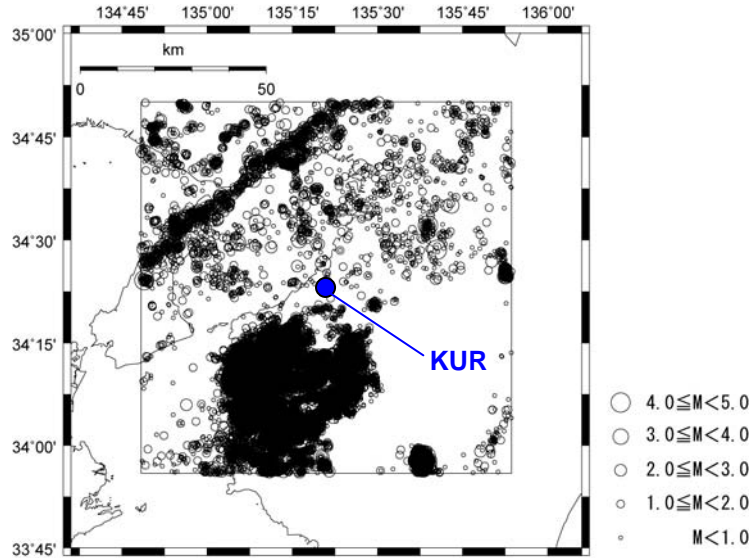


# 地震発生層(2)

## 敷地周辺で発生した微小地震の震源分布

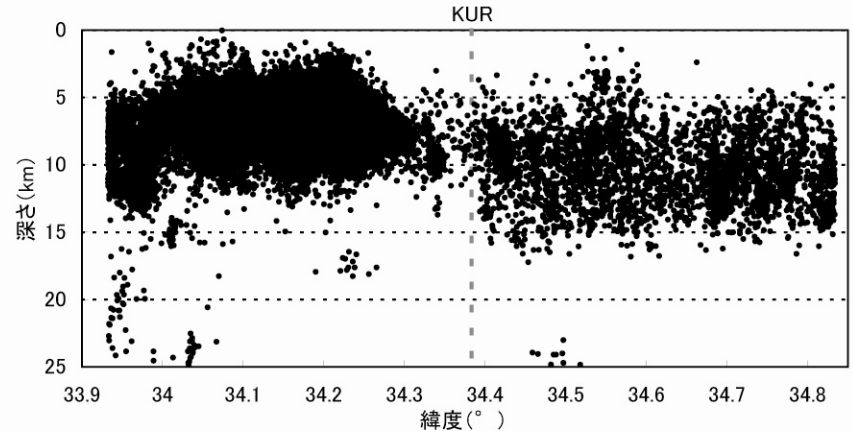
気象庁一元化震源データ(1997年10月~2007年12月)を用い、敷地を囲む100kmの範囲内での微小地震(M5以下)のD10及びD90を算定。



