Journal of the Institute of Nuclear Safety System 2011, Vol.18, 294-309

小破断 LOCA 時高圧注入系不作動事象の PIRT 作成 および重要現象の感度解析

Development of the PIRT for the small break loss-of-coolant accident with high pressure injection failure and sensitivity analyses for important phenomena

山田	実(Minoru Yamada)	南雲	宏一 (Hiroichi Nagumo)
木下	郁男(Ikuo Kinoshita)	村瀬	道雄(Michio Murase)
吉田	至孝 (Yoshitaka Yoshida)	川崎	郁夫(Ikuo Kawasaki)



nss 株式会社原子力安全システム研究所

Institute of Nuclear Safety System, Incorporated 〒919-1205 福井県三方郡美浜町佐田64号 Tel 0770-37-9100 Fax 0770-37-2008 URL http://www.inss.co.jp

小破断 LOCA 時高圧注入系不作動事象の PIRT 作成 および重要現象の感度解析

Development of the PIRT for the small break loss-of-coolant accident with high pressure injection failure and sensitivity analyses for important phenomena

山田 実 (Minoru Yamada)^{*1} 南雲 宏一 (Hiroichi Nagumo)^{*2} 木下 郁男 (Ikuo Kinoshita)^{*1} 村瀬 道雄 (Michio Murase)^{*1} 吉田 至孝 (Yoshitaka Yoshida)^{*1} 川崎 郁夫 (Ikuo Kawasaki)^{*1}

要約 統計的安全評価手法の適用により、最適評価結果に対する不確かさが定量的に評価され、過度の保守性を合理的に排除することで信頼性の高い評価結果が期待される.現在、小破断LOCA (Loss-Of-Coolant Accident)時高圧注入系不作動事象におけるアクシデントマネジメント「2次系強制冷却による低圧注入」解析への統計的安全評価手法の適用を進めている.解析コードはRELAP5/MOD32を用いる.本研究ではPIRT (Phenomena Identification and Ranking Table)を作成して重要現象を抽出するとともに、重要現象のRELAP5での扱いを調査した.また、重要現象の評価パラメータである PCT (Peak Cladding Temperature)への影響を定量的に把握するために、関連する解析モデルのパラメータを極端に振った実機感度解析を実施した.PIRTでは24項目の重要現象が抽出され、それらを計算できるモデルと相関式がRELAP5に組み込まれていることを確認した.実機感度解析では重要現象のうち「伝熱管入口でのCCFL」、「破断流臨界流」、「熱伝達(露出炉心)」の3項目が特にPCTへの影響が大きいことがわかった.これらの重要現象については、関連する解析モデルの不確かさ分布を作成する際に、実験の実施、既存実験データの精査などによって過度に分布が広がらないように特に留意する必要がある.

キーワード 小破断 LOCA 高圧注入系不作動 統計的安全評価手法 PIRT RELAP5/MOD3.2

By applying this statistical evaluation method, the uncertainties of evaluation Abstract results can be estimated quantitatively, and as a consequence, excessive conservatism can be reasonably removed to obtain evaluation results with enhanced reliability. The application of a statistical safety evaluation method to analysis of the "low pressure injection by intentional depressurization of the steam generator secondary side" which is an accident management approach in the SBLOCA (Small Break Loss-Of-Coolant Accident) with HPI (High Pressure Injection) failure is being made. RELAP5/MOD3.2 is used as the analysis code. In the present study, the PIRT (Phenomena Identification and Ranking Table) was made to extract the important phenomena, and the treatments with RELAP5 of these important phenomena were investigated. Moreover, sensitivity analyses were made for the actual plant in which the parameters of the analytical model, related to the important phenomena, were changed in order to understand the influence of these phenomena on the PCT (Peak Cladding Temperature) which is evaluation parameter quantitatively. Twenty-four important phenomena were extracted in PIRT, and it was confirmed that analytical models and correlations which are able to simulate them were built into RELAP5. In the results of sensitivity analyses for the actual plant, it was understood that the influence of three items "CCFL at the inlet of the U-tube", "Break flow (critical flow)", and "Heat transfer (at exposed core)" on the PCT was especially large. Regarding these important phenomena, it is necessary to prevent the model's uncertainty distributions from being extended excessively by carrying out experiments and examining the existing experiment data closely when the distributions are made.

Keywords Small break LOCA, HPI failure, Statistical safety evaluation method, PIRT, RELAP5/MOD3.2

^{*1 (}株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

^{*2} MHI原子力エンジニアリング(株)

1. はじめに

小破断 LOCA(Loss-Of-Coolant Accident)時高 圧注入系不作動事象(以降,小破断 LOCA 時 HPI (High Pressure Injection)不作動事象)は設計基 準を超えた事象であり,アクシデントマネジメント 「2 次系強制冷却による低圧注入」によって炉心の 冷却を維持し,炉心の健全性を確保する必要がある. この事象に対しては過去に試験や試験解析^{(1)~(4)}が 行われている.

本研究では、アクシデントマネジメントの信頼性 を向上するために日本原子力学会標準⁽⁵⁾に沿った統 計的安全評価手法の実機解析への適用を進めてい る.統計的安全評価手法の適用により、最適評価結 果に対する不確かさが定量的に評価され、過度の保 守性を合理的に排除することで信頼性の高い評価結 果が期待される.解析コードはRELAP5/MOD3.2⁽⁶⁾ を用いる.

統計的安全評価手法の適用例として, INSS (Institute of Nuclear Safety System, Incorporated) ではミッドループ運転時余熱除去系機能喪失事象を 対象に実施している⁽⁷⁾. 統計的安全評価手法では PIRT (Phenomena Identification and Ranking Table)を作成して重要現象を抽出し,それに関連 する解析モデルの不確かさを定量化してモデル不確 かさの解析結果への影響を示す必要がある. PIRT は対象事象の中で生じる現象を抽出整理し,評価対 象パラメータに対する影響の観点から重要度をラン ク付けして作成する. 小破断 LOCA を対象に PIRT を作成した例は過去にあるが⁽⁸⁾,小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象を対象にした PIRT の例はない.

そこで、本研究では小破断 LOCA 時 HPI 不作動 事象を対象に PIRT を作成して重要現象を抽出し、 重要現象の評価パラメータへの影響を定量的に把握 するために実機感度解析を実施した.

2. PIRT の作成

2.1 対象事象の概要

小破断 LOCA 事象は1次系に開いた破断口(枝 管の破断や主配管の亀裂など)から冷却材が流出し て1次系保有水量が減少する事象である.1次系保 有水量は,緊急時炉心冷却系(1次系圧力の低下に伴 い, HPI, ACC (Accumulator), LPI (Low Pressure Injection)の順に作動)からの注水によっ て維持される、または回復していく.しかし、HPI が作動しない場合、1次系圧力低下が遅い小口径破 断では、運転員が1次系圧力をACC作動設定圧お よびLPI作動設定圧まで低下させることによって 炉心冷却を回復させる適切な操作をしないと、長期 にわたる炉心のヒートアップが生じる.運転員は炉 心が露出した場合、主蒸気逃し弁を手動開にして SG (Steam Generator) 2次側により1次系を急速 に冷却する.また、炉心露出に至っていなくても1 次系が飽和状態にある場合には、冷却率の制限値以



^{時間} 図3 燃料被覆管表面温度(PCT 位置)

4

(5)

2

3



図4 プラントの概略図

下で1次系を冷却する場合がある.

低温側配管の破断を想定した小破断LOCA時 HPI不作動事象は、「ブローダウン(BLD)」、「自 然循環(NC)」、「ループシール(LSC)」、「ボイル オフ(BO)」、「炉心リカバリ(REC)」の5フェー ズに分けることができる。各フェーズの説明を表1 に示す.また、本事象における主要パラメータを図 1から図3に示す.図4はプラントの概略図であり、 本論文中で用いる1次系各部位の場所を示す.

本事象は設計基準を超えた事象であり、炉心の冷 却を維持し炉心の健全性を確保することが最重要で あることから、炉心健全性の指標(PCT (Peak Cladding Temperature) < 1200 °C)を基に、PCT を評価パラメータとした.

ブローダウン期間は、破断後、1次系圧力が2次 側圧力とほぼ平衡状態になるまでの短い期間であ り、この期間にはSG2次側強制減圧を開始しない ことを想定している.この期間の着目現象には、1 次系保有水量に影響する破断流量、熱源である崩壊 熱などが挙げられる.これらは以降の期間において も着目すべき現象である.

自然循環期間は1次系保有水量がさらに減少して SG 伝熱管頂部の液相流れが途切れてループの二相 自然循環が途切れる(ループシール形成)までの期 間である.この期間では、1次系は飽和状態になっ ており、冷却率の制限値以下で1次系を冷却する場 合がある.この期間の着目現象はブローダウン期間 と同じである.

ループシール期間は、クロスオーバー配管 SG 側 水位がクロスオーバー配管水平部まで低下して蒸気 が低温側配管へと流れるようになる(ループシール 解除)までである.ループの二相循環が途切れると 伝熱管内の水は、上昇側は高温側配管へ、下降側は クロスオーバー配管へと落下していき、伝熱管上昇 側で凝縮した水も高温側配管へと落下していく.こ の時、伝熱管入口で CCFL (Counter Current Flow Limitation)が起こると、伝熱管上昇側の水位低下 が悪化し、原子炉容器内保有水量が減少するため、 伝熱管入口での CCFL が着目現象のひとつとなる. また、ループシールが解除するまでの間、原子炉水 位が押し下げられて炉心露出に至る可能性があるた め、ループシール解除、炉心二相水位、燃料棒熱伝 達なども着目点である.

ボイルオフ期間では、炉心でのボイルオフ(蒸発) によって原子炉水位が低下し、炉心露出に至る(2 次側強制減圧が必要ない破断サイズではACCの作 動により露出に至らない場合もある).そのため、 遅くともこの期間には2次側強制減圧によって1次 系を急速に冷却する運転員操作が行われる.この期 間では、伝熱管での凝縮、伝熱管入口でのCCFL、 炉心二相水位、燃料棒熱伝達などが着目点になる.

炉心リカバリ期間は、ACCからの注水によって 原子炉水位が回復していく(炉心リカバリ)期間で ある.ボイルオフ期間での着目点に加えて、ACC 流量、ACCの注入先である低温側配管での凝縮な どが着目点として挙げられる.

2.2 現象の抽出および重要度のランク付け

現象を抽出するにあたり,既存のウェスティング ハウス型 PWR (Pressurized Water Reactor)での 小 破 断 LOCA を 対 象 に 作 成 さ れ た PIRT⁽⁸⁾, ROSA-IV/LSTF および ROSA-V/LSTF の小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象試験(HPI 作動試験を含む) および試験解析^{(1)~(4).(9)}を参照した.現象を漏れな く抽出するために,事象進展を 2.1 節で示した 5 つ のフェーズに分けて,1次系各部位毎に現象を抽出 した.

抽出した現象は,評価パラメータである PCT に 与える影響の大きさに応じてランク付けを行った. ランク付けの基準を表2に示す.重要現象を漏れな く抽出するために, PCT に与える影響が不明確な 現象についてはランク H とした.

PIRT の作成にあたっては,社内専門家の議論だけでなく,社外の専門家にも参加いただき,技術的 妥当性のレビューを行った. 作成した PIRT を表3に示す.24 項目の重要現象 が抽出された.また,重要現象の RELAP5 での扱い を調査し,現象を模擬するためのモデルと相関式が 備わっていることを確認した.重要現象に同定され た現象の説明および RELAP5 での扱いを表4に示す.

重要現象のうち、「①-3 崩壊熱」、「②-4 熱伝 達(露出炉心)」、「④-1 臨界流」などはPCTへ の影響が大きいことが明らかである一方、「⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化」、「①-1 低温側 配管での凝縮」、「①-3 低温側配管水平層状化」 などはPCTへの影響度合いが不明確な現象である.

PCT への影響が過度に大きく,関連する解析モ デルの不確かさを小さくする必要のある重要現象が ないかどうか確認するため,PCT への影響度合い が不明確な現象のPCT への影響度合いを調べる目 的で実機感度解析を実施した.

重要現象に関する実機感度解析

PIRT で抽出した重要現象 24 項目のうち, 18 項目 を対象に実機感度解析を実施した.「②-1 3次元出 力分布」のように RELAP5 での扱い(モデル, 相関 式)が他の重要現象と同じもの,「⑧-5 凝縮水に よる蓄水」のように複数の重要現象の結果として表 れ,総合実験解析で模擬性能を検証するものは本感 度解析の対象外とした.この感度解析では,重要現 象に関係する解析モデルのパラメータを極端に振っ て,評価パラメータである PCT への影響を確認した. 感度が大きい解析モデルについては,実機統計解析 を実施したときに解析結果の不確かさが大きくなる ことから,モデルの不確かさ分布を作成する際に過 度に分布が広がらないように留意する必要がある.

