

(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2011-175463

(P2011-175463A)

(43) 公開日 平成23年9月8日(2011.9.8)

(51) Int.Cl.

**G05B 19/418** (2006.01)  
**G06Q 50/00** (2006.01)  
**G05B 13/02** (2006.01)

F 1

G05B 19/418 Z A B Z  
G06F 17/60 1 O 6  
G05B 13/02 J

テーマコード(参考)

3C1OO  
5H004

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願2010-39103 (P2010-39103)

(22) 出願日

平成22年2月24日 (2010.2.24)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所  
東京都千代田区丸の内一丁目6番6号

(74) 代理人 100091096

弁理士 平木 祐輔

(74) 代理人 100105463

弁理士 関谷 三男

(72) 発明者 河村 勉

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所エネルギー・環境システム研究所内

(72) 発明者 中村 亮介

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所エネルギー・環境システム研究所内

最終頁に続く

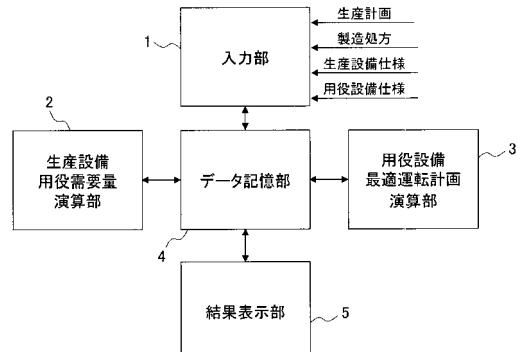
(54) 【発明の名称】生産計画決定支援方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】製造工場におけるCO<sub>2</sub>排出量を削減するため、製品の生産計画と製造処方の検討、又は生産設備と用役設備の最適化の検討を支援するツールを提供する。

【解決手段】製造工場での製品の生産計画、製造処方、生産設備仕様、用役設備仕様を入力し、生産計画、製造処方、生産設備仕様の情報に基づいて用役需要量を演算し、この演算値が所定の基準値を超える場合には生産計画を変更し、また、用役需要量の時間変化に基づいてCO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストが最小となるように用役設備の運転計画を作成し、これらの量が基準値を超えると生産計画を変更するように支援する生産計画決定支援方法及び装置。

【選択図】図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

製造工場での生産情報として、時刻情報を含む生産計画、製造処方及び生産設備仕様を入力する入力ステップと、

生産設備での電力、蒸気又は温冷水等の用役需要量を計算する用役需要量演算ステップと、

前記入力された入力情報と、前記用役需要量の演算結果を記憶する記憶ステップと、

前記入力情報と、前記演算結果を表示する表示ステップと、を備え、

前記用役需要量演算ステップでは、前記入力ステップの情報に基づいて、時刻情報を持った生産設備の用役需要量を計算し、該用役需要量の演算値が所定の基準値を超えたとき、生産計画を変更するように支援する生産計画決定支援方法。10

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載された生産計画決定支援方法において、

用役設備の最適運転計画を計算する用役設備最適運転計画演算ステップを更に備えて、前記入力ステップでは、用役設備仕様を更に入力し、

前記用役設備最適運転計画演算ステップでは、前記用役需要量の時間変化に基づいて、CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストが最小となるように用役設備の最適運転計画を作成し、

前記表示ステップでは、前記CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストを表示し、

前記CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストが所定の基準値を超えたとき、生産計画を変更するように支援する生産計画決定支援方法。20

**【請求項 3】**

請求項 1 又は 2 に記載された生産計画決定支援方法において、

前記表示ステップでは、前記用役需要量、前記CO<sub>2</sub>排出量若しくは前記エネルギー購入コストのいずれかが所定の基準値を超えたときに、前記表示ステップが、アラームを表示する生産計画決定支援方法。

