

地震動に関する追加データ等について

2021年6月11日

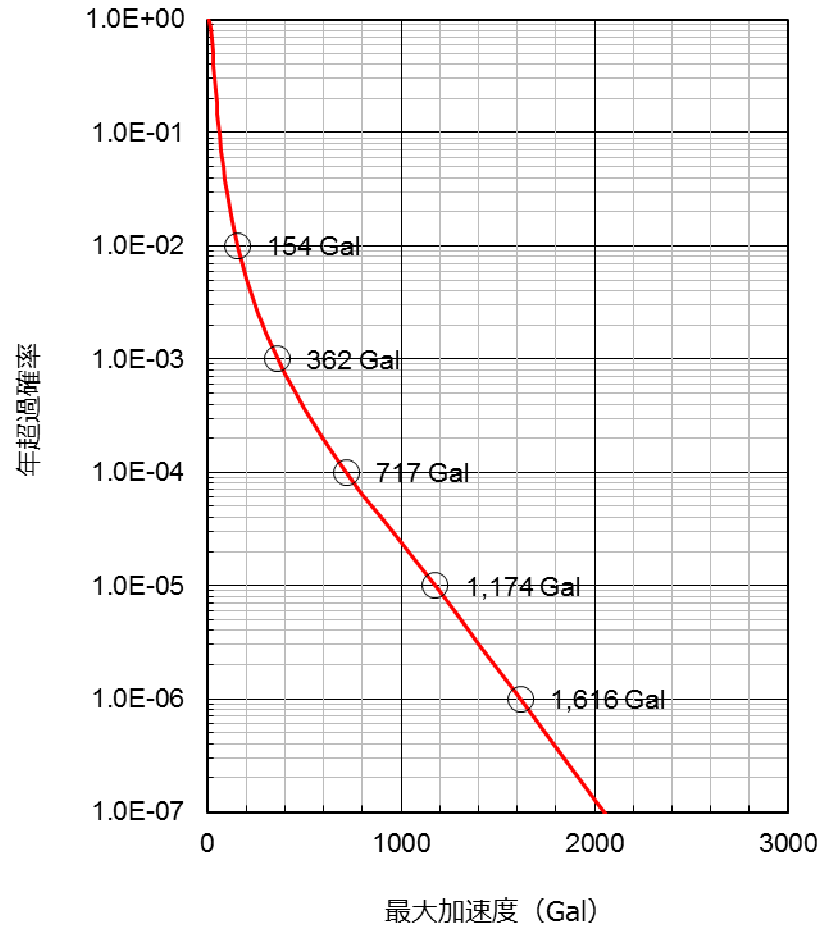
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

地震ハザード評価結果（平均ハザード曲線）

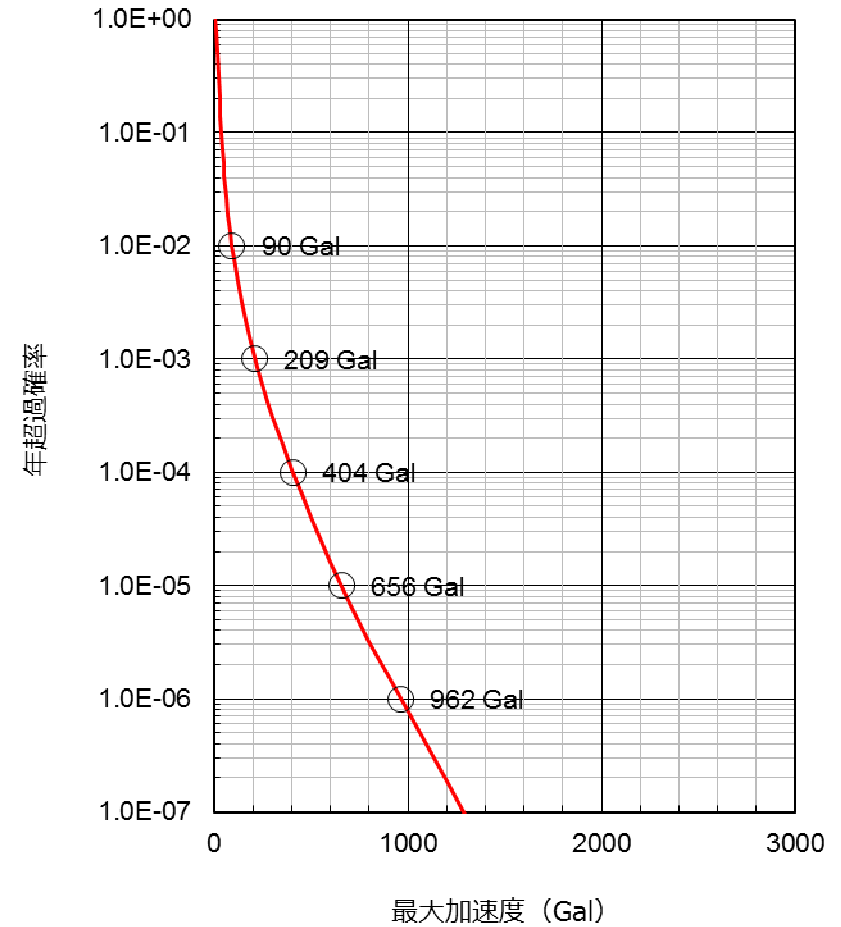


平均ハザード曲線（周期0.02秒、水平方向）



最大加速度	年超過確率
450 Gal	5.1×10^{-4}
600 Gal	1.9×10^{-4}
900 Gal	3.9×10^{-5}

平均ハザード曲線（周期0.02秒、鉛直方向）



最大加速度	年超過確率
300 Gal	3.0×10^{-4}
400 Gal	1.0×10^{-4}
600 Gal	1.6×10^{-5}

検討用地震

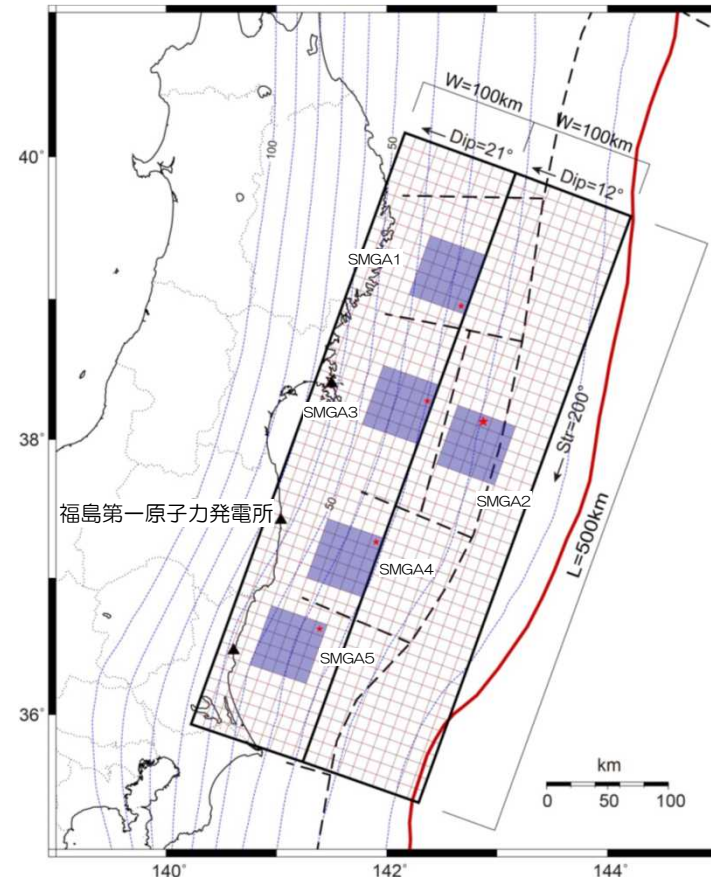
- 3.11型地震

地震動評価

- 応答スペクトルに基づく地震動評価
 - 地震規模が大きくNoda et al. (2002)の適用範囲外。その他の距離減衰式も適用が困難。
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価
 - 要素地震として適切な記録が得られていることから、経験的グリーン関数法により評価。
 - 2011年東北地方太平洋沖地震の解放基盤波と基本震源モデルの結果を比較し、妥当性を確認。

