

竹炭を成形した加炭材による加炭実験

近藤義大*, 森 康暢*, 赤田英里*

Carburizing Experiments with Molded Bamboo Charcoal Carburizers

Yoshihiro KONDO, Yasunobu MORI and Eri AKADA

The carburizers for foundry commonly used today are sourced from fossil fuels, a shift to carbon-neutral materials is urgently needed. The authors have been working on utilizing bamboo charcoal as carburizers. However, when using bamboo charcoal in its raw form, it is bulky and cannot be used in large quantities at once, which has been a problem. Therefore, we report on carburizing experiments using highly compacted, molded bamboo charcoal carburizers.

The results of the experiment indicate that molded bamboo charcoal carburizers using α corn starch as a binder achieved a carburization efficiency of 78 % compared to electrode graphite shavings. Furthermore, irregular graphite was not observed in the microstructure of the specimens casting from molten metal carburized by molded bamboo charcoal carburizers. As a result, it was found that carburizers produced by crushing bamboo charcoal and molding it with a binder can be used as carburizers for cast iron.

Keywords: Bamboo Charcoal, Molded Carburizers, Lignin, α Corn Starch, Carburization Efficiency

1. 背景

鑄造業は、鉄スクラップを主原料とし、副資材として加炭材を加えて誘導溶解炉で溶解することで鑄鉄製品を製造している。市中の鉄スクラップを有効活用するため、資源循環型産業と言えるが、現在一般的に使われている加炭材は、石油等の化石資源を出発原料としており、化石資源依存からの脱却が急がれる¹⁾。

一方、桑名市内には竹林が多く分布しているが、その多くは整備が行き届いておらず、近年は土砂災害や獣害の温床となっていることが課題となっている²⁾。

そこで、筆者らは竹林整備で発生した竹を炭化させた竹炭を鑄造用加炭材として使用する研究に取り組んでいる^{3,4)}。これまでは、竹炭を特に加工せずそのまま高周波誘導溶解炉に入れることで加炭材として使用する手法を研究してきたが、竹炭

の嵩密度は 0.3 g/cm^3 と極めて低く、竹炭のままでは非常に嵩張るため、加炭材として一度に高周波誘導溶解炉に投入できる量に限りがあることが課題だった。そこで、竹炭を一度粉碎したのち、バインダーを加えて攪拌、金型に入れて圧縮成形し、加熱硬化させることで、圧密化した加炭材を作製した。これを鑄鉄用加炭材として使用した時の加炭速度と加炭量を測定したので報告する。

2. 実験方法

2.1 竹炭成形加炭材の作製

実験に使用した竹炭および電極黒鉛屑（市販品）の性質を Table 1 に示す。電極黒鉛屑（市販品）は、粒径 1.2 mm の物を加工せずに用いた。竹炭は、ハンマークラッシャーを用いて 0.7 mm アンダーまで粉碎した。得られた竹炭粉に対して、Table 2 に示すバインダー、圧縮条件、加熱硬化条件で成形加炭材を作製した。バインダーのうちリグニン⁵⁾は、リグニンスルホン酸マグネシウム粉

* 金属研究室

Table 1 Properties of bamboo charcoal and electrode graphite shavings.

	Bamboo charcoal	Electrode graphite shavings
Fixed carbon %	84	99.9
Volatile matter %	9	-
Ash %	7	-

末を 1:3 の重量割合で水に溶いた液体とした。でんぷんは、 α コーンスターチ粉末を 1:20 の重量割合で熱湯に溶いた液体とした。この際、水を加熱しながら攪拌羽で溶液を攪拌し、そこへ少量ずつコーンスターチ粉末を添加することで、コーンスターチが凝集しないようにバインダーを調製した。竹炭粉に対して Table 2 に示す配合割合のバインダーを加え、よく攪拌したのち、内径 50 mm、厚さ 10 mm の金型に入れ、Table 2 に示す圧力で圧縮成形した。乾燥硬化後の竹炭成形加炭材は、Fig. 1 に示す通り、横割れ（ラミネーション）は発生しておらず、バラ積み状態でも形が崩れないことを確認した。



Fig. 1 Molded bamboo charcoal carburizers (50 g/piece).

