

部分装荷時における燃料体の
跳び上がり挙動について

令和元年 10月17日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

1. はじめに

本資料は、廃止措置段階の燃料体取出し作業において実施する模擬燃料体の部分装荷時の影響評価に関して、燃料体の跳び上がり挙動について補足説明するものである。

2. 燃料体の跳び上がり挙動について

一般に、高速炉の炉心は、多数の炉心構成要素が稠密六角配置にて炉心支持板に差し込まれて自立するように構成され、かつ、運転時と停止時等の温度差により発生する炉心構成要素等の熱膨張による過大な応力の発生を避けるために、上下方向に炉心構成要素を拘束しない構造である。このため、地震時には炉心構成要素はお互いのパッド部を介して支え合う構造となっている。

これより、運転中のプラントにおいては、発生した地震による炉心構成要素の跳び上がり挙動によりパッド外れが生じた場合には、炉心構成要素の水平変位が増加するため、制御棒挿入性に影響する可能性がある。通常の運転時及び停止時には炉心体系の幾何学的形状維持や制御棒の挿入機能を阻害しないことが要求されるため、跳び上がり量を評価対象とし制限内に収まることを確認する必要がある。

一方、廃止措置段階において模擬燃料体を部分装荷とした場合、燃料体、模擬燃料体の地震時における挙動が変化し、炉心体系の幾何学的形状維持（炉心上部機構等に衝突する、燃料体頂部の中心維持にずれが生じる）に影響が想定される。

耐震バックチェックにおける燃料体の跳び上がり評価結果及び今般の評価において算出された跳び上がり量について以降に示す。

3. 既往評価

もんじゅの炉心に対する地震時の跳び上がり挙動については、過去に耐震バックチェックにおいて評価を実施している。もんじゅの燃料体及び連結管の概要図を図 1 に示す。耐震バックチェックにおける評価基準値は、隣接燃料体と

の패드部での接触が外れない範囲である 45mm とした。跳び上がり評価に際しては、運転中の温度・炉内冷却材流況を踏まえ、炉心支持板位置における応答加速度を入力として、重力、浮力、燃料体内圧力損失等に伴い生じる流体力、水平地震動による衝突に伴う摩擦力、燃料体と炉心支持板の衝突ばね・衝突減衰を考慮して評価した。評価モデルを図 2 に示す。評価の結果、跳び上がり量は最大で 38mm であり、45mm の制限を満足した。

4. 部分装荷時における地震時の燃料体の跳び上がり量

今回評価では、3次元炉心群振動解析評価手法を適用したことにより、燃料体の跳び上がり量も同時に算出される。その結果を図 3-1 に示す。これに示すとおり燃料体を含めた全炉心構成要素の跳び上がり量は 20mm を超えず、耐震バックチェックの評価基準値 45mm を下回ることから、地震時の燃料体等の跳び上がりに対して問題ないことを確認した。更に参考として、通常装荷時の 3次元炉心群振動解析による跳び上がり量の結果を図 3-2 に示す。これらを比較すると、通常装荷時と比較して部分装荷時においても跳び上がり量が大きく増大することはない。

なお、部分装荷時及び通常装荷時の評価結果において、系統的に跳び上がり量が小さい部分があるのは、すべて制御棒案内管である。制御棒案内管は、燃料体とは異なり、エントランスノズル及び連結管に浮き上がり防止のためのラッチスプリング機構が備わっており、これにより他の燃料体と比較して跳び上がり量が抑制されている。

5. 耐震バックチェック時との評価の違い

耐震バックチェック時において考慮していた運転中の燃料体内を流れる冷却材により発生する上向きの流体力は、廃止措置段階のもんじゅにおいては冷却材流量が著しく小さく、上向き流体力はほとんど発生しないことから、跳び上がり量が低減している主な要因となっている。

