

東海第二発電所 劣化状況評価 審査会合における指摘事項の回答 (照射誘起型応力腐食割れ)

平成30年9月13日

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密
又は防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 審査会合における指摘事項の回答一覧表

No.	指摘事項	回答
0601-1 劣化状況評価 (平成30年7月17日 第601回審査会合)	破壊靱性評価式の誤差を考慮しても保守的な評価であることを説明すること。	平成30年9月13日 P3 ~ P7

1. 炉心シュラウドの照射誘起型応力腐食割れの評価

(1) 破壊靱性値の設定

<維持規格*1の要求事項>

[添付E-14 炉内構造物に対する破壊評価法の選択]

破壊靱性値は、技術的根拠に基づき適切に定めること。なお、オーステナイト系ステンレス鋼について、破壊靱性値は、下記の値を用いてもよい。

中性子照射量： $8 \times 10^{24} \text{n/m}^2 (E > 1 \text{MeV})$ の場合 $\Rightarrow K_{IC} = 43.2 \text{MPa}\sqrt{\text{m}}$

● 維持規格 添付E-14に示される破壊靱性値： $43.2 \text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ($8 \times 10^{24} \text{n/m}^2 (E > 1 \text{MeV})$ を超える場合)

- ・ 高い中性子照射を受けた試験片のデータを包絡するよう最小値で設定された値
- ・ 策定当時の限られた知見*2を基に設定



● 維持規格に従い、技術的根拠に基づき適切な破壊靱性値を設定

- ・ 共同研究の成果(最新知見)に基づく破壊靱性評価式を使用
- ・ 中性子照射の依存性を考慮した適切な破壊靱性値を設定

*1: 日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格(2008年版)」

*2: 発電設備技術検査協会「原子力プラント長寿命化技術開発に関する調査報告書(平成3年度)」

1. 炉心シュラウドの照射誘起型応力腐食割れの評価

(2) 共同研究における破壊靱性評価式による評価

- 軽水炉環境(中性子照射, 温度), 材料(SUS304系, SUS316系)を考慮し破壊靱性値の試験データを収集
 - 原子力安全基盤機構「照射誘起型応力腐食割れ (IASCC) 評価技術に関する報告書(平成17年度他)」
 - 発電設備技術検査協会「原子力プラント長寿命化技術開発に関する調査報告書(平成3年度)」等



