

EGSMR(小型モジュール炉に関する 専門家グループ)の活動

2024年9月11日

日本原子力学会「2024年秋の大会」
海外情報連絡会 企画セッション

日本原子力研究開発機構
安全研究センター
熱水力安全研究グループ

竹田 武司



内 容

- はじめに
- CSNI Technical Opinion Paper No. 21 (TOP-21) の概要
 - EGSMRの任務と構成
 - SMRの安全性に係る4つの関心領域とCSNIへの推奨活動
- EGSMRにおける日本の取り組み
 - EGSMR参加国へのアンケートの狙いと日本の対応体制
 - 1回目、2回目のアンケートに対する日本の主な回答
- TOP-21の発行に基づくEGSMRの任務の見直し
- まとめ

はじめに

- 日本の**第6次エネルギー基本計画**では、2050年までのカーボンニュートラルを目指したエネルギー政策の道筋を示すことが重要テーマとなっている。
- 日本の原子力研究開発における政策対応には、**国際連携による2030年までの小型モジュール炉(SMR)技術の実証**が盛り込まれている。
- **講演者が関与しているSMRに係る国際的な活動や会合**
 - **OECD/NEA: EGSMR (SMRに関する専門家グループ)の活動 [SMRの安全性に重点を置く] ➡ 本日説明**
 - **SMRの開発・導入に関する第22回INPRO/IAEA対話フォーラム (2024年5月@韓国・済州) ⇔ INPROは、43のIAEA加盟国と欧州委員会で構成された革新的原子炉及び燃料サイクルに関する2000年に設立されたIAEAプロジェクト**
 - ✓ **プレナリーパネルセッションのトピックス: 堅牢なサプライチェーンによるSMRの経済的競争力の実証、等**
 - **SMR技術の基礎インフラに関するアフリカ地域会合(2023年9月@ガーナ共和国・アクラ) ⇔ US-DOS (米国国務省)が2020年に開始した、SMRに関するキャパシティ・ビルディング・プログラムの一環**
 - ✓ **プレナリーパネルセッションのトピックス: 世界のSMR導入の現状、等**

CSNI Technical Opinion Paper No. 21(TOP-21)の概要

➤ EGSMR(SMRに関する専門家グループ)の成果物

- SMRの導入を支援するために遂行すべき活動に関する調査結果とCSNIへの推奨事項を簡潔にまとめた報告書
 - ✓ NEA, CSNI Technical Opinion Paper No. 21 Research Recommendations to Support the Safe Deployment of Small Modular Reactors, NEA No. 7660, 2023, 79p.
- NEAの原子力施設安全委員会(CSNI)は、**SMRの安全性**への影響評価を支援するため、2021年6月にEGSMRを招集。
- EGSMRの任務には、参加国のSMRの安全性に関する研究のニーズを評価すること、参加国から特定された知識のギャップや安全性の課題に対処するための推奨活動をCSNIに対して提示することが含まれる。
- EGSMRでは、参加国の**SMRの安全性に係る4つの関心領域**を特定。
 - 1) 規制の調和、2) 横断的な安全課題、3) 実験実施のためのキャンペーン、4) 計算コードの検証と妥当性確認(V&V)のベンチマーク。
- EGSMRは、CSNI及び他のNEA委員会と、SMRに関連した同様の取り組みを推進する国際機関と連携するための活動を提案。

TOP-21の要旨(1/5)

- SMR(一般に、電気出力が10~300 MWe)の導入の可能性を調査するNEA加盟国が増加。SMRでは、様々な冷却材(水冷却式及び非水冷却式)の使用や複数の用途(発電や水素製造等)等を想定。また、モジュラー設計も採用され、複数の同一ユニットの連続生産による効率的な建設が可能。よって、SMRには裏付けとなる研究と特徴を考慮した安全評価が必要。
- EGSMRは、SMRに関心を持つCSNI参加国・参加機関(15か国23機関)と国際機関(IAEA及びEC[欧州共同体])のメンバーから構成。
 - ✓ ベルギー(TRACTEBEL、BELV)、**カナダ(CNL[原子力研究所]*、CNSC)**、チェコ(CVREZ、UJVREZ)、仏(IRSN、CEA、MISFR)、独(GRS)、イタリア(ENEA、NINE)、日本(JAEA)、韓国(KAERI)、オランダ(ANVS)、ノルウェー(IFE HALDEN)、スペイン(CSN)、スウェーデン(SSM)、スイス(PSI)、トルコ(NDK)、米(NRC) + IAEA、EC
- * **EGSMR議長**
- EGSMRは、原子力規制活動委員会(CNRA)等他のNEA委員会及びSMRに関連する同様の取り組みを推進する国際機関と連携することにより、CSNIはSMRの導入支援を保証。

