

炉内状況把握に関する 活動状況について

政府・東京電力中長期対策会議
研究開発推進本部
平成24年2月27日

活動内容(1/2)

I. 背景と活動方針

- 燃料デブリの位置情報などの炉内状況の把握を目的とするが、現在の解析コードは以下の理由等により不確かさが大きく、現時点で正確な情報を得ることは難しい
 - 炉内の構造物の模擬が不十分
 - 物理メカニズムが十分解明されていない現象が多い
- 評価対象を明確化し、解析結果の不確かさの幅を縮めていく作業として解析コードの高度化を実施し、他のワーキングチーム(WT),サブワーキングチーム(SWT),プロジェクト(PJ)へ解析結果を提供していく
- 開発にあたっては、PIRT(Phenomena Identification and Ranking Table:原子力学会で素案作成中)を参照し、解決すべき項目の優先順位を明確化

活動内容(2/2)

II. 実施項目

1. 事故時プラント挙動の分析と評価

- 事故時プラントの運転操作情報及び実機計測データ等に基づき、プラント挙動の分析を行い、事故進展解析に必要な情報として整理し、解析・評価を実施する。
- 炉内状況の把握は、シビアアクシデント解析コードの結果のみならず、エネルギーバランスモデル、過渡解析コード、流体解析コード等による評価結果も参照し、総合的に検討を実施する

2. シビアアクシデント解析コード高度化


- 既存のシビアアクシデント解析コード(MAAP, SAMPSON等)についてその特徴を整理するとともに、炉内状況把握に係る適用性を評価・整理する。
- 事故時プラント挙動の分析結果や模擬試験等による評価結果、及び、炉内の調査結果等を踏まえ、シビアアクシデント解析コードの高度化(炉心の下部構造を考慮した燃料デブリの移行に関するモデル追加等)を図る

MAAP: Modular Accident Analysis Program

SAMPSON: Severe Accident Analysis Code with Mechanistic, Parallelized Simulations Oriented towards Nuclear Field

シビアアクシデント解析コードの高度化

- 前述の「1. 事故時プラント挙動の分析」、および、「2. シビアアクシデント解析コード高度化」を実施するための事故進展解析PJをエネ庁公募にて実施
- 同PJは「機構論的モデル型」と「ユーザチューニング活用型」の2つの異なるアプローチにより、幅広い観点から評価
- 「ユーザチューニング活用型」(2/15～)
 - 東芝が実施(実績のあるMAAPコードを活用)
 - 別添1参照
- 「機構論的モデル型」(2/15～)
 - エネルギー総合研究所が実施(詳細モデルを採用したSAMPSONコードを活用)
 - 別添2参照

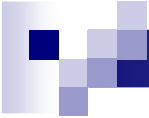


シビアアクシデント進展の詳細分析 に資する模擬試験等

- PIRTの結果等を踏まえ、シビアアクシデント解析コードの高度化に資する模擬試験等を実施（今後具体化を図る予定）

（参考）：JAEAで計画している試験等

- 圧力容器健全性評価として、高温材料特性試験及び構造応答解析
- 燃料溶融進展評価として、冷却水喪失模擬試験及び燃料溶融試験
- デブリ・コンクリート反応基礎試験
- ソースターム試験、等



情報基盤・国際協力

- 解析能力を持つ海外の機関が実施した解析結果を入手し、その結果を検討することで炉内状況把握への参考情報とする
- 質の高い解析を実施するためには、事故に関する正確な情報を提供することが必要
 - 過去に公表された情報、解析結果等を解析者が参照しやすい形でデータベース化
- 国際ベンチマーク問題の設定等、情報を得る枠組みを構築して進めることが効果的
 - 今後、国際ベンチマークを実施するための枠組みを検討
- 炉内状況把握に関する様々な活動から得られた成果はタイムリーに公表



