

委員からの指摘事項等を踏まえた論点及び 県民意見を踏まえた論点への説明

2024年3月18日

日本原子力発電株式会社

東海第二発電所敷地の原地盤に係る液状化に関する考慮について

【説明概要】

1. 液状化強度試験

内容

- 道路橋示方書で液状化の検討対象とされる地層条件だけでなく、保守的に更新統(固く締まった地層)及びG.L.-20m以深の地層も液状化の検討対象とした。
- 液状化強度試験のための試料採取は、その地層の標準貫入試験のN値、細粒分含有量 F_c 及び道路橋示方書式から算定される液状化強度比 R_L のデータを吟味して、保守的な液状化強度データが得られると想定される個所で行った。
- 各地層の液状化強度特性は、試験データのばらつきを考慮して平均値より 1σ (σ :標準偏差)低減した液状化強度特性を設定した。
- 液状化強度試験箇所近傍調査孔の道路橋示方書算定式より算定した液状化強度比 R_L の平均値は、解析用液状化強度特性と比較して上位であり、評価が保守的であることを確認している。(第20回指摘事項回答)

結果

- 以上のように設定した原地盤の液状化強度特性を用いて、2次元FEMにより地盤をモデル化した有効応力解析を実施し、各層の過剰間隙水圧を確認した結果、基準地震動発生時においても原地盤は液状化しないことを確認した。

【説明概要】

2. 耐震評価

内容

- 重要構造物の耐震性評価においては、原地盤の液状化強度特性による有効応力解析に基づく耐震性評価を実施するとともに、さらなる保守的な配慮として、豊浦標準砂*1の液状化強度特性により強制的に液状化させることを仮定した有効応力解析による検討を追加で行う設計方針とした。

(注記 *1:豊浦標準砂とは、敷地に存在しない粒径が均一で細粒分含有率が小さく液状化し易い性質があり、土質実験等で多用されるものである。)

結果

- 上記の設計方針に基づき、施設毎の液状化影響検討の組合せを決定し、基準地震動 S_s に対する耐震健全性を確認した。

3. 取水構造物 東北地方太平洋沖地震後の状況

- 取水構造物の西側(津波の到達無し)の沈下箇所において、噴砂跡、地中埋設物の浮き上がりは認められなかった。
- 沈下は取水構造物近傍の埋戻し部で局所的に発生しており、敷地内においては液状化時の痕跡とされる噴砂や地中埋設物の浮き上がり等は認められなかった。

1-1. 液状化強度試験 内容(1/3)

敷地内の液状化検討対象土層の抽出方針

- ① 道路橋示方書・同解説(V耐震設計編, 平成24年3月, 社団法人 日本道路協会)の液状化検討対象土層を基本とする。
 - ・ 地下水位が地表面から-10m以内であり, かつ地表面から-20m以内の飽和土層
 - ・ 細粒分含有率 F_c が35%以下, 又は F_c が35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層
 - ・ 土粒子の平均粒径 D_{50} が10mm以下で, かつ10%粒径 D_{10} が1mm以下である土層
- ② 道路橋示方書では液状化検討対象外としているが、保守的に地表面-20m以深及び更新統土層も液状化検討対象土層とする。

液状化検討対象層の抽出結果

地質記号	層相	道路橋示方書における液状化検討対象層	当社の液状化検討対象層	備考	
al	du	砂	○		
	Ag2	砂礫	○		
	Ac	粘土	—		
	As	砂	○		
	Ag1	砂礫	—	□	・ GL-20m以深に分布するが、保守的に検討対象とする。
D2	D2c-3	シルト	—		
	D2s-3	砂	—	□	・ 更新統であるが保守的に検討対象とする。
	D2g-3	砂礫	—	□	・ 更新統であるが保守的に検討対象とする。
D1	lm	ローム	—		
	D1c-1	シルト	—		
	D1g-1	砂礫	—	□	・ 更新統であるが保守的に検討対象とする。

↑
敷地に分布する地層名

地質記号

al: 沖積層、最上位の砂層は敷地全体に広く分布する。
D2: 段丘堆積物、敷地南部に分布する。
D1: 段丘堆積物、敷地南西部に分布する。

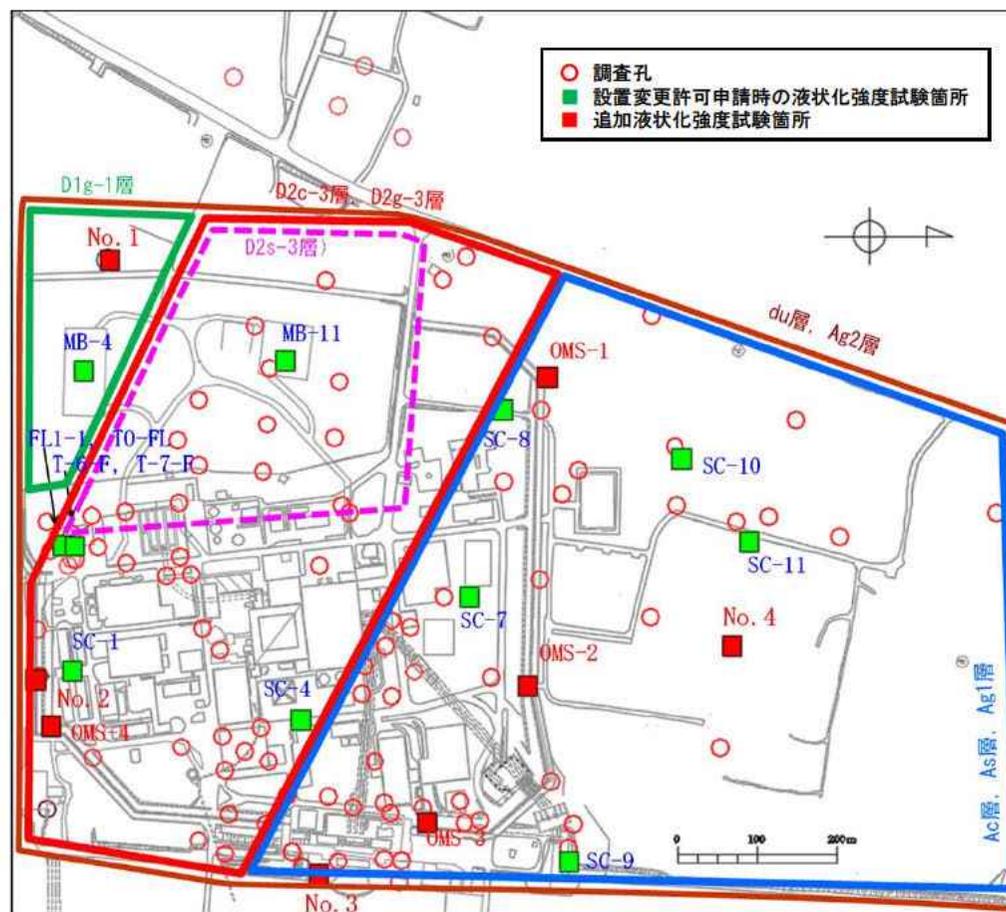
○: 検討対象

□: 道路橋示方書では検討対象外であるが
検討対象とするもの

—: 検討対象外

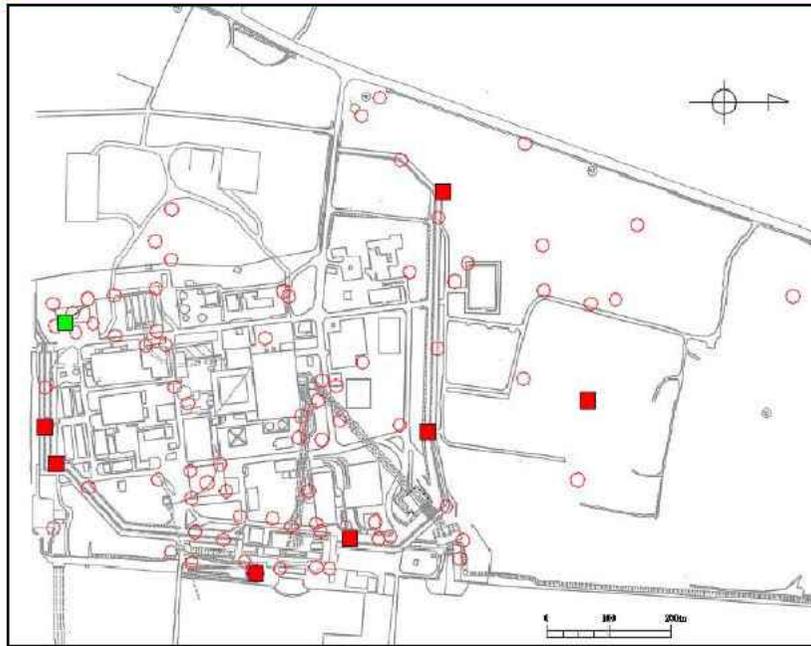
□: 東海第二発電所敷地での液状化
検討対象土層とするもの

液状化強度試験のための試料採取は、その地層の標準貫入試験のN値、細粒分含有量 F_c 及び道路橋示方書式から算定される液状化強度比 R_L のデータを吟味して、保守的な液状化強度データが得られると想定される個所で行った。次頁に液状化強度試験試料採取位置の代表性確認方法を示す。



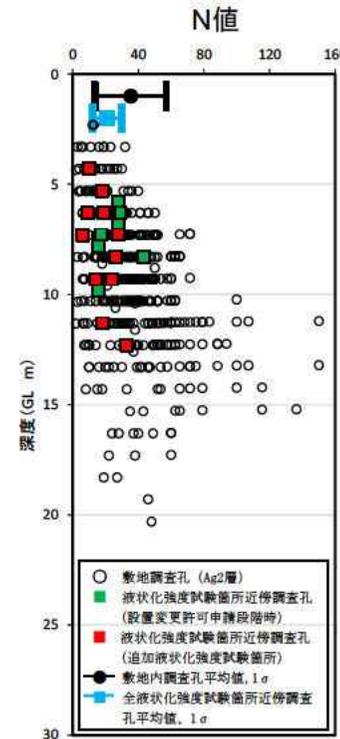
液状化検討対象層の分布範囲及び敷地内調査孔、液状化強度試験試料採取箇所

1-1. 液状化強度試験 内容(3/3)

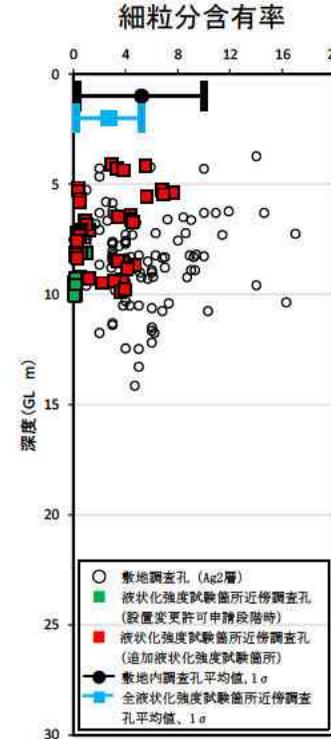


○ 調査孔
■ 設置変更許可申請時の液状化強度試験箇所
■ 追加液状化強度試験箇所

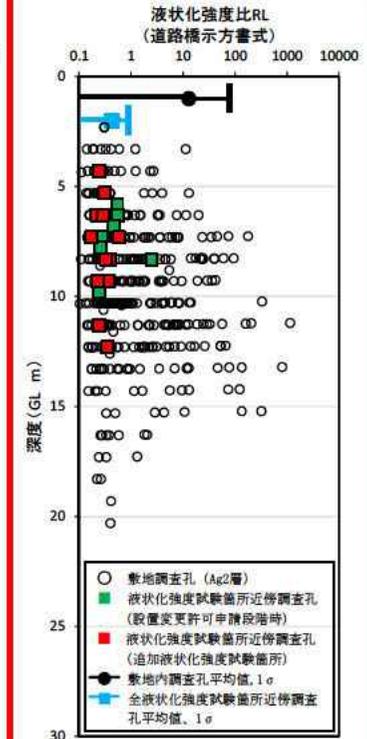
調査孔と液状化強度試験箇所(Ag2層)



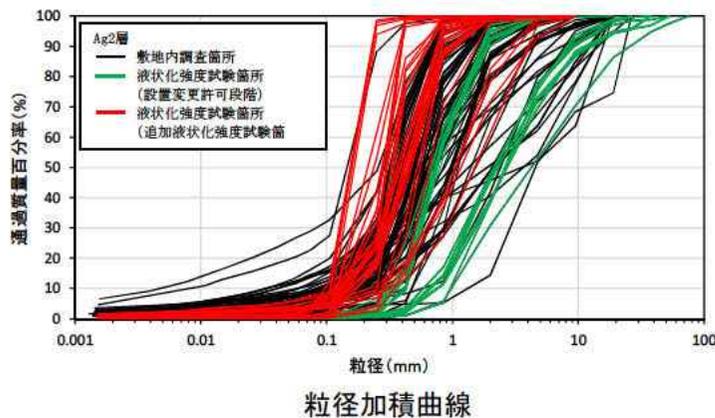
N値



細粒分含有率



液状化強度比 R_L
(道路橋示方書式より算出)



粒径加積曲線

- N値は地層の強度を示すものであり、N値が小さいほど締まっていない地盤(液状化し易い地盤)と解釈する。
- 細粒分含有率は地層の粘土・シルト分の含有率を示すものであり、この値が小さいほど液状化し易い地層と解釈する。
- 道路橋示方書の液状化強度比(液状化に対する抵抗力)算定式は、上記のN値や細粒分含有率を使って算定するものである

- 液状化強度試験箇所近傍孔の平均N値は、敷地内調査孔の平均N値より小さい。
- 液状化強度試験箇所の平均細粒分含有率 F_c は、敷地内調査孔の平均 F_c 値より小さい。
- 液状化強度試験箇所の粒度分布は、敷地内調査孔の試験結果の範囲内である。

✓液状化強度比 R_L の比較により、
液状化強度試験箇所近傍孔平均 $R_L <$ 敷地内調査孔平均 R_L を確認した。

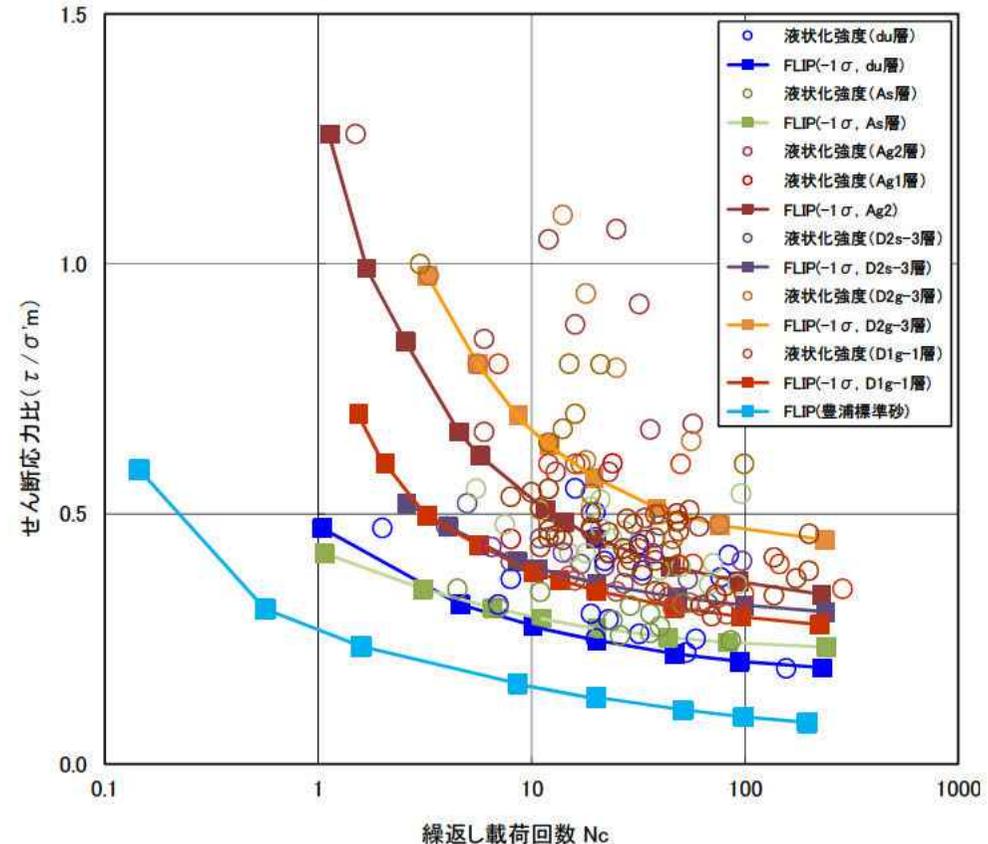
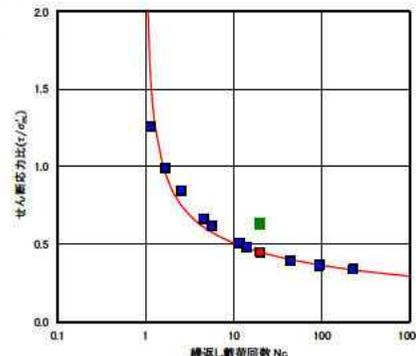
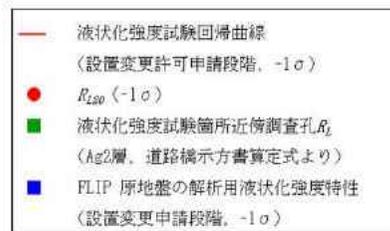
1-2. 液状化強度試験 結果(1/2)

- 原地盤から乱れが少ないサンプリング方法で採取した試料を用いて液状化強度試験を実施。
- 各土層の液状化強度試験結果からデータのばらつきを考慮して、平均液状化強度特性を1 σ (σ :標準偏差)低減し、原地盤の液状化強度特性を設定した。
- 液状化強度試験の結果、各地層の液状化強度特性は、敷地には存在しない最も液状化しやすい豊浦標準砂の液状化強度特性を全て上回ることを確認した。



液状化強度試験状況
(中空繰返しねじりせん断試験)

液状化強度試験箇所近傍調査孔の道路橋示方書算定式より算定した液状化強度比RLの平均値は、解析用液状化強度特性と比較して上位であり、評価が保守的であることを確認している。

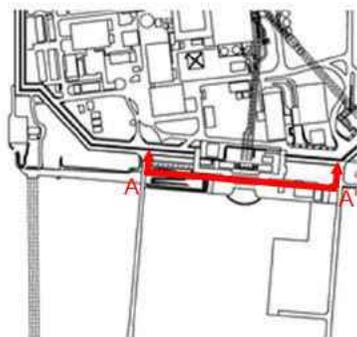


原地盤の液状化検討対象土層及び豊浦標準砂の液状化強度特性

注) FLIP(Finite element analysis of Liquefaction Program)
液状化による地盤や構造物の挙動を評価するプログラム

東海第二発電所の原地盤の状態と保守的な解析条件について

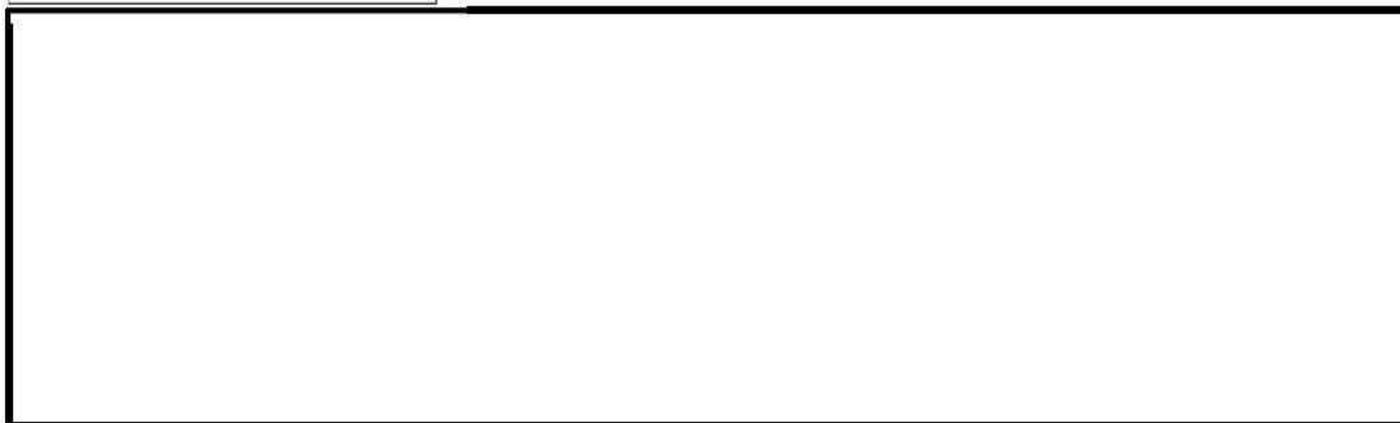
- ① 液状化強度試験データに基づき、各地層の平均液状化強度特性を1 σ 低減(σ :標準偏差)し、液状化強度特性を設定した。
- ② 上記の設定した液状化強度特性により液状化の影響を考慮した解析(有効応力解析)を実施することで、重要施設の周辺地盤に対し基準地震動 S_s を入力した場合の地震時応答(液状化の状況)を確認した。



取水構造物解析断面位置図

base: TK2-SCR_2D-DYNA_Ss-D1L++
過剰間隙水圧比
絶対値最大

有効応力解析結果の一例: 取水構造物



取水構造物周辺地盤の過剰間隙水圧比分布(S_s-D1)

- 取水構造物の有効応力解析の結果、地盤の過剰間隙水圧比は95%^{注)}を下回ることを確認した。
- その他の土木構造物についても同様、地盤の過剰間隙水圧比が95%^{注)}を下回ることから、液状化の発生は認められないことを確認した。

注)【過剰間隙水圧比を指標とした液状化の評価】

規格・基準における記載事例等に基づき、過剰間隙水圧比が95%以上に達した状態を液状化と判定する。

2. 耐震評価(1/2)

主要構造物における液状化影響を踏まえた耐震性評価の最大照査値は、1を下回り、安全であることを確認した。
なお、評価においては、許容値に安全裕度(安全率 $\alpha(> 1)$)を見込んだ設計を行っている。さらに安全側の評価となるよう、敷地には存在しない液状化しやすい豊浦標準砂の液状化強度特性を用いた設計も行っている。

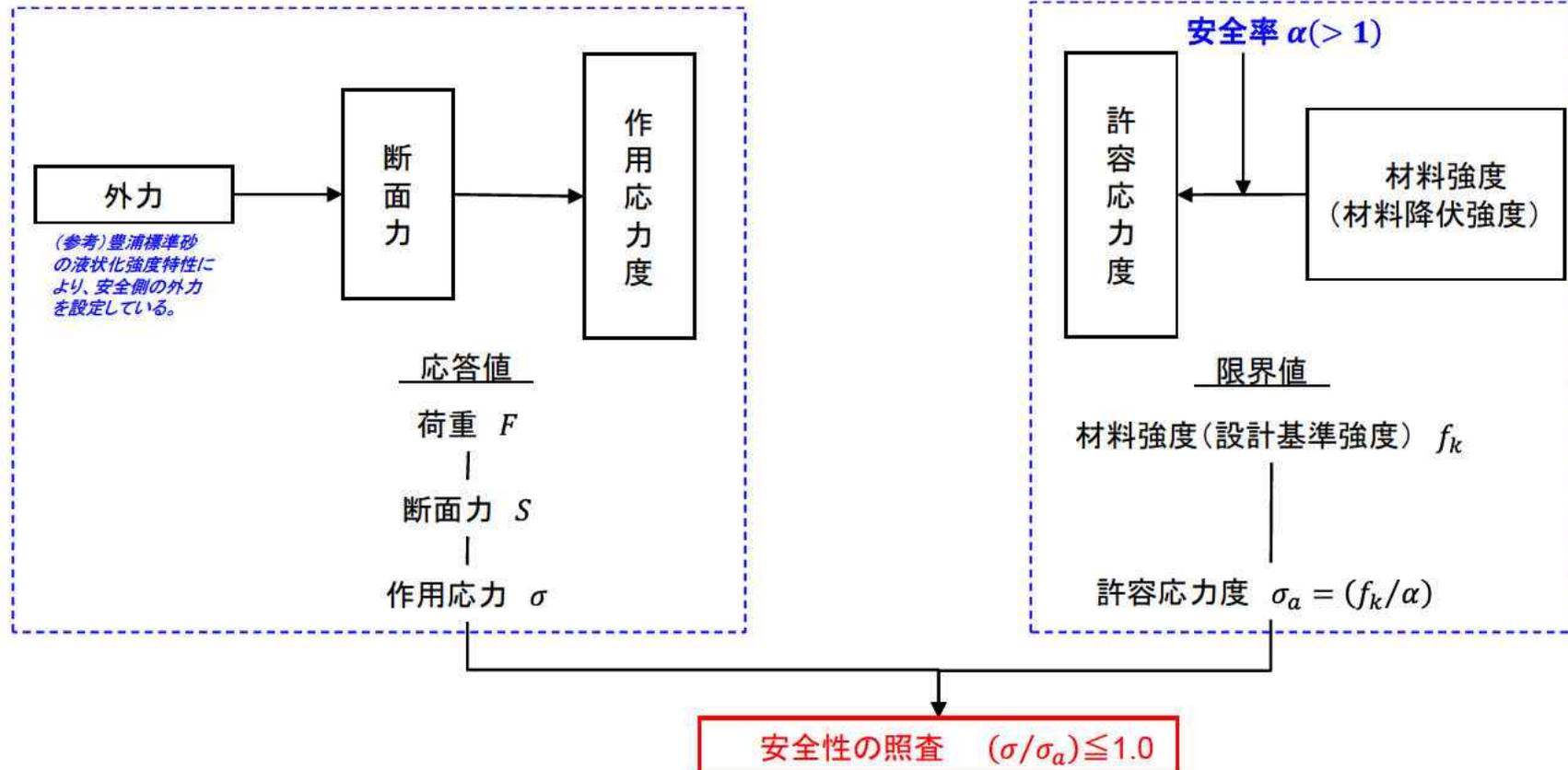
設備分類	設備名称 【間接支持している設備名称】	支持層	周辺地盤の地層のうち、液状化検討対象層	液状化の影響検討		液状化影響検討に対応した 補強対策工	耐震評価結果	
				要	不要		最大照査値	評価
対設計 処 施 基 準	使用済燃料乾式貯蔵建屋	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	—	—	0.996	OK
	防潮堤(鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層, D2s-3層, D2g-3層, D1g-1層	●	—	地盤改良	0.67	OK
	防潮堤(鋼製防護壁)	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	—	—	0.97	OK
	防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁)	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	—	—	0.82	OK
	防潮堤(鉄筋コンクリート防潮壁(放水路エリア))	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	—	—	0.76	OK
設計 基準 対 処 施 設 及 び 重 大 事 故 等 対 処 施 設	原子炉建屋	久米層	無し*1	—	●	—	0.300	OK
	取水構造物	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	—	地盤改良, 後施工せん断補強筋 (PHb)	0.695	OK
	主排気筒 【非常用ガス処理系排気筒】	久米層	無し(第四系全てを地盤改良)	●	—	地盤改良	0.915	OK
	非常用ガス処理系配管支持架橋 【非常用ガス処理系配管】	久米層	無し(第四系全てを地盤改良)	●	—	地盤改良	0.497	OK
	屋外二重管 【残留熱除去系海水系配管等】	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	—	地盤改良	0.72	OK
	貯留堰	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層	●	—	地盤改良	0.77	OK
	常設代替高圧電源装置置場及び西側淡水貯水設備 【常設代替高圧電源装置, 軽油貯蔵タンク等】	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	—	—	0.73	OK
	常設代替高圧電源装置用カルバート(トンネル部) 【非常用ディーゼル発電装置燃料油系配管等】	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層, D2s-3層	●	—	—	0.65	OK
	常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部) 【非常用ディーゼル発電装置燃料油系配管等】	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層, D2g-3層, D2s-3層	●	—	地盤改良	0.70	OK
	常設代替高圧電源装置用カルバート(カルバート部) 【非常用ディーゼル発電装置燃料油系配管等】	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層, D2g-3層	●	—	地盤改良	0.69	OK
重 大 事 故 等 対 処 施 設	緊急時対策所建屋	久米層	du層, D2s-3層, D2g-3層	●	—	地盤改良	0.629	OK
	緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク基礎 【緊急時対策所用発電機燃料油貯蔵タンク】	久米層	du層, D2s-3層, D2g-3層	●	—	地盤改良	0.70	OK
	緊急用海水ポンプピット	久米層	du層, Ag2層, Ag1層, D2g-3層	●	—	—	0.93	OK
	緊急用海水取水管	久米層	du層, Ag2層, As層, Ag1層, D2g-3層, D2s-3層	●	—	—	0.14	OK
	S.A用海水ピット	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	—	—	0.98	OK
	海水引込み管	久米層	du層, Ag2層, Ag1層, D2g-3層, D2s-3層	●	—	—	0.15	OK
	S.A用海水ピット取水塔	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	—	—	0.81	OK
	格納容器圧力逃がし装置格納槽 【格納容器圧力逃がし装置等】	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	—	—	0.557	OK
	格納容器圧力逃がし装置用配管カルバート 【格納容器圧力逃がし装置用配管】	久米層	du層, D2g-3層	●	—	—	0.84	OK
	代替淡水貯槽	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	—	—	0.83	OK
	常設低圧代替注水系ポンプ室 【常設低圧代替注水系ポンプ】	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	—	—	0.74	OK
	常設低圧代替注水系配管カルバート 【常設低圧代替注水系配管】	久米層	du層, Ag2層, D2g-3層	●	—	—	0.76	OK
	可搬型設備用軽油タンク基礎(西側) 【可搬型設備用軽油タンク】	久米層	du層, D2s-3層, D2g-3層	●	—	地盤改良	南側で代表	OK
可搬型設備用軽油タンク基礎(南側) 【可搬型設備用軽油タンク】	久米層	du層, D1g-1層	●	—	地盤改良	0.76	OK	

*1: 排水設備により、地下水位を久米層分布深度以下としていることから、地下水位以下に液状化検討対象層はない。

2. 耐震評価(2/2)

設計は許容応力度設計法を適用している。

【許容応力度設計及び照査法】



- ・許容応力度設計法は、構造物の破壊に対する安全性の保証として、線形弾性理論に基づいている。
- ・照査値 $(\sigma / \sigma_a) \leq 1.0$ は、材料(部材)の挙動が可逆性を有すること、さらに、材料(部材)の耐力を低下させる変位に至らないことである。



主要構造物の原地盤の液状化による耐震性評価(照査)結果は、 $(\sigma / \sigma_a) \leq 1.0$ を満たしており、なお敷地には存在しない、かつ最も液状化しやすい豊浦標準砂の液状化強度特性を適用していることから十分な裕度を有すると判断できる。

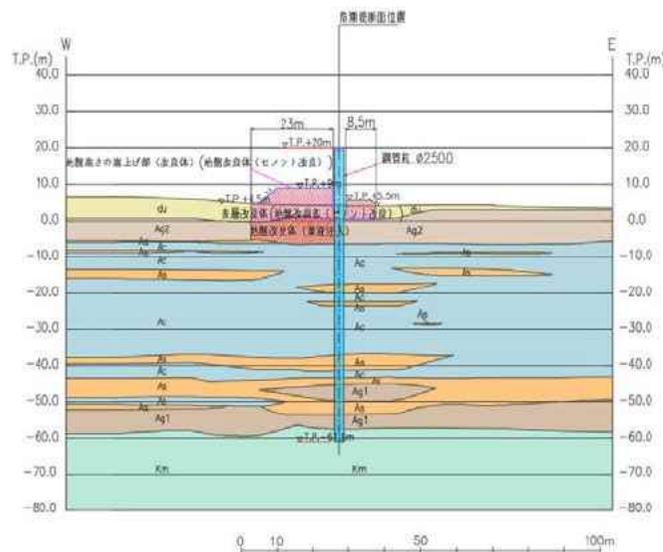
2. 耐震評価(参考)