**【請求項 4】**

製造工場での生産情報を入力する入力部と、

生産設備での電力、蒸気又は温冷水等の用役需要量を計算する用役需要量演算部と、

前記入力部の入力情報と前記用役需要量演算部の演算結果を記憶する記憶部と、30

前記入力部の情報と、前記用役需要量演算部の計算結果を表示する表示部と、を備えて、

前記生産情報として、時刻情報を含む生産計画、製造処方及び生産設備仕様を入力し、前記用役需要量演算部では、前記生産計画、前記製造処方及び前記生産設備仕様の入力情報に基づいて、時刻情報を持った生産設備の用役需要量を計算し、該用役需要量の演算値が所定の基準値を超えたとき、生産計画を変更するように支援する生産計画決定支援装置。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載された生産計画決定支援装置において、

用役設備の最適運転計画を計算する用役設備最適運転計画演算部を更に備えて、40

前記入力部では、用役設備仕様を更に入力し、

前記用役設備最適運転計画演算部では、前記用役需要量の時間変化に基づいて、CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストが最小となるように用役設備の最適運転計画を作成し、

前記表示部では、前記CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストを表示し、

前記CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストが所定の基準値を超えたとき、生産計画を変更するように支援する生産計画決定支援装置。

**【請求項 6】**

請求項 4 又は 5 に記載された生産計画決定支援装置において、

前記表示部では、前記用役需要量、前記CO<sub>2</sub>排出量若しくは前記エネルギー購入コスト50

のいずれかが所定の基準値を超えたときに、前記表示部がアラームを表示する生産計画決定支援装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、化学プラントや自動車組立工場などの製造工場の分野において、製品の生産計画を立案する際に、電力、温冷水、蒸気、等の用役の使用に由来するCO<sub>2</sub>の低減を目的とする生産計画決定支援システムに関するものである。

【背景技術】

【0002】

近年、地球温暖化防止が喫緊の課題となっており、エネルギー起源のCO<sub>2</sub>排出を削減することが求められている。製造業では、石油ショックを契機に、製造プロセスの改変、省エネ機器の導入、燃料転換等による省エネが積極的に進められたことにより、エネルギー消費は、ほぼ横ばいで推移している。

【0003】

しかし、製造業のエネルギー消費量は、国内全体の約40%という依然として高い割合を占めている。今後、更なる省エネ・CO<sub>2</sub>排出削減を実現するためには、工場内の電気、蒸気、温冷水等のエネルギー供給を行う用役設備の最適運転計画が重要な役割を担っており、最適な運転計画を決定する支援システムが求められている。

【0004】

最適運転決定支援システムの従来技術としては、特許文献1に示すように、用役設備の運転実績値あるいは需要予測値、運転計画の設定データ及び／又は前記設備の仕様を入力して、前記設備の最適運転計画の決定支援を行う技術がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-178156号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

上述した需要予測を用いた運転計画決定支援システムは、過去の類似した実績データが存在する場合、用役需要を精度良く評価することができる。しかし、実績データを統計処理してエネルギー需要を予測しているため、生産量、製品種又は生産設備が変更され、実績データの範囲から外れた場合、予測精度は低下する。また、用役設備の最適運転は、現在でも実施されているが、工場全体の省エネ・CO<sub>2</sub>排出量削減を実施するために生産計画と生産設備を最適化するまでには至っていない。

【0007】

本発明は上述した従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、工場全体の省エネ・CO<sub>2</sub>排出量削減を実現するため、生産設備側の情報を用いて用役需要を評価し、生産計画の立案、生産設備及び用役設備の最適化を検討できるシステムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明は、工場全体でのCO<sub>2</sub>排出量を低減するため、予め作成された生産計画と工場内の各生産設備での製造処方を取り込み、各設備で必要となる用役量を算出し、工場全体で集計して用役量の合計を評価し、時間に対する用役量の変化（用役分布）を表示することを特徴とする。

【0009】

具体的には、本発明の方法は、製造工場での生産情報として、時刻情報を含む生産計画、製造処方及び生産設備仕様を入力する入力ステップと、生産設備での電力、蒸気又は温冷水等の用役需要量を計算する用役需要量演算ステップと、前記入力された入力情報と、