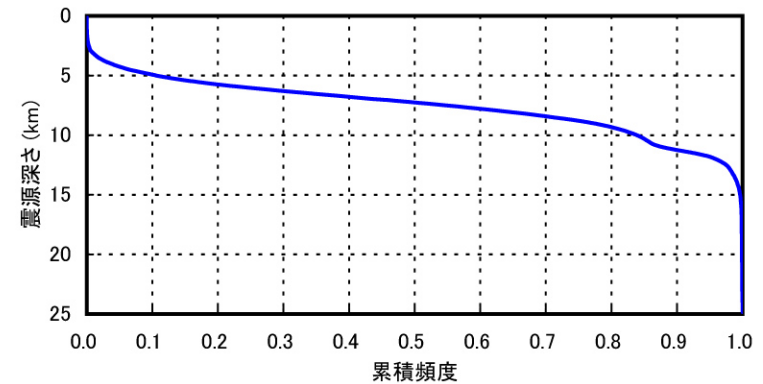
微小地震の震央分布

累積頻度

D5%	4.3km
D10%	4.9km
D50%	7.3km
D90%	11.3km
D95%	11.8km



微小地震の震源深さ



微小地震の累積頻度分布

敷地周辺の微小地震分布によると、敷地周辺の地震発生層の上端深さ及び下端深さはそれぞれ約4.9km, 約11.3kmと考えられる。

# 地震発生層(3)

## JNES(2004)による微小地震に基づく地震発生層

区分: 近畿

D10%: 8.1km

D90%: 14.9km

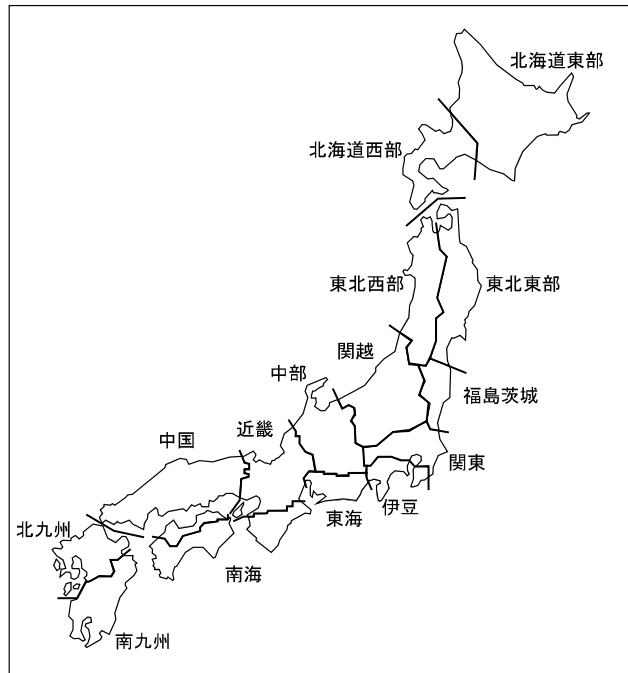
層厚: 6.8km

区分: 南海

D10%: 7.2km

D90%: 15.1km

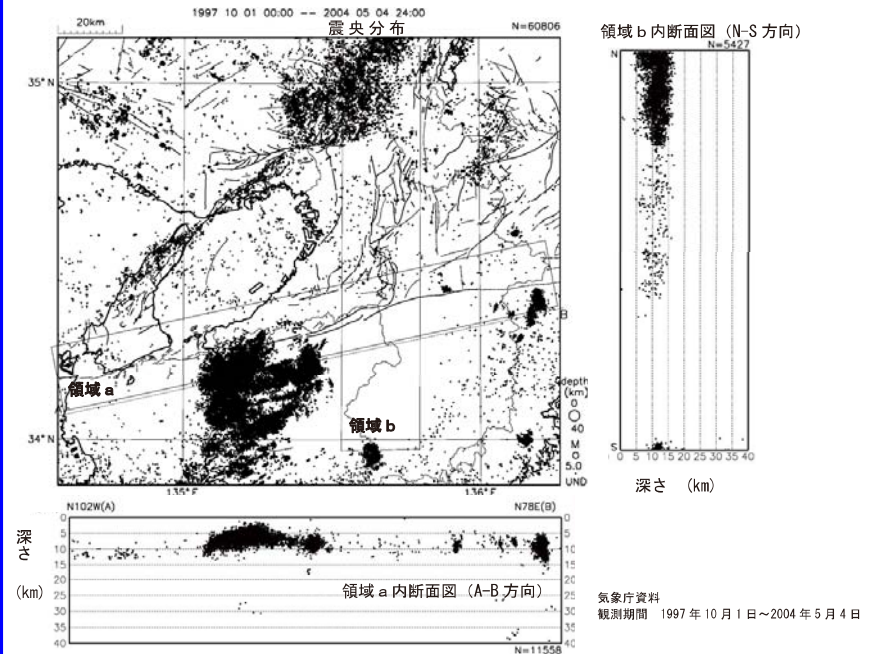
層厚: 7.9km



JNES(2004)による地震域の区分

## 地震調査研究推進本部による微小地震に基づく地震発生層

地震調査研究推進本部による中央構造線断層帯の地震を想定した強震動評価(2005)では、地震発生層の厚さは微小地震の震源深さ分布から11km(上端4km, 下端15km)と見積もられている。



中央構造線断層帯(金剛山地東縁-和泉山脈南縁)周辺の震央分布図及び震源分布の断面図

(地震調査研究推進本部, 2005)

## 基準地震動Ssの評価

基準地震動Ssは、まず、「応答スペクトルに基づいた地震動評価」を行い、次に、敷地への影響が大きいと考えられる地震について「断層モデルを用いた手法による地震動評価」を実施して評価する。

### ■ 応答スペクトルに基づいた地震動評価手法

- ① 解放基盤における水平及び鉛直方向の地震動評価ができること
- ② 震源の拡がりを考慮できること
- ③ 地震観測記録を用いて諸特性(地域特性等)が考慮できること

以上の観点から、Noda et al.(2002)の方法を用い地震動を評価する。

### ■ 断層モデルを用いた地震動評価手法

地震動の短周期成分は統計的グリーン関数法、長周期成分は理論的手法(3次元差分法)により計算するハイブリッド合成法により評価

# 応答スペクトルに基づいた地震動評価

## 検討用地震の応答スペクトル算定に用いる震源の諸元

検討用地震	マグニチュード	等価震源距離
中央構造線断層帯 (傾斜角：80度 <sup>※2</sup> )	8.0 <sup>※1</sup>	20.4km
中央構造線断層帯 (傾斜角：43度 <sup>※3</sup> )	7.8 <sup>※1</sup>	16.9km
東南海地震	8.1 <sup>※4</sup>	140.1km
南海地震	8.4 <sup>※4</sup>	171.3km
東南海・南海地震	8.5 <sup>※4</sup>	163.5km
プレート内地震	7.4	70.0km

※1 松田(1975)により断層長さから算出

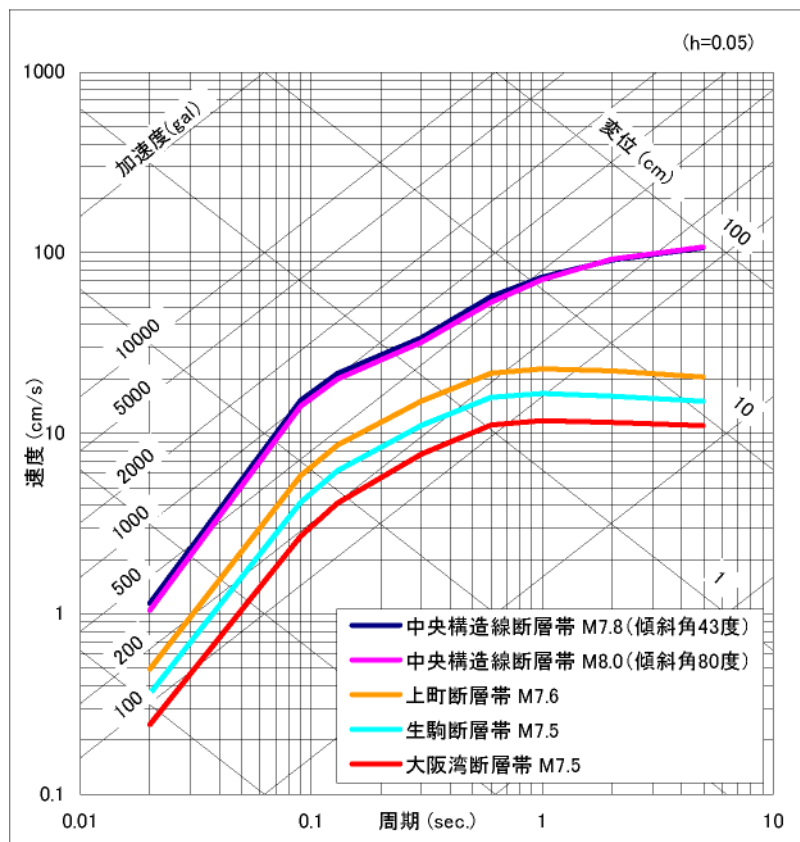
※2 大阪府(2007)による断層モデルを参考に、断層の傾斜角を80度とし、金剛断層、五条谷断層、根来断層、磯ノ浦断層の断層長さの和を中央構造線断層帯とする

※3 地震調査研究推進本部による断層モデルを参考に、断層の傾斜角を43度とし、金剛断層と五条谷断層は断層面を共有するため五条谷断層、根来断層、磯ノ浦断層の断層長さを中央構造線断層帯とする

