

## 明 細 書

発明の名称：

### 二酸化炭素排出量低減方法および二酸化炭素排出量低減システム

#### 技術分野

[0001] 本発明は、二酸化炭素排出量低減方法および二酸化炭素排出量低減システムに関し、さらに詳しくは、内燃機関から排出される排気に含まれる二酸化炭素を効果的に低減できる二酸化炭素排出量低減方法および二酸化炭素排出量低減システムに関するものである。

#### 背景技術

[0002] 地球温暖化の抑制のため、建設工事において二酸化炭素（ $\text{CO}_2$ ）の排出量の低減が重要な課題になっている。施工で使用する発電機やディーゼルエンジンなどの内燃機関による二酸化炭素排出量が建設工事における二酸化炭素排出量の中で比較的大きな割合を占めている。そのため、建設工事では、内燃機関から排出される排気に含まれる二酸化炭素を低減することが重要になる。

[0003] 従来、自動車や船舶の内燃機関の排気を浄化するシステムとして、尿素SCRシステムが利用されているが、尿素SCRシステムは排気中の窒素酸化物（ $\text{NO}_x$ ）を浄化するシステムであり、排気に含まれる二酸化炭素を低減することはできない（例えば、特許文献1参照）。

#### 先行技術文献

##### 特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特開2012-240446号公報

#### 発明の概要

##### 発明が解決しようとする課題

[0005] 本発明の目的は、内燃機関から排出される排気に含まれる二酸化炭素を効果的に低減できる二酸化炭素排出量低減方法および二酸化炭素排出量低減システムを提供することにある。

### 課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため本発明の二酸化炭素排出量低減方法は、貯留槽に貯留しているアルカリ性溶液中に内燃機関から排出された排気を注入して、前記貯留槽の内側で前記アルカリ性溶液と前記排気とを接触させて、前記アルカリ性溶液と前記排気に含まれる二酸化炭素とを中和反応させることにより、前記排気に含まれる前記二酸化炭素を低減させ、その前記二酸化炭素を低減させた前記排気を前記貯留槽の排気口から排出することを特徴とする。

[0007] 上記目的を達成するため本発明の二酸化炭素排出量低減システムは、アルカリ性溶液が貯留された貯留槽と、内燃機関から排出された排気を前記貯留槽に貯留されている前記アルカリ性溶液中に注入する注入手段とを備え、前記貯留槽の内側で前記アルカリ性溶液と、前記注入手段によって注入された前記排気とが接触して、前記アルカリ性溶液と前記排気に含まれる二酸化炭素とが中和反応することにより、前記排気に含まれる前記二酸化炭素が低減し、その前記二酸化炭素が低減した前記排気が前記貯留槽の排気口から排出される構成であることを特徴とする。

### 発明の効果

[0008] 本発明によれば、内燃機関から排出される排気を貯留槽に貯留したアルカリ性溶液中に注入して、貯留槽の内側で排気に含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液とを中和反応させることにより、内燃機関から排出される排気に含まれる二酸化炭素を効果的に低減できる。さらに、排気に含まれる二酸化炭素の低減に使用するアルカリ性溶液は、二酸化炭素と中和反応させることで水素イオン濃度を低下させることができる。それ故、使用後のアルカリ性溶液も簡易に処理できる。

### 図面の簡単な説明

[0009] [図1]図1は、本発明の二酸化炭素排出量低減システムの実施形態を模式的に例示する説明図である。

[図2]図2は、図1の貯留槽を横断面視で模式的に例示する説明図である。

[図3]図3は、本発明の二酸化炭素排出量低減システムを構成する直列に連結

された複数の貯留槽とノッチタンクを模式的に例示する説明図である。

[図4]図4は、本発明の二酸化炭素排出量低減システムを構成する排気供給ラインを模式的に例示する説明図である。

[図5]図5は、本発明の二酸化炭素排出量低減システムを構成する溶液供給ラインを模式的に例示する説明図である。

[図6]図6は、本発明の二酸化炭素排出量低減システムにおけるアルカリ性溶液の水素イオン濃度の推移と、排気から吸収される二酸化炭素の累積吸収量の推移を例示するグラフ図である。

[図7]図7は、本発明の二酸化炭素排出量低減システムの別の実施形態を模式的に例示する説明図である。

[図8]図8は、本発明の二酸化炭素排出量低減システムのさらに別の実施形態を模式的に例示する説明図である。

[図9]図9は、本発明の二酸化炭素排出量低減システムのさらに別の実施形態を模式的に例示する説明図である。

### 発明を実施するための形態

[0010] 以下、本発明の二酸化炭素排出量低減方法および二酸化炭素排出量低減システムを図に示した実施形態に基づいて説明する。

[0011] 図1～図5に例示する本発明の二酸化炭素排出量低減方法および二酸化炭素排出量低減システム1は、内燃機関20から排出される排気Gに含まれる二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )を低減させる。内燃機関20としては、例えば、発電機やディーゼルエンジンなどが例示できる。本発明の二酸化炭素排出量低減システム1（以下、低減システム1という）は、例えば、陸上の工事で使用する発電機や建設機械が備えるディーゼルエンジンなどの内燃機関20に適用することができる。この低減システム1は、海洋の工事で使用する作業船が備える発電機やディーゼルエンジンなどの内燃機関20に適用することもできる。

[0012] 図1に例示するように、低減システム1は、アルカリ性溶液Aが貯留された貯留槽2と、内燃機関20から排出された排気Gを貯留槽2に貯留されて

いるアルカリ性溶液A中に注入する注入手段3とを備えている。この低減システム1では、貯留槽2の内側でアルカリ性溶液Aと、注入手段3によって注入された排気Gとが接触して、アルカリ性溶液Aと排気Gに含まれる二酸化炭素とが中和反応することにより、排気Gに含まれる二酸化炭素が低減する。そして、その二酸化炭素が低減した排気Gが貯留槽2の排気口2cから排出される構成になっている。図中では、排気Gの流れを白抜きの矢印で模式的に示し、アルカリ性溶液Aの流れを黒塗りの矢印で模式的に示している。

[0013] アルカリ性溶液Aとしては、水素イオン濃度がpH7より大きいアルカリ性であり、二酸化炭素と中和反応する溶液であれば、種々の溶液を使用することができる。具体的には、アルカリ性溶液Aとして、例えば、水酸化カルシウム溶液や水酸化ナトリウム溶液などを使用できる。水素イオン濃度が例えばpH8以上14以下、好ましくは水素イオン濃度がpH9以上14以下、より好ましくは水素イオン濃度がpH10以上14以下のアルカリ性溶液Aを使用するとよい。この実施形態では、解体工事などで発生するコンクリート廃材を破碎して得られる再生砕石Rを使用して、アルカリ性溶液A（水酸化カルシウム溶液）を生成する場合を例示する。

[0014] 図1に例示するように、貯留槽2は気密性を有する内空の容器である。この実施形態の貯留槽2は、上下方向に延在する円筒形状の筒状部を有し、筒状部の下方に下側に向かってテーパ状に縮径する縮径部を有している。貯留槽2の形状はこの実施形態の形状に限定されず、例えば、多角筒形状の貯留槽2を用いることもできる。

