

日本原子力学会 熱流同部会  
熱水力ロードマップ 安全評価 SWG/熱水力 SWG 合同幹事会 (第 3 回)  
熱水力 SWG H29-30 年度幹事会 (第 6 回)  
安全評価 SWG H29-30 年度幹事会 (第 4 回)  
議事録 (案)

日時：2018 年 10 月 25 日 10：00～12：00

場所：電力中央研究所 大手町ビルディング 7 階 7 1 1 会議室

参加者： 熱水力 SWG 主査 : 守田教授 (九大)  
安全評価 SWG 主査 : 功刀教授 (京大)  
熱水力 SWG 幹事 : 逢坂 (JAEA)、中村 (電中研)、岩城 (東芝 ESS)、  
西 (電中研)、上田 (MHI) 記  
安全評価 SWG 幹事 : 宇井 (電中研)、鈴木 (エネ総工研)、西田 (JAEA)、  
中村 (JAEA)、山田 (日立 GE)、秦泉寺 (MHI) 記  
オブザーバ : 伊藤准教授 (京大、計算科学技術部会部会長)

配布資料

- 資料 0 議事次第
- 資料 1 熱水力 RM 安全評価 SWG/熱水力 SWG 第 2 回合同幹事会議事録 (案)
- 資料 2 安全評価技術マップの検討状況の溶融と課題の整理 (案)
- 資料 3-1 安全評価 技術マップ (運転時の異常な過渡、SA 炉心損傷前/後)
- 資料 3-2 安全評価 技術マップ (DBA LOCA)
- 資料 3-3 安全評価 技術マップ (MCCI)
- 資料 4 NUREG-0933, Resolution of Generic Safety Issues Section 3 New Generic Issue

議事概要

- ◇ 【全般】第 2 回安全評価/熱水力 SWG 合同幹事会(本年 9 月 6 日@岡大)以降、熱水力 SWG/安全評価 SWG それぞれが担当する技術マップ (安全評価技術マップ/旧 SA 技術マップ) を改訂するという方針で改訂作業を実施中である。今回、安全評価 SWG にて改訂作業を進めている“安全評価技術マップ”について代表的な事象の記入例が揃ったことから、主査の先生方 (安全評価 SWG : 功刀先生、熱水力 SWG : 守田先生) を交えた合同幹事会を開催し、現状の技術マップ案の記載フォーマットの妥当性や記入時の課題を議論した。
- ◇ 【安全評価技術マップ フォーマット見直し】今回の合同幹事会における議論の結果、安全評価技術マップ記載項目を表 1 に示すように見直し、代表事象 (運転時の異常な過渡変化、事故、SA (炉心損傷前/後)) を対象として技術マップを記入することとした。(目標期日 : 11 月末)
- ◇ 【影響度合いの記載方針】表 1 の「リスク」欄に記載する評価指標については、SA・過渡事象・事故で使用する評価指標 (判断条件・基準) が相互に異なることから、それぞれ独立した項目を列挙して表を整理することとした。

- ◇ 【「課題」の記載方針】「課題」の項目については許認可申請に関連する項目もあり、設置変更許可申請書の許認可解析への適用が認められた解析コードに対し、コードの有する「課題」として技術マップに記載した場合には、あたかも許認可解析への適用性に問題があるように認識されかねないことから、「課題」として挙げるのは避けたほうがよいのではないかとの意見もあった。しかしながら、①学会の立場からは学術的な視点から接する必要があること、②安全性向上の基盤構築等の観点からは今後も取り組むべき課題等の位置づけで記載した方が望ましいことから、抽出できる「課題」は網羅的に挙げて、その上で「現行許認可解析で使用している EM コードでは包絡している。」というように、解析機能や現象の相関式などを高度化しても許認可解析に影響はないということが分かるような記載を心がけることが望ましい。また、項目名を「課題」から「高度化に必要な知見・方向性」のように工夫することとした。
- ◇ 【安全評価技術マップの全体構造の再検討】資料 3-1～3-3 で示された安全評価技術マップ 1 は比較的細かい情報が整理されているとの印象があることから、このような整理の前に、コードに起因した課題等 (BE/EM コードの構造上の特徴、コードがどのように使われているか) を整理して、その上で資料 3-1 等の技術マップと関連付けるとより分かりやすい技術マップになるのではないかとの意見があった。この意味で資料 3-1 及び資料 3-3 の「技術マップ 2」で示された解析コードの特徴を網羅的に整理した技術マップを利用していくことが可能と考えられる。個票 (一件一葉) や全体との関係を考慮しながら全体構成 (ストラクチャー) を再検討することとした。
- ◇ 計算科学技術部会からの会合への参加は今後、現部会長にご参加いただくこととし、これまで参加いただいていた元部会長の方には今後、メール審議にてコメントをいただくこととした。
- ◇ 【今後のスケジュール】
  - ・フォーマットを見直した技術マップへの代表事象の記入 (～11 月末)
  - ・メールベースでの審議 (年内)
  - ・安全評価/熱水力 SWG 合同委員会 (1～2 月)

