

副
本

平成24年（行ウ）第15号 東海第二原子力発電所運転差止等請求事件

原告 大石光伸外265名

被告 日本原子力発電株式会社外1名

準備書面（9）

水戸地方裁判所民事第2部 御中

平成30年1月25日

被告日本原子力発電株式会社訴訟代理人

弁護士 溝呂木 商太郎



弁護士 山内 喜明 代



弁護士 谷 健太郎



弁護士 浅井 弘章



弁護士 井上 響太



目 次

はじめに.....	4
第1 被告日本原電の中性子照射脆化に関する対応.....	5
1 設計・建設段階における対応.....	5
2 運転段階における対応.....	6
(1) 監視試験片を用いた脆化傾向の確認.....	6
ア 脆化傾向の実測.....	6
イ 脆化傾向の予測.....	9
(2) 供用期間中検査等による確認.....	10
(3) 冷却材の温度制限による管理等を踏まえた圧力容器の健全性確保.....	10
第2 原告らの主張に対する反論等.....	11
1 脆化傾向に係る主張について.....	11
2 関連温度及び脆性遷移温度に係る主張について.....	12
3 原告ら準備書面（57）における求釈明事項について.....	14
(1) 第4における求釈明事項.....	14
(2) 第5における求釈明事項.....	14

略 語 表

本件発電所	東海第二発電所
圧力容器	原子炉圧力容器
技術基準規則解釈	実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈 (平成25年6月19日原子力規制委員会決定)
J E A C 4 2 0 1	原子炉構造材の監視試験方法 (一般社団法人日本電気協会)
J E A C 4 2 0 6	原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法 (一般社団法人日本電気協会)
本件運転期間延長 認可申請	被告日本原電が平成29年11月24日付で原子力規制委員会に対して行った本件発電所の運転期間延長認可の申請

はじめに

被告日本原電は、準備書面（８）等で述べたとおり、本件発電所につき、その設計・建設に当たり、放射性物質が環境に異常に放出されることを未然に防止するための事故防止対策を講じたうえで、運転段階以降にあっては、事故防止対策の実効性を確保するために、継続的改善を図りながらこれまで各種の保安活動を実施し、この保安活動を通じて安全上重要な設備につき設計どおりの機能・性能を維持してきている。原告らが、平成２９年４月２７日付準備書面（４５）（以下「原告ら準備書面（４５）」という。）及び同年１０月２６日付準備書面（５７）（以下「原告ら準備書面（５７）」という。）において述べる中性子照射脆化に関しても、設計段階においてこれを考慮した対策を講ずるとともに、これ以降も、監視試験片を用いて圧力容器の脆化傾向を確認するなどして、本件発電所の安全性に影響を及ぼすものではないことを確認している。

本準備書面では、被告日本原電が原子力規制委員会に対し本件運転期間延長認可申請を行うに当たり考慮した特別点検の結果及び劣化状況の評価等を踏まえながら、これまでの対応を述べることにより、本件発電所では、運転期間６０年を仮定しても、圧力容器が脆性破壊に至るおそれを生ずることなく、運転を継続して行うことが可能であることを明らかにしたうえで（後記第１）、原告ら準備書面（４５）及び同（５７）における原告らの主張が誤りであることなどを述べる（後記第２）。

なお、現在、原子力規制委員会において本件運転期間延長認可申請に係る審査が行われているところであり、被告日本原電は、今後、同委員会による審査結果等を踏まえ、必要に応じ、改めて中性子照射脆化に関する主張の補充を行うことも考えている。

第1 被告日本原電の中性子照射脆化に関する対応

1 設計・建設段階における対応

被告日本原電は、本件発電所を設計・建設するに当たり、圧力容器につき、鉄等の金属を材料とし、その内部に燃料集合体を格納する構造としている。燃料集合体の各燃料に含まれるウランは核分裂する過程で中性子を放出することから、かかる構造の下、圧力容器は本件発電所の運転を通じて中性子の照射を受けることとなる。

