

# 柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

## 基準地震動の策定について

---

平成29年6月13日

東京電力ホールディングス株式会社

---

## まとめ資料

# 目次

1. 概要	P. 2
2. 敷地周辺の地震発生状況	P. 6
3. 活断層の分布状況	P. 12
4. 地震の分類	P. 15
5. 敷地における地震波の増幅特性	P. 21
6. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	P. 57
7. 震源を特定せず策定する地震動	P.136
8. 基準地震動の策定	P.144
9. 基準地震動の超過確率参照	P.156

※敷地における解放基盤表面以深の地震波の伝播特性は差異が認められるため、地震波の著しい増幅が認められる1号炉を含む領域を『荒浜側』とし、地震波の顕著な増幅が認められない5号炉を含む領域を『大湊側』とする。なお、荒浜側においては特に顕著な増幅が著しいことを確認の上で1号炉を、大湊側においては5号炉～7号炉で差異が認められないことを確認の上で5号炉を代表させて地震動評価を行うこととしている。

※安田層下部層のMIS10～MIS7とMIS6の境界付近の堆積物については、本資料では『古安田層』と仮称する。

※七谷層の下位に広く分布している、玄武岩質～安山岩質～流紋岩質の火山岩及び火山砕屑岩を主体とする地層については、天然ガス鉱業会ほか編（1992）による『グリーンタフ』の名称を使用する。

※平成28年4月以前に実施した地質調査に関する図においては、一部、旧社名（「東京電力（株）」）で表記。

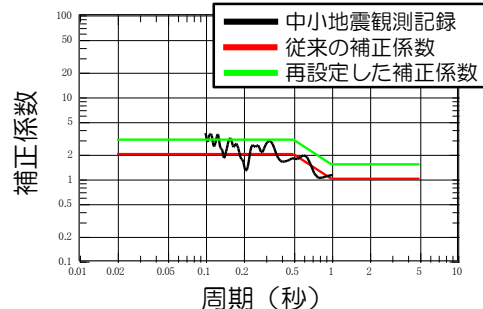
# ① F-B断層による地震の断層モデルを用いた評価

- F-B断層を対象とした荒浜側の評価の過程で用いる補正係数に関して、説明性を向上させるための検討を実施。
- 検討の結果を反映し、NS方向とUD方向の補正係数を見直したことにより、荒浜側のSs-2のNS方向・UD方向を変更。

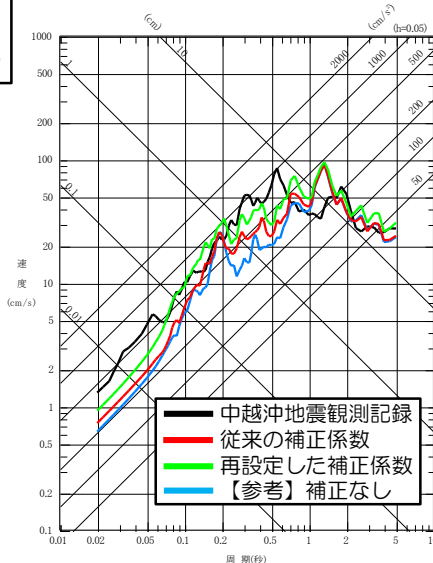
## 説明性を向上させるための検討内容 (UD方向の例)

- 中小地震の観測記録から算定される荒浜側と大湊側の伝播特性の比と整合するよう補正係数を再設定し、中越沖地震のシミュレーション解析により観測記録の再現性が向上することを確認。

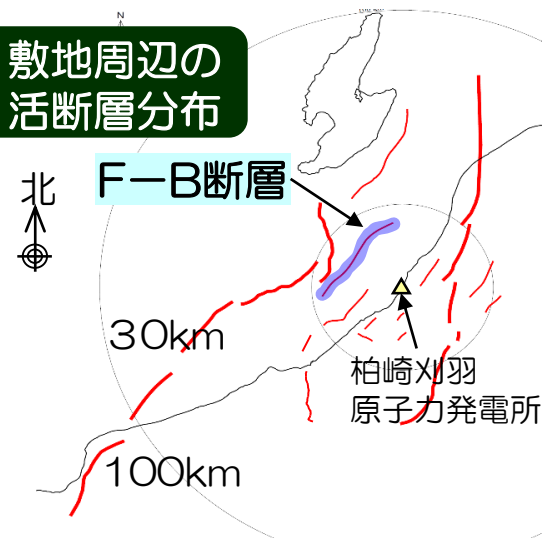
### 中小地震の観測記録による伝播特性の比と補正係数



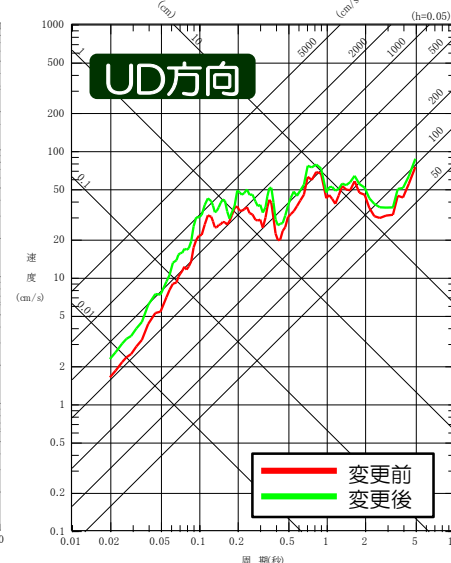
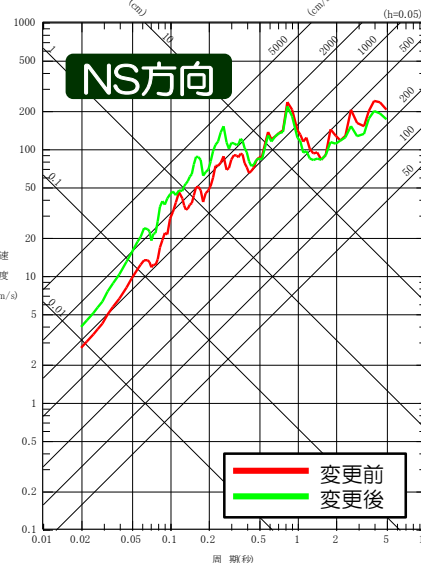
### 中越沖地震のシミュレーション解析結果 (一号炉原子炉建屋基礎版上)



### 敷地周辺の活断層分布



### 基準地震動 Ss-2の再評価



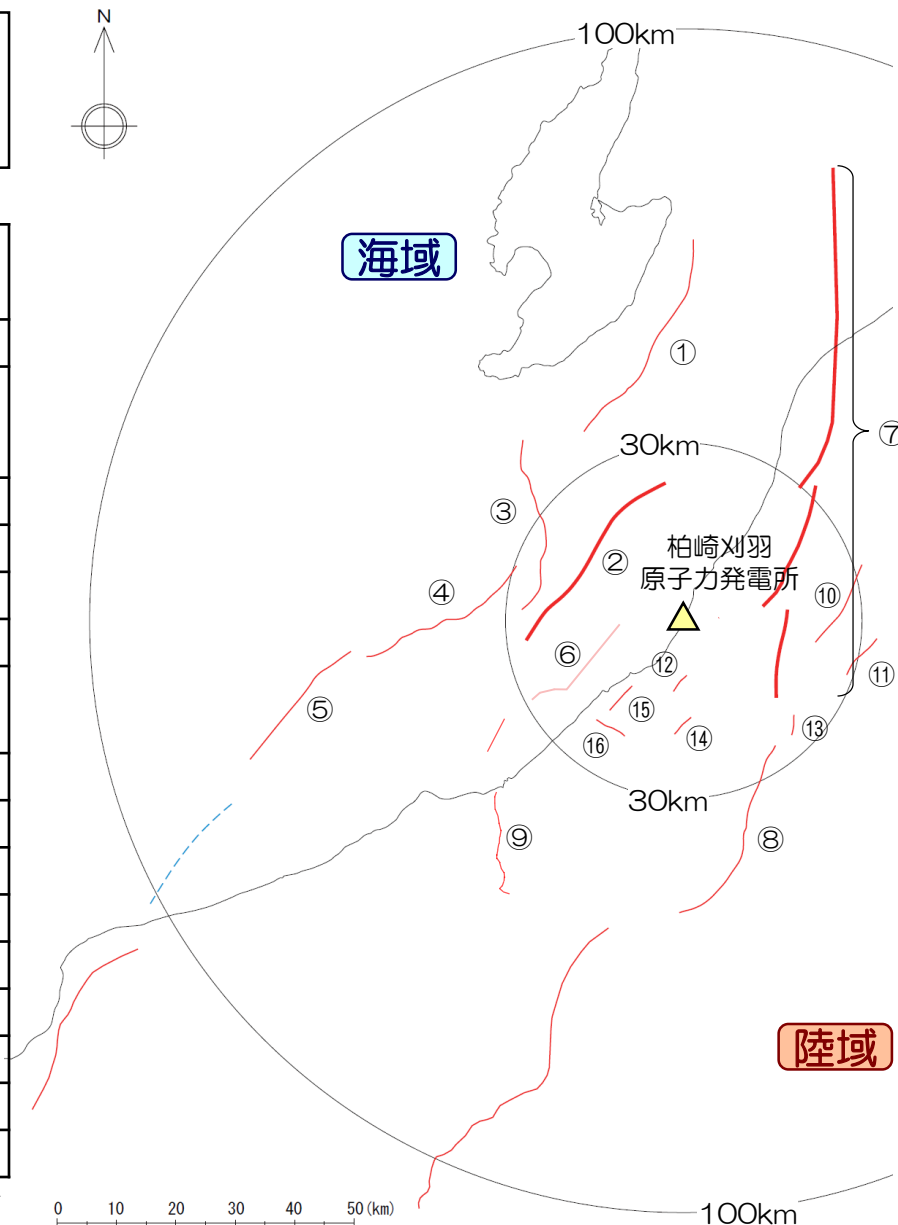
# 敷地周辺の震源として考慮する活断層の分布

■ 地質調査結果及び地震調査研究推進本部（以下「地震本部」という。）（2009）の検討状況を踏まえ、敷地周辺の震源として考慮する活断層を表に示す。

表. 敷地周辺の震源として考慮する活断層の諸元

No.	活断層の名称	断層長さ (km)	備考
①	佐渡島棚東縁断層	37	佐渡島棚東縁撓曲に対応
②	F-B断層	36	F-B褶曲群に対応 地質調査結果における断層長さの不確かさを考慮
③	佐渡島南方断層	29	
④	F-D断層	30	F-D褶曲群に対応
⑤	高田沖断層	25	高田沖褶曲群に対応
⑥	米山沖断層	21	
⑦	長岡平野西縁断層帯	91	地震本部(2009)等を踏まえ、 角田・弥彦～気比ノ宮～片貝 断層の同時活動を考慮
⑧	十日町断層帯西部	33	
⑨	高田平野西縁断層帯	30	
⑩	悠久山断層	13	孤立した短い活断層
⑪	半蔵金付近のリニアメント	10	孤立した短い活断層
⑫	柏崎平野南東縁のリニアメント	3.5	孤立した短い活断層
⑬	山本山断層	3.5	孤立した短い活断層
⑭	水上断層	4	孤立した短い活断層
⑮	上米山断層	6	孤立した短い活断層
⑯	雁海断層	7	孤立した短い活断層

※： 敷地周辺に認められる孤立した短い活断層は、長岡平野西縁断層帯を構成する片貝断層と比較して等価震源距離( $X_{eq}$ )が遠いことを確認。

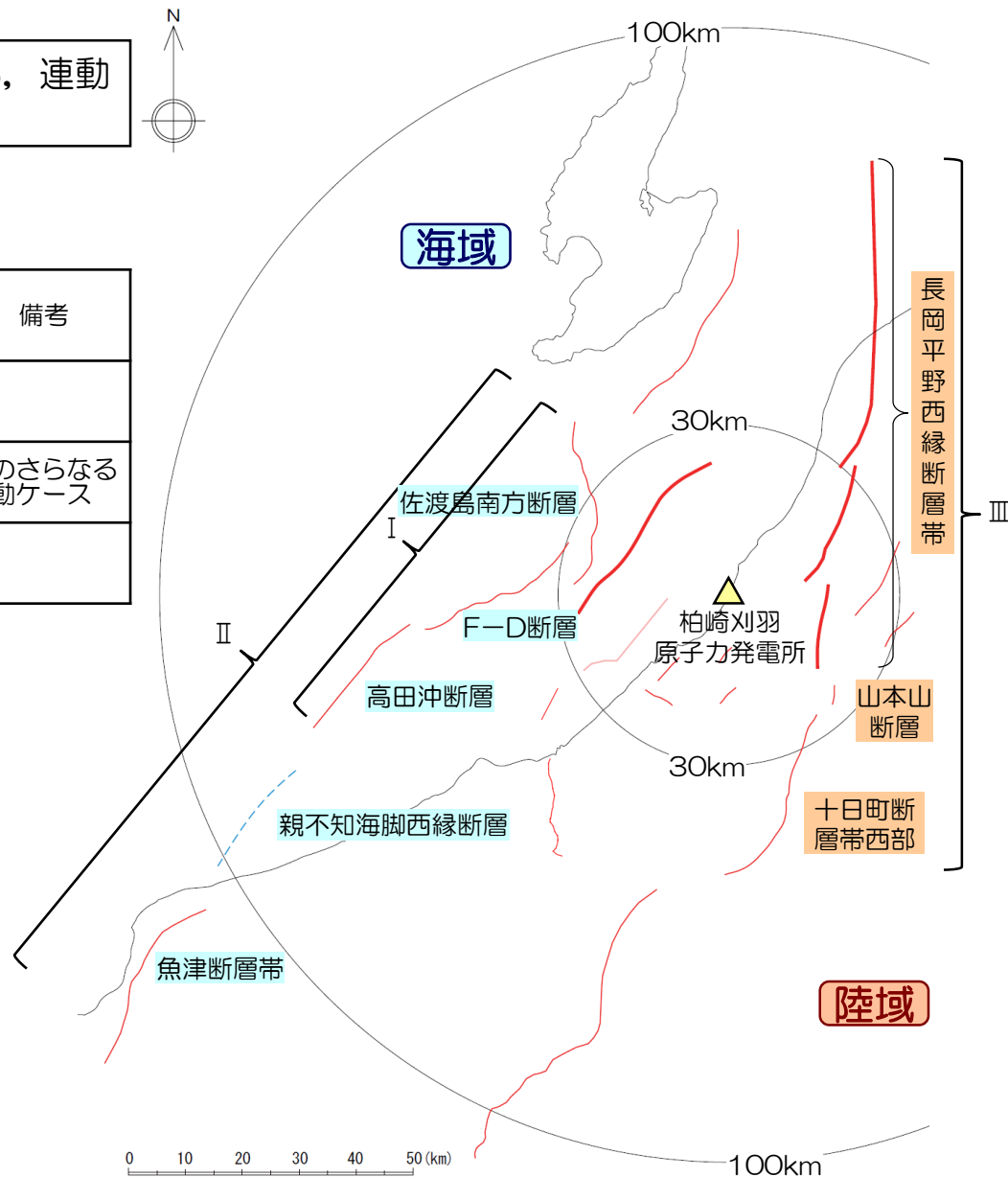


# 敷地周辺の連動を考慮する活断層の範囲

■ 敷地周辺の震源として考慮する活断層のうち、連動を考慮する範囲を示す。

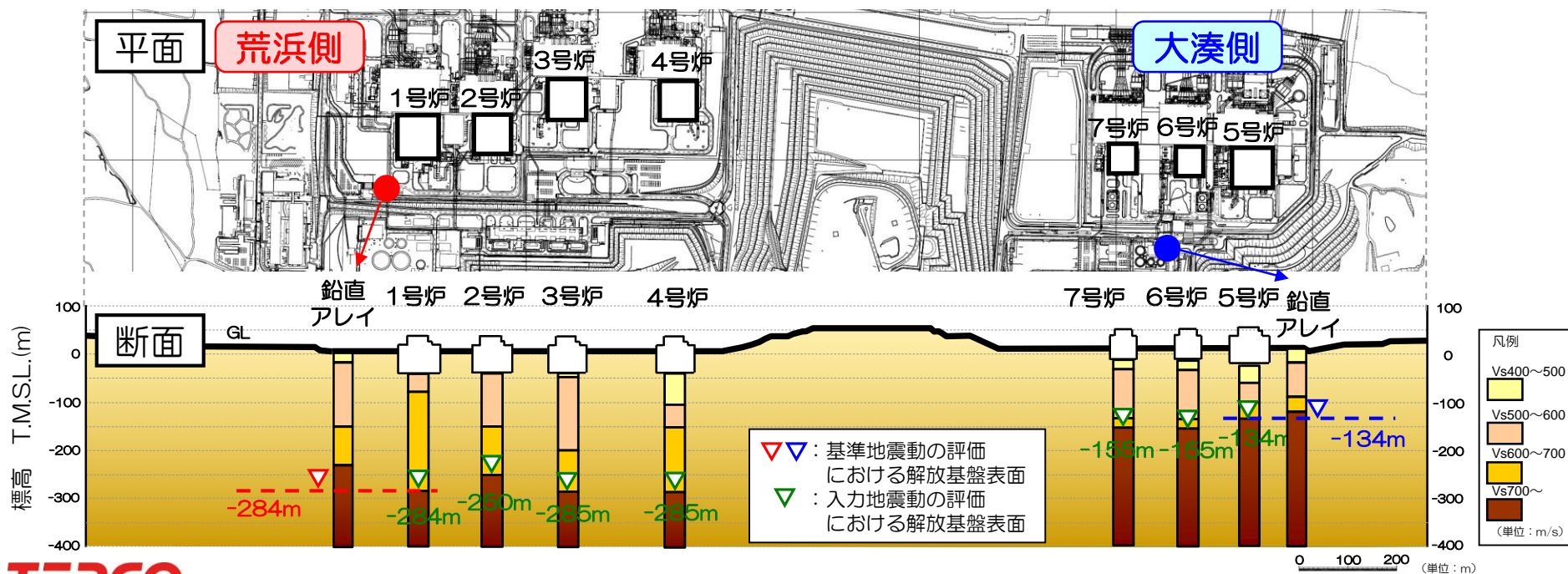
表. 敷地周辺の連動を考慮する活断層の諸元

	No.	活断層の名称	断層長さ (km)	備考
海域	I	佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層	84	
	II	佐渡島南方断層～F-D断層～高田沖断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯	156	Iのさらなる連動ケース
陸域	III	長岡平野西縁断層帯～十日町断層帯西部	132	



## 5.2 解放基盤表面の設定

- 敷地における褶曲構造はNE-SW方向に連続し、全体としてSW方向にプランジしている。
- 一方で、地盤の速度構造としては、各号炉で実施したPS検層結果によると、1号炉～4号炉及び5号炉～7号炉の位置ではそれぞれS波速度が700m/s以上となる硬質地盤は著しい高低差がなく、拡がりを持って分布していることを確認している。
- したがって、解放基盤表面は、1号炉～4号炉側では、1号炉鉛直アレイ観測点での標高-284mの位置に、5号炉～7号炉側では、5号炉鉛直アレイ観測点での標高-134mの位置に設定する（図中▽、▽）。
- また、入力地震動の評価においては、解放基盤表面以浅の影響を適切に考慮するため、S波速度が700m/s以上となる深度とする（図中▽）。
- なお、中越沖地震の各号炉で推定された解放基盤表面での地震動（以下「解放基盤波」という。）の速度時刻歴波形は、1号炉～4号炉側及び5号炉～7号炉側それぞれでおおむね等しいことを確認している(P.29)。



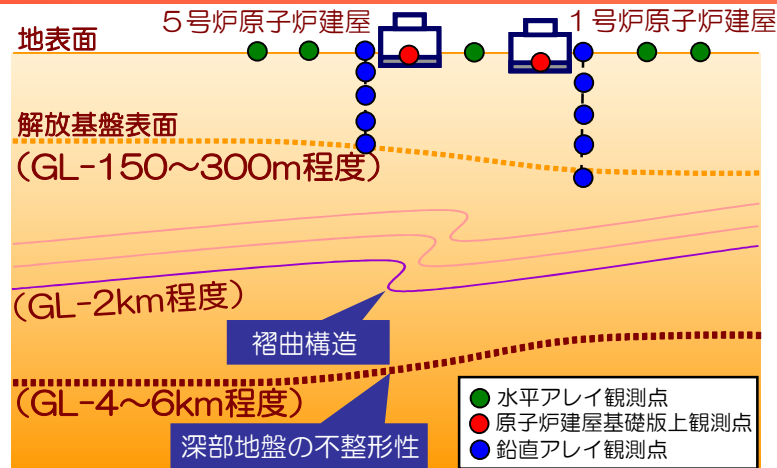
# 5.3 地震波の増幅特性

■ 中越沖地震では、敷地の増幅特性に関して、地震観測記録の分析、解析的検討により、褶曲構造及び深部地盤における不整形性の影響が確認されている。

5.3.1(1), 5.3.1(2)a 及び 5.3.2(1), 5.3.2(2)

■ これらに加え、解放基盤表面以浅の影響に関する検討及び原子炉建屋基礎版上の観測記録・水平アレイ観測記録の分析を実施することにより、敷地内全体の増幅特性を把握することができているものと考えられる。

5.3.1(2)b, 5.3.1(3), 5.3.1(4)



5.3.1(2)b.鉛直アレイ観測記録 (小規模地震)  
 解放基盤表面以浅の影響  
 地表観測点/地中観測点のスペクトル比を到来方向別に分析し、解放基盤以浅においては不整形等による特異な増幅はない

5.3.1(3)原子炉建屋基礎版上の観測記録

5.3.1(4)水平アレイ観測記録

5号炉周辺の観測点を基準としてスペクトル比を到来方向別にとり、地震動特性の差異を確認

南西から到来する地震動のみ、地震波の顕著な増幅が認められる領域が確認され、1号炉周辺の観測点で著しく大きくなる

補足説明資料

各地点で推定した地下構造モデルによると解放基盤表面相当～地表までの増幅率は荒浜側と大湊側で顕著な差異がない。

5号炉を基準としてスペクトル比を算定

5号炉～7号炉側はばらつきが小さい

1号炉～4号炉側は5号炉～7号炉側とばらつきの傾向が異なる

褶曲構造の影響  
 5.3.1(1)中越沖地震の地震観測記録  
 耐専スペクトル※との比率に違いがあり荒浜側の方が大きい

5.3.1(2)a.鉛直アレイ観測記録 (中規模地震)  
 【海域】耐専スペクトル※との比率に違いがあり荒浜側の方が大きい (中越沖地震と同じ傾向)  
 【陸域】耐専スペクトル※との比率は荒浜側と大湊側で同程度

5.3.1(2)b.鉛直アレイ観測記録 (小規模地震)  
 荒浜側、大湊側の解放基盤波をそれぞれ推定し、スペクトル比を到来方向別に分析

5.3.2(2)敷地近傍の地下構造モデルを用いた解析的検討  
 敷地の褶曲構造を反映した2次元地下構造モデルを用いた検討により、敷地の南西方向からの地震に対して荒浜側が大湊側と比較して大きな増幅となることを確認

深部地盤における不整形性の影響  
 5.3.1(1)中越沖地震の地震観測記録  
 耐専スペクトル※との比率が荒浜側、大湊側ともに1を上回る

5.3.1(2)a.鉛直アレイ観測記録 (中規模地震)  
 【海域】耐専スペクトル※との比率が荒浜側、大湊側ともに1を上回る  
 【陸域】耐専スペクトル※との比率が荒浜側、大湊側ともに1秒より短い周期帯で1を下回る

敷地の南西側で発生した地震で著しい違いを示すことを確認

5.3.2(1)広域の地下構造モデルを用いた解析的検討  
 3次元地下構造モデルを用いた有限差分法により、南西方向で発生した地震においては、敷地より西側の領域より敷地近傍において増幅傾向にあることを確認

※耐専スペクトル : Noda et al.(2002)による応答スペクトル

□ : 新規制基準への適合審査にて追加検討した事項



## 5.3 地震波の増幅特性

### 5.3.1 地震観測記録の分析 まとめ

- 中越沖地震の観測記録及び鉛直アレイ観測記録より、以下を確認。
  - 解放基盤表面以深では、以下のとおり到来方向により顕著な差異が生じること。
    - 中越沖地震等の海域で発生した地震については、Noda et al.(2002)による応答スペクトルと比較して大きくなり、荒浜側と大湊側で地震動特性が異なる。特に敷地南西で発生した地震については、その差が顕著となる。
    - 陸域で発生した地震については、Noda et al.(2002)による応答スペクトルと比較して小さく、荒浜側と大湊側で地震動特性に特異な差は確認されない。
  - 解放基盤表面以浅では、到来方向による顕著な差異は確認されないため、不整形等による特異な増幅はないと考えられること。
- 中越沖地震の観測記録及び原子炉建屋基礎版上の観測記録より、以下を確認。
  - 敷地内の地震動特性は1号炉～4号炉側と5号炉～7号炉側にグルーピングできること。
- 水平アレイ地震観測記録より、以下を確認。
  - 南西から到来する地震動のみ、地震波の顕著な増幅が認められる領域と地震波の顕著な増幅が認められない領域が確認され、1号炉周辺の観測点で著しく大きくなること。
  - 南西以外の到来方向については、敷地内において顕著な増幅は認められないこと。

## 5.3 地震波の増幅特性

### 5.3.3 地震動評価への反映事項

#### 5.3.1 地震観測記録の分析

- ① 海域で発生した地震は、Noda et al.(2002)による応答スペクトルと比較して大きく、一方、陸域で発生した地震は、小さい。
- ② 敷地の南西で発生した地震については、1号炉周辺において顕著に増幅する傾向が認められる。

#### 【補足説明資料】

##### 地下構造の把握

- ① 敷地周辺の地下構造は、深部に傾斜が認められる。
- ② 敷地近傍の地下構造は、褶曲構造の存在により特徴付けられる。

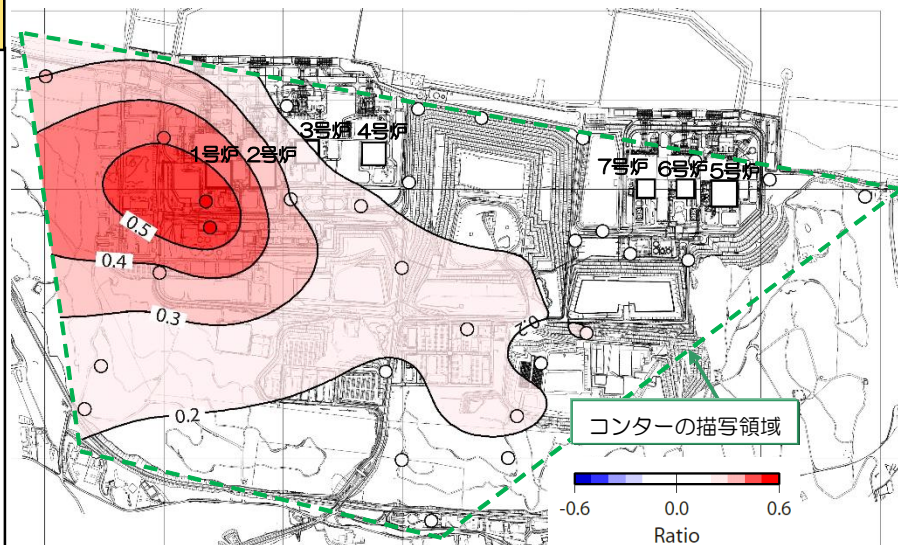
#### 5.3.2 解析的検討

- ① 海域から到来する地震波は深部構造の影響により増幅される傾向にある。
- ② 敷地の南西から到来する地震波は、敷地近傍の褶曲構造の影響により、荒浜側は大湊側より大きな増幅特性を示す。

#### 5.3.3 地震動評価への反映事項

##### 観測記録に基づき地震動評価を実施

- 海域と陸域の活断層に分類して評価を実施。
- 地震波の顕著な増幅が認められる領域においては、著しい増幅が認められる1号炉を、地震波の顕著な増幅が認められない領域については、各号炉で顕著な相異がないことを確認した上で5号炉を代表として基準地震動を策定する。
- 応答スペクトルに基づく地震動評価では、海域の地震と陸域の地震に分類して、それぞれ観測記録に基づく補正係数を考慮。
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価では、経験的グリーン関数法を用い、海域と陸域の地震動特性を反映した適切な要素地震を採用。
- なお、施設の耐震安全性評価においては、右図等による各施設の設置位置における地震波の増幅特性を参照し、荒浜側又は大湊側で策定した適切な基準地震動を採用する。



