

福島第一原子力発電所
福島第二原子力発電所
新耐震指針に照らした耐震安全性評価
(中間報告の概要)

平成21年7月22日
東京電力株式会社



東京電力

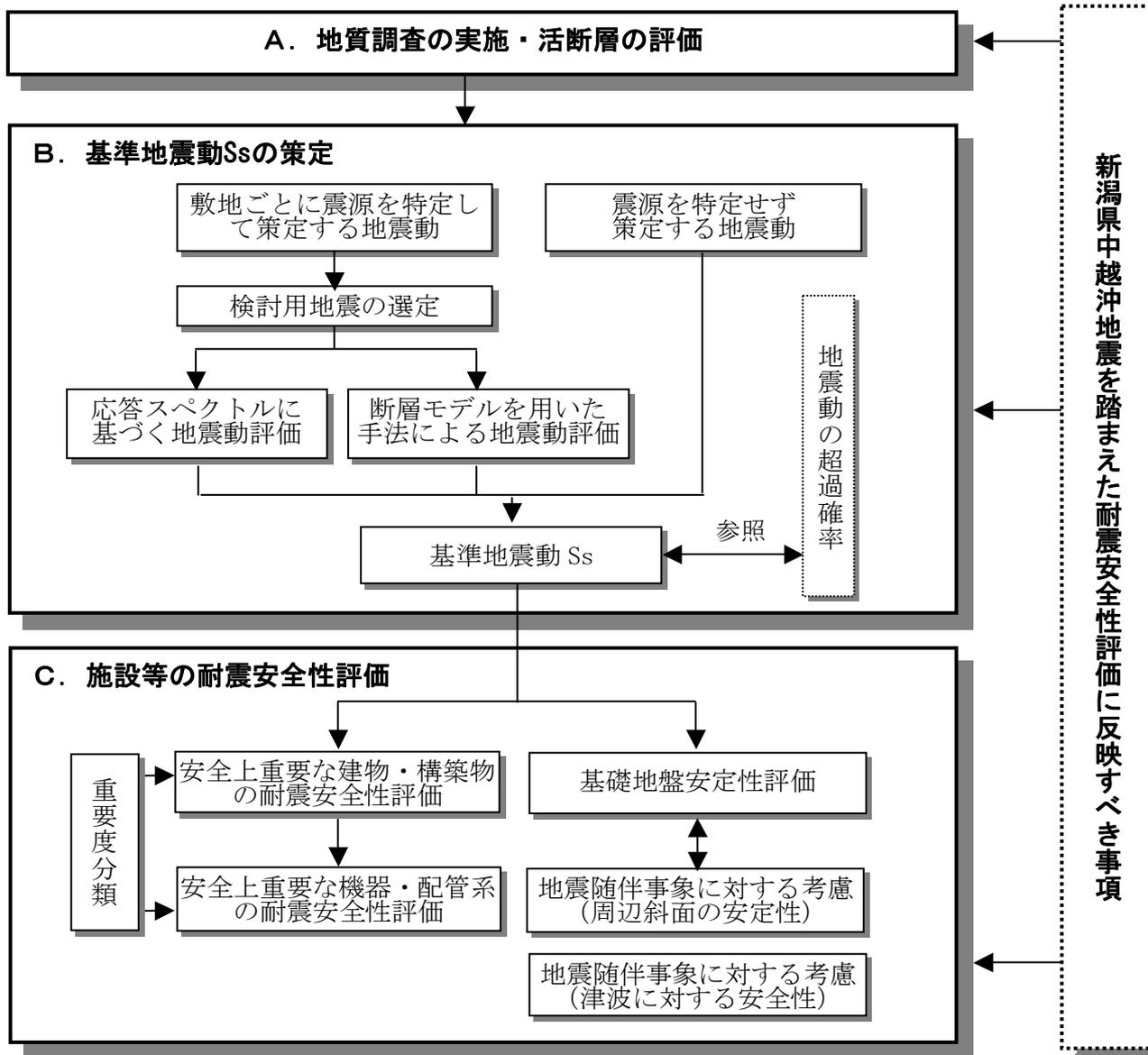
中間報告の経緯（1 / 2）

- 平成18年9月19日「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂（原子力安全委員会）
- 平成18年9月20日「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」（平成18・09・19原院第6号）
 - 平成18年10月18日「既設発電用原子炉施設の耐震安全性評価実施計画書」を当社から原子力安全・保安院に提出
- 平成19年7月20日「平成19年新潟県中越沖地震を踏まえた対応について（指示）」（平成19・07・20原第1号）
 - 平成19年8月20日「既設発電用原子炉施設の耐震安全性評価実施計画書の見直しについて」を当社から原子力安全・保安院に提出。その中で平成20年3月に代表プラント（1F-5、2F-4）について中間報告をする旨を記載
 - 平成20年3月31日「福島第一、第二原子力発電所耐震安全性評価中間報告」にて1F-5、2F-4耐震安全性評価中間報告を原子力安全・保安院に提出

中間報告の経緯（2／2）

- 平成20年9月4日「新潟県中越沖地震を踏まえた原子力発電所等の耐震安全性評価に反映すべき事項について」（平成20・08・29原院第10号）
 - 平成20年12月8日「福島第一、第二原子力発電所の耐震安全性評価の遅延」を公表。1F-1～4・6は平成21年6月、2F-1～3は平成21年3月に中間報告をする旨記載
 - 平成21年4月3日「福島第二原子力発電所耐震安全性評価中間報告（改訂版）」にて2F-1～3の耐震安全性評価中間報告を原子力安全・保安院に提出
 - 平成21年6月19日「福島第一原子力発電所耐震安全性評価中間報告（改訂版）」にて1F-1～4・6の耐震安全性評価中間報告を原子力安全・保安院に提出

新耐震指針に照らした耐震安全性評価の流れ



A 地質調査の実施・活断層の評価

1. 敷地周辺の地質調査概要
2. 双葉断層
 2. 1 北端の評価（島田地点）
 2. 2 南端の評価（馬場地点）
3. 地震本部が示す双葉断層北部（相馬断層）
4. 敷地近傍・敷地の地質・地質構造

1. 敷地周辺の地質調査概要

2. 双葉断層

2.1 北端の評価(島田地点)

2.2 南端の評価(馬場地点)

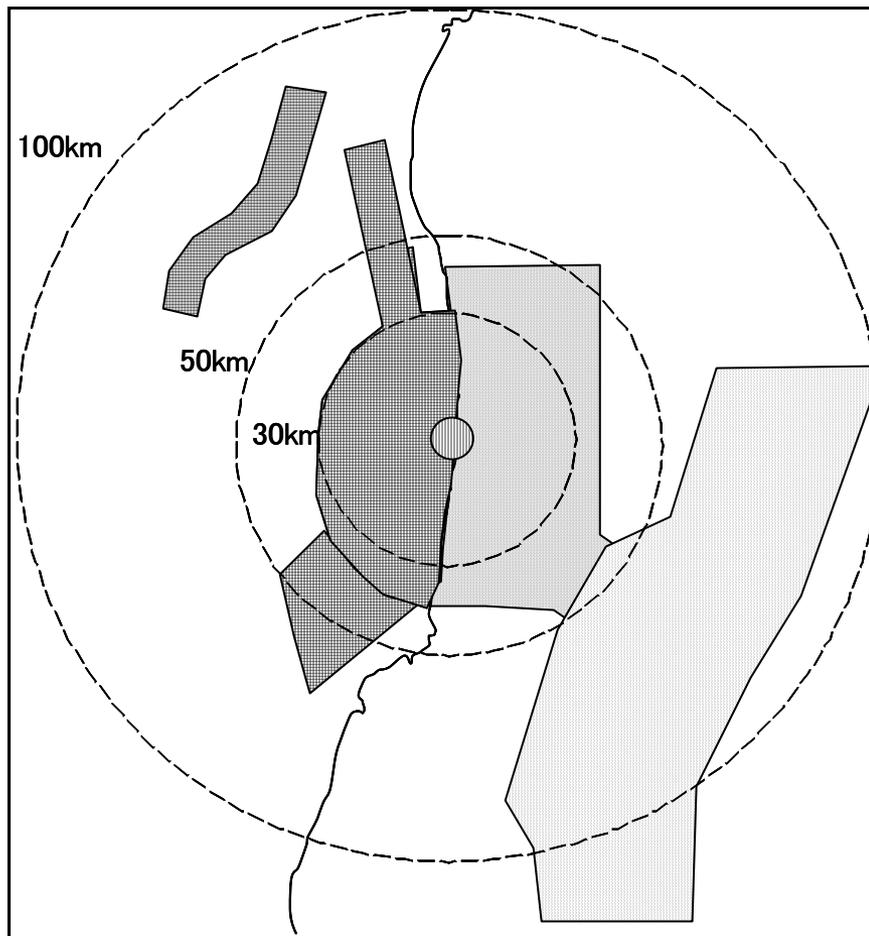
3. 地震本部が示す双葉断層北部(相馬断層)

4. 敷地近傍・敷地の地質・地質構造

運用補助共用施設申請時～耐震設計審査指針の改訂を踏まえて実施した地質調査

H 5 年	運用補助共用施設申請時の地質調査
H 8 ～ 1 2 年	許可取得後に実施した地質調査
H 1 5 年	海域活断層の再評価
H 1 8 年	耐震設計審査指針の改訂
H 1 8 年	耐震設計審査指針改訂を踏まえた地質調査
H 1 9 年	新潟県中越沖地震の発生
H 1 9 年	新潟県中越沖地震を踏まえた地質調査

- 敷地周辺陸域
 - ・文献調査
 - ・変動地形学的調査
(空中写真判読)
 - ・地表地質調査
 - ・ボーリング調査 等
- 敷地周辺海域
 - ・文献調査
 - ・海上音波探査
 - ・他機関の記録再解析 等
- 敷地
 - ・ボーリング調査
 - ・試掘坑調査 等



敷地からの距離は福島第一原子力発電所から

新潟県中越沖地震を踏まえた地質調査

- H 5 年 運用補助共用施設申請時の地質調査
- H 8 ~ 1 2 年 許可取得後に実施した地質調査
- H 1 5 年 海域活断層の再評価
- H 1 8 年 耐震設計審査指針の改訂
- H 1 8 年 耐震設計審査指針改訂を踏まえた地質調査
- H 1 9 年 新潟県中越沖地震の発生
- H 1 9 年 **新潟県中越沖地震を踏まえた地質調査**

■ 敷地周辺陸域

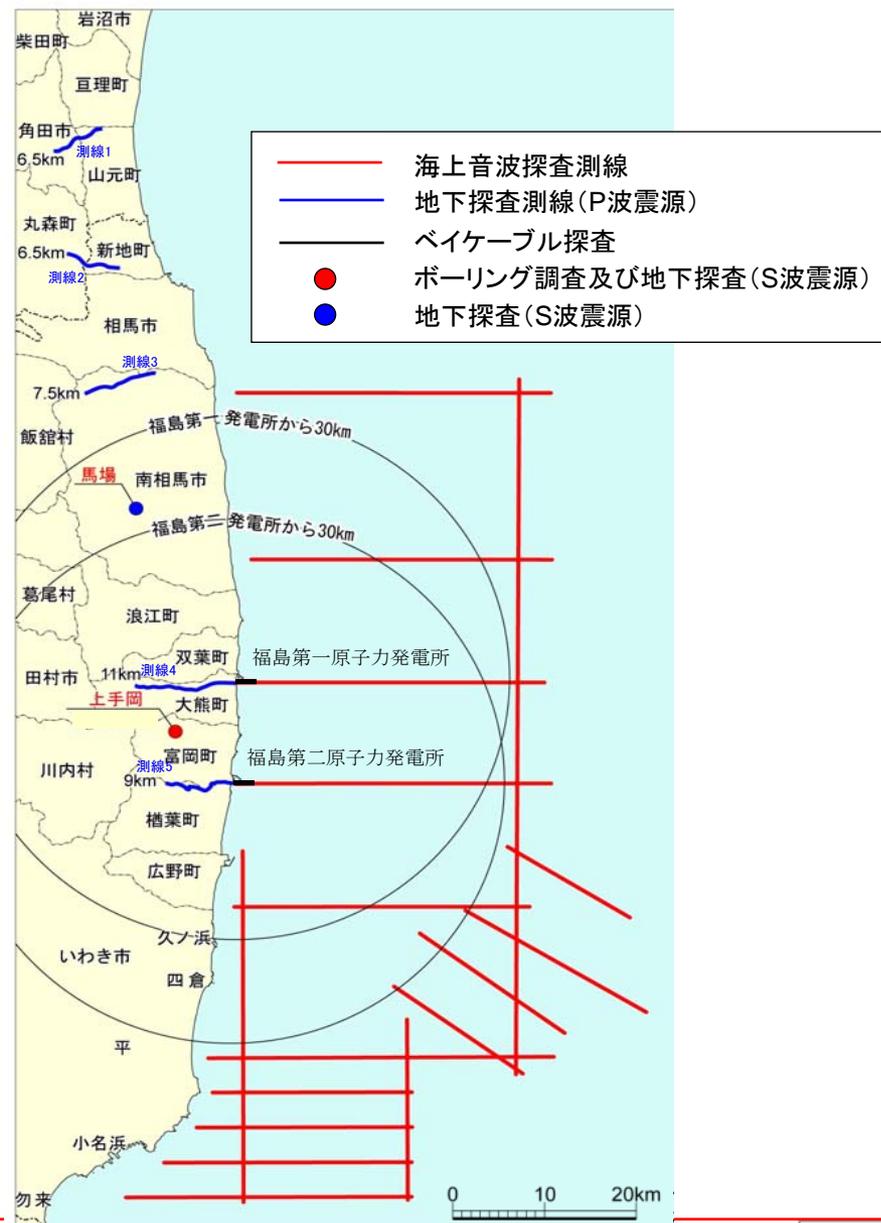
- ・地下探査
- ・ボーリング調査
- ・地表地質調査

■ 敷地周辺海域

- ・海上音波探査

■ 敷地近傍・敷地内

- ・地下探査(ベイケーブルによる探査)
- ・深いボーリング
(第一:約1000m, 第二:約1000m)
- ・浅いボーリング



Aサブグループの議論を踏まえた地質調査

- 平成20年3月31日 中間報告書提出
- 平成20年8月4日 新潟県中越沖地震を踏まえて実施した地質調査結果を国に報告
- 平成20年9月～平成21年3月 Aサブグループ^(※)の議論を踏まえて追加調査を実施

(※)原子力安全・保安院の審議会:地震・津波、地質・地盤合同ワーキンググループAサブグループ会合

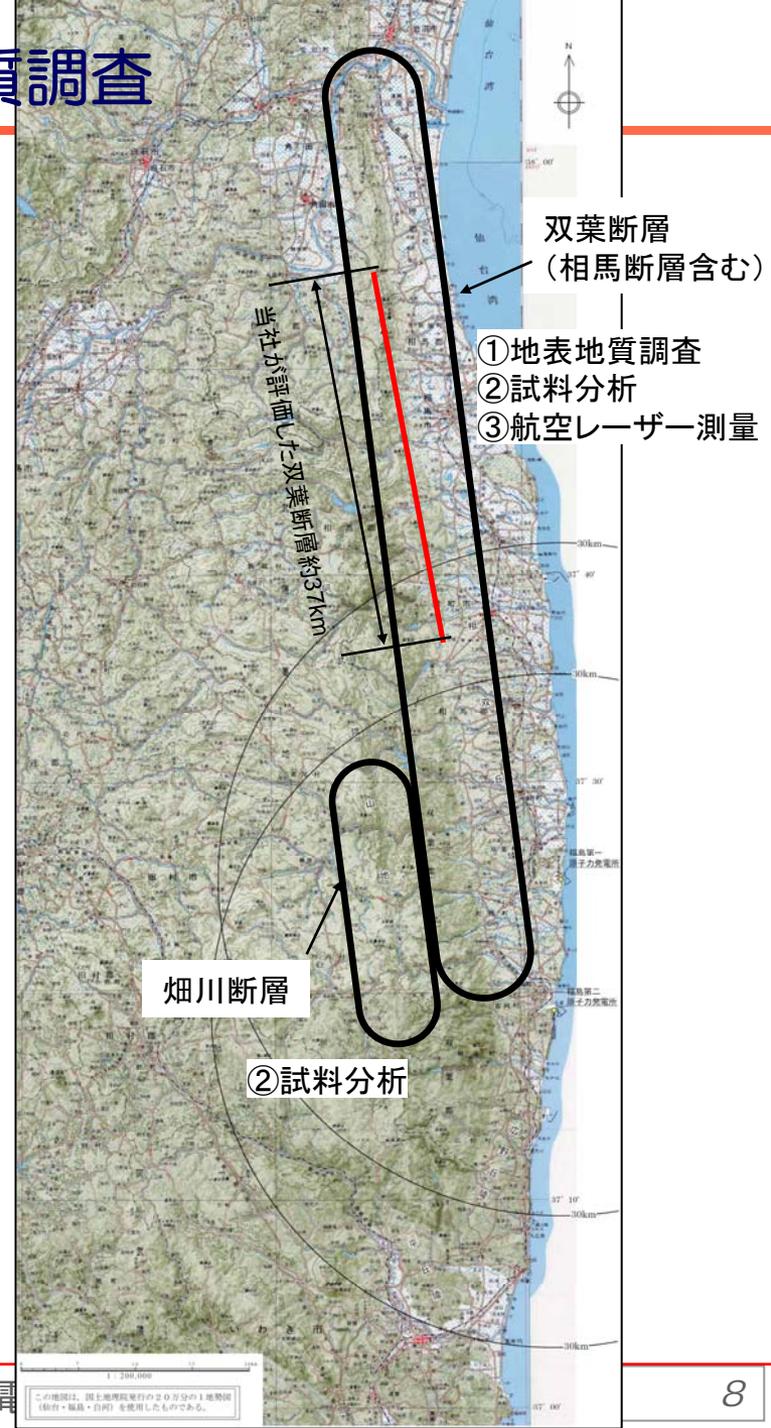
調査概要

(1) 調査実施時期

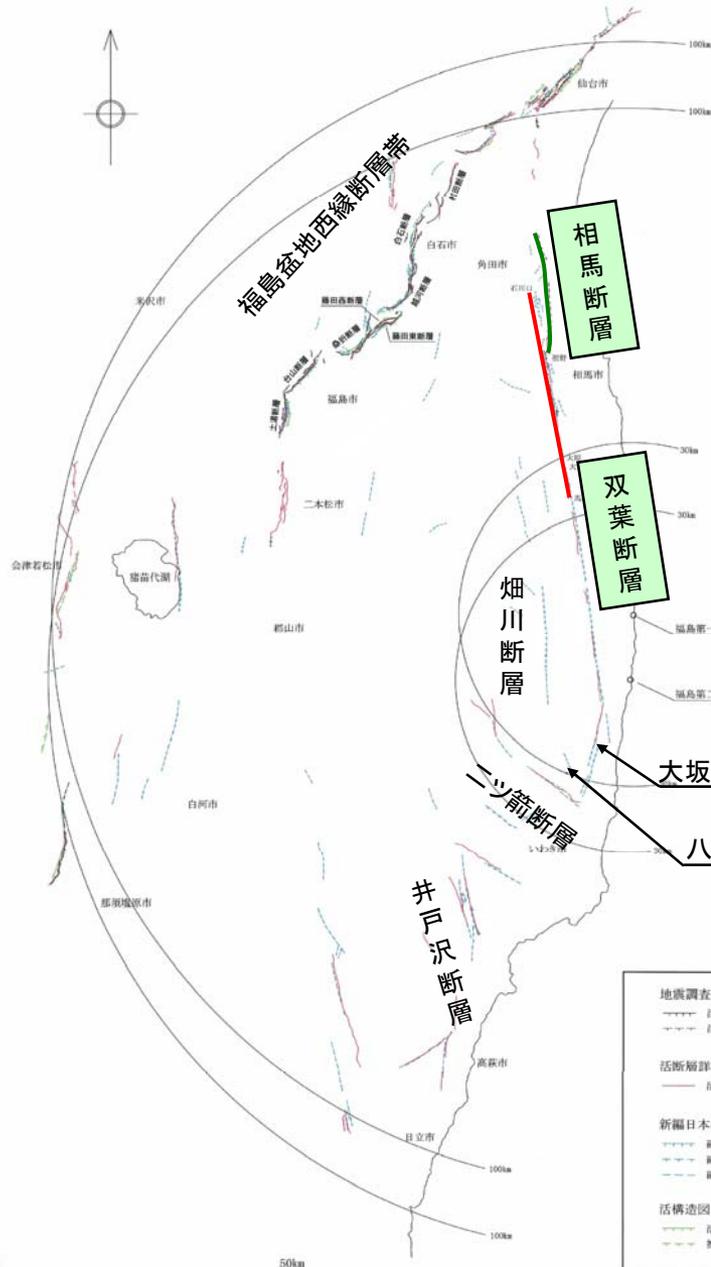
平成20年9月上旬～平成21年3月末

(2) 調査項目

- ① 地表地質調査
 - ・火山灰分析
 - ・リニアメントの成因調査 等
- ② 試料分析
 - ・断層破碎部の性状に関する各種分析
- ③ 航空レーザー測量
 - ・数値標高モデルによる地形面の分析



調査・評価概要



- 活構造図「新潟」
- 新編日本の活断層
- 活断層詳細デジタルマップ
- 地震調査研究推進本部等に以下の断層が示される。



- ・双葉断層
- ・相馬断層
- (地震調査研究推進本部が示す双葉断層北部)
- ・畑川断層
- ・大坂-芦沢リニアメント
- ・八茎断層
- ・二ツ箭断層
- ・福島盆地西縁断層帯
- ・井戸沢断層



- ・双葉断層 (約37km)
- ・福島盆地西縁断層帯 (約57km)
- ・井戸沢断層 (約19.5km)



活断層として評価

1. 敷地周辺の地質調査概要

2. 双葉断層

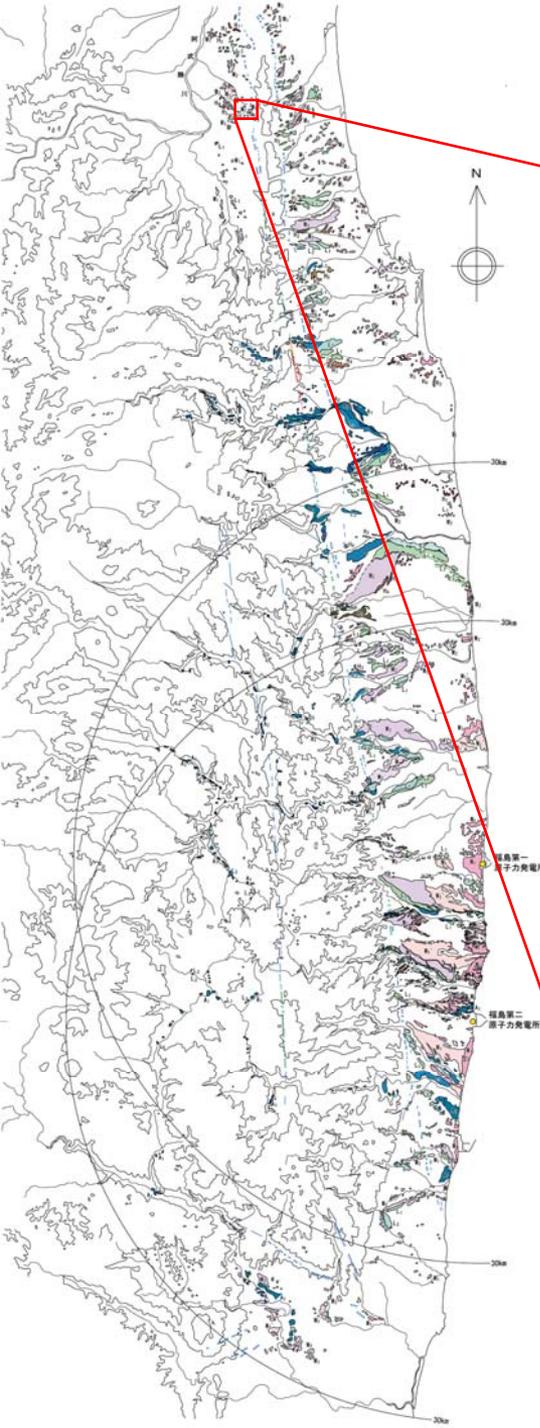
2. 1 北端の評価(島田地点)

2. 2 南端の評価(馬場地点)

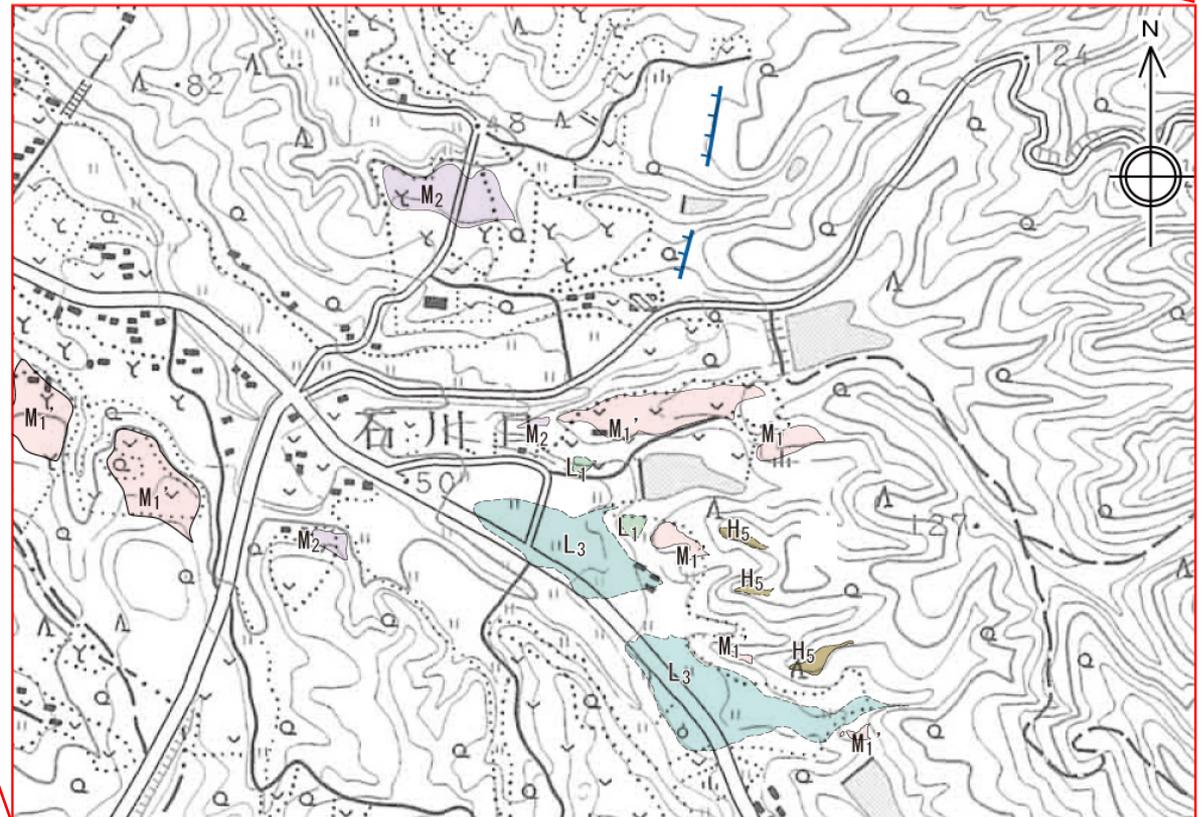
3. 地震本部が示す双葉断層北部(相馬断層)

4. 敷地近傍・敷地の地質・地質構造

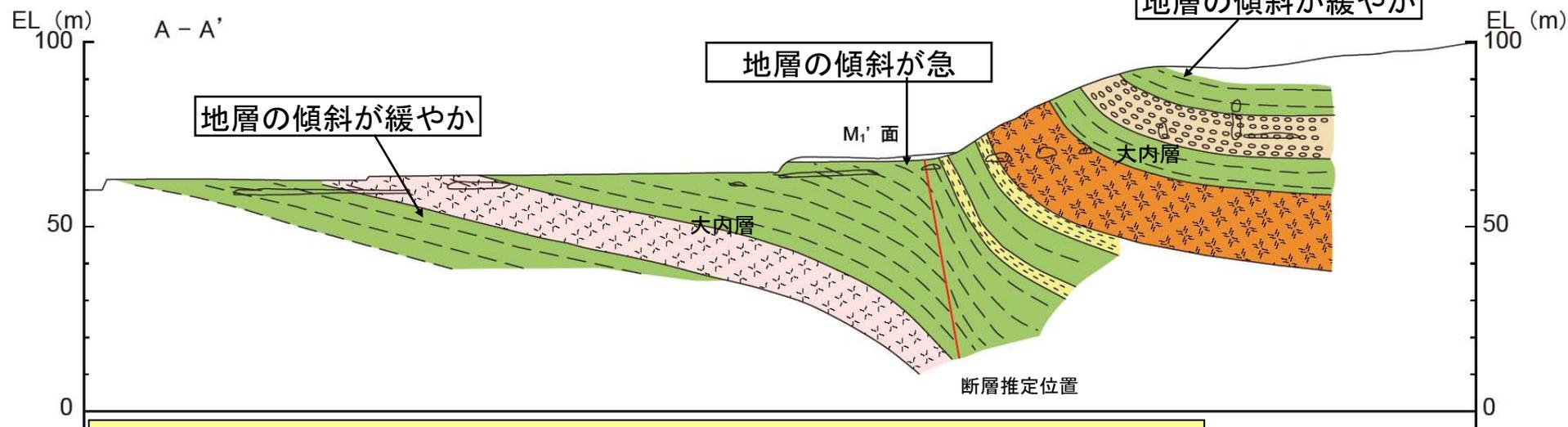
空中写真判読図



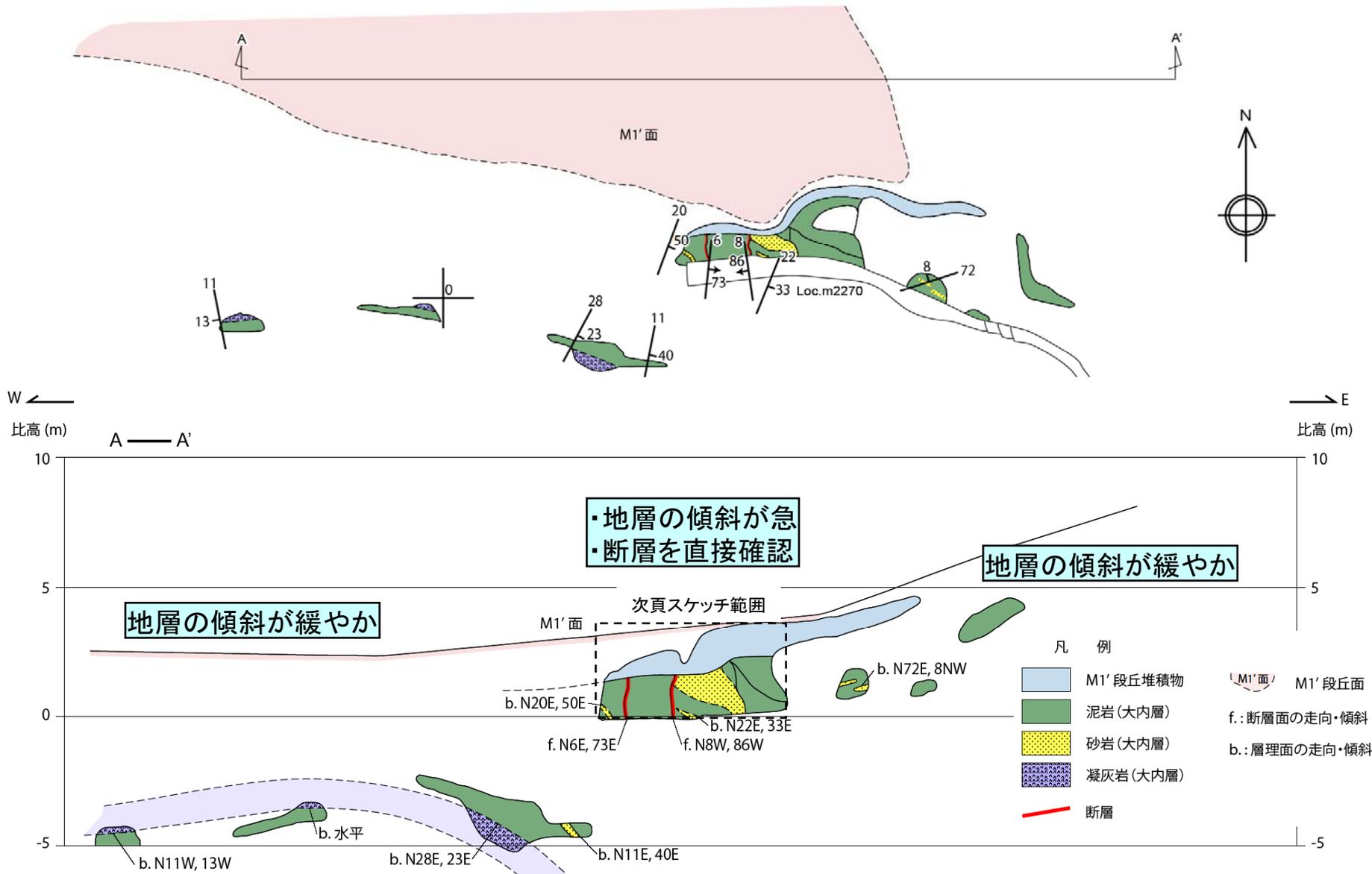
- 凡例
- 段丘区分
- L₃ 面 L₃
 - L₁ 面 L₁
 - M₂ 面 M₂
 - M₁' 面 M₁'
 - H₅ 面 H₅
- リニアメント
- L_D L_D
 (短線は低下側を示す)