震源モデルの設定

- 基本震源モデルは、2011年東北地方太平洋沖地震について提案されている震源モデルを確認のうえ、諸井ほか(2013)に基づき設定。
- 敷地前面の強震動生成域を敷地至近に配置したケースを不確かさとして考慮。



諸井ほか(2013)の震源モデル (一部加筆)

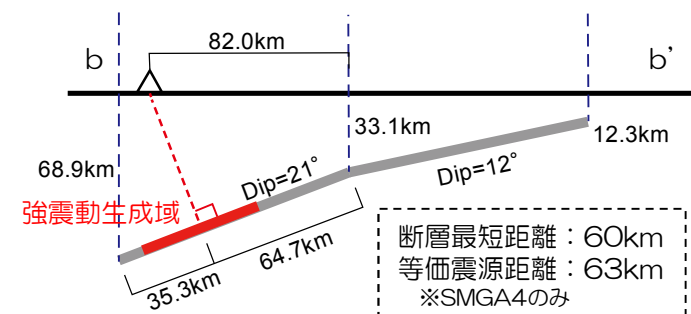
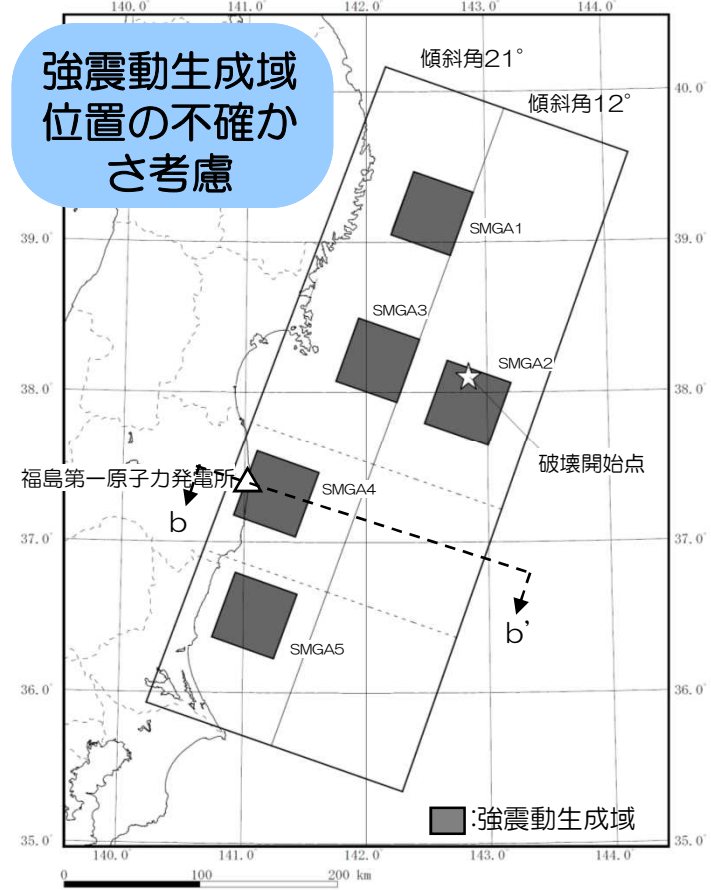
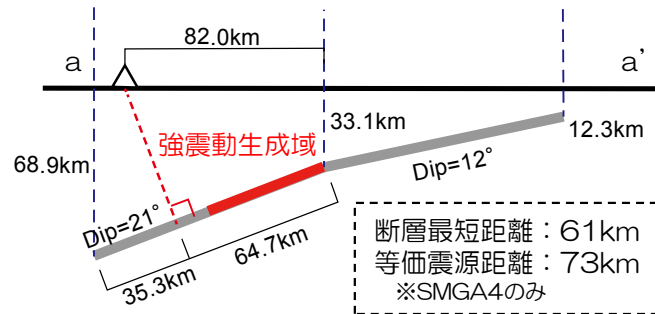
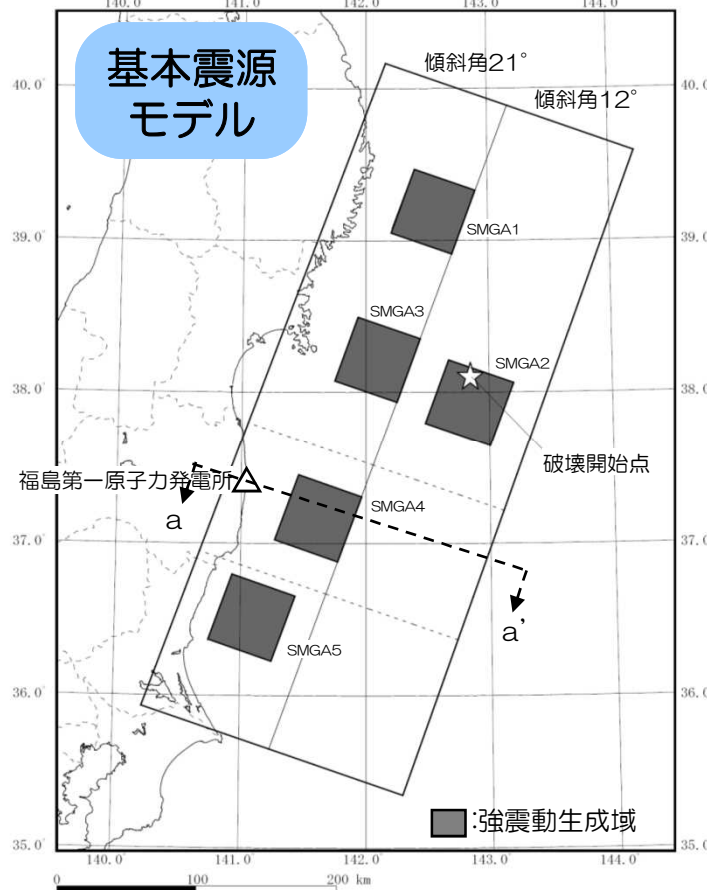
	L (km)	W (km)	Mo (N·m)	応力降下量 (MPa)
SMGA1	50	50	2.00×10^{21}	24.6
SMGA2	50	50	2.00×10^{21}	24.6
SMGA3	50	50	2.00×10^{21}	24.6
SMGA4	50	50	2.00×10^{21}	24.6
SMGA5	50	50	2.00×10^{21}	24.6