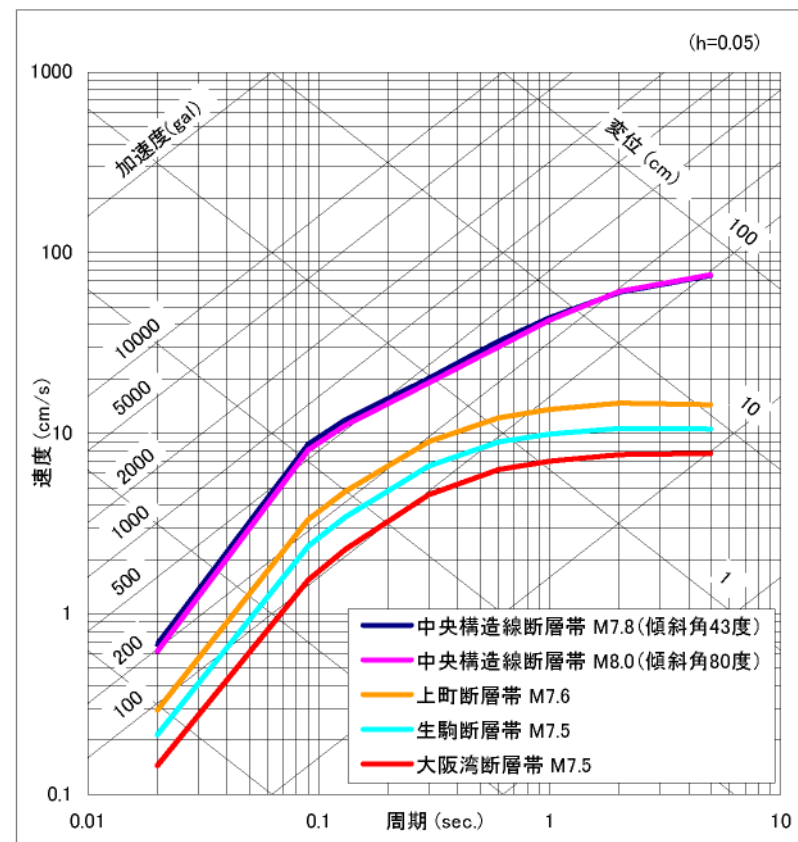
※4 地震調査研究推進本部(2001)による評価値

# 検討用地震の選定（内陸地殻内地震）

水平方向



鉛直方向



内陸地殻内地震の応答スペクトルの比較

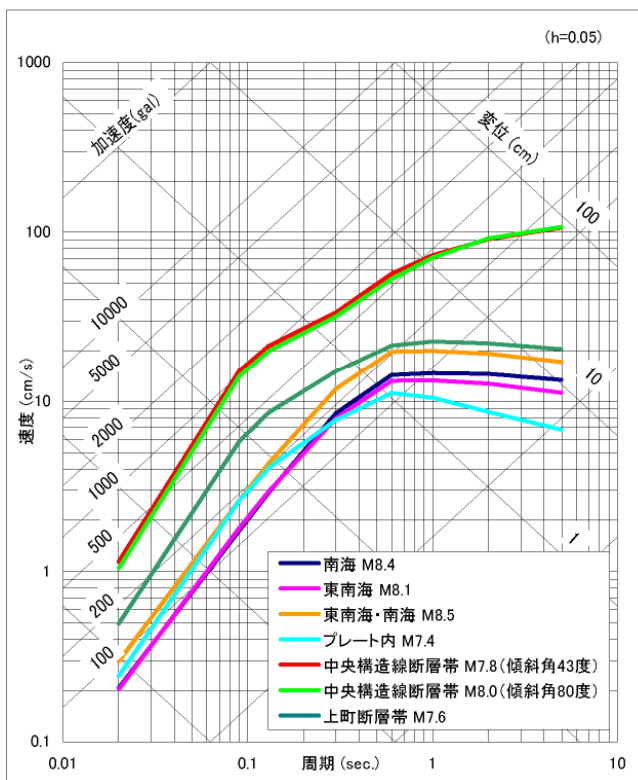


中央構造線断層帯を検討用地震として選定

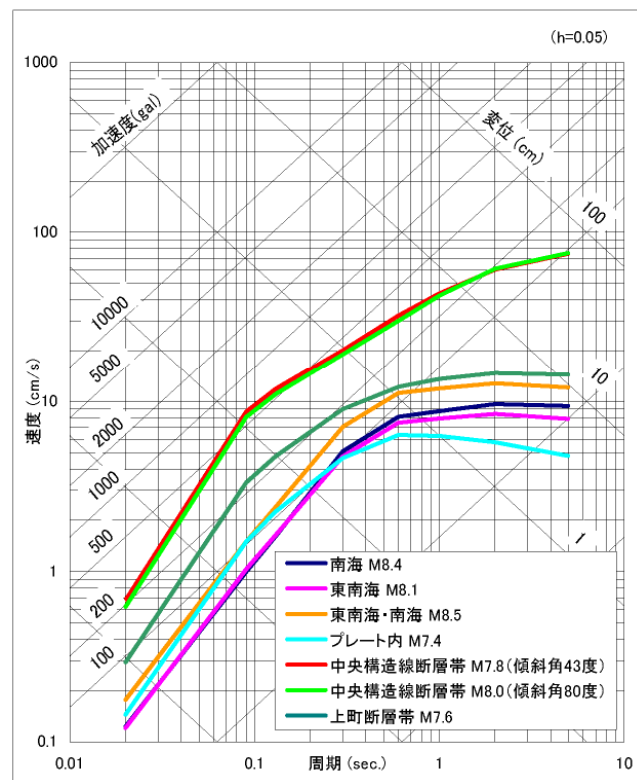
断層の位置と走向から上町断層帯の地震も検討用地震として選定

# 応答スペクトルに基づいた地震動評価の結果

水平方向



鉛直方向



解放基盤表面における地震動の応答スペクトル



中央構造線断層帯 (傾斜角43度) の地震が最も大きくなる



基準地震動Ss-1

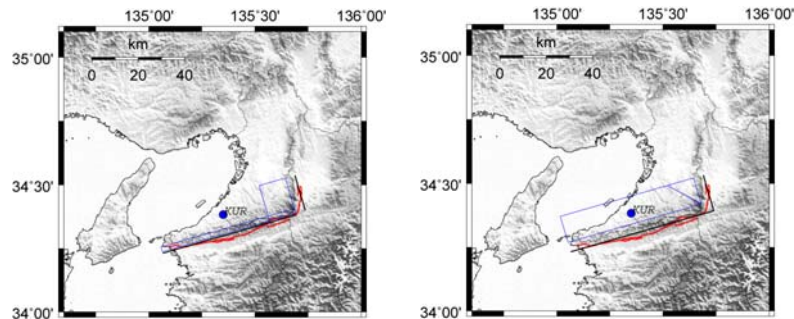
# 断層モデルによる地震動評価

## 震源の不確かさの考え方

中央構造線断層帯			
	傾斜角	アスペリティ	応力降下量
Case1 (基本モデル)	80°	敷地近くに大きいアスペリティを配置	レシビ <sup>※</sup>
Case2	43°	敷地近くに大きいアスペリティを配置	レシビ <sup>※</sup>
Case3	80°	敷地近くに大きいアスペリティを配置	レシビ <sup>※</sup> × 1.5倍
上町断層帯			
	傾斜角	アスペリティ	応力降下量
Case1 (基本モデル)	65°	北側セグメントに大きいアスペリティを配置	レシビ <sup>※</sup>
Case2	65°	南側セグメント(敷地に近いセグメント)に大きいアスペリティを配置	レシビ <sup>※</sup>
Case3	65°	北側セグメントに大きいアスペリティを配置	レシビ <sup>※</sup> × 1.5倍

