

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6969746号
(P6969746)

(45) 発行日 令和3年11月24日(2021.11.24)

(24) 登録日 令和3年11月1日(2021.11.1)

(51) Int. Cl. F I
F 1 6 L 55/164 (2006.01) F 1 6 L 55/164
C 0 8 F 2/50 (2006.01) C 0 8 F 2/50
B 2 9 C 73/24 (2006.01) B 2 9 C 73/24

請求項の数 16 (全 17 頁)

(21) 出願番号	特願2018-51097 (P2018-51097)	(73) 特許権者	000005234
(22) 出願日	平成30年3月19日 (2018.3.19)		富士電機株式会社
(65) 公開番号	特開2019-163792 (P2019-163792A)		神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号
(43) 公開日	令和1年9月26日 (2019.9.26)	(73) 特許権者	505374783
審査請求日	令和2年10月16日 (2020.10.16)		国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 茨城県那珂郡東海村大字舟石川765番地 1
		(74) 代理人	100121083 弁理士 青木 宏義
		(74) 代理人	100138391 弁理士 天田 昌行
		(74) 代理人	100132067 弁理士 岡田 喜雅
		(74) 代理人	100120444 弁理士 北川 雅章

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 漏洩補修方法、漏洩補修に用いる光照射装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

流体収容体の内部に流れる流体に光硬化型樹脂を混合する混合ステップと、
前記流体収容体の漏洩箇所から漏洩した流体に光を照射し、流体に混合した光硬化型樹脂を硬化させる照射ステップとを備えていることを特徴する漏洩補修方法。

【請求項2】

前記照射ステップを行う前に、前記漏洩箇所に光硬化型樹脂を含む流体を付着する付着ステップを更に備えていることを特徴する請求項1に記載の漏洩補修方法。

【請求項3】

前記流体収容体は、流体を流して利用する系統に含まれ、
前記混合ステップは、前記系統にて前記漏洩箇所より上流側で前記光硬化型樹脂を投入し、前記漏洩箇所より下流側で前記光硬化型樹脂を回収することを特徴する請求項1または請求項2に記載の漏洩補修方法。

【請求項4】

前記照射ステップを行う前に、前記流体収容体に設けられた外装材を除去する除去ステップを更に備えていることを特徴する請求項1ないし請求項2のいずれかに記載の漏洩補修方法。

【請求項5】

前記照射ステップは、光を照射する照射部と、該照射部を支持して走行する走行部とを備えた光照射装置を用いて実施され、

前記照射ステップを行う前に、前記光照射装置の走行開始位置から前記漏洩箇所近傍までの領域を撮像し、該撮像した情報に基づいて前記光照射装置の走行経路を設定する経路設定ステップを更に備えていることを特徴する請求項 1 ないし請求項 4 のいずれかに記載の漏洩補修方法。

【請求項 6】

前記照射ステップでは、前記漏洩箇所を撮像した漏洩箇所情報に基づき、光を照射する照射部を移動して位置決めすることを特徴する請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載の漏洩補修方法。

【請求項 7】

前記照射ステップでは、前記漏洩箇所を撮像した漏洩箇所情報に基づき、光を照射する照射部を移動しながら光を照射することを特徴する請求項 1 ないし請求項 5 のいずれかに記載の漏洩補修方法。

【請求項 8】

流体収容体の内部に流れる光硬化型樹脂を混合した流体が前記流体収容体の漏洩箇所から漏洩した際の漏洩補修に用いる光照射装置であって、

光を照射する照射部と、

前記照射部を支持して走行駆動する走行部と、

前記照射部と前記走行部とに連結されて前記照射部を移動する移動部とを備えていることを特徴する漏洩補修に用いる光照射装置。

【請求項 9】

前記照射部は、光源が複数並んで設けられた照射プレートを主面に備えていることを特徴する請求項 8 に記載の漏洩補修に用いる光照射装置。

【請求項 10】

前記照射プレートは、前記主面が平滑面と湾曲面とに沿う形状に変形可能に設けられていることを特徴する請求項 9 に記載の漏洩補修に用いる光照射装置。

【請求項 11】

前記照射プレートは、延出方向両端側で相互に離間接近する方向に変位する変形操作部を介して支持され、該変形操作部によって前記照射プレートの変形が操作されることを特徴する請求項 10 に記載の漏洩補修に用いる光照射装置。

【請求項 12】

前記照射部は、前記光源による光照射領域を囲いつつ前記照射プレートの前記主面から突出して設けられたパッドを備え、

前記パッドは、前記照射部の光照射時に、前記流体収容体に接触して該流体収容体と前記照射プレートとの間に閉塞空間を形成することを特徴する請求項 9 ないし請求項 11 のいずれかに記載の漏洩補修に用いる光照射装置。

【請求項 13】

前記パッドには、前記閉塞空間の内外を通じる通路が形成されていることを特徴する請求項 12 に記載の漏洩補修に用いる光照射装置。

【請求項 14】

前記照射プレートには、前記光源をカバーしつつ光を透過するシート部材が複数積層されていることを特徴する請求項 9 ないし請求項 13 のいずれかに記載の漏洩補修に用いる光照射装置。

【請求項 15】

前記照射部は、所定値以上の力が加わったときに破断する離脱構造を備えていることを特徴する請求項 8 ないし請求項 14 のいずれかに記載の漏洩補修に用いる光照射装置。

【請求項 16】

前記移動部は、関節部を介して相互に連結された複数のアームを備えていることを特徴する請求項 8 ないし請求項 15 のいずれかに記載の漏洩補修に用いる光照射装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、配管等の内部から流体が漏れ出る漏洩箇所を補修する漏洩補修方法、漏洩補修に用いる光照射装置に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

従来、流体を内包する配管、容器、継手等、流体プラントを構成する流体収容体においては、腐食や経年劣化によって亀裂や穴等が生じ、内部の流体が漏洩する場合がある。かかる漏洩に対応する方法としては、流体収容体における流体の漏洩箇所に当て板やシート等の補修部材を押し付けて接着し、漏洩箇所の穴等を閉塞する方法が採用されている（特許文献1参照）。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献1】特開2010-84846号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

しかしながら、特許文献1では、漏洩箇所が高所であったり漏洩箇所周りのスペースが狭かったりすると、漏洩箇所に補修部材を配置及び固定する作業が困難で負担が大きくなる、という問題がある。また、作業者の手が届かない位置で漏洩したり、薬品や放射線等の影響で作業者が漏洩箇所まで立ち入れない場合には、補修が行えなくなるという制約を受ける。更に、流体が液体である場合、接着剤や補修部材によっては流体の供給を停止して配管等を空にしないと接着不能になり、かかる配管を使用した流体プラントの設備停止期間が長くなる、という問題もある。

20

【 0 0 0 5 】

本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、漏洩箇所を閉塞するための制約を緩和しつつ作業負担を減らすことができ、流体を流した状態で補修できる漏洩補修方法、漏洩補修に用いる光照射装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本発明の漏洩補修方法は、流体収容体の内部に流れる流体に光硬化型樹脂を混合する混合ステップと、前記流体収容体の漏洩箇所から漏洩した流体に光を照射し、流体に混合した光硬化型樹脂を硬化させる照射ステップとを備えていることを特徴とする。

