

建屋傾斜測定結果に基づく 機器への影響評価について

平成20年3月7日
東京電力株式会社



東京電力

建屋傾斜による機器への影響について

- 国土地理院の一等水準点成果（暫定成果）を基に、中越沖地震前後の建屋傾斜の変化量を求めた。その結果、地震前後の傾斜の変化量は最大でも1/4200であり、建屋の構造上、大きな影響を与えるような傾斜は生じていないことを確認した

（平成20年2月15日 地質・地盤、地震・津波合同WGより）。

- 建屋側の評価結果を受け、建屋内に設置されている機器に対する建屋傾斜の影響について、評価・検討を行った。

建屋傾斜変化について

号機	建屋名	②地震前から①地震後の傾斜変化最大値	③当初測定時から①地震後の傾斜変化最大値
		傾斜	傾斜
1号機	原子炉建屋	約 1/ 25,000	約 1/ 23,000
	タービン建屋	約 1/ 53,000	約 1/ 8,000
2号機	原子炉建屋	約 1/ 14,000	約 1/ 12,000
	タービン建屋	約 1/ 10,000	約 1/ 10,000
3号機	原子炉建屋	約 1/ 16,000	約 1/ 11,000
	タービン建屋	約 1/ 14,000	約 1/ 13,000
4号機	原子炉建屋	約 1/ 22,000	約 1/ 50,000
	タービン建屋	約 1/ 6,700	約 1/ 5,800
5号機	原子炉建屋	約 1/ 10,000	約 1/ 9,500
	タービン建屋	約 1/ 7,800	約 1/ 7,200
6号機	原子炉建屋	約 1/ 5,500	約 1/ 5,000
	タービン建屋	約 1/ 15,000	約 1/ 15,000
	コントロール建屋	約 1/ 4,200	約 1/ 3,800
	廃棄物処理建屋	約 1/ 9,000	約 1/ 8,400
7号機	原子炉建屋	約 1/ 5,000	約 1/ 6,600
	タービン建屋	約 1/ 10,000	約 1/ 9,400

(測定時期)

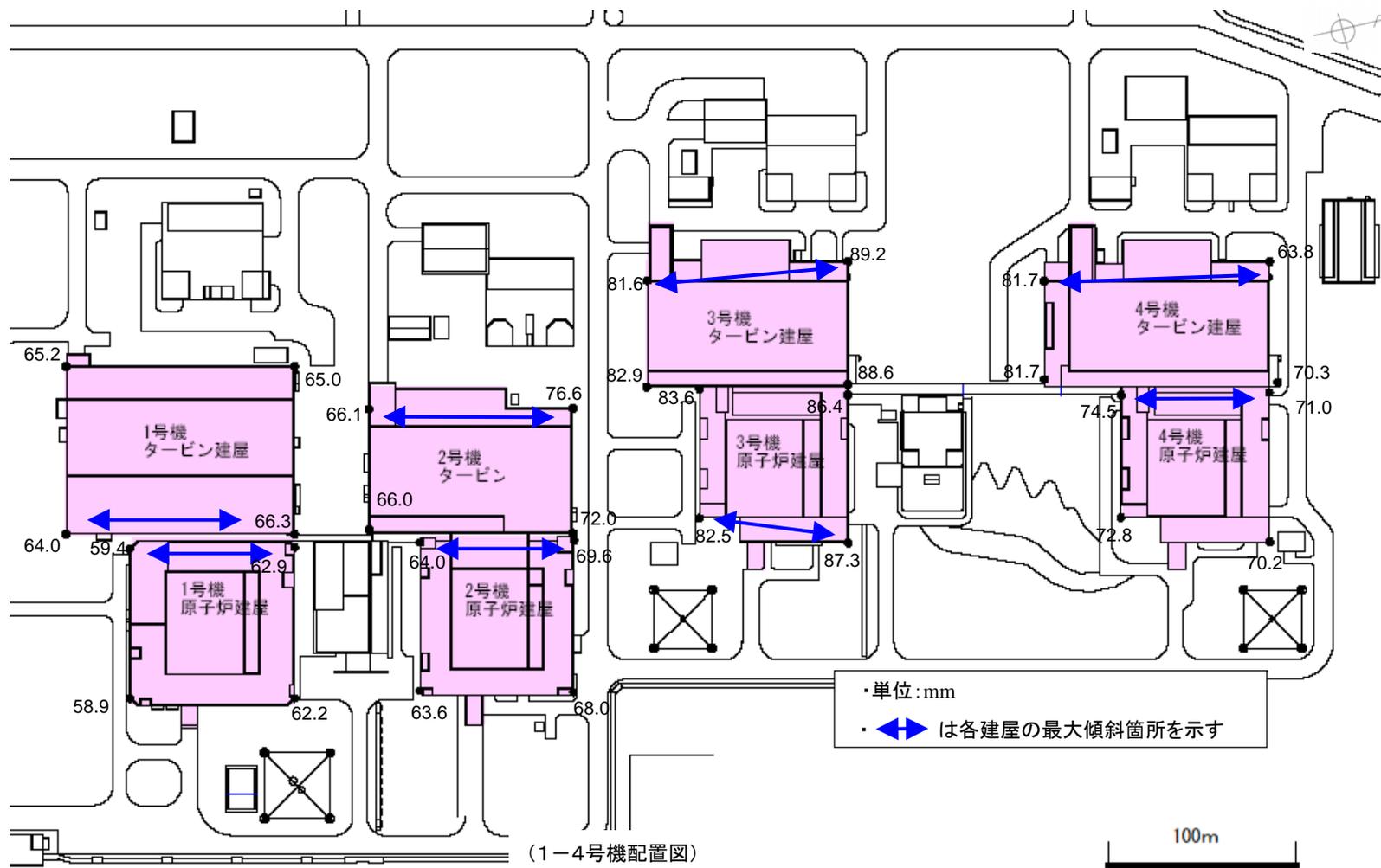
①地震後	各号機	2008年2月
②地震前	各号機	2006年5月
③当初測定時	1号機	1987年1月
	2号機	1991年9月
	3号機	1993年7月
	4号機	1994年8月
	5号機	1991年9月
	6号機	1997年10月 (原子炉建屋 1998年9月)
	7号機	1998年9月

