

システム化規格概念に基づく新型炉の規格開発

Code Development for Advanced Non-LWRs Based on the System Based Code Concept

原子力機構

浅山 泰

Tai ASAYAMA

Member

This paper presents a future vision for safety and structural code development for advanced non-light water reactors. The most important feature that these codes and standards should have is that they ensure that safety goals are met in the way most appropriate and practical to the characters of new reactors which could be significantly different from those of light water ones. For this purpose, the author proposes a “universal structure” which consists of goals, codes and standards and knowledge base. The goals will be defined in terms of safety, reliability and economy. Codes and standards will form a “seamless structure” which provides multiple pathways with “intermediary targets” that correlate the goals and candidate technical options for structure and component design. Margins will be allocated in a plant lifecycle utilizing the System Based Code Concept. Knowledge bases will support codes and standards and allows for timely technical updates. As a future vision, a concept of “digitalized autonomous code” in which autonomous technical updates of provisions are realized is presented.

Keywords: advanced non-light-water reactors, codes and standards, System Based Code concept

1. 緒言 - 新型炉にふさわしい規格体系

新型炉には軽水炉とは異なる技術的特徴があり、その実用化のためには、これらを設計・建設・運転のライフサイクルに渡って活かせる規格基準を整備することが肝要である。例えば、冷却材バウンダリの供用期間中検査は、炉により異なる定格圧力や冷却材の性質に技術的に適合させたくえ、それが安全等の目標水準に照らして適正であることを示さなければならない。これらの観点で、既存の軽水炉規格の修正や拡張に頼るアプローチは十分ではない。本稿では、新型炉にふさわしい規格体系の在り方について現状を踏まえた上で将来ビジョンも含めて考察する。このような体系は、結果的には既存炉にも共通に適用可能な合理的なものになるはずである。

2. 規格体系の位置づけと役割

規格体系の位置づけと役割を図1に概念的に示す。3層から成る構造において、上層は目標、中層が規格基準体系、下層は規格体系を支えるナレッジベースである。以下、便宜的にこの3層構造を「一般構造」と呼ぶ。

上層に位置する目標は炉が達成すべき安全性、信頼性あるいは経済性等の水準である。例えば安全性に関わる

目標水準は炉心損傷頻度等の指標と関連する形で与えられることが考えられる。中層に位置する規格体系は目標と直接リンクし、これを達成するために多様な技術的選択肢を用意する役割を果たす。下層のナレッジベースは、新型炉に関わる既往知見（先行炉の設計・建設・運転の経験、R&D成果、各種データベース等）を集積したものであり、規格体系に定められる多様な選択肢に技術的根拠を与えるものである。

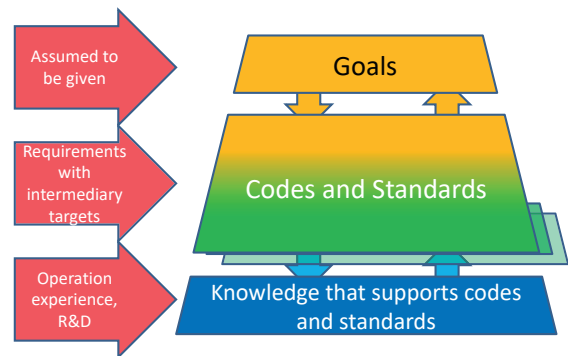


図1 規格体系を含む「一般構造」

3. 目標とリンクしたシームレスな規格体系

一般構造の中層に位置する規格体系は目標と直接リンクし、これを達成するために、新型炉の特徴に適合する多様な技術的選択肢を用意する。選択肢はそれぞれ固有の裕度を持つ。設計や維持におけるこれらの選択基準は、目標を達成できるか否かの一点に尽きる。他炉型のプラクティスを踏襲したものであるかという視点はここには

入ってこない。

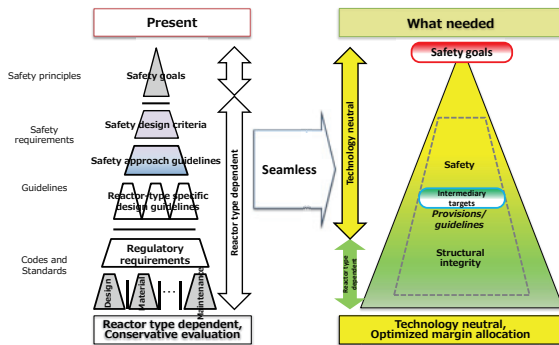


図2 目標とリンクしたシームレスな規格体系

図2の三角形中の上位の安全上の要求と、下位の機器構造の設計・建設・維持等に関わる要求の双方について多様な技術的選択肢が与えられるが、目標を達成するためには、両者が連続性を持っていることが必要である。この意味で、構築すべき規格体系（図2右側）を、目標とリンクしたシームレスな規格体系と呼ぶ。

