

安全解析等に関するコメントリスト

TN JA型核燃料輸送物

- 核燃料輸送物の説明
- 構造解析、熱解析、密封解析、遮蔽解析、臨界解析
- 品質マネジメントの基本方針

20/06/25	原子力規制庁コメント
20/06/25	申請者回答
20/07/10	申請者追記
20/07/10	原子力規制庁補足、コメント
20/07/30	申請者追記
20/08/06	申請者回答
20/08/07	原子力規制庁コメント
20/09/02	申請者回答

令和2年9月2日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料輸送物の説明に関するコメント

No	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
1	安全解析書	(4)-C-35	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; display: inline-block;"></div> について、解析に用いる機械的性質に記載がない理由を示すこと。	20/08/07	解析で用いる <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; display: inline-block;"></div> の緩衝特性は、1/3スケールモデルの落下試験結果を動的解析コード（LS-DYNA）を用いて再現することにより得ており、A.10.2 付属書類-2（(ロ)-A-118 ページ～）に記載している。	20/09/02

核燃料輸送物の安全解析(構造解析)に関するコメント

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
1	安全解析書	(D)-A-78 (D)-A-85	構造解析において、水平落下時及び傾斜落下時において密封境界の構成部品に塑性歪が認められるとなっているが、そのような場合におけるシール部の変形についてどのように考慮し、密封の性能が維持されていると考えているのか？	20/06/25	<p>落下試験では、いずれの姿勢においても、一次蓋及び二次蓋の締付けボルトに塑性歪の発生はなく変形は生じない。なお、一次蓋及び二次蓋の口開き量はガスケットの潰し代に比べて極僅かである。</p> <p>本輸送容器の場合、シール部を構成する蓋板及び胴フランジ部の剛性は高く、蓋板締付けボルトに変形が生じない範囲においては、有意な変形がシール面に生じることはないため、締付けボルトに塑性歪の発生がないことをもって、密封性能が維持されると判断している。詳細については今後のヒアリングで説明させてほしい。</p>	20/06/25
					<p>シール部のうち一次密封境界の胴フランジ面に、水平落下で最大約□%、傾斜落下で最大約□%の塑性歪が発生している。これらは、蓋板と胴の嵌めあい部で、落下方向に蓋板からの荷重を受けたことによるものである。一方、塑性歪が発生した部位のガスケット取付け寸法の変化を確認したところ、寸法の拡大(口開き)は生じていない。したがって、塑性歪の発生によるガスケットの面圧の低下はなく、密封性能は維持されると判断される。(詳細説明を資料1-1に示す)</p>	20/08/06 (7月10日追記)

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
2	安全解析書	(口)-A-94	申請書上、密封解析では二重ではなく、臨界解析上は水の侵入を制限するためのものであると考えているとのことであると理解したが、その場合、水が入る入らないという密封の解析では申請書上は一次側しか評価しておらず、二次側がどういう能力を持っているかということが記載されていないので、その点について説明してほしい。	20/06/25	<p>二次蓋のシール部に対しては、発送前検査において一次蓋同様に気密漏えい検査を実施し、その密封性能を確認する((二)-A-3 ページ)。</p> <p>9m落下試験では、いずれの姿勢においても一次蓋のボルト同様に二次蓋締付けボルトに塑性歪の発生はなく変形は生じない((口)-A-94 ページ)。また、No.1 (資料1-1) で回答した通り、二次蓋の密封性能は一次蓋と同等であり、9m 落下時にも密封性能は維持される。</p>	20/08/06 (7月10日追記)
3	安全解析書	(口)-A-78 (口)-A-85	構造解析におけるガスケット取付部の寸法の変化について、具体的な値を示すこと。	(7月10日補足)	<p>容器本体の落下解析において、シール部に塑性歪が発生する傾斜落下及び水平落下の内、より大きい塑性歪が発生する傾斜落下について、塑性歪が発生している部位におけるガスケット取付部の寸法(ガスケット溝底面と胴フランジ面との距離)の変化を資料1-3の図1及び図2に示す。ガスケット取付部の寸法は、微小な減少(□mm以下)が見られるが、拡大(口開き)する変化は生じていない。</p> <p>したがって、塑性歪の発生によるガスケットの面圧の低下はなく、密封性能は維持されると判断される。</p>	20/08/06 (7月30日追記)
4	安全解析書	(口)章A	塑性歪について、収束した状態での歪であれば、残留歪とすべきではないか。用語修正を検討すること。	20/07/10	<回答準備中>	-

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
5	安全解析書	(D)-A-29	疲労評価における負荷係数(1.6)とした考え方を示すこと。	20/08/07	疲労評価は、通常の手扱作業における負荷の繰返しを対象としているため、応力評価の負荷係数(3)ではなく、クレーン構造規格に示された値を参照している。引用した値の1.6は、第11条に規定されたジブクレーン以外の場合の衝撃係数最大値であり、疲労評価には安全側の設定となっている。	20/09/02
6	安全解析書	(D)-A-35 (D)-A-37	一般の試験条件における胴の内圧、一次二次蓋間の内圧の考え方を示すこと。	20/08/07	回答を資料1-5に示す。	20/09/02
7	安全解析書	(D)-A-39 ~57 (D)-A-106 ~110	密封性への影響有無の考え方を示すこと。銅伝熱体への影響有無の考え方を示すこと。	20/08/07	自由落下及び強化浸漬試験では、一次蓋、二次蓋、胴フランジのシール部に塑性歪の発生はなく、各締付けボルトに発生する応力も降伏応力以下であることから、密封性能への影響はない。 銅伝熱体は、1/3スケールモデルによる落下試験において、脱落等の損傷は生じていないことから、落下試験の影響はないと考えられる。強化浸漬試験では、銅伝熱体は外圧を受けるが、内側にレジンが充填されており、200m水深の圧力(2.1MPa)では変形等の損傷は生じないと考えられる。	20/09/02

