

(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2016-36328
(P2016-36328A)

(43) 公開日 平成28年3月22日(2016.3.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
AO 1 G 9/18 (2006.01)	AO 1 G 9/18	2 B 0 2 2
AO 1 G 7/02 (2006.01)	AO 1 G 7/02	2 B 0 2 9
HO 1 M 8/0612 (2016.01)	HO 1 M 8/06	G 5 H 1 2 7

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2014-163980 (P2014-163980)	(71) 出願人	000001443
(22) 出願日	平成26年8月11日 (2014.8.11)		カシオ計算機株式会社
			東京都渋谷区本町 1 丁目 6 番 2 号
		(74) 代理人	100095407
			弁理士 木村 満
		(72) 発明者	河村 義裕
			東京都羽村市栄町 3 丁目 2 番 1 号 カシオ
			計算機株式会社 羽村技術センター内
		F ターム (参考)	2B022 DA12 DA15
			2B029 JA06
			5H127 AA06 AB07 AB21 BA03 BA06
			BA12

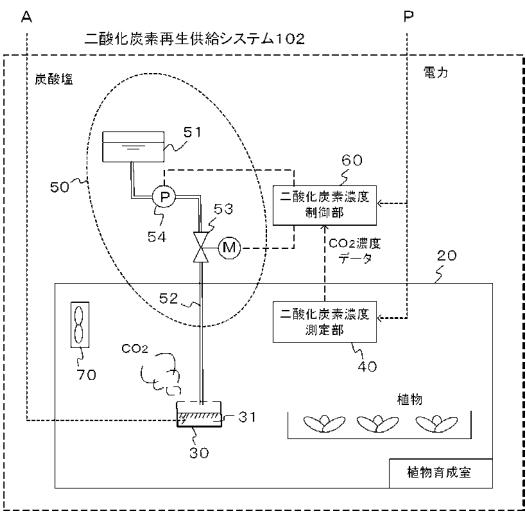
(54) 【発明の名称】 二酸化炭素供給システム、二酸化炭素供給方法及びプログラム

(57) 【要約】

【課題】二酸化炭素を簡易な構成で植物育成室内に供給しうる二酸化炭素供給システム、二酸化炭素供給方法及びプログラムを提供する。

【解決手段】二酸化炭素供給システムの二酸化炭素濃度測定部 4 0 は、育成対象の植物が内部に配置された植物育成室 2 0 内の二酸化炭素濃度を測定する。炭酸塩保持部 3 0 は、植物育成室 2 0 内に配置され、炭酸塩 3 1 を保持する。酸性物質供給部 5 0 は、保持された炭酸塩 3 1 に酸性物質を供給する。二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、二酸化炭素濃度測定部 4 0 の測定結果に基づいて、酸性物質供給部 5 0 を制御して、酸性物質を炭酸塩 3 1 に供給させる。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

育成対象の植物が内部に配置された植物育成室内の二酸化炭素濃度を測定する二酸化炭素濃度測定部と、

前記植物育成室内に配置され、炭酸塩を保持する炭酸塩保持部と、

保持された前記炭酸塩に酸性物質を供給する酸性物質供給部と、

前記二酸化炭素濃度測定部の測定結果に基づいて、前記酸性物質供給部を制御して、前記酸性物質を前記炭酸塩に供給させる二酸化炭素濃度制御部と、を含む、二酸化炭素供給システム。

【請求項 2】

有機物から二酸化炭素と水素の混合物を生成する有機化合物改質部と、生成した前記二酸化炭素と水素を分離する CO_2 / H_2 分離部と、分離された前記二酸化炭素を炭酸塩として固定化する二酸化炭素固定化部とをさらに含み、

前記二酸化炭素固定化部は、前記 CO_2 / H_2 分離部により分離された前記二酸化炭素と、周期表第 2 族元素の酸化物又は水酸化物とを反応させて前記炭酸塩を生成する、請求項 1 に記載の二酸化炭素供給システム。

【請求項 3】

前記 CO_2 / H_2 分離部により分離された前記水素を燃料として用いる燃料電池をさらに含み、

前記燃料電池は前記水素を燃料として発電した電力を前記二酸化炭素濃度制御部と前記二酸化炭素濃度測定部のうちの少なくとも 1 つに供給し、前記二酸化炭素濃度制御部と前記二酸化炭素濃度測定部のうちの少なくとも 1 つは供給された前記電力を消費して動作する、請求項 2 に記載の二酸化炭素供給システム。

【請求項 4】

前記二酸化炭素濃度制御部は、目標とする二酸化炭素濃度と前記二酸化炭素濃度の測定値の差に基づいて、前記酸性物質の供給量を調整する制御を行う、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の二酸化炭素供給システム。

【請求項 5】

前記酸性物質は酸性液であり、

前記二酸化炭素濃度制御部は、前記二酸化炭素濃度測定部の測定値があらかじめ定めた規定値以下の場合に、目標とする二酸化炭素濃度と前記二酸化炭素濃度の測定値から必要な二酸化炭素供給量を計算し、前記酸性液の濃度と供給速度からバルブの開時間を計算して前記バルブの開閉制御を行う、請求項 1 から 3 のいずれか一項に記載の二酸化炭素供給システム。

