

浜岡原子力発電所 4号炉 新規制基準適合性に係る 申請の概要について (地質・地震・地盤)

平成26年8月6日

中部電力株式会社

目次

1. 断層の評価

- 1.1 敷地周辺の地形, 地質・地質構造
- 1.2 考慮する活断層
- 1.3 敷地の断層

2. 地震

- 2.1 基準地震動の策定概要
- 2.2 敷地における地震動の増幅特性
- 2.3 内陸地殻内地震の地震動評価
- 2.4 プレート間地震の地震動評価
- 2.5 海洋プレート内地震の地震動評価
- 2.6 地震動の顕著な増幅を踏まえた地震動評価
- 2.7 基準地震動の策定

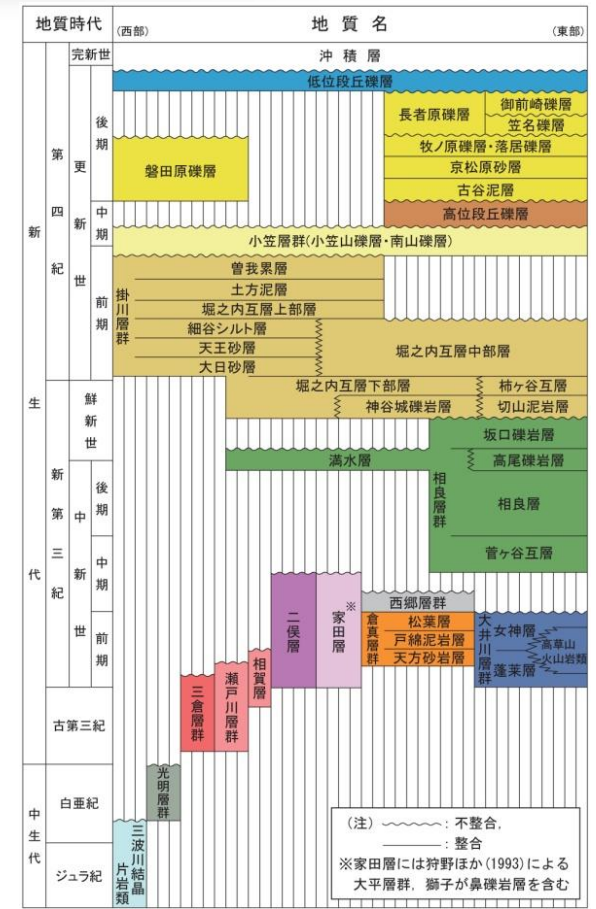
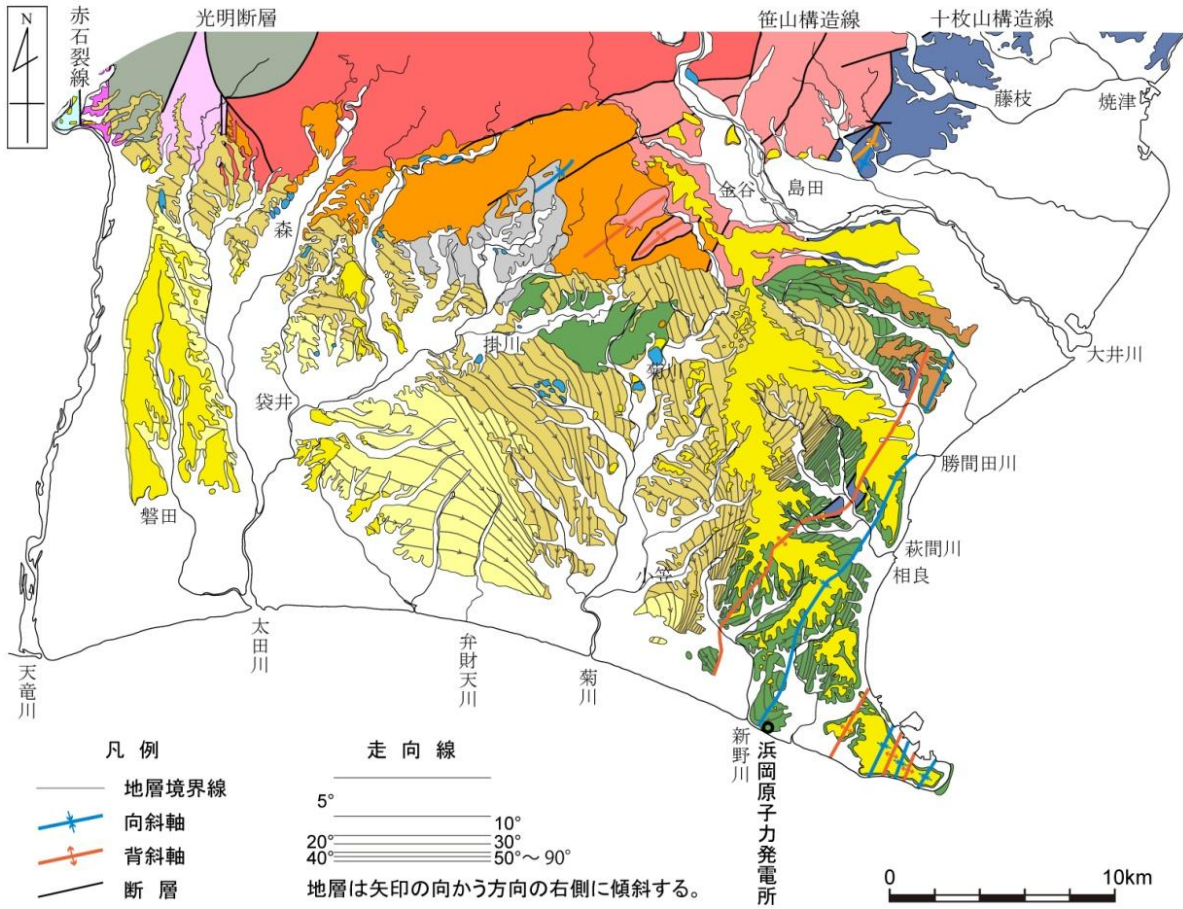
3. 原子炉建屋基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

- 3.1 原子炉建屋基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

1. 断層の評価

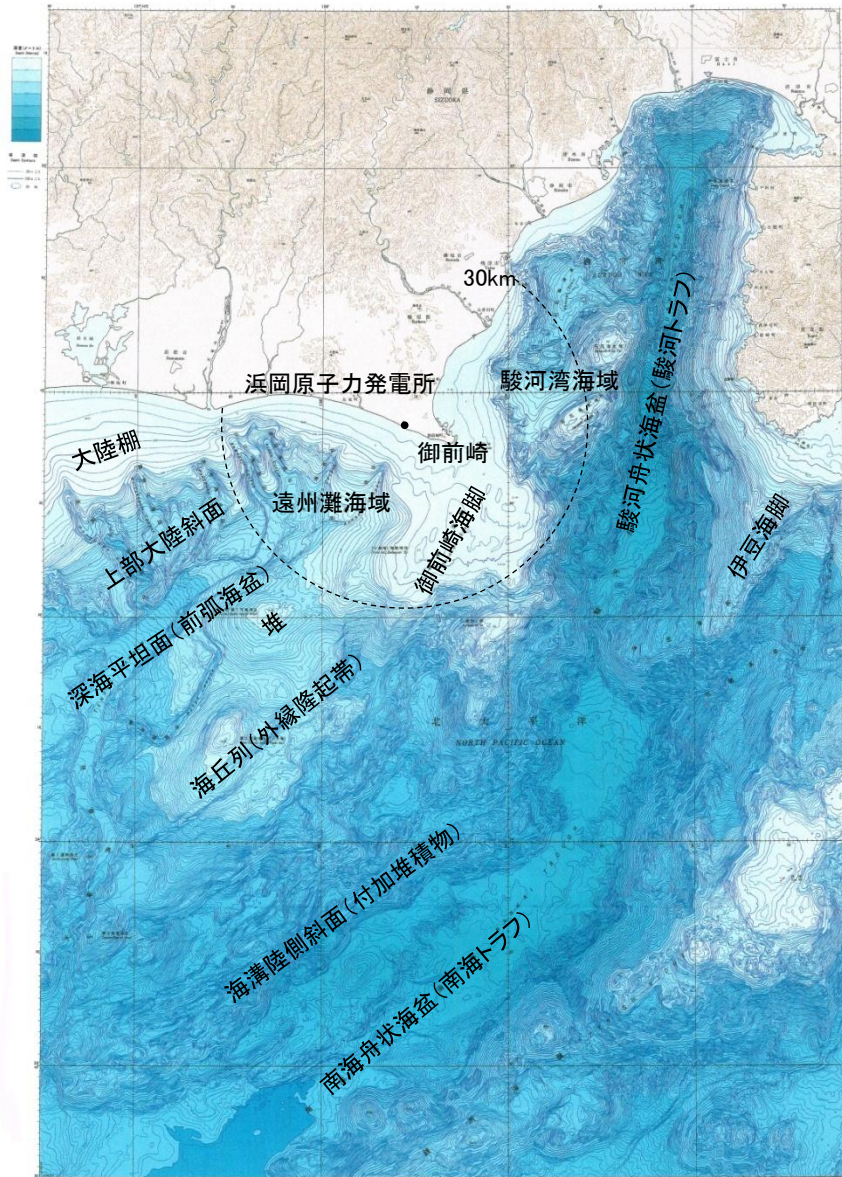
- 1.1 敷地周辺の地形, 地質・地質構造
- 1.2 考慮する活断層
- 1.3 敷地の断層

1.1 敷地周辺の地形、地質・地質構造 敷地周辺の陸域の地質



- 敷地周辺の地質は、一般に東西方向で帯状に分布し、北から南に向かって順次新しい地層が分布する。それらを第四系が覆っている。
- 敷地周辺陸域に分布する古生代～新生代新第三紀中新世前期の地層は、N-S～ENE-WSW方向の断層で境され、これらの断層は、西側から赤石裂線、光明断層、笹山構造線及び十枚山構造線と呼ばれている。これに対して、新第三紀中新世中期以降の地層には、これらの構造は認められない。
- 相良層群は、牧ノ原台地及び御前崎台地に広く分布し、NNE-SSW方向の褶曲構造が発達している。また、掛川層群は、牧ノ原台地地域以西に広く分布し、南西方向に開いた半盆地状構造を示す。

1.1 敷地周辺の地形、地質・地質構造 敷地周辺の海域の地形



- 陸岸から沖合に向かって、大陸棚、上部大陸斜面、深海平坦面（前弧海盆）、堆、海丘列（外縁隆起帯）、海溝陸側斜面（付加堆積物）及び舟状海盆に区別される。これらの地形は、プレートの沈み込みによって形成されたと考えられる。
- 敷地周辺海域南方沖合には、ユーラシアプレートとフィリピン海プレートの境界である南海舟状海盆（南海トラフ）が北東－南西方向に分布する。南海舟状海盆はその東部で南北方向に向きを変え、徐々に幅を減じながら駿河舟状海盆（駿河トラフ）へと連続する。
- 南海舟状海盆と駿河舟状海盆の境界部では、御前崎海脚と伊豆海脚が狭隘部を形成し両海盆を区分しており、この境界部から御前崎にかけては徐々に水深を減じ、発達した大陸棚である御前崎海脚へと続いている。この境界部と御前崎とを結んだ線を境として、その南西側を遠州灘海域、北東側を駿河湾海域とに区分される。

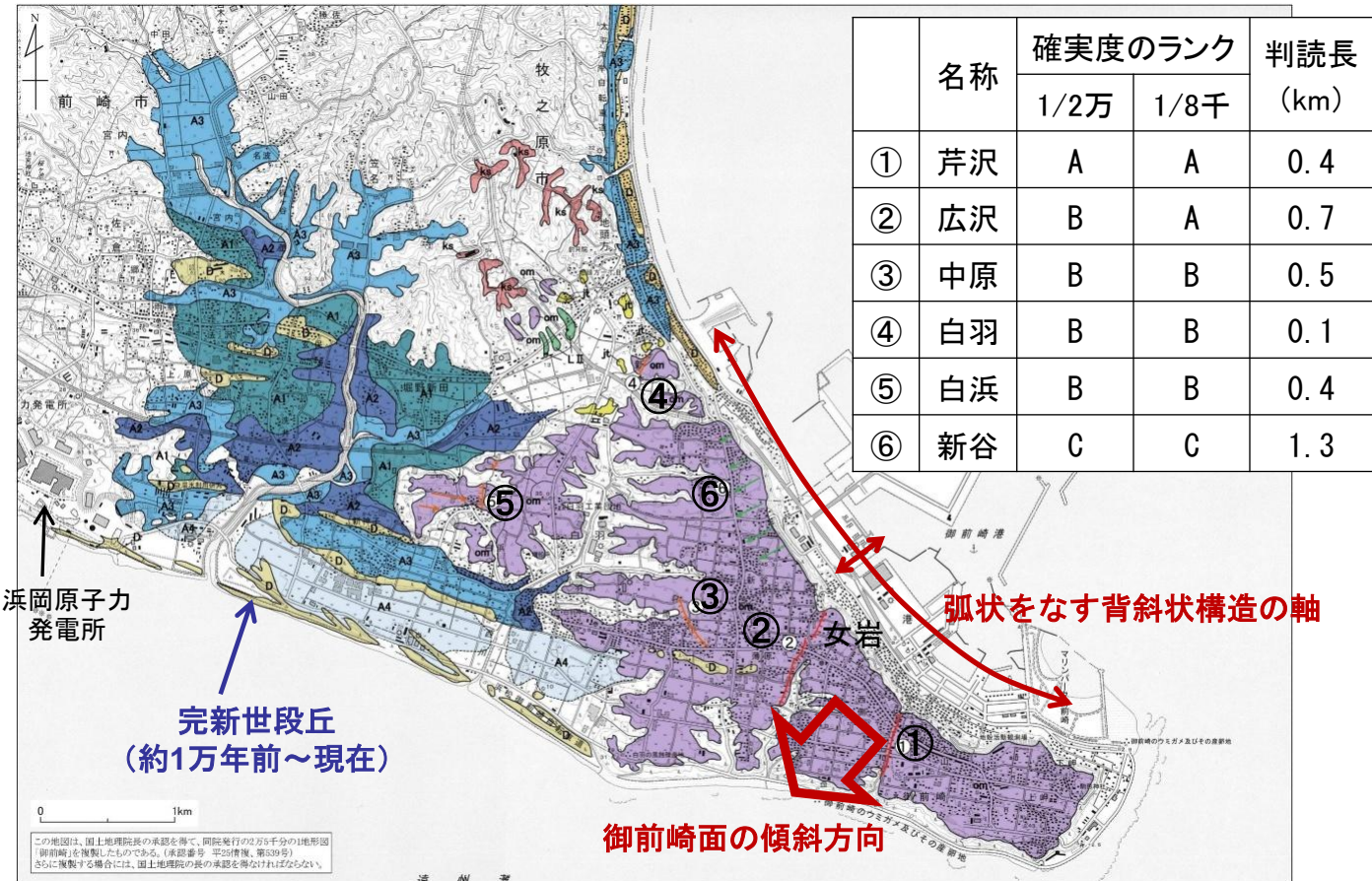
海上保安庁発行の海底地形図(20万分の1)「駿河湾南方」

1.1 敷地周辺の地形、地質・地質構造

御前崎台地のリニアメント・変位地形及び完新世段丘

- ・御前崎台地には、御前崎面に変位を与えている6本のリニアメント・変位地形と御前崎面の南西への傾動が認められる。
- ・杉山ほか(2010)は、御前崎台地は沖合の御前崎海脚に続く北西-南東に延びる高まりをなしており、中位段丘は全体として南西に傾動するとしている。また、御前崎台地には相良層群に発達する北北東方向の背斜構造に沿って、中位段丘2面を上下にずらす断層が存在するが、これらの断層については、副次的な断層と判断し、地質図には示していないとして、南西方向の傾動のみを図示している。
- ・また、敷地の東方の箴川低地付近には、標高約3~14mにA4面からA1面の4段の平坦面が判読される。

凡例	
D	砂丘
A4	A4面
A3	A3面
A2	A2面
A1	A1面
L II	L II 段丘面
jt	地頭方面
om	御前崎面
ks	笠名面
	Aランク
	Bランク
	Cランク
	Dランク
①	リニアメント番号
←	地形面の傾斜方向



名称	确实度のランク		判読長 (km)
	1/2万	1/8千	
① 芹沢	A	A	0.4
② 広沢	B	A	0.7
③ 中原	B	B	0.5
④ 白羽	B	B	0.1
⑤ 白浜	B	B	0.4
⑥ 新谷	C	C	1.3

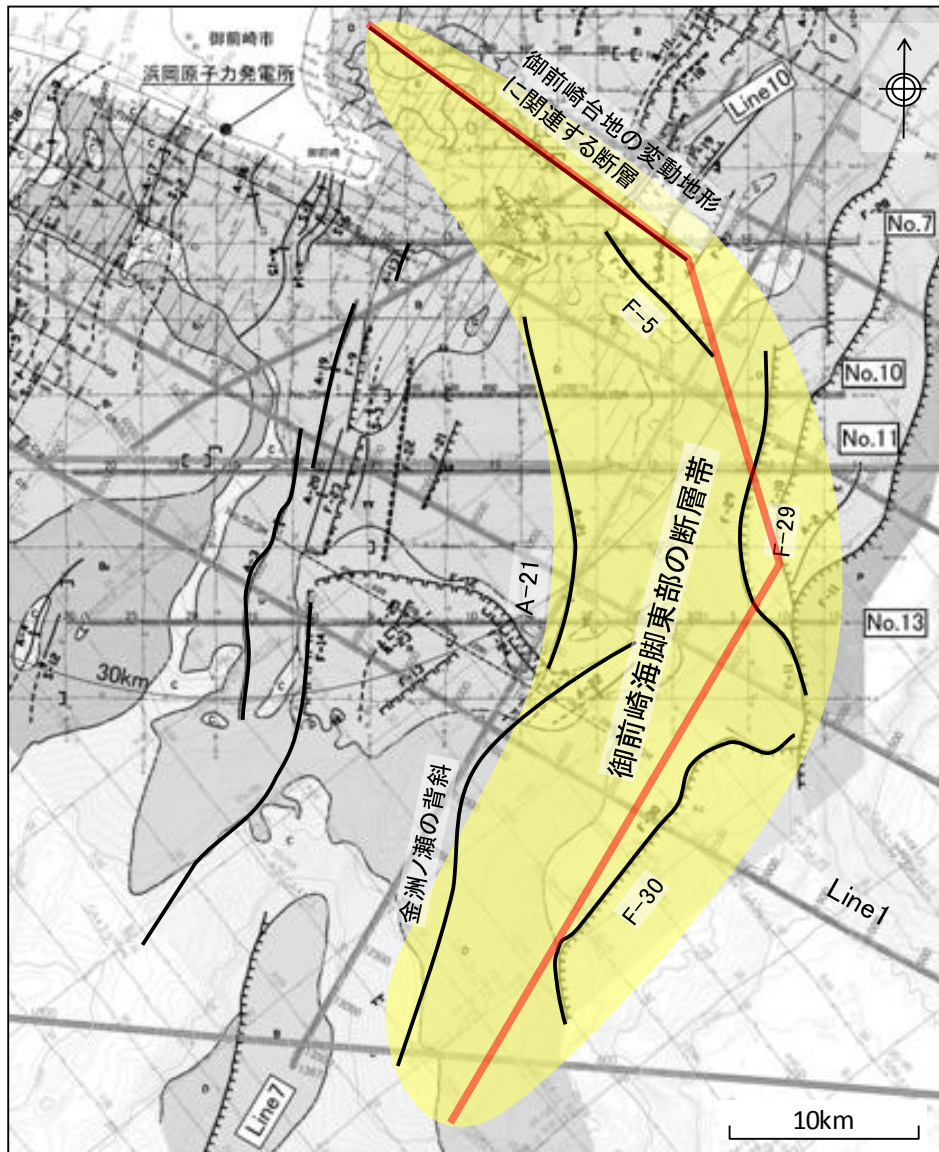
浜岡原子力発電所

完新世段丘 (約1万年前~現在)

