水槽 10 からエアタンク 11 に水が逆流することを防ぐ。

【0050】

なお、エアポンプ 12、流量調節バルブ 15、および流量調節バルブ 16 の動作制御は、利用者の指示に基づいて制御部（図示せず）によって行われてもよいし、所定のタイミングまたは条件に基づいて制御部によって自動で行われてもよい。

【0051】

（発電装置の発電動作）

発電装置 1 は、発電を行うとき、エアタンク 11 の圧縮気体を気体注入口 25 から上昇管 23 内に気体を連続的に注入する。上昇管 23 に注入された気体は、水中で分散された気泡となって上昇管 23 の中を上昇していく。気泡の上昇により、上昇管 23 の中の水も上昇する。これにより、上昇管 23 の中に上向きの気泡流が形成される。なお図面の矢印は液体の流れの方向を示す。

10

【0052】

気泡流（バブル流）は、連続した液体（連続相）と、その中に分散された気泡（分散相）とからなる気液 2 相流である。また、気泡流では、個々の気泡の直径は上昇管 23 の直径の 60% 未満である。これを体積比に換算すると、気泡流全体（気体 + 液体）に対する気泡の体積の割合は約 36% 未満となる。気泡の直径（または割合）がこの上限を超えると、気泡が分散されずに固まって上昇するスラグ流が形成される。スラグ流は気泡流よりも流速（上昇速度）が遅くなるので、発電効率のためには気泡流が形成されることが重要である。それゆえ、発電装置 1 では、上昇管 23 の中に気泡流が形成されるように、上昇管 23 に注入する気体の量が調節される。気泡は、上昇管 23 の断面全体に分散されるよう、供給されることが好ましい。

20

【0053】

上昇管 23 内の気体注入口 25 より上部に生じた気泡流は、上昇管 23 の気体注入口 25 より下部の水を上へ引き込み、上昇管 23 の全体に一方通行の流れを作る。上部水槽 21 において、気泡は、水面上の大気中に放出される。一方、上昇管 23 からの気泡流に押されるように、上部水槽 21 の水は下降管 24 に向かって流れる。下降管 24 においては水は下向きに一方通行で流れる。気泡は上部水槽 21 において水の外に放出されているので、下降管 24 の中の水は気泡を含まない。水は、下降管 24 から下部水槽 22 に流れ込み、下部水槽 22 から再び上昇管 23 に流れ込む。この結果、貯水槽 10 の水は、上昇管 23、上部水槽 21、下降管 24、下部水槽 22 の順に循環する。

30

【0054】

下降管 24 を下向きに流れる水は、タービン 30 の静翼 32 によって整流され、動翼 31 を回転させる。動翼 31 の回転はタービン軸 33 および減速機 34 を介して発電機 14 に伝達される。この結果、発電機 14 は発電を行う。すなわち、気体注入口 25 から水中に放出された気泡が貯水槽 10 に循環する液体の流れを作る。気泡が液体から除去された後、気泡を含まない液体の流れ（運動エネルギー）によって、発電装置 1 は発電を行う。そのため、発電装置 1 は、気泡によってタービン 30 に不要な振動を生じさせることを防ぐことができる。それゆえ、発電装置 1 は、効率よく発電を行うことができる。

40

【0055】

ここで、上昇管 23 において、気泡は、約 1 [m/s] で上昇する。下降管 24 の直径は上昇管 23 の直径の 2 倍であるので、下降管 24 における流速は、上昇管 23 の 1/4 の約 0.25 [m/s] になる。下降管 24 での下向きの流れが 0.3 [m/s] 以下であれば、気泡は、下向きの流れに巻き込まれることなく、水面上に上がっていく。そのため、下降管 24 は、上部水槽 21 と接続される箇所において、上昇管 23 より流路の直径が広い（好ましくは上昇管 23 の直径の 2 倍以上である）構成とすることができる。また、下降管 24 の直径を広くすれば、水流の圧力損失（摩擦損失）を小さくすることができる。

【0056】

50



一方で、タービン30の位置での流速が遅いと、発電効率は低下する。そのため本実施形態では、タービン30に対応する位置に規制壁36を設け、流路の直径を部分的に狭くしている。規制壁36に囲まれた部分では、流路の直径は上昇管23と同等である。規制壁36に囲まれた部分の流速は、約1[m/s]になる。それゆえ、タービン30の動翼31は、約1[m/s]の水流によって回転させられる。

【0057】

図2は、タービン30の概略構成を示す斜視図である。静翼32は、固定された6枚の翼を有する。動翼31は、回転可能な3枚の翼を有する。静翼32で水流が斜め方向に変えられ、変えられた水流を受けるように、動翼31の翼が配置されている。動翼31の各翼は、湾曲した扇形であり、平面視でタービン軸を中心に約120度に広がっている。動翼31の各翼が水流を受ける面積が大きいほど、動翼31は効率よく回転させられる。