3.11型地震 震源モデル

平成26年10月22日面談
資料3より抜粋

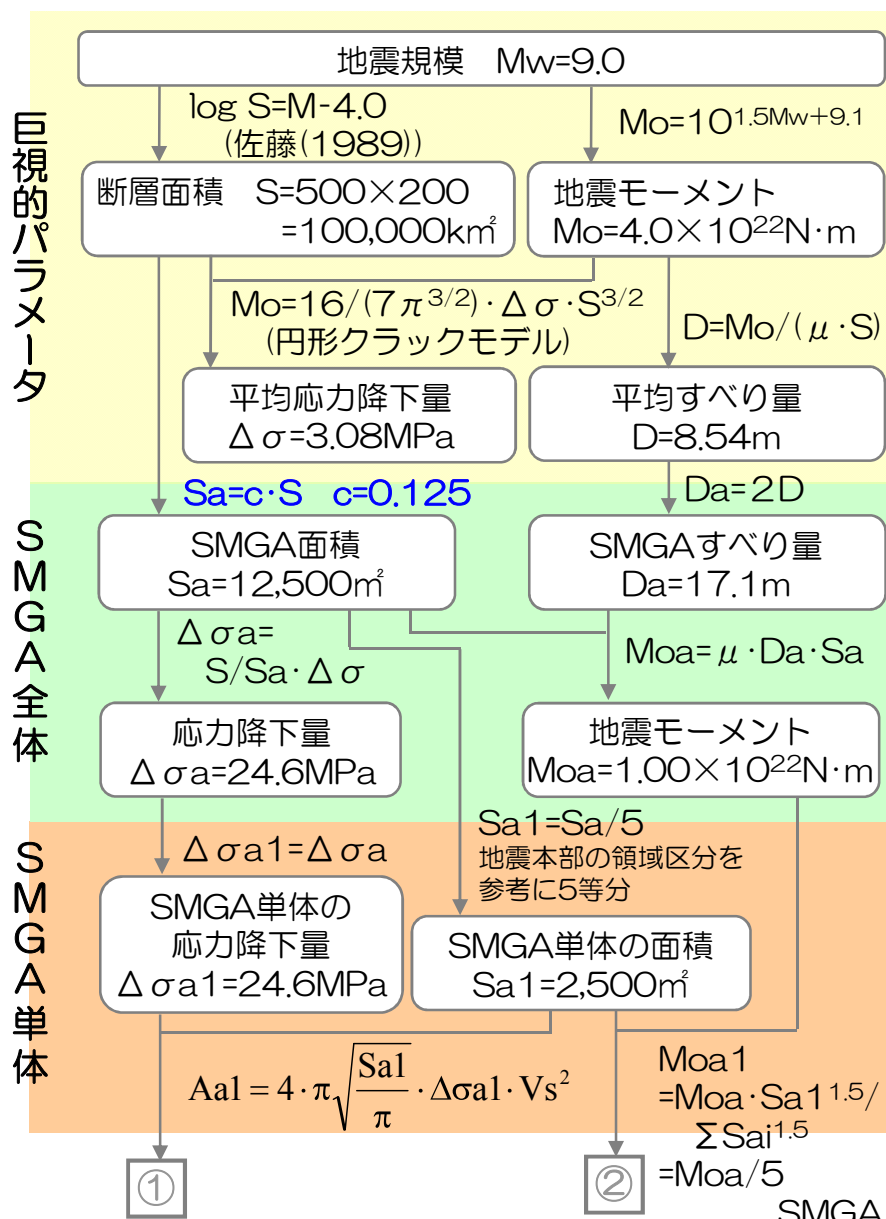


- 3.11型地震の基本震源モデルは諸井ほか(2013)に基づき設定。
- なお、不確かさとして敷地前面の強震動生成域を敷地至近に配置したケースを考慮。

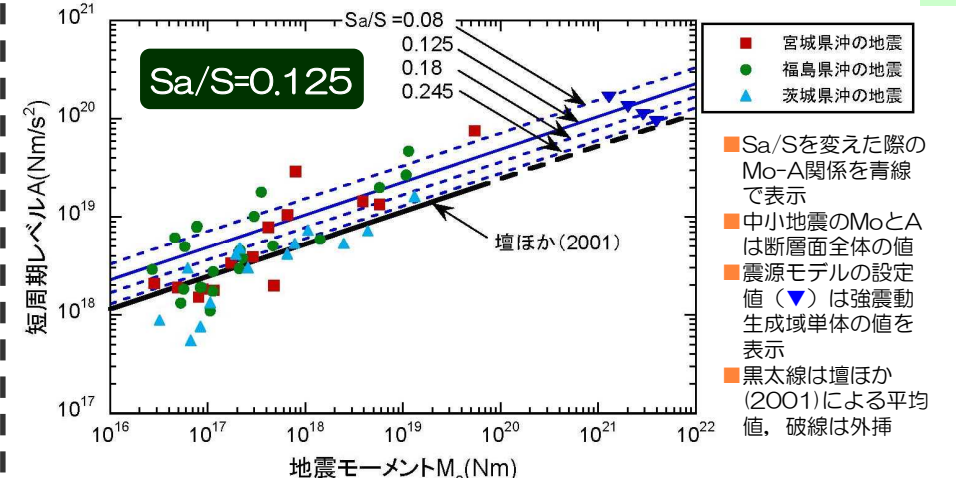
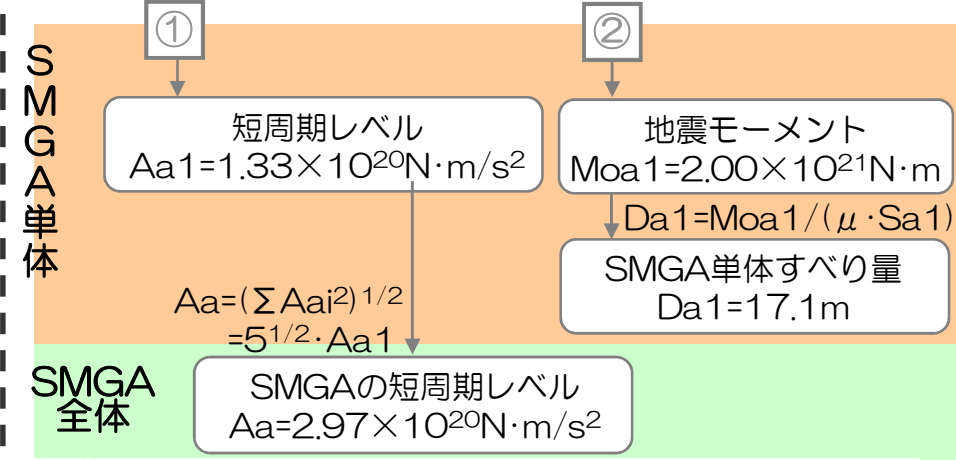


3.11型地震 震源モデル 設定フロー

平成26年10月22日面談
資料3より抜粋



■ 諸井ほか(2013)に基づき地震規模 $M_w9.0$ から震源パラメータを設定。



SMGA : 強震動生成域

$S_a/S=0.125$ の震源モデルは、この地域の地震の平均的な M_o - A 関係に対応

3.11型地震 震源モデル 断層パラメータ

平成26年10月22日面談
資料3より抜粋

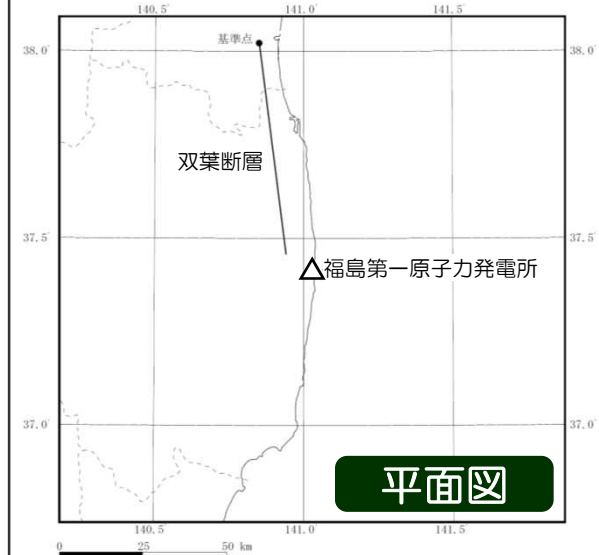


項目		設定値			
		三陸沖中南部 +宮城県沖	福島県沖	茨城県沖	
巨視的断層面	断層上端深さ(km)	12.3			
	断層長さ(km)	280	100	120	
	断層幅(km)	200	200	200	
	断層面積(km ²)	56000	20000	24000	
	走向(°)	200			
	傾斜角(°)	浅部：12, 深部：21			
	S波速度(km/s)	3.9			
	破壊伝播速度(km/s)	3.0			
	地震モーメント(N・m)	4.00×10 ²²			
強震動生成域	全体	面積(km ²)	12500		
		地震モーメント(N・m)	1.00×10 ²²		
		平均すべり量(m)	17.1		
		応力降下量(MPa)	24.6		
	個別	面積(km ²)	2500*1	2500	2500
		地震モーメント(N・m)	2.00×10 ²¹ *1	2.00×10 ²¹	2.00×10 ²¹
		平均すべり量(m)	17.1 *1	17.1	17.1
		応力降下量(MPa)	24.6 *1	24.6	24.6
背景領域	全体	面積(km ²)	87500		
		地震モーメント(N・m)	3.00×10 ²²		
	個別	面積(km ²)	48500	17500	21500
		地震モーメント(N・m)	1.66×10 ²²	6.00×10 ²¹	7.40×10 ²¹
		平均すべり量(m)	7.3	7.3	7.3
		実効応力(MPa)	4.9	4.9	4.9

