

(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
2015年6月4日(04.06.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/079646 A1

- (51) 国際特許分類:
C21C 5/46 (2006.01) C21C 5/35 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/005764
- (22) 国際出願日: 2014年11月18日(18.11.2014)
- (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 2013-246076 2013年11月28日(28.11.2013) 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: ▲高▼橋 幸雄 (TAKAHASHI, Yukio); 〒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). 内田 祐一 (UCHIDA, Yuichi); 〒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). 井上 周大 (INOUE, Shuta); 〒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).

産部内 Tokyo (JP). 五十川 徹 (IKAGAWA, Toru); 〒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). 三木 祐司 (MIKI, 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).

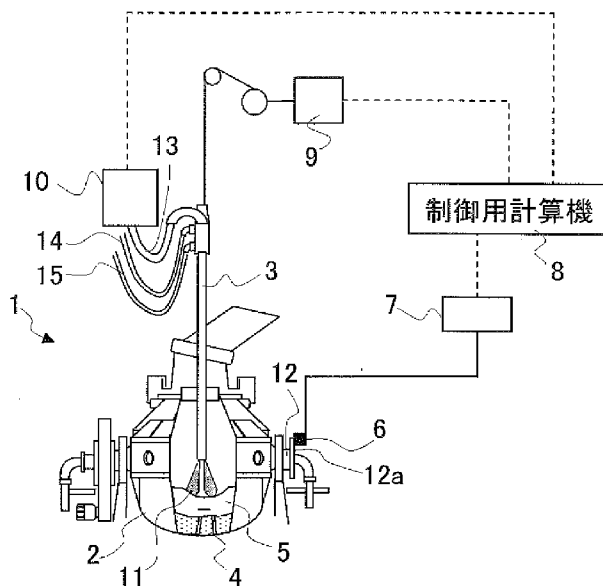
(74) 代理人: 熊坂 晃, 外 (KUMASAKA, Akira et al.); 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目7番1号 J F E 商事ビル6階 J F E テクノリサーチ株式会社知的財産事業部内 Tokyo (JP).

(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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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.

[続葉有]

(54) Title: CONVERTER OPERATION MONITORING METHOD AND CONVERTER OPERATION METHOD

(54) 発明の名称: 転炉操業監視方法及び転炉操業方法



8 Calculator for control use

(57) Abstract: In the decarburization refining of molten pig iron by top-blowing an oxidizing gas through a top blowing lance, the fluctuation of molten metal is suppressed to prevent the occurrence of flying/scattering of the molten metal and the reduction in iron yield caused by the flying/scattering of the molten metal. A converter operation monitoring method according to the present invention comprises, in the decarburization refining of molten pig iron (5) in a converter (2) by blowing an oxidizing gas onto the molten pig iron through a top blowing lance (3) or blowing the oxidizing gas onto the molten pig iron through the top blowing lance while blowing the oxidizing gas or an inert gas into the molten pig iron through a bottom blowing tuyere (4), measuring the vibration of the converter and monitoring the frequency of the vibration of the converter, which can be determined by subjecting the measurement value to a frequency analysis, during the decarburization refining.

(57) 要約: 上吹きランスを介して酸化性ガスを上吹きして溶銑の脱炭精錬を実施するにあたり、溶融鉄の揺動を抑制し、溶融鉄の飛散とこれによる鉄歩留りの低下を抑制する。本発明の転炉操業監視方法は、転炉内の溶銑5に上吹きランス3から酸化性ガスを吹き付ける、または、上吹きランスから酸化性ガスを吹き付けるとともに底吹き羽口4から酸化性ガスまたは不活性ガスを溶銑に吹き込んで溶銑の脱炭精錬を行う際に、転炉2の振動を測定し、該測定値を周波数解析することによって求められる、前記転炉の振動の周波数を脱炭精錬中に監視する。



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

SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称： 転炉操業監視方法及び転炉操業方法

技術分野

[0001] 本発明は、上吹きランス (top blowing lance) から酸化性ガス (oxidizing gas) を転炉内の溶銑 (molten pig iron) に吹き付けて、溶銑から溶鋼 (molten steel) を製造する転炉操業での操業監視方法及び操業方法に関し、詳しくは、炉口や炉壁などに付着する鉄分及びダストなどとして炉外へ噴出する鉄分を低減することのできる転炉操業監視方法及び転炉操業方法に関する。

背景技術

[0002] 転炉での溶銑の脱炭精錬 (decarburization refining) では、転炉の生産性向上の観点から、単位時間あたりの酸素ガス供給速度を高めた操業が採用されるに伴い、ダストなどとして炉外に飛散する鉄分、並びに、炉口付近や炉壁に付着及び／または堆積する鉄分が増加している。これらの鉄分は最終的には回収されて再度鉄源として利用されるが、これらの鉄分の量が多くなると、付着した鉄分の除去及び飛散した鉄分の回収に要する処理コストの増加及び転炉の稼働率の低下を招く。従って、これらの鉄分を低減することが解決すべき重要な課題の一つとなっている。

[0003] このため、転炉での脱炭精錬におけるダストの発生及び抑制に関して、従来から多くの検討・研究がなされてきた。その結果、ダストの発生機構については、[1] バブルバースト (bubble burst) (スピitting (spitting) 及び／またはCOガス気泡の湯面からの離脱に伴って粒鉄 (iron particle) が飛散する現象など) による発生機構と、[2] ヒューム (高温下での鉄原子の蒸発) による発生機構との2つに大別され、脱炭精錬の進行に伴って各々の発生量及び発生割合が変化することが明らかとなっている。