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
8	安全解析書	(D)-A-49 (D)-A-74	LS-DYNA コードを用いて、1/3 スケールモデル落下試験をベンチマークとしたとしているが、当該の落下試験モデルのモデル化の範囲の考え方、内容物の挙動の考え方を示すこと。	20/08/07	1/3 スケールモデルの落下試験を再現することによって、衝撃吸収体である衝撃吸収カバーとスカート支持リングの特性の設定を確認している。この確認にあたって、スケールモデルの落下試験で測定された加速度と変形量を指標としているため、衝撃吸収カバーとスカート支持リング、並びに加速度計を取り付けた胴部及び内容物（模擬バスケット及び模擬収納物）は可能な範囲で実形状に沿ってモデル化している。	20/09/02
9	安全解析書	(D)-A-85	傾斜落下にて傾斜角度 <input type="checkbox"/> とした考え方を示すこと。	20/08/07	傾斜落下を代表する落下角度の選定にあたって、 <input type="checkbox"/> から <input type="checkbox"/> まで <input type="checkbox"/> きざみで二次衝撃側の衝突速度を比較している。その結果、わずかに <input type="checkbox"/> の場合に衝突速度が最大となったため、傾斜落下の角度として選定した。	20/09/02
10	安全解析書	(D)-A-24	合金鋼の低温強度について、破壊靱性試験を行い <input type="checkbox"/> °C で使用可能であることを確認するとしているが、使用可能とする判定基準の考え方を示すこと。	20/08/07	<回答準備中>	-
11	安全解析書	(D)-A-25 (D)-A-31	トラニオンが取り付けられている部位の健全性について考え方を示すこと。	20/08/07	<回答準備中>	-

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
12	安全解析書	(口)-A-96	密封装置（二次蓋とフランジの合わせ面）直撃の場合の密封健全性について考え方を示すこと。	20/08/07	<回答準備中>	-

核燃料輸送物の安全解析(熱解析)に関するコメント

No	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
1	安全解析書	(D)-B-17	全体モデルの評価の保守性の考え方を示すこと。 全体モデルの結果に基づいてとしているが、全体モデルの結果の何か具体的に示すこと。	20/08/07	回答を資料1-6に示す。	20/09/02
2	安全解析書	(D)-B-20	軸方向発熱分布の考え方を示すこと。	20/08/07	核燃料輸送物の安全解析(遮蔽解析)に関するコメントNo.1を参照。	20/09/02

核燃料輸送物の安全解析(密封解析)に関するコメント

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
1	安全解析書	(ロ)-C-5	構造として、二重の密封機能を有すると記載されているが、規則等では二重の密封機能を定めているものはない。本申請書における二重蓋とは具体的にどのようなもので、どのような機能を期待しているのか。また、安全性の評価においてどのように考慮しているのか？	20/06/25	本輸送容器の放射性物質の密封装置は本体及び一次蓋で構成されている（C.2.1に記載）。特別の試験条件（9m落下時）にも二次蓋の密封性能は維持されるが、密封解析では安全側に二次蓋を無視して評価している。なお、二次蓋は、臨界解析で胴内を水で満たさない条件とするための、告示第25条第1号のただし書きに記載されている「浸水及び漏水を防止する特別な措置が講じられた部分」を構成する密封容器の一部であると考えている。	20/06/25
2	安全解析書	(ロ)-C-5	申請書上、密封解析では二重ではなく、臨界解析上は水の侵入を制限するためのものであると考えているとのことであると理解したが、その場合、水が入る入らないという密封の解析では申請書上は一次側しか評価しておらず、二次側がどういう能力を持っているかということが記載されていないので、その点について説明してほしい。	20/06/25	核燃料輸送物の安全解析（構造解析）に関するコメント No. 2 を参照。	20/08/06 (7月10日追記)
3	安全解析書	(イ)-C-23	密封境界を明確にした上で全体の説明を整合させること。	(7月10日補足)	本輸送容器の一次蓋及び二次蓋に対しては発送前検査において気密漏えい検査を行い、共にその密封性が確認される。また、構造解析において一次蓋及び二次蓋共に特別の試験条件においても密封性能が維持されることが確認されている。そこで、放射性物質を閉じ込めるのは実質的に一次蓋であることから、一次蓋を本輸送容器の密封境界と定義している。	20/08/06 (7月30日追記)

					(イ)-C-23 の記載については、一次蓋が放射性物質の密封機能を、また、一次蓋及び二次蓋が臨界管理のための多重の水密機能を担っていることが明確になるような記載を検討する。	(7月30日補足)
4	安全解析書	(ロ)章C	塑性歪が発生していない二次蓋ではなく、塑性歪が発生している一次蓋を密封境界としているか。申請者としてのコンセプトは？	20/07/10	コメント No. 3 を参照。	20/09/02
5	安全解析書	(ロ)章C	燃料貯蔵プールにおけるプール水の汚染はどの程度であるか。水質基準はあるのか。燃料集合体に付着しているクラッドのインベントリを含めて評価しているのか。定量的に説明すること。	20/07/10	回答を資料 1-7 に示す。	20/09/02
6	安全解析書	(ロ)-C-4	一般の試験条件における評価として、胴内圧が負圧であることで漏洩がないという結論となっている。しかし、燃料が装荷されてから輸送までの期間が不確定な状態で、必ずしも負圧が維持されるとは言い切れないのでは？根拠を説明すること。	20/07/10	コメント No. 7 を参照。	20/09/02

7	安全解析書	(D)-C-4	<p>一般の試験条件において、気密漏えい検査の合格基準が真空法で $1.5 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ となっている。輸送終了までの内圧の変化について考え方を示すこと。</p>	20/08/07	回答を資料1-8に示す。	20/09/02
---	-------	---------	--	----------	--------------	----------

核燃料輸送物の安全解析(遮蔽解析)に関するコメント

No	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
1	安全解析書	(D)-D-42	遮蔽解析における軸方向燃焼度分布の考え方を示すこと。	20/08/07	回答を資料1-9に示す。	20/09/02

核燃料輸送物の安全解析(臨界解析)に関するコメント

No	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
1	安全解析書	(口)-E-3	Pu 富化度の定義を示すこと。また、Pu 組成を示すこと。	20/08/07	回答を資料 1-10 に示す。	20/09/02
2	安全解析書	(口)-E-4	微小変形を安全側に考慮としているが、その考え方を示すこと。	20/08/07	回答を資料 1-11 に示す。	20/09/02
3	安全解析書	(口)-E-15	水の浸入は二次蓋の防水機能を有することからないとしているが、漏えい基準と 8 時間の浸漬+復帰における水の浸入の有無について考え方を示すこと。	20/08/07	回答を資料 1-12 に示す。	20/09/02