【請求項 6】

育成対象の植物が内部に配置された植物育成室内の二酸化炭素濃度を測定する工程と、

前記二酸化炭素濃度の測定結果に基づいて、前記植物育成室内に配置された炭酸塩に酸性物質を供給する工程と、

を含む、二酸化炭素供給方法。

【請求項 7】

有機化合物を改質して二酸化炭素と水素の混合物を得る工程と、

前記有機化合物を改質して得られた二酸化炭素と水素を分離する工程と、

前記二酸化炭素と水素を分離する工程で得られた二酸化炭素を、周期表第 2 族元素の酸化物又は水酸化物と反応させて前記炭酸塩を得る工程と、

をさらに含む、請求項 6 に記載の二酸化炭素供給方法。

【請求項 8】

前記二酸化炭素と水素を分離する工程で得られた水素を燃料電池の燃料として用いて発電する工程をさらに含み、前記発電する工程で得られる電力の少なくとも一部を前記二酸化炭素濃度を測定する工程及び前記酸性物質を供給する工程のうち少なくとも 1 つの工程の動力源として用いる、請求項 7 に記載の二酸化炭素供給方法。

10

20

30

40

50

【請求項 9】

前記有機化合物は、炭素数が 1 から 5 の炭化水素又はアルコールを用いる、請求項 7 又は 8 に記載の二酸化炭素供給方法。

【請求項 10】

前記有機化合物は、バイオマス原料から得られる炭化水素又はアルコールを用いる、請求項 7 又は 8 に記載の二酸化炭素供給方法。

【請求項 11】

コンピュータに、
育成対象の植物が内部に配置された植物育成室内の二酸化炭素濃度を測定させるステップと、

前記二酸化炭素濃度の測定結果に基づいて、前記植物育成室内に配置された炭酸塩に酸性物質を供給させるステップと、

を実行させる、プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、二酸化炭素供給システム、二酸化炭素供給方法及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

制御された（閉じた）環境下にある植物育成室内で植物の栽培を行う技術が知られている。このような植物育成室内は、閉じた環境下にあるので植物の光合成が進んでいくと室内の二酸化炭素濃度が次第に希薄になってくる。二酸化炭素濃度が希薄になると植物の育成に影響が出るため、二酸化炭素を供給し、その濃度を最適に保つ必要がある。二酸化炭素を供給する方法として、例えば換気を行って外気を導入する方法が考えられるが、温度や湿度も同時に変わってしまい制御性に影響が出る上に、外気以上の二酸化炭素濃度にすることはできない。そのため、植物育成室に二酸化炭素を外部から供給する方法が検討されている。

【0003】

例えば、特許文献 1 は、揮発性有機化合物（VOC：Volatile Organic Compounds）を燃焼して発電する発電機が排出する二酸化炭素を吸着式 CO₂ 分離装置で回収し、栽培設備へ供給するシステムを開示している。

【0004】

また、特許文献 2 は、産業プラントから排出された二酸化炭素をドライアイスとして回収し、植物工場で再利用する技術を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献 1】特開 2014 - 000037 号公報

【特許文献 2】特開 2011 - 250759 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

特許文献 1 に開示の技術は、二酸化炭素を吸着により固定化しているので、温度等の条件によっては二酸化炭素が容易に放出されてしまうという不安定さがある。特許文献 2 に開示の技術は、二酸化炭素をドライアイス化するために大きな電力を要する上に、温度等の条件によっては二酸化炭素が容易に昇華してしまうという不安定さがある。また、いずれの技術も固定化された二酸化炭素を植物の育成のために供給するために大がかりな設備が必要である。

【0007】

本発明は、以上のような課題を解決するものであり、簡易な構成で、安定な二酸化炭素

10

20

30

40

50

源を用いて、二酸化炭素を植物育成室内に供給しうる二酸化炭素供給システム、二酸化炭素供給方法及びプログラム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】

【0008】

上記目的を達成するため、本発明に係る二酸化炭素供給システムは、
育成対象の植物が内部に配置された植物育成室内の二酸化炭素濃度を測定する二酸化炭素濃度測定部と、

前記植物育成室内に配置された、炭酸塩を保持する炭酸塩保持部と、

保持された前記炭酸塩に酸性物質を供給する酸性物質供給部と、

前記二酸化炭素濃度測定部の測定結果に基づいて、前記酸性物質供給部を制御して、前記酸性物質を前記炭酸塩に供給させる二酸化炭素濃度制御部と、を含む。

10

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、植物育成室内での植物育成に利用するために、簡易な構成で、安定な二酸化炭素源を用いて、二酸化炭素を植物育成室内に供給することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本発明の一実施形態に係る二酸化炭素供給システムのうち、二酸化炭素生成分離固定システムの装置構成概略図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る二酸化炭素供給システムのうち、二酸化炭素再生供給システムの装置構成概略図である。

20

【図3】本発明の一実施形態に係る、二酸化炭素濃度制御部の構成を示すブロック図である。

【図4】本発明の一実施形態に係る、二酸化炭素濃度制御部の制御フロー図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る、二酸化炭素濃度制御部のバルブ開所要時間算出処理フロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

本発明の実施の形態に係る二酸化炭素供給システムと二酸化炭素供給方法を図面を参照して詳細に説明する。

30

【0012】

(実施形態1)

本実施形態に係る二酸化炭素供給システムは、図1と図2に示すように、有機化合物を改質して二酸化炭素を生成し、生成した二酸化炭素を分離及び固定する二酸化炭素生成分離固定システム101(図1)と、二酸化炭素生成分離固定システム101によって固定された二酸化炭素を再生して植物育成室内に供給する二酸化炭素再生供給システム102(図2)と、を含む。

