

「高経年化（技術）評価報告書」の詳細な批判的検討

原発老朽化問題研究会 ●湯浅 欽史

1. 2006年度の活動

1) 活動

当研究会は原子力資料情報室の企画により、そのスタッフに加えて、原発関連の設計技術者や原発訴訟に携わる弁護士の参加を得て、“現場”の緊迫感溢れる議論を2003年から毎月続けてきている。高木基金から第2回／第3回の助成を得て、シュラウドの応力腐食割れ、圧力容器のアンダークラッドクラッキング（UCC）、加圧熱衝撃、炉心材料の中性子照射脆化、配管のエロージョン・コロージョンと減肉管理、などについて研究を重ねてきた。

それらの活動を基盤として他方では、柏崎刈羽原発・設置許可取り消し訴訟と浜岡原発・運転差し止め訴訟への協力や、技術雑誌『金属』への原稿掲載、技術者集団である現代技術史研究会での発表、といった社会的貢献を果たしてきた。その成果をまとめてB5版115頁の冊子『老朽化する原発—技術を問う—』を2005年3月に刊行し、原子力長計策定委員全員に配布して、その席上で批判的意見を展開する根拠として役立てた。

一方、国はシュラウドや配管系でのひび割れ発覚を逆手にとって、基準に則った安全対策をとるのではなく、老朽化の実態を容認すべくいわゆる「維持基準」を導入した（2003年に施行）。電力各社は原発の新規立地の困難に加え、電力自由化に直面して、老朽原発

の寿命を延長して運転し続けなければ原発が経営を圧迫する事態になっている。国は、老朽原発の寿命を延長したい場合は、30年までおよびその後10年までごとに「技術評価報告書」を提出することとした。

技術評価書を入手するとともに、そのための準備作業として建設時に依拠した技術基準について調査を開始した。これを一覧表にするべく、新たなソフトを購入、フォーマットを検討して作成した。内容の書き込みは今後の課題となっている。

他方、老朽化研究会で検討してきた内容を金属学会で発表した。また、裁判に対しては研究会活動を通しての協力に加えて、メンバーの井野博満、田中三彦の両氏が原告側証人として証言した。金属学会での発表内容を原子力資料情報室通信で公表するとともに、公開研究会を開催して発表した。

2) 老朽化問題の例示

これまでの研究および2006年度の研究会活動を通じて浮かび上がってきた老朽化問題を例示すると以下のようなになる。

応力腐食割れ（SCC）：沸騰水型原発（BWR）で懸念される炉内構造材料ステンレスのSCCは、3つの要因が重なって起こると言われてきた。すなわち、①腐食されやすい組成（材料因子）、②引張り応力の発生（応力因子）、③酸素イオンなどの存在（環境因子）、である。根本的解決を目指して70年代に低炭素鋼ステ

■原発老朽化問題研究会

原発の寿命はおおよそ40年という当初の予定から60年へ、という国や電力会社の動きが具体化して、「維持基準」が作られた。日本は原発老朽化大国になりつつあり、たいへん危険である。はたして「維持基準」が適切かどうか、批判的に検討したい。破局的な原発事故はなんとしても避けたい。

原発の設計や金属材料の専門家、原発の安全工学、土木工学、物理学、法律、原子力政策など諸分野の研究者、専門家が集まって、定期的な研究会を開いてきた。成果はわかりやすく発信していきたい。



湯浅 欽史

●助成研究テーマ

「高経年化（技術）評価報告書」の詳細な批判的検討

●助成金額

2005年度 100万円

表1 研究会の活動経過（検討のテーマ） [#：データベース *：時事的テーマ §：裁判等]

2006年 4月12日	* ハフニウム制御棒の損傷 * F2-3再循環配管、UTで確認できず * 志賀原発訴訟勝訴判決について
5月17日	# 原発設計の技術基準に係る法体系 # 構造技術基準（告示）の変遷、ASMEとの対比 # 機器構造関係規格基準体系の整理表フォーマット # 告示とASMEにおける材料強度許容値の変遷
6月21日	* BWR圧力容器材の異常脆化（金属学会、講演申し込み） # 材料・基準・指針・経年劣化・事故歴、の記入シート案 * ハフニウム制御棒の損傷など
7月26日	* 浜岡・志賀のタービンブレード折損 * KK-1・3・4、再循環系配管のヒビ割れと交換計画 * PD（非破壊検査能力資格）制度、既従事者に“狭き門” § 浜岡・証人尋問（9月8日、田中十井野）の準備
8月22日	§ 浜岡・証人尋問の準備・続 § 新潟・金属学会発表（井野十伊東十上澤）準備：BWRの中性子脆化の速度依存
10月3日	§ 新潟・金属学会発表の報告 § 浜岡・証人尋問（9月8日、田中十井野）の報告 * 大間の火山問題
11月6日	* 釜山シンポ（10月24日、田中）の報告
12月20日	# 原子炉各部位ごとの経歴一覧表の作成について # 原子炉ごとの基本フォーマット一覧表について § 浜岡・証人尋問（新井・伯野十石橋）の報告
2007年 1月24日	# “一覧表”のその後 * KK-5の継手ひび割れ発見と東電交渉
3月8日	§ 浜岡裁判の反対尋問総括 * 捏造・改竄・隠蔽、をめぐって * 東洋町役場訪問の報告
4月18日	* 制御棒脱落_臨界事故について § 入倉証人尋問の状況分析 # 出版物の作成方針（続）

ンレスが開発され（炭素0.08→0.02%）、SCCは克服されたかのようにみえた。それが再び90年代半ば以降、低炭素の新材料でもひび割れが頻発し始め、GE子会社のエンジニアの内部告発でシュラウドのひび割れ隠しが明るみに出た。新タイプのひび割れはグラインダーなどによる表面加工層を起点としている。国は、そのメカニズムが不明なままに、恣意的に作成された「SCC進展速度線図」でひび割れを見守りながら、運転を継続してよいとした。

福島第二3号炉・再循環系配管のひび割れ：東京電力は定検中にSCC対策実施予定の60個の継手について、2005年3月9日より超音波探傷検査を実施し、1個の継手の1個所に長さ17mm、深さ7.8mmのひびを確認し、外径600mmの当該配管を取り替えたという。現行の健全性評価制度ではそのひび割れがあっても5年間は継続使用してよいとされる配管だったのに、そこから切り出した試験片を2006年1月23日より断面調査したところ、1月30日になって当初発見されたひび割れ以外に、溶接部裏波に沿って試験片の全長100mm

（配管板厚38mm）にわたって断続する深さ5.4mmのひび割れを確認した。老朽化の進行を検査で把握するのがいかに困難か、「ひび割れを発見できないことはひび割れが無いことを意味しない」ことの良き実例である。

加圧熱衝撃（PTS）：不純物含有量が高く中性子照射を受けて靱性低下が進んだ原子炉圧力容器が、加圧状態で急激に冷却される過渡事象、例えば主蒸気配管の破断事故で1次冷却材の温度低下と安全注入系による再加圧などの事象を受けると、容器内面が低温で高引張り応力の状態にさらされることになり、そこに欠陥があれば、脆性亀裂が進展する（参照：「原子力プラントの経年変化と熱流動」、1999、原子力学会）。万一発生すれば環境にとって壊滅的な大事故となる。PTSは、加圧水型（PWR、内部の水温 315℃、水圧 150気圧）にとってきわめて厳しい事象であり、早急な対応が迫られていると思われる。

中性子照射脆化：金属は一般に低温では硬くなり、すべり変形が起りにくくなるが、ある温度以下では延

性から脆性の破壊モードに移る。その温度を延性脆性遷移温度と呼ぶ。金属組織は中性子照射による損傷を受けると組織が不均質になり、材料として脆くなり、延性脆性遷移温度は上昇する。現行の脆化予測では照射速度の影響を無視しており、実験室における急速照射速度（1cm²あたり、毎秒10の12乗個オーダーの中性子照射）での試験結果を、炉心に設置しておいた低速照射速度（同じく、毎秒10の8乗個オーダーの中性子照射）の監視試験片に適用している。また、当初計画よりも寿命を延長すると、ある期間ごと（柏崎刈羽では、1、4、12、32年と4回）に炉心から取り出して試験し、照射脆化の進行を30年間監視する予定であった試験片の個数が足りなくなる、という困難を抱えている。

