

40年超運転で、 圧力容器の照射脆化を監視できるのか？

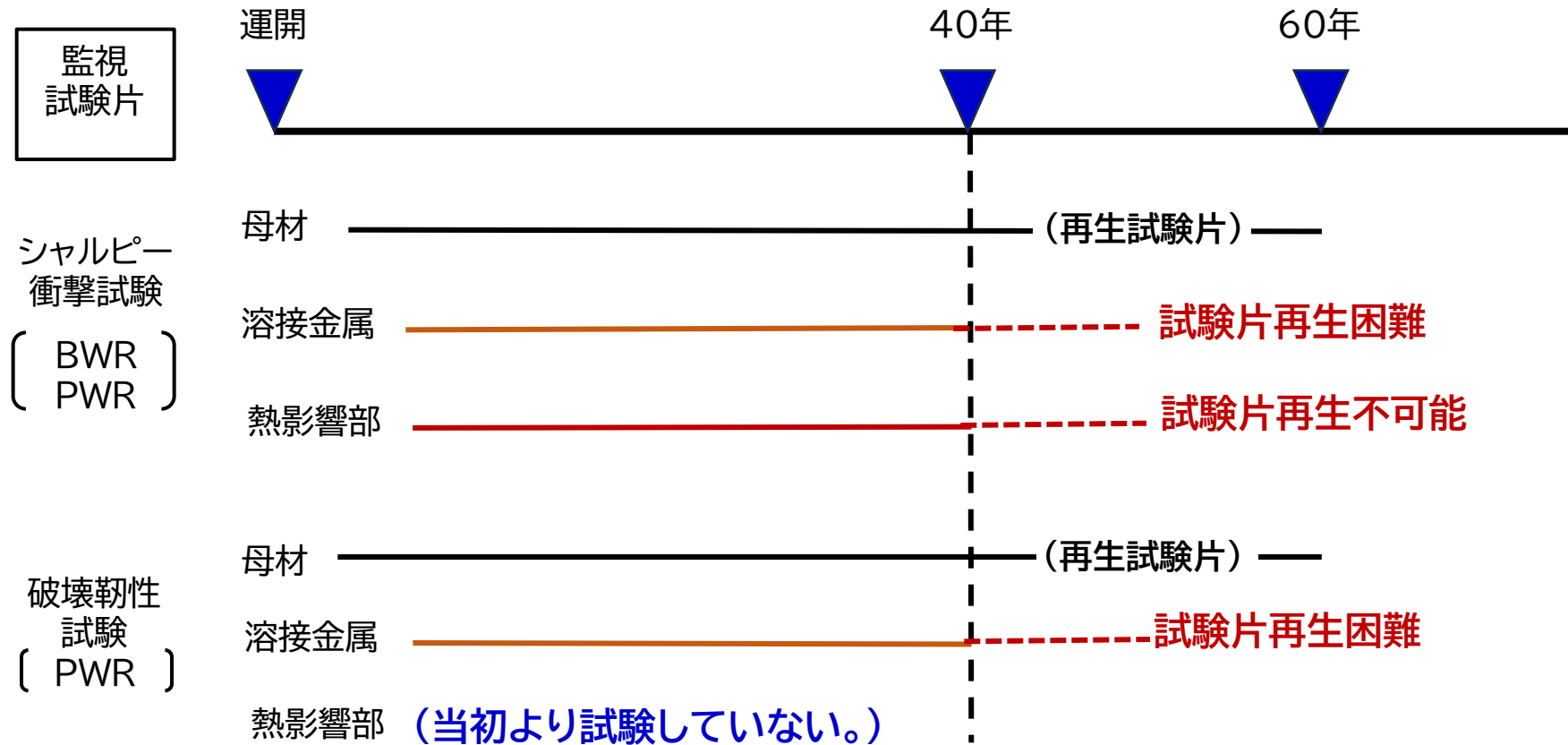
2023 11 30

原発老朽化問題研究会
服部成雄

圧力容器の照射脆化監視試験

- JEAC4201-2007で規定 -

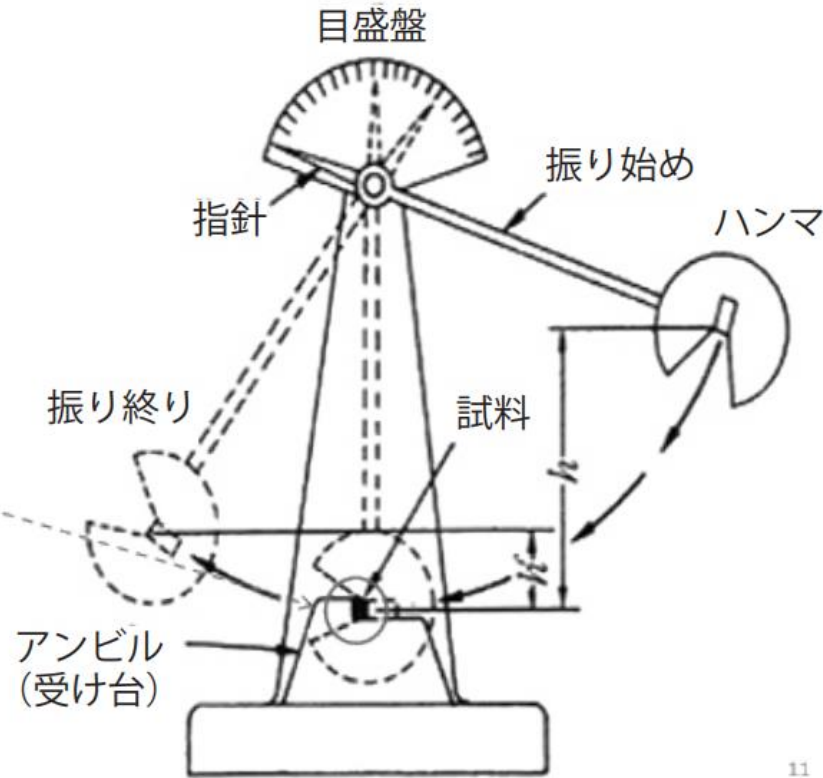
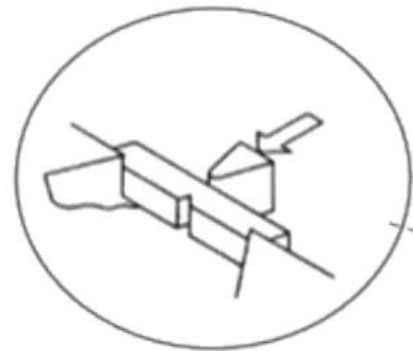
長期運転での監視試験



