

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2018年2月1日(01.02.2018)



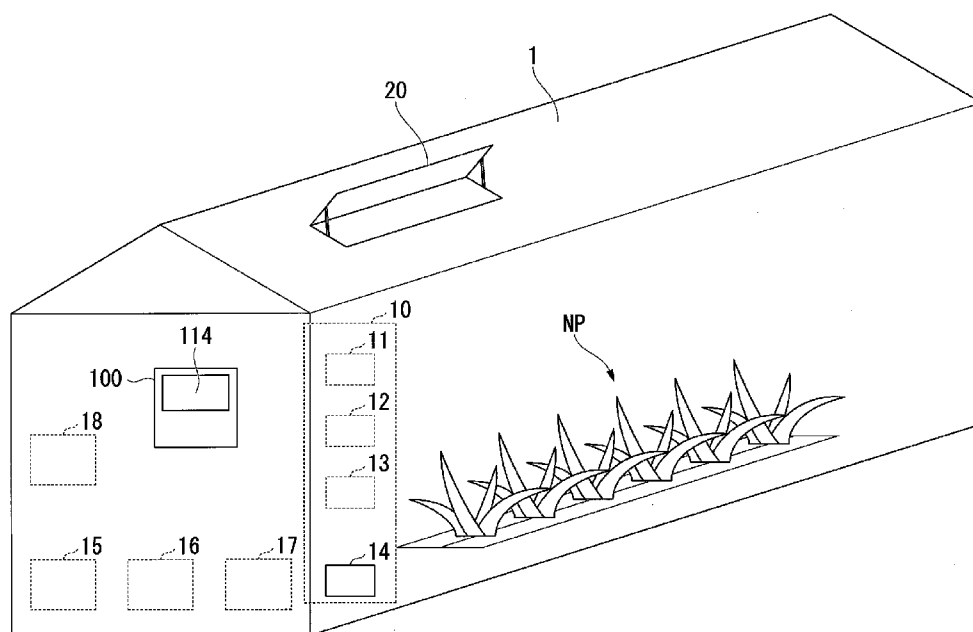
(10) 国際公開番号

**WO 2018/021142 A1**

- (51) 国際特許分類:  
A01G 9/18 (2006.01) A01G 7/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/026279
- (22) 国際出願日: 2017年7月20日(20.07.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2016-148443 2016年7月28日(28.07.2016) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人東京大学 (THE UNIVERSITY OF TOKYO) [JP/JP]; 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 富士原 和宏 (FUJIWARA Kazuhiro); 〒1138654 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大学法人東京大学内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,

(54) Title: CARBON DIOXIDE SUPPLY ASSISTANCE DEVICE AND CARBON DIOXIDE SUPPLY ASSISTANCE PROGRAM

(54) 発明の名称: 二酸化炭素施用支援装置及び二酸化炭素施用支援プログラム



(57) Abstract: Provided is a carbon dioxide supply assistance device that: measures the environment inside and outside a greenhouse in which plants are raised; obtains environmental conditions; calculates the rate of exchange of carbon dioxide by the plants in the greenhouse on the basis of, from among the environmental conditions, carbon dioxide concentrations inside and outside the greenhouse, the greenhouse ventilation frequency, and the light intensity in the greenhouse; generates environmental data in which the environmental conditions and the rate of exchange of carbon dioxide are associat-



NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 国際調査報告（条約第21条(3)）

ed with each other; obtains, from among the environmental data that an environmental data generating unit previously generated, similar environmental data which are similar to the environmental conditions; calculates the rate at which the plants in the greenhouse consume the carbon dioxide in the greenhouse on the basis of the similar environmental data and the rate of exchange of carbon dioxide; and estimates the relationship between the rate at which the carbon dioxide is supplied into the greenhouse and the rate at which carbon dioxide is consumed, on the basis of the inner volume of the greenhouse, the consumption rate, and, from among the environmental conditions, the greenhouse ventilation frequency.

(57) 要約：二酸化炭素施用支援装置は、植物の育成を行う温室内外の環境を測定し、環境条件を取得し、環境条件のうち、温室内外の二酸化炭素濃度と温室の換気回数と温室内の光強度とに基づいて温室内の植物が行う二酸化炭素の交換速度を算出し、環境条件と二酸化炭素の交換速度とが互に対応付けられた環境データを生成し、環境データ生成部が過去に生成した環境データのうちから環境条件と類似する類似環境データを取得し、類似環境データと二酸化炭素の交換速度とに基づいて温室内の植物が温室内の二酸化炭素を消費する速度を算出し、温室内の容積と消費する速度と環境条件のうち温室の換気回数とに基づいて、温室内に施用される二酸化炭素の施用速度と消費する速度との関係を推定する。

## 明 細 書

発明の名称：

二酸化炭素施用支援装置及び二酸化炭素施用支援プログラム

### 技術分野

[0001] 本発明は、二酸化炭素施用支援装置及び二酸化炭素施用支援プログラムに関する。

本願は、2016年7月28日に、日本に出願された特願2016-148443号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

### 背景技術

[0002] 従来、植物を育成する温室に二酸化炭素を施用し、植物の育成を促進する技術が知られている（例えば、特許文献1）。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-128263号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 植物が活発に光合成を行う光強度の時間帯には、温室内の温度が上昇しすぎる為、温室の窓を開放する場合がある。温室の窓を開放すると、温室内に二酸化炭素を施用しても、温室内に施用した二酸化炭素の多くは窓から温室外に漏れてしまう。温室を管理する管理者は、植物の生育環境の変化に応じて温室に施用する二酸化炭素の流量を増減させるべきであるが、その流量の合理的な決定方法がないという問題があった。

本発明の課題は、温室内に施用する二酸化炭素の流量を管理者に通知することができる二酸化炭素施用支援装置及び二酸化炭素施用支援プログラムを提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

- [0005] 本発明の一態様は、植物の育成を行う温室内外の環境を測定する測定部から、植物が育成される環境条件を取得する環境条件取得部と、前記環境条件取得部が取得する前記環境条件のうち、前記温室内の二酸化炭素濃度と、前記温室外の二酸化炭素濃度と、前記温室の換気回数と、前記温室内の光強度とに基づいて、前記温室内の植物が行う二酸化炭素の交換速度を算出する交換速度算出部と、前記環境条件取得部が取得する前記環境条件と、前記交換速度算出部が算出する前記二酸化炭素の交換速度とが互いに対応付けられた環境データを生成する環境データ生成部と、前記環境データ生成部が過去に生成した前記環境データのうちから、前記環境条件取得部が取得する前記環境条件と類似する環境データを類似環境データとして取得する環境データ取得部と、前記環境データ取得部が取得する前記類似環境データと、前記交換速度算出部が算出する前記二酸化炭素の交換速度とに基づいて、前記温室内の植物が前記温室内の二酸化炭素を消費する速度を算出する消費速度算出部と、前記温室内の容積と、前記吸収速度算出部が算出する前記消費する速度と、前記環境条件取得部が取得する前記環境条件のうち前記温室の換気回数とに基づいて、前記温室内に施用される二酸化炭素の施用速度と前記消費する速度との関係を推定する施用速度推定部とを備える二酸化炭素施用支援装置である。
- [0006] また、本発明の他の態様は、前記消費速度算出部は、前記交換速度算出部が算出する前記二酸化炭素の交換速度と、前記類似環境データに含まれる前記二酸化炭素の交換速度との相対値に基づいて、前記消費する速度を算出する二酸化炭素施用支援装置である。
- [0007] また、本発明の他の態様は、前記施用速度推定部は、前記消費速度算出部が算出した前記消費する速度に基づいて、前記植物の状態に係る値を更に算出する二酸化炭素施用支援装置である。
- [0008] また、本発明の他の態様は、前記植物の状態に係る値には、前記植物の生長点を含む茎葉部の伸長の速さを示す茎葉部成長速度、前記植物から蒸散される水分の単位時間あたりの量を示す蒸散速度のうちの少なくとも1つ

が含まれる二酸化炭素施用支援装置である。

[0009] また、本発明の他の態様は、前記環境条件には、前記温室内の飽差の条件、前記温室内の気温の条件、前記植物に供給される給液速度の条件が含まれ、前記施用速度推定部は、更に、前記環境条件のうちから少なくとも1つの条件と前記消費する速度との関係を推定する二酸化炭素施用支援装置である。

[0010] 本発明の一態様は、コンピュータに、植物の育成を行う温室内外の環境を測定する測定部から、植物が育成される環境条件を取得する環境条件取得ステップと、前記環境条件取得ステップにおいて取得される前記環境条件のうち、前記温室内の二酸化炭素濃度と、前記温室外の二酸化炭素濃度と、前記温室の換気回数と、前記温室内の光強度とに基づいて、前記温室内の植物が行う二酸化炭素の交換速度を算出する呼吸速度算出ステップと、前記環境条件取得ステップにおいて取得される前記環境条件と、前記呼吸速度算出ステップにおいて算出される前記二酸化炭素の交換速度とが互いに対応付けられた環境データを生成する環境データ生成ステップと、前記環境データ生成ステップにおいて過去に生成された前記環境データのうちから、前記環境条件取得ステップにおいて取得される前記環境条件と類似する環境データを類似環境データとして取得する環境データ取得ステップと、前記環境データ取得ステップにおいて取得される前記類似環境データと、前記呼吸速度算出ステップにおいて算出される前記二酸化炭素の交換速度とに基づいて、前記温室内の植物が前記温室内の二酸化炭素を消費する速度を算出する消費速度算出ステップと、前記温室内の容積と、前記消費速度算出ステップにおいて算出される前記消費する速度と、前記環境条件取得ステップにおいて取得される前記環境条件のうち前記温室の換気回数とに基づいて、前記温室内に施用される二酸化炭素の施用速度と前記消費する速度との関係を推定する施用速度推定ステップとを実行させるための二酸化炭素施用支援プログラムである。

## 発明の効果

[0011] 本発明によれば、温室内に施用する二酸化炭素の流量を管理者に通知する

ことができる二酸化炭素施用支援装置及び二酸化炭素施用支援プログラムを提供することができる。

### 図面の簡単な説明

[0012] [図1]温室の外観構成の一例を示す図である。

[図2]二酸化炭素施用支援装置の構成の一例を示す図である。

[図3]二酸化炭素施用支援装置の動作の一例を示す流れ図である。

[図4]二酸化炭素施用支援装置の動作の一例を示す流れ図である。

[図5]記憶部に記憶される環境データの一例を示す図である。

[図6]温室内の二酸化炭素濃度と、純光合成速度との関係の一例を示す図である。

[図7]類似環境データの純光合成速度に補正を行う場合と、行わない場合との一例を示す図である。

[図8]施用速度推定部が推定した二酸化炭素の施用速度の一例を示す図である。

[図9]施用速度推定部が推定した二酸化炭素の施用速度の一例を示す図である。

[図10]記憶部に記憶された環境データの量と、消費速度算出部が算出する純光合成速度との関係の一例を示す図である。

[図11]環境データ取得部が記憶部から取得する類似環境データの許容範囲と、消費速度算出部が算出する純光合成速度との関係の一例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0013] [実施形態]

[温室1の外観構成]

以下、図面を参照して、本発明に係る二酸化炭素施用支援装置の実施形態について説明する。なお、この実施形態に記載されている構成部品の個数等は、特定の記載がない限り本発明の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

図1は、温室1の外観構成の一例を示す図である。

- [0014] 温室 1 には、植物 N P が植生される。温室 1 とは、その内部において植物 N P を育成する建造物のことである。温室 1 は、太陽光を受けて内部の植物 N P を育成してもよく、人工光によって内部の植物 N P を育成してもよい。植物 N P は、温室 1 の環境条件に応じて生育する。具体的には、植物 N P は、温室 1 内の光を受けて、温室 1 内の二酸化炭素を吸収し、光合成を行う。この一例では、植物 N P は、苗の状態の時に温室 1 内に植生される。なお、植物 N P は、苗以外の状態の時に温室 1 内に植生されてもよい。
- [0015] 温室 1 は、測定部 10 と、窓 20 と、飽差算出装置 15 と、換気回数算出部 16 と、二酸化炭素施用制御装置 17 と、温室情報装置 18 と、二酸化炭素施用支援装置 100 とを備える。
- [0016] 測定部 10 は、温室 1 の環境条件を測定する。温室 1 の環境条件には、温室 1 内の気温、温室 1 内の光の強さを示す光強度、温室 1 内の飽差、温室 1 内外の二酸化炭素濃度及び温室 1 の換気回数が含まれる。ここで、飽差とは、ある気温における空気中の水蒸気の総量と、既に空気中に含まれる水蒸気の量の差である。換気回数とは、1 時間あたりに構造物内に流入する空気量を構造物内の空気容積で除したものである。この一例では、換気回数とは、1 時間あたりに温室 1 内に流入する空気量を温室 1 内の空気容積で除したものである。具体的には、換気回数とは、空気容積が” 500 ” (  $\text{m}^3$  ) の温室 1 内に、1 時間あたりに” 500 ” (  $\text{m}^3$  ) の空気が流入する場合には、換気回数は” 1 ” (  $\text{h}^{-1}$  ) である。
- [0017] 測定部 10 は、温度センサ 11 と、光強度センサ 12 と、屋内二酸化炭素濃度測定センサ 13 と、屋外二酸化炭素濃度測定センサ 14 と、飽差算出装置 15 と、換気回数算出部 16 とを備える。
- 温度センサ 11 は、温室 1 内の温度を測定する。温度センサ 11 は、測定した温室 1 内の温度を二酸化炭素施用支援装置 100 に対して出力する。具体的には、温度センサ 11 は、温室 1 内の気温を測定する。
- 光強度センサ 12 は、温室 1 内の光の強さを測定する。光強度センサ 12 は、測定した温室 1 内の光の強さを二酸化炭素施用支援装置 100 に対して

