

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
1	<p>目次</p> <p>第一章 総則（第一条—第三条）</p> <p>第二章 品質マネジメントシステム（第四条—第八条）</p> <p>第三章 経営責任者等の責任（第九条—第二十条）</p> <p>第四章 資源の管理（第二十一条・第二十二条）</p> <p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施（第二十三条—第四十三条）</p> <p>第六章 評価及び改善（第四十四条—第五十三条）</p> <p>第七章 使用者に関する特例（第五十四条）</p> <p>附則</p>		<p>HDP-69B(B)型の設計及び製作に係る品質管理の方法並びにその実施に係る組織に関する次の事項</p> <p>a. 品質管理の実施に係る組織</p> <p>b. 品質管理活動の計画</p> <p>c. 品質管理活動の実施</p> <p>d. 品質管理活動の評価</p> <p>e. 品質管理活動の改善</p> <p>については、以下のとおりである。</p>
2	<p>第一章 総則</p> <p>（目的）</p> <p>第一条 この規則は、原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準を定めることにより、原子力の安全を確保することを目的とする。</p>		<p>第1章 総則</p> <p>第1条（目的）</p> <p>1 第1条に規定する「原子力施設」とは、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号。以下「原子炉等規制法」という。）第2条第7項に規定する原子力施設をいう。</p>
3	<p>第一章 総則</p> <p>（定義）</p> <p>第二条 この規則において使用する用語は、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律において使用する用語の例による。</p> <p>2 この規則において、次に掲げる用語の意義は、それぞれ当該各号に定めるところによる。</p> <p>一 「保安活動」とは、原子力施設の保安のための業務として行われる一切の活動をいう。</p> <p>二 「不適合」とは、要求事項に適合していないことをいう。</p> <p>三 「プロセス」とは、意図した結果を生み出すための相互に関連し、又は作用する一連の活動及び手順をいう。</p> <p>四 「品質マネジメントシステム」とは、保安活動の計画、実施、評価及び改善に関し、原子力事業者等が自らの組織の管理監督を行うための仕組みをいう。</p> <p>五 「原子力の安全のためのリーダーシップ」とは、原子力の安全を確保することの重</p>	<p>第2条（定義）</p> <p>1 本規則において使用する用語は、原子炉等規制法及び原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則において使用する用語の例による。</p> <p>2 第2項第4号に規定する「原子力事業者等」とは、原子炉等規制法第57条の8に規定する者をいう。</p> <p>3 第2項第4号に規定する「自らの組織の管理監督を行うための仕組み」には、組織が品質マネジメントシステムの運用に必要な文書を整備することを含む。</p> <p>4 第2項第5号に規定する「要員（保安活動を実施する者をいう。以下同じ。）」とは、</p>	<p>1.2 定義</p> <p>本計画書における用語の定義は、以下を除き品質管理基準規則に従う。</p> <p>1 <u>使用済燃料貯蔵施設</u> <u>原子炉等規制法第43条の4第2項第2号に規定する使用済燃料貯蔵施設をいう。</u></p> <p>2 <u>「品質管理活動」とは、原子力の安全を確保するため、型式設計特定容器等が原子炉等規制法第43条の26の3第3項各号に該当することを保証するために必要な措置を体系的に実施することをいう。</u></p> <p>3 <u>使用済燃料の貯蔵の事業に関する規則第43条の2の8第1項第7号の「申請に係る型式設計特定容器等の設計及び製作に係る品質管理の方法並びにその実施に係る組織に関する次の事項」とは、申請する型式設計特定容器等に係る品質管理基準規則の規定に適合するために計画された事項を言うが、この場合の品質管理基準規則は、原規規発 20033110 号「使用済燃料貯蔵施設に係る特定容器等の型式証明及び型式指定運用ガイド別添」に読み替えて解釈する。</u></p> <p>4 <u>取締役社長は、型式設計特定容器等の製造者等における代表者及び経営責任者として、会社全体の品質管理活動に係る最終的な責任負い、品質マネジメントシ</u></p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>要性を認識し、組織の品質方針及び品質目標を定めて要員（保安活動を実施する者をいう。以下同じ。）がこれらを達成すること並びに組織の安全文化のあるべき姿を定めて要員が健全な安全文化を育成し、及び維持することに主体的に取り組むことができるよう先導的な役割を果たす能力をいう。</p> <p>六 「是正処置」とは、不適合その他の事象の原因を除去し、その再発を防止するために講ずる措置をいう。</p> <p>七 「未然防止処置」とは、原子力施設その他の施設における不適合その他の事象から得られた知見を踏まえて、自らの組織で起こり得る不適合の発生を防止するために講ずる措置をいう。</p> <p>八 「一般産業用工業品」とは、原子力施設の安全機能に係る機器、構造物及びシステム並びにそれらの部品（以下「機器等」という。）であって、専ら原子力施設において用いるために設計開発及び製造されたもの以外の工業品をいう。</p> <p>九 「妥当性確認」とは、原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に関して、機器等又は保安活動を構成する個別の業務（以下「個別業務」という。）及びプロセスが実際の使用環境又は活動において要求事項に適合していることを確認することをいう。</p>	<p>原子力事業者等の品質マネジメントシステムに基づき、保安活動を実施する組織の内外の者をいう。</p> <p>5 第2項第6号及び第7号に規定する「不適合その他の事象」には、結果的に不適合には至らなかった事象又は原子力施設に悪影響を及ぼす可能性がある事象を含む。</p> <p>6 第2項第7号に規定する「原子力施設その他の施設」とは、国内外の原子力施設に加え、火力発電所など広く産業全般に関連する施設をいう（第53条第1項において同じ。）。</p>	<p><u>テムの運営と維持に責任を持つ。</u></p> <p>5 <u>管理責任者は、品質マネジメントシステム管理責任者の事をいい、取締役社長から第15条に記載のある権限を与えられ、品質管理活動について統括する責任を有する。品質保証本部長が該当する。</u></p> <p>6 <u>管理者は、取締役社長から第16条に記載のある権限を与えられた者をいい、原子力生産本部長が該当する。</u></p>
4	<p>第一章 総則 （適用範囲）</p> <p>第三条 次章から第六章までの規定は、原子力施設（使用施設等であって、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律施行令（昭和三十二年政令第三百二十四号。以下「令」という。）第四十一条各号に掲げる核燃料物質を使用しないものを除く。以下同じ。）について適用する。</p>		<p>1.3 適用範囲</p> <p><u>本品質マネジメントシステム計画は、型式設計特定容器等の製造者等の品質管理活動に適用する。</u></p>
5	<p>2 第七章の規定は、使用施設等（令第四十一条各号に掲げる核燃料物質を使用しないものに限る。）について適用する。</p>		
6	<p>第二章 品質マネジメントシステム （品質マネジメントシステムに係る要求事項）</p> <p>第四条 原子力事業者等（使用者であって、令第四十一条各号に掲げる核燃料物質を使用しないものを除く。以下同じ。）は、品質マネジメントシステムを確立し、実施するとともに、その実効性を維持するため、その改善を継続的に行わなければならない。</p>	<p>第2章 品質マネジメントシステム</p> <p>第4条（品質マネジメントシステムに係る要求事項）</p> <p>1 第1項に規定する「実効性を維持する」とは、保安活動の目的が達成される蓋然性が高い計画を立案し、計画どおりに保安活動を実施した結果、計画段階で意図した効果を維持していることをいう。</p> <p>2 第1項に規定する「品質マネジメントシステムを確立し、実施するとともに、その実効性を維持するため、その改善を継続的に行わなければならない」とは、品質マネジメントシステムに基づき実施した一連のプロセスの運用の結果、原子力の安全の確保が維持されているとともに、不適合その他の事象について品質マネジメントシステムに起因する原因を究明し、是正処置や未然防止処置を通じて原因の除去を行うこと等により、当該システムの改善を継続的に行うことをいう。</p>	<p>2. 品質マネジメントシステム</p> <p>2.1 品質マネジメントシステムに係る要求事項</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、本品質マネジメントシステム計画に従って、品質マネジメントシステムを確立し、実施するとともに、その実効性を維持するため、その改善を継続的に行う。これらを実施するために、以下を考慮する。</p> <p>-実行性の維持に際し、品質管理活動の目的が達成される蓋然性が高い計画を立案し、計画どおりに品質管理活動を実施した結果、計画段階で意図した効果を維持していること。</p> <p>-品質マネジメントシステムの確立、実施、実効性の維持および改善の継続的実施に際しては、品質マネジメントシステムに基づき実施した一連のプロセスの運用の結果、原子力の安全の確保が維持されているとともに、不適合その他の事象について品質マネジメントシステムに起因する原因を究明し、是正処置や未然防止処置を通じて原因の除去を行うこと等により、当該システムの改善を継続的に行うこと。</p>
7	<p>2 原子力事業者等は、保安活動の重要度に応じて、品質マネジメントシステムを確立</p>	<p>3 第2項に規定する「保安活動の重要度」とは、事故が発生した場合に原子力施設が</p>	<p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、品質管理活動の重要度に応じて、品質マネジメ</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>し、運用しなければならない。この場合において、次に掲げる事項を適切に考慮しなければならない。</p> <p>一 原子力施設、組織又は個別業務の重要度及びこれらの複雑さの程度</p> <p>二 原子力施設若しくは機器等の品質又は保安活動に関連する原子力の安全に影響を及ぼすおそれのあるもの及びこれらに関連する潜在的影響の大きさ</p> <p>三 機器等の故障若しくは通常想定されない事象の発生又は保安活動が不適切に計画され、若しくは実行されたことにより起こり得る影響</p>	<p>ら放出される放射性物質が人と環境に及ぼす影響の度合いに応じ、第2項第1号から第3号までに掲げる事項を考慮した原子力施設における保安活動の管理の重み付けをいう。</p> <p>4 第2項第2号に規定する「原子力の安全に影響を及ぼすおそれのあるもの及びこれらに関連する潜在的影響の大きさ」とは、原子力の安全に影響を及ぼすおそれのある自然現象や人為による事象（故意によるものを除く。）及びそれらにより生じ得る影響や結果の大きさをいう。</p> <p>5 第2項第3号に規定する「通常想定されない事象」とは、設計上考慮していない又は考慮していても発生し得る事象（人的過誤による作業の失敗等）をいう。</p>	<p>ントシステムを確立し、運用する。この場合において、次に掲げる事項を適切に考慮する。</p> <p>a. 型式設計特定容器等、組織又は個別業務の重要度及びこれらの複雑さの程度</p> <p>b. 型式設計特定容器等の品質又は品質管理活動に関連する原子力の安全に影響を及ぼすおそれのあるもの及びこれらに関連する潜在的影響の大きさ。本項目を考慮する際には、原子力の安全に影響を及ぼすおそれのある自然現象や人為による事象（故意によるものを除く。）及びそれらにより生じ得る影響や結果の大きさについて考慮する。</p> <p>c. 型式設計特定容器等の故障若しくは通常想定されない事象の発生又は品質管理活動が不適切に計画され、若しくは実行されたことにより起こり得る影響。本項目の中で、「通常想定されない事象」について、設計上考慮していない又は考慮していても発生し得る事象（人的過誤による作業の失敗等）をいう。</p>
8	3 原子力事業者等は、自らの原子力施設に適用される関係法令（以下単に「関係法令」という。）を明確に認識し、この規則に規定する文書その他品質マネジメントシステムに必要な文書（記録を除く。以下「品質マネジメント文書」という。）に明記しなければならない。		3) 型式設計特定容器等の製造者等は、型式設計特定容器等に適用される関係法令（以下「関係法令」という。）を明確に認識し、品質管理基準規則が要求する文書その他品質マネジメントシステムに必要な文書（記録を除く。以下「品質マネジメント文書」という。）に明記する。
9	<p>4 原子力事業者等は、品質マネジメントシステムに必要なプロセスを明確にするとともに、そのプロセスを組織に適用することを決定し、次に掲げる業務を行わなければならない。</p> <p>一 プロセスの運用に必要な情報及び当該プロセスの運用により達成される結果を明確に定めること。</p> <p>二 プロセスの順序及び相互の関係を明確に定めること。</p> <p>三 プロセスの運用及び管理の実効性の確保に必要な原子力事業者等の保安活動の状況を示す指標（以下「保安活動指標」という。）並びに当該指標に係る判定基準を明確に定めること。</p> <p>四 プロセスの運用並びに監視及び測定（以下「監視測定」という。）に必要な資源及び情報が利用できる体制を確保すること（責任及び権限の明確化を含む。）。</p> <p>五 プロセスの運用状況を監視測定し、分析すること。ただし、監視測定することが困難である場合は、この限りでない。</p> <p>六 プロセスについて、意図した結果を得、及び実効性を維持するための措置を講ずること。</p> <p>七 プロセス及び組織を品質マネジメントシステムと整合的なものとする。</p>	<p>6 第4項第2号に規定する「プロセスの順序及び相互の関係」には、組織内のプロセス間の相互関係を含む。</p> <p>7 第4項第3号に規定する「原子力事業者等の保安活動の状況を示す指標」には、原子力規制検査等に関する規則（令和2年原子力規制委員会規則第2号）第5条に規定する安全実績指標（特定核燃料物質の防護に関する領域に係るものを除く。）を含む。</p> <p>8 第4項第6号に規定する「実効性を維持するための措置」には、プロセスの変更を含む。</p>	<p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、品質マネジメントシステムに必要なプロセスを明確にするとともに、そのプロセスを組織に適用することを決定し、次に掲げる業務を行う。</p> <p>a. プロセスの運用に必要な情報及び当該プロセスの運用により達成される結果を明確にする。</p> <p>b. プロセスの順序及び相互の関係（組織内のプロセス間の相互関係を含む。）を図1のとおりとする。</p> <p>c. プロセスの運用及び管理の実効性の確保に必要な組織の品質管理活動の状況を示す指標（以下「品質管理活動指標」という。）並びに当該指標に係る判定基準を明確に定める。この品質管理活動指標には、原子力規制検査等に関する規則第5条に規定する安全実績指標（特定核燃料物質の防護に関する領域に係るものを除く。）を含める。</p> <p>d. プロセスの運用並びに監視及び測定（以下「監視測定」という。）に必要な資源及び情報が利用できる体制を確保する（責任及び権限の明確化を含む。）。</p> <p>e. プロセスの運用状況を監視測定し、分析すること。ただし、監視測定することが困難である場合は、この限りでない。</p> <p>f. プロセスについて、意図した結果を得、及び実効性を維持するための措置を講ずる（プロセスの変更を含む。）。</p> <p>g. プロセス及び組織を品質マネジメントシステムと整合的なものとする。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	八 原子力の安全とそれ以外の事項において意思決定の際に対立が生じた場合には、原子力の安全が確保されるようにすること。	九 第4項第8号に規定する「原子力の安全とそれ以外の事項において意思決定の際に対立が生じた場合には、原子力の安全が確保されるようにする」には、セキュリティ対策が原子力の安全に与える潜在的な影響と原子力の安全に係る対策がセキュリティ対策に与える潜在的な影響を特定し、解決することを含む。	h. 原子力安全とそれ以外の事項において意思決定の際に対立が生じた場合には、原子力安全が確保されるようにする。これには、セキュリティ対策が原子力安全に与える潜在的な影響と、原子力安全に係る対策がセキュリティに与える潜在的な影響を特定し、解決することを含む。
10	5 原子力事業者等は、健全な安全文化を育成し、及び維持しなければならない。	10 第5項に規定する「健全な安全文化を育成し、及び維持しなければならない」とは、技術的、人的、組織的な要因の相互作用を適切に考慮して、効果的な取組を通じて、次の状態を目指していることをいう。 <ul style="list-style-type: none"> ・原子力の安全及び安全文化の理解が組織全体で共通のものとなっている。 ・風通しの良い組織文化が形成されている。 ・要員が、自らが行う原子力の安全に係る業務について理解して遂行し、その業務に責任を持っている。 ・全ての活動において、原子力の安全を考慮した意思決定が行われている。 ・要員が、常に問いかける姿勢及び学習する姿勢を持ち、原子力の安全に対する自己満足を戒めている。 ・原子力の安全に影響を及ぼすおそれのある問題が速やかに報告され、報告された問題が対処され、その結果が関係する要員に共有されている。 ・安全文化に関する内部監査及び自己評価の結果を組織全体で共有し、安全文化を改善するための基礎としている。 ・原子力の安全には、セキュリティが関係する場合があることを認識して、要員が必要なコミュニケーションを取っている。 	5) 型式設計特定容器等の製造者等は、健全な安全文化を育成し、及び維持する。技術的、人的、組織的な要因の相互作用を適切に考慮し、効果的な取り組みを通じて以下の状態を目指していることを含む。 <ul style="list-style-type: none"> ・原子力の安全及び安全文化の理解が組織全体で共通のものとなっている。 ・風通しの良い組織文化が形成されている。 ・要員が、自らが行う原子力の安全に係る業務について理解して遂行し、その業務に責任を持っている。 ・全ての活動において、原子力の安全を考慮した意思決定が行われている。 ・要員が、常に問いかける姿勢及び学習する姿勢を持ち、原子力の安全に対する自己満足を戒めている。 ・原子力の安全に影響を及ぼすおそれのある問題が速やかに報告され、報告された問題が対処され、その結果が関係する要員に共有されている。 ・安全文化に関する内部監査及び自己評価の結果を組織全体で共有し、安全文化を改善するための基礎としている。 ・原子力の安全には、セキュリティが関係する場合があることを認識して、要員が必要なコミュニケーションを取っている。
11	6 原子力事業者等は、機器等又は個別業務に係る要求事項（関係法令を含む。以下「個別業務等要求事項」という。）への適合に影響を及ぼすプロセスを外部委託することとしないときは、当該プロセスが管理されているようにしなければならない。		6) 型式設計特定容器等の製造者等は、型式設計特定容器等又は個別業務に係る要求事項（関係法令を含む。以下「個別業務等要求事項」という。）への適合に影響を及ぼすプロセスを外部委託することとしないときは、当該プロセスが管理されているようにする。
12	7 原子力事業者等は、保安活動の重要度に応じて、資源の適切な配分を行わなければならない。		7) 型式設計特定容器等の製造者等は、品質管理活動の重要度に応じて、資源の適切な配分を行う。
13	第二章 品質マネジメントシステム （品質マネジメントシステムの文書化） 第五条 原子力事業者等は、前条第一項の規定により品質マネジメントシステムを確立するときは、保安活動の重要度に応じて次に掲げる文書を作成し、当該文書に規定する事項を実施しなければならない。 一 品質方針及び品質目標 二 品質マネジメントシステムを規定する文書（以下「品質マニュアル」という。） 三 実効性のあるプロセスの計画的な実施及び管理がなされるようにするために必要な文書 四 この規則に規定する手順書、指示書、図面等（以下「手順書等」という。）		2.2 品質マネジメントシステムの文書化 型式設計特定容器等の製造者等は、品質管理活動の重要度に応じて次に掲げる文書を作成し、当該文書に規定する事項を実施する。また、これらの文書体系を図2、表1に示す。 <ul style="list-style-type: none"> a. 品質方針及び品質目標 b. 品質マネジメントシステムを規定する文書（以下「品質マネジメントシステム計画書」という。） c. 実効性のあるプロセスの計画的な実施及び管理がなされるようにするために、組織が必要と決定した文書

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
			d. 品質管理基準規則が要求する手順書、指示書、図面等(以下「手順書等」という。)
14	<p>第二章 品質マネジメントシステム (品質マニュアル)</p> <p>第六条 原子力事業者等は、品質マニュアルに次に掲げる事項を定めなければならない。</p> <p>一 品質マネジメントシステムの運用に係る組織に関する事項</p> <p>二 保安活動の計画、実施、評価及び改善に関する事項</p> <p>三 品質マネジメントシステムの適用範囲</p> <p>四 品質マネジメントシステムのために作成した手順書等の参照情報</p> <p>五 プロセスの相互の関係</p>		<p>2.3 品質マネジメントシステム計画書</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、品質マネジメントシステム計画書に次に掲げる事項を定める。</p> <p>a. 品質マネジメントシステムの運用に係る組織に関する事項</p> <p>b. 品質管理活動の計画、実施、評価及び改善に関する事項</p> <p>c. 品質マネジメントシステムの適用範囲</p> <p>d. 品質マネジメントシステムのために作成した手順書等の参照情報</p> <p>e. プロセスの相互の関係</p>
15	<p>(文書の管理)</p> <p>第七条 原子力事業者等は、品質マネジメント文書を管理しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、要員が判断及び決定をするに当たり、適切な品質マネジメント文書を利用できるよう、品質マネジメント文書に関する次に掲げる事項を定めた手順書等を作成しなければならない。</p> <p>一 品質マネジメント文書を発行するに当たり、その妥当性を審査し、発行を承認すること。</p> <p>二 品質マネジメント文書の改訂の必要性について評価するとともに、改訂に当たり、その妥当性を審査し、改訂を承認すること。</p> <p>三 前二号の審査及び前号の評価には、その対象となる文書に定められた活動を実施する部門の要員を参画させること。</p> <p>四 品質マネジメント文書の改訂内容及び最新の改訂状況を識別できるようにすること。</p> <p>五 改訂のあった品質マネジメント文書を利用する場合においては、当該文書の適切な制定版又は改訂版が利用しやすい体制を確保すること。</p> <p>六 品質マネジメント文書を、読みやすく容易に内容を把握することができるようにすること。</p>	<p>第7条 (文書の管理)</p> <p>1 第1項に規定する「品質マネジメント文書を管理しなければならない」には、次の事項を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・組織として承認されていない文書の使用又は適切でない変更の防止 ・文書の組織外への流出等の防止 ・品質マネジメント文書の発行及び改訂に係る審査の結果、当該審査の結果に基づき講じた措置並びに当該発行及び改訂を承認した者に関する情報の維持 <p>2 第2項に規定する「適切な品質マネジメント文書を利用できる」には、文書改訂時等の必要な時に当該文書作成時に使用した根拠等の情報が確認できることを含む。</p> <p>3 第2項第2号に規定する「改訂に当たり、その妥当性を審査し、改訂を承認する」とは、第1号と同様に改訂の妥当性を審査し、承認することをいう。</p> <p>4 第2項第3号に規定する「部門」とは、原子力施設の保安規定に規定する組織の最小単位をいう。</p>	<p>2.4 文書管理</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、品質マネジメント文書を管理する。これには以下の事項を含める。</p> <p>a. 組織として承認されていない文書の使用又は適切でない変更の防止</p> <p>b. 文書の組織外への流出等の防止</p> <p>c. 品質マネジメント文書の発行及び改訂に係る審査の結果、当該審査の結果に基づき講じた措置並びに当該発行及び改訂を承認した者に関する情報の維持</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、要員が判断及び決定をするに当たり、適切な品質マネジメント文書を利用できるよう、品質マネジメント文書に関する次に掲げる事項を定めた手順書等を作成する。これには、文書改訂時等の必要な時に当該文書作成時に使用した根拠等の情報が確認できることを含める。</p> <p>a. 品質マネジメント文書を発行するに当たり、その妥当性を審査し、発行を承認する。</p> <p>b. 品質マネジメント文書の改訂の必要性について評価するとともに、改訂に当たり、その妥当性を審査し、改訂を承認する(改訂の妥当性を審査することを含む。)</p> <p>c. 品質マネジメント文書の審査及び評価には、その対象となる文書に定められた活動を実施する部門の要員を参画させる(品質マネジメントシステム計画書に記載の組織の最小単位。)</p> <p>d. 品質マネジメント文書の改訂内容及び最新の改訂状況を識別できるようにする。</p> <p>e. 改訂のあった品質マネジメント文書を利用する場合においては、当該文書の適切な制定版又は改訂版が利用しやすい体制を確保する。</p> <p>f. 品質マネジメント文書を、読みやすく容易に内容を把握することができるようにする。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>七 組織の外部で作成された品質マネジメント文書を識別し、その配付を管理すること。</p> <p>八 廃止した品質マネジメント文書が使用されることを防止すること。この場合において、当該文書を保持するときは、その目的にかかわらず、これを識別し、管理すること。</p>		<p>g. 組織の外部で作成された品質マネジメント文書を識別し、その配付を管理する。</p> <p>h. 廃止した品質マネジメント文書が使用されることを防止する。この場合において、当該文書を保持するときは、その目的にかかわらず、これを識別し、管理する。</p>
16	<p>第二章 品質マネジメントシステム (記録の管理)</p> <p>第八条 原子力事業者等は、この規則に規定する個別業務等要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性を実証する記録を明確にするとともに、当該記録を、読みやすく容易に内容を把握することができ、かつ、検索することができるように作成し、保安活動の重要度に応じてこれを管理しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項の記録の識別、保存、保護、検索及び廃棄に関し、所要の管理の方法を定めた手順書等を作成しなければならない。</p>		<p>2.5 記録の管理</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、品質管理基準規則に規定する個別業務等要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性を実証する記録を明確にするとともに、当該記録を、読みやすく容易に内容を把握することができ、かつ、検索することができるように作成し、品質管理活動の重要度に応じてこれを管理する。</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、前項の記録の識別、保存、保護、検索及び廃棄に関し、所要の管理の方法を定めた手順書等を作成する。</p>
17	<p>第三章 経営責任者等の責任 (経営責任者の原子力の安全のためのリーダーシップ)</p> <p>第九条 経営責任者は、原子力の安全のためのリーダーシップを発揮し、責任を持って品質マネジメントシステムを確立させ、実施させるとともに、その実効性を維持していることを、次に掲げる業務を行うことによって実証しなければならない。</p> <p>一 品質方針を定めること。</p> <p>二 品質目標が定められているようにすること。</p> <p>三 要員が、健全な安全文化を育成し、及び維持することに貢献できるようにすること。</p> <p>四 第十八条に規定するマネジメントレビューを実施すること。</p> <p>五 資源が利用できる体制を確保すること。</p> <p>六 関係法令を遵守することその他原子力の安全を確保することの重要性を要員に周知すること。</p> <p>七 保安活動に関する担当業務を理解し、遂行する責任を有することを要員に認識させること。</p> <p>八 全ての階層で行われる決定が、原子力の安全の確保について、その優先順位及び説明する責任を考慮して確実に行われるようにすること。</p>	<p>第三章 経営責任者等の責任</p> <p>第9条 (経営責任者の原子力の安全のためのリーダーシップ)</p> <p>1 第3号に規定する「要員が、健全な安全文化を育成し、及び維持することに貢献できるようにすること」とは、要員が健全な安全文化を育成し、維持する取組に参画できる環境を整えていることをいう。</p>	<p>3. 経営責任者等の責任</p> <p>3.1 経営責任者の原子力の安全のためのリーダーシップ</p> <p><u>取締役社長</u>は、原子力の安全のためのリーダーシップを発揮し、責任を持って品質マネジメントシステムを確立させ、実施させるとともに、その実効性を維持していることを、次に掲げる業務を管理責任者に委譲し実施させることによつて実証する。図3に関連組織図を示す。</p> <p>a. 品質方針を定める。</p> <p>b. 品質目標が定められているようにする。</p> <p>c. 要員が、健全な安全文化を育成し、及び維持することに貢献できるようにする（要員が健全な安全文化を醸成し、維持する取組に参画できる環境を整えていることを含む。）。</p> <p>d. 3.10項に規定するマネジメントレビューを実施するため、必要な会議体等の場を設ける。</p> <p>e. 資源が利用できる体制を確保する。</p> <p>f. 関係法令を遵守することその他原子力の安全を確保することの重要性を要員に周知する。</p> <p>g. 品質管理活動に関する担当業務を理解し、遂行する責任を有することを要員に認識させる。</p> <p>h. 全ての階層で行われる決定が、原子力の安全の確保について、その優先順位及び説明する責任を考慮して確実に行われるようにする。</p>
18	<p>第三章 経営責任者等の責任 (原子力の安全の確保の重視)</p> <p>第十条 経営責任者は、組織の意思決定に当たり、機器等及び個別業務が個別業務等要</p>	<p>第10条 (原子力の安全の確保の重視)</p> <p>1 第10条に規定する「原子力の安全がそれ以外の事由により損なわれない」とは、</p>	<p>3.2 原子力安全の確保の重視</p> <p><u>取締役社長</u>は、組織の意思決定に当たり、型式設計特定容器等及び個別業務が個別業務</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	求事項に適合し、かつ、原子力の安全がそれ以外の事由により損なわれないようにしなければならない。	例えば、コスト、工期等によって原子力の安全が損なわれないことをいう。	等要求事項に適合し、かつ、原子力の安全がそれ以外の事由により損なわれないようにする（例えば、コスト、工期等によって原子力の安全が損なわれないこと。）。
19	<p>第三章 経営責任者等の責任 (品質方針)</p> <p>第十一条 経営責任者は、品質方針が次に掲げる事項に適合しているようにしなければならない。</p> <p>一 組織の目的及び状況に対して適切なものであること。</p> <p>二 要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性の維持に経営責任者が責任を持って関与すること。</p> <p>三 品質目標を定め、評価するに当たっての枠組みとなるものであること。</p> <p>四 要員に周知され、理解されていること。</p> <p>五 品質マネジメントシステムの継続的な改善に経営責任者が責任を持って関与すること。</p>	<p>第11条 (品質方針)</p> <p>1 第11条に規定する「品質方針」には、健全な安全文化を育成し、及び維持することに関するものを含む。この場合において、技術的、人的及び組織的要因並びにそれらの間の相互作用が原子力の安全に対して影響を及ぼすものであることを考慮し、組織全体の安全文化のあるべき姿を目指して設定していること。</p> <p>2 第1号に規定する「組織の目的及び状況に対して適切なものであること」には、組織運営に関する方針と整合的なものであることを含む。</p>	<p>3.3 品質方針</p> <p><u>取締役社長</u>は、品質方針（健全な安全文化を育成し、及び維持することに関するものを含む。）が次に掲げる事項に適合しているようにする。</p> <p>なお、健全な安全文化の育成及び維持に関するものは、技術的、人的及び組織的な要因並びにそれらの相互作用が原子力安全に対して影響を及ぼすことを考慮し、組織全体の安全文化のあるべき姿を目指して設定する。</p> <p>a. 組織の目的及び状況に対して適切なもの、組織運営に関する方針と整合的なものである。</p> <p>b. 要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性の維持に経営責任者が責任を持って関与する。</p> <p>c. 品質目標を定め、評価するに当たっての枠組みとなるものである。</p> <p>d. 要員に周知され、理解されている。</p> <p>e. 品質マネジメントシステムの継続的な改善に<u>取締役社長</u>が責任を持って関与する。</p>
20	<p>第三章 経営責任者等の責任 (品質目標)</p> <p>第十二条 経営責任者は、部門において、品質目標（個別業務等要求事項への適合のために必要な目標を含む。）が定められているようにしなければならない。</p> <p>2 経営責任者は、品質目標が、その達成状況を評価し得るものであって、かつ、品質方針と整合的なものとなるようにしなければならない。</p>	<p>第12条 (品質目標)</p> <p>1 第1項に規定する「品質目標（個別業務等要求事項への適合のために必要な目標を含む。）が定められている」には、品質目標を達成するための計画として、次の事項を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・実施事項 ・必要な資源 ・責任者 ・実施事項の完了時期 ・結果の評価方法 <p>2 第2項に規定する「その達成状況を評価し得る」とは、品質目標の達成状況を監視測定し、その達成状況を評価できる状態にあることをいう。</p>	<p>3.4 品質目標</p> <p>1) <u>取締役社長</u>は、部門において、品質目標（個別業務等要求事項への適合のために必要な目標を含む。）が定められているようにする。また、品質目標には、達成するための計画として次の事項を含める。</p> <p>a. 実施事項</p> <p>b. 必要な資源</p> <p>c. 責任者</p> <p>d. 実施事項の完了時期</p> <p>e. 結果の評価方法</p> <p>2) <u>取締役社長</u>は、品質目標が、その達成状況を評価し得るものであって、かつ、品質方針と整合的なものとなるようにする。</p>
21	<p>第三章 経営責任者等の責任 (品質マネジメントシステムの計画)</p> <p>第十三条 経営責任者は、品質マネジメントシステムが第四条の規定に適合するよう、その実施に当たっての計画が策定されているようにしなければならない。</p> <p>2 経営責任者は、品質マネジメントシステムの変更が計画され、それが実施される場合においては、当該品質マネジメントシステムが不備のない状態に維持されているようにしなければならない。この場合において、保安活動の重要度に応じて、次に掲げる事項を適切に考慮しなければならない。</p>	<p>第13条 (品質マネジメントシステムの計画)</p> <p>1 第2項に規定する「品質マネジメントシステムの変更」には、プロセス及び組織の変更（累積的な影響が生じ得るプロセス及び組織の軽微な変更を含む。）を含む。</p>	<p>3.5 品質マネジメントシステムの計画</p> <p>1) <u>取締役社長</u>は、品質マネジメントシステムが2.1項の規定に適合するよう、その実施に当たっての計画が策定されているようにする。</p> <p>2) <u>取締役社長</u>は、品質マネジメントシステムの変更が計画され、それが実施される場合においては、当該品質マネジメントシステムが不備のない状態（プロセス及び組織の変更（累積的な影響が生じ得るプロセス及び組織の軽微な変更を含む。）を含む。）に維持されているようにしなければならない。この場合において、品質管理活動の重要度に</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>一 品質マネジメントシステムの変更の目的及び当該変更により起こり得る結果</p> <p>二 品質マネジメントシステムの実効性の維持</p> <p>三 資源の利用可能性</p> <p>四 責任及び権限の割当て</p>	<p>2 第2項第1号に規定する「起こり得る結果」には、組織の活動として実施する次の事項を含む（第23条第3項第1号において同じ。）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・当該変更による原子力の安全への影響の程度の分析及び評価 ・当該分析及び評価の結果に基づき講じた措置 	<p>応じて、次に掲げる事項を適切に考慮する。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 品質マネジメントシステムの変更の目的及び当該変更により起こり得る結果。これには、組織の活動として実施する以下の事項を含むものとする。 <ul style="list-style-type: none"> ・当該変更による原子力の安全への影響の程度と分析及び評価 ・当該分析及び評価の結果に基づき講じた措置 b. 品質マネジメントシステムの実効性の維持 c. 資源の利用可能性 d. 責任及び権限の割当て
22	<p>第三章 経営責任者等の責任 (責任及び権限)</p> <p>第十四条 経営責任者は、部門及び要員の責任及び権限並びに部門相互間の業務の手順を定めさせ、関係する要員が責任を持って業務を遂行できるようにしなければならない。</p>	<p>第14条 (責任及び権限)</p> <p>1 第14条に規定する「部門及び要員の責任」には、担当業務に応じて、組織の内外に対し保安活動の内容について説明する責任を含む。</p> <p>2 第14条に規定する「部門相互間の業務の手順」とは、部門間で連携が必要な業務のプロセスにおいて、業務（情報の伝達を含む。）が停滞し、断続することなく遂行できる仕組みをいう。</p>	<p>3.6 責任及び権限</p> <p><u>取締役社長</u>は、部門及び要員の責任（担当業務に応じて組織内の内外に対し業務の内容について説明する責任を含む。）及び権限並びに部門相互間の業務の手順（部門間で連携が必要な業務のプロセスにおいて、業務（情報の伝達を含む。）が停滞し、断続することなく遂行できる仕組みをいう。）を定めさせ、関係する要員が責任を持って業務を遂行できるようにする。</p>
23	<p>第三章 経営責任者等の責任 (品質マネジメントシステム管理責任者)</p> <p>第十五条 経営責任者は、品質マネジメントシステムを管理する責任者に、次に掲げる業務に係る責任及び権限を与えなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 プロセスが確立され、実施されるとともに、その実効性が維持されているようにすること。 二 品質マネジメントシステムの運用状況及びその改善の必要性について経営責任者に報告すること。 三 健全な安全文化を育成し、及び維持することにより、原子力の安全の確保についての認識が向上するようにすること。 四 関係法令を遵守すること。 		<p>3.7 品質マネジメントシステム管理責任者</p> <p><u>取締役社長</u>は、品質マネジメントシステムを管理する責任者に、次に掲げる業務に係る責任及び権限を与える。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. プロセスが確立され、実施されるとともに、その実効性が維持されているようにする。 b. 品質マネジメントシステムの運用状況及びその改善の必要性について<u>取締役社長</u>に報告する。 c. 健全な安全文化を育成し、及び維持することにより、原子力の安全の確保についての認識が向上するようにする。 d. 関係法令を遵守する。
24	<p>第三章 経営責任者等の責任 (管理者)</p> <p>第十六条 経営責任者は、次に掲げる業務を管理監督する地位にある者（以下「管理者」という。）に、当該管理者が管理監督する業務に係る責任及び権限を与えなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 個別業務のプロセスが確立され、実施されるとともに、その実効性が維持されているようにすること。 二 要員の個別業務等要求事項についての認識が向上するようにすること。 三 個別業務の実施状況に関する評価を行うこと。 四 健全な安全文化を育成し、及び維持すること。 	<p>第16条 (管理者)</p> <p>1 第1項に規定する「管理者」とは、職務権限を示す文書において、管理者として責任及び権限を付与されている者をいう。なお、管理者に代わり、個別業務のプロセスを管理する責任者を置いて、その業務を行わせることができる。この場合において、当該責任者の責任及び権限は、文書で明確に定める必要がある。</p>	<p>3.8 管理者</p> <p>1) <u>取締役社長</u>は、次に掲げる業務を管理監督する地位にある者（以下「管理者」という。）に、当該管理者が管理監督する業務に係る責任及び権限を与える（管理者として責任及び権限を付与されている者をいう。個別業務のプロセスを管理する責任者を設置している場合には、その業務を行わせることができるが、この場合の責任者の責任及び権限は文書にて明確に定めるものとする。）。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 個別業務のプロセスの確立と実施及び、その実効性の維持 b. 要員の個別業務等要求事項についての認識向上 c. 個別業務の実施状況に関する評価 d. 健全な安全文化を育成と維持

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	五 関係法令を遵守すること。		e. 関係法令の遵守
25	<p>2 管理者は、前項の責任及び権限の範囲において、原子力の安全のためのリーダーシップを発揮し、次に掲げる事項を確実に実施しなければならない。</p> <p>一 品質目標を設定し、その目標の達成状況を確認するため、業務の実施状況を監視測定すること。</p> <p>二 要員が、原子力の安全に対する意識を向上し、かつ、原子力の安全への取組を積極的に行えるようにすること。</p> <p>三 原子力の安全に係る意思決定の理由及びその内容を、関係する要員に確実に伝達すること。</p> <p>四 常に問いかける姿勢及び学習する姿勢を要員に定着させるとともに、要員が、積極的に原子力施設の保安に関する問題の報告を行えるようにすること。</p> <p>五 要員が、積極的に業務の改善に対する貢献を行えるようにすること。</p>		<p>2) 管理者は、前項の責任及び権限の範囲において、原子力の安全のためのリーダーシップを発揮し、次に掲げる事項を確実に実施する。</p> <p>a. 品質目標を設定し、その目標の達成状況を確認するため、業務の実施状況を監視測定する。</p> <p>b. 要員が、原子力の安全に対する意識を向上し、かつ、原子力の安全への取組を積極的に行えるようにする。</p> <p>c. 原子力の安全に係る意思決定の理由及びその内容を、関係する要員に確実に伝達する。</p> <p>d. 常に問いかける姿勢及び学習する姿勢を要員に定着させるとともに、要員が、積極的に型式設計特定等の品質管理に関する問題の報告を行えるようにする。</p> <p>e. 要員が、積極的に業務の改善に対する貢献を行えるようにする。</p>
26	3 管理者は、管理監督する業務に関する自己評価を、あらかじめ定められた間隔で行わなければならない。	<p>2 第3項に規定する「自己評価」には、安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野に係るものを含む。</p> <p>3 第3項に規定する「あらかじめ定められた間隔」とは、品質マネジメントシステムの実効性の維持及び継続的な改善のために保安活動として取り組む必要がある課題並びに当該品質マネジメントシステムの変更を考慮に入れて設定された間隔をいう(第18条において同じ。)</p>	3) 管理者は、管理監督する業務に関する自己評価を、あらかじめ定められた間隔で行う。この自己評価には、安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野に係るものを含める。あらかじめ定められた間隔は、品質マネジメントシステムの実効性の維持および継続的な改善のために品質管理活動として取り込む必要がある課題、ならびに当該品質マネジメントシステムの変更を考慮に入れて設定される。
27	<p>第三章 経営責任者等の責任</p> <p>(組織の内部の情報の伝達)</p> <p>第十七条 経営責任者は、組織の内部の情報が適切に伝達される仕組みが確立されているようにするとともに、品質マネジメントシステムの実効性に関する情報が確実に伝達されるようにしなければならない。</p>	<p>第17条 (組織の内部の情報の伝達)</p> <p>1 第17条に規定する「組織の内部の情報が適切に伝達される仕組みが確立されているようにする」とは、品質マネジメントシステムの運営に必要となるコミュニケーションが必要に応じて行われる場や仕組みを決め、実行することをいう。</p> <p>2 第17条に規定する「品質マネジメントシステムの実効性に関する情報が確実に伝達される」とは、例えば、第18条に規定する品質マネジメントシステムの評価の結果を要員に理解させるなど、組織全体で品質マネジメントシステムの実効性に関する情報の認識を共有していることをいう。</p>	<p>3.9 組織の内部の情報の伝達</p> <p><u>取締役社長及び管理責任者</u>は、組織の内部の情報が適切に伝達される仕組みが確立されているようにするとともに、品質マネジメントシステムの実効性に関する情報が確実に伝達されるようにする。これには、品質マネジメントシステムの運営に必要となるコミュニケーションが必要に応じて行われる仕組みを決定し、実行することを含む。例えば、品質マネジメントシステムの評価の結果を要員に理解させ、組織全体で品質マネジメントシステムの実効性に関する認識を共有していることも含まれる。</p> <p><u>仕組みとして、以下の会議などを設置する。</u></p> <p>一 <u>マネジメントレビュー会議</u></p>
28	<p>第三章 経営責任者等の責任</p> <p>(マネジメントレビュー)</p> <p>第十八条 経営責任者は、品質マネジメントシステムの実効性を評価するとともに、改</p>		<p>3.10 マネジメントレビュー</p> <p><u>取締役社長</u>は、品質マネジメントシステムの実効性を評価するとともに、改善の機会を</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	善の機会を得て、保安活動の改善に必要な措置を講ずるため、品質マネジメントシステムの評価（以下「マネジメントレビュー」という。）を、あらかじめ定められた間隔で行わなければならない。		得て、品質管理活動の改善に必要な措置を講ずるため、品質マネジメントシステムの評価（以下「マネジメントレビュー」という。）を、あらかじめ定められた間隔で行う。
29	<p>第三章 経営責任者等の責任 （マネジメントレビューに用いる情報）</p> <p>第十九条 原子力事業者等は、マネジメントレビューにおいて、少なくとも次に掲げる情報を報告しなければならない。</p> <p>一 内部監査の結果</p> <p>二 組織の外部の者の意見</p> <p>三 プロセスの運用状況</p> <p>四 使用前事業者検査、定期事業者検査及び使用前検査（以下「使用前事業者検査等」という。）並びに自主検査等の結果</p> <p>五 品質目標の達成状況</p> <p>六 健全な安全文化の育成及び維持の状況</p> <p>七 関係法令の遵守状況</p> <p>八 不適合並びに是正処置及び未然防止処置の状況</p> <p>九 従前のマネジメントレビューの結果を受けて講じた措置</p> <p>十 品質マネジメントシステムに影響を及ぼすおそれのある変更</p> <p>十一 部門又は要員からの改善のための提案</p> <p>十二 資源の妥当性</p> <p>十三 保安活動の改善のために講じた措置の実効性</p>	<p>第19条（マネジメントレビューに用いる情報）</p> <p>1 第2号に規定する「組織の外部の者の意見」とは、外部監査（安全文化の外部評価を含む。）の結果（外部監査を受けた場合に限る。）、地域住民の意見、原子力規制委員会の意見等を含む。この場合において、外部監査とは、原子力事業者等が外部の組織又は者から監査、評価等を受けることをいう。</p> <p>2 第3号に規定する「プロセスの運用状況」とは、産業標準化法（昭和24年法律第185号）に基づく日本産業規格 Q9001（以下「JIS Q9001」という。）の「プロセスのパフォーマンス並びに製品及びサービスの適合」の状況及び「プロセスの監視測定で得られた結果」に相当するものをいう。</p> <p>3 第4号に規定する「自主検査等」とは、要求事項への適合性を判定するため、原子力事業者等が使用前事業者検査等のほかに自主的に行う、合否判定基準のある検証、妥当性確認、監視測定、試験及びこれらに付随するものをいう（第48条において同じ。）。</p> <p>4 第6号に規定する「健全な安全文化の育成及び維持の状況」には、内部監査による安全文化の育成及び維持の取組状況に係る評価の結果並びに管理者による安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野に係る自己評価の結果を含む。</p> <p>5 第8号に規定する「不適合並びに是正処置及び未然防止処置の状況」には、組織の内外で得られた知見（技術的な進歩により得られたものを含む。）並びに不適合その他の事象から得られた教訓を含む。</p> <p>6 第13号に規定する「保安活動の改善のために講じた措置」には、品質方針に影響を与えるおそれのある組織の内外の課題を明確にし、当該課題に取り組むことを含む（第52条第1項第4号において同じ。）。</p>	<p>3.11 マネジメントレビューに用いる情報</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、マネジメントレビューにおいて、少なくとも次に掲げる情報を報告する。</p> <p>a. 内部監査の結果</p> <p>b. <u>型式設計特定容器等の使用者その他の外部の者の意見（安全文化の外部評価を含む。）を受けた場合の結果、原子力規制委員会の意見、外部の組織または者から受けた監査、評価等を含む。</u>*1</p> <p>c. プロセスの運用状況（JIS Q 9001の「プロセスのパフォーマンス並びに製品及びサービスの適合」の状況及び「プロセスの監視測定で得られた結果」に相当するものをいう。）</p> <p>d. 使用前事業者検査、定期事業者検査及び使用前検査（以下「使用前事業者検査等」という。）並びに自主検査等の結果</p> <p>e. 品質目標の達成状況</p> <p>f. 健全な安全文化の育成及び維持の状況（内部監査による安全文化の育成及び維持の取組状況に係る評価の結果並びに管理者による安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野に係る自己評価の結果を含む。）</p> <p>g. 関係法令の遵守状況</p> <p>h. 不適合並びに是正処置及び未然防止処置の状況（組織の内外で得られた知見（技術的な進歩により得られたものを含む。）</p> <p>i. 従前のマネジメントレビューの結果を受けて講じた措置</p> <p>j. 品質マネジメントシステムに影響を及ぼすおそれのある変更</p> <p>k. 部門又は要員からの改善のための提案</p> <p>l. 資源の妥当性</p> <p>m. 品質管理活動の改善のために講じた措置（品質方針に影響を与えるおそれのある組織の内部及び外部の課題を明確にし、当該課題に取り組むことを含む。）の実効性</p>
30	第三章 経営責任者等の責任		

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>(マネジメントレビューの結果を受けて行う措置)</p> <p>第二十条 原子力事業者等は、マネジメントレビューの結果を受けて、少なくとも次に掲げる事項について決定しなければならない。</p> <p>一 品質マネジメントシステム及びプロセスの実効性の維持に必要な改善</p> <p>二 個別業務に関する計画及び個別業務の実施に関連する保安活動の改善</p> <p>三 品質マネジメントシステムの実効性の維持及び継続的な改善のために必要な資源</p> <p>四 健全な安全文化の育成及び維持に関する改善</p> <p>五 関係法令の遵守に関する改善</p> <p>2 原子力事業者等は、マネジメントレビューの結果の記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、第一項の決定をした事項について、必要な措置を講じなければならない。</p>	<p>第20条 (マネジメントレビューの結果を受けて行う措置)</p> <p>1 第1号に規定する「実効性の維持に必要な改善」とは、改善の機会を得て実施される組織の業務遂行能力を向上させるための活動をいう。</p> <p>2 第4号に規定する「健全な安全文化の育成及び維持に関する改善」には、安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野が確認された場合における改善策の検討を含む。</p>	<p>3.12 マネジメントレビューの結果を受けて行う措置</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、マネジメントレビューの結果を受けて、少なくとも次に掲げる事項について決定する。</p> <p>a. 品質マネジメントシステム及びプロセスの実効性の維持に必要な改善。これには、改善の機会を得て実施される組織の業務遂行能力を向上させるための活動も含まれる。</p> <p>b. 個別業務に関する計画及び個別業務の実施に関連する品質管理活動の改善</p> <p>c. 品質マネジメントシステムの実効性の維持及び継続的な改善のために必要な資源</p> <p>d. 健全な安全文化の育成及び維持に関する改善（安全文化についての弱点のある分野及び強化すべき分野が確認された場合における改善策の検討を含む。）</p> <p>e. 関係法令の遵守に関する改善</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、マネジメントレビューの結果の記録を作成し、これを管理する。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、1)項の決定をした事項について、必要な措置を講ずる。</p>
31	<p>第四章 資源の管理</p> <p>(資源の確保)</p> <p>第二十一条 原子力事業者等は、原子力の安全を確実なものにするために必要な次に掲げる資源を明確に定め、これを確保し、及び管理しなければならない。</p> <p>一 要員</p> <p>二 個別業務に必要な施設、設備及びサービスの体系</p> <p>三 作業環境</p> <p>四 その他必要な資源</p>	<p>第4章 資源の管理</p> <p>第21条 (資源の確保)</p> <p>1 第21条に規定する「資源を明確に定め」とは、本規程の事項を実施するために必要な資源を特定した上で、組織の内部で保持すべき資源と組織の外部から調達できる資源（本規程第2条4に規定する組織の外部から調達する者を含む。）とを明確にし、それを定めていることをいう。</p> <p>2 第2号に規定する「個別業務に必要な施設、設備及びサービスの体系」とは、JIS Q 9001の「インフラストラクチャ」をいう。</p> <p>3 第3号に規定する「作業環境」には、作業場所の放射線量、温度、照度、狭小の程度等の作業に影響を及ぼす可能性がある事項を含む。</p>	<p>4. 資源の管理</p> <p>4.1 資源の確保</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、原子力の安全を確実なものにするために必要な次に掲げる資源を明確に定め、これを確保し、及び管理する（本項記載の項目を実施するために必要な資源を特定した上で、組織の内部で保持すべき資源と外部から調達できる資源を明確にし、それを定めることを含む。）。</p> <p>a. 要員</p> <p>b. 個別業務に必要な施設、設備及びサービスの体系（JIS Q 9001の「インフラストラクチャ」をいう。）</p> <p>c. 作業環境（作業場所の放射線量、温度、照度、狭小の程度等の作業に影響を及ぼす可能性がある事項を含む。）</p> <p>d. その他必要な資源</p> <p>4.2 <u>インフラストラクチャ</u></p> <p><u>型式設計特定容器等の製造者等は、原子力の安全の達成のために必要なインフラストラクチャを関連する手順書等にて明確にし、提供し、維持する。</u></p> <p>4.3 <u>作業環境</u></p> <p><u>設計特定容器等の製造者等は、原子力の安全の達成のために必要な作業環境を関連する手順書等にて明確にし、運営管理する。この作業環境は、作業場所の放射線量を基本と</u></p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
			<u>し、異物管理や火気管理等の作業安全に関する事項及び温度、照度、狭小の程度等の作業に影響を及ぼす可能性のある事項を含める。</u>
32	<p>第四章 資源の管理</p> <p>(要員の力量の確保及び教育訓練)</p> <p>第二十二条 原子力事業者等は、個別業務の実施に必要な技能及び経験を有し、意図した結果を達成するために必要な知識及び技能並びにそれを適用する能力（以下「力量」という。）が実証された者を要員に充てなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、要員の力量を確保するために、保安活動の重要度に応じて、次に掲げる業務を行わなければならない。</p> <p>一 要員にどのような力量が必要かを明確に定めること。</p> <p>二 要員の力量を確保するために教育訓練その他の措置を講ずること。</p> <p>三 前号の措置の実効性を評価すること。</p> <p>四 要員が、自らの個別業務について次に掲げる事項を認識しているようにすること。</p> <p>イ 品質目標の達成に向けた自らの貢献</p> <p>ロ 品質マネジメントシステムの実効性を維持するための自らの貢献</p> <p>ハ 原子力の安全に対する当該個別業務の重要性</p> <p>五 要員の力量及び教育訓練その他の措置に係る記録を作成し、これを管理すること。</p>	<p>第22条（要員の力量の確保及び教育訓練）</p> <p>1 第1項に規定する「力量」には、組織が必要とする技術的、人的及び組織的側面に関する知識を含む。</p> <p>2 第2項第2号に規定する「その他の措置」には、必要な力量を有する要員を新たに配属し、又は雇用することを含む。</p>	<p>4.4 要員の力量の確保及び教育訓練</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務の実施に必要な技能及び経験を有し、意図した結果を達成するために必要な知識及び技能並びにそれを適用する能力（以下「力量」という。）が実証された者を要員に充てる。力量には、組織が必要とする技術的、人的及び組織的側面に関する知識を含む。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、要員の力量を確保するために、品質管理活動の重要度に応じて、次に掲げる業務を行う。</p> <p>a. 要員にどのような力量が必要かを明確に定める。</p> <p>b. 要員の力量を確保するために教育訓練その他の措置（必要な力量を有する要員を新たに配属又は採用することを含む。）を講ずる。</p> <p>c. <u>教育訓練その他の措置の実効性を評価すること。</u></p> <p>d. 要員が、自らの個別業務について次に掲げる事項を認識しているようにする。</p> <p>イ 品質目標の達成に向けた自らの貢献</p> <p>ロ 品質マネジメントシステムの実効性を維持するための自らの貢献</p> <p>ハ 原子力の安全に対する当該個別業務の重要性</p> <p>e. 要員の力量及び教育訓練その他の措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p>
33	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施</p> <p>(個別業務に必要なプロセスの計画)</p> <p>第二十三条 原子力事業者等は、個別業務に必要なプロセスについて、計画を策定するとともに、そのプロセスを確立しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項の計画と当該個別業務以外のプロセスに係る個別業務等要求事項との整合性を確保しなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、個別業務に関する計画（以下「個別業務計画」という。）の策定又は変更を行うに当たり、次に掲げる事項を明確にしなければならない。</p> <p>一 個別業務計画の策定又は変更の目的及び当該計画の策定又は変更により起こり得る結果</p> <p>二 機器等又は個別業務に係る品質目標及び個別業務等要求事項</p> <p>三 機器等又は個別業務に固有のプロセス、品質マネジメント文書及び資源</p>	<p>第5章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施</p> <p>第23条（個別業務に必要なプロセスの計画）</p> <p>1 第1項に規定する「計画を策定する」には、第4条第2項第3号の事項を考慮して計画を策定することを含む。</p> <p>2 第2項に規定する「個別業務等要求事項との整合性」には、業務計画を変更する場合の整合性を含む。</p> <p>3 第3項に規定する「個別業務に関する計画（以下「個別業務計画」という。）の策定又は変更」には、プロセス及び組織の変更（累積的な影響が生じ得るプロセス及び組織の軽微な変更を含む。）を含む。</p>	<p>5. 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施</p> <p>5.1 個別業務に必要なプロセスの計画</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務に必要なプロセスについて、計画を策定するとともに、そのプロセスを確立する。この計画の策定においては、<u>型式設計特定容器等の故障若しくは通常想定されない事象の発生又は業務が不適切に計画され、若しくは実行されたことにより起こり得る影響（2.1第2項3参照）を考慮する。</u></p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、前項の計画と当該個別業務以外のプロセスに係る個別業務等要求事項との整合性を確保する。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、プロセス及び組織の変更（累積的な影響が生じうるプロセス及び組織の軽微な変更を含む。）を含む個別業務に関する計画（以下「個別業務計画」という。）の策定又は変更を行うに当たり、次に掲げる事項を明確にする。</p> <p>a. 個別業務計画の策定又は変更の目的及び当該計画の策定又は変更により起こり得る結果</p> <p>b. 型式設計特定容器等又は個別業務に係る品質目標及び個別業務等要求事項</p> <p>c. 型式設計特定容器等又は個別業務に固有のプロセス、品質マネジメント文書及び資源</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>四 使用前事業者検査等、検証、妥当性確認及び監視測定並びにこれらの個別業務等要求事項への適合性を判定するための基準（以下「合否判定基準」という。）</p> <p>五 個別業務に必要なプロセス及び当該プロセスを実施した結果が個別業務等要求事項に適合することを実証するために必要な記録</p> <p>4 原子力事業者等は、策定した個別業務計画を、その個別業務の作業方法に適したものとしなければならない。</p>		<p>d. 使用前事業者検査等、検証、妥当性確認及び監視測定並びにこれらの個別業務等要求事項への適合性を判定するための基準（以下「合否判定基準」という。）</p> <p>e. 個別業務に必要なプロセス及び当該プロセスを実施した結果が個別業務等要求事項に適合することを実証するために必要な記録</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、策定した個別業務計画を、その個別業務の作業方法に適したものとする。</p>
34	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 （個別業務等要求事項として明確にすべき事項）</p> <p>第二十四条 原子力事業者等は、次に掲げる事項を個別業務等要求事項として明確に定めなければならない。</p> <p>一 組織の外部の者が明示してはいないものの、機器等又は個別業務に必要な要求事項</p> <p>二 関係法令</p> <p>三 前二号に掲げるもののほか、原子力事業者等が必要とする要求事項</p>		<p>5.2 個別業務等要求事項として明確にすべき事項</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、次に掲げる事項を個別業務等要求事項として明確に定める。</p> <p>a. 型式設計特定容器等の使用者その他の外部の者が明示してはいないものの、型式設計特定容器等又は個別業務に必要な要求事項</p> <p>b. 関係法令</p> <p>c. b 項に掲げるもののほか、型式設計特定容器等の製造者等が必要とする要求事項</p>
35	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 （個別業務等要求事項の審査）</p> <p>第二十五条 原子力事業者等は、機器等の使用又は個別業務の実施に当たり、あらかじめ、個別業務等要求事項の審査を実施しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項の審査を実施するに当たり、次に掲げる事項を確認しなければならない。</p> <p>一 当該個別業務等要求事項が定められていること。</p> <p>二 当該個別業務等要求事項が、あらかじめ定められた個別業務等要求事項と相違する場合においては、その相違点が解明されていること。</p> <p>三 原子力事業者等が、あらかじめ定められた個別業務等要求事項に適合するための能力を有していること。</p> <p>3 原子力事業者等は、第一項の審査の結果の記録及び当該審査の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>4 原子力事業者等は、個別業務等要求事項が変更された場合においては、関連する文書が改訂されるようにするとともに、関連する要員に対し変更後の個別業務等要求事項が周知されるようにしなければならない。</p>		<p>5.3 個別業務等要求事項の審査</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施に当たり、あらかじめ、個別業務等要求事項の審査を実施する。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、前項の審査を実施するに当たり、次に掲げる事項を確認する。</p> <p>a. 当該個別業務等要求事項が定められていること。</p> <p>b. 当該個別業務等要求事項が、あらかじめ定められた個別業務等要求事項と相違する場合においては、その相違点が解明されていること。</p> <p>c. 型式設計特定容器等の製造者等が、あらかじめ定められた個別業務等要求事項に適合するための能力を有していること。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、第一項の審査の結果の記録及び当該審査の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務等要求事項が変更された場合においては、関連する文書が改訂されるようにするとともに、関連する要員に対し変更後の個別業務等要求事項が周知されるようにする。</p>
36	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 （組織の外部の者との情報の伝達等）</p> <p>第二十六条 原子力事業者等は、組織の外部の者からの情報の収集及び組織の外部の者への情報の伝達のために、実効性のある方法を明確に定め、これを実施しなければならない。</p>	<p>第26条（組織の外部の者との情報の伝達等）</p> <p>1 第26条に規定する「組織の外部の者からの情報の収集及び組織の外部の者への情報の伝達のために、実効性のある方法」には、次の事項を含む。</p> <p>・組織の外部の者と効果的に連絡し、適切に情報を通知する方法</p>	<p>5.4 組織の外部の者との情報の伝達等</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、型式設計特定容器等の使用者その他の外部の者からの情報の収集及び型式設計特定容器等の使用者その他の外部の者への情報の伝達のために、実効性のある方法を明確に定め、これを実施するため以下を含める。</p> <p>・組織の外部の者と効果的に連絡し、適切に情報を通知する方法</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 予期せぬ事態における組織の外部の者との時宜を得た効果的な連絡方法 ・ 原子力の安全に関連する必要な情報を組織の外部の者に確実に提供する方法 ・ 原子力の安全に関連する組織の外部の者の懸念や期待を把握し、意思決定において適切に考慮する方法 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 予期せぬ事態における組織の外部の者との時宜を得た効果的な連絡方法 ・ 原子力の安全に関連する必要な情報を組織の外部の者に確実に提供する方法 ・ 原子力の安全に関連する組織の外部の者の懸念や期待を把握し、意思決定において適切に考慮する方法
37	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (設計開発計画)</p> <p>第二十七条 原子力事業者等は、設計開発(専ら原子力施設において用いるための設計開発に限る。)の計画(以下「設計開発計画」という。)を策定するとともに、設計開発を管理しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、設計開発計画の策定において、次に掲げる事項を明確にしなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 設計開発の性質、期間及び複雑さの程度 二 設計開発の各段階における適切な審査、検証及び妥当性確認の方法並びに管理体制 三 設計開発に係る部門及び要員の責任及び権限 四 設計開発に必要な組織の内部及び外部の資源 <p>3 原子力事業者等は、実効性のある情報の伝達並びに責任及び権限の明確な割当てがなされるようにするために、設計開発に関与する各者間の連絡を管理しなければならない。</p> <p>4 原子力事業者等は、第一項の規定により策定された設計開発計画を、設計開発の進行に応じて適切に変更しなければならない。</p>	<p>第27条(設計開発計画)</p> <p>1 第1項に規定する「設計開発」には、設備、施設、ソフトウェア及び手順書等に関する設計開発を含む。この場合において、原子力の安全のために重要な手順書等の設計開発については、新規制定の場合に加え、重要な変更がある場合にも行う必要がある。</p> <p>2 第1項に規定する「設計開発(専ら原子力施設において用いるための設計開発に限る。)の計画(以下「設計開発計画」という。)を策定する」には、不適合及び予期せぬ事象の発生等を未然に防止するための活動(第4条第2項第3号の事項を考慮して行うものを含む。)を行うことを含む。</p>	<p>5.5 設計開発計画</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発(型式設計特定容器等の製造者等において用いるための設計開発に限る。)の計画(以下「設計開発計画」という。)を策定するとともに、設計開発を管理する。この設計開発は、設備、施設、ソフトウェアの設計開発並びに原子力安全のための重要な手順書等の新規制定及び重要な変更を対象とする。また、計画には、不適合及び予期せぬ事象の発生を未然に防止するための活動2.1 2)c)項参照の事項を考慮して行うものを含める。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発計画の策定において、次に掲げる事項を明確にする。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 設計開発の性質、期間及び複雑さの程度 b. 設計開発の各段階における適切な審査、検証及び妥当性確認の方法並びに管理体制 c. 設計開発に係る部門及び要員の責任及び権限 d. 設計開発に必要な組織の内部及び外部の資源 <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、実効性のある情報の伝達並びに責任及び権限の明確な割当てがなされるようにするために、設計開発に関与する各者間の連絡を管理する。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、第一項の規定により策定された設計開発計画を、設計開発の進行に応じて適切に変更する。</p>
38	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (設計開発に用いる情報)</p> <p>第二十八条 原子力事業者等は、個別業務等要求事項として設計開発に用いる情報であって、次に掲げるものを明確に定めるとともに、当該情報に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 機能及び性能に係る要求事項 二 従前の類似した設計開発から得られた情報であって、当該設計開発に用いる情報として適用可能なもの 三 関係法令 四 その他設計開発に必要な要求事項 <p>2 原子力事業者等は、設計開発に用いる情報について、その妥当性を評価し、承認しなければならない。</p>		<p>5.6 設計開発に用いる情報</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務等要求事項として設計開発に用いる情報であって、次に掲げるものを明確に定めるとともに、当該情報に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 機能及び性能に係る要求事項 b. 従前の類似した設計開発から得られた情報であって、当該設計開発に用いる情報として適用可能なもの c. 関係法令 d. その他設計開発に必要な要求事項 <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発に用いる情報について、その妥当性を評価し、承認する。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
39	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (設計開発の結果に係る情報)</p> <p>第二十九条 原子力事業者等は、設計開発の結果に係る情報を、設計開発に用いた情報と対比して検証することができる形式により管理しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、設計開発の次の段階のプロセスに進むに当たり、あらかじめ、当該設計開発の結果に係る情報を承認しなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、設計開発の結果に係る情報を、次に掲げる事項に適合するものとしなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 設計開発に係る個別業務等要求事項に適合するものであること。 二 調達、機器等の使用及び個別業務の実施のために適切な情報を提供するものであること。 三 合否判定基準を含むものであること。 四 機器等を安全かつ適正に使用するために不可欠な当該機器等の特性が明確であること。 	<p>第29条 (設計開発の結果に係る情報)</p> <p>1 第1項に規定する「設計開発の結果に係る情報」とは、例えば、機器等の仕様又はソフトウェアをいう。</p>	<p>5.7 設計開発の結果に係る情報</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発の結果に係る情報を、設計開発に用いた情報と対比して検証することができる形式により管理する(例えば、機器等の仕様又はソフトウェアをいう)。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発の次の段階のプロセスに進むに当たり、あらかじめ、当該設計開発の結果に係る情報を承認する。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発の結果に係る情報を、次に掲げる事項に適合するものとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 設計開発に係る個別業務等要求事項に適合する。 b. 調達、型式設計特定容器等の使用及び個別業務の実施のために適切な情報を提供するものである。 c. 合否判定基準を含むものである。 d. 型式設計特定容器等を安全かつ適正に製造および使用するために不可欠な当該型式設計特定容器等の特性が明確である。
40	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (設計開発レビュー)</p> <p>第三十条 原子力事業者等は、設計開発の適切な段階において、設計開発計画に従って、次に掲げる事項を目的とした体系的な審査(以下「設計開発レビュー」という。)を実施しなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 設計開発の結果の個別業務等要求事項への適合性について評価すること。 二 設計開発に問題がある場合においては、当該問題の内容を明確にし、必要な措置を提案すること。 <p>2 原子力事業者等は、設計開発レビューに、当該設計開発レビューの対象となっている設計開発段階に関連する部門の代表者及び当該設計開発に係る専門家を参加させなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、設計開発レビューの結果の記録及び当該設計開発レビューの結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p>		<p>5.8 設計開発のレビュー</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発の適切な段階において、設計開発計画に従って、次に掲げる事項を目的とした体系的な審査(以下「設計開発レビュー」という。)を実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 設計開発の結果の個別業務等要求事項への適合性について評価する。 b. 設計開発に問題がある場合においては、当該問題の内容を明確にし、必要な措置を提案する。 <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発レビューに、当該設計開発レビューの対象となっている設計開発段階に関連する部門の代表者及び当該設計開発に係る専門家を参加させる。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発レビューの結果の記録及び当該設計開発レビューの結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p>
41	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (設計開発の検証)</p> <p>第三十一条 原子力事業者等は、設計開発の結果が個別業務等要求事項に適合している状態を確保するために、設計開発計画に従って検証を実施しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項の検証の結果の記録及び当該検証の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、当該設計開発を行った要員に第一項の検証をさせてはならない。</p>	<p>第31条 (設計開発の検証)</p> <p>1 第1項に規定する「設計開発計画に従って検証を実施しなければならない」には、設計開発計画に従ってプロセスの次の段階に移行する前に、当該設計開発に係る個別業務等要求事項への適合性の確認を行うこと含む。</p>	<p>5.9 設計開発の検証</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発の結果が個別業務等要求事項に適合している状態を確保するために、設計開発計画に従って検証を実施する(設計開発計画に従ってプロセスの次の段階に移行する前に、当該設計開発に係る個別業務等要求事項への適合性の確認を行うこと含む)。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、1)の検証の結果の記録及び当該検証の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、当該設計開発を行った要員に第一項の検証をさせない。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
42	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (設計開発の妥当性確認)</p> <p>第三十二条 原子力事業者等は、設計開発の結果の個別業務等要求事項への適合性を確認するために、設計開発計画に従って、当該設計開発の妥当性確認（以下この条において「設計開発妥当性確認」という。）を実施しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、機器等の使用又は個別業務の実施に当たり、あらかじめ、設計開発妥当性確認を完了しなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、設計開発妥当性確認の結果の記録及び当該設計開発妥当性確認の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p>	<p>第32条（設計開発の妥当性確認）</p> <p>1 第1項に規定する「当該設計開発の妥当性確認（以下この条において「設計開発妥当性確認」という。）を実施しなければならない」には、機器等の設置後でなければ妥当性確認を行うことができない場合において、当該機器等の使用を開始する前に、設計開発妥当性確認を行うことを含む。</p>	<p>5.10 設計開発の妥当性確認</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発の結果の個別業務等要求事項への適合性を確認するために、設計開発計画に従って、当該設計開発の妥当性確認（以下「設計開発妥当性確認」という。）を実施する（機器等の設置後でなければ妥当性確認を行うことができない場合において、当該機器等の使用を開始する前に、設計開発妥当性確認を行うことを含む。）。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施に当たり、あらかじめ、設計開発妥当性確認を完了する。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発妥当性確認の結果の記録及び当該設計開発妥当性確認の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p>
43	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (設計開発の変更の管理)</p> <p>第三十三条 原子力事業者等は、設計開発の変更を行った場合においては、当該変更の内容を識別することができるようにするとともに、当該変更に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、設計開発の変更を行うに当たり、あらかじめ、審査、検証及び妥当性確認を行い、変更を承認しなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、前項の審査において、設計開発の変更が原子力施設に及ぼす影響の評価（当該原子力施設を構成する材料又は部品に及ぼす影響の評価を含む。）を行わなければならない。</p> <p>4 原子力事業者等は、第二項の審査、検証及び妥当性確認の結果の記録及びその結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p>		<p>5.11 設計開発の変更の管理</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発の変更を行った場合においては、当該変更の内容を識別することができるようにするとともに、当該変更に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、設計開発の変更を行うに当たり、あらかじめ、審査、検証及び妥当性確認を行い、変更を承認する。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、2)の審査において、設計開発の変更が型式設計特定容器等に及ぼす影響の評価（当該型式設計特定容器等を構成する材料又は部品に及ぼす影響の評価を含む。）を行う。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、2)の審査、検証及び妥当性確認の結果の記録及びその結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p>
44	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (調達プロセス)</p> <p>第三十四条 原子力事業者等は、調達する物品又は役務（以下「調達物品等」という。）が、自ら規定する調達物品等に係る要求事項（以下「調達物品等要求事項」という。）に適合するようにしなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、保安活動の重要度に応じて、調達物品等の供給者及び調達物品等に適用される管理の方法及び程度を定めなければならない。この場合において、一般産業用工業品については、調達物品等の供給者等から必要な情報を入手し当該一般産業用工業品が調達物品等要求事項に適合していることを確認できるように、管理の方法及び程度を定めなければならない。</p>	<p>第34条（調達プロセス）</p> <p>1 第2項に規定する「調達物品等に適用される管理の方法及び程度」には、力量を有する者を組織の外部から確保する際に、外部への業務委託の範囲を品質マネジメント文書に明確に定めることを含む。</p> <p>2 第2項に規定する「管理の方法」とは、調達物品等が調達物品等要求事項に適合していることを確認する適切な方法（機器単位の検証、調達物品等の妥当性確認等の方法）をいう。</p> <p>3 第2項に規定する「調達物品等の供給者等から必要な情報を入手し当該一般産業用工業品が調達物品等要求事項に適合していることを確認できるように、管理の方法及び程度を定めなければならない」には、例えば、次のように原子力事業者等が当該一般産</p>	<p>5.12 調達プロセス</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達する物品又は役務（以下「調達物品等」という。）が、自ら規定する調達物品等に係る要求事項（以下「調達物品等要求事項」という。）に適合するようにする。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、品質管理活動の重要度に応じて、調達物品等の供給者及び調達物品等に適用される管理の方法及び程度を定めなければならない。この場合において、一般産業用工業品については、調達物品等の供給者等から必要な情報を入手し当該一般産業用工業品が調達物品等要求事項に適合していることを確認できるように、管理の方法及び程度を定める（力量を有する者を組織の外部から確保する際に、外部への業務委託の範囲を品質マネジメント文書に明確に定めることを含む。また、調達物品等が調達物品等要求事項に適合していることを確認する適切な方法（機器単位の検証、調達物品等の妥当性確認等の方法）を含む。）。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>3 原子力事業者等は、調達物品等要求事項に従い、調達物品等を供給する能力を根拠として調達物品等の供給者を評価し、選定しなければならない。</p> <p>4 原子力事業者等は、調達物品等の供給者の評価及び選定に係る判定基準を定めなければならない。</p> <p>5 原子力事業者等は、第三項の評価の結果の記録及び当該評価の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>6 原子力事業者等は、調達物品等を調達する場合には、個別業務計画において、適切な調達の実施に必要な事項(当該調達物品等の調達後におけるこれらの維持又は運用に必要な技術情報(原子力施設の保安に係るものに限る。)の取得及び当該情報を他の原子力事業者等と共有するために必要な措置に関する事項を含む。)を定めなければならない。</p>	<p>業用工業品に関する技術的な評価を行うことをいう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・採用しようとする一般産業用工業品の技術情報を供給者等から入手し、原子力事業者等が当該一般産業用工業品の技術的な評価を行うこと。 ・一般産業用工業品を設置しようとする環境等の情報を供給者等に提供し、供給者等に当該一般産業用工業品の技術的な評価を行わせること。 	<p>なお、一般産業用工業品については、例えば、次のように原子力事業者等が当該一般産業用工業品に関する技術的な評価を行うことをいう。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・採用しようとする一般産業用工業品の技術情報を供給者等から入手し、原子力事業者等が当該一般産業用工業品の技術的な評価を行うこと。 ・一般産業用工業品を設置しようとする環境等の情報を供給者等に提供し、供給者等に当該一般産業用工業品の技術的な評価を行わせること。 <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等要求事項に従い、調達物品等を供給する能力を根拠として調達物品等の供給者を評価し、選定する。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等の供給者の評価及び選定に係る判定基準を定める。</p> <p>5) 型式設計特定容器等の製造者等は、3)の評価の結果の記録及び当該評価の結果に基づき講じた措置に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>6) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等を調達する場合には、個別業務計画において、適切な調達の実施に必要な事項(当該調達物品等の調達後におけるこれらの維持又は運用に必要な技術情報(型式設計特定容器等の品質管理に係るものに限る。)の取得及び当該情報を他の型式設計特定容器等の製造者等と共有するために必要な措置に関する事項を含む。)を定める。</p>
45	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (調達物品等要求事項)</p> <p>第三十五条 原子力事業者等は、調達物品等に関する情報に、次に掲げる調達物品等要求事項のうち、該当するものを含めなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 調達物品等の供給者の業務のプロセス及び設備に係る要求事項 二 調達物品等の供給者の要員の力量に係る要求事項 三 調達物品等の供給者の品質マネジメントシステムに係る要求事項 四 調達物品等の不適合の報告及び処理に係る要求事項 <p>五 調達物品等の供給者が健全な安全文化を育成し、及び維持するために必要な要求事項</p> <p>六 一般産業用工業品を機器等に使用するに当たっての評価に必要な要求事項</p> <p>七 その他調達物品等に必要な要求事項</p> <p>2 原子力事業者等は、調達物品等要求事項として、原子力事業者等が調達物品等の供給者の工場等において使用前事業者検査等その他の個別業務を行う際の原子力規制委員会の職員による当該工場等への立入りに関することを含めなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、調達物品等の供給者に対し調達物品等に関する情報を提供するに当たり、あらかじめ、当該調達物品等要求事項の妥当性を確認しなければならない。</p>	<p>第35条 (調達物品等要求事項)</p> <p>1 第1項第4号に規定する「不適合の報告」には、偽造品又は模造品等の報告を含む。</p> <p>2 第2項に規定する「その他の個別業務」とは、例えば、原子力事業者等が、プロセスの確認、検証及び妥当性確認のために供給者が行う活動への立会いや記録確認等を行うことをいう。</p>	<p>5.13 調達物品等要求事項</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等に関する情報に、次に掲げる調達物品等要求事項のうち、該当するものを含める。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 調達物品等の供給者の業務のプロセス及び設備に係る要求事項 b. 調達物品等の供給者の要員の力量に係る要求事項 c. 調達物品等の供給者の品質マネジメントシステムに係る要求事項 d. 調達物品等の不適合の報告(偽造品又は模造品含む。)及び処理に係る要求事項 e. 調達物品等の供給者が健全な安全文化を育成し、及び維持するために必要な要求事項 f. 一般産業用工業品を型式設計特定容器等に使用するに当たっての評価に必要な要求事項 g. その他調達物品等に必要な要求事項 <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等要求事項として、型式設計特定容器等の製造者等が調達物品等の供給者の工場等においてプロセスの確認、検証、妥当性確認及び使用前事業者検査等その他の個別業務を行う際の原子力規制委員会の職員による当該工場等への立入りに関することを含める。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等の供給者に対し調達物品等に関する情報を提供するに当たり、あらかじめ、当該調達物品等要求事項の妥当性を確認する。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	4 原子力事業者等は、調達物品等を受領する場合には、調達物品等の供給者に対し、調達物品等要求事項への適合状況を記録した文書を提出させなければならない。		4) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等を受領する場合には、調達物品等の供給者に対し、調達物品等要求事項への適合状況を記録した文書を提出させる。
46	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (調達物品等の検証)</p> <p>第三十六条 原子力事業者等は、調達物品等が調達物品等要求事項に適合しているようにするために必要な検証の方法を定め、実施しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、調達物品等の供給者の工場等において調達物品等の検証を実施することとしたときは、当該検証の実施要領及び調達物品等の供給者からの出荷の可否の決定の方法について調達物品等要求事項の中で明確に定めなければならない。</p>		<p>5.14 調達物品等の検証</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等が調達物品等要求事項に適合しているようにするために必要な検証の方法を定め、実施する。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、調達物品等の供給者の工場等において調達物品等の検証を実施することとしたときは、当該検証の実施要領及び調達物品等の供給者からの出荷の可否の決定の方法について調達物品等要求事項の中で明確に定める。</p>
47	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (個別業務の管理)</p> <p>第三十七条 原子力事業者等は、個別業務計画に基づき、個別業務を次に掲げる事項(当該個別業務の内容等から該当しないと認められるものを除く。)に適合するように実施しなければならない。</p> <p>一 原子力施設の保安のために必要な情報が利用できる体制にあること。</p> <p>二 手順書等が必要な時に利用できる体制にあること。</p> <p>三 当該個別業務に見合う設備を使用していること。</p> <p>四 監視測定のための設備が利用できる体制にあり、かつ、当該設備を使用していること。</p> <p>五 第四十七条の規定に基づき監視測定を実施していること。</p> <p>六 この規則の規定に基づき、プロセスの次の段階に進むことの承認を行っていること。</p>	<p>第37条 (個別業務の管理)</p> <p>1 第1号に規定する「原子力施設の保安のために必要な情報」には、次の事項を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・保安のために使用する機器等又は実施する個別業務の特性 ・当該機器等の使用又は個別業務の実施により達成すべき結果 	<p>5.15 個別業務の管理</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務計画に基づき、個別業務を次に掲げる事項(当該個別業務の内容等から該当しないと認められるものを除く。)に適合するように実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 品質管理活動のために必要な情報が利用できる体制にある。 <ul style="list-style-type: none"> イ <u>品質管理のために使用する型式設計特定容器等又は実施する個別業務の特性</u> ロ <u>当該型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施により達成すべき結果</u> b. 手順書等が必要な時に利用できる体制にある。 c. 当該個別業務に見合う設備を使用している。 d. 監視測定のための設備が利用できる体制にあり、かつ、当該設備を使用している。 e. 6.4項の規定に基づき監視測定を実施していること。 f. この規則の規定に基づき、プロセスの次の段階に進むことの承認を行っている。
48	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (個別業務の実施に係るプロセスの妥当性確認)</p> <p>第三十八条 原子力事業者等は、個別業務の実施に係るプロセスについて、それ以降の監視測定では当該プロセスの結果を検証することができない場合(個別業務が実施された後のみ不適合その他の事象が明確になる場合を含む。)においては、妥当性確認を行わなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項のプロセスが個別業務計画に定めた結果を得ることができることを、同項の妥当性確認によって実証しなければならない。</p>	<p>第38条 (個別業務の実施に係るプロセスの妥当性確認)</p>	<p>5.16 個別業務の実施に係るプロセスの妥当性確認</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務の実施に係るプロセスについて、それ以降の監視測定では当該プロセスの結果を検証することができない場合(個別業務が実施された後のみ不適合その他の事象が明確になる場合を含む。)においては、妥当性確認を行う。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、前項のプロセスが個別業務計画に定めた結果を得ることができることを、同項の妥当性確認によって実証する。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>3 原子力事業者等は、妥当性確認を行った場合は、その結果の記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>4 原子力事業者等は、第一項の妥当性確認の対象とされたプロセスについて、次に掲げる事項（当該プロセスの内容等から該当しないと認められるものを除く。）を明確にしなければならない。</p> <ul style="list-style-type: none"> 一 当該プロセスの審査及び承認のための判定基準 二 妥当性確認に用いる設備の承認及び要員の力量を確認する方法 三 妥当性確認の方法 	<p>1 第4項第3号に規定する「妥当性確認」には、対象となる個別業務計画の変更時の再確認及び一定期間が経過した後に行う定期的な再確認を含む。</p>	<p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、妥当性確認を行った場合は、その結果の記録を作成し、これを管理する。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、第一項の妥当性確認の対象とされたプロセスについて、次に掲げる事項（当該プロセスの内容等から該当しないと認められるものを除く。）を明確にする。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 当該プロセスの審査及び承認のための判定基準 b. 妥当性確認に用いる設備の承認及び要員の力量を確認する方法 c. 妥当性確認の方法(対象となる個別業務計画の変更時の再確認及び一定期間が経過した後に行う定期的な再確認を含む。)
49	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (識別管理)</p> <p>第三十九条 原子力事業者等は、個別業務計画及び個別業務の実施に係る全てのプロセスにおいて、適切な手段により、機器等及び個別業務の状態を識別し、管理しなければならない。</p>	<p>第39条 (識別管理)</p> <p>1 第39条に規定する「機器等及び個別業務の状態を識別」とは、不注意による誤操作、検査の設定条件の不備又は実施漏れ等を防ぐために、例えば、札の貼付けや個別業務の管理等により機器等及び個別業務の状態を区別することをいう。</p>	<p>5.17 識別管理及びトレーサビリティの確保</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務計画及び個別業務の実施に係るすべてのプロセスにおいて、適切な手段(札の貼り付け、個別業務の管理等)により、型式設計特定容器等及び個別業務の状態を識別し、管理する。</p>
50	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (トレーサビリティの確保)</p> <p>第四十条 原子力事業者等は、トレーサビリティ(機器等の使用又は個別業務の実施に係る履歴、適用又は所在を追跡できる状態をいう。)の確保が個別業務等要求事項である場合においては、機器等又は個別業務を識別し、これを記録するとともに、当該記録を管理しなければならない。</p>		<p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、トレーサビリティ(型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施に係る履歴、適用又は所在を追跡できる状態をいう。)の確保が個別業務等要求事項である場合においては、型式設計特定容器等又は個別業務を識別し、これを記録するとともに、当該記録を管理する。</p>
51	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (組織の外部の者の物品)</p> <p>第四十一条 原子力事業者等は、組織の外部の者の物品を所持している場合においては、必要に応じ、記録を作成し、これを管理しなければならない。</p>	<p>第41条 (組織の外部の者の物品)</p> <p>1 第41条に規定する「組織の外部の者の物品」とは、JIS Q 9001の「顧客又は外部提供者の所有物」をいう。</p>	<p>5.18 型式設計特定容器等の使用者その他の外部の者の物品</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、型式設計特定容器等の使用者その他の外部の者の物品(JIS Q 9001の顧客又は外部提供者の所有物を含む。)を所持している場合においては、必要に応じ、記録を作成し、これを管理する。</p>
52	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (調達物品の管理)</p> <p>第四十二条 原子力事業者等は、調達した物品が使用されるまでの間、当該物品を調達物品等要求事項に適合するように管理(識別表示、取扱い、包装、保管及び保護を含む。)しなければならない。</p>		<p>5.19 調達物品の管理</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、調達した物品が使用されるまでの間、当該物品を調達物品等要求事項に適合するように管理(識別表示、取扱い、包装、保管及び保護を含む。)する。</p>
53	<p>第五章 個別業務に関する計画の策定及び個別業務の実施 (監視測定のための設備の管理)</p> <p>第四十三条 原子力事業者等は、機器等又は個別業務の個別業務等要求事項への適合性の実証に必要な監視測定及び当該監視測定のための設備を明確に定めなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項の監視測定について、実施可能であり、かつ、当該監視測定に係る要求事項と整合性のとれた方法で実施しなければならない。</p>	<p>第43条 (監視測定のための設備の管理)</p>	<p>5.20 監視測定のための設備の管理</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、型式設計特定容器等又は個別業務の個別業務等要求事項への適合性の実証に必要な監視測定及び当該監視測定のための設備を明確に定める。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、上記の監視測定について、実施可能であり、かつ、当該監視測定に係る要求事項と整合性のとれた方法で実施する。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>3 原子力事業者等は、監視測定の結果の妥当性を確保するために、監視測定のために必要な設備を、次に掲げる事項に適合するものとしなければならない。</p> <p>一 あらかじめ定められた間隔で、又は使用の前に、計量の標準まで追跡することが可能な方法（当該計量の標準が存在しない場合にあつては、校正又は検証の根拠について記録する方法）により校正又は検証がなされていること。</p> <p>二 校正の状態が明確になるよう、識別されていること。</p> <p>三 所要の調整がなされていること。</p> <p>四 監視測定の結果を無効とする操作から保護されていること。</p> <p>五 取扱い、維持及び保管の間、損傷及び劣化から保護されていること。</p> <p>4 原子力事業者等は、監視測定のための設備に係る要求事項への不適合が判明した場合においては、従前の監視測定の結果の妥当性を評価し、これを記録しなければならない。</p> <p>5 原子力事業者等は、前項の場合において、当該監視測定のための設備及び同項の不適合により影響を受けた機器等又は個別業務について、適切な措置を講じなければならない。</p> <p>6 原子力事業者等は、監視測定のための設備の校正及び検証の結果の記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>7 原子力事業者等は、監視測定においてソフトウェアを使用することとしたときは、その初回の使用に当たり、あらかじめ、当該ソフトウェアが意図したとおりに当該監視測定に適用されていることを確認しなければならない。</p>	<p>1 第3項第1号に規定する「あらかじめ定められた間隔」とは、第23条第1項の規定に基づき定めた計画に基づく間隔をいう。</p>	<p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、監視測定の結果の妥当性を確保するために、監視測定のために必要な設備を、次に掲げる事項に適合するものとする。</p> <p>a. あらかじめ定められた間隔で、又は使用の前に、計量の標準まで追跡することが可能な方法(当該計量の標準が存在しない場合にあつては、校正又は検証の根拠について記録する方法)により校正又は検証がなされている。</p> <p>b. 校正の状態が明確になるよう、識別されている。</p> <p>c. 所要の調整がなされている。</p> <p>d. 監視測定の結果を無効とする操作から保護されている。</p> <p>e. 取扱い、維持及び保管の間、損傷及び劣化から保護されている。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、監視測定のための設備に係る要求事項への不適合が判明した場合においては、従前の監視測定の結果の妥当性を評価し、これを記録する。</p> <p>5) 型式設計特定容器等の製造者等は、上記の場合において、当該監視測定のための設備及び上記の不適合により影響を受けた型式設計特定容器等又は個別業務について、適切な措置を講じる。</p> <p>6) 型式設計特定容器等の製造者等は、監視測定のための設備の校正及び検証の結果の記録を作成し、これを管理する。</p> <p>7) 型式設計特定容器等の製造者等は、監視測定においてソフトウェアを使用することとしたときは、その初回の使用に当たり、あらかじめ、当該ソフトウェアが意図したとおりに当該監視測定に適用されていることを確認する。</p>
54	<p>第六章 評価及び改善 (監視測定、分析、評価及び改善)</p> <p>第四十四条 原子力事業者等は、監視測定、分析、評価及び改善に係るプロセスを計画し、実施しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、要員が前項の監視測定の結果を利用できるようにしなければならない。</p>	<p>第6章 評価及び改善</p> <p>第44条 (監視測定、分析、評価及び改善)</p> <p>1 第1項に規定する「監視測定、分析、評価及び改善に係るプロセス」には、取り組むべき改善に係る部門の管理者等の要員を含め、組織が当該改善の必要性、方針、方法等について検討するプロセスを含む。</p> <p>2 第2項に規定する「要員が前項の監視測定の結果を利用できるようにしなければならない」とは、要員が情報を容易に取得し、改善活動に用いることができる体制があることをいう。</p>	<p>6. 評価及び改善</p> <p>6.1 監視測定、分析、評価及び改善</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、監視測定、分析、評価及び改善に係るプロセスを計画し、実施する。このプロセスには、取り組むべき改善に係る部門の管理者等の要員を含め、組織が当該改善の必要性、方針、方法等について検討するプロセスを含める。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、要員が前項の監視測定の結果を利用できるようにする。</p>
55	<p>第六章 評価及び改善 (組織の外部の者の意見)</p> <p>第四十五条 原子力事業者等は、監視測定の一環として、原子力の安全の確保に対する組織の外部の者の意見を把握しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項の意見の把握及び当該意見の反映に係る方法を明確に定めなければならない。</p>	<p>第45条 (組織の外部の者の意見)</p> <p>1 第1項に規定する「組織の外部の者の意見を把握」には、例えば、外部監査結果の把握、地元自治体及び地元住民の保安活動に関する意見の把握並びに原子力規制委員会の指摘等の把握がある。</p>	<p>6.2 組織の外部の者の意見</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、監視測定の一環として、原子力の安全の確保に対する型式設計特定容器等の使用者その他の外部の者の意見を把握する。<u>外部の者の意見の把握には、外部監査の結果、原子力規制委員会の指摘等を含める。*</u>²</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、前項の意見の把握及び当該意見の反映に係る方法を明確に定める。</p>
56	第六章 評価及び改善 (内部監査)	第46条 (内部監査)	

