

力学機能のナノエンジニアリング  
2020 年度採択研究者

2020 年度 年次報告書
------------------

柴田 暁伸

物質・材料研究機構 構造材料研究拠点  
グループリーダー

高強度鋼における水素脆性クラック伝播挙動のマルチスケール解析

## § 1. 研究成果の概要

引張強度 1.2GPa 級の焼入れままマルテンサイト組織を対象とし、水素チャージ材および未チャージ材に対して引張試験および除荷コンプライアンス試験を行った。引張試験は丸棒試験片および環状切り欠き付丸棒試験片（ノッチ径:1.2 mm、2.4 mm、6 mm）を用い、除荷コンプライアンス試験はコンパクトテンション試験片を用いた。

引張試験および有限要素解析により、水素濃度の増加と共に破断時の最大主応力が減少していくことが明らかとなった。またクラック進展抵抗曲線および開口変位-クラック距離曲線から、水素濃度が高い場合であっても、水素脆性破壊は完全な不安定破壊ではなく、安定クラック成長がある程度生じているということ、そして水素脆性は開口変位が小さくてもクラックが伝播できるという特徴があることがわかった。

クラック先端領域を SEM-ECCI により解析したところ、未チャージ材ではクラック先端が顕著に鈍化しているのに対し、水素チャージ材のクラック先端はまったく鈍化していなかった。また、粒界クラックの前方に微小な粒内クラックが発生していた。さらに、未チャージ材では、クラック先端の比較的広範囲で塑性緩和が生じていたが、水素チャージ材では、クラック先端ナノ領域に塑性変形が集中しており、方位回転が生じ、サブグレインが形成されるほど、変形組織が顕著に発達していた。これらの結果より、未チャージ材では、クラック伝播が一旦停止するとクラック先端が顕著に鈍化するため、更なるマクロなクラック成長には開口変位の増加が必要となると考えられる。一方、水素チャージ材ではクラック先端がほとんど鈍化せず、クラック伝播が一旦停止しても、クラック前方の旧オーステナイト粒内に新たなクラックが形成されるため、開口変位が小さいままでクラック伝播が生じるのではと考えられる。