10

20

30

40

50

前記用役需要量の演算結果を記憶する記憶ステップと、前記入力情報と、前記演算結果を表示する表示ステップと、を備え、前記用役需要量演算ステップでは、前記入力ステップの情報に基づいて、時刻情報を持った生産設備の用役需要量を計算し、該用役需要量の演算値が所定の基準値を超えたとき、生産計画を変更する生産計画決定支援方法において、用役設備の最適運転計画を計算する用役設備最適運転計画演算ステップを更に備えて、前記入力ステップでは、用役設備仕様を更に入力し、前記用役設備最適運転計画演算ステップでは、前記用役需要量の時間変化に基づいて、CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストが最小となるように用役設備の最適運転計画を作成し、前記表示ステップでは、前記CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストを表示し、前記CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストが所定の基準値を超えたとき、生産計画を変更するように支援するか又はアラームを表示する生産計画決定支援方法である。

10

また、本発明の装置は、上記の方法に対応する生産計画決定支援装置である。

#### 【発明の効果】

#### 【0010】

本発明によれば、用役設備の最適運転により、前記CO<sub>2</sub>排出量若しくはエネルギー購入コストを所定値以下に抑制することができ、更に、生産計画及び生産設備を変更により、環境保全及び省エネルギーを更に図った効率的な生産計画の決定を支援するシステムを提供することができる。

20

#### 【画面の簡単な説明】

#### 【0011】

【図1】本発明による一実施例の生産計画決定支援システムの構成を示す。

【図2】生産計画決定支援システムの評価フローを示す。

【図3】製造処方の一例を示す。

【図4】生産設備の一例を示す。

【図5】用役需要量の一例を示す。

【図6】用役需要総量の一例を示す。

【図7】CO<sub>2</sub>排出量の一例を示す。

【図8】電気若しくは燃料によるCO<sub>2</sub>排出量と負荷率の特性曲線の一例を示す。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0012】

30

本発明の実施形態では、生産計画、製造処方、生産設備仕様および用役設備仕様を入力し、これらの情報に基づいて用役需要量を評価して、用役需要の負荷平準化を実施し、さらに、CO<sub>2</sub>排出量またはエネルギー購入コストを最小化するように用役設備の最適運転計画を行う。これにより、生産計画を変化させた場合、または生産設備または用役設備を変更した場合の省エネ・CO<sub>2</sub>排出量削減効果を評価できる生産計画決定を支援するシステムを提供することができる。

#### 【実施例1】

#### 【0013】

40

図1は、本発明による一実施例の生産計画決定支援システムを示す。本システムは、図1が示すように、入力部1、生産設備用役需要量演算部2、用役設備最適運転計画演算部3、データ記憶部4、結果表示部5とから構成される。

#### 【0014】

入力部1では、生産計画、製造処方、生産設備仕様、用役設備仕様、等の情報が入力され、生産設備用役需要量演算部2では、生産計画、製造処方、生産設備仕様に基づいて生産設備での用役需要量が計算され、この計算値から用役需要の適正量が判定される。用役設備最適運転計画演算部3では、前記用役需要量と用役設備仕様に基づいて、CO<sub>2</sub>排出量又はエネルギー購入コストを最小化することを目的として、用役設備の最適運転計画を計算し、CO<sub>2</sub>排出量又はエネルギー購入コストの適正量が判定される。

#### 【0015】

図2に生産計画決定支援システムの評価フローを示す。まず、ステップ101において、

50

生産計画、製造処方、生産設備仕様及び用役設備仕様等の情報を入力する。

【0016】

次のステップ102において、生産計画、製造処方、生産設備仕様に基づいて各生産設備での各用役需要量を計算し、工場全体での各用役需要総量を計算する。

【0017】

そして、ステップ103において、各用役需要総量が、工場における用役の最大使用量又は最大生産量の制限値以下であるかを判定する。この用役需要総量が制限値を超えると(Noの場合)、用役需要の平準化を図るため、製品の生産量又は生産時刻等の生産計画を変更する。製造処方又は生産設備の検討が目的の場合には、製造処方又は生産設備を変更する。用役需要総量の適正量の判定のみで生産計画を決定する場合には、以下の評価は実施しないこともある。

