

コシキ溶解技術の高度化

勝負澤 善行*、高川 貫仁*、池 浩之*、茨島 明**

コシキ炉溶解における操業の安定化を目的に、溶解の基礎的調査を行い、さらにイオウ含有量の抑制、高温溶解技術について検討を行った。その結果、コークスの一部を木炭に代替することにより、イオウの増加を抑制することができた。また、空気と一緒に酸素ガスを吹き込むことにより、高い温度の鑄鉄溶湯を得ることができた。

キーワード：コシキ炉、鑄鉄、イオウ、温度

The Improvement on the Melting Technology of Small Cupola

SHOUBUZAWA Yoshiyuki, TAKAGAWA Takahito, IKE Hiroyuki
and BARAJIMA Akira

In order to stabilize the quality of molten cast iron by small cupola, we carried out the basic investigation of the melting operation. In addition, we examined technology which controlled the content of sulfur in molten cast iron, and which increased the temperature of molten cast iron. Consequently, by using charcoal as a substitute for a part of coke, we were able to suppress that the sulfur increased. And by blowing the oxygen gas with the air, we were able to increase the temperature of the molten cast iron.

key words : small cupola, cast iron, sulfur, temperature

1 緒 言

鉄瓶などの南部鉄器を製造している工房では、コシキ(甕)炉と言われる、キュポラを縮小したような形状の小型炉で鑄鉄を溶解している。使用されているコシキ炉のサイズは様々であるが、いずれも溶解能力は低く、それ故に、手づくりで鉄瓶用焼型を造型し鑄造している小ロット生産の工房に適している。

コシキ炉は、積み重ね式の炉であり、上ゴシキ・中ゴシキ・湯溜部の3つに分けることができるので、炉の補修がしやすく、扱いやすいのが特徴である。

しかし、溶解作業は、経験に頼るところが多く目勘定で行われているため、溶湯温度が変化しやすかったり、溶湯成分がバラつくなど、操業の安定化が難しい。当然、業界においても数値の蓄積や操業の技術改善等が大切であるとの認識はあるのだが、コシキ炉溶解方法の文献や情報はほとんどなく、技術的解析が求められている。

そこで、本実験では、操業の安定化を目的に、コシキ炉溶解における基礎的な調査を行い、さらに湯流れや材料を脆くするイオウの抑制や高温溶解技術など、業界が抱えている諸問題についても検討を行った。イオウの抑

制については、イオウ発生源がコークスであることが知られており¹⁾、今回はコークス投入量の一部を木炭に換えてその影響を検討した。また高温溶解技術については、酸素ガスを吹き込むことによりその効果を検討した。

2 実験方法

2-1 コシキ炉の構造

実験に用いたコシキ炉の概略図を図1に示す。本炉の特徴は、①羽口が3本ある、②風箱がある、③上ゴシキに湯返口がある等である。①②は、炉に送り込まれる風の方向性を和らげ、燃料や材料の溶解が不均一にならないように考慮されたものであり、③はテル(取鍋)の残り湯を戻しやすいというだけでなく、湯温を高める効果も持つ。炉の性能を示す各値は次のとおりである。

<有効高さ比>

有効高さ比とは、羽口面から原材料が常に充填されている上面までの高さ(有効高さ)と、羽口面の炉内径との比率のことである。有効高さの上方は地金を予熱するので、高くした方が熱的に有利となる。しかし高すぎると、燃料(コークスや木炭など)に大きな圧力がかかるため燃

* 金属材料部 (現在 材料技術部)

