

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-40-45_改2
提出年月日	2021年10月1日

補足-600-40-45 炉心シュラウド支持ロッドの構造及び耐震評価に関する補足説明資料

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-3-3-2-4 炉心シュラウド支持ロッドの耐震性についての計算書」及び添付書類「VI-3-別添-6-3 炉心シュラウド支持ロッドの強度計算書」において耐震評価及び強度評価の対象としている、炉心シュラウド支持タイロッドの各部材の機能及び構造と、耐震解析モデルの考え方について説明するものである。

2. 炉心シュラウド支持ロッドの各部材の機能について

炉心シュラウド支持ロッドは、機能として以下の2つに大別される。

(1) 炉心シュラウド鉛直方向拘束

炉心シュラウド上部胴とシュラウドサポートを連結し、鉛直方向の荷重に対し炉心シュラウドを拘束（浮上りを防止）する。

本機能の構成部材は上部サポート、上部タイロッド、下部スタビライザ、下部タイロッド及びトグルである。

(2) 炉心シュラウド水平方向拘束

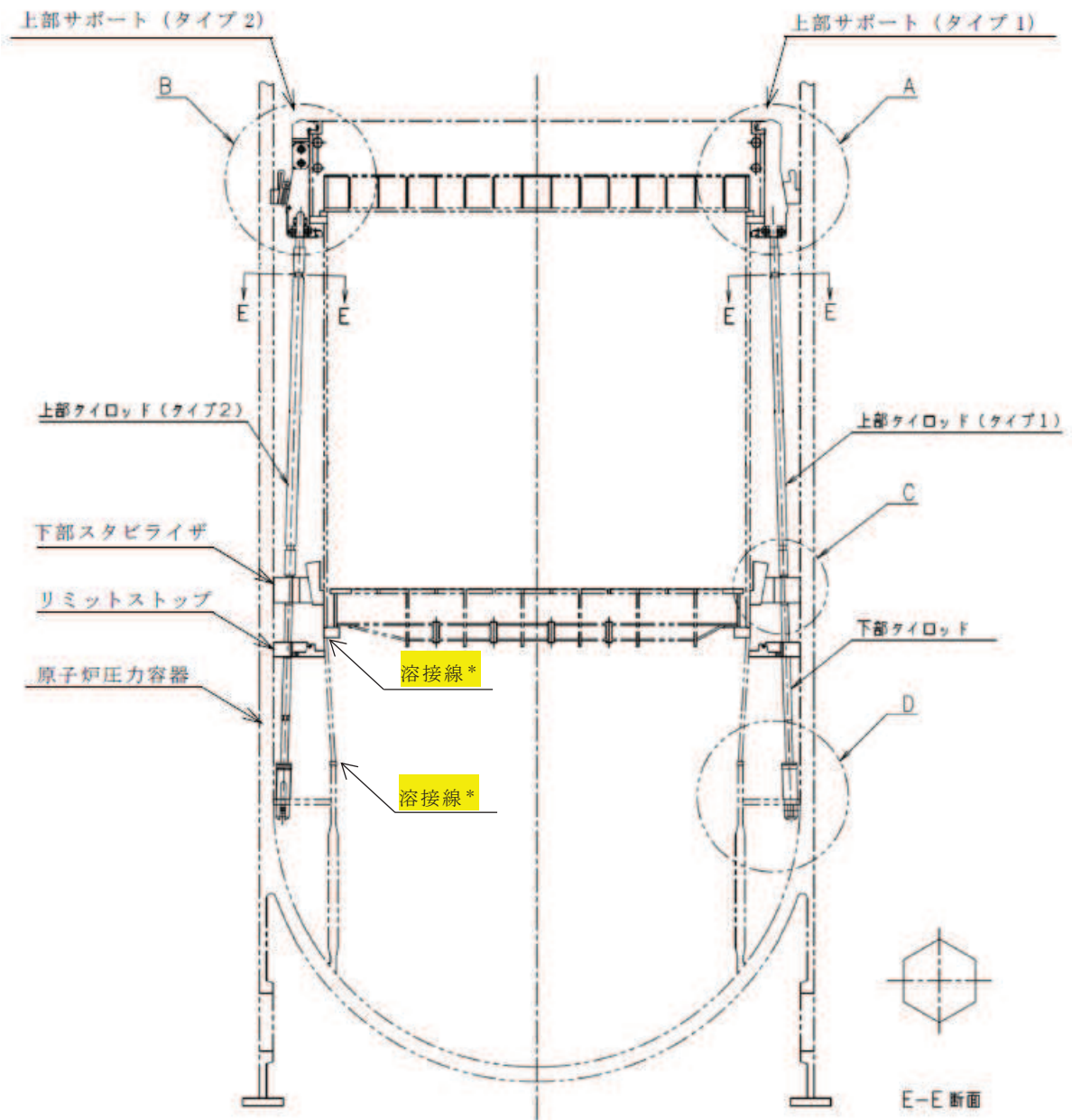
炉心シュラウドと原子炉圧力容器の間に設置し、水平方向の荷重に対し炉心シュラウドを拘束（横ずれを防止）する。

本機能の構成部材は上部サポート、上部ウェッジ、下部スタビライザ及び下部ウェッジである。

炉心シュラウド支持ロッドの各部材は本機能を満足するように設計されており、その機能を表1に示す。また、構造説明図を図1に示す。

表 1 炉心シュラウド支持ロッドの各 부품の機能

部品名称	機能
上部サポート	<p>炉心シュラウド上部リングに設けられた溝に設置され、炉心シュラウド溶接部の全周破断時の浮上り荷重及び地震発生時の炉心シュラウドの倒れ荷重を上部タイロッドに伝達する。</p> <p>また、上部ウェッジと組み合わせることで、炉心シュラウド上部胴に接触し、水平荷重を上部ウェッジを介して原子炉圧力容器に伝達する。</p> <p>なお、上部サポートの炉心シュラウド上部胴との取り合い部には凸部が設けられ、水平荷重を上部ウェッジの設置高さで炉心シュラウド上部胴に伝達できるようにしている。</p>
上部ウェッジ	<p>上部サポートと組み合わせることで、原子炉圧力容器に接触し、水平荷重を原子炉圧力容器に伝達する。</p> <p>また、炉心シュラウド全周破断時における炉心シュラウドの水平方向を支持する。</p>
上部タイロッド	<p>炉心シュラウドの浮上り荷重及び地震発生時の炉心シュラウドの倒れ荷重を下部スタビライザに伝達する。</p>
下部スタビライザ	<p>下部スタビライザと下部ウェッジを組み合わせることで、シュラウド中間胴と原子炉圧力容器に接触し、炉心支持板及び炉心シュラウド中間胴の水平荷重を原子炉圧力容器に伝達するとともに、炉心シュラウドの浮上り荷重及び地震発生時の炉心シュラウドの倒れ荷重を下部タイロッドに伝達する。</p>
下部ウェッジ	<p>また、下部スタビライザ及び下部ウェッジを設置することにより、上部タイロッドと下部タイロッドの振動を抑制するとともに、炉心シュラウド全周破断時における炉心シュラウドの水平方向を支持する。</p>
リミットストップ	<p>炉心シュラウド全周破断時におけるシュラウド下部胴の位置ずれを防止する。</p>
下部タイロッド	<p>炉心シュラウドの浮上り荷重及び地震発生時の炉心シュラウドの倒れ荷重をトグルに伝達する。</p>
トグル	<p>トグルバーによりシュラウドサポートプレートに設置され、炉心シュラウドの浮上り荷重及び地震発生時の炉心シュラウドの倒れ荷重をシュラウドサポートプレートに伝達する。</p>