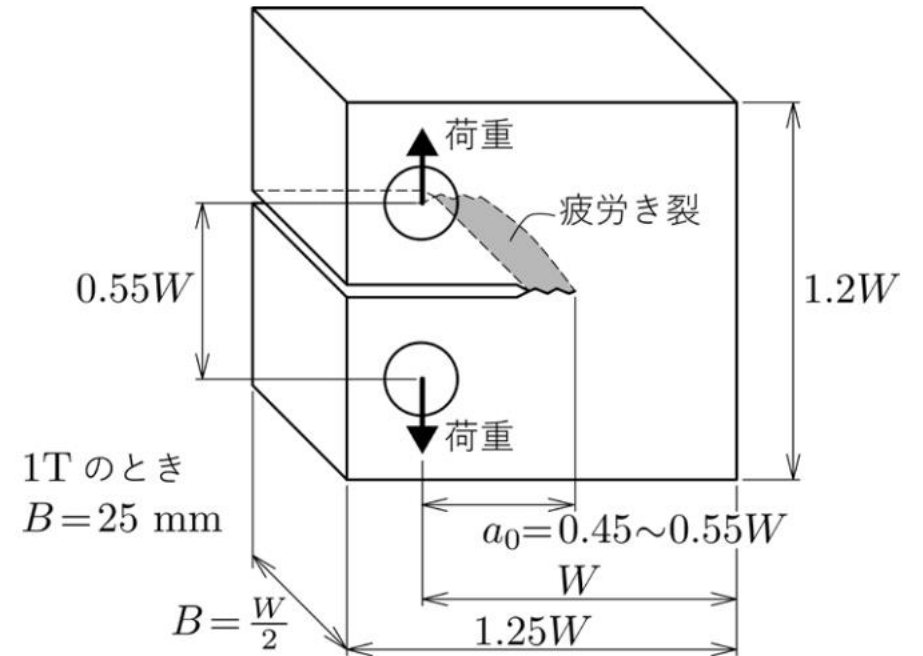
照射脆化の監視試験方法

シャルピー衝撃試験

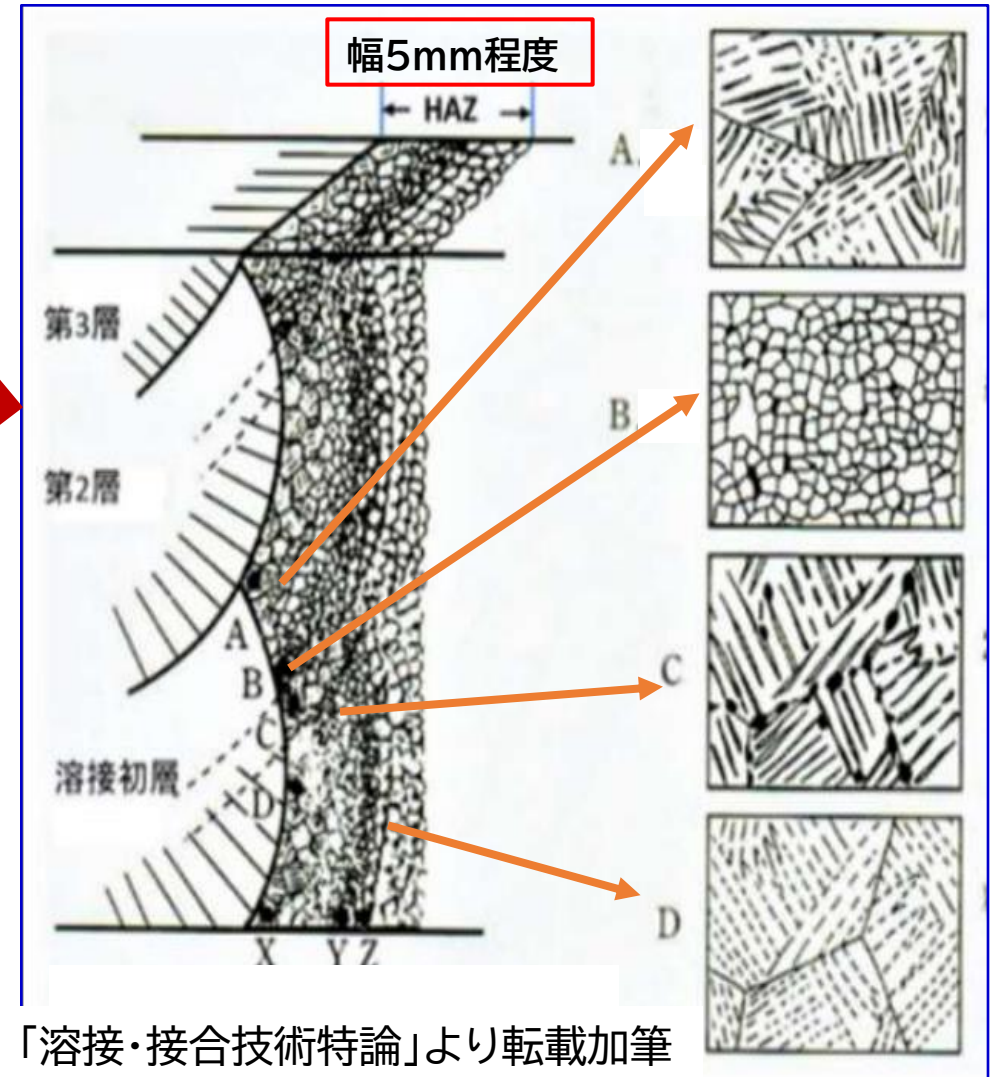