** 企画情報部

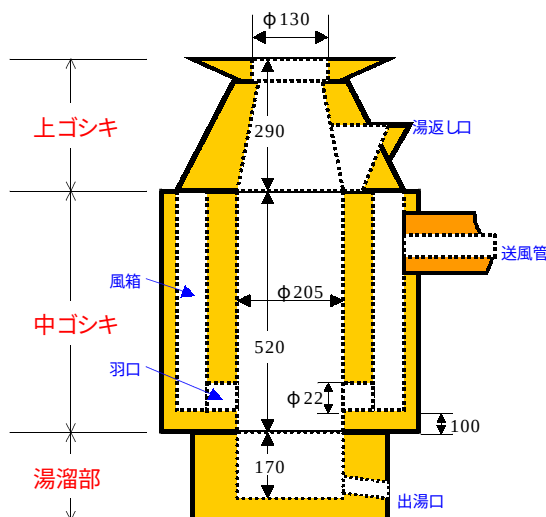


図1 コシキ炉の概略図



図2 操業の様子

料が破損し、炉内の通風抵抗が大きくなり正常な溶解が行われない。一般的なキューボラでは4～6程度であるが¹⁾、小型炉の場合は大抵、少し大きめである。

本炉は、710/205 3.5 であり、値は小さめである。木炭を燃料とした炉は、木炭の圧縮強度が弱いために小さな値となっているものが多い。この炉も、木炭を燃料として南部鉄瓶を製造していた当時の寸法比率になっていると思われる。

<羽口比>

羽口の効率、羽口面の炉の断面積と羽口の総断面積の比率(羽口比)で示される。羽口比が大きいことは、羽口面積が小さいことを意味し、速度が大きい風が炉内に入り、局部的・偏析的な燃焼が起こる。これに対して羽口比が小さい場合は、送られる風の速度が小さく、燃焼が炉の中心まで達しない。大型キューボラでは10～15、小型キューボラでは5～9が一般的な値である²⁾。

この炉は、 $102.5^2\pi / (11^2\pi \times 3) 29$ である。これは相当高い値であるが、その理由は、この炉が設計された当時は、燃料の主体が木炭であったことと、送風に輔(ふいご)を使用する南部鉄瓶製造技術の名残であると考えられる。

送風機には、1.5kWのモーター式ブロアーを使用した。

2-2 溶解方法

2-2-1 コシキ炉溶解の基礎調査

原料は、銑鉄(JIS-1種B銑)および機械铸件故銑を用いた。機械铸件故銑は不純物が比較的少なく、B銑はシリコンを1.8～2.2%を含有している。

操業の様子を図2に示す。操業は、まず湯返口を塞ぎ出湯口を開けたままの状態ですくきを行った。10分後、出湯口を栓止棒で塞ぎ、溶解材料と燃料であるコークスを投入した。約5分おきに、コークスと材料を添加し、途中、造滓材である石灰石も添加した。

溶解における温度の経時変化は、R熱電対を炉床の炉壁内面より10mmの所に挿入し記録した。また20～30分おきに、テルで受けた溶湯温度を測定し、その後、分析用金型に注湯した。得られた分析試料について、発光分光分析装置により分析を行った。

2-2-2 木炭添加実験

2-2-1の実験方法をベースとして、燃料にコークスと木炭を用い、溶湯中元素におよぼす木炭使用の影響を調べた。1回の燃料投入量は、コークス1kgおよび木炭0.5kgである。木炭の投入は、出湯開始から80分経過後に開始した。

2-2-3 酸素ガス吹き込み実験

2-2-1の実験方法をベースにして、空気と一緒に酸素ガスを吹き込み、溶湯温度及び溶湯元素に及ぼす影響を調べた。酸素ガスは、ブロー側面の空気吸込み口から3・/min注入した。

燃料にはコークスと木炭を使用し、材料投入開始から木炭の投入を行った。1回の燃料投入量は、上記実験同様、コークス1kg+木炭0.5kgとした。

3 実験結果および考察

3-1 コシキ炉溶解の基礎調査結果

3-1-1 溶解温度の変化

溶解温度の経時変化を図3に示す。図は、溶解材料を投入し始めてからの時間を示している。

15分後、炉床の温度が上がっていき、炉床に溶湯が溜まりはじめたことが分かる。18～20分で、湯温は1350℃付近で安定し、出湯可能となった。この時間は、正常操業している一般のキューボラも同様である。炉床の温度は、湯溜まりの溶湯に直接熱電対を挿入しているのではなく、炉壁の10mm内側の温度であり、実際の溶湯温度は1450℃程度と思われる。

