

(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2007-121203

(P2007-121203A)

(43) 公開日 平成19年5月17日(2007.5.17)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 B 15/02 (2006.01)	GO 1 B 15/02 Z	2 F 0 6 7
C 2 1 B 7/24 (2006.01)	C 2 1 B 7/24 3 0 6	2 F 0 6 9
GO 1 N 23/08 (2006.01)	GO 1 N 23/08	2 G 0 0 1
C 2 1 B 7/06 (2006.01)	C 2 1 B 7/06 3 0 1	4 K 0 1 5
GO 1 B 21/08 (2006.01)	GO 1 B 21/08	4 K 0 5 6
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 16 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2005-316615 (P2005-316615)
 (22) 出願日 平成17年10月31日 (2005.10.31)

(71) 出願人 000006655
 新日本製鐵株式会社
 東京都千代田区大手町2丁目6番3号
 (71) 出願人 504151365
 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
 茨城県つくば市大穂1番地1
 (74) 代理人 100067541
 弁理士 岸田 正行
 (74) 代理人 100087398
 弁理士 水野 勝文
 (74) 代理人 100103506
 弁理士 高野 弘晋

最終頁に続く

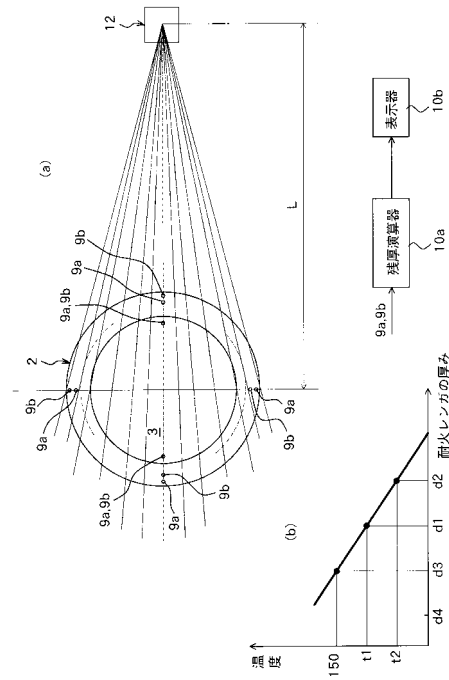
(54) 【発明の名称】 高炉炉底管理方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 熱電対を利用して高炉炉底の耐火レンガの残厚を推定する方法において、耐火レンガ残存厚を一層高精度に推定できる高炉炉底管理方法を提供する。

【解決手段】 宇宙線ミュオンを利用して耐火物と炉内との境界位置を判定する。境界位置の判定は、宇宙線ミュオンを計測する計測部 1 2 により高炉炉底 2 を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオン強度と、該炉底透過の宇宙線ミュオンの飛来方向の判別情報と、高炉を非透過の非透過宇宙線ミュオン強度とを一定時間蓄積し、該蓄積データに基づいて炉底の状態を炉底透過の宇宙線ミュオン強度と非透過宇宙線ミュオン強度との強度比で表し、該強度比に基づいて行う。この判定基準として高炉炉底耐火物内に配置された温度計測手段 9 a、9 b により計測した計測温度の変動から耐火物への付着物厚みの増減を推定し、短期的な炉内状況変動も管理する。

【選択図】 図 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

高炉炉底耐火物内に配置された温度計測手段により計測した計測温度に応じて該耐火物の残存厚みを推定し、宇宙線ミュオンを利用して該温度計測した耐火物と炉内との境界位置を判定する境界位置判定手段で判定した該境界位置により該残存厚みを補完する高炉炉底管理方法であって、

前記境界位置判定手段は、宇宙線ミュオンを計測する計測部により高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオン強度と、該炉底透過の宇宙線ミュオンの飛来方向の判別情報と、高炉を非透過の非透過宇宙線ミュオン強度とを一定時間蓄積し、該蓄積データに基づいて炉底の状態を炉底透過の宇宙線ミュオン強度と非透過宇宙線ミュオン強度との強度比で表し、該強度比に基づいて高炉炉底耐火物と炉内の境界位置を判定することを特徴とする高炉炉底管理方法。

10

【請求項 2】

高炉炉底耐火物内に配置された温度計測手段により計測した計測温度に応じて該耐火物の残存厚みを推定し、宇宙線ミュオンを利用して該温度計測した耐火物と炉内との境界位置を判定する境界位置判定手段で判定した該境界位置により該残存厚みを補完する高炉炉底管理方法であって、

前記境界位置判定手段は、宇宙線ミュオンを計測する計測部により高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオン強度と、該炉底透過の宇宙線ミュオンの飛来方向の判別情報と、高炉を非透過の非透過宇宙線ミュオン強度とを一定時間蓄積し、該実測による蓄積データに基づいて炉底の状態を密度として炉底透過の宇宙線ミュオン強度と非透過宇宙線ミュオン強度との強度比で表し、炉底耐火物の密度に対応する該強度比と、炉内の物質の密度に対応する強度比との相違に基づいて高炉炉底耐火物と炉内の境界位置を判定することを特徴とする高炉炉底管理方法。

20

【請求項 3】

前記境界位置判定手段は、前記強度比と炉底耐火物の損耗量との関係を推定し、この推定した関係から前記境界の判定に供された強度比に対応する損耗量を求め、これを実測値による炉底耐火物の損耗量と推定して境界位置を判定することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の高炉炉底管理方法。

【請求項 4】

前記境界位置判定手段は、前記高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオンの計測は、前記高炉炉外で、該高炉から水平方向に離れた位置で行うことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の高炉炉底管理方法。

30

【請求項 5】

前記境界位置判定手段は、前記高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオンの計測は、前記温度計測手段により計測した前記耐火物を計測対象として、該炉底の周囲の複数箇所ですべて同時あるいは時間をずらして行い、各計測位置での計測結果に基づいて該計測対象の境界位置を二次元で推定することを特徴とする請求項 4 に記載の高炉炉底管理方法。

【請求項 6】

前記境界位置判定手段は、前記高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオンの計測は、前記高炉の炉底基礎部で行うことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の高炉炉底管理方法。

40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】**

50

【0001】

本発明は、ミュオン計測と熱電対による温度計測を補完的に用いてミュオン計測により耐火物厚みの長期的変位を把握し、これを基準として熱電対による温度計測により、耐火物への付着物、厚み等短期的変化を管理する高炉炉底管理方法に関する。

【背景技術】

【0002】

高炉の改修時期の決定、高炉の保守、制御などに際し、高炉炉底をなす底盤および側壁の耐火物、例えば耐火レンガの浸食による損耗量を推定することは重要な事項である。

【0003】

炉底耐火物の損耗量を推定する方法の一つとして、耐火レンガ内の2点に埋め込んだ熱電対の計測温度に基づいて、2点間の温度と距離およびその耐火レンガの熱伝導率から熱流束を計算し、炉内稼働面の温度を例えば溶銑の凝固する温度に仮定して残存厚みを算出する方法で推定する方法が提案されている(特許文献1)。

