

(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2013-228384
(P2013-228384A)

(43) 公開日 平成25年11月7日(2013.11.7)

(51) Int.Cl.
G01N 15/08 (2006.01)

F I
G O I N 15/08

テーマコード (参考)

C

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2013-67755 (P2013-67755)
(22) 出願日 平成25年3月28日 (2013. 3. 28)
(31) 優先権主張番号 特願2012-73226 (P2012-73226)
(32) 優先日 平成24年3月28日 (2012. 3. 28)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 394008846
大起理化工業株式会社
埼玉県鴻巣市赤城台 2 1 2 - 8
(74) 代理人 100112689
弁理士 佐原 雅史
(74) 代理人 100128934
弁理士 横田 一樹
(72) 発明者 大石 正行
埼玉県鴻巣市赤城台 2 1 2 - 8 大起理化
工業株式会社内

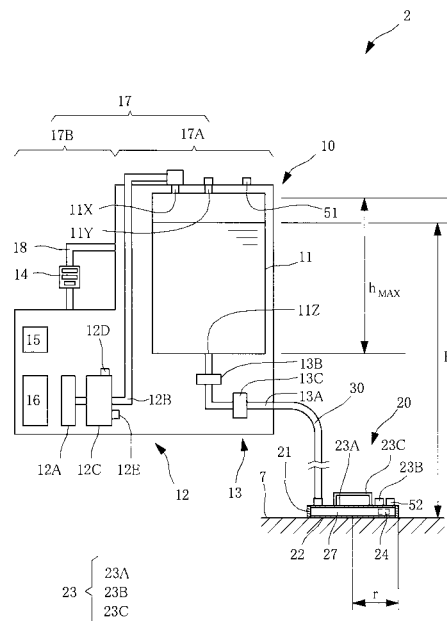
(54) 【発明の名称】 浸入計

(57) 【要約】

【課題】 試料の浸透係数を高精度に測定することができる浸入計を提供する。

【解決手段】 浸入計 2 は、液体を貯留するための貯留タンク 1 1 と、試料表面に載置され貯留タンク 1 1 から出た液体が通過可能なフィルタ 2 0 と、フィルタ 2 0 における液体の圧力を調節する圧力調節部 1 2 と、を備える。圧力調節部 1 2 は、貯留タンク 1 1 内の気圧を検知する気圧センサ 1 2 D と、貯留タンク 1 1 に連通するバッファタンク 1 2 C と、バッファタンク 1 2 C 内の気体を吸引する吸引ポンプ 1 2 A と、気圧センサ 1 2 D が検知した気圧に基づいて、吸引ポンプ 1 2 A を制御するコントローラユニット 1 5 と、を有する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

試料に液体を浸透させて、前記試料における前記液体の浸透係数を測定する浸入計であって、

前記液体を貯留する貯留タンクと、

試料表面に載置され前記貯留タンクから出た液体が通過可能なフィルタと、

前記フィルタが前記試料表面に載置された場合に前記試料表面と正対する面をフィルタ面と定義した際、前記フィルタ面における圧力を調節する圧力調節部と、を備え、

前記圧力調節部は、

前記貯留タンク内の気圧を調節するポンプと、

10

前記貯留タンク内の気圧を検知する気圧センサと、

前記気圧センサが検知した気圧に基づいて、前記ポンプを制御するポンプコントローラと、を有することを特徴とする浸入計。

【請求項 2】

前記ポンプは、外部から遮断された状態の前記貯留タンク内の気圧を調節し、

前記気圧センサは、外部から遮断された状態の前記貯留タンク内の気圧を検知することを特徴とする請求項 1 記載の浸入計。

【請求項 3】

前記貯留タンクから流出する前記液体の流出速度を検知する流量センサを備えることを特徴とする請求項 1 または 2 記載の浸入計。

20

【請求項 4】

前記気圧センサが検知した前記気圧と、前記流量センサが検知した前記液体の流出速度とに基づいて、前記浸透係数を算出する算出部を備えることを特徴とする請求項 3 記載の浸入計。

【請求項 5】

前記流量センサが検知した前記流出速度が一定であるか否かを判定する安定状態判定部を備え、

前記算出部は、前記安定状態判定部によって前記流出速度が一定であると判定された場合に前記浸透係数を算出することを特徴とする請求項 4 記載の浸入計。

【請求項 6】

30

前記圧力調節部は、前記流出速度が一定の状態に近づくように前記液体の圧力を増加させることを特徴とする請求項 5 記載の浸入計。

【請求項 7】

前記算出部は、前記液体の圧力 P_1 における前記浸透係数を算出した後に、前記圧力 P_1 と異なる前記液体の圧力 P_2 における前記浸透係数を算出することを特徴とする請求項 4 ないし 6 のうちいずれか 1 項記載の浸入計。

【請求項 8】

前記液体の圧力 P_1 は前記液体の圧力 P_2 よりも小さいことを特徴とする請求項 7 記載の浸入計。

【請求項 9】

40

前記フィルタの貯留空間内における前記液体の圧力を検知する液圧センサを備えることを特徴とする請求項 1 ないし 8 のうちいずれか 1 項記載の浸入計。

【請求項 10】

前記気圧センサが検知した前記気圧、及び前記流量センサが検知した前記液体の流出速度を記憶する記憶部を備えることを特徴とする請求項 3 ないし 9 のうちいずれか 1 項記載の浸入計。

【請求項 11】

前記記憶部は前記浸透係数を記憶することを特徴とする請求項 10 記載の浸入計。

【請求項 12】

前記圧力調節部は、

50

前記検知された気圧に基づいて、前記フィルタ面における圧力を算出する圧力算出部を有し、

前記ポンプコントローラは、前記算出された圧力に基づいて、前記ポンプを制御することを特徴とする請求項 1 ないし 11 のうちいずれか 1 項記載の浸入計。

【請求項 13】

前記圧力調節部は、

前記貯留タンクから流出した前記液体の体積を検知する体積検知部を有し、

前記圧力算出部は、前記検知された気圧及び前記検知された体積に基づいて、前記フィルタ面における圧力を算出することを特徴とする請求項 12 記載の浸入計。

【請求項 14】

前記貯留タンクの内部を外部に対して解放可能な通気弁と、

前記フィルタの貯留空間を外部に対して開放する排出弁と、をさらに備え、

前記圧力調節部は、

前記通気弁と前記排出弁とを個別に制御する弁コントローラと、

前記貯留タンクから前記フィルタへ流れる前記液体の流出速度を検知する流量センサと

、前記流量センサが検知した前記流出速度に基づいて、前記貯留タンクから前記フィルタへの前記液体の流れが止まっているか否かを判定する判定部と、

前記フィルタ面における圧力を算出する圧力算出部と、を有し、

前記ポンプコントローラは、前記算出された圧力に基づいて、前記ポンプを制御し、

前記貯留タンクと前記フィルタとをつなぐ流路を介して、前記貯留タンク及び前記フィルタに前記液体を溜める貯留工程では、前記弁コントローラは、前記通気弁を開状態とするとともに前記排出弁を閉状態とし、

