

これまでの委員からの質問への回答
(第5回分科会実施前の後藤委員による質問
(2022年9月3日) に対する回答)

2022年10月17日

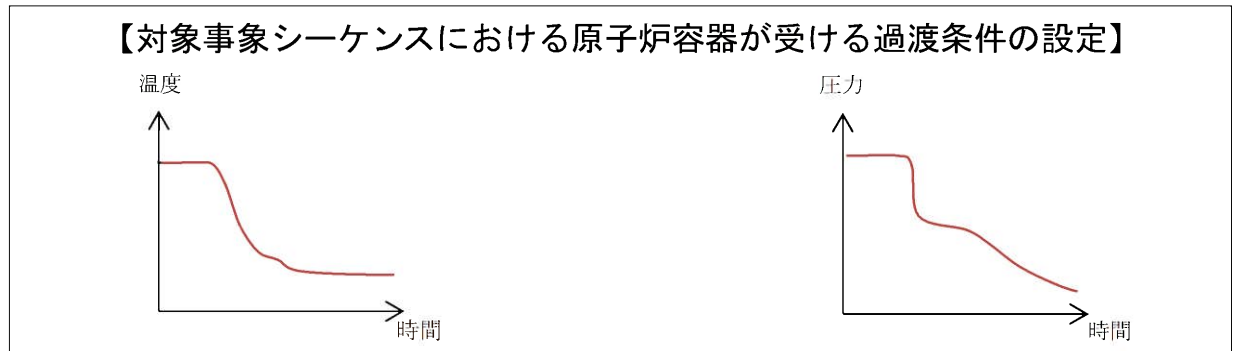
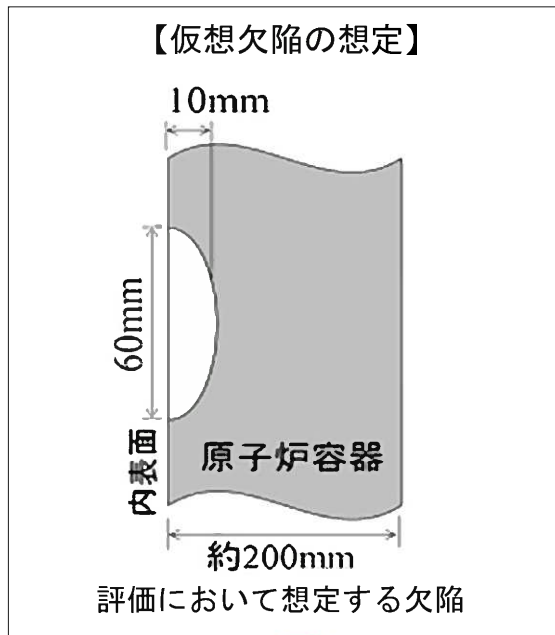


No.	質問事項	頁
追5-1	資料4、P. 4（後藤委員事前質問：P. 8） ②温度と圧力はどのような値か？すでに説明があったかもしれないが、事故条件との関係や、同じ条件（大LOCA）であるとして、何らかの事故が重なってこれらの値よりずれることがないことを示して欲しい。	4, 9
追5-2	資料4、P. 4（後藤委員事前質問：P. 8） ③この圧力・温度は、単なる解析の条件として設定した説明図だと考えるが、何故「商業機密事項」とするのか？理由を明確にされたし。	次回以降説明
追5-3	資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 8） ①統一した条件下で評価がなされていることを説明して欲しい。本図は、照射脆化予測とPTS事象の結果をまとめたものと理解するが、改めて、事象の説明から、解析の前提条件、各パラメータの詳細な説明をできるだけ、まとめてわかるように説明してほしい。	4～13
追5-4	資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 9） ②照射脆化のデータによる確認 照射脆化が起こると脆性遷移温度が上昇するとしているが、それはどこまで確認ができているのか明確にしてほしい。	次回以降説明
追5-5	資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 9） ②照射脆化のデータによる確認 第4回分科会資料2「30年目高経年化技術評価結果について（原子炉容器の中性子照射脆化）」の2ページ目の模式図で、関連温度の上昇と上部棚吸収エネルギーの低下はどこまで分かっている、どこに不明な点があるのか、分かりやすく説明してほしい。	次回以降説明

No.	質 問 事 項	頁
追5-6	<p>資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>②照射脆化のデータによる確認</p> <p>同資料のp. 3の銅やリン、硫黄などの不純物の量が示されているが、部位ごとに脆化の関係を母材あるいは溶接金属、溶接熱影響部をそれぞれの取り出した回毎の試験片データとの関係を踏まえて説明願いたい。</p>	次回以降説明
追5-7	<p>資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>②照射脆化のデータによる確認</p> <p>同p. 4の監視試験結果が重要であるが、母材の上部棚吸収エネルギーが、本来徐々に低下するとされているにも関わらず、第2回と第4回では、前回より上昇している。これは、何を意味するのか。脆化を見る上でこのことはどのように関係しているのか？</p>	次回以降説明
追5-8	<p>資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>①両ページとも、それぞれの事故条件の温度とK_I値を示しているが、これはある温度の冷却水が、どのような形で流入し、圧力容器の温度変化（どの位置か）、それによる想定亀裂と応力分布、それによるK_I値を、時刻歴毎にグラフ化して説明して欲しい。</p>	4, 9, 10, 11, 12
追5-9	<p>資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>②その上で、それぞれの解析条件の中で、保守的な選択になっているとは言い切れない条件があれば、それを明確にして欲しい。</p>	4, 8, 9, 10
追5-10	<p>資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9）</p> <p>③また、ここで検討している2つの条件より厳しい事故条件が存在しないことを、時々刻々かわる過渡解析であることを踏まえて、時刻歴解析として証明して欲しい。</p>	14, 15

