

## IV 基準地震動 $S_s$ の策定

## 【 目 次 】

1.	基準地震動 $S_s$ の策定方針 .....	IV-1
2.	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討 .....	IV-2
2.1	敷地周辺で発生する地震に関する調査 .....	IV-2
2.1.1	敷地周辺の地震発生様式 .....	IV-2
2.1.2	過去および現在の地震発生状況 .....	IV-2
2.1.3	敷地および敷地周辺の活断層 .....	IV-6
2.1.4	プレート間および海洋プレート内で発生する地震 .....	IV-6
2.1.5	その他の知見 .....	IV-9
2.2	地震の分類 .....	IV-12
2.2.1	内陸地殻内地震 .....	IV-14
2.2.2	プレート間地震 .....	IV-15
2.2.3	海洋プレート内地震 .....	IV-16
2.3	敷地地盤の振動特性 .....	IV-16
2.3.1	弾性波速度 .....	IV-16
2.3.2	減衰構造 .....	IV-16
2.3.3	地盤構造モデル .....	IV-17
2.3.4	常時微動 .....	IV-17
2.3.5	地震観測 .....	IV-17
2.3.6	地震観測記録を用いた振動特性 .....	IV-18
2.3.7	解放基盤表面の設定 .....	IV-18
2.3.8	敷地の地下構造特性 .....	IV-18
2.4	検討用地震の選定 .....	IV-21
2.4.1	内陸地殻内地震 .....	IV-21
2.4.2	プレート間地震 .....	IV-22
2.4.3	海洋プレート内地震 .....	IV-23
2.4.4	検討用地震の選定結果 .....	IV-23
3.	基準地震動 $S_s$ .....	IV-24

3.1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動	IV-24
3.1.1	応答スペクトルに基づいた地震動評価	IV-24
3.1.2	断層モデルを用いた手法による地震動評価	IV-27
3.1.3	地震動の妥当性検討	IV-29
3.2	震源を特定せず策定する地震動	IV-30
3.2.1	震源を特定せず策定する地震動に関する知見	IV-30
3.2.2	地震発生層の厚さから想定される地震規模	IV-31
3.2.3	地震地体構造区分毎に想定される地震規模	IV-32
3.2.4	震源を特定せず策定する地震動の設定	IV-34
3.2.5	超過確率の参照	IV-34
3.3	基準地震動 $S_s$ の策定	IV-35
3.3.1	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s$	IV-35
3.3.2	断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s$	IV-36
3.3.3	基準地震動 $S_s$ の妥当性検討	IV-36
3.3.4	基準地震動 $S_s$ の地震波	IV-38
4.	基準地震動 $S_s$ の超過確率	IV-38
5.	参考文献	IV-40
表		IV-47
図		IV-84
参考資料		IV-217
1.	要素地震に関する検討	IV-218
2.	スラブ内地震の断層位置に関する検討	IV-237
3.	Q値に関する検討	IV-249
4.	密度に関する検討	IV-258
5.	模擬地震波の位相特性に関する検討	IV-264
6.	不均質性を考慮した応答スペクトルに基づく地震動評価	IV-275

## 【 表 目 次 】

第2.1-1表	敷地周辺における被害地震の諸元.....	IV-47
第2.1-2表	敷地直下の内陸地殻内地震の諸元.....	IV-51
第2.2-1表	地震カタログによる地震の諸元の比較.....	IV-52
第2.2-2表	敷地周辺の考慮すべき活断層.....	IV-53
第2.2-3表	考慮すべき南海トラフ沿いの地震(震源域の目安および地震規模).....	IV-53
第2.2-4表	考慮すべき日向灘のプレート間地震.....	IV-54
第2.2-5表	考慮すべき海洋プレート内地震.....	IV-54
第2.3-1表	地盤構造モデル.....	IV-55
第2.3-2表	主な観測地震の諸元.....	IV-56
第2.3-3表	増幅特性の検討に用いた地震.....	IV-59
第2.3-4表	到来方向による増幅特性の検討に用いた地震	IV-59
第2.4-1(1)表	中央構造線断層帯の断層パラメータ(その1)	IV-60
第2.4-1(2)表	中央構造線断層帯の断層パラメータ(その2)	IV-61
第2.4-1(3)表	中央構造線断層帯の断層パラメータ(その3)	IV-62
第2.4-2表	検討用地震の選定結果.....	IV-63
第3.1-1表	震源の不確かさの考え方.....	IV-64
第3.1-2表	地震動評価の検討ケース一覧.....	IV-65
第3.1-3表	中央構造線断層帯における不確かさの考慮..	IV-66
第3.1-4表	中央構造線断層帯の地震動評価の検討ケース一覧 .....	IV-67
第3.1-5(1)表	「敷地前面海域の断層群」の断層パラメータ(傾斜角90度).....	IV-68
第3.1-5(2)表	「敷地前面海域の断層群」の断層パラメータ(傾斜角30度).....	IV-69
第3.1-5(3)表	「敷地前面海域の断層群」の断層パラメータ(ジョグ考慮).....	IV-70
第3.1-5(4)表	「敷地前面海域の断層群」の断層パラメータ(応力降下量1.5倍).....	IV-71
第3.1-6表	「想定南海地震」の断層パラメータ.....	IV-72
第3.1-7表	「想定敷地下方のスラブ内地震」の断層パラメータ .....	IV-73
第3.2-1表	震源断層を予め特定しにくい地震の地震地体構造区	

	分毎の最大マグニチュード.....	IV-74
第3.2-2表	敷地が位置する地震地体構造区分で発生したM6.9以上の地震.....	IV-75
第3.2-3表	日本被害地震総覧における1789年阿波の地震に関する記述の変遷.....	IV-76
第3.3-1表	基準地震動 $S_s$ の応答スペクトル値.....	IV-78
第3.3-2表	「想定五反田断層による地震」の断層パラメータ.....	IV-79
第3.3-3表	中央構造線断層帯の断層パラメータ.....	IV-80
第3.3-4表	基準地震動 $S_s$ の模擬地震波 $S_s - 1 H$ , $S_s - 1 V$ の振幅包絡線の経時的变化.....	IV-81
第3.3-5表	基準地震動 $S_s$ の模擬地震波 $S_s - 1 H$ , $S_s - 1 V$ の作成結果.....	IV-82
第3.3-6表	基準地震動 $S_s$ の最大加速度振幅および最大速度振幅.....	IV-83

## 【 図 目 次 】

第2.1-1図	敷地周辺で過去に発生した被害地震の震央分布 .....	IV-84
第2.1-2(1)図	中小微小地震の震央分布(震源深さ0~30km) .	IV-85
第2.1-2(2)図	中小微小地震の震央分布(震源深さ30~70km)	IV-86
第2.1-2(3)図	中小微小地震の震央分布(震源深さ70~150km)	IV-87
第2.1-3(1)図	中小微小地震の震源鉛直分布(南北方向断面)	IV-88
第2.1-3(2)図	中小微小地震の震源鉛直分布(東西方向断面)	IV-89
第2.1-4図	気象庁一元化震源(1997年10月~2006年12月) .....	IV-90
第2.1-5(1)図	地震域毎のD10-D90 .....	IV-91
第2.1-5(2)図	地震域毎のD10-D90(累積度数と震源深さの関係) .....	IV-92
第2.1-6図	地震波トモグラフィー断面位置 .....	IV-93
第2.1-7(1)図	地震波トモグラフィー結果(S波の速度構造)	IV-94
第2.1-7(2)図	地震波トモグラフィー結果(S波の速度構造)	IV-95
第2.1-8(1)図	地震波トモグラフィー結果( $V_p/V_s$ 比) .....	IV-96
第2.1-8(2)図	地震波トモグラフィー結果( $V_p/V_s$ 比) .....	IV-97
第2.1-9図	キュリー点深度 .....	IV-98
第2.1-10図	敷地周辺の活断層分布図(半径30km以遠を含む) .....	IV-99
第2.1-11図	微小地震の震源分布および速度構造探査に基づくプレート境界面の推定等深線図 .....	IV-100
第2.1-12図	微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線図(日向灘, 九州内陸部) .....	IV-101
第2.1-13図	深さ30km以深のフィリピン海スラブ上面の形状 .....	IV-102
第2.1-14図	地震発生層上面形状から作成した等深線図 .	IV-103
第2.1-15図	中央構造線断層帯位置図 .....	IV-104
第2.1-16図	別府-万年山断層帯位置図 .....	IV-105
第2.1-17図	別府-万年山断層帯(東部)における活断層位置図 .....	IV-106
第2.1-18図	別府-万年山断層帯(西部)における活断層位置図 .....	IV-107

第2.1-19図	南海トラフ沿いの地震の震源領域の概略位置図 .....	IV-108
第2.1-20図	安芸灘～伊予灘～豊後水道および日向灘の地震の震源領域の概略位置図 .....	IV-109
第2.1-21図	日向灘の地震の震源断層モデル .....	IV-110
第2.1-22図	南海地震の震源域(アスペリティモデル) ...	IV-111
第2.2-1図	マグニチュードと震央距離との関係から推定した敷地の震度 .....	IV-112
第2.2-2(1)図	カタログ間の地震の規模および震央位置の差異 .....	IV-113
第2.2-2(2)図	カタログ間の地震の規模および震央位置の差異(拡大図) .....	IV-114
第2.2-3図	敷地周辺で過去に発生した被害地震の震央分布と活断層 .....	IV-115
第2.2-4図	中小微小地震の震央分布(震源深さ0～30km)と活断層 .....	IV-116
第2.2-5図	想定南海地震および想定東南海地震の震源域 .....	IV-117
第2.3-1図	弾性波試験結果(基礎岩盤部)および常時微動測定位置図 .....	IV-118
第2.3-2図	常時微動のパワースペクトル .....	IV-119
第2.3-3図	地震計設置位置図(配置図および柱状図)および観測期間 .....	IV-120
第2.3-4図	主な観測地震の震央分布 .....	IV-121
第2.3-5図	主な観測地震の地震別応答スペクトル .....	IV-122
第2.3-6図	深度別の観測地震の応答スペクトル(2001.03.24安芸灘の地震) .....	IV-123
第2.3-7図	海洋プレート内地震の観測記録に基づく応答スペクトル比 .....	IV-124
第2.3-8図	増幅特性の検討に用いた地震 .....	IV-125
第2.3-9図	観測記録とNoda et al.(2002)による予測値の比較 .....	IV-125
第2.3-10図	到来方向による増幅特性の検討に用いた地震 .....	IV-126
第2.3-11(1)図	到来方向による増幅の検討(NS成分) .....	IV-127

第2.3-11(2)図	到来方向による増幅の検討 (EW成分) . . . . .	IV-128
第2.4-1図	応答スペクトルによる地震動評価 . . . . .	IV-129
第2.4-2図	中央構造線断層帯断層モデル図(42km, 130km, 360kmモデル) . . . . .	IV-130
第2.4-3(1)図	中央構造線断層帯 地震動評価結果(水平方向) . . . . .	IV-131
第2.4-3(2)図	中央構造線断層帯 地震動評価結果(鉛直方向) . . . . .	IV-132
第2.4-4図	応答スペクトルによる地震動評価 . . . . .	IV-133
第2.4-5図	日向灘の地震 (M7.6) の断層モデル図 . . . . .	IV-134
第2.4-6図	応答スペクトルによる地震動評価 . . . . .	IV-135
第3.1-1(1)図	中央構造線断層帯の地震動評価における不確かさケ ース (応答スペクトル) . . . . .	IV-136
第3.1-1(2)図	中央構造線断層帯の地震動評価における不確かさケ ース (断層モデル) . . . . .	IV-137
第3.1-2図	基本的な震源要素の断層モデル . . . . .	IV-138
第3.1-3(1)図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル .	IV-139
第3.1-3(2)図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル .	IV-140
第3.1-3(3)図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル .	IV-141
第3.1-3(4)図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル .	IV-142
第3.1-4図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル .	IV-143
第3.1-5図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル .	IV-144
第3.1-6(1)図	基本的な震源要素および不確かさを考慮した震源要 素の応答スペクトル図(水平方向) . . . . .	IV-145
第3.1-6(2)図	基本的な震源要素および不確かさを考慮した震源要 素の応答スペクトル図(鉛直方向) . . . . .	IV-146
第3.1-7(1)図	基本的な震源要素の断層モデル結果(水平方向) . . . . .	IV-147
第3.1-7(2)図	基本的な震源要素の断層モデル結果(鉛直方向) . . . . .	IV-148
第3.1-8(1)図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水 平方向) . . . . .	IV-149
第3.1-8(2)図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛 直方向) . . . . .	IV-150
第3.1-8(3)図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水	



	平方向) . . . . .	IV-151
第3.1-8(4) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向) . . . . .	IV-152
第3.1-8(5) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向) . . . . .	IV-153
第3.1-8(6) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向) . . . . .	IV-154
第3.1-8(7) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向) . . . . .	IV-155
第3.1-8(8) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向) . . . . .	IV-156
第3.1-8(9) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向) . . . . .	IV-157
第3.1-8(10) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向) . . . . .	IV-158
第3.1-8(11) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向) . . . . .	IV-159
第3.1-8(12) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向) . . . . .	IV-160
第3.1-8(13) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果 . . . . .	IV-161
第3.1-8(14) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向) . . . . .	IV-162
第3.1-8(15) 図	不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向) . . . . .	IV-163
第3.1-9(1) 図	ハイブリッド合成法との比較結果(N S 方向)	IV-164
第3.1-9(2) 図	ハイブリッド合成法との比較結果(E W 方向)	IV-165
第3.1-9(3) 図	ハイブリッド合成法との比較結果(U D 方向)	IV-166
第3.1-9(4) 図	ハイブリッド合成法との比較結果 . . . . .	IV-167
第3.1-9(5) 図	ハイブリッド合成法との比較結果(N S 方向)	IV-168
第3.1-9(6) 図	ハイブリッド合成法との比較結果(E W 方向)	IV-169
第3.1-9(7) 図	ハイブリッド合成法との比較結果(U D 方向)	IV-170
第3.1-10(1) 図	様々な距離減衰式との比較結果(基本モデル)	IV-171
第3.1-10(2) 図	様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮) . . . . .	IV-172

第3.1-10(3) 図	様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮) .....	IV-173
第3.1-10(4) 図	様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮) .....	IV-174
第3.1-10(5) 図	様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮) .....	IV-175
第3.1-10(6) 図	様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮) .....	IV-176
第3.1-10(7) 図	様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮) .....	IV-177
第3.1-10(8) 図	様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮) .....	IV-178
第3.1-10(9) 図	様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮) .....	IV-179
第3.2-1 図	地震体構造区分 .....	IV-180
第3.2-2 図	敷地が位置する地震地体構造区分で発生したM6.9 以上の地震 .....	IV-181
第3.2-3 図	徳島県で震度4以上を記録した地震(1923年以降) .....	IV-182
第3.2-4(1) 図	1955年徳島県南部の地震 Mj6.4 深さ10km .....	IV-183
第3.2-4(2) 図	1938年和歌山県南方沖の地震 Mj6.8 深さ47km .....	IV-184
第3.2-5 図	1789年阿波の地震の等震度線図 .....	IV-185
第3.2-6 図	1789年阿波の地震の震度データ .....	IV-186
第3.2-7 図	震度出現面積による地震規模の再評価 .....	IV-187
第3.2-8 図	1789年阿波の地震の震央周辺の地震発生状況 .....	IV-188
第3.2-9 図	震源を特定せず策定する地震動(水平動) .	IV-189
第3.2-10 図	震源を特定せず策定する地震動(鉛直動) .	IV-190
第3.2-11 図	震源を特定せず策定する地震動の年超過確率 .....	IV-191
第3.2-12 図	震源を特定せず策定する地震動の年超過確率 .....	IV-192
第3.2-13 図	震源を特定せず策定する地震動の年超過確率	