10

【0018】

各用役需要総量が、制限値以下であると判定されると(Yesの場合)、ステップ104において、各用役需要総量と用役設備仕様に基づいてCO<sub>2</sub>排出量又はエネルギー購入コストを最小化することを目的として、用役設備の最適運転計画を作成する。

【0019】

次のステップ105において、CO<sub>2</sub>排出量又はエネルギー購入コストの適正量を判定する。CO<sub>2</sub>排出量又はエネルギー購入コストが適正でなければ(Noの場合)、製品の生産量又は生産時刻等の生産計画を変更する。製造処方、生産設備又は用役設備の検討が目的の場合は、製造処方、生産設備仕様又は用役設備仕様を変更する。

20

【0020】

そして、CO<sub>2</sub>排出量又はエネルギー購入コストが適正であれば(Yesの場合)、次のステップ106に進んで、生産計画、製造処方、生産設備仕様、用役設備使用が決定される。

【0021】

図3は、製造処方の一例を、図4は、生産設備の一例を示す。ここでは、攪拌反応槽内で原料Aと原料Bを混合しながら加熱し、冷却して製品Cを製造する工程を例として説明する。タンク6内の原料A及びタンク7内の原料Bは、それぞれポンプ13、流量計14、バルブ15を経て攪拌反応槽9へ流入する。

【0022】

反応槽9内で、原料は攪拌翼11で混合されるとともに、80°で1時間加熱される。この加熱は、反応槽9の外側に設置されたジャケット10内に蒸気17を流量調節弁16で制御して流入させる。その後、攪拌しながら20°で30分間冷却する。冷却するためには、ジャケット10から蒸気17を排出し、冷水18を流量調節弁19で制御して流入させる。その後、反応槽9内の製品Cをタンク8に移送し、最後に瓶詰めを行う。

30

【0023】

図5に用役需要量の一例を示す。ここでは、図3及び図4に示した例に基づいて示す。生産計画には、製品Cの生産量及び生産開始時刻の情報があり、製造処方では、反応槽の温度条件及び時間情報が含まれている。これらの情報及び生産設備である攪拌反応槽の仕様に基づき、加熱に必要な蒸気又は冷却に必要な冷水の熱量Q(W)を次の式1で計算する。

【0024】

40

[数1]

$$Q = c_p V (T_{r1} - T_{r0}) / t$$

【0025】

ここで、c<sub>p</sub>は反応槽内の液の密度、c<sub>p</sub>は反応槽内の液の比熱、Vは反応槽内の液の体積、T<sub>r0</sub>は反応槽内の液の初期及び終了温度、T<sub>r1</sub>は反応槽内の液の加熱後の温度、tは温度上昇または温度低下に要する時間である。また、放熱に相当する熱量も考慮する必要がある。攪拌に必要な電力は、攪拌器モータ12の動力と運転時間から求める。以上の手順により、時刻情報をもつた生産計画と製造処方から、時刻情報をもつた各種用役需要量の時間変化を計算することができる。

【0026】

50

図6は、用役需要総量の一例を示す。ここでは、製品1~Nを生産するときに必要な蒸気熱量の例を示す。図2に示した手順により、製品1~Nの生産計画及び製造処方並びに生産設備1~nの仕様に基づいて各設備で必要な蒸気熱量を計算する。これらを合計することにより全生産設備で必要な蒸気需要熱量が得られる。ここで、全蒸気需要熱量が全てのボイラで生産される最大蒸気熱量を超えた場合、製品の生産量又は生産時刻等の生産計画を変更する。

#### 【0027】

図7は、製品1~Nを生産するときに必要な蒸気を生成するボイラ及び冷水を生成する冷凍機を例として、CO<sub>2</sub>排出量の一例を示す。ここでは、製品1~Nの生産計画及び製造処方並びに生産設備1~nの仕様に基づき、各設備で必要な蒸気熱量及び冷水熱量を計算し、全設備の蒸気熱量及び冷水熱量を求めて、CO<sub>2</sub>排出量が最小となるように、蒸気及び冷水を既設の用役設備を用いて生成するためには、用役設備の最適運転計画が必要である。