○ 津波防護施設の耐震性評価結果の一例として、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の照査結果を示す。

- 条件： ①地下水位を地表面に設定した。
 ②原地盤の液状化強度試験データに基づき適切に設定(平均値より1 σ (σ :標準偏差)低減)した液状化強度特性に加え、液状化の発生は認められないことを確認しているが、保守的に地盤を強制的に液状化させることを仮定した評価を実施した。

確認内容： 液状化の影響を考慮した解析を実施し、地震時における構造部材の健全性を確認する。

解析結果： 鋼管杭のせん断、曲げの照査値(発生応力度/短期許容応力度)は1.0を下回り、防潮壁が構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認した。



地震応答解析対象断面図

鋼管杭のせん断力照査における最大照査値

鋼管杭仕様			発生断面力		発生応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s/τ_{sa}	解析ケース
杭径 (mm)	板厚 (mm)	断面積 (m ²)	せん断力 (kN)					
2500	35	0.263	9265		71	217.5	0.33	④S _s -D1

鋼管杭の曲げ軸力照査における最大照査値

鋼管杭仕様				発生断面力		発生応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa1} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa1}	解析ケース
杭径 (mm)	板厚 (mm)	断面積 (m ²)	断面係数 (m ³)	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
2500	35	0.263	0.15995	34955	9015	253	382.5	0.67	②S _s -D1

※ 照査値=発生応力/短期許容応力度
(1.0以下であれば許容限界以下(弾性範囲内)でOK)

3. 取水構造物 地震後の状況(1/2)

【取水構造物 地震後の状況】

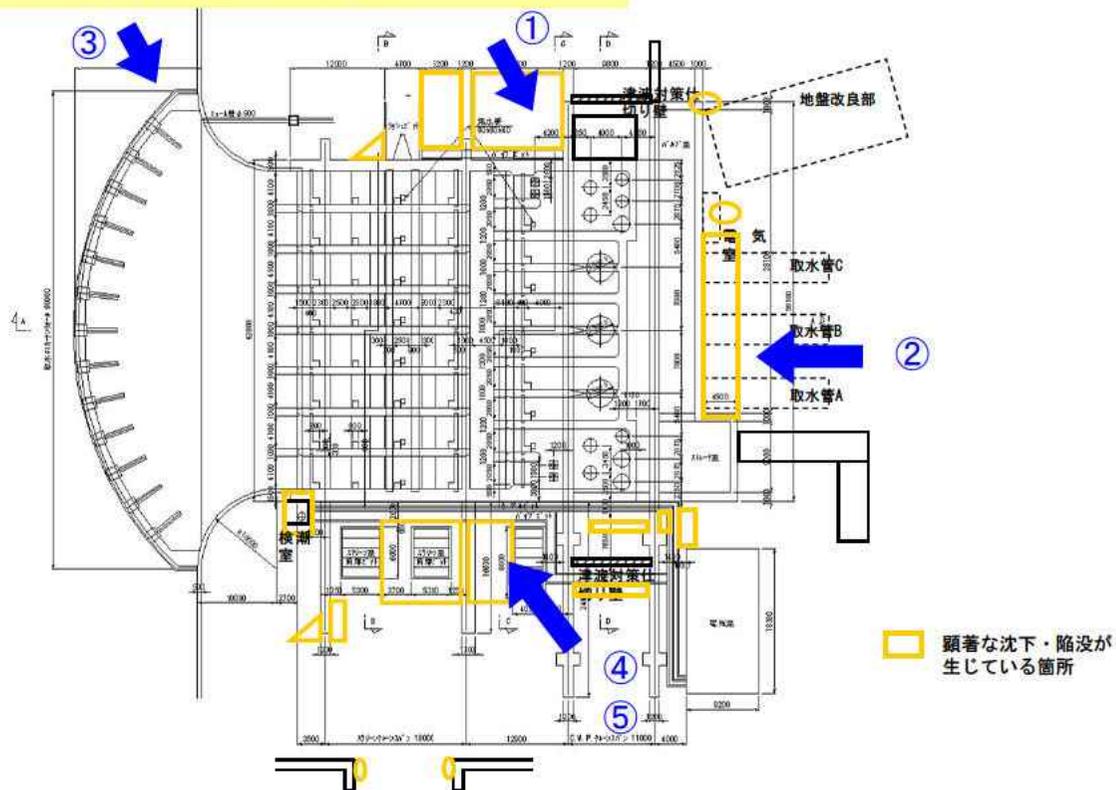
沈下は取水構造物近傍の埋戻し個所で局所的に発生しており、敷地内においては液状化時の痕跡とされる噴砂や地中埋設物の浮き上がりは認められなかった。

したがって、東北地方太平洋沖地震において、東海第二発電所の敷地内で液状化が発生した可能性は小さいと考えられる。

(参考)

	平成23年3月の評価	平成29年1月の評価
揺すり込み沈下	緩い埋戻土の揺すり込み沈下	同左
液状化	<u>液状化による噴砂跡は確認されないものの、津波が達していたことから、津波により液状化による噴砂跡の消失の可能性を考慮。</u> ⇒土木学会にて噴砂跡の消失の可能性も考え、液状化(地盤沈下)を報告(平成24年2月)	<ul style="list-style-type: none"> 津波が到達した範囲において、地盤沈下(次項写真①, ②, ④)、構造物の変形等(写真③, ⑤)が確認された。 津波の到達がない取水構造物西側の沈下箇所において、噴砂跡、地中埋設物の浮き上がりは認められない。(次項写真②) 取水構造物の北側、南側も上記と同様の施工で埋め戻されている。 基準地震動SsIによる解析評価結果においても、取水構造物周りの地盤に液状化は確認されなかった(7p) <u>以上より、液状化の可能性は小さいと考えられる。</u>
洗掘・吸出し	津波(引き波)による埋戻土の洗掘・吸出し	同左

構築物の外観点検の結果



写真①: 地盤の沈下状況(取水口エリア)



写真②: 地盤の沈下状況(循環水配管埋設エリア)



写真③: 躯体の変形



写真④: 地盤の沈下状況(取水口エリア)



写真⑤: 地盤沈下に伴う段差の発生(取水口エリア)

【論点No.5】

東海第二発電所敷地の原地盤に係る液状化に関する考慮について

【委員からの指摘事項等】

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

No.5

原地盤は液状化しないとのことだが、この根拠を具体的に示すこと。これは試験を行ったのか。

P.3~10

No.6

取水口エリアで地盤が下がっているというようなものがあるが、これは前に液状化の影響みたいな報告があったと聞いているが、現象としてはどういうことか。

P.11,12

<第20回ワーキングチーム指摘事項>

道路橋示方書算定式により求められた液状化強度比は、液状化強度試験結果から得られる液状化強度比と比較するとどのような関係になるのか。

P.6

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.1111

・地盤の液状化について想定で設計するのではなく、実験などでの評価を踏まえて設計するべきと思う。

No.1149

P.3~10

2. 地盤の悪さと津波対策としての防潮堤(壁)

東海第二原発の問題点のひとつは、地盤が悪く、津波の影響を受けやすい太平洋に面していて海拔も低い敷地で、今後建設するという海拔20m(敷地高8mを引くと地上12m高さ)の「防潮堤(壁, といった方が適切)」の建設でも、最大60mの深さまで鋼管杭を入れながら、その液状化が問題となるというほどの地盤の問題です。

P.7

3.11の際、敷地内の液状化も見られたようだし、そもそも地盤自体が20cm沈降し、水平には1.2mも移動したわけですし、原発建屋本体は地下深くに構築したコンクリートの人工岩盤の上に載っていて、一種の浮かんでいる状態で持ちこたえているのかもしれない。

しかし、今回の防潮堤(壁)建設は、本当に液状化に耐えられるのかどうか、一部でも損壊または機能を喪失したら、そもそも津波に弱い東海第二原発そのものがやられるというリスクをもつのではないのでしょうか。浜岡原発では22mの防潮堤をすでに建設していますが、あの屏風のような壁でも、海岸線からは離れたところに位置していて、その間に海岸砂丘のような波よけが自然に出来ているのとは違って、東海第二は前面に小規模な港湾があるものの、そこから取水していることを含めて、港の防波堤を超えて直接ぶち当たる津波を受け止める防潮堤(壁)としては、極めて危険な位置関係にあります。

地震動のエネルギースペクトル等に関する耐震設計上の考慮について

【説明概要】

- ・建屋の耐震評価では、複数の手法に基づいて策定された基準地震動 S_s を用いて地震応答解析を実施することにより、地震動の継続時間の違いによる影響を考慮している。
- ・機器・配管系評価において、地震により繰返し受ける荷重に対して評価を行い、耐震健全性を確認している。

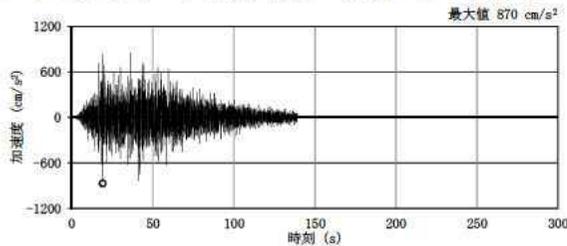
■今回

- ・評価対象の配管は、プラント停止中のため疲労の蓄積はない。また、非破壊検査を行い欠陥が生じていないことを確認している。

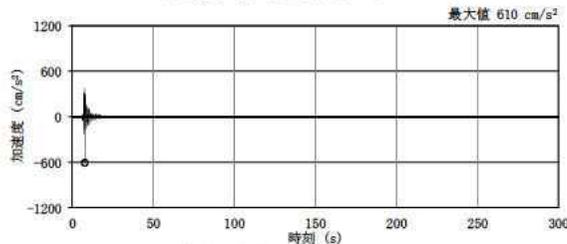
耐震設計上の考慮について 建屋

地震動の波形や継続時間に関する建屋の地震応答解析結果の比較

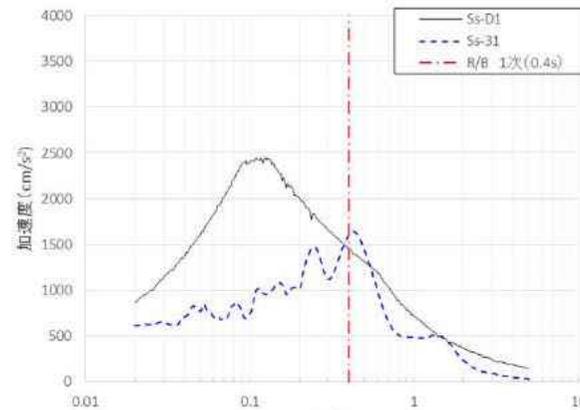
- ・建屋の耐震評価では、複数の手法に基づいて策定された基準地震動Ssを用いて地震応答解析を実施することにより、地震動の継続時間の違いによる影響を考慮している。
- ・原子炉建屋の地震応答解析結果を以下に示す。最大応答値は、建屋全体の応答を把握できるように最下層、中間層及び最上層の3箇所を抽出した。
- ・建屋の耐震評価に用いた基準地震動Ssのうち、継続時間の長いSs-D1と継続時間の短いSs-31による応答を比較した結果、Ss-31による応答値が大きくなっており、地震動の継続時間による影響よりも建屋の固有周期に関する地震動の周期特性による影響が大きくなっている。



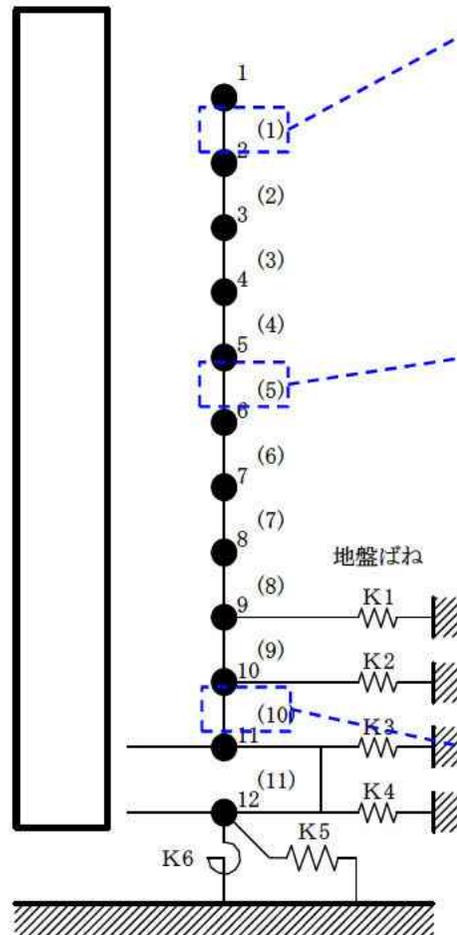
加速度時刻歴波形 (Ss-D1)



加速度時刻歴波形 (Ss-31)

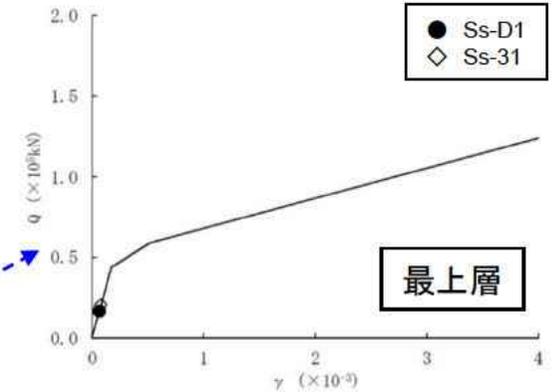


加速度応答スペクトル

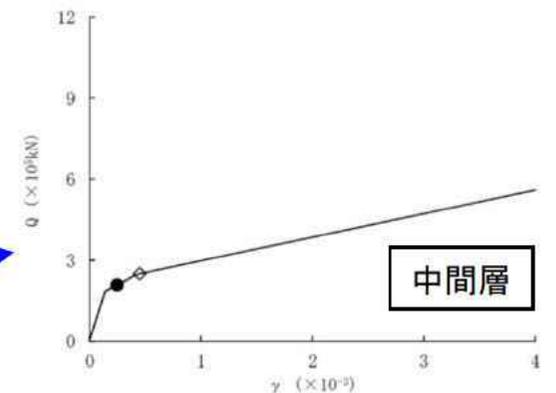


地震応答解析モデル

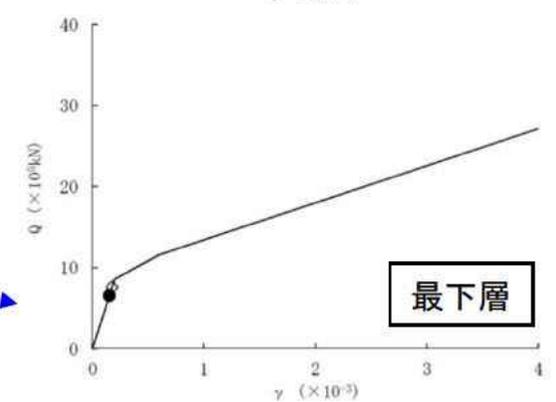
論点No.6-2



最上層



中間層



最下層

せん断スケルトンカーブ※上の最大応答値

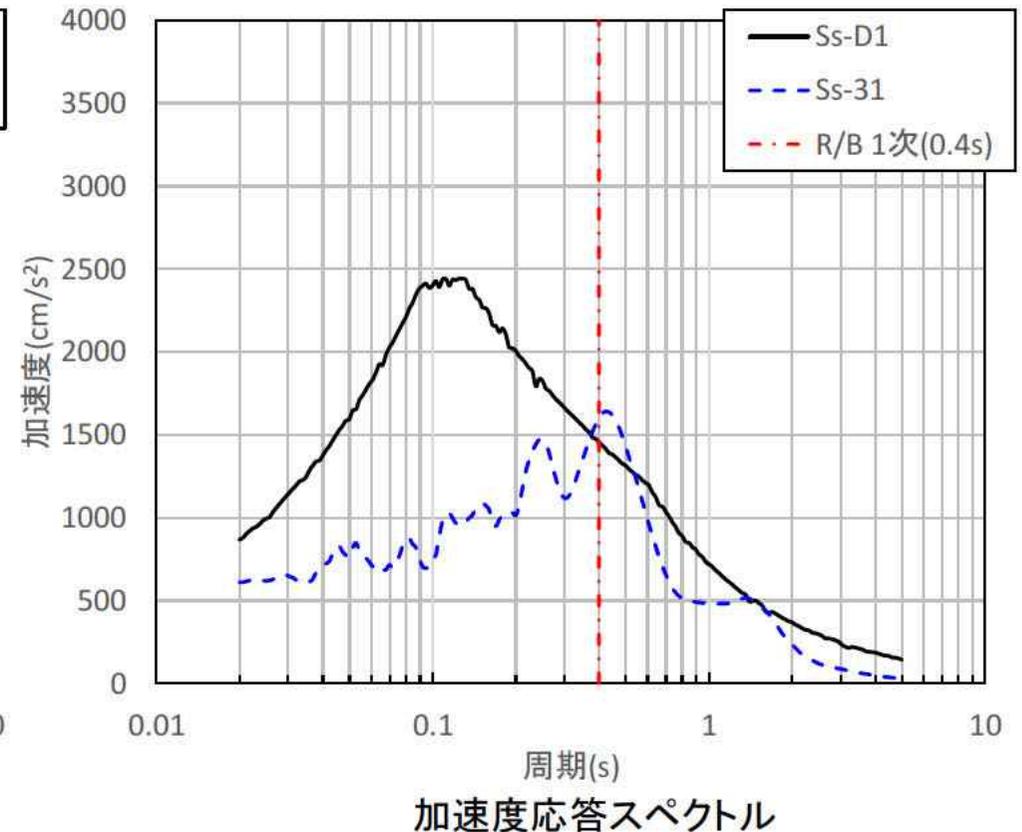
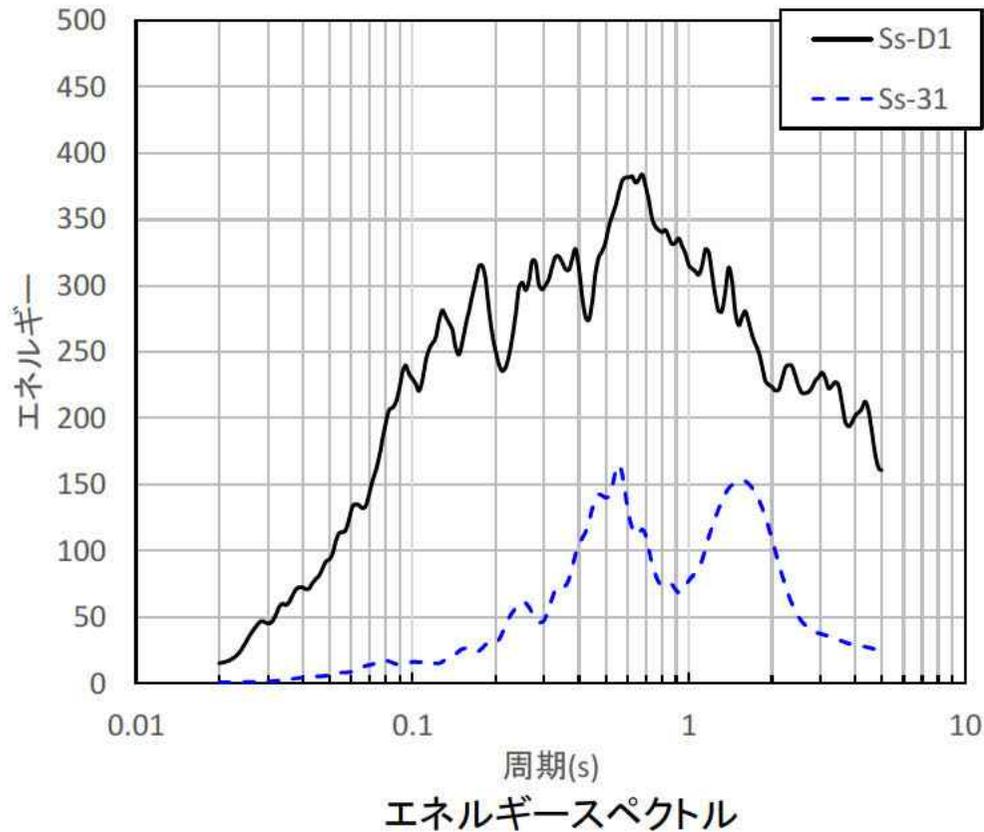
※ 鉄筋コンクリート構造の剛性低下の性状を表現

エネルギースペクトルの確認結果について

基準地震動Ss-D1とSs-31のエネルギースペクトルの比較

○評価内容

- ・巨大地震などの地震動による長周期構造物等への影響を確認する上では、地震動の総エネルギーと周期との関係を表すエネルギースペクトルが用いられることがあるため、その結果についても確認する。



○評価結果

- ・エネルギースペクトルを確認した結果、短周期構造物であり顕著な塑性化が見られていない原子炉建屋では、エネルギーの累積量があまり大きくないと考えられることから、その応答性状を把握する上では、応答スペクトルによる最大応答の周期特性が有効な指標であることを確認した。

耐震設計上の考慮について 機器

- ・ 機器の耐震評価では、疲労の観点から基準地震動 S_s によって地震継続中に繰り返し受ける荷重に対して健全性を確認している。

疲労評価の対象設備

- ①原子炉冷却材圧力バウンダリに属する機器・配管系(原子炉圧力容器等)
- ②原子炉格納容器
- ③クラス2, 3機器及びSAクラス2機器(非常用炉心冷却系設備, 重大事故等対処設備等)
(但し③の機器については, 地震等による応力振幅が弾性範囲を超えた場合に実施する。)

- ・ 疲労評価の結果, 疲労累積係数は許容値以下であることを確認した。なお, 運転延長認可申請における低サイクル疲労評価と基準地震動 S_s とを組み合わせた疲労評価結果を例示する。
 - 評価対象の配管系は, プラントの通常運転に使用する系統であることから, 東北地方太平洋沖地震以降のプラント停止中において, 低サイクル疲労の観点から温度変化により配管に応力が生じ疲労が蓄積するような運転操作はない。
 - また, 当該配管において非破壊検査を行った結果, 欠陥が生じていないことを確認している。

配管系の疲労評価結果*1

系統名	①60年時点の 疲労累積係数 (低サイクル疲労評価)	②基準地震動 S_s に よる疲労累計係数	③東北地方太 平沖地震による 疲労累積係数	合計値 (①+②+③)	許容値
原子炉再循環系	0.1182*2	0.1455	—	0.2637	< 1
原子炉系(純水部)	0.5799*2	0.0259	—	0.6058	< 1
原子炉系(蒸気部)	0.0853	0.6558	0.0043	0.7454	< 1

*1 東海第二発電所安全性検討ワーキングチーム説明資料改訂版(第17回ワーキングチーム机上配布資料 高経年化-243頁)より引用

*2 環境を考慮

3. 10 東海第二発電所の特有の評価－(1)震災影響評価(1/3)

<低サイクル疲労評価の震災影響評価>

2011年の東北地方太平洋沖地震による影響を考慮し、**低サイクル疲労評価に基準地震動 S_s と東北地方太平洋沖地震を組み合わせた耐震安全性評価**を行い、健全性を確認する。

(a) 評価内容

Sクラス機器で**地震動の影響が最も大きい原子炉系配管を代表**として、低サイクル疲労評価と東北地方太平洋沖地震を含めた地震動の影響を考慮した評価の合計値が**許容値を下回ることを確認**する。

低サイクル疲労評価

①60年時点の疲労
累積係数

+

地震動の影響を
考慮した評価

②地震動による疲労累積
係数(基準地震動 S_s)

+

【震災影響評価】

③東北地方太平洋沖地震
による疲労累積係数※



許容値を下回ることを
確認

(b) 評価結果

合計値が**許容値1を下回る**ことから、**耐震安全性上問題ないと評価**した。

※:原子炉建屋に設置された地震計にて計測された観測記録を基に作成された入力地震動を用いて評価

低サイクル疲労評価及び東北地方太平洋沖地震を考慮した耐震安全性評価の概念

機器	低サイクル疲労評価		地震動の影響を考慮した評価		①+②+③ 合計値	許容値
	①60年時点の疲労 累積係数		②地震動による疲労累 積係数(基準地震動 S_s)	③東北地方太平洋沖地 震による疲労累積係数		
原子炉系 (蒸気部)配管	0.0853	+	0.6558	+	0.0043	= 0.7454 < 1

【論点No.6】

地震動のエネルギースペクトル等に関する耐震設計上の考慮について

【委員からの指摘事項等】

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

No.7

建屋から見ると地震動の揺れ方が影響する。地震動毎に持っているパワーが全然違う。建屋が弾性応答の場合は最大値が同じであれば同じになるが、揺れ方が重要になってくるので、地震動のパワーや揺れ方はどうだということ^{を合わせて説明すること。}

P.2

No.8

地震の継続時間が長くなれば、建物の応答で言うと、鉄筋コンクリートの場合であれば剛性低下が起こってくる可能性があり、機器で言うと繰り返しの問題を考えないといけない。地震動の波形や継続時間に関する考え方を説明すること。

P.4~5

<第20回ワーキングチーム指摘事項>

疲労評価の対象配管において、長期停止で考慮すべき事項の有無及び非破壊検査における欠陥の有無について説明すること。

P.4

基準地震動の代表性及び策定時における他地域の地震の考慮について

【説明概要】

■第20回

- ・内閣府(2012)の南海トラフの巨大地震モデル検討会では、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」との考え方にに基づき、南海トラフで想定される最大クラスの地震が想定されている。
- ・この地震による東海第二発電所の敷地周辺の震度は震度4と推計されている。
- ・東海第二発電所の基準地震動は、敷地周辺で震度5程度以上となる過去の被害地震を踏まえて設定しており、南海トラフ地震による施設への影響は基準地震動の評価に包含される。
- ・また、東海第二発電所周辺以外の地域の海溝型巨大地震への影響として、長周期に固有周期を有する施設への評価について問題ないことを確認した。

■今回

- ・東海第二発電所周辺以外の地域の海溝型巨大地震に対する長周期に固有周期を有する施設への影響として、海溝型巨大地震を上回る基準地震動 S_s での健全性を確認することにより問題ないことを確認した。

内閣府(2012) 南海トラフの巨大地震モデル

- ・内閣府(2012)の南海トラフの巨大地震モデル検討会では、「あらゆる可能性を考慮した最大クラスの巨大な地震・津波を検討していくべきである」との考え方にに基づき、南海トラフで想定される最大クラスの地震が想定されている。
- ・この地震による東海第二発電所の敷地周辺の震度は震度4と推計されている。

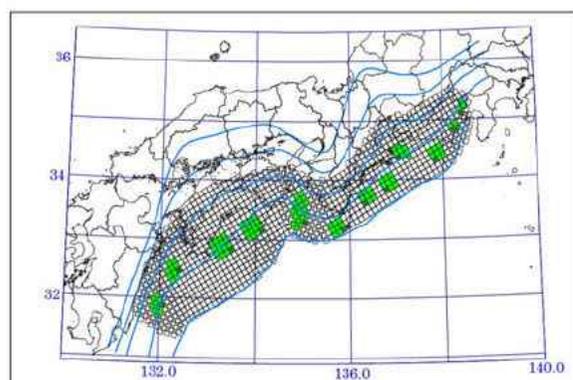


図3.3 強震動生成域の設定の検討ケース(基本ケース)

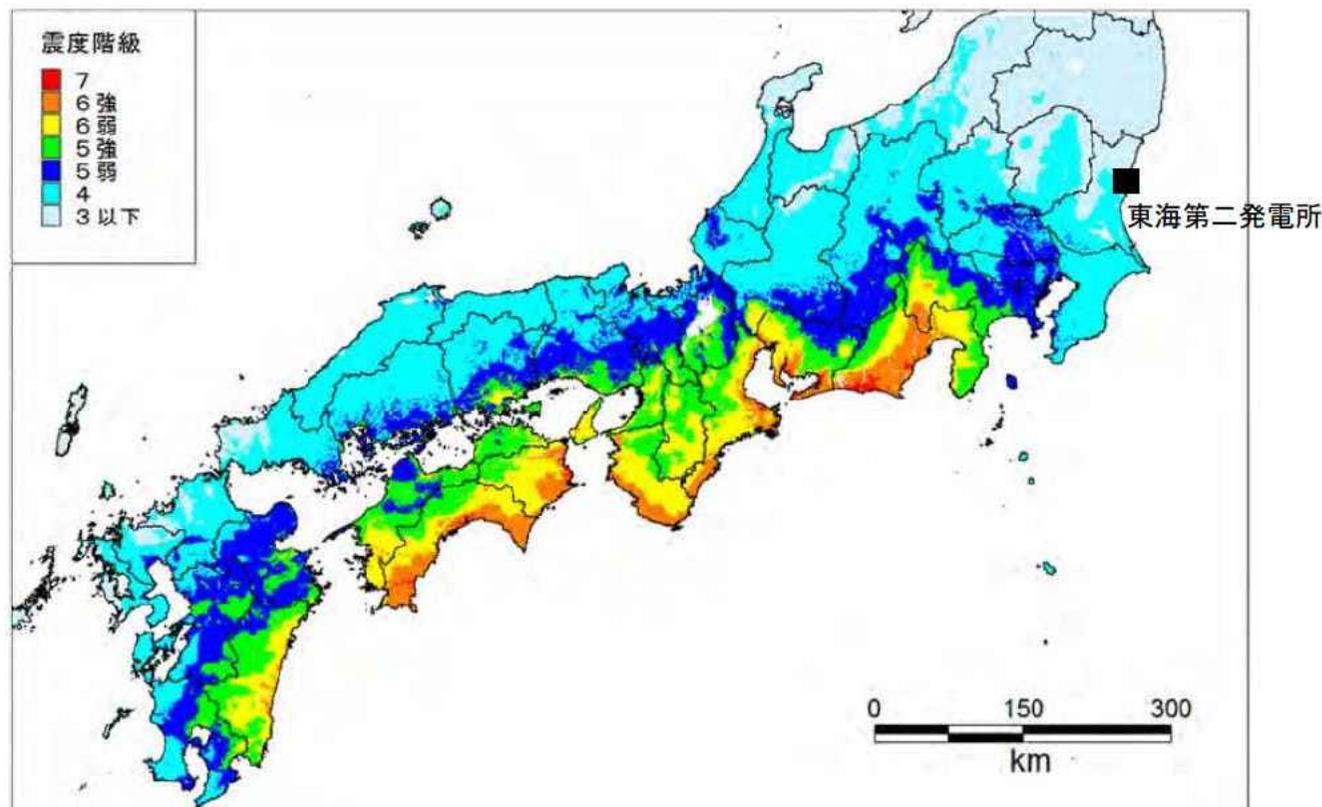
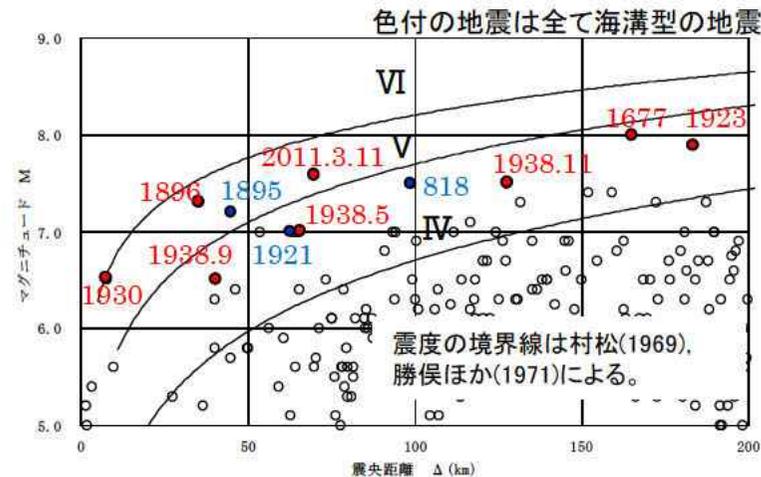
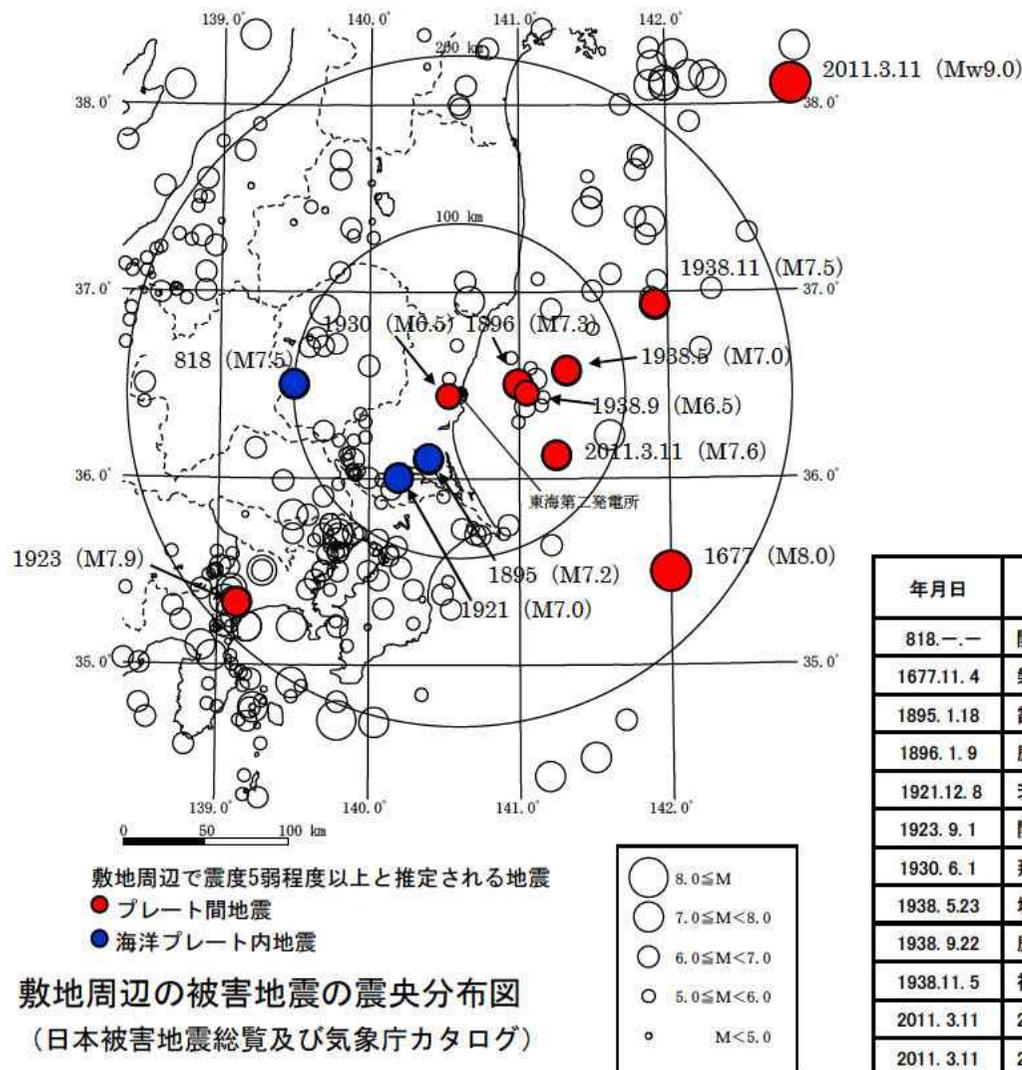