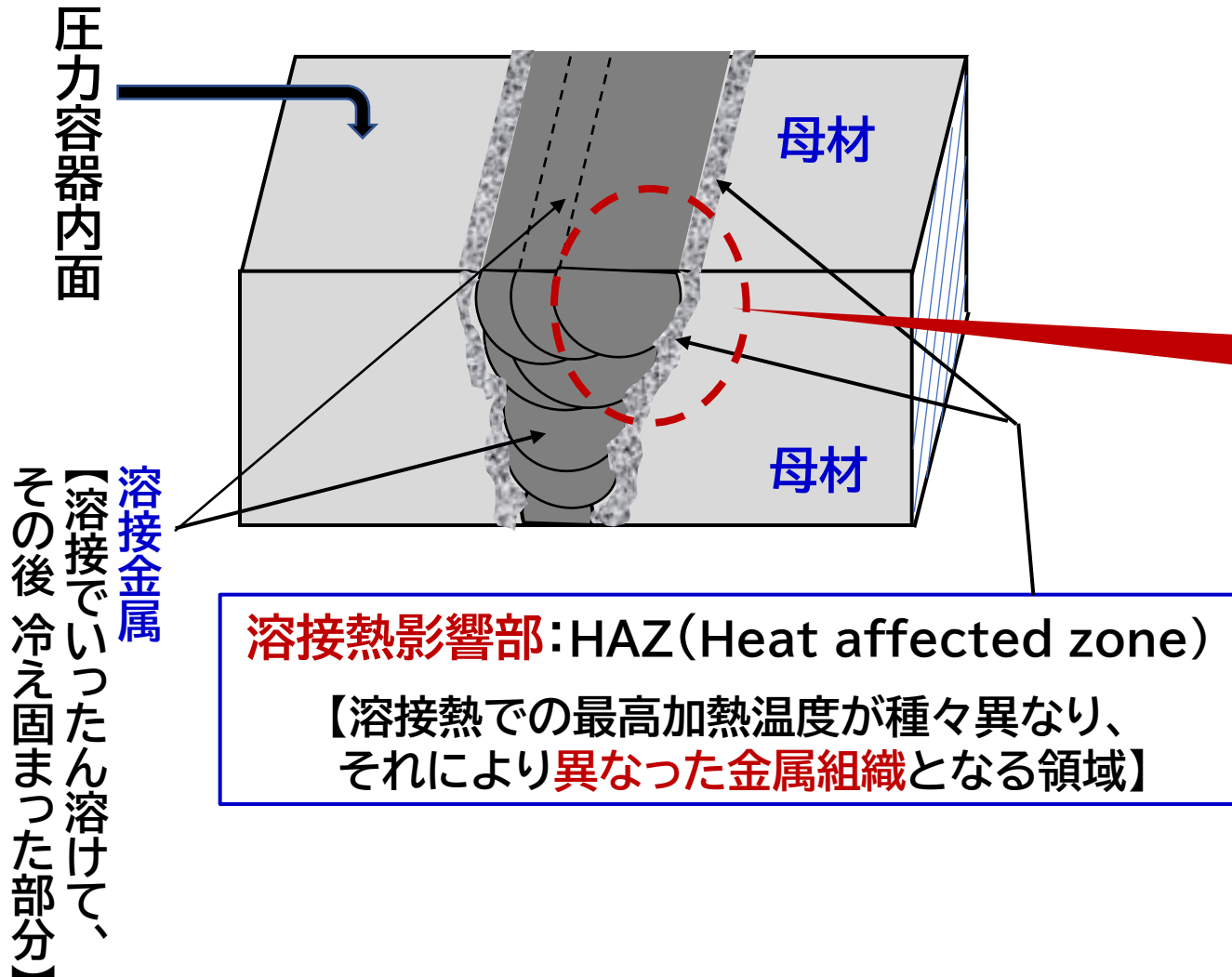
試料寸法
10 mm角 55 mm長



破壊靱性試験 (コンパクトテンション:CT試験)



