

# 安全解析等に関するコメントリスト

## T N J A 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
20/09/02	原子力規制庁コメント
20/11/05	申請者回答
20/12/16	申請者回答

令和 2 年 1 2 月 1 6 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	(イ)-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 ((口)-A-118 ページ~) に記載している。	20/09/02
2	安全解析書	(イ)-C-35 ((参)-B-2)	<div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 15px; display: inline-block;"></div> の材料検査で何を確認するのかを説明してほしい。	20/09/02	<回答準備中>	-

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	(口)-A-78 (口)-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ところ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((ニ)-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)

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
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	物体に荷重を作用させた時に発生する歪は、弾性歪と塑性歪に分類され、塑性歪は応力の除荷後に残留する歪であり、塑性歪と残留歪は同義であると考え。しかし、安全解析書では、輸送容器の構造強度に関する評価の指標として相当塑性歪を用いているため、「残留歪」ではなく「塑性歪」という用語を採用している。	20/11/05
5	安全解析書	(口)-A-29	疲労評価における荷重係数(1.6)とした考え方を示すこと。	20/08/07	疲労評価は、通常の取扱い作業における負荷の繰り返しを対象としているため、応力評価の荷重係数(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	(口)-A-35 (口)-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

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
7	安全解析書	(□)-A-39 ~57 (□)-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	<p>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。</p> <p>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。</p>	20/09/02
8	安全解析書	(□)-A-39 ~57 (□)-A-106 ~110	銅伝熱体については、落下試験と規則の基準がどう違うのか (温度による強度の低下等) を踏まえて考察を加えてほしい。落下試験の結果で説明してもかまわない。	20/09/02	銅伝熱体は強度部材ではないため、構造解析において評価対象外としているが、1/3 スケールモデルの落下試験において銅伝熱体の脱落はないことを確認している。	20/11/05
9	安全解析書	(□)-A-49  (□)-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

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
10	安全解析書	(口)-A-85	傾斜落下にて傾斜角度□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、□から□まで□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□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
11	安全解析書	(口)-A-85	傾斜落下にて傾斜角度□とした選定理由をグラフ等で定量的に示すことはできるか？	20/09/02	選定理由を定量的に示すことは可能である。記載内容については検討する。	20/11/05
12	安全解析書	(口)-A-24	合金鋼の低温強度について、破壊靱性試験を行い□℃で使用可能であることを確認しているが、使用可能とする判定基準の考え方を示すこと。	20/08/07	本体胴及び底板等の材料である□では、破壊靱性試験としてシャルピー衝撃試験及び落重試験を行う。これらの試験は□℃で使用可能とする判定基準を採用しており、□℃においても使用可能と判断する。	20/11/05
13	安全解析書	(口)-A-25 (口)-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	回答を資料1-14に示す。	20/12/16

No.	資料名	頁番号	コメント内容	日付	回答	回答時期
14	安全解析書	(D)-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	1/3 スケールモデルの落下試験では、二次蓋のオリフィスを直撃するように前部コーナー落下の角度で、1m落下試験が実施されている。この試験の結果によれば、軟鋼棒は、二次蓋まで貫入せずに折れ曲がり、二次蓋に損傷は及んでいない。一方、側面からの直撃については試験では確認されていないが、重心から大きく外れており、また、前部衝撃吸収カバーの取付けカバー及び本体胴で遮られていることから、二次蓋に損傷は及ばないとする。	20/11/05



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	(口)-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	(口)-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
3	安全解析書	(口)章B	解析モデル、燃焼度等の考慮するファクターを含め、熱解析の考え方を説明してほしい。	20/09/02	回答を資料1-15に示す。	20/12/16
4	安全解析書	(口)-B-22	軸方向の熱の逃げの考え方について、妥当性を説明してほしい。試験結果があれば併せて紹介してほしい。	20/09/02	回答を資料1-16に示す。	20/12/16

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ところ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)

					(4)-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	(D)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	(D)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	(D)-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	(ロ)-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 <math>1.5 \times 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{sec}</math> 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	(口)-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
4	安全解析書	(口)-E-15	多重密封の際に水を無視できる理由の記載案を検討すること。	20/09/02	輸送容器を 15m の水深下に 8 時間おいた場合の一次/二次蓋間への浸水量の評価(コメント No. 3)を付属書類に追加する。付属書類(案)を資料 1-13 に示す。この付属書類に、一次/二次蓋間への浸水がさらにキャビティ内に浸水する量は無視できる程度であり、輸送容器の実効増倍係数に有意な影響を与えることはない旨記載する。	20/11/05

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、使用済燃料の発生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ているのは困るので、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  (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"> <li>● (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。</li> <li>● 「(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。</li> </ul>	
				<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 両者に対して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、必要な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
13	(ロ)-A-25 (ロ)-A-31	20/08/07	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。

(回答)

トラニオンによる吊上げ操作時に、トラニオン周辺の胴体部に発生する応力について、垂直吊りの荷重条件を与えて評価した(図1及び図2参照)。

その結果、トラニオンを取り付けた胴体部の板厚断面に発生した最大応力は  MPa で胴体部の降伏応力  MPa に対して余裕率は  であり、この応力には、構造不連続部の応力集中による二次応力が含まれている。応力分布図を図3に示す。一方、トラニオンに発生した最大応力は  MPa (SAR 記載値) でトラニオンの降伏応力  MPa に対して余裕率は  であり、余裕率はトラニオンの方が胴体部に比べて小さい。

