

含有元素 Cu と Si が球状黒鉛鑄鉄の耐食性に与える影響に関する研究

ヒノテホールディングス(株) 正会員 ○山下 和也 ヒノテホールディングス(株) 非会員 桑原 裕樹
 ヒノテホールディングス(株) 正会員 土手 一朗 ヒノテホールディングス(株) 非会員 甲斐 信博
 九州大学大学院 学生会員 岡田 紗季 九州大学大学院 フェロー会員 貝沼 重信

1. はじめに

球状黒鉛鑄鉄は設計の自由度、機械的性質や経済性に優れていることから、産業用装置の部品やマンホールの鉄蓋などの材料に採用されてきた。この球状黒鉛鑄鉄を構造物の一部として長期間にわたり供用する場合、大気環境における腐食挙動を定量的に把握することが重要である。そこで、著者らは大気暴露試験を実施することで、球状黒鉛鑄鉄の腐食速度は炭素鋼よりも小さく、耐候性鋼と同程度であることを確認した¹⁾。

著者らは、この球状黒鉛鑄鉄の優れた耐食性の要因として、球状黒鉛鑄鉄の特徴的な含有元素であり、鋼材において耐食性の向上に寄与するといわれる Cu²⁾ と Si³⁾に着目した。本研究では、これらの含有元素が耐食性に与える影響を検討するために、Cu と Si の含有量を調整した球状黒鉛鑄鉄の試験体を製作し、大気暴露試験を実施した。

2. 試験方法

試験体には一般的な球状黒鉛鑄鉄（以下、普通 FCD）、Cu の含有量を極力低減した球状黒鉛鑄鉄（以下、Cu レス FCD）、および Cu と Si の含有量を極力低減した球状黒鉛鑄鉄（以下、CuSi レス FCD）を用いた。各試験体の化学成分と寸法を表 1 に示す。基地組織の違いによる影響を除去するために、各試験体は熱処理することで基地全体をフェライト化した。また、試験体表面はフライス加工後、ブラスト処理した。本試験では、150×70mm の片面を評価対象とするため、この他の領域はシリコンシーリング材を塗布することで防錆した。大気暴露地点は東側海岸線から約 2.9km、西側海岸線から約 5.3km に位置し、飛来海塩量が 0.5mdd である九州大学伊都キャンパス構内（以下、九州大学）(Lat. 33° 35' N, Long. 130° 12' E)、および海岸線から 20km 以上離れ、飛来海塩の影響がほとんどない佐賀県みやき町に位置する当社 R&D 総合センター屋上 (Lat. 33° 21' N, Long. 130° 26' E)（以下、みやき）とした。いずれの暴露場においても、付着海塩の雨洗作用がある状態で暴露した。各暴露地点の大気腐食環境データを表 2 に示す。試験体は水平に対して 45°で設置し、対空面を評価対象とした。試験体は暴露開始から 1 年後に回収し、重量減少量から平均腐食深さ d_{mean} を算出した。また、評価対象面のさび層断面に対して、EPMA による元素マッピングを実施した。断面分析用試験片は、常温硬化型エポキシ樹脂に埋め込み、エメリー紙で#1500 まで研磨した後、ダイヤモンド研磨材（砥粒：1 μm ）、仕上げとしてアルミナ研磨材（0.05 μm ）により鏡面に仕上げた。

表 1 各試験体の化学成分と寸法

材質	化学成分 (mass%)									寸法 (mm)
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	Mg	
普通 FCD	3.75	1.99	0.40	0.024	0.001	0.35	0.016	0.00	0.047	150×70×6
Cu レス FCD	3.87	2.16	0.42	0.023	0.0004	0.009	0.020	0.00	0.043	
CuSi レス FCD	3.81	0.55	0.36	0.030	0.0003	0.006	0.022	0.00	0.035	

表 2 各暴露地点の大気腐食環境データ

暴露地点	気温 T (°C)	湿度 RH (%)	日平均降水量 P (mm/day)	飛来海塩量 w_s (mdd)	雨洗作用
九州大学	16.2	76.4	6.2	0.5	有
みやき	17.8	72.4	8.7	0.003	有

