

ASME B&PV Code Section XI における システム化規格概念に基づく Code Case の策定活動

Development of a Code Case Based on the System Based Code Concept for ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section XI

原子力機構	浅山 泰	Tai ASAYAMA	Member
原子力機構	高屋 茂	Shigeru TAKAYA	Member

This paper describes the outline of a Code Case that is being developed for ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section XI Division 3, Rules for Inspection and Testing of Components of Liquid-Metal Cooled Plants. The logic flow of the Code Case has been developed using the System Based Code concept and the Code Case provides alternative inservice inspection programs to sodium-cooled fast reactor components based on safety considerations and structural reliability evaluations.

Keywords: ASME B&PV Code Section XI, System Based Code, Inservice Inspection, Reliability Evaluation

1. 緒言

米国機械学会 (ASME) ボイラー及び圧力容器規格 (B&PV Code) Section XI Division 3 [1] (以下、Division 3) は液体金属炉機器の供用期間中検査規定であるが、長期に渡ってメンテナンスされてこなかったため、最新版である 2001 年版もその内容は 1980 年代に米国の高速炉プロジェクトが中断された当時の状態のままとなっていた。

一方、最近米国において液体金属炉への関心が再び高まってきたことにより、2012 年にボイラー及び圧力容器規格委員会に、日本機械学会 (JSME) と ASME の共同設置によるタスクグループ (JSME/ASME Joint Task Group for System Based Code、以下、JTG SBC) が設けられ、Division 3 を対象として、最新の考え方に基づく代替規定を Code Case の形で発刊する活動が進められている [2]。

2. Code Case の狙いと指導原理

現状の Division 3 は液体金属炉の特徴を踏まえたもので、軽水炉を対象とした Division 1 とは異なる内容である。しかし、ナトリウム冷却高速炉への適用を考えると、要求が過剰で不合理と思われる点も多い。そこで、本 Code Case 案は、ナトリウム冷却高速炉が有する、原子炉冷却材の圧力が低くバウンダリの不安定破壊の可能性は事実上無視が可能である等の特徴を踏まえた上で、信頼性評

価などの最新技術を採用し、より合理的な代替規定を定めることを目的としている。このため、指導原理としてシステム化規格概念 [3] を採用している。システム化規格概念とは、規格基準に含まれる技術項目間で余裕を相互交換可能にすることにより、余裕の重複を避け、過剰な余裕を適正な水準に設定することを目標とする柔軟な規格基準体系である。本概念を維持規格に適用すれば、個々の機器の要求機能や信頼性に応じて最も適した検査要求を設定することが可能になる。

3. Code Case のエッセンス

3.1 適用範囲と代替規定の例

Division 3 は、Class 1 機器を含む機器全般を適用範囲としているが、本 Code Case 初版は、その適用範囲を Class 1 の容器、配管及び炉内構造物に絞り、将来的に順次適用範囲を拡大する方針としている。

代替規定については、例えば、原子炉容器の場合、Division 3 では連続漏えい監視と同時に目視検査を規定しているのに対し、本 Code Case 案では、所定の条件を満足すれば、目視検査を免除可能としている。

3.2 代替規定の適用可否判断ロジック

本 Code Case 案では、代替規定の適用可否を判断するために独自のロジックフローを本文に定めている (Fig. 1)。本フローでは 2 段階の評価を行う。

第 1 段階では、設計時における考慮の有無にかかわらず、当該機器で発現可能性のある劣化メカニズムをすべ

連絡先：浅山 泰、〒311-1393 茨城県東茨城郡大洗町成田町 4002 番地、所属先：日本原子力研究開発機構、E-mail : asayama.tai@jaea.go.jp

て考慮し、かつ供用期間中検査の効果は考慮せずに、構造信頼性評価を行う。評価された信頼性が目標信頼性を上回っていれば第2段階の評価に進む。なお、目標信頼性の導出方法（プラントの安全目標に基づく）は強制付録Iに、考慮すべき劣化メカニズムは強制付録IIに、構造信頼性の算出方法は強制付録IIIに与えられる。

第2段階では、安全の観点から破損の「予兆」の検知性に主眼をおいた評価を行う。まず、プラントの設置時の安全評価等で仮想された破損の状態等を考える。万一破損が進行し始めた場合に、このような状態に至る前に「予兆」を検知しプラントを安全に停止できるかどうかのポイントである。「予兆」は冷却材バウンダリの場合とそれ以外で2つの異なる概念を使い分け、それぞれ、MAL (Maximum Acceptable Leak、安全に影響を及ぼさない最大の漏えいに相当)、UID (Unintentional Discontinuity、プロセス量の予期せぬ変化に相当) を用いる。これらは、本Code Case案で新たに定義された概念である。