溶接部の母材、溶接金属、熱影響部(HAZ)の位置関係とHAZの組織



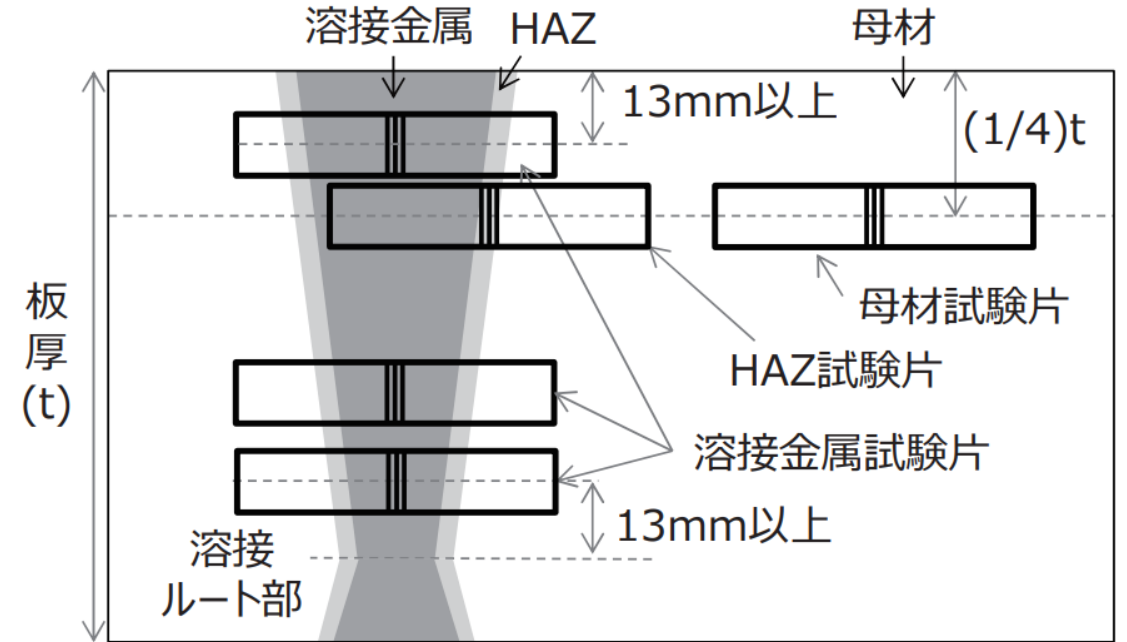
監視試験片の再生

Vノッチシャルピー衝撃試験について

- 基本的に母材、溶接金属、熱影響部(HAZ)の脆化を監視。
- 初装荷の監視試験片：
標準的なBWRで4セット
PWRで6セット(一部は8セット)
- 多くの原発は40年超運転で試験済み。
→ 初装荷監視試験片が無くなる。
- 電力会社の考え方：

① 無くなった試験片を再生して監視に使う：
溶接金属、熱影響部の再生可能か？

② 母材のみ再生し、溶接金属、HAZは監視不要：
母材の監視だけで全てを代表できるか？



監視試験片の採取位置の模式図

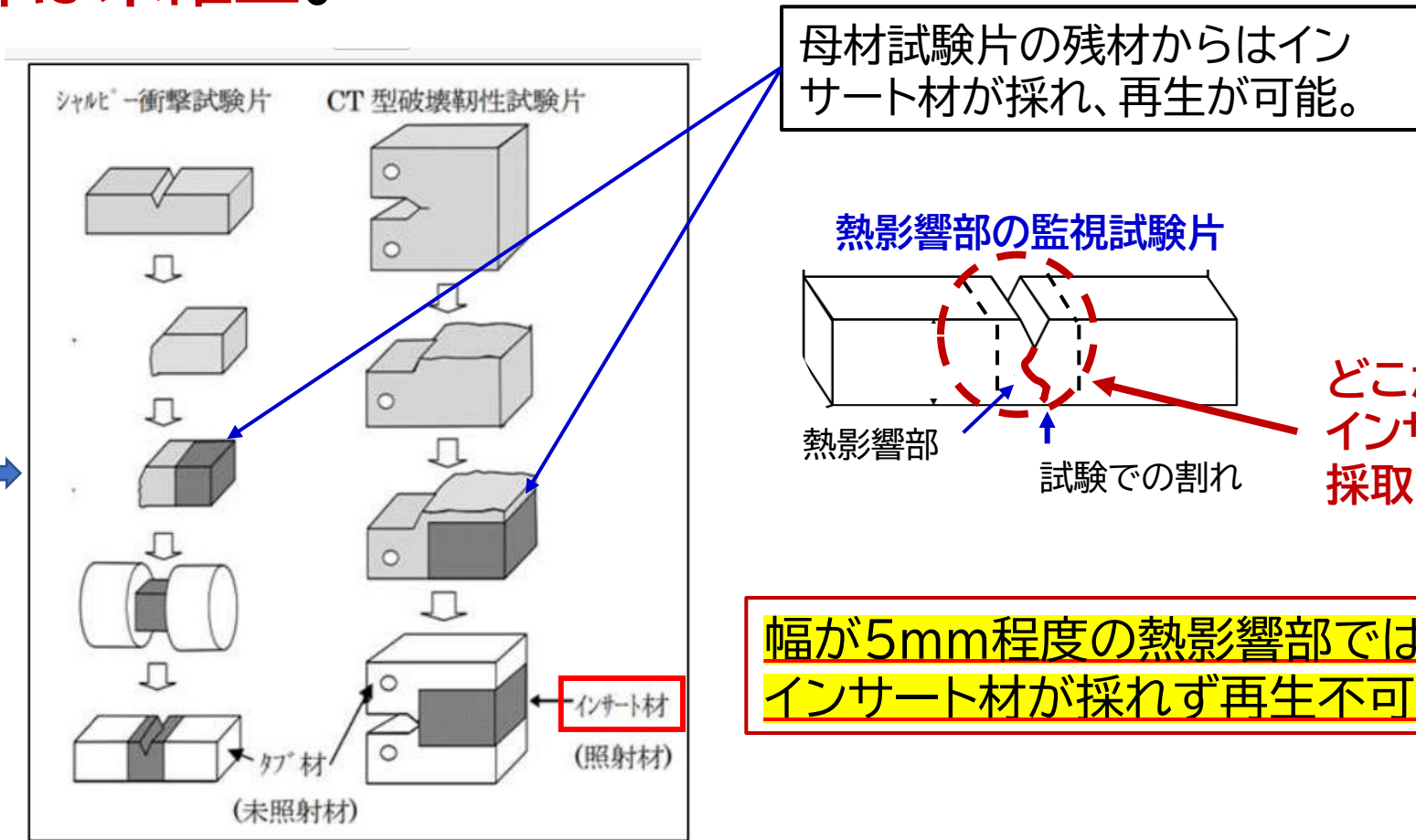
[母材とHAZは採取深さを規程]

