

(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
2017年12月7日(07.12.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/208725 A1

(51) 国際特許分類:

A01G 31/00 (2006.01) A01G 7/00 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/017199

(22) 国際出願日: 2017年5月1日(01.05.2017)

(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 2016-107242 2016年5月30日(30.05.2016) JP

(71) 出願人: 東洋製罐グループホールディングス株式会社(TOYO SEIKAN GROUP HOLDINGS, LTD.) [JP/JP]; 〒1418627 東京都品川区東五反田2丁目18番1号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 上利 淳(AGARI, Jun); 〒1418627 東京都品川区東五反田2丁目18番1号 東洋製罐グループホールディングス株式会社内 Tokyo (JP). 西 麻里(NISHI, Mari); 〒7448611 山口県下松市東豊井1296番地の1 東洋鋼鈑株式会社 技術研究所内 Yamaguchi (JP). 伊藤 茜

(ITO, Akane); 〒7448611 山口県下松市東豊井1296番地の1 東洋鋼鈑株式会社 技術研究所内 Yamaguchi (JP). 堂本 靖博(DOMOTO, Yasuhiro); 〒7448611 山口県下松市東豊井1302番地 東洋鋼鈑株式会社 下松事業所内 Yamaguchi (JP). 三宅 勝也(MIYAKE, Katsuya); 〒7448611 山口県下松市東豊井1302番地 東洋鋼鈑株式会社 下松事業所内 Yamaguchi (JP). 岩谷 潔(IWATANI, Kiyoshi); 〒7538515 山口県山口市吉田1677番地の1 株式会社アグリライト研究所内 Yamaguchi (JP).

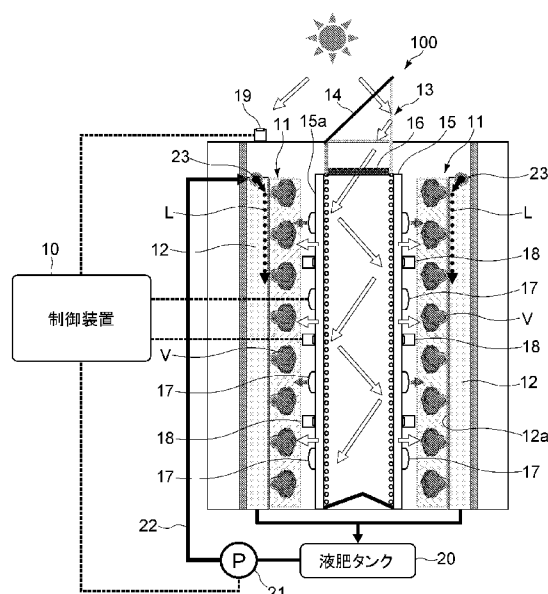
(74) 代理人: 大森 純一(OMORI, Junichi); 〒1070052 東京都港区赤坂7-5-47 U & M 赤坂ビル2F Tokyo (JP).

(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, KE, KG, KH, KN,

(54) Title: HYDROPONIC CULTIVATION SYSTEM, HYDROPONIC CULTIVATION CONTROLLER, HYDROPONIC CULTIVATION METHOD AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 水耕栽培システム、水耕栽培制御装置、水耕栽培方法及びプログラム

〔図1〕



10 Controller
20 Liquid fertilizer tank

(57) Abstract: A hydroponic cultivation system which comprises a hydroponic cultivation unit, a lighting device, an artificial light radiation device, a lighting sensor and a controller. In the hydroponic cultivation unit, a seedling bed, to which a seedling of a plant to be grown is transplanted, is disposed. The lighting device allows natural light to come, through a light-taking inlet, into a light emitting surface facing the seedling bed and emits the light from the light emitting surface toward the seedling. The artificial light radiation device radiates artificial light to the seedling. The lighting sensor is positioned apart from the seedling bed and detects the light quantity of the natural light emitted from the light emitting surface. The controller calculates a predicted light quantity of the natural light radiated toward the cultivation surface of the seedling in the seedling bed on the basis of the light quantity detected above and then controls the radiation level of the artificial light on the basis of the predicted value.

〔続葉有〕

KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, 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：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：水耕栽培システムは、水耕栽培ユニットと、採光装置と、人工光照射装置と、採光センサと、制御装置とを有する。上記水耕栽培ユニットは、栽培対象の植物の苗が移植される苗床が配置されたものである。上記採光装置は、上記苗床に対向する放光面に採光口から自然光を採り入れて上記放光面から上記苗に出射させる。上記人工光照射装置は、上記苗に人工光を照射する。上記採光センサは、上記苗床から離間した位置に設けられ、上記放光面から出射する上記自然光の光量を検出する。上記制御装置は、上記検出された光量を基に、上記苗床の上記苗の栽培面に照射される上記自然光の光量の予測値を算出し、当該予測値に基づいて、上記人工光の照射量を制御する。

明 細 書

発明の名称：

水耕栽培システム、水耕栽培制御装置、水耕栽培方法及びプログラム

技術分野

[0001] 本発明は、採光装置によって採り入れた自然光と人工光とを併用した水耕栽培システム、当該水耕栽培システムに用いられる水耕栽培制御装置、水耕栽培方法、及びプログラムに関する。

背景技術

[0002] 従来から、水耕栽培を利用して野菜等の植物を屋内で栽培する水耕栽培システムが実用化されている。そのような水耕栽培システムにおいては、人工光のみを利用する栽培方式と、自然光（太陽光）と人工光とを併用する栽培方式とが存在する。

[0003] 後者に関して、下記特許文献１には、植物栽培ハウス内の閉鎖空間である生育室に、養液循環手段が設けられた複数段の植物栽培棚を設け、当該植物栽培棚の上方に、ランプ、ＬＥＤ等の人工光源を設けるとともに、植物栽培ハウスの屋根の上方に設けられた採光装置によって太陽光を集光し、それを複数の反射鏡によって植物栽培棚に向けて照射する植物工場が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２０１２－２３１７２１号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記特許文献１に記載の技術では、採光装置によって採光される太陽光は、天気によってその強度が異なるため、栽培物の成長にばらつきが生じてしまう。

[0006] 一方で、人工光によって必要以上に補光すると、それが栽培物の生長に寄

与せずに電力が無駄になってしまう。

[0007] 以上のような事情に鑑み、本発明の目的は、栽培物の生長のばらつきを防止して安定的に生産できるとともに、人工光の照明用の電力コストを削減することが可能な水耕栽培システム、水耕栽培制御装置、水耕栽培方法及び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

[0008] 上記目的を達成するため、本発明の一形態に係る水耕栽培システムは、水耕栽培ユニットと、採光装置と、人工光照射装置と、採光センサと、制御装置とを有する。上記水耕栽培ユニットは、栽培対象の植物の苗が移植される苗床が配置されたものである。上記採光装置は、上記苗床に対向する放光面に採光口から自然光を採り入れて上記放光面から上記苗に出射させる。上記人工光照射装置は、上記苗に人工光を照射する。上記採光センサは、上記苗床から離間した位置に設けられ、上記放光面から出射する上記自然光の光量を検出する。上記制御装置は、上記検出された光量を基に、上記苗床の上記苗の栽培面に照射される上記自然光の光量の予測値を算出し、当該予測値に基づいて、上記人工光の照射量を制御する。

[0009] これにより栽培システムは、栽培面に照射される自然光の光量の予測値を基に人工光の照射量を制御することで、自然光のみで栽培する場合の栽培物の生長のばらつきを防止して安定的に生産できるとともに、必要に応じて人工光を照射することで人工光の照明用の電力コストを削減することができる。

[0010] 上記制御装置は、所定期間における上記予測値の積算値の和が所定の目標瞬時光量（瞬時値：単位 $\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ）となるように上記所定期間における上記人工光の照射量を制御してもよい。

[0011] これにより水耕栽培システムは、目標瞬時光量を設定することで栽培物をより安定的に生産することができる。上記所定期間は例えば1時間でもよいし1日でもよい。

[0012] 上記採光センサは、上記放光面に設けられてもよい。

- [0013] これにより水耕栽培システムは、採光センサを、自然光が栽培面に照射される直前の放光面に設けることで、屋外等に設けられる場合に比べてより正確に栽培面の光量を予測することができる。
- [0014] 上記人工光照射装置は、上記放光面に設けられてもよい。この場合上記採光センサは、上記放光面の上記人工光の影響を受けない位置に設けられてもよい。
- [0015] これにより水耕栽培システムは、人工光の照射中も人工光の影響を受けることなく放光面の自然光の光量を検出し栽培面の光量を予測することができる。
- [0016] 上記苗床は、水平方向で互いに逆向きに設けられた一对の放光面を挟んで上記水平方向で対向して設けられてもよい。この場合上記採光センサは、上記自然光の非照射時において、当該採光センサが設けられた放光面とは別の放光面に設けられた上記人工光照射装置から上記苗に照射された人工光の反射光の光量を検出可能であってもよい。またこの場合上記制御装置は、上記検出された反射光の光量の推移を基に、上記人工光の照射量を制御してもよい。
- [0017] 一般に、苗が成長して葉の面積が大きくなると、葉が光を吸収するために反射率は低下する。したがって水耕栽培システムは、採光センサにより、放光面から照射される自然光の光量を検出するだけでなく、その放光面とは反対側の放光面から苗に照射された人工光の反射光の推移を検出することで、苗の生長度合を把握し、それに応じて人工光の照射量を制御することで苗の生長を管理することができる。
- [0018] また、苗の生長度合は、苗床の反射率と葉の反射率も関係している。
一般に、苗床の反射率が葉の反射率よりも高い場合、葉の生長に伴って苗床から反射する光が減少し、苗床の反射率が低い場合は、葉が生長するに従って、葉から反射する光の量が増加するので、採光センサで検出する反射光が増加する。
- [0019] 従って、目標の葉面積に達している場合の反射光を基準としたとき、苗床

が葉の反射率よりも高い場合、葉の生長が遅れていると苗床から反射する光が増加するので、基準の反射光よりも高い数値が検出される。

[0020] また、苗床の反射率が葉の反射率よりも低い場合は、葉の生長が遅れていると葉から反射する光の量が減少するので、基準の反射光よりも低い数値が検出される。

このように、反射率を考慮したうえで、採光センサで検出する反射光と目標の葉面積に達している場合の基準の反射光との誤差を判断し、葉の生長を管理することができる。

[0021] 上記水耕栽培システムは、屋外の自然光の光量を検出する屋外光センサをさらに有してもよい。この場合上記制御装置は、上記採光センサによって検出された自然光の光量の推移と上記屋外光センサによって検出された自然光の光量の推移とに相関が無いと判断された場合に、異常を示す情報を出力してもよい。

[0022] これにより水耕栽培システムは、通常は屋外光と連動する放光面の光量が屋外光と連動していないことが検出された場合には、異常情報を出力することで、照射量制御の精度を向上させることができる。ここで上記両推移に相関が無くなる原因としては、例えば採光センサに直射光が当たったり、苗や人の影になって採光量が減少したり等の事態が想定される。

[0023] 本発明の他の形態に係る水耕栽培システムは、水耕栽培ユニットと、採光装置と、人工光照射装置と、採光センサとを有する。上記水耕栽培ユニットは、栽培対象の植物の苗が移植される苗床が配置されたものである。上記採光装置は、上記苗床に対向する放光面に採光口から自然光を採り入れて上記放光面から上記苗に出射させる。上記人工光照射装置は、上記苗に人工光を照射する。上記採光センサは、上記放光面の上記人工光の影響を受けない位置に設けられ、上記放光面から出射する上記自然光の光量を、上記人工光の照射量の制御のために検出する。

[0024] 本発明のまた別の形態に係る水耕栽培制御装置は、受信部と制御部とを有する。上記受信部は、栽培対象の植物の苗が移植される苗床から離間した位

置に設けられた採光センサから、上記苗床に対向する放光面に採光口から採り入れられて当該放光面から上記苗に出射する自然光の光量の検出値を受信する。上記制御部は、上記受信された検出値を基に、上記苗床の上記苗の栽培面に照射される上記自然光の光量の予測値を算出し、当該予測値に基づいて、上記苗に照射される人工光の照射量を制御する。

