

東京電力株式会社柏崎刈羽原子力発電所  
敷地及び敷地近傍の地質・地質構造に関する補足説明

平成20年9月24日  
東京電力株式会社



東京電力

---

# ご指摘事項

指摘分類	指摘日	指摘事項	コメントの趣旨
原発反対地元三団体申し入れ	8月11日	現地で確認される諸事実を矛盾なく説明できる解釈をすることを求める 番神砂層下部水成層の標高と構造運動の関係、 番神砂層上部風成層の破壊状況、 真殿坂断層を境にした段丘面の高度差に対する見解（1月指摘済み）、 真相把握のための調査を実施すること。	番神下部水成層の標高が真殿坂向斜の西側で高く、東側で低いこと等は、敷地付近の構造運動が継続していることを示唆する <b>露頭調査結果の説明（1章で説明）</b>
原発反対地元三団体申し入れ	8月22日	大湊～西元寺・十日市間（東電N2測線沿い）の番神砂層下部水成層の標高は真殿坂断層の活動を示す。	
原発反対地元三団体申し入れ	8月22日	真殿坂断層沿いに地変が集中しているが、東電報告はそれを無視している。	真殿坂向斜沿いに、地すべり等の変状地形が集中していることは、真殿坂断層の活動を示唆する不都合な事実を隠している <b>変状地形分析に関する補足説明（2章で説明）</b>
合同WG	8月12日（現地調査）	安田層下部のテフラを阿多鳥浜テフラと同定した根拠について詳細を説明すること。 （第17回合同WG（9月11日）にて） 火山ガラスの主成分分析については、各ボーリングの分析結果を用いて整理すること。	火山ガラスの主成分分析については、各ボーリングの分析結果を用いて整理すること <b>テフラの分析結果に関する補足説明（3章で説明）</b>
合同WG	8月26日（第16回）	北-2測線において詳細な地形図・空中写真判読から沖積層等の分布を把握していたように、北-1測線についても同様の確認を行うこと。 （第17回合同WG（9月11日）にて） 北-1測線沿いの地形分類については、水準測量の変動傾向と一部合致しない所があるので、再度検討すること。	北-1測線沿いの地形分類については、水準測量の変動傾向と一部合致しない所があるので、より詳細に分類を検討すること <b>反射法地震探査結果に関する補足説明（4章で説明）</b>

# ご指摘事項

指摘分類	指摘日	指摘事項	コメントの趣旨
合同WG	8月26日 (第16回)	敷地内の建屋水準を岩盤や沖積層の上など様々な箇所に設置している一等水準点と比較・検討するような条件下にないため、一緒に議論できるものではない。再検討が必要である。	建屋と一等水準点の設置地盤の状況は異なるため、一緒に議論できないので、再検討すること <b>建屋水準測量に関する補足説明 (5章で説明)</b>
原発反対地元三 団体申し入れ	1月11日	敷地内の波打つ様子が地殻変動を示唆、詳細な測量が必要。	建屋や基準点にみられた隆起傾向は不規則であり、その動きは、真殿坂断層や建屋直下の断層の活動を示唆する <b>建屋水準測量に関する補足説明 (5章で説明)</b>
原発反対地元三 団体申し入れ	1月11日	建屋の傾動は直下断層等の運動を示唆、敷地内直下断層の全数調査、3～5号間の線状変位の調査、原子炉・タービン等建屋の傾動原因調査が必要。	
原発反対地元三 団体申し入れ	8月4日	原子炉建屋、タービン建屋、発電所基準点は西山層に直接設置、これらが中越沖地震で不規則に動いて建屋が傾いた事実は、中越沖地震で直下の断層や真殿坂断層が動いたことを示す。	

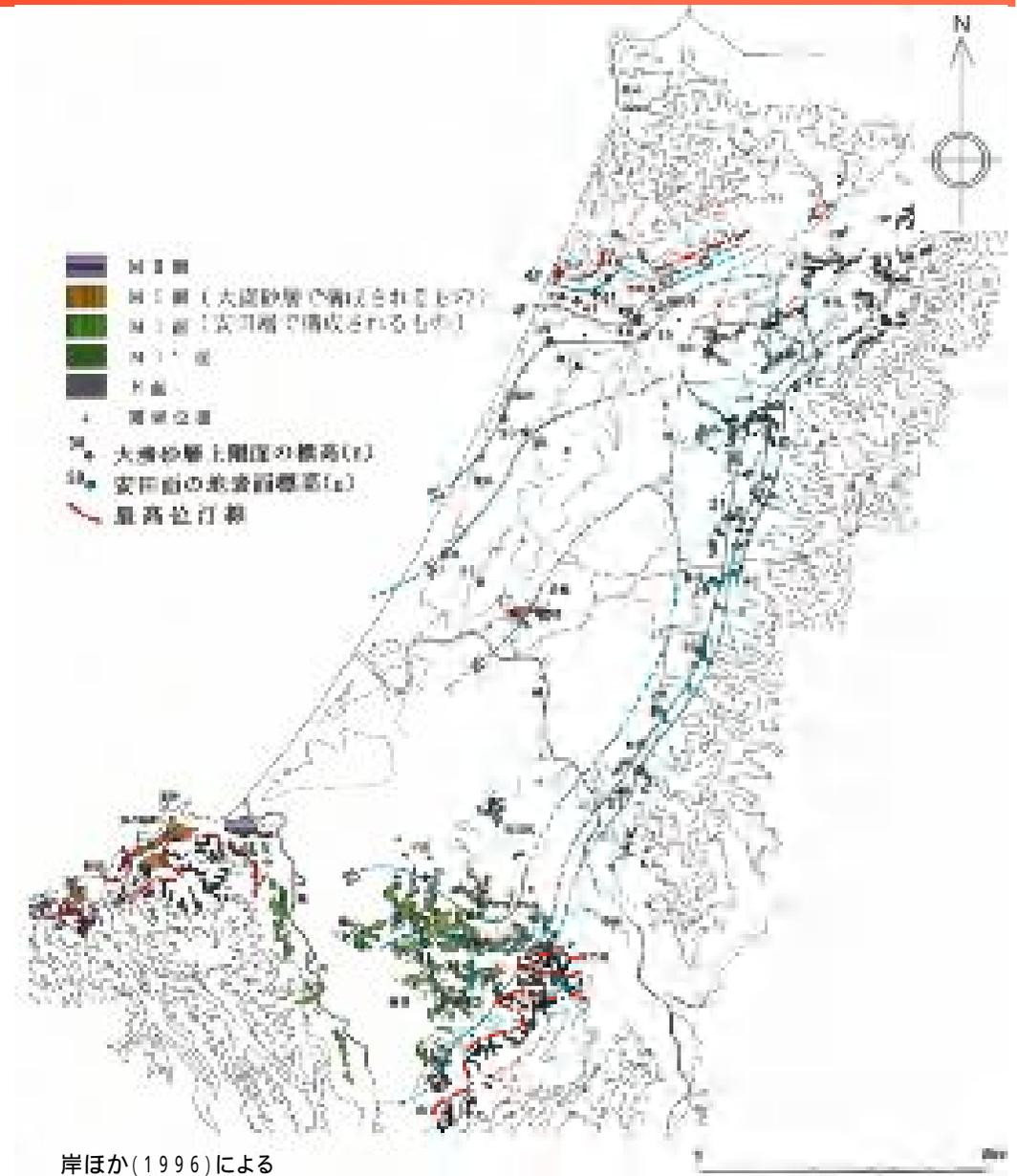
# ご説明事項

---

1. 露頭調査結果
2. 変状地形分析に関する補足説明
3. テフラ分析結果に関する補足説明
4. 反射法地震探査（北-1測線）に関する補足説明
5. 建屋水準測量に関する補足説明

# 柏崎平野周辺の段丘面分布

- 下末吉海進における離水面（M 面）は、大湊砂層上限面及び安田面の高度分布に基づいて復元される
- 離水面（M 面）の分布は平野中央部を中心とする盆状を呈している
- 敷地北側の大湊から十日市付近にかけては、M 面は標高約45m～35mに位置し、緩やかな東傾斜を示す

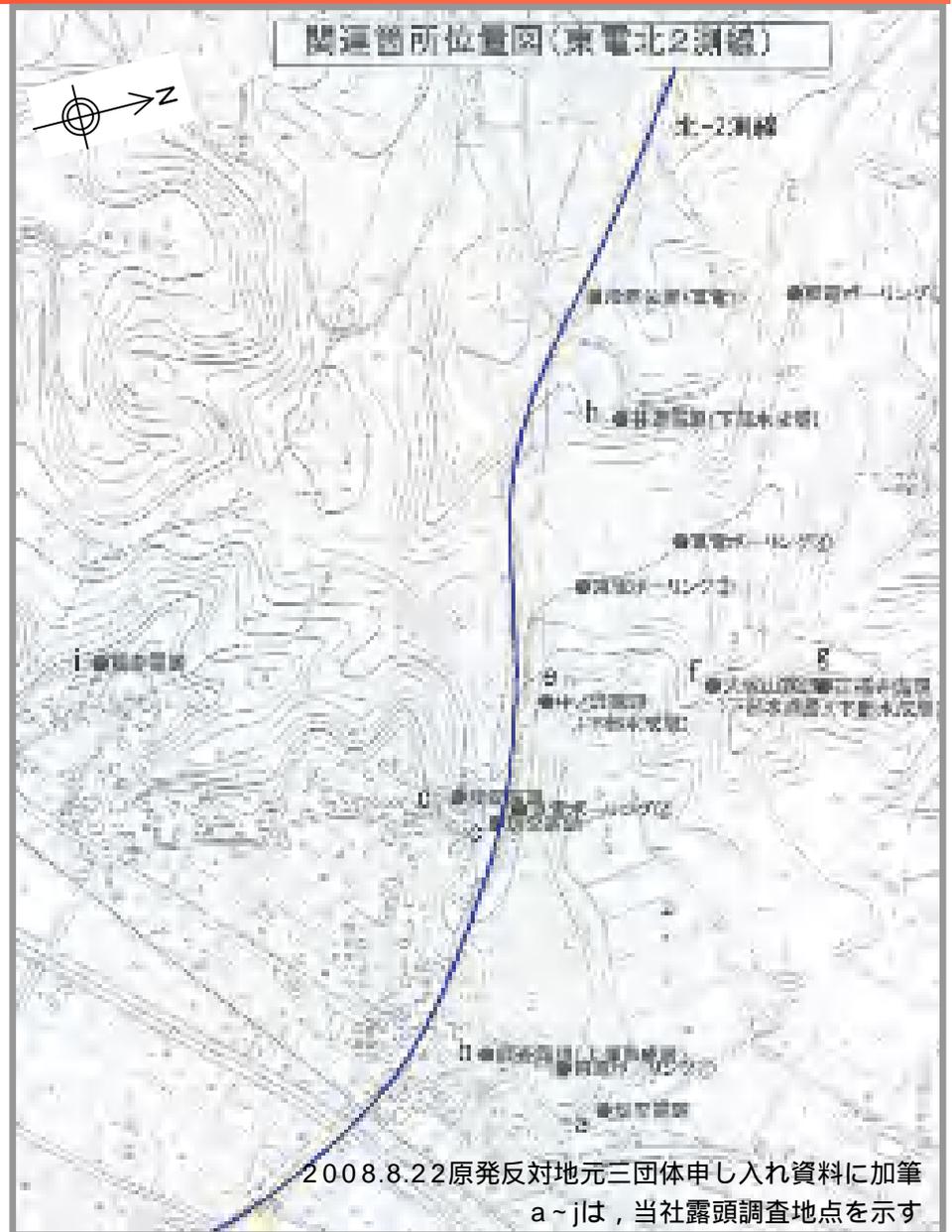


# 原発反対地元三団体が指摘する露頭位置

## 地元団体の指摘事項：

- 「大湊～西元寺・十日市間（東電N2測線沿い）の番神砂層下部水成層の標高は真殿坂断層の活動を示す」と指摘されている

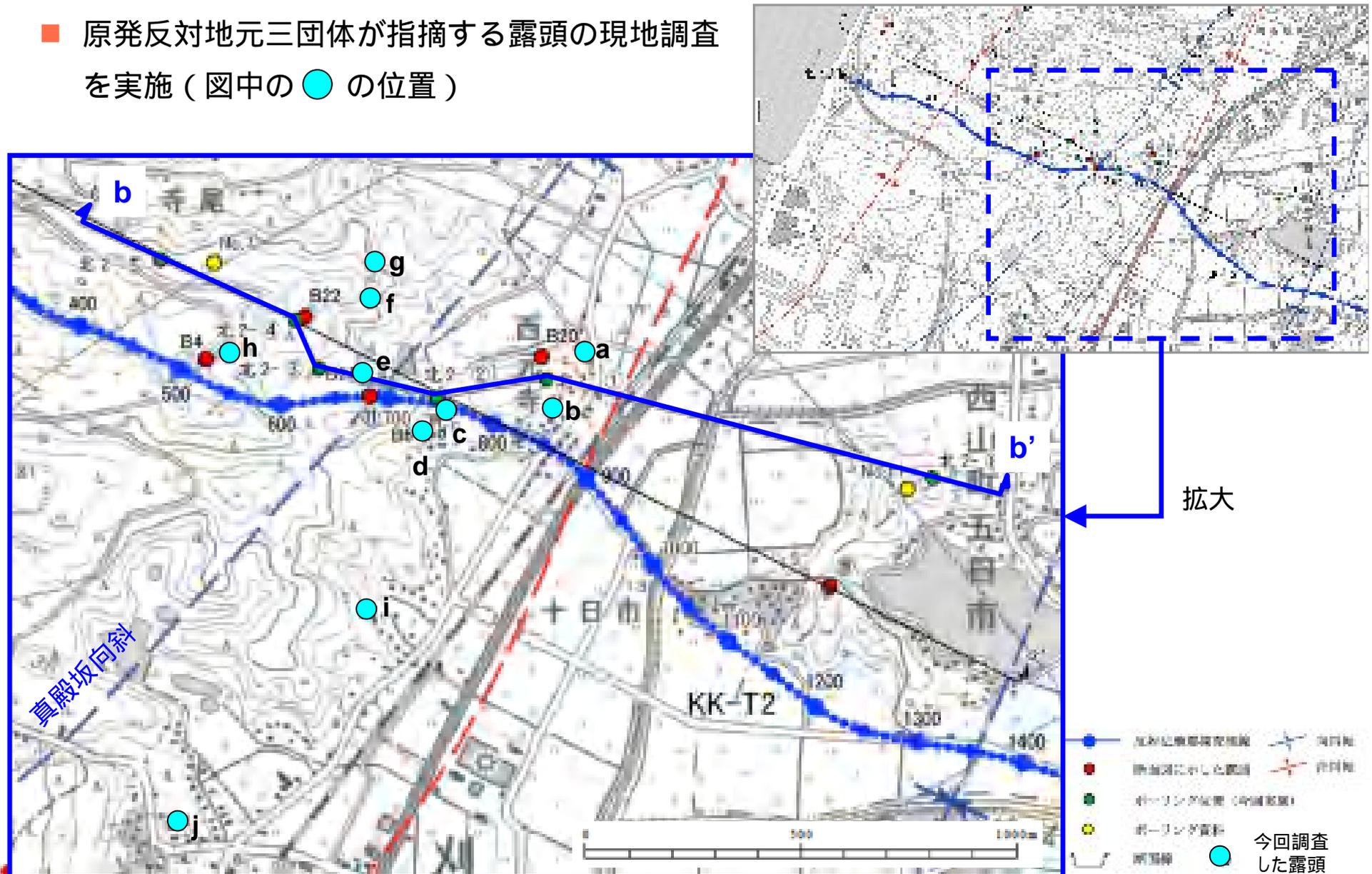
番神砂層下部水成層（大湊砂層）を確認できると指摘している露頭位置は左図のとおり





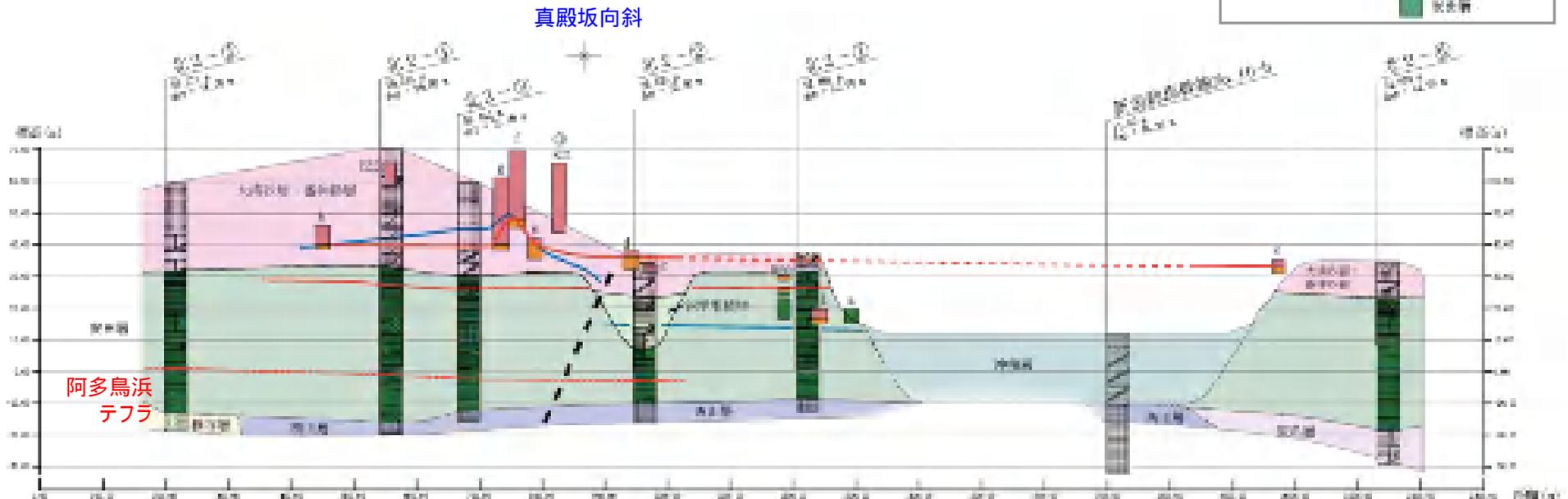
# 原発反対地元三団体が指摘する露頭の位置

- 原発反対地元三団体が指摘する露頭の現地調査を実施（図中の●の位置）



# 大湊砂層と番神砂層との境界の標高分布

- 指摘される露頭で確認された大湊砂層（番神砂層下部水成層）と番神砂層（番神砂層上部風成層）との境界の標高は、地すべり箇所と想定される地点（Loc.bとLoc.c）及びLoc.f除き，おおむね35m～40mに分布し，真殿坂向斜を挟んで顕著な高度差は認められない
- Loc.fで確認された大湊砂層の標高は約48mであるが，断面上で両側となるLoc.eとLoc.gの大湊砂層の標高は約40mであること，阿多鳥浜テフラが，安田層の下部に真殿坂向斜を横断してほぼ水平に堆積し，西山層以下の地層にみられる褶曲構造に対応した変形が認められないことから，真殿坂断層の活動を示唆するものではないと考える



- 申し入れに記載されている番神砂層水成層上限 (縦・横 = 5:1)
- - - 申し入れに記載されている断層
- 露頭調査及び既往地質調査結果に基づく番神砂層 / 大湊砂層境界 (当社評価)

## 露頭調査結果

- 露頭調査結果は以下の通りである
- 露頭調査結果に基づく解釈が申し入れの記載と異なる地点を  で示す

露頭名	原発反対地元三団体申し入れ	調査結果
a	西元寺山崎宅 安田番神 m	安田層が標高15m～20m付近に分布する。
b	西元寺神社南 番神風成13m	標高16.5m付近に、番神砂層／大湊砂層境界（以下、風成／水成境界）が認められるものの、本露頭では小断層が多く認められること、同露頭は丘陵と平野との境界の斜面部に位置すること、近接するボーリング北2 - により安田層の上限面を標高約32mに確認していることから、前記の風成／水成境界は地すべりにより低下している可能性が高い。
c	雪成神社西露頭 番神風成層31m	大湊砂層とみられる砂層及び番神砂層とが分布するが、本露頭では、地すべりが認められ、風成／水成境界の高度は不明瞭である。
d	雪成神社裏道角露頭 番神風成層33m	標高36m付近に、風成／水成境界が認められる。
e	中ノ沢露頭 番神水成層41m	標高40.5m付近に、風成／水成境界が認められる。
f	大塚山露頭 番神水成層50m	標高48m付近に、風成／水成境界が認められる。
g	正福寺露頭 番神水成層45m	標高40.5m付近に、風成／水成境界が認められる。
h	林道露頭 番神水成層40.5m	標高40m付近に、風成／水成境界が認められる。
i	雪成近藤宅 安田番神 m	安田層が標高15m～17m付近に分布する。
j	刈羽小丸山 番神水成層14m	大湊砂層に類似する海浜砂層が標高14m～16m付近に、この砂層を覆って上位に、シルト層が分布しており、同シルト層は、本露頭付近の標高20m程度に分布する比較的平坦な地形面を形成している。本露頭における海浜砂層及びシルト層の重なりは、M 面を形成する安田層または大湊砂層とそれらを覆う番神砂層との重なりとは異なっており、両者は同一変位基準面とは見なせない。なお、近傍のボーリング北2 - において、安田層の上限面を標高約32mに確認していることを踏まえて、海浜砂層は、大湊砂層堆積期以降に形成された谷埋め堆積物である可能性も考えられる。

## 露頭写真（Loc. b，西元寺神社南）

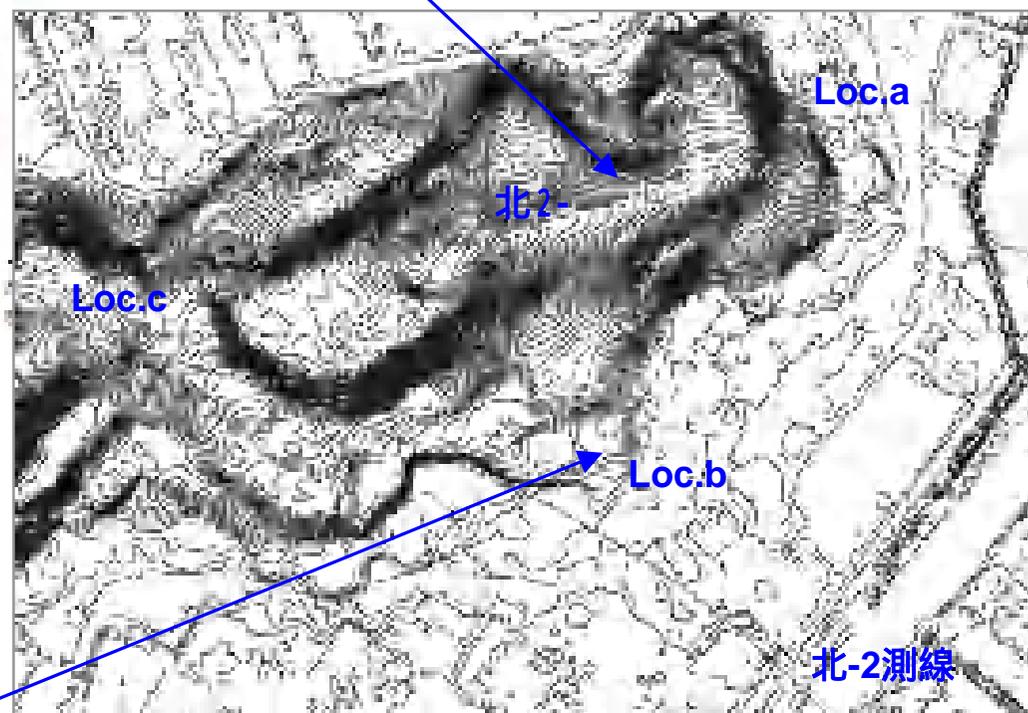
原発反対地元三団体申し入れ		調査結果
西元寺神社南	番神風成13m	標高16.5m付近に、番神砂層／大湊砂層境界（以下、風成／水成境界）が認められるものの、本露頭では小断層が多く認められること、同露頭は丘陵と平野との境界の斜面部に位置すること、近接するボーリング北2- により安田層の上限面を標高約32mに確認していることから、前記の風成／水成境界は地すべりにより低下している可能性が高い。



小断層が認められ、全体の地すべりが示唆される

風成層／水成層の境界標高約16.5m

Loc. bは、丘陵と平野との境界の斜面部に位置する



北2- のボーリングにより、安田層の上限面を標高約32mに確認

北-2測線

## 露頭写真 ( Loc. c , 雪成神社西露頭 )

原発反対地元三団体申し入れ		調査結果
雪成神社西露頭	番神風成層31m	大湊砂層とみられる砂層及び番神砂層とが分布するが，本露頭では，地すべりが認められ，風成 / 水成境界の高度は不明瞭である。



地すべりが認められ，その上側には番神砂層（風成）が，下側には大湊砂層（水成）とみられる砂層が分布するが，それらの境界の高度は不明瞭

番神砂層

大湊砂層とみられる砂層



地すべりを示す

## 露頭写真 (Loc. j , 刈羽小丸山)

原発反対地元三団体申し入れ		調査結果
刈羽小丸山	番神水成層14m	大湊砂層に類似する海浜砂層が標高14m～16m付近に、この砂層を覆って上位に、シルト層が分布しており、同シルト層は、本露頭付近の標高20m程度に分布する比較的平坦な地形面を形成している。本露頭における海浜砂層及びシルト層の重なりは、M面を形成する安田層または大湊砂層とそれらを覆う番神砂層との重なりとは異なっており、両者は同一変位基準面とは見なせない。なお、近傍のボーリング北2-において、安田層の上限面を標高約32mに確認していることを踏まえて、海浜砂層は、大湊砂層堆積期以降に形成された谷埋め堆積物である可能性も考えられる。



←平坦面 (標高20m)

シルト層

↓ 標高約16m

海浜砂層

- 
1. 露頭調査結果
  2. 変状地形分析に関する補足説明
  3. テフラ分析結果に関する補足説明
  4. 反射法地震探査（北-1測線）に関する補足説明
  5. 建屋水準測量に関する補足説明

# 空中写真判読による敷地近傍の変状地形

## 調査目的

- 北-1測線及び北-2測線を含む敷地近傍および敷地において、地表付近での断層の活動を示唆する変状地形の分布の有無を確認すること

## 着眼点

- 空中写真判読により、敷地及び敷地近傍の西山丘陵を中心に、崩壊、亀裂、段差等を対象に**比較的明瞭な変状地形**を抽出し、それら変状地形の分布状況を分析
- 空中写真判読には、以下の航空写真を使用  
敷地－1/6,500、平成19年7月18～19日  
敷地近傍（北-1測線まで）－1/4,000、平成19年10月18日  
敷地近傍（北-1測線以北）－1/10,000、平成19年7月19日、国土地理院発行

## 調査結果

- 敷地及び西山丘陵において、崩壊・亀裂等の変状地形が、真殿坂向斜沿いに集中・線状配列をしていないことを確認した



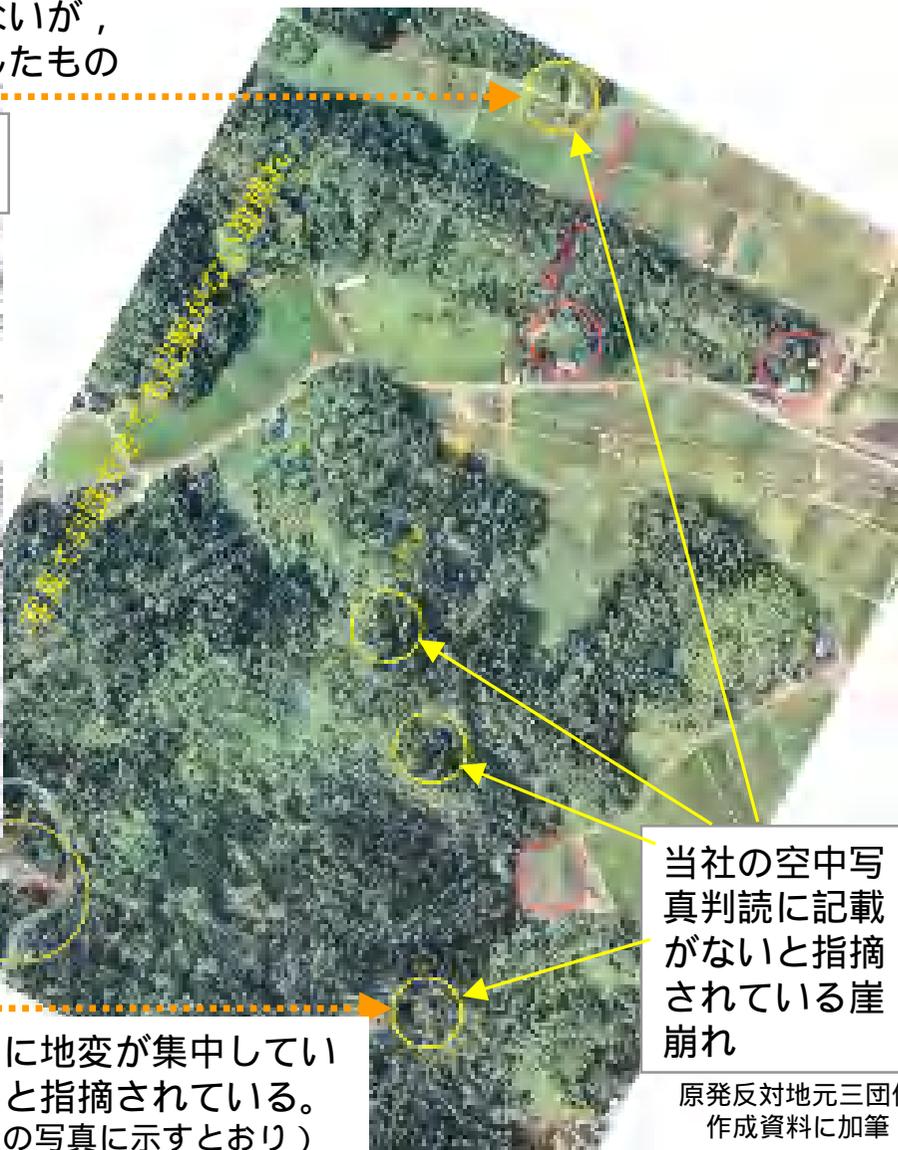
# 空中写真判読による敷地近傍の変状地形

## 当社実施の空中写真判読結果

必ずしも全ての地すべりが抽出されているものではないが、崩壊土を伴う等今回の地震により生じたものを抽出したもの



当社の空中写真判読に記載が見つかるもの



当社の空中写真判読に記載がないと指摘されている崖崩れ

当社の空中写真判読に記載が見つかるもの

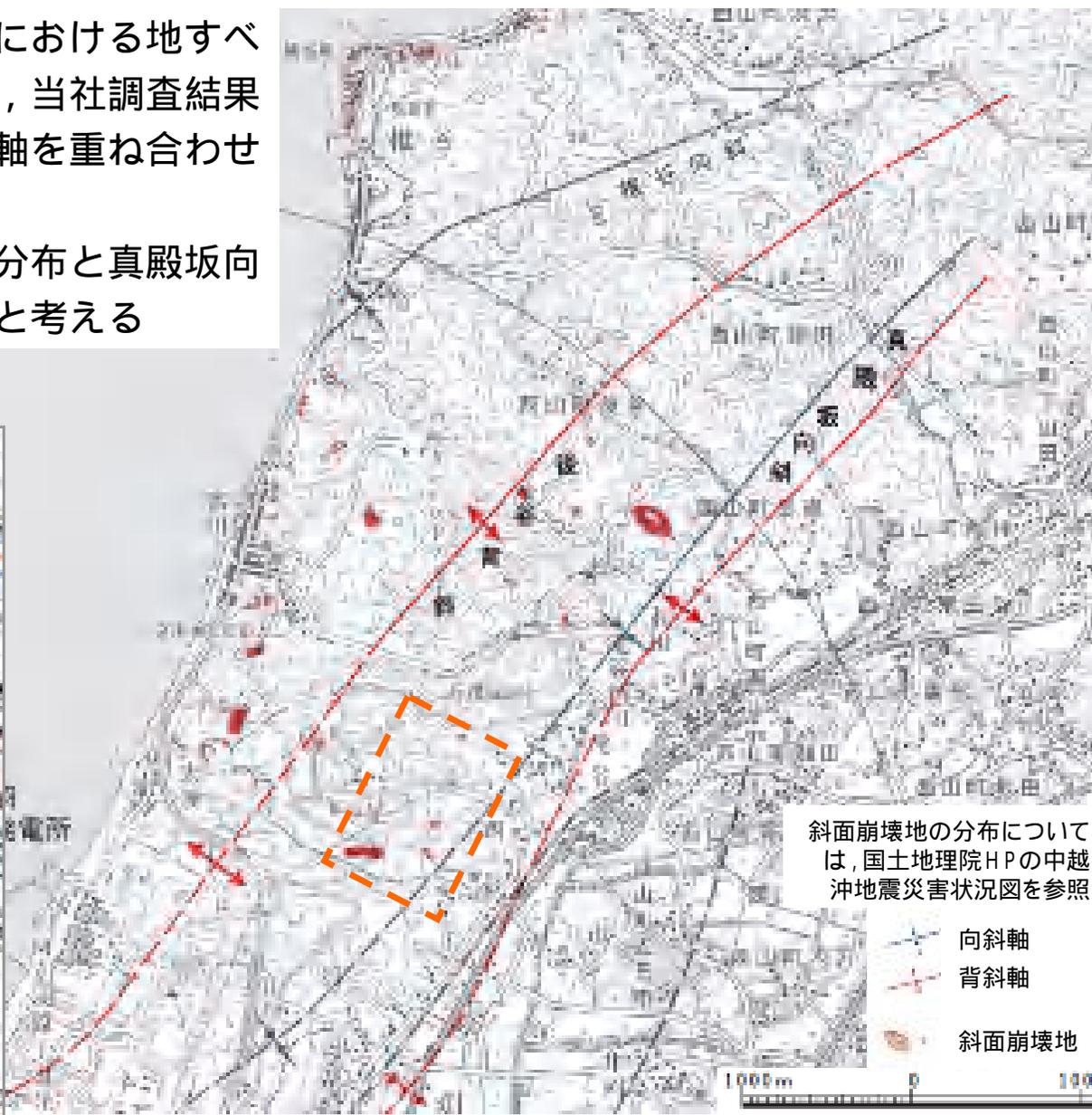
**地元団体の指摘事項：**「真殿坂断層沿いに地変が集中しているが、東電報告はそれを無視している」と指摘されている。  
(無視していると指摘されている崖崩れは、左の写真に示すとおり)