10

【0004】

また、炉底耐火物の損耗量を推定する他の方法として、宇宙線ミュオンを利用して高炉炉底耐火物の損耗量(残存厚)を計測する方法が提案されている(特許文献2)。

【0005】

この宇宙線ミュオンを利用した計測方法は、高炉炉底を通過したミュオンの強度を測定し、築炉時に計測したミュオン強度の第1データと、時間経過後のミュオン強度の第2データと、予め求めておいたミュオンの強度変化と耐火物厚さとの関係を示す特性線に基づいて、第2データの取得時におけるミュオン強度から耐火物の厚さを推定する。

20

【0006】

この特性線は、ミュオンの物質貫通力はエネルギーEと貫通力X(m)との間に以下の関係を有するとして得ており、物質の比重を7.8の鉄としている。

【0007】

$$X = 7.8 \times 2.5 \times 10^3 \ln(1.56 \cdot E + 1)$$

そして、築炉時(耐火物最大厚さ)に上記第1データを測っておくことで、上記数式及び各部の寸法及び比重から右下がりの特性線を引くことができる。したがって、適宜ミュオン強度を測定することで、耐火物の厚さが推定でき、高炉の改修時期の決定が行える。

【特許文献1】特開2002-266011号公報

30

【特許文献2】特開平8-261741号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記した熱電対を用いた高炉炉底耐火物の損耗量推定方法にあっては、推定した損耗量に対して実際に残存している耐火レンガの厚みが厚いというように、推定損耗量と実際の損耗量とに大きな差が生じることがあった。

【0009】

このように損耗量に差が生じる原因の一つとして、レンガの耐溶銑性が向上したことが考えられる。

40

【0010】

一方、上記したミュオンを利用して高炉炉底耐火物の損耗量を計測する方法にあっては、築炉時に計測した第1データのミュオン強度と耐火物の厚さを起点として描かれる特性線を使用し、実際に操業されている高炉内を通過したミュオンの強度をこの特性線にプロットし、そのときの耐火物厚さが高炉炉底の耐火物の厚さと推定している。

【0011】

本発明の目的は、このような観点に鑑みなされたもので、ミュオン計測と熱電対による温度計測を補完的に用いて、ミュオン計測により耐火物厚みの長期的変位を把握し、これを基準として熱電対による温度計測により耐火物への付着物厚み等短期的変化を管理する高炉炉底管理方法を提供しようとするものである。

50

【課題を解決するための手段】**【0012】**

本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、その要旨は次の通りである。

【0013】

(1) 高炉炉底耐火物内に配置された温度計測手段により計測した計測温度に応じて該耐火物の残存厚みを推定し、宇宙線ミュオンを利用して該温度計測した耐火物と炉内との境界位置を判定する境界位置判定手段で判定した該境界位置により該残存厚みを補完する高炉炉底管理方法であって、前記境界位置判定手段は、宇宙線ミュオンを計測する計測部により高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオン強度と、該炉底透過の宇宙線ミュオンの飛来方向の判別情報と、高炉を非透過の非透過宇宙線ミュオン強度とを一定時間蓄積し、該蓄積データに基づいて炉底の状態を炉底透過の宇宙線ミュオン強度と非透過宇宙線ミュオン強度との強度比で表し、該強度比に基づいて高炉炉底耐火物と炉内の境界位置を判定することを特徴とする高炉炉底管理方法。

10

【0014】

(2) 高炉炉底耐火物内に配置された温度計測手段により計測した計測温度に応じて該耐火物の残存厚みを推定し、宇宙線ミュオンを利用して該温度計測した耐火物と炉内との境界位置を判定する境界位置判定手段で判定した該境界位置により該残存厚みを補完する高炉炉底管理方法であって、前記境界位置判定手段は、宇宙線ミュオンを計測する計測部により高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオン強度と、該炉底透過の宇宙線ミュオンの飛来方向の判別情報と、高炉を非透過の非透過宇宙線ミュオン強度とを一定時間蓄積し、該実測による蓄積データに基づいて炉底の状態を密度として炉底透過の宇宙線ミュオン強度と非透過宇宙線ミュオン強度との強度比で表し、炉底耐火物の密度に対応する該強度比と、炉内の物質の密度に対応する強度比との相違に基づいて高炉炉底耐火物と炉内の境界位置を判定することを特徴とする高炉炉底管理方法。

20

【0015】

(3) 前記境界位置判定手段は、前記強度比と炉底耐火物の損耗量との関係を推定し、この推定した関係から前記境界位置の判定に供された強度比に対応する損耗量を求め、これを実測値による炉底耐火物の損耗量と推定して境界位置を判定することを特徴とする上記(1)または(2)に記載の高炉炉底管理方法。

【0016】

(4) 前記境界位置判定手段は、前記高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオンの計測は、前記高炉炉外で、該高炉から水平方向に離れた位置で行うことを特徴とする上記(1)から(3)のいずれかに記載の高炉炉底管理方法。

30

【0017】

(5) 前記境界位置判定手段は、前記高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオンの計測は、前記温度計測手段により計測した前記耐火物を計測対象として、該炉底の周囲の複数箇所ですべて同時あるいは時間をずらして行い、各計測位置での計測結果に基づいて該計測対象の境界位置を二次元で推定することを特徴とする上記(4)に記載の高炉炉底管理方法。

【0018】

(6) 前記境界位置判定手段は、前記高炉炉底を透過して飛来する炉底透過の宇宙線ミュオンの計測は、前記高炉の炉底基礎部で行うことを特徴とする上記(1)から(3)のいずれかに記載の高炉炉底管理方法。

40

【発明の効果】**【0019】**

本発明によれば、炉底耐火物を通して熱電対などの温度計測手段により計測した計測温度に基づく耐火物の残存厚推定値を、宇宙線ミュオンを利用した高炉炉底の炉内と耐火物との境界位置の判定結果により補完するので、耐火物の残存厚をより一層高精度に推定することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

【0020】

第1の実施の形態

図1は本発明の第1の実施の形態による高炉炉底管理方法を説明する縦断面図、図2は図1の平面図を示す。図3は宇宙線ミュオンの計測装置の概略構成を示す斜視図である。

【0021】

図1及び図2において、高炉1は、グランドレベル(GL)に対して高さHの位置に設けられており、炉底2の底盤3及び側壁4は耐火物としての耐火レンガ5により内張りされている。6は出銑口のレベルを示す。

【0022】

炉底2をなす底盤3および側壁4の耐火物としての耐火レンガ5に、温度計測手段である第1の熱電対9aと第1の熱電対9bを一組として複数組配置され、例えば出銑口6の下部のように損耗量の大きな部位にも配置される。

