

事件番号 平成28年（行ウ）第49号，平成28年（行ウ）第134号，

平成28年（行ウ）第157号

高浜原子力発電所1号機及び2号機運転期間延長認可処分等取消請求事件

原告 河田昌東外110名

被告 国

準備書面（15）

（中性子照射脆化監視試験片にかかる求釈明事項）

平成29年8月30日

名古屋地方裁判所 民事9部A2係 御中

原告ら訴訟代理人弁護士 北村 栄 ほか

第1 はじめに

原告らは訴状（113～115頁）において，中性子照射脆化について，原子力規制委員会の審査過程に過誤欠落がある旨の指摘をしたが，被告は，第3準備書面（42～44頁）において，原告らの上記主張の結論部分等を争う旨の態度を表明する。

本書面において，原告らは，今後の審理の必要上（中性子照射脆化の状況を把握するための監視試験についての問題点を客観的に明らかにするため），被告ないし参加人に対して，下記第3の事項（被告ないし参加人が保有し，原告らにおいてはアクセスができない情報）について，説明ないし開示を求める。

なお，中性子照射脆化の問題点としては，今回説明を求める監視試験片の監視試験結果に関わるもののほか，「予測式」の不合理性などの論点もある。本書面

においては監視試験片の監視試験結果の説明・開示を求める理由が明らかになる程度の部分的な説明に留め、中性子照射脆化の全般的な問題点については後に提出する書面において詳細に主張する予定である。

第2 回答を求める理由

1 脆性破壊とは

金属材料は、一般に、力を加えるとしなやかに変形し、粘り強さ（靱性）があるという特徴を持っている。そのため、金属に力を加えた場合、ある一定の力までは弾性的に変形する（力を除くと元に戻る変形の仕方、材料の破壊には至らない。）。しかし、弾性限界を超える力を加えると、金属は塑性変形（力を除いても元に戻らない変形の仕方）を起こし、やがて破壊に至る。

引張り等の応力を加えた際に粘り強く伸びながら変形する金属の能力を延性といい、上記の塑性変形を伴って発生する破壊現象を「延性破壊」という。

反対に、この延性破壊と対をなす金属材料の破壊現象として「脆性破壊」というものがある。「脆性破壊」とは、延性が低下して硬く脆くなった金属、すなわち脆化した金属に力を加えた場合に塑性変形をほとんど起こすことなく突然に破壊に至るような事象である。

つまり、金属がぐにゃっと曲がりちぎれる壊れ方ではなく、ほとんど伸びずにパキッと折れてしまうような破壊が「脆性破壊」である。

金属材料は、高温において「延性破壊」を生じる一方で、温度の低下に伴い「脆性破壊」へ破壊形態が変化する。そして、この「延性破壊」から「脆性破壊」に変化する温度のことを脆性遷移温度という（脆性延性遷移温度、遷移温度、関連温度といわれることもある。）。

鋼というよく使われる有用な金属材料も、低い温度で力を加えたり急激な力を加えたりした場合に、ほとんど塑性変形せずに割れてしまうことがある。著名なタイタニック号海難事故において、タイタニック号の鋼板の脆性遷移温度

は、事後の調査で27度と高かったことがわかっている。「脆性破壊」の生じやすい状態となっていたタイタニック号の鋼板は、極寒の海という低い温度環境下で冰山にぶつかり、この力でリベット（鋳）まわりから割れが生じ、船体の大破断に至ったと考えられている。これが「脆性破壊」の一例である。