TOP-21の要旨(2/5)

- EGSMRでは、様々な冷却材や原子炉サイズを備えたSMRを**水冷却型SMR**と**革新型SMR(高温ガス炉や高速炉を含む)**に大別している。EGSMR参加国へのアンケート調査では**何れのSMR**への関心が高かった。
 - ✓ 水冷却型SMRの技術習熟度レベルは高く、近い将来の導入が期待できる点を配慮すると、アンケート回答者のほぼ全てが水冷却型SMR技術に関心を持っている。CSNIは大型の水冷却型炉の安全性に関して豊富な知見を有しており、水冷却型SMR技術は十分に支持される可能性がある。
 - ✓ 革新型SMRのうち、高温ガス炉の高温の熱を利用した水素製造等に対する関心は高い。一方、ナトリウム/鉛冷却型高速炉の設計に対する関心も高いが、導入時期は遅くなると評価されている。
 - ✓ その他、マイクロ炉(電気出力が10 MWe未満)への関心も高い。
- EGSMR参加国へのアンケート調査結果として、SMRに関する国際協力の要望、新しい設計を支援するために必要な知識ベースの検討及びグレーデッドアプローチ(SMRのリスク特性に応じた、安全要件に係る解析や検証、文書化等のレベルの検討を含む)の重要性を強調。

TOP-21の要旨(3/5)

- EGSMRは、**SMRの安全性に係る4つの関心領域**を特定し、対処するためのCSNIへの推奨活動を提示。

1. 規制の調和

- SMRに関する規制活動は、主に原子力規制活動委員会(CNRA)により対処されるが、CSNIはSMRの規制上の安全評価に対する技術支援を提供可能。よって、CSNIは、規制への取り組みを常に認識し、連携機関や他の国際機関からの支援要請に応える準備が必要。

2. 横断的な安全課題

- ✓ 受動的安全機能が多層の防護レベルで使用される場合における深層防護の適用。**<= 優先順位が最も高い**
- ✓ 革新的設計のための確率論的安全評価。
- ✓ SMR(水冷却型SMRと革新型SMR)の燃料安全性。
- ✓ 人的要因(遠隔操作を含む)。
- ✓ 緊急時計画区域(EPZ)とSMRの緊急対応要件。
- ✓ 複数基/複数モジュールの側面で安全性に与える影響。
- ✓ 燃料装荷済みのモジュール及び可搬型/浮体式SMRの輸送。
- ✓ 関連するプロセス利用(水素製造とプロセス熱)。

TOP-21の要旨(4/5)

2. 横断的な安全課題(続き)

- (I)安全重要度、(II)解決に必要な期間、(III)CSNIの対処能力の観点から優先順位が付けられた上記8つの横断的な安全課題は、関連するCSNIの作業部会等による検討・評価を通じて、知識のギャップと研究ニーズの特定が必要。

3. 実験実施のためのキャンペーン

- 実験は、SMRの安全性を実証するうえで不可欠であり、CSNIは次に対する支援を行う。(i)知識のギャップの決定、(ii)既存の実験データの活用、(iii)実験実施のための既存の実験装置の特定、(iv)新しい実験の推奨。

4. 計算コードの検証と妥当性確認(V&V)のベンチマーク

- 適格なモデル/分析ツールは、SMRの安全評価において重要であり、CSNIは次の活動を通じて支援を行う。(i)SMRの安全性に係る計算コードの検証マトリックス(CCVM)のレビュー・更新、(ii)ベンチマーク活動の推奨、(iii)モデリングに関するベストプラクティスの開発等。

TOP-21の要旨(5/5)

- EGSMRは、**SMRの安全性に係る4つの関心領域**について、**水冷却型SMR**と**革新型SMR**への取り組みを並行して進めることを推奨しており、導入に最も近い技術/設計を支援することを更に優先する。
- SMRの安全性に係る関心領域と提案された推奨活動がレビューされ、(Ⅰ)安全重要度、(Ⅱ)解決に必要な期間、(Ⅲ)CSNIの対処能力の観点から、最初に実施すべき活動について優先順位が付けられた。

EGSMRは、CSNIに対して次の推奨活動を提示

- ✓ SMRの安全性に関与する現象を特定し、今後のEGSMRの取り組みに優先順位を付けるため、SMRの現象に対する重要度ランク表(PIRT)を収集する。
- ✓ 優先度の高い横断的な安全課題に取り組む。
- ✓ SMRの安全性に係るCSNIの計算コードの検証マトリックス(CCVM)をレビュー・更新する。
- ✓ SMRの安全性を支援するための共同研究プロジェクトを通じて実験データを収集及び生成する。