核燃料輸送物の安全解析(品質マネジメントの基本方針)に関するコメント

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
1	安全解析書	(ハ)章全体	<p>本日の概要の説明資料の6ページ目の品質マネジメントの基本方針というところで、ふげん及び東海再処理施設が並列して記載されているが、ふげんと東海再処理施設の責任分担はどのように考えているのか？例えば、設計であったり輸送容器の製造・保守・輸送物の作成といった様々なフェーズが考えられるが、そういったところの責任の分担はどのように考えているのか？</p>	20/06/25	<p>ふげん使用済燃料は、ふげんに466体、東海再処理施設に265体保管されており、これらの燃料はそれぞれの施設から搬出する。したがって、これを輸送する際は、ふげん、東海再処理施設は、それぞれ、事業所外運搬規則第19条に基づく運搬に関する確認の申請（車両運搬確認申請）を行うこととなる。よって、当該申請において必要な、核燃料輸送物の安全性や保守管理等については、ふげん、東海再処理施設それぞれが責任を有することになる。</p> <p>このため、核燃料輸送物の設計においては、両施設の品質保証計画を適用し品質管理を行った。なお、核燃料輸送物設計承認申請については、使用済燃料の発元であるふげんが一元的に管理し、機構を代表して申請を行ったものである。</p>	20/06/25
2	安全解析書	(ハ)章全体	<p>今の説明では、いわゆる容器の保守・輸送物の中に（使用済み燃料を）入れるといったそれぞれの作業について、それぞれの事業所で行われる部分があるということで、それぞれの容器の管理が各事業所において行われるということは分かるのだが、設計の段階からお互いの事業所がしっかりとどういう条件で容器というものを設計するのかという点を含めて、ふげん及び東海再処理施設におけるしっかりとした責任というものをどこが持</p>	20/06/25	<p>本輸送容器における設計管理の責任はふげんにある。ただし、本輸送容器は核燃料サイクル工学研究所（東海再処理施設）でも使用することから、輸送容器の取扱い等、東海再処理施設の要求事項もふげんの要求事項に加味して設計する必要がある。</p> <p>このため、ふげんは組織間の責任の明確な割り当て及び的確な組織間のインターフェイスを確実にするため、ふげんの「輸送容器の設計・開発、製作、保守及</p>	20/08/06 (7月10日追記)

		<p>っているのかということを確認してもらわないと、それぞれの管理だから良いと言われてもそれぞれバラバラの物事が進んでいってしまっは困るので、品質管理の観点でしっかりと責任と権限を明確にしてほしい。ヒアリングの場でも確認は行うが、大事なことなので必要であれば審査会合の場で議論を行いたい。最後の品質管理のところは単にヒアリングで説明を受けるということではなく、それで良いのかという判断の話になるので、恐らく審査会合の場で説明をすることとなる。</p>	<p>び輸送に係る品質保証計画書」(以下「輸送 QAP」という) 7.3.1 設計・開発の計画 ((ハ)章 D.2、(ハ)ふげん-D-1 ページ) に基づき「ふげん使用済燃料搬出に係る輸送容器の設計・開発の実施計画」を策定し、当該輸送容器の設計において、機構の要求事項を満たす設計管理を行った。</p> <p>具体的には、ふげんにて東海再処理施設での適切な燃料装荷のためのハンドリング、検査及び搬出方法等を満たすための要求事項を考慮した上で、機構の要求事項として受注者(輸送容器の設計者)に提示し、本輸送容器の設計を行った。なお、ふげんは受注者から提出された設計図書について、核燃料サイクル工学研究所(東海再処理施設)の要求事項が満たされていることを確認した上で、ふげんの輸送 QAP に基づく安全審査を経て、決裁し、核燃料輸送物設計承認申請を行った。</p> <p>なお、東海再処理施設においても、当該輸送容器の設計に要求事項が適切に反映され、設計が妥当であることを確認する必要があるため、核燃料サイクル工学研究所の「輸送容器の設計・開発、製作、保守及び輸送に係る品質保証計画書」に従ってこれらの作業を実施した。このため、核燃料輸送物設計承認申請書</p> <p>(ハ)章に、ふげんに加え、核燃料サイクル工学研究所の品質マネジメントの基本方針も記載した。(組織間の取り合いを資料 1-2 に示す)</p>	
--	--	---	---	--

3	安全解析書	(ハ)章全体	<p>品質マネジメントの基本方針については、責任及び権限を明確にすること。例えば、東海再処理施設において何か問題が発生した場合、ふげんを含めて、品質マネジメントシステムのどの規定を適用し対応するのかを説明すること。</p>	(7月10日補足)	<p>ふげん使用済燃料を輸送するための輸送容器の設計及び製作に係る品質保証活動は、ふげんの輸送 QAP に基づき、ふげんの責任下で実施する（当該輸送 QAP は、機構の「施設品質保証管理規程」に基づき、所長が定めている）。</p> <p>輸送容器を使用する東海再処理施設とのコミュニケーションは、ふげんの輸送 QAP に基づき、設計管理上の組織間の取合い及び連絡に従って実施している。具体的には、ふげん（施設保安課長）から東海再処理施設に対して設計要求事項の提示を求めるとともに、東海再処理施設にレビューを依頼している。東海再処理施設は、ふげん（施設保安課長）が行った設計のインプット、アウトプット、レビュー、検証、妥当性を確認し、その結果をふげん（施設保安課長）に報告している。</p> <p>東海再処理施設において不具合が発生した場合、当該輸送容器に係る責任を有するふげんは、東海再処理施設からの報告に基づき、ふげんの輸送 QAP に基づく不適合管理に従って、要求事項に適合しない状態が放置されることを防止するため、その影響等を評価して対外的な調整や連絡等を実施する。</p> <p>輸送容器の設計及び製作に係る責任及び権限を明確にするため、ふげんの責任の下で実施していることが</p>	<p>20/08/06</p> <p>(7月30日追記)</p>
---	-------	--------	---	-----------	---	----------------------------------