[0004] ところで、転炉などの精錬反応容器では、炉内の溶銑及びこの溶銑から製造される溶鋼は、上吹きランスから供給される精錬用ガスや底吹き羽口 (bot

tom blowing tuyere) から供給される攪拌用ガスによって揺動 (fluctuation) する。精錬反応容器は炉口部分が開口しているので、揺動との共振によって精錬反応容器が破損することはない。しかしながら、溶銑またはこの溶銑から製造される溶鋼の揺動に伴って溶融鉄 (molten metal) の飛散が増大し、前述したバブルバーストによるダストの発生起源の増加及び炉口付近や炉壁での鉄分の付着及び／または堆積を増加させる可能性がある。尚、溶銑の脱炭精錬において、溶銑は脱炭精錬されて溶鋼へと変化するが、脱炭精錬の途中で溶銑と溶鋼とを区別して表示することは困難であるのみならず、煩雑でもある。そこで、本明細書では溶銑と溶鋼とをまとめて「溶融鉄 (molten metal)」と表示する。溶銑と溶鋼との区別が明確である場合は、「溶銑」または「溶鋼」と表示する。

[0005] 本発明者らは、揺動に伴う溶融鉄の飛散の有無を確認するべく、転炉などの円筒容器における固有振動数がどの程度になるかを調査した。非特許文献 1 は、転炉などの円筒容器における固有振動数を解析的に求めており、非特許文献 1 によれば、円筒容器の固有振動数は、円筒容器の内径と円筒容器内の浴深さ (bath depth) とから、下記の (1) 式で与えられるとしている。

[0006] [数1]

$$f_{\text{calc}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{2k \times \frac{g}{D} \times \tanh\left(2k \times \frac{H}{D}\right)} \quad \cdots (1)$$

[0007] 但し、(1) 式において、 f_{calc} は固有振動数 (Hz)、 g は重力加速度 (9.8 m/s^2)、 D は円筒容器の内径 (m)、 H は円筒容器内の浴深さ (m)、 k は 1.84 の値の定数、 π は円周率である。

[0008] 一方、非特許文献 2 によれば、商業規模の転炉における溶融鉄の揺動による振動数は 0.3 ~ 0.4 Hz 程度であることが測定されている。この測定値は、(1) 式から算出される転炉の固有振動数 (f_{calc}) とほぼ一致する。

[0009] 即ち、商業規模の転炉において、収容された溶融鉄の共振による浴面揺動が起こり得ることがわかる。従って、この揺動に起因し、転炉での溶銑の脱

炭精錬では、バブルバーストによるダストの発生起源の増加及び炉壁や炉口付近での鉄分の付着及び／または堆積を増加させる可能性が極めて高い。

先行技術文献

非特許文献

[0010] 非特許文献1：生産研究、vol.26(1974) No.3. p. 119－122

非特許文献2：川崎製鉄技報、vol.19(1987) No.1. p. 1－6

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] 本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、上吹きランスを介して酸化性ガスを上吹きして溶銑の脱炭精錬を実施するにあたり、溶融鉄の揺動を抑制し、溶融鉄の飛散とこれによる鉄歩留まりの低下とを抑制することのできる転炉操業監視方法及び転炉操業方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0012] 上記課題を解決するための本発明の要旨は以下のとおりである。

[0013] [1] 転炉内の溶銑に上吹きランスから酸化性ガスを吹き付ける、または、上吹きランスから酸化性ガスを吹き付けるとともに底吹き羽口から酸化性ガスまたは不活性ガスを溶銑に吹き込んで溶銑の脱炭精錬を行う際に、前記転炉の振動を測定し、該測定値を周波数解析することによって求められる、前記転炉の振動の周波数を脱炭精錬中に監視する転炉操業監視方法。

[0014] [2] 前記測定値を高速フーリエ変換することで、前記転炉の振動の周波数を求めることを特徴とする、上記[1]に記載の転炉操業監視方法。

[0015] [3] 転炉内の溶銑に上吹きランスから酸化性ガスを吹き付ける、または、上吹きランスから酸化性ガスを吹き付けるとともに底吹き羽口から酸化性ガスまたは不活性ガスを溶銑に吹き込んで溶銑の脱炭精錬を行う際に、前記転炉の振動を測定し、該測定値を周波数解析することによって前記転炉の振動の周波数を脱炭精錬中に求め、求めた転炉振動の周波数のうちで、振幅が

最大となる周波数（ f_{obs} ）が、下記の（１）式で算出される転炉の固有振動数（ f_{calc} ）よりも大きくなるように、上吹きランスから吹き付ける酸化性ガスの流量、上吹きランスのランス高さのうちの何れか一方または双方を調整する転炉操作方法。

[0016] [数2]

$$f_{\text{calc}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{2k \times \frac{g}{D} \times \tanh\left(2k \times \frac{H}{D}\right)} \quad \dots (1)$$

[0017] 但し、（１）式において、 f_{calc} は固有振動数（Hz）、 g は重力加速度（ 9.8 m/s^2 ）、 D は転炉の溶銑収容部の内径（m）、 H は転炉内の浴深さ（m）、 k は1.84の値の定数、 π は円周率である。

[0018] [4] 前記測定値を高速フーリエ変換することで、前記転炉の振動の周波数を求めることを特徴とする、上記[3]に記載の転炉操作方法。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、転炉内容融鉄の揺動による振動の周波数を脱炭精錬中にリアルタイムで監視するので、溶融鉄の揺動に起因する溶融鉄の飛散の有無を予測することができる。また、その際に、転炉の振動の周波数のうちで、振幅が最大となる周波数（ f_{obs} ）が転炉の固有振動数（ f_{calc} ）よりも大きくなるように、上吹きランスから供給する酸化性ガスの流量、上吹きランスのランス高さのうちの何れか一方または双方を調整した場合には、転炉内容融鉄の揺動が抑制され、溶融鉄の炉外への飛散が軽減されて鉄歩留まりの低下を抑制することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1] 図1は、脱炭精錬中の転炉の振動を測定することが可能であって本発明を実施するうえで好適な転炉設備の概略図である。