原発反対地元三団体  
作成資料に加筆

# 空中写真判読による敷地近傍の変状地形

- 国土地理院より、中越沖地震における地すべり分布状況が報告されており、当社調査結果による敷地近傍の背斜・向斜軸を重ね合わせて、地質構造との対応を検討
- 右図に示すとおり、地すべり分布と真殿坂向斜との関連性は認められないと考える

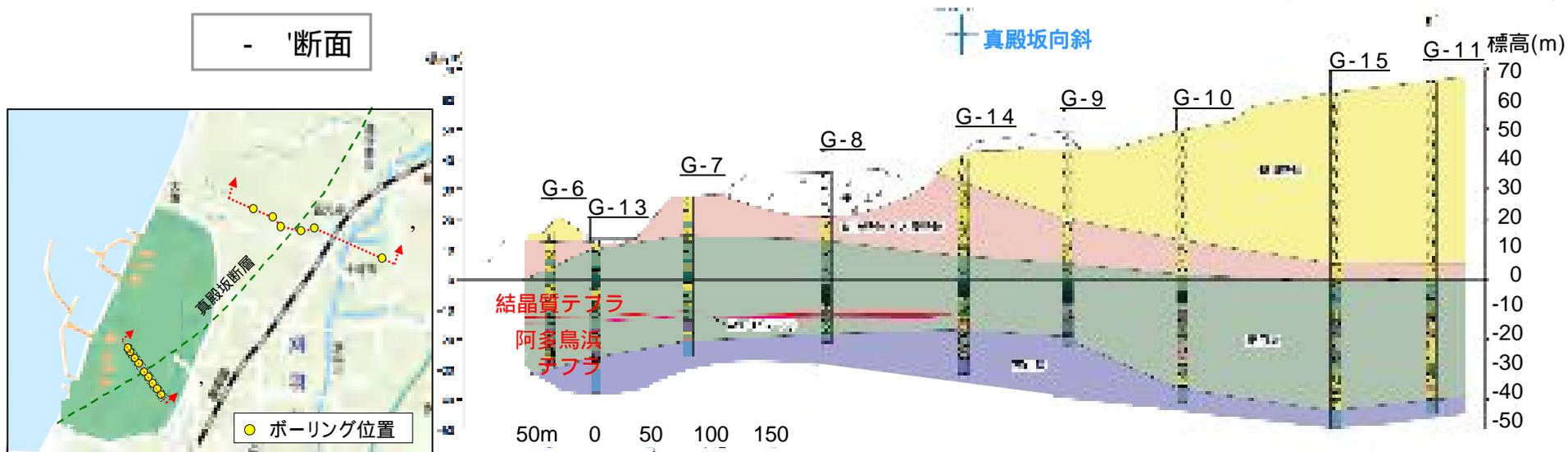
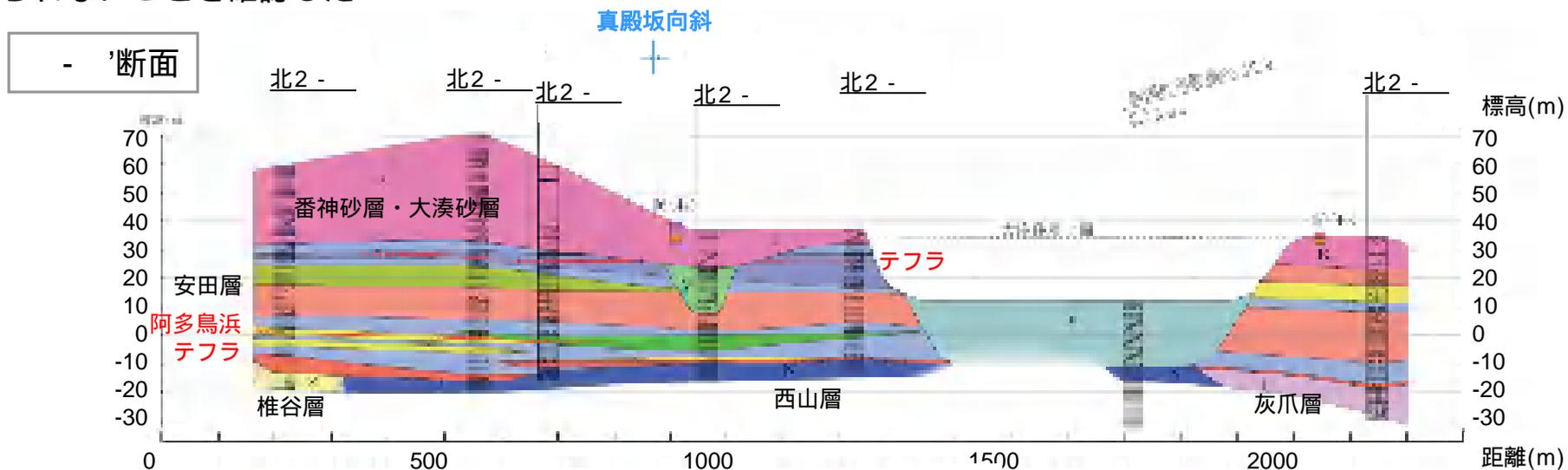
右図の枠付近拡大



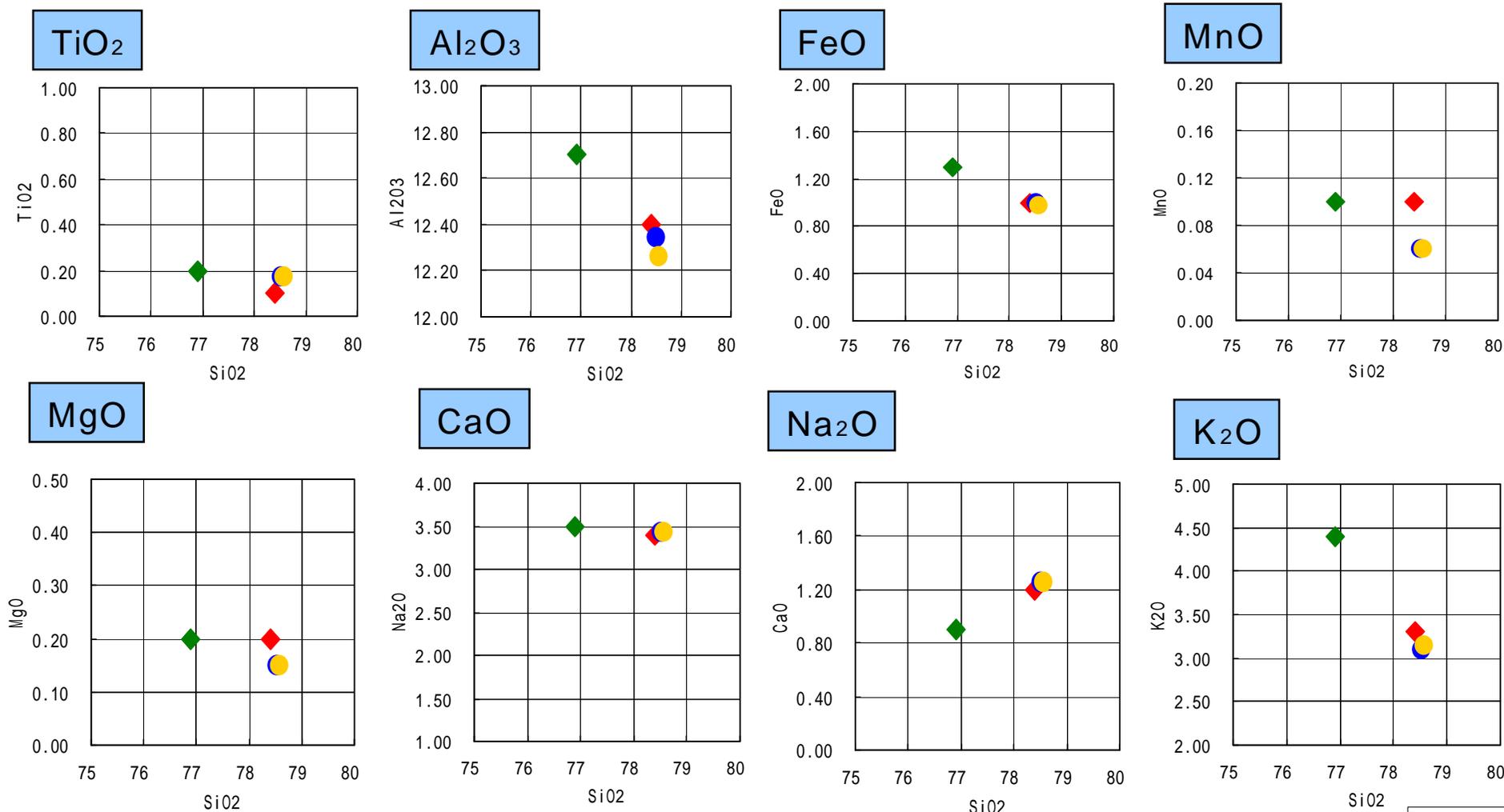
- 
1. 露頭調査結果
  2. 変状地形分析に関する補足説明
  3. テフラ分析結果に関する補足説明
  4. 反射法地震探査（北-1測線）に関する補足説明
  5. 建屋水準測量に関する補足説明

# 敷地及び敷地北側におけるボーリング調査結果

- 敷地北側及び敷地で行ったボーリング調査において、阿多鳥浜テフラ（Ata-th，約24万年前）は、安田層下部で真殿坂向斜を横断してほぼ水平に堆積し、安田層には西山層にみられる褶曲構造に対応する変形が認められないことを確認した

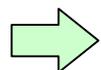


# 候補テフラとの対比（火山ガラスの主成分）



阿多鳥浜テフラと同定したテフラの分析結果のうち火山ガラスの主成分分析結果を上記の通り報告

**第17回合同WGにおける指摘事項：**

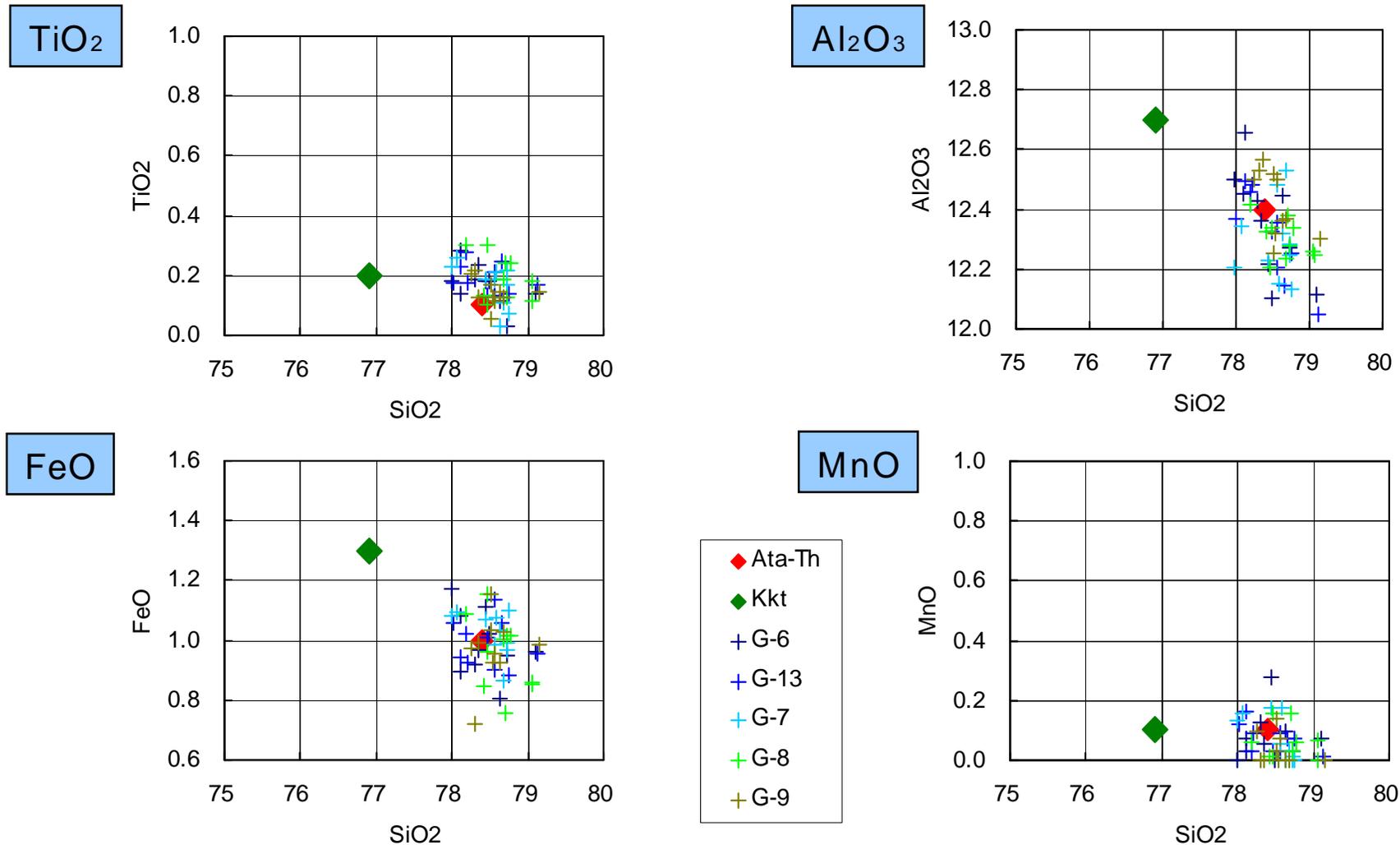


ボーリング実施箇所毎（敷地，敷地北側）に整理するのではなく，各ボーリングの分析結果を用いて整理すること



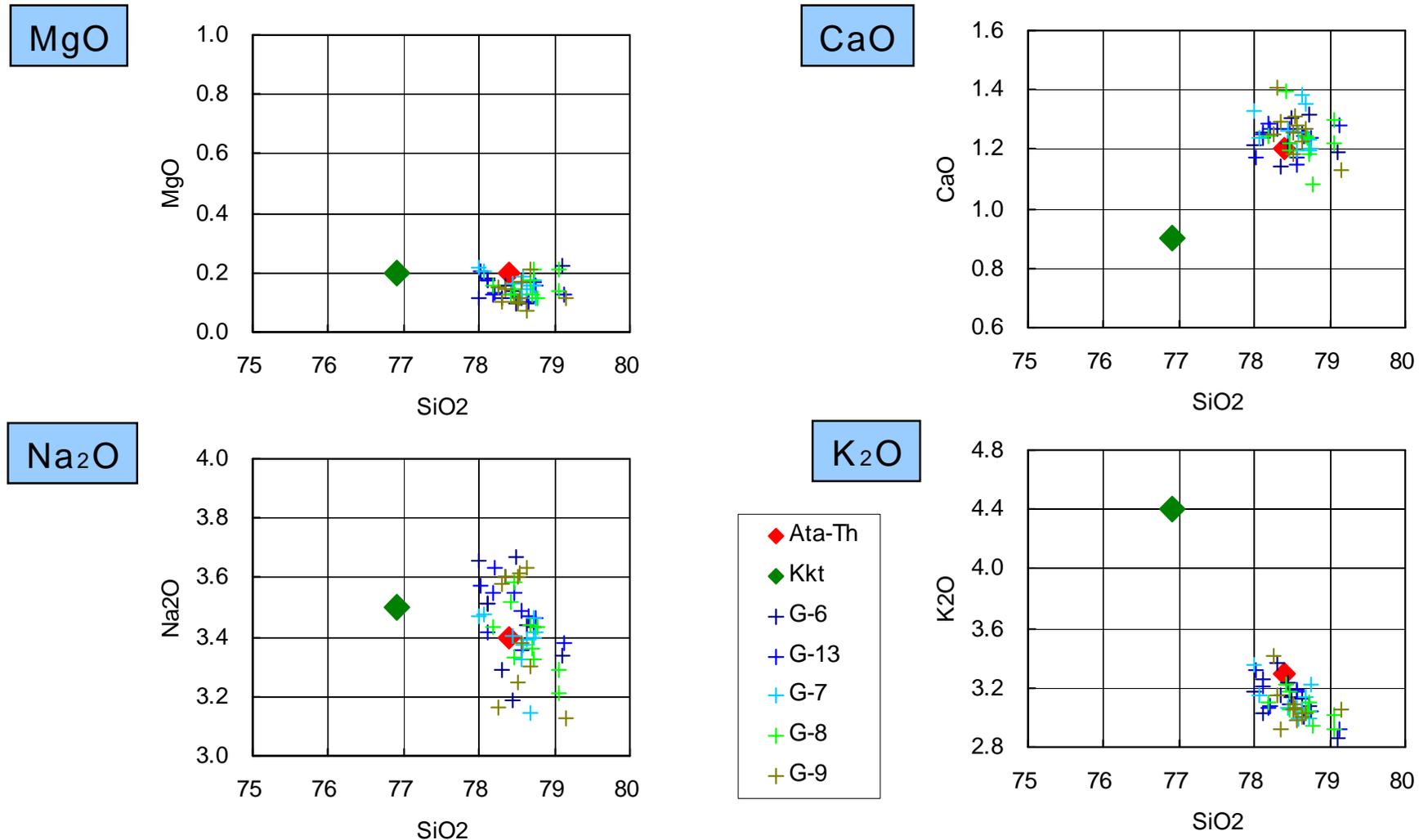
# 候補テフラとの対比（火山ガラスの主成分，敷地）

- 分析結果にばらつきはあるものの，各成分においてAta-Thとの対応が認められる



# 候補テフラとの対比（火山ガラスの主成分，敷地）

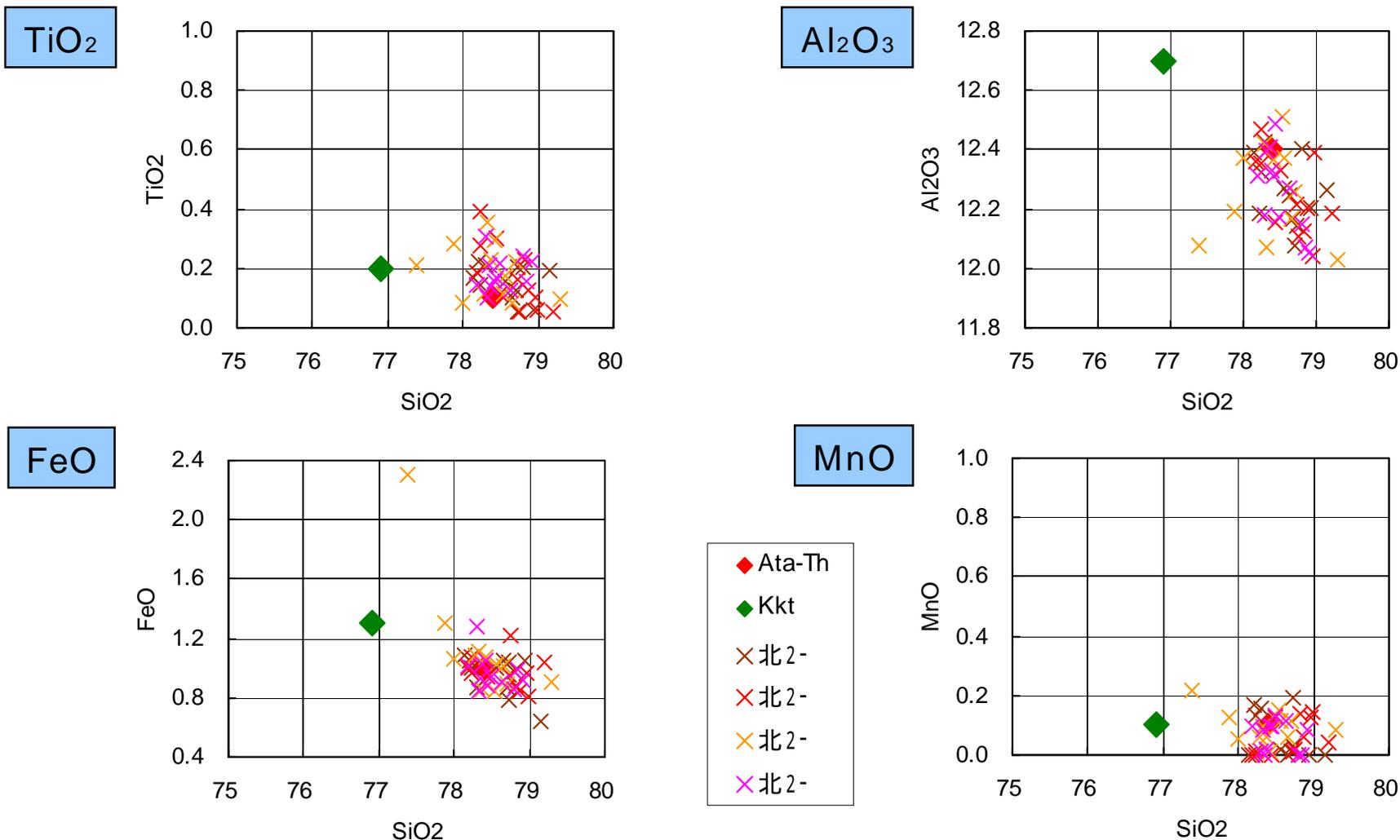
- 分析結果にばらつきはあるものの，各成分においてAta-Thとの対応が認められる



: Ata-Th・Kktの値は「新編 火山灰アトラス」による

# 候補テフラとの対比（火山ガラスの主成分，敷地北側）

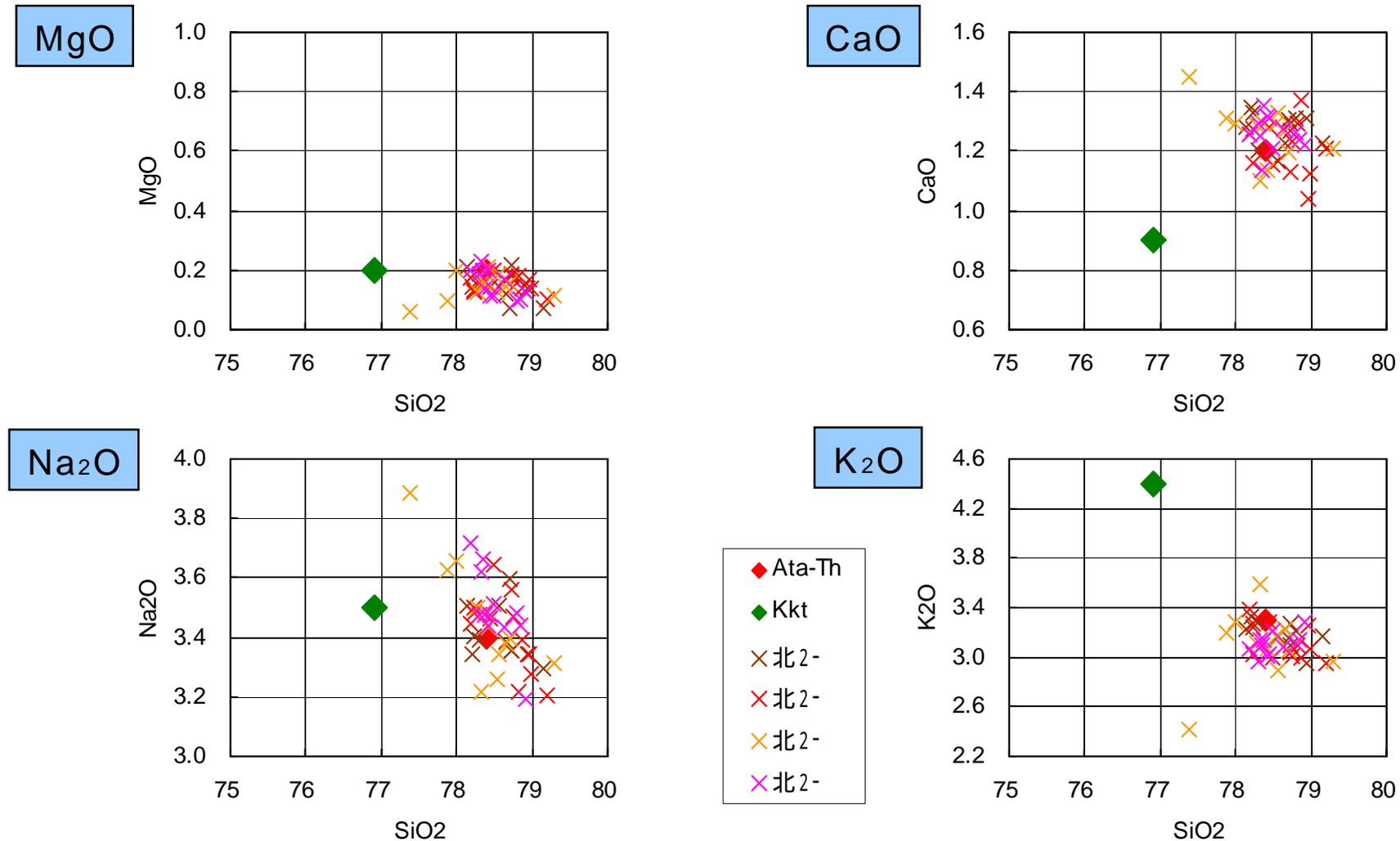
- 分析結果にばらつきはあるものの，各成分においてAta-Thとの対応が認められる



: Ata-Th・Kktの値は「新編 火山灰アトラス」による

# 候補テフラとの対比（火山ガラスの主成分，敷地北側）

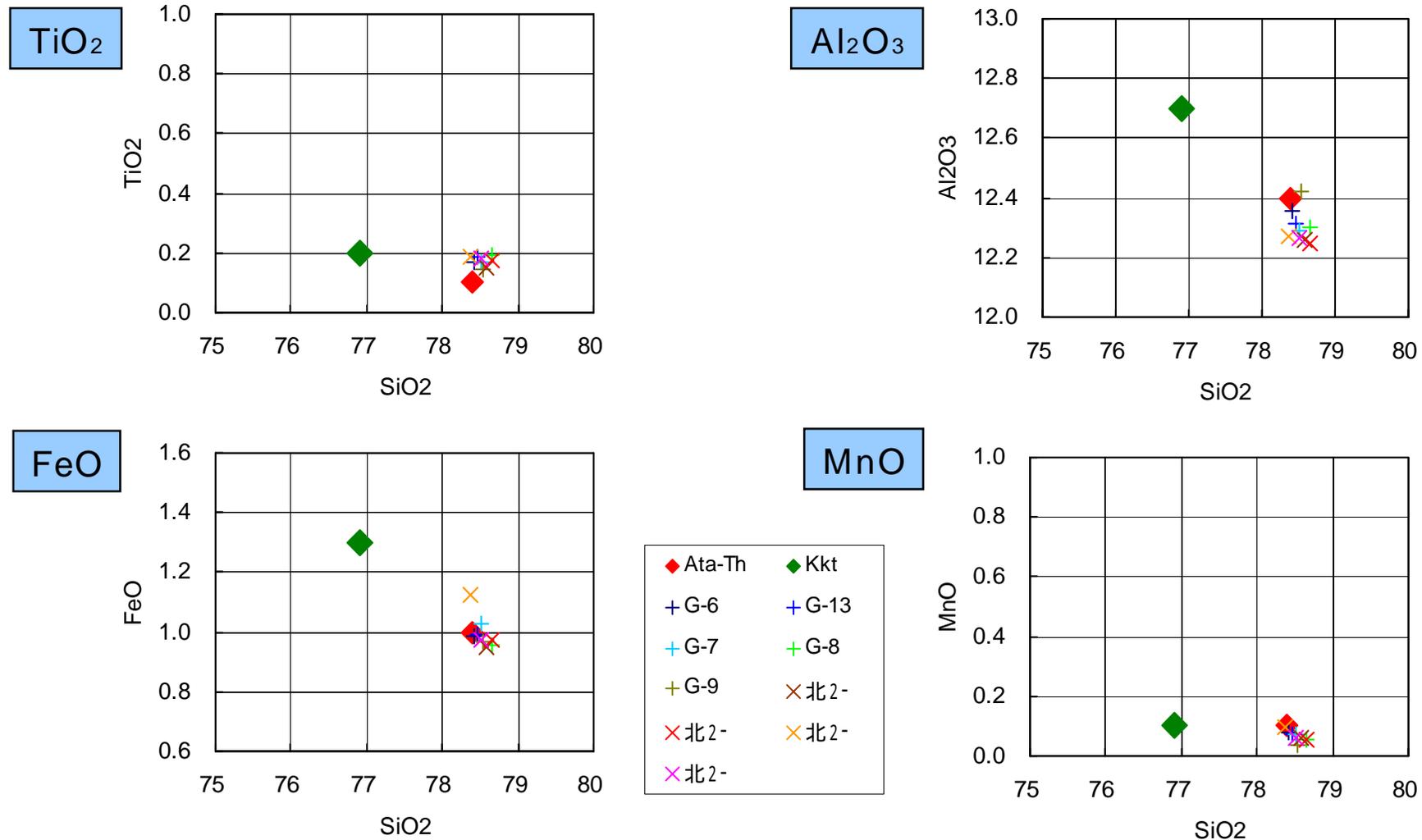
- 分析結果にばらつきはあるものの，各成分においてAta-Thとの対応が認められる