図5.1 基本ケースの震度分布

東海第二発電所の基準地震動は、敷地周辺で震度5程度以上となる過去の被害地震を踏まえて設定しており、南海トラフ地震による施設への影響は基準地震動の評価に包含される。

過去の被害地震

・敷地で震度5程度以上となる過去の被害地震を抽出する。



敷地周辺の被害地震から想定されるMとΔの関係

敷地での震度5程度以上となる被害地震リスト

年月日	地震	地震規模 M	震央距離 (km)	深さ (km)	地震発生様式
818.-.-	関東諸国の地震	7.5	99	-	海洋プレート内地震
1677.11.4	磐城・常陸・安房・上総・下総の地震	8.0	165	-	プレート間地震
1895.1.18	霞ヶ浦付近の地震	7.2	45	-	海洋プレート内地震
1896.1.9	鹿島灘の地震	7.3	35	-	プレート間地震
1921.12.8	茨城県龍ヶ崎付近の地震	7.0	64	-	海洋プレート内地震
1923.9.1	関東大地震	7.9	183	23	プレート間地震
1930.6.1	那珂川下流域の地震	6.5	8	54	プレート間地震
1938.5.23	塩屋崎沖の地震	7.0	65	35	プレート間地震
1938.9.22	鹿島灘の地震	6.5	40	48	プレート間地震
1938.11.5	福島県東方沖地震	7.5	128	43	プレート間地震
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の本震	Mw9.0	270	23.7	プレート間地震
2011.3.11	2011年東北地方太平洋沖地震の最大余震	7.6	69	42.7	プレート間地震

- 敷地で震度5程度以上となる被害地震について、気象庁カタログや文献から震源位置を求め地震発生様式毎に分類した。
- 敷地で震度5程度以上となる被害地震は、いずれもプレート間地震または海洋プレート内地震である。
- 内陸地殻内地震で敷地で震度5程度以上となる被害地震は確認されていない。

参考 内閣府等の海溝型巨大地震の評価について

■東海第二発電所周辺以外の地域の海溝型巨大地震の評価について整理した。

■内閣府

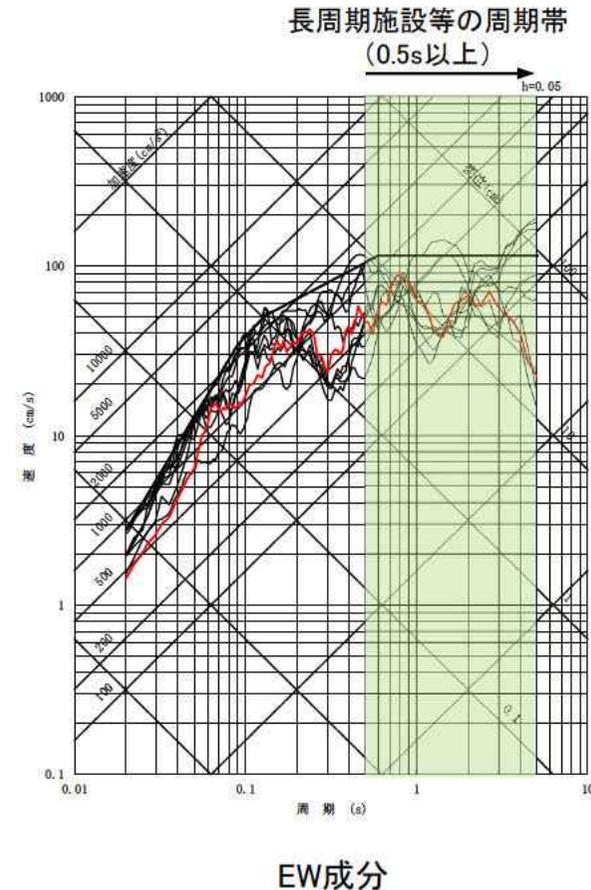
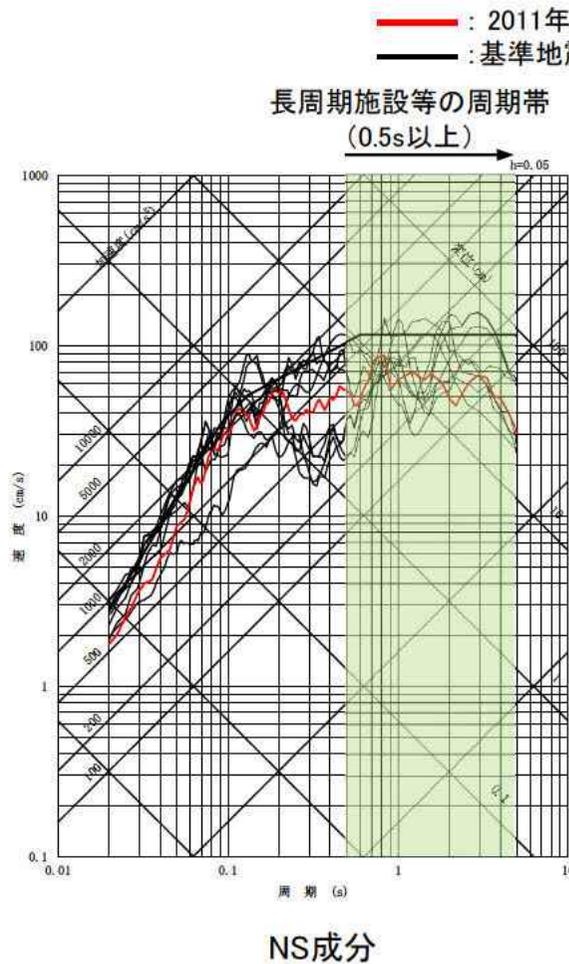
報告書	震源モデル	地震規模	東海第二発電所への影響
南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告)(平成24年8月29日)	南海トラフ巨大地震の強 震断層モデル	Mw9.0	敷地での震度は震度4と推計され ており、震度5程度以上の被 害地震を踏まえている基準地 震動の評価に包含される。

■地震調査研究推進本部

報告書	震源モデル	地震規模	東海第二発電所への影響
千島海溝沿いの地震活動の長期評価 (第三版)(平成29年12月19日)	十勝沖から択捉島沖 (根室沖を含む可能性高)	M8.8程度 以上	より規模が大きい2011年東北 地方太平洋沖型地震(Mw9.0) をより敷地に近い位置で考慮し ており、この地震に包含される。
日本海溝沿いの地震活動の長期評価 (平成31年2月26日)	東北地方太平洋沖型 岩手県沖南部～茨城県沖	M9.0程度	同様の領域・規模を設定した地 震を検討用地震として考慮済 みである。

参考 長周期施設に対する地震調査研究推進本部の海溝型巨大地震の影響

- 地震調査研究推進本部の海溝型巨大地震と地震規模が同等な2011年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) の観測記録(はぎとり波)と, 東海第二発電所の基準地震動Ssとを比較すると, 長周期帯においても基準地震動Ssは観測記録を大きく上回る。
- これより, 基準地震動Ssに対して施設の健全性が確認できれば, 海溝型巨大地震の影響に対しても問題がないものと判断できる。



参考 長周期施設に対する地震調査研究推進本部の海溝型巨大地震の影響

- ・長周期に固有周期を有する施設として、耐震Sクラス等の重要施設、耐震Sクラス等の重要施設近傍に位置する施設については、基準地震動 S_s に対して施設の健全性が確保できることを確認している。また、スロッシングによる重要施設への影響についても、基準地震動 S_s に対して、スロッシングによる影響が重要施設の健全性に影響がないことを確認している(下表)。
- ・したがって、2011年東北地方太平洋沖地震と同程度の規模をもつ地震調査研究推進本部の想定した震源に対しても、当該施設の安全性は確保される。

長周期に固有周期を有する代表施設の基準地震動 S_s に対する評価結果

評価対象施設	1次固有周期(秒)	評価項目	評価部位	応力分類	単位	発生値	許容値
主排気筒	1.17	構造強度	鉄塔(支柱材)	軸力・曲げ	-*1	0.915	< 1.000
常設代替高圧電源装置 内燃機関(No.1~No.5)	□	構造強度	フレーム	組合応力	MPa	310	< 342
		機能維持	車両/ 内燃機関	応答加速度 (水平)	G	0.46	< 1.37
原子炉建屋クレーン	□*2	構造強度	クレーン本体 ガーダ	曲げ	MPa	218	< 336
			ワイヤーロープ	荷重	N	6.126×10^6	< 9.035×10^6
使用済燃料プール (スロッシング)	3.9	重要施設 への影響	溢水量評価	-	-	スロッシングにより重要施設 に影響を与えないことを確認	

*1 鉄骨部材における組合せ応力による評価とし、許容値を1とする。

*2 トロリ位置及び吊り荷有無の各状態で1次固有周期が異なるため、最も長周期の1次固有周期を記載。

【論点No.16】

基準地震動の代表性及び策定時における他地域の地震の考慮について

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

No.901

7, 老朽化している^(注)東海第2原発の建物, 機械(電気含む), 配線, 配管, 計測器はこれから30年以内で70%の確率で発生する南海トラフ大地震に耐えることができるのか?

注: 「高経年化対策」説明資料参照
今後, 別資料(論点No.177,180,181,185,186,188,189,191)で説明

【委員からの指摘事項等】

<第20回ワーキングチーム指摘事項>

地震調査研究推進本部の海溝型巨大地震の影響として, 長周期地震動により影響が出やすい設備の健全性やスロッシングの影響について説明すること。

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

基準地震動策定の保守性について

【説明概要】

- ・原子力施設の耐震設計に用いる地震動評価では、短周期成分の評価が重要である。従って、地震動評価では、長周期だけでなく短周期も評価できるSMGA※モデルを用いている。
- ・また、基準地震動策定の過程では、短周期レベル(応力降下量)やSMGA位置など、地震動の短周期側の地震動評価に大きな影響を与えるパラメータについて不確かさを考慮している。
- ・以上の配慮を行うことで耐震安全性を確保している。

※ SMGA: Strong Motion Generation Area(強震動生成域)

■ 地震動評価手法

- ・耐震設計では、対象とする施設の固有周期に着目した検討を行うことが重要である。一般に原子力施設の主要設備の固有周期は短周期であり、東海第二発電所の場合、主要設備の多くが周期0.5秒以下である。
- ・東海第二発電所の地震動評価においては、周期0.5秒より短周期側についても評価できるSMGAモデルを採用している。
- ・SMGAモデルに基づく地震動評価は、地震調査研究推進本部による強震動予測でも採用されており、実績のある手法である。

■ 様々な発生様式の地震の考慮

敷地周辺では、プレート間地震、プレート内地震、内陸地殻内地震が発生していることから、それぞれの発生様式の地震による影響を分析した上で、基準地震動を策定している。

■ 不確かさの考慮

- ・地震動評価の過程では、それぞれの発生様式の特徴に応じて、より大きな地震規模を想定したり短周期成分に影響を与えるSMGAを敷地に近くなるよう配置する等して基本震源モデルを設定した上で、不確かさとして短周期レベル(応力降下量)やSMGA位置など、地震動の短周期成分に大きな影響を与えるパラメータをより保守的になるよう考慮している。

参考 キラーパルスが生じた兵庫県南部地震においても壁式構造の建物被害は軽微であるところ、原子炉建屋等の重要な建屋は鉄筋コンクリートの壁式構造を採用している。

敷地周辺で発生する様々な発生様式の地震に対してそれぞれ不確かさを考慮した地震動評価を行う等、総合的な配慮に基づいた基準地震動を策定している。

■断層形状, SMGA位置等については下記の通り設定する。

【断層形状】

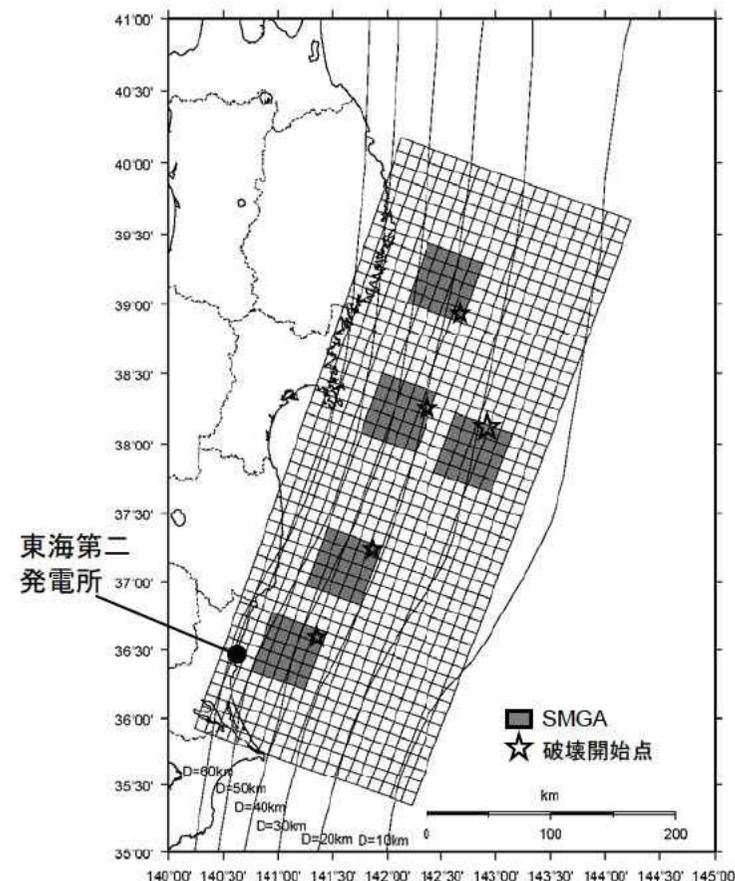
- ・長さ, 幅は, 東北地方太平洋沖地震の震源域を参考にそれぞれ500km, 200kmとする。
- ・走向は, 東北地方太平洋沖地震に関する防災科学技術研究所F-netのCMT解を用いる。深さは, 太平洋プレートの上面に沿ってモデル化する。

【SMGAの位置】

- ・地震調査研究推進本部の領域区分に基づき5個のSMGAを設定し, 東北地方太平洋沖地震のSMGAや, それぞれの領域で過去に発生したM7~M8クラスの地震の震源域を参考に配置する。
- ・茨城県沖のSMGA位置は, 東北地方太平洋沖地震の敷地での観測記録を再現できる位置としており, 各文献で示された東北地方太平洋沖地震のSMGAの中では敷地に最も近い位置である。
- ・この位置は, 過去に発生したM7クラスの地震の中では最も敷地に近い1938年塩屋崎沖の地震(M7.0)や1896年鹿島灘の地震(M7.3)の震央位置と対応していることを確認している。

【破壊開始点】

東北地方太平洋沖地震の震源位置に設定する。



基本震源モデル

基準地震動(Ss-21～Ss-22)の評価例：不確かさの考慮

- SMGA位置の不確かさについては、宮城県沖などに比べ、近年における規模の大きな地震発生の少ない茨城県沖では確定的に設定することは難しいことから、安全側に短周期レベルの不確かさと重畳させたケースも考慮する。

評価ケース	認識論的不確かさ			偶然的な不確かさ	
	断層設定位置	地震規模	短周期レベル	SMGA位置	破壊開始点
基本ケース	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	宮城県沖、福島県沖、茨城県沖で発生する地震の平均※1	東北地方太平洋沖地震のSMGAや、それぞれの領域で過去に発生したM7～M8クラスの地震の震源域を参考に配置	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
SMGA位置の不確かさ	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	宮城県沖、福島県沖、茨城県沖で発生する地震の平均※1	基本震源モデルのSMGA位置に対し、茨城県沖のSMGAを敷地に最も近い位置に移動	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
短周期レベルの不確かさ	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	基本震源モデルの1.5倍※2	東北地方太平洋沖地震のSMGAや、それぞれの領域で過去に発生したM7～M8クラスの地震の震源域を参考に配置	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3
SMGA位置の不確かさと短周期レベルの不確かさの重畳	フィリピン海プレートの北東限を考慮し、三陸沖中部～茨城県沖に設定	Mw9.0	基本震源モデルの1.5倍※2	基本震源モデルのSMGA位置に対し、茨城県沖のSMGAを敷地に最も近い位置に移動	2011年東北地方太平洋沖地震の気象庁震源位置※3



不確かさを考慮して設定するパラメータ

※1 茨城県沖で発生する地震に対しては大きめの設定となっている。

※2 すべてのSMGAの短周期レベルを1.5倍している。

※3 破壊が敷地に向かう位置に設定されている。

基準地震動(Ss-11～Ss-14)の評価例：基本震源モデル(1/2)

塩ノ平地震断層

- リニアメントにほぼ一致して断層が認められる。
- 後期更新世以降の活動が認められる。
(2011年4月11日の地震等)

⇒ 震源として考慮する活断層として評価

北方陸域の断層

- リニアメントにほぼ一致して断層が認められる。
- 後期更新世以降の活動は否定できない。
- 確認された断層は、軟質な粘土を伴い、平面的である。
- 上載地層との関係は確認できない。

⇒ 震源として考慮する活断層として評価

リニアメントは判読されないが、断層の連続性等の情報が十分でない。

F1断層
上載地層法により後期更新世の活動が否定できない。

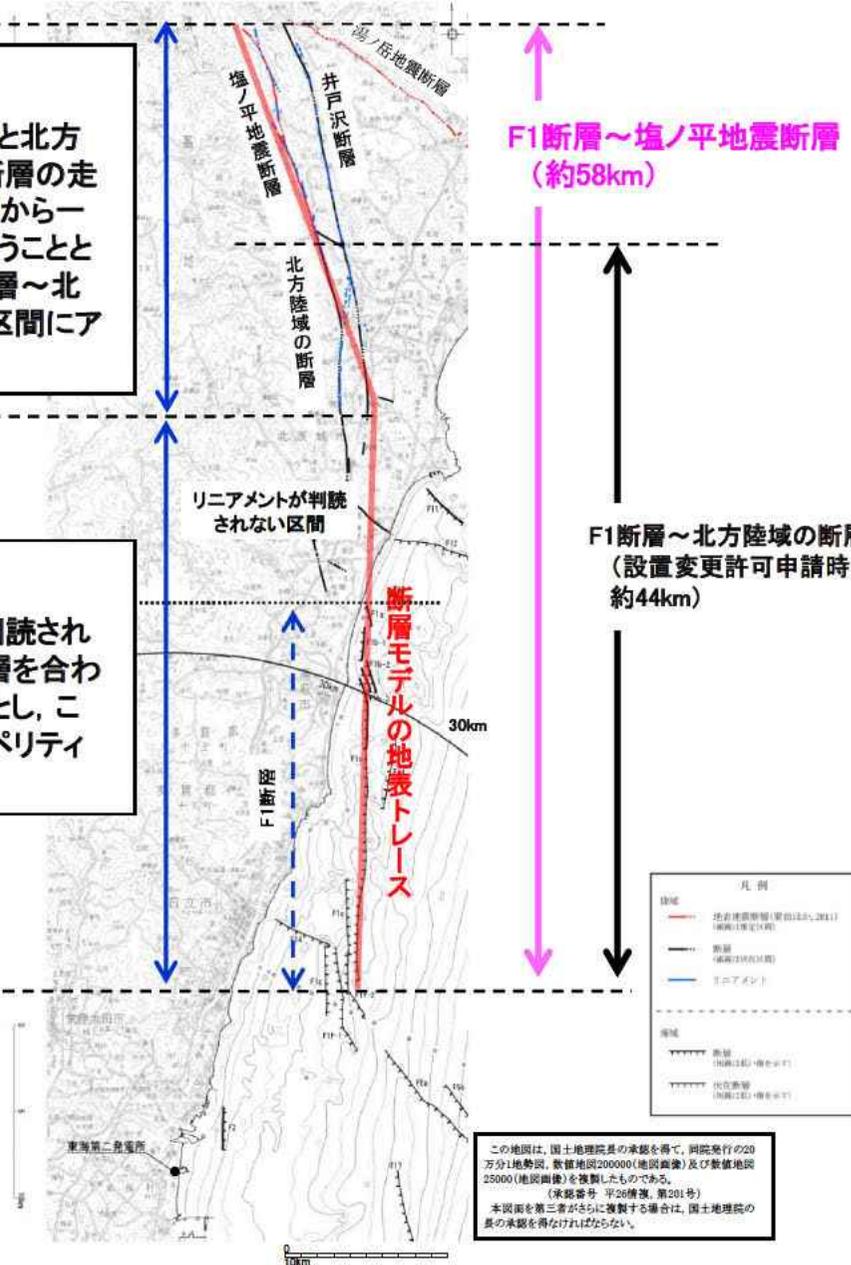
⇒ 震源として考慮する活断層として評価

■北部

塩ノ平地震断層と北方陸域の断層は、断層の走向・傾斜の類似性から一連の断層として扱うこととし、塩ノ平地震断層～北方陸域の断層の区間にアスペリティを配置

■南部

リニアメントが判読されない区間とF1断層を合わせて一つの区間とし、この区間内にアスペリティを配置



- 巨視的面は地質調査による断層線に沿うよう設定する。
- 断層の分布状況から震源を南部、北部に区分する。
- アスペリティは、地質調査結果や各種文献に基づき、南部ではF1断層に1つ、北部では北方陸域の断層～塩ノ平地震断層に1つ、それぞれ敷地寄りに配置する。
- リニアメントが判読されない区間はF1断層側に含め、これらを合わせて一つの区間とすることで敷地に近い南部に配置するアスペリティの地震モーメントを大きくし、安全側の設定とする。

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図典拠)及び数値地図25000(地図典拠)を複製したものである。
(承認番号 平26情復 第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院長の承認を得なければならない。

基準地震動(Ss-11~Ss-14)の評価例：基本震源モデル(2/2)

■地質調査結果や2011年福島県浜通りの地震から得られる知見を参考に基本震源モデルを設定する。

【断層形状、断層タイプ】

- 断層長さについては、新規制基準適合性審査第381回会合に基づき、F1断層から塩ノ平地震断層までの同時活動を考慮した約58kmとする。
- 地震動評価におけるセグメント区分については、断層の分布状況から震源を南部と北部に区分する。その際、リニアメントが判読されない区間はF1断層側に含め、これらを合わせて一つの区間とすることで敷地に近い南部区間の地震モーメントを大きくし、安全側の設定とする。
- 地震のタイプについては、2011年福島県浜通りの地震が正断層であることや福島県から茨城県にかけての領域は正断層応力場とする知見(例えば青柳・上田(2012))、さらにF1断層における音波探査結果から正断層センスのずれが認められることを踏まえ正断層とする。
- 断層傾斜角については、F1断層における音波探査結果や2011年福島県浜通りの地震の震源インバージョンモデルでの傾斜角(57~73度)を参考に西傾斜60度とする。
- 断層幅については、断層上端深さを3km、下端深さを18kmとして断層傾斜角60度を考慮した17.3kmとする。

【アスペリティ位置】

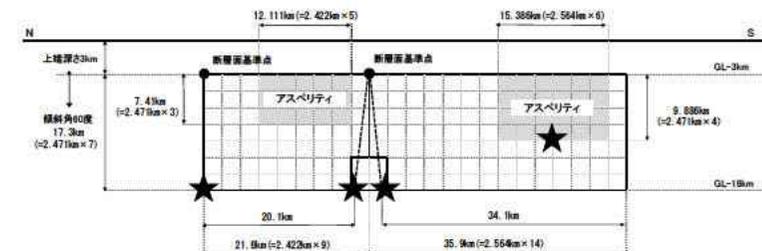
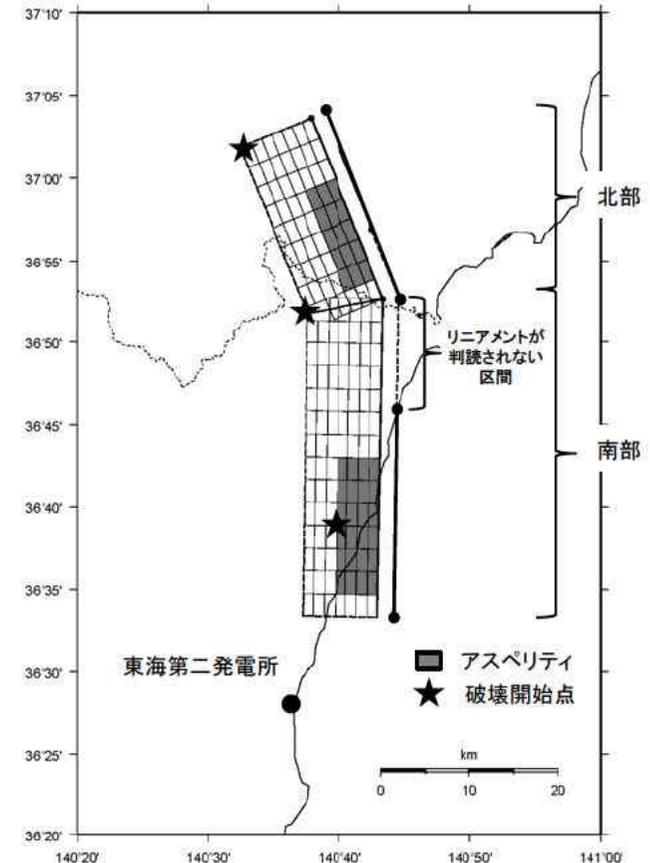
- アスペリティの位置については、地質調査結果に基づき、南部区間のうち調査でわかっているF1断層に1つ、北部では北方陸域の断層~塩ノ平地震断層に1つ、それぞれ敷地に近くなるように配置する。
- 断層長さ方向の配置については、Manighetti et al.(2005)等の知見を踏まえるとアスペリティのように大きなすべりが生じる領域とすべりが無い領域が隣接することは考えにくいことから、断層端部との間に1マス分背景領域を設定する。断層幅方向の配置については、すべりに追従する表層(地表から断層上端までの強震動を出さない層)が存在するので安全側に断層上端にアスペリティを配置する。
- なお、リニアメントが判読されない区間をF1断層側に含め、これらを合わせて一つの区間とすることで、敷地に近い南部に配置するアスペリティの地震モーメントを大きくし、安全側の設定とする。

【破壊開始点位置】

破壊開始点については、強震動予測レシピ、糸井ほか(2009)、平田・佐藤(2007)を踏まえ、アスペリティ下端や断層下端のうち敷地への影響の大きい位置に複数設定する。

【破壊伝播速度Vr】

破壊伝播速度については、強震動予測レシピで用いられているGeller(1976)より、 $V_r=0.72V_s$ とする。ただし、2011年福島県浜通りの地震における破壊伝播速度の各知見と比較の上、妥当性を確認する。



基本震源モデル

基準地震動(Ss-11～Ss-14)の評価例：不確かさの考慮



■不確かさの考慮

F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震に関する各パラメータについて, 地震動への影響の程度を検討し, 敷地に大きな影響を与えると考えられるパラメータに対して不確かさを考慮する。

評価ケース	認識論的不確かさ					偶然的不確かさ
	断層上端 深さ※1	断層下端 深さ※2	断層 傾斜角	短周期レベル	アスペリティ位置	破壊開始点
基本震源モデル	3km	18km	60度 (西傾斜)	強震動予測レシピの 平均	敷地に近い位置に配置	複数設定
短周期レベルの 不確かさ	3km	18km	60度 (西傾斜)	強震動予測レシピの 1.5倍	敷地に近い位置に配置	複数設定
断層傾斜角の 不確かさ	3km	18km	45度 (西傾斜)	強震動予測レシピの 平均	敷地に近い位置に配置	複数設定
アスペリティ位置 の不確かさ	3km	18km	60度 (西傾斜)	強震動予測レシピの 平均	断層端部に配置	複数設定