前記貯留工程の後に行われ、前記貯留タンクに貯留された前記液体を前記フィルタへ供給する液体供給工程では、前記弁コントローラが、前記通気弁を閉状態に、かつ前記排出弁を開状態にするとともに、前記判定部が前記判定を行い、

前記貯留タンクから前記フィルタへの前記液体の流れが止まったと判定された場合には、前記圧力算出部は、前記フィルタにおける前記液体の水位に対応する圧力と、前記フィルタの外部圧力との和に基づいて、前記フィルタ面における圧力を算出することを特徴とする請求項 1 ないし 13 のうちいずれか 1 項記載の浸入計。

【請求項 15】

前記フィルタに装着可能なフィルタキャップを備え、

前記フィルタキャップは、

前記フィルタ面の周縁部と係合する周縁係合部と、

前記周縁部が前記周縁係合部と係合した場合に、前記フィルタ面から離れるように正対する離隔正対部と、を有し、

前記周縁部が前記周縁係合部と係合した場合に前記液体が貯留される液体貯留空間は、前記周縁係合部及び前記離隔正対部によって形成された

ことを特徴とする請求項 1 ないし 14 のうちいずれか 1 項記載の浸入計。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は浸入計に関する。

【背景技術】

【0002】

浸入計は、液体を試料に浸透させて、当該試料における液体の浸透係数を測定するものである。このような浸入計として、土壌の透水係数を測定するものがある（例えば、非特許文献 1）。非特許文献 1 に記載の浸入計には、マリオット管を有するものがある。

【0003】

図 9 にしめすように、従来の負圧浸入計 100 は、試料である土壌 110 の表面に載置

10

20

30

40

50

されたフィルタ101と、フィルタ101の直上に配された貯水筒102及びマリ奥特管103と、貯水筒102及びマリ奥特管103を連通する通気管104と、を備える。

【0004】

この負圧浸入計100を用いた土壌110の透水係数の測定は、次のように行う。まず、マリ奥特管103に所定の水をいれる。マリ奥特管103内の水位によって、貯水筒102内の負圧 p_1 を調節することができる。つぎに、貯水筒102の流出弁(図示しない)を開くことによって、貯水筒102内の水は、フィルタ101を通して、土壌110へ浸透する。貯水筒102から水が流出すると、貯水筒102内の気圧が低下するが、マリ奥特管103のガスが、当該気圧の低下分に応じた量だけ、通気管104を通過して貯水筒102へ供給される。このようにして、マリ奥特管103は、フィルタ101に対し一定の負圧($= p_1 - p_2$)をかけることができる。そして、貯水筒102の目盛から読み取った水頭 h_{102} と、水頭 h_{102} を測定した時間とから、貯水筒102から流出した水の流量 q を測定し、測定した水の流量 q が一定になった状態(以下、流量安定状態と称する)のときに、土壌110の透水係数の測定が行われる。この土壌110の透水係数の測定には、次の式1が用いられる。

$$(式1) \quad k = q - (4 \cdot P) / (\quad \cdot r)$$

q : 流量安定状態における水の流量

P : 流量安定状態におけるフィルタ101に対する負圧

r : フィルタ101の半径

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】土壌物理学 朝倉書店 P107~109

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

ここで、貯水筒102から水が流出した場合には、貯水筒102内の気圧の低下分に応じた量だけ、マリ奥特管103のガスが貯水筒102へ供給されることが理想的であるが、実際には、マリ奥特管103のガスが通気管104に泡となって付着してしまう。このため、負圧浸入計100では、貯水筒102内の気圧を高精度に維持することが困難である。

【0007】

さらに、通気管104から出た泡は、貯水筒102の水面、すなわち水位を乱すことになる。このため、貯水筒102の水頭 h_{102} の測定精度は高いものといえない。加えて、このようにして測定された水頭 h_{102} は、流量安定状態であるか否かの判断材料であるとともに、土壌の透水係数測定の基礎となる因子である。

【0008】

したがって、従来の負圧浸入計100を用いて得られた土壌の浸透係数は、信頼性の高いものとはいえない。

【0009】

本発明は、斯かる実情に鑑み、土壌の浸透係数を高精度で測定可能な浸入計を提供しようとするものである。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決する手段は、試料に液体を浸透させて、前記試料における前記液体の浸透係数を測定する浸入計であって、前記液体を貯留する貯留タンクと、試料表面に載置され前記貯留タンクから出た液体が通過可能なフィルタと、前記フィルタが前記試料表面に載置された場合に前記試料表面と正対する面をフィルタ面と定義した際、前記フィルタ面における圧力を調節する圧力調節部と、を備え、前記圧力調節部は、前記貯留タンク内の

気圧を調節するポンプと、前記貯留タンク内の気圧を検知する気圧センサと、前記気圧センサが検知した気圧に基づいて、前記ポンプを制御するポンプコントローラと、を有することを特徴とする。

【0011】

前記ポンプは、外部から遮断された状態の前記貯留タンク内の気圧を調節し、前記気圧センサは、外部から遮断された状態の前記貯留タンク内の気圧を検知することが好ましい。また、前記貯留タンクから流出する前記液体の流出速度を検知する流量センサを備えることが好ましい。さらに、前記気圧センサが検知した前記気圧と、前記流量センサが検知した前記液体の流出速度とに基づいて、前記浸透係数を算出する算出部を備えることが好ましい。

10

【0012】

前記流量センサが検知した前記流出速度が一定であるか否かを判定する安定状態判定部を備え、前記算出部は、前記安定状態判定部によって前記流出速度が一定であると判定された場合に前記浸透係数を算出することが好ましい。また、前記圧力調節部は、前記流出速度が一定の状態に近づくように前記液体の圧力を増加させることが好ましい。さらに、前記算出部は、前記液体の圧力 P 1 における前記浸透係数を算出した後に、前記圧力 P 1 と異なる前記液体の圧力 P 2 における前記浸透係数を算出することが好ましい。加えて、前記液体の圧力 P 1 は前記液体の圧力 P 2 よりも小さいことが好ましい。

【0013】

前記フィルタにおける前記液体の圧力を検知する液圧センサを備えることが好ましい。また、前記気圧センサが検知した前記気圧、及び前記流量センサが検知した前記液体の流出速度を記憶する記憶部を備えることが好ましい。さらに、前記記憶部は前記浸透係数を記憶することが好ましい。

20

【0014】

前記圧力調節部は、前記検知された気圧に基づいて、前記フィルタ面における圧力を算出する圧力算出部を有し、前記ポンプコントローラは、前記算出された圧力に基づいて、前記ポンプを制御することが好ましい。

【0015】

前記圧力調節部は、前記貯留タンクから流出した前記液体の体積を検知する体積検知部を有し、前記圧力算出部は、前記検知された気圧及び前記検知された体積に基づいて、前記フィルタ面における圧力を算出することが好ましい。