弧状をなす背斜状構造の軸

御前崎面の傾斜方向

御前崎台地の変動地形に関連する断層の評価
















御前崎海脚東部の断層帯

- ・御前崎台地の南西への傾動は、駿河湾側に軸を持つ背斜構造の一部と捉え、「御前崎台地の変動地形に関連する断層」を想定した。
- ・この断層は、海域の「御前崎海脚東部の断層帯」の一部と評価した。
- ・御前崎台地のリニアメントの規模はいずれも小さく、反射法地震探査の結果によると、基盤である相良層群内の反射面に不連続は認められないことなどから、文献に述べられているように御前崎台地の変形に伴って地表付近に副次的に生じた変動地形と考えられる。
- ・箴川低地付近の完新世段丘の隆起については、御前崎台地の隆起速度と同程度であることなどから、御前崎海脚東部の断層帯の活動による変動地形に含まれるものと判断した。

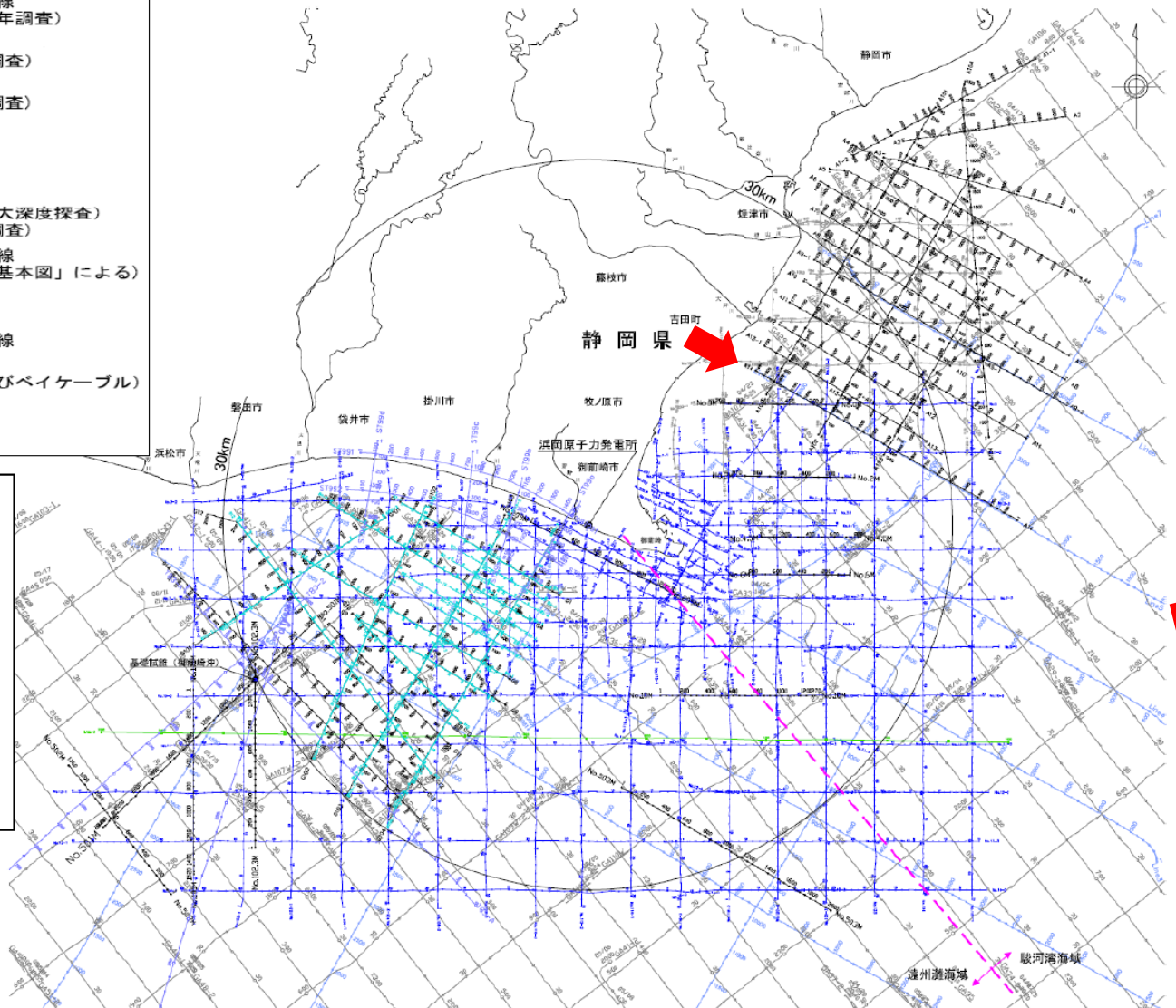
1.2 考慮する活断層

敷地前面海域の音波探査測線図

・敷地前面海域における音波探査測線を下図に示す。次ページには   で示す測線の調査結果を示す。

-  シングルチャンネル・スーパーカー音波探査測線
No. 0~No. 402 (中部電力株による, 1985, 1986年調査)
-  マルチチャンネル・エアガン音波探査測線
No. 0M~No. 503M (中部電力株による, 1994年調査)
-  マルチチャンネル・エアガン音波探査測線
A1~A104 (中部電力株による, 2008, 2009年調査)
-  マルチチャンネル・G, I, ガン音波探査測線
G1~G104 (中部電力株による, 2009年調査)
-  マルチチャンネル・ブーマー音波探査測線
B1~B104 (中部電力株による, 2009年調査)
-  マルチチャンネル・エアガン音波探査測線 (大深度探査)
Line1~Line10 (中部電力株による, 2008年調査)
-  シングルチャンネル・スーパーカー音波探査測線
No. 1000~No. 1125 (海上保安庁「沿岸の海の基本図」による)
-  マルチチャンネル・エアガン音波探査測線
LINE-B (海上保安庁による)
-  シングルチャンネル・G, I, ガン音波探査測線
GA (地質調査所による)
-  マルチチャンネル音波探査測線 (陸上反射及びベイケーブル)
ST99 (石油公団による)
-  マルチチャンネル・エアガン音波探査測線
T83 (石油公団による)

- ・敷地を中心とする半径30kmの範囲を含む敷地前面海域において, 2km~4km間隔の格子状の測線を設定
- ・御前崎周辺において, 海岸線に平行及びこれに直交する測線を設定
- ・主な断層については, 1~2km間隔で断層の走向に直交する測線を設定
- ・大容量エアガン・マルチチャンネル方式については10~30km間隔を基本とした格子状の測線を設定

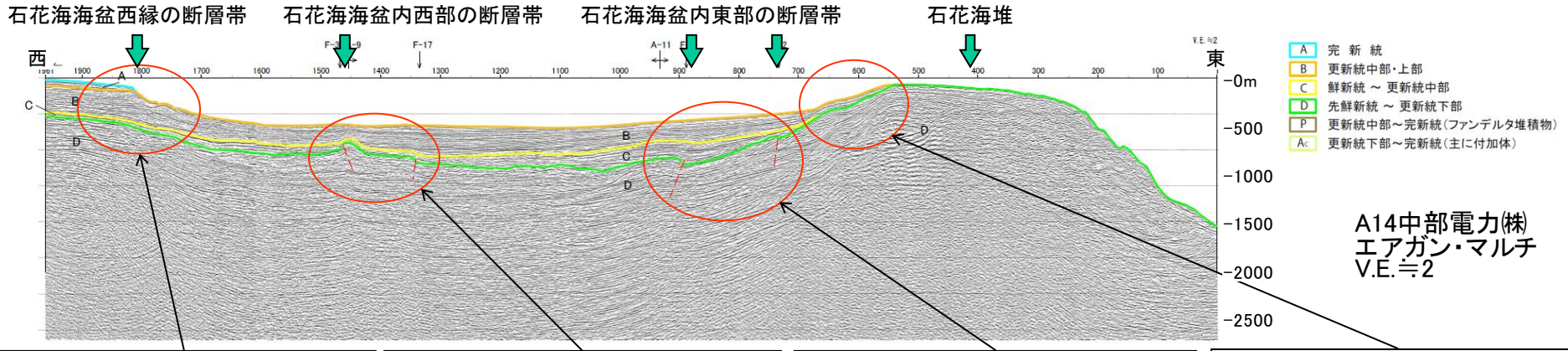


10km

1.2 考慮する活断層 反射法地震探査調査結果

・駿河湾で実施した調査のうち1測線の調査結果を以下に示す(上が浅部構造, 下が深部構造の調査結果)。

【石花海海盆内の断層帯及び石花海堆の隆起構造】



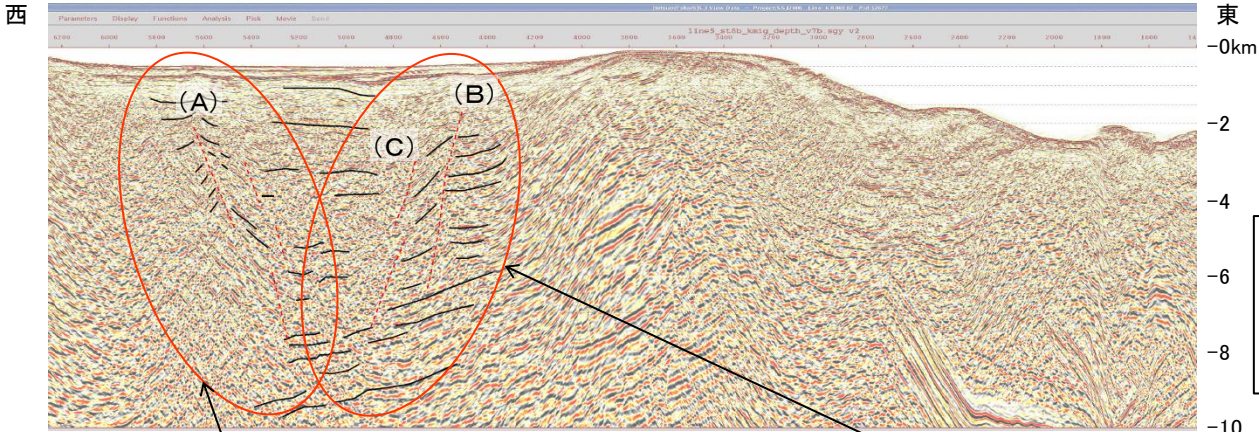
文献に示される石花海海盆西縁の断層帯の位置に変位・変形は認められない

海盆内の西部に東傾斜の逆断層が認められ、後期更新世の活動が認められる

海盆内の東部に西傾斜の逆断層が認められ、後期更新世の活動が認められる

石花海堆を作る隆起はB層を变形させ後期更新世の活動が認められる

石花海海盆内西部の断層帯 石花海海盆内東部の断層帯



【石花海海盆内の断層帯の形状】

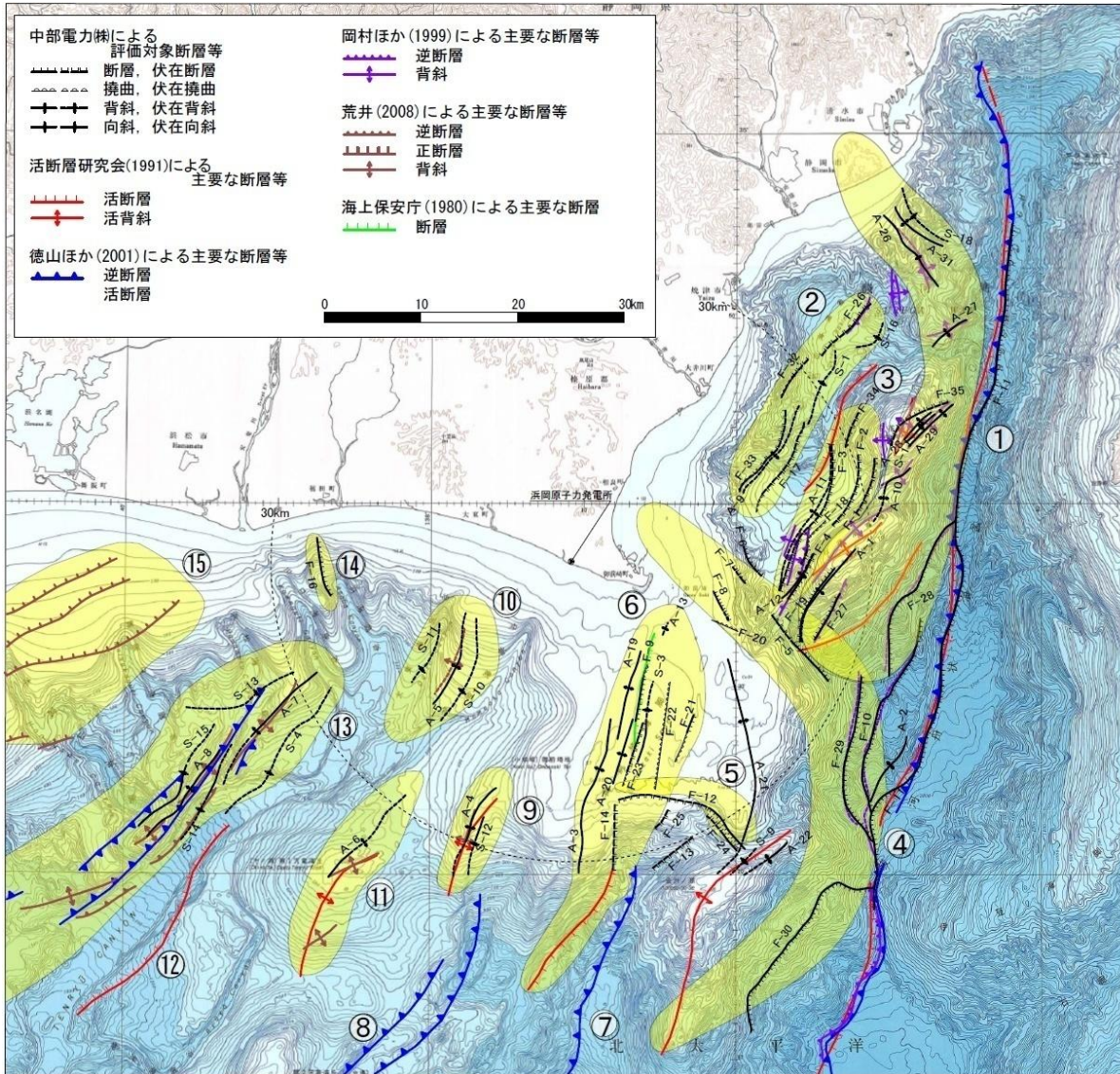
中部電力(株)
エアガン・マルチ
V.E.≒1

石花海海盆内西部の断層帯及び石花海海盆内東部の断層帯の下の深さ8km～9kmに連続性の良い反射面が認められるが、それぞれの断層に対応する変位・変形は認められない

石花海海盆内西部の断層帯の下には反射面の傾きが変化する位置(A)に東傾斜(60°～70°程度)の断層が深さ8km程度まで推定される

石花海海盆内東部の断層帯の下には反射面の傾きが変化する位置(B)や反射パターンの変化する位置(C)に西傾斜(60°～70°程度)の断層が深さ7km程度まで推定される

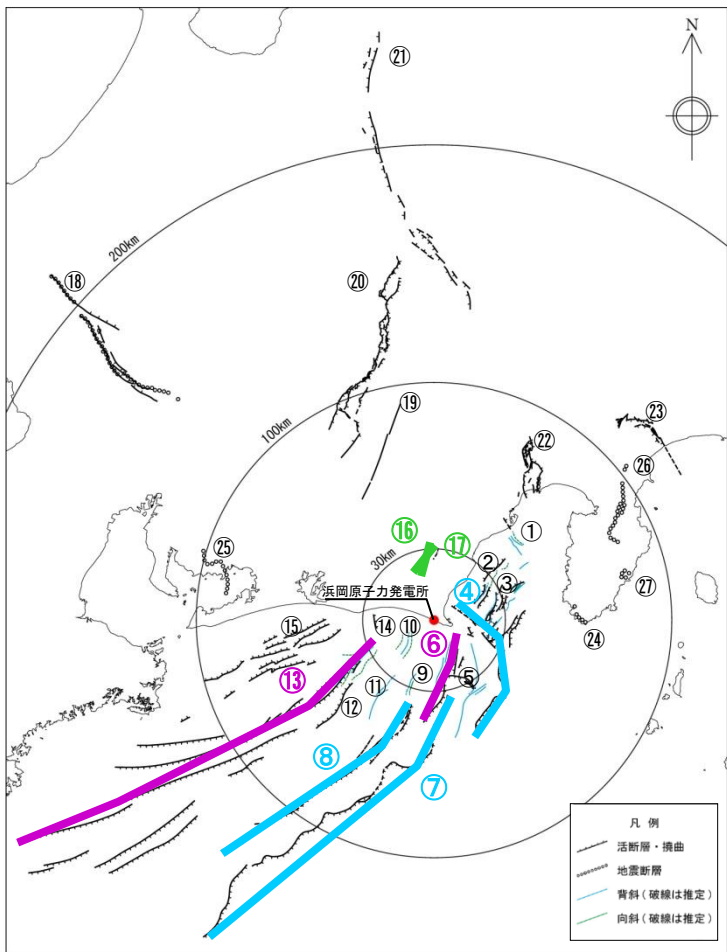
1.2 考慮する活断層 敷地前面海域の断層分布図



No	活断層の名称
①	根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯
②	石花海海盆内西部の断層帯
③	石花海海盆内東部の断層帯
④	御前崎海脚東部の断層帯
⑤	F-12断層
⑥	御前崎海脚西部の断層帯
⑦	東海断層系
⑧	小台場断層系
⑨	A-4断層
⑩	A-5断層
⑪	A-6断層
⑫	天竜海底谷に沿う断層
⑬	遠州断層系
⑭	F-16断層
⑮	浜松沖の正断層群

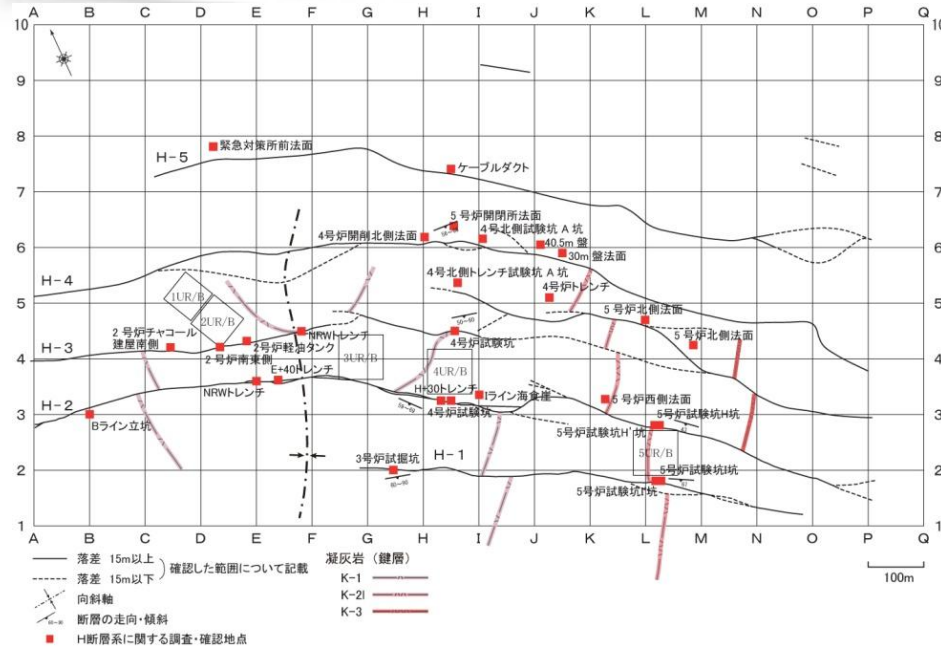
敷地周辺の考慮する活断層

- 文献調査, 変動地形学的調査, 地表地質調査等による綿密な調査の結果, 以下の27活断層を抽出
- 敷地への影響が大きいと考えられる「御前崎海脚西部の断層帯」及び「遠州断層系」を内陸地殻内地震の検討対象として選定
- 上記2断層に加え, 外縁隆起帯のトラフ側斜面に分布する「東海断層系」, 「小台場断層系」, 「御前崎海脚東部の断層帯」等をプレート間地震から破壊が伝播する分岐断層として選定
- 2011年4月11日の福島県浜通りの地震で得られた知見を踏まえ, バックチェック後新たに考慮する断層に追加