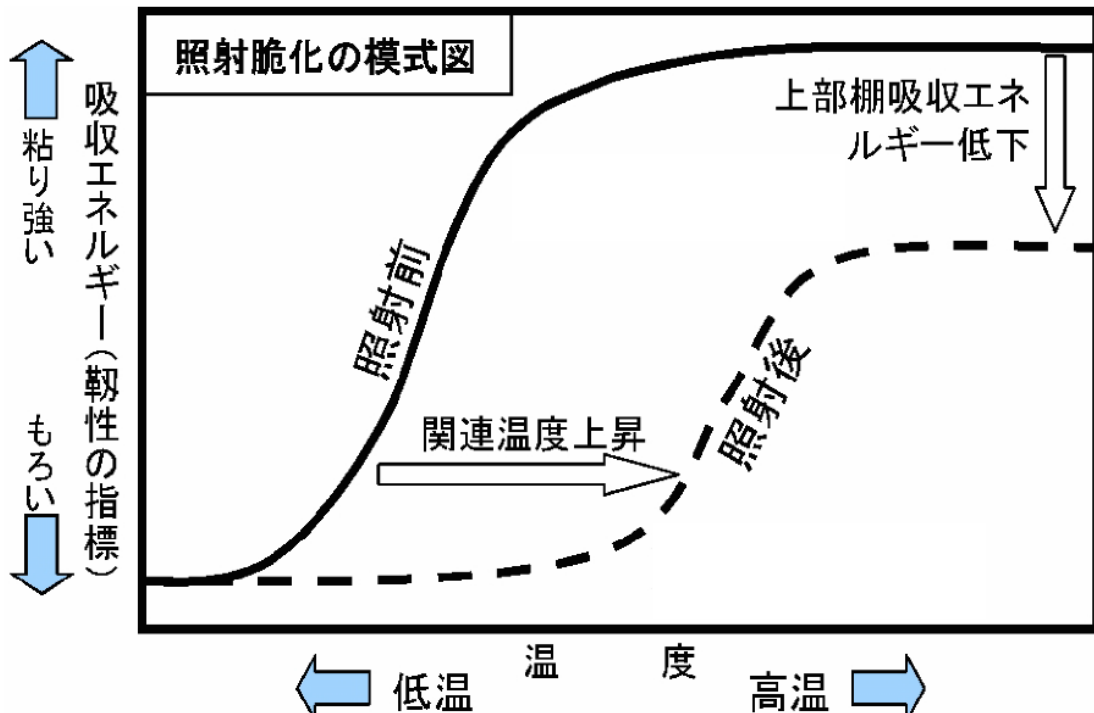
2 原子炉容器鋼材の中性子照射脆化について

原子力発電は、燃料の核分裂反応を利用して発電する仕組みである。原子炉容器の金属材料である鋼材は、この核分裂反応が継続する間、強力な中性子の照射を受け続ける。

高エネルギーを持つ中性子などの放射線を金属材料に照射すると材料内部に非常に微小な欠陥（析出物等）が生じ、このような欠陥は材料の変形の際の抵抗になるため、材料は硬くなるとともに、破壊に対する抵抗力（破壊靱性）が低下し脆くなる。この現象を中性子照射脆化と呼ぶ。

ところで、鋼材の性質は含まれる炭素や様々な元素の存在によって大きく変化する。例えば、炭素が増えると硬くなり引張り強さが増える反面、粘り強さを失う。リンや硫黄などの不純物元素も靱性を低下させる。靱性の喪失ないし低下は、脆性破壊に対する抵抗力が弱い状態にあることを意味する。鋼材に銅が多く含まれていると中性子照射脆化がより促進されることも判明している。

中性子の照射を受ける原子炉容器の炉心領域部ではこの中性子照射脆化が起こり、その程度は、「関連温度（脆性遷移温度）の上昇」と「上部棚吸収エネルギーの低下」で把握されている。次の図は、中性子照射の影響で、鋼材の靱性が低下し（「上部棚吸収エネルギー低下」部分）、より高い温度で脆性破壊が生じることになる（「関連温度上昇」部分）状況を模式的に表している。



3 照射脆化した原子炉容器が脆性破壊を引き起こすまでの経過

参加人のホームページでは、事故などにより加圧された原子炉容器が急激に冷却され、容器内外の温度差により高い引張応力が容器内面に発生する事象を P T S (Pressurized Thermal Shock : 加圧熱衝撃) 事象と言い、中性子照射を受け脆性遷移温度が上昇（低温度側での破壊靱性値が低下）した原子炉容器においてこの P T S 事象が発生し、かつ、き裂のような欠陥が予め原子炉容器に存在していた場合には、き裂が進展して原子炉容器が損傷するおそれがある、と説明されている。

この説明のみからも、原子炉容器の損傷をもたらす要因となる中性子照射脆化の問題が原発における深刻な懸念事項であることは原告らのみならず、参加人においても共通の認識であるといえる。

