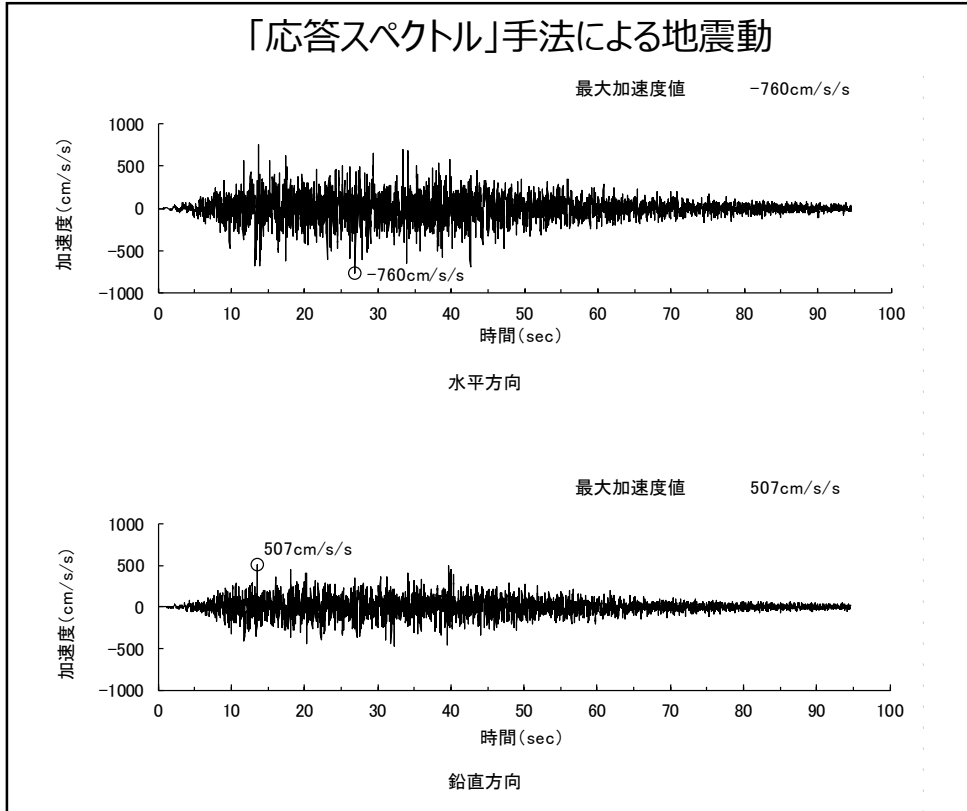


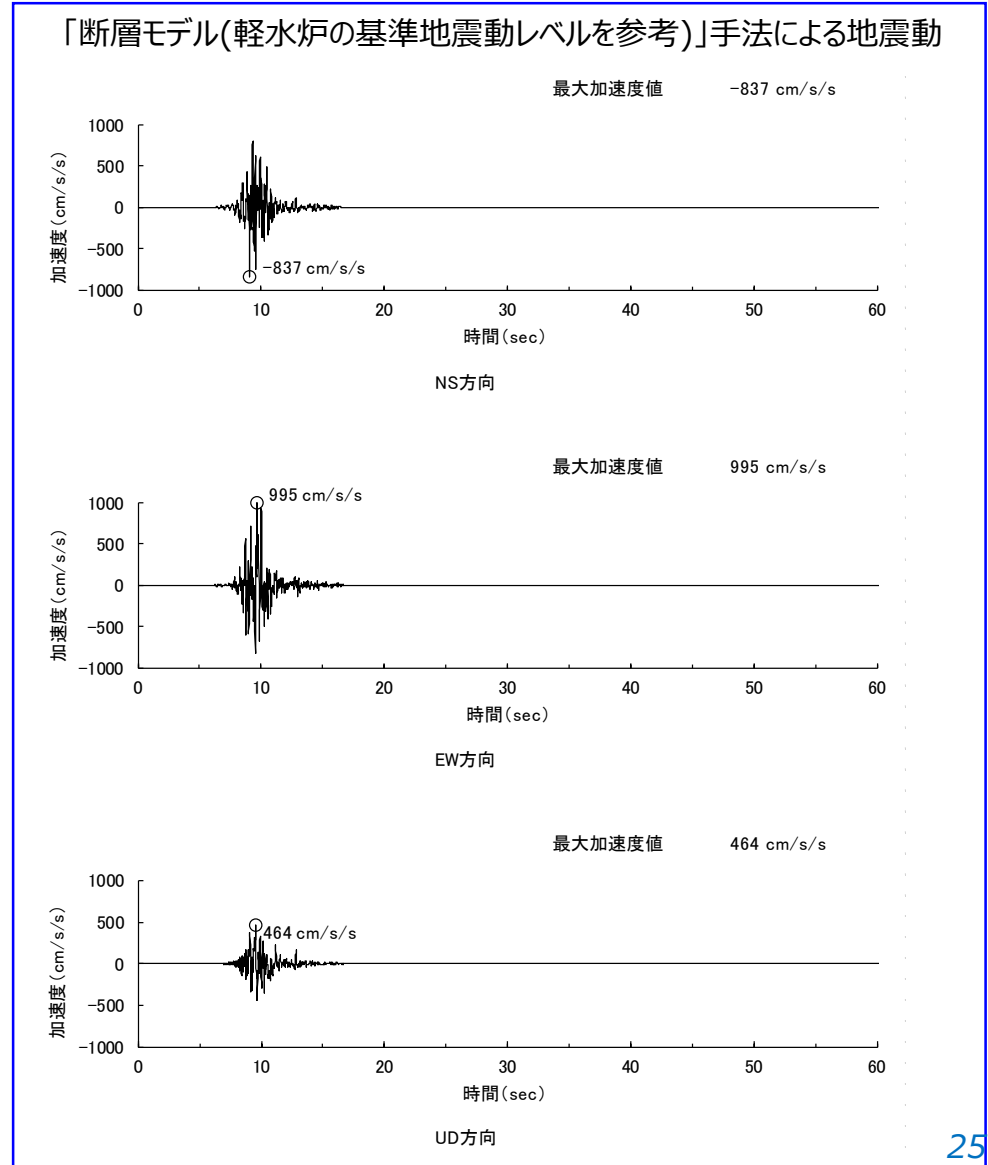
コメント	燃料体跳び上がり評価における不確かさ(加振波含む)はどのように評価しているか
回答	<p>①評価に用いた地震動          評価に用いた地震動は応答スペクトル手法に基づく地震動と、断層モデル手法に基づく地震動の2種類の地震動を用いている。炉心燃料の群振動挙動は、衝突現象を含み、最大値がばらつく現象のため、地震継続時間が短い断層モデル手法に基づく地震動の場合は、地震波が変わる毎に炉心群振動の最大値が変化する可能性を有す。一方、応答スペクトル手法に基づく地震動の場合は、地震動継続時間が長いため、炉心群振動の最大値は一定の信頼度を持って炉心群振動挙動の最大値を推定している。</p> <p>②炉心支持板における地震動入力条件          炉心支持板の剛性は高いものの、地震時の上下動応答は周辺部よりも中央部で大きくなる。燃料体の跳び上がり評価では、跳び上がり評価が保守的となるよう、炉心支持板中央部の応答を入力している。この結果、炉心支持板中央から離れた位置に装荷される燃料体の跳び上がり量に対し、実際の挙動と比較して大きな値が得られる評価となっている。</p> <p>③二重指数分布による推定          燃料体の跳び上がりデータのサンプル数が多くなれば、統計論的にその分布は一定の形に漸近する。応答スペクトル手法に基づく地震動の燃料体の跳び上がり最大値評価に二重指数分布を適用した場合、データのプロットはほぼ直線上に並ぶ。燃料体の最大跳び上がり量の分布が二重指数分布に従うと仮定すれば、一定の信頼度を持って跳び上がり量の最大値を推定している。</p>