30

【 0 0 0 7 】

この構成によれば、流体に光硬化型樹脂を混合して漏洩箇所から漏洩した流体に光を照射するので、流体中の光硬化型樹脂を漏洩箇所まで硬化させて閉塞することができる。これにより、漏洩箇所を閉塞する部材となる光硬化型樹脂を、既存の系統を利用して移送でき、従来のように漏洩箇所まで補修部材を搬送して固定する場合に比べ、労力の軽減、制約の緩和を図ることができる。また、内部流体を流したまま漏洩箇所を閉塞でき、言い換えると、内部流体の供給や循環を一時停止させなくても補修を行うことができ、補修前後にて内部流体を使用するプラントや装備等の設備停止期間を短縮することができる。

40

【 0 0 0 8 】

また、本発明の漏洩補修に用いる光照射装置は、流体収容体の内部に流れる光硬化型樹脂を混合した流体が前記流体収容体の漏洩箇所から漏洩した際の漏洩補修に用いる光照射装置であって、光を照射する照射部と、前記照射部を支持して走行駆動する走行部と、前記照射部と前記走行部とに連結されて前記照射部を移動する移動部とを備えていることを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、本発明の光硬化型樹脂は、重合オリゴマーと、重合モノマーと、光を吸収することで分解して生成されたラジカル及び酸の少なくとも一方により、前記重合オリゴ

50

マー及び前記重合モノマーの重合を開始する光重合開始剤とを備えていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明によれば、流体に光硬化型樹脂を混合して漏洩箇所から漏洩した流体に光を照射するので、漏洩箇所を閉塞するための制約を緩和しつつ作業負担を減らすことができ、流体を流した状態で補修することができる。

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】実施の形態に係る漏洩補修方法の概略説明図である。

10

【図2】実施の形態に係る光照射装置の使用の一態様を示す斜視図である。

【図3】実施の形態に係る光照射装置の使用の一態様を示す斜視図である。

【図4】図2の状態の照射部を斜め上方から見た図である。

【図5】図3の状態の照射部を斜め上方から見た図である。

【図6】図5の左側面図である。

【図7】図6のA部拡大図である。

【図8】実施の形態に係る光照射装置の構成を示すブロック図である。

【図9】実施の形態に係る光照射装置における制御部の機能ブロック図である。

【図10】本実施の形態に係る漏洩補修方法の一例を示すフローチャートである。

【図11】位置調整ステップ及び照射ステップの説明図である。

20

【図12】漏洩箇所にて紫外線硬化型樹脂が硬化する過程の説明図である。

【図13】付着ステップの説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下に、本発明の実施の形態について、添付図面を参照して詳細に説明する。なお、本発明は、下記の実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲内で適宜変形して実施することができるものである。また、以下の図においては、説明の便宜上、一部の構成を省略することができる。

【0013】

図1は、実施の形態に係る漏洩補修方法の概略説明図である。図1に示すように、実施の形態に係る漏洩補修方法では、配管（流体収容体）1の内部に流れる水（流体）2に紫外線硬化型樹脂（光硬化型樹脂）3を混合し、配管Pに生じた穴等の漏洩箇所4から漏洩した水2に配管Pの外側から紫外線（光）5を照射する。この紫外線5の照射によって、水中の紫外線硬化型樹脂3を漏洩箇所4で硬化させて閉塞することができる。以下においては、先ず、実施の形態の漏洩補修方法に用いる光照射装置について図2ないし図7を用いて説明し、その後、漏洩補修方法の詳細について説明する。

30

【0014】

図2及び図3は、実施の形態に係る光照射装置の使用の一態様を示す斜視図であり、図2は、流体収容体Cとなる配管Pを補修する場合を示し、図3は、流体収容体Cとなる容器の壁体Wを補修する場合を示している。図2及び図3に示すように、光照射装置10は、紫外線を照射する照射部11と、照射部11を移動可能に支持する移動部12と、移動部12を介して照射部11を支持して走行駆動する走行部13とを備えている。

40

【0015】

移動部12は、多関節アーム状に構成され、照射部11と走行部13とを連結している。移動部12は、関節部12aを介して連結された複数のアーム12bを備えおり、油圧シリンダ12cの駆動によって関節部12aを挟むアーム12bの角度を変えて照射部11を三次元方向の任意の位置に駆動及び位置決めさせる。移動部12の基部は、不図示の回転機構を介して走行部13に回転可能に支持される。なお、図2及び図3に示す移動部12は、一例にすぎないものであり、照射部11と走行部13とを連結しつつ照射部11を移動可能な構成であれば、図示例以外の構成を採用することができる。

50

【 0 0 1 6 】

走行部 1 3 は、本実施の形態では、不図示のモータやエンジンを駆動源として駆動する無限軌道 1 3 a が採用され、床面や地面等の上で任意の方向に走行可能となっている。また、走行部 1 3 には、無限軌道 1 3 a の前後両側に脚部 1 3 b が設けられ、これら脚部 1 3 b は、移動部 1 2 によって照射部 1 1 を移動させる際、図示のように接地した状態とされる。なお、走行部 1 3 は、複数のタイヤやホイールを駆動して走行する構成にしてもよい。

【 0 0 1 7 】

次いで、照射部 1 1 の構成について、図 4 から図 7 を参照して説明する。なお、以下の説明において、特に明示しない限り、「上」、「下」、「左」、「右」、「前」、「後」は、各図において矢印で示した方向を基準として用いる。但し、各構成の向きは、一例にすぎず、任意の向きに変更することができる。

【 0 0 1 8 】

図 4 は図 2 の状態の照射部を斜め上方から見た図であり、図 5 は、図 3 の状態の照射部を斜め上方から見た図である。図 5 は、一部構成を断面視しており、図 6 は、図 5 の側面図である。図 7 は、図 6 の A 部拡大図である。

【 0 0 1 9 】

図 4 に示すように、照射部 1 1 は、LED 素子 1 5、照射プレート 1 6 及び変形操作部 1 7 を備えている。LED 素子 1 5 は、紫外線照射の光源となるものである。LED 素子 1 5 は、上下に長い長方形状となる照射プレート 1 6 の主面となる前面 1 6 a 側に上下左右に複数並んで設けられている。照射プレート 1 6 は、可撓性を有する板状体によって形成され、図 4 のように前面 1 6 a を湾曲面として配管 P (図 2 参照) の円筒面に沿う形状に変形したり、かかる形状から図 5 のように前面 1 6 a を平滑面としてフラットな壁体 W (図 3 参照) に沿う形状に変形可能に設けられている。

