

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6718426号
(P6718426)

(45) 発行日 令和2年7月8日(2020.7.8)

(24) 登録日 令和2年6月16日(2020.6.16)

(51) Int. Cl. F I
E O 1 D 19/16 (2006.01) E O 1 D 19/16

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2017-225495 (P2017-225495)	(73) 特許権者	505440631
(22) 出願日	平成29年11月24日(2017.11.24)		本州四国連絡高速道路株式会社
(65) 公開番号	特開2019-94690 (P2019-94690A)		兵庫県神戸市中央区小野柄通四丁目1番2号
(43) 公開日	令和1年6月20日(2019.6.20)		2号
審査請求日	平成31年2月13日(2019.2.13)	(74) 代理人	100067828
			弁理士 小谷 悦司
		(74) 代理人	100115381
			弁理士 小谷 昌崇
		(74) 代理人	100109058
			弁理士 村松 敏郎
		(72) 発明者	楠原 栄樹
			兵庫県神戸市中央区小野柄通四丁目1番2号 本州四国連絡高速道路株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ケーブルの防食方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

束ねられた複数のワイヤ及び前記複数のワイヤを覆う被覆管を備えたケーブルの防食方法であって、

空気よりも酸素濃度の低い低酸素ガスを前記空気に混合する工程と、

前記低酸素ガスを前記空気に混合した混合ガスを前記被覆管内に供給して前記複数のワイヤの周囲に流す工程とを備え、

前記混合ガスを前記被覆管内に供給して前記複数のワイヤの周囲に流す工程では、前記複数のワイヤの周囲を流れた前記混合ガスの少なくとも一部を、前記ケーブルのメンテナンスをする作業者が立ち入り可能な作業室内に開口する前記被覆管の一端から前記作業室内に排出する、防食方法。

10

【請求項2】

請求項1に記載の防食方法であって、

前記低酸素ガスを前記空気に混合する工程は、前記混合ガスの酸素濃度が所定の範囲内に存在するように、前記空気に対する前記低酸素ガスの混合比率を調整して前記混合ガスの酸素濃度を制御する工程を含む、防食方法。

【請求項3】

請求項2に記載の防食方法であって、

前記混合ガスの酸素濃度を制御する工程では、前記空気に対する前記低酸素ガスの混合比率を調整して、前記混合ガスの酸素濃度を人体への影響を考慮した値にする、防食方法

20

。

【請求項 4】

束ねられた複数のワイヤ及び前記複数のワイヤを覆う被覆管を備えたケーブルの防食方法であって、

空気よりも酸素濃度の低い低酸素ガスを前記空気に混合する工程と、

前記低酸素ガスを前記空気に混合した混合ガスを前記被覆管内に供給して前記複数のワイヤの周囲に流す工程とを備え、

前記低酸素ガスを前記空気に混合する工程は、

前記空気及び前記低酸素ガスの一方の相対湿度を他方の相対湿度よりも低くする工程と

、

前記混合ガスの相対湿度が所定の範囲内に存在するように、前記空気に対する前記低酸素ガスの混合比率を調整して前記混合ガスの相対湿度を制御する工程とを含む、防食方法

。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の防食方法であって、

前記空気及び前記低酸素ガスの一方の相対湿度を他方の相対湿度よりも低くする工程では、前記空気を乾燥させることにより、前記空気の相対湿度を前記低酸素ガスの相対湿度よりも低下させる、防食方法。

【請求項 6】

請求項 2 又は請求項 3 に記載の防食方法であって、

前記混合ガスの酸素濃度を制御する工程は、

前記混合ガスの酸素濃度及び相対湿度を測定する工程と、

前記測定された相対湿度が前記測定された酸素濃度に基づいて定められる前記混合ガスの相対湿度の下限值よりも低い場合に、前記空気の相対湿度及び前記低酸素ガスの酸素濃度の少なくとも一方を調整する工程とを含む、防食方法。

【請求項 7】

請求項 1 ～ 6 の何れか 1 項に記載の防食方法であって、さらに、

前記複数のワイヤの周囲を流れた前記混合ガスを前記被覆管内から回収して前記複数のワイヤの周囲に再び流す工程を備える、防食方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、橋梁に用いられるケーブルの防食方法に関し、詳しくは、束ねられた複数のワイヤ及び当該複数のワイヤを覆う被覆管を備えたケーブルの防食方法に関する。

【背景技術】

【0002】

海峡や河川等に架け渡される橋梁として、メインケーブルにハンガーロープを介して橋桁を吊るすものが知られている。このような橋梁は、雨風や直射日光に晒されるため、その設置されている環境の影響（具体的には、季節の変化や気象の変化による影響）を受けやすい。そのため、橋梁を長期間に亘って使用するためには、様々な対策を講じる必要がある。

【0003】

例えば、下記特許文献 1 及び特許文献 2 には、束ねられた複数のワイヤ及び当該ワイヤを覆う被覆管を備えたメインケーブルの防食方法が開示されている。特許文献 1 及び特許文献 2 では、被覆管内に乾燥空気を供給して、当該乾燥空気を複数のワイヤの間に流すことにより、複数のワイヤの腐食を防いでいる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 8－177012 号公報

10

20

30

40

50

【特許文献2】特開平10-159019号公報

【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、乾燥空気を複数のワイヤの間に流すだけでは、複数のワイヤの腐食を抑制するのに十分ではないことが判明した。

【0006】

本発明の目的は、ケーブルを構成する複数のワイヤの腐食を抑制することができるケーブルの防食方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記の目的を達成するために、本願の発明者は、ワイヤの腐食の進行速度に着目して検討を進めた。その結果、ワイヤの腐食の進行速度はワイヤに付着している水の酸素濃度に影響し、当該水の酸素濃度はワイヤの周囲に存在する空気の酸素濃度に比例するということが判明した。そして、空気よりも酸素濃度が低い気体を複数のワイヤの間に流し、複数のワイヤを空気よりも酸素濃度が低い雰囲気下に存在させることで、複数のワイヤの腐食を抑制することができるとの知見を得るに至った。

【0008】

ただし、酸素濃度が過度に低くなると、橋梁のメンテナンスを行う作業への影響が大きくなる。また、そのような気体を生成するのに必要なコストも高くなる。したがって、ただ単に酸素濃度を低くするだけでなく、これらの事情についても考慮する必要がある。

