脱原発ネットワーク茨城

東海第二原発の「老朽化」とは

2021年 8月 28日

服部 成雄
（はっとり しげお）

（一般社団法人）日中科学技術文化センター）

「簡単な自己紹介」

1944年：疎開先の奈良県で出生。2年後大阪市へ帰還

1960年：府立住吉高校 → 担任教師らと'60年安保反対集会へ

1964年：京都大学 冶金学科
→ 日韓、沖縄、ベトナムなど闘争 → '69年初頭：大学自治 闘争

1969年：日立製作所： 研究所 → 工場原子力設計、保全部署
2006年定年退職 → 米国電力研究所 、中国蘇州原子力研究院

現在　：「9条の会とうかい」、市民グループ「イマジン カフェ」、
原子力資料情報室、腐食防食学会、日本保全学会、
日中科学技術文化センター、・・・

****

原発への態度：現役当時業務の意義を否定 ⇒「脱原発」

技術的根拠　▼ 核燃料サイクルは成立しない。
▼安全上重要機器の経年劣化が不可避。

****

趣味：モダンジャズ、スキューバダイビング
家族：妻1、子（♀1＋♂1）、孫（♀3＋♂3）

「原発の老朽化とは？」

- 日本原電 東海第二発電所(いか、東海第二原発):
  - 40年経過(実質30年運転)。60年までの運転延長。
    (2018年11月、原子力規制委員会が認可)
- 再稼働には下記の同意と意見聴取が必要
  - 茨城県と原発の立地・周辺6市村の同意(2018年3月)
  - 30km圏内14市町村からの意見聴取(2019年2月)
- 運転差し止め訴訟: 2021年3月水戸地裁
  - 広域避難計画不備で、「運転差し止め判決」
  - 安全性に関する事項は却下
- 脱原発の市民の声

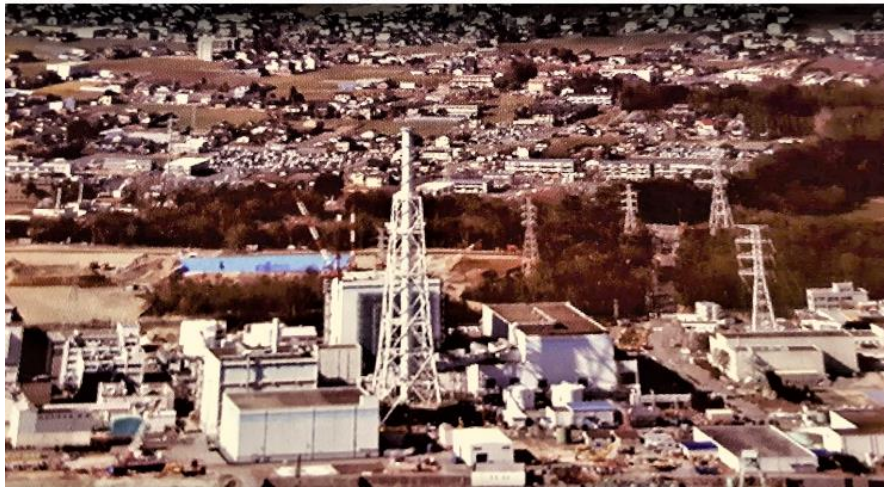
  「老朽化しているから危ない。
  再稼働絶対反対!!」

  「福島事故の二の舞はゴメンだ !」

ところで・・・

東海第二原発のどこが、どれほど「老朽化」で傷んでいるんでしょうか？

青空の下、美しい原発建屋
(どこが老朽化？)



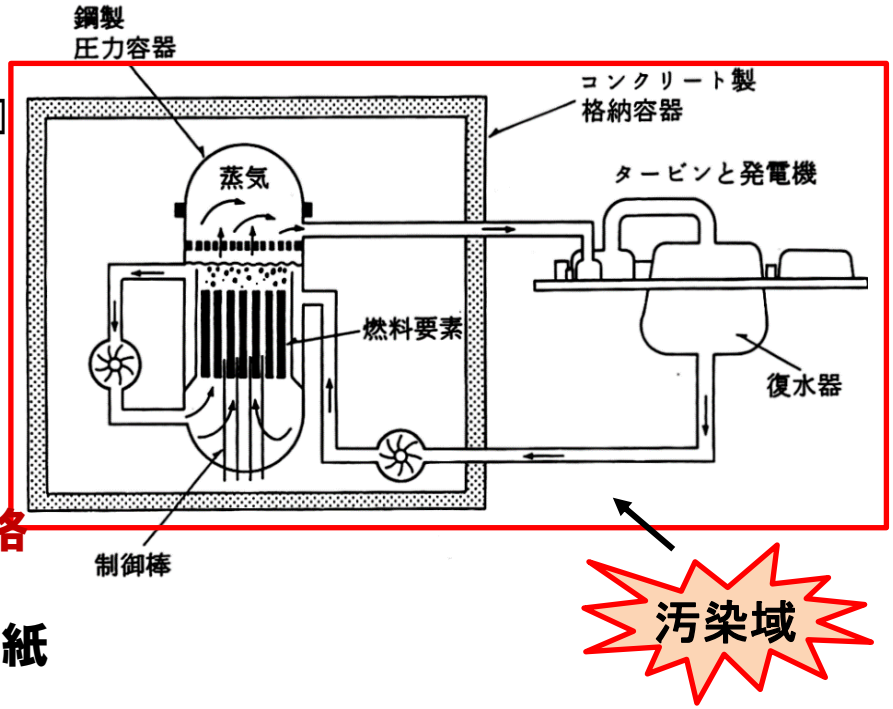
東海第二原発のすぐ傍に立ち並ぶ民家
(大熊町、富岡町のような景色になるかも・・・)

日本の原子力発電所

□：放射線管理区域

商用発電炉は全て軽水炉

[運転可能炉：33基(2021 08時点)]



- 沸騰水型原子炉（BWR）
  - 過酷事故炉の福島第一原発（1～3号機）
  - 東海第二
  - 現在再稼働ゼロ
    - 女川2、東海2：規制委審査に合格
    - 東電原発：テロ対策不備等
    - → 規制委が再稼働白紙

- 加圧水型原子炉（PWR ）：危険性はBWRと同様 ）
  (1979年炉心溶融過酷事故)

PWRの再稼働について規制委員会は甘い。

軽水：普通の水(H_2O)
重水:：軽水より少し重い(D_2O)→ 重水炉：カナダ炉など

原発は何でできているか

- 金属材料：　圧力容器、機器、配管、塔槽類、構造物 など
- セラミックス：　ウラン燃料
- 鉄筋コンクリート：　原子炉基礎、建屋、遮蔽、岸壁 など
- ケーブル、電子部品：動力、計測・制御、照明、受送電 など
- 水：　核分裂促進、冷却、タービン用蒸気 など
- ソフトウェア：　運転、制御、各種測定・監視 など

＋

人間／／大型コンピュータ

どれか一つでもトラブったら　故障⇒事故

「人間」以外で、最重要な原子炉は鋼鉄製

原発での主な材料損傷・劣化

- 筋鉄コンクリート：中性化／ひび割れ ⇒ 鉄筋腐食
- ケーブル：熱、放射による被覆材の絶縁性低下
- ：炭素鋼（殆んど）、ステンレス鋼／鋳鋼、ニッケル合金、チタン
  - 高サイクル疲労：【要因】機械／流体振動
  - 多様な環境での腐食／応力腐食割れ（SCC）
    【環境要因】炉水、機器冷却水、海水、
    海塩粒子、放射線、微生物、水／蒸気流
  - 中性子照射による劣化
    - 原子炉圧力容器の照射脆化
    - ステンレス鋼の照射誘起SCC
    - ステンレス鋼の延性低下、膨れ
  - 運転温度での長期加熱による劣化
    - ステンレス鋳鋼の長期運転での熱脆化

