

Q

供用期間中の非破壊試験によりきずが見つかった場合の JSME 維持規格による評価について教えてください。

参照 QNo.:FB-25, FC-17

A

JSME 維持規格<sup>(1)</sup>における欠陥評価には、第一段階の欠陥評価と第二段階の欠陥評価とがある。図1に例として、クラス 1 機器の欠陥評価の流れ(JSME 維持規格 2012 年版)を示す。なお、JSME 設計・建設規格では非破壊試験で検出された「きず」が不合格となった場合に、JIS Z 2300 と整合を取って「欠陥」と呼ぶことが2016年版に反映されることとなったが、JSME 維持規格ではこれらの用語の扱いを非破壊試験だけではなく評価での扱いも含めて検討中であり、ここでは維持規格2012年版(2012年版に対する追補を含む)までの従来の呼び方を用いて解説する。

第一段階の欠陥評価では、非破壊試験で検出された欠陥指示に対して、非破壊試験でサイジングされた寸法に基づき形状のモデル化を行い、モデル化された欠陥に対して、評価不要欠陥寸法基準を満足するか否かを判定する。評価不要欠陥寸法基準を満足する場合は供用期間中の運転継続が認められる。評価不要欠陥寸法基準を満足しない場合は、第二段階の欠陥評価へ進む。ただし、亀裂進展機構が応力腐食割れ(SCC)と判断される場合には、評価不要欠陥寸法基準は適用されず、第二段階の欠陥評価に進み、詳細な破壊力学評価を行い、評価期間中の継続使用の可否を判断する。

#### [第一段階の欠陥評価]

欠陥形状のモデル化では、非破壊試験で検出された欠陥指示を単純な形状に置換える。

表面欠陥は半だ円、内部欠陥はだ円にモデル化する。なお、表面近傍の内部欠陥については表面からの距離と欠陥寸法をパラメータとする基準が設定されていて、表面からの距離が基準値以下の場合は表面欠陥にモデル化する。

また、隣接する複数欠陥についても、欠陥間の距離と欠陥寸法をパラメータとする合体判定基準を設け、欠陥間の距離が基準値以下の場合には一つの大きい欠陥に置換える。

このようにモデル化した欠陥に対して、評価不要欠陥寸法基準を満足するか否かを判定する。評価不要欠陥寸法基準は、フェライト鋼容器、フェライト鋼管およびオーステナイト鋼管それぞれについて、厚さとアスペクト比に応じて、以後の評価を不要とする欠陥深さを規定している(平面欠陥の場合)。

#### [第二段階の欠陥評価]

第二段階の欠陥評価は、亀裂進展評価と破壊評価からなり、設定した評価期間中の亀裂進展評価を実施し、続いて評価期間末期の亀裂寸法を用いて破壊評価を実施する。

JSME 維持規格には代表的な材料と環境の組合せに対して、疲労亀裂進展速度線図および SCC

亀裂進展速度線図が整備されている(JSME 維持規格, 添付 E-2)。

亀裂進展評価に用いる負荷条件は, EB-3320 に規定されている。供用状態 A に対応する負荷条件, 供用状態 B に対する負荷条件および出力運転時に  $S_1^*$  の 1/3 の地震力が作用した状態における負荷条件があり, 供用状態 A および B に属する過渡条件を含める。荷重の種類として, 温度および圧力による荷重, 機械的荷重, 地震力および残留応力を考慮する。荷重の組合せの詳細は添付 E-7 による。

破壊評価に用いる負荷条件は, EB-3410 に規定されている。許容状態 A および B に対する破壊評価には, 供用状態 A および B に属する過渡条件を含める。許容状態 C および D に対する破壊評価には, 供用状態 C および D に属する過渡条件を含め, さらに  $S_1^*$ ,  $S_2^*$  を考慮する。荷重の種類として, 温度および圧力による荷重, 機械的荷重, 地震力および残留応力を考慮する。荷重の組合せの詳細は, 添付 E-7 による。

適用する破壊評価法を, 表 1 に示す。破壊評価法は機器により異なる。

表 1 適用する破壊評価法

機器		破壊評価法
フェライト鋼容器		線形破壊力学評価法
オーステナイト系 ステンレス鋼管	鋳造管を除く母材部	極限荷重評価法
	溶接部*1 および鋳造管	・弾塑性破壊力学評価法 ・2パラメータ法
フェライト鋼管		・極限荷重評価法または弾塑性破壊力学評価法(添付 E-11 に従って選択する) ・2パラメータ法
炉内構造物	中性子照射量 $\phi \leq 3 \times 10^{24} \text{n/m}^2$ ( $E > 1 \text{MeV}$ ) ( $\phi \leq 7.5 \times 10^{24} \text{n/m}^2$ ( $E > 0.1 \text{MeV}$ ))	・極限荷重評価法, 弾塑性破壊力学評価法, 2倍勾配法のうち, いずれか一つ ・2パラメータ法
	中性子照射量 $\phi > 3 \times 10^{24} \text{n/m}^2$ ( $E > 1 \text{MeV}$ ) ( $\phi > 7.5 \times 10^{24} \text{n/m}^2$ ( $E > 0.1 \text{MeV}$ ))	・極限荷重評価法, 弾塑性破壊力学評価法, 2倍勾配法のうち, いずれか一つに線形破壊力学評価法を併用する ・2パラメータ法

