

(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  
2023年1月19日(19.01.2023)



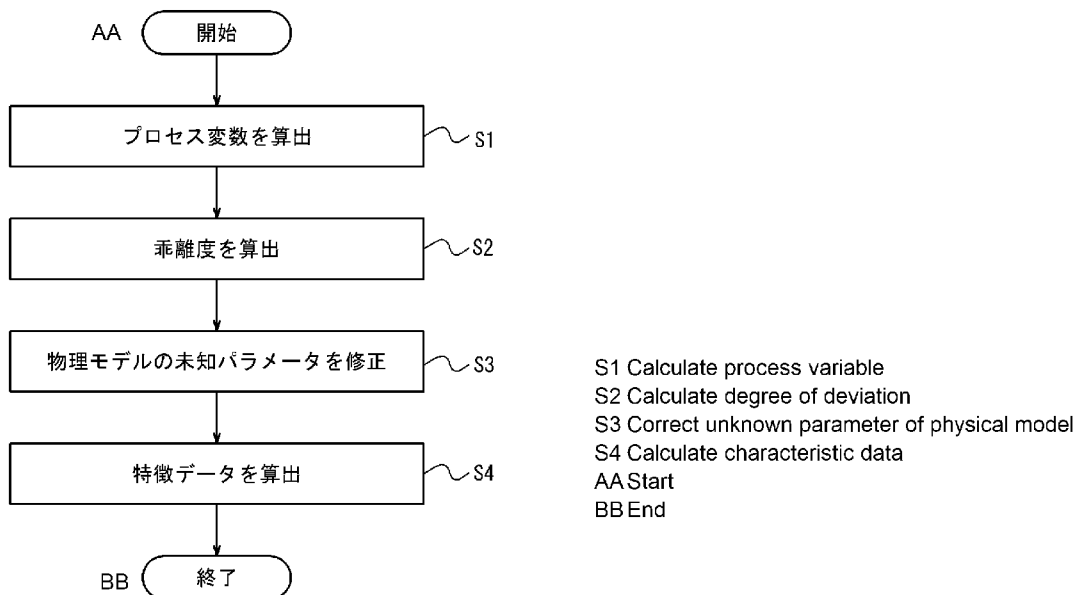
(10) 国際公開番号

WO 2023/286653 A1

- (51) 国際特許分類:  
C22B 1/20 (2006.01) F27B 21/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/026636
- (22) 国際出願日: 2022年7月4日(04.07.2022)
- (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 2021-115109 2021年7月12日(12.07.2021) JP
- (71) 出願人: J F E スチール株式会社(JFE STEEL CORPORATION) [JP/JP]; 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 橋本 佳也 (HASHIMOTO Yoshinari); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 安原 宏 (YASUHARA Satoki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 岩見 友司 (IWAMI Yuji); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP). 廣澤 寿幸 (HIROSAWA Toshiyuki); 〒1000011 東京都千代田区内幸町二丁目2番3号 J F E スチール株式会社 知的財産部内 Tokyo (JP).

(54) Title: STATE ESTIMATION METHOD FOR SINTERING PROCESS, OPERATION GUIDANCE METHOD, METHOD FOR PRODUCING SINTERED ORE, STATE ESTIMATION DEVICE FOR SINTERING PROCESS, OPERATION GUIDANCE DEVICE, SINTERING OPERATION GUIDANCE SYSTEM, SINTERING OPERATION GUIDANCE SERVER, AND TERMINAL DEVICE

(54) 発明の名称: 焼結プロセスの状態推定方法、操業ガイダンス方法、焼結鉱の製造方法、焼結プロセスの状態推定装置、操業ガイダンス装置、焼結操業ガイダンスシステム、焼結操業ガイダンスサーバ及び端末装置



(57) Abstract: This state estimation method for a sintering process includes: a process variable calculation step (S1) for

WO 2023/286653 A1

(74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA Kenji);  
〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目2番1  
号 霞が関コモンゲート西館36階 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, IQ, IR, IS, IT, JM, 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, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE,  
PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD,  
SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT,  
TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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))

using a physical model that takes into consideration of a chemical reaction and a heat transfer phenomenon in a sintering process to calculate an observable process variable; a degree-of-deviation calculation step (S2) for calculating a degree of deviation between an actual value and an estimated value of the calculated process variable; a model parameter adjustment step (S3) for correcting an unknown parameter of the physical model so as to reduce the calculated degree of deviation; and a characteristic data calculation step (S4) for calculating characteristic data on the sintering process.

(57) 要約: 焼結プロセスの状態推定方法は、焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変数算出ステップ (S1) と、算出されたプロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する乖離度算出ステップ (S2) と、算出される乖離度が小さくなるように、物理モデルの未知パラメータを修正するモデルパラメータ調整ステップ (S3) と、修正された物理モデルに基づいて、焼結プロセスの特徴データを算出する特徴データ算出ステップ (S4) と、含む。

## 明 細 書

発明の名称：

焼結プロセスの状態推定方法、操業ガイダンス方法、焼結鉱の製造方法、  
焼結プロセスの状態推定装置、操業ガイダンス装置、焼結操業ガイダンス  
システム、焼結操業ガイダンスサーバ及び端末装置

### 技術分野

[0001] 本開示は、焼結プロセスの状態推定方法、操業ガイダンス方法、焼結鉱の製造方法、焼結プロセスの状態推定装置、操業ガイダンス装置、焼結操業ガイダンスシステム、焼結操業ガイダンスサーバ及び端末装置に関する。

### 背景技術

[0002] 製鉄業において、長年の採掘による鉄鉱石の品位低下が生じている。そのため、山元での選鉱を経た粉率の高い微粉鉱の使用割合が高まっており、微粉鉱を高炉装入前に凝結し焼結鉱を製造する焼結プロセスの重要度が高まっている。高炉の通気性確保のため、所定の粒度未満の焼結鉱は高炉に装入されずに、返鉱として焼結機にて再度の焼成が行われる。所定の粒度以上の割合である歩留りの向上が焼結機の生産性に直結し、歩留りの向上が強く求められている。

[0003] 図1は焼結プロセスの概要を示す図である。焼結機入側ではサージホッパーより、粉鉱石、粉コークス、石灰石などを混合、造粒した焼結原料（擬似粒子）が装入される。焼結原料は焼結機内で粉コークスの燃焼熱により熔融し、擬似粒子同士が融着し、上部から吸引される空気により冷却されて排出される。この一連の昇温及び冷却過程におけるヒートパターンが製品歩留りに大きな影響を及ぼす。ヒートパターンは、焼結機の機長方向及び厚み方向の焼結材の温度分布である。特に鉱石が熔融する例えば1200℃以上の滞留時間（高温保持時間）の確保が歩留りに大きな影響を与える。したがって、歩留りに影響を与えるヒートパターンなどの特徴データを精度よく推定し、特徴データから高温保持時間などの特徴量を算出することが行われる。そ

して、特徴量を所定の値に制御するための適切な原料コークス割合、パレットスピードなどのガイダンス操作量が示されることによって、歩留りを向上させることができる。

[0004] ここで、従来のヒートパターンの制御方法として、特許文献1はBTP (Burn through point、焼成点) の位置を一定に制御する方法を開示する。特許文献1の技術では、焼結機下部の風箱で測定された排ガスの温度が最高となる機長方向の位置をBTPとする。

### 先行技術文献

#### 特許文献

[0005] 特許文献1：特開2006-307259号公報

#### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0006] ここで、BTPの位置を一定に制御するだけでは、上記の高温保持時間を制御することが困難な場合がある。例えば、BTPの位置が一定であってもパレットスピードが上昇すれば高温保持時間が短縮する。このように、従来のヒートパターンの制御方法では、高温保持時間にばらつきが生じ得る。

[0007] 以上の問題を解決すべくなされた本開示の目的は、高精度に焼結プロセスの状態を推定できる焼結プロセスの状態推定方法及び焼結プロセスの状態推定装置を提供することにある。また、高精度に推定された焼結プロセスの状態に基づいて、歩留り向上のためのガイダンスを示すことができる操業ガイダンス方法、焼結鉬の製造方法、操業ガイダンス装置、焼結操業ガイダンスシステム、焼結操業ガイダンスサーバ及び端末装置を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0008] 本開示の一実施形態に係る焼結プロセスの状態推定方法は、  
焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変数算出ステップと、  
算出された前記プロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する

乖離度算出ステップと、

算出される前記乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメータを修正するモデルパラメータ調整ステップと、

修正された物理モデルに基づいて、前記焼結プロセスの特徴データを算出する特徴データ算出ステップと、含む。

[0009] 本開示の一実施形態に係る操業ガイダンス方法は、

前記特徴データが焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンであって、

上記の焼結プロセスの状態推定方法によって算出された前記ヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する高温保持時間算出ステップと、

前記高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を提示するガイダンス操作量提示ステップと、を含む。

[0010] 本開示の一実施形態に係る焼結鉍の製造方法は、

上記の操業ガイダンス方法によって提示されるガイダンス操作量を用いて焼結鉍を製造する。

[0011] 本開示の一実施形態に係る焼結プロセスの状態推定装置は、

焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを記憶する記憶部と、

前記物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変数算出部と、

算出された前記プロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する乖離度算出部と、

算出される前記乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメータを修正するモデルパラメータ調整部と、

修正された物理モデルに基づいて、前記焼結プロセスの特徴データを算出する特徴データ算出部と、を備える。

[0012] 本開示の一実施形態に係る操業ガイダンス装置は、

前記特徴データが焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンである、上記の焼結プロセスの状態推定装置によって算出された前記ヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する高温保持時間算出部と、

前記高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を提示するガイダンス操作量提示部と、を備える。

[0013] 本開示の一実施形態に係る焼結操業ガイダンスシステムは、

焼結操業ガイダンスサーバと、端末装置と、を備え、

前記焼結操業ガイダンスサーバは、

焼結プロセスの操業状態を示す実績値を取得する実績値取得部と

前記焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを記憶する記憶部と、

前記物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変数算出部と、

算出された前記プロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する乖離度算出部と、

算出される前記乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメータを修正するモデルパラメータ調整部と、