【0009】

本願の発明者は、このような観点から更なる検討を行った。そして、空気よりも酸素濃度が低い低酸素ガスを空気に混合した混合ガスを複数のワイヤの間に流すようにすれば、複数のワイヤの周囲に存在する気体（混合ガス）の酸素濃度が過度に低下するのを抑制しながら、複数のワイヤの腐食の進行を遅らせることができ、しかも、これらを実現するのに必要なコストが少なく済むという知見を得るに至った。本発明は、このような知見に基づいて完成されたものである。

【0010】

本発明によるケーブルの防食方法は、束ねられた複数のワイヤ及び前記複数のワイヤを覆う被覆管を備えたケーブルの防食方法であって、空気よりも酸素濃度の低い低酸素ガスを前記空気に混合する工程と、前記低酸素ガスを前記空気に混合した混合ガスを前記被覆管内に供給して前記複数のワイヤの周囲に流す工程とを備える。

【0011】

上記防食方法によれば、複数のワイヤの周囲に存在する気体（混合ガス）が低酸素ガスを空気に混合したものであるから、当該気体（混合ガス）の酸素濃度が過度に低下するのを抑制しながら、複数のワイヤに付着している水の酸素濃度を低下させて、複数のワイヤの腐食の進行を遅らせることができる。

【0012】

加えて、上記防食方法においては、人間が生活する環境下において必ず存在し入手が容易な空気に低酸素ガスを混合した混合ガスを用いているので、混合ガスを低コストで且つ容易に生成することができる。

【0013】

上記防食方法において、好ましくは、前記低酸素ガスを前記空気に混合する工程は、前記混合ガスの酸素濃度が所定の範囲内に存在するように、前記空気に対する前記低酸素ガスの混合比率を調整して前記混合ガスの酸素濃度を制御する工程を含む。この場合、混合ガスの酸素濃度を所定の範囲内に維持することができるので、所期の効果を安定して得ることができる。

【0014】

上記防食方法において、好ましくは、前記混合ガスの酸素濃度を制御する工程では、前

10

20

30

40

50

記空気に対する前記低酸素ガスの混合比率を調整して、前記混合ガスの酸素濃度を人体への影響を考慮した値にする。この場合、人体への影響を考慮しつつ、混合ガスの酸素濃度がとり得る範囲を最大限に広げることができるので、混合ガスの酸素濃度を制御しやすくなる。

【0015】

上記防食方法において、好ましくは、前記混合ガスを前記被覆管内に供給して前記複数のワイヤの周囲に流す工程では、前記複数のワイヤの周囲を流れた前記混合ガスの少なくとも一部を、前記ケーブルのメンテナンスをする作業者が立ち入り可能な作業室内に開口する前記被覆管の一端から前記作業室内に排出する。この場合、作業室内を混合ガス雰囲気にすることができるので、複数のワイヤのうち作業室内に位置する部分から腐食が進行するのを抑制することができる。また、混合ガスの酸素濃度が過剰に低くなるのを抑制することができるので、作業室内で作業をする作業員への影響を小さくすることができる。

10

【0016】

上記防食方法において、好ましくは、前記低酸素ガスを前記空気に混合する工程は、前記空気及び前記低酸素ガスの一方の相対湿度を他方の相対湿度よりも低くする工程と、前記混合ガスの相対湿度が所定の範囲内に存在するように、前記空気に対する前記低酸素ガスの混合比率を調整して前記混合ガスの相対湿度を制御する工程とを含む。この場合、相対湿度が適当に設定された混合ガスを複数のワイヤの間に流すことができるので、複数のワイヤの腐食の進行をさらに遅らせることができる。また、混合ガスの酸素濃度を空気の酸素濃度よりも低くしているので、複数のワイヤの腐食の進行を遅らせるのに必要な相対湿度の許容範囲を広げることができる。

20

【0017】

上記防食方法において、好ましくは、前記空気及び前記低酸素ガスの一方の相対湿度を他方の相対湿度よりも低くする工程では、前記空気を乾燥させることにより、前記空気の相対湿度を前記低酸素ガスの相対湿度よりも低下させる。この場合、混合ガスを生成する際にその使用量が低酸素ガスよりも多い空気の相対湿度を低下させるので、混合ガスの相対湿度を容易に低下させることができる。

【0018】

上記防食方法において、好ましくは、前記混合ガスの酸素濃度を制御する工程は、前記混合ガスの酸素濃度及び相対湿度を測定する工程と、前記測定された相対湿度が前記測定された酸素濃度に基づいて定められる前記混合ガスの相対湿度の下限値よりも低い場合に、前記空気の相対湿度及び前記低酸素ガスの酸素濃度の少なくとも一方を調整する工程とを含む。この場合、混合ガスの相対湿度を下限値よりも高くすることができるので、混合ガスの相対湿度が過剰に低下するのを抑制することができる。

30

【0019】

上記防食方法は、好ましくは、さらに、前記複数のワイヤの周囲を流れた前記混合ガスを前記被覆管内から回収して前記複数のワイヤの周囲に再び流す工程を備える。この場合、これから複数のワイヤの周囲に流す混合ガス（使用前混合ガス）の少なくとも一部に回収した混合ガス（使用后混合ガス）を利用することができる。そのため、使用前混合ガスの生成に必要な低酸素ガスの使用量を少なくすることができる。

40

【発明の効果】

【0020】

本発明によるケーブルの防食方法によれば、ケーブルを構成する複数のワイヤの腐食を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の第1の実施の形態によるケーブルの防食方法によって防食されるケーブルを備える橋梁を示す側面図である。

【図2】ケーブルの断面図である。

【図3】ケーブルの防食装置の概略構成を示す模式図である。

50

【図４】ケーブルの一部を拡大して示す側面図である。

【図５】図４におけるＶ－Ｖ断面図である。

【図６】複数のワイヤの間に隙間が形成されていることを示す断面図である。

【図７】制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図８】混合ガスの酸素濃度及び相対湿度の適正範囲を示すグラフである。

【図９】ケーブルの防食方法を示すフローチャートである。

【図１０】監視工程を示すフローチャートである。

【図１１】本発明の第２の実施の形態で採用される防食装置の概略構成を示す模式図である。

【図１２】本発明の第２の実施の形態によるケーブルの防食方法を示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【００２２】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の実施の形態について詳述する。

【００２３】

図１を参照しながら、本発明の第１の実施の形態によるケーブルの防食方法によって防食されるケーブルとしてのメインケーブル１６を備える橋梁１０について説明する。図１は、橋梁１０を示す側面図である。