【0023】

第1の熱電対9aは炉内に近い側に位置し、第2の熱電対9bはその後方に配置される。各部位に配置された各組の第1の熱電対9aと第2の熱電対9bからの検知信号は、残存厚(以下残厚と略す)を演算する残厚演算器10aに入力され、各部位における耐火レンガの残存厚を演算し、モニター、プリンタなどの表示器10bに演算結果である残厚を表示する。

【0024】

耐火レンガに対する第1の熱電対9aと第2の熱電対9bとの配置位置d1、d2は決まっており、また耐火レンガの熱伝導率も決まっている。したがって、図2(b)に示すように、耐火レンガ内の2点(d1、d2)に埋め込んだ第1の熱電対9a、第2の熱電対9bの計測温度(t1、t2)に基づいて、2点間の温度と距離およびその耐火レンガの熱伝導率から熱流束を計算することにより図2(b)に示す温度耐火レンガの残厚特性線図が得られる。そして、炉内稼働面の温度を例えば溶銑の凝固する温度である1150度に仮定すると、このときの耐火レンガの残存厚みd3を算出することができる。

【0025】

このようにして推定した耐火レンガの残厚は、あくまでも耐火レンガの内端面に炉内の溶銑が接している、例えば耐火レンガの間に溶銑が入り込んでいないこと、あるいは耐火レンガ内に溶銑がしみ込んでいないことを前提としている。

【0026】

本実施の形態は、一組の熱電対9a、9bにより温度計測している耐火レンガと炉内の境界位置を、宇宙線ミュオンの計測により判定する判定手段(以下境界位置計測装置と称す)により判定し、該境界位置により前記熱電対に基づいて推定した耐火レンガの残厚を補完するようにしたもので、以下に境界位置計測装置について説明する。

【0027】

本実施の形態において、宇宙線ミュオン(以下ミュオンと称す) μ の計測により耐火レンガと炉内の境界位置を計測する計測装置11は、高炉1から水平方向に距離L離れた位置に配置し、高炉1側から到来するミュオン μ を計測すると共に、高炉1を透過しないで到来したミュオン μ も計測するようにしている。

【0028】

図3において、本実施の形態における宇宙線ミュオンの計測装置11は、前部計測面を高炉に向けて設置される計測部12と、計測部12で計測した計測結果に基づいて、ミュオンの強度と計測した宇宙線ミュオンの入射方向(水平方向の角度と仰角)を求めて記憶部13に記憶すると共に、後述する損耗状態の判定を行う判定部14を有する演算部15とにより構成されている。演算部15での演算結果は表示器16に表示される。表示形態としては、演算結果を表で表示したり、図5~図8に示す図表、F/B強度比の分布モデル図などをカラー表示により表示させたりすることができ、特にF/B強度比の分布モデル図をカラー表示させることにより、図5(e)、図7(f)に示すF/B強度比のレベルをカラーによるグラディエーション化で視覚により判別することができる。

10

20

30

40

50

【0029】

なお、本実施の形態では、炉底2の底盤レングラから見て、水平距離Lを高炉炉床径の0.8~1.6倍で、炉底中央のレングラ残存推定位置を見上げる仰角が5~25度の位置に計測部12を配置している。

【0030】

計測部12は、前側検出器121と、該前側検出器121と同じ構成の後側検出器122とを対向配置し、前側検出器121と後側検出器122との間に鉄板123を配置した構成としている。

【0031】

前側検出器121と後側検出器122は、垂直方向に延びる水平方向検知用の第1の検知部124を水平方向にm行配置すると共に、水平方向に延びる垂直方向検知用の第2の検出部125を垂直方向にn列配置し、これらm行の第1の検知部124とn列の第2の検知部125を前後に配置した構成としている。第1の検知部124と第2の検知部125とは、例えばアルミニウムケース内に例えばミュオンの入射により発光するプラスチックシンチレータを長さ方向に沿って配設すると共に、該プラスチックシンチレータの後方に複数個の光電子増倍管を該アルミニウムケースの長さ方向に沿って等ピッチに配設した構成としている。

10

【0032】

したがって、プラスチックシンチレータが発光すると、その発光点の後方位置における光電子増倍管からパルス信号が出力されることになる。この場合、第1の検知部124と第2の検知部125とからそれぞれパルス信号が出力される。

20

【0033】

また、前側検出器121及び後側検出器122における第1の検出部124同士、第2の検出部125同士の位置関係は予め設定され、第1の検知部124の水平方向に並ぶ各列は例えば高炉炉底2の中心点から径方向における距離が予め判明し、第2の検知部125の垂直方向に並ぶ各列は高炉炉底2の所定点に対して垂直方向における距離が予め判明している。

【0034】

ここで、ある瞬間に高炉炉底2を透過したミュオン μ を検知したとする。ミュオン μ は前側検出器121の第1の検出部124と第2の検出部125を透過し、さらに鉄板123を透過したミュオン μ は後側検出器122を透過する。水平方向にm行に並んだ第1の検出部124に着目すると、ミュオン μ が透過した前側検出器121では左端から例えば6番目であり、後側検出器122にあっては左端から7番目であったとすると、水平方向におけるミュオン μ の入射角が求まり、高炉炉底に対するこのミュオン μ の水平方向における飛来軌跡が求まる。

30

【0035】

また、垂直方向にn列並んだ第2の検出部125に着目すると、ミュオン μ が透過した前側検出器121では例えば下から4番目であり、後側検出器122にあっては下から3番目であったとすると、高炉側から飛来したミュオン μ の仰角が求まり、高炉炉底2に対するこのミュオン μ の仰角方向における飛来軌跡が求まる。

40

【0036】

これらの飛来軌跡は千差万別であり、計測部12に到来するミュオン μ は計測部12の一点に集中することはなく、高炉炉底2に対する水平平面においては図4に示すように、飛来軌跡が疎の部分もあれば密の部分もあり、また交差する部分も存在するが、このような計測を長時間にわたって行うと、炉底2の炉内7の全域、及び側壁4、底盤3のみを透過したミュオン μ を計測することができる。また、仰角方向においても同様である。

【0037】

なお、計測部12を炉底2の底盤3よりも上方に配置している場合には、炉底2の底盤3を透過したミュオン μ については計測できないので、本実施の形態では計測部12を炉底2の底盤3よりも少し下の位置に配置することにより、炉底2の底盤3を透過したミュ

50

オン μ の計測を可能としている。

【0038】

ミュオンに比べ数10倍近い多量の軟成分(電子、ガンマ線など)バックグラウンドを除去するために、中間に置いた鉄による軟成分がつくる多重発生信号を用いた; 前方(後方)カウンターを通ったミュオンはそのまま鉄中を直進し後方(前方)カウンターに単一の信号を与えるが、軟成分は鉄中で多数の粒子と光子に変わるため、後方(前方)カウンターに複数の信号を与える。

【0039】

また、本実施の形態では、前側検出器121において高炉側から飛来したミュオン μ の強度の検出(以下F強度とする)を行うと共に、後側検出器122において、高炉を通過していないミュオン μ の強度を併せて検出(以下B強度とする)し、このF強度およびB強度の値を上記記憶部13に記憶している。