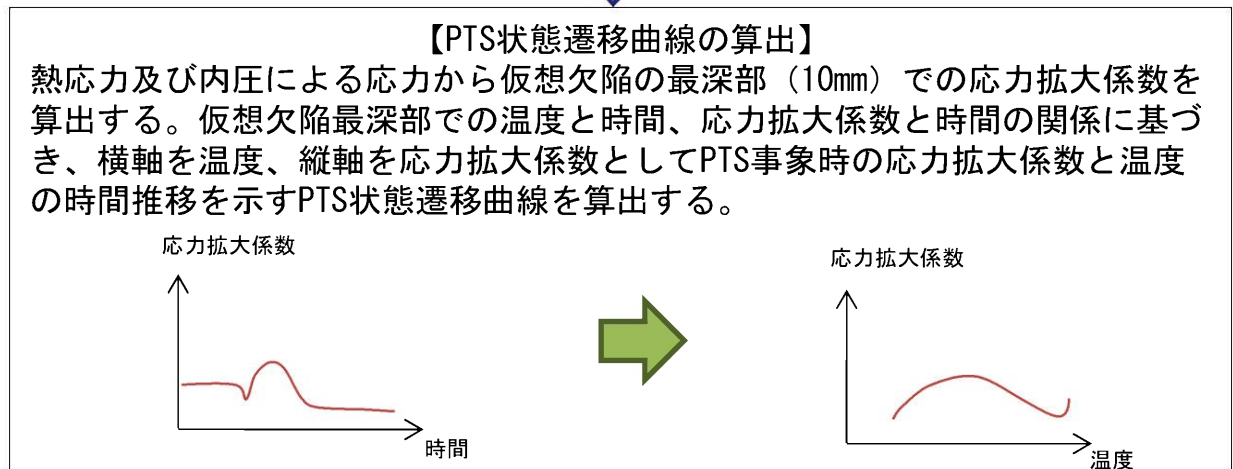
No.	質 問 事 項	頁
追5-11	資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9） もし、各パラメータにばらつきがある場合、そのばらつきについて、定量的に示して欲しい。	9
追5-12	資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 10） PTSの解析について、「大LOCA」と、「2次冷却系からの除熱機能喪失」を選んでいるが、LOCAではなく、誤作動でECCSが作動した場合には、より厳しい条件になることはないか？	14

<p>質問事項 No. 追5-3</p>	<p>資料4、P. 5（後藤委員事前質問：P. 8）</p> <p>①統一した条件下で評価がなされていることを説明して欲しい。本図は、照射脆化予測とPTS事象の結果をまとめたものと理解するが、改めて、事象の説明から、解析の前提条件、各パラメータの詳細な説明をできるだけ、まとめてわかるように説明してほしい。</p>
<p>回答</p>	<p>次ページ以降、PTS事象について、事象の説明から、解析の前提条件、各パラメータについて詳細に回答する。</p> <p>また、追5-1、追5-8、追5-9、について、追5-3の説明に合わせて回答する。</p>



