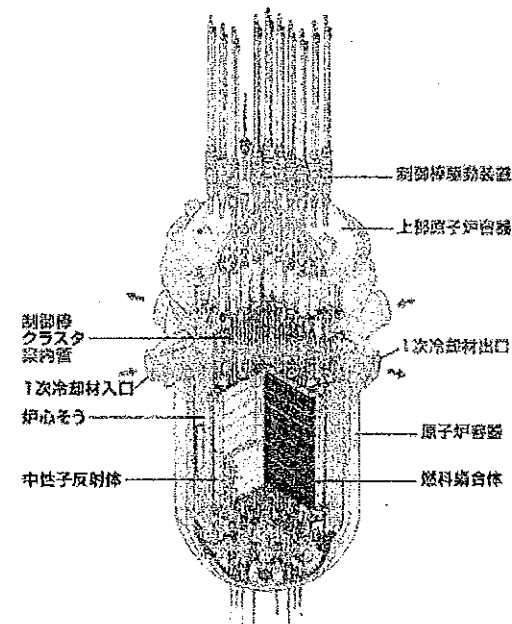


寿命延長で原子炉のお釜が危ない —高浜1号炉の照射脆化—

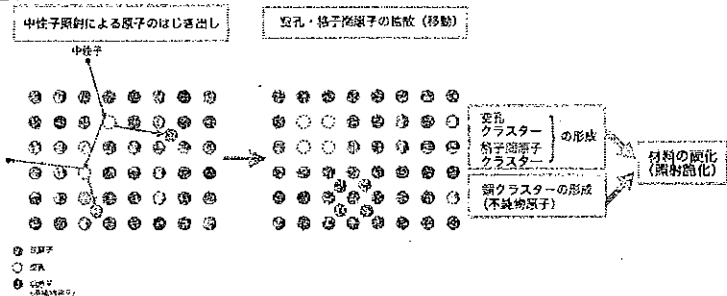
井野博満

2016年6月29日、参議院議員会館

1



中性子照射脆化メカニズム

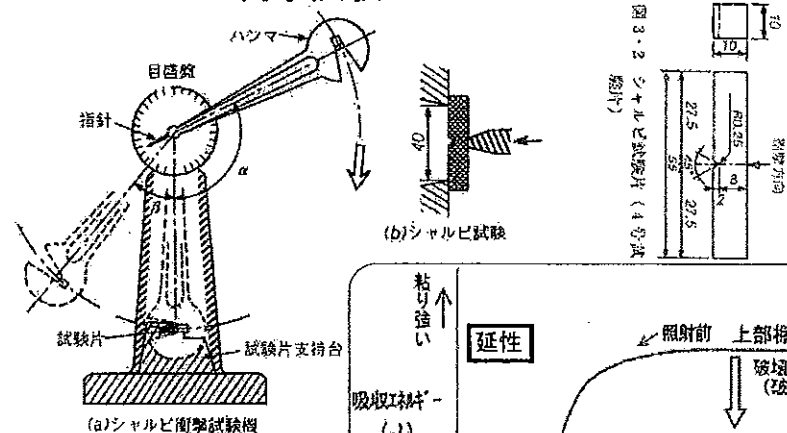


1. より高い温度で脆性破壊を引き起こす。

2. より小さなエネルギーで破壊する。

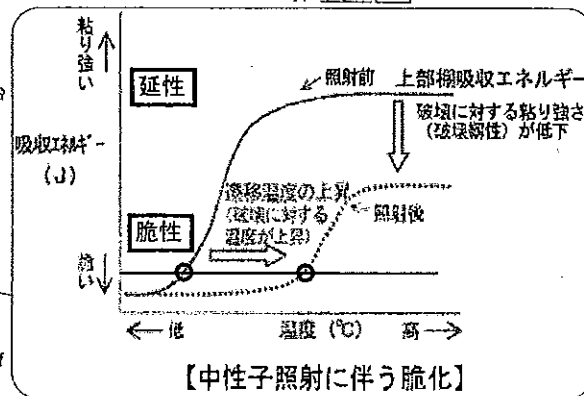
シャルピー衝撃試験

衝撃に対する強さをエネルギーで評価

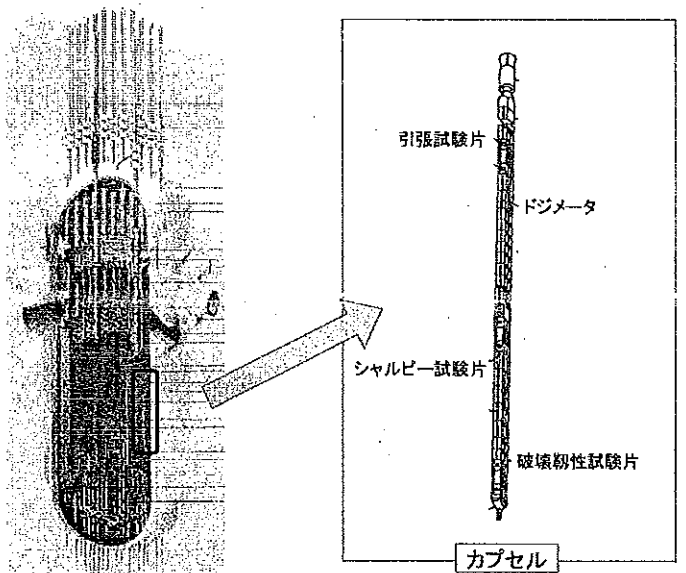


『機械材料学』, 日本材料学会, 1991

http://www.kyuden.co.jp/library/pdf/nuclear/nuclear_irradiation110708.pdf