【００２４】

橋梁１０は、海峡や河川の兩岸等に設けられた橋台１２と、これらの間に配置された複数の主塔１４と、橋台１２に設けられたスプレーサドル１２１と複数の主塔１４の各々に設けられた塔頂サドル１４１とを介して張り渡され、その両端が橋台１２に設けられた定着部１２２に固定されているメインケーブル１６と、メインケーブル１６から所定の間隔で吊り下げられた複数のハンガーロープ１８と、複数のハンガーロープ１８によって支持される橋桁２０とを備える。なお、橋台１２内には、橋梁１０のメンテナンスをする作業者が立ち入り可能な作業室１２３が設けられている。

【００２５】

図２を参照しながら、メインケーブル１６について説明する。図２は、メインケーブル１６の断面図である。

【００２６】

メインケーブル１６は、束ねられた複数のワイヤ１６１及び当該複数のワイヤ１６１を覆う被覆管１６２を備えている。複数のワイヤ１６１は、それぞれ、垂鉛めっきが施された金属線である。被覆管１６２は、例えば、複数のワイヤ１６１に巻き付けられた防食テープやラッピングワイヤを含む。

【００２７】

なお、被覆管１６２の端（被覆管１６２が延びる方向での端）は、作業室１２３内に開口している。そのため、後述するように、メインケーブル１６内に供給されて、複数のワイヤ１６１の周囲を流れた混合ガスの少なくとも一部は、作業室１２３内に排出される。

【００２８】

図３を参照しながら、メインケーブル１６を構成する複数のワイヤ１６１の腐食を抑制する防食装置３０について説明する。図３は、防食装置３０の概略構成を示す模式図である。

【００２９】

防食装置３０は、低酸素ガス生成装置３２と、乾燥ガス生成装置３４と、低酸素ガス温度センサ３６１と、乾燥ガス温度センサ３６２と、混合ガス温度センサ３６３と、低酸素ガス湿度センサ３８１と、乾燥ガス湿度センサ３８２と、混合ガス湿度センサ３８３と、低酸素ガス酸素濃度センサ４０１と、乾燥ガス酸素濃度センサ４０２と、混合ガス酸素濃度センサ４０３と、配管４２と、複数の送気カバー４４と、複数の排気カバー４６と、制御装置４８とを含む。以下、これらについて説明する。

【００３０】

低酸素ガス生成装置 3 2 は、空気よりも酸素濃度が低い低酸素ガスを生成する。低酸素ガス生成装置 3 2 は、例えば、低酸素ガスとしての窒素ガスを製造する窒素ガス製造装置と、窒素ガスを送出する送気装置としてのブロワと、窒素ガスの流量を調整するためのバルブとを含む。窒素ガス製造装置は、例えば、膜分離法を用いることで、窒素ガスを製造する。なお、低酸素ガスは、例えば、窒素ガスを空気に混合したものであってもよい。

【0031】

乾燥ガス生成装置 3 4 は、乾燥ガスとしての乾燥空気を生成する。乾燥ガス生成装置 3 4 は、例えば、シリカゲルロータを用いた乾式除湿機と、乾燥空気を送気装置としてのブロワと、乾燥空気の流量を調整するためのバルブとを含む。

【0032】

低酸素ガス温度センサ 3 6 1 は、低酸素ガスの温度を検出する。低酸素ガス温度センサ 3 6 1 は、検出した低酸素ガスの温度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置 4 8 に入力する。低酸素ガス温度センサ 3 6 1 は、後述する第 1 配管 4 2 1 の途中に設けられている。

【0033】

乾燥ガス温度センサ 3 6 2 は、乾燥空気の温度を検出する。乾燥ガス温度センサ 3 6 2 は、検出した乾燥空気の温度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置 4 8 に入力する。乾燥ガス温度センサ 3 6 2 は、後述する第 2 配管 4 2 2 の途中に設けられている。

【0034】

混合ガス温度センサ 3 6 3 は、低酸素ガスと乾燥空気とを混合することで生成される混合ガスの温度を検出する。混合ガス温度センサ 3 6 3 は、検出した混合ガスの温度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置 4 8 に入力する。混合ガス温度センサ 3 6 3 は、後述する第 1 配管 4 2 1、第 2 配管 4 2 2 及び第 3 配管 4 2 3 の合流部分に設けられている。

【0035】

低酸素ガス湿度センサ 3 8 1 は、低酸素ガスの相対湿度を検出する。低酸素ガス湿度センサ 3 8 1 は、検出した低酸素ガスの相対湿度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置 4 8 に入力する。低酸素ガス湿度センサ 3 8 1 は、後述する第 1 配管 4 2 1 の途中に設けられている。

【0036】

乾燥ガス湿度センサ 3 8 2 は、乾燥空気の相対湿度を検出する。乾燥ガス湿度センサ 3 8 2 は、検出した乾燥空気の相対湿度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置 4 8 に入力する。乾燥ガス湿度センサ 3 8 2 は、後述する第 2 配管 4 2 2 の途中に設けられている。

【0037】

混合ガス湿度センサ 3 8 3 は、低酸素ガスと乾燥空気とを混合することで生成される混合ガスの相対湿度を検出する。混合ガス湿度センサ 3 8 3 は、検出した混合ガスの相対湿度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置 4 8 に入力する。混合ガス湿度センサ 3 8 3 は、後述する第 1 配管 4 2 1、第 2 配管 4 2 2 及び第 3 配管 4 2 3 の合流部分に設けられている。

【0038】

低酸素ガス酸素濃度センサ 4 0 1 は、低酸素ガスの酸素濃度を検出する。低酸素ガス酸素濃度センサ 4 0 1 は、検出した低酸素ガスの酸素濃度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置 4 8 に入力する。低酸素ガス酸素濃度センサ 4 0 1 は、後述する第 1 配管 4 2 1 の途中に設けられている。

【0039】

乾燥ガス酸素濃度センサ 4 0 2 は、乾燥空気の酸素濃度を検出する。乾燥ガス酸素濃度センサ 4 0 2 は、検出した乾燥空気の酸素濃度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置 4 8 に入力する。乾燥ガス酸素濃度センサ 4 0 2 は、後述する第 2 配管 4 2 2 の途中に設けられている。

10

20

30

40

50

【0040】

混合ガス酸素濃度センサ403は、低酸素ガスと乾燥空気とを混合することで生成される混合ガスの酸素濃度を検出する。混合ガス酸素濃度センサ403は、検出した混合ガスの酸素濃度に関する信号を生成し、当該信号を制御装置48に入力する。混合ガス酸素濃度センサ403は、後述する第1配管421、第2配管422及び第3配管423の合流部分に設けられている。

【0041】

配管42は、低酸素ガスと乾燥空気とを混合することで混合ガスを生成し、且つ、当該混合ガスを複数の送気カバー44の各々を介してメインケーブル16内に供給する。配管42は、第1配管421と、第2配管422と、第3配管423とを含む。