30

【0016】

前記貯留タンクの内部を外部に対して解放可能な通気弁と、前記フィルタの貯留空間を外部に対して開放する排出弁と、をさらに備え、前記圧力調節部は、前記通気弁と前記排出弁とを個別に制御する弁コントローラと、前記貯留タンクから前記フィルタへ流れる前記液体の流出速度を検知する流量センサと、前記流量センサが検知した前記流出速度に基づいて、前記貯留タンクから前記フィルタへの前記液体の流れが止まっているか否かを判定する判定部と、前記フィルタ面における圧力を算出する圧力算出部と、を有し、前記ポンプコントローラは、前記算出された圧力に基づいて、前記ポンプを制御し、前記貯留タンクと前記フィルタとをつなぐ流路を介して、前記貯留タンク及び前記フィルタに前記液体を溜める貯留工程では、前記弁コントローラは、前記通気弁を開状態とするとともに前記排出弁を閉状態とし、前記貯留工程の後に行われ、前記貯留タンクに貯留された前記液体を前記フィルタへ供給する液体供給工程では、前記弁コントローラが、前記通気弁を閉状態に、かつ前記排出弁を開状態にするとともに、前記判定部が前記判定を行い、前記貯留タンクから前記フィルタへの前記液体の流れが止まったと判定された場合には、前記圧力算出部は、前記フィルタにおける前記液体の水位に対応する圧力と、前記フィルタの外部圧力との和に基づいて、前記フィルタ面における圧力を算出することが好ましい。

40

【0017】

前記フィルタに装着可能なフィルタキャップを備え、前記フィルタキャップは、前記フィルタ面の周縁部と係合する周縁係合部と、前記周縁部が前記周縁係合部と係合した場合

50

に、前記フィルタ面から離れるように正対する離隔正対部と、を有し、前記周縁部が前記周縁係合部と係合した場合に前記液体が貯留される液体貯留空間は、前記周縁係合部及び前記離隔正対部によって形成されたことが好ましい。

【発明の効果】

【0018】

上記手段によれば、試料の浸透係数を高精度に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】第1の浸入計の概要を示す説明図である。

【図2】第1の浸入計の概要を示すブロック図である。

10

【図3】縦軸が水の流量 Q 、横軸が時間 T であって、浸入計を用いた透水係数の測定方法において、水の流量 Q の推移を示すグラフである。

【図4】縦軸が水の流量 Q 、横軸が時間 T であって、浸入計を用いた透水係数の測定方法において、水の流量 Q の推移を示すグラフである。

【図5】縦軸が水の流量 Q 、横軸が時間 T であって、浸入計を用いた透水係数の測定方法において、水の流量 Q の推移を示すグラフである。

【図6】図5に示す複数回の透水係数の測定方法において、それぞれの測定圧力の関係を示す表である。

【図7A】第2の浸入計の概要を示す説明図である。

【図7B】第2の浸入計の概要を示す説明図である。

20

【図8A】フィルタ及びフィルタキャップの概要を示す断面図である。

【図8B】フィルタ及びフィルタキャップの概要を示す分解断面図である。

【図9】従来の負圧浸入計の概要を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

以下、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。

【0021】

図1に示すように、浸入計2は、土壌7の透水係数を測定するためのものであり、装置本体10と、土壌7の表面に載置されるフィルタ20と、装置本体10及びフィルタ20をつなぐチューブ30とを備える。

30

【0022】

装置本体10は、水を貯留する貯留タンク11と、フィルタ20における水の圧力を制御する圧力調節部12と、貯留タンク11内の水をチューブ30に向けて流出する水流出部13と、操作パネル14と、各部へ電力を供給するとともに各部を制御するコントローラユニット15と、コントローラユニット15へ電力を供給する電源16と、各部を収容する筐体17と、筐体17に設けられたハンドル18と、を有する。

【0023】

貯留タンク11の上方部（例えば、天面）には、貯留タンク11へ水を供給するための給水弁11Yが形成される。給水弁11Yは、通常、閉じられている。また、貯留タンク11の上方部には、貯留タンク11内の気体を吸引するための吸引開口11Xが設けられる。吸引開口11Xは、貯留タンク11の許容水位 h_{MAX} よりも高い位置に開口する。一方、貯留タンク11の下方部（例えば、底面）には、貯留タンク11に貯留する水を流出するための流出開口11Zが開口する。

40

【0024】

圧力調節部12は、フィルタ20における水の圧力を調節するためのものであり、貯留タンク11内の気体を吸引する吸引ポンプ12Aと、貯留タンク11の吸引開口11Xを吸引ポンプ12Aに接続する吸気管12Bと、吸気管12Bに設けられたバッファタンク12Cと、バッファタンク12Cに設けられた気圧センサ12D及び排気弁12Eと、を有する。気圧センサ12Dは、バッファタンク12C内の気圧を測定する。排気弁12Eは、開閉自在となっている。

50

【0025】

水流出部13は、貯留タンク11の流出開口11Zをチューブ30に接続する流出路13Aと、流出路13Aに設けられた流出弁13B及び流量計13Cと、を有する。

【0026】

筐体17は、直方体に形成された第1ブロック17Aと、直方体に形成され第1ブロックよりも背の低い第2ブロック17Bと、を有し、L字状に形成される。また、ハンドル18は、第2ブロック17Bの上面から第1ブロック17Aの側面まで延びる。第1ブロック17Aには、貯留タンク11が内蔵される。第2ブロック17Bには、吸引ポンプ12A、バッファタンク12C、コントローラユニット15や電源16などが内蔵される。

【0027】

フィルタ20は、リング21と、リング21の一端側の開口に充てんされるメッシュ22と、リング21の他端側の開口を塞ぐ密閉蓋23と、圧力センサ24と、を有する。チューブ30から送り出された水は、リング21、メッシュ22、及び密閉蓋23によって形成された閉空間27へ流れる。そして、この閉空間27にある水は、円状のメッシュ22を通り抜けて土壌7の表面へ到達する。圧力センサ24は、この閉空間27内における圧力を検知する。

【0028】

また、密閉蓋23は、蓋本体23Aと、蓋本体23Aに設けられたバルブ23Bと、蓋本体23Aに設けられたハンドル23Cとを有する。バルブ23Bは、閉空間27を外部に連通する状態と、閉空間27を外部から遮断する状態との間で遷移自在である。バルブ23Bの開閉操作は、閉空間27を外部へ開放する場合や、閉空間27の水を外部へ流出する場合等に行われる。

【0029】

なお、貯留タンク11及びフィルタ20には、それぞれ水平器51、52が設けられる。

【0030】

図2に示すように、操作パネル14は、測定の操作を行うための操作ボタン14Aと、測定結果等を表示するモニタ14Bと、測定位置の位置情報を検知するGPS(Global Positioning System)14Cと、を有する。

【0031】

また、コントローラユニット15は、記憶部15Aと、時間を計測するタイマ15Bと、各部を制御するコントローラ15Cと、を有する。記憶部15Aは、コントローラ15Cが読み取ったセンシング信号に基づく測定データ等を記憶する。