2.2 溶解実験

溶解実験は、使用する加炭材ごとに別チャージで行った。溶解実験には 3000 Hz 50 kg 高周波誘導溶解炉を用いた。原材料として銑鉄、鋼板、Fe-Si を用いて C 2.60 % (± 0.05 %), Si 2.0 % (± 0.05 %) の溶湯を 30 kg 溶製した。溶湯を 1450 °C ± 10 °C に保持したところへ、Table 2 に示した各種竹炭成形加炭材を 300 g、溶湯重量比で 1 % 量を添加した。その後、3 分経過ごとに内径 2.5 mm の石英管を用いて溶湯を約 5 g ずつ採取した。溶湯サンプルリングは加炭材がすべて溶け切るまで行った。サンプルリングした試料は、燃焼赤外線吸収法により C, S を測定し、2 検体の平均を取った。また、比較対象として、電極黒鉛屑（固定炭素分 99.9 %）を同量用いて、同様の実験を行った。

3. 結果と考察

Fig. 2 にそれぞれの加炭材を用いたときの溶湯炭素量と時間の関係を示す。比較対象とした電極黒鉛屑は、実験開始から 18 分間で 0.78 % の加炭が確認され、加炭速度は 0.043 %/min となった。竹炭による成形加炭材では、バインダーに α コーンスターチを用い、1 個あたりの質量を 20 g としたものが最も加炭速度が高く、加炭量は 0.62 %、加炭速度は 0.034 %/min となり、バインダーにリグニンを用いたものは、1 個あたりの質量によらず加炭量は 0.48 ~ 0.52 %、加炭速度は 0.027 ~ 0.029 %/min となった。

バインダーに α コーンスターチを用いた成形加炭材は、純粋なバインダーの添加量は 1.4 % と、リグニンの同 4.2 % よりも低い添加量で成形することが可能であり、成形加炭材の竹炭の純度としては高くできたため、リグニンより高い加炭速度を得られたと考えられる。バインダーに α コーンスターチを用いた成形加炭材について、その加炭速度は電極黒鉛屑の約 78 % となった。加炭速度を向

Table 2 Molding conditions of crashed bamboo charcoal.

Binder types	Concentration of binder	Amount of binder addition	Amount of pure binder addition	Compression molding force	Curing condition	Weight per piece
Lignin	25 %	16.7 %	4.8 %	33 MPa	180 °C, 15 min	50 g
Lignin	25 %	16.7 %	4.8 %	33 MPa	180 °C, 15 min	20 g
α corn starch	4.8 %	28.6 %	1.9 %	25 MPa	100 °C, 60 min	20 g

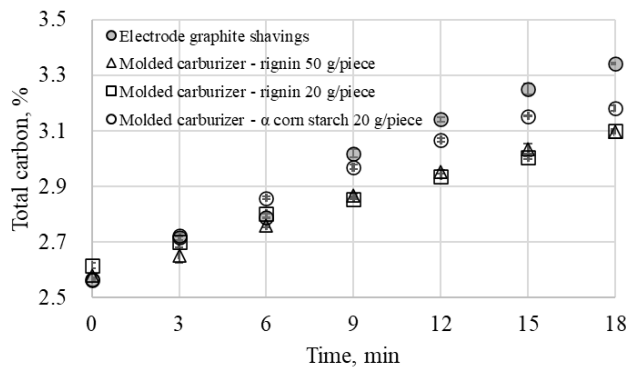


Fig. 2 Relationship between total carbon by each carburizers and time.

上させるためには、成形加炭材の形状をペレット化し、加炭材と溶湯との接触面積を増やすことが有効であると考えられる。

Fig. 3 にそれぞれの加炭材を用いたときの加硫量と時間の関係を示す。18 分間の加炭実験の間に 0.004 %以上の S の増加が見られたのは、バインダーにリグニンを用いた成形加炭材のみであり、バインダーに α コーンスターチを用いた成形加炭材、電極黒鉛屑はほとんど S の増加は見られなかった。これは、バインダーのうちリグニンスルホン酸マグネシウムに由来する S が溶湯中に溶け込むことで、S の増加が確認されたと考えられる。コーンスターチは多糖類であるため、特に S の増加がなかったと考えられる。このことから、バインダーにリグニンスルホン酸マグネシウムを用いて成形加炭材を作製する場合は、バインダーに由来する S のわずかな増加に留意する必要がある。

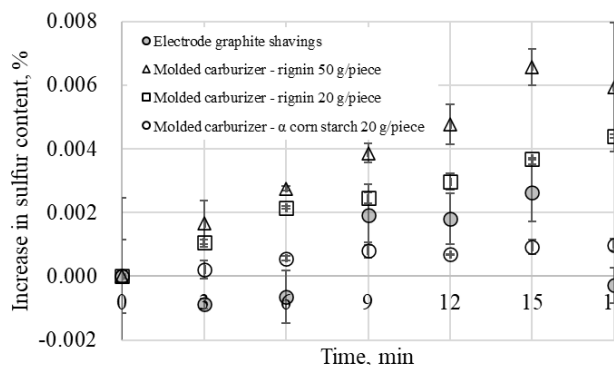


Fig. 3 Relationship between increase in sulfur content by each carburizers and time.