北端部（島田） —地質断面図（1）—

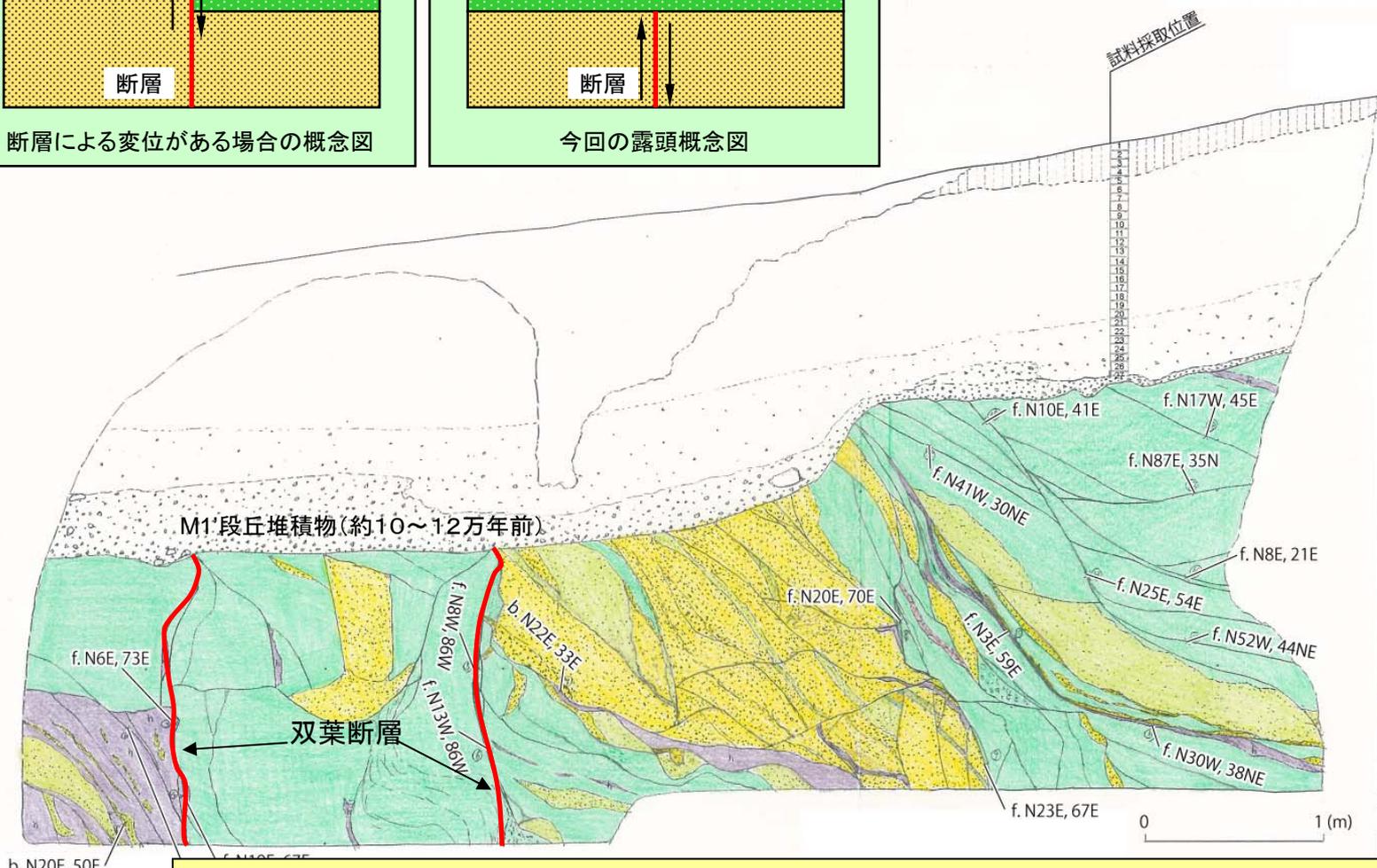
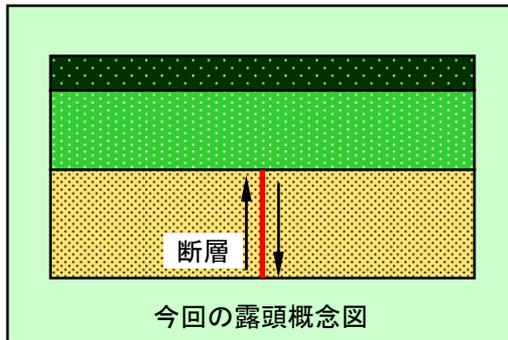
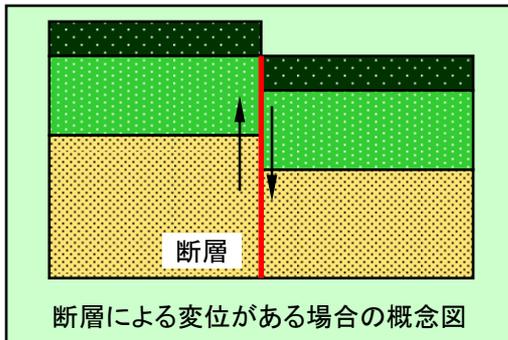


■M₁'面（約10～12万年前）の分布域を含む東西で大内層（およそ1000～1500万年前）の傾斜の変化（緩傾斜→急傾斜→緩傾斜）を確認していること、M₁'面の南北で双葉断層を露頭で確認していることから、双葉断層はM₁'面の分布している付近に存在する。



■断層及びその西方に大内層の緩傾斜への変化が確認されたことから、当該断層が双葉断層と判断される。

北端部（島田）—露頭スケッチ—



- 凡例
- 黒褐色土壌
 - ローム層
 - 礫混じりローム層
 - 角礫層 (M1' 段丘堆積物)
 - 泥岩
 - 炭質泥岩
 - 細粒砂岩
 - 中~粗粒砂岩
 - 凝灰岩
- (大内層)
- b.: 層理面の走向・傾斜
f.: 断層面の走向・傾斜
- 1
 2
- 灰試料採取位置

■双葉断層はM1'段丘堆積物(約10~12万年前)に変位・変形を与えておらず、後期更新世以降(約12~13万年前以降)の活動はないと判断される。

1. 敷地周辺の地質調査概要

2. 双葉断層

2. 1 北端の評価(島田地点)

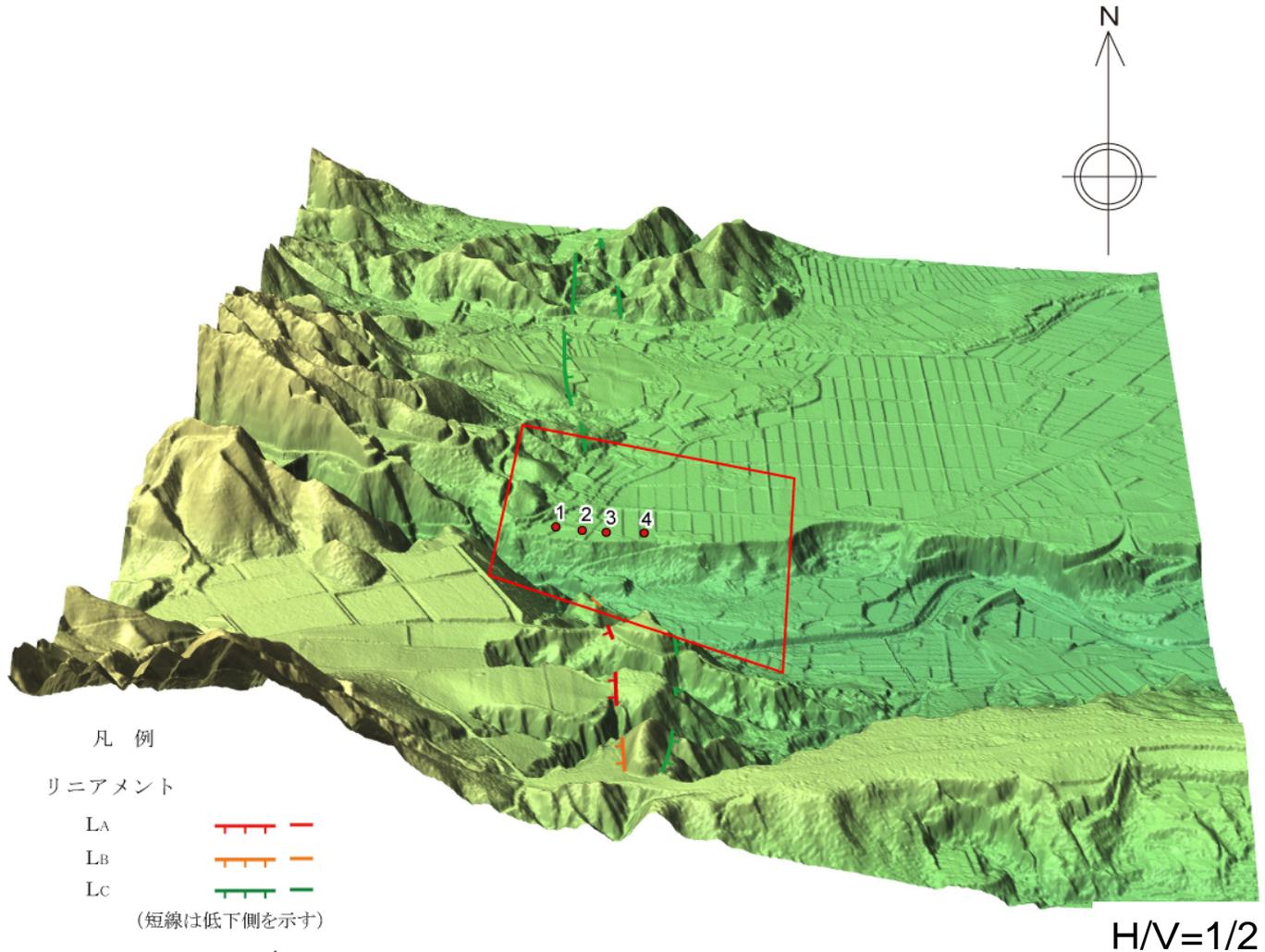
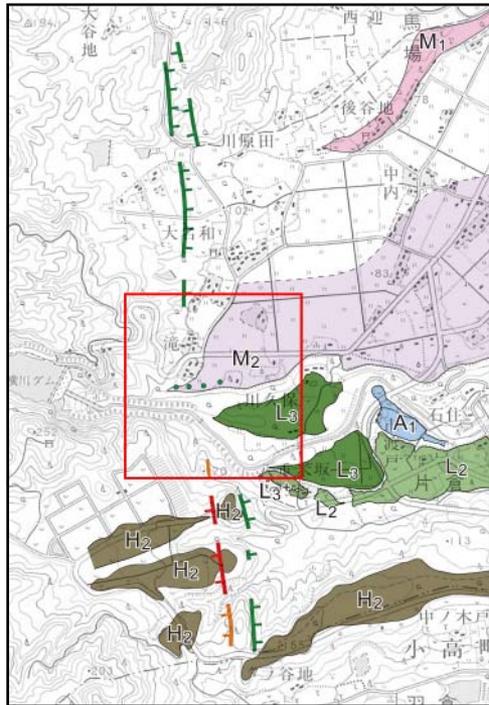
2. 2 南端の評価(馬場地点)

3. 地震本部が示す双葉断層北部(相馬断層)

4. 敷地近傍・敷地の地質・地質構造

南端部（馬場）

—レーザー測量：鳥瞰図—



凡例

リニアメント



(短線は低下側を示す)

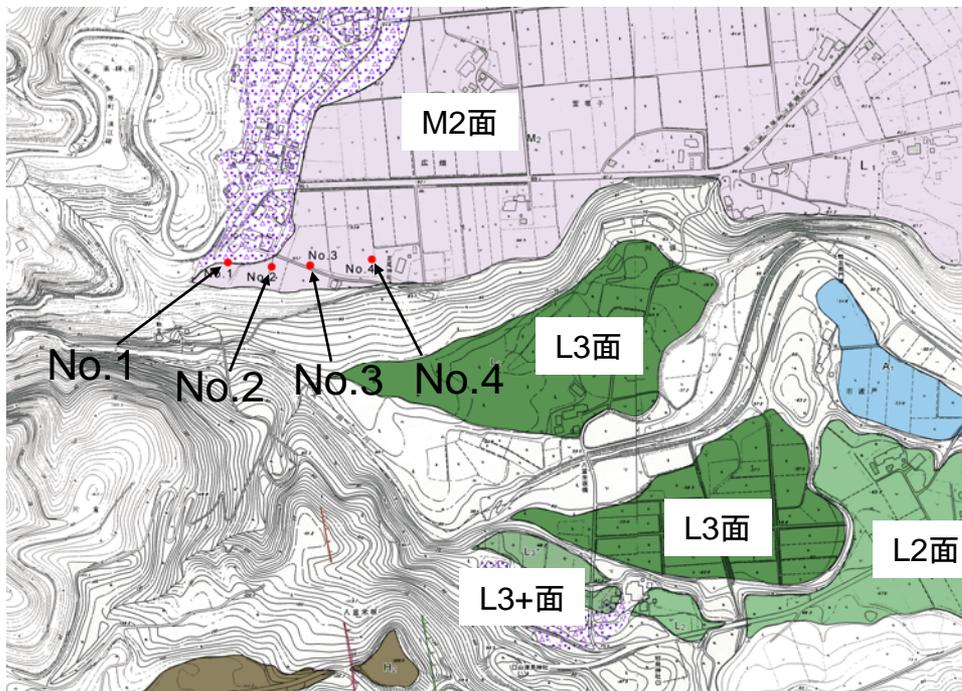
ボーリング位置 1

H/V=1/2

- 航空レーザー測量により、馬場地点周辺の地形データを作成。
- 断層推定位置付近(赤枠範囲)に分布するM2面(MIS5c, 約10万年前)に変動地形は認められない。

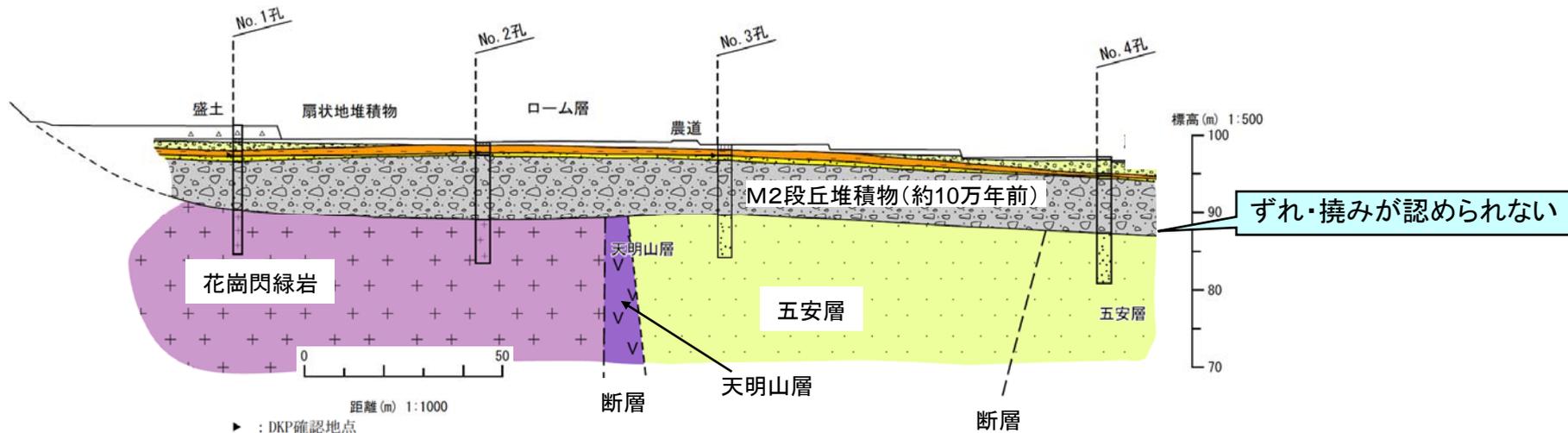
南端部（馬場）

—ボーリング調査結果—

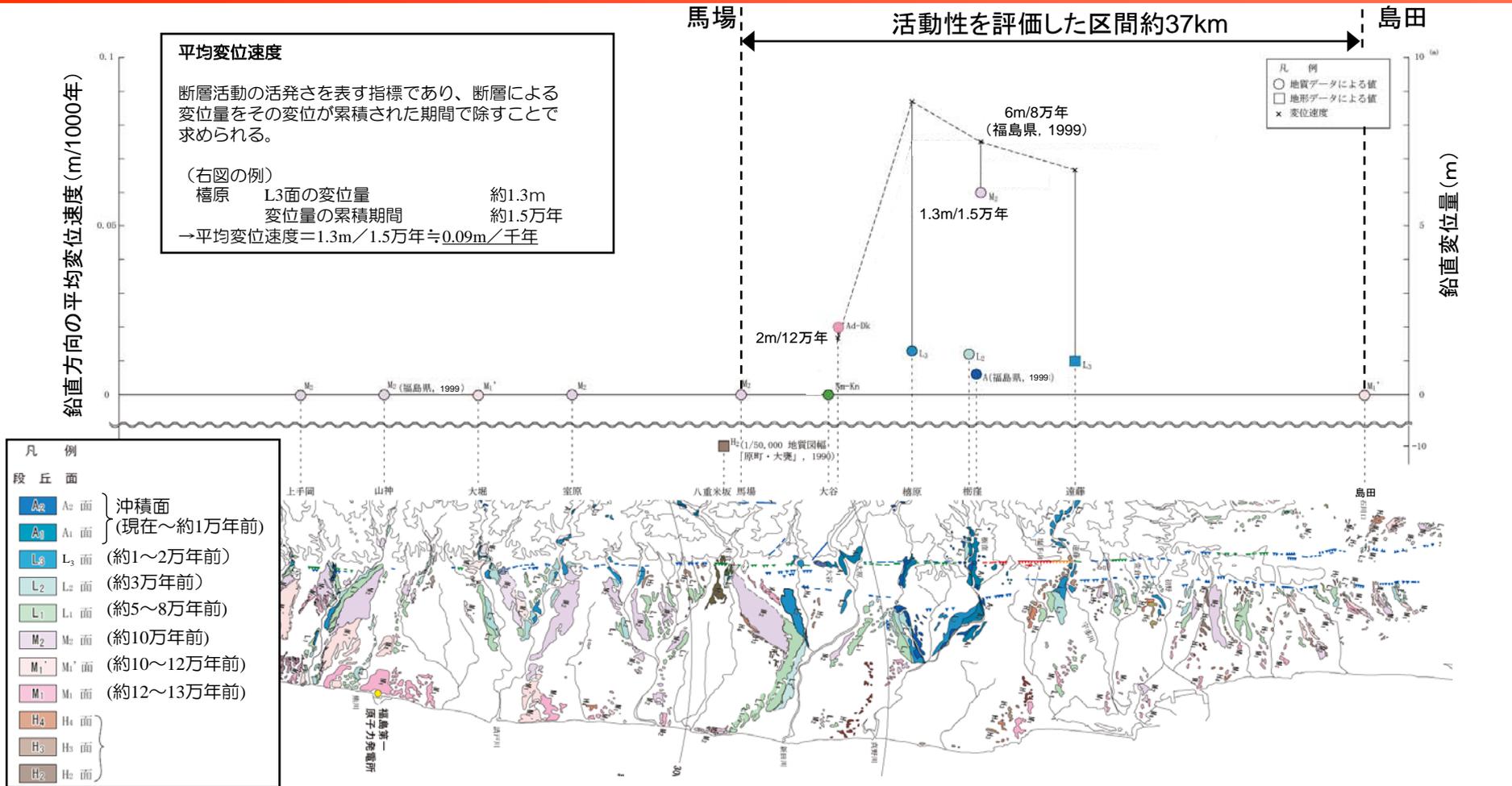


■M2段丘堆積物(MIS5c, 約10万年前)に変位・変形が認められないことから馬場における双葉断層の後期更新世以降の活動性はないと判断。

■また, M2面から採取した試料の火山灰分析の結果, 9~13万年前の火山灰(Nm-Sb, 沼沢芝原)が確認されたことから, M2面(MIS5c, 約10万年前)と判断した。



双葉断層の後期更新世の鉛直方向の平均変位速度



- L面の変位量がほぼ同等であることから、遠藤、栃窪、榎原については同等の平均変位速度と想定される。
- 大谷付近では、約12万年前の火山灰(Ad-Dk, 安達太良岳)に約2mの変位が認められていることから遠藤、栃窪、榎原より平均変位速度は小さい。
- 馬場以南では、最終間氷期(約8～13万年前)の地層に変位・変形は認められない。また、北部では島田のM1'面(約10～12万年前)に変位・変形が認められない。

1. 敷地周辺の地質調査概要

2. 双葉断層

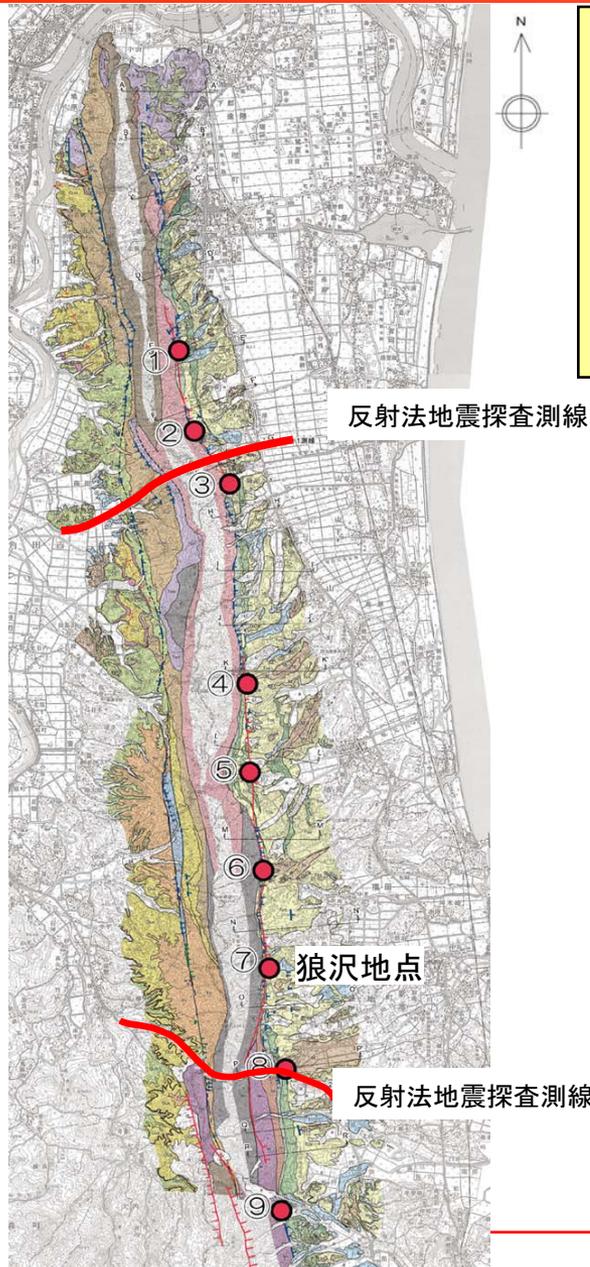
2.1 北端の評価(島田地点)

2.2 南端の評価(馬場地点)

3. 地震本部が示す双葉断層北部(相馬断層)

4. 敷地近傍・敷地の地質・地質構造

相馬断層の概要



■文献により相馬断層が示されている付近は、中新統(およそ500～2500万年前の地層)及び鮮新統(およそ200～500万年前の地層)の**撓曲構造(地層が曲がった構造)により特徴付けられ**、活断層詳細デジタルマップ(2002)による推定活断層及び空中写真判読によるリニアメントは、上記の撓曲部に位置している。

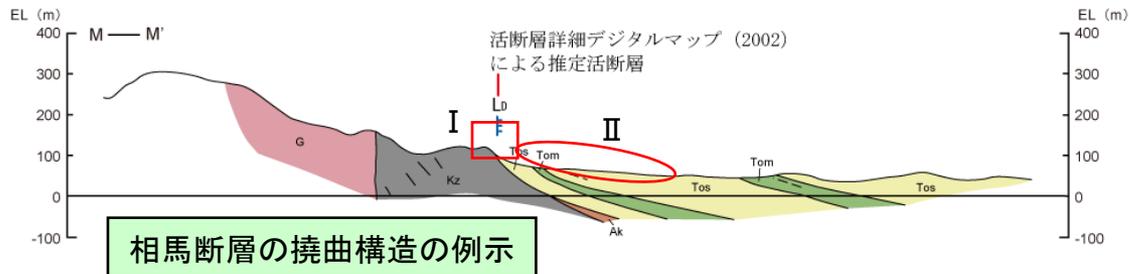
■上記を踏まえ、下記の9地点について、**I. リニアメントの成因**、**II. 撓曲構造と地形面の関係**について検討を行った。

■ここでは、代表して狼沢地点の調査結果を示す。

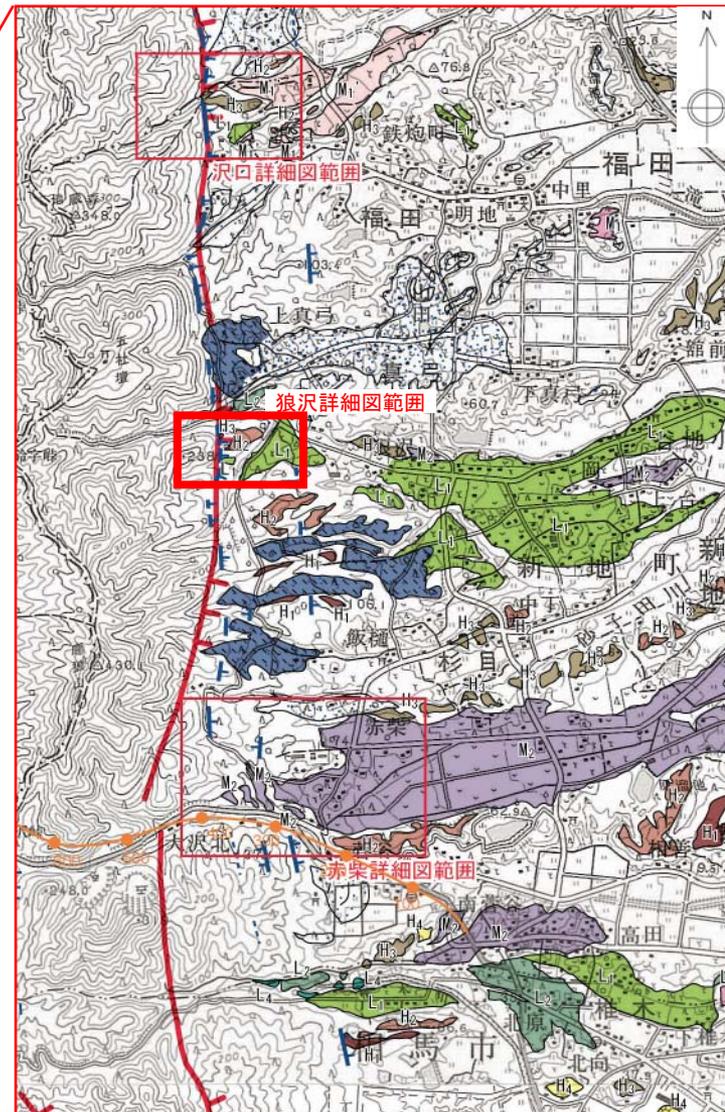
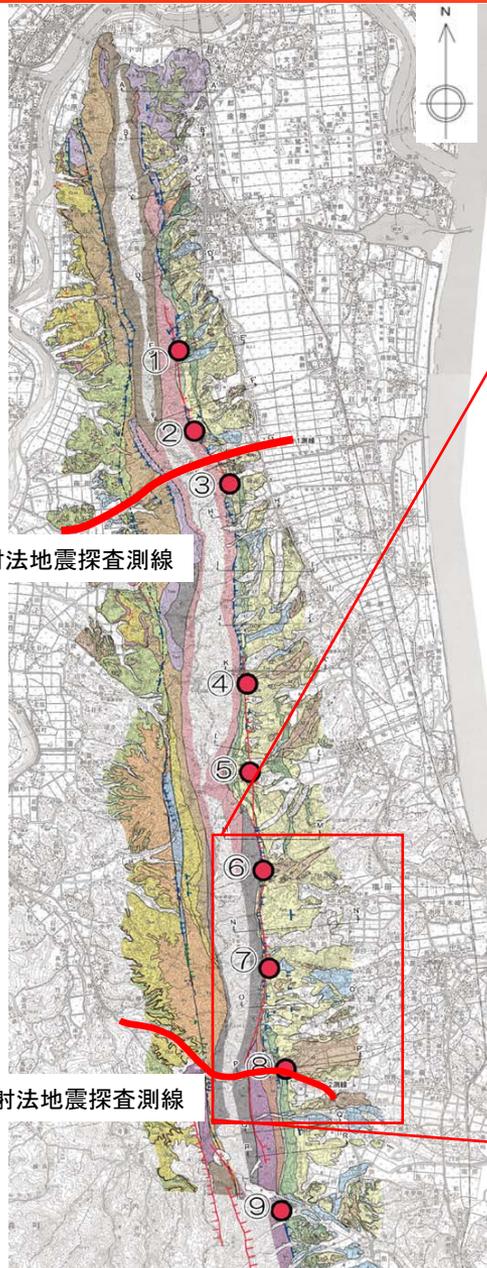
相馬断層に関する調査地点

- ① 平場地点
- ② 大平西地点
- ③ 鷲足地点
- ④ 高瀬地点
- ⑤ 坂元地点
- ⑥ 沢口地点
- ⑦ 狼沢地点
- ⑧ 赤柴地点
- ⑨ 払川地点

狼沢地点以外の調査結果については、参考資料に示す。

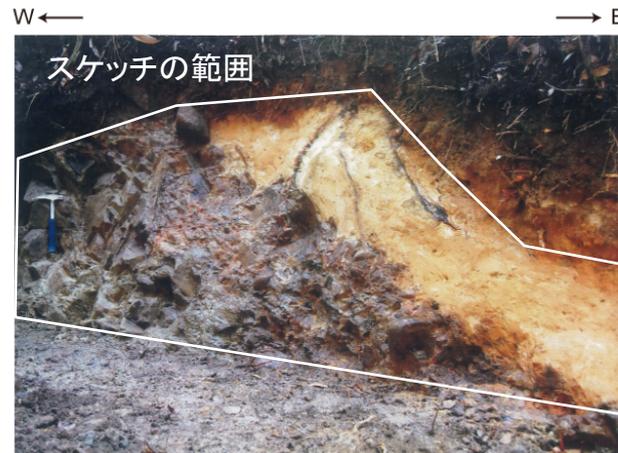
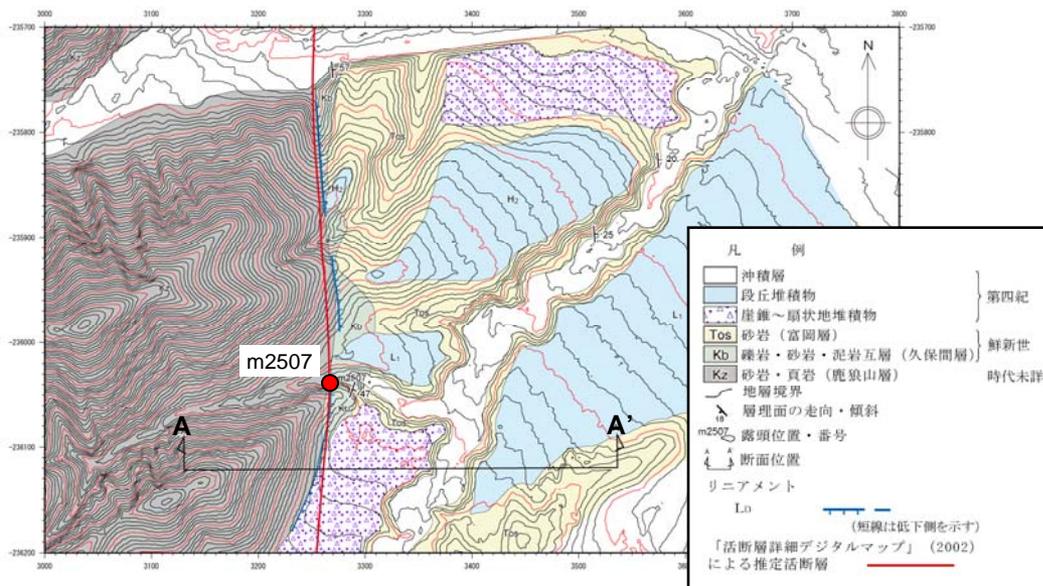


⑦ 【狼沢地点】 一空中写真判読図一

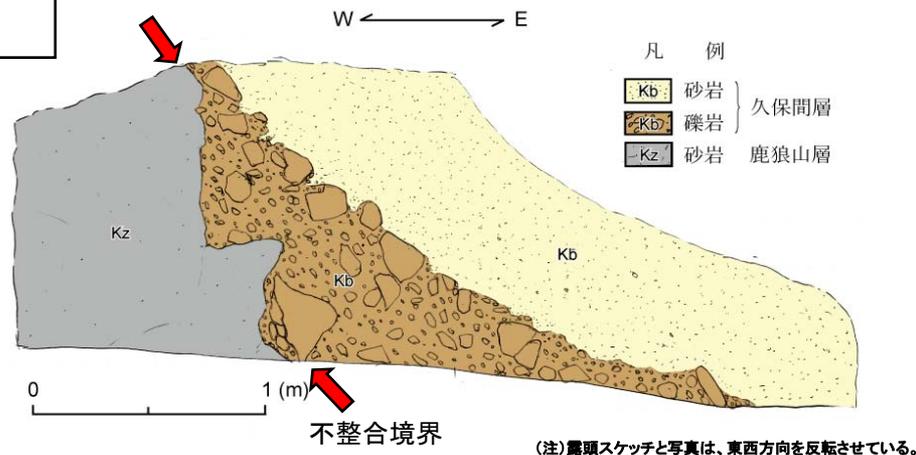


- 凡例
- 段丘面
- L₄ 面
 - L₂ 面 (MIS 3)
 - L₁ 面 (MIS 5a)
 - M₂ 面 (MIS 5c)
 - M₁' 面 (約12万年前から約10万年前)
 - M₁ 面 (MIS 5e)
 - H₄ 面
 - H₃ 面
 - H₂ 面
 - H₁ 面
- (MIS 7あるいはそれ以前の高海面期)
- 崖錐性～扇状地性平坦面 (低位面)
- 崖錐性～扇状地性平坦面 (高位面)
- リニアメント
- L₀
- (短線は低い側を示す。)
- 100 反射法地震探査解析側線 (図中の数字は100m間隔のCMP番号)
- 「活断層詳細デジタルマップ」(2002)による推定活断層 (短線は低い側を示す)