他WT、SWT、PJとの関係

OUTPUTの観点

- 解析コードの高度化を効率的に実現するため、機器・装置開発等SWT、PCV調査／補修PJ等、炉内状態の情報を入力とする関係者のニーズ（例.デブリ位置、事故時プラントパラメータ、現在のプラント状況）を参考として開発の方向性を議論
- ニーズにあった解析結果が得られるよう、事故進展解析PJの進捗を管理

INPUTの観点

- 並行して進められる炉内の調査結果等の成果を反映し、解析モデルの高度化、解析コードの検証を実施

スケジュール

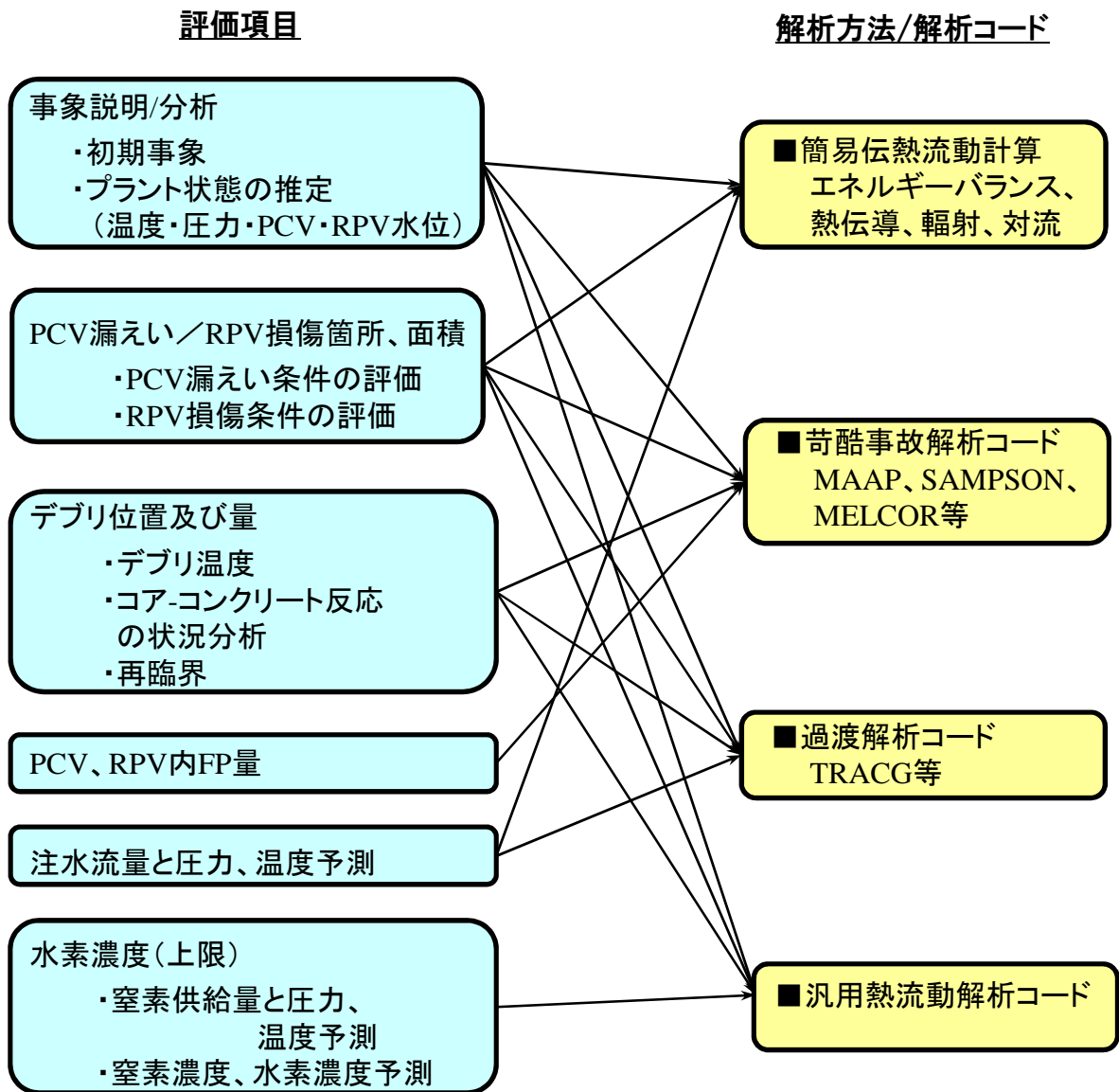
短期スケジュール

| 年度 | H23年度 | | | | | H24年度 | | | | | | | 2013 | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------------|--------------|---|---|-------|---|---|-------------|----|----|----|------|---|---|--|--|
| 年 | 2012 | | | | | | | | | | | | 2013 | | | | |
| 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | | |
| PIRT作成 (原子力学会シビアアクシデント評価研究専門委員会) | | 第1回 2/16 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 解析用データベース構築 および 提供用入力値整備 | | | | | | | | | → 国際ベンチマーク等 | | | | | | | | |
| 事故進展解析PJ | | H23年度 | ユーザチューニング活用型 | | | | | | | | | | | | | | |
| | | H23年度 | 機構論的モデル型 | | | | | | | | | | | | | | |

長期スケジュール

| 事項/年度 | 第1期間 | | | 第2期間 | | | | | | |
|----------------------|--------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| | | | | (前) | (中) | | | | (後) | |
| 1. 事故時プラント挙動の分析 | プラント挙動分析 | | | | | | | | | |
| 2. シビアアクシデント解析コード高度化 | 適用性評価 | | | | | | | | | |
| | 解析コード高度化 | | | | | | | | | |
| 3. 模擬試験等による評価 | 健全性試験/燃料溶融進展評価試験/ソースタム実験 | | | | | | | | | |

(参考) 評価項目と解析方法の関係



事故進展シナリオ把握に資する過酷事故事象解析 コード開発(ユーザチューニング活用型)

■ 事業計画(案)