【中性子照射に伴う脆化】



お釜が危ない原子炉

- 高浜1号機...99°C
 - 高浜2号機...44°C
 - 玄海1号機...98°C ×
 - 高浜4号機...41°C
 - 美浜2号機...86°C ×
 - 川内1号機...36°C
 - 美浜1号機...81°C ×
 - 川内2号機...31°C
 - 大飯2号機...70°C
 - 伊方1号機...30°C ×
 - 敦賀1号機...51°C ×
 - 美浜3号機...30°C
 - 福島第一1号機...50°C ×
 - 大飯1号機...30°C
- ×は廃炉、
赤字は再稼働申請
- 参考:古里1号機...107°C
昨年、廃炉×

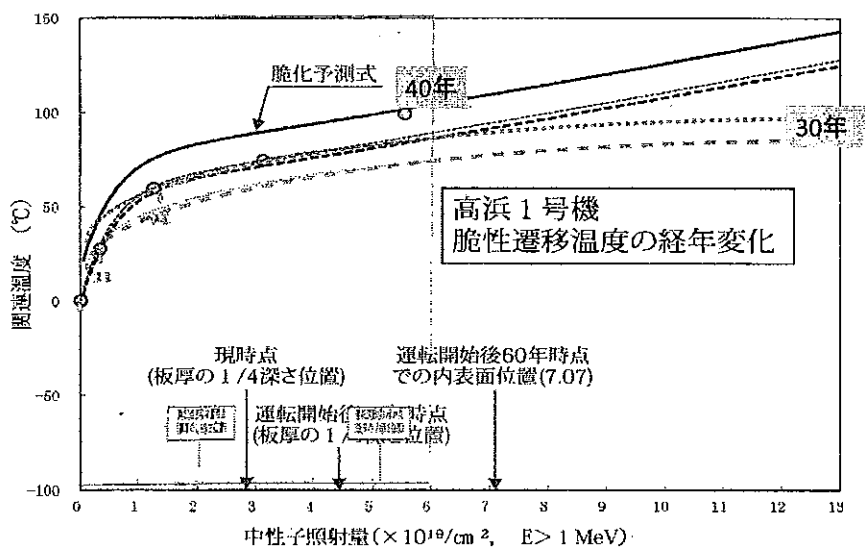
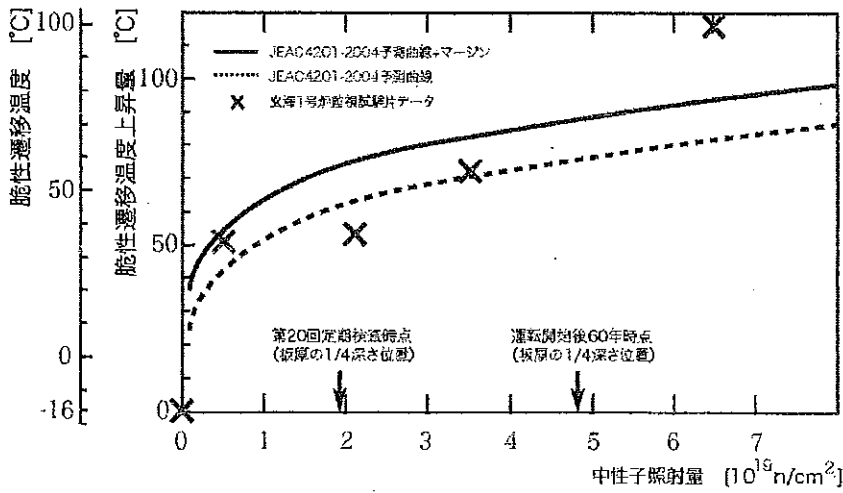