※1：三陸沖中南部+宮城県沖の領域に配置した3つの強震動生成域のうち1つあたりの値

震源モデルの設定

- 巨視的断層パラメータのうち、断層の位置・断層長さについては、地質調査結果に基づき設定。断層長さは、地質調査結果から53kmと考えられるものの、地震調査研究推進本部の長期評価を参考に断層の北端について予め不確かさを考慮して63kmと設定。
- 断層の傾斜角は、地質調査結果及び地震調査研究推進本部の長期評価を参考に90°を基本として設定し、不確かさとして60°を考慮。
- アスペリティの位置は、断層上端へ均等に配置することを基本とし、不確かさとして敷地至近に配置したケースを考慮。
- 応力降下量は、不確かさとして強震動予測レシピの1.5倍の値を考慮。
- 断層モデルの破壊開始点は、巨視的断層面中央下端を基本とし、不確かさとして巨視的断層面端部とアスペリティ端部を考慮。



No.	検討ケース	断層長さ	断層幅	断層傾斜角	破壊開始点	アスペリティ位置	応力降下量
0	(地質調査結果等)	53km	15km	90°	—	—	—
1	基本震源モデル	63km	15km	90°	巨視的断層面 下端	均等配置	強震動予測 レシピ
2	破壊開始点の 不確かさ考慮	63km	15km	90°	複数 (巨視的断層面端部・ア スペリティ端部)	均等配置	強震動予測 レシピ
3	アスペリティ位置の 不確かさ考慮	63km	15km	90°	巨視的断層面 下端	敷地至近	強震動予測 レシピ
4	応力降下量の 不確かさ考慮	63km	15km	90°	巨視的断層面 下端	均等配置	強震動予測 レシピ×1.5
5	断層傾斜角の 不確かさ考慮	63km	18km	60°	巨視的断層面 下端	均等配置	強震動予測 レシピ

: 予め不確かさを考慮するパラメータ

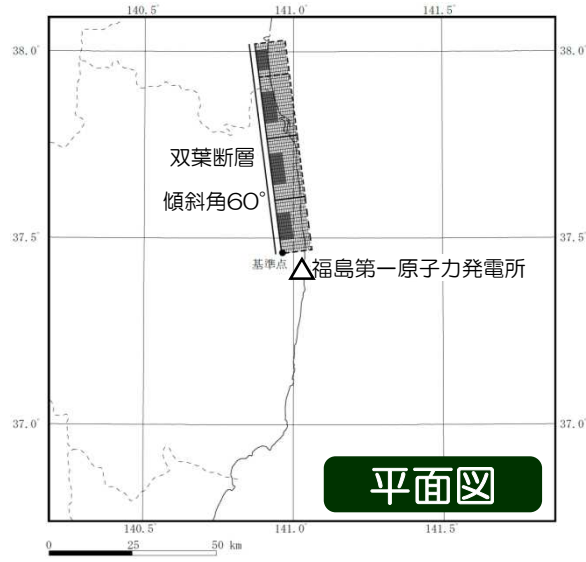
: 不確かさを考慮するパラメータ

双葉断層による地震 震源モデル

平成26年10月22日面談
資料3より抜粋

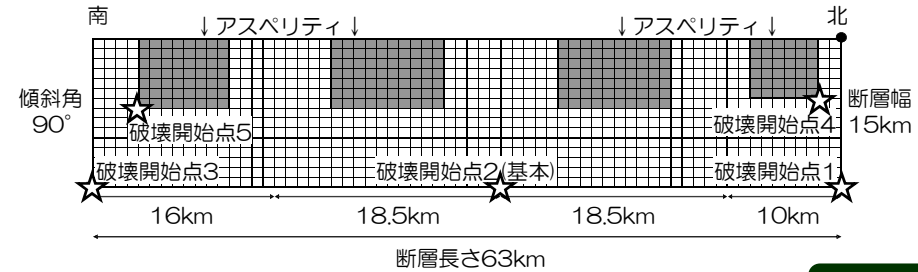


平面図



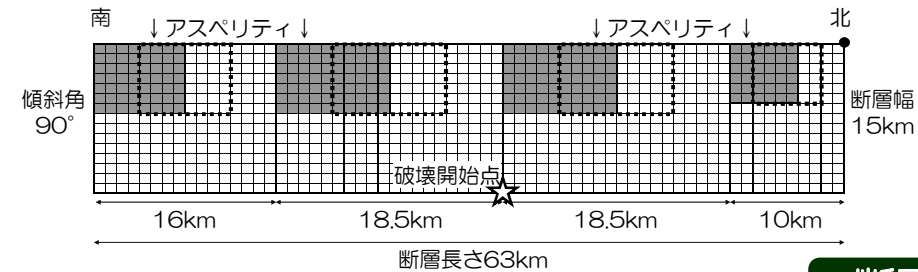
平面図

基本震源モデル(No.1), 破壊開始点の不確かさ考慮(No.2), 応力降下量の不確かさ考慮(No.4)



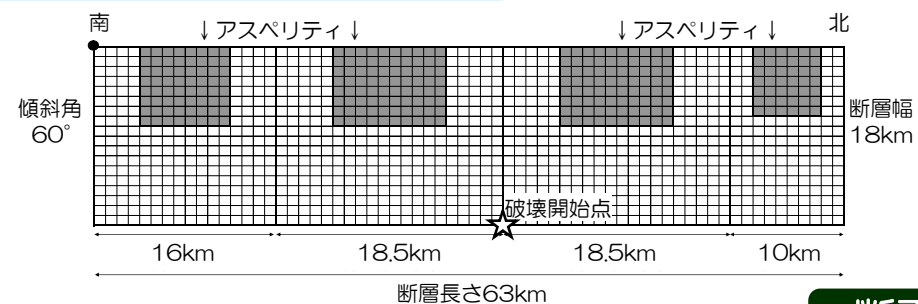
断面図

アスペリティ位置の不確かさ考慮(No.3)



