

## 委員から頂いた質問事項への回答（中越沖地震関連）

（柏崎刈羽原子力発電所の安全対策の確認事項）  
No.18 耐震評価

2023年6月2日

東京電力ホールディングス株式会社

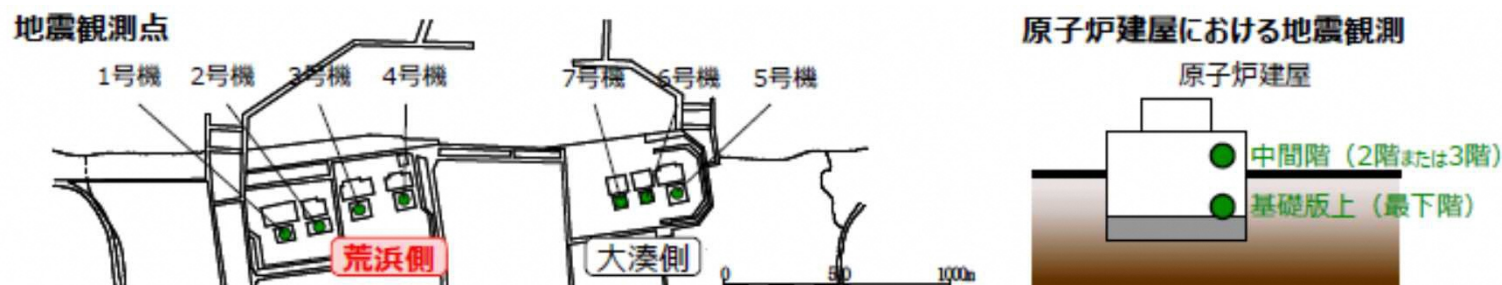
# 中越沖地震で観測された鉛直方向の最大加速度値

確認事項	耐震評価 (No.18)
ご質問に至る議論	<p><b>(令和3年度第3回技術委員会) 資料No.2-1</b>            中越沖地震の観測記録において、荒浜側と大湊側で水平方向の最大加速度に差があったことの要因は、古い褶曲構造での増幅等であることを、過去の設備小委資料を提示し説明。            「観測記録では、鉛直方向の最大加速度が荒浜側よりも大湊側の方が大きいと同程度となっており、1号機の下で増幅するとしたシミュレーション結果と矛盾しているのではないか」(豊島委員)</p> <p><b>(令和3年度第4回技術委員会) 資料No.6-2</b>            シミュレーション結果は、観測記録を記録している基礎版上ではなく、地表より150～300m程度深い解放基盤表面位置での増幅を示している旨を説明。また、当該シミュレーション結果について、鉛直方向は水平方向ほど顕著な増幅は見られず、1号機付近の方が5号機付近よりも増幅がやや大きくなる程度であることを説明。            「原子炉建屋基礎版上での観測記録において、荒浜側と大湊側とで観測された鉛直方向の揺れを比べると、大湊側の方が大きいと同程度となっていることに対する説明をすること。」(豊島委員)</p> <p><b>(令和4年度第2回技術委員会) 資料No.6-2</b>            原子炉建屋基礎版上での鉛直方向の観測記録において、水平方向ほど荒浜側と大湊側で明確な差はないことを説明。また、鉛直方向の観測記録において、全号機の中で6号機の最大加速度値が最も大きい要因は、6号機において、建屋形状、地震計の位置、地震動の条件が重なり、ロッキングの影響を大きく受けたためと考えていることを説明。</p>
ご質問 (豊島委員)	<p>「荒浜側と大湊側とで観測された鉛直方向の揺れを比べると、大湊側の方が大きいと同程度となっていることに対する説明」を求めています。しかし、頂いた回答は5号機と6、7号機の揺れを比べる説明になっており、質問に対する回答になっていません。ロッキング振動によって揺れの違いを説明するのであれば、荒浜側と大湊側の全号機のロッキング振動を求め、全号機を比較して説明すべきです。再度、回答をお願いします。</p>
回答	<ul style="list-style-type: none"> <li>令和4年度第2回、令和3年度第4回技術委員会にてご説明差し上げたとおり、原子炉建屋基礎版上で観測された鉛直方向の最大加速度値は、荒浜側と大湊側で明確な差はありません。</li> <li>建屋形状に注目して全号機を比較すると、鉛直方向の最大加速度値は建屋形状との相関が見られたため、これがロッキング振動に影響したと考えられます。</li> <li>ただし、ある特定の号機間の建屋形状の変動の割合は、鉛直方向の最大加速度値の変動の割合と一致はしないことから、観測記録に見られたばらつきは、ロッキング振動のみではなく、建屋周囲の地盤の増幅特性や建屋の影響によって見られたと考えられます。</li> </ul>