: Ata-Th・Kktの値は「新編 火山灰アトラス」による

# 候補テフラとの対比（火山ガラスの主成分，敷地北側）

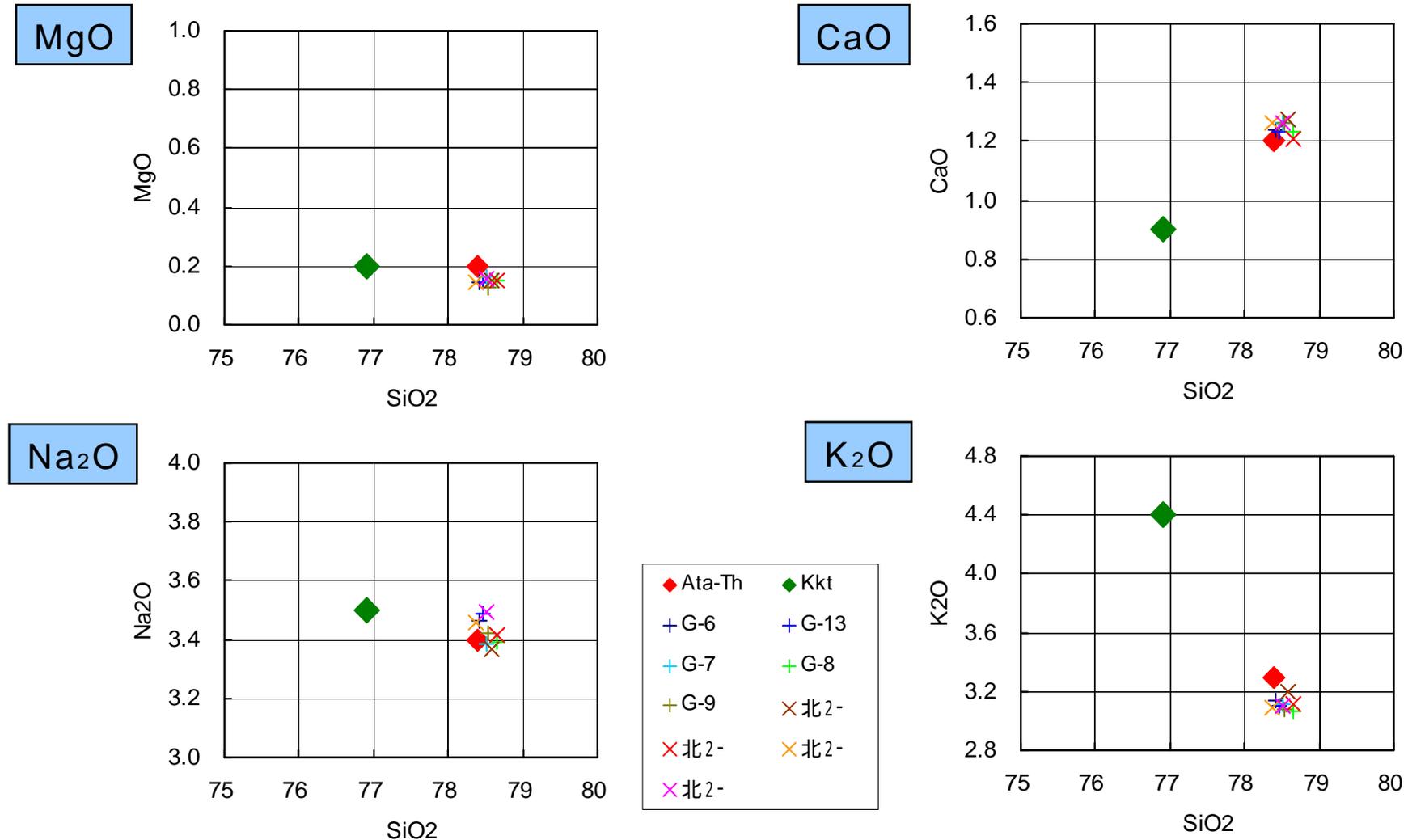
- ボーリング毎に平均した分析結果はAta-Thとの対応が認められる



: Ata-Th・Kktの値は「新編 火山灰アトラス」による

# 候補テフラとの対比（火山ガラスの主成分，敷地北側）

- ボーリング毎に平均した分析結果はAta-Thとの対応が認められる



: Ata-Th・Kktの値は「新編 火山灰アトラス」による

# 補足説明；阿多鳥浜テフラ（Ata-Th）の降下時期について

新編 火山灰アトラス（2003）

- 本テフラの層位は酸素同位体ステージ7初期に対比できるもので，多摩b海進の途次とみられ，その層位からステージ7のうち約240kaと見積もられた<sup>1)</sup>こと
- ジルコンのFT年代は $240 \pm 40$ ka<sup>2)</sup>であること
- 日本海のODP794コアではステージ7と8の境界（ステージ8.0）に対比できる層位に見いだされて，やはり240kaと考えられた<sup>3)</sup>こと等から，噴出年代として240kaを採用している
  
- 確認地点のうち，浜名湖北岸細江町油田では細江礫層の中部泥層中の標高+10m付近に挟在され<sup>4)</sup>，このことからステージ7初期の海面上昇期の降灰が伺える

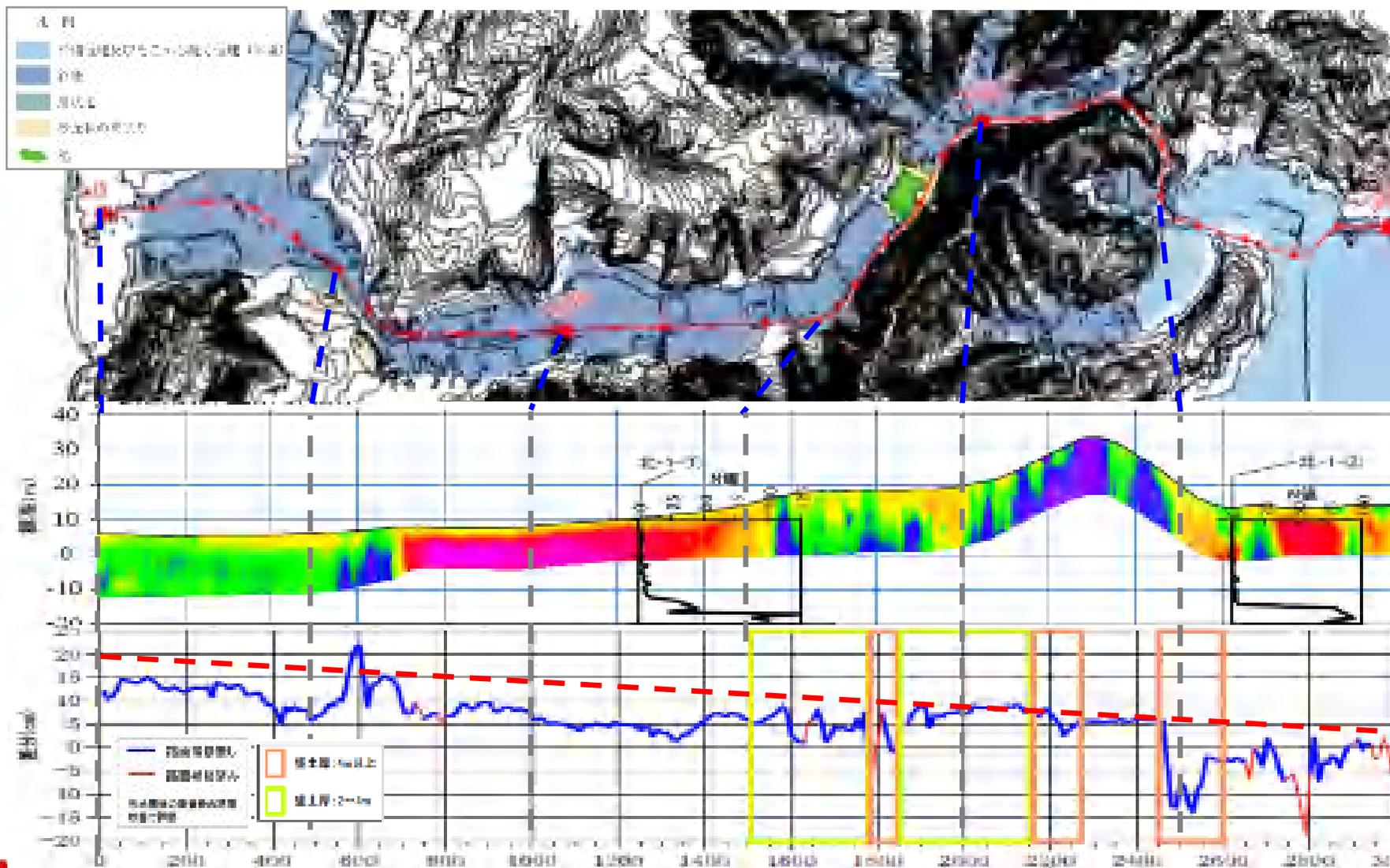
- 1) 鈴木毅彦・早津賢二（1991）：関東 - 中部地方の第四紀テフラ研究 - 特に中期更新世テフラの重要性 - .第四紀研究,30,361-368.
- 2) 壇原徹（1995）：第四紀テフラの高精度フィッシュトラック（FT）年代測定 - ジルコンとガラスを用いた測定方の確率に向けて.第四紀研究,34,221-237.
- 3) 白井正明（2000）：男鹿半島浅海成堆積物と日本海半遠洋成堆積物の第四紀氷河性海水準変動への応答.第四紀,23,600-604.
- 4) 杉山雄一（1991）：渥美半島 - 浜名湖東岸地域の中部更新統 - 海進 - 海退サイクルとその広域対比 - .地調月報,42,75-109.

- 
1. 露頭調査結果
  2. 変状地形分析に関する補足説明
  3. テフラ分析結果に関する補足説明
  4. 反射法地震探査（北-1測線）に関する補足説明
  5. 建屋水準測量に関する補足説明

# 北-1測線沿いの沖積層等の分布状況について

合同W17-2-1  
の再掲

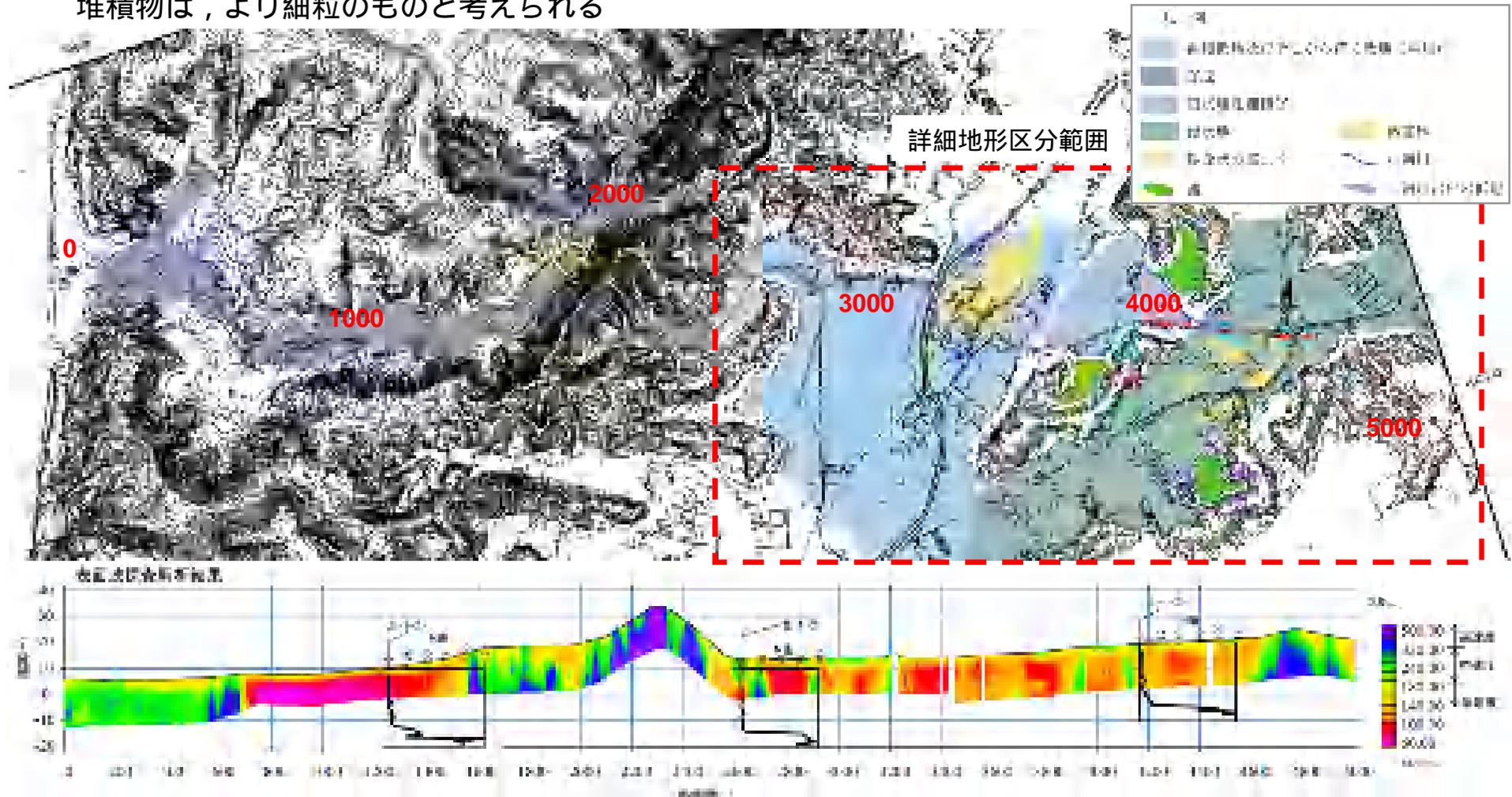
- 表面波探査において低速度域が分布する範囲（沖積層等の軟らかい層が厚く分布する範囲）では、水準測量において全体の傾向（赤破線）より沈下する傾向が認められる





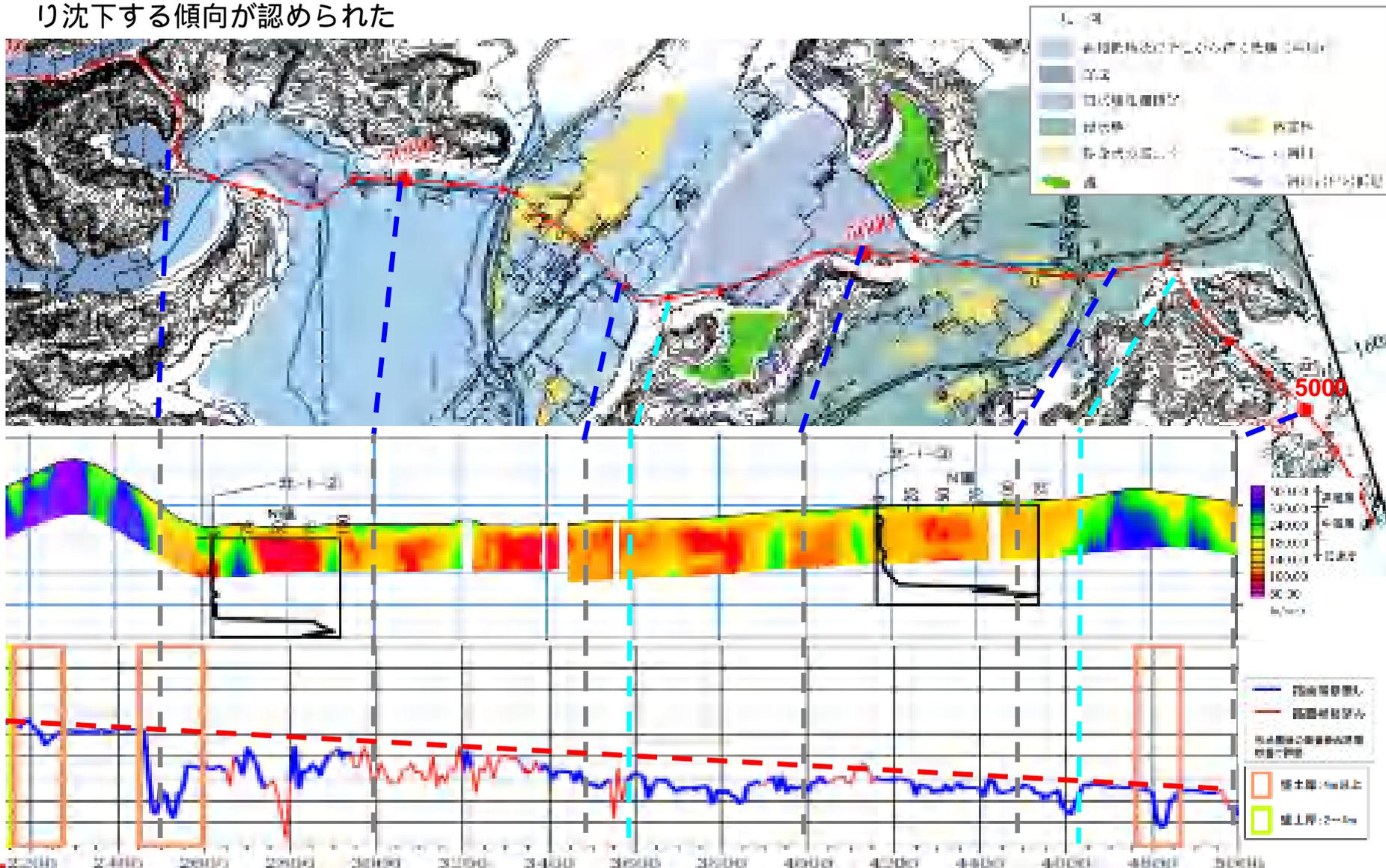
# 北-1測線沿いの沖積層等の分布状況について

- 起点から約2500mより平野側については、より詳細な地形分類を行った結果、沖積低地、谷底、扇状地性埋積谷、扇状地、微高地等に区分される
- 約3600～4100mの区間については、緩やかな北西傾斜の扇状の面を示し、東側の扇状地を形成した河川から分岐した小河川により、谷地形を埋めて形成された扇状地（扇状地性埋積谷と分類）と考えられる
- 扇状地を形成した河川よりも小さい河川により形成されているため、扇状地に比べて、扇状地性埋積谷の堆積物は、より細粒のものと考えられる



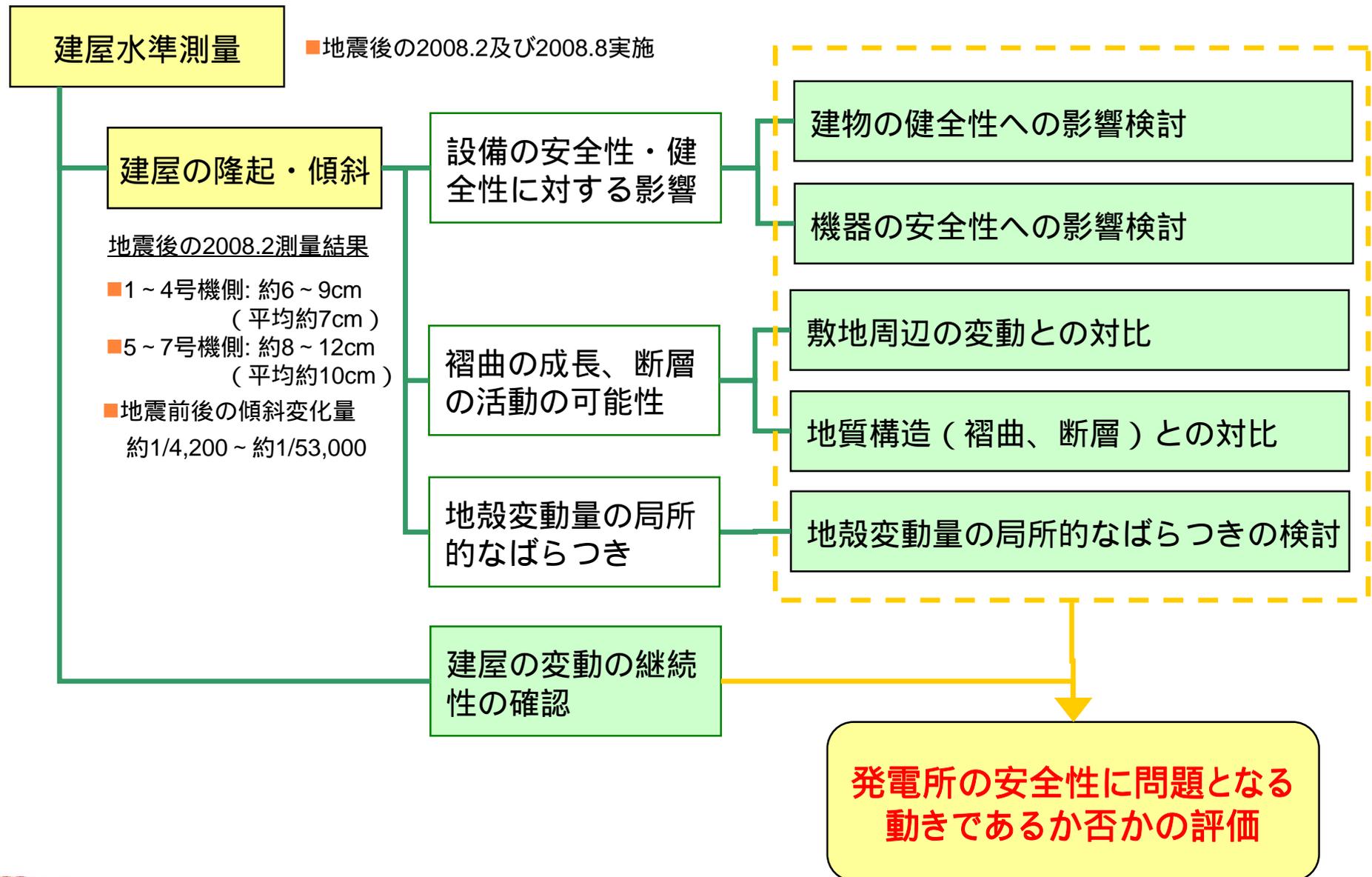
# 北-1測線沿いの沖積層等の分布状況について

- 起点から約3600～4100m付近の扇状地性埋積物が分布する範囲で，扇状地が分布する範囲よりも，より沈下する傾向が認められた



- 
1. 露頭調査結果
  2. 変状地形分析に関する補足説明
  3. テフラ分析結果に関する補足説明
  4. 反射法地震探査（北-1測線）に関する補足説明
  5. 建屋水準測量に関する補足説明

# 建屋水準測量に関する評価について



## 建屋水準測量

■地震後の2008.2及び2008.8実施

### 建屋の隆起・傾斜

地震後の2008.2測量結果

- 1～4号機側: 約6～9cm  
(平均約7cm)
- 5～7号機側: 約8～12cm  
(平均約10cm)
- 地震前後の傾斜変化量  
約1/4,200～約1/53,000

設備の安全性・健全性に対する影響

褶曲の成長、断層の活動の可能性

地殻変動量の局所的なばらつき

建屋の変動の継続性の確認

建物の健全性への影響検討

機器の安全性への影響検討

敷地周辺の変動との対比

地質構造(褶曲、断層)との対比

地殻変動量の局所的なばらつきの検討

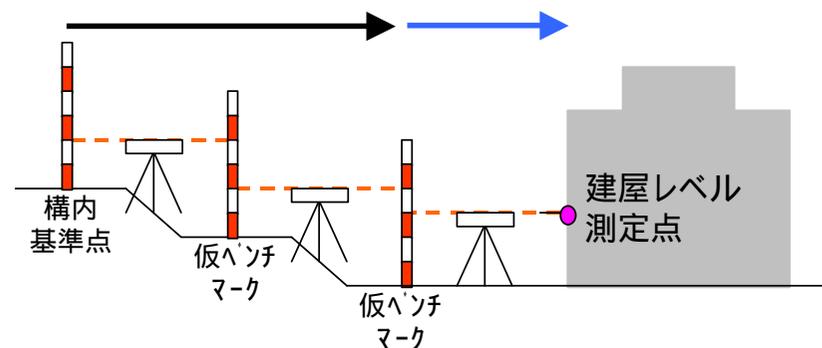
発電所の安全性に問題となる動きであるか否かの評価

# 測定方法と誤差

## 建屋レベルの測定方法

### 【手順】

構内基準点から仮ベンチマークの標高を測定  
最寄の仮ベンチマークから建屋レベルを測定



## 誤差

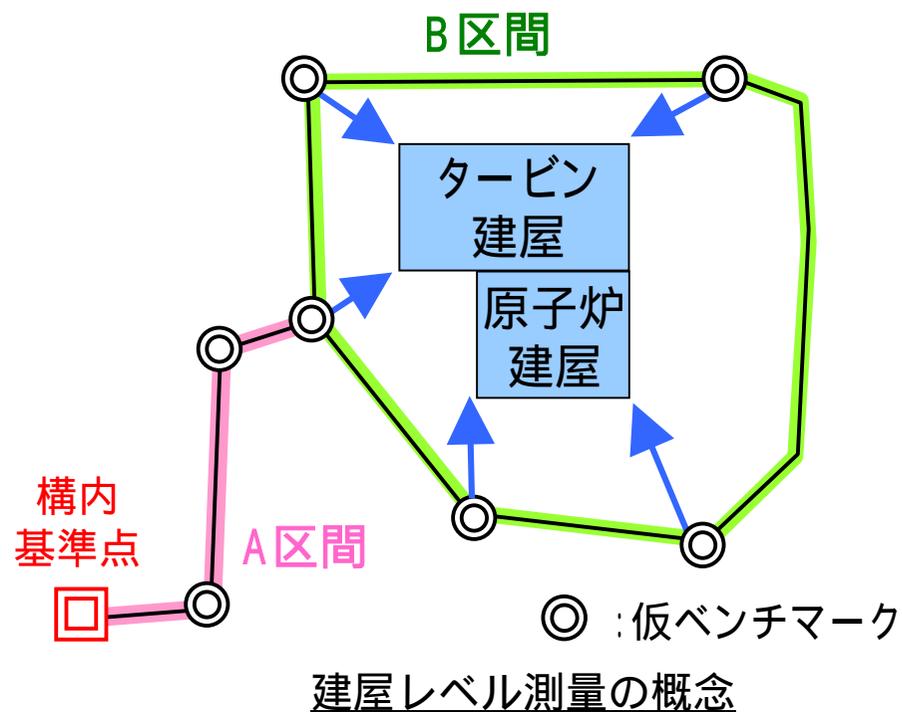
2級水準測量相当にて実施

許容誤差(mm) = 5 S

S : 測量距離(km)

< 参考 > 2008.8測量時の基準点路線

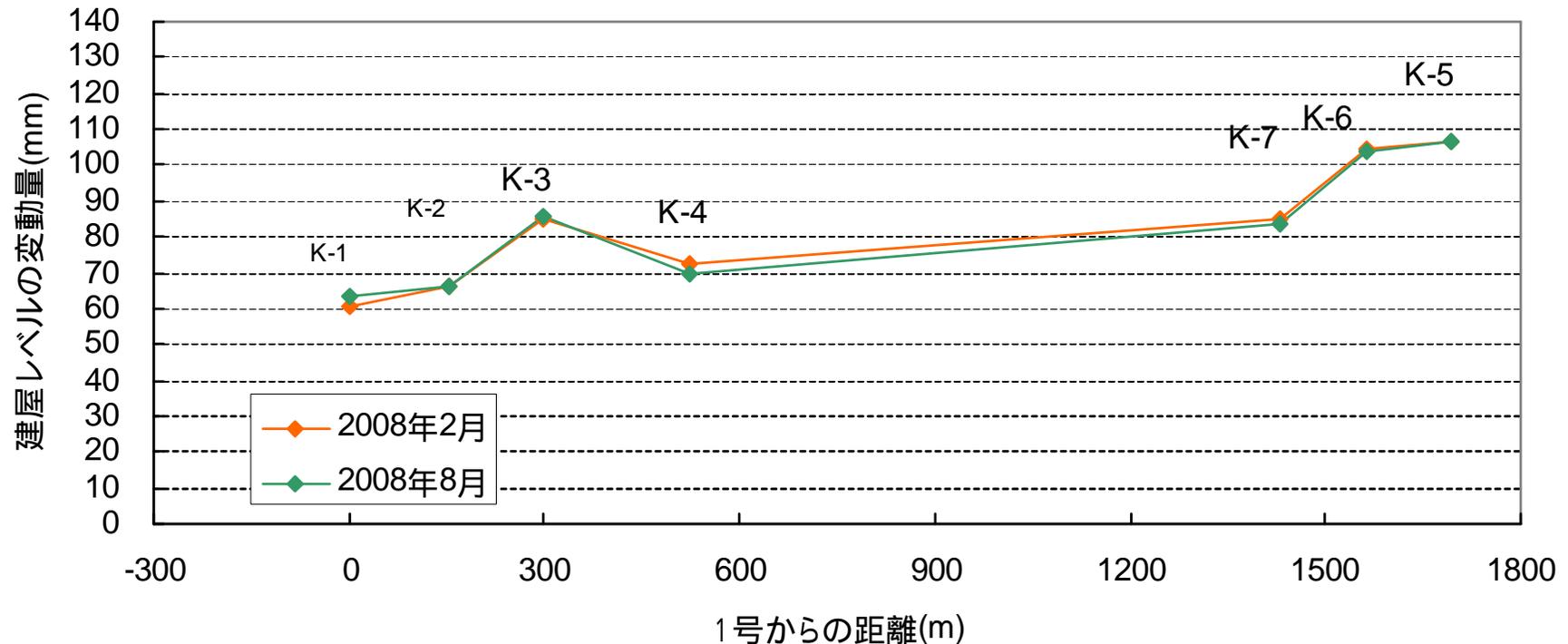
区間	測量距離 ( km )	許容誤差 ( mm )	測量時の誤差 ( mm )
構内基準点 ~ 1-4号機間	0.685	± 4.1	+0.5
1 ~ 4号機側	2.008	± 7.1	+0.3
1 ~ 4号機 ~ 5 ~ 7号機間	5.027	± 11.2	-2.4
5 ~ 7号機側	1.389	± 5.9	-0.1



## 建屋レベルの変動量（地震前からの変動）

- 地震後の2008年2月，2008年8月に建屋水準測量を実施
- 2008年2月及び2008年8月の測量の結果，原子炉建屋は，地震前と比べて1～4号機側は約6～9cm（平均約7cm），5～7号機側は約8～11cm（平均約10cm）の隆起が認められる
- 2008年2月から2008年8月にかけて，大きな変動は認められない

数値は，各号機建屋における平均値



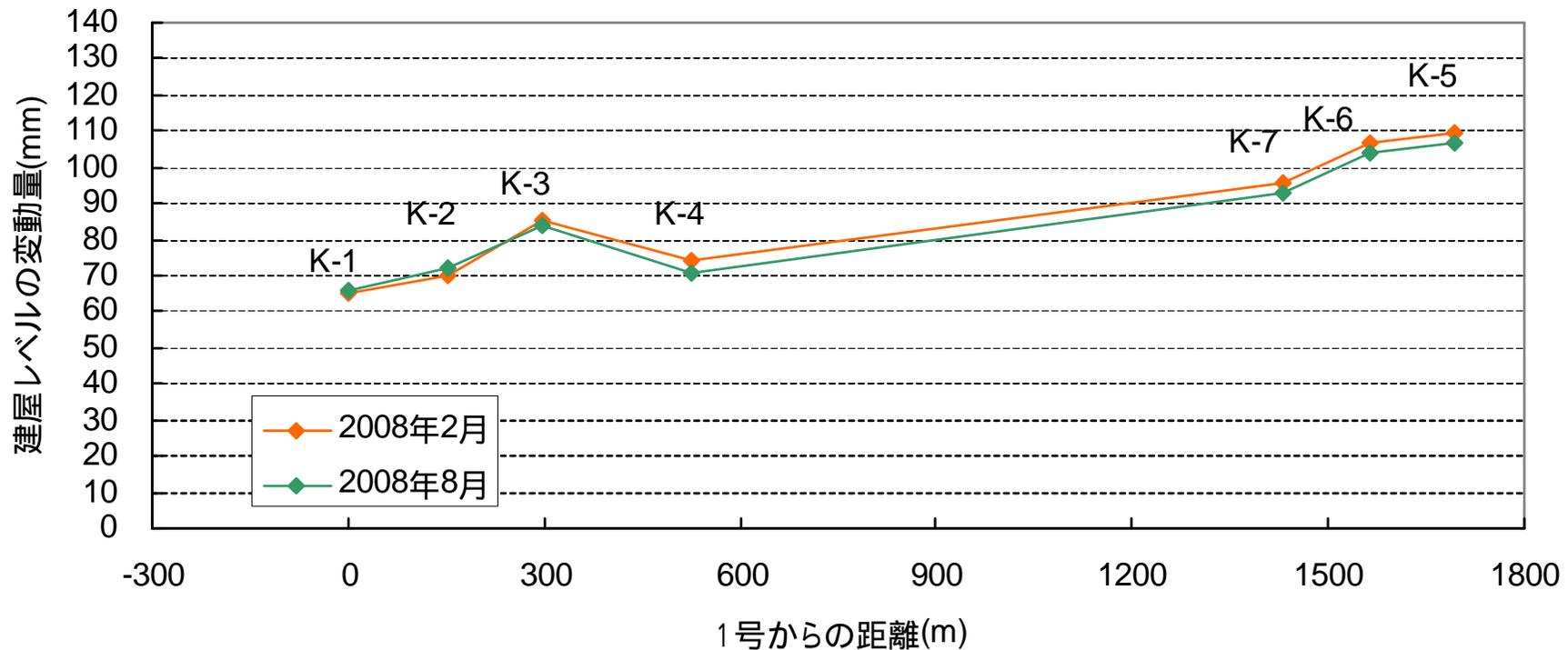
### 地震前のレベルに対する原子炉建屋の変動量

（2008年2月及び8月の測量結果の2006年5月の測量結果との比較）

## 建屋レベルの変動量（地震前からの変動）

- 2008年2月及び2008年8月の測定の結果、タービン建屋は、地震前と比べて1～4号機側は約6～9cm（平均約7cm）、5～7号機側は約9～11cm（平均約10cm）の隆起が認められる
- 2008年2月から2008年8月にかけて、大きな変動は認められない