出力する。この一例では、光強度センサ 12 は、温室 1 内の日射量を測定する。なお、人工光によって植物を育成する温室の場合、光強度センサ 12 は人工光の強さを測定してもよい。

[0018] 屋内二酸化炭素濃度測定センサ 13 は、温室 1 内の二酸化炭素濃度を測定する。屋内二酸化炭素濃度測定センサ 13 は、測定した温室 1 内の二酸化炭素濃度を二酸化炭素施用支援装置 100 に対して出力する。

屋外二酸化炭素濃度測定センサ 14 は、温室 1 外の二酸化炭素濃度を測定する。屋外二酸化炭素濃度測定センサ 14 は、測定した温室 1 外の二酸化炭素濃度を二酸化炭素施用支援装置 100 に対して出力する。

[0019] 飽差算出装置 15 は、温室 1 内の飽差を算出する。飽差算出装置 15 は、温室 1 内の温度と、温室 1 内の相対湿度とに基づいて、飽差を算出する。飽差算出装置 15 は、算出した飽差を二酸化炭素施用支援装置 100 に対して出力する。

[0020] 換気回数算出部 16 は、温室 1 の換気回数を算出する。換気回数測定部 16 は、換気回数を、水収支法などに基づいて算出する。ここで、水収支法とは、温室 1 に投入された水分と、温室 1 から排出された水分とに基づいて、温室 1 の換気回数を算出する方法である。換気回数算出部 16 は、測定した換気回数を二酸化炭素施用支援装置 100 に対して出力する。なお、温室 1 は、ファン（不図示）などにより換気回数が制御されてもよい。この一例では、換気回数が 1 である場合について説明する。

[0021] 窓 20 は、開閉動作する。窓 20 が開閉動作すると、温室 1 内の環境条件が変化する。

具体的には、窓 20 は開放されると、温室 1 内の空気が入れ替わる程度が大きくなる。窓 20 が開放されると、温室 1 内の温度が、温室 1 外の温度よりも大きければ、温室 1 内の温度は下がる。窓 20 が閉じられると、温室 1 内の空気は、ほとんど入れ替わらない。窓 20 が閉じられると、温室 1 に日光が当たっていれば、温室 1 内の温度は一般には上昇する。

[0022] 二酸化炭素施用制御装置 17 は、二酸化炭素施用支援装置 100 が算出す

る二酸化炭素の施用速度に基づいて、温室 1 内に供給される二酸化炭素の施用速度を制御する。言い換えると、二酸化炭素施用制御装置 17 は、二酸化炭素施用支援装置 100 が算出する二酸化炭素の施用速度に基づいて、温室 1 内に供給される二酸化炭素の量を制御する。

二酸化炭素施用制御装置 17 は、環境データ生成部 109 に対して、二酸化炭素施用制御装置 17 が温室 1 内に供給する二酸化炭素の施用速度を示す二酸化炭素施用速度 CS を出力する。

[0023] 温室情報装置 18 とは、温室 1 に関する情報が記憶される装置である。この一例では、温室情報装置 18 には、温室 1 内の空気容積の情報が記憶される。温室 1 内の空気容積とは、温室 1 内の空気の容積である。なお、温室情報装置 18 に記憶される温室 1 内の空気容積の情報は、温室 1 毎のほぼ固定の値として扱ってよい。温室 1 内の空気容積の情報は、どこに記憶されてもよい。

[0024] 二酸化炭素施用支援装置 100 は、季節、天候、時刻などにより変化する温室 1 内外の環境条件を取得する。二酸化炭素施用支援装置 100 は、取得した環境条件に基づいて、温室 1 内の植物 NP に適した二酸化炭素の施用速度を推定する。この一例では、二酸化炭素施用支援装置 100 が推定する二酸化炭素の施用速度とは、温室 1 内外の環境条件に応じて温室 1 内の植物 NP に施用する二酸化炭素施用速度と温室 1 内の植物 NP の純光合成速度との関係を示す曲線である。以降の説明では、温室 1 内外の環境条件に応じて温室 1 内の植物 NP に施用する二酸化炭素施用速度と温室 1 内の植物 NP の純光合成速度との関係を示す曲線を、単に CP 曲線と記載する場合もある。

二酸化炭素施用支援装置 100 の詳細は後述する。

[0025] 次に、図 2 を参照して、二酸化炭素施用支援装置 100 の機能構成について説明する。

図 2 は、二酸化炭素施用支援装置 100 の構成の一例を示す図である。

二酸化炭素施用支援装置 100 は、環境条件取得部 101 と、交換速度算出部 108 と、環境データ生成部 109 と、記憶部 110 と、環境データ取

得部 111 と、消費速度算出部 112 と、施用速度推定部 113 と、表示部 114 とを備える。

[0026] 環境条件取得部 101 は、測定部 10 から、植物 NP が育成される環境条件を取得する。環境条件取得部 101 は、温室 1 内に植物 NP が定植されると、時間間隔を開けて測定部 10 から環境条件を取得する。

具体的には、環境条件取得部 101 には、温度取得部 102 と、光強度取得部 103 と、飽差取得部 104 と、屋内二酸化炭素濃度取得部 105 と、屋外二酸化炭素濃度取得部 106 と、換気回数取得部 107 とが含まれる。

[0027] 温度取得部 102 は、温度センサ 11 から、温室 1 内の温度 TV を取得する。温度取得部 102 は、取得した温室 1 内の温度 TV を、交換速度算出部 108 と、環境データ生成部 109 とに対して出力する。

[0028] 光強度取得部 103 は、光強度センサ 12 から、温室 1 内の光強度 LS を取得する。光強度取得部 103 は、取得した温室 1 内の光強度 LS を、交換速度算出部 108 と、環境データ生成部 109 とに対して出力する。

[0029] 飽差取得部 104 は、飽差算出装置 15 から、温室 1 内の飽差 HD を取得する。飽差取得部 104 は、取得した温室 1 内の飽差 HD を、環境データ生成部 109 に対して出力する。

[0030] 屋内二酸化炭素濃度取得部 105 は、屋内二酸化炭素濃度測定センサ 13 から、温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD を取得する。屋内二酸化炭素濃度取得部 105 は、取得した温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD を、交換速度算出部 108 と、環境データ生成部 109 とに対して出力する。

[0031] 屋外二酸化炭素濃度取得部 106 は、屋外二酸化炭素濃度測定センサ 14 から、温室 1 外の二酸化炭素濃度 OCD を取得する。屋外二酸化炭素濃度取得部 106 は、取得した温室 1 外の二酸化炭素濃度 OCD を、交換速度算出部 108 と、環境データ生成部 109 とに対して出力する。

[0032] 換気回数取得部 107 は、換気回数算出部 16 から、換気回数 VC を取得する。換気回数取得部 107 は、取得した換気回数 VC を交換速度算出部 108 と、環境データ生成部 109 と、施用速度推定部 113 とに対して出力

する。

[0033] 交換速度算出部 108 は、温室 1 内の植物 NP の二酸化炭素の交換速度 PS を算出する。二酸化炭素の交換速度 PS とは、温室 1 内の植物 NP が正味に消費又は放出する二酸化炭素の速度である。具体的には、交換速度算出部 108 は、光強度取得部 103 から温室 1 内の光強度 LS を取得する。交換速度算出部 108 は、屋内二酸化炭素濃度取得部 105 から温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD を取得する。交換速度算出部 108 は、屋外二酸化炭素濃度取得部 106 から温室 1 外の二酸化炭素濃度 OCD を取得する。交換速度算出部 108 は、換気回数取得部 107 から換気回数 VC を取得する。交換速度算出部 108 は、温室情報装置 18 から空気容積 AC を取得する。

[0034] 交換速度算出部 108 は、環境条件取得部 101 が取得する環境条件のうち、温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD と、温室 1 外の二酸化炭素濃度 OCD と、温室 1 の換気回数 VC と、温室 1 内の光強度 LS とに基づいて、温室 1 内の植物 NP が行う二酸化炭素の交換速度 PS を算出する。具体的には、交換速度算出部 108 は、式 (1) に示すザイデルの式から導かれる定常状態における式を用いて、二酸化炭素の交換速度 PS を算出する。

[0035] [数1]

$$M = NV\Delta C \quad \dots (1)$$

[0036] ここで、式 (1) 中の M とは、温室 1 内の植物 NP の二酸化炭素の交換速度 PS である。式 (1) 中の N は、換気回数 VC である。式 (1) 中の V とは、温室 1 内の空気容積 AC である。式 (1) 中の  $\Delta C$  とは、温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD と、温室 1 外の二酸化炭素濃度 OCD との差である。

交換速度算出部 108 が算出する二酸化炭素の交換速度 PS とは、温室 1 内の光強度 LS が植物 NP の光合成に適した光の強さを示さない場合（例えば夜間）には、植物 NP の暗呼吸速度を示す。ここで、暗呼吸とは、植物 NP が二酸化炭素を排出する呼吸である。

交換速度算出部 108 が算出する二酸化炭素の交換速度 PS とは、温室 1 内の光強度 LS が、植物 NP の光合成に適した光の強さを示す場合（例えば

昼間)には、植物NPの純光合成速度である。純光合成速度とは、温室1内の植物NPが、温室1内の二酸化炭素濃度ICDに応じて吸収する二酸化炭素の速度である。以下の説明では、純光合成速度を、消費する速度UDと記載することもある。

つまり、交換速度算出部108は、温室1内の光強度LSが示す光強度が、植物NPが光合成可能な強さに達していない場合には、二酸化炭素の交換速度PSを暗呼吸速度として算出する。交換速度算出部108は、温室1内の光強度LSが示す光強度が、植物NPが光合成可能な強さに達している場合には、二酸化炭素の交換速度PSを、純光合成速度として算出する。

[0037] なお、交換速度算出部108が算出する二酸化炭素の交換速度PSは、時刻の情報に基づいて暗呼吸速度と、純光合成速度とを区別してもよい。具体的には、交換速度算出部108が算出する二酸化炭素の交換速度PSは、太陽が出ている間の時刻を純光合成速度としてもよい。また、交換速度算出部108が算出する二酸化炭素の交換速度PSは、太陽が沈んでいる間の時刻を、暗呼吸速度としてもよい。

[0038] 環境データ生成部109は、環境条件取得部101が取得する環境条件と、交換速度算出部108が算出する二酸化炭素の交換速度PSとが互いに対応付けられた環境データEDを生成する。具体的には、環境データ生成部109は、温度取得部102から温室1内の温度TVを取得する。環境データ生成部109は、光強度取得部103から温室1内の光強度LSを取得する。環境データ生成部109は、飽差取得部104から温室1内の飽差HDを取得する。環境データ生成部109は、屋内二酸化炭素濃度取得部105から温室1内の二酸化炭素濃度ICDを取得する。環境データ生成部109は、屋外二酸化炭素濃度取得部106から温室1外の二酸化炭素濃度OCDを取得する。環境データ生成部109は、換気回数取得部107から換気回数VCを取得する。環境データ生成部109は、二酸化炭素施用制御装置17から、二酸化炭素施用速度CSを取得する。

[0039] 環境データ生成部109は、温室1内の温度TVと、温室1内の光強度L

Sと、温室1内の飽差HDと、温室1内の二酸化炭素濃度ICDと、温室1外の二酸化炭素濃度OCDと、換気回数VCと、二酸化炭素施用速度CSと、環境条件を取得した日付及び時刻と、二酸化炭素の交換速度PSとを互いに対応付けて、環境データEDを生成する。

環境データ生成部109は、生成した環境データEDを、記憶部110に記憶させる。環境データ生成部109は、生成した環境データEDを環境データ取得部111に対して出力する。

記憶部110には、環境データ生成部109が生成した環境データEDが記憶される。

[0040] 環境データ取得部111は、環境データ生成部109が過去に生成した環境データEDのうちから、環境条件取得部101が取得する環境条件EDと類似する環境データを類似環境データSEDとして取得する。類似環境データSEDとは、過去に生成された環境データのうち、施用速度推定部113が二酸化炭素の施用速度ASの推定に用いる環境データEDと値が近い環境データEDのことである。具体的には、環境データ取得部111が類似環境データSEDの選択に用いる環境データEDは、現在の温室1内の環境条件が、日没、大きな気温の変化、曇天、降雨による温室1内の光強度LSの変化などの環境条件が大きく変化する前の環境データEDであればよい。より具体的には、例えば、環境データ取得部111は、直近に生成された環境データEDよりも以前に生成された環境データEDと類似する環境データを、類似環境データSEDとして取得してもよい。環境データ取得部111は、直近に生成された環境データEDよりも以前に生成された環境データEDと類似するデータを類似環境データSEDとして取得する場合には、環境データ生成部109から取得した環境データEDを蓄積し、蓄積された環境データEDに基づいて記憶部110から類似環境データSEDを取得すればよい。

[0041] 環境データ取得部111は、環境データ生成部109から環境データEDを取得する。

環境データ取得部 111 は、環境データ生成部 109 から取得した環境データ ED のうち、温室 1 内の光強度 LS と、温室 1 内の温度 TV と、温室 1 内の飽差 HD とのそれぞれが類似する環境データを、記憶部 110 から類似環境データ SED として取得する。