10

【0058】

一般に、気体の流れによってタービンを回転させる発電装置では、高圧(例えば100MPa)の気体の流れが必要になる。このような高圧の気体を扱うためには、容器の耐圧性を十分に確保するための構造が必要になる。

【0059】

本実施形態では、上昇管23に気体を注入することにより、循環経路の一部を構成する上昇管23の中に一方通行の気泡流を生じさせる。これにより、気泡流は、循環経路に沿って循環する水の流れを生じさせる。水流は循環経路に沿って一方向に流れるので、水流が一方向に流れる箇所にタービンを配置することができる。また、気泡流によって生じた水流の運動エネルギーをタービンに効率よく伝達することができる。

20

【0060】

このように、本実施形態では、貯水槽10において圧縮気体のエネルギーを水流の運動エネルギーに変換する。気体の質量は水に対して非常に小さいため、上部水槽21から大気に放出される気体(気泡)の運動エネルギーは、水流の運動エネルギーに対して非常に小さい。そのため、圧縮気体のエネルギーを高効率で水流の運動エネルギーに変換することができる。そして、水流の運動エネルギーによってタービン30を回転させることができる。本実施形態の発電装置1は、比較的低压(10MPa未満、好ましくは1MPa未満)の圧縮気体に蓄えられた圧縮エネルギーを用いて、効率よく発電を行うことができる。そのため、高圧の気体を扱う装置に比べて、容易に発電装置1を製造することができる。また、蓄積されるエネルギーは気体の圧縮エネルギーであるため、エネルギーを蓄積する構成(エアタンク)も簡易である。そのため、発電装置1は、災害等に強く、メンテナンスも容易である。

30

【0061】

なお、液体中に気体を吹き込んで化学反応を促進する気泡塔に、本実施形態の発電装置を適用することもできる。この場合、貯水槽10が気泡塔の役割を果たす。

【0062】

なお、圧縮気体として、別の目的で圧縮され保存されている気体を用いてもよい。例えば、天然ガス等を貯蓄しているガスタンクの可燃性気体(天然ガス)を、燃焼等に使用する前に貯水槽に注入することで、圧縮エネルギーを運動エネルギー(さらには電気エネルギー)に変換してもよい。この場合、水面上に放出された可燃性気体は、貯水槽を出た後、別の配管を介して燃焼設備(火力発電設備または暖房設備)または他の施設(工場または家庭)に供給される。なお、貯水槽の水面上は大気圧ではなく、それより高い圧力が加えられている。

40

【0063】

[実施形態2]

本発明の他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上述の実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。本実施形態では、タービンを配置する位置が実施形態1とは異なる。

【0064】

50

## (発電装置の構成)

図3は、本実施形態の発電装置の概略構成を示す断面図である。発電装置2は、貯水槽40、エアタンク11、エアポンプ12、圧力計13、および発電機14を備える。

## 【0065】

貯水槽40は、実施形態1と同様に、上部水槽21、下部水槽22、上昇管23、および下降管24を備える。

## 【0066】

本実施形態では、タービン30は、上昇管23における気体注入口25より下側の位置に配置される。静翼32は、上昇管23に対して固定される。また、タービン軸33は下部水槽22の下側に配置される発電機14の方向に延びている。

10

## 【0067】

上昇管23において気体注入口25より上側に生じる上向きの気泡流は、上昇管23の中全体に一方通行の水流(液体の流れ)を生じさせる。上昇管23の内径は一定であるため、上昇管23の下部に配置されたタービン30の位置においても、気泡流とほぼ同じ流速の水流が生じる。そのため、タービン30は、上昇管23に生じた一方通行の水流によって効率よく回転させられる。

## 【0068】

本実施形態では、下降管24にその内径を狭くする規制壁を設ける必要がないため、貯水槽40を循環する水流の抵抗を小さくすることができる。また、気泡流が生じる上昇管23の中にタービン30が配置されているため、タービン30周囲の水流の乱れが少ない。

20

## 【0069】

## [実施形態3]

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上述の実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。本実施形態では、複数の上昇管が1つの容器(プール)に配置される。

## 【0070】

## (発電装置の構成)

図4は、本実施形態の発電装置の概略構成を示す平面図である。図5は、図4におけるA-A線に沿った断面図である。発電装置3は、貯水槽50、エアタンク11、エアポンプ12、および複数の発電機14を備える。ここではレギュレーターおよび圧力計等の記載を省略している。