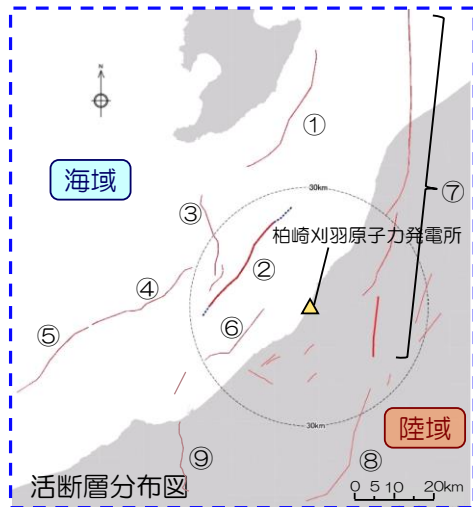
水平アレイ観測記録に基づく

敷地南西側から到来する地震波が増幅する領域

注) コンターは観測点間で補間しており、観測点がない端部は外挿となるため緑点線以内の領域を描写している。

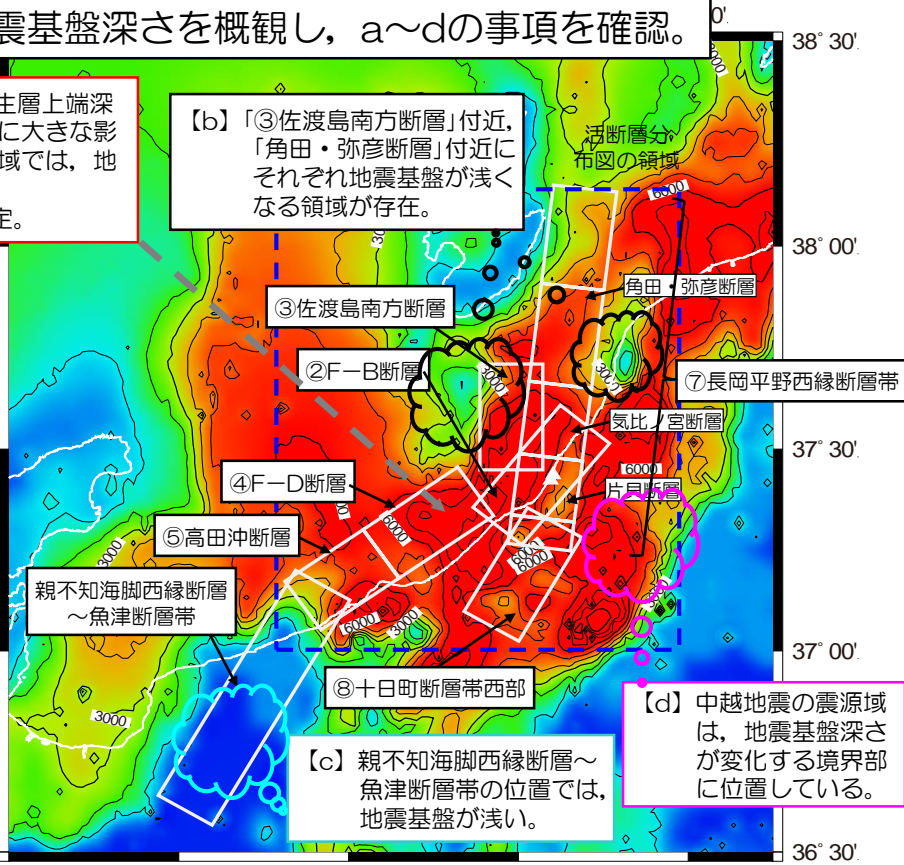
# 6.1 地震発生層の設定 敷地周辺の活断層分布と深部構造

■地震発生層上端（おおむね $V_p=6\text{km/s}$ 程度）と地震基盤（ $V_s=3\text{km/s}$ 程度）は、定義は異なるものの深部構造の傾向を把握する目的で敷地周辺の地震基盤深さを概観し、a~dの事項を確認。



【a】敷地までの距離が短く、地震発生層上端深さの設定が敷地の地震動レベルに大きな影響を与える活断層が位置する領域では、地震基盤深さはほぼ一様である。前述のNo.1~No.5に基づき設定。

	No.	活断層の名称
海域	①	佐渡島棚東縁断層
	②	F-B断層
	③	佐渡島南方断層
	④	F-D断層
	⑤	高田冲断層
陸域	⑥	米山冲断層
	⑦	長岡平野西縁断層帯
	⑧	十日町断層帯西部
	⑨	高田平野西縁断層帯



- 【b】③「佐渡島南方断層」付近の地震基盤が浅い領域は、地殻構造探查結果によると、 $V_p=2.8\text{km/s}$ 層の隆起は認められるものの、その深部においては $V_p=6\text{km/s}$ 層の深さはほぼ一様であり、ひずみ集中帯プロジェクトによる、海底地震計を用いた微小地震分布でも周辺と同様の傾向にあり、浅い位置で地震が発生する傾向は認められない。
- 【b】「角田・弥彦断層」及び【c】親不知海脚西縁断層~魚津断層帯の位置では、敷地からの位置関係（敷地からの距離が十分にあり、断層傾斜角と位置関係から浅くなる一方、水平距離が遠くなる）を踏まえると、敷地における地震動評価上、影響はないものと考えられる。
- 【d】2004年新潟県中越地震（以下「中越地震」という。）は、余震分布が複雑であったことから多様な震源モデルが提案され、上端深さは神原ほか(2006)等では浅く設定されているものの、すべり量が大きい領域の上端は約5kmである。また、敷地周辺に分布する主な活断層は震源域の西側であり、Kato et al.(2009)による西に深くなる傾向にある速度構造を踏まえると、地震発生層上端深さは一様に6kmと想定することは妥当であると考えられる。

防災科研J-SHIS地震ハザードステーションの地震基盤深さのコンター図に敷地周辺の主な活断層（傾斜角 $35^\circ$ を仮定）を重ね描き

主な活断層の想定断層面と地震基盤深さ



■敷地周辺と同様一律の上端深さ(6km)、下端深さ(17km)を仮定して評価を行う。

# 6.2 検討用地震の選定

## 選定フロー，考慮すべき地震の選定及び海域と陸域の分類

### 選定フロー

■ 地震波の伝播特性を考慮して下図フローに従い，検討用地震を選定。

#### 考慮すべき地震の選定

- 以下を対象に考慮すべき地震を選定
- ・ 敷地周辺の活断層分布
  - ・ 被害地震
  - ・ 地震本部による長期評価

#### 海域と陸域で分類

地震の発生域（海域と陸域）によって地震波の伝播特性が異なるため海域と陸域で分類

#### Noda et al.(2002)による 応答スペクトルの比較

敷地に及ぼす影響度を比較することが目的であるため，観測記録に基づく補正係数は考慮しない

#### 検討用地震の選定

地震の発生域（海域と陸域）ごとに敷地への影響が最も大きな地震を選定

### 震源として考慮する活断層の分布

- 地質調査結果，長岡平野西縁断層帯に関する地震本部(2009)の検討状況を踏まえ，敷地周辺の震源として考慮する活断層を表に示す。
- なお，F-B断層について，中越沖地震の知見を踏まえた上で，断層傾斜角を $35^\circ$ としたケースも考慮することとする。

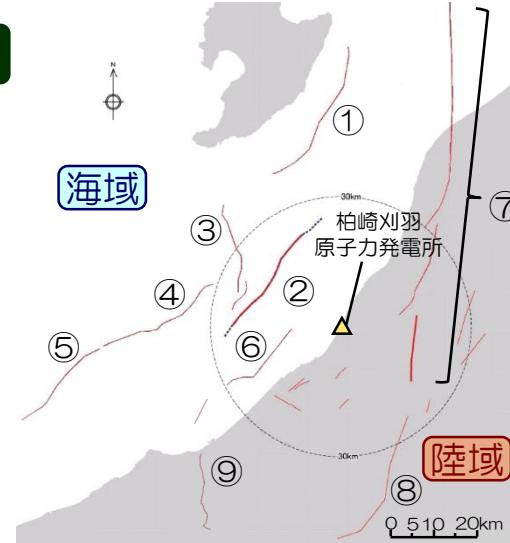


表. 敷地周辺の震源として考慮する活断層の諸元

No.	活断層の名称	断層長さ(km)	地震規模*1	傾斜角(°)*2	断層幅(km)*3	Xeq(km)*4		備考
						荒浜	大湊	
①	佐渡島棚東縁断層	37	6.8	西55	15	55	53	
②	F-B断層	36	6.8 (7.0)	東45 (東35)	16 (20)	17 (13)	16 (13)	中越沖地震の余震分布（地震本部(2007,2008)）を参考に $35^\circ$ のケースを考慮
③	佐渡島南方断層	29	6.8	東45	16	26	25	
④	F-D断層	30	6.8	東45	16	38	39	
⑤	高田冲断層	25	6.8	東30	22	59	60	
⑥	米山冲断層	21	6.8	西50	15	25	26	
⑦	長岡平野西縁断層帯	91	7.5	西50	15	25	25	
⑧	十日町断層帯西部	33	6.8	西60	13	32	33	
⑨	高田平野西縁断層帯	30	6.8	西45	16	51	52	

※1：地震規模は，中越沖地震の知見を踏まえて設定。

※2：地質調査結果及び地震本部(2009)による長期評価を参考に設定。

※3：断層幅は，地震発生層厚さ11km及び断層傾斜角に基づき，地震発生層を飽和するように設定。

※4：等価震源距離(Xeq)は，地震本部(2016)による強震動予測レシビ(以下「強震動予測レシビ」という。)に従い，断層の中点を基準として均等配置した断層面を用いて算定。

※：敷地周辺に認められる孤立した短い活断層(P.13の⑩~⑬)は，長岡平野西縁断層帯を構成する片貝断層と比較して等価震源距離(Xeq)が遠いことを確認。

# 6.2 検討用地震の選定 考慮すべき地震の選定及び海域と陸域の分類

## 連動を考慮する活断層の範囲

敷地周辺における連動を考慮する活断層を整理。

表. 連動を考慮する活断層の震源モデルの諸元

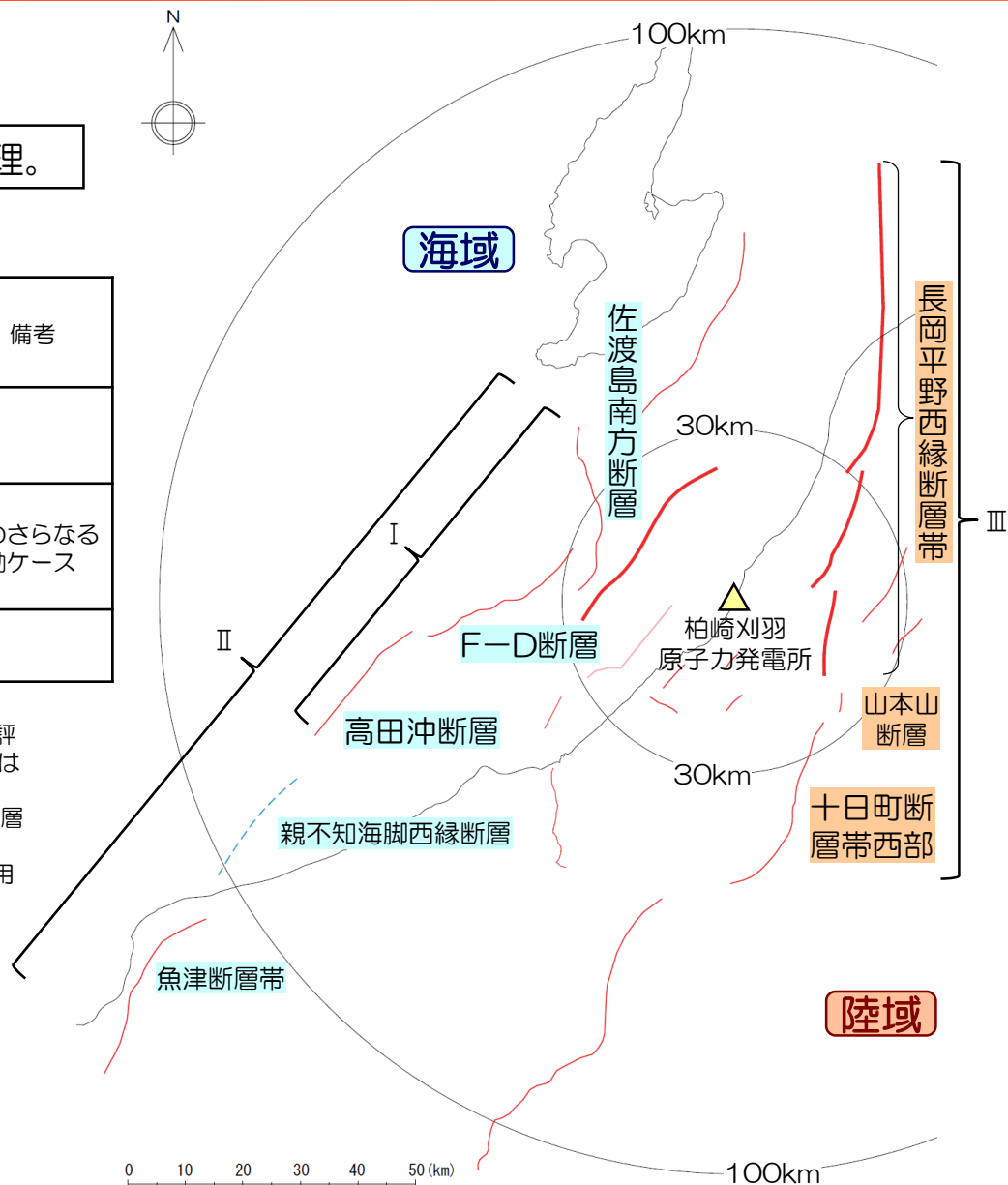
	No.	活断層の名称	断層長さ (km)	地震規模 ※1	傾斜角 (°) ※2	断層幅 (km) ※3	Xeq (km)		備考
							荒浜	大湊	
海域	I	佐渡島南方断層～F-D断層～高田冲断層	84	7.6	東30～45	20	31	31	
	II	佐渡島南方断層～F-D断層～高田冲断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯	156	-※4	東30～45	20	-	-	Iのさらなる連動ケース
陸域	III	長岡平野西縁断層帯～十日町断層帯西部	132	7.7	西50	15	26	26	

※1：地震規模は、中越沖地震の知見を踏まえて設定。

※2：断層の傾斜角について、地質調査結果、地震本部(2009)による長期評価等を参考に設定。(断層傾斜角に幅があるI, IIについて、ここでは中越沖地震の余震分布を参考に35°として設定)

※3：断層幅は、地震発生層厚さ11km及び断層傾斜角に基づき、地震発生層を飽和するように設定。

※4：参照している地震規模(最大M7.8)を超えているため評価手法の適用範囲外。



# 6.2 検討用地震の選定 応答スペクトルの比較・検討用地震の選定

- Noda et al.(2002)による応答スペクトルの比較から検討用地震を選定。  
 海域の地震：**F-B断層による地震**  
 陸域の地震：**長岡平野西縁断層帯による地震**

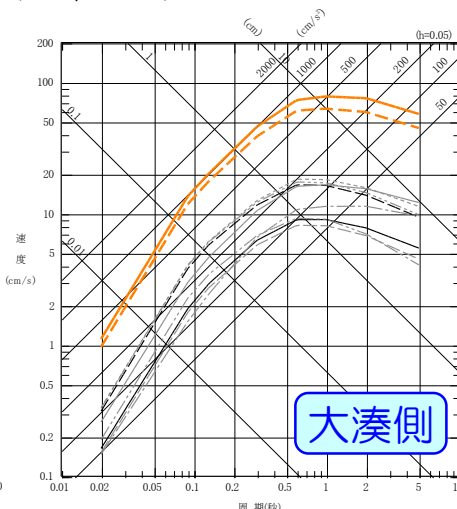
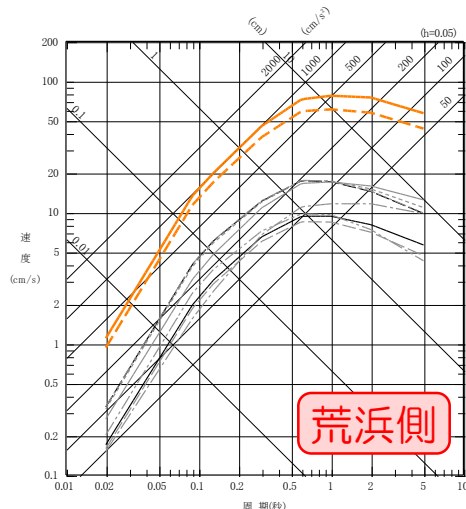
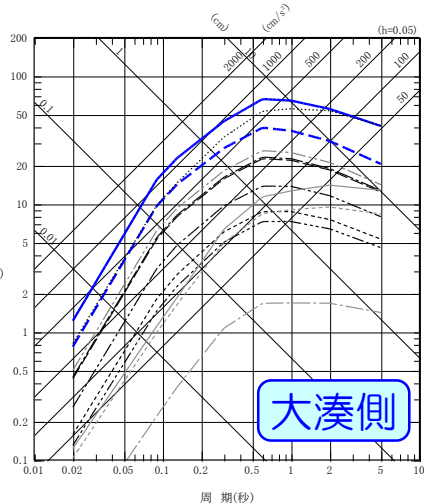
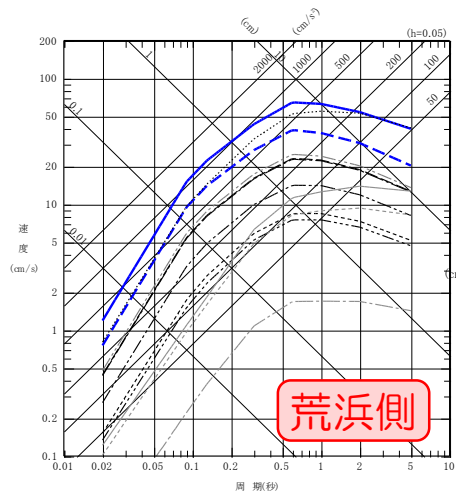
- なお、長岡平野西縁断層帯～十日町断層帯西部の連動は、長岡平野西縁断層帯による地震の評価のなかで考慮。
- また、海域の佐渡島南方断層～F-D断層～高田冲断層～親不知海脚西縁断層～魚津断層帯（以下「佐渡島南方断層～魚津断層帯」という。）の連動については、断層モデルを用いた手法による地震動評価により地震動レベルを確認。

## 海域の地震

- 佐渡島棚東縁断層による地震 (M6.8, Xeq=55km, 53km)
- F-B断層による地震 (M6.8, Xeq=17km, 16km) (傾斜角45°)
- F-B断層による地震 (M7.0, Xeq=13km, 13km) (傾斜角35°)
- 佐渡島南方断層による地震 (M6.8, Xeq=26km, 25km)
- F-D断層による地震 (M6.8, Xeq=38km, 39km)
- 高田冲断層による地震 (M6.8, Xeq=59km, 60km)
- 米山冲断層による地震 (M6.8, Xeq=25km, 26km)
- ..... 佐渡島南方断層～F-D断層～高田冲断層による地震 (M7.6, Xeq=31km, 31km)
- 想定佐渡島北方沖の地震 (M7.8, Xeq=148km, 147km)
- 1964年新潟地震 (M7.5, Xeq=124km, 123km)
- 2007年能登半島地震 (M6.9, Xeq=171km, 172km)
- 2007年新潟県中越沖地震 (M6.8, Xeq=24km, 23km)

## 陸域の地震

- 長岡平野西縁断層帯による地震 (M7.5, Xeq=25km, 25km)
- 十日町断層帯西部による地震 (M6.8, Xeq=32km, 33km)
- 高田平野西縁断層帯による地震 (M6.8, Xeq=51km, 52km)
- 1751年越後の地震 (M7.2, Xeq=53km, 55km)
- 1828年越後の地震 (M6.9, Xeq=36km, 34km)
- 1847年善光寺地震 (M7.4, Xeq=90km, 92km)
- 1847年越後頸城郡の地震 (M6.5, Xeq=37km, 38km)
- 2004年新潟県中越地震 (M6.8, Xeq=32km, 32km)
- 2011年長野県北部の地震 (M6.7, Xeq=49km, 51km)
- 長岡平野西縁断層帯～十日町断層帯西部による地震 (M7.7, Xeq=26km, 26km)



※凡例の等価震源距離 (Xeq) は赤字が荒浜側、青字が大湊側  
地震規模については、中越沖地震の知見を踏まえて算定。

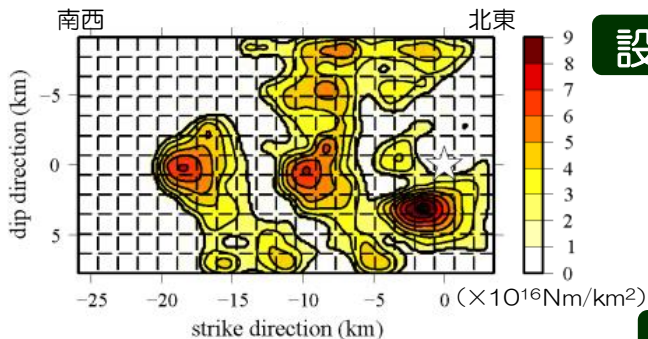
# 6.3 F-B断層による地震の地震動評価

## 6.3.1 震源モデルの設定 b. 中越沖地震アスペリティモデル・中越沖地震拡張モデル

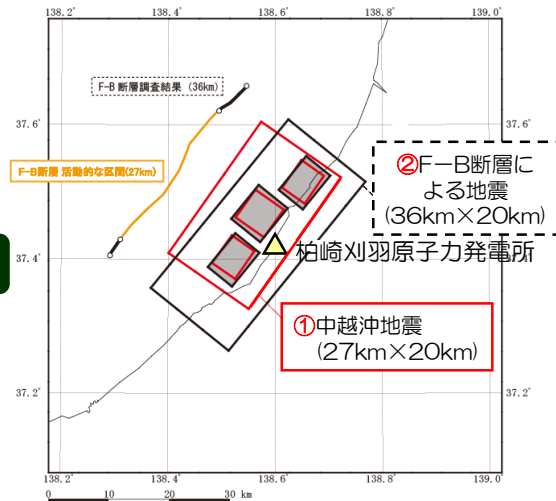
■ 中越沖地震(M6.8)の芝(2008)による震源インバージョン結果等から設定した断層長さ27kmの①中越沖地震アスペリティモデル(M6.8)を、F-B断層に関する地質調査結果を基に断層長さ36km(M7.0)に拡張した②F-B断層による地震【中越沖地震拡張モデル】を設定。

中越沖地震(M6.8)  
震源インバージョン結果

芝(2008)による中越沖地震の経験的グリーン関数法を用いた手法による震源インバージョン結果

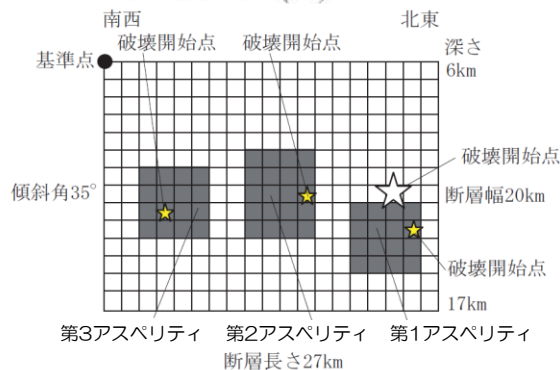


設定の考え方



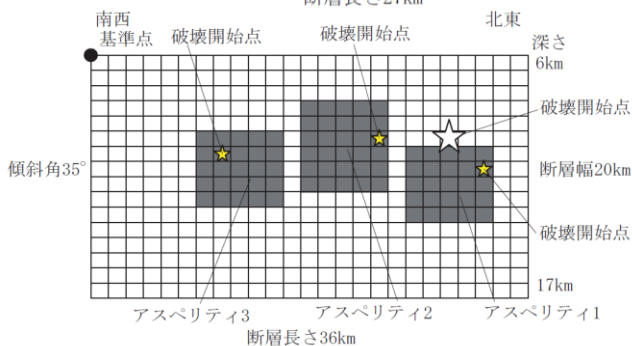
①中越沖地震  
アスペリティモデル(M6.8)

中越沖地震の震源インバージョン結果等を参考に、アスペリティモデルを構築。  
(断層長さ27km×断層幅20km)



②F-B断層による地震  
中越沖地震拡張  
モデル(M7.0)

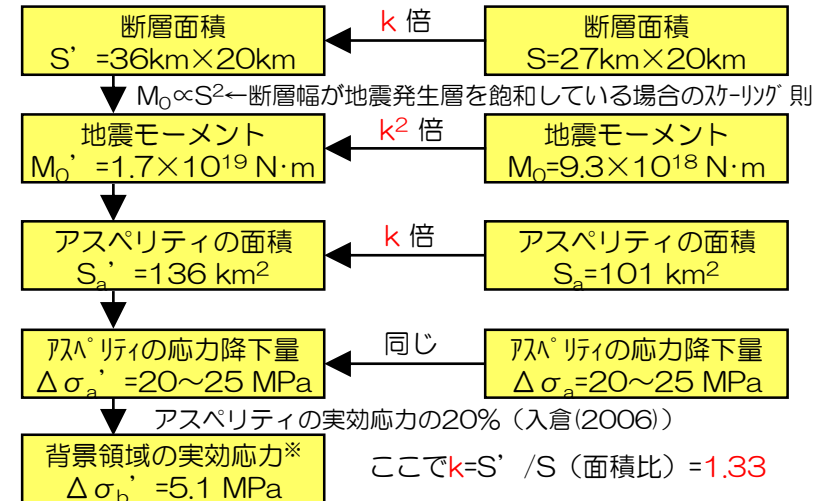
中越沖地震のアスペリティモデルを、地質調査結果を基に36km(M7.0)に拡張し、F-B断層の断層モデルを設定。



### 断層パラメータの設定手順

F-B断層による地震

中越沖地震



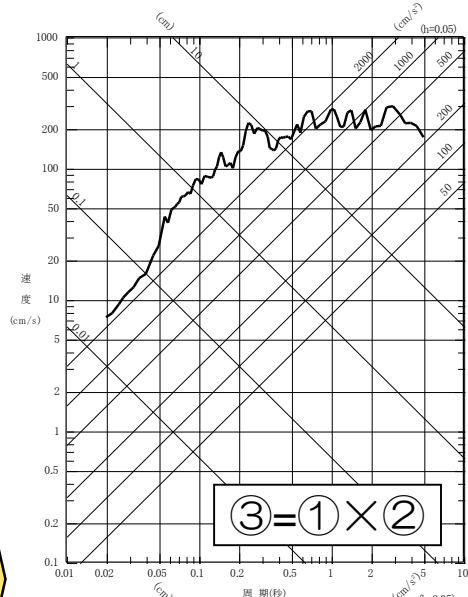
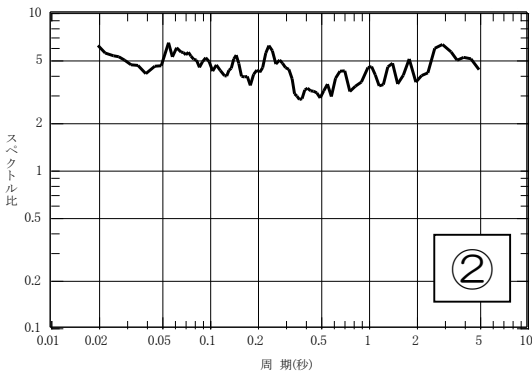
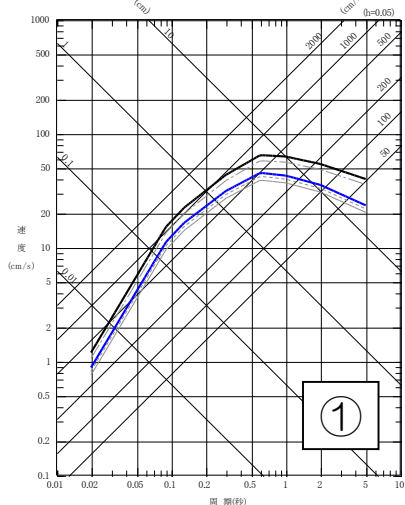
※特性化震源モデルの設定において、強震動予測レシビに基づく場合、背景領域の実効応力が負の値となることから、ここでは入倉(2006)を参考に設定