	.....	IV-193
第3.3-1(1) 図	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s$ と 検討用地震(水平方向) .....	IV-194
第3.3-1(2) 図	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s$ と 検討用地震(鉛直方向) .....	IV-195
第3.3-2(1) 図	断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s$ と検討 用地震(水平方向) .....	IV-196
第3.3-2(2) 図	断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s$ と検討 用地震(鉛直方向) .....	IV-197
第3.3-3(1) 図	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s$ と 断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s$ (水平 方向) .....	IV-198
第3.3-3(2) 図	応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s$ と 断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s$ (鉛直 方向) .....	IV-199
第3.3-4 図	基準地震動 $S_s$ と距離減衰式による評価結果の比較 (水平方向) .....	IV-200
第3.3-5 図	想定五反田断層による地震の断層モデル ...	IV-201
第3.3-6(1) 図	基準地震動 $S_s$ と想定五反田断層による地震の評価 結果の比較(水平方向) .....	IV-202
第3.3-6(2) 図	基準地震動 $S_s$ と想定五反田断層による地震の評価 結果の比較(鉛直方向) .....	IV-203
第3.3-7 図	中央構造線断層帯のセグメンテーションに関する知 見 .....	IV-204
第3.3-8 図	中央構造線断層帯「石鎚山脈北縁西部－伊予灘区間 (約130km)」スケーリングモデル .....	IV-205
第3.3-9(1) 図	基準地震動 $S_s$ と130kmスケーリングモデルによる 評価結果の比較(水平方向) .....	IV-206
第3.3-9(2) 図	基準地震動 $S_s$ と130kmスケーリングモデルによる 評価結果の比較(鉛直方向) .....	IV-207
第3.3-10 図	設計用模擬地震波( $S_s$ -1H, $S_s$ -1V)の設計用応答スペ クトルに対する応答スペクトル比 .....	IV-208
第3.3-11 図	設計用模擬地震波( $S_s$ -1H, $S_s$ -1V)の時刻歴波形 .....	IV-209
第3.3-12 図	断層モデルを用いた基準地震動( $S_s$ -2NS, $S_s$ -2EW, $S_s$ -	

	2UD)の時刻歴波形 .....	IV-210
第4-1(1)図	ロジックツリー【敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震】 .....	IV-211
第4-1(2)図	ロジックツリー【その他の活断層による地震】 .....	IV-212
第4-1(3)図	ロジックツリー【南海地震】 .....	IV-213
第4-1(4)図	ロジックツリー【領域震源モデル】 .....	IV-214
第4-2(1)図	設計用応答スペクトル $S_s-1$ の年超過確率（水平方向） .....	IV-215
第4-2(2)図	設計用応答スペクトル $S_s-1$ の年超過確率（鉛直方向） .....	IV-216

## 1. 基準地震動 $S_s$ の策定方針

「新耐震指針に照らした既設発電用原子炉施設等の耐震安全性の評価及び確認に当たっての基本的な考え方並びに評価手法及び確認基準について、平成18年9月20日、原子力安全・保安院」に従い、伊方発電所の基準地震動  $S_s$  を「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」について、敷地の解放基盤表面における水平方向および鉛直方向の地震動として策定する。

## 2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動の検討

### 2.1 敷地周辺で発生する地震に関する調査

#### 2.1.1 敷地周辺の地震発生様式

伊方発電所が位置する中国・四国地方における地震活動は、太平洋側沖合の南海トラフから陸側へ沈み込む海洋プレートと陸のプレートとの境界付近で発生するプレート間地震、海洋プレート内で発生する地震、陸域および沿岸で発生する内陸地殻内地震の3つに大きく分けることができる。

プレート間で発生する地震としては、南海トラフ沿いでマグニチュード（以下「M」という。）8程度の大地震が約100年から150年の間隔で発生している。

海洋プレート内で発生する地震としては、安芸灘や伊予灘など瀬戸内海の西部から豊後水道付近のやや深いところでM7程度の地震が発生している（地震調査委員会，1999）<sup>(1)</sup>。

内陸地殻内地震については、大分県別府周辺でM7程度の地震が発生している。

#### 2.1.2 過去および現在の地震発生状況

敷地周辺における被害地震，微小地震の発生状況を以下に示す。

##### (1) 被害地震

我が国には古くから地震被害を記録した史料が比較的多く残されている。これらを収集，編集したのものとして、「増訂 大日本地震史料」<sup>(2)</sup>，「日本地震史料」<sup>(3)</sup>，「新収 日本地震史料」<sup>(4)</sup>がある。

また，地震史料および明治以降の地震観測記録を基に，主な地震の震央位置，規模などをまとめた地震カタログとして，「最新版 日本被害地震総覧」<sup>(5)</sup>，「宇津カタログ(1982)」<sup>(6)</sup>，「茅野・宇津(2001)」<sup>(7)</sup>，「理科年表 平成19年」<sup>(8)</sup>，「気象庁地震カタログ」<sup>(9)</sup>などがある。

第2.1-1図は，敷地からの震央距離が200km程度以内の被害地震の震央分布を示したものである。第2.1-1図においては，1884年までの地震を「最新版 日本被害地震総覧」<sup>(5)</sup>による値，1885年から1922年までの地震を「宇津カタログ(1982)」<sup>(6)</sup>による値，1923年以降の地震については「気象庁

地震カタログ」<sup>(9)</sup>による値を用いている。これらの地震についての諸元を第 2.1-1 表に示す。

## (2) 敷地周辺の微小地震

気象庁一元化震源(2005)<sup>(10)</sup>のうち、2002年から2004年までの間に、敷地周辺で発生したM5未満の地震の震央分布を第 2.1-2 図に、震源の鉛直分布を第 2.1-3 図に示す。

これらの図によると、敷地周辺における地震活動の特徴は以下のとおりである。

- ① 深さ 30km 以浅の浅い場所での地震の多くは、陸域の地殻内で発生している地震である。なお、敷地近傍において浅い地震の活動が若干認められるが、これらの地震の規模はM2.0未満と小さい(第 2.1-2 表)。
- ② 深さ 30~70km において、顕著な地震活動が認められる。これらの地震は、フィリピン海プレートに沿って発生している。また、震源の鉛直分布図より、敷地直下においては、フィリピン海プレート上面までの深さは、約 40km 程度と読み取れる。
- ③ 東経 132 度付近より東においては、深さ 70km 以深の深い場所での地震活動は認められず、東経 132 度付近より西においては、フィリピン海プレートに沿って国東半島くにさき付近から南西方向にかけて帯状に多くの地震が発生している。

## (3) 内陸地殻内地震の地震発生層の厚さ

### a. 気象庁一元化震源

1997年10月~2006年12月の間の気象庁一元化震源(2006)<sup>(11)</sup>を第 2.1-4 図に示す。範囲は伊方発電所を中心に半径 100km 程度、深さは 50km 以浅の地震である。これをみると、第 2.1-3 図同様、伊方発電所周辺における内陸地殻内地震は深さ 10km 以浅で発生していることがわかる。震源深さが 0km となっている地震があるが、これらの震源は深さフリーの初期条件で求められたものではないため、深さの精度は低いと考えられる。

b. D10, D90

原子力安全基盤機構(2004)<sup>(12)</sup>は、全国を15の地震域に区分し地殻内地震の地震発生層上下限の検討を行い、それぞれの地震域におけるD10(その値より震源深さが浅い地震数が全体の10%になるときの震源深さ)及びD90(その値より震源深さが浅い地震数が全体の90%になるときの震源深さ)を示し、D90は地震発生層下限に対応している。これによると伊方発電所周辺では、

中国地震域 D10: 6.4km D90: 13.1km

南海地震域 D10: 7.2km D90: 15.1km

とされている(第2.1-5図)。

c. 地震波トモグラフィ解析

一方、弘瀬ほか(2007)<sup>(13)</sup>は、1997年10月1日~2005年12月31日の間の気象庁一元化震源を用いて、Double-Difference Tomography法による解析を行っている。弘瀬ほか(2007)<sup>(13)</sup>が推定を行った地震波速度構造の断面位置を第2.1-6図に示す。そして、推定されたS波の速度構造を第2.1-7図に、またVp/Vs比を第2.1-8図に示す。地震発生層の下限深さは、地殻内部の温度分布に支配されていると考えられているが、Nakajima et al.(2001)<sup>(14)</sup>は、東北日本の火山フロント付近における地震波トモグラフィ解析において、「活火山の下では地殻内部が高温であり、地震波速度が遅くVp/Vs比が大きい」と、Vp/Vs比と地殻温度の関係について指摘している。これは地殻物質の溶融化によりVpには大きな変化がないがVsが急激に低下していることを示すものと考えられる。敷地周辺は火山地帯ではないが、同様に高Vp/Vs比領域は高温領域の存在を示唆するものと考えて敷地周辺をみた場合、S波の速度構造図(第2.1-7図の断面15)では敷地直下の低速度層は明瞭ではない(断面15における▽印付近が敷地)ものの、Vp/Vs比の図においては、深さ15~25km付近にかけて高Vp/Vs比領域が確認される(第2.1-8図の断面15)。敷地直下では地殻内地震はあまり発生していないが、やや南方(断面15の図では右側)の地殻内地震は低Vp/Vs比領域で発生



し、下限を高  $V_p/V_s$  比領域で制限されているように見える（下限深さは 15km 程度）。これだけの情報で断定することは困難ではあるが、この高  $V_p/V_s$  比領域は、地殻温度の高温領域を示唆するものとも考えることもできる。

#### d. キュリー一点深度

地下の広域的な熱構造を示す指標のひとつとしてキュリー一点深度があげられる。キュリー一点深度は、岩石が磁性を失う温度（キュリー一点温度）に達する深度のことである。キュリー一点温度は、岩石が含有する最も一般的な強磁性鉱物である磁鉄鉱のキュリー一点温度（約 580 度）にほぼ支配されると考えられており、キュリー一点深度は磁鉄鉱が約 580 度の温度に達する深度を意味する。大久保(1984)<sup>(15)</sup>によると敷地周辺のキュリー一点深度は約 11km とされている（第 2.1-9 図）。

さらに本蔵ほか(1988)<sup>(16)</sup>は、高温地域では断層面の下端が浅いことが予想されるとし、キュリー一点深度と想定されるマグニチュードの関係について検討を行っている。これによると、過去の大地震の断層モデルの断層面下端の深度とキュリー一点深度を比較し、断層面下端深度は平均的にはキュリー一点深度より 1.3 倍深いという結果を示している。さらに偏差等も考慮し、断層面の下端はキュリー一点深度の 1.5 倍であると仮定して以降の議論を行っている。

この知見によると、敷地周辺における地震発生層の下限深さは、 $11\text{km} \times 1.5 = 16.5\text{km}$  となる。

#### e. 地震調査委員会

また、地震調査委員会(2003)<sup>(17)</sup>は、中央構造線断層帯の長期評価報告書において、地震観測結果より、「本断層帯付近の地震発生層の下限の深さは、断層帯全域にわたって概ね 15km 程度である」としている。

以上の知見により地震発生層の下限の深さは 15km 程度と判断される。さらに上限の深さを、敷地周辺の海上音波探査結果等から得られた三波川変成岩類と領家花こう岩類の会合

部の深さ（約 2 km）に等しく保守的に設定すると，地震発生層の厚さは 13km となる。

### 2.1.3 敷地および敷地周辺の活断層

敷地周辺の活断層の分布を把握するため，活断層研究会（1991）<sup>(18)</sup>，中田・今泉（2002）<sup>(19)</sup>，島崎ほか（2000）<sup>(20)</sup>，七山ほか（2002）<sup>(21)</sup>等の文献調査のほか，空中写真判読，地表地質調査，海上音波探査などを実施している。敷地周辺の活断層分布図（半径 30km 以遠を含む）を第 2.1-10 図に示す。

敷地の北方には，敷地前面海域の断層群（長さ約 42km），伊予セグメント（長さ約 23km），川上セグメント（長さ約 36km）などから構成される中央構造線断層帯が四国陸域から佐田岬半島西端部の北方まで東北東－西南西走向に分布し，敷地沖合い約 8 km を通過する。さらに西方には，別府湾－日出生断層帯（長さ約 76km）が豊予海峡から別府市西方まで東西走向に分布する。これら以外にも岩国市，広島市等に活断層が分布する。

一方，敷地の南方には，八幡浜市の五反田断層（長さ約 2 km），宇和海の F-21 断層（長さ約 18km）が分布する。

敷地との位置関係から，中央構造線断層帯，五反田断層，F-21 断層及び別府湾－日出生断層帯による地震を考慮することとする。また，これらの断層帯に関する地震調査委員会の知見について，「2.1.5(1) 地震調査委員会による知見」に記す。

### 2.1.4 プレート間および海洋プレート内で発生する地震

#### (1) プレート間地震

フィリピン海プレートは，四国地方の太平洋側沖合にある南海トラフから，中国・四国地方および九州地方の下に沈みこんでいる。フィリピン海プレートの境界面の推定等深線図を第 2.1-11 図および第 2.1-12 図に示す。また，三好・石橋（2004）<sup>(22)</sup>による深さ 30km 以深のフィリピン海プレート上面の形状を第 2.1-13 図に示す。これらの図によれば，フィリピン海プレートは中国・四国地方に向けて沈み込んでおり，プレート上面までの深さは，四国南部では約 20～30km 程度，四国北部から中国地方においては約 40km 程度と推定される。

また，九州地方の下へのプレートの沈み込みは日向灘から

宮崎県沿岸にかけては、プレート境界面までの深さは約 30～50km、宮崎県沿岸部から九州内陸部にかけては約 50km から 100km 以上と急激に沈みこんでいると推定される。

フィリピン海プレートの沈み込みによるプレート間地震としては、南海トラフ沿いではほぼ 100～150 年間隔で発生する M 8 程度の巨大地震がある。この地震は、広範囲にわたる地震動の被害とともに、関東地方から九州・沖縄地方に至る太平洋沿岸に津波による被害をもたらす。また、場合によっては、1707 年の宝永地震 (M8.6) のように駿河湾西部から四国西部までの広い範囲を震源域として、日本における最大級の地震が発生することがある。この巨大地震が発生する範囲はある程度決まっており、四国沖～紀伊半島沖だけを震源域とする地震を南海地震といい、それより東側だけを震源域とする地震を東海地震と呼ぶことが多い。これまで南海トラフ沿いの巨大地震は、震源域を隣り合わせて続けてないし同時に発生してきた。

1946 年の南海地震以降の期間では、四国全域で北西－南東方向の縮みが観測されている。これは、フィリピン海プレートの沈み込みによる次の南海地震の発生に向けた歪の蓄積が始まっていることを示している (地震調査委員会, 1999)<sup>(1)</sup>。

また、日向灘周辺で発生する M 7 程度の地震の多くは、フィリピン海プレートの沈み込みによるプレート間地震である。例えば、日向灘で発生した 1961 年 (M7.0)、1968 年 (M7.5)、1984 年 (M7.1) などがある。この地域では、このような M 7 程度の地震が十数年から数十年に一度の割合で発生している。

## (2) 海洋プレート内地震

沈み込んだフィリピン海プレート内部の地震の深さは、四国中央部の太平洋岸付近で約 30km、その北側、例えば中央構造線付近では約 40km に達し、それより北では不明瞭になる。四国地方の下に沈み込んだフィリピン海プレート内では、定常的に規模の小さな地震が発生しているが、大きな被害地震は知られていない。

これに対して、瀬戸内海の西部から豊後水道付近で定常的に発生している地震は、九州地方の下で発生している深い地

震(九州地方の下に沈み込んだフィリピン海プレート内地震)の発生域につながる。

松崎ほか(2003)<sup>(23)</sup>は、伊予灘周辺におけるフィリピン海プレートの上面形状を震源分布から推定しており、その等深線図を第2.1-14図に示す。この等深線図から地震発生層の傾斜角を求め、伊予灘付近で九州下へ沈み込むプレートの走向は平均的にN15°Eであり、これと直交する方向におけるプレート上面の傾斜角は、プレートが急激に曲がる前の緩傾斜部が5°~8°、急激な曲がりの直後は約35°、その後徐々に傾斜を増し、100km以深では約65°~70°であるとしている。