【 0 0 2 0 】

図 6 に示すように、照射プレート 1 6 は、長手方向となる上下方向両端側で変形操作部 1 7 を介して支持されている。変形操作部 1 7 は、回動可能に支持された上下一対のフィンガー部 1 8 a、1 8 b を備え、フィンガー部 1 8 a、1 8 b の前端 (先端) 側に照射プレート 1 6 の上下両端側が連結されている。フィンガー部 1 8 a、1 8 b は、ブラケット 1 9 に設けられた回転支持部 1 9 a、1 9 b を介して回動可能に設けられ、この回動によってフィンガー部 1 8 a、1 8 b の前端側が上下方向において相互に離間接近する方向に変位する。フィンガー部 1 8 a、1 8 b の回転支持部 1 9 a、1 9 b より後部には、シリンダ 2 0 a、2 0 b のロッド 2 1 b (図 4 のみ図示、一方のロッドは不図示) が連結されている。かかるシリンダ 2 0 a、2 0 b のロッド 2 1 b を進退させることによってフィンガー部 1 8 a、1 8 b の回動が操作される。

【 0 0 2 1 】

フィンガー部 1 8 a、1 8 b の前端側では、それぞれ 2 つのヒンジ部 2 3 a、2 3 b、2 4 a、2 4 b を介して照射プレート 1 6 に連結されている。これらヒンジ部 2 3 a、2 3 b、2 4 a、2 4 b によってフィンガー部 1 8 a、1 8 b と照射プレート 1 6 とが相対回動可能となる。これにより、フィンガー部 1 8 a、1 8 b の前端側が相互に離間接近すると、フィンガー部 1 8 a、1 8 b と照射プレート 1 6 との相対角度が変化して図 4 や図 5 で示す形状となるように照射プレート 1 6 の変形が操作される。具体的には、図 5 の状態で照射プレート 1 6 がフラットとなり、この状態からフィンガー部 1 8 a、1 8 b の前端側を近付ける程、曲率が大きくなるように円弧状に変形される。

【 0 0 2 2 】

図 6 にも示すように、照射部 1 1 は、複数の LED 素子 1 5 による紫外線照射領域を囲いつつ照射プレート 1 6 の前面 1 6 a から突出して設けられたパッド 2 6 を備えている。パッド 2 6 は、クッション性を有する発泡材や弾性体等によって形成され、配管 P や容器の壁体 W 等となる流体収容体 C (図 4 及び図 5 では不図示) に所定の力で押し付けられて接触したときに、それらの間での液密性を発揮する。従って、パッド 2 6 を押し付けた流

体収容体 C と照射プレート 1 6 との間には、パッド 2 6 で囲われる閉塞空間 2 8 が形成される。

【 0 0 2 3 】

図 5 に戻り、パッド 2 6 においては、上下両側において非連続となる領域が形成され、この領域が通路 2 6 a、2 6 b として形成される。通路 2 6 a、2 6 b は閉塞空間 2 8 の内外を通じており、閉塞空間 2 8 が完全に密閉された状態になることが回避される。

【 0 0 2 4 】

図 7 に示すように、照射プレート 1 6 は、パッド 2 6 が装着されるプレート本体 3 2 と、プレート本体 3 2 の後面側に設けられた光源保持体 3 3 とを備えている。プレート本体 3 2 は、図 5 にも示すように、LED 素子 1 5 の装着領域に方形状の開口 3 2 a が形成され、上下両端側がヒンジ部 2 4 a、2 4 b に接続されている。

【 0 0 2 5 】

図 7 に戻り、光源保持体 3 3 は、LED 素子 1 5 が装着されるベース 3 3 a と、ベース 3 3 a と所定間隔を隔てて配置される保護カバー 3 3 b と、ベース 3 3 a と保護カバー 3 3 b との間で LED 素子 1 5 の装着領域を環状に囲うサイドカバー 3 3 c とを備えている。光源保持体 3 3 によって LED 素子 1 5 が覆われて LED 素子 1 5 への液体の付着等が回避される。保護カバー 3 3 b は、LED 素子 1 5 から照射される紫外線を透過する素材によって形成されている。

【 0 0 2 6 】

プレート本体 3 2 と光源保持体 3 3 との間には、光源保持体 3 3 については LED 素子 1 5 をカバーする保護シート材 (シート部材) 3 5 が設けられている。保護シート材 3 5 においても、LED 素子 1 5 から照射される紫外線を透過する素材によって形成されている。保護シート材 3 5 は、図示では単数として描いているが、複数積層して設けられ、汚損等によって透過する紫外線が減衰される場合、最も外側の保護シート材 3 5 だけを除去することで汚損を解消できる。これにより、減衰を回避可能としつつ、新たな保護シート材 3 5 を迅速に利用することができる。保護シート材 3 5 の上下両側 (上側は不図示) には、プレート本体 3 2 と光源保持体 3 3 との間に介在するガイド部材 3 6 が設けられている。ガイド部材 3 6 は、プレート本体 3 2 の側方から保護シート材 3 5 の挿抜を案内するよう設けられている。また、保護シート材 3 5 とプレート本体 3 2 との間には、プレート本体 3 2 の開口 3 2 a に対応する開口を備えたパッキン 3 7 が設けられている。

【 0 0 2 7 】

図 4 及び図 5 に示すように、保護シート材 3 5 は、プレート本体 3 2 の左右両端側から部分的にはみ出すように形成された掴み代 3 5 a を備えている。この掴み代 3 5 a を保持することで、プレート本体 3 2 と光源保持体 3 3 との間からの保護シート材 3 5 の出し入れが容易に行われるようになる。

【 0 0 2 8 】

照射部 1 1 において、フィンガー部 1 8 a、1 8 b の上方位置には撮像部 4 0 が設けられている。撮像部 4 0 は、工業用カメラ (ITV: Industrial Television) や赤外線カメラ等が用いられ、放射性物質を扱うプラント等では - カメラを用いることができる。撮像部 4 0 によって、流体収容体 C の漏洩箇所やその周辺の状況、光照射装置 1 0 (図 2 及び図 3 参照) が走行する現場状況等が映像として取得される。撮像部 4 0 は、ブラケット 1 9 の後方に設けられた支柱 4 1 を介して支持されている。

【 0 0 2 9 】

照射部 1 1 は、支柱 4 1 の後方に設けられて移動部 1 2 の先端に装着されるリスト部 4 3 を更に備えている。リスト部 4 3 は、図 6 に示すように、浮動機構 4 4 及び旋回機構 4 5 を備えている。

【 0 0 3 0 】

浮動機構 4 4 は、平行に配置された前後一对の概略方形状をなす 2 枚の板体 4 4 a、4 4 b と、一对の板体 4 4 a、4 4 b の間であって板体 4 4 a、4 4 b の各コーナー部に対応する位置に設けられたコイルばねからなる弾性体 4 4 c とを備えている。浮動機構 4 4

では、弾性体 44c の弾性変形によって 2 枚の板体 44a、44b の間隔や相対角度が変更可能となる。これにより、移動部 12 (図 2 及び図 3 参照) の駆動によって照射部 11 のパッド 26 を流体収容体 C に押し付けたときに、その位置関係に応じて照射部 11 と移動部 12 との相対位置や角度が変更される。従って、走行部 13 (図 2 及び図 3 参照) による照射部 11 の位置の微調整をなくしたり少なくしたりすることができる。