解析対象は4ループプラント低温側配管4インチ 破断とした.

3.1 解析結果

感度解析の条件と結果の一覧を表5に示す. PCT への影響が大きかった感度解析結果について以下に 示す.

(1) 崩壊熱感度解析

崩壊熱の PCT への影響を確認するために,崩壊 熱を ±5% 変化させた感度解析を実施した.崩壊熱 は直接 PCT に影響するため,崩壊熱を大きくする と PCT が上昇すると考えられる. PCT 発生位置の被覆管温度を図5に示す.崩壊 熱の大小に対応して,崩壊熱を5%大きくしたケー スはベースケースよりPCT が高くなり,崩壊熱を 5%小さくしたケースはベースケースよりPCT が 低くなった.崩壊熱を5%大きくしたケースのベー スケースからのPCT 上昇は約65Kであり,PCT への影響は大きい.

(2) 局所出力感度解析

局所出力の PCT への影響を確認するために,炉 心径方向出力分布を変えた(高温集合体および最高 温集合体の平均炉心に対するピーキングを±10%) 感度解析を実施した.平均炉心に対するピーキング が大きくなると PCT (最高温集合体で発生)は高く, ピーキングが小さくなると PCT は低くなると考え られる.

PCT 発生位置の被覆管温度を図6に示す. 径方 向ピーキングを10%大きくしたケースはベース ケースより PCT が約71K 高くなり,径方向ピーキ ングを10%小さくしたケースは約33K低くなった. 局所出力の PCT への感度は大きい.

(3) 熱伝達(露出炉心)感度解析

炉心露出時の熱伝達の PCT への影響を確認する ために,遷移沸騰,膜沸騰,蒸気単相熱伝達時の熱 伝達係数を±50%変化させた感度解析を実施した. 熱伝達係数を小さくすると,炉心露出部の被覆管温 度上昇が大きくなり,PCTが上昇すると考えられる.

PCT 発生位置の被覆管温度を図7に示す.熱伝 達係数が小さいケースほど被覆管温度の上昇勾配が 大きく,PCT が高くなった.ベースケースと熱伝 達係数を50%大きくしたケースのPCT はほとんど 同じであるが,熱伝達係数を50%小さくしたケー スのPCT はベースケースより約118K 高くなってお り,炉心露出時の熱伝達のPCT への影響は大きい. (4) 炉心内相間摩擦感度解析

炉心内相間摩擦の PCT への影響を確認するため に、炉心内の相間摩擦係数を ±50% 変化させた感 度解析を実施した.炉心内相間摩擦を大きくした場 合、炉心内のボイド率が高くなり、炉心保有水量が 減少するが、一方、二相水位は高くなるため、炉心 内相間摩擦を大きくすることで PCT が高くなるか 低くなるかは一概には言えない.

PCT 発生位置の被覆管温度を図8に示す.相間 摩擦を50%大きくしたケースとベースケースには 大きな違いは見られないが,相間摩擦を50%小さ くしたケースはループシール解除後の炉心~上部プ レナムの二相水位が低くなり、炉心露出開始が他の 2ケースより早く、PCT が高くなった.相間摩擦 を50%小さくしたケースのPCT はベースケース より約33K高く、炉心内相間摩擦のPCT への影響 は大きい.

(5) 伝熱管入口での CCFL 感度解析

伝熱管入口での CCFL の PCT への影響を確認す るために、伝熱管入口での CCFL 相関式 (切片 C) を 変化させた感度解析を実施した.ベースケースの伝熱 管入口の CCFL 相関式が $(J_{G}^*)^{1/2} = 0.75 - 1.0(J_L^*)^{1/2}$ であるのに対し、定数 C = 0.75 を 0.5 または 0.9 と した. 伝熱管入口での CCFL 条件を厳しくすると、 伝熱管上昇側の蓄水が増加することで原子炉容器保 有水量が減少し、PCT が上昇すると考えられる. また、伝熱管上昇側と下降側の水頭差によって炉心 水位の低下がより促進され、PCT が上昇すると考 えられる.

PCT 発生位置の被覆管温度を図9に示す. CCFL 条件を厳しく(C=0.5)したケースでは,被覆管の ヒートアップ開始が早くなり,PCTも大幅に高く なった.これは,ループシール期間のSG 伝熱管入 口での液相の落下が顕著に制限され,伝熱管上昇側 での蓄水が多くなったためである.伝熱管での蓄水 が増加した分,原子炉容器内保有水量が減少し,炉 心露出開始が他の2ケースより早く,より炉心の下 部まで露出した.C=0.5としたケースのベースケー スからのPCT上昇は約172Kであり,伝熱管入口 でのCCFL のPCT への影響は大きい.

(6) 破断流臨界流感度解析

破断流量の PCT への影響を確認するために,破 断ジャンクションの流出係数を ±50% 変化させた 感度解析を実施した.破断ジャンクションの流出係 数を大きくすると破断流量が多くなり,1次系保有 水量の減少が早くなるため,炉心露出が早くなる. 一方,1次系の減圧も速くなることから蓄圧注入開 始も早くなる.PCT は両者の兼ね合いで決まるた め,破断流量の大小によって PCT が高くなるか低 くなるかは一概には言えない.

PCT 発生位置の被覆管温度を図 10 に示す. 破断 流量が多いケースほど PCT が低くなった. これは, HPI 不作動を仮定しているため,破断流量が多いほ ど単純に1次系保有水量が少なくなり炉心露出タイ ミングが早くなるが,一方,1次系の減圧が速いた め蓄圧注入開始も早く,PCT 発生時刻が早くなる ためである.流出係数を 50% 大きくしたケースの PCT はベースケースより約 140K 低く, 流出係数 を 50% 小さくしたケースの PCT はベースケースよ り約 141K 高くなっており, 破断流流出係数の PCT への感度は大きい.

流出係数を小さくすることと破断口径を小さくす ることは同等であり、この結果は破断口径が小さい 方が PCT が高くなることを示している.

(7) 破断口の向き感度解析

破断口の向きのPCTへの影響を確認するために, 破断口の向きを変えた感度解析を実施した.ベース ケースが下向き破断であるのに対し,上向き破断ま たは横向き破断とした.破断口上流ボリュームが二 相状態になると,破断ジャンクションのボイド率は 上向き破断では上流ボリュームより大きく,下向き 破断では小さくなる.結果,下向き破断は1次系か ら液相が流出しやすくなり,PCT が高めになると 考えられる.

PCT 発生位置の被覆管温度を図11に示す.約 1030秒の蓄圧注入開始後,上向き破断ケースは蓄 圧注入水が破断口から流出しないのに対し,横向き 破断ケースおよびベースケースでは蓄圧注入水が破 断口から流出するため,炉心水位の回復が上向き破 断ケースより遅くなり,PCT が高くなった.破断



図 5 PCT 発生位置被覆管温度(崩壊熱感度解析)



図6 PCT 発生位置被覆管温度(局所出力感度解析)











図 9 PCT 発生位置被覆管温度 (伝熱管入口での CCFL 感度解析)







口を低温側配管の下面に設定したベースケースで は、破断口からの蓄圧注入水の流出が特に多く、 PCT が顕著に上昇した.上向き破断ケースと横向 き破断ケースの PCT には大きな差はないが、ベー スケースの PCT は最も PCT が低い上向き破断よ り約 57K 高くなっており、破断口の向きの PCT へ の感度は大きい.

3.2. 考察

実機感度解析を実施した重要現象 18 項目中,9 項目は PCT への感度が小さかった.この結果は, 現状の入力モデル(総合実験解析を用いた検証を未 実施)および破断口径条件(4インチ)でのもので あり,この結果をもってただちに PCT への感度が 小さかった9項目をモデルの不確かさを定量化する 重要現象からはずすことはできないが,重要現象を 絞り込む際の参考となる.

また,「⑦-4 伝熱管入口での CCFL」,「⑭-1 臨界流」,「②-4 熱伝達 (露出炉心)」の3項目は PCT への影響が特に大きかった.

「⑦-4 伝熱管入口での CCFL」については, 十 分な公表データがないため, 今後, 実験を実施して 信頼性のある相関式および不確かさを取得する. ま た, 小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象は高圧事象で あるのに対して実験は低圧条件で行うことから, 数 値計算により高圧条件への適用性を評価する.

「④-1 臨界流」については,破断口径と対応す ることから,今後,破断口径の影響を評価して最も PCT が高くなる破断口径で実機統計解析を実施す る方法が考えられる.

「②-4 熱伝達(露出炉心)」については、今後、 実機統計解析で用いるモデルの不確かさ分布を既存 の実験データを用いて作成する際に、実験データを 精査して過度に不確かさの分布が大きくならないように特に注意する必要がある.

4. まとめ

本研究では、小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象を 対象とした PIRT を作成し、重要現象として同定さ れた現象に関連する RELAP5 モデルのパラメータ を極端に振った実機感度解析を実施してモデルの影 響度を調べた.以下に結論を示す.

(1) PIRT を作成し,重要現象 24 項目を抽出した.
(2) 重要現象を計算できるモデルと相関式が RELAP5 に組み込まれていることを確認した.

(3)重要現象 24 項目のうち 18 項目について実機感度 解析を行い,9項目は PCT への影響が小さいこと を確認した.

(4)伝熱管入口での CCFL,破断流臨界流,炉心露出時の熱伝達の3項目は特に PCT への影響が大きい. (5)伝熱管入口での CCFL については,今後,実験 と数値計算により CCFL 相関式の信頼性を向上し て実機統計解析に適用する.

(6)破断流臨界流については,破断口径と対応することから,今後,破断口径の影響を評価し,最も PCT が高くなる破断口径で実機統計解析を行う方法が考えられる.

(7)炉心露出時の熱伝達については、今後、実機解析 で用いるモデルの不確かさ分布を既存の実験データ を用いて作成する際に、実験データを精査して過度 に不確かさの分布が大きくならないように特に注意 する必要がある.

謝辞

大阪大学の山口彰教授,神戸大学の富山明男教授, 日本原子力研究開発機構の中村秀夫氏には PIRT の 作成にあたり有益なコメントを頂いた.ここに記し て謝意を示す.

文献

 H. Asaka et al., "Secondary-Side Depressurization during PWR Cold-Leg Small Break LOCAs Based on ROSA-V/ LSTF Experiments and Analyses", Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 35, No. 12, pp.905-915, Dec. (1998)

- (2) H. Asaka and Y. Kukita, "Intentional Depressurization of Steam Generator Secondary Side during a PWR Small-Break Loss-of-Coolant Accident", Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 32, No. 2, pp.101-110, Feb. (1995)
- (3) H. Asaka et al., "Core Liquid Level Responses Due to Secondary-Side Depressurization during PWR Small Break LOCA", Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 35, No. 2, pp.113-119, Feb. (1998)
- (4) M. Suzuki et al., "Effects of Secondary Depressurization on Core Cooling in PWR Vessel Bottom Small Break LOCA Experiments with HPI Failure and Gas Inflow", Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 43, No. 1, pp.55-64 (2006)
- (5)日本原子力学会, "統計的安全評価の実施基 準:2008", AESJ-SC-S001:2008, May (2009)
- (6) The RELAP5 Code Development Team, "RELAP5/MOD3 Code Manual", NUREG/ CR-5535, June (1995)
- (7)山田実,南雲宏一,佐々木泰裕,木下郁男,村 瀬道雄,南則敏,歌野原陽一,吉田至孝,"ミッ ドループ運転時余熱除去系喪失事象への統計 的安全評価手法の適用", INSS JOURNAL, Vol.16, p.308 (2009)
- (8) S. M. Bajorek et al., "Small Break Loss of Coolant Accident Phenomena Identification and Ranking Table (PIRT) for Westinghouse Pressurized Water Reactors", Proceedings of Ninth International Topical Meeting on Nuclear Reactor Thermal Hydraulics (NURETH-9), San Francisco, California, October 3-8 (1999)
- (9) M. Osakabe et al., "Core Liquid Level Depression Due to Manometric Effect during PWR Small Break LOCA", Journal of Nuclear Science and Technology, Vol. 24, No. 2, pp.103-110, Feb. (1987)