				<p>明確となるよう以下の内容で核燃料輸送物設計承認申請書を補正することとしたい。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● (ハ)章から「(ハ)章-2 品質マネジメントの基本方針(核燃料サイクル工学研究所)」を削除する。 ● 「(ハ)-第B.1図 新型転換炉原型炉ふげん品質マネジメント体制図」を資料1-4の図1に修正し、東海再処理施設における役割と責任を明確にする。 	
				<p>ふげんの輸送 QAP に基づいて輸送容器の設計及び製作管理を実施している。そのうち輸送容器に関する品質保証活動の推進に関する業務は品質保証課長が担当し、輸送容器の設計に関する業務は施設保安課長が担当している。その上位者である安全・品質保証部長は、所属する課長の業務を統括している。また、輸送容器に関する品質保証活動の推進については、管理責任者(品質保証推進者)である副所長が統括している。</p>	(7月30日補足)

核燃料輸送物の安全解析(その他)に関するコメント

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
1	安全解析書	全体	事務方及び JAEA 両者に対するの注意事項となるが、審査会合を公開で行うという意味は、形だけやっているわけではなく、どういう申請があったのかということを広く、透明性をもって議論するものである。従って、今回提示されたパワーポイントだけで説明を行うというのは、十分な説明だとは言えない。一方、申請書の方は規制庁として受け取っているものの、審査会合までに公開されていないという状況にある。次回は、必要ところは黒塗りをして良いので、申請書をホームページに公開する又は審査会合資料として扱うなどの形で中身が分かるものを公開した上で、審査を行いたいので対応をしっかりと行うこと。	20/06/25	現在、原子力規制庁核セキュリティ部門と、本申請書の開示情報に関する面談を調整している。次回の審査会合までに公開版の申請書を提示する。	20/08/06 (7月10日追記)
					7月15日に本申請書の公開版を核燃料施設審査部門に提出した。	(7月30日補足)

No.	頁番号	日付	コメント内容
6	(口)-A-35 (口)-A-37	20/08/07	一般の試験条件における胴の内圧、一次二次蓋間の内圧の考え方を示すこと。

(回答)

図1に示すように、本体の胴については、胴内の圧力を外気圧より [] 設定し、一次蓋/二次蓋間の空間については、一次蓋/二次蓋間の圧力を外気圧より [] 設定している。それぞれ、外気圧が 60kPa に低下した場合の圧力差を包含している。

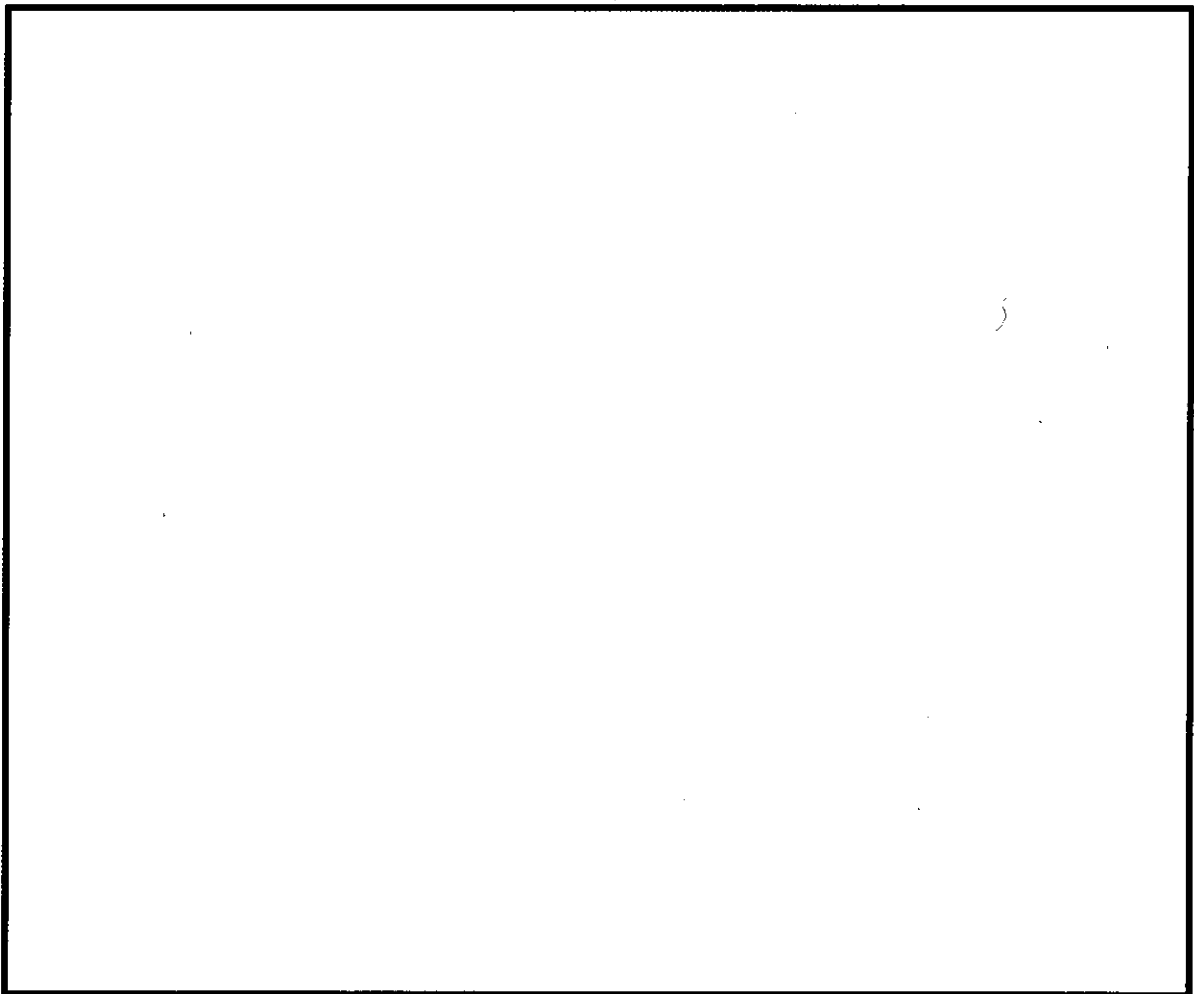


図1 圧力の設定条件

No.	頁番号	日付	コメント内容
1	(口)-B-17	20/08/07	全体モデルの評価の保守性の考え方を示すこと。 全体モデルの結果に基づいてとしているが、全体モデルの結果の何か具体的に示すこと。

(回答)