30

## 【0071】

貯水槽50は、液体(ここでは水)を貯める矩形の容器(プール)である。貯水槽50の天井は大気開放されている。貯水槽50は所定のレベルまで水で満たされている。なお、例えば貯水槽50は地面Gを掘削して形成した穴に設けられる。ここでは、エアポンプ12は地上に設けられ、エアタンク11は、地中に設けられている。

## 【0072】

貯水槽50は、貯水槽50内に柱および梁(ともに図示せず)で固定された複数の上昇管23を備える。上昇管23は円筒形の筒であるが、形状はこれに限らない。上昇管23の上端および下端は開放されている。上昇管23の上端は、水面より下に位置する。

40

## 【0073】

図では4×4(=16個)の上昇管23を描いているが、貯水槽50は、10×10(=100個)の上昇管23を備えてもよい。上昇管23の数は所望の発電量に応じて決定することができる。

## 【0074】

例えば、上昇管23の内径は50cm、上昇管23の長さは30mとしてもよいが、これに限定されない。

## 【0075】

50

上昇管 2 3 の側面には気体注入口 2 5 が設けられている。エアタンク 1 1 から貯水槽 5 0 への配管は、各上昇管 2 3 の気体注入口 2 5 に接続されている。エアタンク 1 1 の圧縮気体は、レギュレーターで所定の圧力に減圧されて各上昇管 2 3 の気体注入口 2 5 に供給される。なお、流量調節バルブが上昇管 2 3 毎に設けられ、上昇管 2 3 への気体の注入は、上昇管 2 3 毎に独立して制御可能であってもよい。気体を注入する上昇管 2 3 の数を調節することにより、発電量を調節することができる。

【 0 0 7 6 】

複数の上昇管 2 3 に対応して、複数の発電機 1 4 が設けられる。発電機 1 4 は、タービン 3 0、およびタービン軸 3 3 を備える。ここでは減速機は省略している。タービン 3 0 は、上昇管 2 3 の中における気体注入口 2 5 より下側かつ下端より上側の位置に配置される。静翼 3 2 は、上昇管 2 3 に対して固定される。また、タービン軸 3 3 は上昇管 2 3 の下側に配置される対応する発電機 1 4 に接続されている。

10

【 0 0 7 7 】

エアポンプ 1 2 によってエアタンク 1 1 に圧縮気体を貯めるのは、実施形態 1 と同様である。

【 0 0 7 8 】

ここで、上昇管 2 3 同士は互いに離れて配置されているが、複数の上昇管同士が互いに接していてもよい。また、貯水槽 5 0 における上昇管 2 3 の外に複数の下降管を配置してもよい。例えば、ハニカム構造の複数の六角形の管のうち、いくつかの管に気体注入口を設けて上昇管とし、他の管を下降管とすることもできる。

20

【 0 0 7 9 】

( 発電装置の発電動作 )

発電装置 3 は、発電を行うとき、エアタンク 1 1 の圧縮気体を気体注入口 2 5 から複数の上昇管 2 3 内に気体を連続的に注入する。複数の上昇管 2 3 に注入された気体は、水中で分散された気泡となって上昇管 2 3 の中を上昇していく。これにより、上昇管 2 3 の中に上向きの気泡流が形成される。なお図面の矢印は液体の流れの方向を示す。

【 0 0 8 0 】

上昇管 2 3 内の気体注入口 2 5 より上部に生じた気泡流は、上昇管 2 3 の気体注入口 2 5 より下部の水を上へ引き込み、上昇管 2 3 全体に一方通行の流れを作る。上昇管 2 3 は、注入される気体の量に対して流路の断面積が限定された管である。そのため、上昇管 2 3 の中には一方通行の流れが形成される。言い換えれば、断面積が規定された上昇管 2 3 に一方通行の流れが生じるように、上昇管 2 3 に単位時間当たり所定量以上の気体を注入する。

30

【 0 0 8 1 】

上昇管 2 3 の上端から出た気泡は、水面上の大気中に放出される。一方、上昇管 2 3 からの気泡流に押されるように、貯水槽 5 0 における上昇管 2 3 の外の領域では、水は下方に流れる。気泡は水の外に放出されているので、上昇管 2 3 の外を下降する水流は気泡を含まない。水は、貯水槽 5 0 の底部から再び複数の上昇管 2 3 の中に流れ込む。この結果、貯水槽 5 0 の水は、上昇管 2 3 の中と上昇管 2 3 の外とを循環する。複数の上昇管 2 3 の中の流路と、複数の上昇管 2 3 の外の流路とは、複数の循環経路を形成する。