# 1. 評価に用いた地震動（加速度時刻歴波形）

評価に用いた地震動の加速度時刻歴波形を以下に示す。



「断層モデル」手法による地震動は、水平方向の加速度が「応答スペクトル」手法による地震動を超える。しかし、継続時間が5秒程度と短いため、衝突を繰り返し燃料体が高く跳び上がる現象の評価においては、大きく揺れる継続時間が短く、必ずしも保守的とは言えない。しかし、「応答スペクトル」手法による地震動は強震動領域の継続時間が長く、燃料体の跳び上がり評価では定性的に保守的な地震動となる。



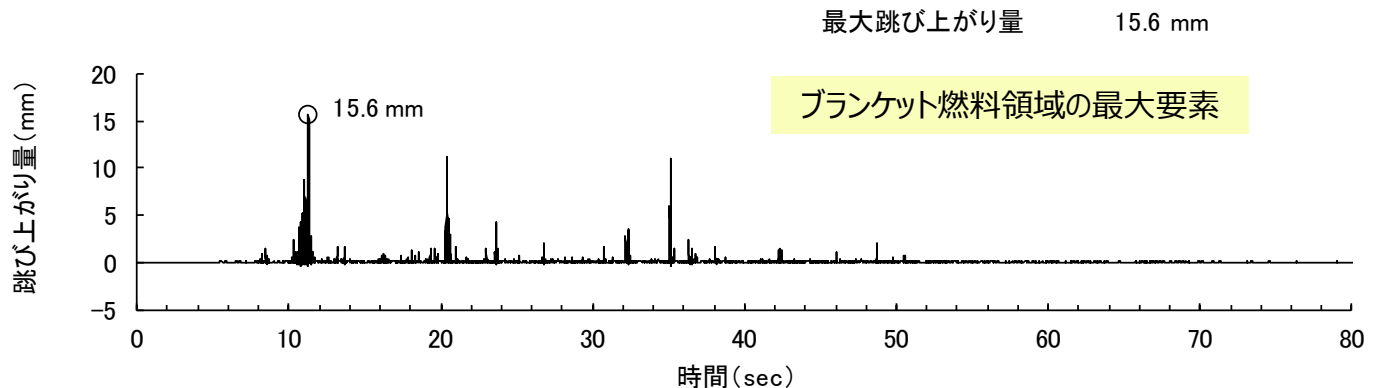
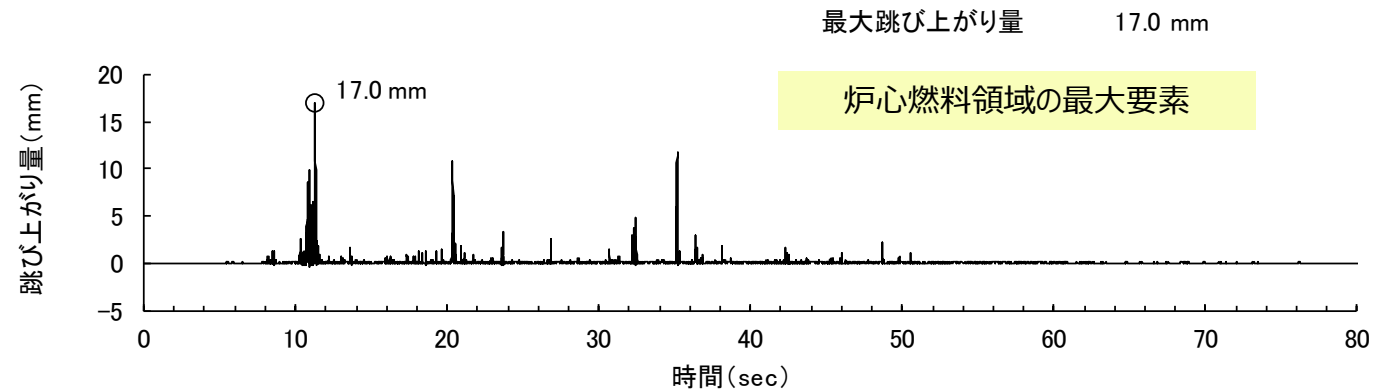
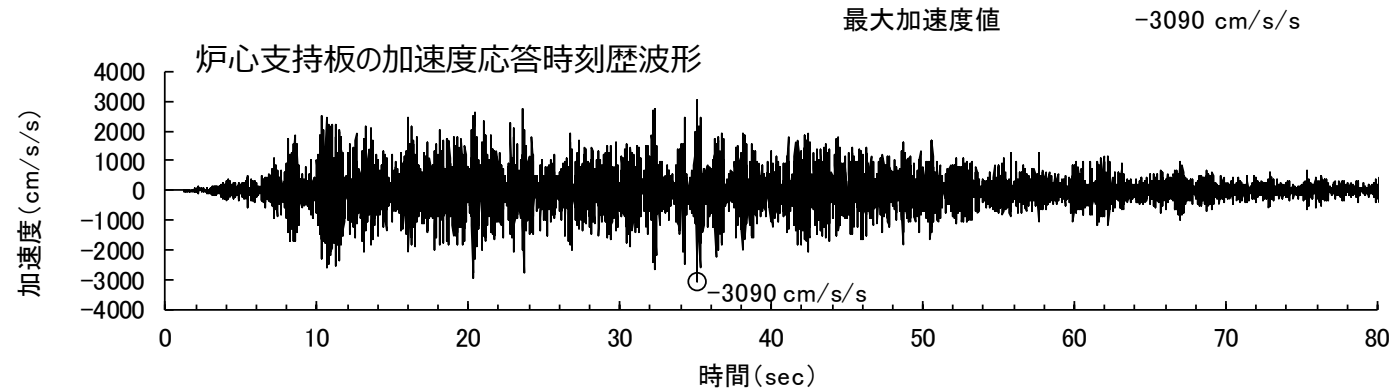
## 2. 部分装荷時の燃料体跳び上がり量時刻歴波形