監視試験片再生技術の問題点

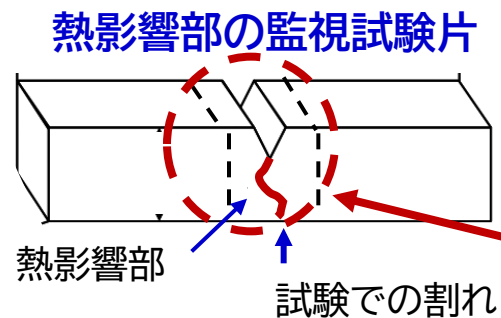
国プロでの開発/実証：母材と通常の溶接金属のみ。

→ **熱影響部は未確立。**

最重要なのは、試験時のひずみやタブ材接合の熱影響を受けない**インサート材の採取**



母材試験片の残材からはインサート材が採れ、再生が可能。



どこからインサートが採取できる？

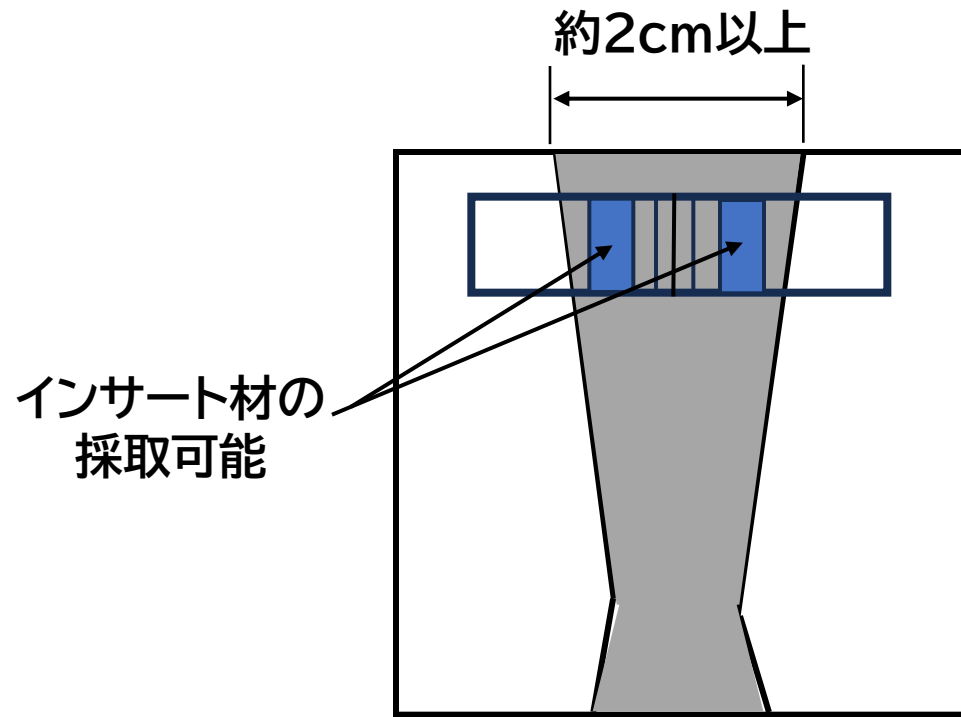
幅が5mm程度の熱影響部では、インサート材が採れず再生不可能。

国プロでの監視試験片再生の概念

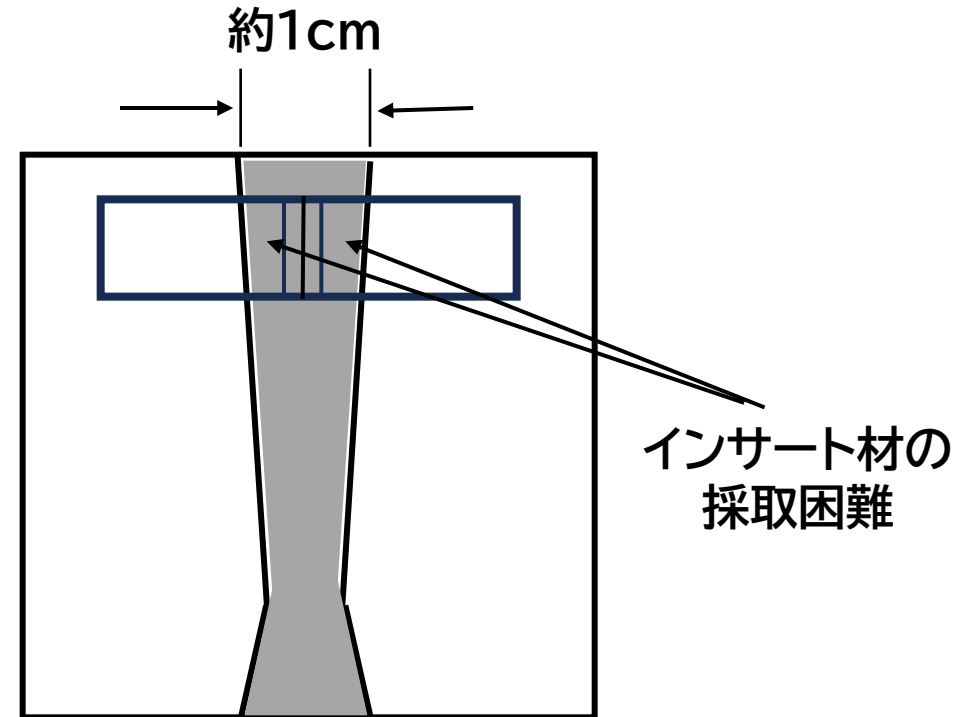
試験片再生技術の問題点

国プロでの開発/実証：母材と通常の溶接金属のみ。

→ 狭開先溶接金属は未確認。



通常開先溶接



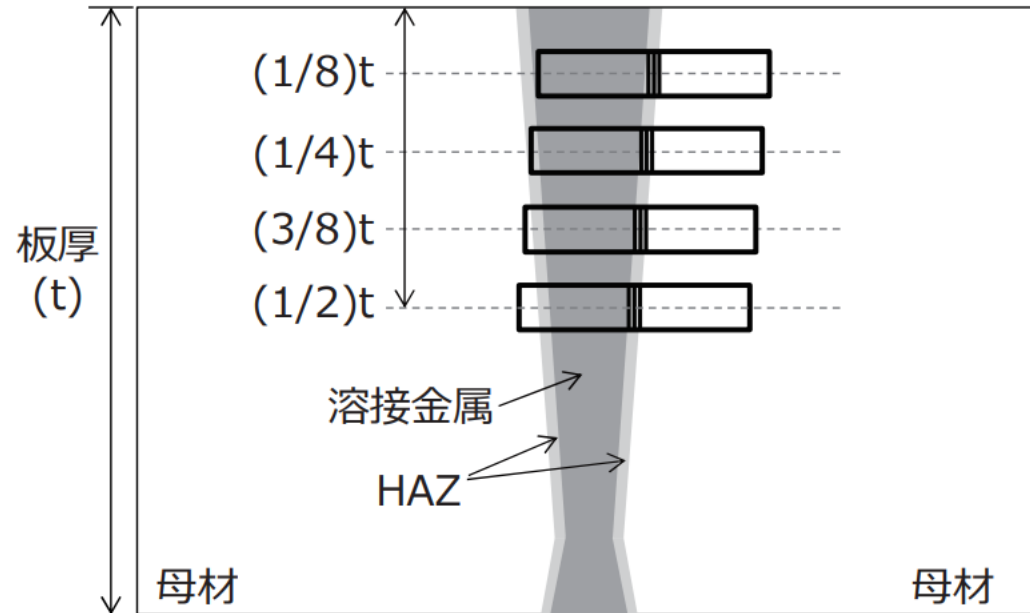
狭開先溶接
(比較的新しい原発)

電力会社の対処の考え方

① 無くなった試験片を再生して監視に使う。

インサート材が採れないHAZや狭開先溶接金属：
試験済み溶接金属監視試験片からインサート材採取

電力共通研究で検討：非照射材のみ実施 *1



シャルピー衝撃試験

マイクロ組織観察

硬さ分布測定から

採取位置による差異無し、として

溶接金属試験片の残材からインサート採取
を正当化

「 $1/4t$ から採取」のルールから逸脱

・照射材での評価が不可欠

・材料特性の多様な評価が必要

($1/4t$ 位置を規程した根拠)

HAZ 試験片の板厚方向採取位置の影響確認試験における
試験片採取位置

*1 山岡 他:「RPV監視試験片の再生方法における電子ビーム溶接の適用性評価」,