表1 事象進展フェーズ

フェーズ	説明
ブローダウン	配管が破断すると1次系は急激に減圧する。加圧器圧力が原子炉トリップ設定圧まで低下すると 原子炉トリップ信号が発信され、同時に2次側主蒸気弁および給水弁を閉じる。SG2次側が隔離 されたことにより、SG2次側圧力は逃し弁設定圧まで上昇し、逃し弁から蒸気が流出する。加圧 器圧力が SI (Safety Injection)信号設定圧まで低下すると SI 信号が発信され、RCP (Reactor Coolant Pump)がコーストダウンし始める。高圧注入系不作動を仮定しているため、SI 注入は行 われない。ブローダウン期間の大半の間、RCS (Reactor Coolant System)は液相単相のままであ り、ブローダウン期間の終了付近では頂部ヘッド、上部プレナム、高温側配管で気液の相分離が 起こり始める。
自然循環	ブローダウンフェーズの終了時、1次系圧力は2次側圧力よりやや高い状態で平衡状態に達する。 クロスオーバー配管水平部は水でふさがれており、崩壊熱はSGによって除熱される。1次系保 有水量が減少していくとSG頂部での液相流が途切れて、二相自然循環が終了する。
ループシール	高温側配管圧力が低温側配管圧力より高いため原子炉水位およびクロスオーバー配管 SG 側水位 が低下し、時には炉心の露出に至る。クロスオーバー配管 SG 側水位がクロスオーバー配管水平 部まで押し下げられると、蓄積していた蒸気が低温側配管へと流れるようになり(ループシール解 除)、高温側配管と低温側配管の差圧が小さくなって原子炉水位が回復する。
ボイルオフ	ループシール解除の後、原子炉容器二相水位は低下していき、時には炉心露出に至る。この期間 において、二相水位の低下は原子炉容器保有水の緩やかなボイルオフ(蒸発)のためである。1 次系 圧力が蓄圧タンク設定圧まで減圧し、炉心でのボイルオフ率が原子炉容器への安全注入とつりあ うと、炉心コラプスト水位が最小値に達してボイルオフ期間は終わる。 小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象では、HPI が作動しないため、ボイルオフ期間中の炉心水位の 低下速度は HPI が作動する条件での小破断 LOCA より早い。また、2 次側強制減圧が必要な破 断サイズでは、2 次側強制減圧開始は炉心リカバリ期間より前であるため、少なくともこの期間 には 2 次側強制減圧が開始する。運転員操作により 2 次側強制減圧が開始されると、1 次系圧力 は 2 次側圧力に追随して低下していく。(破断ロサイズによっては 2 次側強制減圧前に 1 次系圧 力が低下し始める。) SG 伝熱管で激しい凝縮が起こり、破断ロサイズによっては、凝縮水がクロ スオーバー配管に蓄水する。SG 伝熱管上昇側にも蓄水する可能性がある。炉心からループへの 液相の再配置に加え、伝熱管下降側での凝縮により液相が原子炉容器から低温側配管に逆流し、 炉心水位の低下が促進される。
炉心リカバリ	炉心リカバリ期間はボイルオフ期間中に炉心コラプスト水位が最小値に達したときから、炉心全体がクエンチし低クオリティの二相流体に覆われるまでである。小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象では、1 次系圧力が低圧注入設定圧まで低下して低圧注入が開始し、注入流量が破断流量を上回ることで炉心の冷却が維持される。

表 2 PIRT におけるランクとその基準

ランク	基準
	その現象生起の影響が大きい。あるいは、その現象モデルの不確かさの影響が大きい。モデルの不確か
TT	さを実験データに基づいて検討する。不確かさの明確でないものは影響を感度解析等で確認し、影響の
п	大きいものは不確かさを実験検証解析で定量化する。データが不足している場合は実験を行うことも検
	討する。不確かさの影響の大きいものは、プラント評価でモデルパラメータを統計的に扱う。
м	その現象生起の影響が比較的大きい。あるいは、その現象の不確かさの影響が比較的大きい。モデル化す
IVI	るが、個別モデルの検証、不確かさの定量化は行わない。
т	その現象生起の影響が小さい。あるいは、その現象モデルの不確かさの影響が小さい。モデル化しない、
L	あるいは、モデル化しても個別モデルの検証はおこなわない。

			フェーズ		
現象	BLD	NC	LSC	BO	REC
①	DHD	110	Цос	DU	niio
①-1 保有熱	L	L	L	L	L
①-2 被覆管酸化	L	L	L	Н	Н
①-3 崩壊熱	Н	Н	Н	Н	Н
①-4 局所出力(局所ピーキング)	L	L	Н	Н	Н
①-5 被覆管変形	L	L	L	Н	Н
①・6 ギャップコンダクタンス	L	L	L	L	L
①-7 ペレット熱伝導	L	L	L	L	L
② 炉心	1		1		
②-1 3次元出力分布	L	L	Н	Н	Н
2-2 DNB	М	L	L	L	L
②-3 熱伝達(未露出炉心)	М	М	L	L	L
②-4 熱伝達(露出炉心)	L	L	Н	Н	Н
②-5 リウエット	L	L	М	L	М
②-6 輻射熱伝達	L	L	L	L	L
②-7 炉心内相間摩擦	L	L	Н	Н	Н
②-8 3次元流動、炉心内自然対流	L	L	М	М	М
②-9 エントレインメント	L	L	L	L	L
②-10 流動抵抗	L	L	L	L	L
②-11 頂部ノズル、タイプレートでの CCFL	L	L	L	L	L
②-12 フォーマー板領域	L	L	М	М	М
②-13 リフラックス冷却水の戻り水の分布	L	L	M*	М	М
③ 上部ヘッド	•	•	•		
③-1 炉心への落水、二相水位	М	М	L	L	L
③-2 構造材保有熱の放出	L	L	L	L	L
③-3 初期流体温度	М	L	L	L	L
④ 上部プレナム					
④-1 高温集合体の位置	L	L	L	L	L
④-2 エントレインメント	L	L	L	\mathbf{L}	\mathbf{L}
④-3 上部炉心板での CCFL	L	L	L	L	L
④-4 二相水位	L	L	Μ	Μ	L
④-5 構造材保有熱の放出	L	M*	M*	Μ	Μ
④・6 高温側配管-ダウンカマギャップ流	L	L	Н	L	L
④-7 水平層状化	L	Μ	L	L	L
④-8 高温側配管ノズルでの CCFL	L	L	L	L	L
⑤ 高温側配管		•			
⑤・1 エントレインメント	L	L	L	L	L
 加圧器、加圧器サージ管 		•			
⑥-1 構造材保有熱の放出(加圧器ヒーターを含む)	L	L	L	L	L
⑥-2 水位膨張、フラッシング	L	L	L	L	L
⑥-3 サージライン流、フラッディング	L	L	L	L	L
⑥-4 エントレインメント	L	L	L	L	L
⑥-5 相間熱伝達	М	L	L	L	L
⑦ 蒸気発生器		1	1		
⑦-1 SG内の非対称挙動、伝熱管プラグ	L	М	Μ	Μ	Μ
⑦-2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮)	Н	Н	Н	Н	Н
⑦-3 非凝縮性ガス効果	L	L	L	L	L
⑦-4 伝熱管入口での CCFL	L	L	Н	Н	Н
⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL	L	L	Н	н	н

表3 小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象の PIRT (1/2) BLD:ブローダウン, NC:自然循環, LSC:ループシール, BO:ボイルオフ, REC:炉心リカバリ

			フェーズ		
現象	BLD	NC	LSC	BO	REC
⑦-6 1 次側流動抵抗(二相圧損)	L	L	М	L	L
⑦-7 伝熱管多次元挙動	L	L	L	L	L
⑦-8 2次側水位	L	L	L	L	L
⑦-9 主蒸気逃がし弁および安全弁からの流出	Μ	H*	H*	Н	Н
⑦-10 構造材保有熱の放出	L	M*	M*	Μ	М
⑧ クロスオーバー配管		•			
®-1 CCFL	L	L	L	L	L
⑧-2 ループシール形成および解除	L	L	Н	L	L
⑧-3 水平層状化	L	L	Н	Μ	L
⑧-4 構造材保有熱の放出	L	M*	M*	М	М
⑧-5 凝縮水による蓄水	L	L	L	Н	Н
(9) RCP					
⑨-1 二相時性能	L	L	L	L	L
⑨-2 流動抵抗	L	L	Μ	L	L
⑨-3 コーストダウン性能	Μ	L	L	L	L
⑨-4 風損	L	L	L	L	L
9-5 CCFL	L	L	L	L	М
⑨-6 構造材保有熱の放出	L	M*	M*	М	М
⑩ 蓄圧タンク					
10-1 注入流量	L	L	L	L	Н
10-2 注入配管抵抗	L	L	L	L	Н
⑩・3 チェックバルブヒステリシス	L	L	L	L	L
⑩-4 窒素の影響(溶解窒素を含む)	L	L	L	L	L
⑩-5 相間熱伝達	L	L	L	L	L
⑩-6 構造材保有熱の放出	L	L	L	L	L
① 低温側配管					
①-1 凝縮(層状)	L	L	L	L	Н
⑪-2 非凝縮性ガス効果	L	L	L	L	L
⑪-3 水平層状化、流動様式	L	L	Н	L	Н
⑪-4 流動抵抗	L	L	L	L	L
⑪-5 構造材保有熱の放出	L	M*	M^*	Μ	Μ
12 安全注入					
12-1 凝縮(ジェット)	L	L	\mathbf{L}	L	\mathbf{L}
13 ダウンカマ、下部プレナム					
13-1 凝縮	L	L	L	L	Μ
 非凝縮性ガス効果 	L	L	\mathbf{L}	L	\mathbf{L}
13-3 内部構造物、原子炉容器壁の蓄熱	L	M*	M^*	Μ	Μ
13-4 三次元効果	L	L	L	L	L
⑬-5 二相水位、フラッシング、ボイド率	L	Н	Н	Н	Н
③-6 エントレインメント	L	L	L	L	L
③-7 流動抵抗	L	L	L	L	\mathbf{L}
⑭ 破断口					
④-1 臨界流	Н	Н	Н	Н	Н
⑭-2 上流の流動様式	L	Н	Н	L	Н
(4)-3 破断口の向き	L	Н	Н	L	Н
④-4 非凝縮性ガス効果	L	L	\mathbf{L}	L	\mathbf{L}

表3 小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象の PIRT (2/2)

注: M*および H*は、2 次側強制減圧開始前であれば L、2 次側強制減圧開始後であれば M または H であることを示す。

表 4 重要現象および RELAP5 での扱い (1/5)