[0015] 貯留槽2の下部にはアルカリ性溶液Aが流入する流入口2aが設けられていて、流入口2aには連結管6が接続されている。貯留槽2の上部にはアルカリ性溶液Aが排出される排液口2dが設けられていて、排液口2dには連結管6が接続されている。排液口2dは貯留槽2に貯留されているアルカリ性溶液Aの液面付近に位置している。アルカリ性溶液Aは、後述する溶液供給ラインから貯留槽2（2X）の流入口2aに接続された連結管6を通して

貯留槽 2 の内側に流入し、貯留槽 2 に貯留されている液面付近のアルカリ性溶液 A が排液口 2 d に接続された連結管 6 へ流出する構成になっている。

[0016] この実施形態では、注入手段 3 として、貯留槽 2 の下部に注入口 2 b が設けられていて、注入口 2 b に通気管 5 が挿入されている。通気管 5 の先端部には注入ユニット 4 が連結されている。注入ユニット 4 は、貯留槽 2 の内側の下部に配置されている。貯留槽 2 の上部には排気 G が排出される排気口 2 c が設けられていて、排気口 2 c には通気管 5 が接続されている。排気口 2 c は、貯留槽 2 に貯留されているアルカリ性溶液 A の液面よりも上方に位置している。

[0017] 内燃機関 20 から排出された排気 G は、後述する排気供給ラインと注入口 2 b に挿入されている通気管 5 を通って注入ユニット 4 に供給され、その供給された排気 G が注入ユニット 4 によってアルカリ性溶液 A 中に注入される。そして、注入ユニット 4 から注入されてアルカリ性溶液 A 中を通過した排気 G が、排気口 2 c に接続された通気管 5 から排出される構成になっている。

[0018] 図 2 に例示するように、この実施形態の注入ユニット 4 は、複数の噴出ノズル 4 a と分岐管部 4 b とを有して構成されている。注入口 2 b に挿入されている通気管 5 の先端部に分岐管部 4 b が接続されている。分岐管部 4 b に複数の噴出ノズル 4 a が配設されている。通気管 5 から分岐管部 4 b に供給された排気 G が分岐管部 4 b によってそれぞれの噴出ノズル 4 a に分配され、それぞれの噴出ノズル 4 a から排気 G が噴出される。それぞれの噴出ノズル 4 a から排気 G が噴出されることにより、貯留槽 2 の内側でアルカリ性溶液 A 中に多数の排気 G の気泡が螺旋状に上昇する旋回流が発生する構成になっている。図 1 や図 3 では、一つの噴出ノズル 4 a から噴出される排気 G の気泡を模式的に比較的大きく図示しているが、実際にはそれぞれの噴出ノズル 4 a から細かな多数の排気 G が噴出されることで、アルカリ性溶液 A 中に非常に多くの排気 G の気泡が噴出された状態になる。

[0019] より詳しくは、この実施形態の分岐管部 4 b は、平面視で中央に通気管 5

の先端部に連結される連結部を有している。分岐管部 4 b はさらに、その中央に設けられた連結部から放射状に分岐する複数の分配管と、それぞれの分配管の外側に位置して、それぞれの分配管の外側端部が接続された環状管とを有している。環状管の周方向に等間隔に複数の噴出ノズル 4 a が配設されている。この実施形態では、それぞれの噴出ノズル 4 a は、貯留槽 2 の内側面に向けて排気 G を斜め上方向に噴出する向きで設置されている。注入ユニット 4 を構成する噴出ノズル 4 a の数や配置、噴出方向、分岐管部 4 b の形状などはこの実施形態に限定されず、他にも様々な構成にすることができる。

[0020] 図 1 に例示するように、貯留槽 2 の下部には、排気 G に含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液 A との中和反応によって生成された沈殿物 S を排出する排出管 1 1 が接続されている。排出管 1 1 には開閉可能な排出弁 1 2 が設けられている。この実施形態では、排気 G に含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液 A（水酸化カルシウム水溶液）との中和反応によって生成された炭酸カルシウムが沈殿物 S として貯留槽 2 の下部に沈殿した状態になる。

[0021] 貯留槽 2 には、貯留されているアルカリ性溶液 A の水素イオン濃度を測定する水素イオン濃度計 1 3 と、貯留槽 2 でアルカリ性溶液 A を通過した後の排気 G の二酸化炭素濃度を測定する二酸化炭素濃度測定器 1 4 が設けられている。さらに、貯留槽 2 の排気口 2 c に接続された通気管 5 に流入する排気 G の圧力を測定する圧力計 1 5 が設けられている。水素イオン濃度計 1 3、二酸化炭素濃度測定器 1 4、および圧力計 1 5 はそれぞれ、図 3 に例示する管理装置 4 0 に通信可能に接続されている。管理装置 4 0 は、コンピュータで構成される。水素イオン濃度計 1 3、二酸化炭素濃度測定器 1 4、および圧力計 1 5 によって測定されたそれぞれの測定データは管理装置 4 0 に随時送信され、送信されたそれぞれの測定データは管理装置 4 0 のモニタに表示される構成になっている。

[0022] 図 3 に例示するように、この実施形態では、3 つの貯留槽 2（2 X ～ 2 Z）を、排気 G が流れる通気管 5 と、アルカリ性溶液 A が流れる連結管 6 とを

介して直列に接続した構成にしている。それぞれの貯留槽 2 X～2 Z の構造と、それぞれの貯留槽 2 X～2 Z に設けられている注入手段 3 の構成は同じである。それぞれの貯留槽 2 X～2 Z に、水素イオン濃度計 1 3、二酸化炭素濃度測定器 1 4 および圧力計 1 5 が設けられていて、それぞれの測定データが管理装置 4 0 に随時送信される構成になっている。

[0023] 上流側（内燃機関 2 0 側）の貯留槽 2 X の排気口 2 c に接続されている通気管 5 の下流側端部は、下流側の貯留槽 2 Y に設けられた注入ユニット 4 に接続されている。上流側の貯留槽 2 X の排液口 2 d に接続されている連結管 6 の下流側端部は、下流側の貯留槽 2 Y の流入口 2 a に接続されている。貯留槽 2 Y の排気口 2 c に接続されている通気管 5 の下流側端部は、さらに下流側の貯留槽 2 Z に設けられた注入ユニット 4 に接続されている。貯留槽 2 Y の排液口 2 d に接続されている連結管 6 の下流側端部は、下流側の貯留槽 2 Z の流入口 2 a に接続されている。

[0024] 最も下流側の貯留槽 2 Z の排気口 2 c には排気管 7 が接続されていて、貯留槽 2 Z の排気口 2 c から排出された排気 G は、二酸化炭素を低減した処理済み排気 G P として排気管 7 を介して大気に排出される構成になっている。最も下流側の貯留槽 2 Z の排液口 2 d には連結管 6 が接続されていて、その連結管 6 の下流側端部は、ノッチタンク 1 7 の上流側の流入口に接続されている。ノッチタンク 1 7 に流入したアルカリ性溶液 A はノッチタンク 1 7 の下流側の流出口に接続された排液管 9 から中和処理された処理済み溶液 A P として放流される構成になっている。

[0025] 図 4 に例示するように、内燃機関 2 0 から排出された排気 G を注入手段 3 に供給する排気供給ラインでは、内燃機関 2 0 の下流側に通気管 5 を介してマニホールド 2 1 が接続されている。内燃機関 2 0 から排出された排気 G は通気管 5 を通ってマニホールド 2 1 に流入する。この実施形態では、複数の内燃機関 2 0 がそれぞれ通気管 5 を介してマニホールド 2 1 に接続されていて、複数の内燃機関 2 0 から排出された排気 G がマニホールド 2 1 に集約される構成になっている。