- ① 全体モデルでは、実形状もしくは、部材の存在比を考慮した熱伝導率をもつ均質化領域としてモデル化しているため、形状、物性値には保守性をもたない。
- 一方、図 1 に示す銅伝熱体外面等の輸送容器外表面（水平円筒表面）の自然対流熱伝達について、図 2 に示すように断面の円周方向に熱伝達率の分布が生じるが、Schutz の式で表される水平円筒表面の自然対流熱伝達率に対して、安全側の係数を乗じた一律の値を与えている。これにより、輸送容器外表面から外部空気へ放出される熱量を小さく見積もることで輸送容器内部の温度を保守的に評価している。
- また、熱解析に使用する発熱量は、ふげん使用済燃料の軸方向燃焼度分布に対して保守的な燃焼度を設定することで、イ章に示した発熱量より約 11%大きな発熱量を与えている。（燃焼度の設定については、核燃料輸送物の安全解析（遮蔽解析）に関するコメント No. 1 を参照。）
- ② 全体モデルの胴内面と銅伝熱体外面における最高温度に基づいて、部分モデルにおけるそれらの温度が一致するように、図 3 に示す軸方向への熱の移動を考慮している。

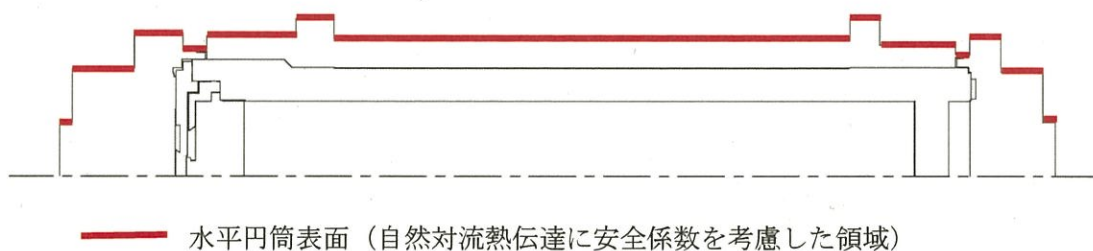


図 1 輸送容器外表面（水平円筒表面）

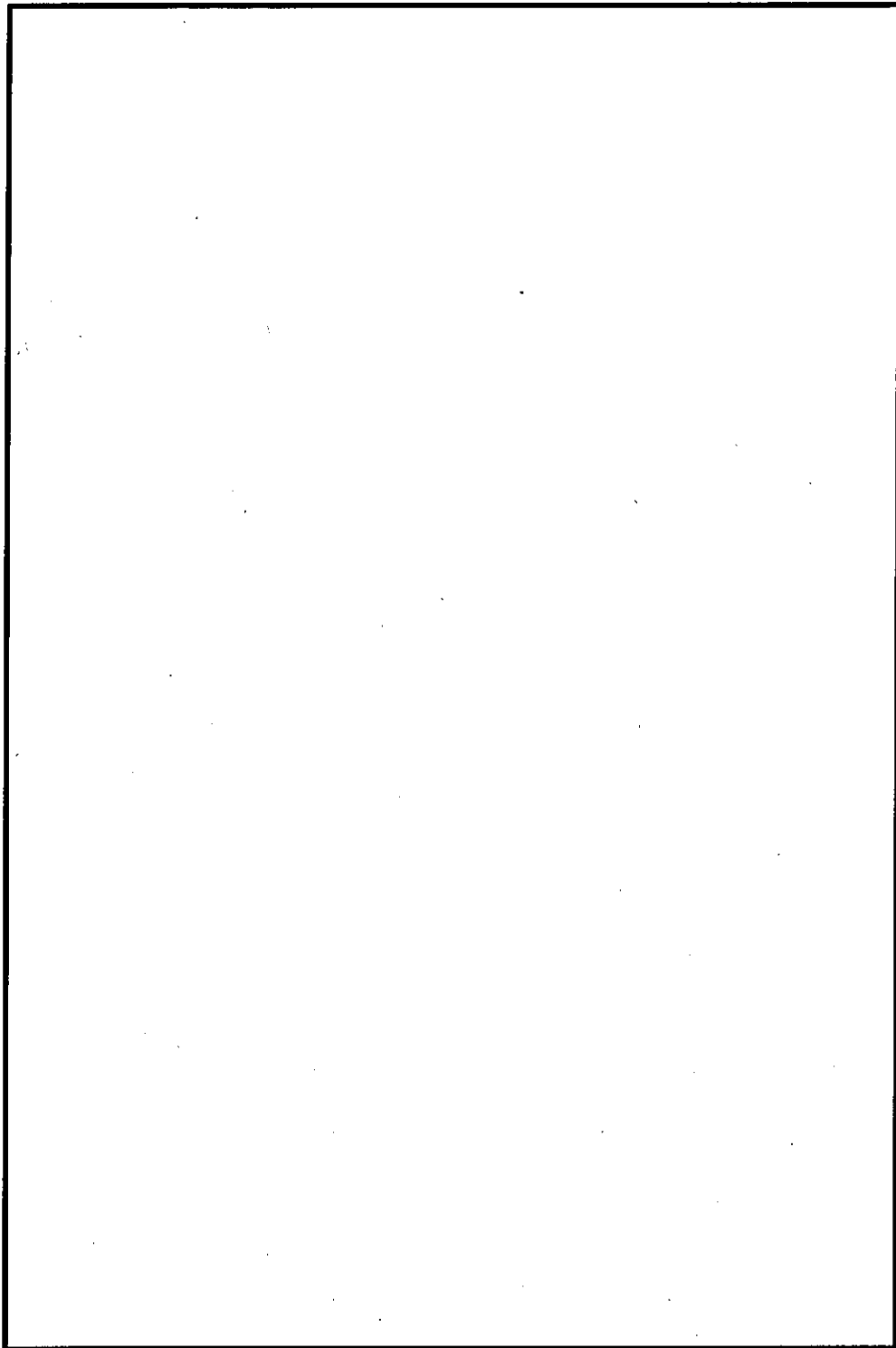


図2 水平円筒外面における自然対流熱伝達率の周方向分布¹⁾

1) 三角利之, 鈴木幸治, 北村健三, “大きな水平加熱円柱周りの自然対流の流動と伝熱(空気の場合)”, 論文 No. 98-1098 日本機械学会論文集(B論) 65巻 631号, 1999