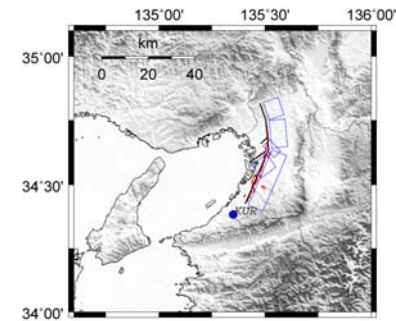
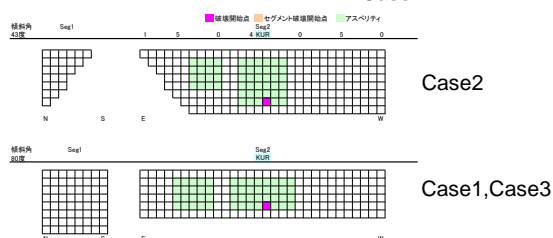
■ 不確かさを考慮して設定したパラメータ

※強震動予測レシビ



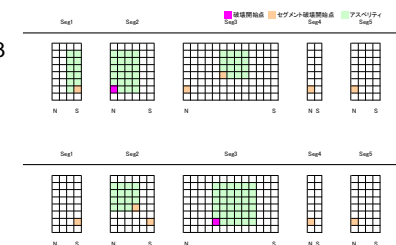
Case1, Case3

Case2



Case1, Case3

Case2



# 震源パラメータ（中央構造線断層帯）

パラメータ		記号	単位	設定方法	Case1	Case2	Case3
断層全体	長さ	L	km	文献調査により設定	78.0	60.0	78.0
	幅	W	km	地震発生層と傾斜角から設定	12.0	16.1	12.0
	面積	S	km <sup>2</sup>	断層長さ×断層幅	976	968	976
	壇層上端深さ	DepU	km	微小地震の震源深さの上限を参照して設定	4.0	4.0	4.0
	壇層下端深さ	DepD	km	微小地震の震源深さの下限を参照して設定	15.8	15.0	15.8
	Mj	Mj		$M=(1/0.6) * (\log L * 2.9)$ (松田, 1975)	7.8	7.8	7.8
	Mw	Mw		$Mw=(\log Mo - 9.1) / 1.5$ (Kanamori, 1977)	7.1	7.1	7.1
	傾斜角	dip	°	文献調査により設定	80	43	80
	地震モーメント	Mo	Nm	$S=4.24 * Mo^{1/2} * 10^{-11}$ (入倉・三宅, 2001)	5.30E+19	5.21E+19	5.30E+19
	平均すべり量	D	m	$Mo = \mu * S * D$	1.64	1.63	1.64
	平均応力降下量	$\Delta \sigma$	MPa	$\Delta \sigma = 3.1$ (Fujii and Matsu'ura, 2000) (レシビ) Case3はその1.5倍	3.10	3.10	4.65
破壊伝播速度	Vr	km/s	$Vr = 0.72 * Vs$ Geller (1976)	2.52	2.52	2.52	
アスぺリティ全体	平均すべり量	Da	m	$Da = 2 * D$ Somerville et al. (1999), 石井・他 (2000)	3.28	3.26	3.28
	面積	Sa	km <sup>2</sup>	SaはSの約0.22倍 Somerville et al. (1999)	215	213	215
	地震モーメント	Moa	Nm	$Moa = \mu * Sa * Da$ Irikura et al. (2004), Eshelby (1957)	2.33E+19	2.29E+19	2.33E+19
	応力降下量	$\Delta \sigma a$	MPa	$\Delta \sigma a = \Delta \sigma * (S / Sa)$ Irikura et al. (2004), Madoriaga (1979)	14.09	14.09	21.14
アスぺリティ1(Asp1)	すべり量	Da1	m	$Da1 = (\gamma 1 / \sum \gamma i^3) * Da$	3.64	3.61	3.64
	面積	Sa1	km <sup>2</sup>	Sa1:Sa2=2:1	143	142	143
	地震モーメント	Moa1	Nm	$Moa1 = \mu * Sa1 * Da1$	1.72E+19	1.69E+19	1.72E+19
アスぺリティ2(Asp2)	すべり量	Da2	m	$Da2 = (\gamma 2 / \sum \gamma i^3) * Da$	2.57	2.55	2.57
	面積	Sa2	km <sup>2</sup>	Sa1:Sa2=2:1	72	71	72
	地震モーメント	Moa2	Nm	$Moa2 = \mu * Sa2 * Da2$	6.09E+18	5.99E+18	6.09E+18
背景領域全体	すべり量	Db	m	$Db = Mob / (\mu * Sb)$	1.18	1.17	1.18
	面積	Sb	km <sup>2</sup>	$Sb = S - Sa$	761	755	761
	地震モーメント	Mob	Nm	$Mob = Mo - Moa$	2.97E+19	2.92E+19	2.97E+19
	応力降下量	$\Delta \sigma b$	MPa	$\Delta \sigma b = (Db / Wb) * (\pi^{1/2} / Da) * r * \sum \gamma i^3 * \Delta \sigma a$	3.91	3.37	5.86
背景領域 (泉山脈南縁部分)	長さ	L1	km	文献調査により設定	60.0	60.0	60.0
	断層幅	W1	km	$(DepD - DepU) / \sin(dip1)$	12.0	16.1	12.0
	走向	Strike1	°	文献調査により設定	254	254	254
	傾斜角	dip1	°	文献調査により設定	80	43	80
	すべり角	rake1	°	文献調査により設定	180	180	180
	背景領域の面積	S1b	km <sup>2</sup>	S1t-S1a	505.28	659.71	505.28
背景領域 (金剛山地東縁部分)	長さ	L2	km	$L2 = W2 * \cos(dip1)$	16.0	11.8	16.0
	断層幅	W2	km	$(DepD - DepU) / \sin(dip2)$	16.0	16.1	16.0
	走向	Strike2	°	文献調査により設定	164	164	164
	傾斜角	dip2	°	文献調査により設定	43	43	43
	すべり角	rake2	°	文献調査により設定	90	90	90
	背景領域の面積	S2b	km <sup>2</sup>	S2t-S2a	256.0	95.1	256.0



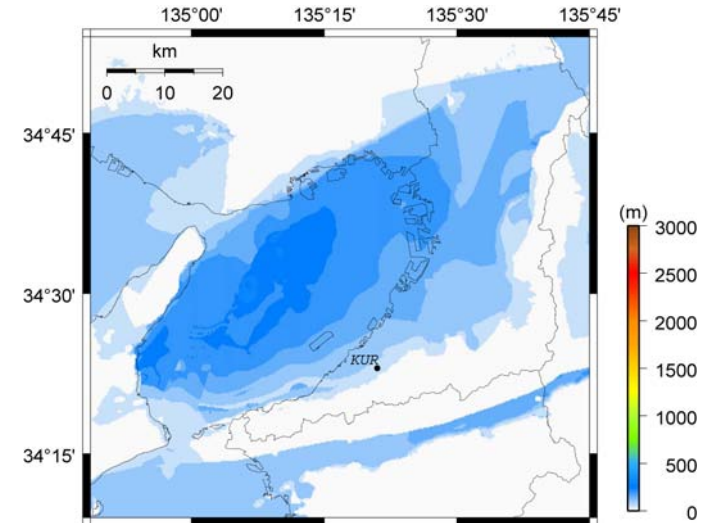
# 震源パラメータ (上町断層帯)