注記* : リミットストップの機能において全周破断時を想定する溶接線である。

図 1(1) 炉心シュラウド支持ロッドの構造

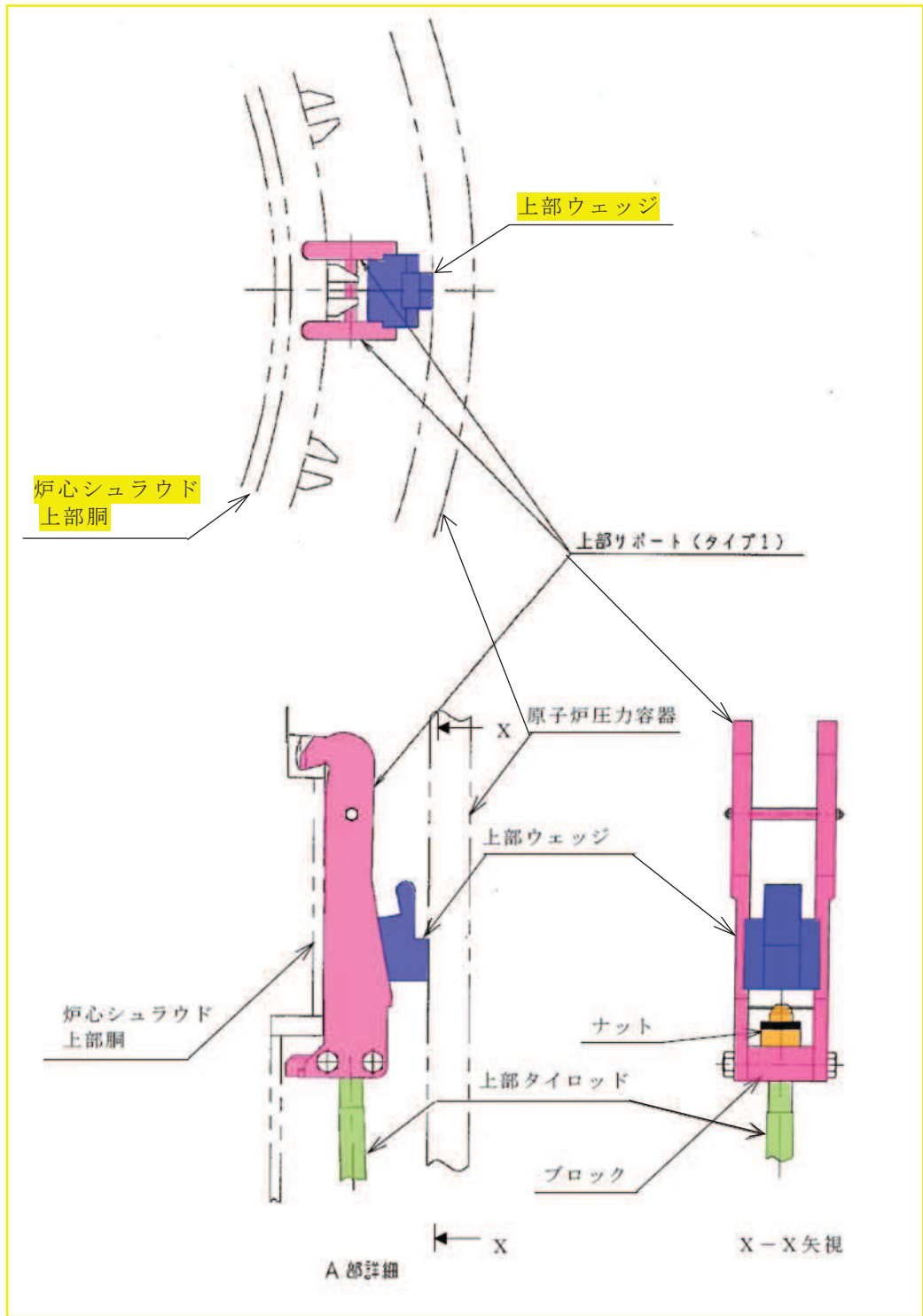


図 1(2) 炉心シュラウド支持ロッドの構造