具体的には、環境データ取得部 111 は、環境データ生成部 109 から取得した環境データ ED のうち、温室 1 内の光強度 LS と、温室 1 内の温度 TV と、温室 1 内の飽差 HD とのそれぞれの値が、 $\pm 25\%$  程度の範囲内に収まる値を類似環境データ SED として取得する。一例として、環境データ取得部 111 は、環境データ ED のうち、温室 1 内の光強度 LS が "100"、温室 1 内の温度 TV が "20"、温室 1 内の飽差 HD が "30" の場合には、記憶部 110 に記憶される過去に生成された環境データ ED のうちから、温室 1 内の光強度 LS が "75" から "125"、温室 1 内の温度 TV が "15" から "25"、温室 1 内の飽差 HD が "22.5" から "37.5" に収まる環境データを、類似環境データ SED として取得する。

[0042] 環境データ取得部 111 は、環境データ生成部 109 から取得する環境データ ED と、記憶部 110 から取得する類似環境データ SED とを、消費速度算出部 112 に対して出力する。

[0043] 消費速度算出部 112 は、環境データ取得部 111 が取得する類似環境データ SED と、交換速度算出部 108 が算出する二酸化炭素の交換速度 PS とに基づいて、温室 1 内の植物 NP が温室 1 内の二酸化炭素を消費する速度 UD を算出する。消費速度算出部 112 は、環境データ ED の日付の直近の暗呼吸速度と、類似環境データ SED の日付の直近の暗呼吸速度とに基づいて、環境データ ED の日付の直近の二酸化炭素を消費する速度 UD を補正する。具体的には、消費速度算出部 112 は、環境データ ED の日付の直近の暗呼吸速度が "1"、類似環境データ SED の日付の直近の暗呼吸速度が "0.5" の場合には、類似環境データ SED に含まれる二酸化炭素を消費する速度 UD を 2 倍にする。つまり、消費速度算出部 112 は、温室 1 内の植物 NP の生育に応じて増加した二酸化炭素を消費する速度 UD を、暗呼吸速

度の相対値に基づいて補正する。

消費速度算出部 112 は、上述した補正を、類似環境データ SED に含まれる温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD 毎に行う。消費速度算出部 112 は、温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD と、補正後の温室 1 内の植物 NP が二酸化炭素を消費する速度 UD との関係を算出する。

消費速度算出部 112 は、算出した温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD と、二酸化炭素を消費する速度 UD との関係を、施用速度推定部 113 に対して出力する。

[0044] 施用速度推定部 113 は、温室 1 内の空気容積 AC と、消費する速度 UD と、環境条件のうち温室 1 の換気回数 VC とに基づいて、温室 1 内に施用される二酸化炭素の施用速度と温室 1 内の植物 NP が消費する速度 UD との関係を推定する。

施用速度推定部 113 は、消費速度算出部 112 から二酸化炭素を消費する速度 UD を取得する。施用速度推定部 113 は、温室情報装置 18 から空気容積 AC を取得する。施用速度推定部 113 は、換気回数取得部 107 から換気回数 VC を取得する。施用速度推定部 113 は、消費速度算出部 112 から取得した二酸化炭素を消費する速度 UD と、温室情報装置 18 から取得した空気容積 AC と、換気回数取得部 107 が取得する換気回数 VC とに基づいて、CP 曲線を推定する。具体的には、施用速度推定部 113 は、上述した式 (1) から、CP 曲線を推定する。

なお、施用速度推定部 113 は、温室 1 内に二酸化炭素を施用している場合の類似環境データ SED には、式 (2) に示すザイデルの式から導かれる定常状態における式を用いて、CP 曲線を推定する。

[0045] [数2]

$$M = NV\Delta C + S \quad \dots (2)$$

[0046] ここで、式 (2) 中の M とは、温室 1 内の植物 NP の二酸化炭素の交換速度 PS である。式 (2) 中の N は、換気回数 VC である。式 (2) 中の V とは、温室 1 内の空気容積 AC である。式 (2) 中の  $\Delta C$  とは、温室 1 内の二

酸化炭素濃度 I C D と、温室 1 外の二酸化炭素濃度 O C D との差である。式

(2) 中の S とは、二酸化炭素施用制御装置 1 7 が施用する二酸化炭素の施用速度である。

施用速度推定部 1 1 3 は、推定した C P 曲線を、表示部 1 1 4 に表示させる。

[0047] 表示部 1 1 4 は、C P 曲線を表示する。

温室 1 の管理者は、表示部 1 1 4 に表示された C P 曲線を確認する。管理者は、予め二酸化炭素を施用する効果が見込めると判断する条件を、二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 が備える操作部（不図示）を操作して入力しておくことにより、二酸化炭素施用制御装置 1 7 に二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 が算出した量の二酸化炭素の施用速度の制御を行うようにすることができる。なお、二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 は、予め温室 1 内に対しての二酸化炭素を施用する速度の閾値が定められていてもよい。二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 は、予め閾値が定められている場合には、算出した二酸化炭素の施用速度を、閾値に応じて二酸化炭素施用制御装置 1 7 に対して出力する。

[0048] [二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 の環境条件取得動作の概要]

次に、図 3 を参照して、二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 の環境条件取得動作の概要について説明する。

図 3 は、二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 の動作の一例を示す流れ図 S 1 である。

[0049] 二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 が備える環境条件取得部 1 0 1 は、温室 1 内に植物 N P が定植されてから、温室 1 内の環境条件を取得し始める。光強度取得部 1 0 3 は、光強度センサ 1 2 から、温室 1 内の光強度 L S を取得する。光強度取得部 1 0 3 は、光強度センサ 1 2 から取得した温室 1 内の光強度 L S を、環境データ生成部 1 0 9 と、交換速度算出部 1 0 8 とに対して出力する（ステップ S 1 1 0）。

[0050] 温度取得部 1 0 2 は、温度センサ 1 1 から、温室 1 内の温度 T V を取得する。温度取得部 1 0 2 は、温度センサ 1 1 から取得した温室 1 内の温度 T V

を、環境データ生成部 109 に対して出力する（ステップ S 120）。

[0051] 飽差取得部 104 は、飽差算出装置 15 から、温室 1 内の飽差 HD を取得する。飽差取得部 104 は、飽差算出装置 15 から取得した温室 1 内の飽差 HD を、環境データ生成部 109 に対して出力する（ステップ S 130）。

[0052] 屋外二酸化炭素濃度取得部 106 は、屋外二酸化炭素濃度測定センサ 14 から、温室 1 外の二酸化炭素濃度 OCD を取得する。屋外二酸化炭素濃度取得部 106 は、屋外二酸化炭素濃度測定センサ 14 から取得した温室 1 外の二酸化炭素濃度 OCD を、環境データ生成部 109 と、交換速度算出部 108 とに対して出力する（ステップ S 140）。

[0053] 屋内二酸化炭素濃度取得部 105 は、屋内二酸化炭素濃度測定センサ 13 から、温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD を取得する。屋内二酸化炭素濃度取得部 105 は、屋内二酸化炭素濃度測定センサ 13 から取得した温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD を、環境データ生成部 109 と、交換速度算出部 108 とに対して出力する（ステップ S 150）。

[0054] 換気回数取得部 107 は、換気回数算出部 16 から、換気回数 VC を取得する。換気回数取得部 107 は、換気回数算出部 16 から取得した換気回数 VC を、環境データ生成部 109 と、交換速度算出部 108 と、施用速度推定部 113 とに対して出力する（ステップ S 160）。

[0055] 環境データ生成部 109 は、二酸化炭素施用制御装置 17 から、二酸化炭素施用速度 CS を取得する（ステップ S 170）。

[0056] 交換速度算出部 108 は、光強度取得部 103 から温室 1 内の光強度 LS を取得する。交換速度算出部 108 は、屋内二酸化炭素濃度取得部 105 から温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD を取得する。交換速度算出部 108 は、屋外二酸化炭素濃度取得部 106 から温室 1 外の二酸化炭素濃度 OCD を取得する。交換速度算出部 108 は、換気回数取得部 107 から換気回数 VC を取得する。交換速度算出部 108 は、上述した式（1）に基づいて、温室 1 内の植物 NP の二酸化炭素の交換速度 PS を算出する。交換速度算出部 108 は、算出した二酸化炭素の交換速度 PS を、環境データ生成部 109 に

対して出力する（ステップS180）。

[0057] 環境データ生成部109は、温度取得部102から温室1内の温度TVを取得する。環境データ生成部109は、光強度取得部103から温室1内の光強度LSを取得する。環境データ生成部109は、飽差取得部104から温室1内の飽差HDを取得する。環境データ生成部109は、屋内二酸化炭素濃度取得部105から温室1内の二酸化炭素濃度ICDを取得する。環境データ生成部109は、屋外二酸化炭素濃度取得部106から温室1外の二酸化炭素濃度OCDを取得する。環境データ生成部109は、換気回数取得部107から換気回数VCを取得する。環境データ生成部109は、交換速度算出部108から二酸化炭素の交換速度PSを取得する。環境データ生成部109は、温度取得部102から取得した温室1内の温度TVと、光強度取得部103から取得した温室1内の光強度LSと、飽差取得部104から取得した温室1内の飽差HDと、屋内二酸化炭素濃度取得部105から取得した温室1内の二酸化炭素濃度ICDと、屋外二酸化炭素濃度取得部106から取得した温室1外の二酸化炭素濃度OCDと、換気回数取得部107から取得した換気回数VCと、交換速度算出部108から取得した二酸化炭素の交換速度PSとを互いに対応付けた環境データEDを生成する。環境データ生成部109は、生成した環境データEDを記憶部110に記憶させる（ステップS190）。

[0058] 二酸化炭素施用支援装置100は、流れ図S1の処理を、繰り返し実行する。二酸化炭素施用支援装置100は、流れ図S1の処理を、時間間隔を空けて繰り返し実行する。ここで、流れ図S1の処理を実行する時間間隔とは、数十秒から数十分間隔である。より具体的には、二酸化炭素施用支援装置100は、流れ図S1の処理を時間間隔が10分以下の時間間隔で繰り返し実行する場合には、CP曲線の推定に用いる多くの環境データEDを蓄積することができる。この場合には、二酸化炭素施用支援装置100は、多くの環境データEDに基づく、より正確なCP曲線を推定可能である。

二酸化炭素施用支援装置100は、流れ図S1の処理を数日間以上継続し

て行い、記憶部 110 に、環境データ ED を蓄積させる。

なお、ステップ S 110 からステップ S 170 までの処理の順番は入れ替えてもよい。

[0059] [二酸化炭素施用支援装置 100 の二酸化炭素施用速度推定動作の概要]

次に、図 4 を参照して、二酸化炭素施用支援装置 100 の二酸化炭素施用速度推定動作の概要について説明する。

図 4 は、二酸化炭素施用支援装置 100 の動作の一例を示す流れ図 S 2 である。

[0060] 環境データ生成部 109 は、環境データ取得部 111 に対して環境データ ED を出力する。環境データ取得部 111 は、環境データ生成部 109 から取得する環境データ ED と、類似する環境データを類似環境データ SED として、記憶部 110 から取得する（ステップ S 210）。環境データ取得部 111 は、環境データ取得部 111 から取得した環境データ ED と、記憶部 110 から取得した類似環境データ SED と、環境データ ED の日付の直近の暗呼吸速度と、類似環境データ SED の日付の直近の暗呼吸速度とを、消費速度算出部 112 に対して出力する。

[0061] 消費速度算出部 112 は、環境データ取得部 111 から、環境データ ED と、類似環境データ SED と、環境データ ED の日付の直近の暗呼吸速度と、類似環境データ SED の日付の直近の暗呼吸速度とを取得する。消費速度算出部 112 は、環境データ ED の日付の直近の暗呼吸速度と、類似環境データ SED の日付の直近の暗呼吸速度とに基づいて、類似環境データ SED の純光合成速度を補正する。消費速度算出部 112 は、補正された純光合成速度と、類似環境データ SED に含まれる温室 1 内の二酸化炭素濃度 ICD との関係を示す二酸化炭素を消費する速度 UD を算出する（ステップ S 220）。

消費速度算出部 112 は、算出した二酸化炭素を消費する速度 UD を、施用速度推定部 113 に対して出力する。

[0062] 施用速度推定部 113 は、消費速度算出部 112 から二酸化炭素を消費す

る速度UDを取得する。施用速度推定部113は、換気回数算出部16から換気回数VCを取得する。施用速度推定部113は、温室情報装置18から空気容積ACを取得する。施用速度推定部113は、上述した式(1)から、現在の温室1内の植物NPについてのCP曲線を推定する(ステップS230)。施用速度推定部113は、CP曲線を、表示部114に対して出力する。

[0063] 表示部114は、施用速度推定部113から、CP曲線を取得する。表示部114は、施用速度推定部113から取得したCP曲線を表示する(ステップS240)。

[0064] また、施用速度推定部113は、温室1の管理者が予め二酸化炭素を施用する効果が見込めると判断する条件を設定している場合には、当該条件と算出したCP曲線とに基づいて、温室1内に施用する二酸化炭素の施用速度を算出する。施用速度推定部113は、算出した温室1内に施用する二酸化炭素の施用速度を、二酸化炭素施用制御装置17に対して出力する。二酸化炭素施用制御装置17は、施用速度推定部113から温室1内に施用する二酸化炭素の施用速度を取得する。二酸化炭素施用制御装置17は、施用速度推定部113から取得した量の二酸化炭素の施用速度の制御を行う。