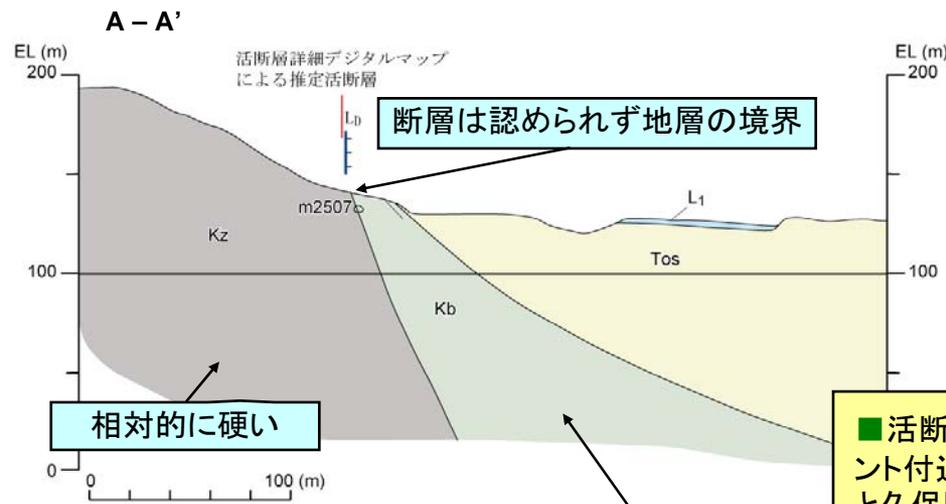
⑦ 【狼沢地点：m2507】 リニアメントの成因



m2507: 鹿狼山層と久保間層の不整合境界。久保間層基底部には基底礫岩を伴う。



(注)露頭スケッチと写真は、東西方向を反転させている。



断層は認められず地層の境界

相対的に硬い

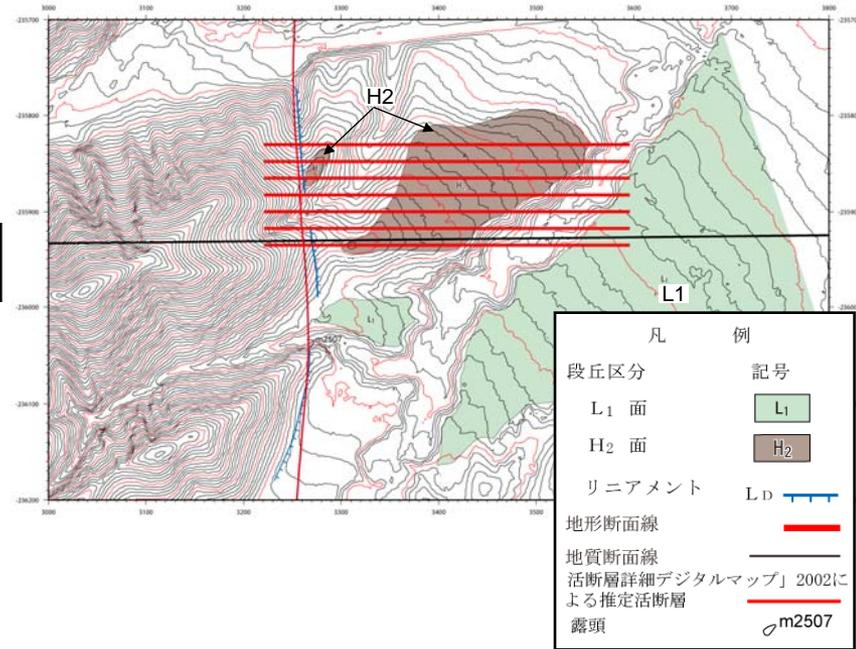
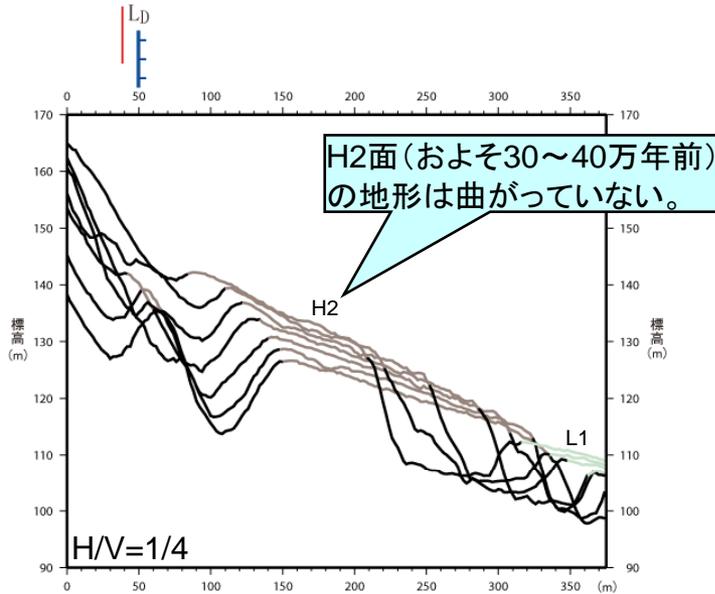
相対的に柔らかくより多く浸食

■ 活断層詳細デジタルマップによる推定活断層及び リニアメント付近には断層は確認されず、鹿狼山層(およそ2億年前)と久保間層(およそ300~500万年前)との不整合に対応する。
 ■ 推定活断層及びリニアメントは、両者の岩質の差を反映した侵食地形と判断される。

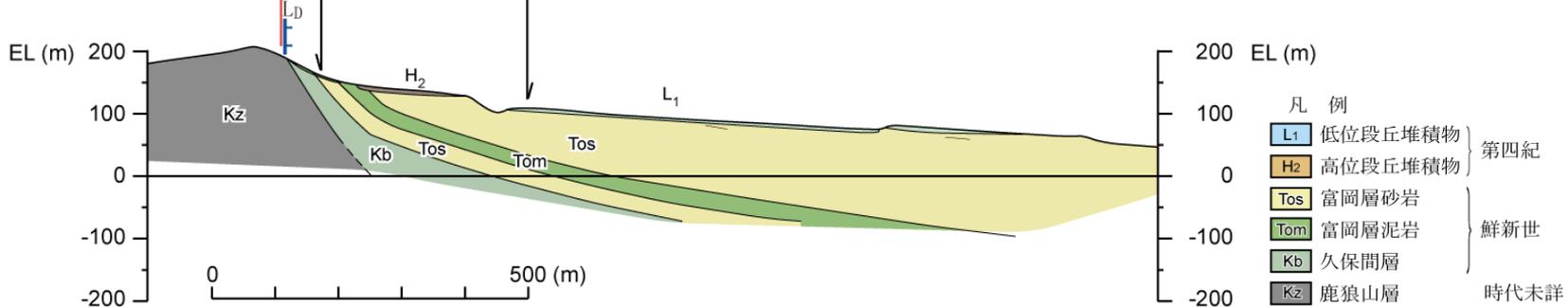
不整合
 上下二つの地層間にみられる堆積間隙を伴う不連続関係

⑦ 【狼沢付近の地形・地質断面図】

活断層詳細デジタルマップ
による推定活断層



活断層詳細デジタルマップ
による推定活断層



■レーザー測量結果に基づき作成した地形断面から、狼沢地点における古い時代の撓曲構造(地層が曲がった構造)を覆うH2面(およそ30~40万年前)に変動地形は認められない。

双葉断層及び相馬断層の評価



双葉断層及び相馬断層の評価

■**双葉断層**については、M1'段丘堆積物(約10~12万年前)に断層による変位・変形が及んでいないことが確認された島田地点から、M2段丘堆積物(約10万年前)に変位・変形が及んでいないことが確認された馬場地点までの約37kmについて活動性を考慮する。

■**相馬断層**については、多数の地点でリニアメントは岩質の差を反映した侵食地形であると判断されること、撓曲構造に対応して分布する段丘面に変位・変形が及んでいないことが確認されたことから、**活断層ではないと判断する**。

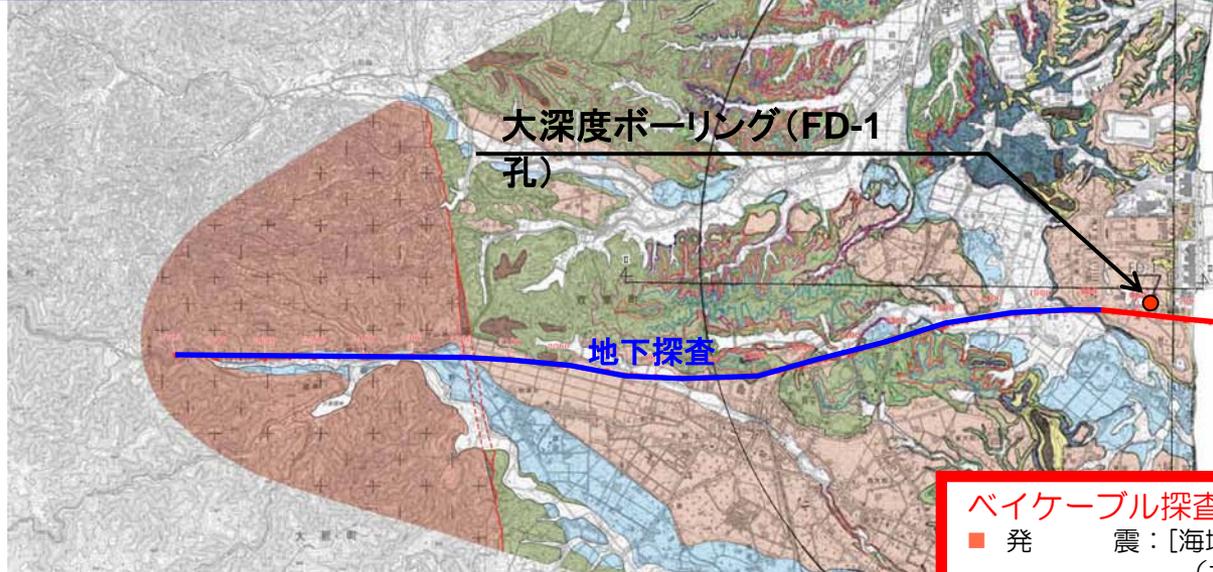
1. 敷地周辺の地質調査概要
2. 双葉断層
 2. 1 北端の評価(島田地点)
 2. 2 南端の評価(馬場地点)
3. 地震本部が示す双葉断層北部(相馬断層)
4. 敷地近傍・敷地の地質・地質構造

福島第一原子力発電所における地下探査

敷地を東西に横断する地下探査とケーブル探査測線を接続
敷地内の地下探査測線近くで大深度ボーリングを実施

地下探査

- 発 震：大型バイブレータ2台
- 発震点間隔：10m
- 受 振：地震計
- 受振点間隔：20m
- 測 線 長：11km



大深度ボーリング(FD-1孔)

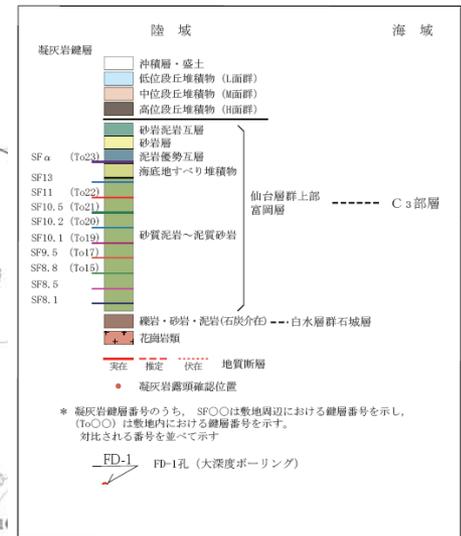
地下探査

ケーブル探査

音波探査測線凡例

- ⊗—⊗ 申請者によるシングルチャンネル音波探査 (No. 16)
- ⊗—⊗ 申請者によるマルチチャンネル音波探査 (No. 16)
(音源：ウォータガン 15cbi)
- ⊗—⊗ 申請者によるマルチチャンネル音波探査 (No. 108)
(音源：ウォータガン 400cbi)

地質凡例

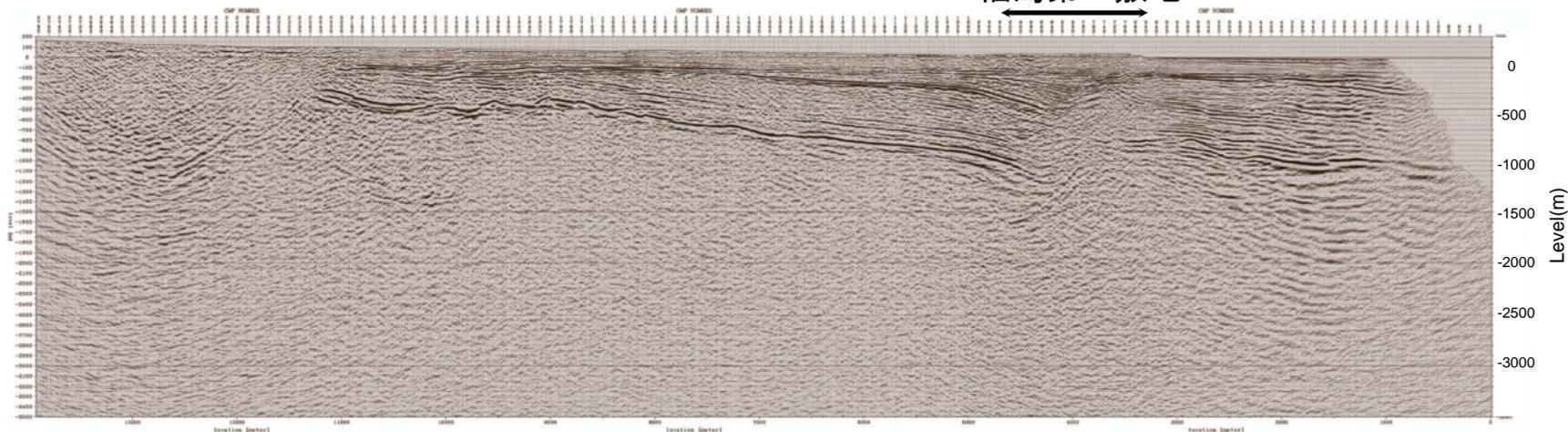


ケーブル探査

- 発 震：[海域]エアガン
(水深8m以上：500in³，水深8m以下：40in³)
[陸域]インパクト
- 発震点間隔：[海域]水深8m以上：20m，水深8m以下：10m
[陸域]20～10m
- 受 振：[海域]ハイドロフォン(ケーブル)
[陸域]地震計
- 受振点間隔：10m
- 測 線 長：[海域]2.4km
[陸域]1.0km

福島第一原子力発電所における地下探査

福島第一敷地



大深度ボーリング(FD-1孔)

福島第一敷地

7A11孔

双葉断層

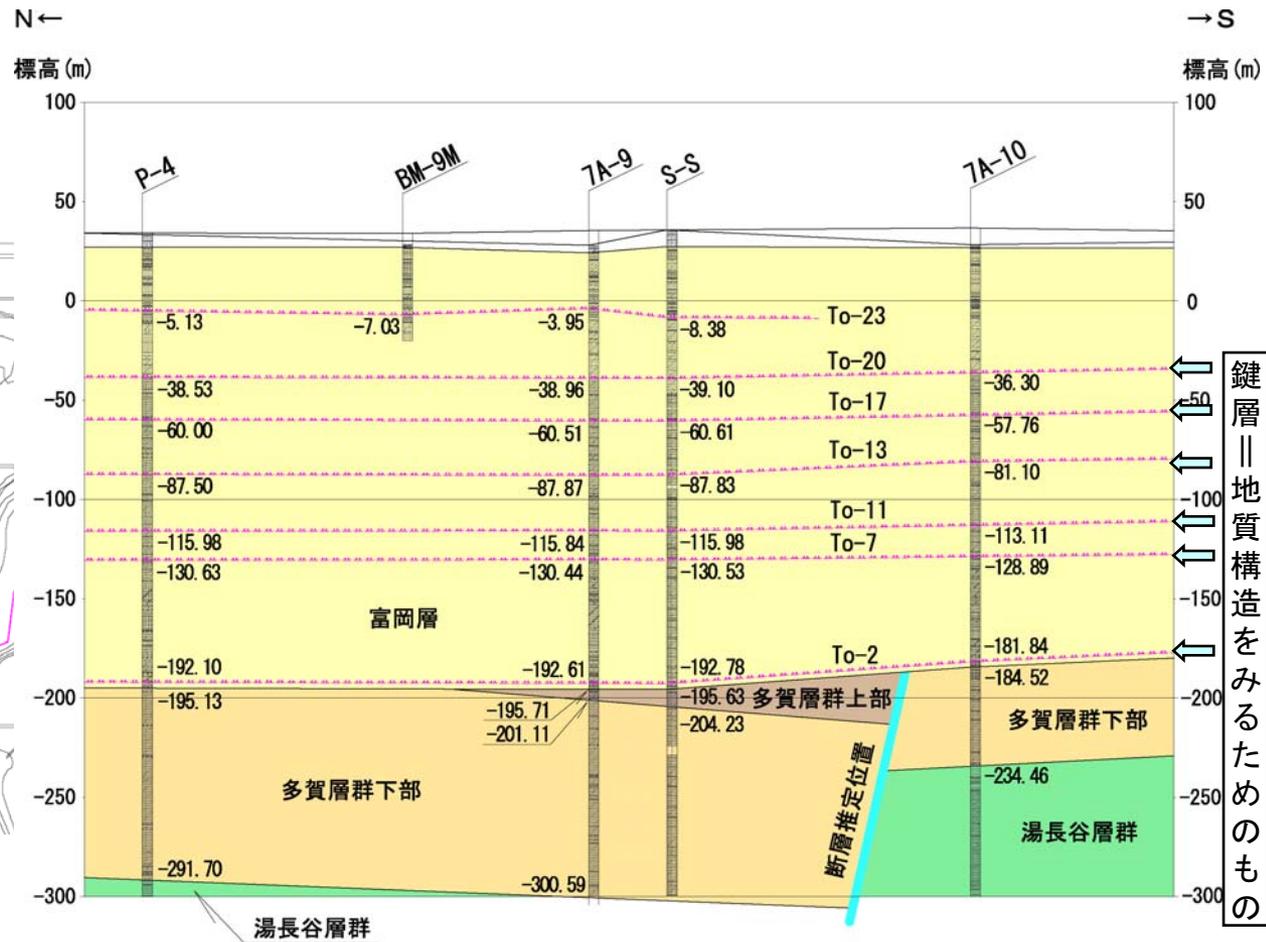
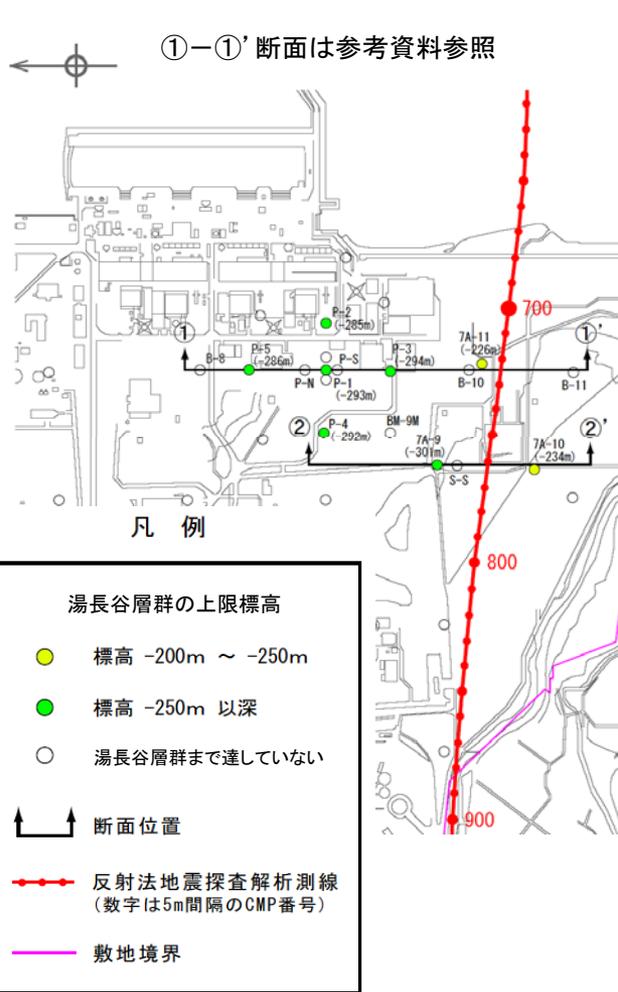


凡例

- P1 : 鮮新統 (仙台層群富岡層: 海域C層)
- Mu : 中新統 (多賀層群: 海域E層・F層)
- MI : 中新統 (湯長谷層群: 海域H層)
- O : 漸新統 (白水層群: 海域I層)
- C : 上部白亜系 (双葉層群: 海域J層)
- B : 基盤岩類 (花崗岩類)

■ 深部に古い正断層が確認されるが、原子炉基礎岩盤である鮮新統(富岡層)はほぼ水平に堆積。

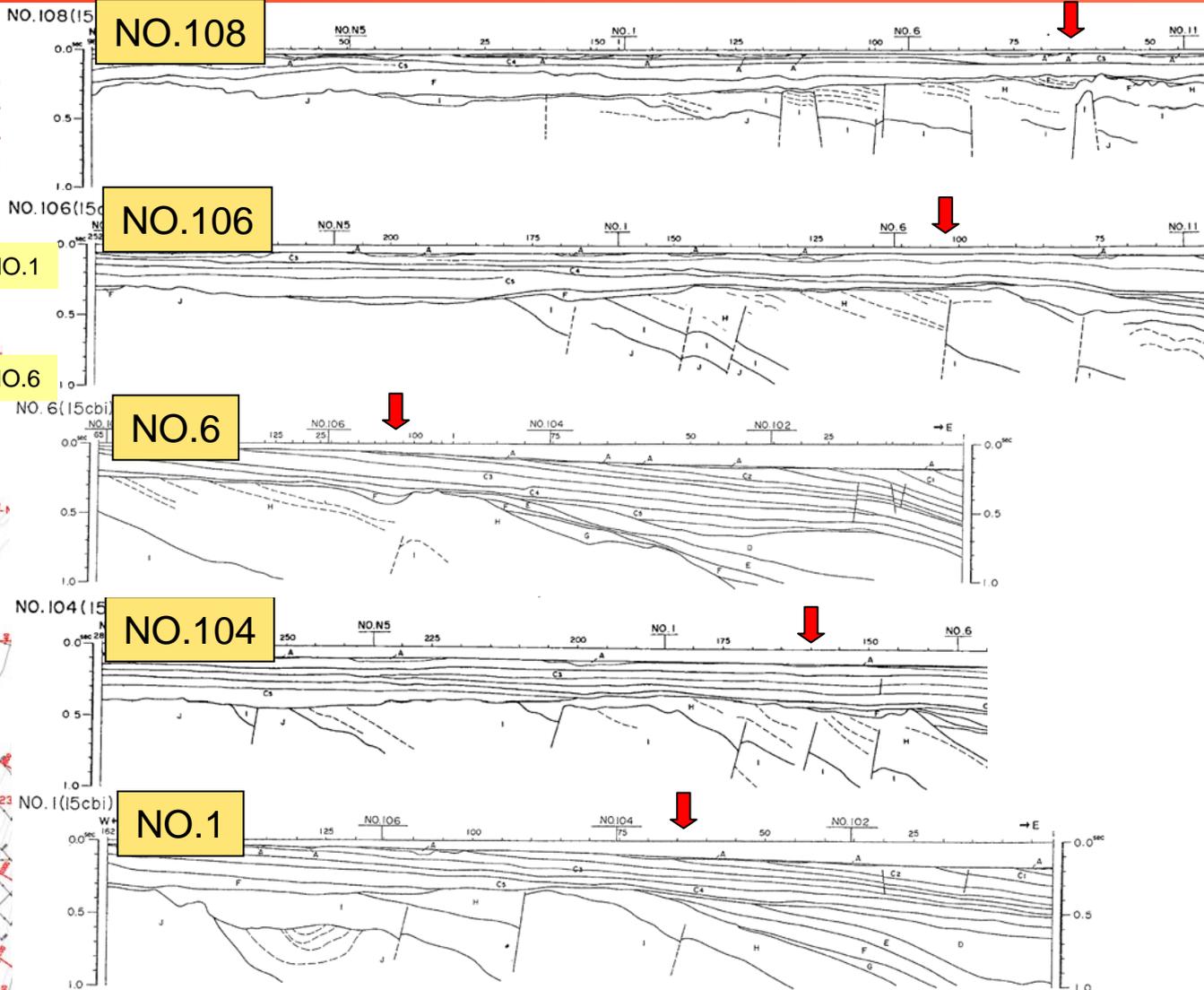
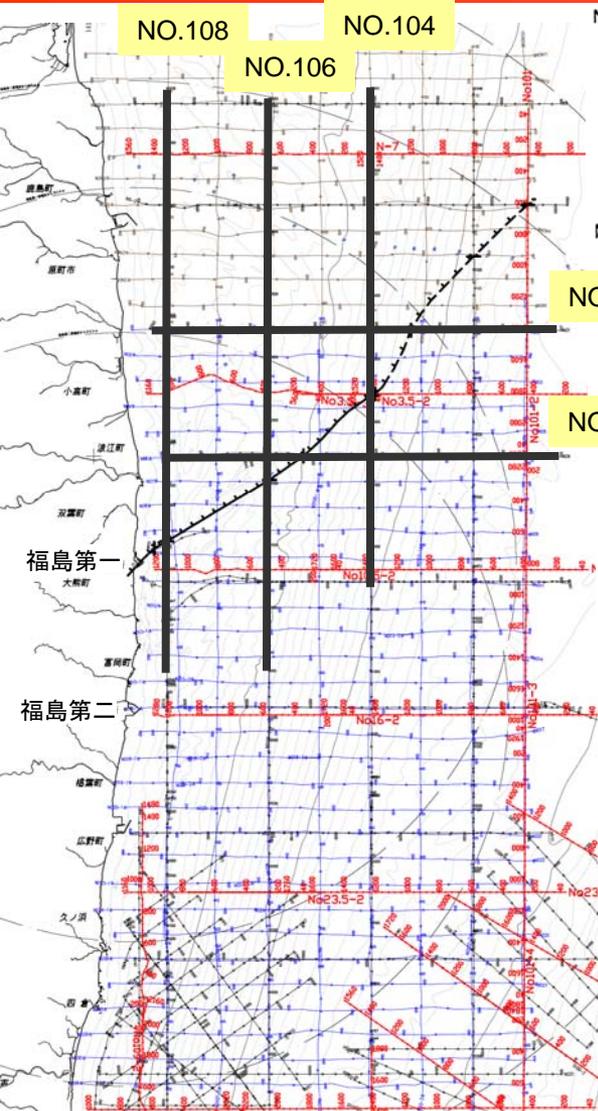
断層推定位置及び断面図 (②-②' 断面)



② - ②' 断面

■富岡層中の鍵層の標高は断層を挟んで同程度であり、富岡層への断層の影響はないと判断される。
 ■したがって、確認された正断層は非常に古いものであり活断層ではない。

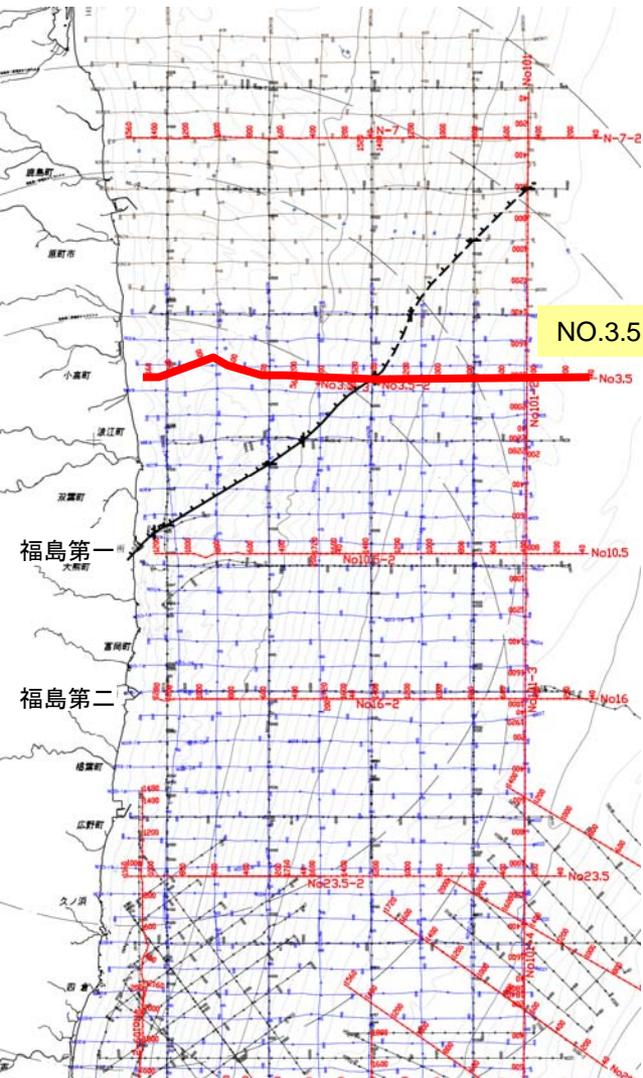
既往の申請における取扱（海上音波探査）



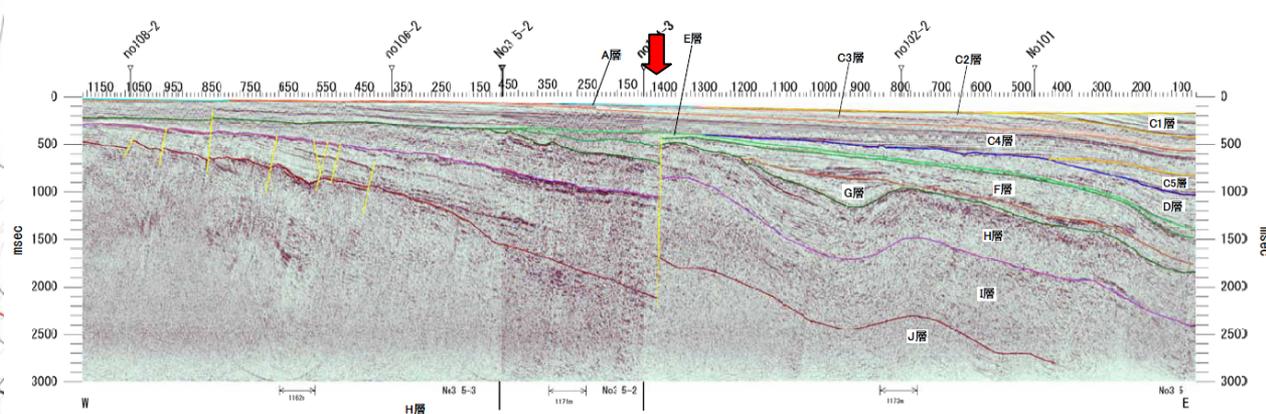
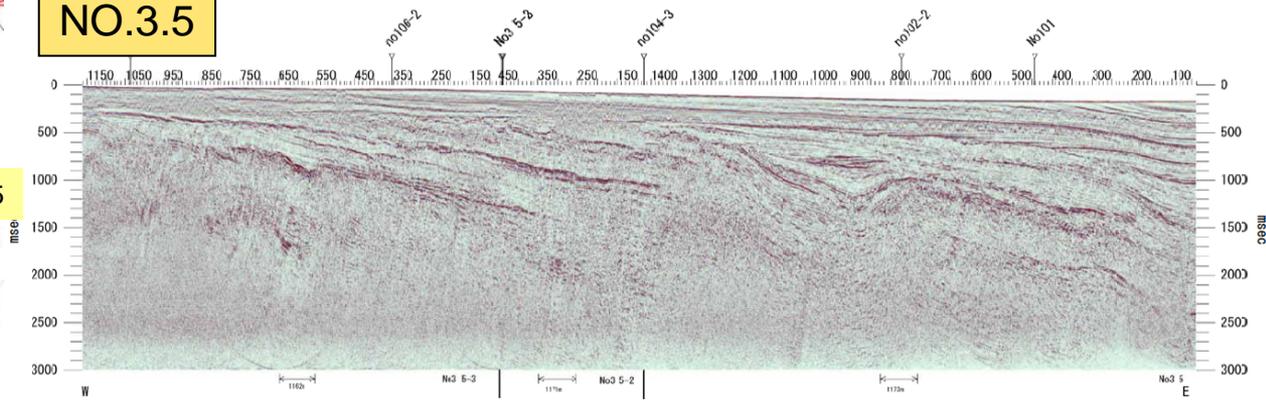
■敷地前面海域に北西傾斜の正断層が認められるが、鮮新世（およそ200～500万年前）以降の地層に変位・変形を与えていないことを確認していた。