- NUREG/CR-7027を参考に破壊靱性評価式のモデル式を策定

$$\text{モデル式: } J_{IC} = A + (B - A) * \exp(-C * dpa^D)$$



- モデル式に基づき, 試験データの全データの下限値を包絡する破壊靱性評価式を策定



- 中性子照射量に応じた破壊靱性値の算出が可能



- 運転開始後60年時点の中性子照射量を考慮した破壊靱性値を設定し評価を実施

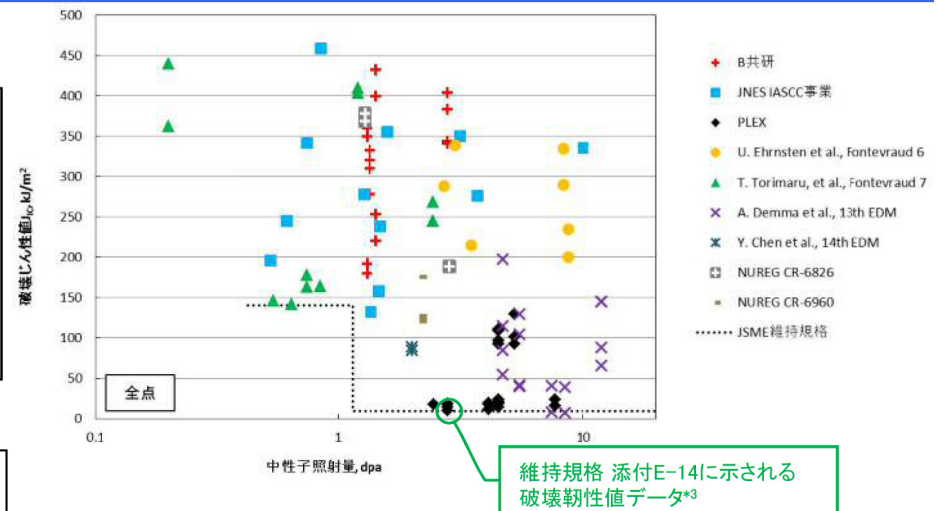


図 収集された破壊靱性値の試験データ群

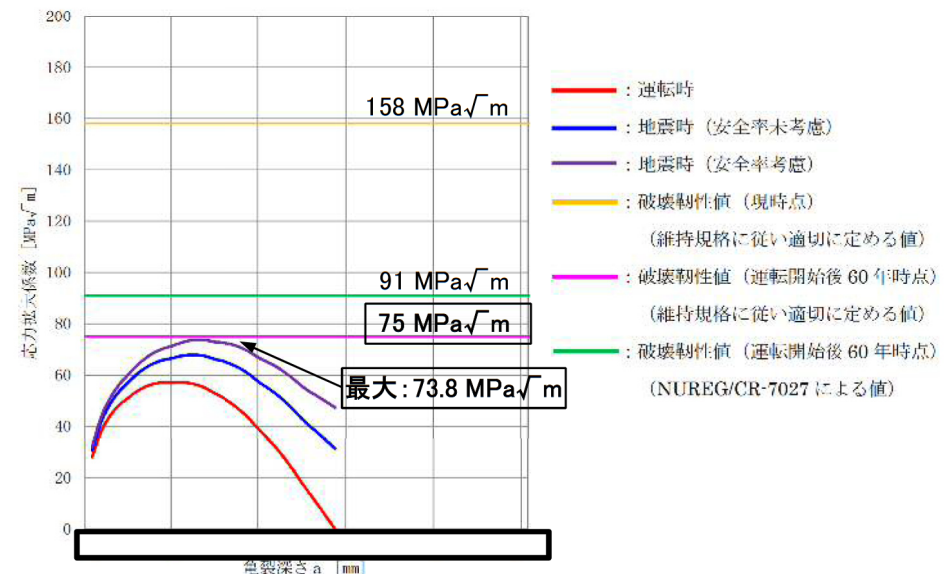


図 炉心シュラウドH4周溶接継手の内面全周亀裂を想定した評価結果