Fig. 4 にバインダーにリグニンを用いた成形加炭材 (50 g/ 個) で加炭した試料の金属組織写真を示す。セメントイトや球根状黒鉛等の異常組織は見られず、一般的なねずみ鑄鉄の組織であることが確認された。以上のことから、竹炭を粉砕したのち、バインダーで成形した加炭材は、鑄鉄用加炭材として使用できることが分かった。

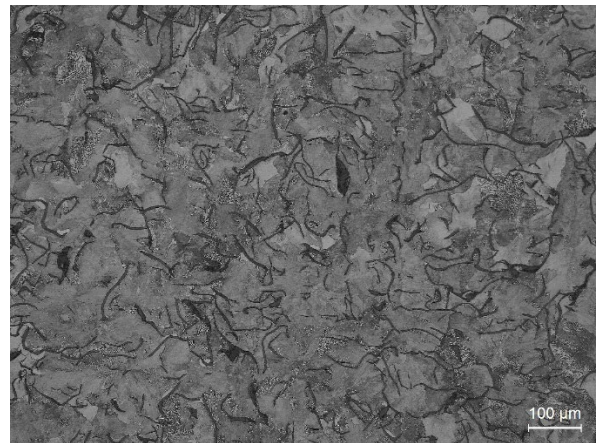


Fig. 4 Micrograph of specimen carburized by molded bamboo charcoal (Lignin 50 g/piece).

4. 結論

竹炭を一度粉砕し、バインダーを加えて圧縮成形した加炭材を用いて、鑄鉄溶湯への加炭実験を行ったところ、以下の結果を得た。

- ・竹炭を 0.7 mm アンダーまで粉砕したのち、バインダーとしてリグニンスルホン酸マグネシウムまたは α コーンスターチを添加、攪拌、圧縮、加熱硬化させることで、圧密化した成形加炭材が得られた。

- ・成形加炭材を用いて鑄鉄溶湯への加炭実験をしたところ、バインダーに α コーンスターチを用いた成形加炭材 (20 g/個) において、電極黒鉛屑と比べて 78 %の加炭速度が得られた。

- ・バインダーにリグニンスルホン酸マグネシウムを用いた成形加炭材では、バインダーに由来する S のわずかな増加が確認された。

- ・バインダーにリグニンを用いた成形加炭材で加炭した試料の金属組織には、特に異常黒鉛は確認されなかった。

謝辞

実験に使用した竹および竹炭は、NPO 法人桑竹

会より提供いただいた。ここに深謝の意を示す。
本研究は公益財団法人鉄鋼環境基金の支援を受けたものである。ここに深謝の意を表す。

参考文献

- 1) 清水一道：“鑄造業界における CN の取り組み”。日本鑄造工学会全国講演大会概要集, 183, p1 (2024)
- 2) 桑名竹取物語事業化協議会について, 桑名市 HP, https://www.city.kuwana.lg.jp/norin/Kuwana_taketori.html, 閲覧日 2026.3.2
- 3) 近藤義大, 森 康暢：“竹炭による鑄鉄溶湯への加炭効率”。鑄造工学, 97 (2), p86-91 (2025)
- 4) 近藤義大, 森 康暢, 赤田英里, 井上幸司：“誘導溶解炉への材料投入時に添加した竹炭の加炭歩留まりとねずみ鑄鉄の成熟度に及ぼす影響”。三重県工業研究所研究報告, 49, p32-36 (2025)
- 5) 田中裕一, 森 正希, 山根 啓, 蜂須賀盛希, 太田 慧, 平野秀樹, 小出千恵：“キュポラ用バイオ成形炭の研究開発”。日本鑄造工学会全国講演大会概要集, 183, p6 (2024)

(本研究は、産業廃棄物等活用型共同研究推進事業において実施し、産業廃棄物税を財源としています。)