ただし、委員会開催の前に合同幹事会を開催する可能性あり。

## 議事詳細

### ○前回議事録及び進捗状況の確認

- ◇ 資料 1 を用いて安全評価 SWG/熱水力 SWG 第 2 回合同幹事会(本年 9 月 6 日@岡大)での議事内容を共有した。 幹事の方々から特段コメントはなく、議事の変更・修正点等はないことを確認した。
- ◇ 第 2 回合同幹事会以降の進捗状況として、安全評価 SWG の幹事団にて安全評価 技術マップに記載する項目等のフォーマットを検討し、運転時の異常な過渡、事故、及びシビアアクシデント事象(炉心損傷前、炉心損傷後)の代表事象を選定し、具体的に技術マップの各項目を記入するとともに(資料 3-1~3)、その結果抽出された検討・課題等を抽出した旨報告された(資料 2)。

### ○安全評価 技術マップ(ドラフト版) 検討状況と課題について

- ◇ 「課題」の項目については許認可申請に関連する項目もあり、設置変更許可申請書の許認可解析で適用されている解析コードに対し、コードの有する「課題」として技術マップに記載するのは避けたほうがよいものの、安全性向上の基盤構築等の観点から今後も取り組むべき課題等の位置づけは好ましいことから、「課題」を項目から削除するのではなく、項目名を「課題」から「高度化に必要な知見・方向性」のように工夫することで対応する方針で一致した。(OECD の国際プロジェクトでは、中国なども参加して新たな熱流動実験を計画して新知見のデータベースの充実化を図っており、日本だけが新たにに取り組むべき課題を特定できないのは本来あるべき姿とは言えない。)
- ◇ 「課題」の一例として、EM とか BE のコードの構造上の特性から絶対に解析的な予測ができない流動がある。これは規制庁が議論する最新の課題のひとつにも挙げられている。例えば、PWR の停止時に余熱除去系が機能不全に陥るとダウンカマからコールドレグへの対流という多次元的な流動が発生する場合があります、一次元の解析コードでは予測が不可能というものである。
- ◇ このような計算コード自体がもつ構造的な課題は、熱水力分野に限った話ではなく、シビアアクシデントを解析する際にも現れる問題と考えられるため、このような課題を抽出・収集し、整理しておくのが望ましい。
- ◇ 資料 3-1 等では細かい情報が整理されているが、このような整理の前に、コードに起因した課題(BE/EM コードの構造上の特徴、コードがどのように使われているか)を整理して、その上で資料 3-1 等の技術マップと関連付けるとより分かりやすい技術マップになるのではないか。
- ◇ プロセス、適用範囲、次元とモデルの問題があって、技術マップの作成者本人はこれらを認識して作成しているが、第三者的な立場の研究者・学生にはこれらの認識がない場合もあるので、このような第三者的な立場の人を念頭に置いて、「このモデルにはどのような役割があって、どのような場合に使えるのか」というような基本的な情報が必要かなと思う。
- ◇ 資料 3-1 等について、許認可に関連する「課題」は書きにくいのは分かるが、学会の立場からは、学術的な視点から接する必要があるため、抽出できる「課題」は網羅的に挙げて、その上で「現行許認可解析で使用している EM コードでは包絡している。」というような記載ができれば望ましい。高度化しても許認可解析に影響はないということが分かればよい。学会としては、全体を俯瞰した内容が盛り込まれている技術マップを作成したい。批判になっても構わないから、把握している課題をすべて書き出すことが大切。