修正された物理モデルに基づいて、前記焼結プロセスの特徴データを算出する特徴データ算出部と、

前記特徴データが焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンであり、前記ヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する高温保持時間算出部と、

前記高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を提示するガイダンス操作量提示部と、を備え、

前記端末装置は、

前記焼結操業ガイダンスサーバによって提示された前記ガイダンス操作

量を取得するガイダンス操作量取得部と、

取得した前記ガイダンス操作量を表示する表示部と、を備える。

- [0014] 本開示の一実施形態に係る焼結操業ガイダンスサーバは、  
焼結プロセスの操業状態を示す実績値を取得する実績値取得部と  
前記焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを  
記憶する記憶部と、  
前記物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変  
数算出部と、  
算出された前記プロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する  
乖離度算出部と、  
算出される前記乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメ  
ータを修正するモデルパラメータ調整部と、  
修正された物理モデルに基づいて、前記焼結プロセスの特徴データを算出  
する特徴データ算出部と、  
前記特徴データが焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンであり、前記  
ヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する高温保持時間算  
出部と、  
前記高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレ  
ットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を提示するガイダン  
ス操作量提示部と、を備える。

- [0015] 本開示の一実施形態に係る端末装置は、  
焼結操業ガイダンスサーバとともに焼結操業ガイダンスシステムを構成す  
る端末装置であって、  
前記焼結操業ガイダンスサーバによって提示されたガイダンス操作量を取  
得するガイダンス操作量取得部と、  
取得した前記ガイダンス操作量を表示する表示部と、を備え、  
前記焼結操業ガイダンスサーバは、焼結プロセスにおける化学反応及び伝  
熱現象を考慮した物理モデルを用いて算出されたプロセス変数の推定値と実

績値との間の乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメータを修正して、

前記ガイダンス操作量は、前記未知パラメータが修正された前記物理モデルを用いて算出された焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンに基づく焼結材の高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含む操作量である。

### 発明の効果

[0016] 本開示によれば、高精度に焼結プロセスの状態を推定できる焼結プロセスの状態推定方法及び焼結プロセスの状態推定装置を提供することができる。また、本開示によれば、高精度に推定された焼結プロセスの状態に基づいて、歩留り向上のためのガイダンスを示すことができる操業ガイダンス方法、焼結鉢の製造方法、操業ガイダンス装置、焼結操業ガイダンスシステム、焼結操業ガイダンスサーバ及び端末装置を提供することができる。

### 図面の簡単な説明

[0017] [図1]図1は、焼結プロセスの概要を示す図である。

[図2]図2は、本開示で用いられる物理モデルの入出力情報を示す図である。

[図3]図3は、未知パラメータの修正を行わない物理モデルによって算出される主要プロセス変数の例を示す図である。

[図4]図4は、未知パラメータをステップ的に変化させた際のプロセス変数の応答を示す図である。

[図5]図5は、未知パラメータの修正を行う物理モデルによって算出される主要プロセス変数の例を示す図である。

[図6]図6は、未知パラメータの推移の例を示す図である。

[図7]図7は、一実施形態に係る焼結プロセスの状態推定装置及び操業ガイダンス装置の構成例を示す図である。

[図8]図8は、一実施形態に係る焼結プロセスの状態推定方法を示すフローチャートである。

[図9]図9は、一実施形態に係る操業ガイダンス方法を示すフローチャートで

ある。

[図10]図10は、一実施形態に係る焼結操業ガイダンスシステムの構成例を示す図である。

### 発明を実施するための形態

[0018] 以下、図面を参照して本開示の一実施形態に係る焼結プロセスの状態推定方法、操業ガイダンス方法、焼結鉱の製造方法、焼結プロセスの状態推定装置、操業ガイダンス装置、焼結操業ガイダンスシステム、焼結操業ガイダンスサーバ及び端末装置が説明される。本開示において用いられる物理モデルは、参考文献1 (Yamaoka et al., ISIJ International, Vol. 45, No. 4, pp. 522) に記載の方法と同様、粉コークスの燃焼、石灰石の熱分解、水分の蒸発の物理現象を考慮した、偏微分方程式群から構成された、焼結機内の状態が計算可能なモデルである。本実施形態において、この物理モデルは、焼結機の機長方向及び厚み方向の焼結材の温度分布（ヒートパターン）及び排ガス組成の分布を計算可能な二次元非定常モデルである。また、計算されたヒートパターンからBTPの位置を知ることができる。以下、「BTPの位置」を単にBTPと称することがある。

[0019] 図2に示すように、物理モデルに与えられる入力変数の中で時間変化する主なものは、パレットスピード、排ガス流量、原料嵩密度、原料水分割合、原料石灰石割合、原料コークス割合である。これらの入力変数は焼結機の操作変数又は操業因子であり得る。パレットスピードは、図1で例示した焼結機のパレットが載せた焼結原料を移動させる速度である。排ガス流量は、焼結機の排ガスの単位時間あたりの流量であって、例えば排風機によって調整される。原料嵩密度は、層厚及び焼結機幅などから計算される焼結原料の嵩密度である。原料水分割合、原料石灰石割合、原料コークス割合は、それぞれ、焼結原料における水分、石灰石、コークスの割合である。ここで、コークスは主な凝結材であって、原料コークス割合が凝結材比と称されることがある。

[0020] また、物理モデルの主な出力変数は、BTP及び排ガス組成である。排ガス組成は、 $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $CO$ の割合を含む。ここで、出力変数は焼結ベッド下温度を含んでよい。物理モデルを用いて時々刻々変化する出力変数が計算される。この計算の時間間隔（後述する物理モデルの式の「 $t+1$ 」と「 $t$ 」との時間差）は、特に限定されないが、一例として5分である。

[0021] 物理モデルを以下の式（1）及び式（2）により表すことができる。

[0022] [数1]

$$\mathbf{x}(t+1) = f(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)) \quad (1)$$

$$\mathbf{y}(t) = C(\mathbf{x}(t)) \quad (2)$$

[0023] ここで、 $\mathbf{u}(t)$  は上記の入力変数であって、焼結機の操業を行うオペレータが操作可能な変数である。 $\mathbf{x}(t)$  は物理モデル内で計算される状態変数である。状態変数は、例えば焼結機内のヒートパターン、コークスの反応率、 $CO$ 及び $CO_2$ などのガス分率である。 $\mathbf{y}(t)$  は上記の出力変数（プロセス変数）であって、BTP、排ガス組成における $O_2$ 割合、 $CO_2$ 割合、部分燃焼率である。 $\mathbf{y}(t)$  を主要プロセス変数として以下のように定めることができる。

[0024] [数2]

$$\mathbf{y}(t) = [y_1(t), y_2(t), y_3(t), y_4(t)]^T \equiv [BTP(t), X_{O_2}(t), X_{CO_2}(t), \gamma_{CO}(t)]^T$$

[0025] ここで、部分燃焼率は、排ガス中の $CO$ を $(CO+CO_2)$ で割った値（すなわち $CO / (CO+CO_2)$ ）である。部分燃焼率が上昇することは、吸熱反応であるコークスガス化反応（ $C+CO_2 \rightarrow 2CO$ ）が活性化していることを意味し、焼結プロセスにおける平均的な温度レベルが上昇していることを意味する。ここで、他にも、主要プロセス変数として焼結ベッド下温度などを含めることができる。

[0026] 従来の通り、物理モデルをそのまま用いて、BTP及び排ガス組成の計算が可能である。図3は、物理モデルをそのまま用いて算出される、30時間

分の主要プロセス変数の例を示す図である。図3において、物理モデルを用いて算出された値（推定値）が実線で、実プラント（実機の焼結機）において測定された実績値が破線で示されている。ここで、BTPは、パレットの移動方向におけるサージホッパーの位置からの距離[m]で示される。

[0027] 主要プロセス変数のそれぞれについて、平均推定誤差を算出したところ、BTPが2.4914[m]、 $O_2$ 割合が0.0086、 $CO_2$ 割合が0.0086、部分燃焼率が0.0169であった。ここで、平均推定誤差は、推定値と実績値との間の乖離度を2乗した値について全てのステップでの和を求めて、その和をステップ数で割った値の平方根を求めることで算出される。このように長時間での物理モデル計算を行うと、従来手法では無視できない推定値の誤差（推定誤差）が生じる課題がある。図3の例では30時間分のデータであるが、さらに年単位での長期間にわたる計算を行って焼結プロセスの制御を行うためには推定誤差の低減が必要である。

[0028] 推定誤差を低減するためには、推定値と実績値とが合致するように、物理モデルの反応速度のパラメータ、境界条件などを逐次調整することが有効である。そのため、物理モデルにおける変動要素を1つ以上の未知パラメータとして含めた上で、計算が行われることが好ましい。本実施形態において、以下に説明する理由により、排ガス流量の補正パラメータ、原料嵩密度の補正パラメータ、原料コークス割合の補正パラメータの3つが、未知パラメータとして選定された。ここで、他にも、原料水分割合、カーボンの燃焼速度、コークスガス化反応速度などの変動要素を未知パラメータとすることが考えられる。例えばカーボンの燃焼速度は、固体の温度及びガス中の酸素濃度に依存するが、これらの関係式における比例係数を未知パラメータとすることができる。未知パラメータは、対象プロセスの使用原料、設備構成などに応じて、選定される必要がある。

[0029] 以下、本実施形態における未知パラメータ（3つの補正パラメータ）の選定理由が説明される。

[0030] 焼結機では、焼結ベッドの上部から空気を吸引し、焼結ベッドの下部にお

いてCO<sub>2</sub>、COなどを含んだ排ガス流量を計測している。計測される排ガス流量は、焼結ベッドを通過せずに別の空隙を通過したいわゆる漏風と呼ばれるガスの流量（漏風流量）が含まれている。漏風流量は実測が困難であり、物理モデルに直接的に入力することが困難である。そのため、主要プロセス変数の実績値に合致するように、物理モデルの排ガス流量を補正することは妥当と考えられる。