したがって、吊上装置の評価対象としては、トラニオンにより代表できると考える。

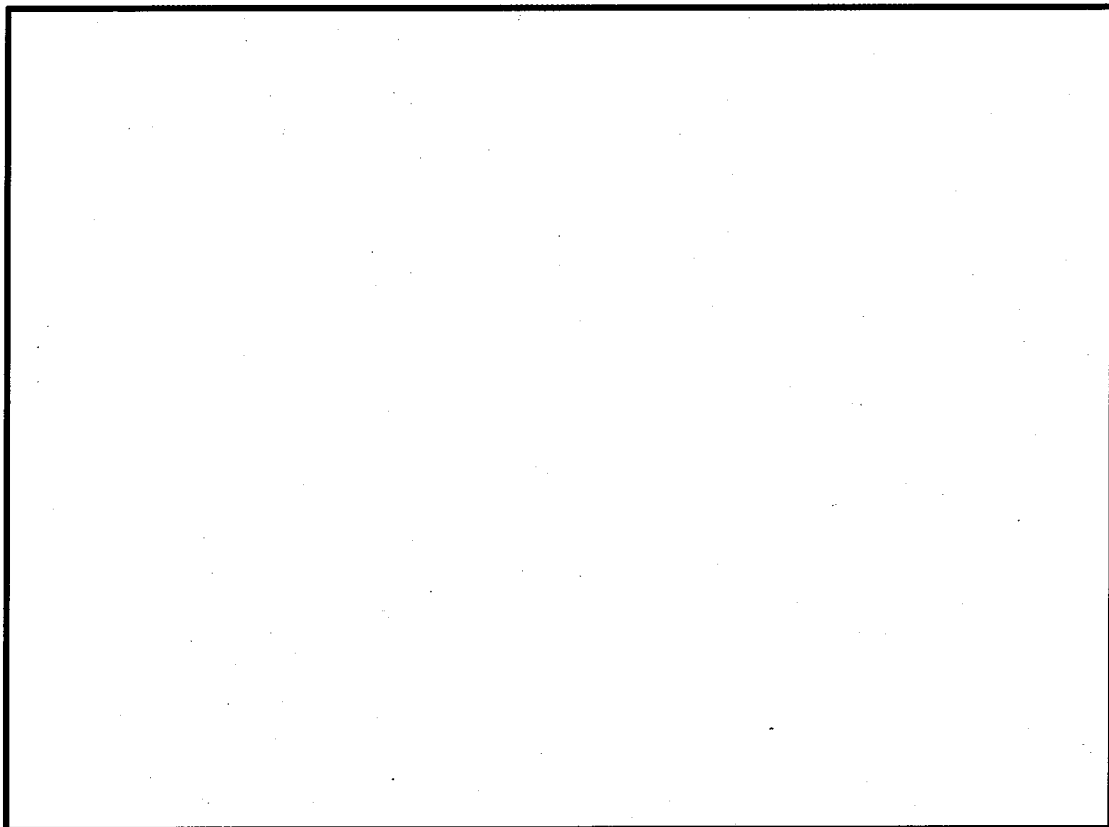


図1 解析モデル図(二次蓋はめ合い部に合わせて板厚を薄くして保守的に評価)