図1 高浜原発1号炉監視試験により測定された脆性遷移温度(○印)とJEAC4201-2007[2013追補版]にもとづく脆化予測曲線(文献2)。なお、60年位置が以前の報告書より内側に修正されている

玄海1号炉監視試験片データとJEAC4201-2004年版予測曲線



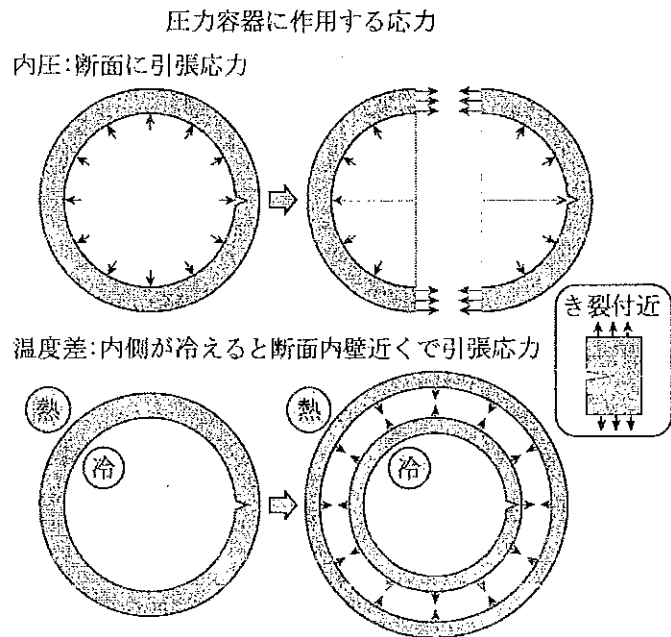
お釜が割れないための条件

- 新設原子炉圧力容器が満たすべき要求
容器1/4深さでの運転終了時の予測値
脆性遷移温度: 93°C未満
上部棚吸収エネルギー: 68J以上
- 高浜1号炉(運転開始後60年時点)
脆性遷移温度: 99°C
上部棚吸収エネルギー: 65J
⇒ 詳細解析で再評価
= ダブルスタンダードで救っている

