

2. バックエンド

使用済燃料コンクリートキャスク貯蔵用キャニスタの 応力腐食割れに対する健全性の評価

背 景

わが国においては、使用済燃料を中間貯蔵する方式の一つであるコンクリートキャスク貯蔵の適用が検討されている。同方式では燃料を収納するステンレス鋼製キャニスタを外気により自然空冷するため、中間貯蔵施設が海岸立地となった場合、冷却空気に含まれる海塩粒子がキャニスタ表面に付着することによって、キャニスタの溶接部近傍において応力腐食割れ(Stress Corrosion Cracking; SCC)の生じる可能性がある(図1)。SCC は、海塩が潮解する相対湿度以上で生じる。このため、キャニスタ表面温度や気象条件に応じて海塩が潮解している時間(濡れ時間)よりも SCC の発生に必要な時間(SCC 発生寿命)が長ければ SCC は発生しないと言える。

目 的

ステンレス鋼の SCC 発生寿命と SCC 発生条件に関する知見を得るとともに、使用済燃料の貯蔵期間 60 年の間に、SCC によってキャニスタに損傷が生じないことを示す。

主な成果

1. SCC 発生寿命の評価

試験片に人工海塩を塗布し、温度 80℃、相対湿度 35%^{*1}において定荷重保持した。本試験では、キャニスタ板厚の 1/10 程度である 2mm 厚試験片の破断を工学的な意味での SCC 発生寿命とみなすこととしている。従来材料の SUS304L が 250h 程度で破断したのに対して、塩化物腐食への耐性が高いキャニスタ候補材は 46,000h まで破断せず、SCC 発生寿命が同時間以上であることが明らかとなった(図2)。

2. SCC 発生湿度の評価

海塩の潮解、SCC の前駆過程である腐食の発生および微小き裂発生のそれぞれの限界相対湿度を、SCC が懸念される 100℃以下の温度範囲で調べた。温度が高いほどそれらの限界値は低く(評価上厳しく)なった(図3)。保守側の条件の 80℃において、SUS304L 材で実際にき裂が発生した相対湿度 15%を、濡れ時間評価の境界条件とする。

3. 健全性評価法と試算結果

日本海側沿岸の毎時気温、相対湿度データと、モデルキャニスタによって実験的に得たキャニスタ表面温度の予測値からキャニスタ表面近傍の相対湿度の時間変化を貯蔵開始から 60 年後まで計算した(図4)。この試算結果では、相対湿度 15%を上回る時間は 15,430h となり、SCC 発生寿命の 46,000h には満たない。この方法によって、キャニスタの健全性を評価できるものと考えられる。

今後の展開

SCC発生試験を継続し、より長時間側のSCC発生寿命を求める。また評価項目を見直して、健全性評価法を改良する。

主 担 当 者 材料科学研究所 機能・機構発現領域 主任研究員 谷 純一

関連報告書 「使用済燃料コンクリートキャスク貯蔵用キャニスタ候補材の塩化物応力腐食割れ特性(その5)」
電力中央研究所報告:Q06014(2007年5月)
「使用済燃料コンクリートキャスク貯蔵用キャニスタ候補材の塩化物応力腐食割れ特性(その4)」
電力中央研究所報告:Q06001(2006年9月)

^{*1} :海塩は 100℃以上では乾燥するため、100℃以下の十分高い温度として 80℃を、人工海塩中の塩化マグネシウムが潮解する湿度として 35%を試験条件として設定した。実環境中では 80℃で最高湿度が 10%程度となるので、この試験条件は保守側である。