瀬戸内海の西部から豊後水道付近では、周辺の沿岸地域に被害をもたらした地震がいくつも知られている。「最新版 日本被害地震総覧」<sup>(5)</sup>などによればM7クラスの被害地震は、1649年(M7.0)、1686年(M7.0~7.4)、1854年(M7.3~7.5)、1857年(M7 1/4)などである。明治以降には、1905年に芸予地震(M7 1/4)が発生している。これらの地震は沈み込んだ海洋プレート内のやや深い地震(スラブ内地震)と考えられる(地震調査委員会、1999)<sup>(1)</sup>。また、最近では1968年に豊後水道の地震(M6.6)、2001年に芸予地震(M6.7)が発生している。

1993年釧路沖地震(M7.5)以降、スラブ内地震は、プレート境界地震や内陸地殻内地震と比べて短周期が卓越した高加速度が観測されることが判っており、現在の地震規模の算定方法では、スラブ内地震の地震規模を適正に評価しているが、過去のスラブ内地震と考えられる地震については、プレート境界地震や内陸地殻内地震を基に算定された震度と地震規模の関係式(村松式<sup>(24)</sup>など)により算定されているため、地震規模を大きめに見積もっている可能性が考えられた。

そこで、高橋ほか(2008)<sup>(25)</sup>・神田ほか(2008)<sup>(26)</sup>は、17世紀以降に発生した四国北西部のスラブ内地震と考えられる歴史地震の地震規模について、近年発生したスラブ内地震を基準として、震度分布を再検討し、震度の距離減衰式ならびに震度インバージョン解析によって地震規模を推定している。ここで対象としているのは、1649年、1686年、1854年、1857年、1905年の地震である。検討の結果、17世紀以降発生した四国北西部の海洋プレート内地震と考えられる歴史地震は、

従来M7以上であり，近年発生した海洋プレート内地震に比べ規模が大きいと推定されていたが，いずれもM6.6～7.0となり，近年発生した海洋プレート内地震と同程度ないしはやや大きい程度であるとしている。

また，松浦ほか(2005)<sup>(27)</sup>も1857年伊予・安芸の地震（安政芸予地震）の地震規模(M7 1/4)を再検討し，M6.5～M6.6としている。

## 2.1.5 その他の知見

### (1) 地震調査委員会による知見

#### a. 活断層に関する知見

##### (a)中央構造線断層帯

地震調査委員会(2003)<sup>(17)</sup>によると，中央構造線断層帯は，近畿地方の金剛山地こんごうの東縁から，和泉山脈いずみの南縁，淡路島南部の海域を経て，四国北部を東西に横断し，伊予灘に達する長大な断層帯である(第2.1-15図)。中央構造線断層帯の全体としての長さは約360kmで，右横ずれを主体とし，断層帯の最東端の金剛山地東縁部は逆断層である。

中央構造線断層帯は，過去の活動時期の違いなどから，「金剛山地東縁－和泉山脈南縁(長さ約66～74km)」，「紀淡海峡－鳴門海峡(長さ約43～51km)」，「讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部(長さ約130km)」，「石鎚山脈北縁(長さ約30km)」および「石鎚山脈北縁西部－伊予灘(長さ約130km)」の5つの区間に区分されている。

敷地に最も近い石鎚山脈北縁西部－伊予灘では16世紀に最新活動が起こったと推定されている。

中央構造線断層帯の将来の活動について，上記5つの区間が個別に活動する可能性，複数の区間が同時に活動する可能性，これら5つの区間とは異なる範囲が活動する可能性，さらには断層帯全体が同時に活動する可能性も否定できないとされている。

##### (b)別府－万年山断層帯

地震調査委員会(2005)<sup>(28)</sup>によると，別府－はねやま万年山断層帯は，大分県東部の別府湾の海底から大分県西部にかけて分

布する活断層帯である(第 2.1-16 図)。

別府－万年山断層帯は、ほぼ東西方向の多数の正断層から構成されるが、断層の走向や変位の向きから、「別府湾－日出生断層帯(長さ約 76km)」、「大分平野－由布院断層帯(長さ約 40km)」、「野稻岳のいねだけ－万年山断層帯(長さ約 30km)」および「崩平山くえのひらやま－亀石山断層帯(長さ約 34km)」に区分されている(第 2.1-17 図, 第 2.1-18 図)。

敷地に最も近い別府湾－日出生断層帯の最新活動時期は、東部で 1596 年(慶長元年)の慶長豊後地震、西部で約 7 千 3 百年前以降、6 世紀以前であったと推定されており、東部と西部がそれぞれ単独で活動すると推定されているが、全体が同時に活動する可能性も指摘されている。

#### b. 南海トラフ沿いの地震の震源域に関する知見

地震調査委員会(2001)<sup>(29)</sup>によると、四国から駿河湾までの太平洋沿岸を含む南海トラフ沿いの地域では、ここを震源域として大地震が繰り返し発生していることが知られており、南海トラフ沿いのうち、第 2.1-19 図に示す四国沖から浜名湖沖までの領域 X および領域 Y を対象とし、長期的な観点での地震発生の可能性、震源域の形態、断層面の分布、発生間隔、次の地震の規模と発生確率などについて評価してとりまとめている。

#### c. 日向灘沿いの地震の震源域に関する知見

地震調査委員会(2004)<sup>(30)</sup>によると、フィリピン海プレートが沈み込んでいる安芸灘、伊予灘、豊後水道、日向灘および南西諸島周辺の地域では、過去に大地震が数多く発生していることが知られており、第 2.1-20 図に示した領域を対象とし、各領域で発生すると考えられる地震のタイプとその発生の可能性について、長期的な観点から評価してとりまとめている。

安芸灘～伊予灘～豊後水道では、主に、西北西に沈み込んだフィリピン海プレートの内部が破壊する(ずれる)ことによって大きな地震が発生する(海洋プレート内地震)。日向灘では、九州地方が乗っている陸のプレートの下へ太平

洋側からフィリピン海プレートが沈み込むことに伴い、主に、これら二つのプレートの境界面が破壊することによって大きな地震が発生する(プレート間地震)としている。

また、地震調査委員会(2005)<sup>(31)</sup>では、1968年日向灘地震および1662年の日向灘の地震の2ケースについて強震動評価を実施している。地震調査委員会で設定している断層モデルを第2.1-21図に示す。

## (2) 中央防災会議による知見

### a. 東南海・南海地震等に関する専門調査会

平成13年6月の中央防災会議において、今世紀前半にも発生する可能性が高いと見られている東南海・南海地震や、大都市域直下の地震等について、これまで体系的な検討が十分でなかった中部圏、近畿圏等における防災対策の強化に資するため、地震・津波被害の想定や防災対策のあり方を検討する「東南海、南海地震等に関する専門調査会」(以下、「専門調査会」という。)の設置が決定された。さらに、平成14年7月に「東南海・南海地震に係る地震防災対策の推進に関する特別措置法」が制定(平成15年7月施行)され、東南海・南海地震が発生した場合に著しい被害が生ずるおそれがある地域を、東南海・南海地震防災対策推進地域(以下、「推進地域」という。)として指定し、国・地方公共団体・民間事業者などが、各種防災計画を策定するなどして、地震・津波災害を防止・軽減するための防災対策を推進していくこととなった。

専門調査会では、東南海・南海地震などの過去の被害資料および最近の学術的知見を踏まえ、科学的な整理から地震の揺れなどの拡がりを検討し、推進地域の指定基準の考え方および防災対策のあり方などの検討が行われた。専門調査会は、平成13年10月より審議を開始し、以降、平成15年12月16日まで16回の審議を行い、審議結果は、中央防災会議に報告され、それを踏まえて平成15年12月に推進地域の指定がなされた。敷地周辺地域は、推進地域の指定基準を下回っていたが、自治体の追加要望により推進地域に指定されている。

東南海・南海地震で想定される震度および津波の高さの検討を行うにあたっては、過去の地震発生例を参考にして、東海地震、東南海地震、南海地震を様々に組み合わせたケースを想定した検討を行っている。第 2.1-22 図に想定される南海地震の断層モデル図を示す（中央防災会議，2003）<sup>(32), (33)</sup>。

## 2.2 地震の分類

気象庁震度階級関連解説表<sup>(34)</sup>では、震度 5 弱の現象や被害として、木造建物は、『耐震性の低い住宅では、壁や柱が破損するものがある』とされており、鉄筋コンクリート造建物は『耐震性の低い建物では、壁などに亀裂が生じるものがある』とされている。したがって、地震によって建物に被害が発生するのは震度 5 弱（1996 年以前は旧気象庁震度階級 V）程度以上である。そこで「2.1 敷地周辺で発生する地震に関する調査」による地震の規模および位置などに関する最新の知見をもとに、敷地に影響を及ぼす地震として、敷地の震度が 5 弱（1996 年以前は旧気象庁震度階級 V）程度以上であったと推定される地震を地震発生様式別に分類して選定する。

また、「2.1.3 敷地および敷地周辺の活断層」に示す敷地周辺の活断層による地震も考慮の上、敷地周辺における主な地震を分類する。

「最新版 日本被害地震総覧」<sup>(5)</sup>に記載されている震度分布図、気象庁で公表している震度分布図および敷地での地震観測に基づき、敷地付近の震度がほぼ明確に震度 5 弱（1996 年以前は旧気象庁震度階級 V）程度以上であったと推定される地震は、

- ・ 安芸・伊予の地震（1649 年）
- ・ 安芸・伊予の地震（1686 年）
- ・ 宝永地震（1707 年）
- ・ 日向・豊後の地震（1769 年）
- ・ 安政南海地震（1854 年）
- ・ 伊予西部の地震（1854 年）
- ・ 伊予・安芸の地震（1857 年）
- ・ 豊後水道の地震（1968 年）

である。これらの地震のうち、宝永地震（1707 年）、安政南海地震



(1854年)は南海トラフ沿いのプレート間地震である。また、「最新版 日本被害地震総覧」<sup>(5)</sup>によると伊予西部の地震(1854年)は、安政南海地震(1854年)の2日後に発生した地震で、両地震の被害を分離できないとしており、伊予西部の地震(1854年)の地震被害を大きく見積もっている可能性がある。

次に敷地およびその付近での震度並びに家屋などの被害が明らかでない地震については、第2.1-1表を用いて地震の規模(マグニチュードM)および震央距離△と震度との関係から敷地での震度を推定した。第2.2-1図にマグニチュード・震央距離図を示す。なお、第2.2-1図には参考として過去に発生した南海地震についてもプロットした。第2.2-1図より、前述の地震以外に敷地における震度が5弱(1996年以前は旧気象庁震度階級V)程度以上と推定される地震は、

- ・ 土佐その他南海・東海・西海諸道の地震(684年)
- ・ 日向灘の地震(1498年)
- ・ 伊予宇和島の地震(1749年)
- ・ 芸予地震(1905年)

である。

このように選定した敷地での震度がV程度以上と推定される地震について、地震カタログ間の差異を検討した。「最新版 日本被害地震総覧」<sup>(5)</sup>、「宇津カタログ(1982)」<sup>(6)</sup>および「気象庁カタログ」<sup>(9)</sup>から抽出した本検討で用いている被害地震と、「茅野・宇津(2001)」<sup>(7)</sup>に掲載されている被害地震および「高橋ほか(2008)<sup>(25)</sup>・神田ほか(2008)<sup>(26)</sup>」、「松浦ほか<sup>(27)</sup>,<sup>(35)</sup>,<sup>(36)</sup>」が歴史的な被害地震について再検討を行った地震について、カタログ間の地震の諸元の比較を第2.2-1表に示す。

各カタログ間で震源位置や地震規模に差異のある地震は、

- ・ 土佐その他南海・東海・西海諸道の地震(684年)
- ・ 安芸・伊予の地震(1649年)
- ・ 安芸・伊予の地震(1686年)
- ・ 宝永地震(1707年)
- ・ 伊予宇和島の地震(1749年)
- ・ 日向・豊後の地震(1769年)
- ・ 伊予西部の地震(1854年)
- ・ 伊予・安芸の地震(1857年)

- ・ 芸予地震(1905年)

である。

これらの地震について、地震規模および震源位置の差異が、敷地に与える影響の程度の差をプロットしたものを第2.2-2図に示す。第2.2-2図より、カタログ間の差異が敷地に与える影響の差は、第2.1-1表と「茅野・宇津(2001)」<sup>(7)</sup>に対して、被害地震を再検討した「高橋ほか(2008)<sup>(25)</sup>・神田ほか(2008)<sup>(26)</sup>」,「松浦ほか<sup>(27),(35),(36)</sup>」の方が敷地への影響が小さくなる傾向があるが、「2.1.4(2) 海洋プレート内地震」で述べたように、地震発生様式や最近の地震発生状況を考慮しているため、これらの最新の検討結果を採用する。それ以外の差異のある地震については、敷地への影響が大きい方を採用する。

以上の検討から、敷地での震度がV程度以上と推定される地震は次のようになる。

- ・ 土佐その他南海・東海・西海諸道の地震(684年, M8 1/4)
- ・ 日向灘の地震(1498年, M7 1/4)
- ・ 安芸・伊予の地震(1649年, M6.9)
- ・ 宝永地震(1707年, M8.6)
- ・ 安政南海地震(1854年, M8.4)
- ・ 伊予西部の地震(1854年, M7.0)
- ・ 豊後水道の地震(1968年, M6.6)

次にこれらの地震と「2.1.5 その他の知見」で示される地震を地震発生様式毎に分類する。

#### 2.2.1 内陸地殻内地震

「2.1.3 敷地および敷地周辺の活断層」に基づき、敷地周辺において考慮すべき活断層による内陸地殻内地震を、その発生による敷地への影響を考慮し、当該断層と過去の地震との関連および微小地震による当該断層の活動性を検討の上選定する。

敷地周辺の活断層分布図を第2.1-10図に、活断層と被害地震の関連を第2.2-3図に、活断層と微小地震の関連を第2.2-4図に示している。第2.1-10図から、敷地周辺の活断層としては、敷地前面海域の断層群、伊予セグメント、別府湾一日出生断層帯、F-21断層、五反田断層が分布する。また、第2.2-3図、第2.2-4図から、別府湾一日出生断層帯や1596年慶長豊後地震と

微小地震の関連性が考えられるものとなっており、地震調査委員会(2005)<sup>(28)</sup>でも別府湾一日出生断層帯の東部の最新活動時期として、1596年慶長豊後地震を挙げている。五反田断層については、長さが短い孤立した断層であることから、調査結果に対して地震学的知見を加味して震源断層を想定することとして、地震発生層の厚さと等しい断層長さを有する震源モデルを想定することとし、断層長さを13kmとする。また、宇和海のF-21断層については、海上音波探査結果に基づいて断層長さを18kmとする。

これらの検討結果から、考慮すべき活断層として、敷地前面海域の断層群、伊予セグメント、別府湾一日出生断層帯、F-21断層、五反田断層を選定した。また、地震調査委員会(2003)<sup>(17)</sup>は、敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯石鎚山脈北縁西部—伊予灘区間および金剛山地東縁—伊予灘区間に関する活動の可能性について記載していることから、念のためこれらによる地震も選定する。これらの地震の諸元を第2.2-2表に示す。

## 2.2.2 プレート間地震

### (1) 南海トラフ沿いのプレート間地震

南海トラフ沿いのプレート間地震は過去に繰返し発生しており、敷地での震度がV程度以上と推定され、敷地に与える影響が大きいと考えられる南海トラフ沿いのプレート間地震は下記の地震である。

- ・ 土佐その他南海・東海・西海諸道(684年, M8.1/4)
- ・ 宝永地震(1707年, M8.6)
- ・ 安政南海地震(1854年, M8.4)
- ・ 想定南海地震(地震調査委員会, M8.4)
- ・ 想定南海地震(中央防災会議, M8.6)

地震調査委員会(2001)<sup>(29)</sup>では、次の南海トラフ沿いの地震の発生位置(領域)および震源域の形態を、既往の調査結果から総合的に判断し、第2.2-5図に示したようになる可能性が高いとしている。

