

# 原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

## 第242回

平成27年6月23日（火）

原子力規制委員会

原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合

第242回 議事録

1. 日時

平成27年6月23日（火） 10：00～14：47

2. 場所

原子力規制委員会 13階 会議室A

3. 出席者

担当委員

更田 豊志 原子力規制委員会 委員長代理

石渡 明 原子力規制委員会 委員

原子力規制庁

櫻田 道夫 原子力規制部長

山形 浩史 安全規制管理官（PWR担当）

青木 一哉 安全規制管理官（BWR担当）

森田 深 安全規制管理官（地震・津波安全対策担当）

内藤 浩行 安全管理調査官

小野 寛 首席技術研究調査官

忠内 厳大 管理官補佐

川崎 憲二 課長補佐

市川 涼子 主任技術研究調査官

工藤 義朗 主任技術研究調査官

杉山 智之 原子力規制専門職

秋本 泰秀 安全審査官

池田 隆文 安全審査官

小林 貴明 安全審査官

近田 啓 安全審査官

沼田 雅宏 安全審査官

## 中部電力株式会社

増田 博武	執行役員	原子力本部	原子力部長			
鶴来 俊弘	原子力本部	原子力部	部長			
川井 貴弘	原子力本部	原子力部	課長			
後藤 晃	原子力本部	原子力部	業務グループ	部長		
奈良間 雄	原子力本部	原子力部	運営グループ	専門部長		
原田 健一	原子力本部	原子力部	運営グループ	副長		
石井 宏武	原子力本部	原子力部	運営グループ	主任		
竹山 弘恭	原子力本部	原子力部	安全技術グループ	長	(部長)	
中西 宣博	原子力本部	原子力部	安全技術グループ	課長		
若山 靖記	原子力本部	原子力部	安全技術グループ	課長		
泉 祐志	原子力本部	原子力部	安全技術グループ	副長		
涌永 隆夫	原子力本部	原子力部	設備設計グループ	長	(部長)	
藤井 秀	原子力本部	原子力部	設備設計グループ	副長		
大石 健	原子力本部	浜岡原子力発電所	危機管理部	総括管理課	主任	
佐合 優一	原子力本部	浜岡原子力発電所	プラント運営部	原子燃料課		
仲村 治朗	発電本部	土木建築部	部長			
中川 進一郎	発電本部	土木建築部	原子力土建グループ	長	(部長)	

## 東北電力株式会社

小保内 秋芳	火力原子力本部	原子力部	副部長			
阿部 正信	火力原子力本部	原子力部	原子力技術課	課長		
田中 晃	火力原子力本部	原子力部	(原子力技術)			
木村 伊市	火力原子力本部	原子力部	(原子力技術)			
森島 祐介	東通原子力発電所	技術課				

## 東京電力株式会社

川村 慎一	原子力設備管理部長					
大山 嘉博	原子力設備管理部	原子炉安全技術グループ	課長			
喜多 利亘	原子力設備管理部	原子炉安全技術グループ	課長			
上村 孝史	原子力設備管理部	原子炉安全技術グループ	副長			
水野 聡史	原子力設備管理部	原子炉安全技術グループ				

## 中国電力株式会社

山本 直樹 電源事業本部 専任部長（原子力管理）  
岡 均 島根原子力発電所 技術部（技術）課長代理  
村上 幸三 電源事業本部 副長（原子力安全）  
山本 秀樹 電源事業本部 専任係長（原子力安全）

## 株式会社グローバル・ニュークリア・フュエル・ジャパン

金子 浩久 炉心設計部 チーフスペシャリスト（設計開発ユニットリーダー）  
民谷 正 炉心設計部 チーフスペシャリスト  
平野 靖 炉心設計部 チーフスペシャリスト  
松井 あすか 炉心設計部

## 日立GEニュークリア・エナジー株式会社

香田 容 原子力制御計画部 技術参事  
佐藤 孝一 原子力制御計画部 計装制御計画グループ 主任技師  
安田 賢一 原子力計画部 原子炉計画グループ 主任技師

## 株式会社東芝

本谷 朗 原子力安全システム設計部 安全システム技術第一担当 主査  
井上 史章 原子力安全システム設計部 安全システム技術第一担当 主務  
福永 崇紀 原子力安全システム設計部 安全システム技術第一担当 主務

## 4. 議題

- (1) 中部電力（株）浜岡原子力発電所3号機に係る申請の概要について
- (2) 東北電力（株）女川原子力発電所2号機、東京電力（株）柏崎刈羽原子力発電所6・7号機、中部電力（株）浜岡原子力発電所4号機及び中国電力（株）島根原子力発電所2号機の重大事故等対策の有効性評価に係るシビアアクシデント解析コードについて
- (3) その他

## 5. 配付資料

資料1 浜岡原子力発電所3号炉新規規制基準適合性に係る申請の概要について  
資料2-1 重大事故等対策の有効性評価に係るシビアアクシデント解析コードについて

て

資料 2-2 重大事故等対策の有効性評価に係るシビアアクシデント解析コードについて（第 3 部 R E D Y）

資料 2-3 大事故等対策の有効性評価に係るシビアアクシデント解析コードについて（第 4 部 S C A T）

資料 2-4 解析コード（T R A C G）説明資料（参考資料）

## 6. 議事録

○更田委員 それでは、原子力発電所の新規制基準適合性に係る審査会合、第242回会合を開催します。

本日は、午前から午後にかけて中部電力浜岡3号機、それから、東北電力女川2号機、東京電力柏崎刈羽6・7号機、中部電力浜岡4号機、中国電力島根2号機について議論を進めていきます。

まず最初は、先ほど申請のありました中部電力浜岡3号機の申請の概要についてということで、石渡委員とともにその申請内容の概略を聞いていくことになります。

それでは、中部電力、説明を始めてください。

○中部電力（増田） 中部電力の増田でございます。

浜岡3号機につきましては、これまで新規制の適合を検討してまいりましたが、この度、その方針がまとまったことから、先週の16日に原子炉設置変更許可申請書を提出いたしました。

3号機につきましては、現在審査をいただいております4号機と設備仕様はほぼ同様でございます。したがって、新規制基準適合のための設計方針も基本的に同じでございます。これらの方針等につきましては、4号機と同様、今後の審査の中でしっかりと説明してまいりますので、よろしく願いいたします。

それでは、申請の概要につきまして、原子力部の鶴来、それから、土木建築部の仲村から説明をいたします。

○中部電力（鶴来） 中部電力の鶴来でございます。

資料1を御覧ください。表紙のところに点線で囲ってある内容ですが、今、増田が言ったとおりで、本資料は、ほぼ1年前の4号炉の申請の概要の資料をもとに、その資料を相違点を明示する形で作成しております。

変更箇所につきましては下線等で示すとともに、主な内容につきまして、右上の四角の中に簡単に記載してございます。本日は4号との概要の違いについてを中心に御説明させていただきます。

1枚めくっていただきまして、2ページ目でございます。3号機の位置を明示しております。4号機の西側に、原子炉建屋、補助建屋を海側としまして、タービン建屋を山側ということで配置してございます。

もう1枚めくっていただきまして、3ページでございます。3号機は4号機よりも運転開始時でおきまして約6年長いこととなります。

詳細は次の4ページを御覧ください。3・4号機の主な仕様でございます。上段のほうにありますBWR-5、格納容器はMark-Iの改良型でございます。原子炉の熱出力は一緒でございます。電気出力が若干4号のほうが高いこととなります。それは一番下のタービンのほうで、4号は湿分分離加熱器ということで、効率が少し高くなっておりますので、その分、電気出力が高いという状態でございます。

その他の設備の違いでございますが、下の欄、PRポンプの回転数の制御方式が、4号機の場合は静止型の周波数の変換になりますが、3号機は従来型の発電機と電動機を流体継ぎ手で介した状態で、流体継ぎ手の油の量をかげんして制御をしております。

主蒸気逃がし安全弁の個数ですが、4号機は合理化をしておりますので、3号機より3弁少ないという状態でございます。タービンバイパス容量につきましては、3号機は25%。それから、復水の貯蔵方式につきましては、4号機は原子炉建屋の中の貯槽でしたけれども、3号機は屋外のタンクということになります。

引き続き、申請の概要を御説明します。

○中部電力（仲村） 中部電力の仲村でございます。

6ページ目を御覧ください。耐震・耐津波機能について説明いたします。

7ページ目を御覧ください。敷地周辺の活断層評価でございます。申請では4号炉の申請の評価と同じ形にしておりますが、海域の追加調査などを含めまして、現在4号炉で審査をいただいているところでございます。

8ページ目を御覧ください。敷地内の断層活動性評価でございます。4号炉の申請後、敷地内及び敷地近傍にて拡充調査を行っており、その結果を反映してございます。この調査結果も含めまして、現在、4号炉で審査をいただいているところでございます。

9ページを御覧ください。敷地における地震動の増幅特性でございます。基本的な考え

方は4号炉と同様でございます。5号炉側の増幅が見られる観測点と、4号炉・3号炉側で増幅が見られない観測点をもとに、増幅の有無を検討いたしまして、施設ごとに適用する基準地震動を設定して耐震設計を行っております。

4号炉では、4号炉取水層周りの溢水防止壁の一部東側が、5号炉の増幅側に設置されておりました。3号炉設備につきましては、5号炉増幅側には設置されているものはございません。

また、敷地全体にわたる供用設備であります防波壁につきましては、5号炉増幅側に設置されている部分については、増幅を考慮した地震動 $Ss2$ を適用して耐震設計を行っております。

10ページを御覧ください。基準地震動の検討・策定でございます。南海トラフのプレート間地震などをもとに、検討用地震や不確かさの考え方について検討をしておりますが、4号炉と同様でございます。詳細な説明は割愛いたします。

11ページを御覧ください。基準地震動の応答スペクトルでございますが、こちらについても4号炉と同じ評価でございます。増幅が見られない地点での地震動と、増幅が見られる地点での地震動 $Ss1$ 、 $Ss2$ と2種類の基準地震動を策定しております。

また、震源測定せず策定する地震動でございますが、加藤スペクトルのほかに、先行サイトの審査実績を踏まえまして、留萌の地震も考慮しております。

12ページ目を御覧ください。原子炉建屋の基礎地盤等の安定性評価でございます。申請では3号炉の評価結果を反映しており、すべり安全率など、評価基準値を満足していることを確認しております。

13ページ目を御覧ください。耐震設計でございます。こちらのほうは4号炉と同様でございます。なお、耐震裕度向上工事の工事の例でございますが、4号炉の例をここでは示しております。

14ページ目を御覧ください。基準津波の検討策定でございます。こちらのほうも4号炉と同様でございます。南海トラフのプレート間地震等をもとに不確かさを考慮するなど、基準津波の評価をしております。

15ページ目を御覧ください。津波評価の結果でございます。沖合10km地点での基準津波、また、防波壁前面での入力津波については、4号炉の評価と同様でございます。

水位上昇側の3号機の取水槽でございますが、こちらのほうは取水槽を取り囲む溢水防止壁の高さが標高10mということでございますが、その10mに対して取水槽の水位が下回っ

ていることを確認してございます。

また、水位下降側につきましても、3号炉取水塔付近での評価を行いまして、取水塔の飲み口レベルを考慮して、取水に影響がないことを確認しているということでございます。この点についても詳細は今後の審査において説明してまいります。

16ページ目を御覧ください。耐津波設計でございます。設備の違いにより、浸水防護重点化範囲について4号炉と3号炉で一部異なる点がございしますが、基本的な考え方は4号炉と同様でございます。

17ページ目を御覧ください。津波防護施設などの設置状況でございます。津波防護施設であります防波壁でございしますが、既に標高22mまでの設置が完了しておりまして、至近の設置状況の写真をここではおつけしてございます。

18ページ目からは、設計基準対象施設でございます。

19ページ目を御覧ください。自然現象のうち、火山に対する影響評価でございます。こちらにつきましても、検討対象の火山の抽出、検討対象の火山に対する立地評価、影響評価等につきまして、4号炉の評価と同様としてございます。

ここで説明者、交代いたします。

○中部電力（鶴来） 中部電力の鶴来でございます。

それでは、20ページ目お開きください。引き続き設計基準対象施設について、こちら竜巻の影響評価でございます。基準竜巻、設計竜巻の設定に関しては4号機と同じで、設計竜巻の最大風速を100mとして設定しております。

違いは、竜巻防護施設のところに下線で書いてありますが、4号と3号の設備の違いで、補助建屋をつけ加えていること、あと、先ほど言いました、貯槽が屋外にありますので、復水タンク、逆に4号機で海水熱交換器を建屋の中に入れております熱交換器建屋と、今回3号、軽油タンクを当初から地下化で計画をしておりますので、この熱交換器建屋と経路タンクが竜巻防護施設から外れております。

設計評価及び対策につきましては、まだ4号のほうで審査していただいておりますが、基本的な考え方は4号と同じでございまして、対策の例としまして、海水ポンプ周りの飛来物防止対策が必要と考えております。

21ページ目を御覧ください。外部火災に対する影響評価でございます。こちらにつきましては、4号機ときはイメージで防火帯の位置を示しておりましたが、4号の審査の進捗の中で、最新の防火帯の位置が現時点で決定しておりますので、その最新の防火帯の位置



を反映してございます。

それから、下線の危険物タンクの火災につきましては、これは4号でも当然審査をしていただいておりますが、ちょっと4号の申請の概要のときに書いておりませんでしたので、記載の充実を図っております。内容については、項目の増減はございません。

22ページ目を御覧ください。内部溢水対策でございます。こちらについても基本的に、敷地の中の建屋の中の放射能を外に漏らさない、それから、水による、溢水による安全の機器が没水しない等の評価をしております。

変更箇所につきましては、流出防止の例としまして、放射性物質を含む溢水の建屋外への流出防止ということで、4号機の当初のときは管理区域外への放出ということで書いておりましたが、その後の審査の中で建屋外ということで考え方を変更しておりますので、そちらを反映してございます。

23ページ目を御覧ください。内部火災対策でございます。こちらについては考え方は4号と一緒にございますので、変更はございません。

24ページ目以降が、重大事故等対象施設の御説明になります。

25ページ目を御覧ください。原子炉停止機能に係る対策としまして、代替制御棒挿入系、再循環ポンプトリップ系、ほう酸水注入系、こちら4号と同じでございます、既に設置済みのものでございます。

26ページ目を御覧ください。炉心冷却に係る対策のうちの高圧の冷却機能でございます。

こちらの設備構成につきましても、4号と同じでございます、左側の緊急時の高圧炉心スプレイ機器冷却空冷式熱交換器、こちらは3.11以降に設置したものでございまして、4号機と考え方は同じでございます。

違いは設備構成の違いということで、具体的には、復水タンク槽が復水タンクに変わったということでございます。

27ページ目を御覧ください。こちらは先ほど言いました空冷式の熱交換器の写真でございます。3号機の写真に変えております。同じように、3号機の原子炉建屋の角の位置に、中間階の屋上に設置しております。

28ページ目を御覧ください。こちら原子炉の減圧機能でございます。こちらの設備構成につきましても、4号炉と同じでございます、原子炉自動インターロック、可搬型蓄電池ほか、構成は同じでございます。

29ページ目を御覧ください。こちらは低圧時の冷却機能ということで、補給水系、高圧

炉心スプレイ系、緊急時の高圧炉心スプレイ機器冷却水等、4号機と同じでございます。3号炉の設備構成としておりますので、先ほどの水源が復水タンク、それから、後でも御説明しますが、4号は自分の号炉の取水槽でしたけれども、3号炉につきましても、3号炉の取水槽と4号炉の取水槽も近いものですから、そちら両方を水源として考えております。

30ページ目を御覧ください。こちらから格納容器の健全性維持の対策としまして、最終ヒートシンクへ熱を輸送する機能としまして、緊急時海水取水系と格納容器フィルタベント系と二つございますが、緊急時海水取水系につきましても、こちらの絵に示すとおり、4号炉と構成は同じでございます、図は3号炉の絵を示しております。取水槽を海底トンネルの連携管でつないでおりますが、その途中から分岐しまして、耐震のクラスの高い部屋の中に海水系の取水ポンプを設置してございます。

31ページ目を御覧ください。こちらは写真を示しまして、現在、既に建物、それから、機器については据えつけておりまして、試運転待ちになっております。

32ページ目を御覧ください。こちら、最終ヒートシンクへ熱を輸送する系統のうちの格納容器フィルタベント系の絵を示しております。4号炉と基本的に同じでございます、地下式のベントフィルタ容器、それから、排気は100mの排気筒、こちらはもちろん3号機の排気筒でございます。

4号の当初の申請時からの違いとしまして、ドライウェル、サプレッションチェンバからの隔離弁が当初3弁で設計をしておりましたが、その後の詳細設計により操作性を考えまして2弁化にしております。3号では当初からその設計を反映して、2弁化ということで記載は変更しております。

33ページ目を御覧ください。格納容器を冷却する機能でございます。こちらについては、格納容器代替スプレイと原子炉ウェル注水系ということで、水源の違いが4号から3号変更がございます。こちらは先ほど来の説明と同じでございます。