パラメータ		記号	単位	設定方法	Case1	Case2	Case3
断層全体	長さ	L	km	文献調査により設定	58	58	58
	幅	W	km	地震発生層と傾斜角から設定	16	16	16
	面積	S	km <sup>2</sup>	断層長さ×断層幅	928	928	928
	断層上端深さ	DepU	km	微小地震の震源深さの上限を参照して設定	3.0	3.0	3.0
	断層下端深さ	DepD	km	微小地震の震源深さの下限を参照して設定	17.5	17.5	17.5
	Mj	Mj		$M=(1/0.6)*(\log L+2.9)$ (松田, 1975)	7.6	7.6	7.6
	Mw	Mw		$Mw=(\log Mo-9.1)/1.5$ (Kanamori, 1977)	7.1	7.1	7.1
	傾斜角	dip	°	文献調査により設定	65	65	65
	地震モーメント	Mo	Nm	$S=4.24*Mo^{1/2}*10^{-11}$ (入倉・三宅, 2001)	4.79E+19	4.79E+19	4.79E+19
	平均すべり量	D	m	$Mo=\mu*S*D$	1.56	1.56	1.56
	平均応力降下量	$\Delta\sigma$	MPa	$\Delta\sigma=3.1$ (Fujii and Matsu'ura, 2000) (レシビ) Case3はその1.5倍	3.10	4.65	4.65
	破壊伝播速度	Vr	km/s	$Vr=0.72*Vs$ Geller (1976)	2.52	2.52	2.52
アスベリティ全体	平均すべり量	Da	m	$Da=2*D$	3.12	3.12	3.12
	面積	Sa	km <sup>2</sup>	SaはSの約0.22倍 Somervil et al. (1999)	204	204	204
	地震モーメント	Moa	Nm	$Moa=\mu*Sa*Da$ Irikura et al. (2004), Eshelby (1957)	2.11E+19	2.11E+19	2.11E+19
	応力降下量	$\Delta\sigma_a$	MPa	$\Delta\sigma_a=\Delta\sigma*(S/Sa)$ Irikura et al. (2004), Madoriaga (1979)	14.09	21.14	21.14
アスベリティ1(Asp1)	すべり量	Da1	m	$Da1=(\gamma/2*\gamma_i^2)*Da$	3.48	3.48	3.48
	面積	Sa1	km <sup>2</sup>	$Sa1:Sa2=2:1$	136	136	136
アスベリティ2(Asp2)	地震モーメント	Moa1	Nm	$Moa1=\mu*Sa1*Da1$	1.56E+19	1.56E+19	1.56E+19
	すべり量	Da2	m	$Da2=(\gamma/2*\gamma_i^2)*Da$	2.45	2.45	2.45
アスベリティ2(Asp2)	面積	Sa2	km <sup>2</sup>	$Sa1:Sa2=2:1$	68	68	68
	地震モーメント	Moa2	Nm	$Moa2=\mu*Sa2*Da2$	5.51E+18	5.51E+18	5.51E+18
背景領域全体	すべり量	Db	m	$Db=Mo_b/(\mu*S_b)$	1.12	1.12	1.12
	面積	Sb	km <sup>2</sup>	$Sb=S-Sa$	724	724	724
	地震モーメント	Mob	Nm	$Mob=Mo-Moa$	2.68E+19	2.68E+19	2.68E+19
	応力降下量	$\Delta\sigma_b$	MPa	$\Delta\sigma_b=(Db/W_b)*(\mu^{1/2}/Da)*\gamma_i^2*\Delta\sigma_a$	3.33	4.99	4.99
セグメント1	長さ	L1	km	文献調査により設定	8	8	8
	断層幅	W1	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip1)$	16	16	16
	走向	Strike1	°	文献調査により設定	342	342	342
	傾斜角	dip1	°	文献調査により設定	65	65	65
	すべり角	rake1	°	文献調査により設定	90	90	90
	背景領域の面積	S1b	km <sup>2</sup>	長さ×幅-アスベリティ面積	80	80	80
	セグメント2	長さ	L2	km	文献調査により設定	12	12
断層幅		W2	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip1)$	16	16	16
走向		Strike2	°	文献調査により設定	354	354	354
傾斜角		dip2	°	文献調査により設定	65	65	65
すべり角		rake2	°	文献調査により設定	90	90	90
背景領域の面積		S2b	km <sup>2</sup>	長さ×幅-アスベリティ面積	96	96	96
セグメント3		長さ	L3	km	文献調査により設定	26	26
	断層幅	W3	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip1)$	16	16	16
	走向	Strike3	°	文献調査により設定	23	23	23
	傾斜角	dip3	°	文献調査により設定	65	65	65
	すべり角	rake3	°	文献調査により設定	90	90	90
	背景領域の面積	S3b	km <sup>2</sup>	長さ×幅-アスベリティ面積	352	352	352
	セグメント4	長さ	L4	km	文献調査により設定	4	4
断層幅		W4	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip1)$	16	16	16
走向		Strike4	°	文献調査により設定	48	48	48
傾斜角		dip4	°	文献調査により設定	65	65	65
すべり角		rake4	°	文献調査により設定	90	90	90
背景領域の面積		S4b	km <sup>2</sup>	長さ×幅-アスベリティ面積	64	64	64
セグメント5		長さ	L5	km	文献調査により設定	8	8
	断層幅	W5	km	$(DepD-DepU)/\sin(dip1)$	16	16	16
	走向	Strike5	°	文献調査により設定	55	55	55
	傾斜角	dip5	°	文献調査により設定	65	65	65
	すべり角	rake5	°	文献調査により設定	90	90	90
	背景領域の面積	S5b	km <sup>2</sup>	長さ×幅-アスベリティ面積	128	128	128