\*1 オーステナイト系ステンレス鋼管の溶接部で亀裂先端が母材にあるときは極限荷重評価法を適用してもよい

[参考文献]

- (1) 発電用原子力設備規格 維持規格, JSME S NA1, 日本機械学会, (2012)

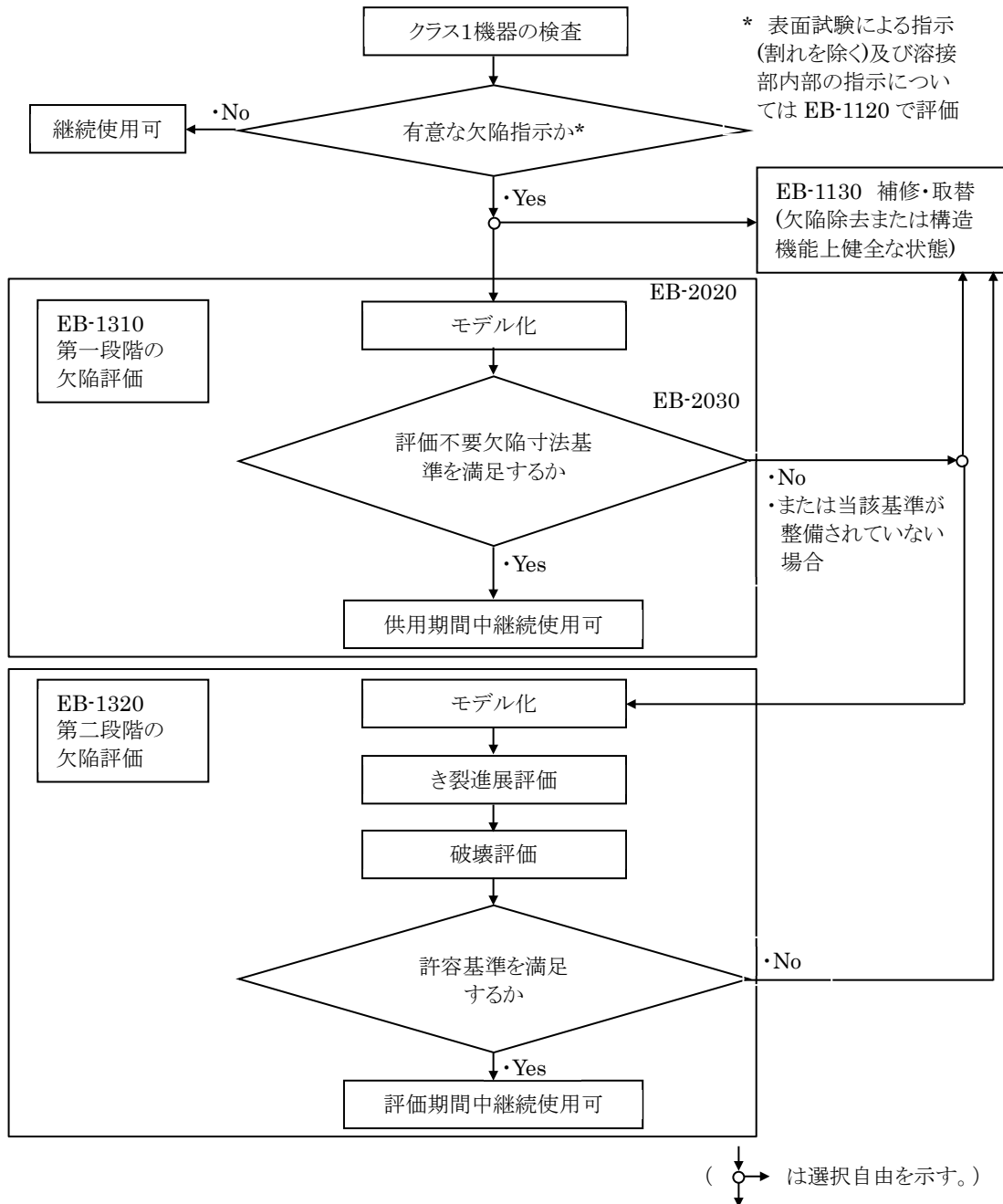


図 EB-1000-1 クラス1機器の欠陥評価の流れ  
 (クラス1容器, クラス1配管(ボルト等, フランジ面, オメガシール,  
 キャノピーシール, 蒸気発生器伝熱管を除く)の場合)

図1 JSME 維持規格における欠陥評価フローの例(クラス1機器, 2012年版の例)