↓ 福島第一敷地近傍から連続する断層の位置

新潟県中越沖地震を踏まえた調査結果（海上音波探査）



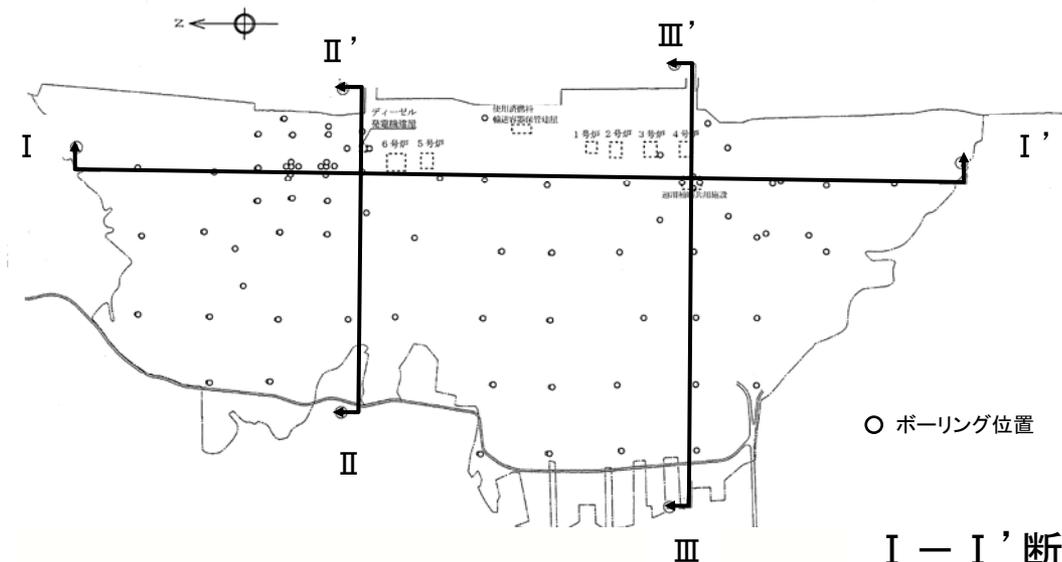
NO.3.5



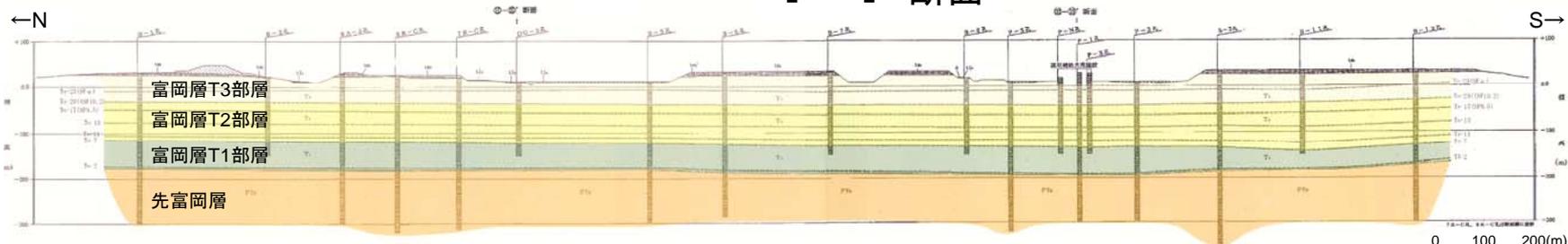
↓ 福島第一敷地近傍から連続する断層の位置

■ 既往の海上音波探査結果と同様、北西傾斜の正断層が認められるが、鮮新世（およそ200～500万年前）以降の地層に変位・変形を与えていないことを確認した。

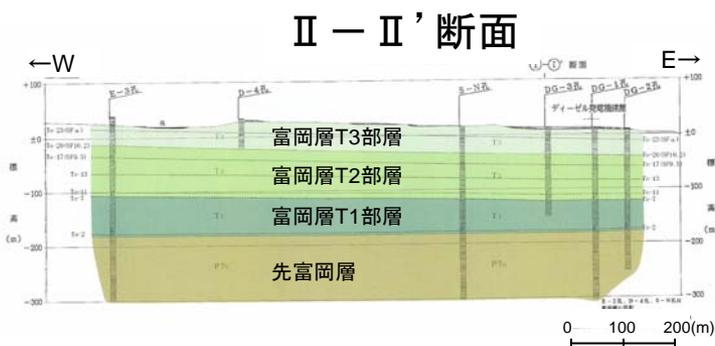
福島第一原子力発電所敷地内の地質及び地質構造



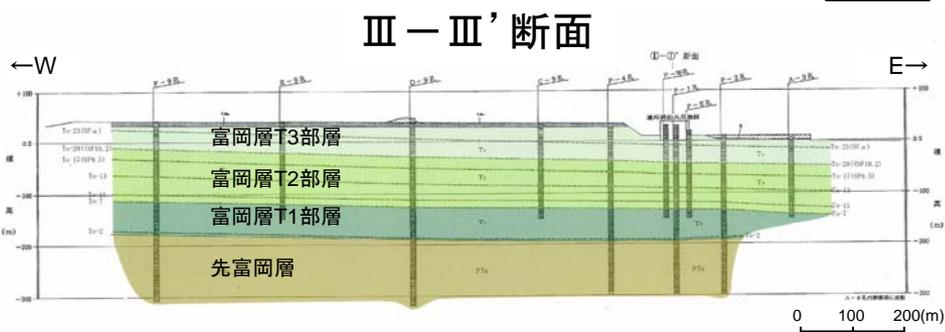
■ 富岡層中の凝灰岩からなる鍵層の連続が確認され、敷地に活断層は存在しないと判断される。



I - I' 断面



II - II' 断面



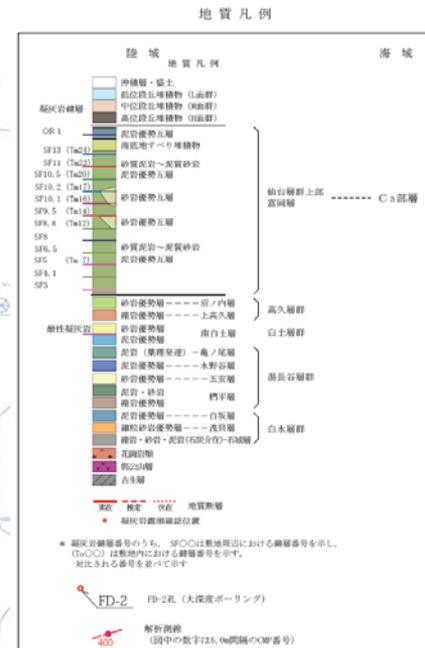
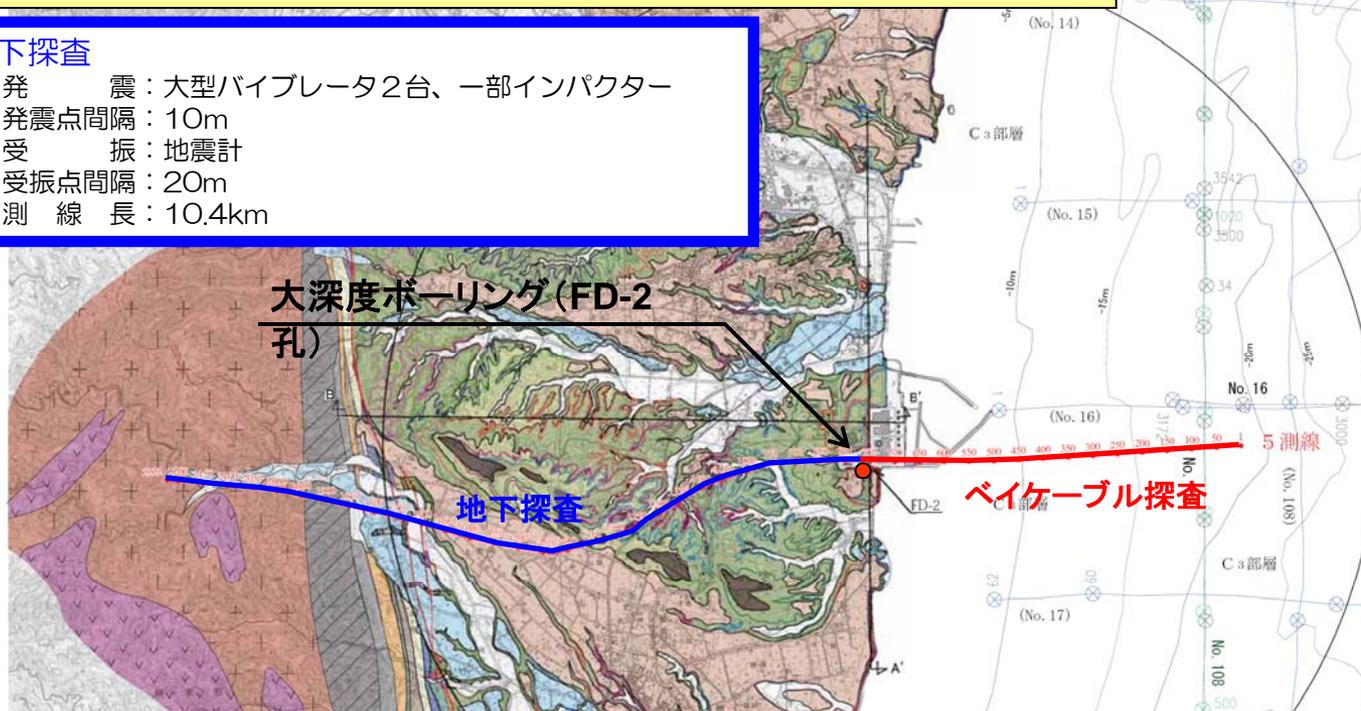
III - III' 断面

福島第二原子力発電所における地下探査

敷地を東西に横断する地下探査とベイカブル探査測線を接続
敷地内の地下探査測線近くで大深度ボーリングを実施

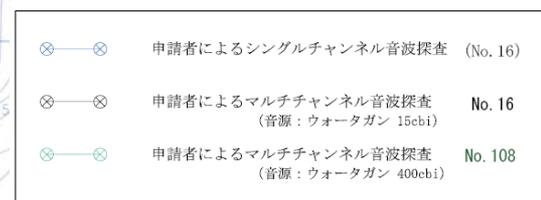
地下探査

- 発 震：大型バイブレータ2台、一部インパクト
- 発震点間隔：10m
- 受 振：地震計
- 受振点間隔：20m
- 測 線 長：10.4km



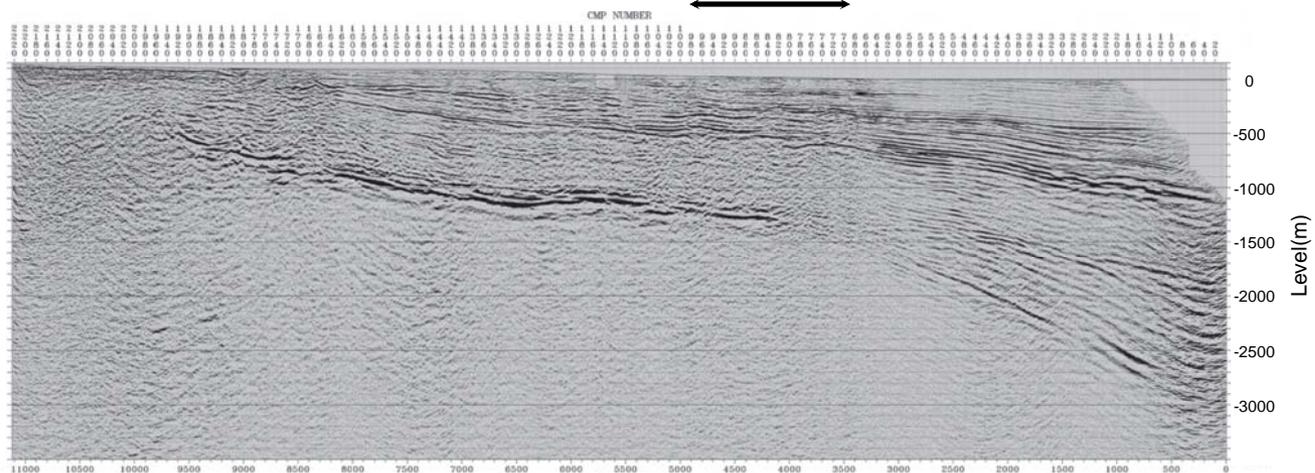
ベイカブル探査

- 発 震：[海域]エアガン
(水深8m以上：500in³、水深8m以下：40in³)
[陸域]インパクト
- 発震点間隔：[海域]水深8m以上：20m、水深8m以下：10m
[陸域]20~10m
- 受 振：[海域]ハイドロフォン(ベイカブル)
[陸域]地震計
- 受振点間隔：10m
- 測 線 長：[海域]2.4km
[陸域]1.0km



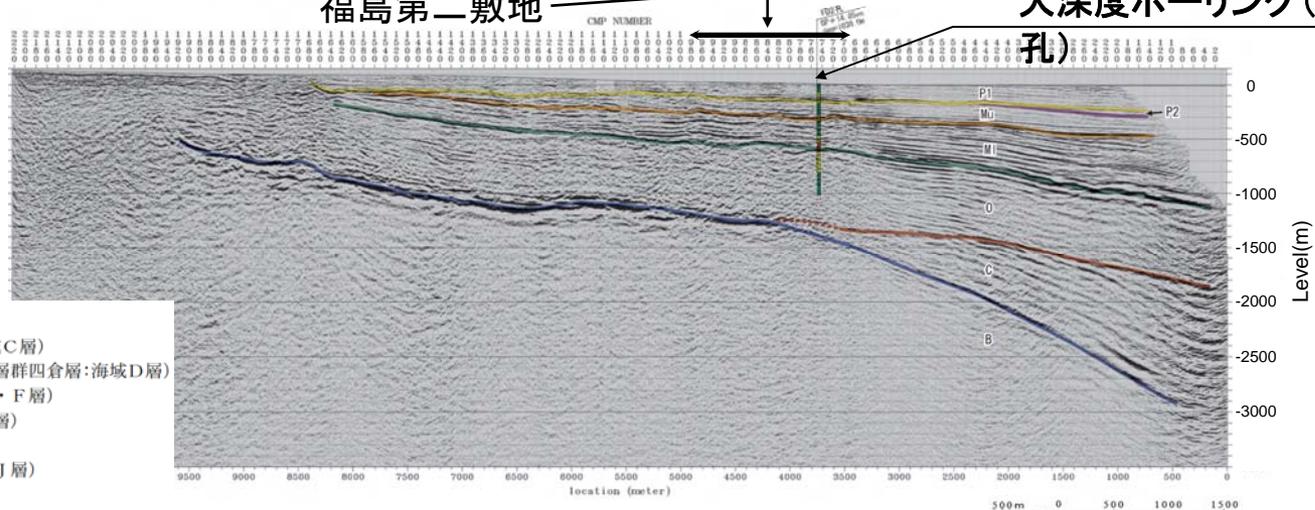
福島第二原子力発電所における地下探査

福島第二敷地



福島第二敷地

大深度ボーリング(FD-2孔)

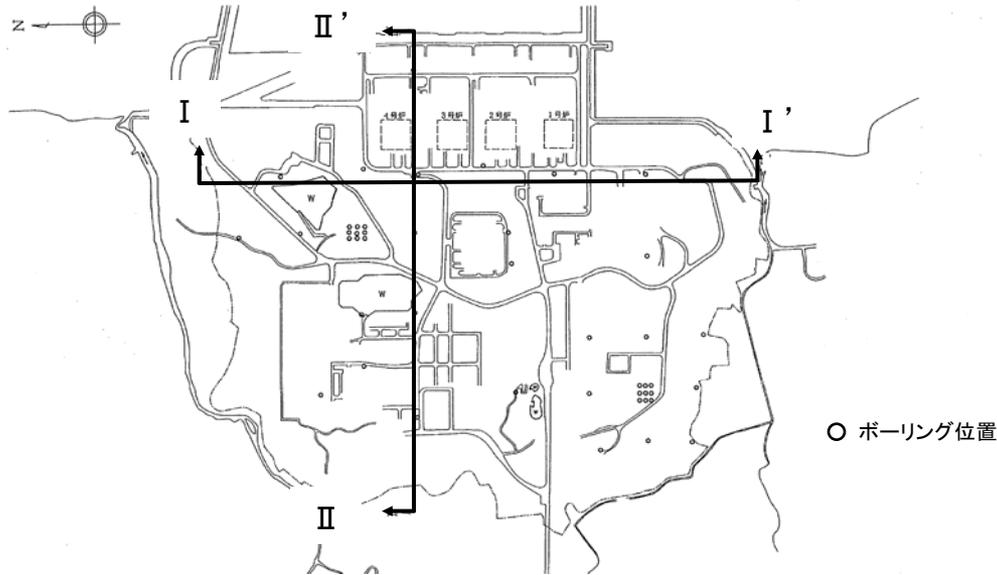


凡例

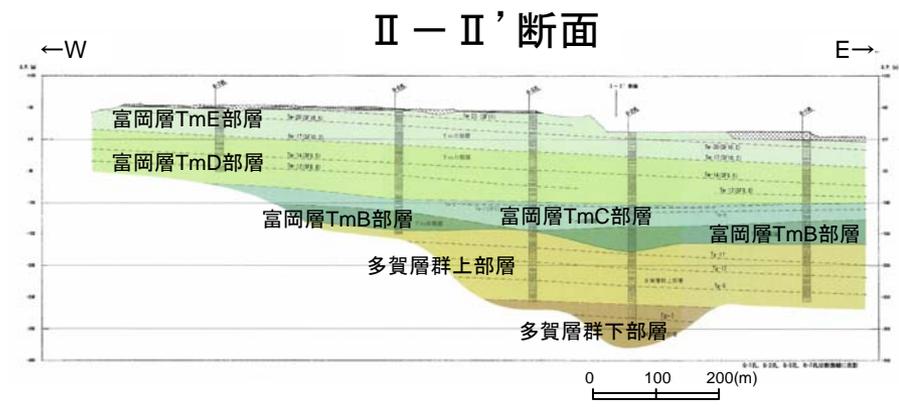
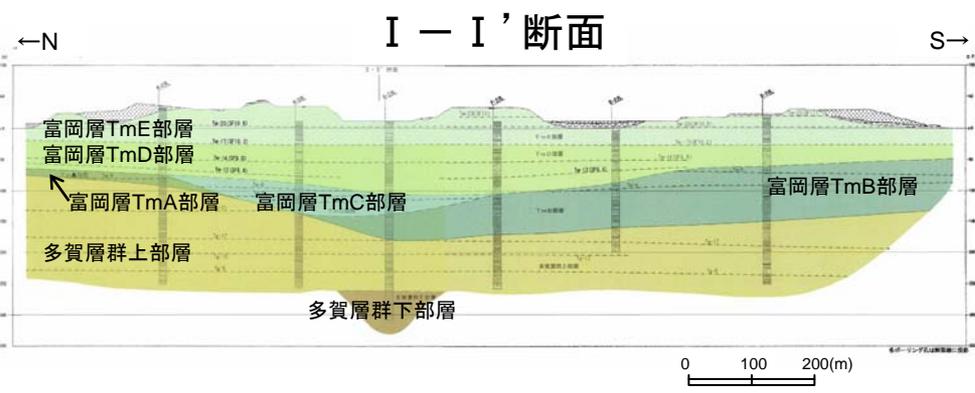
- P1: 鮮新統 (仙台層群富岡層:海城C層)
- P2: 鮮新統~最上部中新統 (仙台層群四倉層:海城D層)
- Mu: 中新統 (多賀層群:海城E層・F層)
- Ml: 中新統 (湯長谷層群:海城H層)
- O: 漸新統 (白水層群:海城I層)
- C: 上部白亜系 (双葉層群:海城J層)
- B: 基盤岩類 (花崗岩類)

■原子炉基礎岩盤である鮮新統(富岡層)は双葉断層から東側にほぼ水平に堆積

福島第二原子力発電所敷地内の地質及び地質構造



富岡層中の凝灰岩からなる鍵層の連続が確認され、敷地に活断層は存在しないと判断される。



まとめ



- 双葉断層については、島田地点から、馬場地点までの約37kmについて活動性を考慮する。
- 相馬断層については、撓曲構造に対応して分布する段丘面に変位・変形が及んでいないことが確認されたことから、活断層ではないと判断する。
- 福島第一の敷地付近で確認された断層は、少なくとも鮮新世以降の活動が認められない古い時代の断層であり、活断層ではない。
- 福島第二の敷地近傍では鮮新世の地層がほぼ水平に堆積していることを確認した。
- 敷地周辺海域には多数正断層が認められるが、いずれも活断層ではないと判断する。

B 基準地震動 S_s の策定

1. 検討用地震の選定
2. 検討用地震の地震動評価
3. 震源を特定せず策定する地震動
4. 基準地震動 S_s の策定
5. 福島第一サイト周辺の地下構造による影響検討

1. 検討用地震の選定
2. 検討用地震の地震動評価
3. 震源を特定せず策定する地震動
4. 基準地震動 S_s の策定
5. 福島第一サイト周辺の地下構造による影響検討

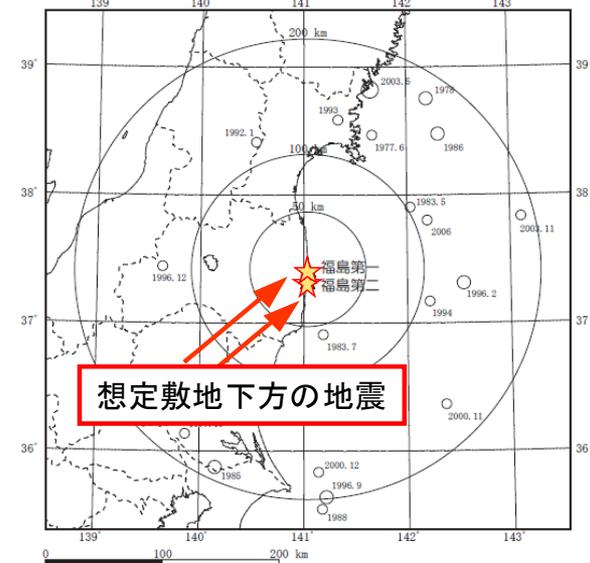
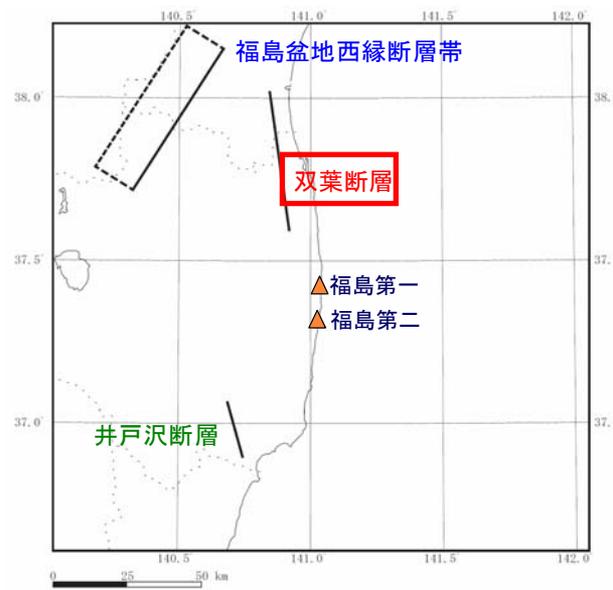
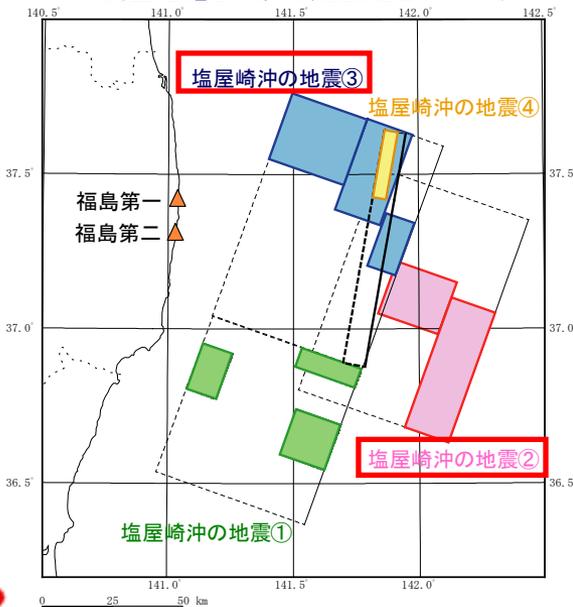
検討用地震の選定

- 敷地に大きな影響を与える複数のプレート間地震及び内陸地殻内地震について、耐専スペクトルによる比較を行い、検討用地震を選定。
- 海洋プレート内地震については、観測地震数が少ないことを考慮して、地震調査研究推進本部による最大規模の地震を敷地の下方に想定。

分類	検討用地震	マグニチュード	等価震源距離 (km)	
			福島第一	福島第二
プレート間地震※1	塩屋崎沖の地震②	7.5	102	98
	塩屋崎沖の地震③	7.3	73	75
内陸地殻内地震	双葉断層による地震	7.6※2	43	55
海洋プレート内地震	想定敷地下方の地震	7.1	81	79

※1：不確かさとして、塩屋崎沖の地震①～③が同時活動する「仮想塩屋崎沖の地震 (M7.9)」を考慮。

※2：双葉断層の長さは、中間報告時に地質調査が完了していなかったため相馬断層を含めた断層長さ47.5kmで地震動評価を実施していたが、追加調査を踏まえ、断層長さ37km (M7.4)と評価。ただし、断層長さ見直しの前後で地震動評価結果に大きな差はみられないことを確認している。



1. 検討用地震の選定
2. 検討用地震の地震動評価
3. 震源を特定せず策定する地震動
4. 基準地震動 S_s の策定
5. 福島第一サイト周辺の地下構造による影響検討

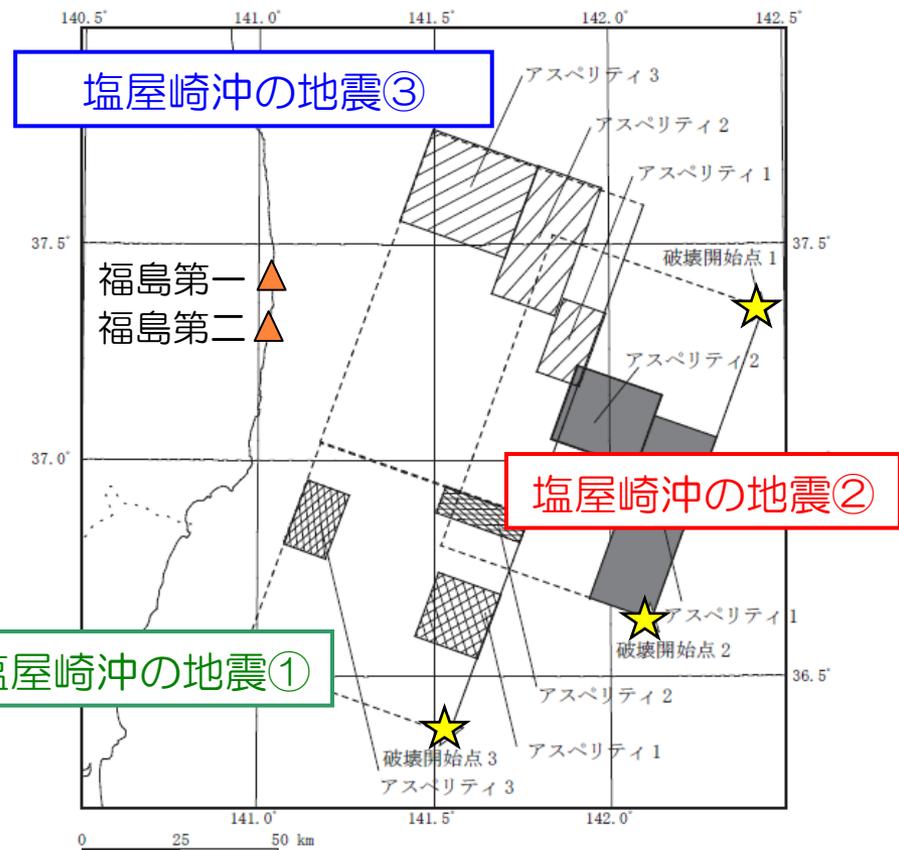
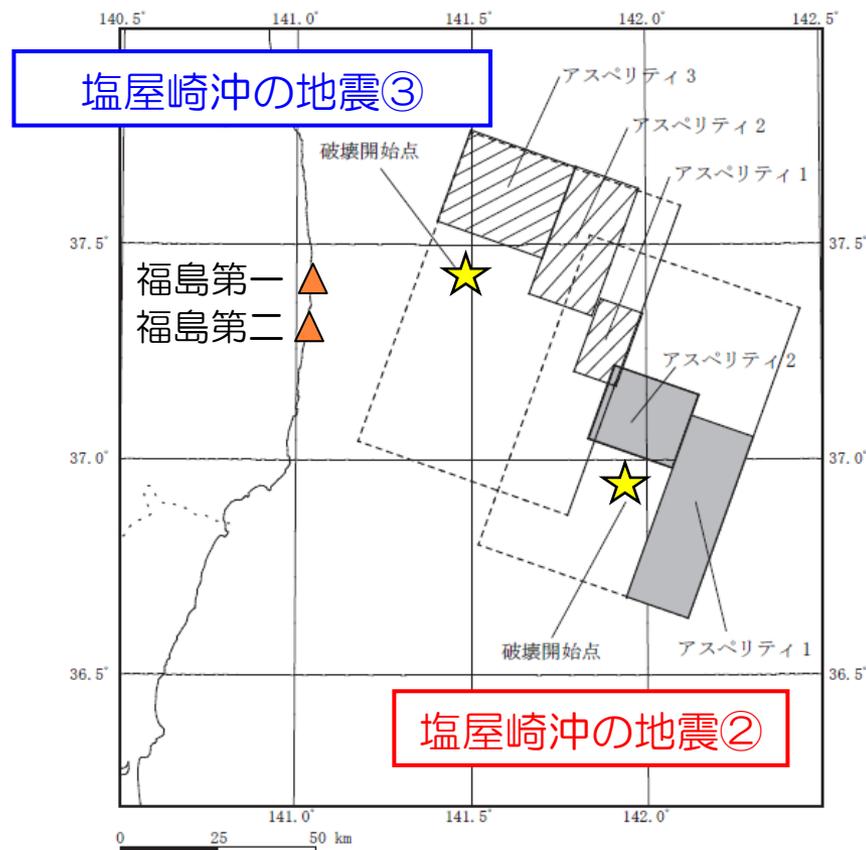
検討用地震の地震動評価

地震動評価手法

検討用地震		地震動評価手法	
地震種別	選定した地震	応答スペクトルに基づく手法	断層モデルを用いた手法
プレート間地震	塩屋崎沖の地震② 塩屋崎沖の地震③	耐専スペクトル	経験的グリーン関数法
内陸地殻内地震	双葉断層による地震	耐専スペクトル 大野ほか(2001) 内山・翠川(2006) 片岡ほか(2006)	ハイブリッド法 〔統計的グリーン関数法 + 理論的手法〕
海洋プレート内地震	想定敷地下方の地震	耐専スペクトル 内山・翠川(2006) 片岡ほか(2006)	経験的グリーン関数法

a) プレート間地震

<p>基本震源モデル</p>	<p>不確かさを考慮したモデル</p>
<p>塩屋崎沖の地震②及び③ 単独</p>	<p>塩屋崎沖の地震①・②・③の同時活動 (M7.9) 及び破壊開始点</p>



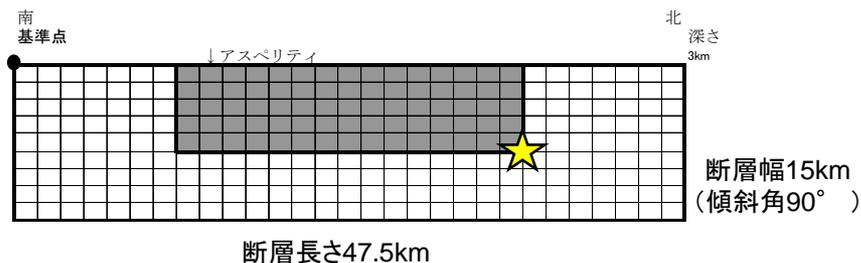
基本震源モデル

不確かさを考慮したモデル

b) 内陸地殻内地震

基本と不確かさの整理

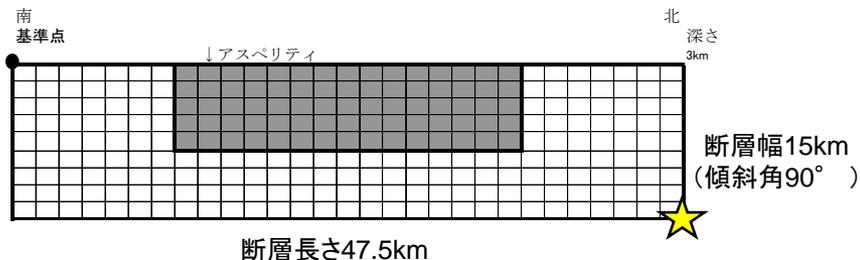
基本震源モデル 応力降下量の不確かさ考慮モデル



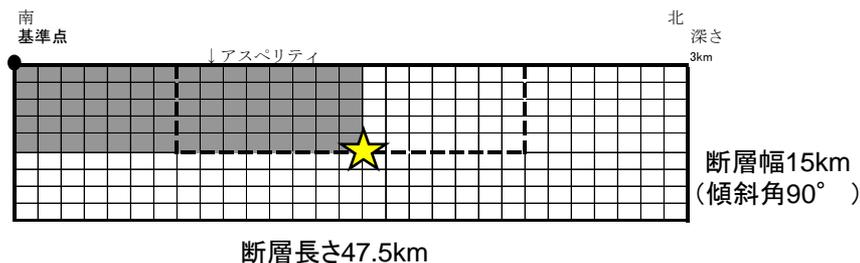
★：破壊開始点

※双葉断層の長さは、中間報告時に地質調査が完了していなかったため相馬断層を含めた断層長さ47.5kmで地震動評価を実施していたが、追加調査を踏まえ、断層長さ37km (M7.4)と評価。ただし、断層長さ見直しの前後で地震動評価結果に大きな差はみられないことを確認している。

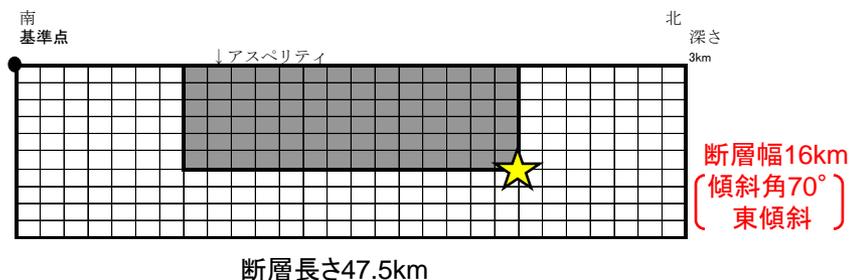
破壊開始点の不確かさ考慮モデル



アスペリティ位置の不確かさ考慮モデル



断層傾斜角の不確かさ考慮モデル



c) 海洋プレート内地震

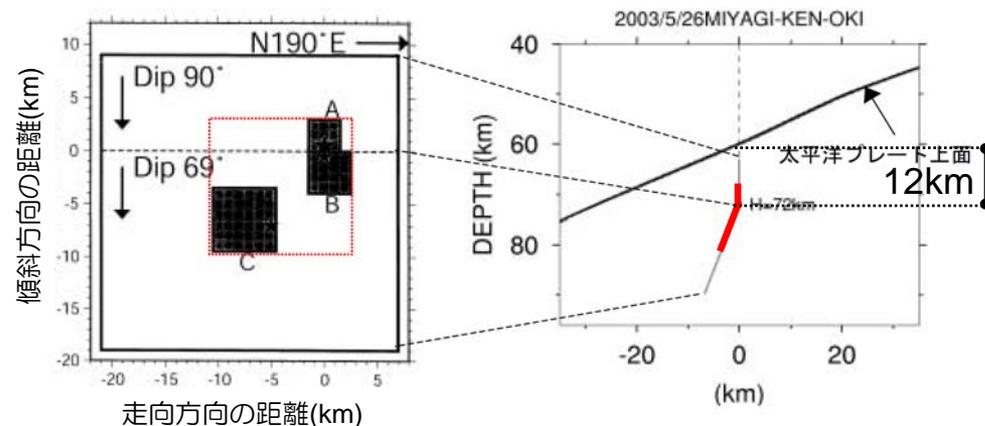
基本震源モデル

- 浅野ほか(2004) による2003年宮城県沖の地震 (M7.1) の特性化震源モデルを敷地下方の太平洋プレート内に設定。

不確かさを考慮したモデル

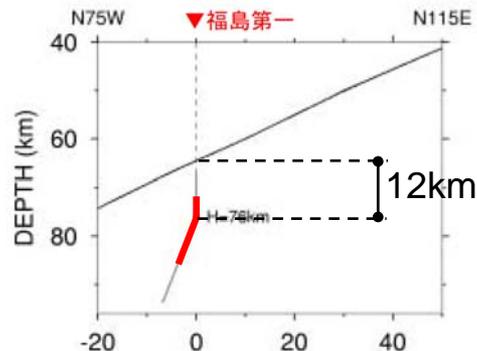
- 基本震源モデルの断層上端を太平洋プレート上面位置に設定。
(断層面を9km浅く設定)