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>第四十六条 原子力事業者等は、品質マネジメントシステムについて、次に掲げる要件への適合性を確認するために、保安活動の重要度に応じて、あらかじめ定められた間隔で、客観的な評価を行う部門その他の体制により内部監査を実施しなければならない。</p> <p>一 この規則の規定に基づく品質マネジメントシステムに係る要求事項</p> <p>二 実効性のある実施及び実効性の維持</p> <p>2 原子力事業者等は、内部監査の判定基準、監査範囲、頻度、方法及び責任を定めなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、内部監査の対象となり得る部門、個別業務、プロセスその他の領域（以下単に「領域」という。）の状態及び重要性並びに従前の監査の結果を考慮して内部監査の対象を選定し、かつ、内部監査の実施に関する計画（以下「内部監査実施計画」という。）を策定し、及び実施することにより、内部監査の実効性を維持しなければならない。</p> <p>4 原子力事業者等は、内部監査を行う要員（以下「内部監査員」という。）の選定及び内部監査の実施においては、客観性及び公平性を確保しなければならない。</p> <p>5 原子力事業者等は、内部監査員又は管理者に自らの個別業務又は管理下にある個別業務に関する内部監査をさせてはならない。</p> <p>6 原子力事業者等は、内部監査実施計画の策定及び実施並びに内部監査結果の報告並びに記録の作成及び管理について、その責任及び権限並びに内部監査に係る要求事項を手順書等に定めなければならない。</p> <p>7 原子力事業者等は、内部監査の対象として選定された領域に責任を有する管理者に内部監査結果を通知しなければならない。</p> <p>8 原子力事業者等は、不適合が発見された場合には、前項の通知を受けた管理者に、不適合を除去するための措置及び是正処置を遅滞なく講じさせるとともに、当該措置の検証を行わせ、その結果を報告させなければならない。</p>	<p>1 第1項に規定する「客観的な評価を行う部門その他の体制により内部監査を実施」するに当たり、重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置が要求されていない原子力施設においては、内部監査の対象に関与していない要員に実施させることができる。</p> <p>2 第6項に規定する「権限」には、必要に応じ、内部監査員又は内部監査を実施した部門が内部監査結果を経営責任者に直接報告する権限を含む。</p>	<p>6.3 内部監査</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、品質マネジメントシステムについて、次に掲げる要件への適合性を確認するために、品質管理活動の重要度に応じて、あらかじめ定められた間隔で、客観的な評価を行う部門その他の体制により内部監査を実施する。内部監査の実施に際し、重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置が要求されていない型式設計特定容器等においては、内部監査の対象に関与していない要員に実施させることができる。</p> <p>a. 本計画書の規定に基づく品質マネジメントシステムに係る要求事項</p> <p>b. 実効性のある実施及び実効性の維持</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、内部監査の判定基準、監査範囲、頻度、方法及び責任を定める。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、内部監査の対象となり得る部門、個別業務、プロセスその他の領域（以下「領域」という。）の状態及び重要性並びに従前の監査の結果を考慮して内部監査の対象を選定し、かつ、内部監査の実施に関する計画（以下「内部監査実施計画」という。）を策定し、及び実施することにより、内部監査の実効性を維持する。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、内部監査を行う要員（以下「内部監査員」という。）の選定及び内部監査の実施においては、客観性及び公平性を確保する。</p> <p>5) 型式設計特定容器等の製造者等は、内部監査員又は管理者に自らの個別業務又は管理下にある個別業務に関する内部監査をさせない。</p> <p>6) 型式設計特定容器等の製造者等は、内部監査実施計画の策定及び実施並びに内部監査結果の報告並びに記録の作成及び管理について、その責任及び権限並びに内部監査に係る要求事項を手順書等に定める。この責任及び権限には、必要に応じて内部監査員又は内部監査を実施した部門が取締役社長に直接報告する権限を含める。</p> <p>7) 型式設計特定容器等の製造者等は、内部監査の対象として選定された領域に責任を有する管理者に内部監査結果を通知する。</p> <p>8) 型式設計特定容器等の製造者等は、不適合が発見された場合には、前項の通知を受けた管理者に、不適合を除去するための措置及び是正処置を遅滞なく講じさせるとともに、当該措置の検証を行わせ、その結果を報告させる。</p>
57	<p>第六章 評価及び改善</p> <p>（プロセスの監視測定）</p> <p>第四十七条 原子力事業者等は、プロセスの監視測定を行う場合においては、当該プロ</p>	<p>第47条（プロセスの監視測定）</p> <p>1 第1項に規定する「監視測定」の対象には、機器等及び保安活動に係る不適合につ</p>	<p>6.4 プロセスの監視測定</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、プロセスの監視測定を行う場合においては、当</p>

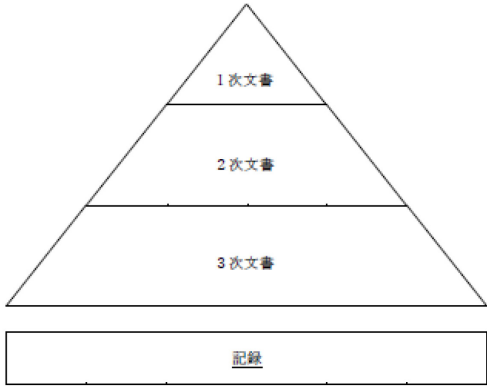
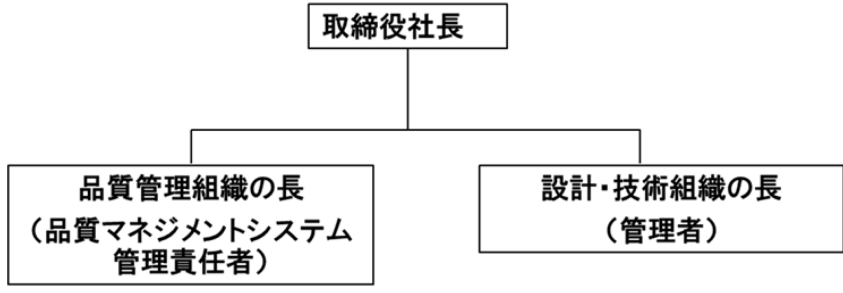
No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>セスの監視測定に見合う方法により、これを行わなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項の監視測定の実施に当たり、保安活動の重要度に応じて、保安活動指標を用いなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、第一項の方法により、プロセスが第十三条第一項及び第二十三条第一項の計画に定めた結果を得ることができることを実証しなければならない</p> <p>4 原子力事業者等は、第一項の監視測定の結果に基づき、保安活動の改善のために、必要な措置を講じなければならない。</p> <p>5 原子力事業者等は、第十三条第一項及び第二十三条第一項の計画に定めた結果を得ることができない場合又は当該結果を得ることができないおそれがある場合においては、個別業務等要求事項への適合性を確保するために、当該プロセスの問題を特定し、当該問題に対して適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>いての弱点のある分野及び強化すべき分野等に関する情報を含む。</p> <p>2 第1項に規定する「監視測定」の方法には、次の事項を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・監視測定の実施時期 ・監視測定の結果の分析及び評価の方法並びに時期 	<p>該プロセスの監視測定に見合う方法により、これを行う。監視測定の対象には、型式設計特定容器等及び品質管理活動に係る不適合についての弱点のある分野及び強化すべき分野等に関する情報を含める。また、監視及び測定の方法には、次の事項を含める。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 監視及び測定の実施時期 b. 監視及び測定の結果の分析及び評価の方法並びにその時期 <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、前項の監視測定の実施に当たり、品質管理活動の重要度に応じて、品質管理活動指標を用いる。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、1)の方法により、プロセスが3.5項及び5.1項の計画に定めた結果を得ることができることを実証する。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、1)の監視測定の結果に基づき、品質管理活動の改善のために、必要な措置を講ずる。</p> <p>5) 型式設計特定容器等の製造者等は、3.5項及び5.1項の計画に定めた結果を得ることができない場合又は当該結果を得ることができないおそれがある場合においては、個別業務等要求事項への適合性を確保するために、当該プロセスの問題を特定し、当該問題に対して適切な措置を講ずる。</p>
58	<p>第六章 評価及び改善 (機器等の検査等)</p> <p>第四十八条 原子力事業者等は、機器等に係る要求事項への適合性を検証するために、個別業務計画に従って、個別業務の実施に係るプロセスの適切な段階において、使用前事業者検査等又は自主検査等を実施しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、使用前事業者検査等又は自主検査等の結果に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、プロセスの次の段階に進むことの承認を行った要員を特定することができる記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>4 原子力事業者等は、個別業務計画に基づく使用前事業者検査等又は自主検査等を支障なく完了するまでは、プロセスの次の段階に進むことの承認をしてはならない。ただし、当該承認の権限を持つ要員が、個別業務計画に定める手順により特に承認をする場合は、この限りでない。</p> <p>5 原子力事業者等は、保安活動の重要度に応じて、使用前事業者検査等の独立性（使用前事業者検査等を実施する要員をその対象となる機器等を所管する部門に属する要員と部門を異にする要員とすることその他の方法により、使用前事業者検査等の中立性及び信頼性が損なわれないことをいう。）を確保しなければならない。</p>	<p>第48条（機器等の検査等）</p> <p>1 第2項に規定する「使用前事業者検査等又は自主検査等の結果に係る記録」には、必要に応じ、検査において使用した試験体や計測機器等に関する記録を含む。</p> <p>2 第5項に規定する「使用前事業者検査等の独立性（使用前事業者検査等を実施する要員をその対象となる機器等を所管する部門に属する要員と部門を異にする要員とすることその他の方法により、使用前事業者検査等の中立性及び信頼性が損なわれないことをいう。）を確保」するに当たり、重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置が要求されていない原子力施設においては、当該使用前事業者検査等の対象となる機器等の</p>	<p>6.5 型式設計特定容器等の検査等</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、型式設計特定容器等に係る要求事項への適合性を検証するために、個別業務計画に従って、個別業務の実施に係るプロセスの適切な段階において、使用前事業者検査等又は自主検査等を実施する。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、使用前事業者検査等又は自主検査等の結果に係る記録を作成し、これを管理する（必要に応じ、検査において使用した試験体や計測機器等に関する記録も含む。）。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、プロセスの次の段階に進むことの承認を行った要員を特定することができる記録を作成し、これを管理する。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務計画に基づく使用前事業者検査等又は自主検査等を支障なく完了するまでは、プロセスの次の段階に進むことの承認をしてはならない。ただし、当該承認の権限を持つ要員が、個別業務計画に定める手順により特に承認をする場合は、この限りでない。</p> <p>5) 型式設計特定容器等の製造者等は、品質管理活動の重要度に応じて、使用前事業者検査等の独立性（使用前事業者検査等を実施する要員をその対象となる型式設計特定容器等を所管する部門に属する要員と部門を異にする要員（使用前事業者検査等を実施する要員と当該検査対象となる機器等を所管する部門に属する要員が、型式設計特定容器等の品質マネジメントシステム計画に記載の職務と照らし合わせ、別の部門に</p>

No	<p>原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則</p> <p>6 前項の規定は、自主検査等について準用する。この場合において、「部門を異にする要員」とあるのは「必要に応じて部門を異にする要員」と読み替えるものとする。</p>	<p>原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈</p> <p>工事（補修、取替え、改造等）又は点検に関与していない要員に使用前事業者検査等を実施させることができる。</p> <p>3 第5項に規定する「部門を異にする要員とすること」とは、使用前事業者検査等を実施する要員と当該検査対象となる機器等を所管する部門に属する要員が、原子力施設の保安規定に規定する職務の内容に照らして、別の部門に所属していることをいう。</p> <p>4 第5項に規定する「使用前事業者検査等の中立性及び信頼性が損なわれないこと」とは、使用前事業者検査等を実施する要員が、当該検査等に必要な力量を持ち、適正な判定を行うに当たり、何人からも不当な影響を受けることなく、当該検査等を実施できる状況にあることをいう。</p> <p>第49条（不適合の管理）</p> <p>1 第1項に規定する「当該機器等又は個別業務を特定し、これを管理しなければならない」とは、不適合が確認された機器等又は個別業務が識別され、不適合が全て管理されていることをいう。</p> <p>2 第2項に規定する「不適合の処理に係る管理」には、不適合に関連する管理者に報告することを含む。</p>	<p>品質管理方法等に関する基本方針</p> <p>所属していることをいう。）とすることその他の方法により、使用前事業者検査等の中立性及び信頼性が損なわれないことをいう。）を確保する。なお、重大事故の発生及び拡大の防止に必要な措置が要求されていない型式設計特定容器等においては、当該使用前事業者検査等の対象となる機器等の工事（補修、取替え、改造等）又は点検に関与していない要員に使用前事業者検査等を実施させることができる。また、使用前事業者検査等を実施する要員が、当該検査等に必要な力量を持ち、適正な判定を行うに当たり、何人からも不当な影響を受けることなく、当該検査等を実施できる状況を確保する。</p> <p>6) 第5項の規定については、自主検査等について準用する。この場合において、「部門を異にする要員」とあるのは「必要に応じて部門を異にする要員」と読み替えるものとする。</p> <p>6.6 不適合の管理</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務等要求事項に適合しない型式設計特定容器等が使用され、又は個別業務が実施されることがないように、当該型式設計特定容器等又は個別業務を特定し、これを管理する（不適合が確認された機器等又は個別業務が識別され、不適合の全てを管理する。）。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、不適合の処理に係る管理（不適合に関連する管理者に報告することを含む。）並びにそれに関連する責任及び権限を手順書等に定める。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、次に掲げる方法のいずれかにより、不適合を処理する。</p> <p>a. 発見された不適合を除去するための措置を講ずる。</p> <p>b. 不適合について、あらかじめ定められた手順により原子力の安全に及ぼす影響について評価し、型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施についての承認を行う（以下「特別採用」という。）。</p> <p>c. 型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施ができないようにするための措置を講ずる。</p> <p>d. 型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施後に発見した不適合については、その不適合による影響又は起こり得る影響に応じて適切な措置を講ずる。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、不適合の内容の記録及び当該不適合に対して講じた措置（特別採用を含む。）に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>5) 型式設計特定容器等の製造者等は、3)項 a)の措置を講じた場合においては、個別業務等要求事項への適合性を実証するための検証を行う。</p>
59	<p>第六章 評価及び改善 （不適合の管理）</p> <p>第四十九条 原子力事業者等は、個別業務等要求事項に適合しない機器等が使用され、又は個別業務が実施されることがないように、当該機器等又は個別業務を特定し、これを管理しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、不適合の処理に係る管理並びにそれに関連する責任及び権限を手順書等に定めなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、次に掲げる方法のいずれかにより、不適合を処理しなければならない。</p> <p>一 発見された不適合を除去するための措置を講ずること。</p> <p>二 不適合について、あらかじめ定められた手順により原子力の安全に及ぼす影響について評価し、機器等の使用又は個別業務の実施についての承認を行うこと（以下「特別採用」という。）。</p> <p>三 機器等の使用又は個別業務の実施ができないようにするための措置を講ずること。</p> <p>四 機器等の使用又は個別業務の実施後に発見した不適合については、その不適合による影響又は起こり得る影響に応じて適切な措置を講ずること。</p> <p>4 原子力事業者等は、不適合の内容の記録及び当該不適合に対して講じた措置（特別採用を含む。）に係る記録を作成し、これを管理しなければならない。</p> <p>5 原子力事業者等は、第三項第一号の措置を講じた場合においては、個別業務等要求事項への適合性を実証するための検証を行わなければならない。</p>	<p>第49条（不適合の管理）</p> <p>1 第1項に規定する「当該機器等又は個別業務を特定し、これを管理しなければならない」とは、不適合が確認された機器等又は個別業務が識別され、不適合が全て管理されていることをいう。</p> <p>2 第2項に規定する「不適合の処理に係る管理」には、不適合に関連する管理者に報告することを含む。</p>	<p>6.6 不適合の管理</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、個別業務等要求事項に適合しない型式設計特定容器等が使用され、又は個別業務が実施されることがないように、当該型式設計特定容器等又は個別業務を特定し、これを管理する（不適合が確認された機器等又は個別業務が識別され、不適合の全てを管理する。）。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、不適合の処理に係る管理（不適合に関連する管理者に報告することを含む。）並びにそれに関連する責任及び権限を手順書等に定める。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、次に掲げる方法のいずれかにより、不適合を処理する。</p> <p>a. 発見された不適合を除去するための措置を講ずる。</p> <p>b. 不適合について、あらかじめ定められた手順により原子力の安全に及ぼす影響について評価し、型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施についての承認を行う（以下「特別採用」という。）。</p> <p>c. 型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施ができないようにするための措置を講ずる。</p> <p>d. 型式設計特定容器等の使用又は個別業務の実施後に発見した不適合については、その不適合による影響又は起こり得る影響に応じて適切な措置を講ずる。</p> <p>4) 型式設計特定容器等の製造者等は、不適合の内容の記録及び当該不適合に対して講じた措置（特別採用を含む。）に係る記録を作成し、これを管理する。</p> <p>5) 型式設計特定容器等の製造者等は、3)項 a)の措置を講じた場合においては、個別業務等要求事項への適合性を実証するための検証を行う。</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
60	<p>第六章 評価及び改善 (データの分析及び評価)</p> <p>第五十条 原子力事業者等は、品質マネジメントシステムが実効性のあるものであることを実証するため、及び当該品質マネジメントシステムの実効性の改善の必要性を評価するために、適切なデータ(監視測定の結果から得られたデータ及びそれ以外の関連情報源からのデータを含む。)を明確にし、収集し、及び分析しなければならない。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項のデータの分析及びこれに基づく評価を行い、次に掲げる事項に係る情報を得なければならない。</p> <p>一 組織の外部の者からの意見の傾向及び特徴その他分析により得られる知見</p> <p>二 個別業務等要求事項への適合性</p> <p>三 機器等及びプロセスの特性及び傾向(是正処置を行う端緒となるものを含む。)</p> <p>四 調達物品等の供給者の供給能力</p>	<p>第50条(データの分析及び評価)</p> <p>1 第1項に規定する「品質マネジメントシステムの実効性の改善」には、品質マネジメントシステムの実効性に関するデータ分析の結果、課題や問題が確認されたプロセスを抽出し、当該プロセスの改良、変更等を行い、品質マネジメントシステムの実効性を改善することを含む。</p> <p>2 第2項第3号に規定する「是正処置を行う端緒」とは、不適合には至らない機器等及びプロセスの特性及び傾向から得られた情報に基づき、是正処置の必要性について検討する機会を得ることをいう。</p>	<p>6.7 データの分析及び評価</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、品質マネジメントシステムが実効性のあるものであることを実証するため、及び当該品質マネジメントシステムの実効性の改善(品質マネジメントシステムの実効性に関するデータ分析の結果、課題や問題が確認されたプロセスを抽出し、当該プロセスの改良、変更等を行い、品質マネジメントシステムの実効性を改善することを含む。)の必要性を評価するために、適切なデータ(監視測定の結果から得られたデータ及びそれ以外の関連情報源からのデータを含む。)を明確にし、収集し、及び分析する。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、前項のデータの分析及びこれに基づく評価を行い、次に掲げる事項に係る情報を得る。</p> <p>a. 型式設計特定容器等使用者その他の外部の者からの意見の傾向及び特徴その他分析により得られる知見</p> <p>b. 個別業務等要求事項への適合性</p> <p>c. 型式設計特定容器等及びプロセスの特性及び傾向(是正処置を行う端緒となるものを含む。)また、不適合には至らない機器等及びプロセスの特性及び傾向から得られた情報に基づき、是正処置の必要性について検討する機会を得ることを含む。</p> <p>d. 調達物品等の供給者の供給能力</p>
61	<p>第六章 評価及び改善 (継続的な改善)</p> <p>第五十一条 原子力事業者等は、品質マネジメントシステムの継続的な改善を行うために、品質方針及び品質目標の設定、マネジメントレビュー及び内部監査の結果の活用、データの分析並びに是正処置及び未然防止処置の評価を通じて改善が必要な事項を明確にするとともに、当該改善の実施その他の措置を講じなければならない。</p>	<p>第51条(継続的な改善)</p> <p>1 第51条に規定する「品質マネジメントシステムの継続的な改善」とは、品質マネジメントシステムの実効性を向上させるための継続的な活動をいう。</p>	<p>6.8 継続的な改善</p> <p>型式設計特定容器等の製造者等は、品質マネジメントシステムの継続的な改善(品質マネジメントシステムの実効性を向上させるための継続的な活動を含む。)を行うために、品質方針及び品質目標の設定、マネジメントレビュー及び内部監査の結果の活用、データの分析並びに是正処置及び未然防止処置の評価を通じて改善が必要な事項を明確にするとともに、当該改善の実施その他の措置を講ずる。</p>
62	<p>第六章 評価及び改善 (是正処置等)</p> <p>第五十二条 原子力事業者等は、個々の不適合その他の事象が原子力の安全に及ぼす影響に応じて、次に掲げるところにより、速やかに適切な是正処置を講じなければならない。</p> <p>一 是正処置を講ずる必要性について、次に掲げる手順により評価を行うこと。</p> <p>イ 不適合その他の事象の分析及び当該不適合の原因の明確化</p>	<p>第52条(是正処置等)</p> <p>1 第1項第1号イに規定する「不適合その他の事象の分析」には、次の事項を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・情報の収集及び整理 ・技術的、人的及び組織的側面等の考慮 	<p>6.9 是正処置等</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、個々の不適合その他の事象が原子力の安全に及ぼす影響に応じて、次に掲げるところにより、速やかに適切な是正処置を講ずる。</p> <p>a. 是正処置を講ずる必要性について、次に掲げる手順により評価を行う。不適合その他の事象の分析には、以下の事項を含む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 情報の収集及び整理 ● 技術的、人的及び組織的側面等の考慮

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針
	<p>ロ 類似の不適合その他の事象の有無又は当該類似の不適合その他の事象が発生する可能性の明確化</p> <p>二 必要な是正処置を明確にし、実施すること。</p> <p>三 講じた全ての是正処置の実効性の評価を行うこと。</p> <p>四 必要に応じ、計画において決定した保安活動の改善のために講じた措置を変更すること。</p> <p>五 必要に応じ、品質マネジメントシステムを変更すること。</p> <p>六 原子力の安全に及ぼす影響の程度が大きい不適合に関して、根本的な原因を究明するために行う分析の手順を確立し、実施すること。</p> <p>七 講じた全ての是正処置及びその結果の記録を作成し、これを管理すること。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項各号に掲げる事項について、手順書等に定めなければならない。</p> <p>3 原子力事業者等は、手順書等に基づき、複数の不適合その他の事象に係る情報から類似する事象に係る情報を抽出し、その分析を行い、当該類似の事象に共通する原因を明確にした上で、適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>2 第1項第1号イに規定する「原因の明確化」には、必要に応じて、日常業務のマネジメントや安全文化の弱点のある分野及び強化すべき分野との関係を整理することを含む。</p> <p>3 第1項第6号に規定する「原子力の安全に及ぼす影響の程度が大きい不適合」には、単独の事象では原子力の安全に及ぼす影響の程度は小さいが、同様の事象が繰り返し発生することにより、原子力の安全に及ぼす影響の程度が増大するおそれのあるものを含む。</p> <p>4 第3項に規定する「適切な措置を講じなければならない」とは、第1項の規定のうち必要なものについて実施することをいう。</p>	<p>イ 不適合その他の事象の分析及び当該不適合の原因の明確化 当該不適合の原因の明確化には、必要に応じて以下の事項を含める。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 日常業務のマネジメント ● 安全文化の弱点のある分野及び強化すべき分野との関係を整理 <p>ロ 類似の不適合その他の事象の有無又は当該類似の不適合その他の事象が発生する可能性の明確化</p> <p>b. 必要な是正処置を明確にし、実施する。</p> <p>c. 講じた全ての是正処置の実効性の評価を行う。</p> <p>d. 必要に応じ、計画において決定した品質管理活動の改善のために講じた措置を変更する。</p> <p>e. 必要に応じ、品質マネジメントシステムを変更する。</p> <p>f. 原子力の安全に及ぼす影響の程度が大きい不適合（単独の事象では原子力の安全に及ぼす影響の程度は小さいが、同様の事象が繰り返し発生することにより、原子力の安全に及ぼす影響の程度が増大するおそれのあるものを含む。）に関して、根本的な原因を究明するために行う分析の手順を確立し、実施する。</p> <p>g. 講じたすべての是正処置及びその結果の記録を作成し、これを管理する。</p> <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、前項各号に掲げる事項について、手順書等に定める。</p> <p>3) 型式設計特定容器等の製造者等は、手順書等に基づき、複数の不適合その他の事象に係る情報から類似する事象に係る情報を抽出し、その分析を行い、当該類似の事象に共通する原因を明確にした上で、適切な措置を講ずる。</p>
63	<p>第六章 評価及び改善 (未然防止処置)</p> <p>第五十三条 原子力事業者等は、原子力施設その他の施設の運転経験等の知見を収集し、自らの組織で起こり得る不適合の重要性に応じて、次に掲げるところにより、適切な未然防止処置を講じなければならない。</p> <p>一 起こり得る不適合及びその原因について調査すること。</p> <p>二 未然防止処置を講ずる必要性について評価すること。</p> <p>三 必要な未然防止処置を明確にし、実施すること。</p> <p>四 講じた全ての未然防止処置の実効性の評価を行うこと。</p> <p>五 講じた全ての未然防止処置及びその結果の記録を作成し、これを管理すること。</p> <p>2 原子力事業者等は、前項各号に掲げる事項について、手順書等に定めなければならない。</p>	<p>第53条 (未然防止処置)</p> <p>1 第1項に規定する「自らの組織で起こり得る不適合」には、原子力施設その他の施設における不適合その他の事象が自らの施設で起こる可能性について分析を行った結果、特定した問題を含む。</p>	<p>6.10 未然防止処置</p> <p>1) 型式設計特定容器等の製造者等は、原子力施設その他の施設の品質管理活動等の知見を収集し、自らの組織で起こり得る不適合の重要性に応じて、次に掲げるところにより、適切な未然防止処置を講ずる。</p> <ul style="list-style-type: none"> a. 起こり得る不適合及びその原因について調査する。 b. 未然防止処置を講ずる必要性について評価する。 c. 必要な未然防止処置を明確にし、実施する。 d. 講じた全ての未然防止処置の実効性の評価を行う。 e. 講じた全ての未然防止処置及びその結果の記録を作成し、これを管理する。 <p>2) 型式設計特定容器等の製造者等は、前項各号に掲げる事項について、手順書等に定める。</p>
64	<p>第七章 使用者に関する特例 (令第四十一条各号に掲げる核燃料物質を使用しない使用施設等に係る品質管理に必要な体制)</p> <p>第五十四条 使用者(令第四十一条各号に掲げる核燃料物質を使用しない者に限る。)は、</p>	<p>第7章 使用者に関する特例</p> <p>第54条(令第41条各号に掲げる核燃料物質を使用しない使用施設等に係る品質管理に必要な体制)</p>	

<p>N o</p>	<p>原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則</p> <p>使用施設等の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関し、次に掲げる措置を講じなければならない。</p> <p>一 個別業務に関する計画、実施、評価及び継続的な改善を行うこと。</p> <p>二 原子力の安全の確保を重視する精神を持ち、原子力の安全がそれ以外の事項によって損なわれないようにすること。</p> <p>第七章 使用者に関する特例</p> <p>(令第四十一条各号に掲げる核燃料物質を使用しない使用施設等に係る品質管理に必要な体制)</p> <p>第五十四条 使用者(令第四十一条各号に掲げる核燃料物質を使用しない者に限る。以下同じ。)は、使用施設等の保安のための業務に係る品質管理に関し、次に掲げる措置を講じなければならない。</p> <p>一 個別業務に関し、継続的な改善を計画的に実施し、これを評価すること。</p> <p>二 前号の措置に係る記録を作成し、これを管理すること。</p> <p>2 使用者は、前項に規定する措置に関し、原子力の安全を確保することの重要性を認識し、原子力の安全がそれ以外の事由により損なわれないようにしなければならない。</p>	<p>原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈</p> <p>1 第2項に規定する「原子力の安全がそれ以外の事由により損なわれない」については、本規程第10条1を準用する。</p>	<p>品質管理方法等に関する基本方針</p> <p>図1 品質マネジメントシステムのプロセス相関図</p>
<p>65</p>	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>2. 品質マネジメントシステム (品質マネジメントシステムに係る要求事項)</p> <p>3. 経営責任者の責任</p> <p>Plan</p> <p>経営責任者の原子力安全のためのリーダーシップ</p> <p>品質方針</p> <p>原子力安全の重視</p> <p>責任、権限及びコミュニケーション</p> <p>計画</p> <p>品質目標</p> <p>品質マネジメントシステムの計画</p> <p>マネジメントレビュー</p> <p>Do</p> <p>個別業務の計画及び実施</p> <p>個別業務・型式設計特定容器等の製造者等に対する要求事項に関するプロセス</p> <p>個別業務の計画</p> <p>(型式設計特定容器等の製造者等における、組織、設計・開発、調達、検査、監視機器及び測定機器の管理)</p> <p>設計・開発</p> <p>調達</p> <p>監視機器及び測定機器の管理</p> <p>個別業務の実施</p> <p>資源の運用管理</p> <p>資源の確保</p> <p>人的資源</p> <p>インフラストラクチャー</p> <p>作業環境</p> <p>Check, Act</p> <p>評価及び改善 (監視測定、分析、評価及び改善)</p> <p>監視及び測定</p> <p>原子力安全の達成</p> <p>内部監査</p> <p>プロセスの監視及び測定</p> <p>検査</p> <p>不適合管理</p> <p>最正処置等</p> <p>データの分析及び評価</p> <p>継続的改善</p> <p>未然防止処置</p> <p>品質プロセス</p> <p>サブプロセス</p> <p>ナレッジ</p> <p>関係する組織</p> <p>関係しない組織</p>

No	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則	原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則の解釈	品質管理方法等に関する基本方針										
66	—	—	 <p>図2 品質マネジメントシステムに係る文書体系図</p>										
67	—	—	<p>表1 品質マネジメントシステム文書体系</p> <table border="1" data-bbox="2012 695 2733 894"> <thead> <tr> <th></th> <th>文書名</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1次文書</td> <td>品質マネジメントシステム計画書（品質方針（品質目標）を含む。）</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">2次文書</td> <td>2.2 a. に関する文書</td> </tr> <tr> <td>2.2 d. として文書・記録に関する文書</td> </tr> <tr> <td>2.2 d. として不適合管理，是正処置等および未然防止処置に関する文書</td> </tr> <tr> <td>3次文書*</td> <td>手順書，指示書</td> </tr> </tbody> </table>		文書名	1次文書	品質マネジメントシステム計画書（品質方針（品質目標）を含む。）	2次文書	2.2 a. に関する文書	2.2 d. として文書・記録に関する文書	2.2 d. として不適合管理，是正処置等および未然防止処置に関する文書	3次文書*	手順書，指示書
	文書名												
1次文書	品質マネジメントシステム計画書（品質方針（品質目標）を含む。）												
2次文書	2.2 a. に関する文書												
	2.2 d. として文書・記録に関する文書												
	2.2 d. として不適合管理，是正処置等および未然防止処置に関する文書												
3次文書*	手順書，指示書												
68	—	—	 <p>図3 関連組織図</p>										

注記 *1：地域住民の意見については、保安活動の要素であるため、型式設計特定容器等の製造者である、日立 GE ニュークリア・エナジーにおける品質管理活動の実施範囲には含まれないと考えたため。

*2：地元自治体及び地元住民の保安活動に関する意見の把握については、保安活動の要素であるため、型式設計特定容器等の製造者である、日立 GE ニュークリア・エナジーにおける品質管理活動の実施範囲には含まれないと考えたため。

品質管理方法等に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 型式設計特定容器等の製作等に係る組織	1
2.1 設計に係る組織	1
2.2 製造，検査に係る組織	2
2.3 調達に係る組織	2
2.4 その他の関連する組織	2
3. 品質マネジメントシステムに係る文書	3
3.1 品質マネジメントシステム計画書	3
3.2 文書の管理	3
3.3 記録の管理	4
4. 型式設計特定容器等の製作等に係る製品実現の計画	4
4.1 プロジェクト・マネージャーの責任と権限	4
4.2 顧客関連のプロセス	4
4.3 プロジェクト組織の確立と運営	5
4.4 プロジェクト工程管理	5
5. 型式設計特定容器等の製作等に係る製品実現の計画と実施のプロセス	5
6. 設計に係る品質管理の方法	5
6.1 設計インプットの明確化	5
6.2 設計計画の作成と業務管理	5
6.3 設計インタフェース管理	6
6.4 設計の体系的レビュー	6
6.5 設計解析	6
6.6 設計アウトプットの文書化	8
6.7 設計検証	8
6.8 設計の妥当性確認	9

6.9	設計変更管理	9
6.10	型式指定申請書の作成	9
7.	製造に係る品質管理の方法	10
7.1	設計要求事項及び購入要求事項	10
7.2	製造工程管理	10
7.3	識別管理	12
7.4	発送前点検の実施	13
7.5	出荷準備及び輸送	13
8.	検査に係る品質管理の方法	13
8.1	検査要領の確立	13
8.2	検査員の力量管理	15
8.3	検査設備（計測器，試験機等）の管理	15
8.4	検査の実施	15
8.5	不適合製品の識別及び隔離	15
8.6	発送前検査の実施	15
8.7	溶接検査の計画	16
9.	調達に係る品質管理の方法	16
9.1	調達計画及び調達先の選定	16
9.2	調達先とのコミュニケーション	16
9.3	発注	17
9.4	文書の管理	17
9.5	検査及び受入管理	17
9.6	品質記録の保管	18

図表目次

図 2-1	型式設計特定容器等の製作等に係る組織	19
図 3-1	品質マネジメントシステムに係る文書体系図	20
図 5-1	型式設計特定容器等の製作等に係る製品実現の計画と実施のプロセス	21
図 7-1	特定容器 HDP-69B(B)型の製造手順の概略(例)	22
表 3-1	品質マネジメントシステム文書体系	23
表 3-2	品質マネジメントシステムに係る主な文書	24
表 8-1	構造, 強度又は漏えいに係る検査	26
表 8-2	機能及び性能検査	27
表 8-3	あらかじめ確認すべき事項(溶接施工法)	28
表 8-4	あらかじめ確認すべき事項(溶接士)	29
表 8-5	主要な耐圧部の溶接部に対して確認する事項	30

1. 概要

本書は、「使用済燃料貯蔵施設に係る使用済燃料貯蔵事業者の設計及び工事に係る品質管理の方法及びその検査のための組織の技術基準に関する規則」（平成30年6月8日 原子力規制委員会規則第6号による改定）に適合するための計画として、資料1「品質管理方法等に関する基本方針」に記載した事項のうち「使用済燃料貯蔵施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」（平成30年6月8日 原子力規制委員会規則第6号による改定）、「原子力施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の基準に関する規則」（令和2年4月1日 原子力規制委員会規則第2号）（以下「品質管理基準規則」という。）等に対する適合性の確保に必要な設計、製造、検査及び調達に係る品質管理の方法、及び組織について記載したものである。

2. 型式設計特定容器等の製作等に係る組織

型式設計特定容器等の製作等に係る組織を図2-1に示す。

原子力品質保証本部の長は品質マネジメントシステム管理責任者として取締役社長から資料1の3.7節に記載の責任及び権限を与えられている。原子力生産本部の長は管理者として取締役社長から、資料1の3.8節に記載の責任及び権限を与えられている。なお、検査の独立性を確保するため、機器を所管する部門（設計・技術組織）とは別に品質管理を所管する部門（品質管理組織）を設け、品質管理組織の要員が検査等を実施することとする。

2.1 設計に係る組織

原子力生産本部 原子力設計部は設計部門として、また他の設計部門を含めた設計取りまとめとして、設計開発の計画（以下「設計計画」という。）の立案、基本設計、基本形状図の作成、解析条件書の作成、安全解析、解析報告書の作成、型式指定申請書の取りまとめを行い、その他設計部門とのインタフェース調整、各プロセスに関するレビュー活動取りまとめを行う。

原子力生産本部 原子力計画部は設計部門として、設計取りまとめの指示に従い、臨界防止及び遮蔽に係る安全解析及び解析報告書の作成を行い、その結果を設計取りまとめに報告する。

原子力品質保証本部 原子力品質保証統括部及び原子力品質保証部は品質管理担当部門（以下、品管担当部門と呼ぶ。）として、品質マネジメントシステム計画書を作成し、その他関連部門に配付し、品質管理活動の実施状況をモニタリングする。

その他関連部門は設計取りまとめの指示に従い、各プロセスにおいて必要に応じてレビュー等を行う。

2.2 製造，検査に係る組織

設計取りまとめは，製作図面／組立図面の発行，購入仕様書の発行，溶接検査計画書の発行及び製造，検査に関連するレビュー等を行う。

原子力生産本部 原子力製造部は製造部門として，製作手順ならびに製造工程を計画し，計画された製作手順を生産管理票として発行し，製造を行い，製造に関する結果を作業記録に記録する。また，製造，検査に関連するレビュー等を行う。

品管担当部門は調達先の検査に対する立会検査又は記録確認を実施する。また，製造部門が実施した製造に対する検査の実施手順を検査要領書に定め，検査を行い結果を記録する。また，製造，検査に関連するレビュー等を行う。また，検査等業務を実施する際には，設計・技術組織から独立した組織の要員として検査等を実施する。

設計取りまとめは，製造，検査に関連するレビュー等を行う。

2.3 調達に係る組織

設計部門及び製造部門は購入要求元部門として，調達先監査・調査・評価，購入仕様書の発行，調達先が発行する図面，仕様書，各種要領書のレビュー・承認，調達先の製造・役務の受入，調達先認定更新及び調達に関連するレビュー等を行う。

原子力生産本部 原子力調達部は調達部門として，調達先監査・調査・評価，調達先決定，発注等を行う。

品管担当部門は品質管理要求事項を作成し，調達先に配付，調達先の品質マネジメントシステムへの反映結果をレビュー，調達先監査・調査・評価，調達先認定，調達先認定更新，図面，仕様書，各種要領書のレビュー，調達先の製造・役務に対する受入・工程中・完成検査，出荷許可証の発行，品質記録の発行，調達に関連するレビュー等を行う。

2.4 その他の関連する組織

福島・サイクル技術本部 福島・サイクルプロジェクト部はプロジェクトマネジメント部門として，顧客との窓口として，プロジェクト全般の管理を行う。

原子力営業本部，各支社の原子力営業部は営業部門として，プロジェクトマネジメント部門と共に，顧客要求事項を受け取り，その他関連部門に配付する。

プロジェクトマネジメント部門は，営業部門と共に，顧客の発注仕様書を受け取り，その他関連部門に配付する。

なお，物流部門として，株式会社日立製作所 エネルギービジネスユニット 製造本部 プロセスマネジメント推進部が梱包，輸送を行う。

3. 品質マネジメントシステムに係る文書

型式設計特定容器等の製作等に係る組織における、品質マネジメントシステム文書は以下の通りである。

- (1) 品質方針及び品質目標
- (2) 品質マネジメントシステム計画書
- (3) 実効性のあるプロセスの計画的な実施及び管理がなされるようにするために、組織が必要と決定した文書
- (4) 品質管理活動に関する計画、運用及び管理を確実に実施するためのプロセスを定めた手順書、指示書、図面等（以下「手順書等」という。）

これらの体系を図 3-1、表 3-1 に示す。

3.1 品質マネジメントシステム計画書

型式設計特定容器等の製作等に係る組織は、品質マネジメントシステム計画書に次の事項を定める。

- (1) 品質マネジメントシステムの運用に係る組織に関する事項
- (2) 品質管理活動の計画、実施、評価及び改善に関する事項
- (3) 品質マネジメントシステムの適用範囲
- (4) 品質マネジメントシステムについて確立され、文書化された手順書等、またはそれらを参照できる名称や文書番号等の情報
- (5) 品質マネジメントシステムのプロセス間の相互関係に関する記述

品質マネジメントシステム計画書は、品管担当部門にて作成、審査、承認する。

改訂する場合においては、上記と同じ手続きを経て承認する。

3.2 文書の管理

- (1) 型式設計特定容器等の製作等に係る組織は、品質マネジメント文書を管理する。
- (2) 型式設計特定容器等の製作等に係る組織は、要員が判断及び決定をするに当たり、適切な品質マネジメント文書を利用できるよう上記 3 章に記載した品質マネジメントシステムを構成する文書に対して、以下の内容を含む手順書を定める。ただし、記録は、文書の一種ではあるが、[3.3 記録の管理] に従って管理する。品質マネジメントシステムに係る主な文書については、表 3-2 を参照。
 - (a) 品質マネジメント文書を発行するに当たり、その妥当性を審査し、発行を承認する。
 - (b) 品質マネジメント文書の改訂の必要性について評価するとともに、改訂に当たり、その妥当性を審査し、改訂を承認する（改訂の妥当性を審査することを含む。）。

- (c) 品質マネジメント文書の審査及び評価には、その対象となる文書に定められた活動を実施する部門の要員を参画させる（品質マネジメントシステム計画書に記載の組織の最小単位）。
- (d) 品質マネジメント文書の改訂内容及び最新の改訂状況を識別できるようにする。
- (e) 改訂のあった品質マネジメント文書を利用する場合には、当該文書の適切な制定版又は改訂版が利用しやすい体制を確保する。
- (f) 品質マネジメント文書を、読みやすく容易に内容を把握することができるようにする。
- (g) 組織の外部で作成された品質マネジメント文書を識別し、その配付を管理する。
- (h) 廃止した品質マネジメント文書が使用されることを防止する。この場合において、当該文書を保持するときは、その目的にかかわらず、これを識別し、管理する。

3.3 記録の管理

- (1) 型式設計特定容器等の製作等に係る組織は、個別業務等要求事項への適合及び品質マネジメントシステムの実効性を実証する記録を明確にするとともに、当該記録を、読みやすく容易に内容を把握することができ、かつ、検索することができるように作成し、品質管理活動の重要度に応じてこれを管理する。
- (2) 型式設計特定容器等の製作等に係る組織は、(1)の記録の識別、保存、保護、検索及び廃棄に関し、所要の管理の方法を定めた手順書等を作成する。

4. 型式設計特定容器等の製作等に係る製品実現の計画

4.1 プロジェクト・マネージャーの責任と権限

プロジェクト・マネージャー（以下「プロマネ」という。）は、プロジェクトの計画から引渡しに至るまでの全期間にわたって、社外および社内の関連部署間との調整を行い、プロジェクト工程、品質を管理し、契約の円滑なる推進を図る責任を有する。また、プロジェクト推進上の問題点、不具合点のポテンシャルを察知し、関連部署に解決策の立案、実施を要求するとともに、その解決策についてガイドを与える。

4.2 顧客関連のプロセス

製品化に伴い、プロマネは、設計部門及びその他関連部門の協力により、営業部門経由あるいは顧客と直接コミュニケーションをとることによって、個別業務等要求事項を明確にする。

4.3 プロジェクト組織の確立と運営

プロマネは、関連部門の長と協議の上、各部門の分担を明確にし、実施段階以降、必要に応じて部門内分担の詳細を決定させる。

4.4 プロジェクト工程管理

プロマネは、顧客要求を反映した主要工程表を取りまとめ、関連部門に周知徹底させる。主要工程表においては、ホールドポイントを明確にする。

プロマネは、工程の監視を行い、遅れがある場合や遅れが出そうな事態の場合、遅延対策として適切な処理を行う。

プロマネは、設計部門間、及び設計部門と製造部門に関連する事項を調整する。

5. 型式設計特定容器等の製作等に係る製品実現の計画と実施のプロセス

型式設計特定容器等の製作等に係る製品実現の計画と実施のプロセスを図 5-1 に示す。なお、具体的な品質管理の方法については 6 章、7 章、8 章及び 9 章に示す。

6. 設計に係る品質管理の方法

6.1 設計インプットの明確化

設計部門は、設計作業が正しい方法で実施されるよう、また設計内容の決定、設計検証の実施、妥当性確認の実施及び設計変更の評価を行うための適切な基準を与えるよう、設計インプットを適時、明確に文書化する。また、設計部門は、設計インプットの相互関係、漏れあるいは曖昧さの有無を把握の上、不完全、不明確あるいは矛盾する要求事項については、インプット発信元と確認するなど、設計インプットについて適切性の確認を行う。

設計部門は、型式設計特定容器等の製作等に関する法令、規則（「使用済燃料の貯蔵の事業に関する規則」（令和 2 年 3 月 17 日 原子力規制委員会規則第 12 号による改定）（以下「貯蔵規則」という。）及び「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（令和 2 年 4 月 1 日 原子力規制委員会規則第 8 号）（以下「技術基準規則」という。）等）、技術基準及び既に認可を取得した当該型式証明申請書を確実にインプットとして管理する。

6.2 設計計画の作成と業務管理

設計部門は、設計プロセスが正しい方法で実施されるよう、また設計が要求事項に適合していることを検証できるよう、次の事項を含む設計活動を詳細化した設計計画を作成する。

- (1) 設計部門の業務
- (2) 設計インプットの適切性の確認方法

- (3) 設計のレビュー方法
- (4) 設計の変更管理方法
- (5) 設計解析要領
- (6) 適用社内基準一覧
- (7) 設計業務フロー及び設計インタフェース
- (8) 解析業務実施要領（解析業務を行う場合）
- (9) 設計工程
- (10) 設計体制
- (11) 設計アウトプット
- (12) 設計検証の要領^(注1)
- (13) 設計の妥当性確認方法^(注1)

(注1) 設計レビュー，設計検証，設計の妥当性確認は，異なる目的を持つ。それらは，製品及び組織に適するように，個々に又はどのような組合せでも，実施し，記録することができることとしている。

設計計画に付属する設計活動計画書及び業務管理表において，設計の進捗を適宜確認し，計画に対する実績を管理する。また，設計インプット，設計アウトプット，設計の妥当性確認結果を明確にする。(6.8 節参照)

6.3 設計インタフェース管理

設計部門は，設計計画に付属する業務管理表において，個々の設計作業に先立ち，必要に応じて，詳細な設計分担・インタフェース管理要領を作成し，管理する。この設計分担・インタフェース管理要領について，事前にその他関連部門の了解を得る。

6.4 設計の体系的レビュー

設計部門は，設計インプットが適切に選定され，かつ設計アウトプットが要求事項を満たせるかどうかを評価するために，包括的かつ体系的なレビュー活動を適切な段階で計画的に実施する。

なお，新設計品および開発品については，設計のレビューの一環として，デザインレビュー会議を行うものとし，その対象，範囲，具体的な要領について品管担当部門が制定した社内基準に基づいて実施する。

6.5 設計解析

許認可等の重要な安全評価に係る解析業務については，(社)原子力安全推進協会「原子力施設における許認可申請等に係る解析業務の品質向上ガイドライン JANSI-GQA-01－第2版」に準拠して次のとおり管理する。

6.5.1 解析業務の計画

設計部門は、解析業務の計画段階において、次の事項の計画を明確にする。

- (1) 解析業務の作業手順（設計レビュー、審査方法、時期等を含む）
- (2) 解析結果の検証
- (3) 業務報告書の確認
- (4) 解析業務の変更管理

設計部門は、新設計を採用した場合、あるいは新しい解析手順や計算機プログラムを適用した場合など、許認可申請用の設計解析に新規性が認められる場合には、デザインレビュー会議により検証する。計算機プログラムを検証した場合には、名称及びバージョンを登録リストに登録しておくことを原則とする。計算機プログラム名称が同じであってもバージョンが相違する計算機プログラムを使用する場合は、改めて検証を実施する。

6.5.2 入力根拠の明確化

設計部門は、解析業務における入力値が妥当であることを確認するため、各計算機プログラムへの入力データの技術的な根拠事項を文書化する。

6.5.3 入力結果の確認

設計部門は、入力値の確認のため、確認方法の状態に応じたエビデンス（エコー [計算機が読み込んだ入力値を出力として書き出したもの]、入力画面、入力リスト等）を技術図書として残す。なお、入力値の確認にあたっては、必要に応じてダブルチェックによる確認を実施する。

6.5.4 業務報告書の確認

設計部門は、顧客の要求する解析業務報告書が、所定の要求事項（様式等）に適合し、また、確認済みの解析結果が適切に解析業務報告書に反映されていることを確認する。

6.5.5 解析業務の変更管理

設計部門は、解析業務に変更が生じた場合は変更内容を文書化し、解析業務の各段階においてその変更内容を反映する。また、変更に伴う影響範囲等を考慮し、入力根拠の反映、計算機プログラムへの入力が正確に実施されたことの確認、解析結果の検証、及び解析業務報告書の確認等を実施する。

6.5.6 品質記録の保管管理

設計部門は、解析業務に係る必要な文書（解析業務計画書、入力根拠書、解析業務報告書、チェックシート及びチェックのための照合資料、入出力値の記録等）を品質記録として保管期限を定め適切に管理する。また、調達先に対しても同様の管理を実施することを要求する。ただし、調達先において当社と同等の管理が実施できない場合には、当該設計部門が該当する品質記録を引き取り管理する。

6.6 設計アウトプットの文書化

設計部門は、プラント、設備、機器・装置の機能条件等を十分に考慮の上、その他関連部門及び顧客に対して要求すべき事項を、設計アウトプットとして図面、仕様書、技術資料等の設計文書により明確にし、指示内容を下流工程又は顧客に確実に伝達する。

これらの設計文書は、次の条件を満たすこととしている。

- (1) 設計検証が可能となるように十分詳細に文書によって設計インプットと関連付けられている。
- (2) 要求すべき検査が規定され、適切な判定基準が含まれているか又は参照されている。
- (3) 設計される製品の機器名称が明確にされている。

6.7 設計検証

設計部門は、設計アウトプットが設計インプットを満たしていることを確実にするために、原則として設計図書が作成された都度、設計検証を行う。

6.7.1 設計検証の方法

設計部門は、次のいずれかの方法（または組合せ）により、設計検証を実施する。

- (1) 確認実験の実施と評価
- (2) 別法による計算結果との比較評価
- (3) 類似の実績ある設計との比較評価
- (4) 設計インプットおよび設計のレビューの資料および記録等との比較評価
- (5) 過去の経験から得られた不適合、製品事故などの教訓との比較評価

6.7.2 設計検証のタイミング

設計検証は、設計部門から設計アウトプットとして図面、仕様書、技術資料等の設計文書が出図される前に行う。

6.7.3 設計検証記録

設計部門は、設計検証の結果が確認できるように記録する。また、設計検証の結果によって必要な処置がある場合は記録する。それらの記録は、適切に保管する。

6.8 設計の妥当性確認

設計部門は、結果として得られる製品が、設計要求事項を満たし得ることを確実にするために、6.2節で計画された方法と実施時期及び次の事項に従って、設計の妥当性確認を実施する。

- (1) 設計の妥当性確認は、型式設計特定容器の引渡し前、あるいは実行可能な段階で実施し、その時期、方法、評価対象の記録等に関連する事項を明確にして実施する。
- (2) 品管担当部門が作成する検査要領書のレビューを通じて、検査段階で設計の妥当性確認が実施できることを確認する。
- (3) 妥当性確認の結果の記録、および必要な処置があれば、その記録を維持する。

6.9 設計変更管理

設計部門は、設計のレビューまたは設計検証完了後に変更が生じた場合、変更の内容および規模に応じて、再度設計のレビューあるいは設計検証、およびその変更が妥当であるかの確認を行う。変更が妥当であるかの確認においては、その変更が型式設計特定容器を構成する他の要素、およびすでに引渡されている製品に及ぼす影響についての評価を含める。変更が妥当であるかの確認の結果の記録、および必要な処置があれば、その記録を維持する。

6.10 型式指定申請書の作成

設計取りまとめは、6.1節、6.2節、6.5節及び6.6節の設計インプット及び設計アウトプットを基に、型式指定申請書に必要な資料等を次のとおり取りまとめる。

6.10.1 本文の作成

設計取りまとめは、文書化された設計インプット及び設計アウトプットを基に、貯蔵規則第43条の2の8第1項の要求に従って、必要な事項（申請者及び製造工場、並びに型式設計特定容器の種類、名称・型式、設計及び製作の概要、設計及び製作に係る品質管理の方法並びにその実施に係る組織等）を本文として取りまとめる。

6.10.2 添付書類の作成

設計取りまとめ及び設計部門は、設計インプットを基に設計解析を行い、結果を設計アウトプットとして文書化する。設計取りまとめは、設計アウトプット文書を基に、貯蔵規則第43条の2の8第2項の要求に従って、必要な事項（型式証明を受けた設計との整合性、臨界防止、遮蔽、閉じ込め、除熱、火災及び爆発の防止、耐震性、耐圧強度及び耐食性等）を添付書類として取りまとめる。

6.10.3 型式指定申請書の検証

設計取りまとめは検証を実施し、その結果としてコメントが付された場合は、必要に応じ資料を修正したうえで再度検証する。必要に応じこれらを繰り返し、型式指定申請書の検証を完了する。

7. 製造に係る品質管理の方法

7.1 設計要求事項及び購入要求事項

購入要求元部門は、必要に応じ、製造部門、品管担当部門と協議し、適用法令、規格、基準、契約仕様及び次の要求事項を設計・調達文書で明確に規定する。

- (1) 検査判定に係わる基準
- (2) 適用法令、規格
- (3) 識別、マーキングに係る事項
- (4) 特殊工程に係る事項（溶接、非破壊試験、熱処理、レジン充填）
- (5) 製品品質に係る重要度
- (6) 取扱い、保管、梱包、出荷、運搬に係る事項
- (7) 関連技術資料
- (8) その他

7.2 製造工程管理

製造部門及び品管担当部門は、担当する業務について次の事項を計画し、管理する。

7.2.1 技量管理

- (1) 製造部門及び品管担当部門は、次の作業について技量管理要領を予め確立し、技量管理を行う。
 - (a) 溶接作業
 - (b) 非破壊試験作業
 - (c) レジン充填作業
- (2) 製造部門及び品管担当部門は、技量管理に関する記録を作成し管理する。

7.2.2 設備管理

製造部門及び品管担当部門は、製品要求事項への適合に影響ある設備（治工具等を含む）の機能・性能及び精度等を確保し、管理されている設備により、製造、取扱い、運搬等の作業を行う。なお、管理する設備には、次のようなものがある。

- (1) 製造に使用する設備（工作機械、溶接機、治工具類、計測器、試験機、純水製造装置、揚重クレーン、他）

- (2) 製造に適した環境を保持する設備（集塵，空調設備，換気設備，他）
- (3) その他，製品要求事項への適合に影響ある設備等

7.2.3 製造の管理

7.2.3.1 製造に使用する図面

- (1) 製造部門は，製造に使用する図面において，原則，最新の「決定図書」に基づいて製造を行う。設計部門は製造工程に支障がないよう，適切な時期に顧客と調整し，図面を「決定図書」とする。

7.2.3.2 製作手順の計画と管理

- (1) 製造部門は，製作開始前に図面，仕様書，該当する場合は検査項目一覧表等，契約内容ならびに適用法令を反映した図書および社内の製造，検査の規格・規準に基づいて，製品（以下，部品，材料を含む）に応じた製作手順ならびに製造工程（製作日程，スケジュール）を計画する。特定容器 HDP-69B(B)型の製造手順の概略（例）を図 7-1 に示す。
- (2) 製造部門は，計画された製作手順を生産管理票として発行する。生産管理票は，製造工程，検査工程等の指示と実行，およびそれらの管理に使用する。
- (3) 製造部門は，計画された製造工程を，適宜，工程表に展開し，管理実行する。

7.2.3.3 製作要領書の作成

製造部門は，要領書あるいは指示書がなければ品質に有害な影響を及ぼす製造工程について，作業規格あるいは作業指導書を作成し，実施する。

作業規格または作業指導書は，必要に応じて，次の項目を記載する。

- (1) 作業要領
- (2) 作業者の資格
- (3) 使用する設備
- (4) 作業の監視と管理方法
- (5) 作業環境

7.2.3.4 作業の指示と管理

- (1) 製品の製作，検査の工程は，生産管理票によって指示され，各工程が完了したことを確認しながら，その順序にしたがって工程を進める。
- (2) 生産管理票には，必要に応じて次の事項を記載し，作業者に必要な情報を与える。

- (a) プロジェクトあるいはロット
- (b) 作業番号（作番）
- (c) 図面，仕様書，作業規格，作業指導書等の番号
- (d) 作業工程
- (e) 作業上の注意事項

7.2.3.5 作業の監視

製造部門は，作業工程に応じた現場巡視（パトロール）等によって作業状況および品質の監視を行う。

7.3 識別管理

7.3.1 識別

7.3.1.1 識別を要する材料

設計部門は，次の材料の識別表示を図面あるいは購入仕様書で規定する。

- (1) JSME クラス要求対象材
- (2) 溶接検査対象材
- (3) 設計部門が特に指定するもの

7.3.1.2 識別マーキングの実施

- (1) 製造部門は，製造工程中，次のいずれかまたは組合せた方法によって製品を識別し，それを維持する責任を有する。
 - (a) 帳票による識別：当該品の図面番号，作番などを示す帳票（生産管理票，荷札等）が現品とともに移動することによって識別を行う。
 - (b) ペイントまたは永久マーキングによる識別：当該品上にペイントまたは永久マーキングにより，作番，号機番号，部品名等の1つまたは組合せた表示によって識別を行う。
- (2) 永久マーキングは，対象物の厚さにより次項に定めるいずれかの方法により行う。
 - (a) 低応力スタンプによる刻印
 - (b) 銘板取付
 - (c) バイブレーションツール（彫刻機を含む）によるマーキング

7.3.1.3 材料識別表示の記録

品管担当部門は，材料リストなどを基に組立品あるいは部品のどの部分にどの材料，部品が使われたかを明確に記録する。

7.3.2 材料使用前の確認

品管担当部門は、使用材料の成績書と図面、必要に応じて購入仕様書を現品と照合確認して、現品に対して刻印などにより使用可否の識別をする。

7.3.3 マークシフト

- (1) 製造部門は、設計部門より要求された材料の識別表示を、製造工程中適切に維持する。
- (2) 製造部門は、製造中に刻印・識別マーキングが機械加工、切断等により消える場合、当該刻印・識別マーキングが消える前に官庁、顧客あるいは品管担当部門立会のもとで移し換えを行うか、維持のための適切な保護措置をとる。

7.4 発送前点検の実施

- (1) 製造部門は、製作手順書のすべての作業ステップが完了していることを確認し、設計部門-製造部門-品管担当部門による発送前点検を実施する。その後、設計指示事項に基づき養生を実施する。

7.5 出荷準備及び輸送

- (1) 製造部門は、設計より発行された納入品明細書の情報を基に、品管担当部門へ発送許可を依頼する。
- (2) 品管担当部門は、製造部からの依頼内容と製品を照合し、発送前検査を実施する。検査完了後、製造部門より物流部門へ製品の輸送を依頼する。
- (3) 物流部門は、製品が輸送中に損傷・破損・劣化しないよう設計指示事項に基づき梱包を実施し、輸送を行う。

8. 検査に係る品質管理の方法

8.1 検査要領の確立

8.1.1 設計要求事項及び購入要求事項

購入要求元部門は、必要に応じ、製造部門、品管担当部門と協議し、適用法令、規格、基準、契約仕様及び次の要求事項を設計・調達文書で明確に規定する。

- (1) 検査判定に係わる基準
- (2) 適用法令、規格
- (3) 識別、マーキングに係る事項
- (4) 特殊工程に係る事項（溶接、非破壊試験、熱処理、レジン充填）
- (5) 製品品質に係る重要度
- (6) 取扱い、保管、梱包、出荷、運搬に係る事項
- (7) 関連技術資料

(8) その他

8.1.2 検査の計画

8.1.2.1 構造，強度又は漏えいに係る検査

品管担当部門は，設計結果を含む技術基準及び規則等への適合を確認することを目的とし，表 8-1 に示す構造，強度又は漏えいに係る検査及び表 8-2 に示す機能及び性能検査を計画する。

8.1.2.2 主要な耐圧部の溶接部に係る検査

品管担当部門は，主要な耐圧部の溶接部について，技術基準規則第 14 条第 1 項第 3 号並びに使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則の解釈（以下「技術基準解釈」という。）への適合を確認することを目的とし，以下の(1)及び(2)の工程ごとに検査を実施する。

(1) あらかじめ確認する事項

製造部門は，次の(a)及び(b)について，主要な耐圧部の溶接をしようとする前に，技術基準解釈に従い，表 8-3，表 8-4 に示す検査を計画する。

- (a) 溶接施工法に関すること
- (b) 溶接士の技能に関すること

(2) 主要な耐圧部の溶接部に対する確認事項

設計部門は，技術基準規則第 14 条第 1 項第 3 号の主要な耐圧部の溶接部について，技術基準解釈に従い，表 8-5 に示す検査を計画する。

8.1.3 検査の管理

設計部門は，製品品質の重要度に応じ，材料調達，製造（調達製品を含む）の各段階で実施する検査項目，立会検査の程度を示す「検査項目及び立会区分一覧表」を作成し，発行する。また，プロジェクトマネジメント部門は，検査要領書の作成の有無を明確にした「提出図書一覧表」を作成し，発行する。

8.1.4 検査要領書の作成

品管担当部門は，「検査項目及び立会区分一覧表」に従い，検査要領書を作成し，発行する。検査要領書には下記の事項を明確に記載する。

- (1) 目的
- (2) 適用範囲
- (3) 検査場所
- (4) 適用規格
- (5) 検査の項目及び立会程度

- (6) 検査の要領と判定基準
- (7) 記録の顧客への提出範囲及び保管期限

8.2 検査員の力量管理

品管担当部門は、次の事項により検査員の力量管理を行う。

- (1) 作業内容に応じて定められた要領書に従い力量認定された検査員に検査を実施させる。
- (2) 非破壊試験は、(財)日本規格協会「非破壊試験技術者の資格及び認証 JIS Z 2305」に基づく資格認定取得者に実施させる。

8.3 検査設備（計測器，試験機等）の管理

品管担当部門は、製品の合否判定に使用する検査設備を管理するために、次の事項を行う。

- (1) 検査設備の精度及び性能を維持し管理する。
- (2) 検査設備の使用前に検査設備の計量機器の検査結果に関する図書を必要に応じて準備し、検査が適切に実施されていること、かつ有効期限内であること及び記載内容に不備がないことを確認する。

8.4 検査の実施

- (1) 品管担当部門は、設計部門とは独立した立場で検査の実施にあたり、事前に適用する要領書を明確にし、検査員に指示するとともに、周知する。
- (2) 品管担当部門は、検査依頼に基づき設計指示事項及び適用要領書に従い検査を行うとともに、要求される検査記録を作成する。

8.5 不適合製品の識別及び隔離

品管担当部門は、検査結果に基づき、次の方法により不適合製品を識別及び隔離する。

- (1) 不適合製品又は他の適切な場所に、「不合格」ステッカを貼付する。
- (2) 不適合製品は、「不適合及び是正処理管理要領」に従い処置する。
- (3) 「不合格」ステッカは、適切に処置がされた時点で、品管担当部門の担当者が除去する。

8.6 発送前検査の実施

品管担当部門は、製品に発生した全ての不適合が処理されていること、及び製造工程中に作成した検査記録に問題がないことを確認する。

8.7 溶接検査の計画

設計部門は、溶接検査計画書を作成し、顧客に提出する。

9. 調達に係る品質管理の方法

9.1 調達計画及び調達先の選定

9.1.1 調達計画

- (1) 購入要求元部門は、計画段階において調達を要する対象を明確にし、その種類に応じて購入仕様書を計画的に発行する。

9.1.2 調達先の選定

- (1) 品管担当部門は、調達先の選定に先立ち、社内規定にしたがい、調達先が必要な品質に関する要求事項に適合する製品を供給し得るか否かの能力を評価の上、調達先候補をあらかじめ認定し、登録する。
- (2) 調達部門及び購入要求元部門は以下の項目に関する考慮の上、調達先を選定する。
 - (a) 調達先の調達管理を含めた技術的能力および品質管理体制。
 - (b) 製品の供給実績
 - (c) 製品の使用実績
 - (d) 製品サンプル
- (3) 購入要求元部門、調達部門及び品管担当部門は、既に評価済みの調達先が要求品質を満足する調達製品の供給能力を維持していることを上記(2)の(a)～(d)に関する調査・評価・監査を適宜行うことにより確認する。

9.2 調達先とのコミュニケーション

購入要求元部門、調達部門及び品管担当部門は、調達先とのコミュニケーションを図り、次の事項を行う。

- (1) 購入要求元部門
 - (a) 進捗状況のステイタス管理（設計・製造工程に基づく文書提出・製造状況の把握）
- (2) 調達部門
 - (a) 適切な調達先の選定、早期発注による納期確保
 - (b) 進捗日程フォロー（情報入手と関係先への周知）、納期管理
- (3) 品管担当部門
 - (a) 不適合の早期発見による是正処置
 - (b) 製造工程上のホールドポイントの明確化、必要に応じた出張立会検査
- (4) その他

購入要求元部門、調達部門及び品管担当部門は、調達製品の特異性、複雑さ、調達頻度、過去の不適合事例等を勘案し、次の例に示す場を活用して調達先とのコミュニケーションを強化する。

- (a) 交流会，講演会
- (b) 発注時，製造又は作業着手前のキックオフミーティング
- (c) 不適合事例周知，コンプライアンス及び原子力安全に関連した個別の連絡会等

9.3 発注

- (1) 購入要求元部門の担当者は、購入仕様書を作成し、審査を受けた後、承認を受ける。

また、レビューが必要な仕様書は発行前に関係先のレビューを受ける。

- (2) 調達部門は、最新の購入仕様書に基づき、9.1.2において選定された調達先へ発注する。

9.4 文書の管理

購入要求元部門および調達部門は、調達文書について、次のとおり管理する。

- (1) 調達文書に業務の範囲，管理の要求事項，技術的要求事項，品質管理に関する要求事項，調達先への立入権限，不適合に関する要求事項等を発注文書により連絡する。
- (2) 上記の発注文書，および標準品質保証仕様書の調達先への発行によって、「当社と調達先の責任範囲」「要求事項の適用を二次調達先以降，最終の調達先まで及ぼすための事項」「製品を受領する場合に使用する，調達製品に関する要求事項への適合状況を記録した文書」の提出を要求する。
- (3) 特に許認可申請用の設計解析を伴う調達にかかわる調達文書には，発注範囲に応じて上記(1)および(2)に要求する項目に加え，設計解析に関する要求事項，および解析コードの変更の周知・教育に関する要求事項を調達先およびその調達先の二次調達先以降が遵守するように要求する。

9.5 検査及び受入管理

調達製品が調達要求事項を満足していることを確認するために、購入要求元部門及び品管担当部門は調達製品に対して次のとおり検査及び受入管理を行う。

- (1) 品管担当部門は、購入仕様書に基づき、製品の検査を実施し、記録を作成する。

- (2) 設計役務の調達の場合、購入要求元部門は役務（成果物含む）が当該購入仕様書の要求事項に適合していることを確認し、確認した結果を記録として維持する。
- (3) 品管担当部門は、調達製品に不適合が発生した場合、不適合の処置及び再発防止対策を図る。