【 0031 】

回転機構 45 は、後方の板体 44b に対向して設けられた保持板 45a と、2 枚の板体 44a、44b の間に配置されて出力軸 45b を図 6 中矢印 R 方向に回転させる回転駆動部 45c とを備えている。出力軸 45b は保持板 45a に固定されている一方、板体 44b と保持板 45a とは非固定となっている。従って、回転駆動部 45c を駆動することで、浮動機構 44 だけでなく、浮動機構 44 より前方の照射プレート 16 や変形操作部 17 等の各構成を出力軸 45b の軸回りに回転可能となる。

【 0032 】

ここで、図 5 及び図 6 に示すように、照射プレート 16 の上部には距離検出部 48 が装着されている。距離検出部 48 は、接触子 48a を備えた接触式距離センサであり、接触子 48a の先端はパッド 26 より前方に突出して設けられている。接触子 48a は、その延出方向に変位可能に設けられ、接触子 48a が流体収容体 C に接触してパッド 26 の前端より後退すると信号が出力される。これにより、距離検出部 48 によってパッド 26 が流体収容体 C に接触したか否かを検出できるようになる。

【 0033 】

図 8 は、実施の形態に係る光照射装置の構成を示すブロック図である。図 8 に示すように、光照射装置 10 は、制御部 101、画像生成部 102、通信部 103 及び、記憶部 104 を備えている。

【 0034 】

制御部 101 は、中央処理装置 (CPU) 等からなり、光照射装置 10 全体を制御する。制御部 101 は、記憶部 104 に記憶されているプログラムに従い、画像生成部 102 や通信部 103 等から入力される情報に対する各種の演算処理や、各種の制御処理 (移動部 12 や走行部 13 の駆動制御等) を行う。

【 0035 】

画像生成部 102 は、撮像部 40 (図 6 参照) を含んで構成され、撮像部 40 で撮像した画像や映像を制御部 101 に出力する。

【 0036 】

通信部 103 は、通信インターフェースであり、光照射装置 10 を操縦するためのコントローラ (不図示) に対し、無線通信により各種情報、データ、指令の送受信を行う。例えば、制御部 101 に出力された画像生成部 102 の画像情報をコントローラに送信し、コントローラから送信される各種の指令や情報を受信する。なお、通信部 103 は、有線通信のインターフェースとしてもよく、この場合、コントローラとの間で接続されるケーブルを通じて送受信を行う。

【 0037 】

記憶部 104 は、RAM や ROM、不揮発性メモリ等を備えている。ROM では、制御部 101 が各種の演算、制御を行うためのプログラムや、アプリケーションとして機能するためのプログラム、データ等が記憶される。RAM は、制御部 101 の作業領域として用いられ、画像生成部 102 の画像情報や、通信部 103 により受信された情報等が制御部 101 を介して記憶されたりする。RAM では、ROM から読み出されたプログラムやデータ、通信部 103 を介して入力されたデータ、制御部 101 が各種プログラムに従って実行した演算結果等が一時的に記憶される。不揮発性メモリでは、制御部 101 の演算によって生成されたデータのうち、長期的な保存が必要なデータが記憶される。

【 0038 】

図 10 は、実施の形態に係る光照射装置における制御部の機能ブロック図である。図 10 に示すように、本実施の形態に係る制御部 101 は、画像処理部 101a、走行制御部

101b、移動制御部101c、照射制御部101dとして機能する。これらの機能ブロックは、後述する光照射装置の作動のためのプログラムが制御部101によって実行されることによって実現される。なお、図10に示す制御部101の機能ブロックは、本発明に関連する構成のみを示しており、それ以外の構成については省略している。

【0039】

画像処理部101aは、画像生成部102から出力された画像情報を入力し、通信部103を制御してコントローラ（不図示）に対し画像情報を送信する。また、画像生成部102から出力された画像情報を記憶部104で記憶するよう制御したり、かかる画像情報と記憶部104に予め記憶された施設や流体収容体の位置情報とを関連付けた画像を生成したりしてもよい。

【0040】

走行制御部101bは、通信部103を介してコントローラから送信された遠隔操作指令に基づき、走行部13による走行の速度、経路、光照射装置10の向き等を制御する。従って、オペレータによるコントローラの遠隔操作によって、光照射装置10を任意の位置に走行させて移動することができる。また、走行制御部101bにおいて、所定のプログラムを実行することで、記憶部104に記憶された各種の情報や画像生成部102から出力された画像情報に基づき、走行部13による光照射装置10の走行経路を設定するようにしてもよい。

【0041】

移動制御部101cは、通信部103を介してコントローラから送信された遠隔操作指令に基づき、移動部12における油圧シリンダ12c等を駆動してアーム12bの角度を変え、照射部11を移動して照射部11の位置や向きを制御する。また、図6に示す照射部11のシリンダ20a、20bを制御し、フィンガー部18a、18bを駆動し、照射プレート16が流体収容体Cに沿う形状となるように変形させる。

【0042】

照射制御部101dは、通信部103を介してコントローラから送信された遠隔操作指令に基づき、照射部11におけるLED素子15のON/OFFの切り替えや、紫外線の照射量の調整等を制御する。

【0043】

次いで、本実施の形態に係る漏洩補修方法について説明する。図10は、漏洩補修方法の一例を示すフローチャートである。図10に示すように、本実施の形態に係る漏洩補修方法は、確認ステップ（ステップ（以下、「ST」という）01）、経路設定ステップST02、除去ステップST03、位置調整ステップST04、混合ステップST05、照射ステップST06の順に実施する。なお、これらステップは、あくまでも一例に過ぎず、この構成に限定されるものではない。以下の説明では、流体収容体Cが配管P（図1及び図2参照）であり、また、配管Pが設置される施設が原子力プラントや医療施設などの原子力施設である場合を仮定する。また、漏洩補修方法を実施するにあたり、遠隔操作できる上記光照射装置10や各種のロボット等を用いる。

【0044】

確認ステップST01では、施設内に設置されたITVやカメラによる観察作業等によって配管Pの漏洩箇所を特定し、その場所情報を取得して記憶しておく。また、ITVの撮像によって、ロボットや光照射装置10の走行開始位置から漏洩箇所近傍までの間を画像情報として取得して記憶しておく。

【0045】

経路設定ステップST02では、確認ステップST01で取得した画像情報に基づく障害物の有無等の情報と、施設の図面情報とに基づき、光照射装置10等が漏洩箇所にアクセスするための走行経路をオペレータによって設定する。なお、制御部101において、予め記憶した施設のCADデータと、確認ステップST01の画像情報から施設内の配管や障害物等の設置位置として演算された座標値とに基づき、所定にプログラムを介して上記走行経路をオペレータが関与せずに自動で設定してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 6 】