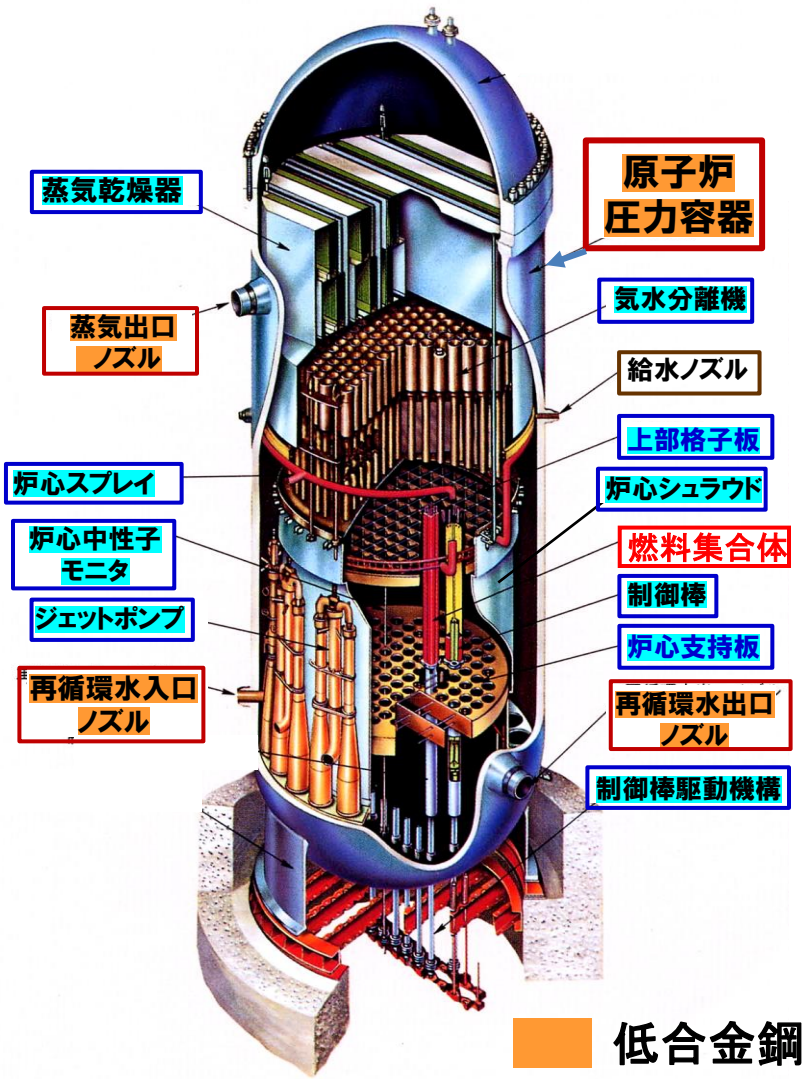
今回 ⇒ 原子炉圧力容器の照射脆化

脆化：脆くなること

目に見えず
運転時間とともに
確実に進む劣化
⇓
原発の老朽化

電力、メーカもこれらを認識しており、原発保全に注力している。
【問題点】－ 稼働率確保（電力売り上げ）、資産保護、規制遵守
－ 通常の点検・検査技術で検出、測定できない劣化

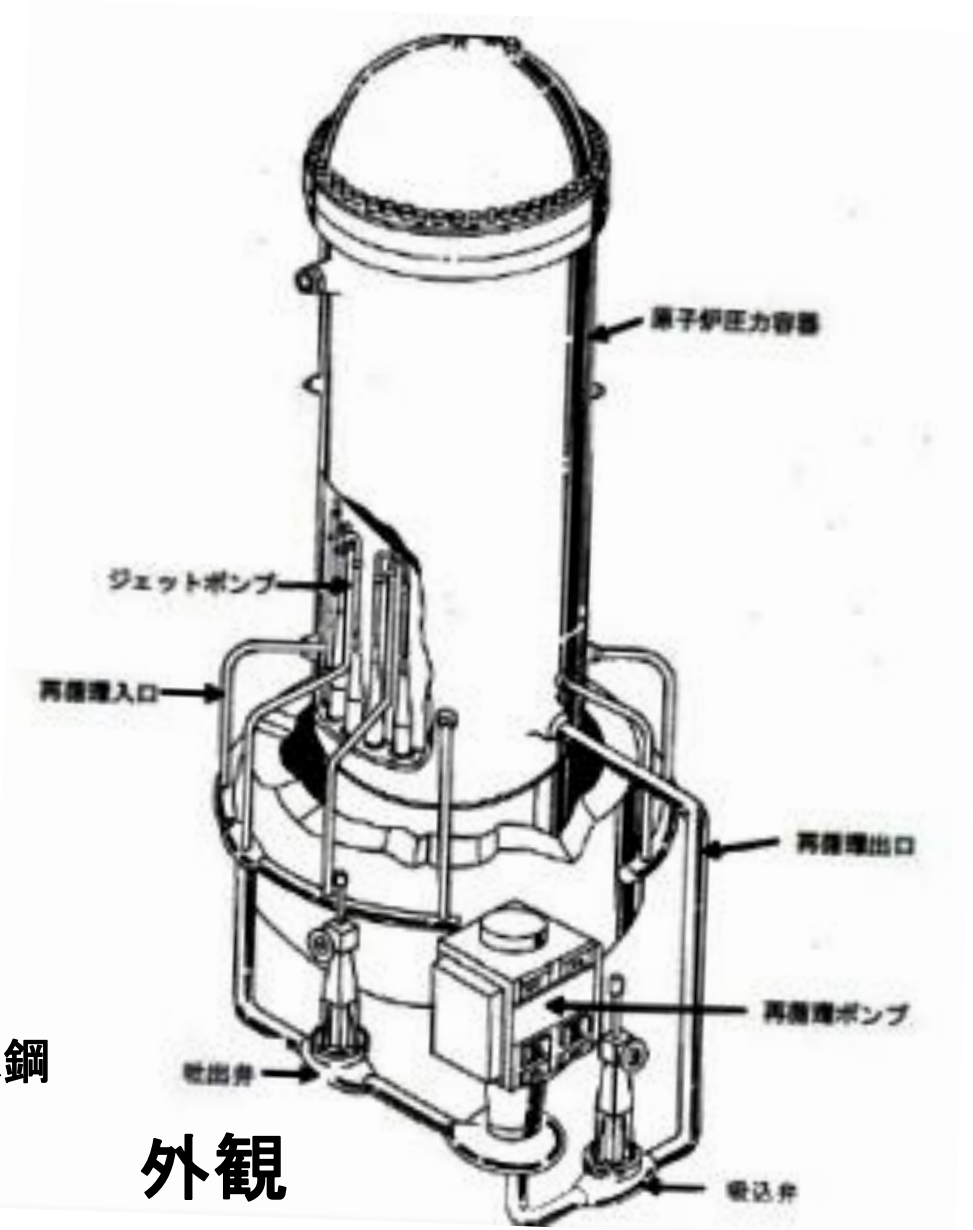
BWRの原子炉圧力容器と炉内構造



低合金鋼

ステンレス鋼

炉内構造物



外観

[GE社による]

原子炉の中で起きていること【模式図】

中性子が ウラン燃料に吸収されて核分裂

↓

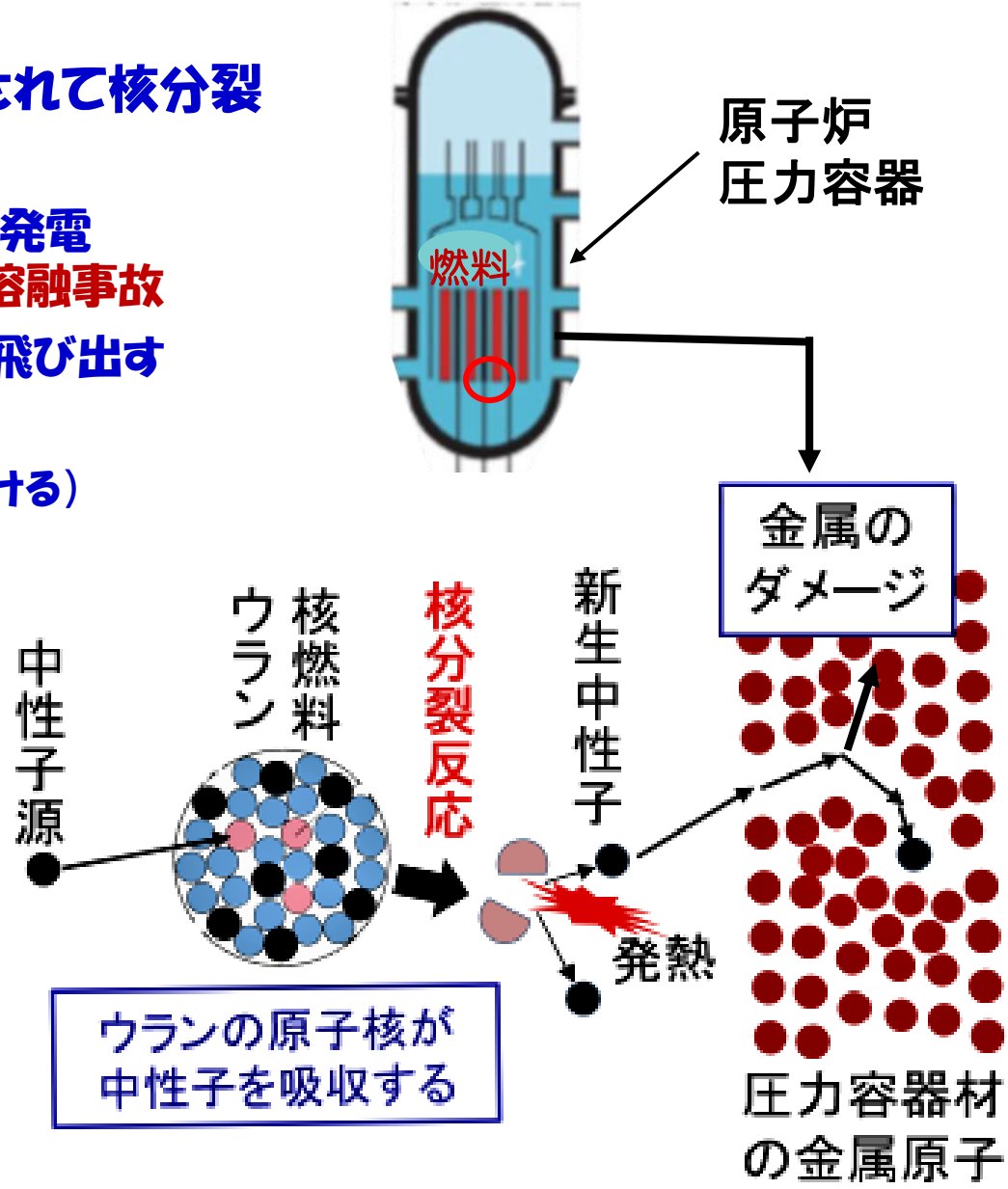
- 発熱：高温高圧蒸気の発生で発電
  制御不能になると**炉心溶融事故**
- 同時に**高エネルギー中性子**が飛び出す
  - ⇒ 圧力容器の金属原子に衝突
  - ⇒ 金属原子の配列を乱す（傷つける）

