



高効率バイオコークスの加炭材としての適応方法の研究開発

メタデータ	言語: jpn 出版者: 室蘭工業大学地域共同研究開発センター 公開日: 2019-03-13 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 清水, 一道, 木口, 昭二, 楠本, 賢太 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10258/00009769

高効率バイオコークスの加炭材としての適応方法の研究開発

清水 一道^{*1}, 木口 昭二^{*2}, 楠本 賢太^{*1}

1 はじめに

鑄鉄鑄物の生産には、誘導溶解炉（電気炉）やキューボラが用いられており、その際、溶解副資材として石炭コークス、加炭材等の化石燃料が使用されている。我が国は、化石燃料の多くを海外からの輸入に頼っており、エネルギー安全供給の面において多くの課題を抱えている。これらの資源を輸入に頼らず、国内で資源を生み出していくには化石燃料と代替可能なバイオマスを起源とする固形燃料を創出する必要がある¹⁻³⁾。

このような状況を鑑み、バイオマスをを用いた固形化技術の開発が急進的に行われており、高密度-高硬度固形燃料（以後、バイオコークスと称する）の研究開発が進められている⁴⁻¹³⁾。

誘導溶解炉はバッチ式であり、多品種少量生産に向いており、多くの鑄物工場に導入されている設備の1つである。誘導溶解炉では、材料の炭素(C)量を上げるために電極黒鉛等に使用される加炭材が用いられている。加炭材は、石油系の結晶質であるため高価であり、鑄造における経済的かつ環境保全の観点から大きな問題となっている。その削減には、化石燃料に依らない開発が必要不可欠である。バイオコークスは、製造時に分子空間及び形状を制御できることから、優れた機能性を付与できると考えられる。

そのことを踏まえ、本研究では高周波誘導溶解炉を用い、鑄鉄を製造する際にバイオコークス添加することで、鑄鉄に加炭効果が得られるか検証するとともに、バイオコークスを用いた鑄鉄(FC250, FCD450)の機械的性質及び組織を観察することで、バイオコークスが溶湯に与える影響を調査することを目的とする。

2 実験方法

バイオコークス(BC)は、ヒノキ及び茶葉滓を原料とした2種類とした。使用したBCの総熱量と化学組成を表1に示す。特に加炭材としての特性値は、総発熱量約20MJ/kgで炭素量(C)が約50mass%である。

片状黒鉛鑄鉄(FC250 相当)及び球状黒鉛鑄鉄(FCD450 相当)の製造を行った。それぞれの元湯の目標組成を表2に示す。鑄造には、鉄スクラップ、銑鉄及びFe-75mass%Si合金を用いて成分調整を行った。また、使用した溶解原材料の化学組成を表3に示す。

各BCのC量は、約50mass%であるが、昇温途中でBC中の既発性炭素が燃焼するため、BCの固定炭素量を約25mass%と仮定して実験を行った。溶解重量40kgになるように鉄スクラップを約16kg、銑鉄を約21kg及びFe-75mass%Si合金を約0.5~0.7kg、BCを2~2.5kgとし、高周波誘導溶解炉にて溶解後、押湯部と実体部からなるYブロック形状の砂型に鑄造した。

製造した各種鑄鉄を引張試験片形状に加工し、引張試験を行った。また、BCを利用した鑄鉄の組織観察及び硬度を行った。

表1 バイオコークスの総発熱量及び化学組成

	C	Si	Mn	P	S	水分	総発熱量
	mass%						MJ/kg
ヒノキBC	50.23	21.69	0.54	0.72	0.05	2.56	19.73
茶葉滓BC	51.96	4.28	1.90	8.03	0.34	2.29	21.60

表2 溶湯の目標組成 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S
FC250相当	3.20	2.00	0.50	≤0.04	≤0.04
FCD450相当	3.60	2.40	0.30	≤0.03	≤0.02

表3 溶解原材料の化学組成 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S	Fe
鉄スクラップ	0.08	0.05	0.50	0.003	0.003	Bal.
銑鉄	3.81	0.98	0.14	0.019	0.009	Bal.
Fe-75mass%Si合金	-	75.0	-	-	-	Bal.