炉心支持板の加速度時刻歴波形と燃料体の跳び上がり量の時刻歴波形を比較して右に示す。

上図は、応答スペクトル手法に基づき設定した地震動における、炉心支持板の加速度時刻歴波である。地震継続時間は長いが、燃料体は常時大きく跳び上がっているわけではなく、所々で大きく跳び上がる挙動を示す。

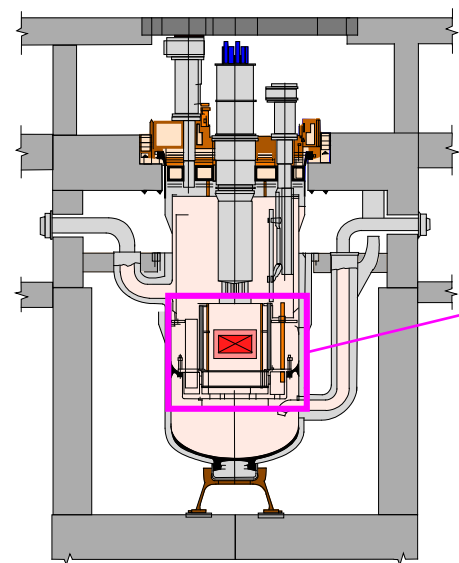
応答スペクトル法に基づく地震動では、地震動継続時間が長いため、燃料体が大きく跳び上がる挙動を捉えており、最大跳び上がり量に関し妥当な評価結果を与える。