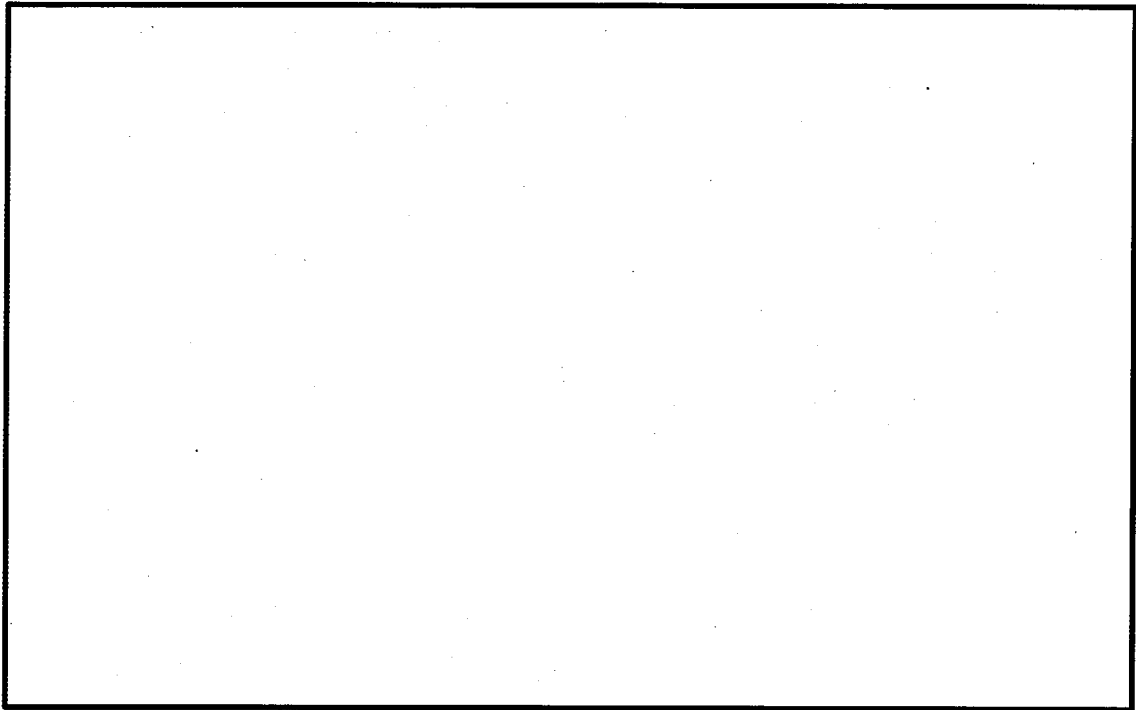


図 2 解析モデル及び荷重負荷図

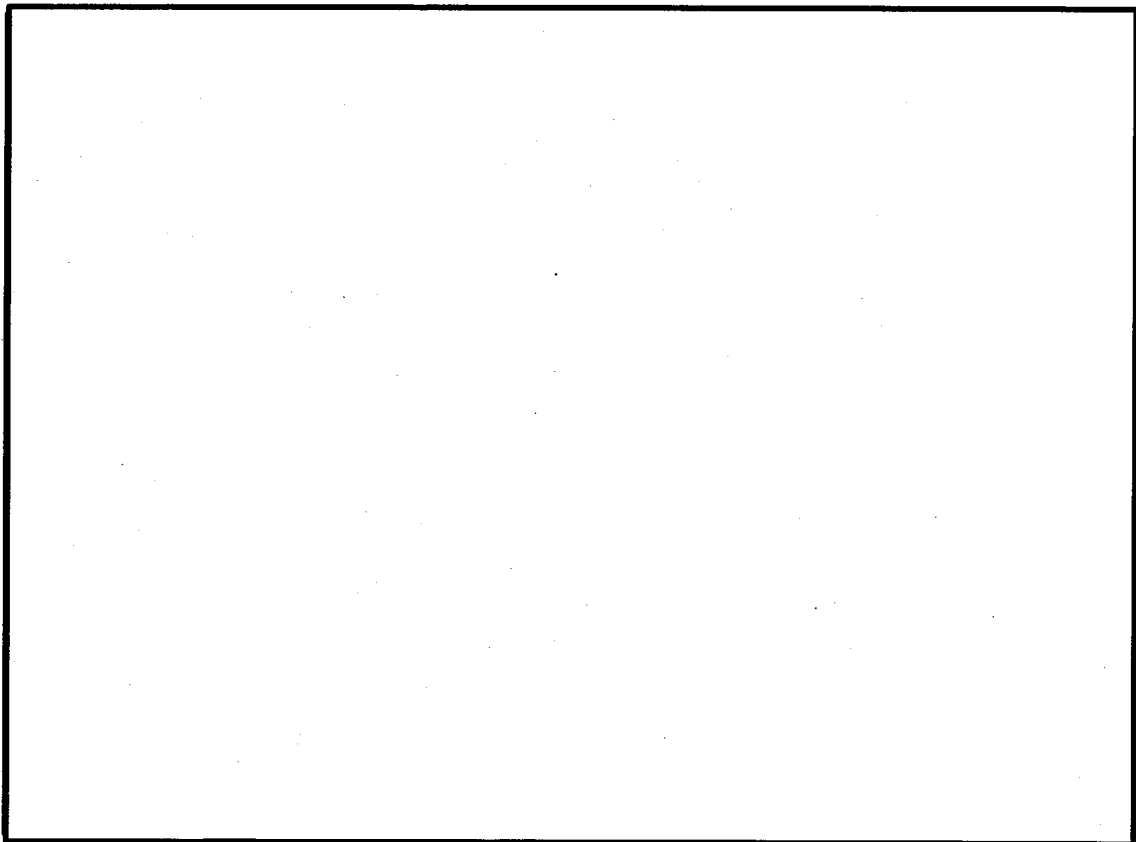


図 3 トレスカ応力分布図

No	頁番号	日付	コメント内容
3	(□)章 B	20/09/02	解析モデル、燃焼度等の考慮するファクターを含め、熱解析の考え方を説明してほしい。

TN JA 型輸送容器は、使用済燃料から発生する崩壊熱を伝導、対流、放射により本輸送容器の外面に伝え、周囲の空気に伝達する。熱解析は、本輸送容器の軸方向断面を二次元でモデル化した全体モデル、半径方向断面を三次元でモデル化した部分モデル、燃料集合体の半径方向断面を二次元でモデル化した燃料集合体モデルに対して、伝熱解析コード ABAQUS を用いて行う。解析モデルを図 1 に示す。

熱解析では、使用済燃料の種類、燃焼度、濃縮度、冷却期間等を条件に燃焼計算コード ORIGEN2.1 を用いて求めた崩壊熱量、及び図 2 に示す燃料集合体の収納配置を入力条件として、各部位の温度を算出する。各解析モデルの評価部位は表 1 のとおりである。一般の試験条件における熱解析フローを図 3 に示す。

全体モデルの燃料有効部領域には、図 4 に示す軸方向発熱量を与える。軸方向発熱量には、使用済燃料のピーキングファクターが考慮されており、軸方向のほぼ中央に位置し胴内面が最高温度となる断面のバスケット 1 ピッチ分に相当するのが部分モデルである。

部分モデルでは、全体モデルの胴内面最高温度及び銅伝熱体外面最高温度と部分モデルの胴内面平均温度及び銅伝熱体外面平均温度が概ね一致するように、負の熱流束を胴内面及び銅伝熱体外面に与えて軸方向への熱の移動量を調整している。部分モデルと全体モデルの関係を図 5 に示す。また、上記の調整結果を図 6 に示す。