10

【0040】

前側検出器121で計測したミュオン μ のF強度は、高炉を透過するので、高炉を透過することなく後側検出器122で計測されたミュオン μ のB強度はF強度よりも大きい。また、密度の大きい銑鉄が存在する炉底2の炉内を透過したF強度は、銑鉄(密度が約7g/cm³)に比べて密度の小さい耐火レンガ(耐火レンガの成分はカーボンで、密度が約2g/cm³)を透過したF強度よりも小さいことはいうまでもないことである。そうすると、高炉を透過しないミュオン μ の計測強度であるB強度との対比(F/B)でF強度を調べると、そのミュオン μ の透過した飛来軌跡が炉底2の炉内を透過したものであるのか、耐火レンガのみを透過したものであるのかを判断することができる。

20

【0041】

本実施の形態では、このF/B強度比とミュオン μ の透過した物質の密度(Density)との間に相関関係があることに着目し、炉底2の炉内が全て鉄で満たされたと仮定し、そのときの物質の密度(density)を7.8g/cm³とした状態1、5.85g/cm³とした状態2、3.9g/cm³とした状態3、1.95g/cm³とした状態4について、炉底2におけるF/B強度比の分布モデルをモンテカルロシミュレーション(Monte Carlo Simulation)に基づいて作成し、これらの状態1~状態4により得られた密度とF/B強度比の特性線を得ている。

【0042】

ここで、状態1の密度は例えば鉄に相当し、状態2の密度は例えばコークスと鉄との混合物(鉄の比重が大)に相当し、状態3の密度は例えばコークスと鉄の混合物(コークス比率が大)に相当し、状態4の密度は例えば耐火レンガに近い値である。

30

【0043】

図5の(a)~(d)は状態1~状態4におけるこのF/B強度比の分布モデルを夫々示し、X方向は水平方向、Y方向は仰角方向、Z方向はF/B強度値を示している。また、図5において、X方向は図2の で示すように、計測部12の中心点から炉底2の炉壁の外周面に接する左端の接線を0(mrad)とし、右端の接線まで時計回りに1000(mrad)スキャンした状態(計測部12の中心点と炉心の中心を結ぶ位置は丁度500mradとなっている)を示し、Y方向は図1の で示すように、水平線を0(mrad)とし、仰角500(mrad)までスキャンした状態を示している。

40

【0044】

なお、モンテカルロシミュレーションによるF/B強度比の分布モデルの作成方法についての説明は省略するが、図5(a)~(d)(f)に示すF/B強度比の分布モデル図は、F/B強度比を等高線として表し、F/B強度比が高いほど等高線が高い位置に存在するので、図5の各モデル図は周囲から中心に向かって等高線が低くなっている。また築炉時における炉底2の底盤3、及び側壁4の耐火レンガ5の厚さといった炉底構造が予め判明しているので、操業の開始後における耐火レンガと溶銑との境目となる位置は、この炉底2のデータから築炉時における耐火レンガの表面から後退した位置となる。なお、図5(e)に等高線とF/B強度比との関係を示し、上から下に向かってF/B強度比が小さくなり、これを色彩によるグラディエーション化を施して示すと、一番上が赤色、一番下が

50

濃紺色となり、その間をオレンジ色、黄色、黄緑色、緑色、青色と順次変化することで示され、これに対応して図5(a)~(d)(f)のF/B強度比の分布モデル図は外周側の等高線が暖色系で、中心部が寒色系で示される。なお、図5(a)~(d)(f)の等高線の一部に示す数値はF/B強度比値を示す。また、後述する図6~図8についても同様である。

【0045】

図5(a)において、X方向に500(mrad)の位置が炉底2の水平方向における中心位置であり、仰角において、水平と略等しい0~150(mrad)程度の範囲にあっては底盤3の耐火レンガのみを透過するものと推測できるので、この範囲でのF/B強度比は大きい値を示している。仰角をさらに上げ、150~200(mrad)の範囲にあってはF/B強度比が徐々に低下する傾向にあり、仰角が350~500(mrad)の範囲に達すると、F/B強度比が大きく低下する。ここで仰角が500(mrad)で、水平方向が500(mrad)の位置は炉底2の底盤3表面よりも上方に位置しているため、この位置でのF/B強度比は銑鉄を透過したミュオン μ のF/B強度比とすることができ、この位置でのF/B強度比は0.257である。したがって、図5(a)より、炉内の充填物の密度を7.8g/cm³とした状態1にあっては、密度7.8g/cm³でのF/B強度比が0.257として与えられる。

10

【0046】

図5(b)に示す炉内充填物の密度を5.85g/cm³とした場合のF/B強度比の分布モデルにおいて、仰角400~500(mrad)での炉内中心部に存在する部分のF/B強度比が0.341として与えられる。

20

【0047】

図5(c)に示す炉内充填物の密度を3.1g/cm³とした場合のF/B強度比の分布モデルにおいて、仰角400~500(mrad)での炉内中心部に存在する部分のF/B強度比が0.426として与えられる。

【0048】

図5(d)に示す炉内充填物の密度を1.95g/cm³とした場合のF/B強度比の分布モデルにおいて、仰角400~500(mrad)での炉内中心部に存在する部分におけるF/B強度比が0.554として与えられる。

【0049】

このように、密度と、各密度におけるF/B強度比との関係を示したのが図6である。

30

【0050】

図6は、縦軸にF/B強度比、横軸に密度(g/cm³)を表しており、図5の(a)~(d)に示す4点をプロットして得たF/B強度比-密度特性線を示している。

【0051】

この図6に示すF/B強度比-密度特性線を用いることにより、実際に測定したミュオン強度のF/B強度比が判明すれば、炉底2の炉内に充填されている物質の密度を推定することが可能となる。これは、耐火レンガと炉内充填物との境目がわかれば耐火レンガの厚みを推定できるということに基づくものである。

【0052】

図5(f)は計測部12で計測したミュオン μ の飛来軌跡、及びF値及びB値を実測値のデータとし、これらの実測データに基づくモンテカルロシミュレーションによるF/B強度比の分布モデルを示しており、図5(f)において最もF/B強度比が低い値は0.341である。そして、図6の特性線において、実測値によるF/B強度比0.341に対応する密度(g/cm³)は6.3470である。

40

【0053】

したがって、炉底2の炉内に充填されている物質の密度(g/cm³)が6.3470として推定できることになる。なお、図6(a)は図5(f)に示す実測値のF/B強度比の分布モデル図、図6(b)は図5(d)に示すF/B強度比の分布モデル図である。