9.6 品質記録の保管

- (1) 品管担当部門は、購入仕様書の要求に従って提出された品質記録（検査記録、補修記録等）を保管する。

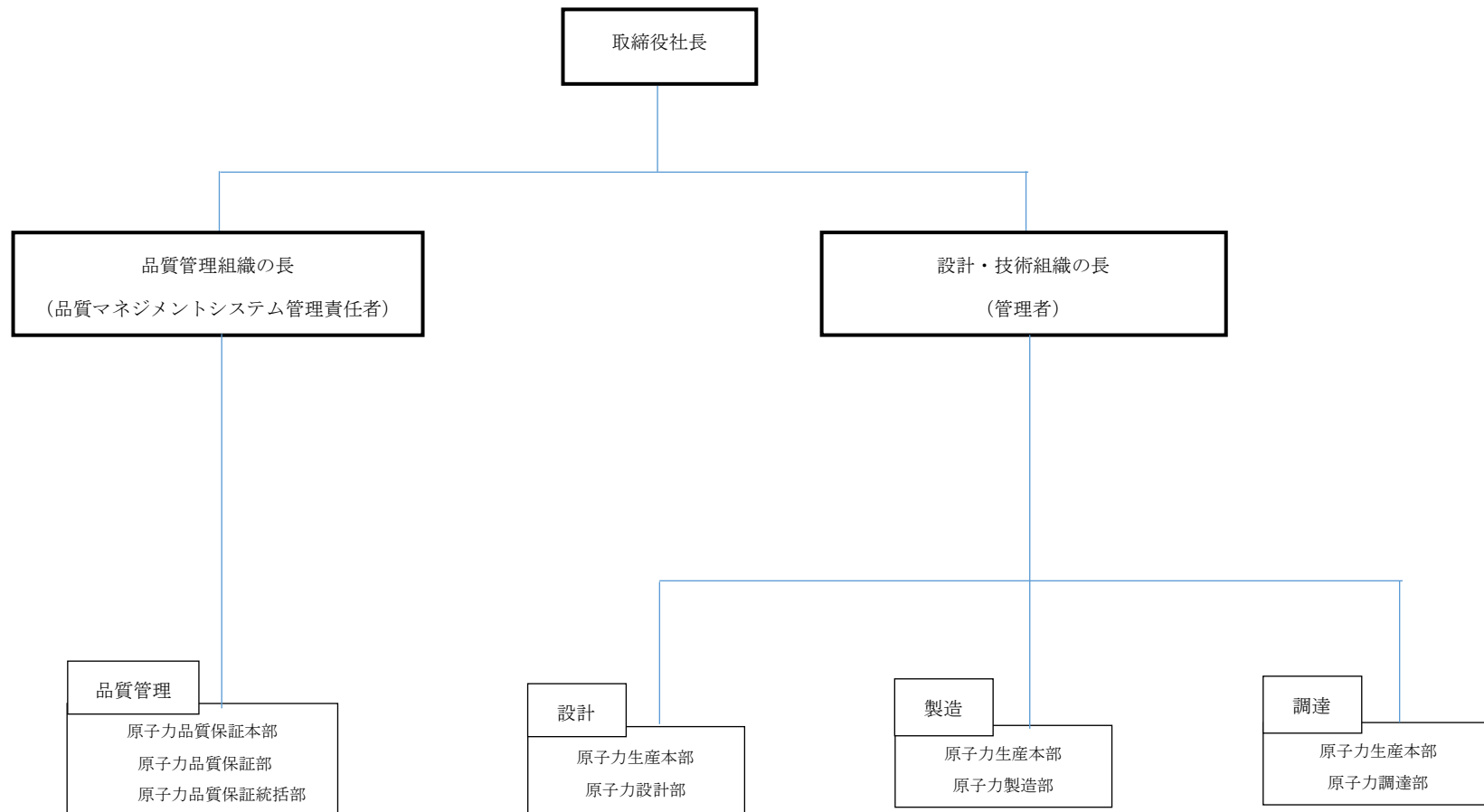


図 2-1 型式設計特定容器等の製作等に係る組織

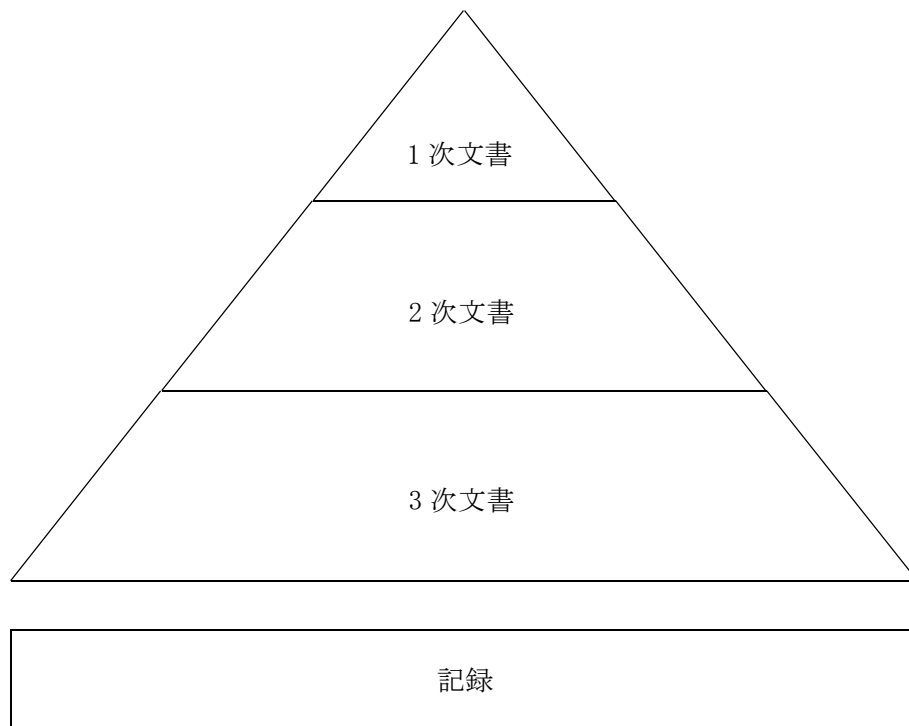


図 3-1 品質マネジメントシステムに係る文書体系図

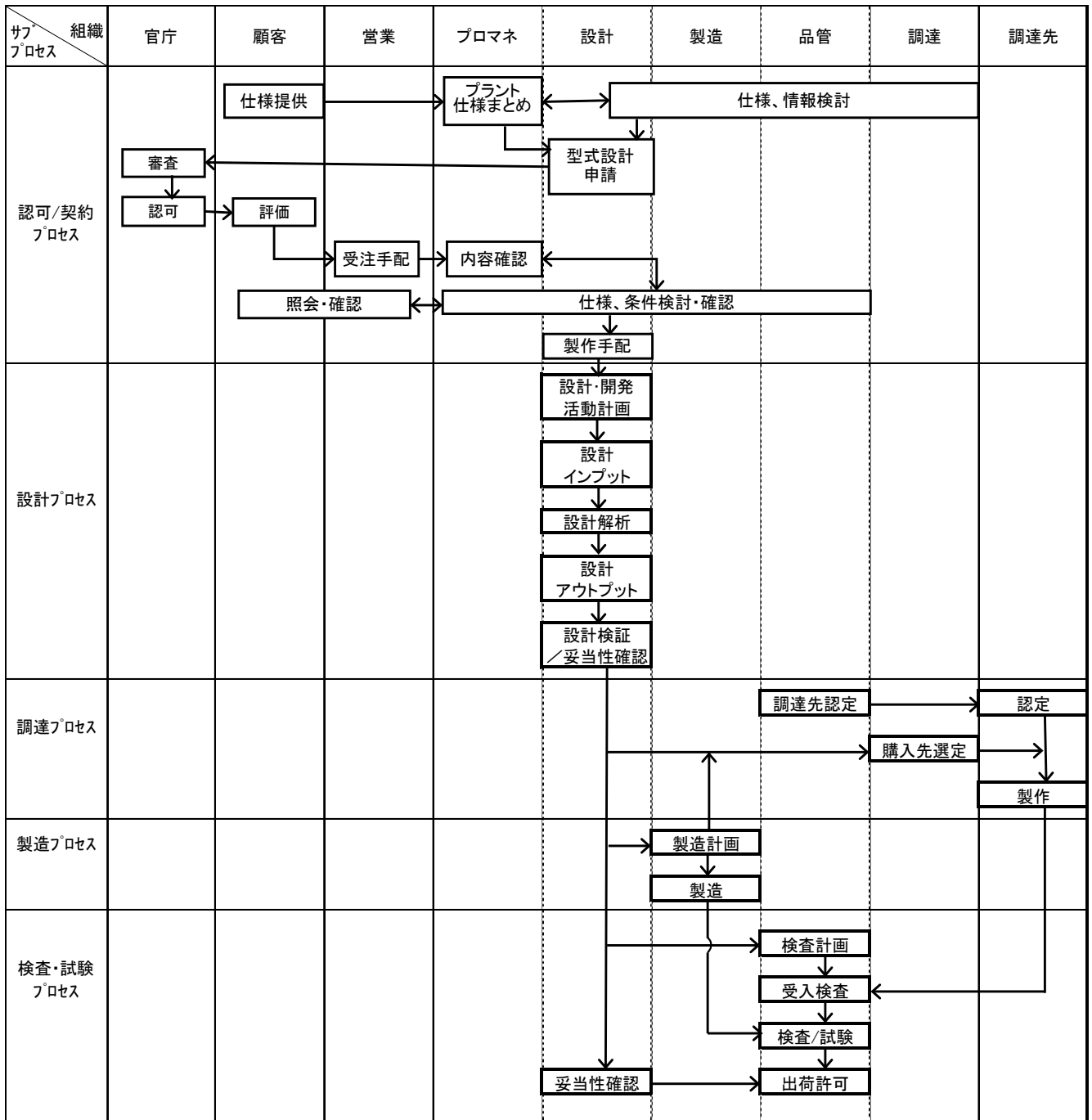


図 5-1 型式設計特定容器等の製作等に係る製品実現の計画と実施のプロセス

表 3-1 品質マネジメントシステム文書体系

	文書名
1 次文書	品質マネジメントシステム計画書（品質方針（品質目標）を含む。）
2 次文書	3(1)に関する文書
	3(4)として文書・記録に関する文書
	3(4)として不適合管理，是正処置等および未然防止処置に関する文書
3 次文書*	手順書，指示書

注記*：具体的な品質マネジメントシステムに係る主な文書については，表 3-2 を参照

表 3-2 品質マネジメントシステムに係る主な文書(1/2)

No	文書区分	文書名	各部署	品管担当部門 ^{*1}	Prj ^{*2}	営業部門	顧客 ^{*3}	備考	製作 ^{*4}	製品化 ^{*5}
1	契約関係	(1) 見積仕様書	C	—	C	PRAiS	—		—	○
		(2) 契約仕様書	C	—	C	PRAiS	—		—	○
		(3) 受注決定仕様書	C	—	PRAC	RAiS	—	受注伝票, 仕様訂正票等を含む	—	○
2	官庁関係	(1) 工事計画許可申請書	PRAiC	—	PCS	—	i	変更申請書, 届出書等	—	○
		(2) 溶検申請書	PRAiS	—	—	—	C		—	○
		(3) 電気事業法以外の法令許可申請, 届出関係文書	PRAiC	—	—	—	iS		○	○
3	設計関係	(1) 承認図(決定図)	PRAiS	—	C	—	AC		—	○
		(2) 製作図, 施工図	PRAiS	—	—	—	—		○	○
		(3) 設計仕様書	PRAiS	—	C	—	AC	共通設計, 系統設計, 機器設計, 購入仕様書, P&ID等を含む	○	○
		(4) 設計指示仕様書	PRAiS	—	C	—	—	購入, 製作, 検査, 工事, 変更等を含む	○	○
4	QA関係	(1) 品質マネジメントシステム計画書	C	PRAiS	C	C	AC		○	○
5	工程関係	(1) 工程表	PRAiS	—	C	C	—		○	○
6	製造計画関係	(1) 要領書	PRAiS	—	C	—	AC		○	○
7	施工管理関係	(1) 作業指示書	PRAiS	—	—	—	—	安全指示, 防護指示を含む	○	○
8	施工記録関係	(1) 施工記録	PRAiS	—	—	—	—		○	○
9	検査計画関係	(1) 要領書	PRAiS	—	—	—	AC		○	○

記号 P:作成 R:審査 A:承認 i:発行 S:原本保管(社外文書の場合は, 正本保管)

C:受領, 確認, 必要により写し保管 —:該当せず

注記 *1:原子力品質保証部/原子力品質保証統括部(原子力事業品質マネジメントシステム計画の推進実務の活動範囲)

*2:プロジェクトマネジメント部門

*3:顧客への標準的な提出範囲を示し, 契約等により指定のある場合は契約事項にしたがう。

*4:型式特定容器等(HDP-69B(B))製作にて作成する図書を○とする。

*5:製品化に伴い作成する図書を○とする。

<補足説明>

表 3-2 に示す文書のうち, 記録として取り扱うものにおける保管部署や保管期限については, 3.3 記録の管理にしたがう。

表 3-2 品質マネジメントシステムに係る主な文書(2/2)

No	文書区分	文書名	各部署	品管担当部門 ^{*1}	Prj ^{*2}	営業部門	顧客 ^{*3}	備考	製作 ^{*4}	製品化 ^{*5}
10	検査関係	(1) 検査記録	PRiS	PRAiS	—	—	C		○	○
11	不適合管理関係	(1) 検査票	PRiS	PRAiS	—	—			○	○
		(2) 不具合報告書	PRiS	PRAiS	—	—			—	○
12	内部監査関係	(1) 計画書	C	PRAiS	C	—			○	○
		(2) 結果報告書	C	PRAiS	C	—			○	○
13	教育訓練関係	(1) 計画書	PRAiS	—	—	—	—		○	○
		(2) 実施記録	PRAiS	—	—	—	—		○	○
14	連絡関係	(1) エンジニアリングシート	PRAiSC	PRAiSC	PRAiSC	PRAiSC	C		—	○
		(2) 議事録	PRAiSC	PRAiSC	PRAiSC	PRAiSC	C		—	○
		(3) 事項通知書	PRAiSC	PRAiSC	PRAiSC	PRAiSC	—		○	○
15	法令規格関係	(1) 法令	C	C	—	—	—	電気事業法令, 労働基準法令, 労働安全衛生法令, 消防法令, 高圧ガス保安法令等	○	○
		(2) 社外規格	C	C	C	—	—	JIS, JEAC, JEAG, 顧客規格等	○	○
		(3) 社内規格	PRAiSC	PRAiSC	PRAiSC	—	—	全社規格, 各部署規格, 現地事務所規格等	○	○
16	文書管理関係	(1) 提出図書取扱基準	C	C	PRAiS	C	C	提出図書一覧表を含む	—	○
17	委託・R&D関係	(1) 実施計画書	PRAiSC	—	C	—	C		○	○
		(2) 技術検討書	PRAiSC	—	C	—	C		○	○
		(3) 実施報告書	PRAiSC	R	C	—	C		○	○
18	その他の文書	(1) 機器取扱説明書	PRAiS	—	—	—	C		—	○

記号 P:作成 R:審査 A:承認 i:発行 S:原本保管(社外文書の場合は, 正本保管)

C:受領, 確認, 必要により写し保管 —:該当せず

注記 *1:原子力品質保証部/原子力品質保証統括部(原子力事業品質マネジメントシステム計画の推進実務の活動範囲)

*2:プロジェクトマネジメント部門

*3:顧客への標準的な提出範囲を示し, 契約等により指定のある場合は契約事項にしたがう。

*4:型式特定容器等(HDP-69B(B))製作にて作成する図書を○とする。

*5:製品化に伴い作成する図書を○とする。

<補足説明>

表 3-2 に示す文書のうち, 記録として取り扱うものにおける保管部署や保管期限については, 3.3 記録の管理にしたがう。

表 8-1 構造、強度又は漏えいに係る検査

検査項目*	検査方法	判定基準
材料検査	材料メーカーで実施された検査の結果をミルシート等により確認する。	設計仕様のとおり検査を行い、破壊じん性、機械的強度及び化学的成分を有する材料であること。
寸法検査	主要寸法測定箇所を測定する。	設計仕様のとおり寸法であること。
外観検査	各部の外観を目視検査する。	基本的安全機能及び構造強度に影響する汚れ、傷、変形又は損傷のないこと。
耐圧・漏えい検査	密封容器及びその溶接部に対して、耐圧検査圧力で異常な変形及び著しい漏えいがないことを確認する。	異常な変形がないこと及び著しい漏えいがないこと。
吊上荷重検査	トラニオンに荷重を付加し、異常がないことを確認する。	異常のないこと及び浸透探傷試験における判定基準を満足すること。
重量検査	金属キャスクの質量を計測する。	仕様書に定められた値以下であること。

注記*：各検査は、全数又は抜取りにより実施されるものとする。

表 8-2 機能及び性能検査

検査項目*	検査方法	判定基準
気密漏えい検査	金属キャスクのヘリウムリークテストにより漏えい率を測定する。	許容漏えい率を超えないこと。
遮蔽性能検査	ガンマ線又は中性子遮蔽機能に係る材料検査、寸法検査、及び外観検査の記録を確認する。	ガンマ線又は中性子遮蔽機能に係る材料検査、寸法検査、及び外観検査の基準を満足していること。
未臨界検査	製造時の臨界防止機能に係る材料検査記録、寸法検査記録、外観検査記録及び溶接検査記録を確認する。	臨界防止機能に係る材料検査、寸法検査、外観検査及び溶接検査の合格基準を満足すること。
伝熱検査	代表キャスクについては、燃料集合体を模擬した電気ヒータに設計発熱量を模擬し、キャスク表面の温度を測定する。 代表キャスク以外については、除熱機能に係る材料検査記録、寸法検査記録、外観検査記録及び溶接検査記録を確認する。	代表キャスクについては、周囲温度を 45℃に補正したときに、バスケット温度及び胴内面の温度が最高使用温度以下であること。 代表キャスク以外については、除熱機能に係る材料検査、寸法検査、外観記録及び溶接検査の合格基準を満足すること。

注記*：各検査は、全数又は抜取りにより実施されるものとする。

表 8-3 あらかじめ確認すべき事項（溶接施工法）

検査項目	検査方法及び判定基準
溶接施工法の内容確認	計画している溶接施工法の内容が、技術基準に適合する方法であることを確認する。
材料確認	試験材の種類及び機械的性質が試験に適したものであることを確認する。
開先確認	試験をする上で、健全な溶接が施工できることを確認する。
溶接作業中確認	溶接施工法及び溶接設備等が計画どおりのものであり、溶接条件等が溶接検査計画書のとおりを実施されることを確認する。
外観確認	試験材について、目視により外観が良好であることを確認する。
溶接後熱処理確認	溶接後熱処理の方法等が技術基準に基づき計画した内容に適合していることを確認する。
浸透探傷試験確認	技術基準に適合した試験の方法により浸透探傷試験を行い、表面における開口した欠陥の有無を確認する。
機械試験確認	溶接部の強度、延性及び靱性等の機械的性質を確認するため、継手引張試験、曲げ試験及び衝撃試験により溶接部の健全性を確認する。
(判定) *	以上の全ての工程において、技術基準に適合していることが確認された場合、当該溶接施工法は技術基準に適合するものとする。

注記*：() は検査項目ではない。

表 8-4 あらかじめ確認すべき事項（溶接士）

検査項目	検査方法及び判定基準
溶接士の検査 内容確認	検査を受けようとする溶接士の氏名，溶接訓練歴等，及びその者が行う溶接施工法の範囲を確認する。
材料確認	試験材の種類及び機械的性質が試験に適したものであることを確認する。
開先確認	試験をする上で，健全な溶接が施工できることを確認する。
溶接作業中確認	溶接士及びその溶接士が行う溶接作業が溶接検査計画書のとおりであり，溶接条件等が溶接検査計画書のとおりを実施されることを確認する。
外観確認	試験材について，目視により外観が良好であることを確認する。
浸透探傷試験 確認	技術基準に適合した試験の方法により浸透探傷試験を行い，表面における開口した欠陥の有無を確認する。
機械試験確認	曲げ試験を行い，欠陥の有無を確認する。
(判定) *	以上の全ての工程において，技術基準に適合していることが確認された場合，当該溶接士は技術基準に適合する技能を持った者とする。

注記*：() は検査項目ではない。

表 8-5 主要な耐圧部の溶接部に対して確認する事項

検査項目	検査方法及び判定基準
適用する溶接施工方法、溶接士の確認	適用する溶接施工方法、溶接士について、表 8-3 及び表 8-4 に示す適合確認がなされていることを確認する。
材料検査	溶接に使用する材料が技術基準に適合するものであることを確認する。
開先検査	開先形状、開先面の清浄及び継手面の食違い等が技術基準に適合するものであることを確認する。
溶接作業検査	あらかじめの確認において、技術基準に適合していることが確認された溶接施工方法及び溶接士により溶接施工しているかを確認する。
熱処理検査	溶接後熱処理の方法、熱処理設備の種類及び容量が、技術基準に適合するものであること、また、あらかじめの確認において技術基準に適合していることを確認した溶接施工法の範囲により実施しているかを確認する。
非破壊試験	溶接部について非破壊試験を行い、その試験方法及び結果が技術基準に適合するものであることを確認する。
機械検査	溶接部について機械試験を行い、当該溶接部の機械的性質が技術基準に適合するものであることを確認する。
耐圧検査	規定圧力で耐圧検査を行い、これに耐え、かつ、漏えいがないことを確認する。規定圧力で行うことが著しく困難な場合は、可能な限り高い圧力で検査を実施し、耐圧検査の代替として非破壊試験を実施する。 (外観の状況確認) 溶接部の形状、外観及び寸法が技術基準に適合することを確認する。
(適合確認) *	以上の全ての工程において、技術基準に適合していることが確認された場合、当該溶接部は技術基準に適合するものとする。

注記* : () は検査項目ではない。

使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則	HDP-69B (B) 型の設計に関する基本方針	伊方発電所第3号機 設計及び工事計画認可申請書 (令和3年1月8日申請)
<p>(材料及び構造)</p> <p>第十四条 使用済燃料貯蔵施設に属する容器、管及びこれらの支持構造物のうち、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要なもの(以下この項において「容器等」という。)の材料及び構造は、次に掲げるところによらなければならない。この場合において、第一号及び第三号の規定については、法第四十三条の九第二項に規定する使用前事業者検査の確認を行うまでの間適用する。</p> <p>一 容器等に使用する材料は、次に掲げるところによるものであること。</p> <p>イ 容器等が、その使用される圧力、温度、水質、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分(使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性を含む。)を有すること。</p> <p>ロ 使用済燃料等を閉じ込めるための容器(以下この項において「密封容器」という。)に使用する材料にあつては、当該密封容器が使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認したものであること。</p>	<p>1. 材料について</p> <p>(1) 機械的強度及び化学的成分</p> <p>a. 密封容器、バスケット、トラニオン、外筒及び中性子遮蔽材カバーは、その使用される圧力、温度、水質、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分(使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性を含む。)を有する材料を使用する。</p> <p>(2) 破壊じん性</p> <p>a. 密封容器に使用する材料にあつては、当該密封容器が使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認する。</p>	<p>原子炉冷却系統施設(蒸気タービンに係るものを除く。)</p> <p>11 原子炉冷却系統施設(蒸気タービンを除く。)の基本設計方針、適用基準及び適用規格</p> <p>(1) 基本設計方針</p> <p>5.3.1.1 材料について</p> <p>(1) 機械的強度及び化学的成分</p> <p>a. クラス1機器、クラス1支持構造物及び炉心支持構造物は、その使用される圧力、温度、水質、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分(使用中の応力その他の使用条件に対する適切な耐食性を含む。)を有する材料を使用する。</p> <p>b. クラス2機器、クラス2支持構造物、クラス3機器、クラス4管、重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物は、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用する。</p> <p>c. 原子炉格納容器は、その使用される圧力、温度、湿度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用する。</p> <p>d. 格納容器再循環サンプスクリーンは、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用する。</p> <p>e. 重大事故等クラス3機器は、その使用される圧力、温度、荷重その他の使用条件に対して日本産業規格等に適合した適切な機械的強度及び化学的成分を有する材料を使用する。</p> <p>(2) 破壊じん性</p> <p>a. クラス1容器は、当該容器が使用される圧力、温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して適切な破壊じん性を有する材料を使用する。また、破壊じん性は、寸法、材質又は破壊じん性試験により確認する。</p> <p>原子炉容器については、原子炉容器の脆性破壊を防止するため、中性子照射脆化の影響を考慮した最低試験温度に対して適切な破壊じん性を有する材料を使用する。</p>

使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則	HDP-69B (B) 型の設計に関する基本方針	伊方発電所第3号機 設計及び工事計画認可申請書 (令和3年1月8日申請)
<p>ハ 管及び支持構造物に使用する材料にあつては、当該管及び支持構造物の最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認したものであること。</p> <p>ニ 有害な欠陥がないことを非破壊試験により確認したものであること。</p>	<p>b. バスケット、トラニオン、外筒及び中性子遮蔽材カバーに使用する材料にあつては、その最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有することを機械試験その他の評価方法により確認する。</p> <p>(3) 非破壊試験</p> <p>a. 密封容器、バスケット、トラニオン、外筒及び中性子遮蔽材カバーに使用する材料は、有害な欠陥がないことを非破壊試験により確認する。</p>	<p>b. クラス1機器（クラス1容器を除く。）、クラス1支持構造物（クラス1管及びクラス1弁を支持するものを除く。）、クラス2機器、クラス3機器（工学的安全施設に属するものに限る。）、原子炉格納容器、炉心支持構造物及び重大事故等クラス2機器は、その最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有する材料を使用する。また、破壊じん性は、寸法、材料又は破壊じん性試験により確認する。</p> <p>重大事故等クラス2機器のうち、原子炉容器については、重大事故等時における温度、放射線、荷重その他の使用条件に対して損傷するおそれがない設計とする。</p> <p>c. 格納容器再循環サンプスクリーンは、その最低使用温度に対して適切な破壊じん性を有する材料を使用する。また、破壊じん性は、寸法、材料又は破壊じん性試験により確認する。</p> <p>(3) 非破壊試験</p> <p>クラス1機器、クラス1支持構造物（棒及びボルトに限る。）、クラス2機器（鋳造品に限る。）、炉心支持構造物及び重大事故等クラス2機器（鋳造品に限る。）に使用する材料は、非破壊試験により有害な欠陥がないことを確認する。</p>

使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則	HDP-69B (B) 型の設計に関する基本方針	伊方発電所第3号機 設計及び工事計画認可申請書 (令和3年1月8日申請)
<p>二 容器等の構造及び強度は、次に掲げるところによるものであること。</p> <p>イ 取扱い時及び貯蔵時において、全体的な変形を弾性域に抑えること。</p> <p>ロ 密封容器にあつては、破断延性限界に十分な余裕を有し、金属キャスクに要求される機能に影響を及ぼさないこと。また、閉じ込め機能（事業許可基準規則第二条第二項第三号ハに規定する閉じ込め機能をいう。）を担保する部位（ハにおいて「密封シール部」という。）については、変形を弾性域に抑えること。</p> <p>ハ 密封容器にあつては、試験状態において、全体的な塑性変形が生じないこと。また、密封シール部については、変形を弾性域に抑えること。</p>	<p>2. 構造及び強度について</p> <p>(1) 延性破断の防止</p> <p>a. 密封容器、バスケット、トラニオン、外筒及び中性子遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯蔵時において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とする。</p> <p>b. 密封容器は、破断延性限界に十分な余裕を有し、金属キャスクに要求される機能に影響を及ぼさない設計とする。また、閉じ込め機能を担保する密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計とする。</p> <p>c. 密封容器は、試験状態において、全体的な塑性変形が生じない設計とする。また、密封シール部については、変形を弾性域に抑える設計とする。</p>	<p>原子炉冷却系統施設（蒸気タービンに係るものを除く。）</p> <p>11 原子炉冷却系統施設（蒸気タービンを除く。）の基本設計方針、適用基準及び適用規格</p> <p>(1) 基本設計方針</p> <p>5.3.1.2 構造及び強度について</p> <p>(1) 延性破断の防止</p> <p>a. クラス1機器、クラス2機器、クラス3機器、原子炉格納容器、炉心支持構造物、重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス3機器は、最高使用圧力、最高使用温度及び機械的荷重が負荷されている状態（以下「設計上定める条件」という。）において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とする。</p> <p>b. クラス1支持構造物は、運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおいて、全体的な変形を弾性域に抑える設計とする。</p> <p>c. クラス1支持構造物であつて、クラス1容器に溶接により取り付けられ、その損壊により、クラス1容器の損壊を生じさせるおそれがあるものは、b.にかかわらず、設計上定める条件において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とする。</p> <p>d. クラス1容器（オメガシールその他のシールを除く。）、クラス1管、クラス1弁、クラス1支持構造物、原子炉格納容器（著しい応力が生ずる部分及び特殊な形状の部分に限る。）及び炉心支持構造物は、運転状態Ⅲにおいて、全体的な塑性変形が生じない設計とする。また、応力が集中する構造上の不連続部等については、補強等により局所的な塑性変形に止まるよう設計する。</p> <p>e. クラス1容器（オメガシールその他のシールを除く。）、クラス1管、クラス1支持構造物、原子炉格納容器（著しい応力が生ずる部分及び特殊な形状の部分に限る。）及び炉心支持構造物は、運転状態Ⅳにおいて、延性破断に至る塑性変形が生じない設計とする。</p> <p>f. クラス4管は、設計上定める条件において、延性破断に至る塑性変形を生じない設計とする。</p> <p>g. クラス1容器（ボルトその他の固定用金具、オメガシールその他のシールを除く。）、クラス1支持構造物（クラス1容器に溶接により取り付けられ、その損壊により、クラス1容器の損壊を生じさせるおそれがあるものに限る。）及び原子炉格納容器（著しい応力が生ずる部分及び特殊な形状の部分に限る。）は、試験状態において、全体的な塑性変形が生じない設計とする。また、応力が集中する構造上の不連続部等については、補強等により局所的な塑性変形に止まるよう設計する。</p>

使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則	HDP-69B (B) 型の設計に関する基本方針	伊方発電所第3号機 設計及び工事計画認可申請書 (令和3年1月8日申請)
<p>ニ 密封容器及び支持構造物にあっては、取扱い時及び貯蔵時において、疲労破壊が生じないこと。</p> <p>ホ 取扱い時及び貯蔵時において、座屈が生じないこと。</p>	<p>(2) 疲労破壊の防止</p> <p>a. 密封容器、バスケット、トラニオン、外筒及び中性子遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯蔵時において、疲労破壊が生じない設計とする。</p> <p>(3) 座屈による破壊の防止</p> <p>a. 密封容器、バスケット、トラニオン、外筒及び中性子遮蔽材カバーは、取扱い時及び貯蔵時において、座屈が生じない設計とする。</p>	<p>h. 格納容器再循環サンプスクリーンは、運転状態Ⅰ、運転状態Ⅱ及び運転状態Ⅳ（異物付着による差圧を考慮）において、全体的な変形を弾性域に抑える設計とする。</p> <p>i. クラス2支持構造物であって、クラス2機器に溶接により取り付けられ、その損壊によりクラス2機器に損壊を生じさせるおそれがあるものは、運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおいて、延性破断が生じないよう設計する。</p> <p>j. 重大事故等クラス2支持構造物であって、重大事故等クラス2機器に溶接により取り付けられ、その損壊により重大事故等クラス2機器に損壊を生じさせるおそれがあるものにあつては、設計上定める条件において、延性破断が生じない設計とする。</p> <p>(3) 疲労破壊の防止</p> <p>a. クラス1容器、クラス1管、クラス1弁（弁箱に限る。）、クラス1支持構造物、クラス2管（伸縮継手を除く。）、原子炉格納容器（著しい応力が生ずる部分及び特殊な形状の部分に限る。）及び炉心支持構造物は、運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおいて、疲労破壊が生じない設計とする。</p> <p>b. クラス2機器、クラス3機器、原子炉格納容器及び重大事故等クラス2機器の伸縮継手は、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じない設計とする。</p> <p>c. 重大事故等クラス2管（伸縮継手を除く。）は、設計上定める条件で応力が繰り返し加わる場合において、疲労破壊が生じない設計とする。</p> <p>(4) 座屈による破壊の防止</p> <p>a. クラス1容器（胴、鏡板及び外側から圧力を受ける円筒形又は管状のものに限る。）、クラス1支持構造物及び炉心支持構造物は、運転状態Ⅰ、運転状態Ⅱ、運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳにおいて、座屈が生じない設計とする。</p> <p>b. クラス1容器（胴、鏡板及び外側から圧力を受ける円筒形又は管状のものに限る。）及びクラス1支持構造物（クラス1容器に溶接により取り付けられ、その損壊により、クラス1容器の損壊を生じさせるおそれがあるものに限る。）は、試験状態において、座屈が生じない設計とする。</p> <p>c. クラス1管、クラス2容器、クラス2管、クラス3機器、重大事故等クラス2容器、重大事故等クラス2管及び重大事故等クラス2支持構造物（重大事故等クラス2機器に溶接により取り付けられ、その損壊により重大事故等クラス2機器に損壊を生じさせるおそれがあるものに限る。）は、設計上定める条件において、座屈が生じない設計とする。</p>

使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則	HDP-69B (B) 型の設計に関する基本方針	伊方発電所第3号機 設計及び工事計画認可申請書 (令和3年1月8日申請)
		d. 原子炉格納容器は、設計上定める条件並びに運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳにおいて、座屈が生じない設計とする。 e. クラス2支持構造物であって、クラス2機器に溶接により取り付けられ、その損壊によりクラス2機器に損壊を生じさせるおそれがあるものは、運転状態Ⅰ及び運転状態Ⅱにおいて、座屈が生じないよう設計する。

使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則	HDP-69B (B) 型の設計に関する基本方針	伊方発電所第3号機 設計及び工事計画認可申請書 (令和3年1月8日申請)
<p>三 密封容器の主要な耐圧部の溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。以下この号において同じ。）は、次に掲げるところによるものであること。</p> <p>イ 不連続で特異な形状でないものであること。</p> <p>ロ 溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを、非破壊試験により確認したものであること。</p> <p>ハ 適切な強度を有するものであること。</p> <p>ニ 機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接したものであること。</p> <p>2 使用済燃料貯蔵施設に属する容器及び管のうち、使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で重要なものは、適切な耐圧試験又は漏えい試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されたものでなければならない。</p>	<p>3. 密封容器の主要な耐圧部の溶接部について</p> <p>密封容器の主要な耐圧部の溶接部は、次のとおりとし、適用基準及び適用規格に適合していることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・不連続で特異な形状でない設計とする。 ・溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを、非破壊試験により確認する。 ・適切な強度を有する設計とする。 ・機械試験その他の評価方法により適切な溶接施工法及び溶接設備並びに適切な技能を有する溶接士であることをあらかじめ確認したものにより溶接する。 <p>4. 耐圧試験について</p> <p>密封容器は、適切な耐圧試験を行ったとき、これに耐え、かつ、著しい漏えいがないように設置されていることを確認する。</p>	<p>原子炉冷却系統施設（蒸気タービンに係るものを除く。）</p> <p>11 原子炉冷却系統施設（蒸気タービンを除く。）の基本設計方針、適用基準及び適用規格</p> <p>(1) 基本設計方針</p> <p>5.3.1.3 主要な耐圧部の溶接部（溶接金属部及び熱影響部をいう。）について</p> <p>クラス1容器、クラス1管、クラス2容器、クラス2管、クラス3容器、クラス3管、クラス4管、原子炉格納容器、重大事故等クラス2容器及び重大事故等クラス2管のうち主要な耐圧部の溶接部は、次のとおりとし、使用前事業者検査により適用基準及び適用規格に適合していることを確認する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・不連続で特異な形状でない設計とする。 ・溶接による割れが生ずるおそれがなく、かつ、健全な溶接部の確保に有害な溶込み不良その他の欠陥がないことを非破壊試験により確認する。 ・適切な強度を有する設計とする。 ・適切な溶接施工法、溶接設備及び技能を有する溶接士であることを機械試験その他の評価方法によりあらかじめ確認する。

資料 4

資料 4

HDP-69B (B) 型の設計に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. <u>適用部材の分類</u>	<u>2</u>
3. <u>強度評価の基本方針</u>	<u>3</u>
4. <u>HDP-69B(B)型の耐圧強度及び耐食性に対する設計</u>	<u>4</u>

図表目次

図 2-1 HDP-69B(B)型の構造図	5
<hr/>	
表 2-1 HDP-69B(B)型の適用部材の分類	6
<hr/>	

1. 概要

使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要な容器等の材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(令和2年4月1日 原子力規制委員会規則第8号)(以下「技術基準規則」という。)第14条に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。

本説明は、HDP-69B(B)型が使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で十分な構造、強度及び耐食性を有することを説明するものである。

2. 適用部材の分類

HDP-69B(B)型の構造図を図 2-1 に示す。これら構成部材のうち、技術基準規則第 14 条に規定される基本的安全機能を確保する上で必要な強度部材として、密封容器（二次蓋を含む。）、バスケット及びトランニオン、加えて、中性子遮蔽材を支持する外筒（端板を含む。）及び中性子遮蔽材カバーを評価対象とし、（社）日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」（以下「金属キャスク構造規格」という。）に基づく適用部材の分類を表 2-1 に示す。

3. 強度評価の基本方針

表 2-1 に従い、金属キャスク構造規格及び（社）日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007年追補版含む。）」（以下「設計・建設規格」という。）による評価を実施する。

4. HDP-69B(B)型の耐圧強度及び耐食性に対する設計

基本的安全機能を維持する上で重要となる HDP-69B(B)型の構成部材は、密封容器（二次蓋を含む。）、バスケット及びトラニオン、加えて、中性子遮蔽材を支持する外筒（端板を含む。）及び中性子遮蔽材カバーである。これらの構成部材について応力評価を行い、当該部材に発生する応力が許容応力以下となり、HDP-69B(B)型が基本的安全機能を維持するために必要な耐圧強度を有することを示す。また、HDP-69B(B)型の主要な構成部材について、設計貯蔵期間中の温度、放射線等の環境及びその環境下での腐食等の経年変化に対して必要な耐食性を有することを示す。なお、HDP-69B(B)型を構成する部材のうち中性子遮蔽材、金属ガスケット及び伝熱フィンは、HDP-69B(B)型の耐圧強度を担保する部材ではないことから、耐食性についてのみ評価する。

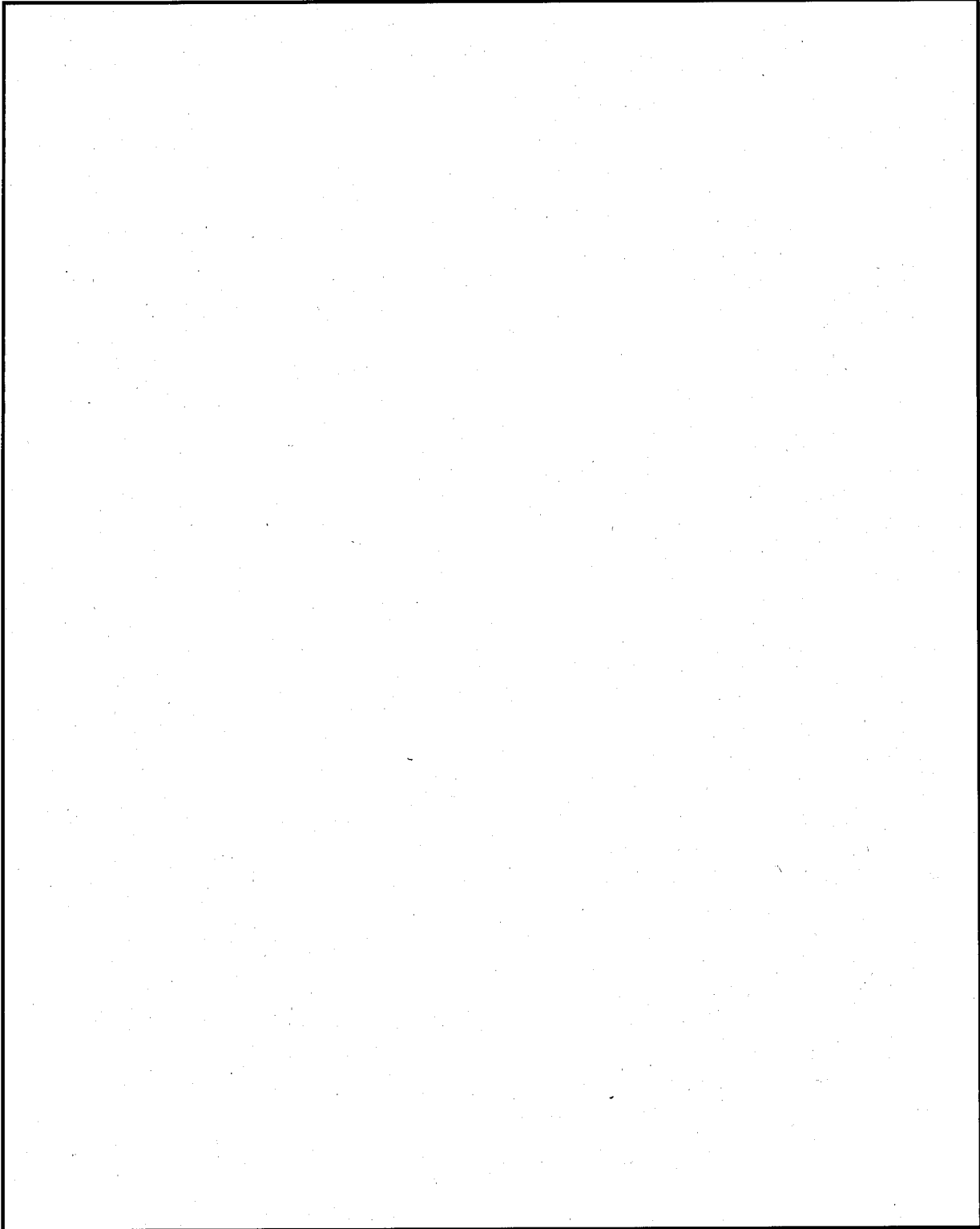


図 2-1 HDP-69B(B)型の構造図

表 2-1 HDP-69B(B)型の適用部材の分類

機器名	部材名	金属キャスク構造規格 適用部材の分類
HDP-69B(B)型	胴	密封容器
	底板	
	底部中性子遮蔽材カバー	
	一次蓋	
	一次蓋ボルト	
	二次蓋*1	
	二次蓋ボルト*1	
	カバープレート	
	カバープレートボルト	
	バスケット	
	トランニオン	トランニオン
	外筒(端板含む。)	中間胴*2
	蓋部中性子遮蔽材カバー	—*3

注記*1：二次蓋は一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャスクの閉じ込め機能を有していることから、応力評価手法としては一次蓋と同様、金属キャスク構造規格の密封容器の規定を用いる。

*2：外筒（端板を含む。）は、放射性物質の閉じ込め境界ではないが、自らが遮蔽体であると同時に、外筒内部に配置される中性子遮蔽材を保持する機能が求められる。類似の機能を持つ部材として、金属キャスク構造規格に示される中間胴があり、外筒の構造強度評価手法としては中間胴の規定を用いる。ただし、中間胴は密封容器を支持し、その損壊を防止する機能が要求されるため、密封容器との溶接部近接部分に対する特別な規定が設けられている（金属キャスク構造規格 MCD-3710）が、外筒においてはこの機能は要求されないため、当該規定は適用しない。

*3：蓋部中性子遮蔽材カバーは、一次蓋の中性子遮蔽材を覆うカバーであり、一次蓋と二次蓋の間にヘリウムガスを封入して圧力を監視することから、圧力に対して十分な強度が求められる。このため、蓋部中性子遮蔽材カバーの構造強度評価手法としては、圧力荷重に対する評価要求が定められている設計・建設規格のクラス3容器の規定を用いる。

資料 4-1

密封容器の強度に関する補足説明

資料 4-1-1

密封容器の評価方針に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 適用基準	2
3. 記号	3
3.1 記号の説明	3
4. 設計条件	6
4.1 基本仕様	6
4.2 設計事象	6
4.3 荷重の種類とその組合せ	6
5. 計算条件	7
5.1 解析対象とする事象	7
5.2 解析対象	7
5.3 形状及び寸法	7
5.4 物性値	7
5.5 許容応力	7
6. 応力解析の手順	9
6.1 解析手順の概要	9
6.2 荷重条件の選定	9
6.3 応力計算と評価	9
6.3.1 応力計算の方法	9
6.3.2 応力の評価	10
6.3.3 数値の丸め方	11
7. 引用文献	12

図表目次

図 5-1	密封容器及び二次蓋の応力解析対象	13
図 6-1	密封容器及び二次蓋の応力解析フロー図	14
表 4-1	密封容器及び二次蓋の設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ	15
表 5-1	代表事象	16
表 5-2	応力計算に使用する材料の物性値	19
表 6-1	密封容器用材料の許容応力	20
表 6-2	密封容器用材料（ボルト用材料）の許容応力	22
表 6-3	二次蓋用材料の許容応力	23
表 6-4	二次蓋用材料（ボルト用材料）の許容応力	24
表 6-5	数値の丸め方一覧表	25

1. 概要

使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要な容器等の材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(令和2年4月1日 原子力規制委員会規則第8号)(以下「技術基準規則」という。)第14条に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。

本説明は、HDP-69B(B)型の密封容器及び二次蓋に関する応力解析の方針を述べるものである。

なお、HDP-69B(B)型は一次蓋と二次蓋で多重の閉じ込め構造を形成し、二次蓋には一次蓋と同等の閉じ込め性能を要求するため、二次蓋は一次蓋と同様の応力評価を行う。

注記：図表は一括して巻末に示す。

2. 適用基準

密封容器の強度評価基準については、(社)日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」（以下「金属キャスク構造規格」という。）を適用する。

ただし、二次蓋は一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャスクの閉じ込め機能を有していることから、応力評価手法としては一次蓋と同様、金属キャスク構造規格の密封容器の規定を用いる。

3. 記号

3.1 記号の説明

本説明及び「資料 4-1-2 密封容器の評価計算に関する補足説明」(以下「評価計算」という。)において、応力評価に関する下記の記号を使用する。ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。

なお、評価計算の字体及び大きさについては本説明と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm ²
A _b	ボルトの最小軸断面積	mm ²
A _m	圧力変動の全振幅の許容値	MPa
A _{m2}	二次蓋の圧力変動の全振幅の許容値	MPa
B	金属キャスク構造規格別図 7-2 の縦軸の B 値	MPa
C _H	水平方向設計震度	—
C _S	供用状態 A の貯蔵時の状態において、S _d *地震力が作用する場合の供用状態	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
d	直径	mm
d _s	ボルトの最小径	mm
D _S	供用状態 A の貯蔵時の状態において、S _s 地震力が作用する場合の供用状態	—
D _G	ガスケット反力の作用する位置	mm
E	縦弾性係数	MPa
E _o	設計疲労線図の縦弾性係数	MPa
E _c	カバープレートの縦弾性係数	MPa
E _{c b}	カバープレートボルトの縦弾性係数	MPa
F _b	ボルトの初期締付け力	N
G	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
G ₁	水平方向加速度	m/s ²
G ₂	鉛直方向加速度	m/s ²
H	フランジに加わる内圧による全荷重	N
H _P	ガスケット接触面にかける圧縮力	N
K	応力集中係数	—
m	質量	kg
m _G	バスケット及び使用済燃料集合体の質量	kg

記号	記号の説明	単位
$m_{\theta 1}$	一次蓋の質量	kg
$m_{\theta 2}$	二次蓋の質量	kg
$m_{\theta 3}$	カバープレートの質量	kg
N_1	大気圧から使用圧力になり，再び大気圧に戻る繰返し回数	—
N_a	許容繰返し回数	—
N_c	各サイクルの繰返し回数	—
P	圧力	MPa
P_2	二次蓋の最高使用圧力	MPa
P_a	許容外圧	MPa
P_b	一次曲げ応力強さ	MPa
$P_{d o}$	最高使用圧力（外圧）	MPa
P_L	一次局部膜応力強さ	MPa
P_m	一次一般膜応力強さ	MPa
Q	二次応力強さ	MPa
r	ボルトピッチ半径	mm
R	密封容器の平均半径	mm
S	ピーク応力強さ	MPa
S_a	想定圧力変動回数に対応する繰返しピーク応力強さ	MPa
S_b	ボルト締付け時に発生する応力強さ	MPa
S_c	一次蓋貫通孔部の応力強さ	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方	—
S_d	繰返しピーク応力強さ	MPa
S_d'	縦弾性係数で補正した繰返しピーク応力強さ	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_{m2}	二次蓋の使用材料の設計応力強さ	MPa
S_P	ピーク応力強さの範囲	MPa
S_s	基準地震動 S_s による地震力	—
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
t	板厚	mm
t_{21}	二次蓋の計算上必要な厚さ	mm
t_{22}	直径が $1/2 d$ 以下の穴を設けた場合の計算上必要な厚さ	mm

記号	記号の説明	単位
T	温度	$^{\circ}\text{C}$
T_{max}	最高使用温度	$^{\circ}\text{C}$
T_r	締付けトルク	$\text{N}\cdot\text{mm}$
ΔT	最高使用温度と常温との差	$^{\circ}\text{C}$
U_f	疲労累積係数	—
W_{m1}	使用状態での必要な最小ボルト荷重	N
W_{m2}	ガスケット締付け時に必要な最小ボルト荷重	N
α	熱膨張係数	$\text{mm}/(\text{mm}\cdot^{\circ}\text{C})$
α_c	カバープレートの瞬時熱膨張係数	$\text{mm}/(\text{mm}\cdot^{\circ}\text{C})$
α_{cb}	カバープレートボルトの瞬時熱膨張係数	$\text{mm}/(\text{mm}\cdot^{\circ}\text{C})$
σ_{b1}	ボルト初期締付け時の垂直応力	MPa
$\Delta\sigma_1$	供用状態A及びBにおける応力強さの最大値	MPa
$\Delta\sigma_2$	地震力のみによる全振幅について評価した応力強さの最大値	MPa
σ_c	圧縮応力	MPa
σ_{n1}	平均引張応力	MPa
σ_{n2}	ガスケット締付け時の平均引張応力	MPa
σ_p	平均支圧応力	MPa
σ_r	半径方向の応力	MPa
σ_s	平均せん断応力	MPa
σ_{θ}	円周方向の応力	MPa
σ_z	軸方向の応力	MPa
τ_{b1}	ボルト初期締付け時のねじり応力	MPa
$\tau_{r\theta}$	せん断応力	MPa
$\tau_{\theta z}$	せん断応力	MPa
τ_{zr}	せん断応力	MPa

4. 設計条件

密封容器及び二次蓋は以下の設計条件に耐えるように設計する。

4.1 基本仕様

密封容器及び二次蓋に作用する圧力と最高使用温度を以下に示す。

密封容器	貯蔵時圧力	-0.101325 MPa
	最高使用圧力	1.0 MPa
	試験時圧力	1.25 MPa
	最高使用温度	150 °C*1
二次蓋	最高使用圧力	0.4 MPa
	最高使用温度	110 °C*1

注記*1：最高使用温度は、「使用済燃料等の除熱に関する補足説明」に示す解析結果から得られた温度を保守側に設定した値である。

4.2 設計事象

設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内及び試験時における選定事象を以下に示す。

設計事象	供用状態	使用済燃料貯蔵施設内及び試験時における選定事象*1
I	A	<ul style="list-style-type: none"> 貯蔵（貯蔵時） 金属キャスクの吊上げ、吊下げ、移動（吊上げ時） 搬送台車による搬送（台車搬送時） 貯蔵前作業及び搬出前作業（準備作業時）
II	B	<ul style="list-style-type: none"> 金属キャスクの支持脚への衝突（支持脚への衝突時） 金属キャスクの貯蔵架台への衝突（貯蔵架台への衝突時） 搬送台車による搬送中の急停止（搬送中の急停止時）
I + S _d *	C _s	<ul style="list-style-type: none"> S_d*地震時（貯蔵時（S_d*地震力が作用する場合））
I + S _s	D _s	<ul style="list-style-type: none"> S_s地震時（貯蔵時（S_s地震力が作用する場合））
試験状態	試験状態	<ul style="list-style-type: none"> 耐圧試験（試験時）

注記*1：本説明及び評価計算において、事象を（ ）内の呼称とする場合がある。

4.3 荷重の種類とその組合せ

密封容器及び二次蓋の設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを表 4-1 に示す。

応力解析に用いる荷重は、評価計算に記載する。

5. 計算条件

5.1 解析対象とする事象

4.2 節で示した使用済燃料貯蔵施設内及び試験時における選定事象のうち、表 5-1 に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し、代表事象について解析を実施する。

5.2 解析対象

応力解析の対象は、次のとおりである（図 5-1 参照）。

- (1) 胴
- (2) 底板
- (3) 一次蓋
- (4) 一次蓋ボルト
- (5) カバープレート
- (6) カバープレートボルト
- (7) 底部中性子遮蔽材カバー
- (8) 一次蓋（シール部）
- (9) カバープレート（シール部）

また、一次蓋と同様に金属ガスケットを用いて金属キャスクの閉じ込め機能を有する二次蓋についても、以下の部位について併せて応力解析を行う（図 5-1 参照）。

- (10) 二次蓋
- (11) 二次蓋ボルト
- (12) 二次蓋（シール部）

5.3 形状及び寸法

応力解析を行う部位の形状及び寸法は、評価計算に示す。

5.4 物性値

応力計算及び疲労解析の必要性検討に使用する材料の物性値を表 5-2 に示す。応力計算に使用する物性値は、「使用済燃料等の除熱に関する補足説明」に記載する除熱解析で得られた温度を基に、その温度依存性を考慮する。なお、常温は 20 °C とする。

5.5 許容応力

(1) 密封容器

密封容器の許容値基準は、金属キャスク構造規格 MCD-1300 及び MCD-1400 による。

許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。

(2) 二次蓋

二次蓋は、通常貯蔵時において密封境界を構成する部材ではないが、圧力監視境界と

しての耐圧機能に加え，一次蓋に加え多重の閉じ込め機能を有する部材として設けられたものであるので，閉じ込め機能に係る部位について一次蓋と同様の基準を用いて評価する。したがって，二次蓋の許容値基準は，金属キャスク構造規格 MCD-1300 によるものとする。

6. 応力解析の手順

6.1 解析手順の概要

密封容器の応力解析フローを図 6-1 に示す。

密封容器の応力解析は、想定される内圧、機械的荷重及び熱荷重を基に、密封容器の実形状をモデル化し、解析コードである ABAQUS 及び応力評価式を用いて行う。

ABAQUS とは、有限要素法に基づく応力解析の汎用解析コードであり、解析対象を形状、材料等の不連続部で小さなメッシュに分割することで行う。

なお、二次蓋についても密封容器と同様に評価を行う。

6.2 荷重条件の選定

荷重条件は 4 章に示しているが、各部の計算においては、その部分について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について考慮した荷重は評価計算に示す。

6.3 応力計算と評価

6.3.1 応力計算の方法

(1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の 3 つである。

- a. 内圧
- b. 機械的荷重

機械的荷重は、自重（使用済燃料集合体を含む HDP-69B(B) 型（吊上げ時、支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時においては三次蓋を含む。）の貯蔵時の設計質量を用いる。）、衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。

- c. 熱荷重

熱荷重は、密封容器及び二次蓋に生じる温度変化、温度勾配による荷重であつて、「使用済燃料等の除熱に関する補足説明」に記載する温度分布計算の結果から得られるものをいう。

(2) 解析モデルは次の方針に従う。

- a. モデル化に当たっては、密封容器、蓋部中性子遮蔽材カバー、底部中性子遮蔽材カバー及び二次蓋の形状の対称性及び荷重の対称性を考慮する。
- b. 解析モデルは三次元の 180° 対称モデルとし、固体要素及びはり要素による解析モデルとする。

また、モデル化に当たり対称性を考慮して境界条件を設定する。モデル図及び境界条件を評価計算に示す。

(3) 構造及び材料の不連続性を考慮して、応力評価位置をとる。応力評価位置は、評価計算に示す。

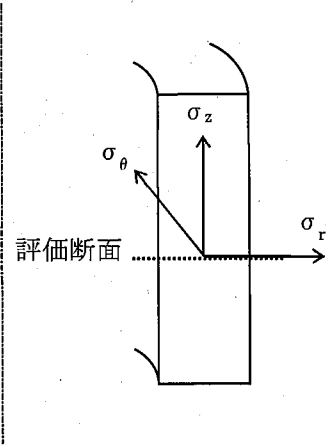
(4) 応力評価は、この応力評価位置について行う。

6.3.2 応力の評価

応力の計算結果は、金属キャスク構造規格 MGB-1200 による定義に従い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を評価計算に示す。

なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。
ただし、計算結果は許容応力との比較を行うため、絶対値にて記載する。

- σ_r : 半径方向の応力
- σ_θ : 円周方向の応力
- σ_z : 軸方向の応力
- $\tau_{r\theta}$: せん断応力
- $\tau_{\theta z}$: せん断応力
- τ_{zr} : せん断応力



密封容器用材料の許容応力を表 6-1 及び表 6-2 に、二次蓋用材料の許容応力を表 6-3 及び表 6-4 に示す。

(1) 密封容器（ボルトを除く。）の応力評価

密封容器の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 に従い以下の項目を評価する。

- a. 一次応力強さ
- b. 一次+二次応力強さ
- c. 繰返し荷重の評価
- d. 特別な応力の検討
 - (a) 平均せん断応力
 - (b) 平均支圧応力
 - (c) 圧縮応力

(2) 二次蓋の応力評価

二次蓋の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1310 を用いて、以下の項目を評価する。

- a. 一次応力強さ
 - b. 一次+二次応力強さ
 - c. 繰返し荷重の評価
 - d. 特別な応力の検討
 - (a) 平均せん断応力
 - (b) 平均支圧応力
- (3) ボルトの応力評価

一次蓋ボルト及びカバープレートボルトの応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1320 に従い評価する。

二次蓋ボルトの応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-1320 を用いて評価する。

6.3.3 数値の丸め方

数値は原則として安全側に丸めて使用する。

また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。

表示する数値の丸め方を表 6-5 に示す。

7. 引用文献

文献番号は、本説明及び評価計算において共通である。

- (1) (社)日本機械学会,「機械工学便覧 新版」,丸善株式会社(1987)
- (2) 西田正孝,「応力集中 増補版」,森北出版(株)(1973)

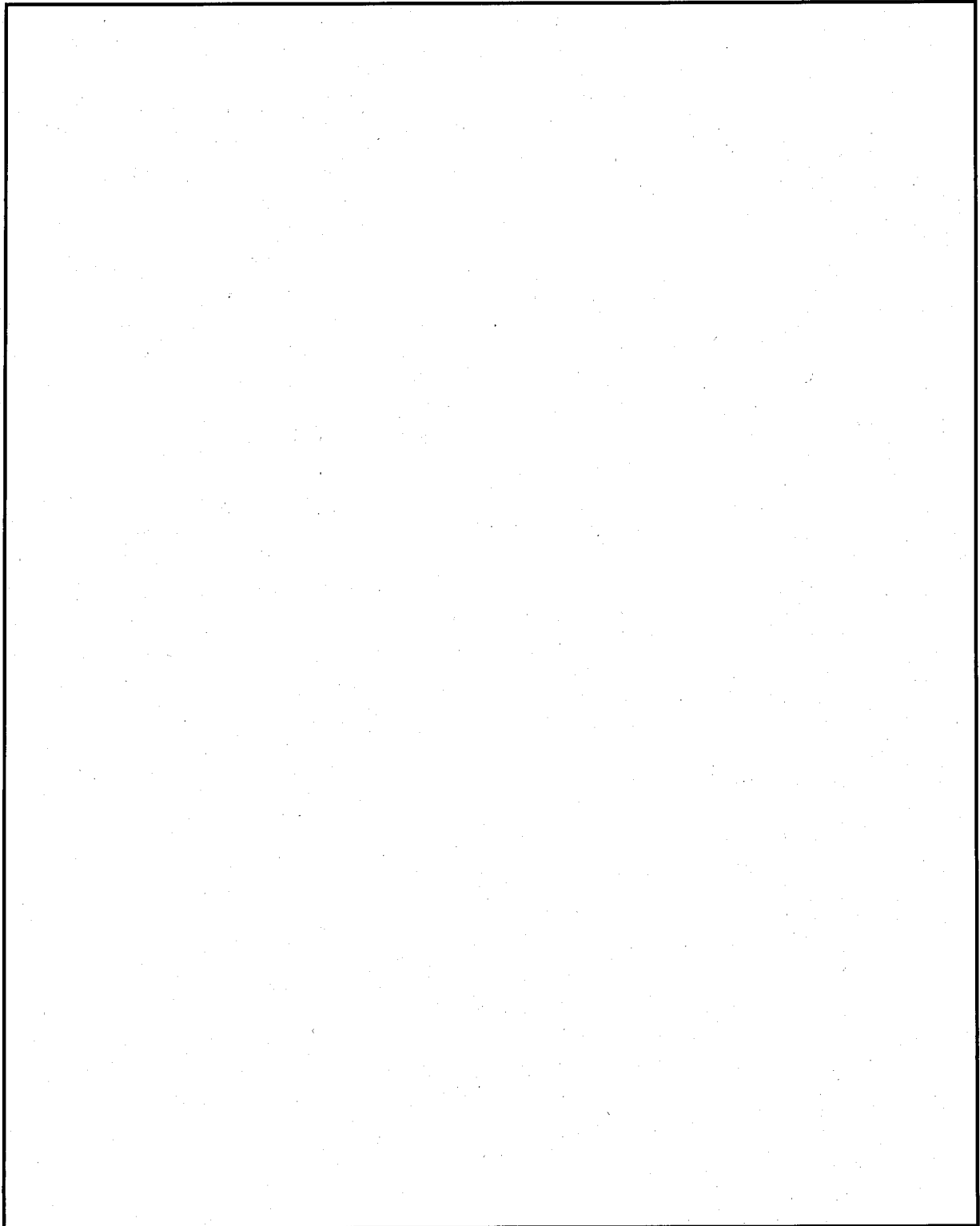


図 5-1 密封容器及び二次蓋の応力解析対象

内は商業機密のため、非公開とします。

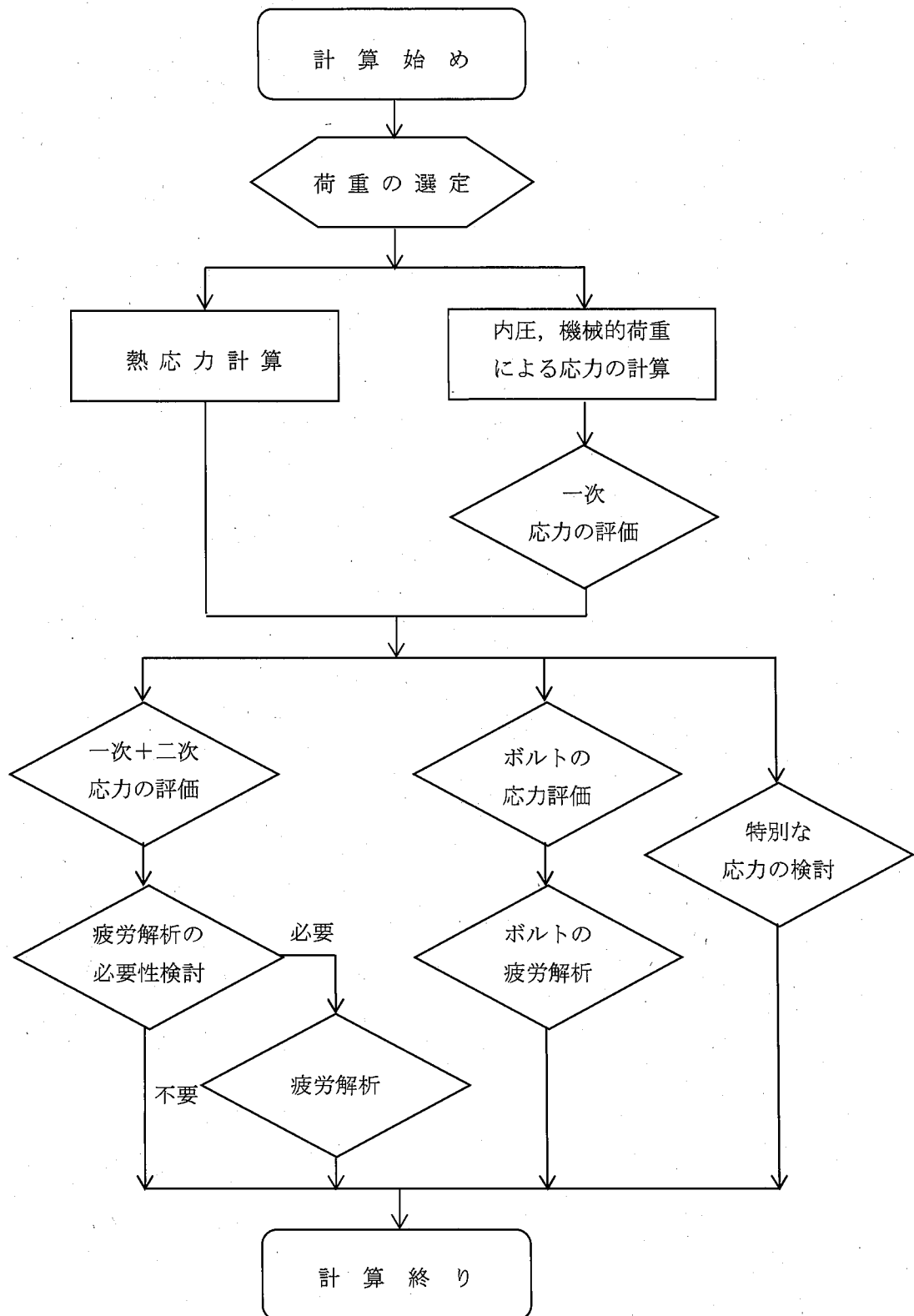


図 6-1 密封容器及び二次蓋の応力解析フロー図

表 4-1 密封容器及び二次蓋の設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ

荷 重			圧力による荷重	自重による荷重	ボルト初期締付け力	吊上げ荷重	衝撃荷重	熱荷重	地震荷重
設計事象	供用状態	評価事象							
設計条件	設計条件	設計時*1	○	—*5	○	○	○	—	—
I	A*2	貯蔵時*3	○	○	○	—	—	○	—
		吊上げ時*3	○	—*5	○	○	—	○	—
II	B*2	衝撃荷重作用時*3	○	—*5	○	—	○	○	—
I + S _d *	C _s	S _d *地震力が作用する場合	○	○	○	—	—	—*6	○*7
I + S _s	D _s	S _s 地震力が作用する場合	○	○	○	—	—	—*6	○*7
試験状態	試験状態	試験時	○*4	○	○	—	—	—	—

注記*1：最高使用圧力に対する評価条件で、供用状態A及びBの一次応力評価を代表する事象

*2：評価事象の中で、他の評価事象に包絡される事象や荷重条件については評価を省略する。

*3：一次応力評価は、設計時の評価に包絡されるため、評価を省略する。

*4：耐圧試験圧力（最高使用圧力により定められる圧力）とする。

*5：本状態での自重による荷重は、衝撃荷重又は吊上げ荷重の慣性力による荷重に含まれる。

*6：シール部及び蓋ボルトの一次+二次応力評価に当たっては、熱荷重を考慮する。また、密封容器変形量の評価に当たっても、熱荷重を考慮する。

*7：シール部を除く部位の一次+二次応力評価に当たっては、荷重条件は地震力のみとして計算を行い、振幅を考慮して応力強さの最大値を2倍して求める。

表 5-1 代表事象 (1/3)

設計事象	供用状態	代表事象*1	包絡される事象	荷重条件	備考
設計条件	設計条件	設計時*2	—	<ul style="list-style-type: none"> ・最高使用圧力：1.0 MPa ・ボルト初期締付け力 ・貯蔵架台への衝突時荷重 鉛直方向加速度（下方向） ：5G（自重考慮） 	供用状態 A 及び B の中で荷重条件が最も厳しいのは貯蔵架台への衝突時である。
I	A	貯蔵時	—	<ul style="list-style-type: none"> ・密封容器内圧力：-0.101325 MPa ・蓋間圧力：0.4 MPa ・蓋部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・側部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・底部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・自重 ・ボルト初期締付け力 ・トランニオン固定ボルトによる押付け力 ・熱荷重 	供用状態 A のうち大半の期間を占める代表的な事象
		吊上げ時	<ul style="list-style-type: none"> ・台車搬送時 ・準備作業時 	<ul style="list-style-type: none"> ・密封容器内圧力：-0.101325 MPa ・蓋間圧力：0.4 MPa ・蓋部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・側部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・底部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・ボルト初期締付け力 ・吊上げ時荷重 鉛直方向加速度（下方向） ：1.3G（自重考慮） ・熱荷重 	荷重条件が最も厳しいのは吊上げ時である。

注記*1：本事象について応力解析を行う。

*2：供用状態 A 及び B の一次応力評価を代表する事象

内は商業機密のため、非公開とします。

表 5-1 代表事象(2/3)

設計事象	供用状態	代表事象*1	包絡される事象	荷重条件	備考
II	B	支持脚への衝突時	-	<ul style="list-style-type: none"> ・密封容器内圧力：-0.101325 MPa ・蓋間圧力：0.4 MPa ・蓋部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・側部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・底部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・ボルト初期締付け力 ・支持脚への衝突時荷重 鉛直方向加速度（下方向）：2.5G（自重考慮） ・熱荷重 	-
		貯蔵架台への衝突時	・搬送中の急停止時	<ul style="list-style-type: none"> ・密封容器内圧力：-0.101325 MPa ・蓋間圧力：0.4 MPa ・蓋部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・側部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・底部中性子遮蔽材部圧力：<input type="text"/> MPa ・ボルト初期締付け力 ・貯蔵架台への衝突時荷重 鉛直方向加速度（下方向）：5G（自重考慮） ・熱荷重 	荷重条件が最も厳しいのは、貯蔵架台への衝突時である。

注記*1：本事象について応力解析を行う。

内は商業機密のため、非公開とします。

表 5-1 代表事象 (3/3)

設計事象	供用状態	代表事象*1	包絡される事象	荷重条件	備考
I + S _d *	C _s	貯蔵時 [S _d *地震力が作用する場合]	—	<ul style="list-style-type: none"> ・密封容器内圧力 : -0.101325 MPa ・蓋間圧力 : 0.4 MPa ・蓋部中性子遮蔽材部圧力 : <input type="text"/> MPa ・側部中性子遮蔽材部圧力 : <input type="text"/> MPa ・底部中性子遮蔽材部圧力 : <input type="text"/> MPa ・自重 ・ボルト初期締付け力 ・地震力*2 水平方向 : 1.40G 鉛直方向 : 0.87G ・熱荷重 	—
I + S _s	D _s	貯蔵時 [S _s 地震力が作用する場合]	—	<ul style="list-style-type: none"> ・密封容器内圧力 : -0.101325 MPa ・蓋間圧力 : 0.4 MPa ・蓋部中性子遮蔽材部圧力 : <input type="text"/> MPa ・側部中性子遮蔽材部圧力 : <input type="text"/> MPa ・底部中性子遮蔽材部圧力 : <input type="text"/> MPa ・自重 ・ボルト初期締付け力 ・地震力 水平方向 : 1.40G 鉛直方向 : 0.87G ・熱荷重 	—
試験状態	試験状態	試験時	—	<ul style="list-style-type: none"> ・密封容器内圧力 : 1.25 MPa ・自重 ・ボルト初期締付け力 	—

注記*1 : 本事象について応力解析を行う。

*2 : より高い地震力である S_s地震力を保守的に設定する。

内は商業機密のため、非公開とします。

表 5-2 応力計算に使用する材料の物性値

構成部材	材料	温度 (°C)	縦弾性係数 (MPa)	平均熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/(mm \cdot °C))	ポアソン比 (-)
胴 底板 一次蓋	炭素鋼 (GLF1)	20	203000	9.730	0.3
		50	201000	10.10	
		75	200000	10.39	
		100	198000	10.69	
		125	196000	11.00	
		150	195000	11.28	
		175	193000	11.56	
		200	191000	11.85	
二次蓋 底部中性子 遮蔽材 カバー	炭素鋼 (SGV480)	20	202000	9.730	0.3
		50	200000	10.10	
		75	198000	10.39	
		100	197000	10.69	
		125	195000	11.00	
		150	193000	11.28	
		175	192000	11.56	
		200	190000	11.85	
カバープレート	ステンレス鋼 (SUS304)	20	195000	15.21	0.3
		50	193000	15.49	
		75	191000	15.68	
		100	190000	15.87	
		125	188000	16.05	
		150	186000	16.21	
		175	184000	16.37	
		200	183000	16.52	
一次蓋ボルト カバープレート ボルト 二次蓋ボルト	低合金鋼 (SNB23-3)	20	192000	11.14	0.3
		50	189000	11.40	
		75	188000	11.62	
		100	186000	11.82	
		125	185000	12.00	
		150	184000	12.21	
		175	182000	12.37	
		200	180000	12.54	

表 6-1 密封容器用材料の許容応力 (1/2)

(単位：MPa)

許容応力 区分	応力の種類	許容応力					
		炭素鋼					
		シール部以外				シール部	
		胴, 一次蓋, 底板, 底部中性子遮蔽材カバー				胴, 一次蓋	
		GLF1	SGV480	許容値基準		GLF1	許容値 基準
設計条件	一次一般膜応力強さ P_m	122	155	S_m		—	S_y
	一次局部膜応力強さ P_L	183	232	$1.5 S_m$		183	S_y
	一次膜+一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	183	232	$1.5 S_m$		—	S_y
供用状態 A及びB	一次+二次応力強さ $P_L + P_b + Q$	366	465	$3 S_m$		183	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	—	$0.6 S_m$		—	—
	平均支圧応力 σ_p	183	—	S_y^{*1}		—	—
	圧縮応力 ^{*2} σ_c	95	—	$\text{Min}(S_m, B)$		—	—
	最高使用圧力(外圧) P_{do}	15	—	P_a		—	—
供用状態 C_s	一次一般膜応力強さ P_m	183	232	$\text{Min}(S_y, 2/3 S_u)$		—	S_y
	一次膜+一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	274	348	$\text{Min}(1.5 S_y, S_u)$		183	S_y
	一次+二次応力強さ $P_L + P_b + Q^{*3}$	366	465	$3 S_m$		183	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	—	$0.6 S_m$		—	—
	平均支圧応力 σ_p	183	—	S_y^{*1}		—	—
供用状態 D_s	一次一般膜応力強さ P_m	251	282	$2/3 S_u$		—	S_y
	一次膜+一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	377	424	S_u		183	S_y
	一次+二次応力強さ $P_L + P_b + Q^{*3}$	366	465	$3 S_m$		183	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	—	$0.4 S_u$		—	—
	平均支圧応力 σ_p	377	—	S_u^{*1}		—	—
試験状態	一次一般膜応力強さ P_m	186	238	$0.9 S_y$		—	$0.9 S_y$
	一次局部膜応力強さ P_L	279	357	$1.35 S_y$		207	S_y
	一次膜+一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	279	357	$1.35 S_y^{*4}$		207	S_y
	一次+二次応力強さ $P_L + P_b + Q$	—	—	—		207	S_y

注記*1：支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合以外の値

*2：円筒形の軸方向の圧縮に対して適用する。

*3：地震力のみによる全振幅について評価する。

*4：ただし、 $P_m \leq 2/3 S_y$ のときの値

表 6-1 密封容器用材料の許容応力 (2/2)

(単位：MPa)

許容応力 区分	応力の種類	許容応力			
		ステンレス鋼			
		カバープレート			
		シール部以外		シール部	
		SUS304	許容値基準	SUS304	許容値基準
設計条件	一次一般膜応力強さ P_m	—	S_m	—	S_y
	一次局部膜応力強さ P_L	—	$1.5 S_m$	—	S_y
	一次膜＋一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	205	$1.5 S_m$	155	S_y
供用状態 A及びB	一次＋二次応力強さ $P_L + P_b + Q$	—	$3 S_m$	—	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	$0.6 S_m$	—	—
	平均支圧応力 σ_p	—	S_y^{*1}	—	—
供用状態 C_s	一次一般膜応力強さ P_m	—	$1.2 S_m$	—	Min ($1.2 S_m, S_y$)
	一次膜＋一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	—	$1.8 S_m$	—	S_y
	一次＋二次応力強さ $P_L + P_b + Q^{*2}$	—	$3 S_m$	—	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	$0.6 S_m$	—	—
	平均支圧応力 σ_p	—	S_y^{*1}	—	—
供用状態 D_s	一次一般膜応力強さ P_m	—	Min ($2.4 S_m, 2/3 S_u$)	—	S_y
	一次膜＋一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	—	Min ($3.6 S_m, S_u$)	—	S_y
	一次＋二次応力強さ $P_L + P_b + Q^{*2}$	—	$3 S_m$	—	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	$0.4 S_u$	—	—
	平均支圧応力 σ_p	—	S_u^{*1}	—	—
試験状態	一次一般膜応力強さ P_m	—	$0.9 S_y$	—	$0.9 S_y$
	一次局部膜応力強さ P_L	—	$1.35 S_y$	—	S_y
	一次膜＋一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	276	$1.35 S_y^{*3}$	205	S_y

注記*1：支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合以外の値

*2：地震力のみによる全振幅について評価する。

*3：ただし、 $P_m \leq 2/3 S_y$ のときの値

表 6-2 密封容器用材料（ボルト用材料）の許容応力

(単位：MPa)

許容応力 区分	応力の種類	許容応力	
		低合金鋼	
		一次蓋ボルト カバープレートボルト	
		SNB23-3	許容値基準
設計条件	平均引張応力	277	S_m
供用状態 A, B 及び C _s	平均引張応力	554	$2 S_m$
	平均引張応力+曲げ応力	831	$3 S_m$
供用状態 D _s	平均引張応力	831	S_y
	平均引張応力+曲げ応力	831	S_y

表 6-3 二次蓋用材料の許容応力

(単位：MPa)

許容応力 区分	応力の種類	許容応力			
		炭素鋼			
		シール部以外		シール部	
		SGV480	許容値 基準	SGV480	許容値 基準
設計条件	一次一般膜応力強さ P_m	158	S_m	—	S_y
	一次局部膜応力強さ P_L	237	$1.5 S_m$	236	S_y
	一次膜＋一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	237	$1.5 S_m$	—	S_y
供用状態 A及びB	一次＋二次応力強さ $P_L + P_b + Q$	474	$3 S_m$	236	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	$0.6 S_m$	—	—
	平均支圧応力 σ_p	—	S_y^{*1}	—	—
供用状態 C_s	一次一般膜応力強さ P_m	236	Min ($S_y, 2/3 S_u$)	—	S_y
	一次膜＋一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	355	Min ($1.5 S_y, S_u$)	236	S_y
	一次＋二次応力強さ $P_L + P_b + Q^{*2}$	474	$3 S_m$	236	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	$0.6 S_m$	—	—
	平均支圧応力 σ_p	—	S_y^{*1}	—	—
供用状態 D_s	一次一般膜応力強さ P_m	286	$2/3 S_u$	—	S_y
	一次膜＋一次曲げ応力強さ $P_L + P_b$	429	S_u	236	S_y
	一次＋二次応力強さ $P_L + P_b + Q^{*2}$	474	$3 S_m$	236	S_y
	平均せん断応力 σ_s	—	$0.4 S_u$	—	—
	平均支圧応力 σ_p	—	S_u^{*1}	—	—

注記*1：支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合以外の値

*2：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 6-4 二次蓋用材料（ボルト用材料）の許容応力

(単位：MPa)

