

L-18 黒鉛化腐食

1. 概要

鑄鉄は母相の鉄に黒鉛が埋め込まれた構造となっている。黒鉛化腐食は鉄の母相が腐食される脱成分腐食で、腐食生成物と多孔質の黒鉛が残る。多孔質の構造が残るという損傷の結果、強度、延性、密度が低下することになる。通常は低 pH、流動性のない状況で生ずるが、特に湿潤硫化物環境に接しているときに起こりやすい。

2. 損傷を受ける材料

鑄鉄（ねずみ鑄鉄、可鍛鑄鉄、球状黒鉛化鑄鉄）

3. 損傷機構

鑄鉄は通常 C : 2.5~4%、Si : 0.5~3.0%、Mn : 0.3~1.4%、P : 0.1~0.6%、S : 0.002~0.15%程度の組成を有している。炭素鋼と比べて、炭素と Si の濃度が高い。炭素の多くは黒鉛として存在するが、黒鉛は比重が小さいため、その存在割合は体積比率で 7~10%に達する。ねずみ鑄鉄は、片状黒鉛（グラファイト）が素地のフェライト・パーライトに分散している。可鍛鑄鉄はクラスター状に黒鉛が分布している。球状黒鉛鑄鉄は、黒鉛が球状に分散している。いずれの鑄鉄も、黒鉛が素地に分散しているが、水道水や弱酸性環境中、土中では、黒鉛と素地が電気化学的に電池（ガルバニック・セル）を形成し、素地がアノード、分散している黒鉛がカソードとなり、素地のみが選択的に溶解する。選択腐食の一種である。黒鉛化腐食の特徴は、分散されている黒鉛が残され、その間を腐食生成物が詰まる形態を示すため、外形の変化は生じない。選択腐食を受けた鑄鉄の表面層は、ナイフで容易に削れる程に軟らかくなっている。

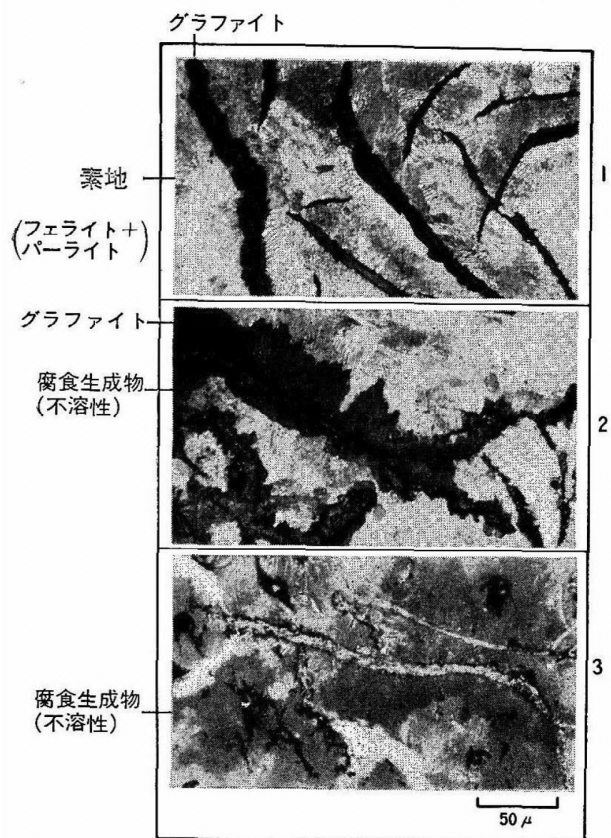


図 1. 黒鉛化腐食の進行過程¹⁾

図1に黒鉛化腐食の進行過程（1→2→3）を示す。片状黒鉛（グラファイト）の近傍から腐食が発生し、腐食は次第に素地のフェライト・パーライト相に広がっていく。最後は、網目状に残留している片状黒鉛層に腐食性生物が捕捉された形となる。

