

球状黒鉛鑄鉄の凝固過程の観察 Investigation for the Solidification Process of Ductile Cast Iron

山根 功士朗^a, 安田 秀幸^b, 吉矢 真人^b, 佐藤 彰洋^a
 杉山 明^c 上杉 健太郎^d
 Koushirou Yamane^a, Hideyuki Yasuda^b, Masato Yoshiya^b, Akihiro Sato^a
 Akira Sugiyama^c, Kentarou Uesugi^d

^a(株)IHI, ^b大阪大学, ^c大阪産業大学, ^d(財)高輝度光科学研究センター
^aIHI Corporation, ^bOsaka University, ^cOsaka Sangyo University,
^dJapan Synchrotron Radiation Research Institute

キーワード： 球状黒鉛鑄鉄、その場観察、凝固組織、X線イメージング技術

背景と研究目的：

鑄鉄鑄物として一般的に使用されている球状黒鉛鑄鉄は、その名の通り黒鉛（グラファイト）が球状化していることで、従来の片状黒鉛のような切り欠き性が無く機械的性質を大幅に向上させることで知られている。球状黒鉛鑄鉄はその発見^{[1],[2]}から半世紀以上が経過しているが、黒鉛が球状化するメカニズムに関しては依然議論の分かれるところである^[3]。これまでの研究は凝固後の組織を調査対象とすることで、そのメカニズムの究明に努めてきたが、黒鉛が球状化するまさにその刹那を観察した例は無い。仮に球状黒鉛鑄鉄の凝固過程を直接観察することができれば、そのメカニズムの究明の一助になり、将来的な鑄鉄材料の特性改善につなげていける可能性もある。昨今、SPring-8のような第3世代放射光施設による金属の凝固過程の直接観察に成功した例が報告されている。そこで我々も、SPring-8におけるX線イメージング技術を活用することで、球状黒鉛鑄鉄の黒鉛球状化過程を直接観察できないかを試みた。

実験：

観察装置図1は真空チャンバー、溶解炉、撮影用カメラなどからなり、試料は黒鉛ヒーター間にセットされたアルミナ製セル内に入っており、セル直近の熱電対により炉温度をコントロールすることで、試料の溶融と一定速度での冷却・凝固を可能としている。単色化されたX線は黒鉛ヒーター間にセットされている試料内部に照射されるようになっている。試料測定視野は5×5mmの範囲とし、試料内部を透過したX線撮影用カメラにはサチコンを用いた。露光時間は500μsecとし、X線エネルギーは固相と液相のコントラストが明瞭になる21keVとした。