【0013】

まず、本実施形態に係る二酸化炭素供給システムのうち、二酸化炭素生成分離固定システム101について説明する。

40

【0014】

図1に示すように、二酸化炭素生成分離固定システム101は、有機化合物改質部11、 CO_2/H_2 分離部12、二酸化炭素固定化部13、及び燃料電池14を含む。

【0015】

有機化合物改質部11は、有機化合物を改質して、二酸化炭素と水素の混合物を生成し、 CO_2/H_2 分離部12に供給する装置である。なお、本明細書において改質とは、有機化合物から二酸化炭素と水素とを生成させることをいい、その具体的手法は、水蒸気を用いてもよく、酸化反応を含んでもよい。

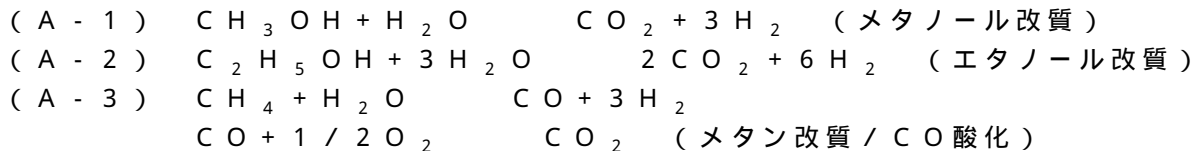
【0016】

より具体的に説明すると、有機化合物改質部11は、例えば、下記(A-1)~(A-

50

3) に例示する反応式に示す反応処理を実行することにより、有機化合物を改質し、二酸化炭素と水素の混合物に分解する。

【0017】



【0018】

(A-1) に示す改質反応を実現する場合には、有機化合物改質部 11 は、例えば Cu / ZnO / Al₂O₃ 触媒を保持した通路にメタノールと水の混合蒸気を 280 で通過させ、二酸化炭素と水素に改質する(例えば Y. Kawamura et al., A miniaturized methanol reformer with Si-based microreactor for a small PEMFC, Chemical Engineering Science, 61 (2006), pp 1092-1101 参照)。また、例えば、(A-3) に示すメタンから水素と二酸化炭素の混合物を生成する反応を行うには、例えば、高温下でニッケル、白金、ルテニウム、ロジウム又はパラジウム等の金属触媒に有機化合物を接触させることにより、有機化合物を分解する構成を採用することができる。

10

【0019】

なお、改質対象の有機化合物は任意であるが、例えば、化石燃料由来やバイオマス由来の有機化合物が用いられる。このうち、上述したメタノール、エタノールのような炭素数の少ない低級アルコール類は取り扱いやすく、比較的低温で改質することができる。またメタン等の炭素数の少ない炭化水素類や低級アルコール類は、化石燃料由来のみならず、家庭からの生ごみ等のさまざまなバイオマス原料から発酵等により得られる資源でもあり、環境負担の少ないエネルギー資源としてその活用を図る観点でも好ましい。このような理由で有機化合物の炭素数は 1 ~ 5 であることが好ましいが、これら以外の有機化合物も改質材料に用いることができる。

20

【0020】

CO₂ / H₂ 分離部 12 は、有機化合物改質部 11 から、二酸化炭素と水素の混合物の供給を受け、これを二酸化炭素と水素に分離する装置であり、吸着分離装置、膜分離装置又は液化分離装置から構成される。CO₂ / H₂ 分離部 12 は、分離した二酸化炭素を二酸化炭素固定化部 13 に供給し、分離した水素を燃料電池 14 に供給する。

30

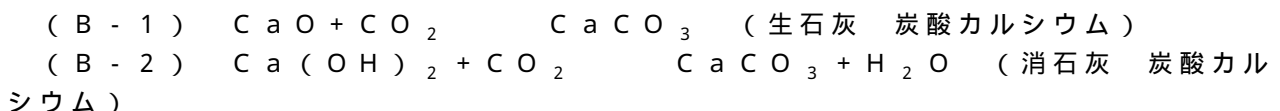
【0021】

二酸化炭素固定化部 13 は、CO₂ / H₂ 分離部 12 から供給された二酸化炭素を炭酸塩として固定化する装置である。二酸化炭素固定化部 13 で製造された炭酸塩 A は、図 1 及び図 2 に示すように、二酸化炭素再生供給システム 102 において、二酸化炭素を生成するための原料として使用される。

【0022】

二酸化炭素を炭酸塩として固定化する手法は、任意であるが、特に炭酸塩は、カルシウム、マグネシウム、バリウム等の周期表第 2 族元素の炭酸塩が取り扱いや入手が容易かつ安定であり、特に炭酸カルシウムが好ましい。例えば、下記 (B-1) 或いは (B-2) 式に示す反応処理を実行することにより、炭酸塩として固定化する。

40



【0023】

上記の (B-1) 式は酸化カルシウム(生石灰)に二酸化炭素を吸収させて炭酸カルシウムを生成する反応式であり、(B-2) 式は、水酸化カルシウム(消石灰)に二酸化炭素を吸収させて炭酸カルシウムを生成する反応式である。このような吸収反応を行う装置は公知のものを利用することができる。生成された炭酸塩は、二酸化炭素を安定に固定化