断面図

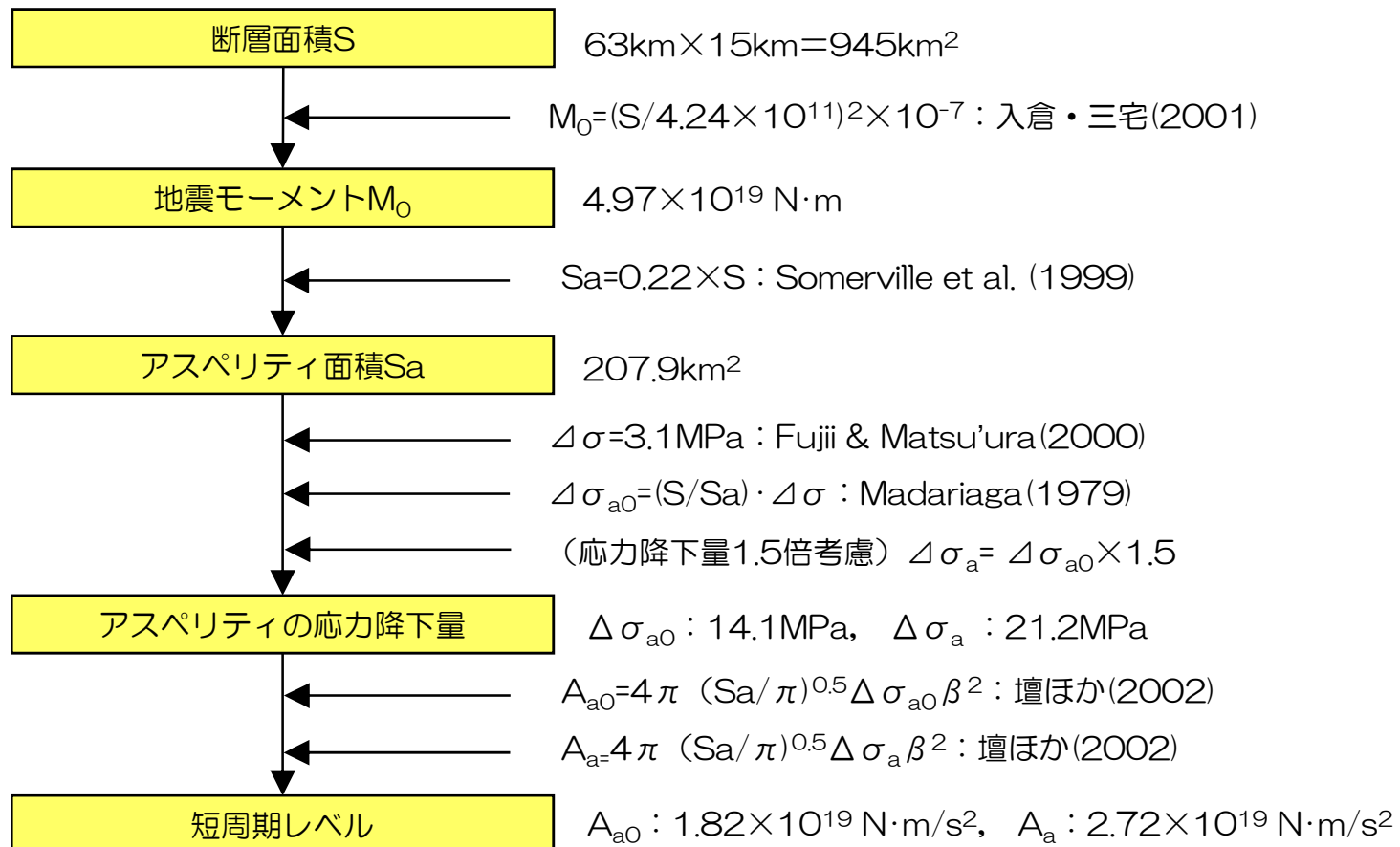
断層傾斜角の不確かさ考慮(No.5)



断面図

■ 微視的断層パラメータは、地震調査研究推進本部(2009)による強震動予測レシピ及び以下の考え方に基づき設定。

- ①アスペリティの面積は、Somerville et al.(1999)を参考に断層面積の22%と設定
- ②地震調査研究推進本部の長大断層の評価と同様、平均応力降下量を一定値と仮定。
地震調査研究推進本部の横ずれ断層である山崎断層の評価を参考に、3.1MPaと設定



双葉断層による地震 震源モデル 断層パラメータ

平成26年10月22日面談
資料3より抜粋



基本震源モデル(No.1), 破壊開始点の不確かさ考慮(No.2),
アスペリティ位置の不確かさ考慮(No.3), 応力降下量の不確かさ考慮(No.4)

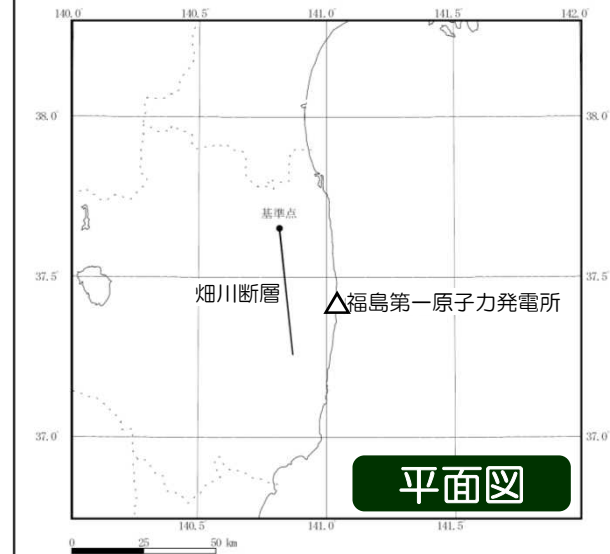
項目		設定値					
		全体	巨理～島田	島田～馬場 (北)	島田～馬場 (南)	馬場～大堀南	
巨視的断層面	基準点	東経 (°)	140.85	—	—	—	—
		北緯 (°)	38.02	—	—	—	—
	断層上端深さ (km)	3					
	断層長さ (km)	63	10	18.5	18.5	16	
	断層幅 (km)	15					
	断層面積 (km ²)	945	150	277.5	277.5	240	
	走向 (°)	172.7					
	傾斜角 (°)	90					
	すべり角 (°)	22					
	S波速度 (km/s)	3.55					
	破壊伝播速度 (km/s)	2.6					
	地震モーメント (N・m)	4.97×10 ¹⁹	7.88×10 ¹⁸	1.46×10 ¹⁹	1.46×10 ¹⁹	1.26×10 ¹⁹	
アスペリティ	面積 (km ²)	207.9	33.0	61.05	61.05	52.8	
	地震モーメント (N・m)	2.19×10 ¹⁹	3.47×10 ¹⁸	6.42×10 ¹⁸	6.42×10 ¹⁸	5.55×10 ¹⁸	
	平均すべり量 (cm)	320.8					
	応力降下量 (MPa)	レシピ	14.1				
1.5倍		21.2					
背景領域	面積 (km ²)	737.1	117.0	216.45	216.45	187.2	
	地震モーメント (N・m)	2.78×10 ¹⁹	4.42×10 ¹⁸	8.17×10 ¹⁸	8.17×10 ¹⁸	7.06×10 ¹⁸	
	平均すべり量 (cm)	115.2					
	実効応力 (MPa)	レシピ	—	2.0	2.4	2.4	2.4
1.5倍		—	3.0	3.5	3.5	3.5	

断層傾斜角の不確かさ考慮(No.5)

項目		設定値					
		全体	巨理～島田	島田～馬場 (北)	島田～馬場 (南)	馬場～大堀南	
巨視的断層面	基準点	東経 (°)	140.96	—	—	—	—
		北緯 (°)	37.46	—	—	—	—
	断層上端深さ (km)		3				
	断層長さ (km)		63	10	18.5	18.5	16
	断層幅 (km)		18				
	断層面積 (km ²)		1134	180	333	333	288
	走向 (°)		352.7				
	傾斜角 (°)		60				
	すべり角 (°)		22				
	S波速度 (km/s)		3.55				
	破壊伝播速度 (km/s)		2.6				
地震モーメント (N・m)		7.15×10 ¹⁹	1.14×10 ¹⁹	2.10×10 ¹⁹	2.10×10 ¹⁹	1.82×10 ¹⁹	
アスペリティ	面積 (km ²)		249.48	39.6	73.26	73.26	63.36
	地震モーメント (N・m)		3.15×10 ¹⁹	5.00×10 ¹⁸	9.24×10 ¹⁸	9.24×10 ¹⁸	7.99×10 ¹⁸
	平均すべり量 (cm)		385.0				
	応力降下量 (MPa)		14.1				
背景領域	面積 (km ²)		884.52	140.4	259.74	259.74	224.64
	地震モーメント (N・m)		4.01×10 ¹⁹	6.36×10 ¹⁸	1.18×10 ¹⁹	1.18×10 ¹⁹	1.02×10 ¹⁹
	平均すべり量 (cm)		138.2				
	実効応力 (MPa)		—	2.0	2.2	2.2	2.2

震源モデルの設定

- 巨視的断層パラメータのうち、断層の位置・断層長さについては地質調査結果に基づき設定。
- 断層の傾斜角は、地質調査結果を参考に90°を基本として設定し、不確かさとして60°を考慮。
- 地震発生層は、速度構造や微小地震分布等に基づき上端深さ3km、下端深さ18km、厚さ15kmと設定。
- アスペリティの位置は、断層上端へ均等に配置することを基本とし、予め敷地至近に配置。
- 応力降下量は、不確かさとして強震動予測レシピの1.5倍の値を考慮。
- 断層モデルの破壊開始点は、巨視的断層面中央下端を基本とし、不確かさとして巨視的断層面端部とアスペリティ端部を考慮。