↓

照射損傷

↓

圧力容器の照射脆化
（脆化：脆くなること）

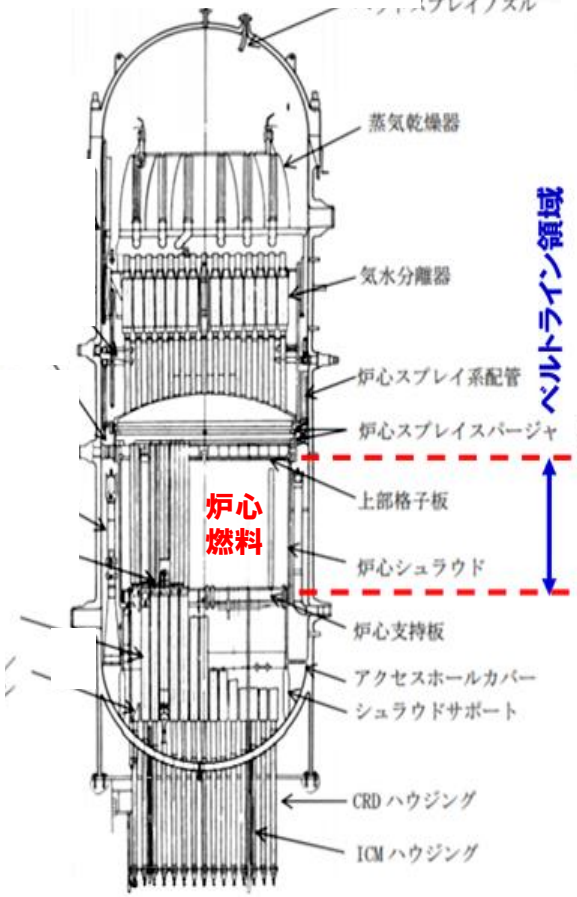


BWR原子炉圧力容器の高照射部位（ベルトライン）

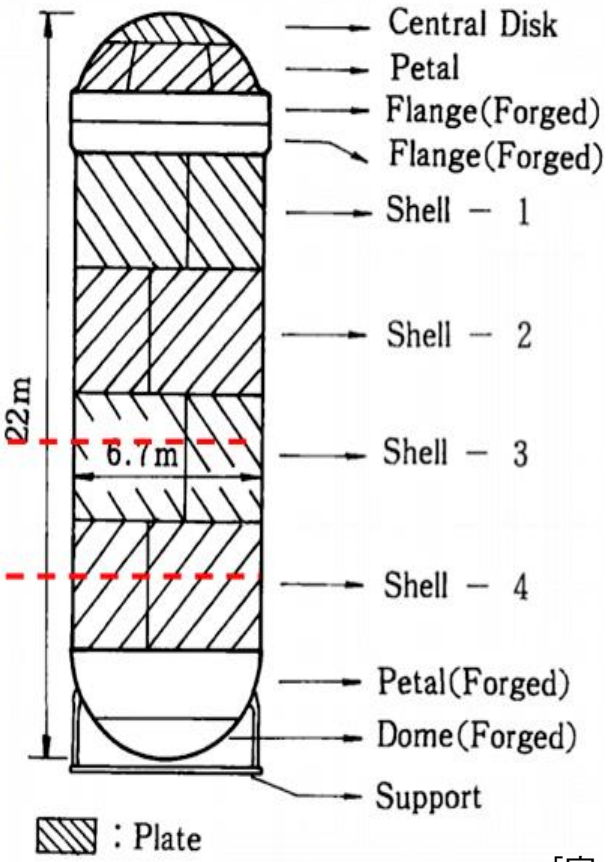
サイズ
（東海第二原発）
高さ：約21 m
胴部直径：約6m
胴部板厚：14cm
材料　Mn-Ni-Mo 低合金鋼

炉壁監視試験片
バスケット

BWRの圧力容器と
炉内構造物



RPVの溶接
圧力容器の溶接線

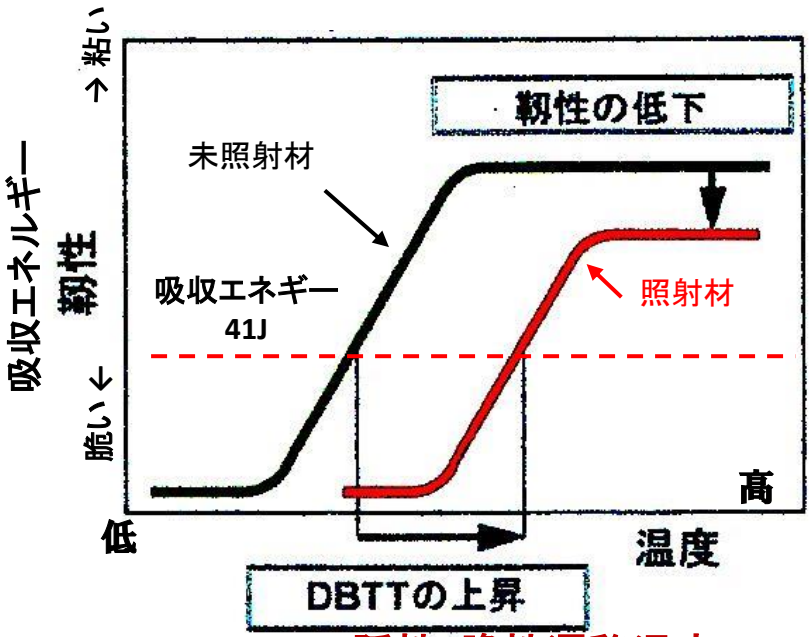


［富士による］

原子炉圧力容器の照射脆化の監視

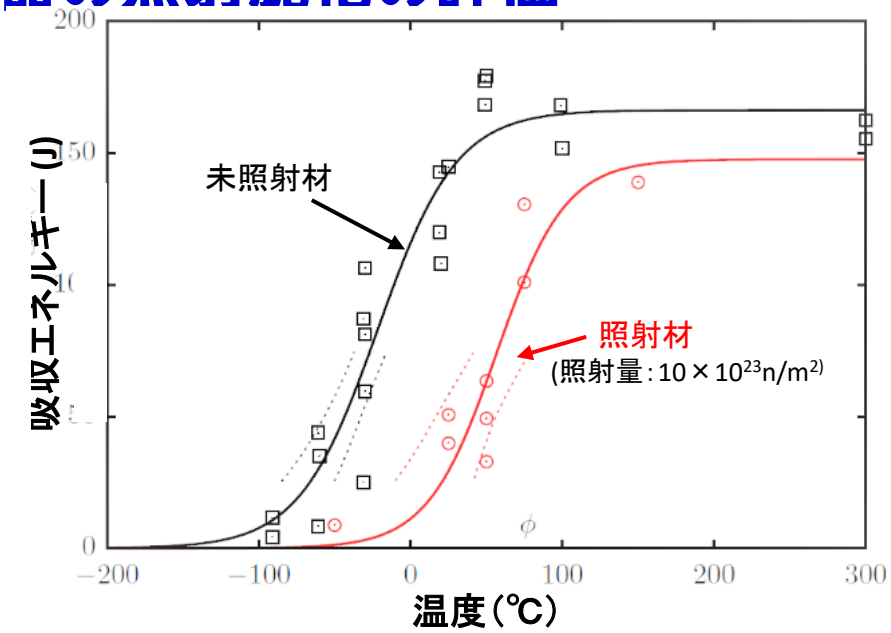
炉心燃料に近く、中性子照射が多い圧力容器の部位：ベルトラインの内面に監視試験片を入れたバスケットを3～5個設置。計画的に取り出して試験する。