40

【 0 0 8 2 】

平面視 ( 図 4 ) において、複数の上昇管 2 3 内の合計の断面積より、貯水槽 5 0 における上昇管 2 3 の外の合計の断面積は、大きく、好ましくは 2 倍以上である。こうすることにより、上昇管 2 3 内の水流の流速より、上昇管 2 3 外の水流の流速は遅くなる。これにより、圧力損失を低減することができ、かつ、気泡が下降流に巻き込まれるのを防ぐことができる。言い換えれば、気泡の上昇速度より下降流の流速が遅くなるように、上昇管 2 3 の数を設定する。

【 0 0 8 3 】

上昇管 2 3 の下端から上向きに流れる水は、タービン 3 0 の静翼 3 2 によって整流され、動翼 3 1 を回転させる。動翼 3 1 の回転はタービン軸 3 3 を介して発電機 1 4 に伝達さ

50

れる。この結果、発電機 14 は発電を行う。すなわち、気体注入口 25 から水中に放出（注入）された気泡が貯水槽 50 に循環する液体の流れを作る。気泡が液体から除去された後、気泡を含まない液体の流れ（運動エネルギー）によって、発電装置 3 は発電を行う。そのため、発電装置 3 は、気泡によってタービン 30 に不要な振動を生じさせることを防ぐことができる。それゆえ、発電装置 3 は、効率よく発電を行うことができる。

【0084】

本実施形態では、プールの中に複数の上昇管 23 を配置することで貯水槽 50 を構築することができる。そのため、貯水槽 50 の構造が複雑ではなく、例えばより大規模な発電装置も容易に製造することができる。そのため、発電装置 3 は、災害等に強く、メンテナンスも容易である。

10

【0085】

[実施形態 4]

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上述の実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。本実施形態では、上昇管が海中に配置される。

【0086】

（発電装置の構成）

図 6 は、本実施形態の発電装置の概略構成を示す断面図である。発電装置 4 は、エアタンク 11、エアポンプ 12、上昇管 23、および発電機 14 を備える。ここではレギュレータおよび圧力計等の記載を省略している。

20

【0087】

上昇管 23 および発電機 14 は、海 S の中に配置され固定されている。ここでは、エアポンプ 12 は地面 G の上に設けられ、エアタンク 11 は地中に設けられている。上昇管 23 およびそれに対応する発電機 14 は、それぞれ複数設けられていてもよい。

【0088】

上昇管 23 は円筒形の筒であるが、形状はこれに限らない。上昇管 23 の上端および下端は開放されている。上昇管 23 の上端は、水面より下に位置する。上昇管 23 の中は海水で満たされている。

【0089】

上昇管 23 の側面には気体注入口 25 が設けられている。エアタンク 11 から上昇管 23 への配管は、気体注入口 25 に接続されている。エアタンク 11 の圧縮気体は、レギュレータで所定の圧力に減圧されて上昇管 23 の気体注入口 25 に供給される。

30

【0090】

発電機 14 は、タービン 30、およびタービン軸 33 を備える。ここでは減速機は省略している。タービン 30 は、上昇管 23 の中における気体注入口 25 より下側かつ下端より上側の位置に配置される。静翼 32 は、上昇管 23 に対して固定される。また、タービン軸 33 は上昇管 23 の下側に配置される発電機 14 に接続されている。

【0091】

海中の浮遊物または生物が上昇管 23 の中に入らないように、上昇管 23 の上端および/または下端に網等が設けられていてもよい。

40

【0092】

（発電装置の発電動作）

発電装置 4 は、発電を行うとき、エアタンク 11 の圧縮気体を気体注入口 25 から上昇管 23 内に気体を連続的に注入する。これにより、上昇管 23 の中に上向きの気泡流が形成される。なお図面の矢印は液体の流れの方向を示す。

【0093】

上昇管 23 内の気体注入口 25 より上部に生じた気泡流は、上昇管 23 の気体注入口 25 より下部の海水を上へ引き込み、上昇管 23 全体に一方通行の流れを作る。上昇管 23 は、注入される気体の量に対して流路の断面積が限定された管である。そのため、上昇管 23 の中には一方通行の流れが形成される。言い換えれば、断面積が規定された上昇管 2

50

3に一方通行の流れが生じるように、上昇管23に単位時間当たり所定量以上の気体を注入する。

【0094】

上昇管23の上端から出た気泡は、水面上の大気中に放出される。また、海水は上昇管23の下端から上昇管23の中に吸い込まれる。上昇管23の外の領域では、一部の海水が緩やかに下方向に流れる。この結果、大局的に見ると、海水は、上昇管23の中と上昇管23の外とを循環する。