10

#### 【0028】

用役設備の最適運転計画について説明する。最適運転計画とは、具体的には、用役供給量が用役需要量を下回らないように考慮し、CO<sub>2</sub>排出量が最小となるように、用役設備の起動停止及び設備の定格出力に対する運転出力を意味する負荷率を決定することである。

#### 【0029】

用役設備の起動停止及び負荷率の最適化方法を、以下に示す。用役設備jの起動停止変数(1:起動、0:停止)をx<sub>j</sub>、負荷率z<sub>j</sub>におけるCO<sub>2</sub>排出量をa<sub>j</sub>とした場合、CO<sub>2</sub>排出量最小化を目的とする評価関数Jは、次の式2で表される。

20

#### 【0030】

#### 【数2】

$$J = \sum_j \{ \alpha_j(z_j) + \beta_j(z_j) \} \times x_j$$

#### 【0031】

式2では、a<sub>j</sub>を負荷率z<sub>j</sub>におけるCO<sub>2</sub>排出量としたが、a<sub>j</sub>をエネルギー購入コストに変更することにより、エネルギー購入コストを最小にする最適運転計画を実施することができる。

30

#### 【0032】

ここで、CO<sub>2</sub>排出量は各用役設備の負荷率z<sub>j</sub>に依存し変化するため、a<sub>j</sub>はz<sub>j</sub>の関数となる。用役設備は、電気と燃料を使用する。図8は、電気及び燃料によるCO<sub>2</sub>排出量と負荷率の特性曲線の一例を示す。用役設備の負荷率z<sub>j</sub>に応じて、電気および燃料消費量は変化するので、それに伴いCO<sub>2</sub>排出量も変化する。このため、式(2)の評価関数Jにおいて、係数a<sub>j</sub>で示したCO<sub>2</sub>排出量も分けて計算する必要がある。電気消費によるCO<sub>2</sub>排出量を<sub>j</sub>、燃料消費によるCO<sub>2</sub>排出量を<sub>j</sub>として評価関数Jを書き直すと、次の式3で表される。

#### 【0033】

#### 【数3】

$$J = \sum_j \{ \alpha_j(z_j) + \beta_j(z_j) \} \times x_j$$

40

#### 【0034】

この評価関数Jを最小化するように、混合整数計画法を用いて用役設備の起動停止変数x<sub>j</sub>と負荷率z<sub>j</sub>を最適化する。ここで、混合整数計画法とは、目的関数の最適化問題において変数の一部が整数値に限定されたものを扱う線形計画法である。

#### 【0035】

図7に示す実施例では、蒸気を生産するために燃料を消費するボイラを使用し、冷水を生産するためには燃料を消費する吸収冷凍機と電気を消費するターボ冷凍機を使用する。これらの機器は複数台あり、それぞれエネルギー消費効率が異なる。最適運転計算では、生産計画、製造処方、生産設備仕様及び用役設備仕様の与えられた条件に対して、CO<sub>2</sub>排

50

出量が最小となるように、各設備の最適な起動停止および負荷率が決定される。生産計画又は製造処方の条件を変えて計算を繰り返すことにより、生産計画を反映したCO<sub>2</sub>排出量削減が可能となる。また、生産設備や用役設備を変更して計算を繰り返すことにより、CO<sub>2</sub>排出量削減を目的とした設備の検討ができる。

## 【0036】

式3では、 $z_j$ ,  $x_j$ を負荷率 $z_j$ におけるCO<sub>2</sub>排出量としたが、 $z_j$ ,  $x_j$ をエネルギー購入コストに変更することにより、エネルギー購入コストを最小にする最適運転計画を実施することができる。

## 【産業上の利用可能性】

## 【0037】

化学プラント、組立工場のような製造工場において、製品の生産計画、製造処方及び設備の条件を変更して、工場全体のCO<sub>2</sub>排出量を削減する支援ツールを提供することができる。