EGSMRにおける日本の取り組み

EGSMR参加国へのアンケートの狙いと日本の対応体制

- 参加国のSMRの導入や研究活動に関する最新情報の収集を主目的として、2022～2023年の数回にわたり、以下の狙いに則したEGSMRのアンケートへの回答が求められた。EGSMR会合等で内容が議論され、**CSNI Technical Opinion Paper No.21(TOP-21)** が作成・発行された。
 - **1回目のアンケートの狙い**
 - ✓ SMRの導入を支援するためのSMRの安全性に係る関心領域を特定する。
 - **2回目のアンケートの狙い**
 - ✓ CSNIへの推奨事項をレビューし、改善する。
 - **3回目のアンケートの狙い**
 - ✓ SMRの安全性に関する実験装置や国内または多国間プロジェクト、既存の現象に対するPIRTに係る情報を収集する。
- 講演者が日本におけるEGSMRの窓口を担当。
- 日立GEニュークリア・エナジー株式会社、三菱重工業株式会社、JAEAの高速炉サイクル研究開発センター及び高温ガス炉研究開発センターの協力のもと、アンケートへの回答を作成。

EGSMR活動の歩み

EGSMR会合	年月	備考
第1回会合	2022年1月	1回目のアンケート提示
-	2022年4月	1回目のアンケート回答提出
第2回会合	2022年6月	2回目のアンケート提示
-	2022年9月	2回目のアンケート回答提出
第3回会合	2022年11月	-
-	2023年1月	3回目のアンケート提示
-	2023年2月	3回目のアンケート回答提出
第4回会合	2023年3月	-
第5回会合	2023年10月	-
-	2023年10月	TOP-21発行
第6回会合	2024年3月	-
第7回会合	2024年10月予定	-

1回目のアンケートの狙いと項目

□ SMRの導入を支援するためのSMRの安全性に係る関心領域を特定する。

- 計画/構築/運用中の設計、提案された技術の習熟度レベルの評価や主な知識のギャップを含むSMRの導入状況。
- SMRの適用、導入場所または複数モジュール構成の可能性によるSMRの安全性への重要な影響。
- SMRの安全性に関連して計画された研究活動(国際的な取り組みを含む)及びSMRの安全性を評価するための計算コードの検証を支援するための実験装置/実験データの利用可能性。
- 現在の知識ベースの適用性と、水冷却型SMRの設計の安全性を支援するために必要な拡張すべき機能。
- 革新型SMRの安全ケース[安全審査で想定する事故事象]に関する信頼性を裏付けるために必要な知識ベースの範囲。
- 従来設計の安全ケースと比較して特別な注意が必要なSMRの課題/トピックス。

1回目のアンケートに対する日本の主な回答(1/5)

□ SMR導入の状況(その1)

- 今後10年間のSMR導入についての計画は現時点で具体化されていない。

SMRに関連した日本政府の動向

- 2021年10月に閣議決定された**第6次エネルギー基本計画**では、「2050年のカーボンニュートラル、2030年の46%削減、更に50%の高みを目指して挑戦を続ける新たな削減目標の実現に向けたエネルギー政策の道筋を示すことが重要テーマ」と位置付けられた。
- 2050年を見据えた2030年に向けた政策対応のポイントとして、原子力の研究・開発については、「2030年までに、(i)国際連携を活用した高速炉開発の着実な推進、(ii)**SMR技術の国際連携による実証**、(iii)高温ガス炉における水素製造に係る要素技術確立等を進める。」としている。
- (付加情報として)2023年2月に、脱炭素化と経済成長を同時に達成する**GX(グリーントランスフォーメーション)**の実現に向け、今後10年を見据えた取り組みの基本方針が取りまとめられた。原子力は、2030年度電源構成に占める20~22%の原子力比率達成に向けて、安全性を優先し、原子炉の再稼働を進める。

1回目のアンケートに対する日本の主な回答(2/5)

□ SMR導入の状況(その2)

- 日本の場合、SMRの炉型に対する優先度は示していない。しかし、日本の「**グリーン成長戦略**」においては、水冷却型SMRや高温ガス炉、高速炉に焦点を当てている。
 - ✓ 高い技術習熟度レベルを有していることから、近い将来の導入を想定しているのは、水冷却型SMR(2030年頃までに実用化し、日本企業が海外実証プロジェクトに参画)である。
 - ✓ 次に、高温ガス炉(2030年代にカーボンフリー水素製造施設と高温ガス炉の接続実証や実用化スケールに必要な実証)である。
- 経済産業省及び文部科学省は、**NEXIP(Nuclear Energy x Innovation Promotion)イニシアチブ**として、原子力分野におけるイノベーションの創出を目指すための環境整備の取り組みを2019年度から開始した。