- [0026] マニホールド 2 1 の下流側に通気管 5 を介して集塵装置 2 2 が接続されている。集塵装置 2 2 は、排気 G に含まれる粉塵を除去する装置である。集塵装置 2 2 の下流側に通気管 5 を介して圧送装置 2 4 が接続されている。集塵装置 2 2 と圧送装置 2 4 との間には、排気 G を除熱する除熱槽 2 3 が設けられている。
- [0027] 除熱槽 2 3 には冷却水 CW が貯留されていて、集塵装置 2 2 と圧送装置 2 4 とを接続する通気管 5 の中途部分が除熱槽 2 3 に貯留された冷却水 CW の中に沈められている。除熱槽 2 3 には新たな冷却水 CW を除熱槽 2 3 に供給する供給管と、除熱槽 2 3 に貯留されている冷却水 CW を排出する排水管とが接続されていて、冷却水 CW が入れ替わることで、除熱槽 2 3 に貯留される冷却水 CW の温度が所定の温度以下に維持される構成になっている。
- [0028] 集塵装置 2 2 から排出された排気 G は除熱槽 2 3 で除熱された後に、通気管 5 を通って圧送装置 2 4 に吸気される。圧送装置 2 4 は、注入手段 3 に排気 G を圧送する装置であり、真空ポンプなどの気体用ポンプで構成される。圧送装置 2 4 の下流側に通気管 5 を介して注入ユニット 4 が接続されていて、圧送装置 2 4 によって圧送された排気 G が注入ユニット 4 に供給される構成になっている。
- [0029] 図 5 に例示するように、アルカリ性溶液 A を貯留槽 2 に供給する溶液供給ラインでは、上流側にアルカリ性溶液 A を生成する溶液生成槽 3 0 が設けられている。この実施形態では、溶液生成槽 3 0 に水 W が供給されるとともに、所定時間毎に再生砕石 R が投入される構成になっている。溶液生成槽 3 0 には攪拌機 3 1 が設けられている。溶液生成槽 3 0 の上部には、生成されたアルカリ性溶液 A が流出する流出口が設けられている。溶液生成槽 3 0 の下部には、アルカリ性溶液 A の生成に使用されて中性化した処理済みの再生砕石 R P が排出される排出口が設けられている。
- [0030] 溶液生成槽 3 0 の下流側には、溶液生成槽 3 0 で生成されたアルカリ性溶液 A が一時的に貯留される原水水位調整槽 3 2 が設けられている。溶液生成槽 3 0 の流出口と原水水位調整槽 3 2 は連結管 6 で接続されていて、溶液生

成槽 30 で生成されたアルカリ性溶液 A が連結管 6 を通って原水水位調整槽 32 に流入する。

[0031] 原水水位調整槽 32 には水素イオン濃度計 13 が設けられていて、その水素イオン濃度計 13 で測定された水素イオン濃度の測定データは随時、管理装置 40 に送信される。原水水位調整槽 32 の上部にはアルカリ性溶液 A が流出する流出口が設けられている。原水水位調整槽 32 の下流側に貯留槽 2X が設けられていて、原水水位調整槽 32 の流出口と貯留槽 2X の流入口 2a とが連結管 6 で接続されている。原水水位調整槽 32 の流出口は、貯留槽 2X の流入口 2a よりも高い位置に配置されている。

[0032] 原水水位調整槽 32 に貯留されているアルカリ性溶液 A の液面と、それぞれの貯留槽 2X～2Z に貯留されているアルカリ性溶液 A の液面と、ノッチタンク 17 に貯留されているアルカリ性溶液 A の液面は、同じ高さに設定されている。

[0033] 次に、この低減システム 1 を用いた二酸化炭素排出量低減方法を説明する。

[0034] 図 5 に例示するように、溶液供給ラインでは、溶液生成槽 30 に水 W が供給されるとともに再生砕石 R が投入される。再生砕石 R は、溶液生成槽 30 の下部に溜まった状態となる。溶液生成槽 30 に供給する水 W として、施工現場の海水や河川水、地下水、水道水などを利用することができる。攪拌機 31 によって溶液生成槽 30 に貯留されている水 W が攪拌されることで、再生砕石 R に含まれる水酸化カルシウムが水 W に溶解し、アルカリ性溶液 A（水酸化カルシウム溶液）が生成される。再生砕石 R に含まれる水酸化カルシウムが水 W に溶解することで、溶液生成槽 30 の下部に溜まった再生砕石 R は中性化する。アルカリ性溶液 A の生成に使用されて中性化した処理済みの再生砕石 R P は、溶液生成槽 30 の下部に設けられた排出口から排出して回収する。

[0035] 溶液生成槽 30 で生成されたアルカリ性溶液 A は、溶液生成槽 30 の流出口に接続された連結管 6 を通って、原水水位調整槽 32 に流入し、原水水位

調整槽 3 2 に貯留される。原水水位調整槽 3 2 では、水素イオン濃度計 1 3 によって貯留されているアルカリ性溶液 A の水素イオン濃度を測定し、その測定結果に基づいて、溶液生成槽 3 0 に投入する再生砕石 R の投入量を調整する。原水水位調整槽 3 2 に貯留されるアルカリ性溶液 A の水素イオン濃度が、例えば、pH 8 以上 1 4 以下、好ましくは pH 9 以上 1 4 以下、より好ましくは pH 1 0 以上 1 4 以下になるように、溶液生成槽 3 0 に投入する再生砕石 R の投入量を調整するとよい。原水水位調整槽 3 2 に貯留されているアルカリ性溶液 A は、原水水位調整槽 3 2 の流出口に接続された連結管 6 を通って、貯留槽 2 X の流入口 2 a から貯留槽 2 X の内側に流入する。溶液生成槽 3 0 では、原水水位調整槽 3 2 に貯留されているアルカリ性溶液 A の液面位置を、予め設定した所定高さに維持するように、原水水位調整槽 3 2 に供給するアルカリ性溶液 A の流量を調整する。

[0036] 図 4 に例示するように、排気供給ラインでは、対象となる内燃機関 2 0 が稼働すると、それぞれの内燃機関 2 0 から排出された排気 G が通気管 5 を通ってマニホールド 2 1 に流入する。マニホールド 2 1 で集約された排気 G は、通気管 5 を通って集塵装置 2 2 に流入し、集塵装置 2 2 によって排気 G に含まれる粉塵が除去される。

[0037] 集塵装置 2 2 で粉塵が除去された排気 G は、除熱槽 2 3 に貯留された冷却水 CW の中に沈められている通気管 5 を通ることで除熱され、除熱された排気 G が圧送装置 2 4 に吸気される。除熱槽 2 3 の冷却水 CW として、建設工事の現場の海水や河川水、地下水、水道水、工業用水などを利用することができる。圧送装置 2 4 に吸気された排気 G は、圧送装置 2 4 によって貯留槽 2 X に設けられた注入手段 3 に圧送される。