【0054】

上述のように、炉底2の炉内に充填されている物質の密度が特定できたので、炉内充填

50

物質を透過したミュオン μ のF/B強度比と、耐火レンガを透過したF/B強度比とに明確な差が生じている。また、予め判明している築炉時の耐火レンガの内端面の位置、例えば炉底2の底盤3の損耗量を確認するのであれば、築炉時における底盤3の内面高さ、また炉底2の側壁4の損耗量を確認するのであれば該側壁4の内面位置から耐火レンガの厚み方向に入り込んだ複数点でのF/B強度比のそれぞれについて、上述した図5および図6と同様にモンテカルロシミュレーションによるF/B強度比の分布モデルを作成することでF/B強度比 耐火レンガの損耗量（現存する厚み）との関係を示す特性線を得ることができる。

【0055】

図7は、炉底2の底盤3の損耗量の計測方法を説明する図で、(a)は底盤3が損耗していない状態を基準点とし、この基準点を0cmとして以下、50cm損耗した状態(-50cm)、100cm損耗した状態(-100cm)の位置関係を示し、(b)~(d)は上記した(a)に示す3つの状態について、ミュオン μ のF/B強度比の分布モデル図をモンテカルロシミュレーションにより作成したものを示し、(b)は0cmの損耗状態、(c)は50cmの損耗状態、(d)は100cmの損耗状態を示す。なお、(b)~(d)のモンテカルロシミュレーションによるF/B強度比の分布モデル図の作成に際し、炉底2の炉内物質の密度(g/cm^3)を図6に示す特性線により求めた6.347としている。

10

【0056】

図7の(b)~(d)に示すF/B強度比の分布モデル図は、図5の(a)~(d)と同様にF/B強度比を等高線により表したもので、外周側から中心側に向かうに従って等高線の示すF/B強度比が小さくなっている。また、X方向、Y方向およびZ方向についても図5と同様である。

20

【0057】

図7(b)~(d)において、X方向の位置を炉の中心を通る500(mrad)として、(b)~(d)のいずれにおいても検出器側では炉底レンガを、遠方側では炉内銑鉄部を通るような、(b)~(d)において一定の光路(仰角)を選べば、光路は炉内で炉底レンガと炉内銑鉄部の境界を横切ることになり、またレンガ損耗量によって境界が相違するため、(b)~(d)それぞれにおいてレンガ部と銑鉄部の通過距離が変わり、F/B強度比が異なることになる。

30

【0058】

このようにして求めたF/B強度比は、損耗量0cmでは0.929、損耗量-50cmでは0.895、損耗量-100cmでは0.87であった。なお、図7(e)は実測値に基づくF/B強度比の分布モデル図を示し、図5(f)と同一のものである。

【0059】

図8は、縦軸をF/B強度比、横軸を損耗量としたF/B強度比 損耗量特性線図を示し、上記した3点のデータ(0cmでは0.929、-50cmでは0.895、-100cmでは0.87)をプロットすることにより得られる。なお、図8(b)、(c)(d)に示すF/B強度比の分布モデル図は、図7(b)、(c)(d)に示すF/B強度比の分布モデル図にそれぞれ対応している。

40

【0060】

図8(a)は実測値に基づいて作成したF/B強度比の分布モデル図で、図5(f)、図6(a)、図7(e)のF/B強度比の分布モデル図と同一である。

【0061】

このようにして得られたF/B強度比 損耗量特性線図は、図8(a)に示す実測値に基づいて作成したF/B強度比の分布モデル図において、X方向で500(mrad)の位置で、Y方向におけるF/B強度比が最も大きいところはミュオン μ が耐火レンガのみを透過していることを示し、この位置が炉底2の底盤3表面と炉内に充填されている物質との境界を示すので、この位置におけるF/B強度比が判明すれば、炉底2の底盤3の損耗量が導き出されることになる。図8(a)の実測値において炉内に充填された物質との境界

50

位置における F / B 強度比は 0.914 で、そのときの損耗量は 20.734 c m であった。

【 0 0 6 2 】

図 5 ~ 図 8 を参照しながら説明した上述のモンテカルロシミュレーションによる F / B 強度比の分布モデルの作成及び図 6 に示す F / B 強度比 密度特性線、図 8 に示す F / B 強度比 損耗量特性線図の作成、実測値の F / B 強度比の分布モデルからのデータの抽出、この抽出したデータから密度、損耗量を演算する処理は図 3 に示す演算部 1 5 の判定部 1 4 により実行される。

【 0 0 6 3 】

本実施の形態では、炉底 2 の底盤 3 の全域を計測対象とし、図 1、および図 2 に示すように、一組の熱電対 9 a、9 b が配置されている部分がカバーされており、水平方向の角度、仰角との座標から特定される一組の熱電対 9 a、9 b の配置位置における炉内と耐火レンガの境界をそれぞれ決定する。

【 0 0 6 4 】

炉内と耐火レンガの境界位置 d 4 が決定すると、図 2 (b) に示す一組の熱電対 9 a、9 b の温度計測に基づく残厚 d 3 と比較する。図 2 (b) では境界位置 (残厚) d 4 が熱電対の温度計測に基づく残厚 d 3 よりも大きい。この場合、ミュオン μ を利用して求めた残厚 d 4 を参考にして、残厚の推定値を決定する。

【 0 0 6 5 】

ただし、ミュオン μ 計測により精度の良い耐火物残厚を推定するには週から月単位の期間が必要であるため、ミュオン計測は長期的な耐火物残厚変化の推定に用い、時から日単位の付着物厚み変化など短期的な炉内状況変化は熱電対による温度計測を用いるという補完的な炉内管理方法が可能である。

【 0 0 6 6 】

なお、上記した実施の形態では、ミュオン μ を利用して炉内と耐火レンガとの境界の判別を炉底 2 の全体にわたって行っているが、炉底 2 の各所に点在して配置した一対の熱電対 9 a、9 b に対し、この熱電対が配置されている箇所だけを狙うように高さ、水平角度、仰角などを調節して計測部 1 2 を配置し、上記の手法により得た耐火レンガの損耗プロファイルを適用することで、当該熱電対 9 a、9 b の計測対象とする耐火レンガの残厚 (損耗量) を高精度に推定することができる。このように、高炉の築炉時から継続して監視していなくても、高炉の操業途中からの耐火レンガの損耗量の推測が可能となるのは、F / B 強度比を利用していることによる。

【 0 0 6 7 】

ミュオン μ を利用した炉底 2 の耐火レンガの残厚 (損耗量) の推定方法としては、上記した方法以外に以下の方法がある。

【 0 0 6 8 】

第 2 の実施の形態

図 9 は本発明の第 2 の実施の形態を示す。

【 0 0 6 9 】

本第 2 の実施の形態は、炉底 2 の底盤 3 の損耗量を計測するために、計測部 1 2 を炉底基礎部 8 に配置し、上方から炉底 2 の底盤 3 を透過するミュオン μ を計測する。この場合、計測部 1 2 は計測面を垂直線と直交させて水平面と一致するように設置する。炉底基礎部 8 に計測部 1 2 を設置するのは、高炉 1 の改修などの築炉時に埋設することにより行われる。