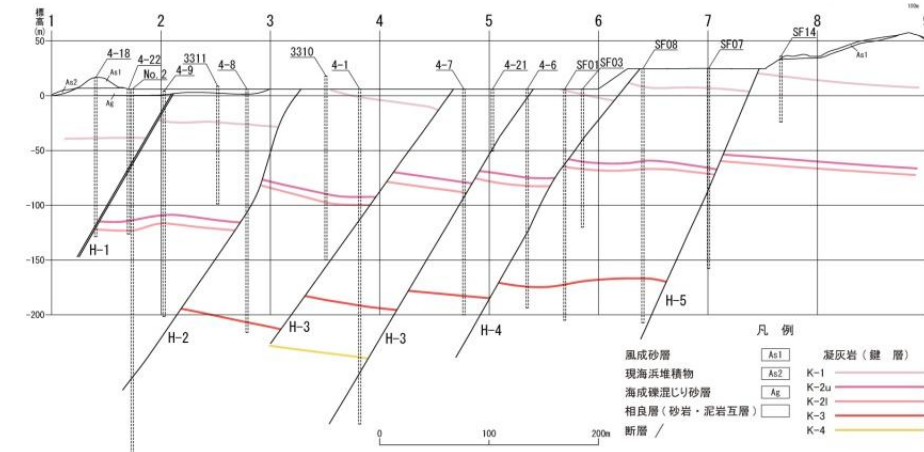


No	活断層の名称	長さ(km)	備考
①	根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯	62.6	プレート間地震に伴う地殻変動の一形態として考えられる逆L字の隆起帯に関連する断層帯
②	石花海海盆内西部の断層帯	26.4	石花海海盆内の圧縮応力場によって形成された逆断層と考えられ, 深さ8~9km以深では断層が認められず, 地震発生層上端10kmより浅部の断層である
③	石花海海盆内東部の断層帯	21.7	プレート間地震に伴う地殻変動の一形態として考えられる逆L字の隆起帯に関連する断層帯
④	御前崎海脚東部の断層帯	72.6	プレート間地震に伴う地殻変動の一形態として考えられる逆L字の隆起帯に関連する断層帯
⑤	F-12断層	16.0	—
⑥	御前崎海脚西部の断層帯	40.2	—
⑦	東海断層系	156.9	活動において, 強震動は発生しないが津波を発生させる断層系
⑧	小台場断層系	109.5	—
⑨	A-4断層	12.1	—
⑩	A-5断層	11.5	—
⑪	A-6断層	22.4	—
⑫	天竜海底谷に沿う断層	26.1	—
⑬	遠州断層系	173.7	—
⑭	F-16断層	7.1	—
⑮	浜松沖の正断層群	76.8	—
⑯	杉沢付近のリニアメント・変位地形	2.6	横ずれセンス主体の短い活断層(耐震BC後, 新たに追加)
⑰	大島付近のリニアメント・変位地形	8.7	横ずれセンス主体の短い活断層(耐震BC後, 新たに追加)
⑱	濃尾断層帯	—	M8程度の規模の地震を発生させる可能性のある断層帯
⑲	中央構造線北端部	54	—
⑳	伊那谷断層帯	約79	M8程度の規模の地震を発生させる可能性のある断層帯
㉑	糸魚川-静岡構造線活断層系	約100	M8程度の規模の地震を発生させる可能性のある断層帯
㉒	富士川河口断層帯	約26以上	駿河トラフで発生する海溝型地震と連動して同時に活動し, M8程度の規模の地震を発生させる可能性のある断層帯
㉓	神縄・国府津-松田断層帯	約25以上もしくはそれ以上	M7.5程度の規模の地震を発生させる可能性のある断層帯
㉔	石廊崎断層	—	1974年伊豆半島沖地震の際に活動
㉕	深溝断層	—	1945年三河地震の際に活動
㉖	北伊豆断層系	—	1930年北伊豆地震の際に活動
㉗	稲取-大峰山断層	—	1978年伊豆大島近海地震の際に活動

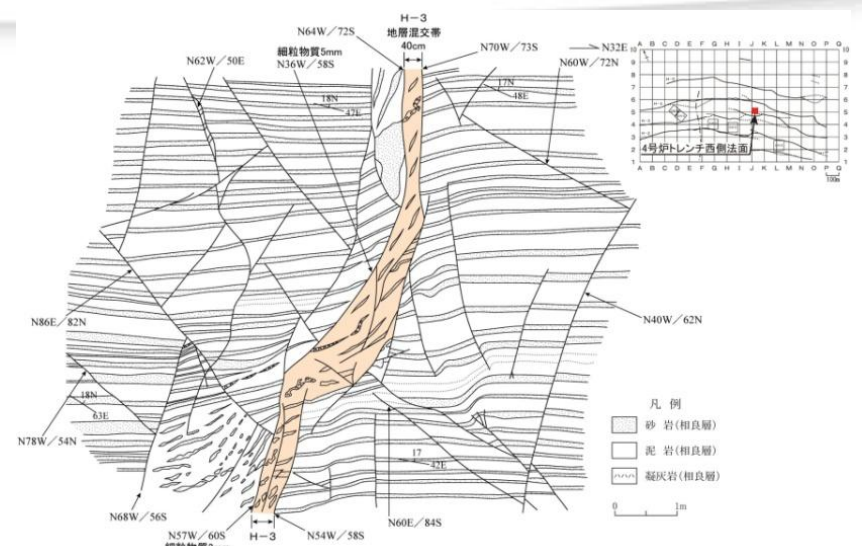
断層の性状によるH断層系の活動性評価



敷地の地質水平断面図 (T.P. - 13.5m断面)



敷地の地質断面図 (4号炉横断面)

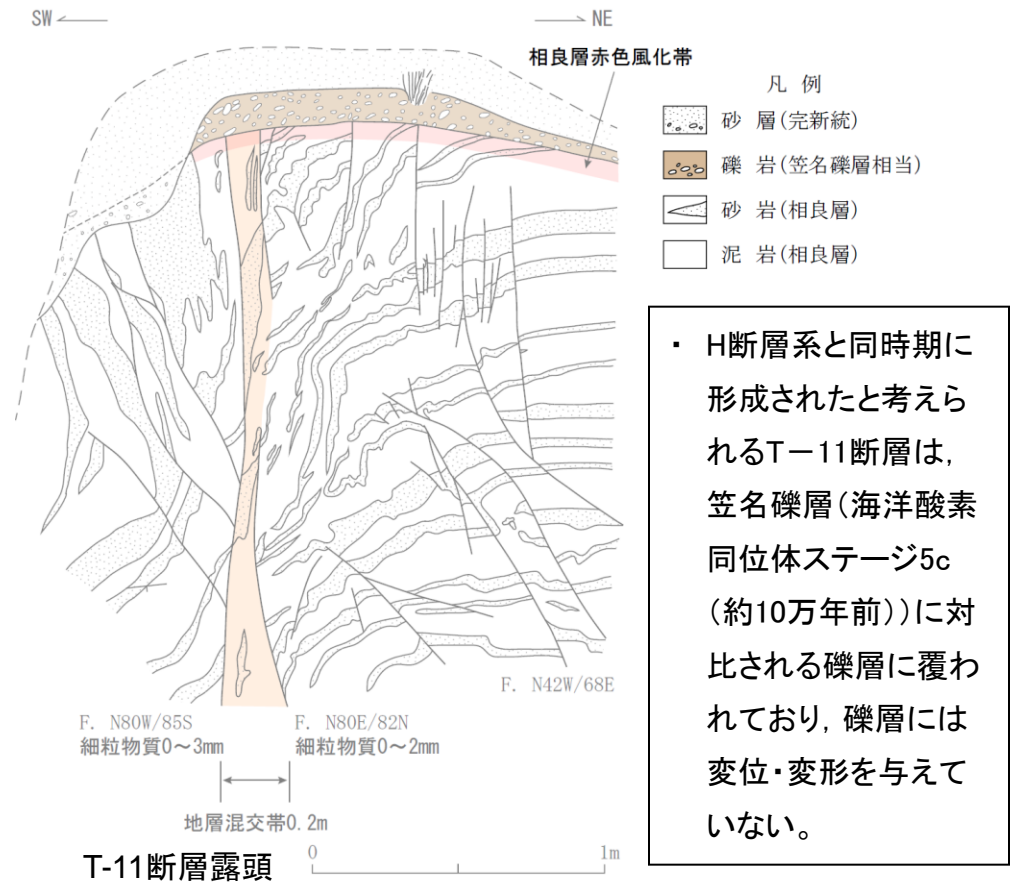
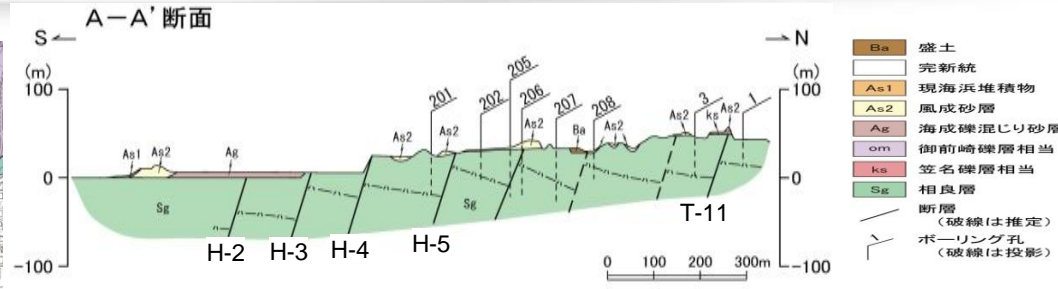
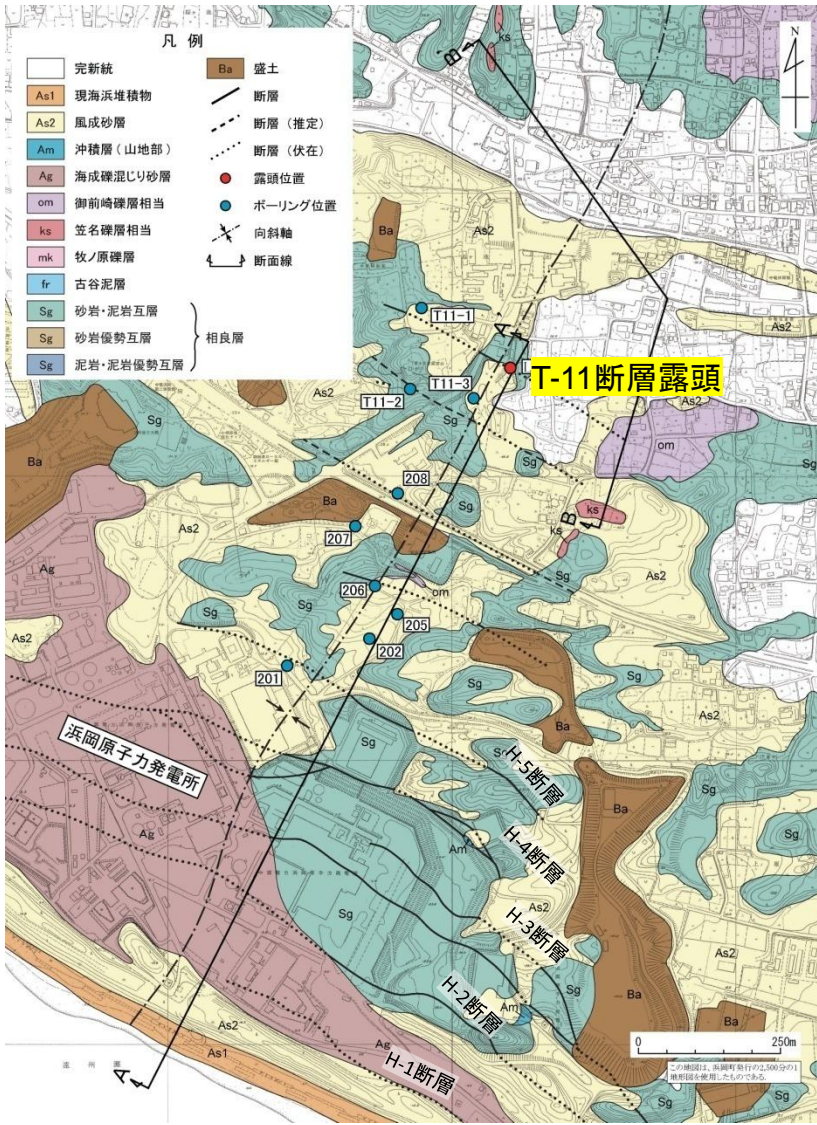


断層露头スケッチ H-3断層 (4号炉トレンチ西側法面)

- ・敷地には、5条からなるH断層系が認められる。
- ・H断層系は、50～80° SW傾斜 (海側傾斜) を有し、断層の間隔はいずれも約70～150mとほぼ等間隔である。
- ・H断層系は、断層両側の鍵層の対比等から南西側低下の正断層である。

- ・露头における状況を見ると、通常2条の平行な断層面が認められ、断層面は著しくうねっており、平面的ではない。
- ・断層面沿いに認められる細粒物質には、明瞭なせん断面は認められない。
- ・断層面近傍では、砂岩及び凝灰岩は角礫状を呈さず、一部で膨縮が認められ、レンズ状をなしており、砂岩及び凝灰岩には明瞭な引きずりが認められ、流動的な変形構造を示す。
- ・断層の中や近傍において、貝化石及び有孔虫化石に破碎又は変形は認められない。

上載地層法によるH断層系の活動性評価



＜H断層系, T-11断層の性状＞

- ・ 断層近傍では、砂岩及び凝灰岩は角礫状を呈さず、一部で膨縮が認められ、レンズ状をなしている。
- ・ 砂岩及び凝灰岩には明瞭な引きずりが認められ、流動的な変形構造を示す。
 - H断層系は塑性変形を伴う環境下で形成されたと考えられる。
- ・ 断層面沿いに認められる細粒物質中に明瞭なせん断面は認められない。
- ・ 断層面近傍において、貝化石及び有孔虫化石に破碎又は変形は認められない。
- ・ 断層内物質に顕著な細粒化が認められない。
 - 断層が形成されてから現在に至るまでに新たな破碎が起きていないものと考えられる。
 - 塑性変形を伴う環境下での断層の形成要因としては、相良層堆積後間もない時期の海底地すべりによる場合などが考えられる。

＜上載地層による活動性の評価＞

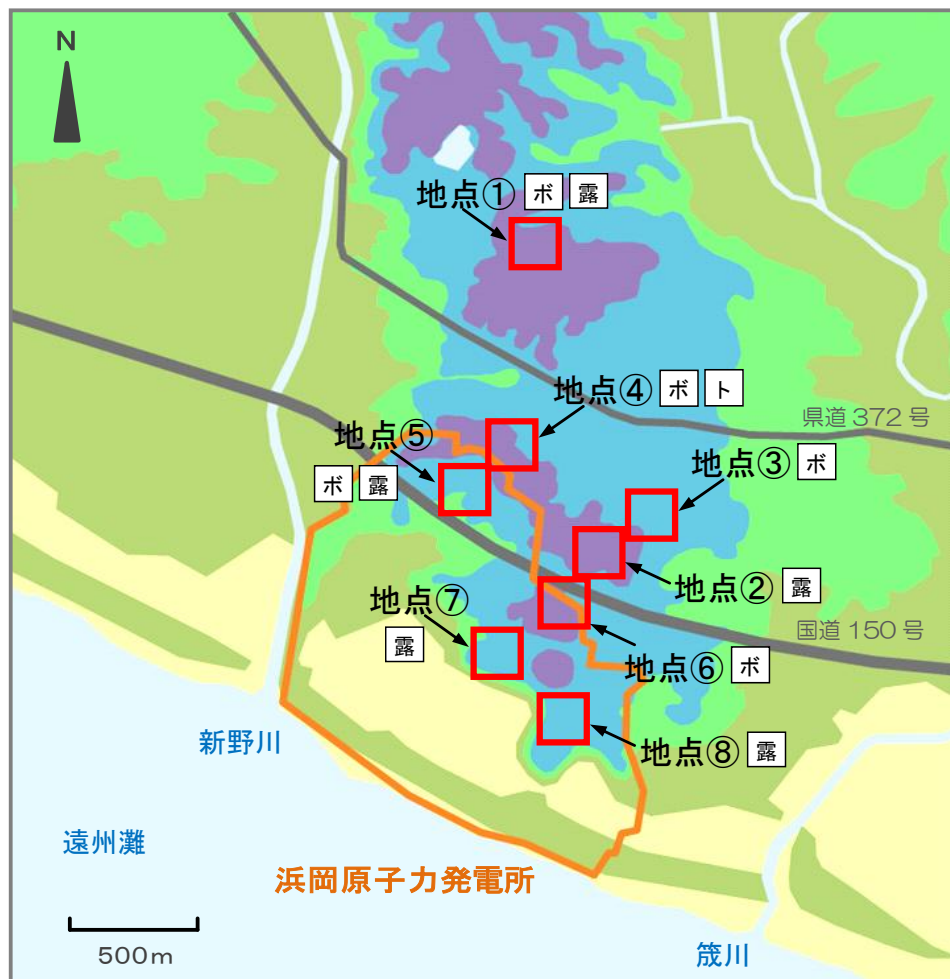
- ・ 敷地内において、H-2断層はそれを直接覆う約1万年前の沖積層に変位を与えていない。
 - 少なくともほぼ1万年前以降は活動していないと評価した。
- ・ さらに、H断層系と同時期に形成されたと考えられるT-11断層は、笠名礫層(MIS5c(約10万年前))に対比される礫層に覆われており、礫層には変位・変形を与えていない。
 - 後期更新世以降の活動はないものと評価した。



- ・ H断層系は少なくとも後期更新世以降における活動はないものと判断される。
- ・ なお、当地域は南海トラフのプレート間地震が約100年から200年間隔で発生していることが知られているが、少なくとも1万年前以降H断層系が変位した形跡が認められない。

データ拡充のための調査 ～地点および内容について～

- 浜岡原子力発電所の地質に関するデータ拡充を目的として、発電所の敷地内外において2013年7月から2014年5月にかけて、自主的に地質調査を実施した。



- 調査地点(計 8 地点)
- ボ ボーリング調査(計 11 本, 約 360m)
- ト トレンチ調査(計 2 箇所)
- 露 露頭剥ぎ取り調査(計 7 箇所)