原子炉圧力容器の照射脆化の評価



(DBTT：延性・脆性遷移温度)

(a) 延性・脆性遷移曲線



(b) 圧力容器鋼の脆性遷移曲線の実測例
[Hureらによる]

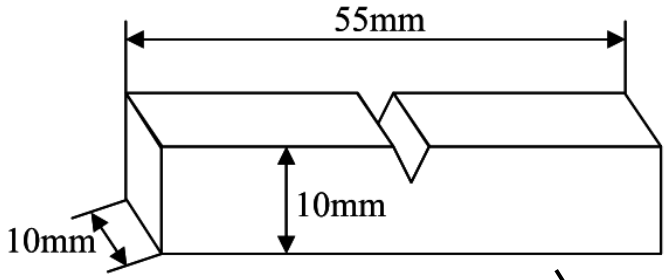
- 鉄鋼は温度を下げていくと脆化する。（例：タイタニック号が氷山に衝突して大破、沈没）
- 延性から脆性へ変化する温度（脆性遷移温度：DBTT）は照射量が増すと高温側へ移る。（DBTTの移行が大きい程、脆化が大きい。）
- 照射脆化が進むと吸収エネルギーの飽和値（上部棚エネルギー）が低くなる。

⇒ 耐圧漏えい試験の水温 ＜ DBTT では圧力容器が脆性破壊するリスクあり。

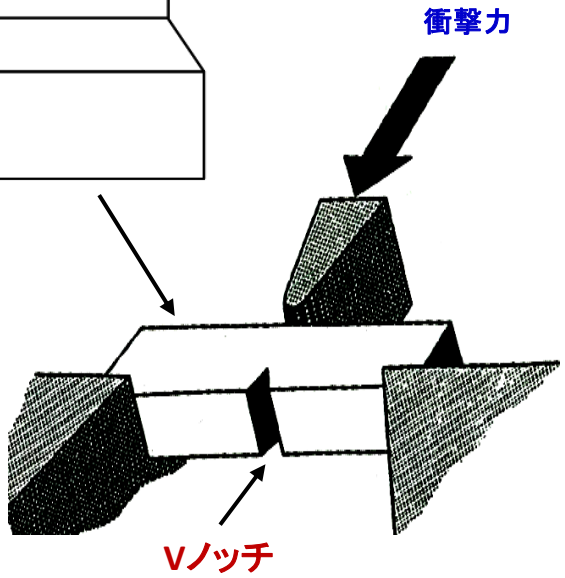
【監視試験】原子炉圧力容器の照射脆化度の試験

脆化監視試験の要領

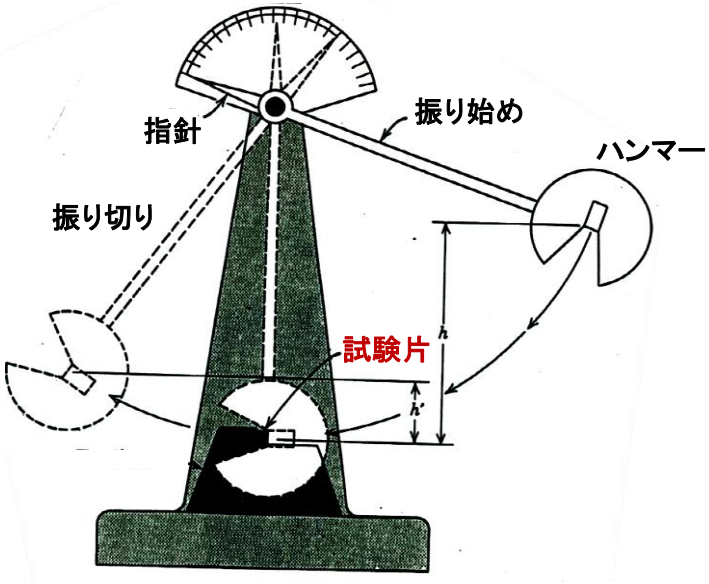
- 試験片を高温から低温までの種々な温度に保持。
- (a) 図の矢印方向から (b) 図のハンマーを振り下ろして衝撃力を加える。
- 破断に要したエネルギー、破断面の様子、変形量などを測定。
- 各温度での測定値の変化曲戦から**延性脆性遷移温度**を求める。
  （DBTT: Ductile-Brittle Transition Temperature）



試験片寸法



(a) シャルピーVノッチ試験片
（切欠き）



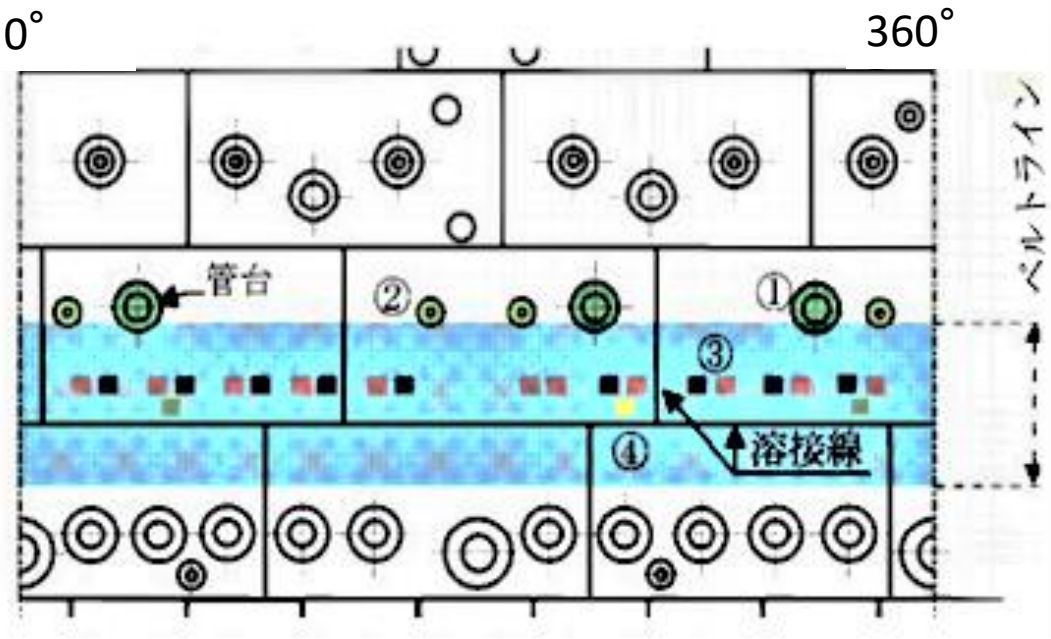
(b) シャルピー衝撃試験機

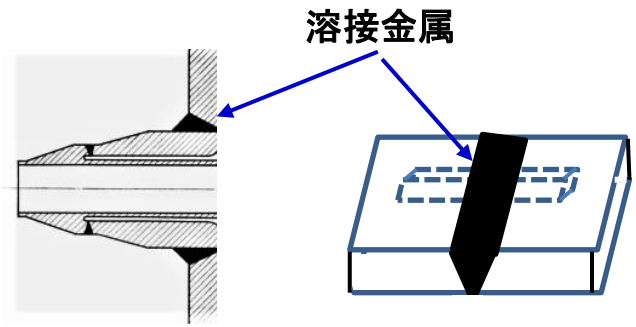
照射脆化を監視する試験の技術基準(国)に問題あり！！

1.「監視試験片は実機と同じ鋼材を溶接した試験体から採取」

【問題】ベルトラインには色んな溶接部があり、板材の溶接線で全ての溶接部を代表できない。

▼T字交叉溶接部、
▼容器内面にステンレス鋼耐食肉盛り溶接、
▼各種パッド溶接部、ノズル(管台)円周溶接部





ノズル部の断面

規定の監視試験片を採る試験体

:ベルトライン領域

◎:各種の管台(ノズル)