中性子照射に起因して金属材料が脆性を示しやすくなるとの中性子照射脆化に関しては、本件発電所の設計・建設段階から、以下の知見が知られており、被告日本原電は、原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器の中で中性子の照射量が高い圧力容器について、中性子照射脆化に対する健全性を確保するための対策を講じている。

具体的には、金属材料には、一般に、ある温度以下になると靱性（破壊に対する抵抗）が低下して脆くなる性質（脆性）があつて、この脆性的破壊挙動を示し始める目安となる温度である脆性遷移温度^(注1)は、中性子照射によって上昇する。また、金属材料の脆性遷移温度の初期値及びその上昇の程度は、①材料の種類、②材料中の不純物の含有量、③材料に対する熱処理の方法によって左右される。これらのことは、本件発電所の設計・建設時点で既に知られていたことから、被告日本原電は、本件発電所の設計・建設に当たり、圧力容器につき、材料として高い靱性を有する低合金鋼^(注2)を使用（上記①）し、材料中の不純物の含有量を十分低く抑える（上記②）とともに、焼入れ・焼戻しの熱処理を施す（上記③）との中性子照射脆化に対する健全性の確保のための対応を採った。

また、被告日本原電は、圧力容器の脆化傾向の確認のため、圧力容器と同一の鋼材（圧力容器用鋼材）から取り出した監視試験片をその内部に設置のうえ、これらを計画的に取り出し評価に用いることとした。

2 運転段階における対応

被告日本原電は、上記1で述べた設計・建設段階における中性子照射脆化に対する健全性の確保のための対応に加えて、運転段階においては、監視試験片を用いた圧力容器の中性子照射による脆化傾向の確認、供用期間中検査等による確認、冷却材の温度制限による管理等を行い、圧力容器の健全性を確保してきている。以下では、これらの運転段階における各対応につき、被告日本原電が本件運転期間延長認可申請を行うに当たり考慮した特別点検の結果及び劣化状況の評価等を踏まえつつ述べる。