1回目のアンケートに対する日本の主な回答(3/5)

□ SMRの安全性に関連した国際的な研究活動

- GE Hitachi Nuclear Energyは、2021年12月にカナダ・Ontario電力会社により、DarlingtonサイトでのBWRX-300の技術パートナーに選定。BWRX-300は電気出力300MWe級の小型BWR。冷却材喪失事故の影響を緩和する原子炉圧力容器一体型隔離弁と、受動的な安全系である非常用復水器を組み合わせることで、高いレベルの安全性と経済性を達成。日立GE ニュークリア・エナジー株式会社は、BWRX-300をGE Hitachi Nuclear Energyと共同開発。
- 日揮ホールディングスとIHIは、米国NuScale社が進めるVOYGRの開発に2021年から参画。VOYGRは、格納容器内部に、圧力容器や蒸気発生器、加圧器等を収容。格納容器の大きさは直径約4.5m、高さ約23m。1基あたり77MWeの電気出力で最大12基のモジュール化が可能。受動的な安全性の観点から、冷却水はポンプが不必要で自然対流により炉心を循環。
- (付加情報として) 2022年から、日米の産業界(日揮ホールディングス、IHI、レグナム・テクノロジー・グループ、NuScale社)は、ガーナ政府と協力して政府機関を通じて実施するSMRの実現可能性に関する調査を支援。

1回目のアンケートに対する日本の主な回答(4/5)

□ SMR技術に対する知識の主なギャップ(高温ガス炉)

- ✓ JAEAは、耐熱性の高い被覆燃料粒子とHTTR(高温工学試験研究炉)で確認した固有の安全性を考慮し、日本原子力学会で高温ガス炉設計の安全要件案を作成。

高温ガス炉の実用化に必要な技術と現状の主なギャップ

- 軽水炉では、炉心溶融を考慮して設計拡張状態(DEC; Design Extension Conditions)は、DEC-A(著しい燃料損傷なし)とDEC-B(炉心溶融)の2つに区分されている。一方、高温ガス炉では、燃料及び炉心の著しい損傷を起こさないように設計することを要求するため、1つ(燃料及び炉心の著しい損傷なし)のDECとする。
- 軽水炉では、事故時も健全性維持に努めるが、炉心溶融を想定。一方、高温ガス炉では、事故時も燃料の放射性物質の閉じ込め性能を維持することを要件とする。
- 事故時の水系隔離及び格納施設隔離については、軽水炉における冷却材喪失防止の観点ではなく、高温ガス炉の特徴である事故時における炉心黒鉛の酸化抑制の観点から、一次冷却系への水侵入抑制及び空気侵入抑制に関する要件とする。

1回目のアンケートに対する日本の主な回答(5/5)

□ SMR技術に対する知識の主なギャップ(ナトリウム冷却高速炉)

低い技術習熟度レベルの項目が含まれる、ナトリウム冷却高速炉の実用化に必要な技術と現状の主なギャップ

- 経済性向上を狙い、高燃焼度を達成するための酸化物分散強化型被覆管の量産技術の開発と照射データの取得。
- 事故時を含めた高温耐性を有する構造材料のデータの整備。
- 原子炉容器のコンパクト化を可能とする液体金属ナトリウムの熱流動評価技術の開発。
- 耐震性向上のための免震装置の技術開発。
- シビアアクシデント時の損傷炉心の挙動に関するデータの取得と評価ツールの開発。
- 固有反応度特性または受動的機構(自然循環冷却技術や受動的安全系に関する技術等)による炉心損傷の防止のための技術開発。
- ナトリウム環境における計測・保守技術の開発。