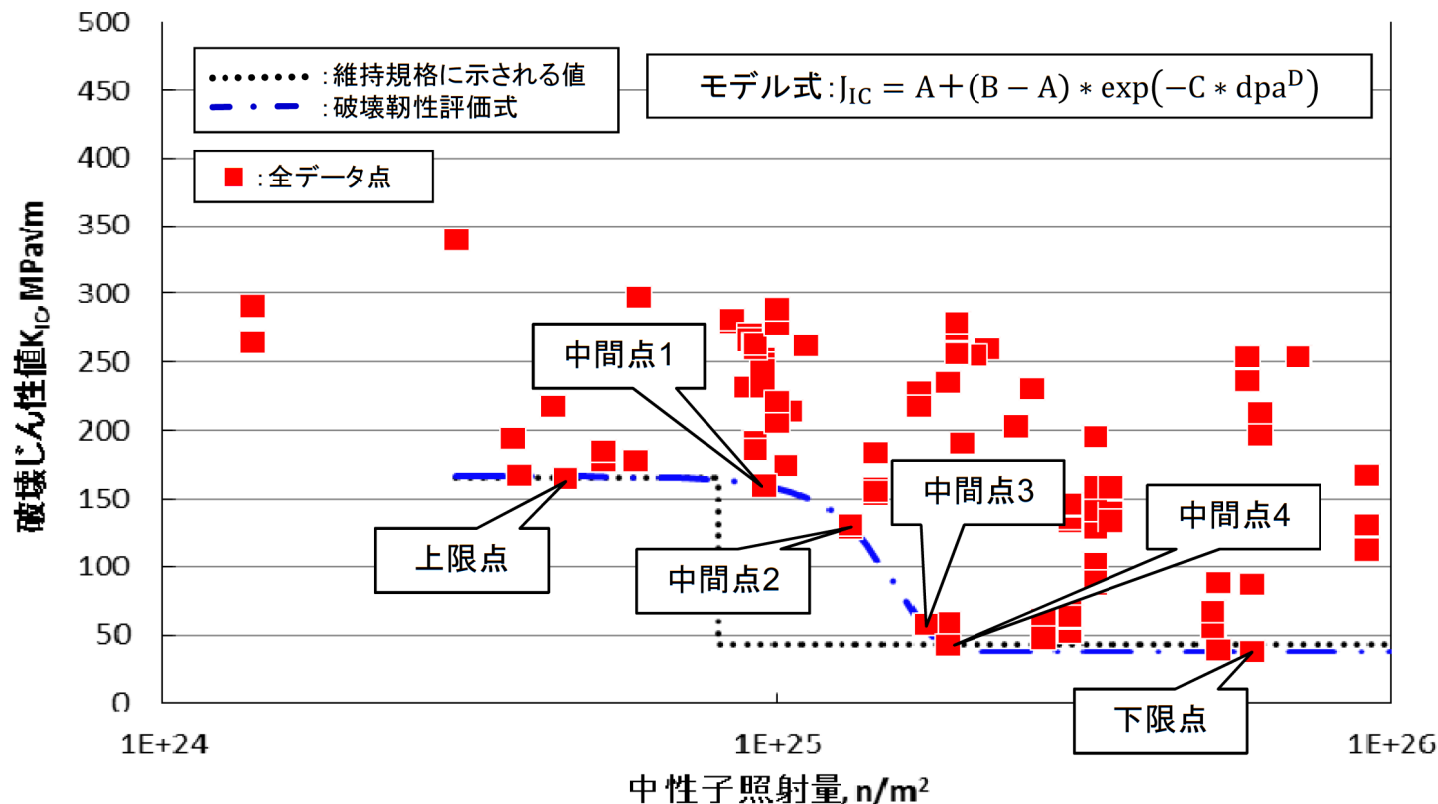
*3: 発電設備技術検査協会「原子力プラント長寿命化技術開発に関する調査報告書(平成3年度)」

2. 破壊靱性評価式の誤差について

(1) 破壊靱性評価式の策定

- ① 全データ点の下限をフィッティングするため、曲線の形状に関わるデータ点(上限点, 中間点1~4, 下限点)を設定
- ② モデル式のAを下限点, Bを上限点に設定
- ③ モデル式の定数C,Dを調整することにより, 破壊靱性評価式による曲線が, 上限点・中間点1~4のデータ点を下回り, 且つ, 各データ点の破壊靱性値と評価式による破壊靱性値の差の合計が最小になるように設定