許容応力 区分	応力の種類	許容応力	
		低合金鋼	
		二次蓋ボルト	
		SNB23-3	許容値基準
設計条件	平均引張応力	282	S_m
供用状態 A, B 及び C_s	平均引張応力	565	$2S_m$
	平均引張応力+曲げ応力	847	$3S_m$
供用状態 D_s	平均引張応力	848	S_y
	平均引張応力+曲げ応力	848	S_y

表 6-5 数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理法	表示桁
最高使用圧力	MPa	—	—	設計値
最高使用温度	℃	—	—	設計値
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
熱膨張係数	mm/(mm・℃)	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
許容応力	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
応力の計算値	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	mm	—	—	設計値
加速度	m/s ²	—	—	設計値
設計震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
角度	°	—	—	設計値
質量	kg	—	—	設計値
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁

資料 4-1-2

密封容器の評価計算に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 計算結果	1
2. 応力計算	2
2.1 応力評価位置	2
2.2 設計時	2
2.2.1 荷重条件	2
2.2.2 応力計算	2
2.2.3 計算結果	4
2.3 貯蔵時	4
2.3.1 荷重条件	4
2.3.2 応力計算	4
2.3.3 計算結果	5
2.4 吊上げ時	5
2.4.1 荷重条件	5
2.4.2 応力計算	5
2.4.3 計算結果	5
2.5 支持脚への衝突時	6
2.5.1 荷重条件	6
2.5.2 応力計算	6
2.5.3 計算結果	6
2.6 貯蔵架台への衝突時	6
2.6.1 荷重条件	6
2.6.2 応力計算	7
2.6.3 計算結果	7
2.7 貯蔵時 (S_d *地震力が作用する場合)	7
2.7.1 荷重条件	7
2.7.2 応力計算	7
2.7.3 計算結果	8
2.8 貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合)	8
2.8.1 荷重条件	8
2.8.2 応力計算	8

2.8.3 計算結果	8
2.9 試験時	9
2.9.1 荷重条件	9
2.9.2 応力計算	9
2.9.3 計算結果	9
3. 応力評価	10
3.1 密封容器（ボルトを除く。）及び二次蓋の応力評価	10
3.2 ボルトの応力評価	10
3.3 特別な応力の評価	10
4. 繰返し荷重の評価	11
4.1 密封容器（ボルトを除く。）及び二次蓋の評価	11
4.2 ボルトの評価	16
4.2.1 <u>金属キャスク構造規格 MCD-1322 及び</u> <u>金属キャスク構造規格別図 8-4 に対する検討</u>	16
4.2.2 一次蓋ボルトの疲労解析	16
4.2.3 カバープレートボルトの疲労解析	19
4.2.4 二次蓋ボルトの疲労解析	20
5. 穴の補強	21
6. 外圧の評価	22
7. 二次蓋の厚さの評価	23
7.1 応力計算	23
7.2 計算結果	23

図表目次

図 1-1	密封容器の形状・寸法・材料	24
図 1-2	二次蓋の形状・寸法・材料	25
図 2-1	密封容器及び二次蓋の応力評価位置	26
図 2-2	密封容器及び二次蓋の解析モデル（設計時）	27
図 2-3	密封容器及び二次蓋の解析モデル（貯蔵時）	28
図 2-4	密封容器及び二次蓋の解析モデル（吊上げ時）	29
図 2-5	密封容器及び二次蓋の解析モデル（支持脚への衝突時）	30
図 2-6	密封容器及び二次蓋の解析モデル（貯蔵架台への衝突時）	31
図 2-7	密封容器及び二次蓋の解析モデル（地震時）	32
図 2-8	密封容器の解析モデル（試験時）	33
表 2-1	一次蓋ボルト及び二次蓋ボルトに発生する応力の計算条件及び計算結果 （設計時）	34
表 2-2	カバープレートに発生する応力の計算条件及び計算結果（設計時）	35
表 2-3	カバープレートボルトに発生する応力の計算条件及び計算結果（設計時）	35
表 2-4	底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果（貯蔵時）	36
表 2-5	底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果（吊上げ時）	36
表 2-6	底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果 （支持脚への衝突時）	36
表 2-7	底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果 （貯蔵架台への衝突時）	37
表 2-8	底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果 （貯蔵時（ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合））	37
表 2-9	カバープレートに発生する応力の計算条件及び計算結果（試験時）	37
表 3-1	密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（設計条件）	38
表 3-2	密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態A及びB）	39
表 3-3	密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態 C_s ）	41
表 3-4	密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態 D_s ）	44
表 3-5	密封容器の応力計算結果と許容応力（試験状態）	47
表 4-1	密封容器（ボルトを除く。）及び二次蓋の疲労解析不要の評価結果	48
表 4-2	①の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果	49

表 4-3	②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さの 計算条件及び計算結果	49
表 4-4	④の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果	50
表 4-5	応力差の変動（一次蓋ボルト）	51
表 4-6	一次蓋ボルトの繰返しピーク応力強さの計算条件及び計算結果	52
表 4-7	疲労累積係数（一次蓋ボルト）	52
表 4-8	①の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さの 計算条件及び計算結果	53
表 4-9	②及び③の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さの 計算条件及び計算結果	53
表 4-10	④の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さの 計算条件及び計算結果	54
表 4-11	応力差の変動（カバープレートボルト）	55
表 4-12	カバープレートボルトの繰返しピーク応力強さの計算条件及び計算結果	56
表 4-13	疲労累積係数（カバープレートボルト）	56
表 4-14	①の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果	57
表 4-15	②及び③の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さの 計算条件及び計算結果	57
表 4-16	④の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果	58
表 4-17	応力差の変動（二次蓋ボルト）	59
表 4-18	二次蓋ボルトの繰返しピーク応力強さの計算条件及び計算結果	60
表 4-19	疲労累積係数（二次蓋ボルト）	60
表 5-1	一次蓋貫通孔部の応力強さ	61
表 7-1	二次蓋の計算上必要な厚さの計算条件及び計算結果	62

1. 概要

本説明は、HDP-69B(B)型の密封容器及び二次蓋に関する評価計算である。

なお、HDP-69B(B)型は一次蓋と二次蓋で多重の閉じ込め構造を形成し、二次蓋には一次蓋と同等の閉じ込め性能を要求するため、二次蓋は一次蓋と同様の応力評価を行う。

1.1 形状・寸法・材料

本説明で評価する密封容器の形状・寸法・材料を図1-1に示す。また、二次蓋の形状・寸法・材料を図1-2に示す。

1.2 計算結果

計算結果を表3-1から表3-5に示す。なお、応力評価位置については、評価上最も厳しい部位を選定し、代表評価位置として本説明に記載している。

表中の「-」は、評価すべき応力が発生しない、又は評価上厳しくないため評価を省略している。

注記：図表は一括して巻末に示す。

2. 応力計算

2.1 応力評価位置

密封容器及び二次蓋の応力評価位置を図2-1に示す。

2.2 設計時

2.2.1 荷重条件

設計時における荷重は次に示す組合せとする。

- 最高使用圧力 (1.0 MPa)
- ボルト初期締付け力
- 貯蔵架台への衝突時荷重 (自重を含む。)

2.2.2 応力計算

(1) 一次蓋, 胴, 底板, 底部中性子遮蔽材カバー及び二次蓋

応力計算は, 解析コードABAQUSにより行う。三次元固体 (連続体) 要素及び三次元はり要素による解析モデルを図2-2に示す。

(2) 一次蓋ボルト, カバープレート, カバープレートボルト及び二次蓋ボルト

一次蓋ボルト, カバープレート, カバープレートボルト及び二次蓋ボルトの応力計算は以下に示すとおりである。

a. 一次蓋ボルト及び二次蓋ボルト

最高使用圧力におけるボルト荷重及びガスケット締付け時のボルト荷重による平均引張応力 (σ_{n1}) は次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{n1} &= \frac{W_{m1}}{A} \\ W_{m1} &= H + H_P \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot D_G^2 \cdot P + H_P \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.1)$$

ここで,

A : ボルト最小断面積の合計値

一次蓋ボルト (= mm²)

二次蓋ボルト (= mm²)

H : フランジに加わる内圧による全荷重 (N)

D_G : ガスケット反力の作用する位置

一次蓋ボルト (直径: 1740 mm)

二次蓋ボルト (直径: 1956 mm)

H_P : 気密を十分保つために, ガスケット接触面にかける圧縮力

一次蓋ボルト (= N)

二次蓋ボルト (= N)

- P : 最高使用圧力
 一次蓋ボルト (=1.0 MPa)
 二次蓋ボルト (=0.4 MPa)

また、ガスケット締付け時の平均引張応力 (σ_{n2}) は次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{n2} &= \frac{W_{m2}}{A} \\ W_{m2} &= H_P \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.2)$$

ここで、

- W_{m2} : ガスケット締付け時に必要な最小ボルト荷重
 一次蓋ボルト (= N)
 二次蓋ボルト (= N)

なお、(2.1)式で用いる、気密を十分に保つためにガスケット接触面にかかる圧縮力 (H_P) は、荷重としてより大きいガスケット締付け時に必要な最小ボルト荷重 (W_{m2}) で代表している。

計算条件及び計算結果を表 2-1 に示す。

b. カバープレート

内圧により発生する一次膜+一次曲げ応力 ($\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z$) は、カバープレートを周辺支持の円板にモデル化し、次式(1)で計算する。カバープレートの最大応力は図 2-1⑩に発生する。また、カバープレート (シール部) に発生する応力はカバープレートの最大応力より小さいが、カバープレートに発生する応力と同じ値とする。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_r &= \frac{1.24 \cdot P \cdot r^2}{t} \\ \sigma_\theta &= \sigma_r \\ \sigma_z &= 0 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.3)$$

ここで、

- P : 内圧 (=1.0 MPa)
 r : ボルトピッチ半径 (=76.5 mm)
 t : 板厚 (=35 mm)

計算条件及び計算結果を表 2-2 に示す。

c. カバープレートボルト

最高使用圧力におけるボルト荷重及びガスケット締付け時のボルト荷重による平均引張応力 (σ_{n1}) は(2.1)式により同様に計算する。

ただし、

- A : ボルト最小断面積の合計値 (= mm²)
 D_G : ガスケット反力の作用する位置 (直径: 111 mm)
 H_P : 気密を十分保つために、ガスケット接触面にかかる圧縮力 (= N)

P : 最高使用圧力 (=1.0 MPa)

また、ガスケット締付け時の平均引張応力 (σ_{n2}) は(2.2)式により同様に計算する。

計算条件及び計算結果を表 2-3 に示す。

2.2.3 計算結果

応力計算結果を表3-1に示す。なお、表3-1には各評価位置のそれぞれにおいて計算値が最大となる解析ケースでの値を示している。

2.3 貯蔵時

2.3.1 荷重条件

貯蔵時における荷重は次に示す組合せとする。

- 密封容器内圧力 (-0.101325 MPa)
- 蓋間圧力 (0.4 MPa)
- 蓋部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 側部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 底部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- ボルト初期締付け力
- 自重
- トラニオン固定ボルトによる押付け力
- 熱荷重

2.3.2 応力計算

(1) 一次+二次応力

- a. 一次蓋, 一次蓋ボルト, 胴, 底板, 底部中性子遮蔽材カバー, 二次蓋及び二次蓋ボルト

応力計算方法は、2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図 2-3 に示す。

- b. カバープレート及びカバープレートボルト

カバープレート及びカバープレートボルトについては、2.2 節の設計時より圧力が低いことより本項以降、試験時まで評価を省略する。

(2) 平均支圧応力

バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力 (σ_p) は次式で計算する。

$$\sigma_p = \frac{m_G \cdot G_2}{A} \dots\dots\dots (2.4)$$

ここで、

m_G : バスケット及び使用済燃料集合体の質量 (=28300 kg)

G_2 : 鉛直方向加速度 (=1G)

A : 支圧荷重を受ける面積 (= mm²)

計算条件及び計算結果を表 2-4 に示す。

(3) 圧縮応力

胴に生じる圧縮応力 (σ_c) は 2.2.2(1) の計算方法と同様である。

2.3.3 計算結果

応力計算結果を表 3-2 に示す。

2.4 吊上げ時

2.4.1 荷重条件

吊上げ時における荷重は次に示す組合せとする。

- 密封容器内圧力 (-0.101325 MPa)
- 蓋間圧力 (0.4 MPa)
- 蓋部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 側部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 底部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- ボルト初期締付け力
- 吊上げ荷重 (自重を含む。)
- 熱荷重

2.4.2 応力計算

(1) 一次+二次応力

一次蓋, 一次蓋ボルト, 胴, 底板, 底部中性子遮蔽材カバー, 二次蓋及び二次蓋ボルトの応力計算方法は, 2.2.2(1) と同様である。解析モデルを図 2-4 に示す。

(2) 平均支圧応力

バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力 (σ_p) の計算方法は, 2.3.2(2) と同様である。ただし, $G_2=1.3G$ とする。

計算条件及び計算結果を表 2-5 に示す。

(3) 圧縮応力

胴に生じる圧縮応力 (σ_c) の計算方法は 2.2.2(1) と同様である。

2.4.3 計算結果

応力計算結果を表 3-2 に示す。

2.5 支持脚への衝突時

2.5.1 荷重条件

支持脚への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。

- 密封容器内圧力 (-0.101325 MPa)
- 蓋間圧力 (0.4 MPa)
- 蓋部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 側部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 底部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- ボルト初期締付け力
- 支持脚への衝突時荷重 (自重を含む。)
- 熱荷重

2.5.2 応力計算

(1) 一次+二次応力

一次蓋、一次蓋ボルト、胴、底板、底部中性子遮蔽材カバー、二次蓋及び二次蓋ボルトの応力計算方法は、2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図2-5に示す。

(2) 平均支圧応力

バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力 (σ_p) の計算方法は、2.3.2(2)と同様である。ここで、 $G_2=2.5G$ とする。

計算条件及び計算結果を表2-6に示す。

(3) 圧縮応力

胴に生じる圧縮応力 (σ_c) の計算方法は2.2.2(1)と同様である。

2.5.3 計算結果

応力計算結果を表3-2に示す。

2.6 貯蔵架台への衝突時

2.6.1 荷重条件

貯蔵架台への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。

- 密封容器内圧力 (-0.101325 MPa)
- 蓋間圧力 (0.4 MPa)
- 蓋部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 側部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 底部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- ボルト初期締付け力
- 貯蔵架台への衝突時荷重 (自重を含む。)

- 熱荷重

2.6.2 応力計算

(1) 一次+二次応力

一次蓋，一次蓋ボルト，胴，底板，底部中性子遮蔽材カバー，二次蓋及び二次蓋ボルトの応力計算方法は，2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図2-6に示す。

(2) 平均支圧応力

バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力 (σ_p) の計算方法は，2.3.2(2)と同様である。ここで， $G_2=5G$ とする。

計算条件及び計算結果を表2-7に示す。

(3) 圧縮応力

胴に生じる圧縮応力 (σ_c) の計算方法は2.2.2(1)と同様である。

2.6.3 計算結果

応力計算結果を表3-2に示す。

2.7 貯蔵時 (S_d *地震力が作用する場合)

2.7.1 荷重条件

貯蔵時において S_d *地震力が作用する場合の荷重は次に示す組合せとする。

- 密封容器内圧力 (-0.101325 MPa)
- 蓋間圧力 (0.4 MPa)
- 蓋部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 側部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- 底部中性子遮蔽材部圧力 (MPa)
- ボルト初期締付け力
- 自重
- 地震力
- 熱荷重

2.7.2 応力計算

(1) 一次応力

一次蓋，一次蓋ボルト，胴，底板，底部中性子遮蔽材カバー，二次蓋及び二次蓋ボルトの応力計算方法は，2.2.2(1)と同様である。

解析モデルを図2-7に示す。

水平方向加速度 (G_1) 及び鉛直方向加速度 (G_2) として次の値を用いる。鉛直方向加速度については、プラスの方向とマイナスの方向を自重の加速度と組み合わせて考慮する。

$$\left. \begin{aligned} G_1 &= C_H \cdot G \\ G_2 &= (1 \pm C_V) \cdot G \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.5)$$

ここで、

- C_H : 水平方向設計震度 (=1.40)
- C_V : 鉛直方向設計震度 (=0.87)
- G : 重力加速度 (=9.80665 m/s²)

(2) 一次+二次応力

a. シール部を除く、一次蓋、胴、底板、底部中性子遮蔽材カバー及び二次蓋
 応力計算の方法は、(1)と同様である。ただし、荷重条件は地震力のみとして計算を行い、振幅を考慮して応力強さの最大値を2倍して求める。

b. シール部、一次蓋ボルト及び二次蓋ボルト
 応力計算の方法は、(1)と同様である。ただし、荷重条件として熱荷重を含める。

(3) 平均支圧応力

バスケット底面との接触部である底板に発生する平均支圧応力 (σ_p) の計算方法は、2.3.2(2)と同様である。ただし、 $G_2 = (1 + C_V) \cdot G$ とする。

ここで、 C_V : (1)と同じ

計算条件及び計算結果を表 2-8 に示す。

2.7.3 計算結果

応力計算結果を表3-3に示す。

2.8 貯蔵時 (S_S 地震力が作用する場合)

2.8.1 荷重条件

貯蔵時において S_S 地震力が作用する場合の荷重条件は、 S_S 地震力と S_d *地震力を同じとしているため2.7.1項と同様である。

2.8.2 応力計算

計算方法及び計算結果は2.7.2項と同様である。

2.8.3 計算結果

応力計算結果を表3-4に示す。

2.9 試験時

2.9.1 荷重条件

試験時における荷重条件は次に示す組合せとする。

- 密封容器内圧力（最高使用圧力の1.25倍の圧力）
- ボルト初期締付け力
- 自重

2.9.2 応力計算

(1) 一次蓋，胴，底板及び底部中性子遮蔽材カバー

一次蓋，胴，底板及び底部中性子遮蔽材カバーの応力計算方法は，2.2.2(1)と同様である。解析モデルを図2-8に示す。

(2) カバープレート

カバープレートの応力計算方法は2.2.2(2)b.と同様である。ただし， $P=1.25\text{ MPa}$ とする。

計算条件及び計算結果を表2-9に示す。

2.9.3 計算結果

応力計算結果を表3-5に示す。

3. 応力評価

3.1 密封容器（ボルトを除く。）及び二次蓋の応力評価

各供用状態における応力計算結果と許容応力を表3-1から表3-5に示す。

表3-1から表3-5に示すように、各供用状態の一次一般膜応力強さ（ P_m ）、一次局部膜応力強さ（ P_L ）、一次膜＋一次曲げ応力強さ（ $P_L + P_b$ ）及び一次応力と二次応力を加えて求めた応力強さ（ $P_L + P_b + Q$ ）は、金属キャスク構造規格MCD-1311、MCD-1312及びMCD-1318における各規定を満足する。

3.2 ボルトの応力評価

表3-1から表3-4に示すように、各供用状態における平均引張応力及び平均引張応力＋曲げ応力は、金属キャスク構造規格MCD-1321における規定を満足する。

3.3 特別な応力の評価

(1) 平均せん断応力

各供用状態において純せん断荷重を受ける箇所がないため、評価を省略する。

(2) 平均支圧応力

表3-2から表3-4に示すように、各供用状態の平均支圧応力（ σ_p ）は、金属キャスク構造規格MCD-1316における規定を満足する。

(3) 圧縮応力

表3-2に示すように、各供用状態の圧縮応力（ σ_c ）は、金属キャスク構造規格MCD-1317における規定を満足する。

4. 繰返し荷重の評価

4.1 密封容器（ボルトを除く。）及び二次蓋の評価

金属キャスク構造規格MCD-1332により、疲労解析が不要となる条件を満足する評価の詳細を以下の(1)から(6)に示し、表4-1にその評価結果のまとめを示す。なお、燃料装荷及び取出しサイクルは通常1回であるが、本評価においては10回に想定しても、その条件を満足することを示す。

(1) 金属キャスク構造規格 MCD-1332(1) (大気圧—使用圧力—大気圧の変動)

大気圧から使用圧力になり、再び大気圧に戻る繰返し回数 (N_1) は、燃料装荷及び取出し想定回数である 10 回として評価する。

$$N_1 = 10 \text{ (回)}$$

金属キャスク構造規格別図 8-1 において、設計温度における設計応力強さ (S_m) の 3 倍の値 (366 MPa) を繰返しピーク応力強さとした場合の許容繰返し回数 (N_a) は、

$$N_a = 3627 \text{ (回)}$$

である。したがって、

$$N_1 \leq N_a$$

であり、条件を満足する。

また、二次蓋については金属キャスク構造規格別図 8-1 において、設計温度における設計応力強さ (S_m) の 3 倍の値 (474 MPa) を繰返しピーク応力強さとした場合に、これに対応する許容繰返し回数 (N_a) は 1650 回であり、同様に条件を満足する。

(2) 金属キャスク構造規格 MCD-1332(2) (燃料装荷時及び燃料取出し時並びに耐圧試験時を除く供用状態 A 及び B における圧力変動)

燃料装荷時及び燃料取出し時並びに耐圧試験時を除く供用状態 A 及び B における圧力変動の全振幅の許容値 (A_m) は、次式で計算する。

$$A_m = \frac{1}{3} \cdot P \cdot \frac{S}{S_m} = 0.23 \text{ MPa} \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

ここで、

P : 最高使用圧力 (=1.0 MPa)

S_m : 設計応力強さ (=122 MPa)

S : 金属キャスク構造規格別図 8-1 において、許容繰返し回数 10^6 回に対する繰返しピーク応力強さ (=86 MPa)

また、(4.1)式で計算される値を超えるものにあつては、許容値 (A_m) は、次式で計算する。

$$A_m = \frac{1}{3} \cdot P \cdot \frac{S_a}{S_m} \quad \dots\dots\dots (4.2)$$

ここで、

S_a : 金属キャスク構造規格別図 8-1 において、(4.1)式による値を超える圧力変動の回数を許容繰返し回数とした場合、それに対応する繰返しピーク応力強さ (MPa)

(4.1)式より、圧力変動の全振幅の許容値 (A_m) は、0.23 MPa となる。燃料装荷時及び燃料取出し時並びに耐圧試験時を除く供用状態 A 及び B における実際の圧力は、密封容器のため 0.23 MPa を超える変動は生じないと考えられるが、変動回数を安全側に燃料装荷及び取出し想定回数である 10 回として(4.2)式を用いて評価すると、

$$S_a = 3999 \text{ MPa}$$

$$A_m = 10 \text{ MPa}$$

となる。したがって、燃料装荷時及び燃料取出し時並びに耐圧試験時を除く供用状態 A 及び B における圧力変動の全振幅を最高使用圧力 ($P = 1.0 \text{ MPa}$) と仮定しても、

$$P \leq A_m$$

であり、条件を満足する。

次に、二次蓋について同様に評価する。(4.1)式の A_m 、 P 及び S_m をそれぞれ以下に示す条件に読み替えて計算すると、圧力変動の全振幅の許容値 (A_{m2}) は、0.07 MPa となる。

A_{m2} : 二次蓋の圧力変動の全振幅の許容値 (MPa)

P_2 : 二次蓋の最高使用圧力 (=0.4 MPa)

S_{m2} : 二次蓋の使用材料の設計応力強さ (=158 MPa)

二次蓋において燃料装荷時及び燃料取出し時を除く供用状態 A 及び B における実際の圧力の変動はほとんどないが、一次蓋と二次蓋間の圧力を調整する可能性を考え、その回数を 100 回として(4.2)式を用いて評価すると、

$$S_a = 1413 \text{ MPa}$$

$$A_{m2} = 1.1 \text{ MPa}$$

となる。したがって、燃料装荷時及び燃料取出し時を除く供用状態 A 及び B における圧力変動の全振幅を二次蓋の最高使用圧力 ($P_2 = 0.4 \text{ MPa}$) と仮定しても、

$$P_2 \leq A_{m2}$$

であり、条件を満足する。

(3) 金属キャスク構造規格 MCD-1332(3) (燃料装荷時及び燃料取出し時の温度差)

密封容器の任意の 2 点間の距離 (p) は、次式で計算する。

$$p = 2 \cdot \sqrt{R \cdot t} = 969 \text{ mm} \dots\dots\dots (4.3)$$

ここで、

R : 密封容器の平均半径 (=955 mm)

t : 密封容器の板厚 (=246 mm)

燃料装荷時及び燃料取出し時において、相互の距離が p を超えない密封容器の任意の 2 点間の温度差の許容値 (T) は、次式で計算する。なお、2 点間の平均温度は密封容器の最高使用温度 ($T_{max}=150\text{ }^{\circ}\text{C}$) とする。

$$T = \frac{S_a}{2 \cdot E \cdot \alpha} = 808\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

ここで、

- E : 2 点間の平均温度における縦弾性係数 ($=1.95 \times 10^5\text{ MPa}$)
- α : 2 点間の平均温度における瞬時熱膨張係数 ($=12.69 \times 10^{-6}\text{ mm}/(\text{mm}\cdot^{\circ}\text{C})$)
- S_a : 金属キャスク構造規格別図 8-1 において、燃料装荷及び取出しの回数 (10 回) を許容繰返し回数とした場合、それに対応する繰返しピーク応力強さ ($=3999\text{ MPa}$)

したがって、密封容器の任意の 2 点間の距離 (p) は 969 mm であるが、任意の 2 点間において生じる温度差を保守側に最高使用温度 (T_{max}) と常温との差 ($\Delta T = 130\text{ }^{\circ}\text{C}$) と仮定しても、

$$\Delta T \leq T$$

であり、条件を満足する。なお、二次蓋については、上記評価で代表できるため、同様に条件を満足する。

(4) 金属キャスク構造規格 MCD-1332(4) (燃料装荷時及び燃料取出し時を除く供用状態 A 及び B の温度差変動)

燃料装荷時及び燃料取出し時を除く供用状態 A 及び B において、相互の距離が (4.3) 式にて計算された p の値を超えない任意の 2 点間の温度差の変動の全振幅の許容値 (T) は、次式で計算する。

$$T = \frac{S_a}{2 \cdot E \cdot \alpha} \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

ここで、

- E, α : (3) と同じ
- S_a : 金属キャスク構造規格別図 8-1 において、(4.6) 式により計算した値を超える温度差 (T') の変動回数を許容繰返し回数とした場合、それに対応する繰返しピーク応力強さ (MPa)

$$T' = \frac{S}{2 \cdot E \cdot \alpha} = 17\text{ }^{\circ}\text{C} \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

ここで、

- S : 金属キャスク構造規格別図 8-1 において、許容繰返し回数 10^6 回に対する繰返しピーク応力強さ (MPa)

供用状態A及びBにおいて密封容器は密封状態であり、かつ温度変動する加熱源を収納していないので、任意の2点間の温度差の変動が(4.6)式により計算した値の17℃を超えることはないと考えられるが、変動回数を安全側に燃料装荷及び取出し想定回数である10回として(4.5)式を用いて評価すると、

$$S_a = 3999 \text{ MPa}$$

$$T = 808 \text{ }^\circ\text{C}$$

したがって、密封容器の任意の2点間の温度差の変動の全振幅を最高使用温度(T_{max})と常温との差($\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$)と仮定しても、

$$\Delta T \leq T$$

であり、条件を満足する。なお、二次蓋については、上記評価で代表できるため、同様に条件を満足する。

(5) 金属キャスク構造規格 MCD-1332(5) (異なる材料で作られた部分の温度変動)

一次蓋ボルト、カバープレートボルト及び二次蓋ボルトは同種の合金鋼を使用しており、一次蓋及び二次蓋は炭素鋼、カバープレートはステンレス鋼を使用している。ここでは、縦弾性係数及び熱膨張係数の差が大きく、評価が厳しくなる組合せであるカバープレートとカバープレートボルトを代表として評価する。

カバープレートとカバープレートボルトの部分の温度変動の許容値(T)は、(4.7)式で計算する。なお、縦弾性係数及び熱膨張係数は密封容器の最高使用温度($T_{max} = 150 \text{ }^\circ\text{C}$)に対する値とする。

$$T = \frac{S}{2 \cdot (E_c \cdot \alpha_c - E_{cb} \cdot \alpha_{cb})} = 61 \text{ }^\circ\text{C} \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

ここで、

S : 金属キャスク構造規格別図 8-2 において、許容繰返し回数 10^{11} 回に対応する繰返しピーク応力強さ (=94 MPa)

E_c : カバープレートの縦弾性係数 (= 1.86×10^5 MPa)

E_{cb} : カバープレートボルトの縦弾性係数 (= 1.84×10^5 MPa)

α_c : カバープレートの瞬時熱膨張係数 (= 17.04×10^{-6} mm/(mm \cdot °C))

α_{cb} : カバープレートボルトの瞬時熱膨張係数 (= 13.06×10^{-6} mm/(mm \cdot °C))

また、(4.7)式で計算される値を超えるものにあつては、許容値(T)は、(4.8)式で計算する。

$$T = \frac{S_a}{2 \cdot (E_c \cdot \alpha_c - E_{cb} \cdot \alpha_{cb})} \quad \dots\dots\dots (4.8)$$

ここで、

S_a : 金属キャスク構造規格別図 8-2 において、(4.7)式により計算した値を超える温度差の変動回数を許容繰返し回数とした場合、それに対応する繰返しピーク応力強さ (MPa)

(4.7)式より、温度変動の許容値は61℃となるが、燃料装荷時及び燃料取出し時における温度変動を最高使用温度(T_{max})と常温との差($\Delta T=130$ ℃)と仮定すると、この温度($T=61$ ℃)を超える。一方、燃料装荷時及び燃料取出し時以外においては、温度変動する加熱源を収納していないので、61℃を超える温度変動はないと考えられる。したがって、著しい温度差が生じる変動回数を燃料装荷及び取出し想定回数である10回として評価すると、

$$S_a = 4881 \text{ MPa}$$

$$T = 3184 \text{ }^\circ\text{C}$$

したがって、供用状態A及びBにおいて生じる温度変動を最高使用温度(T_{max})と常温との差($\Delta T=130$ ℃)と仮定しても、

$$\Delta T \leq T$$

であり、条件を満足する。

(6) 金属キャスク構造規格 MCD-1332(6) (機械的荷重により生じる応力の全振幅)

供用状態A及びBにおける機械的荷重の変動回数は、以下に示すように全事象の合計回数の216回と想定する。

燃料装荷時及び取出し時	10回
吊上げ時	200回
支持脚への衝突時	3回
貯蔵架台への衝突時	3回
合計	216回

この回数に対応する繰り返しピーク応力強さ S_a は金属キャスク構造規格別図 8-1より、

$$S_a = 1034 \text{ MPa}$$

である。

表3-2に示した供用状態A及びBにおける応力強さの最大値($\Delta\sigma_1=92$ MPa)の2倍を機械的荷重により発生する応力の全振幅と考えたとしても、

$$2 \cdot \Delta\sigma_1 \leq S_a$$

であり、条件を満足する。

また、供用状態 C_s 及び D_s における機械的荷重の変動回数は、地震時

(S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合)の最大回数である 10^4 回と想定する。この回数に対応する繰り返しピーク応力強さ S_a は金属キャスク構造規格別図 8-1より、

$$S_a = 262 \text{ MPa}$$

である。

表3-3及び表3-4に示した地震力のみによる全振幅について評価した応力強さの最大値($\Delta\sigma_2=217$ MPa)は、

$$\Delta\sigma_2 \leq S_a$$

であり、条件を満足する。

(7) 検討結果

以上の(1)から(6)の評価結果のまとめを表4-1に示す。表4-1に示すとおり、金属キヤスク構造規格 MCD-1332の規定にすべて適合しているため、疲労解析を必要としない。

4.2 ボルトの評価

金属キヤスク構造規格MCD-1322に従って疲労解析を行う。なお、本項においても燃料装荷及び取出しサイクルの回数を10回に想定しても規定を満足することを示す。

4.2.1 金属キヤスク構造規格 MCD-1322 及び金属キヤスク構造規格別図 8-4 に対する検討

- (1) 一次蓋ボルト、カバープレートボルト及び二次蓋ボルトの最小引張強さは1000 MPaであり、金属キヤスク構造規格 MCD-1322 に従い、設計疲労曲線として金属キヤスク構造規格別図 8-4 を使用する。
- (2) 一次蓋ボルト、カバープレートボルト及び二次蓋ボルトの平均引張応力+曲げ応力は、358 MPa、142 MPa 及び 277 MPa であり、この値は $2.7 S_m$ 以下であるため、設計疲労曲線として金属キヤスク構造規格別図 8-4 の“曲線1”を使用する。
- (3) ねじは三角ねじであり、ねじ底部の半径は一次蓋ボルトが mm、カバープレートボルトが mm、二次蓋ボルトが mm であって 0.07 mm 以上である。
- (4) シャンク部の直径に対するシャンク部の端の丸みの半径の比（小数点以下第4位を切捨て）は以下に示されるとおり

一次蓋ボルト : = 0.062

カバープレートボルト : = 0.065

二次蓋ボルト : = 0.062

であって、0.06 以上である。したがって金属キヤスク構造規格別図 8-4 の適合条件を満足する。

4.2.2 一次蓋ボルトの疲労解析

疲労解析で考慮する事象は以下とする。

- ① 一次蓋ボルトの取付け・取外し時
- ② 吊上げ時

- ③ 衝突時（支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時）
- ④ 地震時（ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合）

①の事象において、一次蓋ボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さは、ボルト初期締付け時の垂直応力（ σ_{b1} ）とボルト初期締付け時のねじり応力（ τ_{b1} ）を合成した応力にボルトねじ部の応力集中係数（ K ）を考慮した値で求める。計算式を以下に示す。

$$\left. \begin{aligned}
 S &= K \cdot S_b \\
 S_b &= \sqrt{\sigma_{b1}^2 + 4 \cdot \tau_{b1}^2} \\
 \sigma_{b1} &= \frac{F_b}{A_b} \\
 \tau_{b1} &= \frac{Tr}{\pi \cdot d_s^3 / 16}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.9)$$

ここで、

- S : ボルトのピーク応力強さ (MPa)
- K : ボルトねじ部の応力集中係数 (=4)
- S_b : ボルト締付け時に発生する応力強さ (MPa)
- σ_{b1} : ボルト初期締付け時の垂直応力 (MPa)
- τ_{b1} : ボルト初期締付け時のねじり応力 (MPa)
- F_b : ボルトの初期締付け力 (= N)
- A_b : ボルトの最小軸断面積 (= mm²)
- Tr : ボルトの締付けトルク (= N・mm)
- d_s : ボルトの最小径 (= mm)

①の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ（ S ）の計算条件及び計算結果を表4-2に示す。

②及び③の事象において、一次蓋ボルトのピーク応力強さ（ S ）は、①で求めたボルト締付け時に発生する応力強さ（ S_b ）に一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重（ボルトの初期締付け力と反対方向の荷重）を考慮し、次式により計算する。

$$S = K \cdot \left(S_b + \frac{m_{01} \cdot G_2}{A} \right) \dots\dots\dots (4.10)$$

ここで、

- S_b, K : (4.9) 式に同じ
- m_{01} : 一次蓋の質量 (=3700 kg)
- G_2 : 鉛直方向の加速度

- 吊上げ時 (= -1.3G)
- 支持脚への衝突時 (= -2.5G)
- 貯蔵架台への衝突時 (= -5.0G)

A : ボルト最小断面積の合計値 (= mm²)

②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ (S) の計算条件及び計算結果を表4-3に示す。

④の事象においては、地震動のみによる疲労解析を行うため、一次蓋の慣性力により一次蓋ボルトへ作用する荷重のみを考慮し、一次蓋ボルトのピーク応力強さ (S) は、次式により計算する。

$$S = K \cdot \left(\pm \frac{m_{01} \cdot G_2}{A} \right) \dots\dots\dots (4.11)$$

ここで、

- K : (4.9) 式に同じ
- A, m₀₁ : (4.10)式に同じ
- G₂ : 鉛直方向の加速度
G₂ = C_v · G
- C_v : 鉛直方向設計震度
S_d*地震時 (=0.87)
S_s 地震時 (=0.87)
- G : 重力加速度 (9.80665 m/s²)

④の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さ (S) の計算条件及び計算結果を表4-4に示す。

(4.9)式、(4.10)式及び(4.11)式で求めたボルトのピーク応力強さ (S) と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲 (S_P) 並びに各事象の繰返し回数を表4-5に示す。

各応力サイクルに対応したピーク応力強さの範囲 (S_P) から、次式により繰返しピーク応力強さ (S₀, S₀') を求める。ここで、繰返しピーク応力強さ (S₀) は、金属キャスク構造規格別図8-4に使用されている設計疲労線図の縦弾性係数 (E₀=2.07×10⁵ MPa) と解析に用いる縦弾性係数 (E=1.84×10⁵ MPa) との比を考慮し補正する。

$$\left. \begin{aligned} S_0 &= \frac{1}{2} \cdot S_P \\ S_0' &= S_0 \cdot \frac{E_0}{E} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4.12)$$

繰返しピーク応力強さ (S₀, S₀') の計算条件及び計算結果を表4-6に示す。

金属キャスク構造規格別図8-4より、補正した繰返しピーク応力強さ (S_0') に対する許容繰返し回数 (N_a) を求める。各サイクルの繰返し回数 (N_c) と許容繰返し回数 (N_a) との比は表4-7に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、地震時における疲労累積係数との和も1.0以下となるため、金属キャスク構造規格MCD-1322の規定を満足する。

4.2.3 カバープレートボルトの疲労解析

疲労解析で考慮する事象は以下とする。

- ① カバープレートボルトの取付け・取外し時
- ② 吊上げ時
- ③ 衝突時 (支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時)
- ④ 地震時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合)

①の事象において、カバープレートボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ (S) は(4.9)式により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルトのピーク応力強さ (S) の計算は(4.10)式、④の事象におけるボルトのピーク応力強さ (S) の計算は(4.11)式により同様に求める。ここで、

- $K, S_b, \sigma_{b1}, \tau_{b1}$: (4.9) 式と同じ
- G_2 : (4.10), (4.11) 式と同じ
- F_b : ボルト初期締付け力 (= N)
- A_b : ボルト最小軸断面積 (= mm^2)
- T_r : ボルト締付けトルク (= $\text{N}\cdot\text{mm}$)
- d_s : ボルトの最小径 (= mm)
- m_{03} : カバープレートの質量 (=8 kg)
- A : ボルト最小断面積の合計値 (= mm^2)

①の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さ (S) の計算条件及び計算結果を表4-8に、②及び③の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さ (S) の計算条件及び計算結果を表4-9に、④の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さ (S) の計算条件及び計算結果を表4-10に示す。

ボルトのピーク応力強さ (S) と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲 (S_p) 並びに各事象の繰返し回数を表4-11に示す。

繰返しピーク応力強さ (S_0, S_0') は、(4.12)式により同様に求める。

繰返しピーク応力強さ (S_0, S_0') の計算条件及び計算結果を表4-12に示す。

各サイクルの繰返し回数 (N_c) と許容繰返し回数 (N_a) との比は表4-13に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、地震時における疲労

累積係数との和も1.0以下となるため、金属キャスク構造規格MCD-1322の規定を満足する。

4.2.4 二次蓋ボルトの疲労解析

疲労解析で考慮する事象は以下とする。

- ① 二次蓋ボルトの取付け・取外し時
- ② 吊上げ時
- ③ 衝突時（支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時）
- ④ 地震時（ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合）

①の事象において、二次蓋ボルトの取付け・取外し時におけるボルト締付け力によるボルトのピーク応力強さ（ S ）は(4.9)式により同様に求める。また、②及び③の事象におけるボルトのピーク応力強さ（ S ）の計算は(4.10)式、④の事象におけるボルトのピーク応力強さ（ S ）の計算は(4.11)式により同様に求める。ここで、

$K, S_b, \sigma_{b1}, \tau_{b1}$: (4.9) 式に同じ
G_2	: (4.10), (4.11) 式に同じ
F_b	: ボルト初期締付け力 (= <input type="text"/> N)
A_b	: ボルト最小軸断面積 (= <input type="text"/> mm ²)
T_r	: ボルト締付けトルク (= <input type="text"/> N・mm)
d_s	: ボルトの最小径 (= <input type="text"/> mm)
m_{g2}	: 二次蓋の質量 (=4600 kg)
A	: ボルト最小断面積の合計値 (= <input type="text"/> mm ²)

①の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さ（ S ）の計算条件及び計算結果を表4-14に、②及び③の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さ（ S ）の計算条件及び計算結果を表4-15に、④の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さ（ S ）の計算条件及び計算結果を表4-16に示す。

ボルトのピーク応力強さ（ S ）と各事象の回数を考慮して定めた応力サイクル及びそれに対応するピーク応力強さの範囲（ S_p ）並びに各事象の繰返し回数を表4-17に示す。

繰返しピーク応力強さ（ S_0, S_0' ）は、(4.12)式により同様に求める。なお、縦弾性係数 E は $E=1.86 \times 10^5$ MPaに読み替える。

繰返しピーク応力強さ（ S_0, S_0' ）の計算条件及び計算結果を表4-18に示す。

各サイクルの繰返し回数（ N_c ）と許容繰返し回数（ N_a ）との比は表4-19に示すとおりとなり、供用状態A及びBによる疲労累積係数は1.0以下であり、地震時における疲労累積係数との和も1.0以下となるため、金属キャスク構造規格MCD-1322の規定を満足する。

5. 穴の補強

金属キャスク構造規格MCD-1700により，一次蓋貫通孔の補強が不要となることを示す。

一次蓋貫通孔部の応力強さは，応力集中係数を用いて次式で計算する。

$$S_o = K \cdot S \quad \dots\dots\dots (5.1)$$

ここで，

S_o : 一次蓋貫通孔部の応力強さ (MPa)

K : 応力集中係数 (=4.0⁽²⁾)

S : 一次蓋貫通孔を無視した場合の一次蓋の応力強さ (MPa)

一次蓋貫通孔を無視した場合の一次蓋の応力強さ (S) と一次蓋貫通孔部の応力強さ (S_o) は表5-1に示すとおりとなり，すべて許容応力を満足するため，一次蓋貫通孔の補強は不要となる。

6. 外圧の評価

供用状態A及びBの場合に、密封容器の内圧は負圧であり、最高使用圧力（外圧）（ P_{d0} ）は0.65 MPaである。許容外圧（ P_a ）は「資料4-1-1 密封容器の評価方針に関する補足説明」表6-1（1/2）より15 MPaであるので、金属キャスク構造規格MCD-1410(1)の規定を満足する。

7. 二次蓋の厚さの評価

ここでは、設計・建設規格クラス3容器の規定である、平板の必要板厚の計算を行い、二次蓋の板厚が基準を満足していることを示す。

7.1 応力計算

二次蓋の計算上必要な厚さ (t_{21}) は設計・建設規格PVD-3310の規定中 (PVD-5) 式から、次式で表される。

$$t_{21} = d \cdot \sqrt{\frac{K \cdot P}{S}} \dots\dots\dots (7.1)$$

ここで、

- t_{21} : 二次蓋の計算上必要な厚さ (mm)
- d : 二次蓋ボルトピッチの円の直径 (=2045 mm)
- P : 最高使用圧力 (=0.4 MPa)
- S : 最高使用温度における付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 に規定する材料の許容引張応力 (=120 MPa)
- K : 平板の取付方法による係数 (=0.17, 表 PVD-3310-1 (a) に相当)

であり、計算上必要な厚さは $t_{21}=48.68$ mmである。

設計・建設規格PVD-3322による、直径が $1/2 d$ 以下の穴を設けた場合の計算上必要な厚さ (t_{22}) は (PVD-6) 式から

$$t_{22} = d \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot K \cdot P}{S}} \dots\dots\dots (7.2)$$

であり、計算上必要な厚さは $t_{22}=68.85$ mmである。

二次蓋の計算上必要な厚さの計算条件及び計算結果を表7-1に示す。

7.2 計算結果

以上の計算から、図1-2に示す穴を除く二次蓋の最小厚さ (=90 mm) は二次蓋の計算上必要な厚さ t_{21} 及び t_{22} を上回っており、設計・建設規格PVD-3310及びPVD-3322の規定を満足する。

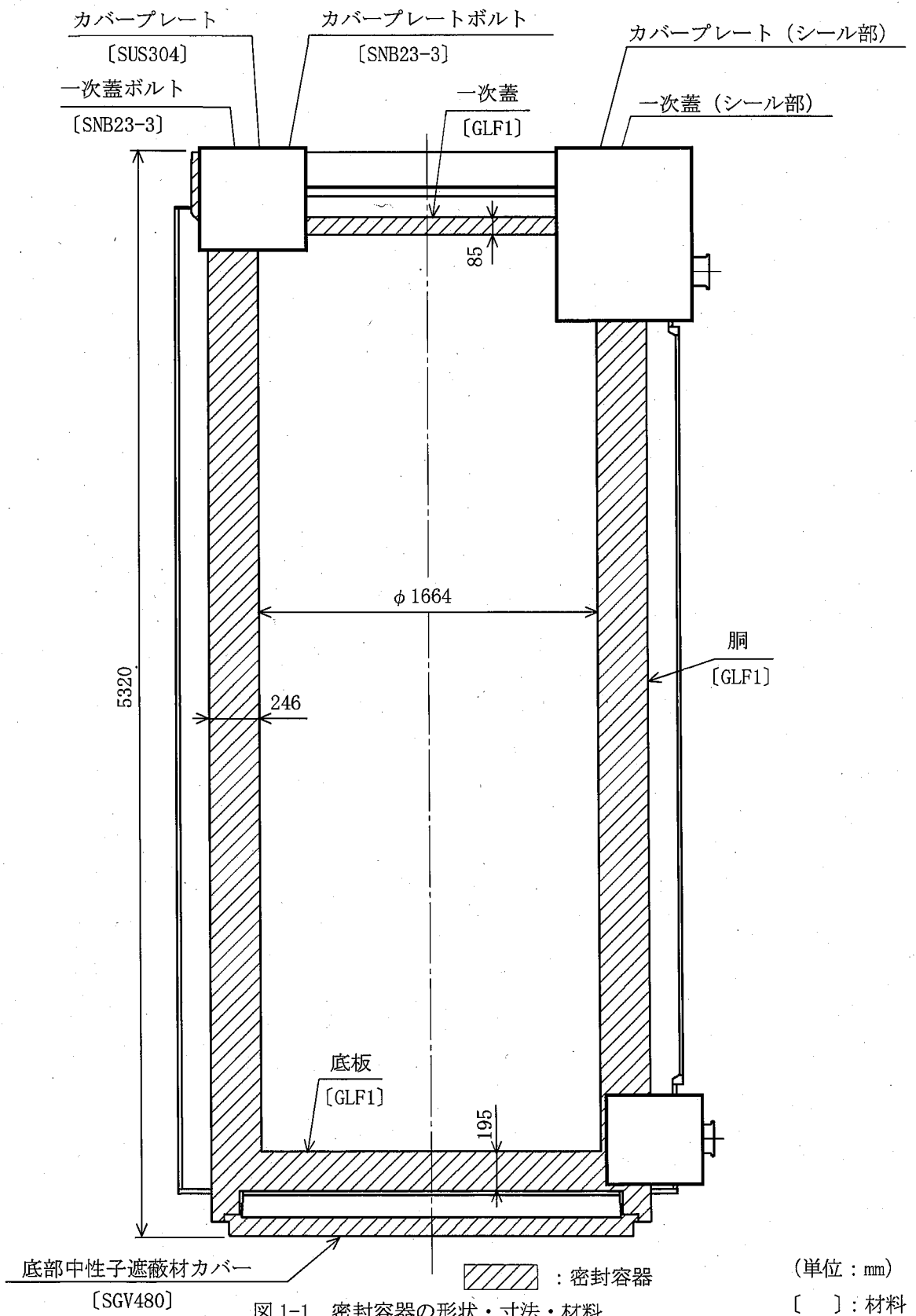
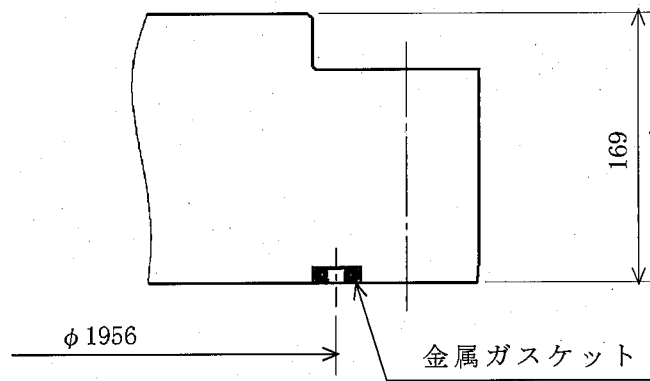
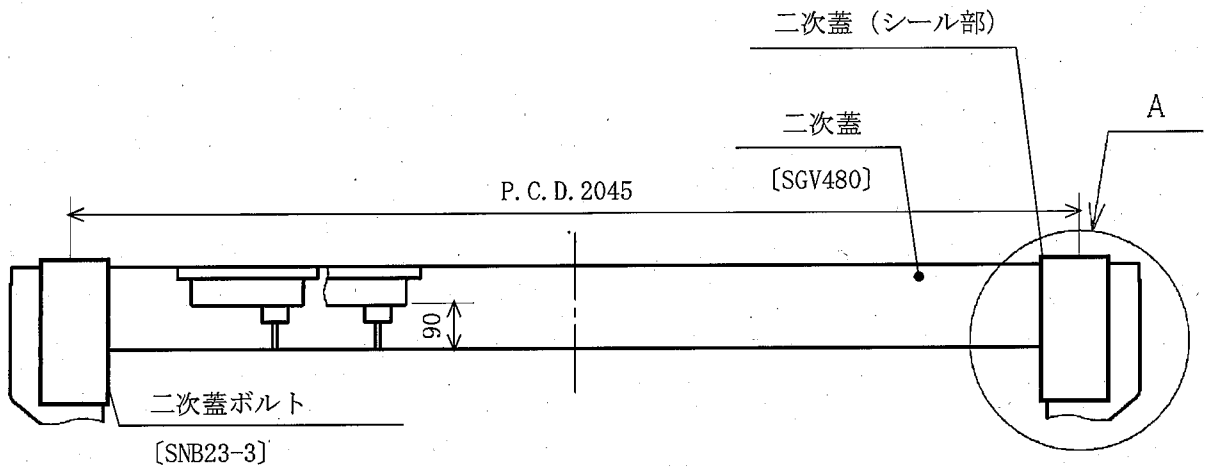


図 1-1 密封容器の形状・寸法・材料

内は商業機密のため、非公開とします。



A部詳細

(単位 : mm)

[] : 材料

図 1-2 二次蓋の形状・寸法・材料

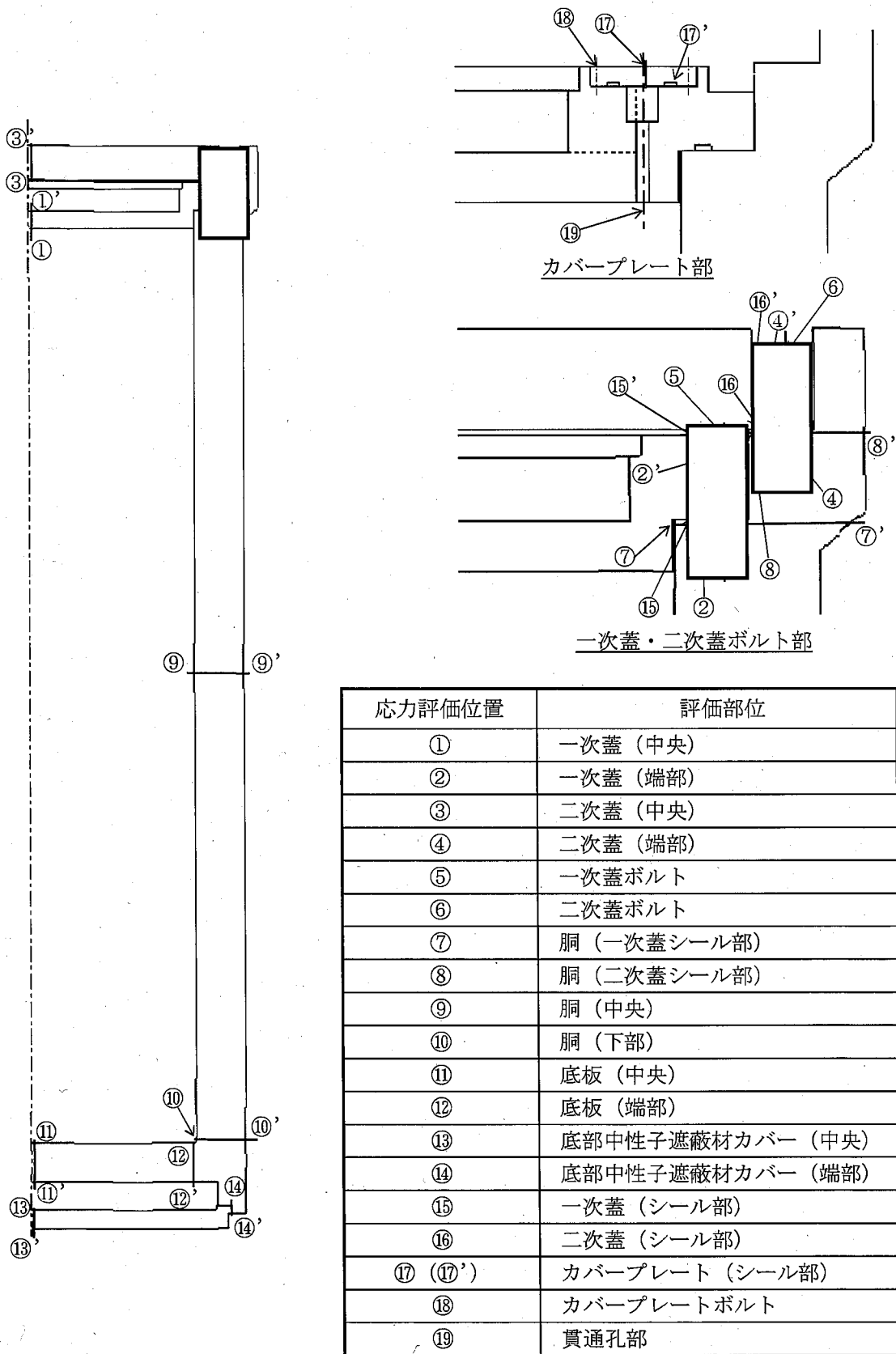


図 2-1 密封容器及び二次蓋の応力評価位置

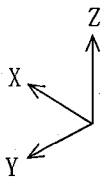
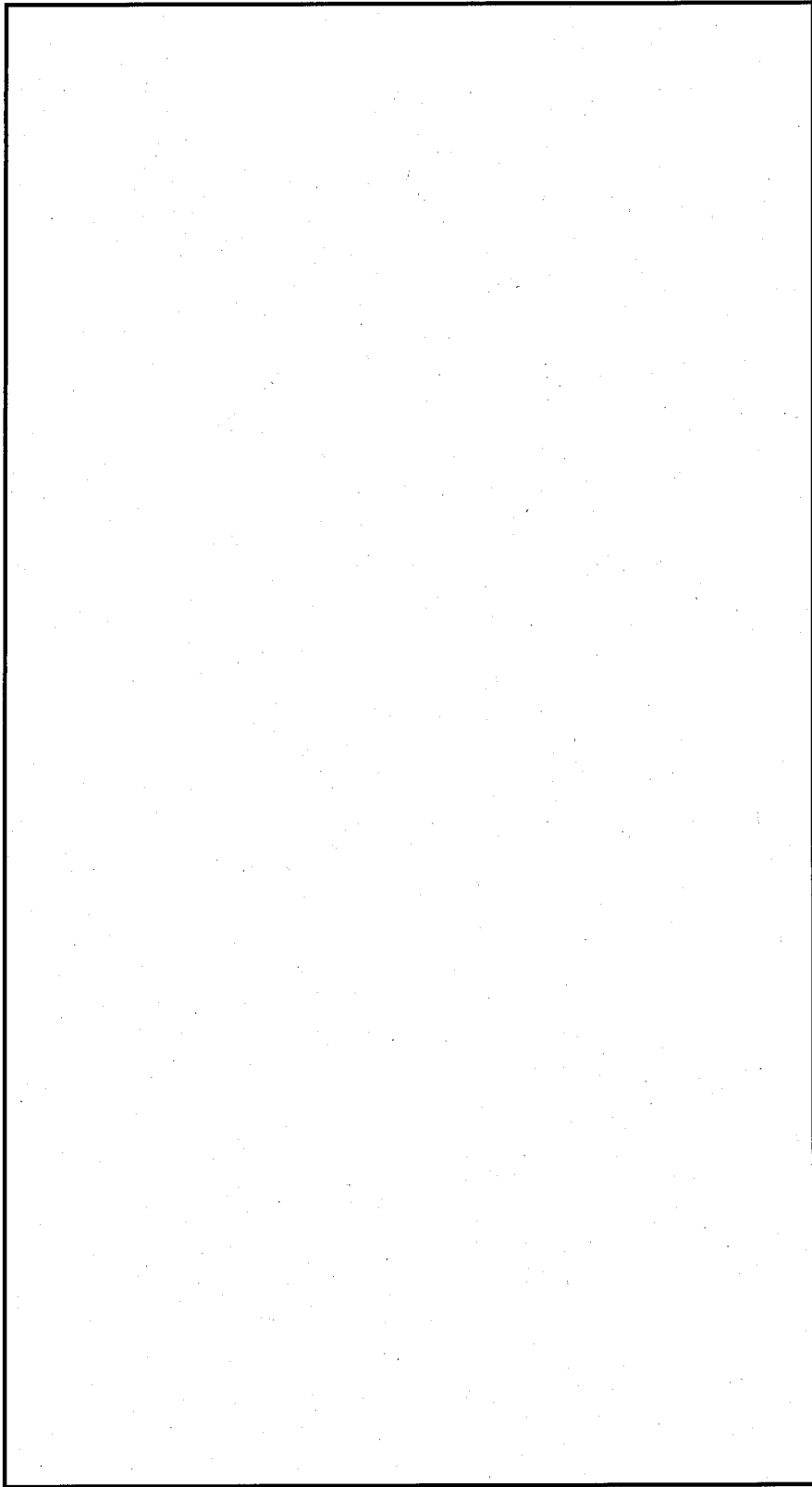


図 2-2 密封容器及び二次蓋の解析モデル（設計時）

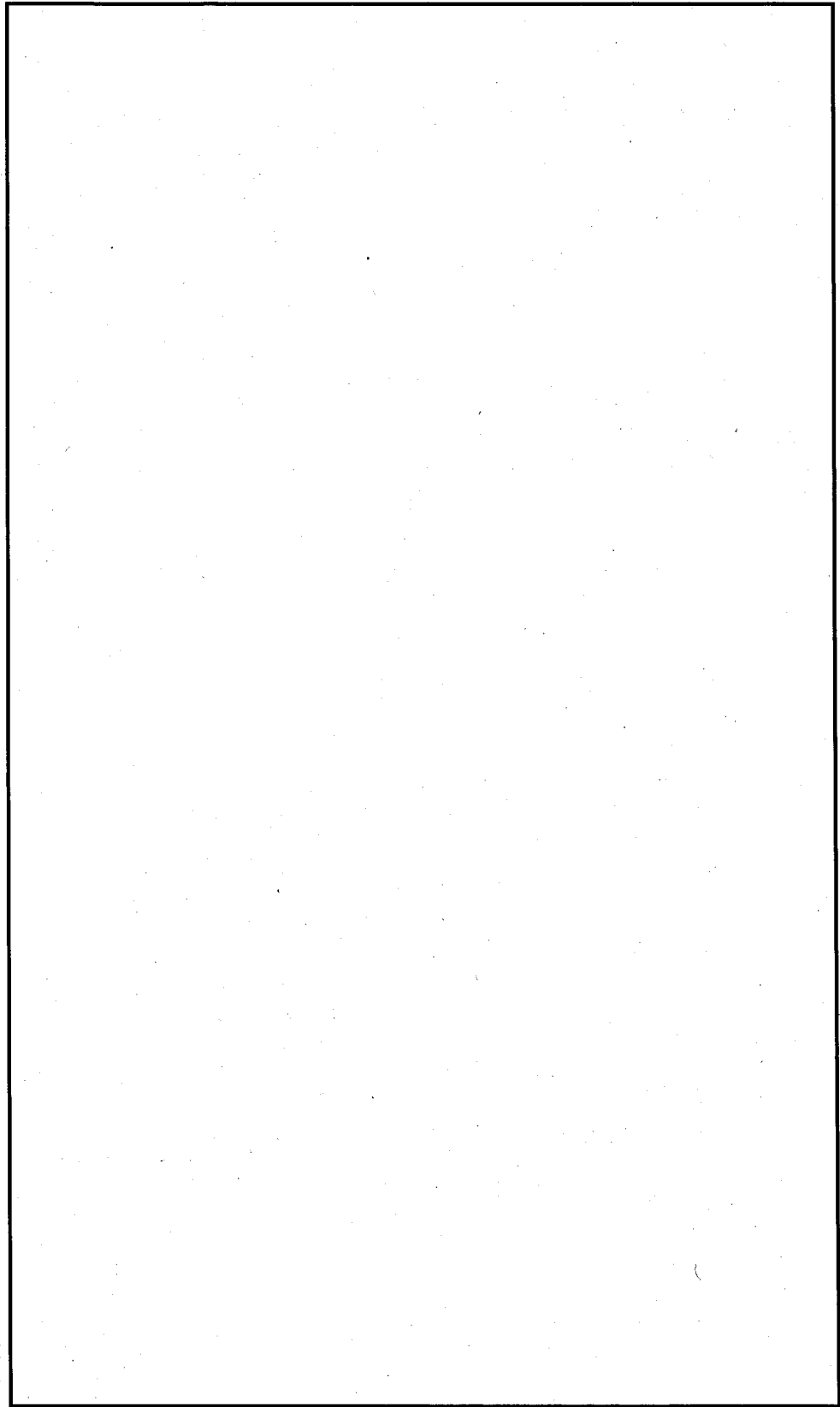
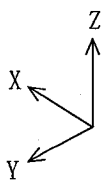


図 2-3 密封容器及び二次蓋の解析モデル（貯蔵時）

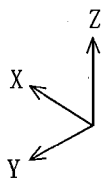
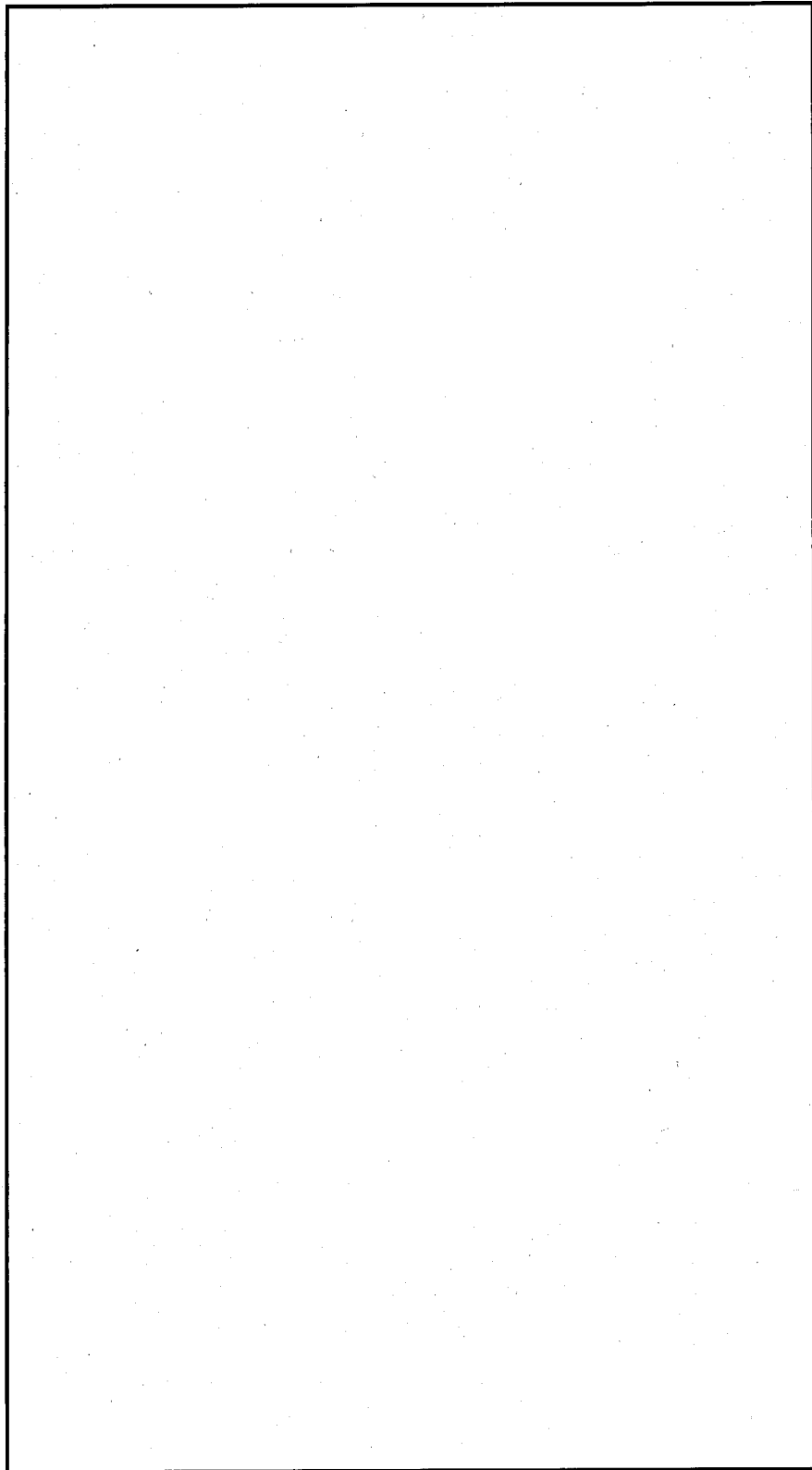


図 2-4 密封容器及び二次蓋の解析モデル（吊上げ時）

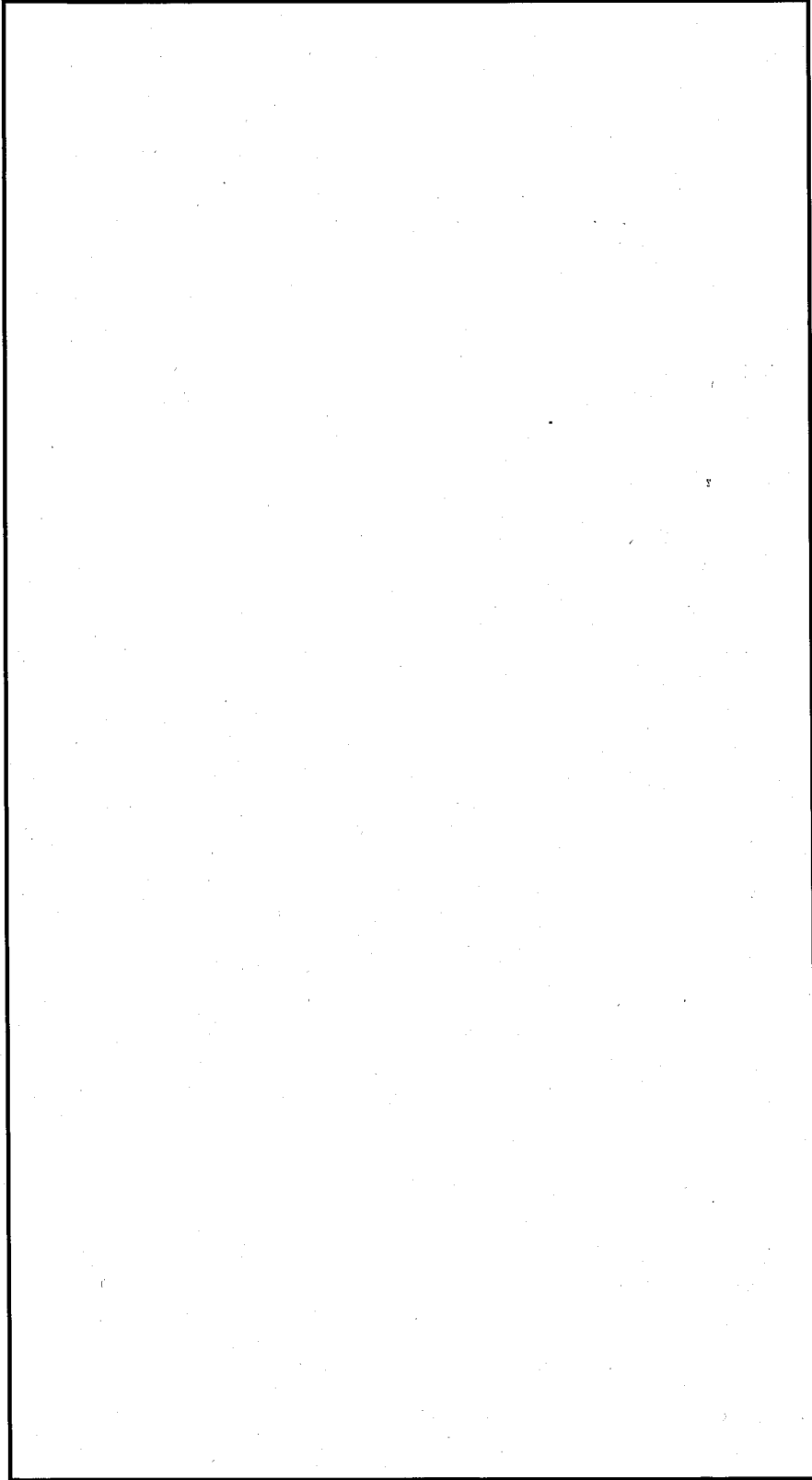
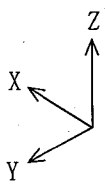


図 2-5 密封容器及び二次蓋の解析モデル（支持脚への衝突時）

□ 内は商業機密のため、非公開とします。

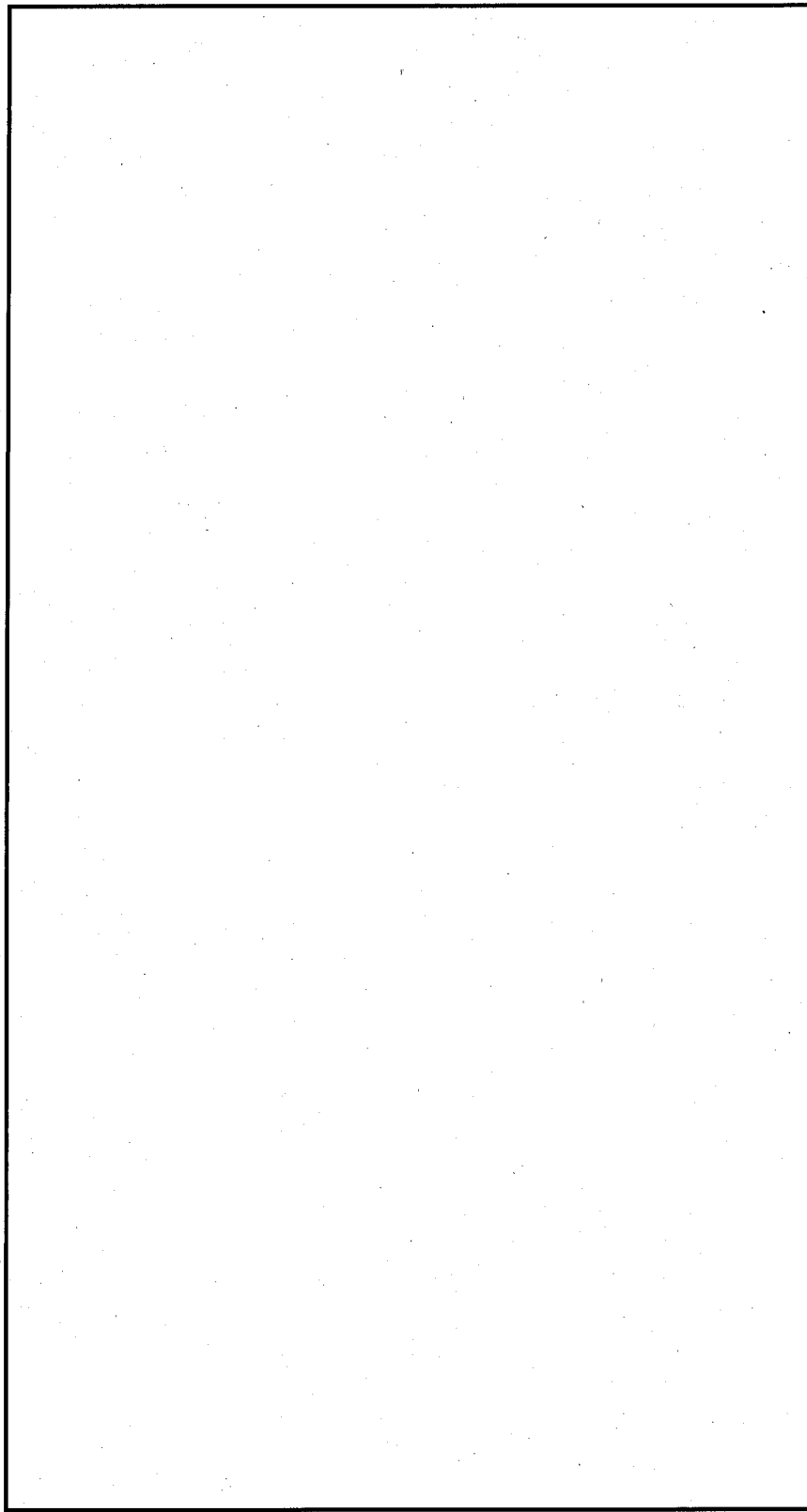
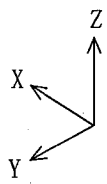


図 2-6 密封容器及び二次蓋の解析モデル（貯蔵架台への衝突時）

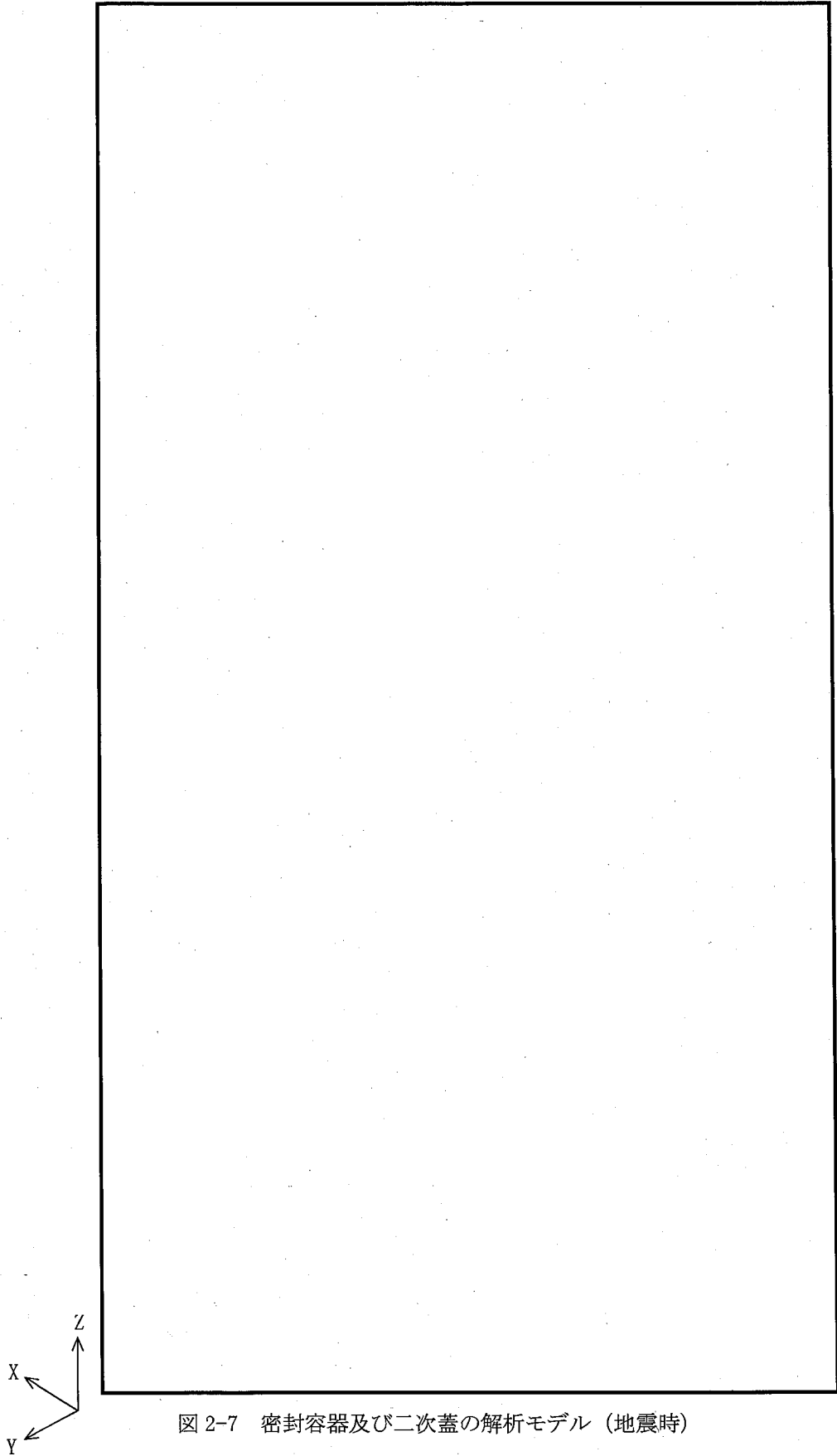


図 2-7 密封容器及び二次蓋の解析モデル（地震時）

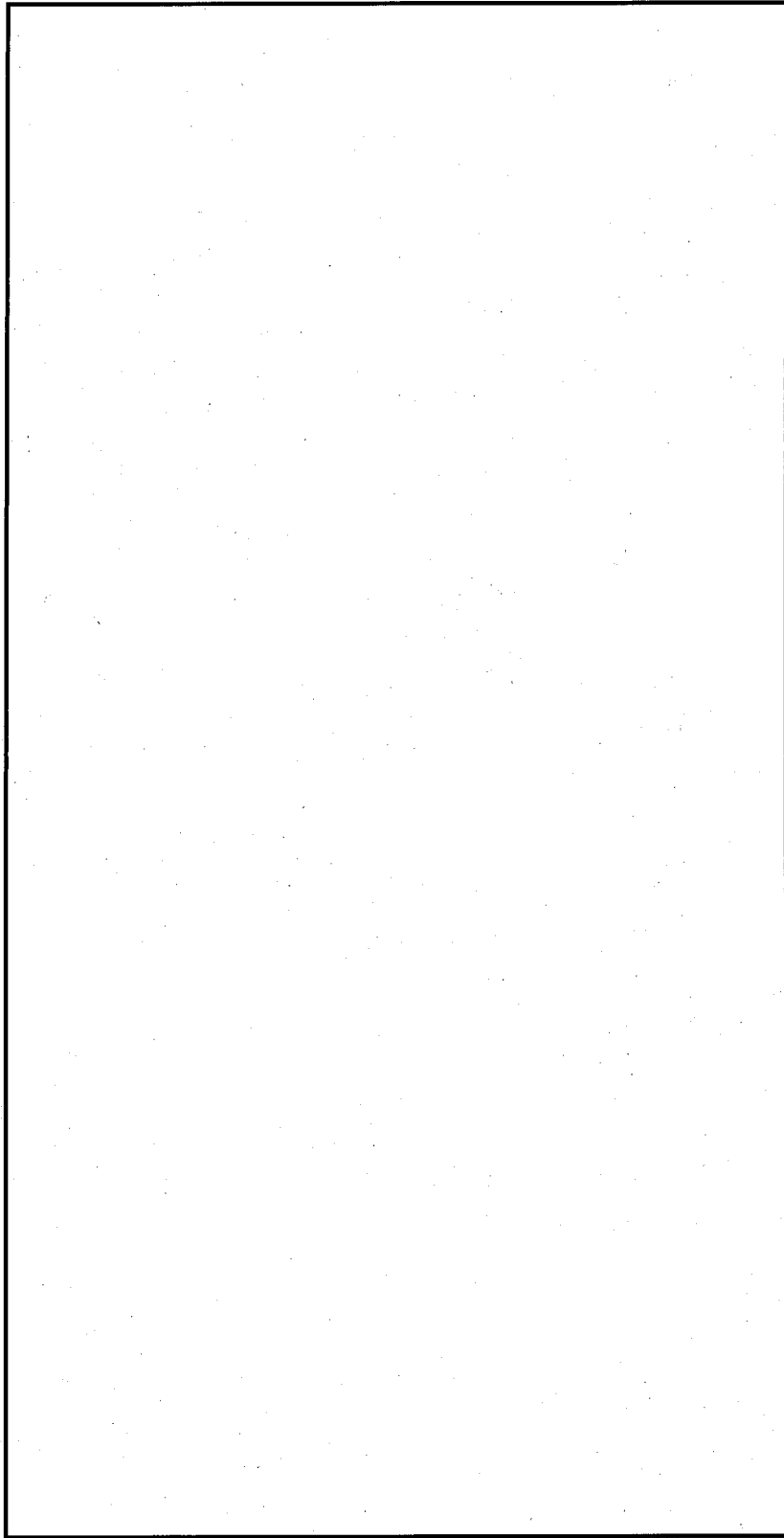
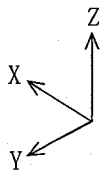


図 2-8 密封容器の解析モデル (試験時)

表 2-1 一次蓋ボルト及び二次蓋ボルトに発生する応力の計算条件及び計算結果
(設計時)

項目	記号	数値	単位
ボルト最小断面積の合計値 (一次蓋)	A	<input type="text"/>	mm ²
ボルト最小断面積の合計値 (二次蓋)		<input type="text"/>	mm ²
フランジに加わる内圧による全荷重 (一次蓋)	H	<input type="text"/>	N
フランジに加わる内圧による全荷重 (二次蓋)		<input type="text"/>	N
ガスケット反力の作用する位置 (一次蓋)	D _G	1740	mm
ガスケット反力の作用する位置 (二次蓋)		1956	mm
ガスケット接触面にかかる圧縮力 (一次蓋)	H _P	<input type="text"/>	N
ガスケット接触面にかかる圧縮力 (二次蓋)		<input type="text"/>	N
最高使用圧力 (一次蓋)	P	1.0	MPa
最高使用圧力 (二次蓋)		0.4	MPa
使用状態での必要な最小ボルト荷重 (一次蓋)	W _{m1}	<input type="text"/>	N
使用状態での必要な最小ボルト荷重 (二次蓋)		<input type="text"/>	N
平均引張応力 (一次蓋)	σ _{n1}	116	MPa
平均引張応力 (二次蓋)		84	MPa
ガスケット締付け時に必要な 最小ボルト荷重 (一次蓋)	W _{m2}	<input type="text"/>	N
ガスケット締付け時に必要な 最小ボルト荷重 (二次蓋)		<input type="text"/>	N
ガスケット締付け時の 平均引張応力 (一次蓋)	σ _{n2}	74	MPa
ガスケット締付け時の 平均引張応力 (二次蓋)		67	MPa

内は商業機密のため、非公開とします。

表 2-2 カバープレートに発生する応力の計算条件及び計算結果（設計時）

項目	記号	数値	単位
内圧	P	1.0	MPa
ボルトピッチ半径	r	76.5	mm
板厚	t	35	mm
半径方向の応力	σ_r	6	MPa
円周方向の応力	σ_θ	6	MPa
軸方向の応力	σ_z	0	MPa

表 2-3 カバープレートボルトに発生する応力の計算条件及び計算結果（設計時）

項目	記号	数値	単位
カバープレートボルト 最小断面積の合計値	A	<input type="text"/>	mm ²
フランジに加わる内圧による全荷重	H	<input type="text"/>	N
ガスケット反力の作用する位置	D _G	111	mm
ガスケット接触面にかける圧縮力	H _P	<input type="text"/>	N
最高使用圧力	P	1.0	MPa
使用状態での必要な最小ボルト荷重	W _{m1}	<input type="text"/>	N
平均引張応力	σ_{n1}	142	MPa
ガスケット締付け時に必要な 最小ボルト荷重	W _{m2}	<input type="text"/>	N
ガスケット締付け時の 平均引張応力	σ_{n2}	134	MPa

表 2-4 底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果（貯蔵時）

項目	記号	数値	単位
バスケット及び 使用済燃料集合体の質量	m_G	28300	kg
鉛直方向加速度	G_2	1G	m/s^2
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
支圧荷重を受ける面積	A		mm^2
底板に発生する 平均支圧応力	σ_p	1	MPa

表 2-5 底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果（吊上げ時）

項目	記号	数値	単位
バスケット及び 使用済燃料集合体の質量	m_G	28300	kg
鉛直方向加速度	G_2	1.3G	m/s^2
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
支圧荷重を受ける面積	A		mm^2
底板に発生する 平均支圧応力	σ_p	1	MPa

表 2-6 底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果（支持脚への衝突時）

項目	記号	数値	単位
バスケット及び 使用済燃料集合体の質量	m_G	28300	kg
鉛直方向加速度	G_2	2.5G	m/s^2
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
支圧荷重を受ける面積	A		mm^2
底板に発生する 平均支圧応力	σ_p	1	MPa

表 2-7 底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵架台への衝突時)

項目	記号	数値	単位
バスケット及び 使用済燃料集合体の質量	m_G	28300	kg
鉛直方向加速度	G_2	5G	m/s^2
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
支圧荷重を受ける面積	A		mm^2
底板に発生する 平均支圧応力	σ_p	1	MPa

表 2-8 底板に発生する平均支圧応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))

項目	記号	数値	単位
バスケット及び 使用済燃料集合体の質量	m_G	28300	kg
鉛直方向加速度	G_2	1.87G	m/s^2
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
支圧荷重を受ける面積	A		mm^2
底板に発生する 平均支圧応力	σ_p	1	MPa

表 2-9 カバープレートに発生する応力の計算条件及び計算結果 (試験時)

項目	記号	数値	単位
内圧	P	1.25	MPa
ボルトピッチ半径	r	76.5	mm
板厚	t	35	mm
半径方向の応力	σ_r	8	MPa
円周方向の応力	σ_θ	8	MPa
軸方向の応力	σ_z	0	MPa

表 3-1 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力 (設計条件)

(単位: MPa)

部 位	応力評価位置	応力分類	計算値	許容応力
一次蓋 (中央)	①-①'	P_m	10	122
	①	$P_L + P_b$	21	183
	①'	$P_L + P_b$	4	183
一次蓋 (端部)	②-②'	P_L	23	183
二次蓋 (中央)	③-③'	P_m	1	158
	③	$P_L + P_b$	1	237
	③'	$P_L + P_b$	1	237
二次蓋 (端部)	④-④'	P_L	19	237
一次蓋ボルト	⑤	平均引張応力	116	277
二次蓋ボルト	⑥	平均引張応力	84	282
胴 (一次蓋 シール部)	⑦-⑦'	P_L	11	183
胴 (二次蓋 シール部)	⑧-⑧'	P_L	17	183
胴 (中央)	⑨-⑨'	P_m	4	122
胴 (下部)	⑩-⑩'	P_L	8	183
底板 (中央)	⑪-⑪'	P_m	3	122
	⑪	$P_L + P_b$	16	183
	⑪'	$P_L + P_b$	22	183
底板 (端部)	⑫-⑫'	P_L	10	183
底部中性子遮蔽材 カバー(中央)	⑬-⑬'	P_m	1	155
	⑬	$P_L + P_b$	1	232
	⑬'	$P_L + P_b$	1	232
底部中性子遮蔽材 カバー(端部)	⑭-⑭'	P_L	7	232
一次蓋 (シール部)	⑮-⑮'	P_L	12	183
二次蓋 (シール部)	⑯-⑯'	P_L	7	236
カバープレート	⑰	$P_L + P_b$	6	205
カバープレート (シール部)	⑰'	$P_L + P_b$	6	155
カバープレート ボルト	⑱	平均引張応力	142	277

表 3-2 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態A及びB）（1/2）

（単位：MPa）

部 位	応力 評価 位置	応力分類	計算値				許容 応力
			貯蔵時	吊上げ 時	支持脚 への 衝突時	貯蔵架台 への 衝突時	
一次蓋 (中央)	①	$P_L + P_b + Q$	9	9	9	8	366
	①'	$P_L + P_b + Q$	14	14	14	14	366
一次蓋 (端部)	②	$P_L + P_b + Q$	44	45	44	44	366
	②'	$P_L + P_b + Q$	55	58	57	54	366
二次蓋 (中央)	③	$P_L + P_b + Q$	11	12	11	10	474
	③'	$P_L + P_b + Q$	17	17	16	15	474
二次蓋 (端部)	④	$P_L + P_b + Q$	33	34	34	32	474
	④'	$P_L + P_b + Q$	16	27	27	15	474
一次蓋ボルト	⑤	平均引張応力	241	243	241	240	554
	⑤	平均引張応力 + 曲げ応力	332	358	331	329	831
二次蓋ボルト	⑥	平均引張応力	244	244	243	243	565
	⑥	平均引張応力 + 曲げ応力	272	277	271	271	847
胴（一次蓋 シール部）	⑦	$P_L + P_b + Q$	25	31	25	25	183
	⑦'	$P_L + P_b + Q$	11	12	12	11	183
胴（二次蓋 シール部）	⑧	$P_L + P_b + Q$	37	39	37	37	183
	⑧'	$P_L + P_b + Q$	9	9	9	9	183
胴 (中央)	⑨	$P_L + P_b + Q$	18	17	19	19	366
	⑨'	$P_L + P_b + Q$	7	8	8	7	366
	⑨-⑨'	σ_c	8	7	9	9	95
胴 (下部)	⑩	$P_L + P_b + Q$	21	27	37	20	366
	⑩'	$P_L + P_b + Q$	35	18	19	17	366
	⑩-⑩'	σ_c	5	4	6	5	95

表 3-2 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態A及びB）（2/2）

（単位：MPa）

部 位	応力 評価 位置	応力分類	計算値				許容 応力
			貯蔵時	吊上げ 時	支持脚 への 衝突時	貯蔵架台 への 衝突時	
底板 (中央)	⑪	$P_L + P_b + Q$	31	32	34	36	366
	⑪'	$P_L + P_b + Q$	29	28	25	20	366
	⑪	σ_p	1	1	1	1	183
底板 (端部)	⑫	$P_L + P_b + Q$	27	26	26	19	366
	⑫'	$P_L + P_b + Q$	25	17	21	21	366
	⑫	σ_p	1	1	1	1	183
底部中性子遮蔽材 カバー(中央)	⑬	$P_L + P_b + Q$	8	15	15	10	465
	⑬'	$P_L + P_b + Q$	8	36	39	10	465
底部中性子遮蔽材 カバー(端部)	⑭	$P_L + P_b + Q$	37	76	92	57	465
	⑭'	$P_L + P_b + Q$	21	17	18	16	465
一次蓋 (シール部)	⑮	$P_L + P_b + Q$	29	29	29	29	183
	⑮'	$P_L + P_b + Q$	56	59	59	56	183
二次蓋 (シール部)	⑯	$P_L + P_b + Q$	18	18	18	17	236
	⑯'	$P_L + P_b + Q$	9	13	12	9	236

表 3-3 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態 C_s）（1/3）

（単位：MPa）

部 位	応力評価位置	応力分類	計算値	許容応力
一次蓋 (中央)	①-①'	P_m	5	183
	①	$P_L + P_b$	9	274
	①'	$P_L + P_b$	2	274
	①	$P_L + P_b + Q^{*1}$	4	366
	①'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	2	366
一次蓋 (端部)	②	$P_L + P_b$	18	274
	②'	$P_L + P_b$	18	274
	②	$P_L + P_b + Q^{*1}$	46	366
	②'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	49	366
二次蓋 (中央)	③-③'	P_m	1	236
	③	$P_L + P_b$	15	355
	③'	$P_L + P_b$	16	355
	③	$P_L + P_b + Q^{*1}$	4	474
	③'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	5	474
二次蓋 (端部)	④	$P_L + P_b$	30	355
	④'	$P_L + P_b$	30	355
	④	$P_L + P_b + Q^{*1}$	54	474
	④'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	66	474
一次蓋ボルト	⑤	平均引張応力	241	554
		平均引張応力 + 曲げ応力	337	831
二次蓋ボルト	⑥	平均引張応力	244	565
		平均引張応力 + 曲げ応力	274	847

注記*1：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 3-3 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態 C_s ）（2/3）

（単位：MPa）

部 位	応力評価位置	応力分類	計算値	許容応力
胴 (一次蓋 シール部)	⑦	$P_L + P_b$	10	183
	⑦'	$P_L + P_b$	10	183
	⑦	$P_L + P_b + Q$	26	183
	⑦'	$P_L + P_b + Q$	12	183
胴 (二次蓋 シール部)	⑧	$P_L + P_b$	16	183
	⑧'	$P_L + P_b$	16	183
	⑧	$P_L + P_b + Q$	37	183
	⑧'	$P_L + P_b + Q$	9	183
胴 (中央)	⑨-⑨'	P_m	2	183
	⑨	$P_L + P_b + Q^{*1}$	5	366
	⑨'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	4	366
胴 (下部)	⑩	$P_L + P_b$	30	274
	⑩'	$P_L + P_b$	30	274
	⑩	$P_L + P_b + Q^{*1}$	51	366
	⑩'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	83	366
底板 (中央)	⑪-⑪'	P_m	3	183
	⑪	$P_L + P_b$	7	274
	⑪'	$P_L + P_b$	9	274
	⑪	$P_L + P_b + Q^{*1}$	8	366
	⑪'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	9	366
	⑪	σ_p	1	183

注記*1：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 3-3 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態 C_s）（3/3）

（単位：MPa）

部 位	応力評価位置	応力分類	計算値	許容応力
底板 (端部)	⑫	$P_L + P_b$	10	274
	⑫'	$P_L + P_b$	10	274
	⑫	$P_L + P_b + Q^{*1}$	24	366
	⑫'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	32	366
	⑫	σ_p	1	183
底部中性子遮蔽 材カバー(中央)	⑬-⑬'	P_m	10	232
	⑬	$P_L + P_b$	16	348
	⑬'	$P_L + P_b$	23	348
	⑬	$P_L + P_b + Q^{*1}$	19	465
	⑬'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	12	465
底部中性子遮蔽 材カバー(端部)	⑭	$P_L + P_b$	91	348
	⑭'	$P_L + P_b$	91	348
	⑭	$P_L + P_b + Q^{*1}$	217	465
	⑭'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	152	465
一次蓋 (シール部)	⑮	$P_L + P_b$	7	183
	⑮'	$P_L + P_b$	7	183
	⑮	$P_L + P_b + Q$	30	183
	⑮'	$P_L + P_b + Q$	61	183
二次蓋 (シール部)	⑯	$P_L + P_b$	9	236
	⑯'	$P_L + P_b$	9	236
	⑯	$P_L + P_b + Q$	18	236
	⑯'	$P_L + P_b + Q$	12	236

注記*1：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 3-4 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態D_s）（1/3）

（単位：MPa）

部 位	応力評価位置	応力分類	計算値	許容応力
一次蓋 (中央)	①-①'	P_m	5	251
	①	$P_L + P_b$	9	377
	①'	$P_L + P_b$	2	377
	①	$P_L + P_b + Q^{*1}$	4	366
	①'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	2	366
一次蓋 (端部)	②	$P_L + P_b$	18	377
	②'	$P_L + P_b$	18	377
	②	$P_L + P_b + Q^{*1}$	46	366
	②'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	49	366
二次蓋 (中央)	③-③'	P_m	1	286
	③	$P_L + P_b$	15	429
	③'	$P_L + P_b$	16	429
	③	$P_L + P_b + Q^{*1}$	4	474
	③'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	5	474
二次蓋 (端部)	④	$P_L + P_b$	30	429
	④'	$P_L + P_b$	30	429
	④	$P_L + P_b + Q^{*1}$	54	474
	④'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	66	474
一次蓋ボルト	⑤	平均引張応力	241	831
		平均引張応力 + 曲げ応力	337	831
二次蓋ボルト	⑥	平均引張応力	244	848
		平均引張応力 + 曲げ応力	274	848

注記*1：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 3-4 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態D_s）（2/3）

（単位：MPa）

部 位	応力評価位置	応力分類	計算値	許容応力
胴 (一次蓋 シール部)	⑦	$P_L + P_b$	10	183
	⑦'	$P_L + P_b$	10	183
	⑦	$P_L + P_b + Q$	26	183
	⑦'	$P_L + P_b + Q$	12	183
胴 (二次蓋 シール部)	⑧	$P_L + P_b$	16	183
	⑧'	$P_L + P_b$	16	183
	⑧	$P_L + P_b + Q$	37	183
	⑧'	$P_L + P_b + Q$	9	183
胴 (中央)	⑨-⑨'	P_m	2	251
	⑨	$P_L + P_b + Q^{*1}$	5	366
	⑨'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	4	366
胴 (下部)	⑩	$P_L + P_b$	30	377
	⑩'	$P_L + P_b$	30	377
	⑩	$P_L + P_b + Q^{*1}$	51	366
	⑩'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	83	366
底板 (中央)	⑪-⑪'	P_m	3	251
	⑪	$P_L + P_b$	7	377
	⑪'	$P_L + P_b$	9	377
	⑪	$P_L + P_b + Q^{*1}$	8	366
	⑪'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	9	366
	⑪	σ_p	1	377

注記*1：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 3-4 密封容器及び二次蓋の応力計算結果と許容応力（供用状態D_s）（3/3）

（単位：MPa）

部 位	応力評価位置	応力分類	計算値	許容応力
底板 (端部)	⑫	$P_L + P_b$	10	377
	⑫'	$P_L + P_b$	10	377
	⑫	$P_L + P_b + Q^{*1}$	24	366
	⑫'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	32	366
	⑫	σ_p	1	377
底部中性子遮蔽 材カバー(中央)	⑬-⑬'	P_m	10	282
	⑬	$P_L + P_b$	16	424
	⑬'	$P_L + P_b$	23	424
	⑬	$P_L + P_b + Q^{*1}$	19	465
	⑬'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	12	465
底部中性子遮蔽 材カバー(端部)	⑭	$P_L + P_b$	91	424
	⑭'	$P_L + P_b$	91	424
	⑭	$P_L + P_b + Q^{*1}$	217	465
	⑭'	$P_L + P_b + Q^{*1}$	152	465
一次蓋 (シール部)	⑮	$P_L + P_b$	7	183
	⑮'	$P_L + P_b$	7	183
	⑮	$P_L + P_b + Q$	30	183
	⑮'	$P_L + P_b + Q$	61	183
二次蓋 (シール部)	⑯	$P_L + P_b$	9	236
	⑯'	$P_L + P_b$	9	236
	⑯	$P_L + P_b + Q$	18	236
	⑯'	$P_L + P_b + Q$	12	236

注記*1：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 3-5 密封容器の応力計算結果と許容応力（試験状態）

（単位：MPa）

部 位	応力評価位置	応力分類	計算値	許容応力
一次蓋 (中央)	①-①'	P_m	13	186
	①	$P_L + P_b$	27	279
	①'	$P_L + P_b$	5	279
一次蓋 (端部)	②-②'	P_L	25	279
胴 (一次蓋 シール部)	⑦-⑦'	P_L	11	207
	⑦	$P_L + P_b + Q$	26	207
	⑦'	$P_L + P_b + Q$	6	207
胴 (中央)	⑨-⑨'	P_m	5	186
胴 (下部)	⑩-⑩'	P_L	5	279
底板 (中央)	⑪-⑪'	P_m	2	186
	⑪	$P_L + P_b$	11	279
	⑪'	$P_L + P_b$	16	279
底板 (端部)	⑫-⑫'	P_L	8	279
底部中性子遮蔽 材カバー(中央)	⑬-⑬'	P_m	1	238
	⑬	$P_L + P_b$	1	357
	⑬'	$P_L + P_b$	1	357
底部中性子遮蔽 材カバー(端部)	⑭-⑭'	P_L	3	357
一次蓋 (シール部)	⑮-⑮'	P_L	15	207
	⑮	$P_L + P_b + Q$	13	207
	⑮'	$P_L + P_b + Q$	21	207
カバープレート	⑰	$P_L + P_b$	8	276
カバープレート (シール部)	⑰'	$P_L + P_b$	8	205

表 4-1 密封容器（ボルトを除く。）及び二次蓋の疲労解析不要の評価結果

金属キャスト ク構造規格 MCD-1332	繰返し荷重		設定繰返 し回数	評価値	許容値	評価
(1)	大気圧→使用圧力→大気圧の変動		10	繰返し回数 $N_1 = 10$	$3S_m$ に対する許容繰返し 回数 $N_a = 3627$	$N_1 \leq N_a$ であり、 本条件を満足
(2)	燃料装荷時及び燃料取出し時並びに耐圧試験時 を除く供用状態A及びBにおける圧力変動		10	圧力変動の全振幅 $P = 1.0 \text{ MPa}$	圧力変動許容値 $A_m = 10 \text{ MPa}$	$P \leq A_m$ であり、 本条件を満足
(3)	燃料装荷時及び燃料取出し時の温度差		10	温度差 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度差許容値 $T = 808 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であり、 本条件を満足
(4)	燃料装荷時及び燃料取出し時を除く供用状態 A及びBの温度差変動		10	温度差変動の全振幅 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度変動許容値 $T = 808 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であり、 本条件を満足
(5)	異なる材料で作られた部分の温度変動		10	温度変動 $\Delta T = 130 \text{ }^\circ\text{C}$	温度変動許容値 $T = 3184 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta T \leq T$ であり、 本条件を満足
(6)	機械的荷重により生 じる応力の全振幅	地震力以外	216	応力の全振幅 $2 \cdot \Delta \sigma_1 = 184 \text{ MPa}$	機械的荷重の変動回数 216回に対する許容繰 返しピーク応力強さ $S_a = 1034 \text{ MPa}$	$2 \cdot \Delta \sigma_1 \leq S_a$ で あり、本条件に対 する評価で考慮す る必要がない。
		地震力	10^4	応力の全振幅 $\Delta \sigma_2 = 217 \text{ MPa}$	機械的荷重の変動回数 10^4 回に対する許容繰返 しピーク応力強さ $S_a = 262 \text{ MPa}$	$\Delta \sigma_2 \leq S_a$ であ り、本条件に対す る評価で考慮する 必要がない。

表 4-2 ①の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
ボルトねじ部の応力集中係数	K	4	-
ボルト締付け時に発生する応力強さ	S_b	374	MPa
ボルト初期締付け時の垂直応力	σ_{b1}	247* ¹	MPa
ボルト初期締付け時のねじり応力	τ_{b1}	141* ¹	MPa
ボルトの初期締付け力	F_b	<input type="text"/>	N
ボルトの最小軸断面積	A_b	<input type="text"/>	mm ²
ボルトの締付けトルク	T_r	<input type="text"/>	N・mm
ボルトの最小径	d_s	<input type="text"/>	mm
ボルトのピーク応力強さ	S	1496	MPa

注記*1：表中では整数位表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用

表 4-3 ②及び③の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値			単位
		吊上げ時	支持脚への衝突時	貯蔵架台への衝突時	
ボルトねじ部の応力集中係数	K	4			-
ボルト締付け時に発生する応力強さ	S_b	374			MPa
一次蓋の質量	m_{d1}	3700			kg
鉛直方向の加速度	G_2	-1.3G	-2.5G	-5.0G	m/s ²
重力加速度	G	9.80665			m/s ²
ボルト最小断面積の合計値	A	<input type="text"/>			mm ²
ボルトの最小軸断面積	A_b	<input type="text"/>			mm ²
ボルトのピーク応力強さ	S	1493	1490	1483	MPa

表 4-4 ④の事象における一次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
ボルトねじ部の応力集中係数	K	4	-
一次蓋の質量	m_{e1}	3700	kg
ボルト最小断面積の合計値	A	<input type="text"/>	mm ²
鉛直方向の加速度	G_2	0.87G	m/s ²
鉛直方向設計震度	C_v	0.87	-
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
ボルトのピーク応力強さ	S	2.2	MPa

表 4-5 応力差の変動（一次蓋ボルト）

No.	事象	事象	S _p (MPa)
1	C01	C00	1496
2	C06	C04	13
3	CSd	—	4
4	CSs	—	4

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。

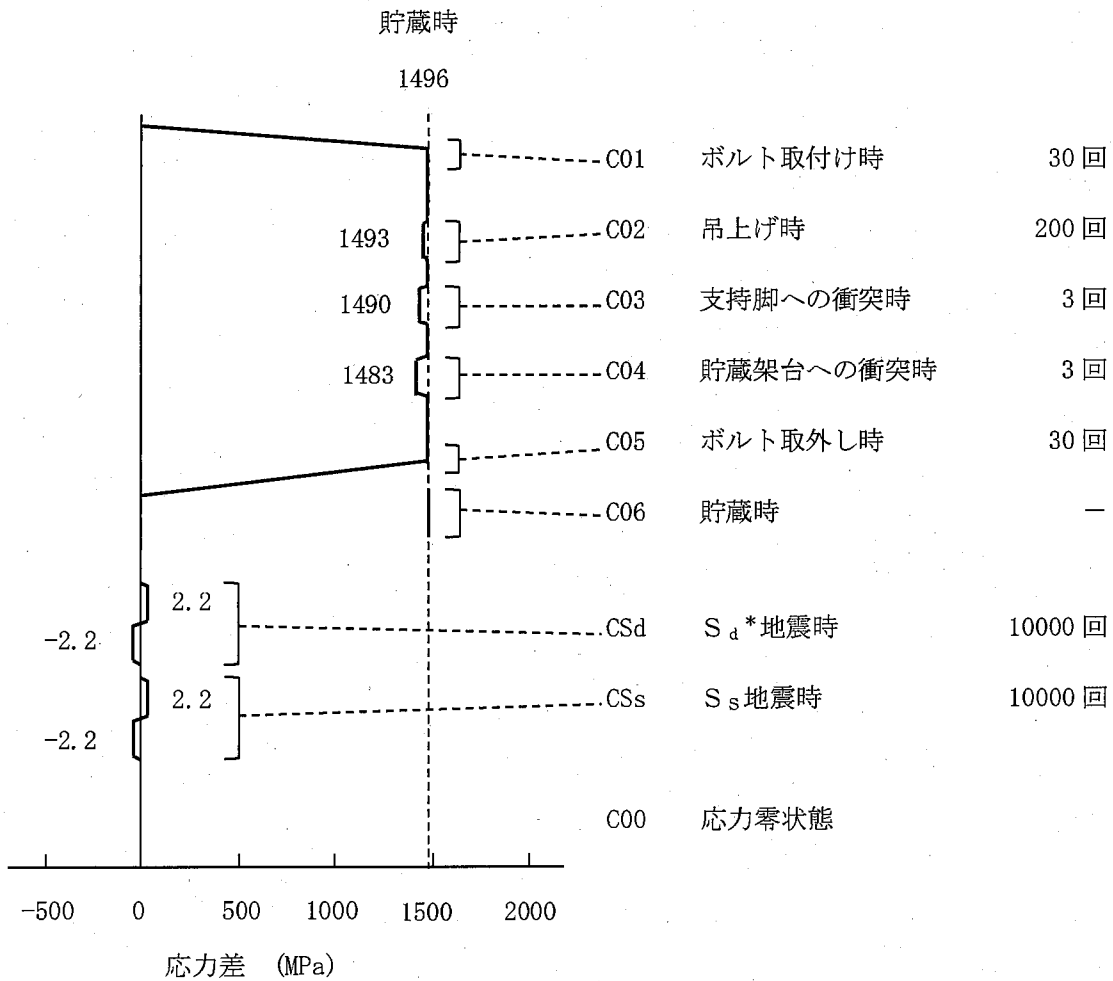


表 4-6 一次蓋ボルトの繰返しピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値			単位
		①の事象	②及び③の事象	④の事象	
ピーク応力強さの範囲	S_P	1496	13	4	MPa
繰返しピーク応力強さ	S_d	748	6	2	MPa
設計疲労線図の縦弾性係数	E_0	2.07×10^5			MPa
解析に用いる縦弾性係数	E	1.84×10^5			MPa
縦弾性係数で補正した繰返しピーク応力強さ	S_d'	841	7	3	MPa

表 4-7 疲労累積係数 (一次蓋ボルト)

No.	S_b (MPa)	S (MPa)	S_P (MPa)	S_d (MPa)	S_d' (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	374	1496	1496	748	841	679	30	0.0442
2	374	1483	13	6	7	10^6	3	0.0000
疲労累積係数 $U_n=0.0442$								
3	—	2.2	4	2	3	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{sd}=0.0100$								
4	—	2.2	4	2	3	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{ss}=0.0100$								
疲労累積係数 $U_f=U_n+U_{ss}=0.0542$								

表 4-8 ①の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さの
計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
ボルトねじ部の応力集中係数	K	4	-
ボルト締付け時に発生する応力強さ	S _b	361	MPa
ボルト初期締付け時の垂直応力	σ_{b1}	214* ¹	MPa
ボルト初期締付け時のねじり応力	τ_{b1}	146* ¹	MPa
ボルトの初期締付け力	F _b		N
ボルトの最小軸断面積	A _b		mm ²
ボルトの締付けトルク	T _r		N・mm
ボルトの最小径	d _s		mm
ボルトのピーク応力強さ	S	1443.6	MPa

注記*1: 表中では整数位表示としているが、計算は桁数処理前の数値を使用

表 4-9 ②及び③の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さの
計算条件及び計算結果

項目	記号	数値			単位
		吊上げ時	支持脚への 衝突時	貯蔵架台へ の衝突時	
ボルトねじ部の応力 集中係数	K	4			-
ボルト締付け時に 発生する応力強さ	S _b	361			MPa
カバープレートの質量	m ₂₃	8			kg
鉛直方向の加速度	G ₂	-1.3G	-2.5G	-5.0G	m/s ²
重力加速度	G	9.80665			m/s ²
ボルト最小断面積の 合計値	A				mm ²
ボルトの最小軸断面積	A _b				mm ²
ボルトのピーク応力強さ	S	1443.3	1443.0	1442.3	MPa

□ 内は商業機密のため、非公開とします。

表 4-10 ④の事象におけるカバープレートボルトのピーク応力強さの
計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
ボルトねじ部の応力集中係数	K	4	-
カバープレートの質量	m_{23}	8	kg
ボルト最小断面積の合計値	A	<input type="text"/>	mm ²
鉛直方向の加速度	G_2	0.87G	m/s ²
鉛直方向設計震度	C_v	0.87	-
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
ボルトのピーク応力強さ	S	0.23	MPa

表 4-11 応力差の変動 (カバープレートボルト)

No.	事象	事象	S _P (MPa)
1	C01	C00	1444
2	C06	C04	1
3	CSd	—	0.5
4	CSs	—	0.5

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。

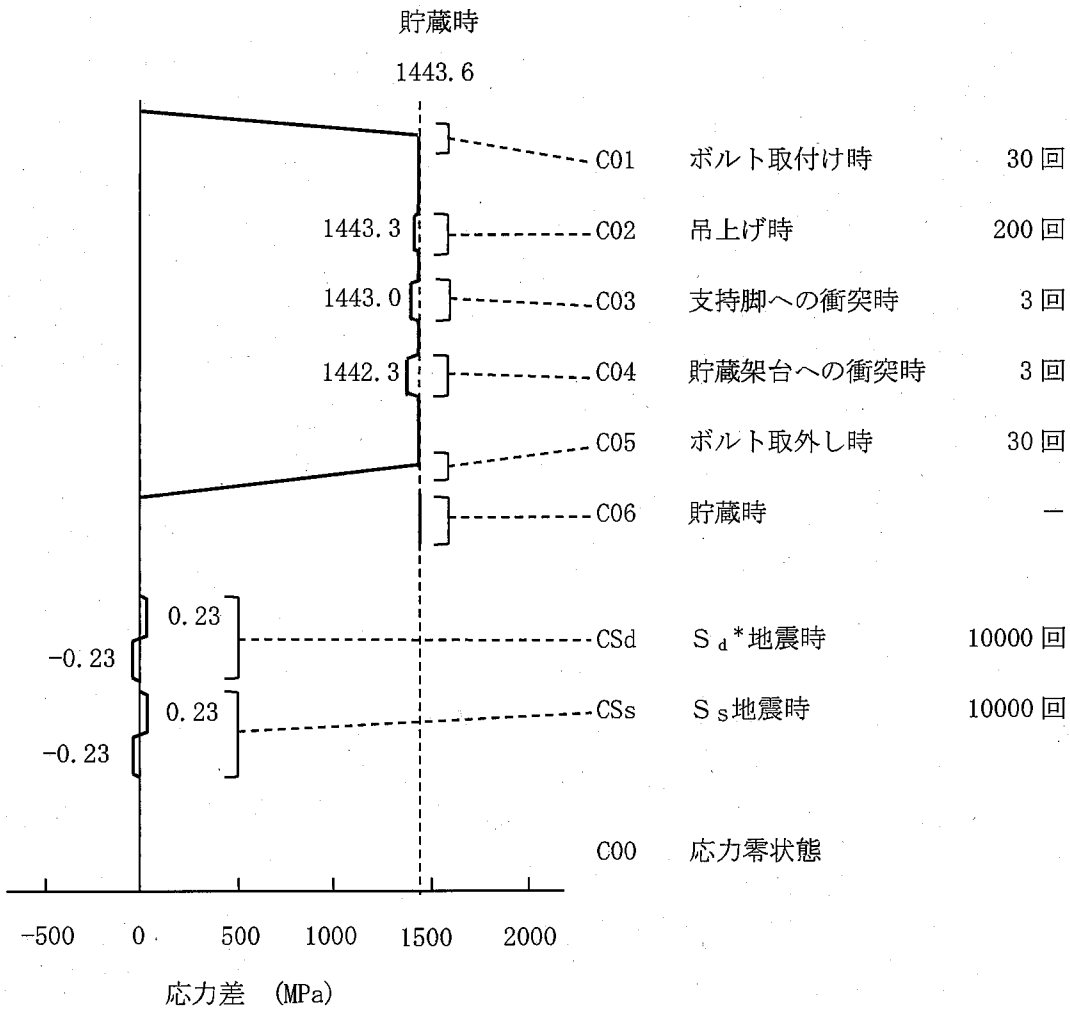


表 4-12 カバープレートボルトの繰返しピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値			単位
		①の事象	②及び③の事象	④の事象	
ピーク応力強さの範囲	S_P	1444	1	0.5	MPa
繰返しピーク応力強さ	S_σ	722	1	0.2	MPa
設計疲労線図の縦弾性係数	E_0	2.07×10^5			MPa
解析に用いる縦弾性係数	E	1.84×10^5			MPa
縦弾性係数で補正した繰返しピーク応力強さ	S_σ'	812	1	0.3	MPa

表 4-13 疲労累積係数 (カバープレートボルト)

No.	S_b (MPa)	S (MPa)	S_P (MPa)	S_σ (MPa)	S_σ' (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	361	1443.6	1444	722	812	727	30	0.0413
2	361	1442.3	1	1	1	10^6	3	0.0000
疲労累積係数 $U_n=0.0413$								
3	—	0.23	0.5	0.2	0.3	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{sd}=0.0100$								
4	—	0.23	0.5	0.2	0.3	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{ss}=0.0100$								
疲労累積係数 $U_f=U_n+U_{ss}=0.0513$								

表 4-14 ①の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
ボルトねじ部の応力集中係数	K	4	-
ボルト締付け時に発生する応力強さ	S_b	337	MPa
ボルト初期締付け時の垂直応力	σ_{b1}	247* ¹	MPa
ボルト初期締付け時のねじり応力	τ_{b1}	115* ¹	MPa
ボルトの初期締付け力	F_b	<input type="text"/>	N
ボルトの最小軸断面積	A_b	<input type="text"/>	mm ²
ボルトの締付けトルク	T_r	<input type="text"/>	N・mm
ボルトの最小径	d_s	<input type="text"/>	mm
ボルトのピーク応力強さ	S	1345	MPa

注記*1：表中では整数位表示としているが，計算は桁数処理前の数値を使用

表 4-15 ②及び③の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値			単位
		吊上げ時	支持脚への衝突時	貯蔵架台への衝突時	
ボルトねじ部の応力集中係数	K	4			-
ボルト締付け時に発生する応力強さ	S_b	337			MPa
二次蓋の質量	m_{d2}	4600			kg
鉛直方向の加速度	G_2	-1.3G	-2.5G	-5.0G	m/s ²
重力加速度	G	9.80665			m/s ²
ボルト最小断面積の合計値	A	<input type="text"/>			mm ²
ボルトの最小軸断面積	A_b	<input type="text"/>			mm ²
ボルトのピーク応力強さ	S	1341	1338	1332	MPa

表 4-16 ④の事象における二次蓋ボルトのピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
ボルトねじ部の応力集中係数	K	4	-
二次蓋の質量	m_{g2}	4600	kg
ボルト最小断面積の合計値	A	<input type="text"/>	mm ²
鉛直方向の加速度	G_z	0.87G	m/s ²
鉛直方向設計震度	C_v	0.87	-
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
ボルトのピーク応力強さ	S	2.2	MPa

表 4-17 応力差の変動 (二次蓋ボルト)

No.	事象	事象	S _p (MPa)
1	C01	C00	1345
2	C06	C04	13
3	CSd	—	4
4	CSs	—	4

以下に、各事象における応力差の変動概念図を示す。

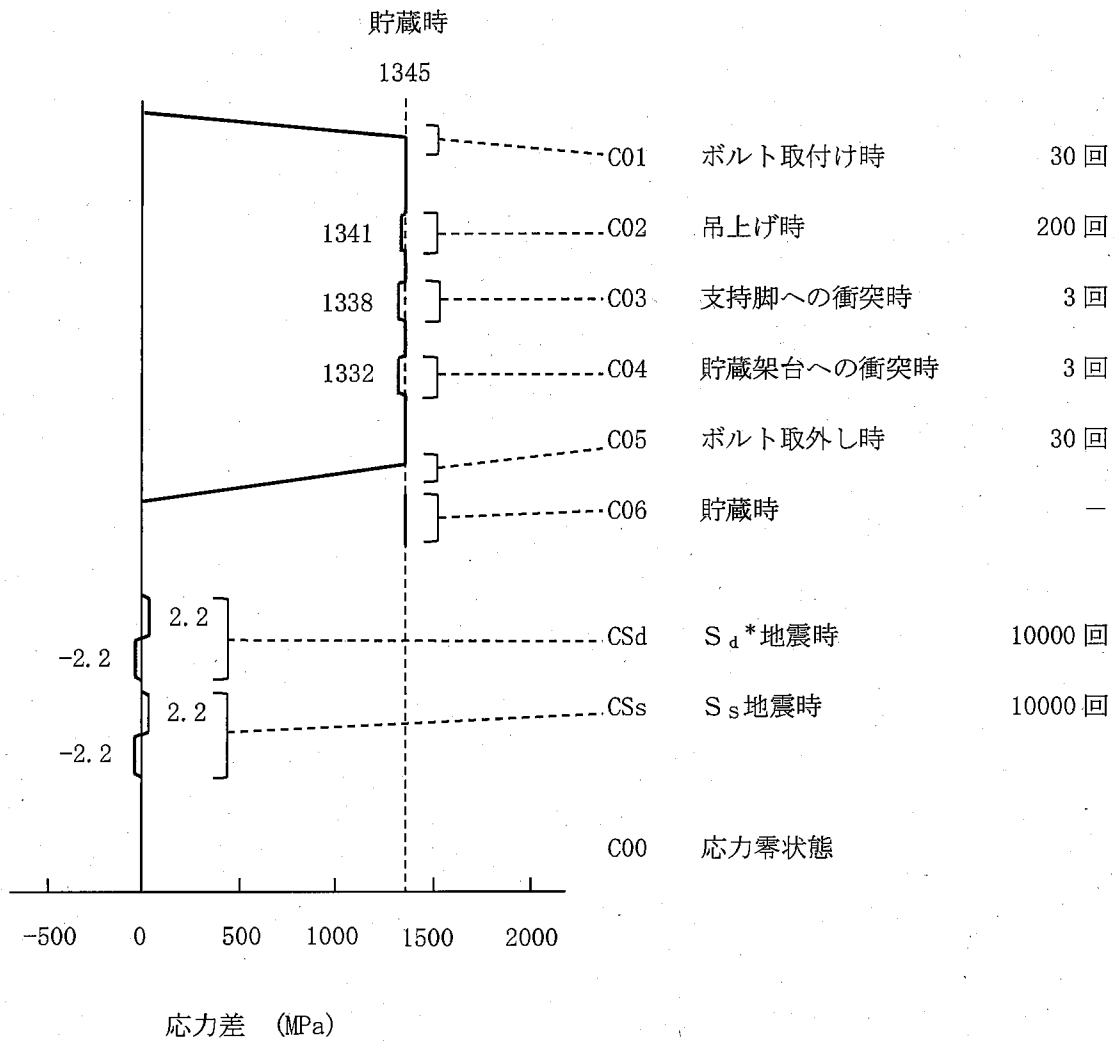


表 4-18 二次蓋ボルトの繰返しピーク応力強さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値			単位
		①の事象	②及び③ の事象	④の事象	
ピーク応力強さの範囲	S_P	1345	13	4	MPa
繰返しピーク応力強さ	S_d	672	6	2	MPa
設計疲労線図の縦弾性係数	E_0	2.07×10^5			MPa
解析に用いる縦弾性係数	E	1.86×10^5			MPa
縦弾性係数で補正した繰返しピーク応力強さ	S_d'	748	7	2	MPa

表 4-19 疲労累積係数 (二次蓋ボルト)

No.	S_b (MPa)	S (MPa)	S_P (MPa)	S_d (MPa)	S_d' (MPa)	N_a	N_c	N_c/N_a
1	337	1345	1345	672	748	852	30	0.0353
2	337	1332	13	6	7	10^6	3	0.0000
疲労累積係数 $U_n=0.0353$								
3	—	2.2	4	2	2	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{sd}=0.0100$								
4	—	2.2	4	2	2	10^6	10000	0.0100
疲労累積係数 $U_{ss}=0.0100$								
疲労累積係数 $U_f=U_n+U_{ss}=0.0453$								

表 5-1 一次蓋貫通孔部の応力強さ

(単位：MPa)

許容応力 区分	応力評価 位置	応力分類	貫通孔を無視した 場合の応力強さ (S)	貫通孔部の 応力強さ (S _c)	許容応力
設計条件	⑬	P_L	4	16	183
	⑭	$P_L + P_b$	16	63	183
供用状態 A及びB	⑬	$P_L + P_b + Q$	61	241	366
供用状態 C _s	⑬	$P_L + P_b$	6	22	274
	⑭	$P_L + P_b + Q^{*1}$	7	26	366
供用状態 D _s	⑬	$P_L + P_b$	6	22	377
	⑭	$P_L + P_b + Q^{*1}$	7	26	366
試験状態	⑬	P_L	5	20	279
	⑭	$P_L + P_b$	20	80	279

注記*1：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 7-1 二次蓋の計算上必要な厚さの計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
二次蓋の計算上必要な厚さ (設計・建設規格の(PVD-5)式から)	t_{21}	48.68	mm
二次蓋ボルトピッチの円の直径	d	2045	mm
最高使用圧力	P	0.4	MPa
最高使用温度における付録材料図表 Part5 表 5 又は表 6 に規定する材料の許容引張応力	S	120	MPa
平板の取付方法による係数	K	0.17	-
直径が $1/2 d$ 以下の穴を設けた場合の 計算上必要な厚さ (設計・建設規格の(PVD-6)式から)	t_{22}	68.85	mm

資料 4-2

バスケットの強度に関する補足説明

資料 4-2-1

バスケットの評価方針に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 適用基準	2
3. 記号	3
3.1 記号の説明	3
4. 設計条件	5
4.1 基本仕様	5
4.2 設計事象	5
4.3 荷重の種類とその組合せ	5
5. 計算条件	6
5.1 解析対象とする事象	6
5.2 解析対象	6
5.3 形状及び寸法	6
5.4 許容応力	6
6. 応力解析の手順	7
6.1 解析手順の概要	7
6.2 荷重条件の選定	7
6.3 応力計算と評価	7
6.3.1 応力計算の方法	7
6.3.2 応力の評価	7
6.3.3 数値の丸め方	8

図表目次

図 5-1	応力解析対象	9
図 6-1	バスケットの応力解析フロー図	10
表 4-1	バスケットの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ	11
表 5-1	代表事象	12
表 6-1	バスケット用材料の許容応力	13
表 6-2	数値の丸め方一覧表	14

1. 概要

使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要な容器等の材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（令和2年4月1日 原子力規制委員会規則第8号）（以下「技術基準規則」という。）第14条に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。

本説明は、金属キャスクのバスケットに関する応力解析の方針を述べるものである。

注記：図表は一括して巻末に示す。

2. 適用基準

バスケットの強度評価基準については、(社)日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」(以下「金属キャスク構造規格」という。)

(事例規格 バスケット用ボロン添加ステンレス鋼板 B-SUS304P-1に関する規定 (FA-CC-004)を含む。)を適用する。

3. 記号

3.1 記号の説明

本説明及び「資料 4-2-2 バスケットの評価計算に関する補足説明」（以下「評価計算」という。）において、応力評価に関する下記の記号を使用する。ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。

なお、評価計算の字体及び大きさについては本説明と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
A_{bp}	バスケットプレートの断面積	mm^2
C_H	水平方向設計震度	—
C_V	鉛直方向設計震度	—
C_S	供用状態Aの貯蔵時の状態において、 S_d^* 地震力が作用する場合の供用状態	—
D_S	供用状態Aの貯蔵時の状態において、 S_s 地震力が作用する場合の供用状態	—
f_c	許容圧縮応力	MPa
f_c^*	許容圧縮応力*1	MPa
G	重力加速度 (=9.80665)	m/s^2
G_1	水平方向加速度	m/s^2
G_2	鉛直方向加速度	m/s^2
l_P	バスケットプレートの内り	mm
l_W	バスケットプレートの全長	mm
M_i	バスケットプレート格子端部の単位幅当たりの曲げモーメント	$\text{N}\cdot\text{mm}/\text{mm}$
m_A	評価計算で用いる斜線部Aの質量	kg
m_B	評価計算で用いる斜線部Bの質量	kg
P_b	一次曲げ応力	MPa
P_m	一次一般膜応力	MPa
Q	二次応力	MPa
S_m	設計応力強さ	MPa
S_u	設計引張強さ	MPa
S_y	設計降伏点	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方	—

注記*1： f_c の値を算出する際に、金属キャスク構造規格 MCD-2317(1)a. の (MCD-104) 式において、 S_y (RT) とあるのを $1.2S_y$ (RT) と読み替えて算出した値

記号	記号の説明	単位
S_s	基準地震動 S_s による地震力	—
Z_i	バスケットプレートの単位幅当たりの断面係数	mm^3/mm
ρ	バスケットプレートの密度	kg/mm^3
σ_c	圧縮応力	MPa
σ_p	平均支圧応力	MPa
σ_s	平均せん断応力	MPa
σ_x	バスケットの鉛直方向の応力 (x 方向)	MPa
σ_y	バスケットの水平方向の応力 (y 方向)	MPa
σ_z	バスケットの面に垂直な方向の応力 (z 方向)	MPa
τ_{xy}	せん断応力	MPa
τ_{yz}	せん断応力	MPa
τ_{zx}	せん断応力	MPa

4. 設計条件

バスケットは以下の設計条件に耐えるように設計する。

4.1 基本仕様

バスケットは、バスケットプレートの組み合わせにより、使用済燃料集合体を収納する格子を形成している。バスケットに関する応力計算の基本仕様を以下に示す。

最高使用温度	260 °C*1
バスケットプレートの材質	ほう素添加ステンレス鋼 (B-SUS304P-1)
バスケットプレートの密度	7.93×10^{-6} kg/mm ³ *2

注記*1：最高使用温度は、「使用済燃料等の除熱に関する補足説明」に示す解析結果から得られた温度を保守側に設定した値である。

*2：バスケットプレートの材質はB-SUS304P-1であるが、材料密度が保守的となるようにSUS304の密度を使用している。

4.2 設計事象

設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内における選定事象を以下に示す。

設計事象	供用状態	使用済燃料貯蔵施設内における選定事象*1
I	A	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵（貯蔵時） ・金属キャスクの吊上げ、吊下げ、移動（吊上げ時） ・搬送台車による搬送（台車搬送時） ・貯蔵前作業及び搬出前作業（準備作業時）
II	B	<ul style="list-style-type: none"> ・金属キャスクの支持脚への衝突（支持脚への衝突時） ・金属キャスクの貯蔵架台への衝突（貯蔵架台への衝突時） ・搬送台車による搬送中の急停止（搬送中の急停止時）
I + S _d *	C _s	<ul style="list-style-type: none"> ・S_d*地震時（貯蔵時（S_d*地震力が作用する場合））
I + S _s	D _s	<ul style="list-style-type: none"> ・S_s地震時（貯蔵時（S_s地震力が作用する場合））

注記*1：本説明及び評価計算において、事象を()内の呼称とする場合がある。

4.3 荷重の種類とその組合せ

バスケットの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを表4-1に示す。応力解析に用いる荷重は、評価計算に記載する。

5. 計算条件

5.1 解析対象とする事象

4.2節で示した使用済燃料貯蔵施設内における選定事象のうち、表5-1に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し、代表事象について解析を実施する。

5.2 解析対象

応力解析の対象は、次のとおりである（図5-1参照）。

(1) バスケットプレート

5.3 形状及び寸法

応力解析を行う部位の形状及び寸法は、評価計算に示す。

5.4 許容応力

バスケットの許容値基準は、金属キャスク構造規格 MCD-2300（事例規格を含む。）による。

許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。

6. 応力解析の手順

6.1 解析手順の概要

バスケットの応力解析フローを図 6-1 に示す。

バスケットの応力解析は、想定される機械的荷重及び熱荷重を基に応力評価式を用いて行う。

6.2 荷重条件の選定

荷重条件は 4 章に示しているが、各部の計算においては、その部分について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について考慮した荷重は評価計算に示す。

6.3 応力計算と評価

6.3.1 応力計算の方法

(1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の 2 つである。

a. 機械的荷重

機械的荷重は、自重（使用済燃料集合体を含む HDP-69B(B) 型（吊上げ時、支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時においては三次蓋を含む。）の貯蔵時の設計質量を用いる。）、衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。

b. 熱荷重

(2) 伝熱プレートは非構造強度部材として評価対象より除外する。

(3) 構造の不連続性を考慮して、応力評価位置をとる。応力評価位置は、評価計算に示す。

(4) 応力評価は、この応力評価位置について行う。

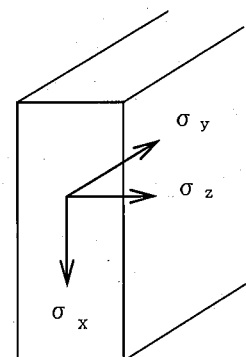
6.3.2 応力の評価

応力の計算結果は、金属キャスク構造規格 MGB-1200 による定義に従い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を評価計算に示す。

なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、計算結果は許容応力との比較を行うため、絶対値にて記載する。

- σ_x : バスケットの鉛直方向の応力 (x 方向)
- σ_y : バスケットの水平方向の応力 (y 方向)
- σ_z : バスケットの面に垂直な方向の応力 (z 方向)
- τ_{xy} : せん断応力
- τ_{yz} : せん断応力
- τ_{zx} : せん断応力

バスケット用材料の許容応力を表 6-1 に示す。



(1) バスケット（ボルトを除く。）の応力評価

バスケットの応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-2310 に従い以下の項目を評価する。

- a. 一次応力強さ
 - b. 一次+二次応力強さ
 - c. 特別な応力の検討
 - (a) 平均せん断応力
 - (b) 平均支圧応力
 - (c) 圧縮応力
- (2) ボルトの応力評価

バスケットにボルトを使用していないのでボルトの応力評価は不要である。

6.3.3 数値の丸め方

数値は原則として安全側に丸めて使用する。

また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。

表示する数値の丸め方を表 6-2 に示す。

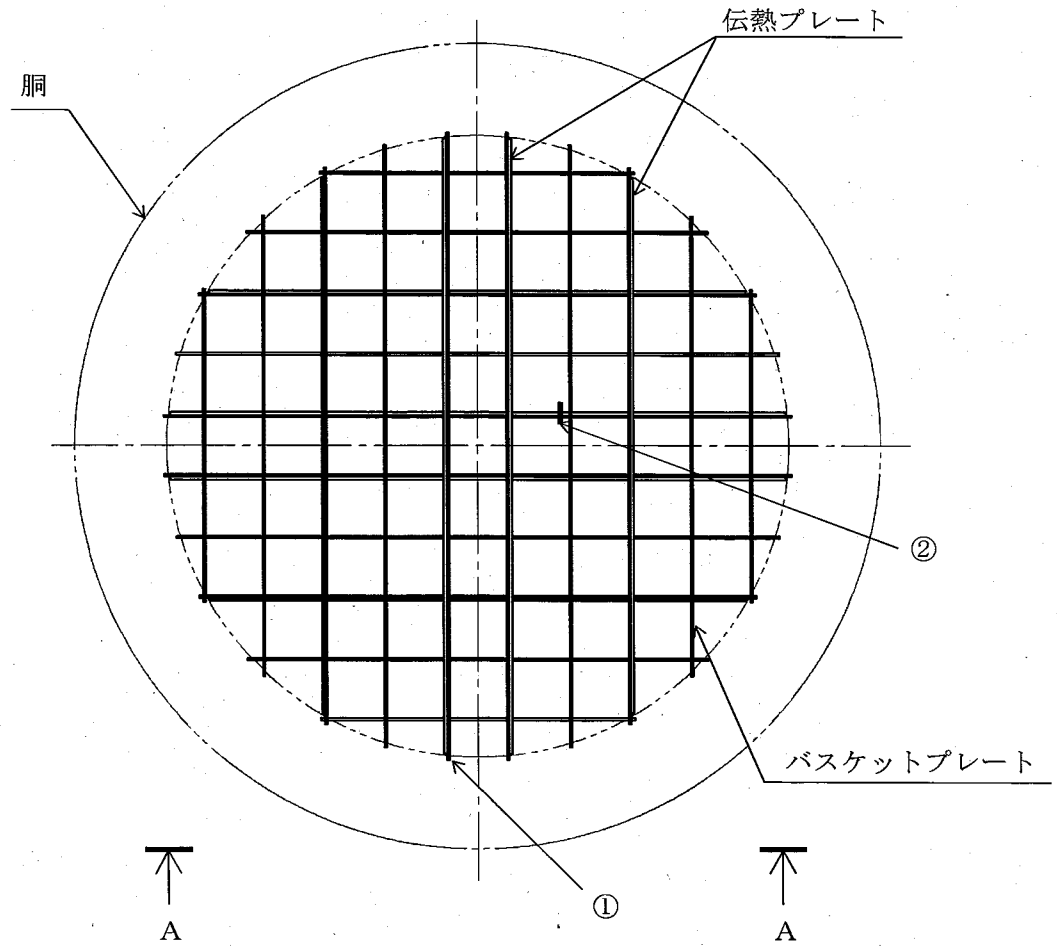
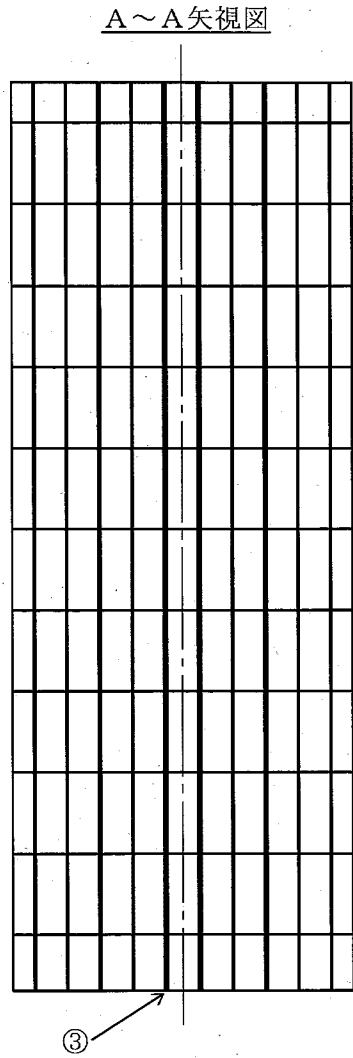


図 5-1 応力解析対象

①~③ : 応力評価位置

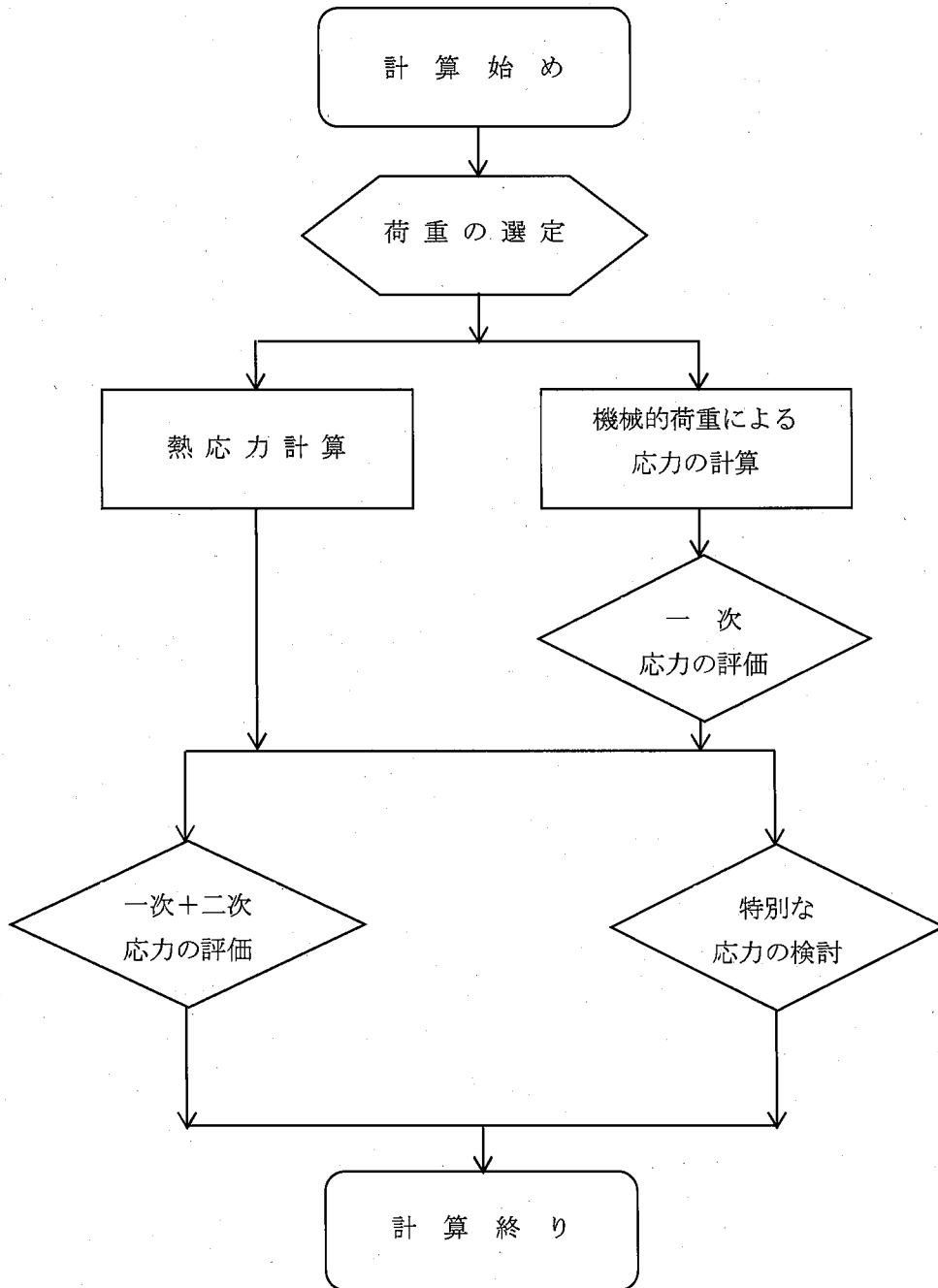


図 6-1 バスケットの応力解析フロー図

表 4-1 バスケットの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ

荷 重			自重による荷重	吊上げ荷重	衝撃荷重	熱荷重	地震荷重
設計事象	供用状態	評価事象					
設計条件	設計条件	設計時 ^{*1}	— ^{*4}	○	○	—	—
I	A ^{*2}	貯蔵時 ^{*3}	○	—	—	○	—
		吊上げ時 ^{*3}	— ^{*4}	○	—	○	—
II	B ^{*2}	衝撃荷重作用時 ^{*3}	— ^{*4}	—	○	○	—
I + S _d [*]	C _s	S _d [*] 地震力が作用する場合	○	—	—	○	○
I + S _s	D _s	S _s 地震力が作用する場合	○	—	—	— ^{*5}	○

注記*1：供用状態A及びBの一次応力評価を代表する事象

*2：評価事象の中で、他の評価事象に包絡される事象や荷重条件については評価を省略する。

*3：一次応力評価は、設計時の評価に包絡されるため、評価を省略する。

*4：本状態での自重による荷重は、衝撃荷重又は吊上げ荷重の慣性力による荷重に含まれる。

*5：変形量の評価時のみ、熱荷重を考慮する。

表 5-1 代表事象

設計事象	供用状態	代表事象*1	包絡される事象	荷重条件	備考
設計条件	設計条件	設計時*2	—	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵架台への衝突時荷重 鉛直方向加速度（下方向） ：5G（自重考慮） 	供用状態 A 及び B のうち、荷重条件が最も厳しいのは貯蔵架台への衝突時荷重である。
I 及び II	A 及び B	貯蔵架台への衝突時	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵時 ・吊上げ時 ・台車搬送時 ・準備作業時 ・支持脚への衝突時 ・搬送中の急停止時 	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵架台への衝突時荷重 鉛直方向加速度（下方向） ：5G（自重考慮） ・熱荷重 	供用状態 A 及び B のうち、荷重条件が最も厳しいのは、貯蔵架台への衝突時である。
I + S _d *	C _s	貯蔵時 (S _d *地震力が作用する場合)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・地震力*3 水平方向：1.40G 鉛直方向：0.87G ・熱荷重 	—
I + S _s	D _s	貯蔵時 (S _s 地震力が作用する場合)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・地震力 水平方向：1.40G 鉛直方向：0.87G ・熱荷重 	—

注記*1：本事象について応力解析を行う。

*2：供用状態 A 及び B の一次応力評価を代表する事象

*3：より高い地震力である S_s 地震力を保守的に設定する。

表 6-1 バスケット用材料の許容応力

(単位：MPa)

許容応力 区分	応力の種類	許容応力	
		ほう素添加 ステンレス鋼	
		B-SUS304P-1	許容値基準
設計 条件	一次一般膜応力強さ P_m	146	S_m
	一次一般膜＋一次曲げ応力強さ $P_m + P_b$	219	$1.5 S_m$
供用状態 A及びB	一次＋二次応力強さ $P_m + P_b + Q$	438	$3 S_m$
	平均せん断応力 σ_s	—	$0.6 S_m$
	平均支圧応力 σ_p	202	S_y^{*1}
	圧縮応力*2 (評価位置③) σ_c	127	f_c
191		$1.5 f_c$	
供用状態 C_s	一次一般膜応力強さ P_m	219	$1.5 S_m$
	一次一般膜＋一次曲げ応力強さ $P_m + P_b$	328	$2.25 S_m$
	平均せん断応力 σ_s	131	$0.9 S_m$
	平均支圧応力 σ_p	303	$1.5 S_y^{*1}$
	圧縮応力*2 (評価位置①/③) σ_c	176/191	$1.5 f_c$
176/191		$1.5 f_c$	
供用状態 D_s	一次一般膜応力強さ P_m	291	$\text{Min}\{2.4 S_m, 2/3 S_u\}$
	一次一般膜＋一次曲げ応力強さ $P_m + P_b$	437	$\text{Min}\{3.6 S_m, S_u\}$
	平均せん断応力 σ_s	175	$1.2 S_m$
	平均支圧応力 σ_p	404	$2 S_y^{*1}$
	圧縮応力*2 (評価位置①/③) σ_c	184/201	$1.5 f_c^*$
176/191		$1.5 f_c$	

注記*1：支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合
以外の値

*2：上段は一次応力に対する基準，下段は一次＋二次応力に対する基準。

表 6-2 数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理法	表示桁
最高使用温度	℃	—	—	設計値
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
許容応力値	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
応力の計算値	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	mm	—	—	設計値
加速度	m/s ²	—	—	設計値
設計震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
質量	kg	—	—	設計値

資料 4-2-2

バスケットの評価計算に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 計算結果	1
2. 応力計算	2
2.1 応力評価位置	2
2.2 設計時	2
2.2.1 荷重条件	2
2.2.2 応力計算	2
2.3 貯蔵架台への衝突時	2
2.3.1 荷重条件	2
2.3.2 応力計算	3
2.4 貯蔵時 (S_a *地震力が作用する場合)	3
2.4.1 荷重条件	3
2.4.2 応力計算	3
2.5 貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合)	6
2.5.1 荷重条件	6
2.5.2 応力計算	6
3. 応力の評価	7
3.1 応力強さの評価	7
3.2 特別な応力の評価	7
3.2.1 平均せん断応力	7
3.2.2 平均支圧応力	7
3.2.3 圧縮応力	7

図表目次

図 1-1	バスケットの形状・寸法・材料	8
図 2-1	バスケットの応力評価位置	9
図 2-2	各代表事象におけるバスケットの姿勢と荷重方向	10
表 2-1	バスケットプレート下端部に発生する応力の計算条件及び計算結果 (設計時, 貯蔵架台への衝突時)	11
表 2-2	バスケットプレート下端部に発生する応力の計算条件及び計算結果 (貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))	11
表 2-3	バスケットプレート端部に発生する応力の計算条件及び計算結果 (貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))	11
表 2-4	バスケットプレート格子端部に発生する曲げ応力の計算条件及び計算結果 (貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))	12
表 2-5	バスケットプレート格子端部に発生するせん断応力の計算条件及び計算結果 (貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))	12
表 3-1	バスケットの応力計算結果と許容応力 (設計条件, 供用状態A及びB)	13
表 3-2	バスケットの応力計算結果と許容応力 (供用状態 C_s)	13
表 3-3	バスケットの応力計算結果と許容応力 (供用状態 D_s)	13

1. 概要

本説明は、HDP-69B(B)型のバスケットに関する評価計算である。

1.1 形状・寸法・材料

本説明で評価するバスケットの形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.2 計算結果

計算結果を表3-1, 表3-2, 表3-3に示す。

なお、応力評価位置については、解析上最も厳しい部位を選定し、代表評価位置として本説明に記載している。

表中の「-」は、評価すべき応力が発生しない、又は評価上厳しくないため、評価を省略している。

注記：図表は一括して巻末に示す。

2. 応力計算

2.1 応力評価位置

バスケットの応力評価位置を図 2-1 に示す。

2.2 設計時

2.2.1 荷重条件

設計時における荷重は貯蔵架台への衝突時荷重（自重を含む。）とする。荷重の方向を図 2-2 に示す。

2.2.2 応力計算

(1) 一次一般膜応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部（図 2-1③部）である。鉛直方向加速度により発生する応力（ σ_x ）は、次式で計算する。

$$\sigma_x = \rho \cdot \ell_w \cdot G_2 \quad \dots\dots\dots (2.1)$$

ここで、

ρ : バスケットプレートの密度（ $=7.93 \times 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$ ）

ℓ_w : バスケットプレートの全長（ $= \square \text{ mm}$ ）

G_2 : 鉛直方向加速度（下方向）（ $=5G$ ）

計算条件及び計算結果を表 2-1 に示す。

上記以外の応力成分は零である。

(2) 一次一般膜＋一次曲げ応力

バスケットプレート下端部（図 2-1③部）には、衝突によって一次曲げ応力は発生しないため、一次一般膜＋一次曲げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

2.3 貯蔵架台への衝突時

2.3.1 荷重条件

貯蔵架台への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。荷重の方向を図 2-2 に示す。

- ・貯蔵架台への衝突時荷重（自重を含む。）
- ・熱荷重

なお、熱応力については、バスケットプレート間及びバスケットプレートと胴間のはめ合部にはギャップを設けており熱膨張による拘束が生じないことから、著しい熱応力は発生しないため考慮しない。以下、本章において同様である。

2.3.2 応力計算

(1) 一次+二次応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部 (図 2-1③部) である。貯蔵架台への衝突により発生する一次+二次応力 (σ_x) は, (2.1) 式で計算する。

計算条件及び計算結果を表 2-1 に示す。

(2) 平均せん断応力

鉛直方向加速度により, バスケットプレート下端部 (図 2-1③部) に平均せん断応力 (σ_s) は発生しないため, 評価を省略する。

(3) 平均支圧応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部 (図 2-1③部) である。鉛直方向加速度により発生する平均支圧応力 (σ_p) は, (2.1) 式で計算する。

計算条件及び計算結果を表 2-1 に示す。

(4) 圧縮応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部 (図 2-1③部) である。鉛直方向加速度により発生する圧縮応力 (σ_c) は, (2.1) 式で計算する。

計算条件及び計算結果を表 2-1 に示す。

2.4 貯蔵時 (S_d *地震力が作用する場合)

2.4.1 荷重条件

貯蔵時において S_d *地震力が作用する場合の荷重は次に示す組合せとする。荷重の方向を図 2-2 に示す。

- ・地震力
- ・自重
- ・熱荷重

なお, 熱応力については 2.3.1 項で述べたように著しい熱応力が発生しないため考慮しない。

2.4.2 応力計算

(1) 一次一般膜応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート端部 (図 2-1①部) の下端部である。

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

鉛直方向加速度により発生する応力 (σ_x) は, (2.1) 式で計算する。

ただし,

G_2 : 鉛直方向加速度 (m/s^2) ただし, $G_2 = (1 + C_v) \cdot G$

C_v : 鉛直方向設計震度 (=0.87)

G : 重力加速度 (=9.80665 m/s^2)

計算条件及び計算結果を表 2-2 に示す。

b. 水平方向加速度により発生する応力

水平方向加速度により発生する応力 (σ_y) は、次式で計算する。

$$\sigma_y = \frac{m_A \cdot G_1}{A_{bp}} \dots\dots\dots (2.2)$$

ここで、

m_A : 図2-1の斜線部Aに含まれる使用済燃料集合体、伝熱プレート及びバスケットプレートの合計質量 (=3790 kg)

G_1 : 水平方向加速度 (m/s^2) ただし、 $G_1 = C_H \cdot G$

C_H : 水平方向設計震度 (=1.40)

A_{bp} : バスケットプレートの断面積 (= mm^2)

計算条件及び計算結果を表2-3に示す。

上記 a. 及び b. 以外の応力成分は零である。

(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート格子端部 (図2-1②部) の下端部である。

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

鉛直方向加速度により、バスケットプレートに一次曲げ応力は発生しないため、(1)a.と同様である。

b. 水平方向加速度により発生する応力

水平方向加速度により発生する応力 (σ_y) は、バスケットプレートを両端固定梁としてモデル化し、次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_y &= \frac{M_i}{Z_i} \\ M_i &= \frac{m_B \cdot G_1 \cdot \ell_P}{12 \cdot \frac{\ell_w}{2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.3)$$

ここで、

M_i : バスケットプレート格子端部の単位幅当たりの曲げモーメント ($N \cdot mm/mm$)

Z_i : バスケットプレートの単位幅当たりの断面係数 (= mm^3/mm)

m_B : 図2-1の斜線部Bに含まれる使用済燃料集合体、伝熱プレート及びバスケットプレートの合計質量 (=381 kg)

ℓ_P : バスケットプレートの内のり (= mm)

l_w : バスケットプレートのキャスク容器軸方向長さ (使用済燃料集合体の負荷面の軸方向長さ) (= mm)
 ただし、バスケットプレートどうしのはめ合のための切欠きがあるため実際の荷重負荷面の長さを $l_w/2$ とする。

G_1 : (1)と同じ

計算条件及び計算結果を表 2-4 に示す。

水平方向加速度により発生するせん断応力 (τ_{yz}) は、次式で計算する。

$$\tau_{yz} = \frac{m_B \cdot G_1}{2 \cdot \frac{A_{bp}}{2}} \dots\dots\dots (2.4)$$

ここで、

G_1, A_{bp} : (1)と同じ

計算条件及び計算結果を表 2-5 に示す。

上記 a. 及び b. 以外の応力成分は零である。

(3) 平均せん断応力

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

鉛直方向加速度により、バスケットプレートにせん断応力は発生しないため、評価を省略する。

b. 水平方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート格子端部 (図 2-1②部) である。水平方向加速度により発生する平均せん断応力 (σ_s) は、(2.4)式で計算する。

計算条件及び計算結果を表 2-5 に示す。

(4) 平均支圧応力

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部 (図 2-1③部) である。鉛直方向加速度により発生する平均支圧応力 (σ_p) は、(2.1) 式で計算する。

ただし、

G_2 : (1)と同じ

計算条件及び計算結果を表 2-2 に示す。

b. 水平方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート端部 (図 2-1①部) である。水平方向加速度により発生する平均支圧応力 (σ_p) は、(2.2) 式で計算する。

計算条件及び計算結果を表 2-3 に示す。

(5) 圧縮応力

a. 鉛直方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート下端部 (図 2-1③部) である。鉛直方向加速度により発生する圧縮応力 (σ_c) は, (2.1) 式で計算する。

ただし,

G_2 : (1)と同じ

計算条件及び計算結果を表 2-2 に示す。

b. 水平方向加速度により発生する応力

最大応力が発生するのはバスケットプレート端部 (図 2-1①部) である。水平方向加速度により発生する圧縮応力 (σ_c) は, (2.2) 式で計算する。

計算条件及び計算結果を表 2-3 に示す。

2.5 貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合)

2.5.1 荷重条件

貯蔵時において S_s 地震力が作用する場合の荷重条件は, S_s 地震力と S_d^* 地震力を同じとしているため 2.4.1 項と同様である。

2.5.2 応力計算

計算方法及び計算結果は 2.4.2 項と同様である。

3. 応力の評価

3.1 応力強さの評価

各供用状態において、応力成分から算出した応力強さの計算結果と許容応力を表 3-1、表 3-2 及び表 3-3 に示す。

表 3-1、表 3-2 及び表 3-3 より、各供用状態における一次一般膜応力強さ (P_m)、一次一般膜＋一次曲げ応力強さ ($P_m + P_b$) 及び一次＋二次応力強さ ($P_m + P_b + Q$) は、金属キャスク 構造規格 MCD-2311、MCD-2312、MCD-2313 及び MCD-2314 の各規定を満足する。

3.2 特別な応力の評価

3.2.1 平均せん断応力

各供用状態における応力計算結果と許容応力を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

表 3-2 及び表 3-3 より、各供用状態の平均せん断応力 (σ_s) は、金属キャスク 構造規格 MCD-2315 の各規定を満足する。

3.2.2 平均支圧応力

各供用状態における応力計算結果と許容応力を表 3-1、表 3-2 及び表 3-3 に示す。なお、表 3-2 及び表 3-3 においては、計算結果が許容応力に対して最も厳しくなる評価位置での計算結果を示している。

表 3-1、表 3-2 及び表 3-3 より、各供用状態の平均支圧応力 (σ_p) は、金属キャスク 構造規格 MCD-2316 の各規定を満足する。

3.2.3 圧縮応力

各供用状態における応力計算結果と許容応力を表 3-1、表 3-2 及び表 3-3 に示す。なお、表 3-2 及び表 3-3 においては、計算結果が許容応力に対して最も厳しくなる評価位置での計算結果を示している。