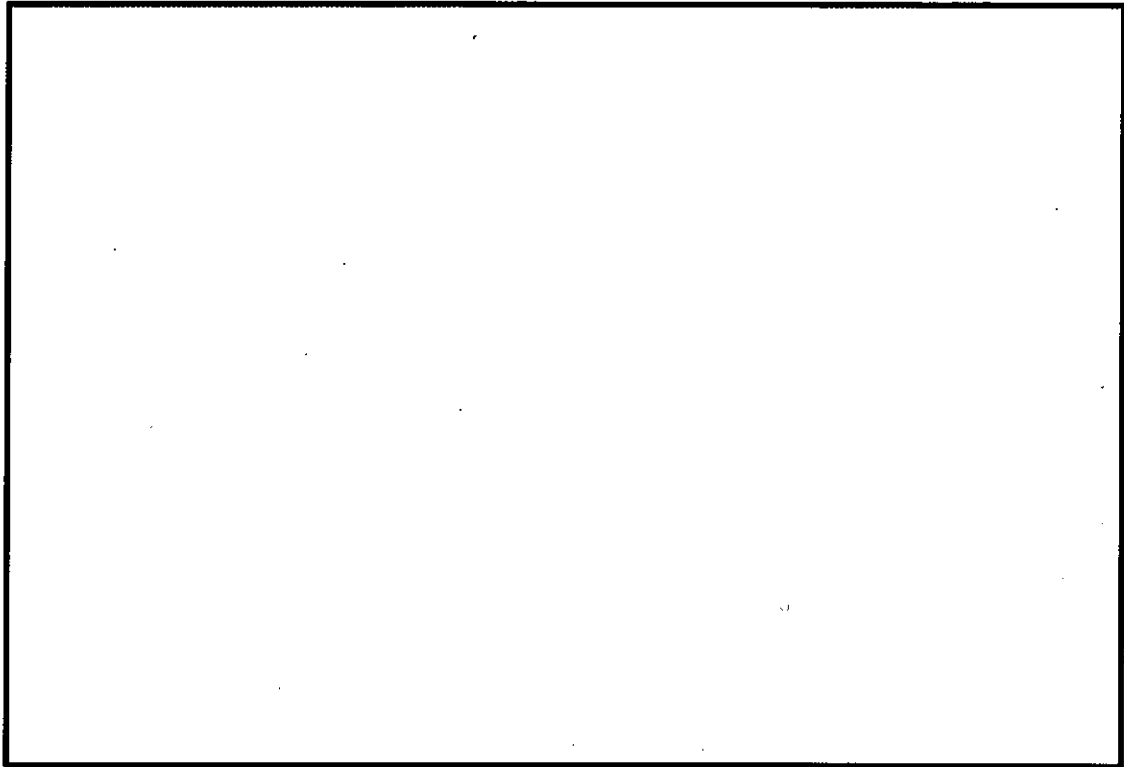


図3 部分モデルに与える軸方向への熱の逃げのモデル化概念

No.	頁番号	日付	コメント内容
5	(ロ)章C	20/07/10	燃料貯蔵プールにおけるプール水の汚染はどの程度であるか。水質基準はあるのか。燃料集合体に付着しているクラッドのインベントリを含めて評価しているのか。定量的に説明すること。

(回答)

燃料貯蔵プールの水質の維持・監視のための測定項目、管理目標値及び測定頻度は下表のとおり。

サイト	測定項目・管理目標値		測定頻度
	電導度($\mu\text{S}/\text{cm}$)	γ 核種(Bq/cm^3)	
ふげん	<1.5	≤ 4	週1回
核サ研	<10	$\leq 3.7^{**}$	月1回

※： γ 核種と β 核種の放射性物質濃度の合計値

燃料集合体1体当たりが付着しているクラッドの放射能強度は以下のとおり Bq と評価しており、燃料集合体自体の放射能強度 Bq) に比べて小さい。このため、燃料集合体の放射能強度に付着クラッドを評価上含めなくても安全解析に影響はないと考える。

原子炉から取り出した使用済燃料のうち標準 MOX 燃料2体について、平成10年度に燃料要素1本当たりのクラッド付着量を採用した結果は以下のとおりであった。

表 燃料要素1本当たりの平均放射能付着量

	燃料体番号：PPFPWW 集合体平均燃焼度：16,353MWD/T		燃料体番号：PPFPWX 集合体平均燃焼度：16,742MWD/T	
	核種	Co-60	Mn-54	Co-60
付着量 (Bq/cm^2)	XXXXXXXXXX			
半減期	5.3年	312日	5.3年	312日

○燃料要素1本当たり

外径： $\phi 16.5\text{mm}$ 、全周： 51.8mm 、スパン長： $4,120\text{mm}$ 、表面積： $2,134\text{cm}^2$

○燃料集合体1体当たり

燃料要素：28本、表面積： $59,752\text{cm}^2$

○Co-60 平均付着量： Bq/cm^2 (採取時放射能)○燃料集合体1体が付着しているクラッドの放射能強度は Bq (Co-60に着目)

No.	頁番号	日付	コメント内容
7	(口)-C-4	20/08/07	一般の試験条件において、気密漏えい検査の合格基準が真空法で $1.5 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}$ となっている。輸送終了までの内圧の変化について考え方を示すこと。

(回答)

二次蓋の存在は無視し一次蓋のみを考慮して輸送開始後の容器内圧を検討した。輸送開始後の容器内圧の推移を図 1 に示す。容器内圧が大気圧 (0.097MPa) に達するのは約 日後である。また、1 年後の容器内圧は約 Pa である。