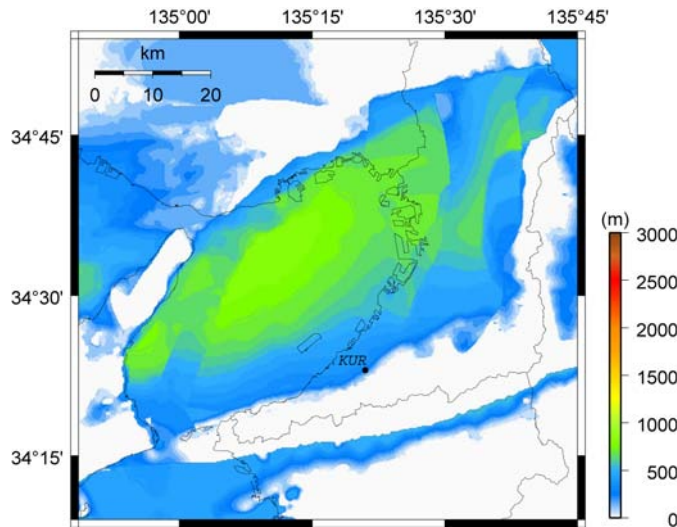
# 理論的手法による地震動評価に用いた大阪平野の3次元地下構造モデル

(堀川・他, 2003をもとに作成)

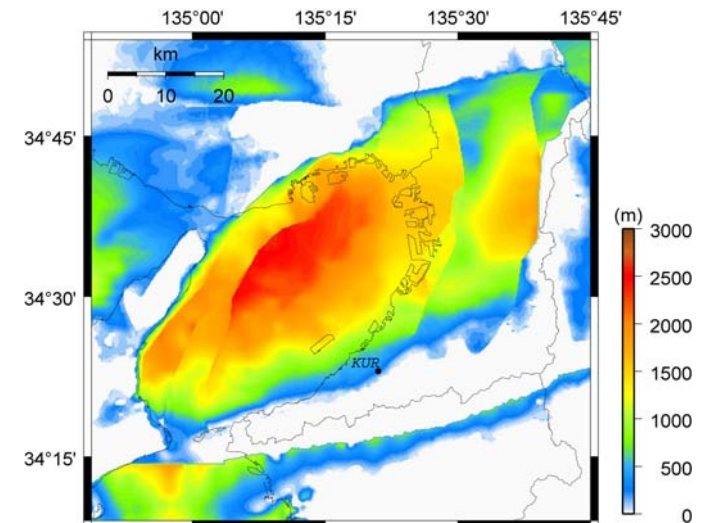
Layer	Vs (km/s)	Vp (km/s)	$\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	Qs
1	0.40	1.6	1.7	200
2	0.55	1.8	1.8	275
3	1.00	2.5	2.1	500
4	3.20	5.4	2.7	1000



2層目上面深さ

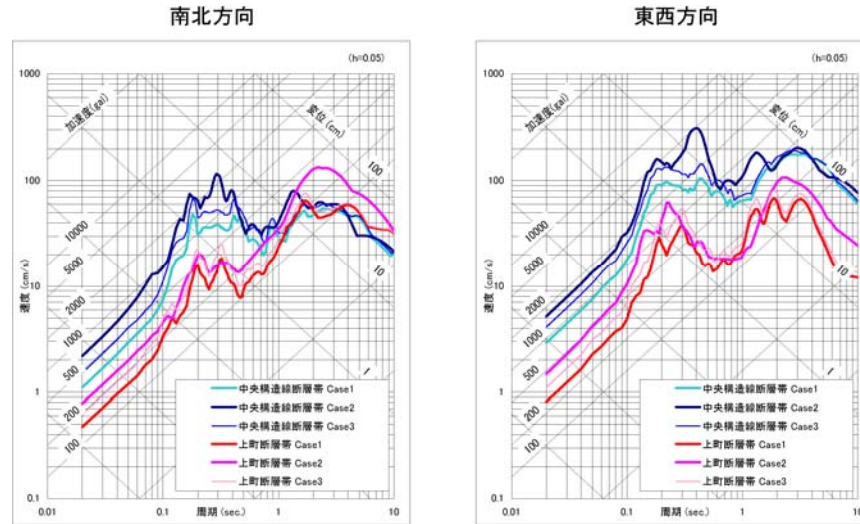


3層目上面深さ

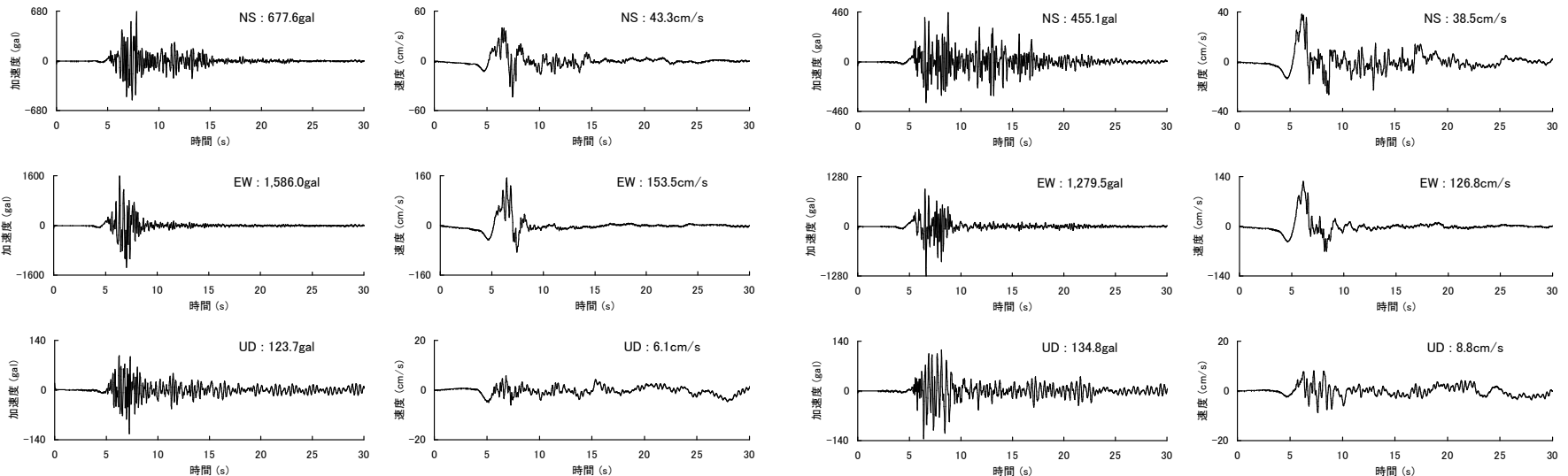


4層目上面深さ (地震基盤)