 ① 熱料棒 ① 2 被覆管酸化 △ 島、水反応による被覆管の酸化は、被覆管温度が非常に高温になった窓に起こる。金 周ー水反応は発熱反応であり、被覆管温度が上昇しないため重要ではない。ハーブシール期向は、一時 的なが心露出によって被覆管温度が上昇しないため重要ではない。ホーブシール期向は、一時 的なが心露出によって被覆管温度が上昇するものの、被覆管能化が現著になる温度まで は上昇しないため重要ではない。ボイルオフ期間および炉かりカバリ期間では、酸化が 顕常になる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 ① 3 崩壊熱 原子作 リッブ後の炉へ出力は崩壊熱によるものであり、PCT に直接影響するため全 期防において重要な現象である。 RETAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ① 4 局所出力(同所 ビーキング) ② 4 局所出力(日所 ビーキング) ② 4 局所出力(日所 ビーキング) ② 5 被覆管変形 ② 5 被覆を変形して自然通常期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダタ 知問および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウ ン期間および自然循環期間では重要ではない、炉心が露出しないブローダウ ン期間および自然循環期間では重要ではない、炉心が露出したいでもつが においても局所出力が高い位置は被覆管温度近下が遅い、炉心が露出しないブローダウ ン期間および自然循環期間では重要ではない、炉心流露出しないブローダウ ン期間および自然循環期には法履管温度が上昇しない ためで電要な現象である。 ③ 6 被覆管変形 ④ 6 被覆管変形 ④ 7 の小窗によっか、「アン・小規問は、一時心が溜かした。 ③ 7 の一グシン規関は、においても温力が高いなの電圧によって被覆管違たが上昇しない ため近常にない、ループシール規問は、一時のかのの場出には次覆管違度が上昇した いため重要ではない。ボーブース期間は、一時のが応いの第二はこれて 載置を正本が起 こる温度まで被覆管置度が近年がる」 ③ 5 被覆管案が起こる ③ 5 かの ④ 7 0 0 2 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0	重要現象	現象の説明および RELAP5 での扱い
 ①・2 被覆管酸化 金属・水反応による被覆管の酸化は、被覆管温度が非常に高温になった際に起こる。金属・水反応は発熱反応であり、被覆管温度に直接影響する。ブローダウン判問はよび時熱循環期間には数層管温度が上昇するものの、被覆管酸化が顕著になる温度までは上昇しないため重要ではない、ボイルオフ期間およびかんりカベリ期間では、酸化が顕著になる温度まで被優管温度が上昇するものの、数覆管酸化は【医LAP5 では金属・木反応モデルでモデル化する。このモデルはCathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルでモデル化する。このモデルはCathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルでモデル化する。このモデルはCathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルであり、アビーは波影響するため全期において重要な現象である。 ①・3 崩壊熱 原子炉トリッブ後の炉心出力は凝壊れによるものであり、PCT に直接影響するため全期において重要な現象である。 RELAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが調み込まれている。 ①・4 局所出力(高) デが下がした感染モデルが構成を注むている。 ①・4 局所出力(高) デジトリッブ後の行い出力は海域振行があり、近日が露出したいブローダクシリ間および自然筋帯規則では重要ではない、炉石が露出していブローダクシリ間および自然筋壊倒間では重要ですない、炉石が露出していブローダクシリに急なが感覚したいです。 RELAP5 では、1 次系圧力と燃料棒ギャッブガス圧力の差が大きく、被覆管変形にしため出数でたち。、プローダン・規制以降においてた固定が保管温度が上昇したいこと、および1 大の由力分析 右をモデル化できる。 RELAP5 ではない、ルーグシール期間は、一時的な炉心酸骨温度が低下し、炉心治却が悪化する。ブローダン・以間目および炉心動が低いによりて被響管温度が上昇したい ため 電気ではない、ルモノジアレー期間は、一時的な炉心酸目はないだもしため重要ではない、ホイルオフ期間および層や面ではたれを正力が高いため重要ではない、ホインストが発生する。ボーストが差しると、被覆管運が振算が破壊管内面でも行力が高いた側によび信が、環告で運い、炉心が露出しないブローダウン期間および自然常規則では重要が低い、炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。RELAP5 では、水グの上却の状況を注意した目然常成計にする重要が低い、炉心が露出する小・ブシール期間以降において重要な現象である。RELAP5 での扱いは①4、燃料を販用出力と同じ. ② が ② ケル ② イ ② ケル ② イ ③ 体 ③ クリン ④ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎ <	① 燃料棒	
副一水反応は発熱反応であり、被覆管温度に直接影響する。プローダウン期間および自然循環期間には被覆管置度が上昇ももの、被覆管能化頻素にない期間には、両等的ながの感出によって被電管理のが上昇もものの、被電管能が顕著になる温度まで は上昇しないため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心りカバリ期間では、酸化が 顕著になる温度まで被覆管温度が上昇するものの、被電が服象である。 被要な服象である。 被要な服象である。 被要な服象である。 被要な服象である。 被要な服象である。 WELAP5 では金属ー水反応モデルでモデル化する。このモデルは Cathcart 相関式を用い、金属ー水反応に行いられる蒸気は準限にあると反応している。 ①・3 崩壊熱 原子炉トリッブ後の炉心出力崩壊数によるものであり、PCT に直接影響するため全 期において重要な服象である。 RELAP5 では、1073 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・4 局所出力(局所 ビーキング) 炉心が露出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度上昇が早い、また、炉心冷却時 においても局所出力が高い位置は被覆管温度上昇が可いまた、炉心冷却が においても局所出力が高い位置は被覆管温度近下が違い。炉心が感出しないブローダグ においても局所出力が高い位置は被覆管温度してが違い。炉心が感出しないブローダグ においても局所出力が高い位置は被覆管温度近下が違い。炉心が感出しないブローダグ においても局所出力が高い位置は被覆管温度が上昇がするループシール増加以降に おいて重要な現象である。 RELAP5 では、炉心御娘の流体チャンメルを複数領域になけ、それぞれを軸方向に分 割し、燃料を構作する場合の出たが可能力があいため一気がの一力が可能力があいデェアン・加増加速な目が加速したいブローダク かゆたできる。 ①・5 被覆管変形 被覆管変形は1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の立が大きく、被覆管温度が上昇 かっが悪化せできる。 RELAP5 では、パールマウンー加増間は、ご付加が気がしたがで感出したい たかっ ブレーグウンの加増間は、のが可したいがたき、たまでがしない おんか 悪化したい	①-2 被覆管酸化	金属・水反応による被覆管の酸化は、被覆管温度が非常に高温になった際に起こる。金
 然循環期間には被覆管温度が上昇するものの、被覆管酸化が顕著になる温度まで 的な炉心露出によって被覆管温度が上昇するものの、被覆管酸化が顕著になる温度まで がたがし露光ではない、ボイルオフ期間および炉心りかパリ期間では、酸化が 顕着になる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 被覆管酸化は RELAP5 では金属 - 水反応モデルでモデル化する。このモデルは Cathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルでモデル化する。このモデルは Cathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルでモデル化する。このモデルは Cathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルでモデル化する。このモデルは Cathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルクでモデル化する。このモデルセ Cathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルでモデル化する。このモデルセ Cathcart 相関式を用い、金属 - 水反応モデルクモデルでなる。 RELAP5 では、1973 年度取 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと 1979 年度取 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 Cathcart 相関式をした崩壊剤でするためでき FU-AP5 では、1973 年度取 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと 1979 年度取 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ELAP5 では、たる局所出力が高い位置は複管電源度低手をいかが通知してる小薬型したいプローダウ ン切用および自然種環期間では重要ではない、炉心が露出したハーブシール期間以降に おいても局所出力が高い位置は截管電温度が手を FU-AP5 では、たむ局所出力が高い位置は複管電温度が手を Sum Cathcart Expended ANS 標準データを基にしたが感謝したいプローダウ ン切用および自然種環期間では重要が引き、それぞれでも助力が おいても局所出力が高い位置はなしたがないまたが Futhes - 本の範疇の液体をする。 RELAP5 にない、ボーブシール期間および自然循環期間には、被覆管す加速量が上昇い たる。ブローダウン期間および自然有規期間には被覆管温度が上昇したい ため重要ではない、ボーブシール期間は、ごがしつかが、ためもまでが必要で Futhes - 本の参加を見たい Cathcart Expe RELAP5 の被覆管変形が起こると、法路閉塞にはかに Cathcart Expe ではまっ、		属一水反応は発熱反応であり、被覆管温度に直接影響する。ブローダウン期間および自
的な炉心露出によって被覆管温度が上昇するものの、被覆管酸化が顕著になる温度まで は上昇しないため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカハリ期間では、廃化が 顕著になる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 被覆管酸化は RELAP5 では金属ー水反応モデルでモデル化する。このモデルは Catheart 相関式を用い、金属一水反応に用いられる蒸気は無限にあると仮定している。 ①-3 崩壊熱 原子炉トリッブ後の炉心出力は崩壊熱によるものであり、PCT に直接影響するためや 期間において重なな現象である。 RELAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが狙み込まれている。 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが狙み込まれている。 ①-4 局所出力(局所 ビーキング) 声が部置した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度低下が狙い、炉心が露出したいフィーグウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出したいフィーグウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出したいフィーグシール期間以降に おいて重要な現象である。 RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分 物力が悪いし、燃料棒を模擬する熟標造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出分 市をモデル化できる。 ①-5 被覆管変形 被覆管変形は「し次上力の差が大きく、被覆管温度が上昇 ための被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブレーグウン抑間および自然領環期間では進度が正見しない ため重要ではない。ホーブシール期間は、一時的な炉心酸出によって被覆管温度が上見しない ため重要ではない。ルーブシーの期間は、「時的な炉心酸出による」は反応 高力が悪化する。フレーグウン抑間は、い中的な炉心酸出には被覆管温度が上見しない ため重要ではない。ルーブシール期間は、一時的な炉心酸出になき、ボルストガン病 いたの重要ではない。ルーズシーの期間は、こり、またバースト発生位置の る。被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形をデルに下RAP-T0のモデルな RELAP6(に組み込んだものであ る。被覆管面でも行われるようになり、またパースト発生位置 するの・マシクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ■ 動方向および経力向の出力分布。炉心が露出した添り、ケルベストが全位置は被覆管温度 が上りかが高い になりまシクションに追加形状損失係数が付加される。		然循環期間には被覆管温度が上昇しないため重要ではない。ループシール期間は、一時
(注上見しないため重要ではない、ボイルオフ期間は300%の小り期間では、酸化ボ 顕著になる温度まで被覆管温度が上見する可能性があり、重要な現象である。 被覆音酸化は RELAP5 では金属 - 水反応に用いられる蒸気は無限にあると仮定している。 ①・3 崩壊熱 原子炉トリップ後の炉心出力は崩壊熱によるものであり、PCT に直接影響するため全 期間において重要な現象である。 RELAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・4 局所出力(局所 ビーキング) 炉心が酸出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度止昇が早い、また、炉心冷却時 においても局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出しないアレーグウ ン期間およびも気筋弾期間では重要ではない。炉心が露出しないアレーグウ ン期間およびも気筋(無期間では重要ではない。炉心が露出しないアレーグウ ン期間およびも気荷(日本) ①・5 被磨管変形 板管査変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被磨管温度が上昇しない ためですし化できる。 ①・5 被磨管変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、核聴管温度が上昇しない ためも重要ではない。ループシール間は、一時のかがたの電目に被覆管温度が上昇しない ためも重要ではない。ループシール間は、といわかえい変更が上までする 簡優が悪化する。ブローダウン期間および自然結構期間には被覆管温度が上昇しない ため重要ではない。ホイルオフ期間および炉心りカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで祛潤管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形が足てる温度までは上昇しないとと、おまび 1 次系圧力なあの いため重要ではない。ボイルオフ期間および見たいとと、および 1 次不圧力が高い ため重要ではない。ボイルオフ期間および見かしたいと、おまび 1 次不正力が応む いため重要ではない。ボイルオフ期間および見たいと、おがびを1 ホノホノボーズ ると、被覆管護化に加速度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形が生じる温度が不知をため、無が充実しないであ る 、軟電管理が晶度がバースト温度以上になるとバーストが発生しる、パーストが全比 ると、被覆管温度が上昇する可能性があり、またパーストが支化 ると、被覆管離した影響である。 RELAP5 での扱いは色が、本見用力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 デークシーン用即以降においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するルーブシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、運移が開かけたい。重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、運移が置替かの液層でか洗着現明では重要ではない。炉心が露出 するルーブシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、運移が確認した認知るで重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、運移沸騰騰振騰速なでは素気単すが振振にない。 CHAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では素気単すが振振伝達になる。運移が振興までは		的な炉心露出によって被覆管温度が上昇するものの、被覆管酸化が顕著になる温度まで
顕著になる温度まで就像管温度が上昇する可能性があり、重要な知象である。 被機管酸化は RELAP5 では金属 - 木反応モデルでモデル化する。このモデルは Cathcart 相関式を用い、金属 - 木反応に用いられる蒸気は無限にあると仮定している。 ①・3 崩壊熱 原子炉トリップ後の炉心出力は崩壊熱によるものであり、PCT に直接影響するため全 期間において重要な現象である。 RELAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと 1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・1 局所出力(局所 ビーキング) 炉心が露出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度上手が早い。また、炉心冷却時 においても局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出しないブローダウン規間および自然確実期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウン規間はよびにも局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出した際に、同所出力が高い位置は被覆管温度低下が違い。炉心が露出したのマーククン規制において重要な現象である。 RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを動力向に分 割し、燃料棒を複数する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が上昇 するものの被覆管変形が起こると、読俗間響により炉心流置が広まって被覆管温度が上 昇くもものの被覆管変形が起こるとた、読俗間響によるて被握管温度が上見ない ため重要ではない。ループシール期間は、一時的なが心置はたるて被握管温度が上見ない ため重要ではない。ハーブシール期間は、一時のながためこで載 いため重要でにない。ホイルオフ期間および自然作気期間には、一転等の法がだもつであ る。被覆管平均温度がにストメ 温度以上になるとパーストが発生して ると、被覆管電均温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の破覆管運ぎたデルは PRAPT6 のモデルをRELAP5 においであ る、被覆管平均温度がいな、水イルオフ期間はよび自然がない位置は被覆管温度 いたのごろと、被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 で後いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。		は上昇しないため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、酸化が
 被覆管酸化は RELAP5 では金属 - 木反応モデルでモデル化する。このモデルは Cathcart 相関式を用い、金属 - 木反応に用いられる蒸気は無限にあると仮定している。 ①・3 崩壊熟 原子炉トリップ後の炉心出力は崩壊熱に よるものであり、PCT に直接影響するため全 期間において重要な現象である。 RELAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと 1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・4 局所出力(局所 ビーキング) ビーキング) においても局所出力が高い位置は被運管温度上見が取りい。また、炉心冷却時において重要な現象である。 RELAP5 では、印の石(4)の レ、然料後を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、谷方向出力分 割し、然料後を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、谷方向出力分 割し、然料後を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、谷方向出力分 南とモデル化できる。 ①・5 被覆管変形 ②・5 被覆管変形 ②・5 被覆管変形 ②・5 被覆管変形 ② 炉心 ② 炉心 ② 炉心 ② 炉心 ② 炉心 ③ ③ ③ ③ ③ ③ ○ ③ ③ ③ ○ <l< th=""><th></th><th>顕著になる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。</th></l<>		顕著になる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。
Cathcart 相関式を用い、金属一水反応に用いられる蒸気は無限にあると仮定している。 ①・3 崩壊熱 原子炉トリッブ後の炉心出力は崩壊熱によるものであり、PCT に直接影響するため全 期間において重要な現象である。 RELAPS では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと 1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・4 局所出力(局所 ビーキング) 炉心が露出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度上昇が早い、また、炉心冷却呼 においても局所出力が高い位置は被覆管温度圧が遅い炉心が露出しないブローグウ >期間およびも局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い炉心が露出しないブローグウ >期間およびも局所出力が高いな置ぎではない。炉心が露出するループシール期間以降に おいて重要な現象である。 ①・5 被覆管変形 RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分 割し、燃料棒を模擬する熟構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形 被覆管変形は こる。被覆管変形症にると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しない ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上引 ため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心力がリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上引する可能性があり、重要な現象である。 ② 炉心 ② 炉心 ② か心 ② かゆ ② か心 ② か心 ② か心 ② か心 ③ からのシャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ③ かの ③ からなましなりがくコス 塩度な見をである。 RELAP5 の被覆管を影響な見ておしてるとがーストが発生する。、パーストが生で る。被覆管変形なしていプローグのも、期間はないたもれて、 ③ ため運ぎため、 炉心が調出するかになるる。 ③ ため重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形なしてるる。 ③ からの運ぎためてしたががられる。 ③ からの減水(2004、ボインオン目ののまのするの。 ◎ からが変出		被覆管酸化は RELAP5 では金属-水反応モデルでモデル化する。このモデルは
①・3 崩壊熱 原子炉トリッブ後の炉心出力は崩壊熱によるものであり、PCT に直接影響するため全 期間において重要な現象である。 RELAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・4 局所出力(局所 ビーキング) 炉心が露出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い炉心が露出しないブローグウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するルーブシール期間以降に おいても局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い、炉心が露出しないブローグウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するルーブシール期間以降に おいても屋所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅いためが露出しないブローグウ ン期間および自然循環期間ではな覆ではない。炉心が露出するルーブシール期間以降に おいても屋の現象である。 ①・5 被覆管変形 被覆管変形は」なる、被覆管変形が起こると、淀路閉塞により炉心流晶が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブローグウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しない ため重要ではない。ルーブシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上 昇するものの被覆管変形が起こると、淀路閉塞により炉心流晶が低下し、炉心 や却が悪化する。ブローグウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上見しない ため重要ではない。ボイルオフ期間および自然循環期間には被覆管温度が上見しない ため重要ではない。ボイルオフ期間および自然のの近のブリ期間では、被覆管変形が高 いため重要ではない。ボイルオフ期間および自力がいり、またパースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② ② 炉心 ② 炉心 ●		Cathcart 相関式を用い、金属-水反応に用いられる蒸気は無限にあると仮定している。
期間において重要な現象である。 RELAP5 では、1973 年度版 熱熱 標準データを基にした崩壊熱モデルと 1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・4 局所出力(局所 ビーキング) ビーキング) ビーキング) ビーキング) ビーキング) 第111日 (1)511日 アレンが開出とた際に、局所出力が高い位置は被覆管温度上界が早い。また、炉心冷却時において重要な現象である。 RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分割し、炊料棒を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分布をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形 (1)5 被覆管変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が手用ないため重要ではない。パープシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上界から 冷却が悪化する。ブローダシー加期間は、一時的な炉心露出には被覆管温度が上界から 冷却が悪化する。ブローダシー加期間は、一時的な炉心露出になて被覆管温度が上界から いため重要ではない。パールオフ期間および炉心りカバリ期間では、被覆管変形が起こる こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 (2) 炉心 ② 炉心 ② 炉心 (2) 炉心 ② 炉心 (2) 炉心 ② 炉心 ③ 次置管理 (2) 炉心 (2) 炉心 ③ 次回 (2) 炉心 ③ 次置管理 (2) 炉心 ③ 水気電管空形 (2) 炉心 (2) 炉	①-3 崩壊熱	原子炉トリップ後の炉心出力は崩壊熱によるものであり、PCT に直接影響するため全
 RELAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと 1979 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・4 局所出力(局所 ビーキング) ビーキング) ビーキング) ビーキング) ビーキング) ビーキング) レ約が腐出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度上下が遅い。炉心が露出しないブローグウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローグウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しるハーブシール期間以降に おいて重要な現象である。 RELAP5 では、炉心傾域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分 割し、燃料棒を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 本をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常 に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブローグウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しない ため重要ではない。ルーブシール期間は、一時的な炉心響用にはな暖覆管進度が上昇したい ため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管運のがイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形モデルは FRAP-T6 のモデルを RELAP5に組み込んだものであ る。被覆管理均温度がバースト31連度以上になるとバーストが発生する。パーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管向面でも行われるようになり、またパースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ② 炉心 ② ケン ③ 教示出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却間および自然循環期間では重要で低い。炉心が露出 するルーブシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いはつく、燃料権局所出力と同じ。 ③ 本位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するルーブシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 では、ボイトマガローダロシダのも気循環準期目では重要ではない。炉心が露 出するルーブシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 でもかがはつく、燃料権局所出力と同じ。 ④ 本位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達によるものである。 (FLAP5 では、ボイケギの 0.99 以上では蒸気単和対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイレーグ切 切 単のの (FLAP5 では、ボイトングローグのシ期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出 するルーブジール期間以降において重要な現象である。 (FLAP5 ですが露出しないブローグ切 フリ所に載いするの (C) (FLAP5 では、近ちいで重要な現象である。 (FLAP5 でする) (FLAP5 でする) (FLAP5 でのかす) (FLAP5 ですがのり、一方のの (FLAP5 ですの15 (第4)) (FLAP5 でする) (FLAP5 ですの15 (15 (17 年本) 0.99 (17 1 (14 葉 14 対流熱気気気気気 14 1 (15 4 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		期間において重要な現象である。
ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。 ①・4 局所出力(局所 ビーキング) 炉心が露出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度生見が早い。また、炉心冷却時 においても局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出しないブローダウ >>期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するルーブシール期間以降に おいて重要な現象である。 RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分 割し、燃料棒を複築する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形は1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が上昇 しため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上見しない ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上見しない ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上見する のが酸管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および 1 次系圧力が高 いため重要ではない。ボイルオブ期間および自然循環期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形手がな RELAP5 に組み込んだものであ の被覆管で被覆管温度がバースト温度以上になるとパーストが発生する。パーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またパースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ② 炉心 20 炉心 電子の中ブレーグ切口 RELAP5 の破覆管すの話がでも出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 がしなジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ② が中 ②・1 3 次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローグウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。 ②・4 熱伝達(露出炉) ②・4 熱伝達(露出炉) ②・5 満れためしたりこの炉の露出行数で数 ③したいブローグウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。 ③力 ◎目 ◎目		RELAP5 では、1973 年度版 ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルと 1979 年度版
①・4 局所出力(局所 ビーキング) 炉心が露出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出しないブローダウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出したの・ブシール期間以降に おいて重要な現象である。 RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分 割し、燃料棒を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形 ②・5 被覆管変形 レ、燃料棒を複擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ②・5 被覆管変形 ②・5 被覆管変形 RELAP5 では、炉心できる。 ③・5 被覆管変形に ③・5 被覆管変形 1、燃料体を複擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ③・5 被覆管変形 ③・5 被覆管変形 1、次本圧力 2・1 多次 2・2 ②・1 多次 ③・被覆管変形 ③・確覆管ではたい、ボイルオン期間および炉心クリカバリ期間では、被覆管温度が上昇しないだめ 電気のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ③・体覆管での調査する。 電子の ③・検覆管での扱いさ(塗したなるとパーストが発生する。パーストが生じ ると、被覆管を変形が、コスト温度以上になるとがーストが発生する。パーストが生じ ると、被覆管離他に計算が被覆管内面でも行われるようになり、またパースト発生せ置の 清めのジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ③・1 多次 軸方向および径方向の出力分布。炉心 ● 抑しないブローダウン期間および自然電気期間では直要ではない。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 (2・4 熱伝達(露出炉 心) 二相木位より上の炉心密調出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 (2・4 熱伝達(露出炉 心) 二相木位より上の炉心露出しないブローダのン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出 出するループシール期間以降において重要な現象である。		ANS 標準データを基にした崩壊熱モデルが組み込まれている。
ビーキング) においても局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出しないブローダウ ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降に おいて重要な現象である。 RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分 割し、燃料棒を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ①-5 被覆管変形 被覆管変形は1次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常 に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇 見するものの被覆管変形が起こると、流路内遮止していて被害管温度が上 昇するものの被覆管変形が起こる温度までは上身しないこと、および1次振力が高 いため重要ではない。パイルオフ期間および炉心りガバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形が起こる温度まで被覆管温度が上昇するものの被覆管変形が起こる温度まではない。ボイルオフ期間および存むりの洗りガバリカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形・デルは FRAP-T6 のモデルを RELAP5 に組み込んだものであ る。被覆管取均温度がバースト温度以上になるとパーストが発生する。パーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またパースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ② 炉心 ③ か元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心冷露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度の 近くが変出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ③ 水伝達(露出炉 心) 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体のの熱伝達、PCT に直接影響する。 パンのが露出しないブローダウン期間および急然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移動職、膜洗聴または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。 20.990	①-4 局所出力(局所	炉心が露出した際に、局所出力が高い位置は被覆管温度上昇が早い。また、炉心冷却時
シ期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するルーブシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分割し、燃料棒を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分布をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形 被覆管変形は1 次系圧力と燃料棒ギャッブガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および1 次系圧力が高いため重要ではない。ルーブシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および1 次系圧力が高いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および1 次系圧力が高いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起こると減覆管酸化デルは FRAPT6のモデルを RELAP5に組み込んだものである。被覆管 空切温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じると、被覆管酸化計算が被覆管内和でも行われるようになり、またバースト発生位置の前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 「炉心 ② 「炉心 ② 「炉心 ③ 「要応 ③ 「欠し ③ 「欠」 ③ 「水気(1)(1)(4)(1))(1)	ピーキング)	においても局所出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出しないブローダウ
おいて重要な現象である。 RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分割し、燃料棒を模擬する熟構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分布をモデル化できる。 ①-5 被覆管変形 ②-5 被覆管変形 被覆管変形は1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しないため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および1 次系圧力が高いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および1 次系圧力が高いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起こる温度まで被覆管温度が近日本を配入の多いたがのである。 酸管空や砂電管塗形が生じる温度までは上昇しないこと、および1 次系圧力が高いためので酸でもこるしたのである。 RELAP5の被覆管空がモデルは FRAPT6 のモデルを RELAP5に組み込んだものである。 酸管空や効率でがは FAPT6 のモデルを RELAP5 に組み込んだものである。 酸濃度管空やすいは FRAPT6 のモデルを RELAP5 に組み込んだものである。 マレージシン ② 炉心 ② 炉心 ② 行心 ③ ② 行心 ③ 你心 ③ 作心 ③ 作心 ③ 「中心 ③ 「小 ● 執方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 「小 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出したいご 「小 ● 知うのルーブシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いプローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないプローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないプローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないプローダウン期間まな「自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しない一ジックシール期間以降において重要な現象である。 ③ 小 ● 二 ○ 二 <th></th> <th>ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降に</th>		ン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降に
RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分 割し、燃料棒を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ①-5 被覆管変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常 に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しない ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上 昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および 1 次系圧力が高 いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形が手ルは FRAP-T6 のモデルを RELAP5に組み込んだものであ る。被覆管率均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ②・fo ③ 中心 ③ 第方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 ③ のとのデン・露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出 しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 ②・4 窓に属り上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCTに直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 ②・4 窓に 第二本学の・デン・小期間以降において重要な現象である。 (2)-4 窓に 新伝達しため、ブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシッル期間 (2)-4 別名でしたり、 の		おいて重要な現象である。
割し、燃料棒を模擬する熟構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分 布をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形 被覆管変形に1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常 に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しない ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上昇 身するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および1 次系圧力が高 いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心りカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形が生ごる温度までは上昇のなり、またバーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ② 炉心 ② 小 ② 小 ② 小 ② 小 ② 小 ② 小 ③ 小 ③ 小 ③ 小 ③ 被覆管 空形 ③ かた出力分布 ● 加 ③ かん ③ かん ③ かん ● 加 ③ かん ③ かん ③ かん ③ かん ● 加 ● 加 ● 加 ● 「かん ● 加 ● 「かん		RELAP5 では、炉心領域の流体チャンネルを複数領域に分け、それぞれを軸方向に分
布をモデル化できる。 ①・5 被覆管変形 被覆管変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常 に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しない ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心螺出によって被覆管温度が上 昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および 1 次系圧力が高 いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形モデルは FRAP-T6のモデルを RELAP5 に組み込んだものであ る。被覆管 や均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またパースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② ② 炉心 ● ③・1 3 次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。 ③・4 熱伝達(露出炉 心) 二相木位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達になるの。 遷移沸騰熱振		割し、燃料棒を模擬する熱構造材も同様に分割することで炉心の軸方向、径方向出力分
 ①-5 被覆管変形 被覆管変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャッブガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しないため重要ではない。ルーブシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および 1 次系圧力が高いため重要ではない。パールブフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起こる温度まで被覆管温度が上昇するものの被覆管変形をデルはFRAP-T6のモデルをRELAP5に組み込んだものである。 RELAP5の被覆管変形モデルはFRAP-T6のモデルをRELAP5に組み込んだものである。被覆管理均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またパースト発生位置の前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 「炉心 ③・1 3次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出するルーブシール期間以降において重要な現象である。RELAP5 でしが露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 ②・4 熱伝達(露出炉 心) 〇・4 熱伝達(露出炉 二相木位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰繁振 		布をモデル化できる。
 に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心 冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しない ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上 昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および 1 次系圧力が高 いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形モデルは FRAP-T6のモデルを RELAP5に組み込んだものであ る。被覆管平均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 (2) 炉心 ② 炉心 ③・1 3次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。 ②・4 熱伝達(露出炉 心) 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 ゲ心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱騰 	①-5 被覆管変形	被覆管変形は 1 次系圧力と燃料棒ギャップガス圧力の差が大きく、被覆管温度が非常
 冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しないため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および1次系圧力が高いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形モデルはFRAP-T6のモデルをRELAP5に組み込んだものである。被覆管平均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ③・1 3次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。 ②・4 熱伝達(露出炉 二相木位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱熱熱 		に高い時に起こる。被覆管変形が起こると、流路閉塞により炉心流量が低下し、炉心
 ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上 昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および 1 次系圧力が高 いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5 の被覆管変形モデルは FRAP-T6 のモデルを RELAP5 に組み込んだものであ る。被覆管平均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またパースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ③ ケル ④ 「ゆ心 ④ 物方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ④ つれ、酸出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 ② クイ 熱伝達(露出炉 心) 〇 二 和木位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 ○ CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱熱 		冷却が悪化する。ブローダウン期間および自然循環期間には被覆管温度が上昇しない
昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および 1 次系圧力が高いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形モデルは FRAP-T6のモデルを RELAP5に組み込んだものである。被覆管平均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ③ 小 ■お方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5での扱いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。 ③・4 熱伝達(露出炉 心) 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCTに直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 の・ 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCTに直接影響する。 アレ・ 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT RELAP5 では、選移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝		ため重要ではない。ループシール期間は、一時的な炉心露出によって被覆管温度が上
いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形モデルは FRAP-T6のモデルを RELAP5に組み込んだものである。被覆管平均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ③・巾心 ③・1 3 次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 ②・4 熱伝達(露出炉 心) 三相木位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 ②・4 熱伝達(露出炉 心) 三相木位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 F心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 FRELAP5 では、環移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 の日 第4000000000000000000000000000000000000		昇するものの被覆管変形が生じる温度までは上昇しないこと、および 1 次系圧力が高
 こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。 RELAP5の被覆管変形モデルは FRAP-T6 のモデルを RELAP5に組み込んだものである。被覆管平均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ③・加 ④・加 二 3 次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。 ④・ ④・ 二 相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝 		いため重要ではない。ボイルオフ期間および炉心リカバリ期間では、被覆管変形が起
RELAP5 の被覆管変形モデルは FRAP-T6 のモデルを RELAP5 に組み込んだものであ る。被覆管平均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じ ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ③ ② 1 3 次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ③・4 熱伝達(露出炉 心) 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝		こる温度まで被覆管温度が上昇する可能性があり、重要な現象である。
る。被覆管平均温度がパースト温度以上になるとパーストが発生する。パーストが生じると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またパースト発生位置の前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ③-1 3次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ②-4 熱伝達(露出炉 心) 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝		RELAP5の被覆管変形モデルはFRAP-T6のモデルをRELAP5に組み込んだものであ
 ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またパースト発生位置の 前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ② 炉心 ③ 小 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ② -4 熱伝達(露出炉 心) ② -4 熱伝達(露出炉 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝 		る。被覆管平均温度がバースト温度以上になるとバーストが発生する。バーストが生じ
前後のジャンクションに追加形状損失係数が付加される。 ② 炉心 ②・1 3次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 マるループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。 ②・4 熱伝達(露出炉 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないですール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝		ると、被覆管酸化計算が被覆管内面でも行われるようになり、またバースト発生位置の
② 炉心 ②-1 3次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ②-4 熱伝達(露出炉 心 卸むが露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝		前後のシャンクションに追加形状損失係数が付加される。
 ②-1 3次元出力分布 軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ②-4 熱伝達(露出炉 心) 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝 	② 炉心	
 上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は被覆管温度低下が遅い。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①・4、燃料棒局所出力と同じ。 ②・4 熱伝達(露出炉 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝 	②-1 3次元出力分布	軸方向および径方向の出力分布。炉心が露出した際に、出力が高い位置は被覆管温度
 炉心が露出しないフロータワン期間および自然循環期間では重要が低い。炉心が露出 するループシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ②-4 熱伝達(露出炉 心) 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝 		上昇が早い。また、炉心冷却時においても出力が高い位置は彼復管温度低下が遅い。
するルーフシール期間以降において重要な現象である。 RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ②-4 熱伝達(露出炉 ご相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 が) 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝		炉心が露出しないフロータウン期間および目然循境期間では重要が低い。炉心が露出
RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。 ②-4 熱伝達(露出炉 心) 二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝		するルーフシール期間以降において重要な現象である。
 ②-4 熱伝達(露出炉 二相水位より上の炉心露出領域での破復官から流体への熱伝達。PCT に直接影響する。 心) 炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心が露 出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF 後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝 		RELAP5 での扱いは①-4、燃料棒局所出力と同じ。
 かい酸出しないフロータワン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心か露出しないフロータワン期間および自然循環期間では重要ではない。炉心か露出するループシール期間以降において重要な現象である。 CHF後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5では、ボイド率が 0.999以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝 	(2)-4 熱伝達(露出炉	二相水位より上の炉心露出領域での被覆管から流体への熱伝達。PCTに直接影響する。
出するルーフンール期間以降において重要な現象である。 CHF後の熱伝達は、遷移沸騰、膜沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5では、ボイド率が 0.999以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝	(山)	炉心か露出しないフロータワン期間および目然循境期間では重要ではない。炉心が露 ルナスホープン・ホ期間以降ないシーズモデト現在です。
CHF 後の然伝達は、遷移沸騰、 脾沸騰または蒸気単相対流熱伝達によるものである。 RELAP5 では、ボイド率が 0.999 以上では蒸気単相対流熱伝達になる。遷移沸騰熱伝		出するルーノンール期间以降において里安な現象である。
KELAP5 では、ホイド率か 0.999 以上では烝気甲相対流烈伝達になる。遷移沸騰烈伝		UHF 彼の然伝達は、遷移沸騰、県沸騰または烝気甲相対流烈伝達によるものである。
法と間連勝執行法の公岐については、連役連勝執法市と時連勝執法市を計算し、連役		RELAF9 じは、小1 ト半か 0.999 以上じは烝気単相対派然伝達になる。遷移沸騰熱伝 法と瞄連勝劫伝法の公岐については、連移連勝劫法古と時連勝劫法市を計算し、運移