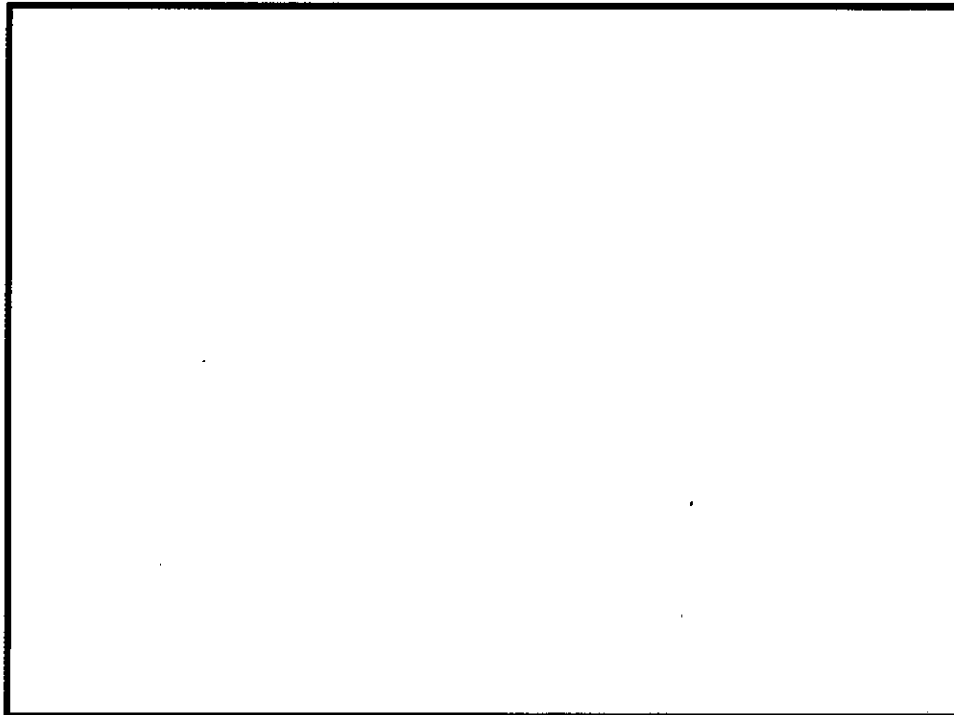


図 1 輸送開始後の容器内圧の推移

No.	頁番号	日付	コメント内容
1	(ロ)-D-42	20/08/07	遮蔽解析における軸方向燃焼度分布の考え方を示すこと。

(回答)

「ふげん」使用済燃料の軸方向燃焼度分布のデータを基に、安全解析で考慮する包絡燃焼度分布を設定した。安全解析で考慮した燃焼度分布を表 1 及び図 1 に示す。

安全解析用燃焼度分布の設定に当たっては、使用済燃料の燃焼度データのばらつきを考慮して、ノード毎に十分な安全マージンを設けている。表 1 に示したように、燃料有効部全体で約 13%燃焼度を高く評価している。

この安全解析用燃焼度分布を用いて、ORIGEN2.1 コードにより燃焼計算を行い、熱解析で考慮する発熱量及び遮蔽解析で考慮する線源強度を計算した。

表 1 TN JA 型輸送物の安全解析で考慮した燃焼度分布

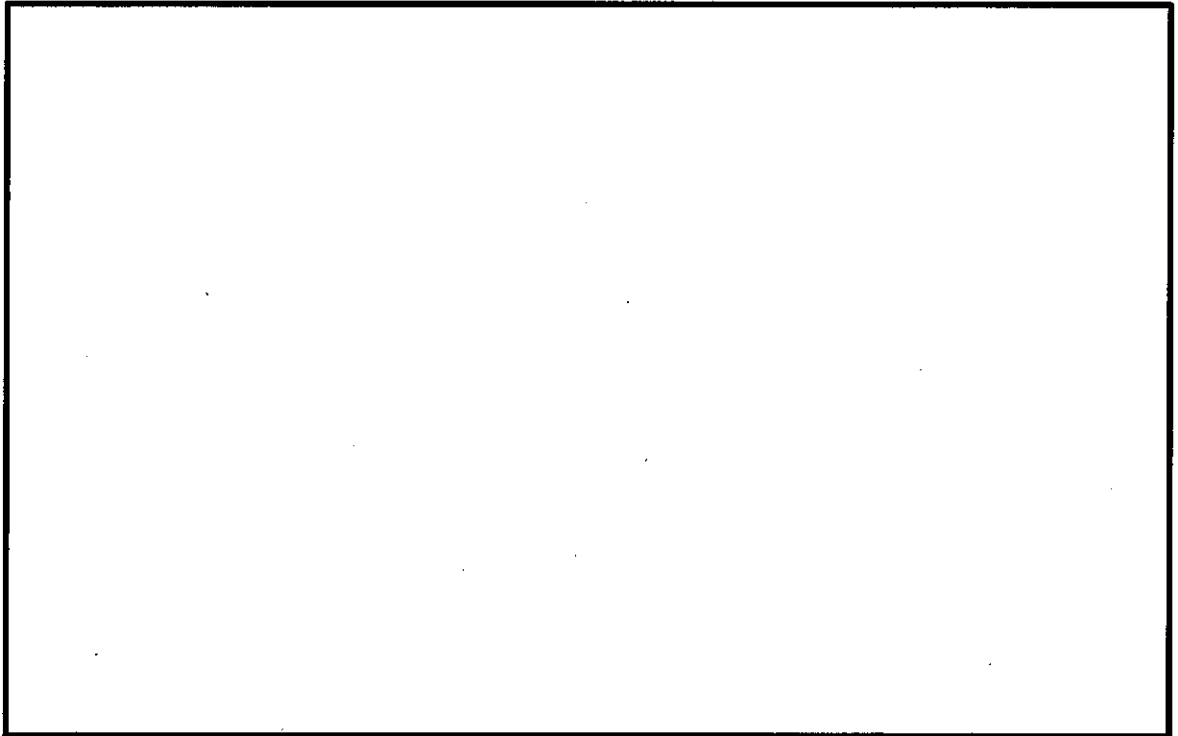
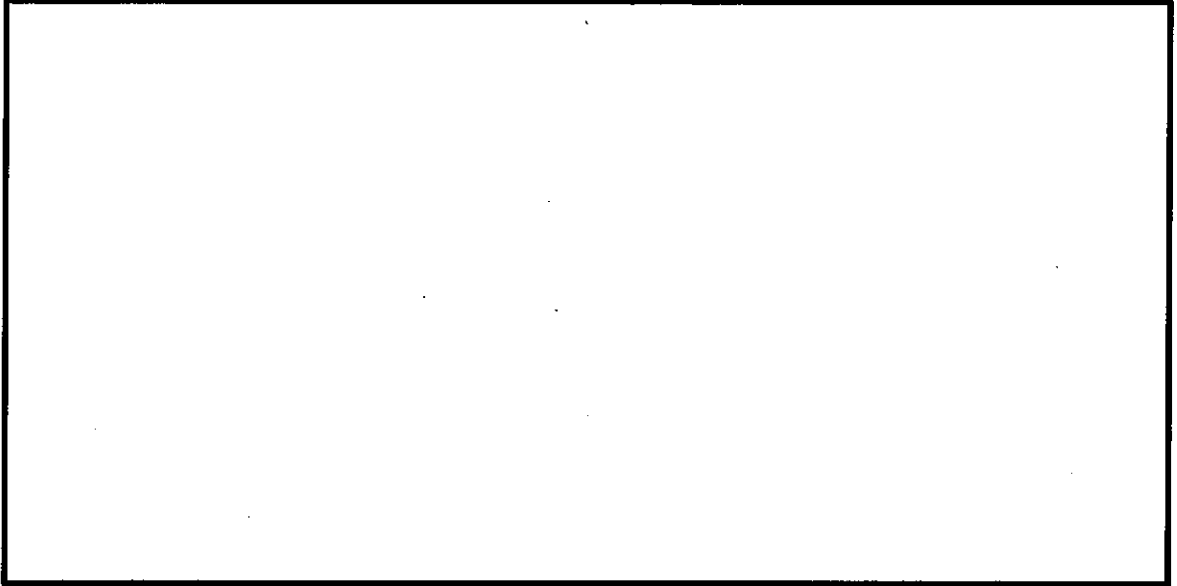