34ページ目を御覧ください。こちら格納容器の過圧破損を防止する機能としまして、フィルタベントと、その緊急時の窒素封入系ということでございます。こちら先ほどの説明と同じになります。フィルタベント後のまた水素が配管の中に残るのを除去するための緊急時窒素封入、こちらと同じでございます。真ん中の欄にフィルタベントの設備概要がございますけれども、こちら仕様、それから、機能、能力とも4号機と同じでございます。

35ページ目を御覧ください。格納容器下部の熔融炉心を冷却する機能、こちらにつきましても4号機と同じように、補給水系と余熱除去系の格納容器スプレイ冷却モード等から

構成されております。水源の違いは同じでございます。

36ページ目を御覧ください。水素爆発による格納容器の破損防止、こちらにつきましては、フィルタベントとセットであります緊急時の窒素封入系、こちら先ほど来の設備と同じでございます。

37ページ目を御覧ください。水素爆発による原子炉建屋の損傷を防止するという事で、当社の場合は可燃限界までは水素ガス濃度を検知しまして、非常用ガス処理系で排気筒から放出するという事で水素を除去いたします。

4号との違いは、フィルタユニット等ですね、4号で合理化されておりますが、3号は一部配管の共用部分以外は2系列でございます。

38ページ目を御覧ください。燃料プールの冷却機能でございます。こちらについても常設の燃料プールの冷却配管を使いまして、可搬型ポンプ等で注水する、あるいは、オール可搬で燃料プールに水を投入するという設備構成は同じでございます。水源が4号と3号の違いを表記してあります。

39ページ目を御覧ください。原子炉外への放射性物質の拡散を抑制する機能としまして、可燃限界を超える大量の水素が放出が懸念される場合は、原子炉建屋の壁のパネルをあけて外に放出すると。その際には、下から放水で、その外に逃げてくる放射性物質を、環境にできるだけ放出しないように叩き落として、さらに、その水を海洋に流れないようにせきとめるということで、汚水防止膜を設置します。この考え方は一緒でございます。

違いは、3号機の場合は、放出した水は2号炉の取水槽にも流れ込むと考えておりますので、2号と3号に汚水・汚濁防止膜を設置する予定でございます。

40ページ目を御覧ください。代替水源の確保としまして、代替水源として3号機で想定しているものは、4号機で想定したものに加えまして、他号機、この場合は4号炉の取水槽も水源として期待しております。

41ページ目を御覧ください。高台にある共用緊急時淡水貯槽の写真を示しております。4号の申請の概要のときは、中がまだコンクリートを打つ前の骨組みというか、鉄骨を組んである状態でしたけれども、現在は既にほぼ完成しておりますので、その写真を示しております。

42ページ目は、これまでの水源の構成のまとめでございます。割愛させていただきます。

43ページを御覧ください。電源の供給手段のうちの常設の部分でございます。

こちらについては、絵については全く4号のときと同じでございますが、3号の左側の母

線のところを少しちょっと詳細に記載してあります。ガスタービンにつきましては、各号炉の母線に2個ずつつながりますけれども、4号のときに6台で使うということで、今回は3号もその6台を共用するという考え方でございます。6台にすることによって裕度が稼げるということでございます。号炉間の電力融通回路、こちらについては名称を基準の名前に合わせただけの変更でございます。

44ページ目を御覧ください。現在の緊急時ガスタービン発電機及び電気設備の写真を示しておりまして、44ページは緊急時ガスタービン発電機建屋の写真でございます。

右側にあります緊急時ガスタービン発電機、これは車の上に乗っかっていますけれども、こちらがこの建屋の中にもう既に配備されております。

建屋は免震構造でございます。

45ページ目が緊急時電気品建屋ということで、これも3・4号共用ということで今回申請させていただきました。写真は、まだ片づけは終わっていませんけど、こういう状態で現在工事が進んでおります。

46ページ目を御覧ください。電源のうちの可搬型設備でございます。

こちら設備構成は4号機と全く同じでございますして、4号機と同じ物が3号機にもあるという考えで結構でございます。

47ページ目を御覧ください。その他関連機能ということで、まず屋外の監視としまして、中央制御室から建屋の外の状況を監視できるカメラを設置するというので、4号のときには建屋に監視カメラを置きまして、津波等の襲来を見るためのカメラで、さらに3号の排気筒、これは山側にありますので、山側を見るための監視カメラということで二つを考えておりました。

4号の当初の申請の概要では、この3号の排気筒のカメラの絵がちょっと描いてなかったもので、ちょっと変更になっておりますが、当初からこちらは考えておりました。

それから、中央制御室の居住性につきましては、4号機と同じような考え方でございまして、遮蔽の評価をした上で、フィルタベント時にはプルーム通過中は待機できるように待機所を設置するというのでございます。

48ページ目を御覧ください。緊急時対策所です。こちら4号の当初申請のときには、既設の免震棟と耐震構造の増築棟とあわせて緊対所ということで申請させていただきましたが、その後の審査において、基準の適合性を考えまして、耐震構造の増築棟のみとさせていただいておりますので、3号は当初からこちらのみということで、原子炉建屋との距離

は記載のとおりでございます。こちらにつきましても、被ばく100mSvを超えない見込みを既に把握しております。

49ページ目を御覧ください。こちらから重大事故等に対処する技術的能力ということで、まず、体制ですけれども、昨年7月に緊急時の体制を見直しております。福島事故の経験を踏まえまして、班・役割の充実等を図っております。

それから、可搬型の設備の保管場所ですが、4号の当初のときは、この東側、図で言うと、右側の丸い場所がもうちょっと上のほうにあったんですけれども、審査の状況を踏まえまして、防火帯の中に設置したほうがいだろうということで、4号のほうで審査の中で御説明しておりますが、その位置を反映して、ちょっと海側のほうに位置を変更しております。

50ページを御覧ください。技術的能力のうちの手順書、それから、教育・訓練でございます。教育・訓練の写真を最新に変えている以外、変更はございません。

51ページ目を御覧ください。有効性評価でございます。こちら内容については4号と同じで、矢印の下ですが、3号に対して行ったPRAの知見から、事故シーケンス及び格納容器の破損モードにつきましては、基準の解釈で決めるシーケンスに加えまして、4号のときに御説明した「津波浸水による全注水機能喪失」を追加でしましたけれども、3号も同じでございます。参考にPRAの実施結果を下線で示しております。

52ページを御覧ください。こちらはPRAの結果から得られましたプラントの特徴と、それに対する主要な対策ということで、先ほど言いましたとおり、4号と結果はほぼ変わりませんので、ここの記載内容も同じでございます。

53ページ目を御覧ください。こちら炉心損傷防止対策の有効性評価のまとめでございます。4号炉と若干設備の違いが、当初、最初に御説明しましたとおりありますので、若干、結果が変わっているところはありますが、判定値に対しては判定値内ということでございます。

あと、使用した解析コードにつきましては、SAFERを4号の審査の結果を反映しまして追加してございます。

54ページを御覧ください。格納容器破損防止対策でございます。こちらにつきましても4号と同じような結果が出ております。

最後に、55ページ目ですけれども、燃料プールの燃料破損防止対策と、運転停止中の原子炉の燃料破損防止対策の有効性評価の結果につきましても、ほぼ同様の結果でございます。

す。

説明は以上でございます。

○更田委員 今日のところは概略ですけども、現時点で確認をしておくことがあれば。

青木さん。

○青木管理官 規制庁、青木です。

現在審査中の4号機との関係をちょっとはつきりさせたいんですけど。今の御説明で、今回の3号の申請で4号機と共用する部分があったりとかですという御説明がありました。今現在審査を進めている4号機側のほうでは、当然、4号機単独で稼働することを前提とした評価になっていますけれども、これはもう別申請としてお出しいただいているので、4号の審査はあくまで4号機単独で、3号機はいずれ4号機が運転していることを前提に、追加で3号機を許可をとっていることで、2段構えの申請をされているという理解で、先行の許可申請に対しては影響を及ぼさないという理解でよろしいですか。そこを1点確認させていただきます。

○中部電力（鶴来） 中部電力の鶴来でございます。

おっしゃるとおりでございます。現在4号は、3号及び5号が停止状態における審査をしていただいております。

今回、3号の申請を出すときに、4号を優先して審査していただきたいという文書を、あわせて出させていただいております。この4号の審査が進みまして、4号が許可をいただいた段階におきまして、先行炉の例でいきますと、3号が運転停止状態、つまり、燃料装荷がされていない状態という前提での許可をいただくということになると思いますので、許可をいただいた後に、改めてこの3号の燃料装荷をしないという前提を削除させていただいた申請——再申請になるか、補正になるか、取り下げ、再申請になるかは別としましては、そういう手続をさせていただいた後、3号と4号運転状態における審査を、3号の審査の中でやっていただきたいと考えております。

○青木管理官 規制庁、青木です。

わかりました。そうすると、現在審査中の4号炉が運転していることを前提とした、3号機の審査をしなければならないことになると思うんですけど、まだ審査中で許可も出ていませんので、それを前提とした評価を今お伺いしても、ちょっと時期尚早かなという気がしますので。実質的にこのお話をお伺いするのは、まだまだ先かなというふうに思っておりますので、以上コメントです。

○中部電力（鶴来） 中部電力の鶴来です。

了解いたしました。

○更田委員 よろしいですか。

改めて言うまでもないでしょうけど、今のお話に沿えば、今、既に先に申請をされている4号機、3号機を考えない、4号機の審査をまず進めて、4号機の許可に至った段階です。ですので、3号機に係る実質的な審査というのはそれからになるという、まだ途中での確認行為等々マイナーなことが場合によってはあるのかもしれないけど、実質的には4号機の審査が過ぎてからということで、相互の理解は一致していると思いますけども。

森田さん。

○森田管理官 地震・津波担当の森田ですけれども。

ちょっと防潮堤についてお聞きしたいんですが、津波防護施設17ページにありますけれども。これは4号機でも審査はまだここまで行っていませんけれども、この防潮堤の洗掘に対する設計は評価はされていらっしゃるのかどうか。特に、その洗掘というのは、防潮堤を越流した場合の敷地内側に対して、基礎の洗掘がどうかということと、それから、この地中に埋まっている基礎ですね、基礎の下の砂地盤が洗掘されるおそれはないのかどうかというところの評価ができていますのかどうかをお聞きしたいんですけども。

○中部電力（仲村） 中部電力の仲村でございます。

万一、津波がこの防波壁を越流して敷地側に入ってきた場合ということでの、敷地側の洗掘に関する御質問かと思えますけども、17ページのところに絵がありますように、防波壁の底板のところはコンクリートになっているということと、その敷地側のほうもアスファルトを敷く等ですね、波によって洗掘しにくいような対策をとっておりますので、万一、防波壁を越流した場合でも、防波壁周辺が洗掘されにくい構造になるよう、設計上の配慮をしているところでございます。

○森田管理官 あと、16ページですか、16ページに断面図的な模式図が描いてあるんですけど、防波壁は、実はこの3号炉はその取水槽に近いところに防波壁があって、もし越流を考えると、この取水槽溢水防止壁、つまり取水槽の中から外に溢水するのを防止するための壁が存在しているわけですけど、越流した津波によって、この防止壁が破壊されるというおそれはないですか。

○中部電力（仲村） 3号炉の取水槽の周りに溢水防止壁がございまして、そこに関しても、地震力や津波による波力も考慮して、この溢水防止壁の設計をしておりますので、ま

た、今後の審査の中で、その波力の設定の考え方、評価等については、詳しく説明していきたいと思います。

○森田管理官 この3号・4号はやらせていただきたいと思いますが。

それから、さっき私が質問したのは、その防波壁の下部溝ですね、その基礎がこれ砂地盤の上に建っていると思うんですけども、そこを下を回り込む水の流れることができないかどうかですね。

これ、津波が来ると、この砂の深底というか、海拔に沿ったその砂丘の中に十二、三mの水がたまることになるわけですけど、その水圧によって基礎が洗掘されて不安定になるようなことはないかどうか。それも今後の観点になると思いますが、その基礎の安定ですね。これ、何か連続地中壁でつくられているんだっけ、基礎は。

○中部電力（仲村） はい。基礎は連続地中壁による基礎で、岩盤の中に根入りするような構想になっているということと、今、森田さん言われるように、ヘッド差がついたことによるボイリングだとか、そういったことも予想はされますので、細かく書いてございませんが、施工中のシートパイルを残置するなど、ボイリングに対しての検討もしておりますので、そういった配慮のもとに防波壁の設計をしているということでございます。

○森田管理官 はい、わかりました。ありがとうございます。

○更田委員 ほかにありますか。

櫻田部長。

○櫻田部長 規制庁の櫻田です。

ちょっと事実関係の確認をさせていただきたいところが幾つかありまして、先ほど、3号と4号の申請の関係について議論がありましたが、3号の設計をしていって、それが4号の設計に影響をもたらすみたいな、そういうことがないかという趣旨での確認です。

今回御説明いただいたものの中で、4号の資料と違うところというのをハイライトしてもらっているんですけども、16ページを見ると耐津波設計のところ、真ん中辺りに浸水防護重点化範囲の設定というところで、補助建屋とフィルタ室というのが下線が引かれています。

それから、右下のほうを見ると、原子炉建屋の中の軽油タンク室とか燃料移送ポンプ室とかというのが、これも引かれています。

それから、20ページを見ると、竜巻の防護設備として左下のほうですけども、補助建屋、復水タンク等となっていて、そこに下線引かれています。復水タンクは、もともと屋内設



備が屋外設備になったという、わかりやすいんですけど、そのほかの補助建屋とか、フィルタ室とか、あるいは、軽油タンク室、燃料移送ポンプ室というところは、4号とは違いがあってこうなっているのか、それとも、ちょっと4号の審査の中では、もう、そういう反映をするということになっているのか、その辺ちょっと事実関係を説明してください。

○中部電力（鶴来） 中部電力の鶴来でございます。

今、櫻田さんに御指摘いただきました設備の違いは、具体的には4号の場合と3号の場合で、補助建屋の機能が、中央制御室が補助建屋あるということ、それから、フィルタ室につきましては、3号機が下流ストレーナ室が屋外に出ているということで対象となるという整備の違いによるものです

以上です。

○櫻田部長 わかりました。原子炉建屋の中の軽油タンク室とか燃料移送ポンプ室についてはわかりますか。

○中部電力（湧永） 中部電力の湧永でございます。

ここに書いてある軽油タンク室、燃料移送ポンプ室は、4号機申請においては当時屋外タンクで屋外のポンプで申請させていただきましたが、設計進捗に伴いまして、タンクは地下化、ポンプについても地下室に設置するというので、3号は当初からその計画で進めるということで、今回改めてここに追記させていただいたというものでございます。

○櫻田部長 わかりました。そうすると、もう4号のほうでも、それを反映した形の議論をしていると、こういうことですね。わかりました。

○更田委員 ほかによろしいですか。

それでは、この申請概要については、論点提示を近いうちに行うこととなりますけれども、多少、軽視的なものにならざるを得ないというのは、先ほどお話しましたように、中部電力に関しては浜岡4号機の審査を当面進めていくこととなりますので、論点提示については改めて、恐らく1週間程度の間を置いて論点提示をすることになるかと思えます。

中部電力のほうは以上でよろしいですか。

それでは、中部電力浜岡発電所3号機の申請に係る概要についての議論を終了します。

5分程度で入れ替えを行います。

（休憩 東北電力、東京電力、中国電力入室）

○更田委員 それでは、再開をします。

二つ目ですけれども、女川、浜岡、柏崎刈羽、それから、島根、有効性評価で用いてい

る解析コードについての続きを進めていきます。

それでは、説明を始めてください。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。本日の御説明をさせていただきます。

まず、資料の確認からさせていただきます。

シビアアクシデントの解析コードについてという資料2のシリーズですけれども、2-1～2-4まで配付しております。

まず、2-1が本文でございまして、資料2-2がREDYコード、3がSCATコード、4がTRACGコードということになっております。

構成といたしましては、資料2-1をめぐって裏側を御覧ください。目次に今回提出箇所ということで点線をさせていただいております。本日はコード説明の残件ということで、ATWS関連のコードの御説明を行います。

まずは、有効性評価でATWSの評価に使用しているREDYコードとSCATコードの御説明、もう1点は、資料の2-4ですけれども、中性子束振動の取扱いのために参照するTRACGコードの御説明を実施いたします。

本日の説明は、REDYコード、SCATコード、TRACGコードの順で御説明をいたします。本文の改正箇所がありますのでお配りしてはおりますけれども、これはREDYコード、SCATコード側から参照して御説明をしています。

説明の分担ですけど、REDY、SCATについて東北電力から、本文、TRACGについては、東京電力さんから御説明をさせていただきます。

それでは、REDYコードの御説明から始めさせていただきますが、初めに、本文の添付資料1に、従前の過渡と今回の有効性評価の比較資料を追加しておりますので、この点、御説明をさせていただきます。

○東京電力（喜多） 東京電力の喜多でございます。

それでは、今しがたありました。本文の添付資料のREDYの部分の御説明をさせていただきます。A3の折り込みの後ろから、添付1というところがございまして、その添付の14ページを御覧ください。すみません、折り込みが終わった後に添付がついてございます。

添付の14ページでございますが、グラフがまず載っておりまして、従来許認可での主蒸気隔離弁の誤閉止のときの挙動が左側に載っておりまして、右側に今回の有効性評価で評価いたしましたATWS、原子炉停止機能が喪失した際の挙動のグラフが載っております。