[0038] 図 1 ～ 3 に例示するように、貯留槽 2 X では、圧送装置 2 4 によって圧送された排気 G が、注入手段 3 によって貯留槽 2 X に貯留されているアルカリ性溶液 A 中に注入される。この実施形態では、圧送装置 2 4 によって圧送された排気 G が注入ユニット 4 の分岐管部 4 b に流入し、その分岐管部 4 b に流入した排気 G がそれぞれの噴出ノズル 4 a から噴出される。それぞれの噴

出ノズル4 aから排気Gが噴出されることにより、貯留槽2 Xの内側でアルカリ性溶液A中に多数の排気Gの気泡が螺旋状に上昇する旋回流が発生した状態となる。

[0039] そして、排気Gの気泡がアルカリ性溶液A中を螺旋状に上昇していく過程で、アルカリ性溶液Aと排気Gとが接触して、アルカリ性溶液Aと排気Gに含まれる二酸化炭素とが中和反応する。具体的には、アルカリ性溶液Aとして水酸化カルシウム溶液を使用する場合には、排気Gに含まれる二酸化炭素( $\text{CO}_2$ )と、水酸化カルシウム溶液に含まれる水( $\text{H}_2\text{O}$ )とが化学反応して炭酸( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )が生成される( $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{CO}_3$ )。さらに、その生成された炭酸( $\text{H}_2\text{CO}_3$ )と、水酸化カルシウム溶液に含まれる水酸化カルシウム( $\text{Ca(OH)}_2$ )とが化学反応して、炭酸カルシウム( $\text{CaCO}_3$ )が生成される( $\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ )。

[0040] この排気Gに含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液Aとの中和反応により、排気Gに含まれる二酸化炭素が低減する。アルカリ性溶液A中を通過して、二酸化炭素が低減した排気Gは、貯留槽2 Xの内側の上部に溜まった状態となる。図3に例示するように、貯留槽2 Xの内側の上部に溜まった排気Gは随時、貯留槽2 Xの排気口2 cに接続された通気管5を通して、下流側の貯留槽2 Yに設けられた注入手段3に流入する。

[0041] 溶液供給ラインによって、貯留槽2 Xの流入口2 aに新たなアルカリ性溶液Aが継続して供給されることで、排気Gに含まれる二酸化炭素と中和反応して水素イオン濃度が低下したアルカリ性溶液Aは、排気Gとともに貯留槽2 X内を上昇していく。そして、貯留槽2 Xの上部にまで上昇したアルカリ性溶液Aは、排液口2 dに接続されている連結管6を通して、下流側の貯留槽2 Yの下部に設けられた流入口2 aから貯留槽2 Yの内側に流入する。

[0042] 中和反応によって生成された沈殿物S(炭酸カルシウム)は、貯留槽2 Xの下部に沈降する。貯留槽2 Xの下部に溜まった沈殿物Sは、貯留槽2 Xに接続されている排出管11の排出弁12を適宜開いて、貯留槽2 Xの外部に排出して回収する。

- [0043] 下流側の貯留槽 2 Y には、上流側の貯留槽 2 X での中和反応で水素イオン濃度が低下したアルカリ性溶液 A が流入する。そして、上流側の貯留槽 2 X の排気口 2 c から排出された排気 G が下流側の貯留槽 2 Y に設けられた注入ユニット 4 の分岐管部 4 b に流入し、その分岐管部 4 b に流入した排気 G がそれぞれの噴出ノズル 4 a から噴出される。そして、上流側の貯留槽 2 X と同様に、それぞれの噴出ノズル 4 a から排気 G が噴出されることにより、下流側の貯留槽 2 Y の内側でアルカリ性溶液 A 中に多数の排気 G の気泡が螺旋状に上昇する旋回流が発生した状態となる。
- [0044] そして、排気 G の気泡がアルカリ性溶液 A 中を螺旋状に上昇していく過程で、アルカリ性溶液 A と排気 G とが接触して、アルカリ性溶液 A と排気 G に含まれる二酸化炭素とが中和反応する。この中和反応により、排気 G に含まれる二酸化炭素がさらに低減し、アルカリ性溶液 A の水素イオン濃度がさらに低下する。アルカリ性溶液 A 中を通過して、二酸化炭素がさらに低減した排気 G は、貯留槽 2 Y の内側の上部に溜まった状態となる。そして、その貯留槽 2 Y の内側の上部に溜まった排気 G は随時、貯留槽 2 Y の排気口 2 c に接続された通気管 5 を通って、さらに下流側の貯留槽 2 Z に設けられた注入手段 3 に流入する。
- [0045] 貯留槽 2 Y の流入口 2 a にアルカリ性溶液 A が継続して流入することで、排気 G に含まれる二酸化炭素と中和反応して水素イオン濃度がさらに低下したアルカリ性溶液 A は、排気 G とともに貯留槽 2 Y 内を上昇する。そして、貯留槽 2 Y の上部にまで上昇したアルカリ性溶液 A は排液口 2 d に接続されている連結管 6 を通って、さらに下流側の貯留槽 2 Z の下部に設けられた流入口 2 a から貯留槽 2 Z の内側に流入する。
- [0046] 中和反応によって生成された沈殿物 S は、貯留槽 2 Y の下部に沈降する。貯留槽 2 Y の下部に溜まった沈殿物 S は、貯留槽 2 Y に接続されている排出管 11 の排出弁 12 を適宜開いて、貯留槽 2 Y の外部に排出して回収する。
- [0047] 最も下流側の貯留槽 2 Z には、貯留槽 2 Y での中和反応で水素イオン濃度がさらに低下したアルカリ性溶液 A が流入して貯留された状態となる。そし

て、貯留槽 2 Y の排気口 2 c から排出された排気 G が貯留槽 2 Z に設けられた注入ユニット 4 の分岐管部 4 b に流入し、その分岐管部 4 b に流入した排気 G がそれぞれの噴出ノズル 4 a から噴出される。そして、貯留槽 2 Y と同様に、貯留槽 2 Z の内側でアルカリ性溶液 A 中に多数の排気 G の気泡が螺旋状に上昇する旋回流が発生した状態となり、アルカリ性溶液 A と排気 G に含まれる二酸化炭素とが中和反応する。

[0048] この中和反応により、排気 G に含まれる二酸化炭素がさらに低減し、アルカリ性溶液 A の水素イオン濃度がさらに低下する。アルカリ性溶液 A 中を通過して、二酸化炭素がさらに低減した排気 G は、貯留槽 2 Z の内側の上部に溜まった状態となる。そして、その貯留槽 2 Z の内側の上部に溜まった排気 G は随時、貯留槽 2 Z の排気口 2 c から排出され、二酸化炭素を低減した処理済み排気 G P として排気管 7 を介して大気に排出される。

[0049] 貯留槽 2 Z の流入口 2 a にアルカリ性溶液 A が継続して流入することで、排気 G に含まれる二酸化炭素と中和反応して水素イオン濃度がさらに低下したアルカリ性溶液 A は、排気 G とともに貯留槽 2 Z 内を上昇する。そして、貯留槽 2 Z の上部にまで上昇したアルカリ性溶液 A は排液口 2 d に接続されている連結管 6 を通って、ノッチタンク 17 に流入する。ノッチタンク 17 に流入したアルカリ性溶液 A は、ノッチタンク 17 において残存する沈殿物が除去され、中性化された処理済み溶液 A P として公共用水域や下水道などに放流される。