除去ステップ S T 0 3 では、配管 P に断熱材等の外装材が設けられている場合、取得した場所情報に基づいて外装材を除去する。外装材の除去は、放射線量が低い場合にはオペレータによる手作業で行ってもよく、この場合、経路設定ステップ S T 0 2 で設定した走行経路をオペレータが参照できる。放射線量が高い場合には、遠隔操作できるロボットを操作して外装材の除去を行う。かかるロボットとしては、上記した光照射装置 1 0 の照射部 1 1 に代えてカメラ付きの切断装置を移動部 1 2 に設けた構成を例示できる。オペレータは経路設定ステップ S T 0 2 で設定した走行経路に応じて走行するよう、カメラが撮像して送信したリアルタイムの画像情報を見ながら、ロボットを遠隔操作して漏洩箇所まで施設内を走行させる。ロボットが漏洩箇所に到着したら、オペレータが切断装置等を遠隔操作して外装材を除去する。なお、配管 P に外装材が設けられていない場合には除去ステップ S T 0 3 が省略される。

【 0 0 4 7 】

位置調整ステップ S T 0 4 では、光照射装置 1 0 によって漏洩箇所まで施設内を走行してから撮像部 4 0 で漏洩箇所を撮像する。光照射装置 1 0 の走行は、除去ステップ S T 0 3 のロボットの走行と同様に、オペレータが経路設定ステップ S T 0 2 で設定した走行経路に応じ、撮像部 4 0 が撮像して送信したリアルタイムの画像情報を見ながら、走行部 1 3 を遠隔操作して漏洩箇所まで施設内を走行させる。そして、光照射装置 1 0 が漏洩箇所に到着したら、オペレータは撮像部 4 0 が撮像して送信したリアルタイムの画像情報を見ながら、移動部 1 2 を遠隔操作して漏洩箇所まで照射部 1 1 及び撮像部 4 0 を移動して近接させる。その後、オペレータは撮像部 4 0 が撮像した漏洩箇所情報となる画像を見ながら移動部 1 2 を遠隔操作し、図 1 1 に示すように、照射部 1 1 による紫外線の照射領域に漏洩箇所 4 が収まるよう照射部 1 1 を移動してパッド 2 6 を配管 P に接触する。このとき、距離検出部 4 8 (図 6 参照) によって、パッド 2 6 が配管 P に接触したことを検出したタイミングで照射部 1 1 の配管 P に近接する方向の移動を停止して位置決めする。

【 0 0 4 8 】

混合ステップ S T 0 5 では、図 1 に示すように、配管 P に連通する枝管等の連通路 P a を通じ、漏洩箇所 4 の上流側の供給源 6 から紫外線硬化型樹脂 3 を投入する。これにより、配管 P の内部を流れる水 2 に紫外線硬化型樹脂 3 を混合させる。紫外線硬化型樹脂 3 の濃度や投入量等の条件は、配管 P 内の水 2 の流量や漏洩箇所 4 となる穴等の規模に応じて設定する。投入した紫外線硬化型樹脂 3 は、漏洩箇所 4 の下流側でフィルタ等を含む回収装置 7 で回収する。これにより、水 2 を流す系統に漏洩箇所 4 がある配管 P が含まれる場合、漏洩箇所 4 の下流側に紫外線硬化型樹脂 3 が流れ込むことが回避される。なお、漏洩箇所 4 がある配管 P が水 2 を循環する系統に含まれる場合には、紫外線硬化型樹脂 3 も循環して漏洩箇所 4 を複数回に亘って通過させ、後述のように漏洩箇所 4 を閉塞した後に投入した紫外線硬化型樹脂 3 を回収する。混合ステップ S T 0 5 の実施によって、漏洩箇所 4 から紫外線硬化型樹脂 3 を含む水 2 が配管 P の外部に漏洩した状態となる。このとき、かかる水 2 によって漏洩箇所 4 が濡れ、漏洩箇所 4 に紫外線硬化型樹脂 3 が付着した状態となる。

【 0 0 4 9 】

照射ステップ S T 0 6 では、図 1 1 に示すように、位置調整ステップ S T 0 4 にて照射部 1 1 を位置決めした状態で、照射部 1 1 の L E D 素子 1 5 による紫外線照射を開始する。これにより、配管 P の漏洩箇所 4 から漏洩した水 2 に紫外線が照射され、水 2 に混合した紫外線硬化型樹脂 3 が硬化される。紫外線照射時には、配管 P、パッド 2 6 及び照射プレート 1 6 とで閉塞空間 2 8 が形成され、漏洩箇所 4 から漏洩する水 2 の量が多い場合には、閉塞空間 2 8 に水 2 が貯留されつつ通路 2 6 a、2 6 b (図 5 参照) から少量ずつ水 2 が排出される。これにより、水 2 に含まれる紫外線硬化型樹脂 3 が漏洩箇所 4 に付着した状態を維持して紫外線照射を実施でき、且つ、閉塞空間 2 8 内が密閉されることを回避して水 2 の漏洩に起因した閉塞空間 2 8 内の高圧化を防止することができる。

【 0 0 5 0 】

10

20

30

40

50

漏洩箇所4から漏洩する水2の量が少ない場合には、図12に示すように、紫外線硬化型樹脂3の硬化が進行する。具体的には、図12Aに示すように、先ず、漏洩箇所4の外周部で紫外線硬化型樹脂3が硬化し始め、図12B及び図12Cに示すように、紫外線硬化型樹脂3が硬化及び堆積して徐々に漏洩箇所4を閉塞していく。そして、最終的に、図12Dに示すように、硬化した紫外線硬化型樹脂3によって漏洩箇所4が全体的に閉塞される。このように、照射ステップST06の実施によって、漏洩箇所4周りの紫外線硬化型樹脂3を硬化することで、漏洩箇所4を閉塞することができる。

【0051】

続いて、上記漏洩補修補法に用いた紫外線硬化型樹脂（光硬化型樹脂）について説明する。紫外線硬化型樹脂は、重合性オリゴマー、重合性モノマー、光重合開始剤を構成成分とする。それぞれの役割を以下に述べる。 10

【0052】

重合性オリゴマーは、原料を予めある程度重合させたモノマー（オリゴマー）を用いることで、最終的な硬化への時間を短くする（高感度化）ために用いる。重合性モノマーは、塗布性など光硬化性樹脂が取り扱いやすいように粘度を低下させるとともに、自身も重合することで樹脂の一部となる溶剤とモノマーを兼ねた成分である。

【0053】

光重合開始剤は、紫外線を吸収すると分解し、ラジカルや酸（カチオン）を生成する物質で、生成したラジカルやカチオンが上記オリゴマーとモノマーの重合を開始する。光重合開始剤の吸光度が利用する光の波長領域で低い場合、その領域での吸光度が高く、光重合開始剤に励起エネルギーが移動できる増感剤を併用することで、硬化感度を上げることもできる。また、上記構成成分に加え、保存安定性、強度、塗布性などを向上させるため、重合禁止剤、フィラー、レベリング剤、顔料などの添加剤が加えられる。 20

【0054】

光重合開始剤から発生するラジカルとカチオンにより硬化メカニズムが異なることから、それぞれ、ラジカル重合型、カチオン重合型に分類される。ラジカル重合型としては、例えば、光を吸収することで、2つのラジカル活性種に分解する光重合開始剤を含み、樹脂成分としては、アクリル系、ウレタン系などがある。カチオン重合型としては、例えば、光を吸収することで、カチオン（酸）を生成する光開始剤を含み、樹脂成分として、エポキシ系、オキセタン系などがある。 30