2回目のアンケートの狙いと項目

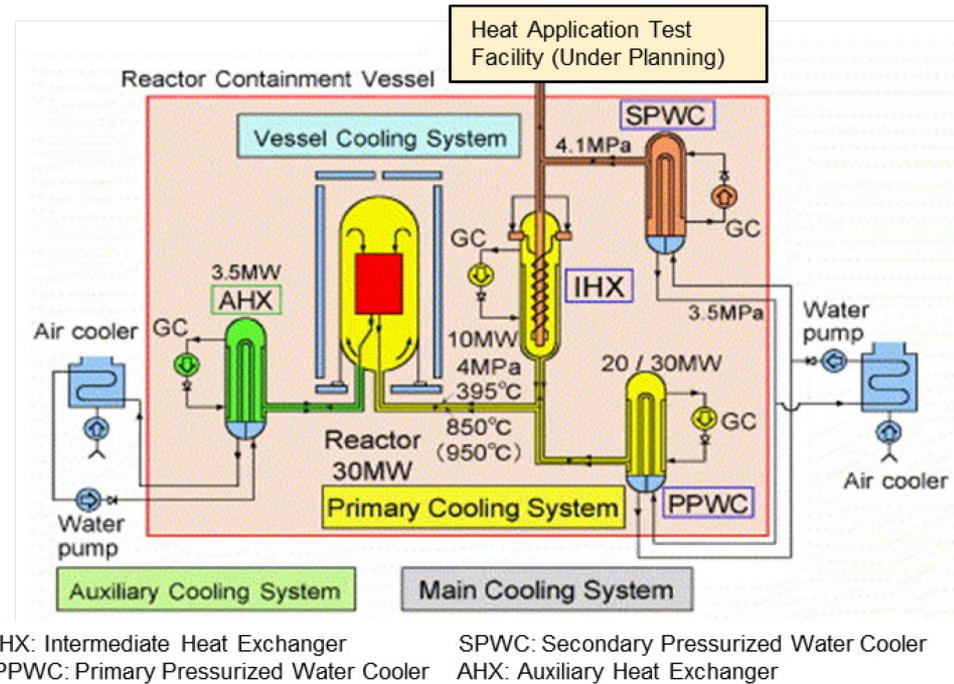
- 1回目のアンケート回答を基に特定されたSMRの安全性に係る4つの関心領域に対して、CSNIへの推奨事項をレビューし、改善する。
 - **規制の調和** ⇔ SMRのライセンス供与に関する国際的な規制の調和と標準化を促進。
 - **横断的な安全課題** ⇔ SMRの幅広い横断的な安全課題の理解を支援(SMRと関連する熱利用施設との相互接続に関する安全上の影響の理解を含む)。
 - **実験実施のためのキャンペーン** ⇔ SMR設計の現象論的理解と実験での検証を促進するための国際的な実験活動を組織(水冷却型SMRへの新しい実験データの収集と過去の実験データの集約を含む)。
 - **計算コードの検証と妥当性確認(V&V)のベンチマーク** ⇔ SMR設計のための計算コードのV&Vの国際ベンチマーク活動を支援。

2回目のアンケートに対する日本の主な回答(1/3)

□ SMRと関連する熱利用施設との相互接続に関する安全上の影響(その1)

- JAEAは、水素製造施設の接続に係るHTTR(高温工学試験研究炉)の許認可を通じて、日本の産業界からの要望に応えるため、水素製造施設への一般産業法規(高圧ガス保安法)の適用を可能とする高温ガス炉の安全設計を確立する計画。

- ✓ 原子炉から取り出された高温の一次ヘリウムガスは、中間熱交換器を介して二次ヘリウムガスに熱を伝える。二次ヘリウムガスは新たに設置する高温ヘリウム配管を通り、水素製造施設に反応熱を供給し、水素を製造。



HTTRの原子炉冷却系の系統図

Ref. Aoki, T., et al., Document Collection of the Special Committee on HTTR Heat Application Test, JAEA-Review 2022-016, 2022, 193p, (in Japanese).

Ref. Shibata, T., et al., Present status of JAEA's R&D toward HTGR deployment, NED, 398, 2022, 111964.

2回目のアンケートに対する日本の主な回答(2/3)

□ SMRと関連する熱利用施設との相互接続に関する安全上の影響(その2)

- 水素製造施設を高圧ガス保安法とその下での技術基準に基づいて設計、製作及び管理するうえで、考慮すべき事象は以下の通り。
 - ✓ 水素製造施設の異常に起因する二次ヘリウム冷却設備の除熱量変動及び荷重増大。
 - ✓ 可燃性ガスの二次ヘリウム配管を通じた原子炉建家への侵入。
 - ✓ 環境中へ漏えいした可燃性ガスによる火災・爆発。
 - ✓ 環境中へ漏えいした有毒ガスによる制御室運転員の被毒。
 - ✓ 外部事象起因の水素製造施設の異常が原子炉施設に与える影響。
- 水素製造施設の異常が原子炉施設に与える影響は、外部事象として原子炉等規制法の下で評価する計画。