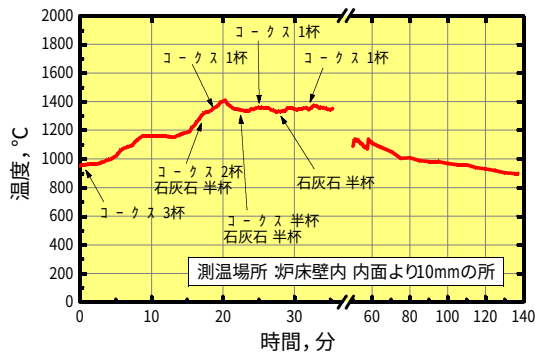


図3 溶解温度の経時変化

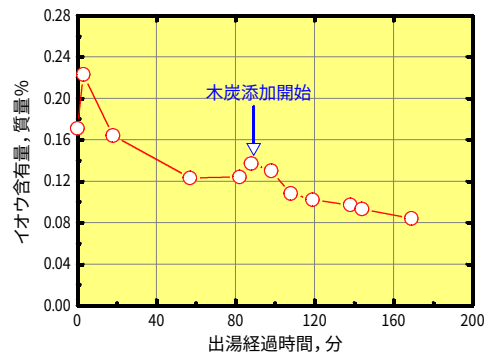


図5 木炭を添加したときのイオウの経時変化

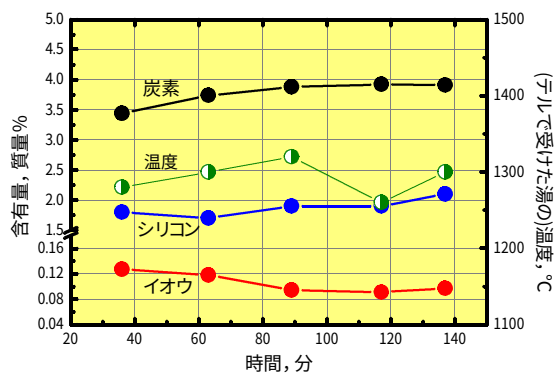


図4 炭素・シリコン・イオウの経時変化

60分以降は、熱電対の装入場所を変え、前より厚い炉床壁内で測温したため、正確な測温はできていないと思われるが、溶解の継続により、温度の降下が大きくなった。これは、バットコークスが燃焼し降下したためと考えられ、ここから更に継続して安定な溶解を行うには、バットコークスを補給すべきであることが分かる。

3-1-2 鑄鉄溶湯の化学組成の変化

図4に、鑄鉄の主要元素である炭素・シリコン・イオウの経時変化を示す。また、図中に、テルで受けた溶湯温度も示す。溶湯温度は、テルの予熱によりバラツキが生じているが、実験による溶湯温度の変化を見るための大まかな目安として記録した。

図中の3元素とも、時間の経過と共に大きく変化している。炭素は、溶解温度の上昇に伴って増加することが知られており¹⁾、本実験でも、3.5%から3.9%へ増加しており、時間の経過にしたがって炉況が良くなっていることが分かる。

また珪素は、溶解当初、酸化傾向が強かったためか値は低いですが、時間の経過にしたがって上昇した。これは炭素の挙動と類似している。

これに対して、鑄鉄の材質を劣化させるイオウは、溶解開始時には0.12%以上と高い値であるが、時間の経過

と共に減少し、90分以降では0.1%程度となった。イオウは、石灰との反応によりある程度減少したものと考えられる。

溶湯の化学成分から判断すると、50分以降の溶湯が良好である。テルの予熱を充分に行えば、注湯に適した良好な溶湯となることが予測される。

その他の元素については、次のとおりである。リン=0.072%、マンガン=0.53%、クロム=0.042%、銅=0.033%、ニッケル=0.039%、チタン=0.034%、バナジウム=0.013%。リンとマンガンはやや高めであるが、問題になる量ではない。また、クロム、チタン、バナジウム等の白銹化元素も0.05%以下で問題のない量であった。

3-2 木炭添加実験の結果

溶湯中のイオウを抑制するために、コークスの一部を木炭に換えて溶解実験を行った。その結果を図5に示す。横軸は、出湯からの経過時間を示す。前の実験では、初湯(はなゆ：最初に出湯した溶湯のこと)の分析を行わなかったが、今回は最初から分析試料を採取した。

イオウは、出湯開始直後では0.16~0.23%とかなり高かったが、その後数回出湯することにより、0.12%近傍に安定した。木炭投入開始後、イオウは徐々に下がっていき、0.08%まで減少した。これより、木炭による代替は、溶湯中イオウ含有量の抑制に効果があることが分かった。初湯のイオウ含有量が高いのは、コークスの燃焼により溶解材料がイオウガス雰囲気中にさらされ、さらに湯溜部でバットコークスのイオウ分を吸収するためと考えられる。