- [0025] 本発明のまた別の形態に係る水耕栽培方法は、
- 水耕栽培ユニットに、栽培対象の植物の苗が移植される苗床を配置し、
- 上記苗床に対向する放光面に外部から自然光を採り入れて上記放光面から上記苗に出射させ、
- 上記苗床から離間した位置に設けられた採光センサによって検出された、上記放光面から出射する上記自然光の光量を基に、上記苗床の上記苗の栽培面に照射される上記自然光の光量の予測値を算出し、
- 上記予測値に基づいて、上記苗に照射される人工光の照射量を制御することを含む。

- [0026] 本発明のさらに別の形態に係るプログラムは、水耕栽培制御装置に、
- 栽培対象の植物の苗が移植される苗床から離間した位置に設けられた採光センサから、上記苗床に対向する放光面に採光口から採り入れられて当該放光面から上記苗に出射する自然光の光量の検出値を受信するステップと、
- 上記受信された検出値を基に、上記苗床の上記苗の栽培面に照射される上記自然光の光量の予測値を算出するステップと、
- 上記予測値に基づいて、上記苗に照射される人工光の照射量を制御するステップとを実行させる。

発明の効果

- [0027] 以上説明したように、本発明によれば、栽培物の生長のばらつきを防止して安定的に生産できるとともに、人工光の照明用の電力コストを削減することができる。しかし、当該効果は本発明を限定するものではない。

図面の簡単な説明

- [0028] [図1]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムの構成を示した図である。

[図2]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムの制御装置のハードウェア構成を示した図である。

[図3]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムの概略的な動作の流れを示したフローチャートである。

[図4]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムにおける栽培面の光量と放光面の光量との関係を示したグラフである。

[図5]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムにおける補光量と放光面の光量との関係を示したグラフである。

[図6]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムにおけるLEDの出力と補光量との関係を示したグラフである。

[図7]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムによるLEDの調光制御処理の具体例を説明した図である。

[図8]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムによるLEDの調光制御処理に必要な積算光量の管理を説明した図である。

[図9]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムによるLEDの調光制御処理の流れを説明したフローチャートである。

[図10]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムによるLEDの調光制御処理における1時間の制御と1日の制御との関係を示した図である。

[図11]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムによるLEDの調光制御処理のさらに詳細な流れを示したフローチャートである。

[図12]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムによるLEDの調光制御処理の1日の実施結果を示した表である。

[図13]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムによるLEDの調光制御処理の1日の実施結果を示したグラフである。

[図14]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムにおける栽培面及び放光面の光量と栽培日数との関係を示した図である。

[図15]本発明の一実施形態に係る水耕栽培システムによる葉の反射光量を用いた生長管理処理の流れを示したフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0029] 以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態を説明する。

[0030] [システムの構成]

図1は、本実施形態に係る水耕栽培システムの構成を横断面から示した図である。

[0031] この水耕栽培システムは、レタス、グリーンリーフ、サラダ菜、ミズ菜、ハウレンソウ、ハーブ類等の葉物野菜等の植物を栽培するためのシステムである。

[0032] 同図に示すように、水耕栽培システム100は、制御装置10と、水耕栽培ユニット11と、採光装置13とを有し、これらは植物工場内に設けられる。

[0033] 水耕栽培ユニット11は、苗床で種から育てられた、栽培対象の上記葉物野菜の苗Vが移植された栽培パネル12を有する。栽培パネル12は水耕栽培ユニット11において縦（垂直方向）に配置されている。栽培パネル12は、苗が移植される苗床の一例である。苗床は、栽培パネル12のようなパネル状のもの以外に、例えば筒状とされてもよい。

[0034] 栽培パネル12としては、例えば、ポリスチレン、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリウレタン等の合成樹脂からなるボード（発砲ボードを含む）、植物繊維、樹脂繊維、無機繊維等の繊維素材からなる繊維ボード、及び木材等が用いられるが、軽量であるとともに、生育した苗Vの重さに耐え得る強度を有していれば得に限定されない。

栽培パネル12の形状は特に限定されず、板、柱、筒、棚田状、傾斜など、植物の苗を保持することが可能であればよい。

[0035] 栽培パネル12には、移植された苗Vを保持する複数の植え付け孔（図示せず）が穿設されており、当該植え付け孔は、苗Vの収穫期の大きさを考慮した適切な間隔で配列されている。

[0036] 栽培パネル12の一方の面は栽培面12aとされ、他方の面は液肥供給面とされる。液肥（固形又は液状の肥料を水に溶かした液体肥料）Lは、液肥

タンク 20 からポンプ 21 によって液肥供給パイプ 22 を介して液肥供給口 23 まで供給され、当該液肥供給口 23 から液肥供給面を伝わって苗 V の根に行き渡るようになっている。

[0037] 採光装置 13 は、自然光（太陽光）を取り入れることが可能な構造であればよく、光ダクト、天窗などが用いられる。太陽光追尾装置、ルーバーなどを備えていてもよい。例えば、光ダクトとして構成される場合、自然光（太陽光）を採り入れる採光口 14 と、水平方向で対向する一対の亚克力板 15 と、採光口 14 と亚克力板 15 の間に設けられた拡散板 16 を有する。

亚克力板 15 の素材は亚克力に限定されず、ポリカーボネート、ビニールなど透明な素材であればよい。また、亚克力板 15 の形状は板状に限定されず、フィルム状など種々の形状のものが用いられる。この亚克力板等の透明仕切りは、栽培空間の空調効率を向上させるために設置することが好ましいが、作業性やコスト面を考慮して設置しなくてもよい。

[0038] 採光口 14 から採り入れられた太陽光は、拡散板 16 によって拡散され、亚克力板 15 の間で反射を繰り返しながら、亚克力板 15 の外側の面（放光面 15a）から放光（出射）され栽培パネル 12 の苗 V に照射される。一対の亚克力板 15 の各放光面 15a は、水平方向で互いに逆向きに設けられている。

[0039] また、上記栽培パネル 12 は、上記一対の亚克力板 15 を挟んで地面と水平方向で対向して設けられている。

[0040] アクリル板 15 の放光面 15a には、上記苗 V に人工光を照射する人工光照射装置としての LED 17 が設けられている。当該 LED は、上記苗 V に対して照射される光が、太陽光のみでは所定の目標値に達しない場合に、上記太陽光を補光する役割を担う。

[0041] 当該 LED 17 による補光は、採光装置 13 による放光面 15a からの太陽光の照射と並行して実行されるほか、太陽光が照射されない夜間においても行われる。

[0042] また同じく亚克力板 15 の放光面 15a には、当該放光面 15a から出

射した太陽光の光量を検出する採光センサ 18 が設けられている。当該採光センサ 18 は、上記栽培パネルから離間した位置であって、同じ放光面 15 a に設けられた LED 17 から照射される人工光の影響を受けない位置、例えば採光センサ 18 の受光部がアクリル板 15 側を向いており、同じ放光面 15 a に設けられた LED 17 から照射される人工光を受光しない位置に配置されている。

[0043] また水耕栽培ユニット 11 の外部には、屋外の自然光（太陽光）の光量を検出する屋外光センサ 19 が設けられている。

[0044] 制御装置 10 は、上記 LED 17 及び上記採光センサ 18 と接続されている。制御装置 10 は、上記採光センサ 18 によって検出された放光面 15 a における太陽光の光量を受信し、当該検出された太陽光の光量を基に、栽培パネル 12 の苗 V の栽培面 12 a に照射される太陽光の光量の予測値を算出する。そして制御装置 10 は、当該予測値に基づいて、LED 17 から照射される人工光の照射量を制御することが可能である（以下、この制御を調光制御処理ともいう）。具体的には、制御装置 10 は、所定期間（1 時間、1 日等）における、栽培面 12 a の光量の予測値の積算値との和が所定の目標瞬時光量となるように、当該所定期間における LED 17 からの人工光の照射量を制御する。当該調光制御処理の詳細については後述する。

[0045] また制御装置 10 は、上記ポンプ 21 にも接続され、液肥の供給及び供給量を制御する。また制御装置 10 は上記屋外光センサ 19 にも接続され、屋外光センサ 19 によって検出された屋外光の光量を受信する。

[0046] 詳細は後述するが、制御装置 10 は、上記採光センサ 18 によって検出された太陽光の光量の推移と、上記屋外光センサ 19 によって検出された太陽光の光量の推移とを比較して、それらの間に相関が無いと判断された場合に、異常を示す情報を出力することも可能である。

[0047] また上記採光センサ 18 は、上記自然光の非照射時（例えば夜間や雨天時）において、当該採光センサ 18 が設けられたアクリル板 15 に対向するもう一方のアクリル板 15 の放光面 15 a に設けられた LED 17 から苗 V に

照射された人工光の反射光の光量を検出することも可能である。

[0048] そして、詳細は後述するが、上記制御装置 10 は、当該検出された反射光の光量の推移を基に、苗 V の生長度合を把握し、それに応じて LED 17 から照射される人工光の照射量を制御することも可能である。

[0049] [制御装置のハードウェア構成]

図 2 は、上記制御装置 10 のハードウェア構成を示した図である。同図に示すように、制御装置 10 は、CPU (Central Processing Unit) 1、ROM (Read Only Memory) 2、RAM (Random Access Memory) 3、入出力インタフェース 5、及び、これらを互いに接続するバス 4 を備える。

[0050] CPU 1 は、必要に応じて RAM 3 等に適宜アクセスし、各種演算処理を行いながら制御装置 10 の各ブロック全体を統括的に制御する。ROM 2 は、CPU 1 に実行させる OS、プログラムや各種パラメータなどのファームウェアが固定的に記憶されている不揮発性のメモリである。RAM 3 は、CPU 1 の作業用領域等として用いられ、OS、実行中の各種アプリケーション、処理中の各種データを一時的に保持する。

[0051] 入出力インタフェース 5 には、表示部 6、操作受付部 7、記憶部 8、通信部 9 等が接続される。

[0052] 表示部 6 は、例えば LCD (Liquid Crystal Display)、OLED (Organic Electro Luminescence Display)、CRT (Cathode Ray Tube) 等を用いた表示デバイスである。表示部 6 には、例えば上記採光センサ 18 や屋外光センサ 19 の検出値や、LED 17 の出力値等の制御画面等が表示されてもよい。

[0053] 操作受付部 7 は、例えばマウス等のポインティングデバイス、キーボード、タッチパネル、その他の入力装置である。操作受付部 7 がタッチパネルである場合、そのタッチパネルは表示部 6 と一体となり得る。

[0054] 記憶部 8 は、例えば HDD (Hard Disk Drive) や、SSD (Solid State Drive) 等のフラッシュメモリ等の不揮発性メモリである。当該記憶部 8 には、上記 OS や各種アプリケーション、各種データに加えて、本実施形態にお

ける調光制御処理に必要なソフトウェアプログラム及びデータが記憶される。

[0055] 記憶部 8 に記憶されるデータには、上記採光センサ 18 で検出された放光面光量、屋外光センサ 19 で検出された屋外光量、上記検出された放光面光量の所定期間（例えば 1 時間及び 1 日）における積算光量、当該放光面光量を基に算出された栽培面光量（予測値）、当該栽培面光量の目標値、及び目標値と栽培面光量との差分値、1 日毎の使用電力値等のデータが含まれる。

[0056] 通信部 9 は、例えば Ethernet 用の N I C（Network Interface Card）や無線 LAN 等の無線通信用の各種モジュールであり、上記 LED 17、採光センサ 18、屋外光センサ 19 との間の通信に用いられる。

[0057] [水耕栽培システムの動作]

次に、以上のように構成された水耕栽培システム 100 の動作について説明する。当該動作は、上記制御装置 10 の CPU 1 等のハードウェアと、記憶部 8 に記憶されたソフトウェア、及び制御装置 10 に接続された LED 17、採光センサ 18、屋外光センサ 19 との協働により実行される。

[0058] 図 3 は、上記水耕栽培システムによる調光制御処理の概略的な流れを示したフローチャートである。

[0059] 同図に示すように、まず、上記採光センサ 18 により、放光面 15 a の瞬時光量が測定される（ステップ 31）。当該測定値は、制御装置 10 へ送信され記憶部 8 に記憶される。

[0060] 続いて制御装置 10 は、上記測定された放光面 15 a の瞬時光量から、栽培面 12 a の瞬時光量を予測する（ステップ 32）。当該予測処理には、栽培面 12 a の瞬時光量と放光面 15 a の瞬時光量との関係を示すデータ（後述）が用いられる。