また、中央防災会議(2003)<sup>(33)</sup>では、想定南海地震として、第2.1-22図に示した断層モデル(アスペリティモデル)を設

定している。

これらの地震の諸元を第 2.2-3 表に示す。

#### (2) 日向灘のプレート間地震

日向灘で発生する地震は、フィリピン海プレートが陸側のプレートの下に沈み込むことに伴って、これら二つのプレートの境界面で発生するプレート間地震である。敷地に与える影響が大きいと考えられる日向灘のプレート間地震は下記の地震である。

- ・ 日向灘の地震(1498年, M7.1/4)
- ・ 日向灘の地震(地震調査委員会, M7.6)

これらの地震の諸元を第 2.2-4 表に示す。

#### 2.2.3 海洋プレート内地震

南海トラフから安芸灘～伊予灘～豊後水道海域へ西北西の方向に沈み込んだフィリピン海プレートでは、スラブ内地震が発生しており、そのうち敷地での震度がV程度以上と推定され、敷地に与える影響が大きいと考えられる安芸灘～伊予灘～豊後水道で発生した地震としては、下記の地震があげられる。

- ・ 安芸・伊予の地震(1649年, M6.9)
- ・ 伊予西部の地震(1854年, M7.0)
- ・ 豊後水道の地震(1968年, M6.6)

これらの地震の諸元を第 2.2-5 表に示す。

### 2.3 敷地地盤の振動特性

#### 2.3.1 弾性波速度

原子炉建屋基礎岩盤の弾性波平均速度値は第 2.3-1 図に示すようにP波が 5.3 km/s, S波が 2.6 km/s であり、良質の岩盤といえる。この岩盤は広範囲にわたり基盤を構成している。

#### 2.3.2 減衰構造

理論的手法に用いる地震基盤から解放基盤表面までの減衰構造は、「2.3.1 弾性波速度」で評価したS波換算(Q値はS波速度(m/s)の約 15 分の 1)した一定値を用いるが、表層部分については、地質調査結果を参照して設定しており、その地盤構

造モデルを第 2.3-1 表に示す。

地震基盤以深の減衰構造は，Kakehi(2004)<sup>(37)</sup>を参考に設定した。

### 2.3.3 地盤構造モデル

理論的手法で用いる地盤モデルは，「2.3.1 弾性波速度」および「2.3.2 減衰構造」で設定した地盤構造モデルを用いる。

### 2.3.4 常時微動

敷地地盤の振動特性を調査するために，3号炉の試掘坑内の原子炉建屋基礎位置で常時微動を測定した(第 2.3-1 図)。測定は，1983年2月と同年7月の2回実施した。

測定結果から得られたパワースペクトルを第 2.3-2 図に示す。

これによると，短周期側の一部に鋭いピークが見られるが，2回の測定時に共通して現われないことから，岩盤の振動特性を示すものではなく，1号炉および2号炉の運転などによる影響と考えられる。また，周期1秒以上の長周期部分に共通して顕著なピークが見られるが，これは脈動と考えられる。

### 2.3.5 地震観測

敷地地盤においては，1975年より地震観測を実施している。地震観測位置および期間を第 2.3-3 図に示す。

その期間で観測された比較的規模の大きな地震の震央分布を第 2.3-4 図に，地震の諸元を第 2.3-2 表に示す。観測された地震は，すべて海洋プレート内地震であり，内陸地殻内地震，プレート間地震などのその他の種類の地震観測記録は得られていない。

第 2.3-5 図に，主な観測地震の地表付近(GL. - 5 m)における記録の応答スペクトルを示す。記載している地震はすべて海洋プレート内地震であるため短周期成分が卓越しているが，その他の特徴的な傾向は見られない。

主な地震記録のうち，2001年芸予地震の観測記録について，地盤の各深さで得られた記録の応答スペクトルを第 2.3-6 図に示す。この図によると地震波は岩盤中(GL. - 80 m ~ GL. - 160 m)でほとんど増幅は見られない。

### 2.3.6 地震観測記録を用いた振動特性

検討用地震に対する応答スペクトルによる地震動評価は、鉛直動も評価できる Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>に従い実施するが、その場合に適切な地震観測記録を有する場合は、その記録から地震発生様式ごとに適切に補正を行う必要がある。

「2.3.5 地震観測」に記載のように内陸地殻内地震、プレート間地震については敷地における観測記録がなく、特にプレート間地震については敷地周辺またはさらに範囲を広げても記録がないため、それらの地震については、解放基盤表面における Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>による評価結果をそのまま用いることとする。

海洋プレート内地震については敷地周辺における比較的規模の大きい観測記録があることから、これらの観測記録を基に応答スペクトルを求め、それらを Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>により求めた応答スペクトルで除して比率を求め補正係数とした。補正係数については第 2.3-7 図に示す。

### 2.3.7 解放基盤表面の設定

原子炉建屋およびその周りの地盤は、地盤調査の結果から、2.6km/s の S 波速度を持つ堅固な岩盤が十分な広がりと深さをもっていることが確認されているため、敷地標高を考慮して EL.+10m を解放基盤表面として想定するものとする。

### 2.3.8 敷地の地下構造特性

新潟県中越沖地震において大きな地震動が観測された要因のひとつとして、地下構造特性があげられている。そこで、過去の地震観測記録を分析する等して、地震の到来方向や地盤構造によって特異な増幅が見られるか否かの検討を行う。

#### (1) 地震観測記録を用いた分析

伊方発電所で観測した比較的規模の大きい、Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>との比較が可能な内陸地殻内地震を用いて、観測記録の応答スペクトルと Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>により推定した応答スペクトルの比をとって増幅特性の検討を行う。検

討対象とした地震を第 2.3-3 表および第 2.3-8 図に示す。検討結果を第 2.3-9 図に示す。どの地震も短周期側では観測値は予測値よりも小さい傾向を示しており、特に顕著な増幅特性を示す地震はない。観測値が予測値よりも小さい理由としては、サイトの岩盤が Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>の想定する地盤よりも硬いこと、どれも遠い地震であり観測記録の振幅が小さいことなどが考えられる。

次に、対象とする内陸地震の規模を M 2 程度にまでひろげて、地震波の到来方向によって特異性が見られないかの検討を行った。対象とした地震を第 2.3-4 表および第 2.3-10 図に示す。地震規模が小さく Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>の適用範囲外であるため観測値と予測値との整合が悪く断定的な評価はできないものの、地震の発生地域を伊予灘、豊後水道、陸側に分けて検討したところ、到来方向によって増幅特性が異なるような傾向は確認されなかった（第 2.3-11 図）。

## (2) 敷地の地盤構造

### a. 敷地内の地質構造

伊方発電所の敷地内には、塩基性片岩を主体とする三波川変成岩類が分布しており、泥質片岩や珪質片岩の薄層を局所的に挟在するものの、敷地内の速度構造は塩基性片岩で代表される。

発電所建設時に、試掘坑内弾性波探査、地表弾性波探査、ボーリング孔内 P S 検層を実施し、塩基性片岩の速度構造を把握している。

3号申請時の試掘坑内弾性波探査によると、C<sub>H</sub>級岩盤の P 波速度が約 5.3km/s、S 波速度が約 2.6km/s との結果が得られている。また、2、3号申請時の地表弾性波探査結果から評価すると、敷地内のほぼ全域で地表から数十 m で S 波速度が約 2.7km/s の地盤に達すると考えられ、基礎地盤解析用の物性値（密度 3.0g/cm<sup>3</sup>、動ポアソン比 0.34）から P 波速度は 5.5km/s に換算される。さらに、3号申請時の炉心付近基礎岩盤部におけるボーリング孔内 PS 検層によると、標高-45~-100m で P 波速度 5.2~5.9km/s、S 波速度 2.7~3.0km/s が得られており、地表から深さ 100m 程度で

$V_s=3.0\text{km/s}$  程度の地盤に達すると考えられる。

#### b. 敷地近傍の地質構造

伊方発電所の近傍には、塩基性片岩を主体とする三波川変成岩類が分布しており、泥質片岩や珪質片岩の薄層を局所的に挟在するものの、敷地近傍の速度構造は塩基性片岩で代表される。

伊方発電所周辺海域においては、エアガン・マルチチャンネル反射法音波探査やヘリコプター重力測定によって深部地下構造を把握するとともに、伊予灘では屈折法地震探査によっても速度構造を把握している。

屈折法地震探査やエアガン・マルチチャンネル反射法音波探査の結果によると、敷地内に分布する三波川変成岩類（P波速度  $5.5\text{km/s}$ ）は北へ緩く傾斜しながら約  $8\text{km}$  沖合いの中央構造線断層帯分布域の直下で領家花こう岩類（P波速度  $4.7\text{km/s}$ ）と会合する。これらの基盤岩上面は中央構造線断層帯の下で窪みを形成しており、その上部に和泉層群（P波速度  $3.7\text{km/s}$ ）や新第三紀～第四紀の堆積物（P波速度  $1.5\sim 2.4\text{km/s}$ ）が分布する。なお、ここで示した三波川変成岩類のP波速度  $5.5\text{km/s}$  は上面付近の弾性波速度であり、その内部の弾性波速度は得られていないが、敷地内の物性からS波速度  $2.7\text{km/s}$  に換算される。

さらに、敷地近傍の三波川変成岩類の内部に他の地層の存在を示唆する構造は認められず、少なくとも地下数  $\text{km}$  まで三波川変成岩類が分布すると考えられる。

また、屈折法地震探査結果で基盤岩以浅の構造を固定し、ヘリコプター重力測定結果を用いて重力インバージョンで密度構造を求めた結果でも、敷地内に分布する三波川変成岩類は地下深部まで連続すると評価される。

#### c. 評価

調査結果を総合すると、伊方発電所近傍には塩基性片岩を主とする三波川変成岩類が広く分布しており、地下深部までの連続が確認される。三波川変成岩類の上面付近のP波速度は約  $5.5\text{km/s}$ 、S波速度は約  $2.7\text{km/s}$  であり、その



内部でさらに速くなり，上面から数百 m で  $V_s=3.0\text{km/s}$  程度に達すると考えられる。

したがって，伊方発電所の地盤は速度構造的にみると特異な地盤ではないと考える。

### (3) まとめ

以上より，伊方発電所の敷地地盤は，観測記録の分析でも特異な増幅は確認されず，かつ特異な速度構造を有するものではないと評価されることから，中越沖地震における地震動増幅要因のひとつであると考えられている不整形地盤には該当しないものとする。

## 2.4 検討用地震の選定

「2.2 地震の分類」を踏まえ，敷地に特に大きな影響を与えると予想される地震を検討用地震として選定する。検討用地震の選定にあたって，応答スペクトル手法による地震動評価を行う場合には，地震発生様式を考慮した評価が可能な Zhao et al. (2006)<sup>(39)</sup> を用いて評価する。

### 2.4.1 内陸地殻内地震

「2.2 地震の分類」で選定した内陸地殻内地震に対して，Zhao et al. (2006)<sup>(39)</sup>による応答スペクトル評価を行う。中央構造線断層帯については，地震調査委員会(2003)<sup>(17)</sup>より敷地前面海域の断層群を含む中央構造線断層帯石鎚山脈北縁西部—伊予灘区間(長さ約 130km)および金剛山地東縁—伊予灘区間(長さ約 360km)の活動の可能性が示されているが，ここでは敷地前面海域の断層群(長さ約 42km)で代表させて検討することとする。そして，敷地前面海域の断層群(長さ約 42km)，伊予セグメント(長さ約 23km)，別府湾—日出生断層帯(長さ約 76km)，F-21 断層(長さ約 18km)，五反田断層(長さ約 13km)に対して，Zhao et al. (2006)<sup>(39)</sup>による応答スペクトル評価を行った結果は，第 2.4-1 図のようになり，内陸地殻内地震の中で，敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は，敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)であることから，中央構造線断層帯による地震を検討用地震とする。

さらに、地震調査委員会(2003)<sup>(17)</sup>より示されている中央構造線断層帯の連動の可能性については、これら3つの区間(長さ約42km, 約130km, 約360km)による地震について、地質調査結果、地震調査委員会(2005)<sup>(40)</sup>、地震調査委員会(2008)<sup>(41)</sup>および断層パラメータに関する知見(原子力安全基盤機構, 2004)<sup>(12)</sup>、(入倉・三宅, 2001)<sup>(42)</sup>、(入倉ほか, 2002)<sup>(43)</sup>、(壇ほか, 2002)<sup>(44)</sup>、(佐藤, 1989)<sup>(45)</sup>、(武村, 1998)<sup>(46)</sup>に基づいて、第2.4-1表に示す断層パラメータ、第2.4-2図に示す断層モデルを設定し、経験的グリーン関数法に基づく地震動評価を行った。その結果、第2.4-3図に示されるように、断層長さが長くなっても周期2秒以下について地震動評価上敷地への影響が変わらないことを確認した。よって、「3. 基準地震動  $S_s$ 」における検討においては、敷地前面海域の断層群で代表して検討を行うこととする。

#### 2.4.2 プレート間地震

「2.2 地震の分類」で選定した南海地震に対して、Zhao et al. (2006)<sup>(39)</sup>による応答スペクトル評価を行った結果は、第2.4-4図のようになり、南海地震の中で、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、中央防災会議(2003)<sup>(33)</sup>による想定南海地震(M8.6)である。

同様に、「2.2 地震の分類」で選定した日向灘の地震に対してZhao et al. (2006)<sup>(39)</sup>による応答スペクトル評価を行った結果は、第2.4-4図のようになり、日向灘の地震の中で、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、地震調査委員会(2004)<sup>(30)</sup>が示しているM7.6の地震が、日向灘地震の発生領域で敷地に近い場所で発生した場合である。地震調査委員会(2004)<sup>(30)</sup>で示されるモデルを参考にして設定した断層モデルを第2.4-5図に示す。

第2.4-4図から中央防災会議(2003)<sup>(33)</sup>による想定南海地震と地震調査委員会による日向灘の地震の両者のスペクトルを比較すると、想定南海地震の方が大きめの評価となっているため、想定南海地震をプレート間地震の検討用地震として選定する。

#### 2.4.3 海洋プレート内地震

「2.2 地震の分類」で選定した海洋プレート内地震に対して Zhao et al. (2006)<sup>(39)</sup>による応答スペクトル評価を行った結果は、第2.4-6図のようになり、敷地への影響が最も大きいと考えられる地震は、1649年安芸・伊予の地震である。よって1649年安芸・伊予の地震を基本の震源モデルと考える。

しかしながら、敷地近傍では大きな海洋プレート内地震は発生しないと推定されている(松崎ほか, 2003)<sup>(23)</sup>ものの、敷地下方の海洋プレート内で地震が発生する可能性を完全に否定できるものではないことから、地震発生位置の不確かさも考慮して、1649年安芸・伊予の地震を敷地下方に設定し、更なる不確かさの考慮として、より地震規模の大きい1854年伊予西部の地震(M7.0)の地震規模を採用することとする。この地震を「想定敷地下方のスラブ内地震」(M7.0, 敷地下方)と呼ぶこととし、検討用地震として採用する。

#### 2.4.4 検討用地震の選定結果

第2.4-2表に選定した検討用地震の諸元を示す。また、第2.4-2図(a)には内陸地殻内地震における検討用地震の震源断層を示す。プレート間地震の検討用地震の震源断層としては、第2.1-22図に示した中央防災会議(2003)<sup>(33)</sup>によるものを用いる。

### 3. 基準地震動 $S_s$

基準地震動  $S_s$  は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」および「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向および鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。

また、基準地震動の策定に及ぼす影響が大きいと考えられる不確かさを考慮する。

#### 3.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

検討用地震による地震動は、「応答スペクトルに基づいた地震動評価」および「断層モデルを用いた手法による地震動評価」により求める。

震源の不確かさを考慮するにあたっては、要因分析を行った上で、敷地に大きな影響を与えると考えられるパラメータに対して不確かさを考慮した。

震源の不確かさに関する考え方を第 3.1-1 表に、地震動評価の検討ケース一覧を第 3.1-2 表に示す。このうち、中央構造線断層帯における不確かさ考慮の考え方を第 3.1-3 表に、検討ケースを第 3.1-4 表及び第 3.1-1 図に示す。