参考

「建築基礎構造設計指針 2001改定(日本建築学会)」
常時の荷重に対する沈下限界値の目安

$0.5 \sim 1.0 \times 10^{-3} \text{ rad}$ (1/2000~1/1000)

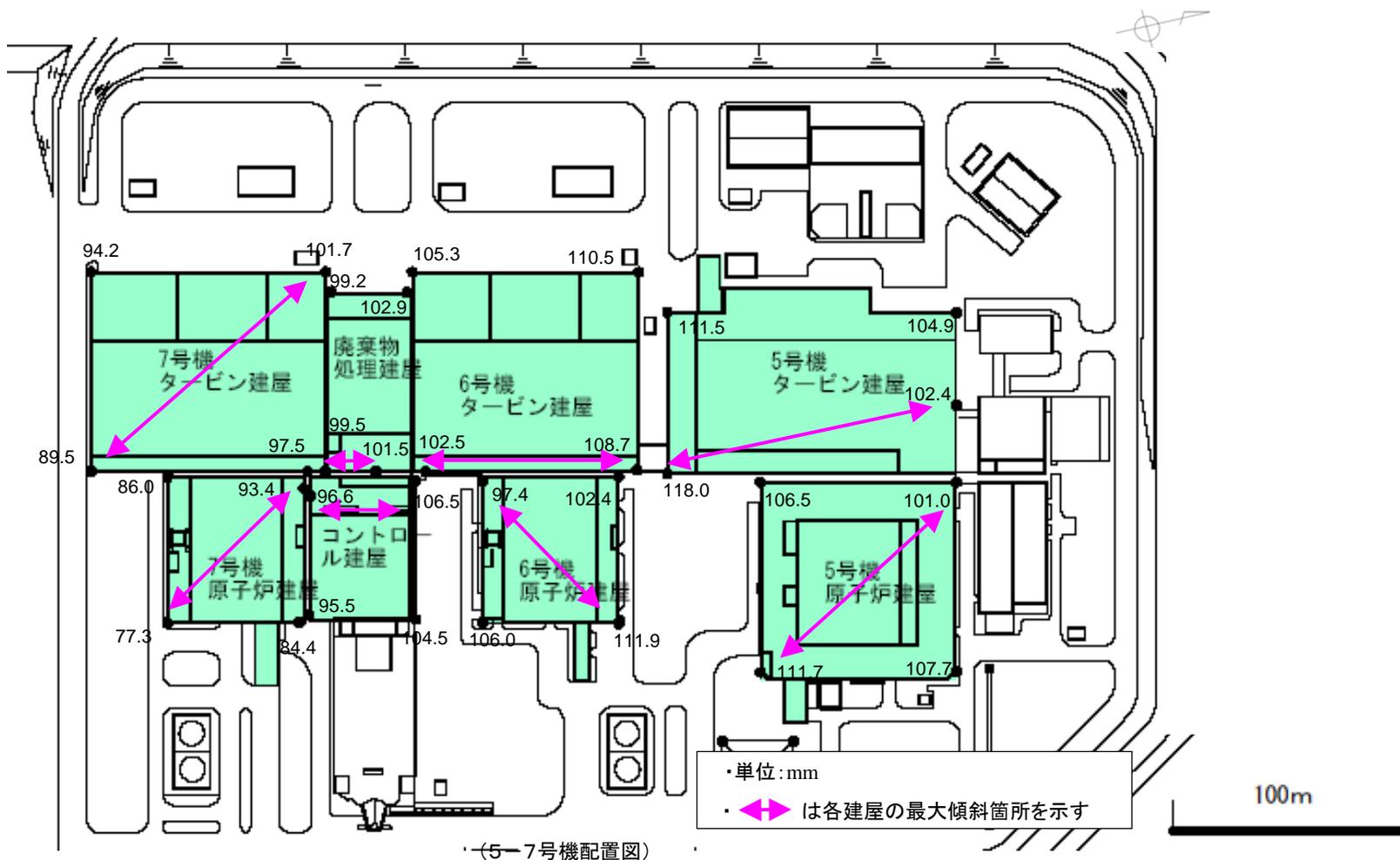
建屋レベル変動図（1-4号機側）



・建屋レベル変動図は、地震前水準測量(平成18年5月に実施)に対する地震後水準測量(平成20年2月に実施)の差分

この図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院の技術資料である一等水準点成果(暫定成果)を使用した。

建屋レベル変動図（5-7号機側）



・建屋レベル変動図は、地震前水準測量（平成18年5月に実施）に対する地震後水準測量（平成20年2月に実施）の差分

この図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院の技術資料である一等水準点成果（暫定成果）を使用した。