【0095】

上昇管23の下端から上向きに流れる水は、タービン30の静翼32によって整流され、動翼31を回転させる。動翼31の回転はタービン軸33を介して発電機14に伝達される。この結果、発電機14は発電を行う。

10

【0096】

本実施形態では、海中に上昇管23を配置することで、プールまたは容器等を不要にしている。そのため、所望の発電量に応じて上昇管23を配置し、より大規模な発電装置も容易に製造することができる。そのため、発電装置4は、災害等に強く、メンテナンスも容易である。なお、海の代わりに、湖等の中に上昇管23を配置することもできる。

【0097】

[実施形態5]

本発明のさらに他の実施形態について、以下に説明する。なお、説明の便宜上、上述の実施形態にて説明した部材と同じ機能を有する部材については、同じ符号を付記し、その説明を省略する。本実施形態では、発電装置の利用形態について説明する。

20

【0098】

図7は、発電装置を含む電力供給システムの構成を示す概略図である。電力供給システム60(送電システム)は、発電所61、送電線62(送電網)、通信線63(通信網)、複数の発電装置64a・64b、複数の電力消費施設65a・65b、および複数の制御装置66a・66bを備える。電力供給システム60は、発電装置、電力消費施設、および制御装置の組を2つより多く含んでよいが、ここでは図示を省略する。

【0099】

発電所61は、例えば火力発電、河川のダム等による大規模水力発電、原子力発電、太陽光発電等の、通常発電施設である。発電所61は、送電線62を介して発電装置64a・64bおよび電力消費施設65a・65bに電力を供給する。また、発電所61は、電力需要を監視し、電力が不足した場合に、電力不足を通知する信号(デマンドレスポンス信号)を通信線63を介して制御装置66a・66bに通知する。

30

【0100】

電力消費施設65a・65b(電力消費設備)は、例えば工場または一般家庭等の、電力を使用する施設または設備である。

【0101】

発電装置64a・64bは、上述の実施形態のいずれかの発電装置である。発電装置64aおよび発電装置64bは、同じであるので、特に必要がない限りその一方について説明をする。発電装置64aは、送電線62から受け取った電力を対応する電力消費施設65aに供給する。

40

【0102】

制御装置66a・66bは、対応する発電装置64a・64bの動作の制御を行う、発電装置の制御装置である。制御装置66a・66bは、対応する発電装置の一部として設けられてもよいし、発電装置の外部の装置として設けられてもよい。

(電力供給システムの動作例1)

電力需要に対して発電所61の電力供給能力に余裕がある場合(電力不足の信号を制御装置66a・66bが受け取っていない場合)、制御装置66aは、圧縮気体を貯えるよう対応する発電装置64aに指示する。この場合、発電装置64aは、送電線62から供給される余剰電力(外部電力)を使用して圧縮気体を作り、圧縮気体をエアタンクに貯え

50

る。このとき、発電装置 6 4 a は発電を行わない。なお、制御装置 6 6 a は、深夜等、電力需要が特に少ない時間帯または電力料金が安い時間帯に圧縮気体を作るよう、発電装置 6 4 a に指示してもよい。

【0103】

電力需要に対して発電所 6 1 の電力供給能力に余裕がない場合、制御装置 6 6 a は、発電を行うよう対応する発電装置 6 4 a に指示する。例えば、制御装置 6 6 a は、電力不足の信号を受け取った場合、または、停電により送電線 6 2 から電力が供給されていない場合に、発電装置 6 4 a に発電を行わせる。発電装置 6 4 a は、貯えられた圧縮気体を使用して発電を行い、電力を対応する電力消費施設 6 5 a に供給する。これにより、電力不足時に発電所 6 1 の負荷を軽減することができるので、デマンドレスポンスを実現することができる。または、何らかの原因で停電が起こったときに、継続して電力消費施設 6 5 a に電力を供給することができる。発電装置 6 4 a は、このように中規模のバックアップ電源として使用することができる。

10

【0104】

これにより、発電装置 6 4 a は、時間的な電力需要のばらつきを平準化することができる。

(電力供給システムの動作例 2)

図 8 は、電力供給システムの別の動作例を示す図である。制御装置 6 6 a ・ 6 6 b のそれぞれは、対応する電力消費施設 6 5 a ・ 6 5 b の消費電力量 (電力需要) を監視する。そして、複数の制御装置 6 6 a ・ 6 6 b は、対応する電力消費施設 6 5 a ・ 6 5 b の電力需要に関する情報を、互いに送受信する。電力需要に関する情報の交換は、例えば地域のある範囲 (グループ) に属する複数の制御装置の間で行われる。また、複数の制御装置 6 6 a ・ 6 6 b は、対応する発電装置 6 4 a ・ 6 4 b の発電量等の情報も、互いに送受信する。