二酸化炭素施用支援装置100は、上述した流れ図S2の処理を、繰り返し行う。

[0065] [二酸化炭素施用支援装置100の動作の具体例]

次に、図5から図8を参照して、二酸化炭素施用支援装置100の動作の具体例の一例について説明する。

図5は、記憶部110に記憶される環境データEDの一例を示す図である。

[0066] [環境データEDの一例]

記憶部110には、環境データEDが生成された日付と、環境データEDが生成された時刻と、温室1内の光強度LSと、温室1内の温度TVと、温室1内の飽差HDと、温室1内の二酸化炭素濃度ICDと、温室1外の二酸

化炭素濃度  $OC_D$  と、二酸化炭素施用制御装置 17 が施用する二酸化炭素の施用速度の情報と、二酸化炭素の施用速度と対応する純光合成速度を示す二酸化炭素を消費する速度  $UD$  と、換気回数  $VC$  とが、互いに対応付けられて記憶される。この一例では、記憶部 110 には、過去 1 か月分の 5 分毎に測定された環境データ  $ED$  が記憶されている。

[0067] 具体的には、記憶部 110 には、4 月 1 日の暗呼吸速度を示す環境データ  $ED$  と、4 月 1 日の純光合成速度を示す環境データ  $ED$  とが記憶されている。記憶部 110 には、4 月 1 日と同様に、4 月 20 日と、4 月 30 日との暗呼吸速度を示す環境データ  $ED$  と、4 月 1 日の純光合成速度を示す環境データ  $ED$  とが記憶されている。ここで、4 月 20 日の環境データ  $ED$  とは、植物  $NP$  が成長途中の環境データ  $ED$  である。4 月 30 日の環境データ  $ED$  とは、直近の環境データ  $ED$  である。

より具体的には、記憶部 110 には、日付が "4 / 1" と、時刻が "0 : 00" と、温室 1 内の光強度  $LS$  が "0" ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) と、温室 1 内の温度  $TV$  が "15" ( $^{\circ}\text{C}$ ) と、温室 1 内の飽差  $HD$  が "2.08" ( $\text{kPa}$ ) と、温室 1 内の二酸化炭素濃度  $IC_D$  が "450" ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、温室 1 外の二酸化炭素濃度  $OC_D$  が "440" ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、二酸化炭素施用速度が "0" ( $\text{L min}^{-1}$ ) と、純光合成速度が "-0.4" ( $\text{mol s}^{-1}$ ) と、換気回数が "1" ( $\text{h}^{-1}$ ) とが互いに対応付けられて記憶されている。

記憶部 110 には、日付が "4 / 1" と、時刻が "10 : 00" と、温室 1 内の光強度  $LS$  が "930" ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) と、温室 1 内の温度  $TV$  が "29.0" ( $^{\circ}\text{C}$ ) と、温室 1 内の飽差  $HD$  が "2.58" ( $\text{kPa}$ ) と、温室 1 内の二酸化炭素濃度  $IC_D$  が "650" ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、温室 1 外の二酸化炭素濃度  $OC_D$  が "444" ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、二酸化炭素施用速度が "30.1" ( $\text{L min}^{-1}$ ) と、純光合成速度が "1.2" ( $\text{mol s}^{-1}$ ) と、換気回数が "1" ( $\text{h}^{-1}$ ) とが互いに対応付けられて記憶されている。

同様に、記憶部110には、5分後と、10分後とのデータが記憶されている。

[0068] 記憶部110には、日付が"4/20"と、時刻が"0:00"と、温室1内の光強度LSが"0" ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )と、温室1内の温度TVが"17" ( $^{\circ}\text{C}$ )と、温室1内の飽差HDが"1.88" (kPa)と、温室1内の二酸化炭素濃度ICDが"470" ( $\text{mol mol}^{-1}$ )と、温室1外の二酸化炭素濃度OCDが"440" ( $\text{mol mol}^{-1}$ )と、二酸化炭素施用速度が"0" ( $\text{L min}^{-1}$ )と、純光合成速度が"-0.75" ( $\text{mol s}^{-1}$ )と、換気回数が"1" ( $\text{h}^{-1}$ )とが互いに対応付けられて記憶されている。

記憶部110には、日付が"4/20"と、時刻が"13:00"と、温室1内の光強度LSが"924" ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )と、温室1内の温度TVが"32.1" ( $^{\circ}\text{C}$ )と、温室1内の飽差HDが"2.02" (kPa)と、温室1内の二酸化炭素濃度ICDが"639" ( $\text{mol mol}^{-1}$ )と、温室1外の二酸化炭素濃度OCDが"440" ( $\text{mol mol}^{-1}$ )と、二酸化炭素施用速度が"0" ( $\text{L min}^{-1}$ )と、純光合成速度が"2.1" ( $\text{mol s}^{-1}$ )と、換気回数が"1" ( $\text{h}^{-1}$ )とが互いに対応付けられて記憶されている。

同様に、記憶部110には、5分後と、10分後とのデータが記憶されている。

[0069] 記憶部110には、日付が"4/30"と、時刻が"0:00"と、温室1内の光強度LSが"0" ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )と、温室1内の温度TVが"19" ( $^{\circ}\text{C}$ )と、温室1内の飽差HDが"2.30" (kPa)と、温室1内の二酸化炭素濃度ICDが"432" ( $\text{mol mol}^{-1}$ )と、温室1外の二酸化炭素濃度OCDが"444" ( $\text{mol mol}^{-1}$ )と、二酸化炭素施用速度が"0" ( $\text{L min}^{-1}$ )と、純光合成速度が"-1.0" ( $\text{mol s}^{-1}$ )と、換気回数が"1" ( $\text{h}^{-1}$ )とが互いに対応付けられて記憶されている。

記憶部 110 には、日付が "4/30" と、時刻が "10:00" と、温室 1 内の光強度  $LS$  が " $920$ " ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) と、温室 1 内の温度  $TV$  が " $32.1$ " ( $^{\circ}\text{C}$ ) と、温室 1 内の飽差  $HD$  が " $2.00$ " ( $\text{kPa}$ ) と、温室 1 内の二酸化炭素濃度  $ICD$  が " $441$ " ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、温室 1 外の二酸化炭素濃度  $OCD$  が " $445$ " ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、二酸化炭素施用速度が " $0$ " ( $\text{L min}^{-1}$ ) と、純光合成速度が " $3.0$ " ( $\text{mol s}^{-1}$ ) と、換気回数が " $1$ " ( $\text{h}^{-1}$ ) とが互いに対応付けられて記憶されている。

[0070] 環境データ取得部 111 が、日付が "4/30" と、時刻が "0:00" と、温室 1 内の光強度  $LS$  が " $920$ " ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) と、温室 1 内の温度  $TV$  が " $32.1$ " ( $^{\circ}\text{C}$ ) と、温室 1 内の飽差  $HD$  が " $2.00$ " ( $\text{kPa}$ ) と、温室 1 内の二酸化炭素濃度  $ICD$  が " $441$ " ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、温室 1 外の二酸化炭素濃度  $OCD$  が " $445$ " ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、二酸化炭素施用速度が " $0$ " ( $\text{L min}^{-1}$ ) と、純光合成速度が " $3.0$ " ( $\text{mol s}^{-1}$ ) と、換気回数が " $1$ " ( $\text{h}^{-1}$ ) とが互いに対応付けられた環境データ  $ED$  を取得し、記憶部 110 から類似環境データ  $SED$  を取得する許容範囲を、" $\pm 1$ " (%) にする場合について説明する。この場合には、環境データ取得部 111 は、記憶部 110 から、温室 1 内の温度  $TV$  が " $910.8$ " から " $929.2$ " までの範囲、かつ、温室 1 内の光強度  $LS$  が " $31.779$ " から " $32.421$ " までの範囲、かつ、温室 1 内の飽差  $HD$  が " $19.8$ " から " $20.2$ " までの間のデータを持つ環境データ  $ED$  を、類似環境データ  $SED$  として取得する。

[0071] 言い換えると、環境データ取得部 111 が、日付が "4/30" と、時刻が "10:00" と、温室 1 内の光強度  $LS$  が " $920$ " ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) と、温室 1 内の温度  $TV$  が " $32.1$ " ( $^{\circ}\text{C}$ ) と、温室 1 内の飽差  $HD$  が " $2.00$ " ( $\text{kPa}$ ) と、温室 1 内の二酸化炭素濃度  $ICD$  が " $441$ " ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、温室 1 外の二酸化炭素濃度  $OCD$  が " $455$ " ( $\text{mol mol}^{-1}$ ) と、二酸化炭素施用速度が " $0$ " ( $\text{L min}^{-1}$ )

と、純光合成速度が" 3. 0" ( $\text{mol s}^{-1}$ ) と、換気回数が" 1" ( $\text{h}^{-1}$ ) とが互いに対応付けられた環境データEDを取得し、記憶部110から類似環境データSEDを取得する許容範囲を、"  $\pm 1$ " (%) にする場合について説明する。この場合には、環境データ取得部111は、記憶部110から、温室1内の温室1内の光強度LSが" 910. 8" ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) から" 929. 2" ( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) までの範囲、かつ、温室1内の温度TVが" 31. 779" ( $^{\circ}\text{C}$ ) から" 32. 421" ( $^{\circ}\text{C}$ ) までの範囲、かつ、温室1内の飽差HDが" 19. 8" ( $\text{kPa}$ ) から" 20. 2" ( $\text{kPa}$ ) までの間のデータを持つ環境データEDを、類似環境データSEDとして取得する。

[0072] 図5に示す一例では、"  $\pm 1$ " (%) の範囲内に収まる過去の環境データEDは、日付が" 4/20"、時刻が" 13:00" の環境データEDである。環境データ取得部111は、日付が" 4/20"、時刻が" 13:00" の環境データEDを、類似環境データSEDとして取得する。

また、"  $\pm 1$ " (%) の範囲内に収まらない過去の環境データEDの一例は、日付が" 4/20"、時刻が" 13:05" の環境データEDである。日付が" 4/20"、時刻が" 13:05" の環境データEDは、温室1内の光強度LSと、温室1内の飽差HDとが範囲内に収まっていない。このため、環境データ取得部111は、日付が" 4/20"、時刻が" 13:05" の環境データEDを選択しない。

[0073] [温室1内の二酸化炭素濃度ICDと、純光合成速度との関係の算出]

次に、図6及び図7を参照して、消費速度算出部112が算出する二酸化炭素を消費する速度UDについて説明する。

図6は、温室1内の二酸化炭素濃度ICDと、純光合成速度との関係の一例を示す図である。

[0074] 消費速度算出部112は、環境データEDと、類似環境データSEDとを環境データ取得部111から取得する。消費速度算出部112は、環境データ取得部111から取得した類似環境データSEDに含まれる温室1内の二

酸化炭素濃度  $ICD$  と、純光合成速度との関係に基づいて、環境データ  $SED$  が示す環境条件下での植物  $NP$  の二酸化炭素を消費する速度  $UD$  を算出する。

具体的には、消費速度算出部 112 は、横軸に類似環境データ  $SED$  に含まれる温室 1 内の二酸化炭素濃度  $ICD$  と、縦軸に温室 1 内の植物  $NP$  の純光合成速度との関係を示すグラフを生成する。より具体的には、消費速度算出部 112 は、直近の暗呼吸速度と、類似環境データ  $SED$  が記録された日の直近の暗呼吸速度との相対値を算出する。消費速度算出部 112 は算出した相対値に基づいて、類似環境データ  $SED$  に含まれる純光合成速度を補正する。消費速度算出部 112 は、温室 1 内の二酸化炭素濃度  $ICD$  と、縦軸に温室 1 内の植物  $NP$  の純光合成速度との関係を示すグラフに、補正した後の純光合成速度をプロットする。

[0075] 消費速度算出部 112 は、環境データ取得部 111 が取得した全ての類似環境データ  $SED$  に含まれる純光合成速度に対して補正を終えるまで、処理を繰り返す。

消費速度算出部 112 は、補正後の純光合成速度の各値を、回帰分析する。消費速度算出部 112 は、補正後の純光合成速度を回帰分析した結果、図 6 に示す回帰線  $L1$  を算出する。

[0076] なお、上述した説明では、消費速度算出部 112 は、温室 1 内の二酸化炭素濃度  $ICD$  と、縦軸に温室 1 内の植物  $NP$  の純光合成速度との関係を示すグラフに基づいて二酸化炭素を消費する速度  $UD$  を算出する場合について説明したが、説明のための一例であり、消費速度算出部 112 はグラフにプロットする必要はない。消費速度算出部 112 は、補正後の純光合成速度と、二酸化炭素濃度とに基づいて回帰分析を行えばよい。

[0077] 次に、図 7 を参照して、消費速度算出部 112 が、類似環境データ  $SED$  の純光合成速度に対して補正を行う場合と行わない場合と違いについて説明する。

図 7 は、類似環境データ  $SED$  の純光合成速度に補正を行う場合と、行わ

ない場合との一例を示す図である。

図 7 (a) は、暗呼吸速度から算出される相対値に基づく補正を行い算出された純光合成速度の一例である。

図 7 (b) は、補正を行わずに、類似環境データ S E D に含まれる純呼吸速度をそのままプロットした場合の一例である。

図 7 (a) と、図 7 (b) とを比較すると、補正を行った図 7 (a) は、実測した純光合成速度と近似した純光合成速度が得られることがわかる。

#### [0078] [C P 曲線の推定]

次に、施用速度推定部 1 1 3 が推定する C P 曲線について説明する。

図 8 は、施用速度推定部 1 1 3 が推定した C P 曲線の一例を示す図である。

図 8 には、二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 が、温室 1 内の環境情報を取得して 1 8 日目のある時刻での、施用速度推定部 1 1 3 が推定した C P 曲線の一例を示す図である。