(1) 監視試験片を用いた脆化傾向の確認

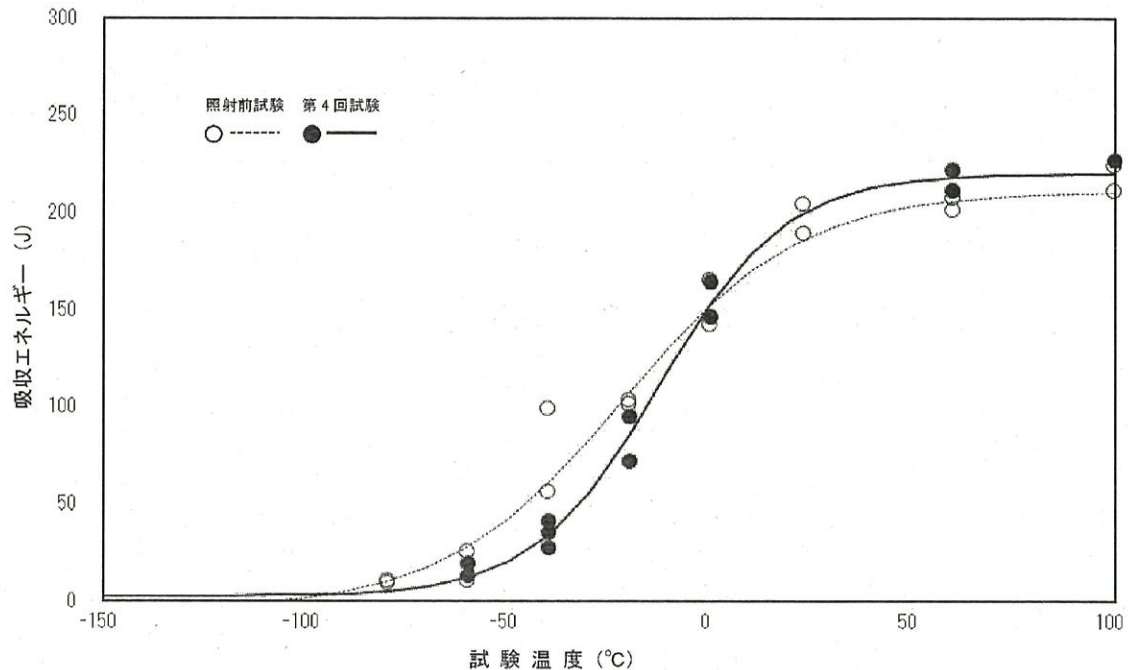
ア 脆化傾向の実測

被告日本原電は、JEAC4201等を踏まえて、照射前の監視試験片を用いた試験（照射前試験）及び圧力容器の内側の炉心に近い位置に設置した照射後の監視試験片を用いた試験（照射後試験）を行い、圧力容器の脆化傾向に係るデータを実測している（丙H第2号証の添付書類二「東海第二発電所 容器の技術評価書」1-18, 1-19頁, 丙Bア第2号証ないし同第4号証）。

具体的には、これまで、照射前試験に加え、合計4回の照射後試験（第1回試験（昭和56年9月）、第2回試験（昭和61年2月）、第3回試験（平成10年1月）、第4回試験（平成26年2月））を行っており、その際、低温から高温まで変化させた試験温度の下で、複数の監視試験片を用いたシャルピー衝撃試験^(注3)を行い、その吸収エネルギーを実測している¹。このうち、照射前試験及び第4回試験（母材）の実測値を用いて、

¹ 被告日本原電は、圧力容器用鋼材からの切り出し等を行って、圧力容器の母材、溶接金属、熱影響部の脆化傾向を評価するための監視試験片をそれぞれ作成している。これらの監視試験片を用いた脆化傾向の実測及び予測において、母材が脆化傾向の評価上最も厳しい結果を概ね与えていることから、以下では、母材を代表として取り上げる。