【0032】

次に、圧力調節部12の作動について説明する。コントローラ15Cは、気圧センサ12Dからバッファタンク12C内の圧力の値を読み取るとともに、自身の内蔵メモリに格納された水頭Hを読み取る。ここで、水頭Hは、メッシュ22(フィルタ面)から、貯留タンク11における水面までの高さである(図1参照)。

【0033】

コントローラ15Cは、水頭Hから、当該水頭Hに基づく水圧 P_H を算出する。当該水圧 P_H は、水頭Hと、水の密度 ρ と、重力加速度 g との積で求められる。さらに、コントローラ15Cは、算出した圧力 P_H 及び、気圧センサ12Dから読み取った圧力 P_{12D} の和から、フィルタ面における圧力 P_{22} を算出する。コントローラ15Cは、算出された圧力 P_{22} と、目標値との大小を判定する。なお、この目標値は、操作ボタン14Aの操作によって、正圧(大気圧よりも高い圧力)、大気圧、及び負圧(大気圧よりも低い圧力)のいずれかに設定される。バッファタンク12C内の圧力 P_{12D} と大気圧との差は、例えば、0(mH₂O)~1(mH₂O)である。

【0034】

そして、算出された圧力 P_{22} の値が目標値よりも大きい場合には、コントローラ15Cは、吸引ポンプ12Aを駆動するとともに、気圧センサ12Dから圧力 P_{12D} の値の

10

20

30

40

50

読み取り、及びフィルタ面における圧力 P_{22} の算出を行う。コントローラ 15C による吸引ポンプ 12A の駆動は、算出された圧力 P_{22} が目標値となるまで行われる。一方、算出された圧力 P_{22} の値が目標値よりも小さい場合には、コントローラ 15C は、排気弁 12E を開くとともに、気圧センサ 12D から圧力 P_{12D} の値の読み取り、及び圧力 P_{22} の算出を行う。排気弁 12E は、コントローラ 15C の制御の下、算出された圧力 P_{22} の値が目標値となるまで開状態のままであり、算出された圧力 P_{22} の値が目標値となると閉状態になる。こうして、圧力調節部 12 は、圧力 P_{22} を所望の値で維持することができる。

【0035】

次に、水流出部 13 の作動について説明する。

10

【0036】

コントローラ 15C が流出弁 13B を開くと、貯留タンク 11 に貯留する水は、流出路 13A を通ってチューブ 30 へ流れ込む。一方、コントローラ 15C が流出弁 13B を閉じると、流出路 13A における水の流れは停止する。流量計 13C は、流出路 13A における水の流量 Q を検知する。ここで、流量 Q は、時間あたりに流出路 13A を通る水の量を表す。

【0037】

次に、浸入計 2 を用いた土壌の透水係数の測定方法について説明する。浸入計 2 を用いた土壌の透水係数の測定方法では、準備工程と流量安定工程と測定工程と、が順番に行われる。

20

【0038】

準備工程では、まず、水平器 52 が「水平」を指すように、測定対象の土壌 7 の表面にフィルタ 20 を載置する。同様にして、水平器 51 が「水平」を指すように、装置本体 10 を載置する。そして、装置本体 10 とフィルタ 20 とをチューブ 30 でつなぐ。

【0039】

その後、操作パネル 14 の操作により、装置本体の電源を投入する。流出弁 13B が閉じられるとともに、給水弁 11Y が開かれると、貯留タンク 11 に水が貯留する。そして、操作ボタン 14A からの操作信号を受信したコントローラ 15C は、流出弁 13B を開く。これにより、貯留タンク 11 に貯留する水は、チューブ 30 を通って、フィルタ 20 へ流れ込む。チューブ 30 から流れ出た水は、フィルタ 20 の閉空間 27 に水が流れ込む。閉空間 27 に水が充てんされると、コントローラ 15C は、流出弁 13B を閉じる。その後、水頭 H を物差しや、メジャーなど公知の測定手段によって測定する。測定された水頭 H は、操作ボタン 14A の操作により、装置本体 10 の内蔵メモリに格納される。

30

【0040】

準備工程に引き続いて流量安定工程が行われる。

【0041】

流量安定工程では、まず、コントローラ 15C が、水頭 H に基づく水圧 P_H と、気圧センサ 12D から読み取った圧力 P_{12D} との和から、フィルタ面における圧力 P_{22} を算出する。次に、コントローラ 15C は、吸引ポンプ 12A の駆動により、フィルタ面における圧力 P_{22} を所定の値（測定圧力 P_M ）に調節する。その後、フィルタ面における圧力 P_{22} が測定圧力 P_M に調節された後、コントローラ 15C は、流出弁 13B を開くと同時に、タイマ 15B を ON にする。タイマ 15B は、時間の計測を開始する。

40

【0042】

貯留タンク 11 の水位が変化する場合にも、コントローラ 15C は、次のようにして、フィルタ面における圧力 P_{22} の調節を行う。まず、コントローラ 15C は、流量計 13C から水の流量 Q を、タイマ 15B から時間 T をそれぞれ読み込むとともに、時間 T の範囲における水の流量 Q の積分値から、水位の変化量 H を算出する。さらに、コントローラ 15C は、水位の変化量 H 、及び気圧センサ 12D から読み取った圧力 P_{12D} に基づいて、最新のフィルタ面における圧力 P_{22} を算出する。そして、コントローラ 15C は、最新の圧力 P_{22} に基づいて、吸引ポンプ 12A の駆動により、フィルタ面における

50

圧力 P_{22} を所定の値（測定圧力 P_M ）に調節する。これにより、貯留タンク 11 の水位が変化する場合にも、フィルタ面における圧力 P_{22} を所定の値（測定圧力 P_M ）に調節することができる。

【0043】

次に、コントローラ 15C は、流量計 13C から水の流量 Q を読み取るとともに、タイマ 15B から時間 T を読み取る。さらに、コントローラ 15C は、読み取った水の流量 Q が、所定の時間一定である場合（図 3 参照）には、流量安定状態であると判定する。そして、流量安定状態であると判定されると、流量安定工程が終了する。

【0044】

流量安定工程に引き続いて測定工程が行われる。

10

【0045】

コントローラ 15C は、測定工程においても、流量安定工程と同様に、フィルタ面における圧力 P_{22} を所定の値（測定圧力 P_M ）に調節する。さらに、コントローラ 15C は、流量計 13C から水の流量 Q を読み取る。そして、コントローラ 15C は、読み取った水の流量 Q と、測定圧力 P_M とを、次に示す式 1 へ代入することにより、透水係数 k を求める。ここで、 r は、メッシュ 22 の半径である。

$$(式1) \quad k = Q \cdot (4 \cdot P_M) / (\quad \cdot r)$$

【0046】

コントローラ 15C は、求めた透水係数 k を記憶部 15A へ格納する。求められた透水係数 k とともに、測定圧力 P_M 、水の流量 Q 、時間 T や、GPS 14C から読み取った位置情報を記憶部 15A へ格納してもよい。