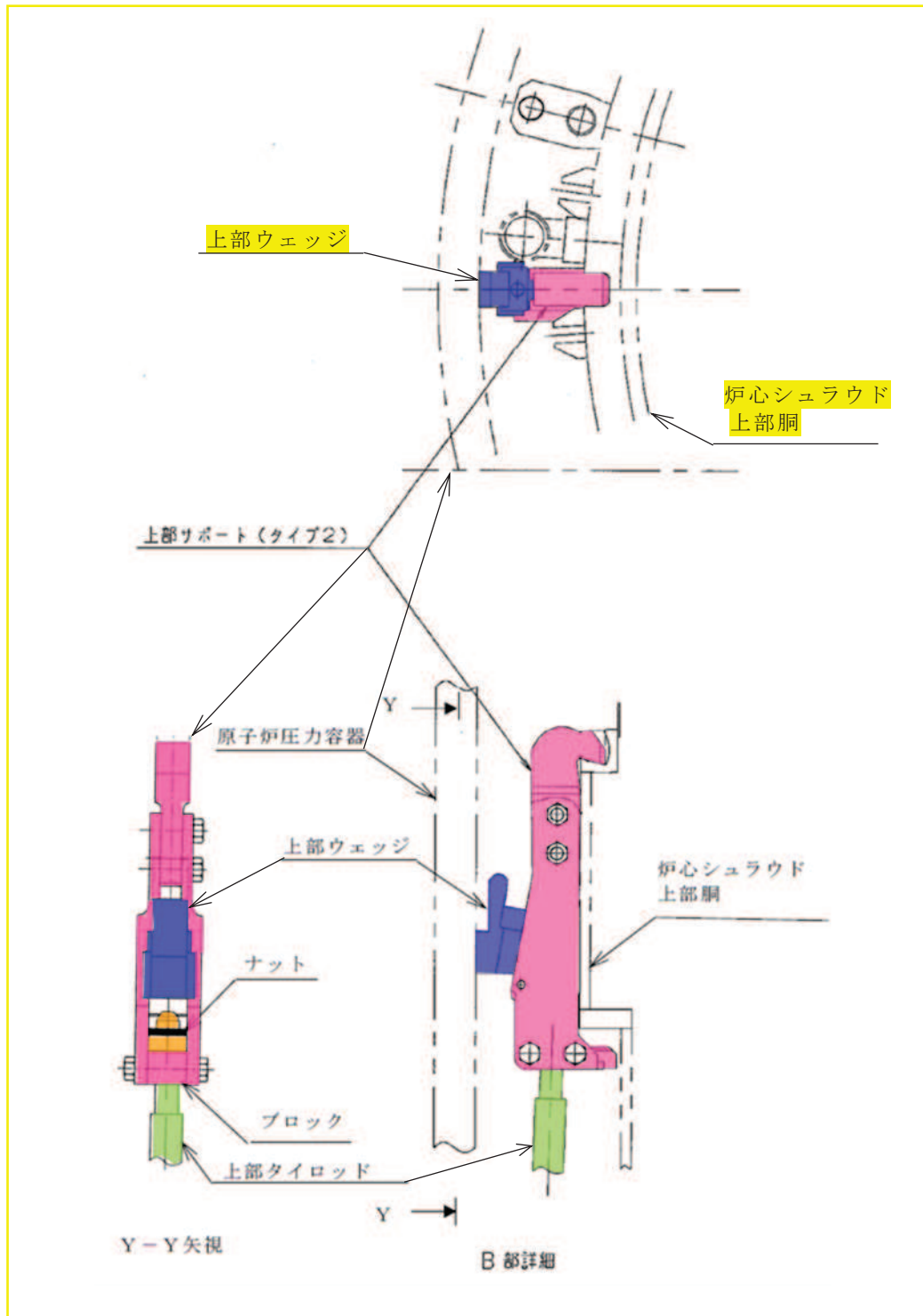
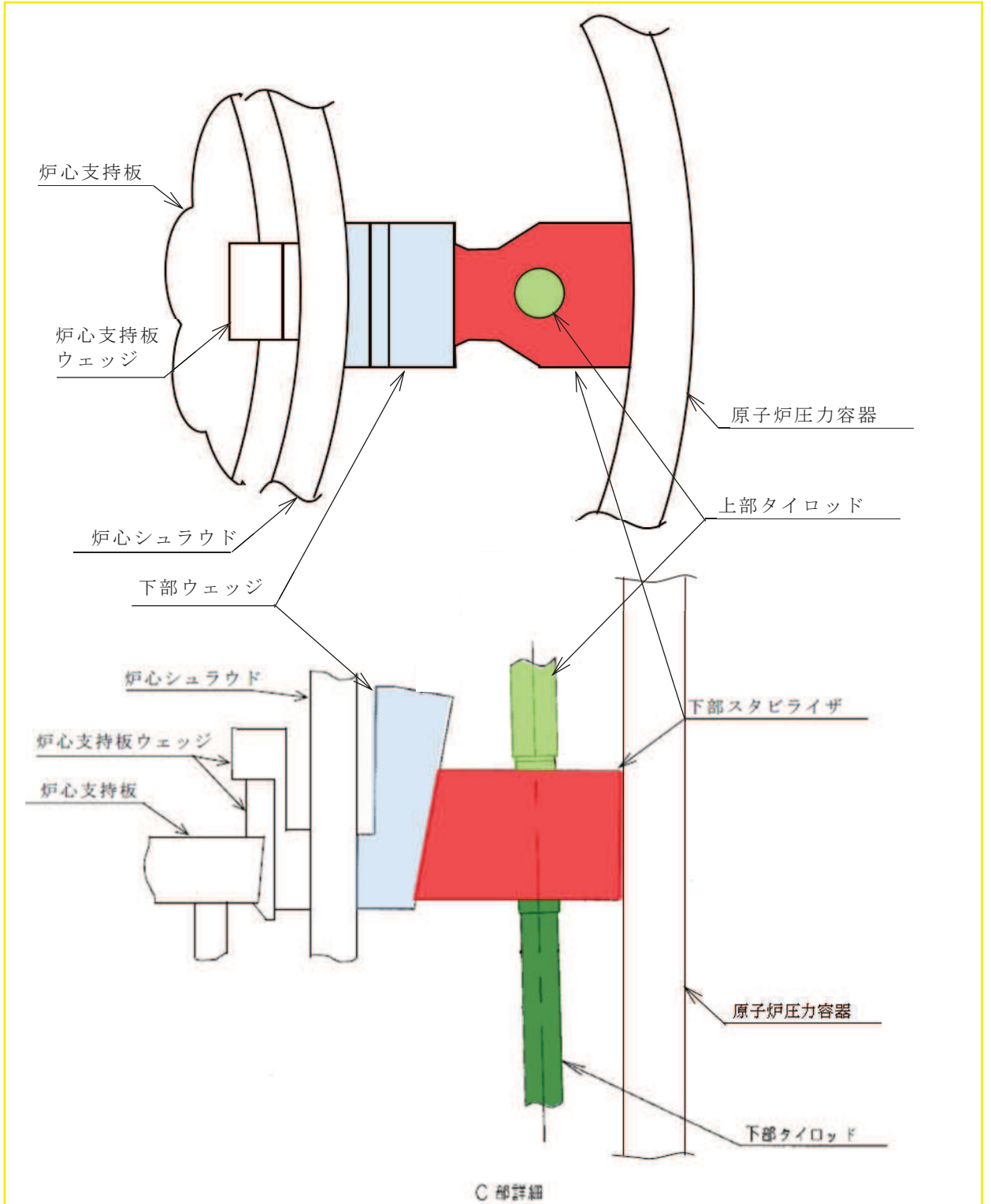
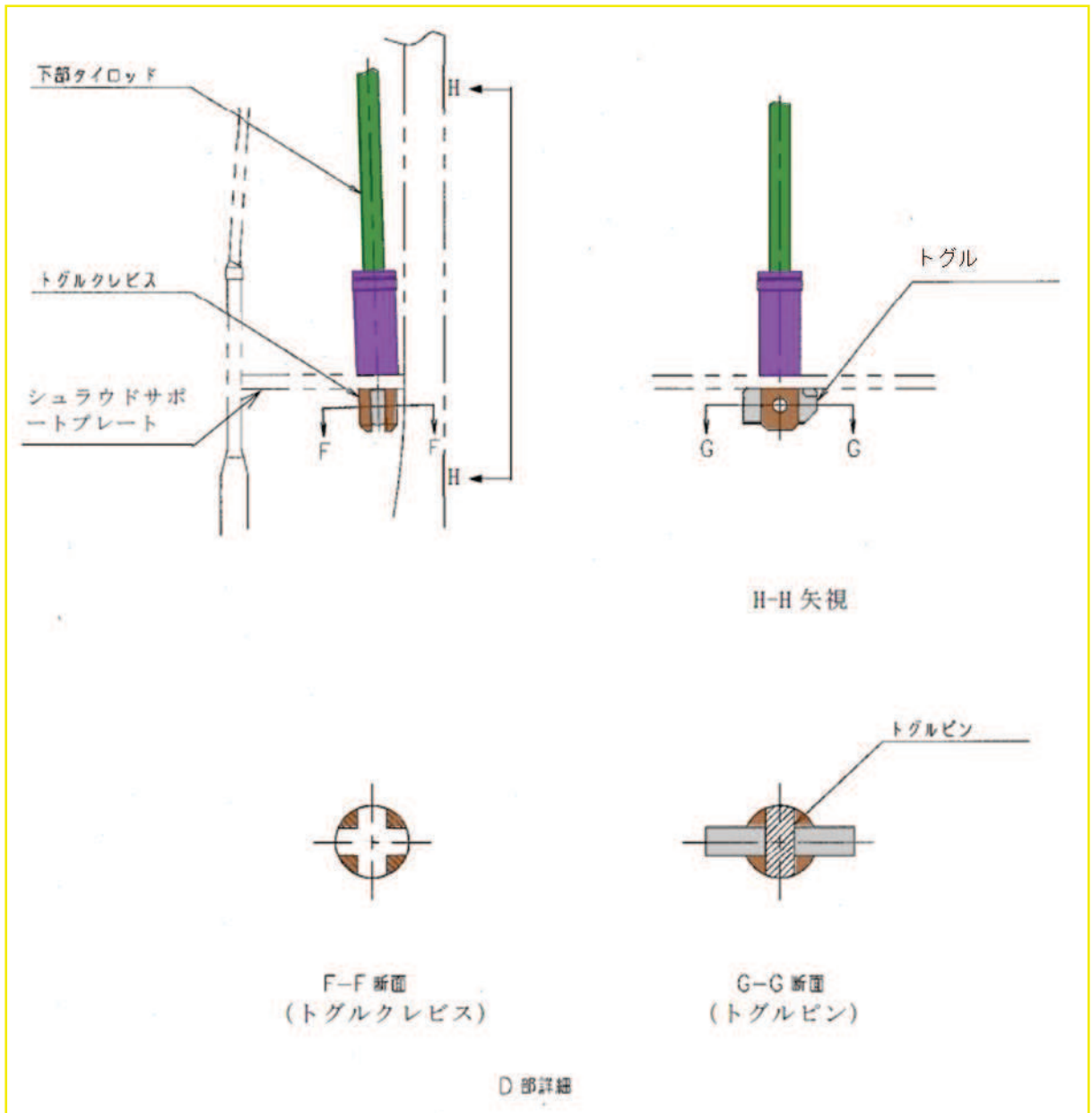


図 1(3) 炉心シュラウド支持ロッドの構造



注記*：炉心支持板ウェッジは炉心シュラウド支持ロッド据付時に併せて設置している。炉心支持板は従来炉心支持板スタッドの締付力による摩擦力で水平方向荷重を下部リングに伝達するが、炉心シュラウド溶接部全周破断を想定して、炉心支持板、炉心支持板ウェッジ、炉心シュラウド、下部スタビライザ及び原子炉压力容器の順の荷重伝達パスを形成している。

図 1(4) 炉心シュラウド支持ロッドの構造



注：斜線部はトグルクレビス及びトグルピンの評価対象部を示す。

図 1(5) 炉心シュラウド支持ロッドの構造

3. 解析モデルの考え方について

炉心シュラウド支持ロッドの耐震評価において、水平方向地震荷重（せん断力及びモーメント）は炉心シュラウド支持ロッドの解析モデルにより求める。炉心シュラウド支持ロッドの解析モデルの考え方を表 2 に示す。また、構造及び解析モデルの比較を図 2 に示す。

なお、炉心シュラウド支持ロッドの部材である上部サポート及び上部ウェッジのモデル化について、大型機器連成解析モデル*においては、炉心シュラウドと原子炉压力容器の相互作用の影響を考慮するため、上部サポートを含めた炉心シュラウド支持ロッド全体のばね要素としているが、炉心シュラウド支持ロッドの解析モデルにおいては、上部タイロッド、下部タイロッドの振動により発生する応答荷重を求めるため、剛性の高い上部サポート及び上部ウェッジを炉心シュラウドと一体とみなしている。

*注記：添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉压力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」における炉内構造物系の耐震解析モデルを示す。

表2 炉心シュラウド支持ロッドのモデル化の考え方

部品名称	モデル化方法	モデル化の考え方
上部サポート	モデル範囲外	上部サポート及び上部ウェッジは、上部タイロッドに比べて剛性が高いため、炉心シュラウドと一体とみなしている。
上部ウェッジ		
上部タイロッド	はり要素としてモデル化 (質点： <input type="text"/>)	上部タイロッドは、棒状構造物であるため、はりとしてモデル化する。 上端は、上部サポート下端のブロックにナットで締結されていることから、ナット下端をピン支持としている。
下部スタビライザ	ばね要素としてモデル化	下部スタビライザ及び下部ウェッジは、上部タイロッド及び下部タイロッドの振動を抑制する構造物であるため、水平ばねとしてモデル化する。 水平ばねは、補足-600-8-2「建屋-機器連成解析における解析モデルの設定に係る補足説明資料」に則って設定している。 また、上部タイロッド、下部タイロッドと機械的に締結されているが、断面性状は上部タイロッド、下部タイロッドで代表してモデル化している。
下部ウェッジ		
リミットストップ	質量のみを質点 <input type="text"/> へ考慮	リミットストップは、原子炉圧力容器及び炉心シュラウドに接触しておらず、下部タイロッドに取り付けられているため、質量のみを質点 <input type="text"/> に考慮してモデル化している。
下部タイロッド	ばね要素としてモデル化 (質点： <input type="text"/>)	下部タイロッドは、棒状構造物であるため、はりとしてモデル化する。 下端は、シュラウドサポートプレートの下面に接触するようにトグルを設置していることから、トグルバー上面をピン支持としている。
トグル	質量のみを質点 <input type="text"/> へ考慮	トグルは、下部タイロッドに機械的に締結されているが、断面性状は下部タイロッドで代表しているため、質量のみを質点 <input type="text"/> に考慮してモデル化している。