重要現象	現象の説明および RELAP5 での扱い
②-4 熱伝達(露出炉	沸騰熱流束の方が大きければ遷移沸騰熱伝達に、膜沸騰熱流束の方が大きければ膜沸
心)	騰熱伝達になる。
(続き)	遷移沸騰熱伝達は Chen-Sundaram-Ozkaynak 相関式を用いる。
	 膜沸騰熱伝達は蒸気膜内の熱伝導、蒸気流への熱伝達、蒸気流 – 液滴間の熱伝達、流
	体への輻射熱伝達からなる。蒸気膜内の熱伝導は Bromley 相関式を用いる。蒸気流へ
	の熱伝達は蒸気単相対流熱伝達と同じ相関式(後述)を用いる。蒸気流-液滴間の熱伝達
	は相間熱伝達モデルに含まれる。輻射熱伝達は Sun のモデルを用いる。
	 蒸気単相対流熱伝達は乱流強制対流モデル、層流強制対流モデル、自然対流モデルから
	なる。乱流強制対流モデルは Dittus-Boelter 相関式、層流強制対流モデルは Sellars ら
	のモデル、自然対流モデルは Churchill-Chu 相関式(垂直流路の場合)を用いてヌセルト
	数を計算し、その最大値を用いる。
②-5 リウエット	炉心露出後、温度上昇した被覆管がリウエットすると温度が急低下する。炉心が露出
	しないブローダウン期間および自然循環期間では重要ではない。ループシール解除に
	よるリウエットが起こるループシール期間および蓄圧注入によるリウエットが起こる
	「炉小リカバリ期間において重要な現象である。
	RELAP5 では、遷移沸騰熱流束と膜沸騰熱流束を計算して大きい方を熱流束として用
	いている。
②-7 炉心内相間摩擦	炉心での相間摩擦が炉心の二相水位(ボイド分布)に影響し、二相水位より上の位置では
	被覆管温度が上昇する。炉心が露出しないブローダウン期間および自然循環期間では
	重要ではない。炉小が露出するループシール期間以降において重要な現象である。
	REALP5 では、相間摩擦はジャンクションで計算され、流動様式毎に適用する相関式
	が異なる。相間摩擦の算出、流動様式の判定に用いるパラメータはボリュームの値に
	基づいて算出される。小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象では、炉心の二相水位以下の流
	■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■ ■
	垂直管の気泡流・スラグ流の相間摩擦はドリフトフラックスモデルに基づいたモデル
	で計算される。炉心のような管群形状の場合、EPRI相関式が適用される。EPRI相関
	式は広い条件範囲で検証されており、水位予測性能は比較的よい。
 ④ 上部プレナム 	
④-6 高温側配管-ダ	高温側配管突合せ部とダウンカマ間のバイパス流。二相循環が凃切れると炉心で発生
ウンカマギャップ流	した蒸気は上部プレナム。高温側配管。SGおよびクロスオーバー配管に蓄積する。こ
	れにより炉心水位が押し下げられるが、高温側配管突合せ部とダウンカマ間のバイパ
	ス流は蒸気をダウンカマ、低温側配管を通って破断口から流出させるため炉心水位の
	押し下げを緩和する。そのためループシール期間において重要な現象である。
	RELAP5 では、上部プレナムとダウンカマ(ともにループ接続レベル)をジャンクショ
	ンで接続することで高温側配管-ダウンカマバイパスを模擬することができる。
 (7) 蒸気発生器 	
⑦-2 1次側熱伝達(伝	HPI が作動する条件での小破断 LOCA において、ループシールが解除する時点まで炉
熱管での凝縮)	心崩壊熱は主に SG 熱伝達によって除熱されている。よって、ループシール期間までに
	おいて重要な現象である。
	また、2 次側強制減圧開始後は SG 熱伝達によって 1 次系を冷却(減圧)しており、重要
	な現象である。2次側強制減圧が必要な破断サイズでは、2次側強制減圧開始は炉心リ
	カバリ期間より前であるため、少なくともボイルオフ期間および炉心リカバリ期間に
	おいて比較的重要な現象である。結果、全期間において重要な現象である。