浅野ほか(2004)による2003年宮城県沖の地震のモデル

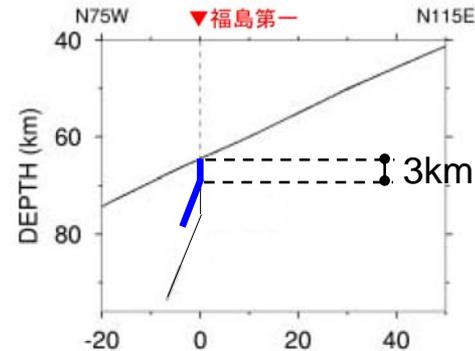


想定敷地下方の地震 (福島第一の例)

基本震源モデル



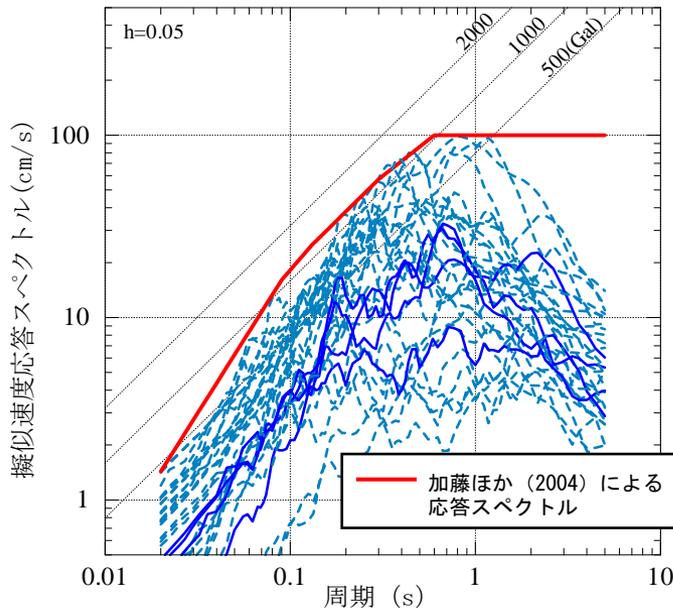
不確かさを考慮したモデル



1. 検討用地震の選定
2. 検討用地震の地震動評価
3. 震源を特定せず策定する地震動
4. 基準地震動 S_s の策定
5. 福島第一サイト周辺の地下構造による影響検討

震源を特定せず策定する地震動

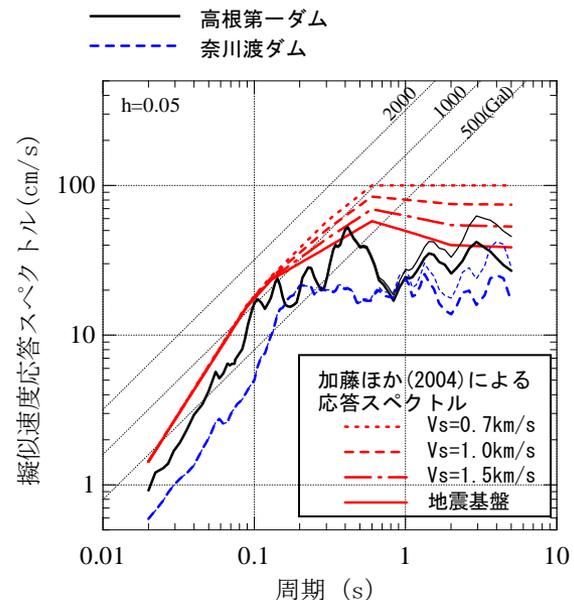
- 加藤ほか(2004)は、内陸地殻内地震を対象として、詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を予め特定できない地震による震源近傍の硬質地盤上における強震記録に基づき、 $V_s 0.7\text{km/s}$ の解放基盤表面における水平方向の応答スペクトルを提案している。
- 鉛直方向は、加藤ほか(2004)による水平方向の応答スペクトルをNoda et al. (2002)に基づき変換することにより、地震動レベルを把握することが可能。



加藤ほか(2004)による震源を事前に特定できない地震による震源近傍の観測記録に基づく水平方向の応答スペクトル

〔実線は1997年鹿児島県北西部地震の鶴田ダムのスペクトル，破線はスケールリングの観点から考慮に入れたMj6.5(Mw6.2)以下の7地震のスペクトル〕

加藤ほか(2004)に加筆



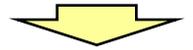
加藤ほか(2004)による1984年長野県西部地震(Mj6.8)の震源域における水平方向の地震動推定レベルと加藤ほか(2004)による応答スペクトルの比較

〔太実線と太破線は断層直上相当のレベル，細実線と細破線はさらに破壊伝播効果を考慮した断層走向直交方向のレベル〕

地域性の検討（震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の規模）

地震調査研究推進本部「震源を予め特定しにくい地震」の規模

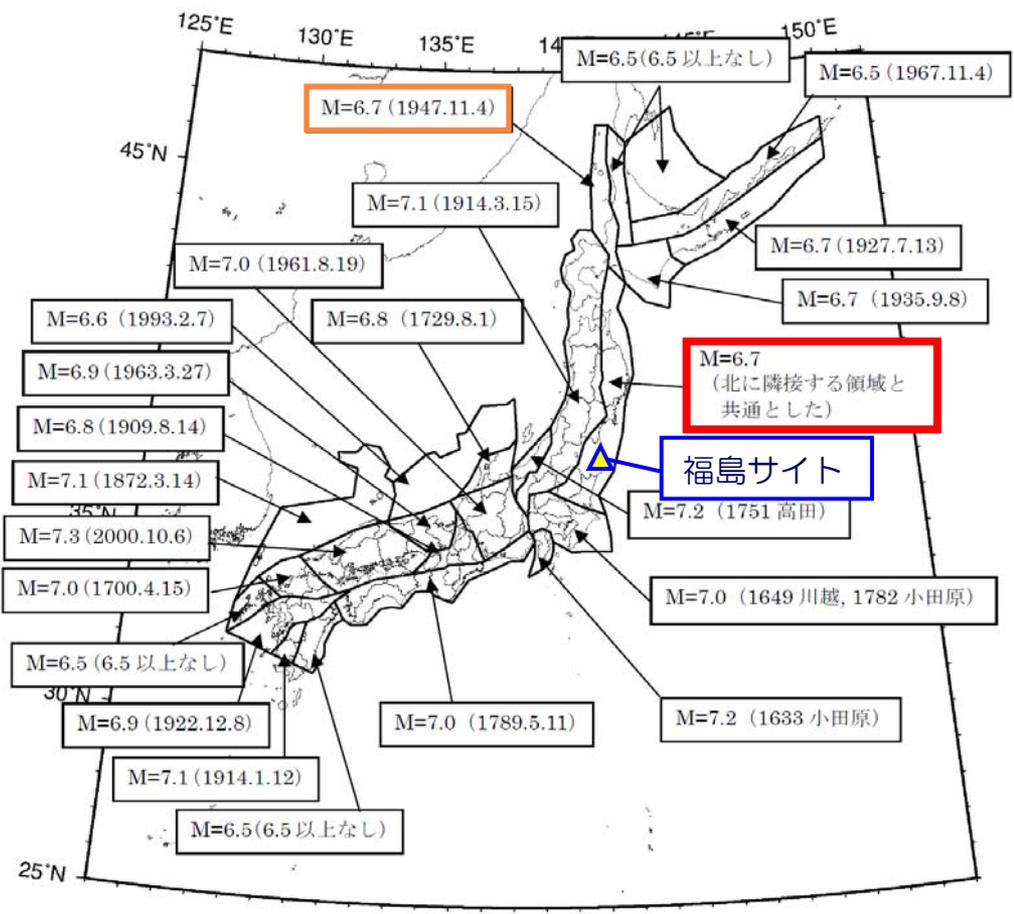
- 中地震カタログ：1940年以降のM5.0以上の地震
- 震源深さ：25km以浅
- 主要98断層帯の固有地震あるいは主要98断層帯以外の活断層で発生する地震に該当するものは除く
- 最大マグニチュードは、地域区分された領域それぞれについて、1600年以降に発生した地震のうち主要98断層帯あるいはそれ以外の活断層との対応が明確でない地震の最大規模を採用する（ただし、M6.5を下限値）



敷地が位置する「領域7」の最大規模は、北に隣接する「領域6」と共通のM6.7。



「領域7」における震源と活断層とを関連付けることが困難な地震について整理した結果、最大規模は1854年陸奥の地震等のM6.5。

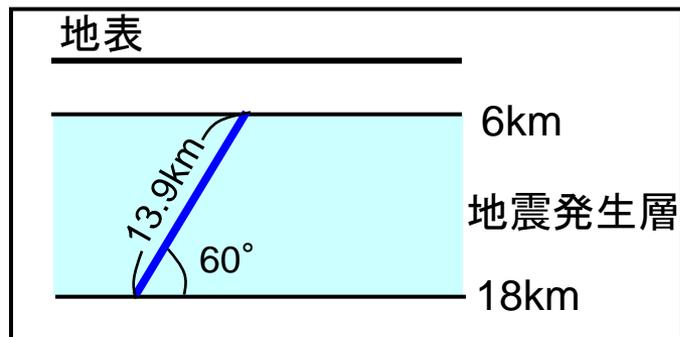


陸域の震源断層を予め特定しにくい地震の最大マグニチュード
【地震調査研究推進本部(2006)に加筆】

地域性の検討（地震発生層から推定される地震の規模）

- 震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模は、地震発生層を飽和する震源断層による地震と考え、地震発生層の上端から下端まで広がる断層幅、及びそれに等しい断層長さをもつ震源断層を仮定。
- 地震発生層の上端・下端深さは、微小地震分布や速度構造に加え、地殻熱構造等に関する知見を踏まえ、それぞれ6km, 18kmと設定。
- 敷地周辺における断層傾斜角の地域性（横ずれもしくは高角の縦ずれ）を考慮し、断層面積と地震モーメントの関係式及び地震モーメントとマグニチュードの関係式を用いて地震規模を算定すると、傾斜角90°ではM6.1~6.3程度、傾斜角60°ではM6.3~6.5程度となる。
- なお、仮に傾斜角45°を想定した場合、M6.6~6.8程度となる。

地震規模算定フロー（傾斜角60°の場合）



断層長さL=断層幅W=13.9kmの震源断層を仮定。

入倉・三宅(2001)

$$M_0 = 2.08 \times 10^{18} \text{ N} \cdot \text{m}$$

武村(1990)

M6.5

【参考】武村(1998)ではM6.3

入倉・三宅(2001) : $M_0 = (S/4.24 \times 10^{11})^2 \times 10^{-7}$

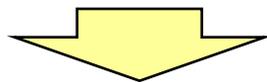
武村(1990) : $\log M_0 = 1.17 M_j + 10.72$

武村(1998) : $\log M_0 = 1.2 M_j + 10.7$

震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模をM6.3~6.5程度と評価

震源を特定せず策定する地震動に関するまとめ

- 敷地が位置する領域における震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模は、M6.5～6.7程度であると考えられる。
- また、敷地周辺の地震発生層から推定される震源と活断層とを関連付けることが困難な地震の最大規模は、断層傾斜角の地域性を考慮し、傾斜角 60° とした場合M6.3～6.5程度であると考えられ、また、仮に傾斜角 45° を想定した場合においてもM6.6～6.8程度であると考えられる。
- 一方、加藤ほか(2004)においては、これと同程度の地震をスペクトル設定時の検討対象に加えていることから、加藤ほか(2004)による応答スペクトルは、福島サイト周辺における「震源を特定せず策定する地震動」のレベルとして、地域性を適切に考慮したものであると考えられる。



「震源を特定せず策定する地震動」による基準地震動 S_s は、加藤ほか(2004)に基づき設定。

1. 検討用地震の選定
2. 検討用地震の地震動評価
3. 震源を特定せず策定する地震動
4. 基準地震動 S_s の策定
5. 福島第一サイト周辺の地下構造による影響検討

基準地震動Ssの策定

基準地震動Ssの策定方針

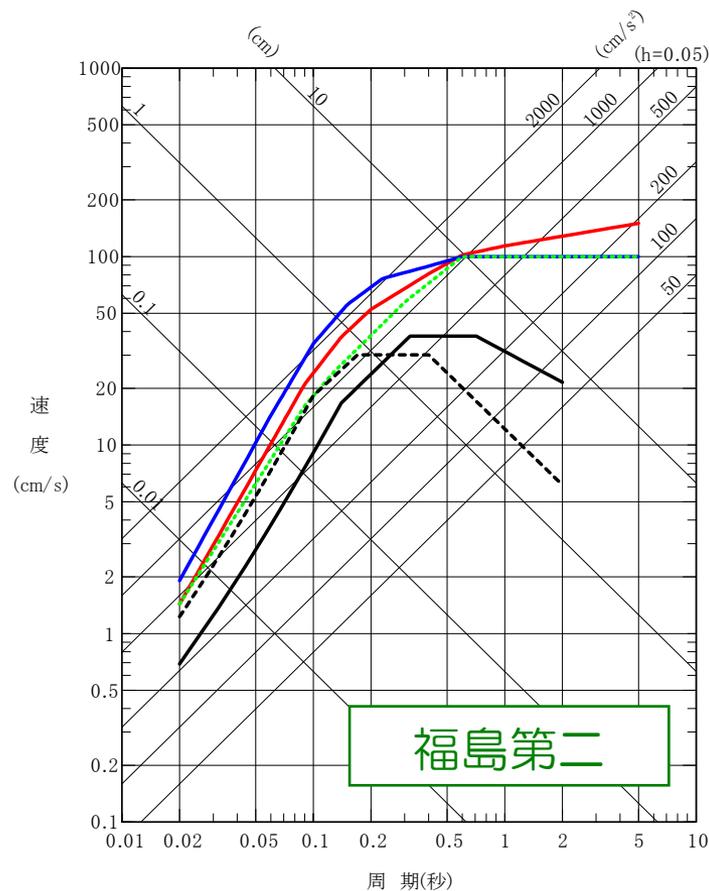
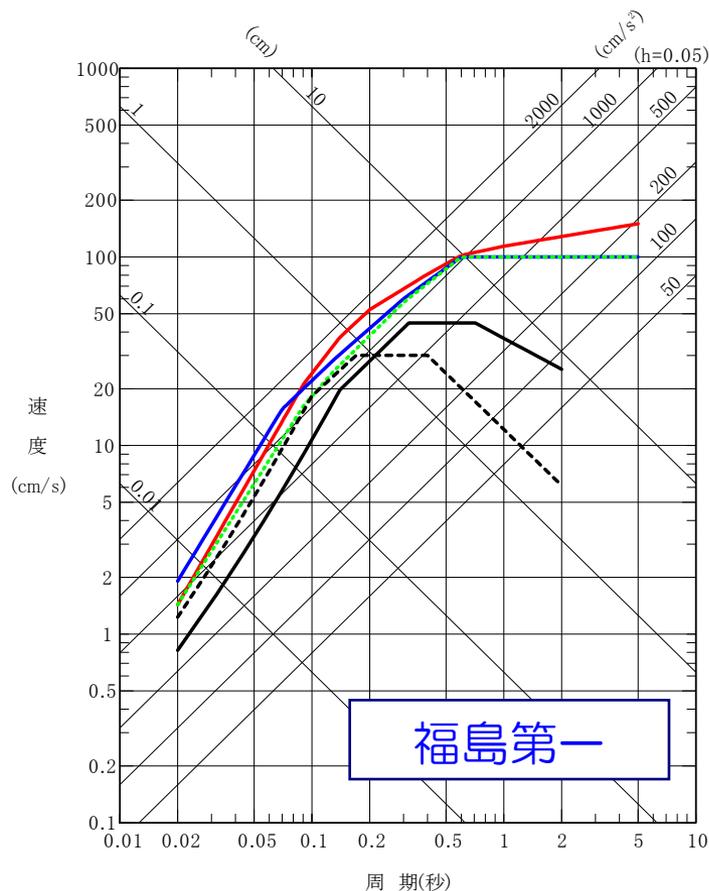
- 福島第一・福島第二サイトの基準地震動として、以下に示す3波を策定。

Ss-1 (1F/2F共通)	<ul style="list-style-type: none">● 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち、内陸地殻内地震・プレート間地震の評価結果を包絡。● 最大加速度振幅：450Gal ※検討用地震の評価結果が福島第一・福島第二で大差ないことから、両サイト共通の基準地震動として策定。
Ss-2 (1F/2F個別)	<ul style="list-style-type: none">● 「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち、海洋プレート内地震の評価結果を包絡。● 最大加速度振幅：600Gal ※検討用地震の断層モデルによる評価結果が福島第一・福島第二で異なることから、各サイト個別の基準地震動として策定。
Ss-3 (1F/2F共通)	<ul style="list-style-type: none">● 加藤ほか(2004)に基づく「震源を特定せず策定する地震動」。● 最大加速度振幅：450Gal ※両サイト共通の基準地震動として策定。

- Ss-1及びSs-2の鉛直方向の基準地震動は、水平方向の2/3とし、水平・鉛直とも検討用地震の評価結果を包絡する応答スペクトルを設定。
- Ss-3の鉛直方向の基準地震動は、Noda et al.(2002)に基づき水平方向の応答スペクトルを変換することにより設定。

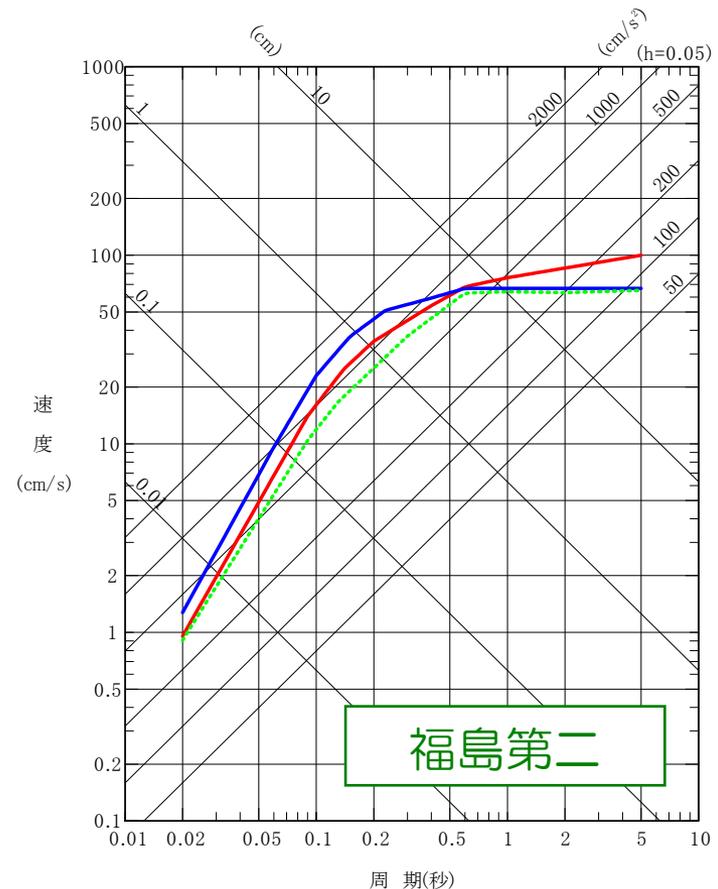
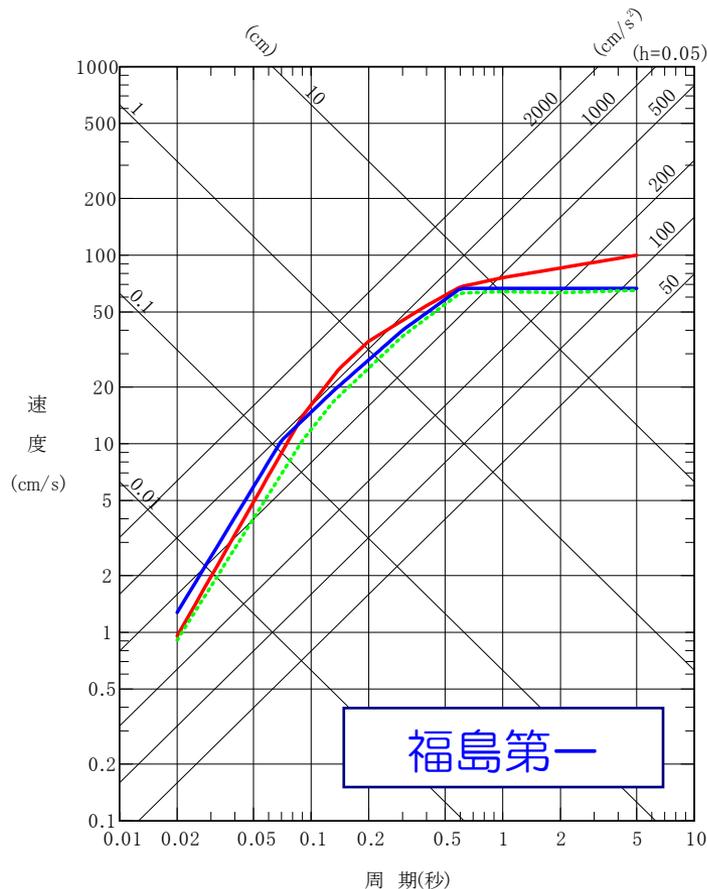
基準地震動Ssの応答スペクトル（水平方向）

- 基準地震動Ss-1H
- 基準地震動Ss-2H
- ⋯ 基準地震動Ss-3H
- 旧基準地震動S2
- - - 旧基準地震動S2（直下地震）



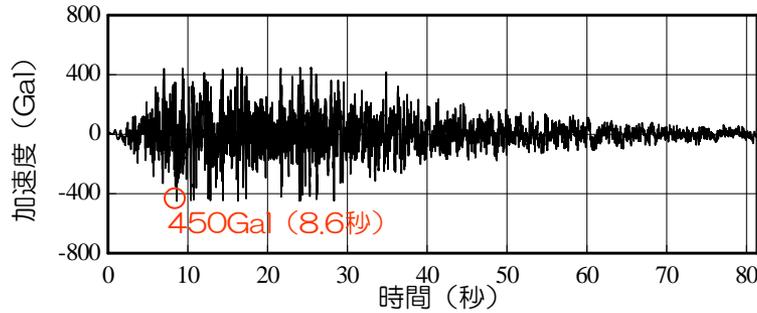
基準地震動Ssの応答スペクトル（鉛直方向）

- 基準地震動Ss-1V
- 基準地震動Ss-2V
- ⋯ 基準地震動Ss-3V

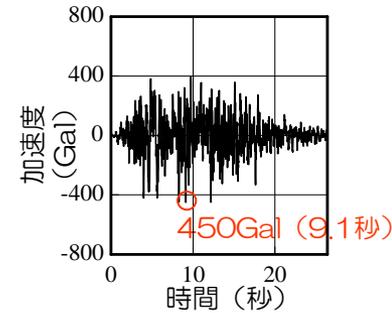


設計用模擬地震波の加速度時刻歴波形

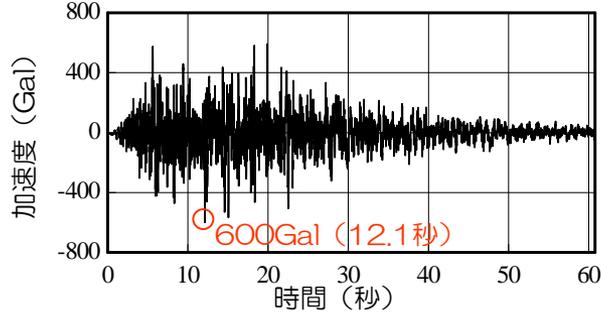
Ss-1H (福島第一・福島第二共通)



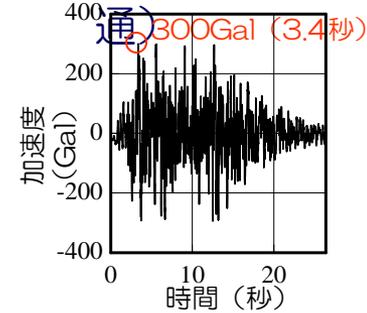
Ss-3H (福島第一・福島第二共通)



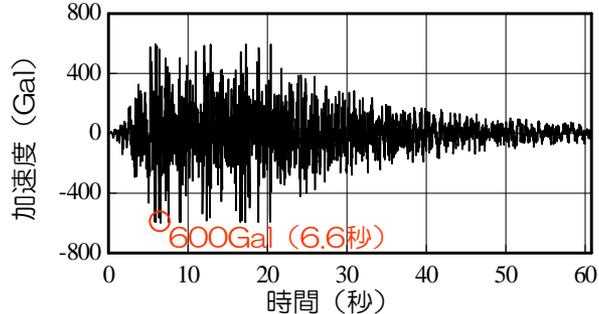
Ss-2H (福島第一)



Ss-3V (福島第一・福島第二共通)



Ss-2H (福島第二)

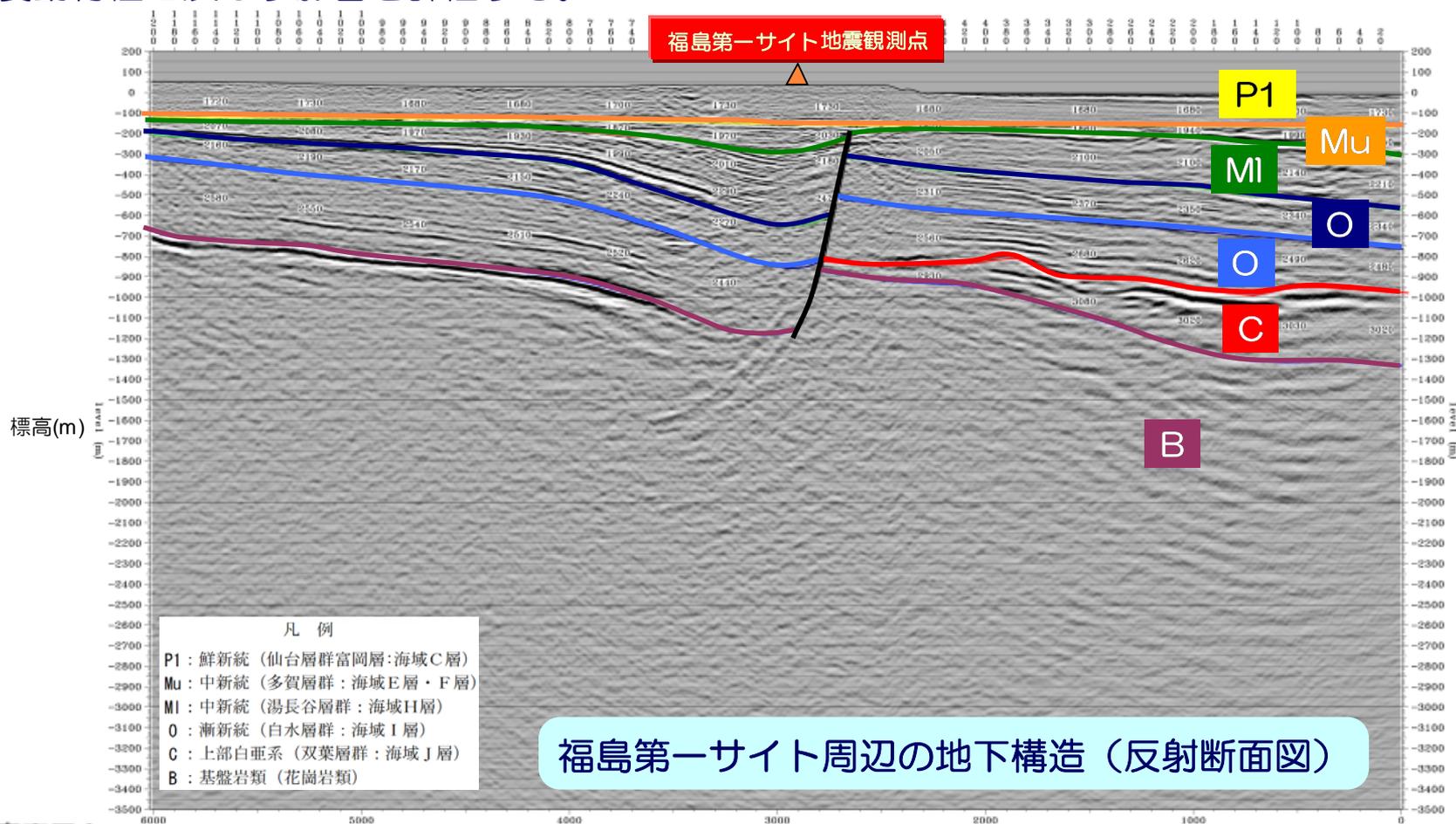


Ss-1V及びSs-2Vは、それぞれSs-1H及びSs-2Hの加速度振幅値を2/3倍した波形として設定。

1. 検討用地震の選定
2. 検討用地震の地震動評価
3. 震源を特定せず策定する地震動
4. 基準地震動 S_s の策定
5. 福島第一サイト周辺の地下構造による影響検討

福島第一サイト周辺の地下構造による影響検討

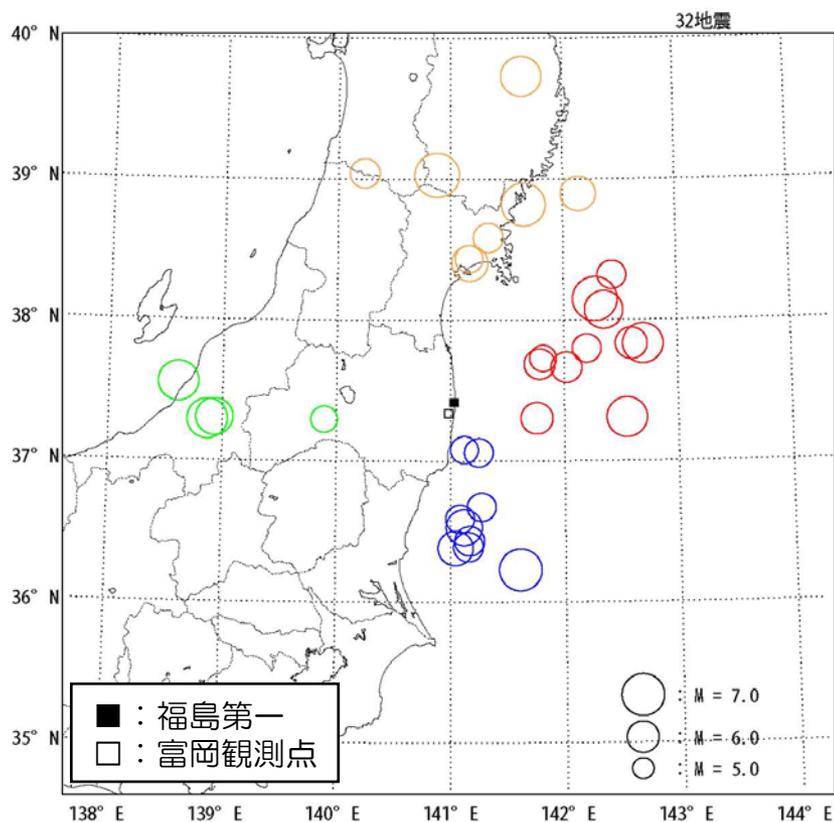
- 地質調査（反射法探査）の結果より、福島第一サイトの地下構造には不整形性がみられることから、中越沖地震の知見を踏まえ、地震観測記録を用いた影響検討を実施。
- 具体的には、福島第一サイトで得られた地震観測記録を震央の方位毎に分類し、地震波の到来方向による地震動特性の差異を比較することにより、サイト周辺の地下構造（不整形性）が地震動特性に及ぼす影響を評価する。



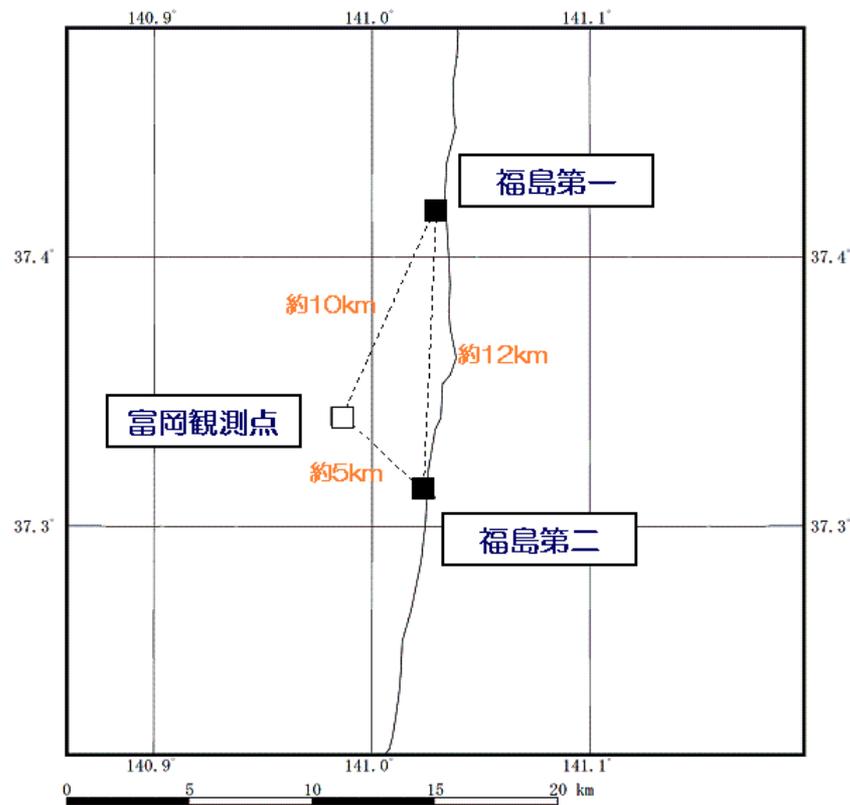
地下構造による影響の評価方法

■ 福島第一サイト地震観測記録のうち、周辺の富岡観測点で同時に観測された記録を対象として、震央の方位（東西南北）毎に加速度応答スペクトル比（福島第一／富岡）を算定。

➡ 富岡観測点は福島第一サイトの周辺に位置するため、同一の地震におけるスペクトル比を算定することにより、震源特性及び伝播経路特性による影響を除去し、地下構造による影響を抽出することが可能。