以上

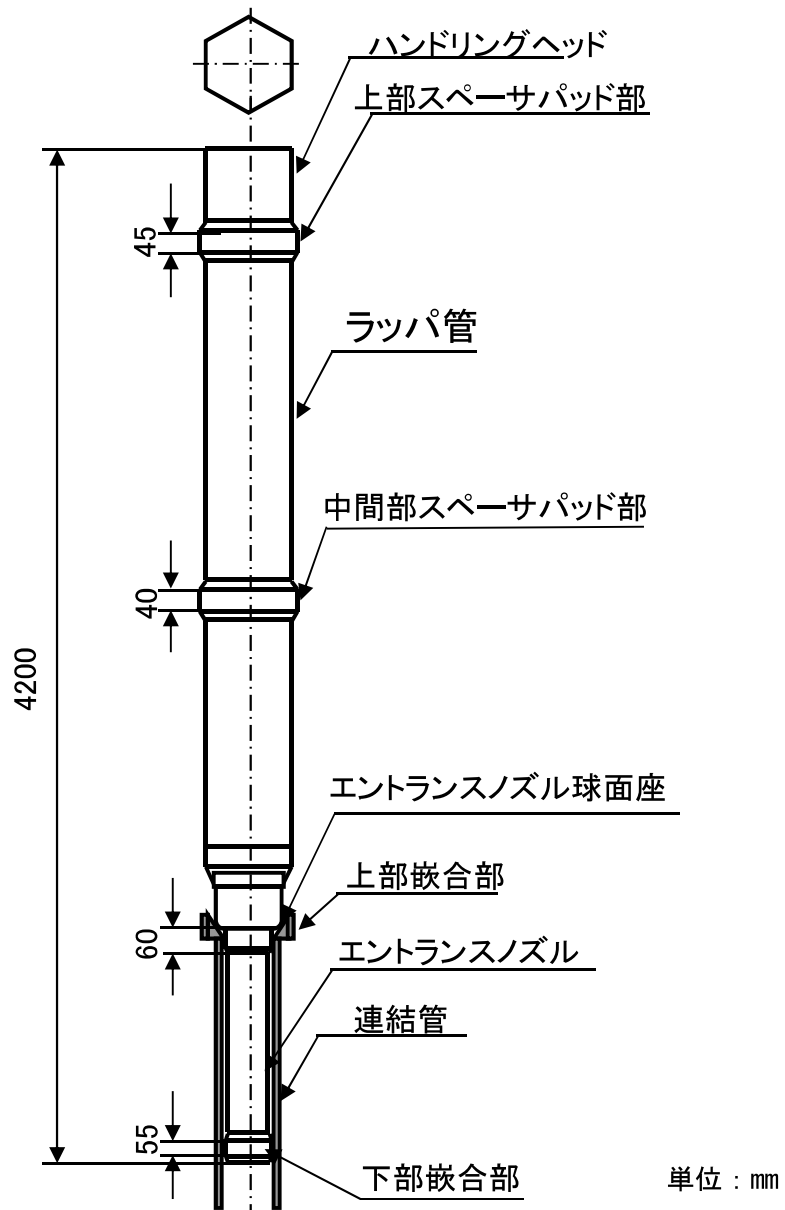