20

【0105】

グループに属する各電力消費施設の電力需要が所定の第 1 閾値未満である場合、各制御装置 6 6 a ・ 6 6 b は、対応する発電装置 6 4 a ・ 6 4 b に、圧縮気体を貯えるよう指示する。この場合、発電装置 6 4 a ・ 6 4 b は、圧縮気体を作り、圧縮気体をエアタンクに貯える。

【0106】

例えば、以下に電力消費施設 6 5 b の電力需要が大きい場合を例に挙げ、空間的な電力需要のばらつきを平準化する方法を説明する。

30

【0107】

電力消費施設 6 5 b の電力需要が第 1 閾値より大きい所定の第 2 閾値以上である場合、制御装置 6 6 b は、対応する発電装置 6 4 b に発電を行うように指示する。発電装置 6 4 b で発電された電力は、電力消費施設 6 5 b に供給される。これにより、送電線 6 2 から電力消費施設 6 5 b に供給される電力を低減し、発電所 6 1 の負荷を軽減することができる。

【0108】

電力需要が大きい電力消費施設 6 5 b に対応する発電装置 6 4 b が発電を行っているのに、グループに属する複数の電力消費施設の電力需要の合計が、所定の第 3 閾値以上である場合、発電所 6 1 の負荷は大きくなってしまふ。この場合、電力需要が第 2 閾値未満である電力消費施設 6 5 a に対応する制御装置 6 6 a は、対応する発電装置 6 4 a に発電を行うように指示する。電力需要が小さい電力消費施設 6 5 a に対応する発電装置 6 4 a は、指示に基づき、発電を行う。発電装置 6 4 a による発電量が、対応する電力消費施設 6 5 a の電力需要を上回った場合、発電装置 6 4 a は、余った電力を送電線 6 2 に供給する。送電線 6 2 が発電装置 6 4 a から受け取った電力は、電力消費が大きい別の電力消費施設 6 5 b に供給される。

40

【0109】

このように、複数の電力消費施設における消費電力 (電力需要) が所定の閾値以上の場

50

合、電力需要が比較的小さい電力消費施設に対応する発電装置が発電を行い、余った電力を、該発電装置が送電網を介して、電力需要が比較的大きい他の電力消費施設に供給する。これにより、空間的な電力需要のばらつきを平準化することができる。また、発電所の発電量を一定値以下に保つことが可能となる。