# 6.3 F-B断層による地震の地震動評価

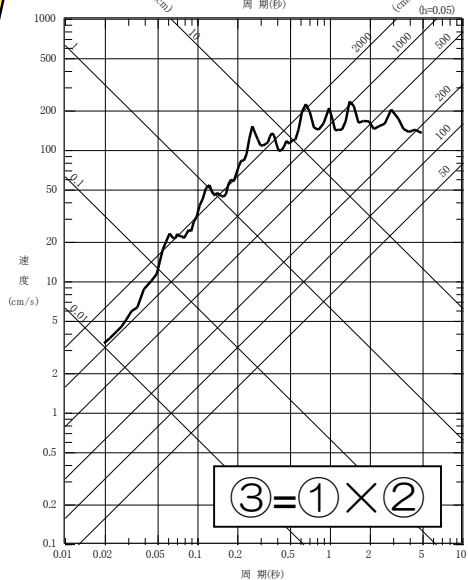
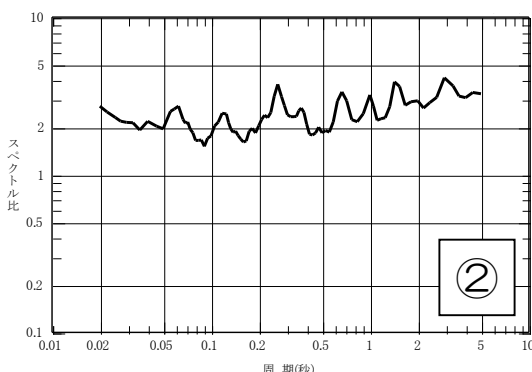
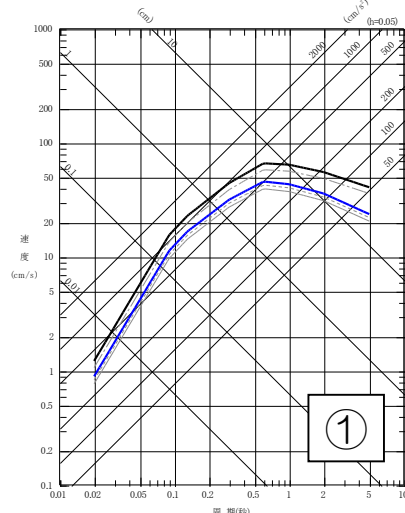
## 6.3.2 応答スペクトルに基づく地震動評価 補正係数を用いた評価

- 中越沖地震
- F-B断層による地震 中越沖地震拡張モデル
- F-B断層による地震 強震動予測モデル 基本ケース
- - - F-B断層による地震 強震動予測モデル 震源位置の不確かさ
- · - F-B断層による地震 強震動予測モデル 傾斜角の不確かさ(35°)

荒浜側



大湊側



観測記録に基づく補正係数

注) 水平動の結果。鉛直動も同様の方法で算定。

※F-B断層による地震については、中越沖地震の知見を踏まえた上で、36kmに拡張したモデル(中越沖地震拡張モデル)で代表させる。

Noda et al.(2002)による評価

応答スペクトル法に基づく評価  
F-B断層による地震 (M7.0, Xeq=13km)



## 6.4 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価

### 6.4.1 震源モデルの設定

#### 不確かさを考慮する断層パラメータの設定根拠 長岡平野西縁断層帯による地震

パラメータ	基本ケース	不確かさの考え方
①断層長さ及び連動	地震本部(2004)では、鳥越断層(気比ノ宮断層)以外は、活動履歴に関する詳しい資料が得られていないことが指摘されているものの長岡平野西縁断層帯として考慮していることから、保守的に、長岡平野西縁断層帯として設定。	長岡平野西縁断層帯と十日町断層帯西部の間にはリニアメントが判読されない区間が約10kmあり、この区間では背斜構造の形態が異なること、また、中間付近に位置する山本山断層が中越地震の震源断層に関連する断層であり、両断層帯との関連性がないと考えられることから連動する可能性は低いと考えられるが、保守的に、長岡平野西縁断層帯と十日町断層帯西部の同時活動についても考慮して設定。
②破壊開始点	敷地に破壊が向かう方向である断層面北端に設定。	断層面及びアスペリティの下端に複数設定。
③アスペリティの位置	地質調査結果による平均変位量を参考に各断層中央上端に設定。	各断層内において、敷地に寄せて設定。
④破壊伝播速度	強震動予測レシピに基づきGeller(1976)より設定。 ( $0.72 \times V_s$ (震源のS波速度: $3.4\text{km/s}$ )= $2.4\text{km/s}$ )	中越沖地震の震源インバージョン結果によると一部のアスペリティで最大 $3.1\text{km/s}$ の破壊伝播速度が求められていることから、敷地に近い片貝断層に $3.1\text{km/s}$ を設定。
⑤応力降下量	強震動予測レシピに基づき設定。(15.7MPa)	中越沖地震の知見を反映し、強震動予測レシピに基づく値の約1.5倍(23.6MPa)を設定。
⑥断層傾斜角	地質調査結果及び地震本部(2004)を参考に $50^\circ$ として設定。	地震本部(2008)による中越沖地震の余震分布を参考に $35^\circ$ と設定。

## 6.4 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価

### 6.4.1 震源モデルの設定

#### 不確かさを考慮する断層パラメータの設定根拠 長岡平野西縁断層帯～十日町断層帯西部による地震

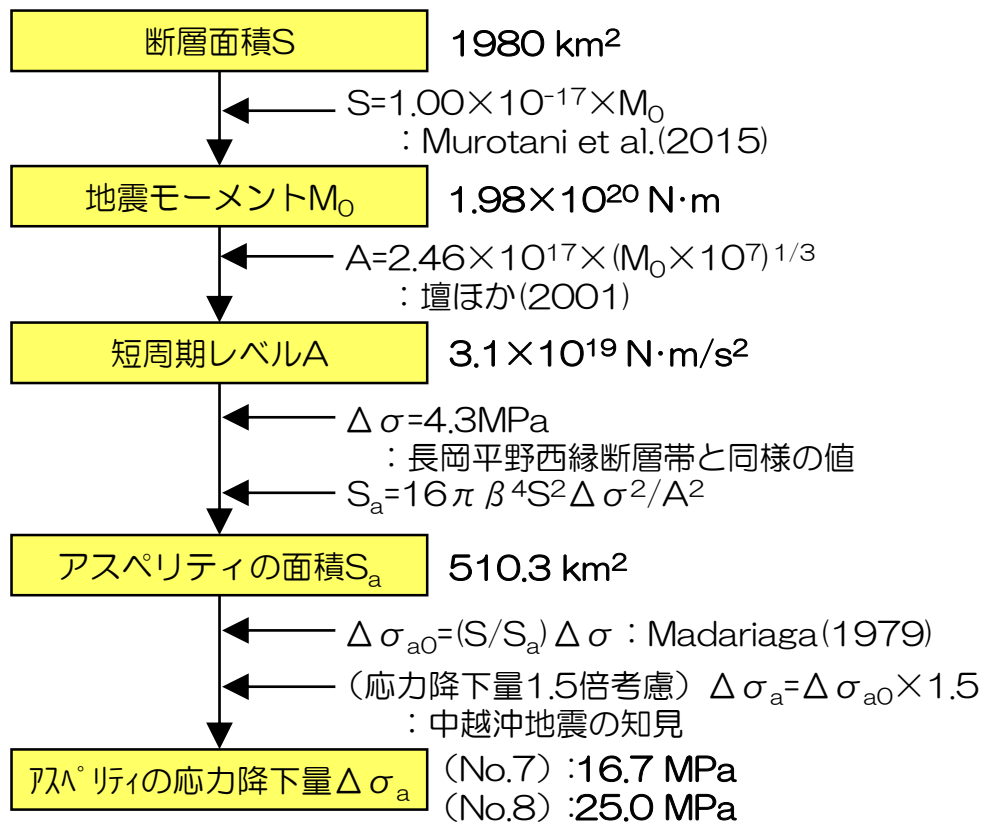
パラメータ	基本ケース	不確かさの考え方
①断層長さ及び連動	長岡平野西縁断層帯と十日町断層帯西部が連動する可能性は低いと考えられるが、保守的に、長岡平野西縁断層帯による地震との連動を考慮して設定。	長岡平野西縁断層帯～十日町断層帯西部に加えて連動を考慮すべき断層はないものと考えられる。
②破壊開始点	長岡平野西縁断層帯による地震の評価結果の傾向を踏まえて、敷地に破壊が向かう方向であり、長周期側の地震動が大きくなる断層面北端に設定。	長岡平野西縁断層帯による地震の評価において、⑤応力降下量、⑥断層傾斜角の不確かさと比較して、敷地の地震動評価に与える影響が小さいことを確認しており⑤、⑥で代表させる。
③アスペリティの位置	地質調査結果による平均変位量を参考に各断層中央上端に設定。	長岡平野西縁断層帯による地震の評価において、⑤応力降下量、⑥断層傾斜角の不確かさと比較して、敷地の地震動評価に与える影響が小さいことを確認しており⑤、⑥で代表させる。
④破壊伝播速度	強震動予測レシピに基づきGeller(1976)より設定。 ( $0.72 \times V_s$ (震源のS波速度: $3.4\text{km/s}$ ) = $2.4\text{km/s}$ )	同上
⑤応力降下量	強震動予測レシピに基づき設定。(16.7MPa)	長岡平野西縁断層帯による地震の評価において敷地の地震動評価に与える影響が大きい応力降下量の不確かさを考慮して設定。 中越沖地震の知見を反映し、強震動予測レシピに基づく値の約1.5倍(25.0MPa)を設定。
⑥断層傾斜角	地質調査結果及び地震本部(2004)を参考に $50^\circ$ として設定。	長岡平野西縁断層帯による地震の評価において敷地の地震動評価に与える影響が大きい断層傾斜角の不確かさを考慮して設定。 地震本部(2008)による中越沖地震の余震分布を参考に $35^\circ$ と設定。

# 6.4 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価

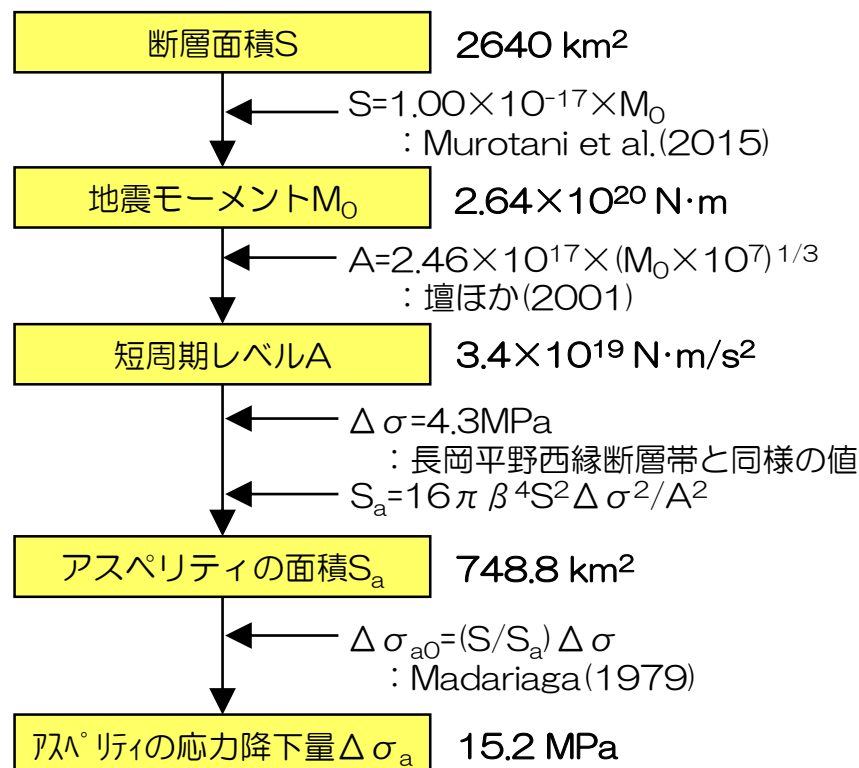
## 6.4.1 震源モデルの設定 断層パラメータの設定7- 連動考慮

- 微視的断層パラメータは、強震動予測レシピア及び以下の考え方にに基づき設定。
  - ①地震本部の長大断層の評価と同様、断層長さにかかわらず平均応力降下量を一定値と仮定  
ただし、逆断層であることから長岡平野西縁断層帯の評価で設定した4.3MPaを採用。  
なお、複数の方法で主要なパラメータを設定し、モデルの妥当性・過小評価になっていないことを確認。

### 連動(No.7), 連動及び応力降下量(No.8)の不確かさ考慮



### 連動及び断層傾斜角の不確かさ考慮(No.9)

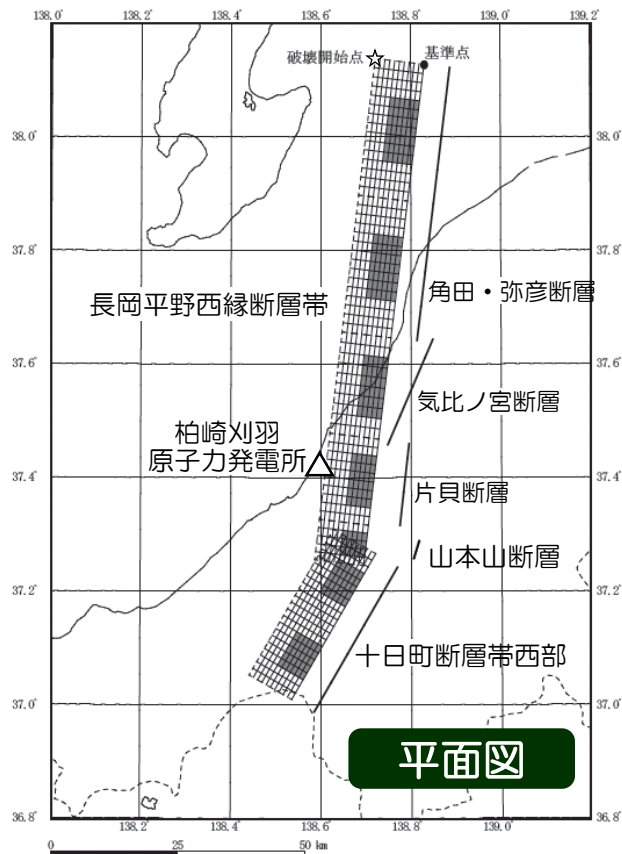


# 6.4 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価

## 6.4.1 震源モデルの設定 連動考慮

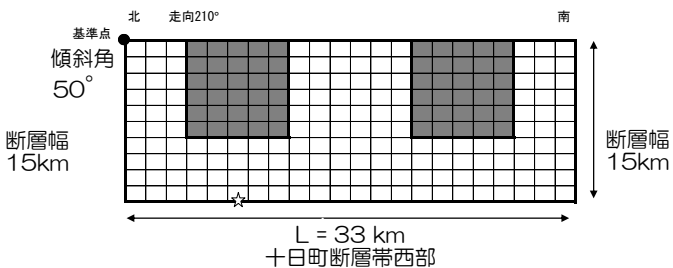
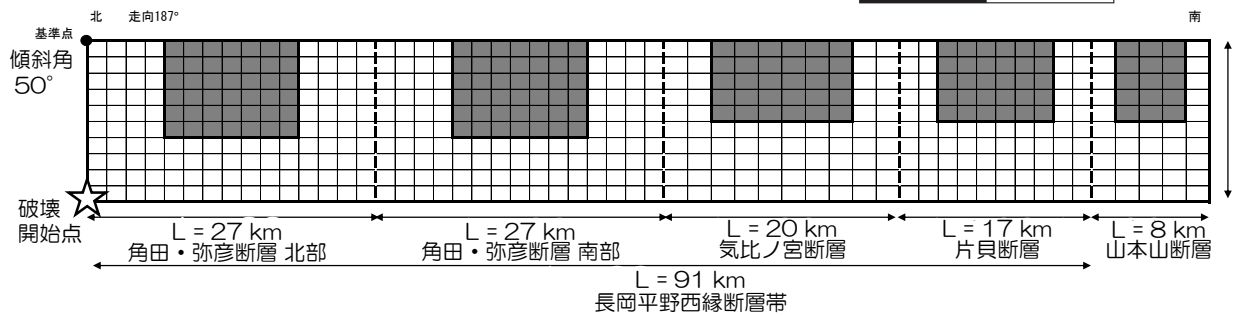
### 断層モデル

連動(No.7), 連動  
及び応力降下量  
(No.8)の不確かさ  
考慮



平面図

### 断面図

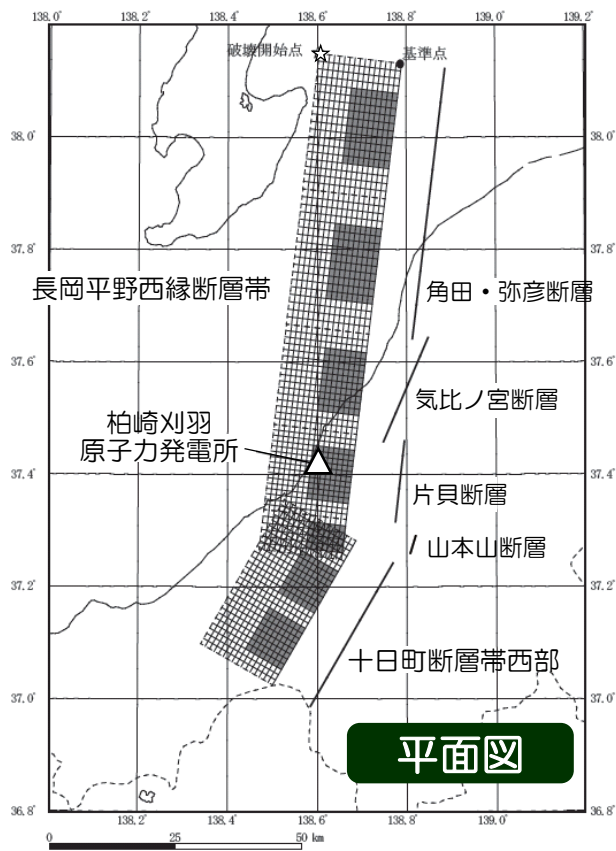


# 6.4 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価

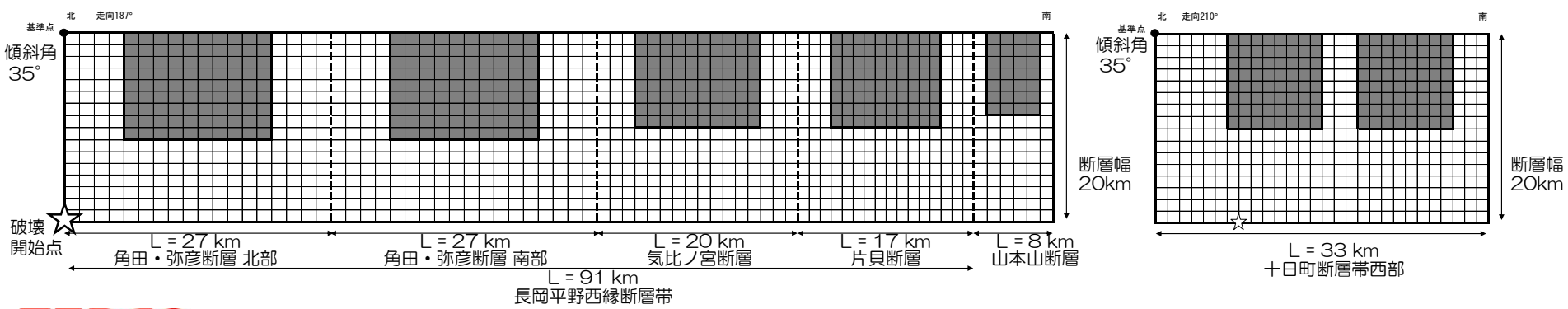
## 6.4.1 震源モデルの設定 連動考慮

### 断層モデル

連動及び断層傾斜角の不確かさ考慮(No.9)



### 断面図



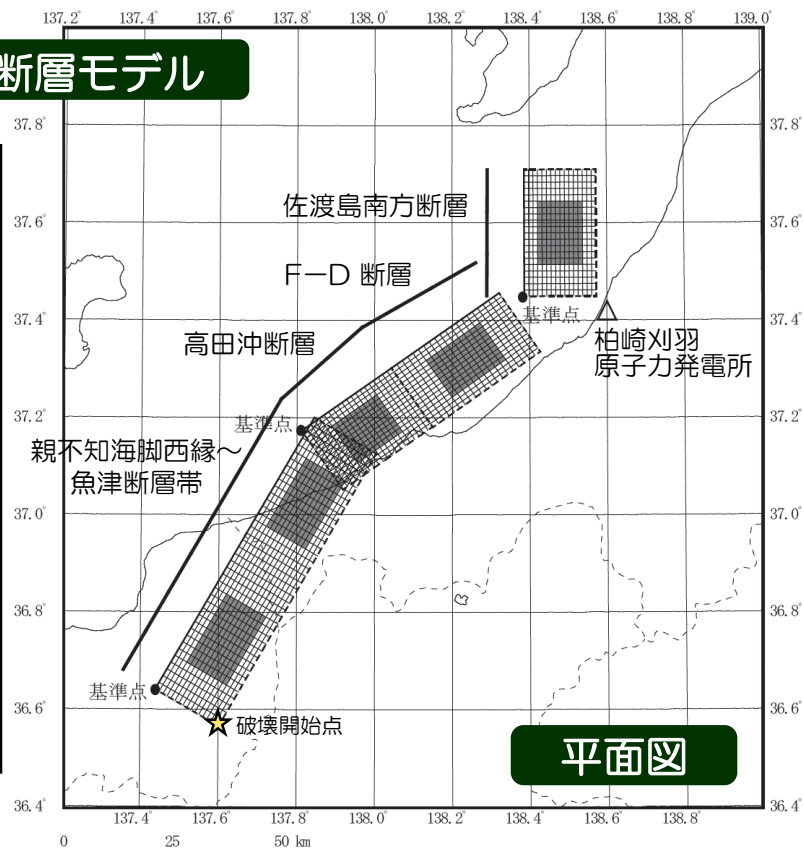
# 6.5 佐渡島南方断層～魚津断層帯による地震の地震動評価

## 6.5.1 震源モデルの設定

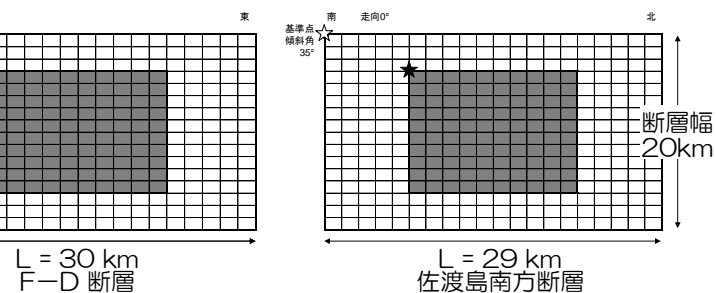
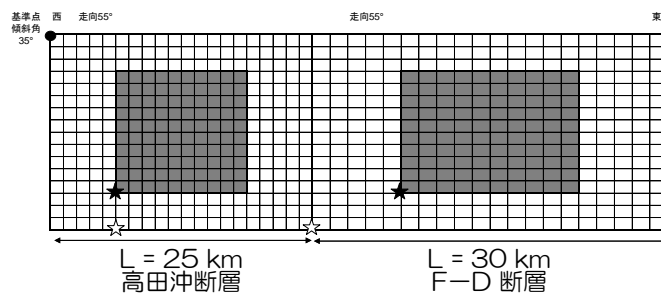
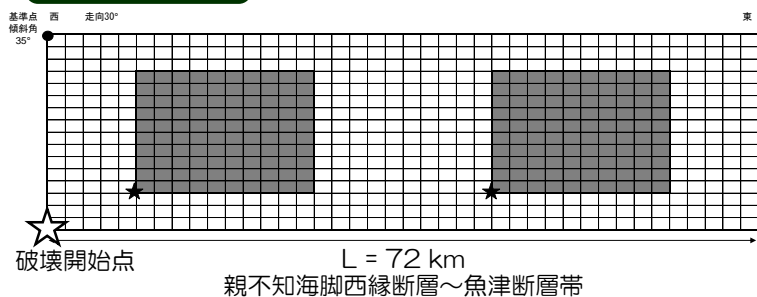
### 震源モデルの設定方針

- 褶曲の連続性、離隔等から佐渡島南方断層～魚津断層帯（断層長さ156km）が連動する可能性は低いと考えられるものの、保守的に最大規模の連動を考慮するという観点で断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施。
- 長大な断層であることから、パラメータについては長岡平野西縁断層帯～十日町断層帯西部と同様の手法により設定。
- 地震発生層は、速度構造や精密余震分布等に基づき、上端深さを6km、下端深さを17kmと設定。
- 断層傾斜角は、中越沖地震の余震分布を参考に一律35°と設定。
- 破壊開始点については、破壊が敷地に向かうよう巨視面南端に設定。

### 断層モデル



### 断面図



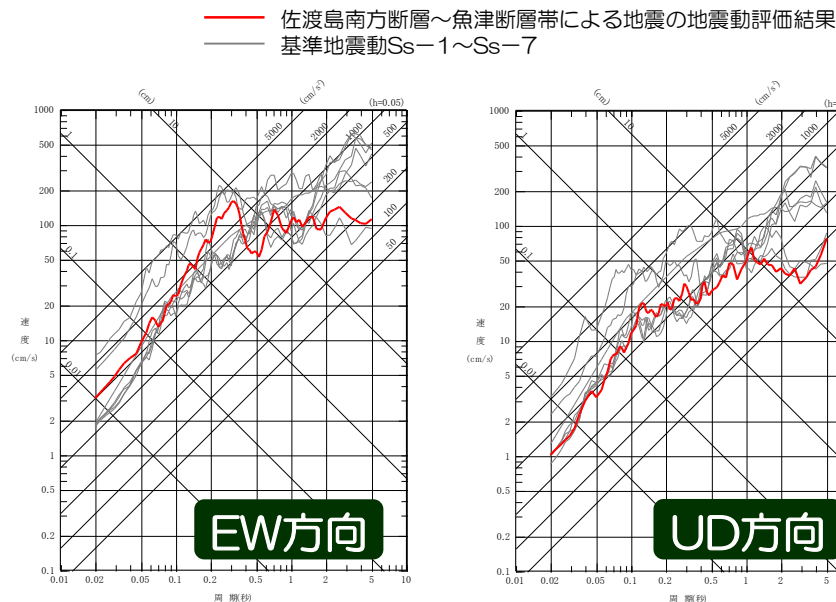
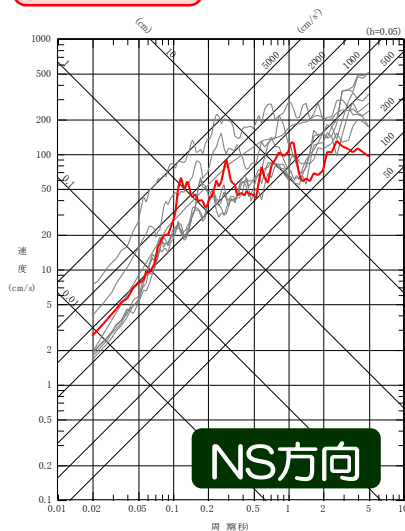
# 8. 基準地震動の策定

## 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 海域の連動

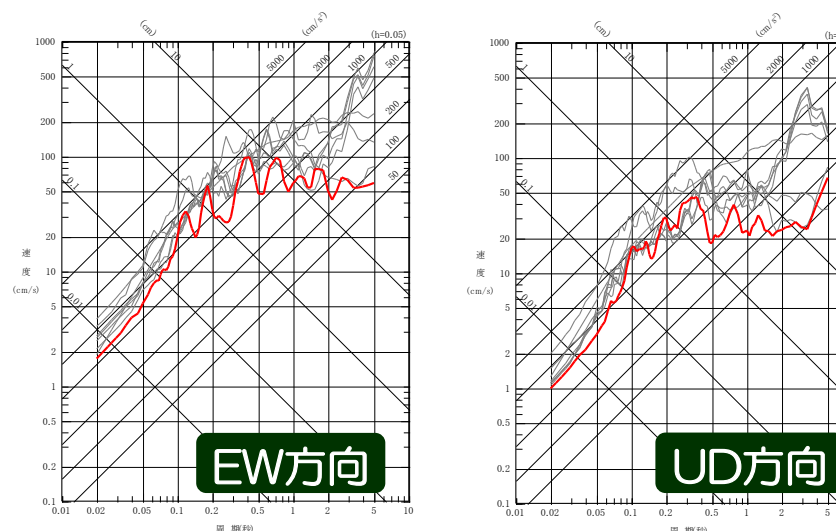
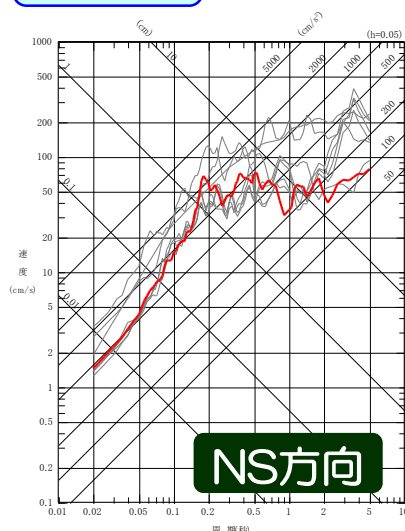
■ 褶曲の連続性，離隔等から佐渡島南方～魚津断層帯が連動する可能性は低いと考えられるものの保守的に，最大規模の連動を考慮するという観点で断層モデルを用いた手法による地震動評価を実施。