検討対象地震の震央分布



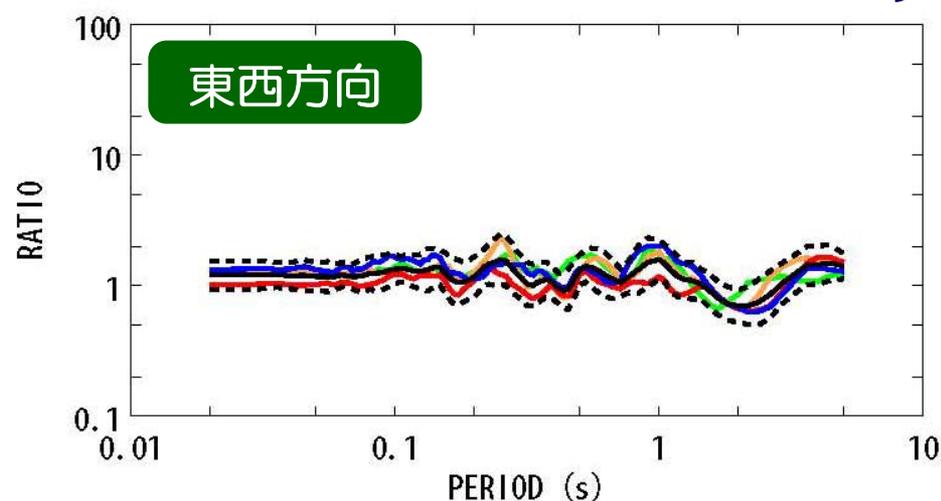
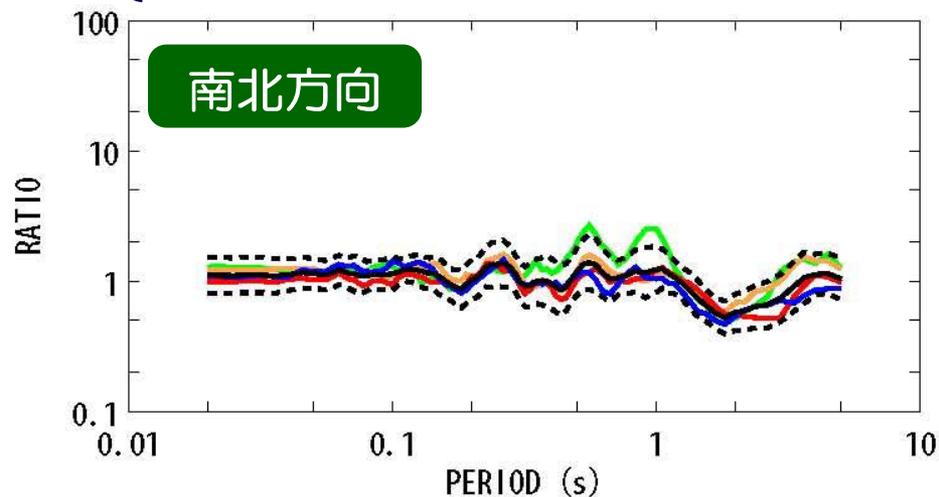
福島第一サイトと富岡観測点の位置関係

地下構造による影響の評価結果

■ 富岡観測点に対する福島第一サイトの平均応答スペクトル比は震央の方位によって大きく変化することはなく、概ね1程度。

➡ 福島第一サイト周辺の地下構造が地震動特性に及ぼす影響は小さいことを確認。

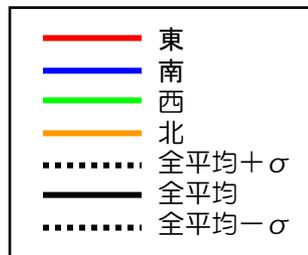
〔 なお、福島第二サイト周辺の地下構造には不整形性がみられないが、同様の検討を実施し、問題がないことを確認している。 〕



平均応答スペクトル比〔福島第一(GL-335m)/富岡 (GL-100m)〕

※1：検討にはそれぞれS波速度700m/s程度の観測点における記録を採用した。

※2：南北方向の一部周期帯で西側から到来する波の平均スペクトル比が他の方向と比較して大きめとなっているが、敷地の西側に検討用地震はないため、地震動評価上の影響はない。



C 施設等の耐震安全性評価

1. 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価
(原子炉建屋の評価)
2. 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

1. 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価
(原子炉建屋の評価)

2. 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

地震応答解析モデル（福島第一5号機の例）

建物・構築物や地盤の特性を適切に表現できるモデルを設定し、基準地震動 S_s を用いた地震応答解析（時刻歴応答解析法）を実施。

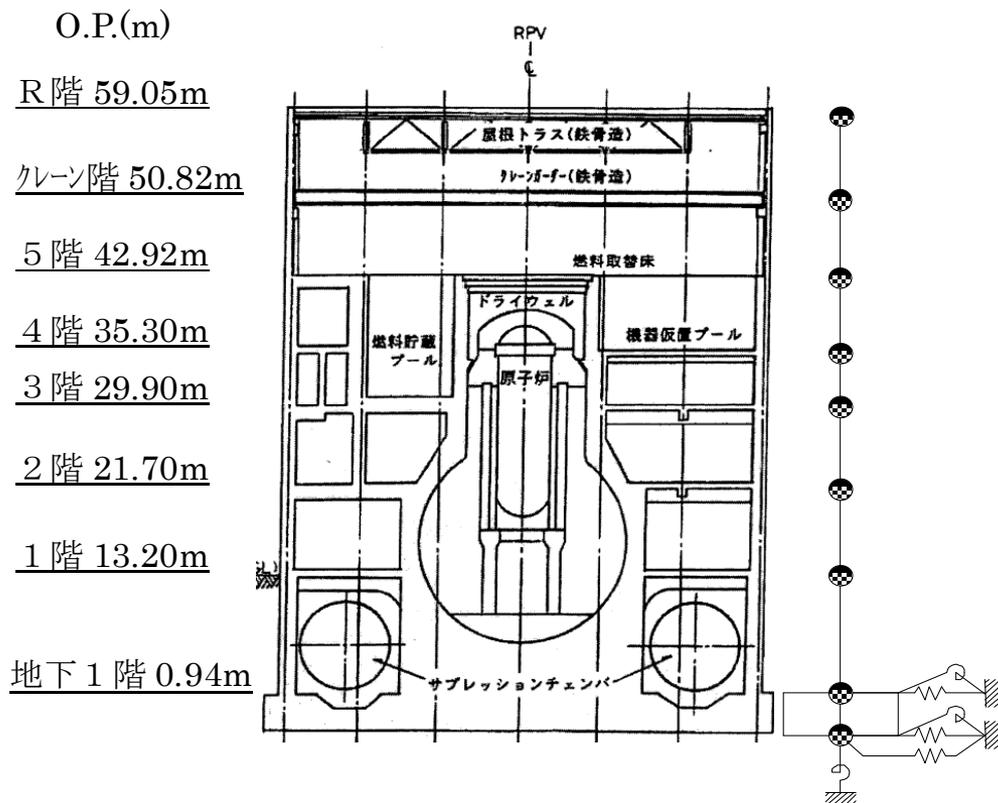


図-1a 地震応答解析モデル

（福島第一5号機の例）

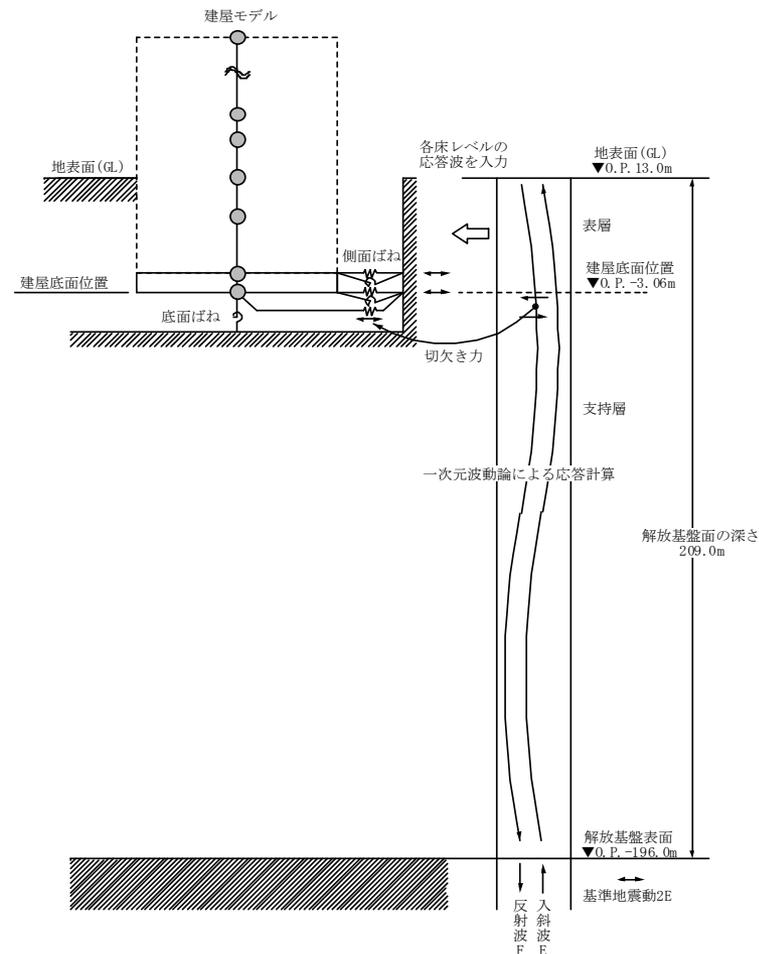


図-1b 入力地震動算定の概念図(水平方向)

■福島第一原子力発電所1号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.12×10^{-3} （南北方向 1階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

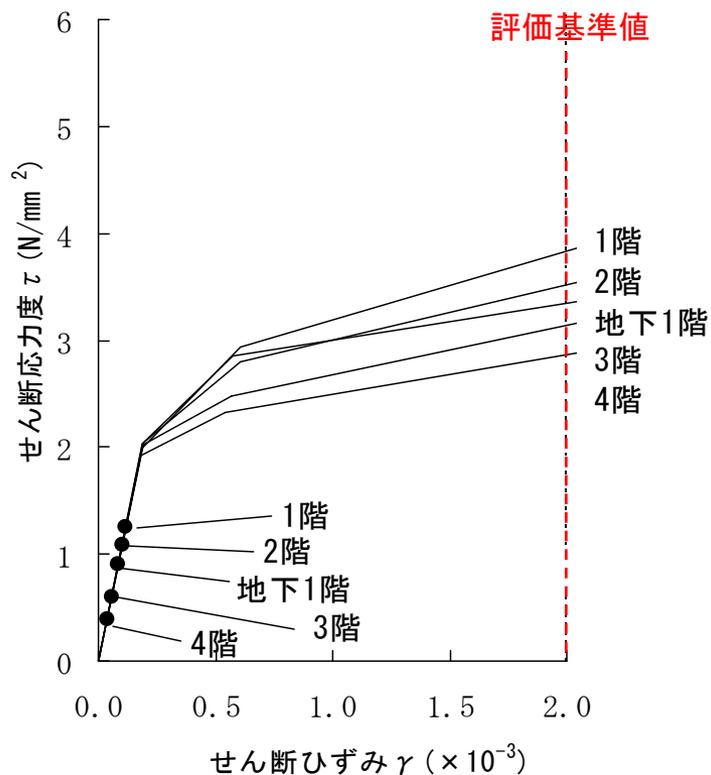


図-2 1号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 南北方向)

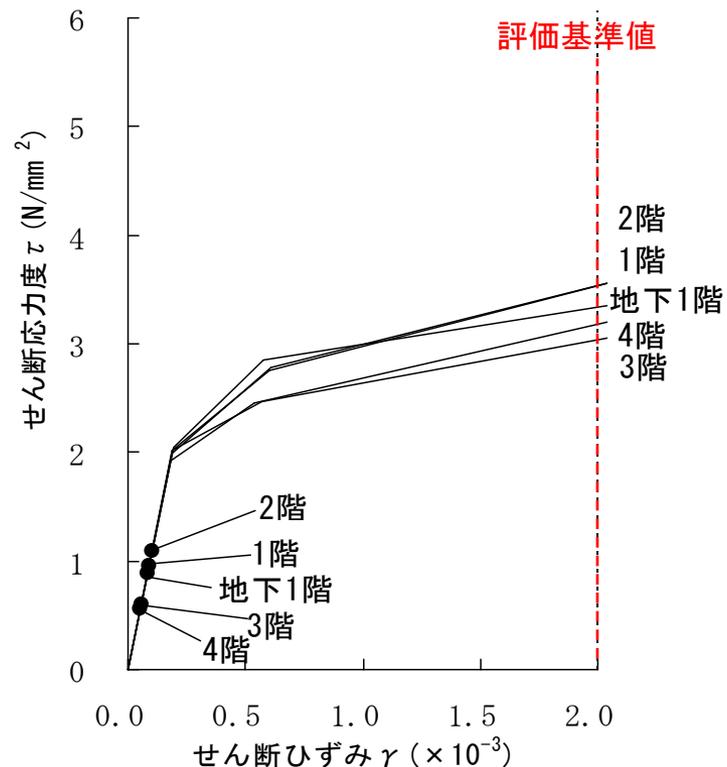


図-3 1号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

■福島第一原子力発電所2号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.17×10^{-3} （東西方向 5階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

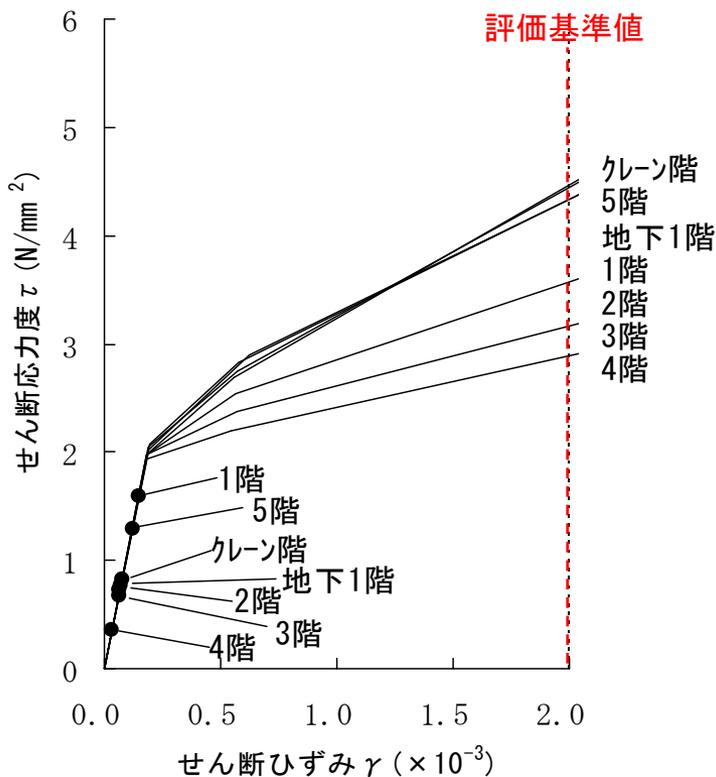


図-4 2号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-2 南北方向)

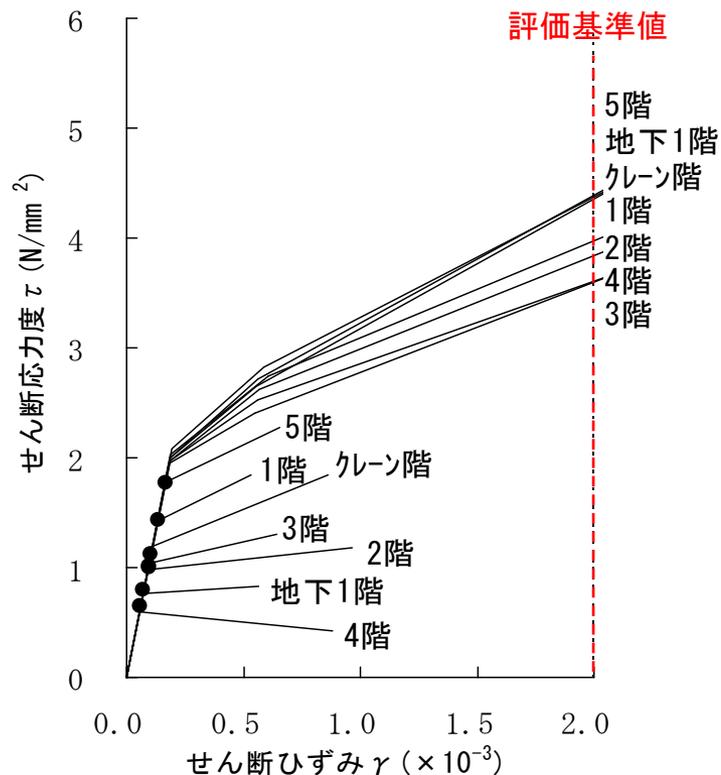


図-5 2号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

■福島第一原子力発電所3号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.13×10^{-3} （南北方向 1階、Ss-2時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

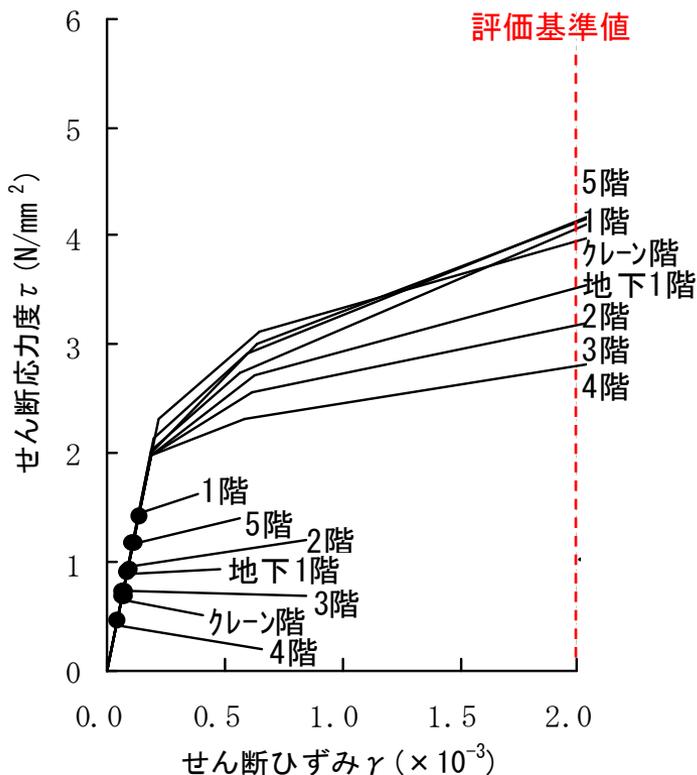


図-6 3号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-2 南北方向)

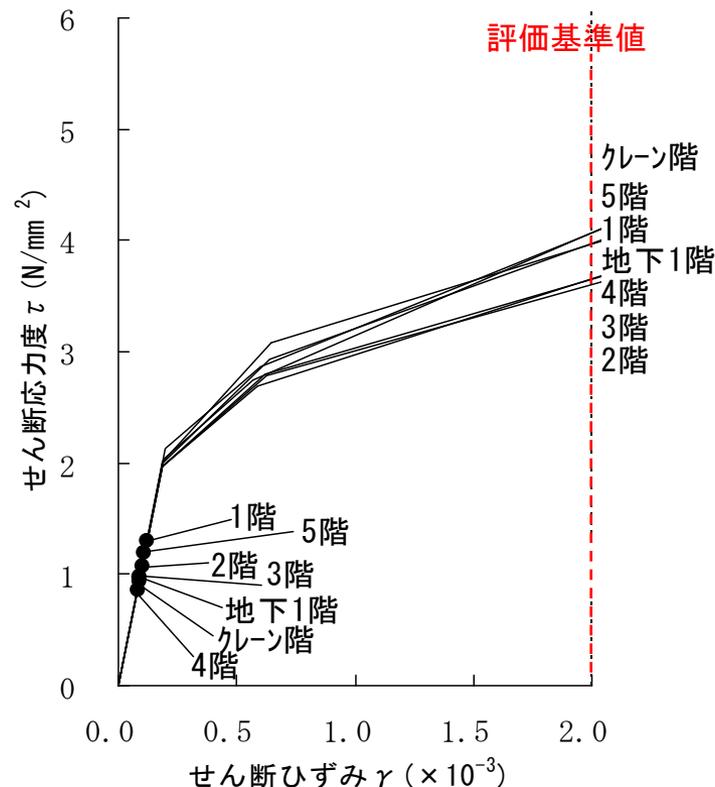


図-7 3号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-2 東西方向)

■福島第一原子力発電所4号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.30×10^{-3} （東西方向 5階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

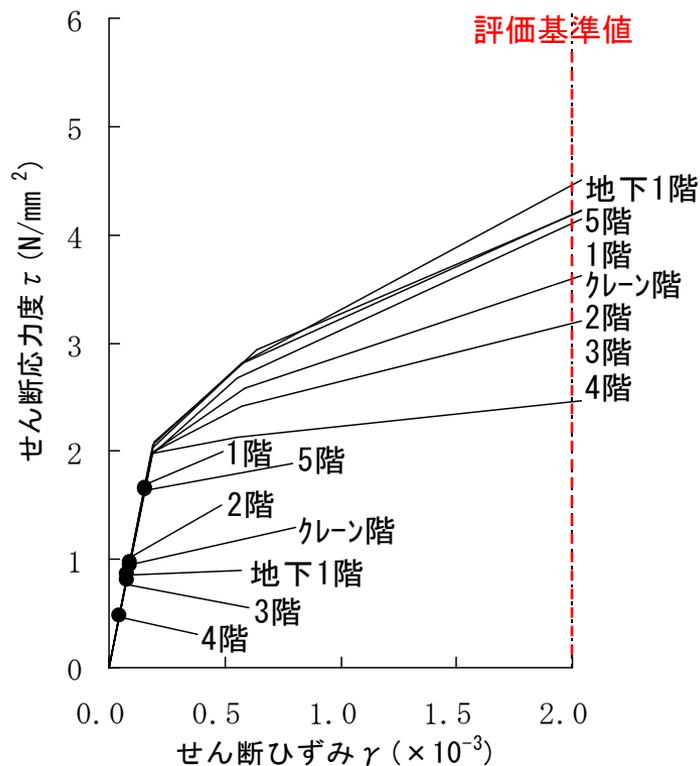


図-8 4号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 南北方向)

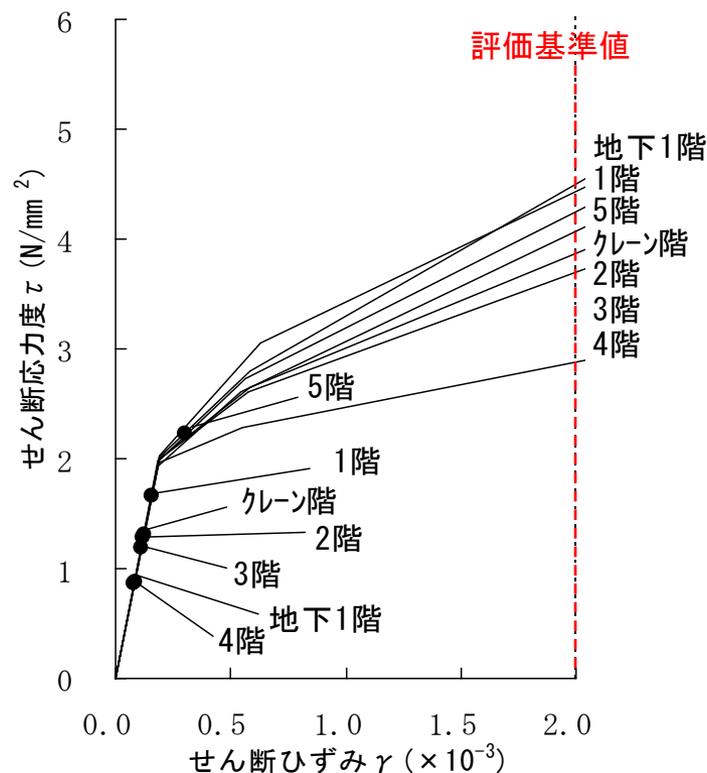


図-9 4号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価（原子炉建屋の評価）

■福島第一原子力発電所5号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.19×10^{-3} （東西方向 5階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

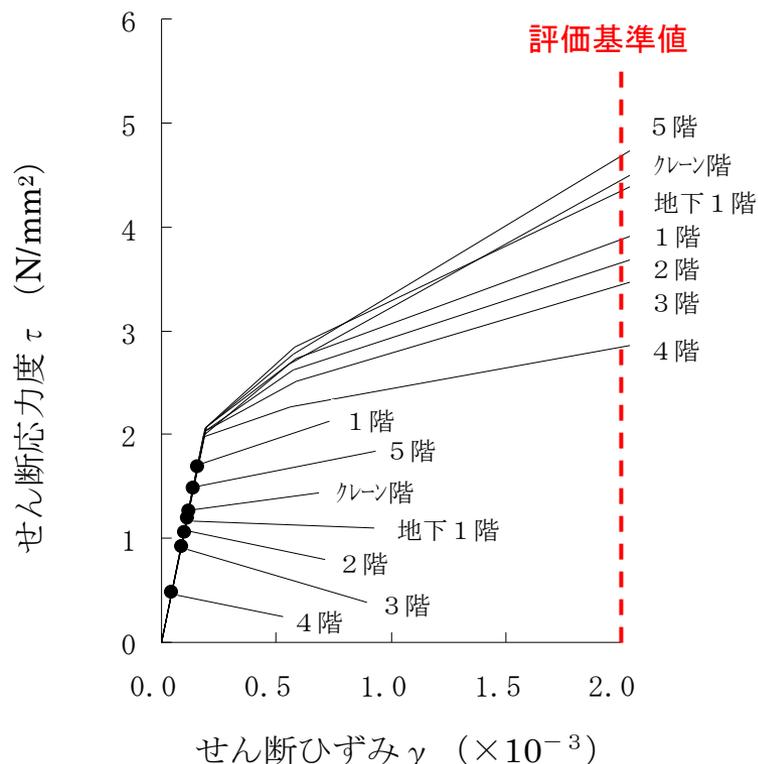


図-10 5号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-2 南北方向)

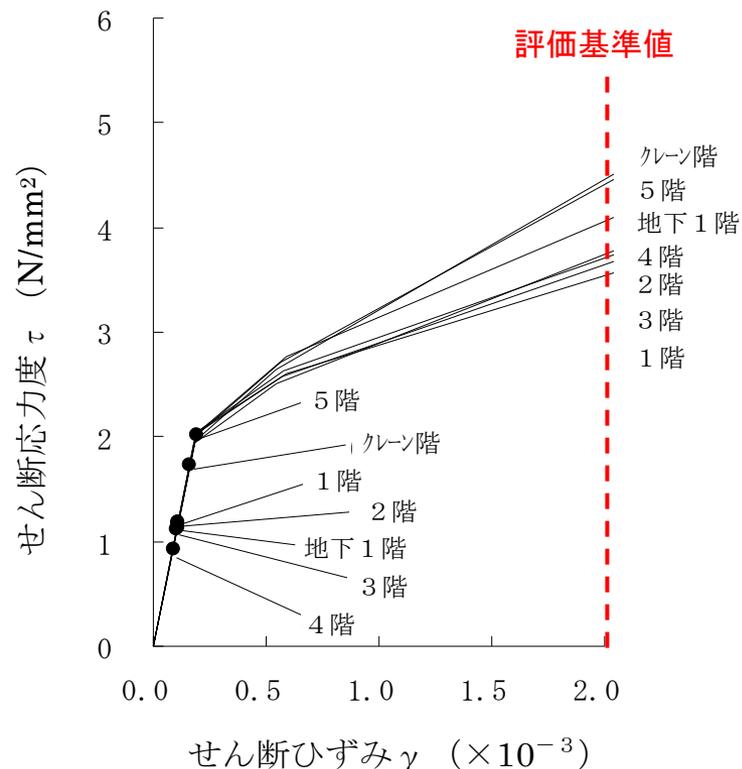


図-11 5号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価（原子炉建屋の評価）

■福島第一原子力発電所6号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.33×10^{-3} （南北方向 2階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

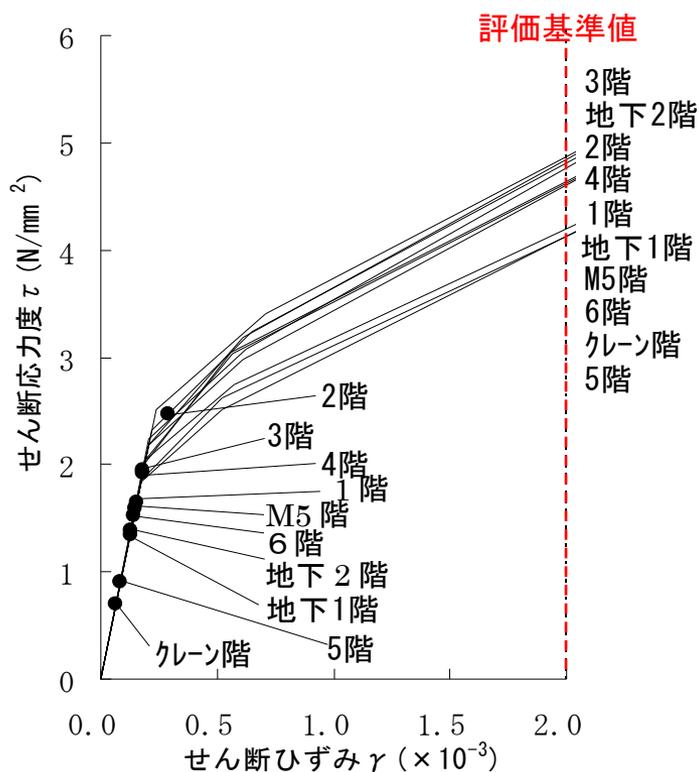


図-12 6号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 南北方向)

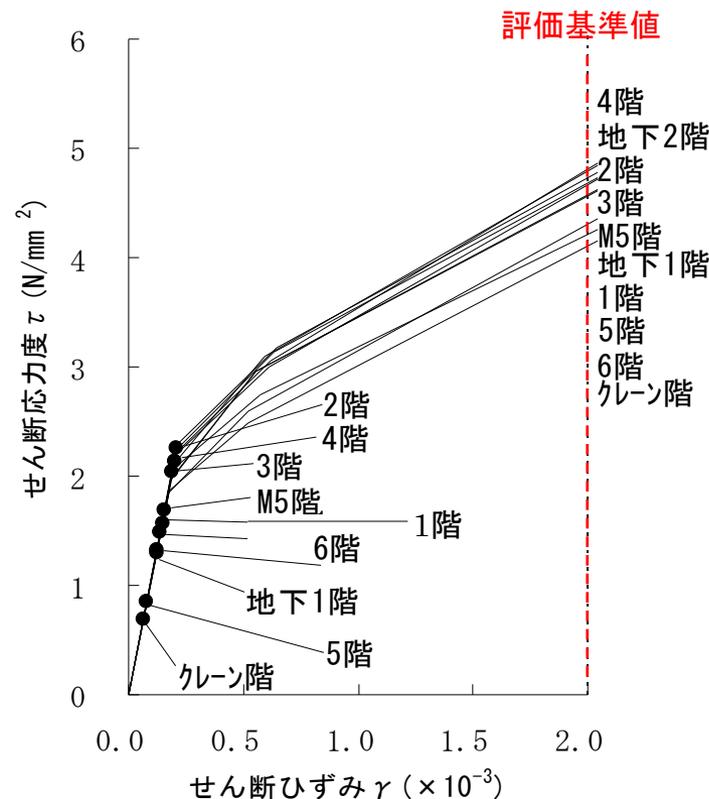


図-13 6号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

■福島第二原子力発電所1号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.15×10^{-3} （南北方向 2階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

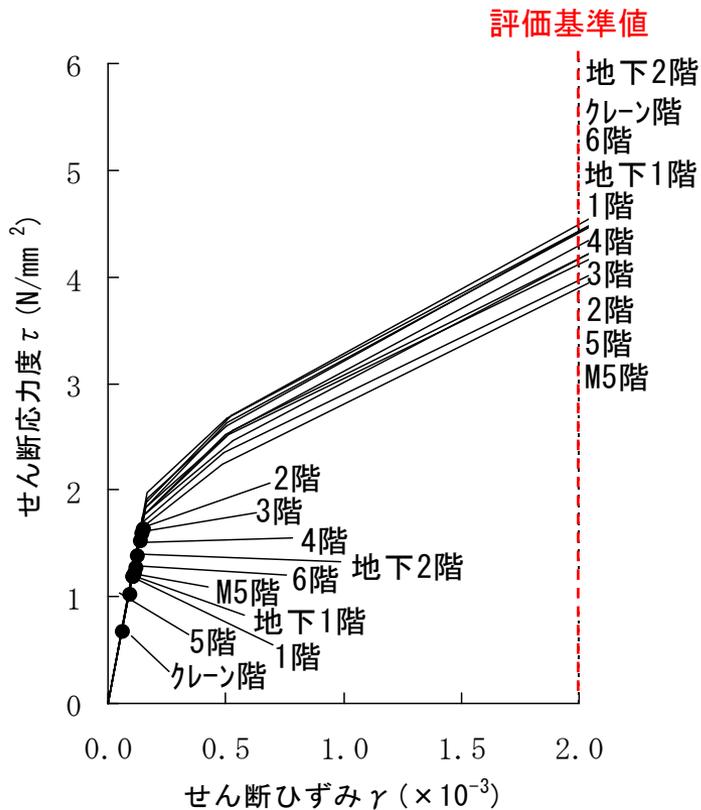


図-14 1号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 南北方向)

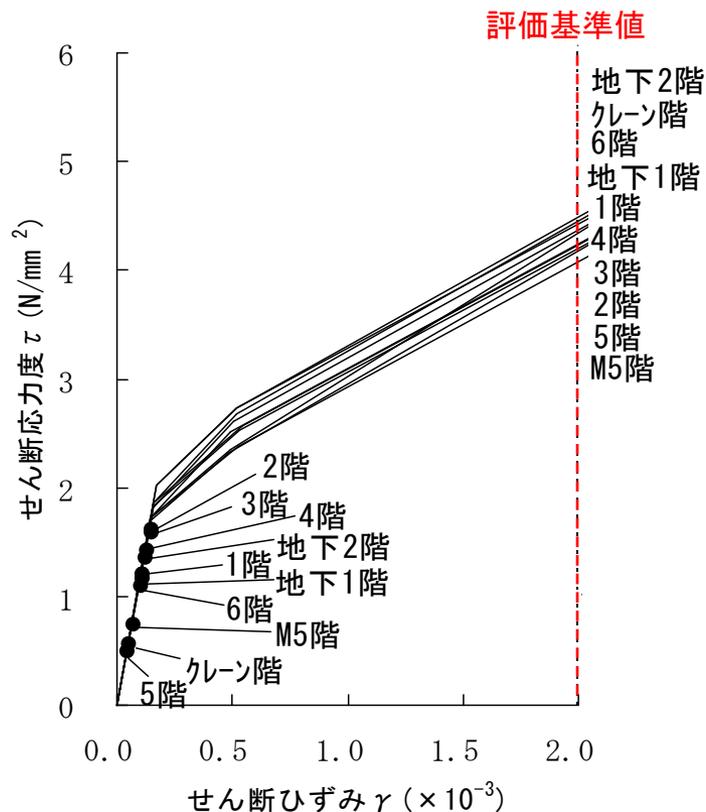


図-15 1号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価（原子炉建屋の評価）

■福島第二原子力発電所2号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.13×10^{-3} （南北方向 地下2階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