破壊靱性評価式による曲線は, 全データ点の破壊靱性値以下(マイナス側)となるよう作成した曲線である

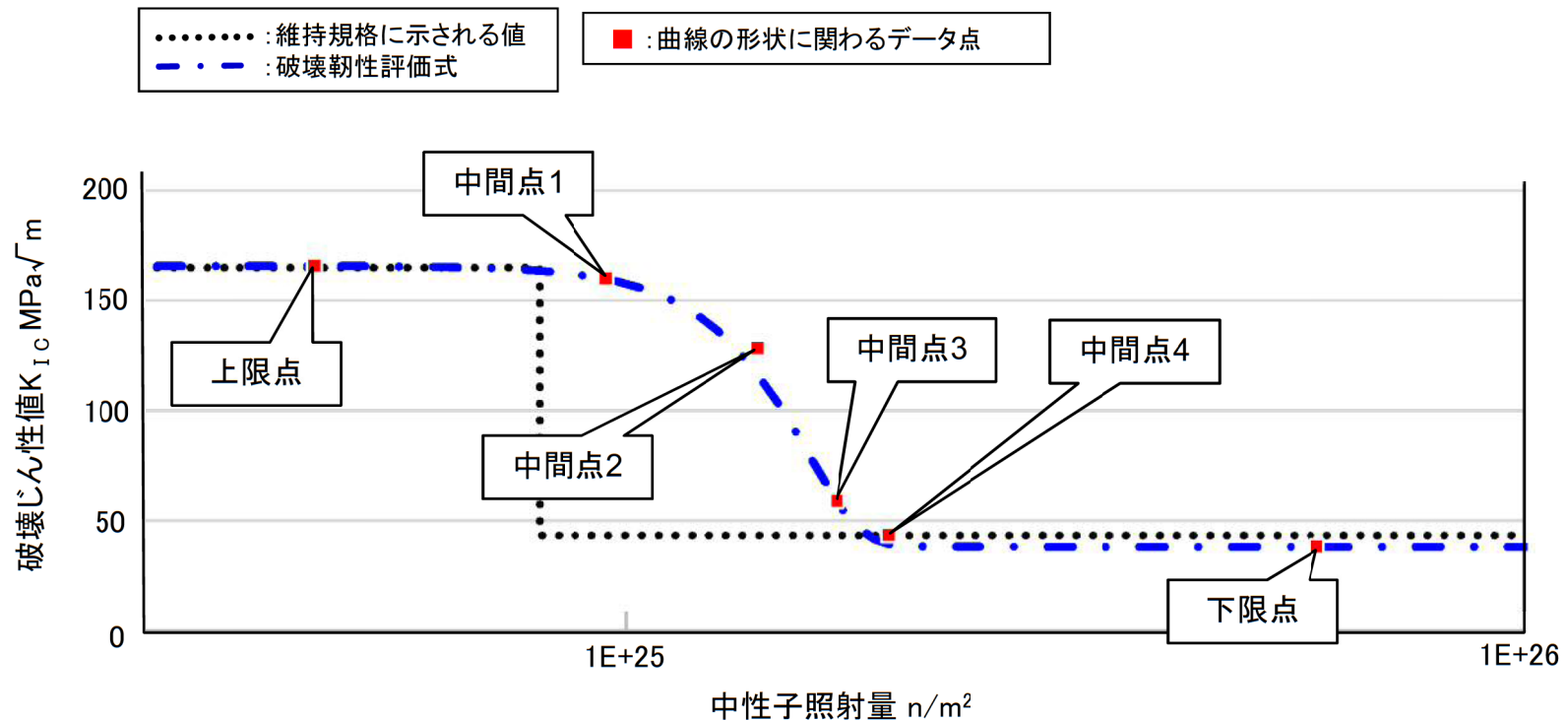


2. 破壊靱性評価式の誤差について

(2) 破壊靱性値試験データと破壊靱性評価式の差

破壊靱性評価式は、全データ点の破壊靱性値以下（マイナス側）となるよう作成した曲線であり、曲線の形状に関わる破壊靱性値試験データと破壊靱性評価式との差を確認した結果は、以下のとおり、試験データ点の破壊靱性値以下（マイナス側）のみである。

(破壊靱性評価式)－(データ点)	上限点	中間点1	中間点2	中間点3	中間点4	下限点
差(MPa√m) [%]	-0.0710 [-0.04]	-0.0134 [-0.01]	-11.9947 [-9.36]	-0.0078 [-0.01]	-3.9147 [-9.06]	0.0000 [0.00]



2. 破壊靱性評価式の誤差について

(3) 評価における保守性

応力拡大係数: $73.8\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ (最大) < 運転開始後60年時点の破壊靱性値: $75\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$

<破壊靱性値>

- 破壊靱性評価式による曲線は、全てのデータ点の破壊靱性値以下(マイナス側)に設定しているため、破壊靱性評価式との差はマイナス側のみである。
- 運転開始後60年時点の破壊靱性値の算出に考慮する実効運転期間(EFPY)は、将来の設備利用率を80%以上に設定している。
- 炉心シュラウド材料の硫黄成分量は低く管理されているため、破壊靱性値の低下傾向は小さいと考えられる。

<応力拡大係数>

- 応力拡大係数の算出に考慮する地震荷重には、基準地震動 S_s に1.5倍の裕度を考慮している。



破壊靱性値試験データと破壊靱性評価式の差を考慮しても、安全率を考慮した地震時の応力拡大係数が、運転開始後60年時点の破壊靱性値を上回ることはないため、健全性評価上問題ない。