■ 佐渡島南方断層～魚津断層帯による地震の地震動評価結果は，F-B断層による地震又は長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価結果を下回る。

### 荒浜側



### 大湊側



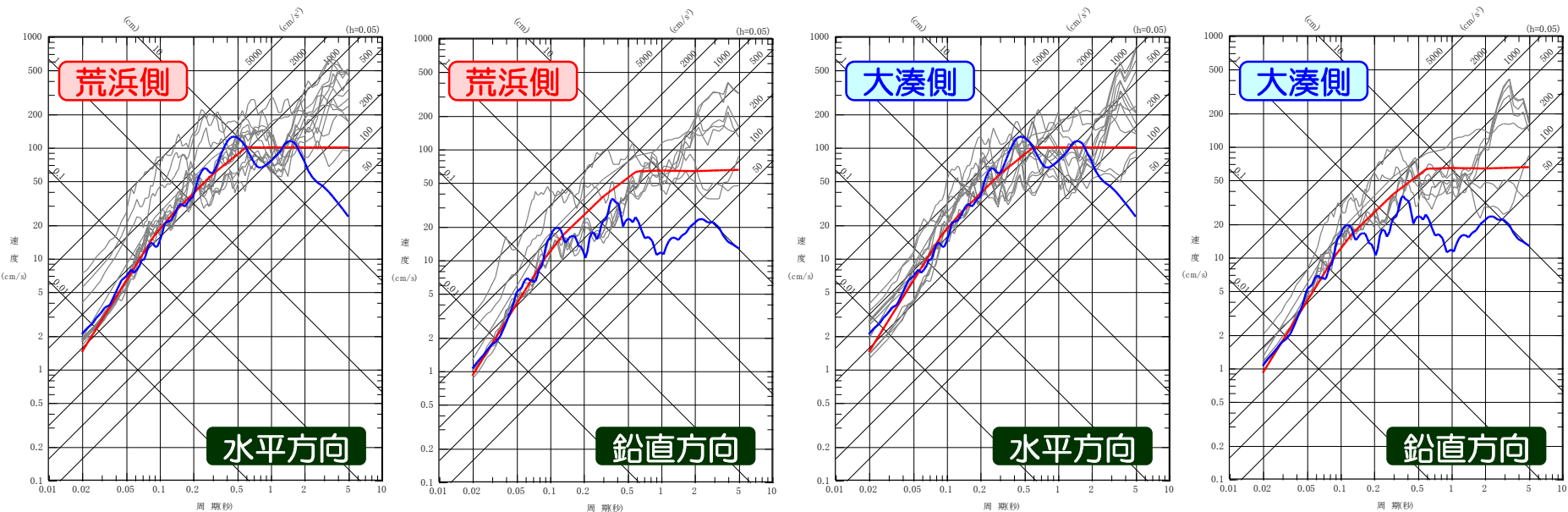
# 8. 基準地震動の策定

## 震源を特定せず策定する地震動による基準地震動

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動との比較によると、大湊側では、一部の周期帯で上回ることから、震源を特定せず策定する地震動を基準地震動Ss-8として大湊側を対象に策定する。

### 擬似速度応答スペクトル

- 震源を特定せず策定する地震動\* (水平方向:650cm/s<sup>2</sup>, 鉛直方向:330cm/s<sup>2</sup>)
- 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動Ss-1~Ss-7
- 【参考】加藤ほか(2004)による応答スペクトル (水平方向: S波速度=700m/s, 鉛直方向: P波速度=2,000m/s)

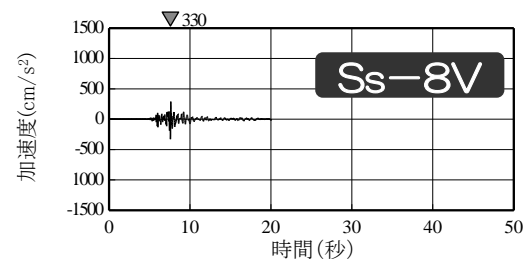
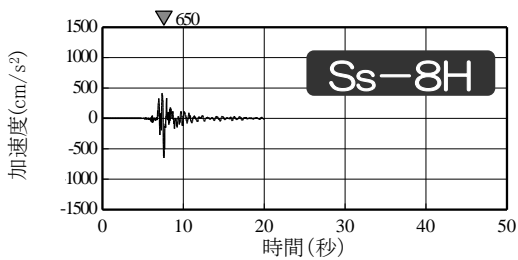


※荒浜側は、地盤物性による補正の必要はないと考えられるが、保守的に比較

敷地ごとに震源を特定して策定する地震動と震源を特定せず策定する地震動の比較

### 加速度時刻歴波形

大湊側

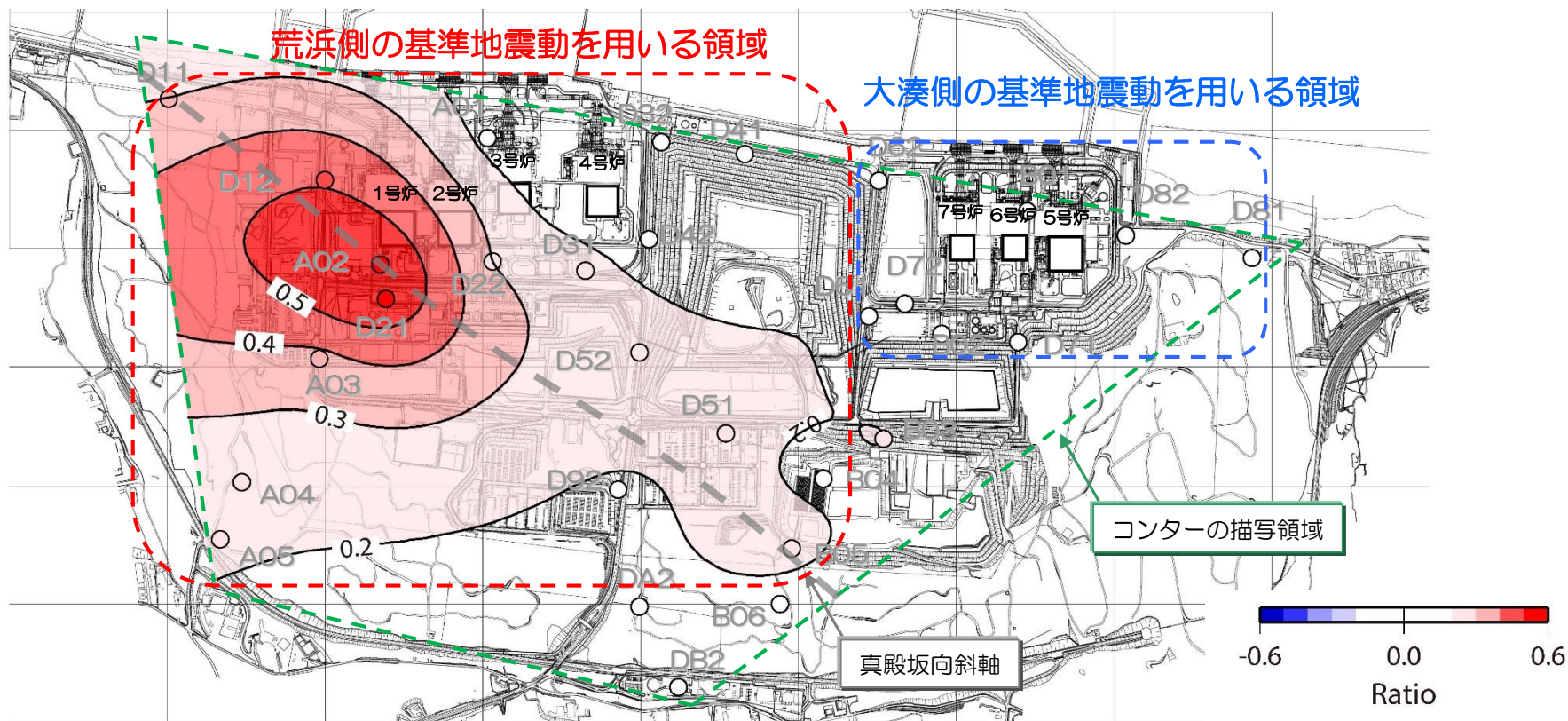




## 8. 基準地震動の策定

### 施設の耐震安全性評価に用いる基準地震動について

- 水平アレイ観測記録から、南西から到来する地震波の増幅特性は敷地内において異なることが確認される。
- そのため、施設の耐震安全性評価に用いる基準地震動は、原則として以下の方針とする。
  - 地震波の顕著な増幅が認められる領域を含む赤点線部は、荒浜側の基準地震動を用いる。
  - その他の地震波の顕著な増幅が認められない青点線部の領域は、大湊側の基準地震動を用いる。
  - なお、現状、判断にあたり十分なデータが得られていない領域については、周辺の地盤調査結果や地震観測記録等を参照し、必要に応じて追加で地震観測を実施する等検討した上で、適切な基準地震動を用いる。

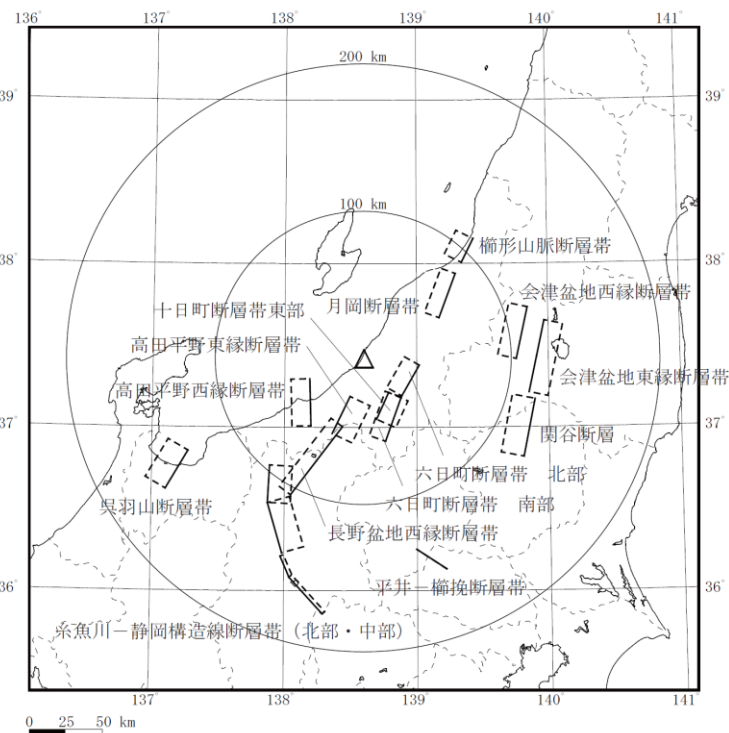


第266回審査会合 資料1より抜粋（一部加筆・修正）

# 9. 基準地震動の超過確率参照 震源モデルの設定 特定震源モデル

## ②敷地から30km程度以遠の震源モデル

■ 断層の諸元，平均活動間隔及び発生確率モデルは地震本部(2012)の知見に基づき設定。



陸域の補正係数を用いる震源 (Orange)      地震本部の知見により推定した値 (Pink)

特定震源の名称	分類	地震規模※1	等価震源距離(km)		平均活動間隔(年)	発生確率モデル
			荒浜	大湊		
会津盆地西縁断層帯	地震本部	7.4	102	101	8550	BPT
会津盆地東縁断層帯		7.7	123	123	7800	BPT
楡形山脈断層帯		6.9	99	97	3500	BPT
月岡断層帯		7.3	67	66	7500	BPT
関谷断層		7.5	113	113	3350	BPT
平井一楡挽断層帯		7.1	144	145	7300	ポアソン
十日町断層帯東部		7.0	41	42	6000	ポアソン
糸魚川-静岡構造線断層帯(北部・中部)		8.2	125	126	1000	BPT
呉羽山断層帯		7.3	150	151	4000	ポアソン
六日町断層帯 北部(ケース1)		7.1	32	32	5400	ポアソン
六日町断層帯 北部(ケース2)		7.1	28	28	3600	BPT
六日町断層帯 南部		7.3	43	44	6700	BPT
高田平野東縁断層帯		7.2	42	44	2300	ポアソン
高田平野西縁断層帯		7.3	52	53	3500	BPT
長野盆地西縁断層帯		7.8	74	76	1650	BPT

※1：地震のMは，松田(1975)に基づき設定。

地震調査研究推進本部の主要活断層の分布

# 9. 基準地震動の超過確率参照 一様ハザードスペクトル 荒浜側

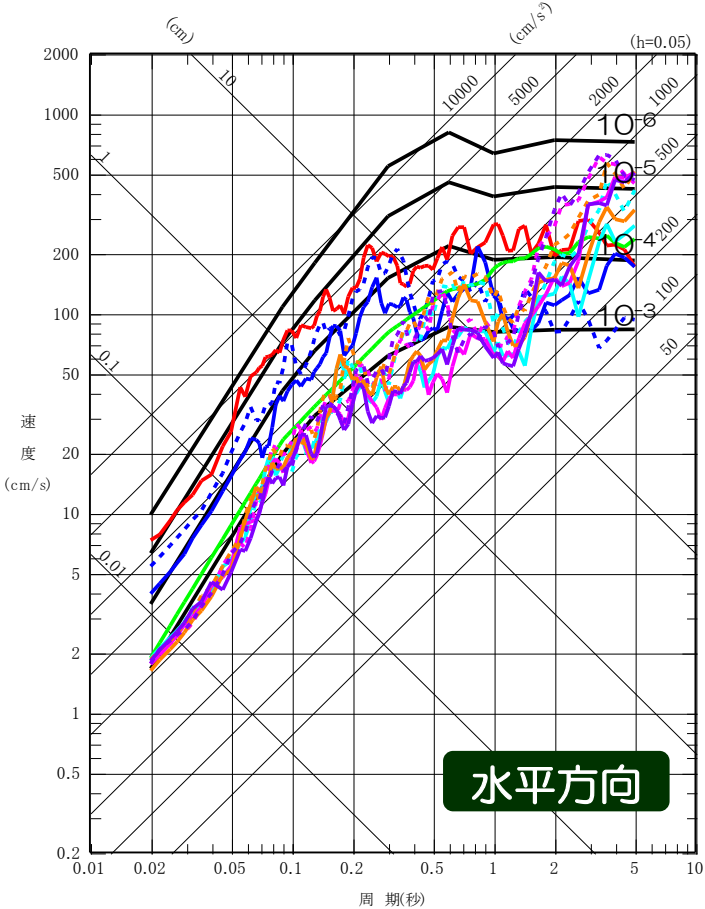
## 基準地震動Ss-1～ Ss-7との比較

■ 基準地震動Ss-1～Ss-7の応答スペクトルと一様ハザードスペクトルとを比較すると、基準地震動の年超過確率は、水平方向・鉛直方向ともに $10^{-4}$ ～ $10^{-5}$ 程度となっている。

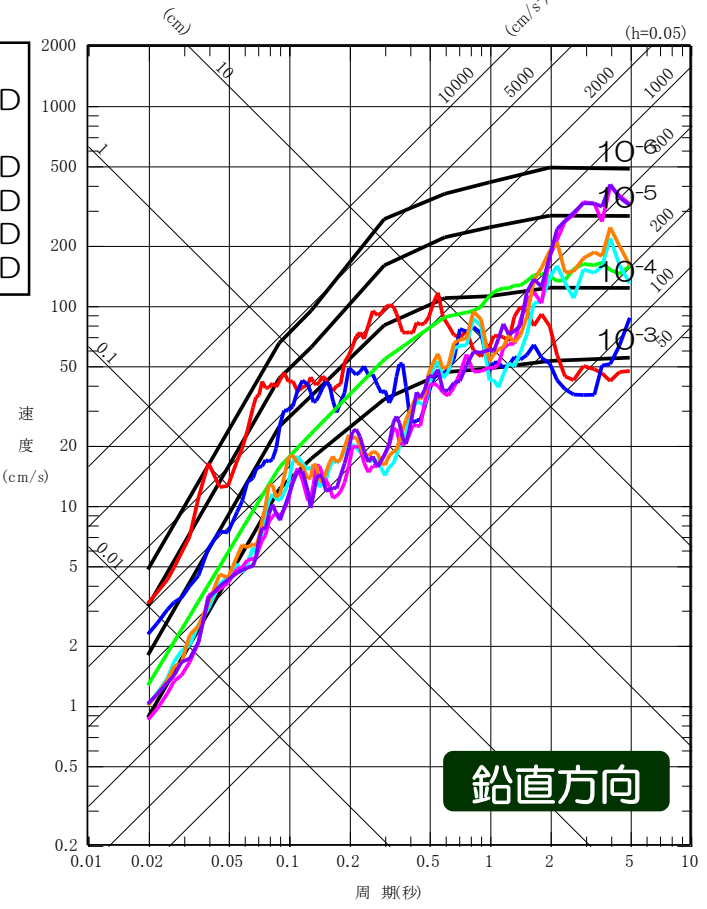
### 荒浜側

(一様ハザードスペクトルは平均フラクタルハザードに基づいた評価)

- Ss-1H
- Ss-2NS
- ⋯ Ss-2EW
- Ss-3H
- Ss-4NS
- ⋯ Ss-4EW
- Ss-5NS
- ⋯ Ss-5EW
- Ss-6NS
- ⋯ Ss-6EW
- Ss-7NS
- ⋯ Ss-7EW



- Ss-1V
- Ss-2UD
- Ss-3V
- Ss-4UD
- Ss-5UD
- Ss-6UD
- Ss-7UD



# 9. 基準地震動の超過確率参照 一様ハザードスペクトル 大湊側

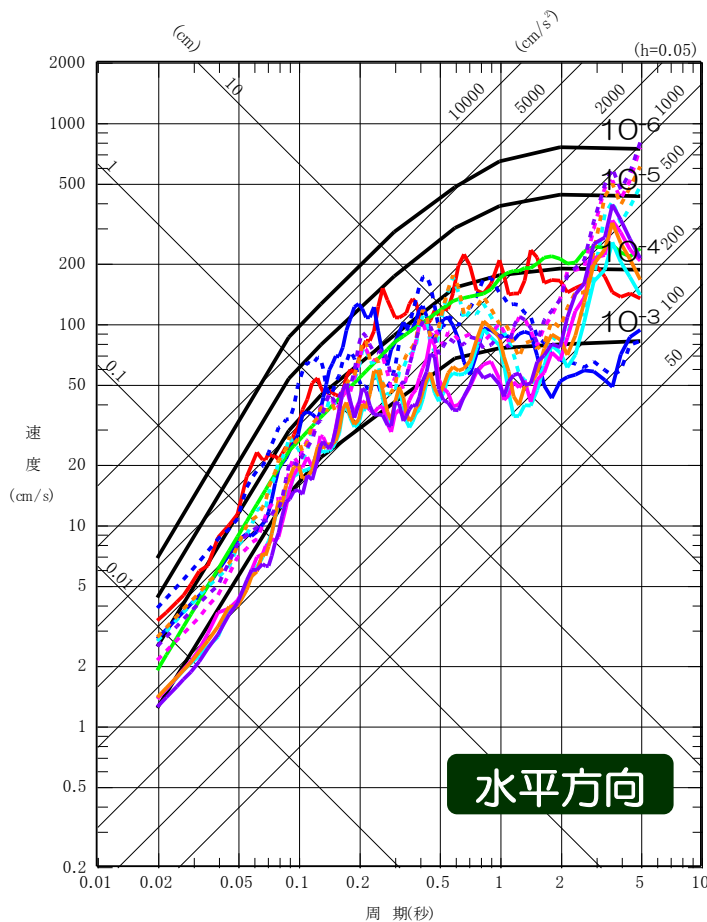
## 基準地震動Ss-1～ Ss-7との比較

■ 基準地震動Ss-1～Ss-7の応答スペクトルと一様ハザードスペクトルとを比較すると、基準地震動の年超過確率は、水平方向・鉛直方向ともに $10^{-4}$ ～ $10^{-5}$ 程度となっている。

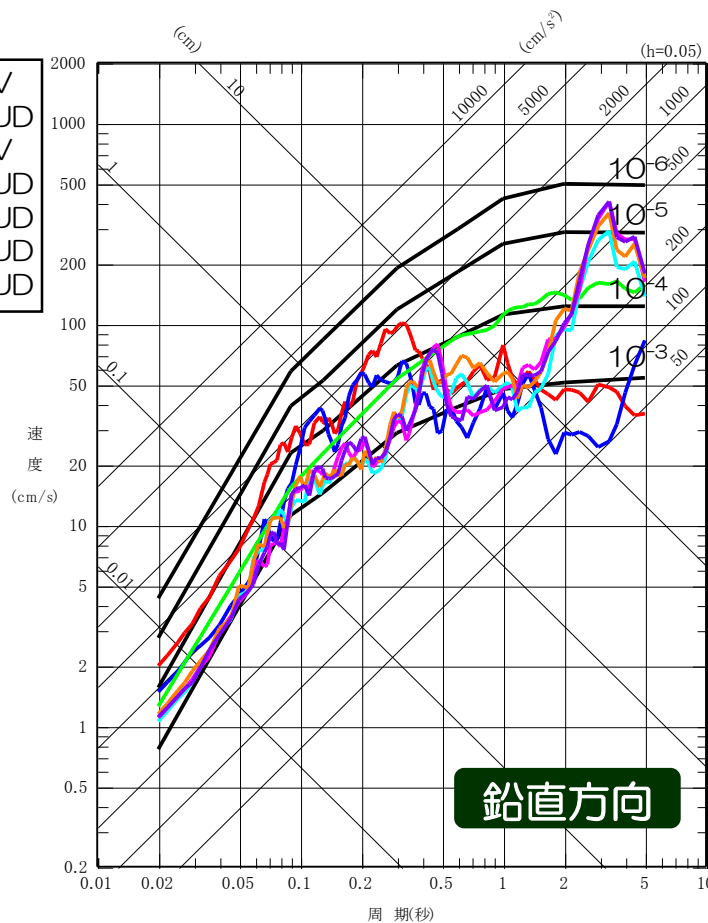
### 大湊側

(一様ハザードスペクトルは平均フラクタルハザードに基づいた評価)

- Ss-1H
- Ss-2NS
- ⋯ Ss-2EW
- Ss-3H
- Ss-4NS
- ⋯ Ss-4EW
- Ss-5NS
- ⋯ Ss-5EW
- Ss-6NS
- ⋯ Ss-6EW
- Ss-7NS
- ⋯ Ss-7EW



- Ss-1V
- Ss-2UD
- Ss-3V
- Ss-4UD
- Ss-5UD
- Ss-6UD
- Ss-7UD



- ABE, K.(1975) : RE-EXAMINATION OF THE FAULT MODEL FOR THE NIIGATA EARTHQUAKE OF 1964, Journal of Physics of the Earth, 23
- Aoi, S., H. Sekiguchi, N. Morikawa, and T. Kunugi(2008) : Source process of the 2007 Niigata-ken Chuetsu-oki earthquake derived from near-fault strong motion data, Earth, Planets and Space, 60
- BOORE, D.M.(1983) : STOCHASTIC SIMULATION OF HIGH-FREQUENCY GROUND MOTIONS BASED ON SEISMOLOGICAL MODELS OF THE RADIATED SPECTRA, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.73
- BRUNE, J.N.(1970) : Tectonic Stress and Spectra of Seismic Shear Waves from Earthquakes, Journal of Geophysical Research, Vol.75
- ESHELBY, J.D.(1957) : The determination of the elastic field of an ellipsoidal inclusion, and related problems, Proceedings of the Royal Society, A241
- Faccioli, E.(1986) : A STUDY OF STRONG MOTIONS FROM ITALY AND YUGOSLAVIA IN TERMS OF GROSS SOURCE PROPERTIES, Geophysical Monograph 37 Maurice Ewing Volume 6
- FUJII, Y., and M. MATSU'URA(2000) : Regional Difference in Scaling Laws for Large Earthquakes and its Tectonic Implication, Pure and Applied Geophysics, 157
- GARDNER, G.H.F., L.W.GARDNER, AND A.R.GREGORY(1974) : FORMATION VELOCITY AND DENSITY—THE DIAGNOSTIC BASICS FOR STRATIGRAPHIC TRAPS, GEOPHYSICS, Vol.39
- GELLER, R.J.(1976) : SCALING RELATIONS FOR EARTHQUAKE SOURCE PARAMETERS AND MAGNITUDES, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.66
- Honda, R., and S. Aoi(2009) : Array Back-Projection Imaging of the 2007 Niigataken Chuetsu-oki Earthquake Striking the World's Largest Nuclear Power Plant, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.99
- KAMAE, K., and H. KAWABE(2008) : SOURCE MODELING AND STRONG GROUND MOTION SIMULATION OF THE 2007 NIIGATAKEN CHUETSU-OKI EARTHQUAKE (Mj=6.8) IN JAPAN, The 14th World Conference on Earthquake Engineering
- Kato, A., E. Kurashimo, T. Igarashi, S. Sakai, T. Iidaka, M. Shinohara, T. Kanazawa, T. Yamada, N. Hirata, and T. Iwasaki(2009) : Reactivation of ancient rift systems triggers devastating intraplate earthquakes, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL.36
- Katsumata, A.(2010) : Depth of the Moho discontinuity beneath the Japanese islands estimated by travelttime analysis, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL.115
- MADARIAGA, R.(1979) : On the Relation Between Seismic Moment and Stress Drop in the Presence of Stress and Strength Heterogeneity, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, Vol.84
- Maeda, T. and T. Sasatani(2009) : Strong ground motions from an Mj6.1 inland crustal earthquake in Hokkaido, Japan: the 2004 Rumoi earthquake, Earth, Planets and Space, 61
- Miyake, H., K. Koketsu, K. Hikima, M. Shinohara, and T. Kanazawa(2010) : Source Fault of the 2007 Chuetsu-oki, Japan, Earthquake, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.100
- MUROTANI, S., S. MATSUSHIMA, T. AZUMA, K. IRIKURA, and S. KITAGAWA(2015) : Scaling Relations of Source Parameter of Earthquakes Occurring on Inland Crustal Mega-Fault Systems, Pure and Applied Geophysics, 172
- Nakamura, T., Y. Ishihara, Y. Yamanaka, and Y. Kaneda(2009) : Source process for complex fault system of the 2007 Chuetsu-oki, Niigata, Japan, earthquake, Earth, Planets and Space, Vol.61
- Noda, S., K. Yashiro, K. Takahashi, M. Takemura, S. Ohno, M. Tohdo and T. Watanabe(2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, The OECD-NEA Workshop on the Relations between Seismological Data and Seismic Engineering Analyses, Oct.16-18, Istanbul
- Satake, K.(1986) : Re-examination of the 1940 Shakotan-oki earthquake and the fault parameters of the earthquakes along the eastern margin of the Japan Sea, Physics of Earth and Planetary Interiors, 43
- SATO, T.(1985) : RUPTURE CHARACTERISTICS OF THE 1983 NIHONKAI-CHUBU (JAPAN SEA) EARTHQUAKE AS INFERRED FROM STRONG MOTION ACCELEROGRAMS, Journal of Physics of the Earth, 33
- Somerville, P., K. Irikura, R. Graves, S. Sawada, D. Wald, N. Abrahamson, Y. Iwasaki, T. Kagawa, N. Smith, and A. Kowada(1999) : Characterizing Crustal Earthquake Slip Models for the Prediction of Strong Ground Motion, Seismological Research Letters, Volume 70

---

## まとめ資料 補足説明資料

# 目次

1. 敷地における地震波の増幅特性に関連する補足	P. 2
2. 検討用地震の選定に関連する補足	P.104
3. 震源モデル設定に関連する補足	P.125
4. F-B断層による地震の地震動評価に関連する補足	P.155
5. 長岡平野西縁断層帯による地震の地震動評価に関連する補足	P.176
6. 震源を特定せず策定する地震動に関連する補足	P.201
7. 基準地震動Ssに関連する補足	P.256

※敷地における解放基盤表面以深の地震波の伝播特性は差異が認められるため、地震波の著しい増幅が認められる1号炉を含む領域を『荒浜側』とし、地震波の顕著な増幅が認められない5号炉を含む領域を『大湊側』とする。なお、荒浜側においては特に顕著な増幅が著しいことを確認の上で1号炉を、大湊側においては5号炉～7号炉で差異が認められないことを確認の上で5号炉を代表させて地震動評価を行うこととしている。

