



Title	鉄鋼材料の環境脆化要因解析
Author(s)	佐藤, 栄次
Citation	大阪大学, 1992, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/37695
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	佐 藤 栄 次
博士の専攻分野の名称	博士（工 学）
学位記番号	第 1 0 0 5 0 号
学位授与年月日	平成 4 年 2 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	鉄鋼材料の環境脆化要因解析
論文審査委員	(主査) 教 授 柴田 俊夫 (副査) 教 授 山根 寿己 教 授 向井 喜彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、低合金鋼、ステンレス鋼の環境脆化現象について、その劣化過程における材料要因、環境要因、それらの組合せによる相互作用要因について解析した。

第 1 章では、金属材料の環境脆化の流れと本研究の目的と意義について述べた。環境脆化は、それを支配する要因が時間と共に変化する（例えば、皮膜破壊、孔食生成、応力条件変化、局部液性変化、孔食の進展・合体）ことに着目し、それぞれの要因を解析し、その限界条件と時間依存性を解析することの重要性を述べた。

第 2 章では鉄鋼材料の腐食事例解析を通して割れを支配する環境条件の影響を検討した。石炭ガス液環境での軟鋼の SCC は、電位、pH、温度条件によって決まる狭い条件でのみ発生する。この割れは時間と共に表面状態、環境条件が変化しながら次第に割れ発生環境条件に到達することを明らかにした。

また、低合金鋼の水素誘起割れ（HIC）の観察法、割れを誘発する材料因子を検討した。HIC は硫化水素（ H_2S ）により進入促進された水素が鋼中非金属介在物を起点に発生する介在物誘起型割れであり、外部応力を必要とせず板厚方向に平行に発生する。この割れ機構の解析にふくれ部に平行に研磨して割れを観察する方法を開発した。本法により HIC の割れ発生、伝播過程の解析を可能とした。HIC は延伸された II 型 MnS、酸化物系介在物集合体等を起点として発生し、伝播にはそれらの大きさ、分布、周辺の偏析帯が直接関与していることを明らかにした。

第 3 章では、油井環境別に腐食速度、水素侵入速度に及ぼす材料・環境因子の影響を明らかにした。また HIC の発生と伝播を決める環境の pH に及ぼす H_2S 分圧、炭酸ガス分圧の影響を定式化した。

H_2S を含む環境では、水素侵入は水素イオンの還元反応だけでなく、分子状 H_2S 自身の還元反応に

よっても生じ、かつ水素の還元反応機構によらず H_2S 分圧による一定比率で水素侵入が促進されることを明らかにした。

また、自然腐食状態に於ける水素侵入割合を電気化学的水素透過法によって決定する方法を提案した。本方法によって酸性の自然腐食状態における実効水素侵入比は約3.5であることを明らかにした。

さらに、2つの H_2S を含む規格試験液の特異性を水素侵入、腐食速度に及ぼす合金元素の影響の観点から検討した。合金元素、銅は試験液への酢酸添加の有無によってその効果が異なることを明らかにした。

また、油井環境での低合金鋼の腐食挙動および腐食機構は鋼のマイクロ組織、環境のpH、 H_2S 分圧によって支配されることを明らかにした。

第4章ではステンレス鋼の塩化物応力腐食割れ(SCC)を発生伝播過程に影響する材料要因、環境要因について検討した。中性環境での局部pH測定法を提案し、腐食機構を考察した。pH測定は電気化学的水素透過法と人工隙間及び液薄膜状態とを組合せ、水素透過レベルから中性大気環境での局部pH測定が可能であることを示した。

また、ひずみ電極法によりオーステナイトステンレス鋼のSCCにおいてアノード溶解反応が塩化物イオンによって抑制されること、またカソード反応は鋼中Pによって促進されることを明らかにした。

中性塩化物環境下のオーステナイトステンレス鋼の割れ発生伝播挙動を孔食形状と孔食発生数変化、割れ深さ分布から考察し、孔食の生成、マイクロ割れの発生・進展、マイクロ割れの成長・合体、主き裂の生成進展過程を解析し、その限界条件を明らかにした。

第5章では鉄鋼材料に要求される耐さび性、耐SCC性の評価手法について述べた。クロム含有鋼の室内大気雰囲気での耐さび性評価手法として過酸化水素滴下法を提案した。本法によりクロム含有鋼の水分層の厚さと耐さび性との関係を滴下過酸化水素量によって評価することが出来た。

また、中性塩化物環境でのステンレス鋼のSCC評価法として乾湿繰り返し加速評価法を開発した。割れ寿命を皮膜破壊、マイクロ割れ発生、主き裂伝播の各期間に分離し、それぞれの時間をワイブル分布により統計解析した。実機熱交換器の割れ寿命分布と比較し本法の有効性を定量的に明らかにした。

第6章では、本研究の内容を総括し、得られた結論をまとめた。

論文審査の結果の要旨

本論文は低合金鋼およびステンレス鋼を中心とした鉄鋼材料の環境脆化における材料要因、環境要因、およびそれらの組合せによる相互作用要因についての解析結果について述べたものであって、その主な内容は以下の通りである。

- (1) 石炭ガス液環境で発生した軟鋼の粒界割れは、軟鋼の電位、pH、温度によって決定される極めて狭い条件においてのみ発生する活性経路型応力腐食割れであることを明らかにしている。また油井環境等の硫化物を含む環境における低合金鋼の水素誘起割れは、腐食反応によって侵入を加速促進され

た水素が鋼中のⅡ型 MnS や酸化物介在物近傍に集積して生じる介在物誘起型割れであることを明らかにしている。さらに油井環境の pH を硫化水素分圧および炭酸ガス分圧の関数として表わすとともに、水素誘起割れを油井環境別に分類し、割れに及ぼす腐食速度、水素侵入速度、鋼成分、および組織の影響を明らかにしている。

- (2) 局部腐食内部の pH を電気化学水素透過法によって直接定量的に測定する方法を用いることによって中性環境下でステンレス鋼に生じる局部腐食発生と、その内部 pH が低下する過程を定量的に解析している。
- (3) 実地環境におけるステンレス鋼の耐さび性および応力腐食割れの実験室加速試験法を新たに提案している。応力腐食割れ評価法として乾湿繰り返し加速試験法を開発し、割れ寿命分布をワイブル分布により統計解析し、実機熱交換器の割れ寿命分布と比較し、本方法の有効性を定量的に明らかにしている。

以上のように本論文は、鉄鋼材料の環境脆化要因を材料因子および環境因子の両面より解析し、環境脆化対策に有用な多くの知見を与えており、腐食防食工学および鉄鋼材料学の発展に寄与することが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。