*1：もの創造系領域 機械工学ユニット

*2：近畿大学 理工学部 機械工学科

3 実験結果及び考察

3.1 片状黒鉛鑄鉄への適用試験

目標C量が3.2%になるよう原材料の配合計算を行った。ここで、原材料に銑鉄を配合し、BCを添加する前のC量は2.0%になるよう配合計算を行った。バイオコークスの装入位置は、炉の中心部分とした。溶解開始前の溶解原材及びバイオコークスの装入位置を図1に示す。溶解開始直後から、白煙が上がり、溶解開始15分後には、BCが発火し火炎が上がった。しかし、溶解に問題は見られず、最終的に原材料が全て溶解した。溶解時の様子を図2に示す。その後、成分分析用試料を採取し、成分分析を行った。その結果を表4に示す。ヒノキBCの溶湯ではC量が2.54%、茶葉滓BCの溶湯ではC量が2.80%となり、目標組成のC量である3.2%には至らなかった。しかし、原材料で調整したC量の2.0%と比較し、0.5~0.8%の加炭効果が見られた。

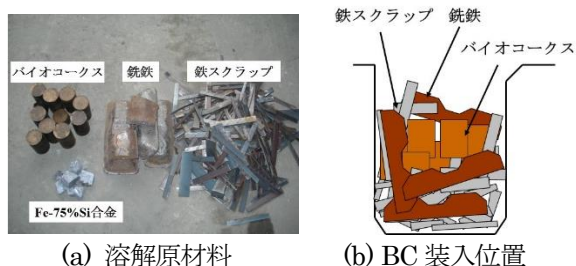


図1 溶解原材料及びバイオコークス装入位置



図2 溶解時の様子

表4 FC250 相当の目標組成と溶湯組成 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S
目標組成	3.20	2.00	0.50	≤0.04	≤0.04
溶湯組成 (ヒノキBC)	2.54	1.58	0.36	0.024	0.031
溶湯組成 (茶葉滓BC)	2.80	1.99	0.33	0.039	0.036

3.2 球状黒鉛鑄鉄への適用試験

目標C量が3.6%になるよう原材料の配合計算を行った。前節と同様に、原材料に銑鉄を配合し、BCを添加する前のC量は2.0%になるよう配合計算を行った。バイオコークスの装入位置は、炉の中心部分とした。溶解開始前の溶解原材を図3に示す。溶解開始直後から、白煙が上がり、BCが発火し火炎が上がった。しかし、溶解に問題は見られず、BCの発熱量が起因して火炎が上がるものと考えられる。この現象は溶湯組成に関わらず起こる。最終的に原材料が全て溶解した。溶解時の様子を図4に示す。溶解後、球状化剤を使用した。溶湯の成分分析結果を表5に示す。ヒノキBCの溶湯ではC量が2.85%、茶葉滓BCの溶湯ではC量が3.08%となり、目標組成のC量である3.6%には至らなかったが、原材料で調整したC量の2.0%と比較すると、ヒノキBCでは0.85%、茶葉滓BCでは1.08%の加炭効果が見られた。しかし、茶葉滓BCはヒノキBCに比べ、加炭効果はあるが、リン(P)の含有量が高い。



図3 溶解減容



図4 溶解時の様子

表4 FCD450 相当の目標組成と溶湯組成 (mass%)

	C	Si	Mn	P	S
目標組成	3.60	2.40	0.30	≤0.03	≤0.02
溶湯組成 (ヒノキBC)	2.85	2.47	0.33	0.024	0.005
溶湯組成 (茶葉滓BC)	3.08	2.41	0.35	0.048	0.009