10

【0042】

第1配管421には、低酸素ガスが流れる。第1配管421は、低酸素ガス生成装置32に接続されている。

【0043】

第2配管422には、乾燥空気が流れる。第2配管422は、乾燥ガス生成装置34に接続されている。

【0044】

第3配管423には、混合ガスが流れる。第3配管423の上流端は、第1配管421及び第2配管422の各々の下流端に接続されている。第1配管421、第2配管422及び第3配管423の合流部分で低酸素ガスと乾燥空気とが混合されて、混合ガスが生成される。

20

【0045】

第3配管423は、主塔14内に配置された部分と、当該部分よりも下流側に位置してメインケーブル16に沿って配置される部分とを備える。

【0046】

複数の送気カバー44は、それぞれ、配管42（具体的には、第3配管423）を流れる混合ガスをメインケーブル16内に供給する。複数の送気カバー44は、それぞれ、メインケーブル16に設けられている。複数の送気カバー44は、メインケーブル16が延びる方向に適当な間隔で配置されている。複数の送気カバー44の各々には、配管42から分岐している枝管が接続されており、当該枝管を介して、配管42（具体的には、第3配管423）を流れる混合ガスが送気カバー44内に導入される。

30

【0047】

複数の排気カバー46は、それぞれ、複数の送気カバー44の各々からメインケーブル16内に供給された混合ガスをメインケーブル16の外部に排出する。具体的には、複数の排気カバー46の各々には、排気口461が設けられており、当該排気口を介して、メインケーブル16内を流れてきた混合ガスを外部に排出する。複数の排気カバー46は、それぞれ、メインケーブル16に設けられている。複数の排気カバー46は、メインケーブル16が延びる方向に適当な間隔で配置されている。

【0048】

図4を参照しながら、送気カバー44及び排気カバー46について説明する。図4は、メインケーブル16の一部を拡大して示す側面図である。

40

【0049】

送気カバー44及び排気カバー46は、それぞれ、一对の半円筒部材を接合することで形成されており、全体として筒形状を有する。送気カバー44と排気カバー46は、メインケーブル16が延びる方向に交互に並んでいる。送気カバー44と排気カバー46との間には、被覆管162が存在している。送気カバー44と被覆管162との接続部分、及び、排気カバー46と被覆管162との接続部分は、シール材でシールされている。

【0050】

図5を参照しながら、送気カバー44の内側について説明する。図5は、図4におけるV-V断面図である。

50

【0051】

送気カバー44の内側には、被覆管162が存在していない。つまり、複数のワイヤ161が送気カバー44によって覆われている。ここで、複数のワイヤ161の間には、図6に示すように、隙間S1が形成されている。配管42から送気カバー44内に送られてきた混合ガスは、複数のワイヤ161の間に形成された隙間S1を流れることで、メインケーブル16内を流れる。

【0052】

なお、図示はしていないが、排気カバー46の内側にも、被覆管162が存在していない。つまり、複数のワイヤ161が排気カバー46によって覆われている。

【0053】

制御装置48は、低酸素ガス及び乾燥空気の各々の流量を調整して、混合ガスの酸素濃度及び相対湿度を調整する。具体的には、制御装置48は、混合ガスの酸素濃度及び相対湿度が適切な範囲（図8に示す適正範囲PA1）内に存在するように、低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34の各々の動作を制御する。

【0054】

制御装置48は、例えば、中央演算処理装置が記憶装置に記憶されているプログラムを読み出して、所定の処理を行うことで実現される。なお、制御装置48の少なくとも一部を、ASIC等の集積回路によって実現してもよい。

【0055】

図7を参照しながら、制御装置48について説明する。図7は、制御装置48の概略構成を示すブロック図である。

【0056】

制御装置48は、データ取得部481と、混合制御部482とを備える。以下、これらについて説明する。

【0057】

データ取得部481は、各種温度センサ361、362、363によって検出された温度、各種湿度センサ381、382、383によって検出された相対湿度、及び、各種酸素濃度センサ401、402、403によって検出された酸素濃度を取得する。

【0058】

混合制御部482は、混合ガスの酸素濃度及び相対湿度が適切な範囲（図8に示す適正範囲PA1）内に存在するように、低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34の各々の動作を制御する。

【0059】

ここで、低酸素ガスの流量をF1とし、乾燥空気の流量をF2とし、混合ガスの流量をF0とすると、以下の式（1）で示す関係が成立する。

【0060】

【数1】

$$F_0 = F_1 + F_2 \quad (1)$$

【0061】

低酸素ガスの温度をT1とし、乾燥空気の温度をT2とし、混合ガスの温度をT0とすると、以下の式（2）で示す関係が成立する。なお、式（2）で示す関係は、各気体の比熱が同じであって、且つ、各気体の体積が温度によって変化しないと仮定することで成立する。

【0062】

【数2】

$$F_0 T_0 = F_1 T_1 + F_2 T_2 \quad (2)$$

【0063】

低酸素ガスの酸素濃度をa1とし、乾燥空気の酸素濃度をa2とし、混合ガスの酸素濃

10

20

30

40

50

度を a_0 とすると、以下の式 (3) で示す関係が成立する。

【0064】

【数3】

$$F_0 a_0 = F_1 a_1 + F_2 a_2 \quad (3)$$

【0065】

低酸素ガスの飽和水蒸気圧を $P(T_1)$ とし、乾燥空気の飽和水蒸気圧を $P(T_2)$ とし、混合ガスの飽和水蒸気圧を $P(T_0)$ とし、低酸素ガスの相対湿度を h_1 とし、乾燥空気の相対湿度を h_2 とし、混合ガスの相対湿度を h_0 とすると、以下の式 (4) で示す関係が成立する。

【0066】

【数4】

$$F_0 \frac{P(T_0)h_0}{P} = F_1 \frac{P(T_1)h_1}{P} + F_2 \frac{P(T_2)h_2}{P} \quad (4)$$

【0067】

ここで、式 (4) における P は、大気圧 (101.3 kPa) を示す。飽和水蒸気圧 $P(T)$ は、以下の式 (5) で示すように、温度の関数として表される。

【0068】

【数5】

$$P(T) = 0.611 \times 10^{\frac{7.5T}{T+237}} \quad (5)$$

【0069】

混合制御部 482 は、混合ガスの酸素濃度及び相対湿度が適切な範囲 (図 8 に示す適正範囲 PA1) 内に存在するように、低酸素ガス生成装置 32 及び乾燥ガス生成装置 34 の各々の動作を制御する場合、上記の式 (1) ~ (5) を用いて、低酸素ガス及び乾燥空気の各々の流量を調整する。なお、本実施の形態では、低酸素ガス及び乾燥空気の各々の流量を調整するに際して、混合ガスの流量が一定となるようにしている。