建屋傾斜による機器への影響について

建屋が傾斜することにより、建屋内に設置されている機器について、どのような影響が生じる可能性があるかについて、評価を行った。

・配管および弁

流路の変化および支持部の荷重条件の変化

・タービン

軸受けの荷重条件の変化

・制御棒挿入性

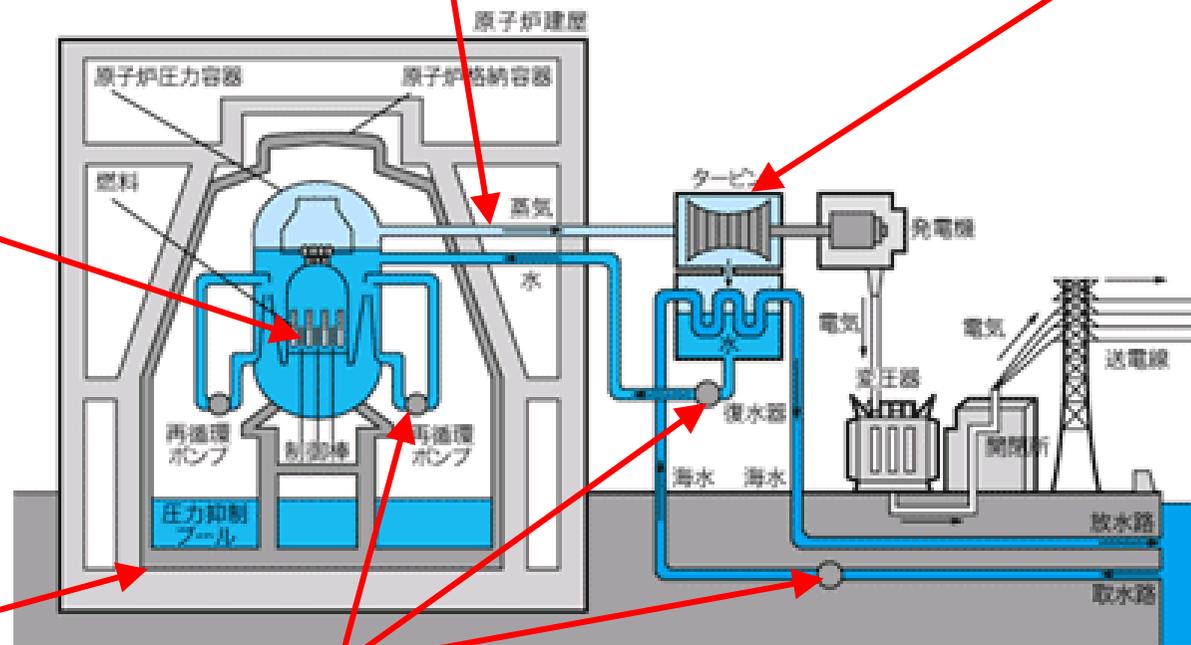
制御棒の挿入時間の遅れ

・容器基礎

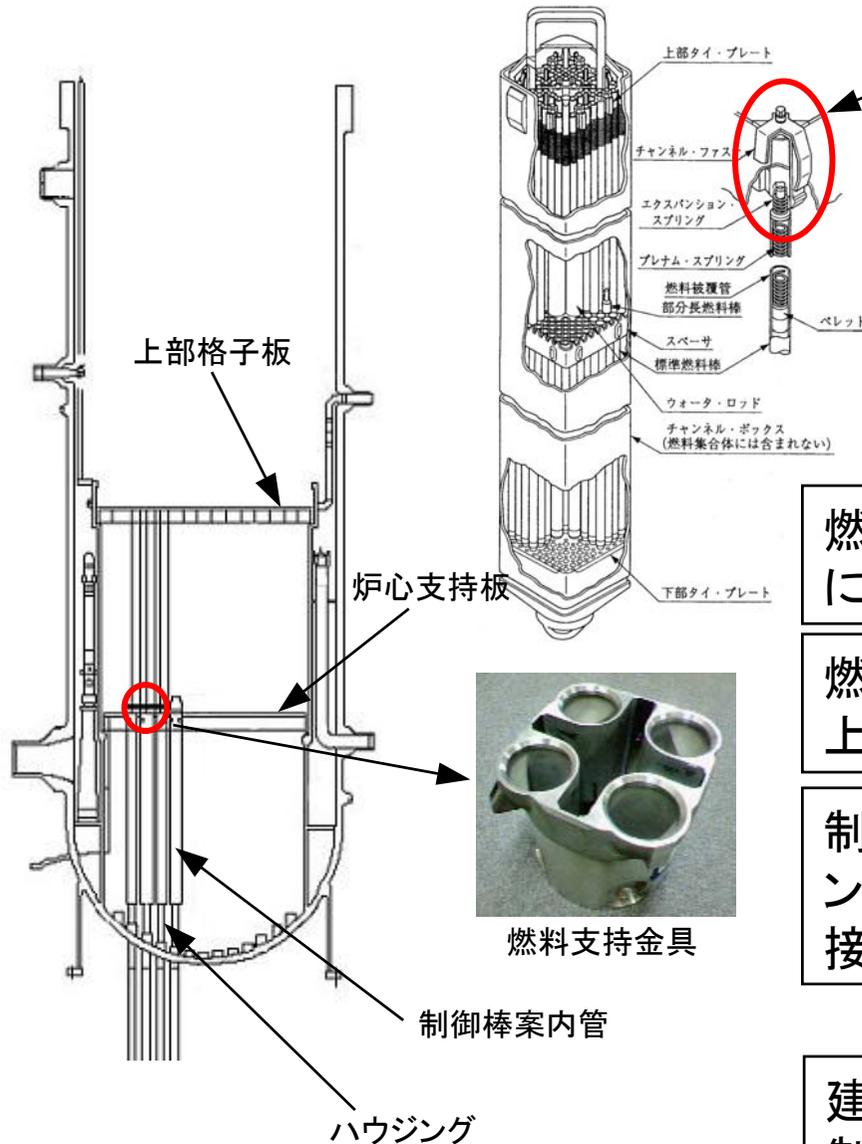
基礎部（支持部）の荷重条件の変化

・ポンプ

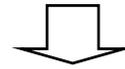
基礎部（支持部）および軸受けの荷重条件の変化
シール性能の変化



制御棒挿入性



チャンネルファスナ(燃料集合体の間隔を維持するための金具)