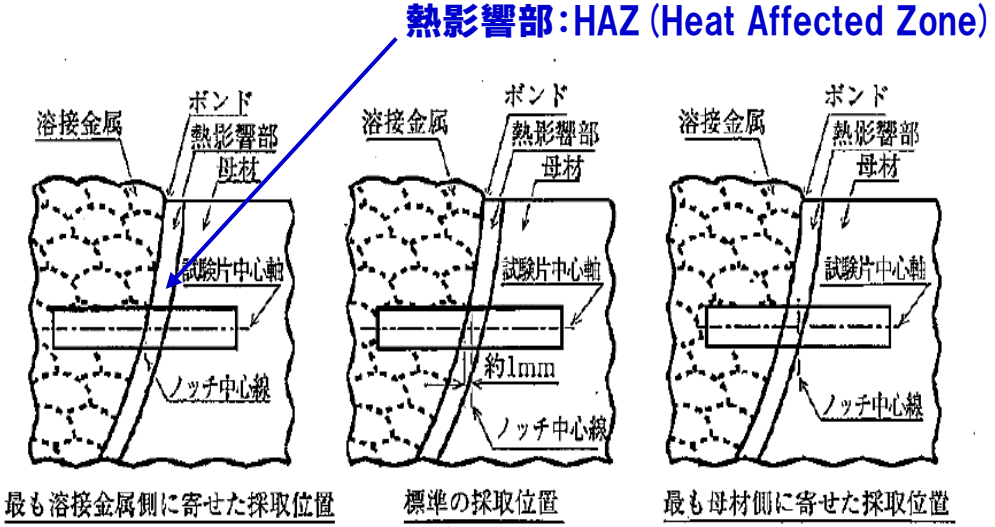
炉内機器や監視試験片バスケット等を圧力容器に溶接で固定する台座

原子炉圧力容器ベルトライン部の各種溶接部（炉内側から見た展開図）

2.「シャルピー試験片のノッチ先端位置の指定が曖昧」

【問題】母材、溶接金属はOK。溶接熱影響部は組織変化が著しいのに
適正なノッチ先端位置の指定が無く、データのばらつきが大きく、
脆化度が高い部位を見逃すリスクがある。

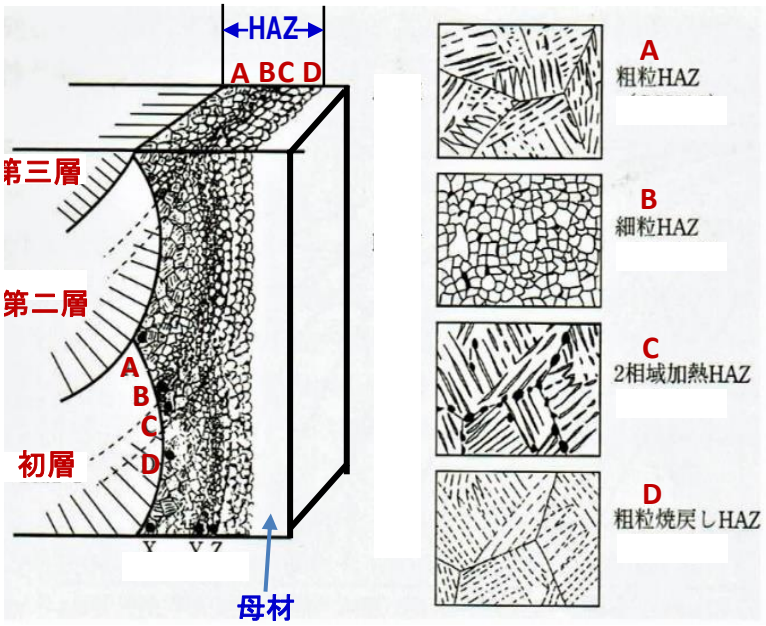
解説図-SA-2220-2　溶接部（溶接金属，溶接熱影響部）の監視試験片の採取要領



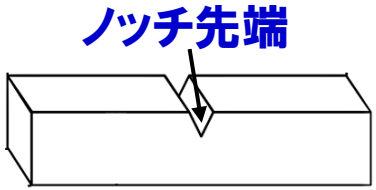
本図の範囲にあれば，熱影響部の衝撃試験片として認められる。

解説図-SA-2220-3　溶接熱影響部の衝撃試験片の採取位置

**国が認めた溶接熱影響部試験片の
ノッチ位置の規定**



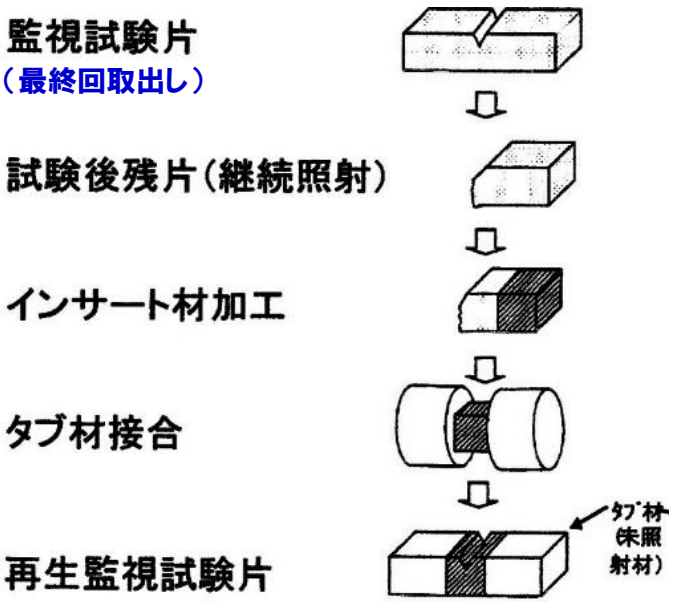
**多層盛り溶接熱影響部の金属組織
（模式図）**



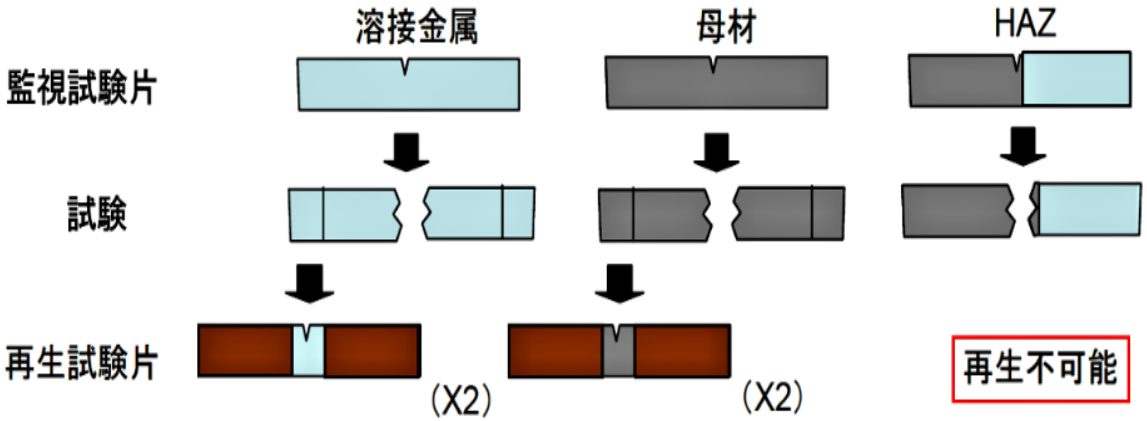
3.「40年超の運転では溶接熱影響部の監視は不要」

【問題】実際は溶接熱影響部の幅が狭く、試験片再生は不可能。
最も監視が必要な熱影響部を監視せずに長期運転をすることになる。

40年までに監視試験片を使い切った原発：延長運転のために、使用済みの試験片残材を原子炉へ戻し、10年運転後取り出した残材を使って試験片再生。
但し、熱影響部は再生が不可能。（東海第二はすでに残材を原子炉へ戻している。）



シャルピー試験片の再生



左記の方法によるシャルピー試験片の再生可能性

3.（続き）「溶接熱影響部の監視は不要」とする屁理屈

【問題】「照射を受けた熱影響部や溶接金属は、これまでに実施した試験データから、
母材と同等以上の靭性が有るので、熱影響部の監視試験は不要」としている。
熱影響部の位置によっては母材や溶接金属より脆化が大という研究例がある。