【熱応力の算出】
事象シーケンスの過渡条件から、時系列でのRV板厚内の温度分布を算出する。板厚内の温度分布より、時系列での熱応力を算出する。

【内圧による応力の算出】
厚肉円筒の式より内圧による応力を算出する。



PTS状態遷移曲線の算出過程

【事象概要】 第5回分科会資料4より抜粋

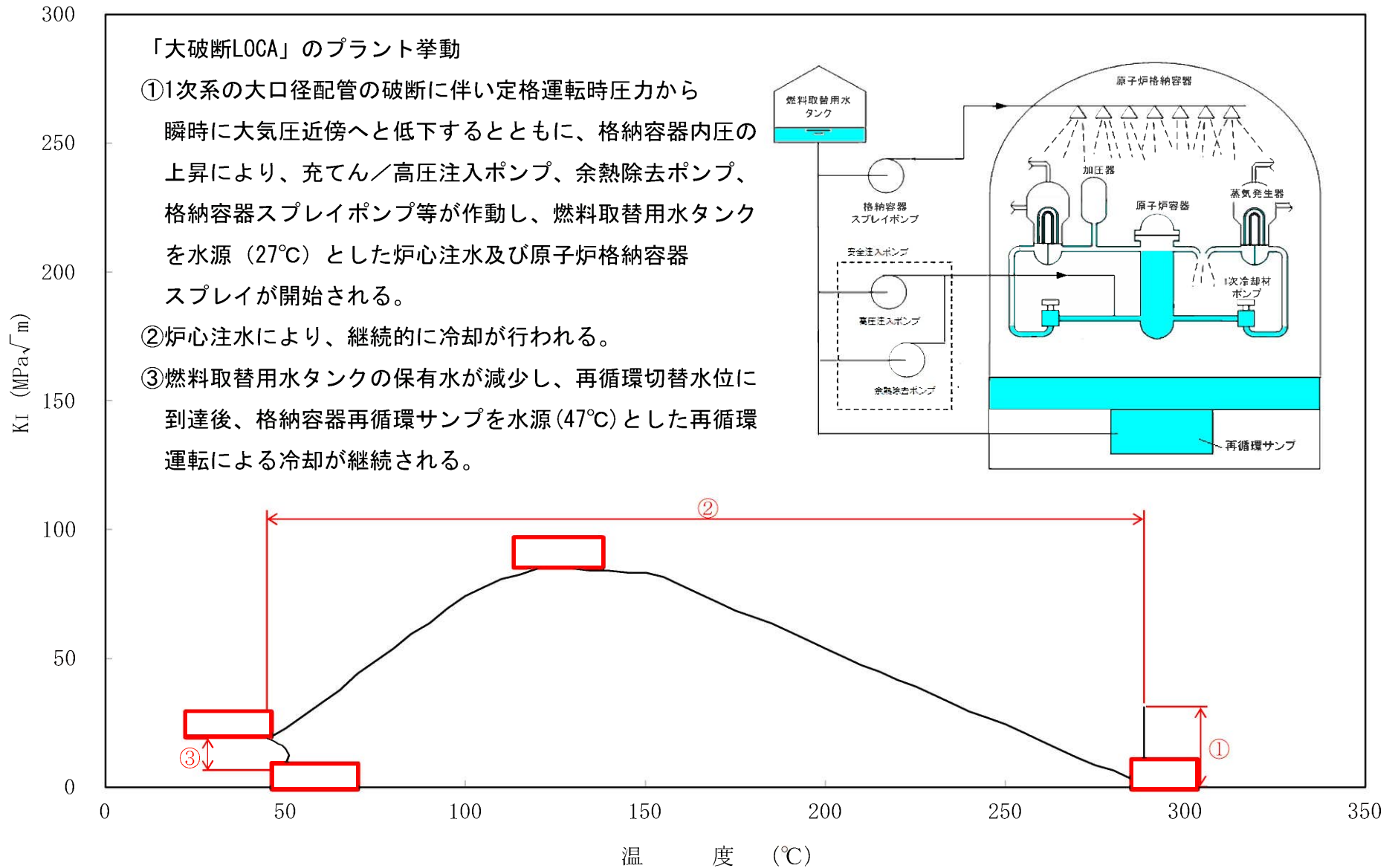


図1 大破断LOCAのPTS状態遷移曲線とPTS事象シナリオの関係

□内は商業機密事項であるため公開できません

【事象概要】 第5回分科会資料4より抜粋

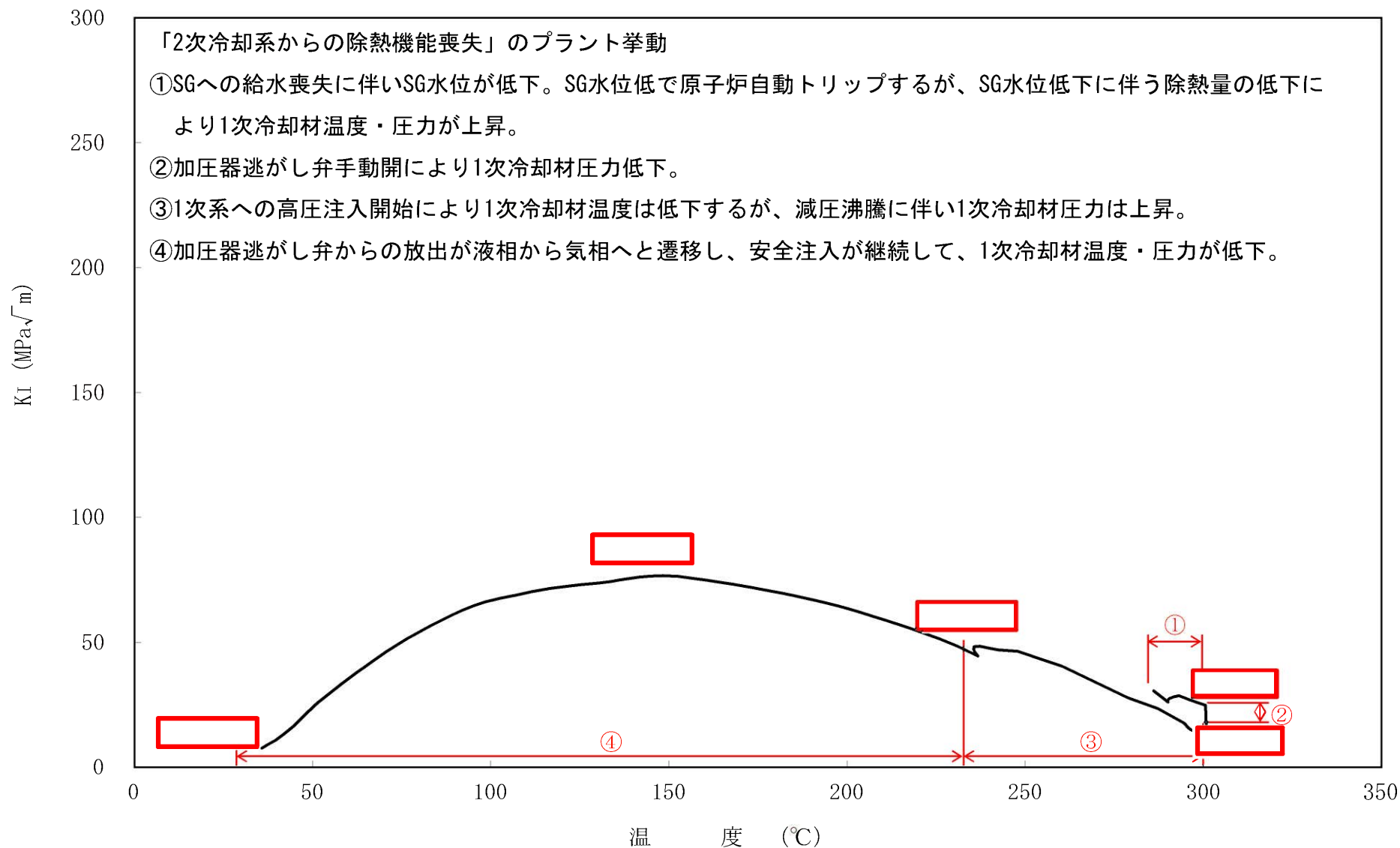


図2 2次冷却系除熱機能喪失のPTS状態遷移曲線とPTS事象シナリオの関係

 内は商業機密事項であるため公開できません

【解析の前提条件】

PTS状態遷移曲線の設定においても、以下のとおり厳しい条件設定を行っている。（追加5-9回答）

表1 PTS評価の条件設定

項目	条件設定
PTS状態遷移曲線 (応力拡大係数) の設定	検出限界（5mm以上）より大きな寸法の欠陥（10mm深さ）を想定し、K値を計算
	き裂の開口に抵抗する効果が期待できるクラッドの存在を無視して、応力拡大係数を計算
	大破断LOCAについては、原子炉容器内面が運転温度から安全注入水温へのステップ状の温度過渡を受けると仮定し、非常に高い熱応力を加味 2次系除熱機能喪失等については、PTS評価を実施するうえでより低温、高圧となるように温度、圧力条件を設定

【解析の前提条件】

大破断LOCAでは、原子炉容器の内外の温度差による熱応力が厳しくなるように、事故時の原子炉容器内の高温水が瞬時に冷却水の温度以下に置き換えられると仮想的に条件設定を行い、また、圧力については数十秒で大気圧相当となることから、下図に示すステップ状の変化を与えている。

なお、初期の温度と圧力は、定格運転時の温度 °C、圧力 MPaG に対し、誤差（温度 °C、圧力 MPaG）を考慮してPTS評価が厳しくなるように設定を行っている。