[0031] 物理モデルで入力している原料嵩密度を $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>]として、 $\rho$ は以下の式（3）で算出される。

[0032] [数3]

$$\rho = \frac{V}{H \times W \times PS} \quad (3)$$

[0033] ここで、 $V$  [kg/min]は実測可能な原料の切出し速度である。 $H$  [m]は原料の層厚である。 $W$  [m]は焼結機幅である。 $PS$  [m/min]はパレットスピードから計算される値である。ここで、原料の切り出し速度は、焼結機の上流の切出し装置で測定された値である。つまり、実際に焼結機に装入されている原料の装入速度は実測されていない。そのため、焼結機内の原料嵩密度を正確に推定することは困難である。したがって、原料嵩密度を補正することは妥当と考えられる。

[0034] 原料コークス割合については、焼結機に装入される凝結材（コークス）とは別に、高炉ダストなどカーボンを含んだ雑原料を粉鉱石に事前に原料ヤードにおいてブレンドする操業が行われることが影響する。このブレンド比率のばらつきが大きいことから、原料コークス割合（凝結材比）を補正することは妥当と考えられる。

[0035] ここで、図4は、未知パラメータをステップ的に変化させた際のプロセス変数の応答を示す図である。図4は、物理モデルにある一定の操業条件を与え続けて定常状態に到達させた後に、上記の3つの補正パラメータをステップ的に変化させることによって得られた。

[0036] まず、排ガス流量を10%上昇させたところ、BTPが短縮し、O<sub>2</sub>割合が

増加し、CO<sub>2</sub>割合が低下し、部分燃焼率がほぼ変わらなかった。原料嵩密度を10%上昇させたところ、BTPが延長し、O<sub>2</sub>割合が低下し、CO<sub>2</sub>割合が増加し、部分燃焼率がほぼ変わらなかった。原料コークス割合を10%上昇させたところ、BTPがほぼ変わらず、O<sub>2</sub>割合が低下し、CO<sub>2</sub>割合がやや増加し、部分燃焼率が増加した。

[0037] 以上のようにして得られた未知パラメータに対するステップ応答を用いて、以下に示すステップ (a) から (f) により、BTP、O<sub>2</sub>割合、CO<sub>2</sub>割合及び部分燃焼率が合致するようにパラメータ修正をおこなう。以下に説明するアルゴリズムはMHE (Moving Horizon Estimation) とよばれるものであるが、その他、粒子フィルタ、カルマンフィルタなどの状態推定手法が用いられてよい。

[0038] まず、ステップ (a) として、過去Aステップ分の状態変数及び主要プロセス変数が以下の式 (4) 及び式 (5) によって計算される。

[0039] [数4]

$$\mathbf{x}(t-k+1) = f(\mathbf{x}(t-k), \mathbf{u}(t-k)) \quad (4)$$

$$\mathbf{y}(t-k+1) = C(\mathbf{x}(t-k+1)) \quad (5)$$

[0040] ここで、kはAから1の間で変化する。また、入力変数は実績値が用いられる。

[0041] ステップ (b) として、反復計算の初期条件として用いるために  $\mathbf{x}(t-A+1)$  が保存される。

[0042] ステップ (c) として、乖離度が以下の式 (6) によって計算される。

[数5]

$$\mathbf{e}(t) = y_{act}(t) - y_{cal}(t) \quad (6)$$

[0043] ここで、 $y_{act}$  は実績値である。また、 $y_{cal}$  は推定値である。

[0044] ステップ (d) として、以下の式 (7) に示すように、乖離度と前述の各未知パラメータに対する主要プロセス変数のステップ応答とを重ね合せた評価関数を最小化するように、未知パラメータの修正量  $\Delta\alpha$ 、 $\Delta\beta$  及び  $\Delta\gamma$  が

求められる。式（7）における未知パラメータの $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ は、それぞれ排ガス流量の補正パラメータ、原料嵩密度の補正パラメータ、原料コークス割合の補正パラメータに対応する。評価関数が小さくなることは、乖離度が小さくなることに対応する。ここで、評価関数には、未知パラメータが「1」から大きく解離しないようにするための項が加えられている（図6参照）。

[数6]

$$\min_{\Delta\alpha, \Delta\beta, \Delta\gamma} \sum_{q=1}^4 \sum_{n=0}^A \left( e_q(t-n) - R_q^\alpha(n)\Delta\alpha - R_q^\beta(n)\Delta\beta - R_q^\gamma(n)\Delta\gamma \right)^2 + (\alpha + \Delta\alpha - 1)^2 + (\beta + \Delta\beta - 1)^2 + (\gamma + \Delta\gamma - 1)^2 \quad (7)$$

[0045] ここで $q$ は主要プロセス変数を特定する。本実施形態において、 $q=1$ 、 $2$ 、 $3$ 、 $4$ のそれぞれは、BTP、 $O_2$ 割合、 $CO_2$ 割合、部分燃焼率を意味する。また、 $R_{q,p}(s)$ は、未知パラメータの $p$ に対する、主要プロセス変数である $q$ のステップ応答における時間ステップである $s$ における応答の値を意味する。

[0046] ステップ（e）として、以下の式（8）～式（10）のように未知パラメータが修正される。

[数7]

$$\alpha = \alpha + \Delta\alpha \quad (8)$$

$$\beta = \beta + \Delta\beta \quad (9)$$

$$\gamma = \gamma + \Delta\gamma \quad (10)$$

[0047] ステップ（f）として、時間ステップの $t$ を $t+1$ に更新し、ステップ（a）に戻る処理が実行される。このように、未知パラメータの修正は、逐次の演算処理によって行われる。

[0048] 本実施形態においては、MHEを用いて、物理モデルの未知パラメータの修正が行われる。図5は、未知パラメータの修正を行う物理モデルによって算出された主要プロセス変数の例を示す図である。また、図6は、図5に対応する未知パラメータの推移の例を示す図である。主要プロセス変数のそれ

それぞれについて、平均推定誤差を算出したところ、BTPが0.9961 [m]、 $O_2$ 割合が0.0044、 $CO_2$ 割合が0.0047、部分燃焼率が0.0064であった。つまり、MHEを用いた未知パラメータの修正が行われることによって、図3の場合と比較して、推定誤差が小さくなっていることが分かる。

[0049] ここで、式(7)のAについては、例えば、焼結の入側から出側までの所要時間相当を評価できるように決定すればよく、具体的には30分~60分程度でよい。図5の例において、時間ステップ幅が5分で、Aが8であり、時間的には40分の評価時間としている。

[0050] 本実施形態に係る焼結プロセスの状態推定装置(詳細については後述)は、上記の未知パラメータの修正を行うことによって、高精度なBTP及び排ガス組成の推定が可能である。また、このような物理モデルを用いて高精度な推定が行われることによって、焼結材の高温保持時間の算出についても推定精度を高めることができる。高温保持時間は、焼結材の温度が、歩留りの向上に影響を及ぼす閾値(一例として1200℃)以上に保持される時間である。

[0051] 本実施形態に係る操業ガイダンス装置(詳細については後述)は、算出した焼結材の高温保持時間が所定値(一例として3分)を下回った場合に、例えば原料コークス割合を増やすことで温度を上昇させて高温保持時間を確保するようにガイダンスを行うことができる。また、操業ガイダンス装置は、パレットスピードを低下させることで高温保持時間を確保するようにガイダンスを行ってよい。操業ガイダンス装置が、適切なアクションに導く情報(ガイダンス操作量)をオペレータに提示することで歩留り向上の効果が期待される。

[0052] 図7は、一実施形態に係る焼結プロセスの状態推定装置10及び操業ガイダンス装置20の構成例を示す図である。図7に示すように、焼結プロセスの状態推定装置10は、記憶部11と、プロセス変数算出部12と、乖離度算出部13と、モデルパラメータ調整部14と、特徴データ算出部15と、

を備える。操業ガイダンス装置20は、記憶部21と、高温保持時間算出部22と、ガイダンス操作量提示部23と、を備える。焼結プロセスの状態推定装置10は、焼結機に備えられたセンサなどから各種の測定値である実績値（実測値とも称される）を取得し、上記の物理モデルを用いた計算を行う。操業ガイダンス装置20は、焼結プロセスの状態推定装置10によって算出された焼結プロセスの特徴データを取得し、ガイダンス操作量を求めて、焼結機の操業のためのガイダンスを表示部30に表示させる。本実施形態において、特徴データは、焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンである。操業ガイダンス装置20は、焼結材の高温保持時間が所定値（一例として3分）を下回った場合に、高温保持時間を確保できるようにするためのガイダンスとしてガイダンス操作量を表示部30に表示させる。ガイダンス操作量は、高温保持時間を確保するために必要な、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つの操作量（調整する量）であり得る。表示部30は、液晶ディスプレイ（Liquid Crystal Display）又は有機ELパネル（Organic Electro-Luminescence Panel）などの表示装置であってよい。

[0053] まず、焼結プロセスの状態推定装置10の構成要素が説明される。記憶部11は、焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを記憶する。また、記憶部11は、焼結プロセスの状態推定に関するプログラム及びデータを記憶する。記憶部11は、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス及び磁気記憶デバイスなどの任意の記憶デバイスを含んでよい。半導体記憶デバイスは例えば半導体メモリを含んでよい。記憶部11は、複数の種類の記憶デバイスを含んでよい。

[0054] プロセス変数算出部12は、物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出する。本実施形態において、プロセス変数はBTP、排ガス組成におけるO<sub>2</sub>割合、CO<sub>2</sub>割合、部分燃焼率である。