4. 損傷事例

铸铁性水道管が破壊した事例があるが、黒鉛化腐食が進行し、板厚減少の大きい個所で設計強度を越えたことによる。

図2は、黒鉛化腐食を生じた水道管の断面写真である。黒鉛化腐食が生じた水道管の事例の腐食速度は0.2 mm/年程度以下であった。

硫化水素や炭酸ガスを溶解した弱酸性環境での铸铁製ポンプ翼の黒鉛化腐食事例では、約半年で1 mmに達することがある¹⁾。

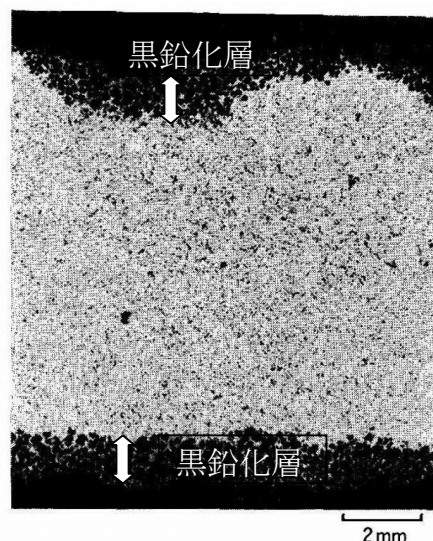


図2. 黒鉛化腐食を受けた水道管の断面組織写真¹⁾

図3は、水道用ねずみ铸铁管における黒鉛化腐食深さであり、水に接する内面（a : inside）の最大腐食深さと、土に接する外側（b : outside）の最大腐食深さを示している。水による腐食速度（inside）は土壌による腐食速度（outside）に比べて、約2倍程度の速度となっている。両サイド合計の腐食速度（a+b）は、80年で16～17 mmとなっている。

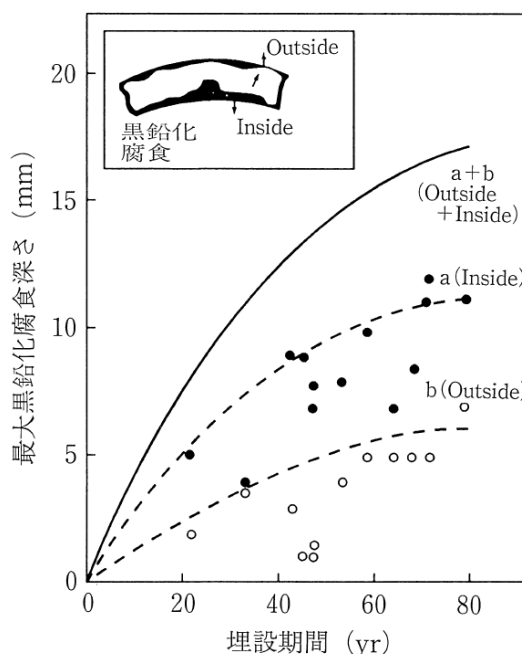


図3. 水道用ねずみ铸铁管における黒鉛化腐食深さ²⁾

5. 対策

鋳鉄は、マトリックス中に黒鉛が分散されている。その結果、黒鉛化腐食が生じる。黒鉛化腐食の速度は、4で述べたように、特別の環境を除いてそれほど速くはない。したがって、特別な対策はしてない。しかし、黒鉛化腐食の場合、腐食が進行しても外観上肉厚変化が生じない。肉厚変化が生じないため、腐食が進行しても、腐食を見落としてしまう事がある。また、管内面で生じている場合は、腐食の進行程度を見極める事が難しくなる。設備の寿命管理において、以上の点を注意をしなければならない。肉厚変化の検出方法として、交流励磁したコイルの発信振幅の変化を利用した非破壊検出法が考案されている¹⁾。

6. 参考文献

- 1) 佐藤栄次：防食技術、Vol.37、No3、p171～（1988）
- 2) 腐食・防食ハンドブック 腐食防食協会編集、丸善株式会社発行（平成 12 年 2 月）