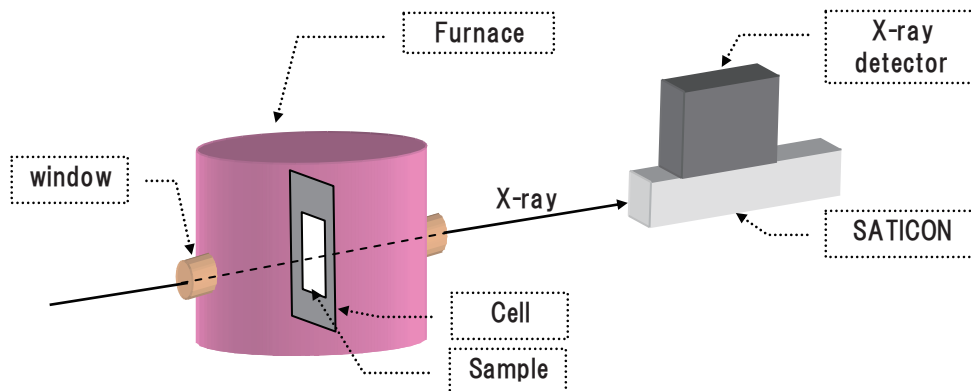


図1. 直接観察用実験装置レイアウト例

実験に用いたサンプルの化学組成を表 1 に示す。サンプルは球状黒鉛鑄鉄とし、Mg=0.04wt% とした。サンプルの冷却速度は 10K/min とした。

表 1. 球状黒鉛鑄鉄サンプルの化学組成

化学成分 / wt%					
C	Si	Mn	P	S	Mg
3.79	3.09	0.14	0.049	0.015	0.040

結果：

図 2 に球状黒鉛鑄鉄の凝固過程(10K/min)の直接観察結果を示す。ダイレクトビームにより規格化した吸収像である。点状組織は黒鉛の晶出したものであり、Fe 融液と黒鉛の大きな密度差により屈折コントラストも観察されている。試料下部に観察される γ 相デンドライトおよび Fe-C の共晶組織は黒鉛の核生成・成長後に形成されたものである。この結果より、本実験手法において球状黒鉛鑄鉄における黒鉛の成長過程を直接観察できることが分かった。図 3 に晶出した黒鉛の拡大写真を示すが、黒鉛は観察した空間分解能では晶出時から球形であり、その形状を保持したまま球状黒鉛として凝固組織を形成することが確認された。

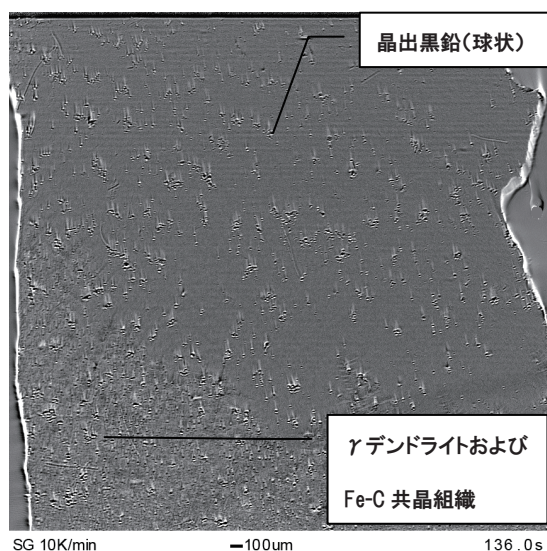


図 2. 球状黒鉛鑄鉄の凝固過程の直接観察結果

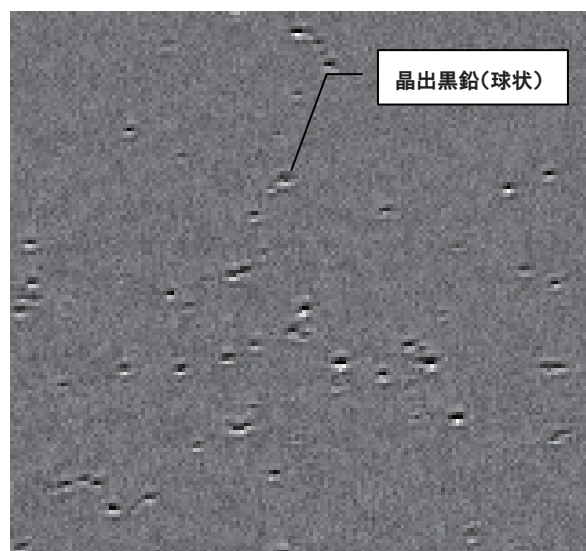


図 3. 晶出黒鉛の拡大写真

今後の課題：

片状黒鉛の形成過程と球状黒鉛の形成過程を比較し、球状黒鉛の形成過程の特徴を評価するとともに、より高分解能のビームラインにより再実験を実施し、球状黒鉛形成機構のより詳細な調査を実施する予定である。

参考文献：

- [1] H. Morrogh, and J.W. Grant, Foundry Trade Journal, (1948) 27.
- [2] H. Morrogh, and W.J Williams, J. Iron Steel Inst, 158 (1948) 306.
- [3] Sanghoon Jung, and Hideo Nakae, JFS, vol.79 No,10 (2007) p605-615.