（解説-SA-1130-1）溶接熱影響部試験片

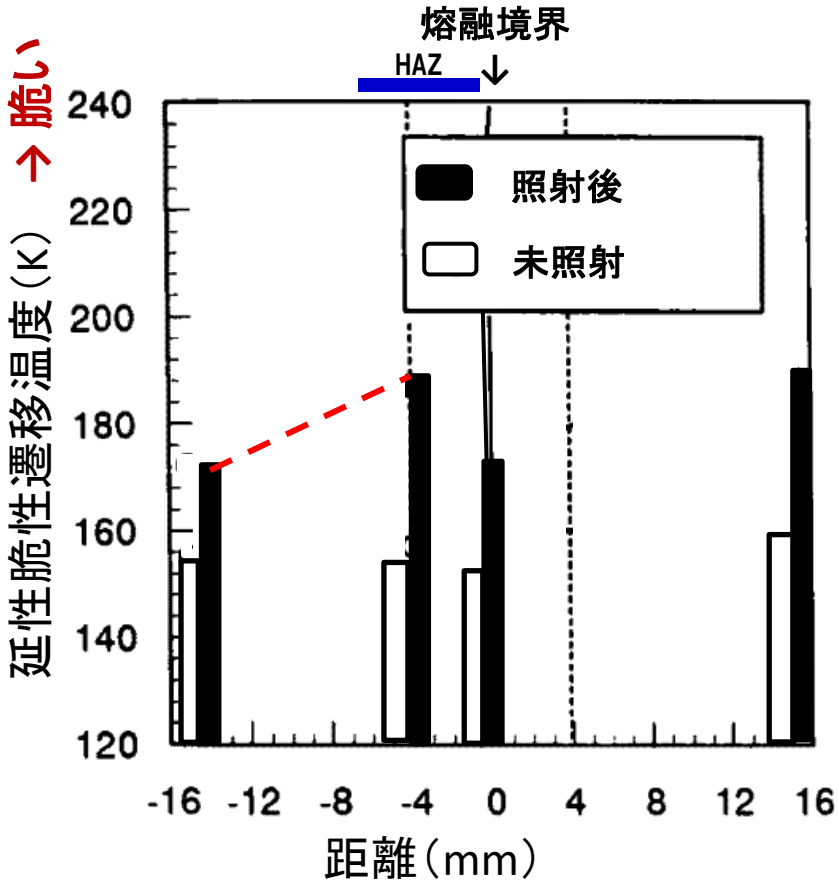
一般に，溶接熱影響部は溶接時に加熱・急冷され，その後の溶接後熱処理により再加熱されるため，材料の焼入れ・焼戻しと同様の熱履歴が付与されることから，母材より良好な破壊靭性を示す傾向にある。

現在までに得られている国内軽水炉原子炉圧力容器の監視試験データの実績においても，溶接熱影響部の照射前の破壊靭性は，母材と比較して同等以上となっており，また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ので，附属書 B の B-2000 の国内脆化予測法では溶接熱影響部の脆化予測法は規定していない。　（後略）

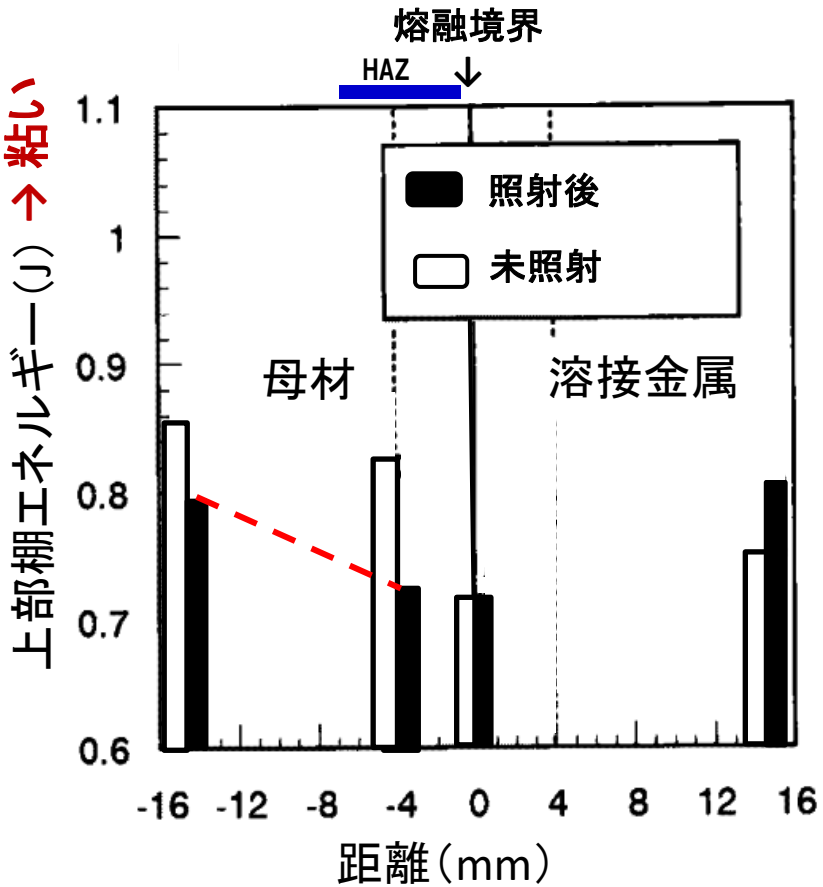
（解説-SA-2240-2）監視試験片再生の除外

再生試験片を用いる場合には，再生可能な試験片の種類に限りがあることから，原子炉圧力容器の健全性評価のための脆化予測を行う上で，必要な試験に限定してもよいことを規定している。引張試験は健全性評価に直接用いていないことから，再生試験片を

