

熱流動部会・計算科学技術部会 合同セッション

安全評価における外的事象について（熱水力 RM 改訂の課題より）

External events important for reactor safety evaluation
(Subjects raised in Thermal-Hydraulics Roadmap 2017)

(1) 熱水カロードマップ 2017 について

(1) AESJ Thermal-Hydraulics Roadmap 2017

*中村 秀夫¹¹ 日本原子力研究開発機構

1. 熱水カロードマップの経緯

日本原子力学会では 2007 年に「熱水力安全評価基盤技術高度化検討」特別専門委員会を設置し、2009 年 3 月に「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ 2009」¹⁾ を策定して、熱流動部会のホームページに公開した。これは、2006 年 8 月の「原子力立国計画（資源エネルギー庁）」²⁾ に沿った内容として、安全性と経済性の両立と向上を図る新型軽水炉の開発や安全評価手法の整備などを掲げたものであった。

熱流動部会は同マップを随時変化する技術への要請に応える効果的なものとし続け、人材育成に資するものとするため、ロードマップのローリング（継続的な改訂）を行う「熱水力安全評価基盤技術高度化検討」ワーキンググループ(WG)を部会に設置し、その下に「シビアアクシデント(SA)」「スケーリング」「プラント改良技術」の 3 つのサブワーキンググループ(SWG)を設けた。

しかしながら、2011 年 3 月に東日本大震災に伴って東京電力福島第一原子力発電所事故(1 F 事故)が発生し、甚大な原子力被害を生じた。このため、同様の事故を二度と生じさせないよう安全性を抜本的に強化する姿勢を持ち、3 つの SWG を「SA」「安全評価」「基盤技術」に改組して抜本的な見直しに取り組んだ。その結果、H24 年度にはまず SA-SWG が、シビアアクシデントの発生防止や影響緩和に必要な技術開発に関連するテーマを現象毎に細かく分類・分析し、技術や研究の到達点と課題を明示した技術マップ³⁾ を完成させた。更に、「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ 2015(改訂版)」⁴⁾ が 2015 年 3 月に策定された。なお、熱水力 RM 2015 の概要は、2016 年 3 月日本原子力学会誌 解説⁵⁾ を参照されたい。

その後、2016 年 9 月に熱流動部会は「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ検討」WG を設置して、ロードマップの継続的改訂をすべくローリングを行った。ここでは、その成果として H28 年度末に完成した「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ 2017(熱水力 RM 2017)」⁶⁾ の特徴を概説する。

2. 熱水カロードマップ 2017 の特徴

今回、熱水力 RM 2017 策定のためのローリングは、RM 2015(改訂版)からのマイナー改定(構成等に大幅な変更を行わない)の位置付けで進められ、主に以下の 4 点が実施された。なお、熱水力 RM は基本構成として、全体を技術課題と時系列で俯瞰する「導入シナリオ」の下に 3 つの SWG の成果を集合している。ただし、「基盤技術」「安全評価」については関与する技術課題を整理する技術マップ、主要な技術課題の詳細を説明する課題調査表、技術課題の時系列展開を示すロードマップより構成されるが、「SA」については詳細に展開された技術マップのみを示し、その内容を前者 2 つにて参照・利用する方式を採用している。

(a) 技術課題の整理と追加

原子力発電所の安全向上を図る主なアクシデントマネジメント策と

関連する技術課題を 2015 年版から整理し直し、「基盤技術」では以下の 13 件の課題が挙げられた。

- | | |
|-----------------------|--------------------|
| ① 過渡状態での二相水位予測 | ⑥ クーラーによる格納容器除熱の実証 |
| ② 2 次冷却系を用いた除熱 (PWR) | ⑦ 格納容器除熱時システム挙動の検証 |
| ③ 不純物の冷却への影響 | ⑧ ウェル注水/シール材 |
| ④ 事故耐性燃料材料 | ⑨ シビアアクシデント時の水素処理 |
| ⑤ 熔融炉心の冷却性向上及びコアキャッチャ | ⑩ FP 挙動の最適評価 |