[0061] 続いて制御装置 10 は、所定期間（1 時間、1 日等）における上記栽培面 12 a の光量の予測値（積算値）を、当該所定期間における栽培面 12 a の光量の目標値から減ずることで、栽培面 12 a における不足光量（補光量）を算出する（ステップ 33）。

[0062] 続いて制御装置 10 は、上記不足光量を基に、当該不足光量を照射するのに必要な LED 17 の出力量を決定する（ステップ 34）。当該決定には、LED 17 による補光量と LED 17 の出力との相関データ（後述）が用いられる。

[0063] そして制御装置 10 は、上記決定した出力値によって苗 V に人工光を照射（補光）するよう LED 17 を制御する（ステップ 35）（調光制御処理）。

[0064] 図 4 は、上記栽培面 12 a の瞬時光量（PPFD）と放光面 15 a の瞬時光量（PPFD）との関係を示したグラフである。同図では、採光装置 13 によって採光される太陽光のみを苗 V に照射した場合の瞬時光量（同図実線）と、LED 17 の人工光のみを苗 V に照射した場合の瞬時光量（同図破線）とがそれぞれ示されている。

[0065] 同図に示すように、太陽光のみが照射される場合、栽培面 12 a における瞬時光量は、放光面 15 a における瞬時光量よりもやや少なくなっている。これは、放光面 15 a と栽培面 12 a との距離の分だけ光が減衰するためであると考えられる。

[0066] 一方、LED 17 の人工光のみが照射される場合、栽培面 12 a における瞬時光量は、放光面 15 a における瞬時光量よりも著しく大きくなっている。これは、LED 17 によって放光面 15 a から照射される光のほとんどが栽培パネル 12 やアクリル板 15 によって繰り返し反射されて栽培面 12 a に照射されるためであると考えられる。したがって、葉の生長に伴い、栽培パネル 12 やアクリル板 15 からの反射光が減少すると、LED 17 のグラフの傾きも減少する。

[0067] そして、同図に示すように、栽培面 12 a に照射される瞬時光量の目標値が例えば 100 または 150 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) に設定される場合、放光面 15 a における瞬時光量と各目標値との差が、上記 LED 17 による補光量となる。

[0068] 図 5 は、調光制御時における上記補光量と放光面の瞬時光量との関係を示したグラフである。同図に示すように、調光制御時には、目標値が例

例えば $100\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ と $150\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ のいずれに設定される場合でも、放光面15aにおける瞬時光量Xと補光量Yとの関係は、 $Y=X-\text{目標値}$ で表されることが分かる。

[0069] 図6は、上記LED17の出力と補光量との関係を示したグラフである。同図に示すように、LED17の補光量とその出力とは比例関係があることが分かる。

[0070] 制御装置10は、これら図4～図6に示した各関係を示すデータを記憶部8に記憶し、上記放光面15aの瞬時光量から栽培面12aの瞬時光量（予測値）への換算及びLED17による不足光量の補光時のLED17の出力の決定に用いる。

[0071] [調光制御処理の具体例]

上記調光制御処理の具体的な手法としては、例えば以下の4つの例が挙げられる。

(1) ON/OFF制御：

屋外光量に閾値を設け、屋外光量が閾値未満になった場合にLED17をONにし、屋外光量が閾値以上になった場合にLED17をOFFにする。

(2) 目標値制御：

目標の栽培面12aの光量が常に目標値となるように、LED17の出力を0%～100%との間で制御する。

(3) 積算量制御：

1日の必要積算光量（目標値）の不足分を、夜間にLED17によって補光し、1日の光量のうち目標値を上回った光量（過剰分）は、次の日の光量として計算する。

(4) ON/OFF制御＋積算量制御：

屋外光量もしくは放光面に設置した採光センサに閾値を設け、光量が閾値未満になった場合にLED17をONにし、光量が閾値以上になった場合にLED17をOFFにするとともに、1日のうちの時間帯毎に栽培面12aの光量の必要積算量（時間帯毎の目標値）に対する過不足を次の時間帯で補

正し、一日に必要な積算光量（一日の目標値）を制御する。

[0072] 本実施形態では、これらの手法のうち、（４）ON/OFF制御+積算量制御について説明する。

[0073] 図7及び図8は、当該ON/OFF制御+積算量制御を概念的に示した図である。

[0074] 図7に示すように、制御装置10は、採光センサ18によって検出された屋外光量Zが閾値Z1以上となった場合（同図t3）には、LED17をOFFにする。

屋外光量Zは屋外光センサ19によって検出された値でもよい。

[0075] また制御装置10は、図8に示すように、ある時間帯における栽培面12aにおける光量が目標値Hを上回った場合（X2、X3）には、その過剰分を次の時間帯の栽培面12aの光量として加算して目標値Hの過不足を監視する。

同様に、ある時間帯における栽培面12aにおける光量が目標値を下回った場合（X4）は、その不足分を次の時間帯の栽培面12aの目標値Hに加算して、目標値Hの過不足を監視する。

[0076] 図9は、当該ON/OFF制御+積算量制御による調光制御処理の流れを説明したフローチャートである。以下の説明において、栽培面12aの（積算）光量とは、上述したように放光面15aの（積算）光量を基に予測された光量を指す。

[0077] 同図に示すように、制御装置10は、まず、栽培面12aにおける1日の目標積算光量を設定する（ステップ51）。

[0078] 続いて制御装置10は、N時間目（Nは1日のうちの太陽光の照射時間（hr））の栽培面12aにおける目標積算光量を設定する（ステップ52）。

[0079] 続いて制御装置10は、1時間目の制御を開始する（ステップ53）。

[0080] 続いて制御装置10は、LED17を、屋外光量が閾値Z1以上か否かに応じてON/OFF制御する（ステップ54）。

[0081] この際、制御装置10は、栽培面12aの光量がN時間における目標積算

光量（累積値）を下回った場合には、屋外光量Zに関わらずLED17をONにする。また制御装置10は、栽培面12aの光量（太陽光）とLED17の光量（人工光）との合計が、苗Vの光飽和点（例えばレタスの場合には $400\mu\text{mol}/\text{m}^2\cdot\text{s}$ ）を上回った場合には、LED17をOFFにする。

[0082] 続いて制御装置10は、栽培面12aにおける光量に、LED17のON時間を乗じることで、1時間の積算光量の実績を算出する（ステップ55）。

[0083] 続いて制御装置10は、上記実績において、1時間の目標積算光量に不足が存在するか否かを判断する（ステップ56）。

[0084] 上記目標積算光量に不足が存在していると判断した場合（Yes）、制御装置10は、その不足分を次の1時間の目標積算光量に加算する（ステップ57）。

[0085] 一方、上記目標積算光量に超過が生じていると判断した場合（No）、制御装置10は、当該超過分を次の1時間の目標光量から減算する（ステップ58）。

[0086] 続いて制御装置10は、N時間目の制御が完了したか否かを判断し（ステップ59）、当該N時間目の制御が完了していない限り以上のステップ52～56の処理を、繰り返し実行する。

[0087] そして制御装置10は、N時間目の制御が完了したと判断した場合（Yes）、1日の目標積算光量からN時間後の実績値を減じることで、栽培面12aにおける光量の不足分を算出する（ステップ60）。

[0088] 続いて制御装置10は、上記不足分について、LED17による補光条件（照射時間及び照射時間帯）を設定する（ステップ61）。具体的には、制御装置10は、上記不足分の光量をLED17の最大出力時の単位時間当たりの光量で除することで照射時間を算出し、照射時間帯を、例えばN時間の照射直後の時間帯または夜間のいずれかの時間帯に設定する。

[0089] そして制御装置10は、上記設定された補光条件に従ってLED17による補光を実行することで、1日における調光制御処理を完了し、次の日の調

光制御処理へと移る（ステップ62）。

[0090] 図10は、上記1時間における調光制御処理（同図左側）と1日における調光制御処理（同図右側）との関係を示した図である。

[0091] 同図左側に示すように、制御装置10は、ある1時間において、栽培面12aの積算光量が目標積算光量（同図破線で示す）を下回った場合には、屋外光量Zに関わらずLED17を強制的にONにする。

[0092] また制御装置10は、ある1時間における目標積算光量（X1）に不足分が発生した場合には、当該不足分を次の1時間における目標積算光量（X2）に追加し、また逆にある1時間において目標積算光量からの過剰分が発生した場合には、当該過剰分を次の1時間における積算光量に加算して、各時間で栽培面12aの積算光量が目標積算光量に達するように制御する。

[0093] しかし、同図右側に示すように、当該1時間毎の制御によって1日の目標積算光量Hに不足分が発生した場合には、上述したように、当該不足分に応じて、LED17による補光の照射時間及び照射時間帯を決定して、補光を実行する。

[0094] 図11は、ON/OFF制御＋積算量制御によるLED17の調光制御処理のさらに詳細な流れを示したフローチャートである。

[0095] 同図において、Hsは1時間における目標積算光量、Xsは栽培面12aに照射される太陽光瞬時光量、Xmは当該太陽光の採光積算光量、Xpは1時間のうち現在から残り時間までに栽培面12aに照射が見込まれる当該太陽光の予測積算光量、Lsは栽培面12aに照射されるLED17からの人工光の瞬時光量、Lpは1時間のうち現在から残り時間までに栽培面12aに照射が見込まれる上記人工光の予測積算光量、Lmは上記人工光の積算光量をそれぞれ指す。

[0096] また同図においては、日中の調光制御処理で不足した分の夜間における調光制御処理は含まれていない。

[0097] 同図に示すように、制御装置10は、1日における太陽光の照射時間（時間帯）の設定値及び現在時刻をそれぞれ入力し（ステップ111、112）

、現在時刻が照射時間内か否かを判断する（ステップ113）。

[0098] 現在時刻が照射時間内であると判断した場合（Yes）、制御装置10は、調光制御処理を開始する（ステップ114）。

[0099] 当該調光制御処理の開始に伴い、制御装置10は、LED17の光量積算処理と、太陽光の光量積算処理と、調光時間の制御処理とを並行して実行する。

[0100] LED17の光量積算処理において、制御装置10はまず、LED17をONにする（ステップ115）。

[0101] 続いて制御装置10は、LED17から逐次入力される瞬時光量を基に、栽培面12aにおける瞬時光量 L_s を逐次算出し（ステップ116）、それをそれ以前のLED17の積算光量 L_m に加算していく（ステップ117、118）。

[0102] また太陽光の光量積算処理において、制御装置10は、採光センサ18から逐次入力される放光面15aにおける瞬時光量を基に、栽培面12aにおける瞬時光量 X_s を逐次算出し（ステップ119）、それをそれ以前の太陽光の採光積算光量 X_m に加算していく（ステップ120、121）。

[0103] また調光時間の制御処理において、制御装置10は、タイマーからのスキャンタイムを逐次入力して（ステップ122）、それをそれ以前の積算時間 t_m に加算していく（ステップ123、124）。

[0104] 続いて制御装置10は、上記太陽光の採光積算光量 X_m と積算時間 t_m を基に、1時間におけるその時点からの残り時間に照射が見込まれる太陽光の予測光量 X_p を、以下の式によって算出する（ステップ125）。

$$\text{予測光量} : X_p = (X_m \div t_m) \times (3600 - t_m) + X_m$$

[0105] またそれと共に制御装置10は、上記LED17の積算光量 L_m と積算時間を基に、1時間におけるその時点からの残り時間に照射が見込まれる人工光の予測光量 L_p を、以下の式によって算出する（ステップ125）。

$$\text{LED予測光量} : L_p = 160 \times (3600 - t_m)$$

[0106] 続いて制御装置10は、上記1時間における目標積算光量 H_s から上記太陽

光の予測光量 X_p を引いた値 ($H_s - X_p$) が、上記人工光の予測光量 L_p よりも小さいか否かを判断する (ステップ126)。

[0107] 上記 ($H_s - X_p$) が L_p よりも小さいと判断した場合 (Yes)、制御装置10は、LED17をONにする (ステップ127)。既にLED17がONである場合には、ON状態が継続される。

[0108] また、制御装置10は、上記太陽光及び人工光の各瞬時光量 X_s 及び L_s の合計が、上限 (苗Vの光飽和点) 以上か否かを判断し (ステップ128)、上限以上であると判断した場合 (Yes) には、LED17をOFFにする (ステップ129)。