表 3-1、表 3-2 及び表 3-3 より、各供用状態の圧縮応力 (σ_c) は、金属キャスク 構造規格 MCD-2317 の各規定を満足する。

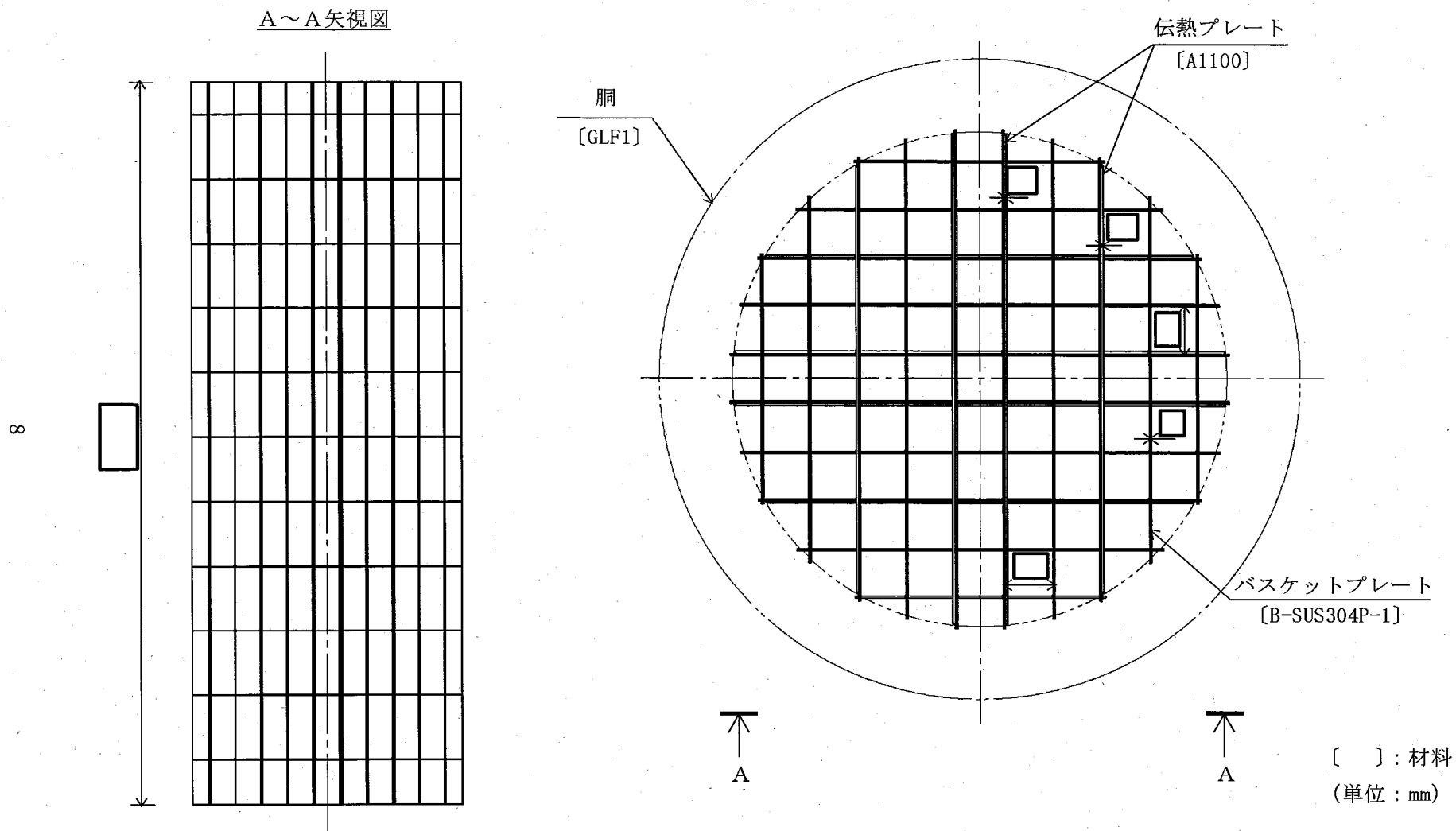


図 1-1 バスケットの形状・寸法・材料

□ 内は商業機密のため、非公開とします。

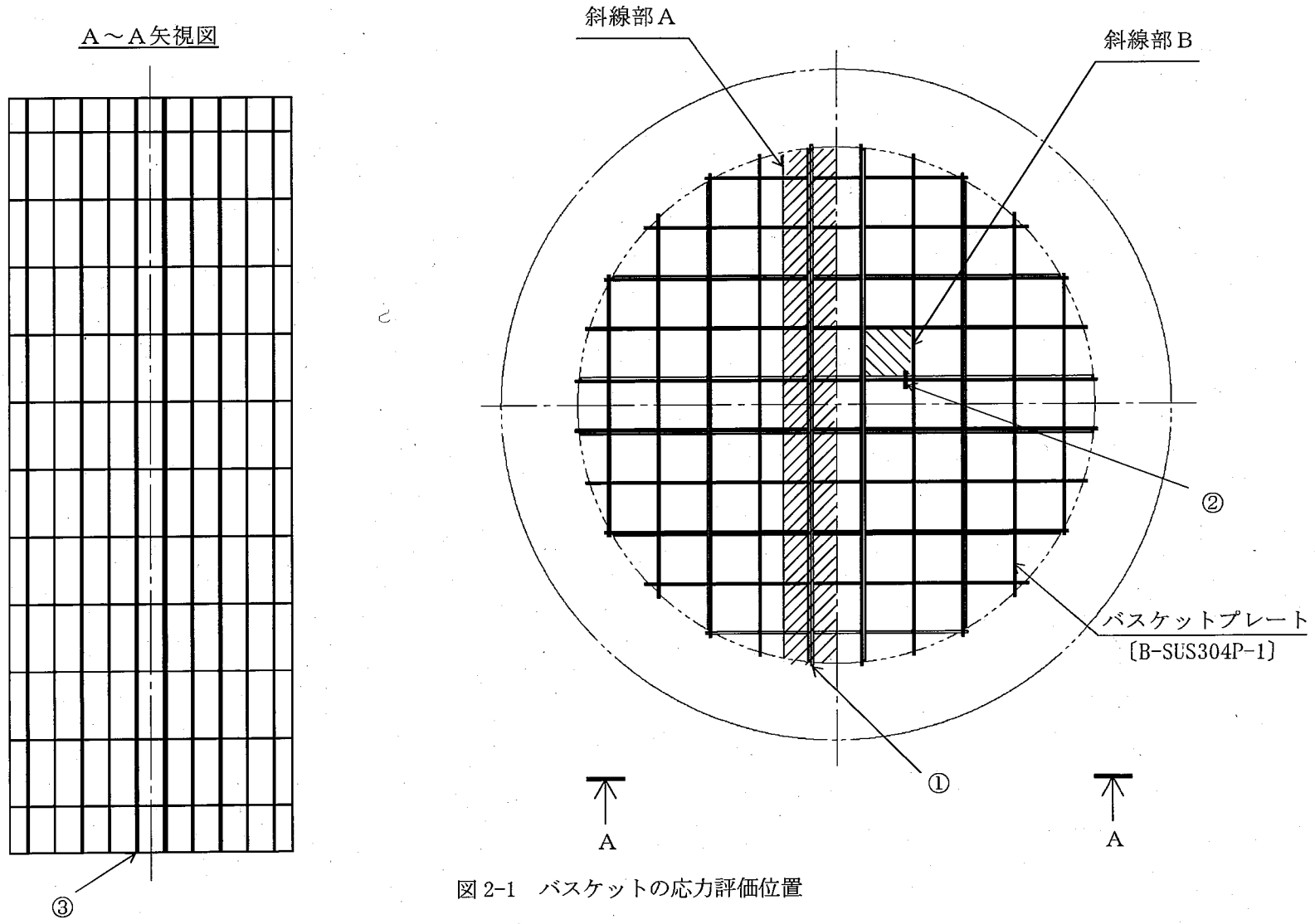
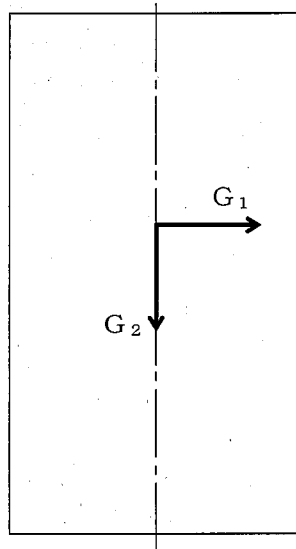
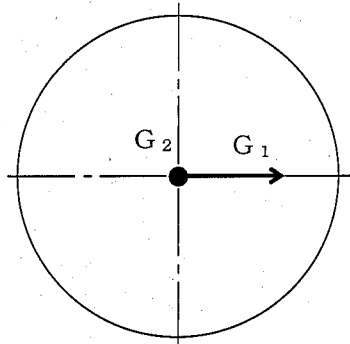


図 2-1 バスケットの応力評価位置



G_1 : 水平方向加速度
 G_2 : 鉛直方向加速度

図 2-2 各代表事象におけるバスケットの姿勢と荷重方向

表 2-1 バスケットプレート下端部に発生する応力の計算条件及び計算結果
(設計時、貯蔵架台への衝突時)

項目	記号	数値	単位
バスケットプレートの密度	ρ	7.93×10^{-6}	kg/mm ³
バスケットプレートの全長	l_w	<input type="text"/>	mm
鉛直方向加速度 (下方向)	G_2	5G	m/s ²
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
バスケットプレート下端部に発生する応力	σ_x	2	MPa

表 2-2 バスケットプレート下端部に発生する応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵時 (S_d*地震力又はS_s地震力が作用する場合))

項目	記号	数値	単位
バスケットプレートの密度	ρ	7.93×10^{-6}	kg/mm ³
バスケットプレートの全長	l_w	<input type="text"/>	mm
鉛直方向加速度	G_2	1.87G	m/s ²
鉛直方向設計震度	C_v	0.87	—
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
バスケットプレート下端部に発生する応力	σ_x	1	MPa

表 2-3 バスケットプレート端部に発生する応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵時 (S_d*地震力又はS_s地震力が作用する場合))

項目	記号	数値	単位
図 2-1 の斜線部 A に含まれる使用済燃料集合体、伝熱プレート及びバスケットプレートの合計質量	m_A	3790	kg
水平方向加速度	G_1	1.40G	m/s ²
水平方向設計震度	C_H	1.40	—
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
バスケットプレートの断面積	A_{bp}	<input type="text"/>	mm ²
バスケットプレート端部に発生する応力	σ_y	2	MPa

表 2-4 バスケットプレート格子端部に発生する曲げ応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))

項目	記号	数値	単位
バスケットプレート格子端部の 単位幅当たりの曲げモーメント	M_i	<input type="text"/> *1	$N \cdot mm/mm$
バスケットプレートの単位幅当たりの 断面係数	Z_i	<input type="text"/>	mm^3/mm
図 2-1 の斜線部 B に含まれる使用済燃料集合 体, 伝熱プレート及びバスケットプレートの 合計質量	m_B	381	kg
バスケットプレートの内り	l_P	<input type="text"/>	mm
バスケットプレートのキャスク容器軸方向長さ (使用済燃料集合体の負荷面の軸方向長さ)	l_W	<input type="text"/>	mm
水平方向加速度	G_1	1.40G	m/s^2
水平方向設計震度	C_H	1.40	—
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
バスケットプレート格子端部に発生する 曲げ応力	σ_y	6	MPa

注記*1: 表中では有効数字 4 桁としているが, 計算は桁数処理前の数値を使用

表 2-5 バスケットプレート格子端部に発生するせん断応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))

項目	記号	数値	単位
図 2-1 の斜線部 B に含まれる使用済燃料集合 体, 伝熱プレート及びバスケットプレートの 合計質量	m_B	381	kg
バスケットプレートの断面積	A_{bP}	<input type="text"/>	mm^2
水平方向加速度	G_1	1.40G	m/s^2
水平方向設計震度	C_H	1.40	—
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
バスケットプレート格子端部に発生する せん断応力	τ_{yz}	1	MPa

表 3-1 バスケットの応力計算結果と許容応力（設計条件，供用状態A及びB）

（単位：MPa）

部 位	応力分類	設計時		貯蔵架台 への衝突時		許容 応力
		計算値	評価位置	計算値	評価位置	
バスケット プレート	P_m	2	③	—	—	146
	$P_m + P_b$	2	③	—	—	219
	$P_m + P_b + Q$	—	—	2	③	438
	σ_p	—	—	2	③	202
	σ_c	—	—	2	③	127

表 3-2 バスケットの応力計算結果と許容応力（供用状態C_s）

（単位：MPa）

部 位	応力分類	計算値	評価位置	許容応力
バスケット プレート	P_m	2	①	219
	$P_m + P_b$	6	②	328
	σ_s	1	②	131
	σ_p	2	①	303
	σ_c	2	①	176

表 3-3 バスケットの応力計算結果と許容応力（供用状態D_s）

（単位：MPa）

部 位	応力分類	計算値	評価位置	許容応力
バスケット プレート	P_m	2	①	291
	$P_m + P_b$	6	②	437
	σ_s	1	②	175
	σ_p	2	①	404
	σ_c	2	①	176

資料 4-3

トランニオンの強度に関する補足説明

資料 4-3-1

トランニオンの評価方針に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 適用基準	2
3. 記号	3
3.1 記号の説明	3
4. 設計条件	5
4.1 基本仕様	5
4.2 設計事象	5
4.3 荷重の種類とその組合せ	5
5. 計算条件	6
5.1 解析対象とする事象	6
5.2 解析対象	6
5.3 形状及び寸法	6
5.4 許容応力	6
6. 応力解析の手順	7
6.1 解析手順の概要	7
6.2 荷重条件の選定	7
6.3 応力計算と評価	7
6.3.1 応力計算の方法	7
6.3.2 応力の評価	7
6.3.3 数値の丸め方	8
7. 引用文献	8

図表目次

図 5-1	応力解析対象	9
図 6-1	トラニオンの応力解析フロー図	10
表 4-1	トラニオンの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ	11
表 5-1	代表事象	12
表 6-1	トラニオン用材料の許容応力	13
表 6-2	数値の丸め方一覧表	15

1. 概要

使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要な容器等の材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」（令和2年4月1日 原子力規制委員会規則第8号）（以下「技術基準規則」という。）第14条に規定されており、適切な材料を使用し、十分な構造及び強度を有することが要求されている。

本説明は、HDP-69B(B)型のトラニオンに関する応力解析の方針を述べるものである。

注記：図表は一括して巻末に示す。

2. 適用基準

トランニオンの強度評価基準については、(社)日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」（以下「金属キャスク構造規格」という。）を適用する。

3. 記号

3.1 記号の説明

本説明及び「資料4-3-2 トラニオンの評価計算に関する補足説明」（以下「評価計算」という。）において、応力評価に関する下記の記号を使用する。ただし、本文中に特記のある場合は、この限りでない。

なお、評価計算の字体及び大きさについては本説明と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
A	評価位置の断面積	mm ²
a _k	支点Oから固定装置①のトラニオンへの荷重作用位置（固定金具中心）までの距離	mm
a _h	支点Oから固定装置②のトラニオンへの荷重作用位置（固定金具中心）までの距離	mm
C _H	水平方向設計震度	—
C _V	鉛直方向設計震度	—
C _S	供用状態Aの貯蔵時の状態において、S _d *地震力が作用する場合の供用状態	—
d _i	評価位置におけるトラニオン内径	mm
d _o	評価位置におけるトラニオン外径	mm
D _S	供用状態Aの貯蔵時の状態において、S _s 地震力が作用する場合の供用状態	—
E	縦弾性係数	MPa
E ₀	設計疲労線図の縦弾性係数	MPa
F ₁	下部トラニオン固定装置の初期締付け力	N
F _m	トラニオンに作用する荷重	N
f _t	許容引張応力	MPa
f _s	許容せん断応力	MPa
f _c	許容圧縮応力	MPa
f _b	許容曲げ応力	MPa
f _p	許容支圧応力	MPa
f _t *	許容引張応力* ¹	MPa
f _s *	許容せん断応力* ¹	MPa
f _c *	許容圧縮応力* ¹	MPa

注記*1: f_t, f_s, f_c, f_b, f_pを算出する際に金属キャスク構造規格 MCD-3311.1(1)a.の本文中S_yとあるのを1.2S_yと読み替えて算出した値

記号	記号の説明	単位
f_b^*	許容曲げ応力*1	MPa
f_p^*	許容支圧応力*1	MPa
G	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
G_1	水平方向加速度	m/s ²
G_2	鉛直方向加速度	m/s ²
h_{CG}	HDP-69B(B)型の底面から重心までの高さ	mm
K_r	表面粗さによる応力集中係数	—
K_t	評価位置の段付き部の応力集中係数	—
L	評価位置と荷重作用位置との距離	mm
M	曲げモーメント	N・mm
m_1	吊上げ時における HDP-69B(B)型の質量	kg
m_2	貯蔵時における HDP-69B(B)型の質量	kg
N_a	許容繰返し回数	—
N_{c1}	吊上げ事象の繰返し回数	—
S	ピーク応力強さ	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方	—
S_b	繰返しピーク応力強さ	MPa
S_s	基準地震動 S_s による地震力	—
S_y	設計降伏点	MPa
U_f	疲労累積係数	—
Z	評価位置の断面係数	mm ³
σ	評価断面に垂直な方向の応力	MPa
σ_b	評価位置に発生する曲げ応力	MPa
$c\sigma_b$	圧縮側曲げ応力 (絶対値)	MPa
$t\sigma_b$	引張側曲げ応力 (絶対値)	MPa
σ_c	評価位置に発生する圧縮応力 (絶対値)	MPa
σ_T	評価位置に発生する組合せ応力	MPa
σ_t	評価位置に発生する引張応力	MPa
τ	評価位置に発生するせん断応力	MPa

注記*1: f_t , f_s , f_c , f_b , f_p を算出する際に金属キャスク構造規格 MCD-3311.1(1)a.の本文中 S_y とあるのを $1.2S_y$ と読み替えて算出した値

4. 設計条件

トラニオンは以下の設計条件に耐えるように設計する。

4.1 基本仕様

HDP-69B(B)型には、上部に2対、下部に2対のトラニオンが取り付けられている。トラニオンに関する応力計算の基本条件を以下に示す。

最高使用温度	130 °C*1
トラニオンの材質	ステンレス鋼 (SUS630 H1150)
吊上げ時における HDP-69B(B)型の質量	120200 kg
貯蔵時における HDP-69B(B)型の質量	118300 kg

注記*1：最高使用温度は、「使用済燃料等の除熱に関する補足説明」に示す解析結果から得られた温度を保守側に設定した値である。

4.2 設計事象

設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内における選定事象を以下に示す。

設計事象	供用状態	使用済燃料貯蔵施設内における選定事象*1
I	A	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵（貯蔵時） ・金属キャスクの吊上げ，吊下げ，移動（吊上げ時） ・搬送台車による搬送（台車搬送時） ・貯蔵前作業及び搬出前作業（準備作業時）
II	B	<ul style="list-style-type: none"> ・金属キャスクの支持脚への衝突（支持脚への衝突時） ・金属キャスクの貯蔵架台への衝突（貯蔵架台への衝突時） ・搬送台車による搬送中の急停止（搬送中の急停止時）
$I + S_d^*$	C_s	・ S_d^* 地震時（貯蔵時（ S_d^* 地震力が作用する場合））
$I + S_s$	D_s	・ S_s 地震時（貯蔵時（ S_s 地震力が作用する場合））

注記*1：本説明及び評価計算において、事象を（ ）内の呼称とする場合がある。

4.3 荷重の種類とその組合せ

トラニオンの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを表4-1に示す。応力解析に用いる荷重は、評価計算に記載する。

5. 計算条件

5.1 解析対象とする事象

4.2節で示した使用済燃料貯蔵施設内における選定事象のうち、表5-1に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し、代表事象について解析を実施する。

5.2 解析対象

応力解析の対象は、次のとおりである（図5-1参照）。

(1) トラニオン

5.3 形状及び寸法

応力解析を行う部位の形状及び寸法は、評価計算に示す。

5.4 許容応力

各供用状態における許容値基準は、金属キャスク構造規格 MCD-3300による。

許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。

6. 応力解析の手順

6.1 解析手順の概要

トラニオンの応力解析フローを図6-1に示す。

トラニオンの応力解析は、想定される機械的荷重及び熱荷重を基に応力評価式を用いて行う。

6.2 荷重条件の選定

荷重条件は4章に示しているが、各部の計算においては、その部分について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について考慮した荷重は評価計算に示す。

6.3 応力計算と評価

6.3.1 応力計算の方法

(1) 応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の2つである。

a. 機械的荷重

機械的荷重は、自重（使用済燃料集合体を含むHDP-69B(B)型（吊上げ時、支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時においては三次蓋を含む。）の貯蔵時の設計質量を用いる。）、衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。

b. 熱荷重

(2) 上部トラニオン2個には、吊上げ時において吊上げ荷重が作用する。また、下部トラニオン2個には、支持脚への衝突時において鉛直方向加速度による荷重が作用する。下部トラニオン4個には、貯蔵時において地震力が作用する場合の鉛直方向荷重及び水平方向荷重が作用する。

なお、荷重作用位置は荷重支持面の中央部とする。

(3) 構造の不連続性を考慮して、応力評価位置をとる。応力評価位置は、評価計算に示す。

(4) 応力評価は、この応力評価位置について行う。

6.3.2 応力の評価

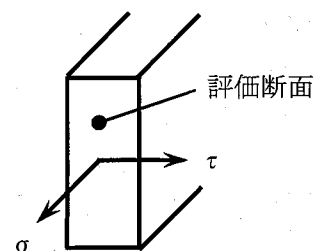
応力の計算結果は、金属キャスク構造規格 MGB-1200による定義に従い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を評価計算に示す。

なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、計算結果は許容応力との比較を行うため、絶対値にて記載する。

σ : 評価断面に垂直な方向の応力

τ : せん断応力

トラニオン用材料の許容応力を表6-1に示す。



(1) トラニオンの応力評価

トラニオンの応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-3310 に従い以下の項目を評価する。

- a. 一次応力
- b. 一次+二次応力
- c. 繰返し荷重の評価

6.3.3 数値の丸め方

数値は原則として安全側に丸めて使用する。

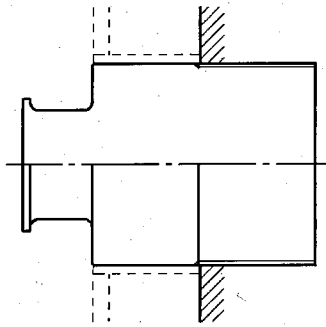
また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。

表示する数値の丸め方を表6-2に示す。

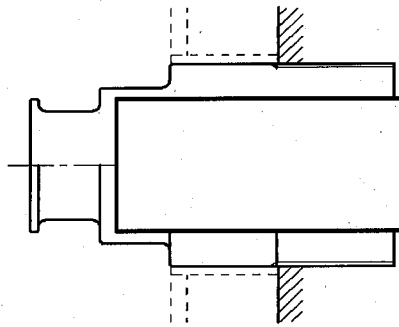
7. 引用文献

文献番号は、本説明及び評価計算において共通である。

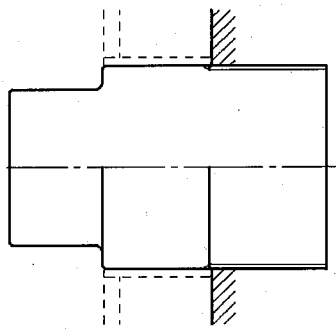
- (1) The American Society of Mechanical Engineers, "ASME Boiler and Pressure Vessel Code 2015 Edition", Section VIII Division3 (2015)
- (2) 西田正孝, 「応力集中 増補版」, 森北出版(株) (1973)



(a) 上部トラニオン (0° , 180°)



(b) 上部, 下部トラニオン (90° , 270°)



(c) 下部トラニオン (0° , 180°)

図 5-1 応力解析対象

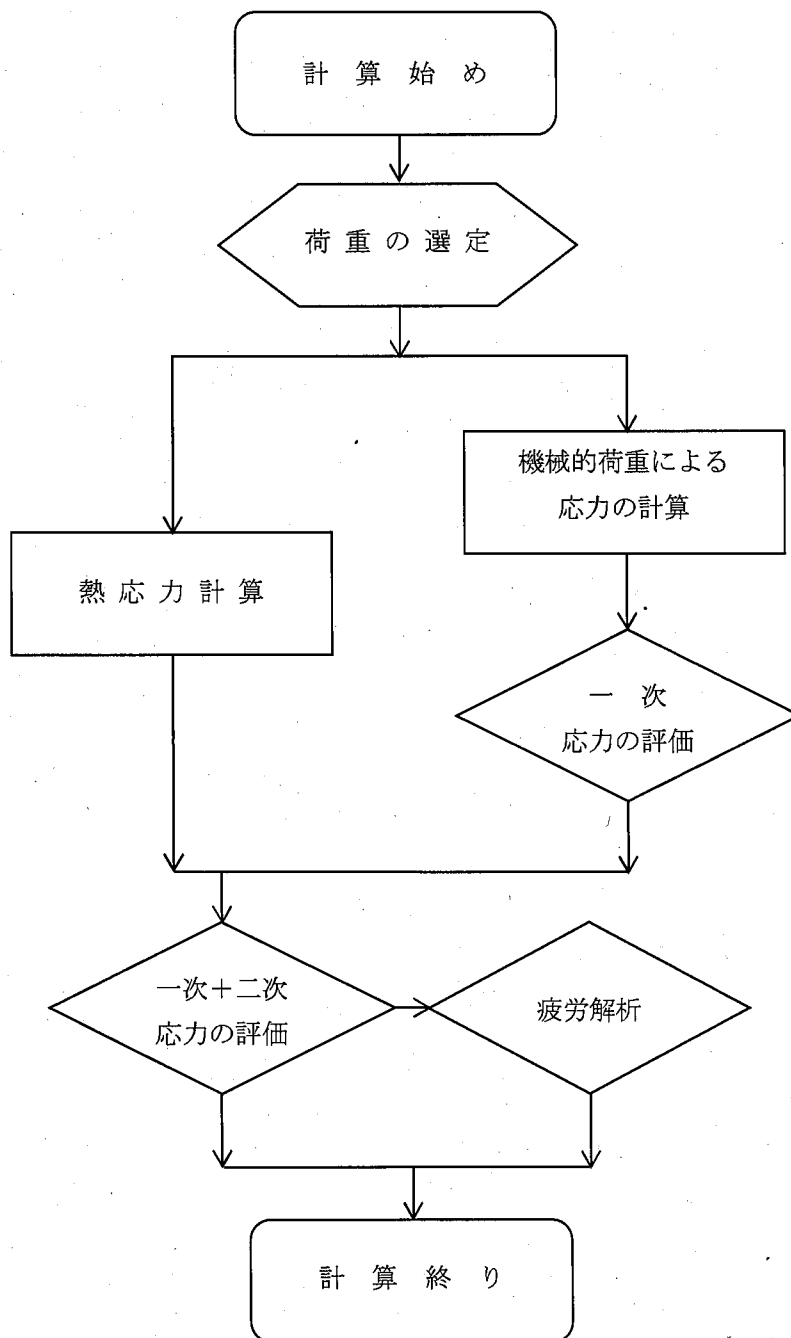


図 6-1 トラニオンの応力解析フロー図

表 4-1 トラニオンの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ

設計 事象	供用 状態	評価事象	荷 重					
			自重 による 荷重	固 縛 荷 重	吊 上 げ 荷 重	衝 撃 荷 重	熱 荷 重 *1	地 震 荷 重
I	A	貯蔵時	○	○	—	—	○	—
		吊上げ時	—*2	—	○	—	○	—
II	B	衝撃荷重作用時	—*2	—	—	○	○	—
$I + S_d^*$	C_s	S_d^* 地震力が作用する場合	○	○	—	—	—	○
$I + S_s$	D_s	S_s 地震力が作用する場合	○	○	—	—	—	○

注記*1：密封容器の熱膨張により生じる荷重に限る。

*2：本状態での自重による荷重は、衝撃荷重又は吊上げ荷重の慣性力による荷重に含まれる。

表 5-1 代表事象

設計事象	供用状態	代表事象*1	包絡される事象	荷重条件	備考
I	A	貯蔵時	<ul style="list-style-type: none"> ・準備作業時 ・台車搬送時 	<ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・トラニオン固定ボルトの初期締付け力 ・熱荷重 	—
		吊上げ時	—	<ul style="list-style-type: none"> ・吊上げ荷重 鉛直方向加速度（下方向）：1.3G（自重考慮） ・熱荷重 	荷重条件が最も厳しいため、代表事象を吊上げ時とする。
II	B	支持脚への衝突時	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵架台への衝突時 ・搬送中の急停止時 	<ul style="list-style-type: none"> ・衝撃荷重 鉛直方向加速度（下方向）：2.5G（自重考慮） ・熱荷重 	荷重条件が最も厳しいため、代表事象を支持脚への衝突時とする。
$I + S_d^*$	C_s	貯蔵時 $\left(S_d^* \text{地震力が作用する場合} \right)$	—	<ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・トラニオン固定ボルトの初期締付け力 ・地震力*2 水平方向：1.40G 鉛直方向：0.87G 	—
$I + S_s$	D_s	貯蔵時 $\left(S_s \text{地震力が作用する場合} \right)$	—	<ul style="list-style-type: none"> ・自重 ・トラニオン固定ボルトの初期締付け力 ・地震力 水平方向：1.40G 鉛直方向：0.87G 	—

注記*1：本事象について応力解析を行う。

*2：より高い地震力である S_s 地震力を保守的に設定する。

表 6-1 トラニオン用材料の許容応力 (1/2)

(単位 : MPa)

許容応力 区分	応力の種類		許容応力	
			ステンレス鋼	
			SUS630 H1150	許容値基準
供用状態 A及びB	一次 応力 *1	引張応力	—	f_t
		圧縮応力	—	f_c
		せん断応力	227	f_s
		曲げ応力	394	f_b
		支圧応力	—	f_p
	一次 + 二次 応力	引張・圧縮応力	—	$3f_t$
		せん断応力	682	$3f_s$
		曲げ応力	1182	$3f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
		座屈応力	—	$1.5f_s$ 又は $1.5f_c$
供用状態 C _s	一次 応力 *1	引張応力	—	$1.5f_t$
		圧縮応力	—	$1.5f_c$
		せん断応力	341	$1.5f_s$
		曲げ応力	591	$1.5f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
	一次 + 二次 応力	引張・圧縮応力*2	—	$3f_t$
		せん断応力*2	682	$3f_s$
		曲げ応力*2	1182	$3f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
		座屈応力	—	$1.5f_b, 1.5f_s$ 又は $1.5f_c$

注記*1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対する評価は以下による。

- ①次式で計算される評価断面に垂直な方向の応力 (σ) とせん断応力 (τ) を組み合わせた応力 (σ_T) は、引張応力に対する許容応力以下であること。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- ②圧縮応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_c + c\sigma_b}{f_c} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{t\sigma_b - \sigma_c}{f_t} \leq 1$$

- ③引張応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + t\sigma_b}{f_t} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{c\sigma_b - \sigma_t}{f_b} \leq 1$$

ただし、②及び③において、供用状態A及びBの一次応力については上式による。

供用状態C_sの一次応力の場合、分母の f_c 、 f_b 、 f_t は $1.5f_c$ 、 $1.5f_b$ 、 $1.5f_t$ とする。

*2 : 地震力のみによる全振幅について評価する。

表 6-1 トラニオン用材料の許容応力 (2/2)

(単位 : MPa)

許容応力 区分	応力の種類		許容応力	
			ステンレス鋼	
			SUS630 H1150	許容値基準
供用状態 Ds	一次 応力 *1	引張応力	—	1.5 f _t *
		圧縮応力	—	1.5 f _c *
		せん断応力	341	1.5 f _s *
		曲げ応力	591	1.5 f _b *
		支圧応力	—	1.5 f _p *
	一次+ 二次 応力	引張・圧縮応力*2	—	3 f _t
		せん断応力*2	682	3 f _s
		曲げ応力*2	1182	3 f _b
		支圧応力	—	1.5 f _p *
		座屈応力	—	1.5 f _b , 1.5 f _s 又は1.5 f _c

注記*1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対する評価は以下による。

- ①次式で計算される評価断面に垂直な方向の応力 (σ) とせん断応力 (τ) を組み合わせた応力 (σ_T) は、引張応力に対する許容応力以下であること。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- ②圧縮応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{c\sigma_b}{1.5f_b^*} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{t\sigma_b - \sigma_c}{1.5f_t^*} \leq 1$$

- ③引張応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + t\sigma_b}{1.5f_t^*} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{c\sigma_b - \sigma_t}{1.5f_b^*} \leq 1$$

*2 : 地震力のみによる全振幅について評価する。

表 6-2 数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理法	表示桁
最高使用温度	℃	—	—	設計値
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
許容応力	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
応力の計算値	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	mm	—	—	設計値
加速度	m/s ²	—	—	設計値
設計震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
断面係数	mm ³	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
質量	kg	—	—	設計値

資料 4-3-2

トランニオンの評価計算に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 計算結果	1
2. 応力計算	2
2.1 応力評価位置	2
2.2 貯蔵時	2
2.2.1 荷重条件	2
2.2.2 応力計算	2
2.3 吊上げ時	3
2.3.1 荷重条件	3
2.3.2 応力計算	3
2.4 支持脚への衝突時	5
2.4.1 荷重条件	5
2.4.2 応力計算	5
2.5 貯蔵時 (S_d *地震力が作用する場合)	7
2.5.1 荷重条件	7
2.5.2 応力計算	7
2.6 貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合)	8
2.6.1 荷重条件	8
2.6.2 応力計算	8
3. 応力の評価	9
3.1 一次応力の評価	9
3.2 一次+二次応力の評価	9
4. 繰返し荷重の評価	10

図表目次

図 1-1	トラニオンの形状・寸法・材料・応力評価位置	11
図 2-1	地震時に作用する荷重の評価モデル	12
表 2-1	下部トラニオンの評価位置②に発生するせん断応力の 計算条件及び計算結果（貯蔵時）	13
表 2-2	下部トラニオンの評価位置②に発生する曲げ応力の 計算条件及び計算結果（貯蔵時）	13
表 2-3	上部トラニオンの評価位置①に発生するせん断応力の 計算条件及び計算結果（吊上げ時）	14
表 2-4	上部トラニオンの評価位置①に発生する曲げ応力の 計算条件及び計算結果（吊上げ時）	14
表 2-5	上部トラニオンの評価位置①に発生する組合せ応力の 計算結果（吊上げ時）	15
表 2-6	下部トラニオンの評価位置②に発生するせん断応力の 計算条件及び計算結果（支持脚への衝突時）	16
表 2-7	下部トラニオンの評価位置③に発生する曲げ応力の 計算条件及び計算結果（支持脚への衝突時）	16
表 2-8	下部トラニオンの評価位置②に発生する曲げ応力の 計算条件及び計算結果（支持脚への衝突時）	17
表 2-9	下部トラニオンの評価位置②に発生する組合せ応力の 計算結果（支持脚への衝突時）	17
表 2-10	下部トラニオンの評価位置②に発生するせん断応力の計算条件及び計算結果 （貯蔵時（ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合））	18
表 2-11	下部トラニオンの評価位置②に発生する曲げ応力の計算条件及び計算結果 （貯蔵時（ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合））	18
表 2-12	下部トラニオンの評価位置②に発生する組合せ応力の計算結果 （貯蔵時（ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合））	19
表 2-13	下部トラニオンの評価位置②に発生するせん断応力及び曲げ応力 （一次+二次応力）の計算結果 （貯蔵時（ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合））	19
表 3-1	トラニオンの応力計算結果と許容応力（供用状態A及びB）	20
表 3-2	トラニオンの応力計算結果と許容応力（供用状態 C_s 及び D_s ）	21

表 4-1	上部トラニオンの評価位置①に発生する繰返しピーク応力強さの 計算条件及び計算結果	22
表 4-2	トラニオンの疲労累積係数	22

1. 概要

本説明は、HDP-69B(B)型のトラニオンに関する評価計算である。

1.1 形状・寸法・材料

本説明で評価するトラニオンの形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.2 計算結果

計算結果を表3-1及び表3-2に示す。

なお、応力評価位置については、評価上最も厳しい部位を選定し、代表評価位置として本説明に記載している。

表中の「-」は、評価すべき応力が発生しない、又は評価上厳しくないため、評価を省略している。

注記：図表は一括して巻末に示す。

2. 応力計算

2.1 応力評価位置

トラニオンの応力評価位置を図1-1に示す。

2.2 貯蔵時

2.2.1 荷重条件

貯蔵時における荷重は次に示す組合せとする。

- ・自重
- ・下部トラニオン固定装置の初期締付け力
- ・熱荷重

2.2.2 応力計算

(1) 下部トラニオン

a. 一次応力

一次応力として評価すべき荷重（自重）の影響は無視できるため、評価を省略する。

b. 一次＋二次応力

密封容器の熱膨張による応力は無視できるので、熱荷重の考慮は不要である。

(a) せん断応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置②である。下部トラニオン固定装置の初期締付け力により発生するせん断応力（ τ ）は、次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{F_m}{A} \\ F_m &= F_1 \\ A &= \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.1)$$

ここで、

- F_m : トラニオンに作用する荷重 (N)
- F_1 : 下部トラニオン固定装置の初期締付け力 ($=1.300 \times 10^6$ N)
- A : 評価位置の断面積 (mm^2)
- d_o : 評価位置におけるトラニオン外径 ($=200$ mm)
- d_i : 評価位置におけるトラニオン内径 ($=\square$ mm)

計算条件及び計算結果を表2-1に示す。

(b) 曲げ応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置②である。下部トラニオン固定装置の初期締付け力により発生する曲げ応力 (σ_b) は、次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{Z} \\ M &= F_m \cdot L \\ Z &= \frac{\pi}{32 d_o} (d_o^4 - d_i^4) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.2)$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- Z : 評価位置の断面係数 (mm³)
- F_m : (2.1)式と同じ
- L : 評価位置と荷重作用位置との距離 (=90 mm)
- d_o : 2.2.2(1)b. (a)と同じ
- d_i : 2.2.2(1)b. (a)と同じ

計算条件及び計算結果を表2-2に示す。

2.3 吊上げ時

2.3.1 荷重条件

吊上げ時における荷重は次に示す組合せとする。

- ・吊上げ荷重 (自重を含む。)
- ・熱荷重

2.3.2 応力計算

(1) 上部トラニオン

a. 一次応力

(a) せん断応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置①である。吊上げ荷重により発生するせん断応力 (τ) は、次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{F_m}{A} \\ F_m &= \frac{m_1}{2} \cdot G_2 \\ A &= \frac{\pi}{4} (d_o^2 - d_i^2) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.3)$$

ここで、

- F_m : トラニオンに作用する荷重 (N)
- m_1 : 吊上げ時における HDP-69B(B)型の質量 (=120200 kg)
- G_2 : 鉛直方向加速度 (=1.3G)
- A : 評価位置の断面積 (mm²)
- d_o : 評価位置におけるトラニオン外径 (=200 mm)
- d_i : 評価位置におけるトラニオン内径 (= mm)

計算条件及び計算結果を表2-3に示す。

(b) 曲げ応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置①である。吊上げ荷重により発生する曲げ応力 (σ_b) は、次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{Z} \\ M &= F_m \cdot L \\ Z &= \frac{\pi}{32 d_o} (d_o^4 - d_i^4) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.4)$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- F_m : (2.3)式と同じ
- L : 評価位置と荷重作用位置との距離 (=150 mm)
- Z : 評価位置の断面係数 (mm³)
- d_o : 2.3.2(1)a.(a)と同じ
- d_i : 2.3.2(1)a.(a)と同じ

計算条件及び計算結果を表2-4に示す。

(c) 組合せ応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置①である。曲げ応力 (σ_b) とせん断応力 (τ) との組合せ応力 (σ_T) は、次式で計算する。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (2.5)$$

ここで、

σ_b : (2.4)式と同じ

τ : (2.3)式と同じ

計算条件及び計算結果を表2-5に示す。

b. 一次+二次応力

密封容器の熱膨張による応力は無視できるので、トラニオンに発生する一次+二次応力は、2.3.2(1)a.と同様である。

2.4 支持脚への衝突時

2.4.1 荷重条件

支持脚への衝突時における荷重は次に示す組合せとする。

- ・衝撃荷重（自重を含む。）
- ・熱荷重

2.4.2 応力計算

(1) 下部トラニオン

a. 一次応力

(a) せん断応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置②である。衝撃荷重により発生するせん断応力 (τ) は、次式で計算する。

$$\tau = \frac{F_m}{A}$$
$$F_m = \frac{m_1}{2} \cdot G_2$$

(2.6)

ここで、

F_m : トラニオンに作用する荷重 (N)

m_1 : 2.3.2(1)a. (a)と同じ

G_2 : 鉛直方向加速度 (=2.5G)

A : 2.2.2(1)b. (a)と同じ

計算条件及び計算結果を表2-6に示す。

(b) 曲げ応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置③である。衝撃荷重により発生する曲げ応力 (σ_b) は、次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{Z} \\ M &= F_m \cdot L \\ Z &= \frac{\pi}{32 d_o} (d_o^4 - d_i^4) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.7)$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- F_m : (2.6)式と同じ
- L : 評価位置と荷重作用位置との距離 (=197.5 mm)
- Z : 評価位置の断面係数 (mm³)
- d_o : 評価位置におけるトラニオン外径 (=260 mm)
- d_i : 評価位置におけるトラニオン内径 (= mm)

計算条件及び計算結果を表2-7に示す。

(c) 組合せ応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置②である。衝撃荷重により発生する曲げ応力 (σ_b) は、次式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_b &= \frac{M}{Z} \\ M &= F_m \cdot L \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.8)$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- F_m : (2.6)式と同じ
- L : 評価位置と荷重作用位置との距離 (=57.5 mm)
- Z : 2.2.2(1)b. (b)と同じ

計算条件及び計算結果を表2-8に示す。

曲げ応力 (σ_b) とせん断応力 (τ) との組合せ応力 (σ_T) は、次式で計算する。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (2.9)$$

ここで、

- σ_b : (2.8)式と同じ
- τ : (2.6)式と同じ

計算条件及び計算結果を表2-9に示す。

b. 一次+二次応力

密封容器の熱膨張による応力は無視できるので、トラニオンに発生する一次+二次応力は、2.4.2(1)a.と同様である。

2.5 貯蔵時 (S_d*地震力が作用する場合)

2.5.1 荷重条件

貯蔵時において S_d*地震力が作用する場合の荷重は次に示す組合せとする。

- ・地震力
- ・自重
- ・下部トラニオン固定装置の初期締付け力

2.5.2 応力計算

(1) 下部トラニオン

a. 一次応力

(a) せん断応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置②である。水平方向加速度及び鉛直方向加速度により発生するせん断応力 (τ) は、次式で計算する。なお、地震力により下部トラニオンに作用する荷重 (F_m) は、図2-1に示すように支点Oを回転中心とする回転モーメントの釣合いより求める。

$$\tau = \frac{F_m}{A}$$

$$F_m = \frac{m_2 \cdot (G_1 \cdot h_{CG} - G_2 \cdot a_h)}{a_k + 2 \cdot \frac{a_h^2}{a_k}} \quad \dots\dots\dots (2.10)$$

ここで、

- F_m : トラニオンに作用する荷重 (N)
- m₂ : 貯蔵時における HDP-69B (B) 型の質量 (=118300 kg)
- G₁ : 水平方向加速度 (m/s²) ただし、G₁=C_H・G
- G₂ : 鉛直方向加速度 (m/s²) ただし、G₂=(1-C_V)・G
- C_H : 水平方向設計震度 (=1.40)
- C_V : 鉛直方向設計震度 (=0.87)
- h_{CG} : HDP-69B (B) 型の底面から重心までの高さ (=2672 mm)
- a_k : 支点Oから固定装置④のトラニオンへの荷重作用位置 (固定金具中心) までの距離 (=2288 mm)
- a_h : 支点Oから固定装置⑥のトラニオンへの荷重作用位置 (固定金具中心) までの距離 (=990 mm)
- A : 2.2.2. (1)b. (a) と同じ

計算条件及び計算結果を表2-10に示す。

(b) 曲げ応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置②である。水平方向加速度及び鉛直方向加速度により発生する曲げ応力 (σ_b) は、次式で計算する。

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} \quad \dots\dots\dots (2.11)$$
$$M = F_m \cdot L$$

ここで、

- M : 曲げモーメント (N・mm)
- F_m : (2.10)式と同じ
- L : 2.2.2. (1)b. (b)と同じ
- Z : 2.2.2. (1)b. (b)と同じ

計算条件及び計算結果を表2-11に示す。

(c) 組合せ応力

最大応力が発生する位置は、図1-1に示す評価位置②である。曲げ応力 (σ_b) とせん断応力 (τ) との組合せ応力 (σ_T) は、次式で計算する。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

ここで、

- σ_b : (2.11)式と同じ
- τ : (2.10)式と同じ

計算条件及び計算結果を表2-12に示す。

b. 一次+二次応力

(a) せん断応力

地震力によるせん断応力 (τ) の全振幅は、(2.10)式で計算したせん断応力 (τ) の2倍とする。

(b) 曲げ応力

地震力による曲げ応力 (σ_b) の全振幅は、(2.11)式で計算した曲げ応力 (σ_b) の2倍とする。

計算条件及び計算結果を表2-13に示す。

2.6 貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合)

2.6.1 荷重条件

貯蔵時において S_s 地震力が作用する場合の荷重条件は S_s 地震力と S_d^* 地震力を同じとしているため、2.5.1項と同様である。

2.6.2 応力計算

計算方法及び計算結果は、2.5.2項と同様である。

3. 応力の評価

3.1 一次応力の評価

各供用状態における応力計算結果と許容応力を表3-1及び表3-2に示す。

表3-1及び表3-2に示すように、各供用状態における一次応力は金属キャスク構造規格 MCD-3311の規定を満足する。

3.2 一次+二次応力の評価

各供用状態における応力計算結果と許容応力を表3-1及び表3-2に示す。

表3-1及び表3-2に示すように、各供用状態における一次+二次応力は金属キャスク構造規格 MCD-3312の規定を満足する。

4. 繰返し荷重の評価

金属キャスク構造規格 MCD-3313に従い、吊上げ時における疲労評価を行う。吊上げ事象の繰返し回数は、200回とする。設計疲労線図は、ASMEのFigure KD-320.4Mを適用する。

上部トラニオンの評価位置①に生じる繰返しピーク応力強さ (S_0) は以下で計算する。

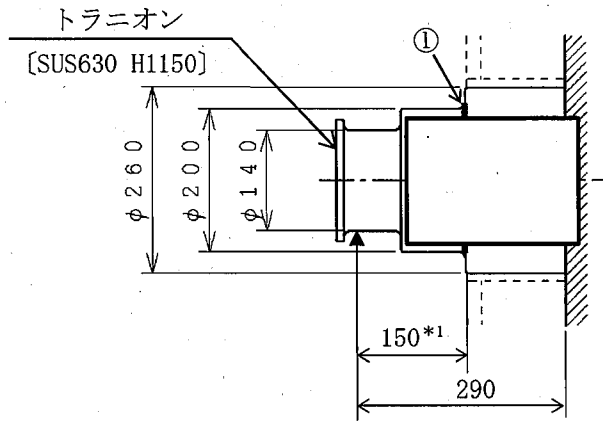
$$S_0 = \frac{1}{2} \cdot K_t \cdot K_r \cdot S \cdot \frac{E_0}{E} \quad \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \dots \dots \dots (4.1)$$
$$S = \sqrt{\sigma_b^2 + 4 \cdot \tau^2}$$

ここで、

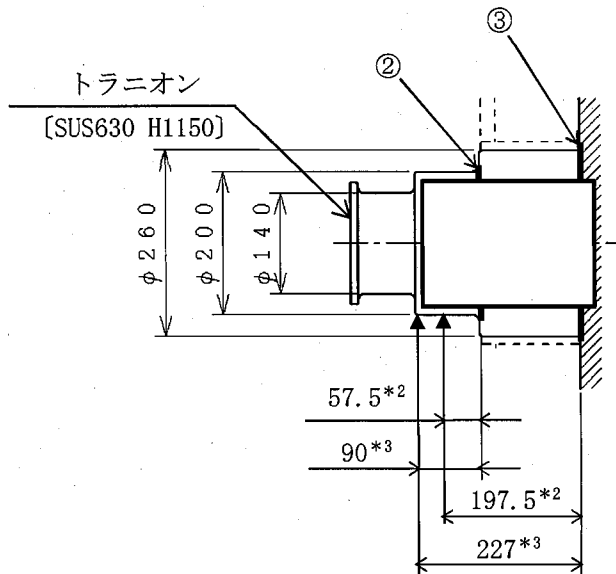
- K_t : 評価位置の段付き部の応力集中係数 (=2.1⁽²⁾)
- K_r : 表面粗さによる応力集中係数 (=1.3⁽¹⁾)
- S : ピーク応力強さ (MPa)
- τ : (2.3)式と同じ
- σ_b : (2.4)式と同じ
- E_0 : 設計疲労線図の縦弾性係数 (=2.00×10⁵ MPa⁽¹⁾)
- E : 縦弾性係数 (=1.88×10⁵ MPa)

繰返しピーク応力強さの計算条件及び計算結果を表4-1に示す。

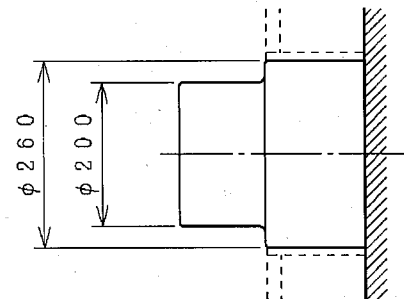
次に、ASMEのFigure KD-320.4Mより、繰返しピーク応力強さ (S_0) に対する許容繰返し回数 (N_a) を求める。吊上げ事象の繰返し回数 (N_{o1}) と許容繰返し回数 (N_a) との比は表4-2に示すとおりとなり、疲労累積係数 (U_f) は1.0以下となるため、金属キャスク 構造規格 MCD-3313の規定を満足する。



上部トラニオン (90° -270° 側)



下部トラニオン (90° -270° 側)



下部トラニオン (0° -180° 側) *4

- 注記*1：吊上げ時の荷重作用位置までの距離
 *2：支持脚への衝突時の荷重作用位置までの距離
 *3：貯蔵時の荷重作用位置までの距離
 *4：いずれの下部トラニオンも同様の荷重を受けるが、断面の小さい90° -270° 側のトラニオンを評価対象とする。

(単位：mm)

[] : 材料

①~③ : 応力評価位置

図 1-1 トラニオンの形状・寸法・材料・応力評価位置

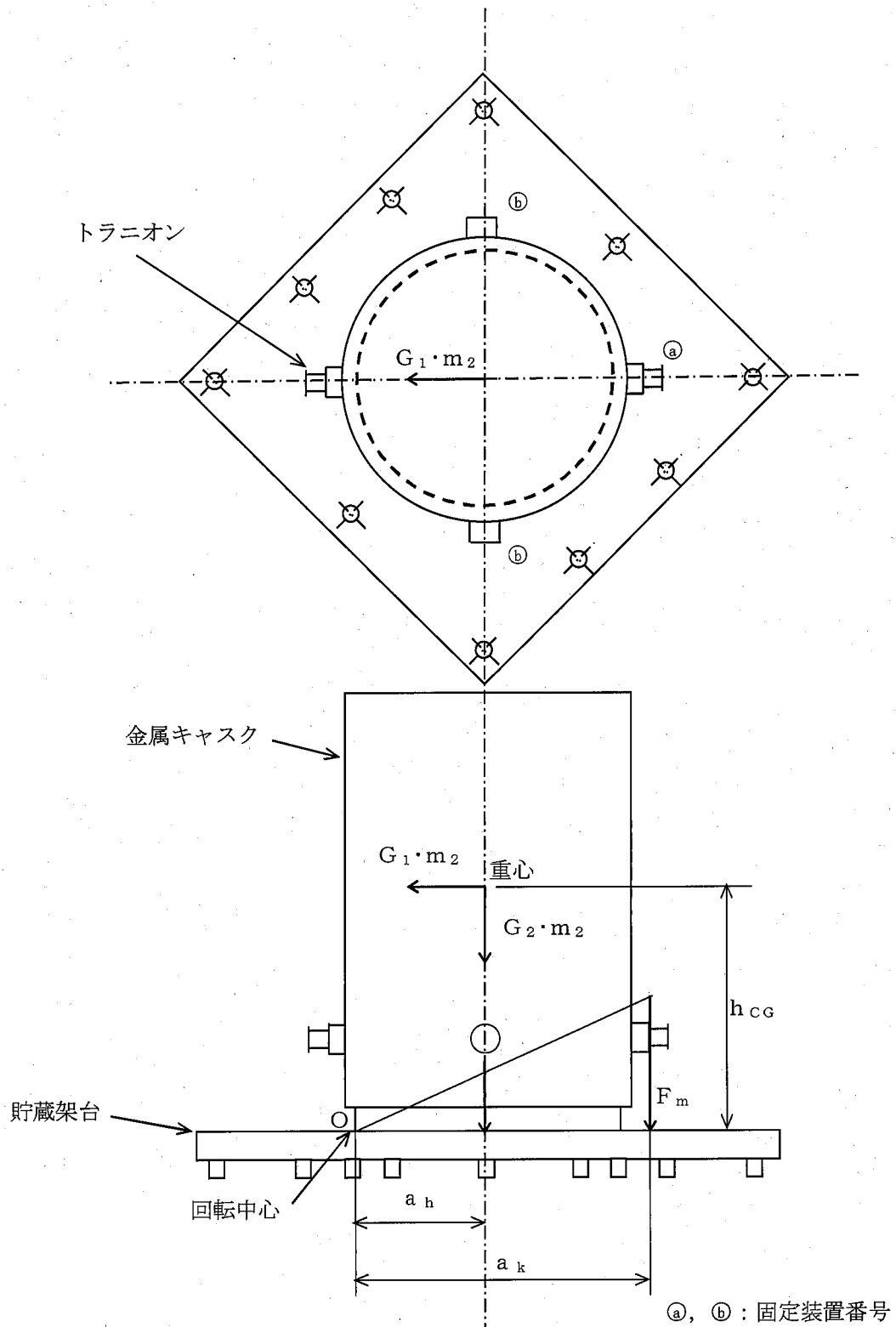


図 2-1 地震時に作用する荷重の評価モデル

表 2-1 下部トラニオンの評価位置②に発生するせん断応力の
計算条件及び計算結果（貯蔵時）

項目	記号	数値*1	単位
トラニオンに作用する荷重	F_m	1.300×10^6	N
下部トラニオン固定装置の 初期締付け力	F_1	1.300×10^6	N
評価位置の断面積	A		mm ²
評価位置におけるトラニオン外径	d_o	200	mm
評価位置におけるトラニオン内径	d_i		mm
評価位置に発生するせん断応力	τ	86	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-2 下部トラニオンの評価位置②に発生する曲げ応力の
計算条件及び計算結果（貯蔵時）

項目	記号	数値*1	単位
曲げモーメント	M	1.170×10^8	N・mm
評価位置の断面係数	Z		mm ³
評価位置におけるトラニオン外径	d_o	200	mm
評価位置におけるトラニオン内径	d_i		mm
トラニオンに作用する荷重	F_m	1.300×10^6	N
評価位置と荷重作用位置との距離	L	90	mm
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	204	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-3 上部トラニオンの評価位置①に発生するせん断応力の
計算条件及び計算結果（吊上げ時）

項目	記号	数値*1	単位
トラニオンに作用する荷重	F_m	7.662×10^5	N
吊上げ時における HDP-69B(B)型の質量	m_1	120200	kg
評価位置の断面積	A		mm ²
評価位置におけるトラニオン外径	d_o	200	mm
評価位置におけるトラニオン内径	d_i		mm
鉛直方向加速度	G_2	1.3G	m/s ²
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
評価位置に発生するせん断応力	τ	51	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-4 上部トラニオンの評価位置①に発生する曲げ応力の
計算条件及び計算結果（吊上げ時）

項目	記号	数値*1	単位
曲げモーメント	M	1.149×10^8	N・mm
評価位置の断面係数	Z		mm ³
評価位置におけるトラニオン外径	d_o	200	mm
評価位置におけるトラニオン内径	d_i		mm
トラニオンに作用する荷重	F_m	7.662×10^5	N
評価位置と荷重作用位置との距離	L	150	mm
吊上げ時における HDP-69B(B)型の質量	m_1	120200	kg
鉛直方向加速度	G_2	1.3G	m/s ²
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	201	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-5 上部トラニオンの評価位置①に発生する組合せ応力の
計算結果（吊上げ時）

項目	記号	数値*1	単位
評価位置に発生するせん断応力	τ	51	MPa
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	201	MPa
評価位置に発生する組合せ応力	σ_T	219	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-6 下部トラニオンの評価位置②に発生するせん断応力の
計算条件及び計算結果（支持脚への衝突時）

項目	記号	数値*1	単位
トラニオンに作用する荷重	F_m	1.473×10^6	N
吊上げ時における HDP-69B(B) 型の質量	m_1	120200	kg
評価位置の断面積	A		mm ²
鉛直方向加速度	G_2	2.5G	m/s ²
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
評価位置に発生するせん断応力	τ	98	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-7 下部トラニオンの評価位置③に発生する曲げ応力の
計算条件及び計算結果（支持脚への衝突時）

項目	記号	数値*1	単位
曲げモーメント	M	2.910×10^8	N・mm
評価位置の断面係数	Z		mm ³
評価位置におけるトラニオン外径	d_o	260	mm
評価位置におけるトラニオン内径	d_i		mm
トラニオンに作用する荷重	F_m	1.473×10^6	N
評価位置と荷重作用位置との距離	L	197.5	mm
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	190	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-8 下部トラニオンの評価位置②に発生する曲げ応力の
計算条件及び計算結果（支持脚への衝突時）

項目	記号	数値*1	単位
曲げモーメント	M	8.472×10^7	N・mm
評価位置の断面係数	Z		mm ³
トラニオンに作用する荷重	F _m	1.473×10^6	N
評価位置と荷重作用位置との距離	L	57.5	mm
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	148	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-9 下部トラニオンの評価位置②に発生する組合せ応力の
計算結果（支持脚への衝突時）

項目	記号	数値*1	単位
評価位置に発生するせん断応力	τ	98	MPa
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	148	MPa
評価位置に発生する組合せ応力	σ_T	224	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-10 下部トラニオンの評価位置②に発生するせん断応力の
計算条件及び計算結果 (貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))

項目	記号	数値*1	単位
水平方向加速度	G_1	1.40G	m/s ²
鉛直方向加速度	G_2	0.13G	m/s ²
水平方向設計震度	C_H	1.40	-
鉛直方向設計震度	C_V	0.87	-
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
HDP-69B(B)型の底面から重心までの高さ	h_{CG}	2672	mm
支点Oから固定装置①のトラニオンへの荷 重作用位置 (固定金具中心) までの距離	a_k	2288	mm
支点Oから固定装置②のトラニオンへの荷 重作用位置 (固定金具中心) までの距離	a_h	990	mm
トラニオンに作用する荷重	F_m	1.333×10^6	N
貯蔵時における HDP-69B(B)型の質量	m_2	118300	kg
評価位置の断面積	A		mm ²
評価位置に発生するせん断応力	τ	88	MPa

注記*1: 計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-11 下部トラニオンの評価位置②に発生する曲げ応力の
計算条件及び計算結果 (貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))

項目	記号	数値*1	単位
曲げモーメント	M	1.199×10^8	N・mm
トラニオンに作用する荷重	F_m	1.333×10^6	N
評価位置の断面係数	Z		mm ³
評価位置と荷重作用位置との距離	L	90	mm
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	209	MPa

注記*1: 計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-12 下部トラニオンの評価位置②に発生する組合せ応力の
計算結果 (貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))

項目	記号	数値*1	単位
評価位置に発生するせん断応力	τ	88	MPa
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	209	MPa
評価位置に発生する組合せ応力	σ_T	259	MPa

注記*1: 計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-13 下部トラニオンの評価位置②に発生するせん断応力及び曲げ応力
(一次+二次応力) の計算結果 (貯蔵時 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合))

項目	記号	数値*1	単位
評価位置に発生するせん断応力	τ	177	MPa
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	418	MPa

注記*1: 計算は、桁数処理前の数値を使用

表 3-1 トラニオンの応力計算結果と許容応力（供用状態A及びB）

(単位：MPa)

部位	応力の種類		貯蔵時		吊上げ時		支持脚への衝突時		許容 応力
			計算値	評価 位置	計算値	評価 位置	計算値	評価 位置	
上部 トラ ニオン	一 次 応 力	せん断応力	—	—	51	①	—	—	227
		曲げ応力	—	—	201	①	—	—	394
		組合せ応力	—	—	219	①	—	—	394
	一 次 + 二 次 応 力	せん断応力	—	—	51	①	—	—	682
		曲げ応力	—	—	201	①	—	—	1182
	下部 トラ ニオン	一 次 応 力	せん断応力	—	—	—	—	98	②
曲げ応力			—	—	—	—	190	③	394
組合せ応力			—	—	—	—	224	②	394
一 次 + 二 次 応 力		せん断応力	86	②	—	—	98	②	682
		曲げ応力	204	②	—	—	190	③	1182

表 3-2 トラニオンの応力計算結果と許容応力（供用状態C_s及びD_s）

（単位：MPa）

部位	応力の種類		供用状態C _s			供用状態D _s		
			計算値	評価位置	許容応力	計算値	評価位置	許容応力
下部 トラニオン	一次 応力	せん断応力	88	②	341	88	②	341
		曲げ応力	209	②	591	209	②	591
		組合せ応力	259	②	591	259	②	591
	一次 + 二次 応力 *1	せん断応力	177	②	682	177	②	682
		曲げ応力	418	②	1182	418	②	1182

注記*1：地震力のみによる全振幅について評価する。

表 4-1 上部トラニオンの評価位置①に発生する繰返しピーク応力強さの
計算条件及び計算結果

項目	記号	数値*1	単位
評価位置の段付き部の応力集中係数	K_t	2.1	—
表面粗さによる応力集中係数	K_r	1.3	—
ピーク応力強さ	S	225	MPa
評価位置に発生するせん断応力	τ	51	MPa
評価位置に発生する曲げ応力	σ_b	201	MPa
設計疲労線図の縦弾性係数	E_0	2.00×10^5	MPa
縦弾性係数	E	1.88×10^5	MPa
繰返しピーク応力強さ	S_d	327	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

表 4-2 トラニオンの疲労累積係数

No.	S_d (MPa)	N_a	N_{c1}	N_{c1}/N_a
1	327	9.354×10^4	200	0.0022
疲労累積係数 $U_f = 0.0022$				

資料 4-4

外筒及び中性子遮蔽材カバーの強度に関する補足説明

資料 4-4-1

外筒及び中性子遮蔽材カバーの評価方針に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
2. 適用基準	2
3. 記号	3
3.1 記号の説明	3
4. 設計条件	7
4.1 基本仕様	7
4.2 設計事象	7
4.3 荷重の種類とその組合せ	8
5. 計算条件	8
5.1 解析対象とする事象	8
5.2 解析対象	8
5.3 形状及び寸法	8
5.4 許容応力	8
6. 応力解析の手順	9
6.1 解析手順の概要	9
6.2 荷重条件の選定	9
6.3 応力計算と評価	9
6.3.1 応力計算の方法	9
6.3.2 応力の評価	9
6.3.3 数値の丸め方	10
7. 引用文献	10

図表目次

図 5-1	外筒の応力解析対象	11
図 5-2	蓋部中性子遮蔽材カバーの応力解析対象	12
図 6-1	外筒の応力解析フロー図	13
表 4-1	設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ	14
表 5-1	代表事象	15
表 6-1	外筒の許容応力	16
表 6-2	蓋部中性子遮蔽材カバーの許容応力	18
表 6-3	数値の丸め方一覧表	18

1. 概要

使用済燃料貯蔵施設の基本的安全機能を確保する上で必要な容器等の材料及び構造は「使用済燃料貯蔵施設の技術基準に関する規則」(令和2年4月1日 原子力規制委員会規則第8号) (以下「技術基準規則」という。) 第14条に規定されており, 適切な材料を使用し, 十分な構造及び強度を有することが要求されている。

本説明は, HDP-69B(B)型の外筒(端板含む。)及び中性子遮蔽材カバーに関する応力解析の方針を述べるものである。

なお, HDP-69B(B)型の中性子遮蔽材カバーのうち, 本説明は蓋部中性子遮蔽材カバーを対象とし, 底部中性子遮蔽材カバーの応力解析の方針については, 「資料4-1-1 密封容器の評価方針に関する補足説明」に示す。

注記: 図表は一括して巻末に示す。

2. 適用基準

(1) 外筒

HDP-69B(B)型の外筒（端板を含む。）は、放射性物質の閉じ込め境界ではないが、自らが遮蔽体であると同時に、外筒内部に配置される中性子遮蔽材を保持する機能が求められる。類似の機能を持つ部材として、（社）日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」（以下「金属キャスク構造規格」という。）に示される中間胴があり、外筒の構造強度評価手法としては中間胴の規定を用いる。ただし、中間胴は密封容器を支持し、その損壊を防止する機能が要求されるため、密封容器との溶接部近接部分に対する特別な規定が設けられている（金属キャスク構造規格 MCD-3710）が、外筒においてはこの機能は要求されないため、当該規定は適用しない。

(2) 蓋部中性子遮蔽材カバー

HDP-69B(B)型の蓋部中性子遮蔽材カバーは、一次蓋の中性子遮蔽材を覆うカバーであり、一次蓋と二次蓋の間にヘリウムガスを封入して圧力を監視することから、圧力に対して十分な強度が求められる。このため、蓋部中性子遮蔽材カバーの構造強度評価手法としては、圧力荷重に対する評価要求が定められている（（社）日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005（2007年追補版含む。）」（以下「設計・建設規格」という。）のクラス3容器の規定を用いる。

3. 記号

3.1 記号の説明

本説明及び「資料 4-4-2 外筒及び中性子遮蔽材カバーの評価計算に関する補足説明」(以下「評価計算」という。)において、応力評価に関する下記の記号を使用する。ただし、本文中に特記のある場合は、この限りではない。

なお、評価計算の字体及び大きさは、本説明と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
A_s	長方形板の面積	mm^2
A_o	伝熱フィン区画当たりの外筒の面積	mm^2
A_1	外筒の水平方向断面積	mm^2
A_2	胴の水平方向断面積	mm^2
a	長方形板の一辺の長さ	mm
a_1	胴による拘束がない場合の熱膨張後の下部端板の外半径	mm
a_2	下部端板による拘束がない場合の熱膨張後の胴の外半径	mm
a_c	正方形板の一辺の長さ (蓋部中性子遮蔽材カバーの半径)	mm
a_f	最大の伝熱フィンピッチ幅	mm
b_1	胴による拘束がない場合の熱膨張後の下部端板の内半径	mm
b_2	下部端板による拘束がない場合の熱膨張後の胴の内半径	mm
C_H	水平方向設計震度	—
C_s	供用状態Aの貯蔵時の状態において、 S_d^* 地震力が作用する場合の供用状態	—
C_v	鉛直方向設計震度	—
D_d	胴外径	mm
D_s	供用状態Aの貯蔵時の状態において、 S_s 地震力が作用する場合の供用状態	—
E_1	外筒・端板の縦弾性係数	MPa
E_2	胴の縦弾性係数	MPa
F_{THz}	外筒と胴の軸方向熱膨張差による熱荷重	N
f_t	許容引張応力	MPa
f_s	許容せん断応力	MPa
f_c	許容圧縮応力	MPa

記号	記号の説明	単位
f_b	許容曲げ応力	MPa
f_p	許容支圧応力	MPa
f_t^*	許容引張応力*1	MPa
f_s^*	許容せん断応力*1	MPa
f_c^*	許容圧縮応力*1	MPa
f_b^*	許容曲げ応力*1	MPa
f_p^*	許容支圧応力*1	MPa
G	重力加速度 (=9.80665)	m/s ²
G_1	水平方向加速度	m/s ²
G_2	鉛直方向加速度	m/s ²
m_f	伝熱フィン区画当たりの中性子遮蔽材と外筒の質量	kg
m_{a11}	外筒, 端板, 伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の総質量	kg
P	圧力	MPa
p_1	中性子遮蔽材充填部内圧	MPa
p_2	中性子遮蔽材及び外筒の慣性力による分布荷重	MPa
p_3	蓋部中性子遮蔽材カバーの最高使用圧力	MPa
p_4	蓋部中性子遮蔽材カバーの自重による分布荷重	MPa
R_{O0}	外筒の外半径	mm
R_{I0}	外筒の内半径	mm
R_{O1}	下部端板の外半径	mm
R_{I1}	下部端板の内半径	mm
R_{O2}	胴の外半径	mm
R_{I2}	胴の内半径	mm
P_{THR}	熱荷重による下部端板付け根の径方向圧力	MPa
S	許容引張応力	MPa
S_d^*	弾性設計用地震動 S_d による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方	—
S_s	基準地震動 S_s による地震力	—

注記*1: f_t , f_s , f_c , f_b , f_p を算出する際に金属キャスク構造規格 MCD-3311.1(1)a.の本文中 S_y とあるのを $1.2S_y$ と読み替えて算出した値

記号	記号の説明	単位
S_y	設計降伏点	MPa
t	板厚	mm
t_o	外筒の板厚	mm
t_b	下部端板の板厚	mm
t_L	蓋部中性子遮蔽材カバーの板厚	mm
α_1	外筒・端板の平均熱膨張係数	mm/(mm \cdot °C)
α_2	胴の平均熱膨張係数	mm/(mm \cdot °C)
β	長方形板の最大応力の係数	—
β_1	同上(下部端板の伝熱フィン区画の縦横比を考慮した値)	—
β_2	同上(外筒の伝熱フィン区画の縦横比を考慮した値)	—
β_3	正方形板の最大応力の係数	—
ΔT_1	外筒・端板の常温との温度差	°C
ΔT_2	胴の常温との温度差	°C
η	継手効率	—
ν_1	外筒・端板のポアソン比	—
ν_2	胴のポアソン比	—
ρ_s	ステンレス鋼(SUS304)の基本質量	kg/mm/mm ²
σ	評価断面に垂直な方向の応力	MPa
σ_b	長方形板に生じる最大曲げ応力	MPa
σ_{br}	長方形板に生じる最大曲げ応力(径方向応力)	MPa
$\sigma_{b\theta}$	長方形板に生じる最大曲げ応力(周方向応力)	MPa
$c\sigma_b$	圧縮側曲げ応力(絶対値)	MPa
$t\sigma_b$	引張側曲げ応力(絶対値)	MPa
σ_c	圧縮応力	MPa
σ_t	引張応力	MPa
σ_T	組合せ応力	MPa
σ_{THr}	熱荷重による径方向応力	MPa
σ_{THz}	熱荷重による軸方向応力	MPa
$\sigma_{TH\theta}$	熱荷重による周方向応力	MPa

記号	記号の説明	単位
τ	せん断応力	MPa
τ_{rz}	せん断応力（径方向に垂直な面の軸方向せん断応力）	MPa
τ_{THz}	熱荷重によるせん断応力（軸方向せん断応力）	MPa

4. 設計条件

外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーは、以下の設計条件に耐えるように設計する。

4.1 基本仕様

HDP-69B(B)型の外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーに関する応力計算の基本条件を以下に示す。

外筒	材 料	炭素鋼 (SM400B)
	最高使用圧力	<input type="text"/> MPa
	最高使用温度	120 °C*1
蓋部中性子遮蔽材カバー	材 料	ステンレス鋼 (SUS304)
	最高使用圧力	0.4 MPa
	最高使用温度	110 °C*1

注記*1: 最高使用温度は、「使用済燃料等の除熱に関する補足説明」に示す解析結果から得られた温度を保守側に設定した値である。

4.2 設計事象

設計上考慮する事象として、使用済燃料貯蔵施設内における選定事象を以下に示す。

設計事象	供用状態	使用済燃料貯蔵施設内における選定事象*1
I	A	<ul style="list-style-type: none"> ・ 貯蔵 (貯蔵時) ・ 金属キャスクの吊上げ, 吊下げ, 移動 (吊上げ時) ・ 搬送台車による搬送 (台車搬送時) ・ 貯蔵前作業及び搬出前作業 (準備作業時)
II	B	<ul style="list-style-type: none"> ・ 金属キャスクの支持脚への衝突 (支持脚への衝突時) ・ 金属キャスクの貯蔵架台への衝突 (貯蔵架台への衝突時) ・ 搬送台車による搬送中の急停止 (搬送中の急停止時)
I + S _d *	C _s	・ S _d *地震時 (貯蔵時 (S _d *地震力が作用する場合))
I + S _s	D _s	・ S _s 地震時 (貯蔵時 (S _s 地震力が作用する場合))

注記*1: 本説明及び評価計算において、事象を () 内の呼称とすることがある。

内は商業機密のため、非公開とします。

4.3 荷重の種類とその組合せ

外筒及び蓋部中性子遮蔽材カバーの設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せを表 4-1 に示す。応力評価に用いる荷重は、評価計算に記載する。

5. 計算条件

5.1 解析対象とする事象

4.2節で示した使用済燃料貯蔵施設内における選定事象のうち、表5-1に示すように荷重条件等を考慮して代表事象を選定し、代表事象について解析を実施する。

5.2 解析対象

応力解析の対象は、次のとおりである。

- (1) 外筒 (図 5-1 参照)
- (2) 蓋部中性子遮蔽材カバー (図 5-2 参照)

5.3 形状及び寸法

応力解析を行う部位の形状及び寸法は、評価計算に示す。

5.4 許容応力

(1) 外筒

各供用状態における許容値基準は、金属キヤスク構造規格 MCD-3720 による。

許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。

(2) 蓋部中性子遮蔽材カバー

蓋部中性子遮蔽材カバーの形状は平板である。設計・建設規格 クラス 3 容器の規定において、PVD-3310 に最高使用圧力に対する平板の最小必要厚さを定める規定がある。この規定は、平板に圧力が作用した場合の最大曲げ応力値を $1.5S$ (S : 許容引張応力) に制限するという考え方に基づいているので、この規定の考え方を準用する。溶接部においては、設計・建設規格 クラス 3 容器の規定を参考にして継手効率を考慮する。

許容応力は、最高使用温度に対する値を用いる。

6. 応力解析の手順

6.1 解析手順の概要

外筒の応力解析フローを図 6-1 に示す。

外筒の応力解析は、想定される内圧、機械的荷重及び熱荷重を基に応力評価式を用いて行う。一方、蓋部中性子遮蔽材カバーの応力解析は、想定される圧力に対して応力評価式を用いて行う。

6.2 荷重条件の選定

荷重条件は4章に示しているが、各部の計算においては、その部分について重要な荷重条件を選定して計算を行う。それぞれの部分について考慮した荷重は評価計算に示す。

6.3 応力計算と評価

6.3.1 応力計算の方法

応力計算は荷重ごとに行う。荷重条件として与えられるものは次の3つである。

- a. 内圧
- b. 機械的荷重

機械的荷重は、自重（使用済燃料集合体を含むHDP-69B(B)型（吊上げ時、支持脚への衝突時及び貯蔵架台への衝突時においては三次蓋を含む。）の貯蔵時の設計質量を用いる。）、衝撃荷重及びその他の付加荷重をいう。

- c. 熱荷重

熱荷重は、各部に生じる温度変化及び温度勾配による荷重であり、「使用済燃料等の除熱に関する補足説明」に記載する除熱解析の結果から得られるものをいう。

6.3.2 応力の評価

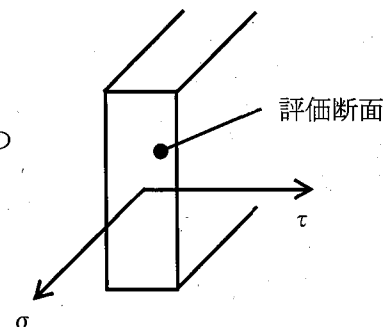
応力の計算結果は、金属キャスク構造規格 MGB-1200 による定義に従い、応力の種類ごとに分類し、以下の評価を評価計算に示す。

なお、応力の記号とその方向は以下のとおりである。ただし、計算結果は許容応力との比較を行うため、絶対値にて記載する。

σ : 評価断面に垂直な方向の応力

τ : せん断応力

外筒の許容応力を表 6-1 に、蓋部中性子遮蔽材カバーの許容応力を表 6-2 に示す。



(1) 外筒の応力評価

外筒の応力評価は、金属キャスク構造規格 MCD-3720 を準用し、以下の項目を評価する。

- a. 一次応力
- b. 一次+二次応力

(2) 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価

蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価は、設計・建設規格 PVD-3310 を準用し、以下の項目を評価する。

- a. 一次応力

6.3.3 数値の丸め方

数値は原則として安全側に丸めて使用する。

また、規格、基準等により決まる数値については丸めず、規格、基準等を内挿して使用する場合は原則として安全側に処理する。

表示する数値の丸め方を表 6-3 に示す。

7. 引用文献

文献番号は、本説明及び評価計算において共通である。

- (1) (社)日本機械学会、「機械工学便覧 新版」, 丸善株式会社 (1987年)

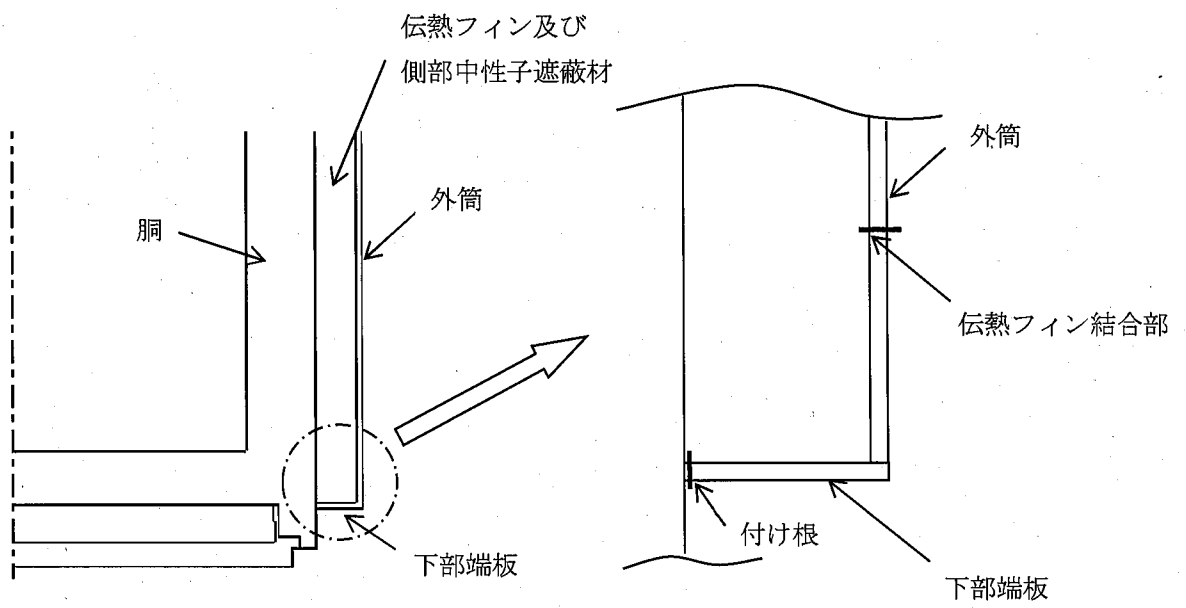


図 5-1 外筒の応力解析対象

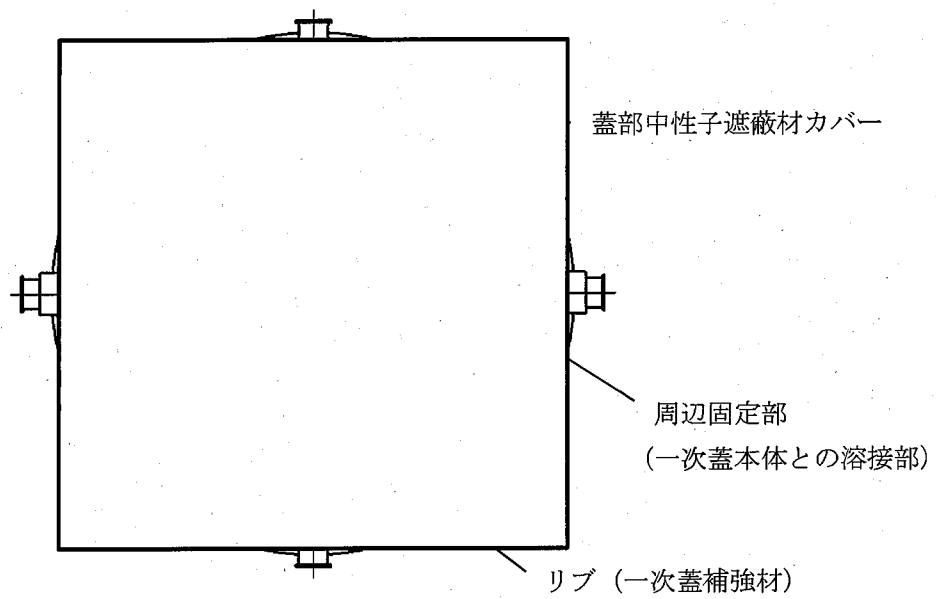


図 5-2 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力解析対象

□ 内は商業機密のため、非公開とします。

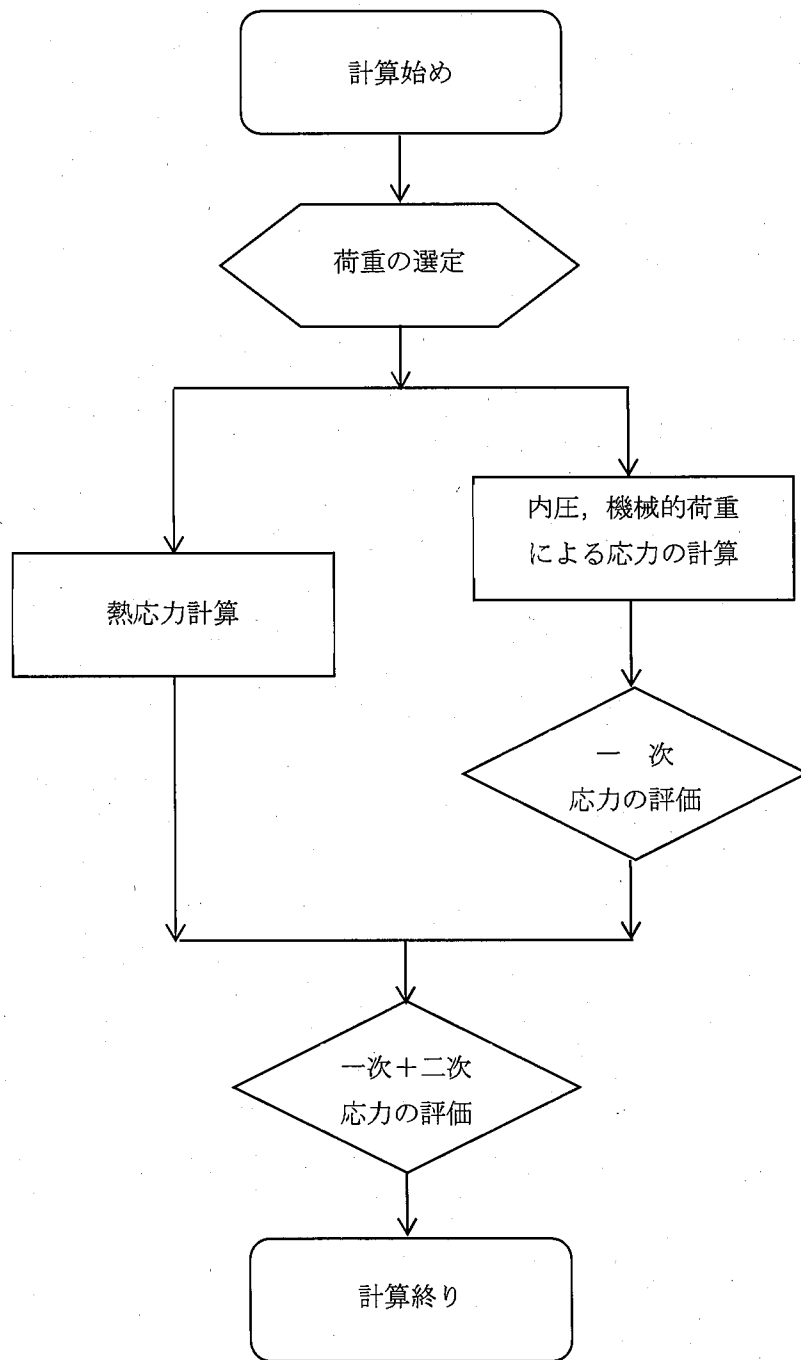


図 6-1 外筒の応力解析フロー図

表 4-1 設計上考慮すべき荷重の種類とその組合せ

設計 事象	供用 状態	荷 重 評価事象*1	圧 力 に よ る 荷 重	自 重 に よ る 荷 重	吊 上 げ 時 荷 重	衝 撃 荷 重	熱 荷 重	地 震 荷 重
I	A	貯蔵時	○	○	—	—	○	—
		吊上げ時	○	—*2	○	—	○	—
II	B	衝撃荷重作用時	○	—*2	—	○	○	—
$I + S_d^*$	C_s	S_d^* 地震力が作用する場合	○	○	—	—	—	○
$I + S_s$	D_s	S_s 地震力が作用する場合	○	○	—	—	—	○