（追5-1、追5-8、追5-9、追5-11回答）

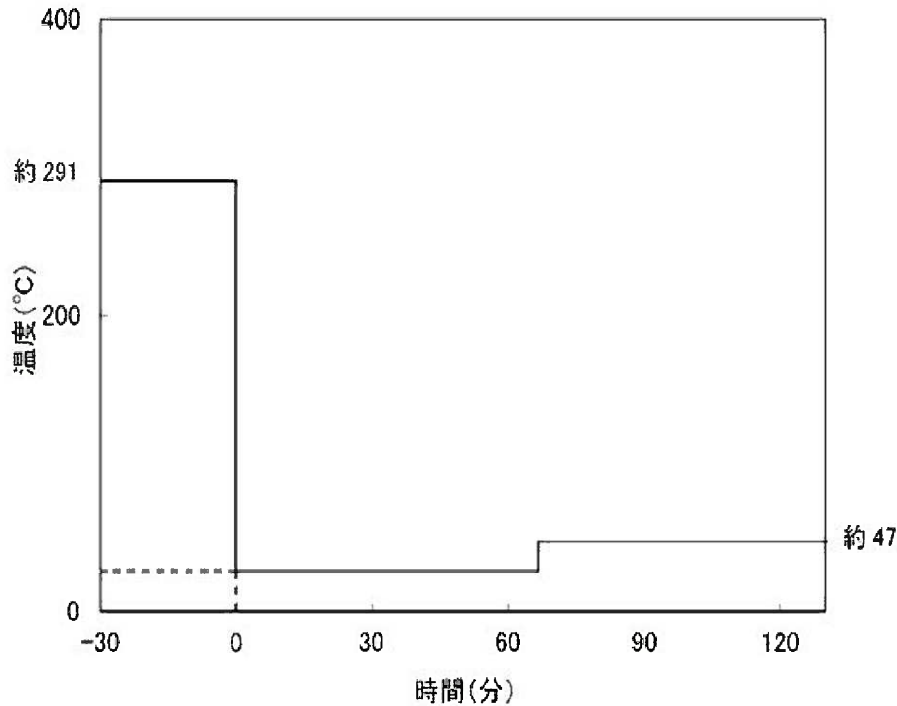


図3 温度条件

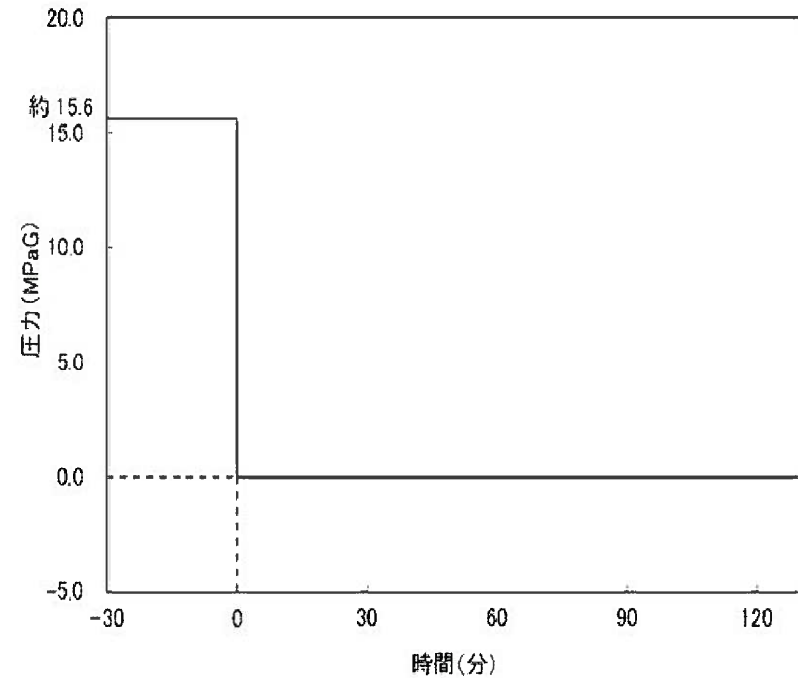


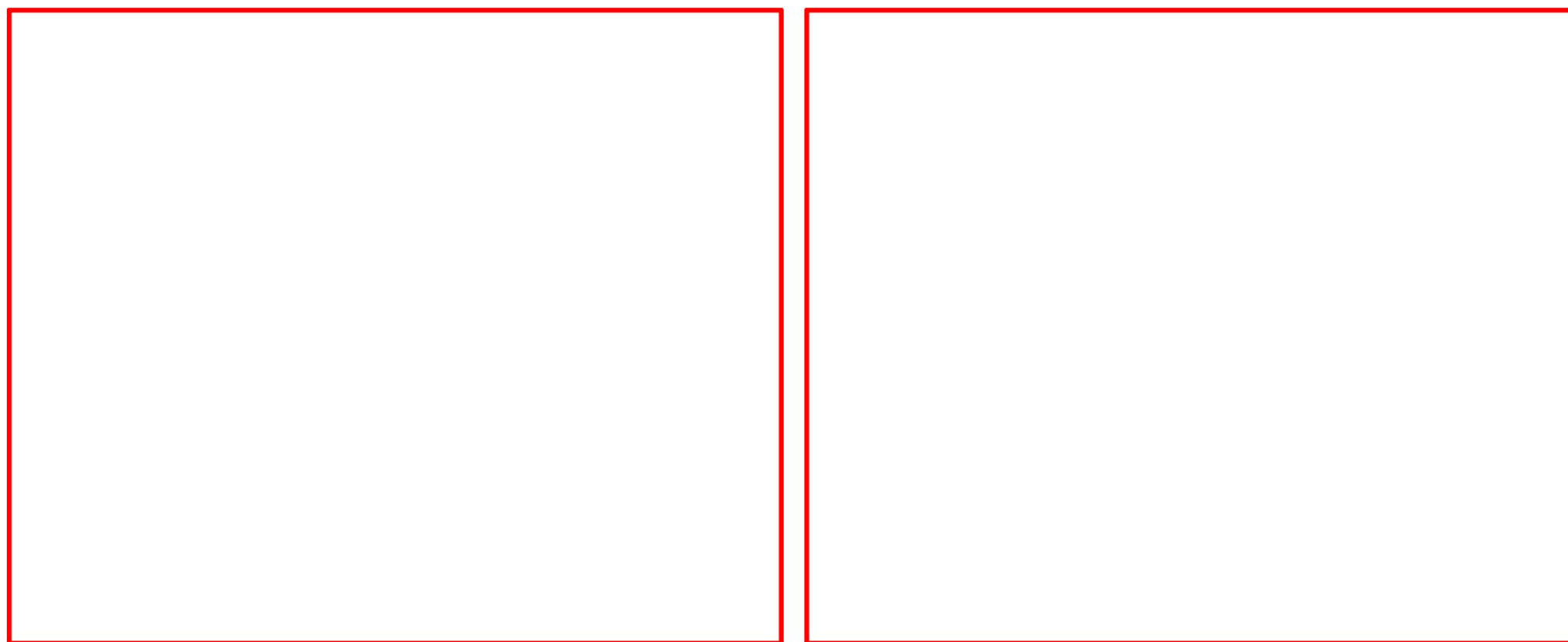
図4 圧力条件

大破断LOCA

【解析の前提条件】

2次冷却系除熱機能喪失では、加圧器逃がし弁の開操作による1次系減圧にしか期待できないため、1次系圧力が高く維持され、かつ、充てん/高圧注入ポンプによる燃料取替用水タンク水（低温）の注入水により原子炉容器の温度が低くなる温度条件にて設定している。