[0109] また、以上のLED17のON/OFF制御と並行して、制御装置10は、処理対象の1時間が経過したか否かを判断する (ステップ130)。

[0110] 1時間が経過したと判断した場合 (Yes)、制御装置10は、目標積算光量 H_s から太陽光及び人工光の光量積算値の合計 ($X_m + L_m$) を引いた値を補正分として、次の対象時間における目標積算光量 $H_s(n+1)$ に加算して、次の時間の目標積算光量 $H_s(n+1)$ を設定する (ステップ131)。なお、制御装置10は、状況によっては、1時間が経過するのを待つことなく、現在時刻で処理を切り替えても構わない。

[0111] そして制御装置10は、LED17をOFFにし (ステップ132)、上記太陽光の採光積算光量 X_m 及び積算時間 t_m をゼロクリアして、処理を次の時間へと切り替える (ステップ133)。

[0112] 制御装置10は、以上の処理を、設定された照射時間が経過するまで実行する。

[0113] 図12は、上記図11に示したON/OFF制御+積算量制御によるLED17の調光制御処理の実施結果を示した表であり、図13は、当該調光制御処理の1日の実施結果を示したグラフである。

[0114] 両図に示すように、午前6時から、採光装置13から採り入れられた太陽光の放光面15aから栽培面12aへの照射が開始されるとともに、LED17による栽培面12aへの照射も開始され、両照射とも午後18時まで実

施された。

[0115] なお、1日分の目標積算光量は 5 mol/m^2 に設定され、太陽光照射時のLED 17の光量は $160\text{ }\mu\text{mol/m}^2\cdot\text{s}$ に設定された。

[0116] 図12の表から、上記図11でも示したように、ある1時間における積算光量が不足していると、その不足分が次の1時間における目標積算光量の補正值として加算され、超過していると、その超過分が次の1時間における目標積算光量の補正值として減算されていることが分かる。

[0117] また、日中の採光後の夜間（21時～23時）において、日中の積算光量の不足分の積算光量の平均値が、夜間の時間毎の目標積算光量 H_s として加算され、LED 17による補光が実施される。

[0118] なお、夜間の時間毎の目標積算光量は、LED 17が連続通電された場合のLED 17の光量分の70%以内になることが条件とされる。

[0119] このように、制御装置10は、日中においては、各処理対象時間において、栽培面12aにおける光量の予測値に基づいて動的にLED 17をON/OFF制御するとともに、各時間の目標積算光量に対する不足分を次の時間の目標積算光量に加算して調光を実行することができる。またそれとともに、制御装置10は、1日の目標積算光量に対する日中の積算光量の不足分を、夜間にLED 17による補光で賄うことができる。

[0120] [苗の成長管理処理]

本実施形態では、制御装置10は、前記各種の調光制御処理に加えて、採光センサ18を用いた苗Vの生長管理処理も実行することができる。以下、この生長管理処理の詳細について説明する。

[0121] 一般的に、植物の葉の面積が大きくなる（すなわち、苗が生長する）にしたがって、栽培面12aからの反射率は減少する。これは、LED 17から照射された人工光を葉が吸収する割合が、葉の面積の増加にしたがって大きくなるためであると考えられる。

[0122] 図14は、LED 17から照射される人工光の栽培面12a及び放光面15aにおける光量と、苗Vの栽培日数との関係を示したグラフである。なお

、同図は、LED 17 の出力が50%に設定された場合の値を示す。

[0123] 同図に示すように、放光面15aにおいても栽培面12aにおいても、栽培日数が経過する（すなわち、苗Vの葉が大きくなる）にしたがって、光量が減少していくことが分かる。これは、葉の生長によって、LED 17 から照射された人工光の、栽培パネル12またはアクリル板15からの反射光が減少するためであると考えられる。したがって、葉の生長にしたがってLED 17 による補光量も多く必要になると考えられる。

[0124] そこで本実施形態では、制御装置10は、上記採光センサ18を利用して、日照がない時間帯（夜間）にLED 17 を一定量照射し、栽培面12aからの反射光を測定することで、苗Vの各生長時期における反射光量が確保できているかを判断し、それによりLED 17 の出力を調整する機構を有する。

[0125] すなわち、制御装置10は、栽培パネル12が、水平方向で対向する一対の放光面15aを挟んで水平方向で対向して設けられているという位置関係を利用して、一方の放光面15aに設置された採光センサ18を、当該放光面15aに対向する栽培パネルの苗Vに照射される太陽光の照射量の検出のために用いると共に、その放光面15aとは反対側の放光面15aのLED 17 から当該放光面15aに対向する栽培パネルの苗Vに照射される人工光の反射光の検出のためにも用い、それにより苗Vの生長管理処理を実行することができる。

[0126] 図15は、上記葉の反射光量を用いた生長管理処理の流れを示したフローチャートである。当該処理の実行にあたり、制御装置10は、上記記憶部8に、上記葉の栽培日数に応じた反射率（反射光量）に関する基準データを保持している。

[0127] 同図に示すように、制御装置10は、日照がない時間帯（夜間等）においてLED 17 から、当該LED 17 が設けられた放光面15a（アクリル板15）に対向する栽培パネル12に人工光を照射する（ステップ161）。この人工光の照射は、上記調光制御処理におけるLED 17 による補光処理

として実行されてもよいし、それとは別に実行されてもよい。

[0128] 続いて制御装置 10 は、上記 LED 17 が設けられた放光面 15 a（アクリル板 15）に対向する放光面 15 a（アクリル板 15）に設けられた採光センサ 18 による、上記照射された人工光の反射光量の測定値を取得する（ステップ 162）。

[0129] 続いて制御装置 10 は、当該反射光の測定値が、上記基準データに照らして所定の範囲内にあるか否かを判断する（ステップ 163）。例えば、上記基準データにおける x 日目の反射光量が $50 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ であるとする、上記測定された反射光量がその $\pm 5\%$ 以内に収まっている場合には基準範囲内、そうでない場合には基準範囲外と判断される。

[0130] そして制御装置 10 は、上記測定された反射光量が基準範囲外と判断された場合、LED 17 により照射される人工光の 1 日の目標積算光量を、所定割合（例えば 10%）増加させる（ステップ 164）。

[0131] これにより制御装置 10 は、苗 V からの反射光量によって苗 V の生長度を把握し、苗 V が適切に成長していないと判断された場合には、LED 17 からの人工光の照射量を増加させることで、苗 V の生長を管理することができる。

[0132] [まとめ]

以上説明したように、本実施形態によれば、水耕栽培システムは、栽培面 12 a に照射される太陽光の光量（放光面 15 a の光量から予測された値）を基に、LED 17 から照射される人工光の照射量を制御することで、太陽光のみで栽培する場合の苗 V の生長のばらつきを防止して安定的に生産できるとともに、必要に応じて人工光を照射することで人工光の照明用の電力コストを削減することができる。

[0133] [変形例]

本発明は上述の実施形態にのみ限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々変更され得る。

[0134] 上述の実施形態において、制御装置 10 は、上記採光センサ 18 によって

検出された太陽光の光量の推移と、上記屋外光センサ 19 によって検出された太陽光の光量の推移とを比較し、両者に相関が無いと判断された場合に、異常を示す情報を出力してもよい。

[0135] すなわち、制御装置 10 は、通常は屋外光と連動する放光面 15 a の光量が屋外光と連動していないことが検出された場合には、異常情報を出力することで、調光制御処理の精度を向上させることができる。ここで上記両推移に相関が無くなる原因としては、例えば採光センサ 18 に直射光が当たったり、苗 V や人の影になって採光量が減少したり等の事態が想定される。水耕栽培システムのユーザは、当該異常情報を受けて、採光センサ 18 の位置を調節する等の処置を講じることができる。

[0136] また制御装置 10 は、上記異常が検出された場合に、各採光センサ 18 からの出力を分析し、異常値を出力している採光センサ 18 を特定し、当該採光センサ 18 からの出力を、少なくとも一定期間、調光制御処理に用いないよう自動的に制御してもよい。

[0137] 上述の実施形態においては、人工光照射装置として LED 17 が用いられたが、人工光照射装置はこれに限られず、例えば蛍光灯や有機発光ダイオード（OLED）等が用いられてもよい。

[0138] 上述の実施形態では、1 時間及び 1 日を単位として調光制御処理が実行されたが、制御単位はこれらに限られず、適宜その単位が変更されても構わない。

[0139] 上述の実施形態では、放光面 15 a は、一対の亚克力板 15 の各外側の面として設けられたが、放光面 15 a は亚克力板に設けられる必要は無く、採光装置 13 を構成する部材のいずれかに設けられていればよい。

[0140] 上述の実施形態では、制御装置 10 は、水耕栽培ユニット 11 が設置される場所と同じ場所（植物工場）に設置される例が示されたが、制御装置 10 は、当該植物工場から離間した位置に設置されていてもよく、例えばインターネット上（クラウド上）にサーバとして設けられていてもよい。その場合、植物工場には、当該インターネット上の制御装置 10 との間で、上記採光

センサ 1 9 の検出値や L E D 1 7 の出力値または O N / O F F コマンド等の上記調光制御処理に必要なデータのやり取りを中継するための制御盤やコンピュータが設けられてもよい。

符号の説明

- [0141] 1 … C P U
8 … 記憶部
9 … 通信部
1 0 … 制御装置
1 1 … 水耕栽培ユニット
1 2 … 栽培パネル
1 2 a … 栽培面
1 3 … 採光装置
1 4 … 採光口
1 5 … アクリル板
1 5 a … 放光面
1 6 … 拡散板
1 7 … L E D
1 8 … 採光センサ
1 9 … 屋外光センサ
1 0 0 … 水耕栽培システム
L … 液肥
V … 苗

請求の範囲

- [請求項1] 栽培対象の植物の苗が移植される苗床が配置された水耕栽培ユニットと、
- 前記苗床に対向する放光面に採光口から自然光を採り入れて前記放光面から前記苗に出射させる採光装置と、
- 前記苗に人工光を照射する人工光照射装置と、
- 前記苗床から離間した位置に設けられ、前記放光面から出射する前記自然光の光量を検出する採光センサと、
- 前記検出された光量を基に、前記苗床の前記苗の栽培面に照射される前記自然光の光量の予測値を算出し、当該予測値に基づいて、前記人工光の照射量を制御する制御装置と
- を具備する水耕栽培システム。
- [請求項2] 請求項1に記載の水耕栽培システムであって、
- 前記制御装置は、所定期間における前記予測値の積算値との和が所定の目標瞬時光量となるように前記所定期間における前記人工光の照射量を制御する
- 水耕栽培システム。
- [請求項3] 請求項1に記載の水耕栽培システムであって、
- 前記採光センサは、前記放光面に設けられる
- 栽培システム。
- [請求項4] 請求項3に記載の水耕栽培システムであって、
- 前記人工光照射装置は、前記放光面に設けられ、
- 前記採光センサは、前記放光面の前記人工光の影響を受けない位置に設けられる
- 水耕栽培システム。
- [請求項5] 請求項4に記載の水耕栽培システムであって、
- 前記苗床は、水平方向で互いに逆向きに設けられた一対の放光面を挟んで前記水平方向で対向して設けられ、

前記採光センサは、前記自然光の非照射時において、当該採光センサが設けられた放光面に対向する放光面に設けられた前記人工光照射装置から前記苗に照射された人工光の反射光の光量を検出可能であり、

前記制御装置は、前記検出された反射光の光量の推移を基に、前記人工光の照射量を制御する

水耕栽培システム。

[請求項6]

請求項1に記載の水耕栽培システムであって、

屋外の自然光の光量を検出する屋外光センサをさらに具備し、

前記制御装置は、前記採光センサによって検出された自然光の光量の推移と前記屋外光センサによって検出された自然光の光量の推移とに相関が無いと判断された場合に、異常を示す情報を出力する

水耕栽培システム。

[請求項7]

栽培対象の植物の苗が移植される苗床が配置された水耕栽培ユニットと、

前記苗床に対向する放光面に採光口から自然光を採り入れて前記放光面から前記苗に出射させる採光装置と、

前記苗に人工光を照射する人工光照射装置と、

前記放光面の前記人工光の影響を受けない位置に設けられ、前記放光面から出射する前記自然光の光量を、前記人工光の照射量の制御のために検出する採光センサと

を具備する水耕栽培システム。

[請求項8]