注記*1：蓋部中性子遮蔽材カバーの評価事象は，最高使用圧力時のみとする。

*2：本状態での自重による荷重は，吊上げ時荷重又は衝撃荷重の慣性力による荷重に含まれる。

表 5-1 代表事象

設計事象	供用状態	代表事象	包含される事象	荷重条件	備考
I 及び II	A 及び B	貯蔵架台への衝突時	<ul style="list-style-type: none"> ・貯蔵時 ・吊上げ時 ・台車搬送時 ・準備作業時 ・支持脚への衝突時 ・搬送中の急停止時 	<ul style="list-style-type: none"> ・内圧 ・貯蔵架台への衝突時荷重 鉛直方向（下方方向）：5G（自重考慮） ・熱荷重 	荷重条件が最も厳しいのは貯蔵架台への衝突時荷重
I + S _d *	C _s	貯蔵時 〔S _d *地震力が作用する場合〕	—	<ul style="list-style-type: none"> ・内圧 ・自重 ・地震力 水平方向：1.40G 鉛直方向：0.87G 	—
I + S _s	D _s	貯蔵時 〔S _s 地震力が作用する場合〕	—	<ul style="list-style-type: none"> ・内圧 ・自重 ・地震力 水平方向：1.40G 鉛直方向：0.87G 	—

表 6-1 外筒の許容応力 (1/2)

(単位 : MPa)

許容応力区分	応力の種類		許容応力	許容値基準
供用状態 A及びB	一次 応力 *1	引張応力	137	f_t
		圧縮応力	—	f_c
		せん断応力	79	f_s
		曲げ応力	137	f_b
		支圧応力	—	f_p
	一次+ 二次 応力	引張・圧縮応力	412	$3f_t$
		せん断応力	238	$3f_s$
		曲げ応力	412	$3f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
		座屈応力	—	$1.5f_s$ 又は $1.5f_c$
供用状態 C _s	一次 応力 *1	引張応力	206	$1.5f_t$
		圧縮応力	—	$1.5f_c$
		せん断応力	119	$1.5f_s$
		曲げ応力	206	$1.5f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
	一 次 + 二 次 応 力	引張・圧縮応力*2	—	$3f_t$
		せん断応力*2	238	$3f_s$
		曲げ応力*2	412	$3f_b$
		支圧応力	—	$1.5f_p$
		座屈応力	—	$1.5f_c, 1.5f_b$ 又は $1.5f_s$

注記*1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対する評価は以下による。

- ① 次式で計算される評価断面に垂直な方向の応力 (σ) とせん断応力 (τ) を組合せた応力 (σ_T) は、引張応力に対する許容応力以下であること。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- ② 圧縮応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{c\sigma_b}{f_b} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{t\sigma_b - \sigma_c}{f_t} \leq 1$$

- ③ 引張応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は、次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + t\sigma_b}{f_t} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{c\sigma_b - \sigma_t}{f_b} \leq 1$$

ただし、供用状態C_sの一次応力の場合、分母の f_s 、 f_b 、 f_t は、 $1.5f_s$ 、 $1.5f_b$ 、 $1.5f_t$ とする。

*2 : 地震力のみによる全振幅について評価する。

表 6-1 外筒の許容応力 (2/2)

(単位 : MPa)

許容応力区分	応力の種類		許容応力	許容値基準
供用状態 D _s	一次 応力 *1	引張応力	247	1.5 f _t *
		圧縮応力	—	1.5 f _c *
		せん断応力	142	1.5 f _s *
		曲げ応力	247	1.5 f _b *
		支圧応力	—	1.5 f _p *
	一次 + 二次 応力	引張・圧縮応力*2	—	3 f _t
		せん断応力*2	238	3 f _s
		曲げ応力*2	412	3 f _b
		支圧応力	—	1.5 f _p *
		座屈応力	—	1.5 f _c , 1.5 f _b 又は 1.5 f _s

注記*1 : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対する評価は以下による。

- ① 次式で計算される評価断面に垂直な方向の応力 (σ) とせん断応力 (τ) を組合せた応力 (σ_T) は, 引張応力に対する許容応力以下であること。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

- ② 圧縮応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は, 次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_c}{1.5f_c^*} + \frac{c\sigma_b}{1.5f_b^*} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{t\sigma_b - \sigma_c}{1.5f_t^*} \leq 1$$

- ③ 引張応力と曲げ応力との組合せが生じる場合は, 次式を満足すること。

$$\frac{\sigma_t + t\sigma_b}{1.5f_t^*} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{c\sigma_b - \sigma_t}{1.5f_b^*} \leq 1$$

*2 : 地震力のみによる全振幅について評価する。

表 6-2 蓋部中性子遮蔽材カバーの許容応力

(単位：MPa)

許容応力 区分	応力の種類		許容応力	許容値基準*1
最高使用圧力時 (設計条件)	一次 応力	曲げ応力	117	$1.5 \eta S$

注記*1： η は継手効率 (=0.65)

表 6-3 数値の丸め方一覧表

数値の種類	単位	処理桁	処理法	表示桁
最高使用圧力	MPa	—	—	設計値
最高使用温度	℃	—	—	設計値
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
平均熱膨張係数	mm/(mm・℃)	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
許容応力	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位
応力の計算値	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
長さ	mm	—	—	設計値
加速度	m/s ²	—	—	設計値
設計震度	—	小数点以下第 3 位	切上げ	小数点以下第 2 位
面積	mm ²	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
力	N	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁
質量	kg	—	—	設計値

資料 4-4-2

外筒及び中性子遮蔽材カバーの評価計算に関する補足説明

目 次

1. 概要	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 計算結果	1
2. 応力計算	2
2.1 応力評価位置	2
2.2 外筒の応力計算	3
2.2.1 貯蔵架台への衝突時	3
2.2.2 貯蔵時 (S_d *地震力が作用する場合)	8
2.2.3 貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合)	11
2.3 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力計算	12
2.3.1 最高使用圧力時	12
3. 応力の評価	13
3.1 外筒の応力評価	13
3.1.1 一次応力の評価	13
3.1.2 一次+二次応力の評価	13
3.2 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価	13

図表目次

図 1-1	外筒の形状・寸法・材料・応力評価位置	14
図 1-2	蓋部中性子遮蔽材カバーの形状・寸法・材料・応力評価位置	15
図 2-1	各代表事象における荷重の方向	16
表 2-1	外筒の一次応力の計算条件及び計算結果（貯蔵架台への衝突時）	17
表 2-2	外筒の熱荷重による応力の計算条件及び計算結果（貯蔵架台への衝突時）	19
表 2-3	外筒の一次＋二次応力の計算条件及び計算結果（貯蔵架台への衝突時）	22
表 2-4	外筒の一次応力の計算条件及び計算結果 （ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合）	23
表 2-5	外筒の一次＋二次応力の計算条件及び計算結果 （ S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合）	25
表 2-6	蓋部中性子遮蔽材カバーの一次応力の計算条件及び計算結果	27
表 3-1	外筒の応力計算値と許容応力（供用状態A及びB）	28
表 3-2	外筒の応力計算値と許容応力（供用状態 C_s ）	29
表 3-3	外筒の応力計算値と許容応力（供用状態 D_s ）	30
表 3-4	蓋部中性子遮蔽材カバーの応力計算値と許容応力	31

1. 概要

本説明は、HDP-69B(B)型の外筒（端板含む。）及び中性子遮蔽材カバーに関する評価計算である。

なお、HDP-69B(B)型の中性子遮蔽材カバーのうち、本説明は蓋部中性子遮蔽材カバーを対象とし、底部中性子遮蔽材カバーの応力計算は、「資料4-1-2 密封容器の評価計算に関する補足説明」に示す。

1.1 形状・寸法・材料

本説明で評価する部位の形状・寸法・材料を図 1-1 及び図 1-2 に示す。

1.2 計算結果

計算結果を表 3-1、表 3-2、表 3-3 及び表 3-4 に示す。

なお、応力の計算位置は、評価上最も厳しい部位を選定し、代表評価位置として本説明に記載している。

表中の「-」は、評価すべき応力が発生しないか、又は評価上厳しくないため、評価を省略していることを表す。

注記：図表は一括して巻末に示す。

2. 応力計算

2.1 応力評価位置

(1) 外筒

外筒は、金属キャスク容器外周部に円筒形で配置され、内部には中性子遮蔽材が充填される。外筒は板厚が 20 mm の炭素鋼であり、端板及び伝熱フィンを介し、厚肉で強固な胴に溶接で固定される。外筒の応力評価位置を図 1-1 に示す。

貯蔵架台への衝突時においては、金属キャスクは縦姿勢であり、衝突時に発生する加速度に応じて、外筒や中性子遮蔽材等の慣性力が下部端板付け根に作用するので、ここを評価部位（図 1-1 応力評価位置①）とする。

貯蔵時（ S_a *地震力が作用する場合、又は S_s 地震力が作用する場合）においては、水平地震力により外筒内面に中性子遮蔽材の質量に応じた慣性力と中性子遮蔽材充填部内圧が作用する。この場合、外筒と伝熱フィンとの結合部には曲げ応力が発生するので、ここを評価部位とする（図 1-1 応力評価位置②）。

(2) 蓋部中性子遮蔽材カバー

蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価位置を図 1-2 に示す。

蓋部中性子遮蔽材カバーに蓋間圧力が作用する場合に最大応力が発生するのは蓋部中性子遮蔽材カバーの周辺固定部であるので、ここを評価部位（図 1-2 応力評価位置③）とする。

2.2 外筒の応力計算

2.2.1 貯蔵架台への衝突時

(1) 荷重条件

貯蔵架台への衝突時における荷重は、次に示す組合せとする。荷重の方向を図 2-1 に示す。

- ・内圧
- ・貯蔵架台への衝突時荷重（自重を含む。）
- ・熱荷重

(2) 計算方法

a. 一次応力

(a) 鉛直方向衝撃荷重によるせん断応力

貯蔵架台への衝突時は、金属キャスクが縦姿勢での事象であるので、外筒、端板、伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材に生じた慣性力は、それぞれ胴との結合部で支持される。

慣性力の考慮においては、簡単化のため、伝熱フィンや端板の結合部がないものとして、外筒部に生じた慣性力がすべて下部端板と胴の接合部に生じた場合の応力を評価する。

外筒、端板、伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材に、貯蔵架台への衝突時の衝撃加速度が作用し、これを下部端板の付け根（胴結合部）においてせん断力として受ける場合の応力評価位置①に生じるせん断応力は、次式で計算する。

$$\tau = \frac{m_{all} \cdot G_2}{\pi \cdot D_d \cdot t_b} \dots \dots \dots (2.1)$$

ここで、

- τ : せん断応力 (MPa)
- τ_{rz} : せん断応力 (径方向に垂直な面の軸方向のせん断応力) (MPa)
 $\tau_{rz} = \tau$
- m_{all} : 外筒、端板、伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の総質量
(=15500 kg)
- G_2 : 鉛直方向加速度 (m/s^2)
 $G_2 = 5G$
- G : 重力加速度 (=9.80665 m/s^2)
- D_d : 胴外径 (下部端板の内径) (=2156 mm)
- t_b : 下部端板の板厚 (=25 mm)

(b) 中性子遮蔽材充填部内圧による曲げ応力

外筒は伝熱フィンで区切られて伝熱フィン及び端板に溶接される。また、下部端板も伝熱フィンで区切られて胴、外筒、及び伝熱フィンに溶接される。このため、外筒及び下部端板は、四辺を固定された板とみなすことができる。外筒及び下部端板には、中性子遮蔽材充填部内圧が作用する。外筒及び下部端板内面に内圧が作用すると、図 1-1 に示す応力評価位置①及び②には曲げ応力が発生し、その値を次式で計算する。

$$\sigma_b = \beta \cdot \frac{P \cdot a^2}{t^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

ここで、

- σ_b : 長方形板に生じる最大曲げ応力 (MPa)
- σ_{br} : 径方向の最大曲げ応力 (MPa)
 $\sigma_{br} = \sigma_b$
- β : 長方形板の最大応力の係数 (-)
 $\beta = \beta_1$ 又は $\beta = \beta_2$
- β_1 : 下部端板の伝熱フィン一区画の縦横比を考慮した値 (=0.5⁽¹⁾)
- β_2 : 外筒の伝熱フィン一区画の縦横比を考慮した値 (=0.5⁽¹⁾)
- P : 圧力 (MPa)
 $P = p_1$
- p_1 : 中性子遮蔽材充填部内圧 (= MPa)
- a : 長方形板の一辺の長さ (mm)
 $a = a_f$
- a_f : 最大の伝熱フィンピッチ幅 (= mm)
- t : 板厚 (mm)
 $t = t_b$ 又は $t = t_o$
- t_b : 下部端板の板厚 (=25 mm)
- t_o : 外筒の板厚 (=20 mm)

(c) 組合せ応力

応力評価位置①には、曲げ応力とせん断応力が同時に作用するため、組合せ応力を評価する。組合せ応力は次式で計算する。

$$\sigma_T = \sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (2.3)$$

ここで、

- σ_T : 組合せ応力 (MPa)

内は商業機密のため、非公開とします。

b. 一次+二次応力

(a) 下部端板と胴の径方向熱膨張差による応力

下部端板と胴の径方向熱膨張差に基づく熱荷重により下部端板の周方向及び径方向に発生する応力は、下部端板及び胴を組合せ円筒として各々下式で計算する。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{\text{TH}\theta} &= P_{\text{THr}} \cdot \frac{a_1^2 + b_1^2}{a_1^2 - b_1^2} \\ \sigma_{\text{THr}} &= -P_{\text{THr}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.4)$$

$$\text{ただし, } P_{\text{THr}} = \frac{a_2 - b_1}{\frac{b_1}{E_1} \left(\frac{a_1^2 + b_1^2}{a_1^2 - b_1^2} + \nu_1 \right) + \frac{a_2}{E_2} \left(\frac{a_2^2 + b_2^2}{a_2^2 - b_2^2} - \nu_2 \right)} \dots\dots\dots (2.5)$$

ここで、

- $\sigma_{\text{TH}\theta}$: 熱荷重による下部端板の周方向応力 (MPa)
- σ_{THr} : 熱荷重による下部端板の径方向応力 (MPa)
- P_{THr} : 熱荷重による下部端板付け根の径方向圧力 (MPa)
- a_1 : 胴による拘束がない場合の熱膨張後の下部端板の外半径 (mm)
 $a_1 = R_{O1} \cdot (1 + \alpha_1 \cdot \Delta T_1)$
- b_1 : 胴による拘束がない場合の熱膨張後の下部端板の内半径 (mm)
 $b_1 = R_{I1} \cdot (1 + \alpha_1 \cdot \Delta T_1)$
- a_2 : 下部端板による拘束がない場合の熱膨張後の胴の外半径 (mm)
 $a_2 = R_{O2} \cdot (1 + \alpha_2 \cdot \Delta T_2)$
- b_2 : 下部端板による拘束がない場合の熱膨張後の胴の内半径 (mm)
 $b_2 = R_{I2} \cdot (1 + \alpha_2 \cdot \Delta T_2)$
- R_{O1} : 下部端板の外半径 (=1241 mm)
- R_{I1} : 下部端板の内半径 (=1078 mm)
- R_{O2} : 胴の外半径 (=1078 mm)
- R_{I2} : 胴の内半径 (=832 mm)
- α_1 : 外筒・端板の 120 °C における平均熱膨張係数
 (=11.27 × 10⁻⁶ mm / (mm · °C))
- α_2 : 胴の 150 °C における平均熱膨張係数 (=11.28 × 10⁻⁶ mm / (mm · °C))
- ΔT_1 : 外筒・端板の常温との温度差 (=120 - 20 = 100 °C)
- ΔT_2 : 胴の常温との温度差 (=150 - 20 = 130 °C)
- E_1 : 外筒・端板の 120 °C における縦弾性係数 (=196 × 10³ MPa)
- E_2 : 胴の 150 °C における縦弾性係数 (=195 × 10³ MPa)
- ν_1 : 外筒・端板のポアソン比 (=0.3)
- ν_2 : 胴のポアソン比 (=0.3)

(b) 外筒と胴の軸方向熱膨張差による端板のせん断応力

外筒は、端板及び伝熱フィンを介し、厚肉で強固な胴に溶接で固定されており、胴と外筒の軸方向熱膨張差により軸方向の熱荷重が発生する。当該熱荷重は、伝熱フィンを見做し、胴と外筒を一様断面の組合せ棒として計算する。当該熱荷重に基づき下部端板に発生するせん断応力は、次式で計算する。

なお、当該せん断応力は、(2.1) 式で計算する貯蔵架台への衝突時に下部端板に発生するせん断応力とは逆向きとなるため、便宜的に負符号をつけて表している。

$$\left. \begin{aligned} \tau_{THz} &= -\frac{F_{THz}}{\pi D_d t_b} \\ F_{THz} &= \frac{E_1 A_1 (\alpha_2 \Delta T_2 - \alpha_1 \Delta T_1)}{1 + \frac{E_1 A_1}{E_2 A_2}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2.6)$$

ここで、

- τ_{THz} : 熱荷重によるせん断応力 (軸方向のせん断応力) (MPa)
- F_{THz} : 外筒と胴の軸方向熱膨張差による熱荷重 (N)
- D_d : 胴の外径 (=2156 mm)
- t_b : 下部端板の板厚 (=25 mm)
- E_1 : 外筒・端板の 120 °Cにおける縦弾性係数 (=196×10³ MPa)
- E_2 : 胴の 150 °Cにおける縦弾性係数 (=195×10³ MPa)
- A_1 : 外筒の水平方向面積 (mm²)
 $A_1 = \pi \cdot (R_{O0}^2 - R_{I0}^2)$
- A_2 : 胴の水平方向断面積 (mm²)
 $A_2 = \pi \cdot (R_{O2}^2 - R_{I2}^2)$
- R_{O0} : 外筒の外半径 (=1241 mm)
- R_{I0} : 外筒の内半径 (=1221 mm)
- R_{O2} : 胴の外半径 (=1078 mm)
- R_{I2} : 胴の内半径 (=832 mm)
- α_1 : 外筒・端板の 120 °Cにおける平均熱膨張係数
(=11.27×10⁻⁶ mm/(mm・°C))
- α_2 : 胴の 150 °Cにおける平均熱膨張係数 (=11.28×10⁻⁶ mm/(mm・°C))
- ΔT_1 : 外筒・端板の常温との温度差 (=120-20=100 °C)
- ΔT_2 : 胴の常温との温度差 (=150-20=130 °C)

(c) 外筒と胴の軸方向熱膨張差による外筒の引張応力

外筒と胴の軸方向熱膨張差による熱荷重に基づき外筒の軸方向に引張応力が発生する。当該引張応力は、次式で計算する。

$$\sigma_{THz} = \frac{F_{THz}}{A_1} \dots\dots\dots (2.7)$$

ここで、

σ_{THz} : 熱荷重による外筒軸方向の引張応力 (MPa)

F_{THz} : 外筒と胴の軸方向熱膨張差による熱荷重 (N) ((2.6) 式による。)

A_1 : 外筒の水平方向断面積 (mm²)
 $A_1 = \pi \cdot (R_{O0}^2 - R_{I0}^2)$

R_{O0} : 外筒の外半径 (=1241 mm)

R_{I0} : 外筒の内半径 (=1221 mm)

(3) 計算結果

貯蔵架台への衝突時における外筒に発生する応力の計算条件及び計算結果を表 2-1, 表 2-2 及び表 2-3 に示す。

2.2.2 貯蔵時 (S_d *地震力が作用する場合)

(1) 荷重条件

貯蔵時において、 S_d *地震力が作用する場合の荷重は、次に示す組合せとする。
荷重の方向を図 2-1 に示す。

- ・内圧
- ・地震力
- ・自重

(2) 計算方法

a. 一次応力

(a) 鉛直方向地震荷重によるせん断応力

鉛直方向地震荷重による応力評価位置①のせん断応力は、(2.1) 式で計算する。

ここで、

τ_{rz} : せん断応力 (MPa)

$$\tau_{rz} = \tau$$

τ : せん断応力 (MPa)

m_{all} : 外筒, 端板, 伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の総質量
(=15500 kg)

G_2 : 鉛直方向加速度 (m/s^2)
 $G_2 = (1 + C_v) \cdot G$

C_v : 鉛直方向設計震度 (=0.87)

G : 重力加速度 (=9.80665 m/s^2)

D_d : 胴外径 (=2156 mm)

t_b : 下部端板の板厚 (=25 mm)

(b) 中性子遮蔽材充填部内圧による曲げ応力

中性子遮蔽材充填部内圧による応力評価位置①の曲げ応力は、(2.2) 式で計算する。

(c) 中性子遮蔽材充填部内圧及び水平方向地震荷重による曲げ応力

外筒を伝熱フィンに区切られる幅ごとに考えると、外筒内面には水平方向地震力による中性子遮蔽材の慣性力が作用する。また、中性子遮蔽材充填部内圧も同時に作用する。このとき、外筒の伝熱フィン結合部の端点（応力評価位置②）には曲げ応力が作用するので、(2.2) 式で計算する。

ここで、

- $\sigma_{b\theta}$: 外筒の周方向曲げ応力 (MPa)
 $\sigma_{b\theta} = \sigma_b$
- σ_b : 長方形板に生じる最大曲げ応力 (MPa)
- β : 長方形板の最大応力の係数 (-)
 $\beta = \beta_2$
- β_2 : 外筒の伝熱フィン一区画の縦横比を考慮した値 (=0.5⁽¹⁾)
- P : 圧力 (MPa)
 $P = p_1 + p_2$
- p_1 : 中性子遮蔽材充填部内圧 (= MPa)
- p_2 : 中性子遮蔽材及び外筒の慣性力による分布荷重 (MPa)
 $p_2 = m_f \cdot G_1 / A_s$
- m_f : 伝熱フィン一区間当たりの中性子遮蔽材と外筒の質量 (=510 kg)
- G_1 : 水平方向加速度 (m/s²)
 $G_1 = C_H \cdot G$
- C_H : 水平方向設計震度 (=1.40)
- G : 重力加速度 (=9.80665 m/s²)
- A_s : 長方形板の面積 (mm²)
 $A_s = A_o$
- A_o : 伝熱フィン一区間当たりの外筒の面積 (= mm²)
- a : 長方形板の一辺の長さ (mm)
 $a = a_f$
- a_f : 最大の伝熱フィンピッチ幅 (= mm)
- t : 板厚 (mm)
 $t = t_o$
- t_o : 外筒の板厚 (=20 mm)

内は商業機密のため、非公開とします。

b. 一次+二次応力

(a) せん断応力

短期繰返し荷重 (S_d *地震力) のみによる応力評価位置①におけるせん断応力の全振幅は, (2.1) 式で求まるせん断応力の2倍とする。ここで,

- τ : せん断応力 (MPa)
 m_{a11} : 外筒, 端板, 伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の総質量
(=15500 kg)
 G_2 : 鉛直方向加速度 (m/s^2)
 $G_2 = C_V \cdot G$
 C_V : 鉛直方向設計震度 (=0.87)
 G : 重力加速度 (=9.80665 m/s^2)
 D_d : 胴外径 (=2156 mm)
 t_b : 下部端板の板厚 (=25 mm)

(b) 曲げ応力

短期繰返し荷重 (S_d *地震力) のみによる応力評価位置②における曲げ応力の全振幅は, (2.2) 式で求まる曲げ応力の2倍とする。ここで,

- σ_b : 長方形板に生じる最大曲げ応力 (MPa)
 β : 長方形板の最大応力の係数 (-)
 $\beta = \beta_2$
 β_2 : 外筒の伝熱フィン一区画の縦横比を考慮した値 (=0.5⁽¹⁾)
 P : 圧力 (MPa)
 $P = p_2$
 p_2 : 中性子遮蔽材及び外筒の慣性力による分布荷重 (MPa)
 $p_2 = m_f \cdot G_1 / A_s$
 m_f : 伝熱フィン一区間当たりの中性子遮蔽材と外筒の質量 (=510 kg)
 G_1 : 水平方向加速度 (m/s^2)
 $G_1 = C_H \cdot G$
 C_H : 水平方向設計震度 (=1.40)
 G : 重力加速度 (=9.80665 m/s^2)
 A_s : 長方形板の面積 (mm^2)
 $A_s = A_0$
 A_0 : 伝熱フィン一区間当たりの外筒の面積 (= mm^2)
 a : 長方形板の一辺の長さ (mm)
 $a = a_f$
 a_f : 最大の伝熱フィンピッチ幅 (= mm)
 t : 板厚 (mm)
 $t = t_0$
 t_0 : 外筒の板厚 (=20 mm)

内は商業機密のため, 非公開とします。

(3) 計算結果

貯蔵時 (S_d^* 地震力が作用する場合) における外筒の一次応力及び一次+二次応力の計算条件と計算結果を各々表 2-4 及び表 2-5 に示す。

2.2.3 貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合)

(1) 荷重条件

貯蔵時において、 S_s 地震力が作用する場合の荷重条件は、 S_s 地震力と S_d^* 地震力を同じとしているため、2.2.2(1)項と同じである。

(2) 計算方法

計算方法は、2.2.2(2)項と同じである。

(3) 計算結果

貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合) における外筒の一次応力及び一次+二次応力の計算条件と計算結果は、2.2.2(3)項と同じである。

2.3 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力計算

2.3.1 最高使用圧力時

(1) 荷重条件

蓋部中性子遮蔽材カバーの最高使用圧力時の荷重は、次に示す組合せとする。

- ・圧力
- ・自重

(2) 計算方法

a. 一次応力

蓋部中性子遮蔽材カバーには、一次蓋と二次蓋間に封入されるヘリウムガスの圧力が作用するので、この最高使用圧力に対する応力を評価する。一次蓋の中性子遮蔽材充填部には、図 1-2 に示すようにリブが設けられており、蓋間圧力が作用する場合には、このリブと周辺固定部（溶接部）で蓋部中性子遮蔽材カバーの荷重を支持する構造となっている。

ここでは、十字に交差するリブと周辺固定部で形成される四半円形状に着目し、蓋部中性子遮蔽材カバーの半径を一辺とする正方形の板に圧力が作用するモデルを考える。四辺は対称条件もしくは溶接により固定されるため、四辺固定条件となる。四辺固定の正方形の板において、等分布荷重が作用するときの最大曲げ応力は固定辺中央に生じ、(2.2)式で計算する。ここで、

$\sigma_{b\theta}$: 蓋部中性子遮蔽材カバーの最大曲げ応力（周方向）(MPa)

$$\sigma_{b\theta} = \sigma_b$$

σ_b : 長方形板に生じる最大曲げ応力 (MPa)

β : 長方形板の最大応力の係数 (-)

$$\beta = \beta_3$$

β_3 : 正方形板の最大応力の係数 (=0.32⁽¹⁾)

P : 圧力 (MPa)

$$P = p_3 + p_4$$

p_3 : 蓋部中性子遮蔽材カバーの最高使用圧力 (=0.4 MPa)

p_4 : 蓋部中性子遮蔽材カバーの自重による分布荷重 (MPa)

$$p_4 = \rho_s \cdot t_L \cdot G$$

ρ_s : ステンレス鋼 (SUS304) の基本質量 (=7.93×10⁻⁶ kg/mm/mm²)

G : 重力加速度 (=9.80665 m/s²)

a : 長方形板の一辺の長さ (mm)

$$a = a_c$$

a_c : 正方形板一辺の長さ（蓋部中性子遮蔽材カバーの半径）(=787.5 mm)

t : 板厚 (mm)

$$t = t_L$$

t_L : 蓋部中性子遮蔽材カバーの板厚 (=40 mm)

(3) 計算結果

最高使用圧力時の蓋部中性子遮蔽材カバーにおける一次応力の計算条件と計算結果を表 2-6 に示す。

3. 応力の評価

3.1 外筒の応力評価

3.1.1 一次応力の評価

各供用状態における一次応力の評価を表 3-1, 表 3-2 及び表 3-3 に示す。

表 3-1, 表 3-2 及び表 3-3 により, 各供用状態の一次応力は, 金属キャスク構造規格 MCD-3721 の規定を満足する。

3.1.2 一次+二次応力の評価

各供用状態における一次+二次応力の評価を表 3-1, 表 3-2 及び表 3-3 に示す。

表 3-1, 表 3-2 及び表 3-3 により, 各供用状態の一次+二次応力は, 金属キャスク構造規格 MCD-3722 の規定を満足する。

3.2 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価

蓋部中性子遮蔽材カバーの応力評価を表 3-4 に示す。

表 3-4 により, 最高使用圧力時の応力計算値は許容応力を満足し, 想定する圧力に対して十分な強度を有する。

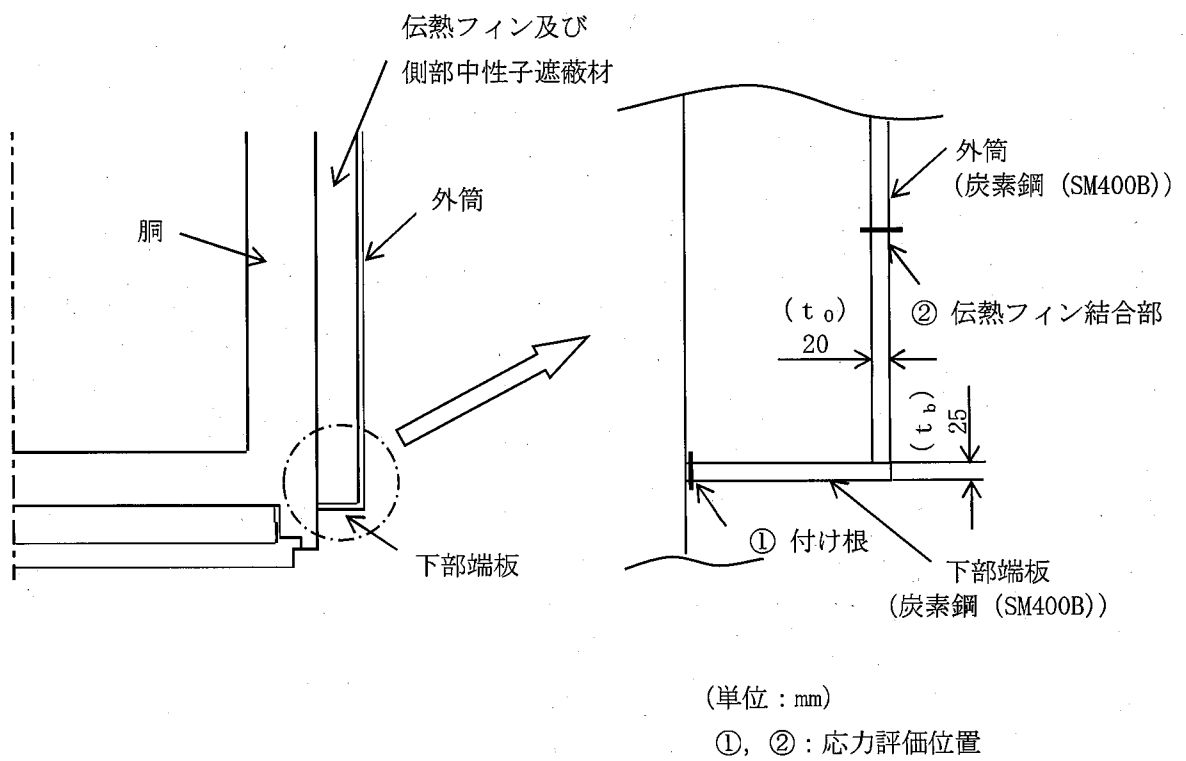
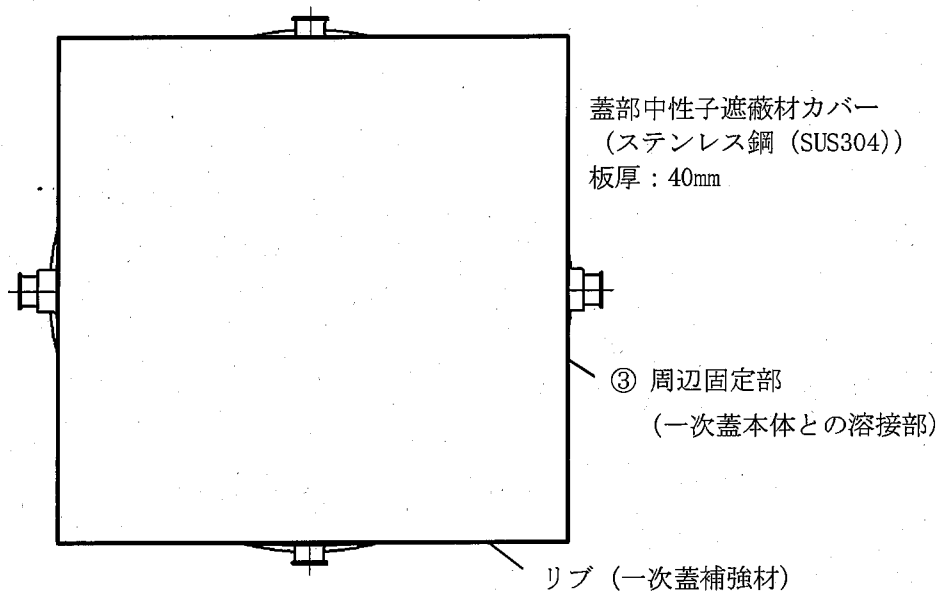


図 1-1 外筒の形状・寸法・材料・応力評価位置



③ : 応力評価位置

図 1-2 蓋部中性子遮蔽材カバーの形状・寸法・材料・応力評価位置

□ 内は商業機密のため、非公開とします。

(1) 貯蔵架台への衝突時の衝撃加速度：

・鉛直方向加速度： $G_2=5G$ (G ：重力加速度 ($=9.80665 \text{ m/s}^2$))

(2) 貯蔵時 (S_d *地震力が作用する場合) 又は

貯蔵時 (S_s 地震力が作用する場合) の加速度：

・水平方向加速度： $G_1=1.40G$

・鉛直方向加速度： $G_2=(1+0.87) \cdot G$

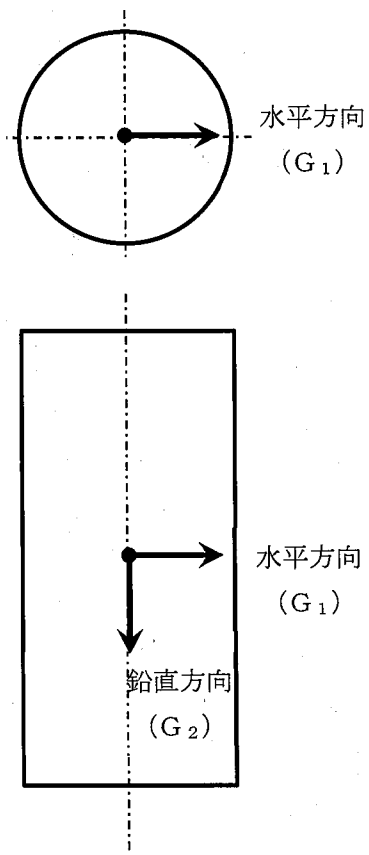


図 2-1 各代表事象における荷重の方向

表 2-1 外筒の一次応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵架台への衝突時) (1/2)

項目	記号	数値	単位
外筒, 端板, 伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の総質量	m_{all}	15500	kg
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
鉛直方向加速度	G_2	5 G	m/s^2
胴外径	D_d	2156	mm
板厚 ($t = t_b$)	t	25	mm
下部端板の板厚	t_b	25	mm
長方形板の最大応力の係数 ($\beta = \beta_1$)	β	0.5	—
長方形板の最大応力の係数 (下部端板の伝熱フィン区画の縦横比を考慮した値)	β_1	0.5	—
圧力 ($P = p_1$)	P		MPa
中性子遮蔽材充填部内圧	p_1		MPa
長方形板の一辺の長さ ($a = a_f$)	a		mm
最大の伝熱フィンピッチ幅	a_f		mm
せん断応力 (応力評価位置①)	τ_{rz}		5^{*1}
曲げ応力 (応力評価位置①)	σ_{br}	39^{*1}	MPa
組合せ応力 (応力評価位置①)	σ_T	39^{*1}	MPa

注記*1: 計算は, 桁数処理前の数値を使用

内は商業機密のため, 非公開とします。

表 2-1 外筒の一次応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵架台への衝突時) (2/2)

項目	記号	数値	単位
長方形板の最大応力の係数 ($\beta = \beta_2$)	β	0.5	—
長方形板の最大応力の係数 (外筒の伝熱フィン区画の縦横比を考慮した値)	β_2	0.5	—
圧力 ($P = p_1$)	P		MPa
中性子遮蔽材充填部内圧	p_1		MPa
長方形板の一辺の長さ ($a = a_f$)	a		mm
最大の伝熱フィンピッチ幅	a_f		mm
板厚 ($t = t_o$)	t	20	mm
外筒の板厚	t_o	20	mm
曲げ応力 (応力評価位置②)	$\sigma_{b\theta}$	60*1	MPa

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

内は商業機密のため、非公開とします。

表 2-2 外筒の熱荷重による応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵架台への衝突時) (1/3)

項目	記号	数値	単位
下部端板の外半径	R_{O1}	1241	mm
下部端板の内半径	R_{I1}	1078	mm
胴の外半径	R_{O2}	1078	mm
胴の内半径	R_{I2}	832	mm
外筒・端板の 120 °Cにおける平均熱膨張係数	α_1	11.27×10^{-6}	mm/ (mm・°C)
胴の 150 °Cにおける平均熱膨張係数	α_2	11.28×10^{-6}	mm/ (mm・°C)
外筒・端板の常温との温度差	ΔT_1	100	°C
胴の常温との温度差	ΔT_2	130	°C
胴による拘束がない場合の熱膨張後の下部端板の外半径	a_1	1242 ^{*1}	mm
胴による拘束がない場合の熱膨張後の下部端板の内半径	b_1	1079 ^{*1}	mm
下部端板による拘束がない場合の熱膨張後の胴の外半径	a_2	1080 ^{*1}	mm
下部端板による拘束がない場合の熱膨張後の胴の内半径	b_2	833 ^{*1}	mm
外筒・端板の 120 °Cにおける縦弾性係数	E_1	196×10^3	MPa
胴の 150 °Cにおける縦弾性係数	E_2	195×10^3	MPa
外筒・端板のポアソン比	ν_1	0.3	—
胴のポアソン比	ν_2	0.3	—
熱荷重による下部端板付け根の径方向圧力	P_{THr}	5.978 ^{*2}	MPa
熱荷重による周方向応力 (応力評価位置①)	$\sigma_{TH\theta}$	43 ^{*2}	MPa
熱荷重による径方向応力 (応力評価位置①)	σ_{THr}	-6 ^{*2}	MPa

注記*1: この数値を使用する計算は、桁数処理前の数値を適用

*2: 計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-2 外筒の熱荷重による応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵架台への衝突時) (2/3)

項目	記号	数値	単位
胴の外径	D_d	2156	mm
下部端板の板厚	t_b	25	mm
外筒の外半径	R_{O0}	1241	mm
外筒の内半径	R_{I0}	1221	mm
胴の外半径	R_{O2}	1078	mm
胴の内半径	R_{I2}	832	mm
外筒・端板の 120 °Cにおける平均熱膨張係数	α_1	11.27×10^{-6}	mm/ (mm·°C)
胴の 150 °Cにおける平均熱膨張係数	α_2	11.28×10^{-6}	mm/ (mm·°C)
外筒・端板の常温との温度差	ΔT_1	100	°C
胴の常温との温度差	ΔT_2	-130	°C
外筒・端板の 120 °Cにおける縦弾性係数	E_1	196×10^3	MPa
胴の 150 °Cにおける縦弾性係数	E_2	195×10^3	MPa
外筒の水平方向断面積	A_1	1.547×10^5	mm ²
胴の水平方向断面積	A_2	1.476×10^6	mm ²
外筒と胴の軸方向熱膨張差による熱荷重	F_{THz}	9.310×10^6	N
熱荷重によるせん断応力 (応力評価位置①)	τ_{THz}	-55*1	MPa

注記*1: 計算は, 桁数処理前の数値を使用

表 2-2 外筒の熱荷重による応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵架台への衝突時) (3/3)

項目	記号	数値	単位
外筒の外半径	R_{O0}	1241	mm
外筒の内半径	R_{I0}	1221	mm
胴の外半径	R_{O2}	1078	mm
胴の内半径	R_{I2}	832	mm
外筒・端板の 120 °Cにおける平均熱膨張係数	α_1	11.27×10^{-6}	mm/ (mm·°C)
胴の 150 °Cにおける平均熱膨張係数	α_2	11.28×10^{-6}	mm/ (mm·°C)
外筒・端板の常温との温度差	ΔT_1	100	°C
胴の常温との温度差	ΔT_2	130	°C
外筒・端板の 120 °Cにおける縦弾性係数	E_1	196×10^3	MPa
胴の 150 °Cにおける縦弾性係数	E_2	195×10^3	MPa
外筒の水平方向断面積	A_1	1.547×10^5	mm ²
胴の水平方向断面積	A_2	1.476×10^6	mm ²
外筒と胴の軸方向熱膨張差による熱荷重	F_{THz}	9.310×10^6	N
熱荷重による軸方向応力 (応力評価位置②)	σ_{THz}	61*1	MPa

注記*1 : 計算は、桁数処理前の数値を使用

表 2-3 外筒の一次+二次応力の計算条件及び計算結果
(貯蔵架台への衝突時)

(単位：MPa)

応力 評価 位置	応力 分類	項目	記号	数値*1
①	一次 応力	貯蔵架台への衝突時の鉛直方向衝撃荷重によるせん断応力	τ_{rz}	5
		中性子遮蔽材充填部内圧による曲げ応力	σ_{br}	39
	二次 応力	熱荷重によるせん断応力	τ_{THz}	-55
		熱荷重による周方向応力	$\sigma_{TH\theta}$	43
		熱荷重による径方向応力	σ_{THr}	-6
	一次 + 二次 応力	せん断応力	τ^{*2}	51*3
		引張応力 (周方向)	$\sigma_{TH\theta}$	43
		圧縮応力 (径方向)	σ_{THr}	6*3
		曲げ応力 (径方向)	σ_{br}	39
	②	一次 応力	中性子遮蔽材充填部内圧による曲げ応力	$\sigma_{b\theta}$
二次 応力		熱荷重による引張応力 (軸方向)	σ_{THz}	61
一次 + 二次 応力		引張応力 (軸方向)	σ_{THz}	61
		曲げ応力 (周方向)	$\sigma_{b\theta}$	60

注記*1：計算は、桁数処理前の数値を使用

*2： $\tau = \tau_{rz} + \tau_{THz}$

*3：絶対値を表す。

表 2-4 外筒の一次応力の計算条件及び計算結果
 (S_d*地震力又はS_s地震力が作用する場合) (1/2)

項目	記号	数値	単位
外筒, 端板, 伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の総質量	m _{all}	15500	kg
鉛直方向設計震度	C _v	0.87	—
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
鉛直方向加速度	G _z	1.87G	m/s ²
胴外径	D _d	2156	mm
板厚 (t = t _b)	t	25	mm
下部端板の板厚	t _b	25	mm
長方形板の最大応力の係数 (β = β ₁)	β	0.5	—
長方形板の最大応力の係数 (下部端板の伝熱フィン一区画の縦横比を考慮した値)	β ₁	0.5	—
圧力 (P = p ₁)	P	□	MPa
中性子遮蔽材充填部内圧	p ₁		MPa
長方形板の一辺の長さ (a = a _f)	a		mm
最大の伝熱フィンピッチ幅	a _f		mm
せん断応力 (応力評価位置①)	τ _{rz}	2* ¹	MPa
曲げ応力 (応力評価位置①)	σ _{br}	39* ¹	MPa
組合せ応力 (応力評価位置①)	σ _T	39* ¹	MPa

注記*1: 計算は, 桁数処理前の数値を使用

□ 内は商業機密のため, 非公開とします。

表 2-4 外筒の一次応力の計算条件及び計算結果
 (S_d*地震力又はS_s地震力が作用する場合) (2/2)

項目	記号	数値	単位
長方形板の最大応力の係数 ($\beta = \beta_2$)	β	0.5	—
長方形板の最大応力の係数 (外筒の伝熱フィン一区画の縦横比を考慮した値)	β_2	0.5	—
圧力 ($P = p_1 + p_2$)	P		MPa
中性子遮蔽材充填部内圧	p_1		MPa
中性子遮蔽材及び外筒の慣性力による分布荷重 ($p_2 = m_f \cdot G_1 / A_s$)	p_2	5.370×10^{-3}	MPa
伝熱フィン一区間当たりの中性子遮蔽材と外筒の質量	m_f	510	kg
水平方向加速度	G_1	1.40G	m/s ²
水平方向設計震度	C_H	1.40	—
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
長方形板の面積 ($A_s = A_o$)	A_s		mm ²
伝熱フィン一区間当たりの外筒の面積	A_o		mm ²
長方形の一辺の長さ ($a = a_f$)	a		mm
最大の伝熱フィンピッチ幅	a_f		mm
板厚 ($t = t_o$)	t	20	mm
外筒の板厚	t_o	20	mm
曲げ応力 (応力評価位置②)	$\sigma_{b\theta}$	61* ¹	MPa

注記*1: 計算は、桁数処理前の数値を使用

□ 内は商業機密のため、非公開とします。

表 2-5 外筒の一次+二次応力の計算条件及び計算結果
 (S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合) (1/2)

項目	記号	数値	単位
外筒, 端板, 伝熱フィン及び側部中性子遮蔽材の総質量	m_{all}	15500	kg
鉛直方向加速度	G_z	0.87G	m/s^2
鉛直方向設計震度	C_v	0.87	—
重力加速度	G	9.80665	m/s^2
胴外径	D_d	2156	mm
板厚 ($t = t_b$)	t	25	mm
下部端板の板厚	t_b	25	mm
せん断応力 (応力評価位置①)	τ	1* ¹	MPa
せん断応力の全振幅 (応力評価位置①)	2τ	2* ¹	MPa

注記*1: 計算は, 桁数処理前の数値を使用

表 2-5 外筒の一次+二次応力の計算条件及び計算結果

(S_d *地震力又は S_s 地震力が作用する場合) (2/2)

項目	記号	数値	単位
長方形板の最大応力の係数 ($\beta = \beta_2$)	β	0.5	—
長方形板の最大応力の係数 (外筒の伝熱フィン一区画の縦横比を考慮した値)	β_2	0.5	—
圧力 ($P = p_2$)	P	5.370×10^{-3}	MPa
中性子遮蔽材及び外筒の慣性力による分布荷重 ($p_2 = m_f \cdot G_1 / A_s$)	p_2	5.370×10^{-3}	MPa
伝熱フィン一区間当たりの中性子遮蔽材と外筒の質量	m_f	510	kg
水平方向加速度	G_1	1.40G	m/s ²
水平方向設計震度	C_H	1.40	—
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
長方形板の面積 ($A_s = A_o$)	A_s	□	mm ²
伝熱フィン一区間当たりの外筒の面積	A_o		mm ²
長方形板の一辺の長さ ($a = a_f$)	a		mm
最大の伝熱フィンピッチ幅	a_f		mm
板厚 ($t = t_o$)	t	20	mm
外筒の板厚	t_o	20	mm
曲げ応力 (応力評価位置②)	σ_b	1*1	MPa
曲げ応力の全振幅 (応力評価位置②)	$2\sigma_b$	1*1	MPa

注記*1: 計算は、桁数処理前の数値を使用

□ 内は商業機密のため、非公開とします。

表 2-6 蓋部中性子遮蔽材カバーの一次応力の計算条件及び計算結果

項目	記号	数値	単位
長方形板の最大応力の係数 ($\beta = \beta_3$)	β	0.32	—
正方形板の最大応力の係数 (蓋部中性子遮蔽材カバーの四半円形状の模擬)	β_3	0.32	—
圧力 ($P = p_3 + p_4$)	P	4.031×10^{-1}	MPa
蓋部中性子遮蔽材カバーの最高使用圧力 (蓋間 He ガス充填圧力)	p_3	0.4	MPa
蓋部中性子遮蔽材カバーの自重による分布荷重 ($p_4 = \rho_s \cdot t_L \cdot G$)	p_4	3.111×10^{-3}	MPa
ステンレス鋼 (SUS304) の基本質量	ρ_s	7.93×10^{-6}	kg/mm/mm ²
蓋部中性子遮蔽材カバーの板厚	t_L	40	mm
重力加速度	G	9.80665	m/s ²
長方形板の一辺の長さ ($a = a_c$)	a	787.5	mm
正方形板の一辺の長さ (蓋部中性子遮蔽材カバー半径)	a_c	787.5	mm
板厚 ($t = t_L$)	t	40	mm
曲げ応力 (応力評価位置③)	$\sigma_{b\theta}$	50* ¹	MPa

注記*1: 計算は, 桁数処理前の数値を使用

表 3-1 外筒の応力計算値と許容応力
(供用状態 A 及び B)

(単位 : MPa)

応力評価位置	応力の種類		貯蔵架台への衝突時	
			応力計算値	許容応力
①	一次応力	引張応力	—	—
		圧縮応力	—	—
		せん断応力	5	79
		曲げ応力	39	137
		支圧応力	—	—
		組合せ応力	39	137
	一次＋二次応力	引張・圧縮応力	43	412
		せん断応力	51	238
		曲げ応力	39	412
		支圧応力	—	—
		座屈応力	—	—
②	一次応力	引張応力	—	—
		圧縮応力	—	—
		せん断応力	—	—
		曲げ応力	60	137
		支圧応力	—	—
		組合せ応力	—	—
	一次＋二次応力	引張・圧縮応力	61	412
		せん断応力	—	—
		曲げ応力	60	412
		支圧応力	—	—
		座屈応力	—	—

表 3-2 外筒の応力計算値と許容応力
(供用状態 C_s)

(単位 : MPa)

応力評価位置	応力の種類	貯蔵時 (S _d *地震力が作用する場合)		
		応力計算値	許容応力	
①	一次応力	引張応力	—	—
		圧縮応力	—	—
		せん断応力	2	119
		曲げ応力	39	206
		支圧応力	—	—
		組合せ応力	39	206
	一次+二次応力	引張・圧縮応力	—	—
		せん断応力	2	238
		曲げ応力	—	—
		支圧応力	—	—
		座屈応力	—	—
②	一次応力	引張応力	—	—
		圧縮応力	—	—
		せん断応力	—	—
		曲げ応力	61	206
		支圧応力	—	—
		組合せ応力	—	—
	一次+二次応力	引張・圧縮応力	—	—
		せん断応力	—	—
		曲げ応力	1	412
		支圧応力	—	—
座屈応力		—	—	

表 3-3 外筒の応力計算値と許容応力
(供用状態D_s)

(単位：MPa)

応力評価位置	応力の種類	貯蔵時 (S _s 地震力が作用する場合)		
		応力計算値	許容応力	
①	一次応力	引張応力	—	—
		圧縮応力	—	—
		せん断応力	2	142
		曲げ応力	39	247
		支圧応力	—	—
		組合せ応力	39	247
	一次＋二次応力	引張・圧縮応力	—	—
		せん断応力	2	238
		曲げ応力	—	—
		支圧応力	—	—
		座屈応力	—	—
②	一次応力	引張応力	—	—
		圧縮応力	—	—
		せん断応力	—	—
		曲げ応力	61	247
		支圧応力	—	—
		組合せ応力	—	—
	一次＋二次応力	引張・圧縮応力	—	—
		せん断応力	—	—
		曲げ応力	1	412
		支圧応力	—	—
	座屈応力	—	—	

表 3-4 蓋部中性子遮蔽材カバーの応力計算値と許容応力

(単位：MPa)

応力評価位置	応力の種類		最高使用圧力時	
			応力計算値	許容応力
③	一次応力	曲げ応力	50	117

資料 5

ほう素添加ステンレス鋼に関する補足説明

資料 5-1

ほう素添加ステンレス鋼に関する補足説明 1

目 次

1. 概要	1
2. 適用範囲	2
3. 材料規定	3
3.1 材料名称	3
3.2 化学成分	3
3.3 設計応力強さ	3
3.4 設計降伏点	3
3.5 設計引張強さ	3
3.6 縦弾性係数	3
3.7 熱膨張係数	3
4. 製造管理規定	7

図表目次

図 4-1	製造フロー	7
図 4-2	品質管理項目	8
表 3-1	材料の規定名称	4
表 3-2	化学成分規定	4
表 3-3	材料の各温度における設計応力強さ S_m	5
表 3-4	材料の各温度における設計降伏点 S_y	5
表 3-5	材料の各温度における設計引張強さ S_u	5
表 3-6	材料の各温度における縦弾性係数	6
表 3-7	材料の各温度における熱膨張係数	6
表 4-1	機械的性質	7

1. 概要

本説明は、HDP-69B(B)型のバスケットプレートに適用するほう素添加ステンレス鋼（B-SUS304P-1）の材料規定及び製造管理規定について説明するものである。

なお、本材料は（社）日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」（以下「金属キャスク構造規格」という。）（事例規格 バスケット用ボロン添加ステンレス鋼板 B-SUS304P-1 に関する規定（FA-CC-004）を含む。）に規定されている。

2. 適用範囲

本材料を HDP-69B(B)型のバスケットプレートに適用するにあたり、本材料及びこれを使用するバスケットは、以下の事項に適合すること。

- (1) 設計貯蔵期間（供用期間）は 60 年以下であること。
- (2) バスケットが収納されるキャスク本体内部には、設計貯蔵期間中ヘリウムガスを封入し、不活性ガス雰囲気維持されていること。
- (3) バスケットは耐圧構造でないこと。
- (4) バスケットは溶接部がない構造とすること。
- (5) 本材料はボルト材として使用しないこと。

3. 材料規定

本規定は、設計貯蔵期間における設計評価に適用する材料規定である。なお、本規定を適用する材料は、4章に示す製造管理規定を満足しなければならない。

3.1 材料名称

材料の規定名称は表 3-1 に示すものであること。

3.2 化学成分

化学成分は表 3-2 に示す百分率の値の範囲内にあること。

3.3 設計応力強さ

設計応力強さは表 3-3 の規定によること。

3.4 設計降伏点

設計降伏点は表 3-4 の規定によること。

3.5 設計引張強さ

設計引張強さは表 3-5 の規定によること。

3.6 縦弾性係数

縦弾性係数は表 3-6 の規定によること。

3.7 熱膨張係数

熱膨張係数は表 3-7 の規定によること。

表 3-1 材料の規定名称

材料の名称	記号
バスケットプレート用材料 ほう素添加ステンレス鋼	B-SUS304P-1

表 3-2 化学成分規定

記号	化学成分 (mass%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	B
B-SUS304P-1	0.08 以下	1.00 以下	2.00 以下	0.040 以下	0.015 以下	8.00 以上 10.50 以下	18.00 以上 20.00 以下	1.00 以上 1.25 以下

表 3-3 材料の各温度における設計応力強さ S_m (MPa)

記号	最小引張強さ (MPa)	最小降伏点 (MPa)	温度 (°C)								
			-25~40	75	100	150	200	225	250	275	300
B-SUS 304P-1	520	255	170	165	159	152	148	147	146	146	145

注) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

表 3-4 材料の各温度における設計降伏点 S_y (MPa)

記号	最小引張強さ (MPa)	最小降伏点 (MPa)	温度 (°C)								
			-25~40	75	100	150	200	225	250	275	300
B-SUS 304P-1	520	255	255	219	216	215	211	208	204	200	197

注) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

表 3-5 材料の各温度における設計引張強さ S_u (MPa)

記号	最小引張強さ (MPa)	最小降伏点 (MPa)	温度 (°C)								
			-25~40	75	100	150	200	225	250	275	300
B-SUS 304P-1	520	255	520	495	477	456	443	440	438	437	436

注) 温度の中間における値は、比例法によって計算する。

表 3-6 材料の各温度における縦弾性係数 (MPa)

記号	温 度 (°C)											
	20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
B-SUS 304P-1	216000	216000	214000	212000	210000	208000	206000	204000	202000	200000	199000	197000

注) 温度の中間における値は, 比例法によって計算する。

表 3-7 材料の各温度における熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/(mm \cdot °C))

記号	区分	温 度 (°C)											
		20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300
B-SUS 304P-1	A	15.22	15.78	16.22	16.61	16.96	17.28	17.56	17.80	18.01	18.17	18.30	18.39
	B	15.22	15.52	15.88	16.24	16.24	16.24	16.43	16.63	16.83	17.02	17.12	17.22

注) 温度の中間における値は, 比例法によって計算する。区分 A は瞬時熱膨張係数, B は室温からその温度までの平均熱膨張係数を表す。

4. 製造管理規定

本規定は、製造管理に係る規定である。

- (1) 化学成分は、表 3-2 に示す百分率の値の範囲内にあること。
- (2) 材料の製造は図 4-1 に示す製造フローに従い、圧延により製造したものであること。
- (3) 材料は圧延後、固溶化熱処理を行うこと。
- (4) 機械的性質は、表 4-1 に示す値に適合すること。
- (5) 本材料は板厚 5～14mm の範囲で使用すること。寸法許容差は、熱間圧延の場合は「熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」(JIS G 4304(2005))、冷間圧延の場合は「冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」(JIS G 4305(2005))によるものとする。
- (6) 本材料の各製造段階で実施する品質管理項目を図 4-2 に示す。

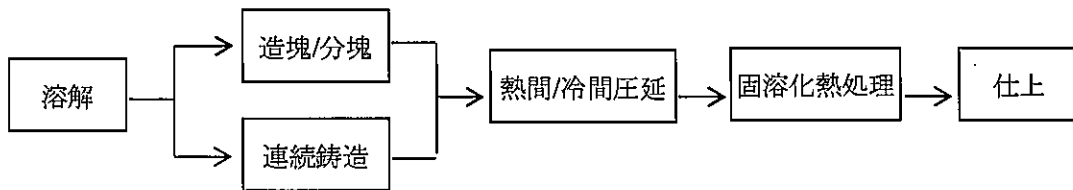
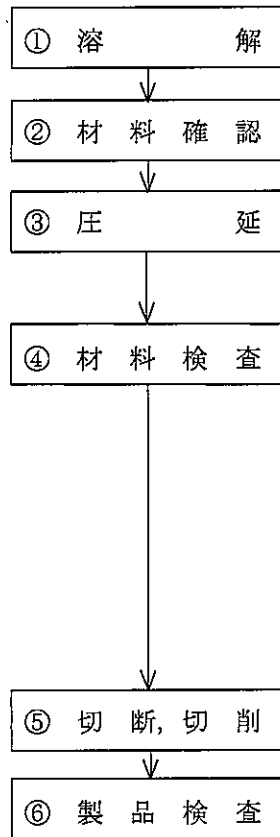


図 4-1 製造フロー

表 4-1 機械的性質

記号	引張試験		
	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)
B-SUS 304P-1	520 以上	255 以上	10 以上



- 溶鋼分析による化学成分の確認

- 機械試験による強度特性の確認
- 外観検査
- 寸法検査
- ミクロ試験(金属組織写真)によるほう素の分散性を確認(ミクロ)
- ほう素濃度分析試験によるほう素均一性の確認(マクロ)

- 寸法検査
- 外観検査

図 4-2 品質管理項目

資料 5-2

ほう素添加ステンレス鋼に関する補足説明 2

目 次

1. 材料の用途	1
1.1 用途	1
2. 材料の仕様	1
2.1 適合規格	1
2.2 化学成分	1
2.3 機械的性質	2
2.4 寸法制限及び寸法許容差	6
3. 使用条件	6
3.1 適用範囲	6
3.2 温度範囲	6
4. 特徴及び使用上の留意事項	6
4.1 特徴	6
4.2 特許及びライセンス	6
5. 製造工程及び製造条件	7
5.1 製造方法	7
5.2 熱処理	7
5.3 品質管理	7
6. 化学成分	8
7. マクロ及びミクロ組織	9
8. 実用試験	13
9. 加工性及び加工条件	13
10. 機械的性質	13
10.1 引張特性	13
10.2 靱性	14
10.3 硬さ（参考）	19
11. 高温及び低温引張特性	20
11.1 高温引張特性	20
11.2 低温引張特性	21
12. クリープ特性及びクリープ破断特性	22
13. 靱性（時効後）	22
14. 耐食性	22
15. 設計降伏点	23
16. 設計引張強さ	24
17. 設計応力強さ	25
18. 設計引張応力	25

19. 疲労	25
20. その他特性	26
20.1 熱膨張係数	26
20.2 熱伝導率	27
20.3 温度伝導率	28
20.4 縦弾性係数	28
20.5 ポアソン比	29
21. 照射影響	30
22. 引用文献	31

図表目次

図 2-1	0.2%耐力の正規確率プロット	4
図 2-2	引張強さの正規確率プロット	5
図 5-1	製造フロー	7
図 5-2	品質管理項目	7
図 7-1	マクロ観察結果の例 (標本 7)	9
図 7-2	EPMA 分析結果の例 (標本 7)	12
図 10-1	動的破壊靱性試験における荷重-開口変位線図 (試験片番号 7-2)	16
図 10-2	動的破壊靱性試験における荷重-時間線図 (試験片番号 7-2)	17
図 10-3	動的破壊靱性試験における荷重-開口変位線図 (試験片番号 7-2 を除く。)	18
図 11-1	引張強さの温度依存性	20
図 11-2	0.2%耐力の温度依存性	21
図 11-3	伸びの温度依存性	22
図 15-1	0.2%耐力における $r(T)_y$ のトレンドカーブ	23
図 15-2	各標本データと S_y 設定値	23
図 16-1	引張強さにおける $r(T)_y$ のトレンドカーブ	24
図 16-2	各標本データと S_u 設定値	24
図 20-1	熱膨張係数 (平均) の温度依存性	26
図 20-2	熱伝導率の温度依存性	27
図 20-3	縦弾性係数の温度依存性	28
図 20-4	ポアソン比の温度依存性	29
表 2-1	化学成分仕様	1
表 2-2	機械的性質 (常温)	2
表 2-3	試験データと 1%破損確率値	3
表 6-1	各標本の化学成分と板厚	8
表 6-2	各標本と各試験の対応	8
表 7-1	ミクロ組織観察結果	10
表 10-1	常温における引張特性 (平均値 (n=3))	13
表 10-2	動的破壊靱性試験結果	15
表 10-3	常温における硬度 (Hv)	19
表 15-1	材料の各温度における設計降伏点 S_y	23
表 16-1	材料の各温度における設計引張強さ S_u	24
表 17-1	材料の各温度における設計応力強さ S_m	25
表 20-1	本材料の熱膨張係数	26
表 20-2	本材料の熱伝導率設定値	27

表 20-3	本材料の温度伝導率設定値.....	28
表 20-4	材料の各温度における縦弾性係数.....	28

1. 材料の用途

1.1 用途

本材料は、HDP-69B(B)型の内部に設置される使用済燃料集合体を保持するためのバスケットプレートに適用する。

2. 材料の仕様

2.1 適合規格

(社)日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」(以下「金属キャスク構造規格」という。)事例規格 バスケット用ボロン添加ステンレス鋼板 B-SUS304P-1 に関する規定 (FA-CC-004)

2.2 化学成分

本材料の化学成分仕様は、表 2-1 に規定のとおりである。

表 2-1 化学成分仕様

記号	化学成分 (mass%)							
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	B
B-SUS304P-1	≦0.08	≦1.00	≦2.00	≦0.040	≦0.015	8.00~ 10.50	18.00~ 20.00	1.00~ 1.25
SUS304 (参考)	≦0.08	≦1.00	≦2.00	≦0.045	≦0.030	8.00~ 10.50	18.00~ 20.00	—

2.3 機械的性質

ほう素添加ステンレス鋼は、SUS304 にほう素を添加したものであり、ほう素添加に伴い延性が低下する方向となるが、当該添加量程度では母材である SUS304 と同様に延性挙動を示す材料であり、時効の影響はない。

使用温度領域の機械試験の結果からトレンドカーブを評価し、保守的な設計強度を設定した。

常温規格値（引張強さ、耐力及び伸び）については、表 2-2 示す値に適合すること。規格値については、常温の規格値を以下のように定めた。

- (1) 同じ化学成分仕様値及び圧延工程を経て製作された、常温の引張試験データを複数準備する。
- (2) 今回の標本 1~4 については、常温の引張試験を行っているのをこの含む。
- (3) 全データの平均値を求める。
- (4) 全データの平均値との比を求め、累積確率分布を確率分布紙にプロットする。
- (5) 上記の近似直線を最小二乗法によって求め、99%信頼下限(1%破損確率値)を求める。
- (6) 上記 1%破損確率値を下回るように常温仕様値を決定する。

なお、標本 1~4 の常温引張試験のデータ数は n 数=3 の試験であり、全体で 12 点と統計処理を行う上でサンプル数が少ないため、過去に購入した同材料のミルシートに記載の引張試験値 27 点を含める。

表 2-3 に、常温における 0.2%耐力及び引張強さデータと、それらの 1%破損確率値を示す。図 2-1 及び 2-2 にこれらの分布を示す。

表 2-2 機械的性質(常温)

記号	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)
B-SUS304P-1	520 以上	255 以上	10 以上
SUS304 (参考)	520 以上	205 以上	40 以上

表 2-3 試験データと 1%破損確率値

No.	標本又は 供試材	0.2%耐力値 (MPa)	引張強さ (MPa)	備考
1	標本 1	299	632	A 社
2		303	633	
3		298	634	
4	標本 2	382	618	B 社
5		379	610	
6		367	620	
7	標本 3	371	656	C 社
8		359	653	
9		371	650	
10	標本 4	297	567	A 社
11		383	556	
12		320	555	
13	供試材 1	313	584	A 社 1
14	供試材 2	322	611	A 社 2
15	供試材 3	331	606	A 社 3
16	供試材 4	338	602	A 社 4
17	供試材 5	315	603	A 社 5
18	供試材 6	333	623	A 社 6
19	供試材 7	340	555	A 社 7
20	供試材 8	356	606	A 社 8
21	供試材 9	321	538	A 社 9
22	供試材 10	304	647	B 社 1
23	供試材 11	318	641	B 社 2
24	供試材 12	330	614	B 社 3
25	供試材 13	336	610	B 社 4
26	供試材 14	329	673	B 社 5
27	供試材 15	340	688	B 社 6
28	供試材 16	287	594	B 社 7
29	供試材 17	295	602	B 社 8
30	供試材 18	296	711	B 社 9
31	供試材 19	333	630	C 社 1
32	供試材 20	355	670	C 社 2
33	供試材 21	335	650	C 社 3
34	供試材 22	327	684	C 社 4
35	供試材 23	333	670	C 社 5
36	供試材 24	334	688	C 社 6
37	供試材 25	358	689	C 社 7
38	供試材 26	328	684	C 社 8
39	供試材 27	321	695	C 社 9
—	平均値	332.2	629.5	—
—	1%破損確率値	268.5	521.8	—
—	常温仕様値	255	520	—

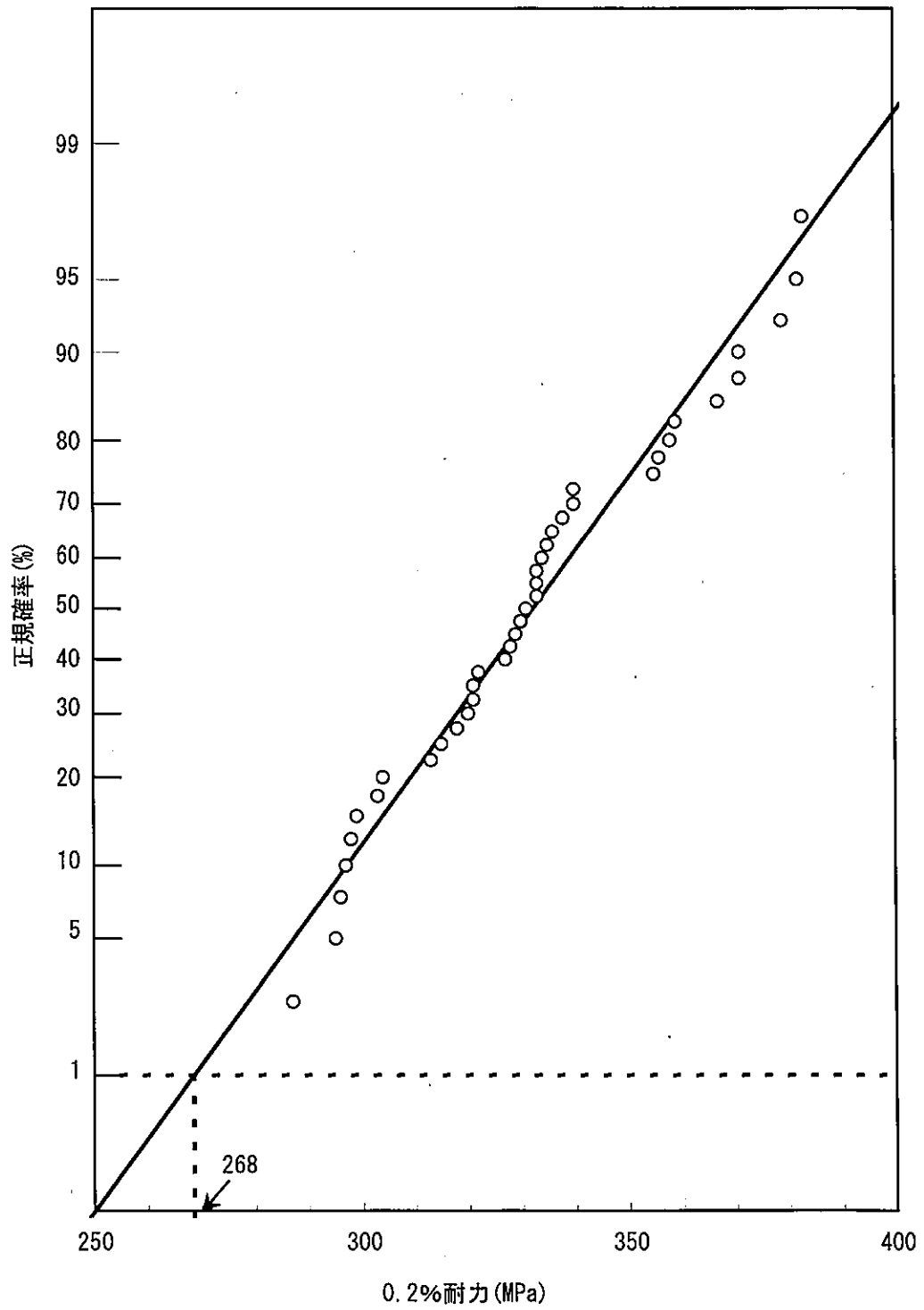


図 2-1 0.2%耐力の正規確率プロット

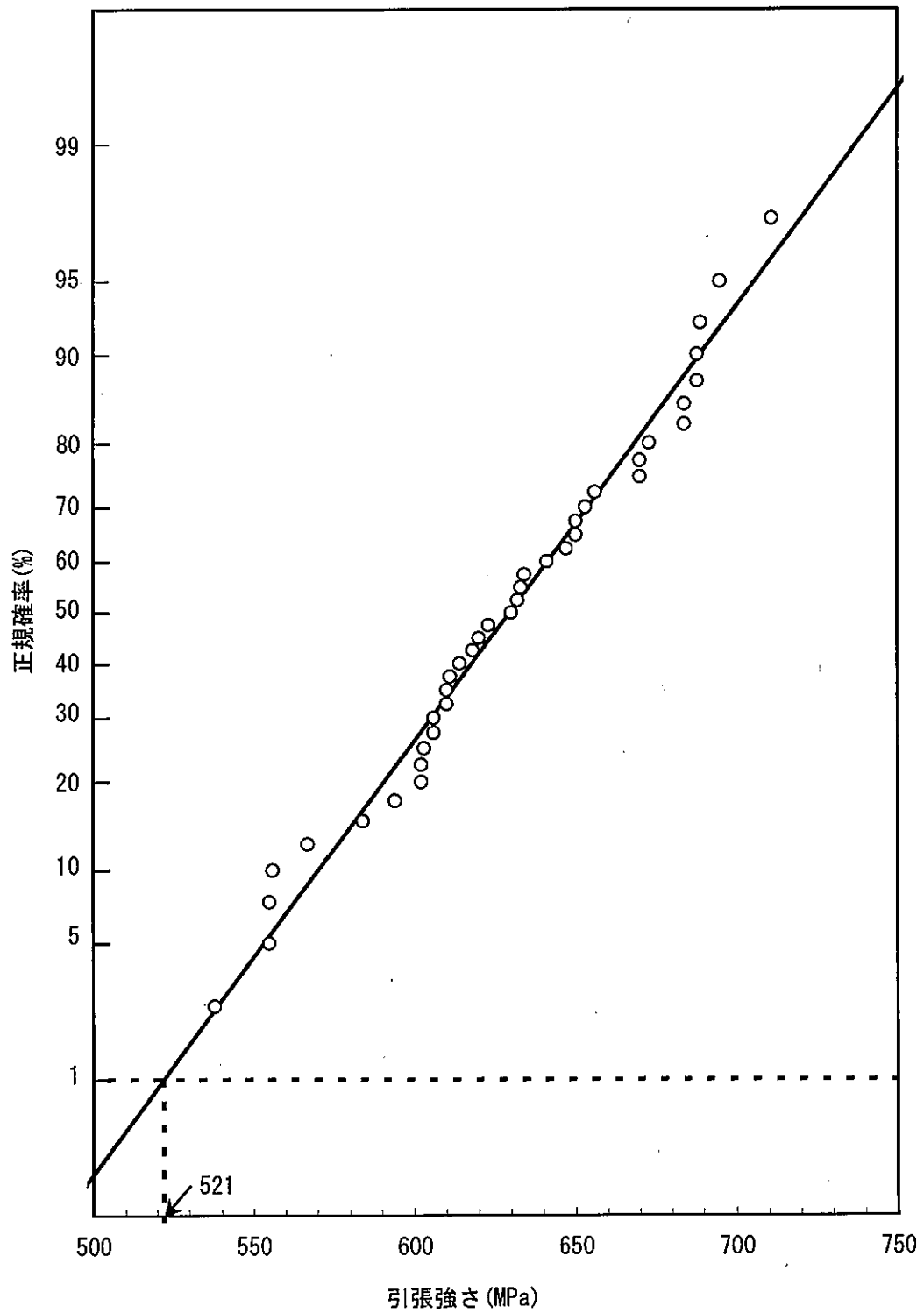


図 2-2 引張強さの正規確率プロット

2.4 寸法制限及び寸法許容差

本材料の板厚は、5～14mm とすること。寸法許容差は、熱間圧延の場合は「熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」(JIS G 4304(2005))、冷間圧延の場合は「冷間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯」(JIS G 4305(2005))によるものとする。

3. 使用条件

3.1 適用範囲

本材料を HDP-69B(B)型のバスケットプレートに適用するにあたり、本材料及びこれを使用するバスケットは、以下の事項に適合すること。

- (1) 設計貯蔵期間(供用期間)は60年以下であること。
- (2) バスケットが収納されるキャスク本体内部には、設計貯蔵期間中ヘリウムガスを封入し、不活性ガス雰囲気が維持されていること。
- (3) バスケットは耐圧構造でないこと。
- (4) バスケットは溶接部がない構造とすること。
- (5) 本材料はボルト材として使用しないこと。