15ページに説明がございまして、ちょっとこちらを見ながら比較をさせていただきた

いと思います。15ページの一目の欄に事象進展とございますが、一番上に出力挙動が書いてございますが、こちらはスクラムするしないというところがございますので、当然、相違はございます。

その二つ下に、格納容器圧力プール温度というところがございますが、こちらにつきましては、14ページのグラフが、左側の従来許認可では空欄となっておりますとおり、こちら従来許認可では、ここのパラメータは評価の対象としておりませんが、今回ATWSで出力が維持され続けて、その圧力をサプレッションプール側に逃がしてというところで、格納容器の温度・圧力が上昇しますので、こちらを対象としているというところでございます。

その次の項目といたしまして、運転特性図上の運転点というところがございますが、こちらは14ページの一番下に赤線に示してあるところでございますが、従来許認可におきましては、すぐにスクラムいたしますので、高出力低流量には至らないというところでございます。

一方、今回はATWSで出力が維持されつつ、再循環ポンプが低下してきますので、高出力低流量という状態に入ってきているというような違いがございます。

その次の欄に行きまして、どのタイミングでどういう事象が起きるかというところでございますが、こちら今回のものにつきましては、ECCSの起動ですとか、SLCの起動というところで、特にほう酸水の注入によって未臨界を達成いたしますので、SLCの起動というところが今回加わっている部分になってございます。

その下、適用範囲で一番下の欄でございますが、こちらは先ほど御説明しましたとおり、格納容器圧力とプール温度というところが、今回は評価の対象になっているというところでございます。

それ以降につきましては、初期条件ですとか、そのようなものが16ページ以降書いてございますが、若干その初期条件と違いはございますが、解析に影響するところについては、特に違いはないというところで評価を記載してございます。

添付の19ページを見ていただきたいんですけども、こちらが一番下に三次元効果というところがございます。こちらコード的には特に違いはございませんが、先ほど御説明しましたとおり、従来許認可ではすぐにスクラムしますので、低出力になってしまうのに対して、今回の事象につきましては、高出力低流量状態というところがございますので、中性子束振動が生じる可能性があるという現象的な違いがございます。

こちらの確認といたしまして、先ほど東北電力さんから御説明がありましたとおり、参考解析を参照するといったことを考えてございます。

主な違いは以上となります。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

それでは、REDYコードの説明に入らせていただきます。資料の2-2でございませう。資料2の第3部REDYの御説明をさせていただきます。

はじめにですが、3-1ページからです。3-1は、はじめになるので、省略をさせていただきますが、これまでのコードの御説明と同じで、現象の特定、入出力の説明、妥当性確認、有効性評価への適用性ということをもとめた資料ですということで、3-2ページでございませう。

まず、1.1の解析コードでございませうが、今回の資料で御説明するのは、ABWR用の“REDY Ver. 2”と従来型BWR用の“REDY Ver. 1(ATWS用)”の2つでございませう。これらを以下「REDYコード」と呼ばさせていただきます。

一方、一部の評価でREDYコードの計算結果をインプットとする“SCAT Ver. 3”を併用いたしますけれども、この部分は「SCATコード」の資料ということで、（第4部）資料の2-3で御説明をさせていただきます。また、なお書きに書いておりますけれども、本書で引用している最適評価コードは、“TRACG Ver. 5”ということで、これを以下「TRACコード」と称しますということに記載しております。

1.2ですが、妥当性確認の方針でございませう。3-3ページを御覧ください。REDYコードにおける検討手順の概要フローをお示したものでございませう。

この妥当性確認は、原子力学会標準の統計的安全評価の実施基準2008を参考にフローに記載しております。

(3)のなお書きに書いておりますけれども、補足として最適評価コードによる参考解析結果を必要に応じて参照するということで、本日、TRACGの御説明をいたしますけれども、このコードによる物理現象の結果の参照ということで、3-3ページで言いますと、点線で囲まれた【参考】最適評価コードによる物理現象参照であるとか、最適評価コードによる個別挙動の参照であるとか、こういったところで参照を実施いたしますという御説明でございませう。

次のページに行きます。重要現象の特定ということで、まず、解析事業の選定ですけれども、REDYコードに適用するのは、原子炉停止機能喪失という事象で、事故シーケンスと

しては、主蒸気隔離弁の誤閉止と、プラス原子炉停止機能喪失という事象が選定をされておりあります。

(2)ですけれども、今回の評価、この資料におきましては、最後の行に書いておりますけれども、原子炉施設としてはABWRを選定しましたということでございます。ただし、有意に異なる場合は、従来型BWRに関する説明も併記をするという方針で資料を作成しております。

引き続きまして、(3)の事故シーケンスでございますが、事故シーケンスの詳細については本文で御説明をしているということで、説明を省略させていただきます。

引き続きまして、3-5ページの(4)注目パラメータの確認でございますが、原子炉停止機能喪失事象に関して適用される判断基準は、a、b、c、d、eの五つございますが、この中の判断基準に対して十分な余裕がある酸化量を除く四つを、注目パラメータとして設定しているということを記載しております。

引き続きまして、次のページです。次のページの、2.2のランクの定義は、これまで御説明した内容と同じでございますが、本文で抽出した物理現象からH、M、L、Iの4分類を実証するということと、このうちのHとMを重要現象とするということを記載をしております。

次が3-7ページでございます。2.3で、物理現象に対するランク付けということでございます。この章では、これまでの構造説明との相違点として、第2パラグラフの内容を御説明いたします。

本事故シーケンスでは、事故発生初期の約5分以内に圧力、燃料被覆管温度の注目パラメータがピークを迎えます。また、それ以降、手動起動したSLCによる負の反応度効果によって出力が抑制され、数十分後に格納容器圧力、プール水温度がピークを迎えるということで、四つのパラメータに関して二つの時間領域に分けて御説明をいたしますということを記載しております。

なお、SCATコードで評価する被覆管温度に関しては、SCATコードにインプット値となる入口流量、炉心圧力、炉心入口エンタルピに影響を与えるという観点で選定をいたしますという方針でございます。

その3-16ページに、表の2-2を御覧ください。これが炉心損傷防止対策の有効性における重要現象のランクという表になっておりまして、今ほど御説明したとおり、ここには34項の物理現象が記載をしております。短時間領域、長時間領域に分けて原子炉圧力、燃

燃料被覆管温度、格納容器圧力、プール水温度の四つの指標に関して、それぞれH、M、L、Iとつけておりました、この34の物理現象のうち、10個の項目が重要物理現象ということになっております。

この表の御説明といたしましては、3-8ページ～3-15ページに個別の物理現象ごとの考え方を示しております。この後、御説明をいたしますモデルの説明や不確かさの説明に関連する箇所に着目をいたしまして、七つほど選んで御説明をさせていただきます。

それでは、順番に説明をいたします。

まず、3-8ページの(2)にありますけれども、出力分布変化でございます。再循環ポンプがトリップした後の給水加熱喪失状態では、軸方向出力分布が下方ピークになるということが考えられることから、注目パラメータに影響を与える可能性があります。ただし、この場合でも炉心平均ボイド率は増加することになるため、原子炉出力は低めに推移すると考えられます。結果として、燃料被覆管温度、格納容器圧力、格納容器のプール水温度の評価指標に与える影響は、結果を厳しくするものではなくて重要度は低いと考えられますと記載しております。

後ろに後ほど参照しますが、添付の2がございまして、この中にトラックによる解析結果、軸方向出力分布の結果を記載しております。

引き続きまして、(3)番の反応度フィードバック効果でございます。反応度フィードバックの効果については、括弧書きで、ボイド反応度とドップラ反応度という項目と、ボロン反応度、その他という三つの分けて記載しておりますけれども、まず、ボイド反応度とドップラ反応度については、本事故シーケンスでは、反応度の変化が長時間にわたって原子炉出力や発生蒸気量に影響を及ぼすということで、短時間領域では、反応度フィードバック効果の重要度は低いんですが、燃料被覆管温度の評価指標に対しての重要度は高いと考えられるということでございます。

一方、長時間領域では、ボロン反応度が支配的で、この長時間領域においては重要度は中程度と考えられると記載しております。

引き続きまして、ボロン反応度でございますが、ボロン反応度は、事象収束に必要なほう酸水注入系の起動は、10分以降と設定しております、これ以降はボロン反応度の印加が出力の抑制に重要な役割を果たすということで、長時間領域の格納容器側のパラメータに対する重要度が高いと考えられますということを記載しております。

引き続きまして、3-9ページですが、3-9ページの(5)崩壊熱でございます。崩壊熱に対

しては、核分裂出力が急速に低下した後の長時間領域で、変化の遅い崩壊熱が原子炉全出力に占める割合が大きくなって、格納容器側のパラメータに与える重要度が中程度と考えられますと記載しております。

引き続きまして、(6)番です。三次元効果でございます。本事故シーケンスでは制御棒反応度効果を考慮しないので、事象進展において高出力低流量状態となった場合、沸騰二相流における密度波不安定現象とボイド反応度フィードバック効果が結合して中性子束振動が生じ、評価指標である燃料被覆管温度に影響を与える可能性があるとして記載しております。

この中性子束振動現象が生じる際には、軸方向出力分布は下方ピークとなると考えられることから、さらに、熱伝達の遅れの影響もありますので、中性子束振動幅に比べて熱流束変動幅は小さくなるということが考えられますので、評価指標の燃料被覆管温度へ与える影響は中程度と考えられますということを記載しております。

この次のパラグラフですけど、これは格納容器のパラメータに対しては、この三次元効果の重要度は低いと考えるということを記載しております。

最後に、なお書きですけれども、REDYコードでは、中性子束振動現象を模擬することが困難ですので、中性子束振動が局所的に燃料被覆管温度に与える影響に関しては、米国において中性子束振動の評価実績があるTRACコードによる参考解析結果を参照するというところで、付録Aを参照すると記載しております。付録Aについては、後ほど御説明をいたします。

引き続きまして、3-10ページの(12)でございます。沸騰・ボイド率変化の(12)番ですけれども、燃料から冷却材に伝えられる熱により、炉心平均ボイド率が増加しますが、入口サブクーリングの増加、炉心上部への注水等による凝縮が生じると、炉心平均ボイド率は減少するというところで、炉心平均ボイド率は、どの評価指標に与える重要度も高いと考えられます。(12)番は以上です。

あと、2件です。

(25)番ですので、3-13ページの(25)番でございます。これは、ほう酸水の拡散については、結論のほうを申し上げますが、原子炉スクラム失敗を仮定した事象では、長期的な事象収束に、ほう酸水注入系の起動によるほう酸水拡散、ボロン反応度出力抑制が重要な現象ということで、長時間領域の格納容器圧力、プール水温度への影響は高いと考えられますと記載しております。

最後ですが、3-14ページのサブプレッションプール冷却でございます。本物理現象が短時間領域の評価指標に与える影響はないですが、原子炉圧力が逃がし安全弁の設定値に達すると、格納容器のプール水へ蒸気が放出されて、プール水側の温度が上昇するということで、残留熱除去系がこの熱を除去することで、これらの上昇は抑制されるということになります。長時間領域の格納容器のパラメータに対する重要度が高いと考えられるということで記載をさせていただきます。

以上が物理現象の御説明になります。

それでは、解析モデルの御説明をさせていただきます。まず、3.1のコード概要ですが、REDYコードは、先ほども御説明がありましたけれども、運転時の異常な過渡変化や冷却材流量の喪失の事故解析の評価をするコードということで、炉心核特性は一点近似動特性方程式を適用するなどの特徴を有しております。

3-40ページを御覧ください。3-40ページに図3-12ということで、REDYコードの主要な入出力という図を記載しております。REDYコードには原子炉の幾何形状、核データといった入力を入れて、出力として中性子束、平均熱流束、主蒸気流量といったアウトプットが出る一方、SCAT側への引き継ぎとして炉心入口流量や出力といったデータをSCATコードに引き渡して、単チャンネル熱水力解析コードでは、SCATコードでMCPR、燃料被覆管温度の評価を実施するというフローになっております。具体的な記載は、3-38ページ、3-39ページに若干詳しくのことが書いておりますけれども、ここでは省略いたします。

それでは、3-18ページを御覧ください。3.2、重要現象に対する解析モデルということで、先ほど重要現象に分類された物理現象に対して、その物理現象を評価するための解析モデルを表にしたものになっております。17項目の物理現象に対して解析モデルを記載しております。

補足する内容としては、※2と※3というのがありまして、右側の解析モードに※2、※3というのがあります。

※2が、REDY、SCATは従前の過渡解析に用いていたコードでございますけれども、今回の原子炉停止機能喪失事象の評価に当たって拡充されたモデル、また、※3については、現行の設置許可申請書では特に必要とされなかったモデルということで記載をしております。

先ほど、格納容器側の温度・圧力が本文側で優位に上がるという御説明をいたしましたけれども、この格納容器モデルの追加というところは、現行の設置許可申請解析では特に必要



とされなかったモデルということで、ここでは必要な解析モデルの御説明の中に挙げさせていただきます。

それでは、全体の3.3に行きますが、3.20ページを御覧ください。REDYコードの全体の概要モデルということで、ブロック図を3-20ページに記載をしております。

このそれぞれのパーツについて、この3-21ページ以降に記載しておりますので、そこで御説明をいたしますが、この後は重点的にATWS用に追加したモデルを御説明をさせていただきます。

(3)ということで、3-22ページを御覧ください。(3)が反応度モデルということになっておりまして、5つの種類の反応度を評価を実施をいたしまして、これが動特性方程式の入力になっております。

ATWS拡張といたしましては、ボロン反応度という項が $\Delta K_B$ ということで、最後の項にマイナスが入っておりますけれども、こういったモデルの使用を行っております、ボロン反応度自体は、後ほど(12)のほう散水拡散モデルにより得られるということで、(12)の中で御説明をいたします。

(4)、3-23ページに行きます。崩壊熱モデルでございます。崩壊熱モデルは、今回の評価では、11郡、あるいは、4郡のモデルを使用しております、3-23ページの図3-2では、ANS/ANSとの比較図を載せさせていただいております。この点、すみません、特に記載がありませんが、ATWS拡張ということで、従前は一次遅れのモデルで短期のものでしたが、長期間の評価に使用するためにモデルの拡張を行っております。(4)は以上です。

引き続きまして、(6)なので3-26ページでございます。(6)は炉心ボイドモデルということでございます。

炉心ボイドモデルは、炉心部をサブクール領域と飽和領域に分けて質量、エネルギーバランスを解いて、炉心出口クオリティ、炉心部圧力の変化を得るということでございまして、図3-4、真ん中辺りに炉心部のモデル図とありますけれども、入力としては、ほかのモデルから得られる炉心流量、炉心入口エンタルピを用いますということです。

評価上の仮定としては、a、b、cの改定をした上で評価を実施しております、結果として、上記モデルから得られる、炉心出口クオリティが得られますけれども、これを基に、過渡状態の炉心平均ボイド率を求めるということを、この炉心ボイドモデルで実施をしております。この流れ図としては、3-27ページの上側にあるものです。

3-27ページの上側の図ですけれども、今ほど炉心出口クオリティが左出てきますけれども

も、左側の炉心出口クオリティから定常状態の炉心ボイド率の $\alpha$ というものを出して、これに炉心流量変化の考慮を実施します。これが3-26ページの下側のC. で書いてある内容で、炉心流量の変化を考慮した補正後のボイド率として、二次関数で引いたものを $\alpha'$ として出します。さらに、これに二次遅れ伝達関数で過渡状態の炉心ボイド率を出すということを実施をしております。

これ後ほど、検証の中で御説明をしますが、ATWSにおいては低流量の状態に至るので、この炉心流量の補正というところが重要な部分になってきます。

引き続きまして、33ページの(12)番のほう散水拡散モデルというところの御説明をいたします。これもATWS拡張モデルの御説明でございます。

ほう酸水拡散モデル。ABWRでは、ほう酸水は、HPCFの配管を經由して、スパーージャから炉心上部に注入されます。一方で、従来型BWRでは、ほう酸水は、炉心下部からスタンドパイプから注入をされるということで、これらのモデルでは次の仮定を設けるという3点ございます。

b. を御説明いたしますと、ボロン反応度は、有効炉心の単位体積辺りに存在するボロンの重量に比例するという事です。

また、c. については、炉心に到達するほう酸水は、炉心上部に注入されるABWRでは炉心流量には依存せず、時間の一次関数で増加するという仮定です。炉心下部に注入される従来型BWRでは炉心流量依存（ミキシング効率）が変わるということで、これを図3-10、ボロンミキシング効率という点で示しております。

ボロンが炉心下部に到達した後のボロン反応度は、この式で示したとおりですけれども、なお書きに炉心のボロン濃度のCBが入っておりますので、別途計算した高温停止を達成するために必要なボロン濃度と、その反応度からの比例計算で、この反応度を評価しているというモデルになっております。

モデルの説明最後ですけれども、3-35ページの(13)でございます。これも格納容器モデルでございますが、ATWS用に拡張した部分になります。図3-11に格納容器モデルを示すということで、真ん中に、従来型BWRとABWRの図を記載しております。この評価に当たっては、a、b、cの改定を置いておりますけれども、この仮定の妥当性については、後ほど妥当性確認の中で御説明をさせていただきます。

