

厚生労働科学研究費補助金（労働安全衛生総合研究事業）
分担研究報告書

腐食解析技術の検討

研究分担者 齋藤 博之 東京電機大学工学部教授

研究要旨 減肉の主要因となる腐食の発端および進展を明確にすることをめざして、腐食生成物の分析、腐食反応の計測を行っている。現地調査を行った鹿島地区で採取した減肉ボルト・ナットのサンプルについて、TDAによる水素分析を行い、部位ごとの腐食の進展の違いを明らかにした。その結果、ボルトに関して、水素量と腐食度合いの間に相関性があることを示した。

A. 研究目的

臨海コンビナートのプラントでの腐食減肉について、減肉の実態の把握、減肉速度の予測モデル、減肉の許容基準・余寿命評価を行ううえで、腐食生成物の分析と腐食反応（酸化反応・還元反応）の計測を行うことが欠かせない。腐食減肉が発生する発端である腐食の発生、および、その進展を明確にすることは、予測モデルや余寿命評価の確立と不可分だからである。

腐食生成物の分析と腐食反応（酸化反応・還元反応）の計測にはいくつかのものがあるが、本研究の平成30年度の研究では次の手法に着目して検討を行う。

すなわち、腐食反応のうち還元反応で生じる水素を検出することで、ボルト、またはナットの部位による腐食速度の差を解明することを試みた。水素を検出する手法として、昇温脱離法（Thermal Desorption Analysis: TDA）の手法をボルトとナットに対して適用した。このTDAによる手法はボルト、またはナットの分析したい部分を切断して真空中で加熱し、加熱により固体中から脱離して気体として放出される水素ガスをガスクロマトグラフにより検出する手法である。

本研究では、装置に実際に使用されたボルトやナットの各部位に含まれる水素量をTDAにより分析し、部位による水素量の

差からそれぞれの部位での腐食速度の差を推定し、腐食が生じるメカニズムを見出すことを目的とする。

B. 研究方法

現地調査で鹿島地区で採取した減肉ボルト・ナットのサンプルについて、TDAによる分析を行う。分析にあたっては、散水配管のフランジに使用されたナット（Test 1）、ボルト（Test 2）の嵌合部、および外部に露出したナット（Test 3）、ボルト（Test 4）を切断して、それぞれ各部を分析して比較する。TDAにおける真空中での昇温は時間あたり100℃で行い、この間の放出水素を測定する。

（倫理面への配慮）

本研究の実施によって、生体及び環境へ影響を及ぼすことは無いので、倫理面への問題は無いと考える。

C. 結果

TDAにより得られた各部位の放出水素を図1に、これをもとに整理した結果を表1に示す。

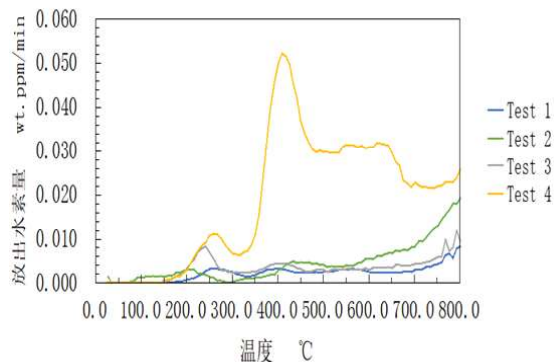


図1 現地調査したボルト・ナットの部位別の水素量 (水素放出プロファイル)

表1 現地調査したボルト・ナットの部位別の水素量

記号	採取部位	水素
Test 1	ナット(嵌合部)	微量
Test 2	ボルト(嵌合部)	微量
Test 3	ナット(外部露出)	微量
Test 4	ボルト(外部露出)	多量

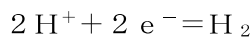
これらの図表、特に表1にみられるように、嵌合部のナット、ボルトともに水素は微量である。外部露出した部分のナットに関しては水素は微量であるが、ボルトへの水素は多量である。このように、水素の量は部位によって異なっている。

なお、肉眼での観察では嵌合部には赤錆はほとんど見られず、外部露出した部分にはボルト、ナットともに赤錆の激しい発生が見られた。

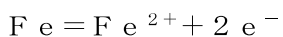
D. 考察

水素の発生は腐食反応のうちの還元反応に対応し、この還元反応がボルト、ナットを構成する鉄鋼の酸化反応による減肉量と対応しながら全体の腐食を進める。この反応は化学式で記せば次のようになる。

(水素の還元反応)



(鉄鋼の主成分である鉄の酸化反応)



ここで、 e^- は電子を示し、消費される電子と生成する電子が釣り合うように化学反応、この場合は腐食反応が進行する。水素の還元反応では水素ガスが発生するが、実際にはボルトやナットの表面で反応が生じるため外部に逃散するのみならずボルトやナットに溶解・侵入して痕跡を残す。この溶解した水素はTDAにおける昇温により温度でエネルギーを上昇させるとボルトやナットに溶解しきれなくなって外部に放出されるから、放出された水素量の分析結果として計測される。

この経緯を考慮すると、図1および表1に整理した水素量が微量であることと、嵌合部のナットおよびボルトに赤錆、すなわち鉄の酸化物(ヘマタイト Fe_2O_3 と推測される)がほとんど存在しないこととは一致する。すなわち、TDAにより分析された水素量が微量であれば腐食は軽微である。

ただし、この点について外部露出したボルトの水素が多量であることと赤錆が激しく発生していることとも一致するが、外部露出したナットについては水素量が微量であるにもかかわらず赤錆が発生している。これは、外部露出した状態においてはボルト、ナットともに鉄の酸化反応が生じるが、ボルトとナットの位置関係で、より内側にあるボルト側での水素の発生が優勢に生じていることを示す。すなわち、構造上で、より内側にある部材は水素発生が優勢となり、より外側にある部材およびその部材自体の外側にある部分を加速的に腐食させるものと考えたと説明できる。このことは、高強度低合金鋼の大気中遅れ破壊に関して水素発生はボルト部が優勢に生じるとした過去の研究(大村朋彦:大阪大学博士論文「高強度低合金鋼の水素脆化挙動とその防止に関する研究」2007年)と一致する。

E. 結論

TDAによる水素の分析に関して、下記の結論が得られた。

(1) TDAにより分析された水素量と腐食の

間に相関性がある。一般に、水素が微量のとき腐食は軽微である。

- (2) ボルトとナットの位置関係で、より内側にあるボルト側での水素の発生が優勢に生じる。
- (3) 上記(2)の結果、ボルト・ナットとも部材の外側では鉄鋼の酸化による腐食が進行して赤錆となると推定される。
- (4) 上記(1)-(3)の結果を勘案し、TDA による水素分析は腐食の解析に有効な手法として利用できる。

F. 研究発表

1. 論文発表

なし

2. 学会発表

なし

(発表誌名巻号・頁・発行年等も記入)

G. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む。）

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし