

制定 平成26年8月6日 原規技発第1408063号 原子力規制委員会決定

実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈について次のように定める。

平成26年8月6日

原子力規制委員会

実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈の制定について

原子力規制委員会は、実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈を別添のように定める。

なお、規制等業務の当面の実施手順に関する方針（原規総発第120919097号）2.（2）の規定に基づき旧原子力安全・保安院より継承されている発電用原子力設備における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の解釈について（平成21・11・18原院第1号（平成21年12月25日原子力安全・保安院制定））は、以後用いない。

附 則

この規程は、平成26年8月6日から施行する。

実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす 亀裂その他の欠陥の解釈

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（平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。）第18条第1項の「破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥」（以下「規則不適合欠陥」という。）については、次のとおり解釈する。

なお、技術基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、技術基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、技術基準規則に適合すると判断する。

また、日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格（2008年版）」（JSME S NA1-2008。以下「維持規格」という。）の基準地震動及び地震力の適用に当たっては、基準地震動 S_1 とあるのは実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号。以下「設置許可基準規則」という。）第4条第2項及び実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備に関する規則の解釈（原規技発第1306193号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））別記2にて規定する弾性設計用地震動（以下「 S_d 」という。）と、基準地震動 S_2 とあるのは設置許可基準規則第4条第3項にて規定する基準地震動（以下「 S_s 」という。）と読み替える。さらに、地震力 S_1^* とあるのは設置許可基準規則第4条第2項にて規定する地震力 S_d^* と、地震力 S_2^* とあるのは設置許可基準規則第4条第3項にて規定する地震力 S_s^* と読み替える。

1. 機器及び構造物一般の場合

原子炉施設に属する機器及び構造物のうち維持規格に規定するクラス1機器、クラス2機器、クラス3機器、クラスMC容器（鋼製）、支持構造物及び炉内構造物（炉心シュラウド及びシュラウドサポート（以下「シュラウド等」という。）並びに炉心そうを除く。）については、次に掲げる方法により確認する。

(1) 別紙1に定める非破壊試験を行う。

(2-1) 当該試験によって検出された亀裂、孔その他の損傷（以下「亀裂等」という。）については、その形状及び大きさが特定されたとき、別紙2に定める評価⁽¹⁾を行う。

(2-2) 当該評価の結果、維持規格及び事例規格の許容基準⁽¹⁾に適合する亀裂等については、規則不適合欠陥に該当しないものとして扱う。

ただし、低炭素ステンレス鋼管⁽²⁾及びSUS304管⁽²⁾については、応力腐食割れによる亀裂等に係る場合に限り、以下のように読み替える。

(i) 低炭素ステンレス鋼管⁽²⁾については、(2-1)中「別紙2に定める評価」とあるのは「別紙2及び別紙4の1. に定める評価」と、(2-2)中「維持規格及び事例規格の許容基準」とあるのは「別紙4の2. の許容基準」と読み替える。

(ii) SUS304管⁽²⁾については、(2-1)中「別紙2に定める評価」とあるのは「別紙2及び別紙5に定める評価」と読み替える。

事例規格：日本機械学会「発電用原子力設備 維持規格（JSME S NA1-2002）【事例規格】周方向欠陥に対する許容欠陥角度制限の代替規程」（NA-CC-002）。ただし、表1に示す許

容欠陥深さについては、「日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 (JSME S NA1-2002)【事例規格】周方向欠陥に対する許容欠陥角度制限の代替規程 (NA-CC-002)」に関する技術評価書」における事例規格の代替案に従うとともに、同事例規格 3. 2 「ウェルドオーバーレイ補修を行う配管」の適用については、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 (原規技発第 1306194 号 (平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定)) 別記-3 「ウェルドオーバーレイ工法の適用に当たって」に基づくウェルドオーバーレイ (以下「WOL」という。) 工法が施工された部位とすること。

低炭素ステンレス鋼管：原子力用オーステナイト系低炭素ステンレス鋼を用いた管 (炭素含有量 0. 02% 以下であって、かつ、引張強さが 520N/mm² 以上のものに限る。)

注⁽¹⁾ 維持規格では、「E 評価」の項において、機器及び構造物の種類ごとに細目を設けて、評価方法及び許容基準を規定している。

注⁽²⁾ 「管」には、その溶接部及びセーフエンド並びに中性子計測ハウジング及びそのフランジを含むものとする。

2. シュラウド等の場合

シュラウド等 (周方向溶接継手及びその近傍 (以下「周溶接継手部」という。)) に限る。) については、次に掲げる方法により確認する。

(1) 別紙 1 に定める非破壊試験を行う。

(2-1) 当該試験によって検出された亀裂等 (応力腐食割れによるものに限る。) については、その形状及び大きさが特定されたとき、別紙 3 に定める評価を行う。

(2-2) 当該評価の結果、維持規格の添付 EJG-B-1-1 (シュラウドサポートの欠陥評価) 及び添付 EJG-B-2-1 (シュラウドの欠陥評価) の許容基準に適合する亀裂等については、規則不適合欠陥に該当しないものとして扱う。

(3) 当該試験によって検出された亀裂等 (応力腐食割れによるものを除く。) については、個々の事例ごとに規則不適合欠陥に該当するかどうかを判断する。

シュラウド等 (周溶接継手部を除く。) については、次に掲げる方法により確認する。

(1) 別紙 1 に定める非破壊試験を行う。

(2) 当該試験によって検出された亀裂等については、個々の事例ごとに規則不適合欠陥に該当するかどうかを判断する。

3. 炉心そうの場合

炉心そうについては、次に掲げる方法により確認する。

(1) 別紙 1 に定める非破壊試験を行う。

(2) 当該試験によって検出された亀裂等については、適正な損傷予測式が維持規格に示されていないので、維持規格の EJG (炉内構造物の個別欠陥評価) に定める評価によらず、個々の事例ごとに規則不適合欠陥に該当するかどうかを判断する。

非破壊試験の方法について

機器の非破壊試験の方法については、運転経験、使用・設置環境、劣化・故障モード、機器の構造等の設計的知見並びに各種科学的知見に照らし、亀裂等を検出し、又は亀裂等の大きさを特定（以下「サイジング」という。）するために十分なものであること。

維持規格のクラス1機器、クラス2機器、クラス3機器、クラスMC容器（鋼製）、支持構造物及び炉内構造物に係る非破壊試験の方法は、次の条件を課した上で、維持規格に従い実施すること。

1. 維持規格の IA-2360（接近性）の規定に基づき、構造上接近又は検査が困難であるとして試験が行われない箇所については、機器の構造等の設計的知見及び各種科学的知見を踏まえ、想定される亀裂等を検知するための代替試験及び亀裂等の大きさを特定するための代替試験又は推定するための類似箇所の試験結果等を用いた評価等の代替措置を講じること。
2. 超音波探傷試験の実施に当たっては、維持規格の IA-2542（超音波探傷試験）の規定によらず、社団法人日本電気協会電気技術規程 JEAC4207-2008「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」（以下「JEAC4207-2008」という。）に規定する方法又はこれと同等以上の性能を有する方法により行うこと。

ただし、2次クリーニング波法による有意なエコー（JEAC4207-2008において記録することとされているものをいう。）を亀裂からのものではないと判断する場合にあっては、判定結果について第三者を交えて評価する体制で行うなど客観性を確保して行うこと。

また、亀裂等のサイジングは、JEAC4207-2008に規定する方法又は欠陥評価の保守性を考慮して十分な精度を有すると認められた方法で行うこと。その際、低炭素ステンレス鋼管及びSUS304管の応力腐食割れによる亀裂のサイジングを行う場合にあっては、日本非破壊検査協会規格「超音波探傷試験システムの性能実証における技術者の資格及び認証」（NDIS 0603:2005）の附属書（規定）「軽水型原子力機器に対するPD資格試験」に合格し認証を受けた超音波探傷試験（以下「UT」という。）技術者が同規格により認証された探傷装置を用い同規格により認証された手順書に従って行う方法（以下「PD認証方法」という。）により行うこと。

ただし、PD認証制度発足後の認証者が充足されるまでの当面の間における暫定的な措置として、JEAC4207-2008に規定する方法に次の条件を付加した方法又はこれと同等以上の性能を有する方法により行うことを認めることとする。

- ・ 亀裂が深いもの（板厚の20%程度以上のものをいう。）であるか否かを区分し（モード変換波法を使用する場合、モード変換波によるエコーがあったものを深い、これがないものを浅いとする。）、深い亀裂と区分されたものについては、縦波による端部エコー法、フェーズドアレイ法を共に使用し、それぞれで得られた亀裂先端部からの端部エコーの位置から求める深さ測定値のうち、大きい方のものを当該亀裂の深さ測定値と

すること。

3. 維持規格の IA-2610 (非破壊試験評価員) の規定を運用するにあたっては、JEAC4207-2008 に規定される試験評価員に加えて、JIS Z 2305 (非破壊試験—技術者の資格及び認証) に基づくレベル3の資格の保有者又はこれと同等以上の技術レベルを有する者が、供用期間中検査全体に関する管理、監督、評価等を行うこと。
4. 維持規格の表 IB-2500-1、表 IB-2500-2、表 IB-2500-8 及び表 IC-2500-1 の「試験カテゴリと試験部および試験方法」において、溶接継手長さに対する割合で規定された試験程度について、特定の溶接継手に対する試験程度の一部を実施せず、その代替として他の溶接継手に対する試験程度に加えて試験を実施することを妥当と判断する場合は、応力条件及び環境条件が工学的に同等であることを確認し、その理由を記録し保存するものとする。
5. 加圧水型軽水炉の原子炉冷却材圧力バウンダリに対する試験の範囲、程度及び試験方法のうち、次表に規定するものについては、維持規格によらず、次表のとおりとすること。

試験部位	試験方法	試験の範囲及び程度	検査間隔内の延期
[原子炉容器] 呼び径 100A 以上の管台とセーフエンドの溶接継手	UT (注1) 及び PT (注2)	溶接継手 (注4)	可
	BMV (注7)	溶接継手 (注8)	
呼び径 100A 未満の管台とセーフエンドの溶接継手	PT (注2)	溶接継手 (注4)	可
	BMV (注7)	溶接継手 (注8)	
管台とセーフエンドとのソケット溶接継手	PT (注2)	溶接継手 (注4)	可
圧力保持範囲	系の漏えい試験 VT-2 (注3)	圧力保持範囲	不可
600系Ni基合金製の上蓋表面 (600系Ni基合金製の各原子炉容器上蓋管台まわり 360° を含む。)	BMV (注7)	上蓋表面 (各原子炉容器上蓋管台まわり 360° を含む。) (注9-1)	(注9-1)
600系Ni基合金製の底部表面 (600系Ni基合金製の各原子炉容器底部管台まわり 360° を含む。)	BMV (注7)	底部表面 (各原子炉容器底部管台まわり 360° を含む。) (注9-2)	(注9-2)

[加圧器] 呼び径 100 A以上の管台と セーフエンドの溶接継手	UT (注1) 及び PT (注2)	溶接継手 (注5)	不可
	BMV (注7)	溶接継手 (注10)	(注10)
呼び径 100 A未満の管台と セーフエンドの溶接継手	PT (注2)	溶接継手 (注5)	不可
	BMV (注7)	溶接継手 (注10)	(注10)
管台とセーフエンドとのソケ ット溶接継手	PT (注2)	溶接継手 (注5)	不可
圧力保持範囲	系の漏えい試験 VT-2 (注3)	圧力保持範囲	不可
[蒸気発生器 (一次側)] 呼び径 100 A以上の管台と セーフエンドの溶接継手	UT (注1) (注6 -1) 及び PT (注2)	溶接継手 (注6- 2)	不可
	BMV (注7)	溶接継手 (注8)	
呼び径 100 A未満の管台と セーフエンドの溶接継手	PT (注2)	溶接継手 (注6- 2)	不可
	BMV (注7)	溶接継手 (注8)	
管台とセーフエンドとのソケ ット溶接継手	PT (注2)	溶接継手 (注6- 2)	不可
圧力保持範囲	系の漏えい試験 VT-2 (注3)	圧力保持範囲	不可

(注1) UT (Ultrasonic Testing) は、垂直法及び縦波斜角法による超音波探傷試験である。

(注2) PT (Penetrant Testing) は、浸透探傷試験である。

(注3) 系の漏えい試験は、各定期検査期間中の原子炉起動前に行わなければならない。
また、VT-2とは、耐圧機器からの漏えいを確認する目視試験 (Visual Testing) である。

(注4) 各検査間隔中の試験程度は、全ての溶接継手の試験可能な範囲とする。

(注5) 各検査間隔中の試験程度は、一次冷却材に接触する箇所の材質が600系Ni基合金である溶接継手 (検出限界の亀裂を想定したうえで応力腐食割れ防止の有効性が実証された対策を施した部位は除く。) については、全ての当該溶接継手の試験可能な範囲とし、それ以外の溶接継手については、溶接継手数の25%とする。後者の場合において、最初の検査間隔で選定した溶接継手は、原則として後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験しなければならない。

(注6-1) 蒸気発生器 (一次側) 出入口管台の溶接継手において外面からの超音波探傷試験とする場合には、内表面から1. の代替試験を行い、有意な信号を検知した時

は「蒸気発生器一次冷却材出入口管台溶接部内表面におけるき裂等への対応について」（平成20年6月24日、平成20・06・23原院第7号）を踏まえて対応を行うこととする。

(注6-2) 各検査間隔中の試験程度は、一次冷却材に接触する箇所の材質が600系Ni基合金である溶接継手（検出限界の亀裂を想定したうえで応力腐食割れ防止の有効性が実証された対策を施した部位は除く。）については、類似の設計、寸法のもの代表1台の全ての当該溶接継手の試験可能な範囲とし、それ以外の溶接継手については、類似の設計、寸法のもの代表1台の溶接継手数の25%とする。前者の場合において、蒸気発生器（一次側）出入口管台の溶接継手については全数とする。後者の場合において、最初の検査間隔で選定した溶接継手は、原則として後の検査間隔においても定点サンプリング方式で試験しなければならない。

(注7) BMV (Bare Metal Visual examination) とはベアメタル検査、すなわち、保温材をはがして地金にホウ酸の付着がないかを目視により確認する検査である。

(注8) 各検査間隔中の試験程度は、一次冷却材に接触する箇所の材質が600系Ni基合金である全ての溶接継手（検出限界の亀裂を想定したうえで応力腐食割れ防止の有効性が実証された対策を施した部位は除く。）の試験可能な範囲とする。

(注9-1) 毎定期事業者検査時に、上蓋表面（各原子炉容器上蓋管台まわり360°を含む。）の全ての試験可能範囲を完了する。

(注9-2) 検査間隔の半分（5年）の期間で、底部表面（各原子炉容器底部管台まわり360°を含む。）の全ての試験可能範囲を完了する。

(注10) 検査間隔の半分（5年）の期間で、母材又は溶接金属が600系Ni基合金であって、一次冷却材に接触する全ての溶接継手の試験可能な範囲を完了する。

また、一次冷却材に接触する箇所の材質が600系Ni基合金である呼び径100A以上の管台とセーフエンドの溶接継手（検出限界の亀裂を想定したうえで応力腐食割れ防止の有効性が実証された対策を施した部位は除く。）における上の表で規定する超音波探傷試験の検査間隔は、採用する試験方法における亀裂の検出精度を踏まえ、検出限界の亀裂を想定した欠陥評価により継続使用が許容される期間（運転年数⁽¹⁾）を求め、当該期間の1/4または7年間のいずれか短い方の期間とすること。この場合にあっては、検査間隔内の経過年に対する試験要求量の規定はしないものとする。

注⁽¹⁾「運転年数」は、次の式から求められる年数をいう。

$$\text{運転年数} = \text{原子炉臨界時間} \div 8760$$

6. 加圧水型軽水炉において、原子炉格納容器内の呼び径が40Aを超えるクラス2配管（再生熱交換器連絡配管を含む。）であって、原子炉運転中のクラス1配管内と同温・同圧の1次冷却材が流れる範囲の突き合わせ溶接継手については、維持規格のIC-1220（試験免除機器）及び表 IC-2500-5 によらず、検査間隔中すべての溶接継手の数の25%について、溶接部に対し超音波探傷試験を行うこと。

7. 沸騰水型軽水炉において、オーステナイト系ステンレス鋼を用いた原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管類（供用開始後の実効運転年数⁽¹⁾が5年以上経過していないもの、内面肉盛工法、水冷溶接、高周波誘導加熱応力改善法若しくは固溶化熱処理法その他の応力腐食割れ防止の有効性が実証された対策を施した部位又は使用温度が100℃以下のものは除く。以下「特定配管類」という。）に関する次表で特定される部位の体積試験については、維持規格の表 IB-2500-5 及び表 IB-2500-9 によらず、全ての溶接継手の試験範囲を運転年数⁽¹⁾で5年以内の頻度で行うものとする。その際、1回の定期事業者検査において試験箇所数が極端に偏らないように計画的に行うとともに、各回の検査において亀裂等が発見された場合には、前回検査後の経過年数が運転年数で5年を超える部位について、維持規格 IA-2330（追加試験）の方法に沿って追加試験を行うこと。

注⁽¹⁾「実効運転年数」及び「運転年数」は、次の式から求められる年数をいう。

実効運転年数＝供用開始後の経過年数×設備利用率

運転年数＝原子炉臨界時間÷8760

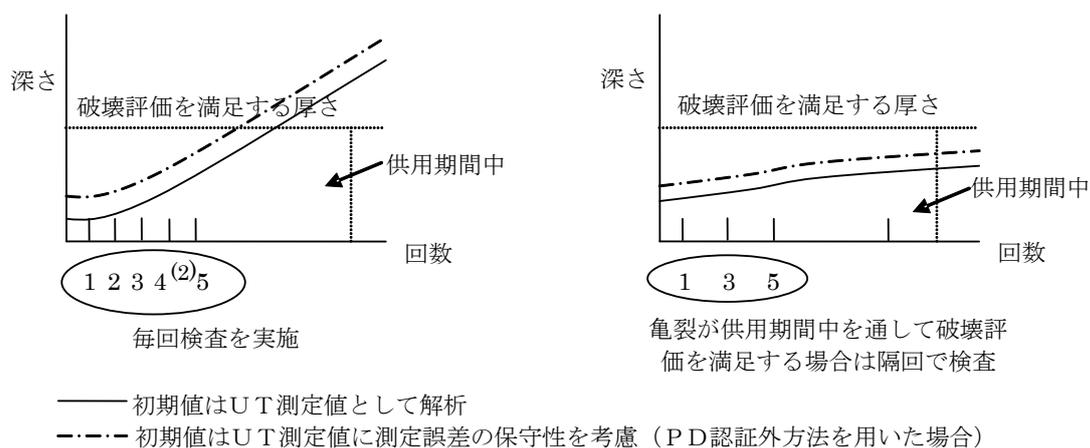
この場合において、特定配管類以外の原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する配管類の次表で特定される部位の体積試験の範囲及び程度については、特定配管類の溶接継手を除いた残りの溶接継手の数を基準として、該当する表 IB-2500-5 及び表 IB-2500-9 に規定する範囲及び程度とすること。

試験カテゴリ	項目番号	試験部位
B-F 耐圧部分の異種金属の溶接継手	B5.10	原子炉圧力容器における呼び径100A以上の管台とセーフエンドの溶接継手
	B5.130	管における呼び径100A以上の溶接継手
B-J 管台とセーフエンド、配管の耐圧部分の同種金属の溶接継手	B9.11	配管の同種金属溶接継手（呼び径100A以上）の周継手
	B9.12	配管の同種金属溶接継手（呼び径100A以上）の長手継手
	B9.31	母管と管台との溶接継手（呼び径100A以上）
	B9.110	管台とセーフエンドの同種金属溶接継手（呼び径100A以上）

8. 低炭素ステンレス鋼管に検出された応力腐食割れによる亀裂の継続検査については、維持規格の IA-2340（継続検査のプログラム）によらず、別紙4により定まる許容基準を満足する評価期間において毎回の定期検査時に検査を行うこと。ただし、3回の検査を継続した結果、進展が観察されない亀裂については、検査頻度を隔回とすることができる⁽¹⁾。また、

健全性評価の結果、供用期間中を通して健全性が維持されると評価される場合、すなわち、亀裂の寸法が破壊に至らないと評価され、深さ及び長さが維持規格及び事例規格の許容基準以下であると評価される亀裂については、次回の定期検査時の検査実施後は、検査頻度を隔回とすることができる。

注⁽¹⁾：許容基準を満足する期間が5年未満の場合を除く。



注⁽²⁾：3回の検査で進展が観察されない場合は検査頻度を隔回とすることができる。

9. 沸騰水型軽水炉の炉心シュラウド (シュラウドサポートとの接合部を含む。以下同じ。) の試験方法、試験範囲、試験程度及び試験実施時期は、維持規格の表 IJG-2500-B-1 (試験カテゴリと試験部位及び試験方法 (シュラウドサポート)) 及び表 IJG-2500-B-2 (試験カテゴリと試験部位及び試験方法 (シュラウド)) に、次の条件を課した上で実施すること。

(1) 初回及び亀裂等が検出されていない箇所の点検

① 試験範囲及び程度

シュラウド等の縦溶接線については、周方向溶接線の試験範囲に縦溶接線との交差部 (T字部) を含むこと。

炉心シュラウドとシュラウドサポートとの接合部については、試験範囲を、全周にわたって対称性を有するように30%程度としてもよいが、亀裂等が確認された場合は試験範囲を全周に拡大すること。

② 点検の方法

目視試験により有意な亀裂等が確認された場合には、亀裂等の深さを測定するために、2. に規定する方法により超音波探傷試験を実施すること。

(2) 亀裂等が検出された箇所の点検

① 亀裂等が存在する状態で使用する場合

健全性が確認された上で亀裂等が存在する状態で使用する場合には、維持規格のIA-2340 (継続検査のプログラム) によらず、亀裂等の進展状況を把握するため、原則

として毎回の定期検査時に亀裂等が検出された箇所の点検を行うこと。ただし、3回の点検の結果、進展が観察されなかった亀裂等については、隔回ごとの定期検査時の点検に移行して差し支えない。また、健全性評価の結果将来は進展が止まると予測された亀裂等については、至近の定期検査において点検した後は、隔回ごとの定期検査時の点検に移行して差し支えない。

亀裂等の進展状況を把握するための点検の結果、当初の健全性評価における予測を超えるような亀裂等の進展が見られた場合には、構造強度に与える影響等を再評価すること。

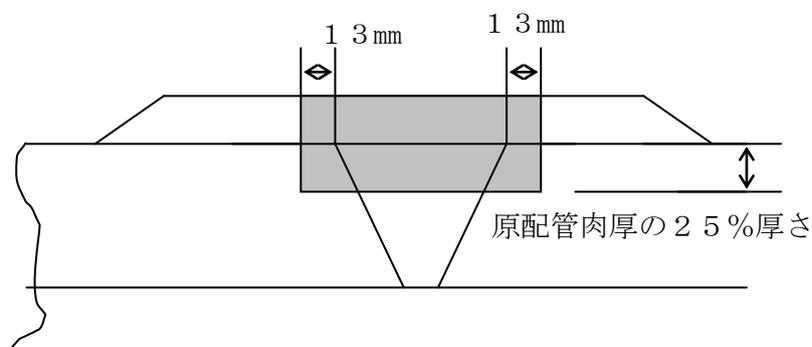
② 亀裂等を除去した上で使用する場合

亀裂等を除去したものについては、亀裂等の再発に関する知見を蓄積する観点から、当該亀裂等の切除痕について、修理を行った次の定期検査時に点検するとともに、その後においても適切な頻度で点検すること。

10. WOL施工部については、維持規格及び上述の規定によらず、すべての箇所について、以下のとおり試験を実施すること。

(1) 試験範囲

厚さ方向については、「WOL工法が施工された部位（以下「WOL工法の溶接部」という。）及び原配管肉厚の25%厚さの範囲」とし、軸方向については、「原配管表面の開先端面の両端から13mmの範囲」とし、下図に示す範囲の配管全周とすること。



(2) 試験方法

社団法人日本電気協会電気技術規程 JEAC4207-2008「軽水型原子力発電所用機器の供用期間中検査における超音波探傷試験規程」の付属書A「欠陥深さ寸法測定要領」のA-6000「フェーズドアレイ法による欠陥深さ寸法測定要領」に規定する方法を基本に以下の方法により行うこと。

- ① WOL施工部に対する欠陥深さ測定方法として、あらかじめ特定する探傷装置及び試験要領を用いて探傷を行うものであって、第三者によってその結果の適切性が確認された方法であること。
- ② 前記①によって確認された探傷装置及び試験要領により行うこと。
- ③ 探傷面が溶接金属であることにより母材部との音速に差があること及びWOL工

法の溶接部と母材部の境界部で超音波が屈折する事象があり、エコーの反射源位置推定に当たっては、これらの影響を適切に考慮すること。

(3) 試験員

WOL施工部の超音波探傷試験を行う試験員は、オーステナイト系ステンレス鋼（ステンレス鋳鋼を除く）配管突合せ溶接継手に発生した亀裂深さを配管外表面から測定する技術に関する日本非破壊検査協会規格「超音波探傷試験システムの性能実証における技術者の資格及び認証」（NDIS 0603:2005）の附属書（規定）「軽水型原子力発電所用機器に対するPD資格試験」に合格し認証を受けた超音波探傷試験技術者（以下「PD技術者」という。）又はASME Section XI Appendix VIII Supplement 11で合格したPD技術者としての資格を維持し、かつ、WOL部試験体を用いた探傷研修をWOL施工部の超音波探傷試験実施前1年以内に1回以上受けた者であって、WOL工法の溶接部の探傷を確実に実施できることが立証された者であることとする。

(4) 検査時期

至近の定期検査において点検した後は、隔回ごとの定期検査時に試験を行うこと。

維持規格及び事例規格による欠陥評価について

非破壊試験において検出された亀裂等について、欠陥評価を行うに当たっては、維持規格及び事例規格の規定に次の規定を補足して行うこと。

1. 応力腐食割れによる亀裂の評価

応力腐食割れによる亀裂に対しては、維持規格においては評価不要欠陥の適用は認められていない。検出された亀裂を評価不要欠陥と評価する際には、当該亀裂が応力腐食割れによるものでないとする技術的根拠を明確にし、その根拠及び結果を記録して保存すること。

2. 評価の再実施

維持規格では、進展予測に際しての荷重の発生回数を、運転実績に基づいて設定している。この場合、亀裂等の進展予測結果が運転実績に影響されることとなるが、必ずしも将来予測を行う条件として十分であるとは限らない。このため、荷重の発生回数は運転実績だけに限らず、設計時の条件と運転期間を基に設定する考え方を考慮して定めること。

設定した荷重の発生回数を超えたり、進展予測の評価の前提として想定していた以外の荷重が発生するなど、進展予測の保守性を小さくする影響を被った場合、その影響に即した再評価を行うとともに、必要に応じて当該欠陥寸法を再度計測すること。

3. 想定外亀裂等の取扱い

検出された亀裂等が、維持規格において想定する亀裂等の進展機構（EB-3330、EB-4330及びEB-5330）に該当しない機構で進展するものであることが判明した場合又はその可能性がある場合には、維持規格を適用することはできない。

4. 炉内構造物の欠陥評価

維持規格の添付 E-10（2パラメータ評価法）に規定する欠陥評価法を用いる際には、中性子照射も含めた実際の炉内構造物の材料諸特性を明確化することが不可欠であるため、当面、炉内構造物にあつては、管形状に対してのみ当該評価法を適用すること。

シュラウド等の欠陥評価方法について

シュラウド等の周方向溶接継手及びその近傍（以下「周溶接継手部」という。）に検出された応力腐食割れ（以下別紙3において「SCC」という。）による亀裂の個別欠陥評価は、維持規格の添付 E1G-B-1-1（シュラウドサポートの欠陥評価）及び添付 E1G-B-2-1（シュラウドの欠陥評価）の規定を適用することとし、添付 E1～E17 の規定に次の規定を補足して適用すること。

なお、亀裂の進展予測の保守性を小さくする影響を被った場合には、別紙2の2. を適用する。

1. 継手形状のモデル化

継手形状については、維持規格の添付 E-13（炉内構造物の継手形状のモデル化）によること。

2. 亀裂のモデル化

(1) 目視検査

目視検査による検出欠陥は、亀裂等の欠陥の両端に板厚分をそれぞれ加えたものを亀裂の長さとして設定し、板厚方向の貫通亀裂としてモデル化すること。

(2) 体積検査

体積検査を実施した場合には、維持規格の添付 E-1（欠陥形状のモデル化）によること。ただし、全周にわたって連続的に亀裂が点在している場合は、全周に測定した亀裂の平均の深さの亀裂が一様に存在するものとして想定する。

(3) 試験できない範囲についての対応

体積検査又は目視検査の対象とした周溶接継手部のうち、接近性等の制約から検査を行えない部位については、当該検査の実施可能範囲における亀裂検出割合に準じて亀裂を想定すること。また、周方向溶接線の検査できない範囲に想定される欠陥については、試験で検出された最深の欠陥と同じ欠陥が同様の進展をするものと仮定して、貫通までの期間を評価すること。

なお、維持規格解説に記載のH7溶接線に想定した亀裂の保守的な進展評価に基づけば、運転開始から30年で貫通となることを適用してもよい。これと、他の判断基準である最小必要断面積とを勘案して、継続使用の可否判断及び試験実施時期の決定を行うことができる。

3. 進展予測

(1) 負荷条件

荷重組合せは、維持規格の添付 E-7（欠陥評価に用いる荷重）によること。

なお、亀裂の進展速度は溶接残留応力に依存することから、有限要素法（FEM）を用いた解析等の妥当な方法により求めた残留応力分布により評価を行うこと。

(2) 検出欠陥の亀裂進展モデル

超音波探傷試験により検出された欠陥は周方向及び厚さ方向の進展を考慮すること。

(3) 亀裂進展速度

中性子照射量 $5.0 \times 10^{24} \text{n/m}^2$ を超える場合、SCC 亀裂進展速度は維持規格の「表 添付 E-2-SA-1 オーステナイト系ステンレス鋼のBWR炉内水質環境中のSCCき裂進展速度（中性子照射量が $5.0 \times 10^{24} \text{n/m}^2$ ($E > 1 \text{MeV}$) を超える場合）」によらず、保守的に維持規格の「図添付 E-2-SA-2 オーステナイト系ステンレス鋼（鋭敏化 SUS 304 鋼，低炭素系ステンレス鋼）のBWR通常炉内水質環境中のSCCき裂進展速度線図」の鋭敏化 SUS 304 鋼の上限値 ($9.2 \times 10^{-7} \text{mm/s} = 30 \text{mm/年}$) を適用すること。

4. 破壊評価

(1) 負荷条件

荷重組合せは、維持規格の添付 E-7（欠陥形状に用いる荷重）によること。

(2) 応力拡大係数

応力拡大係数については、維持規格の添付 E-5（応力拡大係数の算出）を適用できる。

なお、貫通亀裂の場合は、円筒方向貫通亀裂の応力拡大係数の評価式⁽¹⁾を用いて算出してもよい。

注⁽¹⁾ “D. Rooke and D. J. Cartwright, Stress Intensity Factors, 5. Plates and Shells, 5.2 Shells 5.2.2 Circumferential Crack in a Cylindrical Shell: Uniform Membrane Stress, p.323, 1974” に示されている。

(3) 破壊評価法

- ① 維持規格の添付 EJG-B-1-2（シュラウドサポートの最小必要断面積の算出方法）及び添付 EJG-B-2-2（シュラウドの最小必要断面積の算出方法）において添付 E-16（2倍勾配法）が適用されていること。2倍勾配法はシュラウド及びシュラウドサポートについて、最小必要断面積に基づく崩壊荷重の算定に対してのみ適用すること。その場合、材料が延性に優れたものでありその必要なデータが整備されていること、また、崩壊荷重の交点が荷重-変位曲線の最大荷重を過ぎたあとの変位量を強度評価に用いないこと。
- ② シュラウドの破壊評価に対しては、維持規格の EB4430（極限荷重評価法）及び添付 E-8（極限荷重評価法）の適用が可能とする。

低炭素ステンレス鋼管の欠陥評価方法及び許容基準について

低炭素ステンレス鋼管に検出された応力腐食割れ（以下別紙4において「SCC」という。）による亀裂の欠陥評価方法及び許容基準は、以下によること。

1. 評価方法

低炭素ステンレス鋼管のSCC亀裂に対する評価方法は、維持規格のEB-4000及び事例規格を基本とし、以下の規定を補足するものとする。

(1) UTによる亀裂の深さ測定結果の補正

PD認証外方法を適用する場合にあっては、UTによる亀裂深さの測定結果に対し、4.4mmを加算する補正を行うこと。

(2) 欠陥形状のモデル化

欠陥形状のモデル化は、(1)で測定した結果に基づいて、維持規格のEB-4200（欠陥形状のモデル化）及び添付E-1（欠陥形状のモデル化）に従って行うこと。

ただし、過去に亀裂が検出され、(4)の破壊評価の結果、健全性が維持されると評価される期間が5年未満であった場合において、過去に測定された値（深さ及び長さ）を下回る場合には、得られている最大値を用いること。

(3) 進展予測

① 評価期間

評価期間（運転年数で示す。以下同じ。）は、維持規格のEB-4310（評価期間）によらず、最長5年間を限度とすること。

② 負荷条件

亀裂進展評価に用いる負荷条件は、維持規格のEB-4320（負荷条件）及び添付E-7（欠陥評価に用いる荷重）に従い設定するものとする。具体的には、溶接残留応力、管に加わる内圧、自重、熱応力及び地震力を考慮して評価すること。

なお、亀裂の進展速度は溶接残留応力に大きく依存することから、有限要素法（FEM）を用いた解析等の適切な方法で求めた残留応力分布により評価を行うこと。

③ 亀裂の進展モデル

モデル化した欠陥について、維持規格のEB-4351（疲労によるき裂進展）及びEB-4352（SCCによるき裂進展）に従い、欠陥の深さ及び長さ方向について欠陥の進展を予測すること。

④ 亀裂進展速度

亀裂進展速度は、維持規格の EB-4340（き裂進展速度）に基づいて算出すること。

なお、管形状の炉内構造物の低炭素系ステンレス鋼のうち、突合せ溶接多重熱サイクルに起因した溶接部近傍硬化域 SCC 亀裂進展速度は、沸騰水型原子炉（以下「BWR」という。）通常炉内水質環境中及び水素注入水質環境中についてはそれぞれ維持規格の「図 添付 E-2-SA-2 オーステナイト系ステンレス鋼（鋭敏化 SUS 304 鋼，低炭素系ステンレス鋼）の BWR 通常炉内水質環境中の SCC き裂進展速度線図」の鋭敏化 SUS 304 の線図及び「図 添付 E-2-SA-3 オーステナイト系ステンレス鋼（鋭敏化 SUS 304 鋼，低炭素系ステンレス鋼）の BWR 水素注入水質環境中の SCC き裂進展速度線図」の鋭敏化 SUS 304 の線図を適用し、溶接金属部分の BWR 通常炉内水質環境中及び水素注入環境中についてはそれぞれ「図 添付 E-2-SA-2 オーステナイト系ステンレス鋼（鋭敏化 SUS 304 鋼，低炭素系ステンレス鋼）の BWR 通常炉内水質環境中の SCC き裂進展速度」の低炭素系ステンレス鋼の線図及び「図 添付 E-2-SA-3 オーステナイト系ステンレス鋼（鋭敏化 SUS 304 鋼，低炭素系ステンレス鋼）の BWR 水素注入水質環境中の SCC き裂進展速度線図」の低炭素系ステンレス鋼の線図を適用すること。

ここで、硬化部分の亀裂進展速度を適用する範囲については、沸騰水型原子炉施設の管で発見された亀裂の分布及びその分析結果から求めた図 1 に示す亀裂発生位置 L と溶接境界に達する時の深さ dc の関係から、以下の式により定めること。

$$dc [\text{mm}] = 1.0L + 5.7$$

また、疲労亀裂の進展速度は、維持規格の「図 添付 E-2-FA-2 オーステナイト系ステンレス鋼の BWR 環境中の疲労き裂進展速度線図 ($t_r=1000s$)」に定めるものを適用すること。

⑤ 応力拡大係数

応力拡大係数は、維持規格の EB-4360（応力拡大係数）及び添付 E-5（応力拡大係数の算出）による方法を適用すること。

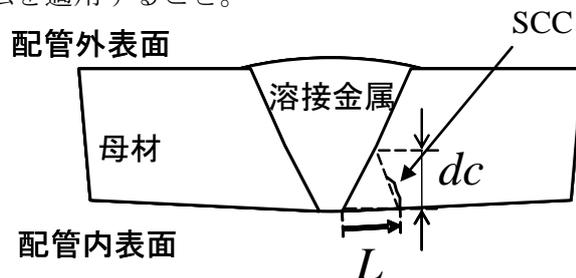


図 1 低炭素ステンレス鋼管の SCC の模式図

(4) 破壊評価

① 負荷条件

維持規格の EB-4410（負荷条件）及び添付 E-7（欠陥評価に用いる荷重）に従い、考慮すべき負荷荷重及びその組合せにより評価すること。具体的には、溶接残留応力、管に加わる内圧、自重、熱応力及び地震力を考慮して評価すること。

② 破壊評価の方法

管の破壊評価は、維持規格 EB-4420（破壊評価法）に基づき、同 EB-4440（弾塑性破壊力学評価法）及び添付 E-9（弾塑性破壊力学評価法）に従い評価すること。

(5) 継続検査の際の再評価

別紙1の8.に従って実施した継続検査において、亀裂の進展予測（PD認証外方法による測定結果からの予測の場合には、4.4mmの補正を行わずに予測した結果とする。）を上回った場合は、新たな測定結果を踏まえて5年までの残りの期間について再評価を実施すること。

なお、亀裂長さが予測を超えた場合については、4.4mmを加えずに、同様の評価を行うこと。

2. 許容基準及び許容基準を満足する評価期間

亀裂の許容基準は、維持規格 EB-4500（許容基準）及び事例規格の許容基準に従うものとする。破壊評価の結果、健全性が維持されると評価される期間が5年以上となる場合は、最長5年間を限度として運転を許容することとする。ただし、健全性が維持されると評価される期間が5年未満の場合は、次回定期検査又は健全性が維持されると評価される期間の1/4のいずれか早い時期までを許容基準を満足する評価期間とすること。

また、1.(5)により再評価した結果、残りの期間の健全性が確認されない場合は、次回定期検査又は健全性が維持されると評価される期間の1/4のいずれか早い時期までを許容基準を満足する評価期間とすること。

SUS304管の欠陥評価方法について

SUS304管に検出された応力腐食割れによる亀裂の欠陥評価方法は、維持規格EB-4000及び事例規格の規定を適用すること。ただし、PD認証外方法を適用し、別紙1の3.(2)において深い亀裂と区分されたものについては、亀裂深さの測定結果に対し4.4mmを加算する補正を行うものとする。

低炭素ステンレス鋼管に対する検査及び評価の全体フロー