数値は、各号機建屋における平均値



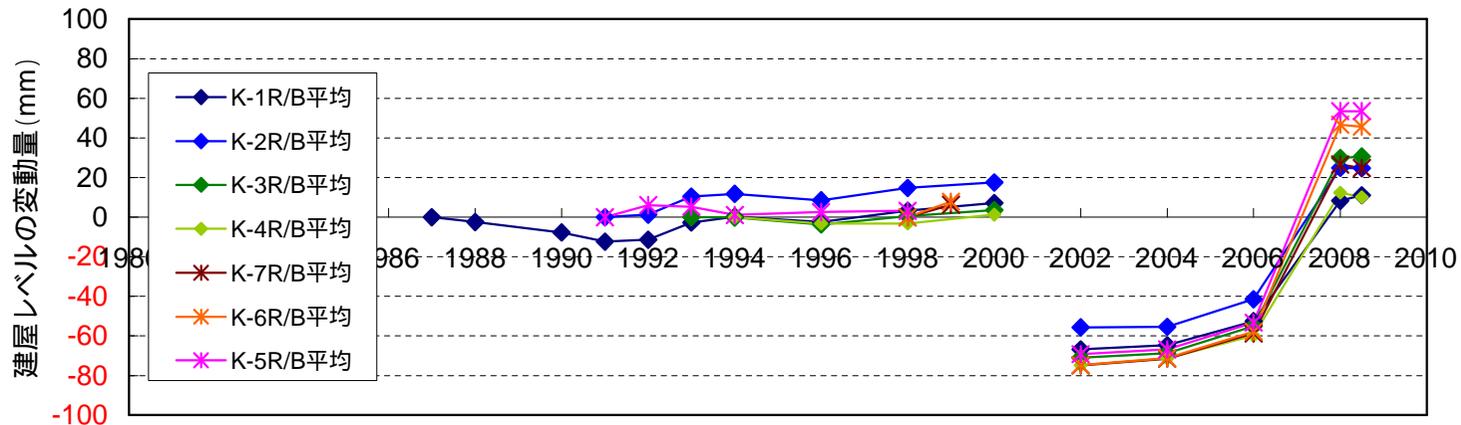
### 地震前のレベルに対するタービン建屋の変動量

（2008年2月及び8月の測定結果の2006年5月の測定結果との比較）

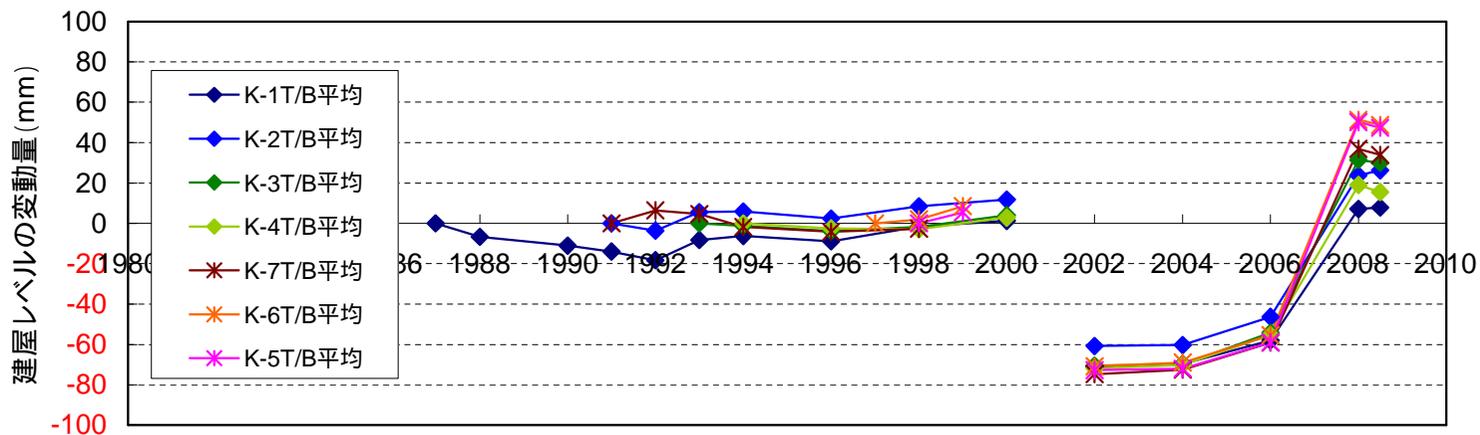
# 建屋レベル変動量の経年変化

- 2008年8月の建屋水準測量において、2008年2月に比べて、-2.8mm～2.2mmの変動が認められるものの、全体的には、地震に伴う建屋の隆起傾向は、2008年2月以降は継続していない

原子炉建屋レベル変動量の経年変化グラフ



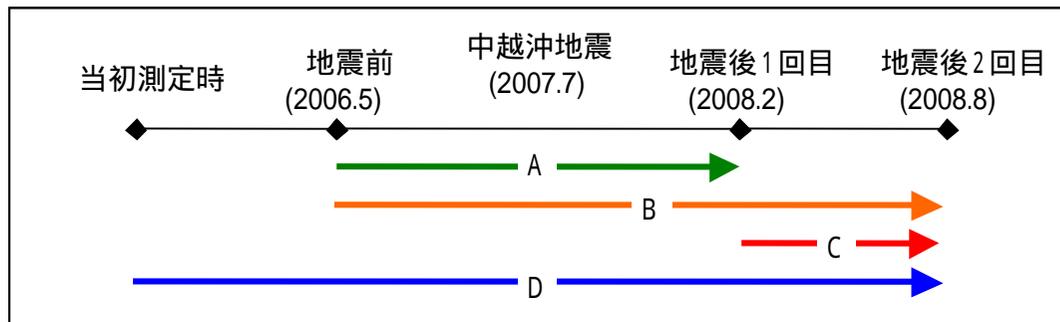
タービン建屋レベル変動量の経年変化グラフ



国土地理院の「2000年度平均成果」(「正標高補正」)における一等水準点(4461)の標高補正のため、2000年と2002年の測量結果を連続させていない 2006年までは、一等水準点4461の標高を基準として、建屋の標高を測量

# 建屋傾斜変化について

号機	建屋名	A	B	C	D
		地震前から 地震後1回目の 傾斜変化最大値	地震前から 地震後2回目の 傾斜変化最大値	地震後1回目から 地震後2回目の 傾斜変化最大値	当初測定時から 地震後2回目の 傾斜変化最大値
		傾斜	傾斜	傾斜	傾斜
1号機	原子炉建屋	約 1/ 25,000	約 1/ 51,000	約 1/ 29,000	約 1/ 16,000
	タービン建屋	約 1/ 53,000	約 1/ 36,000	約 1/ 34,000	約 1/ 10,000
2号機	原子炉建屋	約 1/ 14,000	約 1/ 12,000	約 1/ 27,000	約 1/ 12,000
	タービン建屋	約 1/ 10,000			
3号機	原子炉建屋	約 1/ 16,000	約 1/ 18,000	約 1/ 22,000	約 1/ 16,100
	タービン建屋	約 1/ 14,000	約 1/ 11,000	約 1/ 19,000	約 1/ 19,000
4号機	原子炉建屋	約 1/ 22,000	約 1/ 19,000	約 1/ 15,000	約 1/ 13,000
	タービン建屋	約 1/ 6,700	約 1/ 7,600	約 1/ 33,000	約 1/ 6,500
5号機	原子炉建屋	約 1/ 10,000	約 1/ 10,000	約 1/ 32,000	約 1/ 8,000
	タービン建屋	約 1/ 7,800	約 1/ 7,000	約 1/ 16,000	約 1/ 5,500
6号機	原子炉建屋	約 1/ 5,500	約 1/ 5,500	約 1/ 57,000	約 1/ 5,400
	タービン建屋	約 1/ 15,000	約 1/ 12,000	約 1/ 19,000	約 1/ 15,000
	コントロール建屋	約 1/ 4,200	約 1/ 4,400	約 1/ 12,000	約 1/ 4,000
	廃棄物処理建屋	約 1/ 9,000	約 1/ 14,000	約 1/ 18,000	約 1/ 7,200
7号機	原子炉建屋	約 1/ 5,000	約 1/ 4,800	約 1/ 63,000	約 1/ 6,300
	タービン建屋	約 1/ 10,000	約 1/ 9,500	約 1/ 42,000	約 1/ 8,200



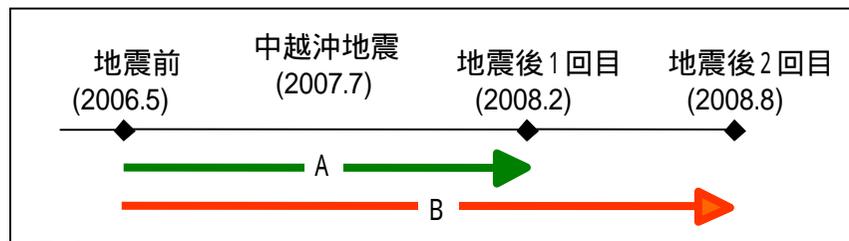
:地震後2回目の計測時に、変圧器周辺の作業により未測定箇所があるため。

:各項における最大値

# 建屋傾斜変化について

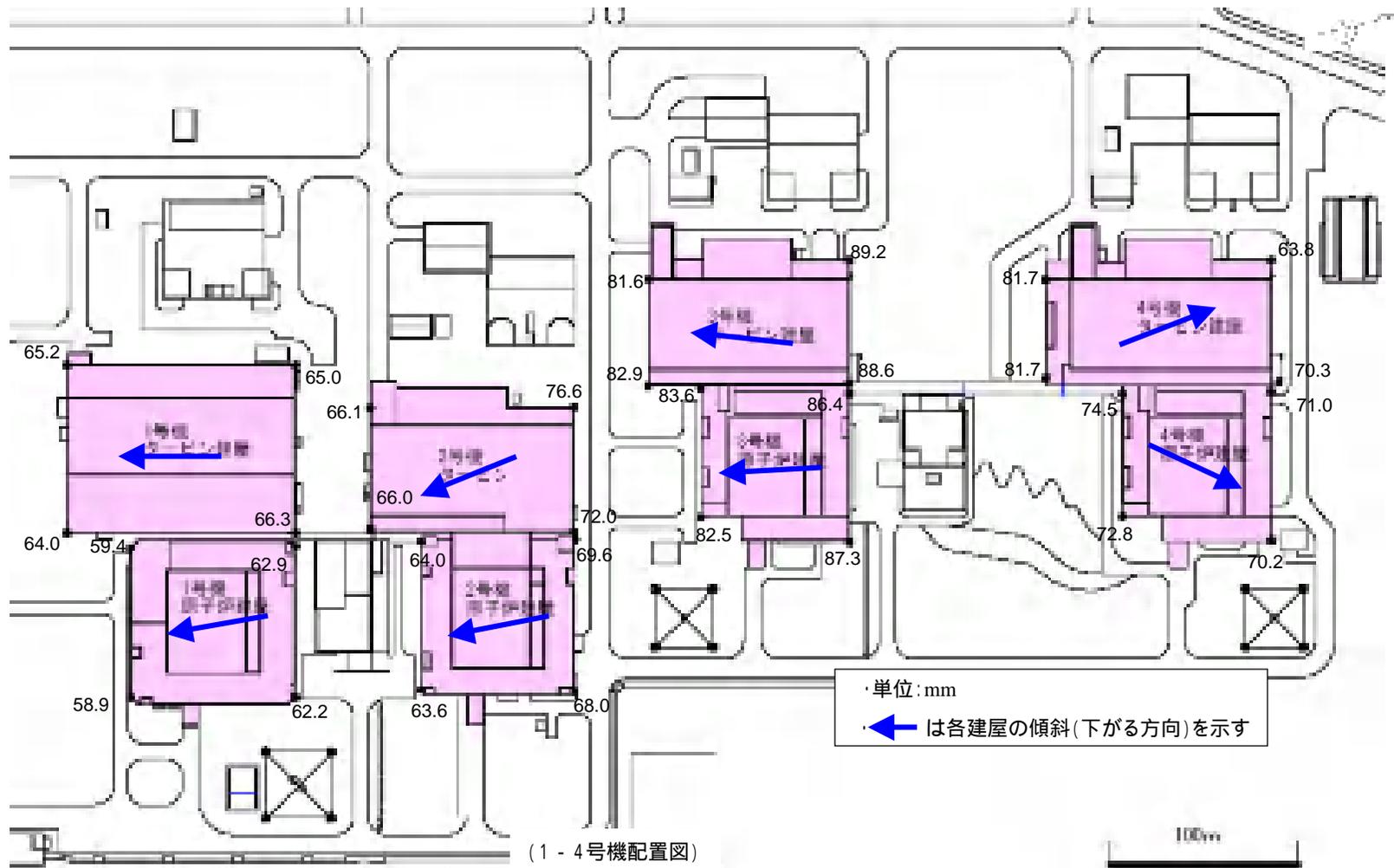
- 2008年2月の測量においては、地震前に比べて、最大1/4200の傾斜変化量が認められた
- 2008年8月の測量においては、地震前に比べて、最大1/4400の傾斜変化量が認められた
- 2008年2月と2008年8月の測量に基づく、地震に伴う各号機の傾斜変化量には大きな変化は認められない

傾斜限界値の目安(日本建築学会)(1/2000)



# 建屋レベル変動図 ( 地震前 地震後1回目, 1 - 4号側 )

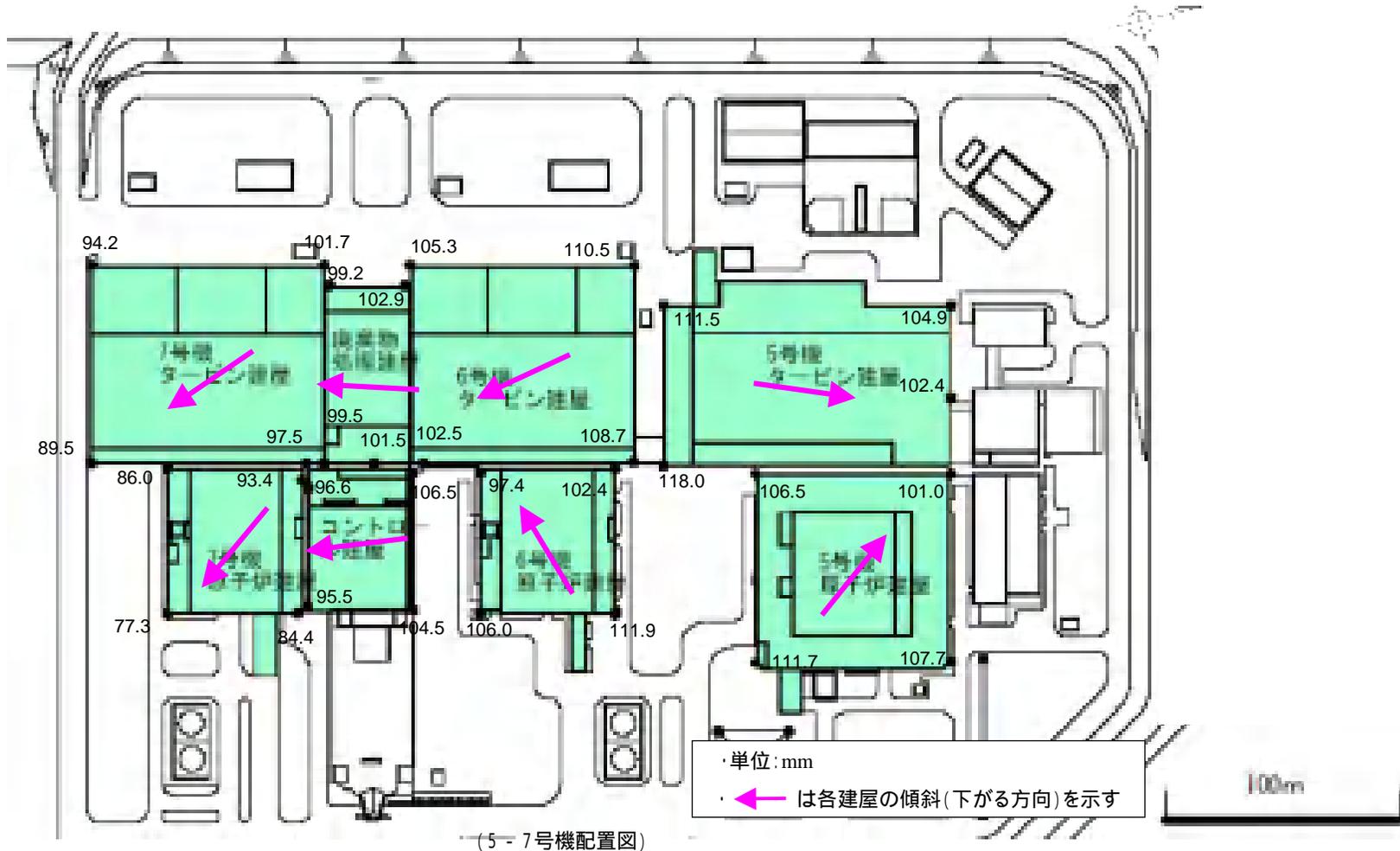
- 測量結果にばらつきはあるものの、6～9cm程度（平均約7cm）の隆起が見られる



・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

# 建屋レベル変動図 ( 地震前 地震後1回目, 5 - 7号側 )

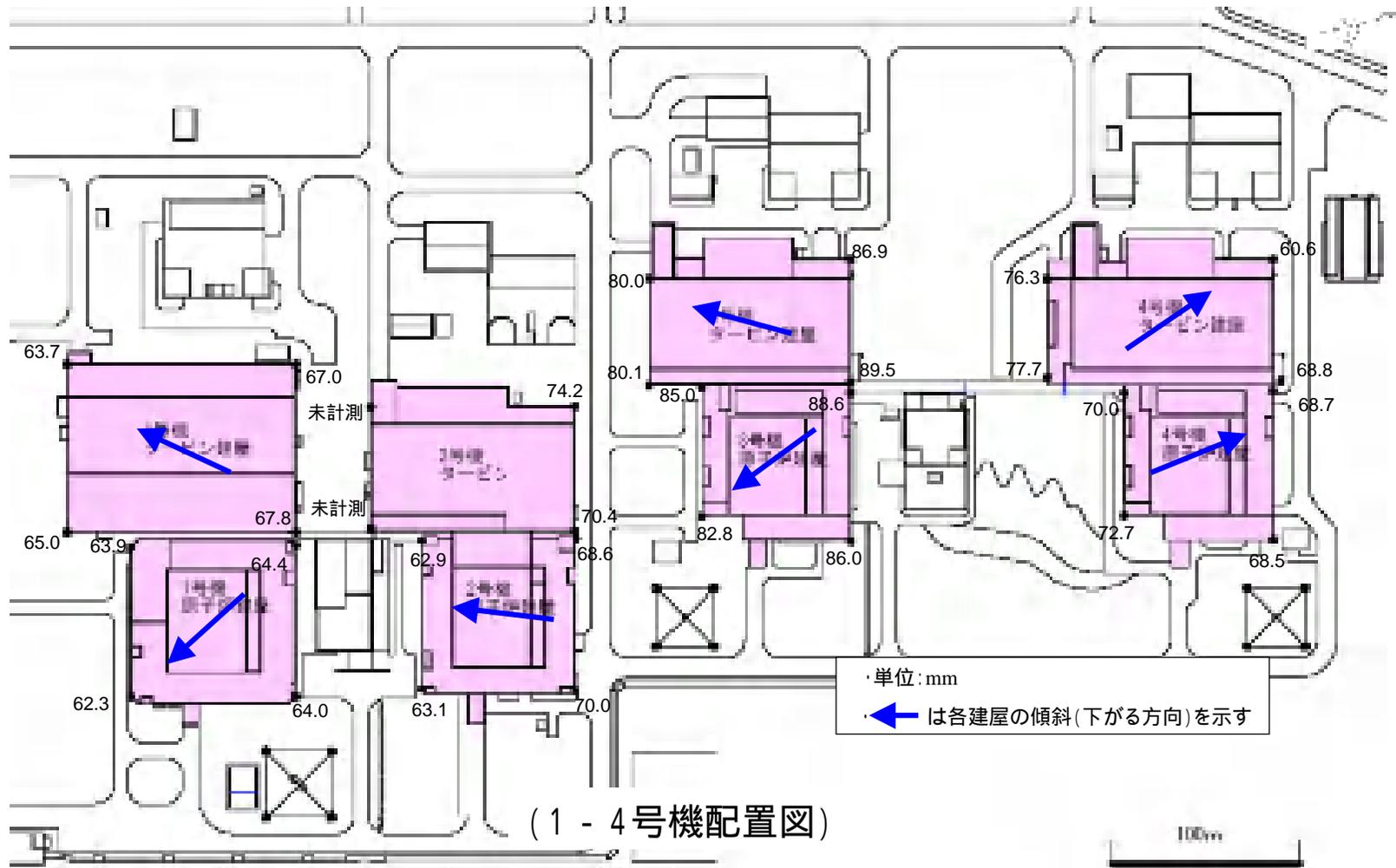
- 測量結果にばらつきはあるものの、8～12cm程度（平均約10cm）の隆起が見られる



・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

# 建屋レベル変動図 ( 地震前 地震後 2 回目 )

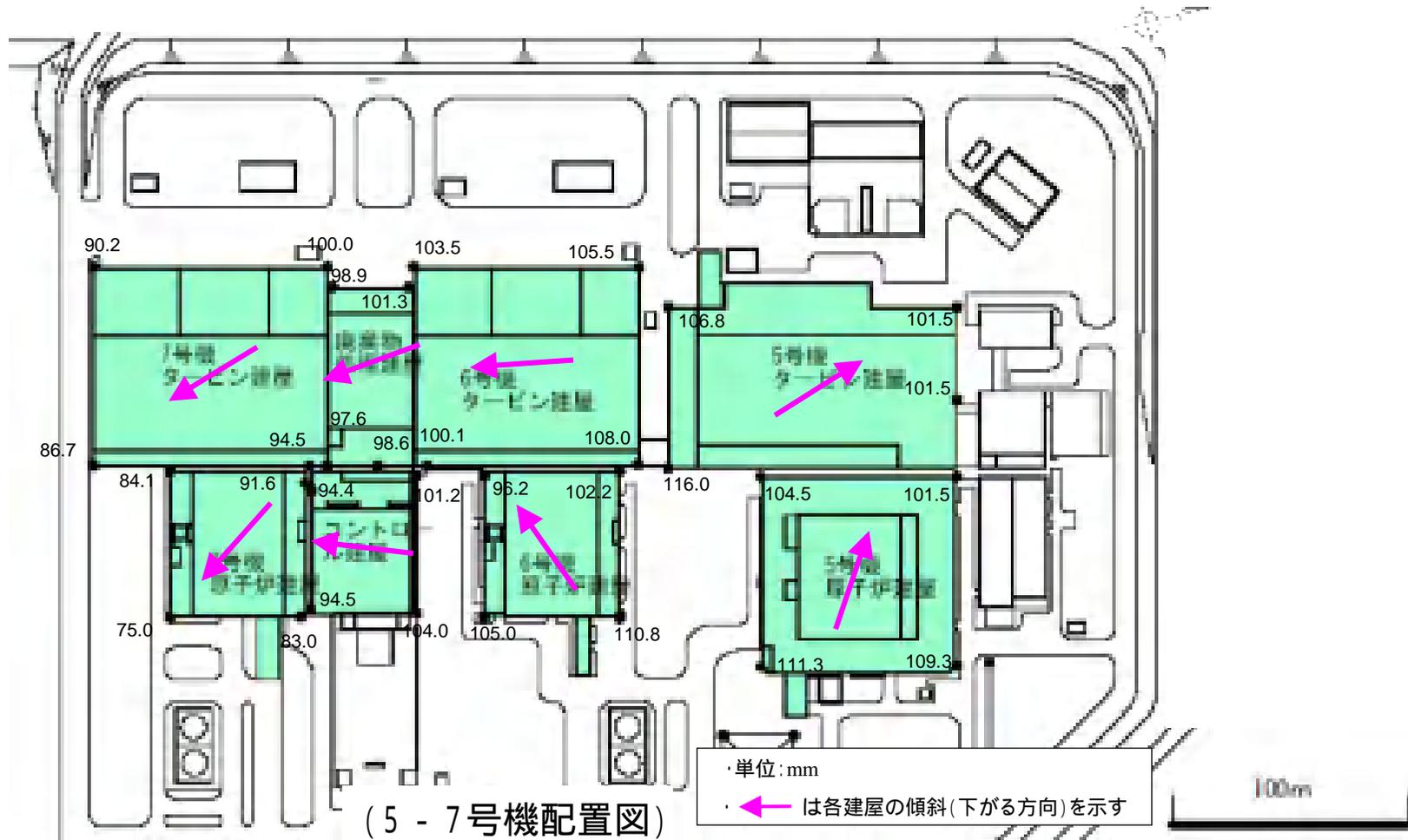
- 測量結果にはばらつきはあるものの、6～9cm程度（平均約7cm）の隆起が見られる



・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第2回(平成20年8月に実施)の差分

# 建屋レベル変動図 ( 地震前 地震後 2 回目 )

- 測量結果にばらつきはあるものの、8 ~ 12cm程度 (平均約10cm) の隆起が見られる



・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第2回(平成20年8月に実施)の差分

# 地震後の建屋の変動傾向

地震後の建屋の変動を把握するために、2008年2月及び2008年8月に建屋水準測量を実施した

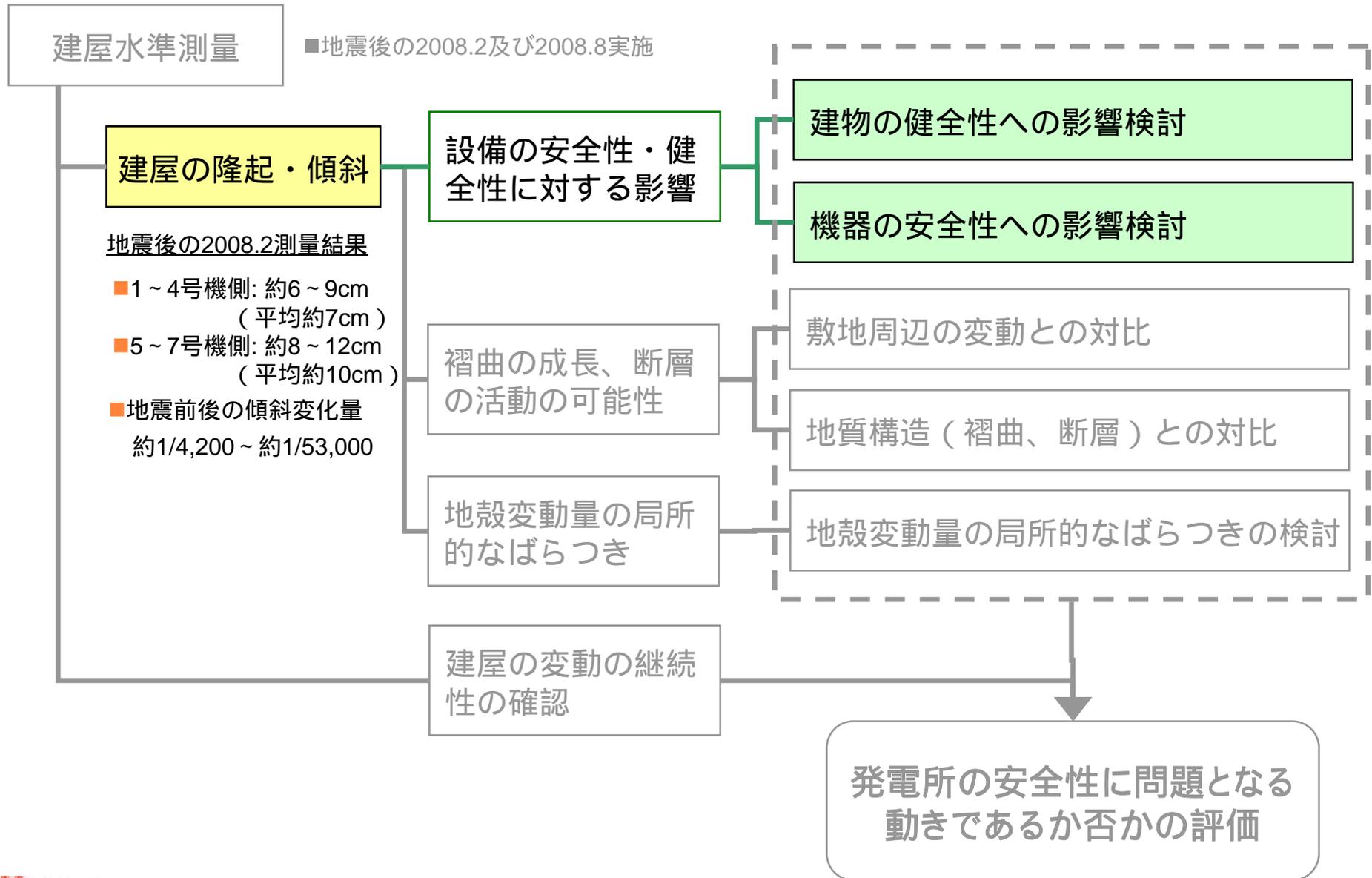
## ■ 建屋レベルの変動について

- 2008年2月の測量においては、地震前（2006年5月）に比べて、1～4号機側では6～9cm程度（平均約7cm）の隆起、5～7号機側は8～12cm程度（平均約10cm）の隆起が捉えられた
- 2008年8月の建屋水準測量において、2008年2月に比べて、-2.8mm～2.2mmの変動が認められるものの、全体的には、地震に伴う建屋の隆起傾向は、2008年2月以降は継続していない

## ■ 建屋傾斜変化について

- 2008年2月の測量においては、地震前に比べて、最大1/4200の傾斜変化量が認められた
- 2008年8月の測量においては、2008年2月からの最大傾斜変化量は1/12000であり、各号機の傾斜量には大きな変化は認められず、傾斜の方向についても、2月の測量結果とほぼ同様であった