## 【符号の説明】

## 【0038】

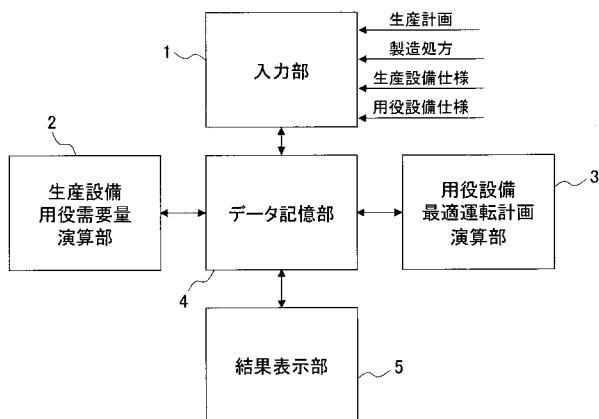
- 1 ... 入力部、
- 2 ... 生産設備用役需要量演算部、
- 3 ... 用役設備最適運転計画演算部、
- 4 ... データ記憶部、
- 5 ... 結果表示部、
- 6 ... 原料Aのタンク、
- 7 ... 原料Bのタンク、
- 8 ... 製品Cのタンク、
- 9 ... 攪拌反応槽、
- 10 ... ジャケット、
- 11 ... 攪拌翼、
- 12 ... 攪拌モータ、
- 13 ... 送液ポンプ、
- 14 ... 流量計、
- 15 ... バルブ、
- 16 ... 蒸気流量調節バルブ、
- 17 ... 蒸気、
- 18 ... 冷水
- 19 ... 冷水流量調節バルブ
- 20 ... 排出弁