[0055] 乖離度算出部13は、算出されたプロセス変数の推定値と実プラントにおける実績値との間の乖離度を算出する。

- [0056] モデルパラメータ調整部 14 は、算出される乖離度が小さくなるように、物理モデルの未知パラメータを修正する。
- [0057] 特徴データ算出部 15 は、修正された物理モデルに基づいて、焼結プロセスの特徴データを算出する。上記のように、本実施形態において、特徴データは、焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンである。
- [0058] プロセス変数算出部 12、乖離度算出部 13 及びモデルパラメータ調整部 14 は、上記のステップ (a) から (f) に従って、演算を実行して、物理モデルの未知パラメータを修正する。本実施形態においては、乖離度、プロセス変数及び未知パラメータを含む上記の評価関数を用いた、時間ステップを更新しながら行われる反復計算によって、未知パラメータが修正される。特徴データ算出部 15 は、修正された物理モデルを用いて、ヒートパターンを算出して、特徴データとして操業ガイダンス装置 20 に出力する。
- [0059] 次に、操業ガイダンス装置 20 の構成要素が説明される。記憶部 21 は、操業ガイダンスに関するプログラム及びデータを記憶する。記憶部 21 は、半導体記憶デバイス、光記憶デバイス及び磁気記憶デバイスなどの任意の記憶デバイスを含んでよい。半導体記憶デバイスは例えば半導体メモリを含んでよい。記憶部 21 は、複数の種類の記憶デバイスを含んでよい。
- [0060] 高温保持時間算出部 22 は、焼結プロセスの状態推定装置 10 によって算出されたヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する。
- [0061] ガイダンス操作量提示部 23 は、算出された焼結材の高温保持時間が所定値未満であれば、高温保持時間を所定値以上に保つために、ガイダンス操作量を表示部 30 に提示する。本実施形態において、ガイダンス操作量は、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも 1 つを含む。ガイダンス操作量提示部 23 は、例えば原料コークス割合の 10% 増加をガイダンス操作量として表示部 30 に表示させてよい。ガイダンス操作量提示部 23 は、例えばパレットスピードの 5% 低下をガイダンス操作量として表示部 30 に表示させてよい。ここで、ガイダンス操作量提示部 23 は、原料コークス割合の増加量及びパレットスピードの低下量を、焼結プロセスの状態推定装置

10に物理モデルを用いて計算させてよい。すなわち、ガイダンス操作量提示部23は、提示するガイダンス操作量を定めるために、焼結プロセスの状態推定装置10に物理モデルを用いたシミュレーションを実行させてよい。

[0062] オペレータは、表示部30に示されたガイダンス操作量に基づいて、焼結機の操業条件を変更してよい。このような焼結機についての操業ガイダンスは、焼結鋳を製造する製造方法の一部として実行され得る。

[0063] ここで、焼結プロセスの状態推定装置10と操業ガイダンス装置20とは、個別の装置であってよいし、一体の装置であってよい。一体の装置である場合に、記憶部11と記憶部21とは、同じ記憶デバイスで実現されてよい。

[0064] 焼結プロセスの状態推定装置10及び操業ガイダンス装置20は、例えば焼結機の操業又は焼結鋳の製造を制御するプロセスコンピュータなどのコンピュータによって実現されてよい。コンピュータは、例えばメモリ及びハードディスクドライブ（記憶装置）、CPU（処理装置）、ディスプレイなどの表示装置を備える。オペレーティングシステム（OS）及び各種の処理を実施するためのアプリケーションプログラムは、ハードディスクドライブに格納することができ、CPUにより実行される際にはハードディスクドライブからメモリに読み出される。また、処理途中のデータについては、メモリに格納され、必要があればHDDに格納される。各種機能は、CPU、メモリ等のハードウェアとOS及び必要なアプリケーションプログラムとを有機的に協働させることにより実現される。記憶部11及び記憶部21は、例えば記憶装置で実現されてよい。プロセス変数算出部12、乖離度算出部13、モデルパラメータ調整部14、特徴データ算出部15、高温保持時間算出部22及びガイダンス操作量提示部23は、例えばCPUで実現されてよい。表示部30は、例えば表示装置で実現されてよい。

[0065] 図8は、一実施形態に係る焼結プロセスの状態推定方法を示すフローチャートである。焼結プロセスの状態推定装置10は、図8に示されるフローチャートに従って、焼結プロセスの特徴データを出力する。図8に示される状

態推定方法は、焼結鉍の製造方法の一部として実行されてよい。

[0066] プロセス変数算出部 12 は、物理モデルを用いてプロセス変数を算出する（ステップ S1、プロセス変数算出ステップ）。乖離度算出部 13 は、算出されたプロセス変数の推定値と実績値との乖離度を算出する（ステップ S2、乖離度算出ステップ）。モデルパラメータ調整部 14 は、乖離度が小さくなるように、物理モデルの未知パラメータを修正する（ステップ S3、モデルパラメータ調整ステップ）。そして、特徴データ算出部 15 は、修正された物理モデルに基づいて、特徴データを算出する（ステップ S4、特徴データ算出ステップ）。

[0067] 図 9 は、一実施形態に係る操業ガイダンス方法を示すフローチャートである。操業ガイダンス装置 20 は、図 9 に示されるフローチャートに従って、ガイダンス操作量を提示する。図 9 に示される操業ガイダンス方法は、焼結鉍の製造方法の一部として実行されてよい。

[0068] 高温保持時間算出部 22 は、上記の特徴データとして算出されたヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する（ステップ S11、高温保持時間算出ステップ）。ガイダンス操作量提示部 23 は、高温保持時間を所定値以上に保つために、ガイダンス操作量を表示部 30 に提示する（ステップ S12、ガイダンス操作量提示ステップ）。

[0069] 図 10 は、一実施形態に係る焼結操業ガイダンスシステムの構成を示す図である。焼結操業ガイダンスシステムは、例えば図 10 の破線で示すように、焼結操業ガイダンスサーバ 40 及び端末装置 50 で構成されてよい。焼結操業ガイダンスサーバ 40 は、焼結プロセスの状態推定装置 10 及び操業ガイダンス装置 20 の機能を備え、例えばコンピュータによって実現されてよい。また、端末装置 50 は、少なくとも表示部 30 として機能し、例えばタブレットなどの携帯端末装置又はコンピュータによって実現されてよい。焼結操業ガイダンスサーバ 40 と端末装置 50 とは、例えばインターネットなどのネットワーク経由でデータを相互に送受信できる。焼結操業ガイダンスサーバ 40 と端末装置 50 とは、同じ場所（例えば同じ工場内）にあってよ

いし、物理的に離れて配置されていてよい。また、焼結操業ガイダンスシステムは、上記の構成に限定されるものでなく、例えば焼結機の操業データ（一例として操業状態を示す実績値及び操業パラメータ）を集約する操業データサーバ60をさらに含んで構成されてよい。操業データサーバ60は、ネットワーク経由で焼結操業ガイダンスサーバ40及び端末装置50と通信可能であって、例えば焼結鉬の製造を管理するコンピュータで実現されてよい。操業データサーバ60は、焼結操業ガイダンスサーバ40又は端末装置50と同じ場所にあつてよいし、物理的に離れて配置されていてよい。以下、焼結操業ガイダンスサーバ40及び端末装置50を備えて構成される焼結操業ガイダンスシステムを例に、構成要素などが説明される。

[0070] 焼結操業ガイダンスサーバ40は、焼結プロセスの操業状態を示す実績値を取得し、上記の物理モデルを用いた計算を行つて、算出された特徴データとしてのヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する。また、焼結操業ガイダンスサーバ40は、高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を表示部30として機能する端末装置50に表示させる。焼結操業ガイダンスサーバ40は、図7を参照して説明された焼結プロセスの状態推定装置10の構成要素及び操業ガイダンス装置20の構成要素を備える。具体的に述べると、焼結操業ガイダンスサーバ40は、記憶部と、プロセス変数算出部12と、乖離度算出部13と、モデルパラメータ調整部14と、特徴データ算出部15と、高温保持時間算出部22と、ガイダンス操作量提示部23と、を備える。記憶部は、焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデル、焼結プロセスの状態推定に関するプログラム及びデータ、操業ガイダンスに関するプログラム及びデータなどを記憶する。プロセス変数算出部12、乖離度算出部13、モデルパラメータ調整部14、特徴データ算出部15、高温保持時間算出部22及びガイダンス操作量提示部23については、上記の説明と同じである。また、焼結操業ガイダンスサーバ40は、焼結プロセスの操業状態を示す実績値を取得する実績値取得

部を備えてよい。実績値取得部は、焼結機に備えられたセンサ又は焼結のプロセスコンピュータなどから直接的に実績値を取得してよいし、操業データサーバ60を介して実績値を取得してよい。

[0071] 端末装置50は、焼結操業ガイダンスサーバ40とともに焼結操業ガイダンスシステムを構成し、ガイダンス操作量を表示する。端末装置50は少なくとも表示部30を備える。表示部30は上記の説明と同じである。また、端末装置50は、焼結操業ガイダンスサーバ40によって提示されたガイダンス操作量を取得するガイダンス操作量取得部を備えてよい。

[0072] 以上のように、本実施形態に係る焼結プロセスの状態推定方法及び焼結プロセスの状態推定装置10は、上記の構成によって高精度に焼結プロセスの状態を推定できる。また、本実施形態に係る操業ガイダンス方法、焼結鉋の製造方法、操業ガイダンス装置20、焼結操業ガイダンスシステム、焼結操業ガイダンスサーバ40及び端末装置50は、高精度に推定された焼結プロセスの状態に基づいて、歩留り向上のためのガイダンスを示すことができる。例えばオペレータは、示されたガイダンス操作量に基づいて操業条件を変更して、早期に焼結材の高温保持時間を確保して、歩留りを向上させることができる。

[0073] 本開示に係る実施形態について、諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は修正を行うことが容易であることに注意されたい。従って、これらの変形又は修正は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部又は各ステップなどに含まれる機能などは論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部又はステップなどを1つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。本開示に係る実施形態は装置が備えるプロセッサにより実行されるプログラム又はプログラムを記録した記憶媒体としても実現し得るものである。本開示の範囲にはこれらも包含されるものと理解されたい。