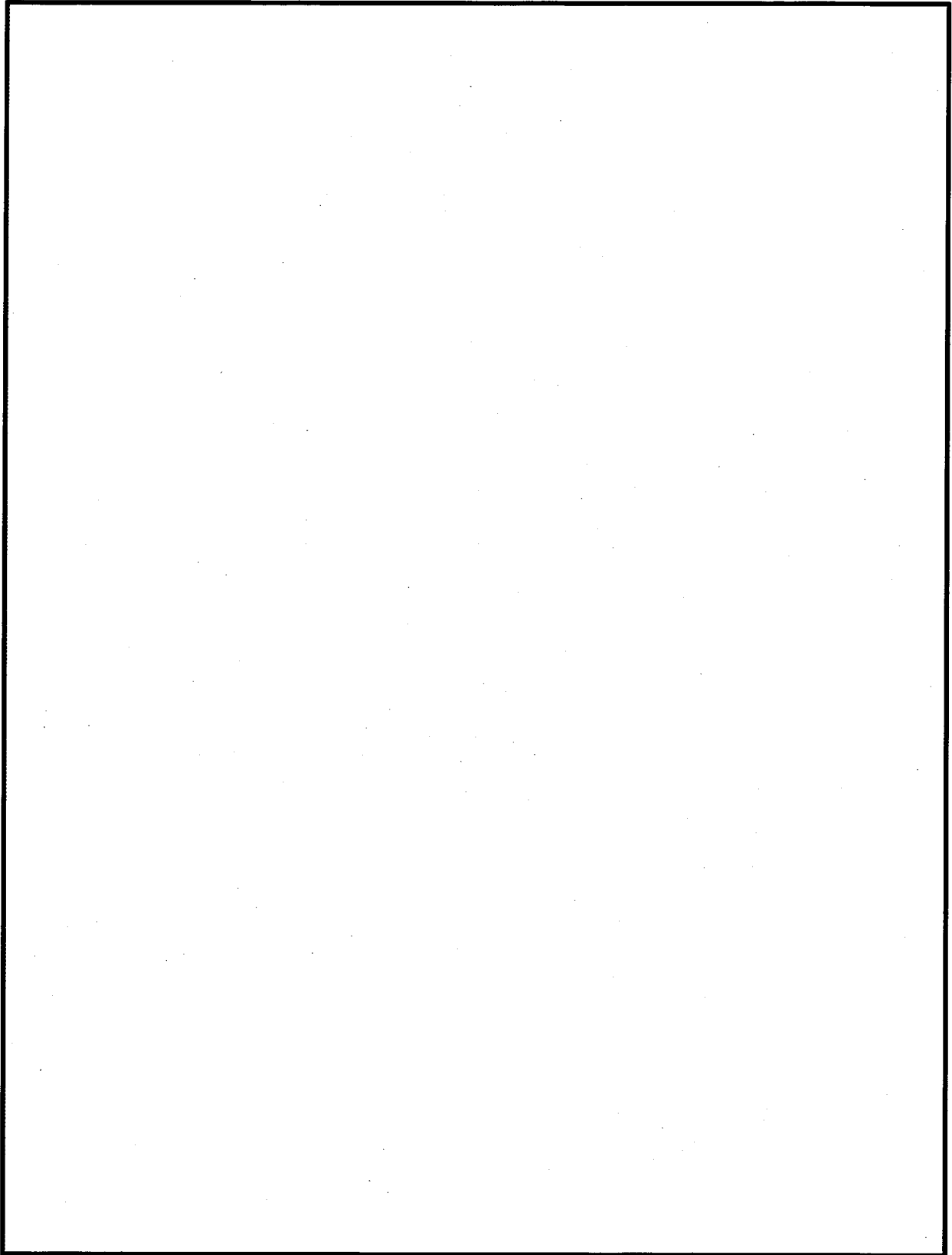


図 1 解析モデル

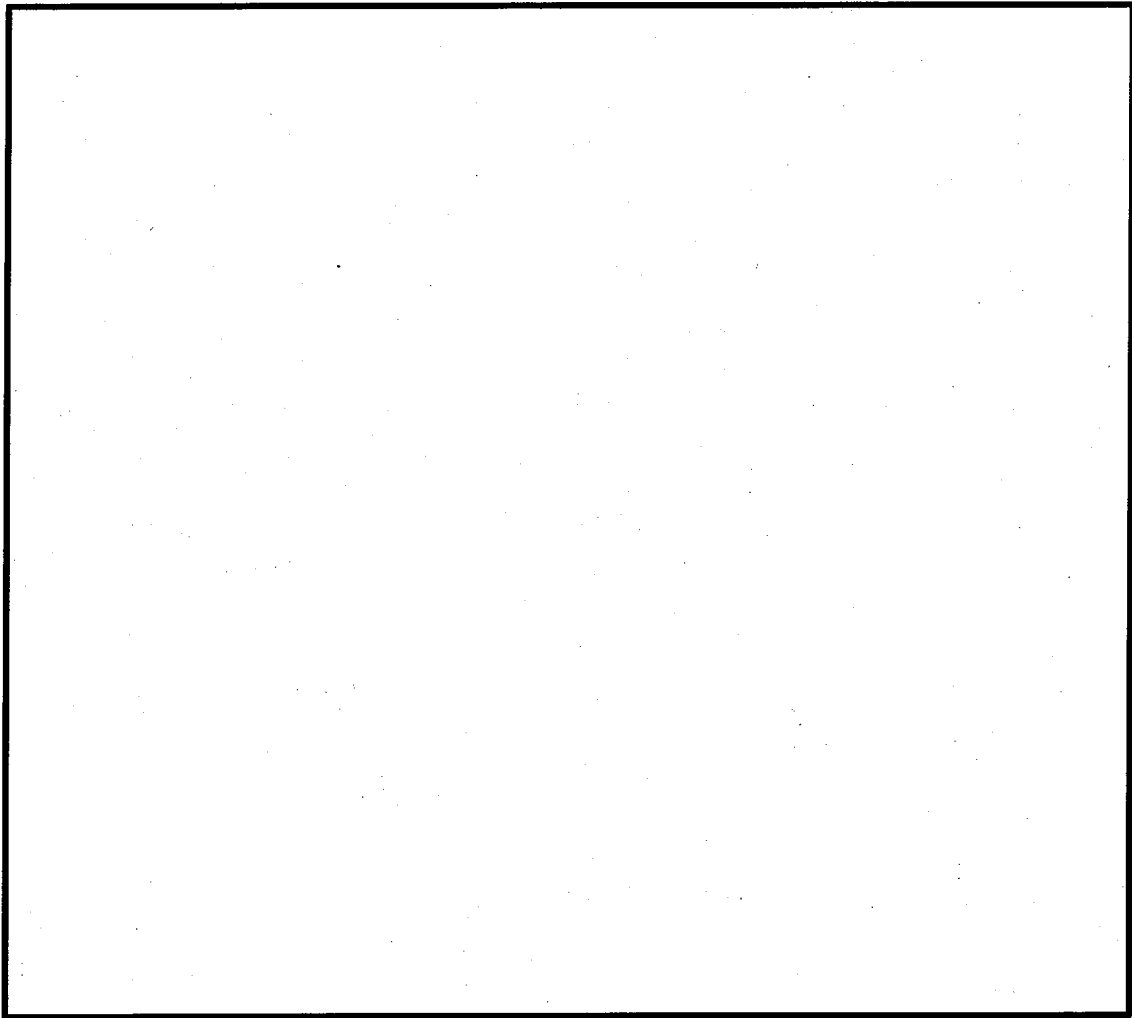


図2 燃料集合体の配置

表1 各モデルで評価する部位

全体モデル	前部及び後部衝撃吸収カバー、ドラムカバー、一次蓋、レジン（一次蓋及び底部）、一次蓋ガスケット、リングフランジ、リングフランジ締付けボルト、二次蓋、二次蓋締付けボルト、二次蓋ガスケット、底板
部分モデル	銅伝熱体、レジン（胴部）、胴、ロジメントチューブ、アルミチューブ、サポートプレート
燃料集合体モデル	燃料被覆管