図 8 は、温室 1 内の光強度 L S が” 2 0 0 ” ( $\mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) 及び記憶部 1 1 0 から取得する類似環境データ S E D の許容範囲は”  $\pm 5 0$  ” ( $\mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) と、温室 1 内の温度 T V が” 2 5 ” ( $^{\circ}\text{C}$ ) 及び記憶部 1 1 0 から取得する類似環境データ S E D の許容範囲は”  $\pm 5$  ” ( $^{\circ}\text{C}$ ) と、温室 1 内の飽差 H D が” 1 . 5 ” (k P a) 及び記憶部 1 1 0 から取得する類似環境データ S E D の許容範囲は”  $\pm 1 . 0$  ” (k P a) との環境条件に合う類似環境データ S E D から算出した C P 曲線である。

[0079] 図 9 は、施用速度推定部 1 1 3 が推定した C P 曲線の一例を示す図である。

図 9 には、二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 が、温室 1 内の環境情報を取得して 1 8 日目のある時刻での、施用速度推定部 1 1 3 が推定した C P 曲線の一例を示す図である。

図 9 は、温室 1 内の光強度 L S が” 3 0 0 ” ( $\mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) 及び記憶部 1 1 0 から取得する類似環境データ S E D の許容範囲は”  $\pm 5 0$  ”

( $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) と、温室 1 内の温度  $T_V$  が " 30 " (°C) 及び記憶部 110 から取得する類似環境データ SED の許容範囲は "  $\pm 5$  " (°C) と、温室 1 内の飽差  $H_D$  が " 2.0 " (kPa) 及び記憶部 110 から取得する類似環境データ SED の許容範囲は "  $\pm 1.0$  " (kPa) との環境条件に合う類似環境データ SED から推定した CP 曲線である。

[0080] 図 8 に示す回帰線  $L_2$  と図 9 に示す回帰線  $L_3$  とを比較すると、図 9 に示す環境の方が、二酸化炭素施用による植物 NP の純光合成速度増加の効果が高いことがわかる。温室 1 の管理者は、回帰線の形状に基づいて、温室 1 内に二酸化炭素の施用速度を決定する条件を入力することになる。

[0081] [環境データ ED と、CP 曲線の推定精度との関係]

ここまでは、二酸化炭素施用支援装置 100 が、CP 曲線を算出する動作の一例について説明した。

次に、図 10 から図 11 を参照して、記憶部 110 に記憶された環境データ ED の量と、二酸化炭素施用支援装置 100 が推定する純光合成速度の精度との関係について説明する。

図 10 は、記憶部 110 に記憶された環境データ ED の量と、消費速度算出部 112 が算出する純光合成速度との関係の一例を示す図である。

図 10 (a) には、記憶部 110 に、7 日分の環境データ ED が記憶された場合に、消費速度算出部 112 が算出する純光合成速度の一例を示す。

図 10 (b) には、記憶部 110 に、12 日分の環境データ ED が記憶された場合に、消費速度算出部 112 が算出する純光合成速度の一例を示す。

図 10 (c) には、記憶部 110 に、17 日分の環境データ ED が記憶された場合に、消費速度算出部 112 が算出する純光合成速度の一例を示す。

消費速度算出部 112 は、記憶部 110 に蓄積された環境データ ED が多いほど、正確な純光合成速度を算出することができる。

[0082] 図 11 は、環境データ取得部 111 が記憶部 110 から取得する類似環境データ SED の許容範囲と、消費速度算出部 112 が算出する純光合成速度との関係の一例を示す図である。

図 1 1 ( a ) には、記憶部 1 1 0 から、温室 1 内の光強度  $L S$  の許容範囲を”  $\pm 1 0$  ” に設定して、類似環境データ  $S E D$  を取得した結果に基づいて、消費速度算出部 1 1 2 が算出する純光合成速度の一例を示す。

図 1 1 ( b ) には、記憶部 1 1 0 から、温室 1 内の光強度  $L S$  の許容範囲を”  $\pm 5 0$  ” に設定して、類似環境データ  $S E D$  を取得した結果に基づいて、消費速度算出部 1 1 2 が算出する純光合成速度の一例を示す。

図 1 1 ( c ) には、記憶部 1 1 0 から、温室 1 内の光強度  $L S$  の許容範囲を”  $\pm 3 0 0$  ” に設定して、類似環境データ  $S E D$  を取得した結果に基づいて、消費速度算出部 1 1 2 が算出する純光合成速度の一例を示す。

消費速度算出部 1 1 2 は、許容範囲が狭いほど正確な純光合成速度を算出することができる。この場合には、記憶部 1 1 0 には、十分な環境データ  $E D$  が蓄積されているとよい。環境データ取得部 1 1 1 が取得する類似環境データ  $S E D$  の許容範囲を狭める場合には、記憶部 1 1 0 に十分な環境データ  $E D$  が蓄積されていないと、環境データ取得部 1 1 1 が取得する類似環境データ  $S E D$  の数が少なくなる。消費速度算出部 1 1 2 は、類似環境データ  $S E D$  が少ないと、精度よく純光合成速度を算出できない場合がある。

[0083] 以上、説明したように、二酸化炭素施用支援装置 1 0 0 は、環境条件取得部 1 0 1 と、交換速度算出部 1 0 8 と、環境データ生成部 1 0 9 と、環境データ取得部 1 1 1 と、消費速度算出部 1 1 2 と、施用速度推定部 1 1 3 とを備える。

環境条件取得部 1 0 1 は、温室 1 に備えられる測定部 1 0 から、温室 1 内外の環境条件を取得する。交換速度算出部 1 0 8 は、環境条件取得部 1 0 1 が取得する環境条件と、温室 1 の空気容積  $A C$  とに基づいて、温室 1 内の植物  $N P$  の二酸化炭素の交換速度  $P S$  を算出する。二酸化炭素の交換速度  $P S$  とは、植物  $N P$  の純光合成速度と、暗呼吸速度とである。交換速度算出部 1 0 8 は、温室 1 内の光強度  $L S$  に基づいて、温室 1 内の植物  $N P$  が行う暗呼吸速度と、純光合成速度とを算出する。

[0084] 環境データ生成部 1 0 9 は、環境条件取得部 1 0 1 が取得する環境条件と

、交換速度算出部 108 が算出する二酸化炭素の交換速度  $PS$  とを関連付けて環境データ  $ED$  として記憶部 110 に記憶させる。環境データ取得部 111 は、環境データ生成部 109 が生成する環境データ  $ED$  に、類似する環境データ  $ED$  を、記憶部 110 から類似環境データ  $SED$  として取得する。消費速度算出部 112 は、環境データ取得部 111 が取得した環境データ  $ED$  と、類似環境データ  $SED$  とに基づいて、環境データ  $ED$  を取得した時点の温室 1 内の植物  $NP$  が二酸化炭素を消費する速度  $UD$  を算出する。ここで、消費速度算出部 112 は、二酸化炭素を消費する速度  $UD$  を、植物  $NP$  の直近の暗呼吸速度と、植物  $NP$  の過去の暗呼吸速度との相対値に基づく補正を行うことにより算出する。

[0085] 施用速度推定部 113 は、消費速度算出部 112 が算出する二酸化炭素を消費する速度  $UD$  に基づいて、 $CP$  曲線を推定する。

つまり、施用速度推定部 113 は、温室 1 内外の環境条件に応じた二酸化炭素施用速度に対する純光合成速度の曲線を算出する。また、施用速度推定部 113 は、算出した  $CP$  曲線をグラフにして表示部 114 に表示させる。これにより、温室 1 の管理者は、 $CP$  曲線が示すグラフの形状から温室 1 内に二酸化炭素を施用する速度を決定するための条件を入力することになる。例えば、温室 1 が備える窓 20 が、温室 1 内の環境を調整する為に開放されたとしても、二酸化炭素施用支援装置 100 は、植物の生育環境の変化による二酸化炭素の消費効率の変化に基づいて、消費効率に応じた量の二酸化炭素を温室内に施用する二酸化炭素の施用速度を、管理者が入力した条件に従い自動的に逐次推定できる。

なお、ここまでは、施用速度推定部 113 は推定した二酸化炭素の施用速度  $AS$  を、 $CP$  曲線によって表示する場合について説明した。施用速度推定部 113 が、推定した二酸化炭素の施用速度  $AS$  は、曲線に限られない。施用速度推定部 113 は、推定した  $CP$  曲線の傾きの程度又は  $CP$  曲線の逐次変化などに基づいて、言葉、数値、又は図表などによって表示してもよい。

[0086] なお、上述した二酸化炭素施用支援装置 100 は、記憶部 110 を備えな

くてもよい。この場合には、二酸化炭素施用支援装置 100 は、ネットワークに接続された別の装置や、サーバなどに環境データ ED を記憶させればよい。

[0087] 上述した実施例では、温室 1 内の植物 NP を 1 回植生し、植物 NP を収穫するまでの間に、環境データ ED を取得し、CP 曲線を算出する方法について説明した。なお、二酸化炭素施用支援装置 100 は、同一の温室 1 において、同一種類の植物 NP、同一量の植物 NP を繰り返し植生する場合には、過去の環境データ ED の一部を流用して CP 曲線を推定してもよい。環境データ ED を流用可能な場合には、現在の環境における環境データ ED を流用しないで CP 曲線を推定する場合には不十分な量の環境データ ED であっても、適切な二酸化炭素の施用速度 AS を推定することができる。

[0088] また、上述した実施例では、二酸化炭素施用支援装置 100 は、図 8 又は図 9 に示す CP 曲線を推定する構成について説明したが、これに限られない。施用速度推定部 113 は、消費速度算出部 112 が算出する二酸化炭素を消費する速度 UD に基づいて、植物 NP の状態に関係する値を更に算出してもよい。具体的には、施用速度推定部 113 は、CP 曲線の縦軸に示される純光合成速度に基づいて算出されるパラメータを縦軸にして推定してもよい。例えば、施用速度推定部 113 は、温室 1 内の植物 NP に施用する二酸化炭素施用速度と温室 1 内の植物 NP の成長の程度との関係を推定してもよい。成長の程度とは、植物 NP の生長点を含む茎葉部の伸長の程度を示す茎葉部伸長速度や、植物 NP の茎の増大の程度を示す茎増大速度である。また、施用速度推定部 113 は、温室 1 内の植物 NP に施用する二酸化炭素施用速度と、温室 1 内の植物 NP の蒸散速度との関係を推定してもよい。蒸散速度とは、植物 NP から大気中へ放出される水蒸気の単位時間当たりの蒸散量である。この一例では、植物 NP から温室 1 内へ放出される水蒸気の単位時間当たりの蒸散量である。

[0089] なお、上述した成長の程度は、不図示の撮像装置によって温室 1 内のある植物 NP の所定の生長点が撮像された撮像画像に更に基づいて算出する。所

定の生長点が撮像された撮像画像には、茎頂部成長点を含む茎葉部の形態が撮像される。茎頂部成長点とは、主茎の先端にある生長点である。

撮像装置は、温室 1 内の植物 N P の所定の生長点を、時間間隔をあけて、複数の撮像画像を生成する。施用速度推定部 1 1 3 は、撮像装置が生成した撮像画像を取得する。施用速度推定部 1 1 3 は、撮像装置から取得した複数の撮像画像に基づいて、植物 N P の茎葉部伸長速度や茎の径の増大速度を解析する。また、施用速度推定部 1 1 3 は、解析した茎葉部成長速度に基づいて、植物 N P に与える肥料成分の量を算出してもよい。施用速度推定部 1 1 3 が、解析した茎葉部成長速度に基づいて植物 N P に与える肥料成分の量を算出する場合には、記憶部 1 1 0 には、予め茎葉部成長速度に応じた肥料成分の種類や量を示す肥料成分情報が記憶される。

[0090] 以下の説明では、植物 N P がトマトの株の場合について説明する。撮像装置は、トマトの主茎の生長点を、時間間隔をあけて複数撮像する。トマトの主茎の生長点は、主茎の先端から 20～30（cm）の範囲にある。施用速度推定部 1 1 3 は、植物 N P が光合成を開始する時刻に撮像された撮像画像と、植物 N P が光合成を終了する時刻に撮像された撮像画像とに、基づいて、主茎の生長点の成長の程度を示す茎葉部伸長速度や、茎増大速度を解析する。一般に、トマトの成長の程度を示す主茎の伸長速度や、主茎の径（太さ）は、与えられた肥料成分の成分や量に応じて変化する。主茎の伸長速度や、主茎の径の増大速度がわかると、数日間の生育環境条件が適切であったか否かがわかる。

施用速度推定部 1 1 3 は、撮像画像に撮像されたトマトの株の主茎の径の増大速度に応じて、現在のトマト株の成長の程度を判定する。施用速度推定部 1 1 3 は、判定したトマトの株の成長の程度と、記憶部 1 1 0 に記憶された肥料成分情報とに基づいて、温室 1 内のトマトの株に与える肥料成分の成分や量を算出する。

[0091] 上述したように、施用速度推定部 1 1 3 は、植物 N P の成長の程度に基づいて、植物 N P に与える肥料成分の量を算出することにより、温室 1 内の植