[0074] 図7に示される焼結プロセスの状態推定装置10及び操業ガイダンス装置20の構成は一例である。焼結プロセスの状態推定装置10、操業ガイダン

ス装置 20 は、図 7 に示す構成要素の全てを含まなくてよい。また、焼結プロセスの状態推定装置 10、操業ガイダンス装置 20 は、図 7 に示す以外の構成要素を備えてよい。例えば、操業ガイダンス装置 20 は、さらに表示部 30 を備える構成であってよい。

[0075] また、上記の実施形態において未知パラメータは 3 つの補正パラメータを含むが、少なくとも 1 つのパラメータを含めばよい。すなわち、物理モデルの少なくとも 1 つの未知パラメータの修正が行われれば、推定誤差を小さくすることができる。

### 符号の説明

- [0076] 10 焼結プロセスの状態推定装置
- 11 記憶部
  - 12 プロセス変数算出部
  - 13 乖離度算出部
  - 14 モデルパラメータ調整部
  - 15 特徴データ算出部
- 20 操業ガイダンス装置
- 21 記憶部
  - 22 高温保持時間算出部
  - 23 ガイダンス操作量提示部
- 30 表示部

## 請求の範囲

- [請求項1] 焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変数算出ステップと、
- 算出された前記プロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する乖離度算出ステップと、
- 算出される前記乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメータを修正するモデルパラメータ調整ステップと、
- 修正された物理モデルに基づいて、前記焼結プロセスの特徴データを算出する特徴データ算出ステップと、含む、焼結プロセスの状態推定方法。
- [請求項2] 前記プロセス変数は、BTP、排ガス組成及び焼結ベッド下温度の少なくとも1つを含む、請求項1に記載の焼結プロセスの状態推定方法。
- [請求項3] 前記未知パラメータは、排ガス流量、原料嵩密度、原料水分割合、原料コークス割合、カーボンの燃焼速度及びコークスガス化反応速度の少なくとも1つの補正パラメータを含む、請求項1又は2に記載の焼結プロセスの状態推定方法。
- [請求項4] 前記未知パラメータは、前記乖離度、前記プロセス変数及び前記未知パラメータを含む評価関数を用いた、時間ステップを更新しながら行われる反復計算によって修正される、請求項1から3のいずれか一項に記載の焼結プロセスの状態推定方法。
- [請求項5] 前記特徴データは、焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンである、請求項1から4のいずれか一項に記載の焼結プロセスの状態推定方法。
- [請求項6] 請求項5に記載の焼結プロセスの状態推定方法によって算出された前記ヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する高温保持時間算出ステップと、

前記高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を提示するガイダンス操作量提示ステップと、を含む、操業ガイダンス方法。

[請求項7] 請求項6に記載の操業ガイダンス方法によって提示されるガイダンス操作量を用いて焼結鉱を製造する、焼結鉱の製造方法。

[請求項8] 焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを記憶する記憶部と、

前記物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変数算出部と、

算出された前記プロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する乖離度算出部と、

算出される前記乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメータを修正するモデルパラメータ調整部と、

修正された物理モデルに基づいて、前記焼結プロセスの特徴データを算出する特徴データ算出部と、を備える、焼結プロセスの状態推定装置。

[請求項9] 前記特徴データが焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンである、請求項8に記載の焼結プロセスの状態推定装置によって算出された前記ヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する高温保持時間算出部と、

前記高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を提示するガイダンス操作量提示部と、を備える、操業ガイダンス装置。

[請求項10] 焼結操業ガイダンスサーバと、端末装置と、を備え、

前記焼結操業ガイダンスサーバは、

焼結プロセスの操業状態を示す実績値を取得する実績値取得部と前記焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理

モデルを記憶する記憶部と、

前記物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変数算出部と、

算出された前記プロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する乖離度算出部と、

算出される前記乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメータを修正するモデルパラメータ調整部と、

修正された物理モデルに基づいて、前記焼結プロセスの特徴データを算出する特徴データ算出部と、

前記特徴データが焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンであり、前記ヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する高温保持時間算出部と、

前記高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を提示するガイダンス操作量提示部と、を備え、

前記端末装置は、

前記焼結操業ガイダンスサーバによって提示された前記ガイダンス操作量を取得するガイダンス操作量取得部と、

取得した前記ガイダンス操作量を表示する表示部と、を備える、焼結操業ガイダンスシステム。

[請求項11]

焼結プロセスの操業状態を示す実績値を取得する実績値取得部と

前記焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを記憶する記憶部と、

前記物理モデルを用いて、観測可能なプロセス変数を算出するプロセス変数算出部と、

算出された前記プロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度を算出する乖離度算出部と、

算出される前記乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知

パラメータを修正するモデルパラメータ調整部と、

修正された物理モデルに基づいて、前記焼結プロセスの特徴データを算出する特徴データ算出部と、

前記特徴データが焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンであり、前記ヒートパターンを用いて、焼結材の高温保持時間を算出する高温保持時間算出部と、

前記高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含むガイダンス操作量を提示するガイダンス操作量提示部と、を備える、焼結操業ガイダンスサーバ。

[請求項12]

焼結操業ガイダンスサーバとともに焼結操業ガイダンスシステムを構成する端末装置であって、

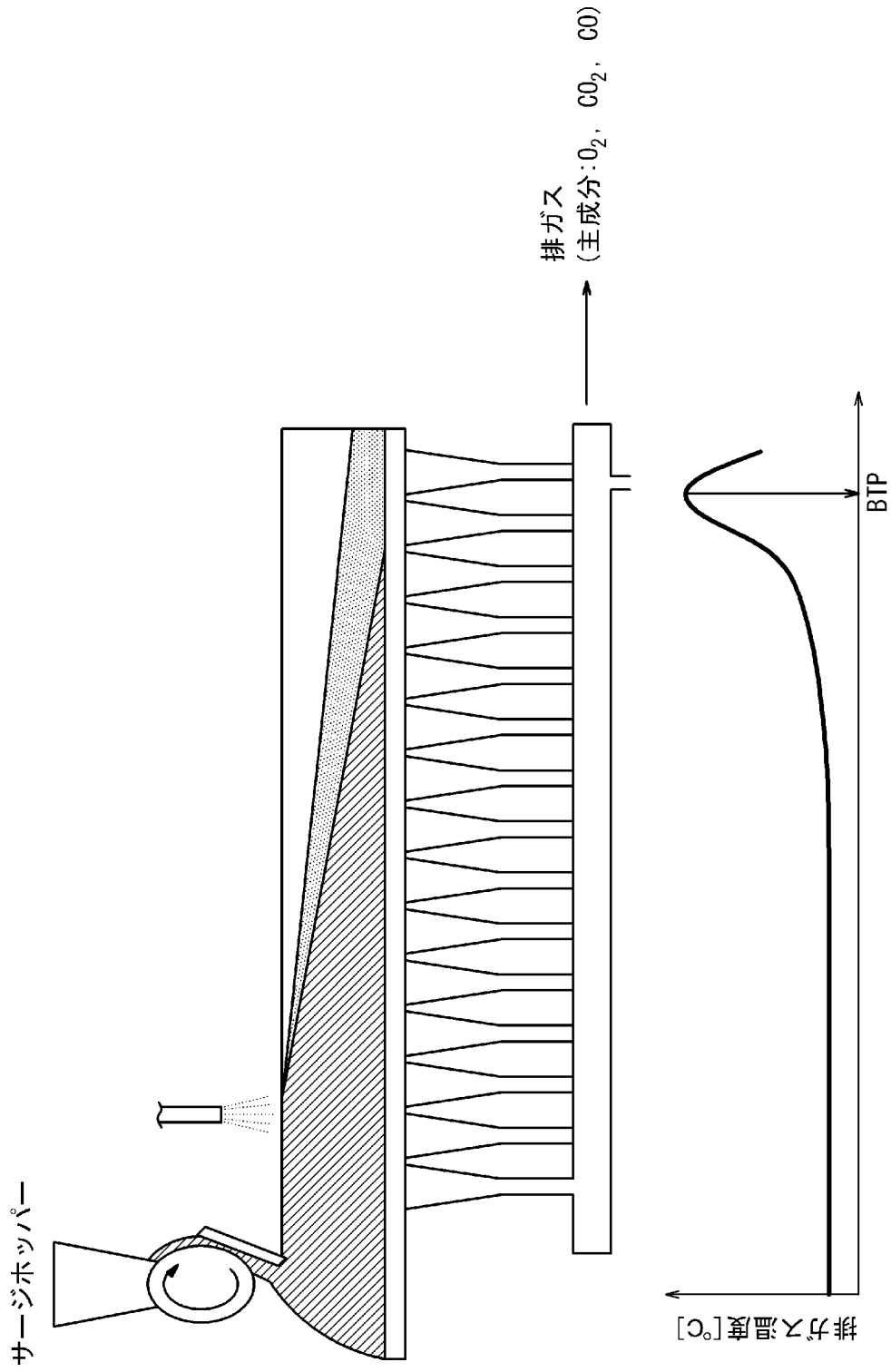
前記焼結操業ガイダンスサーバによって提示されたガイダンス操作量を取得するガイダンス操作量取得部と、