【0070】

混合制御部 482 は、酸素濃度監視部 4821 と、適正範囲監視部 4822 と、過剰運転監視部 4823 とを含む。以下、これらについて説明する。

【0071】

酸素濃度監視部 4821 は、データ取得部 481 が取得した混合ガスの酸素濃度が所定の範囲内に存在するか否かを監視する。

【0072】

混合ガスの酸素濃度の範囲は、人体への影響を考慮して設定される。本実施の形態では、混合ガスの酸素濃度の範囲は、16% ~ 21% の範囲に設定される。混合ガスの酸素濃度の下限値は、16% に限定されない。例えば、作業者が酸素ポンプを使用しながら作業するのであれば、混合ガスの酸素濃度は 16% よりも低くてもよい。

【0073】

適正範囲監視部 4822 は、データ取得部 481 が取得した混合ガスの酸素濃度及び相対湿度が所定の適正範囲 PA1 (図 8 参照) 内に存在するか否かを監視する。なお、適正範囲 PA1 とは、複数のワイヤ 161 の腐食の進行を遅らせるのに適した混合ガスの酸素濃度及び相対湿度の組み合わせが存在する範囲である。

【0074】

ここで、図 8 を参照しながら、上記の適正範囲 PA1 について説明する。図 8 は、適正範囲 PA1 を説明するためのグラフである。

【0075】

点 A において、酸素濃度は 21% であり、相対湿度は 60% RH である。点 A における

10

20

30

40

50

酸素濃度及び相対湿度は、鋼材の腐食限界状態を示す。当該鋼材の腐食限界状態での腐食の進行速度を v_1 とする。腐食の進行速度が v_1 になるような酸素濃度と相対湿度の関係は、曲線C1のようになる。酸素濃度及び相対湿度が曲線C1よりも下方に位置すると、腐食の進行を遅らせることができる。ただし、酸素濃度が16%未満になると、人体への影響が大きくなる。そのため、酸素濃度がとり得る範囲は、16～21%に設定される。つまり、横軸上で酸素濃度が21%の位置を点Bとし、横軸上で酸素濃度が16%の位置を点Cとし、曲線C1上で酸素濃度が16%の位置を点Dとする場合、点A、点B、点C及び点Dで囲まれた領域が上記の適正範囲PA1となる。また、点Aでの相対湿度と点D（或いは、点C）での酸素濃度との組み合わせを有する点を点Eとする場合、点A、点E及び点Dで囲まれた領域は、上記の適正範囲PA1のうち相対湿度が60%RH以上であっても複数のワイヤ161の腐食の進行を抑制することができる領域である。 10

【0076】

再び、図7を参照しながら説明する。過剰運転監視部4823は、データ取得部481が取得した混合ガスの酸素濃度及び相対湿度に基づいて、低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34が過剰な運転をしているか否かを監視する。

【0077】

ここで、図8を参照しながら、低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34が過剰な運転であるか否かの判断基準について説明する。曲線C2は、腐食の進行速度が v_1 よりも遅い v_2 になるような酸素濃度及び相対湿度の関係を示す。本実施の形態では、酸素濃度及び相対湿度が曲線C2よりも下方に位置する場合に、低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34が過剰な運転であると判断する。腐食の進行速度 v_2 は、例えば、低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34の少なくとも一方のガス生成能力に応じて設定される。 20

【0078】

図9を参照しながら、メインケーブル16の防食方法について説明する。図9は、メインケーブル16の防食方法を示すフローチャートである。

【0079】

メインケーブル16の防食方法は、混合工程（ステップS1）と、供給工程（ステップS2）とを備える。以下、これらの工程について説明する。なお、本実施の形態では、防食装置30の構成上、混合工程及び供給工程は、この順番で、順次実施される。 30

【0080】

混合工程は、低酸素ガスと乾燥空気とを混合して、混合ガスを生成する。混合工程は、低酸素ガス生成工程（ステップS11）と、乾燥ガス生成工程（ステップS12）と、混合ガス生成工程（ステップS13）と、監視工程（ステップS14）とを含む。

【0081】

低酸素ガス生成工程は、低酸素ガス生成装置32により、低酸素ガスを生成する工程である。

【0082】

乾燥ガス生成工程は、乾燥ガス生成装置34により、乾燥空気を生成する工程である。

【0083】

混合ガス生成工程は、低酸素ガス生成工程にて生成された低酸素ガスと、乾燥ガス生成工程にて生成された乾燥ガスを混合することにより、混合ガスを生成する工程である。 40

【0084】

監視工程は、混合ガスの酸素濃度及び相対湿度が適正範囲PA1内に存在するように、低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34の運転状態を制御する工程である。なお、監視工程の詳細については後述する。

【0085】

供給工程は、混合工程にて生成された混合ガスをメインケーブル16内に供給する工程である。

【0086】

図10を参照しながら、監視工程について説明する。図10は、監視工程を示すフローチャートである。なお、監視工程は、制御装置48によって実行される。

【0087】

まず、制御装置48は、ステップS21において、低酸素ガス、乾燥空気及び混合ガスの各々のデータ（温度、相対湿度及び酸素濃度に関するデータ）を取得する。取得したデータは、例えば、図示しない記憶装置に記憶される。

【0088】

続いて、制御装置48は、ステップS22において、混合ガスの酸素濃度a0が16%以上であるか否かを判定する。

【0089】

混合ガスの酸素濃度a0が16%未満である場合（ステップS22：NO）、制御装置48は、ステップS23において、低酸素ガス及び乾燥空気の流量を調整する。低酸素ガス及び乾燥空気の流量は、混合ガスの酸素濃度a0を16%以上の適当な値（目標値）に設定したうえで、式（1）及び（3）を用いて算出される。流量の調整が終了した後、制御装置48は、ステップS21以降の処理を実行する。

【0090】

混合ガスの酸素濃度a0が16%以上である場合（ステップS22：YES）、制御装置48は、ステップS24において、ステップS21で取得した混合ガスの酸素濃度及び相対湿度が適正範囲PA1内に存在するか否かを判定する。