[図2] 図2は、無次元化ランス高さ（ L/d_0 ）と、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数（ f_{obs} ）との関係を示す図である。

[図3] 図3は、上吹き酸素ガス流量と、転炉振動周波数のうちで振幅が最大と

なる周波数（ f_{obs} ）との関係を示す図である。

[図4]図4は、平均ダスト発生速度と、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数（ f_{obs} ）との関係を示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明を具体的に説明する。先ず、本発明に至った経緯について説明する。

[0022] 本発明者らは、転炉内の溶銑に酸素ガスなどの酸化性ガスを上吹きして溶銑の脱炭精錬を行う際のダスト発生量及び炉口や上吹きランスへの地金（iron skull）付着量に及ぼす上吹きランスからの酸化性ガスの流量及びランス高さの影響について、試験・検討した。具体的には、上吹きランスから酸化性ガスを吹き付けると同時に炉底部の底吹き羽口から攪拌用ガスを吹き込むことの可能な5トン容量規模の転炉を用い、そのときの転炉の振動を測定しながら、試験・検討を進めた。上吹きランスからの酸化性ガスとしては酸素ガス（工業用純酸素）を使用し、底吹き羽口からの攪拌用ガスとしてはアルゴンガスを使用した。尚、ランス高さとは、上吹きランスの先端から転炉内の静止状態の溶銑浴面までの距離である。

[0023] 図1に、上記試験で使用した、脱炭精錬中の転炉の振動を測定することが可能であって本発明を実施するうえで好適な転炉設備の概略図を示す。図1において、符号1は転炉設備、2は転炉、3は上吹きランス、4は底吹き羽口、5は溶銑、6は加速度計センサー、7は加速度計本体、8は制御用計算機、9はランス高さ制御装置、10は、上吹きランスから噴射される酸素ガスの流量を制御するための酸素ガス流量制御装置、11は、上吹きランスから噴射される酸素ガス噴流、12は、転炉のトラニオン軸（trunnion shaft）（「傾動軸」（tilt shaft）とも呼ぶ）、13は、上吹きランスへ酸素ガスを供給するための酸素ガス供給管、14は、上吹きランスを冷却する冷却水を供給するための冷却水供給管、15は、上吹きランスを冷却した冷却水を排出するための冷却水排出管である。

[0024] 転炉2の振動の測定方法としては、図1に示すように、転炉2のトラニオ

ン軸 1 2 のフランジ 1 2 a に加速度計センサー 6 を取り付け、トラニオン軸 1 2 の軸心方向（水平方向）と、この軸心方向と直交する水平方向と、の 2 軸の加速度を測定し、この加速度計センサー 6 による測定データを加速度計本体 7 に送信する。加速度計本体 7 は、加速度計センサー 6 から入力された測定データを記録すると同時に、入力された測定データを、高速フーリエ変換処理、短時間フーリエ変換処理、ウィグナー分布などの手法を用いて周波数解析して転炉振動の周波数を求める。

[0025] 加速度計本体 7 による周波数解析データは制御用計算機 8 に送信され、制御用計算機 8 は、加速度計本体 7 から入力された周波数解析データに基づいて、ランス高さ制御装置 9 及び酸素ガス流量制御装置 10 に制御信号を発信するように構成されている。

[0026] 実験では、上吹きランス先端に設置されるラバールノズル（laval nozzle）型の噴射ノズルのノズル傾角が全て 15° で、ノズル個数が 4 孔、5 孔、6 孔の 3 種類の上吹きランスを使用した。そして、上吹き酸素ガス流量（各ラバールノズルからの流量の合計。以下同様）を $18 \text{ Nm}^3/\text{min}$ の一定とし、ランス高さ（L）を $200 \sim 900 \text{ mm}$ の範囲で種々変更し、転炉炉口から排出される排ガス中のダスト濃度（鉄分ダストを分別して測定した値。以下同様）に及ぼすランス高さ（L）の影響を調査した。表 1 に、上吹きランスに配置した 4 孔、5 孔、6 孔の 3 種類のラバールノズル型の噴射ノズルの形状を示す。尚、噴射ノズルのノズル傾角とは、噴射ノズルの酸素ガス噴射方向と上吹きランスの軸心方向との角度である。

[0027] [表1]

		ノズルスロット径 d_t (mm)	ノズル出口径 d_o (mm)	ノズル傾角 ($^{\circ}$)
ノズル 個数	4 孔	10.1	11.9	15
	5 孔	9.0	10.7	15
	6 孔	8.3	9.7	15

[0028] また、別の実験では、表 1 に示す、4 孔、5 孔、6 孔の 3 種類の噴射ノズルを配置した上吹きランスを使用し、ランス高さ（L）を 400 mm の一定とし、上吹き酸素ガス流量を 10～24 Nm³/min の範囲で種々変更し、排ガス中のダスト濃度に及ぼす上吹き酸素ガス流量の影響を調査した。

[0029] 上記の試験では、酸素ガスの供給は溶銑中の炭素濃度が 4.0 質量%の時点から開始し、熔融鉄中の炭素濃度が 0.05 質量%となる時点まで続けた。また、この試験では、ランス高さ制御装置 9 及び酸素ガス流量制御装置 10 に制御信号を送信せず、ランス高さ（L）及び酸素ガス流量は初期の設定値のままとした。