第14回日本保全学会学術講演会要旨集, p. 271-278 (2017)

電力会社の対処の考え方

② 40年超は母材のみ再生し、溶接金属、HAZは監視不要とする。

JEAC4201-2007: (解説-SA-1130-1)溶接熱影響部試験片

「…溶接熱影響部の…中性子照射による遷移温度の移行量も母材とほぼ同等であることから、溶接熱影響部は母材で評価を代表できる」 ← 【科学的裏付け無し】

⇒ 溶接部の監視無しの運転は認められない。【科学的裏付けデータ有り *2】

*2

鈴木哲也, 木村晃彦:「軽水炉圧力容器鋼溶接部の照射脆化挙動評価技術」, 日本原子力学誌, Vol.41, No.11(1999)
「熱影響部には母材よりも靱性が劣る部分があり、熱影響部の監視試験片は潜在的に重要であり、熱影響部の衝撃特性が母材で代表され得ない場合には、熱影響部試験片を監視試験から除外すべきではない。」

飛田 徹, 富施 正治, 大津 拓与, 勝山 仁哉, 鬼沢 邦雄:「原子炉圧力容器鋼溶接熱影響部の監視試験片省略に関する検討」, 日本原子力学会 年会・大会予稿集 2011年秋の大会 セッションID: L16 (2011)

「HAZの特性として、初期状態では母材より靱性が高く、照射による硬化及び脆化は母材とほぼ同等であるが、局所的に母材より大きな脆化を示す部位が存在する可能性がある」

JEAC4201-2007改正への建設的な提案

BWR、PWRともに実機照射材がたくさん有る。

= 廃炉が決まった原発の压力容器の解体材を活用

(1) 以下の問題点を国の責任で検証(国プロ等)

- ・ 1溶解材の試験で炉心領域の全鋼材を代表できるか
- ・ 熱影響部のばらつきデータを多く採取、試験し、脆化の最大値を推定(ex. 極値統計法など)
- ・ 溶接熱影響部、溶接金属の脆化は母材の試験で安全側で代表できるか