栽培対象の植物の苗が移植される苗床から離間した位置に設けられた採光センサから、前記苗床に対向する放光面に採光口から採り入れられて当該放光面から出射する自然光の光量の検出値を受信する受信部と、

前記受信された検出値を基に、前記苗床の前記苗の栽培面に照射される前記自然光の光量の予測値を算出し、当該予測値に基づいて、前

記苗に照射される人工光の照射量を制御する制御部と
を具備する水耕栽培制御装置。

[請求項9] 水耕栽培ユニットに、栽培対象の植物の苗が移植される苗床を配置し、

前記苗床に対向する放光面に外部から自然光を採り入れて前記放光面から前記苗に照射し、

前記苗床から離間した位置に設けられた採光センサによって検出された、前記放光面から出射する前記自然光の光量を基に、前記苗床の前記苗の栽培面に照射される前記自然光の光量の予測値を算出し、

前記予測値に基づいて、前記苗に照射される人工光の照射量を制御する

水耕栽培方法。

[請求項10] 水耕栽培制御装置に、

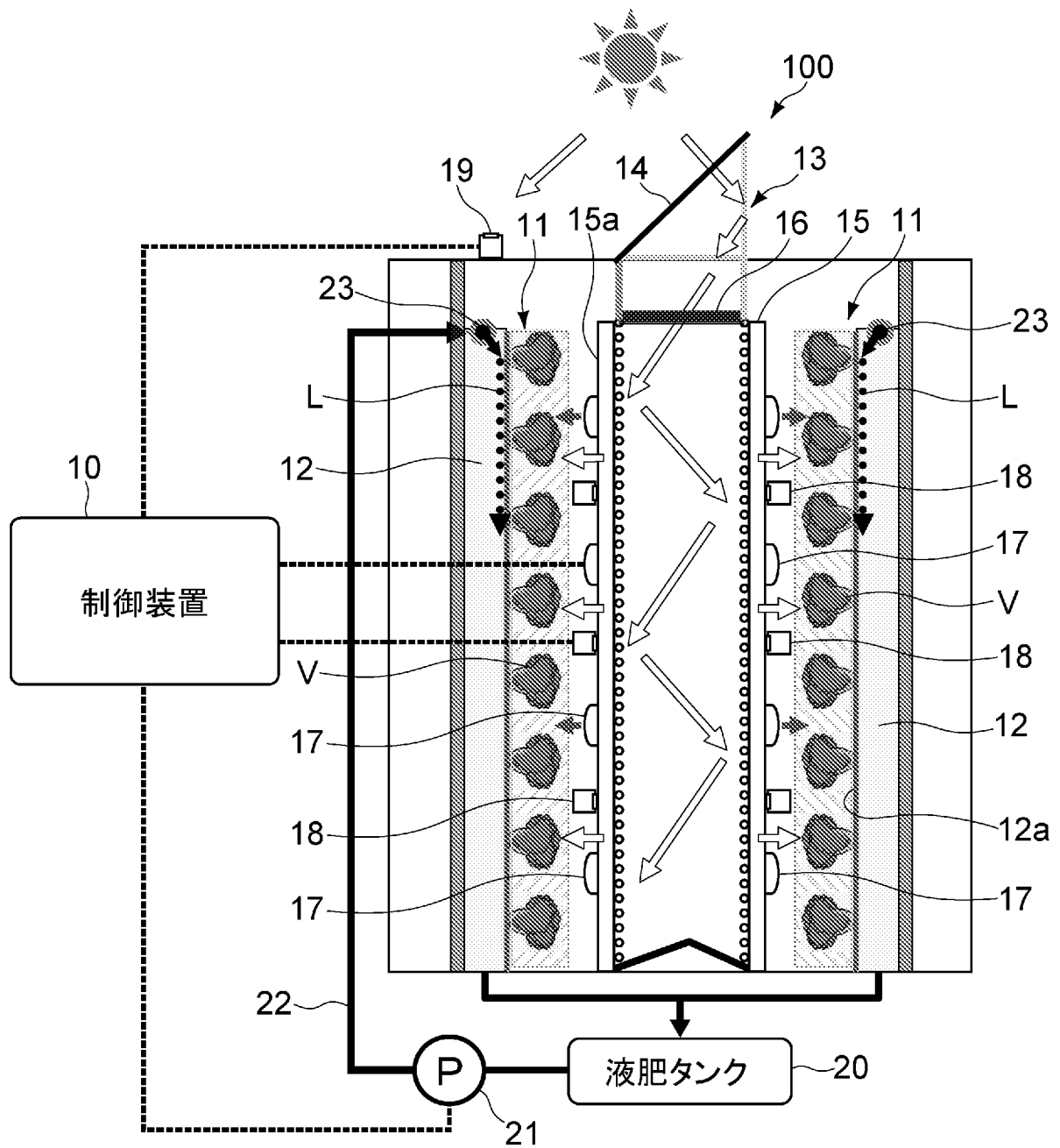
栽培対象の植物の苗が移植される苗床から離間した位置に設けられた採光センサから、前記苗床に対向する放光面に採光口から採り入れられて当該放光面から出射する自然光の光量の検出値を受信するステップと、

前記受信された検出値を基に、前記苗床の前記苗の栽培面に照射される前記自然光の光量の予測値を算出するステップと、

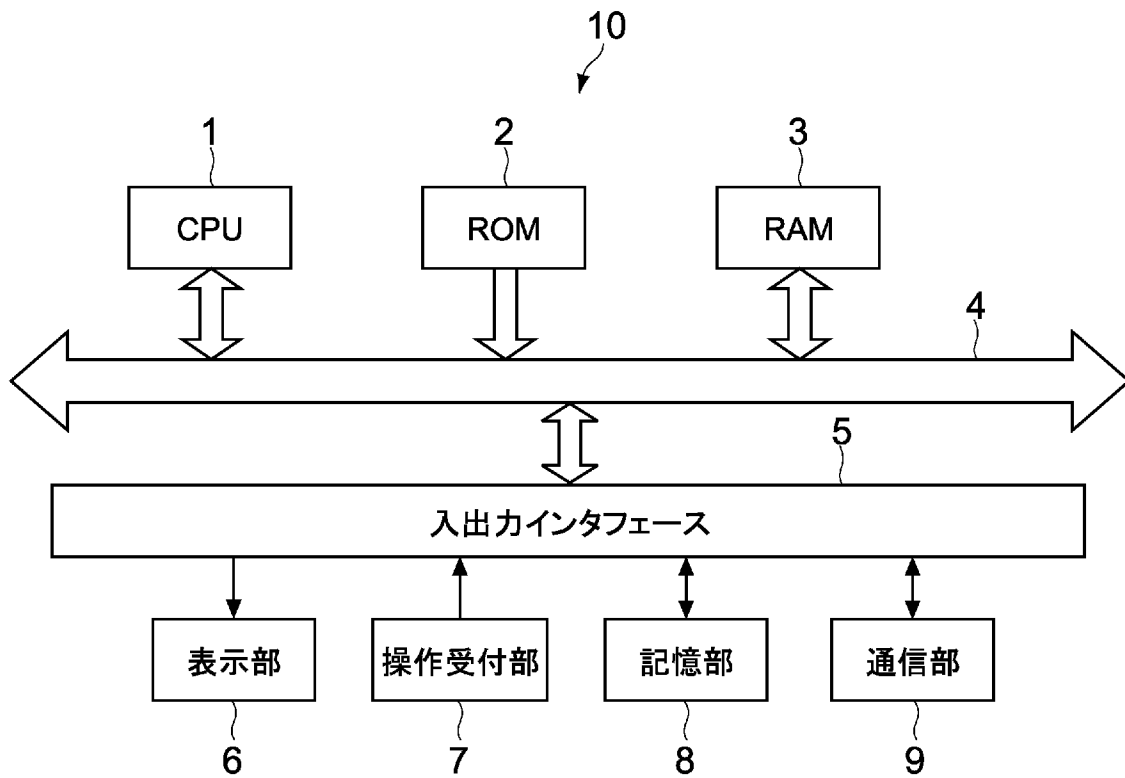
前記予測値に基づいて、前記苗に照射される人工光の照射量を制御するステップと

を実行させるプログラム。

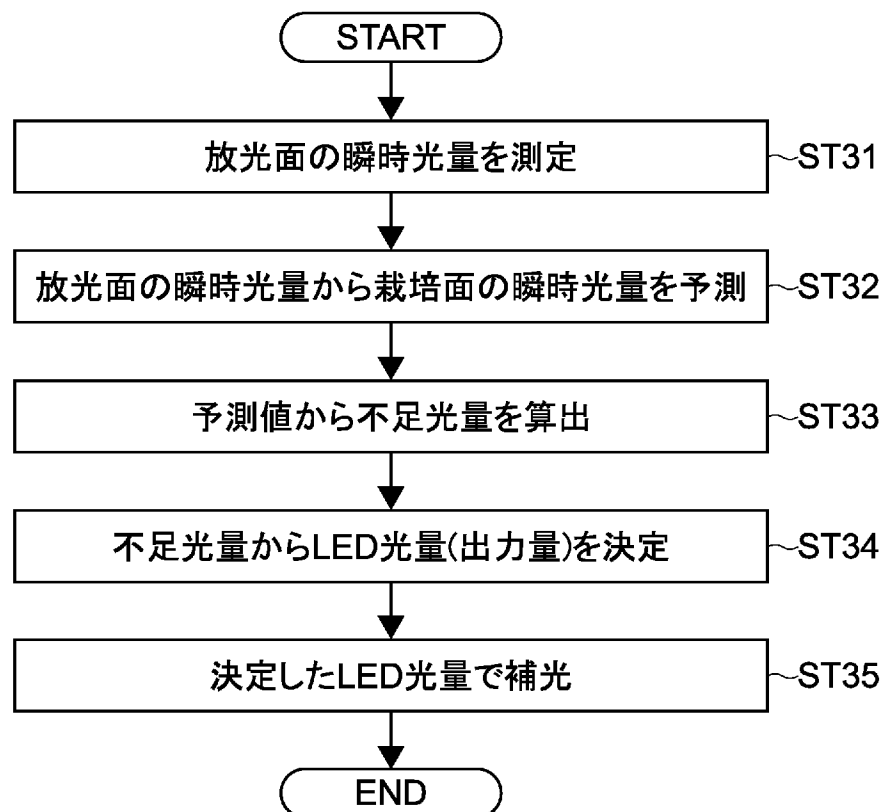
[図1]