【0055】

膜状となった紫外線硬化型樹脂に紫外線を照射すると硬化過程を経て、液状の樹脂は固体に変化する。以下、ラジカル重合型についての第1～第4過程を説明する。

【0056】

第1過程は「開始剤の反応」となる。光重合開始剤は、直接光を吸収することにより、または、光を吸収することにより励起状態になった増感剤からのエネルギー移動により、励起状態となる。不安定な励起状態は、一部失活により元の重合開始剤に戻るが、多くは分解反応により、重合を開始するラジカル（活性種）が生成する。

【0057】

第2過程は「重合開始反応」となる。生成したラジカルは、樹脂成分である重合性オリゴマー、重合性モノマーと反応する。 40

【0058】

第3過程は「成長反応（硬化反応）」となる。反応したオリゴマー、モノマーの末端にラジカルが再生することから、この重合は連鎖的に進行し、3次元的な架橋構造が生成する。その結果、樹脂成分の流動性が低下し徐々に硬化していく。

【0059】

第4過程は「停止反応」となる。成長末端の2つのラジカル同志は、直接結合（再結合）したり、両者間でヒドリド（水素ラジカル）が移動することでラジカルが消失し、重合反応は終了する。

【0060】

以上のように、上記の実施の形態によれば、配管 P 等で漏洩箇所 4 から水 2 が漏洩する場合でも、水 2 に紫外線硬化型樹脂 3 を混合し、漏洩箇所 4 から漏れ出る水 2 に含まれる紫外線硬化型樹脂 3 を紫外線照射によって硬化させて閉塞することができる。これにより、当て板等の補修部材を漏洩箇所 4 まで搬送して固定する作業をなくすことができ、補修作業の負担を軽減することができる。また、補修を行うにあたり配管 P の外部からは紫外線を照射すればよいので、高所であったり作業者がアクセスできない場所でも補修可能として制約の緩和を図ることができる。

【 0 0 6 1 】

更に、漏洩箇所 4 を閉塞するにあたり、配管 P 内を空にせず水 2 を流したままにすることができ、補修前後でプラントや装備等の設備停止期間を短縮することができる。

10

【 0 0 6 2 】

また、配管 P 内の水 2 に紫外線硬化型樹脂 3 を混合しつつ、光照射装置 10 を遠隔操作することで、漏洩箇所 4 に紫外線を照射して閉塞できるので、原子力施設等の放射線量が高い環境や化学プラント等であっても、オペレータの健康に影響を与えずに補修を行うことができる。

【 0 0 6 3 】

本発明の実施の形態は上記の各実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想の趣旨を逸脱しない範囲において様々に変更、置換、変形されてもよい。さらには、技術の進歩又は派生する別技術によって、本発明の技術的思想を別の仕方を実現することができれば、その方法を用いて実施されてもよい。したがって、特許請求の範囲は、本発明の技術的思想の範囲内に含まれ得る全ての実施態様をカバーしている。

20

【 0 0 6 4 】

例えば、混合ステップ S T 0 5 で漏洩箇所 4 における紫外線硬化型樹脂 3 の付着量を増やすため、照射ステップ S T 0 6 を実施する前に、以下に述べる付着ステップを実施してもよい。

【 0 0 6 5 】

付着ステップでは、図 1 3 に示すように、スプレー装置等の付着装置 8 を介して漏洩箇所 4 に紫外線硬化型樹脂 3 を含む水等の流体 F を付着する。流体 F の付着は、放射線量が高い場合にはオペレータによる手作業で行ってもよく、この場合、経路設定ステップ S T 0 2 で設定した走行経路をオペレータが参照できる。放射線量が高い場合には、遠隔操作できるロボットを操作して流体 F の付着を行う。かかるロボットとしては、上記した光照射装置 10 の照射部 1 1 に代えてカメラ付きの付着装置 8 を移動部 1 2 に設けた構成や、上記光照射装置 10 の照射部 1 1 に並設して付着装置 8 を設けた構成を例示できる。ロボットの走行は、除去ステップ S T 0 3 のロボットの走行と同様に、オペレータが経路設定ステップ S T 0 2 で設定した走行経路に応じ、撮像部 4 0 が撮像して送信したリアルタイムの画像情報を見ながら、走行部 1 3 を遠隔操作して漏洩箇所 4 まで施設内を走行させる。ロボットが漏洩箇所 4 に到着したら、オペレータが付着装置 8 や移動部 1 2 等を遠隔操作して流体 F を付着する。付着ステップの実施によって、混合ステップ S T 0 5 にて漏洩箇所 4 に付着した紫外線硬化型樹脂 3 を追加するように、漏洩箇所 4 周りに配管 P の外部から紫外線硬化型樹脂 3 を付着することができる。

30

40

【 0 0 6 6 】

また、照射ステップ S T 0 6 における遠隔操作にあつては、上述した通信部 1 0 3 による無線操作及び有線操作の何れとしてもよい。有線操作とした場合には、遠隔操作に支障がないようにケーブルの巻き取りやスライド移動等がオペレータによって管理される。また、漏洩箇所まで撮像部 4 0 を近接させた後において、漏洩箇所の詳細な情報が得られるように撮像部 4 0 での撮像によって、動画や、複数の位置や角度で撮影した静止画或いはこれらに基づく 3 D スキャンデータ等を画像情報として取得して記憶してもよい。

【 0 0 6 7 】

また、照射ステップ S T 0 6 では、パッド 2 6 を配管 P に接触して照射部 1 1 を位置決めしてから紫外線を照射したが、これに限られず、以下に述べる方法によって紫外線を照

50

射してもよい。例えば、オペレータは撮像部40が撮像して送信したリアルタイムの画像情報を見て漏洩箇所の亀裂等がパッド26で囲うことができない大きさと判断した場合には、移動部12を遠隔操作して漏洩箇所まで照射部11を近付け、所定間隔を隔てて対向させる。そして、照射部11のLED素子15による紫外線照射を開始した後、オペレータは撮像部40が撮像した漏洩箇所情報となる画像を見ながら移動部12を遠隔操作し、漏洩箇所の全域に紫外線が照射されるように照射部11を移動させる。つまり、撮像部40が撮像した漏洩箇所の画像情報に基づいて照射部11を移動し、この移動を行いながら漏洩箇所に照射部11から紫外線を照射する。照射部11の移動は、漏洩箇所の全域に紫外線が照射されるよう、往復動作したり巡回動作したりすることが例示できる。

【0068】

また、照射ステップST06にて、紫外線照射領域が異なる照射部11を複数用意しておき、撮像部40で撮像した漏洩箇所の画像情報を見て、漏洩箇所の大きさに応じた照射部11を選択的に装着して用いてもよい。