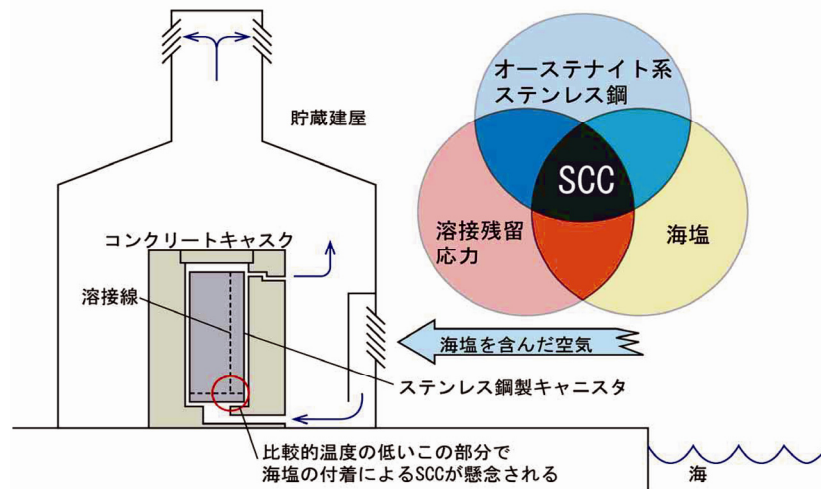


図1 コンクリートキャスク貯蔵の概要とキャニスタで懸念される応力腐食割れ (SCC)

海岸立地では、キャニスタ表面に海塩が付着すると予想され、溶接残留応力が存在する部位では割れの発生が懸念される。

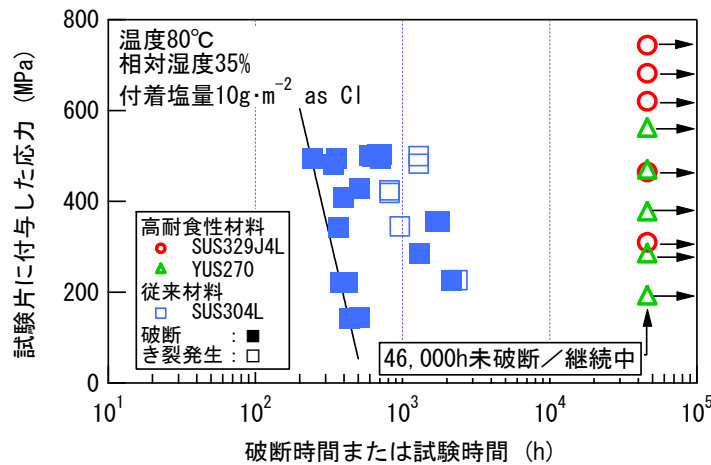


図2 引張試験による SCC 寿命評価

応力範囲はキャニスタの溶接残留応力に対応する。温度、湿度、付着塩量は文献値等を参考にして SCC 発生条件として厳しい値を選んだ。

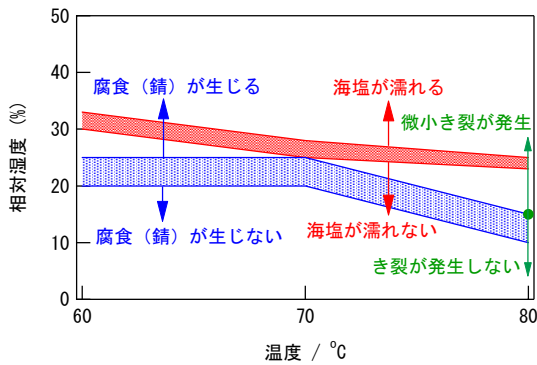


図3 SCC 発生の下限湿度の評価結果

80°Cにおいて SCC が発生する境界条件である相対湿度 15%を評価に用いた。

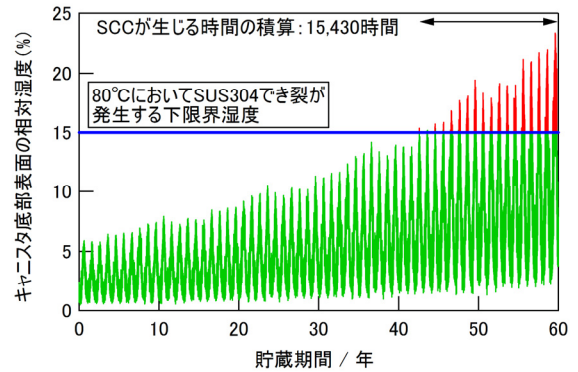


図4 日本海側沿岸の気象データおよびキャニスタ除熱試験のデータより得た評価時間

図2の SCC 発生寿命は濡れ時間(図中15%以上の積算)を十分に上回るため、この試算結果では SCC による損傷の可能性は低いと考えられる。