※1 2011年福島県浜通りの地震の震源域以外では断層上端深さは3kmよりも深いことが推定されるが, 震源モデルの全域にわたり保守的に3kmに設定した。

※2 2011年福島県浜通りの地震の震源域では断層下端深さは浅いことが推定されるが, 震源モデルの全域にわたり保守的に18kmに設定した。

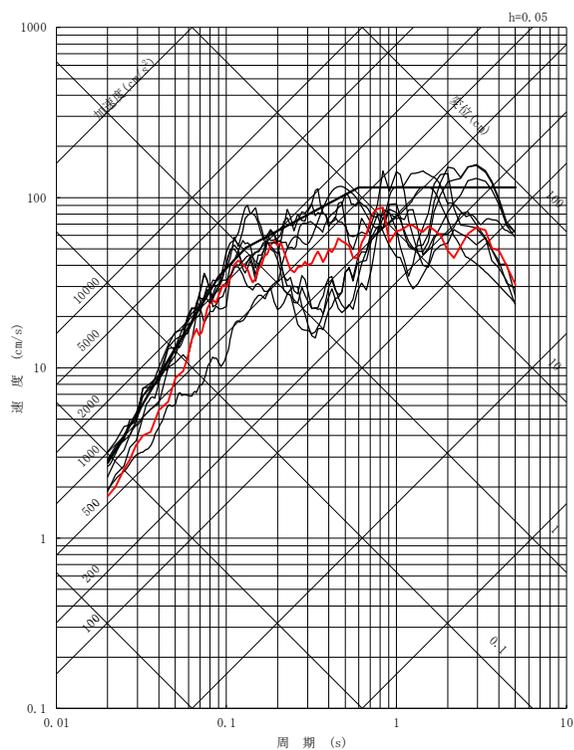
 不確かさを考慮して設定するパラメータ

 基本震源モデルの段階で予め不確かさを考慮して設定するパラメータ

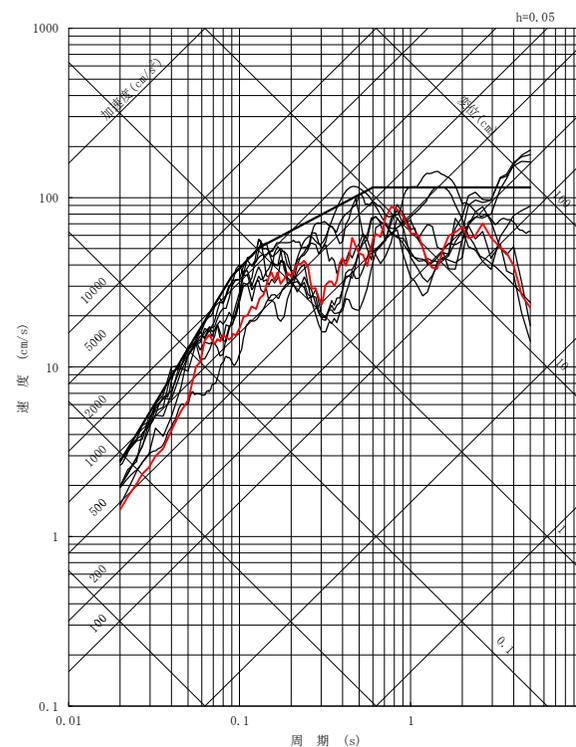
2011年東北地方太平洋沖地震の観測記録と基準地震動

■ 東海第二発電所の基準地震動 S_s (S_s -D1, S_s -11~ S_s -32の合計9波)と2011年東北地方太平洋沖地震 (M_w 9.0)の観測記録(はぎとり波)を比較すると, 基準地震動 S_s は観測記録を大きく上回る。

— : 2011年東北地方太平洋沖地震のはぎとり波
— : 基準地震動 S_s



NS成分



EW成分

日本原子力発電株式会社東海第二発電所の発電用原子炉設置変更許可申請書
(発電用原子炉施設の変更)に関する審査書(案)に対する御意見への考え方

ご意見の概要	考え方
<p>➤ 50km 四方の均質なアスペリティを想定し、そこから一様な地震動が生成されると仮定して震度を精度よく算出するSMGA モデルでは、2011 年東北地方太平洋沖地震の2 波(女川沖)3 波(茨城沖)と続いた小さな破壊域から発生した強震動パルスが再現できない。原子炉施設の耐震設計では震度を計算するのが目的ではなく、耐震検討用の地震動計算が目的である以上、一辺数km という小さなアスペリティ領域から発生する強震動パルスが再現できるSPGA モデルによる強震動パルス生成域を置いて計算されなければならない。</p>	<p>➤ 震源断層の詳細な調査結果を用いてレシピを用いる方法以外の方法によって基準地震動を策定するというアプローチについては、どのように保守性を確保していくかに関し、妥当な方法が現時点で明らかになっていないとは言えず、規制において要求又は推奨すべきアプローチとして位置付けるまでの科学的・技術的な熟度には至っていないと考えています。</p> <p>強震動パルス生成域(以下「SPGA」という。)から構成される震源モデルであるSPGA モデルは、2011 年東北地方太平洋沖地震等の観測地震動を説明するための再現モデルの一つですが、予測問題に適用する場合においては、提案者も論文で示すようにSPGA の位置設定等が今後の課題とされており、強震動予測のパッケージとして確立していないものと考えています。</p> <p>SPGA モデルの適用も含め、地震動の計算方法の高度化については、まずは、地震調査研究推進本部のような場で議論されるものであり、そこでの検討結果も含め、新たな知見が得られれば、原子力発電所の規制にどのように取り入れるかについて、規制委員会として適切に判断していきます。</p>

【論点No.17】

基準地震動策定の保守性について

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.741

耐震設計……基準地震動について

P1~8

指摘事項等・県民意見に下線を記載
対応する資料頁数等を 内に記載

「最新の知見を元に……しなければならない」と規定しているとのことですが、今回説明されたSMGAモデルは、最新ではないと聞いています。重要港湾等で採用されているSPGAモデルで試算すべきでは？このSMGAモデルを用いることで恣意的に地震動を過少評価していると見えてしまいます。そうまでして東海第2をうごかすのはやめてほしいです。

No.1202

P1~8

5. 「最新の科学的・技術的知見を踏まえて」いるのか？

1の後半の「基準地震動は最新の科学的・技術的知見を踏まえる」点について以下。

1) 強震観測網整備後に発生した東北地方太平洋沖地震の最新の科学的・技術的知見

福島第一原発事故を引き起こした2011年東北地方太平洋沖地震は、密な強震観測網が整備されて以降初めて発生したM9クラスの巨大地震だった。

この東北地方太平洋沖地震での主な知見は

①従来、海山などがいっぱい潜り込んでいて、数多くのストッパー(アスペリティー)がある日本海溝の沈み込み帯ではM9となるような巨大地震は起こらず、多くのアスペリティーが途中で震源域の拡大を止めると考えられていたがその考えはくつがえされたこと。従って従来の断層モデル手法のアスペリティーモデルは見直しを迫られたこと。

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.1202(続き)

②プレート間の破壊が連動して起こる際に、兵庫県南部地震の内陸地殻内地震で観測され建物・構造物に大きな破壊を生じさせた「強震動パルス」波が、プレート間地震の東北地方太平洋沖地震でも観測されたこと。東北地方太平洋沖地震ではこのパルス波が震源－女川沖－茨城沖と3波にわたって発生したこと。第二波では女川沖の小さなアスペリティー破壊領域で発生した強震動パルス波が150km離れた観測地点で震度7の揺れ、100cm/sの地震動をもたらしたこと(超高層ビルの倒壊地震動入力は50cm/s)。

③地震時に大きくすべった領域と強震動が発生した領域は必ずしも一致しないことが判明したこと。この点でも従来のアスペリティーモデルは見直しが必要とされたこと。

④津波では、従来常識とされてきた「プレート境界断層浅部では地震性すべりは発生しない」という通説はくつがえされ、海溝軸付近浅部のプレート境界断層にまで地震性すべりが伝播することで巨大津波が発生することが示され、津波発生メカニズムも見直しが求められたこと。

などが概ね知られるところである。

2)プレート間地震の強震動予測に求められることと、それに対する規制委員会の考え

東北地方太平洋沖地震で観測された観測記録にもとづく知見による原発サイトの地震動予測の見直しは「最新の科学的・技術的知見」を規制に生かすべき規制委員会にとって最も重要な課題である。

上記2項①～③は、今後の海溝型巨大地震(プレート間地震)に係る強震動予測、特に耐震設計を目的とする強震動予測を行う場合には、基準地震動を規定する強震動パルスの生成に注目した震源の再モデル化が必要であることを示唆しており、従来のSMGAモデルの経験的グリーン関数の補正・改訂だけではすでに限界に来ていることを示している。

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.1202(続き)

東海第二発電所に即して言えば、申請人日本原電は東北地方太平洋沖地震の破壊はフィリピン海プレート手前で止まり、茨城県沖の海山周辺はすべり域だから再度の海溝型巨大地震の発生は低いなどという認識を示していた。新規規制基準では起こりうるすべての地震動を想定することからこの予断は退かれたものの、②の点では特に女川沖の小さな破壊領域が強いパルスが発生させていること、このパルス波を発生させる破壊領域はどこで起きるか現在の科学では予測や断定できないことを考慮するならば、同様の破壊とパルス波が敷地直下のプレート境界で発生することをも考慮してその地震力に耐えられることが要求事項でなければならないはずである。

こうした点から東海第二発電所設置変更許可のパブコメで、審査ガイドが規定する「最新の科学的・技術的知見を踏まえることとする」審査方針にもとづかならば、従来の断層モデル手法のSMGAモデルでは東北地方太平洋沖地震の再現ができないことを指摘し、最新の知見を反映して東北地方太平洋沖地震で観測された強震動パルスを再現できるSPGAモデルをも使って基準地震動を検証し、「敷地で発生する可能性のある地震動全体を考慮した地震動」「いかなる地震動に対しても」「十分に耐えることができるものでなければならない」ことの審査を行うべきことをパブリックコメントした。

しかし、規制委員会は、プレート間地震での強震動パルスへの考慮を求める意見に正面から応えることなく、「SPGAモデルは再現モデルであって予測モデルとしてパッケージとして確立していない」「規制に取り入れるだけの科学的・技術的な熟度に至っていない」「港湾の視点と原発の視点は違う」などと論点をすりかえ、挙げ句の果てに「地震動の計算方法の高度化は地震調査研究推進本部がやるべきこと」などとして、自身が方針としている「最新の科学的・技術的知見を踏まえることとする」審査方針を放棄した。

* 委員指摘事項等及び県民意見は第15回ワーキングチーム
(令和元年6月26日)資料3-1及び資料3-2に基づく

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.1202(続き)

「熟度に達していない」という用語法は、2002年7月に地震調査研究推進本部の地震調査委員会が「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について」を公表して三陸沖から房総沖の日本海溝沿いで過去に大地震がなかった場所でもマグニチュード8クラスの地震が起き得るとの見解を示した時、当時の原子力安全委員会、原子力安全・保安院、そして東京電力が「規制に取り入れるだけの科学的・技術的な熟度に至っていない」として対策を先延ばした理由とはからずも同一である。繰り返し語られた「福島原発事故を二度と繰り返さない」という規制委員会発足の理念は失われている。

大阪府・市が、兵庫県南部地震で観測されたパルス波で多くの家屋・構造物が破壊されたことを教訓に、上町断層帯でのパルス性地震動の発生を真剣に検討し、それに対する耐震設計や応答特性の研究を必死に集め、知見を結集して防災対策に努力している姿とは真逆である。いわんや最も安全性が要求される原発の耐震設計においてである。

3) 東海第二の基準地震動想定による耐震評価の経過と強震動パルスに対する応答の検証の必要性

日本原電は「基本震源モデルは2011年東北地方太平洋沖地震における敷地観測記録と良く対応していることを確認している」などとしているが、上記の通り強震動パルスの発生が再現できないSMGAモデルを使っており、震源一女川沖一茨城沖の3連動した破壊領域からの強震動パルスは再現されておらずこれについて考慮されていない。せいぜい不確かさを考慮してアスペリティーを敷地に最も近づけ、さらに短周期レベルを1.5倍して1,009ガルを採用しているだけである。もし女川原発をはじめとする宮城県で震度7をもたらした150km沖合の第2波のパルス波を考慮し、同様の破壊とパルス性地震動が東海第二原発敷地直下のプレート境界で発生した時を想定するならば、2,000ガルを超過する可能性がある。東海第二発電所がその地震動に耐えられるか、その検証をしなければならないと思われる。

【県民意見(頂いたご意見・特に関心のある事項)】

No.1202(続き)

東北地方太平洋沖地震や兵庫県南部地震で観測されたようなやや短周期で速度も大きいパルス波が敷地直下のプレート境界で発生した場合、パルス波の瞬間的エネルギーで構造物は許容限度を超えた変形を余儀なくされてすでに非線形化しており、もはや弾性時の固有振動は意味を持たなくなっており、短周期側に遷移している。許可時の規制委員会で説明されたような「原発の場合は港湾とちがって短周期側が問題になるので視点が違う」などという議論はトンチンカンな議論である。

加速度(ガル)も速度(カイン)も大きいパルス波によって非線形化した時の塑性率応答解析、累積疲労ではなく瞬間のエネルギーによる塑性流動崩壊解析が真剣に行われなければならない。先ほどの一般住宅の販売例でもすでに加速度だけでなく、耐えられる速度カインの表示が表示されている時代である。

以上、日本原電・規制委員会が、東北地方太平洋沖地震で得られた最新の知見を考慮しないで策定した東海第二発電所の基準地震動について、果たして「最新の科学的・技術的知見にもとづいて策定」されたものかについて茨城県はどのように検証されたのかお聞きしたい。

棚倉破砕帯に係る追加調査結果及び敷地周辺での活動性評価等について

【棚倉破砕帯に係る追加調査結果及び敷地周辺での活動性評価】

- 棚倉破砕帯西縁断層(の一部)について、取上北方から原東方までの長さ約18kmについて、震源として考慮する活断層として評価している。原東方以南は、リニアメントが判読されないこと及び地表地質調査において約12～13万年前以降の活動がないことから、原東方を南端と評価している。
- 棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層について、上渋井から明神峠までの長さ約20kmについて、震源として考慮する活断層として評価している。明神峠以南は、リニアメントが判読されないこと及び地表地質調査において約12～13万年前以降の活動がないことから、明神峠を南端と評価している。
- 以上より、棚倉破砕帯の評価は、同時活動を考慮して上渋井から原東方までの長さ42kmについて、震源として考慮する活断層として評価している。

(参考)内陸地殻内地震の評価

- 内陸地殻内地震の評価は、棚倉破砕帯よりも地震規模が大きいF1断層、北方陸域の断層、塩ノ平地震断層の連動による地震を選定して評価している。さらに、東海第二発電所の基準地震動 S_s は、応答スペクトル法に加え、一部周期帯で S_s-D1 を上回る断層モデル手法による6波(内陸地殻内地震4波、プレート間地震2波)及び震源を特定せず策定する地震動2波の合計9波として耐震安全性評価を行っている。

(参考)敷地の地質・地質構造の評価

- 敷地には「将来活動する可能性のある断層等」は認められないことを確認している。

調査は、敷地周辺（敷地を中心とする半径約30kmの範囲）及びその周辺について実施した。

1) 震源として考慮する活断層が存在する可能性のある範囲を抽出

- 文献調査
- 変動地形学的調査
（空中写真判読, 航空レーザー測量）
- 地球物理学的調査
（海上音波探査）



2) 断層の有無, 性状, 最新活動時期等の調査

- 地質調査
（地表地質調査, ボーリング調査, トレンチ調査等）
- 地球物理学的調査
（陸域: 反射法地震探査, 海域: 海上音波探査）



3) 活動性の評価

- 各断層の活動性の評価
- 近接する断層の性状, 位置関係等から同時活動の可能性を検討

棚倉破砕帯西縁断層(の一部)の評価

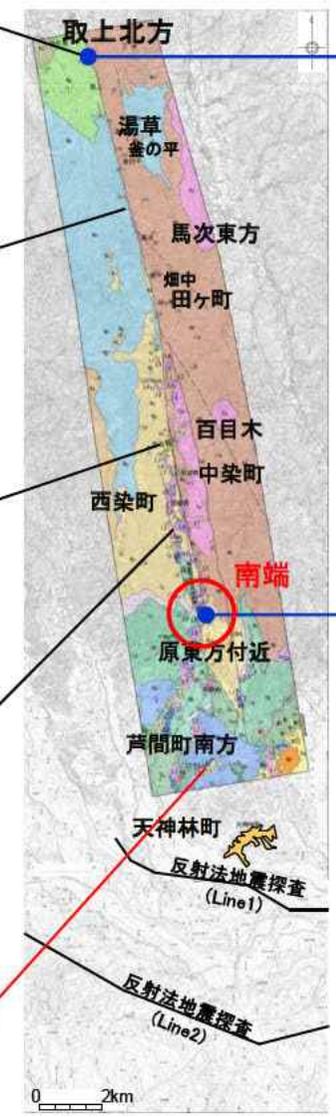
とりあげ
【取上北方】(久慈郡大子町)
 少なくとも約12~13万年前以降の活動はないものと判断される。
 ▶ リニアメントは判読されない。
 ▶ 断層はその性状や運動方向から約12~13万年前以前のものと考えられる。

ゆくさ たがまち
【湯草北西~田ヶ町】(久慈郡大子町~常陸太田市)
 約12~13万年前以降の活動は否定できない。
 ▶ リニアメントは棚倉破砕帯西縁断層とほぼ一致する。
 ▶ 断層はその性状や運動方向から約12~13万年前以前のものであることが否定できない。

どうめき
【百目木】(常陸太田市)
 少なくとも約12~13万年前以降の活動はないものと判断される。
 ▶ リニアメントは判読されない。
 ▶ 断層はその性状や運動方向から約12~13万年前以前のものと考えられる。

なかぞめ はら
【中染町~原東方】(常陸太田市)
 約12~13万年前以降の活動は否定できない。
 ▶ リニアメントにほぼ一致して断層が認められる。
 ▶ 断層はその性状から約12~13万年以降のものとは考えにくい、上載地層との関係が確認できないため、約12~13万年前以降の活動を否定できない。

南端以南の評価
 はら
【原東方以南】(常陸太田市)
 少なくとも約12~13万年前以降の活動はないものと判断される。
 ▶ リニアメントは判読されない。
 ▶ 芦間町南方においては約400万年前~約240万年前の地層(久米層)がほぼ水平に断層を覆っている。(=少なくとも約240万年前以降断層が活動していない)
 ▶ 芦間町南方において、断層が確認されたが、その性状から約12~13万年前以前のものと考えられる。



約18km

棚倉破砕帯西縁断層(の一部)について、取上北方から原東方までの長さ約18kmについて、震源として考慮する活断層*として評価している。原東方以南は、リニアメントが判読されないこと及び地表地質調査において約12~13万年前以降の活動がないことから、原東方を南端と評価している。

*震源として考慮する活断層とは、約12~13万年前以降の活動が否定できない断層のことを言う。
 敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド(制定 平成25年6月19日 原管地発第1306191号 原子力規制委員会決定)による。

この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の2万5千分1地形図、空中写真、数値地図25000(地形画像)、数値地図50mメッシュ(標高)及び基礎地図情報を使用した。
 (承認番号 平29情使 第298号)

棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層の評価

ふるやしき おだか
【古屋敷～小高】
 (石川郡浅川町～東白川郡塙町)
 形成時代の異なる地層が接しており、それぞれの地層の侵食に対する抵抗性の差を反映した地形と考えられる。

- 文献において指摘されているリニアメントは判読されない。
- 文献において指摘されているリニアメント位置付近には形成時代の異なる地層が接しており、断層の存在を示唆する構造は認められない。

かみしぶい みょうじんとうげ
【上渋井～明神峠】
 (東白川郡塙町～常陸太田市)
 約12～13万年前以降の活動は否定できない。

- 判読されたリニアメントは、断層等とほぼ一致している。
- 断層はその性状から、約12～13万年前以降のものとは考えにくい。上載地層との関係が確認できないため、約12～13万年前以降の活動を否定できない。

南端以南の評価
 みょうじんとうげ おりはしちょう
【明神峠～折橋町】(常陸太田市)
 形成時代の異なる地層が接しており、それぞれの地層の侵食に対する抵抗性の差を反映した地形と考えられる。

- リニアメントと一致する断層は認められない。
- リニアメントは形成時代の異なる地層の境界にほぼ一致している。

この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の2万5千分1地形図、空中写真、数値地図25000(地図画像)、数値地図50mメッシュ(標高)及び基盤地図情報を使用した。(承認番号 平29情使、第298号)

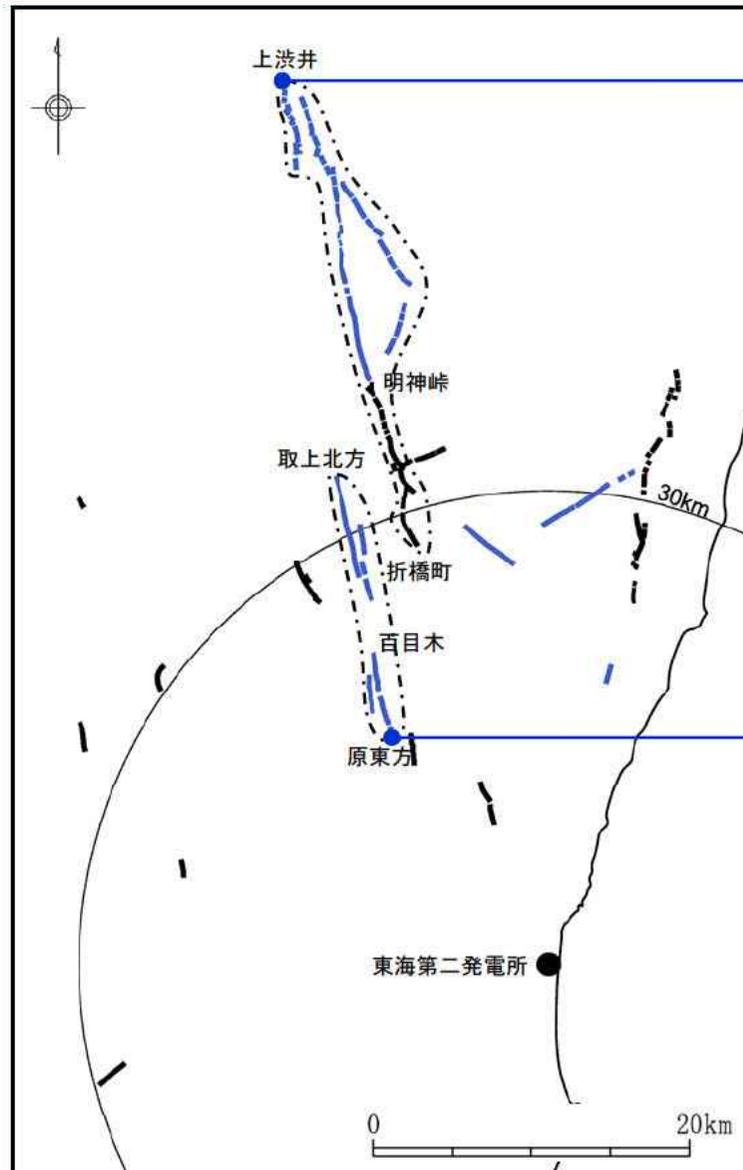


約20km

棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層について、上渋井から明神峠までの長さ約20kmについて、震源として考慮する活断層※として評価している。明神峠以南は、リニアメントが判読されないこと及び地表地質調査において約12～13万年前以降の活動がないことから、明神峠を南端と評価している。

※震源として考慮する活断層とは、約12～13万年前以降の活動が否定できない断層のことを言う。
 敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド(制定 平成25年6月19日 原管地発第1306191号 原子力規制委員会決定)による。

棚倉破砕帯の評価



約42km

棚倉破砕帯の評価は、同時活動を考慮して上渋井から原東方までの長さ42kmについて、震源として考慮する活断層※として評価している。

※震源として考慮する活断層とは、約12～13万年前以降の活動が否定できない断層のことを言う。敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド(制定平成25年6月19日 原管地発第1306191号 原子力規制委員会決定)による。

- 凡例
- 震源として考慮する活断層
 - 後期更新世以降の活動はないものと判断される断層等

棚倉破砕帯に係る追加調査結果及び敷地周辺での活動性評価

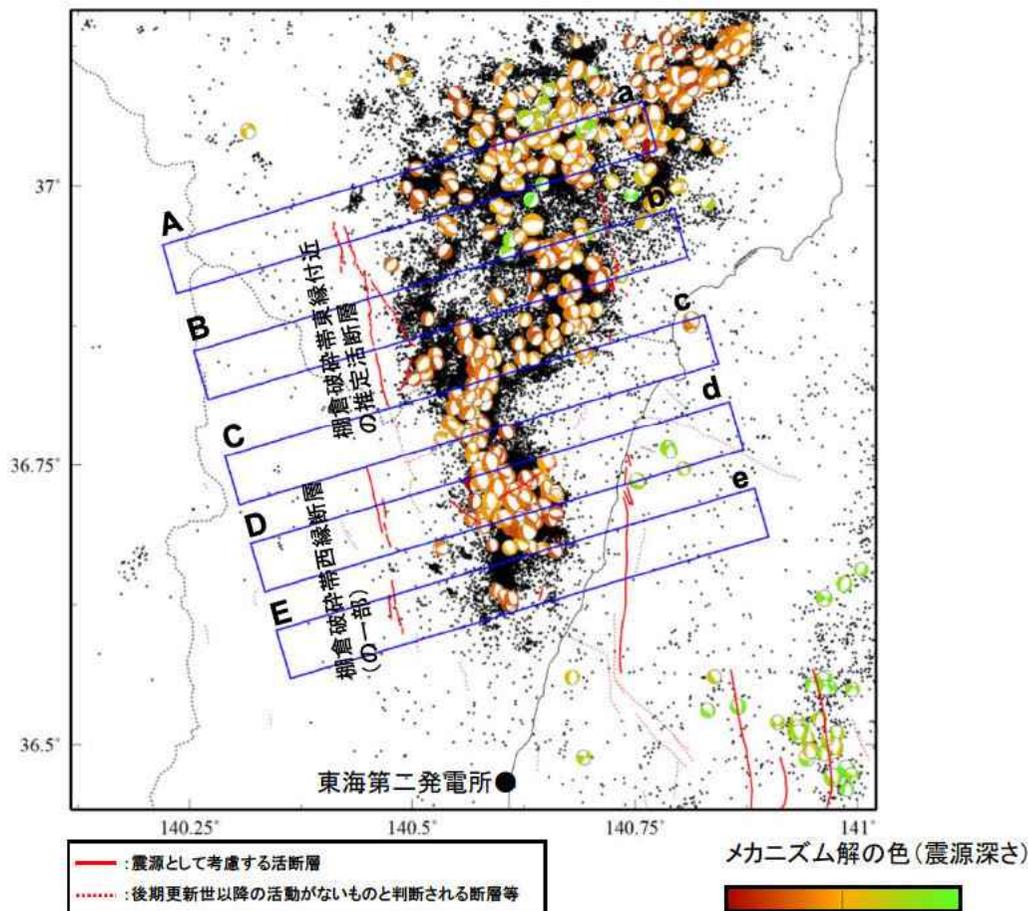
棚倉破砕帯付近の地震活動について

棚倉破砕帯の東側の地域(福島県浜通りから茨城県北部)では、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震発生以降、正断層型の内陸地殻内地震が多発しているが、棚倉破砕帯の地表断層位置と震央位置が離れており、棚倉破砕帯の走向とメカニズム解(棚倉破砕帯は横ずれ断層型)も調和的でないことより、棚倉破砕帯に関連する地震活動ではないものと考えられる。さらに、棚倉破砕帯の北方及び南方についても、地震が集中しているような状況は見られない。

これらより、棚倉破砕帯の活動性や規模については地質・地質構造調査の結果により判断するものとする。

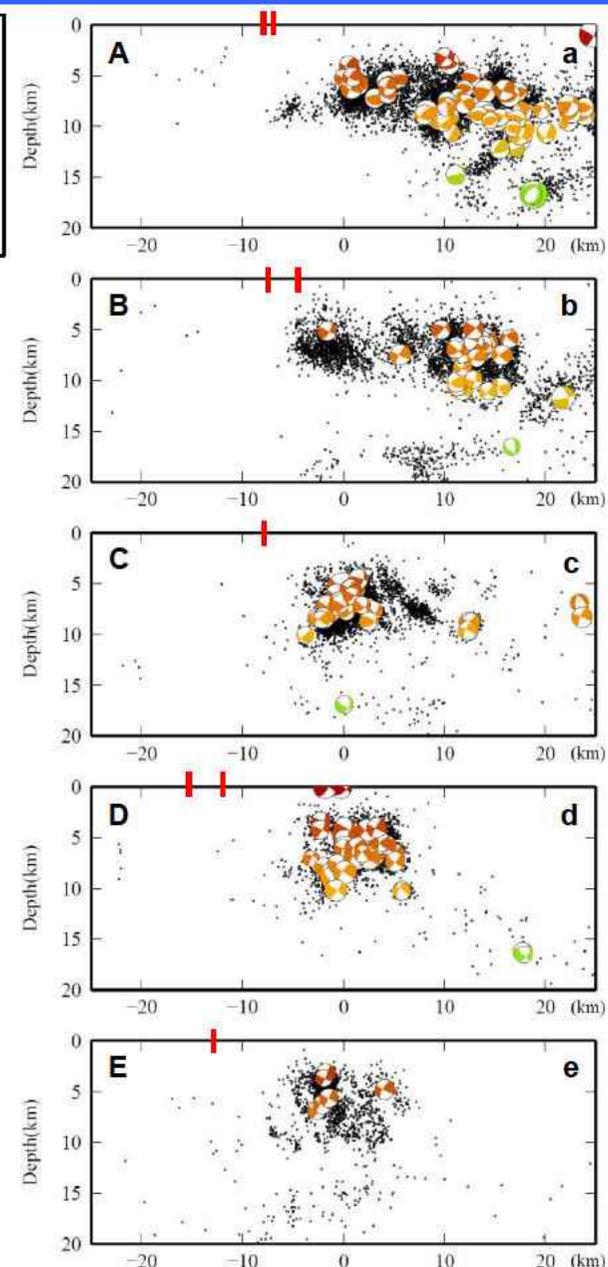
使用データ

- ・データ期間 : 2011年3月11日～2013年12月31日
- ・地震諸元 : 気象庁 地震月報(カタログ編)
- ・メカニズム解 : 防災科学技術研究所 広帯域地震観測網(F-net)