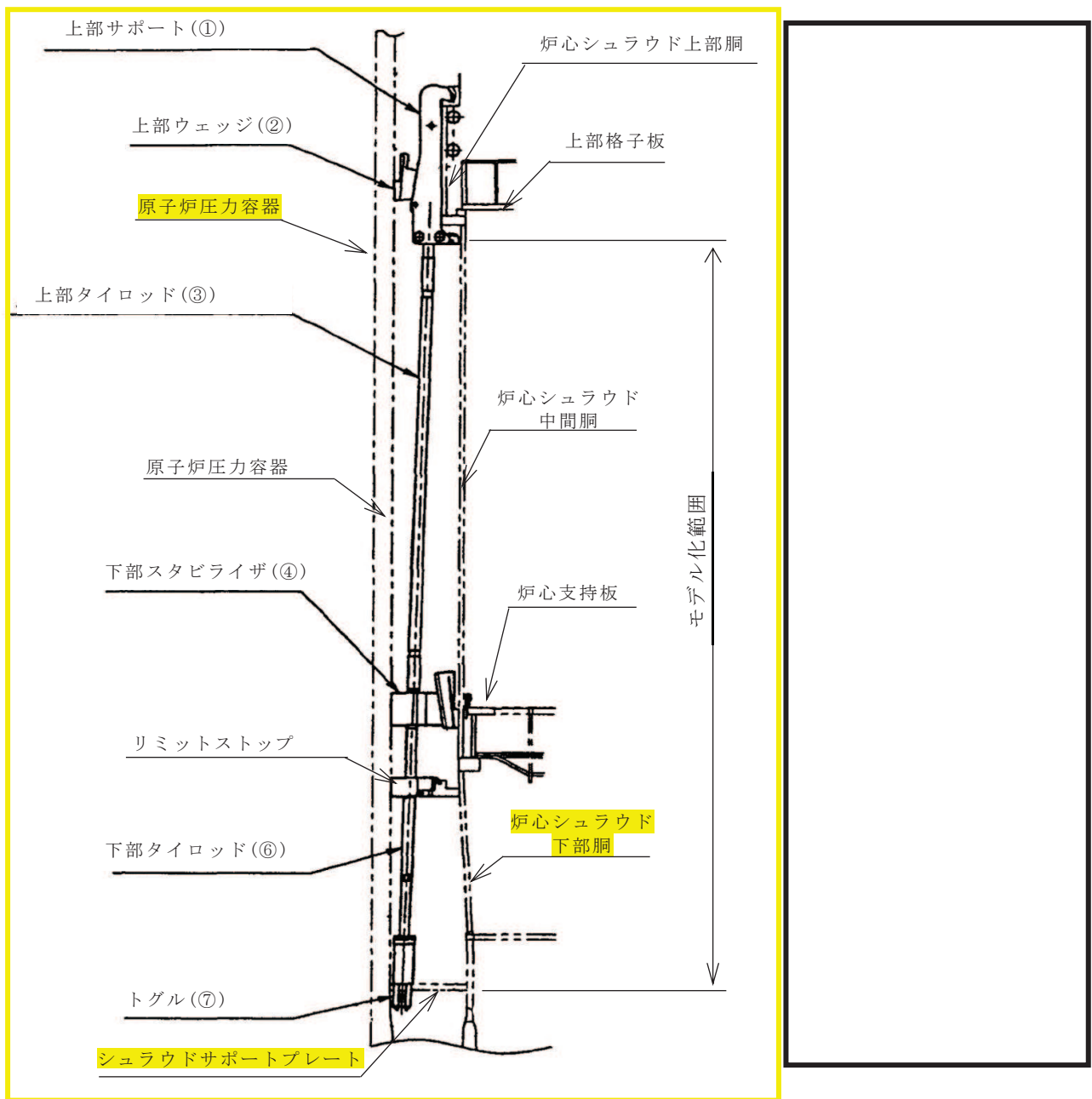
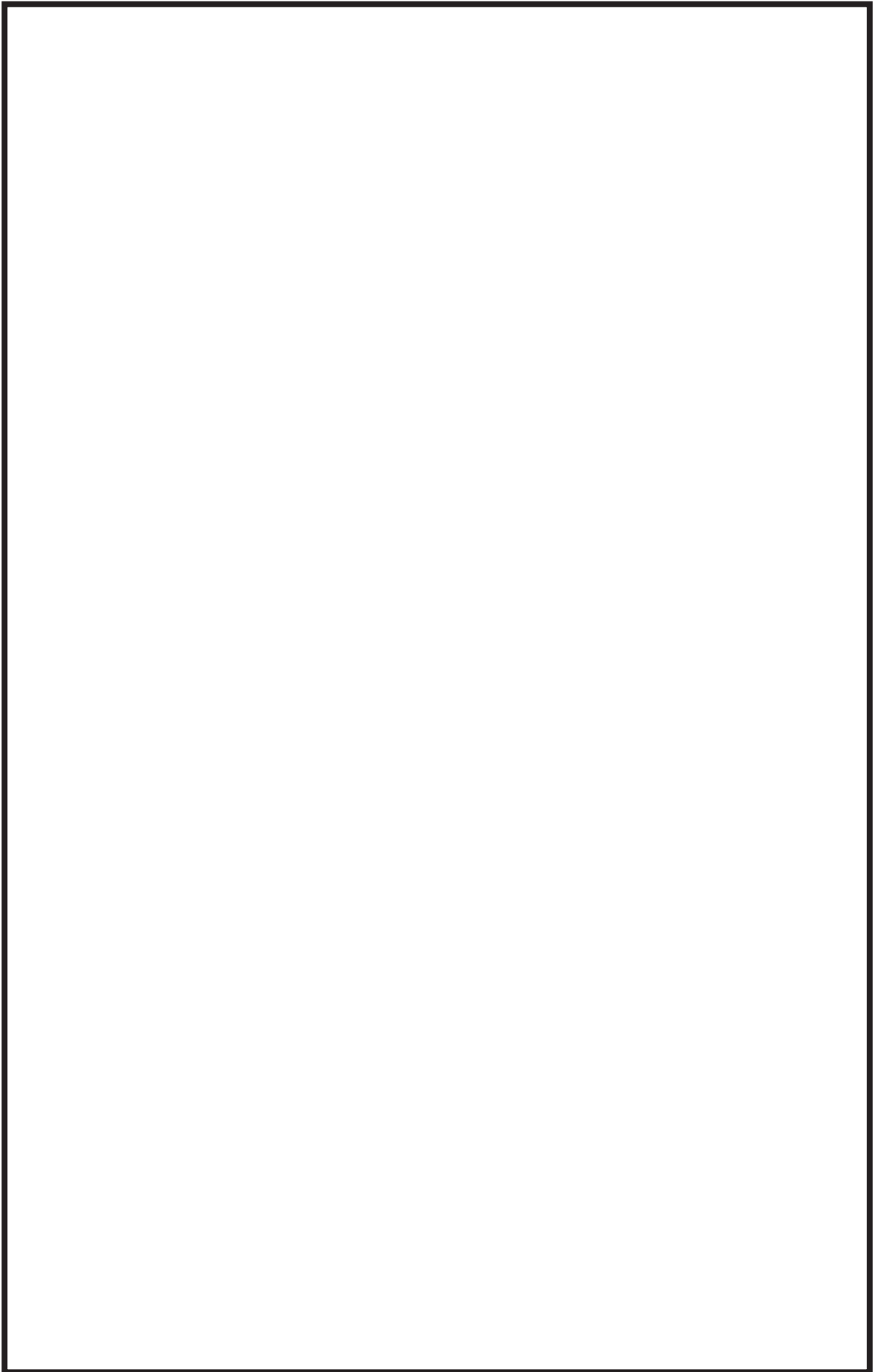


