

# 炉材料の強度及び微細組織への事故時熱影響の検討

## (2) 福島第一原発の格納容器材料への 事故時熱影響による強度特性変化範囲の検討

Effects of heating on the strength and the microstructure  
of the reactor structural steels during severe accident

(2) Estimation of the heating effects on the strength of containment vessel steels  
of the damaged Fukushima Daiichi nuclear plants

\*吉永 啓汰<sup>1</sup>, 青木 勇斗<sup>1</sup>, 橋本 健吾<sup>1</sup>, 今野 力斗<sup>1</sup>, 實川 資朗<sup>1</sup>

<sup>1</sup>福島工業高等専門学校

抄録 福島第一原発の格納容器への事故時の加熱の影響を推定するため、加熱条件、冷却条件などをパラメータに試験片に熱履歴を与え、鋼材の強度特性などへの影響の範囲を実験的に検討した。

**キーワード**：格納容器鋼，温度履歴，破壊靱性，過酷事故，廃止措置

### 1. 緒言

事故時、1号機については、熔融燃料等が格納容器底部で広がり、格納容器に接近した<sup>[1]</sup>ため格納容器や建屋の加熱による損傷が懸念される。また、炉内機器の残存強度を推定することは、復旧作業の円滑な進捗に有用であるとともに、事故過程の解析を通じて今後の軽水炉安全性向上に資する知見を与えると期待される。そこで、本研究では格納容器鋼の強度への加熱などの影響について実験的に評価した。

### 2. 実験

本研究では MKI 格納容器鋼である SGV480 鋼<sup>[2]</sup>の入手が困難なため、類似材 STS370 鋼(Tenaris-三立総業) 0.2C-0.17Si-0.49Mn-0.008P-0.005S-Fe 及び MKII の格納容器鋼 SA738B 鋼(東北大学より供与) 0.09C-0.20Si-1.45Mn-0.005P-0.001S-Fe を用いた。事故時の熱影響を模擬するにあたって、熔融までは範囲としないが、広い範囲を包含するよう、加熱温度はオーステナイト化温度以上まで、保持時間(温度は一定)として 300 時間程度まで、冷却速度は TMI-2 の圧力容器で報告された急冷<sup>[3]</sup>までを考慮した。また、試験片を冷却する際、試験片を厚板に挟み加熱/冷却するなどにより冷却速度の調整を図った。このようにして熱履歴を模擬した材料に対して引張試験、破壊靱性試験及び硬さ試験を室温で行い、併せて微細組織を観察した。なお、破壊靱性試験法は除荷コンプライアンス法とした。

### 3. 結果・考察

1000℃で 30 分間保持後、水冷(オーステナイト領域から急冷)した STS370 鋼の亀裂進展挙動(J-R 曲線)を図 1 に、650℃で 100 時間保持後、室温まで徐冷した STS370 鋼の亀裂進展挙動を図 2 に示す。また、1000℃で 15 分間保持後、水冷した SA738B 鋼の亀裂進展挙動を図 3 に示す。J<sub>Q</sub> 値は図中に記載した。水冷での冷却速度は-50℃/秒より速かった(500℃付近で)。STS370 鋼及び SA738B 鋼の受け入れ材の J<sub>Q</sub> 値はそれぞれ約 730[kJ/m<sup>2</sup>]及び約 800[kJ/m<sup>2</sup>]であった(試験片寸法は ASTM E813 での要求を満たさない)。急冷した試験片は受け入れ材に比べて硬さが増加し、破壊靱性値は減少した(冷却速度の影響評価を進める)。微細組織も変化を示した。これに対して、加熱後徐冷した STS370 鋼は受け入れ材に比べ硬さは減少し、破壊靱性値はわずかに増加した。従って、この条件では高温での保持(100 時間)による靱性変化は大きくなかった。

加熱後、急冷した試験片の破壊靱性値は減少したが、大きな欠陥が無ければ脆性破壊は生じにくい程度と判断される。もちろん、余裕が大きくなるのは無いので、一定の注意が必要と推定される。

### 参考文献

- [1] 「燃料デブリ取り出しに向けた技術開発について」、平成 25 年 10 月 8 日、鈴木俊一  
[2] JAEA-Research 2014-007(福島第一原子力発電所事故に係る圧力容器/格納容器の健全性評価技術の開発)、大洗研福島技術開発特別チーム  
[3] G.E. Korth, et al., Nuclear Engineering Design 167(1997)267-285

\*Keita Yoshinaga<sup>1</sup>, Yuto Aoki<sup>1</sup>, Kengo Hashimoto<sup>1</sup>, Rikito Konno<sup>1</sup> and Shiro Jitsukawa<sup>1</sup>

<sup>1</sup>NIT Fukushima college

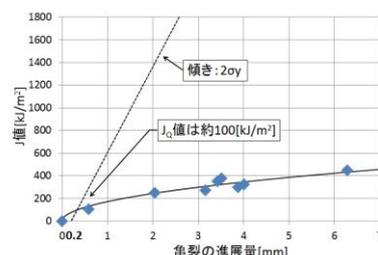


図1 加熱・急冷後の亀裂進展挙動(STS370鋼)

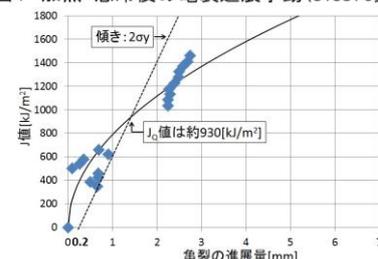


図2 加熱・徐冷後の亀裂進展挙動(STS370鋼)

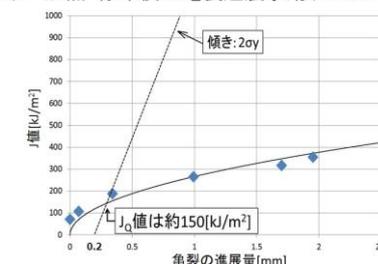


図3 加熱・急冷後の亀裂進展挙動(SA738B鋼)