50

した固体として回収でき、気体状の二酸化炭素よりも容積が小さく取り扱いが容易で、これから二酸化炭素を再生成（再生）することも容易であるという利点を有する。

【 0 0 2 4 】

燃料電池 1 4 は、固体高分子型燃料電池から構成され、 CO_2 / H_2 分離部 1 2 から供給された水素を燃料として発電し、図 1 及び図 2 に示すように、発生した電力 P を、二酸化炭素再生供給システム 1 0 2 の後述する二酸化炭素濃度制御部 6 0 と二酸化炭素濃度測定部 4 0 とに動作電力として供給する。

【 0 0 2 5 】

次に、二酸化炭素生成分離固定システム 1 0 1 により生成された炭酸塩から二酸化炭素を再生して植物の栄養源として植物育成室 2 0 内に供給する二酸化炭素再生供給システム 1 0 2 について図 2 を参照して説明する。

【 0 0 2 6 】

図 2 に示すように、二酸化炭素再生供給システム 1 0 2 は、炭酸塩保持部 3 0 、二酸化炭素濃度測定部 4 0 、酸性液供給部（酸性物質供給部）5 0 、二酸化炭素濃度制御部 6 0 、送風機 7 0 を含む。

【 0 0 2 7 】

炭酸塩保持部 3 0 は、植物育成室 2 0 内に配置され、二酸化炭素生成分離固定システム 1 0 1 の二酸化炭素固定化部 1 3 にて二酸化炭素を固定化して得られた炭酸塩 3 1（炭酸塩 A）を保持する。

【 0 0 2 8 】

二酸化炭素濃度測定部 4 0 は、植物育成室 2 0 内の二酸化炭素濃度を測定する。なお、図 2 では、二酸化炭素濃度測定部 4 0 全体が植物育成室 2 0 内に配置されている例を示したが、植物育成室 2 0 の内部に配置されるのはセンサー部だけでもよい。二酸化炭素濃度測定部 4 0 は、測定した二酸化炭素濃度を定期的に二酸化炭素濃度制御部 6 0 に送る。なお、二酸化炭素濃度測定部 4 0 は、燃料電池 1 4 が発電した電力 P を消費して動作する。

【 0 0 2 9 】

酸性液供給部 5 0 は、二酸化炭素濃度制御部 6 0 の制御に従って、炭酸塩保持部 3 0 に保持された炭酸塩 3 1 に酸性液（酸性物質）を供給することにより、二酸化炭素を発生させる装置である。

酸性液供給部 5 0 は、酸性液を保持する酸性液タンク 5 1、先端部が炭酸塩保持部 3 0 内に配置された配管 5 2、配管 5 2 の途中に設置された（電磁）バルブ 5 3 及びポンプ 5 4 を含む。これらの部材は植物育成室 2 0 の外部に設けられており、配管 5 2 の先端部を植物育成室 2 0 の内部に貫通させて炭酸塩保持部 3 0 まで引き回している。

【 0 0 3 0 】

酸性液タンク 5 1 は、炭酸塩 3 1 と反応することにより、二酸化炭素を発生する酸性液を貯蔵する。酸性液は、塩酸、硝酸、硫酸等の強酸溶液が好ましい。溶液の濃度は適宜設定することができる。

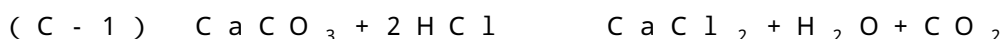
配管 5 2 は、酸性液タンク 5 1 に貯蔵された酸性液を酸性液タンク 5 1 から炭酸塩保持部 3 0 に保持された炭酸塩 3 1 まで輸送する。

電磁バルブ 5 3 は、二酸化炭素濃度制御部 6 0 の制御に従って開閉することにより、酸性液を炭酸塩 3 1 に送液する。

ポンプ 5 4 は、二酸化炭素濃度制御部 6 0 の制御に従って酸性液を送出する。なお、ここでは酸性液を直接炭酸塩 3 1 に供給しているが、霧化部材を付加して酸性液を霧状にして噴霧して供給してもよい。

酸性液を炭酸塩 3 1 に供給することにより、炭酸塩保持部 3 0 内では二酸化炭素再生反応が行われる。例えば炭酸カルシウムに塩酸を供給した場合、（C - 1）式に示すように二酸化炭素が生成し、あとは副生成物として塩化カルシウムと水が残る。

【 0 0 3 1 】



【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

50

二酸化炭素濃度制御部 60 は、コンピュータから構成され、植物育成室 20 の外部に配置され、植物育成室 20 内の二酸化炭素濃度を制御する。具体的には、二酸化炭素濃度制御部 60 は、二酸化炭素濃度測定部 40 の測定結果に基づいて、酸性液供給部 50 を制御して、酸性液を炭酸塩 31 に供給させる。なお、二酸化炭素濃度制御部 60 は、燃料電池 14 が発電した電力 P を消費して動作する。

【0033】

より詳細に説明すれば、二酸化炭素濃度制御部 60 は、二酸化炭素濃度測定部 40 により測定された二酸化炭素濃度を定期的に受け取り、その濃度値があらかじめ定めた規定濃度値（下限値）以下の場合、あらかじめ定めた二酸化炭素目標濃度値まで高めるべく、電磁バルブ 53 を開き、ポンプ 54 を起動する。これにより、植物育成室 20 内に配置した炭酸塩保持部 30 が保持した炭酸塩 31 に向けて、酸性液が供給される。この結果、炭酸塩 31 と酸性液が反応して二酸化炭素が発生する。炭酸塩保持部 30 は植物育成室 20 の内部に対して開放されており、発生した二酸化炭素は植物育成室 20 内に拡散する。送風機 70 は植物育成室 20 内の二酸化炭素の拡散・均一化を促進する。