図2 炉心シュラウド支持ロッドの構造及び解析モデルの比較

炉心シュラウド支持ロッド据付の概要

1. 炉心シュラウド支持ロッドの機能及び配置

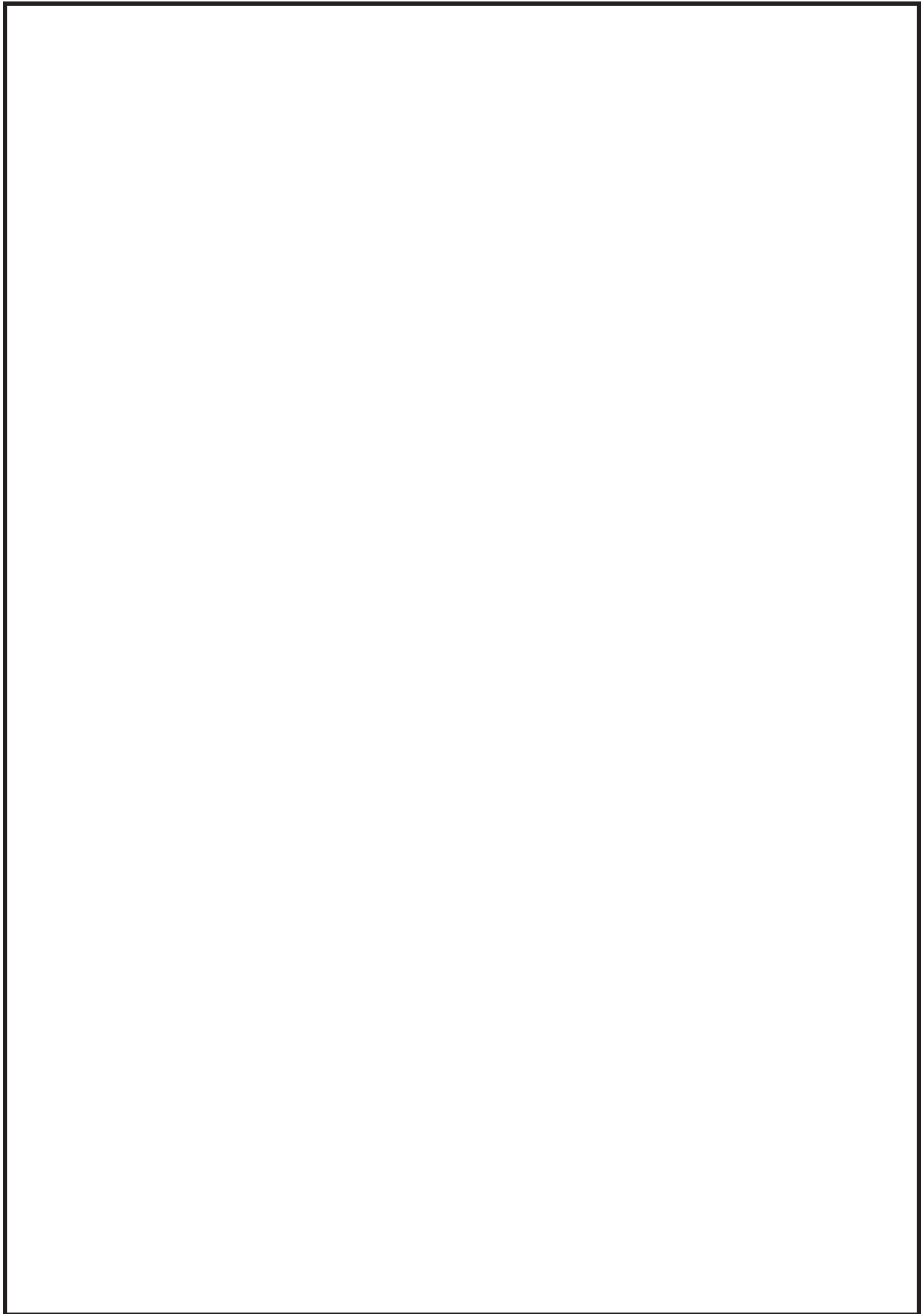
炉心シュラウド支持ロッドは、炉心シュラウド上部胴とシュラウドサポートを連結し、鉛直方向の荷重に対し炉心シュラウドを拘束（浮上りを防止）する機能及び炉心シュラウドと原子炉圧力容器の間に設置し、水平方向の荷重に対し炉心シュラウドを拘束（横ずれを防止）する機能を有する。原子炉圧力容器内部の構造物との取り合いを考慮し、据付方位は であり、上部サポートの構造が異なる 2 種類（タイプ 1 及びタイプ 2）の炉心シュラウド支持ロッドが据え付けられている。炉心シュラウド支持ロッドの詳細図を参考図-1 に、配置 図 を参考図-2 に示す。



参考図-2 炉心シュラウド支持ロッド詳細図

参考-2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



参考図-2 炉心シュラウド支持ロッド配置図

参考-3

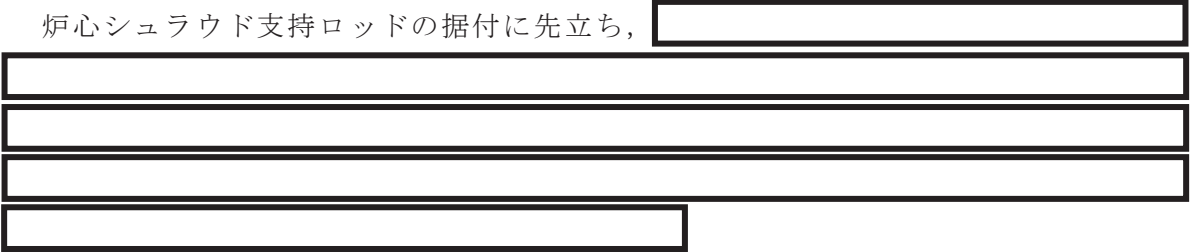
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2. 炉心シュラウド支持ロッド据付手順