【 0 0 7 0 】

上記した第 1 の実施の形態において、計測部 1 2 の後側検出器 1 2 2 は計測部 1 2 に到達するミュオン μ の入射角 (水平方向及び垂直方向の角度) を計測する役割と、前側検出器 1 2 1 及び鉄板 1 2 3 側とは反対側から到来するミュオン μ の強度を計測することで高炉 1 を全く透過していないミュオン μ の強度を得る役割を有していたが、本第 2 の実施の形態のように、計測部 1 2 の計測面を垂直線に対して直交させるように設置すると、炉底基礎部 8 に埋設されている計測部 1 2 の後側検出器 1 2 2 にはその背面側からミュオン μ

10

20

30

40

50

が到来することがないので、前記 B 強度を計測することができない。

【 0 0 7 1 】

そこで、本実施の形態では、B 強度を計測するために地上に B 強度検出器 1 2 4 を設置している。この B 強度検出器 1 2 4 は、例えば前側検出器 1 2 1 を構成する第 1 の検出部 1 2 4 或いは第 2 の検出部 1 2 5 と同一構成のものを使用することができ、計測面を垂直線に対して直交するように配置し、高炉 1 を透過したミュオン μ が到来しないようにしている。

【 0 0 7 2 】

本第 2 の実施の形態のように、計測部 1 2 を炉底基礎部 8 に埋設することにより、炉底 2 の底盤 3 を全体的に直接観察できるので、図 5 ~ 図 8 に示すモンテカルロシミュレーションによって得られる F / B 強度比の分布モデル図の精度も高くなり、底盤 3 の耐火レンガの損耗量の推定精度がより一層高くなる。したがって、底盤 3 の任意の箇所に配置した熱電対 9 a、9 b により温度計測される耐火レンガ 5 と炉内の境界を確実に判定することができる。

10

【 0 0 7 3 】

図 5 から図 8 に示す F / B 強度比の分布モデル図において、X 方向を水平方向の角度、Y 方向を仰角、Z 方向を F / B 強度比としているが、本第 2 の実施の形態では、X 方向が炉底 2 の中心からの水平方向の角度、Y 方向は垂直線に対する角度として示される。

【 0 0 7 4 】

第 3 の実施の形態

上記した第 1 の実施の形態では、計測部 1 2 を高炉 1 から水平方向に離れた位置に設置し、一箇所のみで炉底 2 を透過したミュオン μ を計測し、仰角方向のデータを加えることにより、図 5 ~ 図 8 に示すように 3 次元的に F / B 強度比の分布モデル図を作成し、底盤 3 の損耗量を計測している。

20

【 0 0 7 5 】

これに対し、本第 3 の実施の形態は、炉底 2 の周囲の複数箇所で炉底 2 を透過したミュオン μ の計測を行うことにより、底盤 3 だけでなく、側壁 4 の耐火レンガと炉内との境界を 2 次元的に容易に得ることができる。

【 0 0 7 6 】

したがって、図 5 ~ 図 8 に示すモンテカルロシミュレーションによって得られる F / B 強度比の分布モデル図が二次元で表示でき、炉底 2 の底盤 3 又は側壁 4 における耐火レンガの損耗量の推定が高精度に行える。したがって、熱電対 9 a、9 b を配置した耐火レンガと炉内の境界位置を高精度に判定することができる。

30

【 0 0 7 7 】

ここで、炉底 2 の周囲の複数箇所で炉底 2 を透過したミュオン μ の計測を行う方法として、例えば、計測部 1 2 を炉底 2 の周囲に複数配置することにより実現できる。この場合、計測部 1 2 を配置箇所の数だけ用意する必要があり、また複数箇所で同時にミュオン μ の計測を行わなければならない必要性もなく、またミュオン μ の計測期間も長いので、一つの計測部 1 2 を複数の計測箇所に移動して計測することも可能である。

【 0 0 7 8 】

以上のように、上記した各実施の形態にあつては、炉底 2 を透過して計測部 1 2 で計測するミュオン μ は種々の飛来軌跡を辿ったものであるため、これらのデータを蓄積することにより、モンテカルロシミュレーションを用いて炉底 2 の炉内及び底盤、側壁の状態を二次元として容易に推定可能である。

40

【 0 0 7 9 】

そして、F / B 強度比を用いることによりミュオン μ が実際に透過した物質（一つの物質もあれば複数の物質の混合物もある）の密度を知ることができ、炉底 2 の炉内及び底盤、側壁との状態を F / B 強度比と密度の関係で表すことができる。このことから、実際に計測したデータから炉内に存在すると思える物質の密度が推定できれば、この炉内物質と底盤あるいは側壁との境界位置が判明する。

50

【 0 0 8 0 】

また、実測値に基づいて炉内物質の密度が推定できたので、例えば築炉時における耐火レンガを基準とし、この基準値および複数の損耗量と F / B 強度比との関係を求めておけば、実測値における炉内物質と耐火レンガとの境界位置での F / B 強度比から耐火レンガの損耗量を推定することができる。

【 0 0 8 1 】

このように、ミュオン μ の透過した物質固有の情報とすることができる F / B 強度比を用いることにより、従来のように、特定の入射角度で測定したミュオン μ の強度を操業開始から継続して測定せずに済み、操業の途中からでも、また特定箇所での損耗量の測定が可能となる。

【 0 0 8 2 】

また、図 8 に示す特性線により最終的に耐火レンガの損耗量を推定できるようにしているが、図 5 ~ 図 8 に示す実測値の F / B 強度比の分布モデル図中に、耐火レンガと炉内物質との境界位置を示すようにすること、あるいは耐火レンガの損耗により初期位置から現在の後退した位置を示すようにしても良い。特に、第 2 の実施の形態、及び第 3 の実施の形態のように、F / B 強度比の分布モデル図を高精度に作成するのに有利な方法では、耐火レンガと炉内物質との境界位置などの表示をより一層高精度に行える。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 8 3 】

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施の形態による高炉炉底管理方法を説明する縦断面図。

【 図 2 】 (a) は図 1 の平面図および熱電対を用いた残厚計測装置のブロック図、(b) は熱電対を用いた温度 耐火レンガ厚みの関係を示す特性線図。

【 図 3 】 図 1、図 2 に示すミュオンの計測装置の概略構成を示す斜視図。

【 図 4 】 ミュオンの飛来軌跡を示す図。

【 図 5 】 (a) ~ (d) は炉内物質の密度を変数とし、密度と F / B 強度比との関係を示す F / B 強度比の分布モデル図、(e) は F / B 強度比のレベルを示す図、(f) は実測値を示す F / B 強度比の分布モデル図。

【 図 6 】 F / B 強度比と密度との関係を示す特性線図で、(a) は実測値での F / B 強度比の分布モデル図、(b) は図 5 の (d) に示す F / B 強度比の分布モデル図