（追5-9、追5-10回答）

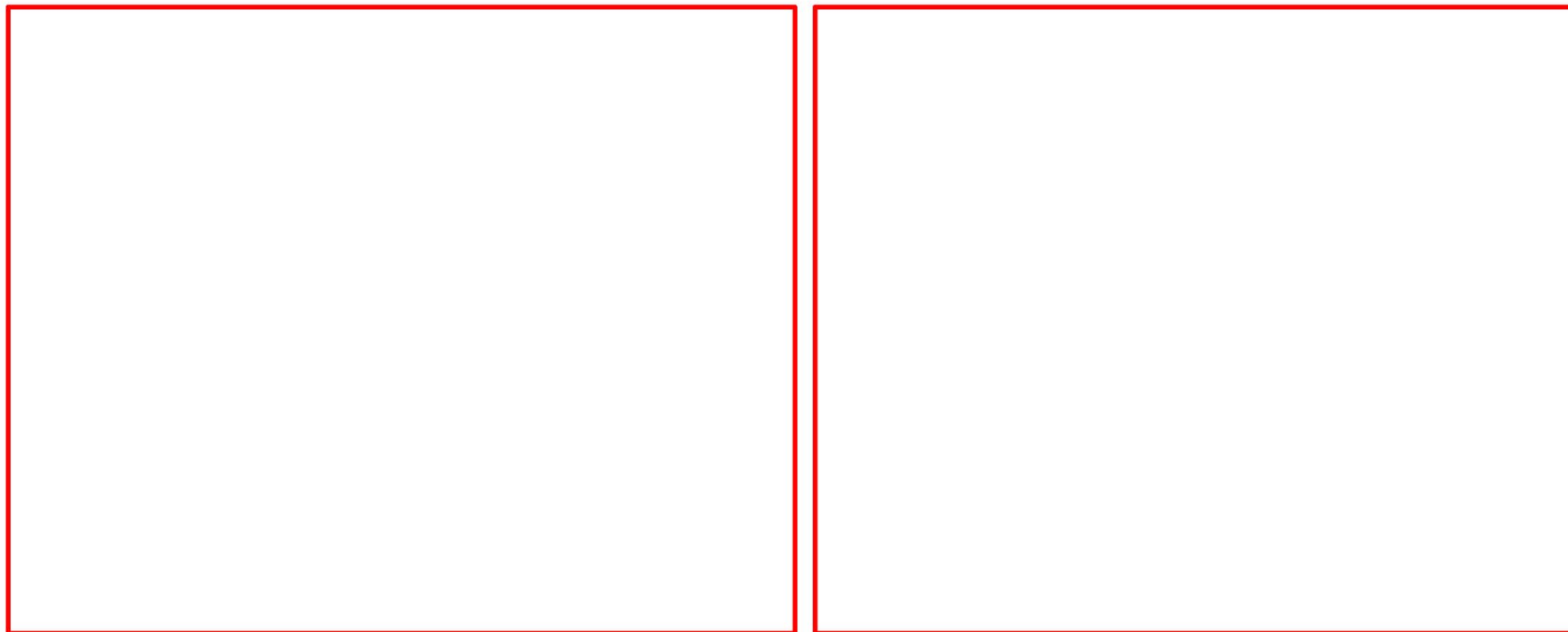


2次冷却系除熱機能喪失

内は商業機密事項であるため公開できません

【応力拡大係数の算出結果】

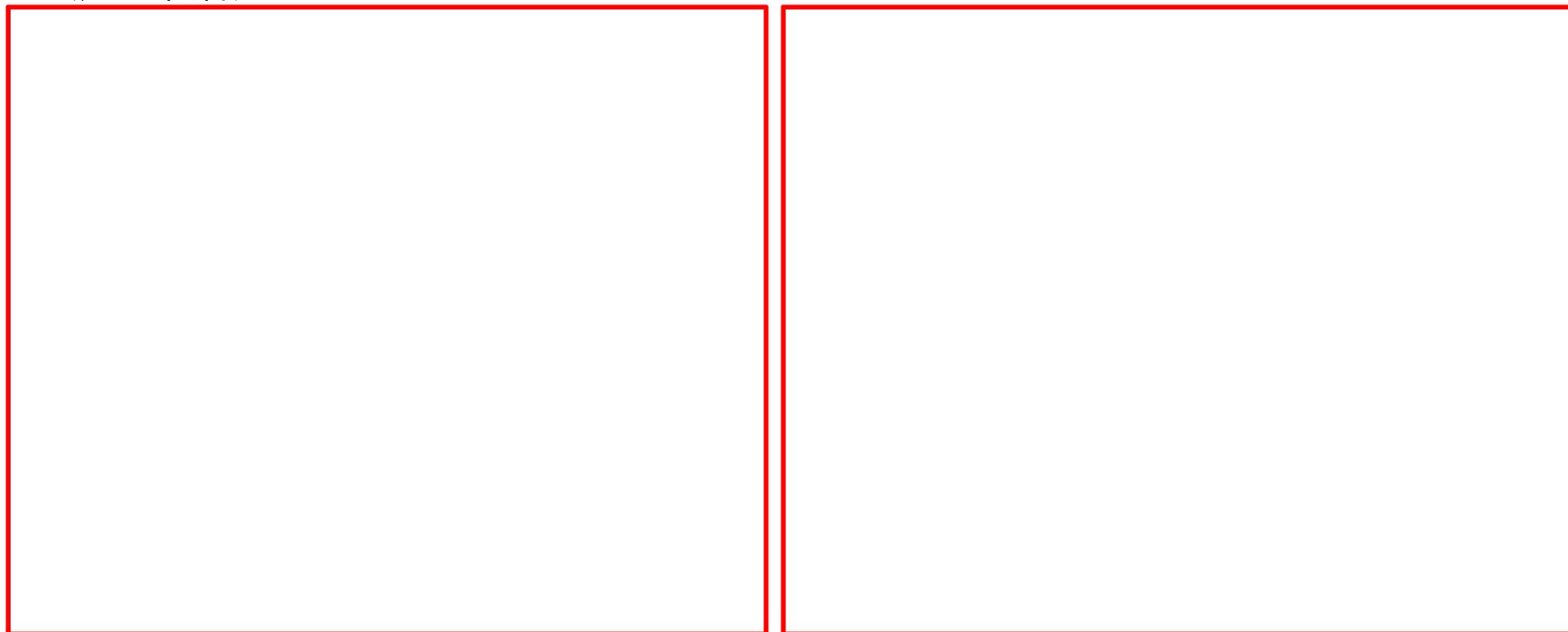
大破断LOCA時の仮想欠陥最深部における K_1 の時刻歴と温度の時刻歴は以下のとおり。（追5-8回答）