【0091】

ステップS21で取得した混合ガスの酸素濃度及び相対湿度が適正範囲PA1内に存在しない場合（ステップS24：NO）、制御装置48は、ステップS25において、正常な状態であるか否かを判定する。具体的には、混合ガスの水蒸気圧が低酸素ガスの水蒸気圧と乾燥空気の水蒸気圧との間に存在するか否かを判定する。つまり、以下の式（6）又は式（7）が成立するか否かを判定する。

【0092】

【数6】

$$P(T_1)h_1 < P(T_0)h_0 < P(T_2)h_2 \quad (6)$$

【0093】

【数7】

$$P(T_1)h_1 > P(T_0)h_0 > P(T_2)h_2 \quad (7)$$

【0094】

低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34が正常に運転されている場合（ステップS25：YES）、制御装置48は、ステップS26において、低酸素ガス及び乾燥空気の流量を調整する。低酸素ガス及び乾燥空気の流量は、混合ガスの相対湿度h0を適当な値（目標値）に設定したうえで、式（1）、（2）及び（4）を用いて算出される。流量の調整が終了した後、制御装置48は、ステップS21以降の処理を実行する。

【0095】

低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34が正常に運転されていない場合（ステップS25：NO）、制御装置48は、ステップS27において、低酸素ガス生成装置32が生成する低酸素ガスの酸素濃度a1及び乾燥ガス発生装置34が生成する乾燥空気の相対湿度h2の少なくとも一方を下げる。低酸素ガスの酸素濃度a1を下げる方法としては、例えば、窒素ガスを空気に混合することで低酸素ガスを製造する場合、空気に対する窒素ガスの混合比率を下げる可以考虑。乾燥空気の相対湿度h2を下げる方法としては、例えば、乾式除湿機による除湿能力を上げることが考えられる。このような処理をした後、制御装置48は、ステップS21以降の処理を実行する。

【0096】

ステップS21で取得した混合ガスの酸素濃度及び相対湿度が適正範囲PA1内に存在

10

20

30

40

50

する場合（ステップS24：YES）、制御装置48は、ステップS28において、低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34が過剰運転であるか否かを判定する。

【0097】

低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34が過剰運転でない場合（ステップS28：NO）、制御装置48は、ステップS21以降の処理を実行する。

【0098】

低酸素ガス生成装置32及び乾燥ガス生成装置34が過剰運転である場合（ステップS28：YES）、制御装置48は、ステップS29において、低酸素ガス生成装置32が生成する低酸素ガスの酸素濃度a1及び乾燥ガス発生装置34が生成する乾燥空気の相対湿度h2の少なくとも一方を上げる。低酸素ガスの酸素濃度a1を上げる方法としては、
例えば、窒素ガスを空気に混合することで低酸素ガスを製造する場合、空気に対する窒素ガスの混合比率を上げることが考えられる。乾燥空気の相対湿度h2を上げる方法としては、例えば、乾式除湿機による除湿能力を下げることを考えられる。このような処理をした後、制御装置48は、ステップS21以降の処理を実行する。

【0099】

上記防食方法においては、低酸素ガスを空気に混合した混合ガスをメインケーブル16内に供給するので、メインケーブル16を構成する複数のワイヤ161の周囲に存在する気体（混合ガス）の酸素濃度が過度に低下するのを抑制しつつ、複数のワイヤ161に付着している水の酸素濃度を低下させて、複数のワイヤ161の腐食の進行を抑制することができる。

【0100】

加えて、上記防食方法においては、メインケーブル16内に供給する混合ガスとして、入手が容易な空気を除湿することで生成される乾燥空気に低酸素ガスを混合したものが採用されている。そのため、混合ガスを低コストで且つ容易に生成することができる。

【0101】

また、上記の防食方法においては、混合ガスの酸素濃度を所定の範囲内に維持することができるので、所期の効果を安定して得ることができる。

【0102】

特に、上記防食方法においては、混合ガスの酸素濃度を16%以上にするので、人体への影響（例えば、作業室123内で作業をする作業員への影響）を考慮しつつ、混合ガスの酸素濃度がとり得る範囲を最大限に広げることができる。そのため、混合ガスの酸素濃度を制御しやすくなる。

【0103】

また、上記防食方法においては、混合ガスの酸素濃度だけでなく、混合ガスの相対湿度も調整するので、複数のワイヤ161の腐食の進行をさらに遅らせることができる。

【0104】

特に、上記防食方法においては、混合ガスの酸素濃度を空気の酸素濃度よりも低くしているので、図8の点A、点E及び点Dで囲む領域に示すように、複数のワイヤ161の腐食の進行を遅らせるのに必要な相対湿度の許容範囲を広げることができる。

【0105】

また、上記防食方法においては、混合ガスを生成する際にその使用量が低酸素ガスよりも多い乾燥空気の相対湿度を低下させるので、混合ガスの相対湿度を容易に低下させることができる。

【0106】

また、上記防食方法においては、混合ガスの相対湿度が曲線C2よりも上側に存在するように、乾燥空気の相対湿度や低酸素ガスの酸素濃度を調整するので、混合ガスの相対湿度が過剰に低下するのを抑制することができる。

【0107】

〔第2の実施の形態〕

図11を参照しながら、本発明の第2の実施の形態について説明する。本実施の形態で

10

20

30

40

50

は、防食装置 30 の代わりに、防食装置 30 A が採用されている。防食装置 30 A は、防食装置 30 と比べて、配管 43 をさらに備える。

【0108】

配管 43 は、複数の排気カバー 46 の各々から排出された混合ガス（使用後混合ガス）を回収して乾燥ガス生成装置 34 に供給する。配管 43 は、複数の排気カバー 46 の各々に設けられた排気口 461 に接続されている。配管 43 は、メインケーブル 16 に沿って延びる部分と、主塔 14 内に位置する部分とを含む。

【0109】

図 12 を参照しながら、本実施の形態における防食方法について説明する。本実施の形態の防食方法は、第 1 の実施の形態の防食方法と比べて、回収工程（ステップ S3）をさらに備える。回収工程は、複数の排気カバー 46 の各々から排出された混合ガス（使用後混合ガス）を回収してメインケーブル 16 内に再度供給する工程である。具体的には、使用済み混合ガスを乾燥ガス生成装置 34 で再生した後、再び、メインケーブル 16 内に供給する工程である。なお、本実施の形態では、防食装置 30 A の構成上、混合工程（ステップ S1）、供給工程（ステップ S2）及び回収工程（ステップ S3）が、この順番で、順次実施される。