標高

- 約 50m以上
- 30~50m
- 20~30m
- 10~20m
- 10m未満

調査地点および内容

1.3 敷地の断層

データ拡充のための調査 ～結果および評価について～

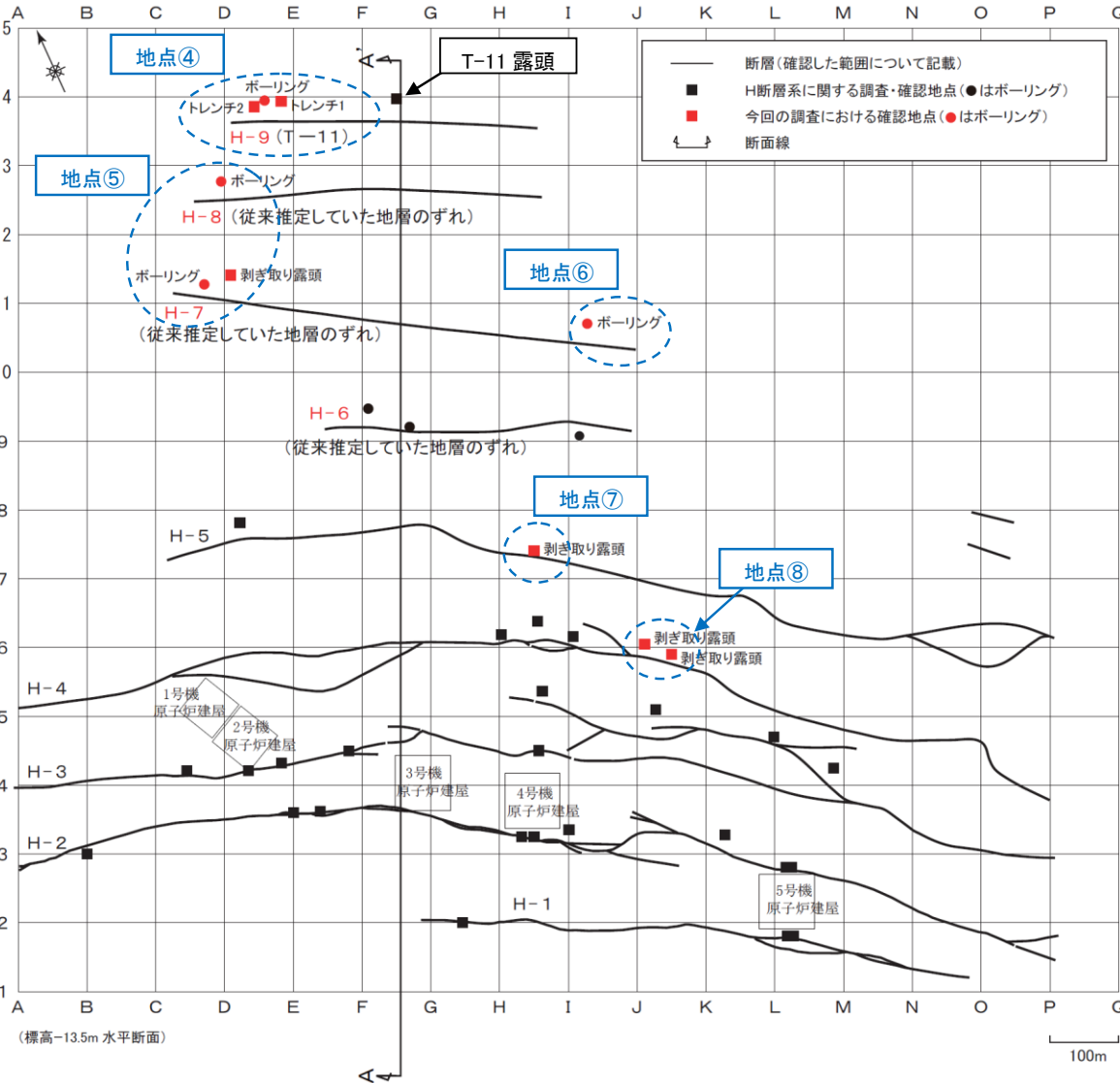


図 H断層系平面図

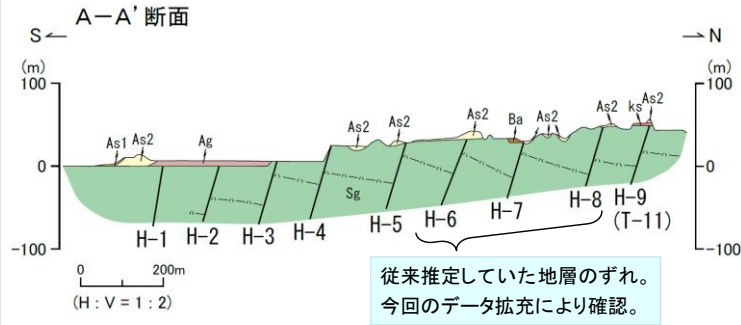


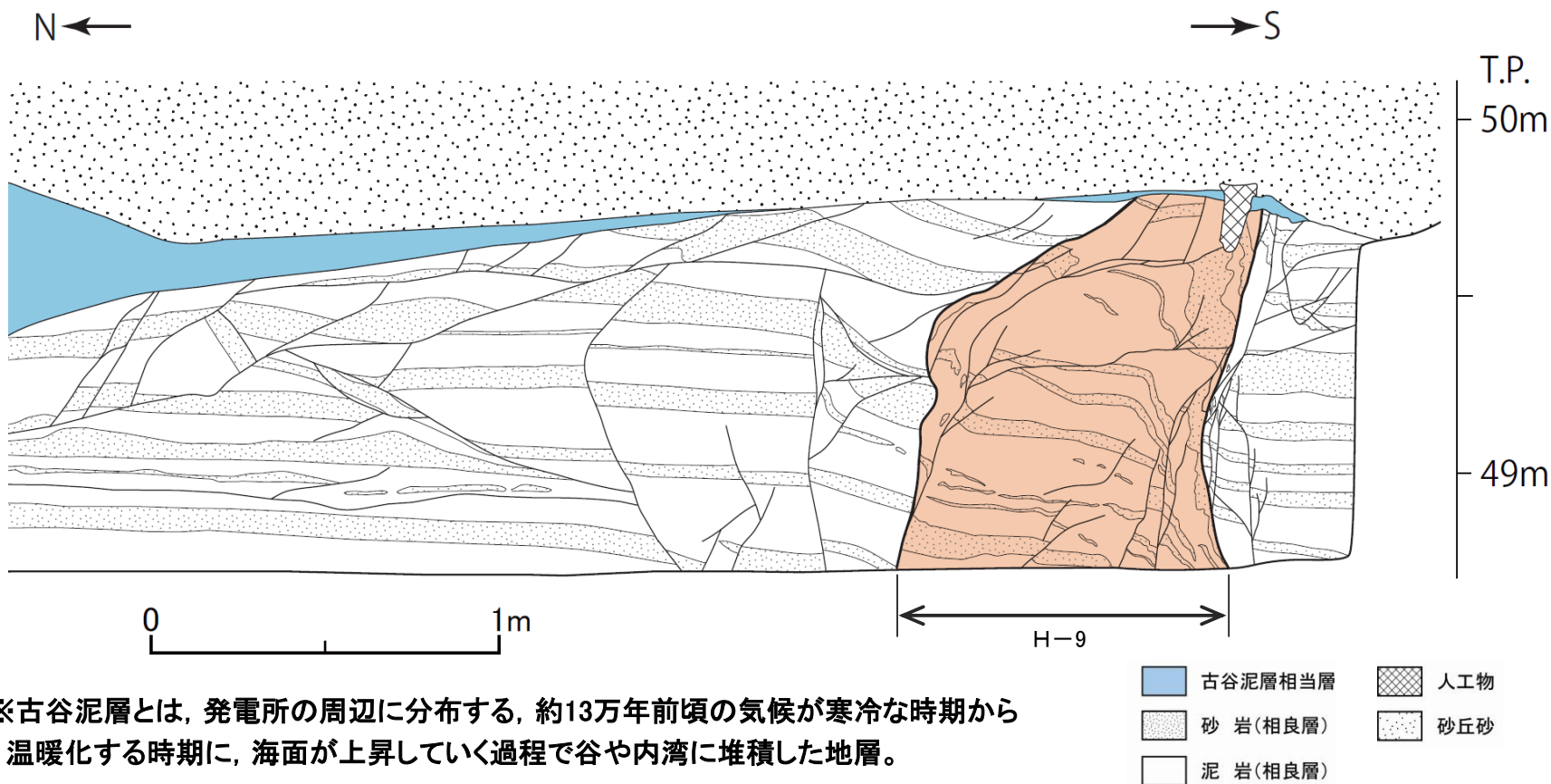
図 H断層系断面図

- 従来推定していた地層のずれが、H断層系およびT-11露頭にみられる地層のずれ(T-11)とほぼ同じ傾斜で平行して等間隔に分布することを確認した。
- 地層のずれには、詳細な観察の結果、地層が堆積してまだ固結していない時期に形成され、さらに地層が固結してからは活動していないことが推察される性状がこれまでと同様に認められた(T-11までをH断層系に含めることとした)。
- 地点④トレンチ1において、H-9を覆う泥層が認められ、その泥層にH-9による変位・変形は認められなかった。H-9を覆う泥層は、古谷泥層（海洋酸素同位体ステージ5e(約13万年前)）に相当すると考えられる。

今回の調査結果を踏まえても、H断層系は少なくとも後期更新世以降における活動はないものと判断される。

データ拡充のための調査 ～地点④トレンチ1～

- 地点④トレンチ1において、H-9とこれを覆う泥層を確認し、この泥層は、H-9により変位・変形を受けていないことを確認した。
- H-9を覆う泥層は、分布高度や地層の観察結果等から古谷泥層※に相当すると考えられる。



※古谷泥層とは、発電所の周辺に分布する、約13万年前頃の気候が寒冷な時期から温暖化する時期に、海面が上昇していく過程で谷や内湾に堆積した地層。

図 H-9のトレンチ1東側壁面のスケッチ(地点④)

データ拡充のための調査 ～H断層系の性状～

- 薄片試料観察等から、断層面近傍の化石に破碎等は認められなかった。

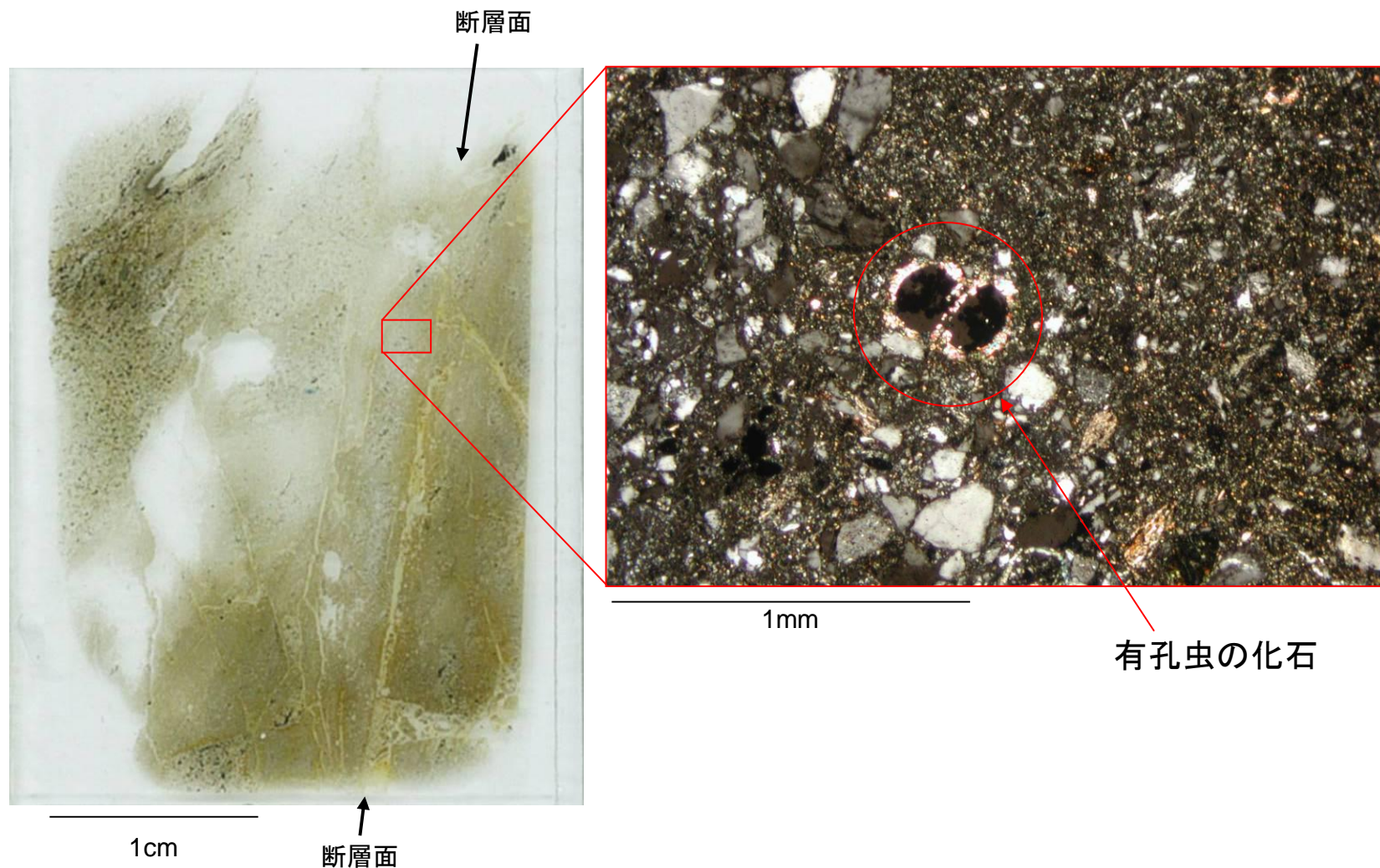


図 H-4の薄片写真(地点⑧)

2. 地震

- 2.1 基準地震動の策定概要
- 2.2 敷地における地震動の増幅特性
- 2.3 内陸地殻内地震の地震動評価
- 2.4 プレート間地震の地震動評価
- 2.5 海洋プレート内地震の地震動評価
- 2.6 地震動の顕著な増幅を踏まえた地震動評価
- 2.7 基準地震動の策定

基準地震動の策定フロー

○内陸地殻内地震, プレート間地震および海洋プレート内地震について不確かさを考慮して地震動評価を行うとともに, 地震動の顕著な増幅を踏まえた地震動評価を行い, 基準地震動を策定した。

敷地周辺で発生する地震に関する調査

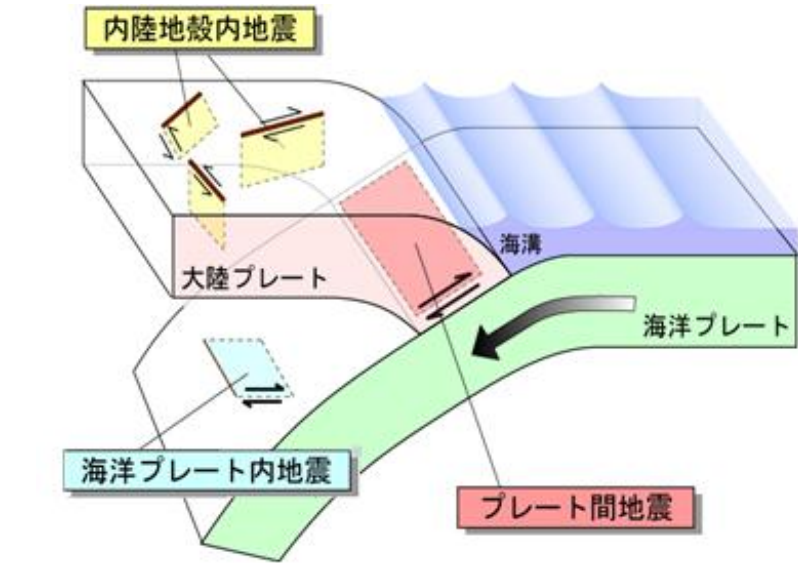
- ・敷地周辺の地震発生様式・地震発生状況
- ・内陸地殻内地震(敷地周辺で考慮する活断層), プレート間地震, 海洋プレート内地震に係る調査

検討用地震の地震動評価

検討用地震を選定し不確かさを考慮した地震動評価, 地震動の顕著な増幅を踏まえた地震動評価を実施

- 内陸地殻内地震
- プレート間地震
- 海洋プレート内地震

顕著な増幅を踏まえた地震動評価

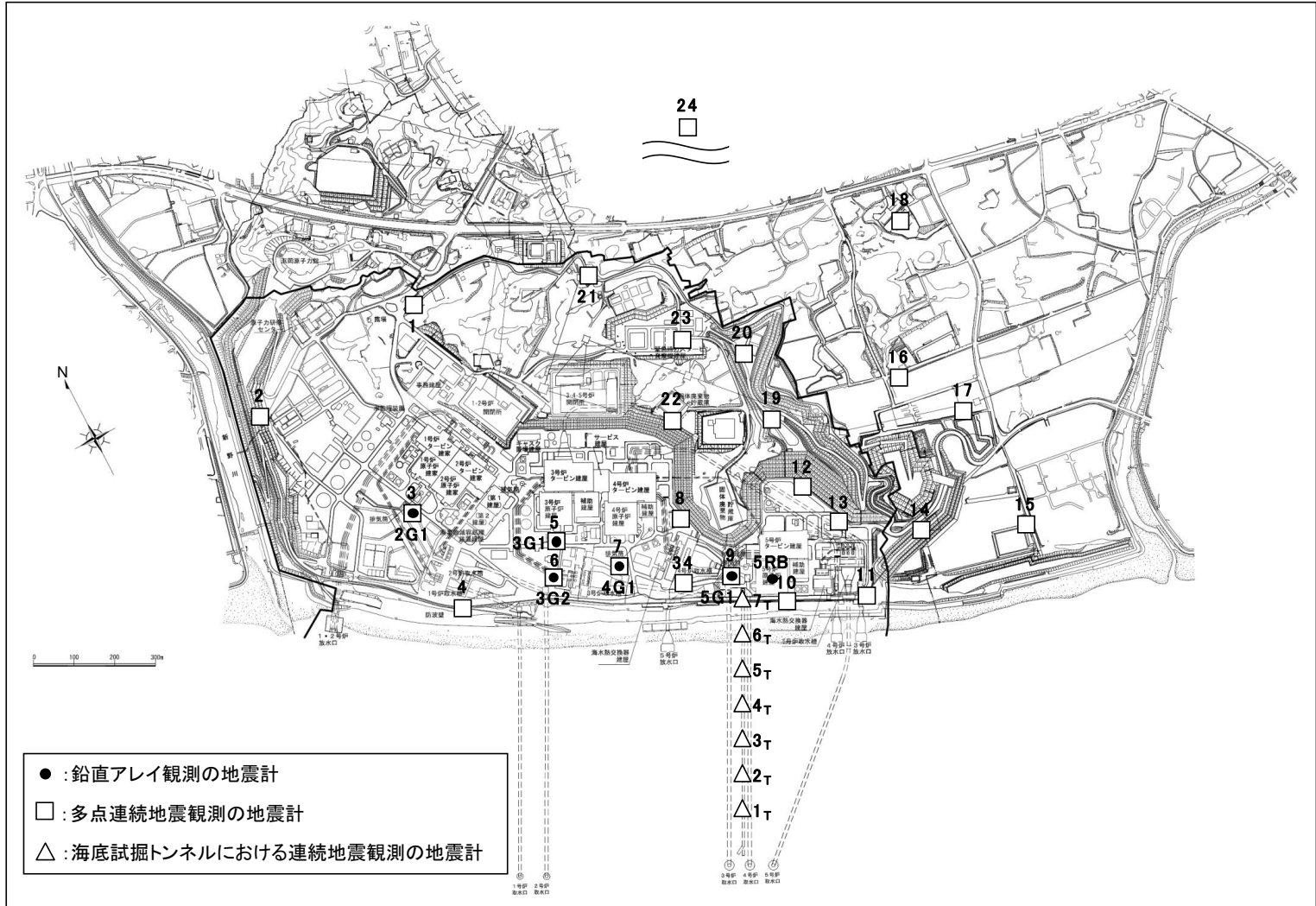


地下構造調査・地震観測等を踏まえた顕著な増幅の地震動評価への反映

基準地震動

地震観測の概要

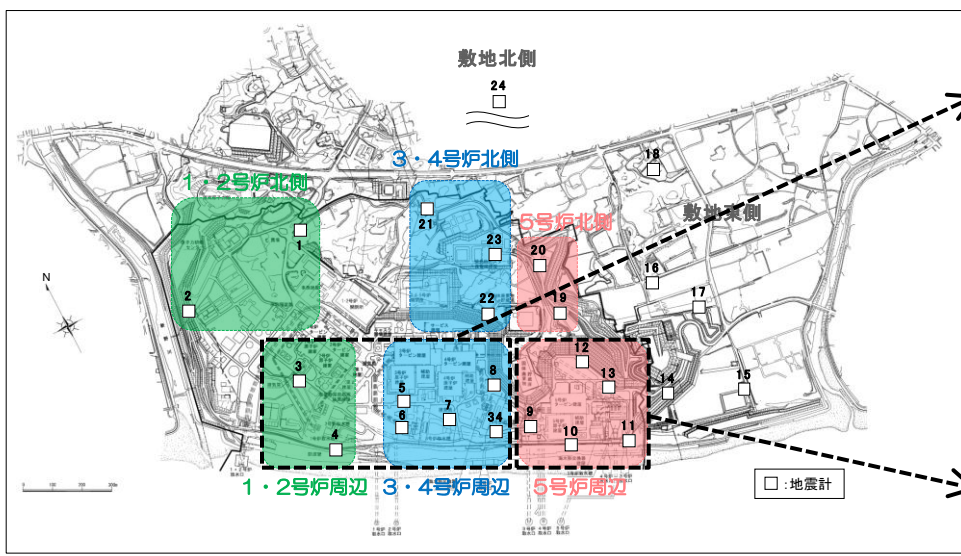
○浜岡原子力発電所では、各号炉周辺における鉛直アレイ観測、敷地全体を対象とした多点連続地震観測及び海底試掘トンネルにおける連続地震観測を行っている。