9

加圧熱衝撃(PTS)評価

10



11

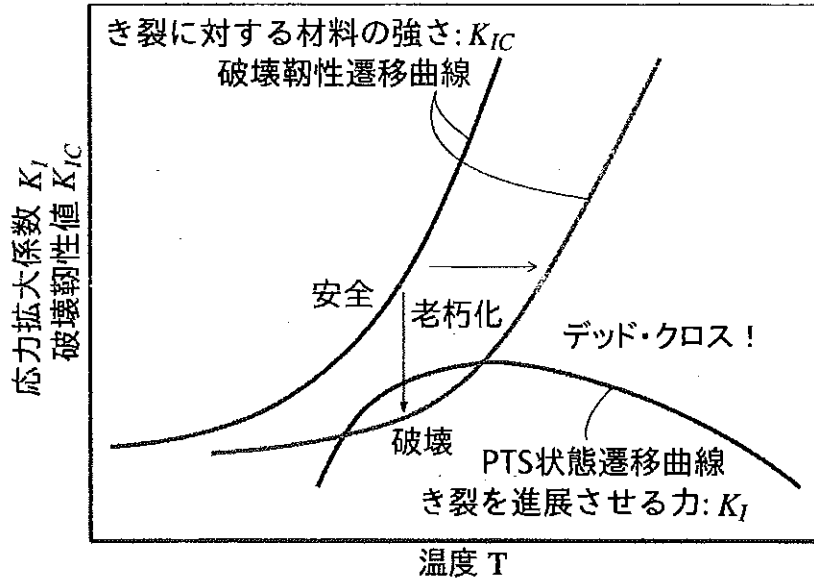
圧力容器はどういうときに危険か？

- 緊急炉心冷却(Emergency Core Cooling System, ECCS)
⇒ 圧力容器の外壁と内壁に大きな温度差が発生し、内壁に引張応力がかかる
⇒ ひび割れがあると、そこから一気に破断・破裂する
そのとき、圧力容器が加圧熱衝撃(PTS状態遷移曲線、 K_I 曲線)に耐えられるかどうか、破壊靱性値(K_{IC} 曲線)を調べる。

条件: 破壊靱性値 K_{IC} > 熱衝撃 K_I

12

PTS評価の概要



13

高浜1号機のPTS評価

- 「高経年化技術評価書(30年目)」(2003年12月): 2002年11月(第3回)までの脆性遷移温度データをもとに評価。破壊靱性試験データは公開されていない
- 「高経年化技術評価書(40年目)」(2015年4月): 2009年12月(第4回)までの脆性遷移温度データを考慮して評価。破壊靱性試験データはやはり公開されていなかった(6月16日公開、後述)

14

高浜1号機PTS評価(30年目)

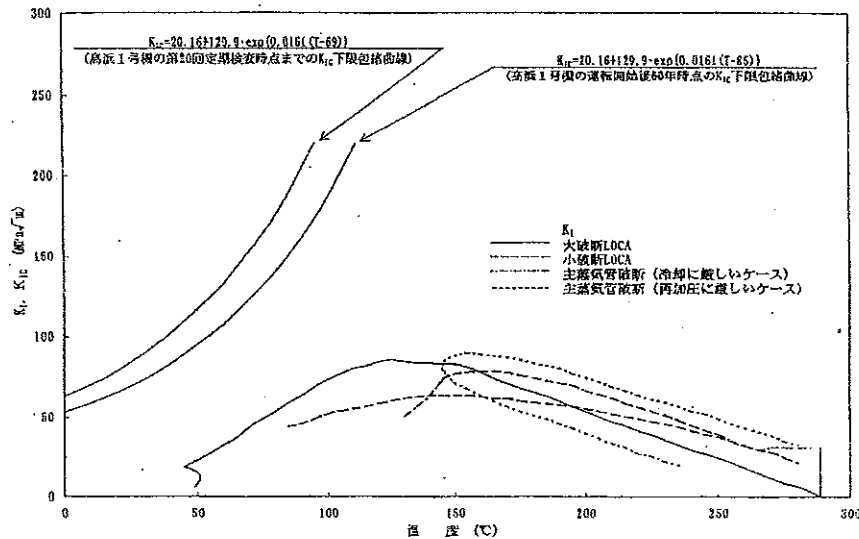


図2.3-4 高浜1号機 原子炉容器胴部(炉心領域部)中性子照射脆化に対するPTS評価結果 15

高浜1号機PTS評価(40年目)