[0030] 図 2 に、ランス高さ（L）を表 1 に示すノズル出口径（d_e）で除算して無次元化した無次元化ランス高さ（L/d_e）と、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数（f_{obs}）との関係を、ノズル個数別に示す。ここで、振幅が最大となる周波数（f_{obs}）は、トラニオン軸 12 の軸心方向（水平方向）と、軸心方向と直交する水平方向と、の 2 軸で測定される加速度のうちで振幅が最大となる周波数である。具体的には、2 軸の合成での振幅が最大となる周波数を求めた。図中の直線は、下記の（1）式で計算される転炉の固有振動数（f_{calc}）であり、5 トン規模の転炉 2 の固有振動数（f_{calc}）は、0.58 Hz であった。

[0031] [数3]

$$f_{\text{calc}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{2k \times \frac{g}{D} \times \tanh\left(2k \times \frac{H}{D}\right)} \quad \dots (1)$$

[0032] 但し、（1）式において、f_{calc}は固有振動数（Hz）、gは重力加速度（9.8 m/s²）、Dは転炉の溶銑収容部の内径（m）、Hは転炉内の浴深さ（m）、kは1.84の値の定数、πは円周率である。ここで、転炉の溶銑収容部の内径は、溶銑を収納している各部位の内径の平均値であり、浴深さは、転炉内底から転炉内の静止状態の溶銑浴面までの距離である。

[0033] 図2から明らかなように、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) は、無次元化ランス高さ (L/d_e) つまりランス高さ (L) の増加に伴って減少することがわかった。また、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) と転炉の固有振動数 (f_{calc}) とが一致する無次元化ランス高さ (L/d_e) は、ノズル個数の違いによって異なり、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) と固有振動数 (f_{calc}) とが一致する無次元化ランス高さ (L/d_e) は、4～6孔ノズルの比較では、4孔ノズルで最も小さくなることがわかった。

[0034] また、図3に、上吹き酸素ガス流量と、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) との関係を、ノズル個数別に示す。図中の直線は、(1) 式で計算される転炉の固有振動数 (f_{calc}) であり、前述したように、5トン規模の転炉2の固有振動数 (f_{calc}) は、0.58 Hz である。

[0035] 図3から明らかなように、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) は、上吹き酸素ガス流量の増加に伴って減少することがわかった。また、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) と転炉の固有振動数 (f_{calc}) とが一致する上吹き酸素ガス流量は、ノズル個数の違いの影響を受けず、4～6孔ノズルでは、ノズル個数による違いは認められなかった。

[0036] また更に、図4及び表2に、排ガス中の平均ダスト濃度から求めた平均ダスト発生速度と、脱炭精錬中の転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) との関係をノズル個数別に示す。ここで、平均ダスト発生速度は下記の(2)式で定義した。

[0037] 平均ダスト発生速度 ($\text{kg}/(\text{min} \cdot \text{溶銑ton})$) = 排ガス中のダスト濃度 (kg/Nm^3)
× 排ガス流量 ($\text{Nm}^3/(\text{min} \cdot \text{溶銑ton})$) . . . (2)

[0038]

[表2]

ノズル個数:4孔		ノズル個数:5孔		ノズル個数:6孔	
周波数 (f_{obs}) (Hz)	平均ダスト発生速度 (kg/(min・溶銑ton))	周波数 (f_{obs}) (Hz)	平均ダスト発生速度 (kg/(min・溶銑ton))	周波数 (f_{obs}) (Hz)	平均ダスト発生速度 (kg/(min・溶銑ton))
0.64	0.34	0.64	0.49	0.63	0.62
0.63	0.40	0.63	0.56	0.62	0.72
0.62	0.45	0.62	0.63	0.62	0.81
0.61	0.49	0.61	0.70	0.61	0.90
0.60	0.54	0.60	0.76	0.60	0.99
0.60	0.59	0.60	0.83	0.59	1.07
0.59	0.67	0.59	0.93	0.59	1.20
0.58	0.67	0.58	0.95	0.58	1.23
0.57	0.81	0.57	1.12	0.57	1.44
0.57	0.84	0.57	1.17	0.57	1.49
0.56	0.90	0.56	1.24	0.56	1.58
0.55	0.95	0.56	1.30	0.56	1.66
0.55	1.00	0.55	1.37	0.55	1.75
0.54	1.05	0.55	1.44	0.54	1.83
0.54	1.10	0.54	1.51	0.54	1.92

[0039] 図4及び表2から明らかなように、平均ダスト発生速度は、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) の増加に伴って低下するが、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が同一の場合には、4～6孔ノズルの比較では、4孔ノズルで最も平均ダスト発生速度が小さくなることがわかった。ここで、注目すべき事項は、4～6孔ノズルの何れの上吹きランスにおいても、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が固有振動数 (f_{calc}) の0.58Hzを境として平均ダスト発生速度は急激に変化し、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が固有振動数 (f_{calc}) よりも大きくなる場合には、平均ダスト発生速度が低減することである。

[0040] 即ち、ダスト発生速度の増加による鉄歩留まりの低下を防止するうえで、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が固有振動数 (f_{calc}) よりも大きくなるように、ランス高さ (L) 及び上吹き酸素ガス流量を調