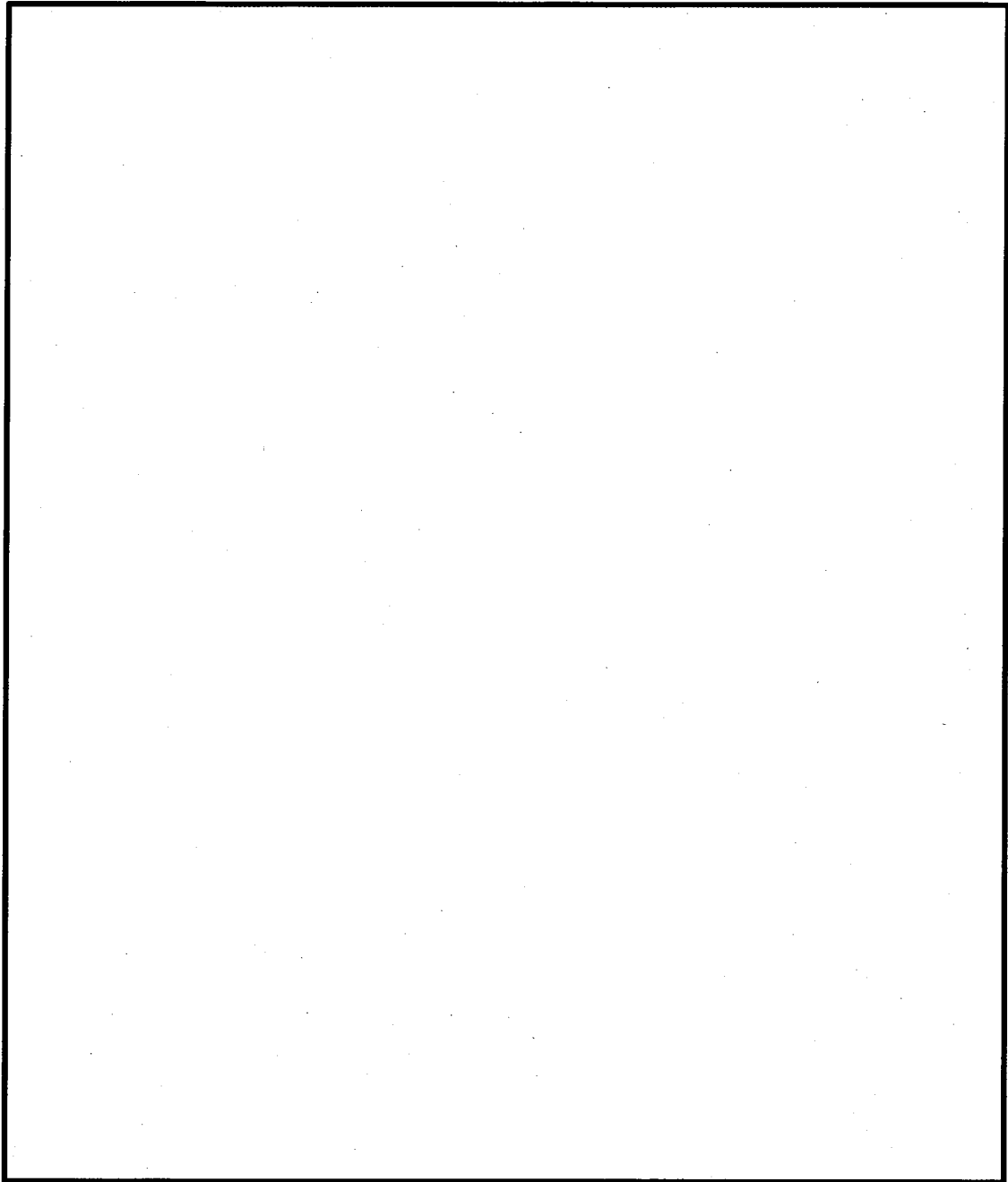


図 3 一般の試験条件における熱解析フロー

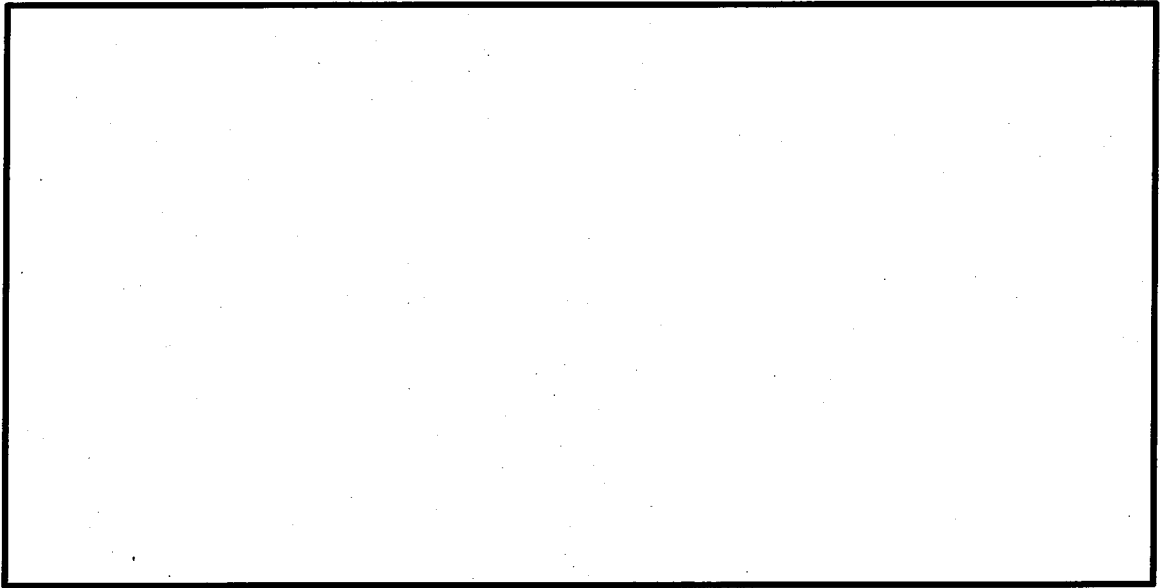


