

# 電磁現象を用いた片状黒鉛鑄鉄の黒鉛形態の推定

## Characterization of graphite morphology of gray cast irons using electromagnetic method

東北大学 大学院工学研究科	野崎 俊彦	Toshihiko NOZAKI	
東北大学 流体科学研究所	佐藤 武志	Takeshi SATO	
東北大学 流体科学研究所	阿部 利彦	Toshihiko ABE	
東北大学 流体科学研究所	内一 哲哉	Tetsuya UCHIMOTO	Member
東北大学 流体科学研究所	高木 敏行	Toshiyuki TAKAGI	Member

This paper discusses the feasibility of characterization of graphite morphology in gray cast irons based on electromagnetic method. For the purpose, gray cast iron with different graphite morphology was systematically evaluated. In order to discuss electromagnetic property of gray cast iron with different graphite morphology, conductivity and permeability were measured. It was found that both conductivity and permeability mainly depend on graphite morphology. It was shown that the graphite morphology of gray cast iron could be estimated using electromagnetic method.

**Keywords:** Gray Cast Iron, Graphite morphology, Conductivity, Permeability, Eddy Current.

### 1. 緒言

鑄鉄の機械的性質に影響する重要な因子は基地組織と黒鉛形態である。基地組織はそれぞれ機械的特性が異なるフェライト組織、パーライト組織およびチル組織から成っている。これらの組織は電磁気的特性が異なることが知られている[1]。このことにより、電磁非破壊評価手法の1つである渦電流法により球状黒鉛鑄鉄のフェライト組織とパーライト組織の比率を推定することが可能である[2]。硬度はフェライト組織およびパーライト組織の比率に依存するため、渦電流評価で硬さの推定が可能である[3]。黒鉛の種類には球状黒鉛、CV 黒鉛、片状黒鉛などがあり、それぞれ機械的特性が異なる。片状黒鉛鑄鉄のような立体的に複雑で、かつ連続的な黒鉛を内在するような材料では、黒鉛の形態が鑄鉄の機械的性質を決定する因子の1つとされている。片状黒鉛鑄鉄は自動車のブレーキディスクの材料として用いられており、その製造において黒鉛形態を制御することは高品質な製品の鑄造における重要な要素の1つである。現在、黒鉛形態の把握は超音波音速値から推定できるが、そのためには被検体両面を平行に加工する必要があることおよび測定技術が超音波試験に影響を与えることなどが課題点として挙げられる[4]。

本研究では電磁現象を用いた片状黒鉛鑄鉄の黒鉛

形態の推定を提案する。このために、黒鉛形態と組織が異なる片状黒鉛鑄鉄について電磁特性として導電率および透磁率を評価し、電磁的非破壊評価手法の可能性について検討した。

### 2. 試験片

黒鉛形態を推定するために作製した円柱状試験片の片状黒鉛鑄鉄を Fig.1 に示す。Table1 に示す3種類の化学成分の試験片を作成し (FC150、FC200 および FC250)、それぞれについて鑄放し (as cast)、空冷 (air cool) および炉冷 (furnace cool) の熱処理を施し、9種類の試験片を用意した。

作製した試験片の黒鉛形態の組織観察を光学顕微鏡より行った。Fig.3(a)に FC150 の炉冷、Fig.3(b)に FC200 の炉冷、Fig.3(c)に FC250 の炉冷された円柱状試験片の組織写真を示す。それぞれの図において黒く片状のものが黒鉛である。FC150 試験片では、片状黒鉛が均一に分布し無方向に配列している。FC200 は FC150 に比べ黒鉛サイズが小さくなっており、FC250 は細かい共晶黒鉛が樹枝状晶の間に分布している。

### 3. 電磁気特性評価

#### 1) 導電率評価

四端子法を用いて導電率測定を行った。直径 3mm、長さ 30mm の棒状に加工した試験片を用いて、直流電流 1A にて評価を行った。

試験片の導電率と硬さの関係を Fig.3 に示す。Fig.3

連絡先: 野崎 俊彦, 〒980-8577 宮城県仙台市青葉区方平 2-1-1, 東北大学流体科学研究所,  
e-mail: nozaki@wert.ifs.tohoku.ac.jp,

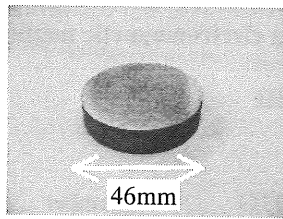
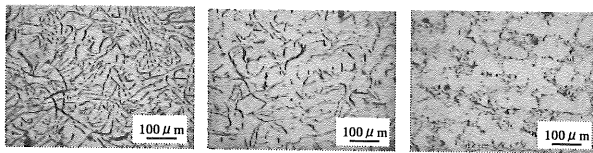


Fig.1 Gray cast iron specimen.