# 断層モデルによる地震動評価結果



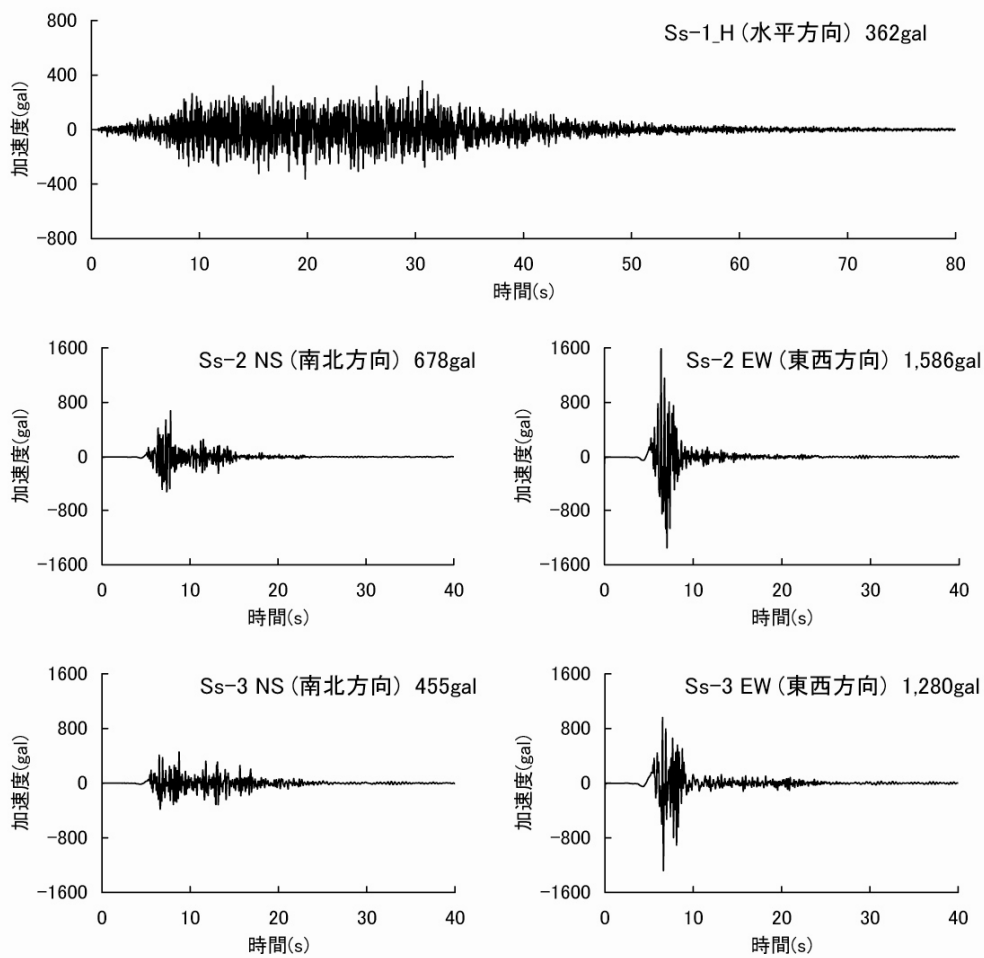
## 解放基盤表面における地震動の応答スペクトル



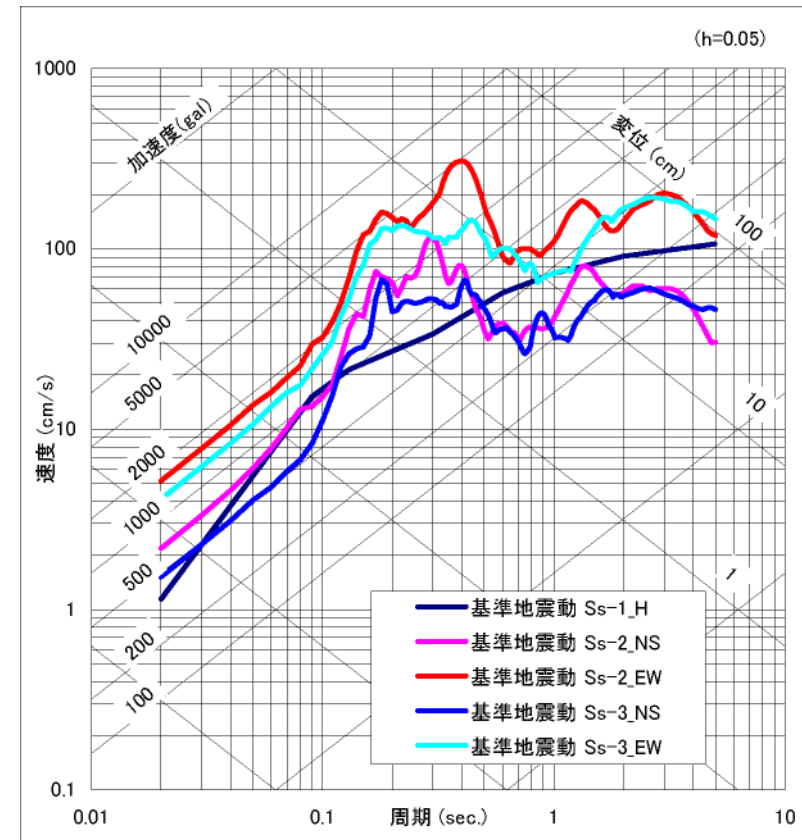
中央構造線断層帯, Case2 → 基準地震動 Ss-2

中央構造線断層帯, Case3 → 基準地震動 Ss-3

# 基準地震動Ssの時刻歴波形とその応答スペクトル



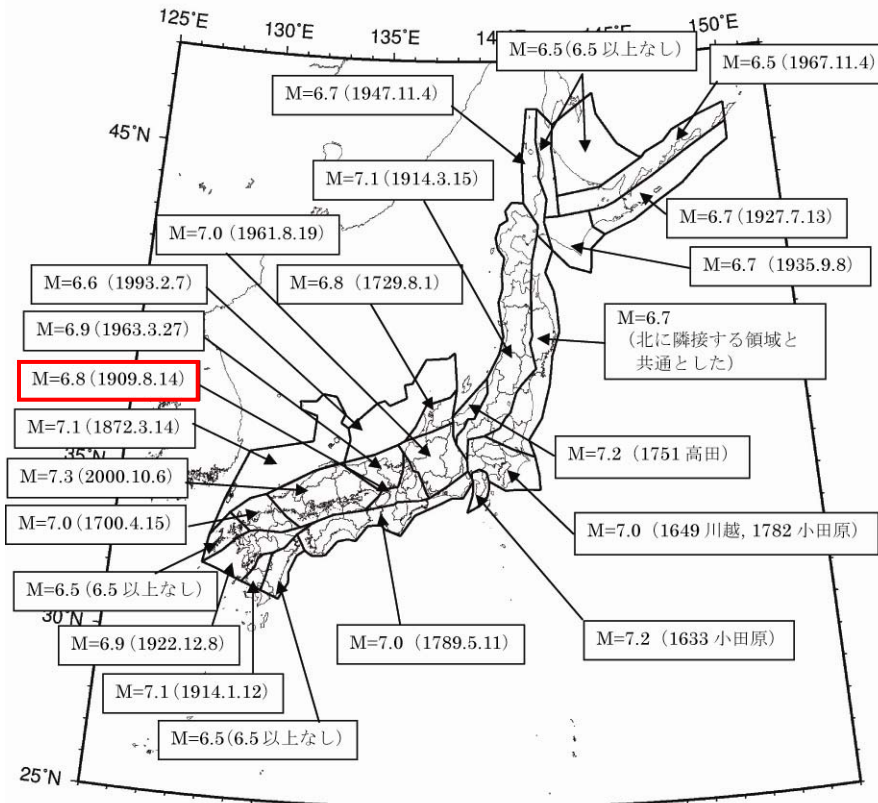
加速度時刻歴波形



応答スペクトル

# 震源を特定せず策定する地震動 –推本の知見–

陸域の震源断層を予め特定しにくい地震の最大マグニチュード  
(領域ごとの最大マグニチュード)