制御棒の挿入経路は確保される

燃料集合体は、燃料支持金具上に設置されている

燃料支持金具は、制御棒案内管上に設置されている

制御棒案内管と制御棒はハウジングを介して原子炉圧力容器に接続されている

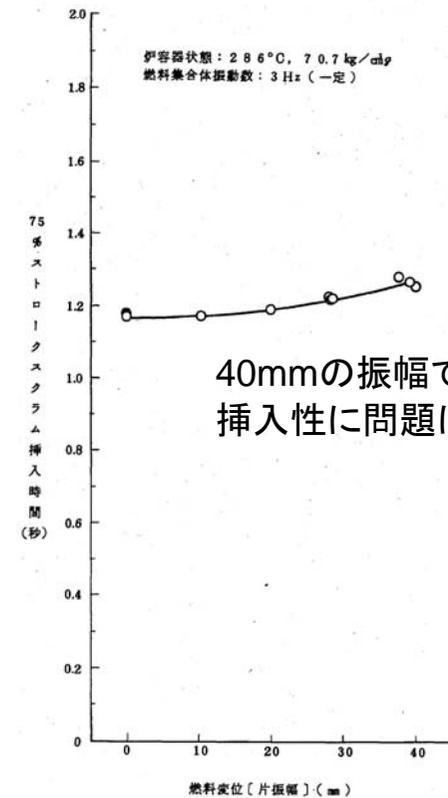
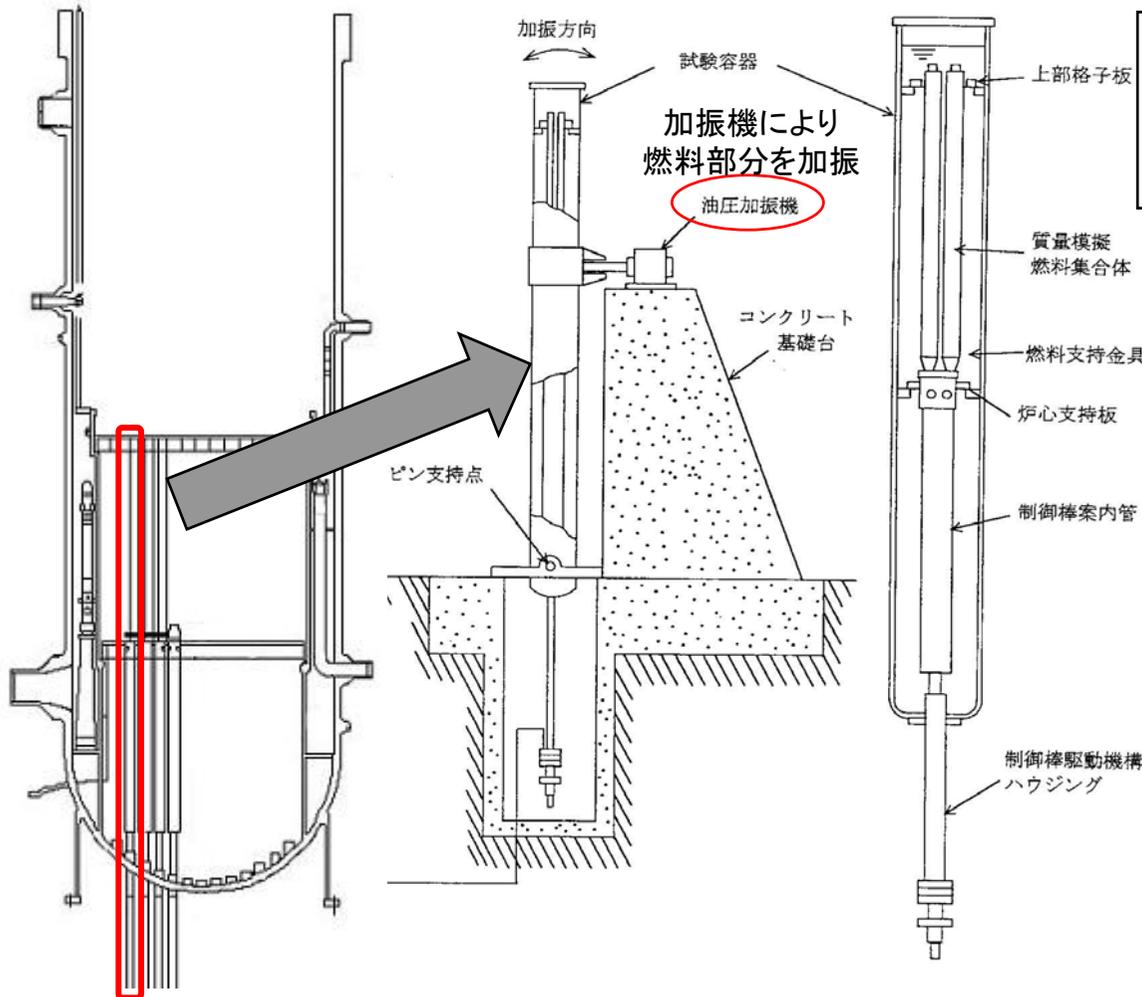
圧力容器に支持される

建屋が傾斜した場合でも、燃料集合体と制御棒の傾斜量は同じと評価できる

制御棒挿入性

加振時挿入試験

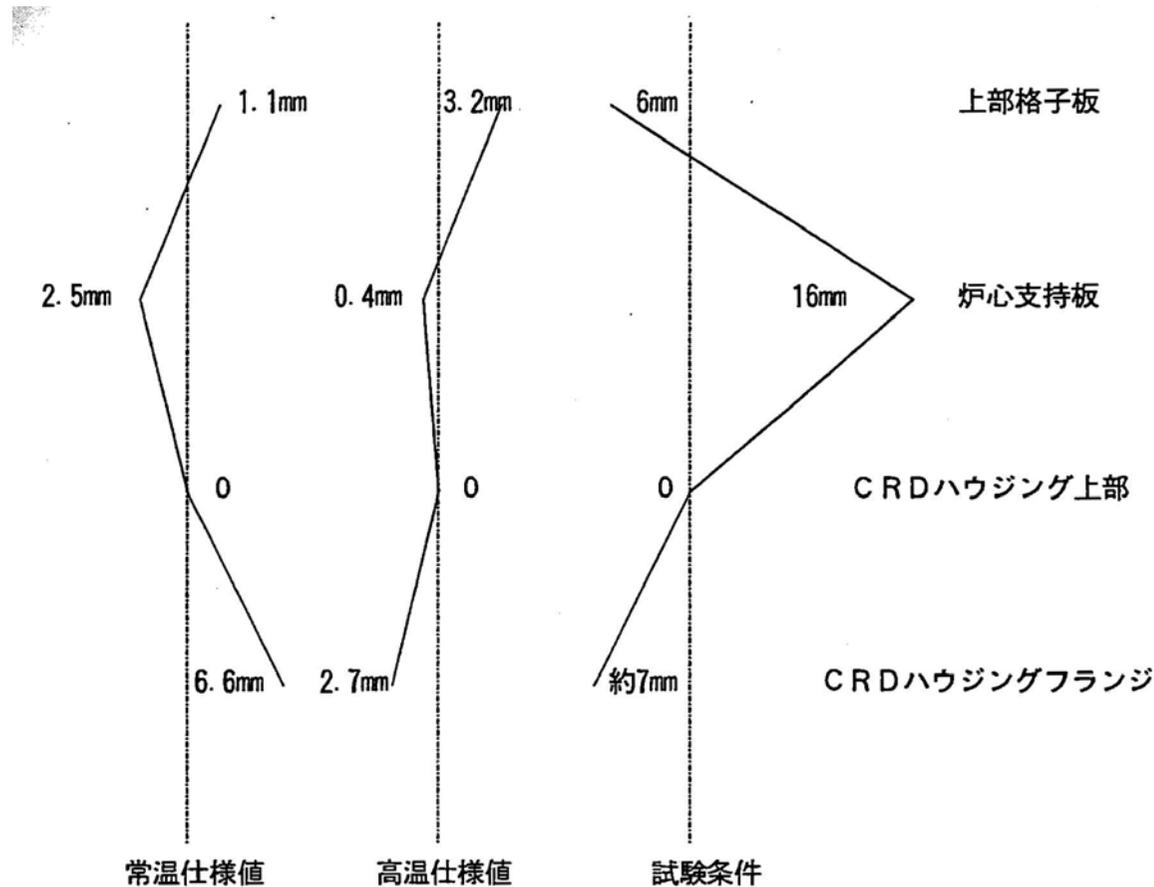
燃料集合体に40mmの相対変位を有する振動を加えた場合でも、制御棒が挿入できることを確認