解析モデルの御説明は以上でございます。

それでは、4. 妥当性確認のほうに進めさせていただきます。3-42ページに評価マトリッ

クスを記載しておりまして、重要現象に対する妥当性確認を記載しております。重要現象と計算モデルと妥当性確認の参照図というところで記載をしてしております。結果なんですけれども、結果といいますか、確認の結果を含めて、3-75ページの中で御説明をさせていただきます。

3-75ページが表4-2の解析モデルの妥当性確認結果と重要現象に対する不確かさのまとめということでございまして、REDYコードに関しては実機との比較というものができますので、起動試験時の確認結果がございまして、その中で妥当性確認が大きくされているというところがございます。

表の4-2の構成ですけれど、分類としては、炉心の（核）、（熱流動）、圧力容器、格納容器ごとの重要現象ごとにモデルが書いてありまして、その妥当性確認を何でやっているかという点を記載しております。

最終的に、不確かさがどういうものがあるかというところまで、このページでは記載しておりますけれども、その中身を御説明をさせていただきます。

今回御説明するのは、実機試験で直接確認できない項目ということに着目をして御説明をさせていただきます。

それでは、4.2の炉心（核）の妥当性確認から御説明させていただきます。3-50ページです。3-50ページですけれども、の中の(2)の反応度モデル（ボイド、ドップラ）の妥当性確認というところがございます。

REDYコードの反応度フィードバックは、沸騰水型原子炉模擬計算コードによる評価から得られた反応度係数に不確かさを考慮して、保守因子として動的ボイド係数に対して1.25、ドップラに関して0.95という保守因子を掛けて評価をしてしております。しかし、本事故シナリオでは、従来の運転時の異常な過渡変化や事故解析と異なって、プラント状態が大きく変化するということから、従来と同じ反応度の保守因子を不確かさとして用いることの影響を確認いたします。

この結果は添付4にございます。詳細な御説明は省略しますが、添付4、3-4-1ページですね。後ろからめくって数ページ行きますと、添付4、原子炉停止機能喪失事象の反応度係数ということで、炉心一点近似手法による反応度係数の不確かさに、計算の不確かさと取替炉心設計段階の不確かさを加味して、保守因子の変動範囲を検討した資料になっておりまして、1ポツが一点近似事象の不確かさ、3-4-3ページの2ポツは、計算の不確かさと取替炉心の不確かさということを検討を実施をしておりまして、それぞれ考え方を

記載をしております。

結論としては3-4-4ページに、原子炉停止機能喪失事象での反応度係数の保守因子の変動範囲というものを結論づけておりまして、この表から動的ボイド係数に関しては1.0～1.6倍、動的ドップラ係数に関しては0.85倍～1.2倍という保守因子を評価を設定をしております。これらの組み合わせの不確かさ評価を実施をしますというのが、3-51ページに記載されている内容でございます。

引き続きまして、4.3のボイドモデルの御説明をいたします。3-53ページでございます。

炉心（熱流動）における重要現象の妥当性確認ということで、この重要現象に関して REDYコードでは、ボイドマップとスイープモデル、そのスイープモデルを使って評価を実施をしております。モデルの御説明はこのページありますけれども、先ほど御説明したとおりでございます。

4-4-9にボイドマップの例がございまして、クオリティとボイド率の関係になっているということが御確認いただけるかと思えます。妥当性確認としては、真ん中辺りに、本事故シーケンス解析での最大ボイド率は65%程度ということで、従前の運転時の異常な過渡変化と大きな差は無く、さらに、本事故シーケンスにおける出口クオリティ、ボイド率、サブクーリングの変化はその設計範囲内ということが確認できているということを記載しております。

妥当性確認の中では、3-54ページですけれども、炉心ボイドマップの確認試験というものを実施をしております、国内で実施された試験装置で確認をしております。

3-55ページに、ボイドマップの確認結果というものを記載しております、出口クオリティとボイド率の関係がよく一致していることを確認しております。また、同じ装置で過渡時のスイープモデルの妥当性も確認も実施をしております、図の4-13の中に、流量減少時のボイド率変化がよく一致していることがわかるかと思えます。

3-56ページでございます。先ほど少し触れましたけれども、炉心平均ボイド率の炉心流量補正モデルに係る妥当性確認でございます。炉心流量が低下した場合に相対的な蒸気ドリフト量が増えて炉心平均ボイド率が変化する、マイナス側に変化するということを炉心流量の二次関数でマイナス補正するということでモデル化を実施しております、このモデルはATWS事象においては、低炉心流量、高出力ということで、重要度が高いということを記載しております、その妥当性確認でございます。

3-57ページに図4-15、炉心ボイドマップの流量依存性とありますけれども、先ほども出

てきました国内試験結果との比較ということで、入口流量とその補正率が一致していることが確認できるかと思えます。

ただ、この評価が8×8燃料なので、このボイド率の炉心流量補正モデルの妥当性確認の方法として、炉心の熱水力解析コードで多数のボイドマップデータを作成し、炉心流量の違いの影響を整理するというところを実施をしております。これが3-58ページに実施をしております。これが炉心ボイドマップの流量依存性ということで、評価結果との比較で、この評価モデルによる範囲を不確かさの上限・下限ということで、不確かさ評価の項目としております。

引き続きまして、ほう酸水の拡散モデルについて御説明をさせていただきます。3-68ページでございます。ほう酸水拡散モデルの妥当性確認ということで、これについては試験装置によりパラメータを設定しているということで、3-69ページでございます。

この辺は枠囲みなので図の紹介をいたしますけれども、図4-22～図4-24に、米国で実施された1/6スケールの3次元試験装置（バレシトス試験装置）の系統図と、炉心部測定位置を示すということで、試験は制御棒挿入失敗を仮定した時の炉心流量範囲のミキシング条件を考慮して下記のような試験条件で行っていますということでございます。

3-70ページですけれども、ABWRでは、ボロンのミキシング効率は炉心流量に依存しないものと見なされるということが、3-71ページの結果を参照していただくとわかるかと思えます。ボロンのミキシング効率は炉心流量に依存しないものと見なされるので、炉内拡散遅れを考慮して、ほう酸水の注入速度を保守的な時間遅れでインプットするモデルとしておりますということでございます。

3-72ページに、それぞれSDCの流量と目標濃度への到達時間の関係を示したものになっております。

3-73ページに、従来型BWRの場合ということで、従来型BWRのボンロンミキシング効率の図をお示しをしております。これについては、注入速度に炉心流量依存のボンロンミキシング効率を掛けるという取扱いをしていて、その妥当性については図4-33というところで、ボンロンの混合がこのようになされていることを試験で確認をしておりますという妥当性確認でございます。

3-74ページは、モデルの妥当性確認最後なんですけれども、格納容器における重要現象の妥当性確認ということで、先ほど3項目の仮定で格納容器のモデルを構築しているという御説明をしております。格納容器を1つの圧力ノードとして評価、格納容器内の空間部

の温度は常にプール水温度と同じ、あとは、3番目の仮定が、格納容器内の空間部は常に水蒸気で飽和しているものと仮定という、この三つの仮定で評価モデルを構築しておりますけれども、その考え方を御説明しております、このような仮定は問題ないということに記載した上で、妥当性確認とさせていただきます。説明は省略をします。

以上のとおり、不確かさを取りまとめまして、先ほど御説明しました3-75ページのような不確かさの設定を実施しております。

この結果でございますが、3-84ページに、この不確かさを振った場合の、表の5-2に重要現象の不確かさよるREDYの感度解析結果を記載をしております。ボイド・ドップラの保守因子の結果、ボロン反応度の結果、炉心流量の補正の結果と、それぞれ記載しております。

このように大きなところで言うと、反応度フィードバックの先ほど御説明しました保守因子の1.0～1.6、ドップラの0.85～1.2といったところを、組み合わせ結果から最大値・最小値を記載したのが、-10/140℃という結果でございます。

ボロン反応度については大きな影響がないということと、ボイドモデルの炉心流量補正については、燃料被覆管温度が最大補正二次関数で60℃、補正なしで-30℃といったような不確かさの評価を実施しております。

3-81ページに、重要現象の不確かさに対する感度解析ということで記載しております、今の表の御説明なんですけれども、3番目のパラグラフで感度解析結果を見ると、REDYコードでの不確かさが、SCATコードで解析するパラメータである燃料被覆管温度に対する感度が大きいということで、ボイド、ドップラの感度解析は140℃あるということでありませす。

これに関連して付録Aの御説明をしておりませんでしたので、付録Aの御説明をいたします。すみません、A-1-1です、最後の章になります。最適評価コードによる解析結果との全体的挙動比較ということで、プラント全体挙動については、「妥当性確認」で実機試験との結果の比較ということを実施しておりますけれども、原子炉スクラム失敗を仮定した主蒸気隔離弁の誤閉止では、より広い範囲での解析が必要ということで、さらに、スクラム失敗を仮定した主蒸気隔離弁の誤閉止では、REDYコードでは模擬されない不安定性現象などが生じて影響を与える可能性があるということで、今回は他のコードでの解析結果を参考するという観点で、原子炉の熱水力挙動を評価する多次元2流体モデル及び炉心の中性子動特性を評価する3次元の中性子動特性モデルを使用して、米国において運転時の異

常な過渡変化の評価、スクラム失敗の評価、安定性の評価で実績のあるTRACコードを用いて、本事故シーケンスにおけるスクラム失敗事象の全体挙動との比較というものを実施いたします。

表A-1が主要な解析条件で、これはRWDY、TRAC共通のものでございます。

引き続きまして、A-1-3ページですけれども、TRACコードに比較するREDYコードの解析結果は、申請解析に加えて、後ほど御説明する理由によって、“下方ピーク軸方向出力分布炉心”の場合を比較するというところでございまして、A-1-5ページを見ていただきますと、3連の比較表になっていることが御確認できるかと思えます。

この左側のケースが申請解析、真ん中のケースが、下方ピークの軸方向出力分布の炉心を仮定したREDYコードの評価、右端がTRACコードの評価でございます。

表A-2は、REDYコードの解析条件の比較ということで、REDYコード体系の中で出力分布をそれぞれREDYコードの軸方向出力分布、ボイドマップの軸方向出力分布、SCATの軸方向出力分布をそれぞれTRACコードによる給水加熱喪失が起きている際の代表的な下方ピークの軸方向出力分布を入れたものの評価になっております。

この解析結果からわかることを幾つか紹介します。まず1点目は、図A-1を見ていただきますと、A-1-5ページでございます。REDYコードによる申請解析結果とTRACコードの解析結果を比較すると、全体的な挙動としては概ね一致しているということでございまして、特に評価指標の一つである燃料被覆管温度が厳しくなる70秒～200秒あたりの炉心流量は、ほぼ同一ということになっております。A-1-5ページの上側の図の2ポツが炉心流量になっています。

給水加熱喪失に伴って変化する中性子束の増加傾向、それが高い値で並行する傾向なども類似の挙動を示しているということですが、ただし、並行時の値はREDYコードのほうが若干高目ということでございまして、これは炉心の核熱水力モデルの相違に起因するものと推定しておりまして、この結果として、表A-3、A-1-9ページの下に解析結果の比較を載せておりまして、燃料被覆管温度はTRACコードでは550℃と評価されているものに対して、申請解析では920℃という評価になっております。

PCT以外でも、ほかの三つの評価パラメータの最大値も同様にREDYコードのほうが高い傾向になっております。

この原因としては、REDYコードが炉心一転近似をしていることと、TRACコードが炉心3次元になっていることの炉心の核熱水力モデルの相違によるものと推定しておりますけれ

ども、この影響を確認するために、REDYコードで下方ピークの軸方向出力分布を仮定した評価結果を併記をしているということでございます。

図A-1のA-1-5ページの真ん中を見ていただきますと、下方ピークの軸方向出力分布を仮定した場合の評価で言えば、図A-1の(1)の中性子束変化図ですね、中央の図を見ていただきますと、申請解析よりも10%程度、中性子束の変化が数字が低くなっていて、TRACコードの解析結果に近くなっているという傾向、また、A-1-9ページの表のA-3をもう一度見ていただきますと、燃料被覆管温度も920℃から730℃となって、より近づいているということでございます。申請解析から920℃から190℃小さくなるということで、TRACコードの550℃に近づいているということでございます。

なお、この申請解析結果からの差の190℃のうち、10℃分がREDYコードによる差異で、残りがSCATコードによる影響だということを別途確認をしております。

A-1-4ページで、なお書きでTRACコードで70秒から200秒の注目すべき期間では、中性子束振動、これを見るためのTRACの評価をするということでしたけれども、A-1-5ページの右側の上の図を見ていただきますと、物理現象のランクをMとした三次元効果（中性子束振動現象）が見られるということでございます。

一方で、中性子束振動現象が模擬されているTRACコードの燃料被覆管温度の解析結果を見てみると、中性子束振動による燃料被覆管温度も振動しているが、その絶対値は小さいということで、A-1-6ページの右下の図を見ていただきながら、先ほどの中性子束振動の部分を見ていただきますと、振動はしていますが、被覆管の温度の絶対値は小さいですということを御確認いただけるかと思えます。

長時間領域の御説明は省略をいたします。

81ページに戻りますが。ということで、REDYコードでは見れない、その安定性の効果も踏まえて、ここの3-81ページの第3パラグラフのしかしながら以降に記載をしております。付録AのREDYコードでの検討結果から、三次元的挙動を考慮すれば燃料被覆管温度はより小さく評価されるために、中性子束振動現象が発生した際の燃料被覆管温度の影響を考慮したとしても、燃料被覆管温度は評価指標を満足するものと推測されるという検討を記載しております。

御説明は以上です。

○更田委員 はい。REDYコード。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。



まず最初に、物理事象の重要度ランクについて質問させていただきます。

最初に、本文資料のほうの改正箇所と、あと、REDYの資料の中で重要物理現象について丁寧にポイントを抑えて、わかりやすく説明していただいたんですけれども、ちょっとすごい細かい注文をつけて申し訳ないんですけれども、短時間事象につきましては、また、ポンプトリップで出力落としたところと、そこから先の給水加熱喪失では、ちょっと同じ物理事象でも、幾つかは重要度は違うとは思うんですけれども。読めばわかる人はわかる、読めばよくわかる説明だとは思うんですけれども、こちらのほうは、できれば3-16の短時間領域のほうも、もうちょっと短時間領域をもう少し詳細に分けたほうが、重要度の違いというのはよくわかると思うんですが。

今はその表を試してくれというよりは、短時間において二つには出力落ちたところと、それから、給水加熱損失以降のところと、その重要物理事象で大きく違うところと、ランクが強く違うところというのを、今、田中さんの説明の中では、聞く人が聞けばわかるんですけれども、もう一度明確に御説明していただければと思います。ちょっと細かいですけど、お願いします。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

お話いただいた点は、短時間領域の中で初期の圧力上昇をする期間と、ポンプトリップして流量が減少する際の影響度の違いということかと思えます。

そこについては、具体的、大きいところで言うと、反応度フィードバックの効果が、3-4-1ページを見ていただきますと、ちょっと直接御説明した内容ではございませんが、3-4-1ページに、このボイド係数の不確かさの評価をする際に、初期の圧力上昇時と炉心流量が減少している期間に分けて分析をしておりますけれども、これは反応度フィードバック効果の影響が逆に働きますので、この点は影響は異なるかと思えます。

大きいところで言うと、そういったところが効いているかと思えますが、以上です。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

後ほどの後段というか、不確かさ評価でも、その不確かさの確認の仕方とかも違うので、やっぱり、そのフェーズが違うと思うので、そこはちょっと分けた御説明があったほうが、より不確かさ評価につなげる意味ではわかりやすいかなと思いますので、その辺考慮していただきたいのと、あとは、もう三次元効果でいうと初期は効かない、どっちかというところと給水加熱喪失以降のほうで効くというところと、こちらは認識していますので、そういう大まかな違いのところがあるような表にしたほうが、よりわかりやすいかなと、記載の問題で

すけれども、お願いします。

あともう1点なんですけど、物理事象のところ、三次元効果のところ、3-9ページでは、その炉心の（核）というところで、Mランクというところで、その中の記載の中で、密度波不安定現象とか、熱水力的要因と核的要因を記載されておりまして、3-11の(16)、こちらは多分、御説明されていなかったと思うんですけど、三次元効果で熱流動のところ、こちらで密度波振動が効くよと前と言っておきながら、ここでは三次元効果で熱流動でLとなっていて。後ほどのTRACの導入に関しても、参考解析として導入する理由として多次元熱流体解析ができますということをおっしゃっているのに、ここでLとなっている理由について、ちょっと御説明願いたいと思います。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

3-11ページの(16)の三次元効果の炉心熱流動部分の三次元効果でございますが、この本事故シーケンスでは、その出力が高く炉心流量が低い運転領域を経過する期間があつて、そこにおいては、その中性子束振動及び炉心流量に振動現象が生じる可能性があります、この期間では炉心流量を支配するのは、その循環力というほうが効いていて、中性子束振動が影響を及ぼす点は小さいと一すみません、定性的に考えられることと、ちょっと順番が悪いのかもしれないですけども、別途、TRACコードで参照をしていると、実際その中性子束振動と炉心流量の関連性が低いということも意識しながら、この文章を記載しております。