[0050] 中和反応によって生成された沈殿物 S は、貯留槽 2 Z の下部に沈降する。貯留槽 2 Z の下部に溜まった沈殿物 S は、貯留槽 2 Z に接続されている排出管 11 の排出弁 12 を適宜開いて、貯留槽 2 Z の外部に排出して回収する。

[0051] それぞれの水素イオン濃度計 13、二酸化炭素濃度測定器 14、および圧力計 15 によって測定された測定データは、管理装置 40 に随時送信され、管理装置 40 のモニタに表示される。低減システム 1 の管理者は、管理装置 40 のモニタに表示される測定データを確認することで、低減システム 1 の稼働状況を監視できる。

[0052] 図6に例示するグラフの左側の縦軸はアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度（pH）を示し、右側の縦軸は排気Gに含まれていた二酸化炭素の累積吸収量を示している。グラフの横軸のM0では、原水水位調整槽32に貯留されているアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度を示している。M1では貯留槽2Xに貯留されているアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度と、貯留槽2Xにおいて吸収された二酸化炭素の累積吸収量を示している。M2では貯留槽2Yに貯留されているアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度と、貯留槽2X、2Yにおいて吸収された二酸化炭素の累積吸収量を示している。M3では貯留槽2Zに貯留されているアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度と、貯留槽2X～2Zにおいて吸収された二酸化炭素の累積吸収量を示している。図6では、アルカリ性溶液Aの水素イオン濃度の推移を破線で示し、二酸化炭素の累積吸収量の推移を実線で示している。

[0053] 図6に示すグラフのように、それぞれの貯留槽2X～2Zでアルカリ性溶液Aと排気Gに含まれる二酸化炭素とが中和反応することで、排気Gに含まれる二酸化炭素の累積吸収量は増加していき、アルカリ性溶液Aの水素イオン濃度は低下していく。上流側の貯留槽2Xでは、アルカリ性溶液Aの水素イオン濃度が比較的高く、排気に含まれる二酸化炭素の割合も比較的高いため、アルカリ性溶液Aと排気Gに含まれる二酸化炭素との中和反応が比較的活発に進み、排気Gから吸収される二酸化炭素の量も比較的多くなる。また、アルカリ性溶液Aの水素イオン濃度も比較的大きく低下する。

[0054] 下流側の貯留槽2Y、2Zでは、排気Gに含まれる二酸化炭素の割合とアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度が徐々に低くなっていくため、上流側の貯留槽2Xと比較すると、排気Gから吸収される二酸化炭素の量は徐々に少なくなるが、最終的に処理済み排気GPとして放出される段階では、排気Gに含まれる二酸化炭素のほとんどが中和反応によって吸収された状態になる。また、アルカリ性溶液Aも、最終的に処理済み溶液APとして処理される段階では中和処理が完了し、中性に近い水素イオン濃度となる。

[0055] このように、本発明によれば、内燃機関20から排出される排気Gを貯留

槽 2 に貯留したアルカリ性溶液 A 中に注入して、貯留槽 2 の内側で排気 G に含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液 A とを中和反応させることにより、内燃機関 20 から排出される排気 G に含まれる二酸化炭素を効果的に低減できる。これにより、地球温暖化の要因となる温室効果ガスである二酸化炭素の排出量の低減に寄与できる。さらに、排気 G に含まれる二酸化炭素の低減に使用するアルカリ性溶液 A は、二酸化炭素と中和反応させることで水素イオン濃度を低下させることができる。それ故、使用後のアルカリ性溶液 A も簡易に処理できる。

[0056] 建設工事では、水素イオン濃度が比較的高いアルカリ性排水が多量に発生する。例えば、解体工事では多くのコンクリート廃材が生じるが、そのコンクリート廃材を破碎して得られる再生砕石はコンクリートと同様にアルカリ性である。そのため、中性化した再生砕石を生成する際には、多量のアルカリ性排水が発生する。また、建設工事では、セメントやモルタル、コンクリートの製造プラントや搬送設備の洗浄作業などにおいて、多量のアルカリ性排水（所謂、洗浄水、洗い水）が発生する。

[0057] 建設工事で発生するアルカリ性排水を処分する際には、アルカリ性排水の水素イオン濃度を pH 5.8～8.6 以下に調整する中和処理を行う必要がある。一般的にはアルカリ性排水に酸性の中和剤を添加することで中和処理を行っている。この低減システム 1 では、建設工事で発生するアルカリ性排水をアルカリ性溶液 A として活用することで、内燃機関 20 の排気 G に含まれる二酸化炭素を低減するとともに、アルカリ性排水の中和処理を行うことが可能である。

[0058] 発電機やディーゼルエンジンなどの内燃機関 20 の二酸化炭素排出量が、建設工事における二酸化炭素排出量の中で大きな割合を占めており、建設工事では多量のアルカリ性排水が発生する。そのため、建設工事で発生するアルカリ性排水を有効活用して内燃機関 20 の排気 G による二酸化炭素排出量を低減できる本発明の低減システム 1 は、建設工事を行う当業者にとって非常に有益である。

- [0059] 特に、この実施形態のように、コンクリート廃材を破碎して得られる再生砕石Rを使用してアルカリ性溶液Aを生成し、その生成したアルカリ性溶液Aを貯留槽2に貯留する構成にすると、アルカリ性の再生砕石Rをアルカリ性溶液Aの生成に有効活用しつつ、中性化した処理済みの再生砕石RPを製造できる。アルカリ性の再生砕石Rは、そのまま舗装材などとして使用すると、周囲の土壌の水素イオン濃度が高まる可能性があるため、用途が限定される。それに対して、中性化した処理済みの再生砕石RPは、より広い用途で利用することが可能になる。それ故、コンクリート廃材をより有効に活用することが可能になる。さらに、再生砕石Rを中性化する際に発生したアルカリ性排水を、アルカリ性溶液Aとして使用することで、内燃機関20の排気Gによる二酸化炭素排出量を低減するとともに、アルカリ性排水を中和処理できる。それ故、建設工事を行う当業者にとって非常に有益である。
- [0060] アルカリ性溶液Aとして、セメントやモルタル、コンクリートの製造プラントや搬送設備の洗浄作業などで発生するアルカリ性排水を使用する場合にも、アルカリ性排水をアルカリ性溶液Aとして有効活用して内燃機関20の排気Gによる二酸化炭素排出量を低減しつつ、アルカリ性排水を中和処理できる。洗浄作業で発生したアルカリ性排水を使用する場合には、アルカリ性排水に予め凝集剤を混合攪拌して、凝集した固形物を取り除く凝集処理を行い、その凝集処理後のアルカリ性排水をアルカリ性溶液Aとして原水水位調整槽32や貯留槽2に供給することが好ましい。
- [0061] 建設工事の現場ではセメントや石灰が余剰することが多いが、この低減システム1では、そのような余剰したセメントや石灰を用いてアルカリ性溶液Aを生成する構成にすることもできる。また、この低減システム1では、金属製錬の際に生じるスラグを用いてアルカリ性溶液Aを生成する構成にすることもできる。
- [0062] このように、本発明の低減システム1は、内燃機関20の排気Gによる二酸化炭素排出量を低減するだけでなく、建設工事で発生するアルカリ性排水やアルカリ性廃材を中和処理するシステムとしても機能する。それ故、こ