HAZの照射脆化は母材で代表できない
＝ 規定の「解説」は間違い！



(a) HAZの遷移温度が高い

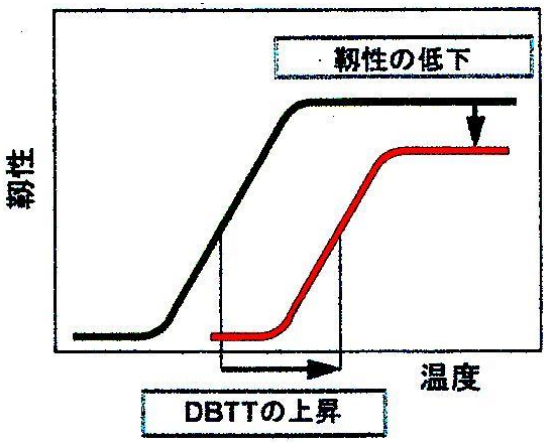


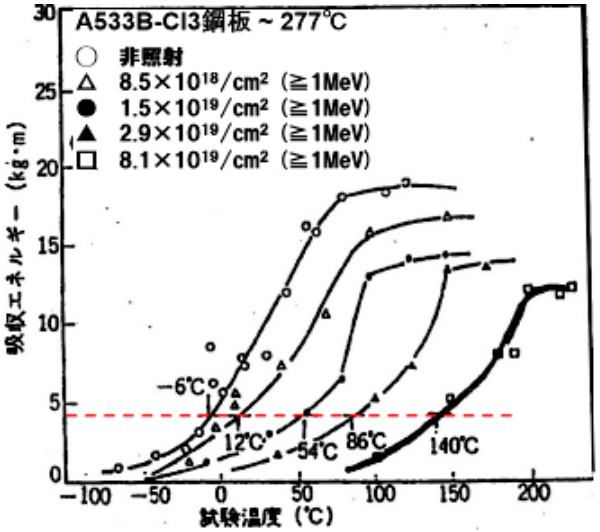
(b) HAZの上部棚エネルギーが小さい

溶融境界～ノッチ先端の距離による脆化度の比較

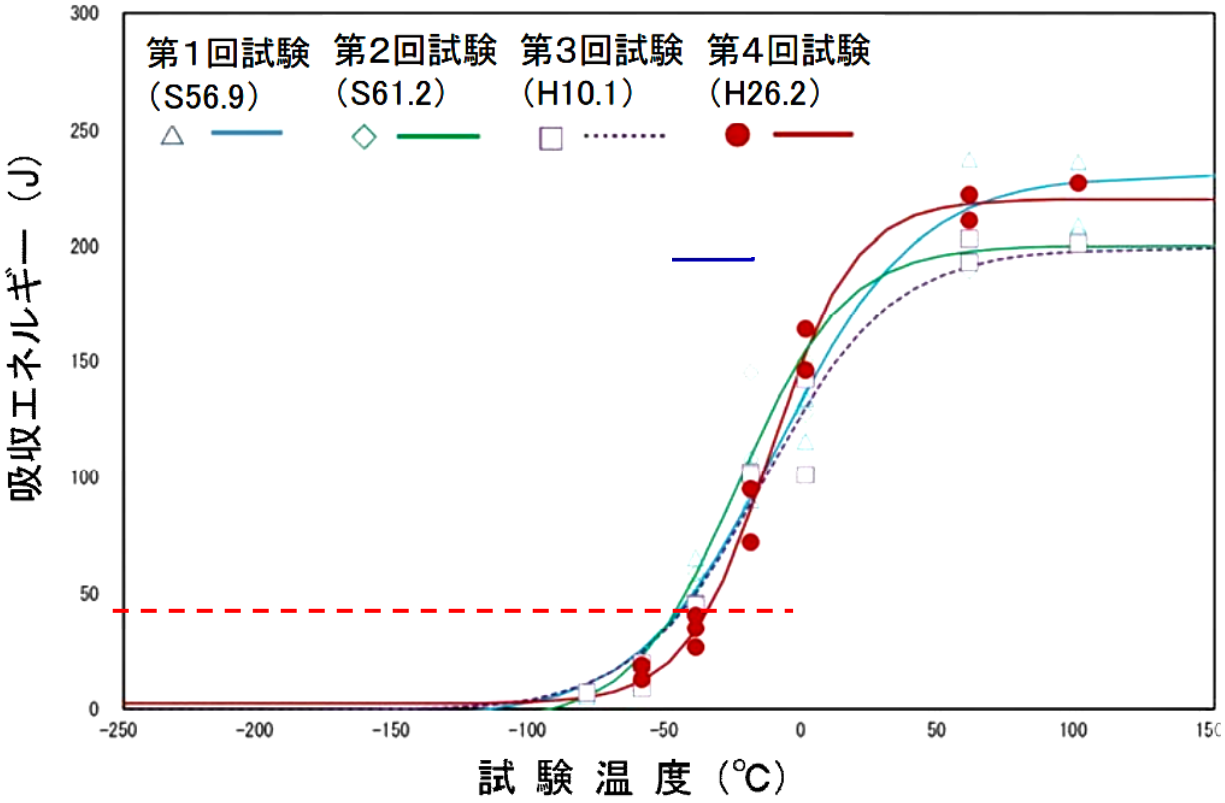
[鈴木らのデータより作図]

東海第二の監視試験のナゾ ①



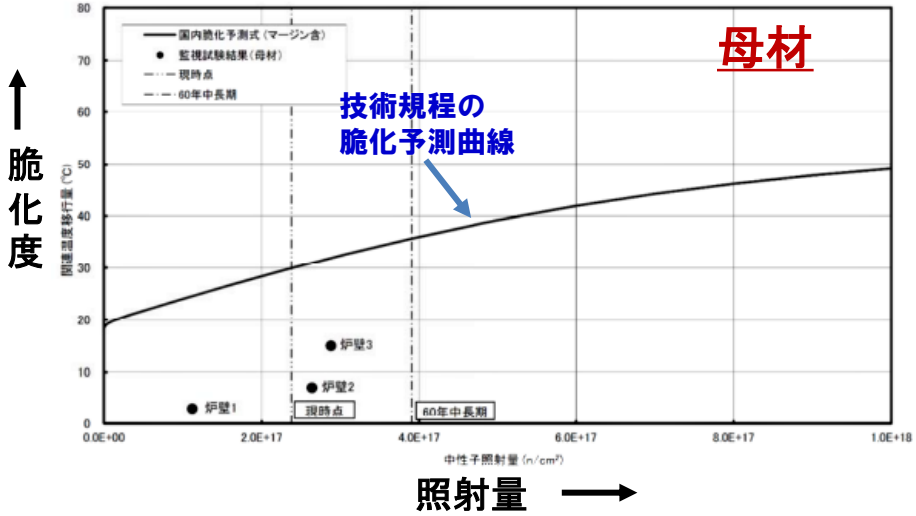


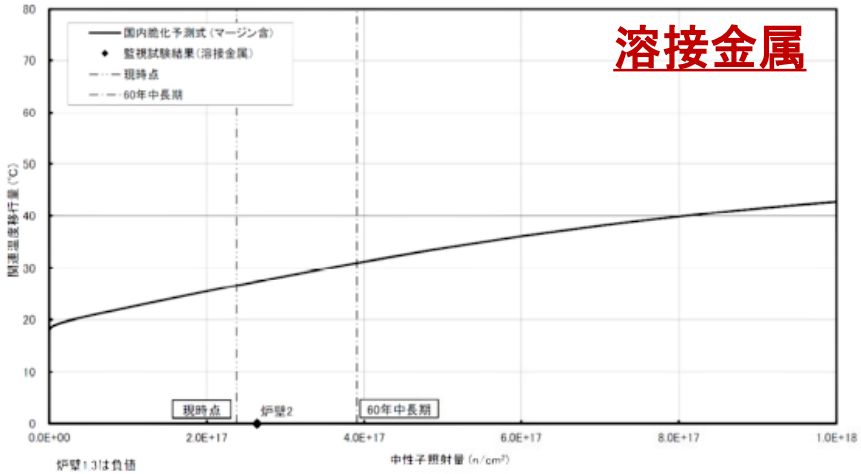
原電報告書の図中文言削除

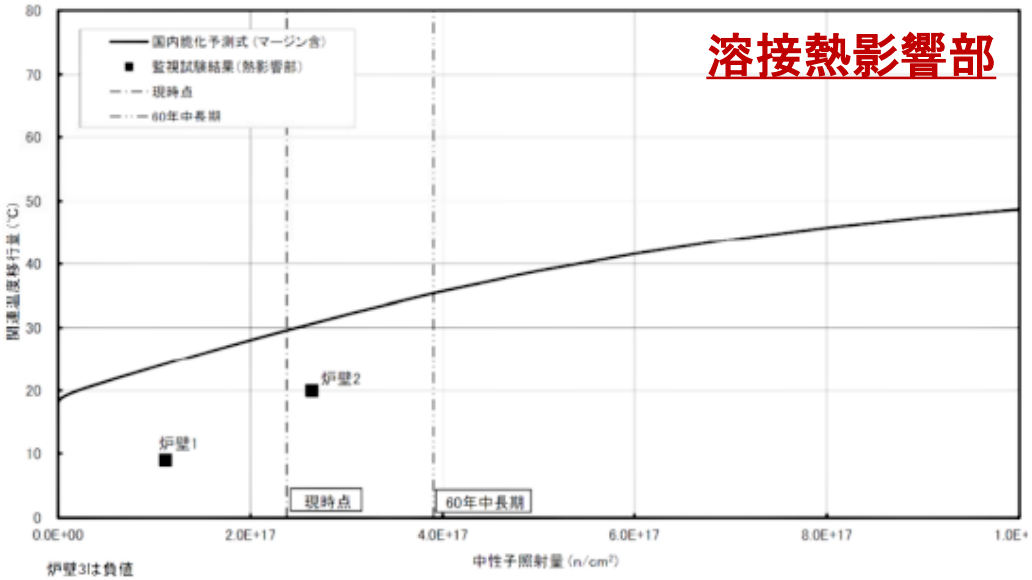


監視試験片の実測結果※(母材)