40mmの振幅でも、制御棒挿入性に問題はない

制御棒挿入性

機器にミスアライメント(芯ずれ)が生じた場合における制御棒挿入性に問題のないことが確認されている。 → 傾斜により機器の芯ずれが生じた場合においても制御棒は挿入できる。

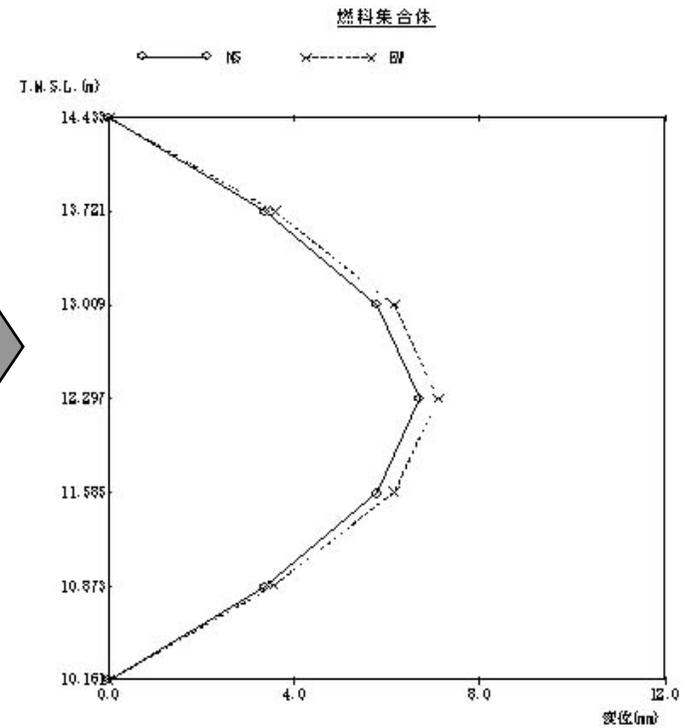
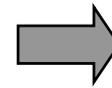
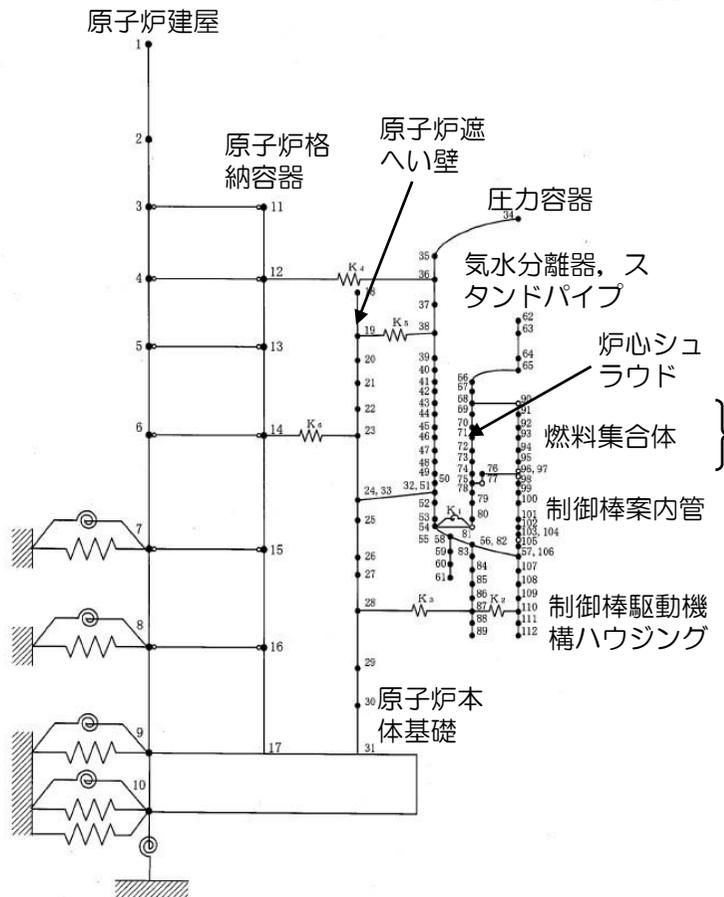


ABWRの最大許容偏心量を仮定した制御棒挿入試験において、常駆動での挿入時におけるモータトルクは定格値の1/4以下であり、緊急挿入時のスクラム時間遅れも約0.07秒程度と、スクラム特性にほとんど影響を与えないことが確認されている。