## 中越沖地震で観測された基礎版上の観測記録

- 2007年中越沖地震の際に原子炉建屋基礎版上で観測された鉛直方向の最大加速度値は、荒浜側と大湊側で明確な差は無いが、全号機の中で6号機が最大であった。
- 6号機が最大であった理由は、建屋の形状、地震計の位置及び一部の周期帯が大きい水平方向の地震動による影響と考え過去（令和4年度第2回技術委員会、第20回地小委）に説明している。

【令和3年度第3回技術委員会資料No.2-1のP.4より抜粋】



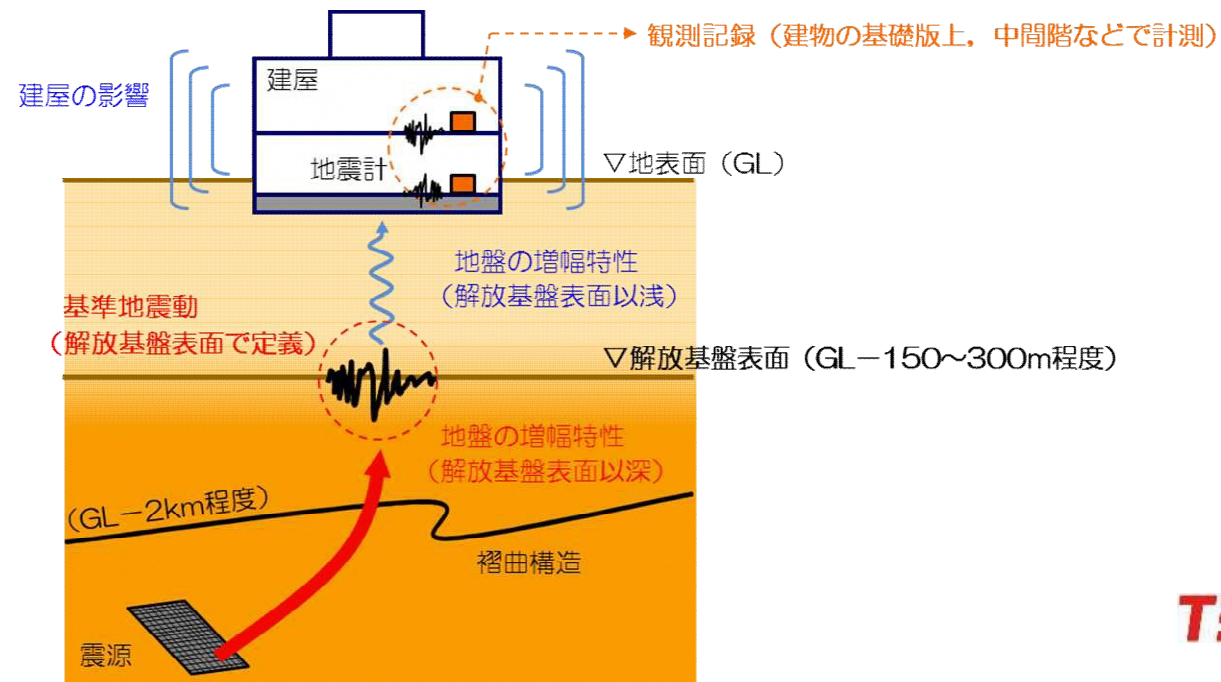
中越沖地震の際に観測された最大加速度値（単位：ガル）

		基礎版上（最下階）			中間階（2階または3階）		
		NS方向	EW方向	UD方向	NS方向	EW方向	UD方向
荒浜側	1号機	311	680	408	599	884	394
	2号機	304	606	282	517	718	412
	3号機	308	384	311	525	650	518
	4号機	310	492	337	606	713	548
大湊側	5号機	277	442	205	472	697	331
	6号機	271	322	488	554	545	578
	7号機	267	356	355	367	435	464