これらの実測値に最も適合するように最小二乗法^(注4)を用いて描いた遷移曲線は、以下の【図1】のとおりである。



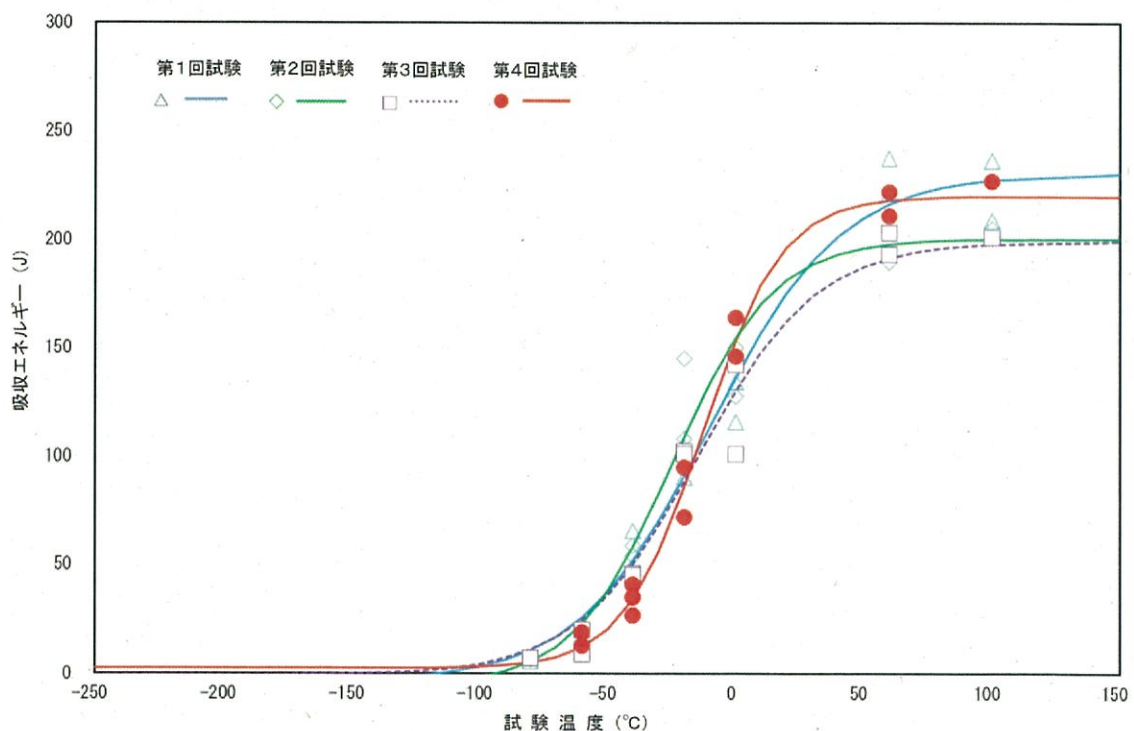
【図1】 照射前試験・第4回試験結果に基づく各遷移曲線（母材）

同図のとおり、压力容器用鋼材（母材）については、低温では吸収エネルギーが小さく靱性が低いとの脆性破壊の傾向を示す一方、高温では吸収エネルギーが大きくほぼ一定の高い靱性を呈するとの延性破壊の傾向を示す。また、その中間の遷移温度域では温度の上昇とともに靱性が増加する傾向を示す。JEAC4201-2007では、かかる遷移温度域に係る指標として「関連温度」²が、高温においてほぼ一定の破壊靱性を呈する温

² JEAC4201-2007においては、関連温度につき、「RT_{NDT}」(Reference Temperature for Nil Ductility Transition) と表記されており、後記第2の2でも述べるとおり、吸収エネルギー41Jに対応する関連温度の移行量と、関連温度初期値とを足し合わせた値をもって、定義される。

度範囲の程度に係る指標として「上部棚吸収エネルギー」³が、それぞれ定義されている（丙Bア第2号証2頁（7）及び（10）参照）。

これまでの第1回から第4回までの試験結果を用いて各回における母材の遷移曲線を重ね描いたものは、以下の【図2】のとおりである。一般には、中性子照射量が多くなるにつれて中性子照射脆化が進んで、関連温度の移行量は増加しつつ上部棚吸収エネルギーは低下するようにして遷移曲線が移行するが、【図1】や【図2】の遷移曲線はそうした傾向になく、顕著な脆化は認められない。



【図2】 第1回～第4回試験結果に基づく各遷移曲線（母材）

³ JEAC4201-2007においては、上部棚吸収エネルギーにつき、「USE」（Upper Shelf Energy）と表記されている。

イ 脆化傾向の予測

被告日本原電は、J E A C 4 2 0 1等を踏まえて、所定の時期に、関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギーの減少率を算出するなどして、将来の圧力容器の脆化傾向を予測しており、本件運転期間延長認可申請を行うに当たっては、第4回試験の結果等を用いて運転開始後40年、60年に相当する時点での脆化傾向を予測している(丙H第2号証の添付書類二「東海第二発電所 容器の技術評価書」1-18~1-20頁、丙Bア第2号証ないし同第4号証)。

これら予測のうち、母材の関連温度については、その関連温度初期値である-25℃に、マージンとして18℃を上乗せするなどして算出した関連温度移行量の予測値(運転開始後40年に相当する時点では約30℃、運転開始後60年に相当する時点では約36℃)を加えて、運転開始後40年に相当する時点では5℃⁴、運転開始後60年に相当する時点では11℃と、それぞれの関連温度を評価している。この評価に当たり用いたJ E A C 4 2 0 1-2007 [2013年追補版] (丙Bア第4号証) に示されている予測式は、平成24年6月末時点での我が国の原子力発電所(PWR・BWR)の母材と溶接金属の監視試験データ279点、同月末時点での我が国の原子力発電所(PWR)の標準材データ54点、試験炉照射材データ38点を用いて導出されたものであり、原子力規制委員会において、海外予測式と比較するなどして、技術的に妥当なものであることが確認されている(丙Bア第5号証)。