今おっしゃった取り扱いについては、改めて検討させていただきたいと思います。

以上です。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

中性子の振動現象って、もうこれは核熱水力、カップリングの不安定事象なので、これは核と熱は切っても切り離せない事象ですので、やはり、それを考えた上での、考慮された上での、もう一度ランクづけということをお願いします。

私からは以上です。

○工藤主任調査官 原子力規制庁の工藤です。

本文の資料のところの一番最後に御説明いただいた表のところなんですけれども、ページで言うと添付の16ページ、その下から三つ目の欄に、ボイド反応度係数、ドップラ反応度係数、これが圧力上昇過渡用保守係数というものを使っていて、今回のATWSにおいても同左であつて差異はないというふうに書かれてますけれども、これは先ほどの小林のコ

メントとも関連しますが、従来許認可解析の場合には、このような事象は圧力上昇過渡だけと単独にみなすことができましたけれども、今回は短時間領域においても、圧力上昇過渡、その後、流量現象過渡、そして、その後、サブクール過渡と、三つに分かれるわけですね。それが全て圧力上昇過渡のボイド反応度係数で整理できるということについては、やはり御説明が必要じゃないかと思えます。

また、後段のところでは添付資料1.4のところだったかと思えますけれども、ボイド反応度係数については1.6まで不確かさを考慮すると、それがこの有効性評価の状況に照らして、そのように評価したというふうにあったかと思えますけれども、それと、この同左というものの関係、差異はないというものの関係について御説明をお願いいたします。

○東京電力（喜多） 東京電力の喜多でございます。

こちらの記載につきましては、すみません、そこまでのところを並べたものではなく、今回のどのようなモデルといいますか、パラメータを使ったかというところの記載だけにとどまっておりますので、今の御指摘を踏まえ、少し修正のほうを見直したいと思えます。

以上です。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

この辺の表に関しては、基本的な考え方をここで御説明いただくので、重要な情報かと思えます。よろしくをお願いいたします。

○東京電力（喜多） 東京電力の喜多でございます。

了解いたしました。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

それとREDYのほうの資料になりますけれども、3-3ページ、こちらでTRACコードの使い方に関連して、波線の枠が3カ所ほどあろうかと思えます。この一番右上の重要度のランク付け、これについては、読んだ限りでは積極的なTRACコードによるランク付けというのとはなされていない。1カ所、三次元出力分布に関連したところですが、それはランクとしてLになっている、効かないということで、基本的にはこのTRACコードを使ってランキングを評価したという位置づけではないかと思えますので、ここに入れるかどうかについては御検討をお願いいたします。

参照コードをランクづけに使うということは、かなり、その位置づけの重要度を上げているということですので、それも踏まえて御検討ください。

さらに先に行って3-9ページ、ここで先ほど小林も指摘しましたけれども、三次元効果のところですか。この後段のところ、この、中性子束振動が生じる際にはというところなんですけれども、その2行目、軸方向出力分布は下方ピークになり原子炉出力の上昇は低めに抑制される、これについては、まず、原子炉出力の上昇が低めに抑制されるということは、どういうことなのか御説明ください。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

3-9ページに書いてある、下方ピークになり原子炉出力の上昇は低めに抑制されるという点ですが、ここは給水加熱喪失の際の軸方向出力分布は、添付2の3-2-1ページを見ていただきますと、これがTRACコードによる軸方向出力分布の時間変化ということでございます。

軸方向出力分布が下方ピークになるので、この点は若干、すみません、記載が足りていないのかもしれないんですけれども、沸騰遷移位置での出力は相対出力は低目に評価をされるということを意図しておりまして、軸方向出力分布は下方ピークになるので、そのBTする位置での出力上昇は低目に抑制されるという意図でございます。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

今の御説明の意図は了解しました。そのようにわかりやすいように記載をお願いいたします。原子炉出力とありますと、どうしても炉心全体というふうに受け取れますので。

今ここでTRACコードの解析結果を参照されましたけれども、これについては、TRACコードの解析結果というのはあくまでも参考ですので、この辺についてはアプリオリに、こういう状況に至るという理由が必要かと思えます。それについては何かお考えはありますか。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

今、すみません、御回答の際には、TRACコードの結果を参照いたしましたけれども、給水加熱喪失の際に下部ピークになるということ自体は、サブクールの水が下から入ってくることによって発生することなので、必ずしもこのTRACコードでの評価結果が必要というわけではありません。すみません。

ちょっと説明の仕方、出力分布を見ていただいたほうがわかりやすいかなと思ひまして、お見せしましたけれども、アプリオリにという――物理的な事象進展を考えて設定した――ヒーターカットの際には下方ピークになるという見解を記載したものでございます。

以上です。

○工藤主任調査官 原子力規制庁の工藤です。

あとは、ちょっと私のほうのコメント、後段部の詳細にわたりますので、もし、その場合に、どなたかあればよろしくお願いします。

○更田委員 はい。

○小野首席調査官 原子力規制庁、小野と申します。

SLC関係で3-70ページでしょうか、REDYの資料ですが。3-70ページから、ABWRの場合のSLCの実験結果とモデリングについて書いてあるかと思います。

71ページの結果をもとにして、72ページの図4-32、SLCの流量と目標濃度の到達時間の関係が示されています。

まず、この結果を、REDYコードのモデル化をしたという御説明でございましょうか。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

この点の御説明は、ほう酸水拡散モデルの妥当性確認の結果でございまして、モデル化自体といたしましては、ABWRの場合は時間のみで依存して、ほう酸濃度が増加をするというモデルになっているということでございます。これ妥当性確認の図の御説明であります。

以上です。

○小野首席調査官 規制庁、小野でございます。

この試験自身はボイドのない状態で、サブクールの状態の試験だと思うんですけども、実際の原子炉、あるいは、REDYの炉心の中では、ボイドのある状態になっていると思うので、その辺のモデリングはどうなさっていますでしょうか。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

ボイドが出た場合のスペクトルの効果に対する影響ですが、そこについては、すみません、モデルの御説明の中で言いますと、すみません、3-33ページがほう酸水拡散モデルの御説明になっておりまして、3-33ページ(12)のほう酸水拡散モデルでございますが、このほう酸の濃度を計算する際の評価式を見ていただきますとわかるとおり、密度補正みたいなものはしておりますけれども、ボイドの効果というものは評価に直接は入っておりませんということと。

あと、高温停止を達成するために必要なボロン濃度と反応度の合計を、別の三次元コードで評価したものを比例倍でという御説明を、3-33ページの御説明をした際にやりましたけれども、その際もボイドの考慮は入っておりませんので、その影響は別途検討して御説明をさせていただきます。

○小野首席調査官 了解いたしました。図4-30だと、未臨界になるのに何秒かかるという  
ような図だと思いますので、その図をボイドを考慮したときに、どう考えたらいいのかと  
いうのを御説明いただければと思います。

○東北電力（木村） すみません、東北電力の木村でございますが。

1点補足なんですけど、3-73ページなんですけど、こちらの下側ですが、定性的な説明で  
はございますが、中性子束収支の観点から沸騰状態におけるボロンの効果は記載してござ  
いますので、こういったことも踏まえて検討させていただくと。

○小野首席調査官 小野でございます。

はい。ここに定性的に書かれているものはあると思うんですけども、これは最終的には  
ボイドがあった状態でも未臨界に行きますよという、そういう理解はできるんですけど、  
モデルのほうは、何秒かかるのかというのがモデルのほうなので、その辺についての御説  
明ということでお願いいたします。

○東北電力（木村） 東北の木村でございます。

了解しました。

○日立GEニュークリア・エナジー（香田） 日立の香田です。

今のモデルに関しましては、先ほどちょっと御説明がありました3-33ページ、ここで  $\rho_c /$   
 $\rho_{c0}$ と。つまり、炉内に注入されたボロンは水の中で寄与します。それを炉心のボイド率の時  
間変化で求めています。つまり、 $\rho_c / \rho_{c0}$ 、これがボイド率が変わることに反応度の寄与が変  
わるということで、炉心内のボイド率変化に関する寄与度を全部ここに盛り込んでござい  
ます。

○小野首席調査官 わかりました。では、その辺のことを書いていただいて、実験ではボ  
イドがないので、その辺との関連を書いていただければと思います。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

4.3節以降に、妥当性確認でいろんな実験試験等が記載されてますけれども、こちらは  
原則として参考文献を示していただくようお願いします。

例えば、3-54ページの一番上にある炉心ボイドマップ確認試験、日本国内で実施された  
試験装置の系統図、これだとこちらで特定しようがないですし、詳細な情報をつかみよう  
がありませんので、原則として参考文献、必ず記載をお願いいたします。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

了解しました。参考文献に追記いたします。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

ボイド反応度に関する不確かさを御検討された添付資料の4なんですけれども、ここで一番最初、序に当たるところに、基本的に炉心一点近似手法による反応度係数の不確かさに、計算の不確かさと取替炉心設計段階における不確かさ、要はこの3種類を考慮したというふうに書かれていますけれども、これで十分であるかどうか御説明ください。

○東北電力（木村） 東北電力の木村でございます

今ここに記載している項目については、影響のありそうな項目を概ね考慮していると考えています。

その一つの理由といたしましては、例えば、三次元計算の不確かさとしては、実際のγスキンの結果を用いて比較したりとか、あと、照射後試験の結果を用いた考慮をした比較をしてございますので、概ね影響のあるものについては考慮していると考えていますが、もう少し詳細な検討ということであれば、再度検討させていただきたいと考えています。

以上です。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

再度検討というよりもですね、これが十分であることを示していただくか、または、十分でないのであれば、そのような不確かさを、どのように取り扱うべきか、その辺のお考えをお願いします。

○東北電力（木村） 東北電力の木村でございます

了解いたしました。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

では、よろしく願いいたします。

もう一つ、TRACGとの比較結果に関する付録A、ここについてなんですけれども、まずこの御説明に関して、3-81ページ、5.1.2。ここで一番下のパラグラフで、例えば4行目に燃料被覆管温度の感度が140℃あると、そして、その次の行、三次元的挙動を考慮すれば燃料被覆管温度はより小さく評価されるためということで、TRACの解析結果というのをかなり具体的に使われて、その上でREDY、SCAT等で評価されているということになっていますけれども、これはこういう位置づけで。

TRACGというのをもともと三次元核熱結合に関する感度評価というものが、もともとの御説明の趣旨だったかと思えますけれども、ここで出力分布の変更もTRACGの結果を使うと、その結果を、妥当性、あるいは、140℃という定量的な御説明にも使われるというこ

とでしょうか。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

この付録Aに呼び込みといたしましては、REDYコードで見られない三次元現象、振動現象の影響も含めて、この不確かさの影響を、記載をまとめさせていただいたものです。

三次元挙動を考慮すればと記載をいたしましたのは、出力分布の影響ということが大きく効いておりますけれども、そこについては定性的な議論からも同様の結論が導けますので、ここで明確に使いたいと考えているのは、中性子束振動現象のどのような幅で上昇しているかという、実際の挙動がどうなっているかということをしてTRACコードでは参照をしております、出力分布のほうは、すみません、参考的に見ているものを、ここの記載では取り込んでいるものになっております。

以上です。

○工藤主任調査官 わかりました。参考的な記載という範囲ということですね。

これに関連して、先ほどの付録Aの資料で、例えばA-1-6ページ。このA-1-6ページで、左下の図と真ん中下の図、これを比較して140℃というものを出されたかと思うんですけども、例えば、このページの図の真ん中のところ、これでPTCの第1ピーク、これは下方ピークにははいけませんよね。

ですから、これについては本来は左側のピーク、鋭い、より高いピーク、こちらになるわけで。そうすると、140℃という先ほどの値もですね、これに応じて変わってくるというところかと思えます。

そういう点で、実際、冒頭申し上げたような、この事象の中の短時間フェーズ、その中の三つの過渡フェーズの中で、どこに対して具体的に適用できるのか。

特に、この一番最初の第1ピークに私、着目するのは、有効性評価のほうでは第1ピーク、そこが一番高くなる結果が幾つかあったかと思えます。そういう点で言うと、今回の先ほどの140℃の比較というのは、第2ピークに係るところですので、その辺の記載については、参考としてどのように位置づけるのか再考を願いたいと思えます、

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

REDYコードについては軸方向出力分布を一つしか入れられませんので、おっしゃるとおり、初期のフェーズに着目をすれば厳し目になるということに——楽な評価になっていると、真ん中のものは楽な評価になっておりますので、ちょっと今回御説明が、ちょっとフェーズを特定せずに、どこに着目をして、どういう結果になっているかということが、記



載はできていないと思いますので、その三つのフェーズに着目をして、どういう観点で比較をしているのかということをお説明を充実して、改めて御説明させていただきます。

以上です。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

よろしく申し上げます。

あと、一番右側のTRACコードの解析結果についてなんですけれども、これ前のページに戻って、A-1-5-5ページ、これを見ると、三次元核熱結合振動の立ち上がりより少し前、例えば、50秒～100秒ぐらいのフェーズでは、原子炉出力が大分低くなっている。この辺の条件が関連しているのかどうかはわかりませんが、A-1-6ページでは、TRACコードに出ているPCTの変動、あるいは、中性子束の変動自体も同じですけれども、REDYコードに見られるような圧力変動に起因する中性子束変動、これが引き起こす沸騰遷移、これでPTC増加で左の2枚していますけれども、これが重畳していない状況になっています。

TRACコードは今回、REDYコードの参考として使うという趣旨だったかと思いますが、ここの、実際にこういう現象が重畳するのかどうか、そこはTRACコードでやはり見ていただくのが必要かと思います。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

今、御指摘ありました50秒～100秒あたりのSR弁の開閉の重畳については、説明を充実して対応いたします。

以上です。

○工藤主任調査官 よろしく申し上げます。

私からは以上です。

○更田委員 1回ここで切りましょう。

1時15分に再開します。

（休憩）

○櫻田部長 それでは、時間になりましたので、更田委員がまだ来ておりませんが、再開します。委員が来られるまで、櫻田が議事進行します。

それでは、午前中に引き続きですけれども、資料2-2のREDYについて質疑の途中だったので、引き続き質疑を続けたいと思います。質問のある方。

○小野首席調査官 原子力規制庁、小野でございます。

REDYの質問ですが、3-32ページの(11)番の給水系モデルについて質問させていただきます

す。

図3-7と図3-8に給水系モデル書いてございまして、これ自身は給水系、通常の給水モデルとしていいと思うんですが、ATWSの場合、ATWSが起こった後の給水系の挙動が割と出力低下に重要な役割を果たしているかと思うので、その辺の記述がちょっともう少し書いていただければと思います。

具体的に申し上げます。A-1-5ページの左の申請解析を見ていただいて、下のほうの絵ですね。申請解析の下のほうの絵に、2番が給水流量になっておりまして、この2番の給水流量が173秒でしたっけ、落ちるといふ解析ですが、これ、ここで落ちているがゆえに上の絵の中性子束が上昇していたのが低下に転じるということだと思ふので、このところどのようにモデル化しているかということについて、まずちょっとお聞かせ願えればと思います。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

御指摘の点ですが、ここで給水流量が低下をするのは、ホットウエルの水の注水が完了後というので、給水分の注水が終わってという形になりますけれども、その点は、有効性評価の中では別途影響評価を実施をしております、ここに関しては、すみません、入力の不確かさも範疇に入るのか、少なくとも今回コードの御説明の中では触れておりませんでしたけれども、挙動としてはそういった形になります。

○小野首席調査官 原子力規制庁、小野でございます。

これ、2番の給水流量の線が飽和でずっと20秒ぐらいから百七十何秒までずっとサチっていますけれども、この値は何%でしょうか。

○日立GEニュークリア・エナジー（佐藤） 日立の佐藤でございます。

68%になります。

○小野首席調査官 それは、ポンプのランアウトリミッター制限と考えてよろしいでしょうか。

○日立GEニュークリア・エナジー（佐藤） 日立の佐藤です。

そのとおりです。

○小野首席調査官 この68%という値でずっとこの状態のときは電動給水ポンプが2台、普通、電動給水ポンプは25%2台だから50%要領のものがランアウトリミッターまで行っているんで68%というふうに理解しますが、ATWSのときはMSIVが閉じていて圧力が非常に高い状態を維持しているんで、ランアウトリミッターでも、かかっているんで、流量はもっ

と低くなるんじゃないか。そうすると、ホットウェルの復水器の中に入っていた水を消費する時間が遅くなって、もっと時間が遅くなるんじゃないかというような、そういうふうなところのモデル化といいますか、その辺についてちょっと御説明いただければと思います。

○日立GEニュークリア・エナジー（佐藤） 日立の佐藤でございます。

ただいま質問いただきました件につきましては、圧力が高くなりまして、給水ポンプからの給水流量が減少するんじゃないかということですが、今回、解析上、流量を多目にしまして、冷たい水をたくさん入れるということと、水位を高い維持するというところで、結果、全体的に厳しくなるだろうということで、ランアウト流量を用いております。

先ほど御質問いただきましたもう1点ですね。給水流量が少なくなることによって、復水器ホットウェル水系で給水ポンプがトリップする時間が長くなるんじゃないかということですが、給水ポンプが長くなるというのは御指摘のとおりであります。トータルの流量としては、炉内に注水される流量としましては、流量が少なくて時間が延びる効果、それと、流量が多くて時間が短くなる効果というのは、ほぼ同等ではないかなというふうに考えております。