【0110】

本実施の形態による防食方法は、空気よりも酸素濃度が低い混合ガスをメインケーブル 16 内に供給しているので、第 1 の実施の形態と同様な効果を得ることができる。

【0111】

加えて、本実施の形態では、使用後混合ガスを回収してメインケーブル 16 内に再度供給しているので、これから複数のワイヤの周囲に流す混合ガス（使用前混合ガス）の少なくとも一部に回収した混合ガス（使用後混合ガス）を利用することができる。そのため、使用前混合ガスの生成に必要な低酸素ガスの使用量を少なくすることができる。

【0112】

以上、本発明の実施の形態について詳述してきたが、これらはあくまでも例示であって、本発明は、上述の実施の形態の記載によって、何等、限定的に解釈されるものではない。

【符号の説明】

【0113】

- 123 作業室
- 16 メインケーブル
- 161 ワイヤ
- 162 被覆管
- 30 防食装置
- 32 低酸素ガス生成装置
- 34 乾燥ガス生成装置
- 42 配管
- 48 制御装置
- 482 混合制御部

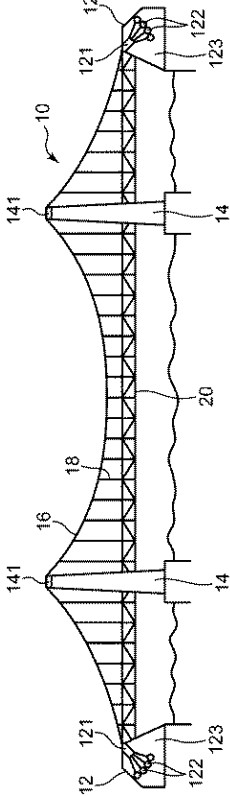
10

20

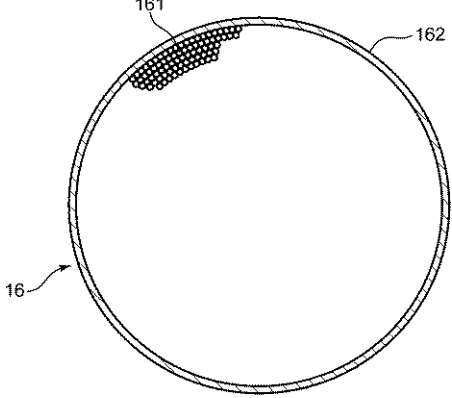
30

40

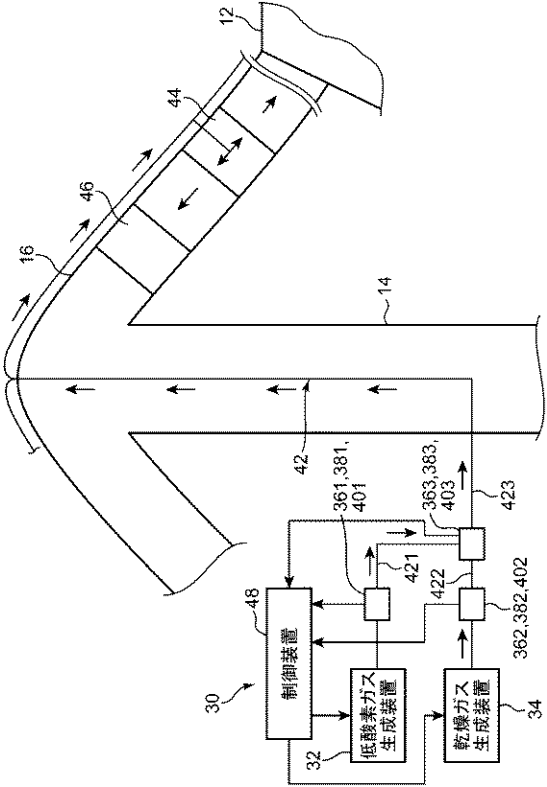
【図 1】



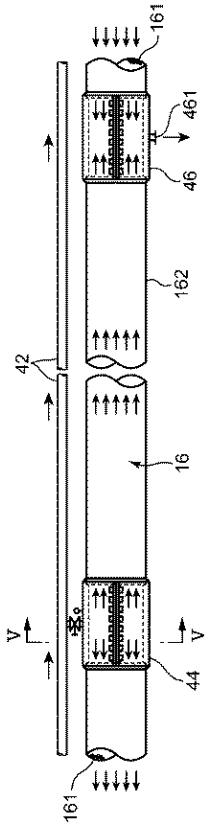
【図 2】



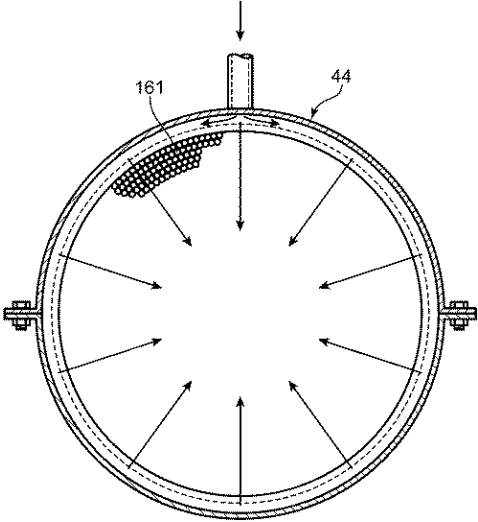
