

部分装荷時の地震時構造健全性評価について
(軽水炉の基準地震動を参考に策定した地震動による評価結果)

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のうち、地震時に対する構造健全性評価において、軽水炉の基準地震動を参考に加速度応答が同等レベルとなるように策定した地震動による評価結果を示すものである。

2. 評価の位置付けについて

本評価は、炉心に装荷している燃料体の取出し箇所の一部に模擬燃料体等を装荷しない状態（以下「部分装荷」という。）において、燃料体の地震時の構造健全性が確保されていることを持って、部分装荷を実施することにより燃料取出しへの影響がないことを示すために実施したものである。

3. 評価に適用した地震動について

前項の位置づけを踏まえ、本評価に適用する地震動は、燃料体取出しが完了するまでにおいて発生が現実的に想定されるレベルの地震動を適用することが合理的ではあるが、より厳しい条件の地震動として、『発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針』等の改訂に伴う既設発電用原子炉施設の耐震安全性の評価等の実施について（原子力安全・保安院、平成 18 年 9 月 20 日）（以下「耐震バックチェック」という。）において、「応答スペクトルに基づく地震動評価」により策定した地震動を適用した。

適用した地震動は、もんじゅ敷地周辺の活断層の諸元のうち、規模及び敷地からの距離等から算定される、各活断層が地震を発生した際にもんじゅ敷地において想定される地震動レベルを包絡し、かつ、更に保守的に地震動レベルを上乗せして定めている。これを、もんじゅの解放基盤表面において定義し、模擬地震波として策定した結果が図 1-1 に示す加速度時刻歴波形である。これは、最大加速度振幅値が水平方向 760Gal、鉛直方向 507Gal、継続時間は約 95 秒の地震動であり、基準地震動 S_s 相当のレベルであることから、この地震動に対して燃

料体の構造健全性を満足すれば、前述の燃料取出しへの影響がないことを確認可能と判断したものである。

一方で、第 24 回もんじゅ廃止措置安全監視チーム（令和元年 9 月 12 日開催）において、廃止措置計画の初回認可申請において「軽水炉の基準地震動を参考に策定した地震動」（以下「軽水炉参考波」という。）を適用した評価について提示するよう原子力規制委員会から要請されたことを受け、軽水炉参考波による評価を実施した。

軽水炉参考波は、最大加速度振幅値が水平方向 995Gal、鉛直方向 464Gal、継続時間は約 10 秒程度の地震動である。その波形を図 1-2 に示す。また、「応答スペクトルに基づく地震動評価」により策定した地震動及び軽水炉参考波のそれぞれの応答スペクトルを重ね描いた図を図 1-3 に示す。

4. 3次元炉心群振動解析への入力

評価に適用する地震動を、原子炉構造を内包するもんじゅ原子炉建物・原子炉補助建物の地震応答解析モデルに入力した地震応答解析により、原子炉構造が搭載される位置（フロア）の応答を算出する。次に、炉内構造物等を含めた原子炉構造の応答解析モデルに算出した応答を入力し、炉心支持板の応答を算出する。この炉心支持板の応答が 3次元群振動解析における入力となる。

ここで用いた、原子炉建物・原子炉補助建物や原子炉構造の応答解析モデルは、耐震バックチェックで適用した実績のある応答解析モデルである。ただし、原子炉構造については、現在のプラント状態を考慮した条件を適用している。

5. 評価方法

炉心の部分装荷時の振動挙動を評価するため、3次元炉心群振動解析手法を用いて燃料体に作用する荷重を算出する。評価基準値は、原設計及び日本機械学会発電用原子力設備規格 設計・建設規格の考え方（供用状態 D において延性破断に至る塑性変形が生じないこと。）における応力評価を基に設定する。これよ

り、算出した荷重から燃料体に生じる応力が評価基準値を下回ることを確認する。

6. 評価結果

軽水炉参考波を適用した場合の評価結果を表 1 に示す。評価基準値は設計時における評価結果から限界荷重を算出した。表 1 に示すとおり、炉心群振動解析によるパッド部衝突荷重及びエントランスノズル付け根部の曲げ応力はそれぞれ評価基準値を下回っており、部分装荷時の衝突荷重や水平変位による曲げに対する健全性は確保されていることを確認した。