4 照射脆化進行の監視方法（特に監視試験片について）

原子炉容器は、その構造や強い放射能を有していることなどの理由によって、新品に取り替えることができない。そこで、中性子照射脆化の進行が原子炉容

器の破壊につながらないように、中性子照射脆化の状況を定期的に監視し、その進行を予測する対策が取られている。

原子炉容器に対する中性子照射脆化に対する評価は、第1に【監視試験による脆化度合いの先行把握】、第2に【脆化予測】、第3に【健全性評価】というステップで行われる。

本書面で着目する第1のステップ【監視試験による脆化度合いの先行把握】については、あらかじめ原子炉容器内に装荷している監視試験片カプセルを計画的に取り出して機械試験を行うことにより原子炉容器の脆化度合いを先行して把握し、この監視試験結果を基に脆化予測を行うようにしている、と参加人は説明している。

さて、監視試験片は、当該原発の原子炉容器と同じ構造履歴を持つ鋼材から切り出したものである。原子炉容器は何枚かの鋼板を溶接で接合させて製造されるが、その鋼板の一部から監視試験片が作られている。切り出される監視試験片は母材、溶接金属、熱影響部の3部分にわたる。

監視試験片はカプセルに詰めた上で原子炉容器内に装荷される。一定期間の供用による中性子照射後に取り出して行われる試験には、シャルピー試験・破壊靱性試験・引張り試験があり、装荷されるカプセルにはそれぞれの用途のために複数の監視試験片が詰められている。監視試験片の個数については、高浜1・2号機の例では、カプセル数が8体で、1カプセル当たりシャルピー試験片4体、破壊靱性試験片4体、引張り試験片4体となっている。

5 公表された監視試験片の試験結果について

参加人は、次のとおり、原子炉容器から取り出した監視試験片の試験結果を公表しているが、上記4の試験片の個数に照らすと、監視試験の結果が全て提示されているものとは到底いうことができない。また、以下で述べるとおり、数値結果には明らかに不自然な面もある。

(1) 高浜1号機について

高浜1号炉 原子炉容器本体胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化に対する監視試験結果

監視試験	取出時期 (年月)	中性子照射量 ($\times 10^{19}n/cm^2$) [E>1MeV]	Tr30*1(°C)			上部棚吸収エネルギー(J)		
			母材	溶接金属	熱影響部	母材	溶接金属	熱影響部
初期値	-	0	0	-48	-52	98	158	137
第1回	1976年4月	0.3 [約3EFPY] *2	26	-15	-16	80	127	128
第2回	1984年2月	1.3 [約12EFPY] *2	58	8	1	74	123	124
第3回	2002年11月	3.4 [約31EFPY] *2	72	29	21	76	127	125
第4回	2009年9月	5.6 [約51EFPY] *2	99	58	45	81	131	125

*1: シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが4Jとなる温度。関連温度はTr30の移行量と関連温度初期値から算出する。

【関連温度初期値】高浜1号炉 母材:-4°C 溶接金属:-53°C 熱影響部:-40°C

*2: 内表面から板厚tの1/4t深さでのEFPY。EFPYとは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す。

高浜1号機の上記監視試験結果によると、初期値と比べて、試験回ごとに脆性遷移温度（Tr30と記載されている部分）が上昇している一方で、本来低下するはずの上部棚吸収エネルギーについては、必ずしも低下傾向を見ることができず（例えば「母材」について見ると、98→80→74→76→81と変遷している。）、上記2の模式的な理論見込みとは異なる不自然な結果となっている。

(2) 高浜 2 号機について

高浜2号炉 原子炉容器本体胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化に対する監視試験結果

監視試験	取出時期 (年月)	中性子照射量 ($\times 10^{19}n/cm^2$) [E>1MeV]	T r 3 0*1(°C)			上部棚吸収エネルギー(J)		
			母 材	溶接金属	熱影響部	母 材	溶接金属	熱影響部
初期値	-	0	-26	-39	-80	141	172	196
第1回	1976年10月	0.3 [約3EFPY] *2	-9	-19	-71	133	162	172
第2回	1986年4月	2.2 [約19EFPY] *2	15	18	-18	110	117	144
第3回	2003年8月	3.5 [約31EFPY] *2	22	22	-36	122	133	161
第4回	2010年6月	5.6 [約49EFPY] *2	44	41	-31	124	154	179

*1: シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが4Jとなる温度。関連温度はTr30の移行量と関連温度初期値から算出する。

【関連温度初期値】高浜2号炉 母材:-30°C 溶接金属:-53°C 熱影響部:-69°C

*2: 内表面から板厚tの1/4t深さでのEFPY。EFPYとは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す。

