

# 水素環境下における金属材料の 疲労強度特性と破壊メカニズムに関する研究 —第1報—

永石尚昭 円城寺隆志 松永久生<sup>※1</sup>

平成 28 年度

## 背景および目的

水素エネルギー関連機器の構成部材として、金属材料の幅広い利用が期待されている。一方、水素脆化の問題から使用できる金属材料は制限されているのが現状である。国際的には、高圧水素機器の強度設計指針や材料の水素適合性試験の規格について統一化が急がれており、国内外で議論が活発化している。

国内では、金属材料の疲労寿命特性に及ぼす水素ガス環境の影響について、主に平滑丸棒試験片を用いて検討されているのに対し、国外では、環状切欠き丸棒試験片(図1)を用いた方法が提案され、検討されている。近い将来、試験規格の統一や取得された疲労寿命特性を実際の部材の疲労度設計に適用するためには、それぞれの試験法で取得された疲労寿命特性が持つ意味を理解することが重要である。

本研究では、各種金属材料の大気中および水素ガス中における疲労寿命特性について、実験および数値解析を用いて考察し、材料の水素適合性試験の規格統一に寄与することを目的とする。

## 研究内容

図2に環状切欠き試験片を用いて大気中および水素ガス中で取得した SUS304 の疲労寿命特性を示す。応力振幅  $\sigma_a$  は荷重振幅を切欠き底の最小断面積で割って求めた。図中には、環状切欠きを同一深さの円周き裂とみなし、 $da/dN \sim \Delta K$  関係から疲労寿命を予測した結果を実線および鎖線で示している。

図3に大気中および水素ガス中における SUS304 の疲労き裂進展特性  $da/dN \sim \Delta K$  を示す。水素ガス中では大気中に比べ疲労き裂進展速度が加速することが、水素ガス中における SUS304 の疲労寿命が大気中と比べ低下する原因であると考えられる。

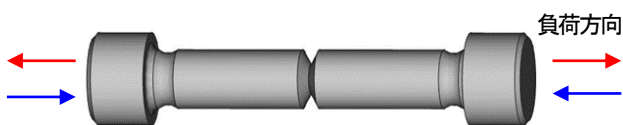


図1 環状切欠き丸棒試験片

## 研究成果

1. 低寿命領域 ( $N_f < 10^5$ ) では、水素ガス中の疲労寿命は大気中と比べ低下した。
2. 高寿命領域 ( $N_f > 10^5$ ) では、水素ガス中の疲労寿命は大気中と比べ低下した。しかし、その低下は低寿命領域に比べ小さい。
3. 実験結果と予測結果は一致しなかった。両者の違いは、き裂の発生、き裂先端の降伏状態や繰返し塑性変形挙動の違いから説明できると考えるが、今後の検討課題である。

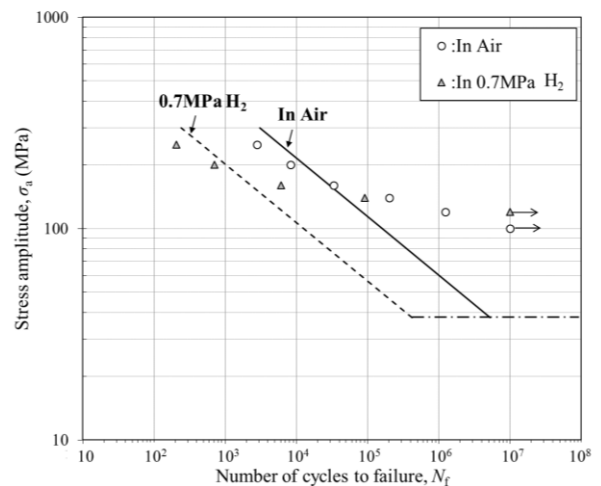


図2 SUS304 の疲労寿命特性

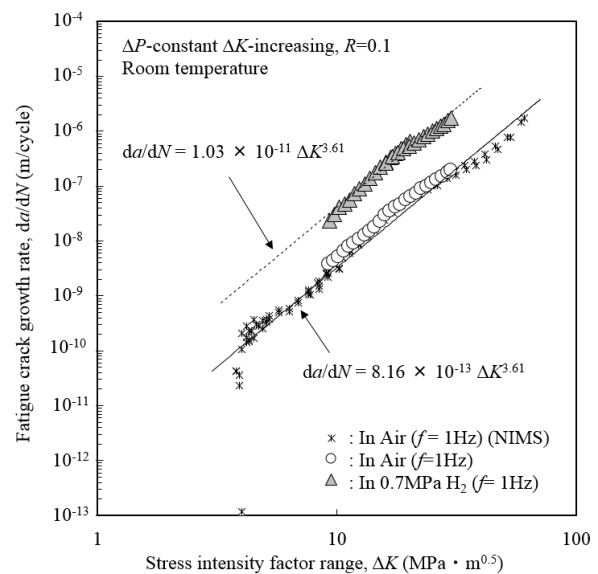


図3 SUS304 の疲労き裂進展特性