No.	検討ケース	断層長さ	断層幅	断層傾斜角	破壊開始点	応力降下量
1	基本震源モデル	44km	15km	90°	巨視的断層面 下端	強震動予測 レシピ
2	破壊開始点の不確かさ考慮	44km	15km	90°	複数 (巨視的断層面端部・ア スペリティ端部)	強震動予測 レシピ
3	応力降下量の不確かさ考慮	44km	15km	90°	巨視的断層面 下端	強震動予測 レシピ×1.5
4	断層傾斜角の不確かさ考慮	44km	18km	60°	巨視的断層面 下端	強震動予測 レシピ

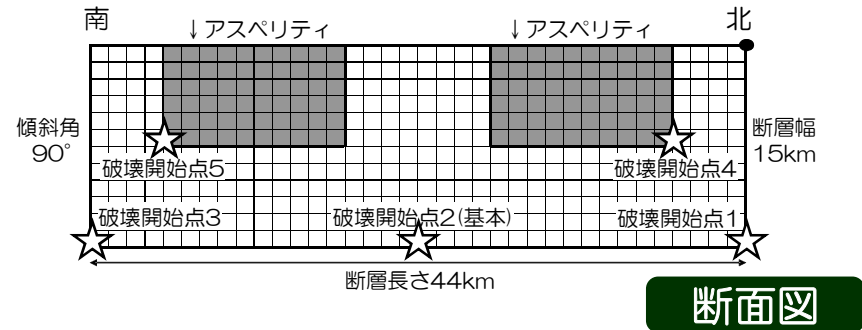
: 不確かさを考慮するパラメータ

畑川断層による地震 震源モデル

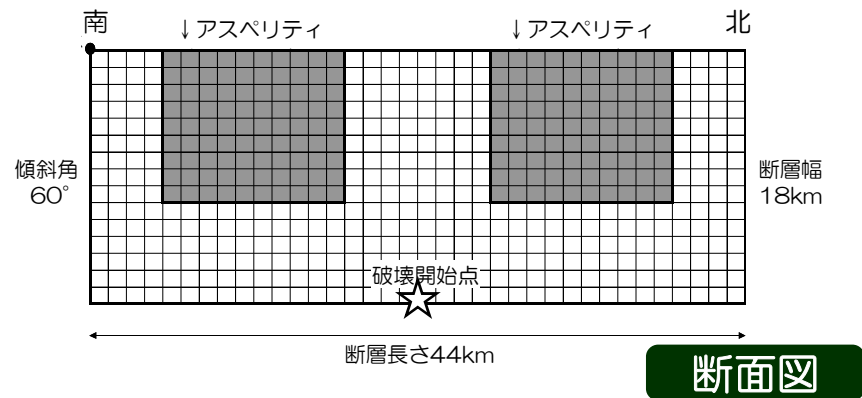
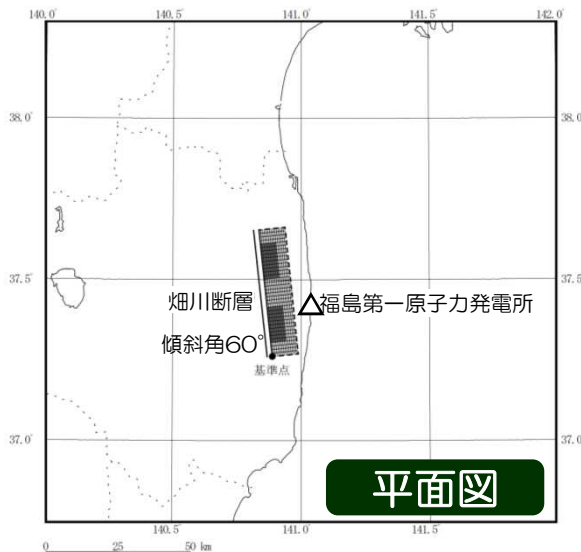
平成26年10月22日面談
資料3より抜粋



基本震源モデル(No.1), 破壊開始点の不確かさ考慮(No.2), 応力降下量の不確かさ考慮(No.3)



断層傾斜角の不確かさ考慮(No.4)



畑川断層による地震 震源モデル 断層パラメータ

平成26年10月22日面談
資料3より抜粋



基本震源モデル(No.1), 破壊開始点の不確かさ考慮(No.2), 応力降下量の不確かさ考慮(No.3)

■ 微視的断層パラメータは、地震調査研究推進本部(2009)による強震動予測レシピに基づき設定。

項目		設定値	
巨視的断層面	基準点	東経 (°)	140.81
		北緯 (°)	37.65
	断層上端深さ (km)		3
	断層長さ (km)		44
	断層幅 (km)		15
	断層面積 (km ²)		660
	走向 (°)		174
	傾斜角 (°)		90
	すべり角 (°)		0
	S波速度 (km/s)		3.55
	破壊伝播速度 (km/s)		2.6
	地震モーメント (N·m)		2.42×10 ¹⁹
	アスペリティ	面積 (km ²)	
地震モーメント (N·m)		6.58×10 ¹⁸	
平均すべり量 (cm)		224.1	
応力降下量 (MPa)		レシピ	12.8
		1.5倍	19.2
背景領域	面積 (km ²)		480.8
	地震モーメント (N·m)		1.11×10 ¹⁹
	平均すべり量 (cm)		70.3
	実効応力 (MPa)	レシピ	2.5
		1.5倍	3.8

断層傾斜角の不確かさ考慮(No.4)

項目		設定値	
巨視的断層面	基準点	東経 (°)	140.89
		北緯 (°)	37.26
	断層上端深さ (km)		3
	断層長さ (km)		44
	断層幅 (km)		18
	断層面積 (km ²)		792
	走向 (°)		354
	傾斜角 (°)		60
	すべり角 (°)		-90
	S波速度 (km/s)		3.55
	破壊伝播速度 (km/s)		2.6
	地震モーメント (N·m)		3.49×10 ¹⁹
	アスペリティ	面積 (km ²)	
地震モーメント (N·m)		1.07×10 ¹⁹	
平均すべり量 (cm)		268.9	
応力降下量 (MPa)		12.4	
背景領域	面積 (km ²)		549.2
	地震モーメント (N·m)		1.35×10 ¹⁹
	平均すべり量 (cm)		75.0
	実効応力 (MPa)		2.1

アスペリティについては1個あたりの諸元 (全体で2個設定)

検討用地震

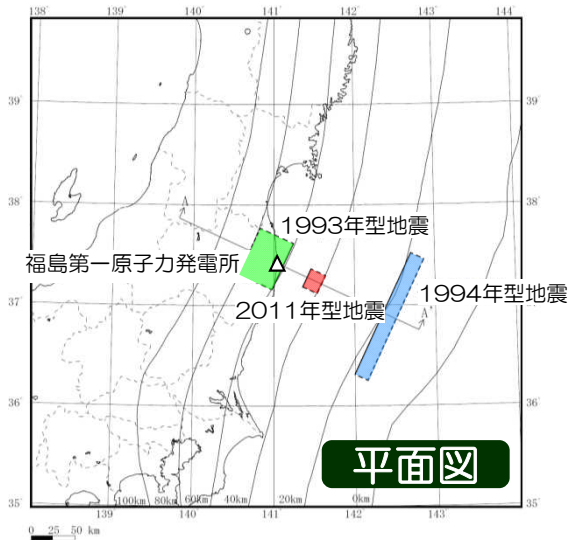
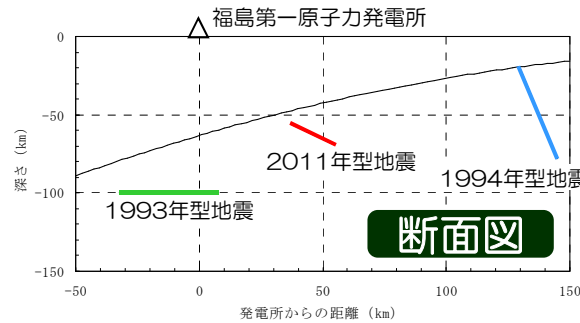
- 2011年型地震
 - 1994年型地震
 - 1993年型地震
- 敷地前面の想定海洋プレート内地震