高浜 2 号機の上記監視試験結果によると、本来上昇するはずの熱影響部の脆性遷移温度は第 2 回から第 3 回にかけては、マイナス 1 8 度からマイナス 3 6 度へと低下している。上部棚吸収エネルギーについて必ずしも低下傾向を見ることができないことは高浜 1 号機の状況と同様である。

6 監視試験片は原子炉容器の照射脆化を正しく反映したものといえるか

監視試験片は原子炉容器壁の内側に配置されているから、中性子照射の条件も炉内水流の温度も、容器鋼材そのものが受ける状況とは異なる。また監視試験片が容器鋼材と同じ製造履歴を持つ鋼材とはいっても、切り出しの場所や方向によって不純物の含有状況の割合に違いがありうる。実際、ドイツで1977年に廃炉にされたグンドレミンゲン原発で原子炉容器鋼材の分析が行われた結果、切り出しの位置や方向によって脆化の程度が著しく異なっていたという事実が判明した。このように、中性子照射脆化の状況が監視試験片と現実の原子炉容器鋼材とで同じという保証はないのである。

高浜 1・2 号機の原子炉容器の照射脆化を考える場合においても、監視試験

の採取方法いかんによっては、それが示す監視試験結果は脆化の過小評価になりうるし、少なくとも監視試験片の示す脆化の状況が原子炉容器鋼材の脆化状況を代表するものと評価することに疑問があるということである。上記5記載のような不自然な監視試験結果が導き出された原因も、この点にあった可能性を否定できない。

- 7 監視試験結果の正確性を確認するためには原データの確認が必須であること
監視試験片のデータに基づく脆化予測及び健全性評価が適正になされたものといえるかは、当然のことながら監視試験の際に得られた原データに基づく確認が必須となる。

また、上記2のとおり、鋼材の性質は含まれる炭素や様々な元素の存在によって大きく変化するのであるから、監視試験片の製造段階ないし監視試験段階において、含有する元素の濃度に関する分析が行われているのであれば、その詳細なデータも必要となる。

8 まとめ

以上より、監視試験片による監視方法の有効性も含め、照射脆化予測が適切に行われているか否かを検証するにあたっては、下記第3の「回答を求める事項」が明らかにされることが必須条件となるので、原告らは、被告ないし参加人に対して、下記第3の事項について書面で回答されるよう求める次第である。

第3 回答を求める事項（高浜1・2号機それぞれについて）

以下の回答を求める事項については、第一次的には参加人が保有する情報と考えられるが、本件の各処分を行った処分庁原子力規制委員会においても審査に当たって当然に把握すべき情報であるから、その性質上、参加人のみならず、被告の立場からも回答可能な事項である。

また、行政事件訴訟法第23条の2の趣旨に鑑みても、被告においては、訴訟審理の充実・促進を図るため必要に応じて処分の基礎となる事実について説明・

開示することが期待されており，第一次的な情報保有者が参加人であるからといって，回答を拒む理由にはならない。

よって，原告らとしては，被告及び参加人に対して回答を求める。

1 過去実施された監視試験ごとに，以下の点を明らかにされたい。

(1) 監視試験片が鋼材のどの箇所から採取されたものか，鋼材の溶接箇所との関連，及び圧延方向との関連も含めて図示していただきたい（採取箇所が複数にわたる場合は，採取箇所ごとに明らかにされたい。）。

また，監視試験片を実際に採取した鋼材が原子炉容器のどの部位に用いられているのか図示していただきたい。

(2) 監視試験片を詰めたカプセルは原子炉容器内のどの部位に装荷されていたのか図示していただきたい。

2 監視試験片を切り出した鋼材について，参加人は，製造段階で自ら成分分析を実施しているか。あるいは，成分分析に関するデータを鋼材メーカーから受け取っているか。もしそうであるならば，鋼材に含有する元素（炭素，リン，硫黄，銅，ニッケルなど）の化学分析値を示していただきたい。

また，監視試験の際に，含有する元素の濃度に関する分析を実施したことがあるか。実施しているのであれば，いつ，どの監視試験片を対象に行ったのか，具体的な部位も含めて示すとともに，実際に得られた化学分析値も示していただきたい。

3 参加人が公表した監視試験結果の正確性を確認する必要があるので，シャルピー試験，破壊靱性試験，引張り試験，中性子照射，照射温度の実測データなど，監視試験の際に得られた原データを全て示していただきたい。

以 上