# 原子炉建屋の観測記録と揺れの違いを解析した位置

【令和3年度第4回技術委員会資料No.6-2のP.3へ加筆】

- 観測記録は、建屋の基礎版上や中間階で計測しており、観測される最大加速度値には建屋周囲の地盤の増幅特性や建屋の影響が含まれている。
- 観測記録の鉛直方向の最大加速度値に見られたばらつきについては、上述の影響と考えられる。
- 一方、観測記録の水平方向の最大加速度値に見られた荒浜側の方が大湊側よりも大きい傾向については、建屋ごとの影響だけではなく、より広範囲での荒浜側、大湊側の揺れの違いを褶曲構造を考慮した地盤の解析により検討を行っている。
- なお、原子力発電所における耐震設計は、解放基盤表面(地震動がおおむね等しいとみなせるVs700m/s以上の硬質な地盤)で基準地震動を定義し、これに建屋周囲の地盤の増幅特性、建屋の影響を考慮して建屋ごとに実施している。



# 解放基盤表面における荒浜側、大湊側の揺れの違い

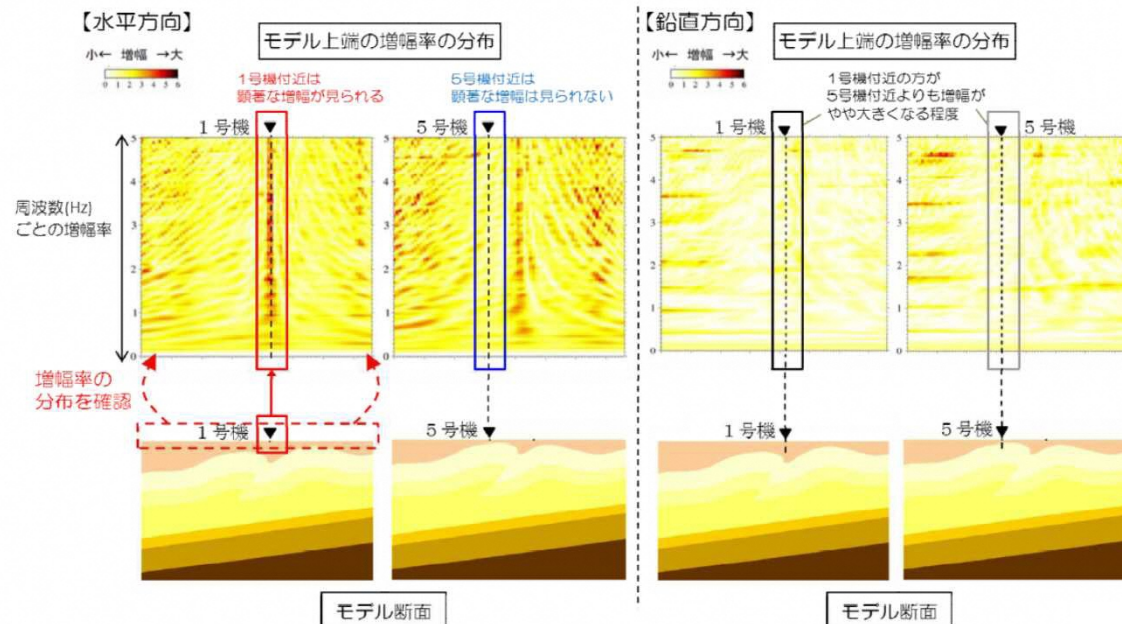
- 解放基盤表面における水平方向の揺れは、1号機付近で顕著な増幅が見られ、この影響により建屋内の観測記録においても荒浜側の最大加速度値が大きい傾向になったと考えられる。
- 解放基盤表面における鉛直方向の揺れは、水平方向ほど顕著な増幅は見られず、1号機付近の方が5号機付近よりも増幅がやや大きくなる程度となり、前頁の建屋周囲の地盤特性や建屋の影響によって、建屋内の観測記録に号機間のばらつきが見られたと考えられる。