3) 今後の検討内容

準規標準の整理：米国の技術基準 ASME (The American Society of Mechanical Engineers) は、SEC. I (1915)、SEC. VIII (1925)、SEC. III ドラフト (1961)、SEC. III (1963)、SEC. III 大改定 (1971)、その後は3年ごとの改訂を経て今日に至っている。それを後追いする日本国の構造技術基準は、敦賀1号の通商産業省告示272号 (1965) から始まって、告示501号 (1970)、新告示501号 (1980) と変遷し、維持基準の導入によって告示501号は昨年末に廃止された。新告示に至るまでの老朽化する原発の設計が準拠してきた規準を詳細に特定し、老朽化する原発の技術検討に関するデータベースとする。なお、導入された維持基準は、SEC. XI (1971) に対応するものである。

ケーススタディー等：国の言う“高経年化”対策に関する報告書が、1999年から2004年にかけて、9炉の技術評価を終えていて、現在3炉が申請中である。その中からBWRとPWR各1炉を選び出して、詳細な批判的技術検討を加える。その結果をふまえ、評価済み12炉の報告書を共通のフォーマットに記載して相互比較し、問題点を抽出する。

世界的な原発老朽化とそれへの対応策について、米国への現地調査を計画していたが、残念ながら実現できず、2007年度の当研究会の課題とした。

4) 検討結果の活用

経済性向上“3点セット”批判：電力業界は原発の経済性向上のために、米国の後を追いついて、定検期間短縮（3ヶ月→1ヶ月）、定検間隔延長（13ヶ月→18～24ヶ月）、出力増強（5～20%）を目論んでいる。事業者作成の報告書と経産省の技術評価の問題点を摘出し、経済性のために老朽化する原発の危険性が増えること

を指摘する。

耐震指針見直しとの関連：老朽化した原発が大地震に遭遇する可能性がある。指針が改訂されたが、新耐震指針の適用に当たって、既設の老朽化する原発の実態を反映させる運動に役立つように努める。

外部への発信：折にふれ「原子力資料情報室通信」に寄稿して原発老朽化の中身を広く読者に訴え、さらに研究成果を公刊して世に問う。また、原発訴訟や国会の委員会審議等にも反映させる。原発が危険な存在であることの根拠を技術的内容に踏み込んで明示していくことは、各地での脱原発運動の要請に当研究会が応えることになると確信する。

2. 研究会の活動成果

老朽化問題研究会での追及内容を金属学会で発表して議論を巻き起こした。学会発表内容を資料として添付する。

浜岡裁判への寄与については（表1：活動経過の§印項を参照）、協同研究者である田中三彦、井野博満の証言を準備した。それと並行して、被告側証人・中沢博文（中部電力・スタッフ課長）と鈴木純也（中部電力・耐震設計担当）への反対尋問準備も課題とし、一定の成果を挙げることができた。井野氏の内容については、通信で取り上げるとともに公開研究会を開催して発表した。また、田中氏の内容は公開研究会を開催して発表した。

データベースの構築について、原発ごとの基本データのおよびバウンダリー機器ごとに準拠した技術基準類と大規模修理・事故の履歴などの一覧表を作成するためのフォーマットを試作した。

3. 今後の展望

とりあえず、2007年度から引き続き活動として、完成したフォーマットに各原発の各号機の事項を記入して、データベースを完成させることである。しかし、言うは易く行なうは難し、企業秘密の壁をどのように越えてゆくのか、技術力以外の工夫が必要となろう。

また、今回の新潟県中越沖地震のように、突発事件への対応に研究会員がふりまわされ、それでなくとも多忙なスケジュールをぬっての研究活動が寸断されてしまうことによって、当初たてた計画は遅々として進まないことになる。