【0069】

また、照射ステップST06にて、漏洩箇所4の大きさ等の条件によって硬化される紫外線硬化型樹脂3が大きく（厚く）なり、照射プレート16と配管Pとが紫外線硬化型樹脂3を介して接着される状態となる場合がある。このような接着状態で移動部12の駆動によって照射部11を配管Pから離間すると、紫外線硬化型樹脂3が配管Pから剥離されるおそれがある。かかる剥離を防ぐため、移動部12の駆動によって、配管Pから照射部11が離間する力が所定値以上となった場合に、照射部11の一部が破断し照射プレート16と配管Pとの接着を維持するようにしてもよい。この場合、破断する部分としては、回転支持部19a、19bやヒンジ部23a、23b、24a、24bを例示でき、かかる構成が離脱構造とされる。

【0070】

また、光硬化型樹脂は紫外線硬化型樹脂以外としてもよく、可視光等で硬化する樹脂を採用してもよく、これに応じて、漏洩箇所に対して光源から照射される光も可視光に設定される。

【0071】

また、流体収容体Cを流れる流体は、光硬化型樹脂を混合できる限りにおいて、水以外の液体としてもよい。

【0072】

また、補修の対象となる流体収容体Cは、内部に流体が流れる限りにおいて、配管の継ぎ手や、原子力発電所の格納容器にする等、種々の変更が可能である。

【0073】

また、上記実施の形態の補修方法では、光照射装置10を用いたが、オペレータがLED素子等を備えた装置によって手作業で漏洩箇所に紫外線を照射してもよい。

【符号の説明】

【0074】

- 2 水（流体）
- 3 紫外線硬化型樹脂（光硬化型樹脂）
- 4 漏洩箇所
- 5 紫外線（光）
- 10 光照射装置
- 11 照射部
- 12 移動部
- 13 走行部
- 15 LED素子（光源）
- 16 照射プレート
- 16a 前面（主面）
- 17 変形操作部