取得した前記ガイダンス操作量を表示する表示部と、を備え、

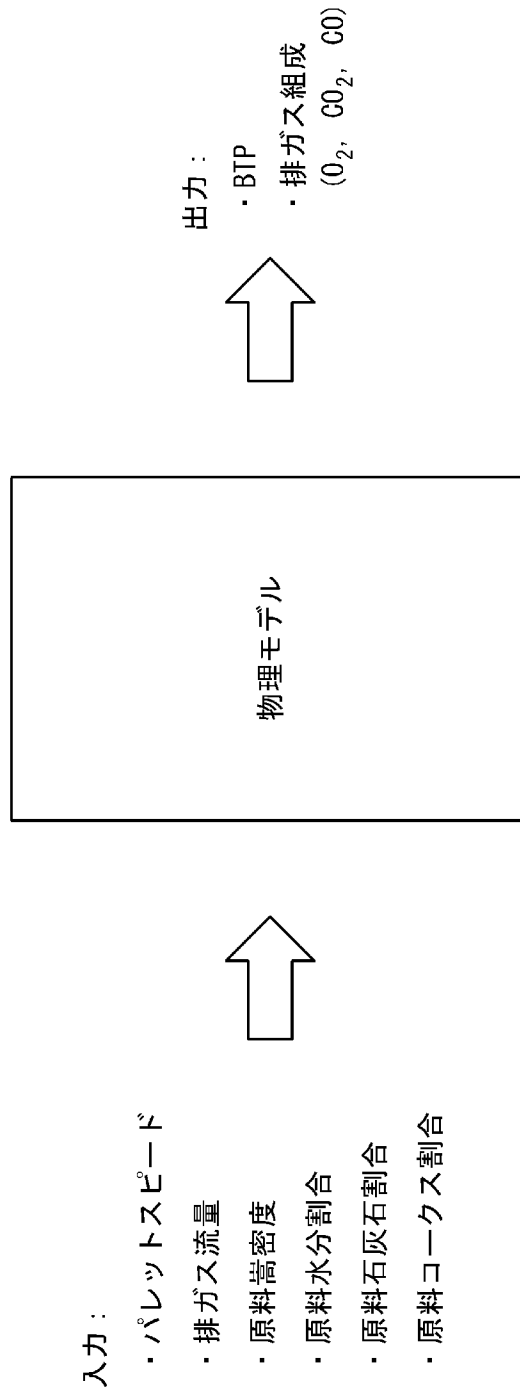
前記焼結操業ガイダンスサーバは、焼結プロセスにおける化学反応及び伝熱現象を考慮した物理モデルを用いて算出されたプロセス変数の推定値と実績値との間の乖離度が小さくなるように、前記物理モデルの未知パラメータを修正して、

前記ガイダンス操作量は、前記未知パラメータが修正された前記物理モデルを用いて算出された焼結機機長方向の焼結材のヒートパターンに基づく焼結材の高温保持時間を所定値以上に保つために、原料コークス割合及びパレットスピードの少なくとも1つを含む操作量である、端末装置。

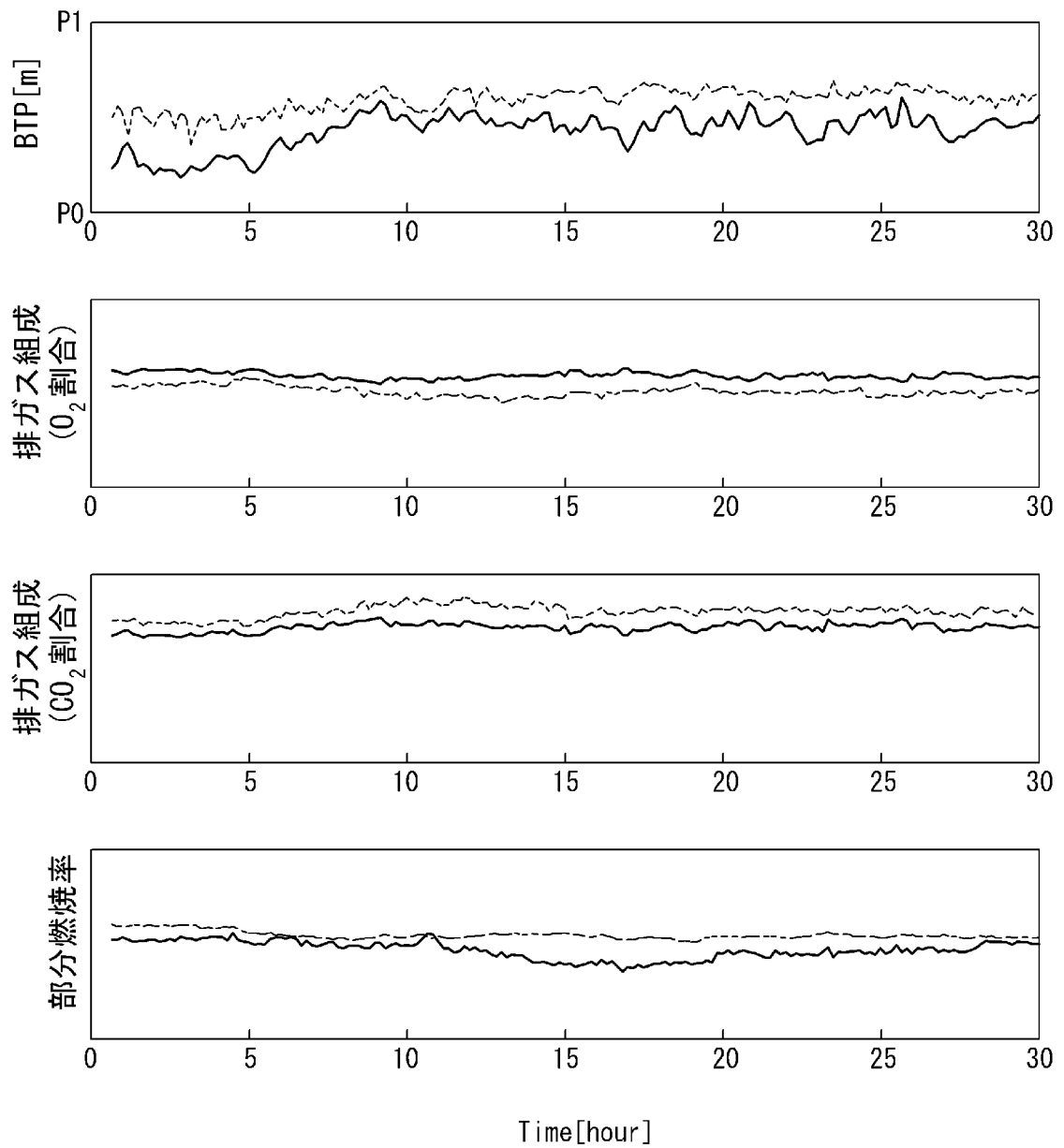
[図1]



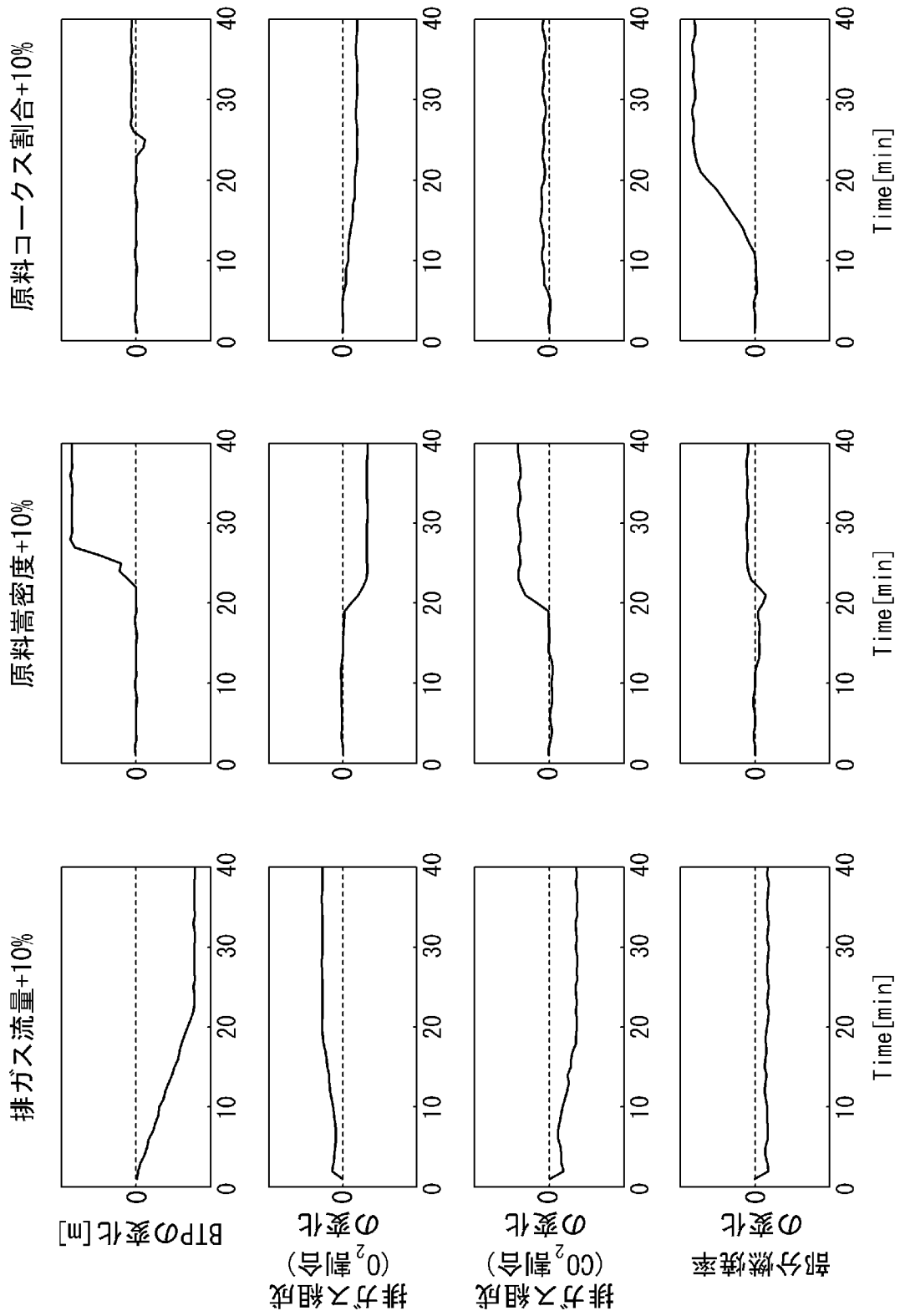
[図2]