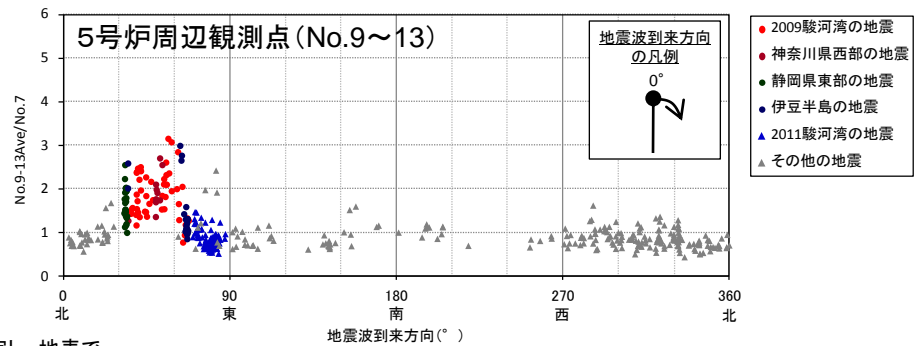
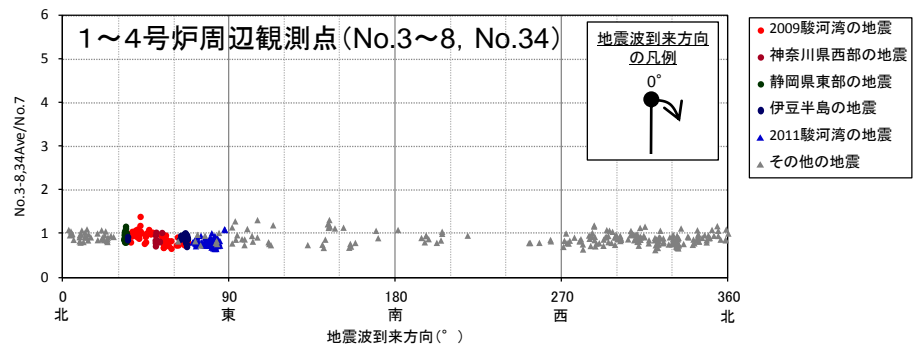
多点連続地震観測における分析結果

(各地震の振幅比(No.7基準)と地震波到来方向との関係)

○5号炉周辺では、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向付近(N30E~N70E)では顕著な増幅が見られるが、その他の地震波到来方向では顕著な増幅は見られない。
 ○1~4号炉周辺では、2009年駿河湾の地震の地震波到来方向を含め、いずれの地震波到来方向でも顕著な増幅は見られない。
 ⇒ S波低速度層による影響の有無によって地震動の増幅特性が異なることにより、敷地の地震観測点は、「地震動の顕著な増幅が見られる観測点」と「地震動の顕著な増幅が見られない観測点」に分かれる。



＜多点連続地震観測における地震計の配置＞



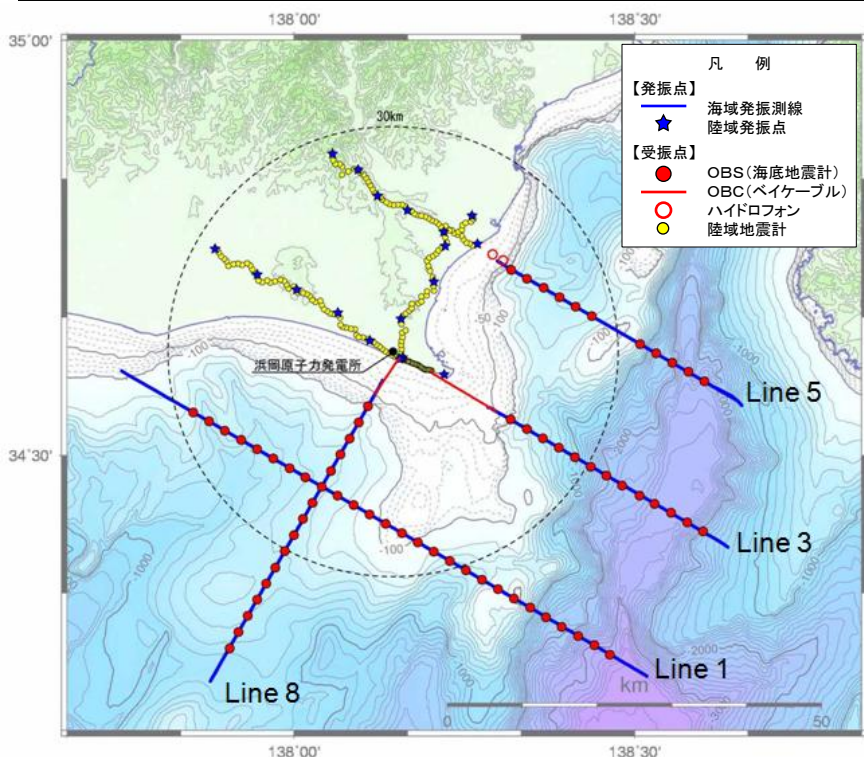
＜多点連続地震観測における分析結果＞

- ・自然地震のフーリエスペクトル比、微動アレイ探査の分散曲線及びボーリングデータを用いて表層地盤を推定し、地表で得られた観測記録からはざとり波を推定する。
- ・推定したざとり波について、No.7に対する各観測点の振幅比を算出し、地震波到来方向毎の地盤増幅特性を検討する。
- ・振幅比の算出は、ざとり波に対し2009年駿河湾の地震で5号炉周辺の顕著な増幅が見られた周期0.2~0.5秒のバンドパスフィルターを施し、時刻歴波形のS波主要動部付近の最大値(水平2方向の平均値)を対象とする。

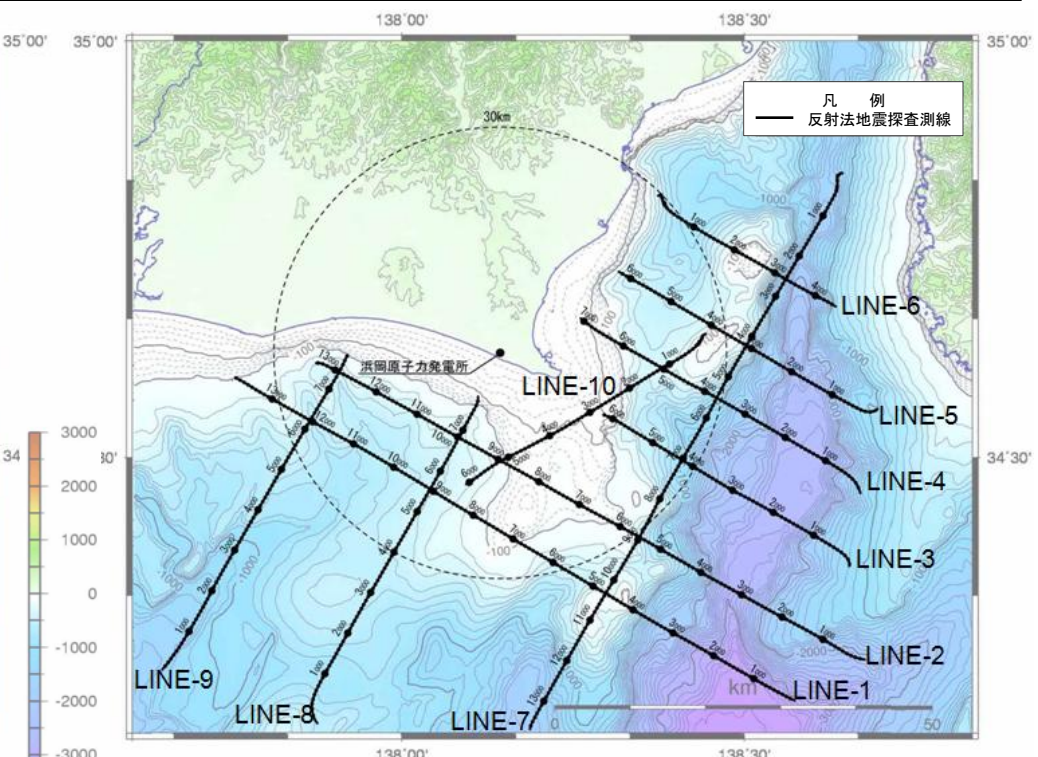
敷地周辺の地下構造調査

○浜岡原子力発電所では、敷地周辺の深部からやや浅部の地盤を対象として、屈折法地震探査、反射法地震探査、大深度ボーリング調査・物理検層を実施している。

- <屈折法地震探査>
 - ・駿河トラフのトラフ軸直交方向約20km間隔の3測線及びこれらの測線と直交し敷地近傍を通る1測線を設定。
- <反射法地震探査(海域部)>
 - ・駿河トラフのトラフ軸直交方向約10km間隔の6測線及びこれらの測線と直交する約20km間隔の3測線並びに御前崎海脚を横断する1測線を設定。



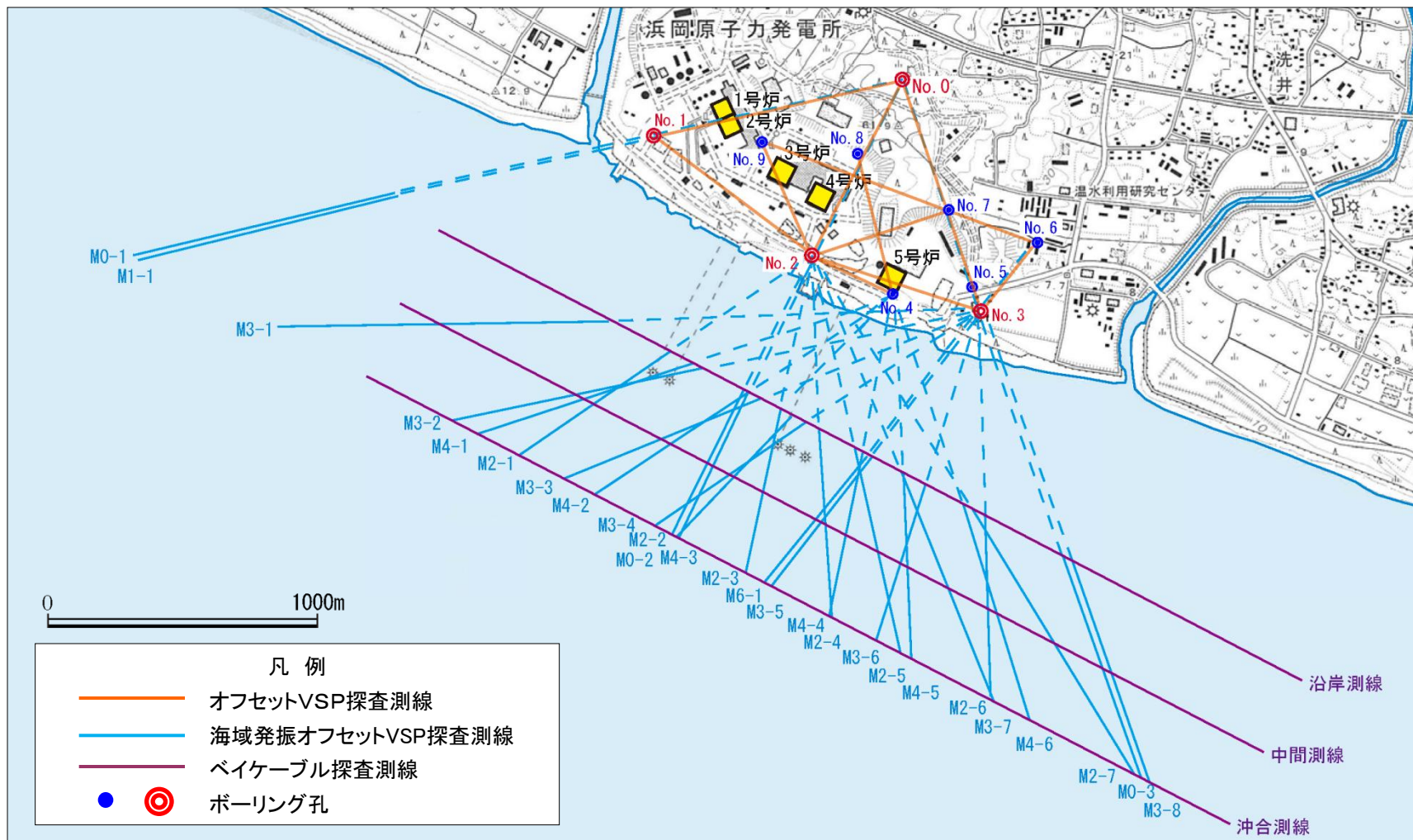
(屈折法地震探査測線)



(反射法地震探査測線)

敷地近傍の地下構造調査

○浜岡原子力発電所では、敷地近傍の浅部地盤を対象として地下構造調査を実施している。



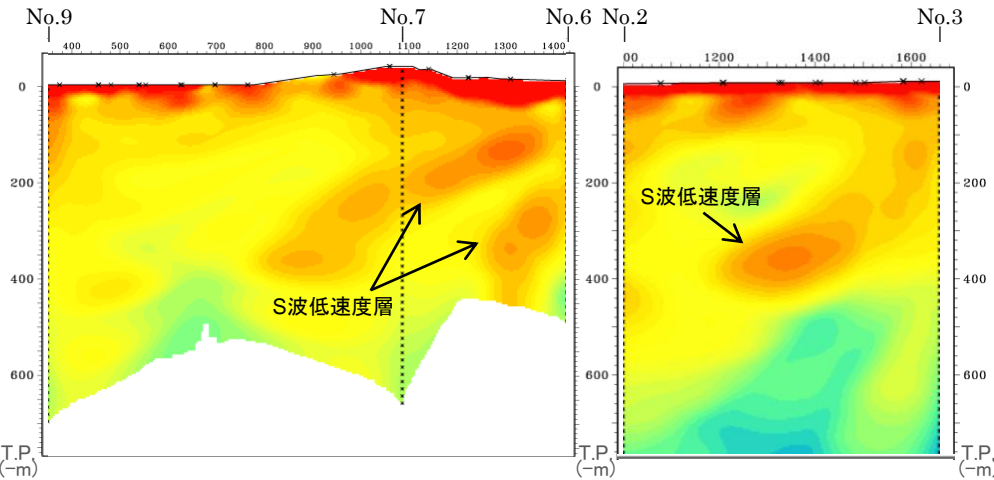
<敷地近傍の地下構造調査の例>

敷地近傍の地下構造調査結果

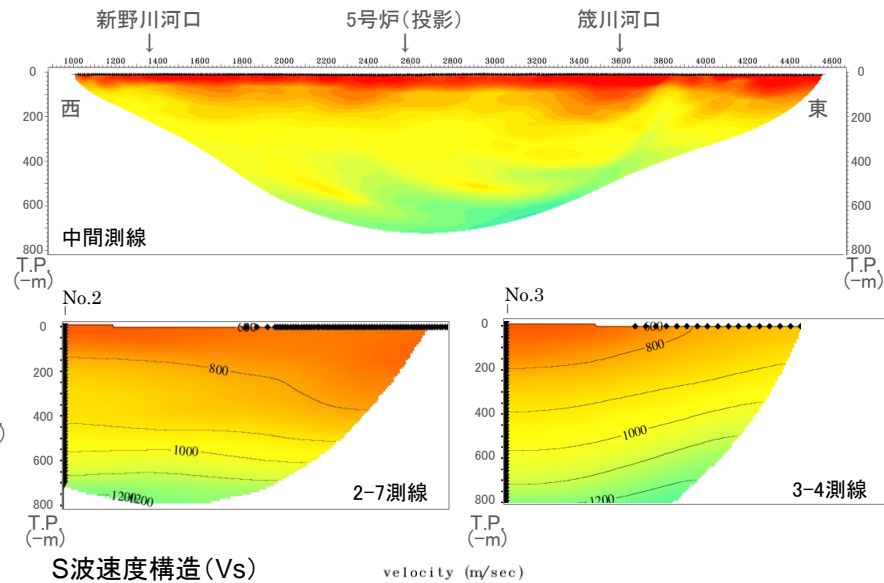
○敷地東側では周囲に比べて顕著にS波速度が低下した構造（S波低速度層）が確認される。敷地西側では同様の構造は確認されず、概ね深度方向に漸増する速度構造となっている。

○敷地前面海域において、河川の河口延長部にあたる海域では速度のやや遅い領域が浅部に見られるが、それ以外は概ね深度方向に漸増する速度構造となっている。

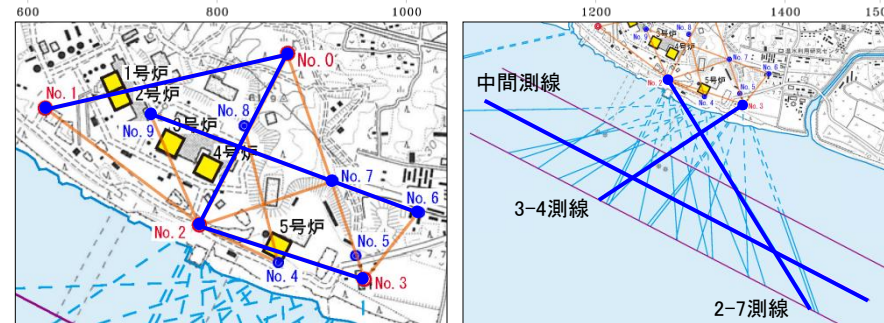
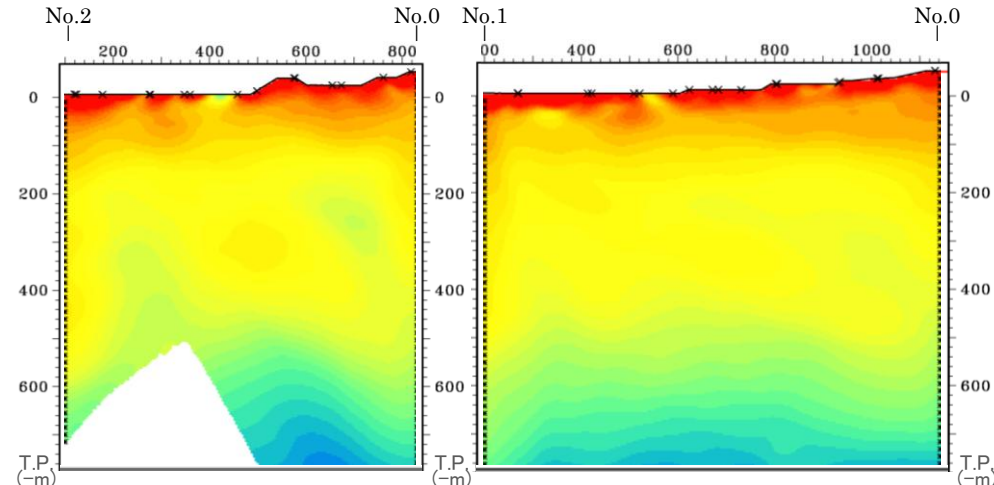
・敷地東側のS波速度構造（オフセットVSP探査）