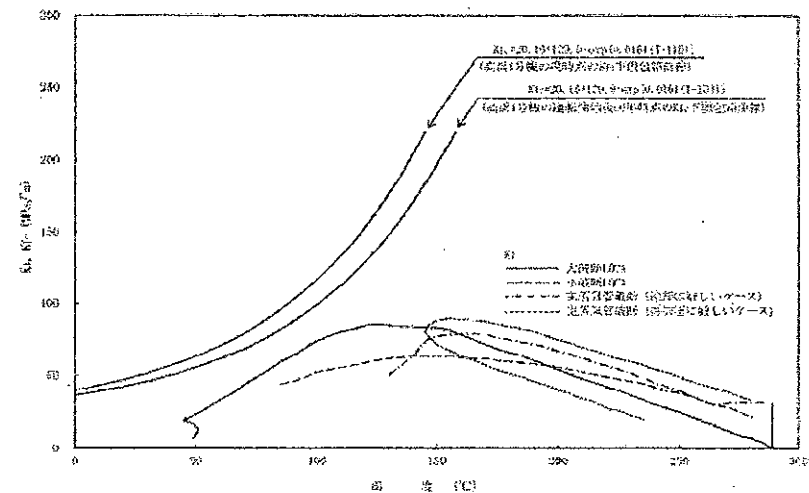


図2.3-4(1/2) 高浜1号機 原子炉容器胴部(炉心領域部)中性子照射脆化に対するPTS評価結果
 [高浜1号機の定期検査データを使用] 16

同じ60年後の予測を比較

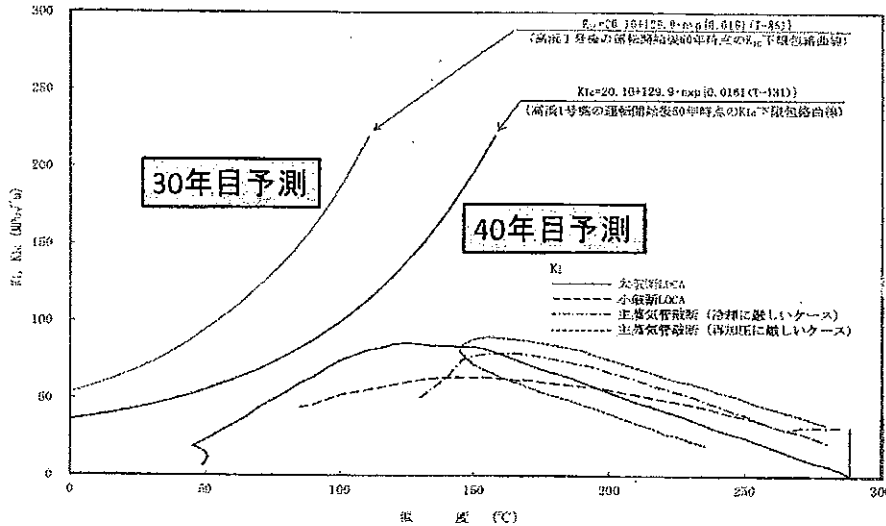


図2.3-4(1/9) 高浜1号炉 原子炉容器頭部(炉心領域部)中性子照射脆化に対するPTS評価結果 [長さ10mmの想定き裂を用いた評価]

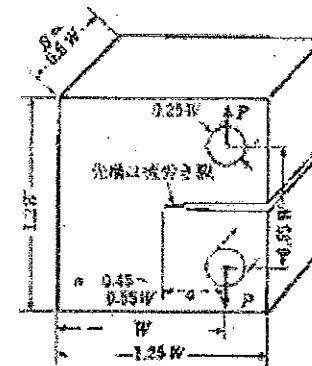
30年目と40年目を比較して分かったこと

- こんな違いが生じるのでは、破壊靱性曲線の信頼性は極めて低いのではないか
- そうならば、PTS状態遷移曲線とクロスしていない(脆性破壊は起こらない)という40年目評価も疑問

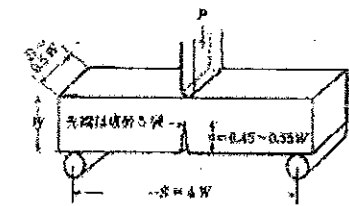
このような大きな違いがでた理由は？

- 第4回監視試験での脆性遷移温度が予想外に上昇した。(30年目評価時での予測曲線を上回っている)
- 破壊靱性試験で、想定外に低い値が観測されているのではないかと推測
⇒データの公開を求め、公開された