一方、地震動継続時間の短い断層モデル手法に基づく地震動では、最大跳び上がり量が地震波によって変化するものと推定される。

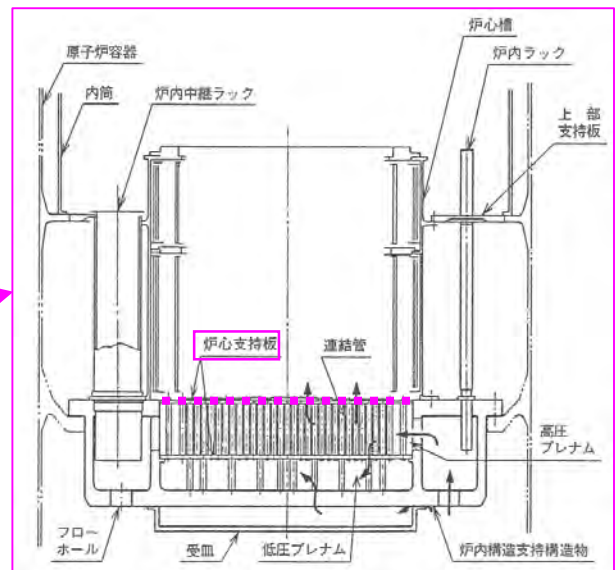


### 3. 炉心支持板の状況と地震動の入力条件

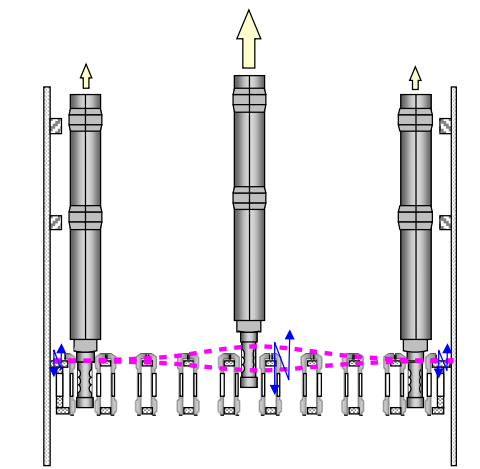
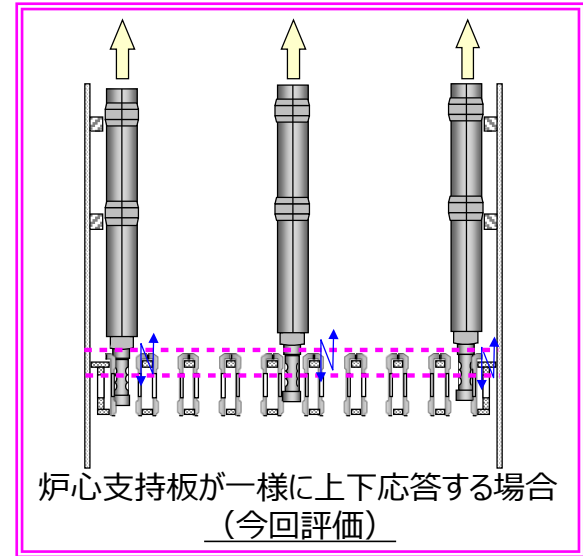
- ◆ 炉心支持板は2枚の多孔円盤（板厚50mm）が700本以上の連結管で接続され、更に炉内構造支持構造物とも連結された構造で、非常に剛性は高いものの、地震時応答の際は、太鼓の様に周辺部より中央部の変位が大きくなる。このため、炉心支持板の位置により上下の変位量に差が生じ、燃料体等に与える上下方向の力に差が生じる。
- ◆ 今回の評価では、原子炉構造応答解析により、一番大きい挙動となる炉心支持板中央部の応答時刻歴を用い、炉心支持板の中央部も周辺部も一様に上下に応答するとして評価を実施している。
- ◆ このため、特に炉心支持板の周辺部に装荷される燃料体/模擬体の跳び上がり量は保守的な評価となる。