陸域の震源断層を予め特定しにくい地震の最大マグニチュード

番号	最大 M	根拠	備考
1	6.7	1927.07.13	
2	6.7	1935.09.08	
3	6.5	1967.11.04	
4	6.5	(最大 M の下限値)	
5	6.5	(最大 M の下限値)	
6	6.7	1947.11.04	
7	6.7	(1947.11.04)	北に隣接する No. 6 の領域と共通とした。1772.6.3(M6.7)と 1858.7.8(M7.3)は太平洋プレートの地震と判断。
8	7.1	1914.3.15 秋田仙北地震	1766 津軽地震(M7.3)、1896 陸羽地震(M7.2)は活断層と対応。
9	7.0	1649.07.30 川越 1782.08.23 小田原	地殻内の地震かどうか不明確だが考慮。1924 丹沢地震(M7.3)は大正関東地震の余震として考慮せず。
10	7.2	1751.05.21 高田	1847 善光寺地震(M7.4)は活断層と対応。
11	6.8	1729.08.09 能登・佐渡	
12	7.0	1961.08.19 北美濃地震	1891 濃尾地震(M8.0)、1858 飛越地震(M7.1)、1948 福井地震(M7.1)はいずれも活断層と対応。
13	6.8	1909.08.14 師川地震	1596 慶長地震(M7.5)、1662 寛文地震(M7.5)、1854 伊賀上野地震(M7.3)、1995 兵庫県南部地震(M7.3)はいずれも活断層と対応。1819 年の近江八幡付近の地震(M7.3)はやや深い地震の可能性が指摘されているため対象外とした。
14	6.9	1963.03.27 越前岬沖	1927 北丹後地震(M7.3)、1943 鳥取地震(M7.2)はいずれも活断層と対応。
15	7.3	2000.10.06 鳥取県西部地震	
16	7.0	1700.04.15 老岐・対馬	
17	6.5	(最大 M の下限値)	
18	7.0	1789.05.11 阿波	1854 伊予西部(M7.4)はフィリピン海プレートの地震と考えられるため対象外とした。
19	6.5	(最大 M の下限値)	1769 年の M7.7 の地震は津波が発生しており、フィリピン海プレートの地震と判断。
20	7.1	1914.01.12 桜島	火山性地震の可能性も指摘されているが最大マグニチュード設定に考慮。
21	6.9	1922.12.08 千々石湾	1596 慶長豊後(M7.5)は活断層と対応。
22	6.6	1993.02.07 能登半島沖	
23	7.1	1872.03.14 浜田地震	
24	7.2	1633.03.01 小田原 (7±1/4)	1930 北伊豆地震(M7.3)は活断層と対応。

地震調査研究推進本部 確率論的地震動予測地図の説明資料より



敷地は上記の領域13に属し、『震源を予め特定しにくい地震』の想定される地震規模はM6.8

# 震源を特定せず策定する地震動 —地域性の検討—

地震発生層から想定される震源を予め特定しにくい地震の地震規模

## JNES(2004)による微小地震に基づく地震発生層

区分:近畿

D10%:8.1km, D90%:14.9km

D90% - D10%:6.8km

区分:南海

D10%:7.2km, D90%:15.1km

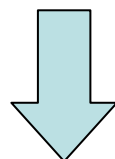
D90% - D10%:7.9km

## 敷地周辺で発生した微小地震に基づく地震発生層

敷地周辺の微小地震分布から、敷地周辺の地震発生層の厚さは6.4kmと考えられる。

## 地震調査研究推進本部による微小地震に基づく地震発生層

地震調査研究推進本部による中央構造線断層帯の地震を想定した強震動評価(2005)では、地震発生層の厚さは11kmと見積もられている。



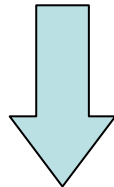
敷地周辺での地震発生層厚を11kmとする

地震発生層を飽和した断層面を仮定すると、発生しうる地震の規模はM6.7※

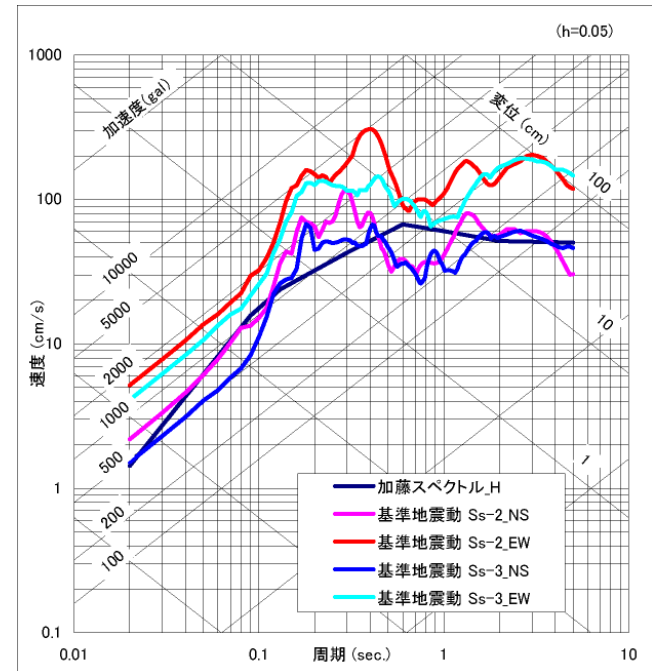
※:断層傾斜角を45度と仮定し、入倉・三宅(2001)及び武村(1990)に基づき算定

## 震源を特定せず策定する地震動

加藤ほか(2004)による震源を事前に特定できない地震による震源近傍の観測記録の水平動応答スペクトルを参照



中央構造線断層帯による基準地震動 Ss は、この加藤ほか(2004)による地震動レベルを有意に上回る結果となった。



加藤ほか(2004)におけるスペクトル(地盤の違いを考慮)と震源を特定して策定する地震動との比較

「震源を特定せず策定する地震動」は基準地震動 Ss の選定に際しては考慮しない