制御棒挿入性

評価対象設備	燃料集合体の中越沖地震時 相対変位 (mm)	確認済相対変位 (mm)
制御棒 (地震時の挿入性)	7.1	40.0※

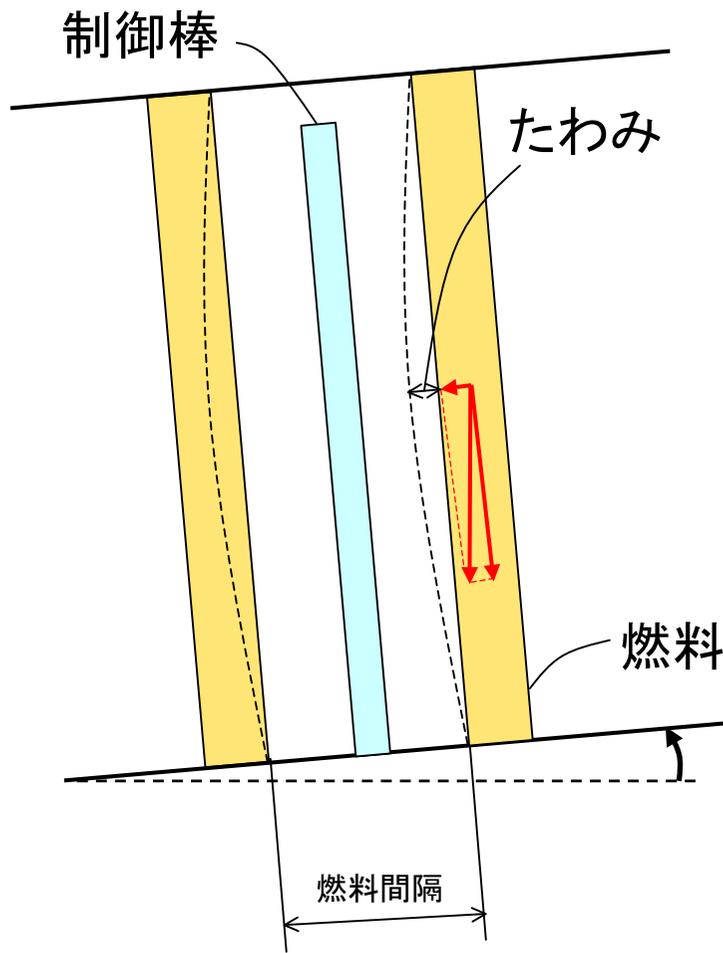
※確認済相対変位：加振時の挿入性試験により、規定時間内に制御棒が挿入されたことが確認された燃料変位