##### 3.1.1 応答スペクトルに基づいた地震動評価

応答スペクトルに基づいた水平方向および鉛直方向の地震動評価方法については、解放基盤表面の地震動として評価できること、震源の拡がりやが考慮できること、敷地における地震観測記録を用いて諸特性が考慮できること、水平方向および鉛直方向の地震動が評価できることから、Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>の方法を用いる。

なお、海洋プレート内地震の応答スペクトルには「2.3.6 地震観測記録を用いた振動特性」で求めた観測記録に基づく応答スペクトル比を補正係数として乗じる。

また、内陸地殻内地震の応答スペクトルには、敷地内で観測された地震記録がないことから、内陸地震の補正は考慮しない。これは、Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>の内陸地震の補正の項に記載されているように、敷地内で観測された記録が無くても、内陸地震に対する補正を考慮することは問題ないと考えますが、不確かさを考慮するものとして、内陸地震に対する補正を用いないこ

ととする。

地震基盤から解放基盤表面までの地盤増幅率については、Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>の方法に従い評価するが、敷地の解放基盤面は、地震基盤相当であるため、地盤増幅率は全周期帯で 1.0 である。

#### (1) 内陸地殻内地震

敷地前面海域の断層群による地震に対する応答スペクトル手法による地震動評価については、敷地までの距離が約 8 km と近く、また地震規模も大きいことから、応答スペクトル手法を含めた距離減衰式で地震動評価することは、本来のデータベースの外挿評価となり、正しい評価が得られない可能性がある。しかし、断層モデル手法による地震動評価結果を補完することも考慮し、応答スペクトル手法による評価を行う。

地震動評価するにあたっては、「2.4.1 内陸地殻内地震」で設定した震源要素(傾斜角 90 度)を基本とする。そして、不確かさの考慮として、「Ⅲ 敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質 2.4.3」に述べたように、震源断層は横ずれ断層と推定されるため傾斜角が高角度である可能性が高いが、北へ傾斜する地質境界断層と一致する可能性も否定できないことから、傾斜角 90 度のみならず、北傾斜 30 度の場合の評価を行う。さらにはジョグを震源断層に含めた 54km についても地震動評価を行う。

基本的な震源要素による断層モデルを第 3.1-2 図に示し、不確かさを考慮した震源要素による断層モデルを第 3.1-3 図に示す。

中越沖地震の震源特性としては、短周期レベルが平均的な値の 1.5 倍程度大きかったという指摘がある。この知見は、ひずみ集中帯に位置する逆断層タイプの地震という地域性によると考えられる。本来ならば、過去の地震観測記録に基づいて伊方発電所周辺で発生する地震の震源特性の分析を行うべきところであるが、前述したように規模の大きい内陸地殻内地震は発生していない。そこで、不確かさの考慮のひとつとして中越沖地震の知見を反映した検討を行う。

その検討においては、基本震源モデル(第 3.1-2 図)に対して、応力降下量が 1.5 倍大きいモデルを想定することとす

るが、応答スペクトルに基づいた地震動評価では、Noda et al. (2002)が示す内陸地震補正（短周期側で 0.6 倍）を用いていないことから、1.5 倍程度の短周期地震動の増幅は既に考慮して評価を行っていると考えられることができる。

## (2) プレート間地震

中央防災会議(2003)<sup>(33)</sup>の想定南海地震モデル(M8.6)は、過去最大規模の宝永地震(M8.6)や安政南海地震(M8.4)時の各地の震度分布を再現できるようにした南海地震単独発生のモデルであるが、四国地域への地震の影響は、東海・東南海・南海地震が連動した場合と同じ影響を与えるモデルである。したがって、中央防災会議の断層モデルを基に検討を行うことにより、地震規模、震源要素の不確かさを考慮することとし、その震源要素による断層モデルを第 3.1-4 図に示す。

なお、中央防災会議の想定南海地震については地震規模(M8.6)が、Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>の適用範囲外であるので参考として示すものである。

## (3) 海洋プレート内地震

海洋プレート内地震について、「2.4.3 海洋プレート内地震」で設定したように、地震発生位置と規模の不確かさの考慮として、敷地下方に 1854 年伊予西部の地震と同じ規模の地震を仮定し、「想定敷地下方のスラブ内地震」として地震動評価を行う。

その断層モデル位置については、松崎ほか(2003)<sup>(23)</sup>に示されるフィリピン海プレート上面を参照して設定する。

断層面の設定にあたっては、2001 年芸予地震のモデル(Yagi and Kikuchi, 2001)<sup>(47)</sup>を基本として、敷地下方に 1854 年伊予西部の地震と同じ規模の地震を設定した。その断層モデルを第 3.1-5 図に示す。なお、海洋プレート内地震の応答スペクトルには「2.3.6 地震観測記録を用いた振動特性」で求めた観測記録に基づく応答スペクトル比(第 2.3-7 図)を補正係数として乗じている。

## (4) 評価結果

基本的な震源要素により算定した応答スペクトルと、不確かさを考慮した震源要素により算定した応答スペクトルを第3.1-6 図に示す。

### 3.1.2 断層モデルを用いた手法による地震動評価

断層モデルを用いた地震動評価方法については、要素地震として敷地での観測記録が得られているので、経験的グリーン関数法(Irikura, 1986)<sup>(48)</sup>, (入倉, 1994)<sup>(49)</sup>, (三宅ほか, 1999)<sup>(50)</sup>, (壇・佐藤, 1998)<sup>(51)</sup>を用いることとし、併せてハイブリッド合成法(渡辺・永野, 2003)<sup>(52)</sup>, (Pitarka A et al., 2000)<sup>(53)</sup>, (入倉・釜江, 1999)<sup>(54)</sup>による評価も行う。また、断層パラメータは、地震調査委員会(2005)<sup>(40)</sup>, 地震調査委員会(2008)<sup>(41)</sup>や最新の知見(原子力安全基盤機構, 2004)<sup>(12)</sup>, (入倉・三宅, 2001)<sup>(42)</sup>, (入倉ほか, 2002)<sup>(43)</sup>に基づいて設定する。

#### (1) 内陸地殻内地震

敷地前面海域の断層群による地震について、敷地で得られた地震観測記録を要素地震とした経験的グリーン関数法およびハイブリッド合成法により評価する。

要素地震として、2001年芸予地震の余震である安芸灘の地震(2001年3月26日, M5.2)の敷地における観測記録を用いた。

地震動を評価するにあたっては、「2.4.1 内陸地殻内地震」で設定した震源要素(傾斜角90度, アスペリティ中位)を基本とする。そして、震源の不確かさの考慮として、アスペリティを上端に移動したケースを設定した。(以下、「想定敷地前面海域の断層群による地震①」という。)

また、「3.1.1(1)」で述べたように、横ずれ断層と推定される震源断層の傾斜角は高角度である可能性が高いが、北へ傾斜する地質境界断層と一致する可能性も否定できないことから、震源の不確かさの考慮として、基本モデルである傾斜角90度のみならず、北傾斜30度の場合も考慮する。(以下、「想定敷地前面海域の断層群による地震②」という。)

そしてさらなる震源の不確かさの考慮として、想定敷地前面海域の断層群による地震②の震源モデルに対して、アスペ

リティを上端に移動したケースも考慮する。(以下、「想定敷地前面海域の断層群による地震③」という。)

引張性ジョグの評価については、異なる見解もあることから、引張性ジョグを震源断層に含めたケースも不確かさを考慮のひとつとして検討を行うこととする。(以下、「想定敷地前面海域の断層群による地震④」という。)

また、中越沖地震の震源特性としては、短周期レベルが平均的な値の1.5倍程度大きかったという指摘がある。これについては、基本震源モデルに対して応力降下量を1.5倍したケースを想定することとする(「想定敷地前面海域の断層群による地震⑤」とする。)。さらにこのケースに対して、アスペリティを上端に配置したケースも「想定敷地前面海域の断層群による地震⑥」として想定する。

なお、上記全検討ケースに対して、破壊伝播方向の不確かさを考慮として、破壊開始点を3箇所を設定した。

基本的な震源要素による断層モデルを第3.1-2図に示し、不確かさを考慮した震源要素による断層モデルを第3.1-3図に示す。また、断層パラメータを第3.1-5表に示す。

## (2) プレート間地震

想定南海地震による地震動について、敷地で得られた地震観測記録を要素地震とした経験的グリーン関数法およびハイブリッド合成法により評価する。

要素地震として、愛媛県南部の地震(1985年5月13日、M6.0)の敷地における観測記録を用いた。

応答スペクトルに基づいた地震動評価と同様に、中央防災会議の想定南海地震(中央防災会議, 2003)<sup>(33)</sup>を対象とした。この地震のモデルは、「3.1.1(2)」で述べたように、過去最大規模の宝永地震(M8.6)や安政南海地震(M8.4)時の各地の震度分布を再現できるようにした南海地震単独発生モデルであるが、四国地域への地震の影響は、東海・東南海・南海地震が連動した場合と同じ影響を与えるモデルである。したがって、中央防災会議の断層モデルを基に検討を行うことにより、地震規模、震源要素の不確かさを考慮することとし、併せてアスペリティの破壊が敷地に向かう方向となる厳しい条



件の破壊開始点としたケースを設定した。

不確かさを考慮した震源要素による断層モデルを第 3.1-4 図に示し，断層パラメータを第 3.1-6 表に示す。

### (3) 海洋プレート内地震

想定敷地下方のスラブ内地震について，敷地で得られた地震観測記録を要素地震とした経験的グリーン関数法およびハイブリッド合成法により評価する。

要素地震として，2001年芸予地震の余震である安芸灘の地震(2001年3月26日，M5.2)の敷地における観測記録を用いた。

応答スペクトルに基づいた地震動評価と同様に，地震発生位置と規模の不確かさの考慮として，敷地下方に1854年伊予西部の地震と同じ規模の地震を仮定し，さらに破壊伝播方向の不確かさの考慮として，破壊開始点を3箇所考慮したケースを設定した。

不確かさを考慮した震源要素による断層モデルを第 3.1-5 図に示し，断層パラメータを第 3.1-7 表に示す。

### (4) 評価結果

基本的な震源要素による断層モデルにより算定した応答スペクトルを第 3.1-7 図に，不確かさを考慮した震源要素による断層モデルにより算定した応答スペクトルを第 3.1-8 図に示す。

また，これらの断層モデルによる評価のうち地震発生様式毎に敷地に影響が大きいものに対して，ハイブリッド手法を行った結果を第 3.1-9 図に示す。

## 3.1.3 地震動の妥当性検討

断層モデルを用いた地震動評価結果について，応答スペクトルに基づいた地震動評価結果および距離減衰式(Kanno et al., 2006)<sup>(55)</sup>，(司・翠川，1999)<sup>(56)</sup>，(内山・翠川，2006)<sup>(57)</sup>，(松岡・翠川，1994)<sup>(58)</sup>に基づいた評価結果を比較して，第 3.1-10 図に示す。断層モデルを用いた地震動評価結果は，応答スペクトルに基づいた地震動評価結果と同程度となっている。

### 3.2 震源を特定せず策定する地震動

敷地周辺の状況を十分考慮した詳細な調査を実施しても、なお敷地近傍において発生する可能性のある内陸地殻内の地震の全てを事前に評価しうるとは言い切れないとの観点から、「震源を特定せず策定する地震動」を考慮する。震源を特定せず策定する地震動の策定にあたっては、震源近傍における観測記録を収集し、それらを基に敷地の地盤物性を加味するとともに、最新知見を考慮して設定する。また、設定に当たっては確率論的な評価も参考とする。

#### 3.2.1 震源を特定せず策定する地震動に関する知見

Shimazaki(1986)<sup>(59)</sup>、武村(1998)<sup>(46)</sup>は、地震モーメント $M_0$ と断層長さ $L$ の関係が、 $M 6.8$ を境として不連続であり、その原因として、大地震では断層破壊領域が地震発生層の厚さ全体に達し断層幅に頭打ちが生じるためと考察している。これより、上記規模以上の地震については、断層が地表に出現し、これより規模の小さい地震については地表に断層が出現しない可能性がある」と解釈されている。

そして、加藤ほか(2004)<sup>(60)</sup>は上記の知見を踏まえて、

- ① 詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を予め特定できない地震（2地震， $M_j \leq 6.6$ ）の震源近傍の記録
- ② 上記の知見に基づくスケージングの観点から、確実に事前に同程度の規模の震源を特定できるとは断定できない地震（7地震， $M_j \leq 6.5 (M_w \leq 6.2)$ ）の記録
- ③ 詳細な地質学的調査によっても震源位置と地震規模を予め特定できない長野県西部地震（ $M_j 6.8$ ）の記録を震源近傍に補正したもの

を概ね包絡する上限レベルの応答スペクトル（最大加速度 450ガル）を、S波速度が 700m/s の解放基盤表面における水平動の応答スペクトルとして設定するとともに、地盤物性に応じた「震源を事前に特定できない地震による水平動の地震動レベル」の提案を行っている。

### 3.2.2 地震発生層の厚さから想定される地震規模

「2.1.2 過去および現在の地震発生状況」で述べたように、敷地周辺における地震発生層の厚さは約 13km と推定される。そして、震源断層が地震発生層の上限から下限まで広がっているとした場合を考慮し、断層幅と同等の断層長さをもつ震源断層を仮定して想定される地震規模の推定を行う。

当該地域においては中央構造線断層帯に代表されるように横ずれ断層が卓越する地域であるため、断層傾斜角は 90 度と推定される。しかし不確かさも考慮して 60 度の場合についても検討を行うこととする。

M<sub>j</sub> の推定は、断層面積 S から地震モーメント M<sub>0</sub> を入倉・三宅 (2001)<sup>(42)</sup> の式により求めた上で、M<sub>0</sub> から武村 (1998)<sup>(46)</sup> の式および武村 (1990)<sup>(61)</sup> の式により M<sub>j</sub> の算出を行う。

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

$$(S : \text{km}^2, M_0 : \text{dyne} \cdot \text{cm}) \quad \text{入倉・三宅 (2001)}^{(42)}$$

$$\log M_0 = 1.2 M_j + 17.7 \quad (M_0 : \text{dyne} \cdot \text{cm}) \quad \text{武村 (1998)}^{(46)}$$

$$\log M_0 = 1.17 M_j + 17.72 \quad (M_0 : \text{dyne} \cdot \text{cm}) \quad \text{武村 (1990)}^{(61)}$$

その結果は、

傾斜角	断層面	M <sub>0</sub>	M <sub>w</sub>	M <sub>j</sub>	
				武村 (1998)	武村 (1990)
90 度	13.0km × 13.0km	2.09 × 10 <sup>18</sup> N・m	6.1	6.3	6.4
60 度	15.0km × 15.0km	3.20 × 10 <sup>18</sup> N・m	6.3	6.5	6.6

となり、当該地域において地震発生層の厚さから L = W の断層面を仮定した場合に推定される地震規模は、M<sub>j</sub>6.6 程度となる。

ここで、3.2.1 で述べたとおり、Shimazaki (1986)<sup>(59)</sup>、武村 (1998)<sup>(46)</sup> は、断層パラメータのスケールリングが変化する原因として、大地震では断層破壊領域が地震発生層の厚さ全体に達し断層幅に頭打ちが生じるためと考察している。そして加藤ほか (2004)<sup>(60)</sup> は、「この解釈に基づけば、スケールリングが変化する地震規模を境として、これより大きい内陸地殻内の地震は、地表に何らかの痕跡を残すものと考えられる」と述べている。ゆえに当該地域においては、M<sub>j</sub>6.6 程度以上の地震は断層破壊領

域が地震発生層全体に達するため、事前に震源を特定できると考える。

### 3.2.3 地震地体構造区分毎に想定される地震規模

地震調査委員会(2005)<sup>(40)</sup>が公表した「確率論的地震動予測地図」では、「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」として、地震地体構造区分毎に、活断層との対応が明確でない地震の最大規模が示されている(第3.2-1図, 第3.2-1表)。ここにおいては、伊方発電所地点を含む領域の最大Mは7.0(1789年阿波の地震)とされている。