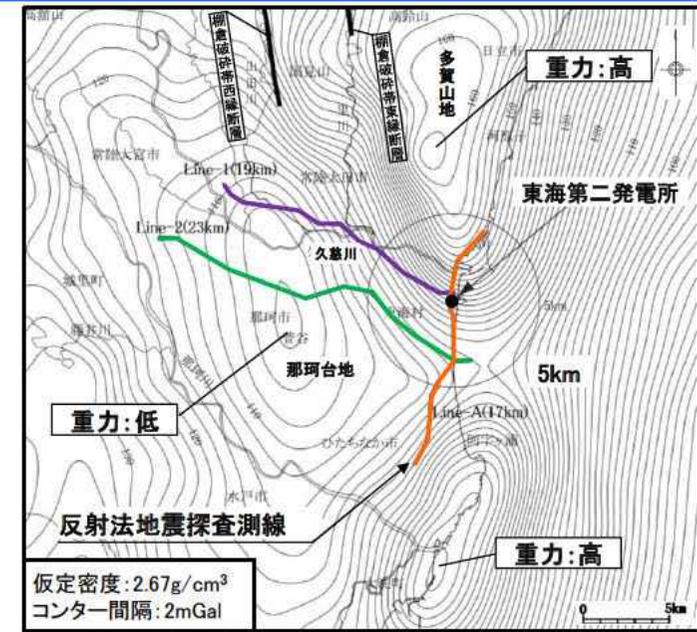
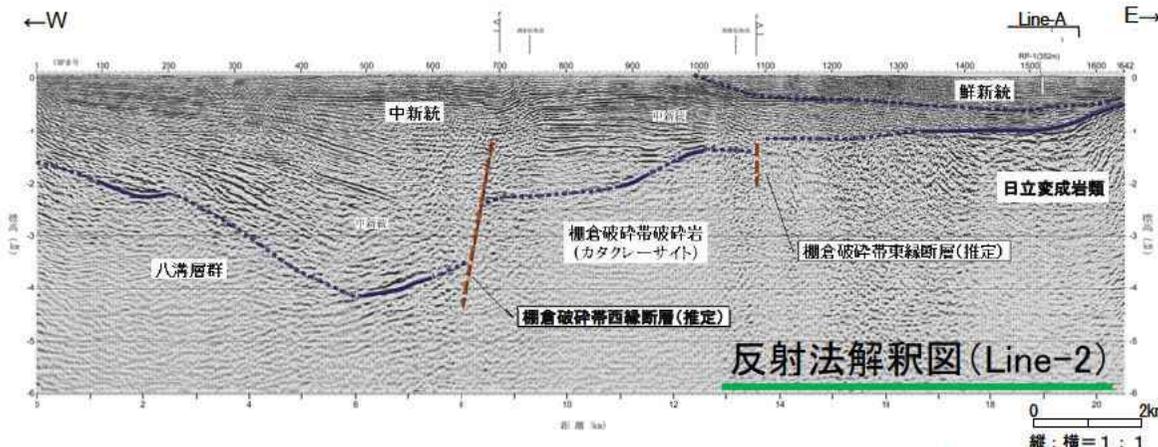
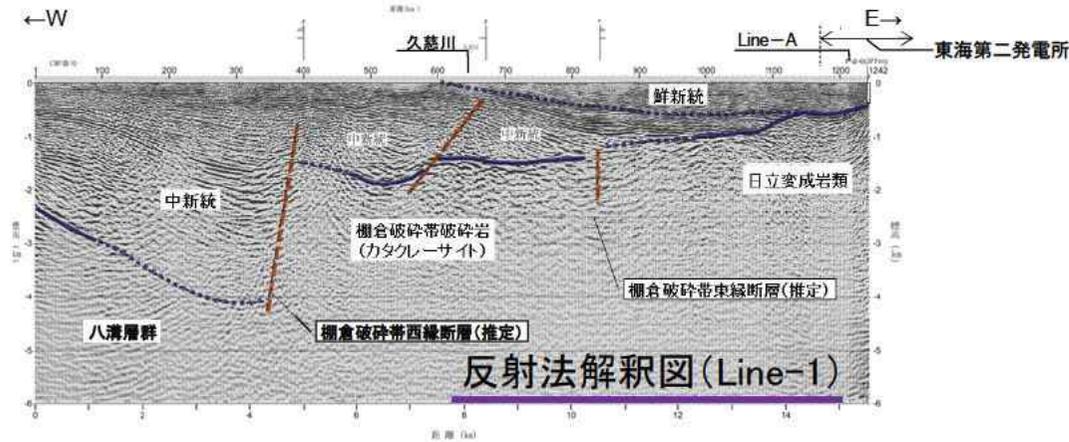
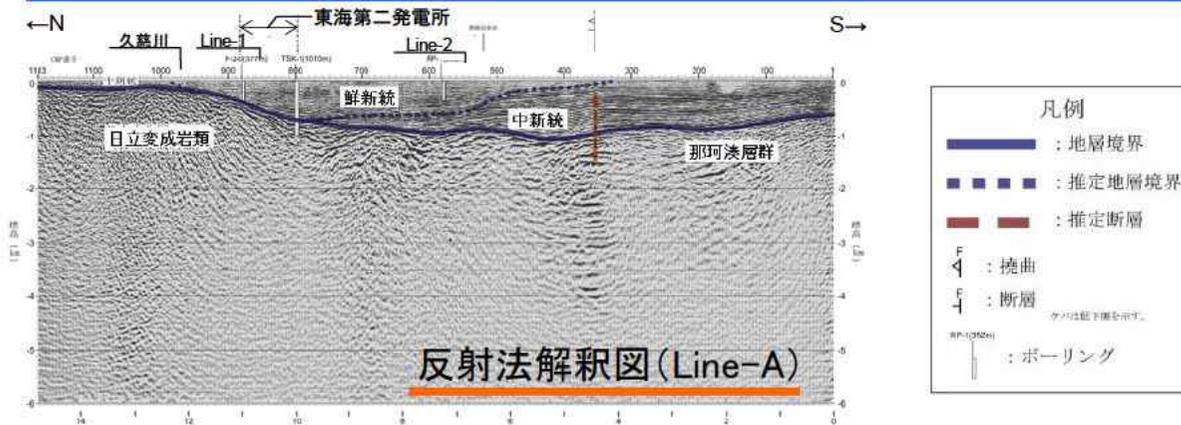


震央分布図
 (□は震源断面図の位置を示す。)

論点No.19-6



重力異常域と地下深部構造の関係



地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」(2013)に加筆

- Line-Aでは、多賀山地付近の高重力異常から那珂台地付近の低重力異常に向かって、先新第三系(日立変成岩類、那珂湊層群)の上面が深くなっており、重力異常と調和的である。
- Line-1及びLine-2では棚倉破砕帯の南方延長に相当する地質構造が認められ、重力異常と先新第三系の上面が調和的である。

重力異常は、先新第三系の上面の高度分布を反映したものと判断した。

- 棚倉破砕帯東縁断層(推定)は中新統に変位・変形を与えているが、少なくとも鮮新統に変位・変形を与えていない。
- 棚倉破砕帯西縁断層(推定)は中新統に変位を与えているが、少なくともMIS5eの海成段丘(約12.5万年前の地層)に変位・変形を与えていない。(P.90参照)
- 以上のことから反射法地震探査で確認した棚倉破砕帯東縁及び西縁断層(推定)は震源として考慮する活断層ではない。(震源として考慮する活断層はP.3, P.4参照)

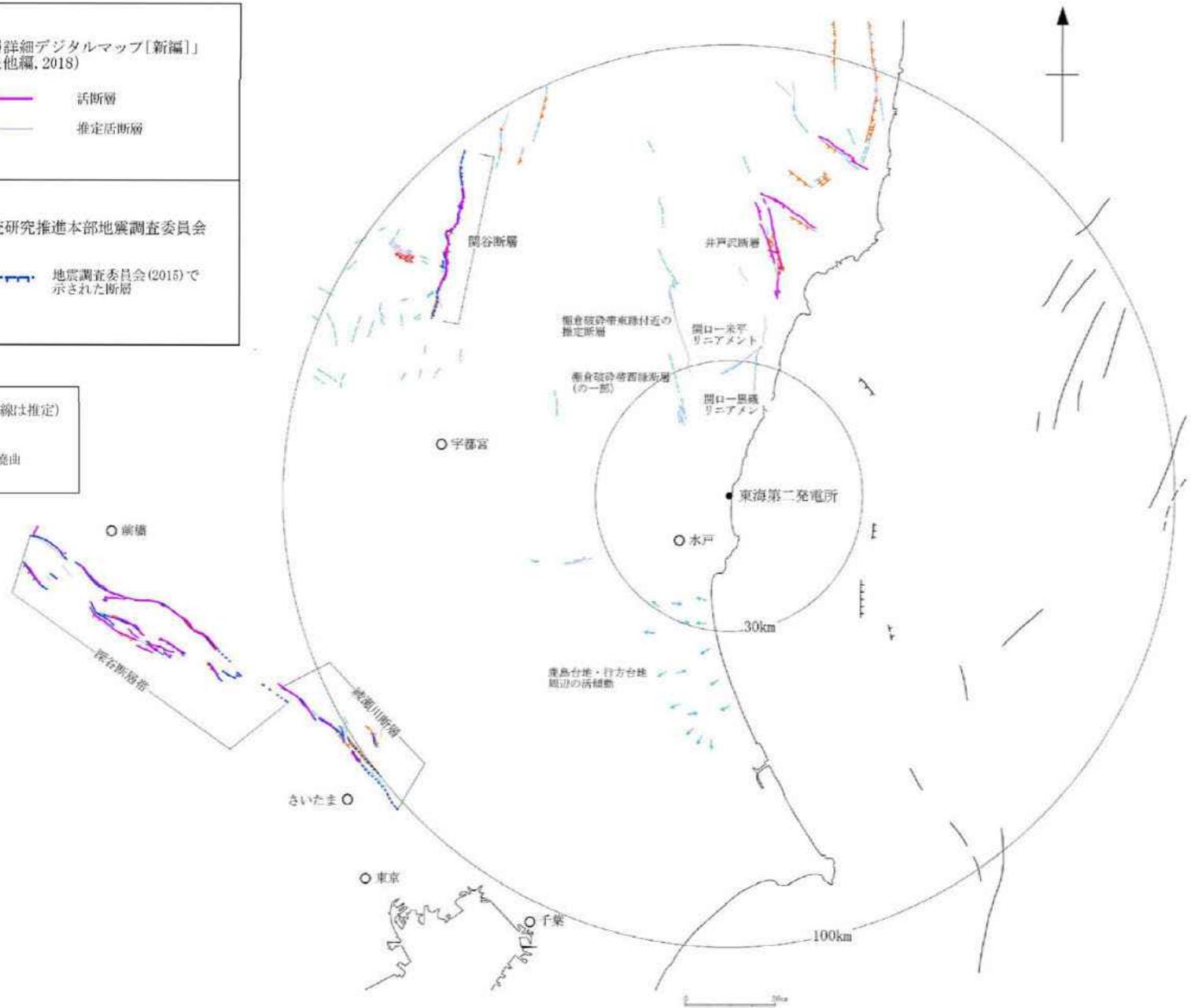
文献による敷地周辺の活断層分布

凡例 (陸域)

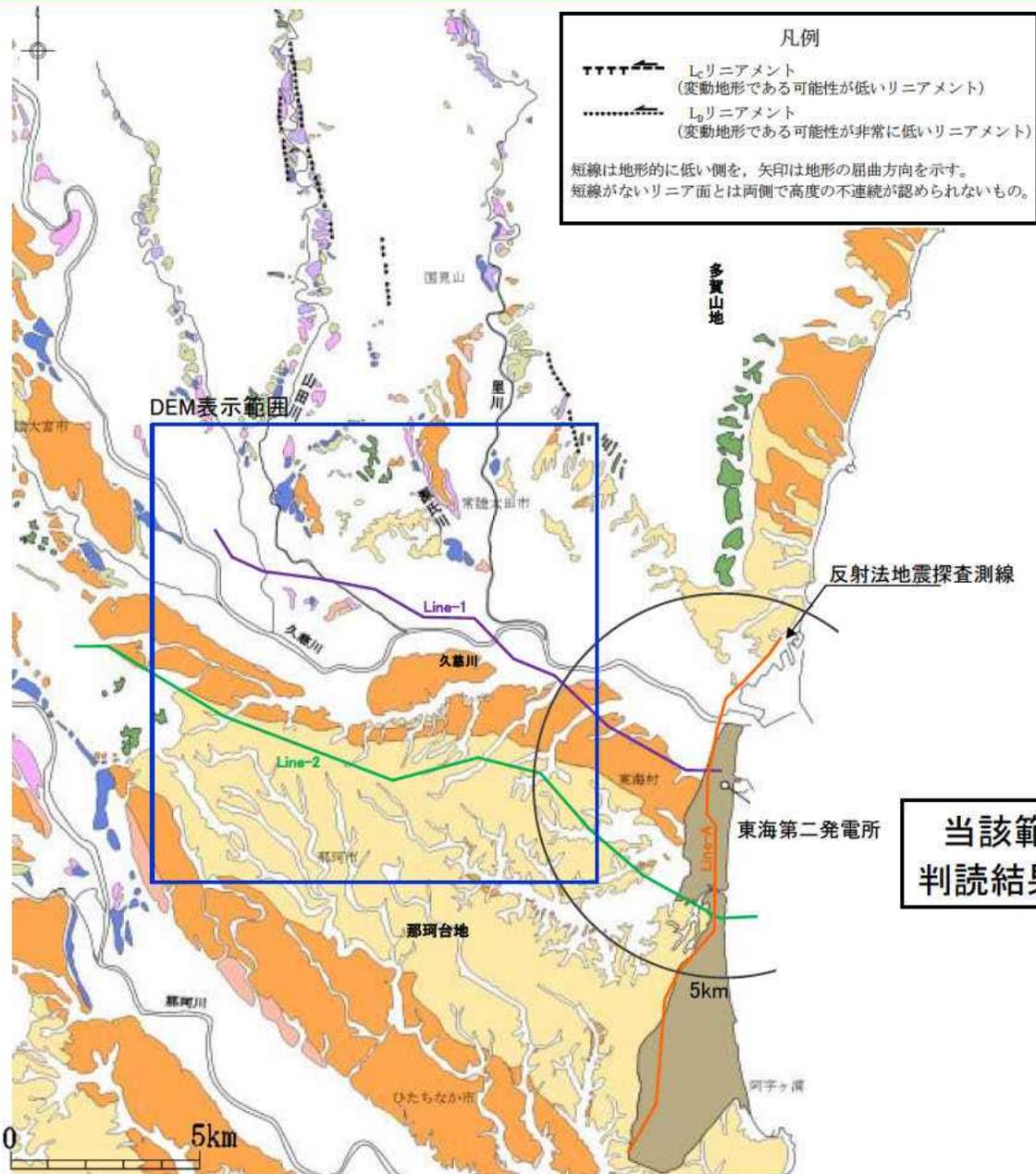
<p>「新編」日本の活断層 (1991)</p> <p>陸上活断層</p> <ul style="list-style-type: none"> 活断層であることが確実なもの (確実度 I) 活断層であると推定されるもの (確実度 II) 活断層の疑いのあるリニアメント (確実度 III) <p>近縁はずれの低下側を、矢印は横ずれの向きを示す。</p> <p>..... 伏在断層</p> <p>活傾動</p> <p>地形面の傾き下る方向</p>	<p>「活断層詳細デジタルマップ [新編] (今泉他編, 2018)</p> <ul style="list-style-type: none"> 活断層 推定活断層 <p>地震調査研究推進本部地震調査委員会</p> <p>地震調査委員会 (2015) で示された断層</p>
---	--

凡例 (海域)

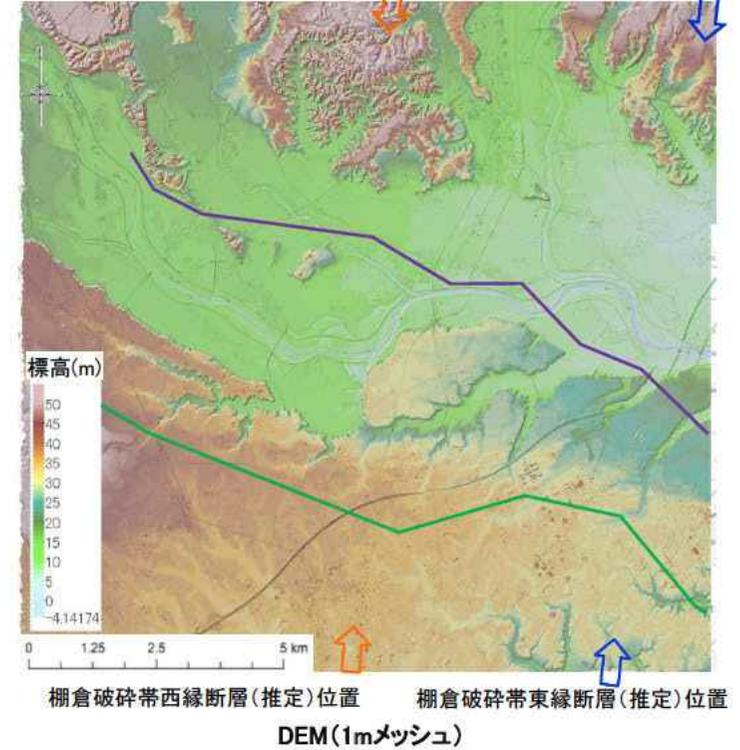
<p>地質調査所海底地質図1/20万による断層 (破線は推定)</p> <p>「塩屋埼沖」(棚橋ほか, 2001)</p> <p>「鹿島灘沖」(奥田, 1986)</p>	<p>「新編」日本の活断層 (1991) による断層及び拗曲 (破線は推定)</p>
---	--



変動地形学的調査結果(反射法地震探査実施位置付近, 1/2)



この地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の2万5千分1地形図、空中写真、数値地図25000(地図画像)、数値地図50mメッシュ(標高)及び基盤地図情報を使用した。
(承認番号 平29情使、第298号)



当該範囲には、変動地形は認められない(空中写真判読結果及びDEM※による地形解析結果)。

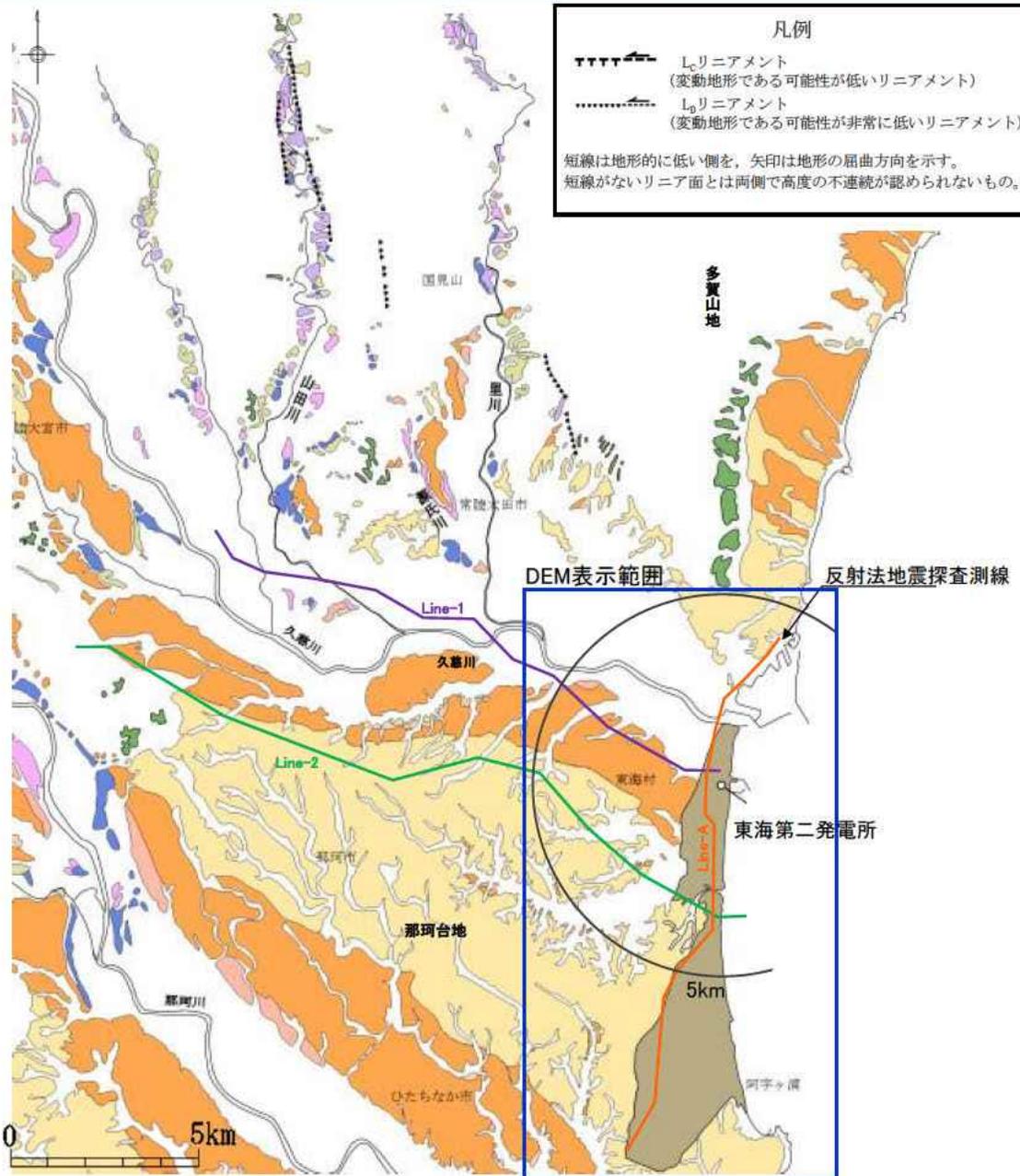
※ Digital Elevation Model(数値標高モデル)

反射法地震探査測線 凡例

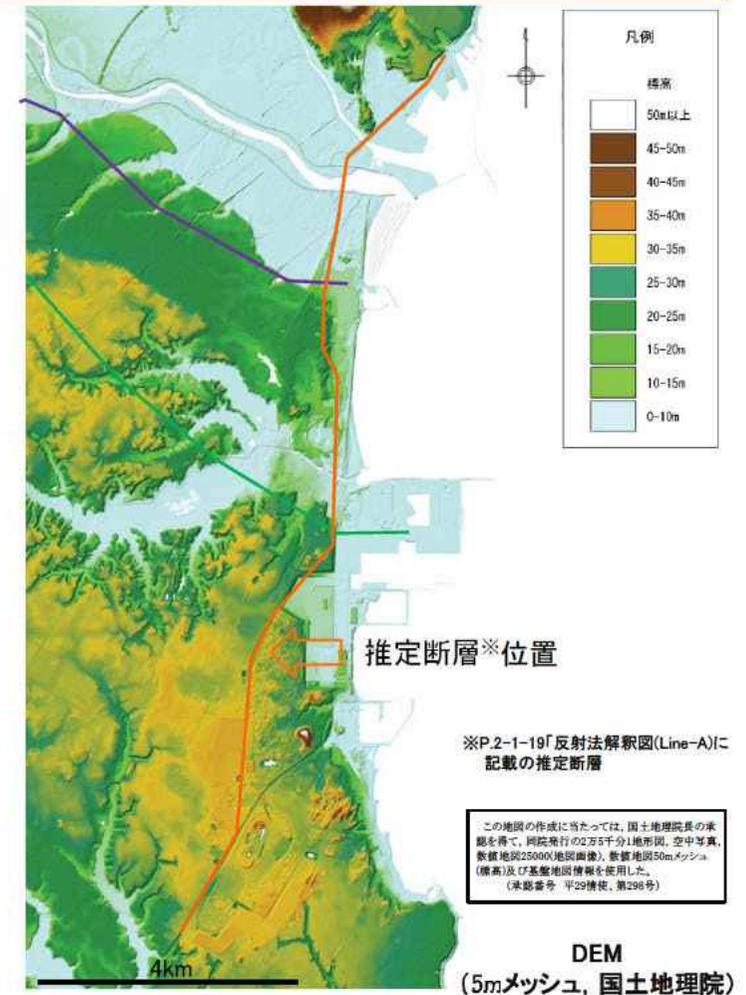
- : Line-A(17km)
- : Line-1(19km)
- : Line-2(23km)

変動地形学的調査結果

変動地形学的調査結果(反射法地震探査実施位置付近, 2/2)



変動地形学的調査結果



当該範囲には、変動地形は認められない(空中写真判読結果及びDEMによる地形解析結果)。



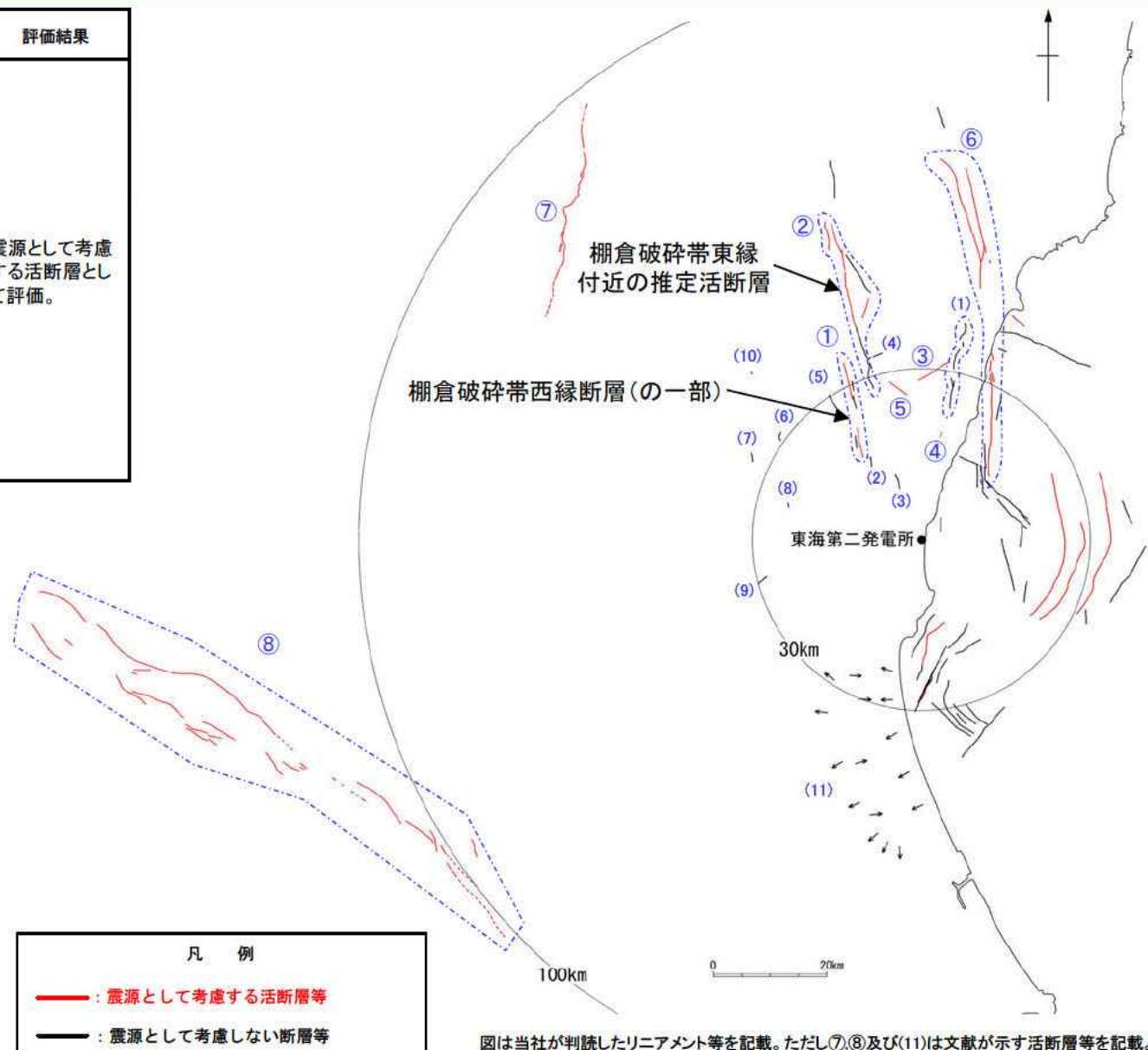
凡例

段丘面	南関東で対比される段丘面
<p>第四紀完新世 d 砂丘</p> <p>第四紀更新世</p> <p>後期</p> <ul style="list-style-type: none"> L4 L4面 L3 L3面 L2 L2面 L1 L1面 M4 M4面 M3 M3面 M2 M2面 M1 M1面 <p>中期</p> <ul style="list-style-type: none"> H 高位面 	<p>立川面 Tc3面</p> <p>立川面 Tc2面</p> <p>立川面 Tc1面</p> <p>武蔵野面 M6面</p> <p>武蔵野面 M5面</p> <p>下末吉～小原台面 (約12.5万年～約10万年前)</p> <p>多摩面</p>

棚倉破砕帯に係る追加調査結果及び敷地周辺での活動性評価 敷地周辺陸域断層の活動性評価結果

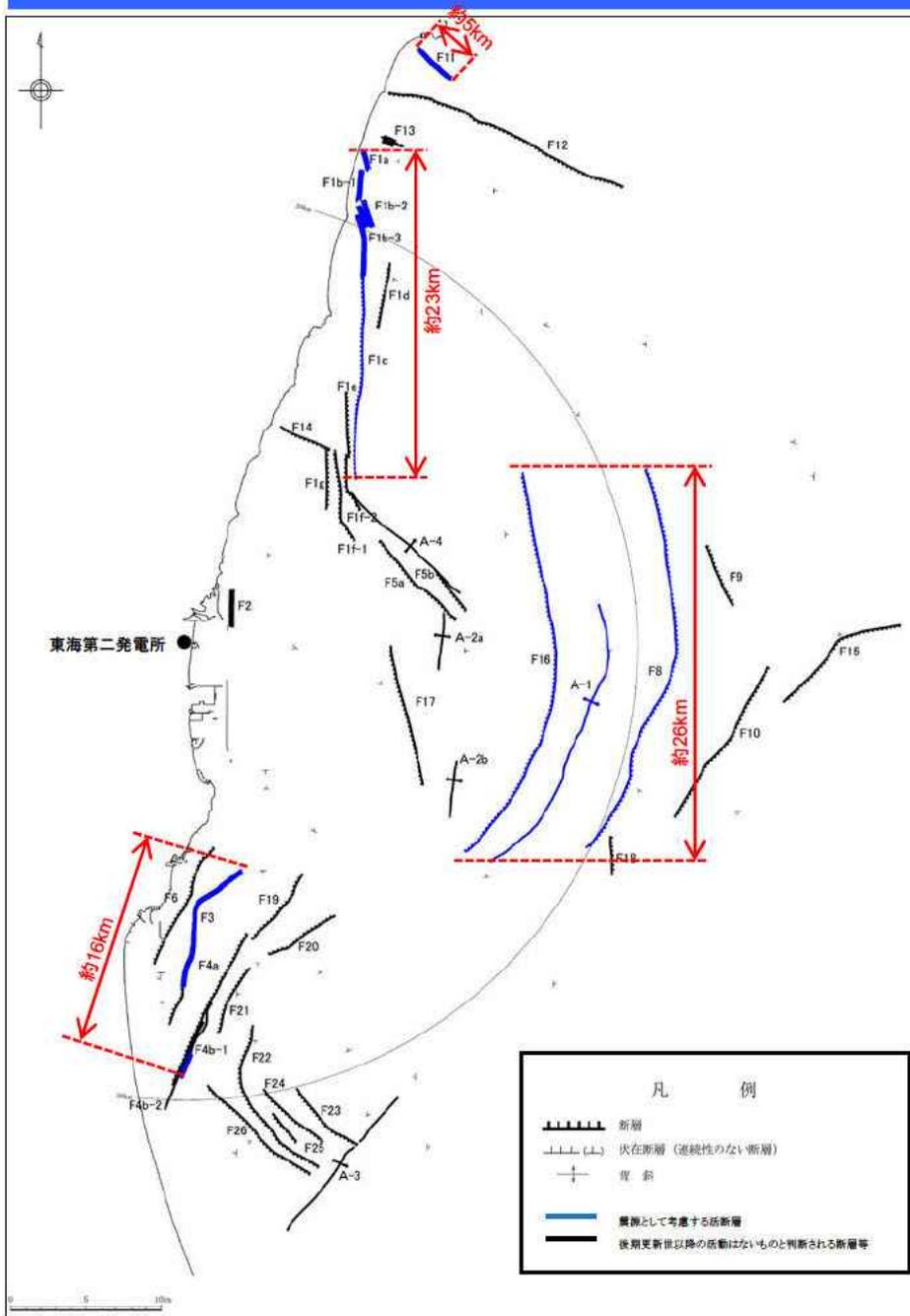
No.	名称	評価長さ	評価結果
①	棚倉破砕帯西縁断層 (の一部)	18km	同時活動 42km
②	棚倉破砕帯東縁付近の 推定活断層	20km	
③	関ロー米平リニアメント	6km	震源として考慮 する活断層とし て評価。
④	宮田町リニアメント	1km	
⑤	豎破山リニアメント	4km	
⑥	(F1断層～)北方陸域の 断層～塩ノ平地震断層※	同時活動 58km	
⑦	関谷断層	40km	
⑧	深谷断層帯・綾瀬川断層※	103km	

No.	名称	評価結果
(1)	関ロー黒磯リニアメント	侵食に対する抵抗性の 差を反映した急斜面等 によるものと評価。
(2)	下大門町リニアメント	
(3)	長谷町リニアメント	
(4)	小中町リニアメント	
(5)	北富田リニアメント	
(6)	氷之沢リニアメント	
(7)	入本郷リニアメント	
(8)	高根リニアメント	
(9)	福田南方リニアメント	
(10)	大那地リニアメント	
(11)	鹿島台地・行方台地 周辺の活傾動	リニアメントは判読され ず、断層等は認められ ない。