- ◇ 熱水力 RM 報告書として出すか出さないかは別として、一度課題を記載してみて議論したほうがよい。
- ◇ 今回技術マップの構成として 2 種類用意している。資料 3-1 の「技術マップ 2」では、今議論した内容のことがまとめられたマップになっている。資料 3-1 は M-RELAP5、資料 3-3 は TRAC-M について纏めた。このぐらいの内容であれば公開情報ベースで技術マップに纏めることが可能。この表の行列に対し新たに項目を追加した方がよいものはあるか？⇒特にない。
- ◇ 資料 3-1 の「技術マップ 2」はよいと思う。今回は BE コードについて整理されたものであるが、EM コードや SA コードの場合は内容が変わってくる。各々のコードについて作成するのか？⇒Yes。
- ◇ 資料 3-1 の「技術マップ 2」の表構成（例えば、数値解析手法について）で複数コードの内容を同じ表の中で纏めることができるとよいと思う。
- ◇ **鈴木：**この表を個別コード毎に作成してその後同種コードをグループ化してまとめるとなると、コード毎に記載内容が異なってしまうことになるがどうするか？  
⇒例えば、RELAP5 はボイド率で水位を判断するが、TRAC-B は二相水位を算出する。このような情報は重要なので、表をまとめたとしてもその中にコード毎の相違点を記載しておくのが望ましい。  
⇒全体を俯瞰した表と個別コード毎の表の 2 種類を作成するのがよい。資料 3-3 には適用範囲が追加される必要がある。この相関式には、このパラメータが使われていて、適用可能なレンジは～～である、というような情報を追加することにより、必然的にコード毎に適用範囲が分かるような表になるのではないか。  
⇒コードマニュアルを見て適用範囲まで詳しい情報が載っているのは稀。
- ◇ **中村：**コンポーネントの設計に使われる所謂“設計コード”についても同表に含めることが望ましい。
- ◇ 今回安全評価 SWG から提示された表は、運転時の異常な過渡変化、LOCA、SA について整理したものであるが、SA 技術マップとのリンクは取らないのか？前回合同幹事会で決めた方針では、安全評価技術マップでは安全評価で対象とする想定シナリオから網羅性に課題を抽出し、一方の SA 技術マップではボトムアップ的に課題の内容を具体的に記載して相互に補完的な関係になることを目指す方針としたはずだが、現状の安全評価技術マップには課題が記載されていないことから、リンクが取れていない。  
⇒資料 3-1～3 は現状粗々の段階であるため、SA 技術マップとのリンクを取ることに注力できていない状況にある。一方、資料 3-2 (MCCI に関する安全評価 技術マップ案) は、課題、プロジェクト課題を記載することにより、SA 技術マップとのリンクを取ろうとしている。ただし、「課題」の記載内容については検討中である。SA 技術マップの方で「課題の現状」という項目もあることから、ここを参照することで、SA 技術マップとの紐付を行っていくのも一案と考えている。  
⇒今年度の熱水力 RM 改訂の目標は、“長すぎ/詳しすぎ”を改善し、“漏れなく/重複のない”、且つ、“見やすい”マップを目指すことでもあるから、このことを踏まえると、SA 技術マップとの対応関係の紐付方法を改めて決めておきたい。
- ◇ 解析コードを起点として課題を抽出しようとする許認可との整合性が問題になるのは避けられず、現状のような記載（「検証済みなので課題無し」等）になってしまうのは十分理解している。これを受け入れたうえでどのように課題を記載したらよいかを考えてみると、2017 年度版報告書の一件一

葉の形式で課題を纏めるのがよいのではないか？

⇒一件一葉の課題は、挙げられた課題のすべてを網羅したものではない。

⇒ということは今回の資料 3-1～3 のように纏めて、「高度化に必要な知見」という項目を設ける方針をとることになるが、それでよいのか？

⇒Yes。

- ◇ 2017 年度版 SA 技術マップは記載されている情報が古く、間違った情報も記載されているため、見直す必要がある（例えば、水素爆発の項目に記載される解析コードは、web 検索しても見出せない）。シビアアクシデントの研究は現状なかなか進まないと思われているが、実は欧州では精力的に研究が進められているものもある。研究は進められているものの課題として残っているものも多くあるので、シビアアクシデントについてはそれなりに「課題」を技術マップに書くことに意味はある。
- ◇ 技術マップの「課題」は、個々のモデルに関わるキーの現象を考えるとどのような取り組み方に課題があるかということであり、原子炉の安全性に与える影響のことではない。資料 3-2 の MCCI の課題を例として挙げれば、MCCI による水素生成が原子炉の安全性にどう影響するかは「課題」には書かれない。
- ◇ SA 技術マップは本文中に入れてアップデートする。
- ◇ 資料 3-2 (MCCI の安全評価技術マップ) では、2017 年度版基盤技術マップに挙げられた項目のうち、「安全裕度向上 (AM) 策及びその具体的方策の例」、「リスク低減の度合い」、及び「AM に伴う不確かさ」を追加しており、今回の改訂ではこれらの項目は必須と考えるが、これでよいのか？  
⇒Yes。
- ◇ 2017 年版では「有効性評価の成熟度」という項目もあるが、これは SA 技術マップで言及する項目になるかと考える。  
⇒前回の合同幹事会で配布された安全評価技術マップに似たような項目が存在していたので、今回の改訂では当該項目は SA 技術マップから削除する方向で考えている。
- ◇ 一件一葉の課題と技術マップの対応が取れていない項目もあるため、個票を作ってもっと詳しく説明する場合には、評価の方法・内容についても検討した方がよい。
- ◇ 鈴木：2017 年度版基盤技術マップには評価の度合い (大中小) の記載があり、これを安全評価の技術マップに移植する際には注意が必要である。どのような評価基準やプロセスで評価を行ったのか記載する必要がある。新たに評価を加えなければならない項目もあるため、既存の評価がそのように実施されたのか確認する必要がある。
- ◇ 学会と資源エネ庁が作ったロードマップの評価 (約 70 項目) を 0 点、1 点、2 点で点数を評価者ごとにつけてもらい、最終的に平均点を算出して重要度 (大中小) を評価した。類似のプロセスとして、WG の委員の方々に依頼して客観的に評価することができれば望ましい。ここでは、どのような指標で評価するかを考えておくことが重要。
- ◇ 評価指標 (FoM) は運転時の異常な過渡、事故、SA で変わってくるので、それぞれに応じた FoM を設定して評価する必要がある。
- ◇ 過渡、事故、SA でそれぞれ表の構成は変えることとする。  
⇒その方針でよいが、まずは全体の構造、ストラクチャーを考えて表構成を考えること。
- ◇ 中村：学生が技術マップを見て、どこに○○分野があって、どういう論文を調べて研究すればよいか