Table1 Chemical composition of specimens.

	C(%)	Si(%)	Mn(%)	P(%)	S(%)	Mg(%)
FC150	3.77	2.78	0.78	0.025	0.015	0
FC200	3.36	2.15	0.69	0.018	0.010	0
FC250	3.13	1.66	0.72	0.017	0.002	0



(a) FC150 (b) FC200 (c) FC250

Fig.2 Microscopic observation of specimens.

より FC150、FC200、FC250 において熱処理では基地組織が変化し硬さに影響を与えていることがわかる。しかし、熱処理前の導電率と熱処理後の導電率にはあまり変化が見られないことから、片状黒鉛鑄鉄の導電率は基地組織よりも黒鉛形態に大きく依存していることがわかる。よって導電率を測定することにより黒鉛形態の推定が可能であると考えられる。

## 2) 磁気特性評価

透磁率の測定では B-H アナライザーを使用し、導電率の測定の際に使用した試験片を用いた。円柱状試験片の透磁率と硬さの関係を Fig.4 に示す。Fig.4 より FC150、FC200、FC250 において熱処理前の透磁率と熱処理後の透磁率の間には大きな変化が見られない。片状黒鉛鑄鉄の透磁率についても基地組織よりも黒鉛形態に大きく依存していることが考えられる。しかし、導電率に比べ透磁率は基地組織の影響を受けていると考えられる。

## 7 結言

本研究では、電磁現象を用いて片状黒鉛鑄鉄の黒鉛形態の推定を非破壊で評価することを提案し、その可能性について議論した。具体的には、黒鉛形態と基地組織が異なる片状黒鉛鑄鉄試験片について、導電率と

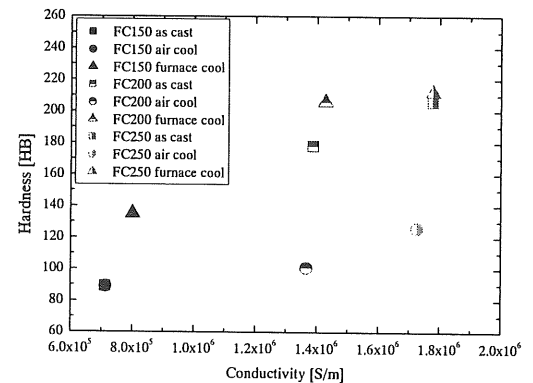


Fig.3 Correlation between conductivity and hardness of cylindrical specimen

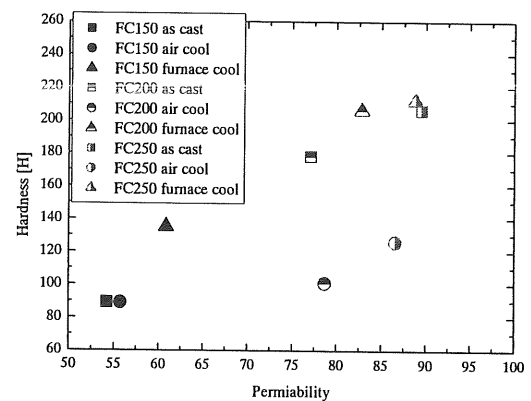


Fig.4 Correlation between permeability and hardness of cylindrical specimen

透磁率の評価を行った。導電率、透磁率ともに基地組織よりも黒鉛形態に大きく依存していることを確認した。また、導電率は透磁率に比べ基地組織の影響は小さく、導電率を測定することにより黒鉛形態を推定することが可能であると考えられる。

当日は、ブレーキディスクの四端子法による測定結果についても報告する予定である。

## 参考文献

- [1] 井川克也, 喜多新男, 草川隆次, 新山英輔, 松本弘, 球状黒鉛鑄鉄の基礎と応用, 丸善株式会社, pp.52-60, 1992.
- [2] 阿部利彦, 内一哲哉, 高木敏行, 多田周二, 渦電流法による鑄鉄の材質評価, 鑄造工学, 第 75 巻, 第 10 号, pp.675-681, 2003.
- [3] T. Uchimoto, T. Takagi, S. Konoplyuk, T. Abe, H. Huang, M. Kurosawa, Eddy current evaluation of cast irons for material characterization, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 258-259, pp.493-496, 2003.
- [4] 永吉英昭, 小方智寿, 嶋俊博, 大城桂作, 薄肉球状黒鉛鑄鉄溶湯のチル化評価への超音波試験の適用, 鑄造工学, 第 69 巻, 第 3 号, pp.221-226, 1997.