の低減システム 1 は建設工事を行う当業者にとって非常に有用である。

[0063] この実施形態では、貯留槽 2 の内部の下方に複数の噴出ノズル 4 a を配設し、それぞれの噴出ノズル 4 a から排気 G を噴出して、アルカリ性溶液 A 中に多数の排気 G の気泡が螺旋状に上昇する旋回流を発生させる構成にしている。この構成にすると、排気 G の気泡をアルカリ性溶液 A 中で真っ直ぐ上昇させる場合よりも、排気 G の気泡がアルカリ性溶液 A 中を通過し終えるまでの移動距離や所要時間をより長く確保できる。それ故、貯留槽 2 内で排気 G に含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液 A とをより効果的に中和反応させることができる。

[0064] また、注入手段 3 による排気 G の噴出位置と、貯留槽 2 に貯留しているアルカリ性溶液 A の液面との上下方向の離間距離を長くするほど、排気 G の気泡がアルカリ性溶液 A 中を通過し終えるまでの移動距離や所要時間を長く確保できるが、その反面、アルカリ性溶液 A 中に排気 G を注入するのに必要な圧送圧力は高くなる。圧送装置 2 4 は、排気 G の圧送圧力を高くするほど消費電力が多くなり、圧送装置 2 4 に電力を供給する発電機などの二酸化炭素の排出量は多くなる。

[0065] その点、この実施形態のように、アルカリ性溶液 A 中に多数の排気 G の気泡が螺旋状に上昇する旋回流を発生させる構成にすると、注入手段 3 による排気 G の噴出位置と、アルカリ性溶液 A の液面との上下方向の離間距離を比較的短くしつつ、排気 G の気泡がアルカリ性溶液 A を通過し終えるまでの移動距離や所要時間を長く確保することが可能になる。それ故、圧送装置 2 4 による排気 G の圧送圧力を比較的低く設定することが可能になり、圧送装置 2 4 による消費電力を低減するにも有利になる。それ故、二酸化炭素排出量を低減するにはより有利になる。

[0066] この実施形態のように、複数の貯留槽 2 (2 X ~ 2 Z) を、排気 G が流れる通気管 5 と、アルカリ性溶液 A が流れる連結管 6 とを介して直列に接続した構成にすると、排気 G を複数の貯留槽 2 に貯留されたアルカリ性溶液 A 中を通過させることで、排気 G に含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液 A とを

より効果的に中和反応させることができる。それ故、内燃機関 20 から排出される排気 G に含まれる二酸化炭素を低減するにはより有利になる。また、排気 G とともにアルカリ性溶液 A を上流側の貯留槽 2 から下流側の貯留槽 2 に流動させていくことで、アルカリ性溶液 A をより有効に活用できる。さらに、それぞれの貯留槽 2 でアルカリ性溶液 A を排気 G に含まれる二酸化炭素と中和反応させることで、アルカリ性溶液 A の中和処理を進めるにも有利になる。

[0067] この実施形態のように、原水水位調整槽 32 とそれぞれの貯留槽 2 (2X ~ 2Z) に貯留されるアルカリ性溶液 A の液面位置の高さを一致させた構成にすると、原水水位調整槽 32 と貯留槽 2 とを接続する連結管 6 や、貯留槽 2 どうしを連結する連結管 6 にポンプなどの動力を設けずとも、サイフンの原理を利用することで、原水水位調整槽 32 から最も下流側の貯留槽 2 Z までアルカリ性溶液 A を自然に流動させることが可能になる。それ故、二酸化炭素排出量を低減するにはより一層有利になる。また、簡易な構成でありながら、それぞれの貯留槽 2X ~ 2Z に貯留されるアルカリ性溶液 A の量を一定に維持することが可能になる。

[0068] 本発明の低減システム 1 は図 7 に例示するような構成にすることもできる。

[0069] この実施形態では、貯留槽 2X および貯留槽 2Y を連結する通気管 5 の中途と、貯留槽 2Y および貯留槽 2Z を連結する通気管 5 の中途に、それぞれ別々の排気管 7 が接続されている。それぞれの排気管 7 には開閉可能な排気弁 8 が設けられている。また、貯留槽 2X および貯留槽 2Y を連結する連結管 6 の中途と、貯留槽 2Y および貯留槽 2Z を連結する連結管 6 の中途に、それぞれ別々の排液管 9 が接続されている。それぞれの排液管 9 には開閉可能な排液弁 10 が設けられている。さらに、貯留槽 2X と貯留槽 2Y にそれぞれ制御装置 16 が設けられている。制御装置 16 は例えば、コンピュータで構成される。

[0070] 同じ貯留槽 2 に設けられた水素イオン濃度計 13 と二酸化炭素濃度測定器

14は、それぞれ同じ貯留槽2に設けられた制御装置16に通信可能に接続されている。水素イオン濃度計13と二酸化炭素濃度測定器14によって測定されたそれぞれの測定データは随時、制御装置16に入力される構成になっている。この実施形態では、それぞれの排気弁8と排液弁10の開閉動作が各々の上流側の貯留槽2に設けられた制御装置16によって自動制御される構成になっている。その他の構成は、図1～図5に例示した実施形態の低減システム1と同じである。

[0071] この実施形態では、それぞれの貯留槽2に貯留されているアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度が水素イオン濃度計13によって測定され、水素イオン濃度が予め設定した閾値以下となったアルカリ性溶液Aは、下流側の貯留槽2には流入させずに処理済み溶液APとして処理される構成になっている。前述したアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度の閾値は、例えば、pH7.0～pH8.6程度に設定される。

[0072] 具体的には、例えば、貯留槽2Xに設けられた水素イオン濃度計13によって測定されたアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度が予め設定した閾値より高いときには、その貯留槽2Xに設けられた制御装置16により、その貯留槽2Xと下流側の貯留槽2Yとの間に設けられている排液弁10を閉じた状態にする制御が行われる。そして、貯留槽2Xの排液口2dから連結管6に流入したアルカリ性溶液Aは、そのまま連結管6を通過して下流側の貯留槽2Yに流入する。

[0073] 一方で、貯留槽2Xに設けられた水素イオン濃度計13によって測定されたアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度が予め設定した閾値以下であるときには、その貯留槽2Xに設けられた制御装置16により、その貯留槽2Xと下流側の貯留槽2Yとの間に設けられている排液弁10を開いた状態にする制御が行われる。そして、貯留槽2Xの排液口2dから連結管6に流入したアルカリ性溶液Aは、連結管6の途中で排液管9へ流入し、排液管9に流れた水素イオン濃度が閾値以下の中性化したアルカリ性溶液Aは、処理済み溶液APとして下水道などに放流される。

[0074] 排液弁 10 が開いた状態となり、排液管 9 からアルカリ性溶液 A が放流されたときには、その排液管 9 の下流側の貯留槽 2 に貯留されているアルカリ性溶液 A の流動速度は一時的に低下するが、溶液生成槽 30 からアルカリ性溶液 A が継続して供給されることで、原水水位調整槽 32 とそれぞれの貯留槽 2 X ~ 2 Z に貯留されるアルカリ性溶液 A の液面位置の高さは一致した状態が維持される。