原子炉構造

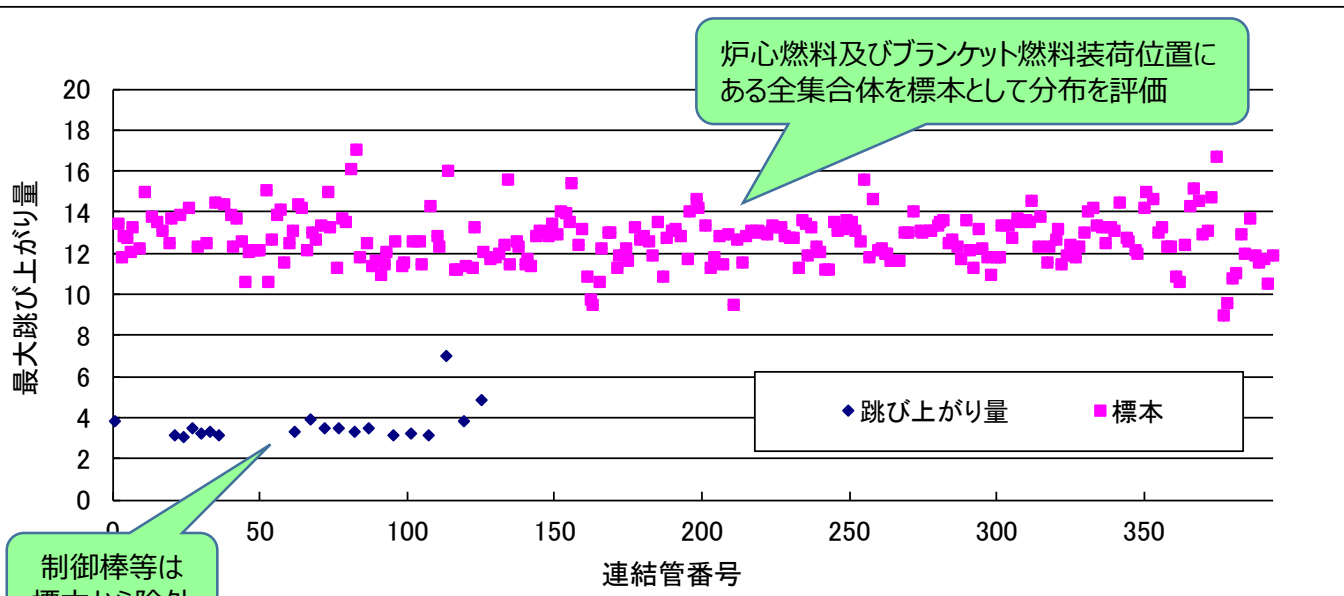


炉内構造物



炉心支持板の変形を考慮した場合

## 4. 二重指数分布による燃料体の跳び上がり量解析値の整理



制御棒等は標本から除外

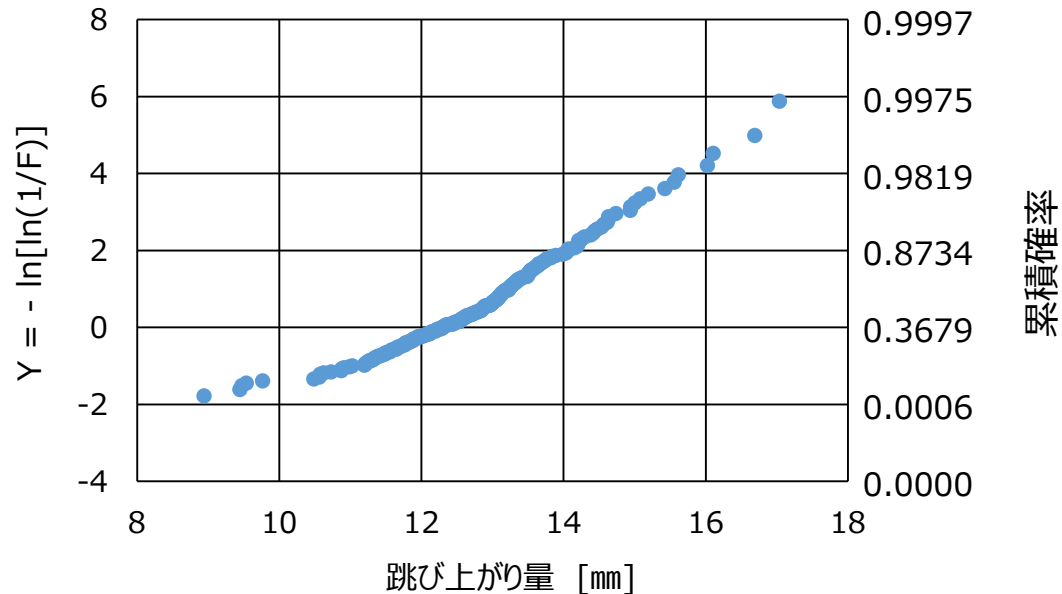
左図はもんじゅ燃料体の跳び上がり量の最大値を解析コードで評価した結果を示す。

燃料体の跳び上がり量は、様々な値を取りうるが、最大値を抽出したことを考えると、左図は統計論的には、最大値のバラツキを示した図となる。

跳び上がり量の小さい順に二重指数分布の確率紙上にプロットする(右図参照)。

跳び上がりデータは、ほぼ直線上に並び、最大跳び上がりの分布は二重指数分布(Gumbel分布)に従うことが推定される。