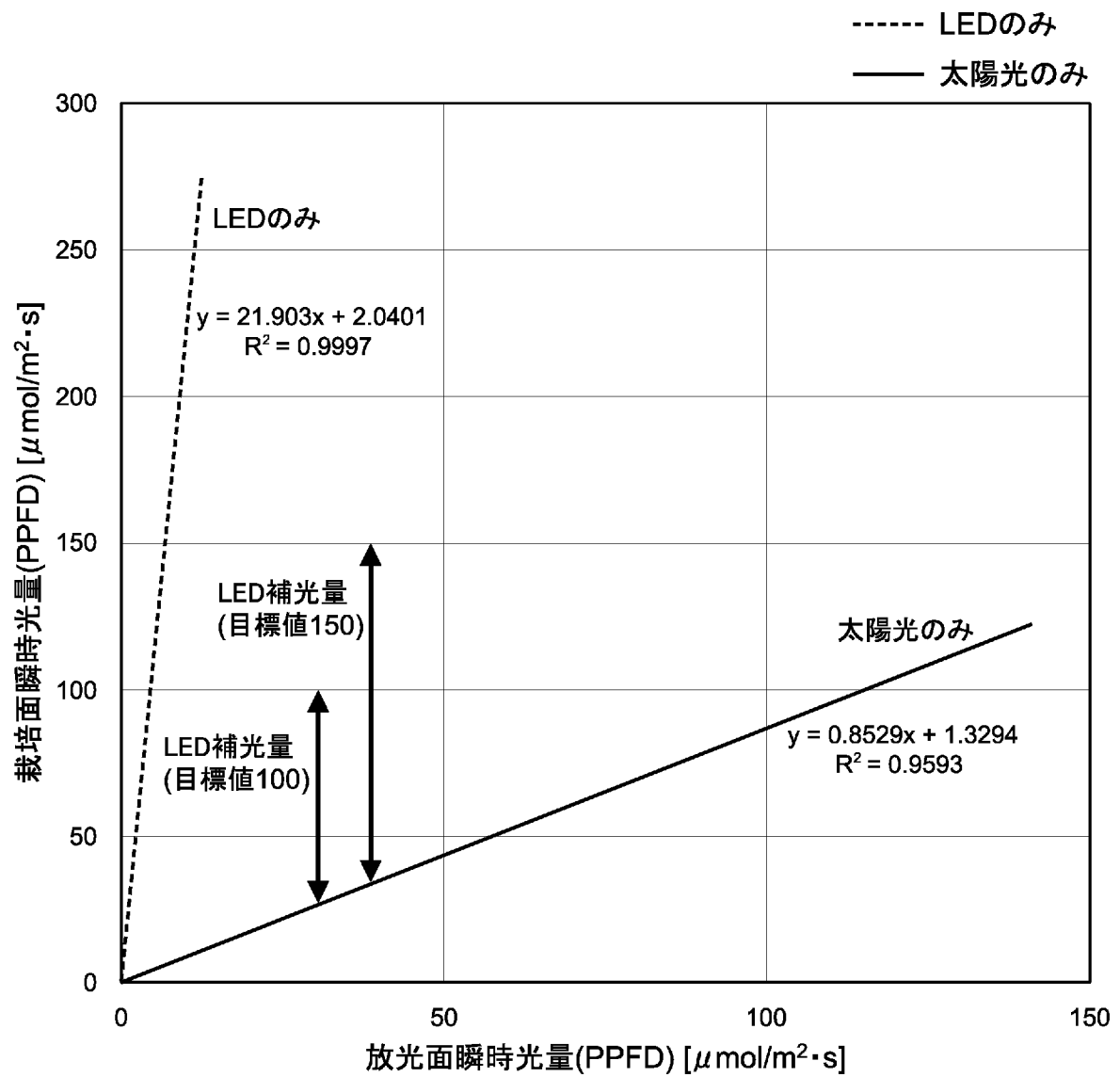
[図2]



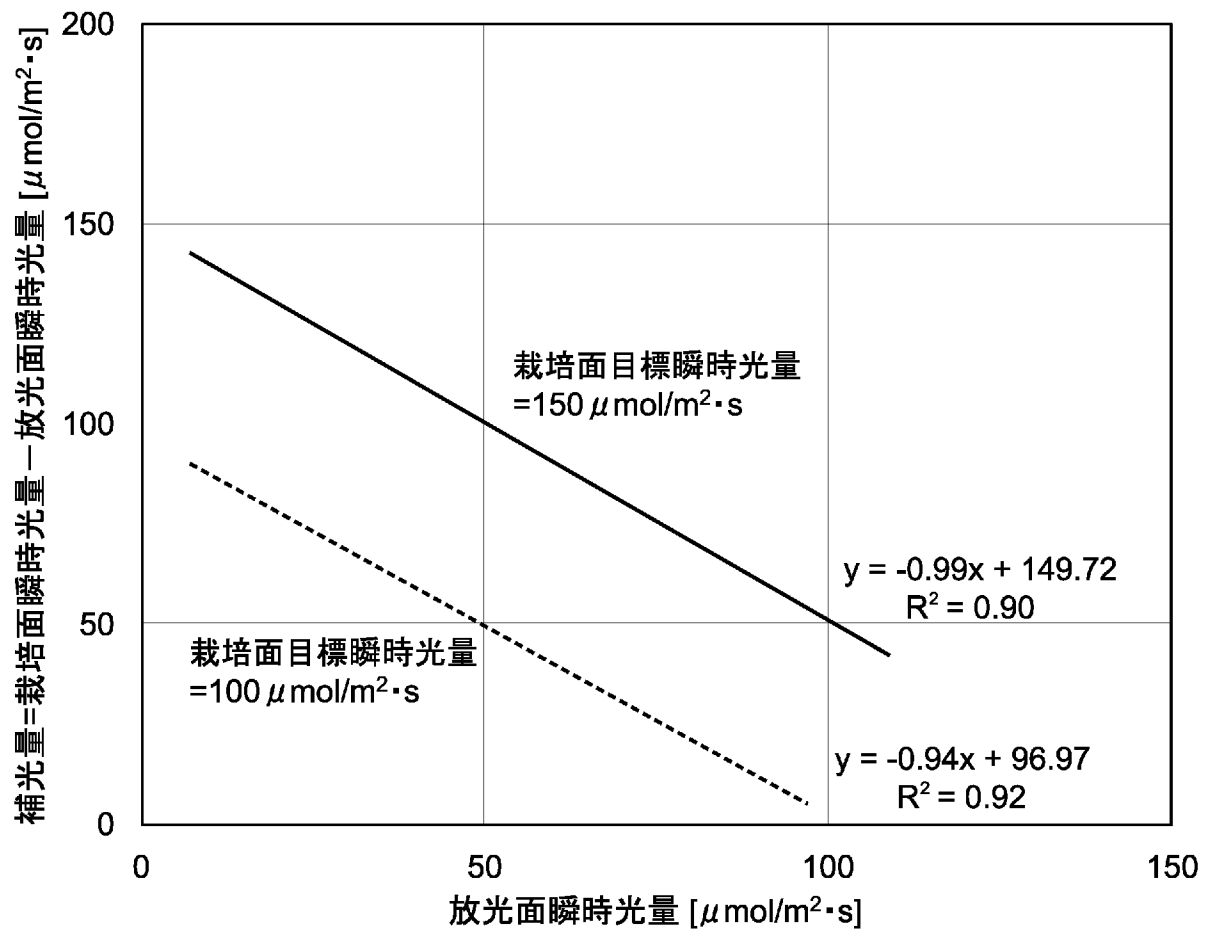
[図3]



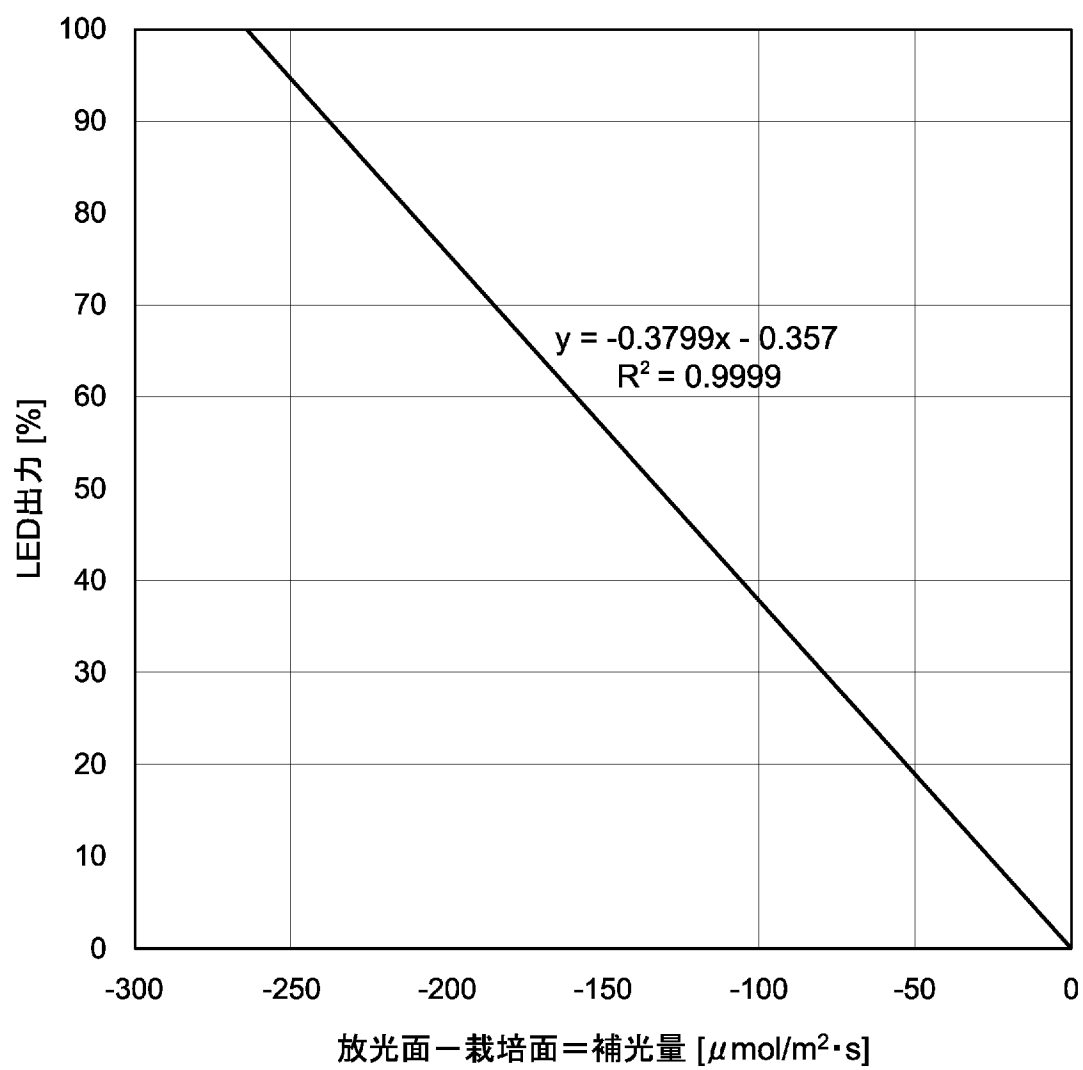
[図4]



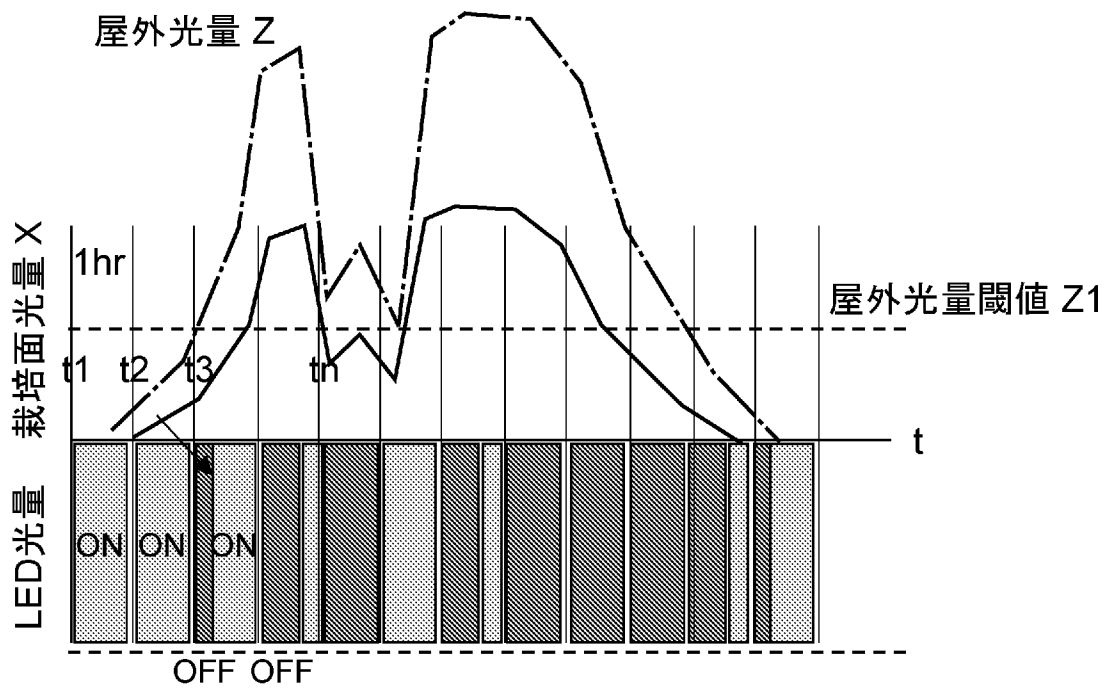
[図5]