【令和3年度第4回技術委員会資料No.6-2のP.5より抜粋】

## 4. 荒浜側、大湊側の揺れの違いの解析（解析結果）

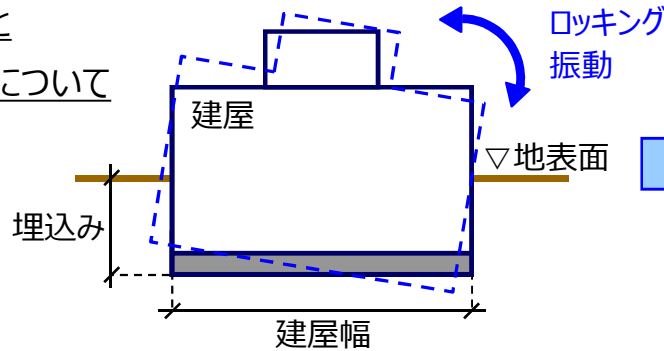
5

- 解析の結果、水平方向においては褶曲の凹部において地震波が局所的に集中し、1号機付近で顕著な増幅が見られることを確認した。
- 鉛直方向においては、水平方向ほど顕著な増幅は見られず、1号機付近の方が5号機付近よりも増幅がやや大きくなる程度であることを確認した。



# 全号機の一覧（揺れの大きさと建屋形状）

埋込みと  
建屋幅について



一般的に、建屋形状として埋込みが浅く、建屋幅が短い程ロッキング振動を励起し易い。

全号機の一覧（揺れの大きさと建屋形状）

項目	単位	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機	7号機
埋込み	m	45	44	43		36.3	26	
建屋幅(NS,EW)	m	88 , 88	83 , 83	79.5 , 79.5		83 , 83	56.6 , 59.6	
基礎版上 最大加速度値 (EW,UD)	ガル	<b>680</b> , 408	606 , 282	384 , 311	492 , 337	442 , 205	322 , <b>488</b>	356 , 355

## ■ 全号機を比較すると、最大加速度値は

- 埋込みが浅く建屋幅が短い6 / 7号機 ⇒ 水平方向 < 鉛直方向 or 水平方向 ≒ 鉛直方向
  - 埋込みが深く建屋幅が長い1 ~ 5号機 ⇒ 水平方向 > 鉛直方向
- 上記の傾向があり、ロッキング振動には建屋形状が影響したと考えられる。

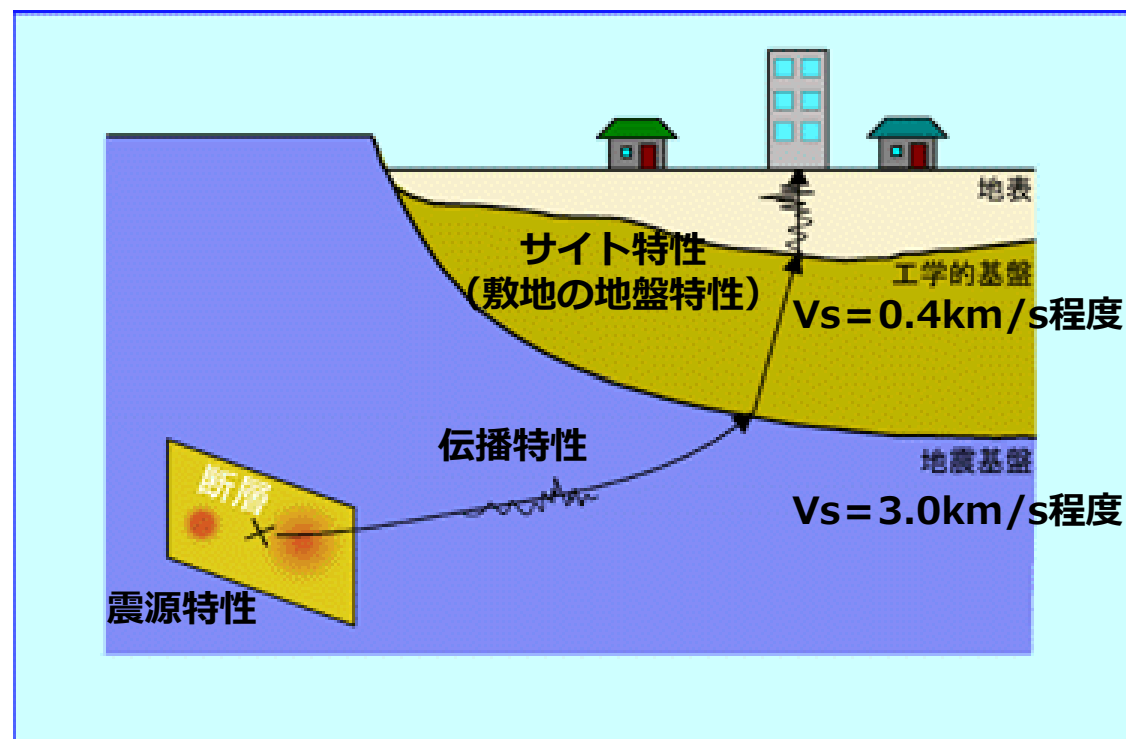
- ただし、ある特定の号機間の埋込みや建屋幅の変動の割合は、鉛直方向の最大加速度値の変動の割合と一致はしないことから、観測記録に見られたばらつきは、ロッキング振動のみではなく前頁の通り、建屋周囲の地盤の増幅特性や建屋の影響によって見られたと考えられる。