【0034】

炭酸塩保持部 30 に炭酸塩（例えば炭酸カルシウム）31 を補給する方法、及び生成した副生成物（例えば塩化カルシウム）を炭酸塩保持部 30 から排出する方法は、人の手で適宜補給・排出してもよいし、あるいは自動的に補給・排出する装置を付加してもよい。

【0035】

二酸化炭素濃度制御部 60 は、その機能が達成できれば、その構成は任意であるが、例えば、図 3 に示すように、CPU (Central Processing Unit) 61 と、ROM (Read Only Memory) 62 と、RAM (Random Access Memory) 63 と、RTC (Real Time Clock) 64 と、記憶部 65 と、操作部 66 と、表示部 67 と、二酸化炭素濃度測定部との通信部 68 と、酸性液供給部との通信部 69 と、から構成される。

【0036】

CPU 61 は、RTC 64 により時間を計測し、RAM 63 をワークメモリとして用いながら、ROM 62 や記憶部 65 に記憶されている各種プログラムを適宜実行することにより、二酸化炭素濃度を制御する。

【0037】

RTC 64 は現在時刻や経過時間を計測する。

【0038】

記憶部 65 はハードディスク装置やフラッシュメモリ等から構成され、二酸化炭素濃度制御部 60 が各種処理を行うために使用するプログラム及びデータ、二酸化炭素濃度制御部 60 が各種処理を行うことにより生成又は取得するデータ、制御記録等を記憶する。

【0039】

操作部 66 は、ユーザが例えば制御パターンの選択や二酸化炭素の目標濃度及び下限値等の設定・変更を行うタッチパネルやキーボード等の入力部である。

【0040】

表示部 67 は例えば液晶ディスプレイであり、選択した制御パターンや二酸化炭素の目標濃度値及び測定値等を表示する。

【0041】

通信部 68 は、CPU 61 からの二酸化炭素濃度送信指示を二酸化炭素濃度測定部 40 に送信し、二酸化炭素濃度測定部 40 により送信された二酸化炭素濃度データ等を受信して CPU 61 に送る。

【0042】

通信部 69 は、CPU 61 からのバルブの開閉等の指示を酸性液供給部 50 に送信し、操作結果等を受信して CPU 61 に送る。

【0043】

上記構成を有する二酸化炭素生成分離固定システム 101 と二酸化炭素再生供給システ

10

20

30

40

50

ム 1 0 2 により、植物育成室 2 0 内への二酸化炭素の供給を制御する動作を説明する。

まず、二酸化炭素生成分離固定システム 1 0 1 において、有機化合物から炭酸塩を製造する。具体的には、有機化合物を有機化合物改質部 1 1 で改質して二酸化炭素と水素との混合物を製造する。次にこの混合物を CO_2 / H_2 分離部 1 2 で二酸化炭素と水素に分離する。次に分離した二酸化炭素を、二酸化炭素固定化部 1 3 にて炭酸塩として固定化する。なお、分離した水素は、燃料電池 1 4 の燃料として使用して、二酸化炭素再生供給システム 1 0 2 の各装置を駆動する動力を得ることができる。

【 0 0 4 4 】

次に、二酸化炭素再生供給システム 1 0 2 において、二酸化炭素生成分離固定システム 1 0 1 で製造した炭酸塩を植物育成室 2 0 内に配置し、その炭酸塩に、酸性液供給部 5 0 から酸性液を供給することにより、二酸化炭素を生成して植物育成室 2 0 に供給する。このとき、植物育成室 2 0 内の二酸化炭素濃度を二酸化炭素濃度測定部 4 0 が測定し、その測定結果に基づいて、二酸化炭素濃度が目標値となるように、二酸化炭素濃度制御部 6 0 が酸性液供給部 5 0 を制御する。以上のようにして、植物育成室 2 0 内に必要な量の二酸化炭素を供給する動作を行う。

【 0 0 4 5 】

次に、二酸化炭素濃度制御の一例について図 4 を用いて説明する。二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、CPU 6 1 の制御のもと、図 4 のフローチャートに示すように動作する。

【 0 0 4 6 】

具体的に説明すると、二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、二酸化炭素濃度測定部 4 0 が常時測定する二酸化炭素濃度データを所定の時間間隔で受け取って（ステップ S 1 0 0 ）、植物育成室 2 0 内の二酸化炭素濃度があらかじめ定めた二酸化炭素濃度下限値である規定の濃度値（例えば 4 0 0 p p m ）以下であるかどうか判定する（ステップ S 1 1 0 ）。判定の結果、規定濃度値以下と判定すると（ステップ S 1 1 0 : Y e s ）、二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、あらかじめ定めた二酸化炭素濃度の目標値に到達するのに必要な酸性液を供給するための、バルブ開とする所要時間を算出する処理を行う（ステップ S 1 2 0 ）。所要時間算出処理の詳細については後述する。所要時間を算出すると二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、（電磁）バルブ 5 3 を開き（ステップ S 1 3 0 ）、バルブ 5 3 を開いてからの経過時間を R T C 6 4 によって測定する。そして経過時間が所要時間に達すると、バルブ 5 3 を閉じる（ステップ S 1 4 0 ）。そして二酸化炭素濃度が植物育成室内で均一になると予想される所定の時間が経過したのち、二酸化炭素濃度制御処理は、再び二酸化炭素濃度測定部から濃度データを受け取るステップ（ステップ S 1 0 0 ）に戻る。一方、二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、ステップ S 1 1 0 で規定濃度以下ではないと判定すると（ステップ S 1 1 0 : N o ）、バルブ開閉操作はせず、所定の時間経過後にステップ S 1 0 0 に戻る。