	重要現象	現象の説明および RELAP5 での扱い
7-2	1 次側熱伝達(伝	RELAP5 では凝縮熱伝達モデルは、Nusselt 相関式(層流)と Shah 相関式(乱流)の大き
	熱管での凝縮)	い方を用い、非凝縮性ガスが存在する場合には、非凝縮性ガス中での蒸気拡散を考慮し
(続き))	ている。Nusseltの凝縮熱伝達係数は液膜厚さの熱伝導で熱伝達が支配されるとした熱
		伝達係数である。
7-4	伝熱管入口での	HPI が作動する条件での小破断 LOCA において、二相循環が途切れると伝熱管上昇側
	CCFL	の液相は高温側配管へと落下するが、伝熱管入口で CCLF が発生すると液相のホール
		ドアップが生じる ⁽⁹⁾ 。伝熱管下降側より上昇側に多くの液相が存在することになり、そ
		の水頭差によって炉心水位の押し下げを促進する。そのため、ループシール期間におい
		て重要な現象である。
		また、ROSA-IV/LSTF 試験において、2 ループのうち 1 ループのみで SG2 次側を強制
		減圧した試験 ⁽²⁾ では、減圧 SG 伝熱管において凝縮水の高温側配管への落下を CCFL
		が制限し、蓄水が生じた。これにより炉心へのリフラックス流が減少し、原子炉容器
		保有水量が減少する。そのため、2 次側強制減圧開始後において重要な現象である。2
		次側強制減圧が必要な破断サイズでは、2次側強制減圧開始は炉心リカバリ期間より前
		であるため、少なくともボイルオフ期間および炉心リカバリ期間において重要な現象
		である。自然循環期間中は炉心に水が多くあるので、重要な現象とはならない。
		RELAP5 では CCFL モデルは、隣接ボリュームが水平ではない(傾角 15°以上)ジャン
		クションに CCFL 相関式(Hg ^{1/2} + mHf ^{1/2} = c)の係数を入力し、任意の相関式を適用する
		ことが可能である。
7-5	SG 入口プレナ	伝熱管入口での CCFL と同様。SG 入口プレナム入口でも CCFL が起こる可能性があ
	ム入口での	る。
	CCFL	RELAP5 での扱いは⑦-4、伝熱管入口での CCFL と同じ。INSS で実施した高温側配
		管 CCFL 評価から得られる CCFL 相関式を適用し、高温側配管 CCFL 評価に用いた実
		験データから相関式の不確かさを定量化する。
⑦-9	主蒸気逃がし弁	HPI が作動する条件での小破断 LOCA において、ループシールが解除する時点まで、
	および安全弁か	炉心崩壊熱は主に SG 熱伝達によって除熱されており、最終的には主蒸気逃がし弁およ
	らの流出	び安全弁から放熱している。よって、ループシール期間までにおいて比較的重要な現
		象である。弁の容量は崩壊熱除去に十分な容量を有しており、決まった設定圧で作動
		することから不確かさが小さい。
		また、2 次側強制減圧開始後は、主蒸気逃がし弁を手動開にすることで SG2 次側を強
		制減圧し、SG 熱伝達によって 1 次系を冷却(減圧)しており、重要な現象である。2 次
		側強制減圧が必要な破断サイズでは、2次側強制減圧開始は炉心リカバリ期間より前で
		あるため、少なくともボイルオフ期間および炉心リカバリ期間において重要な現象で
		ある。自然循環期間またはループシール期間に 2 次側強制減圧が開始する場合には、
		その期間以降においても重要な現象である。
		RELAP5 では臨界流は Ransom-Trapp 臨界流モデルで算出される。
8 %	フロスオーバー配管	
®- 2	ループシール形	高温側配管圧力が低温側配管圧力より高いため炉心水位およびクロスオーバー配管
	成および解除	SG 側水位が低下する。クロスオーバー配管 SG 側水位がクロスオーバー配管水平部ま
		で押し下げられると蒸気が低温側配管へと流れるようになり、高温側配管と低温側配
		管の差圧が小さくなって炉心水位が回復する。ループシール期間において重要な現象
		である。
		ループシール形成および解除に特別なモデルは用いられておらず、高低差を正しく反