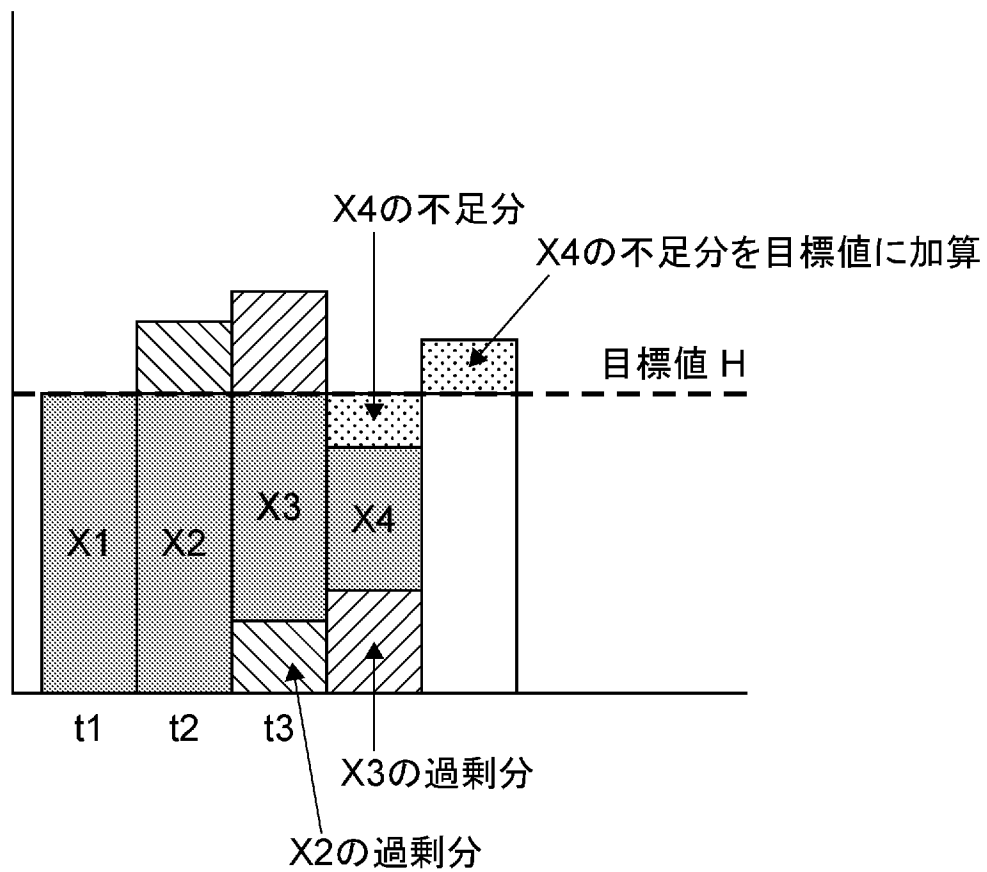
[図6]



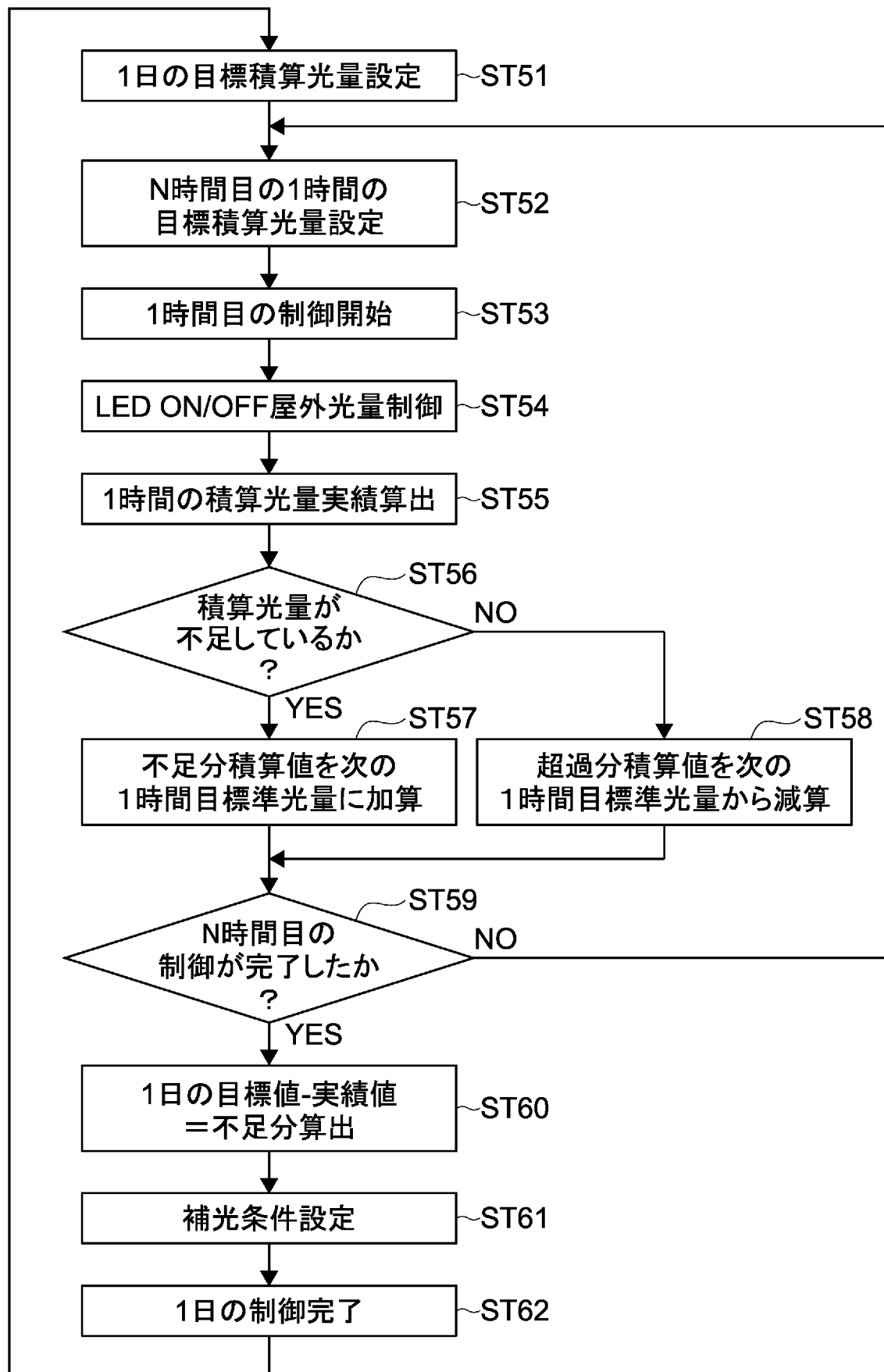
[図7]



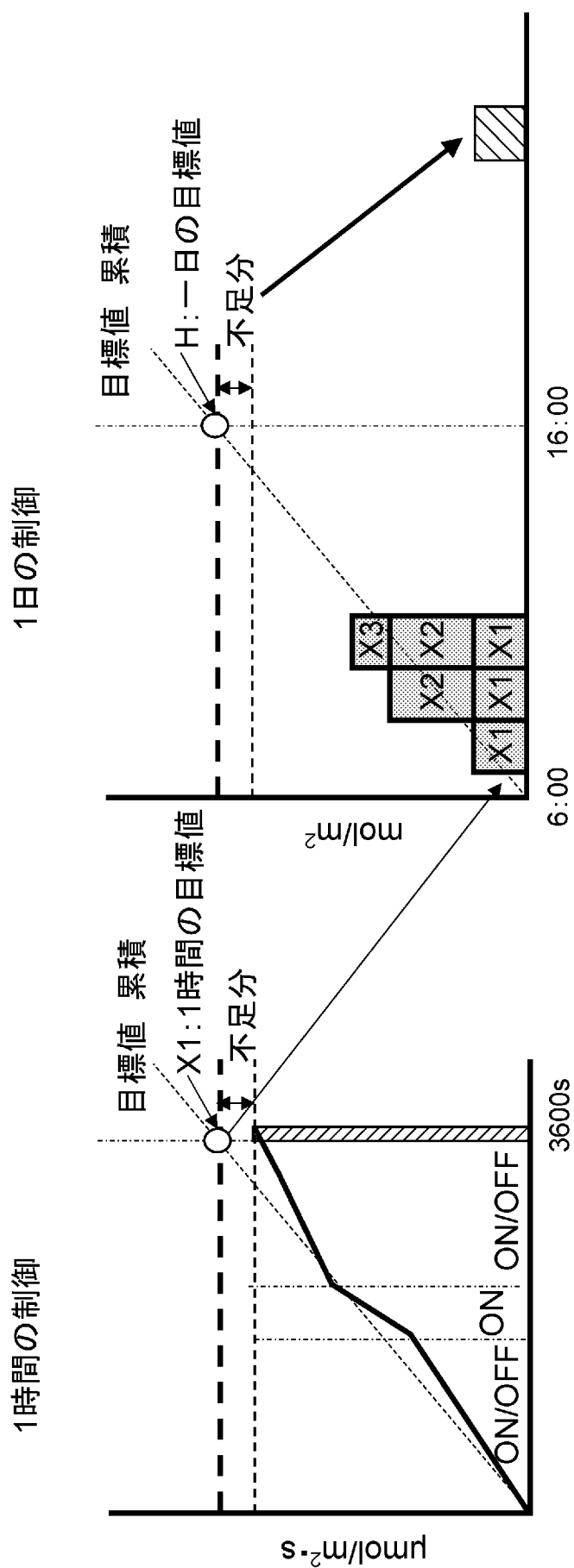
[図8]



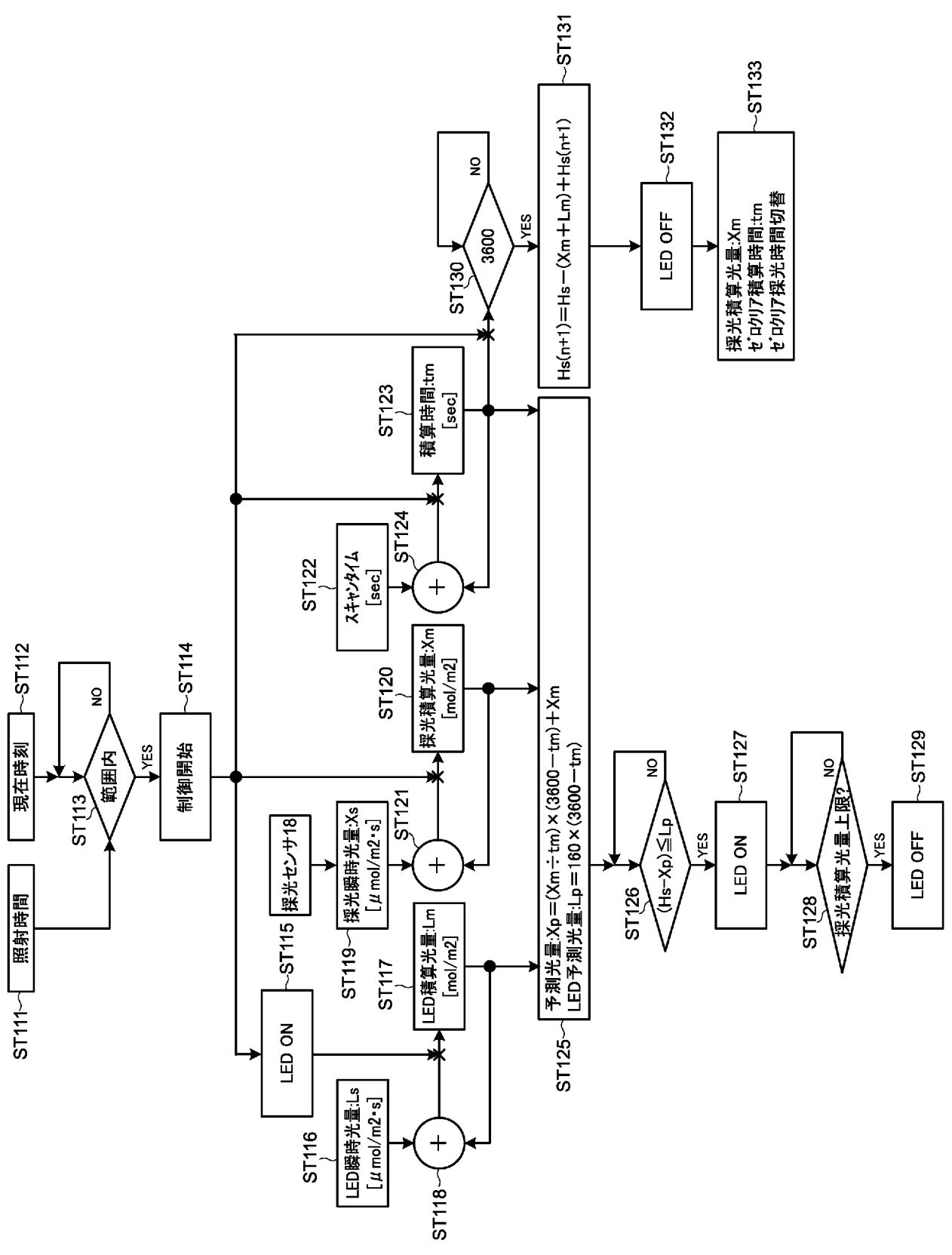
[図9]