【 0 0 4 7 】

ステップ S 1 2 0 におけるあらかじめ定めた二酸化炭素濃度の目標値に到達するために必要な酸性液を供給するための所要時間を算出する処理の一例について、図 5 を用いて説明する。まず、二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、制御目標とする二酸化炭素濃度値と、測定された二酸化炭素濃度値との差を算出する（ステップ S 2 0 0 ）。次に、二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、二酸化炭素目標濃度値にするために必要な二酸化炭素供給量を、算出した二酸化炭素濃度差と植物育成室 2 0 の容積とを乗算することにより、算出する（ステップ S 2 1 0 ）。次に、二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、必要な二酸化炭素供給量を反応により生成させるための酸性液の供給量を算出する（ステップ S 2 2 0 ）。これは、算出した二酸化炭素供給量、酸性液と炭酸塩との反応式及び酸性液の濃度から算出することができる。次に、二酸化炭素濃度制御部 6 0 は、算出した酸性液供給量をバルブ 5 3 を開としたときの酸性液供給速度で除算することにより、バルブ 5 3 の開時間を算出する（ステップ S 2 3 0 ）。

【 0 0 4 8 】

このように目標濃度値に到達するために酸性液を供給するバルブの開時間が計算され、

10

20

30

40

50

その時間だけバルブを開くことで精度のよい二酸化炭素濃度制御が可能となる。目標とする二酸化炭素濃度設定値、二酸化炭素濃度下限値である規定の濃度値、バルブの開度と酸性液の供給量との関係式、二酸化炭素供給量と酸性液の供給量との関係式等は、二酸化炭素濃度制御部 60 の ROM 62 や記憶部 65 にあらかじめ記憶させておけばよい。

【0049】

以上のようなシステムにより、安定な二酸化炭素源である炭酸塩から、植物育成室 20 の内部で直接二酸化炭素を安定して発生・拡散させることができる。したがって別途調製した気体状の二酸化炭素を配管等で植物育成室内に送り込む必要がない。そして二酸化炭素を生成させるための酸性液供給部 50 は簡易な装置で実現可能である。即ち、植物育成室内での植物育成に利用する二酸化炭素を簡便に供給することができる。

10

【0050】

(変形例)

上記の実施形態 1 で説明した個々の要素技術は、説明した装置構成に限らず、公知の技術を適用可能である。

【0051】

例えば酸性液供給部 50 は図 2 の例に限られず、種々の公知の方法で構成できる。例えばバルブ 53 は電磁バルブに限らず種々の遠隔開閉バルブを用いることができる。ポンプ 54 を用いずに、酸性液タンク 51 を高所に設けてバルブ 53 を開けることにより自然流下させてもよい。またバルブ開閉制御ではなく、定量ポンプを用いて酸性液を定量的に供給してもよい。なお、植物育成室 20 の内部の送風機 70 は配置せず、二酸化炭素を自然拡散させることでもよい。

20

【0052】

また二酸化炭素濃度制御部 60 が行う制御方法は上記の例に限らず、種々の形態が可能である。例えば、上記実施形態では、定期的に取得した二酸化炭素濃度が下限値以下となったときに計算された所要時間だけバルブを開けて、その時間の経過後は二酸化炭素濃度に関係なく閉じるという制御形態であるが、二酸化炭素濃度を連続的に取得してバルブ開閉操作を行っても良い。またバルブの開閉(オンオフ)制御ではなく、バルブの開度と酸性液の流量の関係式をあらかじめ取得しておき、二酸化炭素目標濃度値と測定値との差に応じてバルブ開度を調整して酸性液供給量を調整する PID 制御(Proportional-Integral-Derivative Controller)を用いてもよい。またポンプ流量を制御することによって酸性液供給量を調整してもよい。

30

【0053】

二酸化炭素濃度の下限を定める規定濃度値、植物育成室内の二酸化炭素目標濃度値や濃度測定間隔なども植物の種類や設備規模等により自由に選択可能である。つまり自由な制御の組み合わせが可能である。

【0054】

また二酸化炭素濃度測定部(センサー)は、特定の波長(4.3 μm)の赤外線吸光度を測定して二酸化炭素濃度に換算する方法、クロマトグラフのように分離後たとえばガスの熱伝導を測定する方法、水素を供給してメタン化後に燃焼させて発熱量を測定する方法、電気化学原理を利用する方法等があるが、常時監視および簡便さという点では赤外線吸光度測定法が好ましい。

40

【0055】

有機化合物を改質して得た水素を燃料電池の燃料に用いて発電した電力は自由に利用可能であるが、植物育成に関連して用いることができる。前述のように二酸化炭素濃度制御部や二酸化炭素濃度測定部に用いる以外に、例えば光合成用の照明、ヒータ、各種センサー、水循環ポンプ、送風ポンプ等に用いることができる。燃料電池については、固体高分子型燃料電池以外にも水素を燃料とする種々の燃料電池が公知であり、本発明でも利用可能である。