10

20

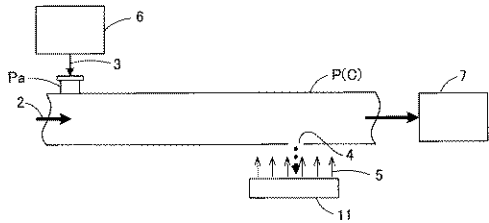
30

40

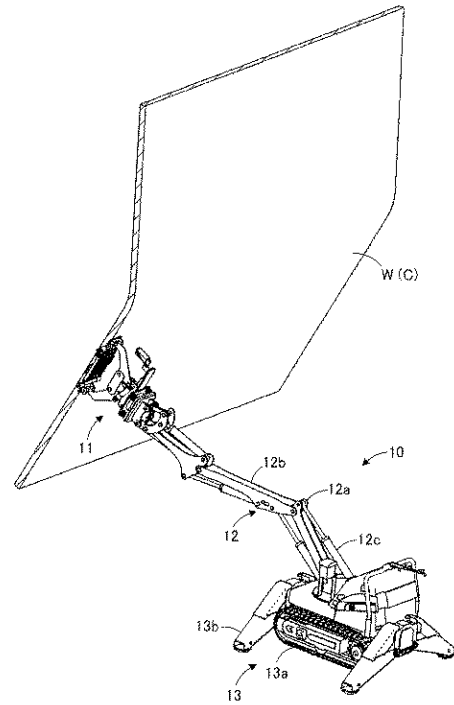
50

- 2 6 パッド
- 2 6 a、2 6 b 通路
- 3 5 保護シート材（シート部材）

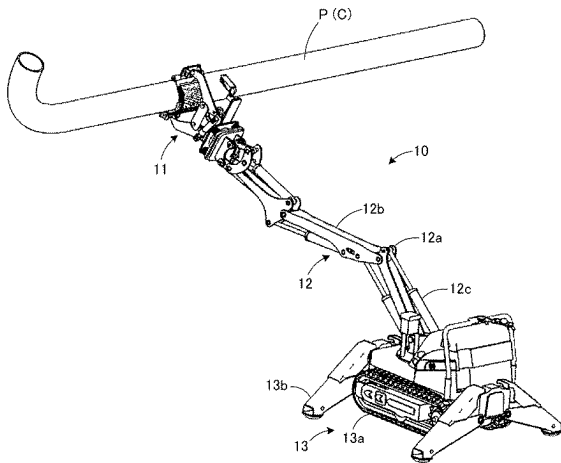
【図 1】



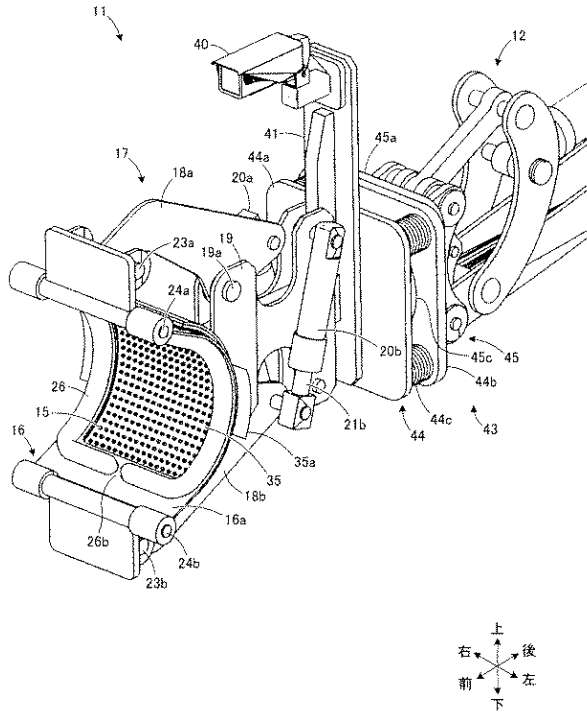
【図 3】



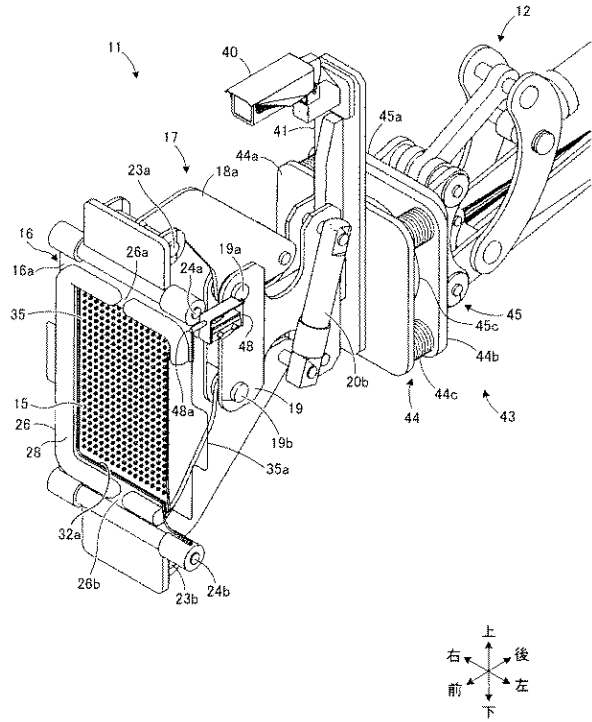
【図 2】



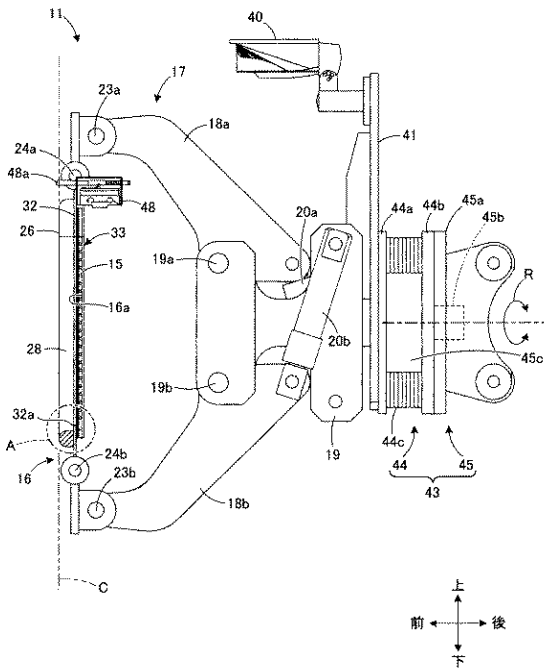
【図4】



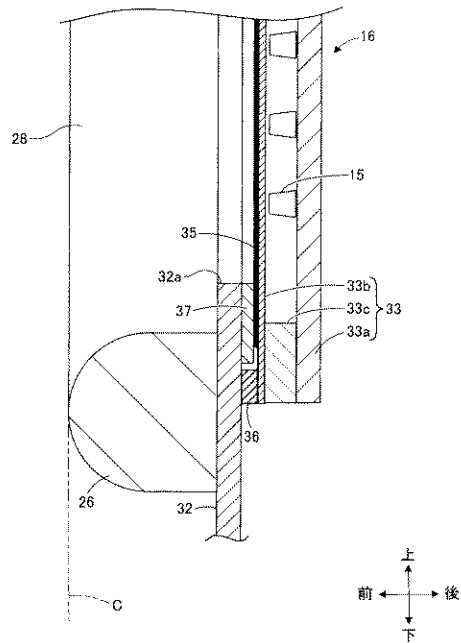
【図5】



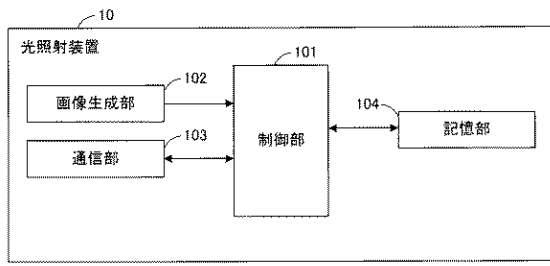
【図6】



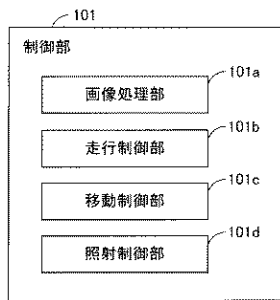
【図7】



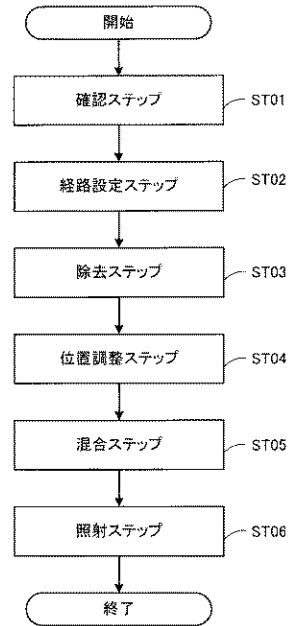
【図 8】



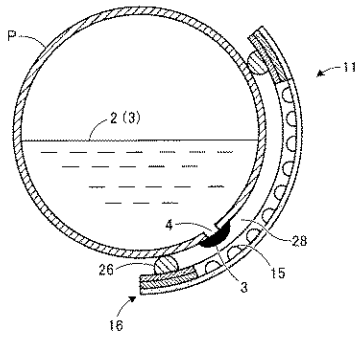
【図 9】



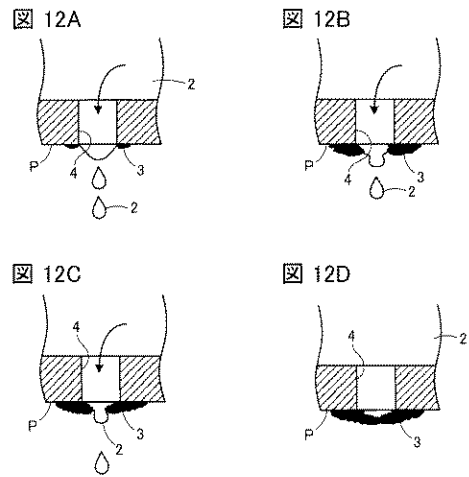
【図 10】



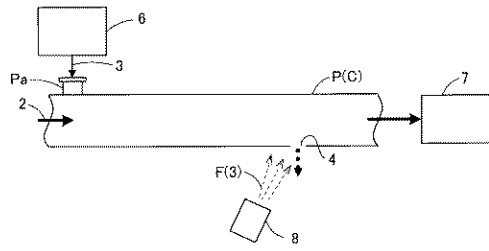
【図 11】



【図 12】



【図 13】



フロントページの続き

- (72)発明者 片桐 源一
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内
- (72)発明者 神坐 圭介
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内
- (72)発明者 村上 知行
神奈川県川崎市川崎区田辺新田1番1号 富士電機株式会社内
- (72)発明者 島田 梢
福島県双葉郡楢葉町大字山田岡字仲丸1-22 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 楢葉遠隔技術開発センター内
- (72)発明者 富塚 千昭
福島県双葉郡楢葉町大字山田岡字仲丸1-22 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 楢葉遠隔技術開発センター内
- (72)発明者 大岡 誠
福島県いわき市平字大町7-1平セントラルビル8F 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 いわき事務所内
- (72)発明者 小山 真一
福島県いわき市平字大町7-1平セントラルビル8F 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 いわき事務所内
- (72)発明者 柴田 卓弥
福島県双葉郡楢葉町大字山田岡字仲丸1-22 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 楢葉遠隔技術開発センター内
- (72)発明者 前川 康成
群馬県高崎市綿貫町1233 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所内
- (72)発明者 廣木 章博
群馬県高崎市綿貫町1233 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 高崎量子応用研究所内

審査官 竹下 和志

- (56)参考文献 特開2017-089878(JP,A)
特開2001-030363(JP,A)
特開2014-047933(JP,A)
特開昭63-021496(JP,A)
特開平10-298521(JP,A)
特開平11-228605(JP,A)
特開平03-096793(JP,A)
特開昭60-034774(JP,A)
特開昭54-053155(JP,A)
特開2011-089536(JP,A)
特開平06-015737(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

F16L 51/00 - 55/48