建屋-機器連成解析により求めた燃料相対変位

制御棒挿入性

傾斜による「たわみ」が生じた場合においても、挿入性に問題はないものと評価できる



《建屋傾斜1/1000を仮定》

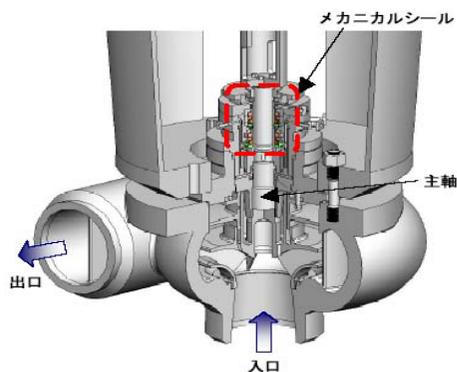
	傾斜 無し	傾斜 あり
燃料 間隔	14.9mm	14.9mm

建屋傾斜1/1000の時の燃料の
たわみ: 約0.02mm

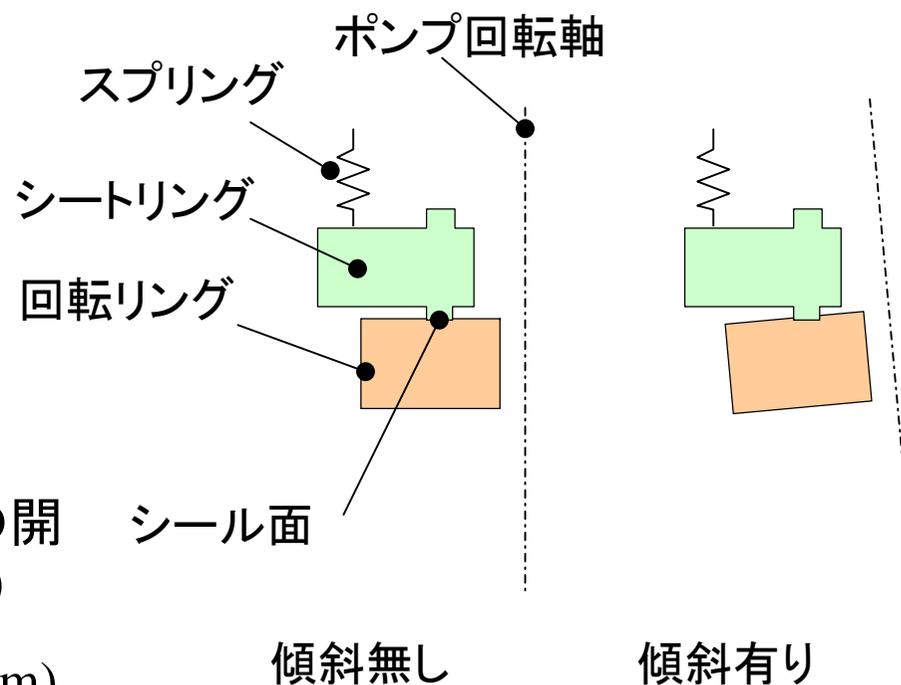
地震時挿入性試験振幅: 40mm

ポンプメカニカルシール

【PLRポンプの例】



《建屋傾斜1/1000を仮定》



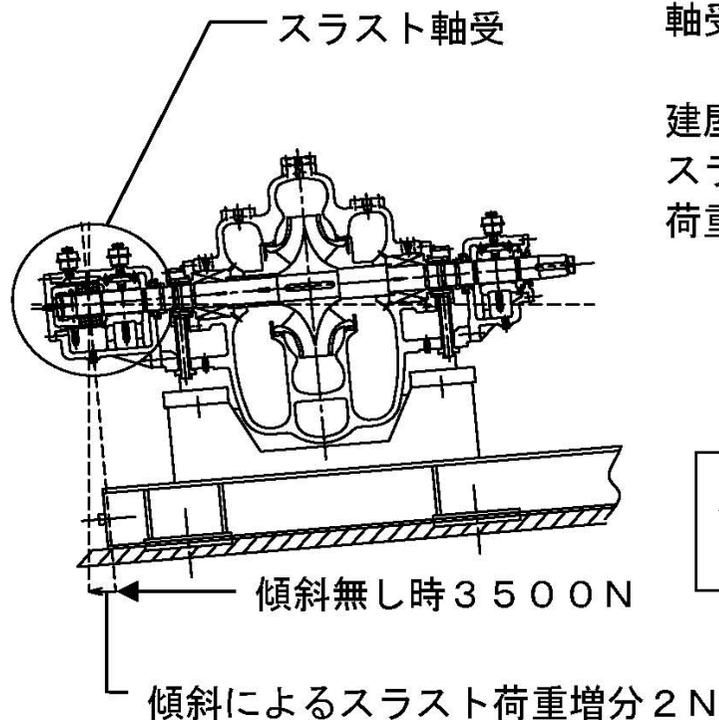
【評価部位】メカニカルシール

【想定事象】建屋傾斜によりシール面の開口が発生（リークが生じる）

【評価】スプリング長さの変化量(0.27mm)は通常のスプリング圧縮量(約25mm)に比べ十分小さく、回転リングに対するシートリング追従性は保たれる

シール性に対して影響はない

ポンプ軸受け（スラスト）



【評価点】
ポンプスラスト
軸受荷重
↓
建屋傾斜により
スラスト軸受
荷重増加

《建屋傾斜 1/1000 を仮定》

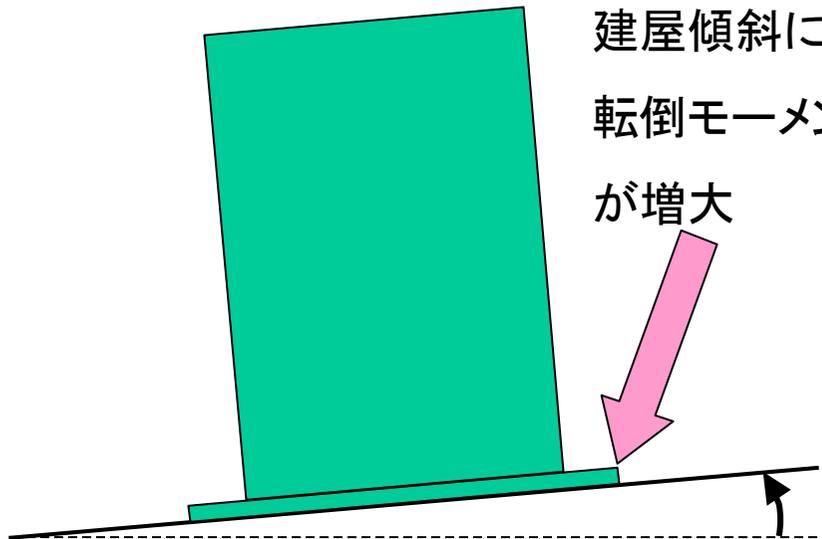
	傾斜 無し	傾斜 あり	許容値
スラスト 軸受荷重	3500N	3502N	6500N

スラスト軸受けの荷重が増加した場合においても、
その影響は無視できる程度である

タンク支持部（基礎部）

【評価点】

基礎ボルトの
せん断、引張り
↓
建屋傾斜により
転倒モーメント
が増大



《建屋傾斜1/1000を仮定》

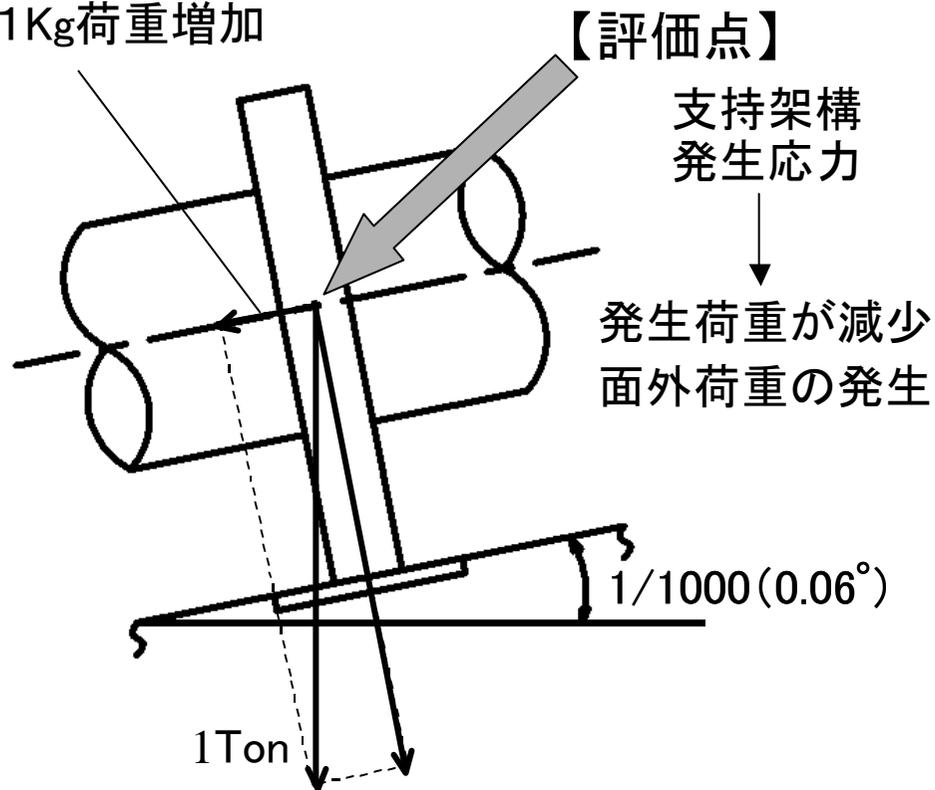
	傾斜 無し	傾斜 あり	許容値 (kg/mm ²)
せん断 応力	2.6 (2.5549)	2.6 (2.5585)	13.6
引張 応力	2.8 (2.7764)	2.8 (2.7854)	17.7