仮想欠陥最深部（内表面より深さ10mm）での温度と時間、及び応力拡大係数と時間の関係から、PTS事象時の応力拡大係数と温度の曲線が求まる。

【応力拡大係数の算出結果】

2次冷却系除熱機能喪失時の仮想欠陥最深部における K_1 の時刻歴と温度の時刻歴は以下のとおり。
(追5-8回答)



仮想欠陥最深部（内表面より深さ10mm）での温度と時間、及び応力拡大係数と時間の関係から、PTS事象時の応力拡大係数と温度の曲線が求まる。

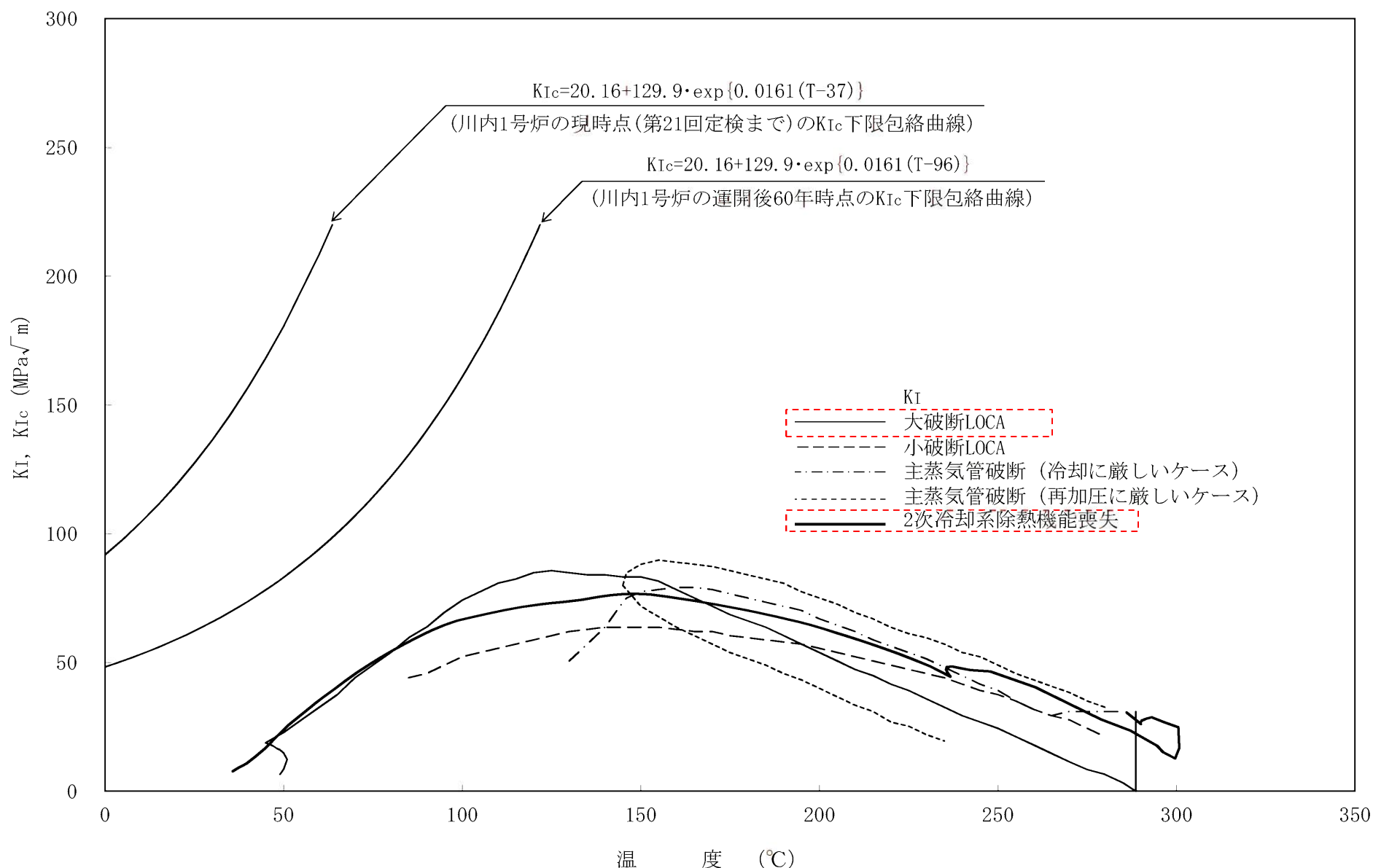


図1.1 原子炉容器胴部（炉心領域部）中性子照射脆化に対するPTS評価結果（JEAC4201-2007 [2013追補版]）

質問事項 No. 追5-10	資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 9） ③また、ここで検討している2つの条件より厳しい事故条件が存在しないことを、時々刻々かわる過渡解析であることを踏まえて、時刻歴解析として証明して欲しい。