10

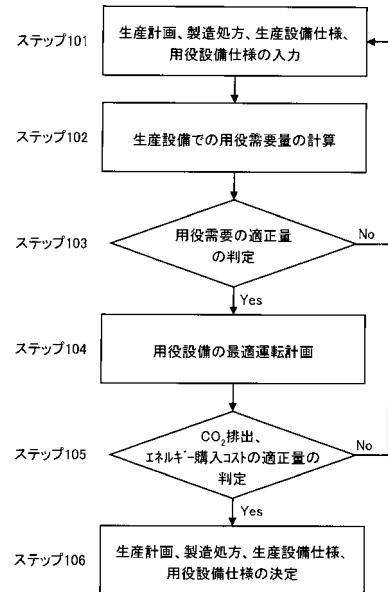
20

30

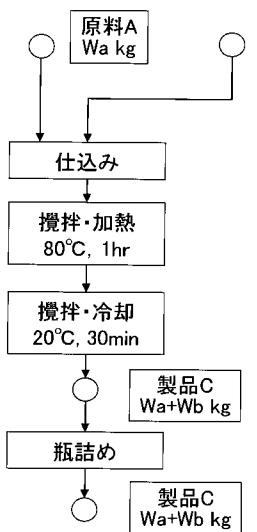
【図1】



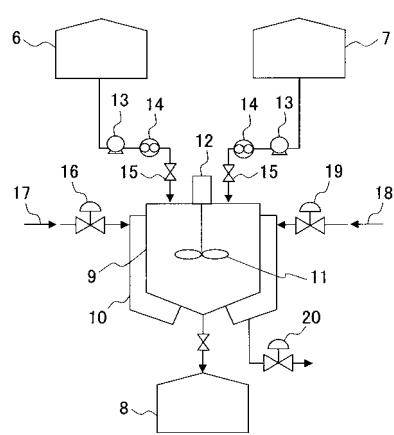
【図2】



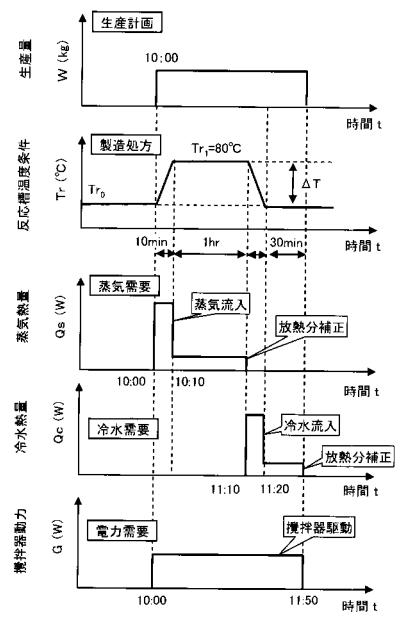
【図3】



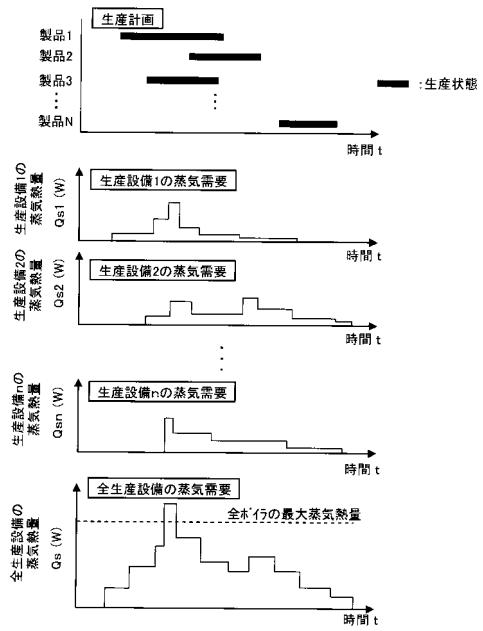
【図4】



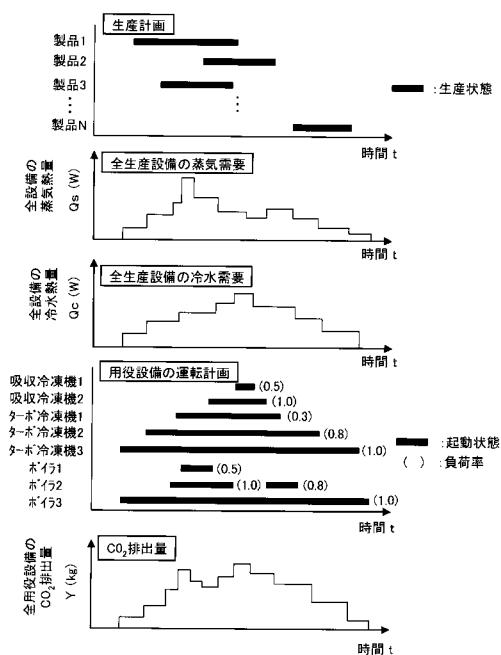
【図5】



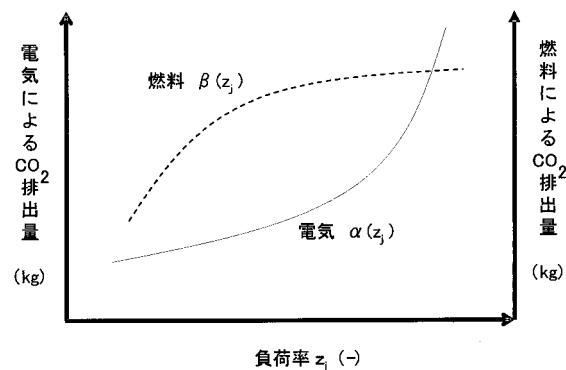
【図6】



【図7】



【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 勝幸

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所エネルギー・環境システム研究所内

(72)発明者 白石 朋史

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所エネルギー・環境システム研究所内

(72)発明者 石井 良和

茨城県日立市大みか町七丁目2番1号 株式会社日立製作所エネルギー・環境システム研究所内

(72)発明者 小泉 薫

東京都千代田区外神田一丁目18番13号 株式会社日立製作所社会・産業システム事業部内

(72)発明者 熊原 弘二

東京都千代田区外神田一丁目18番13号 株式会社日立製作所社会・産業システム事業部内

F ターム(参考) 3C100 AA07 AA16 AA18 BB01 BB29

5H004 GA36 KA12 KA13 KC03 KC06 KC09 KC23