(2) 科学的検証の完了後、JEAC4201に必要な改訂を加える。

(3) 改訂JEAC4201に従った監視が可能な原発の再稼働認可
(ただし、監視試験に関するのみの認可)

<原子炉の設計に応じた監視試験の計画・運用>

- PWRプラントとBWRプラントでは、原子炉の設計の差異から供用期間中に受ける中性子照射量が異なることを踏まえた監視試験計画を立案し・運用している (P.3、4参照)
- また、BWRプラントで想定される照射量はPWRに比べて 10^2 程度小さく、想定される運転期間における照射量の領域において十分なデータが取得されている。

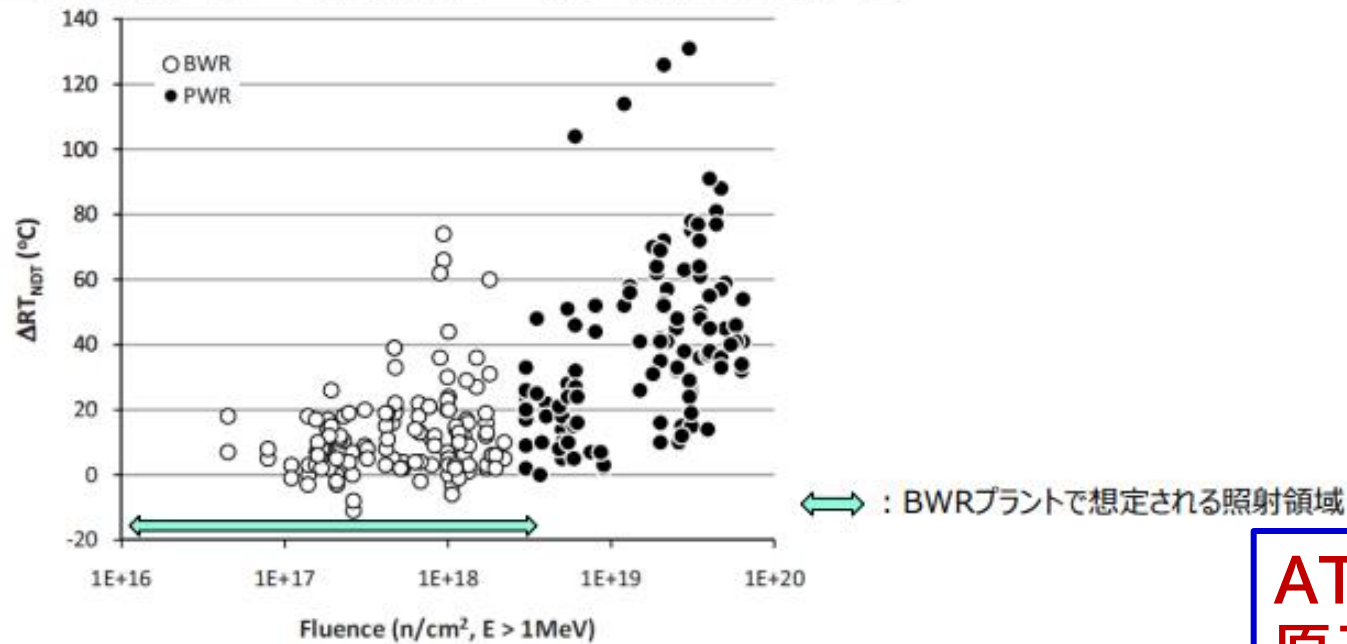
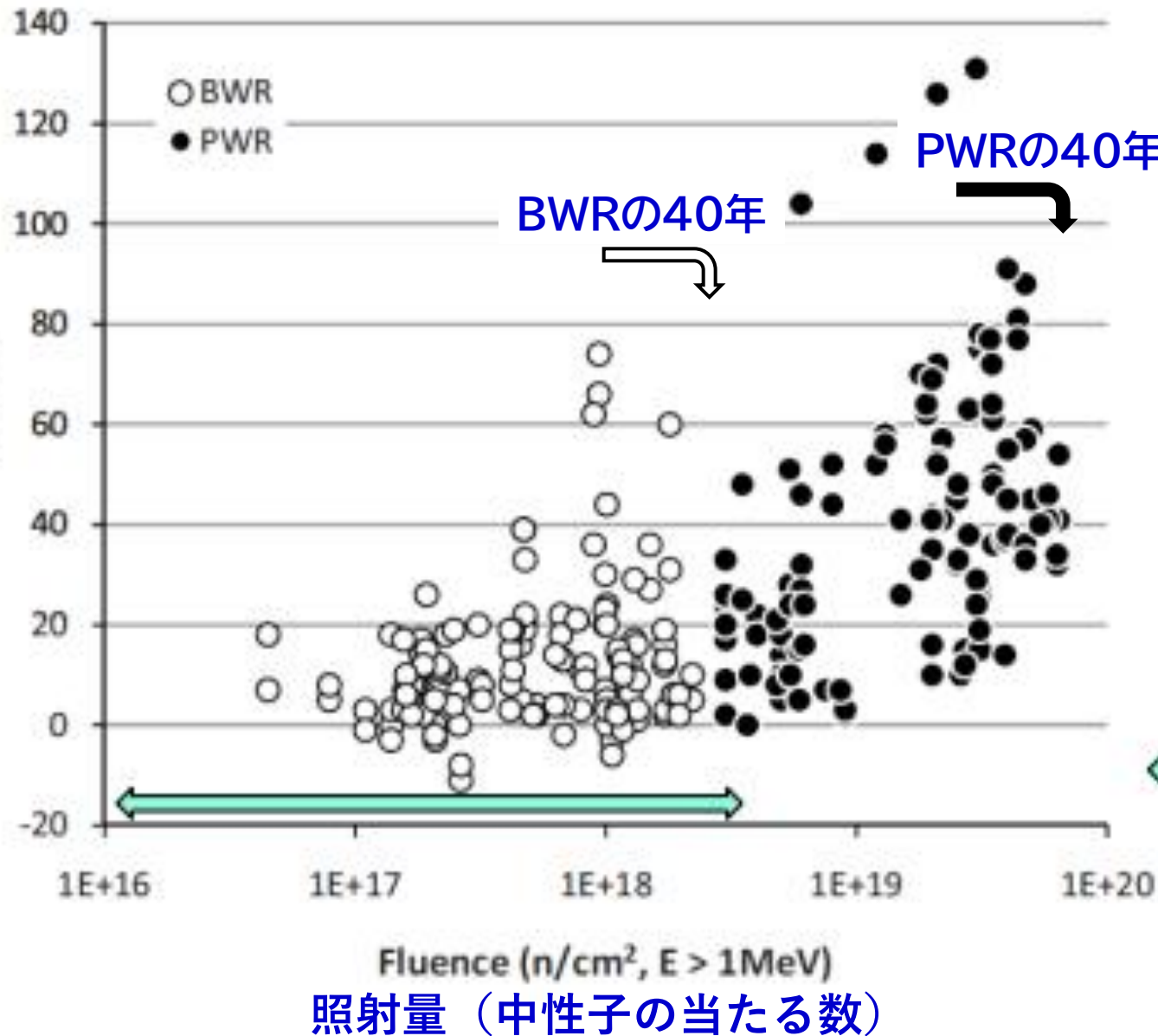