⁴ 被告日本原電は、本件運転期間延長認可申請において、平成28年11月を評価時点として、関連温度移行量の予測値及び関連温度を、それぞれ約30℃及び5℃と評価している(丙H第2号証の添付書類二「東海第二発電所 容器の技術評価書」1-20頁)。その際、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震以降、本件発電所が停止しており、これ以降の中性子照射の累積がないことから、同日時点での中性子照射量を当該評価に用いている。本文では、運転開始後40年に相当する時点でも、同様に本件発電所が停止しているとの前提に立っている。

(2) 供用期間中検査等による確認

被告日本原電は、供用期間中検査として、圧力容器胴部の周方向溶接部及び長手方向溶接部についての超音波探傷検査を行い有意な欠陥がないことを確認するとともに、漏えい試験を行い健全性に問題がないことを確認している。

加えて、本件運転期間延長認可申請に際しては、特別点検として、圧力容器の炉心領域部の母材及び溶接部に対して超音波探傷検査を行い、同様に有意な欠陥がないことを確認している。（丙H第2号証の添付書類二「東海第二発電所 容器の技術評価書」1-21頁）

(3) 冷却材の温度制限による管理等を踏まえた圧力容器の健全性確保

被告日本原電は、前記(1)イで述べたとおり、本件運転期間延長認可申請を行うに当たり、関連温度につき、運転開始後40年に相当する時点では5℃、運転開始後60年に相当する時点では11℃とそれぞれ評価している。そのうえで、実際の冷却材の温度制限値については、JEAC4206-2007を踏まえ、これらの関連温度の評価値に、き裂を仮定しても脆性破壊を起こさないようにして求めた値である26℃をマージンとして加えて、上記各運転開始後期間の順に、それぞれ31℃及び37℃と設定している。このように、上記(2)で述べた点検・検査により圧力容器に有意な欠陥が認められないところを、安全側の配慮として、き裂の存在を仮定した評価を行うなどして設定した値を冷却材の温度制限として用いることにより、遷移温度域における圧力容器の健全性を確保している。ちなみに、この設定値の水準は、本件発電所における原子炉運転中の冷却材温度（約280℃）と比較しても十分に低いものである。

また、上部棚吸収エネルギーについては、運転期間後60年に相当する時点で111Jと評価しており、これはJEAC4206-2007の示す許容値である68Jを大きく上回っていることから、高温における圧力容器の

健全性の確保の点でも支障はない。

これらのことから、本件発電所においては、運転期間60年を仮定しても、圧力容器が脆性破壊に至るおそれを生ずることなく、継続して運転を行うことが可能である。

これまで述べた監視試験片を用いた脆化傾向の確認、供用期間中検査等による保全、冷却材の温度制限による管理により、圧力容器の中性子照射脆化が本件発電所の安全性に影響を及ぼすとは考えられないが、被告日本原電は、圧力容器の健全性確保に万全を期すよう、平成30年11月28日からの10年間のうちの適切な時期に第5回試験を実施して靱性の変化を把握するなどの長期保守管理方針を策定している。（丙H第2号証の添付書類二「東海第二発電所 容器の技術評価書」1-21頁、丙Bア第6号証）

第2 原告らの主張に対する反論等

1 脆化傾向に係る主張について

原告らは、本件発電所におけるシャルピー衝撃試験の結果を用いて独自に描いた遷移曲線（原告ら準備書面（57）の図2～4）に基づき、「照射前の初期値（黒）から照射後第1回～4回に至る傾向が…『一般的な中性子照射脆化の傾向』をまったく示して」おらず「東海第二原発の監視試験片の素材及び試験の信頼性が疑われる」などとして、被告日本原電の監視試験片を用いた脆化傾向の確認が適切になされていないかのように主張する（原告ら準備書面（57）4～6頁、原告ら準備書面（45）6～8頁）。