応力の変化量は、許容値に比べて小さく、影響は無視できる

配管（支持部・流路）

自重を1Ton受ける支持装置の場合

支持装置横方向に
1Kg荷重増加



《建屋傾斜1/1000を仮定》

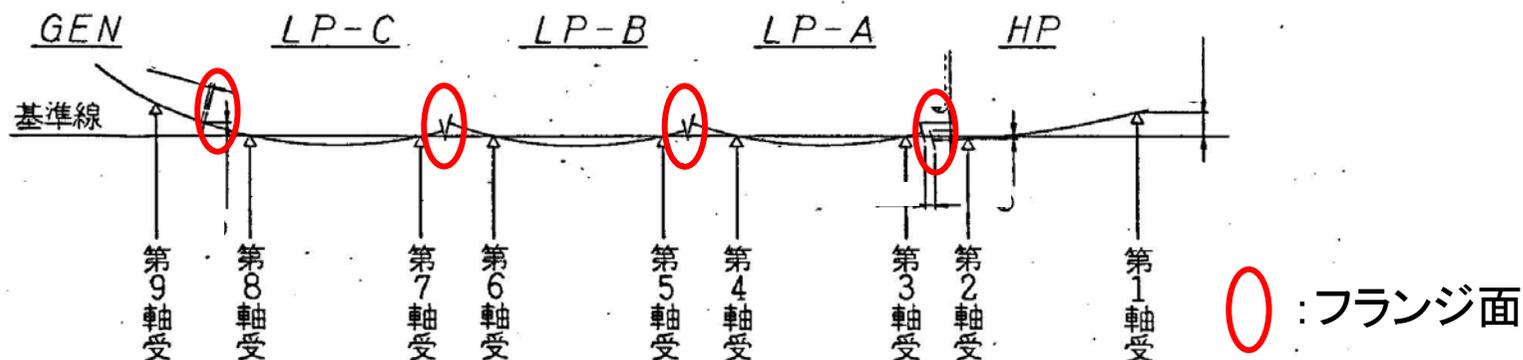
自重荷重が 1Tonの場合	傾斜 無し	傾斜 あり
面外荷重	無し	約1Kg 荷重増加
自重荷重	1Ton	0.55g 荷重減少

サポートの荷重の変化は
無視出来る程小さい

また、配管・弁は、従来から様々な方向に設置されており、傾斜による流路への影響はない

タービン

主タービン発電機アライメント(計画値)



タービンは、定期事業者検査において各ロータ(高圧タービン・低圧タービン・発電機)フランジ面の開き具合等を確認することにより、ローターを支える各軸受けの水平度を確認し、必要に応じてロータを水平に保つため調整用のシムプレートにより軸受けの位置を調整している(アライメント調整「センタリング」)。また、タービンケーシングについては、適時ピアノ線や水準器を用いて水平度の確認し(軸受けとの位置関係も含む)、必要に応じてシムプレートにて水平度の調整(ワイヤリング調整)を行っている。

タービンについては、定期事業者検査ごとにアライメント調整(センタリング)を実施しており、建屋傾斜等の影響が無いよう調整した上で機器の運転を行っている。

建屋傾斜による機器への影響について

・配管および弁

従来から、弁・配管は様々な方向に設置されており傾斜の影響はない。

・タービン

アライメント調整が可能であり、水平度の確認を行っているため、健全性に影響はない。

・制御棒挿入性

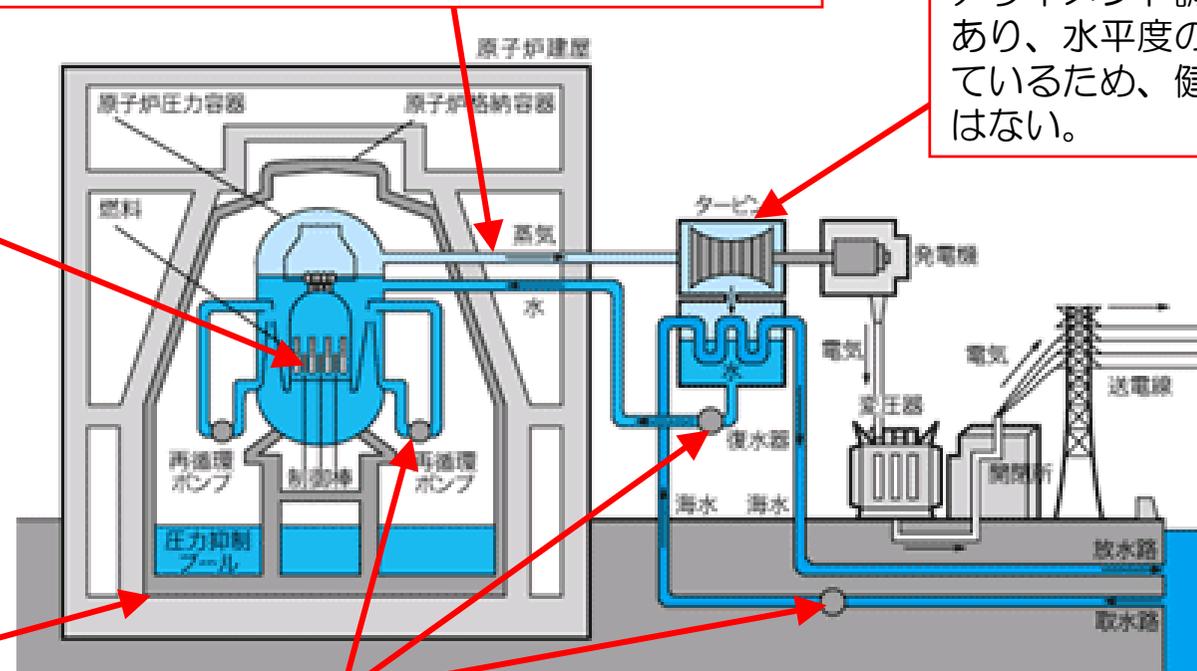
制御棒と燃料集合体は同一方向に傾斜するとともに、当該の傾斜量では燃料集合体の相対変位が生じないため、挿入性への影響はない。

・容器基礎

基礎部の荷重の変化は無視できるほど小さい。

・ポンプ

基礎部への影響は無視できるとともに、軸受荷重への影響も無視できる。



建屋傾斜の目安値（1/1000～1/2000：建築基礎構造設計指針）の範囲では、荷重の変化等は0.1%程度あり、当該目安値で管理することにより機器・配管系の健全性は確保できる