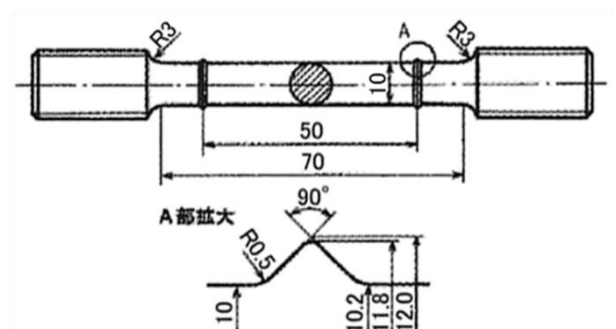
バイオコックスを添加する前の溶湯の炭素量を2.0%とし、各種バイオコックスを加炭材として用いた場合、FC250 及び FCD450 の C.E.値及び歩留を表5に示す。C.E.値を2.0以上の溶湯にBCを加炭材として利用した場合、その歩留は約25%～31%であり、加炭効果は認められるが効果は低い。これは、固定炭素量及び歩留が市販の加炭材(固定炭素量：99%、歩留まり：90%)よりも低いためである。加炭材の全量をバイオコックスに変えることは難しい結果となったが、加炭材の一部をバイオコックスに代替することは可能であることが示唆された。

表6 CE 値と歩留まりの比較

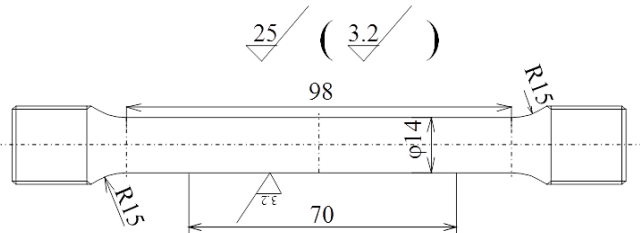
	初期CE値	FC250相当 溶湯のC.E.値	FCD450相当 溶湯のC.E.値	歩留
ヒノキBC	2.7	3.1	3.7	25%
茶葉滓BC	2.7	3.5	3.9	31%



図5 製造したYブロック



(a) FC250 の引張試験片



(b) FCD450 の引張試験片

図6 引張試験片寸法

3.3 BC を利用して製造した鋳鉄の機械的性質

各材料を用い日本工業規格(JIS)に基づく引張試験片^{14,15)}を製作するためのYブロックを製造した。製造したYブロックを図5に示す。また、使用した引張試験片寸法を図6に示す。

各材料の引張試験結果、ブルネル硬さ測定結果及びJIS規格(JIS G5501 JIS G5502)を表6に示す。各種バイオコックスで試作した試験片の機械的性質は、比較となるJIS規格材料と遜色ないものである。

次に光学顕微鏡を用いて組織観察を行った結果を図7に示す。試料の腐食液には、3%硝酸アルコール溶液を使用した。FC250の組織は、CE値の上昇に伴い、黒鉛の晶出量と形状は改善されており、BC添加による組織への影響は見られない。基地組織は、フェライトとパーライトの混合組織である。FCD450においてもCE値は低い、黒鉛の球状化率は80%以上であり、黒鉛の周囲にフェライトが析出したブルズアイ組織を呈している。黒鉛の球状化率は、80%以上で機械的性質が良好となることから、本実験で得られた組織は良好と判断できる。以上のことから、加炭材の一部代替としてバイオコックスを使用しても加炭効果を得ることができ、鋳鉄の機械的性質の向上効果を伴いながら製造が可能であることが示唆された。

表6 BC 利用鋳鉄の機械的性質及びJIS規格

	引張強さ, MPa	耐力, MPa	伸び, %	硬さ, HB
ヒノキBC FC250	293	278	6	217
茶葉滓BC FC250	345	318	6	256
FC250(JIS G5501)	250以上	-	-	
ヒノキBC FCD450	575	345	17	195
茶葉滓BC FCD450	549	340	16	201
FCD450(JIS G5501)	450以上	280以上	10以上	