解析評価による最大跳び上がり量17mmは、一定程度の信頼度をもって、燃料体の跳び上がり量の最大値を推定している。



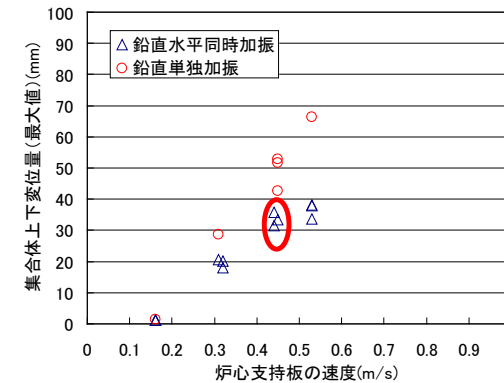
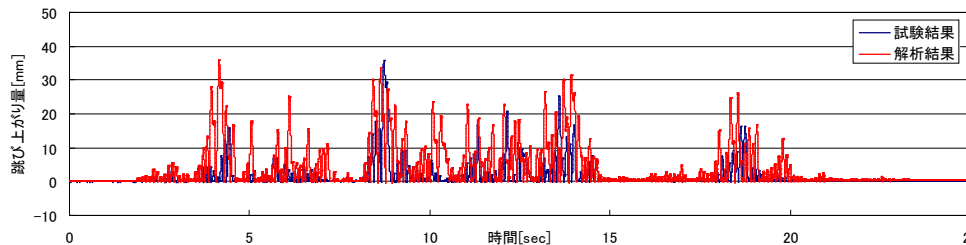
最大跳び上がり量の累積分布

# 5. 耐震バックチェック時に実施した燃料体の跳び上がり試験結果

集合体単体の鉛直・水平同時加振試験結果による  
解析コードの検証

検証結果

試験結果		最大値[mm]		RMS値[mm]	
		1回目	2回目	平均	平均
	1回目	33.4	平均 33.6	4.2	平均 3.8
	2回目	31.5		3.8	
	3回目	35.8		3.5	
解析結果		35.8		6.43	