※安田層下部層のMIS10～MIS7とMIS6の境界付近の堆積物については、本資料では『古安田層』と仮称する。

※七谷層の下位に広く分布している、玄武岩質～安山岩質～流紋岩質の火山岩及び火山砕屑岩を主体とする地層については、天然ガス鉱業会ほか編(1992)による『グリーンタフ』の名称を使用する。

※平成28年4月以前に実施した地質調査に関する図においては、一部、旧社名（『東京電力（株）』）で表記。

※『中越地震』は2004年新潟県中越地震を、『中越沖地震』は2007年新潟県中越沖地震を示す。

※『強震動予測レシピ』は、地震調査研究推進本部（以下『地震本部』という。）(2016)による強震動予測レシピを示す。

※『ひずみ集中帯プロジェクト』は、独立行政法人 防災科学技術研究所が中心となって行われたひずみ集中帯の重点的調査観測・研究プロジェクトを示す。

# 1.2 地下構造モデルを用いた解析的検討

## 1.2.1 地下構造調査結果の分析

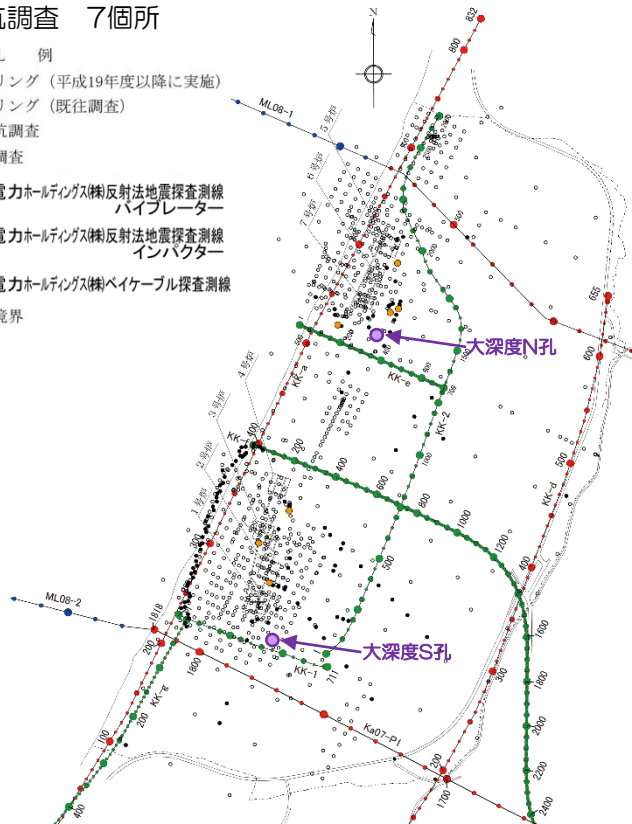
### 敷地の地下構造調査位置図

■ 敷地内においては反射法地震探査、ボーリング調査等の調査を実施し、敷地近傍の地下構造を把握。

- 反射法地震探査 7測線, 延長約18km
- ボーリング調査 約950孔, 延長約78,500m
- 試掘坑調査 (5,6,7号炉) 延長約1,615m
- 試掘坑調査 (1,2,3,4号炉) 延長約2,170m
- 立坑調査 7箇所

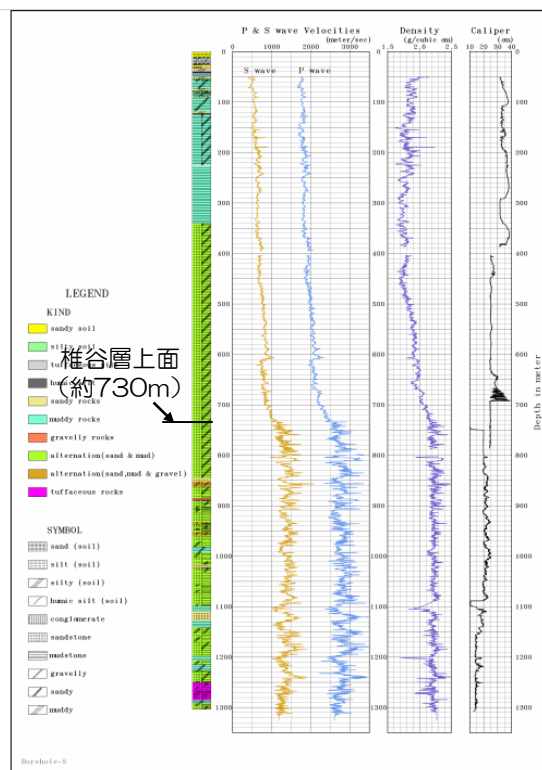
凡 例

- ボーリング (平成19年度以降に実施)
- ボーリング (既往調査)
- 試掘坑調査
- 立坑調査
- 東京電力ホールディングス(株)反射法地震探査測線  
ハイブリーター
- 東京電力ホールディングス(株)反射法地震探査測線  
インバクター
- 東京電力ホールディングス(株)ベイクブル探査測線
- 敷地境界

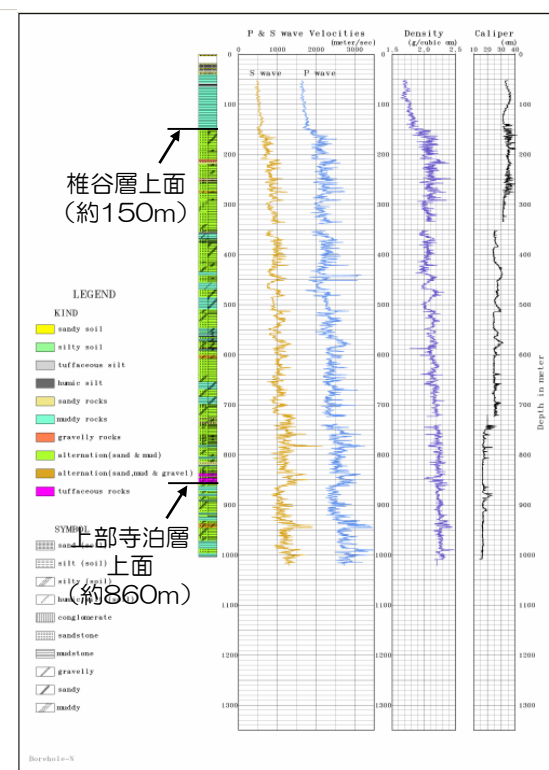


### 大深度ボーリング結果

■ 大深度ボーリングにより、深さ1,000m程度までのS波速度構造を把握するとともに、椎谷層及び上部寺泊層の上面深度を確認。



大深度S孔 (荒浜側)



大深度N孔 (大湊側)



# 1.2 地下構造モデルを用いた解析的検討

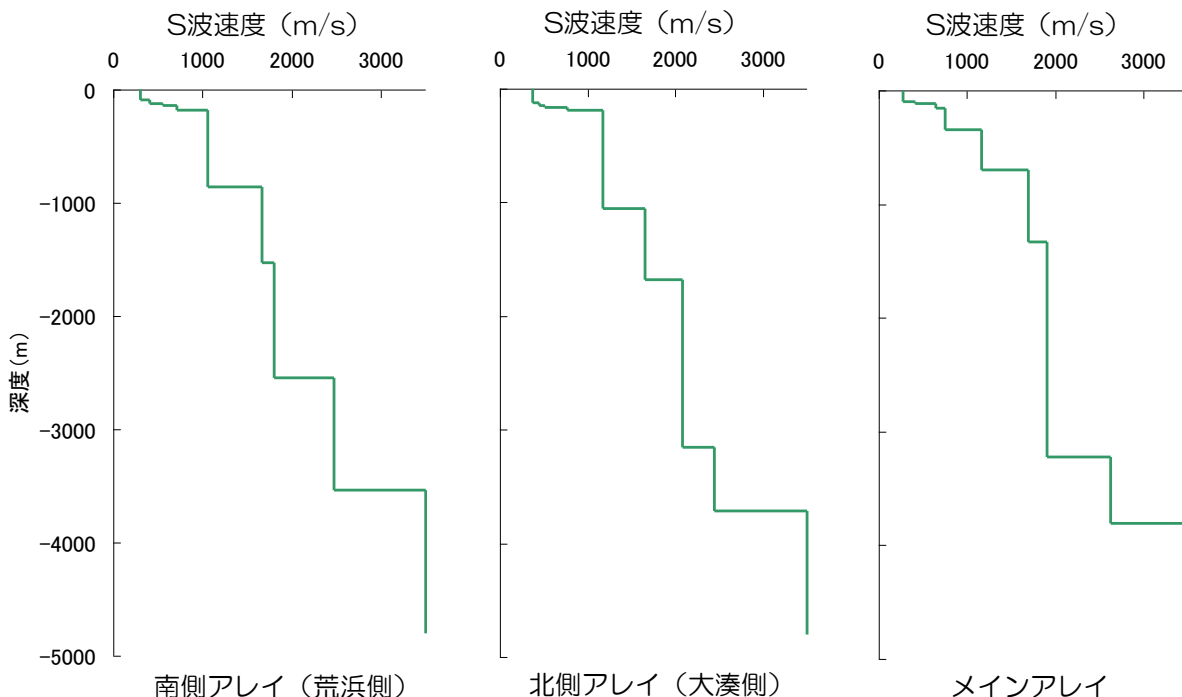
## 1.2.1 地下構造調査結果の分析

### 微動アレイ観測

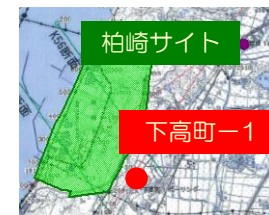
- 探索モデル（右表）：既往の地質調査に基づき9層モデルを仮定
- P波速度については、関係式によりS波速度から換算
  - $V_p = 1.65V_s + 0.96$   
(新潟県内のK-NET及びKiK-netでの検層結果,  $V_s \leq 1.5\text{km/s}$ )
  - $V_p = 1.11V_s + 1.29$   
(狐崎ほか(1990),  $V_s > 1.5\text{km/s}$ )
- 地震基盤のVs値は、小林ほか(1995)における既往のP波探査より地震基盤のP波速度を推定し、上式から3.5km/sで固定

地層	P波速度 (km/s)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	探索範囲	
			S波速度 (km/s)	層厚 (km)
沖積層 段丘堆積物	1.65Vs + 0.96	1.80	0.2~0.4	0.01~0.20
		1.95	0.4~0.6	0.01~0.25
魚沼層群 灰爪層	1.11Vs + 1.29	2.00	0.5~0.7	0.01~0.25
西山層		2.10	0.6~0.8	0.01~0.50
椎谷層		2.20	0.7~1.2	0.1~1.00
上部寺泊層	1.11Vs + 1.29	2.30	1.2~1.7	0.5~3.00
下部寺泊層		2.40	1.7~2.1	0.5~3.00
七谷層		2.55	2.1~3.0	0.5~3.00
グリーンタフ				
足尾帯・上越帯		2.70	(3.5)	-

佐藤ほか(2010)より抜粋（一部加筆・修正）



位相速度から逆解析で求められた一次元地下構造モデル



下高町-1の層序

-222m	西山層
-899m	椎谷層
-1634m	上部寺泊層
-2579m	下部寺泊層
	七谷層
	グリーンタフ

# 【参考】敷地内における解放基盤表面相当～地表の増幅率（荒浜側）

■ 水平アレイの1次元地下構造モデルに基づき、各地点の解放基盤表面相当※～地表の伝達関数を評価。

荒浜側

※Vsが概ね700m/s以上となるNo.5層上面深さを仮定

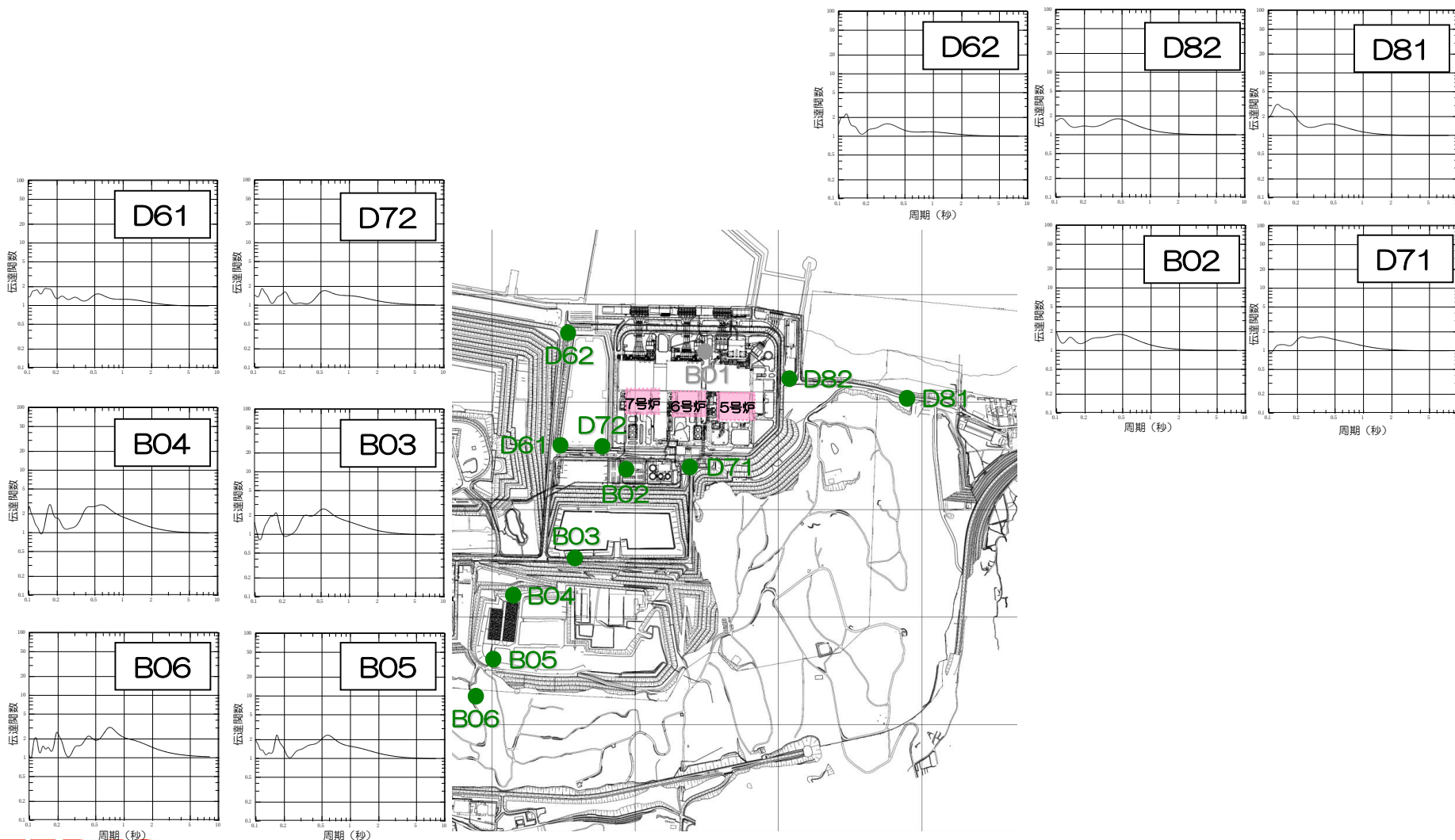


# 【参考】敷地内における解放基盤表面相当～地表の増幅率（大湊側）

■ 水平アレイの1次元地下構造モデルに基づき、各地点の解放基盤表面相当※～地表の伝達関数を評価。

大湊側

※Vsが概ね700m/s以上となるNo.5層上面深さを仮定



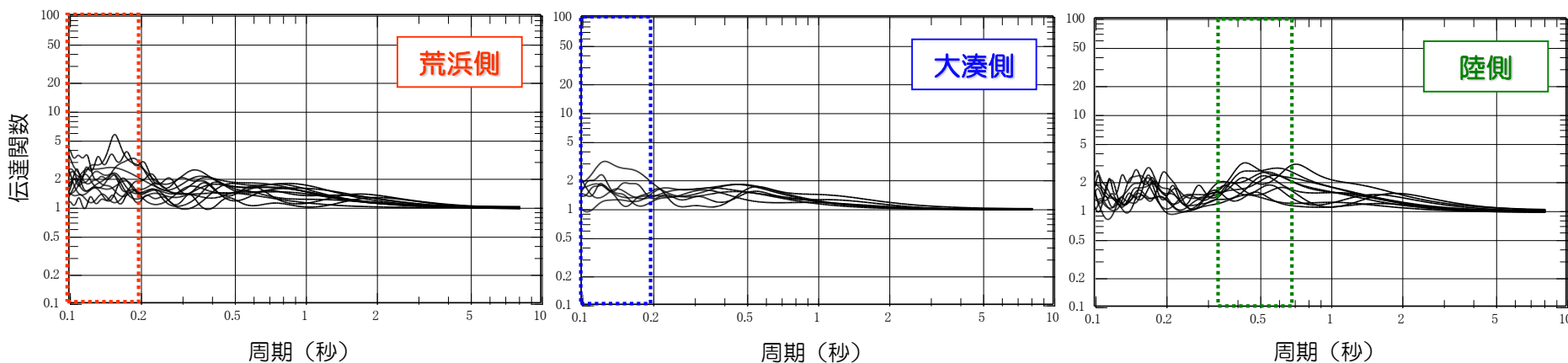
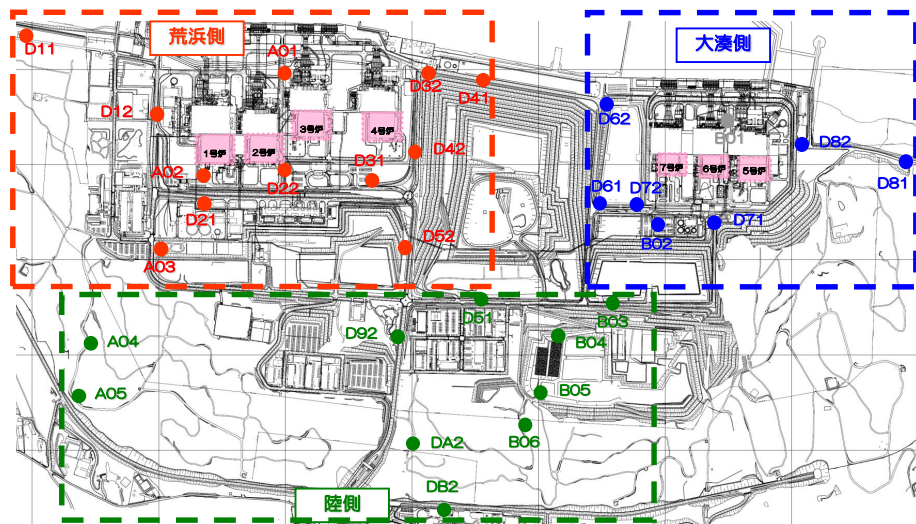
# 【参考】敷地内における解放基盤表面相当～地表の増幅率（まとめ）

- 各地点の解放基盤表面相当\*～地表の伝達関数をグルーピングし分析。
- 伝達関数の特徴は以下のとおりである。
  - 荒浜側と大湊側は周期0.1秒～0.2秒にピークが認められ、伝達関数の傾向に顕著な差は確認されない。

解放基盤表面以深においては褶曲構造による影響で荒浜側と大湊側で増幅特性に差が確認されているものの、解放基盤表面以浅においては両者の増幅特性に顕著な差はないと考えられる。

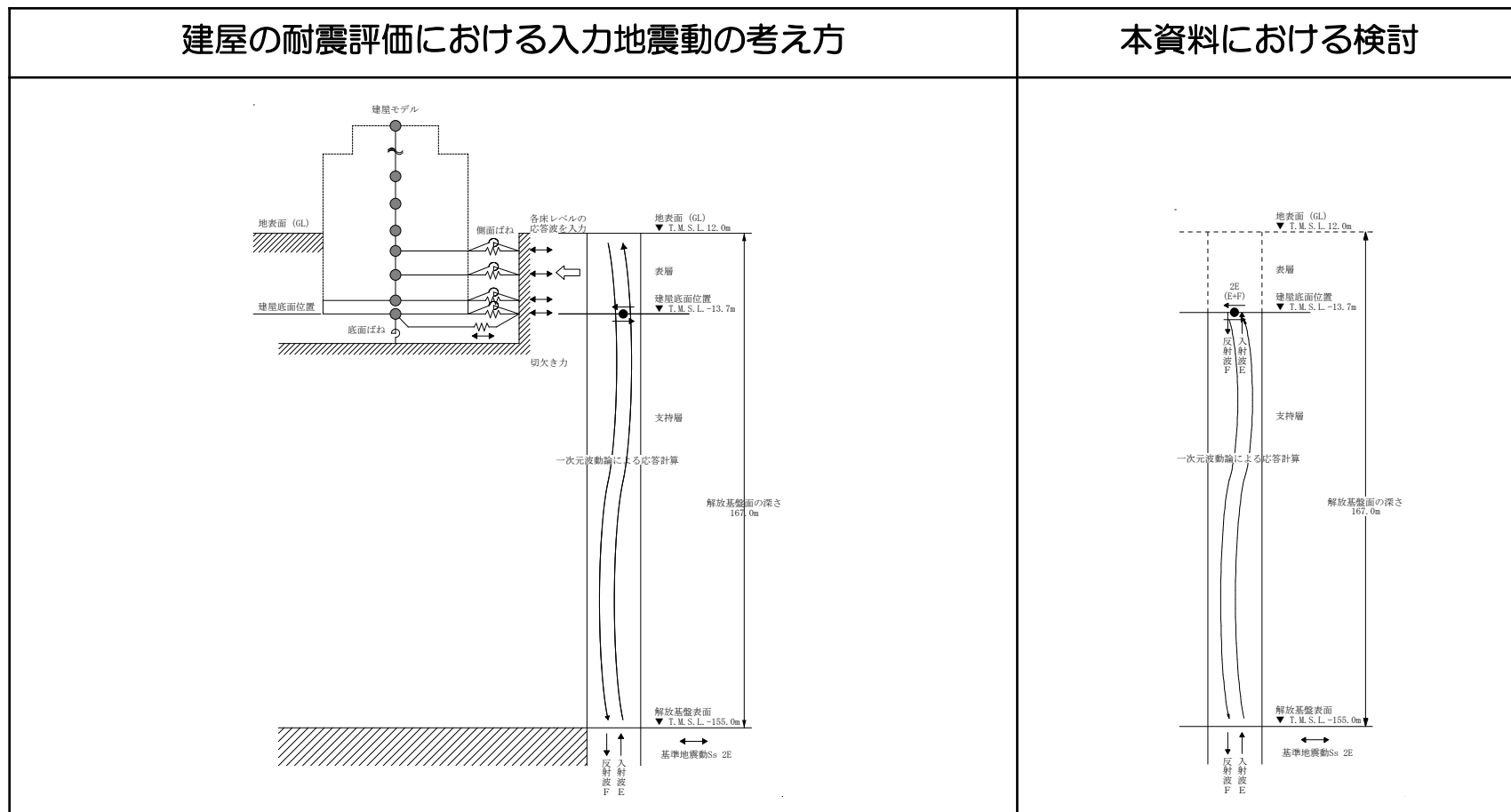
- 陸側では荒浜側や大湊側よりも長周期側の周期0.5秒付近でピークが認められる。これは、陸側では標高が高く表層が厚いため、より長周期側にピークが確認されたものと考えられる。
- 以上の特徴を踏まえ、施設評価においては各施設近傍でのボーリング調査等に基づき、解放基盤表面以浅の地下構造による増幅特性を適切に反映する。

\*Vsが概ね700m/s以上となるNo.5層上面深さを仮定



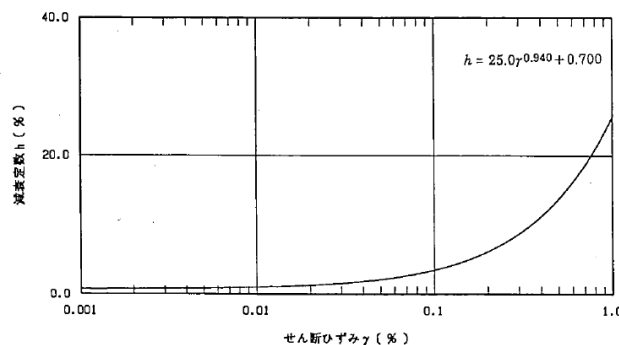
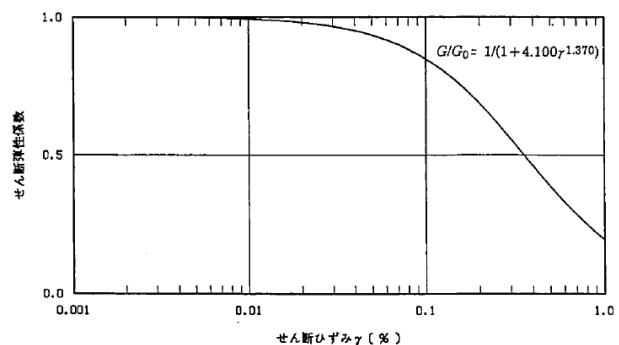
# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価の考え方

- 建屋の耐震評価に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義された基準地震動 $S_s$ に対して、一次元波動論にて評価した各位置のE+Fに加え、基礎版底面に補正水平力（切欠き力）を考慮する。
- 本資料においては、解放基盤表面で定義された基準地震動 $S_s$ が、建屋基礎版の底面レベル（以下「建屋基礎下レベル」という。）まで上昇する際の増幅特性の確認を目的とし、解放基盤表面に基準地震動 $S_s$ を入力した際の建屋基礎下レベルにおける自由表面波（2E）を評価する。
- 解放基盤表面から建屋基礎下レベルの間においては、地盤の非線形性を考慮するために、一次元波動論を用いた等価線形解析による評価を行う。



# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 建屋基礎下レベルでの地震動算定用地盤モデル

- 本検討においては、右下図に示す耐震設計に用いる浅部地盤モデルを用いて評価した。
- 地盤モデルに記載した物性値については、ボーリング孔から採取した供試体を用いた物理試験等より設定した。
- S波速度は、ボーリング孔で実施したPS検層より設定した。
- 等価線形解析に用いる変形特性は、ボーリング孔から採取した供試体を用いた動的せん断試験の結果より設定した。



西山層のひずみ依存特性

建屋基礎下の  
地震動評価位置

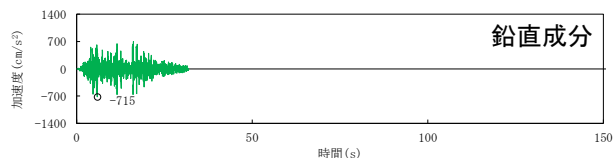
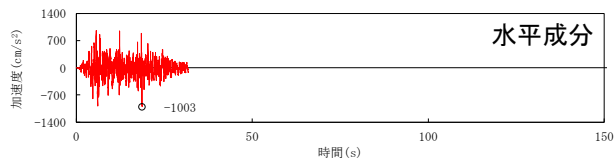


標高 T. M. S. L. m	地層区分	層厚 m	密度 $\rho$ kN/m <sup>3</sup>	S波速度 $V_s$ m/s	ポアソン比 $\nu$	減衰定数 h		
						水平	鉛直	
-13.7	西山層	1	17.0	490	0.451	0.030	0.030	
-33.0		2	57.0	16.6	530			0.446
-90.0		3	46.0	17.3	590			0.432
-136.0		4	19.0	19.3	650			0.424
-155.0	解放基盤 表面 ▼	—	19.9	720	0.416	0.000	0.000	

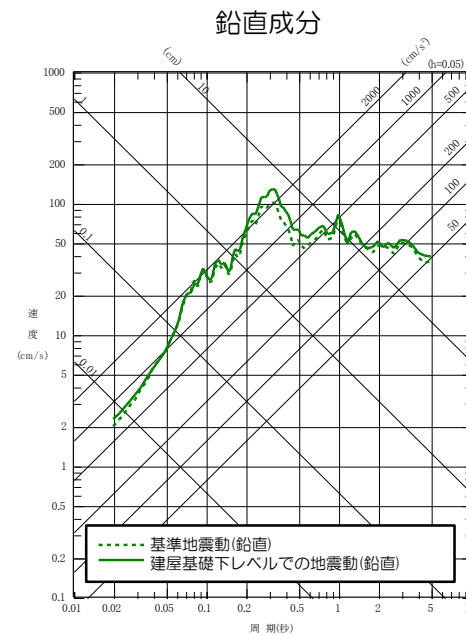
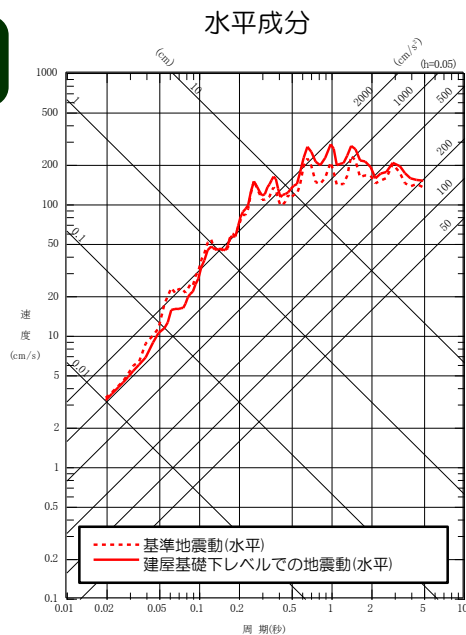
検討用地盤モデル

# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価結果 基準地震動Ss-1

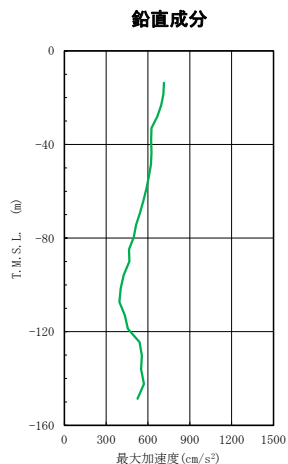
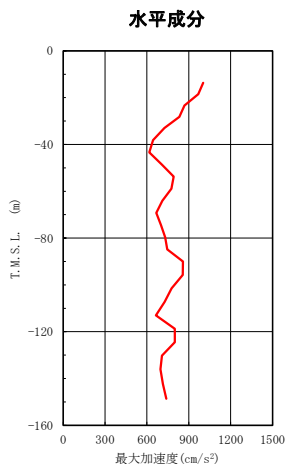
## 建屋基礎下レベルでの地震動 (基礎下T.M.S.L.-13.7m；自由表面波)



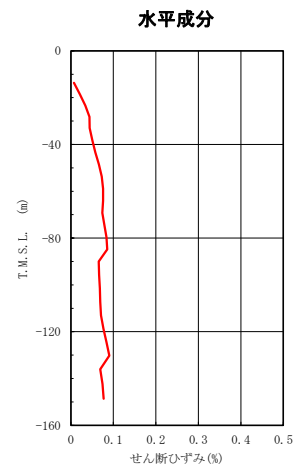
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



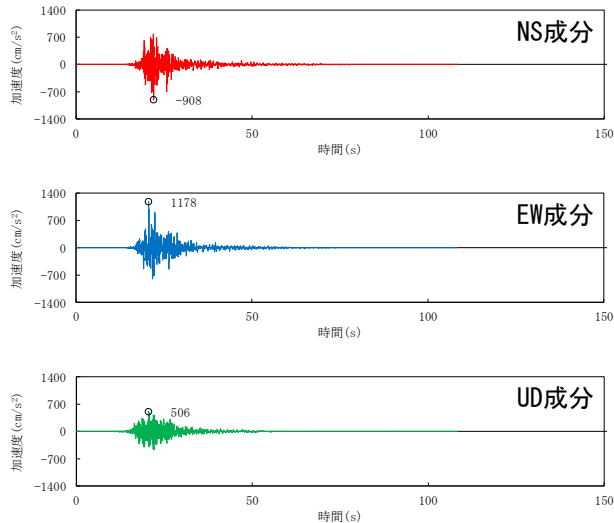
最大加速度分布



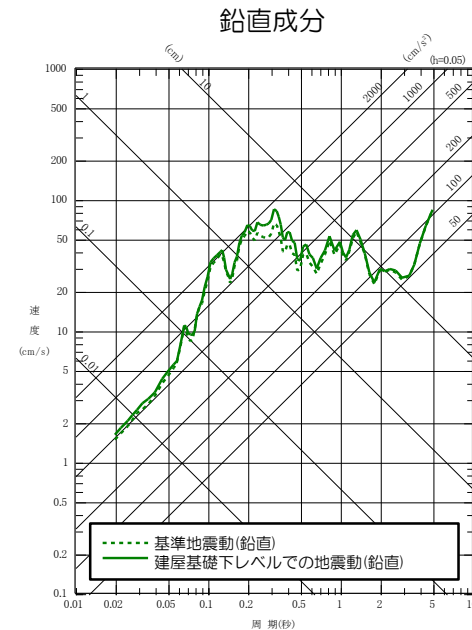
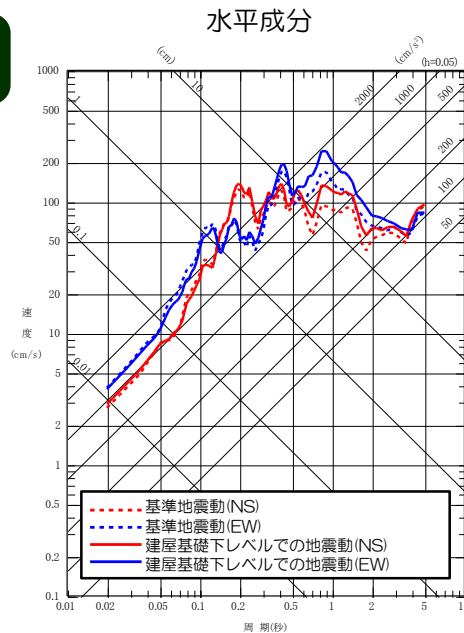
せん断ひずみ分布

# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価結果 基準地震動Ss-2

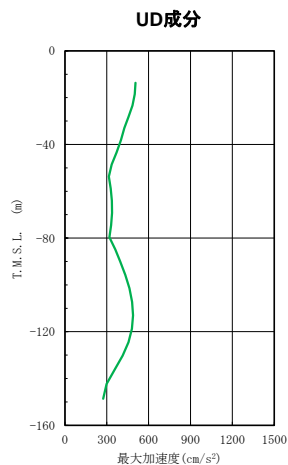
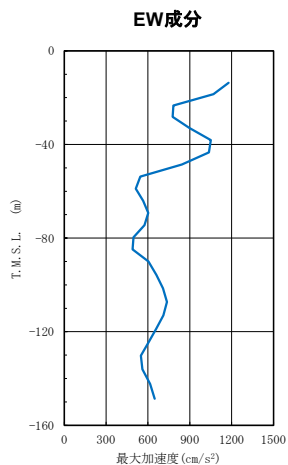
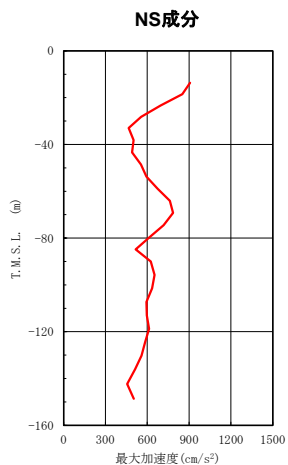
## 建屋基礎下レベルでの地震動 (基礎下T.M.S.L.-13.7m；自由表面波)



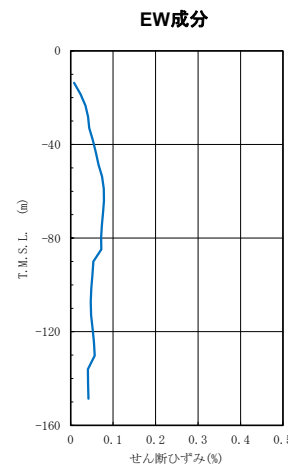
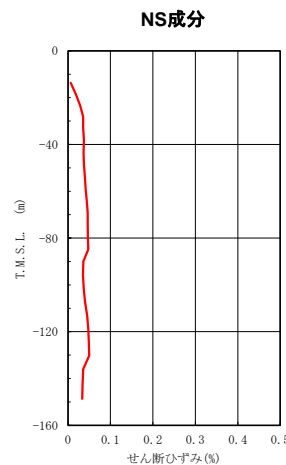
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



最大加速度分布

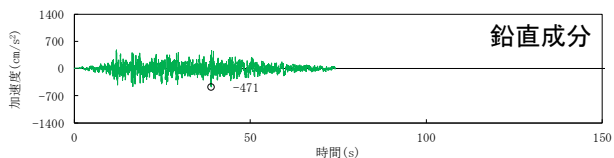
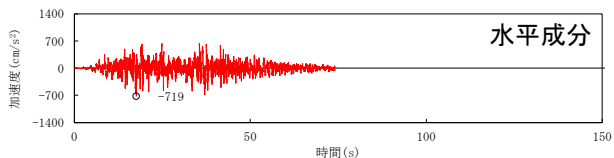


せん断ひずみ分布

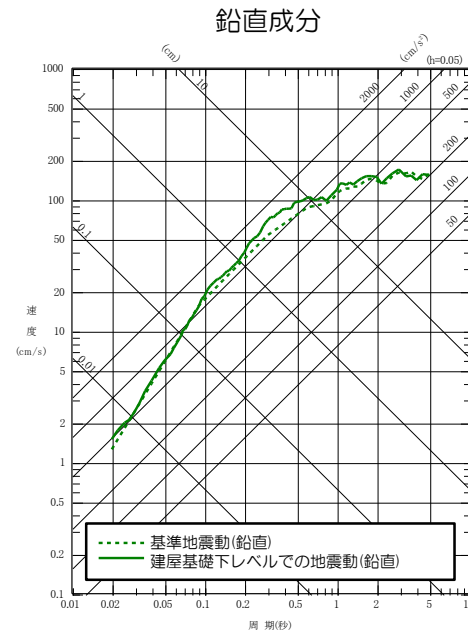
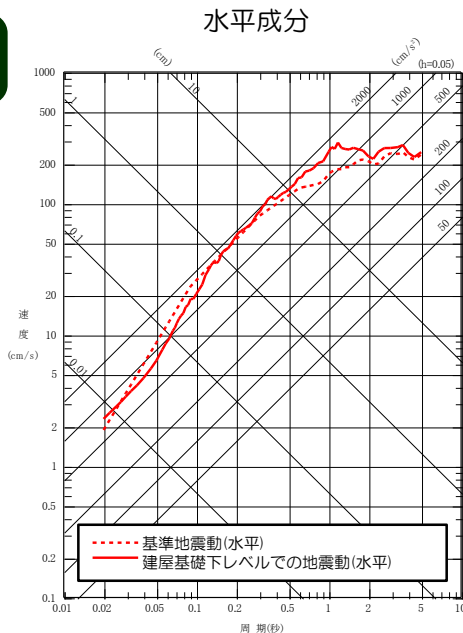


# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価結果 基準地震動Ss-3

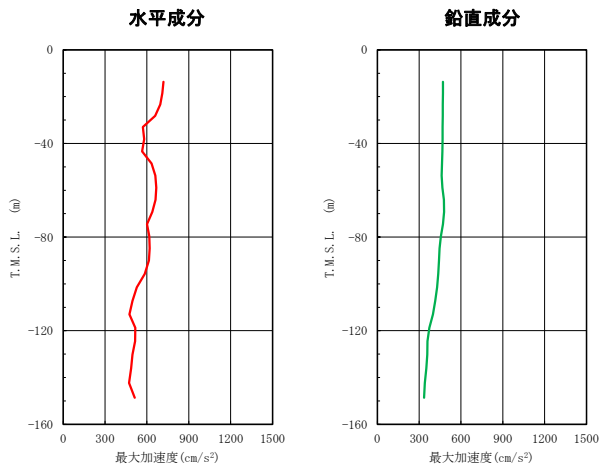
## 建屋基礎下レベルでの地震動 (基礎下T.M.S.L.-13.7m; 自由表面波)



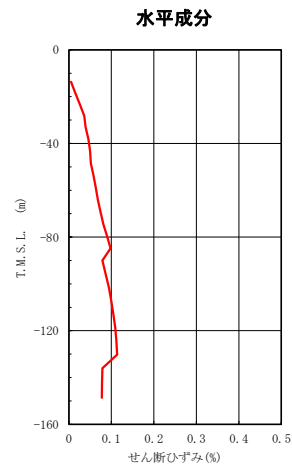
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



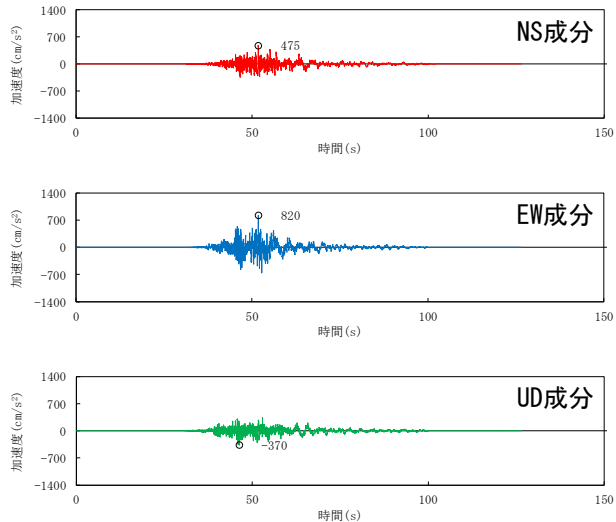
最大加速度分布



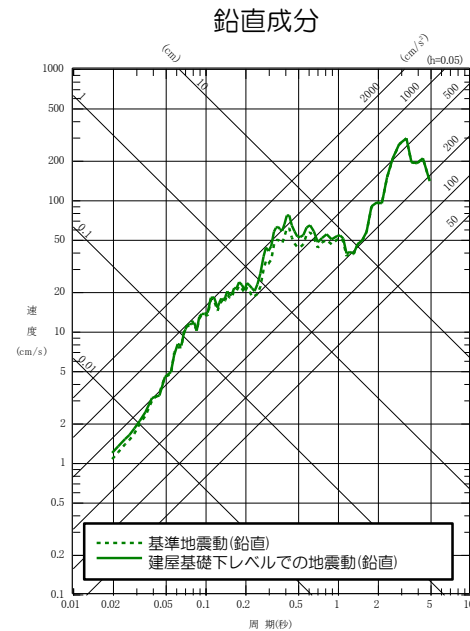
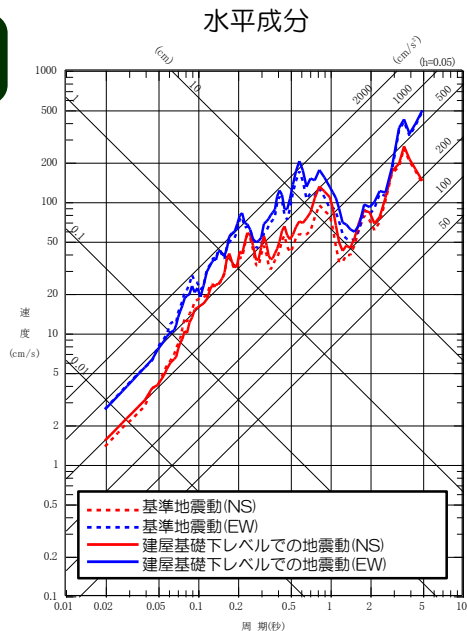
せん断ひずみ分布

# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価結果 基準地震動Ss-4

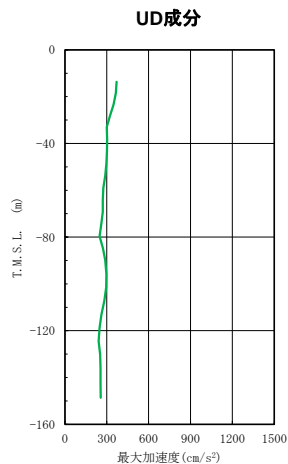
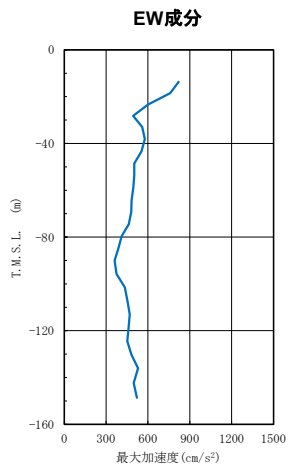
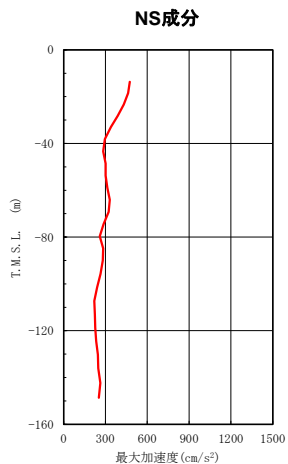
## 建屋基礎下レベルでの地震動 (基礎下T.M.S.L.-13.7m；自由表面波)



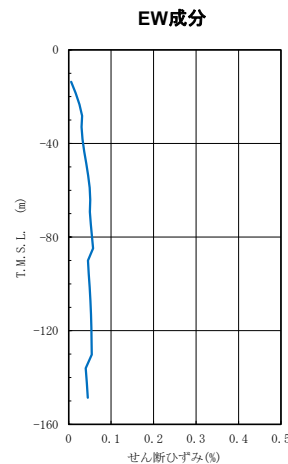
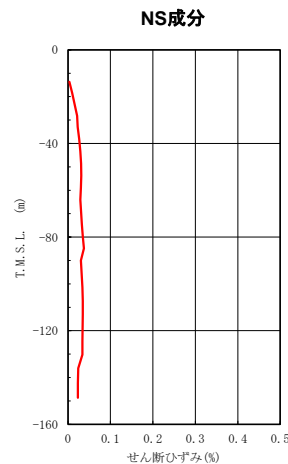
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



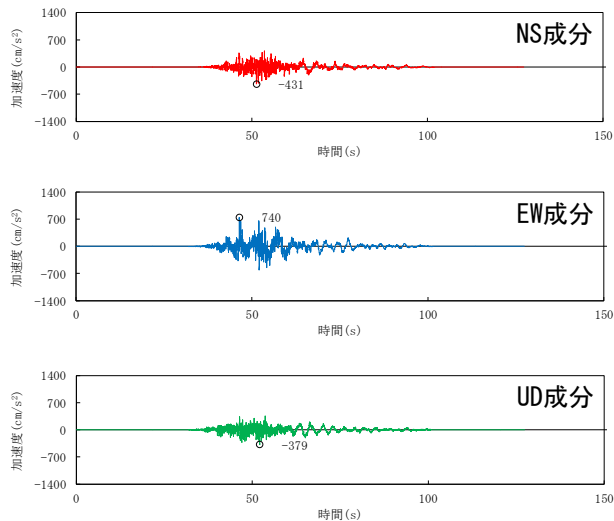
最大加速度分布



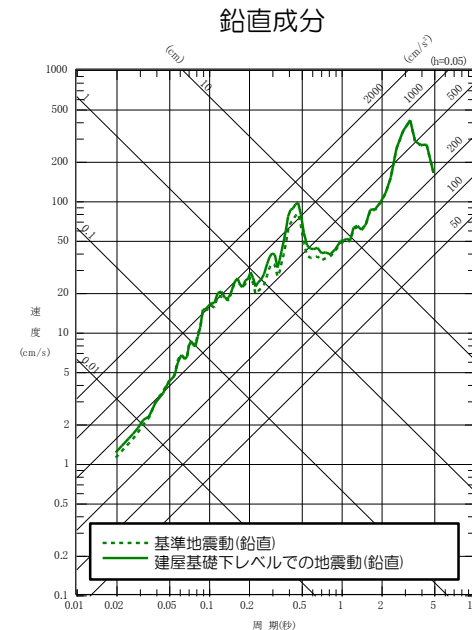
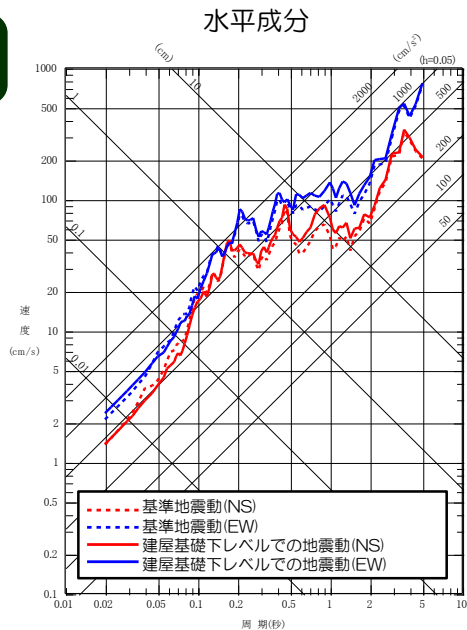
せん断ひずみ分布

# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価結果 基準地震動Ss-5

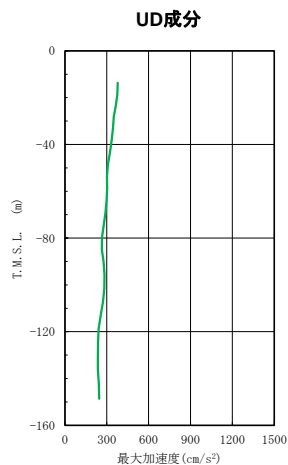
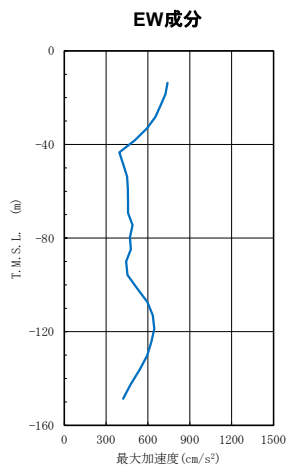
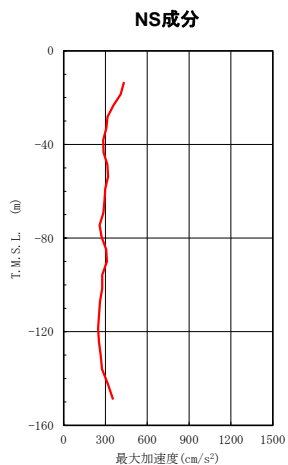
## 建屋基礎下レベルでの地震動 (基礎下T.M.S.L.-13.7m；自由表面波)



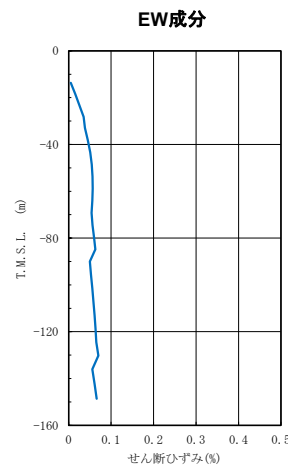
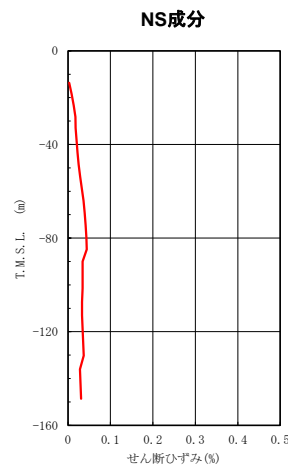
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



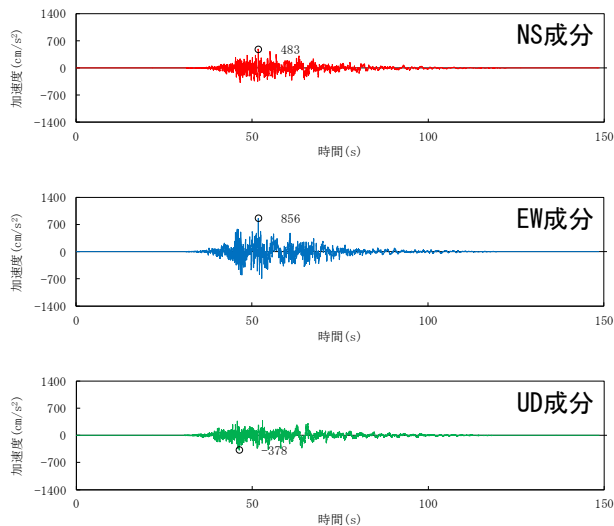
最大加速度分布



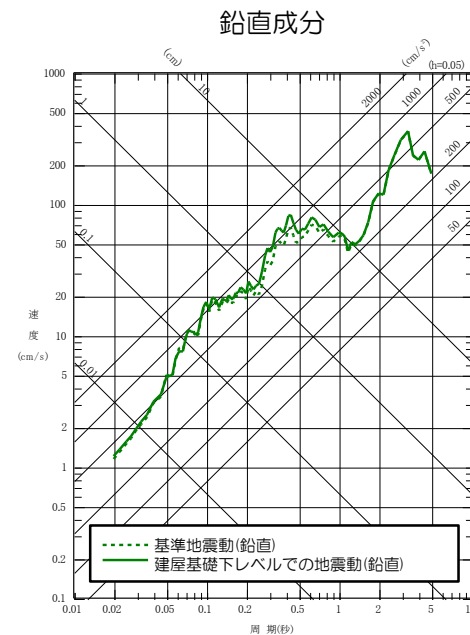
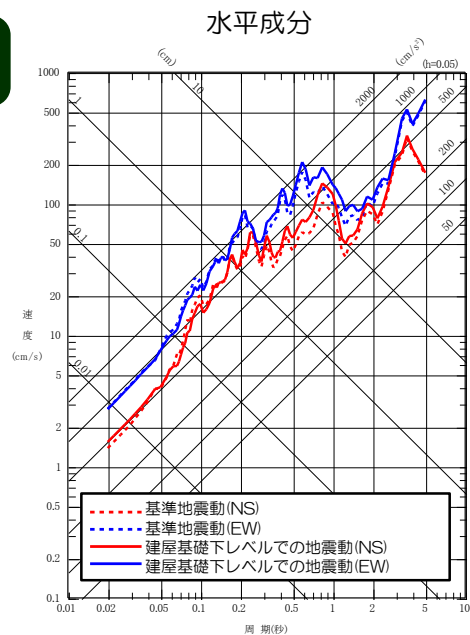
せん断ひずみ分布

# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価結果 基準地震動Ss-6

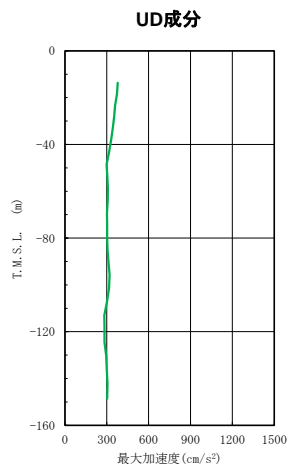
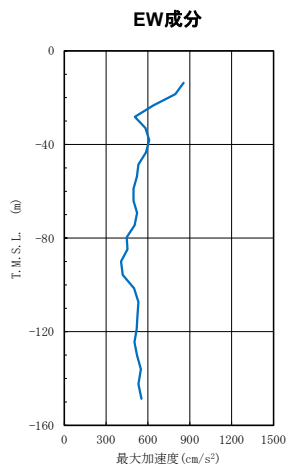
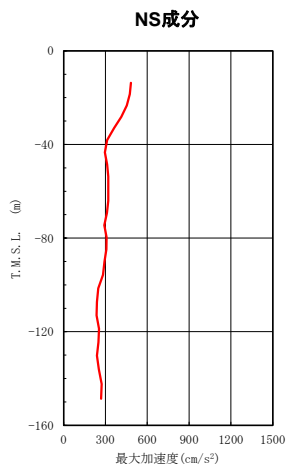
## 建屋基礎下レベルでの地震動 (基礎下T.M.S.L.-13.7m；自由表面波)



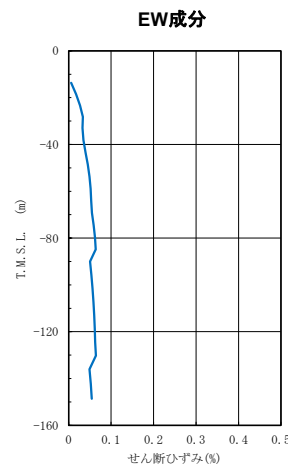
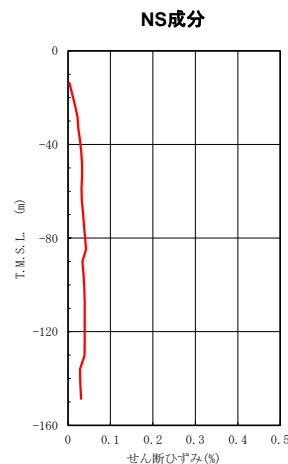
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