キーワード 大気暴露試験, 球状黒鉛鑄鉄, 含有元素, 平均腐食深さ, EPMA

連絡先 〒849-0101 佐賀県三養基郡みやき町大字原古賀字岩崎 R&D 総合センター ヒノテホールディングス(株) TEL : 0942-94-5600

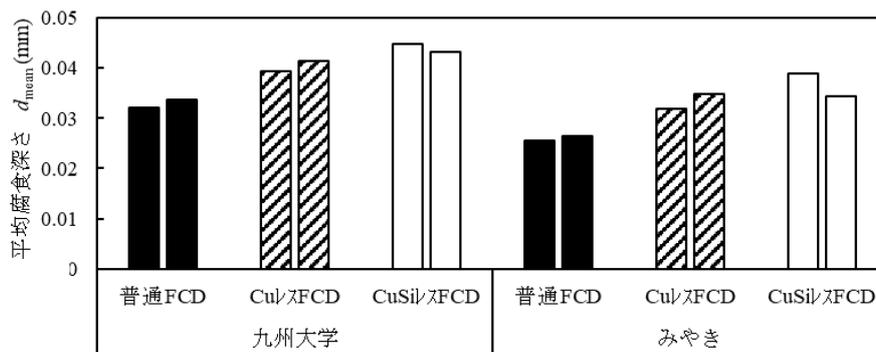


図1 暴露開始から1年後における平均腐食深さ

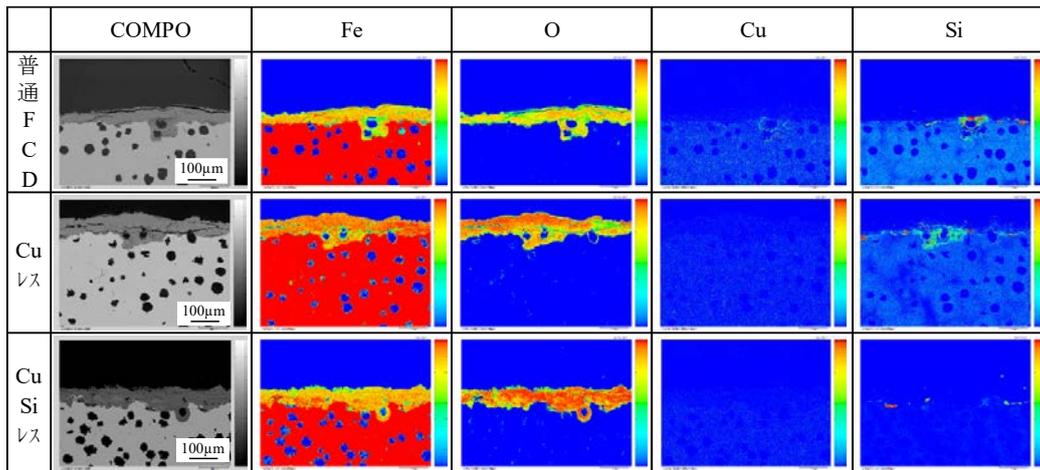


図2 EPMAによるさび層断面の元素マッピング (九州大学)

3. 試験結果および考察

暴露開始から1年後における各試験体の平均腐食深さを図1に示す。いずれの暴露地点においても、平均腐食深さは、CuSiレスFCDが最も大きく、普通FCDが最も小さい。この結果から、含有元素CuとSiは、ともに球状黒鉛鑄鉄の耐食性の向上に寄与していると考えられる。九州大学に暴露した試験体のEPMAによるさび層断面の元素マッピングの結果を図2に示す。いずれの試験体においても黒鉛の周囲を取り囲むような腐食が発生していた。また、普通FCDではCuとSi、CuレスFCDではSiがそれぞれ黒鉛周囲の腐食部位に濃化していた。この結果から、球状黒鉛鑄鉄は、腐食の進行過程で含有成分であるCuとSiが作用し、保護性の高いさび層を形成する可能性が示唆される。

4. まとめ

本研究で得られた主な知見を以下に示す。

- 1) 平均腐食深さは、CuとSiを低減した球状黒鉛鑄鉄、Cuを低減した球状黒鉛鑄鉄、一般的な球状黒鉛鑄鉄の順に大きく、含有元素CuとSiが球状黒鉛鑄鉄の耐食性の向上に寄与していると考えられる。
- 2) 球状黒鉛鑄鉄は、腐食の進行過程で含有元素CuとSiが作用し、保護性の高いさび層を形成する可能性が示唆される。

今後は、電気化学測定によるさび層の保護性の定量評価や、さらに長い暴露期間での評価を実施する予定である。

参考文献

- 1) 池田鮎美, 甲斐信博, 椎本恵一, 貝沼重信: 鋼構造年次論文報告集, Vol. 25, pp. 679-683, 2017.
- 2) たとえば, 山下正人, 幸英昭, 長野博夫, 三沢俊平: 材料と環境, Vol. 43, pp. 26-32, 1994.
- 3) たとえば, 西村俊弥: 日本金属学会誌, Vol. 73, No. 2, pp. 81-87, 2009.