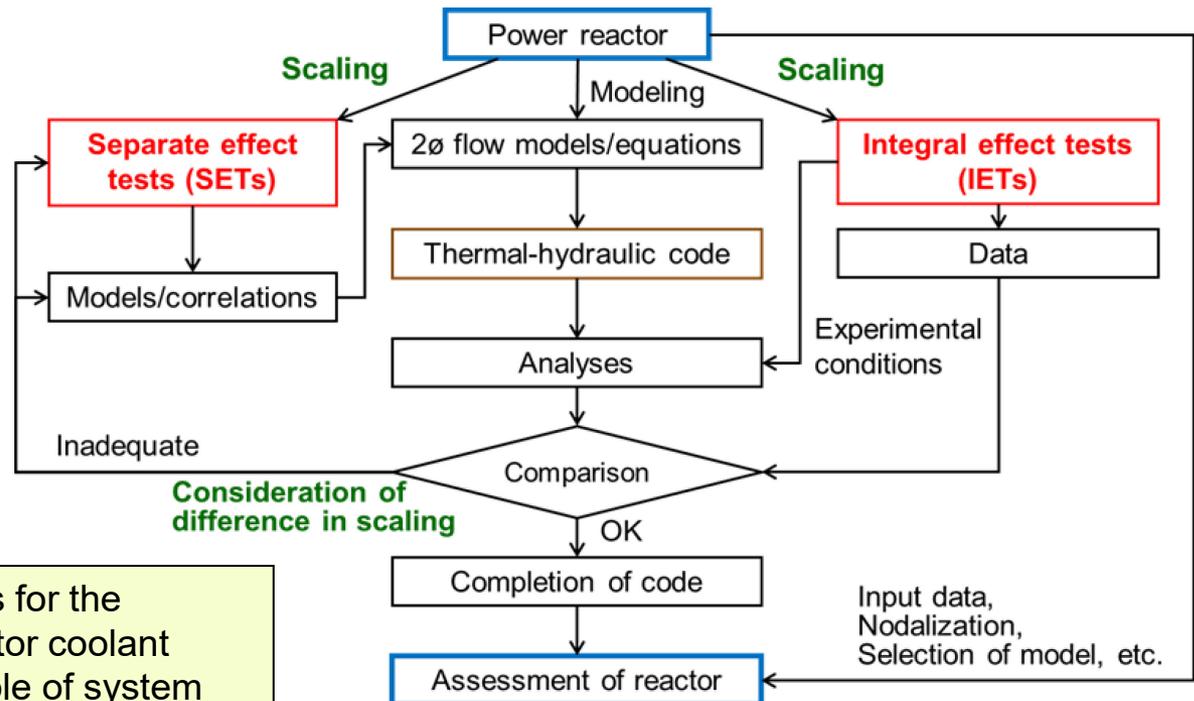
2回目のアンケートに対する日本の主な回答(3/3)

□ SMR設計への実験データの有効利用

- SMRの安全評価を実施するうえで、広範な条件の実験データによる計算コードの予測性能の妥当性確認が不可欠。=>次頁に続く
- 水冷却型SMRと革新型SMRに関連する受動的な安全系等を模擬した熱水力実験装置による実験を通じて、関与する熱水力現象の解明が必要。=>次々頁に続く
- EGSMR参加国で所有している熱水力実験装置は、参照炉とのスケール比が異なり、スケーリング手法も異なることが考えられる。
 - ✓ これらの熱水力実験装置を利用した実験データのうち、公開データベースで情報を共有し、集約・比較することで、着目する現象のスケラビリティに対する方法論について検証することが望ましい。
 - ✓ 公開データには、関連する論文や報告書、IAEAのCRP(協調研究プロジェクト)の枠組み、OECD/NEA/CSNIのISP(国際標準問題)の演習等から取得したデータが含まれる。