【 図 7 】 (a) は炉底の底盤の損耗量を変数として示す縦断面図、(b) ~ (d) は損耗量と F / B 強度比との関係を示す F / B 強度比の分布モデル図、(e) は実測値の F / B 強度比の分布モデル図、(f) は F / B 強度比のレベルを示す図。

【 図 8 】 F / B 強度比と損耗量との関係を示す特性線図で、(a) は実測値の F / B 強度比の分布モデル図、(b) ~ (d) は図 7 の (b) ~ (d) に示す F / B 強度比の分布モデル図。

【 図 9 】 本発明の第 2 の実施の形態による高炉炉底耐火物の損耗状態確認方法を説明する縦断面図。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 4 】

- 1 高炉
- 2 炉底
- 3 底盤
- 4 側壁
- 5 耐火レンガ
- 6 出銑口
- 7 炉内
- 8 炉底基礎部
- 9 a、9 b 熱電対
- 10 a 残厚演算器
- 10 b 表示器

10

20

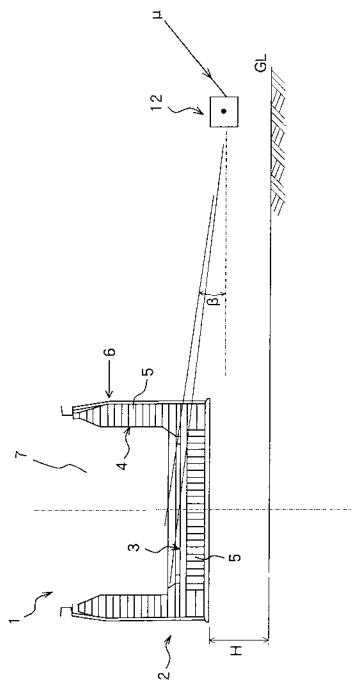
30

40

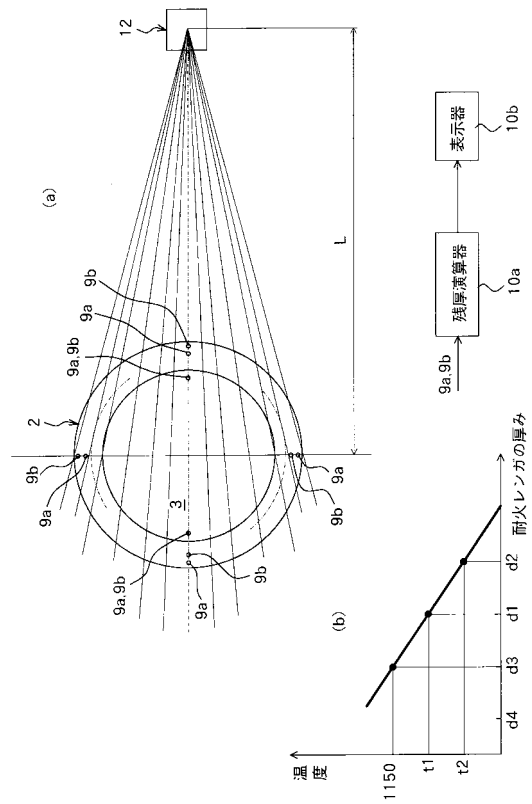
50

- 1 1 計測装置
- 1 2 計測部
 - 1 2 1 前側検出器
 - 1 2 2 後側検出器
 - 1 2 3 鉄板
 - 1 2 4 第1の検出部
 - 1 2 5 第2の検出部
- 1 3 記憶部
- 1 4 判定部
- 1 5 演算部