表 4 重要現象および RELAP5 での扱い (4/5)

重要現象	現象の説明および RELAP5 での扱い
⑧-2 ループシール形	映したノード分割モデルと二相流動解析により模擬できる。ROSA/LSTF 総合効果試
成および解除	験を対象にした解析を実施し、現象の模擬性能を評価する。
(続き)	
⑧-3 水平層状化	ブローダウン期間終了後、ループシールが解除するまでの間、クロスオーバー配管水
	平部の流動は気泡流またはスラグ流であると考えられる。ループシールが解除すると
	蒸気が通る面積が広くなり、水平層状流に変わると考えられる。水平層状化条件によ
	ってループシール解除時にクロスオーバー配管水平部にどれだけ水が残るかが決ま
	る。ループシール解除期間において重要な現象である。また、クロスオーバー配管水
	平部に残る水量は流動抵抗に影響するため、ボイルオフ期間において比較的重要な現
	象である。
	RELAP5の水平管流動様式マップでは、ボイド率と気液相対速度の関数として流動様
	式を判定している。層状流となる条件は気液相対速度が Taitel-Dukler の式で算出され
	る限界速度以下、 $ v_{\sigma}\cdot v_{f} < (1/2)_{v_{crit}}$ 、という条件を適用している。この条件は、少なく
	とも 5cm までの小口径管には有効であることが確認されている。また、クロスオーバ
	一配管水平部の流動は垂直エルボの影響が想定され、単純な水平配管内の二相流動とは
	異なる可能性がある。
⑧-5 凝縮水による蓄	2 次側強制減圧が開始すると、SG 伝熱管で激しい凝縮が起こり、凝縮水の一部はクロ
水	スオーバー配管へと落下し、破断サイズによっては蓄水する。ループシール解除後に
	は、クロスオーバー配管内の凝縮水は破断口へと向かう蒸気流によって、クロスオー
	バー配管 RCP 側へと押しやられる。クロスオーバー配管の SG 側と RCP 側に水頭差
	が生じ、これによって炉心水位の低下が促進される。2次側強制減圧開始後かつループ
	シール解除後において、すなわちボイルオフ期間と炉心リカバリ期間において重要な
	現象である。
	伝熱管での凝縮とクロスオーバー配管水平部での蒸気による液相輸送の結果として起
	こる現象であり、⑦-2 と⑧-3 に関連する。ROSA/LSTF 総合効果試験を対象にした解
	析を実施し、現象の模擬性能を評価する。
10 蓄圧タンク	
⑩-1 注入流量	蓄圧注入流量は炉心水位に影響する。注入先での凝縮により、炉心水位の低下を促進
	させるため、蓄圧注入が起こる炉心リカバリ期間において重要な現象である。
	RELAP5 では、蓄圧注入系は専用の ACCUM コンポーネントを用いてモデル化する。
	ACCUM コンポーネントは蓄圧タンクと注入配管から構成されており、注入流量に影
	響する注入配管抵抗は K 値として入力する。
10-2 注入配管抵抗	注入配管抵抗が注入流量に与える影響があり得る。⑩-1、注入流量とペアで考え、注入
	配管抵抗を振って注入流量への感度を確認する。
① 低温側配管	
⑪-1 凝縮(層状)	低温の蓄圧注入水および低圧注入水によって、低温側配管内の蒸気が凝縮する。低温側
	配管での凝縮によって炉心の水が低温側配管に逆流し、炉心水位の低下を促進する。蓄
	圧注入および低圧注入が行われる炉心リカバリ期間において重要な現象である。
	RELAP5 では、低温水による蒸気の凝縮は相間熱伝達モデルでモデル化される。
⑪-3 水平層状化、流	低温側配管が層状化すると破断流量に影響する。ブローダウン期間中および自然循環
動様式	期間中は低温側配管がほとんど液相単相であるが、自然循環終了後はボイド率が上昇
	し、層状化する可能性がある。自然循環終了後のループシール期間において重要な現
	象である。ボイルオフ期間には低温側配管はほぼ蒸気単相であり重要度は低い。炉心

重要現象	現象の説明および RELAP5 での扱い
⑪-3 水平層状化、流	リカバリ期間には蓄圧注入水または低圧注入水が存在し二相状態となるため重要な現
動様式	象である。
(続き)	RELAP5 での扱いは⑧-3、クロスオーバー配管水平層状化と同じ。ただし、クロスオ
	ーバー配管水平部と異なり単純な水平配管内の二相流動として扱える。
13 ダウンカマ、下部ス	[*] レナム
13-5 二相水位、フラ	RCP がコーストダウンした後は、ダウンカマ水位が冷却材を炉心へと流入させる駆動
ッシング、ボイ	力になる。RCP コーストダウンはブローダウン期間中にほぼ終了するため、自然循環
ド率	期間、ループシール期間、ボイルオフ期間、炉心リカバリ期間において重要な現象で
	ある。
	RELAP5 では、すべてのボリュームが均質モデルであり、二相水位は計算されず、ボ
	イド率分布のみ計算される。ボイド率分布は相間摩擦に依存し、相間摩擦は流動様式
	毎に適用する相関式が異なる。小破断 LOCA 時 HPI 不作動事象では、ダウンカマの二
	相水位以下の領域の流動様式は、気泡流またはスラグ流が支配的になっている。
	垂直管の気泡流・スラグ流の相間摩擦はドリフトフラックスモデルに基づいたモデルで
	計算される。形状と質量流束で適用する相関式が異なり、ダウンカマの場合、
	Churn-Turbulent Bubbly Flow 相関式、Kataoka-Ishii 相関式が適用される。
④ 破断口	
⑭-1 臨界流	臨界流は破断流量に大きく影響する。全期間において重要な現象である。
	RELAP5 では臨界流は Ransom-Trapp 臨界流モデルで算出される。小破断 LOCA 用
	のデータを調査し、サイズ、形状等の影響も考慮して不確かさを評価する。
⑭-2 上流の流動様式	破断口上流の流動様式(ボイド率、層状化)は破断流量に大きく影響する。二相状態とな
	る自然循環期間、ループシール期間、炉心リカバリ期間において重要な現象である。
	RELAP5 での扱いは⑪-3、低温側配管での水平層状化と同じ。
⑭-3 破断口の向き	破断口上流が二相状態となる自然循環期間、ループシール期間、炉心リカバリ期間に
	おいて重要な現象である。ブローダウン期間には低温側配管は液相単相、ボイルオフ
	期間には気相単相のため影響は小さい。
	RELAP5では、水平管プルスルー/エントレインメントモデルを用いることで破断口の
	向き(上向き、横向き、下向き)をモデル化することができる。水平管プルスルー/エント
	レインメントモデルを用いない場合はジャンクションのボイド率は上流ボリュームの
	ボイド率と同じになるのに対し、水平管プルスルー/エントレインメントモデルを適用
	して破断口の向きを指定すると上流ボリュームの水位によってジャンクションのクオ
	リティが変わる。