物N P肥料成分成長（繁殖器官以外の部位の成長）と生殖成長（生殖器官の成長）とのバランスを評価し、現時点での望ましいバランスになるよう生育環境条件を推定することができる。つまり、二酸化炭素施用支援装置100は、環境データEDと、植物N Pの撮像画像とに基づいて、温室1内の植物N Pに供給する肥料成分の量を適切に推定できる。なお、上述した説明では、植物N Pの種類が、トマトの株の場合について説明したが、トマトの株は一例であって、これに限られない。

[0092] また、施用速度推定部113は、更に、温室1内の他の環境条件のうちから少なくとも1つの条件と二酸化炭素を消費する速度UDとの関係を推定してもよい。温室1内の他の環境条件とは、温室1内の飽差HD、温室1内の温度TV又は、植物N Pへの給液速度などである。具体的には、施用速度推定部113は、CP曲線の横軸に示される温室1内の植物N Pに施用する二酸化炭素施用速度UDを、温室1内の他の環境条件にしてもよい。つまり、施用速度推定部113は、純光合成速度と、温室1内の植物N Pに施用する二酸化炭素施用速度以外の環境条件との関係を推定してもよい。

[0093] この場合には、施用速度推定部113は、環境データ取得部111が取得した環境データEDと、類似環境データSEDとに基づいて、植物N Pの直近の暗呼吸速度と、植物N Pの過去の暗呼吸速度との相対値に基づく補正を行うことにより、環境データEDを取得した時点の温室1内の植物N Pの純光合成速度と、温室1内の植物N Pに施用する二酸化炭素施用速度以外の環境条件との関係を推定する。

[0094] これにより、施用速度推定部113は、CP曲線が示す純光合成速度と二酸化炭素施用速度との関係に限られず、温室1内の植物N Pを成育させる環境の制御に用いられる情報を推定することができる。

[0095] 以上、本発明の実施形態を、図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施形態に限られるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で適宜変更を加えることができる。

[0096] なお、上述の二酸化炭素施用支援装置100は内部にコンピュータを有し

ている。そして、上述した装置の各処理の過程は、プログラムの形式でコンピュータ読み取り可能な記録媒体に記憶されており、このプログラムをコンピュータが読み出して実行することによって、上記処理が行われる。ここでコンピュータ読み取り可能な記録媒体とは、磁気ディスク、光磁気ディスク、CD-ROM、DVD-ROM、半導体メモリ等をいう。また、このコンピュータプログラムを通信回線によってコンピュータに配信し、この配信を受けたコンピュータが当該プログラムを実行するようにしてもよい。

[0097] また、上記プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。

さらに、前述した機能をコンピュータシステムにすでに記録されているプログラムとの組み合わせで実現できるもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

### 符号の説明

[0098] 1…温室、10…測定部、11…温度センサ、12…光強度センサ、13…屋内二酸化炭素濃度測定センサ、14…屋外二酸化炭素濃度測定センサ、15…飽差算出装置、16…換気回数測定部、17…二酸化炭素施用制御装置、18…温室情報装置、20…窓、100…二酸化炭素施用支援装置、114…表示部、101…環境条件取得部、102…温度取得部、103…光強度取得部、104…飽差取得部、105…屋内二酸化炭素濃度取得部、106…屋外二酸化炭素濃度取得部、107…換気回数取得部、108…交換速度算出部、109…環境データ生成部、110…記憶部、111…環境データ取得部、112…消費速度算出部、113…施用速度推定部、TV…温室内の温度、LS…温室内の光強度、HD…温室内の飽差、ICD…温室内の二酸化炭素濃度、OCD…温室外の二酸化炭素濃度、VC…換気回数、AC…空気容積、ED…環境データ、SED…類似環境データ、UD…二酸化炭素を消費する速度、AS…二酸化炭素の施用速度

## 請求の範囲

- [請求項1] 植物の育成を行う温室内外の環境を測定する測定部から、植物が育成される環境条件を取得する環境条件取得部と、
- 前記環境条件取得部が取得する前記環境条件のうち、前記温室内の二酸化炭素濃度と、前記温室外の二酸化炭素濃度と、前記温室の換気回数と、前記温室内の光強度とに基づいて、前記温室内の植物が行う二酸化炭素の交換速度を算出する交換速度算出部と、
- 前記環境条件取得部が取得する前記環境条件と、前記交換速度算出部が算出する前記二酸化炭素の交換速度とが互いに対応付けられた環境データを生成する環境データ生成部と、
- 前記環境データ生成部が過去に生成した前記環境データのうちから、前記環境条件取得部が取得する前記環境条件と類似する環境データを類似環境データとして取得する環境データ取得部と、
- 前記環境データ取得部が取得する前記類似環境データと、前記交換速度算出部が算出する前記二酸化炭素の交換速度とに基づいて、前記温室内の植物が前記温室内の二酸化炭素を消費する速度を算出する消費速度算出部と、
- 前記温室内の容積と、前記消費速度算出部が算出する前記消費する速度と、前記環境条件取得部が取得する前記環境条件のうち前記温室の換気回数とに基づいて、前記温室内に施用される二酸化炭素の施用速度と前記消費する速度との関係を推定する施用速度推定部と
- を備える二酸化炭素施用支援装置。
- [請求項2] 前記消費速度算出部は、
- 前記交換速度算出部が算出する前記二酸化炭素の交換速度と、前記類似環境データに含まれる前記二酸化炭素の交換速度との相対値に基づいて、前記消費する速度を算出する
- 請求項1に記載の二酸化炭素施用支援装置。
- [請求項3] 前記施用速度推定部は、前記消費速度算出部が算出した前記消費す

る速度に基づいて、前記植物の状態に関係する値を更に算出する  
請求項 2 に記載の二酸化炭素施用支援装置。

[請求項4] 前記植物の状態に関係する値には、前記植物の茎頂部生長点を含む  
茎葉部の伸長の速さを示す茎葉部成長速度、前記植物から蒸散される  
水分の単位時間あたりの量を示す蒸散速度のうちの少なくとも 1 つが  
含まれる

請求項 3 に記載の二酸化炭素施用支援装置。

[請求項5] 前記環境条件には、前記温室内の飽差の条件、前記温室内の気温の  
条件、前記植物に供給される給液速度の条件が含まれ、

前記施用速度推定部は、更に、前記環境条件のうちから少なくとも  
1 つの条件と前記消費する速度との関係を推定する

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の二酸化炭素施用支援  
装置。

[請求項6] コンピュータに、

植物の育成を行う温室内外の環境を測定する測定部から、植物が育  
成される環境条件を取得する環境条件取得ステップと、

前記環境条件取得ステップにおいて取得される前記環境条件のうち  
、前記温室内の二酸化炭素濃度と、前記温室外の二酸化炭素濃度と、  
前記温室の換気回数と、前記温室内の光強度とに基づいて、前記温室  
内の植物が行う二酸化炭素の交換速度を算出する呼吸速度算出ステッ  
プと、

前記環境条件取得ステップにおいて取得される前記環境条件と、前  
記呼吸速度算出ステップにおいて算出される前記二酸化炭素の交換速  
度とが互いに対応付けられた環境データを生成する環境データ生成ス  
テップと、

前記環境データ生成ステップにおいて過去に生成された前記環境デ  
ータのうちから、前記環境条件取得ステップにおいて取得される前記  
環境条件と類似する環境データを類似環境データとして取得する環境

データ取得ステップと、

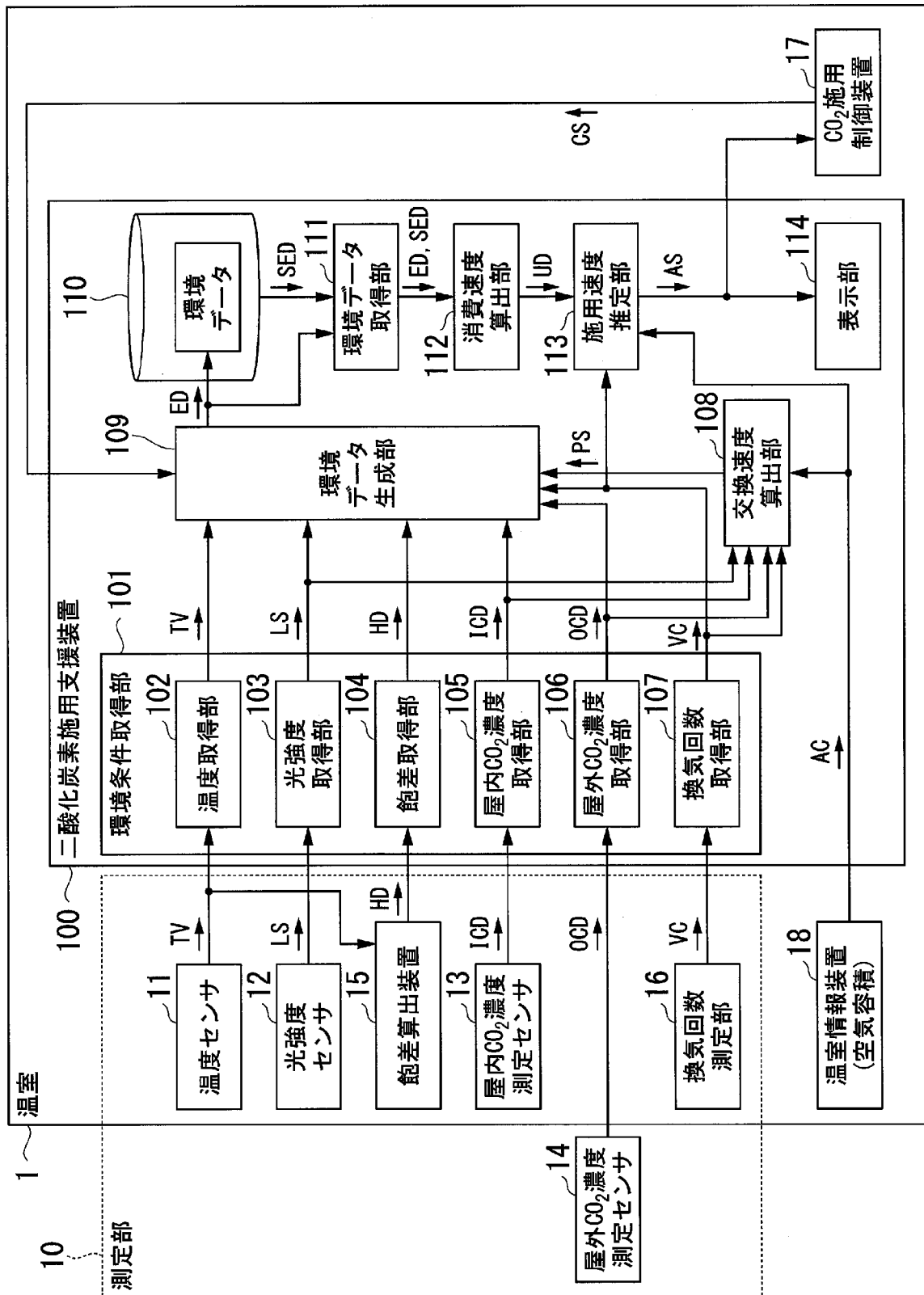
前記環境データ取得ステップにおいて取得される前記類似環境データと、前記呼吸速度算出ステップにおいて算出される前記二酸化炭素の交換速度とに基づいて、前記温室内の植物が前記温室内の二酸化炭素を消費する速度を算出する消費速度算出ステップと、

前記温室内の容積と、前記消費速度算出ステップにおいて算出される前記消費する速度と、前記環境条件取得ステップにおいて取得される前記環境条件のうち前記温室の換気回数とに基づいて、前記温室内に施用される二酸化炭素の施用速度と前記消費する速度との関係を推定する施用速度推定ステップと