以上です。

○小野首席調査官 その辺の話をちょっとまとめていただければと思いますのと、それからABWRに関しては、ホットウェルの水位以外に給水流量の水源となる水としてドレンポンプアップシステムのドレン水は影響しないかどうかということと、ポンプの水源、最初、タービン道の給水ポンプがわっと落ちますけども、それがすぐ落ちるかということ、ドレンポンプの分だけまだ残っているんじゃないかということ、その辺について教えていただければと思います。

○東京電力（上村） 東電の上村でございます。

そちらの個別の有効性評価の話になるかなと思ってますけれども、確かに給水流量による二次ピークの影響というのは大きく受けると思いますので、その辺りどういう影響があるかというのはお示ししたいと思っておりますけれども、ただ、ATWSの場合は、今、解析上は従来の許認可の考え方をうけて10分間は運転員操作には期待しないということで、給水流量というのはそのまま入るという前提で評価をしておりますので、このような高い二次ピークというのは出しますけれども、運転員の操作としては原子炉水位を低く保つということがATWSの基本となっておりますので、その操作の不確かさの一部で給水流量が多く入ったら

どうなるかという考察を有効性評価の中でしていくのかなというふうに考えてございますので、そのドレンポンプとおっしゃっているのは、その復水器にMWCで追加で供給されるということでしょうか。

○小野首席調査官 給水ポンプの水源が、ドレンポンプの場合は、復水器以外にドレン水もありますよね。その分がまだここに追加されないですよという、そういう意味合いです。

○東京電力（上村） 東電の上村でございます。

その影響を含めて、ちょっと有効性評価の中での考察とさせていただきたいと思います。

○小野首席調査官 了解いたしました。

○櫻田部長 ほかにありますか。よろしいですか。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

不確かさ評価の中で、SLCのところではほう酸の出し方という反応度の不確かさということで-3%で入れた経緯を出されていますけど、これはあくまでも未臨界を評価するのに、反応度-3%入れた経緯まで評価すれば未臨界を確保できるという意味合いでよろしいんですか。

○東北電力（木村） 東北電力の木村でございます。

高温停止に必要なボロンのPPMに関するところで3%としてございます。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

ほう酸の反応度の不確かさとしては、注入時の反応度展開率の多不確かさというのもあると思うんですけども、こちらに関してはもともとそれほど出力高いレベルでもないですし、ほう酸入れれば出力が下がるから、それほど影響ないよねという意味で、あまり不確かさということは考えられてないのでしょうか。

○東北電力（木村） 東北電力の木村ですが、先ほども御説明した箇所なんですけど、3-73ページに中性子収支の観点で記載をさせていただいて、必ず出力は下がっていきますよという記載をもってして、その不確かさはあまり影響はないということに変えさせてもらっています。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

今ほどの定性的な説明要素の反応の展開率の不確かさというところにつなげるような説明をしていただければと思います。

○東北電力（木村） 東北電力の木村です。

了解いたしました。

○小林審査官 もう一つよろしいですか。すみません。原子力規制庁の小林です。

今のほう酸の-3% ΔKの高温時の未臨界のお話ですけれども、これは数年前に後任のほうで確か1点炉の評価自体が非保守的で、三次元評価を見ると、もう少し保守性が必要だねということで、それで大目に-3% ΔKという数字をとられているのでしょうか。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

3-51ページにボロンの反応度の結果を-3%の不確かさの設定の記載をしております、先ほど御説明をしておりますでしたが、2点ありまして、4.2.2の第2パラグラフに高温停止に必要なボン反応度は三次元未臨界性評価を考慮しているため、その不確かさは停止熔融基準の1.5%というものを一つ採用しますというのが1点と、もう1点は、その評価の際に当たっては、代表的に平衡炉心で評価をしておりますけれども、評価炉心の不確かさを考慮して十分余裕がある値としてもう1.5%を考慮ということで、1.5%+1.5%で3% ΔKを不確かさとして設定しましたという考えでございます。

以上です。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

御説明、そういう考えで設定された、田中さんの今の御説明、考えで不確かさを設定されたということを確認させていただきました。

すみません。原子力規制庁の小林です。

あともう1点質問なんですけれども、先ほど参考解析でTRACGの解析をされていますけれども、そのときの解析条件なんですけれども、初期炉心流量は今回100%でTRACGのほうで解析されていると思うんですが、有効性評価のほうで初期炉心流量90%の解析されていて、それによりますと、給水可燃損失事象のフェーズでは比較的出力が上がりやすいというお話が多分あって、あとPCTもかなり厳しいという評価をされていたと思うんですけれども、仮にTRACGで初期流量90%ぐらいがあった場合、どういう傾向があるかということは御検討されているのでしょうか。

○東京電力（喜多） 東京電力の喜多でございます。

後ほどTRACのところでお説明させていただくことになると思いますが、ちょっと2-4の資料を御覧ください。

○小林審査官 すみません。TRACの説明は全く同じ御質問をしたので、またじゃあTRACのところでお説明いただくような、すみませんでした。

○東京電力（喜多） それでは、後ほど御説明させていただきます。

○小林審査官 すみません。私からは以上です。

○小野首席調査官 規制庁の小野でございます。

3-68ページお願いいたします。ECCSエンタルピの妥当性確認ということで、この項目2項目目の、また以降の下の方で、ECCSはCSTから水をやりますけど、この場合はサプレッションチェンバーからの注水だと思うんですが、そのときに温度が上が35℃で下が10℃という範囲を不確かさの下限としているということで、それ自身はいいと思うんですけども、これが炉心の入口エンタルピ、つまりボイドマップが炉心の入口エンタルピを入力としますけれども、これを考慮したボイドマップの範囲となっているかどうかというのをちょっと御説明願います。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

ボイドマップの設定に当たっては、ここの通常のECCSの想定だと、ごめんなさい、ちょっとデータ確認させていただいてよろしいでしょうか。この感度解析係数まで含めてのボイドマップになっているかどうかという御指摘だと思いますので、確認して御回答いたします。

○小野首席調査官 了解いたしました。

○日立GEニュークリア・エナジー（香田） 日立の香田です。

今の件に関しましては、ボイドマップの流量依存性のところで、実際にいろんな入口サブクーリングを降らして、今この数値ちょっとBTUで申し訳ないんですが、200まで降らしている。それで作られたボイドマップの中に、今回のATWASの解析結果が全て入っているということで確認されていますので、基本的には、今のボイドマップは十分その入口サブクーリングが冷たい場合、大きい場合をカバーしていると考えています。

○小野首席調査官 下限の10℃まではそれで入っているという確認があればそれで結構でございます。

○櫻田部長 ほかにありますか。いいですか。

それでは、REDYについては以上にしまして、続いて資料2-3、SCATですか、これは田中さんですか。説明をお願いします。

○東北電力（田中） それでは、SCATの御説明の入りますけれども、初めに、先ほど午前中と同じく本文の従前のSCATとの比較をさせていただきたいと思います。

○東京電力（喜多） 東京電力の喜多でございます。

それでは、資料の2-1の後ろのほうの添付25ページを御覧ください。

REDYのときと同じく左側に従来の解析結果、右側に今回の有効性の解析結果ということで載せてございますが、こちらは同じグラフの比較とはなっておりませんで、ここで見ていただきたいのは、従来では沸騰遷移は生じないという評価になっていたところ、今回は沸騰遷移を生じるという評価になっているというところでございます。

これを受けまして、若干パラメータを変えているところがございます。2枚めくっていただきました添付の29を御覧ください。こちら各種式ですとか、相関式とかが載ってございますが、こちら一番上の項目ですと、熱伝達係数で沸騰遷移が生じますので、膜沸騰ですとか、リウエットの式については、従来では使用していなかったものを、今回の解析では修正Dougall-Rohsenowですとか、式を相関式2の式を用いているというところがございます。

その下、ボイドモデルですとか、サブクールボイドモデル、圧損モデルというところにつきましても、沸騰遷移を考慮する必要がございますので、相関式等を修正しているというところがSCATにおける大きな違いということになってございます。

こちらは以上で、2-1の資料の御説明は終わらせていただきます。

○東北電力（木村） 続きまして、SCAT資料の説明に入りたいと思います。

資料ナンバーは資料2-3、タイトルが第4部SCATで、東北電力の木村でございますが、第4部SCATというタイトルでございます。

それでは、説明に入りまして、ページは4-1ページからでございます。

1. はじめの下から3行目でございますが、SCATでは、REDYの結果をインプットしてございまして、REDYと密な関係がございますが、REDYに対する説明は、先ほどの第3部の資料でしてございまして、そちら側で整理するというつくりになってございます。

このREDYの件も踏まえまして、まず冒頭にREDYを含めたSCATの入力を再度になりますが、御説明させていただきます、ページは4-35ページを御覧ください。

4-35ページ、こちらがSCATの入出力でございますが、右上にSCATの箱がございまして、入力としては二つございます。左から右に流れますのがREDYからの入力でございまして、炉心入口流量、出力といった過渡変化のデータがSCATに入ります。あと、右上の燃料データ、例えばギャップ熱伝達係数とか、軸方向の出力分布とか、こういったものがSCATに入りまして、下側の点線の箱でございますが、MCPRや燃料被覆管温度、これが出力になってございます。

ページを戻っていただきまして、4-2ページを御覧ください。2.の重要現象の特定でございますが、まずSCATにおける評価指標について御説明いたします。第2パラグラフ目でございますが、ATWSでは、沸騰遷移によりまして燃料被覆管の高温が高温になります。それに伴いまして、燃料被覆管の酸化量も増加いたしますが、判断基準に十分余裕があるため、SCATでは燃料被覆管温度は評価手法と整理してございます。

これまでのランクの定義と同じ定義を用いまして、各物理現象に対するランクづけを説明いたします。ページは4-11ページを御覧ください。このページと次のページにわたりましてランキングを整理してございます。

まず、ランクのところに括弧書きで\*1とついているものなのですが、この意味は、REDYの解析結果を引き継ぐ物理現象でございまして、SCATで考慮すべき物理現象の対象外とするというフラグでございます。

続いて、英語のところとか、右の列を見ていただきたいんですが、HもしくはMと整理したものが全部で6個ございます。(6)番の三次元効果はMとしてございまして、先ほどのREDYの説明と同様に、TRACによる参考解析を参照するというのを\*2に記載させていただいております。その他、HとかMにした理由、ここでは主なものを説明させていただきたいと思いますので、一旦4-6ページにお戻りください。

4-6ページの上から二つ目、(8)番、燃料棒の表面熱伝達でございますが、ATWSでは沸騰遷移が生じまして、被覆管温度は上昇して沸騰遷移後の燃料棒表面熱伝達は被覆管温度挙動に影響を与えますので、加えまして加熱蒸気により燃料棒表面熱伝達が変化するので重要度はHとしてございます。

下の(9)番、沸騰遷移でございますが、ATWSでは沸騰遷移が生じて、核沸騰から膜沸騰に移行して、出力の低下によりリウエットして核沸騰状態に移行いたします。燃料被覆管温度は、ドライアウト領域では急上昇して、リウエットによって核沸騰時の温度まで低下しますので、こちらもHとしてございます。

あと、次のページ4-7ページを御覧いただいて、上から二つ目、気液熱非平衡でございますが、ATWSは炉心は冠水してございまして、一部で発生した過熱蒸気は、炉心出口近傍で飽和になると考えます。しかしながら、発生した過熱蒸気の影響が隣接する燃料棒に波及する可能性がありますので、重要度はMと整理してございます。なお、この過熱蒸気を与える被覆管温度への効果は、先ほどの(8)番、燃料表面熱伝達のほうで考慮するという整理をしてございます。



続きまして、モデルの説明に移ります。ページが4-13ページでございます。まず、コードの概要でございますが、SCATコードは先ほどのMCPRや燃料被覆管温度を解析するコードでございます。本コードは、適用実績のあるDBへのMCPR評価に加えて、ATWSで生じます沸騰遷移後の被覆管温度もしくは酸化量を評価します。そのために、沸騰遷移後の燃料被覆管冷却材の熱伝達相関式とリウエット相関式を適用してございます。また、ジルコニウム水反応にはBaker-Justを適用してございます。

ページをめくっていただきまして、4-14ページを御覧ください。こちらは先ほど「H」とか「M」に分類された物理現象に対して、その物理現象を評価するために必要な解析モデルを表にしたものでございます。左から2列目でございますが、重要現象を整理して、それに対して大きく分けて燃料モデルとチャンネル内熱流動モデルという区別をつくりまして、一番右に具体的なモデル名を整理してございます。

ページをめくっていただきまして、4-16ページなんですが、今ほど申し上げました解析モデルに基本式や構成式を追加して、もう一度階層が深い計算モデルというところまで整理したものでございます。例えば、上から五つ目の被覆管の表面熱伝達モデルであれば、計算モデルとしては膜沸騰熱伝達の場合は、修正Dougall-Rohsenowの式を使っていると、こういう見方でございます。このモデルの順に従いましてモデルの説明をいたします。

次の4-17ページでございますが、大きく分けた一つ目のモデルのチャンネル内の熱流動モデルでございます。4行目に(1)保存式とございまして、軸方向ノード、各ノードについて保存式を適用して熱水力状態を計算いたします。保存式といたしましては、中ほどに(a)として質量保存式、気相と液相の2本、あと(b)としてエネルギー保存式、こちらも気相と液相の2本を記載してございます。下なんですけど、なお書きで、全ノードの熱水力状態を用いて、下に記載してございます運動量保存式を解けばチャンネル内の圧損を求めることもできることになってございます。

続きまして、4-19ページを御覧ください。(2)構成式でございます。ボイド、サブクールボイドのおおのこのモデルは御覧のとおりでございます。②番御覧のとおりでございます。③番の被覆管表面熱伝達モデルでございますが、冷却材の沸騰状態は括弧の中のように四つございまして、これに基づいた熱伝達相関式を適用してございます。この沸騰状態の選択ロジックでございますが、4-22ページを御覧いただいて、4-22ページの下の方に長方形の箱がございまして、こういった四つの沸騰状態において、沸騰状態をこの上のひし形のフローによって選択されます。サブクールであればDittus-

Boelter、あとサブクール沸騰、核沸騰、この二つについてはJens-Lottes、膜沸騰については修正Dougall-Rohsenowでございます。これらの式はちょっと飛んで申し訳ないんですが、4-20ページに記載してございますので、御覧いただければと思います。

あと4-22ページでは、あと2点ほどお話があるんですが、左から三つ目のひし形の沸騰遷移判定、こちらにはGEXL相関式、あと一番下のリウエット判定と書いたひし形、こちらには学会標準の相関式2を使用してございます。これらについて、今申し上げたものについて今から説明をいたします。

4-23ページを御覧ください。④番といたしまして、沸騰遷移の評価モデルでございます。こちらは今ほど申し上げたGEXL相関式を用いて計算いたします。なお、今回の有効性評価の解析における沸騰遷移の判定は、GEXL相関式から得られるMCPRがSLMCPRを下回った時点としてございます。GEXL相関式は、中ほどの少し上に $X_c =$ と書いてございますが、限界クオリティとか、沸騰長さ等の関数になってございます。

続きまして、もう一つのリウエットモデルでございますが、4-27ページですね。4-27ページを御覧ください。リウエットモデルは1行目に示してございます。学会標準に示している相関式を適用してございます。第3パラグラフ目でございますが、相関式には燃料集合体内の軸方向着目位置の流量断面平均クオリティがリウエットクオリティを下回ったときにリウエットが発生するという考えに基づいてございます。定常状態におけるリウエットクオリティは沸騰遷移を生じる限界クオリティに一致いたしますが、過渡状態におけるリウエットクオリティは限界クオリティを下回る傾向にございます。相関式にはこの偏差をモデル化したものになってございます。式としてはその下に書いてございまして、 $\Delta X$ がこの偏差でございます。

続きまして、4-29ページ目を御覧ください。先ほどの大きく分けたモデルと申し上げた二つ目のモデルでございますが、燃料モデルでございます。燃料モデルは燃料棒とかウォータースタッドやチャンネルボックスで構成されてございまして、まずグルーピング、ノーディングなんです、4-32ページを御覧ください。4-32ページでございますが、これは燃料集合体のモデルでございまして、チャンネルボックス壁を除くと4グループに分けてございます。続いてノーディングですが、次のページ、4-33ページ、右側に軸方向、24ノードを切っているという絵と、左側に径方向、ペレットは12ノード、ギャップ1ノードを挟んで被覆管と内と外で2ノードずつという絵でございます。

飛んで申し訳ないんですが、4-29ページにお戻りいただいて、中ほど少し上からそれぞれ

れのモデルの解説なんです、(1)番の出力分布モデルは、軸方向出力分布は一定値としてコサイン分布を入力してございます。(2)番の熱伝導モデルなんです、先ほど申し上げたノードに対しまして、径方向に熱伝導方程式を適用して冷却材への熱伝達を計算してございます。方程式は次のページに記載があるので御覧いただければと思います。

あと、このページで申し上げますと、(2)の③番ですね。PCTを計算する際は、ギャップ熱伝達係数というのは軸方向分布を考慮してございますという記載をさせていただいております。