整することが重要であることを知見した。

[0041] 本発明は、上記知見に基づいてなされたものであり、本発明に係る転炉操業監視方法は、転炉内の溶銑に上吹きランスから酸化性ガスを吹き付ける、または、上吹きランスから酸化性ガスを吹き付けるとともに底吹き羽口から酸化性ガスまたは不活性ガスを溶銑に吹き込んで溶銑の脱炭精錬を行う際に、前記転炉の振動を測定し、該測定値を周波数解析することによって求められる、前記転炉の振動の周波数を脱炭精錬中に監視することを必須の条件とする。

[0042] そして、本発明に係る転炉操業方法では、監視している転炉振動のうちで、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が、上記の (1) 式で算出される転炉の固有振動数 (f_{calc}) よりも大きくなるように、上吹きランスから供給する酸化性ガスの流量、上吹きランスのランス高さのうちの何れか一方または双方を調整する。具体的には、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が転炉の固有振動数 (f_{calc}) と同等かそれよりも小さくなった場合には、上吹きランスから供給する酸化性ガス流量を減少する、または、上吹きランスのランス高さを小さくする、のうちの何れか一方または双方を実施する。

[0043] 図 1 に示す転炉設備 1 では、加速度計本体 7 による周波数解析データが制御用計算機 8 に逐次送信されており、加速度計本体 7 によって解析された、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が固有振動数 (f_{calc}) と同等かそれよりも小さくなった場合には、その都度、制御用計算機 8 は、ランス高さ制御装置 9 にランス高さ (L) を小さくする信号を発信するか、または、酸素ガス流量制御装置 10 に酸素ガス流量を減少させる信号を発信する、或いは、双方を発信するように、構成されている。

[0044] 上吹きランス 3 から吹き込む酸化性ガスとしては、酸素ガスが一般的であるが、酸素ガスと希ガスとの混合ガス、空気、酸素富化空気などを用いることができる。本発明で使用する酸化ガスとは、酸素濃度が空気と同等またはそれ以上である酸素ガス含有ガスの全てのことである。

[0045] 尚、上記試験では、底吹き羽口 4 から不活性ガスを吹き込んでいるが、底

吹き羽口から酸化性ガスを吹き込んでも構わない。底吹き羽口から吹き込まれる酸化性ガスは、脱炭精錬用の酸素ガスとして機能するのみならず、攪拌用ガスとしても機能する。当然ではあるが、底吹き羽口の設置は本発明において必須条件ではなく、底吹き羽口からのガス吹き込みを行わなくても構わない。ここで、不活性ガスとは、アルゴンガスやヘリウムガスなどの希ガスまたは窒素ガスのことである。

[0046] 以上説明したように、本発明によれば、転炉内容融鉄の揺動による振動の周波数を脱炭精錬中にリアルタイムで監視するので、溶融鉄の揺動に起因する溶融鉄の飛散の有無を予測することができる。また、その際に、転炉の振動の周波数のうちで、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が転炉の固有振動数 (f_{calc}) よりも大きくなるように、上吹きランスから供給する酸化性ガスの流量、上吹きランスのランス高さのうちの何れか一方または双方を調整した場合には、転炉内容融鉄の揺動が抑制され、溶融鉄の炉外への飛散が軽減されて鉄歩留まりの低下を抑制することが可能となるのみならず、ダストの回収に要する費用及び時間が削減されて、転炉の生産性を向上することが可能となる。

実施例

[0047] 図1に示す転炉と同様の形状である、容量が300トンの上底吹き転炉（酸素ガス上吹き、攪拌用ガス底吹き）を用いて脱炭精錬を行った。使用した上吹きランスは、先端部に同一形状の5個のラバールノズル型の噴射ノズルを、ノズル傾角を 14° として上吹きランスの軸心に対して同一円周上に等間隔で配置したものである。噴射ノズルのスロート径 (d_t) は73.6mm、噴射ノズルの出口径 (d_o) は78.0mmである。

[0048] 鉄スクラップを上底吹き転炉に装入した後、予め脱燐処理を施し、温度が $1255 \sim 1280^{\circ}\text{C}$ の溶銑を上底吹き転炉に装入した。次いで、底吹き羽口からアルゴンガスを攪拌用ガスとして溶銑中に吹き込みながら、上吹きランスから酸素ガスを溶銑浴面に向けて吹き付けて、脱炭精錬を開始した。鉄スクラップの装入量は、脱炭精錬終了時の溶鋼温度が 1650°C となるよう

に調節した。使用した溶銑の化学成分を表 3 に示す。

[0049] [表3]

溶銑温度 (°C)	溶銑の化学成分(質量%)					
	C	Si	Mn	P	S	Cr
1255~1280	4.0~4.2	0.01~0.04	0.16~0.27	0.015~0.036	0.008~0.016	tr

[0050] 脱炭精錬中に炉上ホッパー（図示せず）から造滓剤として生石灰を投入し、熔融鉄中の炭素濃度が 0.05 質量%となるまで脱炭精錬を行った。生石灰は、炉内に生成されるスラグの塩基度（質量%CaO／質量%SiO₂）が 2.5 となるように、その添加量を調整した。

[0051] また、図 1 に示すように転炉のトラニオン軸 12 に加速度計センサー 6 をセットし、トラニオン軸の軸心方向及び軸心方向と直交する水平方向の 2 軸の加速度を測定した。得られた加速度信号を加速度計本体 7 で記録すると同時に高速フーリエ変換処理を行い、転炉振動の周波数解析をリアルタイムで実施し、この周波数解析データを制御用計算機 8 に送信した。制御用計算機は、受信した周波数解析データに基づき、ランス高さ制御装置 9 及び酸素ガス流量制御装置 10 を、以下のように作動させた（本発明例）。