しかしながら、本件発電所において実施した監視試験については、各種の研究成果を踏まえて定められたJ E A C 4 2 0 1の示す試験方法等に照らし不合理な点はなく、信頼性が疑われるものではない。このようにして行ったシャルピー衝撃試験の結果を用いて描いた遷移曲線（前記第1の2（1）で示した【図1】【図2】）によれば、本件発電所の圧力容器に顕著な脆化は認められ

ないが、かかる脆化傾向についても、不純物成分を抑えた圧力容器から切り出した監視試験片の中性子照射量が比較的小さい場合、照射前後のシャルピー衝撃試験の結果に有意な差が生じ得ず、照射後の遷移温度の移行量が負の値を示すことがあり得ることが知られていることに照らし、何ら特異なものではない（丙Bア第2号証 解15頁）。

したがって、原告らの主張は誤りであり、何ら理由がない。

なお、原告らの根拠とする遷移曲線は、その形状からして手書きにて作成されたものようであるが、JEAC4201-2007においては、「衝撃試験における吸収エネルギー…と試験温度のデータセットについて平均の遷移曲線を描く方法としては、恣意的な判断を排除するため、目視よりも、ある関数を与えて最小二乗法により最適曲線化することが望ましい」（丙Bア第2号証 解13頁）として、最小二乗法を用いて遷移曲線を描く手法が推奨されている。

2 関連温度及び脆性遷移温度に係る主張について

原告らは、関連温度と脆性遷移温度とが等しく、かつ、「『脆性遷移温度』（靱性が急激に低下し脆性的破壊挙動を示し始める目安となる温度）とは、吸収エネルギーが30フィートポンドすなわち41J…の時の温度と定義される（日本電気協会『原子炉構造材の監視試験方法』（JEAC4201-2007））」との前提に立って、上記1で述べた原告らの描く遷移曲線上に吸収エネルギーが41Jに対応する部分を重ね描いた図（原告ら準備書面（57）の図2～4）を用いて、原告らがJEAC4201に従って導いたとする脆性遷移温度ないし関連温度と、被告日本原電がウェブページで公表した関連温度の値（原告ら準備書面（45）7頁の「東海第二発電所（BWR）」と題する表中の関連温度の値）とが大きく異なるとして、被告日本原電の脆化傾向の確認が適切になされていないかのように主張する（原告ら準備書面（57）6

～10頁)。

しかしながら、以下に述べるとおり、原告らの主張は、その前提に誤りがある。

照射後試験の結果を用いて関連温度を評価する場合、J E A C 4 2 0 1 - 2 0 0 7においては、①監視試験による実測又は②所定の予測式による予測により、吸収エネルギー41Jに対応する関連温度の移行量(関連温度移行量)を得て、この移行量と関連温度初期値とを足し合わせた値をもって、照射効果を調整した関連温度(関連温度調整値⁵)とすると定義している⁶(丙Bア第2号証2頁(7)～(9))。原告らの上記主張は、①の場合の関連温度をいうものであるが、J E A C 4 2 0 1 - 2 0 0 7においては、原告らの主張するような、衝撃試験における吸収エネルギー41Jに対応する温度を遷移曲線の中から読み取り、これを関連温度とするという手法は採用されていない。一方、被告日本原電がウェブページで公表した関連温度の値(甲C第30号証)は、上記で述べたJ E A C 4 2 0 1 - 2 0 0 7の示す①の場合の手法に従って算出した関連温度調整値を表すものである。

このように、原告らは、関連温度移行量を考慮することなく、吸収エネルギー41Jに対応する温度が関連温度であるとして、J E A C 4 2 0 1 - 2 0 0 7とは異なる手法により関連温度を算出している。異なる手法である以上、被告日本原電の公表している関連温度の値と異なることは当然であるから、原告らの主張は誤りであり、何ら理由がない。

なお、原告らの指摘する被告日本原電のウェブページにある記述(甲C第30号証。原告ら準備書面(57)4頁)は、文字通り、関連温度及び脆性遷移温度がいずれも、「フェライト系材料などで温度の低下とともに靱性(シャル

