

水素利用社会の実現を目指す本格研究

ぜいか 水素脆化現象の計測

水素材料先端科学研究センターの取り組み

私たちはエネルギー資源の大部分を石油をはじめとした化石燃料に頼っています。しかし、化石燃料は有限であり、地球温暖化などへの影響も懸念されています。そのため、次世代のクリーンエネルギーとして、地球上で最も多く存在する元素で、環境への負荷が少ない水素が注目されています。

水素材料先端科学研究センター（通称HYDROGENIUS）は、水素利用社会の実現を技術的に支援するため、水素と材料に関わる種々の現象を科学的に解明し、各種データを産業界に提供するとともに、安全で簡便に水素を利用するための技術指針を確立することをミッションとして設立されました。センター内の6研究チームの一つである水素脆化評価研究チームは、水素を次世代のエネルギーとして安全に利用するため、金属材料の水素脆化機構を解明し、金属の微小領域の水素脆化評価解析技術を構築することを目的としています。独自の水素脆化評価試験装置を開発するとともに、走査型プローブ顕微鏡を用いて、マクロはもとよりミクロの視点から水素脆化現象の解明に取り組んでいます。



図1 水素脆化評価研究チームの代表的な試験装置

(左) 230 MPa 水素脆化評価試験装置
温度範囲 室温～393 K、最高水素圧 230 MPa、最大引張荷重 30 kN
(右) 低温 70 MPa 水素中材料試験装置
温度範囲 85 K～313 K、最高水素圧 80 MPa、最大引張荷重 30 kN

高圧水素中での水素脆化評価

水素脆化とは、ある種の金属材料が水素雰囲気中で劣化する現象です^[1]。雰囲気中の水素が、原子・分子レベルで材料中に侵入し、水素脆化現象が発生すると考えられていますが、材料中の水素の挙動など、そのメカニズムはまだ十分に解明されていません。

私たちは、水素利用機器における金属材料の使用条件を考慮し、さまざまな水素ガス圧力、温度範囲において丸

棒状の金属試験片を引張ることで水素脆化の評価ができる装置を開発しています。図1に、代表的な評価装置として、世界最高レベルの水素ガス圧（230 MPa：約2300気圧）を有する水素脆化評価試験装置と、約-190℃（85 K）～室温（313 K）で評価可能な、低温70 MPa水素中材料試験装置を示します。これらの装置を用いて、市販されている鉄鋼材料やアルミニウム合金材料など、さまざまな水素用材料について評価を行い、データベース化を行っています。また、特に重要なオーステナイト系ステンレス鋼については、その化学成分と水素脆化の関係について調べています^[2]。

ミクロレベルでの水素脆化評価

水素脆化現象のメカニズムを解明するために、水素脆化に伴う微小亀裂の発生と成長を、走査型プローブ顕微鏡を用いて観察しています。オーステナイト系ステンレス鋼の一種である



東北大学大学院修了（工学博士）後、民間企業を経て1993年旧工業技術院入所。マックス・プランク金属研究所客員研究員、産総研改組後スマートストラクチャー研究センター、計測フロンティア研究部門を経て、2006年当研究センター。2010年より現職。材料の機械的性質はもとより、電気特性、磁気特性などの機能的性質に与える水素の影響について、興味をもって研究しています。

飯島 高志（いじま たかし）
ijijima-t@aist.go.jp
水素材料先端科学研究センター
水素脆化評価研究チーム
研究チーム長（九州センター）

SUS304は、水素脆化を示す材料として知られています。そこで、あらかじめ水素を吸収させたSUS304試験片を少しずつ引張っては試料表面を観察し、微小亀裂の発生位置の特定を試みました。SUS304は引張ることで、塑性変形に伴い非磁性のオーステナイト相 (γ 相) から磁性を有するひずみ誘起マルテンサイト相 (α' 相) に相変態することが知られています。そこで、走査型プローブ顕微鏡の原子間力顕微鏡 (AFM) 機能を用いて微小亀裂の観察を試みるとともに、磁気力顕微鏡 (MFM) 機能を用いて、ひずみ誘起マルテンサイト相の分布状態を調べました。その結果、図2に示すように初期亀裂はオーステナイト相とひずみ誘起マルテンサイト相の界面に生成し、オーステナイト相の $\{111\}$ すべり面に沿って成長することがわかりました^[3]。引き続き研究を継続し、変形に伴う水素の拡散・分布の状態とクラック発生の関連を明確にしたいと考えています。

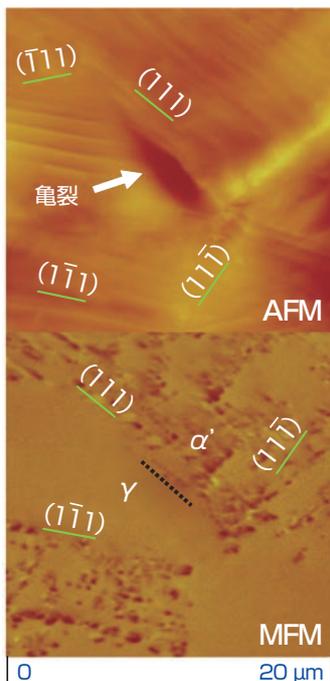


図2 走査型プローブ顕微鏡を用いた亀裂生成観察
亀裂は α' (ひずみ誘起マルテンサイト) と γ (オーステナイト) との界面に生成する

今後の展開

水素エネルギーを利用した社会を実現するためには、水素利用機器に使用されるさまざまな材料に与える水素の影響を解明し、安全性と経済性を両立させることが重要です。そのためには、私たちの評価設備を大学や企業の方にも使用していただき、産学官の力を結集していきたいと考えています。また、今後は構造用材料ばかりではなく、機能性材料についてもその電気特性や磁気特性などに与える水素雰囲気の影響を調べたいと思っています。

参考文献

- [1] 福山誠司: 産総研TODAY, 7(7), 6 (2007).
- [2] M. Imade *et al.*: *Proceedings of ASME PVP*, 77605 (2009).
- [3] L. Zhang *et al.*: *J. Appl. Phys.* 108, 063526 (2010).

産総研では、経済・社会ニーズへ対応するために異なる分野の知識を幅広く選択、融合、適用する研究(第2種基礎研究)を軸に、「第1種基礎研究」から「製品化研究」にいたる連続的な研究を「本格研究」として推進することを組織運営理念の中核に捉えています。

新しい研究と開発の定義

第2種基礎研究を軸に本格研究へ

	定義	活動	成果物
「第1種基礎研究」	未知現象を観察、実験、理論計算により分析して、普遍的な法則や定理を構築するための研究をいう。	発見・解明	学術論文
「第2種基礎研究」	複数の領域の知識を統合して社会的価値を実現する研究をいう。また、その一般性のある方法論を導き出す研究も含む。	融合・適用	手法論文 特許 実験報告書 データベース
「製品化研究」	第1種基礎研究、第2種基礎研究および実際の経験から得た成果と知識を利用し、新しい技術の社会での利用を具体化するための研究。	実用	事業価値