

日本電気協会 原子力規格委員会 殿

## JEAC4201-2007 についての質問

貴協会制定の 原子炉構造材の監視試験方法 (JEAC4201-2007 および[2013年追補版])の附属書表 B2100 の数値を計算する際に用いられた各種データについてお尋ねします。

なお、この点については B-2200 引用文献 としてあげてある下記研究報告：

(1) 曾根田直樹, 土肥謙次, 野本明義, 西田憲二, 石野栞

“軽水炉圧力容器鋼材の照射脆化予測法の式化に関する研究—照射脆化予測の開発”,

電力中央研究所報告 Q06019, 平成 19 年 4 月

(2) 曾根田直樹, 中島健一, 西田憲二, 土肥謙次

原子炉圧力容器鋼の照射脆化予測法の改良—高照射監視試験データの予測の改善—

電力中央研究所報告 Q12007, 平成 25 年 3 月

および、関連の英文論文：

(3) N. Soneda, K. Dohi, A. Nomoto, K. Nishida and S. Ishino :

“Embrittlement Correlation Method for the Japanese Reactor Pressure Vessel Materials”,

Journal of ASTM International, 7, Issue 3(2010)

を参照しましたが、適切な記述が見当たらないためお尋ねする次第です。

### 1. Cu の拡散係数

標記の表 (附属書表 B2100) 中の数値を計算するに際して、Cu の拡散係数  $D_{Cu}$  が用いられています。この量は、電力中研報告 Q06019 で以下のように定義され、

$$D_{Cu} = D_{Cu}^{thermal} + D_{Cu}^{irrad} = D_{Cu}^{thermal} + \omega \cdot \phi^\eta \quad (2-7)$$

同報告書の付 1 には以下のように記されています。

$$D_{Cu} = 0.75 + 7.0 \times 10^{-6} \cdot \phi^{0.52}$$

この値  $D_{Cu}^{thermal} = 0.75$  は、原子炉の操業温度である 300°C 近傍のものと存じます。鉄あるいは鋼中の銅の拡散係数の測定は通常 700°C 以上の高温で行われています。したがって、300°C 近傍の値は測定温度範囲への外挿により得られたものと思われます。その際に用いたデータ及び出典 (文献) をご教示ください。また、この量の単位が  $\text{cm}^2\text{s}^{-1}$ ,  $\text{m}^2\text{s}^{-1}$  のいずれであるか (あるいは別の単位か?) を明示してください。

### 2. 公称照射温度と計算

附属書表 B2100 においては、公称照射温度として 283°C 及び 288°C (加圧水型原子炉圧力容器), 276°C (沸騰水型原子炉圧力容器) の 3 つの温度が表示されています。一方、一連の反応速度式に現れる係数のうち、温度に依存する量は

Cu の拡散係数  $D_{Cu}$ ,

マトリックス損傷の形成速度式に現れる  $F_t$ ,

Cu の固溶量  $C_{Cu}^{sol}$

であると思われます。3 つの温度における計算に際して、これらの量の値として用いた数値をお知らせください。なお、このほかに温度により変化する量があれば、あわせてお知らせください。

以上

## 「JEAC4201-2007 についての質問」に対する回答

### 1. Cuの拡散係数について

本手法では、銅含有量、ニッケル含有量、温度以外の内部変数は基本的に単位を持っていません。最終的に監視試験データにフィッティング（最適化）を行うことですべての係数が確定し、それらの係数が、本手法の内部変数を具体的な単位を持つ値に変換するための変換係数を含んでいると考えています。ご質問にある $D_{Cu}^{t/ermal} = 0.75$ についてもフィッティングにより決まったものです。従って、出典はありません。本手法の適用温度範囲は 270~290°Cと限定された温度範囲であり、この温度範囲における $D_{Cu}^{t/ermal}$ の温度依存性は現状では考慮されていません。温度の影響に関しては、2項で示す通り  $F_T$  で考慮しています。

### 2. 公称照射温度と計算

一般に銅の拡散係数と固溶限が温度に依存することはご指摘の通りですが、本手法ではそこまでの精緻なモデル化は行われていません。この手法の適用範囲において  $D_{Cu}$  や  $Cu^{sol}$  はともに温度に依存しない扱いとなっています。  $D_{Cu}$  の温度依存性を導入することは今後の検討課題と考えられます。  $Cu^{sol}$  の値としては 0.04 wt.% が使われています。  $F_T$  は温度 T の関数として与えられています。参考文献をご参照ください。本手法の適用範囲において、いまのところ他に温度の影響を明示的に考慮すべき変数は無いと考えています。

以上