[0075] このような構成にすると、水素イオン濃度が予め設定した閾値以下となり二酸化炭素の吸収率が低下したアルカリ性溶液 A は、下流側の貯留槽 2 には流入せずに処理済み溶液 A P として処理される。それ故、溶液生成槽 30 で生成するアルカリ性溶液 A の水素イオン濃度を細かく調整しなくとも、それぞれの貯留槽 2 に貯留されるアルカリ性溶液 A の水素イオン濃度の変動を小さくでき、それぞれの貯留槽 2 で吸収する二酸化炭素量の変動を小さくできる。それ故、簡易な制御でありながら、排気 G に含まれる二酸化炭素を安定して低減させるにはより有利になる。

[0076] また、この実施形態では、それぞれの貯留槽 2 でアルカリ性溶液 A を通過した後の排気 G の二酸化炭素濃度が二酸化炭素濃度測定器 14 によって測定され、二酸化炭素濃度が予め設定した基準値以下となった排気 G は、下流側の貯留槽 2 に貯留されているアルカリ性溶液 A には注入せずに、処理済み排気 G P として処理する構成になっている。前述した排気 G の二酸化炭素濃度の基準値は、例えば、5000 ppm 程度に設定される。

[0077] 具体的には、例えば、貯留槽 2 X に設けられた二酸化炭素濃度測定器 14 によって測定された排気 G の二酸化炭素濃度が予め設定した基準値より高いときには、その貯留槽 2 X に設けられた制御装置 16 により、その貯留槽 2 X と下流側の貯留槽 2 Y との間に設けられている排気弁 8 を閉じた状態にする制御が行われる。そして、貯留槽 2 X の排気口 2 c から通気管 5 に流入した排気 G は、そのまま通気管 5 を通って下流側の貯留槽 2 Y に設けられている注入手段 3 に流入する。

[0078] 一方で、貯留槽 2 X に設けられた二酸化炭素濃度測定器 14 によって測定

された排気Gの二酸化炭素濃度が予め設定した基準値以下であるときには、その貯留槽2Xに設けられた制御装置16により、その貯留槽2Xと下流側の貯留槽2Yとの間に設けられている排気弁8を開いた状態にする制御が行われる。そして、貯留槽2Xの排気口2cから通気管5に流入した排気Gは、通気管5の途中で排気管7へ流入し、排気管7に流れた二酸化炭素濃度が基準値以下の排気Gは、処理済み排気GPとして大気に放出される。

[0079] このような構成にすると、二酸化炭素濃度が予め設定した基準値以下となりアルカリ性溶液Aとほとんど中和反応しない排気Gは、下流側の貯留槽2に貯留されているアルカリ性溶液Aには注入されずに処理済み排気GPとして処理される。それ故、それぞれの貯留槽2に貯留されているアルカリ性溶液Aに注入される排気Gの二酸化炭素濃度の変動を小さくできる。これにより、それぞれの貯留槽2に貯留されているアルカリ性溶液Aの水素イオン濃度の変動も小さくできる。それ故、簡易な制御でありながら、排気Gに含まれる二酸化炭素を安定して低減させるとともに、アルカリ性溶液Aを安定して中性化するにはより有利になる。

[0080] 本発明の低減システム1は図8に例示するような構成にすることもできる。

[0081] この実施形態では、貯留槽2の内側面に突起部2eを設けて、アルカリ性溶液A中を上昇する排気Gの気泡の上昇速度を突起部2eによって遅くする構成にしている。言い換えると、貯留槽2の内側面に排気Gの気泡が上昇する際に障害物となる突起部2eを設けることで、排気Gの気泡がアルカリ性溶液A中に留まる時間を長くしている。この実施形態では、貯留槽2の内側面に螺旋状に延在する突起部2eを設けて、注入手段3によって発生させる多数の排気Gの気泡が螺旋状に上昇する旋回流を突起部2eによってガイドする構成にしている。

[0082] その他の構成は、図1～図5に例示した実施形態の低減システム1と同じである。なお、突起部2eはこの実施形態のような螺旋状の構造には限定されず、アルカリ性溶液A中を上昇する排気Gの気泡の上昇速度を遅くできる

構造であれば、他にも様々な構成にすることができる。

- [0083] このように、貯留槽 2 の内側面に突起部 2 e を設けると、注入手段 3 からアルカリ性溶液 A 中に注入された排気 G の気泡が、アルカリ性溶液 A に接触する時間をより長くできるので、貯留槽 2 内で排気 G に含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液 A とをより効果的に中和反応させることができる。それ故、簡易な構成でありながら、排気 G に含まれる二酸化炭素を低減するにはさらに有利になる。
- [0084] この実施形態のように、突起部 2 e を、注入手段 3 によって発生させる多数の排気 G の気泡が螺旋状に上昇する旋回流をガイドする構造にすると、突起部 2 e によって旋回流がより安定するので、排気 G の気泡がアルカリ性溶液 A 中を移動する距離や所要時間を長く確保するにはより有利になる。それ故、貯留槽 2 内で排気 G に含まれる二酸化炭素とアルカリ性溶液 A とをより効果的に中和反応させることができ、排気 G に含まれる二酸化炭素を低減するにはより一層有利になる。
- [0085] 本発明の低減システム 1 は図 9 に例示するような構成にすることもできる。
- [0086] この実施形態では、注入手段 3 の構成が異なっている。その他の構成は、図 1 ～図 5 に例示した実施形態の低減システム 1 と同じである。この実施形態では、注入手段 3 を貯留槽 2 の側壁に横方向から挿入した複数本の噴出ノズル 4 a で構成している。貯留槽 2 の側壁に周方向で等間隔に 4 ヶ所の注入口 2 b を設けて、それぞれの注入口 2 b に噴出ノズル 4 a を挿設している。そして、それぞれの噴出ノズル 4 a から貯留槽 2 の内側面に沿うように、横方向に排気 G が噴出することで、貯留槽 2 の内側でアルカリ性溶液 A 中に多数の排気 G の気泡が螺旋状に上昇する旋回流を発生させる構成にしている。
- [0087] この実施形態のような構成の注入手段 3 を使用する場合にも、図 1 ～図 5 に例示した実施形態の注入手段 3 を使用した場合と概ね同様の作用効果を奏することができる。このように、アルカリ性溶液 A 中に多数の排気 G の気泡が螺旋状に上昇する旋回流を発生させる注入手段 3 の構成は、図 1 ～図 5 に

例示した実施形態の注入手段3の構成に限定されず、他にも様々な構成にすることができる。注入手段3は、例えば、貯留槽2の内側の下部に多数の貫通孔を有する多孔フィルタを設け、噴出ノズル4aから噴射した排気Gを多孔フィルタに通すことで、アルカリ性溶液A中に多数の排気Gの気泡を発生させる構成にすることもできる。多孔フィルタを用いることで多数の排気Gの気泡を効率よく形成できる。

[0088] 本発明の低減システム1は、上記で例示した実施形態に限定されず、他にも様々な構成にすることができる。排気供給ラインを構成するマニホールド21、集塵装置22および除熱槽23はそれぞれ必須の構成ではなく、必要に応じて任意に設けることができる。例えば、1基の内燃機関20の排気Gの二酸化炭素を低減させる低減システム1にする場合には、マニホールド21を設ける必要はない。例えば、内燃機関20の排気口と圧送装置24とを通気管5で直接接続する構成にすることもできる。また、例えば、内燃機関20の排気口と注入手段3との間に、内燃機関20の排気Gを浄化するシステム（例えば、尿素SCRシステムなど）を介在させた構成にすることもできる。