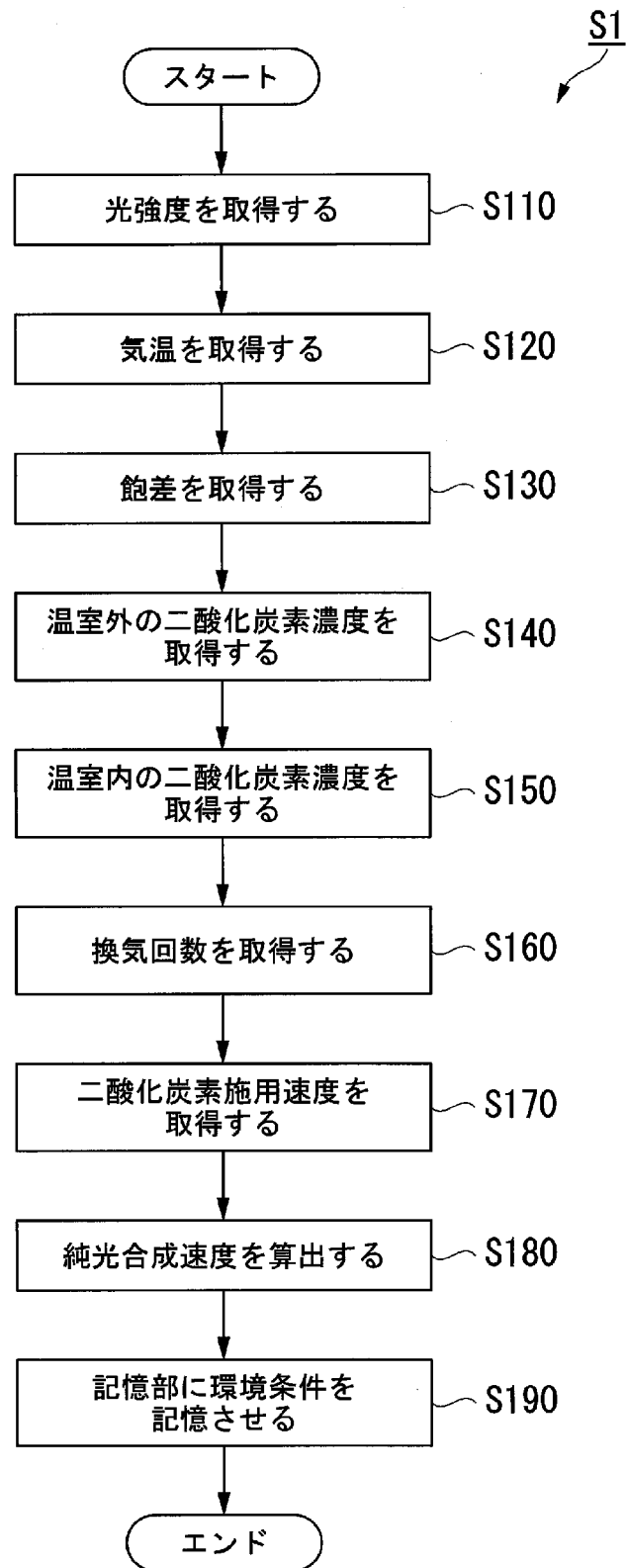
を実行させるための二酸化炭素施用支援プログラム。



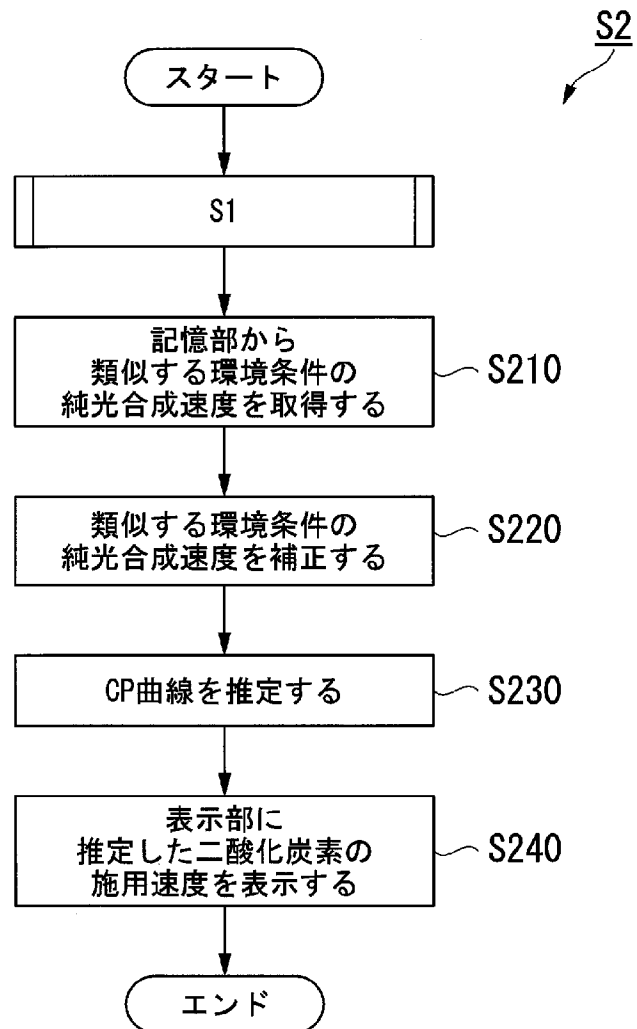
[図2]



[図3]



[図4]

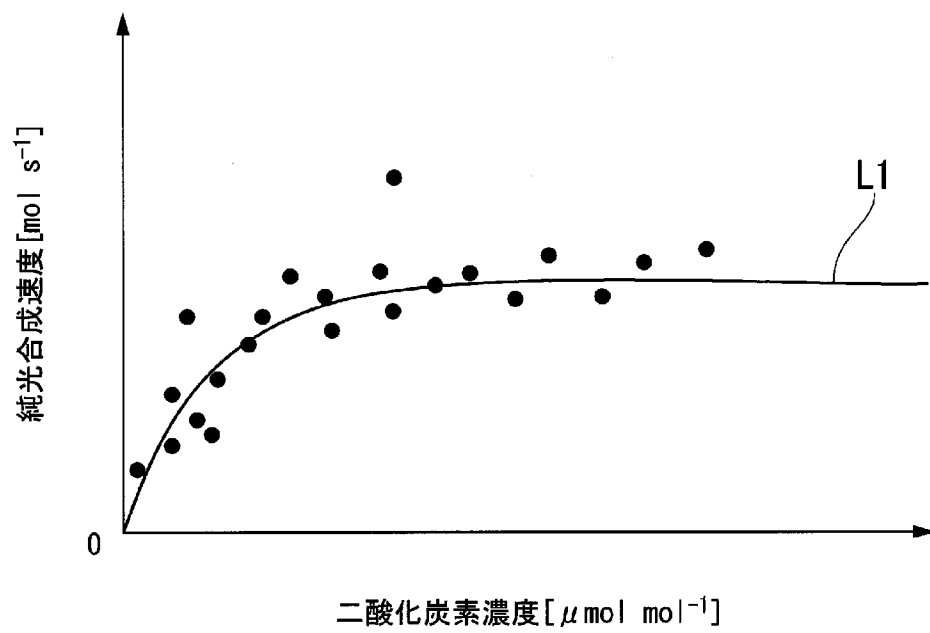


[図5]

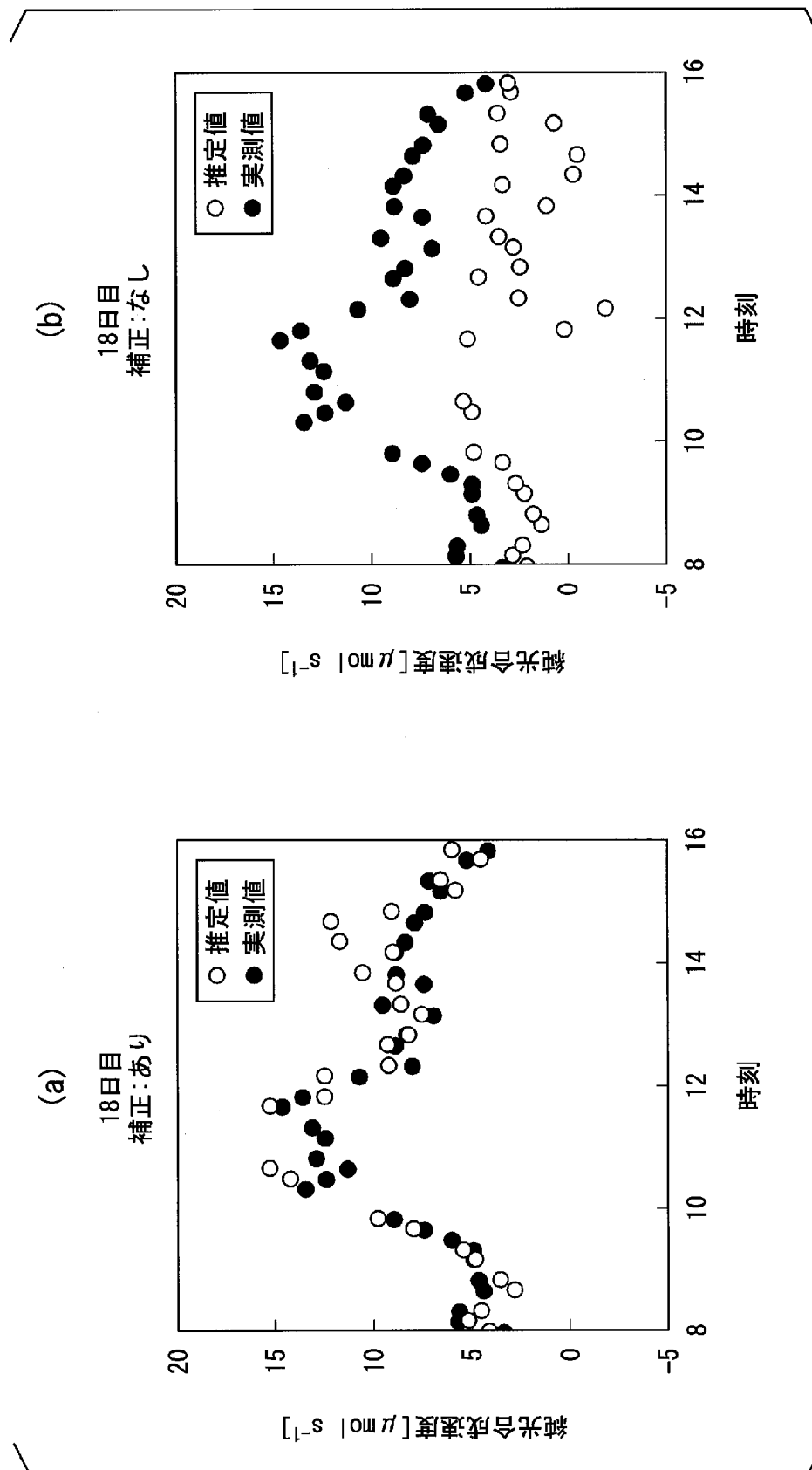
| 日付   | 時刻    | 光強度<br>[ $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ] | 気温<br>[ $^{\circ}\text{C}$ ] | 飽差<br>[kPa] | 室内<br>二酸化炭素濃度<br>[ $\text{mol mol}^{-1}$ ] | 室外<br>二酸化炭素濃度<br>[ $\text{mol mol}^{-1}$ ] | 二酸化炭素<br>施用速度<br>[ $\text{L min}^{-1}$ ] | 純光合成<br>速度<br>[ $\text{mol s}^{-1}$ ] | 暗呼吸<br>速度<br>[ $\text{mol s}^{-1}$ ] | 換気回数<br>[ $\text{h}^{-1}$ ] |
|------|-------|------------------------------------------------|------------------------------|-------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| 4/1  | 0:00  | 0                                              | 15                           | 2.08        | 450                                        | 440                                        | 0                                        | -                                     | 0.4                                  | 1                           |
| ⋮    | ⋮     | ⋮                                              | ⋮                            | ⋮           | ⋮                                          | ⋮                                          | ⋮                                        | ⋮                                     | ⋮                                    | ⋮                           |
| 4/1  | 10:00 | 930                                            | 29.0                         | 2.58        | 650                                        | 444                                        | 30.1                                     | 1.2                                   | -                                    | 1                           |
| 4/1  | 10:05 | 928                                            | 29.2                         | 2.54        | 652                                        | 439                                        | 30.4                                     | 1.3                                   | -                                    | 1                           |
| 4/1  | 10:10 | 924                                            | 29.1                         | 2.56        | 653                                        | 438                                        | 30.2                                     | 1.3                                   | -                                    | 1                           |
| ⋮    | ⋮     | ⋮                                              | ⋮                            | ⋮           | ⋮                                          | ⋮                                          | ⋮                                        | ⋮                                     | ⋮                                    | ⋮                           |
| 4/20 | 0:00  | 0                                              | 17                           | 1.88        | 470                                        | 440                                        | 0                                        | -                                     | 0.75                                 | 1                           |
| ⋮    | ⋮     | ⋮                                              | ⋮                            | ⋮           | ⋮                                          | ⋮                                          | ⋮                                        | ⋮                                     | ⋮                                    | ⋮                           |
| 4/20 | 13:00 | 924                                            | 32.1                         | 2.02        | 639                                        | 440                                        | 30.0                                     | 2.1                                   | -                                    | 1                           |
| 4/20 | 13:05 | 930                                            | 32.3                         | 2.15        | 637                                        | 441                                        | 30.0                                     | 2.3                                   | -                                    | 1                           |
| 4/20 | 13:10 | 920                                            | 32.2                         | 2.13        | 656                                        | 442                                        | 30.0                                     | 2.4                                   | -                                    | 1                           |
| ⋮    | ⋮     | ⋮                                              | ⋮                            | ⋮           | ⋮                                          | ⋮                                          | ⋮                                        | ⋮                                     | ⋮                                    | ⋮                           |
| 4/30 | 0:00  | 0                                              | 19                           | 2.30        | 432                                        | 444                                        | 0                                        | -                                     | 1.0                                  | 1                           |
| ⋮    | ⋮     | ⋮                                              | ⋮                            | ⋮           | ⋮                                          | ⋮                                          | ⋮                                        | ⋮                                     | ⋮                                    | ⋮                           |
| 4/30 | 10:00 | 920                                            | 32.1                         | 2.00        | 441                                        | 455                                        | 0                                        | 3.0                                   | -                                    | 1                           |