20

【0047】

このように、浸入計 2 によれば、マリOTT管を用いずに、土壌 7 の透水係数 k を測定することができる。すなわち、浸入計 2 によれば、マリOTT管に起因する課題（負圧を高精度で維持することの困難性及び水頭 H を高精度で測定できないことの困難性）を回避することができる。したがって、浸入計 2 によれば、従来に比べて、高い精度で、土壌 7 の透水係数 k を測定することができる。

【0048】

また、従来の負圧浸入計 100（図 9 参照）を用いた場合、流量安定状態の判定や、下降状態の水位の読み取りは、オペレータの熟練度によって左右される。一方、浸入計 2 は、水の流量 Q を検知可能な流量計 13C を有するため、オペレータの熟練度に関わらず、流量安定状態の判定や、下降状態の水位の読み取りを高精度に行うことができる。したがって、浸入計 2 によれば、土壌 7 の透水係数 k を、高精度にかつ簡単に測定することができる。

30

【0049】

加えて、浸入計 2 は、読み取った水の流量 Q 及び貯留タンク 11 内の圧力 P_{12D} に基づいて、土壌 7 の透水係数 k を算出可能である。このような浸入計 2 は、従来に比べて、簡単に測定を行うことができる。

【0050】

さらに、浸入計 2 によれば、流量安定工程から測定工程までを自動で行うことができるため、一人のオペレータでも、複数の地点についての透水係数 k の測定を同時に行うことができる。また、浸入計 2 は、電源 16 を内蔵するため、屋外での測定も可能となる。

40

【0051】

次に、図 4 に、透水係数の測定方法における水の流量 Q の推移を示すグラフを示す。そして、図 4 の測定圧力 P_M は、図 3 の測定圧力 P_M よりも、小さい。図 3 ~ 4 に示すように、測定圧力 P_M の小さい測定では、流量安定工程に要する時間が長くなってしまふ。そこで、流量安定工程において、開始時の貯留タンク 11 内の圧力を測定圧力 P_M よりも低く設定し、完了時の貯留タンク 11 内の圧力は測定圧力 P_M となるように、貯留タンク 11 内の圧力を増加させる。これにより、流量安定工程における圧力 P_M は流量安定状態に近づくように増加することとなるため、流量安定工程に要する時間を短縮することができ

50

る。なお、流量安定工程における圧力 P_M を漸増させることが好ましい。

【0052】

また、貯留タンク 11 内の圧力が過度に小さい場合には、土壌 7 に含まれるガスが吸引されて、フィルタ 20 内に取り込まれる結果、測定対象である土壌本来の構造が変わってしまう。このようにして構造が変わってしまった土壌 7 について透水係数 k を測定しても、その測定結果が意義のないものになってしまう場合もある。浸入計 2 は、圧力センサ 24 を有するため、土壌 7 からのガスが閉空間 27 内に取り込まれたか否かを判定することができる。したがって、浸入計 2 によれば、構造が変わってしまった土壌 7 についての測定、すなわち、意義のない測定を未然に回避することができる。

【0053】

上記実施形態では、流量安定工程の後に、測定工程を行ったが、本発明はこれに限られず、測定工程の後に、2 回目の流量安定工程及び 2 回目の測定工程を順次行ってもよい。この場合、1 回目の流量安定工程及び 1 回目の測定工程における測定圧力 P_M の値を P_{M1} とし、2 回目の流量安定工程及び 2 回目の測定工程における測定圧力 P_M の値を P_{M2} とする場合、 P_{M2} は、 P_{M1} よりも大きい（図 5 ~ 6 参照）。3 回目の流量安定工程及び 3 回目の測定工程の測定圧力 P_M の値 P_{M3} をとるときに、 P_{M3} は、 P_{M3} よりも大きい。すなわち、流量安定工程及び測定工程を複数回行う場合には、回を重ねるにつれて、測定圧力 P_M を大きくしてもよい。なお、2 回目以降の流量安定工程及び測定工程は、1 回目の流量安定工程及び 1 回目の測定工程が行われた地点でそのまま行ってよい。

【0054】

なお、コントローラ 15C は、記憶部 15A に格納された、水の流量 Q 、時間 T に基づいて、図 3 に示すようなグラフをモニタ 14B へ出力してもよい。これにより、モニタ 14B におけるグラフの出力は、流量安定工程中や、測定工程中のいずれでも可能である。これにより、オペレータは、モニタ 14B に出力されたグラフから、流量安定工程や、測定工程が適正に行われているか否かを判定することができる。なお、タイマは時計であってもよい。そして、コントローラ 15C は、時計から読み取った測定時刻と、GPS 14C から読み取った位置情報とに基づいて、測定時刻・測定位置の観点で分析が可能となる。

【0055】

なお、上記実施形態では、流量安定工程の完了及び測定工程の開始をコントローラ 15C が制御したが、本発明はこれに限られず、コントローラ 15C の制御に代えてマニュアルで操作してもよい。すなわち、オペレータは、モニタ 14B に出力されたグラフから、流量安定状態であるか否かを判定する。そして、流量安定状態であると判定した場合には、操作ボタン 14A の操作により、流量安定工程を完了するとともに、測定工程を開始することもできる。

【0056】

上記実施形態の準備工程に代えて、次の準備工程を行ってもよい。まず、流出弁 13B が閉じた状態で、給水弁 11Y から貯留タンク 11 に水を供給する。その後、コントローラ 15C は、圧力調節部 12 を制御して、圧力 P_{22} を所定の値（準備圧力 P_R ）に調節する。ここで、準備圧力 P_R は、測定圧力 P_M よりも低い、又は、測定圧力 P_M と等しい。貯留タンク 11 内の圧力が準備圧力 P_R になった後、コントローラ 15C は、流出弁 13B を開く。これにより、貯留タンク 11 に貯留する水は、チューブ 30 を通って、フィルタ 20 へ流れ込む。チューブ 30 から流れ出た水は、フィルタ 20 の閉空間 27 に水が流れ込む。コントローラ 15C は、圧力センサ 24 を読み取るとともに、圧力センサ 24 から読み取った圧力値に基づいて、閉空間 27 に水が充てんされたか否かを判定する。例えば、圧力値が所定の目標圧力値に達した場合に、閉空間 27 に水が充てんされたと判定してもよい。ここで、バルブ 23B が開いている場合には、圧力センサ 24 から排出口 23X までの水頭に対応する圧力を所定の目標圧力値とすればよい。コントローラ 15C は、閉空間 27 に水が充てんされたと判定されるまで、流出弁 13B を開く。閉空間 27 に水が充てんされたと判定されると、準備工程が終了する。これにより、準備工程を自動化

10

20

30

40

50

することが可能となる。

【0057】

なお、準備工程において、コントローラ15Cが、水平器51、52のいずれもが「水平」を検知しているか否かを判定する。そして、コントローラ15Cが水平器51、52のいずれもが「水平」を検知していると判定したことを、測定工程の開始条件に含めてもよい。