ここで、Shimazaki(1986)<sup>(59)</sup>、武村(1998)<sup>(46)</sup>の知見に基づくと、敷地が含まれる地震地体構造区分で発生したM6.9以上の地震が全て、海洋プレートに関する地震であるか、あるいは活断層・活構造と関連付けられる場合には、M6.8が当該領域における震源を事前に特定できない地震の最大規模ということになる。

そこで、地震調査委員会(2005)<sup>(40)</sup>が示す地震地体構造区分において敷地が含まれる領域で発生したM6.9以上の地震を第3.2-2表及び第3.2-2図に示す。内陸地殻内地震であることが判明している地震はない。ほとんどがプレート間地震か海洋プレート内地震と考えられている。それ以外は発震機構が不明の地震が3つである。このうち、715年と1331年の地震は記録が古いため地震調査委員会(2005)<sup>(40)</sup>も検討対象から除外している。本検討でも同様にこの2つの地震は対象外と考える。とすると対象となる地震は、1789年阿波の地震のみとなる。

この地震に関する日本被害地震総覧<sup>(5),(62)~(64)</sup>の記述を第3.2-3表にまとめる。これによると、初版では紀伊水道の地震とされていたものが、新編以降で震央が徳島県南部に置かれたものである。最新版でも「震央が紀伊水道にある中規模地震という考えもありうる」とされており、震央位置の精度は低いと考えざるを得ず、海洋プレートの地震の可能性も否定できない。1923年以降徳島県で震度4以上を観測した地震は17ある(第3.2-4表および第3.2-3図)。徳島県周辺で発生した規模が同程度の地震としては、1955年の地震(Mj6.4, 深さ10km, 第3.2-4(1)図)や1938年の和歌山県南方沖の地震(Mj6.8, 深さ

47km, 第 3.2-4(2) 図) がある。

次に震度 4 ~ 6 の面積と地震規模の関係式<sup>(24)(65)</sup>を用いて規模の再評価を行った。等震度線図は日本電気協会(1994)<sup>(66)</sup>を用いる(第 3.2-5 図)。等震度線図の作成に用いられた震度データは日本電気協会(1989)<sup>(67)</sup>に記されている(第 3.2-6 図)。第 3.2-5 図では太平洋側の等震度線が引かれていないため、震央を中心に線対称と仮定し陸側の面積を測定し 2 倍した。評価結果を第 3.2-5 表及び第 3.2-7 図に示す。図表には参考までに 1995 年兵庫県南部地震, 2000 年鳥取県西部地震における試算結果も表記した。第 3.2-5 表からは, 平均的な M は 7.01 と求まった。既往の評価  $7.0 \pm 1.0$  と整合的である。しかし個別にみると, 震度 4 面積からは M 7.28, 震度 5 面積からは M 6.93, 震度 6 面積からは M 6.81 と求まっておりばらつきが大きい。ここで第 3.2-5 図の等震度線図に立ち返る。震度 5 のエリアと震度 4 のエリアを比較すると, 震度 4 のエリアがやや広く感じられる。地震規模が同程度の 1938 年和歌山県南方沖の地震の震度分布(第 3.2-4(2) 図)と比較してみると, 震度 4 の領域は, 東側は三重県付近までではほぼ一致しているが, 西側については乖離がある。これは, 第 3.2-6 図に示す震度データの中で, 萩の記録に影響されてやや広めに設定されたのではないかと推察される。元データ(第 3.2-6 図)をみると, 中四国西部地域の震度データは乏しいため等震度線の再評価は困難である。そこで, 震度 4 の等深線図は採用せず, 震度 5 と震度 6 から評価すると, 阿波の地震の規模は, M 6.8 ~ 6.9 程度と推定される。

なお, 兵庫県南部地震の M は 7.25 と推定され,  $M_j$  との整合が比較的よい。また鳥取県西部地震の M は 0.2 程度小さく算出されたが, 鳥取県西部地震の  $M_j$  は表面波の影響を強く受けて大き目に定まっている<sup>(68)</sup>ことが差異の理由と考えられる。

次に, 微小地震の発生状況について検討する。前述したとおり 1789 年阿波の地震は, 震央位置の精度が低い地震であるが, 仮に現在定められている場所で発生する内陸地殻内地震であると仮定して, その地点における気象庁一元化震源データ(1997 年 10 月 ~ 2006 年 12 月)を第 3.2-8 図に示す。伊方発電所周辺における微小地震の発生状況(第 2.1-4 図)に比べて, 活動が活発であり発生層下端も深いことが確認できる。また, 第 2.1-8

図の地震波トモグラフィーを見ても、断面 11 に現れる  $V_p/V_s$  比の分布は伊方周辺とは異なっており、活動性の相違が推定される

以上より、1789 年阿波の地震は、震源の決定精度が低いことから海洋プレートに関する地震の可能性も残る地震である。その地震規模は  $M6.8\sim 6.9$  と再評価されるものの、仮に現在震央が定められている地点での発生を想定した場合には、微小地震の発生状況が伊方周辺とは異なることから、伊方発電所周辺に想定されるものではないと評価される。

以上より、地体構造区分から評価した敷地周辺に想定される震源を事前に特定できない地震の最大規模は、 $M6.8$  程度と考えられる。

#### 3.2.4 震源を特定せず策定する地震動の設定

前述の検討の結果、敷地周辺における震源を事前に特定できない地震の最大規模は、 $M6.8$  程度と推定された。これは、前述した加藤ほか(2004)<sup>(60)</sup>が「震源を事前に特定できない地震による水平動の地震動レベル」を提案する際に基づいた地震規模とほぼ同程度と考えることができる。したがって、伊方発電所で設定する震源を特定せず策定する地震動は、加藤ほか(2004)<sup>(60)</sup>が提案する地震動レベルに基づくこととし、さらに敷地の地盤物性 ( $V_s=2.6\text{km/s}$ ) も考慮し、加藤ほか(2004)<sup>(60)</sup>が提案した地震基盤における地震動レベルを、伊方発電所地点の震源を特定せず策定する地震動のレベルとして設定した(第 3.2-9 図, 第 3.2-10 図)。

なお、伊方発電所の基準地震動  $S_s$  の設定では、上記のように設定した「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルが、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」のうち基準地震動  $S_s-1$  の設計用応答スペクトルに全ての周期帯で包絡されているため、基準地震動としては、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」の設計用応答スペクトルで代表させることとした(第 3.2-9 図, 第 3.2-10 図)。

#### 3.2.5 超過確率の参照

独立行政法人原子力安全基盤機構(2005)<sup>(69)</sup>は、ハイブリッド

合成法を用いた断層モデルによるM5.5～7.3の地震の震源近傍における地震動評価から、各地域の震源を特定しにくい地震動について、地震基盤における水平動の年超過確率を求めており、その一様ハザードスペクトルと「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを比較して第3.2-11図に示す。同図によると、「震源を特定せず策定する地震動」の年超過確率は $10^{-5}$ ～ $10^{-6}$ 程度である。

また、「震源を特定せず策定する地震動」の地域性については、地震ハザード評価における敷地を含む内陸地殻内地震の領域震源モデル<sup>(70)</sup>において、その領域で発生する地震の発生頻度や最大マグニチュードを考慮しており、領域震源における地震動の年超過確率に「震源を特定せず策定する地震動」の地域性が反映されていることから、領域震源による地震動の一様ハザードスペクトルと「震源を特定せず策定する地震動」とを比較した。第3.2-12図及び第3.2-13図に、社団法人日本原子力学会の方法<sup>(71)</sup>に基づいて算定した領域震源の一様ハザードスペクトルと「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを比較して示す。同図によると、「震源を特定せず策定する地震動」の年超過確率は $10^{-5}$ ～ $10^{-6}$ 程度である。

### 3.3 基準地震動 $S_s$ の策定

#### 3.3.1 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 $S_s$

「震源を特定して策定する地震動評価」の設計用応答スペクトルは、「3.1.1 応答スペクトルに基づいた地震動評価」において求めた検討用地震による地震動の応答スペクトルを包絡し、裕度を考慮して策定した水平方向の設計用応答スペクトル  $S_s-1H$  と鉛直方向の設計用応答スペクトル  $S_s-1V$  とする。

これらの設計用応答スペクトルについて、応答スペクトルを第3.3-1図に、応答スペクトル値を第3.3-1表に示す。

なお、設計用応答スペクトルは、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果および基準地震動  $S_2$  の応答スペクトルも考慮して定めた。

「震源を特定せず策定する地震動評価」の設計用応答スペクトルは、第3.3-1図に示すように、水平方向の設計用応答スペクトル  $S_s-1H$  と鉛直方向の設計用応答スペクトル  $S_s-1V$  に全て

の周期帯域において包絡されているため、「震源を特定して策定する地震動評価」の設計用応答スペクトルで代表させる。

### 3.3.2 断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s$

「3.1.2 断層モデルを用いた手法による地震動評価」において求めた検討用地震の応答スペクトルのうち、不確かさを考慮した震源要素による評価結果を設計用応答スペクトルと比較して第 3.3-2 図に示す。

これらのうち、想定敷地前面海域の断層群による地震③で破壊開始点を西下端としたケースの評価結果は、水平方向の地震動が上記設計用応答スペクトル  $S_s$ -1H の短周期側で最も接近しているため、その時刻歴波形を基準地震動  $S_s$  として採用する。その水平方向の地震動を  $S_s$ -2NS,  $S_s$ -2EW とし、鉛直方向の地震動を  $S_s$ -2UD とする。

基準地震動として選定したこれらの時刻歴波形の応答スペクトルおよび応答スペクトルに基づく手法による基準地震動  $S_s$  の応答スペクトルを第 3.3-3 図に示す。

### 3.3.3 基準地震動 $S_s$ の妥当性検討

「3.1.1 応答スペクトルに基づいた地震動評価」および「3.1.2 断層モデルを用いた手法による地震動評価」により選定した手法以外の距離減衰式 (Zhao et al., 2006)<sup>(39)</sup> (Kanno et al., 2006)<sup>(55)</sup> (司・翠川, 1999)<sup>(56)</sup> (内山・翠川, 2006)<sup>(57)</sup> (松岡・翠川, 1994)<sup>(58)</sup> による手法を用いて地震動を評価し、基準地震動  $S_s$  の妥当性を検討する。

基準地震動  $S_s$  と距離減衰式による地震動評価結果との比較を第 3.3-4 図に示す。同図によれば、断層モデルを用いた手法による基準地震動  $S_s$ -2 は距離減衰式による地震動評価結果とほぼ整合し、応答スペクトルに基づく手法による基準地震動  $S_s$ -1 は距離減衰式による地震動評価結果を上回っている。

さらに、基準地震動  $S_s$  の妥当性を検討するため、長さが短い孤立した活断層等による地震動評価について、最新の知見を踏まえて安全上の観点から震源を想定し、地震動を評価する。断層の設定に当たっては、調査結果に対して地震学的知見および工学的判断を加味して震源断層を想定し、地震規模を想定する。



長さが短い孤立した活断層としては，五反田断層（地表長さ 2 km）を対象とする。

五反田断層は，現在の敷地周辺の横ずれ応力場からすると傾斜断層としての活動の可能性は今後も考えがたいが，比較的敷地に近いことも踏まえ，念のため，仮想的に敷地側へ北傾斜させた震源断層を想定して敷地へ及ぼす影響を検討する。このように想定された断層による地震を「想定五反田断層による地震」とする。想定五反田断層による地震の震源要素の断層モデルを第 3.3-5 図に示し，断層パラメータを第 3.3-2 表に示す。

想定五反田断層による地震の地震動評価結果と基準地震動  $S_s$  の比較を第 3.3-6 図に示す。同図によれば，応答スペクトルに基づく手法による基準地震動  $S_s-1$  は地震動評価結果を包絡し，断層モデルを用いた手法による基準地震動  $S_s-2$  は地震動評価結果をほぼ上回っている。

なお，F-21 断層についても孤立した短い断層と考えることができるが，「想定五反田断層による地震」と同規模の M6.8 を想定した場合でも，敷地との位置関係は想定五反田断層よりも遠いことから（第 2.1-10 図），敷地に与える影響は想定五反田断層による地震よりも小さいことは明らかである。

さらに，「2.4 検討用地震の選定」において中央構造線断層帯の連動を想定して地震動評価を行った際には，四国の中央構造線断層帯については，「地震ごとに破壊領域が変わるとしても，断層ごとに固有の変位量をもつ傾向が認められる」という指摘があること等を勘案してセグメンテーションを行い（第 3.3-7 図），断層モデルを設定した。このうち「石鎚山脈北縁西部－伊予灘区間（約 130km）」については，重信断層や串沖にブルアパートベーズンを伴う引張性右オーバーステップ構造が確認されること等からも，3つのセグメントに分割してそれぞれでモデル化を行うカスケードモデルが適切であると考えられるが，仮にスケーリング則を区間全体（約 130km）にまで適用した地震動評価を行い，基準地震動  $S_s$  との対比を行う。130km スケーリングモデルの震源要素の断層モデルを第 3.3-8 図に示し，断層パラメータを第 3.3-3 表に示す。

スケーリングモデルによる地震動評価結果と基準地震動  $S_s$  の比較を第 3.3-9 図に示す。同図によれば，応答スペクトルに

基づく手法による基準地震動  $S_s-1$  は 130km スケーリングモデルによる地震動評価結果を上回っている。また，断層モデルを用いた手法による基準地震動  $S_s-2$  は，長周期側ではほぼ同程度であり，短周期側では 130km スケーリングモデルによる評価結果を上回っている。

#### 3.3.4 基準地震動 $S_s$ の地震波

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動  $S_s$  は，それに適合する模擬地震波で表すものとする。

設計用模擬地震波  $S_s-1H$ ,  $S_s-1V$  は，それぞれの応答スペクトルに適合する周波数一振幅特性と一様乱数の位相をもつ正弦波の重ね合わせによって作成するものとし，振幅包絡線の経時変化については，Noda et al. (2002)<sup>(38)</sup>に基づき，第 3.3-4 表に示す形状とする。

設計用模擬地震波  $S_s-1H$ ,  $S_s-1V$  の作成結果を第 3.3-5 表に，設計用応答スペクトルに対する設計用模擬地震波の応答スペクトル比を第 3.3-10 図に，設計用模擬地震波の時刻歴波形を第 3.3-11 図に示す。

また，断層モデルを用いた手法による基準地震動  $S_s-2NS$ ,  $S_s-2EW$ ,  $S_s-2UD$  の時刻歴波形を第 3.3-12 図に示す。

応答スペクトルに基づく手法による基準地震動  $S_s$  ( $S_s-1H$ ,  $S_s-1V$ ) の設計用模擬地震波および断層モデルを用いた手法による基準地震動  $S_s$  ( $S_s-2NS$ ,  $S_s-2EW$ ,  $S_s-2UD$ ) の最大加速度振幅および最大速度振幅を第 3.3-6 表に示す。

#### 4. 基準地震動 $S_s$ の超過確率

参考として社団法人日本原子力学会の方法(2007)<sup>(71)</sup>に基づいて算定した敷地における地震動の一様ハザードスペクトルと応答スペクトルに基づく手法による基準地震動  $S_s$  の設計用応答スペクトル  $S_s-1H$  を比較する。

一様ハザードスペクトルの作成に際しては，特定震源モデルとして敷地前面海域の断層群（中央構造線断層帯）による地震，その他の活断層で発生する地震，南海地震を対象地震とする。また，ある拡がりを持った領域の中で発生する地震群として取り扱う領域震源モデルも設定する。設定したロジックツリーを第 4-1 図に示す。