表5 重要現象に関連する RELAP5 モデルの PCT への影響

単文先家 所町1年1F (PCT への影響) ①-2 被覆管酸化 酸化膜厚さ±50% 小さい ^(*) ①-3 崩壊熱 崩壊熱±5% 大きい ①-4 局所出力 経方向ビーキング係数±10% 大きい ②-4 熱伝達(露出炉心) 熱伝達係数±50% 大きい ②-5 リウェット リウェット開始早く(遷移沸騰熱伝達係数+50%) 小さい ^(*) ②-5 リウェット リウェット開始早く(優沸騰熱伝達係数+50%) 小さい ^(*) ②-7 炉心内相間摩擦 相間摩擦±50% 大きい ③-6 高温側配管 - ダウンカマギャッ ベースケースはギャップ流量割合 0.05%、0.2%、0.4% 小さい ^(*) ⑦-2 1 次側熱伝達(伝熱管での凝縮) 熱伝達係数±50% 小さい ^(*) ⑦-2 1 次側熱伝達(伝熱管での疑縮) 熱伝達係数±50% 小さい ^(*) ⑦-2 1 次側熱伝達(伝熱管での反解縮) 熱伝達(広りやすい) 大きい ⑦-4 伝熱管入口での CCFL C=0.5(CCFL になりやすい) 大きい C=0.9(CCFL になりにくい) ベースケースは c=0.65 (Ja [*])1/2 C=0.68(CCFL になり やすい) 大きい ^(*) ⑦-5 SG 入口ブレナム入口での CCFL C=0.62(CCFL になり たくい) 小さい ^(*) ⑦-5 SG 入口ブレナム入口での CCFL C=0.68(CCFL になり たくい) 小さい ^(*) ⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時売出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化したやすい) 小さい ^(*) ⑧-1 蓄圧注入注量 <t< th=""></t<>
①-2 被覆管酸化 酸化膜厚さ±50% 小さい ^(*) ①-3 崩壊熱 崩壊熱±5% 大きい ①-4 局所出力 径方向ビーキング係数±10% 大きい ②-4 熱伝達(露出炉心) 熱伝達係数±50% 大きい ②-5 リウェット リウェット開始早く(遷移沸騰熱伝達係数±50%) 小さい ^(*) ②-5 リウェット リウェット開始早く(遷移沸騰熱伝達係数±50%) 小さい ^(*) ②-7 炉心内相間摩擦 相間摩擦±50% 大きい ③-6 高温側配管-ダウンカマギャッ ベースケースはギャップ流模擬せず 小さい ^(*) プ流 ベースケースはギャップ流量割合 0.05%、0.2%、0.4% 小さい ^(*) ⑦-2 1 次側熱伝達(伝熱管での凝縮) 熱伝達係数±50% 小さい ^(*) ⑦-3 広遠(伝熱管入口での CCFL ベースケースは c=0.75 (JG [*])1/2ec - (JL [*])1/2 て=0.5(CCFL になりにくい) ⑦-4 伝熱管入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (JG [*])1/2ec - 0.76(JL [*])1/2 大きい ^(*) ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (JG [*])1/2ec - 0.76(JL [*])1/2 小さい ^(*) ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ビーの.658(CCFL になり たくい) 小さい ^(*) ⑦-9 主気気迷びし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-9 </td
①・3 崩壊熱崩壊熱±5%大きい①・4 局所出力径方向ビーキング係数±10%大きい②・4 熱伝達(露出炉心)熱伝達係数±50%大きい②・5 リウェットリウェット開始早く(遷移沸騰熱伝達係数+50%) リウェット開始遅く(胰沸騰熱伝達係数+50%)小さい(*)②・7 炉心内相間摩擦相間摩擦±50%大きい④・6 高温側配管-ダウンカマギャッ ブ流ベースケースはギャッブ流模擬せず ギャッブ流量創合 0.05%、0.2%、0.4%小さい(*)⑦・2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮)熟伝達係数±50%小さい(*)⑦・4 伝熱管入口での CCFLベースケースは c=0.75 (Ja*) ^{1/2} =c - (JL*) ^{1/2} C=0.5(CCFL になりたすい)大きい⑦・5 SG 入口プレナム入口での CCFLベースケースは c=0.65 (Ja*) ^{1/2} =c - 0.76(JL*) ^{1/2} C=0.62(CCFL になりにくい)小さい(*)⑦・5 SG 入口プレナム入口での CCFLベースケースは c=0.65 (Ja*) ^{1/2} =c - 0.76(JL*) ^{1/2} C=0.68(CCFL になりたくい)小さい(*)⑦・9 主蒸気逃がし弁からの流出流量蒸気単相時流出係数±50%小さい(*)⑧・3 クロスオーバー配管水平層状化ベースケースは注入配管 K値 0.0 注入配管 K値 1.0、5.0比較的大きい⑩・1 蓄圧注入注量ベースケースは注入配管 K値 0.0 注入配管 K値 1.0、5.0比較的大きい
①-4局所出力径方向ビーキング係数±10%大きい②-4熱伝達(露出炉心)熱伝達係数±50%大きい②-5リウェットリウェット開始早く(遷移沸騰熱伝達係数+50%) リウェット開始遅く(順沸騰熱伝達係数+50%) リウェット開始遅く(順沸騰熱伝達係数+50%)小さい(*)②-7炉心内相間摩擦相間摩擦±50%大きい④-6高温側配管 - ダウンカマギャッ ブ流ベースケースはギャップ流模擬せず ギャップ流量割合 0.05%、0.2%、0.4%小さい(*)⑦-21 次側熱伝達(伝熱管での疑縮)熱伝達係数±50%小さい(*)⑦-4伝熱管入口での CCFLベースケースは $c=0.75$ C=0.5(CCFL になりやすい) C=0.62(CCFL になりたくい)ハさい(*)⑦-5SG 入口プレナム入口での CCFLベースケースは $c=0.65$ C=0.62(CCFL になりたくい)大きい⑦-5SG 入口プレナム入口での CCFLこ0.63(CCFL になりたくい)小さい(*)⑦-9主蒸気逃がし弁からの流出流量蒸気単相時流出係数±50%小さい(*)⑧-3クロスオーバー配管水平層状化水平層状化判定条件+50%(層状化したやすい) 水平層状化判定条件50%(層状化しにくい)小さい(*)⑩-1蓄圧注入注量ベースケースは注入配管 K 値 1.0 注入配管 K 値 1.0 (*)小さい (*)
②-4熱伝達(露出炉心)熱伝達係数±50%大きい②-5リウエットリウエット開始早く(遷移沸騰熱伝達係数+50%) リウエット開始遅く(膜沸騰熱伝達係数+50%)小さい(*)②-7炉心内相間摩擦相間摩擦±50%大きい④-6高温側配管 - ダウンカマギャッ ブ流ベースケースはギャップ流模擬せず ギャップ流量割合 0.05%、0.2%、0.4%小さい(*)⑦-21 次側熱伝達(伝熱管での凝縮)熱伝達係数±50%小さい(*)⑦-21 次側熱伝達(伝熱管での凝縮)熱伝達係数±50%小さい(*)⑦-4伝熱管入口での CCFL $C=0.5(CCFL になりやすい)$ C=0.9(CCFL になりにくい)大きい⑦-5SG 入口プレナム入口での CCFL $C=0.62(CCFL になりやすい)$ C=0.68(CCFL になりにくい)大きい(*)⑦-9主蒸気逃がし弁からの流出流量蒸気単相時流出係数±50%小さい(*)⑧-1蓄圧注入注量ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0, 250比較的大きい
②-5リウエットリウエット開始早く(遷移沸騰熱伝達係数+50%) リウエット開始遅く(陳沸騰熱伝達係数+50%) リウエット開始遅く(陳沸騰熱伝達係数+50%)小さい(*)②-7炉心内相間摩擦相間摩擦±50%大きい④-6高温側配管-ダウンカマギャッ プ流ベースケースはギャップ流模擬せず ギャップ流量割合 0.05%、 0.2%、 0.4%小さい(*)⑦-21次側熱伝達(伝熱管での凝縮)熱伝達係数±50%小さい(*)⑦-21次側熱伝達(伝熱管での凝縮)熱伝達係数±50%小さい(*)⑦-4伝熱管入口での CCFLこの.5(CCFL になりやすい) C=0.9(CCFL になりたくい)大きい⑦-5SG 入口プレナム入口での CCFLC=0.62(CCFL になりやすい) C=0.62(CCFL になりにくい)大きい(*)⑦-9主蒸気逃がし弁からの流出流量蒸気単相時流出係数±50%小さい(*)⑦-9主蒸気逃がし弁からの流出流量蒸気単相時流出係数±50%小さい(*)⑧-1蓄圧注入注量ペースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、 5.0比較的大きい
20-5 リウエット開始遅く(膜沸騰熱伝達係数+50%) 小さい ^(*) 20-7 炉心内相間摩擦 相間摩擦±50% 大きい ④-6 高温側配管-ダウンカマギャッ プ流 ベースケースはギャップ流模擬せず 小さい ^(*) プ流 ギャップ流量割合 0.05%、 0.2%、 0.4% 小さい ^(*) ⑦-2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮) 熱伝達係数±50% 小さい ^(*) ⑦-4 伝熱管入口での CCFL ベースケースは c=0.75 (Ja [*]) ^{1/2} =c - (JL [*]) ^{1/2} ⑦-4 伝熱管入口での CCFL C=0.5(CCFL になりやすい) 大きい C=0.9(CCFL になりにくい) ベースケースは c=0.65 (Ja [*]) ^{1/2} =c - 0.76(JL [*]) ^{1/2} ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL C=0.62(CCFL になりにくい) 小さい ^(*) ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL C=0.68(CCFL になりにくい) 小さい ^(*) ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL C=0.68(CCFL になりにくい) 小さい ^(*) ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL 本写層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 小さい ^(*) ⑦-6 シュスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 小さい ^(*) ⑧-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
②-7 炉心内相間摩擦 相間摩擦±50% 大きい ④-6 高温側配管-ダウンカマギャッ プ流 ベースケースはギャップ流模擬せず ギャップ流量割合 0.05%、 0.2%、 0.4% 小さい ^(*) ⑦-2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮) 熱伝達係数±50% 小さい ^(*) ⑦-2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮) 熱伝達係数±50% 小さい ^(*) ⑦-2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮) 熱伝達係数±50% 小さい ^(*) ⑦-2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮) 熱伝連係数±50% 小さい ^(*) ⑦-4 伝熱管入口での CCFL C=0.5(CCFL になりやすい) C=0.9(CCFL になりにくい) 大きい ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (Ja [*]) ^{1/2} c - 0.76(JL [*]) ^{1/2} 大きい ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (Ja [*]) ^{1/2} c - 0.76(JL [*]) ^{1/2} 小さい ^(*) ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (Ja [*]) ^{1/2} c - 0.76(JL [*]) ^{1/2} 小さい ^(*) ⑦-7 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件・50%(層状化しにくい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
④・6高温側配管 - ダウンカマギャッ プ流ベースケースはギャップ流模擬せず ギャップ流量割合 0.05%、0.2%、0.4%小さい ^(*) ⑦・21 次側熱伝達(伝熱管での凝縮)熱伝達係数±50%小さい ^(*) ⑦・4伝熱管入口での CCFLベースケースは c=0.75(J _G *) ^{1/2} =c - (J _L *) ^{1/2} C=0.5(CCFL になりやすい)大きい⑦・4伝熱管入口での CCFLC=0.5(CCFL になりやすい) C=0.9(CCFL になりにくい)大きい⑦・5SG 入口プレナム入口での CCFLC=0.65(J _G *) ^{1/2} =c - 0.76(J _L *) ^{1/2} C=0.68(CCFL になりにくい)小さい ^(*) ⑦・9主蒸気逃がし弁からの流出流量蒸気単相時流出係数±50%小さい ^(*) ⑧・3クロスオーバー配管水平層状化水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい)小さい ^(*) ⑩・1蓄圧注入注量ベースケースは注入配管 K 値 1.0、5.0比較的大きい
ブ流ギャップ流量割合 0.05%、 0.2%、 0.4%小さい⑦-2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮)熱伝達係数±50%小さい(*)⑦-4 伝熱管入口での CCFLベースケースは c=0.75 (JG*) ^{1/2} =c - (JL*) ^{1/2} 大きい⑦-4 伝熱管入口での CCFLC=0.5(CCFL になりやすい) C=0.9(CCFL になりにくい)大きい⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFLベースケースは c=0.65 (JG*) ^{1/2} =c - 0.76(JL*) ^{1/2} C=0.62(CCFL になりにくい)小さい(*)⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量蒸気単相時流出係数±50%小さい(*)⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい)小さい(*)⑩-1 蓄圧注入注量ベースケースは注入配管 K 値 1.0、5.0比較的大きい
⑦-2 1次側熱伝達(伝熱管での凝縮) 熱伝達係数±50% 小さい ^(*) ⑦-4 伝熱管入口での CCFL ベースケースは c=0.75 (J _G *) ^{1/2} =c - (J _L *) ^{1/2} 大きい ⑦-4 伝熱管入口での CCFL C=0.5(CCFL になりやすい) 大きい ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (J _G *) ^{1/2} =c - 0.76(J _L *) ^{1/2} 人さい ^(*) ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (J _G *) ^{1/2} =c - 0.76(J _L *) ^{1/2} 小さい ^(*) ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL C=0.62(CCFL になりやすい) 小さい ^(*) ⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやずい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 比較的大きい 10 1 蓄圧注入注量 本国間数 伝达低 5.0 Live(^(*))
⑦-4伝熱管入口での CCFLベースケースは c=0.75(JG*) ^{1/2} =c - (JL*) ^{1/2} C=0.5(CCFL になりやすい) C=0.9(CCFL になりにない)大きい⑦-5SG 入口プレナム入口での CCFLベースケースは c=0.65(JG*) ^{1/2} =c - 0.76(JL*) ^{1/2} C=0.62(CCFL になりやすい) C=0.68(CCFL になりにくい)小さい ^(*) ⑦-9主蒸気逃がし弁からの流出流量蒸気単相時流出係数±50% 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい)小さい ^(*) ⑩-1蓄圧注入注量ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、5.0比較的大きい
⑦-4 伝熱管入口での CCFL C=0.5(CCFL になりやすい) C=0.9(CCFL になりにくい) 大きい ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (J _G *) ^{1/2} =c - 0.76(J _L *) ^{1/2} 小さい ^(*) ⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
C=0.9(CCFL になりにくい) ベースケースは c=0.65 (J _G *) ^{1/2} =c - 0.76(J _L *) ^{1/2} ⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (J _G *) ^{1/2} =c - 0.76(J _L *) ^{1/2} 小さい ^(*) ⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL ベースケースは c=0.65 (J _G *) ^{1/2} =c - 0.76(J _L *) ^{1/2} 小さい ^(*) ⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
⑦-5 SG 入口プレナム入口での CCFL C=0.62(CCFL になりやすい) 小さい ^(*) ⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 比較的大きい
C=0.68(CCFL になりにくい) 小さい ^(*) ⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
⑦-9 主蒸気逃がし弁からの流出流量 蒸気単相時流出係数±50% 小さい ^(*) ⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
⑧-3 クロスオーバー配管水平層状化 水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい) 小さい ^(*) ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
(b)-3 少日スオニハニ配管水平層(水化) 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい) 小さい ⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 比較的大きい ① 1 佐居/四四第二の状況 セ四四款に注気() レ()
⑩-1 蓄圧注入注量 ベースケースは注入配管 K 値 0.0 注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的大きい
1 留圧住人住重 注入配管 K 値 1.0、5.0 比較的人さい
□□-1 低温側配官での疑縮 相前熱伝達係数±50% 小さい**
水平層状化判定条件+50%(層状化しやすい)
10-5 低温调配管水平層状化 水平層状化判定条件-50%(層状化しにくい) パマパ
⑬-5 ダウンカマニ相水位相間摩擦±50%比較的大きい
⑭-1 破断流臨界流 流出係数±50% 大きい
(0.2. 研修口向き ベースケースは下向き破断 よもい)
上向き破断、横向き破断 大ざい

(*):現状の入力モデルおよび破断サイズ(4 インチ破断)では、今回のパラメータの振り幅の範囲内では PCT への 影響が小さい。