【0110】

本発明は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本発明の技術的範囲に含まれる。

【産業上の利用可能性】

【0111】

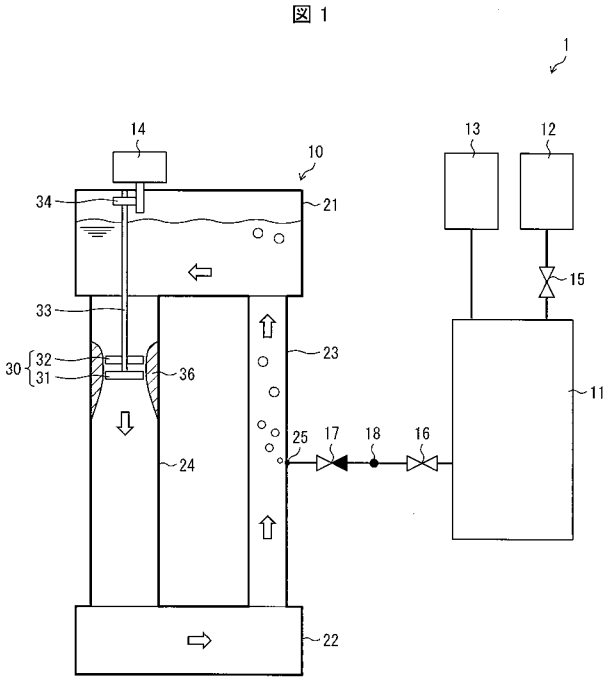
本発明は、発電装置、および送電システムに利用することができる。

【符号の説明】

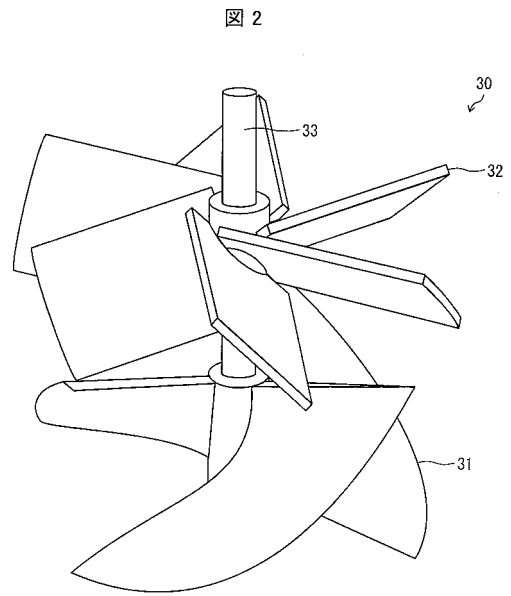
【0112】

|                 |                  |    |
|-----------------|------------------|----|
| 1 ~ 4、64 a、64 b | 発電装置             |    |
| 10、40、50        | 貯水槽（液体槽）         |    |
| 11              | エアタンク（気体槽）       |    |
| 12              | エアポンプ（気体圧縮部）     |    |
| 13              | 圧力計              |    |
| 14              | 発電機              |    |
| 21              | 上部水槽             | 10 |
| 22              | 下部水槽             |    |
| 23              | 上昇管（管）           |    |
| 24              | 下降管              |    |
| 25              | 気体注入口（気体注入部）     |    |
| 30              | タービン             |    |
| 31              | 動翼               |    |
| 32              | 静翼               |    |
| 33              | タービン軸            |    |
| 36              | 規制壁              |    |
| 60              | 電力供給システム（送電システム） | 30 |
| 61              | 発電所              |    |
| 62              | 送電線（送電網）         |    |
| 63              | 通信線（通信網）         |    |
| 65 a・65 b       | 電力消費施設（電力消費設備）   |    |
| 66 a・66 b       | 制御装置             |    |