# 建屋水準測量に関する評価について



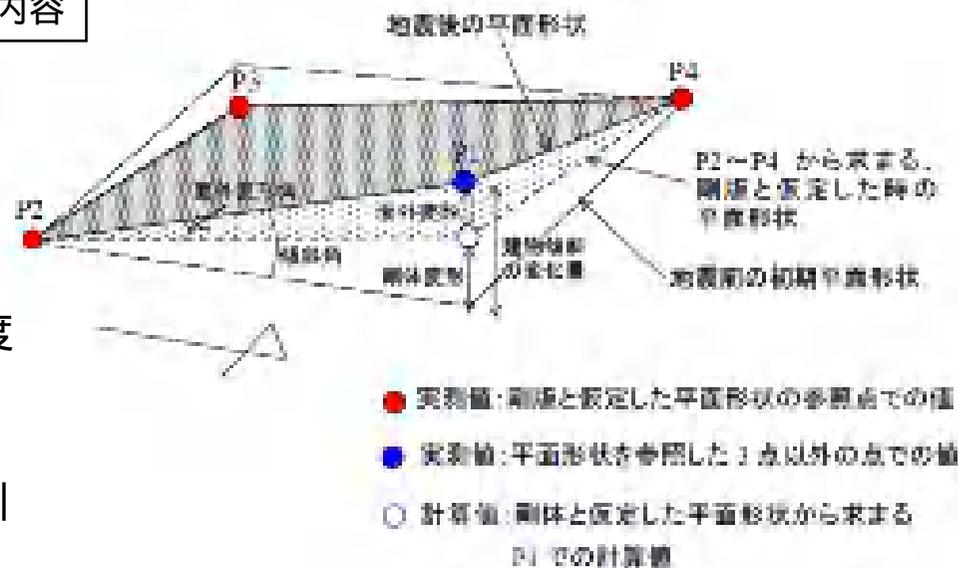
# 建物の健全性に関する検討結果

添付資料  
参照

## 耐震・構造設計小委員会構造WG(第18回)における報告内容

- 建屋四隅の隆起量の違いにより基礎版に生じる面外変形に対する影響検討

基礎版に生じると想定される最大引張応力度は $0.11\text{N/mm}^2$ 程度であり、コンクリートの圧縮強度を $1/10$ にしたものを引張強度と仮定した値(設計基準強度ベースで $F_c 240 \quad 2.35\text{N/mm}^2$ 及び $F_c 330 \quad 3.24\text{N/mm}^2$ )及び設計応力から得られる最大引張応力度の算定値(約 $4 \sim 6\text{N/mm}^2$ )と比較して十分小さい



面外変形の算定イメージ

- 基礎版の面外変形量

対象建屋	K1 R/B	K2 R/B	K3 R/B	K4 R/B	K5 R/B	K6 R/B	K7 R/B
面外変形量(最大値)	0.2mm	1.2mm	2.2mm	1.3mm	1.5mm	0.9mm	0.3mm

- 最大面外変形角及び最大引張応力度

対象建屋	K1 R/B	K2 R/B	K3 R/B	K4 R/B	K5 R/B	K6 R/B	K7 R/B
最大面外変形角	1/42000	1/89000	1/35000	1/83000	1/55000	1/82000	1/180000
最大引張応力度	$0.01\text{N/mm}^2$	$0.05\text{N/mm}^2$	$0.11\text{N/mm}^2$	$0.06\text{N/mm}^2$	$0.06\text{N/mm}^2$	$0.07\text{N/mm}^2$	$0.02\text{N/mm}^2$

# 機器の安全性への影響検討

添付資料  
参照

運営管理・設備健全性評価ワーキンググループ設備健全性評価サブワーキンググループ(第6回)における報告内容

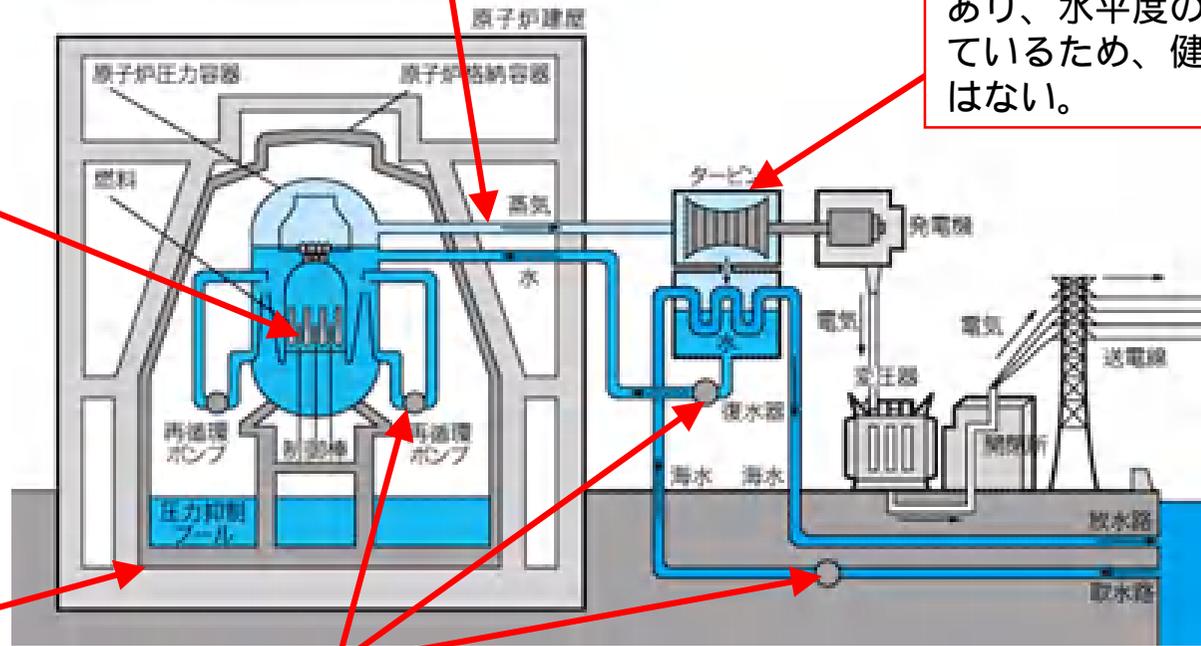
・配管および弁  
従来から、弁・配管は様々な方向に設置されており傾斜の影響はない。

・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

# 発電所設備の安全性・健全性に関する検討結果

## ■ 建屋の健全性に対する影響検討

建屋四隅の隆起量の隆起量の違いにより基礎版に生じる面外変形に対する影響検討  
基礎版に生じると想定される最大引張応力度は $0.11\text{ N/mm}^2$ 程度であり、コンクリートの圧縮強度を $1/10$ にしたものを引張強度と仮定した値（設計基準強度ベースで $F_c240$   $2.35\text{ N/mm}^2$ 及び $F_c330$   $3.24\text{ N/mm}^2$ ）及び設計応力から得られる最大引張応力度の算定値（約 $4\sim 6\text{ N/mm}^2$ ）と比較して十分小さい

## ■ 機器の安全性に対する影響検討

建屋内に設置されている機器に対する建屋傾斜の影響検討

地震に伴う建屋の傾斜変化量は小さく、制御棒挿入等の設備の機能に問題となるものでない。また、機器・配管等への荷重の変化も小さいことから、これら設備の健全性に問題はない

以上のことから、地震により生じた建屋の傾斜は、建屋の健全性及び機器の安全性に対する影響は小さく、発電所の安全性に問題となるものではないと考える

# 建屋水準測量

■地震後の2008.2及び2008.8実施

## 建屋の隆起・傾斜

地震後の2008.2測量結果

- 1～4号機側: 約6～9cm  
(平均約7cm)
- 5～7号機側: 約8～12cm  
(平均約10cm)
- 地震前後の傾斜変化量  
約1/4,200～約1/53,000

設備の安全性・健全性に対する影響

褶曲の成長、断層の活動の可能性

地殻変動量の局所的なばらつき

建屋の変動の継続性の確認

建物の健全性への影響検討

機器の安全性への影響検討

敷地周辺の変動との対比

地質構造(褶曲、断層)との対比

地殻変動量の局所的なばらつきの検討

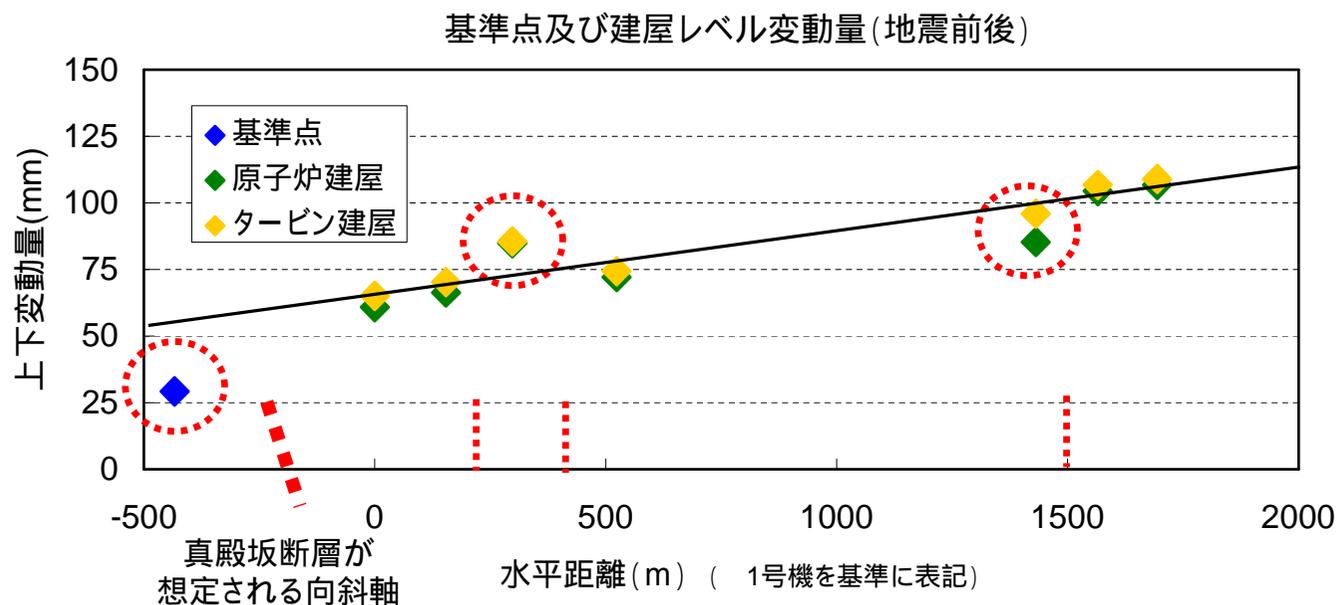
発電所の安全性に問題となる動きであるか否かの評価

# ご指摘事項

## ■ 原発反対地元三団体からのご指摘事項

(反原発地元三団体申し入れ(2008.8.4)記載事項を整理)

- 基準点と1～7号機の地震前後の変位量は異なり，真殿坂断層が動いたことを示す
- 各号機の原子炉建屋・タービン建屋の四隅の変位量が異なることや各号機の変位量が異なることは，敷地内の断層や炉心直下の断層が動いたことを示す



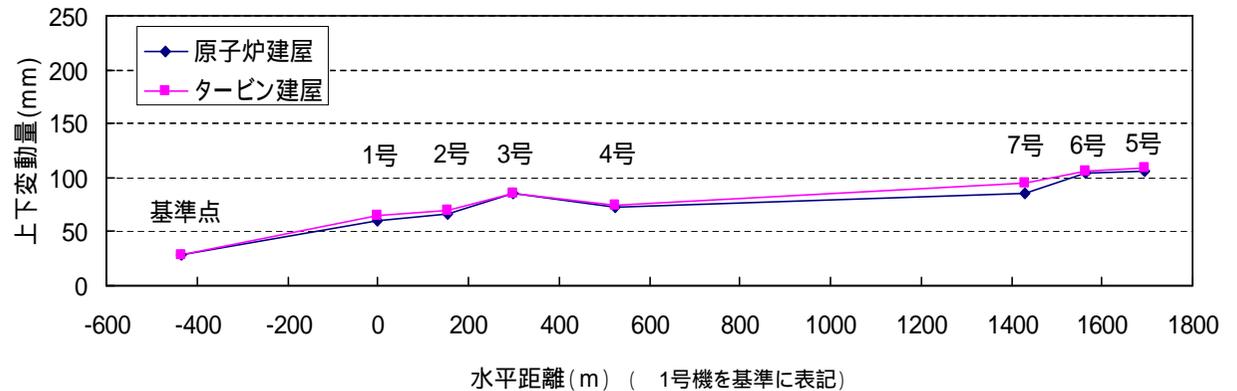
合同W16-3別添資料反原発地元三団体の申し入れ(2008.8.4分)を参考に作成

## 敷地および敷地近傍における地質調査結果

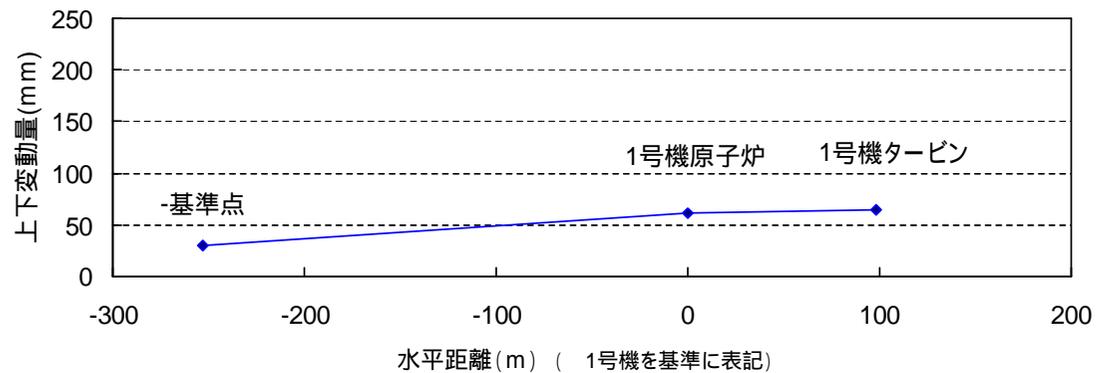
- 西山丘陵内の褶曲および真殿坂断層の活動性について
  - 敷地近傍の地下探査により、西山層以下の褶曲構造を灰爪層が不整合に覆い、灰爪層は緩やかな同斜構造あるいは向斜構造を示すことを確認しており、褶曲構造の灰爪層堆積以降の活発な活動（活発な褶曲の成長）はみられない。
  - 敷地および敷地近傍のボーリング調査により、阿多鳥浜テフラ（約24万年前）等の火山灰が、真殿坂断層を挟んで、ほぼ水平に堆積し、西山層以下の地層にみられる褶曲構造に対応する変形は認めらず、この褶曲および真殿坂断層の活動は、阿多鳥浜テフラ堆積時以降は無視できると考えている。
  
- 敷地の断層の活動性について
  - 設置許可申請時に活動性がないと判断した断層の今回の地震による活動を確認するために、低角系断層の代表として「F-3断層」を、高角系断層のうち褶曲軸に斜交する走向の断層として「断層」を、高角系断層のうち褶曲軸に直交する走向の断層として「3V-5断層」を選定して、立坑調査を実施した。その結果、いずれの断層についても、今回の地震による活動はないことを確認している。

## 敷地の変動：建屋水準測量

- 汀線平行方向には、基準点から北側に向かい、緩やかに隆起する傾向を示す。隆起量の傾きは、非常に小さい（距離約2100mに対して、約8cmの隆起量）。
- 汀線直交方向にも、基準点から海側に向かい、緩やかに隆起する傾向を示す。隆起量の傾きは、非常に小さい（距離約350mに対して、約3.5cmの隆起）。



- 汀線平行方向 -



- 汀線直交方向 -

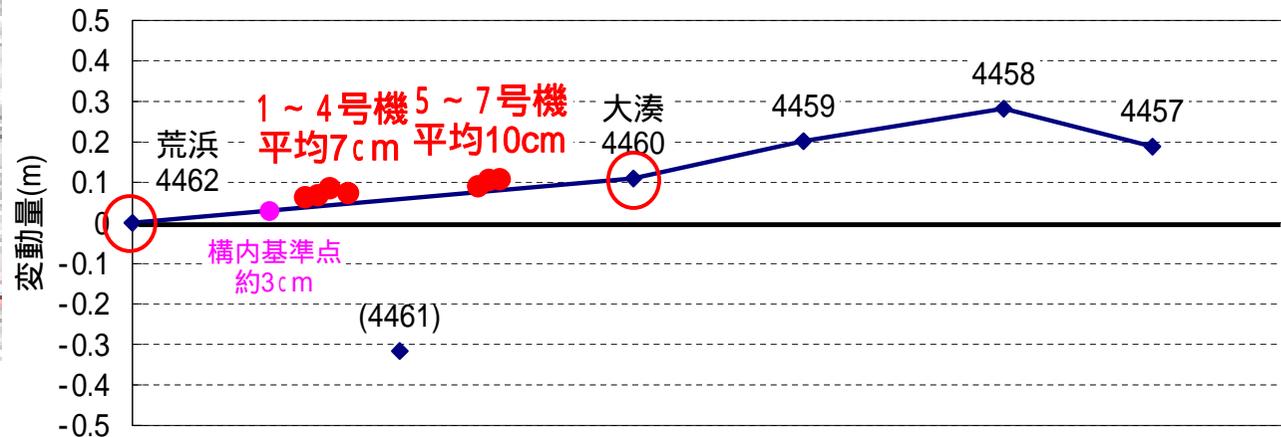
# 敷地周辺の地盤変動との対比：一等水準点での変動量

- 岩盤に設置されている建屋の隆起量は、国土地理院の一等水準点から評価される地震前後の地盤鉛直変動量と調和的である。
- この変動は、GPS測量の結果から推定された敷地付近の動きとも調和的である。



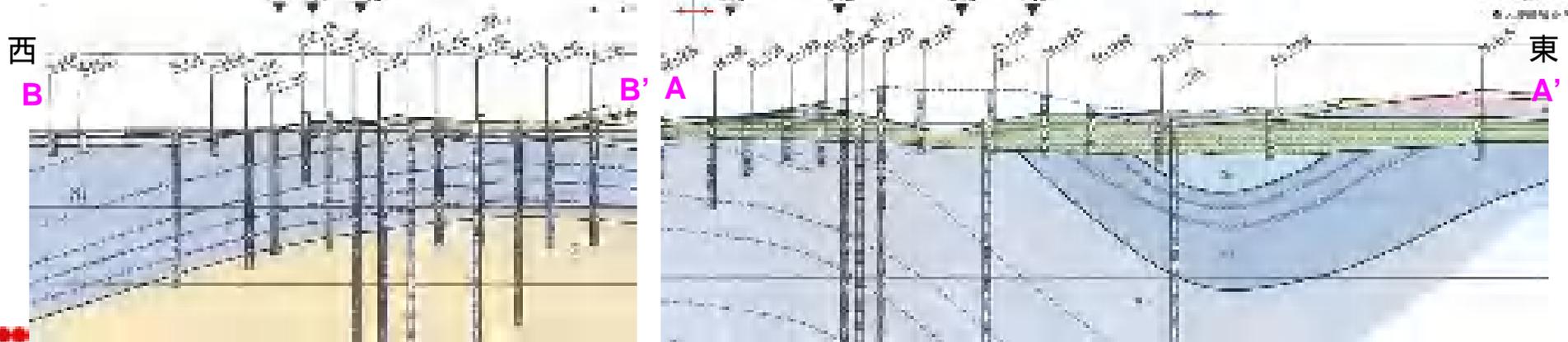
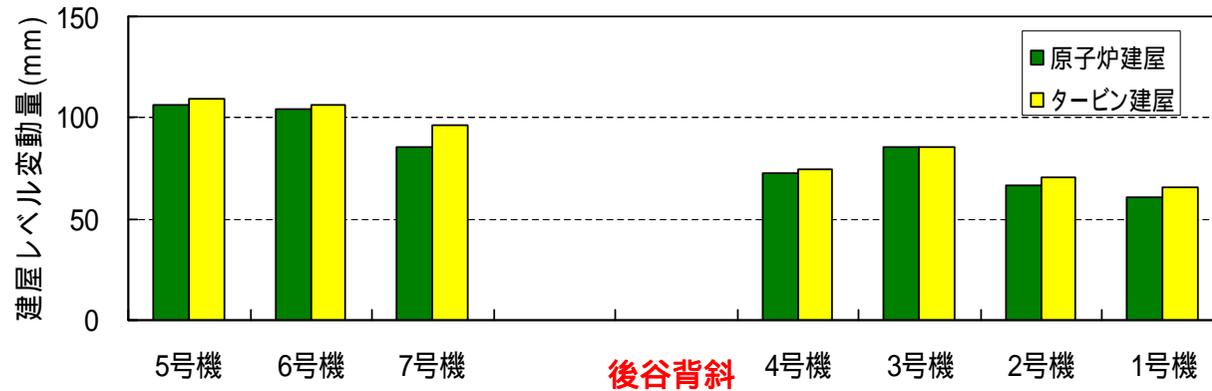
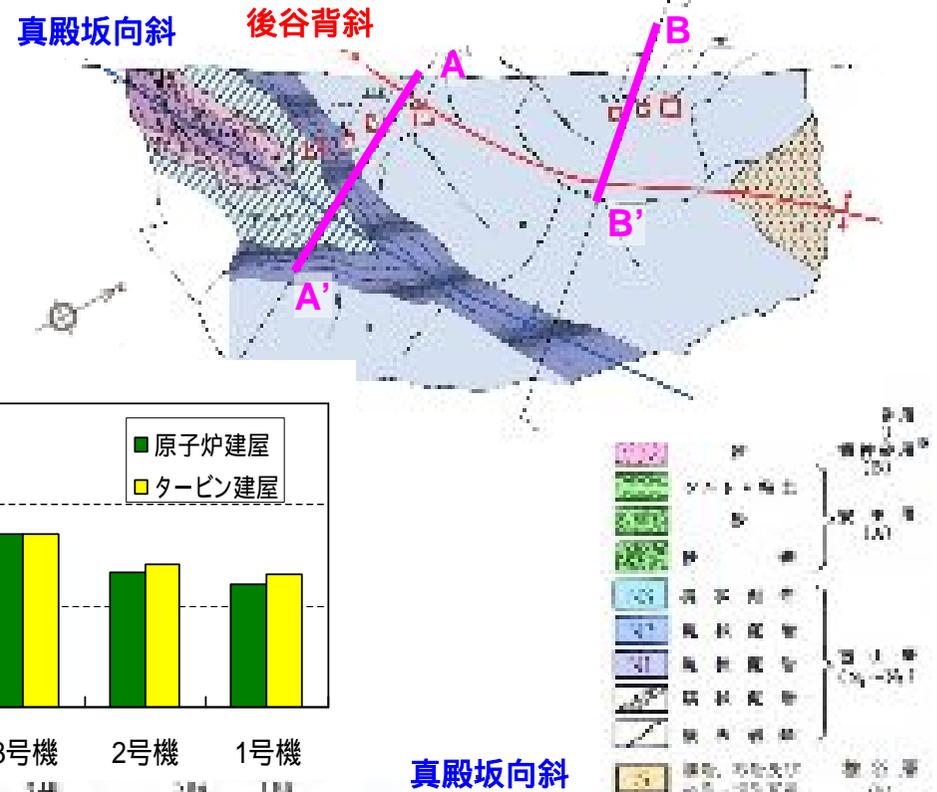
水准点位置図

地震前後の一等水准点成果の鉛直変動量



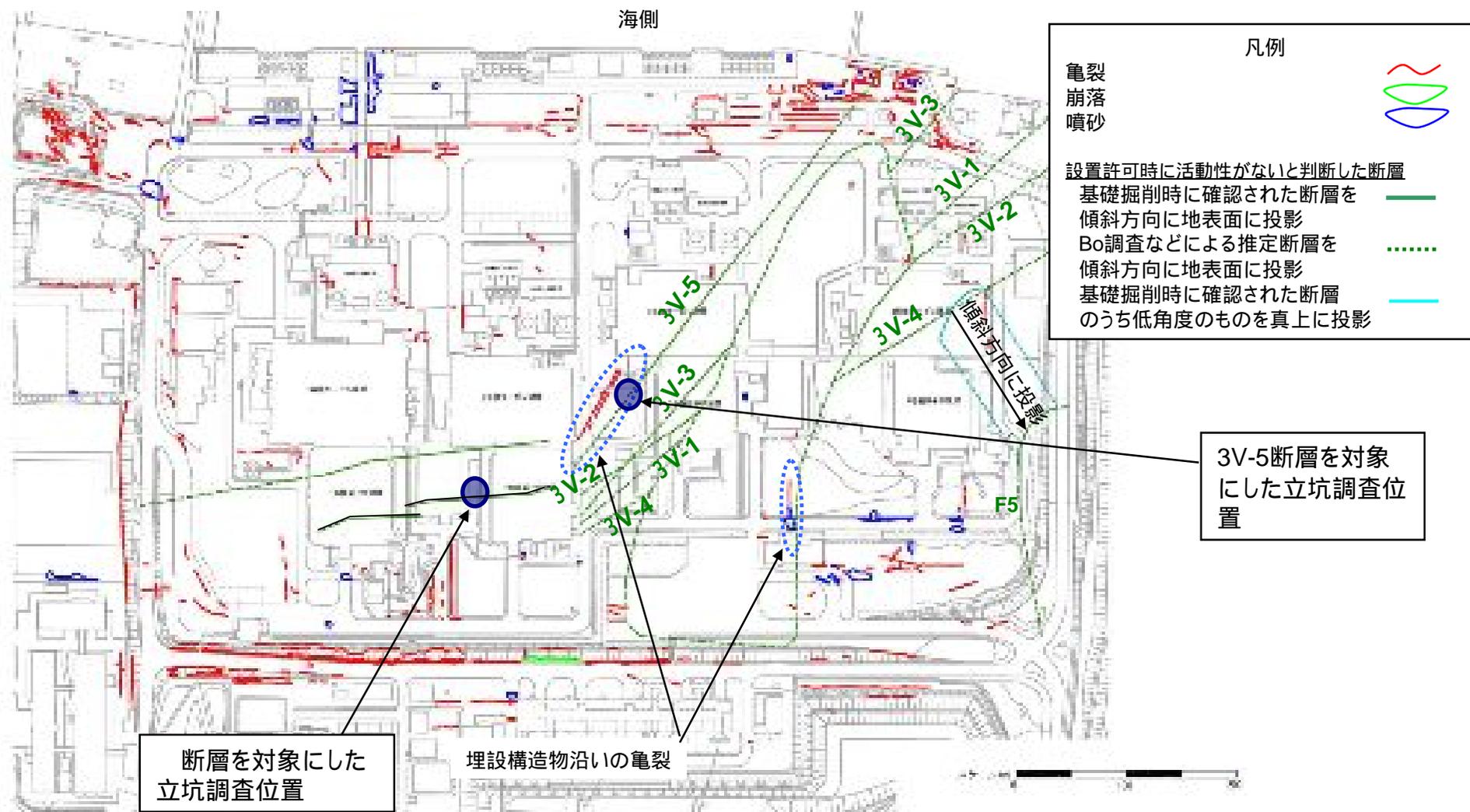
# 建屋と褶曲構造との位置関係

- 1～4号機は真殿坂向斜軸と後谷背斜軸の間に、5～7号機は後谷背斜軸よりも西側に位置する
- 3号機の隆起量が2号機及び4号機よりも大きいですが、全体としては1号機から7号機にかけて変動量が大きくなる傾向であり、背斜軸部で変動量が大きくなる傾向はみられず、建屋の隆起傾向と褶曲構造の対応は認められない



## 建屋と断層との位置関係（1～4号機側）

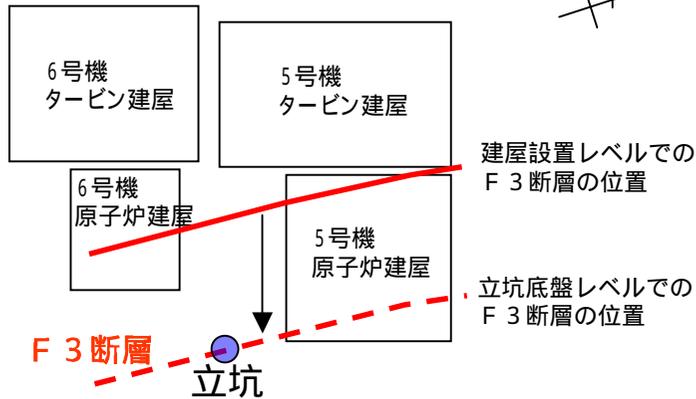
- 地震に伴う敷地内の断層の活動を確認するために、低角系断層の代表として「F-3断層」を、高角系断層のうち褶曲軸に斜交する走向の断層として「断層」を、高角系断層のうち褶曲軸に直交する走向の断層として「3V-5断層」を選定して、立坑調査を実施





# 敷地内断層「F-3断層」の調査結果

## [調査位置]



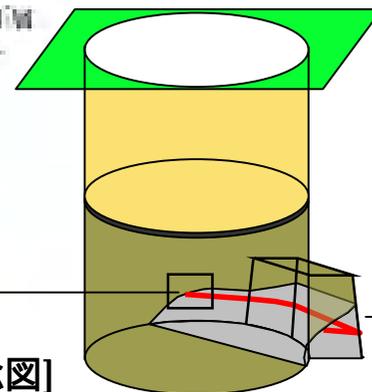
- 安田層と西山層の地層境界に変位がないことから、今回の地震に伴ってF-3断層は動いていないことを確認



## 写真

奥から手前に向かって見たところ

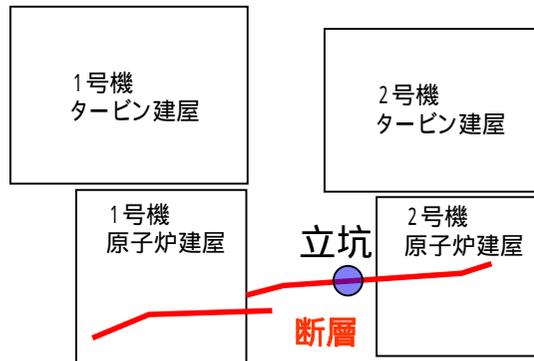
変位は見られない



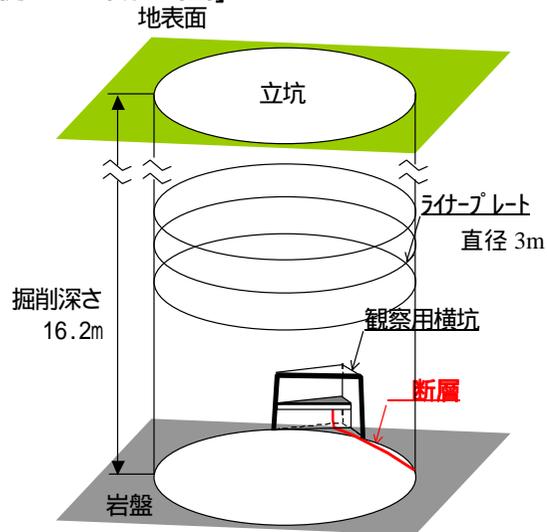
# 敷地内断層「断層」の調査結果

- 上の碎石やアスファルトに変位がないことから、今回の地震に伴って 断層は動いていないことを確認

[調査位置]



[調査の概念図]



アスファルト舗装

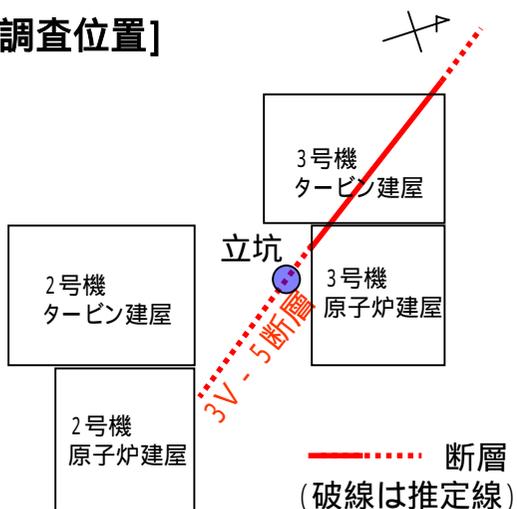
建設時の道路

碎石

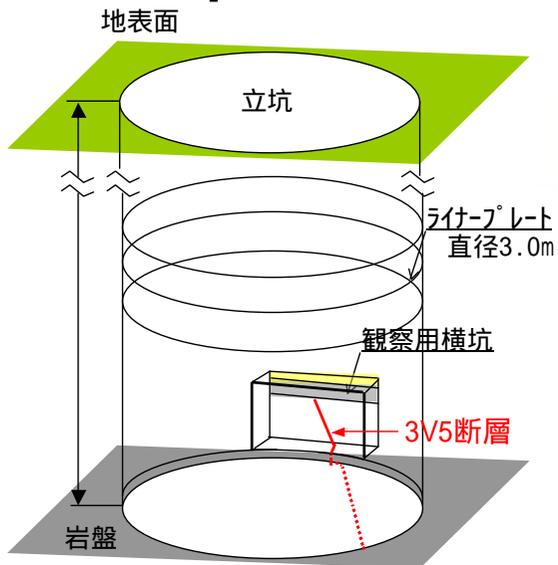
岩盤 (西山層)