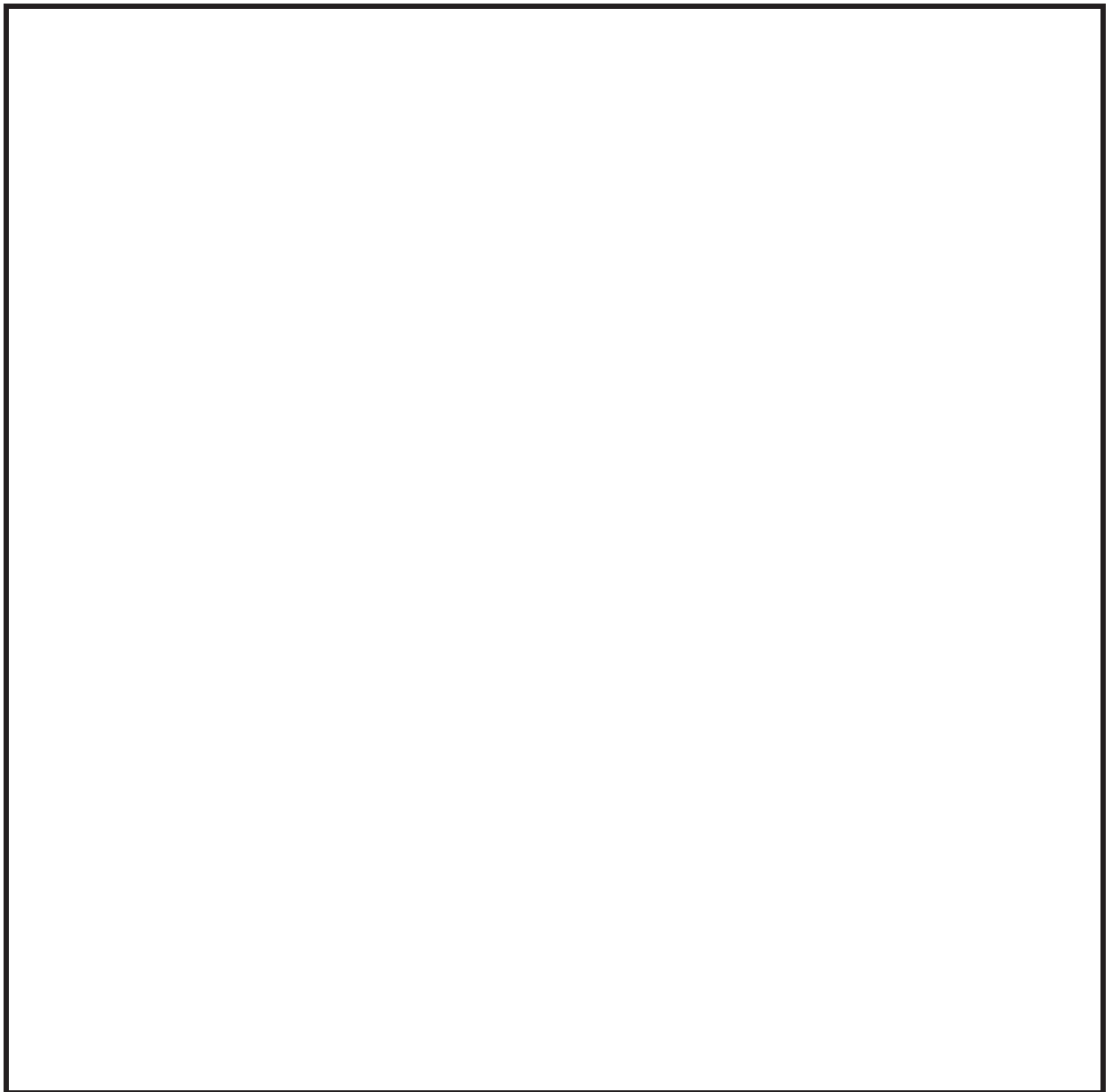
炉心シュラウド支持ロッドの据付手順は以下の通りである。

(1) 炉心シュラウド支持ロッド据付前の加工

炉心シュラウド支持ロッドの据付に先立ち、



なお、これらの荷重は、炉心シュラウド及びシュラウドサポートの応力計算において支圧荷重として考慮される。加工部位について参考図-3 に示す。



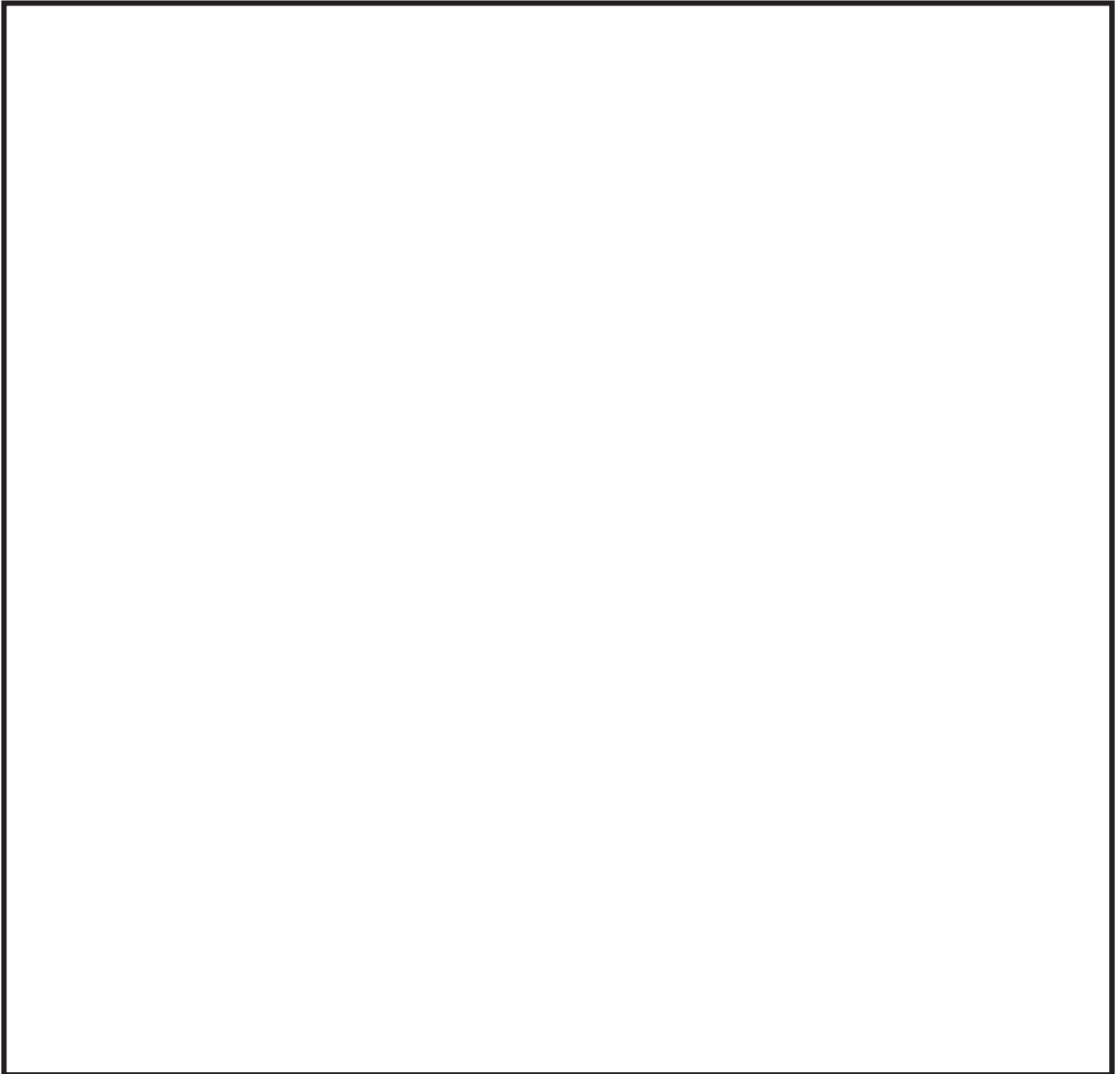
参考図-3 炉心シュラウド及びシュラウドサポートの加工部位

(2) 炉心支持板への炉心支持板ウェッジの設置

炉心シュラウド内の炉心支持板に炉心支持板ウェッジを設置する。炉心シュラウド支持ロッドの据付方位 に対応する位置に炉心支持板ウェッジを設置し、下部スタビライザ部における水平方向の荷重伝達経路の一部*となる。