このような体系は、規格基準の裕度を予め定めた適正水準に設定することを目的としたシステム化規格概念[1]を具現化することにより構築できる。

すなわち、上位の安全上の要求と下位の構造規格の接点として、新たに「中間的な目標」を設定することにより両者を連携させる。この方法は、ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section X Division 3（液体金属炉の供用期間中検査規格）の代替規定としてシステム化規格概念を用いて開発された Code Case N-875[2]に先行的に導入済である。同 Code Case では確率的リスク評価の応用により構造信頼性の目標値を導出しこれを満足することを確認する規定があるが、この目標値が上記の「中間的な目標」に相当する。

4. シームレス化の進捗状況と展開

一般構造における目標はさまざまな視点を俯瞰し適切に設定しなければならない。今後、リスク情報活用の流れとも相まり本格的な検討が行われ、コンセンサスの得られた方法が運用に至ることが期待される。

規格体系に関しては、ナトリウム冷却高速炉を例にとると、その構成要素の開発はすでにかなり進んでいる。上位の安全要求に関しては Generation IV International Forum において安全設計クライテリアが発刊済であり世界各国で使用されるべく規制側を含めたレビューに供されている[3]。クライテリアをより具体化したガイドライ

ン（安全アプローチと系統別に分かれる）についても鋭意整備が進んでいる。さらに、構造規格に関しては、日本機械学会発電用設備規格の一環として高速炉設計・建設規格、溶接規格、維持規格、静的機器の構造信頼性評価ガイドライン、破断前漏えい評価ガイドラインの整備が進められており、一部は発刊済である。

一方、これらのガイドラインや規格を「中間的な目標」によって関連づけてシームレス化する作業は、前述の ASME Code Case の発刊を先鞭として今後加速してゆくと考えられる。実際、2019 年に入って、日本機械学会や米国機械学会において本稿でいう「中間的な目標」を含め体系の具体化に関する検討が開始されるに至っている。

5. 結言-今後の方向性

将来的には、上述の一般構造における規格体系とナレッジベースの関連性を高め「知見の更新により自律進化する規格体系」を構築することが望まれる。規格の条項とナレッジベースの知見を直接関連付け、知見の更新に基づき条項（例えば各種の材料定数類、さらには設計係数等）がタイムリーに自律的に更新される体系である。これにより「努力した者が報われる」仕組みが共有され、規格高度化のインセンティブが一層高まるとともに、新型炉のライフサイクルを通じた安全性・信頼性・経済性がさらに効率的に向上してゆくことが期待される。

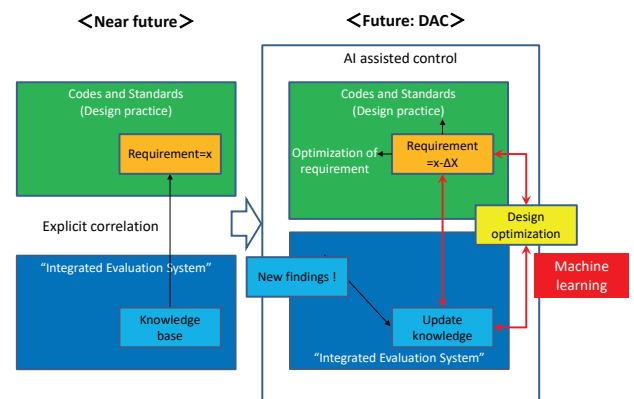


図3 知見の更新により自律進化する規格体系

参考文献

- [1] Asada, Y., Japanese Activities Concerning Nuclear Codes and Standards – Part II, Journal of Pressure Vessel Technology, ASME 128 (2006) 64.
- [2] ASME Boiler and Pressure Vessel Code Case N-875 Alternative Inservice Inspection Requirements for Liquid-Metal Reactor Passive Components Section XI, Division 3 (2017)
- [3] GIF, “Safety Design Criteria for Generation IV Sodium-cooled Fast Reactor System (Rev. 1)”, (2017)