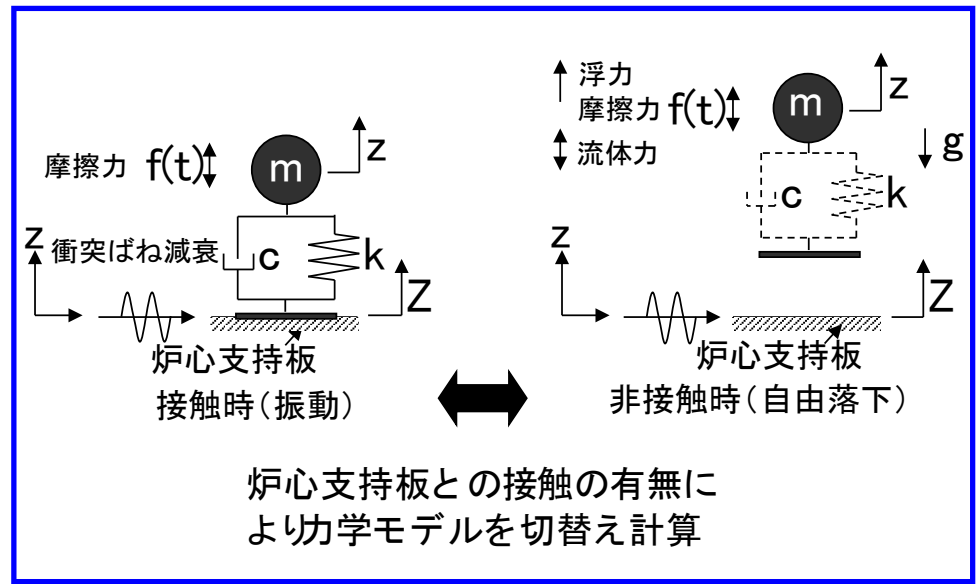
試験装置全景

炉心構成要素飛び上り解析結果は、単体加振試験結果と精度良く  
一致しており、解析コードは妥当である

出典：耐震バックチェック説明資料（構造W47-2）より

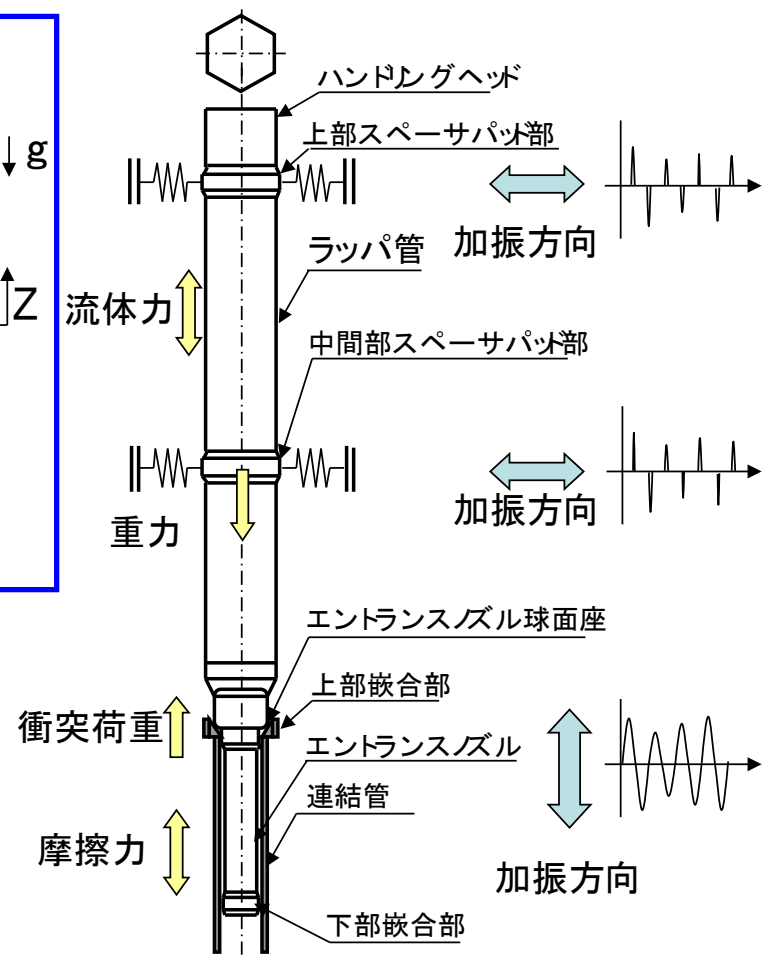
耐震バックチェック時に、実規模の燃料体 1 体を用いた単体の跳び上がり試験を実施。燃料体の最大跳び上がり量は、炉心支持板の加速度よりも、速度で整理した方が、よい相関関係があることを確認。この関係を適用すれば、地震動が想定を超えた場合の跳び上がり量を推定することも可能。

# 6. 耐震バックチェック時の燃料体跳び上がり評価モデル



飛び上りの力学モデル(概念)

- 作用外力 : 重力(一定)  
流体力(一定)  
エントランスズルと連結管との摩擦力  
パッド部の摩擦力
- 入力条件  
炉心支持板中央の鉛直方向応答加速度を入力



炉心構成要素単体モデル

出典：耐震バックチェック説明資料（構造W47-2）より