

Q

腐食疲労の一般的な特徴を教えてください。
また、軽水炉での環境疲労との違いを教えてください。

参照 QNo.: FA-13, FA-19, FC-01

A

腐食環境の疲労（腐食疲労）には、大気環境の疲労と比較して以下に示す特徴がある。

- ・繰返し数依存の疲労に、時間依存の腐食が影響を及ぼす。
- ・腐食疲労は図 1(a)の青破線に示すように、S-N 曲線の全領域にわたって疲労強度と疲労寿命の低下が生じる。また、大気環境で疲労限度を示す材料は、疲労限度を示さなくなる場合が多い。
- ・繰返し速度が疲労寿命に大きな影響を及ぼす。低繰返し速度になるほど、疲労寿命は低下する。
- ・疲労き裂の起点は複数で、腐食ピット、結晶粒界、結晶粒内(すべり帯)などの場合がある。
- ・腐食疲労では、き裂発生寿命とき裂進展寿命が低下する。特に、き裂進展速度の加速は、定量的に実測できる。

上記の特徴は表 1 に示すように、応力、材料、環境の 3 種類の影響因子が同時に現れることにより生じる。腐食環境に接する表面が、優先的に腐食され、典型的な例として、MnS 介在物の溶出に起因する腐食ピットが生じる。この腐食ピットが優先的に腐食して成長し、応力集中源となり、き裂の発生と進展が加速される。なお、腐食疲労破面には、複数の起点と腐食の痕跡が認められる。

軽水炉環境の疲労を環境疲労といい、腐食疲労の一種であるが、一般的な腐食疲労と区別されている。環境疲労では表面に明確な腐食は起こらず、腐食ピットが起点とならない特徴を持つ。また図 1(b)の赤破線に示すように、環境疲労では疲労寿命のみが低下し、疲労限度には影響しないと考えられている。

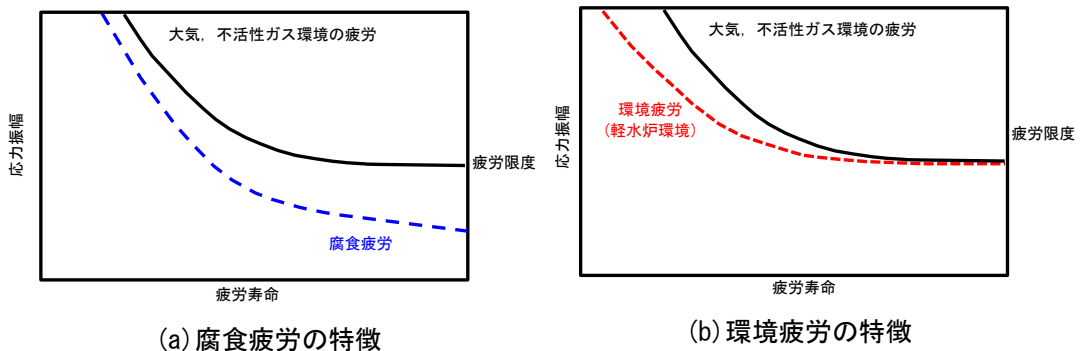


図 1 大気環境と腐食環境の S-N 曲線の特徴(例)

表 1 腐食疲労に及ぼす代表的因子の特徴(大気環境との比較)

因子		大気環境	腐食環境
応力	応力 波形	ほぼ影響なし.	応力の負荷時間と最大応力での保持時間の影響を受ける場合が多い.
	平均 応力	増加に伴い疲労強度が低下する.	大気環境と同じ場合が多い.
	繰返し 速度	ほぼ影響なし.	低繰返し速度になるほど疲労強度と疲労寿命が低下する場合が多い.
材料	引張 強さ	引張強さが高い材料ほど, 疲労限度が高くなる.	疲労限度は引張強さに依存しない傾向がある.
環境	pH	—	pH が低いほどばらつきが大きく, 疲労強度と疲労寿命が低下する傾向がある.
	水素	—	水素環境では, 疲労寿命が低下する場合がある.
	温度 ^(注1)	高温になると, やや疲労寿命は低下する.	高温になるほど, 疲労寿命の低下が著しい.

(注 1) 300°C程度までの温度

[参考文献]

- (1) 金属材料 疲れ強さの設計資料(Ⅲ) 環境効果, 日本機械学会, (1974).
- (2) 疲労設計便覧, 養賢堂, 日本材料学会編, (1995).
- (3) 発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法 (2009 年版), JSME S NF1-2009, 日本機械学会, (2009).