続きまして、今ほど申し上げてきたモデルの妥当性について御説明いたします。4-36ページを御覧ください。4-36ページの4. 妥当性確認でございますが、まず妥当性確認の方法でございます。

4-37ページを御覧いただきますと、マトリックスをつくっています。左側に重要現象として分類された五つの物理現象を記載していて、右側に、先ほど説明いたしました解析モデルの妥当性の確認をこの一番右のほうに書いているATLAS試験NUPECの水力試験で行うというマトリックスでございます。なお、\*で出力分布と燃料棒内の温度分布を\*を付してございますが、こちらについては、保守的な入力であるということから、妥当性確認を不要と判断してございます。

試験により妥当性確認の説明に入ります。4-38ページを御覧ください。

まず、4-2としてATLAS試験でございまして、こちらは沸騰遷移評価モデルの妥当性確認結果の説明でございます。

まず、ATLAS試験の概要でございますが、4-41ページを御覧ください。こちらがATLASループの系統図でございまして、再循環ポンプとか、試験部容器から成り立ってございまして、試験部容器の拡大図が次のページの4-42ページにございます。模擬燃料棒がございまして、こちらに直接通電いたしまして、炉内での発熱状態を模擬しています。

こちらの試験の結果に入ります。次のページの4-43ページを御覧ください。こちらは限界出力の計算値と測定値の関係でございまして、横軸が測定値、縦軸が計算値でございまして、90%以上のデータが±6%の範囲に入っています。このプロットした結果を統計的に示したものが、次の4-44ページの上の図面でございます。横軸のECPRと書いたものが測定した限界出力分のGEXLの予測限界出力という手法でございまして、標準偏差としては2.2%でございます。

下の図面なんです、これは過渡状態における時間の予測能力を示した絵でございます。

同じく横軸が測定値、縦軸が予測値でございまして、多くが±3.5秒、0.35秒以内に入っております。入っていないものは保守的な結果となっております。

GEXLの最後なんです、次の4-45ページです。こちらは沸騰遷移の位置を示したものでございまして、横軸が時間、縦軸が左側が集合体の上部からの沸騰遷移位置、右側がスペーサの位置という記載になってございまして、白丸が解析で黒丸が試験を意味しております。横軸の時間を見ましても、解析のほうは早くBT、沸騰遷移してございまして、縦軸の位置を見ても、試験は上から二つ目に対しまして解析からは上からも三つ目までBTしてございまして。つまり、解析のほうがより深い位置で、しかもより早くBTすることがわかります。

ちょっと戻っていただいて恐縮なんです、3-39ページの見本を一つ説明したいんですが、3-39ページの(3)番でございまして、GEXL相関式における沸騰遷移の不確かさということで、ATLAS試験の測定限界出力とGEXLの予測限界出力から求められる標準偏差は、先ほど申し上げたとおり2.2%でございまして、ここにも記載してあります3.6%以下であります。失礼しました、4-39ページです。失礼しました。説明に戻ります。すみません。これが沸騰遷移におけるGEXL相関式の不確かさに相当すると考えてございまして。MCPRがSLMCPRを下回った時点で沸騰遷移が発生すると判断したように、今回、保守的に設定してございまして、不確かさの影響はこの設定に含まれると考えてございまして。

続いて、もう一つの試験、NUPECの試験でございまして、4-46ページを御覧ください。こちらは先ほどの沸騰遷移モデル、熱伝達モデル、リウエットモデルの妥当性確認としての記載でございまして。

まず概要なんです、この試験に用いている試験体は実寸大の9×9Aの模擬燃料集合体でございまして、4-48ページに試験体の例がございまして。左側の絵を見ていただきますと、A、B、Cと断面を切っておりますが、スペーサの直上流に熱電対が埋め込まれていて表面温度を測定してございまして。

結果なんです、4-50ページを御覧ください。まずこちらは沸騰遷移評価モデルについての件なんです、RELAP4を用いましてGEXL式の妥当性を示しております。これまでと同様、横軸、縦軸の関係は同じでございまして、GEXL相関式はBT発生値を良好に予測できていると考えます。

続きまして、4-51ページを御覧ください。こちらは熱伝達モデルとリウエットモデルの妥当性についてでございまして。修正Dougall-Rohsenowと相関式2の組み合わせの結果でございまして。

ざいまして、まず上の図面が被覆管温度の最大値の比較でございます。横軸、縦軸は同じ関係でございます、45度線より左上にございまして、保守的な結果となっております。下の図面ですが、こちらはドライアウト継続時間の比較でございます。こちらも同様に保守的な結果となっております。

46ページにお戻りいただきたいと思えます。46ページなのですが、一番下のところ(3)として、ここでは気液熱非平衡の不確かさを考察してございます。

まず、4-49ページを御覧いただきたいんですが、先ほどの試験体の径方向出力分布を記載した図面でございます。右側の絵で説明をいたしますと、こちらは燃焼の進んだ分布を書いてございまして、数字で書いているのが出力分布、平均値に対するそのときのピンの値ということなのですが、一番大きい出力分布は1.21でございまして、例えば一番上の行の右から6個目が1.21で、これをホットピンと呼びますが、これを起点にピンがL字になってございます。この体系は、つまり一つのホットピンに対して隣接してピンが2本配列した体系と言えます。この体系におきまして、先ほど示しました修正Dougall-Rohsenowと相関式には保守的でありました。

この結果を踏まえまして、考察を4-46ページに再度記載してございますが、4-46ページの下から7行目ですね。修正Dougall-Rohsenow式では加熱蒸気の温度を蒸気膜温度、これは燃料の表面温度と飽和温度の平均値でございまして、この膜温度とした物性値を用いてございます。これを踏まえまして、燃料被覆管温度を高く予測しているということは、バルクの温度が飽和かもしくは少なくとも飽和温度から有意に上昇していないということの意味することがわかります。沸騰遷移においても、隣接の燃料棒との間に飽和温度の蒸気が介在することを示しており、ホットピンの影響が隣接した燃料棒に波及しないことを示唆していると考えます。したがって、気液熱非平衡の不確かさは修正Dougall-Rohsenowの式に含まれると考えます。

続きまして、4-52ページを御覧ください。4-52ページでございまして、これまでの整理を受けまして、4.4.1、重要現象への適用性については、SCATコードは重要現象の燃料棒表面熱伝達及び沸騰遷移評価に適用できるとしてございます。

また、4.4.2、ノーディングの妥当性なのですが、先ほどの実寸大の模擬燃料を用いて重要現象を適切に評価できており、評価指標である燃料被覆管温度は高目に評価されるということを確認した。こういったことなどから、ノード分割による不確かさは、この章の妥当性確認により得られた不確かさに包含されると考えます。したがって、BWRの有

効性評価解析に適用できるというふうにまとめてございます。

最後の5章でございますが、有効性評価への適用性ということでまとめた表がございまして、4-55ページですね。4-55を御覧ください。重要現象として左側に書いているものに対して、一番右に有効性評価解析の影響というのをまとめています。高目に評価する、もしくは不確かさの影響はモデルに含まれるという整理をしております。

これが最後のまとめなんですが、なお、1点最後に、熱伝達モデルとリウエットモデルについて補足の説明をつくっておりますので、それについて説明したいんですが、まず4-53ページにお戻りいただきたいんですが、下から二つ目の(3)の燃料棒表面熱伝達の一番下のパラグラフですが、燃料被覆管温度の解析結果が高温となる範囲での修正Dougall-Rohsenow式及び相関式2の適用性について、添付の2と3で述べてございますので、それを最後に説明いたします。

まず、添付2を御覧ください。ページで言いますと4-2-1でございます。後ろから5枚目ですね。沸騰遷移後の燃料被覆管表面熱伝達モデルの適用性ということで、2個目のパラグラフですが、先ほどお示ししたとおり、燃料被覆管温度が500℃程度までの試験結果を用いて修正Dougall-Rohsenow式による被覆管温度の評価の妥当性を確認しております。この妥当性に加えまして、5×5の高温ポストBT試験の燃料被覆管の温度の測定の比較により、解析結果が高温となる範囲での適用性についてこの添付では述べています。

まず、先ほど申し上げた5×5の試験なんですが、2.の(1)概要でございますが、こちらはGNFさんが実施したものでございまして、4-2-5ページをお開きいただきたいんですが、こちらに試験体の例がございまして、左側の絵を見ていただくと、スペーサの直上流と、スペーサとスペーサの間とところに熱電対をつけてございます。この試験の結果については4-2-6ページでございます。4-2-6を御覧ください。こちらは燃料被覆管温度の最大値の比較をしたものでございまして、測定値、横軸、縦軸の関係はこれまでと同じでございます。各試験の燃料被覆管温度が最大値となる高さを第5から第6スペーサの付近でございまして、ATWSの最大値なる高さ位置、これと同等でございます。したがって、第5、第6スペーサ間、あと第5スペーサ位置の比較結果を示してございます。結果のとおり700から800℃の範囲において修正Dougall-Rohsenowは保守的な結果を与えてございます。

4-2-2ページにお戻りいただいて、3.なんですが、高温範囲における修正Dougall-Rohsenow式の適用性ということで、500℃程度までの試験解析との比較、あと700から800℃程度の試験解析との比較では、その保守性は大きく変わりませんので、800℃以上の

範囲においても修正Dougall-Rohsenow式は適用できると考えてございます。

続いて、添付3でございます。後ろから2枚目なのですが、4-3-1ページを御覧ください。はじめにの1.なのですが、第2パラグラフ、こちらも先ほどと同様、500℃程度までの試験結果を用いて相関式2の妥当性を確認してございますが、高温となる範囲での適用性について本添付で述べてございます。

3.下ですが、3.リウエット時刻の感度解析というところに入りますが、燃料被覆管温度が高温の範囲でも相関式の保守性は維持され则认为てございますが、相関式2によるリウエットの時刻の予測が及ぼす影響を確認しておくことは重要だと考えてございまして、リウエット時刻を遅らせた感度解析を実施しました。結果が4-3-3ページでございますが、上がリウエットあり、下がリウエット時刻を遅らせた場合の被覆管温度の時間変化でございます。こちらを見まして、結論といたしまして、最後の4-3-2ページなのですが、リウエット時刻を遅らせた感度解析から燃料被覆管温度はいずれも減少に転じますので、相関式2によるリウエット時刻の予測精度が及ぼす影響は大きくないことを確認したとまとめてございます。

説明は以上になります。

○櫻田部長 質問、コメントをお願いします。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

まず本文の資料から、本文のほうの添付29、こちらに解析モデルに関する今回のATWSに関する使用するモデル等が書いてありますけれども、この中に、ちょっと見た限りでは沸騰遷移相関式がなかったように思います。沸騰遷移相関式をつけ加えてください。加えて、今回、先ほどのREDYの解析のときにも話がありましたけれども、ボトムピーク、下部出力ピークに関する適用もありましたので、この沸騰遷移相関式GEXLについては、ポストBT位置の下部出力ピーク、それに対する適用性について説明なり考察をお願いいたします。

○東京電力（喜多） 東京電力、喜多でございます。

御趣旨了解いたしました。修正いたします。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

あと、その同じ添付の29ページなんですけれども、その下に、この右側のATWS用の新しい相関式を使うことで適切に評価できると。ちょっと黒枠の中の表現で恐縮です。書いてありますけれども、こちらについては、妥当性確認あるいはその参考となる資料等について、SCATのほうで記載をお願いいたします。

○東北電力（木村） 東北電力の木村です。

了解しました。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

SCATのほうの資料で4-35ページ、こちらにREDYのときも同じ図でしたけれども、REDYからSCATに渡すデータとして炉心入口流量とあります。で、SCATは単チャンネル解析コードですので、炉心入口流量ではなくて、これを集合体入口流量に変換するわけです。で、その集合体入口流量への返還の考え方、これについて御説明ください。

○東北電力（木村） 東北電力の木村でございます。

1ページ前の4-34ページでございまして、そちらの上から6行目、なお書きのところがございますが、SCATコードの入口流量、バンドル出力の時間変化は、REDYから持ってくるものでございまして、規格化したものでございます。変化、結局REDYからは変化が与えられているわけでございますので、初期値としてSCATでは決めないといけないというところで、初期のMCPR、OLMCPRでございまして、そちらにあわせた入口流量とかバンドル出力を与えているという記載は4-34ページに一応しているつもりでございます。

○工藤主任調査官 規格化した時間変化についておっしゃるとおりなんでしょうけれども、その集合体入口流量の絶対値、その辺の与え方についての考え方、先ほどのOLをそれで設定するという話では必ずしもないと思いますので、それについて、こちらの資料に詳しく説明していただくようお願いします。

○東北電力（木村） 東北電力の木村です。

了解いたしました。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

それと、先ほどのGEXLに関連してなんですが、4-43ページ、こちらにはコサイン分布の結果、比較結果しかございません。ボトムピークに対して追加すべき情報があればその記載をお願いいたします。

○東北電力（木村） 東北の木村です。

ボトムピークについても記載いたします。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

あとちょっと細かい点で恐縮なんですけれども、図の4-6、沸騰遷移位置の時間変化、これについては、どの燃料集合体タイプの結果であるのか、それがわかるように記載をお願いします。



○東北電力（木村） 東北電力の木村でございます。

こちら7×7の値でございますので、それがわかるように記載いたします。

○工藤主任調査官 7×7の結果ですと、GEXL相関式も9×9A型と異なるわけですので、9×9A型に対する適用の考え方等の御説明もあわせてお願いします。

○東北電力（木村） 東北の木村です。

了解いたしました。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

あと4-46ページで、気液の熱的非平衡、この不確かさの考え方、これについてはここに例示されている実験結果との比較に関しては確かにおっしゃるとおりなんでしょうけれども、今回の有効性評価に関しては、この実験データの範囲を大きく超える高いPCTまで燃料被覆管温度が到達しますので、そのときまでこういう考え方がそのまま適用できるのか、あるいは適用できないとしたら、その不確かさをどのように考慮するのか、その辺についての説明をお願いします。

○東北電力（木村） 東北電力の木村です。

先ほど添付2で、高温領域にわたる妥当性確認800℃程度までをさせていただいて、こちらの結果等も参考にしながら、今、御指摘いただいた点、検討してまいりたいと思います。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

わかりました。よろしく申し上げます。

あと細かい点で恐縮です。次の4-47ページ、ここでNUPECのほうの模擬燃料集合体の仕様がありますけれども、今回、軸方向の出力分布がクローズアップされてきていますので、これについても追記をお願いいたします。

○東北電力（木村） 東北電力の木村です。

コサイン分布でございますので、その旨記載いたします。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

それと4-50ページ、図の4-9、これ先ほどRELAP4で解析されたという御説明でしたけれども、確かに参考文献を見ると、昔のNUPECの解析を引用されていますので、RELAPかと思うんですけども、今回のSCATコード、SCAT Ver. 3コードでGEXLを使った形で比較をしてみないと、これどういう関係になるかというのがわからないかと思います。当時RELAP4コードでGEXLそのものを用いたということでは必ずしもないでしょうから、ですので、この発生時刻の比較については、今回のSCAT行動でGEXL相関式を使った上でどのような傾向に

なるか、そこに関する記載のアップデートをお願いします。

○東北電力（木村） 東北電力の木村です。

了解いたしました、ここに記載したのは、まずGEXLという相関式の妥当性という観点でRELAPで回したのも記載しました。御趣旨わかりましたので、検討させていただきます。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

RELAP4に入っていたのはGEXLそのものではないですよ。その辺についても、ちょっとこちらはうる覚えで恐縮ですけれども、確認をお願いいたします。

○東芝（福永） 東芝の福永です。

今回RELAP4のコードで、GEXLの相関式の係数を、同じ係数を入れてRELAP4で解析をしておりますので、今回の解析コードの説明では、GEXL相当のもので十分に沸騰遷移の発生時間を予測できているという記載にしております。

以上です。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

GEXL相当といっても、かなり係数は落としていると思いますので、これについてはGEXLそのもので評価することが重要と考えます。

○東北電力（木村） 東北電力の木村でございます。

御趣旨わかりましたので、検討させていただきます。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

よろしく申し上げます。

あと4-2-5ページ、4-2-6ページ、5号バンドルでの高温ポストBT試験なんですけれども、こちらは高温ポストBT試験の、例えば4-2-5ページ、体系図、この中で高出力ロットにも熱電対があるかないか、多分薄く見えるのであるように見えるんですが、この辺はつきり記載をお願いします。それと、その次のページで、第5スぺーサと、第5スぺーサから第6スぺーサの間の結果がここに記載されていますけれども、ほかのスぺーサについても情報が必要かと思しますので、追加をお願いいたします。

○東北電力（木村） 東北電力の木村でございます。

まず1点目でございますが、4-2-5ページに熱電対がついているかというところで、ついででございますので、見えるように記載いたします。

2点目の、4-2-6ページの第5スぺーサ以外のスぺーサについても、御趣旨を踏まえまして検討させていただきます。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

よろしく申し上げます。以上です。

○櫻田部長 ほかにありますか。

○小野首席調査官 規制庁、小野でございます。

4-43ページで、限界出力値と測定値の関係、図4-3ですが、ATWSの場合はMSIV閉止でサブクールかなり深くなると思うんで、ここに入口サブクール条件書いてございますけど、このATWS条件に入っているかどうかをちょっと確認したいんですが。