地震動評価

- 応答スペクトルに基づく地震動評価
 - Noda et al.(2002)を用いて評価。
 - 評価にあたり、敷地における観測記録を用いて算定した補正係数を考慮。
- 断層モデルを用いた手法による地震動評価
 - 要素地震として適切な記録が得られていることから、経験的グリーン関数法により評価。

震源モデルの設定

- 基本震源モデルは、各地震の規模及び太平洋プレートとの深さ方向の位置関係を保持して敷地前面に想定し、笹谷ほか(2006)に基づき設定。
- 2011年宮城県沖の地震(M7.2)において大加速度の記録が得られた要因に関する知見を反映し、応力降下量及び断層傾斜角の不確かさを重畳させて考慮し、併せて破壊開始点の不確かさの影響も考慮。



No.	検討ケース	断層長さ	断層傾斜角	破壊開始点	応力降下量
1-1	2011年型地震(M7.2) 基本震源モデル	21.6km	37°	複数 (77.8° リティ端部)	笹谷ほか (2006)
1-2	2011年型地震(M7.2) 応力降下量の不確かさ考慮	21.6km	37°	複数 (77.8° リティ端部)	笹谷ほか (2006) × 1.5
2-1	1994年型地震(M8.2) 基本震源モデル	147.8km	75°	複数 (77.8° リティ端部)	笹谷ほか (2006)
2-2	1994年型地震(M8.2) 応力降下量及び断層傾斜角の不確かさ考慮	147.8km	10°	複数 (77.8° リティ端部)	笹谷ほか (2006) × 1.5
3-1	1993年型地震(M7.5) 基本震源モデル	56.0km	0°	複数 (77.8° リティ端部)	笹谷ほか (2006)
3-2	1993年型地震(M7.5) 応力降下量及び断層傾斜角の不確かさ考慮	56.0km	80°	複数 (77.8° リティ端部)	笹谷ほか (2006) × 1.5

■ : 予め不確かさを考慮するパラメータ ■ : 不確かさを考慮するパラメータ

海洋プレート内地震 震源モデル

平成26年10月22日面談
資料3より抜粋



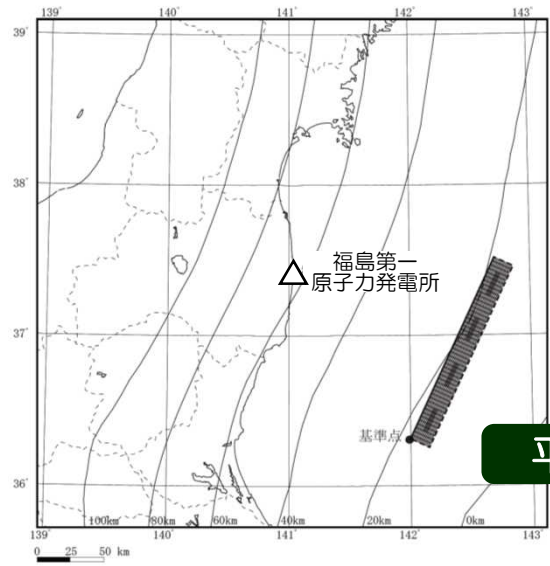
2011年型地震
基本震源モデル(No.1-1),
応力降下量の不確かさ考慮(No.1-2)

1994年型地震
基本震源モデル
(No.2-1)

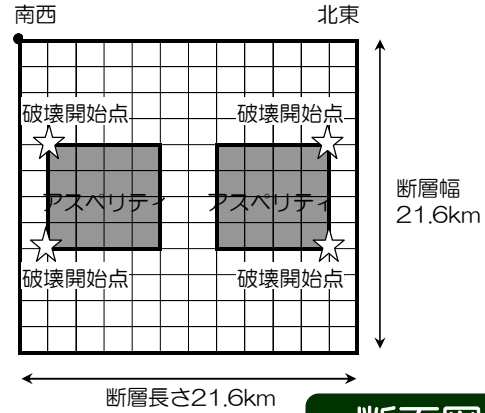
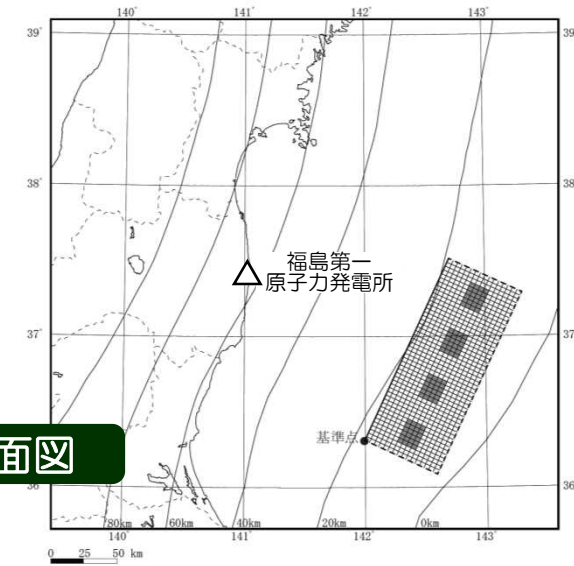
1994年型地震
応力降下量及び断層傾斜角の
不確かさ考慮(No.2-2)