また、軽水炉参考波を適用した場合の燃料体等の最大跳び上がり量について、その結果を図 2 に示す。これに示すとおり燃料体を含めた全炉心領域の跳び上がり量は最大でも 2mm を超えず、耐震バックチェック時に設定した評価基準値である、隣接燃料体とのパッド部での接触が外れない範囲である 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も問題ないことを確認した。最大跳び上がり量が「応答スペクトルに基づく地震動評価」により策定した地震動を適用した場合と比較して小さいのは、跳び上がり量に影響する炉心支持板の鉛直方向の揺れが卓越する短周期領域においては、軽水炉参考波より「応答スペクトルに基づく地震動評価」により策定した地震動の方が大きいことによる。

7. 結論

軽水炉参考波を適用した場合の模擬燃料体の部分装荷においても、燃料体の取出しに影響を与えないこと及び炉心体系の地震に対する健全性が確保されることを確認した。

以上

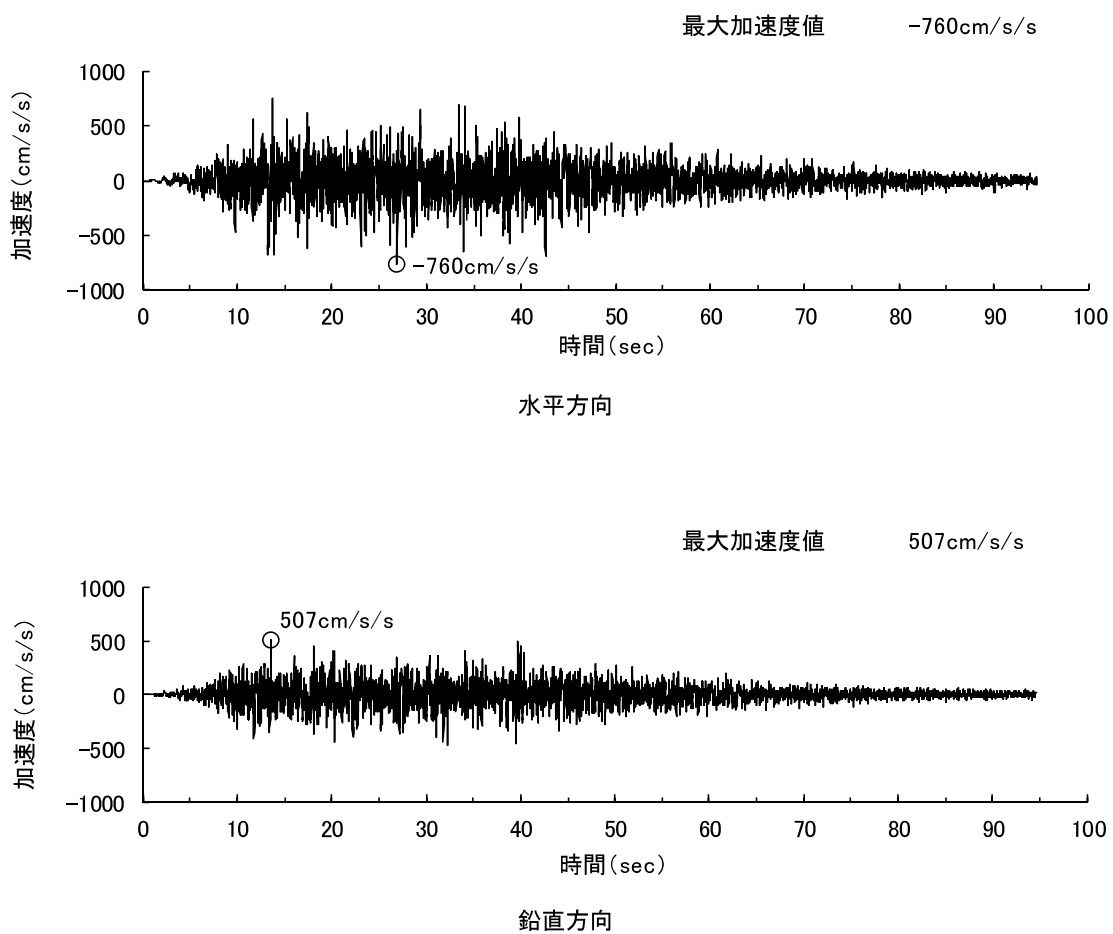


図 1-1 「応答スペクトルに基づく地震動評価」により策定した地震動の
 加速度時刻歴波形

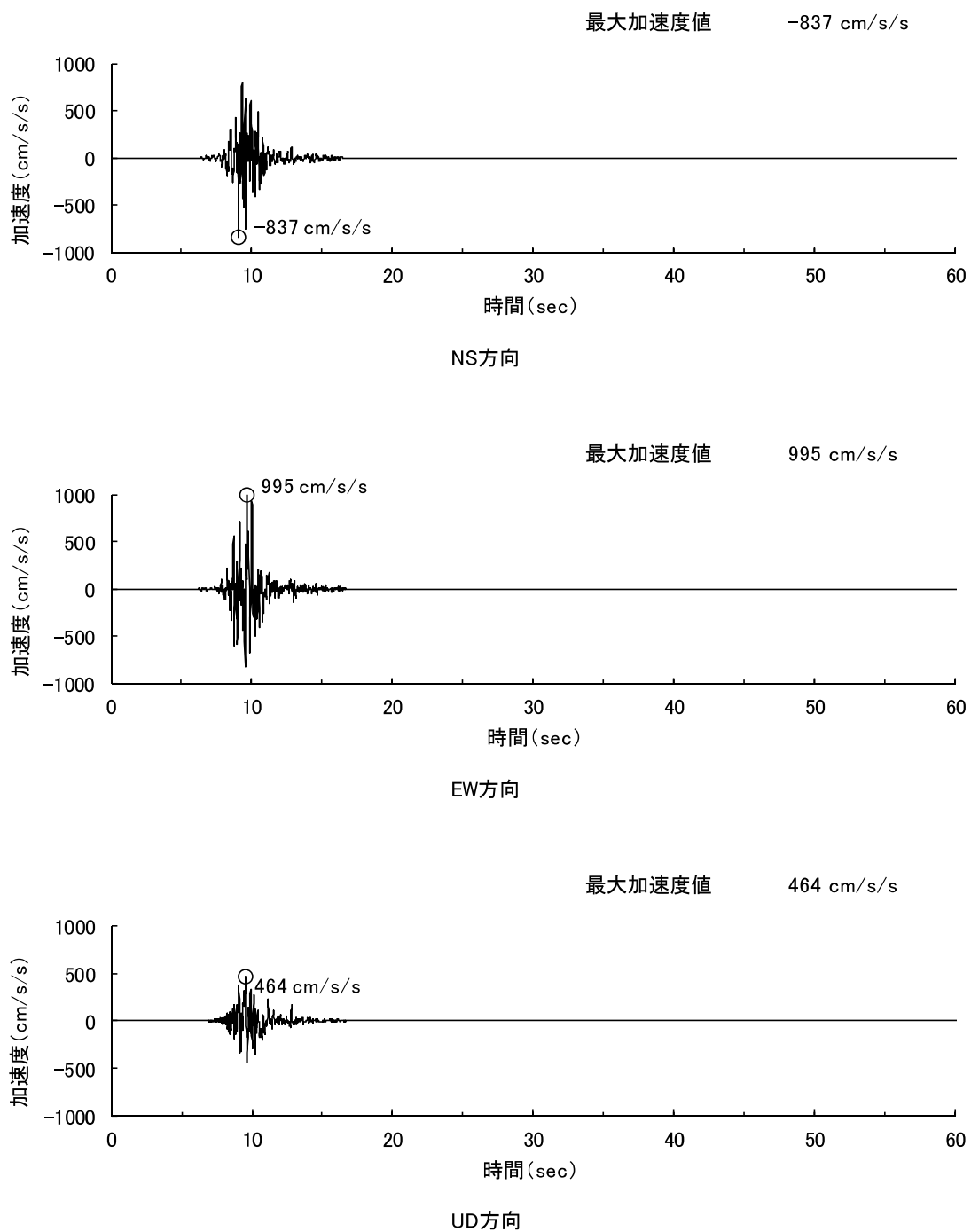
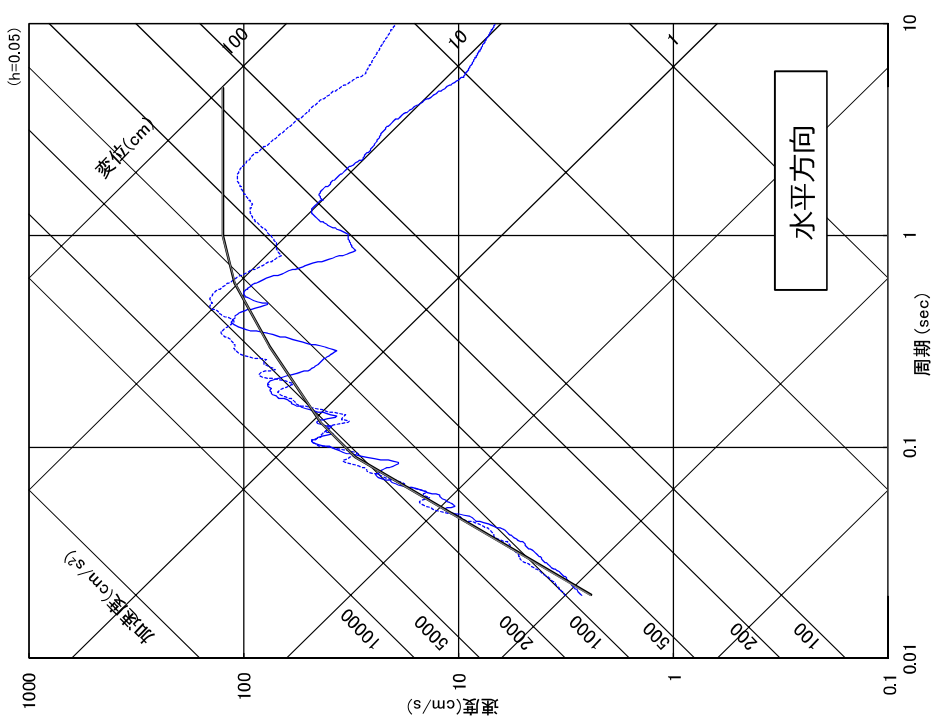
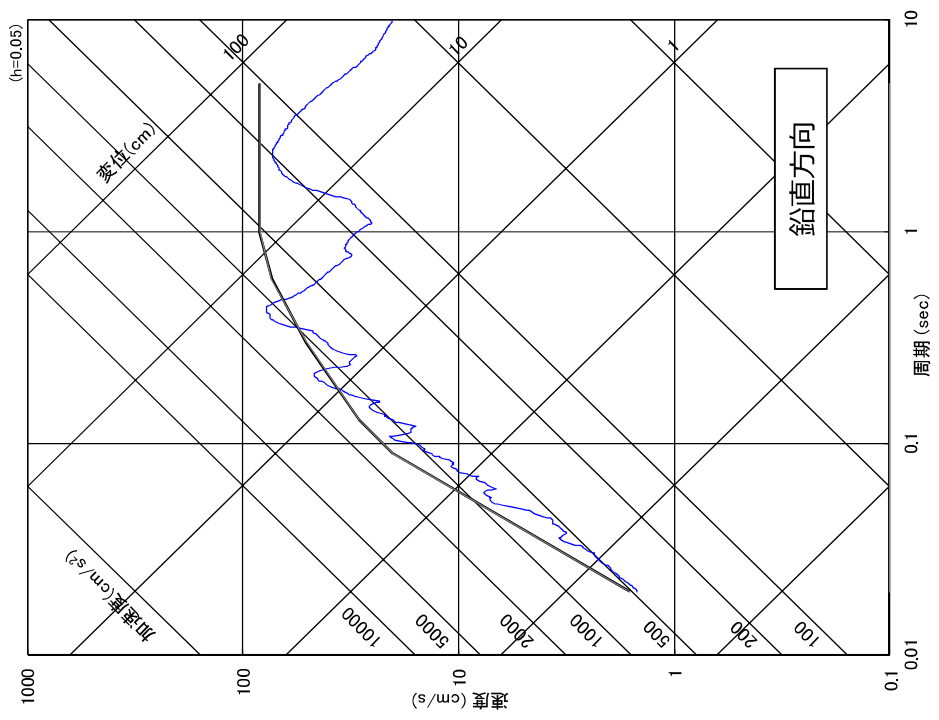