[0052] 即ち、(1) 式から計算される固有振動数 (f_{calc}) に対して、転炉振動周波数のうちで振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が同じか小さくなる場合には、先ず、ランス高さ制御装置を作動させ、ランス高さを、基準位置から最大で 500mm 小さくする範囲内で制御した。この操作で、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が固有振動数 (f_{calc}) よりも大きくなる場合には、酸素ガス流量制御装置を作動させ、振幅が最大となる周波数 (f_{obs}) が固有振動数 (f_{calc}) よりも大きくなるまで上吹き酸素ガス流量を低下した。尚、(1) 式から計算される転炉の固有振動数 (f_{calc}) は 0.29Hz であった。

[0053] また、比較のために、転炉設備と操業方法は上記の本発明例に従うが、ランス高さ制御装置及び酸素ガス流量制御装置を作動させずに、脱炭精錬を行

った（比較例）。

[0054] 本発明例及び比較例ともに、上吹き酸素ガス流量、底吹きガス流量、及び、無次元化ランス高さ（ L/d_o ）は、溶銑中の炭素濃度に応じて表4に示すように設定した。即ち、溶融鉄中の炭素濃度が0.4質量%を境として、上吹き酸素ガス流量及び底吹きガス流量を変更するとともに、無次元化ランス高さ（ L/d_o ）を変更した。

[0055] [表4]

	溶融鉄中 炭素濃度	上吹き酸素 ガス流量 (Nm ³ /min)	無次元化ランス 高さ L/d_o (-)	底吹き ガス流量 (Nm ³ /min)	固有振動数 (f_{calc}) (Hz)
本発明例	>0.4質量%	1080	34.6	13 (アルゴン)	0.29
	≤0.4質量%	720	28.2	20 (アルゴン)	0.29
比較例	>0.4質量%	1080	34.6	13 (アルゴン)	0.29
	≤0.4質量%	720	28.2	20 (アルゴン)	0.29

[0056] 本発明例及び比較例における操業条件と脱炭精錬結果とを表5に示す。

[0057] [表5]

	噴射孔		無次元化 ランス高さ L/d_o (-)	転炉振動 周波数 f_{obs} (Hz)	精錬 時間 (分)	精錬終了 時のスラグ 中(T.Fe) (質量%)	ダスト発 生速度 指数 (-)
	スロート径 d_t (mm)	出口径 d_o (mm)					
本発明例	73.6	78.0	34.6→ 29.5→28.2	0.29→ 0.32→0.33	14.4	12.3	0.87
比較例	73.6	78.0	34.6→ 34.6→28.2	0.29→ 0.29→0.33	14.4	12.2	1.0

[0058] 本発明例では、精錬中に、振幅が最大となる周波数（ f_{obs} ）が固有振動数（ f_{calc} ）と一致したため、直ちに上吹きランス高さ制御装置及び作動し、無次元化ランス高さ（ L/d_o ）を34.6から29.5に変更した。これにより、振幅が最大となる周波数（ f_{obs} ）は0.32Hzに上昇した。同一の操業方法であるので、比較例でも、振幅が最大となる周波数（ f_{obs} ）は固有振動数（ f_{calc} ）と一致したが、比較例では、操業条件を変更せずに脱炭精錬を継続し

た。

[0059] その結果、本発明例と比較例とで精錬時間や冶金特性はほぼ同等の成績であったが、比較例では本発明例に比較してダスト発生速度が高くなった。尚、表5のダスト発生速度指数は、比較例でのダスト発生速度を1.0とした場合の相対値である。

[0060] このように、本発明を適用することで、鉄歩留まりを高めた転炉操業が可能となることが確認できた。

符号の説明

- [0061]
- 1 転炉設備
 - 2 転炉
 - 3 上吹きランス
 - 4 底吹き羽口
 - 5 溶銑
 - 6 加速度計センサー
 - 7 加速度計本体
 - 8 制御用計算機
 - 9 ランス高さ制御装置
 - 10 酸素ガス流量制御装置
 - 11 酸素ガス噴流
 - 12 トラニオン軸
 - 13 酸素ガス供給管
 - 14 冷却水供給管
 - 15 冷却水排出管

請求の範囲

[請求項1] 転炉内の溶銑に上吹きランスから酸化性ガスを吹き付ける、または、上吹きランスから酸化性ガスを吹き付けるとともに底吹き羽口から酸化性ガスまたは不活性ガスを溶銑に吹き込んで溶銑の脱炭精錬を行う際に、

前記転炉の振動を測定し、該測定値を周波数解析することによって求められる、前記転炉の振動の周波数を脱炭精錬中に監視する転炉操業監視方法。

[請求項2] 前記測定値を高速フーリエ変換することで、前記転炉の振動の周波数を求めることを特徴とする、請求項1に記載の転炉操業監視方法。

[請求項3] 転炉内の溶銑に上吹きランスから酸化性ガスを吹き付ける、または、上吹きランスから酸化性ガスを吹き付けるとともに底吹き羽口から酸化性ガスまたは不活性ガスを溶銑に吹き込んで溶銑の脱炭精錬を行う際に、

前記転炉の振動を測定し、該測定値を周波数解析することによって前記転炉の振動の周波数を脱炭精錬中に求め、

求めた転炉振動の周波数のうちで、振幅が最大となる周波数（ f_{obs} ）が、下記の（1）式で算出される転炉の固有振動数（ f_{calc} ）よりも大きくなるように、上吹きランスから吹き付ける酸化性ガスの流量、上吹きランスのランス高さのうちの何れか一方または双方を調整する転炉操業方法。

[数1]