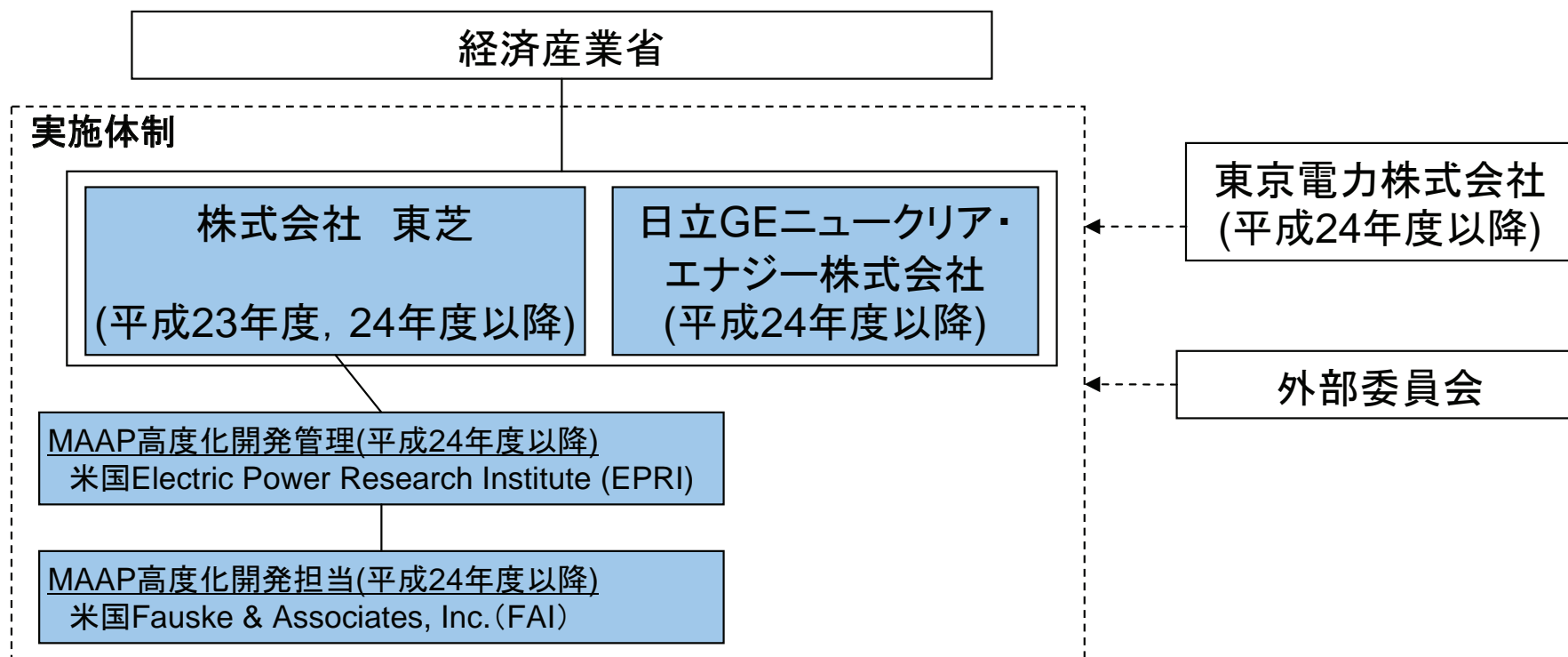
- シビアアクシデント解析コードMAAPによる福島事象進展解析に基づき、炉内の事故進展等に関わる解析モデルを整理するとともに、その課題を抽出して高度化仕様を策定する。
- 高度化仕様に基づき、コードを改良して、試験との比較等によってコードを検証する。
- 改良されたMAAPによる福島事象進展の解析を再度実施して、炉内状況の把握に資する。

実施スケジュール(案)

| 研究内容 | 年度 | 平成23年度 | 平成24年度 | 平成25年度 |
|----------------------------|----|--------|--------|--------|
| ●MAAP高度化開発計画立案 | | | | |
| ●最新版MAAPによる福島事象進展解析 | | | | |
| ●MAAP高度化仕様策定 | | | | |
| ●MAAP改良 (モデル改良及びコーディング) | | | | |
| ●コード検証 (試験との比較等) | | | | |
| ●改良版MAAPによる福島事象進展解析 | | | | |

事故進展シナリオ把握に資する過酷事故事象解析 コード開発(ユーザチューニング活用型)

■ 事業体制(案)



【役割分担】

- ・ 株式会社東芝: 事業全体とりまとめ、福島第一原子力発電所2号機、3号機の事象進展解析、開発成果レビュー
- ・ 日立GEニュークリア・エナジー株式会社: 福島第一原子力発電所1号機の事象進展解析、開発成果レビュー
- ・ EPRI: MAAP高度化開発に関する管理業務
- ・ FAI: MAAP高度化開発業務
- ・ 外部委員会: 本事業で開発したコードの適用性及び目的の達成度の総合的な評価
- ・ 東京電力株式会社: 福島第一原子力発電所の事象進展に関する情報提供

事故進展シナリオ把握に資する過酷事故事象解析コード開発(機構論的モデル型) (1/3)

事業全体計画

以下の特徴を有する機構論的モデルで構築されたSAMPSONコード*に福島事故事象の解析に必要なモデルの追加・改良等を加えて事故事象進展挙動の解析に使用する。

*SAMPSONコードの特徴:

- ✓物理現象を精緻に表現した多次元の数式・理論式で構築したモデルであり、燃料デブリの分散配置やその性状を解析するのに適している。
- ✓ユーザーが調整可能な係数を使用していないため、得られた結果に対する物理的説明性を有する。
- ✓OECD/NEA国際ベンチマーク問題等による検証を経て2002年度に完成したコード。