図 1-2 「軽水炉の基準地震動を参考に策定した地震動」の加速度時刻歴波形



凡例 (Gal)

- : もんじゅ基準地震動Ss-D (水平760, 鉛直507)
- : 軽水炉の基準地震動レベルを参考に策定した地震動 (NS837, EW995, UD464)
- : 軽水炉の基準地震動レベルを参考に策定した地震動 (NS837, EW995, UD464)
- ※水平方向の図において、実線がNS方向、点線がEW方向のスペクトルを示す

図 1-3 応答スペクトル図

表 1 軽水炉参考波を適用した場合の評価結果

部位	発生値	評価基準値	裕度 [※]
上部パッド部 [kN]	114.6	564	4.9
中間パッド部 [kN]	5.5	28	5.0
エントランスノ ズル 付け根部 [MPa]	173.2	440	2.5

※ 裕度＝評価基準値／発生値

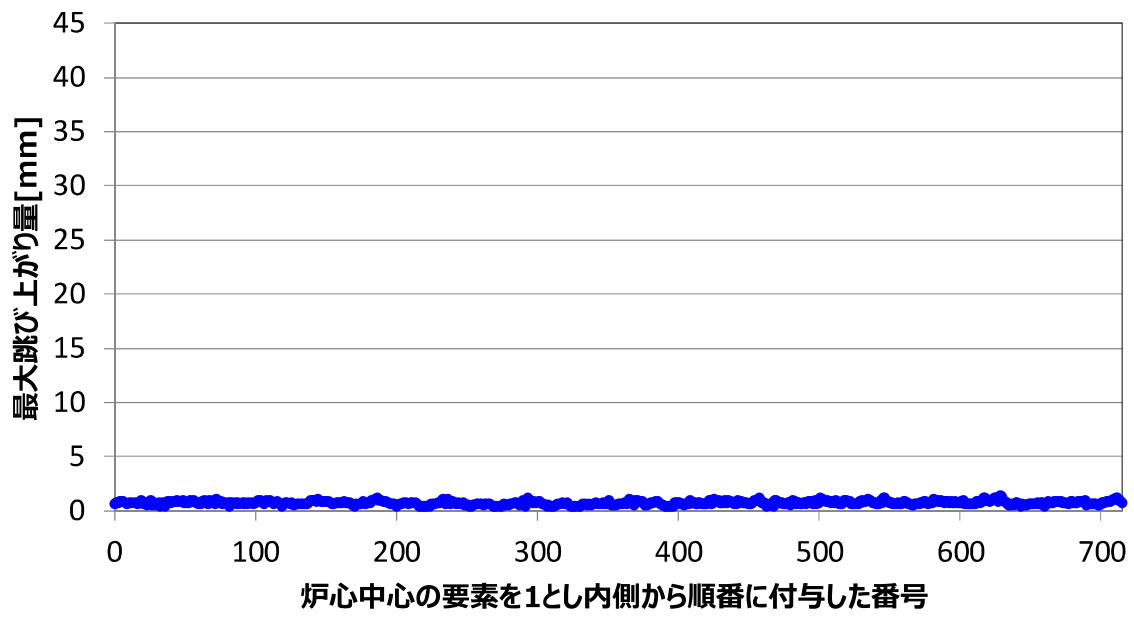


図2 軽水炉参考波を適用した場合の部分装荷時の
3次元群振動解析結果による跳び上がり量