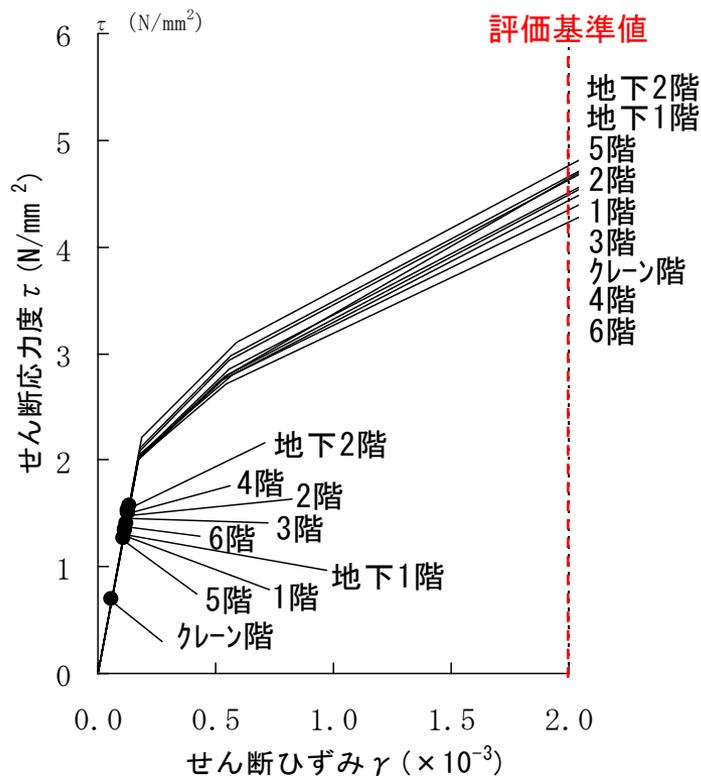


図-16 2号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 南北方向)

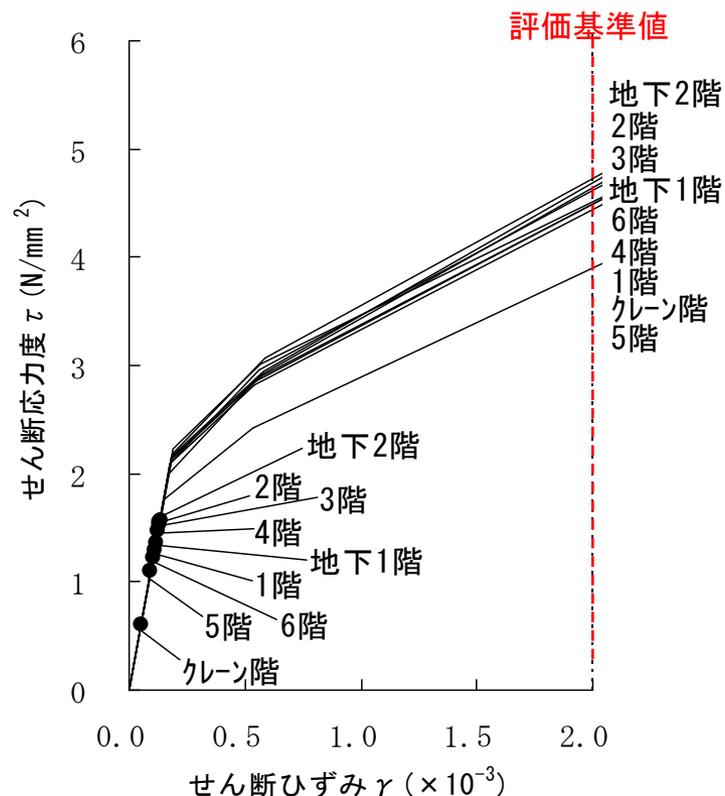


図-17 2号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価（原子炉建屋の評価）

■福島第二原子力発電所3号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.14×10^{-3} （東西方向 2階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

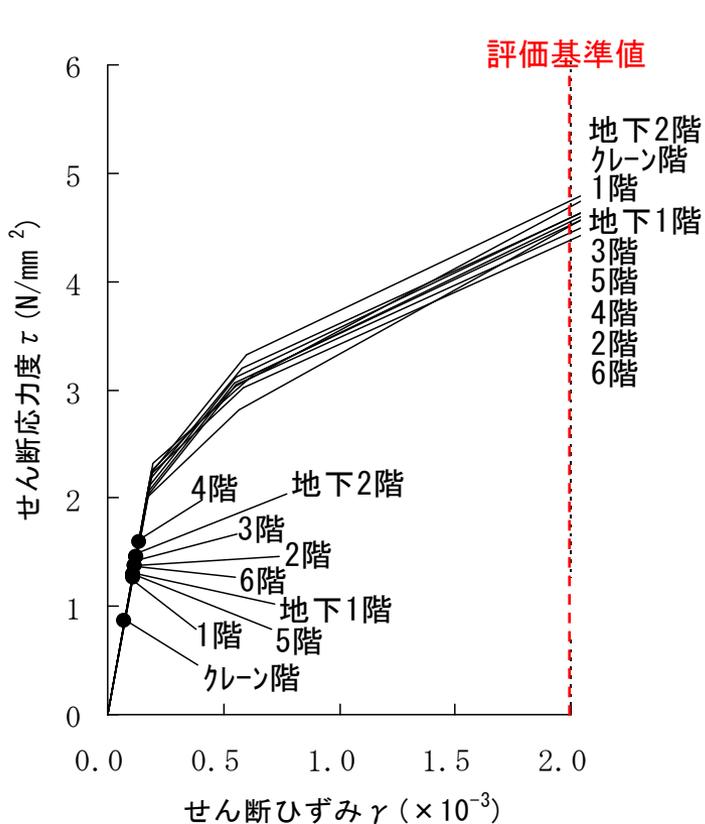


図-18 3号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-2 南北方向)

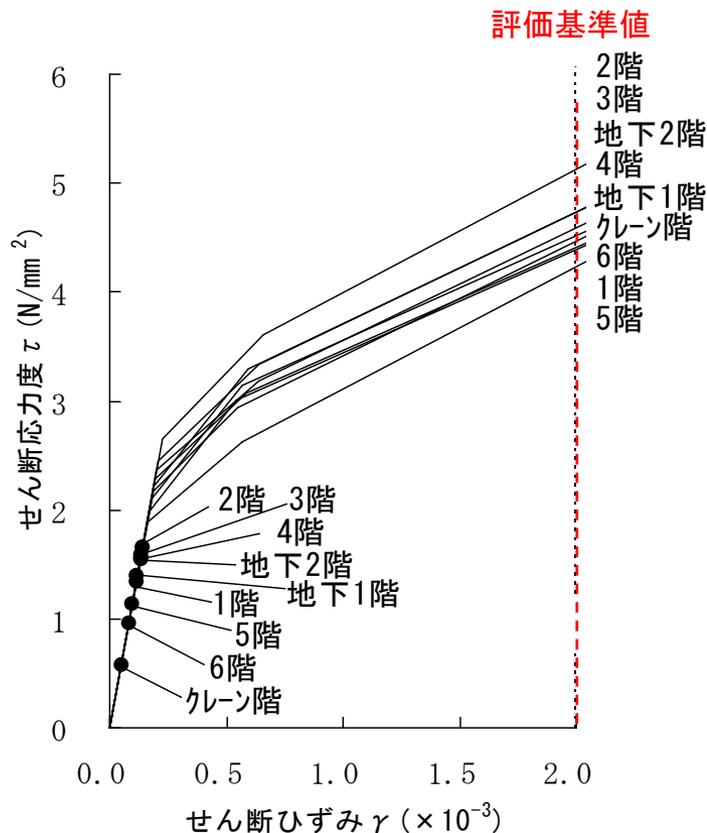


図-19 3号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

■福島第二原子力発電所4号機

耐震壁のせん断ひずみは、最大で 0.14×10^{-3} （東西方向 2階、Ss-1時）であり、評価基準値(2.0×10^{-3})を超えないことを確認。

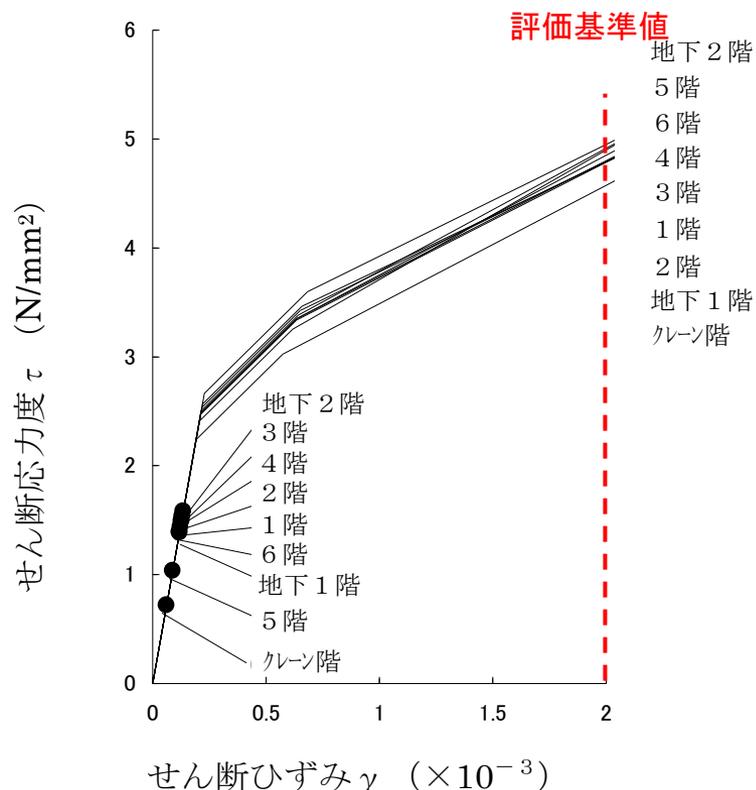


図-20 4号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 南北方向)

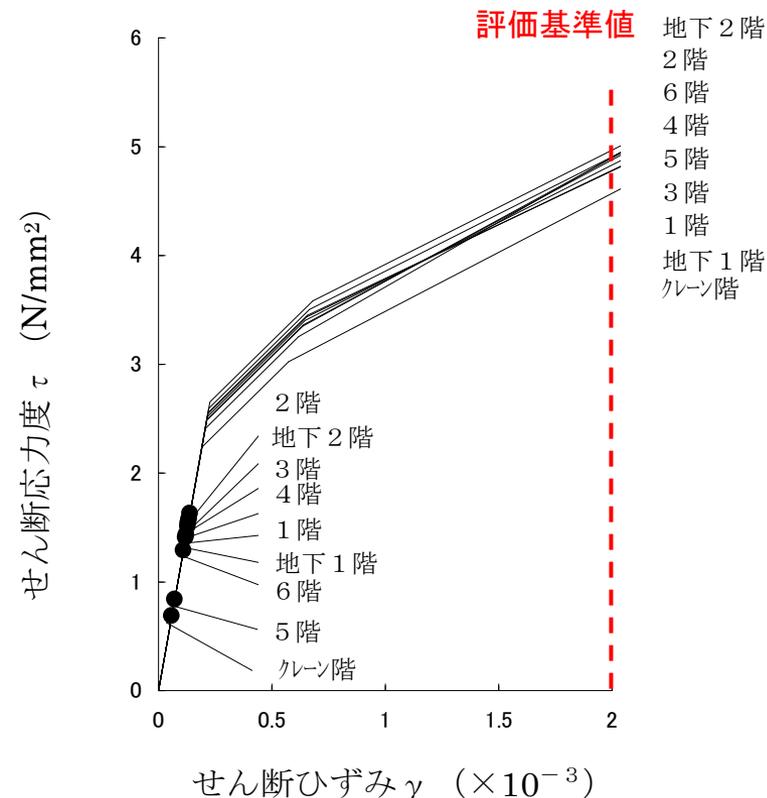


図-21 4号機 耐震壁のせん断ひずみ
(Ss-1 東西方向)

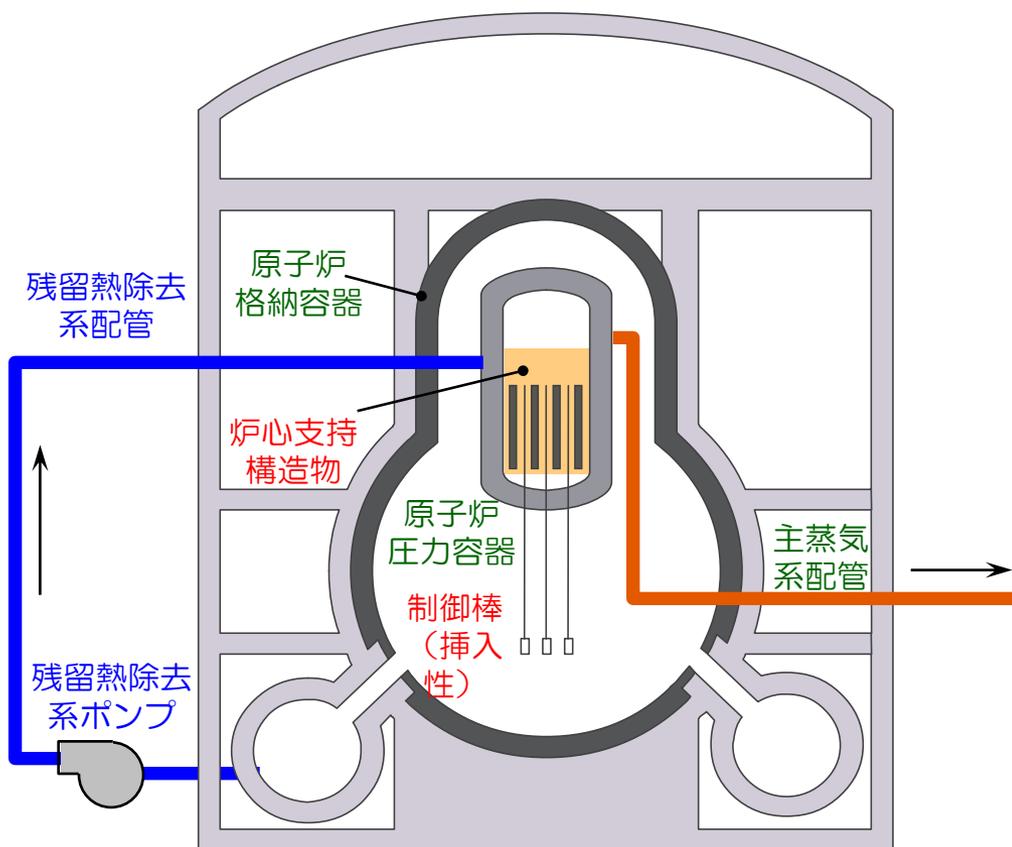
1. 安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価
(原子炉建屋の評価)

2. 安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価対象（福島第一5号機の例）

- 原子炉を「止める」，「冷やす」，放射性物質を「閉じ込める」に係る安全上重要な機能を有する次の主要な施設



「止める」

- ・ 制御棒（挿入性）
- ・ 炉心支持構造物

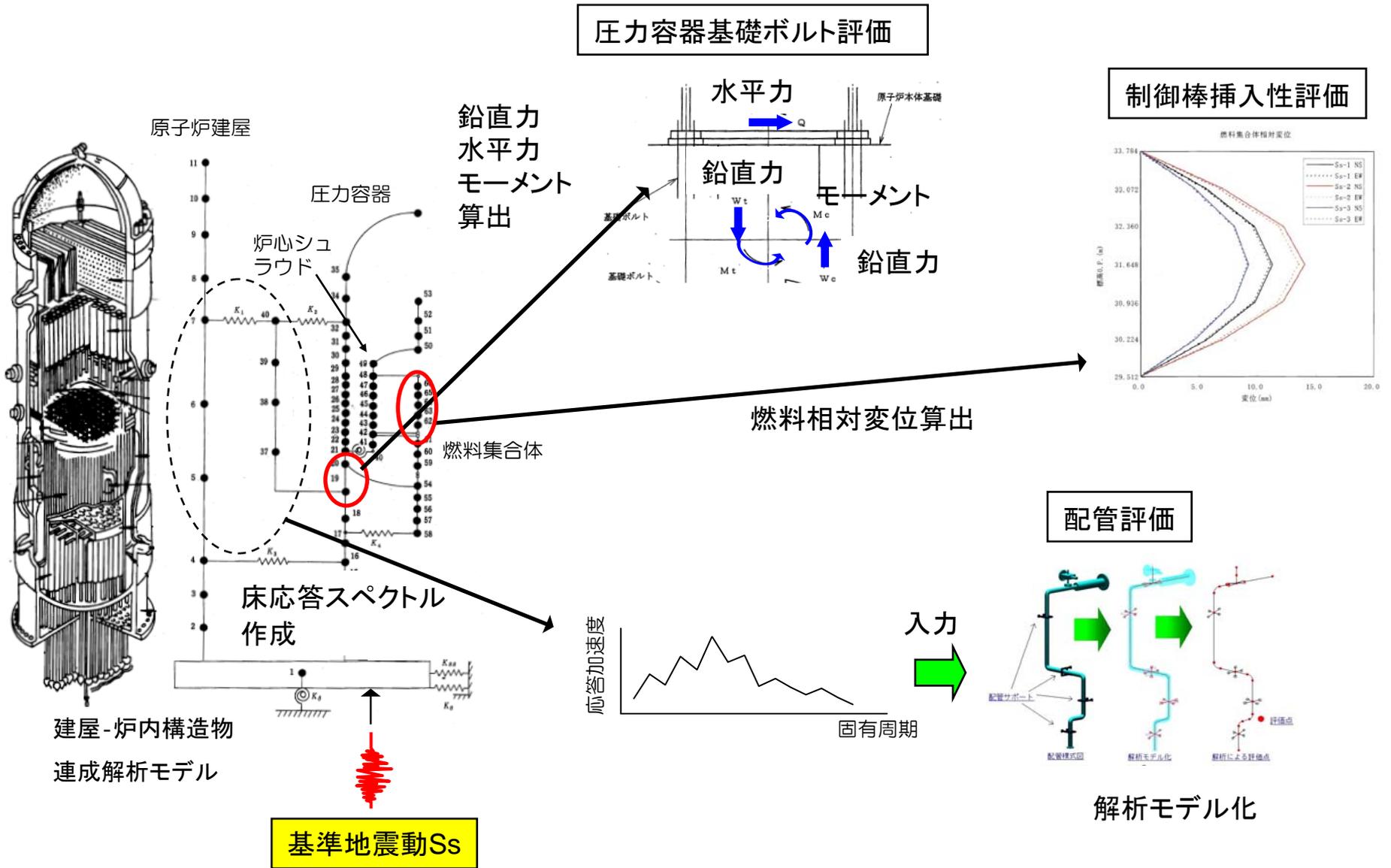
「冷やす」

- ・ 残留熱除去系ポンプ
- ・ 残留熱除去系配管

「閉じ込める」

- ・ 原子炉圧力容器
- ・ 主蒸気系配管
- ・ 原子炉格納容器

地震応答解析モデル



評価内容および評価方法

■ 構造強度評価

- 応答倍率法による評価や、スペクトルモーダル解析法等による詳細評価を行い、基準地震動 S_s により設備に発生する応力を算出する。
- 基準地震動 S_s により設備に発生する応力*が、材料の許容される強度（評価基準値）以下であることを確認する。

※ 地震以外の荷重についても、適切に考慮した上で評価を実施する。

■ 動的機能維持評価（制御棒挿入性）

- 基準地震動 S_s による燃料集合体の相対変位を求め、その相対変位が試験により挿入性が確認された相対変位以下であることを確認。

応答倍率法による評価

- 既往評価での評価方法に応じて、以下の方法①または方法②で実施

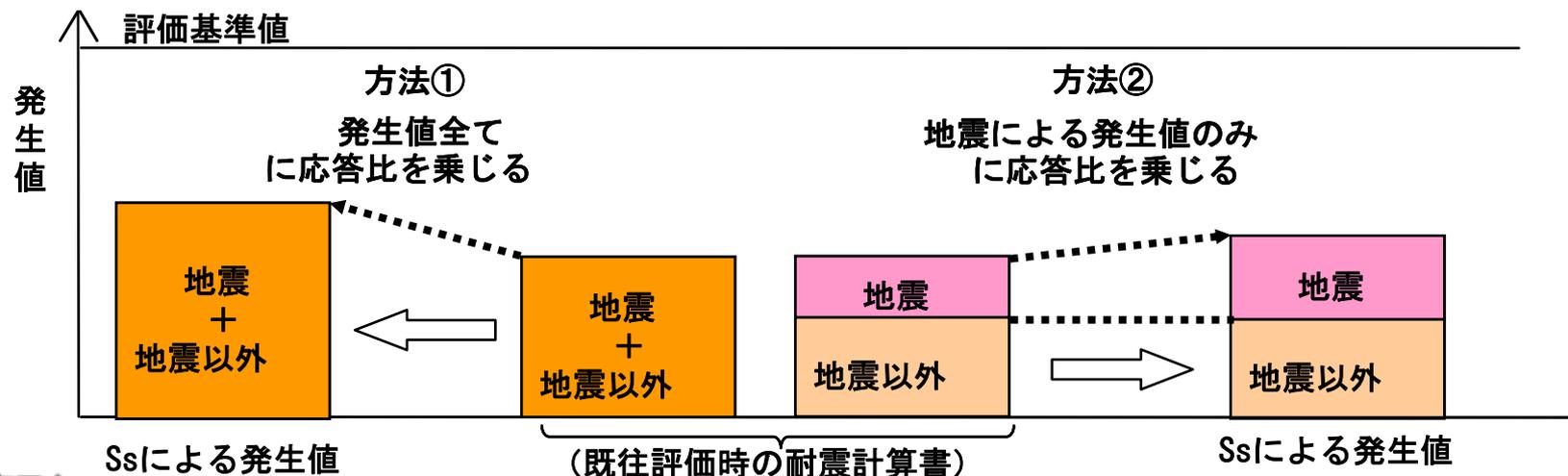
方法①

$$S_s \text{による発生値} = \left[\underbrace{\text{地震以外による発生値} + \text{地震による発生値}}_{\text{(既往評価時の耐震計算書)}} \right] \times \text{応答比}^*$$

方法②

$$S_s \text{による発生値} = \text{地震以外による発生値} + \text{地震による発生値} \times \text{応答比}^*$$

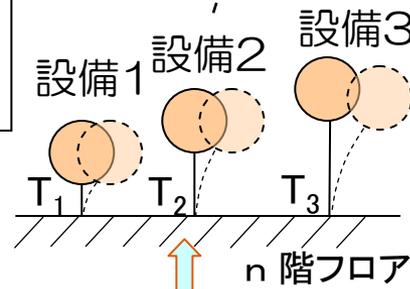
※応答比：既往評価による地震力（加速度）と基準地震動 S_s による地震力（加速度）の比



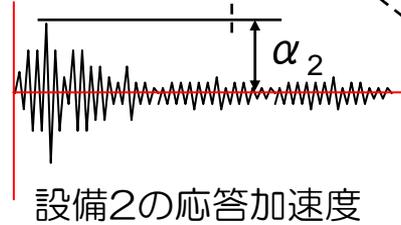
詳細評価（スペクトルモーダル解析法による評価）

各設備の特性は固有周期 T で代表

周期短 ← → 周期長



n階の応答加速度

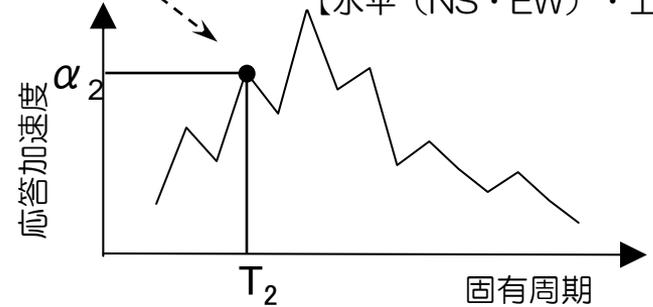


設備2の応答加速度

最大の応答加速度をプロット

T を様々に変えて α をプロット

床応答スペクトルを作成
【水平 (NS・EW) ・上下】

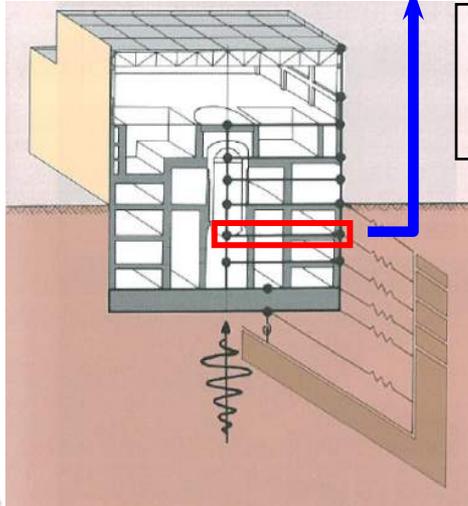


応答スペクトル解析

水平NS-上下と水平EW-上下で
組合せ、大きい値を採用

最大応力算出

建屋をモデル化し入力地震動に対する各階の応答加速度を計算



安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第一1号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価 方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	68	222	②
原子炉格納容器	ドライウェル	113	382	②
炉心支持構造物	シュラウドサポート	101	196	①
原子炉停止時冷却系ポンプ	基礎ボルト	6	127	②
原子炉停止時冷却系配管	配管本体	229	414	②
主蒸気系配管	配管本体	287	374	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	21.2	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第一2号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が**評価基準値以下**であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	27	222	②
原子炉格納容器	ドライウェル	139	255	①
炉心支持構造物	シュラウドサポート	34	209	①
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	55	185	②
残留熱除去系配管	配管本体	101	315	②
主蒸気系配管	配管本体	288	360	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	16.5	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第一3号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	36	222	②
原子炉格納容器	ドライウェル	199	255	①
炉心支持構造物	シュラウドサポート	33	208	①
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	42	185	②
残留熱除去系配管	配管本体	267	363	②
主蒸気系配管	配管本体	183	417	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	14.8	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第一4号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	70	237	②
原子炉格納容器	ドライウェル	150	382	②
炉心支持構造物	シュラウドサポート	106	203	②
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	73	156	②
残留熱除去系配管	配管本体	137	335	②
主蒸気系配管	配管本体	296	309	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	12.2	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第一5号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	39	222	①
原子炉格納容器	ドライウェル	90	255	①
炉心支持構造物	シュラウドサポート	86	300	①
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	29	202	②
残留熱除去系配管	配管本体	197	364	②
主蒸気系配管	配管本体	356	417	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	13.8	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第一6号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	32	499	②
原子炉格納容器	ドライウェル	33	253	①
炉心支持構造物	シュラウドサポート	102	228	①
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	93	350	①
残留熱除去系配管	配管本体	99	335	②
主蒸気系配管	配管本体	245	375	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	16.9	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第二1号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	16	499	②
原子炉格納容器	ドライウェル	23	253	①
炉心支持構造物	シュラウドサポート	116	228	①
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	78	455	①
残留熱除去系配管	配管本体	253	335	②
主蒸気系配管	配管本体	276	375	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	14.2	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第二2号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	8	384	②
原子炉格納容器	ドライウェル	33	380	①
炉心支持構造物	シュラウドサポート	206	300	②
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	14	350	①
残留熱除去系配管	配管本体	240	364	②
主蒸気系配管	配管本体	217	309	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	15.8	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第二3号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	10	384	②
原子炉格納容器	ドライウェル	41	380	①
炉心支持構造物	シュラウドサポート	84	229	①
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	16	350	①
残留熱除去系配管	配管本体	179	327	②
主蒸気系配管	配管本体	317	375	②

● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	15.8	40.0

安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価

■ 評価結果（福島第二4号機）

基準地震動Ssによる応答値，相対変位が評価基準値以下であることを確認した。

● 構造強度評価

①: 応答倍率法による評価 ②: 詳細評価

評価対象設備	評価部位	応答値 (MPa)	基準値 (MPa)	評価方法
原子炉圧力容器	基礎ボルト	11	492	①
原子炉格納容器	ドライウェル	38	380	①
炉心支持構造物	シュラウドサポート	89	247	①
残留熱除去系ポンプ	基礎ボルト	4	342	①
残留熱除去系配管	配管本体	165	321	②
主蒸気系配管	配管本体	157	309	②

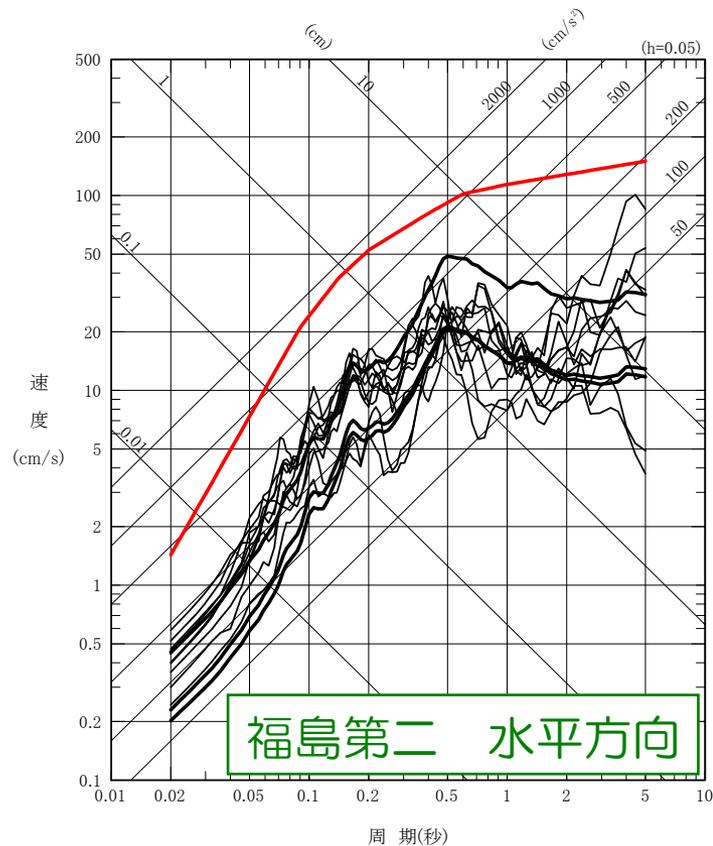
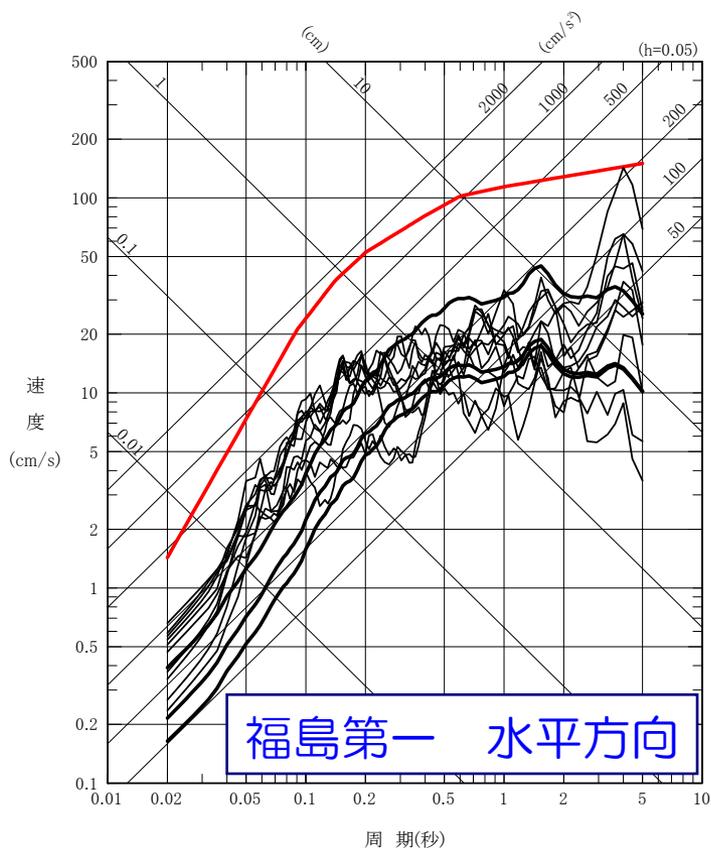
● 動的機能維持評価