- ⑪ 格納容器ベント
- ⑫ 事故時計装の代替策/追加
- ⑬ 電源を用いない除熱システム

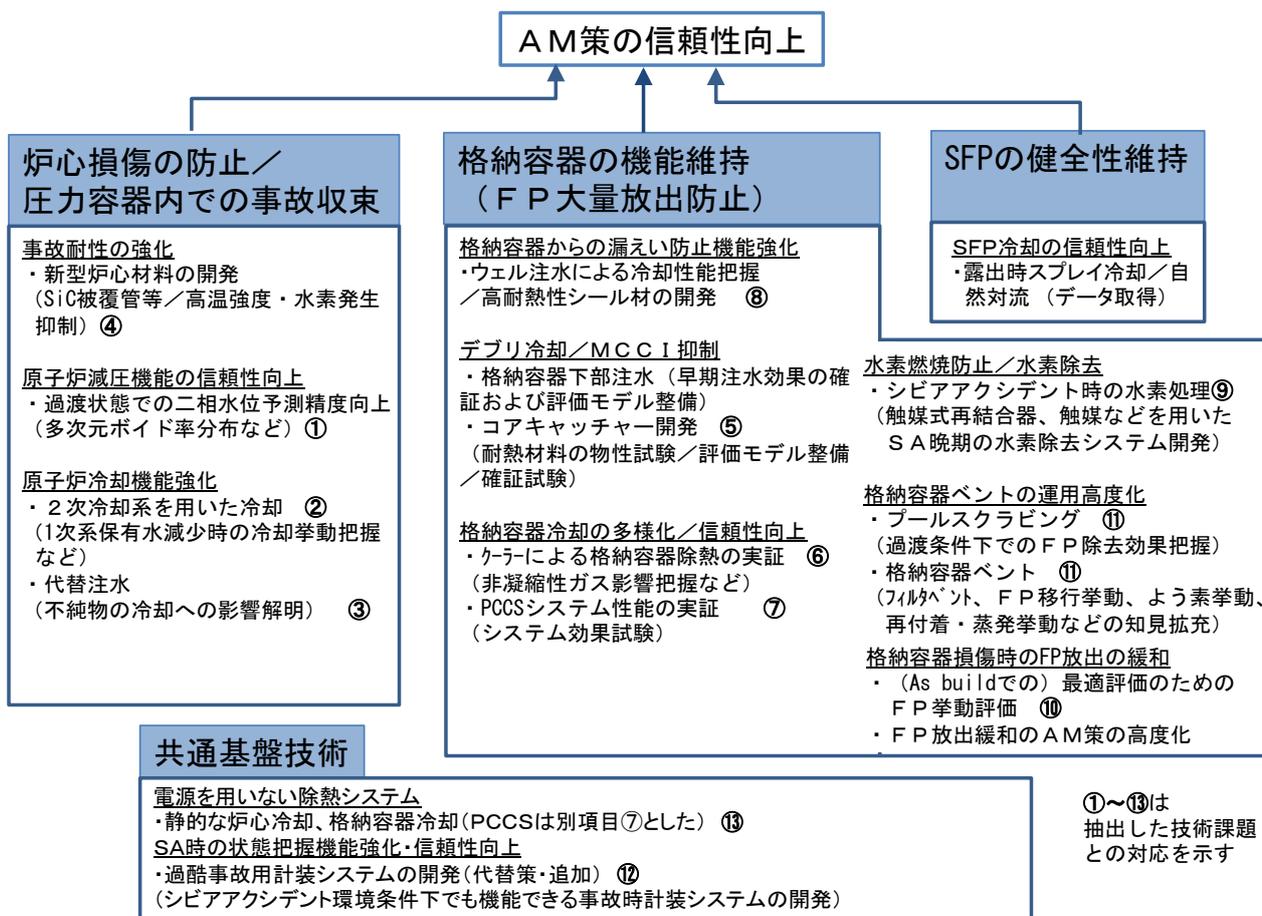


図1 熱水力RM2017で整理された主要な技術課題(基盤技術)とSA時の必要機能との関係

一方、「安全評価」が対象とする技術課題は、① 原子炉内現象(炉心損傷前)、② 原子炉内現象(炉心損傷後)、③ 格納容器内現象、④ 原子炉建屋内現象、の4件であり、課題数に変更はない。ただし、今回新たに、対応する「基盤技術」の技術課題を課題調査表に付記し、両者の連関を把握しやすくした。

(b) 個別調査表の記述の充実 各技術課題の背景、目的、実施内容、技術の到達点、期待される成果、R&D実施の優先度、実施形態の案などを詳しく記述する課題調査票(個票)において、技術の到達点には最近のR&Dに基づく科学論文などの文献を追記・充実した。さらに、文部科学省や経済産業省(主に資源エネルギー庁)の委託事業、JST研究開発推進事業、原子力規制庁による委託事業などについて、技術の到達点ならびに実施形態の中の実施時期に新たに記載して、実施中、あるいは終了した事業を明示し、個々の技術課題での具体的な進捗が一目でわかるようにした。これは、基盤技術の13課題および安全評価の4課題の全てを対象に実施された。なお、技術課題のR&D等について記録を残すため、熱水力RMではローリングの方針として、終了した技術課題も削除せず表示し続けることとした。