Test pieces for fracture toughness



コンパクト(CT)試験片



3点曲げ試験片

き裂にかかる力を増やし、どこまで耐えられるかを調べる。き裂が進展するときの値が破壊靱性値 K_{Ic}

5

白抜き! (3月15日、資料1-1-5)

表1.2 高浜1号機2009年時点における圧力容器検査結果
(厚さ10mmの超硬合金を用いた評価)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度 (°C)	シフト後 温度 (°C)	Rt (MPa/°C)	Tp (°C)	評価
-------	------------	-----------------	-----------------	----------------	------------	----

159.9

各機種の曲線は機密に係る事項ですので公開することはできません。

21

菅直人国会質問

- 保安院の「高経年化意見聴取会」で、関西電力は美浜2号機では監視試験の生データを公開し破壊靱性曲線の作成プロセス図も示した。ところが、高浜1、2号機では白抜きである。公開の原則が後退しているのではないのか
- 田中俊一委員長の答弁:できるだけ公開という原則には変わりありません。…セキュリティ関係のところ、それから商業機密に当たる情報については、公開しないという判断をしているところがあります。…資料が極めて膨大ですので精査することが困難、…商業機密については、事業者からの申請をベースに対応…

23

資料の公開要求

- 規制庁ヒアリング(2016年4月20日):原子力資料情報室と原発ゼロの会共催で院内集会
- 菅直人国会質問(2016年5月12日):衆議院原子力問題調査特別委員会

22

菅直人国会質問(続き)

- 菅直人議員:「…関電がこれもこれも企業秘密だから公開できないと言ったら、はいそうですね。と言って全部白抜きにする、この扱いはとても国民的に理解できない。」と追及
- 田中委員長:「先生御指摘の点も私も同意できるところはありますので、そういった点について、もし今後改善すべきところがあれば改善を図っていきたいと思います。」

24

公表資料(6月16日)

表1.2 高浜1号機の60年時点における T_p 算出結果
(深さ10mmの想定き裂を用いた評価)

チャージ名	監視試験 回次	シフト前 温度(°C)	シフト後 温度(°C)	K_{Ic} (MPa \sqrt{m})	T_p (°C)	評価
5K980-1-1	1	19	101	139.0	106.6	
5K980-1-1	1	-100	-19	40.0	98.8	
5K980-1-1	3	80	113	153.0	112.0	
5K980-1-1	3	50	83	94.0	118.5	
5K980-1-1	3	19	52	80.0	100.5	
W-501-2	2	24	76	122.0	91.5	
W-501-2	2	-50	2	47.0	100.3	
W-501-2	4	75	97	95.0	130.9	○
W-501-2	4	0	22	44.0	127.0	

破壊靱性曲線の求め方

- 破壊靱性曲線を与える式の形は

$$K_{Ic} = 20.16 + 129.9 \exp[0.0161(T - T_p)] \dots (C8) \text{式}$$
 (日本電気協会規程JEAC4206-2007附属書C)
- 唯一のパラメータ T_p は、破壊靱性値の測定データを下限包絡するように決める
 その際、データの温度軸を脆性遷移温度上昇分だけシフトさせる

公開で分かったこと

- 予想通り、第4回破壊靱性試験で想定外に低い値が観測されていた
- 新しいデータほど想定以上の低い値が出る。これは、美浜2号や玄海1号でも同じ傾向
- ⇒JEAC4206-2007の規程に欠陥がある(安全側の評価になっていない)。改定すべき

まとめ

- 高浜1号機の圧力容器は、脆性破壊の危険性がきわめて高くなっている
- このような原子炉は運転延長をするべきでない。ただちに廃炉にすべきだ
- そもそも1970年代建設の原発は、設計も悪いし、材料も悪いし、製造方法も悪い。すべて40年原則にしたがって廃炉にすべきだ

より詳しくは次の論文を見てください

- 井野博満 「経年劣化した高浜原発1号機は40年で廃炉にすべきだー信頼性の低い日本電気協会の破壊靱性評価法」(『科学』、2016年5月号、pp.483-492)
- 井野博満 「高浜原発1、2号機の安易な運転延長はすべきでない」(『科学』、2016年7月号、pp.643-647)

ご清聴ありがとうございました