図4 軸方向発熱量分布 (燃料集合体 32 体あたり)

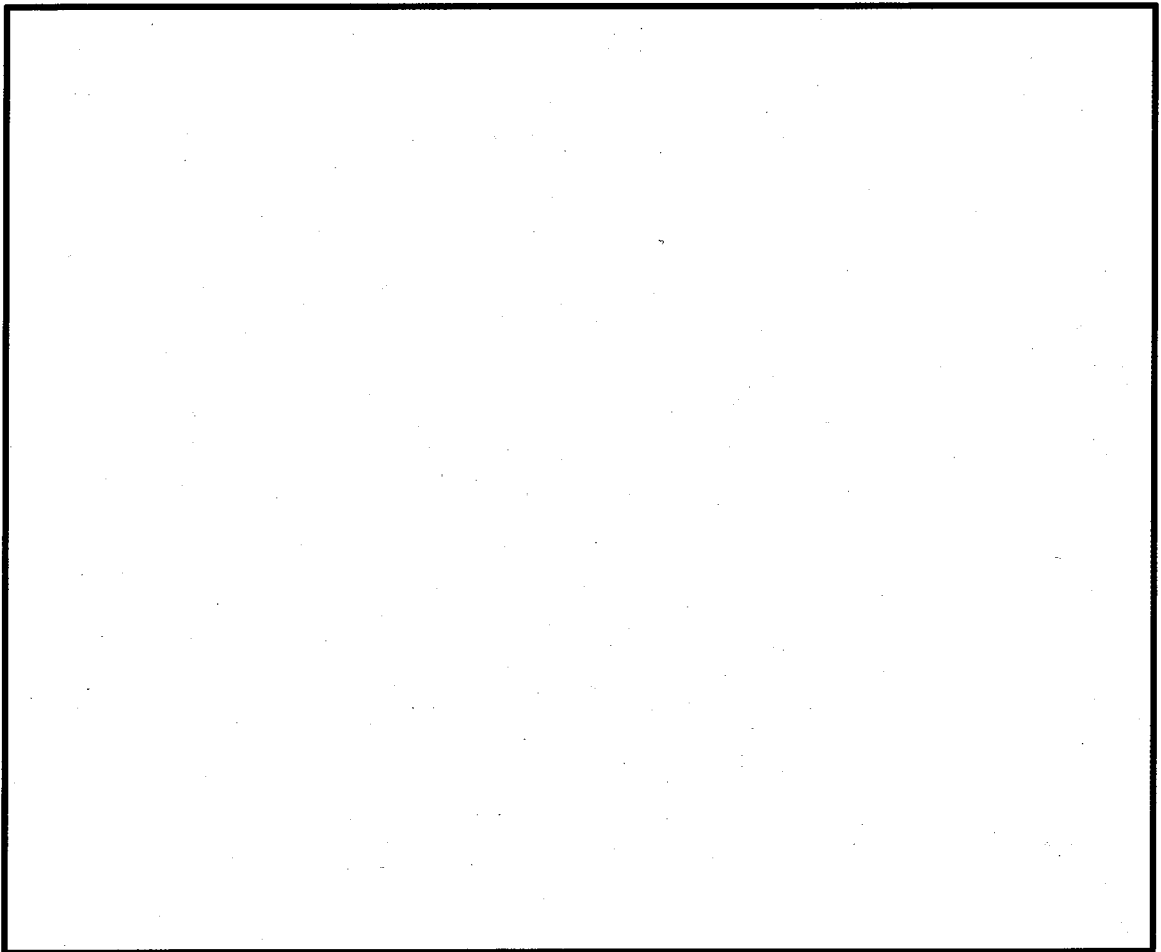


図5 部分モデルと全体モデルの胴から外周部分の関係 (概念図)