# 敷地内断層「V系断層」の調査結果

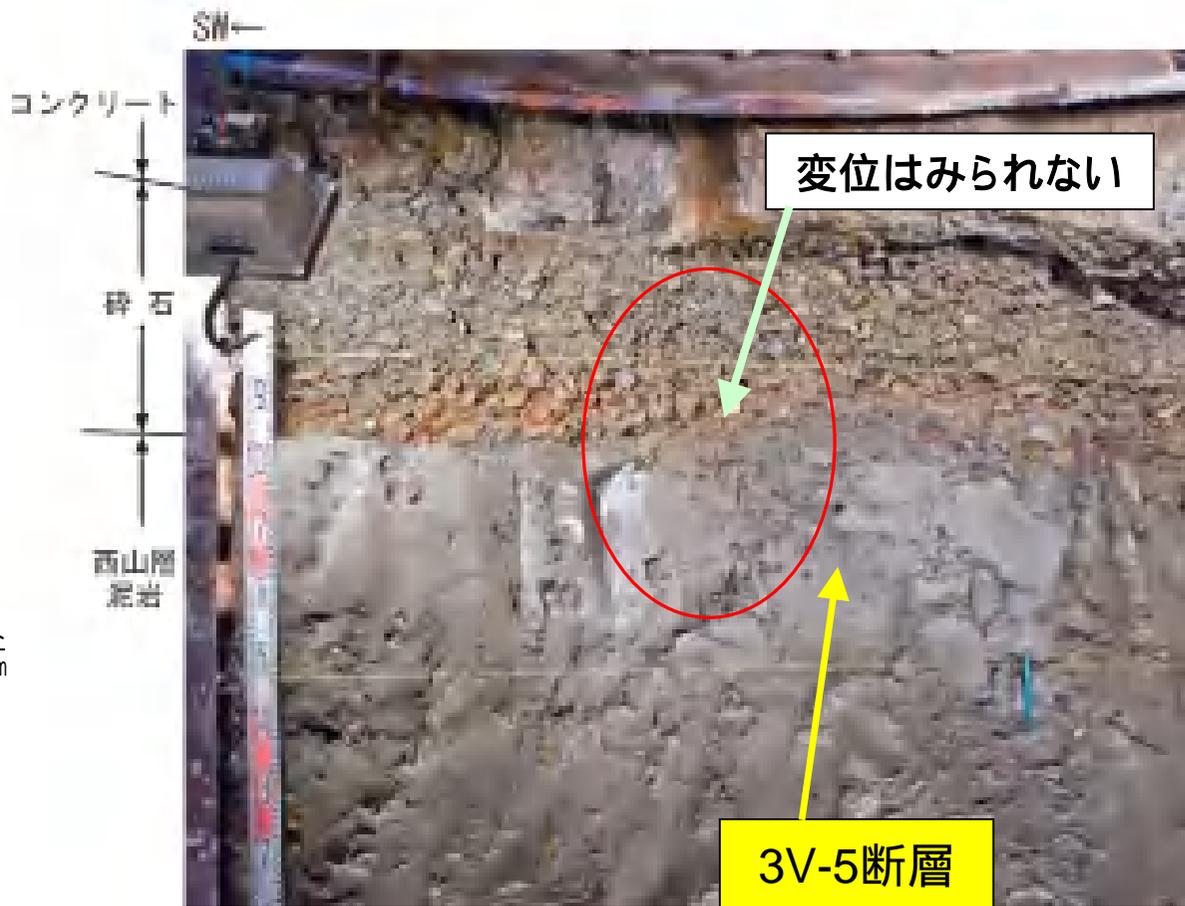
## [調査位置]



## [調査の概念図]



- 上の碎石に変位がないことから、今回の地震に伴って3V-5断層は動いていないことを確認



## 褶曲の成長・断層の活動の可能性に関する検討結果

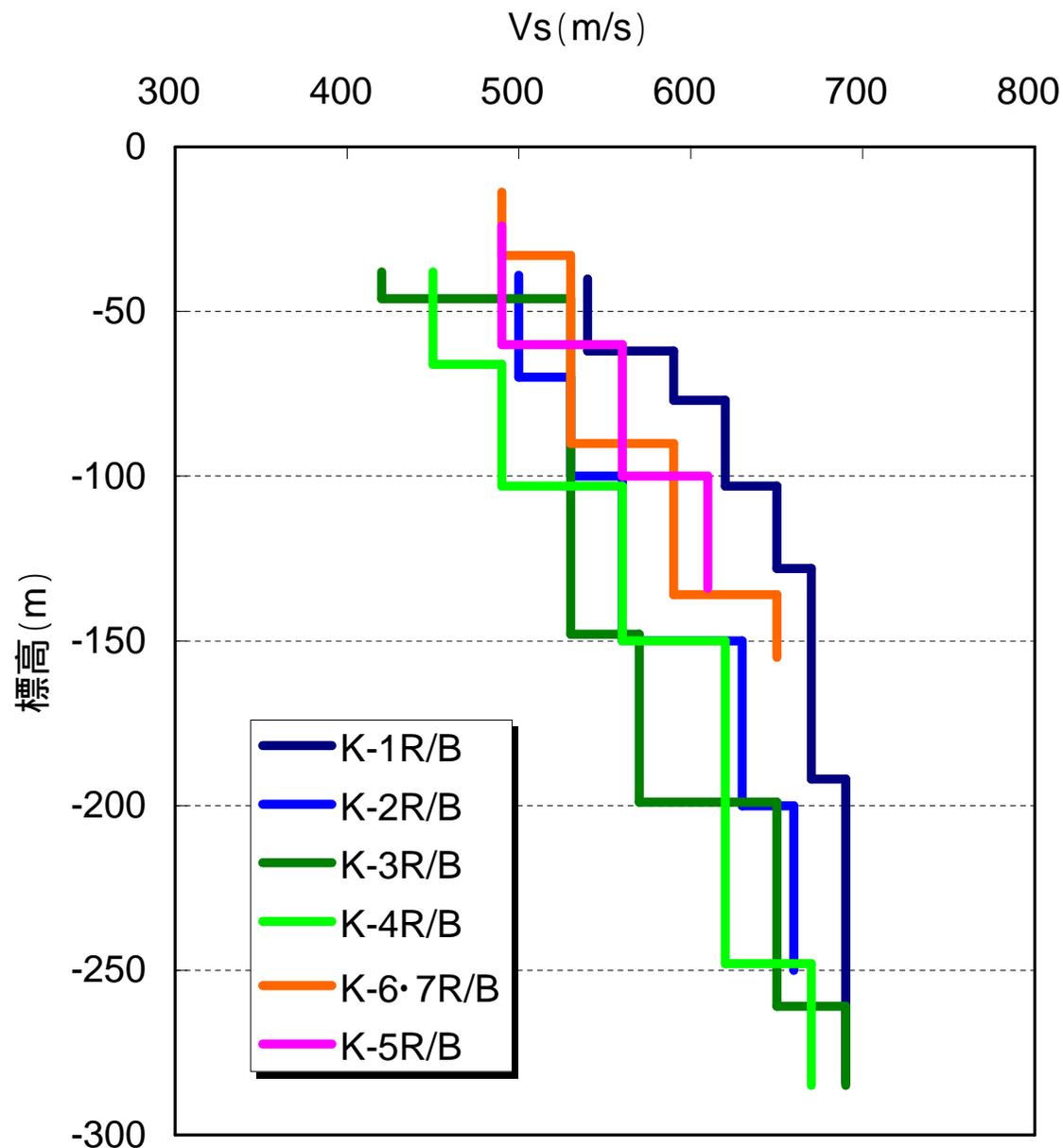
- 敷地及び敷地北側のボーリング調査により、真殿坂断層が想定されている西山層及びそれ以下の地層にみられる褶曲の後期更新世以降の活動は後期更新世以降認められないことを確認した
- 地震に伴う建屋レベルの変動量は、敷地周辺の国土地理院の一等水準点から評価される地震前後の地盤鉛直変動量と調和的である
- 地震に伴う建屋レベルの変動量の分布は、背斜軸部で大きくなる傾向はなく、褶曲構造との対応は認められない
- 敷地内に確認されている断層は活断層でなく、低角系断層の代表として「F-3断層」を、高角系断層のうち褶曲軸に斜交する走向の断層として「断層」を、高角系断層のうち褶曲軸に直交する走向の断層として「3V-5断層」を選定して立坑調査を実施した結果、いずれの断層についても、今回の地震による活動はないことを確認した

以上のことから、建屋レベルの変動量が各号機で異なること及び各建屋の四隅の変動量が異なることが、西山層及びそれ以下の地層にみられる褶曲、真殿坂断層、敷地内の断層の地震に伴う活動を示唆するものではないと考える

## 敷地の地盤物性のばらつき（S波速度）

- 各建屋の地盤のS波速度は、建屋設置レベル付近で約400～550m/sであり、150m/s程度のばらつきが認められる
- 標高-200m付近までは、各号機のS波速度のばらつきは100m/s以上であることが認められる

敷地のS波速度のばらつきにみられるように、地盤の物性は一様でなく、応答や地殻変動等の地震時の挙動は場所によりばらつきがあると考えられる



# 地殻変動量の局所的なばらつきについて

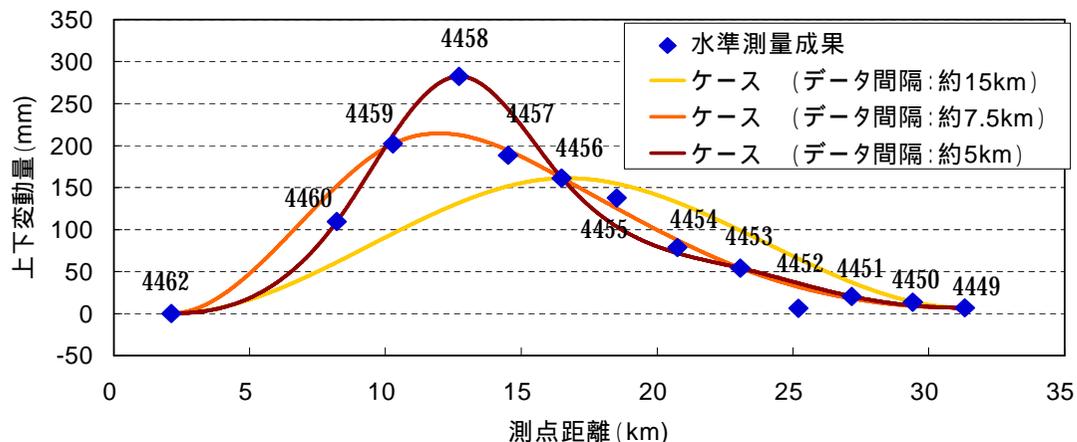
- 一等水準点の変動量を、スプライン関数を用いて想定される地殻変動量と比較し、地殻変動量の局所的な変動幅（ばらつき）を検討した



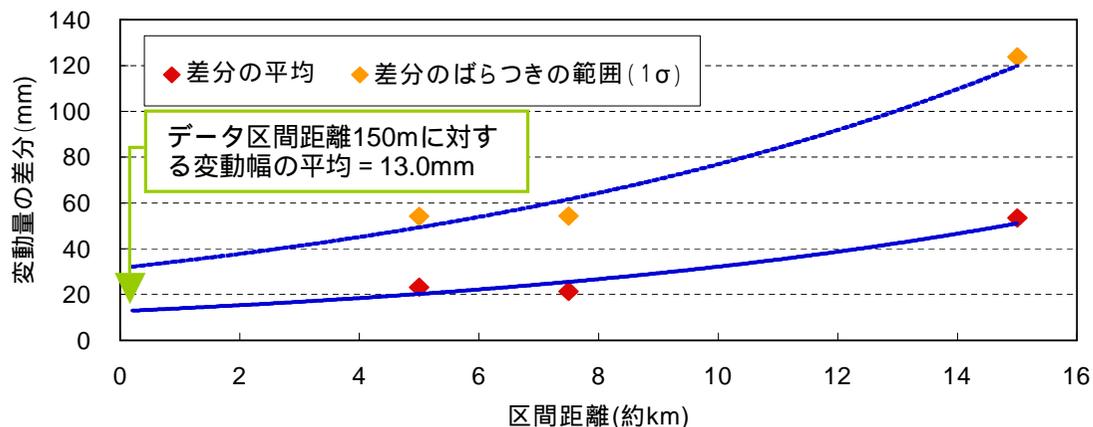
発電所敷地周辺の一等水準点位置図

国土地理院HPに加筆

一等水準点の地震前後の変動量とスプライン補間関数

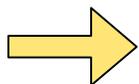


一等水準点の変動量とスプライン関数より想定される変動量との差分



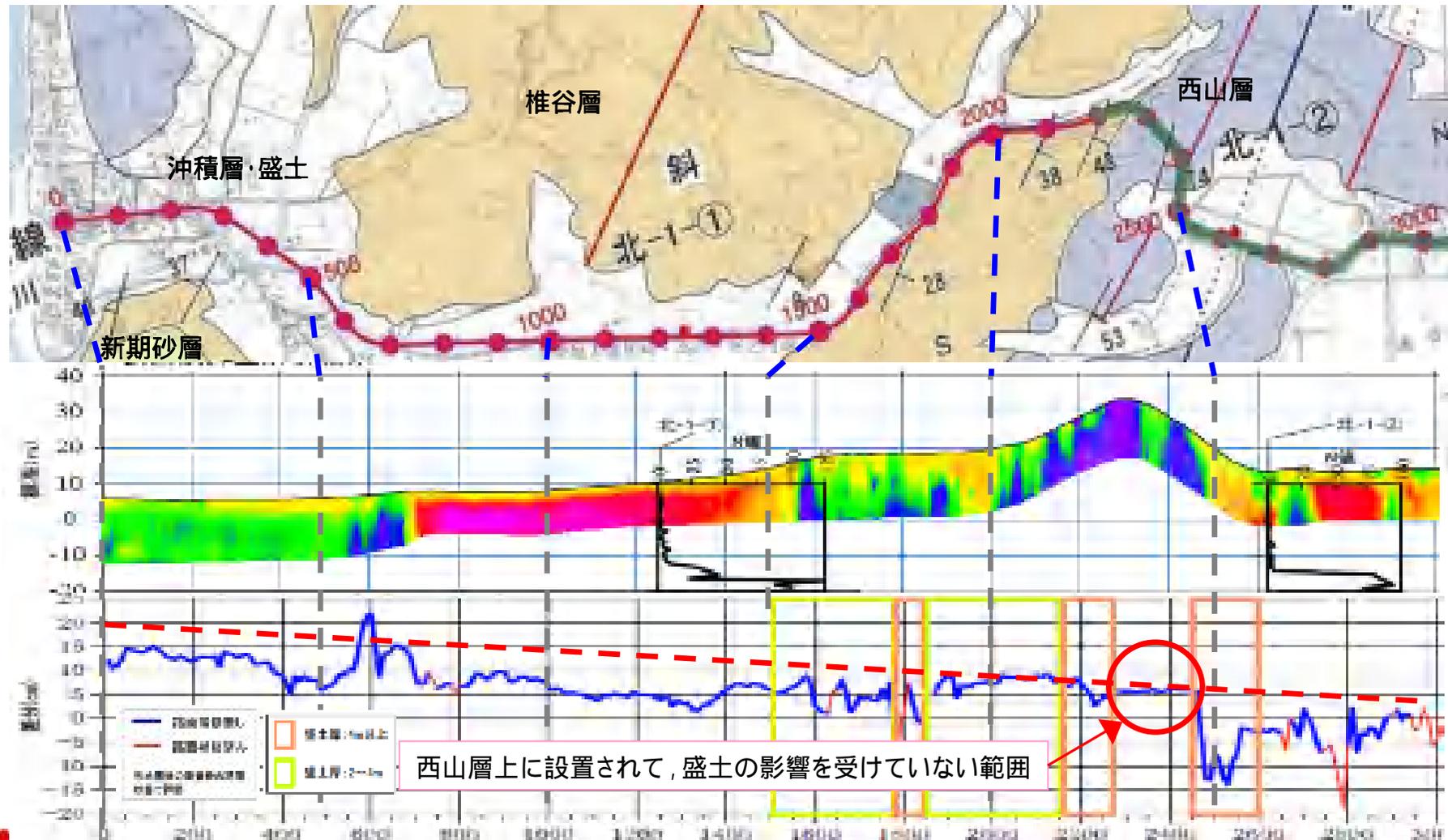
## 第17回合同WGにおけるご指摘事項

- 敷地内の建屋水準を岩盤や沖積層の上など様々な箇所に設置している一等水準点と比較・検討するような条件下にないため、一般に議論できるものではなく、再検討が必要



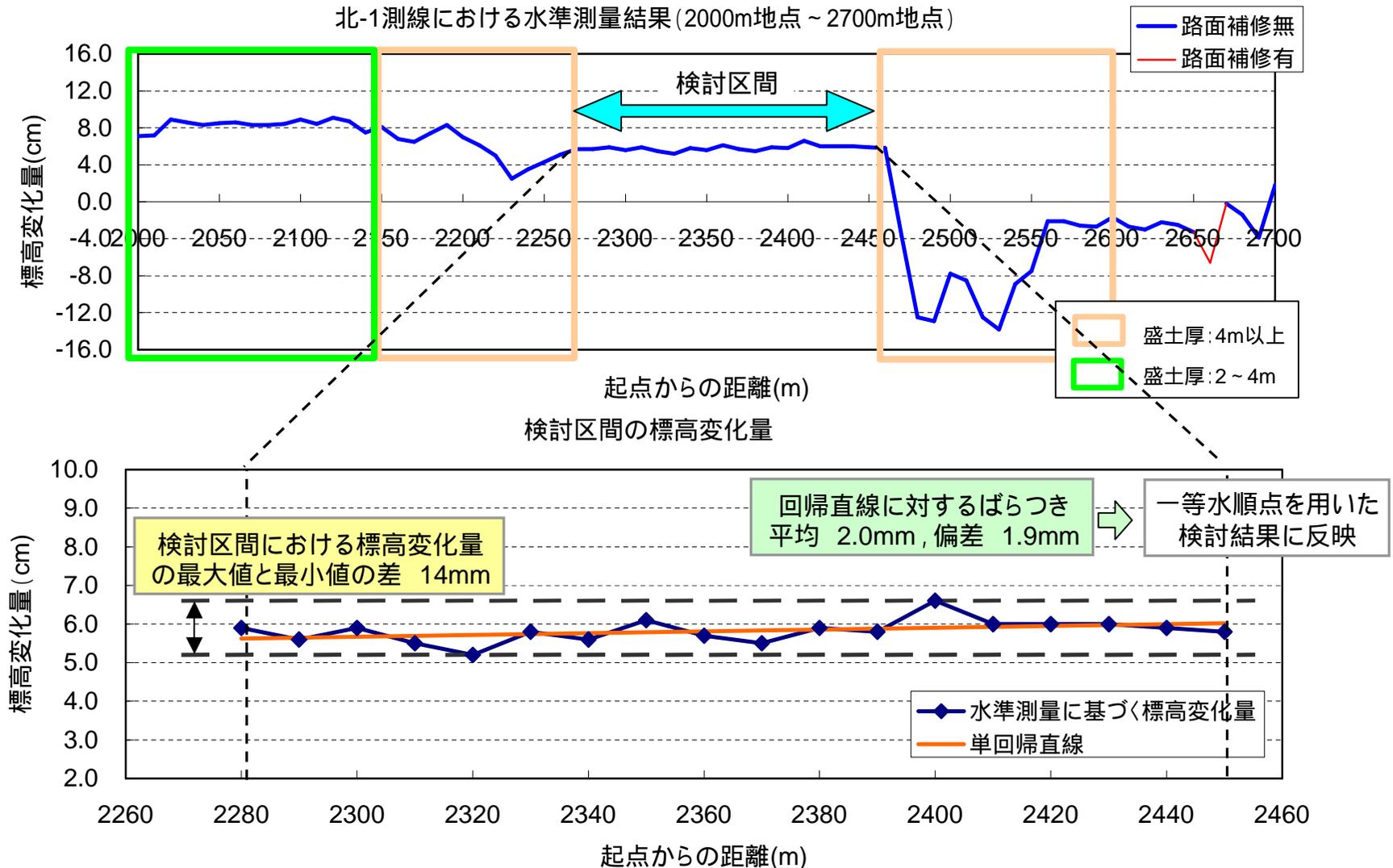
# 地殻変動量の局所的なばらつきへの検討：北-1測線

- ご指摘を踏まえて、一等水準点における変動量だけでなく、岩着された測量箇所データの利用を検討
- 北-1測線における水準測量において、西山層上に設置された道路において、盛土の影響を受けていない赤丸で囲まれた範囲の測量結果を使用し、地殻変動量の局所的なばらつきへの検討の信頼性を向上



# 地殻変動量の局所的なばらつき の検討：北-1測線

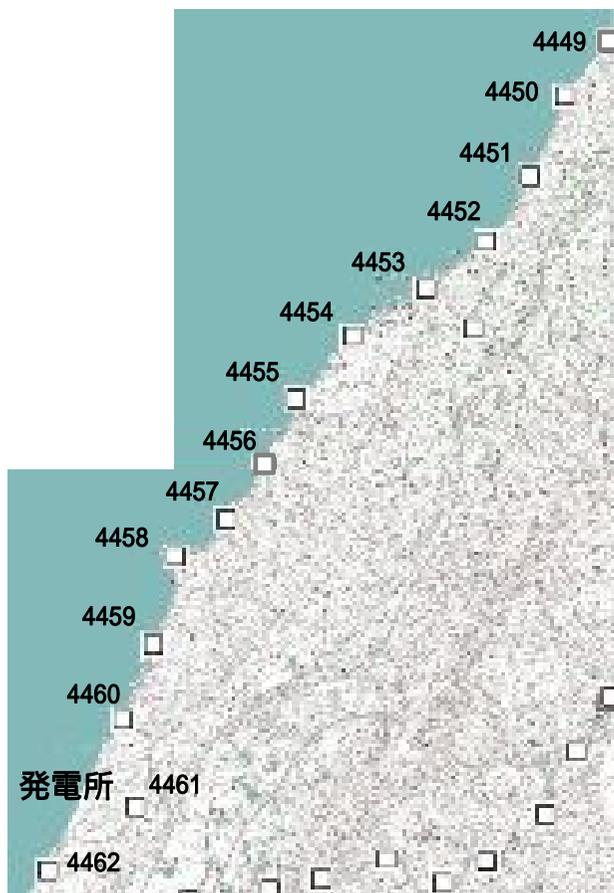
- 地殻変動量の局所的なばらつきとして、検討区間における標高変化量の回帰直線に対するばらつき及び標高変化量の分布幅（最大値と最小値の差）を検討する



# 地殻変動量の局所的なばらつきを検討

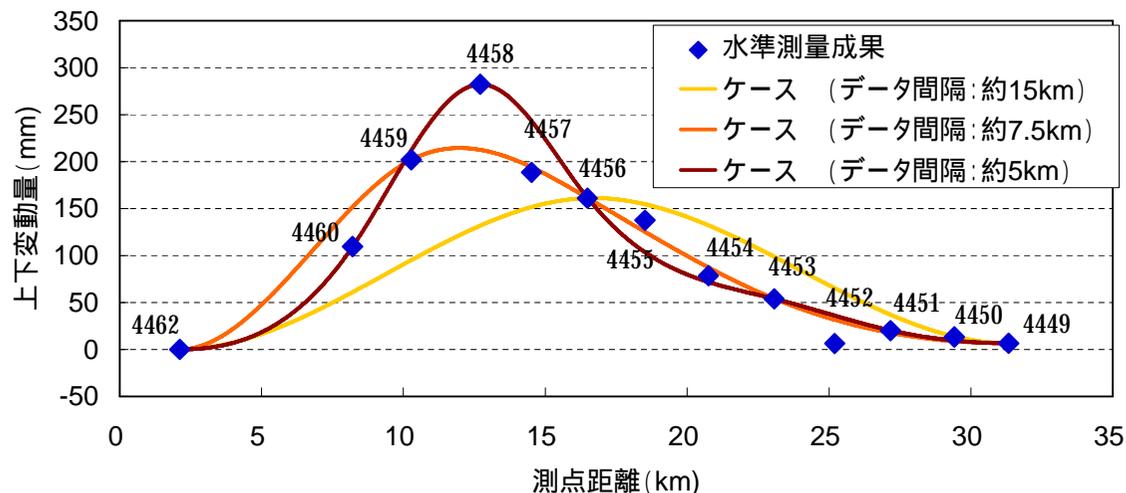
- 一等水準点における地震前後の変動量を、スプライン関数を用いて想定される変動分布と比較し、一等水準点における地盤の変動量の局所的なばらつきを検討
- 上記結果に、北-1測線における標高変化量のばらつきを追加して、地殻変動量の局所的なばらつきを評価

一等水準点の地震前後の変動量とスプライン補間関数

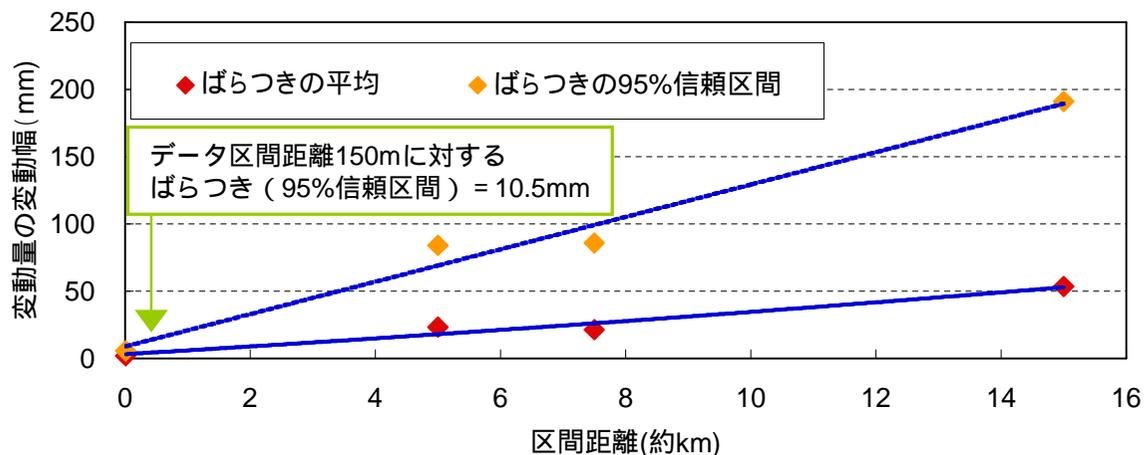


発電所敷地周辺の一等水準点位置図

国土地理院HPに加筆

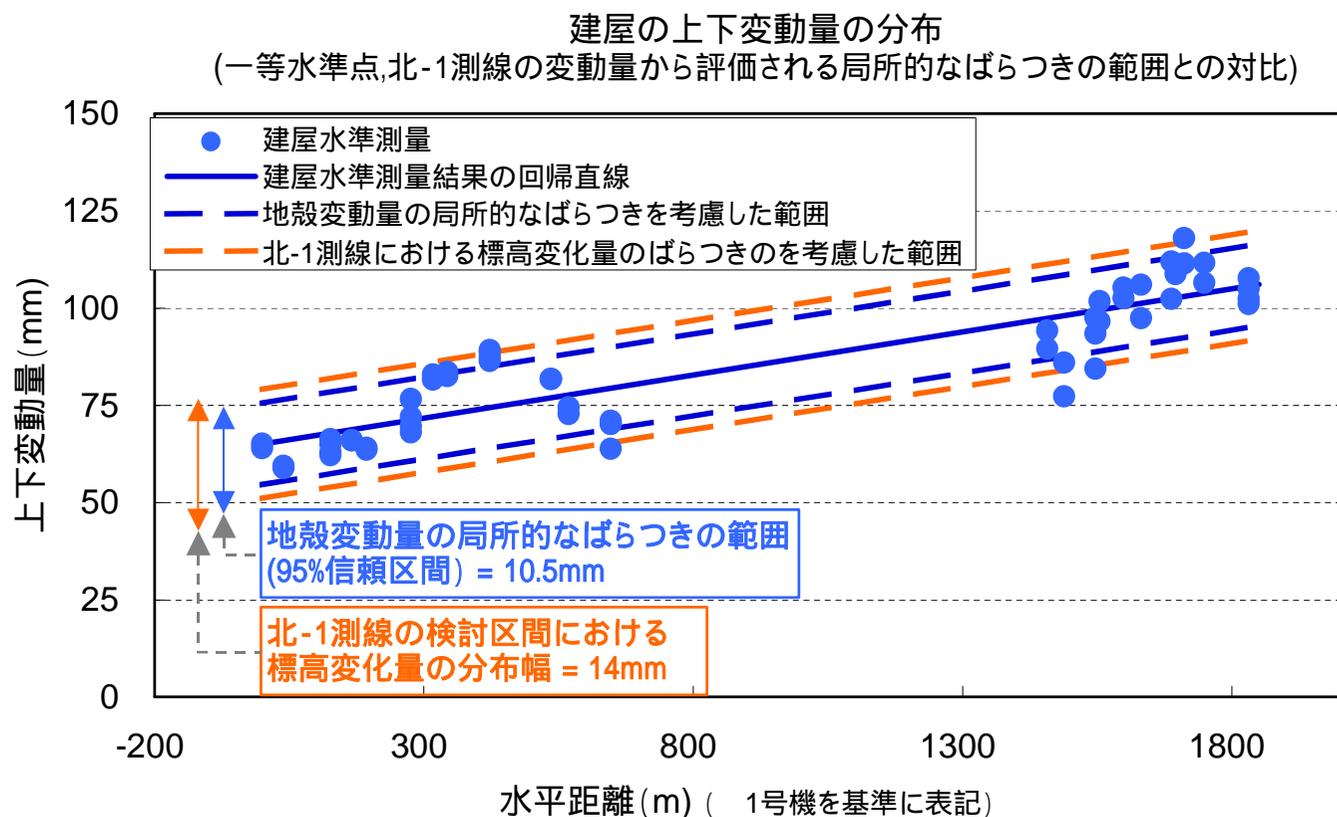
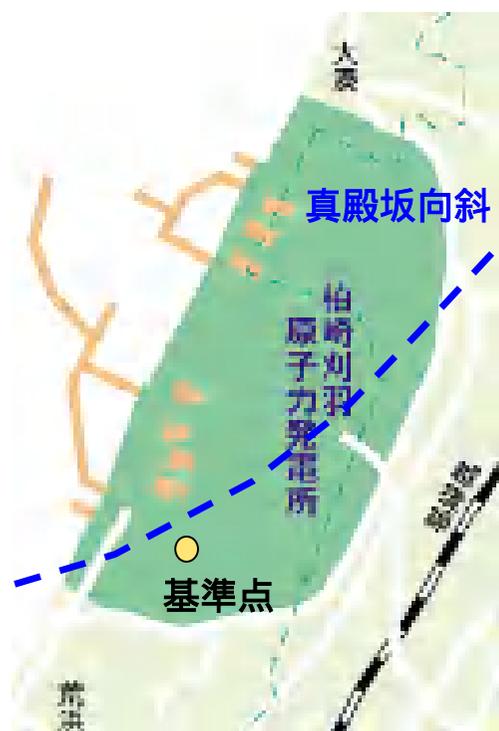


一等水準点の変動量、北-1測線の変動量から想定される地盤の変動量のばらつき



## 地殻変動量の局所的なばらつきとの対比

- 下図に、建屋水準測量結果とその回帰直線を示す。さらに、前シートの検討結果及び北-1測線でみられた標高変化量の分布幅が地殻変動量の局所的なばらつきを表すと考えて、それらの範囲を破線で示す
- 下図より、建屋水準測量により捉えられた建屋の上下変動量の分布は、発電所敷地周辺の測量結果から評価される地殻変動量の局所的なばらつきの範囲内におおむね入っていることを確認した