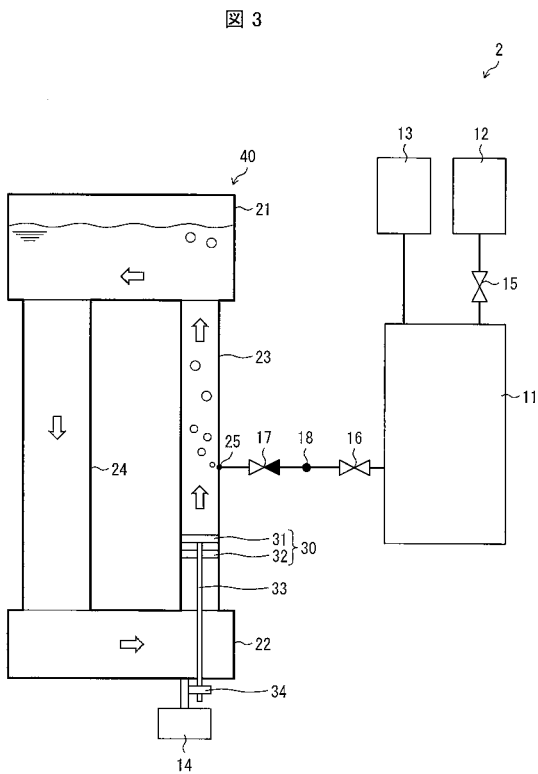
【 図 1 】



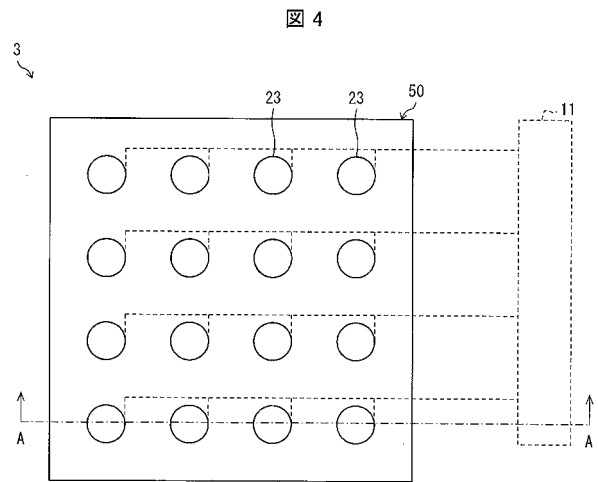
【 図 2 】



【 図 3 】

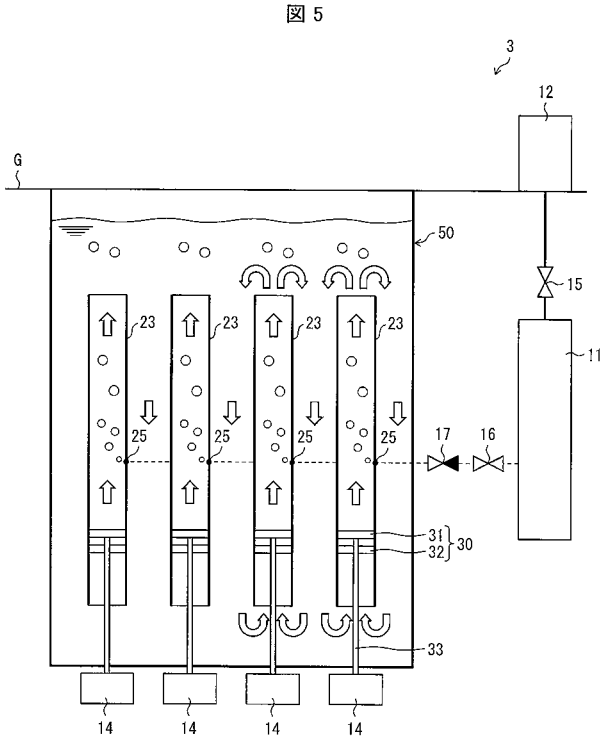


【 図 4 】

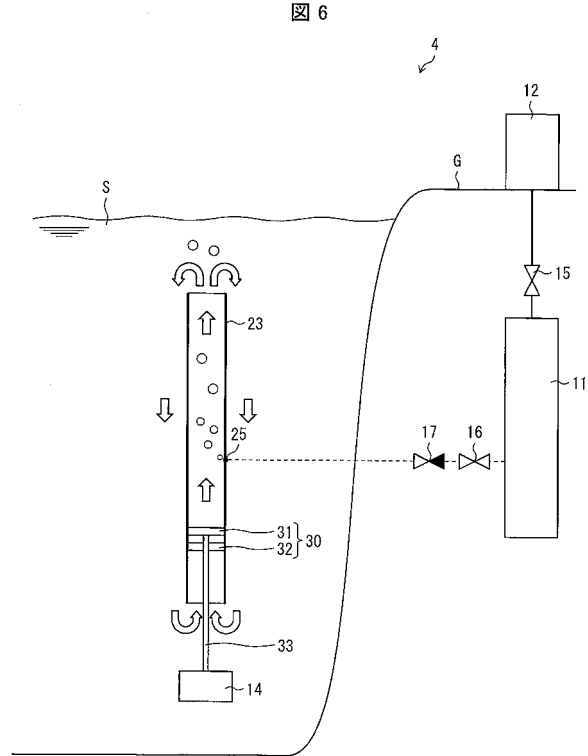




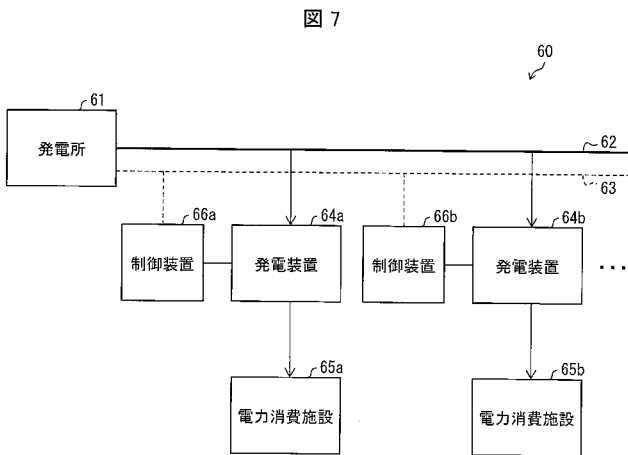
【 図 5 】



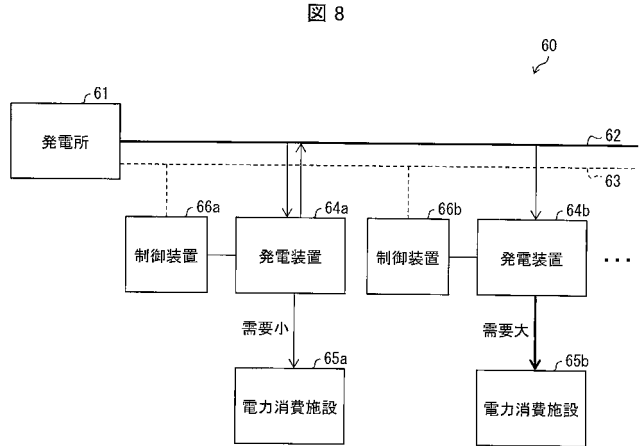
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 寺坂 宏一  
神奈川県横浜市港北区日吉3丁目14番1号 学校法人慶應義塾大学 理工学部内
- (72)発明者 松隈 洋介  
福岡県福岡市城南区七隈8丁目19番1号 学校法人福岡大学内
- (72)発明者 島田 直樹  
愛媛県新居浜市惣開町5番1号 住友化学株式会社内
- Fターム(参考) 3H074 AA10 AA12 BB11 CC08 CC17