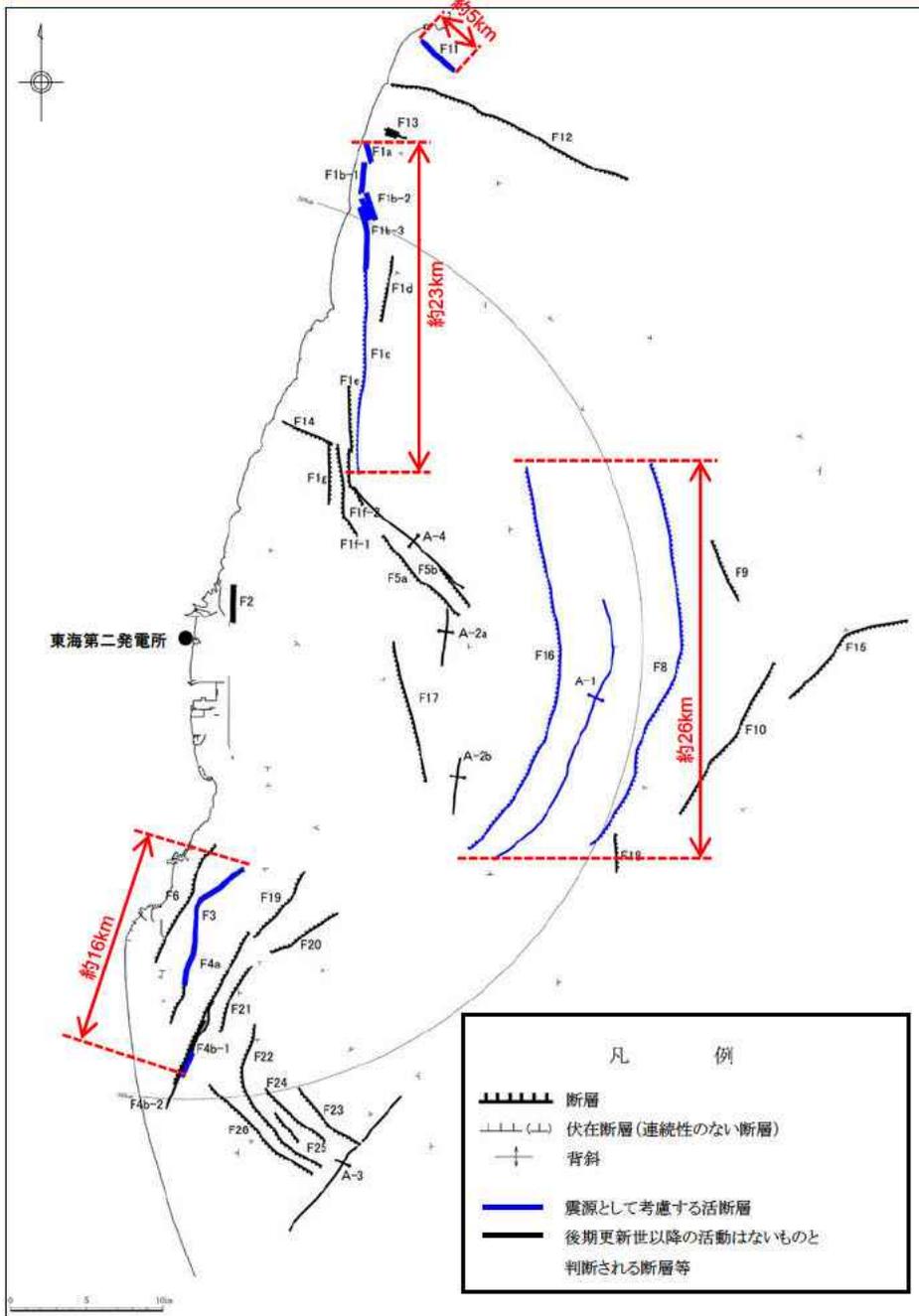
敷地周辺陸域断層について、①～⑧の断層を震源として考慮する活断層として評価する。

敷地周辺海域断層の活動性評価(1/2)

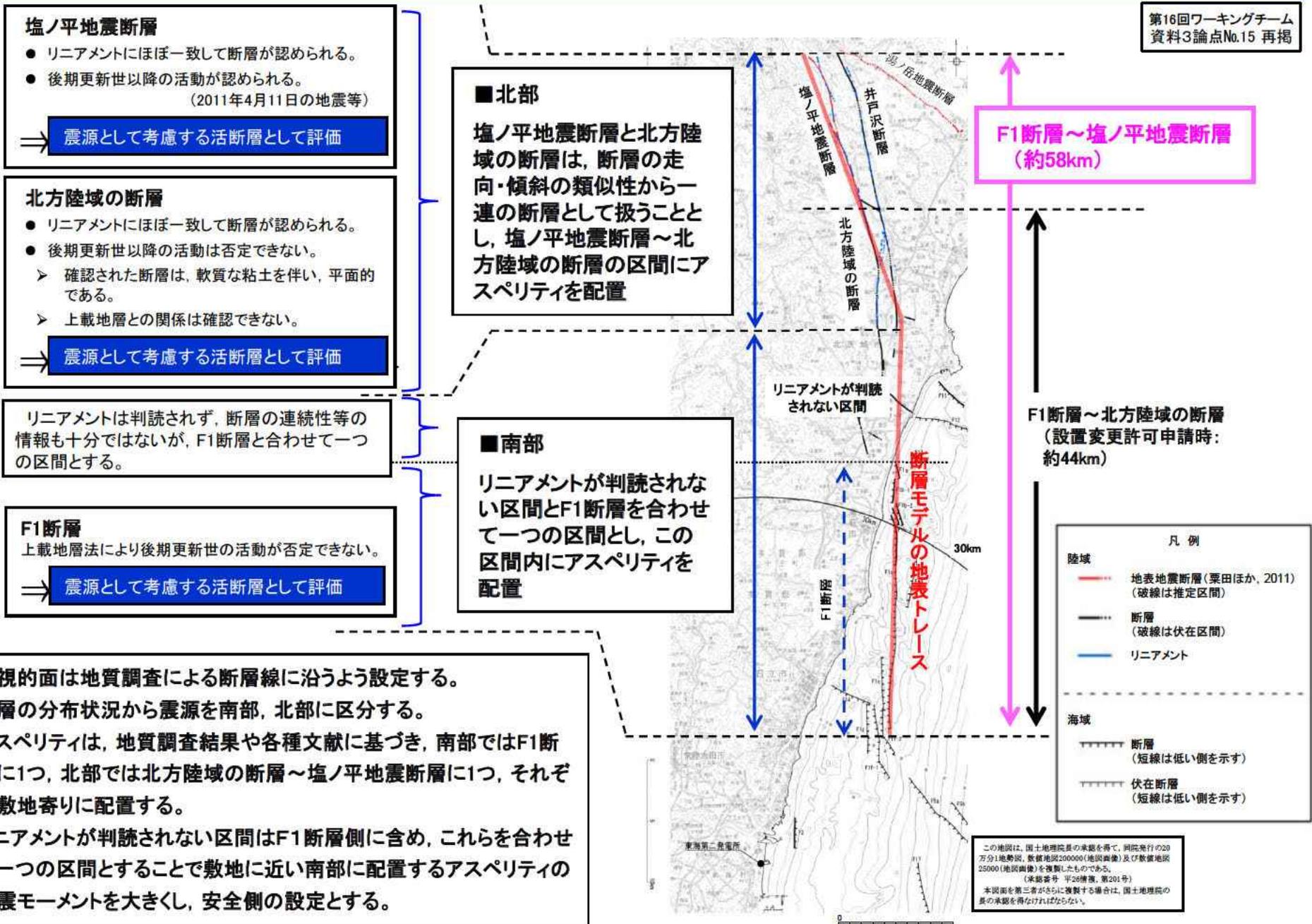


名称	評価	長さ
F12断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C2層(鮮新統)上部に変位・変形なし	—
F11断層	震源として考慮する活断層として評価する。 > F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。 > しかしながら、後期更新世の地層との関係を直接確認できないことから、活動性を評価することとする。 ※ 震源モデルについては、地形・地質の調査結果も踏まえ「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」にて説明	約5km
F13断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > 西部では上載地層が分布しておらず、上載地層法による判断ができないものの、東部ではD1層(中新統)上部には変位・変形が認められず、F12断層と同様の走向で近接していること、陸域にリニアメントは判読されないこと等から、F12断層と活動時期が同じであると考えられる。	—
F1断層	[F1a断層、F1b-1断層、F1b-2断層、F1b-3断層及びF1c断層] 震源として考慮する活断層として評価する。 > 上載地層で明確に後期更新世以降の活動が否定できない。 [F1d断層、F1e断層、F1f-1断層、F1f-2断層、F1g断層] > 中期更新世より新しい地層に変位・変形を与えていない。	約23km
F5a断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし	—
F5b断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし	—
A-4背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)に変形なし	—
F14断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > D1層(中新統)上部に変位・変形なし	—
F2断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > 海底面付近に露出する後期更新世以前の地層に変位・変形が認められるが、D1層(中新統)下部以下の地層に変位・変形が認められないことから地震を起こすような断層ではないと評価	—
F17断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > D1層(中新統)上部に変位・変形なし	—
A-2a背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B3層(下部更新統)に変形なし	—
A-2b背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)に変形なし	—
F16断層	震源として考慮する活断層として評価する。 > 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約26km
A-1背斜	震源として考慮する活断層として評価する。 > 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約19.5km

敷地周辺海域断層の活動性評価(2/2)



名称	評価	長さ
F8断層	震源として考慮する活断層として評価する。 > 上載地層で後期更新世以降の活動が否定できるものの、東北地方太平洋沖地震以降、近傍でまとまった地震が発生しており、活動した可能性が否定できない。	約26km
F18断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > D1層(中新統)に変位・変形なし	—
F9断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B3層(下部更新統)上部に変位・変形なし	—
F10断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし	—
F15断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中部更新統)上部に変位・変形なし	—
F3断層	[F3断層(北部及び中部), F4断層(F4b-1断層南部)] 震源として考慮する活断層として評価する。	約16km
F4断層	> 海底面付近に分布するB2層(中期更新世)より古い地層に変位・変形を与えており、後期更新世の地層が分布していないことから、後期更新世以降の活動性が否定できない。 [F3断層南部, F4a断層, F4b-1断層北部, F4b-2断層] 少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > B2層(中期更新世)より新しい地層に変位・変形を与えていない。	
F6断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C1層(鮮新統～更新統)に変位・変形なし	—
F19断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C2層(鮮新統)に変位・変形なし	—
F20断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C1層(鮮新統～更新統)に変位・変形なし	—
F21断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > D1層(中新統)上部に変位・変形なし	—
F22断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > D1層(中新統)上部に変位・変形なし	—
F23断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C1層(鮮新統～更新統)に変位・変形なし	—
F24断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C1層(鮮新統～更新統)に変位・変形なし	—
F25断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > D1層(中新統)上部に変位・変形なし	—
F26断層	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C1層(鮮新統～更新統)に変位・変形なし	—
A-3背斜	少なくとも後期更新世以降の活動はないものと判断される。 > C1層(鮮新統～更新統)に変形なし	—



塩ノ平地震断層

- リニアメントにほぼ一致して断層が認められる。
- 後期更新世以降の活動が認められる。
(2011年4月11日の地震等)

⇒ 震源として考慮する活断層として評価

北方陸域の断層

- リニアメントにほぼ一致して断層が認められる。
- 後期更新世以降の活動は否定できない。
- 確認された断層は、軟質な粘土を伴い、平面的である。
- 上載地層との関係は確認できない。

⇒ 震源として考慮する活断層として評価

リニアメントは判読されず、断層の連続性等の情報も十分ではないが、F1断層と合わせて一つの区間とする。

F1断層
上載地層法により後期更新世の活動が否定できない。

⇒ 震源として考慮する活断層として評価

■北部

塩ノ平地震断層と北方陸域の断層は、断層の走向・傾斜の類似性から一連の断層として扱うこととし、塩ノ平地震断層～北方陸域の断層の区間にアスペリティを配置

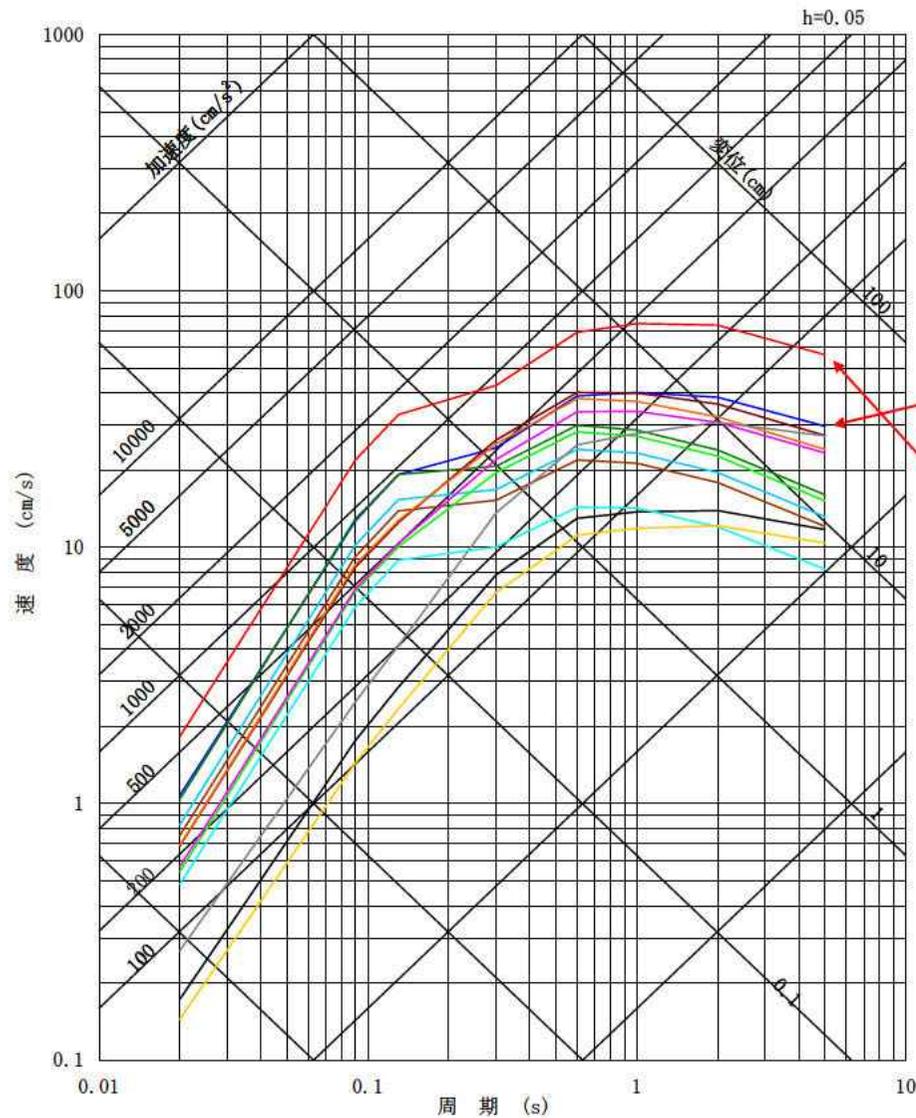
■南部

リニアメントが判読されない区間とF1断層を合わせて一つの区間とし、この区間内にアスペリティを配置

- 巨視的面は地質調査による断層線に沿うよう設定する。
- 断層の分布状況から震源を南部、北部に区分する。
- アスペリティは、地質調査結果や各種文献に基づき、南部ではF1断層に1つ、北部では北方陸域の断層～塩ノ平地震断層に1つ、それぞれ敷地寄りに配置する。
- リニアメントが判読されない区間はF1断層側に含め、これらを合わせて一つの区間とすることで敷地に近い南部に配置するアスペリティの地震モーメントを大きくし、安全側の設定とする。

この地図は、国土地理院の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図、数値地図200000(地図画像)及び数値地図25000(地図画像)を複製したものである。
(承認番号 平28地保、第201号)
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の承認を得なければならない。

内陸地殻内地震の評価 応答スペクトル



東海第二発電所に最も大きな影響を与える断層は、F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層による地震である。

- ① 棚倉破碎帯西縁断層～同東縁付近の推定活断層, M7.5, Xeq=37km
- ② 関口-米平リニアメント, M6.8, Xeq=27km
- ③ 豎破山リニアメント, M6.8, Xeq=25km
- ④ 宮田町リニアメント, M6.8, Xeq=21km
- ⑤ F1断層～北方陸域の断層～塩ノ平地震断層, M7.8, Xeq=31km
- ⑥ F3断層～F4断層, M6.8, Xeq=22km
- ⑦ F8断層, M7.2, Xeq=26km
- ⑧ F16断層, M7.2, Xeq=30km
- ⑨ A-1背斜, M7.0, Xeq=22km
- ⑩ 関谷断層, M7.5, Xeq=92km
- ⑪ 深谷断層帯・綾瀬川断層, M8.2, Xeq=128km
- ⑫ F11断層, M6.8, Xeq=38km
- ⑬ 1818年関東諸国の地震, M7.5, Xeq=102km

内陸地殻内地震の地震動の応答スペクトル
(Noda et al.(2002)の手法に補正係数を考慮)

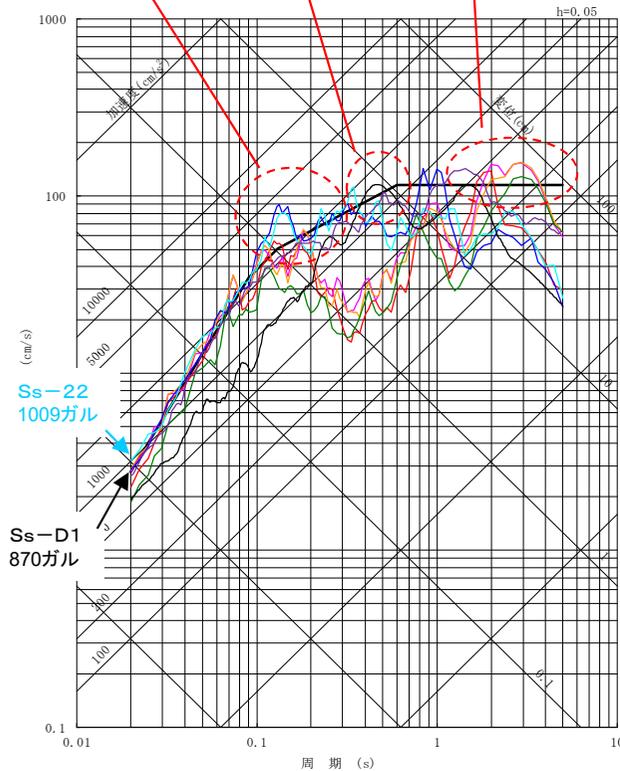
内陸地殻内地震の評価 基準地震動Ss

■基準地震動Ssを示す。

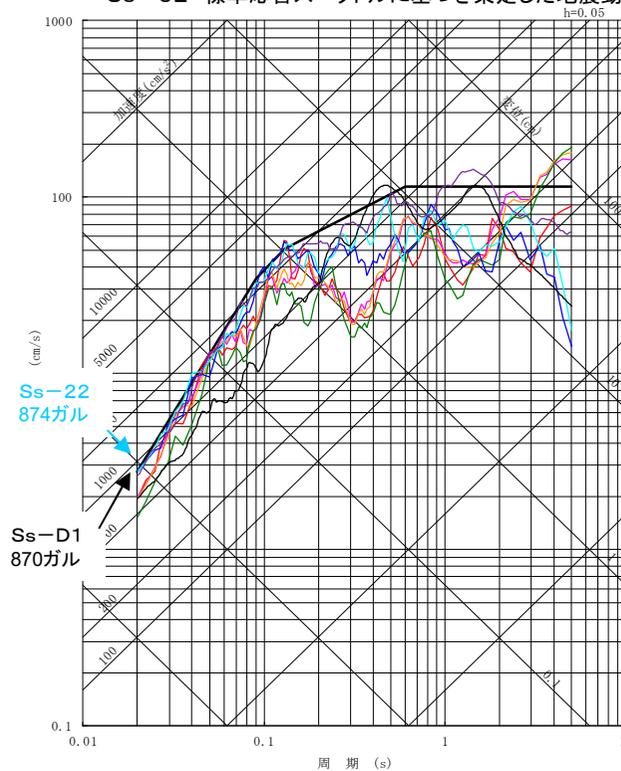
短周期側ではプレート間地震、「特定せず」の基準地震動が、長周期側では内陸地殻内地震、「特定せず」の基準地震動がそれぞれSs-D1を上回る。

プレート間地震 「特定せず」 内陸地殻内地震

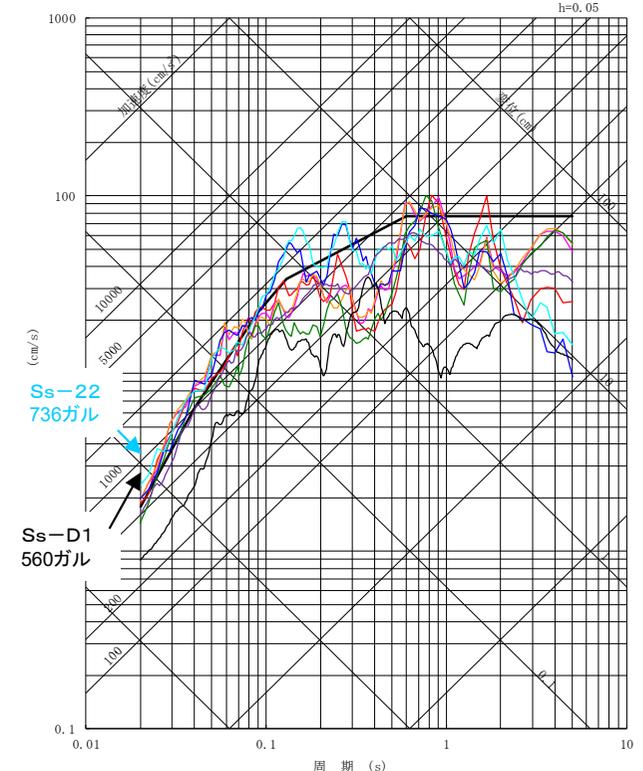
- Ss-D1 応答スペクトル手法による基準地震動
- Ss-11 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点1)
- Ss-12 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点2)
- Ss-13 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(短周期レベルの不確かさ, 破壊開始点3)
- Ss-14 F1断層, 北方陸域の断層, 塩ノ平地震断層の連動による地震(断層傾斜角の不確かさ, 破壊開始点2)
- Ss-21 2011年東北地方太平洋沖型地震(短周期レベルの不確かさ)
- Ss-22 2011年東北地方太平洋沖型地震(SMGA位置と短周期レベルの不確かさの重畳)
- Ss-31 2004年北海道留萌支庁南部地震の検討結果に保守性を考慮した地震動
- Ss-32 標準応答スペクトルに基づき策定した地震動



NS成分



EW成分

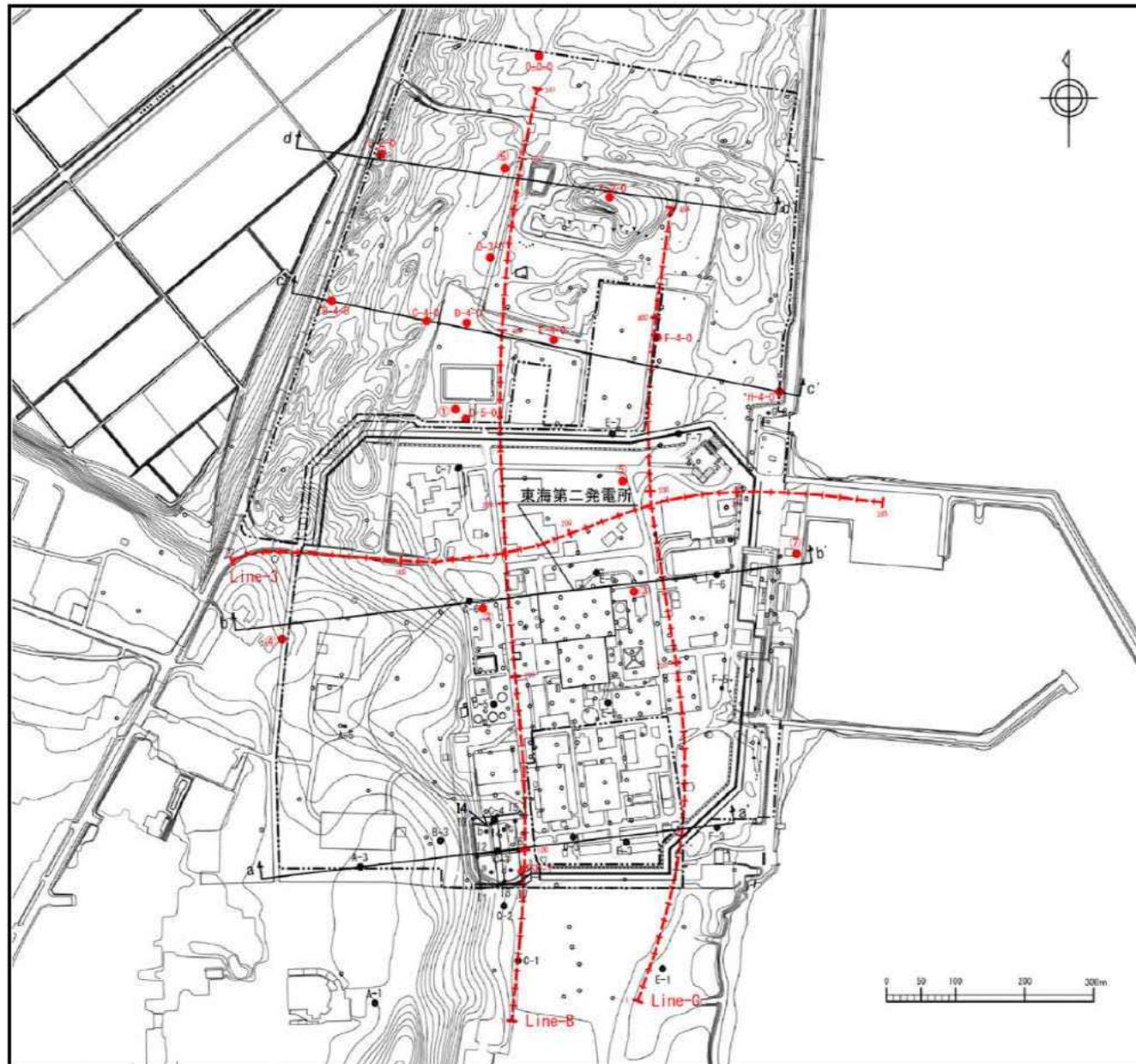


UD成分

東海第二発電所の基準地震動Ssは、応答スペクトル法によるSs-D1に加え、一部周期帯でSs-D1を上回る断層モデル手法による6波(内陸地殻内地震4波, プレート間地震2波)及び震源を特定せず策定する地震動2波の合計9波とした。断層モデル手法によるSs及び「特定せず」のSsは、Ss-D1を上回る周期帯が異なるため、それぞれの基準地震動Ssによる地震力を用いた耐震安全性評価を行う。

※ 2021年4月に原子力規制委員会にて設置許可基準規則の解釈が改正され、「震源を特定せず策定する地震動」の策定に標準応答スペクトルが取り入れられている。東海第二発電所の評価を行ったところ、一部の周期帯において、現行の基準地震動を上回ることを確認したため、基準地震動を1波追加し、2023年12月20日に許可されている。この内容は、第25回ワーキングチームの論点No.18にて説明済みである。

・敷地の地質・地質構造の評価にあたっては、ボーリング調査及び反射法地震探査等を実施した。



審査会合(H27.5.29)の指摘を踏まえ
申請時(H26.5.20)以降の評価に追加

- ・ボーリング調査
19孔, 合計約5,100m(赤丸の合計)
- ・ボアホールテレビ調査
15孔, 合計約2,300m
- ・反射法地震探査
3測線 合計約4,250m
受振器:速度型地震計(3個グループ)
受振間隔:10m
震源:
(中型バイブレーター 1台)
スイープ周波数:15~130Hz
(一部12~100Hz)
起震間隔:5m(一部10m)
(油圧インパクト 1台)
起震間隔:5m
垂直方向分解能:
約5m(浅部)~約15m(深部)

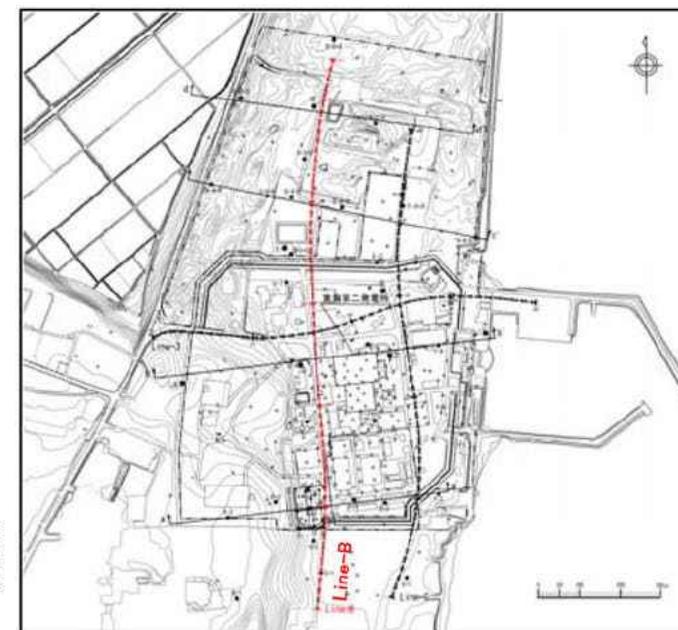
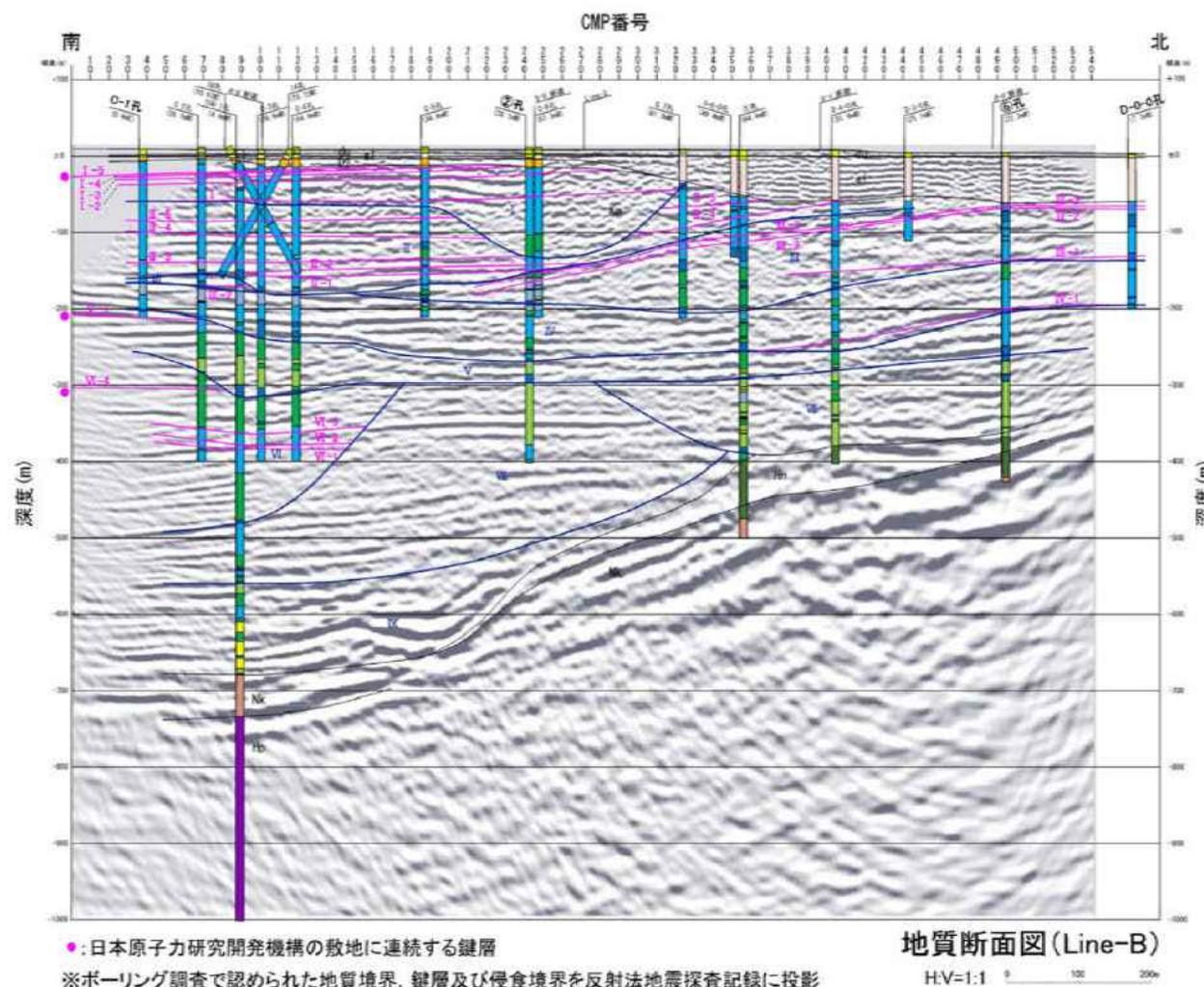
凡例