[0089] 溶液供給ラインを構成する溶液生成槽30、攪拌機31および原水水位調整槽32はそれぞれ必須の構成ではなく、必要に応じて任意に設けることができる。溶液供給ラインは貯留槽2にアルカリ性溶液Aを供給できる構成であればよく、上記で例示した実施形態の他にも様々な構成にすることができる。例えば、建設工事で発生するアルカリ性排水や予め生成したアルカリ性溶液Aを、貯留槽2（2X）に直接流入させる構成にすることもできる。また、上記では、3つの貯留槽2X～2Zを直列に連結した場合を例示したが、連結する貯留槽2の数は特に限定されない。例えば、2つの貯留槽2を連結した構成にすることもできるし、4つ以上の貯留槽2を連結した構成にすることもできる。また、本発明の低減システム1は、1つの貯留槽2で構成することもできる。

符号の説明

## [0090] 1 二酸化炭素排出量低減システム

2、2 X～2 Z 貯留槽

2 a 流入口

2 b 注入口

2 c 排気口

2 d 排液口

2 e 突起部

3 注入手段

4 注入ユニット

4 a 噴出ノズル

4 b 分岐管部

5 通気管

6 連結管

7 排気管

8 排気弁

9 排液管

10 排液弁

11 排出管

12 排出弁

13 水素イオン濃度計

14 二酸化炭素濃度測定器

15 圧力計

16 制御装置

17 ノッチタンク

20 内燃機関

21 マニホールド

22 集塵装置

23 除熱槽

2 4 圧送装置  
3 0 溶液生成槽  
3 1 攪拌機  
3 2 原水水位調整槽  
4 0 管理装置  
G 排気  
G P 処理済み排気  
A アルカリ性溶液  
A P 処理済み溶液  
C W 冷却水  
R 再生碎石  
R P 処理済みの再生碎石  
S 沈殿物  
W 水

### 請求の範囲

- [請求項1] 貯留槽に貯留しているアルカリ性溶液中に内燃機関から排出された排気を注入して、前記貯留槽の内側で前記アルカリ性溶液と前記排気とを接触させて、前記アルカリ性溶液と前記排気に含まれる二酸化炭素とを中和反応させることにより、前記排気に含まれる前記二酸化炭素を低減させ、その前記二酸化炭素を低減させた前記排気を前記貯留槽の排気口から排出することを特徴とする二酸化炭素排出量低減方法。
- [請求項2] 前記貯留槽の内部の下方に前記排気が供給される複数の噴出ノズルを配設し、それぞれの前記噴出ノズルから前記排気を噴出することにより、前記貯留槽の内側で前記アルカリ性溶液中に多数の前記排気の気泡が螺旋状に上昇する旋回流を発生させる請求項1に記載の二酸化炭素排出量低減方法。
- [請求項3] 前記貯留槽の内側面に設けた突起部により、前記アルカリ性溶液中を上昇する前記排気の気泡の上昇速度を遅くする請求項1または2に記載の二酸化炭素排出量低減方法。
- [請求項4] コンクリート廃材を破碎して得られる再生砕石を使用して前記アルカリ性溶液を生成し、その生成した前記アルカリ性溶液を前記貯留槽に貯留する請求項1～3に記載の二酸化炭素排出量低減方法。
- [請求項5] 複数の前記貯留槽を、前記排気が流れる通気管と、前記アルカリ性溶液が流れる連結管とを介して直列に接続して、  
上流側の前記貯留槽で前記排気に含まれる前記二酸化炭素と中和反応することにより、水素イオン濃度が低下した上流側の前記貯留槽に貯留されていた前記アルカリ性溶液を、上流側の前記貯留槽の排液口から排出し、その前記排液口から排出した前記アルカリ性溶液を前記連結管を介して下流側の前記貯留槽に流入させて貯留するとともに、上流側の前記貯留槽の前記排気口から排出した前記排気を前記通気管を介して下流側の前記貯留槽に貯留している前記アルカリ性溶液に注

入して、下流側の前記貯留槽の内側で前記アルカリ性溶液と前記排気とを接触させて、前記アルカリ性溶液と前記排気に含まれる二酸化炭素とを中和反応させることにより、前記排気に含まれる前記二酸化炭素をさらに低減させるとともに、前記アルカリ性溶液の水素イオン濃度をさらに低下させ、その前記二酸化炭素をさらに低減させた前記排気を下流側の前記貯留槽の前記排気口から排出し、その水素イオン濃度をさらに低下させた前記アルカリ性溶液を下流側の前記貯留槽の前記排液口から排出する請求項 1 ～ 4 に記載の二酸化炭素排出量低減方法。

[請求項6]           それぞれの前記貯留槽で前記アルカリ性溶液を通過した後の前記排気の二酸化炭素濃度を測定し、二酸化炭素濃度が予め設定した基準値以下となった前記排気は、下流側の前記貯留槽に貯留されている前記アルカリ性溶液には注入せずに、処理済み排気として処理する請求項 5 に記載の二酸化炭素排出量低減方法。

[請求項7]           それぞれの前記貯留槽に貯留されている前記アルカリ性溶液の水素イオン濃度を測定し、水素イオン濃度が予め設定した閾値以下となった前記アルカリ性溶液は、下流側の前記貯留槽には流入させずに、処理済み溶液として処理する請求項 5 または 6 に記載の二酸化炭素排出量低減方法。

[請求項8]           前記内燃機関から排出された前記排気を除熱槽により除熱し、その除熱した前記排気を前記貯留槽に貯留している前記アルカリ性溶液中に注入する請求項 1 ～ 7 に記載の二酸化炭素排出量低減方法。

[請求項9]           前記内燃機関から排出された前記排気に含まれる粉塵を集塵装置により除去し、その粉塵を除去した前記排気を前記貯留槽に貯留している前記アルカリ性溶液中に注入する請求項 1 ～ 8 に記載の二酸化炭素排出量低減方法。

[請求項10]           生成した前記アルカリ性溶液を一時的に貯留する原水水位調整槽と前記貯留槽とを連結管で接続した状態で、前記原水水位調整槽に貯留

している前記アルカリ性溶液を前記貯留槽に流入させ、前記原水水位調整槽に貯留している前記アルカリ性溶液の液面位置の高さと、前記貯留槽に貯留している前記アルカリ性溶液の液面位置の高さを一致させた状態にする請求項 1 ～ 9 に記載の二酸化炭素排出量低減方法。

[請求項11] 前記原水水位調整槽に貯留している前記アルカリ性溶液の液面位置を、予め設定した所定高さに維持するように、前記原水水位調整槽に供給するアルカリ性溶液の流量を調整する請求項 10 に記載の二酸化炭素排出量低減方法。

[請求項12] アルカリ性溶液が貯留された貯留槽と、内燃機関から排出された排気を前記貯留槽に貯留されている前記アルカリ性溶液中に注入する注入手段とを備え、

前記貯留槽の内側で前記アルカリ性溶液と、前記注入手段によって注入された前記排気とが接触して、前記アルカリ性溶液と前記排気に含まれる二酸化炭素とが中和反応することにより、前記排気に含まれる前記二酸化炭素が低減し、その前記二酸化炭素が低減した前記排気が前記貯留槽の排気口から排出される構成であることを特徴とする二酸化炭素排出量低減システム。