【0058】

なお、上記実施形態では、コントローラ15Cにより、バッファタンク12C内の圧力 P_{12D} を負圧に調節したが、圧力 P_{12D} を大気圧以上に調節してもよい。この場合には、吸引ポンプ12Aの代わりに、貯留タンク11内へ気体を供給する吸気吸引ポンプを用いてもよい。また、上記実施形態では、試料として土壌を用いたが、土壌以外のものにも適用可能である。さらに、上記実施形態では、試料の透水係数を測定したが、試料について、水以外の液体の浸透係数を測定することもできる。

10

【0059】

次に、上記の実施形態（浸入計2）とは別の実施形態（浸入計4）について説明する。浸入計4での説明では、浸入計2と異なる部分についてのみ説明し、浸入計2と同一の部品等については、同一の符号を付し、その詳細の説明は省略する。図7Aに示すように、浸入計4は、土壌7の透水係数を測定するためのものであり、装置本体10と、土壌7の表面に載置されるフィルタ60と、装置本体10及びフィルタ20をつなぐチューブ30とを備える。貯留タンク11の吸引開口11Xには、吸引弁11Bが設けられる。

20

【0060】

フィルタ60は、リング61と、リング61の一端側の開口に充てんされるメッシュ62と、リング61の他端側の開口を塞ぐ密閉蓋63と、圧力センサ64と、を有する。チューブ30から送り出された水は、リング61、メッシュ62、及び密閉蓋63によって形成された閉空間67へ流れる。そして、この閉空間67にある水は、メッシュ62を通り抜けて土壌7の表面へ到達する。圧力センサ64は、この閉空間67内における圧力を検知する。

【0061】

また、密閉蓋63は、蓋本体63Aと、蓋本体63Aに設けられたバルブ63Bとを有する。バルブ63Bは、閉空間67を外部に連通する状態と、閉空間67を外部から遮断する状態との間で遷移自在である。バルブ63Bの開閉操作は、閉空間67を外部へ開放する場合や、閉空間67の水を外部へ流出する場合等に行われる。蓋本体63Aは、錐台状に形成され上方に向かって起立した姿勢の錐台部63AXと、錐台部63AXからまっすぐ伸びた直管部63AYとを有する。そして、直管部63AYの上端には、排出口63Xが開口する。直管部63BXは、上下方向において、その内径が一定である。また、錐台部63AXは、リング61から遠ざかるにしたがって、内径が次第に小さくなる。すなわち、錐台部63AXの内壁面は、閉空間67に存在する泡を、直管部63へ案内することができる。また、チューブ30のうち、閉空間67にて開口する開口端は、開口が横向き、または下向きとなることが好ましい。

30

【0062】

また、メッシュ62から直管部63の排出口63Xまでの高さ H_0 は、コントローラ15Cの内蔵メモリに予め格納されている。

40

【0063】

次に、浸入計4における準備工程について説明する。

【0064】

準備工程では、まず、水平器52が「水平」を指すように、測定対象の土壌7の表面にフィルタ60を載置する。同様にして、水平器51が「水平」を指すように、装置本体10を載置する。そして、装置本体10とフィルタ60とをチューブ30でつなぐ。そして、操作パネル14の操作により、装置本体の電源を投入する。

【0065】

50

その後の準備工程では、次に述べる貯留工程と液体供給工程とがこの順で行われる。

【0066】

貯留工程では、流出弁13Bが閉じられるとともに、給水弁11Y、吸引弁11B及びバルブ63Bが開かれる。これにより、給水弁11Yからの水が貯留タンク11に貯留する。貯留工程におけるバッファタンク12C内の圧力 P_{12D} は、外部の圧力（すなわち、大気圧）に等しい。コントローラ15Cは、貯留工程におけるバッファタンク12C内の圧力 P_{12D} を内蔵メモリに格納する。

【0067】

液体供給工程では、操作ボタン14Aからの操作信号を受信したコントローラ15Cは、給水弁11Y及び吸引弁11Bを閉じた後、流出弁13Bを開く。これにより、貯留タンク11に貯留する水は、チューブ30を通して、フィルタ20へ流れ込む。チューブ30から流れ出た水は、フィルタ20の閉空間27に水が流れ込む（図7B参照）。そして、コントローラ15Cは、水が排出口63Xからあふれ出るまで流出弁13Bを開きつづける。このとき、コントローラ15Cは、流量計13Cからのセンシング信号を読み取って、流量計13Cが検知した水の流量 Q が「0」となったか否かを判定する。そして、さらに、コントローラ15Cが水の流量 Q が「0」となったと判定した場合には、コントローラ15Cはバルブ63Bを閉じる。

【0068】

ここで、貯留タンク11からフィルタ60への水の流れが止まった状態において、フィルタ面における圧力 P_{22} は、排出口63Xから貯水タンク11における水面までの高さ H_0 に起因する圧力と、外部の圧力（すなわち、大気圧）との和に等しいといえる。その後、コントローラ15Cは、水頭 H_0 から当該水頭 H_0 に基づく水圧 P_{H_0} を算出する。また、大気圧は、貯留工程にて、コントローラ15Cの内蔵メモリに格納されている。こうして、コントローラ15Cは、算出した圧力 P_{H_0} と大気圧との和を算出することにより、フィルタ面における圧力 P_{22} を得ることができる。これにより、準備工程が終了する。

【0069】

前述のとおり、算出した圧力 P_{H_0} と、大気圧との和が、フィルタ面における圧力 P_{22} となるため、メジャー等を用いて水位 H_B を逐一測定しなくとも、準備工程におけるフィルタ面における圧力 P_{22} を算出することができる。そして、その後、前述の流量安定工程や測定工程を行うことにより、浸透係数を測定することができる。

【0070】

ところで、吸引ポンプ12Aを駆動する際、吸引ポンプ12Aの駆動に起因して、空気の流れに脈動が発生することがある。この脈動に起因した貯留タンク11内の圧力変動を防ぐためには、まず、吸引ポンプ12A及びバッファタンク12Cの間に設けられた弁12Gを開きつつ、吸引弁11B、排気弁12Eを閉じた状態で、吸引ポンプ12Aを駆動し、バッファタンク12C内の気圧が、貯留タンク11の気圧よりも低くなるようにする。その後、弁12Gを閉じ、次に、吸引弁11Bを開く。これにより、貯留タンク11の気圧よりも低いバッファタンク12Cが貯留タンク11と連通するため、貯留タンク11の圧力が緩やかに低下する。これにより、貯留タンク11の水面の変動を抑えつつ、貯留タンク11の圧力を所望のものに調節することができる。

【0071】

一方、バッファタンク12C内の圧力を、貯留タンク11内の圧力よりも高く、かつ大気圧よりも低いものとしてもよい。バッファタンク12C内の圧力が所望のものとなった場合、弁12Gを閉じ、その後吸引弁11Bを開く。これにより、貯留タンク11の気圧よりもやや高いバッファタンク12Cが貯留タンク11と連通するため、貯留タンク11の圧力が緩やかに増大する。したがって、貯留タンク11内を外部に直接開放する場合に比べ、貯留タンク11内の圧力変動を抑えつつ、当該圧力を増大させることができる。