が分かるような構成にするのが理想。

- ◇ 技術マップを参照することにより、自分で課題を明確化していけるような表構成が理想。
- ◇ 今年度の熱水力 RM 改訂では、旧 SA 技術マップは安全評価技術マップから参照するようにして、最新情報をアップデートする。また、2017 年度版報告書に記載されていた旧基盤技術マップは残さないが、それをシンプル化したものを作成して目次のようなものを作ろうとしている。
- ◇ 資料 3-2 の安全評価技術マップ (MCCI) では、旧基盤技術マップに記載されていた「リスクの度合い」、「AM 不確かさ」など新しい項目を追加しているが、旧基盤技術マップは削除するのか？  
⇒基盤技術マップを削除するとして安全評価の技術マップ案を作成した。。ただ、どの位置に置いたらよいかは検討中。今の位置は座りが悪い。  
⇒違うものを無理に入れないほうがよい。
- ◇ 今までは熱水力 SWG/安全評価 SWG それぞれが担当する表を改訂するという方針で取り組んでいたが、今回の幹事会で指摘されたように、全体のストラクチャーを考えていく必要がある。ストラクチャーの検討に当たっては、作業会のような場を開催して集中した作業が必要になる可能性もある。
- ◇ 評価指標については、SA の評価項目には SA の指標が直接入れることができるが、一方で過渡事象・事故では SA とは別の評価指標が必要になることから、過渡事象・事故・SA それぞれにおいてで部分的に異なる項目を列挙して表を整理する必要がある。また、個票 (一件一葉) との関係も全体の関係を考えながら全体構成を考える必要がある。
- ◇ 「安全裕度向上 (AM) 策及びその具体的方策の例」、「リスク低減の度合い」、及び「AM に伴う不確かさ」は表右側に記載すると座りがよくなるとも考えたが、右列にはスケーリングと BEPU の項目がある。現在の知見のレベルにおいて、そもそも SA においてスケーリングなんて考えられるの？との意見もあり、右列においても座りが悪い。
- ◇ MCCI が現象論として何が起こるかを書いた上で、次にそれを抑制するために何を行うかについて書くとよいと考える。したがって、事故シーケンスの右列に AM 策を書くのではなく、「現象」を述べて、その右に「AM 策」を記載するのがよい。
- ◇ 計算科学技術部会との協力に関して、今回は元部会長と現部会長のお二方に参加いただいた。ただし、元部会長の方は専門分野が異なることもあり、会合への参加は負担が大きいと思われることから、今後は会合へは現部会長の方にご参加いただき、元部会長の方にはメール審議にご参加いただくことで良いか。元部会長の参加は今年度一杯までだが、適宜コメントを賜りたい。

表1 安全評価技術マップ フォーマット変更案

プラント状態	判断条件・基準	想定事象	事故シーケンス	熱水力現象	物理領域・機器	着目する物理量	リスク			試験設備	モデル					旧 SA 技術マップとの対応	参考文献	その他
							具体的対策	影響度合い	不確かさ		手法(コード)	重要度	成熟度 (認知レベル)	開発状況	BEPU・V&V スケーリング			
	例えば、炉心損傷に影響はあるかの観点で記載。インパクトが小さければ記載しなくてもよい。						コアキャッチャなど				○コード名 ・・・モデル ○コード名 ・・・モデル  ※EMコードをどこに書くか？		モデルの完成度、詳細度合い、適用範囲	コード名				