# 基準地震動の策定方針

確認事項	耐震評価 (No.18)
<p>ご質問 (豊島委員)</p>	<p>資料6-2の4ページではロッキング振動によって0.3秒付近で1.5倍の加速度になっているようですが、中越地震の際に観測された1500ガルを超える最大加速度や中越沖地震の際に観測された1000ガルを超える最大加速度などを想定し、それらの周期・周波数特性を考慮した対策はされているのでしょうか。</p>
<p>回答</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> <p>• 柏崎刈羽原子力発電所の基準地震動は、新潟県中越沖地震における各号機の観測記録を用いて、これらを上回るレベルとして保守的に策定しており、新潟県中越沖地震で6号機の観測記録に見受けられた、特定の周期で鉛直方向の地震動レベルが大きい傾向等の当該地震の地震動特性を踏まえ評価を行っております。</p> <p>敷地で観測された大加速度については、敷地の地盤特性として、敷地の褶曲構造の影響による増幅特性等を考慮することで適切に評価を行っております。</p> </li> <li> <p>• なお、発電所の基準地震動は、敷地周辺の震源からの伝播特性や敷地の地盤特性を考慮して策定しております。</p> <p>ご質問中にある各地震の観測記録は、敷地から離れた観測点で観測された数値であり、伝播特性、地盤特性が敷地内の観測記録と異なるため、基準地震動の評価において用いておりません。</p> </li> </ul>

## 【参考】地震動に影響を及ぼす要素について

地震動に影響を及ぼす要素のイメージ図



$$\text{観測点での地震動} = \text{震源特性} \times \text{伝播特性} \times \text{サイト特性}$$

# 山形県沖地震の観測記録

確認事項	耐震評価 (No.18)
<p>ご質問 (豊島委員)</p>	<p>2019年の山形県沖地震の際の、発電所における地震計記録についてご報告ください。 その中で、山形県沖地震の際に起こった、ロッキング振動など、号機ごとの振動比較・考察をお願いします。</p>
<p>回答</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> <p>• 2019年の山形県沖地震の震源は、柏崎刈羽原子力発電所から150km以上離れており、観測された最大加速度値は、6号機の原子炉建屋基礎版上で20.8ガル（NS方向）でした。</p> <p>一方、震源から発電所までの距離が約20kmであり敷地への影響が最も大きかった新潟県中越沖地震では、最大加速度値で680ガル（EW方向）が観測されております。</p> <p>このように、新潟県中越沖地震と比較して、ご指摘の山形県沖地震は地震時の揺れが小さく敷地への影響も僅かであり、地震後の点検において発電所への地震による影響が無いことを確認し、公表しております。</p> </li> <li> <p>• なお、発電所周辺で震度3以上の揺れが発生した際には、各号機の原子炉建屋基礎版上で得られた記録から最大となる号機の最大加速度値をホームページ上に公開し、発電所への地震による影響の有無を明記しております。こうした当社の取り組みを分かりやすくお伝えする活動を、今後も継続して参ります。</p> </li> </ul>