Fig. 5 Transition temperature shifts of BWR and PWR plants with neutron fluence ※1

ATENA:
原子力エネルギー協議会
(電力会社の集まり)

↑ 大
脆化の度合い



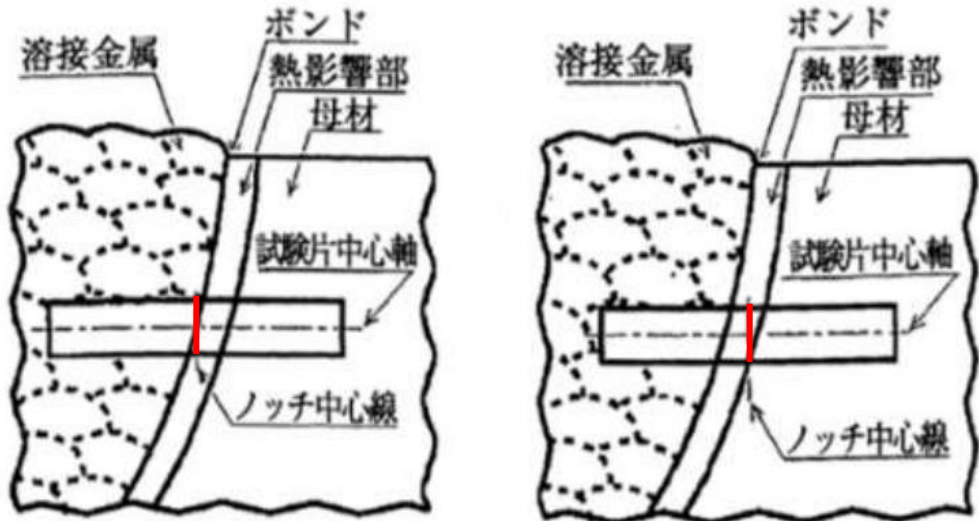
同じ時間に当たる中性子の数は
BWRでは2桁ほど少ないが、
脆化の程度はそれほど変わらない。

→ BWRでもPWRでも
同じ年数での脆化は
大体同じ程度

⇔ : BWRプラントで想定される照射領域

溶接熱影響部の試験片のノッチ中心位置は？

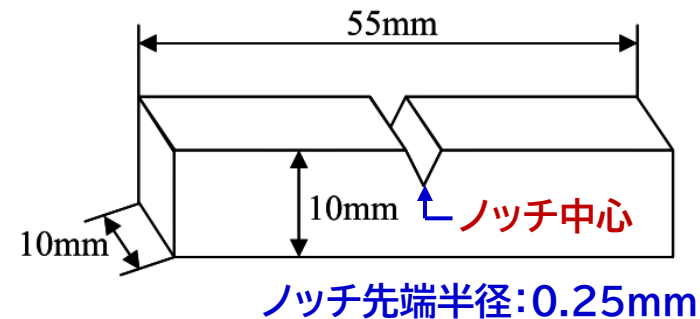
JEAC4201-2007では



最も溶接金属側に寄せた採取位置 最も母材側に寄せた採取位置

本図の範囲にあれば、熱影響部の衝撃試験片として認められる。

解説図-SA-2220-3 溶接熱影響部の衝撃試験片の採取位置



熱影響部であれば、前の図のどの
ミクロ組織がノッチ中心であって
もよい、ということ!?

そんなアホな！
なぜ熱影響部の試験結果は大きくバラつくのか
考えてみよう。
→ 異なる材料(組織)にノッチ中心を置いた試験
結果をごっちゃ混ぜにしているから。

熱影響部については、脆性遷移温度の
「バラツキ」の最高値(最悪値)を重視し、
可能なら試験数を増やすべき。

電力会社などは「熱影響部試験結果は、
バラツキが大きいので、母材のデータ
で代表させる」としている。

ナンセンス!