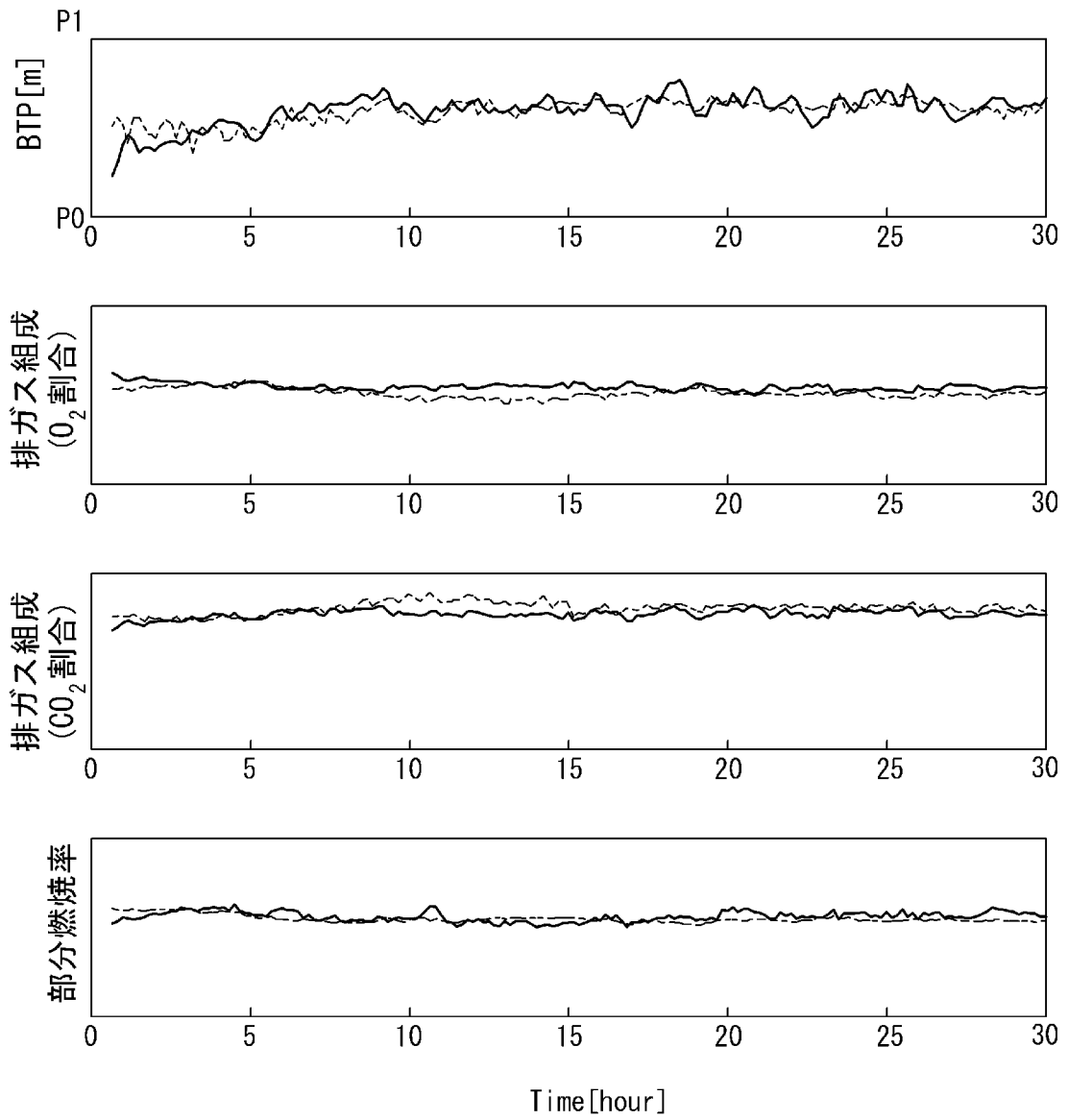
[図3]



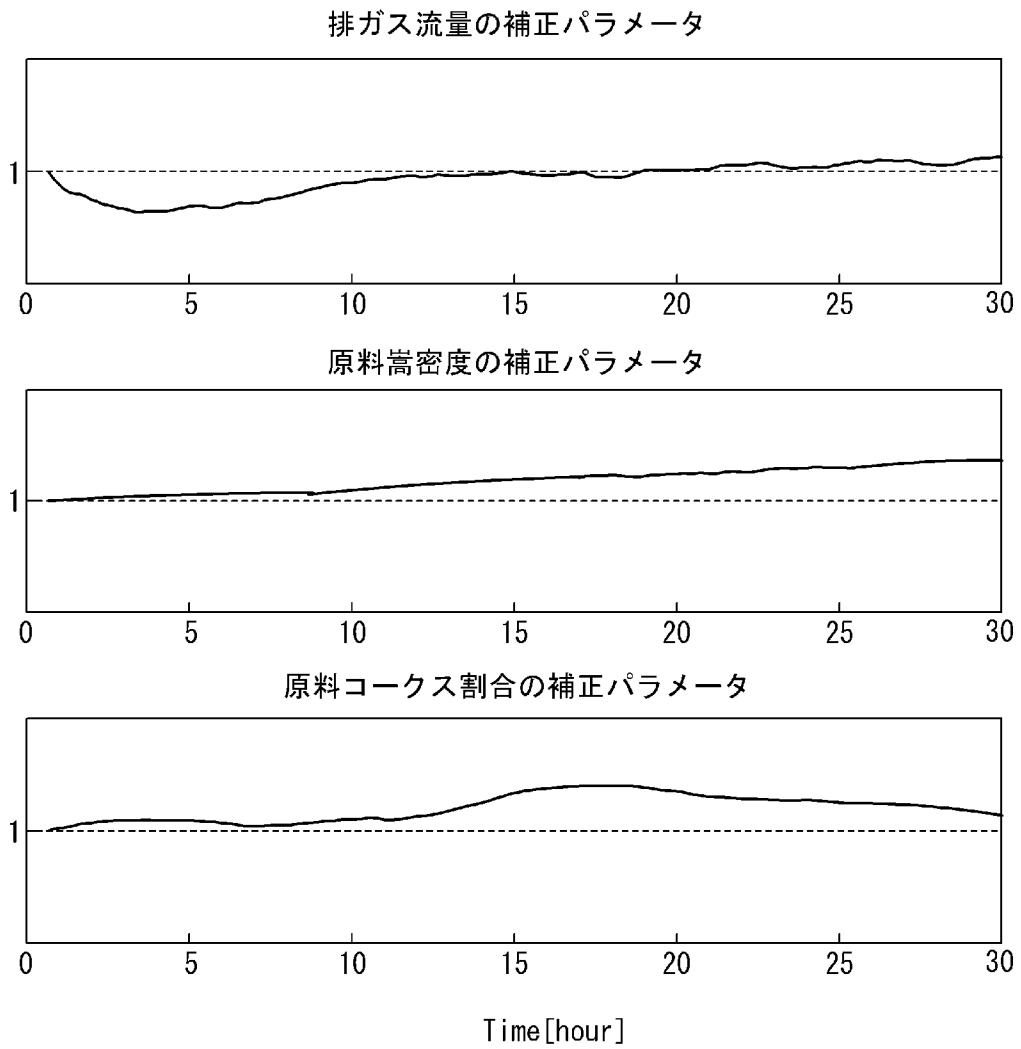
[図4]



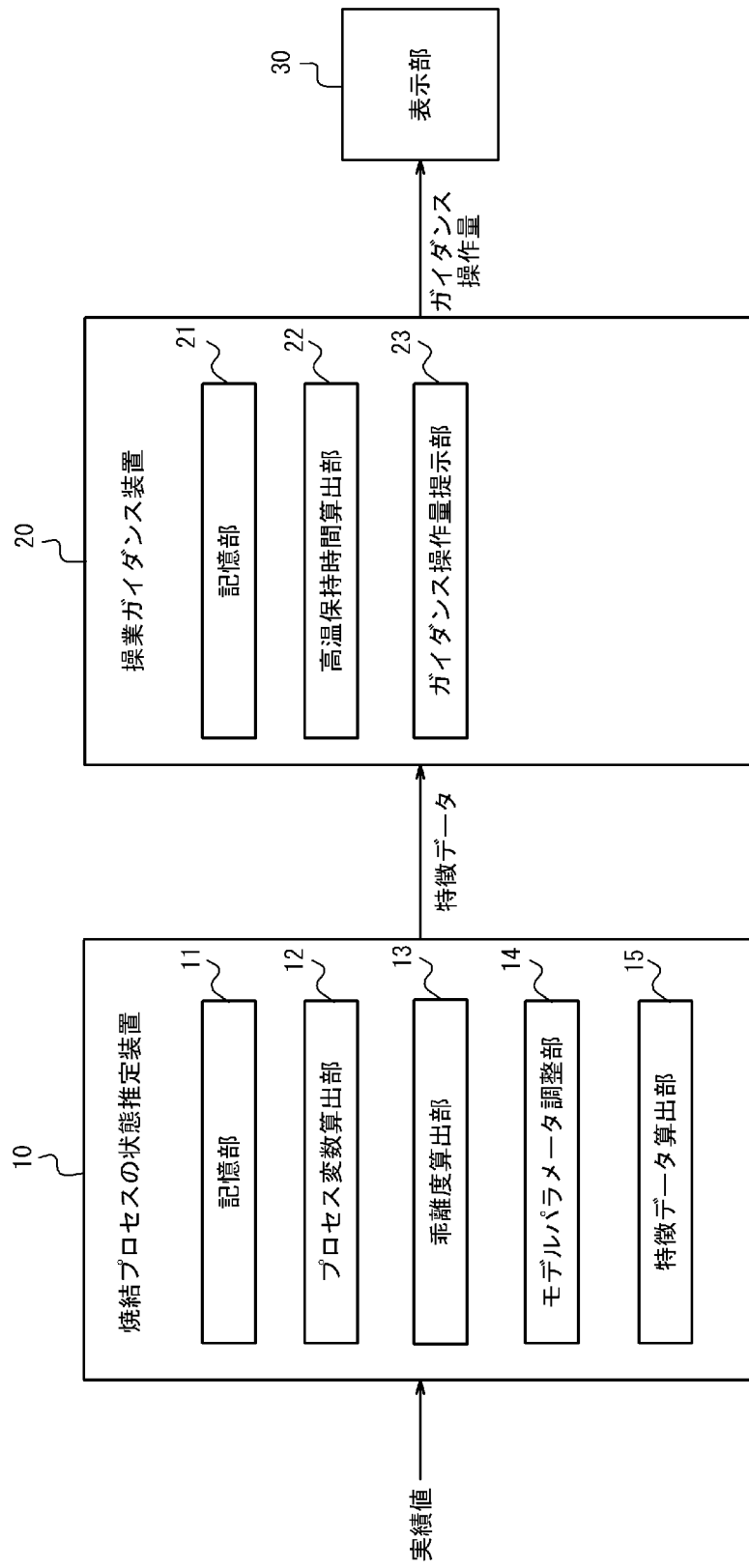
[図5]