東海第二の監視試験のナゾ ②







- いずれの監視試験データも技術規定脆化予測曲線よりかなり低い。
- 熱影響部が最も脆化度が高い傾向。

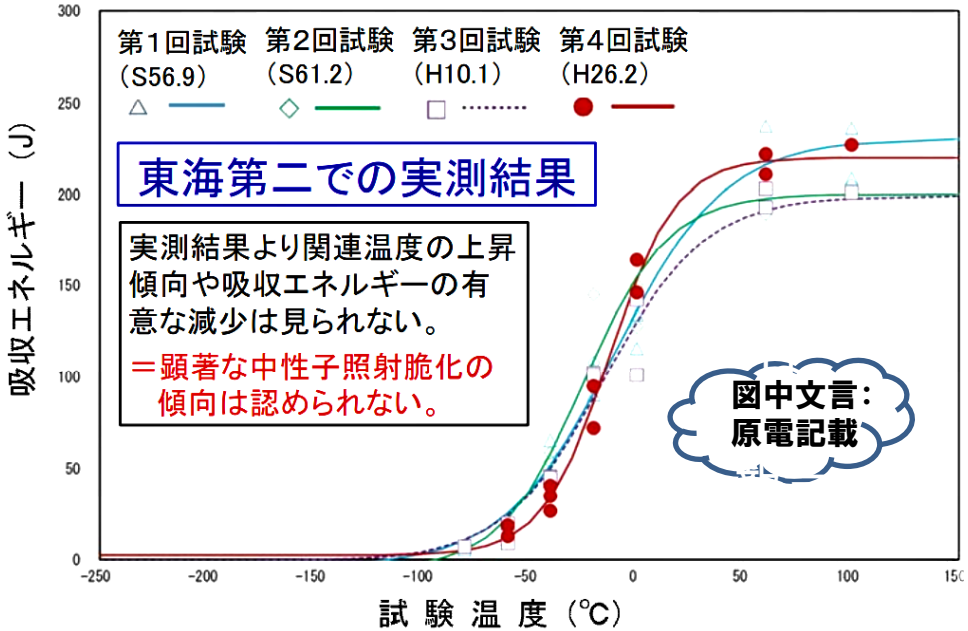
↓

- 技術規程での「熱影響部の監視は不要」とする理由は正しくない。

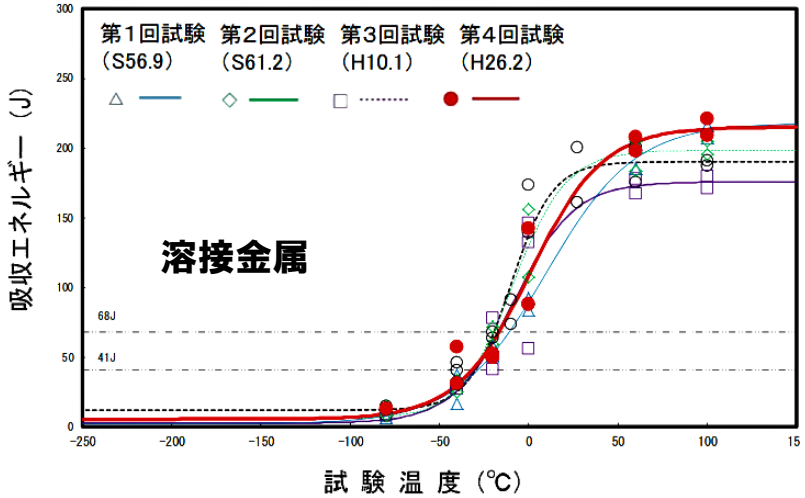
and/or

- 東海第二の監視試験データは信用できない。

東海第二の監視試験のナゾ ③

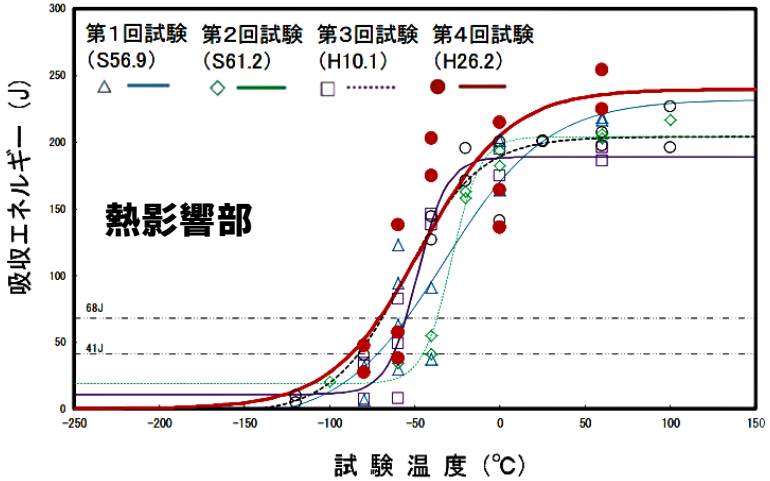


監視試験片の実測結果※（母材）



実測結果（溶接金属）

係



実測結果（熱影響部）

- どれも遷移曲線が交錯し、照射の影響が表れていないため、照射量と延性・脆性遷移温度との相関が認められない。
- 母材の曲線は交錯がやや小さいが、最大照射量の第4回で上部棚エネルギーが高く、高靭性ということなっている。
  この試験結果は信用できない。
- 結局、東海第二は脆化監視ができていないと考えられ、運転再稼働は極めて危険である。
- 熱影響部のデータは大きくばらつき、適正な曲線なのかが不明。ノッチ先端位置が少しずつ違っていて、異なる組織での測定になっていたと考えられる。

「原発の老朽化とは?」

- 点検・検査で捉えられない。
- 運転時間とともに否応なしに劣化が進む。
- 補修、取替えが極めて困難。

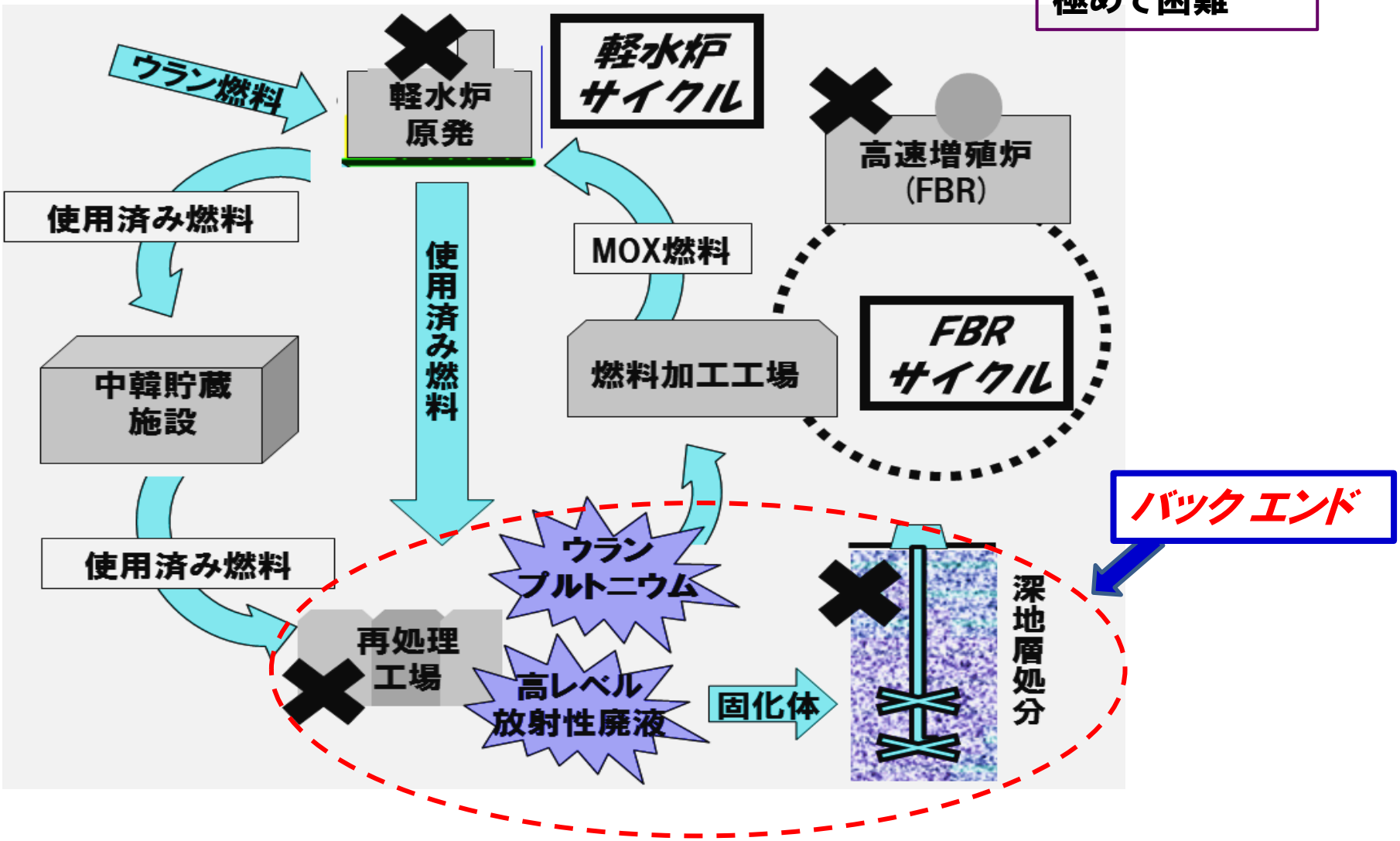
「それなら、老朽化していない新しい原発は？」

- 運転すれば否応なしに使用済み燃料が大量発生。
- 活断層、火山の国土では「想定外」の地震、津波に耐えられない。
- 米国と軍事同盟（従属）→ ミサイル攻撃目標。

いずれにしても・・・

服部の判決 主文

東海第二原発の再稼働はこれを許容せず、廃炉とすること。

核燃料サイクルの現状認識

×:
安全・安定操業
極めて困難