質問事項 No. 追5-12	資料4、P. 6, 7（後藤委員事前質問：P. 10） PTSの解析について、「大LOCA」と、「2次冷却系からの除熱機能喪失」を選んでいるが、LOCAではなく、誤作動でECCSが作動した場合には、より厳しい条件になることはないか？
回答	<p>PTS評価の対象事象は、1次冷却材の温度低下が大きい事象として大破断LOCA並びに1次冷却材の温度低下とともに圧力が高く維持される事象として2次冷却系除熱機能喪失、小破断LOCA及び主蒸気管破断を選定している。評価結果より、大破断LOCAと2次冷却系除熱機能喪失のPTS状態遷移曲線（時刻歴解析の結果）が破壊靱性遷移曲線に近いことから厳しい事象であることが確認できる。</p> <p>なお、ECCSの誤作動については、1次冷却材の温度低下が少ないことから、PTS評価で厳しい事象となることはないと考えられる。</p>

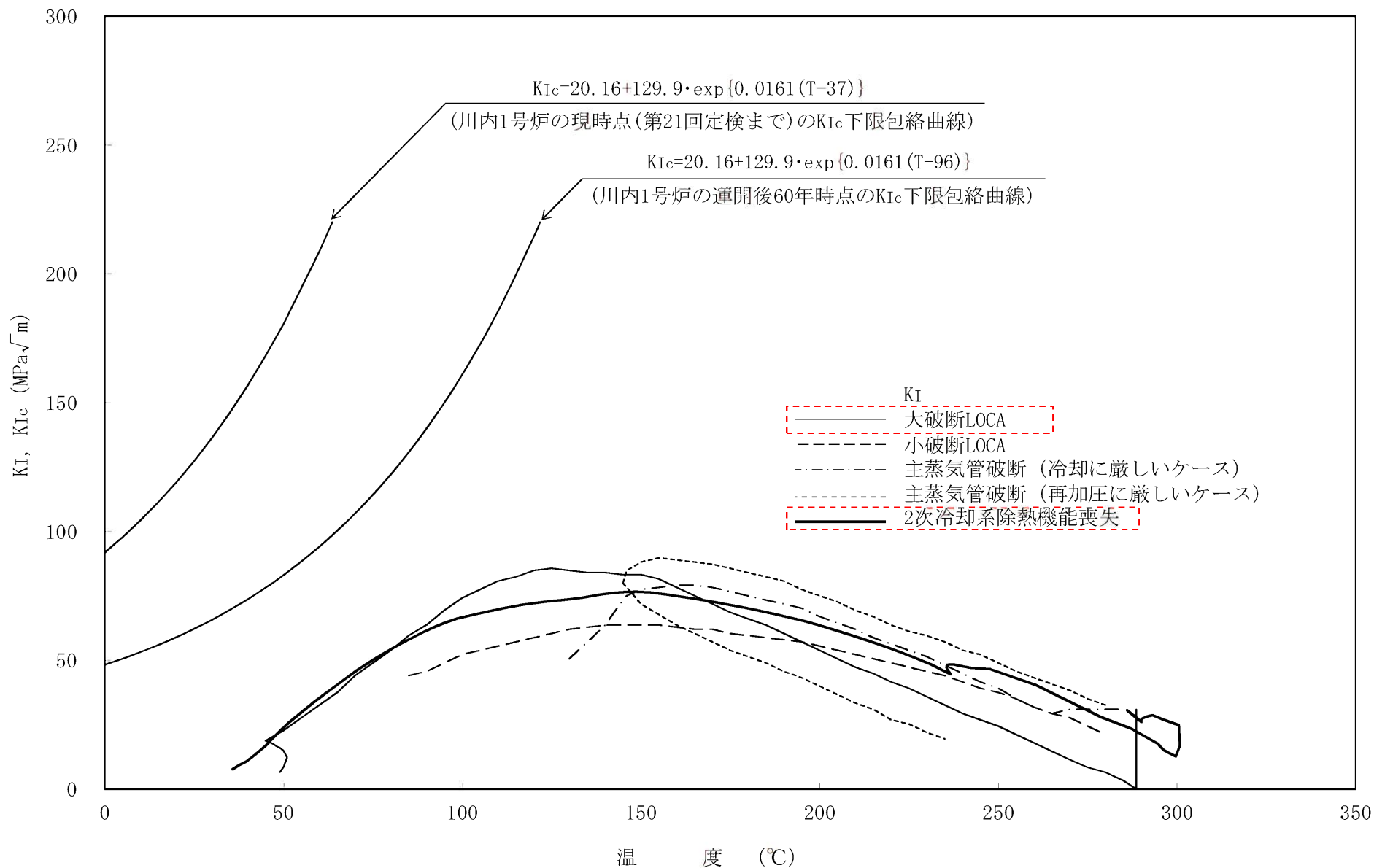


図1 原子炉容器胴部（炉心領域部）中性子照射脆化に対するPTS評価結果（JEAC4201-2007 [2013追補版]）