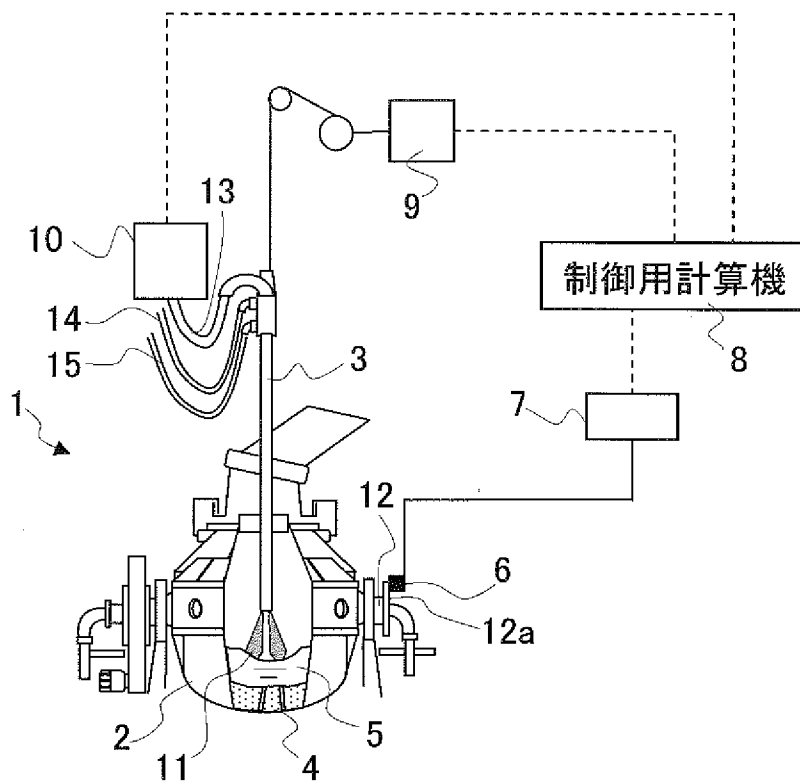
$$f_{\text{calc}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{2k \times \frac{g}{D} \times \tanh\left(2k \times \frac{H}{D}\right)} \quad \cdots (1)$$