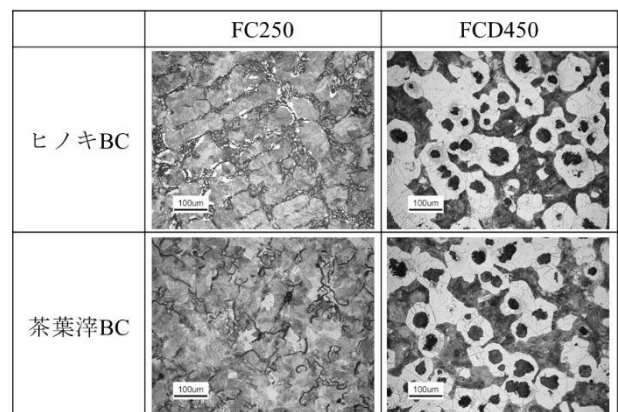


図7 製造した鋳鉄の組織観察結果

4 まとめ

鑄鉄を製造する際にバイオコークス添加することで、鑄鉄に加炭効果が得られるかを検証した。また、バイオコークスを用いた鑄鉄(FC250, FCD450)の機械的性質調査及び組織を観察することで、バイオコークスが溶湯に与える影響を調査した。結果を以下に要約する。

- (1) C.E.値を 2.0 以上の溶湯にバイオコークス(ヒノキ、緑茶滓)を加炭材として利用した場合、その歩留は約 25%~31%であり、加炭効果は認められるが効果は低い。
- (2) 鑄鉄製造後の不純物元素は目標成分以下であった。また、機械的性質の評価を行った結果、JIS 規格を満たす値を示した。
- (3) 不純物元素による異常組織は、確認されず、片状黒鉛鑄鉄及び球状黒鉛鑄鉄は良好な組織である。

参考文献

- 1) 井田民男 : Journal of the Japan Institute of Energy 90 (2011) 2.
- 2) 川見佳正, 桑名一徳, 井田民男, 水野諭, 森田明宏 : 高温学会誌 35 (2009) 97.
- 3) 水野諭, 井田民男, 淵端学, 難波邦彦, 加子坂篤志, 藤田修 : Journal of the Japan Institute of Energy 91 (2012) 41.
- 4) 石村健志, 井田民男, 淵端学, 本庄孝子, 佐野寛 : 高温学会誌, 33 (2007) 38.
- 5) 石井一義, 村田博敏, 桑名一徳, 水野諭, 森田明宏, 井田民男 : 高温学会誌 35 (2009) 91.
- 6) 川見佳正, 桑名一徳, 井田民男, 水野諭, 森田明宏 : 高温学会誌 35 (2009) 97.
- 7) 澤井徹, 大政光史, 梶本武志, 井田民男, 淵端学, 難波邦彦 : 高温学会誌 36 (2010) 36.
- 8) 水野諭, 井田民男, 難波邦彦 : 高温学会誌 36 (2010) 31.
- 9) 難波邦彦, 井田民男 : 高温学会誌 35 (2009) 76.
- 10) 内山武, 奥山契一, 中山剛, 渡辺純也, 秋山肇, 鈴木康夫, 小田昭浩, 星靖, 村田博敏, 田中位置嘉, 井田民男 : 日本機械学会論文集 (B編) 78 (2012) 1008.
- 11) 水野諭, 井田民男, 淵端学, 難波邦彦, 澤井徹 : 実験力学 13 (2013) 190.
- 12) 鳥居祐介, 水野諭, 西健治, 市野善三, 大政光史, 澤井徹, 井田民男, 淵端学 : スマートプロセス学会誌 1 (2012) 63.
- 13) 井田民男, 高木亮伍, 水野諭, サンチェスエドモンド, 難波邦彦 : スマートプロセス学会誌 2 (2013) 83.
- 14) 日本工業規格(JIS) : JIS G5501
- 15) 日本工業規格(JIS) : JIS G5502