⁵ J E A C 4 2 0 1 - 2 0 0 7においては、関連温度調整値につき、「RT_{NDT}調整値」と表記されている。

⁶ 前記第1の2(1)イで述べた運転開始後60年に相当する時点での脆化傾向の予測は、②の場合に当たる。

ピー吸収エネルギー)が急激に低下し、脆性的破壊挙動(硬く脆くなる)を示し始める目安となる温度」であることを意味するものであり、吸収エネルギー41Jに対応する温度が関連温度であるなどとは述べていないのであって、原告らの主張に理由がないことに変わりはない。

3 原告ら準備書面(57)における求釈明事項について

(1) 第4における求釈明事項

原告らの脆化傾向に係る主張及び関連温度等に係る主張が誤りであることは、上記第1及び第2で述べたとおりであり、これらの主張に関連する求釈明事項1ないし同3については、回答の要を認めない。

同4については、本件発電所及び敦賀発電所1号機のいずれにおいても、監視試験の結果等から求められる脆性遷移温度と関連温度とは同じ値になる。本件発電所における第4回試験の結果をホームページにて公表するに際して、原告ら準備書面(45)7頁の「東海第二発電所(BWR)」と題する表の「脆性遷移温度」との記述を「関連温度」に変更している。

同5については、別紙に記載のとおりである。

(2) 第5における求釈明事項

被告日本原電は、第3回試験実施後の破断した試験片を、平成13年6月に当初の装荷位置と同じ位置に再装荷している。その際、取出時に中性子照射量を得ることができるようJEAC4201-2007に基づき中性子ドジメータワイヤ^(注5)とともに再装荷している。当該試験片については、今後適切な時期に取り出し、試験を実施する計画であるが、その取出しまでに、監視試験片の再生方法等に係る具体的検討を行う考えである⁷。

⁷ 被告日本原電は、本件発電所の定期検査期間中である平成10年1月に試験片を取出し、第3回試験を実施した。そして、本件発電所の運転を経て、平成13年6月に当該試験片を当初の装荷位置に再装荷した。この再装荷した試験片を用いて压力容器の脆化傾向を確認する場合、中性子照射量として、平成10年1月の取出しまでに得られた中性子照射量と、平成13年6月の再装荷の時

再生試験片に関する技術的事項については、独立行政法人原子力安全基盤機構（当時）の調査成果に基づき J E A C 4 2 0 1 - 2 0 0 7 に定められており（丙 B ア第 2 号証 5 頁，解 9 頁等），当該技術規程は，国の技術評価を経て，技術基準規則解釈において引用されている。

第 5 における求釈明事項については，以上で述べたことのほかに回答の要を認めない。

以 上

からその後の取出しまでに得られる照射量とを合計した値を用いることにより，適切に評価することができる。

なお，第 4 回試験において用いた試験片に関しては，その試験の実施時期である平成 2 6 年 2 月を通じて現在も，本件発電所は停止している。この試験片については，今後再装荷することとしている。