比較結果を第 4-2 図に示すが，設計用応答スペクトルの年超過確率は， $10^{-5}$  程度となっている。

## 5. 参考文献

- (1) 「日本の地震活動－被害地震から見た地域別の特徴－」総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会編，追補版，1999
- (2) 「増訂 大日本地震史料(第1巻～第3巻)」文部省震災予防評議会編，1941～1943
- (3) 「日本地震史料」武者金吉，毎日新聞社，1951
- (4) 「新収 日本地震史料(第1巻～第5巻，補遺，続補遺)」東京大学地震研究所編，1980～2004
- (5) 「最新版 日本被害地震総覧 416-2001」宇佐美龍夫，東京大学出版会，2003
- (6) 「日本付近のM6.0以上の地震および被害地震の表：1885年～1980年」宇津徳治，地震研究所彙報，Vol.57，1982
- (7) 「地震の事典[第2版]」宇津徳治・嶋悦三・吉井敏尅・山科健一郎編集，朝倉書店，2001
- (8) 「理科年表 平成19年」国立天文台編，丸善，2006
- (9) 「地震月報」，「地震年報」など，気象庁
- (10) 「気象庁WEB」<http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/seismo.html>
- (11) 「地震年報 2006 CD-ROM」気象庁，2006
- (12) 「平成15年度地震記録データベース SANDEL のデータ整備と地震発生上下限深さの評価に関する報告書」原子力安全基盤機構，JNES/SAE04-017，04 解部報-0017，2004
- (13) 「Double-Difference Tomography 法による西南日本の3次元地震波速度構造およびフィリピン海プレートの形状」弘瀬冬樹・中島淳一・長谷川昭，地震 第2輯，第60巻，1-20，2007
- (14) 「Seismic imaging of arc magma and fluids under the central part of northeastern Japan」Nakajima, J., T.Matsuzawa, A.Hasegawa and D.Zhao, Tectonophysics, 341, 1-17, 2001
- (15) 「全国のキュリー点解析結果」大久保泰邦，地質ニュース，352号，12-17，1984
- (16) 「キュリー点深度と地震のマグニチュード」本蔵義守・大久保泰邦・春日茂・大島章一，地質ニュース，408号，26-32，1988
- (17) 「中央構造線断層帯(金剛山地東縁－伊予灘)の長期評価について」地震調査研究推進本部地震調査委員会，2003

- (18) 「[新編]日本の活断層－分布図と資料－」活断層研究会編，  
1991
- (19) 「活断層詳細デジタルマップ」中田 高・今泉俊文編，2002
- (20) 「別府湾の海底活断層分布」島崎邦彦・松岡裕美・岡村眞・  
千田昇・中田高，月刊地球／号外，28，79-84，2000
- (21) 「伊予灘～佐賀関沖 MTL 活断層系の広域イメージングとセグ  
メント区分」七山太・池田倫治・大塚一広・三浦健一郎・金山  
清一・小林修二・長谷川正・杉山雄一・佃栄吉，産業技術総合  
研究所地質調査総合センター，活断層・古地震研究報告，2，  
141-152，2002
- (22) 「震源分布からみた伊勢湾から四国西部にかけてのフィリピン  
海スラブの形状」三好崇之・石橋克彦，地震2，57，2004
- (23) 「震源分布からみた伊予灘周辺フィリピン海プレートの形状  
および地震特性」松崎伸一・大野裕記・池田倫治・福島美光，  
地震2，56，2003
- (24) 「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」村松郁栄，4，169-176，1969
- (25) 「17世紀以降に芸予地域で発生した被害地震の地震規模」高  
橋利昌・浅野彰洋・大内泰志・川崎真治・神田克久・武村雅之・  
宇佐美龍夫，地震2，60，第3号，2008
- (26) 「豊後水道近傍で発生した歴史的被害地震の地震規模」神田  
克久・武村雅之・高橋利昌・浅野彰洋・大内泰志・川崎真治・  
宇佐美龍夫，地震2，60，第4号，2008
- (27) 「歴史地震の震源域位置および規模の系統的再検討-第7報  
-(文政近江の地震など)」松浦律子・中村操・唐鎌郁夫・茅野一  
郎，日本地震学会秋季大会講演予稿集，278，2005
- (28) 「別府－万年山断層帯の長期評価について」地震調査研究推  
進本部地震調査委員会，2005
- (29) 「南海トラフの地震の長期評価について」地震調査研究推  
進本部地震調査委員会，2001
- (30) 「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価につ  
いて」地震調査研究推進本部地震調査委員会，2004
- (31) 「日向灘の地震を想定した強震動評価について」地震調査研  
究推進本部地震調査委員会，2005
- (32) 「東南海，南海地震等に関する専門調査会(第16回)，東南海，

- 南海地震に関する報告(案),平成15年12月16日」中央防災会議,2003
- (33) 「東南海,南海地震等に関する専門調査会(第16回),東南海,南海地震に関する報告(案) 図表集,平成15年12月16日」中央防災会議,2003
- (34) 「震度を知る」気象庁監修,ぎょうせい,1996
- (35) 「江戸時代の歴史地震の震源域位置および規模の系統的再検討作業について」松浦律子,歴史地震,第17号,27-31,2001
- (36) 「震度分布にもとづく江戸時代の4地震の震源域と規模の再検討(概報)-1662年日向灘・1769年日向・豊後・1847年善光寺地震・1861年宮城の4地震について-」松浦律子・中村操・茅野一郎・唐鎌郁夫,歴史地震,19,53-59,2003
- (37) 「Analysis of the 2001 Geiyo, Japan, earthquake using high-density strong ground motion data: Detailed rupture process of a slab earthquake in a medium with a large velocity contrast」Kakehi, Y., J. Geophys. Res., 109, 2004
- (38) 「Response spectra for design purpose of stiff structures on rock sites, OECD-NEA workshop on the relation between seismological data and seismic engineering analysis」Shizuo Noda, Kazuhiko Yashiro, Katsuya Takahashi, Masayuki Takemura, Susumu Ohno, Masanobu Tohdo, Takahide Watanabe, OCT. 16-18, Istanbul, 2002
- (39) 「Attenuation Relations of Strong Ground Motion in Japan Using Site Classification Based on Predominant Period」John X. Zhao, J. Zhang, A. Asano, Yuki Ohno, T. Oouchi, T. Takahashi, H. Ogawa, K. Irikura, H. K. Thio, P. G. Somerville, Y. Fukushima, Y. Fukushima, BSSA (Bulletin of the Seismological Society of America), 96, 898-913, 2006
- (40) 「全国を概観した地震動予測地図 報告書」地震調査研究推進本部地震調査委員会,2005
- (41) 「震源を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」)」地震調査研究推進本部地震調査委員会,2008
- (42) 「シナリオ地震の強震動予測」入倉孝次郎・三宅弘恵,地学雑誌, Vol. 110, 849-875, 2001
- (43) 「強震動予測のための修正レシピとその検証」入倉孝次郎・

- 三宅弘恵・岩田知孝・釜江克宏・川辺秀憲，第 11 回日本地震工学シンポジウム，567-572，2002
- (44) 「アスペリティモデルに基づく強震動予測のための震源モデルの特性化手法」壇一男・佐藤俊明・入倉孝次郎，第 11 回日本地震工学シンポジウム，107，555-560，2002
- (45) 「日本の地震断層パラメター・ハンドブック」佐藤良輔，鹿島出版会，1989
- (46) 「日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害の関係」武村雅之，地震 2，51，211-228，1998
- (47) 「Joint inversion was made using strong-ground-motion data (provided by K-net (NIED)) and teleseismic data」Yagi, Y. and M. Kikuchi, <http://wwweic.eri.u-tokyo.ac.jp/yuji/Aki-nada/>, 2001
- (48) 「PREDICTION OF STRONG ACCELERATION MOTIONS USING EMPIRICAL GREEN'S FUNCTION」Kojiro Irikura, 第 7 回日本地震工学シンポジウム，1986
- (49) 「震源のモデル化と強震動予測」入倉孝次郎，地震 2，46，495-512，1994
- (50) 「経験的グリーン関数法を用いた 1997 年 3 月 26 日 ( $M_{JMA}6.5$ ) および 5 月 13 日 ( $M_{JMA}6.3$ ) 鹿児島県北西部地震の強震動シミュレーションと震源モデル」三宅弘恵・岩田知孝・入倉孝次郎，地震 2，51，431-442，1999
- (51) 「断層の非一様すべり破壊を考慮した半経験的波形合成法による強震動予測」壇一男・佐藤俊明，日本建築学会構造系論文集，第 509 号，49-60，1998
- (52) 「薄層法による震源断層解の精度向上と大規模想定地震への適用」渡辺哲史・永野正行，日本建築学会大会学術講演梗概集，21124，247-248，2003
- (53) 「Simulation of near-fault strong ground motion using Hybrid Green's functions」Pitarka A., P. Somerville, Y. Fukushima, T. Uetake and K. Irikura, BSSA, 90, 566-586, 2000
- (54) 「1948 年福井地震の強震動—ハイブリッド法による広周期帯域強震動の再現—」入倉孝次郎・釜江克宏，地震 2，第 52 巻，

129-150, 1999

- (55) 「A New Attenuation Relation for Strong Ground Motion in Japan Based on Recorded Data」 Tatsuo Kanno, Akira Narita, Nobuyuki Morikawa, Hiroyuki Fujiwara, and Yoshimitsu Fukushima, BSSA, 96, 879-897, 2006
- (56) 「断層タイプおよび地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式」 司宏俊・翠川三郎, 日本建築学会構造系論文集, 523, 63-70, 1999
- (57) 「震源深さの影響を考慮した工学的基盤における応答スペクトルの距離減衰式」 内山泰夫・翠川三郎, 日本建築学会構造系論文集, 第 606 号, 81-88, 2006
- (58) 「国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング」 松岡昌志, 翠川三郎, 日本建築学会, 第 22 回地盤振動シンポジウム, 23-34, 1994
- (59) 「Small and large earthquakes : The effect of the thickness of seismogenic layer and the free surface」 Shimazaki, K., Earthquake Source Mechanics, Am. Geophys. Union, Geophys. Monogr., 37, 209-216, 1986
- (60) 「震源を事前に特定できない内陸地殻内地震による地震動レベル—地質学的調査による地震の分類と強震観測記録に基づく上限レベルの検討—」 加藤研一・宮腰勝義・武村雅之・井上大榮・上田圭一・壇一男, 日本地震工学会論文集, 第 4 巻, 第 4 号, 2004
- (61) 「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」 武村雅之, 地震 2, 第 43 巻, 257-265, 1990
- (62) 「資料日本被害地震総覧」 宇佐美龍夫, 東京大学出版会, 1975
- (63) 「新編日本被害地震総覧」 宇佐美龍夫, 東京大学出版会, 1987
- (64) 「新編日本被害地震総覧 [増補改訂版 416-1995]」 宇佐美龍夫, 東京大学出版会, 1996
- (65) 「震度 IV の範囲と地震の規模および震度と加速度の対応」 勝又護・徳永規一, 験震時報, 第 36 巻, pp.89-96, 1971
- (66) 「わが国の歴史地震の震度分布・等震度線図」 日本電気協会, 1994
- (67) 「日本被害地震の概説・震度分布一覧 —西暦 416~1884 年



- 一」日本電気協会，1989
- (68) 「Variation in regional phase propagation in the area around Japan」Furumura, T. and BLN Kennett, BSSA, V91, 667-682, 2001
- (69) 「震源を特定しにくい地震による地震動の検討に関する報告書」独立行政法人 原子力安全基盤機構, JNES/SAE05-004, 2005
- (70) 「活断層と歴史地震とを考慮した地震危険度評価の研究～地震ハザードマップの提案～」損害保険料率算定会, 地震保険調査研究 47, 2000
- (71) 「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準：2007」社団法人 日本原子力学会, 日本原子力学会標準, ASEJ-SC-P006:2007
- (72) 「Source mechanisms and tectonic significance of historical earthquakes along the Nankai trough」Ando, M., Japan, Tectonophysics, 27, 119-140, 1975
- (73) 「南海道沖の津波の数値実験」相田勇, 東京大学地震研究所彙報, 56, 713-730, 1981
- (74) 「Tectonic implications of subcrustal, normal faulting earthquakes in the western Shikoku region」Shiono, K. and T. Mikumo, Japan. J. Phys. Earth, 23, 257-278, 1975
- (75) 「中国地方およびその周辺の最近の地震活動——白木微小地震観測所テレメータ観測網による——」浅野周三・三浦勝美・井上義弘・三浦礼子・石桁征夫・吉井敏尅, 地震 2, 39, 229-240, 1986
- (76) 「2001年芸予地震の強震動分布と深部地下構造」瀨瀨一起・古村孝志, 地震 2, 55, 97-105, 2002.
- (77) 「芸予地震(2001.3.24)はスラブマントル地震か？」大倉敬宏・瀨野徹三, 日本地震学会秋季大会講演予稿集, A64, 2002
- (78) 「Structure of the upper part of the Philippine Sea plate estimated by later phases of upper mantle earthquakes in and around Shikoku, Japan」Ohkura, T., Tectonophysics, 321, 17-36, 2000.
- (79) 「レーバ関数解析による四国東部地域の地殻およびスラブ構造」澁谷拓郎, 月刊地球, 23, 708-713, 2001.
- (80) 「Seismic structure of western end of the Nankai trough

- seismogenic zone] Takahashi, N., S. Kodaira, A. Nakanishi, J. O. Park, S. Miura, T. Tsuru, Y. Kaneda, K. Suyehiro, H. Kinoshita, N. Hirata and T. Iwasaki, J. Geophys. Res., 107, ESE2-1 - ESE2-19, 2002.
- (81) 「The energy release in great earthquakes」 Kanamori, H., J. Geophys. Res. 82, 2981-2987, 1977
- (82) 「Scaling relations for earthquake source parameters and magnitudes」 Geller, R., Bull. Seism. Soc. Am., 66, 1501-1523, 1976
- (83) 「断層の非一様すべり破壊を考慮した半経験的波形合成法による強震動予測」 壇一男・佐藤俊明, 日本建築学会構造系論文集, 509, 49-60, 1998
- (84) 「日本列島の地震 地震工学と地震地体構造」 萩原尊禮, 鹿島出版会, 1991
- (85) 「四国の中央構造線断層帯の最新活動に伴う横ずれ変位量分布」 堤 浩之・後藤秀昭, 地震 2, 59, 117-132, 2006

第 2.1-1 表 敷地周辺における被害地震の諸元

発生年月日	震央地名・地震名	緯度	経度	マグニチュード	震央距離 (km)	震源深さ (km)
679/—/—	筑紫	33.32°	130.68°	6.5~7.5	153	—
684/11/29	土佐その他南海・東海・西海諸道	32 1/4 ~33 1/4°	133.5 ~135.0°	8 1/4	198	—
1498/07/09	日向灘	33.0°	132 1/4°	7.0~7.5	55	—
1596/09/01	豊後	33.3°	131.6°	7±1/4	69	—
1619/05/01	肥後・八代	32.5°	130.6°	6±1/4	194	—
1625/07/21	熊本	32.8°	130.6°	5.0~6.0	177	—
1649/03/17	安芸・伊予	33.7°	132.5°	7±1/4	29	—
1676/07/12	石見	34.5°	131.8°	6.5	122	—
1686/01/04	安芸・伊予	34.0°	132.6°	7.0~7.4	63	—
1698/10/24	大分	33.1°	131.5°	6.0	87	—
1703/12/31	油布院・庄内	33.25°	131.35°	6.5±1/4	93	—
1707/11/21	防長	34.2°	131.7°	5.5	97	—
1723/12/19	肥後・豊後・筑後	32.9°	130.6°	6.5±1/4	172	—
1749/05/25	伊予宇和島	33.2°	132.6°	6 3/4	42	—
1769/08/29	日向・豊後	33.0°	132.1°	7 3/4±1/4	58	—
1778/02/14	石見	34.6°	132.0°	6.5	127	—
1789/05/11	阿波	33.7°	134.3°	7±0.1	186	—
1793/01/13	長門・周防・筑前	34.1°	131.5°	6 1/4 ~6 1/2	101	—
1812/04/21	土佐	33.5°	133.5°	6.0?	110	—
1831/11/14	肥前	33.2°	130.3°	6.1	190	—
1841/11/03	宇和島	33.2°	132.4°	6.0	33	—
1848/01/10	筑後	33.2°	130.4°	5.9	180	—
1854/12/26	伊予西部	33 1/4°	132.0°	7.3~7.5	39	—
1857/07/08	萩	34.4°	131.4°	6.0	131	—
1857/10/12	伊予・安芸	34.0°	132.75°	7 1/4±0.5	70	—
1859/01/05	石見	34.8°	131.9°	6.2±0.2	150	—
1859/10/04	石見	34.5°	132.0°	6.0~6.5	116	—
1872/03/14	石見・出雲 (浜田地震)	35.15°	132.1°	7.1±0.2	186	—
1887/04/29	宮崎県沖	32°	132°	7.1	168	—