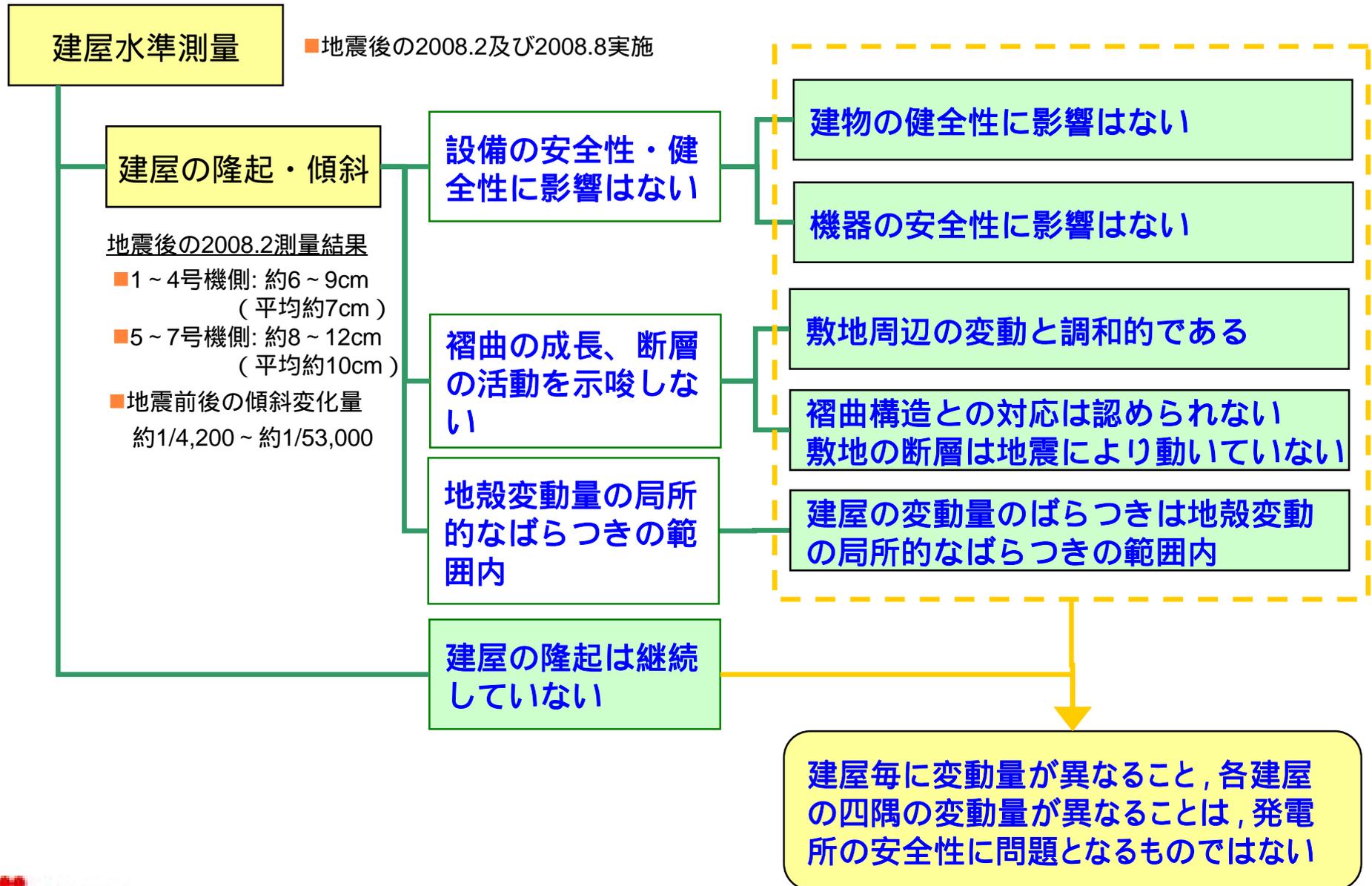


## 地殻変動量の局所的なばらつきに関する検討結果

- 敷地のS波速度のばらつきにみられるように、地盤の物性は一様でなく、地震時の挙動、すなわち応答や地殻変動は場所によりばらつきがあると考え
- 敷地周辺の一等水準点における地震前後の変動量及び北-1測線沿いの西山層における地震前後の変動量から評価される変動量のばらつきを地震に伴う地殻変動量の局所的なばらつきとして評価した
- 建屋の地震前後の変動量の分布は、上述の地殻変動量の局所的なばらつきの範囲内におおむね入ることを確認した

地震時の地殻変動量の局所的なばらつきについては、物性だけでなく、作用する揺れや発生する応力が場所毎に異なること等も要因と考えられる。しかし、各要因の場所毎のばらつきを定量的に評価することは難しいこと、各要因の地殻変動量のばらつきに及ぼす影響を定量的に分析することは難しいこと等から、地震に伴う建屋の変動量のばらつきの原因を明らかにすることはできないと考える

# 建屋水準測量に関する評価



# まとめ

指摘分類	指摘日	指摘事項	検討結果
原発反対地元三 団体申し入れ	8月11日	現地で確認される諸事実を矛盾なく説明できる解釈をすることを求める 番神砂層下部水成層の標高と構造運動の関係、 番神砂層上部風成層の破壊状況、真殿坂断層を境にした段丘面の高度差に対する見解（1月指摘済み）、 真相把握のための調査を実施すること。	指摘される露頭で確認された大湊砂層（番神砂層下部水成層）と番神砂層（番神砂層上部風成層）との境界の標高は、地すべり箇所と後述の一箇所を除き、おおむね35m～40m付近に分布し、真殿坂向斜を挟んで顕著な高度差は認められない なお、上記地層境界の標高が40mよりも高い箇所が一箇所認められたが、その下には阿多鳥浜テフラが、真殿坂向斜を横断してほぼ水平に堆積し、西山層以下の地層の褶曲に対応する変形が認められないことから、真殿坂断層の活動を示唆するものではない（1章）
原発反対地元三 団体申し入れ	8月22日	大湊～西元寺・十日市間（東電N2測線沿い）の番神砂層下部水成層の標高は真殿坂断層の活動を示す。	
原発反対地元三 団体申し入れ	8月22日	真殿坂断層沿いに地変が集中しているが、東電報告はそれを無視している。	敷地北部の西山丘陵及び敷地を中心に、崩壊、亀裂、段差等を対象に比較的明瞭な変状地形が、真殿坂向斜沿いに集中・線状配列をしていないことを確認している なお、国土地理院から報告されている地すべり分布についても、真殿坂向斜との関連性は認められないことを確認した（2章）
合同WG	8月12日 （現地調査）	安田層下部のテフラを阿多鳥浜テフラと同定した根拠について詳細を説明すること。 （第17回合同WG（9月11日）にて） 火山ガラスの主成分分析については、各ボーリングの分析結果を用いて整理すること。	火山ガラスの主成分分析における各ボーリングの試料毎の分析結果は、Ata-Thと対応が認められる（3章）

# まとめ

指摘分類	指摘日	指摘事項	検討結果
合同WG	8月26日 (第16回)	北-2測線において詳細な地形図・空中写真判読から沖積層等の分布を把握していたように、北-1測線についても同様の確認を行うこと。 (第17回合同WG(9月11日)にて) 北-1測線沿いの地形分類については、水準測量の変動傾向と一部合致しない所があるので、再度検討すること。	北-1測線沿いの沖積地については、主に谷底、沖積低地、扇状地性埋積谷、扇状地等に地形区分され、それぞれの範囲において水準測量における局所的な変動(沈下)との対応が認められることから、局所的な変動は、盛土や沖積層等の軟らかい層の沈下等の変形によると考えられる(4章)
合同WG	8月26日 (第16回)	敷地内の建屋水準を岩盤や沖積層の上など様々な箇所に設置している一等水準点と比較・検討するような条件下にないため、一緒に議論できるものではない。再検討が必要である。	以下の検討結果を踏まえて、建屋毎に変動量が異なること、各建屋の四隅の変動量が異なることは、発電所の安全性に問題となるものではないと考える(5章)
原発反対地元三団体申し入れ	1月11日	敷地内の波打つ様子が地殻変動を示唆、詳細な測量が必要。	地震により生じた建屋の傾斜は小さく、建屋の健全性及び機器の安全性に問題はなかったことを確認した
原発反対地元三団体申し入れ	1月11日	建屋の傾動は直下断層等の運動を示唆、敷地内直下断層の全数調査、3~5号間の線状変位の調査、原子炉・タービン等建屋の傾動原因調査が必要。	敷地及び敷地近傍のボーリング調査により、真殿坂断層が想定される西山層及びそれ以下の地層にみられる褶曲の後期更新世以降の活発な活動はないことを確認した
原発反対地元三団体申し入れ	8月4日	原子炉建屋、タービン建屋、発電所基準点は西山層に直接設置、これらが中越沖地震で不規則に動いて建屋が傾いた事実は、中越沖地震で直下の断層や真殿坂断層が動いたことを示す。	立坑調査により、敷地の断層の地震による活動がなかったことを確認した 建屋の変動量の分布は、敷地周辺の測量結果から評価される地殻変動量の局所的なばらつき範囲内におおむね入ることを確認した

建屋変動レベルに基づく基礎版の変形に対する影響について  
(修正版)

平成 20 年 8 月 8 日

東京電力株式会社

## 1. はじめに

当社では、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ており、建屋の構造上、大きな影響を与えるような傾斜が生じていないことを報告している。

(平成 20 年 2 月 15 日 第 4 回地質・地盤、地震・津波合同 WG)

本資料では、測量により得られている建屋傾斜の変化量を踏まえて、剛体変形を除いた基礎版の面外変形に対する影響について検討を行う。

## 2. 検討概要

建屋の変動レベルに基づく基礎版の影響検討は、下記に示す ~ の手順に従い、建屋傾斜の変化量から剛体変形を除いた、基礎版に応力が発生する面外変形に対して検討を行う。

図 - 1 に建屋傾斜の計測点位置、図 - 2 に建屋傾斜の変化量(傾斜角)から剛体変形を除いた面外変形(面外変形角)の算定イメージを示す。

: 建屋レベルの変動図より、原子炉建屋の 4 点の変動量(建屋傾斜の変化量)のうち、任意の 3 点(例えば、図 - 2 に示す P2、P3、P4)の変動量から基礎版を剛版と仮定した時の平面形状を算定する。

: で用いた任意の 3 点以外の 1 点(例えば、図 - 2 に示す P1)の位置における実測の傾斜の変化量と で剛版と仮定した平面形状から求まるこの点での剛体変形量との差を評価し、その値を剛体変形成分以外の基礎版の面外変形量と仮定する。

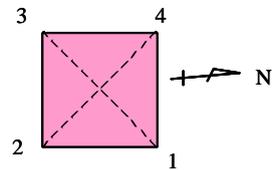
: で得られたある 1 点(例えば、図 - 2 に示す P1)での基礎版の面外変形量を、それ以外の 3 点(例えば、図 - 2 に示す P2、P3、P4)との最短距離で除して、基礎版の面外変形角を評価する。

: で得られる面外変形角を、曲げ変形と仮定して影響検討を行う。つまり、 で得られた変形角から基礎版を一次元梁モデルと仮定したときの最大引張応力度を算定する。

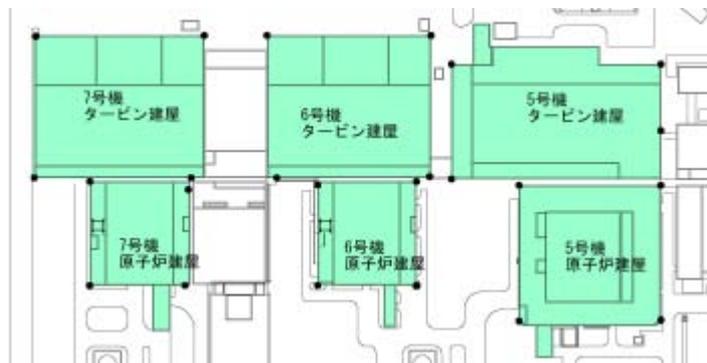
: で得られた最大引張応力度とコンクリートの圧縮強度を 1/10 にしたものを引張強度と仮定して比較する。



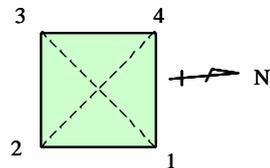
測定点位置



1 ~ 4号機 本館建屋配置

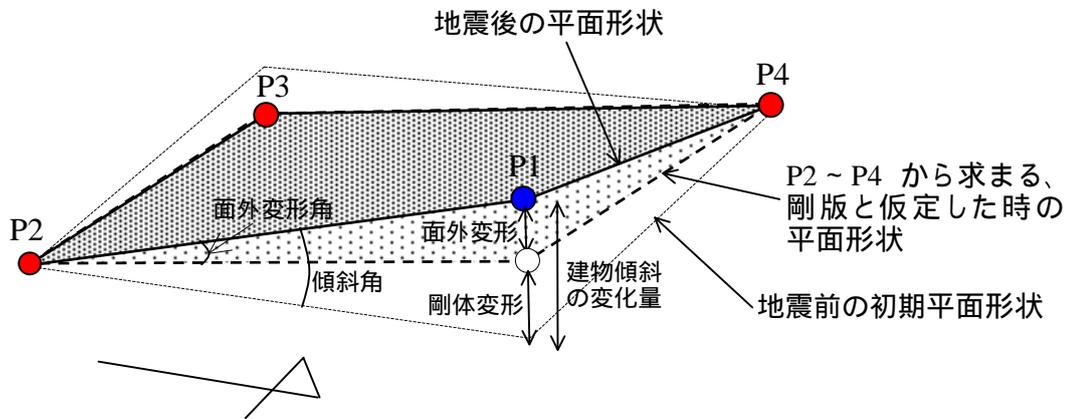


測定点位置



5 ~ 7号機 本館建屋配置

図 - 1 建屋傾斜の計測点位置



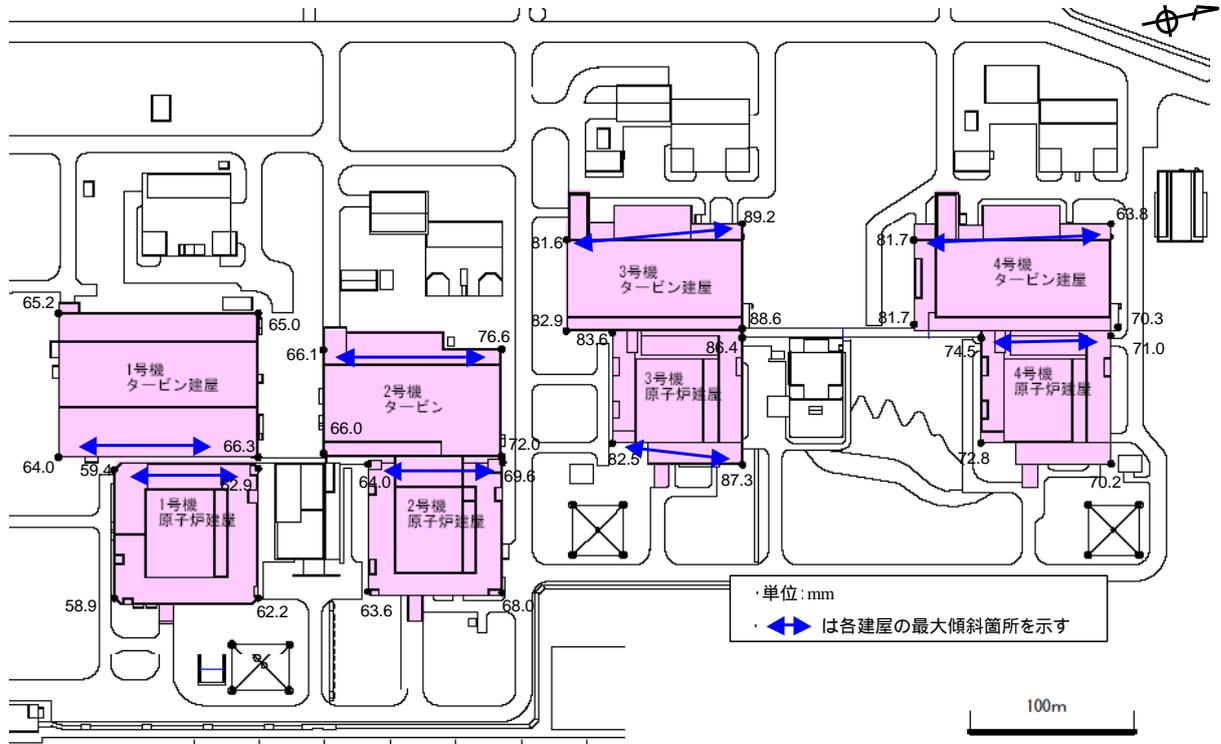
- 実測値: 剛版と仮定した平面形状の参照点での値
- 実測値: 平面形状を参照した 3 点以外の点での値
- 計算値: 剛体と仮定した平面形状から求まる P1 での計算値

(b) 面外変形の算定イメージ

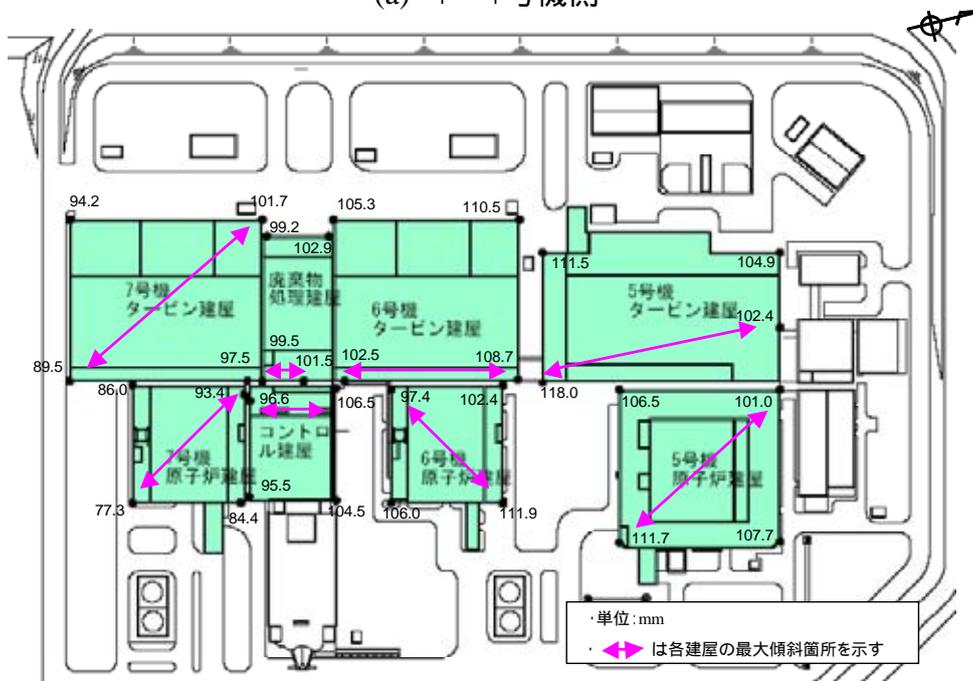
図 - 2 建物傾斜の変化量(傾斜角)から剛体変形を除いた面外変形(面外変形角)の算定イメージ

### 3. 検討結果

地震前水準測量(2006年測定時の標高)を基準とした地震後水準測量(2008年測定時の標高)の相対的な建屋変動レベルを図-3に示す。ここで、原子炉建屋各計測点での傾斜の変化量及び最大傾斜角を表-1に示す。



(a) 1～4号機側



(b) 5～7号機側

図-3 建屋変動レベル図

表 - 1 原子炉建屋の傾斜の変化量及び最大傾斜角

建屋	計測点	傾斜の変化量	最大傾斜角
K1 R/B	P1	62.2mm	1/25,000
	P2	58.9mm	
	P3	59.4mm	
	P4	62.9mm	
K2 R/B	P1	68.0mm	1/14,000
	P2	63.6mm	
	P3	64.0mm	
	P4	69.6mm	
K3 R/B	P1	87.3mm	1/16,000
	P2	82.5mm	
	P3	83.6mm	
	P4	86.4mm	
K4 R/B	P1	70.2mm	1/22,000
	P2	72.8mm	
	P3	74.5mm	
	P4	71.0mm	
K5 R/B	P1	107.7mm	1/10,000
	P2	111.7mm	
	P3	106.5mm	
	P4	101.0mm	
K6 R/B	P1	111.9mm	1/5,500
	P2	106.0mm	
	P3	97.4mm	
	P4	102.4mm	
K7 R/B	P1	84.4mm	1/5,000
	P2	77.3mm	
	P3	86.0mm	
	P4	93.4mm	

表 - 1 に示す原子炉建屋の傾斜の変化量に対して、 および の手順から算定される剛体変形を除いた基礎版の面外変形量の最大値を表 - 2 に示す。

表 - 2 基礎版の面外変形量

対象建屋	K1 R/B	K2 R/B	K3 R/B	K4 R/B	K5 R/B	K6 R/B	K7 R/B
面外変形量 (最大値)	0.2mm	1.2mm	2.2mm	1.3mm	1.5mm	0.9mm	0.3mm

次に、表 - 2 に示す面外変形量を用いて、 及び に基づき算定した最大面外変形角及び最大引張応力度を表 - 3 に示す。

表 - 3 最大面外変形角及び最大引張応力度

対象建屋	K1 R/B	K2 R/B	K3 R/B	K4 R/B	K5 R/B	K6 R/B	K7 R/B
最大面外 変形角	1/42000	1/69000	1/35000	1/63000	1/55000	1/62000	1/180000
最大 引張応力度	0.01N/mm <sup>2</sup>	0.05N/mm <sup>2</sup>	0.11N/mm <sup>2</sup>	0.06N/mm <sup>2</sup>	0.06N/mm <sup>2</sup>	0.07N/mm <sup>2</sup>	0.02N/mm <sup>2</sup>

以上より、表 - 1 に示す原子炉建屋の傾斜の変化量から剛体変形を除いた面外変形に対して、基礎版に生じると想定される最大引張応力度は0.11N/mm<sup>2</sup>程度であり、これはコンクリートの圧縮強度を 1/10 にしたものを引張強度と仮定した値(設計基準強度ベースでFc240 2.35N/mm<sup>2</sup>及びFc330 3.24N/mm<sup>2</sup>)と比較しても十分小さく、さらには設計応力から得られる最大引張応力度の算定値(約 4~6N/mm<sup>2</sup>)と比較しても十分小さいレベルにあると考えられる。

なお、本検討結果は、限られた計測点の実測値から傾斜の変化量を求め、そこから剛体変形分を除いて基礎版の面外変形と仮定して、参考として検討したものである。

添付資料

運営管理・設備健全性評価ワーキンググループ設備健全性  
評価サブワーキンググループ(第6回)において報告

# 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	地震前から 地震後の 傾斜変化最大値	当初測定時から 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)

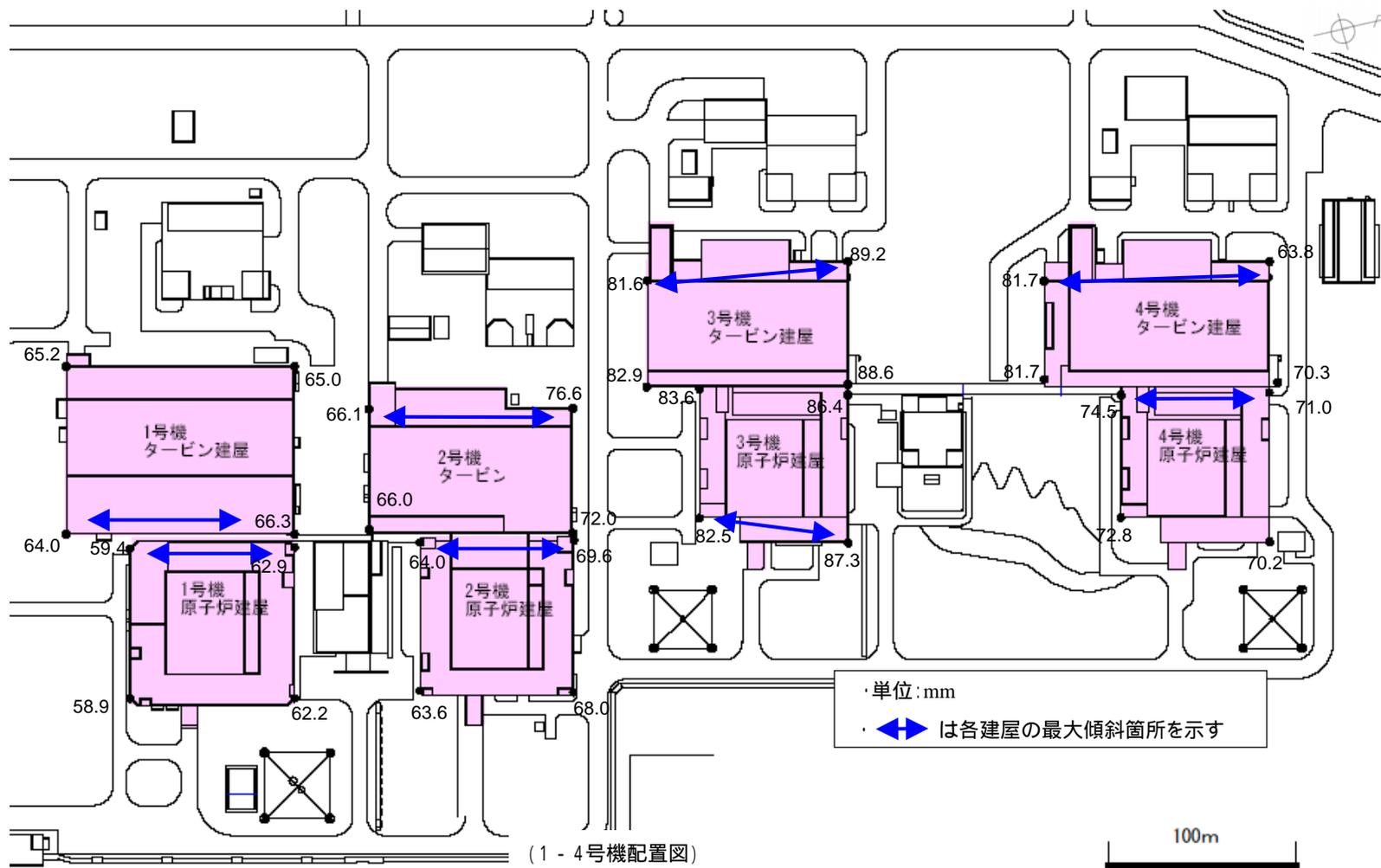
地震後	各号機	2008年2月
地震前	各号機	2006年5月
当初測定時	1号機	1987年1月
	2号機	1991年9月
	3号機	1993年7月
	4号機	1994年8月
	5号機	1991年9月
	6号機	1997年10月 (原子炉建屋 1998年9月)
	7号機	1998年9月