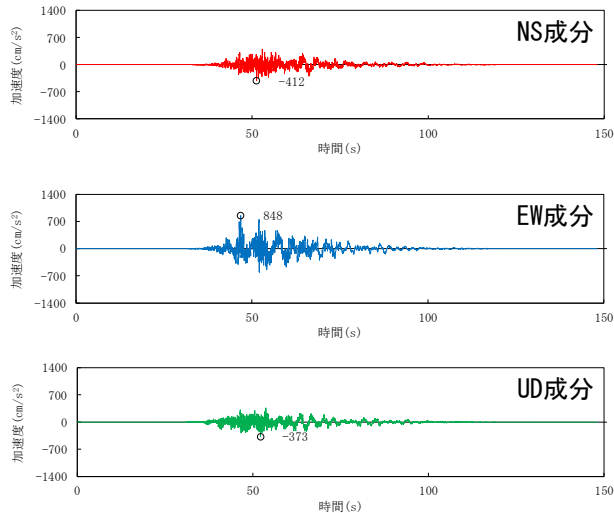
最大加速度分布



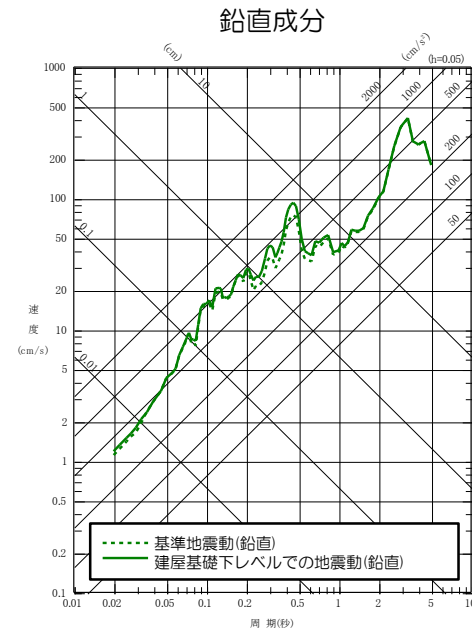
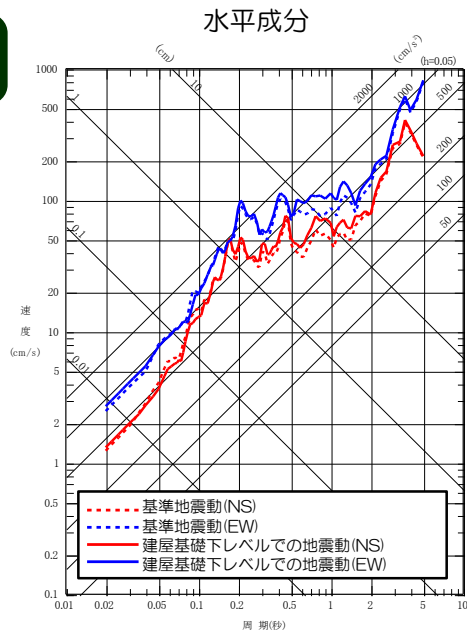
せん断ひずみ分布

# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価結果 基準地震動Ss-7

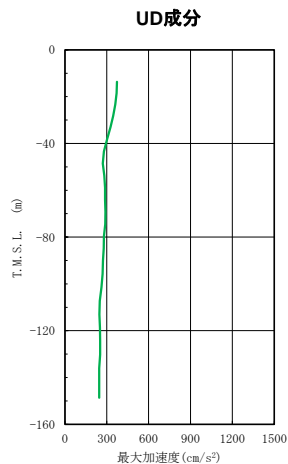
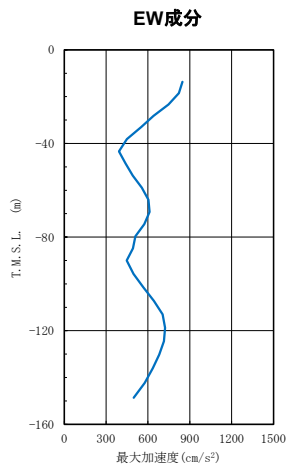
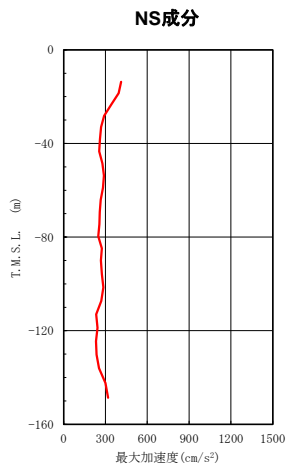
## 建屋基礎下レベルでの地震動 (基礎下T.M.S.L.-13.7m；自由表面波)



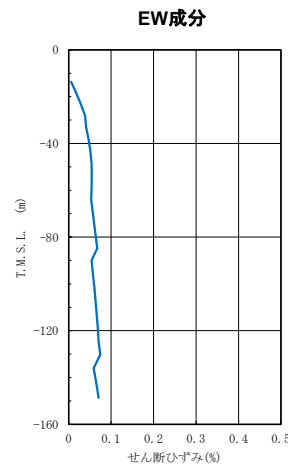
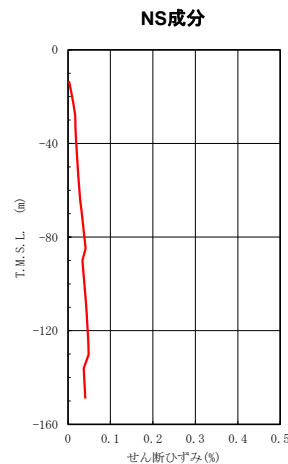
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



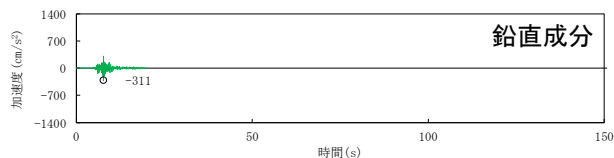
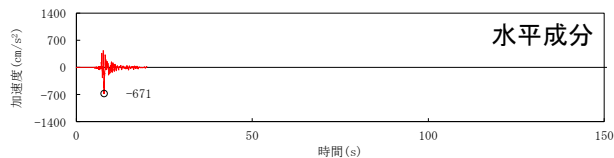
最大加速度分布



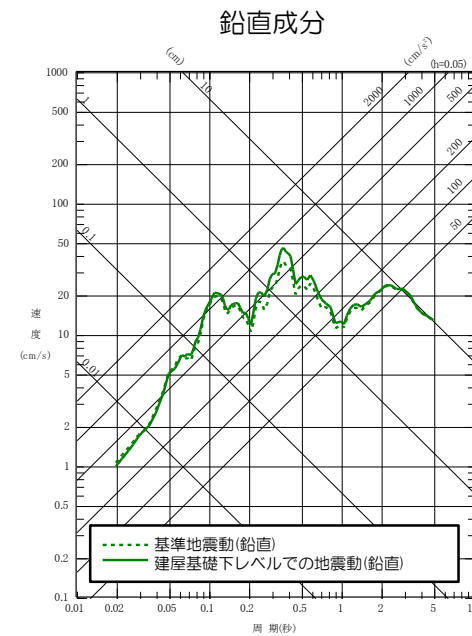
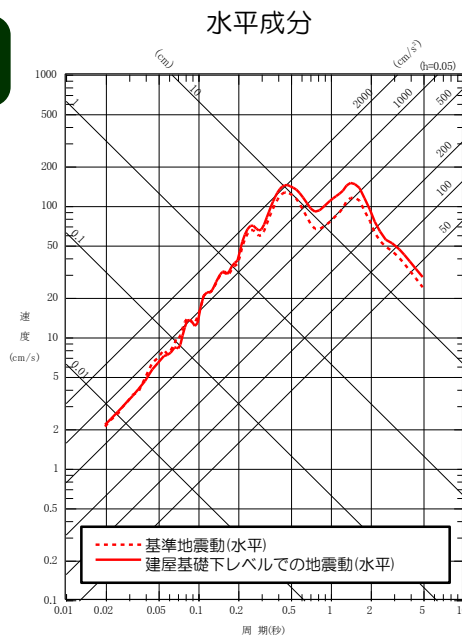
せん断ひずみ分布

# 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 評価結果 基準地震動Ss-8

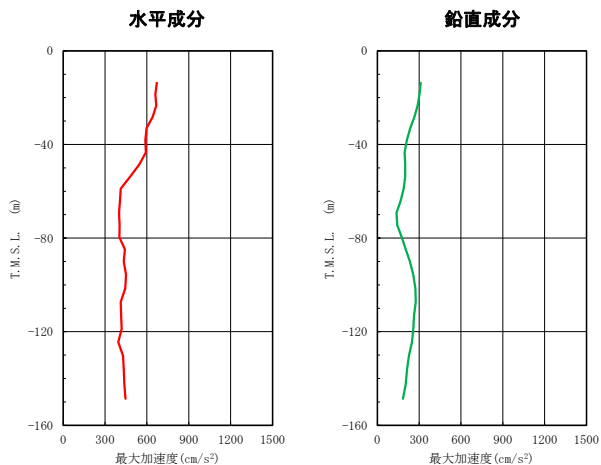
## 建屋基礎下レベルでの地震動 (基礎下T.M.S.L.-13.7m; 自由表面波)



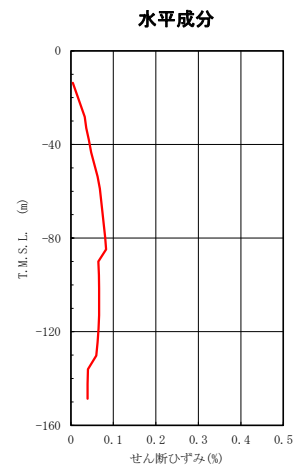
加速度時刻歴波形



擬似速度応答スペクトル



最大加速度分布



せん断ひずみ分布

## 【参考】 建屋基礎下レベルでの地震動 まとめ

- 敷地の解放基盤表面が深いことを踏まえ、基準地震動に基づく原子炉建屋基礎下レベルでの地震動を等価線形解析により評価した。
- 地中の最大加速度分布は深部から浅部にかけておおむね一定の幅で変化しており、特異な増幅や減衰は見られないことを、本解析結果から確認した。
- 擬似速度応答スペクトルについても、特異な増幅や減衰は見られないことを本解析結果から確認した。

# 2.1 孤立した短い活断層

## 地震動評価における孤立した短い活断層の扱い 断層面の設定と等価震源距離 (Xeq) の算定

- 孤立した短い活断層においては、地震モーメント  $M_0 = 7.5 \times 10^{18} (\text{N} \cdot \text{m})$  に相当する断層面積  $368 \text{ km}^2$  を上回る断層面を想定。(断層面積  $368 \text{ km}^2$  に満たないその他の断層についても同様の設定を実施)
- 断層面の位置は、断層の中点を基準とし均等配置で想定し、敷地までの等価震源距離 (Xeq) を算定。

Seismic Moment is estimated from the empirical relation,

$M_0$  vs Rupture Area ( $S = LW$ )

$$S = 2.23 \times 10^{-15} \times M_0^{2/3}$$

for  $M_0 < 7.5 \times 10^{25} \text{ dyne-cm}$

$$S = 4.24 \times 10^{-11} \times M_0^{1/2}$$

for  $M_0 \geq 7.5 \times 10^{25} \text{ dyne-cm}$

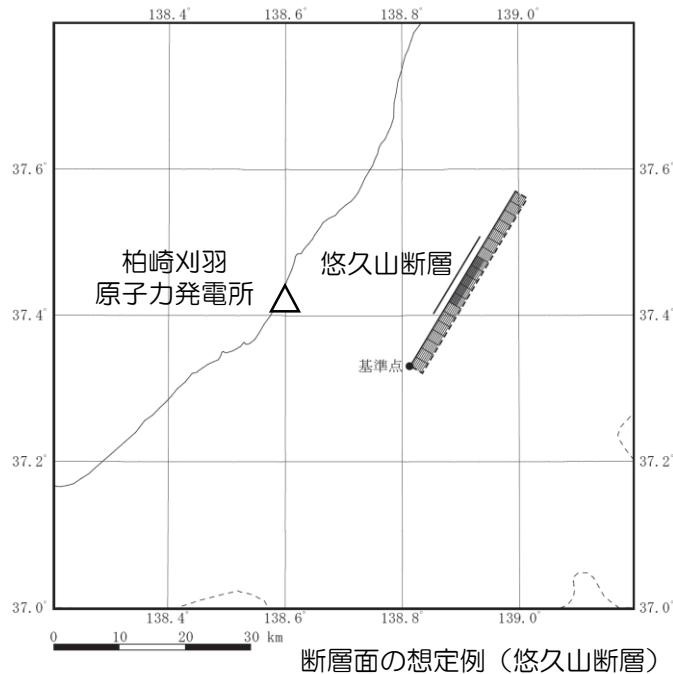
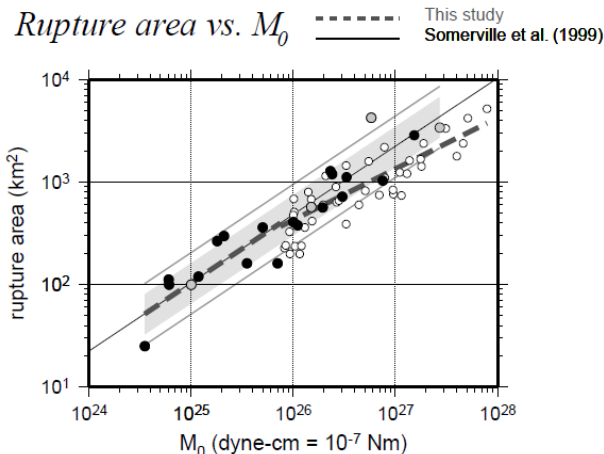
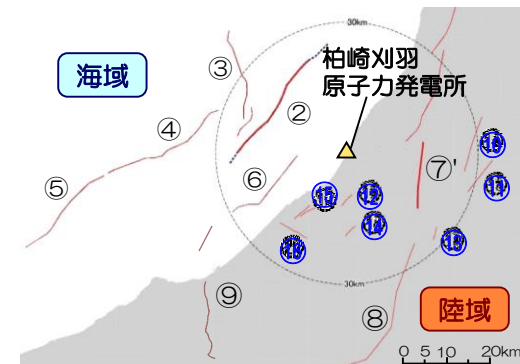


図 8 震源特性化の手続き-その 1: 巨視的断層パラメータの設定.

Step 1 は断層長さ L を定義, Step 2 は断層長さ L と断層幅 W の関係 (太点線), Step 3 は断層面積 ( $S=LW$ ) と地震モーメント  $M_0$  の関係 (太点線) を与える. この結果, シナリオ地震の地震モーメントが与えられる.

入倉・三宅(2001)より抜粋 (一部加筆・修正)

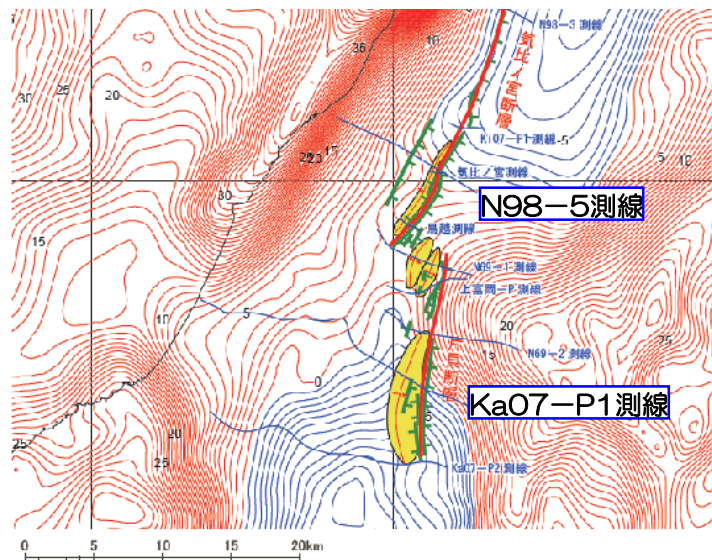
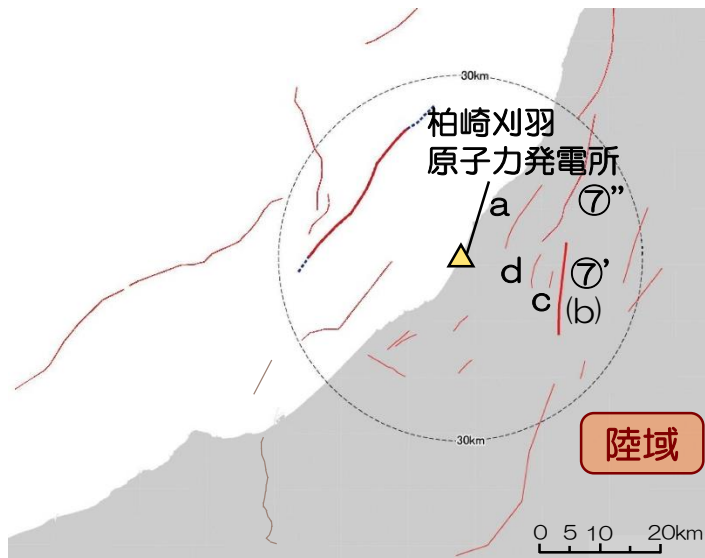


	No.	活断層の名称	断層長さ (km)	地震規模	傾斜角 (°)	断層幅 (km)	想定断層面の断層長さ (km)	Xeq (km)	
								荒浜	大湊
陸域	⑦	片貝断層	16	6.8	西50	15	25	14	14
	⑩	悠久山断層	13	6.8	東80	12	31	27	26
	⑪	半蔵金付近のリニアメント	10	6.8	西50	15	25	25	25
	⑫	柏崎平野南東縁のリニアメント	3.5	6.8	東80	12	31	15	16
	⑬	山本山断層	3.5	6.8	西50	15	25	21	21
	⑭	水上断層	4	6.8	西50	15	25	15	16
	⑮	上米山断層	6	6.8	西50	15	25	17	18
	⑯	雁海断層	7	6.8	北50	15	25	17	18

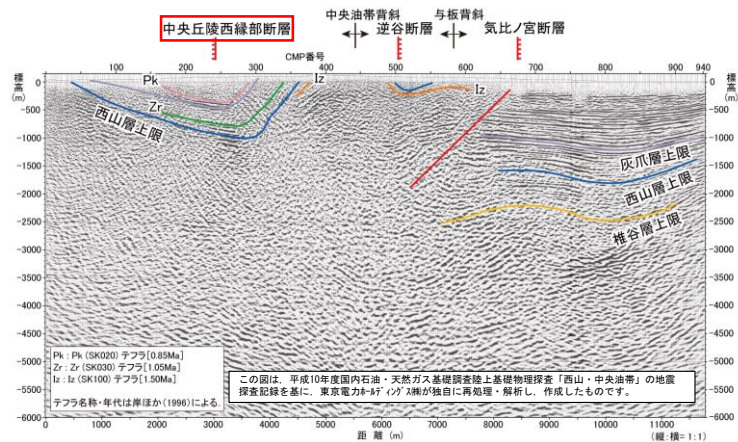


# 2.2 副次的な断層等

## ①地質調査結果の整理

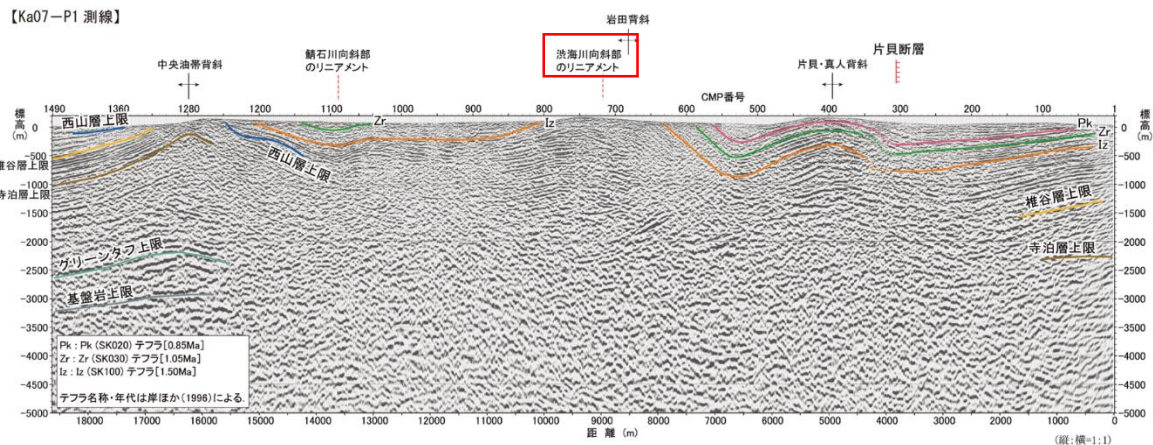


	No.	活断層の名称	断層長さ (km)	地震規模	傾斜角 (°)	Xeq(km)		備考	
						荒浜	大湊		
陸域	⑦	気比ノ宮断層	22	6.8	西50	15	21	20	
	⑦'	片貝断層	16	6.8	西50	15	14	14	
	a	中央丘陵西縁部断層	—	—	—	—	—	—	⑦'の副次的な断層
	b	上富岡断層	—	—	—	—	—	—	⑦'の副次的な断層
	c	親沢断層	—	—	—	—	—	—	⑦'の副次的な断層
	d	渋海川向斜部のリニアメント	—	—	—	—	—	—	⑦'の副次的な断層



【中央丘陵西縁部断層】  
広域の変動に伴う動きの累積による副次的な構造と判断される。

【渋海川向斜部のリニアメント】  
反射法地震探査結果によると少なくとも地下深部に連続する規模の大きい断層は認められず、副次的な構造が地形として認識されるものと評価される。



※「地質調査総合センター編(2013) 日本重力データベース DVD版」のグリッドデータベースを用いて等重力線を作成した。  
(コンター間隔1mgal, 仮定密度2.67g/cm<sup>3</sup>)

長岡平野西縁断層帯周辺の重力異常図

# 3.3 不確かさの考え方

## アスペリティの位置 長岡平野西縁断層帯による地震

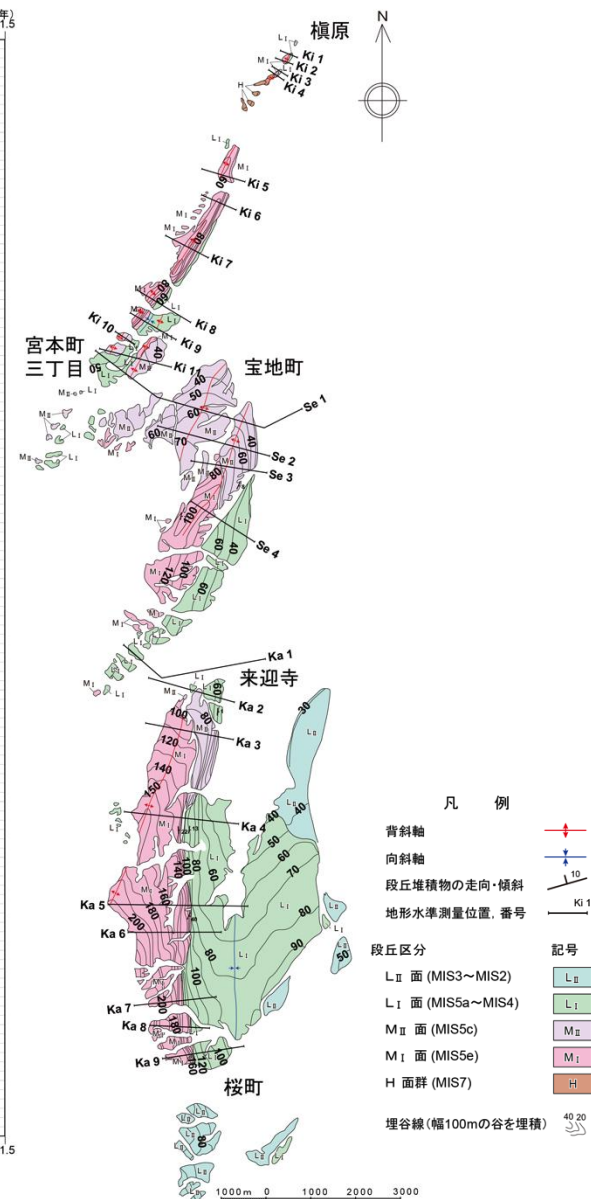
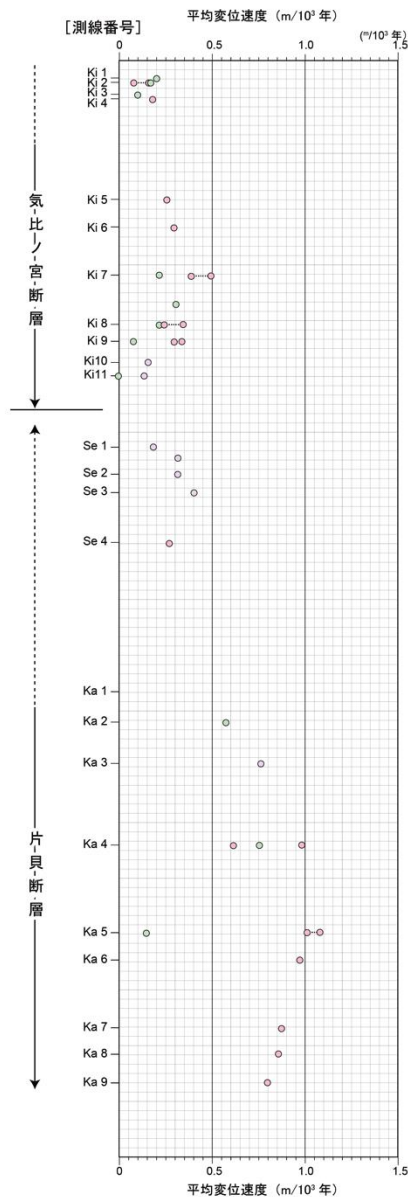
■ 地震本部の「活断層の長期評価手法（暫定版）」報告書(2010)によると、「浅部のアスペリティと地表変位分布は、第一次近似的には整合していると推定されることから、活断層の平均変位速度の分布を明らかにすることにより、アスペリティ分布を推定できる可能性がある。」とされている。

■ 地質調査結果から、片貝断層及び気比ノ宮断層の平均変位速度は、断層中央で大きくなる傾向にある。



基本ケースにおいては、アスペリティ位置は、各断層の中央に配置する。

しかしながら、セグメント毎にアスペリティの位置を敷地に寄せた不確かさケースを考慮する。



# 6. 震源を特定せず策定する地震動

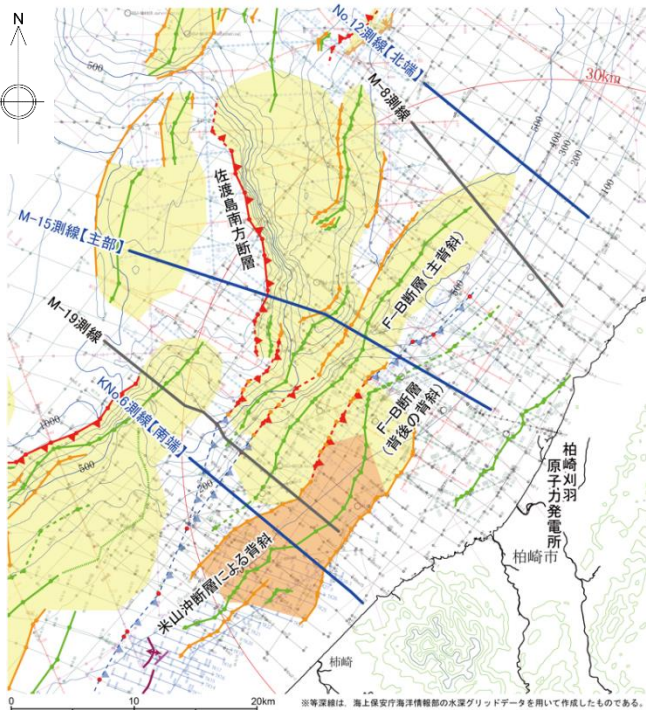
## 6.1 $M_w$ 6.5以上の地震 6.1.1 柏崎刈羽周辺 ①活断層の密度等

### F-B断層の評価例

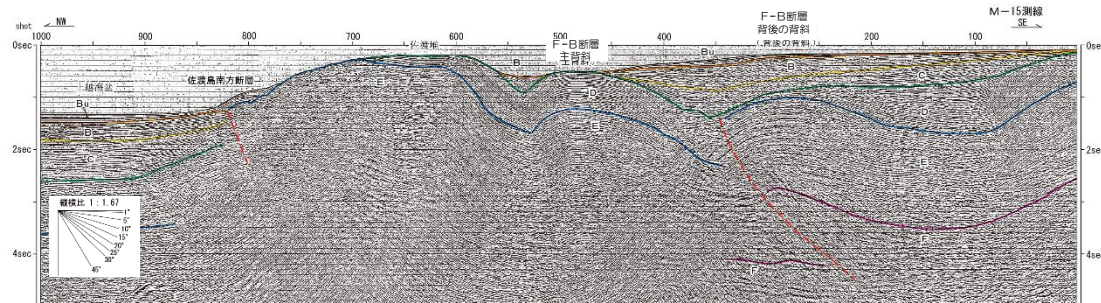
■ 敷地周辺では、断層運動に関連した褶曲構造が発達し、これらを詳細に調査することで、活断層を認定することが可能。