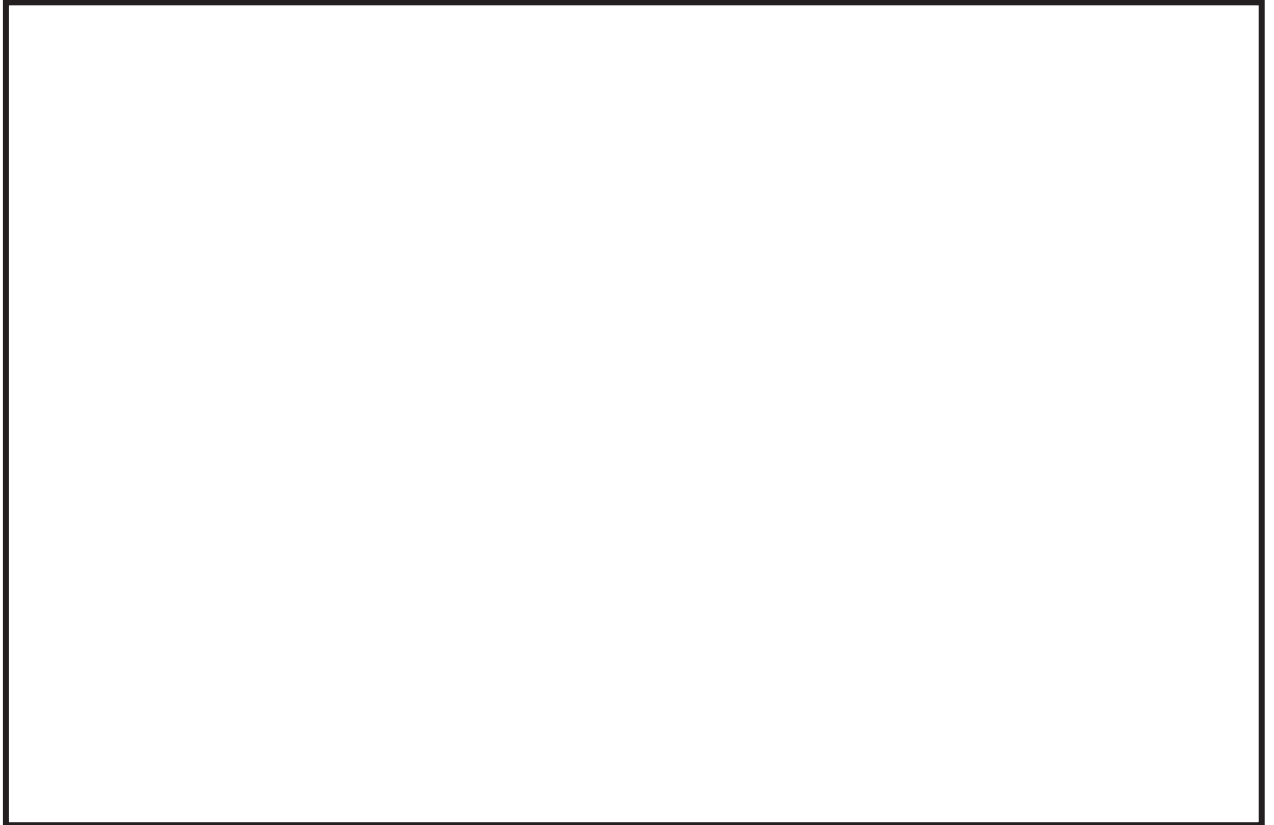
なお、下部スタビライザ部は、炉心シュラウド支持ロッドの解析モデル及び炉内構造物系地震応答解析モデルにおいて水平ばね として考慮される。下部スタビライザ部の構造概要を参考図-4 に示す。

※：下部スタビライザ部は、原子炉圧力容器に接触し荷重伝達を担う下部スタビライザ、炉心シュラウドに接する下部スタビライザウェッジ、さらに炉心シュラウドと炉心支持板との間に設置される炉心支持板ウェッジにより構成する。

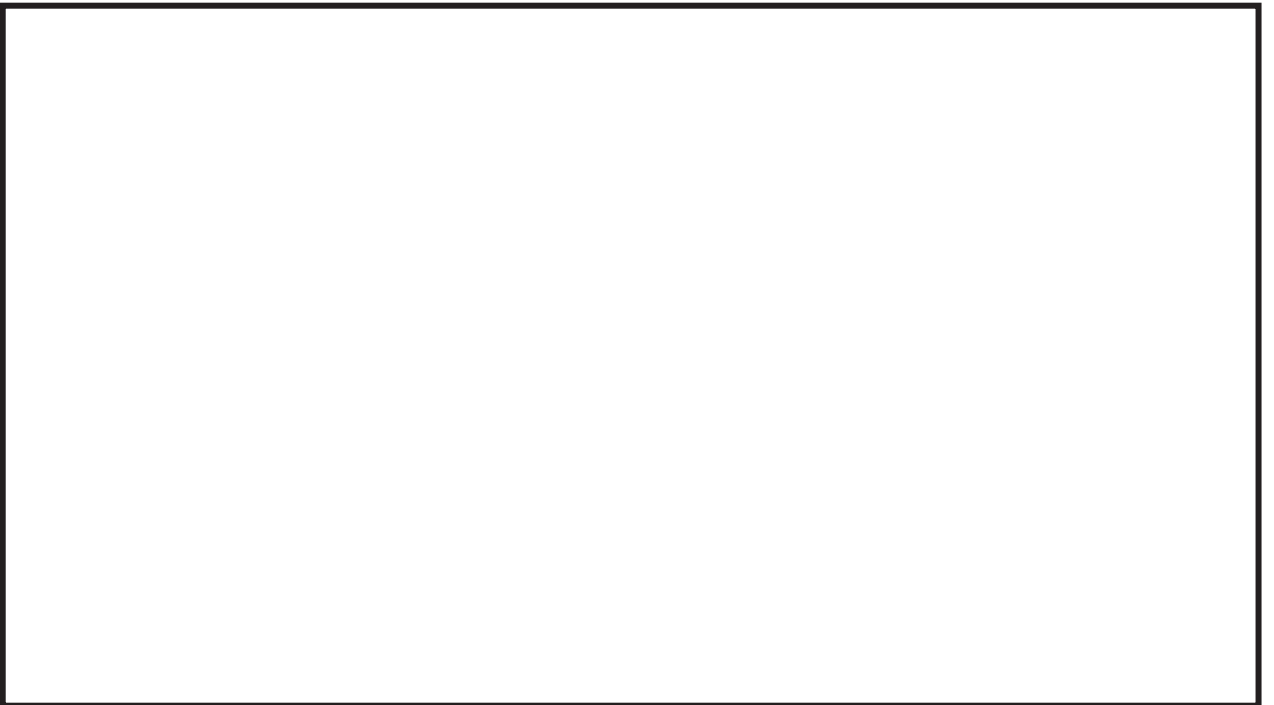


参考図-4 下部スタビライザ部の構造概要

(3) 炉心シュラウド支持ロッドの組み立て及び設置



以上の手順により設置される炉心シュラウド支持ロッドの据付手順概要を参考図-5に示す。



参考図-5 炉心シュラウド支持ロッド据付手順概要