現行SAMPSONコードの課題

- 計算時間(CPU Time): 初期過渡事象(概ね水素爆発まで)の解析に約2カ月超。
- 入出力インターフェース: 未整備。開発当事者は使えるが、初心者は28,000行に及ぶ入力データファイルの作成に多大の時間を要する。出力結果の図表表示機能がない。
- 解析モデル:
 - ・炉内構造物は健全であること、圧力容器外側は断熱であることを前提としたモデル構成。
 - ・炉心冷却システム機器は定格条件での作動が前提(部分負荷モデルがない)。
 - ・物理モデルは10年以上前に完成したものであり、現時点で陳腐化しているモデルがある(かも知れない)。

全体スケジュール

| 主な実施項目 | 第1期 | | 第2期 | | 第3期 | |
|------------------|--|-------|---|-------|---|-------|
| | H23年度 | H24年度 | H25年度 | H26年度 | H27年度 | H28年度 |
| 新規モデル追加 | 炉内構造物損傷評価、圧力容器放熱、炉心冷却システムの部分負荷運転、等のモデル | | | | | |
| モデル改良 | 炉内熱流動モデル | | 格納容器内熱流動モデル、物性値 | | | |
| 計算時間短縮 | 倍精度化、収束性向上 メッシュ最適化 30%短縮 | | アルゴリズム最適化、並列化効率向上 MELCOR相当 | | 実時間以下 モデル簡易化 | |
| ユーザー インターフェース | 入力データ作成支援、 グラフィックユーザーインターフェース(GUI) | | GUI改良版 | | | |
| 解析・評価 | 現行SAMPSONIによる解析 前年度までの改良を反映した解析により成果を検証 | | | | | |
| 実施委員会 による評価 | △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ △ ・外部専門家による実施計画、実施内容、成果、目標達成度、等の客観的評価 ・新たに得られた知見等によって、実施計画も柔軟に変更 | | | | | |
| 各期の主要成果 | 炉心シュラウドの変形/損傷を考慮し、デブリの移行挙動を把握。圧力容器温度の実測値との比較により、コード検証。 | | 炉心冷却システムの部分負荷運転等を考慮し、詳細なデブリ移行挙動を再評価。格納容器挙動を含めた実機実測値による検証。より正確な解析のためのモデル改良点抽出。 | | 最新知見を反映して改良・高度化した解析により、デブリの移行挙動、プラント各機器の損傷状況を詳細かつ現実的に評価【本事業の最終成果】 | |

| | |
|------------------|--|
| 技術調査 | ✓解析技術の調査(最新解析モデル、SAMPSONコードの位置づけ、等) ✓シビアアクシデント実験の調査(改良したコードの検証解析への適用性) ✓現行SAMPSONの課題抽出(ユーザーの立場から要改良点を抽出) |
| 新規モデル追加 | ✓炉内構造物損傷評価モデル(炉心シュラウド等の変形/損傷の可能性評価) ✓圧力容器放熱モデル(圧力容器温度実測値との比較を可能とする) |
| 計算時間短縮 | ✓SAMPSONコード全体の倍精度化(64ビットマシンの有効利用) ✓収束性向上(繰返し計算の効率を上げ、解の発散による計算停止を防止) |
| ユーザー インターフェース | ✓テキストベースによる入力データ作成の支援(入力データファイルは28,000行) ✓グラフィックユーザーインターフェースGUIの導入(プロトタイプ版) |
| 解析・評価 | ✓公開情報に基づく解析:機器の運転操作等の詳細は推定して事故事象進展挙動を解析し、デブリの移行挙動(デブリの存在位置と量、性状等)の概略を把握。 ✓入力データ作成のための要求項目リスト作成(機密情報開示請求のため) |