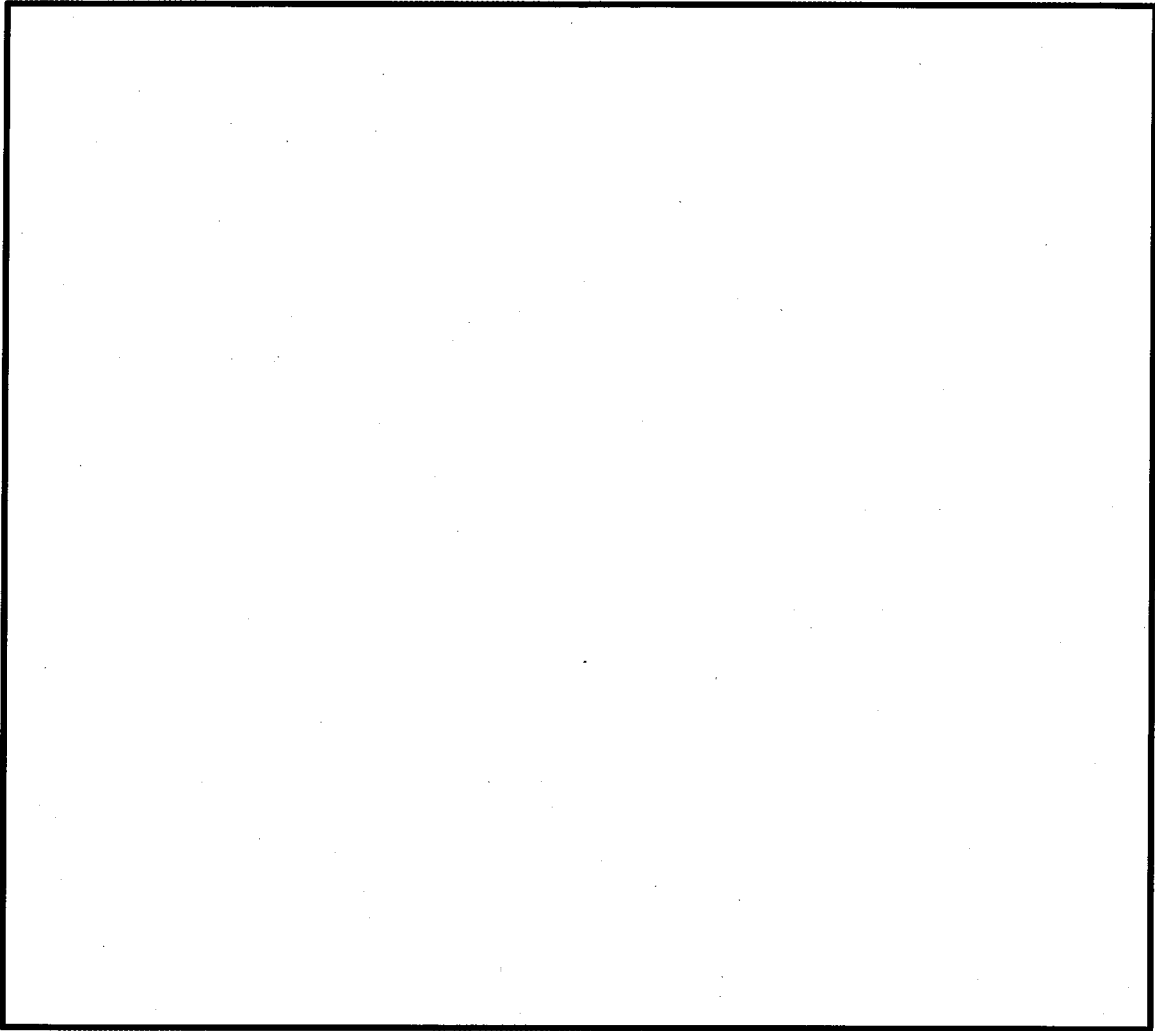
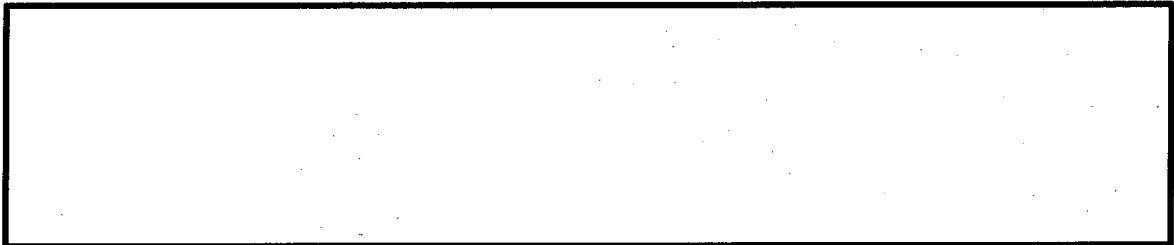


図6 全体モデルと部分モデルの温度比較 (一般の試験条件)

No	頁番号	日付	コメント内容
4	(ロ)-B-22	20/09/02	軸方向の熱の逃げの考え方について、妥当性を説明してほしい。試験結果があれば併せて紹介してほしい。

部分モデルに与える軸方向の熱の逃げ（熱移動量）は、全体モデルの結果から求められる。全体モデルと部分モデルの胴内の発熱量の関係を図1に示す。胴より外側については、部分モデルの胴内面と銅伝熱体外面に負の熱流束を与えることで、全体モデルにおける同箇所での最高温度と一致するように設定している（図2参照）。