(c) 2つのRMの対応表 熱水力RM2017では、経済産業省資源エネルギー庁と日本原子力学会による「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」の課題調査票に対して、熱水力RMの技術課題の対応表を作成し、相互の対応と整合性が確認できる様にした。「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」は技術課題の整理がマクロ的で、個々の技術課題の技術の到達点などが必ずしも十分に記載されていないところ、専門分野のロードマップである熱水力RMには詳細内容が記載されている。このため、両者で対応する技術課題の対応表を作成し、相互の整合性が一目で確認できる様にした。その結果、「軽水炉安全技術・

人材ロードマップ」への対応を条件とする資源エネルギー庁の国プロ等に対して、関連する技術課題の説明性が飛躍的に向上した。なお、熱水力 RM では基盤技術が13件、外的事象の全般、安全評価の4件が対応し、「軽水炉安全技術・人材ロードマップ」では関連する課題調査票が20件で、うち13件が高評価(◎)の課題である。

(d) 外的事象に係る技術課題 熱水力 RM 2015 (改訂版) では、1F事故の主要因である外的事象について、原子力規制委員会が定めた新規制基準に対応する安全評価上の課題として、津波、火山、竜巻、洪水・溢水、火災、の5項目が、参考情報の扱いである「情報収集」課題ではあるが課題調査表にまとめられた。外的事象は、1F事故の主要因の1つである津波をはじめ、今後の原子力発電所の安全確保と改善に係る重要課題であるが、熱流動部会には課題調査表の改定に十分対処できる会員が不足し、竜巻の改訂に止まった。一方、数値解析を専門とする計算科学技術部会には可能なことから、計算科学技術部会の協力により、火山と火災の改定が行われた。

3. 熱水力ロードマップの今後の展開

日本原子力学会 熱流動部会は計算科学技術部会の協力を得て、2017年3月に「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ2017(熱水力 RM 2017)」を前述の対応によって策定した。ただし、これは「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ2015(改訂版)」をベースにしたマイナー改定であり、SA-SWGがH24年度に策定し、シビアアクシデントの発生防止や影響緩和に必要な技術開発に関連する技術や研究の到達点と課題を明示した技術マップなど、1F事故への反省に対応する重要な情報ベースの改定は充分に行われていない。このため、H29年度以降のローリングでは、外的事象も含めた熱水力の具体的なR&D課題(シビアアクシデントを含む)の検討と、その結果を踏まえた技術マップの改訂を実施していく。そのとき、ローリングは熱流動部会と計算科学技術部会の協力によって進められ、熱流動部会が主に「基盤技術」を、計算科学技術部会が主に「安全評価(外的事象を含む)」を担当する計画である。

今回の熱流動部会と計算科学技術部会による合同セッションでは、熱水力 RM 2017について、その経緯と改訂内容の概要を熱流動部会より紹介するとともに、主に安全評価に係る課題である外的事象のうち、火山および内部火災に関して、各々の評価技術や対策等を計算科学技術部会より紹介し、熱水力 RM のこれからのローリングに向けて意見交換する。

参考文献

- 1) 「熱水力ロードマップ(最終案) H21年3月18日版」日本原子力学会「熱水力安全評価基盤技術高度化検討」特別専門委員会、熱流動部会 HP: <http://www.aesj.or.jp/~thd/committee/TH-RM/TH-RM.pdf>
「技術マップ」 <http://www.aesj.or.jp/~thd/committee/TH-RM/Tech.pdf>
- 2) 「原子力立国計画」総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会報告書 骨子、
資源エネルギー庁 HP: <http://www.meti.go.jp/report/downloadfiles/g60823a04j.pdf>
- 3) 阿部ら、「軽水炉のシビアアクシデントに係わる課題の分析・評価について」、日本原子力学会 2013年秋の大会 熱流動部会セッション TN09
- 4) 「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ2015(改訂版) 26年度報告書」、日本原子力学会 熱流動部会「熱水力安全評価基盤技術高度化検討」ワーキンググループ、平成27年3月
熱流動部会 HP: <http://www.aesj.or.jp/~thd/committee/TH-WG/TH-WG.pdf>
- 5) 熱水力技術戦略マップ ワーキンググループ「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップの改訂 軽水炉の継続的な安全性向上に向けて」日本原子力学会誌、vol.58、No.3、(2016)
- 6) 「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ2017(熱水力 RM 2017) 28年度報告書」、日本原子力学会 熱流動部会「熱水力安全評価基盤技術高度化戦略マップ検討」ワーキンググループ(協力) 計算科学技術部会、平成29年3月
熱流動部会 HP: http://www.aesj.or.jp/~thd/committee/TH-RM/TH-RM_r.pdf