○東北電力（木村） 東北の木村でございますが、9×9燃料については、わずかに入ってございませませんが、7×7とか含めると入ってございますので、その辺含めて記載させていただきたいと思います。

○小野首席調査官 お願いいたします。

○櫻田部長 小林さん。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

添付の2のほうで、修正Dougall-Rohsenowの式の妥当性評価確認の試験をされているわけですがけれども、こちら試験体系4-2-5ですと、5×5の試験体系ですがけれども、これ全て長尺燃料の試験体系となっているんですが、実際、今回対象としている炉心は9×9燃料といった短尺燃料が入っている燃料で、実際、先ほど御説明がありましたNUPECの試験では500～600℃の付近までは多分短尺燃料の効果も含めて確認はされていると思うんですが、実際、高温領域ですね。今回、対象となる高温領域について、短尺燃料の効果も含めて修正Dougall-Rohsenowでしたっけ、この相関式が妥当かどうかということの説明をお願いします。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

今回の添付2の検討に当たっての部分長燃料の取り扱いについては、現在、整理をしているところございまして、御質問の内容を含めて、今後、御回答いたします。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

じゃあ、整理がつかましたら御説明をお願いします。私からは以上です。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です、

今、ちょっと補足させていただきます。今、小林から質問のコメントのあった件については、修正Dougall-Rohsenowとの関係で整理していただくよりは、相関式2との関係で整理していただくほうが特徴が出るかと思えますし、一方、修正Dougall-Rohsenowのほうは

気液を考慮するかしないか、そういうところで一定の保守性がどういうふうに変化するかというところは見えてまいりますので、結果的に相関式2のほうとの関連で整理していただくようお願いいたします。

○東北電力（田中） 東北電力、田中です。

了解いたしました。

○櫻田部長 ほかにありますか。よろしいですか。

では、残りをお願いします。これは東京電力ですか。

○東京電力（喜多） 東京電力、喜多でございます。

それでは、2-4の資料のTRACGの説明資料のほうを御説明させていただきます。

めくっていただきまして1-1ページでございます。はじめにでございますが、こちらに今回の資料の位置づけが記載してございまして、第1段落に関しまして、中ほどから、これまで何度か御説明出てきておりますが、今回の有効性評価におきましては、高出力・底流量の状態に至るために中性子振動が生じる可能性があるというところがございます。この中性子振動現象につきましては、REDY、SCATでは取り扱うことができないことから、この本TRACコードの解析を参照するという位置づけでございます。

これを踏まえまして、この資料の中では、その下の三つの観点で資料をまとめてございます。一つ目が、使用実績と解析モデル、二つ目が解析結果の例示、三つ目が今回の有効性評価、ATWSの解析への適用例というところがございます。

こちらTRACのコードですけれども、TRACGコード、TRACG Ver. 5というところで資料はまとめてございます。

めくっていただきまして、2. でございます。2-1ページです。ここでですけれども、今しがたTRACG Ver. 5と申しましたが、米国での適用実績を記載してございますが、こちらにつきましては、Ver. 5のものではなくて、旧バージョンでの適用事例ということになってございます。最後の段落に書いてございますが、Ver. 5とそれ以前のVer. 4との相違点というところがございますが、こちらは核動特性のモデルが修正1群から3群の多項式のモデルに改良されているというところがございます。

続きまして、2-2ページに行ってくださいまして、使用実績でございます。2.1.1ですけれども、背景につきましては、こちら開発の歴史となっておりますので、説明は割愛させていただきますと思います。

2.1.2のコード全体のスコープ及び評価性能のところがございますが、こちらTRACGにつ

いて簡単に、熱力につきまして多次元の2流体モデル、中性子動特性につきましては3次元の動特性モデルと書いてございますが、モデルの詳細は2.2にございますので、説明を割愛させていただきまして、2-3ページに移っていただきまして、2.1.3の米国での適用実績でございます。こちら、少し古いバージョンでありますVer.2とVer.4で米国での適用実績を記載してございます。こちらA00、いわゆる過渡変化ですとか、ATWS、安定性、LOCAについての適用例がめくっていただいて2-7ページに表2.1-1というところでまとめてございます。今回、主に使いたいというところがございますATWSですとか、安定性につきましては2番、3番、飛んで5番というところがATWSの適用例、6番、7番、8番、9番といったところが安定性への適用事例というところになってございます。

適用事例については以上とさせていただきます、2-10ページの解析モデルを御覧ください。ここからTRACのモデルについての御説明ということになります。

TRACGの特徴といたしましては、2.2.1に書いてございますとおり、モジュール構造というところで、モジュールを組み合わせて体系を模擬するというところになってございます。どのようなモジュールを持っているかというところが、めくっていただきまして2-11ページから記載してございます。

一つ目が、パイプというところになってございまして、これが一番基本的となる一次元の単管のモデルというところになってございまして、これにポンプを組み合わせてポンプですとか、バルブを組み合わせたバルブというようなモデル、あるいは分岐考えたT、次のページに行っていたTというモデルがあったりというところがございます、これらを組み合わせて2-11ページの上の図にありますように、RPVの中をこのように左側が炉心の鳥瞰図となっております、右側がモデルという形になってございますが、このようにモデル化できるというような例で記載してございます。

2-12ページの下に書いてございますが、パイプが基本のモデルですので、基本的に全てのコンポーネントは同一のモデルになっているというところで、1次元の熱水力モデルというふうになってございます。格納容器の上部を表現するVSSLという、そのちょっと上にVSSLと書いてございますが、こちらのコンポーネントだけが3次元のモデル、他次元の熱水力モデルを有しているということになってございます。

続きまして、めくっていただきまして2-13ページでございますが、2.2.2で基礎方程式モデルというところの御説明をさせていただきます。

まず、最初といたしまして、流体場の方程式というところがございますが、真ん中ごろ

に行きますと、第2パラグラフの3行目ぐらいからですが、TRACGでは、二相流の液体場の6方程式を解くというところになってございまして、このページの後ろから方程式が書いてございまして、気相、液相につきましてそれぞれ質量保存式、1式、2式、運動量方程式、2-14ページに行ってください、上から二つの3式、4式、あとはエネルギーの保存方程式というところで、それぞれの6方程式を解くことで非平衡、非均質な二相流を直接取り扱うというところが特徴となっております。

2-15ページに行ってくださいまして、構造物についての方程式というところでございますが、熱伝導方程式について記載してございます。TRACGにおきましては2.2の8式で書いてございますように、直行座標あるいは円柱座標系での熱伝導の1次元の方程式のモデルを持っていることになってございます。

続きまして2.2.3でございまして、物理モデル構成式でございまして、二層流動様式ですとか、サブクール沸騰、界面せん断力等々につきまして、さまざまなもので得る構成式を持っておりまして、こちらVer.4と同じであることで、説明は省略ということとさせていただきます。これらの方程式ですが、構成式の適用事例については、先ほどちょっと省略いたしました、米国での適用実績の次の表に、どのような試験によって確認をしたかというところが、2-8ページで妥当性を確認したというところでボイド率ですとか、熱伝達のモデルというところを確認したというところをまとめてございます。

続きまして、中性子の動特性方程式でございまして、こちらにつきましては、エネルギー3群、遅発中性子6群の3次元の時間依存の中性子拡散方程式を解いてございます。式につきましては、9式、10式というところで表してございまして、こちらの方程式で動特性方程式を解いているというところになってございます。

今、御説明いたしました方程式を2-17ページの図2というところで関連させて、一番上の動特性モデルで出力を計算しまして、それを熱伝導をさせまして、一つ下の熱伝導に行きまして、その後は熱流量とのカップリング、熱水力とのカップリングをいたしましてというところで、この中で全体のバランスを解いて方程式を解いているというところでございます。

2-18ページにノード分割等のところが記載してございまして、中性子の動特性モデルにつきましては、径方向は燃料集合体当たり1ノードで、縦方向、軸方向については24または25ノードということになってございまして、熱水力、熱伝達につきましては、もう少しメッシュが細かいというところでモデリングをしてございます。

このページの最後の段落に、ほう素のモデルの取り扱いについて記載してございますが、ほう素の微視的断面積と数密度を用いて吸収断面積の補正を行ってボロン反応度を考慮するという事になってございます。

モデルの説明が以上となりまして、以降、解析結果の例示ということで御説明をさせていただきます。

3-1ページ御覧ください。こちらTRACのVer. 5で再度解析した結果というところで幾つか例示をさせていただいております。今回、取り扱うモデルといたしまして、まず4から5に改良されたところの動特性の確認ですとか、あるいは、今回見たいところでありますREDY/SCATで取り扱うことのできない振動現象ですとか、あとは国内BWRでの評価、SLCの評価といった観点で5例ほど後ろにつけさせていただいております。

まず、一つ目ですけれども、3.1でございます。PEACHBOTTOMのタービントリップ試験への解析の適用事例というところがございます、こちらPEACHBOTTOMで実施されました3件のタービンバイパス、タービントリップ、バイパス弁作動試験への解析結果というところがございます。実際の試験条件は3-2ページの下の表に書いてあるとおりでございます。

2枚めくっていただいて3-6ページの図を見ていただくのがわかりやすいかと思いますが、実際の試験がデータと書いてあります点線でございます、実線がTRACでの解析結果というところになってございまして、こちら出力の推移でございますが、非常によく一致しているというところが見てとれるかと思えます。

2、3につきましては試験2、3というところがございます、2については若干ピークが違っているというところがございますが、出力上昇具合とよく一致しているかというところが見ていただけるかと思えます。

続きまして、3-10ページに行ってくださいまして、LASALLEの不安定事象への解析の適用というところがございます。こちらはLaSalle-2号機が発生しました不安定事象を解析で再現したというところがございますが、原子炉が84%定格出力/76%定格流量で運転していたところ再循環ポンプがトリップいたしまして、高出力、低流量になったことによる振動が発生したというような事象でございます。こちらちょっと結果は黒塗りになってございますが、わかりやすい図といたしましては、3-19ページで図の10、TRACGによるAPRMのプラントデータとの詳細比較といったところを見ていただきますと、細かな出力の変動というところが、すみません、赤い線が実測データ、青い線がTRACGでの解析結果というところがございますが、非常によく振動の幅というところを再現できているかと思

ております。ほかの図を見ていただきましても、概ねいい位置で解析ができていないかというふうに考えてございます。

3-10ページにもう一度戻っていただきまして、こちらの解析モデルでございますが、こちら標準的なノード分割ではなく、もう少し詳細なメッシュを切って解析してございますので、3.2.1のところを少し書いてございまして、2行目の後半からですけれども、安定性への適用であることを考慮に入れまして、燃料チャンネルのノード分割を少し細かくしたというところで下部4ノードをさらにサブノードで分割、下流側なので少し上のところをまたサブノードに分割というところで、下からだんだん上に向けて粗いメッシュになるような切り方をしているというところを記載してございます。

続きまして、3-22ページを御覧ください。こちらが3.3と3.4が国内の実プラントの起動試験への適用事例ということで、3.3が福島第二の例、3.4が柏崎の7号機の例ということになってございまして、どちらも発電機負荷遮断試験と、再循環ポンプトリップ試験というところの2ケースの解析を実施してございます。

こちらグラフを見ていただくのがわかりやすいかと思いますが、3-27ページから解析結果と実測のデータ、試験データの比較というところが並んでございますが、TRACで非常によく再現できているという結果が出てきております。

続きまして、3-29ページに、ABWRであります柏崎刈羽7号機の結果が載ってございまして、実際の比較をした図が3-33ページから並べてございまして、こちらにつきましても、若干ちょっとタイミングがずれたりというところがあってずれているところもございまして、全体としては一致しているという結果が得られているかと思っております。

続きまして、3-35ページでございますが、こちらSLCの試験ということで、先ほども少し出てきましたけれども、Vallecitosの試験についての適用事例というところでございます。こちらは少し黒塗りの図になっておりますので、申し訳ございませんが、3-36ページから図が幾つか並んでおりますが、試験データとTRACGの結果を見ますと、やはりこちらでも非常によく再現できている結果になっているかと考えてございます。

続きまして、4-1ページでございます。こちらが今回の有効性評価への解析を実施した結果というところでございまして、こちら不安定現象を再現するというところがございまして、先ほど御説明しましたLaSalle2号機の評価で適用したノード分割、詳細なノード分割というところで解析をした結果でございます。

評価といたしましては2ケースやっております、先ほどREDYコードの中で御説明をし



たものと同じケースが1ケース、こちらが前半4.1-1から4.1-8に載っているものでございまして、もう1ケースといたしましては、若干条件を変えまして、先ほど御質問いただいた炉心流量等もございしますので、こちら平衡炉心ではなくて、4-1の第2パラグラフの2行目から書いてございますが、厳しい結果を与えるような条件といたしまして、下部ピーク、サイクル末期、初期炉心流量90%といったところでの解析を実施してございます。こちらについては図の9から16というところに載っておりますが、結局、PCTの最高温度といたしましては、平衡炉心でやった場合が550℃、ちょっと条件を変えまして厳しい条件にした場合でも560℃という結果で、大きな違いはないといえますか、十分に余裕があるというところを見てございます。

実際の結果が後ろに並んでございますが、PCTの結果を見ていただきましても、4-9ページと4-17ページというところがございますが、若干振幅している時間というところは長くなってございますが、最高温度というところでは大きな違いはないような結果が得られているというところがございます。

簡単ですが、TRACに関する説明は以上となります。

○櫻田部長 内容の質疑に入る前に、ちょっと確認したいんですが、資料2-4は東京電力と中国電力の名前だけ書いてあるんですけども、これはどういう事情なのかということと、残りの2社については別途違う説明が用意されているのかどうかということについて、説明をお願いします。

○東京電力（喜多） 東京電力、喜多でございます。

TRACの資料が弊社と中国電力さんの2社になっている件でございますが、こちらTRACのメーカーさんによりましてTRACのバージョンが微妙に違ってございます。我々は日立さんのTRACGというコードで、あれ東芝さんはTRACTというコードを使っておりますので、その違いがございますので、今回は日立GEさんに解析をお願いしているTRACGを使っている2社のクレジットということになっているというのがまず最初のお答えになります。もう一つのTRACT側につきましては……。

○中部電力（原田） 中部電力の原田です。

TRACTに関しましては、いろいろ不確かさとかいろいろ評価を今やっておりますが、まだちょっと作業が終了していませんので、終了次第提示させていただきたいと思っております。

○櫻田部長 わかりました。どちらにしても参考資料ということだと思いますけれども、

そうすると、残りの2社については、また別途同様の内容になるのかもしれませんが、改めて説明があるということで理解をしました。

それでは、内容についての質疑に入ります。どちらでも。

○工藤主任調査官 規制庁の工藤です。

今回、参考資料ですので、あまり妥当性確認等深く立ち入るものではありませんけれども、先ほど御説明の中で、よくあったということがたくさん言われていたかと思えます。それらに対しては安全評価パラメータが判断基準に対してどういう距離感、どういう影響があるかという点を踏まえた上で定量感を持って示していただくようお願いします。一般論です。

あと大変細かい点なんですけれども、規制庁の工藤です。

2.2.2.4、中性子動特性方程式の2-16ページ、こちらの第2パラグラフの一番最後、時間解法には数値粘性による解析解の忠実度低下云々という記載がありますけれども、これ基本的にニュートラニクスシートメソットのシートをどう変えるかという話だけですし、あと数値粘性というのは無関係な話ですので、ここの点について記載を適正化をお願いいたします。

私からは以上です。

○東京電力（喜多） 東京電力、喜多でございます。

二つコメントいただいたかと思いますが、どちらも記載に関する事かと思っておりますので、いただいたコメントの趣旨を反映して資料のほうをしていきたいと思っております。

以上です。

○櫻田部長 どうしますか。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

先ほど、私の質問に対しての回答を、こちらの資料に書いてあったということで了解しました。

それで、こちらあと記載だけの話なんですけれども、こちらTRACGというREDYの補完というか、REDYの扱えない事象についての参考資料ということなんです、REDYでどうして振動事象が使えないかということで、それでTRACGはどうしてここが扱えるかということで、熱水力モデルの対比という表を一つつけていただくと、ちょっとリエゾンの説明が一つあるとわかりやすいと思っておりますので、その辺ちょっと御検討をお願いしたいんですが。

○東京電力（喜多） 東京電力、喜多でございます。

趣旨了解いたしました。TRAC側に入れるのか、REDY側に入れるのか、あるいは両方に入れるのかというところも含めまして、少し検討させていただきたいと思います。

以上です。

○小林審査官 原子力規制庁の小林です。

私からは以上です。

○櫻田部長 ほかにいかがでしょうか。いいですか。なさそうですね。

TRACGについてはこれで終了のようです。

本日予定されていた用意されたものは全てこれで終了ということによろしいですか。

全体通して何か聞き忘れたこと、コメントしておきたいことがありましたら、よろしいですか。ありがとうございました。

それでは、本日予定していた議題は全て終了いたしました。今後の予定ですが、明後日木曜日は、通常、審査会合を予定する日ではあるのですが、今週は開催の予定はありません。金曜日の午後に地震、津波関係の審査会合を開催する予定です。今のところ固まっているのは以上であります。

それでは、以上をもちまして第242回原子力発電所の新規性基準適合性に係る審査会合を閉会します。