- 鉛直ボーリング(参考にした孔)
- 鉛直ボーリング
- 斜めボーリング, ボアホールテレビ調査
- 鉛直ボーリング, ボアホールテレビ調査(追加分)
- +— 反射法地震探査測線(追加分)

--- : 敷地境界

a1, a' : 地質断面の範囲(上記反射法地震探査測線位置においても地質断面図を作成)

コア観察結果及び反射法地震探査の結果から、地質断面図を作成した。



- 久米層中には複数の鍵層が概ね水平に連続して認められ、断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。
 - ✓ 南部(C-1孔～②孔)では、ユニットI及びIIの複数の鍵層が概ね水平に連続している。
 - ✓ 中部～北部(②孔～⑥孔)では、鍵層Ⅲ-3及びⅢ-2が連続し南側に傾斜する傾向が認められるが、下位のユニットV、ユニットVII及びユニットⅧ付近に認められる反射面は概ね水平であり、中部では上位の鍵層I-1も概ね水平である。
 - ✓ 北部(⑥孔～D-0-0孔)では、ユニットⅢ及びユニットⅣの鍵層が概ね水平に連続している。
- 左の箱書きに続く

- なお、連続性が確認された鍵層の分布は、反射法地震探査記録に認められる反射パターンの特徴と調和的である。
- ボーリング調査の結果、久米層には癒着して固結した面構造が認められるが、粘土状破碎部を伴う断層は認められない。
- 以上のことから、将来活動する可能性のある断層等は存在しないことを確認した。