とはいえそのことは、逆にいえば、当研究会のこれまでの蓄積が社会的に還元されていく過程でもあるわけで、一概に否定的な面だけとは言えない。着実に研

究を積み重ね臨機に社会的に発言していくことが今後
も求められよう。

良い意味での社会からの反作用として、今後の研究
活動には耐震問題が欠かせないと考えている。老朽化
した原発に巨大地震が襲うことの恐怖を国も電力も理

解しえていない。いや、無視することによって原発中
心のエネルギー体系を持続しようとしているとしか思
えない。老朽化の内容と耐震設計との結合点が求めら
れていることを実感しているのも、その方向への展開
を模索したいと考えている。

【参考】

金属学会投稿論文（概要、文責・湯浅）

沸騰水型原子炉压力容器鋼材の異常照射脆化

原発老朽化問題研究会

●井野 博満（東京大学名誉教授）／上澤 千尋（原子力資料情報室）／伊東 良徳（大手町共同法律事務所）

【目的】

近年、軽水炉の運転期間延長に関わって、老朽化
（高経年化）した原発の安全性確保が重要な課題にな
っている。原子炉压力容器に関しては、中性子照射に
よる脆化を炉内に挿入された監視試験片によって適時
調べるとともに、照射脆化予測式によって、その安全
性を監視することとしている。

筆者らは最近の監視試験片検査データを見て、国内
沸騰水型原子炉（BWR）においてばらつきを超える脆
性遷移温度の上昇、すなわち、脆化予測式からの系統
的な偏りが観測されているのではないかと考えた。通
常照射した監視試験片と加速照射した監視試験片とで
は傾向に明らかな違いが見られ、照射速度が影響して
いると考えられる。本稿はそのことを検証し、照射脆
化予測式の問題点を明らかにすることを目的としている。

【研究方法】

経産省および各事業者から高経年化技術対策報告書
が提出されており、そのなかに压力容器鋼材監視試験
結果が記されている。それ以外の原発については、国
会（議員）の要求によって経産省（通産省）から提出

された一覧表がある。筆者らはそれらのデータを解析
し考察を加えた。

【結論】

- (1) 国内BWR監視試験データは国内脆化予測式から
大きく外れる異常照射脆化を示していることがわ
かった。これは予測式が照射量のみを考慮し、照
射速度の効果を考慮していないためと考えられる。
- (2) 最近のミクロ組織解析および反応速度式を用いた
脆化プロセスのコンピュータシミュレーションの
研究から、照射速度が遅い場合はCuなどの不純
物クラスターの形成によって脆化が進み、しかも
照射脆化率が高いことが示されている。国内BWR
で観測された事実は、まさにこの状況を表してい
ると考えられる。
- (3) 異常脆化を示す敦賀1号炉について、加速照射デ
ータを用いず、通常照射データ点のみから、60年
共用後の脆性遷移温度を推定すると、著しく高い
値になった。国内BWRの压力容器は、従来の予
測式以上に急激に脆化する危険性があり、脆化予
測と安全性に関する根本的な見直しが必要と考え
られる。