・敷地前面海域のS波速度構造（ベイケーブル探査, 海域発振オフセットVSP探査）

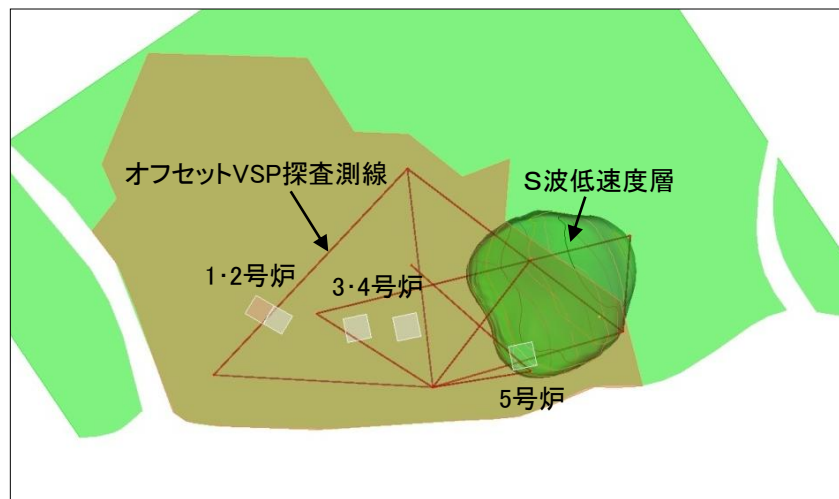


・敷地西側のS波速度構造（オフセットVSP探査）

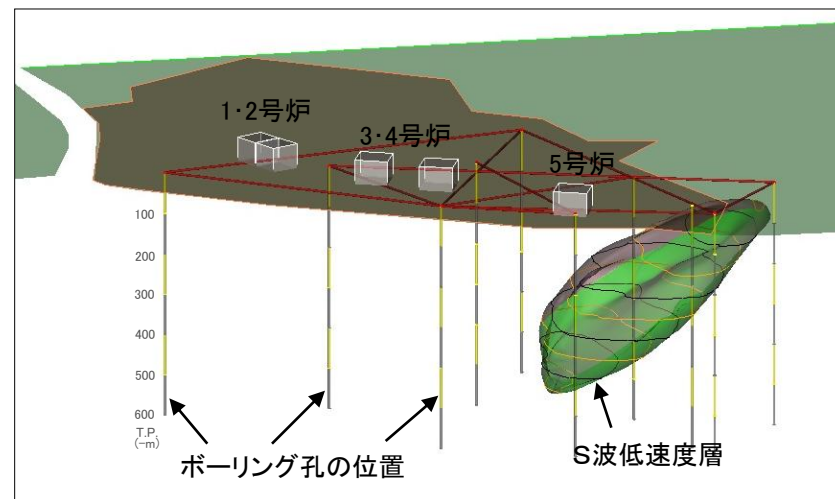


S波低速度層の分布図

- 敷地近傍の地下構造調査結果によると、S波低速度層は敷地東側に分布し、敷地西側及び海側には分布していない。
- この調査結果に基づき敷地近傍の地質・地質構造を参考に推定したS波低速度層の分布図によると、S波低速度層は5号炉から北東方向にかけて、深さ数百mの浅部に局所的に分布していると考えられる。



平面分布図

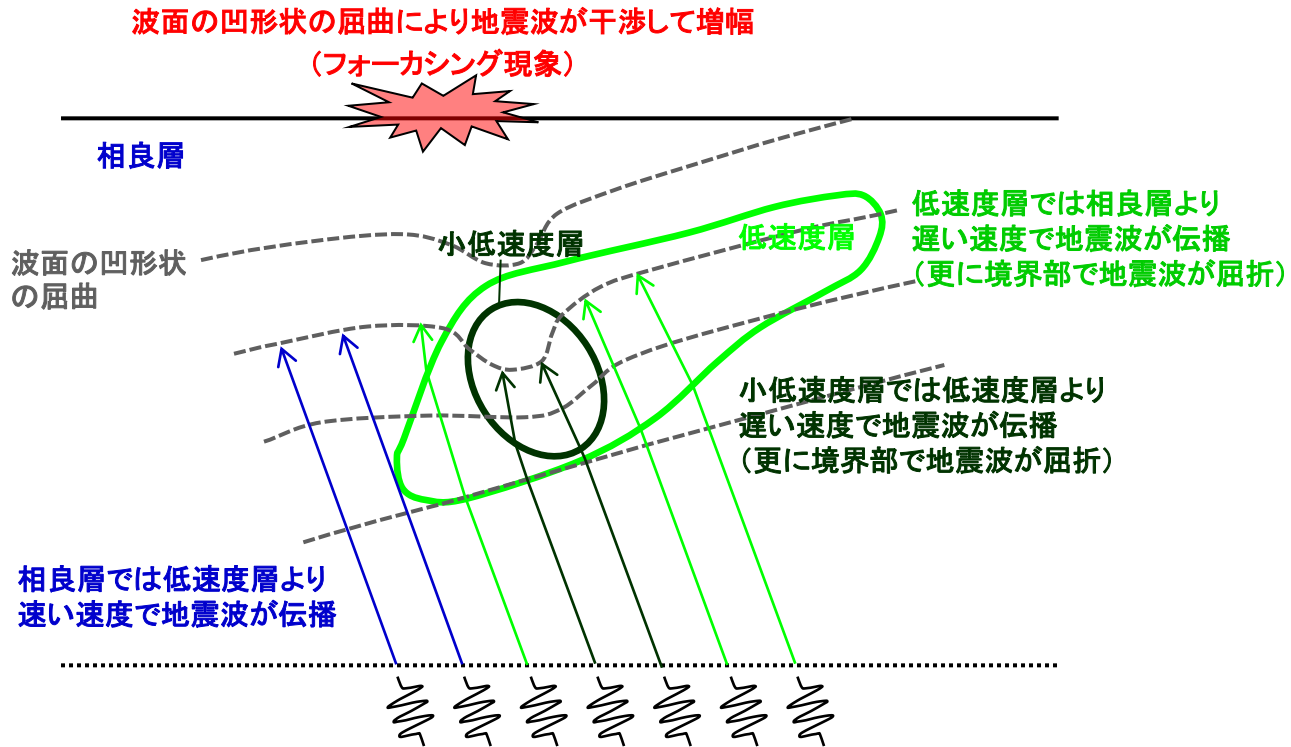


鳥瞰図

<S波低速度層の分布図>

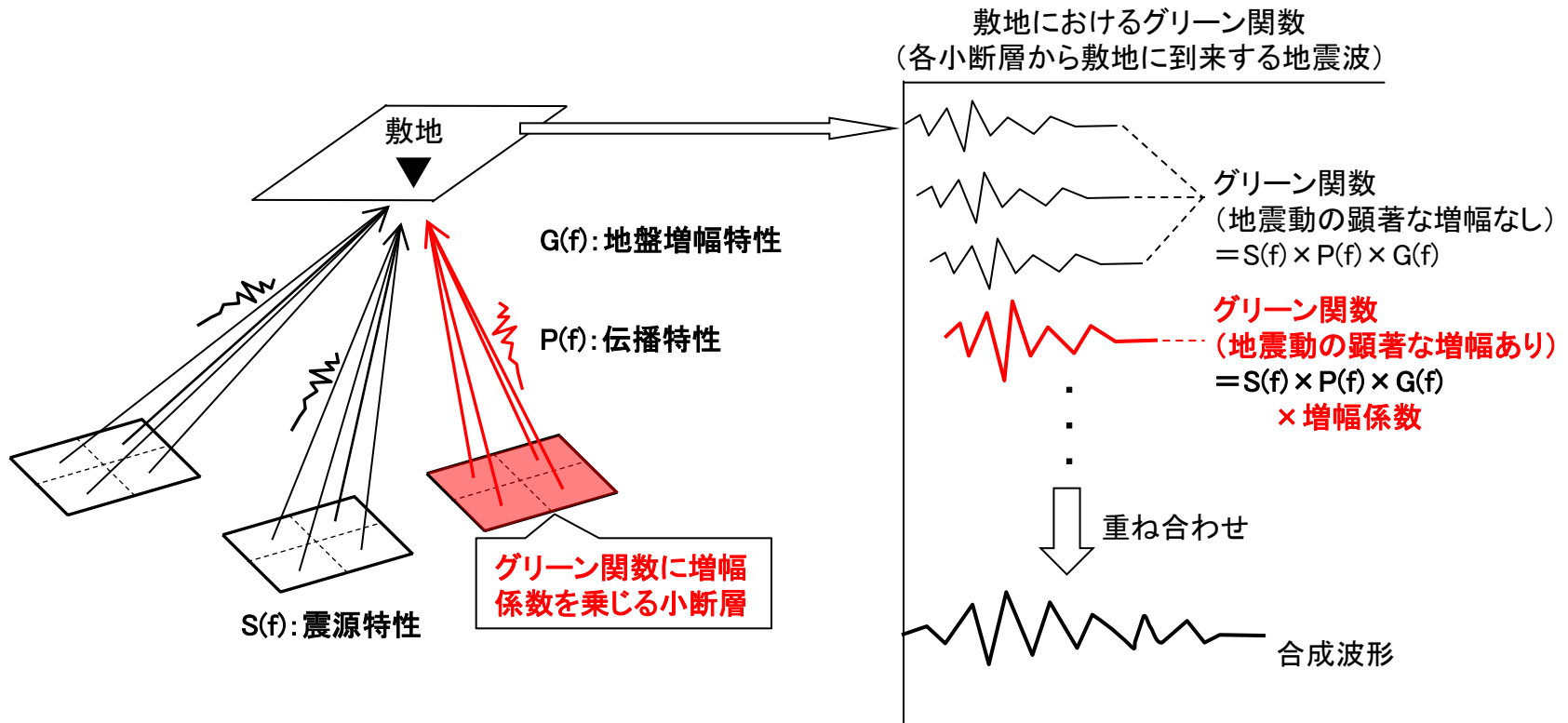
5号炉周辺の地震動の増幅メカニズム

○下方から伝播する地震波は、低速度層、小低速度層それぞれの境界部で屈折するとともに、それぞれの層内の伝播速度が異なることにより、その波面が凹形状に屈曲する。この波面の凹形状の屈曲により地震波が干渉して増幅するフォーカシング現象が5号炉周辺の地震動の増幅メカニズムと考えられる。



地震動評価への反映方法

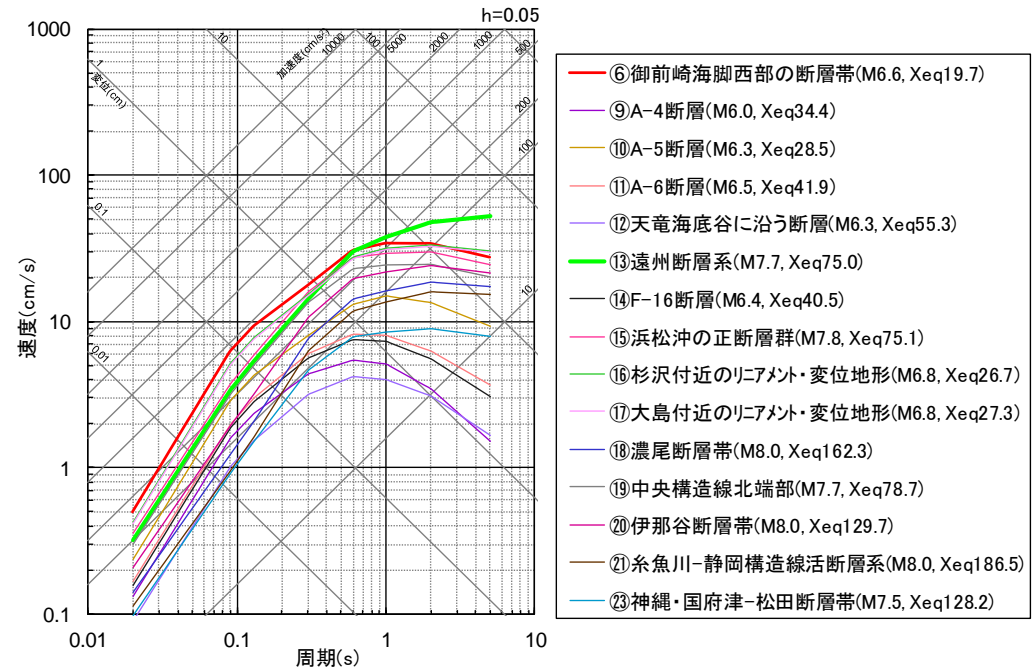
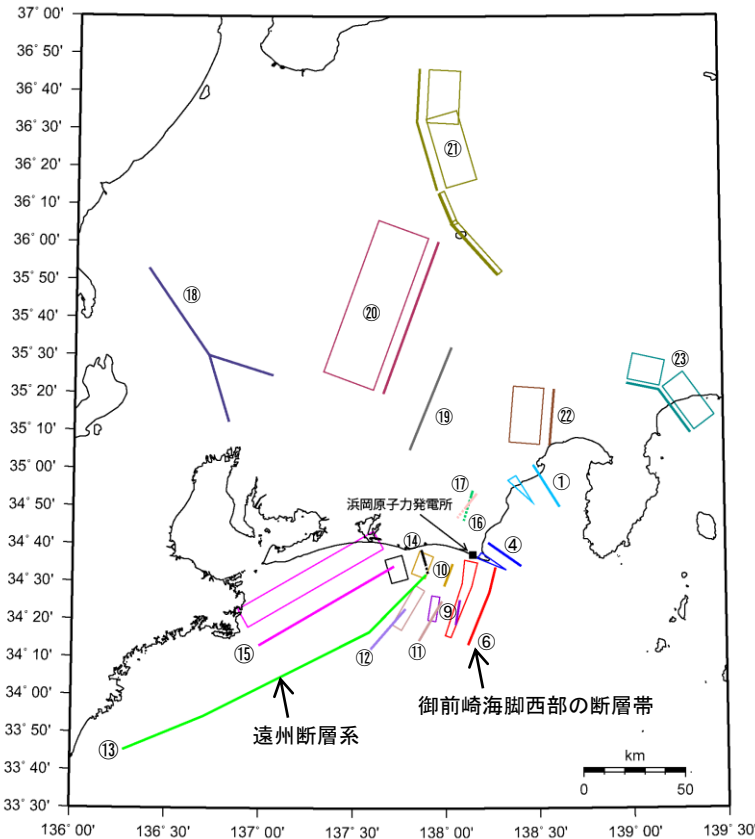
- 地震動の顕著な増幅が見られる観測点では、S波低速度層の影響により、特定の到来方向の地震波のみに顕著な増幅が見られることから、このような増幅特性を地震動評価へ反映する際には、このことを考慮できる断層モデルを用いた手法を重視する。
- 地震動の顕著な増幅は、統計的グリーン関数法において算定するグリーン関数(震源特性 $S(f)$ ×伝播特性 $P(f)$ ×地盤増幅特性 $G(f)$)に増幅係数を乗じることで地震動評価に反映する。
- 増幅係数については、地震観測記録の特徴や再現性の検討等を踏まえ設定し、グリーン関数に増幅係数を乗じる小断層については、地震動の顕著な増幅が見られた地震波到来方向を踏まえ設定する。



<地震動の顕著な増幅の地震動評価への反映方法の概要(統計的グリーン関数法)>

2.3 内陸地殻内地震の地震動評価 検討用地震の選定

○敷地周辺で考慮する活断層のうち、Noda et al.(2002)による応答スペクトルの比較により、敷地への影響が大きいと考えられる「御前崎海脚西部の断層帯による地震」及び「遠州断層系による地震」を内陸地殻内地震の検討用地震として選定する。



＜Noda et al.(2002)による応答スペクトルの比較＞
(内陸地殻内地震)

①根古屋海脚東縁・石花海堆東縁の断層帯、④御前崎海脚東部の断層帯、⑥御前崎海脚西部の断層帯、⑨A-4断層、⑩A-5断層、⑪A-6断層、⑫天竜海底部に沿う断層、⑬遠州断層系、⑭F-16断層、⑮浜松沖の正断層群、⑯杉沢付近のリニアメント・変位地形、⑰大島付近のリニアメント・変位地形、⑱濃尾断層帯、⑲中央構造線北端部、⑳伊那谷断層帯、㉑糸魚川-静岡構造線活断層系、㉒富士川河口断層帯、㉓神縄-国府津-松田断層帯

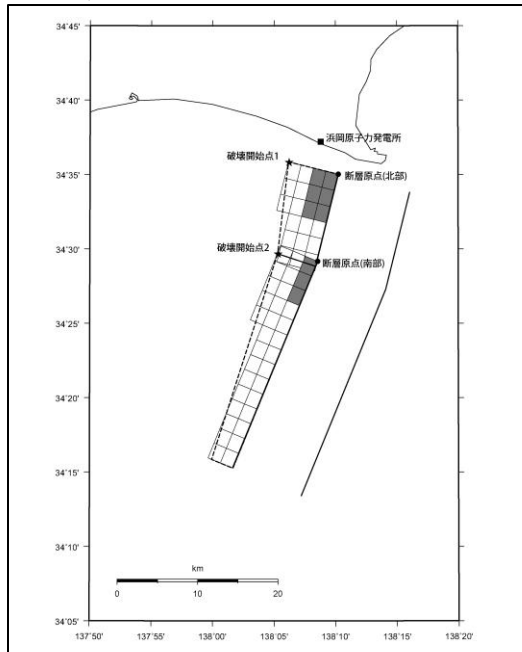
＜敷地周辺の考慮する活断層＞

2.3 内陸地殻内地震の地震動評価 震源モデルの設定

- 基本震源モデルは地質調査結果及び強震動予測レシピに基づき設定する。
- 不確かさを考慮した震源モデルの設定に係る方針(不確かさ考慮の方針)として、地震動評価に支配的なパラメータと考えられる強震動生成域の応力降下量及び位置の不確かさと破壊開始点の不確かさを同時に考慮することとし、その他のパラメータについては、必要に応じてその影響を確認することとする(後述するプレート間地震、海洋プレート内地震についても同様)。

<「御前崎海脚西部の断層帯による地震」の例>

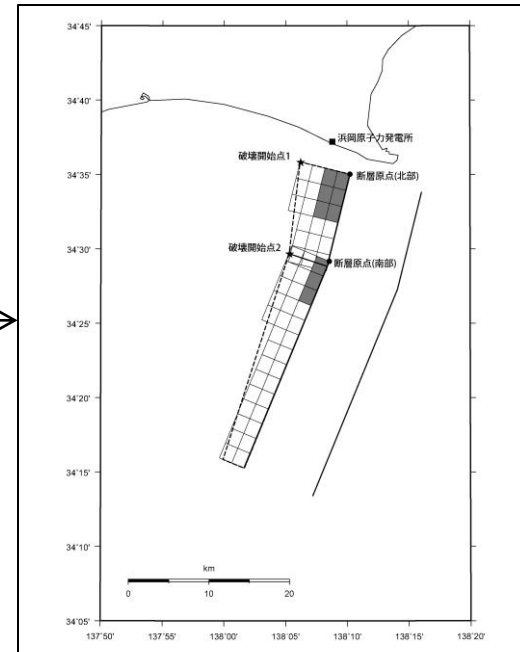
基本震源モデル



- ・強震動生成域の位置: 敷地に近い位置に設定
- ・破壊開始点: 破壊の伝播方向が敷地に向かうよう複数設定

⇒強震動生成域の位置、破壊開始点の不確かさを予め考慮

強震動生成域の応力降下量の
不確かさを考慮した震源モデル



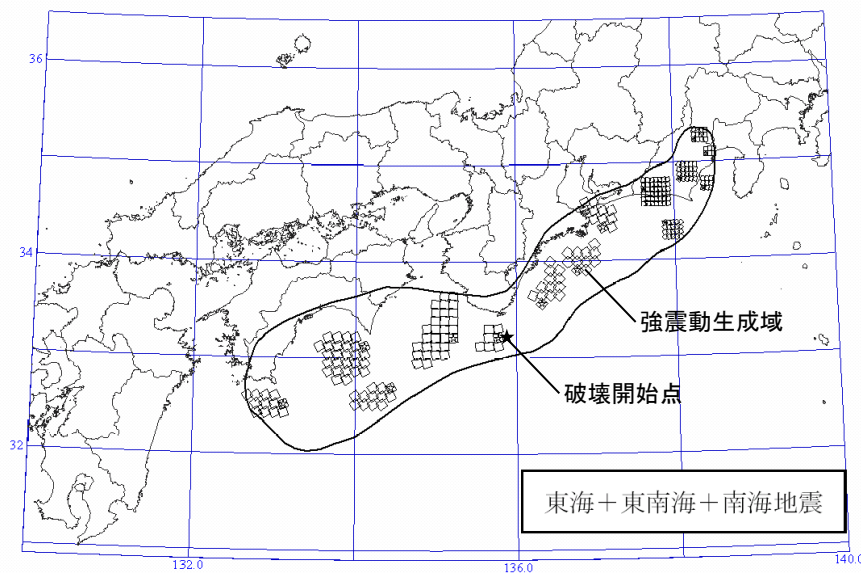
- ・強震動生成域の応力降下量
: 14.86MPa(基本) ⇒ 22.29MPa
(新潟県中越沖地震の知見反映)