但し、（1）式において、 f_{calc} は固有振動数（Hz）、 g は重力加速度（ 9.8 m/s^2 ）、 D は転炉の溶銑収容部の内径（m）、 H

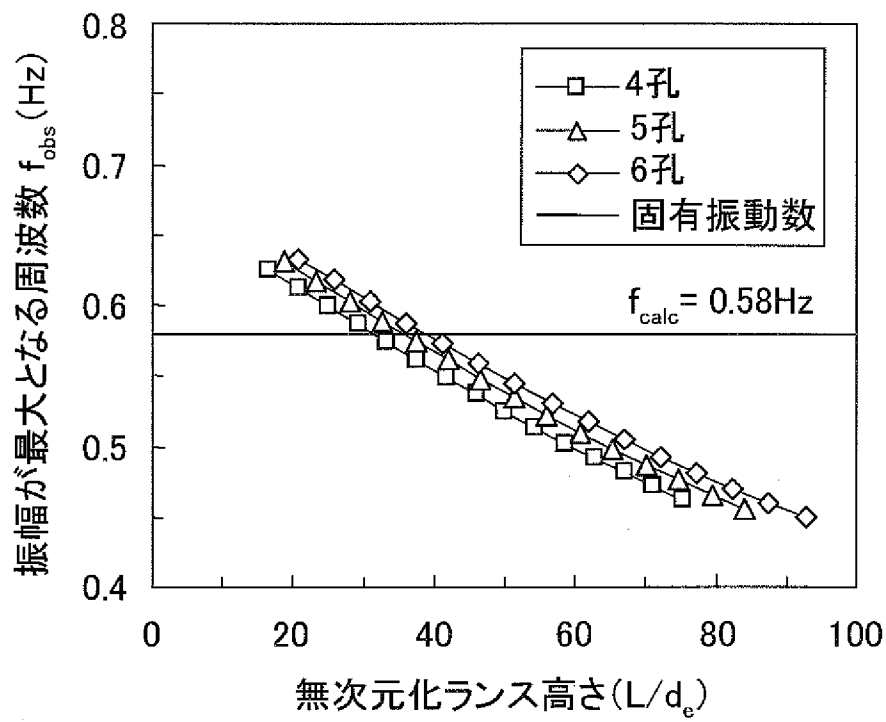
は転炉内の浴深さ（m）、 k は1.84の値の定数、 π は円周率である。

[請求項4] 前記測定値を高速フーリエ変換することで、前記転炉の振動の周波数を求めることを特徴とする、請求項3に記載の転炉操業方法。

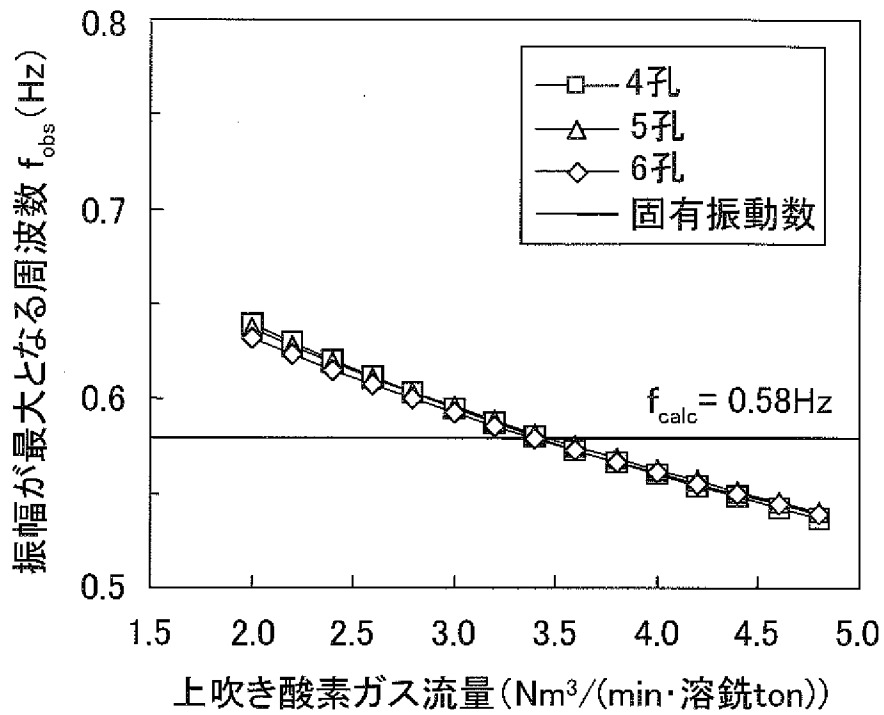
[図1]



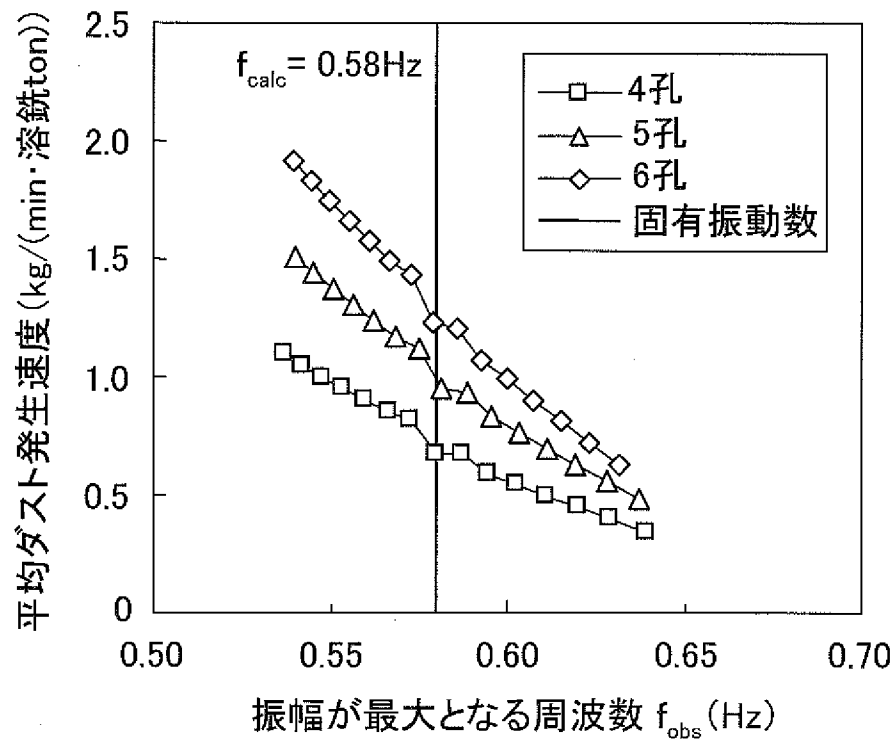
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005764

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C21C5/46(2006.01)i, C21C5/35(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)

C21C5/46, C21C5/35

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X Y A	JP 11-199916 A (Kawasaki Steel Corp.), 27 July 1999 (27.07.1999), paragraphs [0016] to [0019] (Family: none)	1 2 3, 4
Y A	JP 1-195232 A (Nippon Steel Corp.), 07 August 1989 (07.08.1989), page 2, upper right column, line 17 to lower left column, line 4 (Family: none)	2 3, 4
Y A	Christian WUPPERMANN et al., Physical and Mathematical Modeling of the Vessel Oscillation in the AOD Process, ISIJ International, Vol.53 No.3, 2013.03.15, pp.441-449	2 3, 4

☒ 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
26 January 2015 (26.01.15)

Date of mailing of the international search report
24 February 2015 (24.02.15)

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/JP2014/005764

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 8-269525 A (Sumitomo Metal Industries, Ltd.), 15 October 1996 (15.10.1996), claim 1; paragraph [0021] (Family: none)	1-4
A	JP 53-77816 A (Nippon Steel Corp.), 10 July 1978 (10.07.1978), claim 1 (Family: none)	1-4

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C21C5/46(2006.01)i, C21C5/35(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（I P C））

Int.Cl. C21C5/46, C21C5/35

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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 Y A	JP 11-199916 A（川崎製鉄株式会社）1999.07.27, 【0016】 - 【0019】 欄（ファミリーなし）	1 2 3, 4
Y A	JP 1-195232 A（新日本製鐵株式会社）1989.08.07, 第2頁右上欄第17行-左下欄第4行（ファミリーなし）	2 3, 4

☒ 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

2 6 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

2 4 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

本多 仁

4 E

3 4 4 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 2 5

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 A	Christian WUPPERMANN、他 3 名, Physical and Mathematical Modeling of the Vessel Oscillation in the AOD Process, ISIJ International, Vol. 53 No. 3, 2013. 03. 15, pp. 441-449	2 3, 4
A	JP 8-269525 A (住友金属工業株式会社) 1996. 10. 15, 請求項 1, 【0021】欄 (ファミリーなし)	1 - 4
A	JP 53-77816 A (新日本製鉄株式会社) 1978. 07. 10, 請求項 1 (ファミリーなし)	1 - 4