[図10]



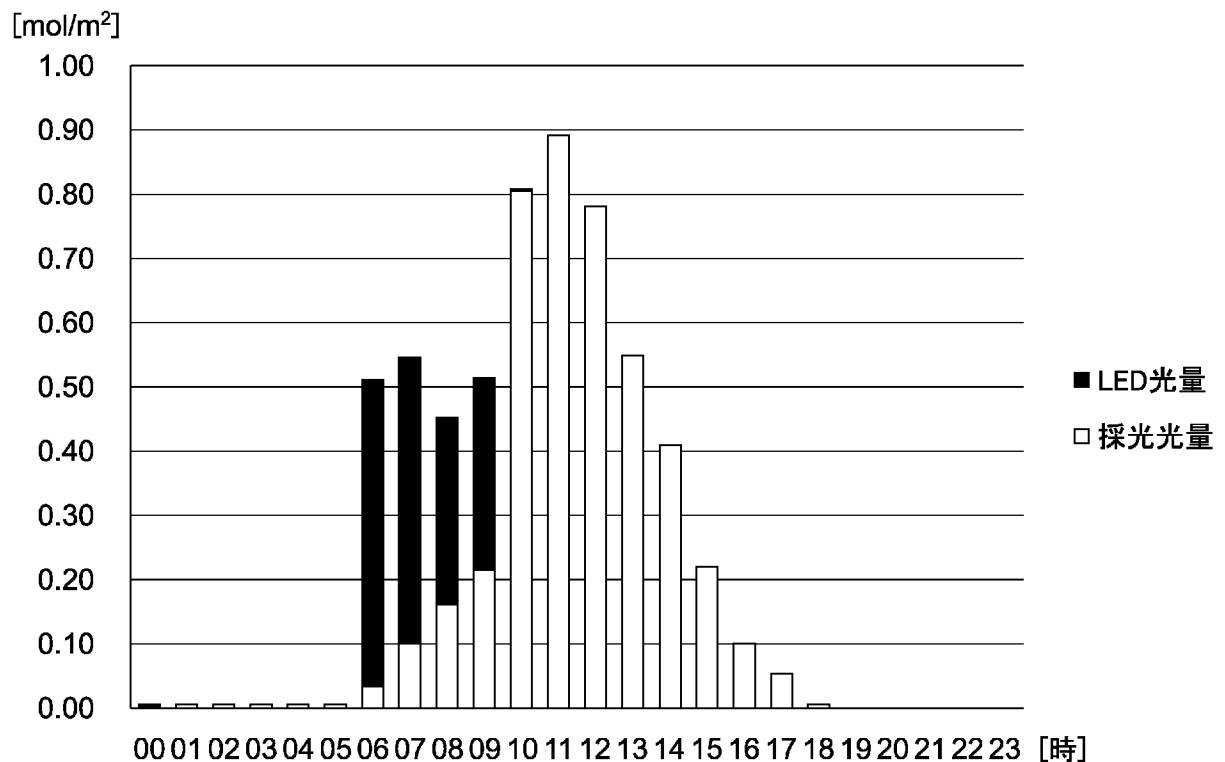
[図11]



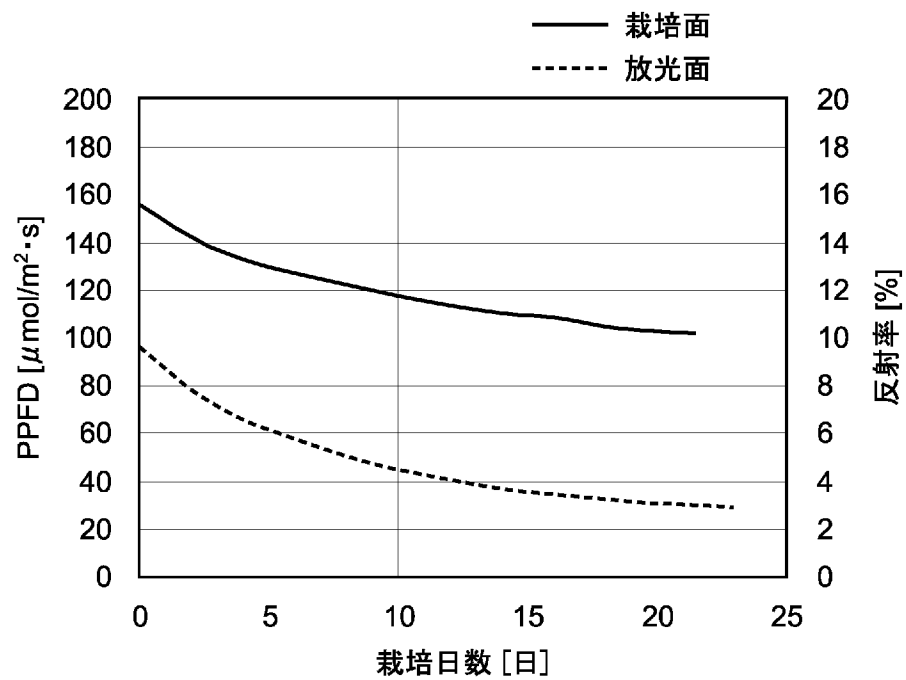
[図12]

時間	目標光量				採光光量		LED光量	
	設定	補正入り	実績	累積	積算実績	積算累積	積算実績	積算累積
00 ~ 01	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01 ~ 02	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
02 ~ 03	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03 ~ 04	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04 ~ 05	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
05 ~ 06	0.0	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
06 ~ 07	0.5	0.50	0.51	0.52	0.03	0.04	0.48	0.48
07 ~ 08	0.5	0.49	0.55	1.07	0.10	0.14	0.45	0.92
08 ~ 09	0.5	0.44	0.45	1.52	0.16	0.30	0.29	1.22
09 ~ 10	0.5	0.49	0.52	2.03	0.22	0.52	0.30	1.51
10 ~ 11	0.5	0.47	0.81	2.84	0.81	1.33	0.00	1.51
11 ~ 12	0.5	0.17	0.89	3.73	0.89	2.22	0.00	1.51
12 ~ 13	0.5	(0.23)	0.78	4.51	0.78	3.00	0.00	1.51
13 ~ 14	0.5	(0.51)	0.55	5.07	0.55	3.55	0.00	1.51
14 ~ 15	0.5	(0.56)	0.41	5.48	0.41	3.96	0.00	1.51
15 ~ 16	0.1	(0.87)	0.22	5.70	0.22	4.18	0.00	1.51
16 ~ 17	0.0	(1.09)	0.10	5.80	0.10	4.28	0.00	1.51
17 ~ 18	0.0	(1.19)	0.05	5.85	0.05	4.33	0.00	1.51
18 ~ 19	0.0	0.00	0.00	5.85	0.00	4.34	0.00	1.51
19 ~ 20	0.0	0.00	0.00	5.85	0.00	4.34	0.00	1.51
20 ~ 21	0.1	(0.21)	0.00	5.85	0.00	4.34	0.00	1.51
21 ~ 22	0.1	(0.21)	0.00	5.85	0.00	4.34	0.00	1.51
22 ~ 23	0.1	(0.21)	0.00	5.85	0.00	4.34	0.00	1.51
23 ~ 24	0.1	(0.21)	0.00	5.85	0.00	4.34	0.00	1.51

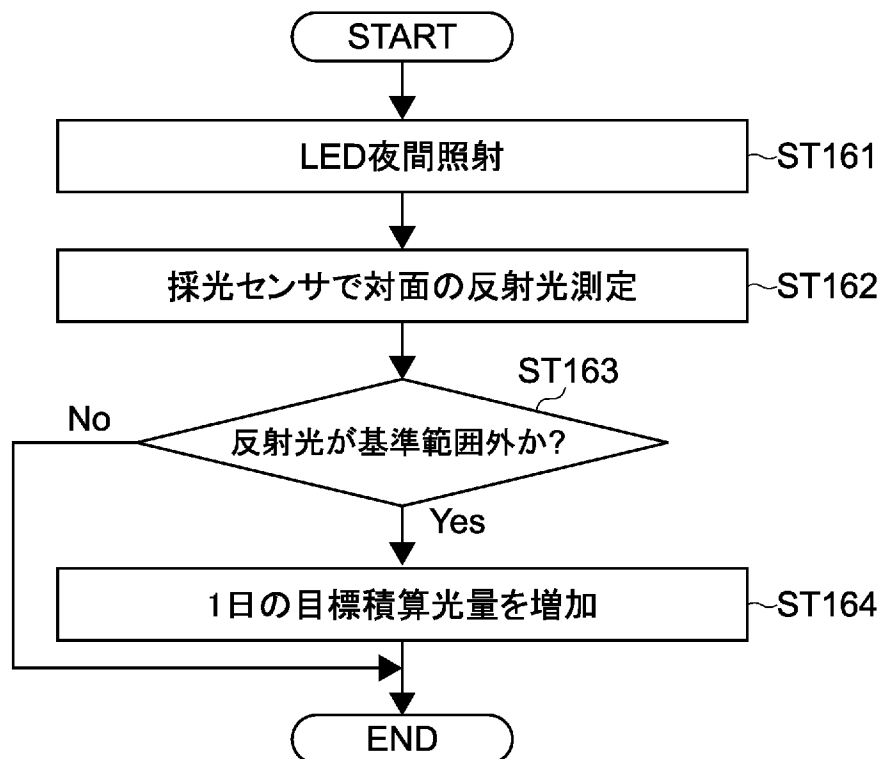
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/017199

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

A01G31/00(2006.01)i, A01G7/00(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)

A01G31/00, A01G7/00

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.
Y	JP 2016-86734 A (Toyo Seikan Group Holdings, Ltd.), 23 May 2016 (23.05.2016), paragraphs [0026] to [0030], [0048]; fig. 1 & WO 2016/072042 A1	1-10
Y	JP 2012-217352 A (Asahi Kogyosha Co., Ltd.), 12 November 2012 (12.11.2012), paragraphs [0024] to [0058]; fig. 2 (Family: none)	1-10
Y	JP 2015-103227 A (Toyota Motor Corp.), 04 June 2015 (04.06.2015), paragraph [0004] (Family: none)	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
25 July 2017 (25.07.17)

Date of mailing of the international search report
08 August 2017 (08.08.17)

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/JP2017/017199

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2008-89974 A (Canon Inc.), 17 April 2008 (17.04.2008), paragraphs [0014] to [0020] (Family: none)	6
A	WO 2015/004179 A1 (HELIOSPECTRA AB), 15 January 2015 (15.01.2015), entire text; all drawings & EP 2823703 A1 & CA 2914471 A & CN 105407706 A & KR 10-2016-0028439 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. A01G31/00(2006.01)i, A01G7/00(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. A01G31/00, A01G7/00

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 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 請求項の番号
Y	JP 2016-86734 A（東洋製罐グループホールディングス株式会社） 2016.05.23, 【0026】 - 【0030】, 【0048】, 図1 & WO 2016/072042 A1	1-10
Y	JP 2012-217352 A（株式会社朝日工業社） 2012.11.12, 【0024】 - 【0058】, 図2（ファミリーなし）	1-10
Y	JP 2015-103227 A（トヨタ自動車株式会社） 2015.06.04, 【0004】（ファミリーなし）	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

25.07.2017

国際調査報告の発送日

08.08.2017

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）

門 良成

2 B

2907

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 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 請求項の番号
Y	JP 2008-89974 A (キヤノン株式会社) 2008.04.17, 【0014】 - 【0020】 (ファミリーなし)	6
A	WO 2015/004179 A1 (HELIOSPECTRA AB) 2015.01.15, 全文, 全図 & EP 2823703 A1 & CA 2914471 A & CN 105407706 A & KR 10-2016-0028439 A	1-10