評価対象設備	地震時の相対変位 (mm)	基準値 (mm)
制御棒（挿入性）	14.1	40.0

参考

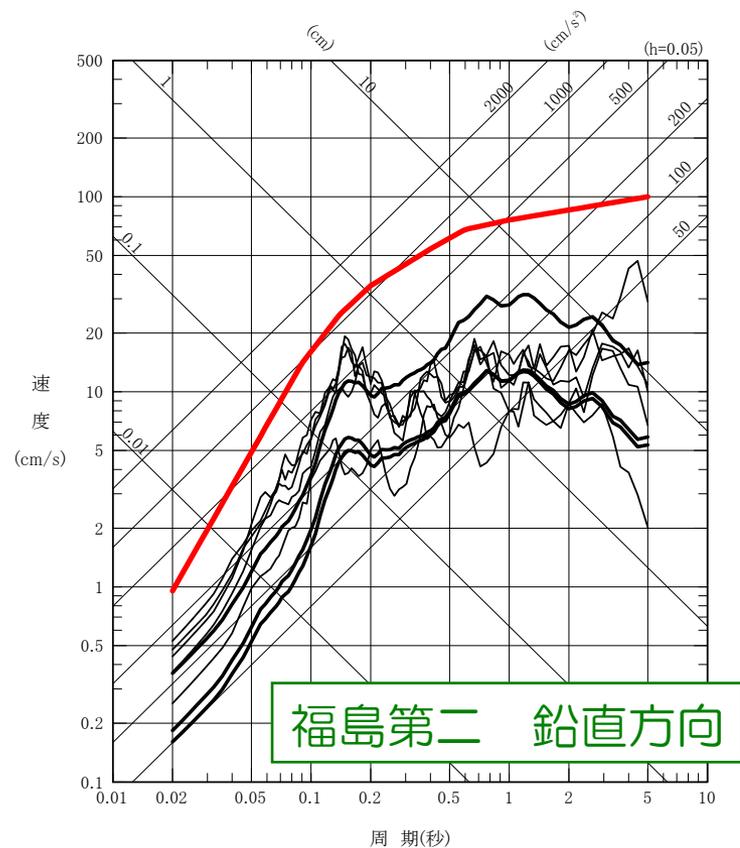
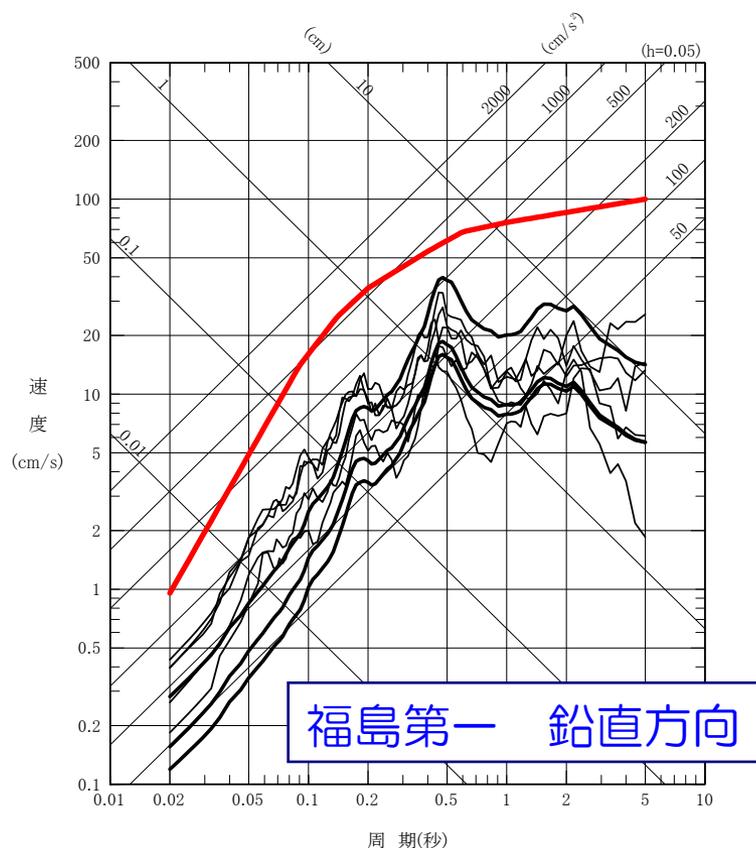
【参考】プレート間地震の評価結果とSs-1との比較

— Ss-1H
— プレート間地震評価結果 (太線: 応答スペクトル法, 細線: 断層モデル)



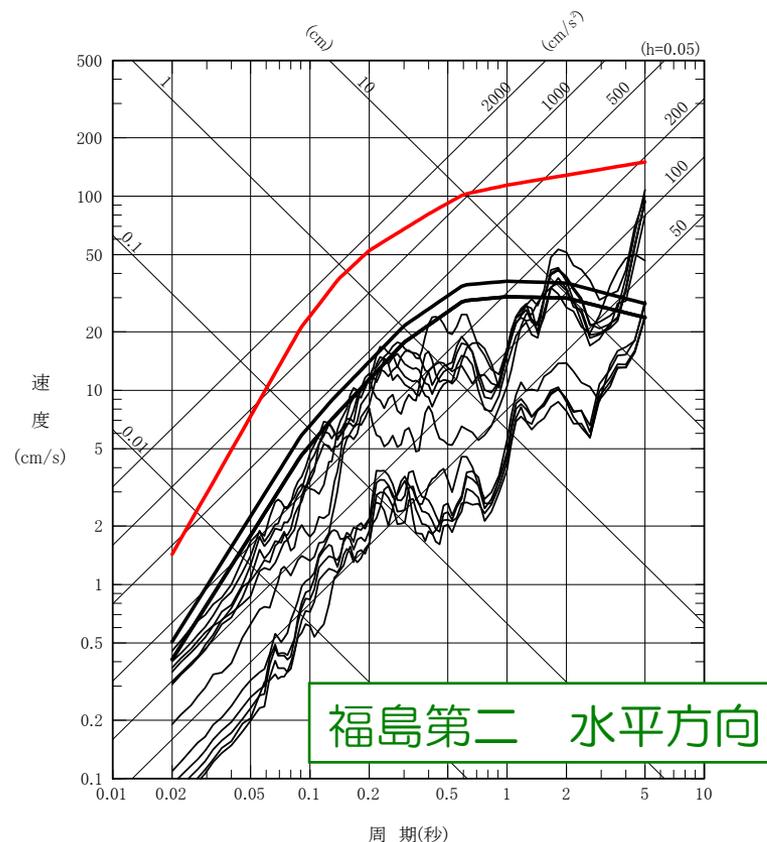
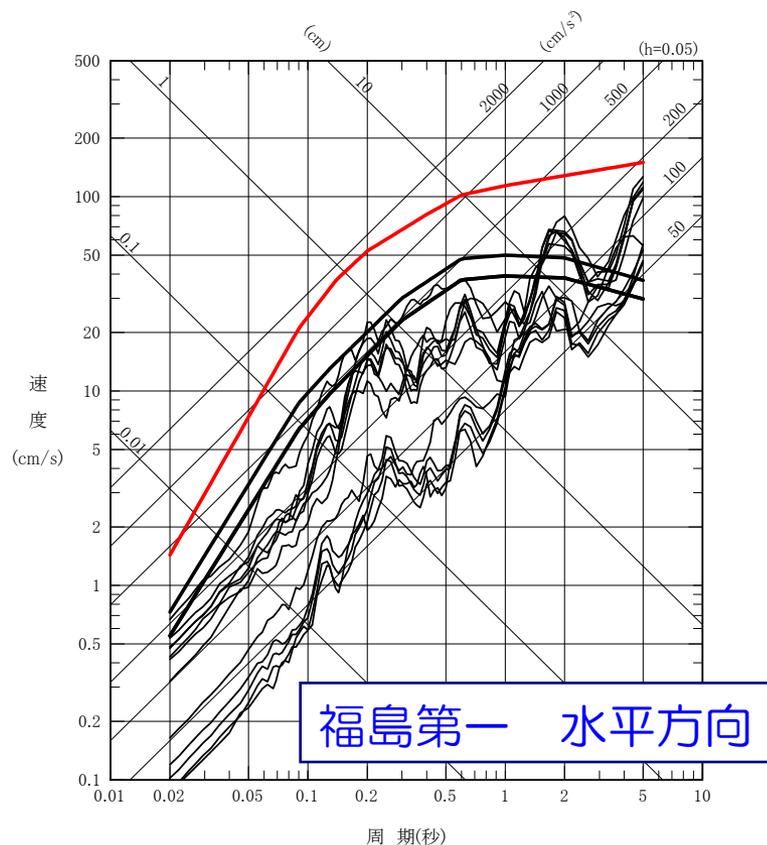
【参考】プレート間地震の評価結果とSs-1との比較

— Ss-1V
— プレート間地震評価結果 (太線: 応答スペクトル法, 細線: 断層モデル)



【参考】内陸地殻内地震の評価結果とSs-1との比較

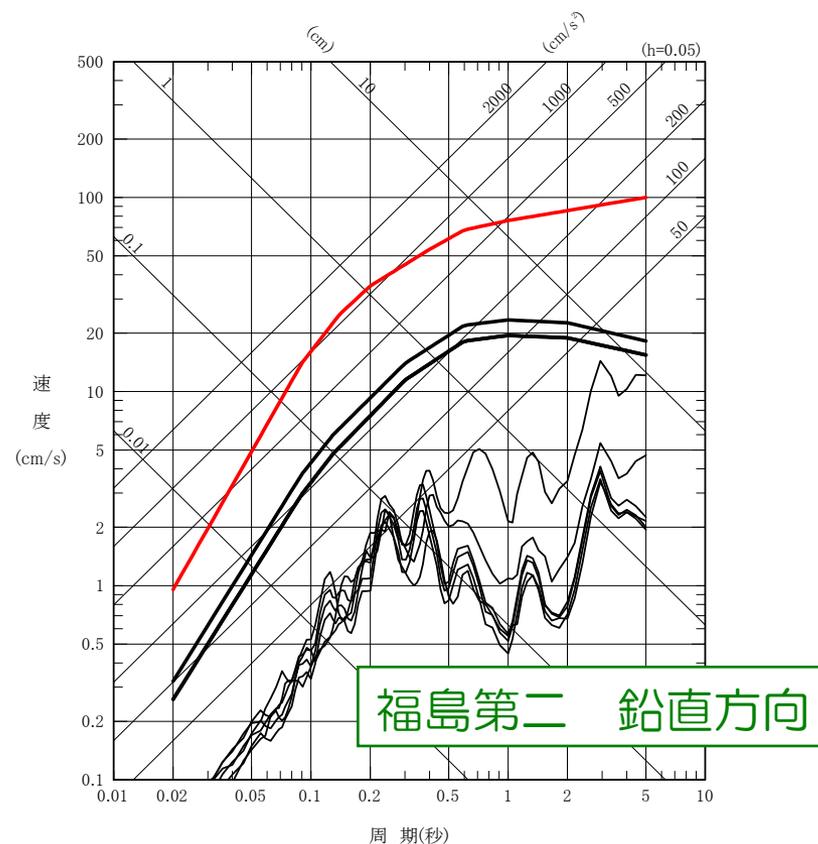
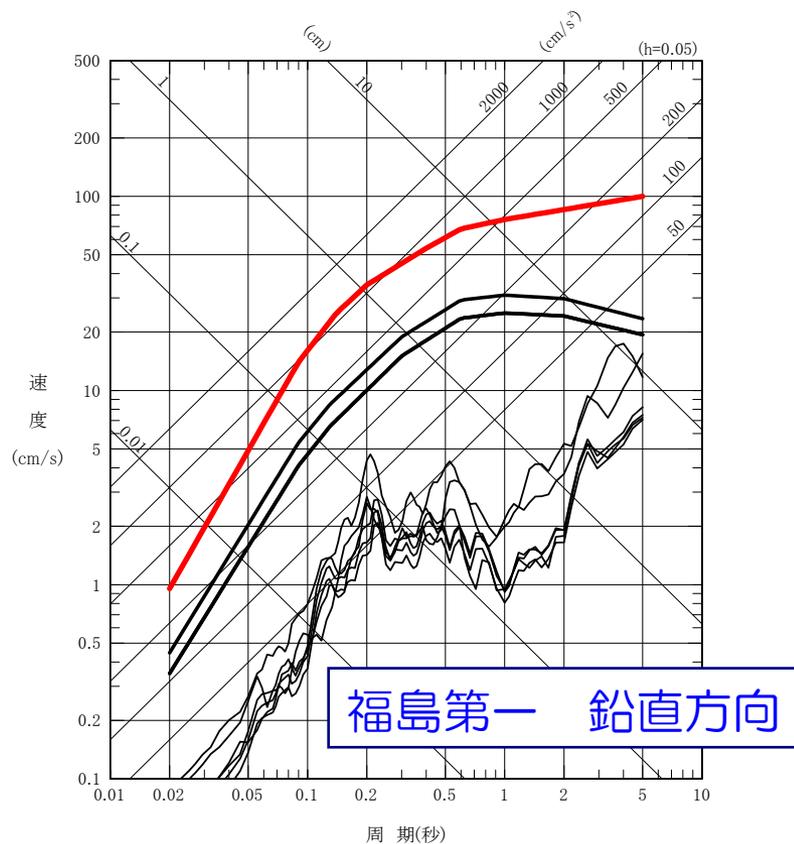
— Ss-1H
— 内陸地殻内地震評価結果（太線：応答スペクトル法，細線：断層モデル）



※双葉断層（断層長さ47.5km）の評価結果。

【参考】内陸地殻内地震の評価結果とSs-1との比較

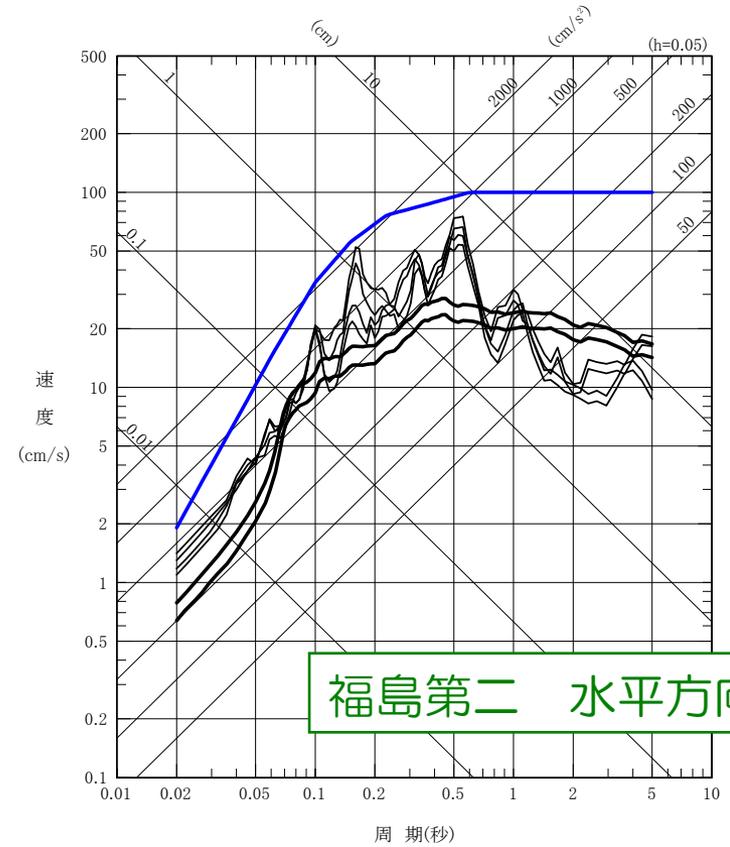
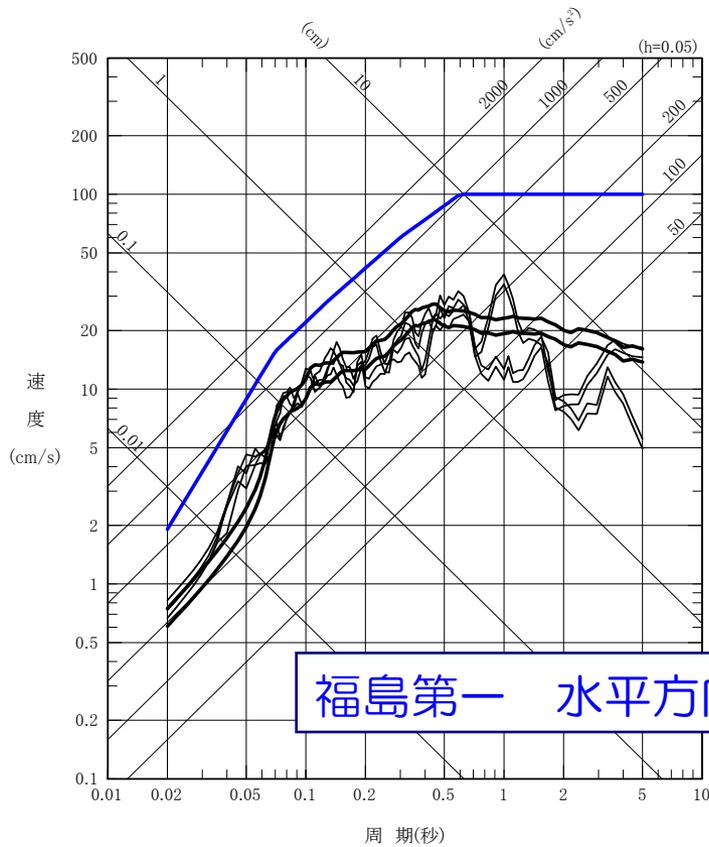
— Ss-1
— 内陸地殻内地震評価結果（太線：応答スペクトル法，細線：断層モデル）



※双葉断層（断層長さ47.5km）の評価結果。

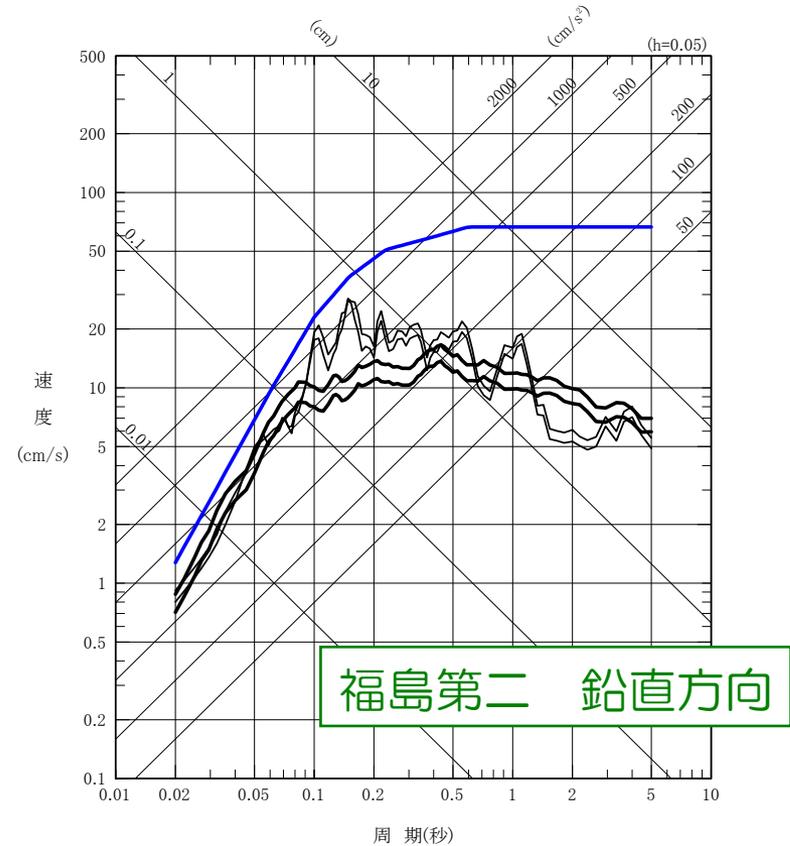
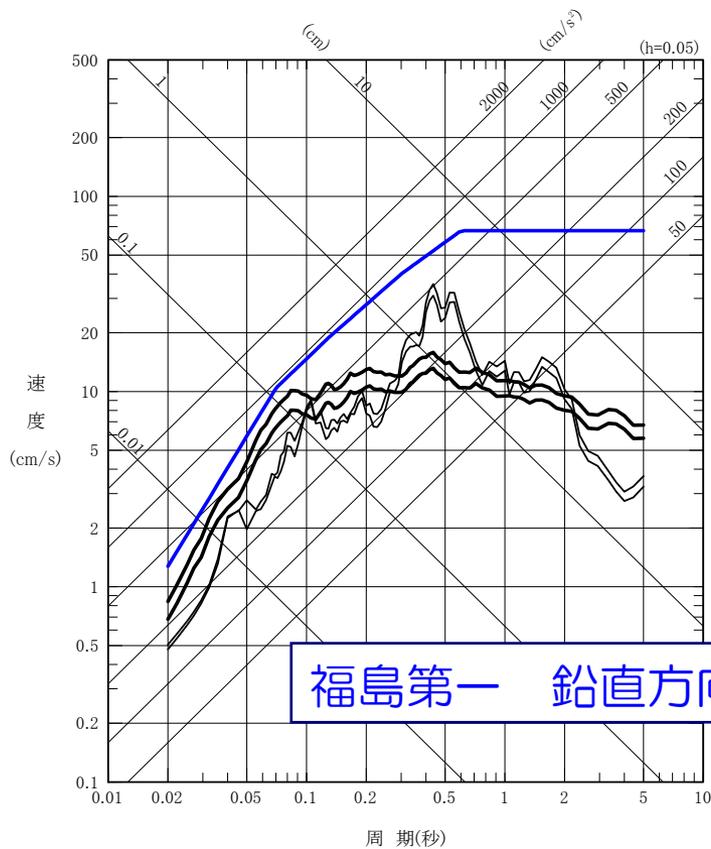
【参考】海洋プレート内地震の評価結果とSs-2との比較

— Ss-2H
— 海洋プレート内地震評価結果（太線：応答スペクトル法，細線：断層モデル）



【参考】 海洋プレート内地震の評価結果とSs-2との比較

— Ss-2V
— 海洋プレート内地震評価結果（太線：応答スペクトル法，細線：断層モデル）

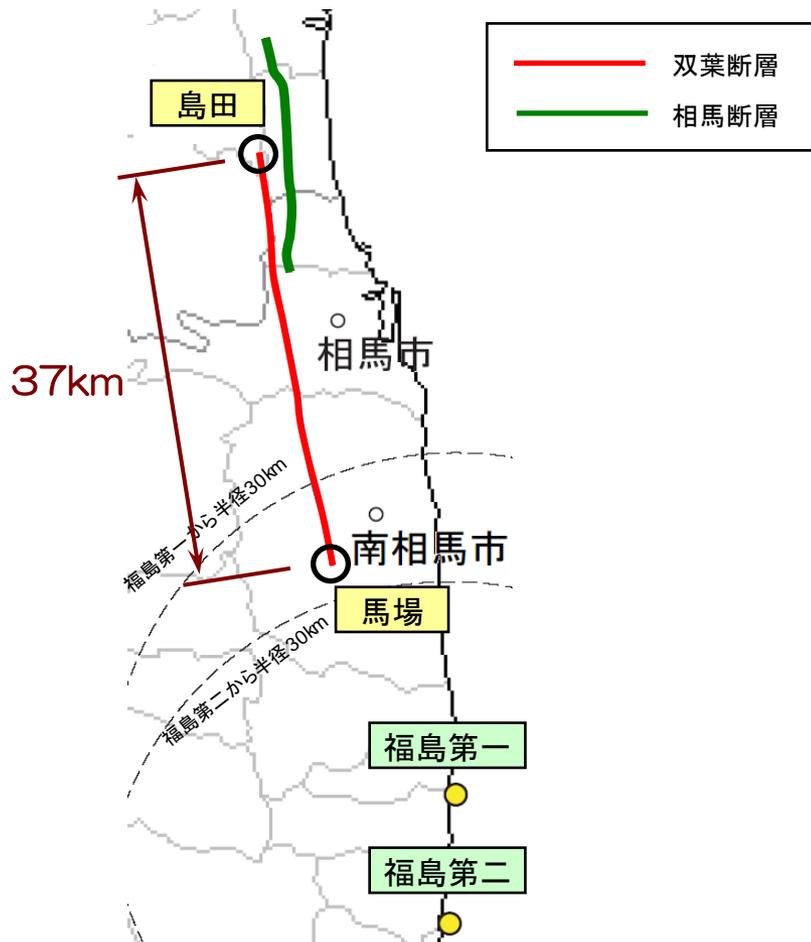


【参考】双葉断層の断層長さ見直しによる影響評価

- 中間報告後の地質調査結果を踏まえ、双葉断層の北端を島田地点とした断層長さ37kmの場合について、基本震源モデルを対象とした地震動評価を行い、断層長さの見直しが地震動評価に及ぼす影響評価を実施。



中間報告時（断層長さ47.5km）



見直し後（断層長さ37km）

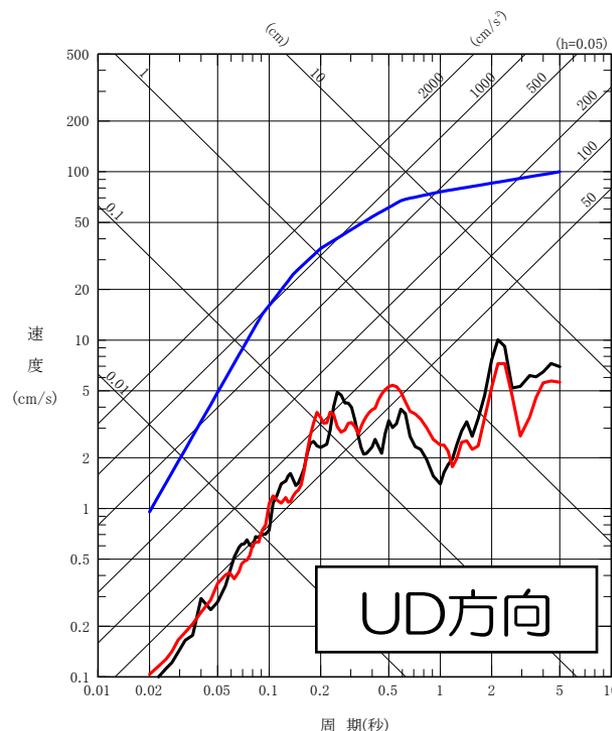
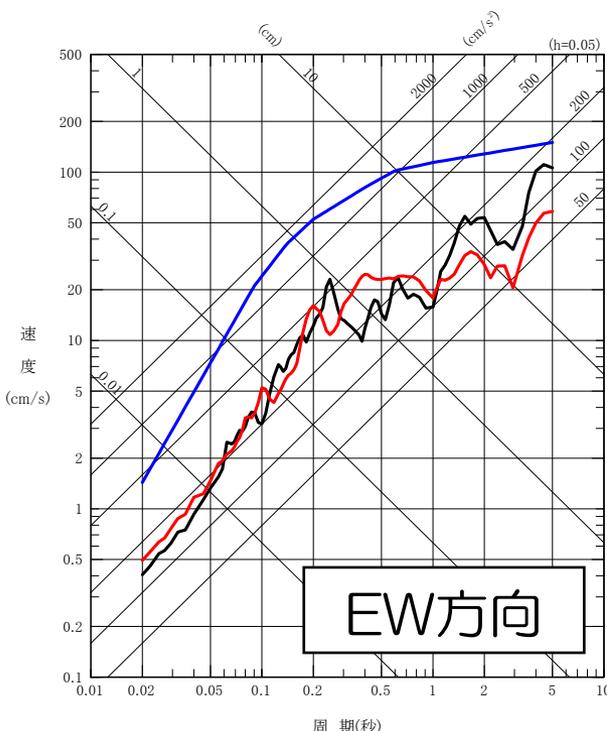
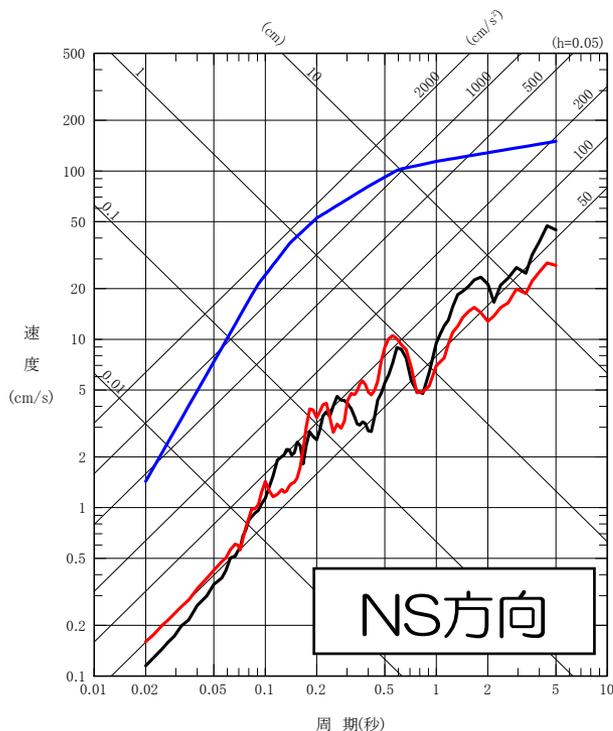
【参考】双葉断層の断層長さ見直しによる影響評価

断層モデルを用いた手法による地震動評価結果

- 断層長さ見直し後（37km）の結果は、中間報告時（47.5km）と比較して、短周期側で同程度、長周期側で若干小さめとなり、策定した基準地震動Ss-1を下回ることを確認。

福島第一

- 断層モデル（ハイブリッド法） 断層長さ47.5km【参考】
- 断層モデル（ハイブリッド法） 断層長さ37km
- 基準地震動Ss-1H, Ss-1V



※福島第二サイトにおいても、同様の傾向となっていることを確認。

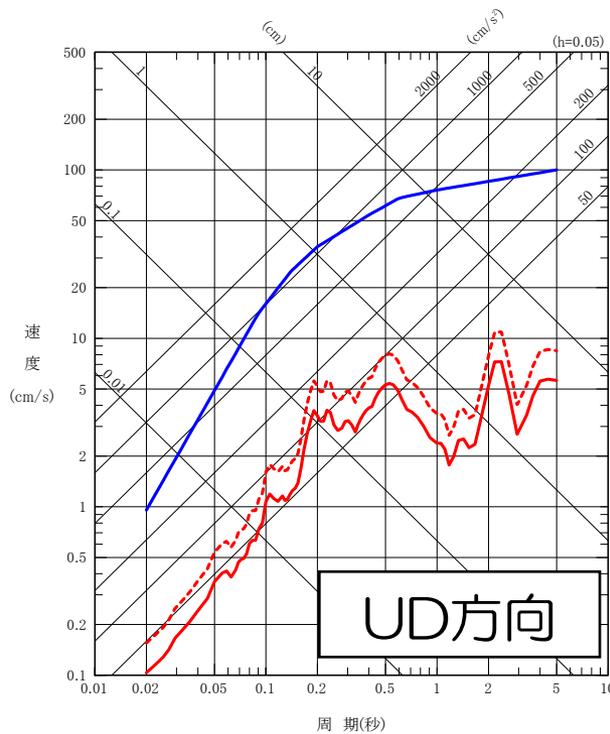
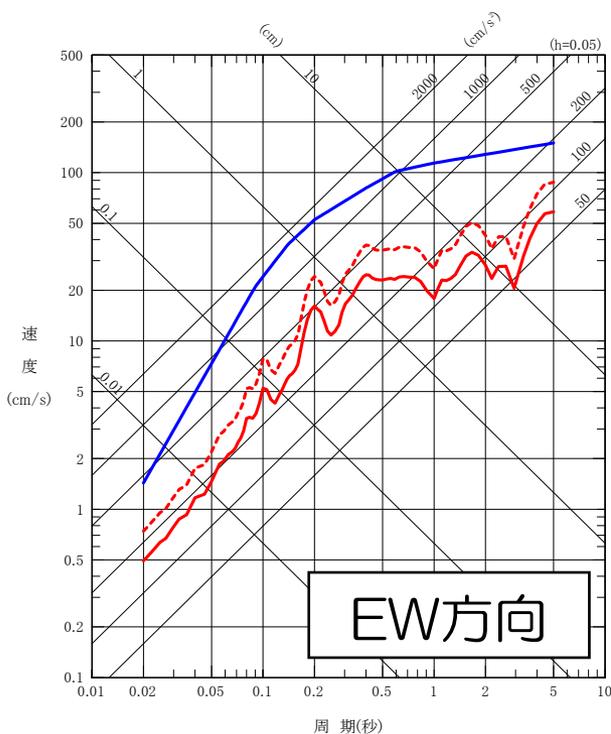
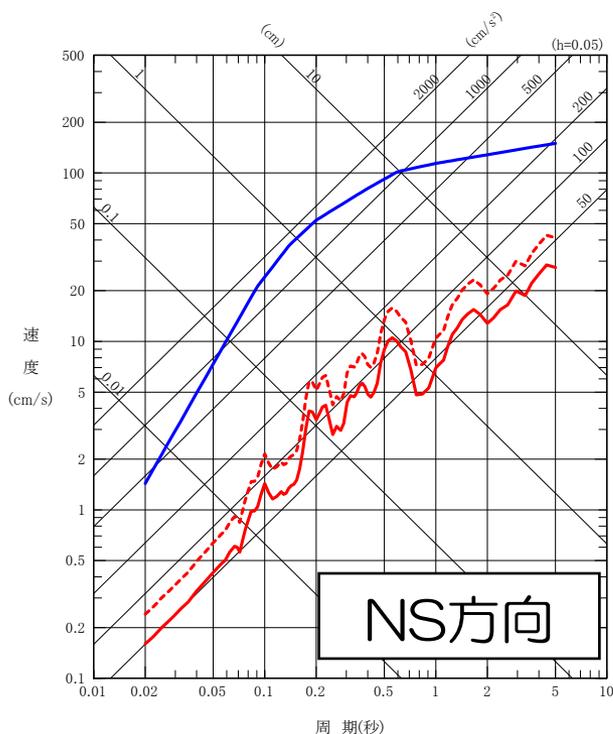
【参考】双葉断層の断層長さ見直しによる影響評価

中越沖地震の知見を踏まえた応力降下量1.5倍による影響の確認

- 中越沖地震の知見を反映し、応力降下量の不確かさとして1.5倍を考慮した場合の影響を把握するため、簡易評価として断層長さ37kmの評価結果を1.5倍した結果、策定した基準地震動Ss-1を下回ることを確認。

福島第一

- 断層モデル（ハイブリッド法） 断層長さ37km・基本震源モデル
- - - 断層モデル（ハイブリッド法） 断層長さ37km・基本震源モデル×1.5倍【簡易評価】
- 基準地震動Ss-1H, Ss-1V



※福島第二サイトにおいても、基準地震動Ss-1を下回ることを確認。

参考文献リスト

- 活断層研究会編(1980)：日本の活断層—分布図と資料—。東京大学出版会
- 活断層研究会編(1991)：新編 日本の活断層—分布図と資料—。東京大学出版会
- 中田 高・今泉俊文編(2002)：活断層詳細デジタルマップ。東京大学出版会
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005a)：双葉断層の評価
- 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2005b)：福島盆地西縁断層帯の評価
- 福島県(1999)：双葉断層に関する成果報告書(概要版)。福島県
- Noda, S., K.Yashiro, K.Takahashi, M.Takemura, S.Ohno, M.Tohdo and T.Watanabe (2002)：RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD—NEA Workshop on the Relations between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct.16—18, Istanbul, 399—408
- 大野晋・高橋克也・源栄正人(2001)：カリフォルニア強震記録に基づく水平動・上下動の距離減衰式と日本の内陸地震への適用, 日本建築学会構造系論文集, 第544号, 39—46
- 内山泰生・翠川三郎(2006)：震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第606号, 81—88
- 片岡正次郎・佐藤智美・松本俊輔・日下部毅明(2006)：短周期レベルをパラメータとした地震動強さの距離減衰式, 土木学会論文集 A, Vol.62, No.4, 740—757
- 浅野公之・岩田知孝・入倉孝次郎(2004)：2003年5月26日に宮城県沖で発生したスラブ内地震の震源モデルと強震動シミュレーション, 地震 第2輯, 第57巻, 171—185
- 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大栄・上田圭一・壇一男(2004)：震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル—地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討—, 日本地震工学会論文集, 第4巻, 第4号, 46—86
- 地震調査研究推進本部(2006)：「全国を概観した地震動予測地図」報告書2006年版
- 入倉孝次郎・三宅弘恵(2001)：シナリオ地震の強震動予測, 地学雑誌, vol.110, No.6, 849—875
- 武村雅之(1990)：日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震 第2輯, 第43号, 257—265
- 武村雅之(1998)：日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—, 地震 第2輯, 第51号, 211—228