【0056】

なお、上記実施形態では、炭酸塩は有機化合物を改質して製造した二酸化炭素を用いて

50

製造したが、異なる方法で得られた二酸化炭素から製造された炭酸塩を用いてもよい。また、二酸化炭素からではなく、他の方法によって得られた炭酸塩を用いてもよい。

【0057】

なお、本発明の実施形態に係るプログラムは、コンピュータに、育成対象の植物が内部に配置された植物育成室内の二酸化炭素濃度を二酸化炭素濃度測定部に測定させるステップと、二酸化炭素濃度測定部による二酸化炭素濃度の測定結果に基づいて、酸性物質供給部に、植物育成室内に配置された炭酸塩に酸性物質を供給させるステップと、を実行させる。また、このようなプログラムは上記説明した装置を制御する各種ステップを含んでもよい。

【0058】

また、このようなプログラムの適用方法は任意である。プログラムを、例えばフレキシブルディスク、CD (Compact Disc) - ROM、DVD (Digital Versatile Disc) - ROM、メモリカード等のコンピュータ読み取り可能な記憶媒体に格納して適用できる。さらに、プログラムを搬送波に重畳し、インターネットなどの通信媒体を介して適用することもできる。例えば、通信ネットワーク上の掲示板 (BBS: Bulletin Board System) にプログラムを掲示して配信してもよい。そして、このプログラムを起動し、OS (Operating System) の制御下で、他のアプリケーションプログラムと同様に実行することにより、上記の処理を実行できるように構成してもよい。

【0059】

以上、本発明のいくつかの実施例を説明したが、本発明は特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。以下に、本出願の当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

【0060】

(付記1)

育成対象の植物が内部に配置された植物育成室内の二酸化炭素濃度を測定する二酸化炭素濃度測定部と、

前記植物育成室内に配置され、炭酸塩を保持する炭酸塩保持部と、

保持された前記炭酸塩に酸性物質を供給する酸性物質供給部と、

前記二酸化炭素濃度測定部の測定結果に基づいて、前記酸性物質供給部を制御して、前記酸性物質を前記炭酸塩に供給させる二酸化炭素濃度制御部と、を含む、二酸化炭素供給システム。

【0061】

(付記2)

有機物から二酸化炭素と水素の混合物を生成する有機化合物改質部と、生成した前記二酸化炭素と水素を分離する CO_2/H_2 分離部と、分離された前記二酸化炭素を炭酸塩として固定化する二酸化炭素固定化部とをさらに含み、

前記二酸化炭素固定化部は、前記 CO_2/H_2 分離部により分離された前記二酸化炭素と、周期表第2族元素の酸化物又は水酸化物とを反応させて前記炭酸塩を生成する、付記1に記載の二酸化炭素供給システム。

【0062】

(付記3)

前記 CO_2/H_2 分離部により分離された前記水素を燃料として用いる燃料電池をさらに含み、

前記燃料電池は前記水素を燃料として発電した電力を前記二酸化炭素濃度制御部と前記二酸化炭素濃度測定部のうちの少なくとも1つに供給し、前記二酸化炭素濃度制御部と前記二酸化炭素濃度測定部のうちの少なくとも1つは供給された前記電力を消費して動作する、付記2に記載の二酸化炭素供給システム。

【0063】

(付記4)

10

20

30

40

50

前記二酸化炭素濃度制御部は、目標とする二酸化炭素濃度と前記二酸化炭素濃度の測定値の差に基づいて、前記酸性物質の供給量を調整する制御を行う、付記 1 から 3 のいずれかに記載の二酸化炭素供給システム。

【 0 0 6 4 】

(付記 5)

前記酸性物質は酸性液であり、

前記二酸化炭素濃度制御部は、前記二酸化炭素濃度測定部の測定値があらかじめ定めた規定値以下の場合に、目標とする二酸化炭素濃度と前記二酸化炭素濃度の測定値から必要な二酸化炭素供給量を計算し、前記酸性液の濃度と供給速度からバルブの開時間を計算して前記バルブの開閉制御を行う、付記 1 から 3 のいずれかに記載の二酸化炭素供給システム。

10

【 0 0 6 5 】

(付記 6)

育成対象の植物が内部に配置された植物育成室内の二酸化炭素濃度を測定する工程と、前記二酸化炭素濃度の測定結果に基づいて、前記植物育成室内に配置された炭酸塩に酸性物質を供給する工程と、
を含む、二酸化炭素供給方法。

【 0 0 6 6 】

(付記 7)

有機化合物を改質して二酸化炭素と水素の混合物を得る工程と、
前記有機化合物を改質して得られた二酸化炭素と水素を分離する工程と、
前記二酸化炭素と水素を分離する工程で得られた二酸化炭素を、周期表第 2 族元素の酸化物又は水酸化物と反応させて前記炭酸塩を得る工程と、
をさらに含む、付記 6 に記載の二酸化炭素供給方法。

20

【 0 0 6 7 】

(付記 8)

前記二酸化炭素と水素を分離する工程で得られた水素を燃料電池の燃料として用いて発電する工程をさらに含み、前記発電する工程で得られる電力の少なくとも一部を前記二酸化炭素濃度を測定する工程及び前記酸性物質を供給する工程のうち少なくとも 1 つの工程の動力源として用いる、付記 7 に記載の二酸化炭素供給方法。

30

【 0 0 6 8 】

(付記 9)

前記有機化合物は、炭素数が 1 から 5 の炭化水素又はアルコールを用いる、付記 7 又は 8 に記載の二酸化炭素供給方法。

【 0 0 6 9 】

(付記 1 0)

前記有機化合物は、バイオマス原料から得られる炭化水素又はアルコールを用いる、付記 7 又は 8 に記載の二酸化炭素供給方法。

【 0 0 7 0 】

(付記 1 1)