原子炉冷却材バウンダリを例にとると、LBB (Leak-Before-Break) の成立などにより、漏えいがMALに至る前にプラントが安全に停止できるのであれば代替規定の適用が可能である。原子炉冷却材バウンダリ以外の場合は、温度や流量等の予期せぬ変化すなわちUIDの検知によってその破損の進行を検知し、プラントを安全に停止できるのであれば、代替規定が適用可能である。

この上で、MAL や UID により破損を検知することが

できない場合についての救済規定が用意されている。これは「追加要求」と呼ばれ、評価上のペナルティに相当する。具体的には、当該機器に想定される破損モードのうち最も影響が大きいものに関して、(1) 荷重、(2) 強度、(3) 環境、(4) 欠陥想定、のうち一つについて仮想的に厳しい条件を設定する。例えば、サーマルライナーを有する構造であれば、敢えてライナーが欠落した状態を想定し熱応力を算定し、これをベースにクリープ疲労等に関して構造信頼性評価を行う [4]。この状態で目標信頼性を満たしていれば代替規定の適用が可能である。これは荷重について追加要求を設定した例にあたる。

4. 現状と今後の展開

本Code Case案は、JTG SBCで原案が作成され、2016年5月に直属の上位委員会である Special Working Group on Reliability and Integrity Management (SWG RIM) で承認された。現在、より上位の委員会で審議中である。

本Code Case案は大枠として既存のRI-ISI技術と共通面を持つが、プラントの特徴を最大限に取り込めるロジックフローを備える点に独自性がある。このため、本Code Case案は、現在進行中のSection XI Division 2の高度化活動 (Reliability and Integrity Management, RIM と呼ばれる手法を用いて軽水炉を含む幅広い炉型により先進的な供用期間中検査規格を整備する) においても、基礎概念として取り込む方向で検討が行われている。

5. 結言

本稿で紹介したASME B&PV Code Section XI Division 3のCode Case案は、システム化規格概念に基づき、ナトリウム冷却高速炉の特徴を十分踏まえたうえで供用期間中検査要求を設定するものであり、軽水炉とは異なるプラントの特徴を最大限に生かすことのできるロジックフローを基盤としている点に独自性がある。ASMEにおける今後の審議の動向を注視する必要がある。

参考文献

- [1] ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section XI (2001)
- [2] Asayama, T. et al., “Elaboration of the System Based Code Concept - Activities in JSME and ASME -, (4) Joint efforts of JSME and ASME”, ICONE-22 (2014).
- [3] Asada, Y., “Japanese Activities Concerning Nuclear Codes and Standards - Part II”, ASME J. PVT, 128 (2006) 64.
- [4] Takaya, S. et al., “Application of the System Based Code Concept to the Determination of In-Service Inspection Requirements”, ASME J. NERS, 1 (2015) paper 011004.

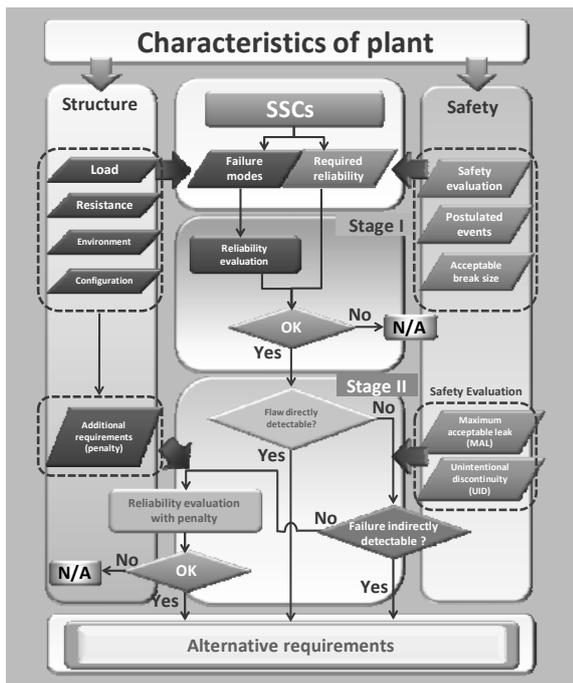


Fig. 1 Code Case のロジックフロー