【図 3】



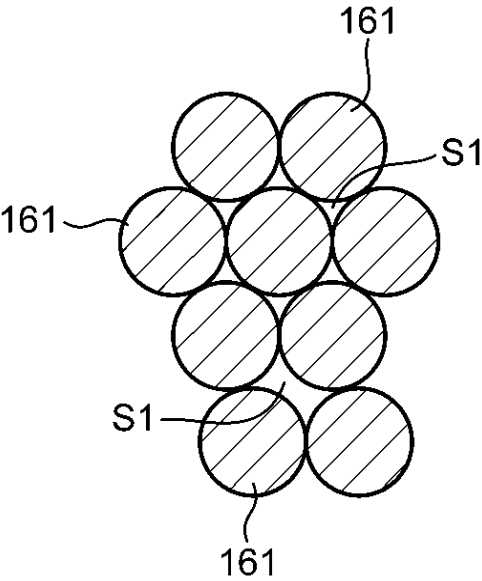
【図 4】



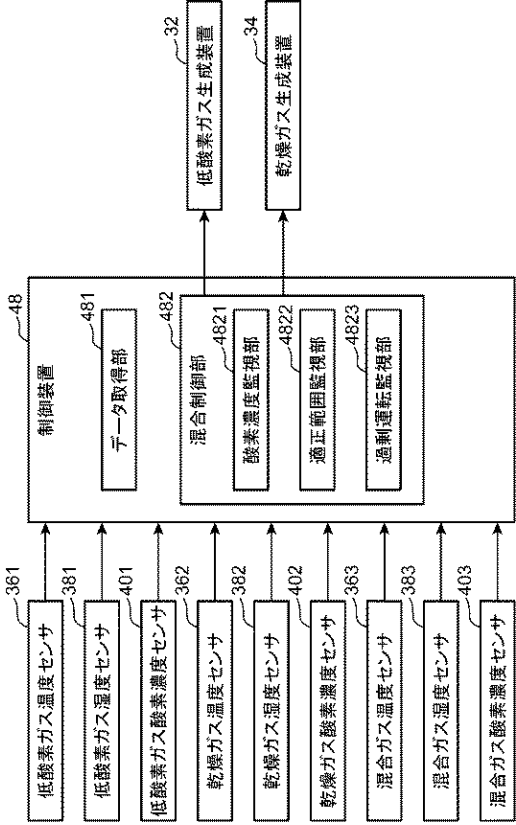
【図 5】



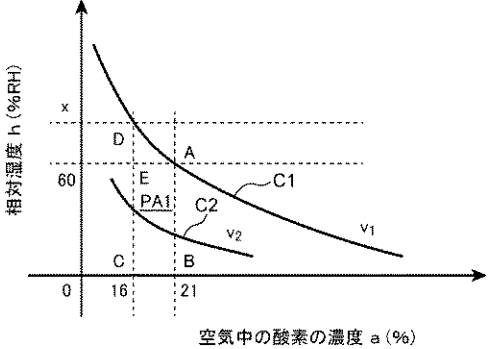
【図 6】



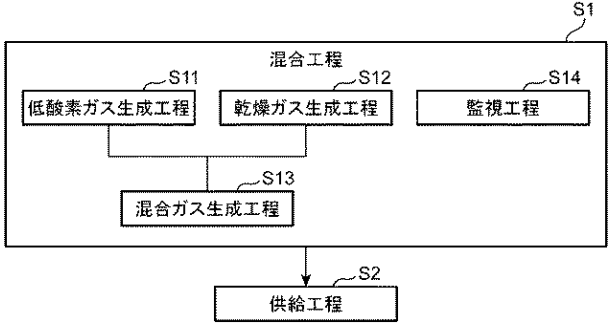
【図 7】



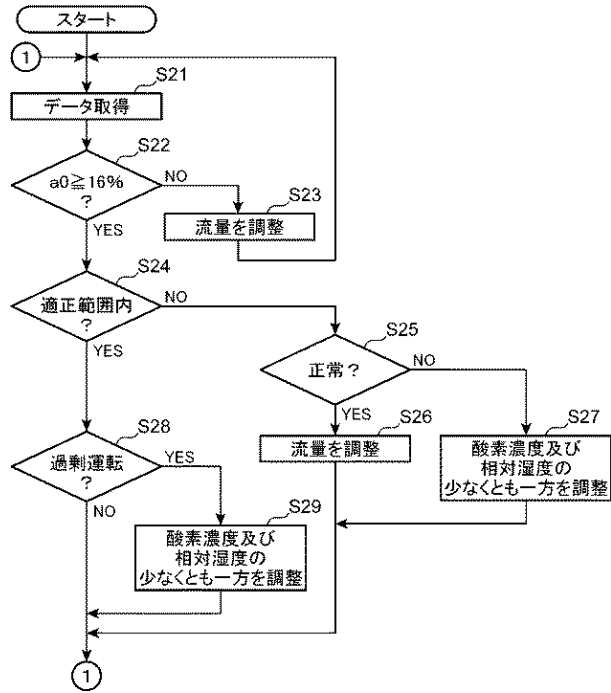
【図 8】



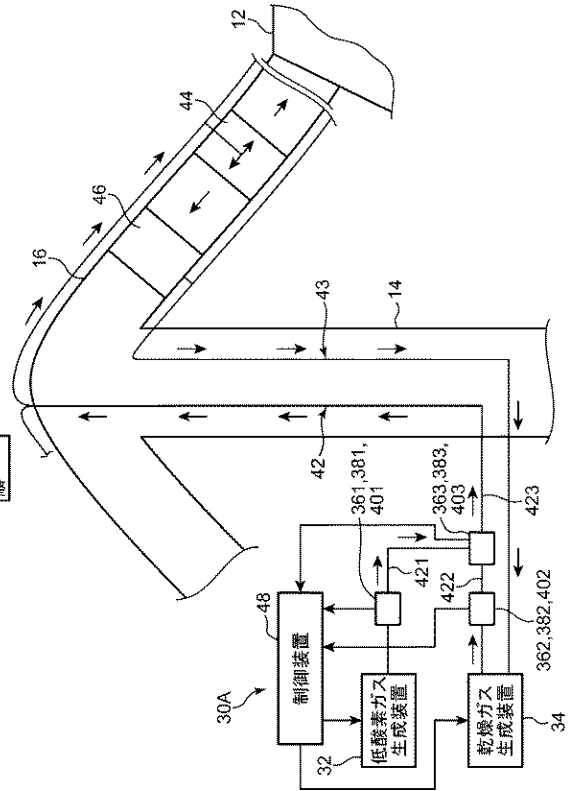
【図 9】



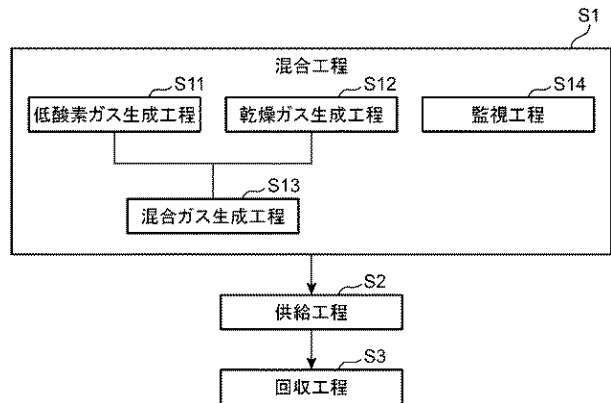
【図 10】



【図 11】



【図 12】



フロントページの続き

(72)発明者 久米 昌夫

兵庫県神戸市中央区小野柄通四丁目1番22号 本州四国連絡高速道路株式会社内

(72)発明者 町田 陽

兵庫県神戸市中央区小野柄通四丁目1番22号 本州四国連絡高速道路株式会社内

審査官 石川 信也

(56)参考文献 特開平10-159019 (JP, A)

特許第6194993 (JP, B2)

特開平08-177012 (JP, A)

特開2003-056121 (JP, A)

特開2009-108604 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

E01D 1/00-24/00