3.2 温度範囲

- ・最高使用温度：300℃
- ・最低使用温度：-25℃

4. 特徴及び使用上の留意事項

4.1 特徴

本材料は SUS304 を基本としてほう素を添加させた材料であり、適切な中性子吸収能力と強度及び耐久性を有する材料である。また、本材料と同様にほう素を添加させたステンレス鋼は国内の燃料貯蔵ラックや輸送容器で使用実績があり、多数の技術文献が公開されている^{(1)~(7)}。

ただし、金属キャスクバスケットプレート用のほう素添加ステンレス鋼は、燃料貯蔵ラック材料と比較して使用環境が異なる点があり、新規許容応力の設定等、これらに配慮する必要がある。本説明で説明する B-SUS304P-1 は、SUS304 をベースとして、金属キャスクバスケットプレートへの適用性を考慮し、適切なほう素添加量範囲、強度特性を鑑みて各種特性を定めた材料である。

本材料 B-SUS304P-1 は、金属キャスクバスケット材料に適した機械的特性、破壊靱性を有することが報告されている^{(8)~(10)}。

4.2 特許及びライセンス

なし。

5. 製造工程及び製造条件

5.1 製造方法

本材料の製造方法は、一般的な鋼板の方法と同様である。本材料の製造フローは図 5-1 に示すとおりである。ほう素は、溶解時にフェロボロンの形で必要量混合される。溶解の後、造塊工程を経て圧延を行う場合と、連続鋳造で圧延される場合がある。圧延後は、SUS304 と同様に固溶化熱処理(約 1000~1150℃, 急冷)を行っている。

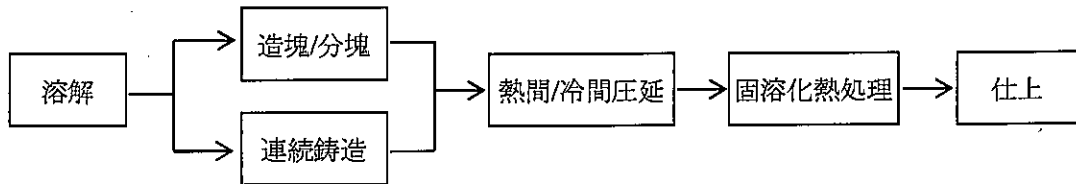


図 5-1 製造フロー

5.2 熱処理

本材料は、5.1 節で述べたように、SUS304 と同様に固溶化熱処理を行う。

5.3 品質管理

本材料の各製造段階で実施する品質管理項目を図 5-2 に示す。なお、本材料は板厚 14mm 以下の寸法制限のため、金属キャスク構造規格 MCM-2420 で要求される非破壊試験要求(厚さ 19mm 以上の板)の対象ではない。

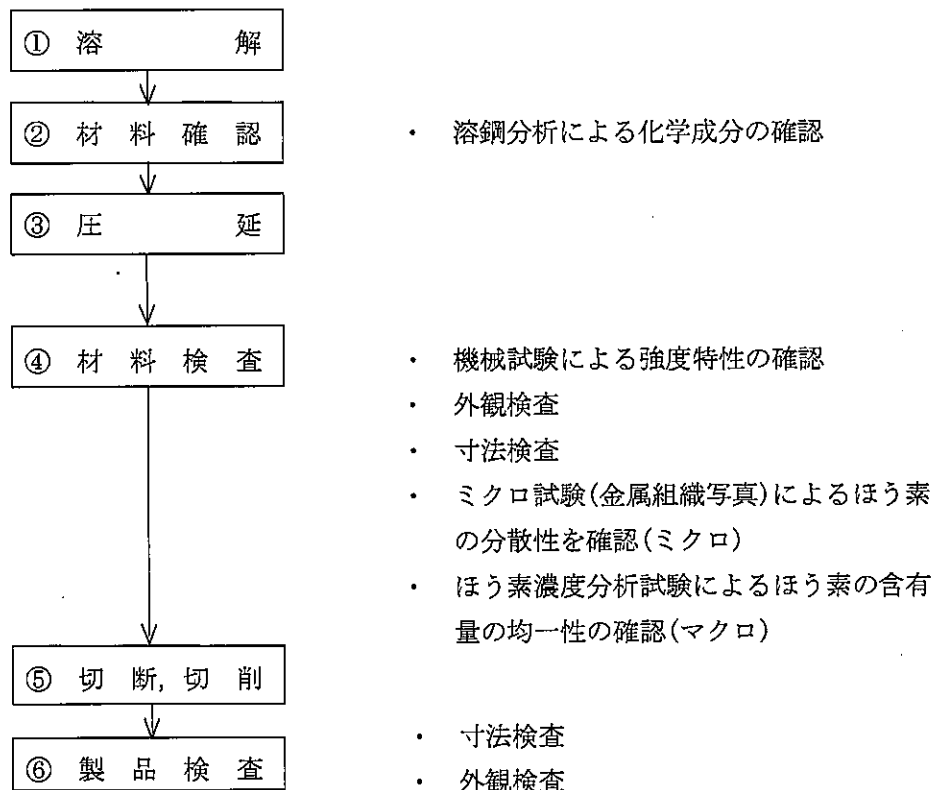


図 5-2 品質管理項目

6. 化学成分

各試験に用いられた標本の化学成分及び板厚を表 6-1 に、各標本と試験の対応を表 6-2 に示す。圧延材においては厚板でない限り材料特性への影響は考えにくいですが、引張試験及び衝撃試験においては、それぞれ標本 4 及び標本 7 について比較的厚めの板(14mm)のデータを含めて試験を行った。

衝撃試験においては、実施時期が異なるため、別標本でのデータとなっている。

なお、標本は全て燃料貯蔵ラック等で使用される実製品規模の溶鋼、圧延、熱処理(固溶化熱処理)を行った鋼板より採取した。

表 6-1 各標本の化学成分と板厚

標本 No.	化学成分 (mass%)								板厚 (mm)
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	B	
B-SUS 304P-1 (仕様)	≦ 0.08	≦1.00	≦2.00	≦0.040	≦0.015	8.00~ 10.50	18.00~ 20.00	1.00~ 1.25	—
標本 1	0.02	0.79	1.01	0.024	0.000	10.25	19.67	1.14	5
標本 2	0.02	0.36	1.15	0.028	0.001	9.87	18.28	1.22	5
標本 3	0.03	0.64	0.98	0.020	0.001	8.40	19.26	1.06	5
標本 4	0.02	0.72	0.95	0.020	0.002	10.06	18.76	1.16	14
標本 5	0.02	0.20	1.05	0.030	0.001	9.45	19.86	1.05	5
標本 6	0.01	0.75	0.99	0.023	0.000	10.17	19.64	1.09	5
標本 7	0.02	0.79	0.95	0.024	0.001	10.26	19.62	1.14	14

表 6-2 各標本と各試験の対応

標本 No.	引張試験		縦弾性係数	ポアソン比	熱膨張係数	熱伝導率	比熱	衝撃試験	板厚 (mm)
	耐力	引張強さ							
標本 1	○	○	○	○	○	○	○	—	5
標本 2	○	○	○	○	○	○	○	—	5
標本 3	○	○	○	○	○	○	○	—	5
標本 4	○	○	—	—	—	—	—	—	14
標本 5	—	—	—	—	—	—	—	○	5
標本 6	—	—	—	—	—	—	—	○	5
標本 7	—	—	—	—	—	—	—	○	14

7. マクロ及びマイクロ組織

本材料のマクロ写真を図 7-1 に示す。一般的な鉄鋼材料と大きな違いはない。

また、供試材のマイクロ組織観察結果を表 7-1 に示す。なお、ほう素の分散性を確認するため、圧延材の先端と終端でほう素の濃度を ICP 分析を実施し、規定を満足していることを確認している。表 7-1 では、各供試材の圧延先端部と終端部のマイクロ組織写真とその位置でのほう素濃度をそれぞれ示した。写真中黒色に見える部分がボライドであり、ほう素と鉄及びクロムの共晶組織である。図 7-2 に、マイクロ写真と元素分析 (EPMA) 結果との対比を示す。マイクロ組織観察における黒色部には、B, Cr が観察されることから、この部分がボライドであることがわかる。写真及びほう素量分析結果からわかるようにボライドの分布に偏りはない。

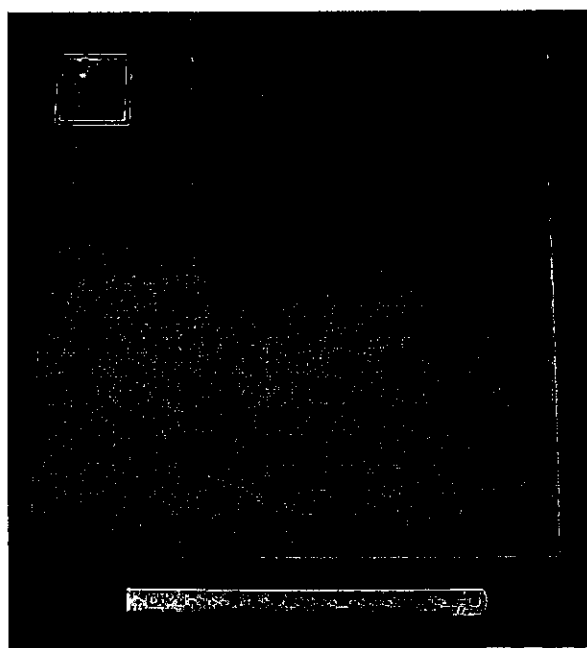


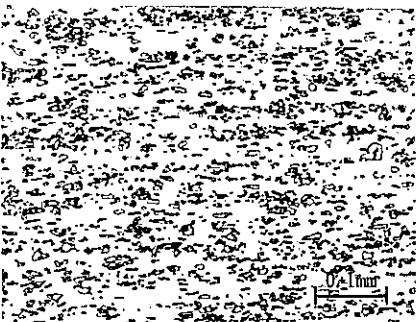
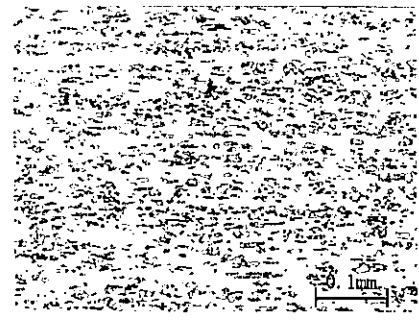
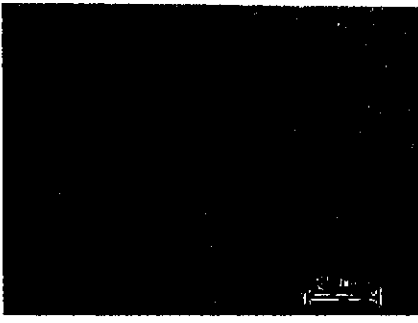


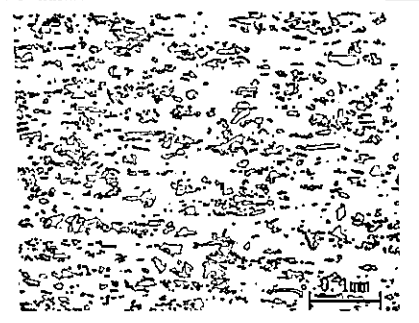


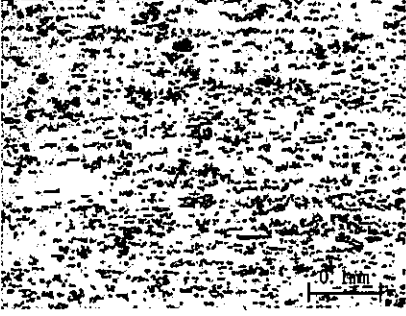

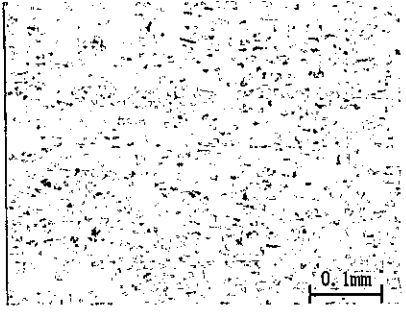
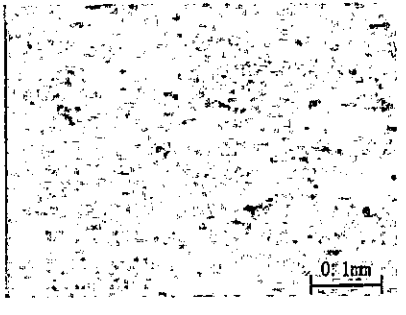
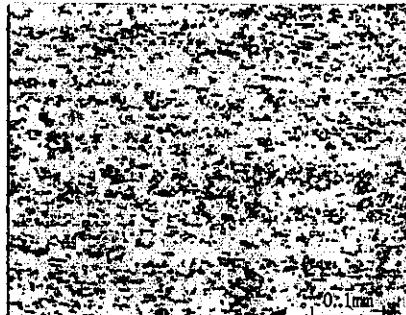
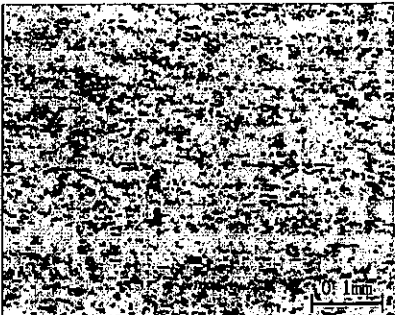
図 7-1 マクロ観察結果の例 (標本 7)

表 7-1(1) ミクロ組織観察結果

標本 No. (B 量*)	圧延方向先端写真 (B 量)	圧延方向後端写真 (B 量)
標本 1 (1.14%)	 <p>(1.13%)</p>	 <p>(1.12%)</p>
標本 2 (1.22%)	 <p>(1.25%)</p>	 <p>(1.24%)</p>
標本 3 (1.06%)	 <p>(1.03%)</p>	 <p>(1.10%)</p>
標本 4 (1.16%)	 <p>(1.15%)</p>	 <p>(1.17%)</p>

*: 標本 No. 欄の B(ほう素)量は溶鋼分析時の結果を示す。本表の B 量の単位は全て mass%である。

表 7-1(2) ミクロ組織観察結果

標本 No. (B 量*)	圧延方向先端写真 (B 量)	圧延方向後端写真 (B 量)
標本 5 (1.05%)	 (1.04%)	 (1.04%)
標本 6 (1.09%)	 (1.07%)	 (1.08%)
標本 7 (1.14%)	 (1.11%)	 (1.12%)

*: 標本 No. 欄の B(ほう素)量は溶鋼分析時の結果を示す。本表の B 量の単位は全て mass%である。

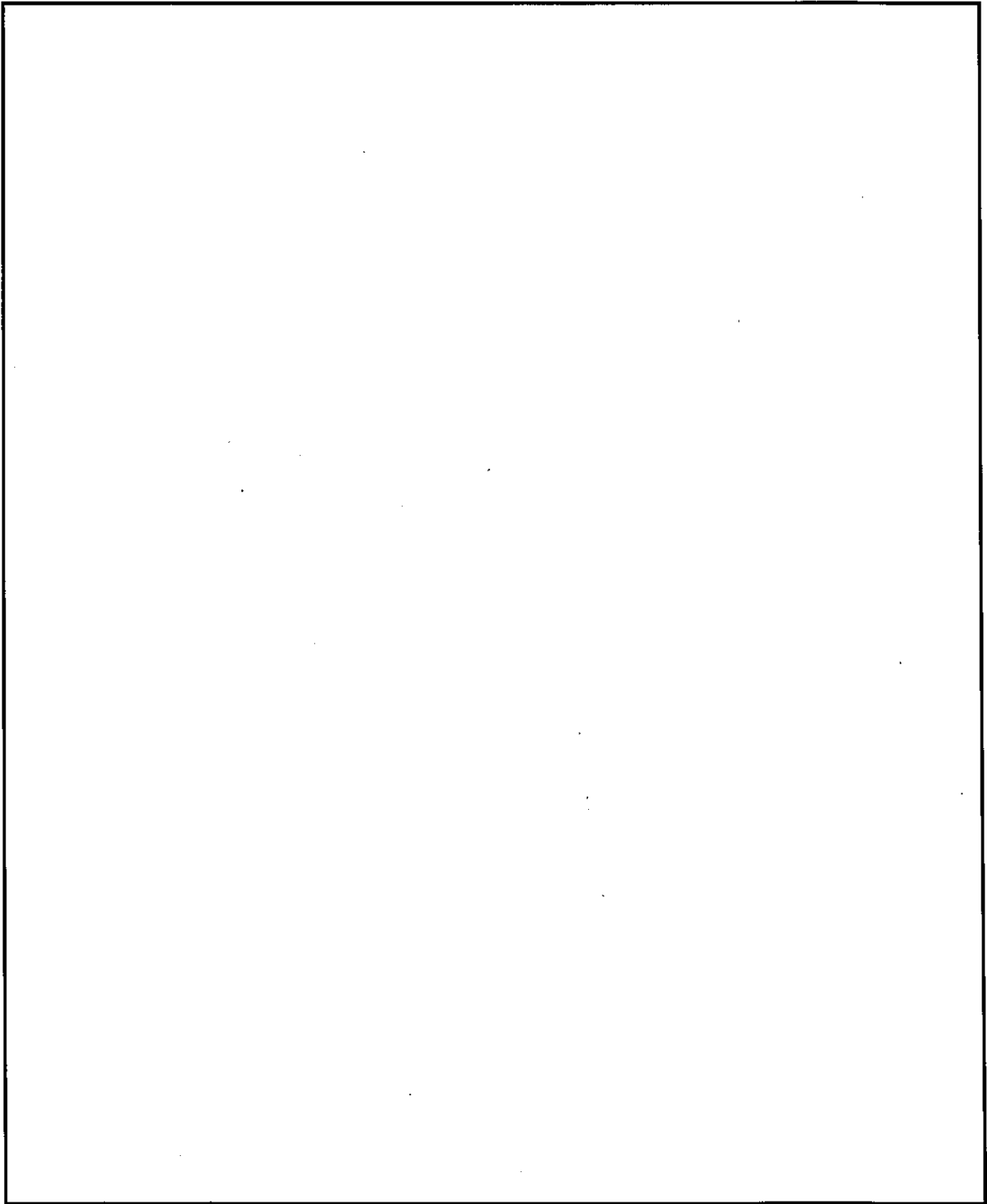


図 7-2 EPMA 分析結果の例(標本 7)

8. 実用試験

本材料は圧延鋼板として製作され、使用形状は板状で、切断・切削加工しか行わないため、実用試験は不要と考える。

9. 加工性及び加工条件

本材料の加工は切断、切削のみとする。切断については、シャー、プラズマ、レーザー、ウォータージェット等の切断機器により、SUS304と同様に切断することができる。切削加工については、ボライドの影響により硬度が高く、工具の磨耗が大きい傾向にあるが十分に切削可能である。

10. 機械的性質

10.1 引張特性

(1) 試験条件

- ・ 供試材 : 表 6-1 に示す標本 1~4 を対象とした。供試材は鋼板端部から少なくとも板厚以上離れた位置から採取した。
- ・ 試験片 : JIS Z 2201「金属材料引張試験片」 13B 号または 5 号試験片を用いた。
- ・ 試験方法 : JIS Z 2241「金属材料引張試験方法」による。高温時は、JIS G 0567「鉄鋼材料及び耐熱合金の高温引張試験方法」による。
- ・ 試験温度 : 常温
- ・ 記録 : 引張強さ、0.2%耐力及び伸びを測定した。

(2) 試験結果

表 10-1 に引張試験結果を示す。この結果より、引張強さ、耐力及び伸びの常温の規格値は、試験データの 99%が包絡されるような最低強度として、安全側に丸めた値とした。

表 10-1 常温における引張特性(平均値(n=3))

標本	引張強さ (MPa)	耐力 (MPa)	伸び (%)
標本 1	633	300	22.7
標本 2	616	376	16.9
標本 3	653	367	16.0
標本 4	559	333	20.4
B-SUS304P-1 仕様値(参考)	520	255	10 以上
SUS304 仕様値(参考)	520	205	40 以上

10.2 靱性

(1) 試験条件

- ・ 供試材 : 表 6-1 に示す標本 5~7 を対象とした。
- ・ 試験片 : ASTM E 1820-05a C(T)試験片を用いた。
- ・ 試験方法 : ASTM E 1820-05a による。
- ・ 試験温度 : -25°C
- ・ 応力拡大係数速度 : 300 MPa $\sqrt{m/s}$ 以上
- ・ 記録 : K_{Ic} 値を測定した。

(2) 試験結果

表 10-2 に動的破壊靱性試験結果を示す。各標本それぞれ 3 回動的破壊靱性試験を実施した結果、 K_{Ic} 値は 38 MPa \sqrt{m} 以上であった。図 10-1 に試験時の荷重-開口変位、図 10-2 に荷重-時刻の関係を示す。いずれの試験結果も同様の傾向であるので試験片 7-2 の結果で代表する。同図からわかるように、破壊形態としては脆性破壊が生じた場合に観測される最大荷重に達する前に荷重が急激に低下するような現象は見られず、最大荷重後も安定的に荷重が低下していく安定破壊が観測されている。

本試験より、本材料は典型的な脆性破壊とは様相が異なり、介在物を基点とした延性破壊の進展による安定的な破壊形態と推察される。

なお、試験片 7-2 を除く全試験に対する荷重-開口変位を図 10-3 にまとめて示す。

表 10-2 動的破壊靱性試験結果

試験片記号			5-1	5-2	5-3	6-1	6-2	6-3	7-1	7-2	7-3
試験機ストローク速度 mm/sec											
K値の変化速度 MPa・m ^{1/2} /sec											
試験片厚さ mm	B										
試験片幅 mm	W										
試験温度 °C											
静的0.2%耐力 MPa	σ_{YS}										
動的0.2%耐力 ¹⁾ MPa	σ_{YD}										
P ₀ 荷重 kN	P ₀										
最大荷重 kN	P _{max.}										
機械切欠長さ mm	M										
疲労き裂長さ mm	0/4-B	a _{f0}									
	1/4-B	a _{f1}									
	2/4-B	a _{f2}									
	3/4-B	a _{f3}									
	4/4-B	a _{f4}									
	最小値	a _{f min.}									
	最大値	a _{f max.}									
き裂長さ ²⁾ mm	a										
係数	f(a/W)										
K ₀ 値 MPa・m ^{1/2}	K ₀		60.6	55.3	54.5	40.1	47.8	54.3	38.8	42.3	42.0
P _{max} /P ₀ (≦1.10)											
B ≧ 2.5 (K ₀ /σ _{YD}) ²											
a ≧ 2.5 (K ₀ /σ _{YD}) ²											
K _{IC} 値 MPa・m ^{1/2}	K _{IC}										

1) ASTM-E1820 式 (A13.2) を用いた

2) $a = M + (a_{f1} + a_{f2} + a_{f3}) / 3$

内は商業機密のため、非公開とします。

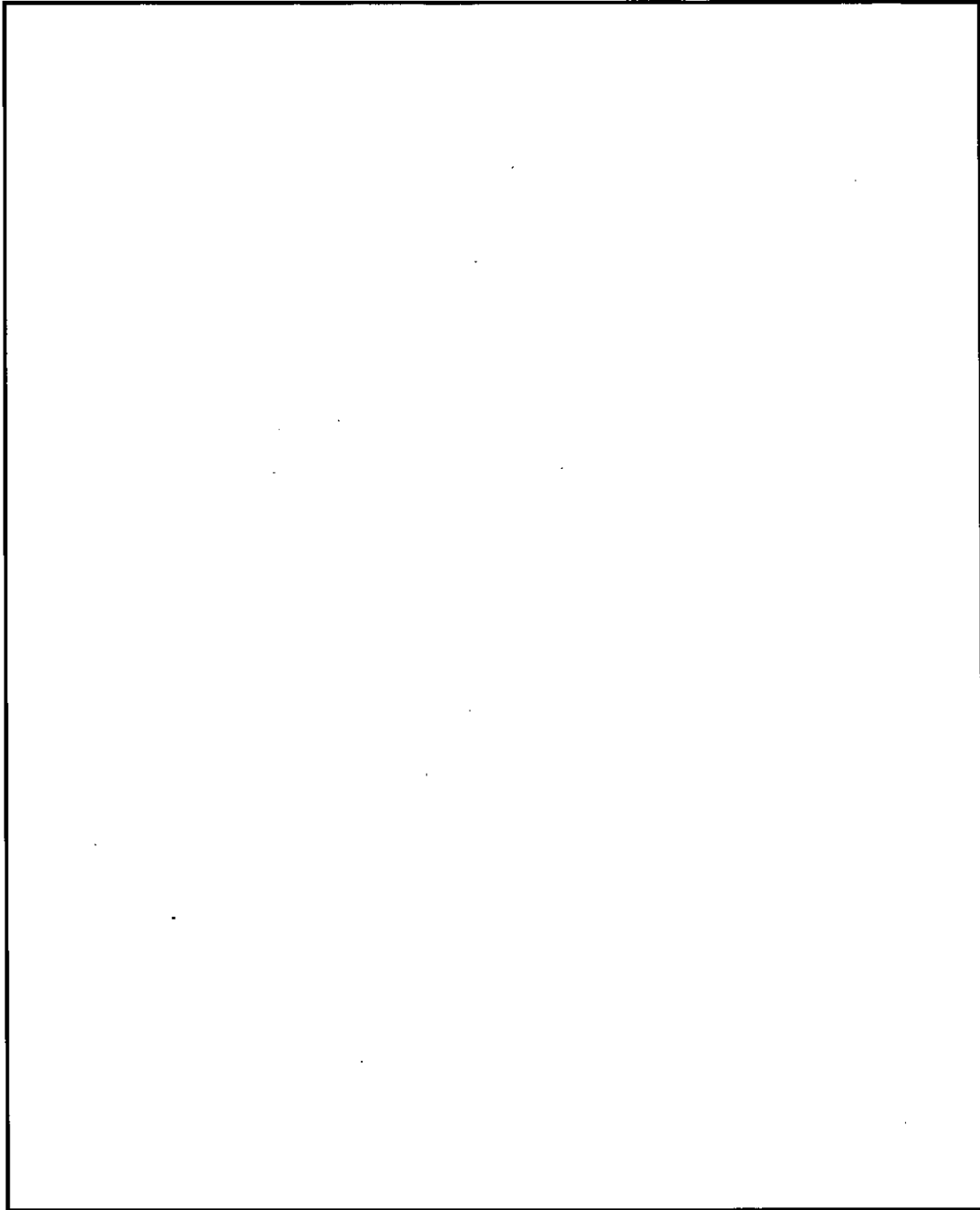


図 10-1 動的破壊靱性試験における荷重－開口変位線図(試験片番号 7-2)

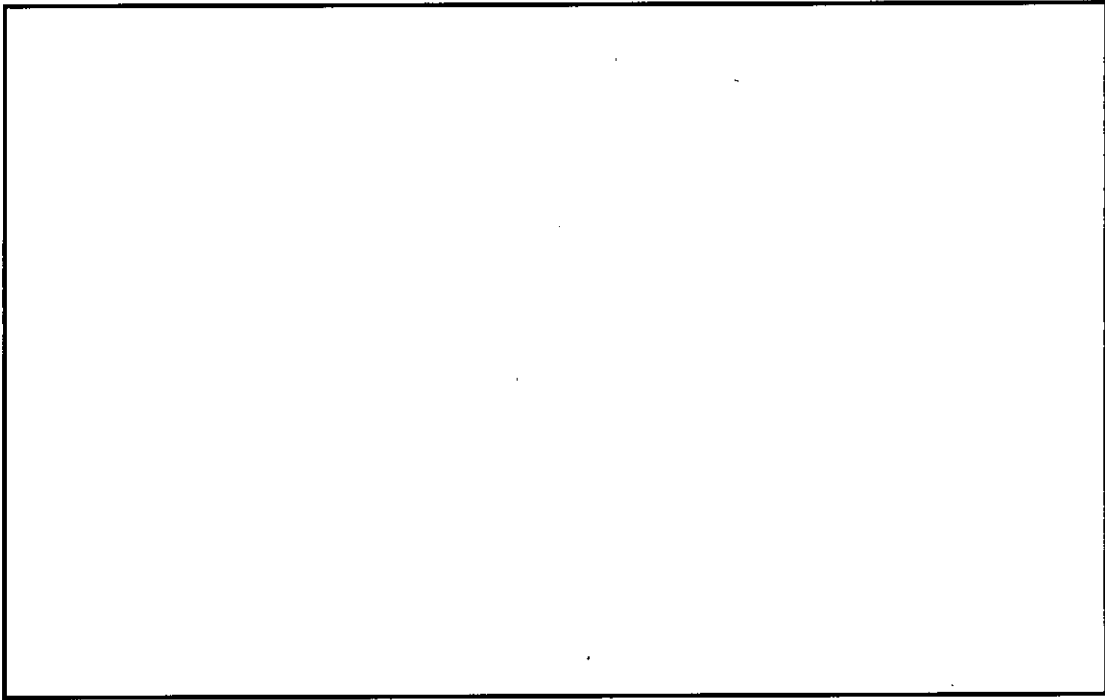


図 10-2 動的破壊靱性試験における荷重-時間線図(試験片番号 7-2)

内は商業機密のため、非公開とします。

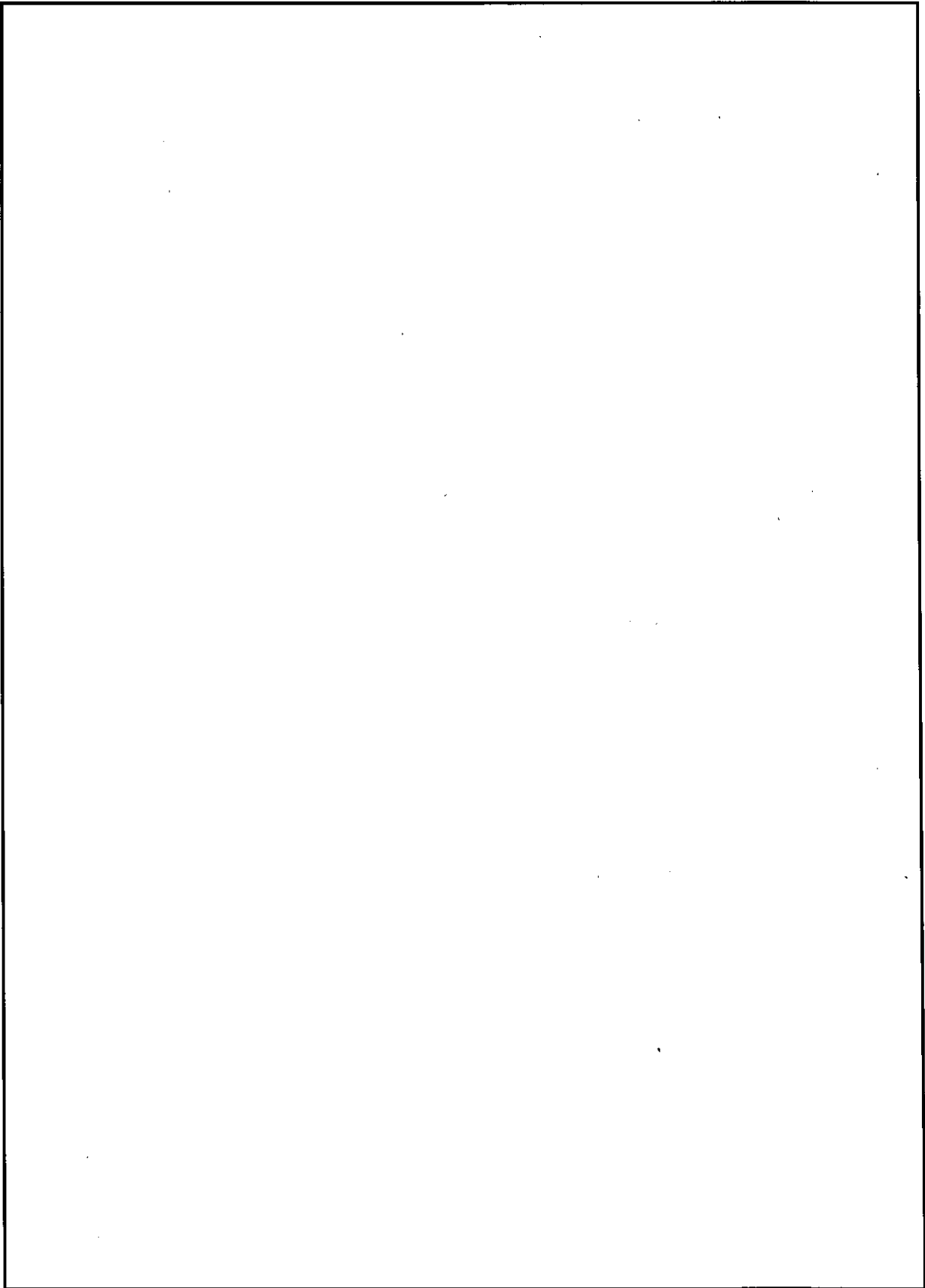


図 10-3 動的破壊靱性試験における荷重-開口変位線図(試験片番号 7-2 を除く。)

内は商業機密のため、非公開とします。

10.3 硬さ (参考)

(1) 試験条件

- ・ 供試材 : 表 6-1 に示す標本 1~7 を対象とした。
- ・ 試験方法 : JIS Z 2244 「ビッカース硬さ試験」による。
- ・ 試験温度 : 常温
- ・ 記録 : ビッカース硬さを測定した。

(2) 試験結果

表 10-3 に硬さ試験結果を示す。本材料は、ほう素を添加していることから、通常のステンレス鋼 (規格値 : ≤ 200 (Hv)) より硬度は増すが、9 章で示したように製造上及び使用上特に問題となることはない。

表 10-3 常温における硬度 (Hv)

項目	Hv
標本 1	268
標本 2	221
標本 3	230
標本 4	270
標本 5	212
標本 6	224
標本 7	251
平均値	239

11. 高温及び低温引張特性

11.1 高温引張特性

(1) 試験条件

- ・ 供試材 : 表 6-1 に示す標本 1~4 を対象とした。供試材は鋼板端部から少なくとも板厚以上離れた位置から採取した。
- ・ 試験片 : JIS Z 2201「金属材料引張試験片」 13B 号または 5 号試験片を用いた。
- ・ 試験方法 : JIS Z 2241「金属材料引張試験方法」による。高温時は、JIS G 0567「鉄鋼材料及び耐熱合金の高温引張試験方法」による。
- ・ 試験温度 : 20℃, 50℃, 100℃, 150℃, 200℃, 250℃, 300℃及び 350℃
- ・ 記録 : 引張強さ, 0.2%耐力及び伸びを測定した。

(2) 試験結果

引張強さ, 0.2%耐力, 伸びについてそれぞれ図 11-1~図 11-3 に引張試験結果を示す。

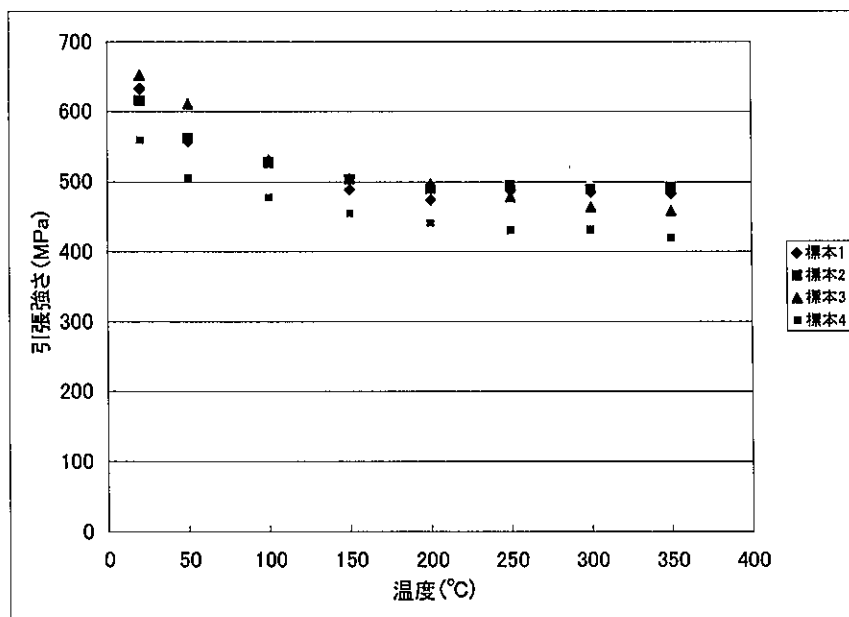


図 11-1 引張強さの温度依存性

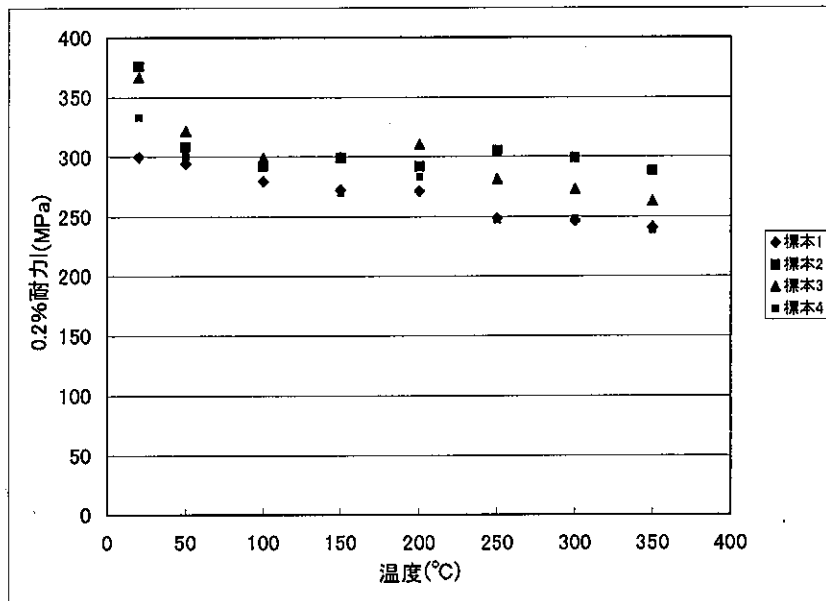


図 11-2 0.2%耐力の温度依存性

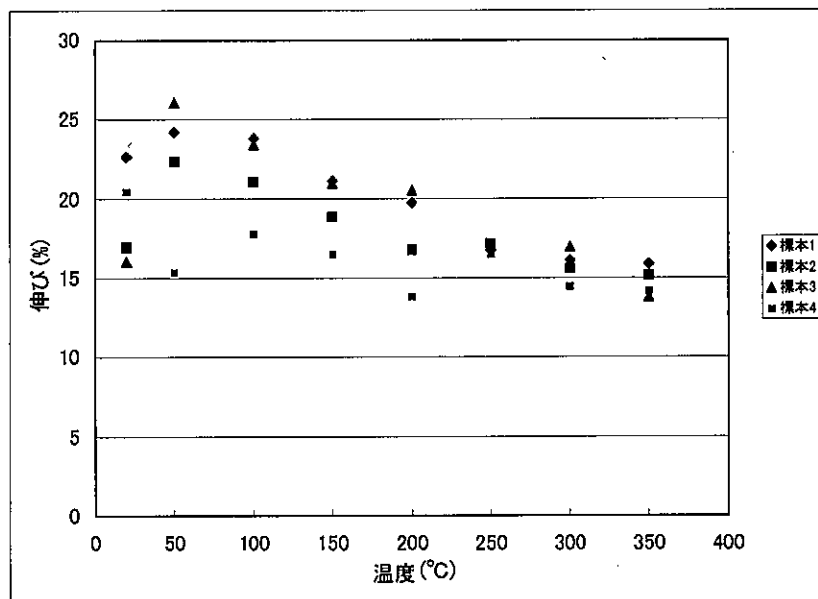


図 11-3 伸びの温度依存性

11.2 低温引張特性

常温以下の低温に対しては常温の値を設定することとし、設定応力を高くしないので、低温引張特性データは採取しない。

12. クリープ特性及びクリープ破断特性

バスケットの最高使用温度は 300℃である。本材料の母材である SUS304 は 425℃までクリープの影響を考慮せずに適用される材料であり、かつほう素を添加したことによるボライドの析出硬化により、クリープ特性がより改善されることが知られている。したがって、本材料の使用環境においてはクリープ特性及びクリープ破断特性は考慮不要である。

13. 靱性（時効後）

本材料中に存在するボライドの融点(1273℃)に比べ、本材料の最高使用温度の 300℃と比較して十分低く、かつ長期貯蔵中に温度は更に低下するため、ボライドの結晶の成長による靱性の低下は起こらない。したがって、時効の影響は考慮不要である。

14. 耐食性

バスケットは使用済燃料を装荷する際に燃料プール内に浸漬されるが、同様の環境にて長期間プール内で使用されている使用済燃料ラックで十分実績があること、燃料装荷後は脱水し、十分乾燥した後に不活性ガス（ヘリウム）を充填して使用することから、腐食を促進する環境ではないため、耐食性については問題ないと考える。

15. 設計降伏点

11.1 節で示した高温引張データに基づき、以下の要領で設計降伏点を策定した。

- (1) 各温度 T における 0.2%耐力値を、各標本の室温データで除した値を $r(T)y$ とする。
- (2) $r(T)y$ を各温度の 5 次の多項式で近似した曲線をトレンドカーブとする。
- (3) 室温の 0.2%耐力の規定値 $\min_{Rr}S_y$ に $r(T)y$ を乗じてその温度の S_y とする。ただし、高温での強度が低温よりも高くなるようにする。

各温度の $r(T)y$ 及び設計降伏点 (S_y) 設定値を図 15-1, 図 15-2 及び表 15-1 に示す。表 15-1 については、高温域の記載温度を (社) 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005 (2007 年追補版含む。)」(以下「設計・建設規格」という。) に合わせた。

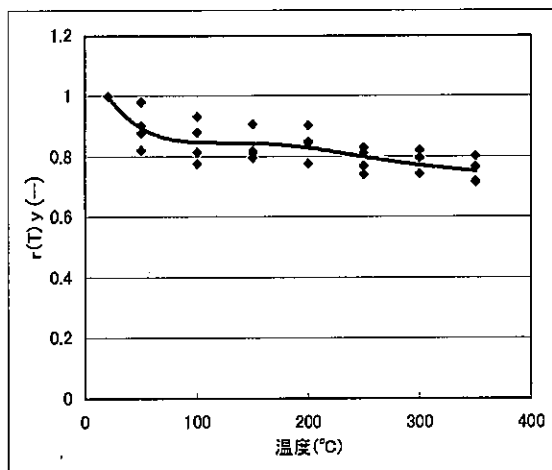


図 15-1 0.2%耐力における $r(T)y$ のトレンドカーブ

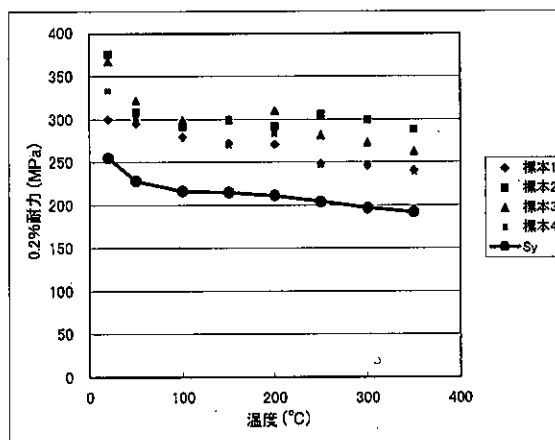


図 15-2 各標本データと S_y 設定値

表 15-1 材料の各温度における設計降伏点 S_y (MPa)

種 類	最小引張強さ (MPa)	最小降伏点 (MPa)	温 度 (°C)										
			-25 ~ 40	75	100	150	200	225	250	275	300	325	350
B-SUS304P-1 の設計降伏点	520	255	255	219	216	215	211	208	204	200	197	194	191
SUS304(参考)	520	205	205	183	171	155	144	139	135	131	127	125	124

16. 設計引張強さ

11.1 節で示した高温引張データに基づき、以下の要領で設計引張強さを策定した。

- (1) 各温度 T における引張強さを、各標本の室温データで除した値を $r(T)_T$ とする。
- (2) $r(T)_T$ を各温度の 5 次の多項式で近似した曲線をトレンドカーブとする。
- (3) 室温の引張強さの規定値 $\min_{RT} S_B$ に $1.1 \times r(T)_T$ を乗じてその温度の S_u とする。ただし、高温での強度が低温よりも高くないようにする。

各温度の $r(T)_T$ 及び設計引張強さ (S_u) 設定値を図 16-1、図 16-2 及び表 16-1 に示す。表 16-1 については、高温域の記載温度を設計・建設規格に合わせた。

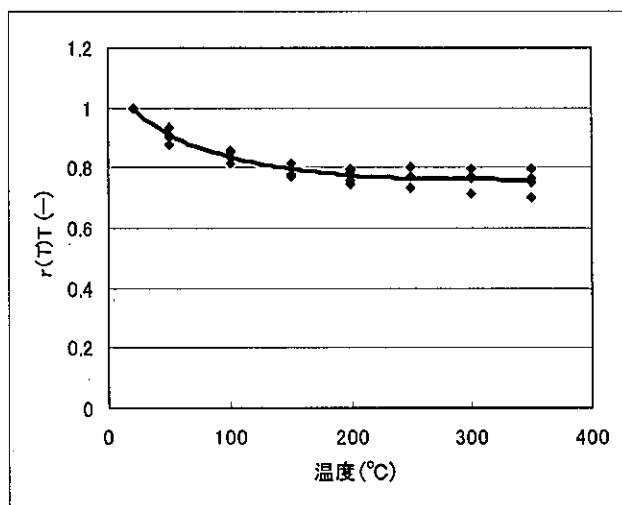


図 16-1 引張強さにおける $r(T)_T$ のトレンドカーブ

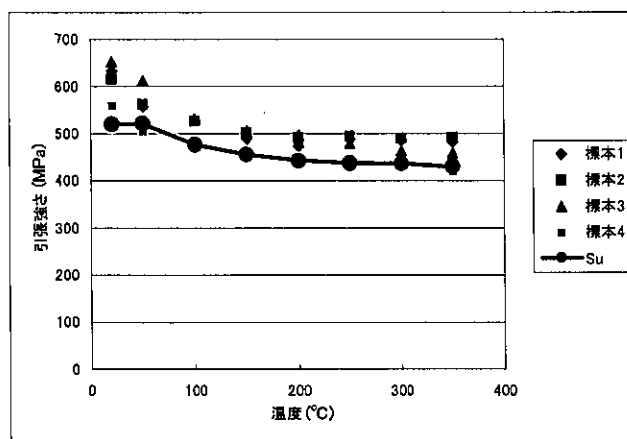


図 16-2 各標本データと S_u 設定値

表 16-1 材料の各温度における設計引張強さ S_u (MPa)

種類	最小引張強さ (MPa)	最小降伏点 (MPa)	温度 (°C)										
			-25 ~ 40	75	100	150	200	225	250	275	300	325	350
B-SUS304P-1 の設計引張強さ	520	255	520	495	477	456	443	440	438	437	436	435	430
SUS304 (参考)	520	205	520	466	441	422	402	400	397	394	391	391	391

17. 設計応力強さ

15, 16 章で示した設計降伏点及び設計引張強さに基づき, 下表に示す各温度毎に求められる数値の小さな値を設計応力強さとした。

製品/材料	引張強さ		降伏点[耐力]	
	常温	高温	常温	高温
鉄鋼及び非鉄	$1/3 \times S_T^*$	$1.1/3 \times S_T^* \times r(T)_T$	$2/3 \times S_y$	$2/3 \times S_y \times r(T)_y$ もしくは $0.9 \times S_y \times r(T)_y$

* 常温における引張強さの規格値 (JIS, ASTM の規格等の値) [MPa]

ここで, 各温度の値はそれより低温の値を超えないように修正する。なお, 降伏点で 0.9 の係数を用いるのはオーステナイト鋼及び高ニッケル合金である。

本材料はオーステナイト鋼であるから, 上記に従って設定した設計応力強さ (S_m) を表 17-1 に示す。表 17-1 については, 高温域の記載温度を設計・建設規格に合わせた。

表 17-1 材料の各温度における設計応力強さ S_m (MPa)

種 類	最小引張強さ (MPa)	最小降伏点 (MPa)	温 度 (°C)										
			-25 ~40	75	100	150	200	225	250	275	300	325	350
B-SUS304P-1 の設計応力強さ	520	255	170	165	159	152	148	147	146	146	145	145	143
SUS304 (参考)	520	205	137	137	137	137	129	126	122	118	115	113	111

18. 許容引張応力

本材料は, 使用温度がクリープ領域でなく, 許容引張応力は使用しないため, 策定しない。

19. 疲労

貯蔵時においてバスケットに対する圧力及び熱荷重の繰り返しサイクルや, 通常輸送時および地震時においてバスケットに作用する繰り返し応力は微小であるため, 疲労解析が不要であり, 疲労線図作成のためのデータは不要である。

20. その他特性

20.1 熱膨張係数

標本 1~3 に対して、常温から最高使用温度より 50℃高い温度である 350℃までの熱膨張係数測定試験を実施 (n=3) した。熱膨張係数について図 20-1 に示し、設定値を表 20-1 に示す。

表 20-1 については、記載温度を設計・建設規格に合わせた。

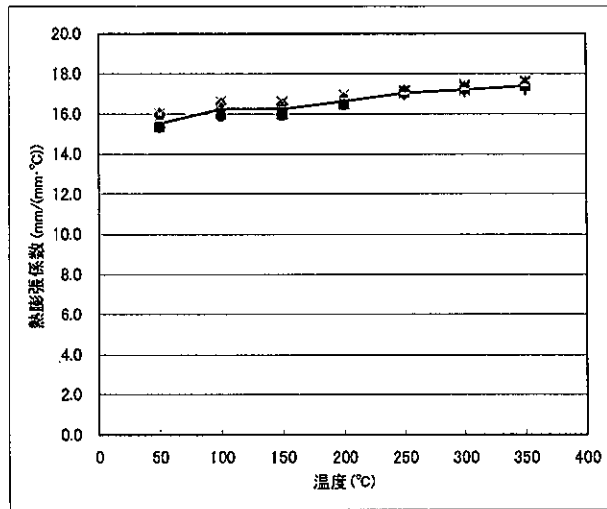


図 20-1 熱膨張係数(平均)の温度依存性

表 20-1 本材料の熱膨張係数 ($\times 10^{-6}$ mm/(mm·°C))

種 類	温 度 (°C)													
	20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
B-SUS304P-1 の 瞬時熱膨張係数	15.22	15.78	16.22	16.61	16.96	17.28	17.56	17.80	18.01	18.17	18.30	18.39	18.45	18.46
B-SUS304P-1 の 平均熱膨張係数	15.22	15.52	15.88	16.24	16.24	16.24	16.43	16.63	16.83	17.02	17.12	17.22	17.30	17.39
SUS304 の瞬時 熱膨張係数(参考)	15.21	15.72	16.09	16.43	16.73	17.04	17.33	17.59	17.84	18.08	18.33	18.55	18.76	18.94
SUS304 の平均 熱膨張係数(参考)	15.21	15.49	15.68	15.87	16.05	16.21	16.37	16.52	16.66	16.81	16.94	17.07	17.20	17.33

20.2 熱伝導率

標本 1~3 に対して、常温から最高使用温度より 50°C 高い温度である 350°C までの熱伝導率測定試験を実施 (n=3) した。熱伝導率について図 20-2 に示し、設定値を表 20-2 に示す。

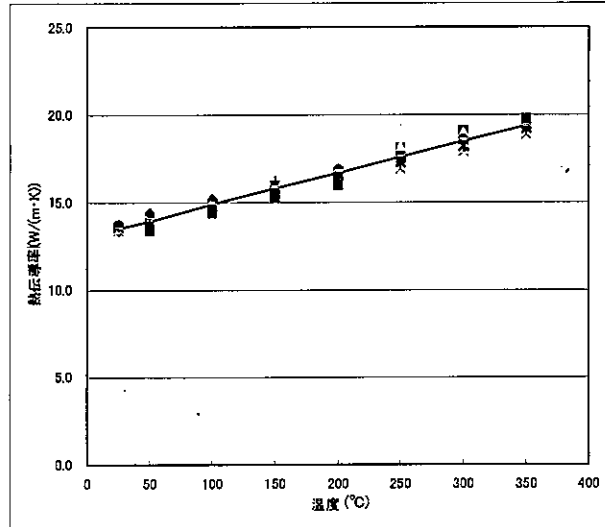


図 20-2 熱伝導率の温度依存性

表 20-2 本材料の熱伝導率設定値 (W/(m·K))

種 類	温 度 (°C)							
	室温	50	100	150	200	250	300	350
B-SUS304P-1 の熱伝導率	13.5	13.9	14.9	15.8	16.7	17.6	18.5	19.4
SUS304 の熱伝導率(参考)*	14.8	15.3	16.2	17.0	17.9	18.6	19.4	20.1

* ASME Sec II, Part D TABLE TCD より 18Cr-8Ni の値

20.3 温度伝導率

温度伝導率については、標本 1~3 に対して、常温から最高使用温度より 50°C 高い温度である 350°C までの比熱測定試験を実施 (n=3) し、材料密度 7.8g/cm³ として求めた。設定値を表 20-3 に示す。

表 20-3 本材料の温度伝導率設定値 (mm²/s)

種 類	温 度 (°C)							
	室温	50	100	150	200	250	300	350
B-SUS304P-1 の温度伝導率	3.67	3.77	3.89	3.99	4.11	4.14	4.23	4.35
SUS304 の温度伝導率(参考)*	3.90	3.94	4.04	4.14	4.24	4.35	4.46	4.57

* ASME Sec II, PartD TABLE TCD より 18Cr-8Ni の値

20.4 縦弾性係数

標本 1~3 に対して、常温から最高使用温度より 50°C 高い温度である 350°C までの縦弾性係数測定試験を実施 (n=3) した。縦弾性係数について図 20-3 に示し、設定値を表 20-4 に示す。表 20-4 については、記載温度を設計・建設規格に合わせた。

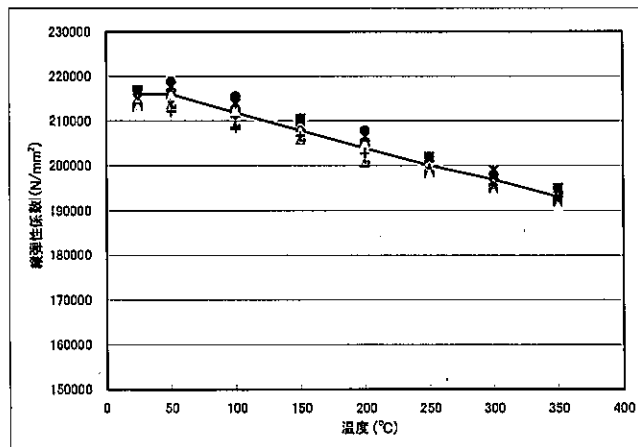


図 20-3 縦弾性係数の温度依存性

表 20-4 材料の各温度における縦弾性係数 (MPa)

種 類	温 度 (°C)													
	20	50	75	100	125	150	175	200	225	250	275	300	325	350
B-SUS304P-1 の縦弾性係数	216000	216000	214000	212000	210000	208000	206000	204000	202000	200000	199000	197000	195000	193000
SUS304 の縦弾性係数(参考)	195000	193000	191000	190000	188000	186000	184000	183000	180000	178000	177000	176000	174000	173000

20.5 ポアソン比

標本 1~3 に対して、常温から最高使用温度より 50°C 高い温度である 350°C までのポアソン比測定試験を実施 (n=3) した。ポアソン比について図 20-4 に示す。なお、ポアソン比はばらつきも小さく、設計に大きく影響しないことから、設定値としては常温から 300°C まで一定値 0.3 とする。

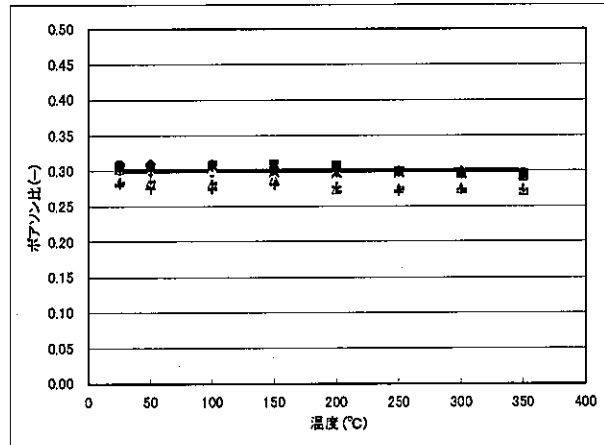


図 20-4 ポアソン比の温度依存性

21. 照射影響

B-SUS304P-1 の母材であるステンレス鋼は、従来から原子炉材料として広く使用されており、その機械的性質に及ぼす中性子照射の影響は良く知られている。ステンレス鋼は照射量の増加に伴い耐力及び引張強さが上昇し、伸びが低下するという照射影響が現れる⁽¹¹⁾。

しかし、今回のバスケットの中性子による 60 年間の累積照射量は 10^{15} n/cm² 程度と見積もられ、炉内における $10^{21} \sim 10^{22}$ n/cm² の照射量に比べ極めて少ない量である。ステンレス鋼の機械的性質の変化が顕著に現れるのは 10^{19} n/cm² 程度からであり⁽¹²⁾、 10^{15} n/cm² 程度では機械的性質にほとんど変化が無いものと考えられる。

一方、B-SUS304P-1 は、ほう素を一定量含有するという点においてステンレス鋼と異なっており、照射影響については ^{10}B の (n, α) 反応による He の挙動を考慮しなければならない。金属内で生成した He はバブルとなって粒界に移動することにより金属の機械的性質に影響を及ぼすことになる。しかし、このような現象は「高温照射脆化」と呼ばれ、約 500°C 以上で著しくなることが知られている⁽¹³⁾。これに対し、バスケットの場合、すでに述べたとおり中性子照射量が低く、最高使用温度が 330 °C 以下であることから、高温照射脆化は起こらないと考えられる。これはほう素約 1 % を添加した B-SUS304P-1 の照射データからも確認することができる⁽¹⁴⁾、⁽¹⁶⁾。すなわち、ステンレス鋼の照射影響の程度と特段差がなく、 10^{15} n/cm² 程度の中性子照射量においてはほとんど問題がないものと考えられる。

また、バスケットを 60 年間使用した場合の ^{10}B の劣化量は、初期値の 10^{-5} 未満であり、核的な減損は無視できるため中性子吸収能力に変化はない。

したがって、バスケットに用いられる B-SUS304P-1 への照射影響は、中性子による 60 年間の累積照射量が少ないことより問題となることはない。

22. 引用文献

- (1) 山本定弘, 本田正春, 小林泰男, 崎山哲雄, 江平義博, 長嶺多加志, 「熱中性子遮蔽用ボロン含有ステンレス鋼板」, 火力原子力発電, Vol. 41, No. 9, pp. 1149-1157, (1990)
- (2) 日立製作所, 「沸騰水型原子力発電所 使用済燃料貯蔵ラックの使用材料としてのボロン添加ステンレス鋼について」, HLR-061, (1998)
- (3) 坪田基司, 及川誠, 「中性子遮蔽用ボロン添加ステンレス鋼板」, ふえらむ, Vol. 10, No. 12, pp. 25-27, (2005)
- (4) ステンレス協会編, 「ステンレス鋼便覧 第3版」, 日刊工業新聞社, (1995)
- (5) 加藤哲男, 藤倉正国, 市川二郎, 「原子力用含Bステンレス鋼の特性」, 電気製鋼, Vol. 49, No. 2, pp. 108-116, (1978)
- (6) 古谷俊直, 金井秀俊, 廣瀬豊, 「ボロン添加ステンレス鋼の材料特性に関する研究」, 火力原子力発電, Vol. 45, No. 11, pp. 1289-1296 (1994)
- (7) 武本敏彦, 山崎和信, 川合裕, 「熱中性子遮蔽用ボロン添加ステンレス鋼の開発」, まてりあ, Vol. 35, No. 4, pp. 412-414 (1996)
- (8) 堂守生剛, 川内進司, 平沼健, 「輸送貯蔵キャスク用バスケット材ボロン添加ステンレス鋼板(B-SUS304P-1)の機械的特性」, 日本機械学会論文集(A編), Vol. 76, No. 772, pp. 1834-1836, (2010)
- (9) 宮井悠真, 保高剛, 二杉拓哉, 蓮沼将太, 小川武史, 「オーステナイト系ステンレス鋼の疲労き裂進展特性に及ぼすボロン添加の影響」, 材料, Vol. 65, No. 12, pp. 856-861, (2016)
- (10) 川内進司, 平沼健, 中根一起, 「金属キャスクバスケット用ボロン添加ステンレス鋼(B-SUS304P-1)の強度特性評価」, 日本機械学会 2019年度年次大会, (2019)
- (11) H. R. Higgy and F. H. Hammad, 「EFFECT OF FAST-NEUTRON IRRADIATION ON MECHANICAL PROPERTIES OF STAINLESS STEELS: AISI TYPES 304, 316 AND 347」, Journal of Nuclear Materials, Vol. 55, No. 2, pp. 177-186, (1975)
- (12) ステンレス協会編, 「ステンレス鋼便覧 第2版」, 日刊工業新聞社, (1973)
- (13) 石野乗, 「照射損傷, 原子力工学シリーズ-8」, 東京大学出版会, (1979)
- (14) 日本原子力研究所材料試験炉部, 「JMTR 試用期間照射報告書 第4部ジルコニウム・その他材料」, JAERI-M-5648, (1974)
- (15) S. E. Soliman, D. L. Youchison, A. J. Baratta and T. A. Balliett, 「NEUTRON EFFECTS ON BORATED STAINLESS STEEL」, Nuclear Technology, Vol. 96, No. 3, pp. 346-352, (1991)

ほう素添加ステンレス鋼の破壊靱性に関する補足説明

目 次

1. はじめに	1
2. 設計の考え方	1
3. 材料特性 (破壊靱性)	1
3.1 破壊靱性試験	1
4. 許容欠陥寸法の評価	5
5. 引用文献	7

図表目次

別表 1-1	シャルピー衝撃試験結果	2
別表 1-2	時効後靱性確認試験条件と試験結果	3
別図 1-1	時効後靱性確認試験の結果	4
別図 1-2	許容欠陥寸法評価モデル及び評価式	5
別図 1-3	想定欠陥深さと破壊靱性値 (K_0 値) との関係	6

1. はじめに

HDP-69B(B)型のバスケットプレートに適用するバスケットプレート用材料ほう素添加ステンレス鋼 (B-SUS304P-1) の破壊靱性に係る特性をまとめたものである。

2. 設計の考え方

HDP-69B(B)型は、使用済燃料を所定の幾何学的配置に維持するためのバスケット格子構造、及びバスケットプレートに添加された中性子吸収材により臨界に達することを防止する設計である。

バスケットプレートは、設計貯蔵期間を通じて使用済燃料を所定の幾何学的配置に維持するために塑性変形しない、もしくは変形量をわずかに抑える設計であり、設計降伏点 (S_y) を重視した設計としている。

3. 材料特性 (破壊靱性)

B-SUS304P-1 は、ほう素及びほう素化合物が介在物として材料中に分散している。これらの材料の破壊形態は、介在物を起点として延性破壊が進展するマイクロボイド合体型の延性破壊であり、脆性破壊ではない。しかし、ほう素を添加していない母材と比較して材料の伸びが小さくなり、この影響で靱性が低下する可能性があるため、破壊靱性試験を行う。

3.1 破壊靱性試験

(1) シャルピー衝撃試験

(a) 試験条件

- ・ 供試材 : 資料 5-2 表 6-1 に示す標本 5~7 を対象とした。
- ・ 試験片 : JIS Z 2202 「金属材料衝撃試験片」 V ノッチシャルピー衝撃試験片を用いた。
- ・ 試験方法 : JIS Z 2242 「金属材料のシャルピー衝撃試験方法」による。
- ・ 試験温度 : -25°C
- ・ 記録 : 横棒出量及び衝撃値を測定した。

(b) 試験結果

別表 1-1 にシャルピー衝撃試験結果を示す。各標本ごとの試験数は 3 とした。(社) 日本機械学会「使用済燃料貯蔵施設規格 金属キャスク構造規格 JSME S FA1-2007」(以下「金属キャスク構造規格」という。) 表 MCM-2332-1 に示される、横膨出量の基準値は 0.50mm 以上であり、試験結果は基準値以下となる。しかしながら、本材料は SUS304 を母材としており、衝撃値は低いものの基本的には延性挙動を示す材料であるとともに脆性遷移を示さない材料である。

また、材料特性確認として、初期材及び長時間過時効熱処理材に対して、シャルピー衝撃試験を行った。試験条件と試験結果を別表 1-2 に示し、これらを LMP で整理した結果を別図 1-1 に示す。別表 1-2 からわかるように、各温度とも 100hr までは非時効材と同程度で

あった。また、別図 1-1 に示すように、LMP で 300°C、60 年相当まで靱性低下は見られない。

別表 1-1 シャルピー衝撃試験結果

温度(°C)	試験片 No.	横膨出量(mm)	衝撃値(J/cm ²)	備考
-25				
				9 点の平均
	平均値	0.24	23	

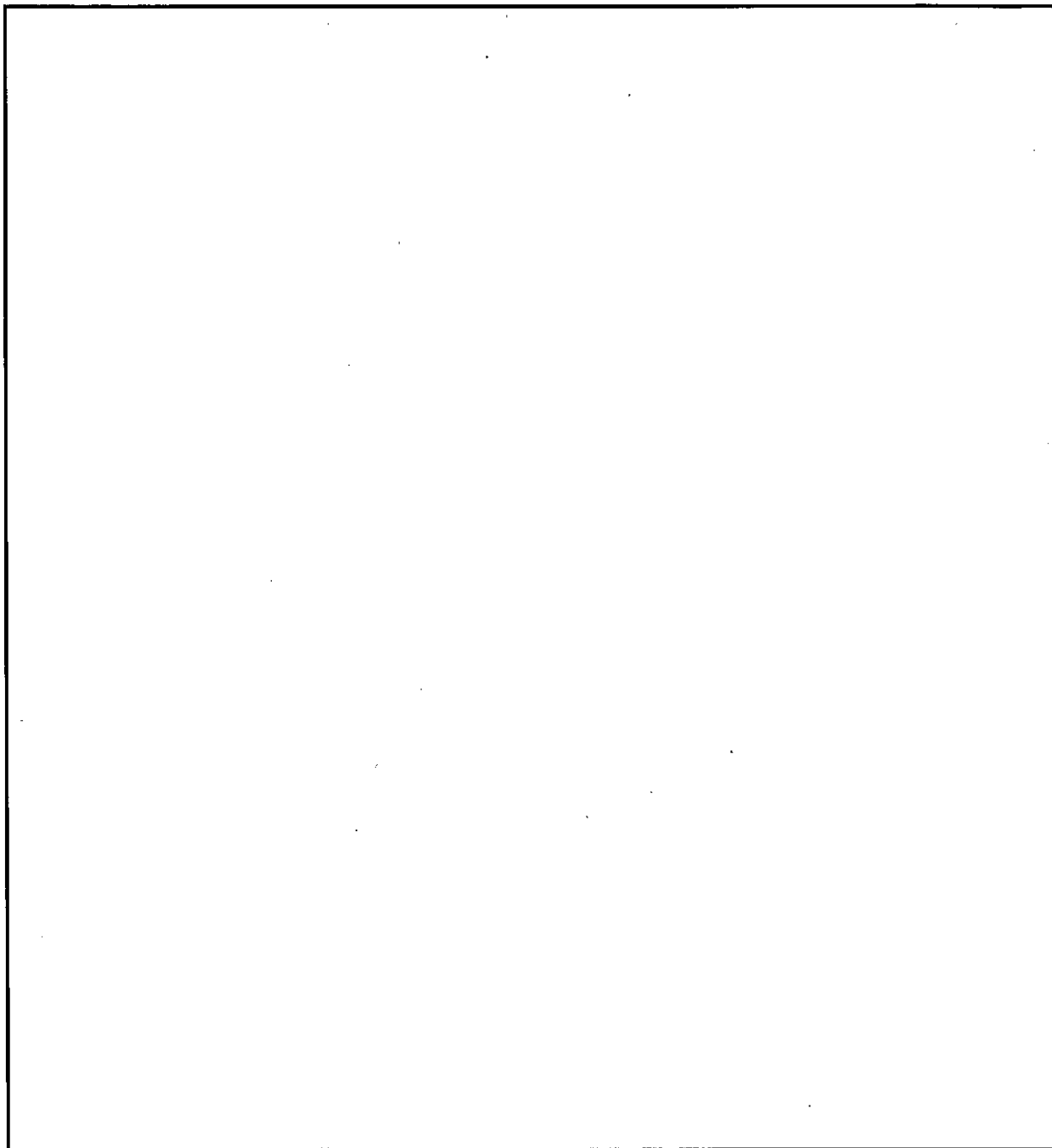
内は商業機密のため、非公開とします。

別表 1-2 時効後靱性確認試験条件と試験結果

時効温度	時効時間 (hr)	衝撃値 (J/cm ²)	横膨出量 (mm)
<div style="border: 1px solid black; width: 100%; height: 100%;"></div>			
最低値		22	0.20

※：試験温度は全て-25℃で実施

内は商業機密のため、非公開とします。



別図 1-1 時効後靱性確認試験の結果

内は商業機密のため、非公開とします。

(2) 動的破壊靱性試験

(a) 試験条件

- ・ 供試材 : 資料 5-2 表 6-1 に示す標本 5~7 を対象とした。
- ・ 試験片 : ASTM E 1820-05a C(T) 試験片を用いた。
- ・ 試験方法 : ASTM E 1820-05a による。
- ・ 試験温度 : -25°C
- ・ 応力拡大係数速度 : 300 MPa√m/s 以上
- ・ 記録 : K_Q 値を測定した。

(b) 試験結果

資料 5-2 表 10-2 の動的破壊靱性試験結果より, K_Q 値は 38 MPa√m 以上である。

4. 許容欠陥寸法の評価

B-SUS304P-1 に一様線状の欠陥を想定し, 3.1 (2) に示す破壊靱性値を基に別図 1-2 に示す方法により許容欠陥寸法評価を行った。別図 1-3 に想定欠陥深さと破壊靱性値 (K_Q 値) との関係を示す。

別図 1-3 に示すとおり, 想定欠陥深さは最大板厚 14mm では板厚の 3 分の 1 程度, 最小板厚 5mm では板厚の 2 分の 1 程度まで許容される。当該ほう素添加ステンレス鋼が衝撃荷重負荷時の破断に対して大きな裕度を有している

B-SUS304P-1 は, 資料 5-2 図 5-2 に示す品質管理を行っており, 許容欠陥寸法を超えるような欠陥を含む材料を使用しないことから問題ない。

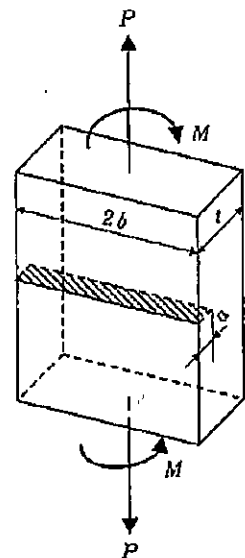
- (a) 想定欠陥 : 一様深さの表面き裂 (線状欠陥)
- (b) 荷重 : 仮想的に設計降伏点 ($S_y=255$ MPa) の曲げ応力を想定
- (c) 評価方法 : 別図 1-2 に示す評価式

$$K = (F_m \sigma_m + F_b \sigma_b) \sqrt{\pi a}$$

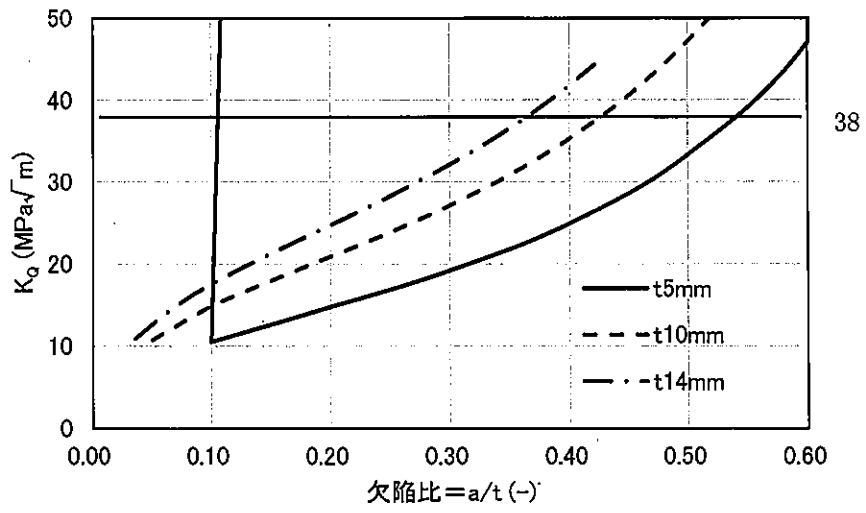
$$\sigma_m = \frac{P}{2bt}, \quad \sigma_b = \frac{3M}{bt^2}$$

$$F_m = \sqrt{\frac{2t}{\pi a} \tan\left(\frac{\pi a}{2t}\right)} \frac{0.752 + 2.02 \frac{a}{t} + 0.37 \left[1 - \sin\left(\frac{\pi a}{2t}\right)\right]^3}{\cos\left(\frac{\pi a}{2t}\right)}$$

$$F_b = \sqrt{\frac{2t}{\pi a} \tan\left(\frac{\pi a}{2t}\right)} \frac{0.923 + 0.199 \left[1 - \sin\left(\frac{\pi a}{2t}\right)\right]^4}{\cos\left(\frac{\pi a}{2t}\right)}$$



別図 1-2 許容欠陥寸法評価モデル及び評価式 (1)



別図 1-3 想定欠陥深さと破壊靱性値 (K_q 値) との関係

5. 引用文献

- (1) 小林英男ら, 「構造健全性評価ハンドブック」, 共立出版, (2005)

HDP-69B(B)型の製作の方法に関する補足説明

HDP-69B(B)型の主要な構成部材の製作方法の概要は、以下のとおりである。

1. 本体

本体の主要構成物は胴、底板、伝熱フィン、中性子遮蔽材、外筒、上部及び下部トラニオンである。

HDP-69B(B)型の密封境界を形成する胴及び底板は炭素鋼の単層構造であり、胴及び底板は溶接あるいは一体鍛造により組み立てられている。

外筒は炭素鋼であり、胴及び底板に溶接されている。

胴と外筒の間には、除熱性能を向上させるための炭素鋼（銅クラッド鋼）の伝熱フィンが設けられ、胴と外筒と溶接されており、中性子遮蔽材であるレジンを充填されている。

本体上部及び下部には、ステンレス鋼のトラニオンが各二対ずつ取り付けられ、トラニオンを除く本体の外表面は塗装が施されている。

2. 一次蓋

一次蓋は炭素鋼であり、一次蓋ボルトで本体上部のフランジに取り付けられる。

一次蓋と本体上部フランジとの接合面にはシール材として金属ガスケットが設けられている。

また、一次蓋には、頭部側の中性子遮蔽のために、中性子遮蔽材であるレジンを充填されている。

3. 二次蓋

二次蓋は炭素鋼であり、外表面は塗装が施され、二次蓋ボルトで本体上部フランジに取り付けられる。

二次蓋と本体上部フランジとの接合面にはシール材として金属ガスケットが設けられている。

4. バスケット

バスケットは、未臨界性を維持するために、バスケットプレートに中性子吸収性能を有するほう素添加ステンレス鋼を採用している。

バスケットプレートは胴の内面に施された溝に挿入されることにより支持されている。

なお、燃料集合体から発生する崩壊熱を除去するため、高い伝熱性能を有するアルミニウム合金のプレートが設けられている。

ほう素添加ステンレス鋼の概要について

1. 使用実績について

ほう素添加ステンレス鋼 B-SUS304P-1 は SUS304 にほう素を添加させたステンレス鋼であり、適切な中性子吸収能力と強度及び耐久性を有する材料である。

その主な用途は燃料貯蔵ラックや輸送容器等で、多数の技術文献が公開されている。

技術文献例

- (1) 加藤哲男, 藤倉正国, 市川二郎, 「原子力用含 B ステンレス鋼の特性」, 電気製鋼, Vol. 49, No. 2, pp. 108-116, (1978)
- (2) 山本定弘, 本田正春, 小林泰男, 崎山哲雄, 江平義博, 長嶺多加志, 「熱中性子遮蔽用ボロン含有ステンレス鋼板」, 火力原子力発電, Vol. 41, No. 9, pp. 1149-1157, (1990)
- (3) 古谷俊直, 金井秀俊, 廣瀬豊, 「ボロン添加ステンレス鋼の材料特性に関する研究」, 火力原子力発電, Vol. 45, No. 11, pp. 1289-1296, (1994)
- (4) ステンレス協会編, 「ステンレス鋼便覧 第3版」, 日刊工業新聞社, (1995)
- (5) 武本敏彦, 山崎和信, 川合裕, 「熱中性子遮蔽用ボロン添加ステンレス鋼の開発」, まてりあ, Vol. 35, No. 4, pp. 412-414, (1996)
- (6) 日立製作所, 「沸騰水型原子力発電所 使用済燃料貯蔵ラックの使用材料としてのボロン添加ステンレス鋼について」, HLR-061, (1998)
- (7) 坪田基司, 及川誠, 「中性子遮蔽用ボロン添加ステンレス鋼板」, ふえらむ, Vol. 10, No. 12, pp. 25-27, (2005)

2. クリープひずみについて

バスケットの最高使用温度は 300℃である。本材料の母材である SUS304 は 425℃までクリープの影響を考慮せずに適用される材料であり、かつ、ほう素を添加したことによるボライドの析出硬化により、クリープ特性がより改善されることが知られている。したがって、本材料の使用環境においてはクリープの影響はない。

3. 強度について

本材料は、SUS304 にほう素を添加したものであり、ほう素添加に伴い延性が低下する方向となるが、当該添加量程度では母材である SUS304 と同様に延性挙動を示す材料であり、時効の影響はない。

使用温度領域の機械試験の結果からトレンドカーブを評価し、保守的な設計強度を設

定した。

なお、日本機械学会において、金属キャスク構造規格で独自に物性値を設定した材料規格について再確認が行われ、本材料は問題なしとの評価を受けている。

(2017年6月15日に日本機械学会から原子力規制庁に報告)

<https://www.nsr.go.jp/data/000197135.pdf>

4. 破壊靱性・耐衝撃特性について

仮想的に、一様線状の欠陥を想定し、動的破壊靱性試験結果より得られた K_Q 値を基に許容欠陥寸法評価を行った結果、想定欠陥深さは、最大板厚 14mm では板厚の 3 分の 1 程度まで、最小板厚 5mm では板厚の 2 分の 1 程度まで問題ない。

本材料が衝撃荷重負荷時の破断に対して大きな裕度を有していることを確認した。