【0072】

なお、上記の問題がない場合には、バッファタンク12Cは省略してもよい。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 3 】

図 8 A ~ 8 B に示すように、浸入計 4 は、フィルタ 6 0 に装着可能なフィルタキャップ 7 0 を備える。フィルタキャップ 7 0 は、メッシュ 6 2 の周縁部、すなわちリング 6 1 と係合する周縁係合環 7 1 と、周縁係合環 7 1 に連設された離隔正対板 7 2 と、を有する。離隔正対板 7 2 は、リング 6 1 が周縁係合環 7 1 と係合した場合（図 8 A 参照）に、メッシュ 6 2 から離れるように正対する。リング 6 1 には、らせん突起 6 1 T が、そして、周縁係合環 7 1 には、らせん溝 7 1 M が設けられる（図 8 B 参照）。らせん溝 7 1 M は、らせん突起 6 1 T と螺合可能である。リング 6 1 が周縁係合環 7 1 と螺合した場合（図 8 A 参照）には、周縁係合環 7 1 と離隔正対板 7 2 とによって、水の貯留空間 7 5 が形成される。

10

【 0 0 7 4 】

さらに、フィルタキャップ 7 0 は、貯留空間 7 5 と外部空間とを連通する連通流路 7 6 と、連通流路 7 6 の開閉を行う開閉弁 7 7 とを有することが好ましい。

【 0 0 7 5 】

次に、フィルタキャップ 7 0 の使用方法について説明する。

【 0 0 7 6 】

フィルタキャップ 7 0 の使用する場合には、以下の浸み込み工程を準備工程の前に行う。

【 0 0 7 7 】

浸み込み工程では、まず、開閉弁 7 7 を開き、連通流路 7 6 を介して貯留空間 7 5 へ水を供給する。これにより、貯留空間 7 5 が水で満たされる（図 8 B 参照）。貯留空間 7 5 が水で満たされた後、リング 6 1 と周縁係合環 7 1 とを係合させる（図 8 A 参照）と、メッシュ 6 2 の外側から水をしみこませることができる。このように、浸み込み工程により、水が十分に浸み込んだ、すなわち飽和状態のメッシュ 6 2 を得ることができる。浸み込み工程の後に、準備工程等を行うことにより、フィルタ面における圧力を精度よく測定することができる。

20

【 0 0 7 8 】

尚、本発明は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更を加え得ることは勿論である。

【 符号の説明 】

30

【 0 0 7 9 】

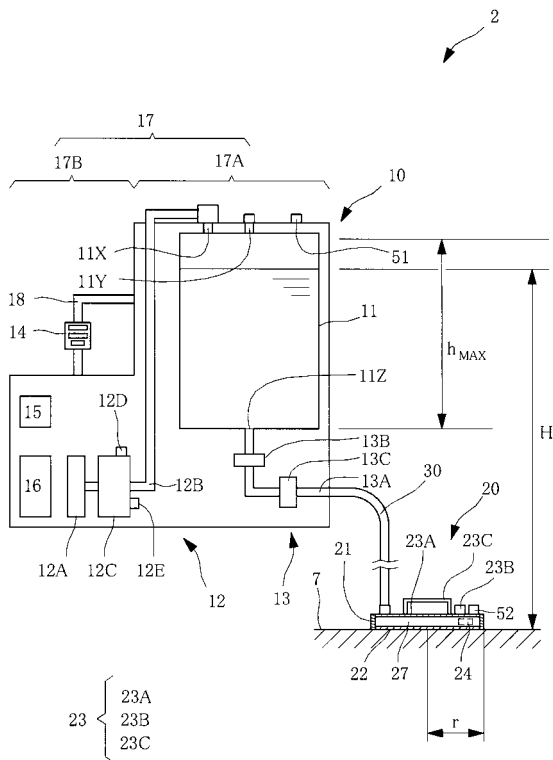
- 1 0 装置本体
- 1 1 貯留タンク
- 1 1 X 吸引開口
- 1 1 Y 給水弁
- 1 1 Z 流出開口
- 1 2 圧力調節部
- 1 2 A 吸引ポンプ
- 1 2 B 吸気管
- 1 2 C バッファタンク
- 1 2 D 減圧センサ
- 1 2 E 排気弁
- 1 3 水流出部
- 1 3 A 流出路
- 1 3 B 流出弁
- 1 3 C 流量計
- 1 4 操作パネル
- 1 4 A 操作ボタン
- 1 4 B モニタ
- 1 4 C G P S

40

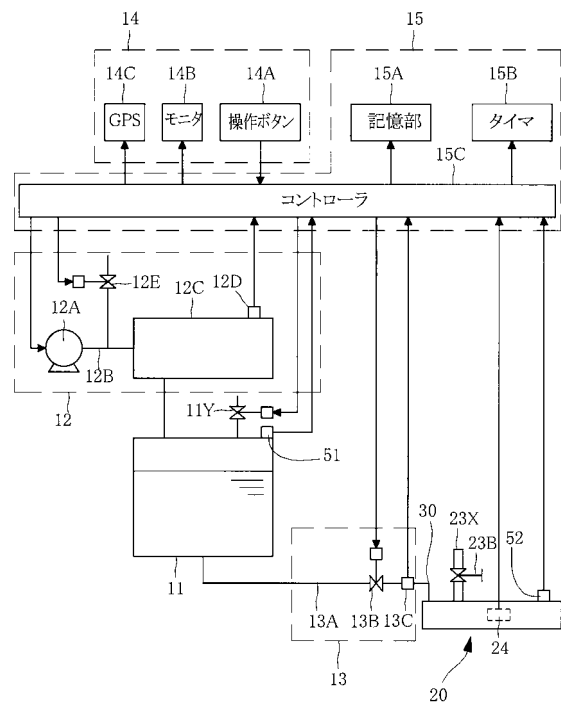
50

- 15 コントローラユニット
- 15A 記憶部
- 15B タイマ
- 15C コントローラ
- 16 電源
- 17 筐体
- 18 ハンドル
- 20 フィルタ
- 24 圧力センサ
- 30 チューブ