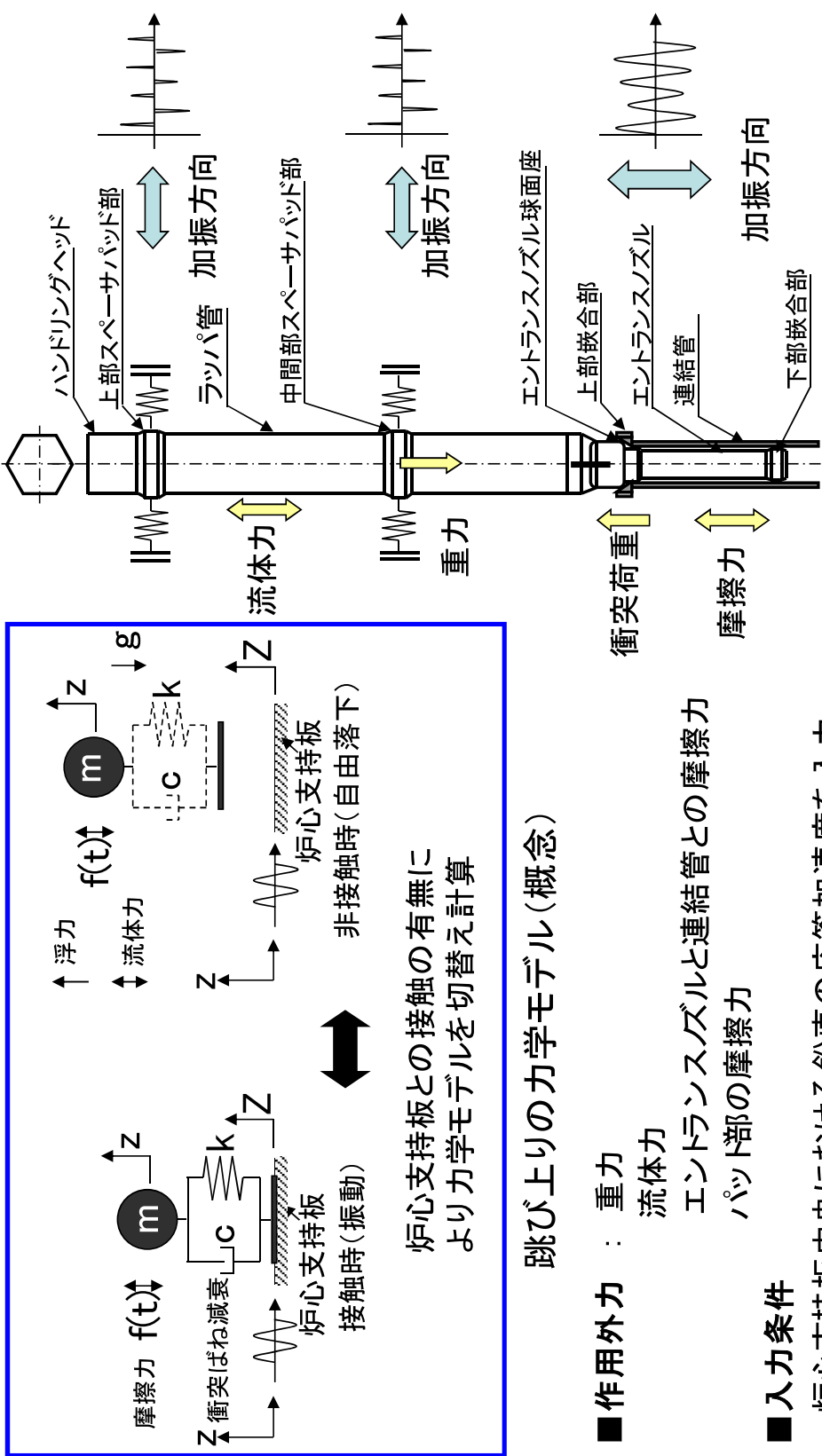