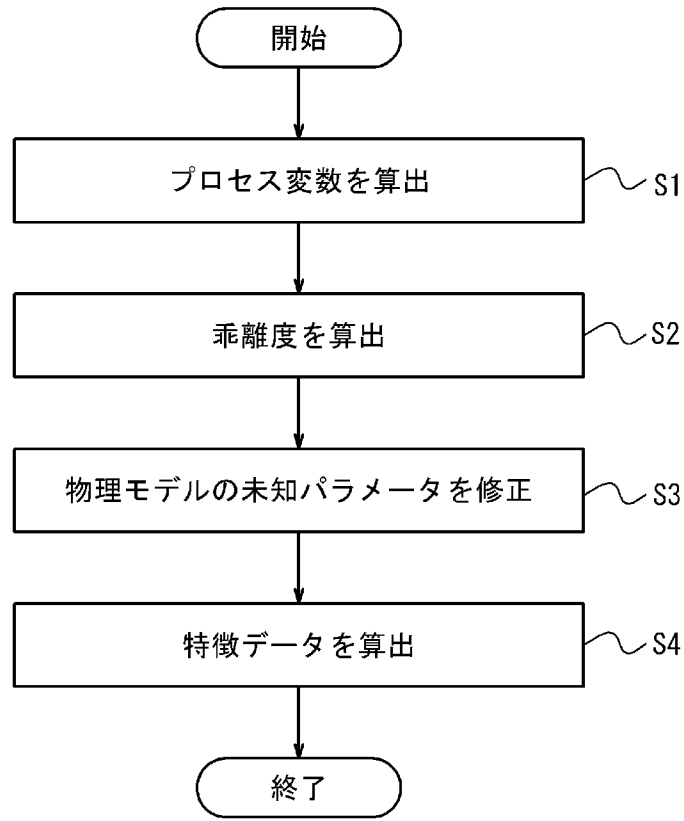
[図6]



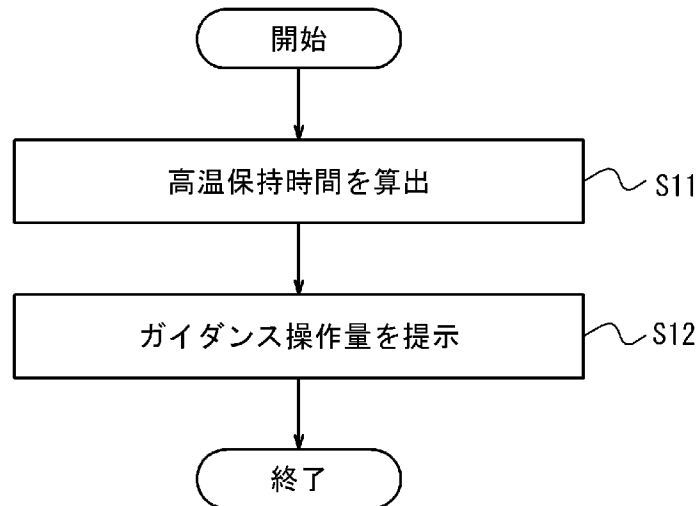
[図7]



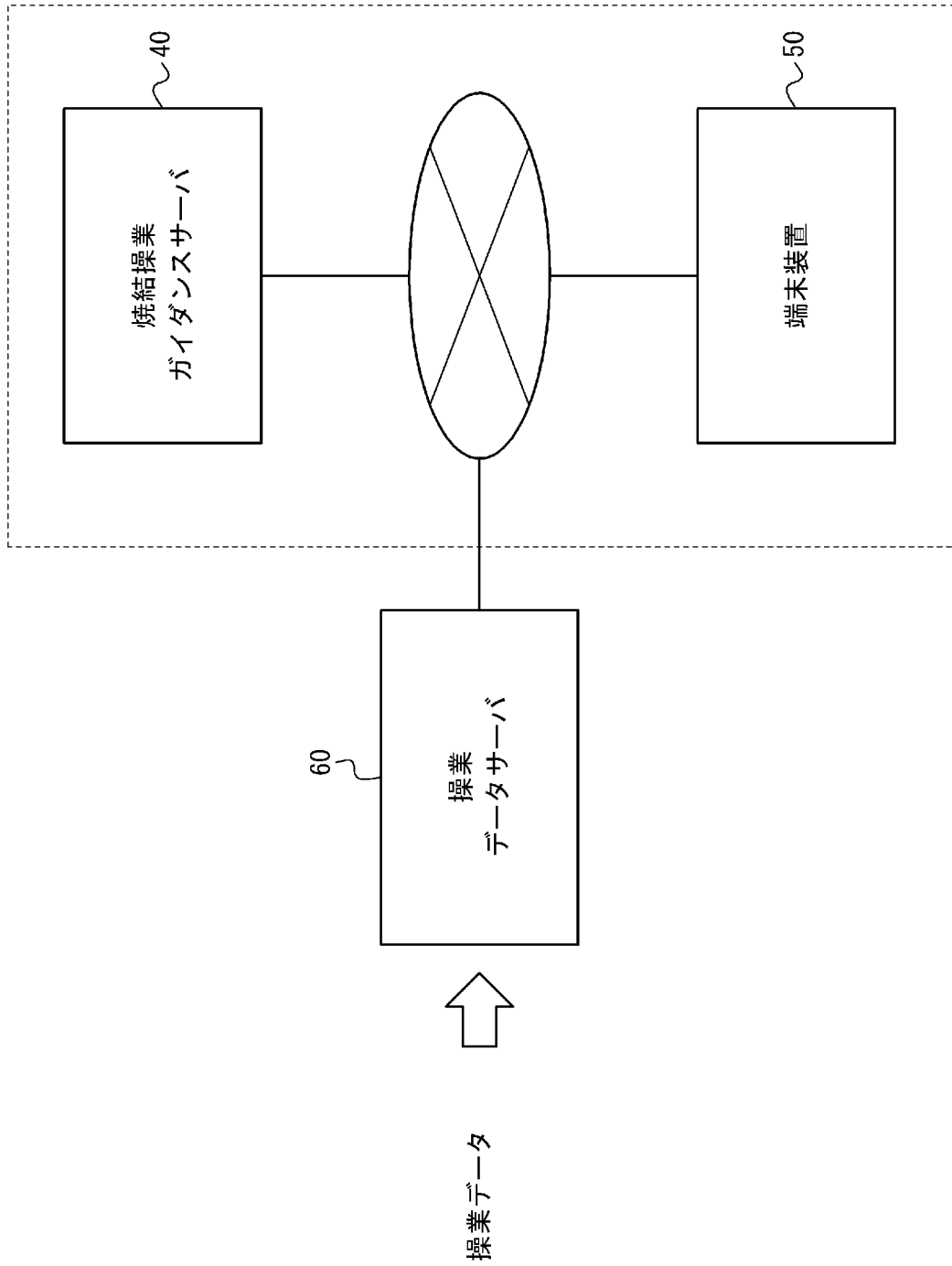
[図8]



[図9]



[図10]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/026636

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>C22B 1/20</i> (2006.01)i; <i>F27B 21/14</i> (2006.01)i FI: C22B1/20 U; C22B1/20 W; C22B1/20 K; F27B21/14 A  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) C22B1/20; F27B21/14		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 62-23939 A (KOBE STEEL LTD) 31 January 1987 (1987-01-31) claims, examples	1-5, 8
Y	claims, examples	6, 7, 9-12
Y	JP 2011-38735 A (JFE STEEL CORP) 24 February 2011 (2011-02-24) paragraphs [0124]-[0130], fig. 27, 29	6, 7, 9-12
A	JP 62-23940 A (KOBE STEEL LTD) 31 January 1987 (1987-01-31)	1-12
A	JP 2013-83400 A (NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORP) 09 May 2013 (2013-05-09)	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>12 August 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>30 August 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/026636**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 62-23939 A	31 January 1987	(Family: none)	
JP 2011-38735 A	24 February 2011	(Family: none)	
JP 62-23940 A	31 January 1987	(Family: none)	
JP 2013-83400 A	09 May 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） C22B 1/20(2006.01)i; F27B 21/14(2006.01)i FI: C22B1/20 U; C22B1/20 W; C22B1/20 K; F27B21/14 A		
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）） C22B1/20; F27B21/14 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
X	JP 62-23939 A (株式会社神戸製鋼所) 31.01.1987 (1987-01-31) 特許請求の範囲, 実施例	1-5, 8
Y	特許請求の範囲, 実施例	6, 7, 9-12
Y	JP 2011-38735 A (JFEスチール株式会社) 24.02.2011 (2011-02-24) 段落0124~0130, 図27, 29	6, 7, 9-12
A	JP 62-23940 A (株式会社神戸製鋼所) 31.01.1987 (1987-01-31)	1-12
A	JP 2013-83400 A (新日鐵住金株式会社) 09.05.2013 (2013-05-09)	1-12
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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抵触するものではなく、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 12.08.2022	国際調査報告の発送日 30.08.2022	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 瀧澤 佳世 4E 4426 電話番号 03-3581-1101 内線 3425	

国際調査報告  
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/026636

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 62-23939 A	31.01.1987	(ファミリーなし)	
JP 2011-38735 A	24.02.2011	(ファミリーなし)	
JP 62-23940 A	31.01.1987	(ファミリーなし)	
JP 2013-83400 A	09.05.2013	(ファミリーなし)	