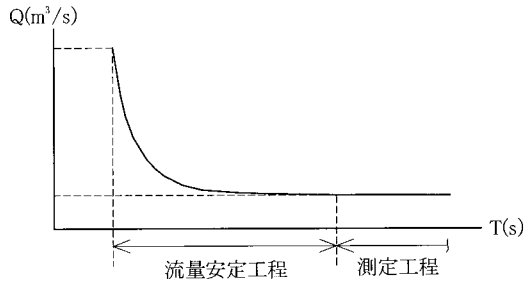
【 図 1 】



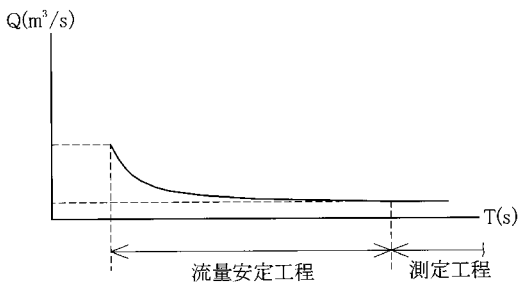
【 図 2 】



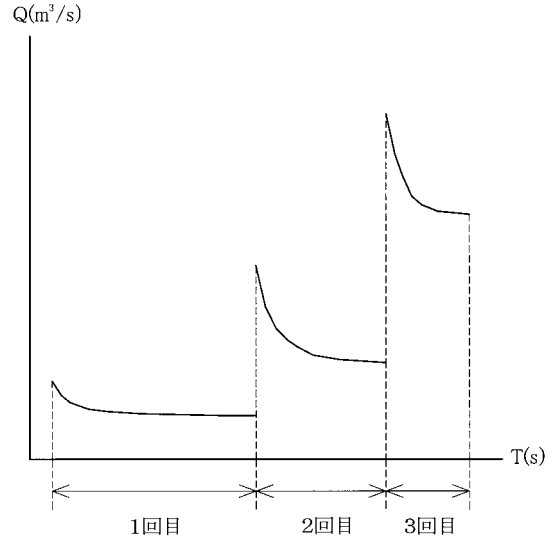
【 図 3 】



【 図 4 】



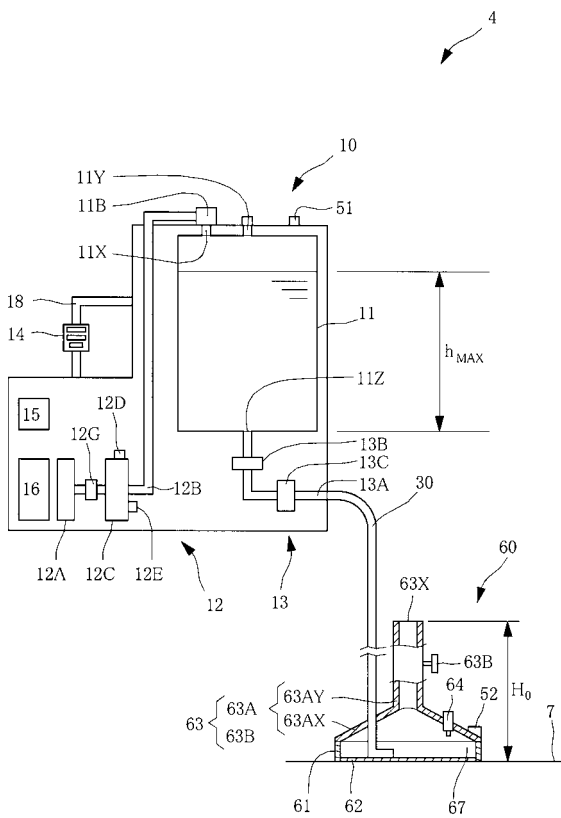
【 図 5 】



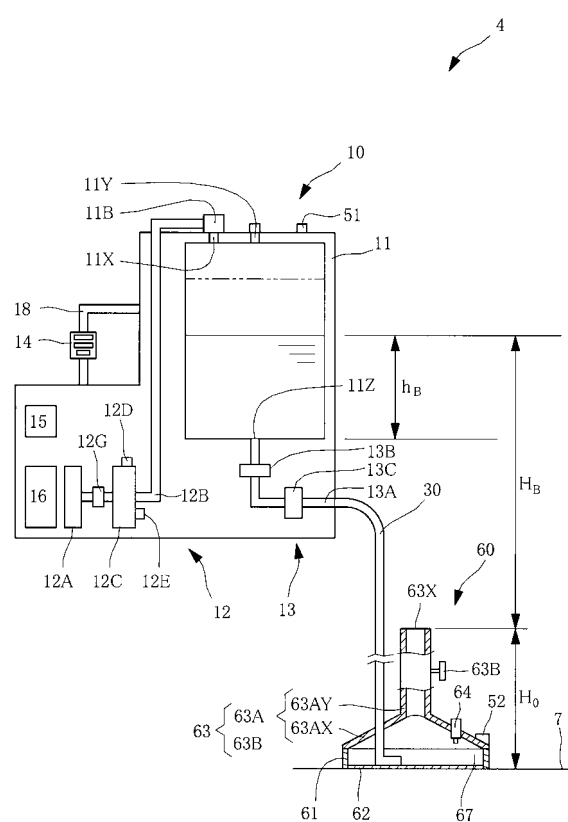
【 図 6 】

	測定圧力 P_M
1回目	P_{M1}
2回目	$P_{M2} (>P_{M1})$
3回目	$P_{M3} (>P_{M2})$

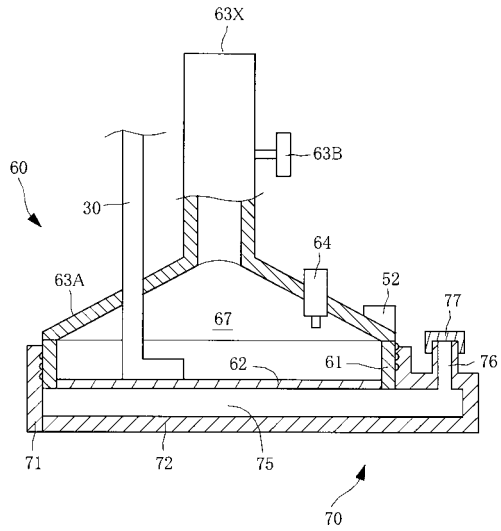
【 図 7 A 】



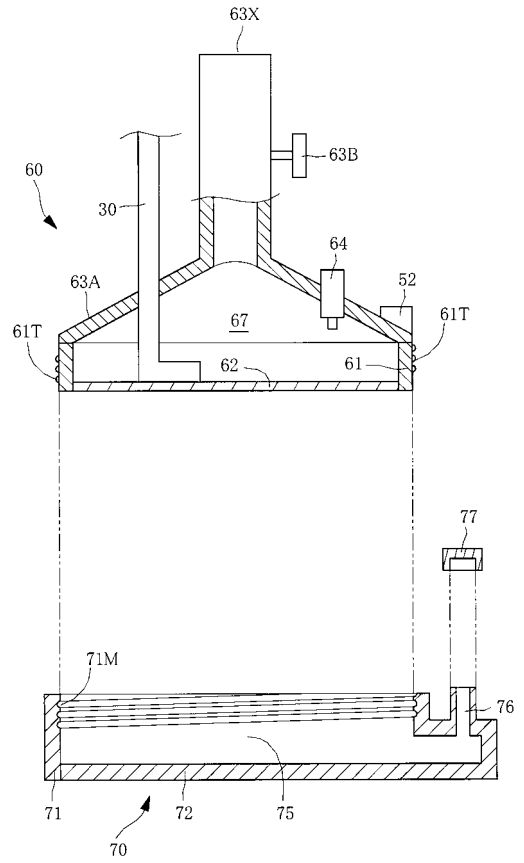
【 図 7 B 】



【 図 8 A 】



【 図 8 B 】



【 図 9 】