安全評価用の熱水カコードの検証に必要な要素

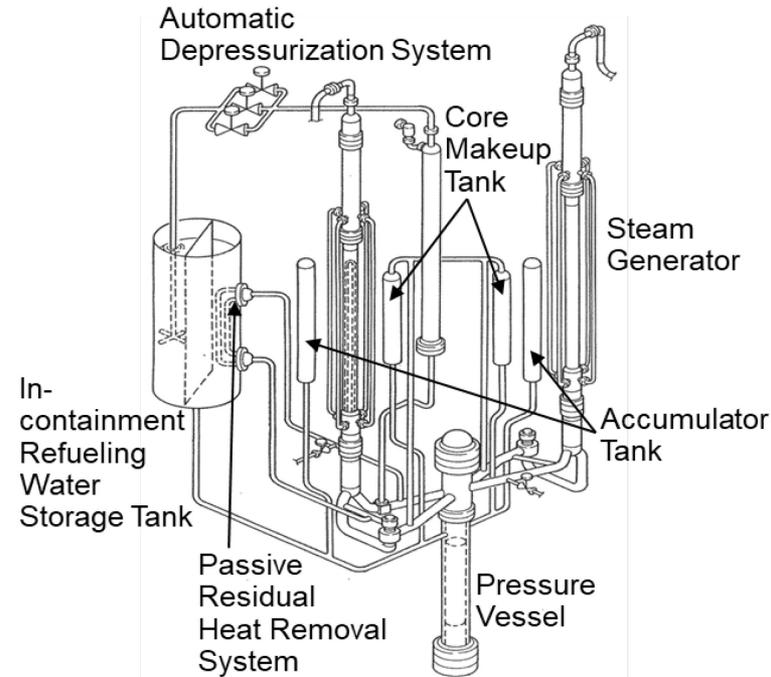
- 参照炉とのスケール比等を考慮して設計された熱水力実験装置による実験は、参照炉のシステム全体を模擬した総合効果実験(IET)とコンポーネントを模擬した個別効果実験(SET)に大別。
- 熱水カコードによる計算結果とIETの結果が一致しないとき、スケーリングの違いに注意しながら、SETを通じて取得した実験データを利用して、解析モデルと相関式の改善が必要。
- 熱水カコードによる計算結果とIETの結果が一致したとき、熱水カコードは完成。
- 入力データ、ノーディング、物理モデルの選択等に対する適切な措置が必要。



Ref. Mascari, F., et al., Scaling issues for the experimental characterization of reactor coolant system in integral test facilities and role of system code as extrapolation tool, Proc. NURETH-16, 2015.

1990年代のLSTFによる受動的安全系の実験概要

- 大型非定常実験装置(LSTF)を利用して、ROSA/600 MWe新型受動安全炉(AP600)実験プログラムで小破断冷却材喪失事故に関する多くの実験を実施。
 - Westinghouse AP600特有の機器を付加して改造したLSTFは、AP600を全圧力、全高、体積は1/30.5で模擬。
 - AP600設計の受動的余熱除去系(PRHR)は、格納容器内燃料取替用水タンク(IRWST)内の水により冷却される自然循環駆動の熱交換器。
 - 実験結果から、AP600の受動的安全機器がほぼ設計どおりに動作し、炉心の冷却が維持されることを確認。=> AP600標準設計の最終設計認可(FDA)は、USNRCからWestinghouse Electric Companyに授与(1999年)。



PRHR: 受動的余熱除去系,
IRWST: 格納容器内燃料取替
用水タンク, ADS: 自動減圧系,
CMT: 炉心補給水タンク

AP600用LSTFの系統図

Ref. Kukita, Y., et al., ROSA/AP600 testing: facility modifications and initial test results, JNST, 33 (3), 1996, pp. 259-265.

TOP-21のAnnexの内容

- **Annex A: First questionnaire on SMR deployment and research status** (SMR の導入と研究活動に関する1回目のアンケート)
- **Annex B: CSNI and CNRA working and expert groups** (原子力施設安全委員会及び原子力規制活動委員会の作業部会及び専門部会)
- **Annex C: Experimental facilities related to SMR safety** (SMRの安全性に関連する実験装置) ⇔ 実験装置の情報収集に対する初期の取り組み (日立GEニュークリア・エナジー株式会社、三菱重工業株式会社、JAEAの実験装置を含む) => **次頁に続く 今後のEGSMRの取り組み: SMRの安全設計を支援するために必要な幾つかの主な実験装置を特定。**
- **Annex D: Projects focused on SMR safety** (SMRの安全性に焦点を当てたプロジェクト)
- **Annex E: PIRTs related to SMR safety** (SMRの安全性に関連するPIRT) ⇔ PIRTの収集に対する初期の取り組み (JAEAのPIRTを含む) => **次々頁に続く 今後のEGSMRの取り組み: SMR設計に関連する安全性のギャップを埋めるために追加のPIRT演習の必要性を特定。**

Annex C: Experimental facilities related to SMR safety (SMRの安全性に関連する実験装置の例)