早期にイオウの量を減少させるには、石灰石の投入量を多くすることにより可能と思われるが、炉壁が酸性耐火物であるため、炉壁の損耗が大きくなる。この辺の兼ね合いは、これからの溶解で見極めていく必要がある。また、イオウの含有量を高めないために、初湯を再度炉に返さないで、捨てる方がよいと思われた。

3-3 酸素ガス吹き込み実験の結果

酸素ガス吹き込みによる溶解温度および溶湯中元素の経時変化を図6に示す。図は、溶解材料を投入し始め

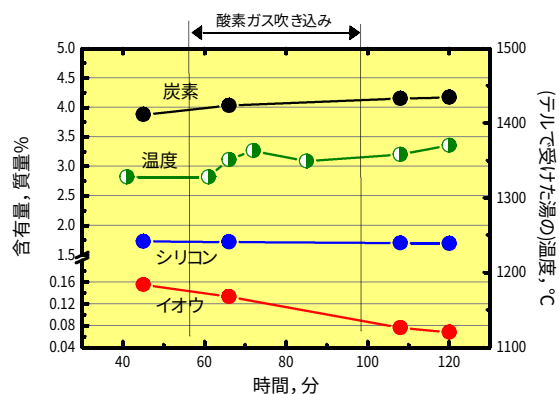


図6 酸素ガス吹き込みによる溶解温度と元素の挙動

てからの時間を示している。また、図中の溶湯温度は、テルで受けた溶湯温度である。

酸素ガス吹き込み前は、1330℃付近で安定していたが、酸素吹き込み開始後、溶湯温度は急激に上昇し、1360℃、最高1370℃まで上がった。これは、酸素ガスの吹き込みにより、 $C + O_2 = CO_2$ の発熱反応が活発に行われたためと考えられる。また、溶湯中の炭素含有量が増加していることから、燃料の投入量及びサイズには問題なく、良好な溶解ができたことが分かる。

イオウ含有量は、溶解当初はペットコークスの影響もあり変わらず高い値であったが、徐々に減少していき0.07%まで下がった。

4 結 言

- 1) 通常の操業において、溶解材料投入開始から18～20分後に湯溜部の湯温は安定した。
- 2) 通常の操業において、テルに受けた湯の温度は、約1300℃であった。
- 3) 原材料に機械鋳物故鉄と銑鉄(B銑)を用いて、炭素含有量3.8%、シリコン含有量1.8%前後の南部鉄瓶にとって理想の化学組成を得ることができた。
- 4) 初湯のイオウ含有量は、0.16～0.23%とかなり高く、その後数回出湯することにより0.12%まで減少した。
- 5) 燃料として、コークス投入量の1/3を木炭に換えることにより、イオウ含有量の増加を抑えることができた。
- 6) 酸素ガスを吹き込むことにより、湯温を1330℃から最高1370℃まで上昇させることができた。

以上より、不良や歩留まり、単価を考慮すれば、今後は機械鋳物の故鉄や専用に配合された銑鉄を購入し用いた方が、品質の安定化に効果的と考えられた。

今後、初湯の処理やペットコークスの補給、石灰石の

投入などを改善すれば、更に良好な溶解が可能と思われる。また、風圧・風量と温度上昇、耐火物の選択と築炉改善などを検討すれば、このような小型のコシキで、さらに良好な溶湯が得られるものと考えられる。

本実験を遂行するにあたり、多大なる御協力をいただいた、南部鉄器販売(株)の皆様、ならびに南部鉄器協同組合 岩清水康二氏に深く感謝いたします。

最後に、平成12年度から平成14年度に行われたペルーと当センター及び県内企業との技術交流により、本報告で使用したコシキ炉と同様の炉が、ペルーにも造られたので図7に紹介いたします。



図7 ペルー国で造られたコシキ炉

文 献

- 1) 例えば、石野亨著：キューボラ、(社)新日本鋳鍛造協会(1985)
- 2) 例えば、鋳造技術シリーズ3 鋳鉄の生産技術(改訂版)、(財)素形材センター(1998)