

# 事故時高温条件での燃料健全性確保のための ODS フェライト鋼燃料被覆管の研究開発(3)

## (3) FeCr 及び FeCrAl-ODS 鋼被覆管の破損寿命評価式の策定

R&D of ODS ferritic steel cladding for maintaining fuel integrity at accident condition (3)

(3) Formulation of failure life evaluation for FeCr- and FeCrAl-ODS steel claddings

\*矢野 康英<sup>1</sup>, 加藤 章一<sup>1</sup>, 大塚 智史<sup>1</sup>, 上羽 智之<sup>1</sup>, 関尾 佳弘<sup>1</sup>, 井上 利彦<sup>1</sup>, 古川 智弘<sup>1</sup>,  
皆藤 威二<sup>1</sup>, 鶴飼 重治<sup>2</sup>, 木村 晃彦<sup>3</sup>, 鳥丸 忠彦<sup>4</sup>, 林 重成<sup>5</sup>

<sup>1</sup>原子力機構, <sup>2</sup>北海道大学, <sup>3</sup>京都大学, <sup>4</sup>日本核燃料開発株式会社, <sup>5</sup>東京工業大学

高速炉燃料用に開発した 9/12Cr-ODS 鋼に加えて、軽水炉に適用するために Al を添加し耐水蒸気酸化性を向上させた FeCrAl-ODS 鋼について、各種の高温強度試験を実施し、破損寿命評価式を策定した。

キーワード：酸化物分散強化型(ODS)鋼、高速炉、軽水炉、燃料被覆管、累積損傷和(CDF)

### 1. 緒言

事故時高温条件における燃料被覆管の破損限界評価は、高速炉及び軽水炉の安全性を確保する上で極めて重要な項目である。そのため、高速炉用の 9/12Cr-ODS 鋼被覆管及び本公募で作製した FeCrAl-ODS 鋼被覆管について、超高温を含む内圧クリープ破断データを用い、事故時高温条件での燃料破損寿命予測に適用可能な評価式を策定した。

### 2. 試験方法

9/12Cr-ODS 鋼被覆管に加えて、新たに製管した再結晶組織を有する FeCrAl-ODS 鋼被覆管を対象にした。超高温を含む内圧クリープ破断データ(650~1000°C)を用いて破損寿命予測式を策定し、高速炉の代表的な事故事象である冷却能力低下型事象(LOF)の 1 次ピークを模擬した急速加熱バースト試験結果(周応力 50~200 MPa, 昇温速度 0.1, 1, 5, 10°C/s)及び 1300°C までのリング引張試験結果を用いて、策定式の妥当性および適用可能範囲を検証した。

### 3. 試験結果及び考察

図 1(a)と(b)に策定式を用いて求めた 9Cr 及び 12Cr-ODS 鋼の急速加熱バースト試験条件の破損温度予測値とその実験(実測)値の比較をそれぞれ示す。9Cr-ODS 鋼では、策定式から様々な昇温速度に対する破損限界を精度よく予測出来ることが分かった。一方、12Cr-ODS 鋼では 1°C/s 以下の昇温速度までは精度よく予測出来るが、5°C/s 以上の昇温速度では破損予測温度より実測値が高い傾向にあった。これは、各温度における 9Cr-ODS 鋼の降伏応力が負荷応力に対して十分に高いため損傷メカニズムがクリープ損傷主体になるのに対して、12Cr-ODS 鋼の降伏応力が破損温度近傍で負荷応力より低いことに起因し、短時間塑性変形による損傷の寄与が大きくなるため生じたと考えられる。なお、当日の講演では、FeCrAl-ODS 鋼の評価結果についても報告する。本研究の一部は、文部科学省の原子力システム研究開発事業による委託業務として、国立大学法人北海道大学が実施した平成 25~28 年度「事故時高温条件での燃料健全性確保のための ODS フェライト鋼燃料被覆管の研究開発」の成果である。

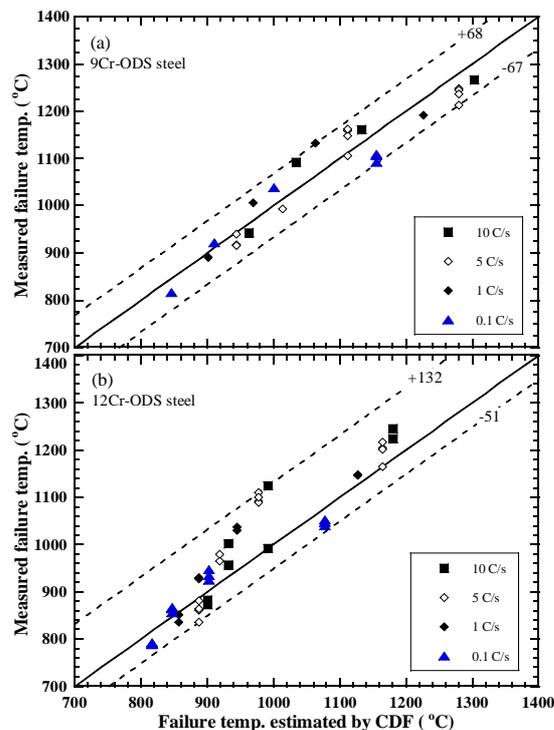


図 1. LOF 時の破損温度予測値と実測値の比較

\*Y. Yano<sup>1</sup>, S. Kato<sup>1</sup>, S. Ohtsuka<sup>1</sup>, T. Uwaba<sup>1</sup>, Y. Sekio<sup>1</sup>, T. Inoue<sup>1</sup>, T. Furukawa<sup>1</sup>, T. Kaito<sup>1</sup>, S. Ukai<sup>2</sup>, A. Kimura<sup>3</sup>, T. Torimaru<sup>4</sup>, and S. Hayashi<sup>5</sup> <sup>1</sup>JAEA, <sup>2</sup>Hokkaido Univ., <sup>3</sup>Kyoto Univ., <sup>4</sup>NFD, <sup>5</sup>Tokyo Tech