#### 【評価】

- F-B断層の主背斜については、その西翼に南東傾斜の逆断層が推定され、また、最終氷期の侵食面にも変形が認められ、後期更新世以降の活動が認められる。
- その活動的な区間は、M-8測線区間からM-19測線までの約27kmであるが、微小な変形範囲も考慮して、Bu層の基底面の高まりが認められなくなるNo.12測線から大陸棚の海底地形と伏在背斜との対応が認められなくなるKNo.6測線までの約36kmと評価する。



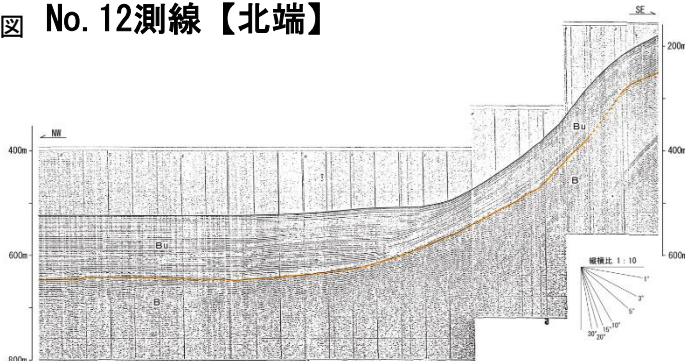
#### M-15測線【主部】



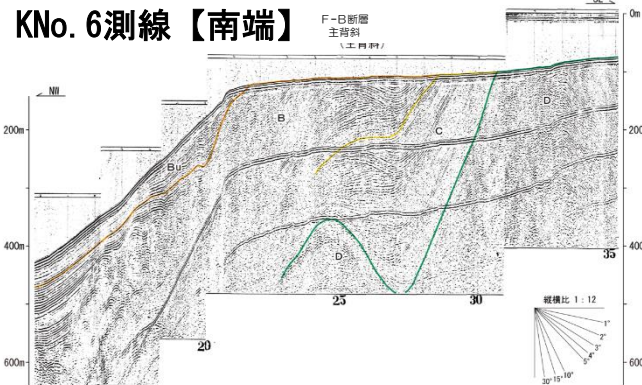
#### 敷地周辺海域の地質構造図及び測線位置図



#### No. 12測線【北端】



#### KNo. 6測線【南端】



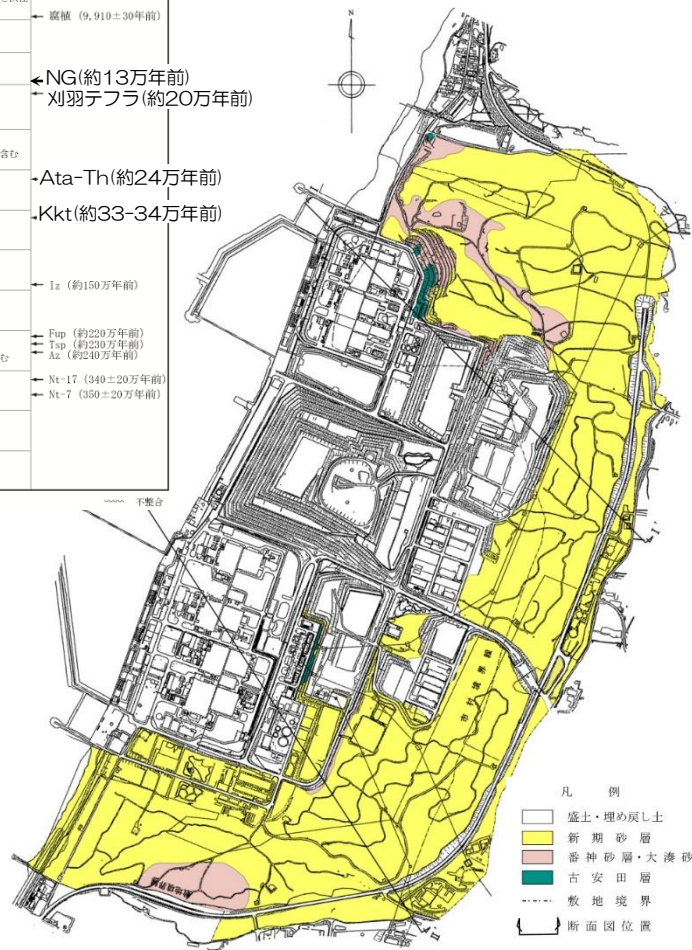
# 6. 震源を特定せず策定する地震動

## 6.1 $M_w$ 6.5以上の地震 6.1.1 柏崎刈羽周辺 ③地質

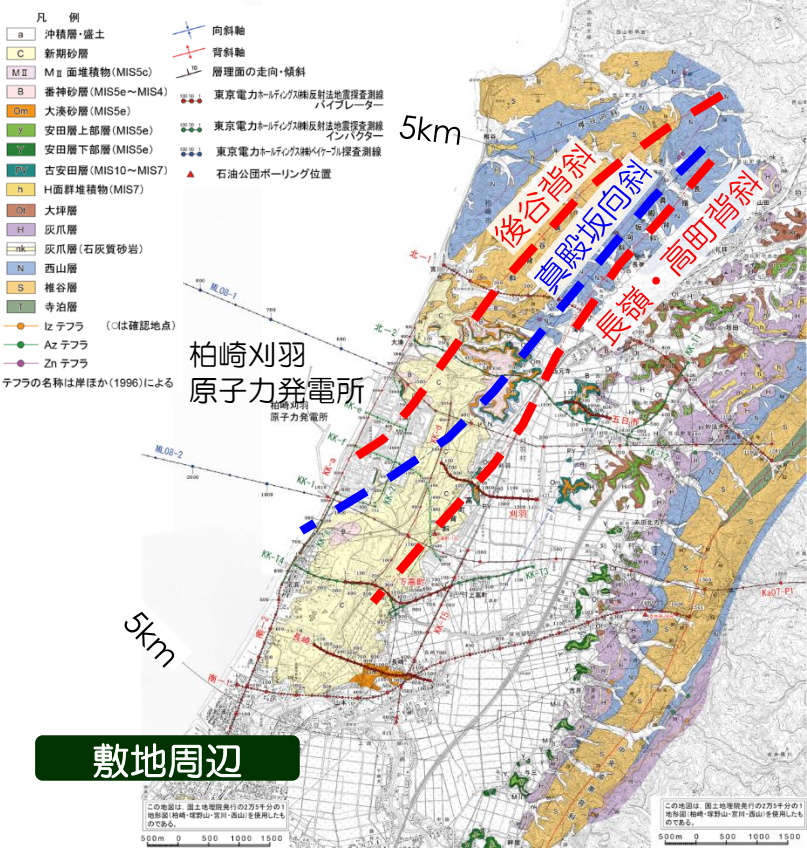
- 柏崎刈羽原子力発電所周辺における反射法地震探査や“**ホーリング**”等の調査結果により広域の地下構造を把握。
- 柏崎刈羽原子力発電所の敷地近傍及び敷地には、新第三紀以降の堆積岩類が分布。

敷地の地質層序表

時代	地層名	主な層相・岩質	テフラ・放射年代	
第四紀	更新世	新期砂層・沖積層	灰白色～茶褐色の細～中粒砂、シルト層を挟在一部は礫層	→ 腐植 (9, 910 ± 30 年)
	後期	番神砂層	灰白色～茶褐色の中～粗粒砂	
		大湊砂層	褐色～黄褐色の中～粗粒砂、シルトの薄層を含む	← NG (約13万年前)
		A部層	最上部は砂、粘土～シルト、砂を多く含む	← 刈羽テフラ (約20万年前)
中期	古安田層	粘土～シルト		
	A部層	凝状粘土、有機物、砂を伴う、貝化石を含む	← Ata-Th (約24万年前)	
	A部層	粘土～シルト		
	A部層	粘土～シルト、砂、礫を含む	← Kkt (約33～34万年前)	
前期	灰爪層	凝灰質泥岩、凝灰質砂岩、凝灰岩	← Iz (約150万年前)	
	西山層	N部層	砂質泥岩、砂岩、凝灰岩、ノジュールを含む貝化石を含む	← Fup (約220万年前)
N部層		シルト質泥岩、凝灰岩、ノジュールを多く含む	← Tap (約230万年前)	
N部層		シルト質～粘土質泥岩、砂岩、凝灰岩、ノジュールを含む、理質薄板化石を含む	← Az (約240万年前)	
新第三紀	後期	N部層	粘土質～粘土質泥岩、砂岩、凝灰岩、ノジュールを含む、理質薄板化石を含む	← Nt-17 (340 ± 20 万年前)
	前期	推谷層	砂岩、砂岩・泥岩互層、凝結岩等を含む	← Nt-7 (350 ± 20 万年前)
中第三紀	後期	寺泊層	黒色泥岩、砂岩・泥岩互層	
	中期	寺泊層	黒色泥岩、砂岩・泥岩互層	



敷地の地質図

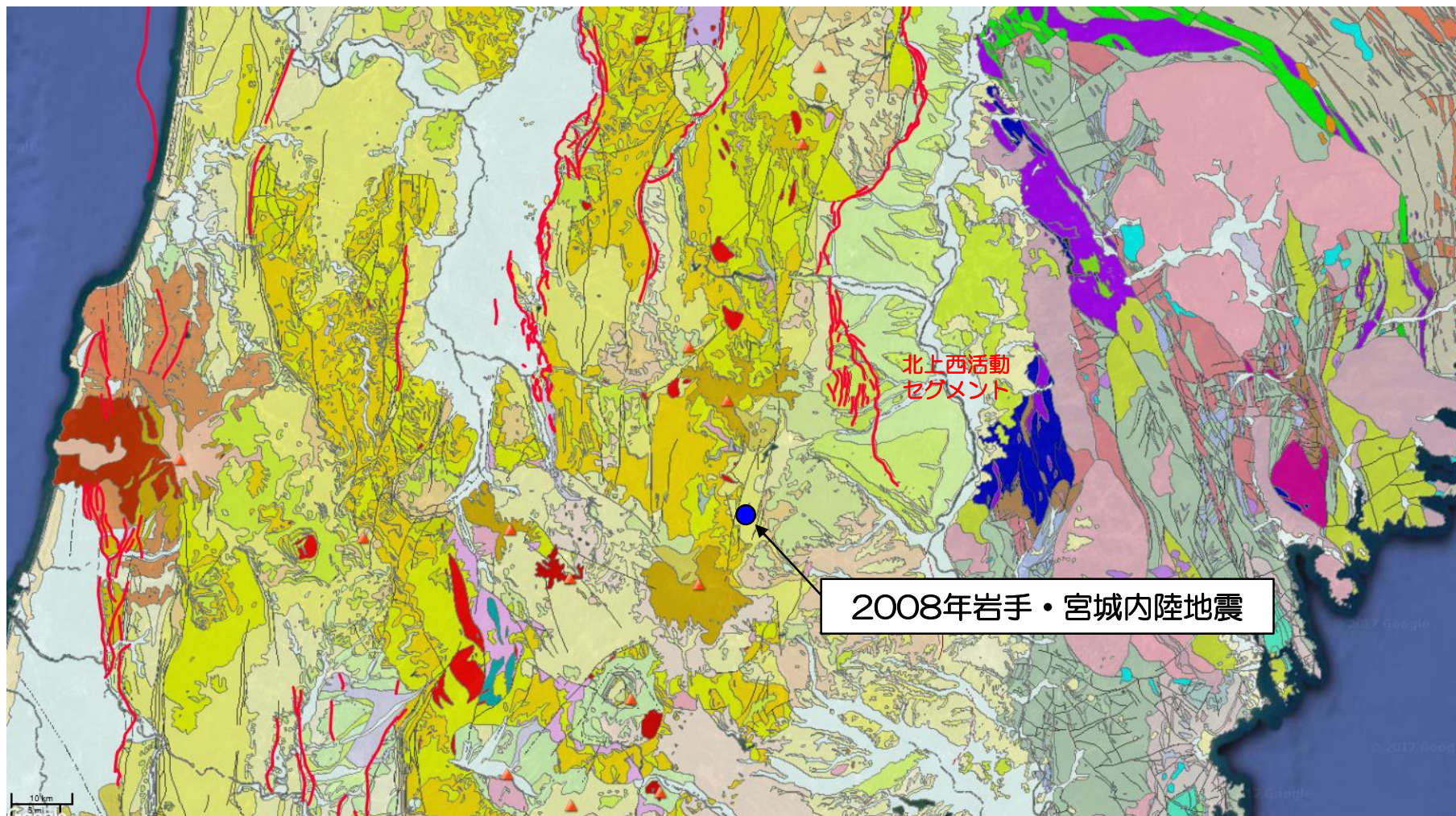


敷地周辺

## 6. 震源を特定せず策定する地震動

### 6.1 $M_w$ 6.5以上の地震 6.1.2 岩手・宮城内陸地震 ①活断層の密度等

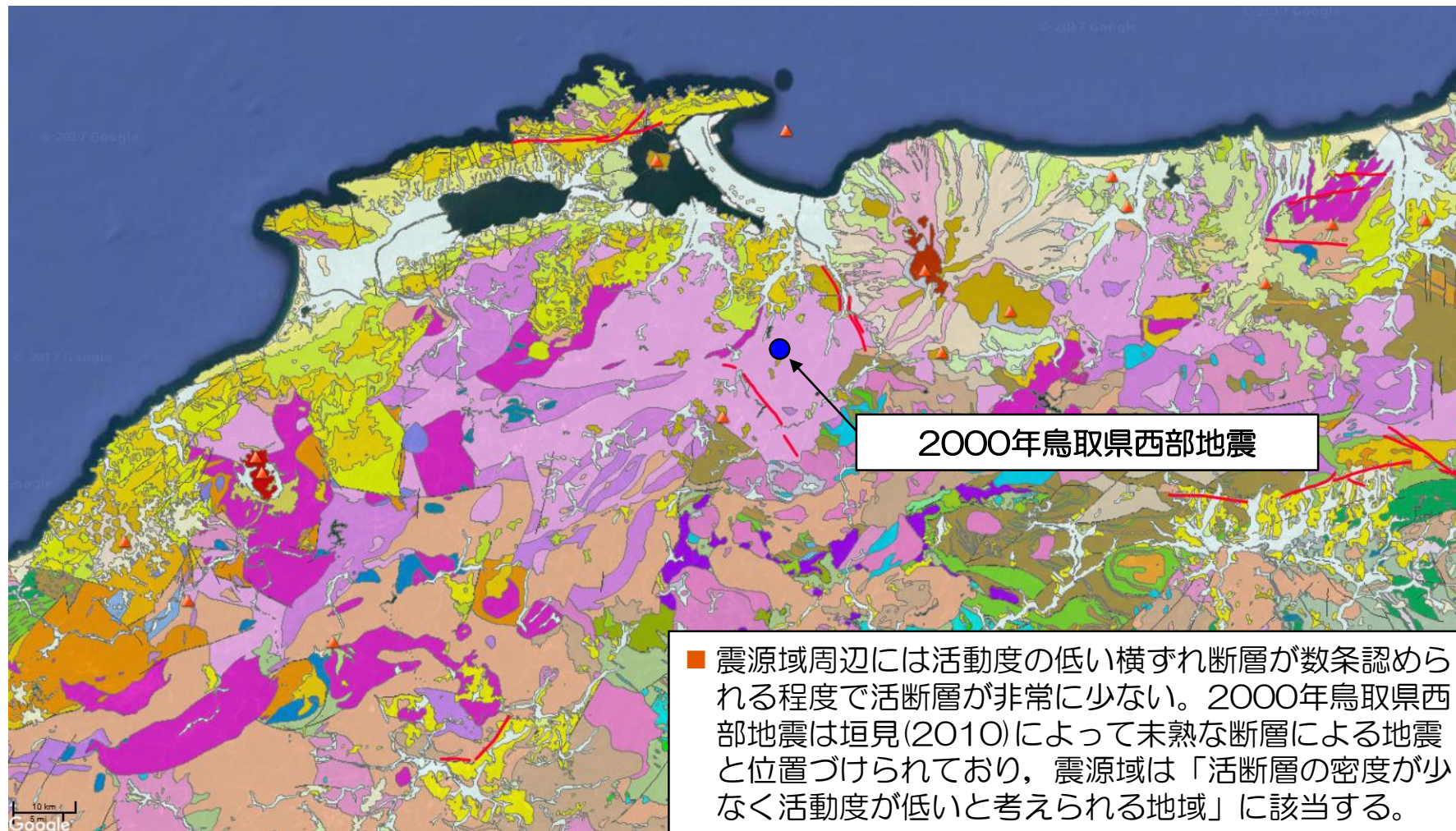
■ 震源域周辺には南北走向の逆断層が多数発達し、震源域は北上西活動セグメントの南方延長部に位置する。



国立研究開発法人 産業技術総合研究所 (2015) 20万分の1日本シームレス地質図より抜粋 (一部加筆・修正)

## 6. 震源を特定せず策定する地震動

### 6.1 $M_w$ 6.5以上の地震 6.1.3 鳥取県西部地震 ①活断層の密度等

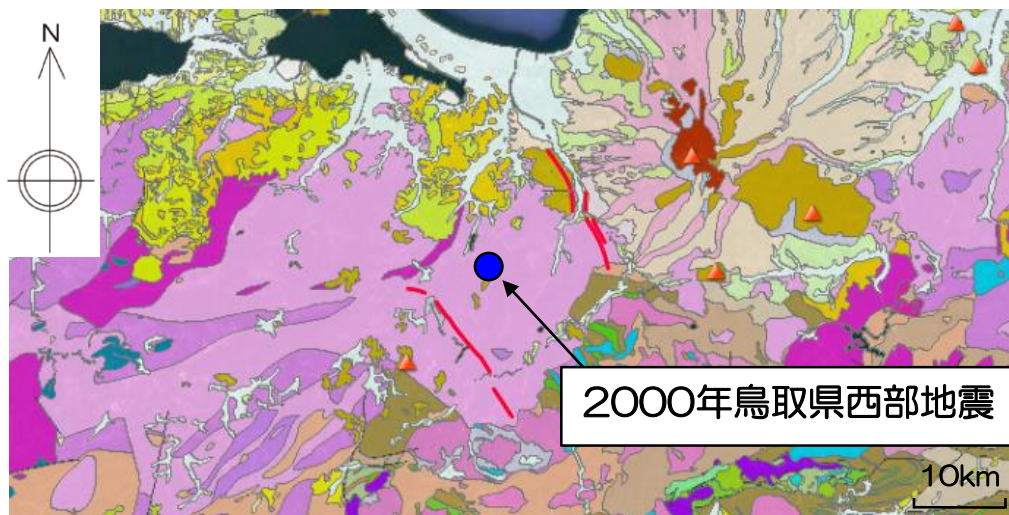


国立研究開発法人 産業技術総合研究所 (2015) 20万分の1日本シームレス地質図より抜粋 (一部加筆・修正)

# 6. 震源を特定せず策定する地震動

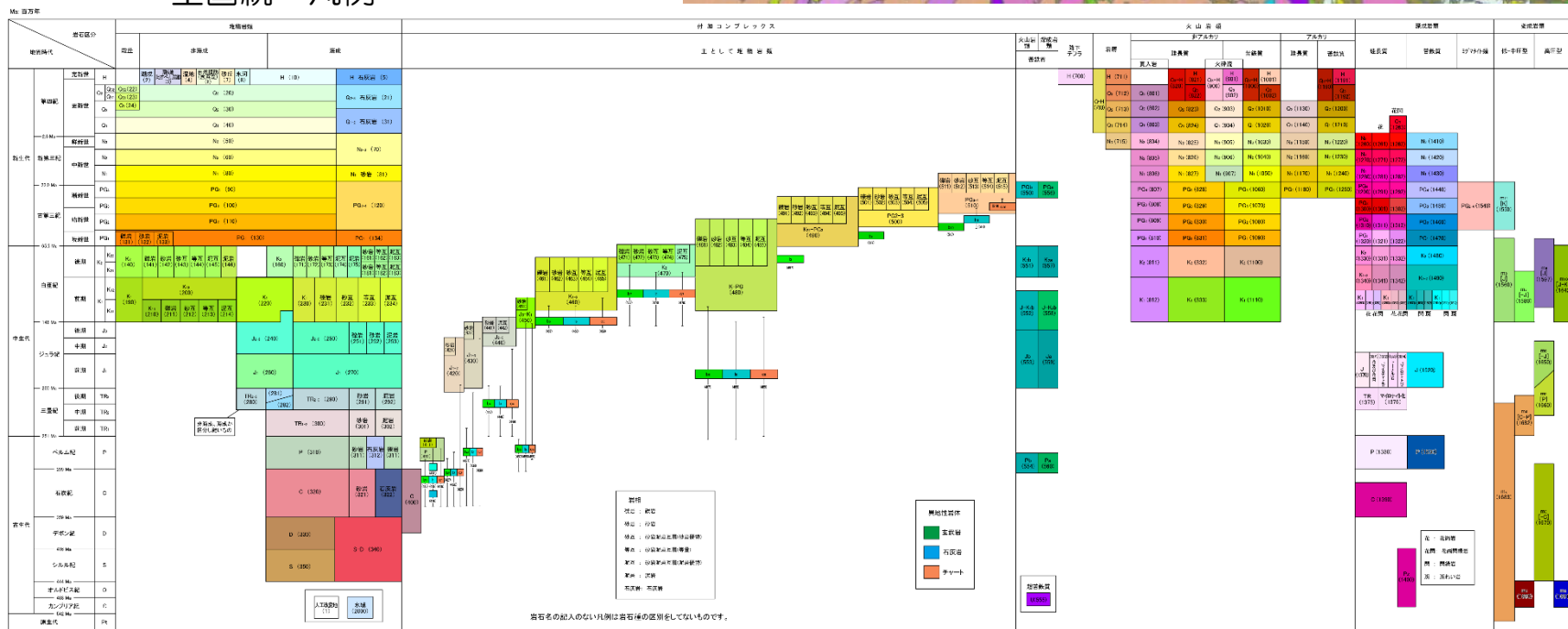
## 6.1 $M_w$ 6.5以上の地震 6.1.3 鳥取県西部地震 ③地質

- 白亜紀～古代三紀の花崗岩類が広く分布。
- 新第三紀中新世の安山岩～玄武岩の岩脈が分布。



2000年鳥取県西部地震

20万分の1日本シームレス地質図  
全国統一凡例



# 参考文献

- ・鈴木康弘, 渡辺満久, 中田高, 小岩直人, 杉戸信彦, 熊原康博, 廣内大助, 澤祥, 中村優太, 丸島直史, 島崎邦彦(2008): 2008年岩手・宮城内陸地震に関わる活断層とその意義—関市厳美町付近の調査速報—, 活断層研究, 29号
- ・染井一寛, 浅野公之, 岩田知孝(2010): ひずみ集中帯内外で発生した地殻内地震系列間の震源特性の比較, 第13回日本地震工学シンポジウム論文集
- ・第279回原子力発電所の新規規制基準適合性に係る審査会合資料1 柏崎刈羽原子力発電所6号炉及び7号炉 基準地震動の策定についてコメント回答  
<http://www.nsr.go.jp/data/000124919.pdf>
- ・武村雅之(1990): 日本列島およびその周辺地域に起こる浅発地震のマグニチュードと地震モーメントの関係, 地震 第2輯 第43巻
- ・田力正好, 池田安隆, 野原壯(2009): 河成段丘の高度分布から推定された, 岩手・宮城内陸地震の震源断層, 地震 第2輯 第62巻
- ・壇一男, 渡辺基史, 佐藤俊明, 石井透(2001): 断層の非一様すべり破壊モデルから算定される短周期レベルと半経験的波形合成法による強震動予測のための震源断層のモデル化, 日本建築学会構造系論文集, 第545号
- ・鶴来雅人, 田居優, 入倉孝次郎, 古和田明(1997): 経験的サイト増幅特性評価方法に関する検討, 地震 第2輯 第50巻
- ・天然ガス鉱業会, 大陸棚石油開発協会(1992): 日本の石油・天然ガス資源 (改訂版)
- ・東京大学地震研究所(2008): 平成19年(2007年)新潟県中越沖地震の評価, 平成20年1月11日 第177回地震調査委員会資料
- ・遠田晋次, 丸山正, 吉見雅行, 金田平太郎, 栗田泰夫, 吉岡敏和, 安藤亮輔(2010): 2008年岩手・宮城内陸地震に伴う地表地震断層—震源過程および活断層評価への示唆—, 地震 第2輯 第62巻
- ・独立行政法人 原子力安全基盤機構(2005): 地震に係る確率論的安全評価手法の整備=深部地盤速度構造同定に基づく地震動特性評価に関する検討=に関する報告書, JNES/SAE05-048, 平成17年12月
- ・独立行政法人 原子力安全基盤機構(2008): 2007年新潟県中越沖地震により柏崎刈羽原子力発電所で発生した地震動の分析, 合同W9-2-1, 総合資源工ネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会地震・津波, 地質・地盤合同ワーキンググループ 第9回, 2008年5月22日
- ・独立行政法人 原子力安全基盤機構(2008): 2007年新潟県中越沖地震により柏崎刈羽原子力発電所で発生した地震動の分析—5/22合同WG報告内容・質問事項の補足説明—, 合同W10-1, 総合資源工ネルギー調査会原子力安全・保安部会耐震・構造設計小委員会地震・津波, 地質・地盤合同ワーキンググループ 第10回, 2008年6月6日
- ・独立行政法人 産業技術総合研究所(2005): 火山 噴火と恵み 産総研の火山研究の最前線
- ・南雲秀樹, 植竹富一(2012): 2011年3月12日長野県北部の地震(M<sub>j</sub>6.7)の短周期レベルの推定, 日本地震学会講演予稿集, 2012年度秋季大会
- ・新田祐平, 松島信一, 川瀬博(2010): 2007年新潟県中越沖地震の震源域における強震動シミュレーション, 第13回日本地震工学シンポジウム論文集
- ・新田祐平, 松島信一, 川瀬博(2011): 柏崎刈羽原子力発電所における微細な褶曲構造を考慮した2007年新潟県中越沖地震の本震観測波形の再現, 日本建築学会大会学術講演梗概集
- ・200万分の1活断層図編纂ワーキンググループ(2000): 「200万分の1日本列島活断層図」—過去数十万年間の断層活動の特徴—, 活断層研究, 19
- ・早川崇, 津田健一, 植竹富一, 引間和人, 徳光亮一, 南雲秀樹(2011): 2007年新潟県中越沖地震震源域の3次元速度構造モデルの検討—柏崎刈羽原子力発電所直下の褶曲モデルの取り込み—, 日本地球惑星科学連合大会
- ・引間和人, 瀧藤一起(2008): 波形記録と測地データを用いた2007年新潟県中越沖地震の震源過程解析, 日本地球惑星科学連合大会予稿集
- ・引間和人, 瀧藤一起, 宮崎真一(2008): 強震波形と測地データから推定した2008年岩手・宮城内陸地震の震源過程, 日本地震学会秋季大会 発表資料
- ・引間和人, 瀧藤一起(2013): 2008年岩手・宮城内陸地震の震源過程—東・西傾斜の複数枚断層を仮定した再解析—, 日本地震学会講演予稿集 2013年度秋季大会
- ・伏島祐一郎, 吉岡敏和, 水野清秀, 宍倉正展, 井村隆介, 小松原琢, 佐々木俊法(2001): 2000年鳥取県西部地震の地震断層調査, 活断層・古地震研究報告, No.1
- ・アリババディック A, 吉田武義, 工藤健, 野中翔太(2012): 重力異常分布図からの伏在カルデラリム抽出法, GIS—理論と応用 Theory and Applications of GIS, 2012, Vol.20
- ・堀川晴央(2005): 再決定震源と強震記録による2004年中越地震の断層モデル, 地球惑星科学関連学会2005年合同大会予稿集
- ・本多亮, 平松良浩, 河野芳輝(2002): 2000年鳥取県西部地震震源域の重力異常とそれから見た震源断層の特徴, 地震 第2輯 第55巻
- ・松島信一, 川瀬博(2000): 1995年兵庫県南部地震の複数アスぺリティモデルの提案とそれによる強震動シミュレーション, 日本建築学会構造系論文集, 第534号
- ・松島信一, 川瀬博(2006): 1995年兵庫県南部地震の震源近傍強震動および震災帯の再評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集
- ・松島信一, 神原浩, 工藤一嘉(2006): 強震余震観測による強震動評価, 月刊地球, No.53
- ・松田時彦(1992): 活断層の活動予測, 地学雑誌, 101
- ・村松郁栄(1969): 震度分布と地震のマグニチュードとの関係, 岐阜大学教育学部研究報告, 自然科学, 第4巻
- ・文部科学省 研究開発局, 独立行政法人 防災科学技術研究所(2009~2013): 科学技術振興費 ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究 成果報告書