Facility Name	Operator	Type of SMRs	Brief Description of Facility and Test Programme (実験装置及び実験プログラムの概要)
SCCA Operating for iPWR Modification for small BWR	CNL/ AECL	iPWR and small BWR	SCCA is a rectangular vessel with one heated wall and one chilled wall, as well as steam, helium and aerosol injection capability. It is designed to study aerosol transport behaviour and gas mixing phenomena (including thermal stratification and strong steam condensation against a cooled surface). SCCAは、1つの加熱壁と1つの冷却壁を備えた長方形容器で、蒸気、ヘリウム、エアロゾルが注入可能。また、SCCAは、エアロゾルの輸送挙動とガス混合現象(冷却表面に対する温度成層や過度な蒸気凝縮を含む)を調査するように設計。
FESTA	KAERI	iPWR	FESTA supports the SMART design (110 MWe), and is used to investigate integral thermalhydraulic characteristics during major DBAs, to validate the simulation capability of safety analysis codes, and the system performance of SMART-specific design features. FESTAは、安全解析コードの模擬性やSMART特有の設計のシステム性能の検証により、SMART設計を支援し、主なDBA時の熱水力学的特徴の調査に利用。
ATR	Idaho National Laboratory	SMR	At 250 MW, ATR is the world's largest, most powerful and versatile test reactor. Its unique design and thermal spectrum capabilities serve a wide range of vital missions. ATRは、世界最大、最も強力かつ多用途の試験炉で、その独自の設計と熱スペクトル機能は、幅広い重要な任務に貢献。

Annex E: PIRTs related to SMR safety (SMRの安全性に関連する重要度ランク表の例)

PIRT Title	Nation	Type of SMRs	Status	Brief Description of PIRT Focus and Availability (重要度ランク表の焦点と有用性の概要)
HTGR limiting accident PIRT	Canada	HTGR	Completed (開発完了)	Executed for a hypothetical limiting accident (with significant radionuclide releases) in a generic small HTGR. The intent was to envelope and evaluate most or all phenomena that could occur in a BDBA. 高温ガス炉の仮想事故に対して実施。設計基準を超える事故で発生する可能性のある殆どまたは全ての現象を網羅し、評価。
Molten Salt limiting accident PIRT	Canada	MSR	Completed (開発完了)	Executed for a hypothetical limiting accident (with significant radionuclide releases) for two small MSR concepts. The intent was to envelope and evaluate most or all phenomena that could occur in a BDBA. 小型熔融塩炉概念設計の仮想事故に対して実施。設計基準を超える事故で発生する可能性のある殆どまたは全ての現象を網羅し、評価。
DEC	Canada	BWR	To be started (開発に着手予定)	Development of a PIRT for DEC in a BWRX-300 to explore potential accident progression and source terms. BWRX-300のDECにおける事故進展とソースターム評価のための重要度ランク表の開発。

EGSMRの任務の見直し

CSNI Technical Opinion Paper No. 21(TOP-21)が2023年10月に発行されたことに基づく、2024年4月～2026年4月におけるEGSMRの任務の見直し

- 水冷却型SMRと革新型SMR(高温ガス炉や高速炉等)に関連するCSNIの活動を支援。
- 多くの設計に共通な安全上の課題に焦点を当て、SMRの安全性に関する知識のギャップに対して優先順位を付けるとともに、そのギャップに対処するためのCSNIへの推奨事項を提供。
- CSNIの作業部会(WGAMA、WGHOFF、WGFS等)との協力を通じて、
 - SMRの安全性や規制に関する国際情勢についての情報交換の場を提供し、新たな課題を予測して対処するためのCSNIの関連活動を組織。
 - SMRの安全性への取り組みに係る原子力規制活動委員会(CNRA)の作業部会(WGNT等)との調整・協力の場を提供。
 - SMRの安全設計を支援するために必要な実験プログラムと幾つかの主な実験装置を特定。

まとめ

- **EGSMR(SMRに関する専門家グループ)の成果物として、CSNI Technical Opinion Paper No. 21(TOP-21)を概説。**
 - EGSMR参加国の**SMRの安全性に係る4つの関心領域**を特定。
 - ✓ 1)規制の調和、2)横断的な安全課題、3)実験実施のためのキャンペーン、4)計算コードの検証と妥当性確認(V&V)のベンチマーク。
- 1回目、2回目のアンケートに対する日本の主な回答を示し、SMRの研究開発を中心とした日本の取り組みを紹介。
 - アンケートに対する日本の回答の多くは、**TOP-21**のベースとなる情報。
 - 整理した公開可能な日本のアンケート回答と付加情報を示し、**TOP-21**の記載内容の一部を補完するJAEA-Review Reportを作成した。本Reportは、今後の国際協力の議論や人材育成に役立てる計画。
 - ✓ **Takeda, T., Shibata, T., Survey on Research and Development Status of Japanese Small Modular Reactors in OECD/NEA Activities (2022-2023), JAEA-Review 2024-040 (in press).**
- **TOP-21**の発行を踏まえて見直された、2024年4月～2026年4月におけるEGSMRの任務を説明。