図1 燃料体及び連結管の概要



炉心構成要素単体モデル

跳び上りの力学モデル(概念)

- 作用外力 : 重力
流体力
エントランスズルと連結管との摩擦力
パット部の摩擦力
- 入力条件
炉心支持板中央における鉛直の応答加速度を入力

図2 耐震バックチェックにおける燃料体の跳び上がり評価

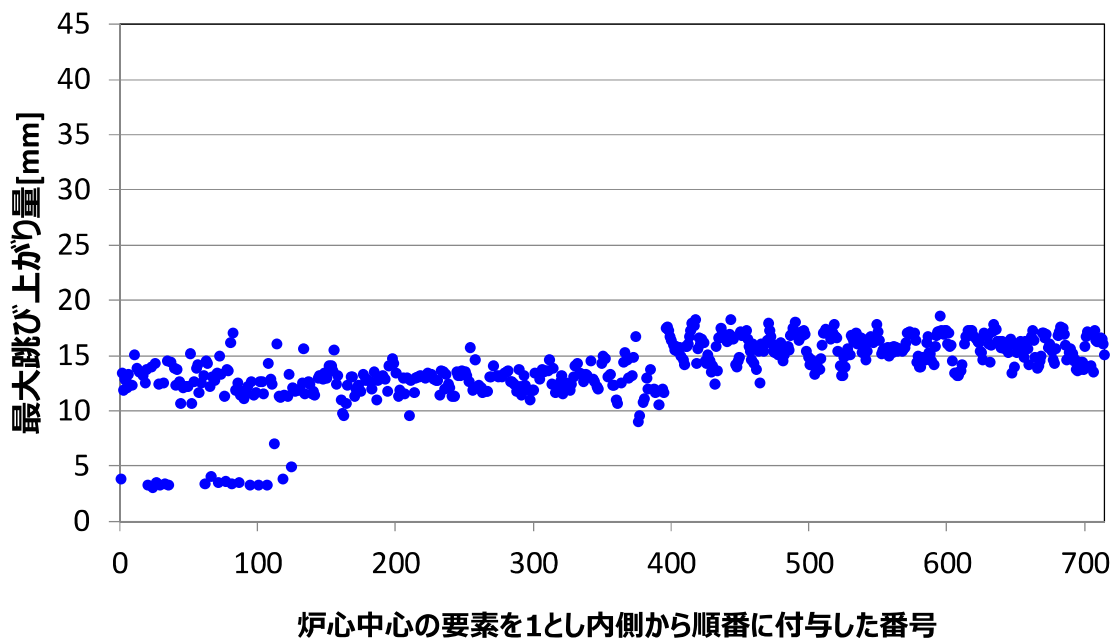


図 3-1 部分装荷時の 3 次元群振動解析結果による跳び上がり量

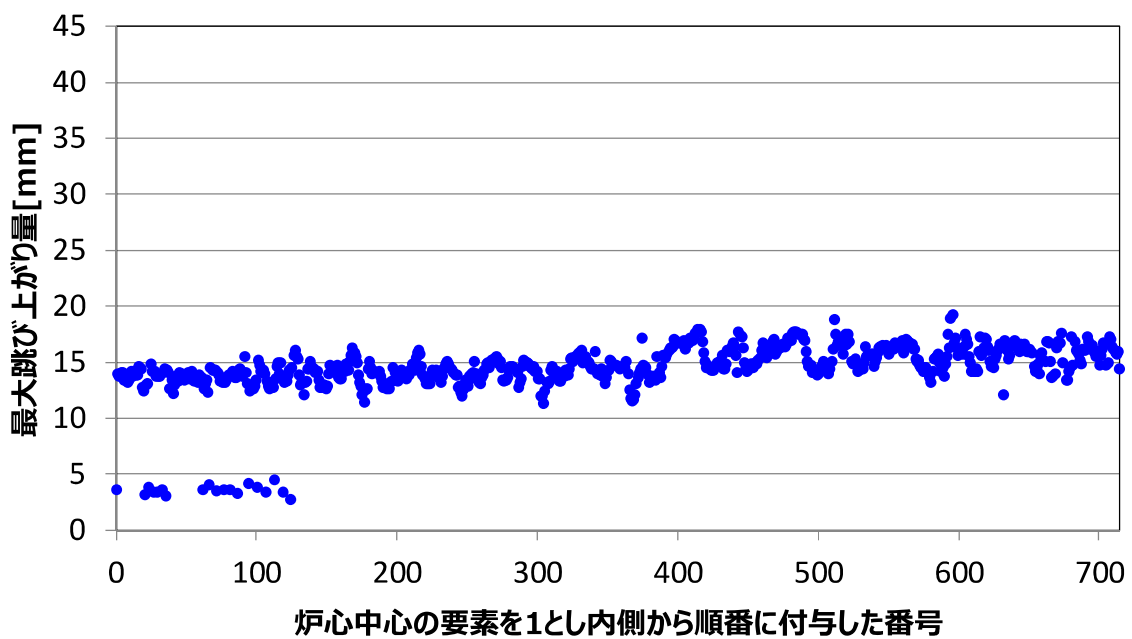


図 3-2 通常装荷時の 3 次元群振動解析結果による跳び上がり量