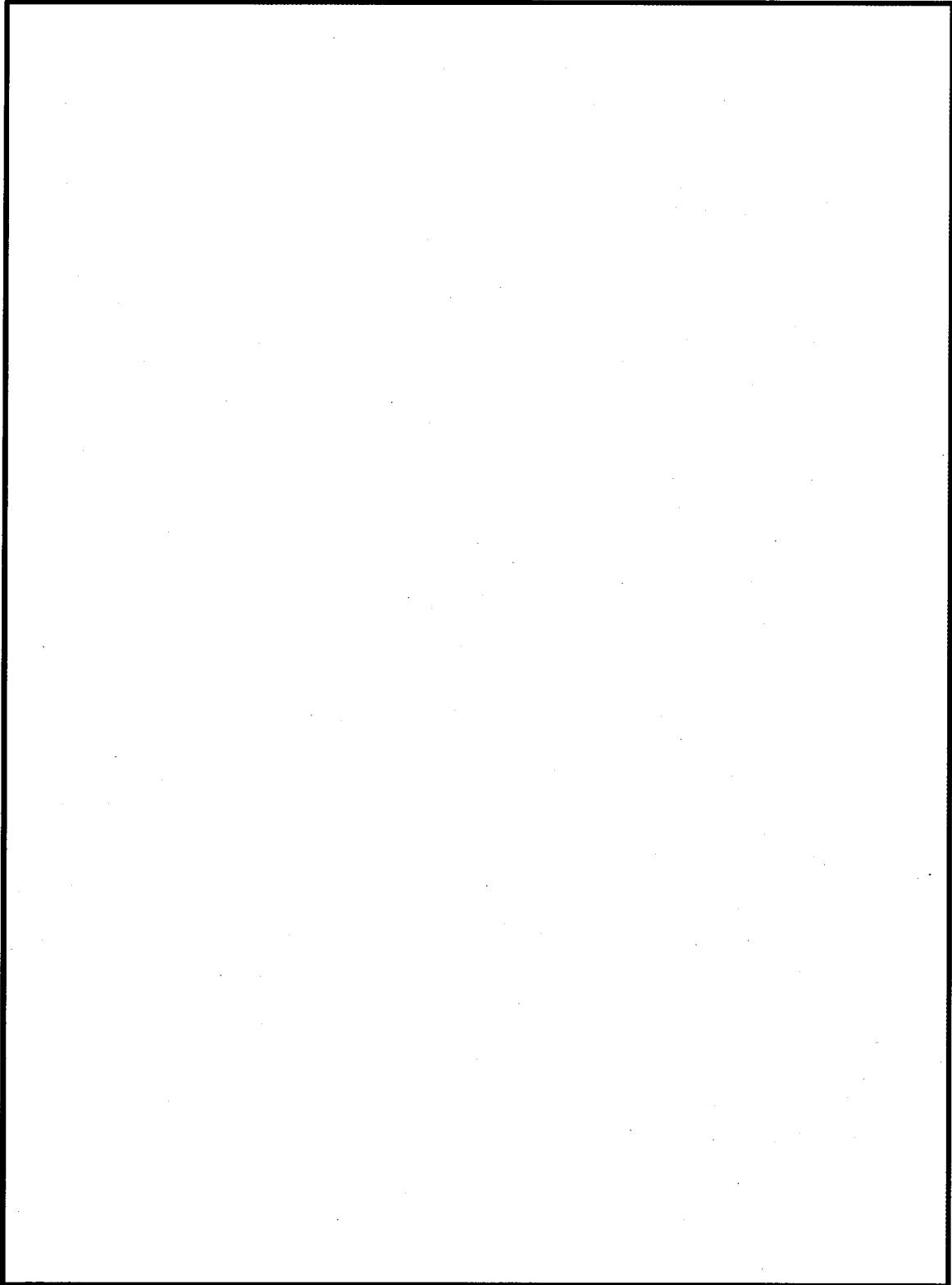


図1 全体モデルと部分モデルの胴内の発熱量の関係（概念図）

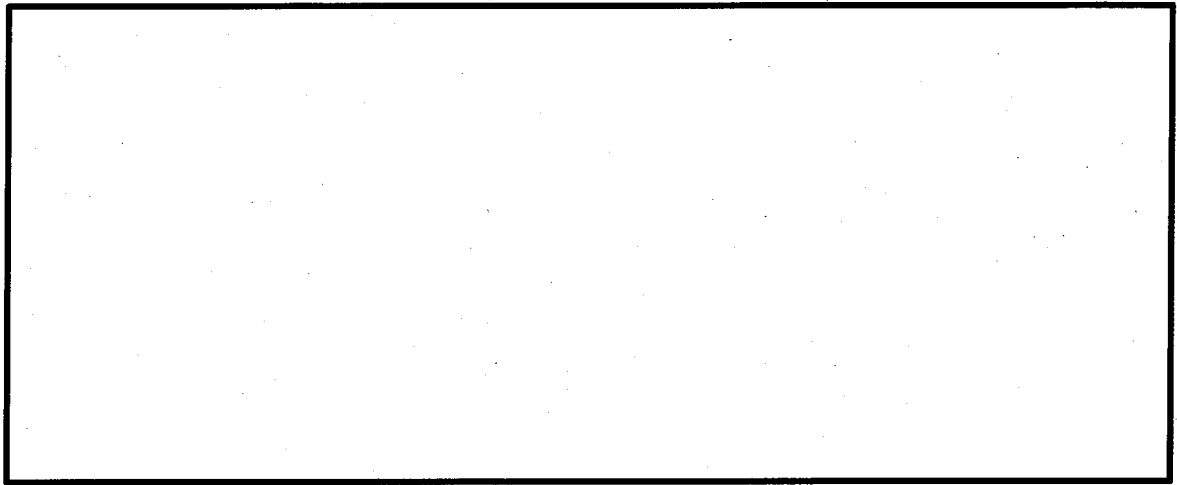


図2 部分モデルに与える熱流束 (概念図)