地質層序表

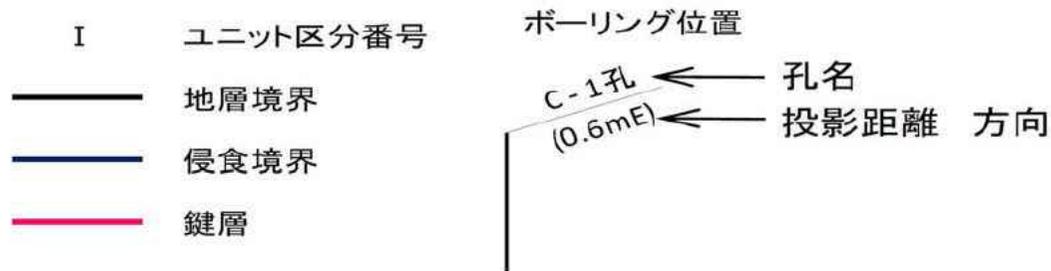
年代層序区分		地質名	記号	主な層相と分布		
新 生 界	第四系	砂丘砂層	du	淘汰の良い中砂～粗砂からなる。敷地全域に広がる。		
		沖積層	al	シルト層～粘土層を主とし、砂層、砂礫層を挟む。敷地北側の旧久慈川を埋積して分布する。		
		段丘堆積物 (D2)	D2	砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。砂丘砂層、沖積層に被覆されて分布する。		
		段丘堆積物 (D1)	D1	砂礫層を主とし、シルト層、砂層を挟む。敷地の西南側に分布する。		
	新第三系	鮮新統	久米層	Km	上部	砂質泥岩を主とし砂岩薄層を挟む。生物擾乱、乱堆積構造が一般的に見られ、北部で標高-250m、南部で-200m以浅に分布する。ユニット区分 I～IV が該当する。
					下部	砂岩層を多く挟み、標高-260～-380mで砂岩泥岩互層が多く分布する。南部で確認した標高-600m以深は細粒～中粒の砂岩層が見られ。ユニット区分 V～IX が該当する。
		離山層	Hn	砂質泥岩、凝灰岩が分布し、凝灰岩は偽礫や流動状の変形が多く見られる。		
	白亜系	那珂湊層群	Nk	黒色を帯びる泥岩が多く、硬質である。		
	先白亜系	日立古生層	hp	非変成の硬質な砂岩、泥岩及び礫岩からなる。		

~~~~~:不整合

### 久米層岩相区分

| 地層名 | 岩 質       | 柱状図凡例                         | 層 相                                  |
|-----|-----------|-------------------------------|--------------------------------------|
| 久米層 | 砂質泥岩      |                               | 砂質泥岩を主とする。砂質泥岩には生物擾乱、乱堆積構造が一般的に見られる。 |
|     | 砂岩-砂質泥岩互層 |                               | 厚さ5～10cmの細粒～中粒砂岩の薄層を挟む砂質泥岩を主体とする。    |
|     |           |                               | 泥岩、シルト岩の細互層を主とする。                    |
|     |           |                               | 細粒砂岩、中粒砂岩を主とする細互層。炭質物薄層を頻繁に挟む。       |
|     | 砂 岩       |                               | シルト泥り細粒砂岩～中粒砂岩からなる。                  |
| 礫 岩 |           | 偽礫のほか基盤岩礫等の複数の異種礫及び貝化石片を多く含む。 |                                      |

### 断面図凡例



- 文献調査の結果、敷地及び敷地近傍に活構造の存在を指摘する文献はない。(P.142, P.143)
- 空中写真判読の結果、敷地及び敷地近傍にはリニアメントは認められない。(P.144)
- 敷地には、久米層が全域にわたって分布しており、これを覆って東茨城層群、段丘堆積物及び沖積層、砂丘砂層が分布する。(P.145)
- 久米層には複数のユニットが認められ、それぞれのユニットには概ね水平な鍵層が複数分布している。これらの鍵層は侵食を受けているため敷地全域に連続するものではないが、その上位又は下位のユニットの鍵層がお互いを補完しながら側方に広がって連続していることから、久米層は敷地全域にわたって水平性を有していると判断される。(P.19, P.1P.46～P165)
- また、一部の鍵層には、緩やかに傾斜する傾向が認められるが、上位の鍵層は概ね水平であり、また、その下位のユニットに認められる反射面も概ね水平である。(P.19, P.154～P.159)
- 以上のことから、敷地全体の久米層には断層を示唆する系統的な不連続や累積的な変位・変形は認められない。



敷地の詳細な地質・地質構造を把握すると共に、敷地には「将来活動する可能性のある断層等」が認められないことを確認している。

---

(補足説明資料)  
敷地周辺陸域の概要

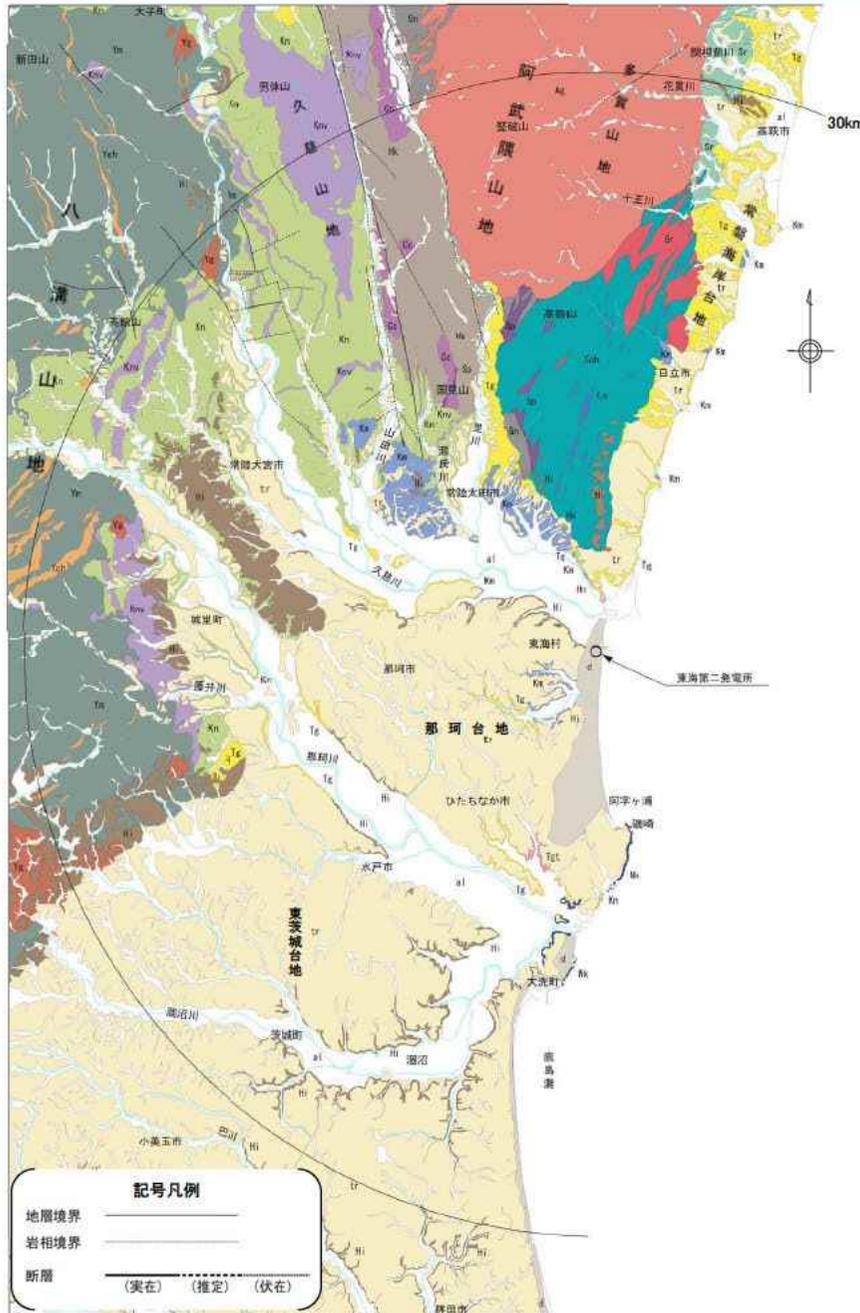
# 敷地周辺陸域の地形



敷地周辺陸域の地形は、関東北部山地にあたるやみぞ八溝山地及び久慈山地、阿武隈山地の南部にあたる多賀山地並びに常磐海岸台地、関東平野の北東部にあたる那珂台地、東茨城台地等からなる。

この地図は、国土地理院長の承認を得て、同院発行の20万分1地勢図を複製したものである。  
(承認番号：平29情復、第338号)  
本図面を第三者がさらに複製する場合は、国土地理院の長の承認を得なければならない。

# 敷地周辺陸域の地質



敷地周辺陸域の地質概要

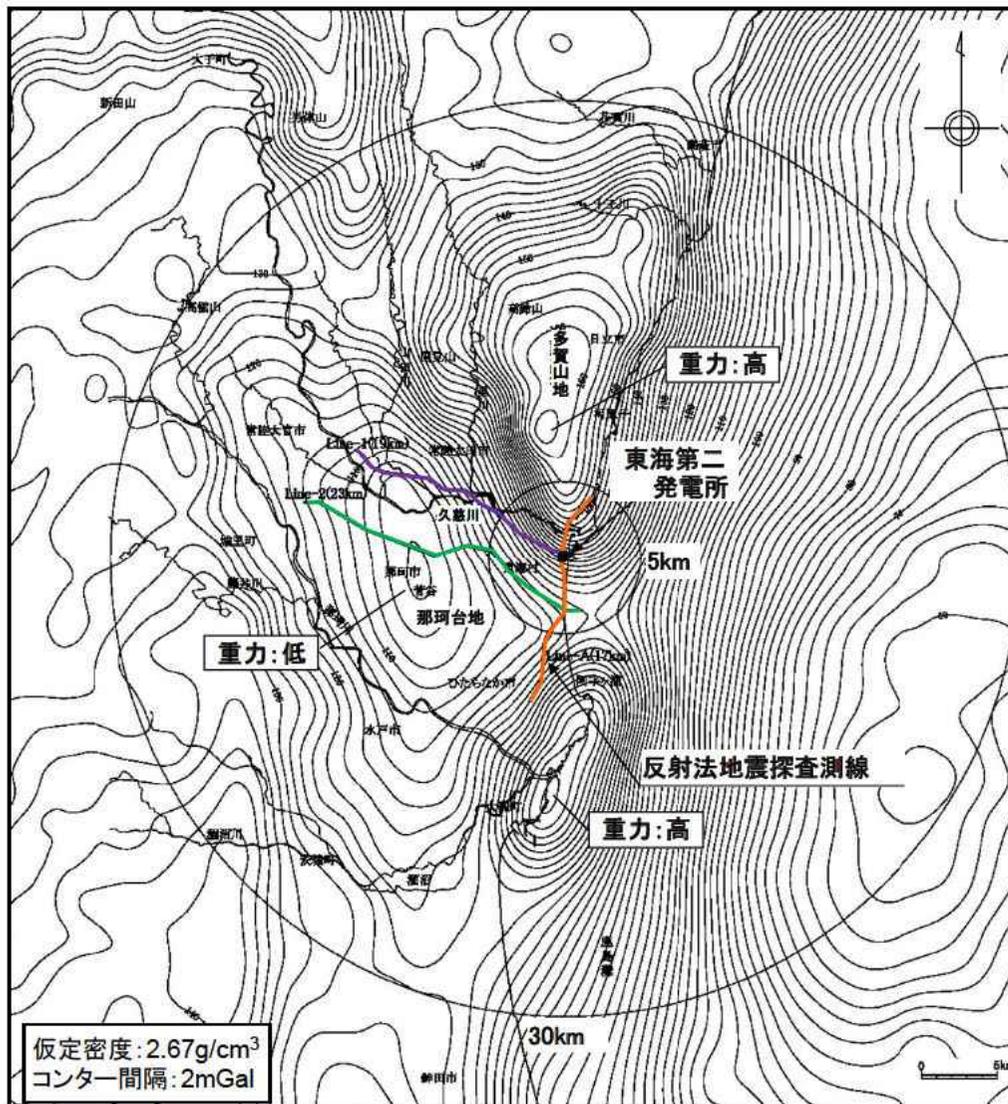
| 地形          | 主に分布する地質                                                          |
|-------------|-------------------------------------------------------------------|
| やみぞ八溝山地     | [北部]:先新第三系の八溝層群<br>[南部]:先新第三系の八溝層群, 新第三系中新統の堆積岩類・火山岩類・火山碎屑岩類      |
| 久慈山地        | 新第三系中新統の火山岩類・火山碎屑岩類                                               |
| 多賀山地        | 先新第三系の阿武隈花崗岩類, 日立古生層(日立変成岩類)及び竹貫変成岩類                              |
| しょうばん常磐海岸台地 | 新第三系中新統の多賀層群, 第四系更新統の段丘堆積物                                        |
| 那珂台地・東茨城台地  | [丘陵地・台地]:第四系更新統の段丘堆積物<br>[縁辺部]:新第三系中新統の多賀層群, 新第三系鮮新統～第四系下部更新統の久米層 |

| 年代層序区分 | 八溝山地                    |                                                                | 久慈山地                                                                                                      |                                                                                   | 多賀山地                                           |                                                | 那珂台地周辺部                                        |                                                |
|--------|-------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|
|        | 地層名                     | 主な層相・岩相                                                        | 地層名                                                                                                       | 主な層相・岩相                                                                           | 地層名                                            | 主な層相・岩相                                        | 地層名                                            | 主な層相・岩相                                        |
| 第四系    | 完新統                     | [al] 沖積層<br>砂、シルト、礫                                            | [al] 沖積層<br>砂、シルト、礫                                                                                       | [al] 沖積層<br>砂、シルト、礫                                                               | [d] 砂丘砂層<br>砂                                  | [al] 沖積層<br>砂、シルト、礫                            | [al] 沖積層<br>砂、シルト、礫                            | [al] 沖積層<br>砂、シルト、礫                            |
|        | 更新統                     | [tr] 段丘堆積物<br>砂、シルト、礫<br>[Hh] 東茨城層群<br>砂、シルト、礫                 | [tr] 段丘堆積物<br>砂、シルト、礫<br>[Hh] 東茨城層群<br>砂、シルト、礫                                                            | [tr] 段丘堆積物<br>砂、シルト、礫<br>[Hh] 東茨城層群<br>砂、シルト、礫                                    | [tr] 段丘堆積物<br>砂、シルト、礫<br>[Hh] 東茨城層群<br>砂、シルト、礫 | [tr] 段丘堆積物<br>砂、シルト、礫<br>[Hh] 東茨城層群<br>砂、シルト、礫 | [tr] 段丘堆積物<br>砂、シルト、礫<br>[Hh] 東茨城層群<br>砂、シルト、礫 | [tr] 段丘堆積物<br>砂、シルト、礫<br>[Hh] 東茨城層群<br>砂、シルト、礫 |
| 新第三系   | 鮮新統                     |                                                                | [Kn] 久米層<br>砂質泥岩                                                                                          | [Kn] 久米層<br>砂質泥岩                                                                  | [Kn] 久米層<br>砂質泥岩                               | [Kn] 久米層<br>砂質泥岩                               | [Kn] 久米層<br>砂質泥岩                               | [Kn] 久米層<br>砂質泥岩                               |
|        | 中新統                     | [Kn] 金砂層群<br>砂岩・砂質泥岩<br>互層、泥岩、礫岩、デイサイト、凝灰岩<br>[Kv] 火山岩類・火山砕屑岩類 | [Tg] 多賀層群<br>凝灰岩<br>[Hk] 東金砂山層<br>礫岩・砂岩<br>[Kn] 金砂層群<br>砂岩・砂質泥岩<br>互層、泥岩、礫岩、デイサイト、凝灰岩<br>[Kv] 火山岩類・火山砕屑岩類 | [Tg] 多賀層群<br>砂質泥岩<br>[Hk] 東金砂山層<br>礫岩・砂岩<br>[Kn] 金砂層群<br>砂質泥岩<br>[Kv] 火山岩類・火山砕屑岩類 | [Tg] 多賀層群<br>砂質泥岩                              | [Tg] 多賀層群<br>砂質泥岩                              | [Tg] 多賀層群<br>砂質泥岩                              | [Tg] 多賀層群<br>砂質泥岩                              |
| 古第三系   | 漸新統                     |                                                                |                                                                                                           | [Sr] 白水層群<br>砂岩・泥岩・礫岩・石灰                                                          | [Sr] 白水層群<br>砂岩・泥岩・礫岩・石灰                       | [Sr] 白水層群<br>砂岩・泥岩・礫岩・石灰                       | [Sr] 白水層群<br>砂岩・泥岩・礫岩・石灰                       | [Sr] 白水層群<br>砂岩・泥岩・礫岩・石灰                       |
|        | 始新統                     |                                                                |                                                                                                           |                                                                                   |                                                |                                                |                                                |                                                |
|        | 暎新統                     | [Yc] 八溝花崗岩類                                                    | [Ag] 阿武隈花崗岩類<br>[Cc] カタクレーサイト                                                                             | [Ag] 阿武隈花崗岩類<br>[Cc] カタクレーサイト                                                     | [Ag] 阿武隈花崗岩類<br>[Cc] カタクレーサイト                  | [Ag] 阿武隈花崗岩類<br>[Cc] カタクレーサイト                  | [Ag] 阿武隈花崗岩類<br>[Cc] カタクレーサイト                  | [Ag] 阿武隈花崗岩類<br>[Cc] カタクレーサイト                  |
| 白亜系    |                         |                                                                |                                                                                                           |                                                                                   |                                                |                                                |                                                |                                                |
| ジュラ系   |                         |                                                                |                                                                                                           |                                                                                   |                                                |                                                |                                                |                                                |
| 三畳系    | [Yn] 八溝層群<br>砂岩・頁岩・チャート |                                                                |                                                                                                           |                                                                                   |                                                |                                                |                                                |                                                |
| ペルム系   | [Ych] チャート              |                                                                |                                                                                                           |                                                                                   |                                                |                                                |                                                |                                                |
| 石炭系    |                         |                                                                |                                                                                                           |                                                                                   |                                                |                                                |                                                |                                                |
| カンブリア系 |                         |                                                                |                                                                                                           |                                                                                   |                                                |                                                |                                                |                                                |

※日立古生層(日立変成岩類)の年代及び分布について、田切ほか(2011,2013)を踏まえ修正

□: 深成岩類

# 敷地周辺及び近傍の重力異常



敷地北方の多賀山地南西縁付近には、NNW-SSE方向に線状の重力の急勾配構造が認められており、この急勾配構造は敷地付近を通過し、南方まで延長している。



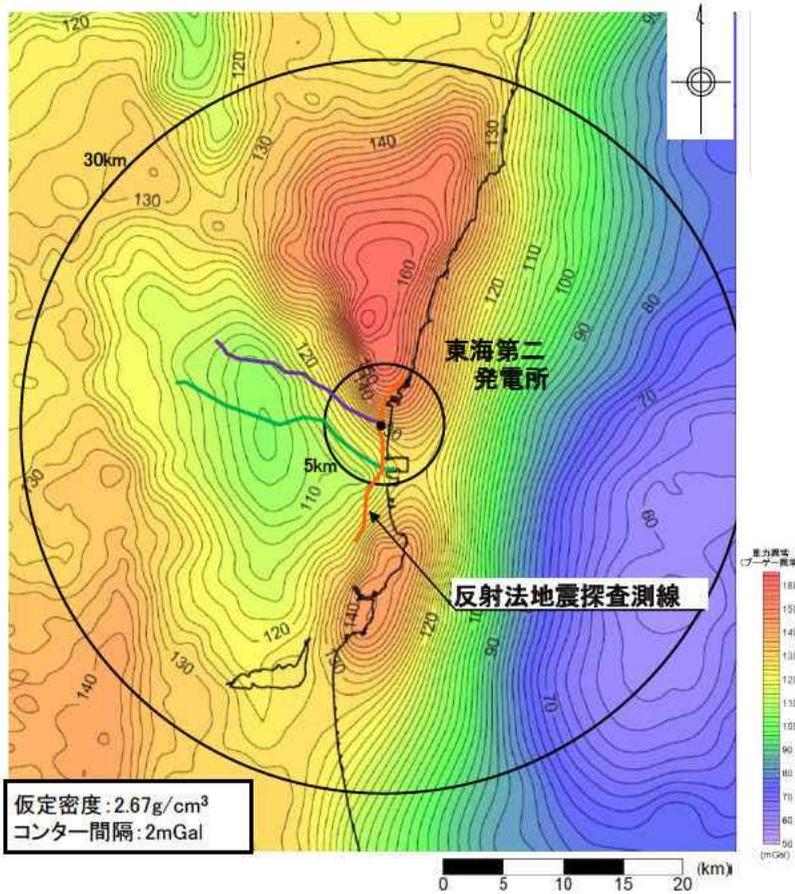
上記の重力異常域と地下深部構造の関係を把握することを目的として、反射法地震探査を実施した。

| 反射法地震探査測線 凡例    |                 |
|-----------------|-----------------|
| — (Orange line) | : Line-A (17km) |
| — (Purple line) | : Line-1 (19km) |
| — (Green line)  | : Line-2 (23km) |

地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」(2013)に加筆

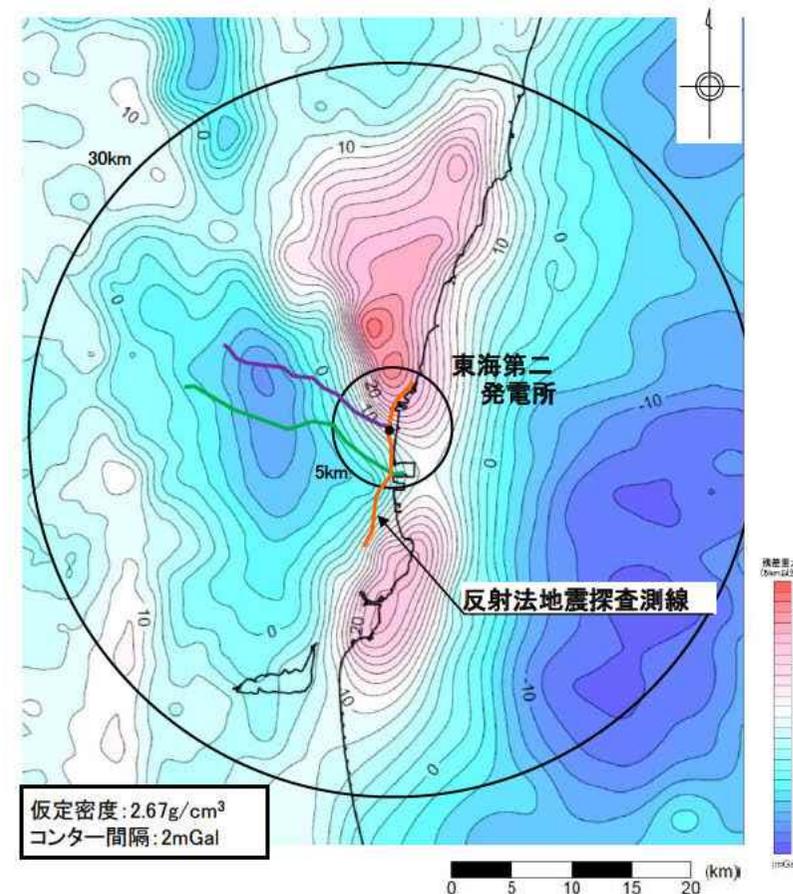
# 敷地周辺及び近傍の重力異常

沈み込み帯等の影響を除去し、反射法地震探査の可探深度に相当する約5km以浅の重力異常分布図を作成した。



重力異常分布図

地質調査総合センター編「日本重力データベース DVD版」(2013)に加筆



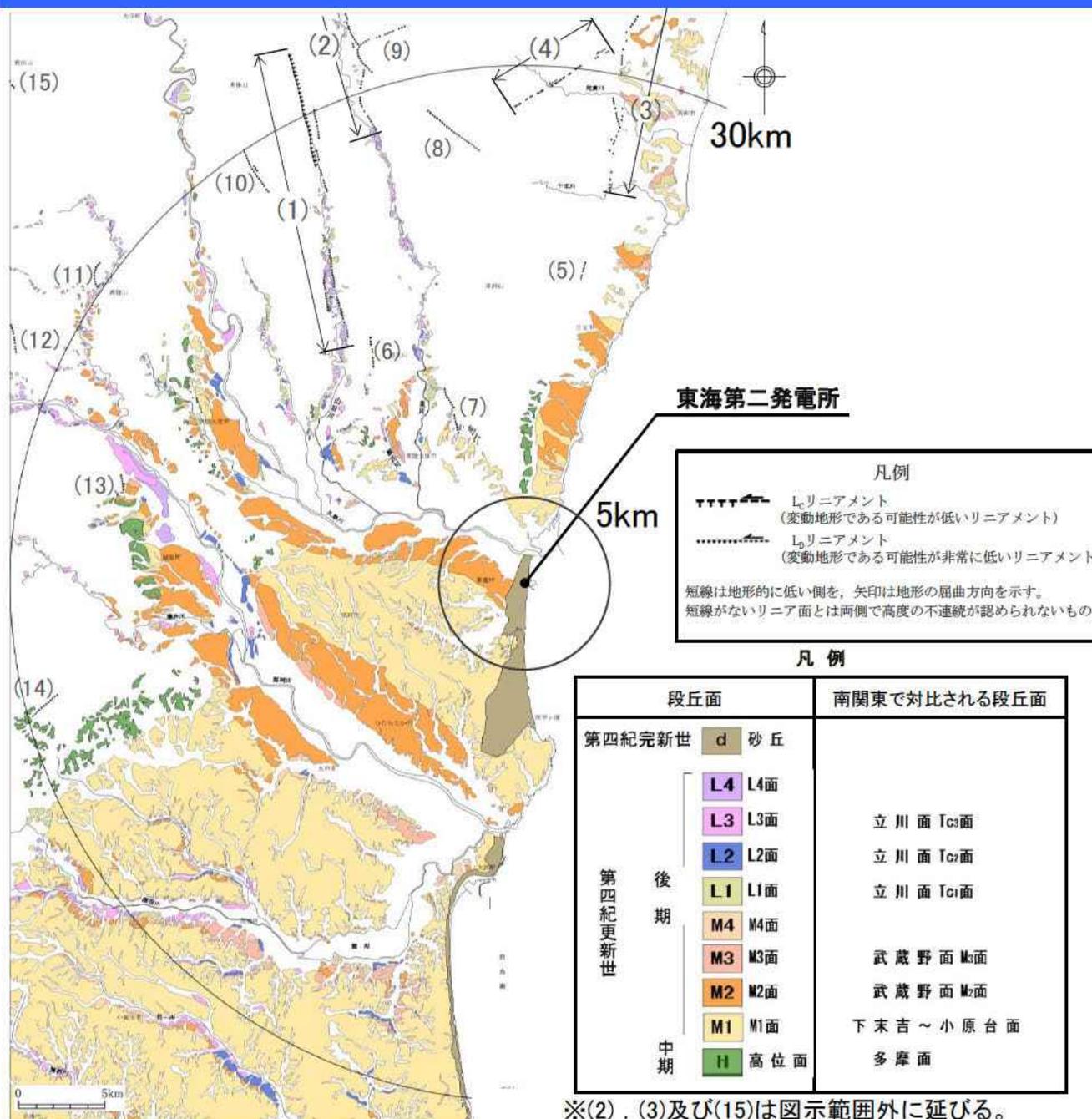
約5km以浅の重力異常分布図※

※重力異常分布から、別途算出した約5km以浅の重力分布を差し引いて求めた。

- 反射法地震探査測線 凡例
- : Line-A (17km)
  - : Line-1 (19km)
  - : Line-2 (23km)

約5km以浅の重力異常分布の高重力異常域及び低重力異常域の分布(右図)の傾向は、沈み込み帯等の影響除去前の重力異常分布(左図)とほぼ同じであることから、重力異常分布には沈み込み帯の影響はほとんどなく、反射法地震探査記録から判読した地下構造と調和的であると考えられる。

# 変動地形学的調査結果



| 番号   | リニアメント名称            |
|------|---------------------|
| (1)  | 棚倉破砕帯西縁断層 (の一部)*    |
| (2)  | 棚倉破砕帯東縁付近の推定活断層     |
| (3)  | 関口-黒磯リニアメント         |
| (4)  | 関口-米平リニアメント         |
| (5)  | 宮田町リニアメント           |
| (6)  | しもおかど<br>下大門町リニアメント |
| (7)  | はせ<br>長谷町リニアメント     |
| (8)  | 豎破山リニアメント           |
| (9)  | 小中町リニアメント           |
| (10) | きたとみた<br>北富田リニアメント  |
| (11) | ひのさわ<br>氷之沢リニアメント   |
| (12) | いりほんごう<br>入本郷リニアメント |
| (13) | 高根リニアメント            |
| (14) | 福田南方リニアメント          |
| (15) | おおなち<br>大那地リニアメント   |

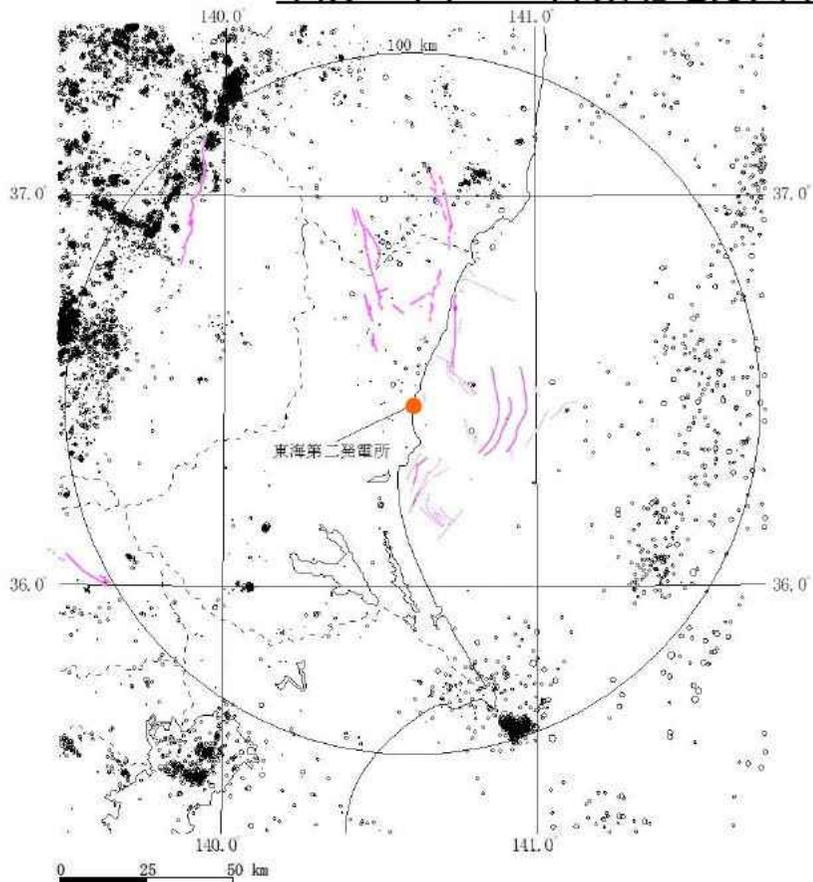
: 既往文献で指摘されているものに相当するリニアメント  
 : 既往文献で指摘されていないリニアメント  
 \* 中染付近、西染付近のリニアメントを含む。

なお、既往文献において指摘されている鹿島台地・行方台地周辺の活傾動については、当該位置において、リニアメントは判読されない。

※(2)、(3)及び(15)は図示範囲外に延びる。

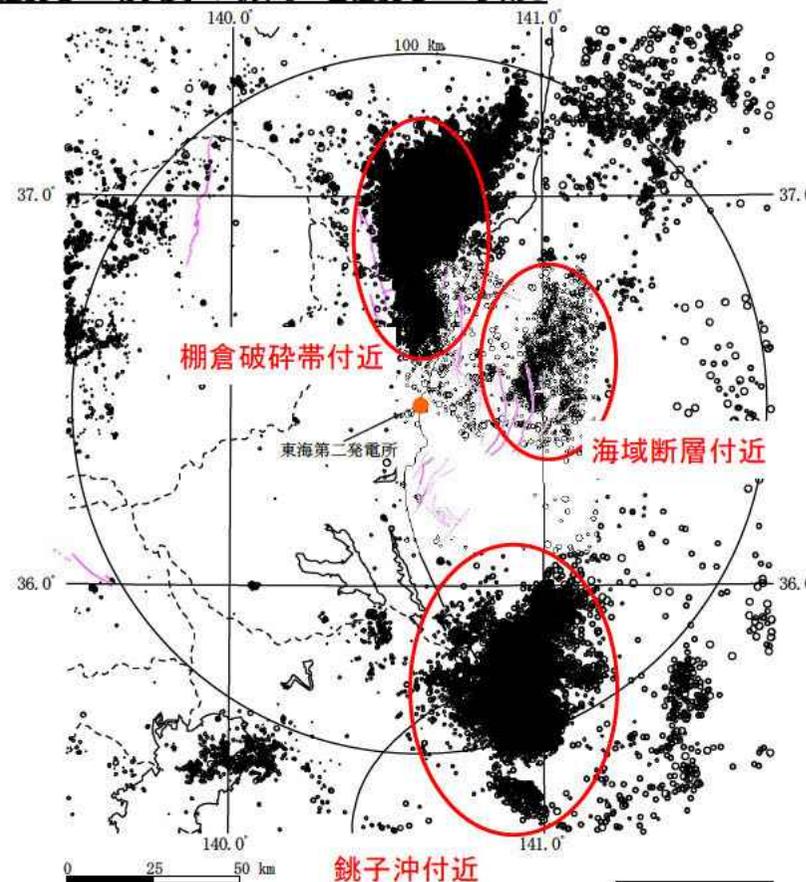
論点No.19-27

## 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震発生前後の微小地震発生状況



— : 震源として考慮する活断層  
 ..... : 後期更新世以降の活動がないものと判断される断層等

2011年東北地方太平洋沖地震発生前のM4.0以下の地震の震央分布図(20km以浅)  
 (気象庁, 1997年10月~2011年2月)



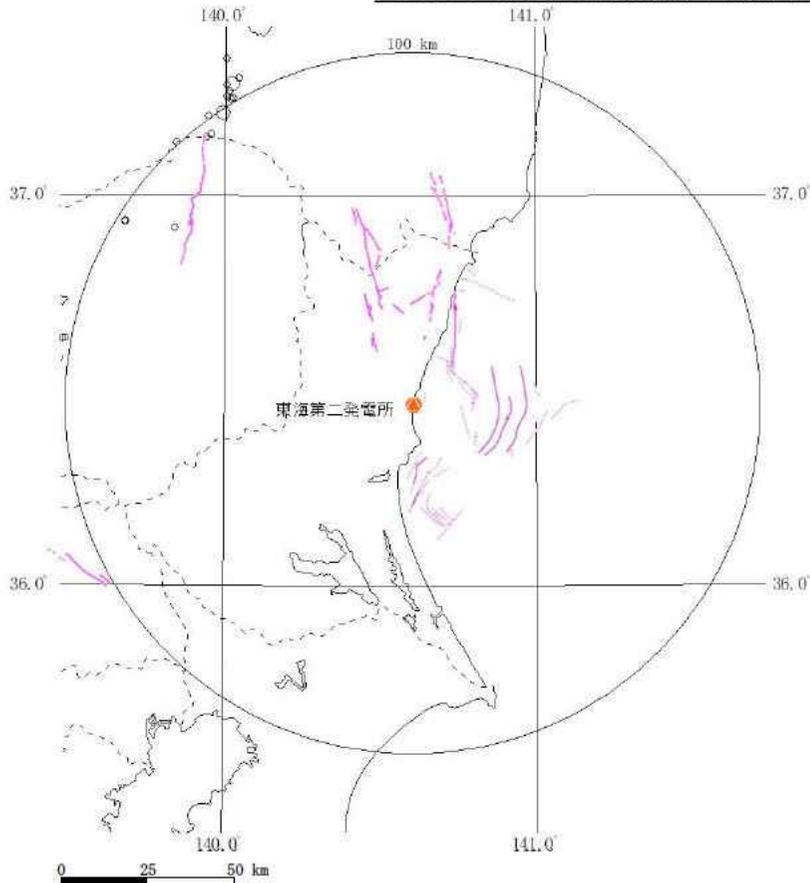
— : 震源として考慮する活断層  
 ..... : 後期更新世以降の活動がないものと判断される断層等

○ 3.0 ≤ M ≤ 4.0  
 ◐ 2.0 ≤ M < 3.0  
 ● 1.0 ≤ M < 2.0  
 ◑ 0.0 ≤ M < 1.0

2011年東北地方太平洋沖地震発後のM4.0以下の地震の震央分布図(20km以浅)  
 (気象庁, 2011年3月~2014年3月)

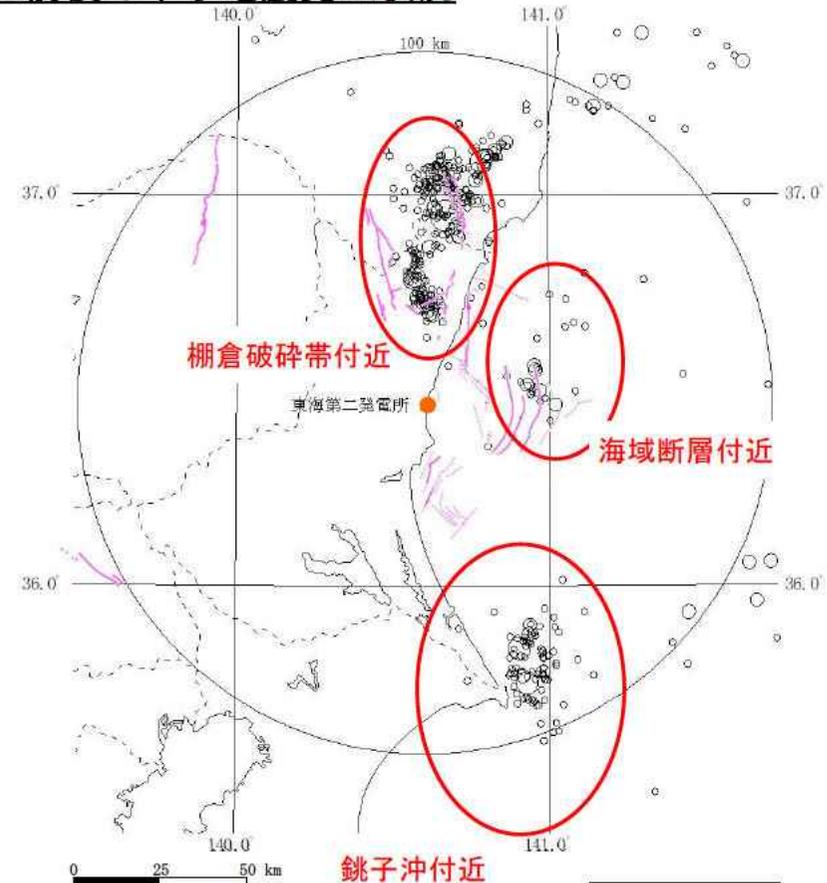
2011年3月以降は、発電所北方の福島県と茨城県の県境付近及び発電所東方の海域と銚子沖付近で、地震が集中して発生している。

## 2011年東北地方太平洋沖地震発生前後の中小地震発生状況



— : 震源として考慮する活断層  
 - - - : 後期更新世以降の活動がないものと判断される断層等

2011年東北地方太平洋沖地震発生前のM4.0以上の地震の震央分布図(20km以浅)  
 (気象庁, 1997年10月~2011年2月)



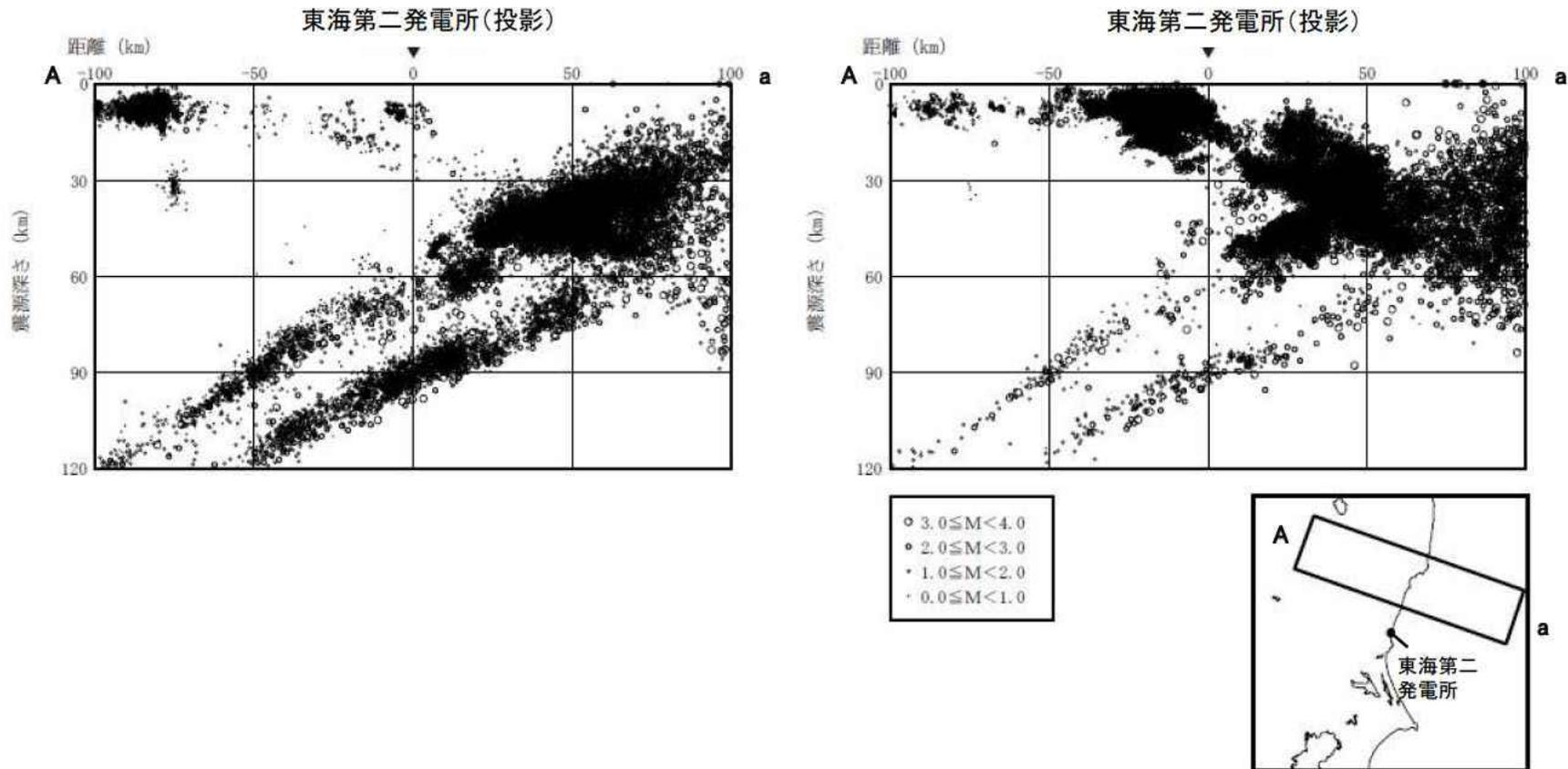
— : 震源として考慮する活断層  
 - - - : 後期更新世以降の活動がないものと判断される断層等

○ 7.0 ≤ M  
 ○ 6.0 ≤ M < 7.0  
 ○ 5.0 ≤ M < 6.0  
 ○ 4.0 ≤ M < 5.0

2011年東北地方太平洋沖地震発後のM4.0以上の地震の震央分布図(20km以浅)  
 (気象庁, 2011年3月~2014年3月)

2011年3月以降は、発電所北方の福島県と茨城県の県境付近及び発電所東方の海域で、地震が集中して発生している。

## 2011年東北地方太平洋沖地震発生前後の微小地震発生状況

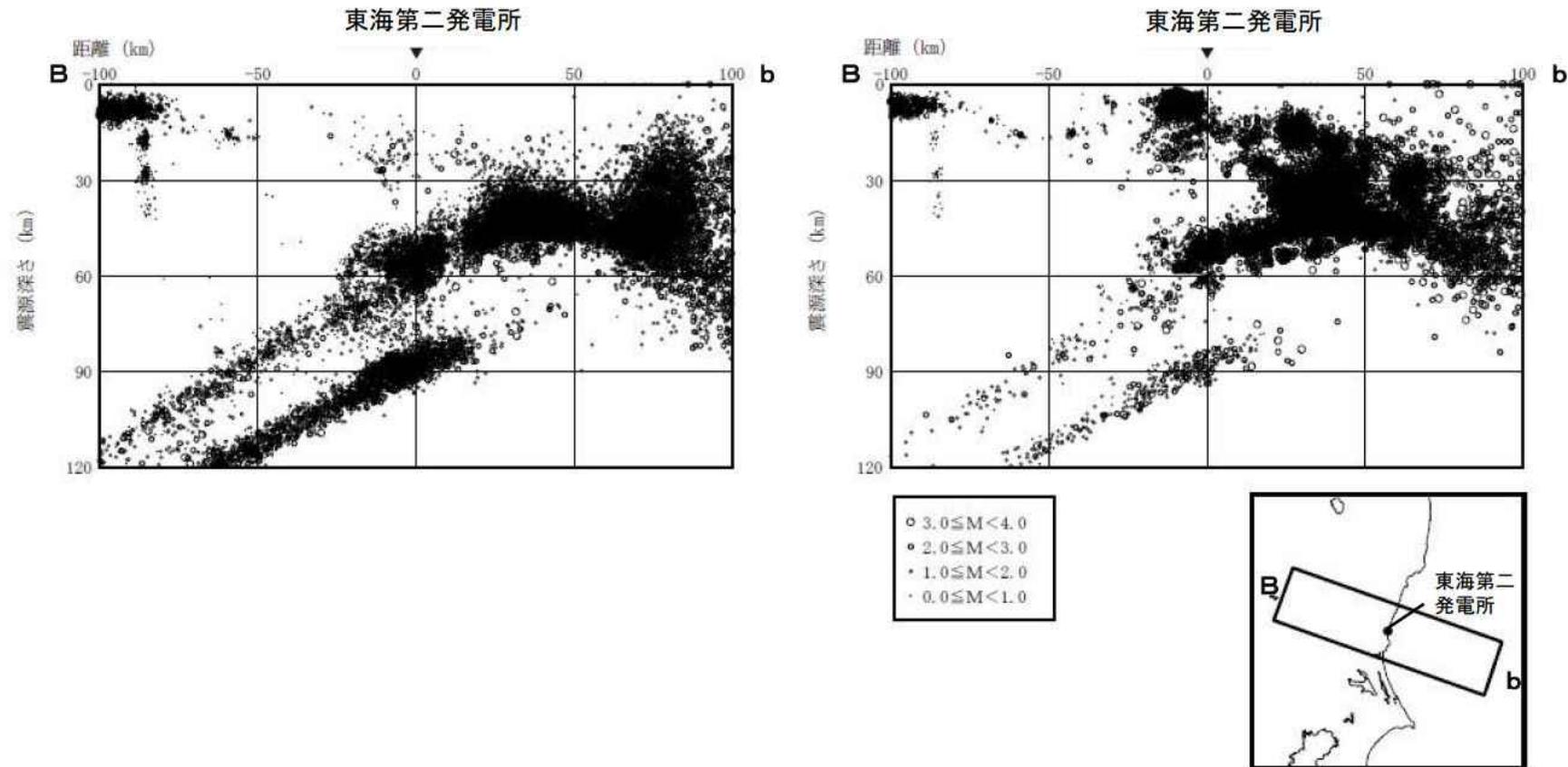


2011年東北地方太平洋沖地震発生前のM4.0以下の地震の震央分布図(120km以浅)  
(気象庁, 1997年10月~2011年2月)

2011年東北地方太平洋沖地震発後のM4.0以下の地震の震央分布図(120km以浅)  
(気象庁, 2011年3月~2014年3月)

2011年3月以降は、福島県と茨城県の県境付近の深さ10km程度において内陸地殻内地震が発生している。深さ80km程度以深では、太平洋プレートの二重深発地震面が見られる。

## 2011年東北地方太平洋沖地震発生前後の微小地震発生状況

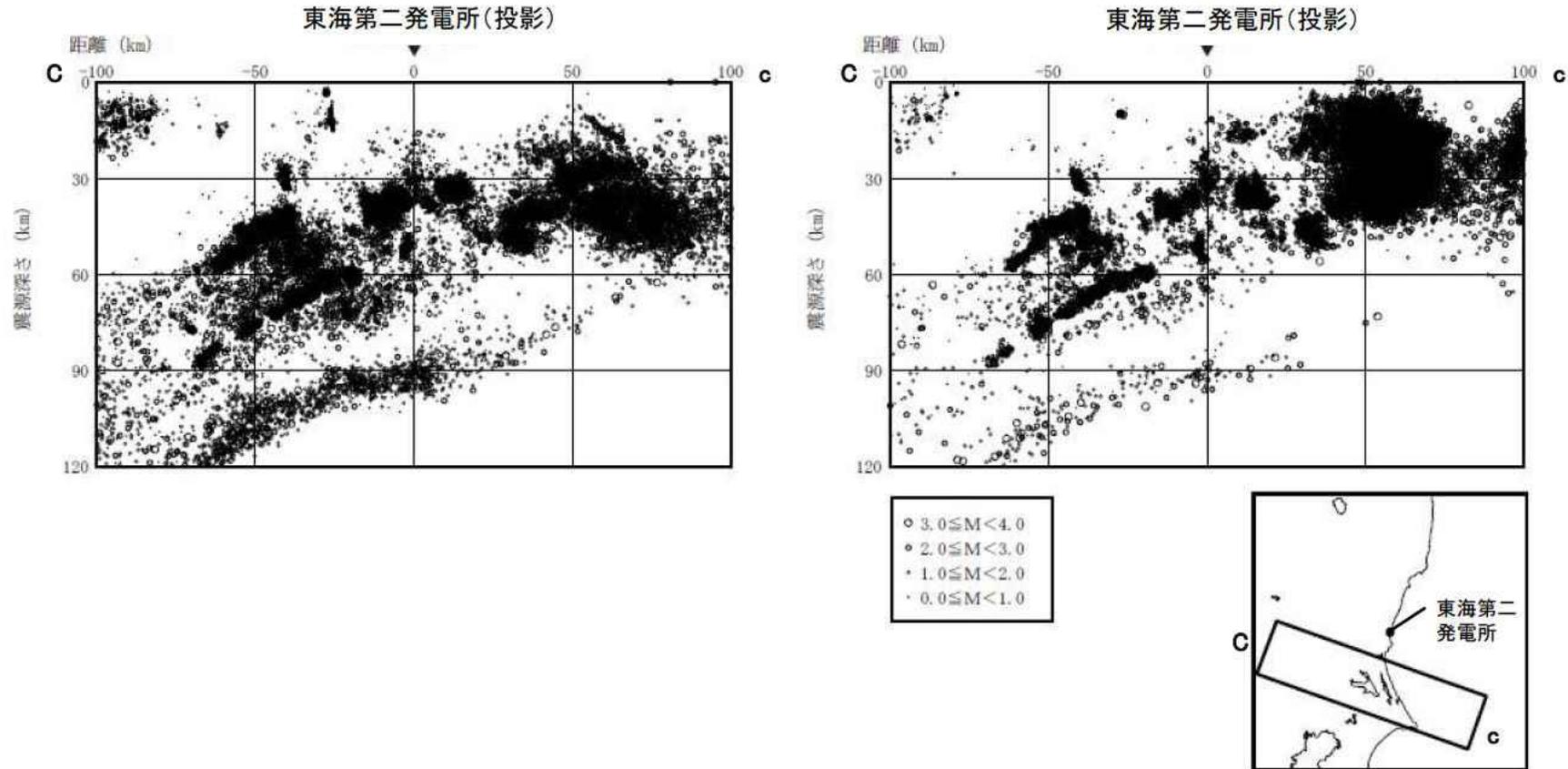


2011年東北地方太平洋沖地震発生前のM4.0以下の地震の震央分布図(120km以浅)  
(気象庁, 1997年10月~2011年2月)

2011年東北地方太平洋沖地震発後のM4.0以下の地震の震央分布図(120km以浅)  
(気象庁, 2011年3月~2014年3月)

2011年3月以降は、深さ10km程度において内陸地殻内地震が発生している。深さ80km程度以深では、太平洋プレートの二重深発地震面が見られる。

## 2011年東北地方太平洋沖地震発生前後の微小地震発生状況

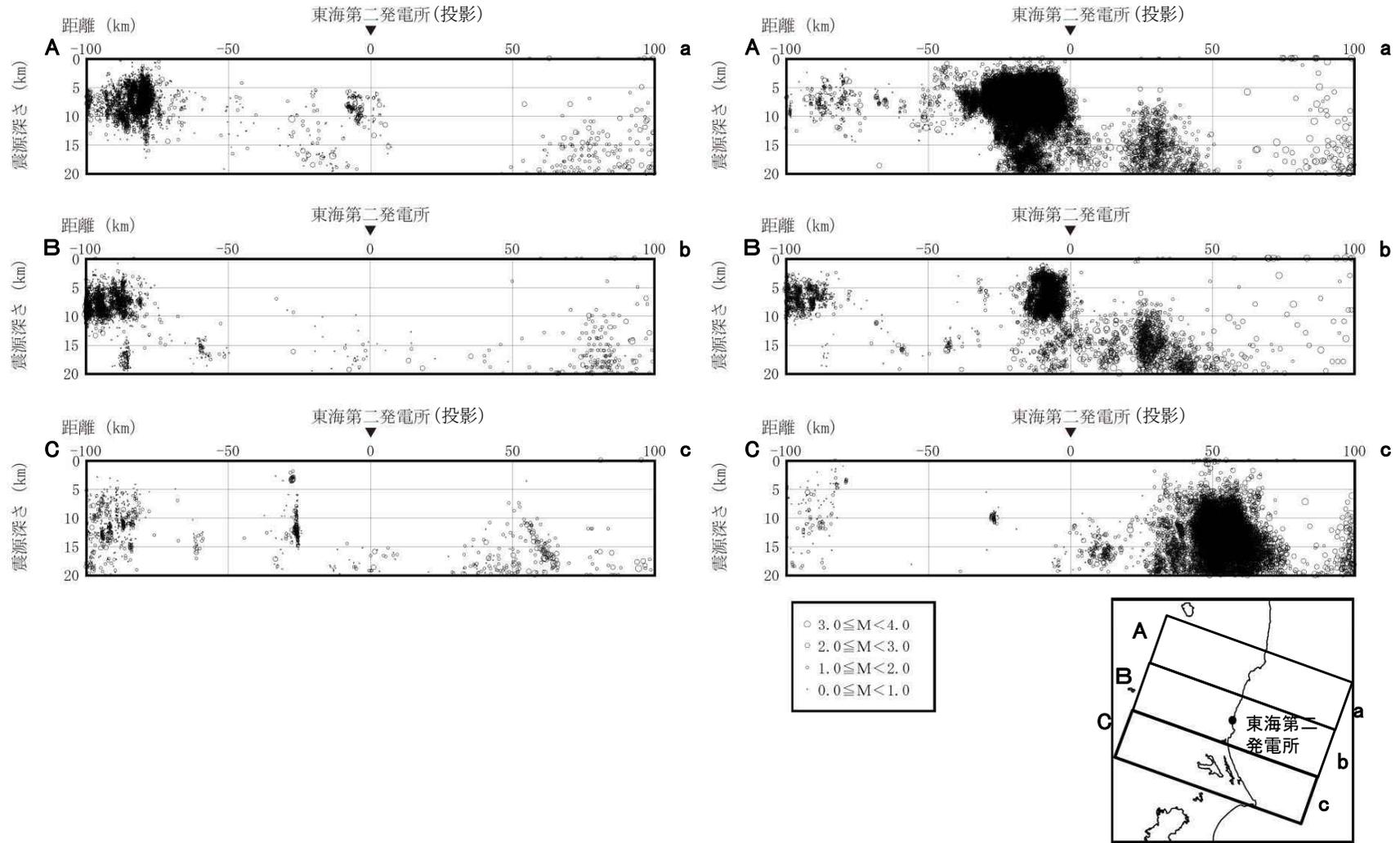


2011年東北地方太平洋沖地震発生前のM4.0以下の地震の震央分布図(120km以浅)  
 (気象庁, 1997年10月~2011年2月)

2011年東北地方太平洋沖地震発後のM4.0以下の地震の震央分布図(120km以浅)  
 (気象庁, 2011年3月~2014年3月)

深さ80km程度以深では、太平洋プレートの二重深発地震面が見られる。

# 敷地周辺の微小地震分布(断面図)(4/4)

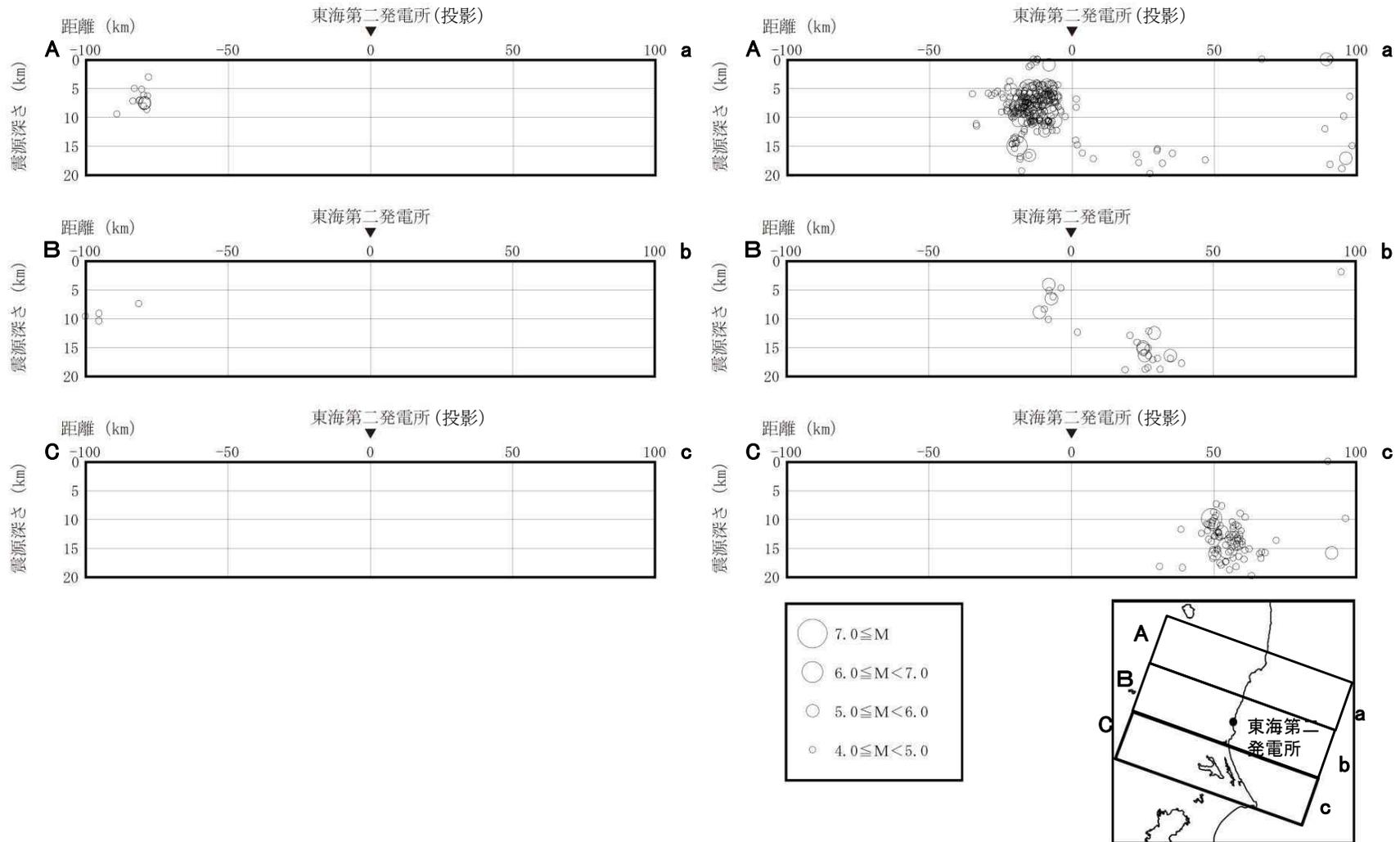


2011年東北地方太平洋沖地震発生前のM4.0以下の地震の震央分布図(20km以浅)  
(気象庁, 1997年10月~2011年2月)

2011年東北地方太平洋沖地震発後のM4.0以下の地震の震央分布図(20km以浅)  
(気象庁, 2011年3月~2014年3月)

2011年3月以降は、福島県と茨城県の県境付近の深さ10km程度において内陸地殻内地震が発生している。

# 敷地周辺の中小地震分布(断面図)



2011年東北地方太平洋沖地震発生前のM4.0以上の地震の震央分布図(20km以浅)  
(気象庁, 1997年10月~2011年2月)

2011年東北地方太平洋沖地震発後のM4.0以上の地震の震央分布図(20km以浅)  
(気象庁, 2011年3月~2014年3月)

2011年3月以降は、福島県と茨城県の県境付近の深さ10km程度において内陸地殻内地震が発生している。