⇒その他、地震発生層の不確かさを考慮

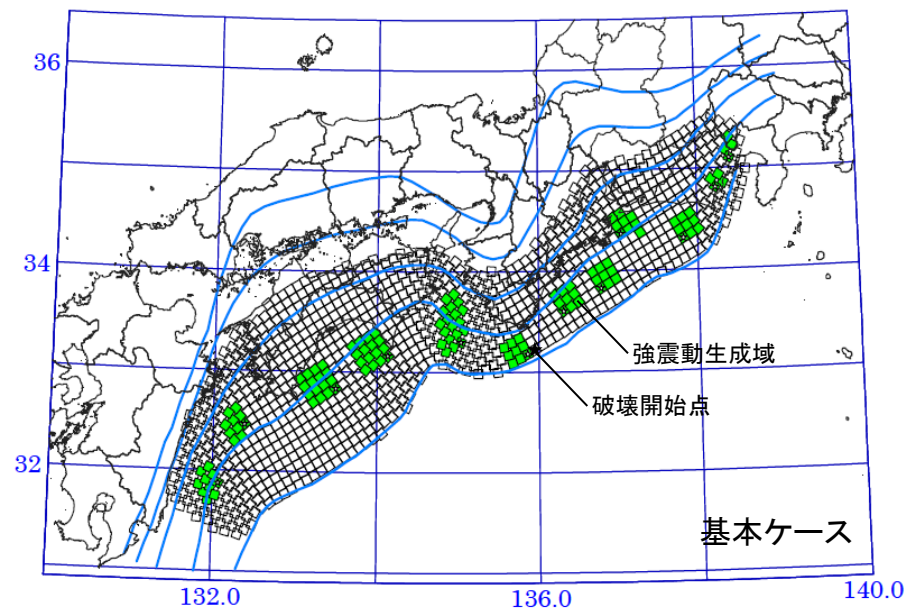
不確かさ考慮

検討用地震の選定

- 中央防災会議の「東南海、南海地震等に関する専門調査会(2003)」等による想定東海・東南海・南海地震(Mw8.7)等の強震断層モデルは、南海トラフで発生した過去の地震時(1707年宝永地震, 1854年安政東海地震及び1944年東南海地震等)の被害実態との比較検討等を踏まえ設定されている。
- 内閣府の「南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012)」による強震断層モデル(Mw9.0)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として設定されている。
- ⇒安全評価上、「南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012)」による南海トラフで想定される最大クラスの地震を検討用地震として選定する。



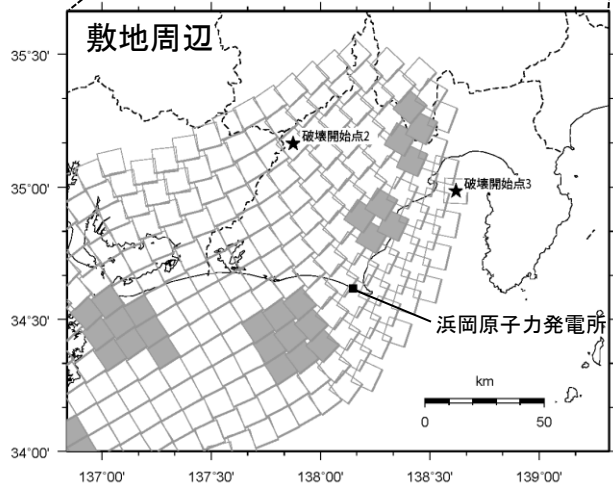
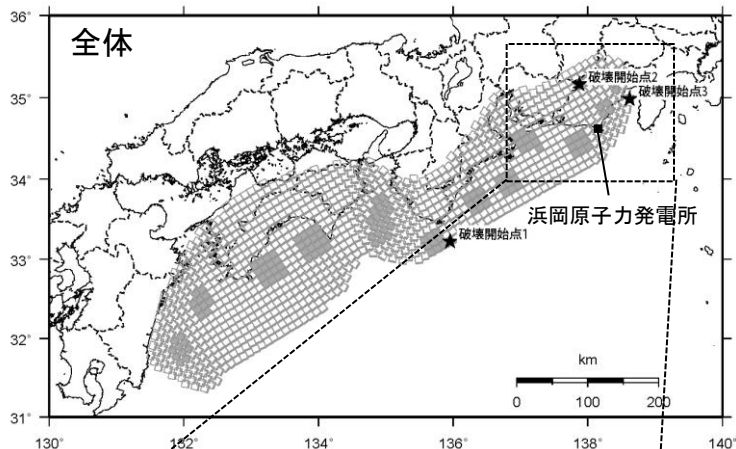
<想定東海・東南海・南海地震の強震断層モデル>
(東南海, 南海地震等に関する専門調査会(2003))



<南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル>
(南海トラフの巨大地震モデル検討会(2012))

基本震源モデルの設定

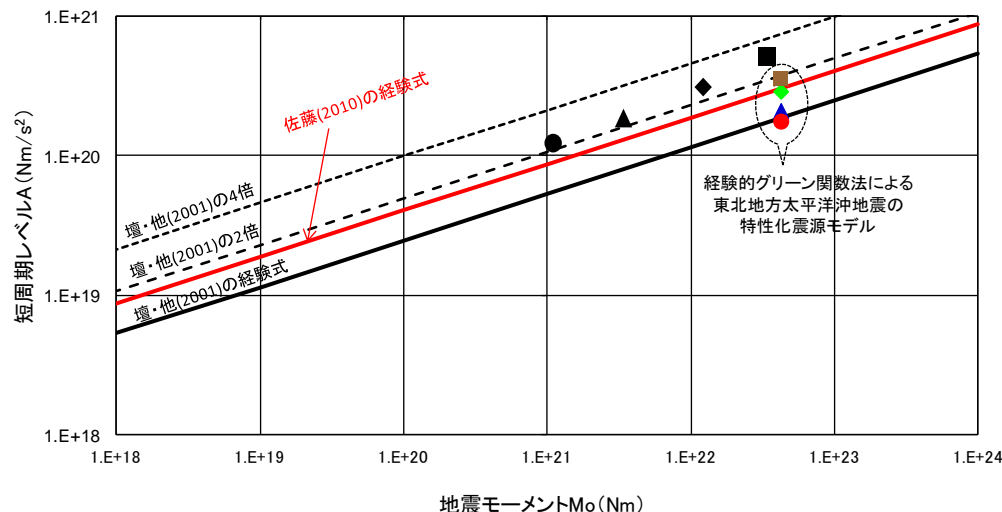
○基本震源モデルには南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル(南海トラフ最大クラス地震モデル(基本ケース, 東側ケース, 西側ケース, 陸側ケース))のうち, 過去の地震における強震動生成域の概ねの位置を踏まえ設定された基本ケースを用いる。



＜南海トラフ最大クラス地震モデル(基本ケース)＞

- ・短周期レベルについて, 東北地方太平洋沖地震が壇・他(2001)の経験式による値の1~2倍程度であるのに対し, 南海トラフ最大クラス地震モデル(基本ケース)は壇・他(2001)の経験式による値の3倍程度。
- ・破壊開始点について, 当社が新たに設定した2箇所を含め, 破壊の伝播方向が敷地に向かうよう複数設定。

- 想定東海地震の強震断層モデル(中央防災会議(2001))
- ▲ 想定東海・東南海地震の強震断層モデル(中央防災会議(2003))
- ◆ 想定東海・東南海・南海地震の強震断層モデル(中央防災会議(2003))
- 南海トラフで想定される最大クラスの地震の強震断層モデル(内閣府(2012))



＜プレート間地震の M_0 -A関係＞

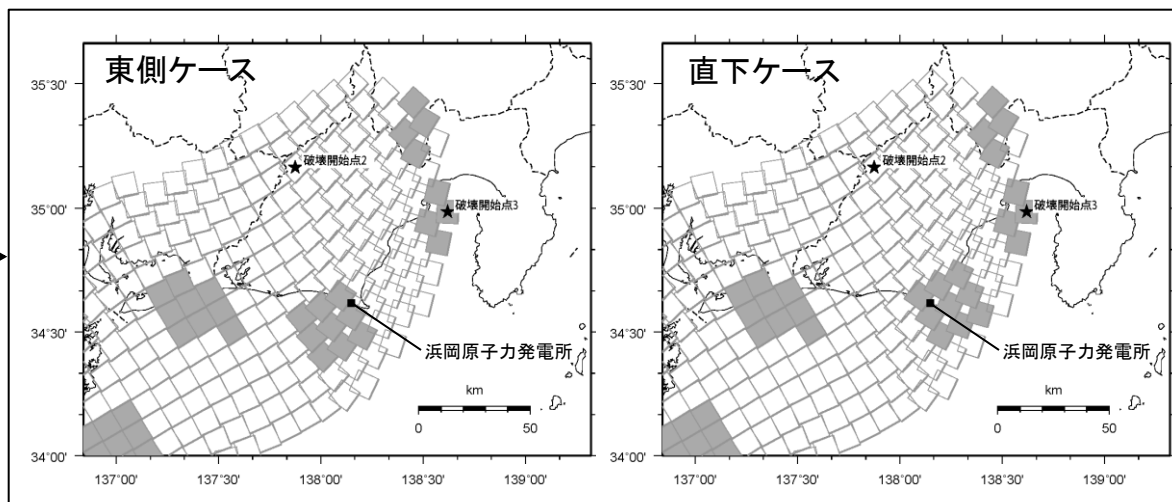
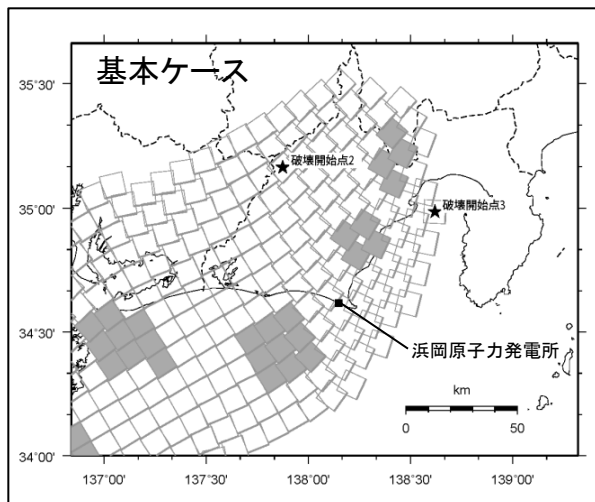
＜南海トラフ最大クラス地震モデル(基本ケース)＞

不確かさを考慮した震源モデルの設定

- 南海トラフ最大クラス地震モデル(基本ケース)は、前述のとおり、強震動生成域の応力降下量及び破壊開始点の不確かさを考慮していると位置づけられる。
- 不確かさ考慮の方針を踏まえ、強震動生成域の位置の不確かさとして、強震動生成域を敷地下方に設定した南海トラフ最大クラス地震モデルの東側ケース及び直下ケースを考慮する。

基本震源モデル

強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル



不確かさ考慮

- ・強震動生成域の位置
:過去の地震における強震動生成域の概ねの位置を踏まえ設定(基本) ⇒ 敷地下方

その他、プレート間地震と活断層との関連に係る不確かさを考慮

- ・強震動生成域の応力降下量: 34~46MPa
(東北地方太平洋沖地震: 平均24MPa, 平均+σ32MPa)
- ・破壊開始点: 破壊の伝播方向が敷地に向かうよう複数設定
- ・地震規模: 震源領域の広がりについて南海トラフで想定される最大クラスの地震として設定

⇒ 強震動生成域の応力降下量, 破壊開始点, 地震規模の不確かさを予め考慮

<不確かさを考慮した震源モデルの設定>

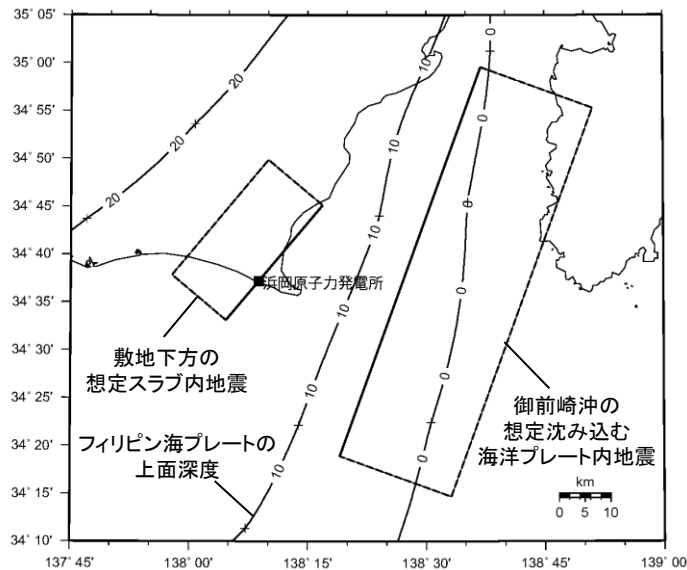
2.5 海洋プレート内地震の地震動評価 検討用地震の選定

○沈み込む海洋プレート内地震(御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震)と沈み込んだ海洋プレート内地震(敷地下方の想定スラブ内地震)の震源モデルをそれぞれ想定し, Noda et al.(2002)による応答スペクトルの比較により, 敷地への影響が大きいと考えられる「敷地下方の想定スラブ内地震」を検討用地震として選定する。

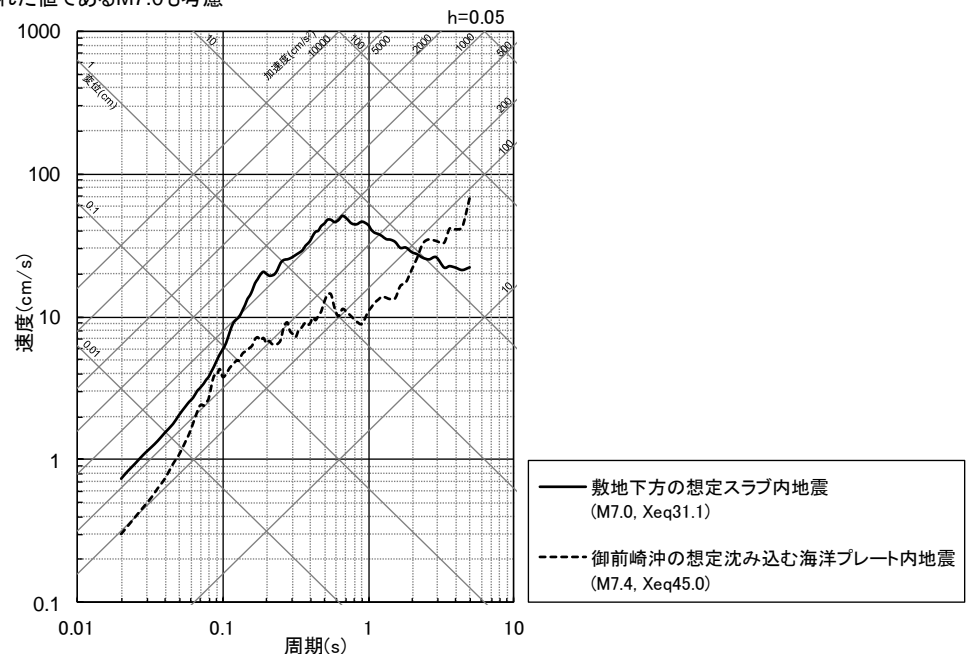
	御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震	敷地下方の想定スラブ内地震
震源位置	トラフ軸沿いの敷地に最も近い位置	敷地下方
地震規模	M7.4※ ¹	M7.0※ ²
Noda et al.(2002)による 応答スペクトルの補正係数	2004年紀伊半島南東沖の地震の観測記録	4つの沈み込んだ海洋プレート内地震の 観測記録

※1: フィリピン海プレート(領域1)で沈み込む海洋プレート内地震の最大の値にあたる2004年紀伊半島南東沖の地震のM7.4を考慮

※2: フィリピン海プレート(領域1)で沈み込んだ海洋プレート内地震の最大の値にあたる1819年伊勢・美濃・近江の地震等のM6.9に加え, 1854年安政東海地震の最大余震であり, 震源が敷地に比較的近い1855年遠州灘の地震の海洋プレート内地震として再評価された値であるM7.0も考慮



＜「御前崎沖の想定沈み込む海洋プレート内地震」及び
「敷地下方の想定スラブ内地震」の震源位置＞

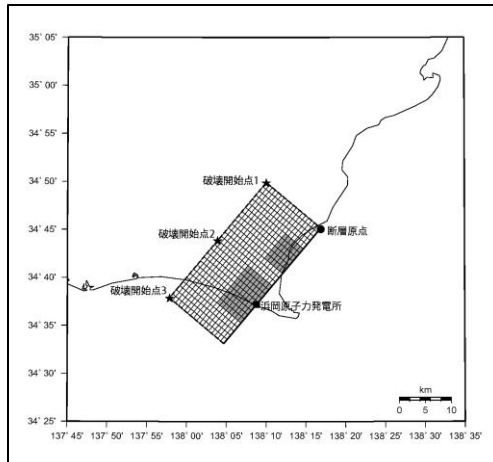


＜Noda et al.(2002)による応答スペクトルの比較＞

2.5 海洋プレート内地震の地震動評価 震源モデルの設定

- 「敷地下方の想定スラブ内地震」の基本震源モデルの設定に際して、地震モーメントのスケーリングを考慮して、2009年駿河湾の地震の震源特性を反映する。
- 不確かさ考慮の方針を踏まえ、強震動生成域の応力降下量の不確かさとして、基本震源モデルの震源特性に反映した2009年駿河湾の地震(沈み込んだ海洋プレート内の浅い地震)とは異なる震源特性(沈み込んだ海洋プレート内の深い地震)を考慮する。

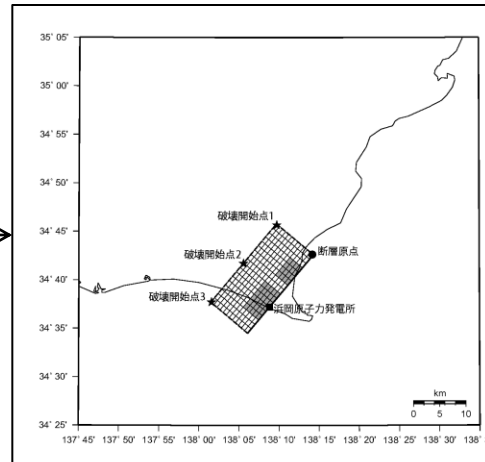
基本震源モデル



- ・震源断層の位置: 敷地下方
- ・強震動生成域の位置: 震源断層の上端
- ・破壊開始点: 破壊の伝播方向が敷地に向かうよう複数設定
- ・地震規模: 沈み込んだ海洋プレート内地震に加え、1855年遠州灘の地震の再評価Mも考慮して設定

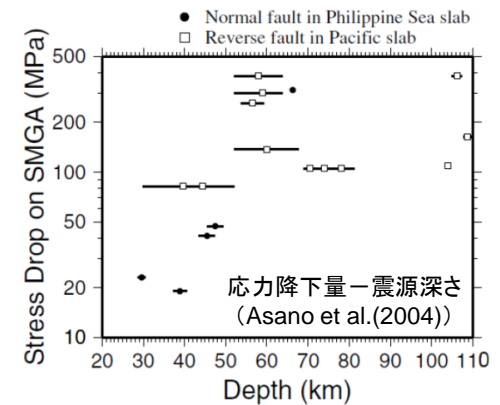
⇒ **強震動生成域の位置, 破壊開始点,**
地震規模の不確かさを予め考慮

強震動生成域の応力降下量の
不確かさを考慮した震源モデル



- ・強震動生成域の応力降下量
: 30.71MPa (基本) ⇒ 77.98MPa
(笹谷・他(2006)に基づき設定)