図 1 TN JA 型輸送物の安全解析で考慮した燃焼度分布

No.	頁番号	日付	コメント内容
1	(ロ)-E-3	20/08/07	Pu 富化度の定義を示すこと。また、Pu 組成を示すこと。

(回答)

(ロ)-第 E.1 表の「Pu 富化度」を「プルトニウム富化度」に修正し、以下の定義を注記する。

$$\text{プルトニウム富化度} = \frac{Pu}{U+Pu} \times 100$$

(ロ)-第 E.1 表に「核分裂性プルトニウム富化度」の欄を追記し、以下の定義を注記する。

$$\text{核分裂性プルトニウム富化度} = \frac{{}^{239}\text{Pu} + {}^{241}\text{Pu}}{U+Pu} \times 100$$

また、「 ${}^{235}\text{U}$ 濃縮度」を(イ)章の記載に合わせて「ウラン濃縮度」に修正する。

臨界解析で考慮した MOX 燃料の Pu 組成を表 1 に示す。Pu 組成は各燃料集合体の Pu 組成を包絡するように設定した。また、表 1 に示した Pu 組成を(ロ)-第 E.1 表に追記する。

表 1 臨界解析の燃料集合体の仕様

	タイプ 1	タイプ 4	タイプ 5
Pu 組成 (wt%)	28本クラスタ (ウラン・プルトニウム 富化型燃料)	36本クラスタ (照射用 36 本燃料)	36本クラスタ (照射用ガドリニア燃料) タイプ I (5-I) タイプ II (5-II)
${}^{238}\text{Pu}$			
${}^{239}\text{Pu}$			
${}^{240}\text{Pu}$			
${}^{241}\text{Pu}$			
${}^{242}\text{Pu}$			

No.	頁番号	日付	コメント内容
2	(ロ)-E-4	20/08/07	微小変形を安全側に考慮としているが、その考え方を示すこと。

(回答)

(ロ)-A-88 ページに示したように、9m 落下時にロジメントチューブ及びサポートプレートに塑性歪が生じる。そこで臨界解析ではアルミチューブとロジメントチューブの間のギャップを無視し（ロジメントチューブ径をアルミチューブ内で拡大）、さらにロジメント間のギャップを無視しロジメント同士が密接するようにモデル化した。これは、燃料集合体同士が接近することにより実効増倍率を高く評価する安全側の設定である。輸送時の臨界解析モデルのモデル化方針を表 1 に示す。

表 1 輸送時の臨界解析モデルのモデル化方針

解析モデル ((ロ)-E-7 ページ抜粋)	モデル化方針	理由
	アルミチューブ（ボロン入りアルミニウム）の径：最小	ロジメント間の距離を最小とし、燃料集合体同士を接近させるため
	ロジメントチューブ（ステンレス鋼(d)）の径：アルミチューブとロジメントチューブ間のギャップを無視してアルミチューブ内で拡大	燃料集合体同士を接近させるため
	ロジメント間のギャップ：無視	ロジメント同士を密接させ、燃料集合体同士を接近させるため

No.	頁番号	日付	コメント内容
3	(口)-E-15	20/08/07	水の浸入は二次蓋の防水機能を有することからないとしているが、漏えい基準と 8 時間の浸漬+復帰における水の浸入の有無について考え方を示すこと。

(回答)

浸漬時の体積漏えい率 L_w は、下式を用いて算出される。浸漬時の漏えい率算出のためのパラメータを表 1 に示す。

$$L_w = F_c \times (P_u - P_d)$$

ここで、 L_w : 浸漬時の体積漏えい率 (cm^3/s)

F_c : 連続流の流動伝導係数 ($\text{cm}^3/(\text{MPa}\cdot\text{s})$)

$$F_c = \frac{\pi}{128} \times \frac{D^4}{a \cdot \mu}$$

P_u : 浸漬時の輸送物外部圧力 (MPa)

P_d : 一次蓋/二次蓋間の空間の圧力 (MPa)

D : 漏えい孔径 (cm)

a : 漏えい経路の長さ (cm)

μ : 水の粘性係数 ($\text{MPa}\cdot\text{s}$)

従って、

$$L_w = \boxed{} (\text{cm}^3/\text{s})$$

これより、15m の水中下に 8 時間輸送物が置かれた場合の一次蓋/二次蓋間への浸水量は約 $\boxed{} \text{m}^3$ である。

表 1 浸漬時の漏えい率算出のためのパラメータ

項目	記号	単位	数値	備考
漏えい孔径	D	cm	$\boxed{}$	二次蓋ガスケット に対応する漏えい孔径
漏えい経路長さ	a	cm		二次蓋ガスケット 断面径
水の粘性係数	μ	$\text{MPa}\cdot\text{s}$	3.39×10^{-10}	二次蓋ガスケット 温度 84°C
浸漬時の 輸送物外部圧力	P_u	MPa	0.251	15m の静水圧 +大気圧
一次蓋/二次蓋間の 空間の圧力	P_d	MPa	0.101	大気圧