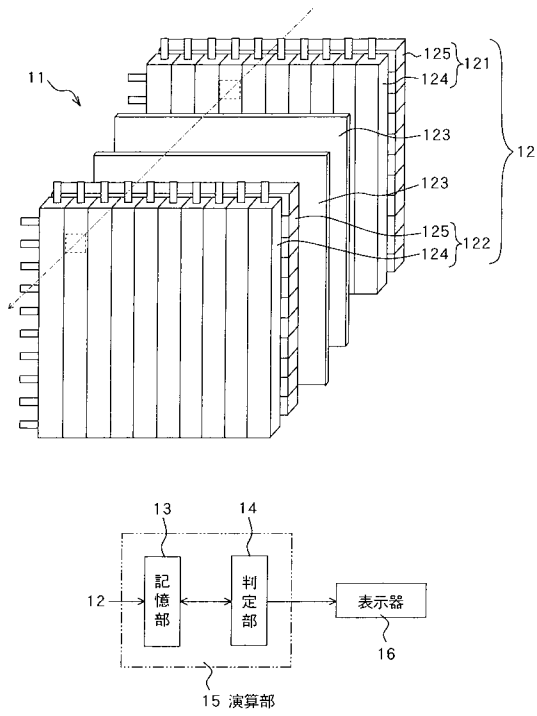
【図1】



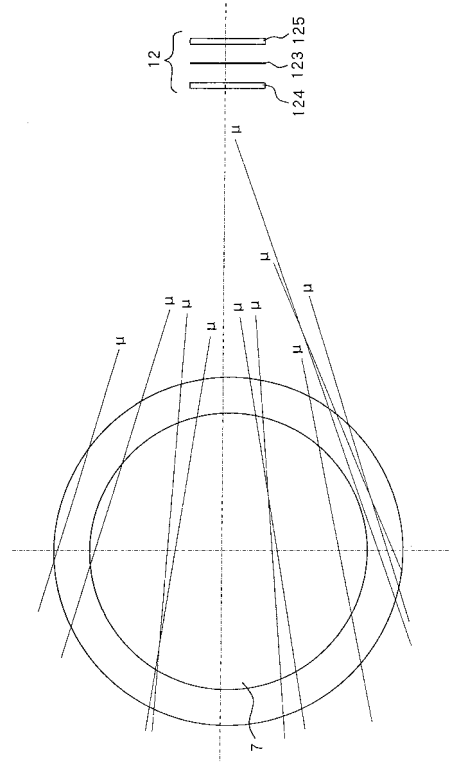
【図2】



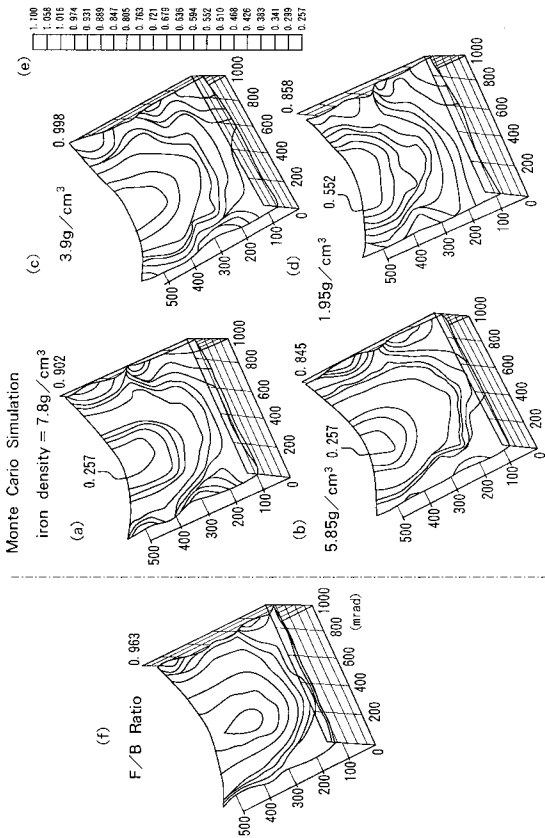
【 図 3 】



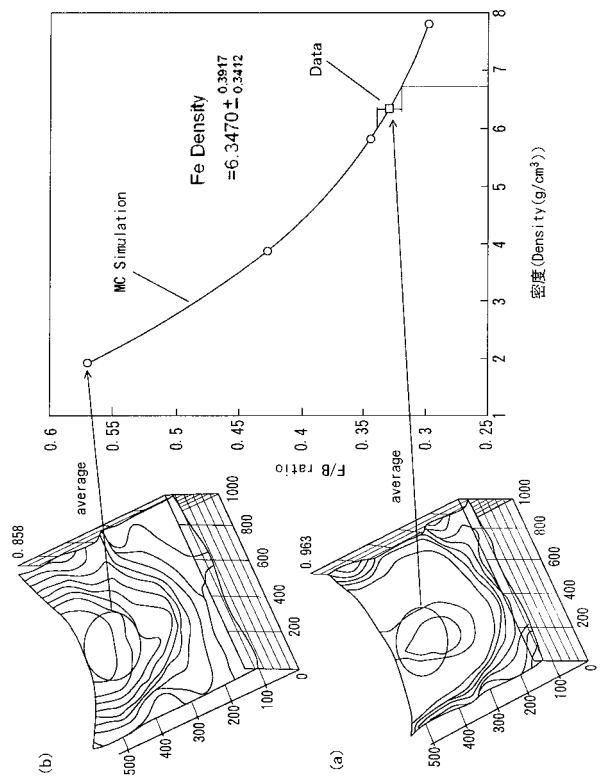
【 図 4 】



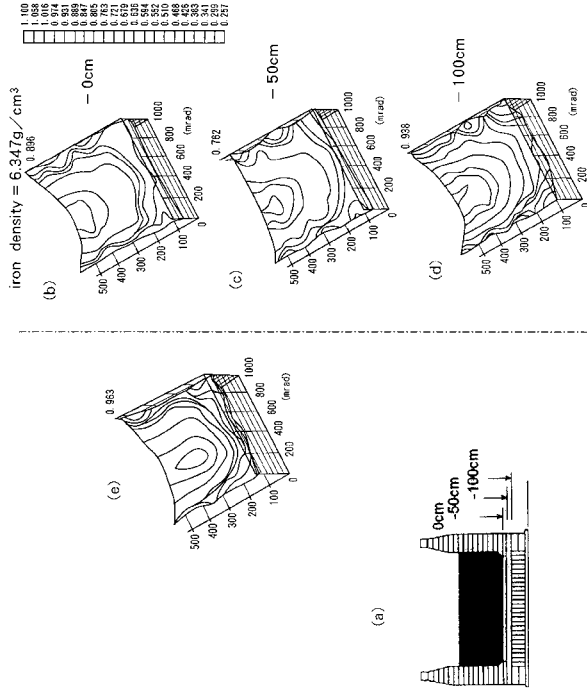
【 図 5 】



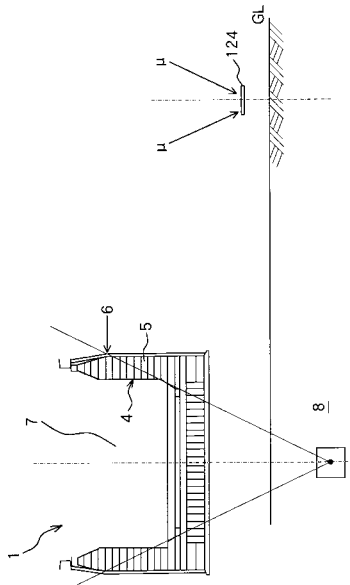
【 図 6 】



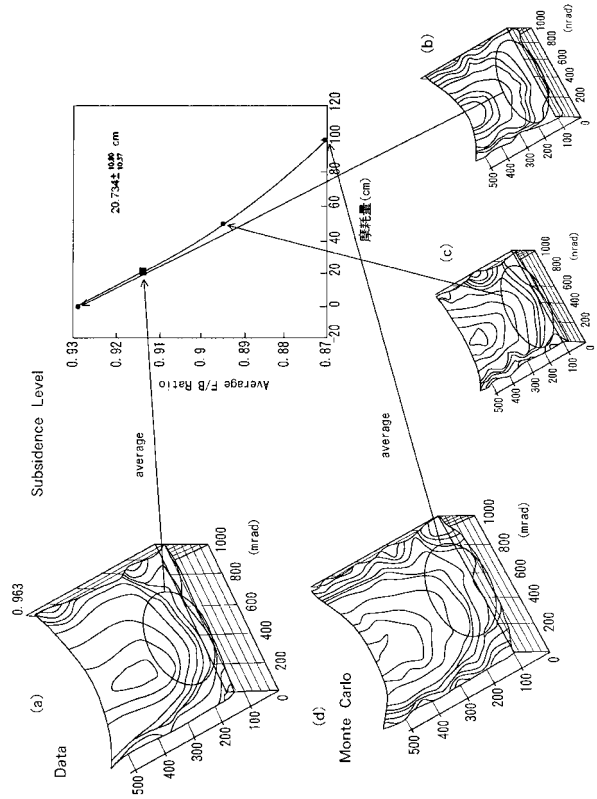
【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I テーマコード(参考)
 F 2 7 D 21/00 (2006.01) F 2 7 D 21/00 A

(72)発明者 篠竹 昭彦

富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72)発明者 橋本 操

富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72)発明者 内藤 誠章

富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72)発明者 圃中 朝夫

大分市大字西ノ州 1 番地 新日本製鐵株式会社大分製鐵所内

(72)発明者 松崎 眞六

富津市新富 2 0 - 1 新日本製鐵株式会社技術開発本部内

(72)発明者 永嶺 謙忠

茨城県つくば市大穂 1 - 1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内

(72)発明者 田中 宏幸

茨城県つくば市大穂 1 - 1 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構内

F ターム(参考) 2F067 AA01 AA14 AA27 AA64 CC00 DD10 HH10 JJ01 KK06 LL06

LL14 LL17

2F069 AA12 AA46 BB40 GG01 GG04 GG08 GG16 GG59 NN00 QQ05

2G001 AA03 BA11 CA03 KA11 LA06

4K015 KA07

4K056 AA01 CA02 CA07 FA19