その他, 強震動生成域の数, 断層傾斜角の不確かさを考慮

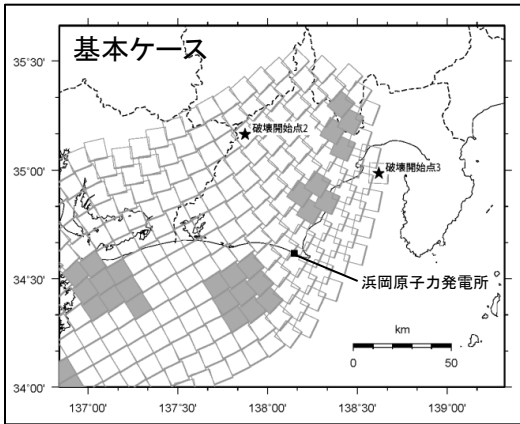


<不確かさを考慮した震源モデルの設定>

2.6 地震動の顕著な増幅を踏まえた地震動評価

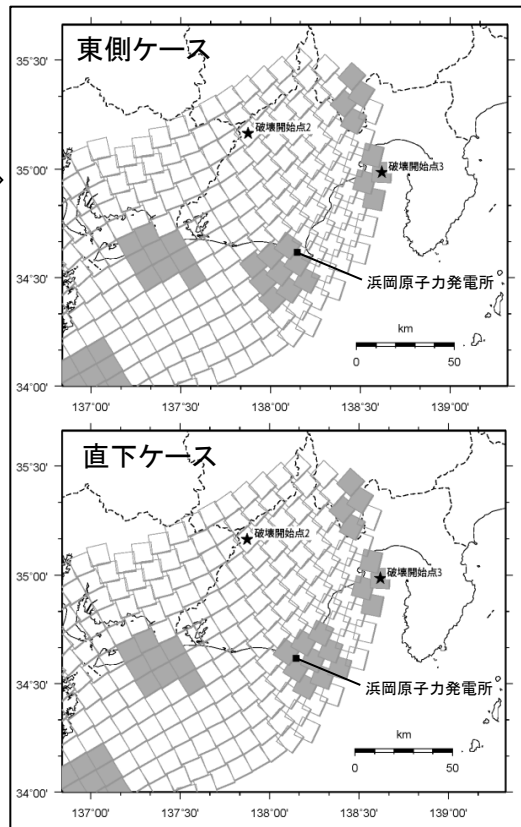
○プレート間地震の地震動評価において、敷地への影響が最も大きいケースは、強震動生成域の応力降下量及び位置の不確かさと破壊開始点の不確かさを同時に考慮した震源モデル(不確かさ考慮の方針)であり、このケースに基づき、地震動の顕著な増幅を地震動評価に反映する。

基本震源モデル



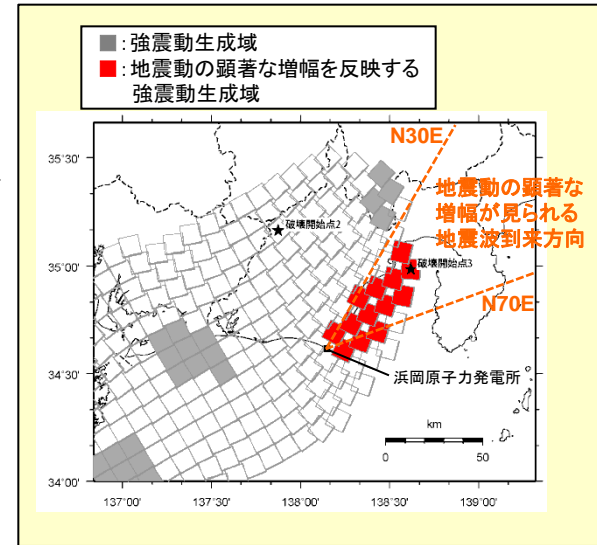
強震動生成域を敷地下方に設定

強震動生成域の位置の不確かさを考慮した震源モデル※



※強震動生成域の応力降下量及び位置の不確かさと破壊開始点の不確かさを同時に考慮

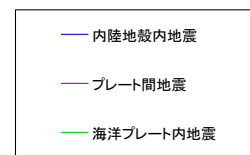
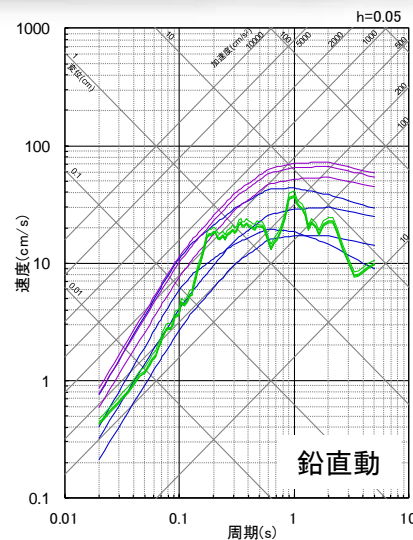
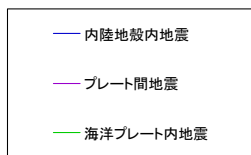
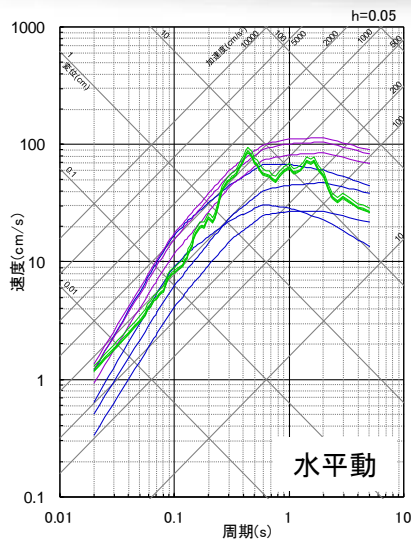
地震動の顕著な増幅を反映した震源モデル



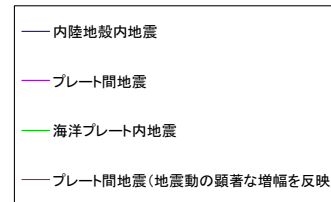
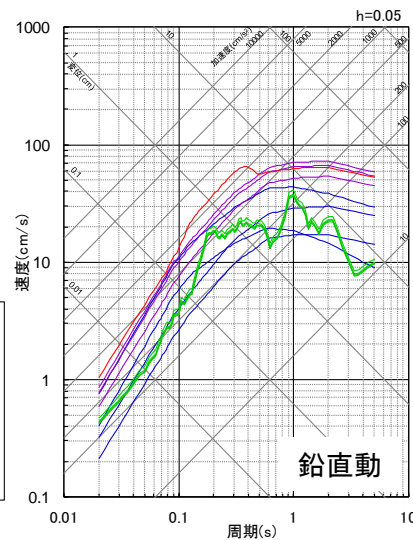
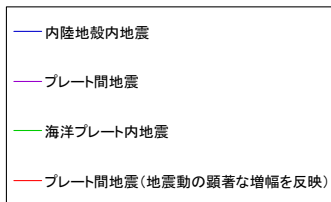
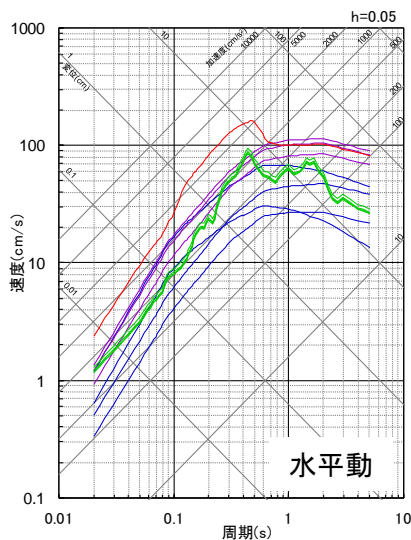
敷地下方から駿河湾の地震の地震波到来方向にかけて強震動生成域を集約

- ・強震動生成域(■)のグリーン関数に増幅係数を乗じることにより、地震動の顕著な増幅を地震動評価に反映。
- ・海洋プレート内地震については、プレート間地震と同様の考え方に基づき、地震動の顕著な増幅を反映した地震動評価を行う。内陸地殻内地震については、検討用地震の位置関係を踏まえ、地震動の顕著な増幅を反映しない。

<地震動の顕著な増幅を踏まえた震源モデルの設定(プレート間地震)>



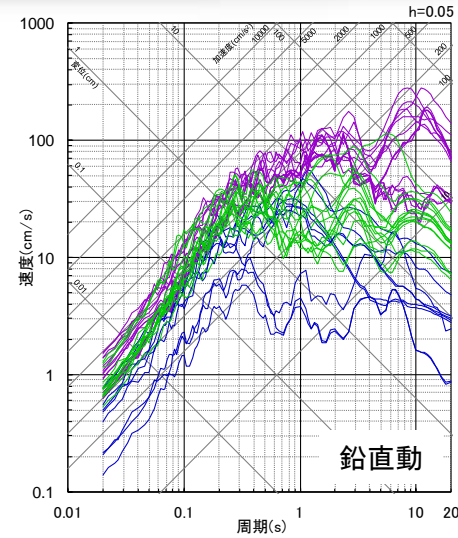
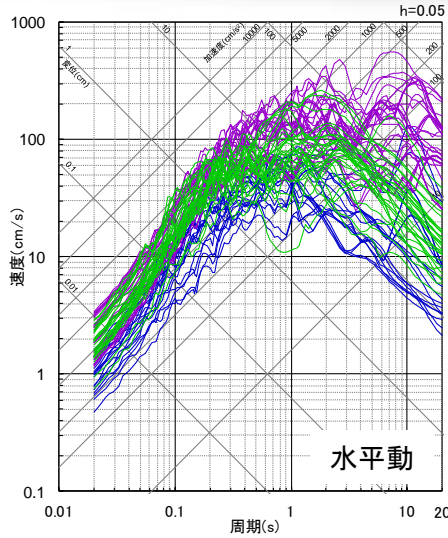
<地震動の顕著な増幅が見られない観測点>



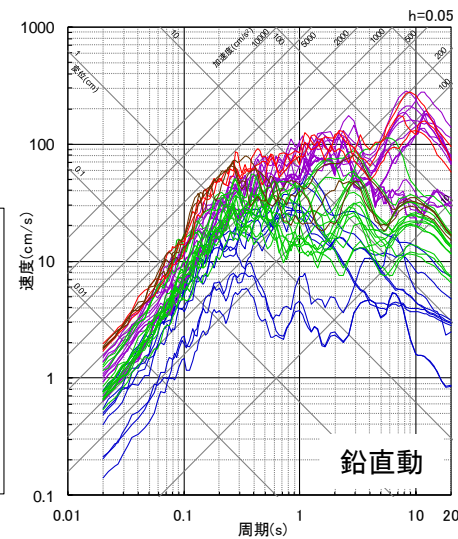
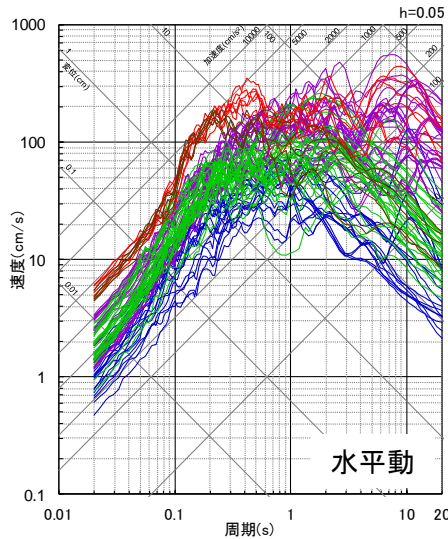
<地震動の顕著な増幅が見られる観測点>

2.7 基準地震動の策定

検討用地震の断層モデルを用いた手法による地震動評価結果



<地震動の顕著な増幅が見られない観測点>



<地震動の顕著な増幅が見られる観測点>

基準地震動Ss1及びSs2

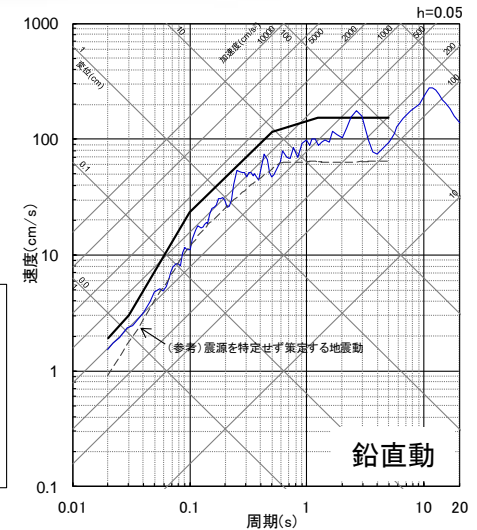
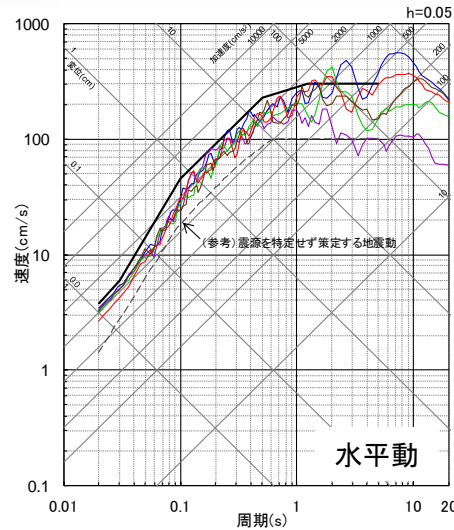
○敷地における異なる地震動の増幅特性を考慮して、地震動の顕著な増幅が見られない観測点に係る基準地震動Ss1及び地震動の顕著な増幅が見られる観測点に係る基準地震動Ss2をそれぞれ策定する。

<基準地震動Ss1>

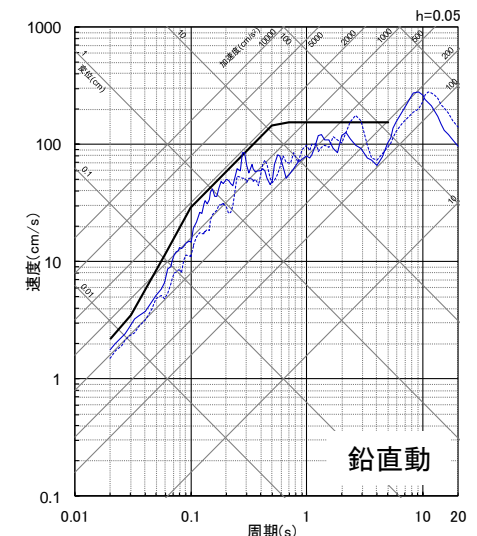
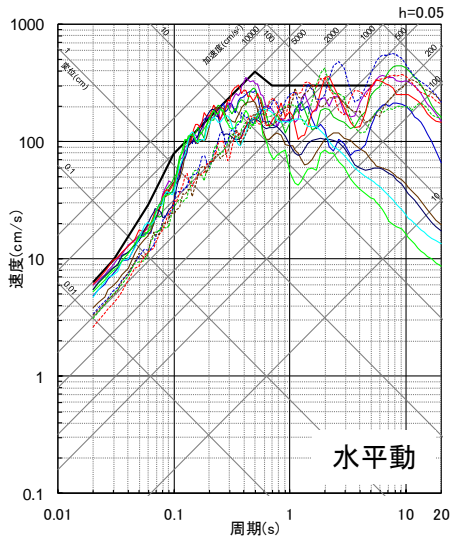
- ・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss1
 - ...Ss1-D_H, Ss1-D_V
- ・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss1
 - ...Ss1-1_H~Ss1-5_H, Ss1-1_V

<基準地震動Ss2>

- ・応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ss2
 - ...Ss2-D_H, Ss2-D_V
- ・断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss2
 - ...Ss2-1_H~Ss2-12_H, Ss2-1_V~Ss2-2_V



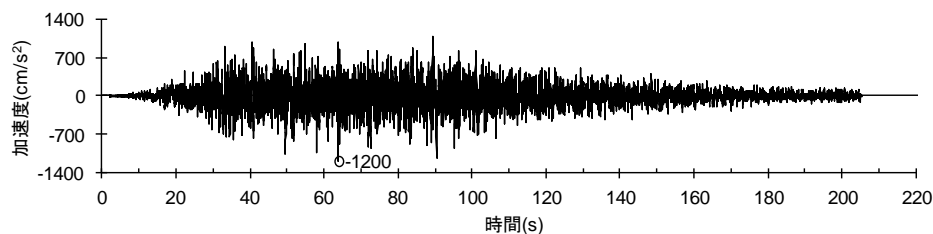
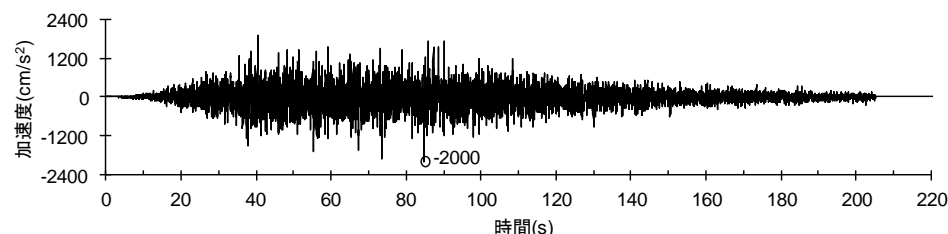
<基準地震動Ss1>



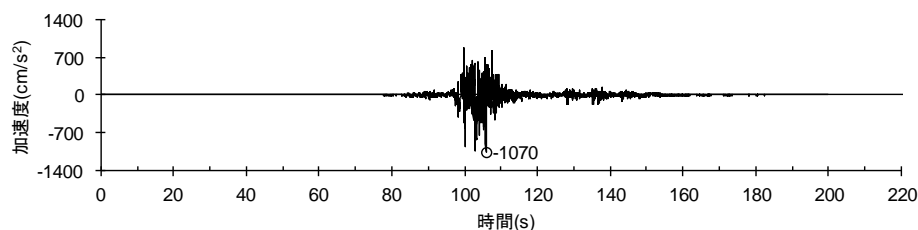
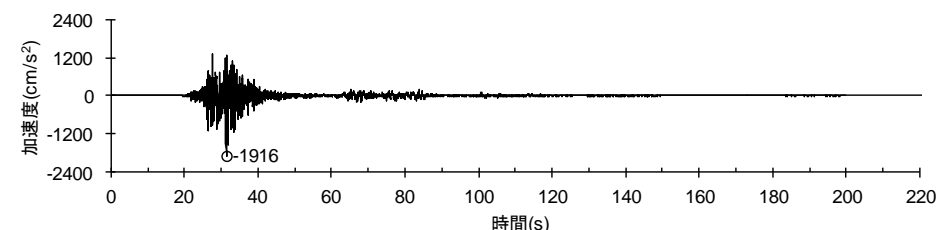
<基準地震動Ss2>

・「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトル(加藤・他(2004))は基準地震動Ss1-Dに包絡されるため、この応答スペクトルで代表する

○応答スペクトルに基づく手法による基準地震動および断層モデルを用いた手法による基準地震動の加速度時刻歴波形のうち水平動の例を以下に記載。

Ss1-D_H(水平動)Ss2-D_H(水平動)

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動

Ss1-1_H(水平動)^{※1}Ss2-4_H(水平動)^{※2}

断層モデルを用いた手法による基準地震動

※1: 南海トラフ最大クラス地震モデル(東側ケース), 破壊開始点1 EW

※2: 地震動の顕著な増幅を反映したプレート間地震の断層モデル, 破壊開始点3 EW

3. 原子炉建屋基礎地盤及び 周辺斜面の安定性評価

3.1 原子炉建屋基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

3.1 原子炉建屋基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価

【4号炉原子炉建屋基礎地盤の安定性評価】

地震力に対する安定性評価結果

基準地震動を用いた動的解析の結果、評価基準値を満足していることを確認。

評価項目	評価値	評価基準値
すべり安全率	4.6	1.5以上
基礎の支持力	1.3 N/mm ²	21.1 N/mm ² 以下
基礎底面の傾斜	1/8,400	1/2,000以下

【周辺斜面の安定性評価】

評価斜面の選定

耐震重要度分類Sクラス施設に近接する斜面である、4号炉取水槽の北側斜面を選定。

地震力に対する安定性評価結果

基準地震動を用いた動的解析の結果、評価基準値を満足していることを確認。

評価項目	評価値	評価基準値
すべり安全率	3.1	1.2以上