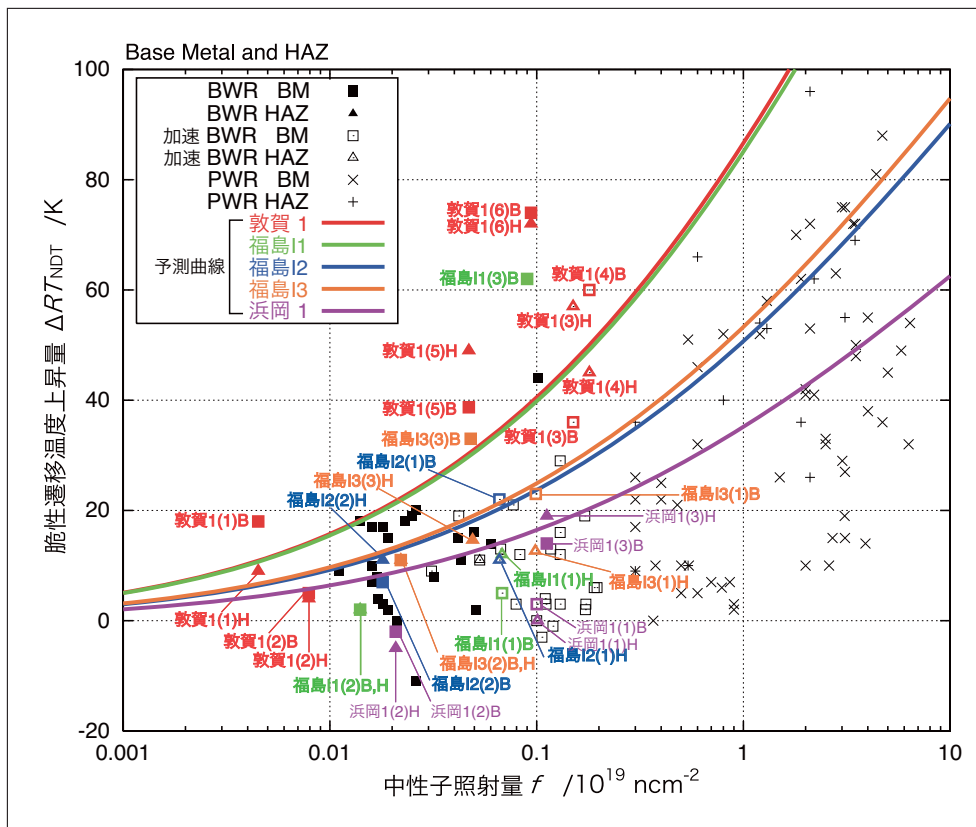


図1 母材 (BM) と熱影響部 (HAZ) の脆性遷移温度監視試験片のデータで、単位面積あたりの中性子照射量の関数としてプロットしてある

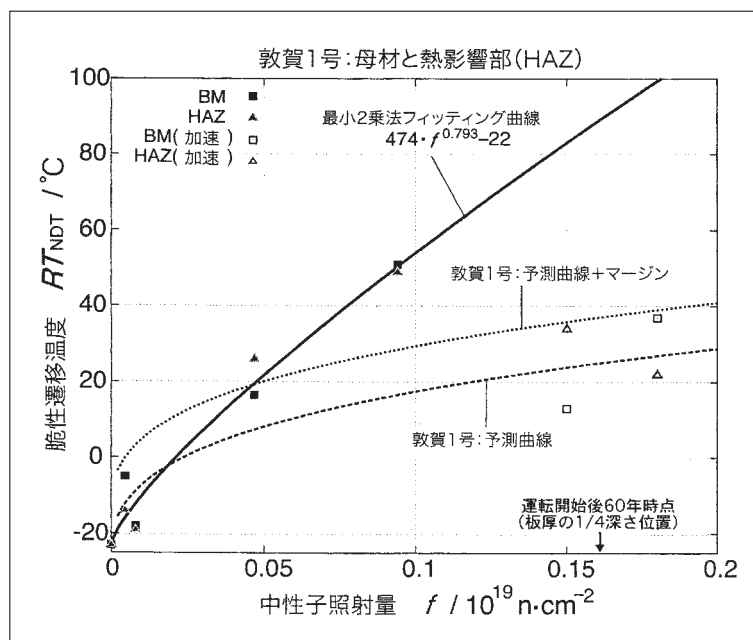


図2 敦賀1号の通常照射のデータのみを使った最小2乗フィッティング
 * Y. Nagai, T. Toyoma, Y. Nishiyama, M. Suzuki, Z. Tang and M. Hasegawa : Appl. Phys. Lett. 87 261920 (2005)

日本原電敦賀1号炉の監視試験片データとその予測曲線(波線)、およびわれわれの解析結果(実線)を示したもの。加速試験によって得られたデータは現実を表さないと考えたので、それらの点を除去し、通常照射のデータ点のみを用いて最小2乗法で近似したのが実線である。60年運転後の予測値に大幅な違いが出ている。原子力安全保安院の検討委員会が、予測曲線からはずれたデータをばらつきだとして60年までの運転延長を認めているのは、とんでもないことだと言わざるを得ない。