## 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)**

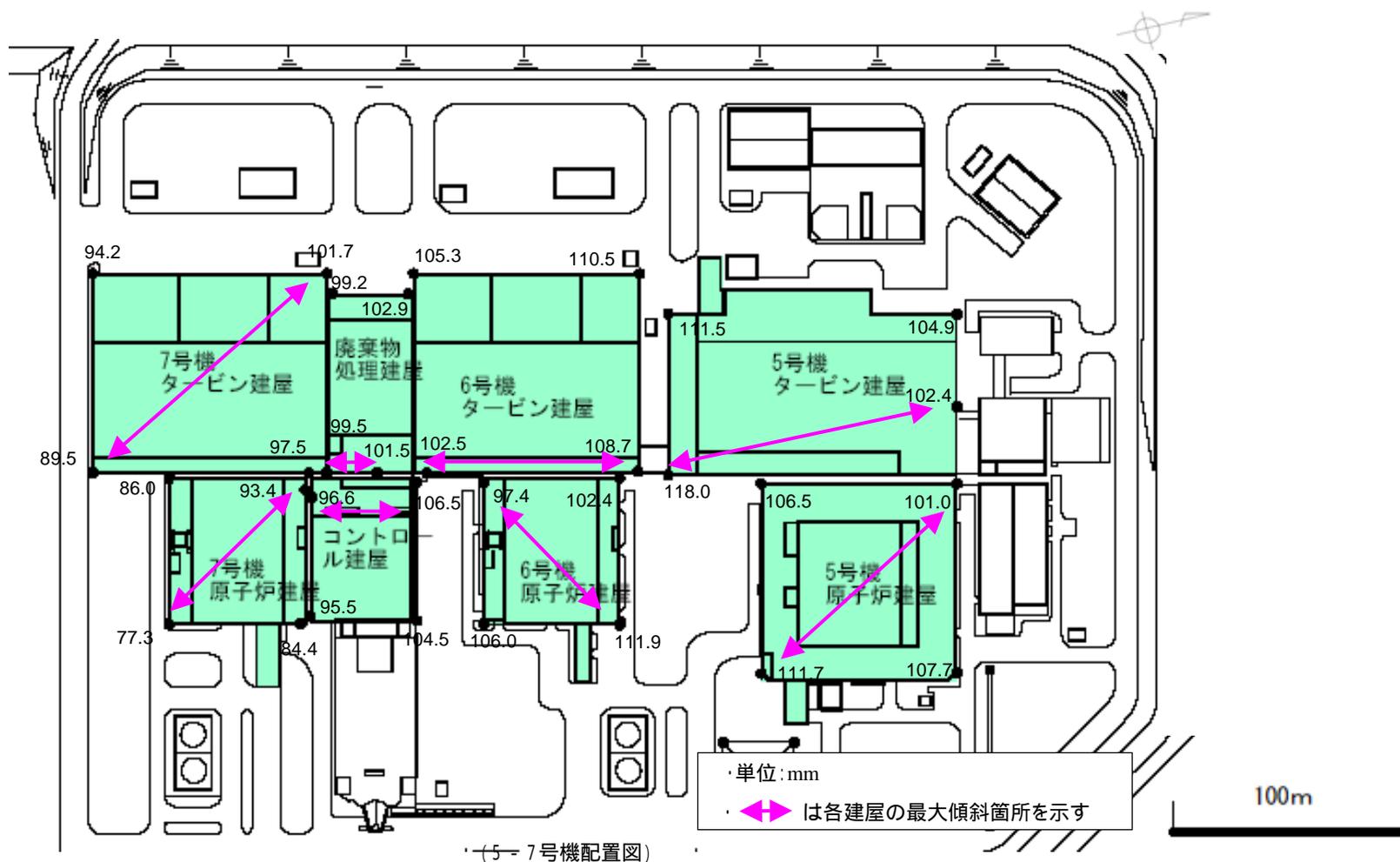
# 建屋レベル変動図（1 - 4号機側）



・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

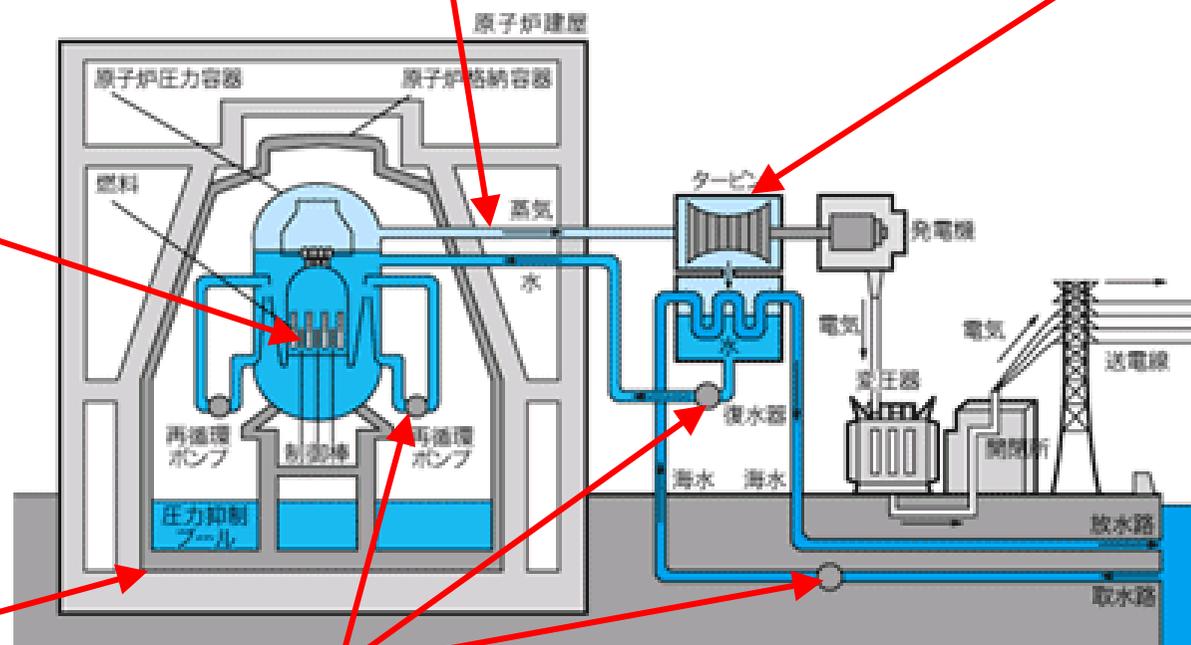
制御棒の挿入時間の遅れ

・容器基礎

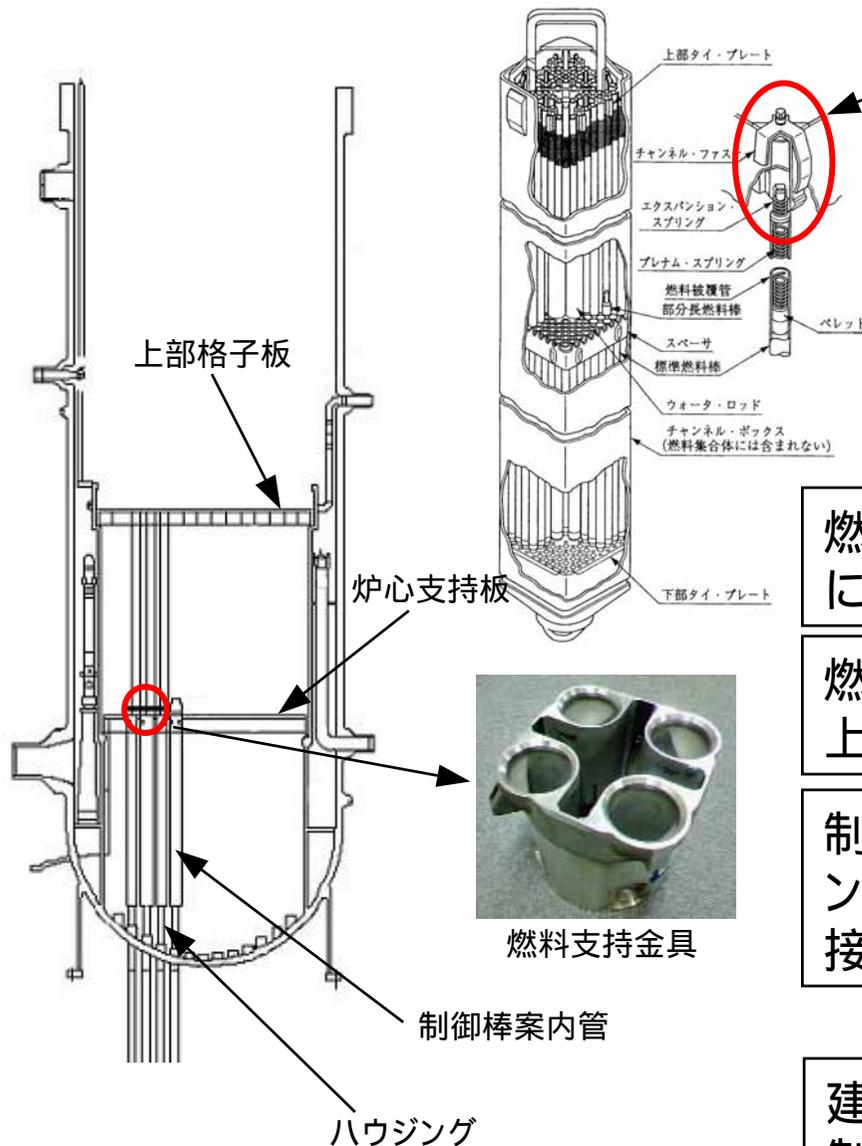
基礎部（支持部）の荷重条件の変化

・ポンプ

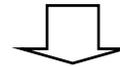
基礎部（支持部）および軸受けの荷重条件の変化  
シール性能の変化



# 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

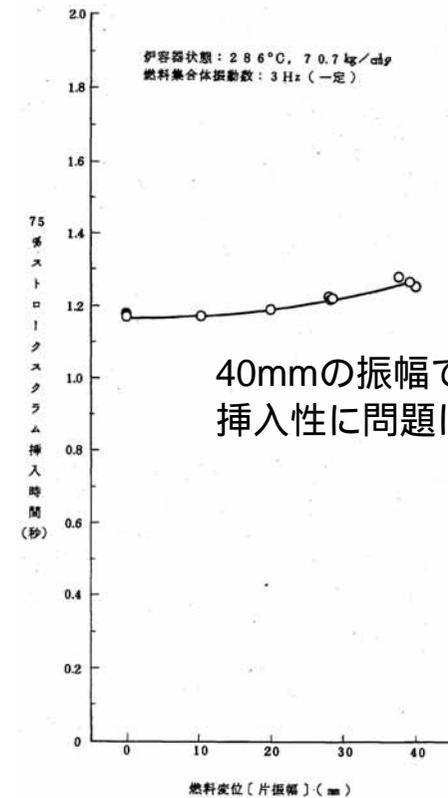
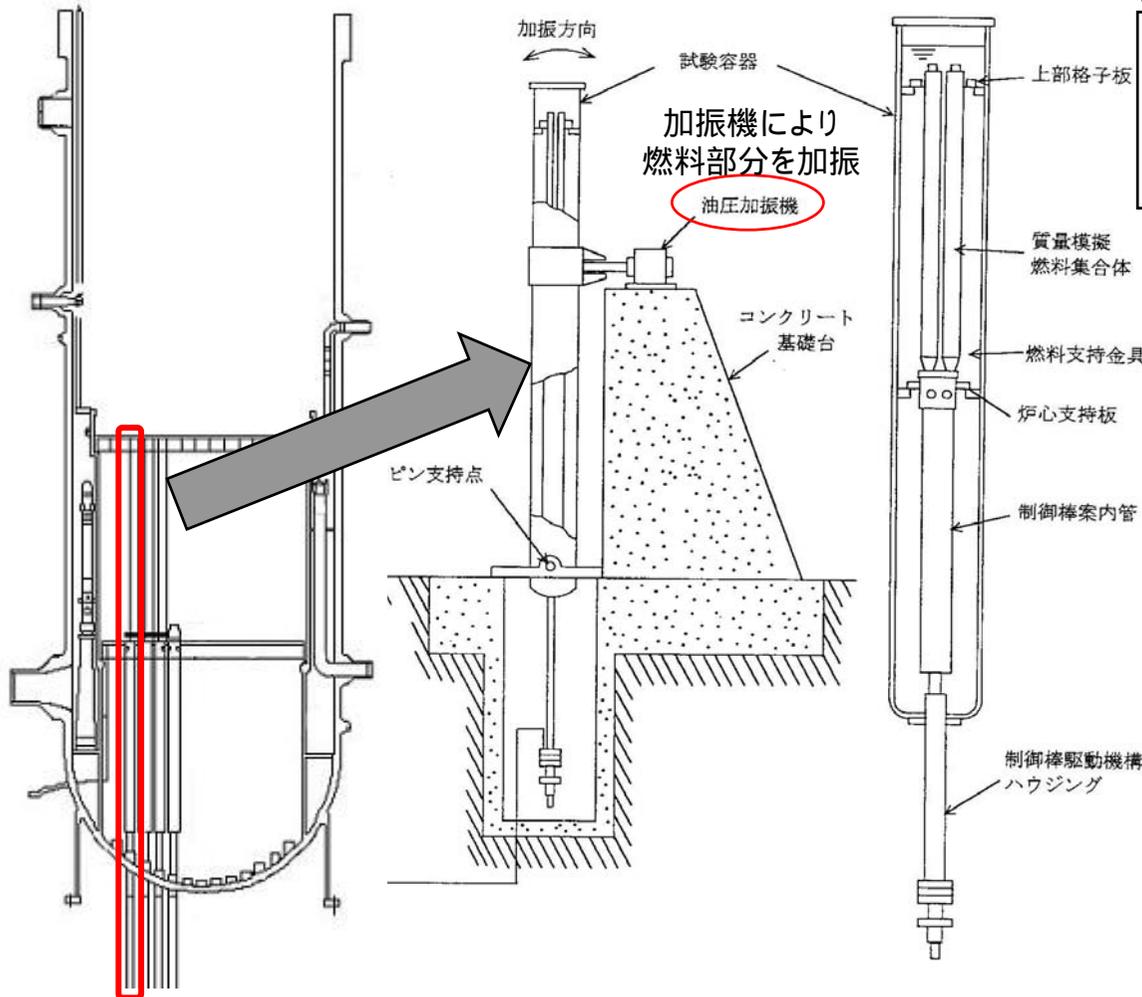
圧力容器に支持される

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

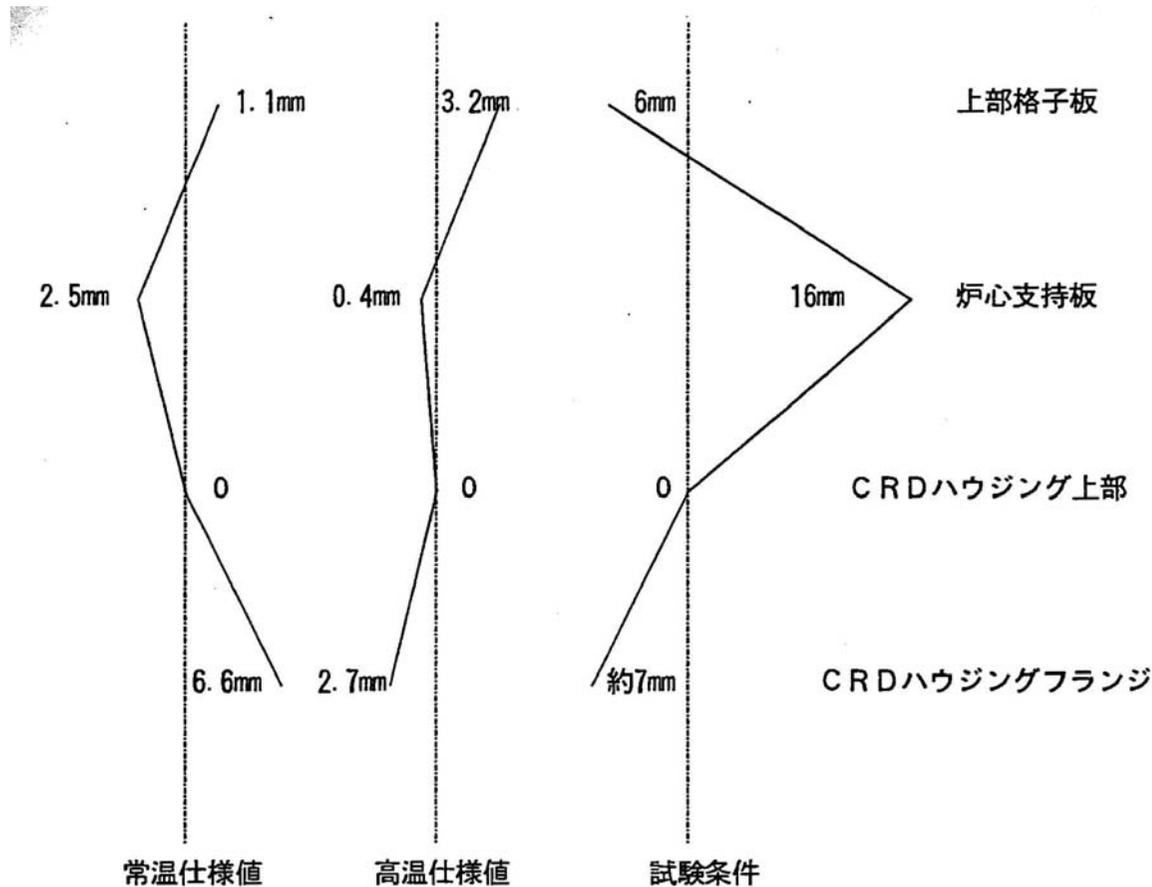
燃料集合体に40mmの相対変位を有する振動を加えた場合でも、制御棒が挿入できることを確認



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。

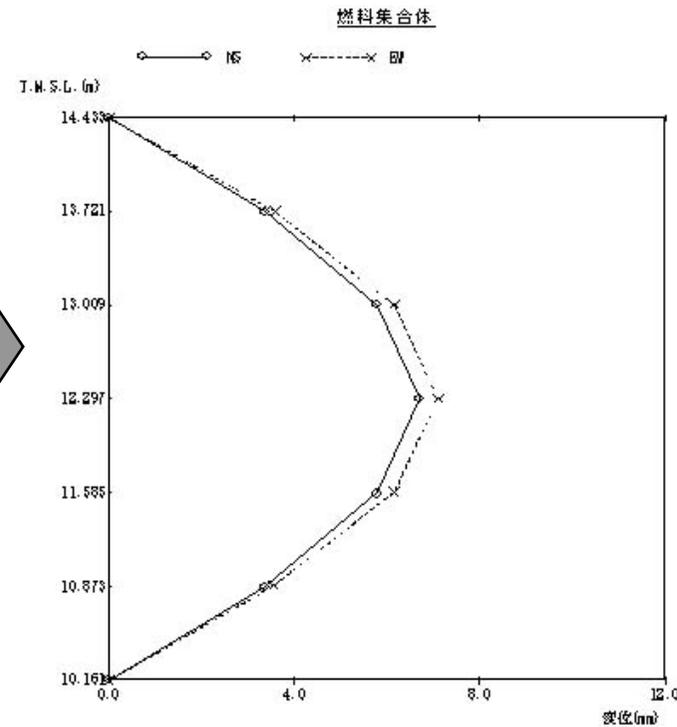
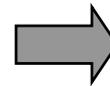
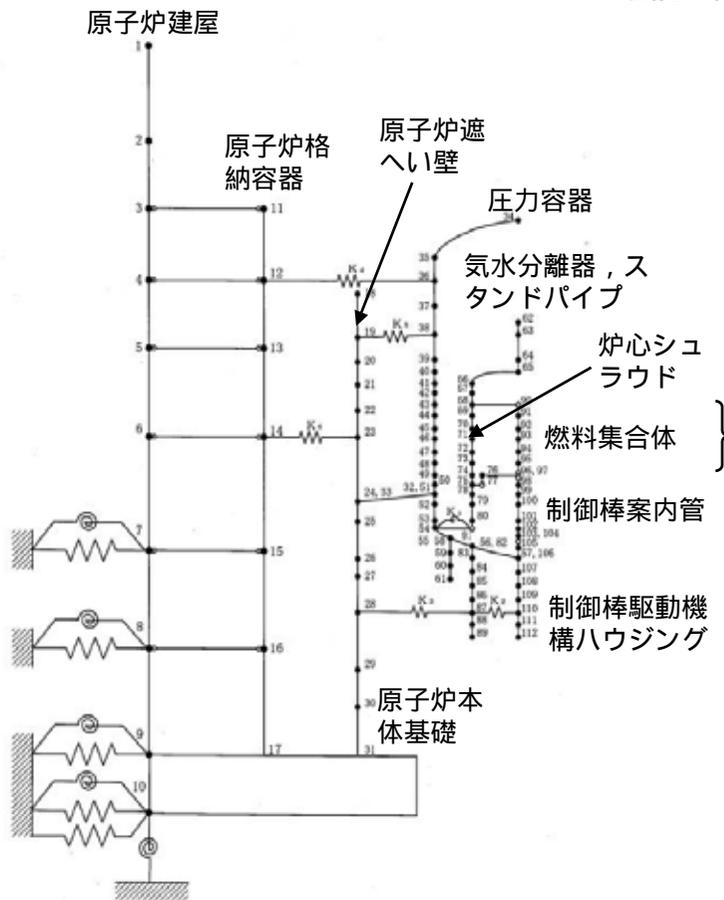


ABWRの最大許容偏心量を仮定した制御棒挿入試験において、常駆動での挿入時におけるモータトルクは定格値の1/4以下であり、緊急挿入時のスクラム時間遅れも約0.07秒程度と、スクラム特性にほとんど影響を与えないことが確認されている。

# 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

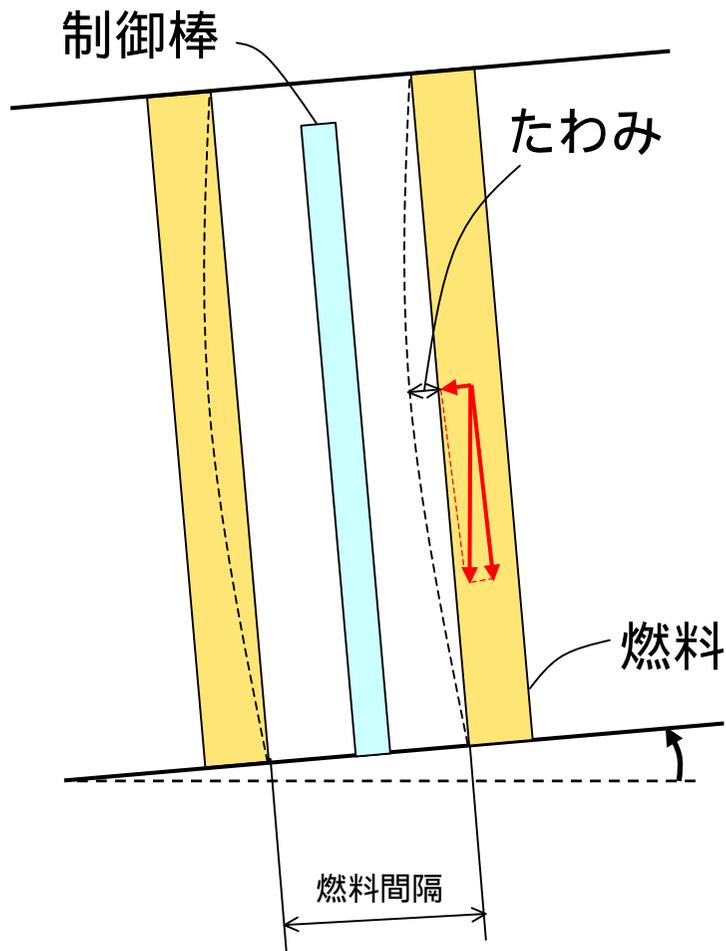
確認済相対変位：加振時の挿入性試験により、規定時間内に制御棒が挿入されたことが確認された燃料変位



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》

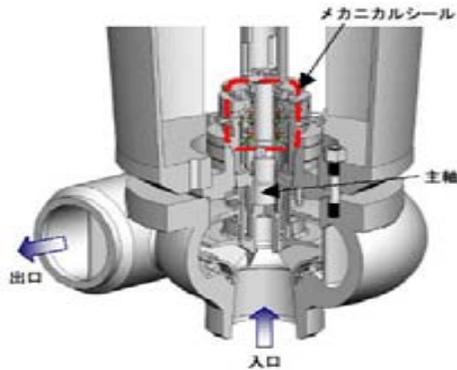
	傾斜 無し	傾斜 あり
燃料 間隔	14.9mm	14.9mm

建屋傾斜1/1000の時の燃料の  
たわみ：約0.02mm

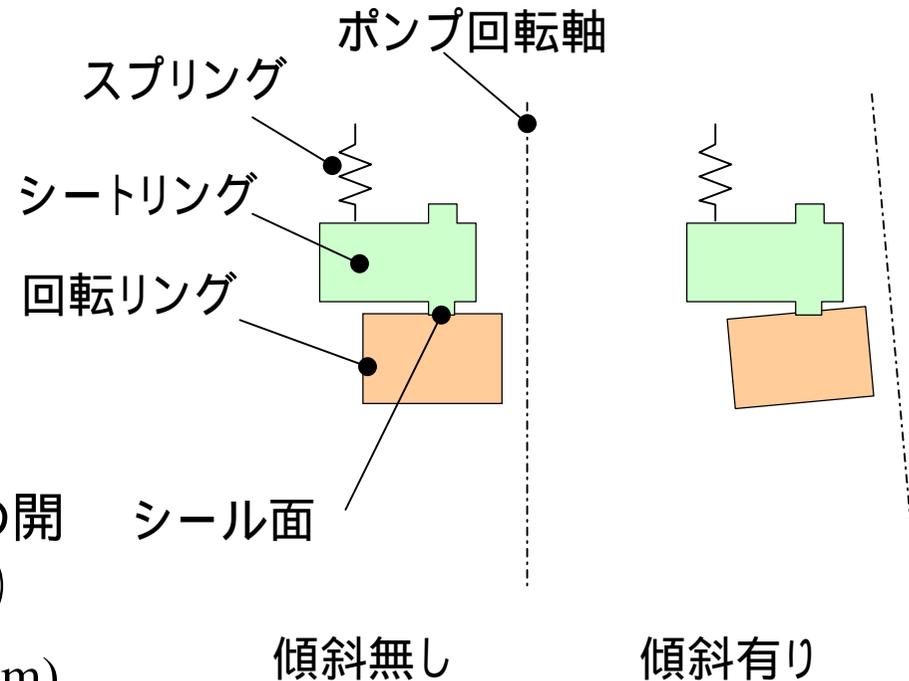
地震時挿入性試験振幅：40mm

# 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》



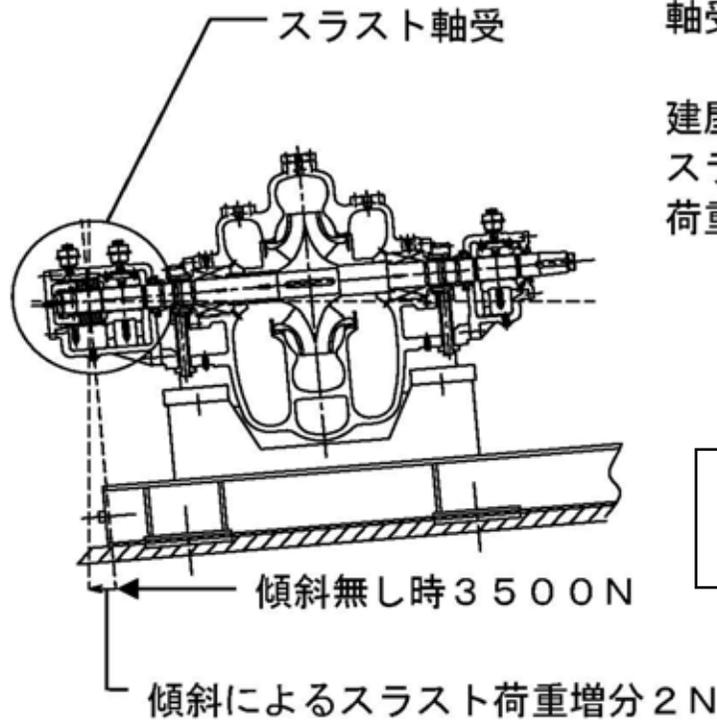
【評価部位】メカニカルシール

【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

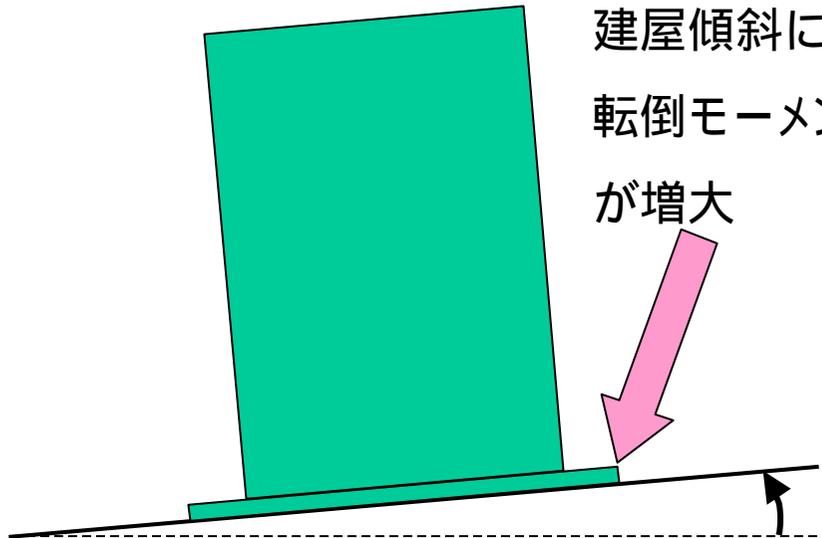
スラスト軸受けの荷重が増加した場合においても、  
その影響は無視できる程度である

# 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》

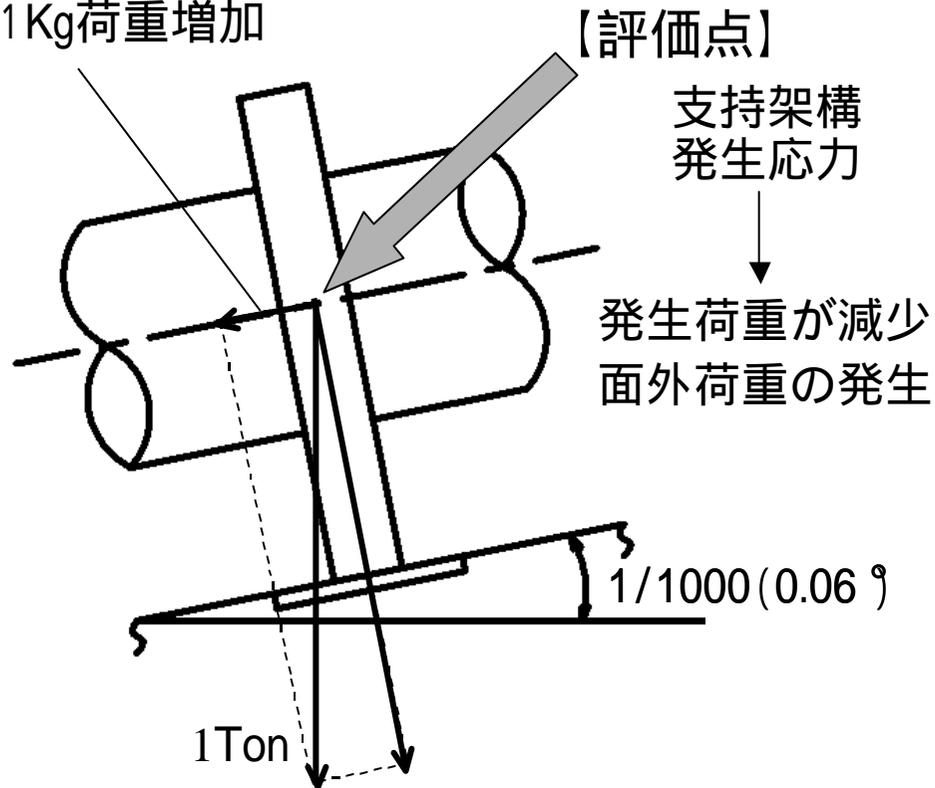
	傾斜 無し	傾斜 あり	許容値 (kg/mm <sup>2</sup> )
せん断 応力	2.6 (2.5549)	2.6 (2.5585)	13.6
引張 応力	2.8 (2.7764)	2.8 (2.7854)	17.7

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》

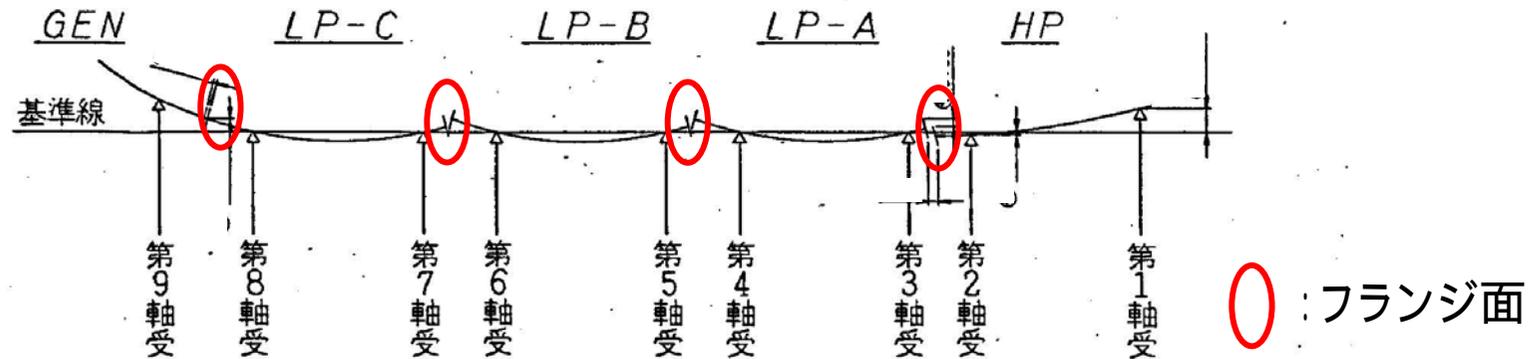
自重荷重が 1Tonの場合	傾斜 無し	傾斜 あり
面外荷重	無し	約1Kg 荷重増加
自重荷重	1Ton	0.55g 荷重減少

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

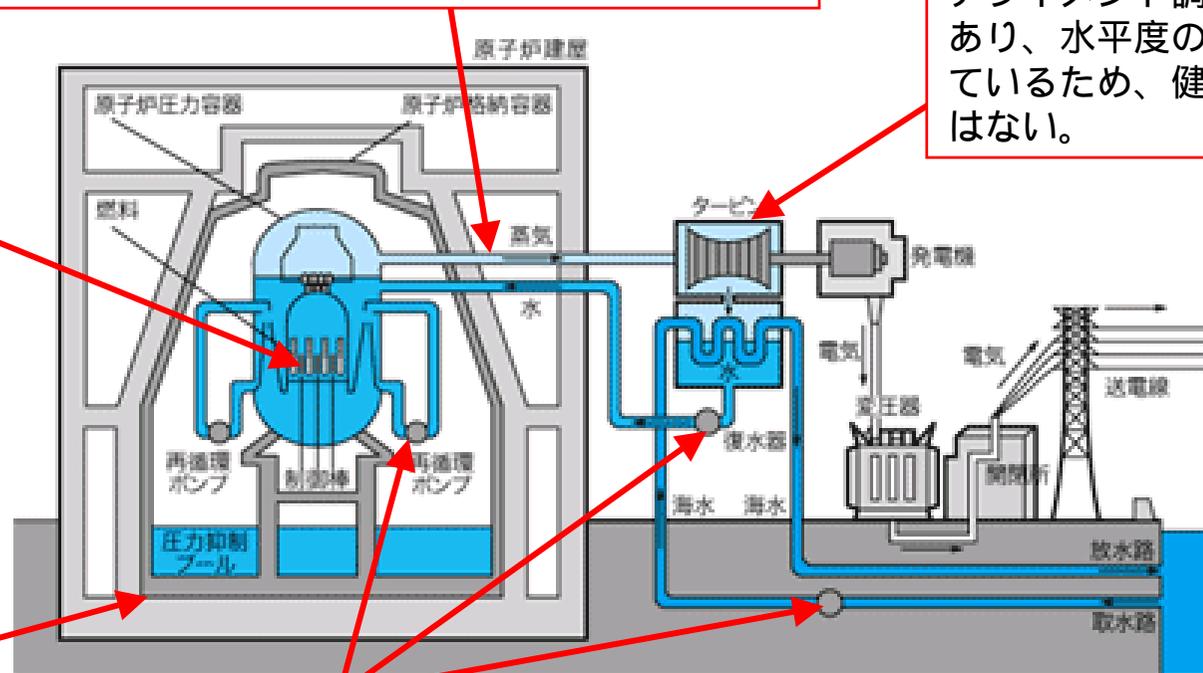
制御棒と燃料集合体は同一方向に傾斜するとともに、当該の傾斜量では燃料集合体の相対変位が生じないため、挿入性への影響はない。

## ・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