語句注

(注1) 脆性遷移温度

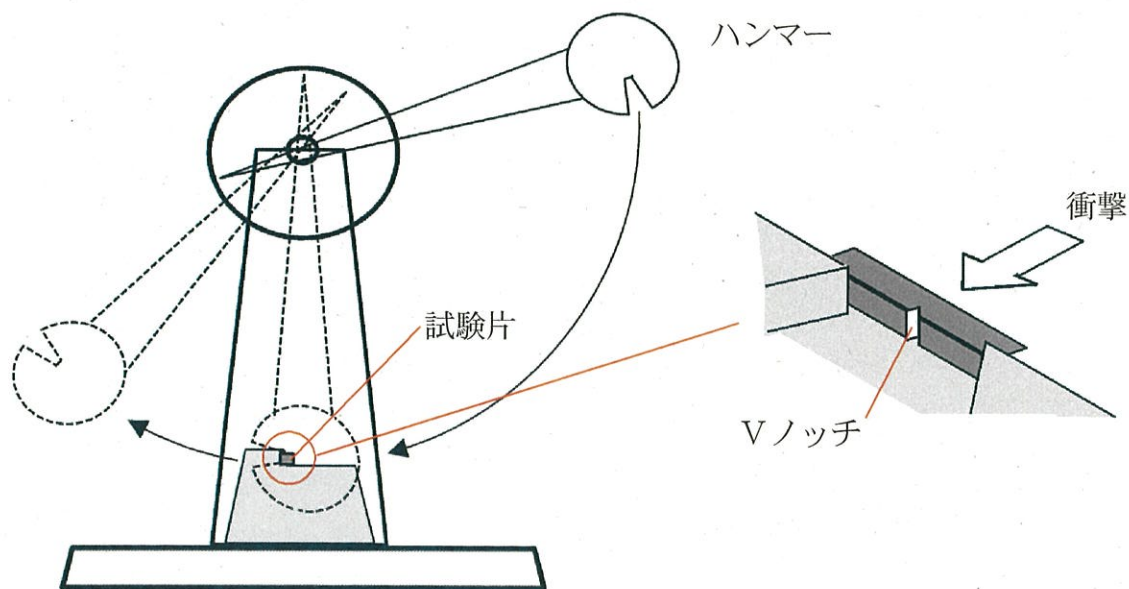
金属材料の性質は、ある温度で急に変化するものではなく、温度の低下とともに徐々に変化するものであり、明確な境界となる温度はないところ、金属材料の性質が脆性領域から延性領域へと遷移する温度領域の代表点を脆性遷移温度という。

(注2) 低合金鋼

低合金鋼とは、鉄に各種の合金元素（マンガン、モリブデン、ニッケル等）を数％程度加え、耐食性を向上させたものをいう。

(注3) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験とは、下図のように、中央部に切欠き（Vノッチ）を付与して両端を支持した梁状試験片を、振り子型のハンマーで打撃して、破断に要したエネルギーを求める試験をいう。



(注4) 最小二乗法

最小二乗法とは、実験・観測等におけるパラメータ（変数）と測定値との関係を一次関数、対数曲線など特定の関数を用いて表すときに、測定値と関数による計算値との差（残差）の二乗和が最小となるように、測定値に対して最も近似する関数を導く方法をいう。

J E A C 4 2 0 1 - 2 0 0 7では、シャルピー衝撃試験における吸収エネルギー等を用いて遷移曲線を描く方法につき、恣意的な判断を排除するため、目視よりも、ある関数を与えて最小二乗法により最適曲線化することが望ましく、その関数型として、双曲線関数が一般によく使用されていると説明されている（丙Bア第2号証解13頁）。

(注5) 中性子ドジメータワイヤ

中性子ドジメータワイヤとは、監視試験片が受ける中性子照射量を評価するために監視試験片とともに圧力容器内に装荷される、鉄・ニッケル等の金属を材料とするワイヤ状のものをいう。中性子照射量については、鉄・ニッケル等が中性子照射を受けることによって生成される放射性物質の量を用いて評価することができる。

(別紙)

試験回数	中性子照射量 ($\times 10^{19} \text{ n/cm}^2$)	運転時間 (EFPY) ※1	中性子束 ($\times 10^8 \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$) ※2
第1回	0.053	2.32	72.2
第2回	0.011	5.36	6.64
第3回	0.026	14.6	5.72
第4回	0.029	23.7	3.85

※1 「運転時間」については、EFPY (Effective Full Power Year: 定格負荷相当年数),
すなわち、定格出力で連続運転したものと仮定して計算した年数で表している。

※2 第1回試験における試験片については、他の試験における試験片に比べて、より燃料に近い位置に設置したことから(平成29年7月7日付「平成29年4月27日付原告ら準備書面(45)の求釈明事項について」の図2(7頁)参照)、その分高い中性子束が得られている。