コンピュータに、
育成対象の植物が内部に配置された植物育成室内の二酸化炭素濃度を測定させるステップと、

40

前記二酸化炭素濃度の測定結果に基づいて、前記植物育成室内に配置された炭酸塩に酸性物質を供給させるステップと、
を実行させる、プログラム。

【 符号の説明 】

【 0 0 7 1 】

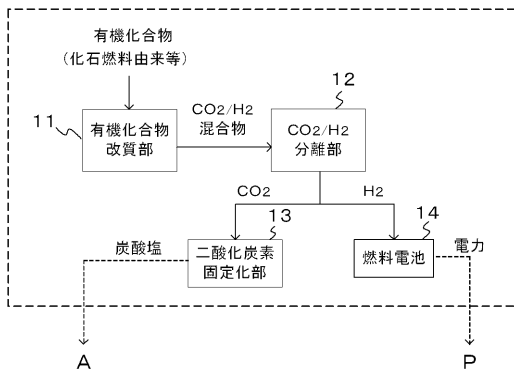
1 1 ... 有機化合物改質部、 1 2 ... CO_2 / H_2 分離部、 1 3 ... 二酸化炭素固定化部、 1 4 ... 燃料電池、 2 0 ... 植物育成室、 3 0 ... 炭酸塩保持部、 3 1 ... 炭酸塩、 4 0 ... 二酸化炭素

50

濃度測定部、50...酸性液供給部（酸性物質供給部）、51...酸性液タンク、52...配管、53...（電磁）バルブ、54...ポンプ、60...二酸化炭素濃度制御部、61...CPU、62...ROM、63...RAM、64...RTC、65...記憶部、66...操作部、67...表示部、68...（二酸化炭素濃度測定部）通信部、69...（酸性液供給部）通信部、70...送風機、101...二酸化炭素生成分離固定システム、102...二酸化炭素再生供給システム

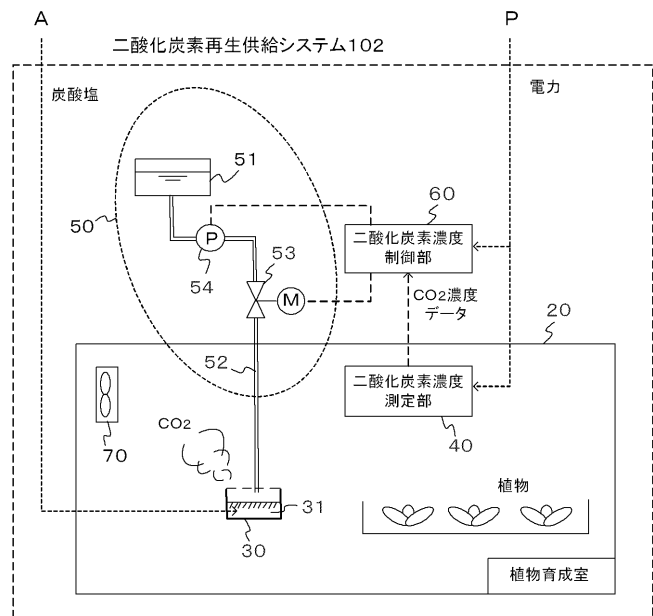
【図1】

二酸化炭素生成分離固定システム101

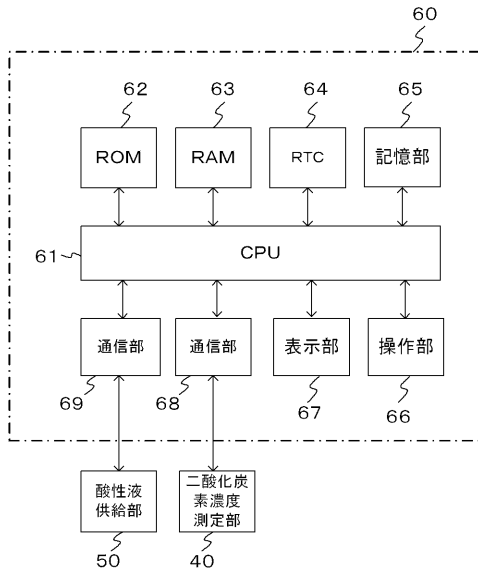


【図2】

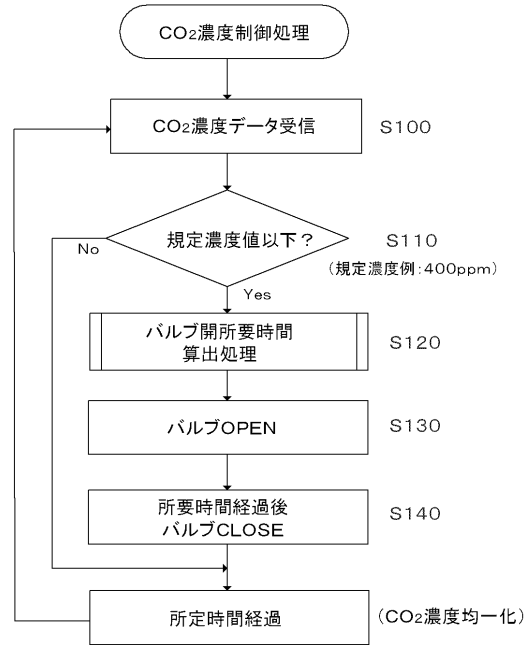
二酸化炭素再生供給システム102



【図 3】



【図 4】



【図 5】