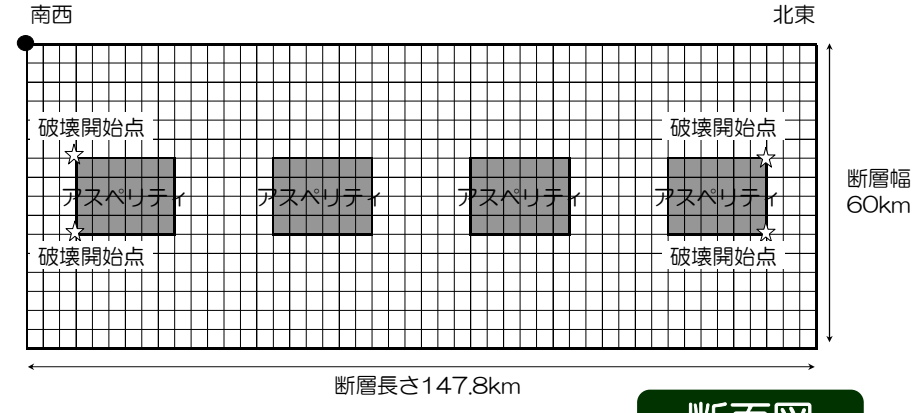
平面図



平面図

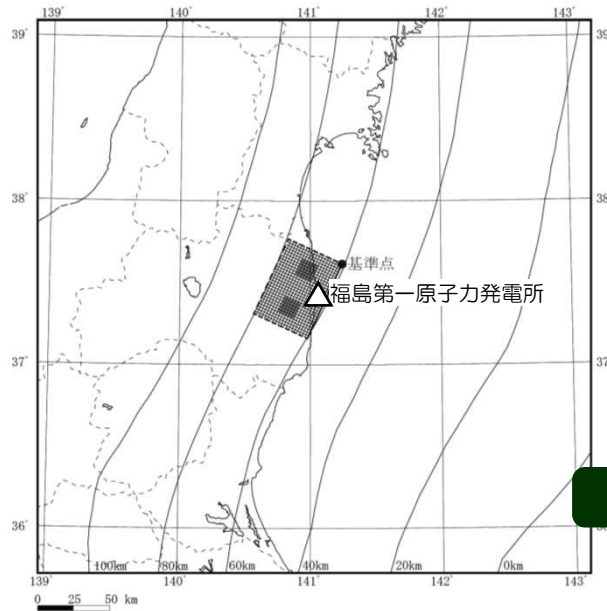


断面図

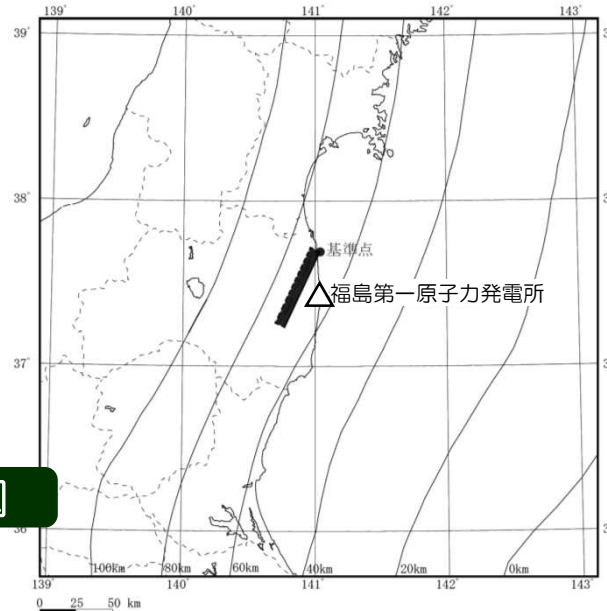


断面図

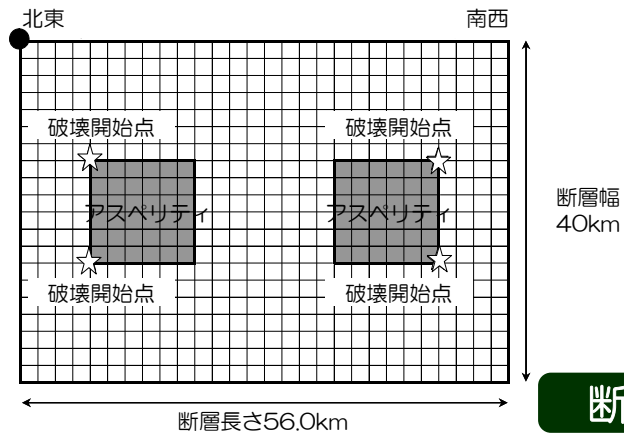
1993年型地震
基本震源モデル(No.3-1)



1993年型地震
応力降下量及び断層傾斜角の
不確かさ考慮(No.3-2)



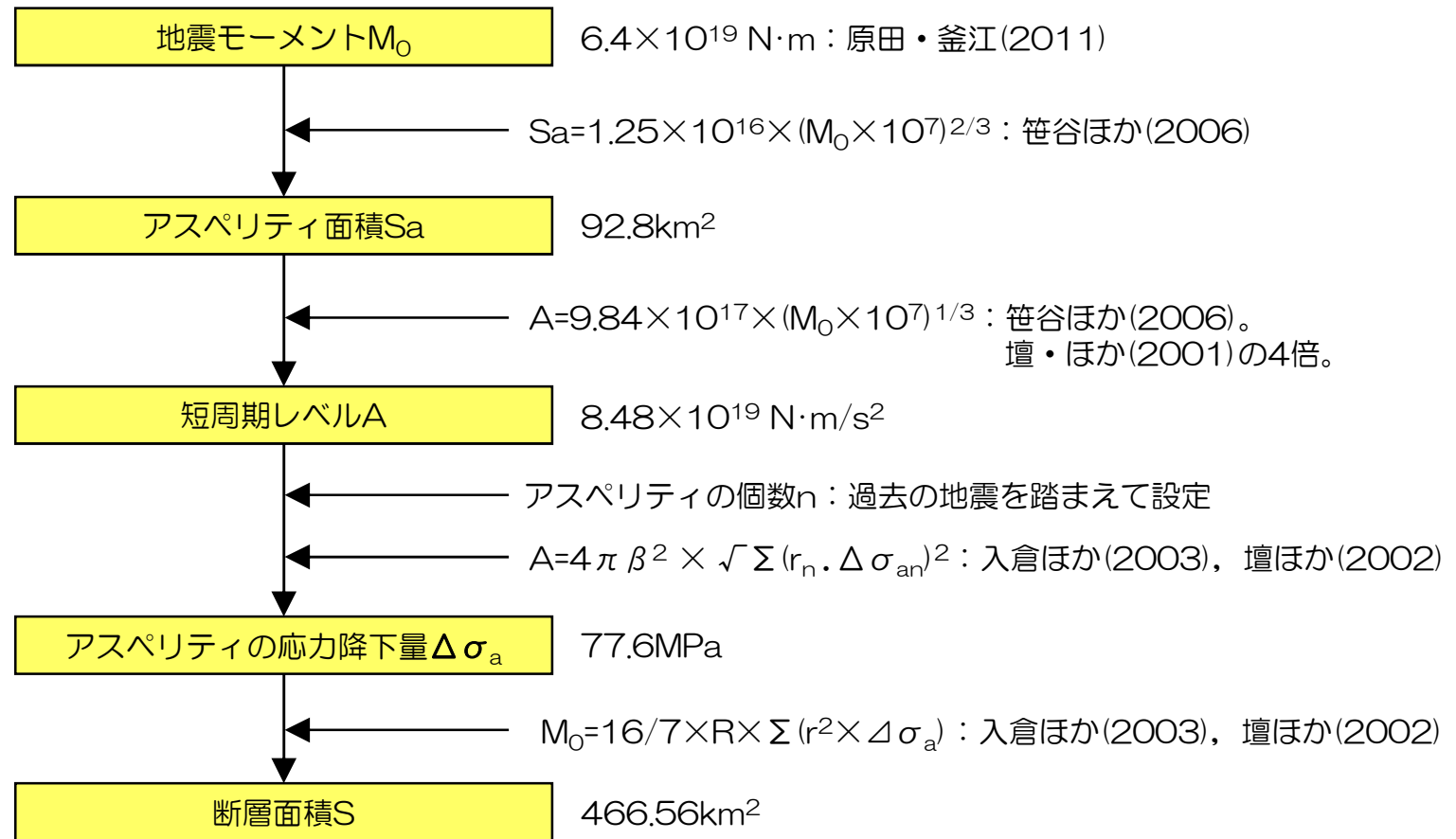
平面図



断面図

■ 微視的断層パラメータは、海洋プレート内地震について整理された笹谷ほか(2006)に基づき設定。

【2011年型地震の例】



※応力低下量の不確かさについては、応力低下量の値のみを1.5倍し、断層面積は変更しない。

海洋プレート内地震 震源モデル 断層パラメータ

平成26年10月22日面談
資料3より抜粋



項目		2011年型地震	1994年型地震	1993年型地震	
巨視的断層面	基準点	東経 (°)	141.36	142.00	141.24 (141.04)
		北緯 (°)	37.19	36.31	37.62 (37.69)
	断層上端深さ (km)	56	20	100	
	断層長さ (km)	21.6	147.8	56.0	
	断層幅 (km)	21.6	60.0	40.0	
	断層面積 (km ²)	466.56	8868	2240	
	走向 (°)	25	25	205	
	傾斜角 (°)	37	75 (10)	0 (80)	
	S波速度 (km/s)	4.0	4.5	4.5	
	破壊伝播速度 (km/s)	2.9	3.2	3.2	
	地震モーメント (N・m)	6.40×10 ¹⁹	2.60×10 ²¹	3.30×10 ²⁰	
アスペリティ	面積 (km ²)	46.4	274.3	138.5	
	地震モーメント (N・m)	1.27×10 ¹⁹	1.61×10 ²⁰	4.08×10 ¹⁹	
	平均すべり量 (cm)	569.1	890.7	447.6	
	応力降下量 (MPa)	77.6 (116.4)	61.3 (92.0)	61.3 (92.0)	
背景領域	面積 (km ²)	373.76	7770.8	1963	
	地震モーメント (N・m)	3.86×10 ¹⁹	1.96×10 ²¹	2.48×10 ²⁰	
	平均すべり量 (cm)	214.2	382.5	192.2	
	実効応力 (MPa)	9.7 (14.6)	6.6 (9.9)	7.9 (11.8)	

- ・ () 内は不確かさケース
- ・ アスペリティについては1個あたりの諸元 (2011年型地震：2個, 1994年型地震：4個, 1993年型地震：2個)