← SED

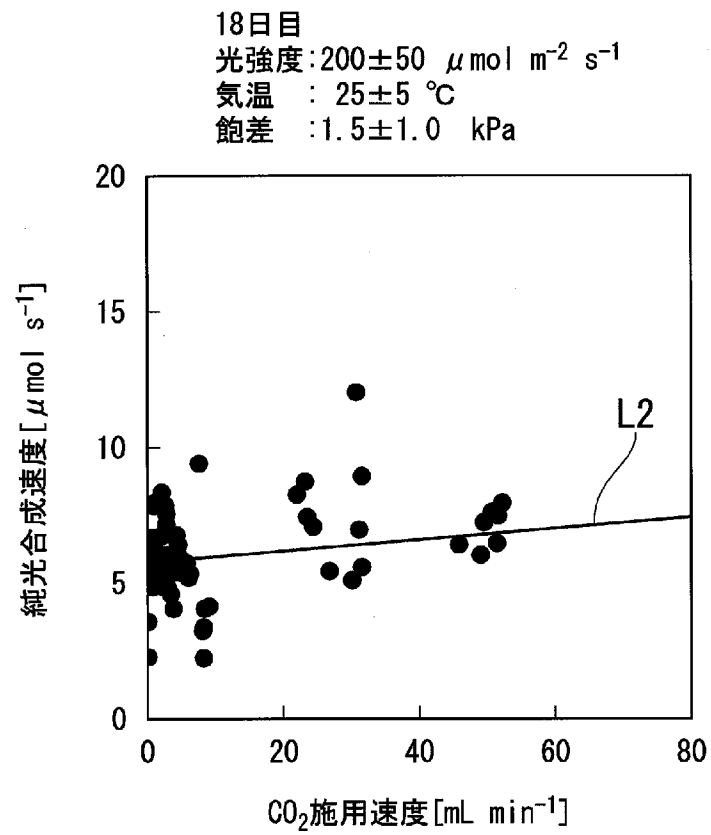
[図6]



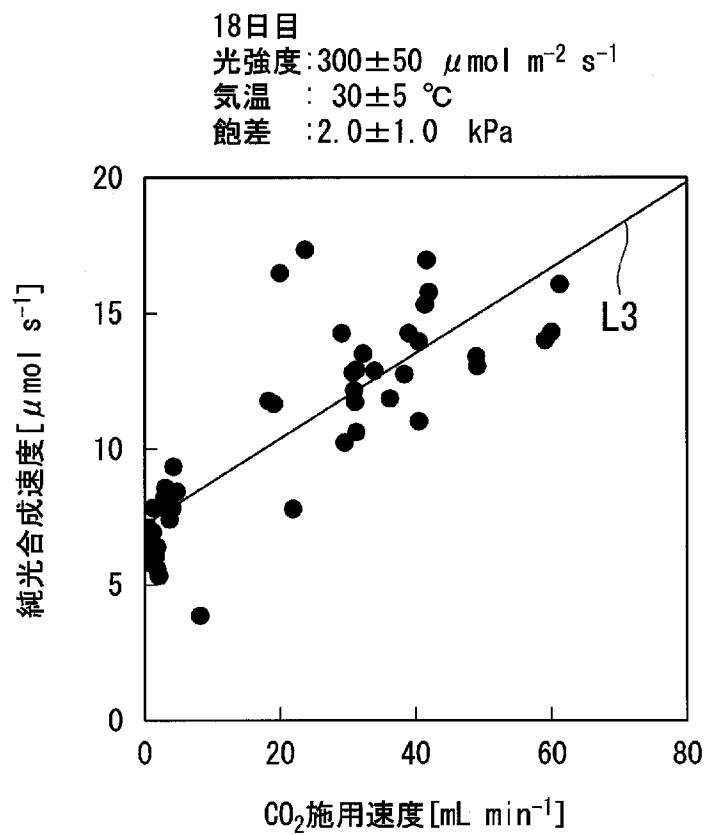
[図7]



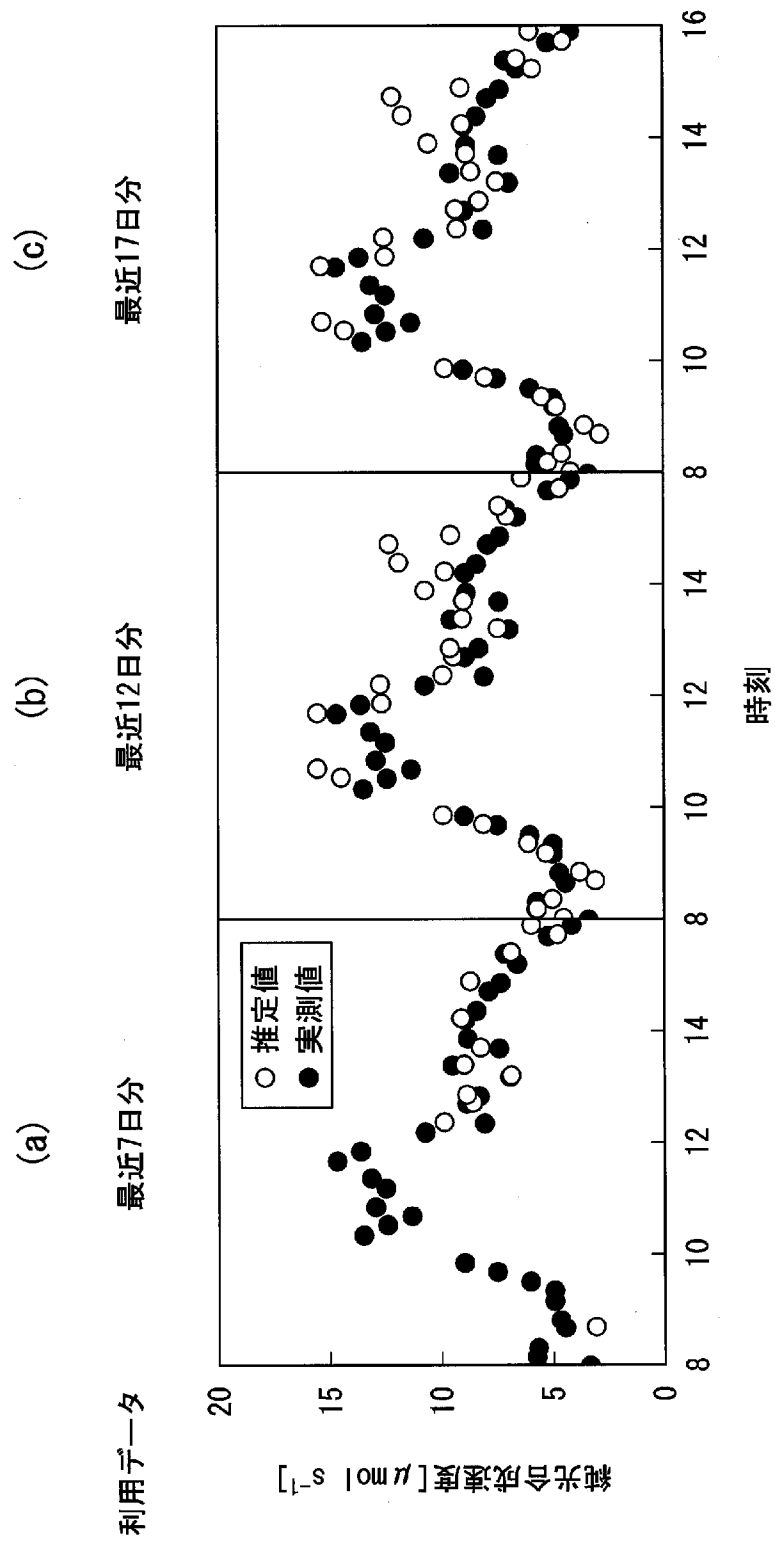
[図8]



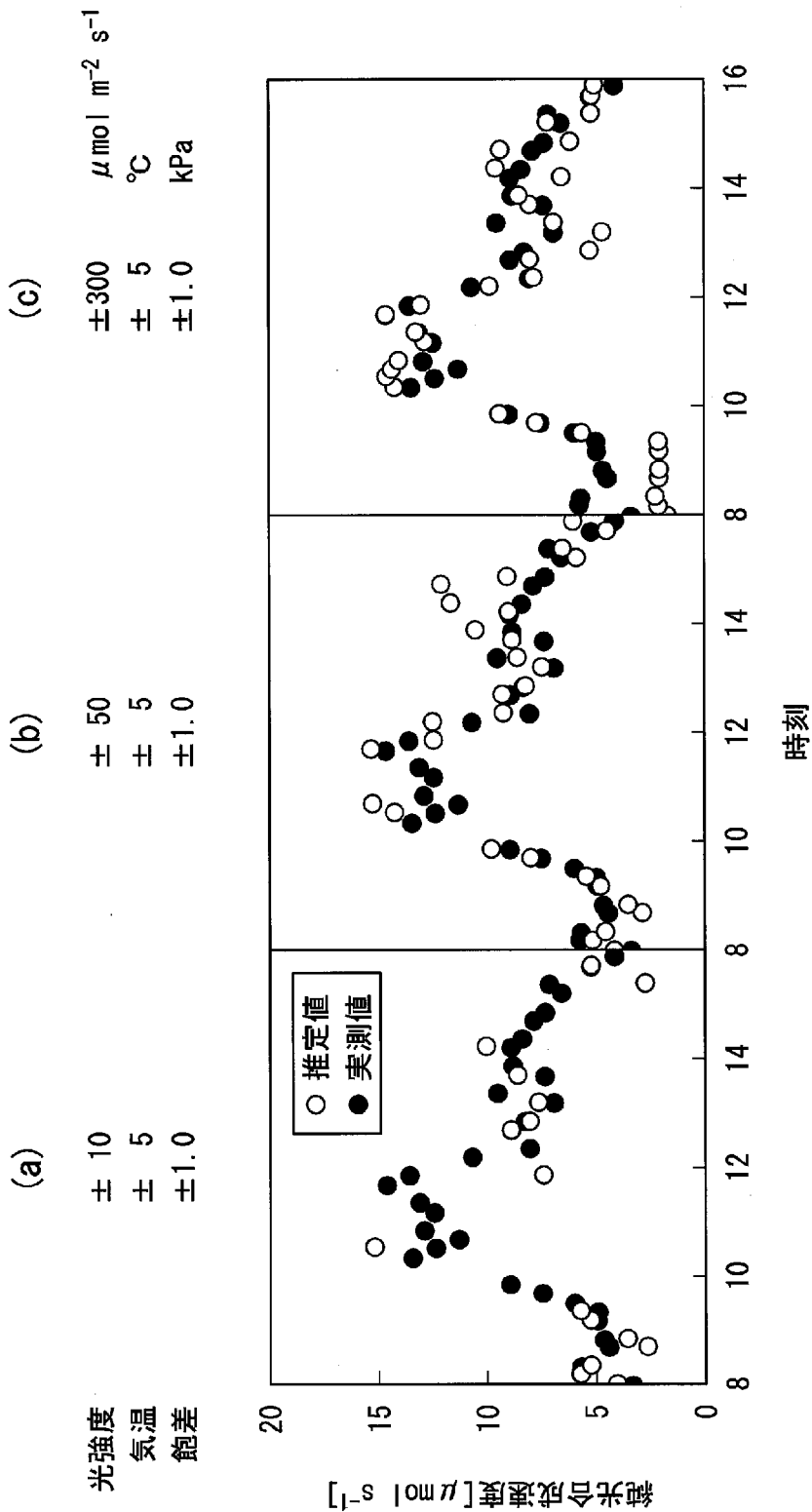
[図9]



[図10]



[図11]



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/026279

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A01G9/18(2006.01)i, A01G7/02(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A01G9/18, A01G7/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1922-1996 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2017 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2017 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2017 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                     | Relevant to claim No. |
|-----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2014-128263 A (National Agriculture and Food Research Organization),<br>10 July 2014 (10.07.2014),<br>paragraphs [0018] to [0029]<br>(Family: none) | 1-6                   |
| A         | JP 2005-65602 A (Kabushiki Kaisha ESD),<br>17 March 2005 (17.03.2005),<br>paragraphs [0019] to [0041]<br>(Family: none)                                | 1-6                   |
| A         | JP 8-66126 A (Iseki & Co., Ltd.),<br>12 March 1996 (12.03.1996),<br>paragraphs [0007] to [0021]<br>(Family: none)                                      | 1-6                   |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
11 October 2017 (11.10.17)

Date of mailing of the international search report  
24 October 2017 (24.10.17)

Name and mailing address of the ISA/  
Japan Patent Office  
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,  
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.

PCT/JP2017/026279

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                               | Relevant to claim No. |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 49-41127 A (Tadashi TAKAKURA),<br>17 April 1974 (17.04.1974),<br>page 1, lower right column, line 6 to page 2,<br>lower left column, line 2<br>(Family: none) | 1-6                   |

## A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A01G9/18(2006.01)i, A01G7/02(2006.01)i

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A01G9/18, A01G7/02

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

|             |            |
|-------------|------------|
| 日本国実用新案公報   | 1922-1996年 |
| 日本国公開実用新案公報 | 1971-2017年 |
| 日本国実用新案登録公報 | 1996-2017年 |
| 日本国登録実用新案公報 | 1994-2017年 |

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                             | 関連する<br>請求項の番号 |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| A               | JP 2014-128263 A（独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構）<br>2014.07.10, [0018]-[0029]（ファミリーなし） | 1-6            |
| A               | JP 2005-65602 A（株式会社イー・エス・ディ）2005.03.17,<br>[0019]-[0041]（ファミリーなし）            | 1-6            |
| A               | JP 8-66126 A（井関農機株式会社）1996.03.12, [0007]-[0021]（フ<br>ァミリーなし）                  | 1-6            |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.10.2017

国際調査報告の発送日

24.10.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

田辺 義拓

2B

5713

電話番号 03-3581-1101 内線 3237

| C (続き) . 関連すると認められる文献 |                                                                   |                |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------|
| 引用文献の<br>カテゴリー*       | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示                                 | 関連する<br>請求項の番号 |
| A                     | JP 49-41127 A (高倉直) 1974. 04. 17, 1 頁右下欄 6 行-2 頁左下欄 2 行 (ファミリーなし) | 1-6            |