発生年月日	震央地名・地震名	緯度	経度	マグニチュード	震央距離 (km)	震源深さ (km)
1889/07/28	熊本	32.8°	130.65°	6.3	173	—
1891/10/16	豊後水道	33.2°	131.8°	6.3	57	—
1894/08/08	熊本県中部	32.85°	131.0°	6.3	141	—
1895/08/27	熊本	32.85°	130.95°	6.3	145	—
1898/04/03	山口県見島	34.6°	131.2°	6.2	160	—
1898/08/10	福岡市付近	33.6°	130.2°	6.0	196	—
1898/08/12	福岡市付近	33.6°	130.2°	5.8	196	—
1898/12/04	九州中央部	32.7°	131.1°	6.7	143	150
1899/11/25	日向灘	32.7°	132.3°	6.9	88	—
1899/11/25	日向灘	31.9°	132.0°	7.1	179	—
1903/03/21	瀬戸内海中部	33.75°	132.25°	6.2	29	—
1903/10/11	日向灘	31.8°	132.0°	6.2	190	—
1905/06/02	安芸灘(芸予地震)	34.1°	132.5°	7 1/4	70	—
1906/03/13	宮崎県沖	32.5°	132.2°	6.4	111	—
1907/03/10	熊本県中部	32.9°	130.7°	5.4	164	—
1909/11/10	宮崎県西部	32.3°	131.1°	7.6	174	150
1911/02/18	宮崎付近	31.9°	131.5°	5.6	192	—
1911/08/22	阿蘇山付近	32.9°	131.0°	5.7	139	—
1913/04/03	宮崎県沖	32.0°	132.0°	6.7	168	—
1913/04/13	日向灘	32.0°	132.0°	6.8	168	—
1916/03/06	大分県北部	33.5°	131.6°	6.1	66	—
1916/08/06	愛媛県宇摩郡関川村	34.0°	133.4°	5.7	116	—
1918/04/02	宮崎県沖	32.0°	132.4°	6.3	166	—
1919/11/01	広島県三次付近	34.8°	132.9°	5.8	155	—
1921/04/19	大分県佐伯付近	32.6°	132.1°	5.5	101	—
1925/08/10	大分県北部	33°25.84′	131°03.78′	4.7	116	0.00
1928/11/05	大分県北部	33°21.72′	131°07.42′	4.7	111	40.00
1929/01/02	大分県西部	33°07.24′	130°52.04′	5.5	140	4.02
1929/05/22	日向灘	31°44.97′	131°53.33′	6.9	198	59.00
1929/08/08	福岡県福岡地方	33°32.35′	130°16.36′	5.1	189	8.83
1930/02/05	福岡県福岡地方	33°27.71′	130°18.78′	5.0	185	0.00

発生年月日	震央地名・地震名	緯度	経度	マグニチュード	震央距離(km)	震源深さ(km)
1930/12/20	広島県北部	34°56.35'	132°50.54'	6.1	168	12.00
1931/11/02	日向灘	31°47.48'	132°00.12'	7.1	191	28.00
1933/04/08	熊本県熊本地方	32°42.46'	130°38.85'	4.3	178	1.00
1934/01/09	徳島県北部	33°58.63'	133°57.68'	5.6	162	36.30
1937/01/27	熊本県熊本地方	32°47.13'	130°48.81'	5.1	160	8.65
1937/02/27	山口県東部	33°51.72'	132°06.94'	6.0	45	63.00
1938/01/02	広島県北部	34°58.98'	133°18.14'	5.5	189	19.00
1939/03/20	日向灘	32°05.07'	131°44.83'	6.5	165.	57.00
1941/04/06	山口県北部	34°31.64'	131°38.05'	6.2	131	1.94
1941/11/19	日向灘	32°07.11'	132°08.05'	7.2	153	33.00
1942/02/22	愛媛県南予地方	33°31.84'	132°22.94'	5.4	8	68.00
1947/05/09	大分県西部	33°23.40'	130°56.50'	5.5	128	1.00
1949/07/12	安芸灘	34°03.03'	132°46.36'	6.2	75	29.00
1950/08/22	島根県西部	35°10.19'	132°38.68'	5.2	189	4.00
1955/07/27	徳島県南部	33°44.00'	134°19.00'	6.4	188	10.00
1966/11/12	有明海	33°04.00'	130°16.00'	5.5	196	20.00
1968/04/01	日向灘	32°17.00'	132°32.00'	7.5	136	30.00
1968/08/06	豊後水道	33°18.00'	132°23.00'	6.6	22	40.00
1969/04/21	日向灘	32°09.00'	132°07.00'	6.5	150	10.00
1970/03/13	広島県北部	34°56.00'	132°49.00'	4.6	167	10.00
1970/07/26	日向灘	32°04.00'	132°02.00'	6.7	160	10.00
1970/09/29	広島県南東部	34°26.00'	133°18.00'	4.9	139	10.00
1972/09/06	有明海	32°45.00'	130°26.00'	5.2	193	10.00
1975/01/23	熊本県阿蘇地方	33°00.00'	131°08.00'	6.1	122	0.00
1975/04/21	大分県西部	33°08.00'	131°20.00'	6.4	99	0.00
1977/05/02	島根県東部	35°09.00'	132°42.00'	5.6	188	10.00
1978/06/04	島根県東部	35°05.00'	132°42.00'	6.1	180	0.00
1979/07/13	山口県東部	33°51.00'	132°03.00'	6.0	47	70.00
1983/08/26	大分県北部	33°33.40'	131°36.30'	6.6	66	116.00
1984/08/07	日向灘	32°23.00'	132°09.20'	7.1	124	33.00
1987/03/18	日向灘	31°58.40'	132°03.70'	6.6	170	48.10

発生年月日	震央地名・地震名	緯度	経度	マグニチュード	震央距離(km)	震源深さ(km)
1987/11/18	山口県東部	34°14.50'	131°27.40'	5.4	115	8.40
1991/10/28	周防灘	33°55.40'	131°09.90'	6.0	116	18.50
1996/10/19	日向灘	31°47.92'	132°00.50'	6.9	190	34.00
1996/12/03	日向灘	31°46.19'	131°40.83'	6.7	200	38.03
1997/06/25	山口県北部	34°26.49'	131°39.97'	6.6	121	8.29
1998/05/23	周防灘	33°42.25'	131°50.53'	5.4	49	85.57
1999/03/09	熊本県阿蘇地方	32°56.23'	131°01.15'	4.8	135	10.21
1999/07/16	広島県南東部	34°25.50'	133°11.66'	4.5	132	19.76
2000/06/08	熊本県熊本地方	32°41.54'	130°45.72'	5.0	169	10.31
2001/03/24	安芸灘 (平成13年芸予地震)	34°07.94'	132°41.62'	6.7	80	46.46
2002/03/25	伊予灘	33°49.48'	132°36.90'	4.7	47	46.22
2002/11/04	日向灘	32°24.76'	131°52.17'	5.9	127	35.19
2005/03/20	福岡県西方沖	33°44.30'	130°10.50'	7.0	200	9.00
2005/06/03	熊本県天草芦北地方	32°29.70'	130°32.80'	4.8	198	11.00
2006/06/12	大分県西部	33°08.00'	131°24.40'	6.2	93	146.00
2006/09/26	伊予灘	33°30.30'	131°53.00'	5.3	40	70.00

※ 本表での被害地震抽出方法

震央が敷地から200km以内の地震について、以下の資料より諸元を抽出し、整理した。

なお、前震、余震と明確に記載されている地震は除外している。

- ・ ~1884年：最新版日本被害地震総覧
- ・ 1885~1922年：宇津(1982)
- ・ 1923~2001年：最新版日本被害地震総覧に掲載されている地震について、諸元を地震年報より抽出
- ・ 2002~2004年：地震月報で被害が発生したと記載されている地震について、諸元を地震年報より抽出
- ・ 2004~2006年：地震月報で被害が発生したと記載されている地震について、諸元を地震月報より抽出

第 2.1-2 表 敷地直下の内陸地殻内地震の諸元

年	月	日	時	分	秒	北緯 (度)	東経 (度)	深さ (km)	M	M 決定方法	震源評価	震源決定に使用 した観測点の数
1997	10	11	6	57	28.7	33.4807	132.2843	0.0	1.9	MV	2	17
1997	10	11	10	30	7.2	33.4798	132.2845	0.0	2.0	MV	2	17
1998	5	24	23	13	55.2	33.4897	132.2728	3.0	1.2	MV	2	13
1998	6	1	3	48	53.5	33.4860	132.2723	3.1	1.1	MV	1	17
1998	6	6	8	53	8.2	33.5015	132.2672	3.7	1.0	MV	1	7
1998	8	5	1	1	25.3	33.4300	132.2432	5.6	1.4	MV	1	17
2000	8	17	2	38	49.2	33.5288	132.2570	7.2	0.7	Mv	1	6
2000	12	26	16	11	2.6	33.4983	132.2825	2.3	0.9	Mv	1	8
2001	5	6	7	35	54.3	33.4888	132.2760	5.6	0.8	MV	1	23
2001	5	6	11	6	11.0	33.4805	132.2812	5.1	0.9	Mv	1	19
2001	5	7	1	8	26.3	33.4885	132.2778	5.3	0.9	Mv	1	16
2001	8	6	4	48	2.3	33.5005	132.2970	8.7	0.6	MV	1	16
2001	9	4	20	11	48.5	33.4768	132.3573	7.9	1.2	MV	1	23
2001	9	13	8	12	11.5	33.4990	132.2735	8.0	0.1	Mv	1	7
2002	1	5	11	1	9.3	33.5022	132.2663	7.2	0.9	MV	1	8
2002	4	16	12	15	25.1	33.5113	132.2947	6.0	0.5	Mv	1	6
2003	1	18	23	58	5.6	33.4943	132.2853	7.3	0.8	MV	1	23
2003	1	19	8	13	59.1	33.4905	132.2832	9.0	0.1	MV	1	9
2003	1	22	14	48	8.9	33.5053	132.2772	8.4	0.1	MV	1	6
2003	1	22	17	41	18.6	33.5015	132.2808	7.9	1.0	MV	1	21
2003	2	28	16	22	47.1	33.4932	132.2653	8.4	0.4	MV	1	11
2004	3	31	11	7	5.3	33.4828	132.3045	7.2	0.6	Mv	1	9
2004	6	9	0	57	40.2	33.5047	132.2515	6.8	0.4	MV	1	19
2004	6	30	16	19	26.8	33.4745	132.3062	7.6	0.9	MV	1	17
2004	10	16	3	53	25.3	33.4863	132.3133	9.0	0.5	MV	1	15
2004	10	16	12	44	1.6	33.4742	132.3210	9.5	0.3	MV	1	8
2004	12	2	4	26	7.1	33.4883	132.3813	5.4	0.4	MV	1	11
2005	2	22	16	57	38.7	33.5075	132.2702	8.1	0.1	MV	1	7
2005	3	3	8	59	50.3	33.4918	132.2738	9.6	0.8	MV	1	8
2005	6	5	5	33	18.7	33.4990	132.2727	7.6	0.1	MV	1	11
2005	9	17	18	51	56.8	33.4072	132.2295	7.2	0.4	MV	1	7
2005	9	20	9	48	6.1	33.4258	132.2185	8.6	0.0	MV	1	8
2005	9	23	15	33	18.8	33.4175	132.2250	8.8	0.3	MV	1	8
2006	7	9	17	55	55.7	33.4632	132.2957	9.5	0.6	MV	1	14
2006	7	9	17	56	9.8	33.4668	132.2938	10.1	0.7	MV	1	15
2006	7	9	19	0	41.7	33.4602	132.3030	9.2	1.0	MV	1	20
2006	7	9	19	39	50.1	33.4668	132.2977	10.3	0.2	MV	1	9
2006	7	9	22	44	38.7	33.4578	132.3012	9.0	1.0	MV	1	17
2006	7	10	3	21	1.9	33.4713	132.2897	11.2	0.0	MV	1	7
2006	7	11	20	44	41.2	33.4825	132.2797	9.6	0.5	MV	1	8
2006	7	21	18	17	3.7	33.4772	132.2840	7.9	0.6	MV	1	12
2006	8	6	9	2	59.2	33.5045	132.2833	6.4	0.4	MV	1	9
2006	8	6	9	3	39.1	33.5032	132.2842	6.8	0.2	MV	1	8
2006	8	9	4	26	33.2	33.4810	132.2875	7.7	1.4	MV	1	20
2006	9	19	18	37	5.9	33.4587	132.2977	9.9	0.2	MV	1	12
2006	9	19	19	35	59.2	33.4643	132.2932	10.5	0.4	MV	1	11
2006	10	14	5	25	42.0	33.4700	132.2952	11.2	0.3	MV	1	8
2006	11	14	9	50	20.5	33.4562	132.2998	9.1	1.3	MV	1	20

○M決定方法の記号

MV：速度マグニチュード

Mv：速度マグニチュード。ただし観測点数2～3点で決定

○震源評価の記号（震源を決定するにあたっての初期条件）

1：深さフリー

2：深さ刻み条件（深さを一定の幅で変化させて計算）で最適解を求めた

敷地を中心に東西約20km，南北約20km，深さ約20km以内で発生した地震

第2. 2-1表 地震カタログによる地震の諸元の比較

発生年月日	震央地名・地震名	第2. 1-1表 宇佐美(2003)、宇津(1982)、JMA			茅野・宇津(2001)			高橋ほか(2008)・ 神田ほか(2008)			松浦ほか(2001, 2003, 2005)		
		緯度	経度	M	緯度	経度	M	緯度	経度	M	緯度	経度	M
684/11/29	土佐その他 南海・東海・ 西海諸道	<i>32 1/4</i> ~ <i>33 1/4°</i>	<i>133. 5</i> ~ <i>135. 0°</i>	<i>8 1/4</i>	33°	135°	8. 3	—	—	—	—	—	—
1498/07/09	日向灘	<i>33. 0°</i>	<i>132 1/4°</i>	<i>7. 0~7. 5</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1649/03/17	安芸・伊予	33. 7°	132. 5°	7±1/4	33. 7°	132. 5°	7. 0	<i>33. 7°</i>	<i>132. 5°</i>	<i>6. 9</i>	—	—	—
1686/01/04	安芸・伊予	34. 0°	132. 6°	7. 0 ~7. 4	34. 0°	132. 6°	7. 2	<i>34. 0°</i>	<i>132. 6°</i>	<i>6. 9</i>	—	—	—
1707/10/28	宝永地震	<i>33. 2°</i>	<i>135. 9°</i>	<i>8. 6</i>	33°	136°	8. 6	—	—	—	—	—	—
1749/05/25	伊予宇和島	33. 2°	132. 6°	6 3/4	33. 2°	132. 6°	6. 8	<i>33. 2°</i>	<i>132. 6°</i>	<i>6. 7</i>	—	—	—
1769/08/29	日向・豊後	33. 0°	132. 1°	7 3/4 ±1/4	33. 0°	132. 1°	7. 8	—	—	—	<i>32. 25°</i>	<i>132. 03°</i>	<i>7. 2</i>
1854/12/24	安政南海地震	<i>33. 0°</i>	<i>135. 0°</i>	<i>8. 4</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1854/12/26	伊予西部	33 1/4°	132. 0°	7. 3 ~7. 5	33. 3°	132. 0°	7. 4	<i>33. 25°</i>	<i>132. 0°</i>	<i>7. 0</i>	—	—	—
1857/10/12	伊予・安芸	34. 0°	132. 75°	7 1/4 ±0. 5	34. 0°	132. 5°	7. 3	<i>34. 0°</i>	<i>132. 75°</i>	<i>6. 8</i>	34. 1°	132. 7°	6. 6
1905/06/02	芸予地震	34. 1°	132. 5°	7 1/4	34. 1°	132. 5°	7. 2	<i>34. 1°</i>	<i>132. 5°</i>	<i>6. 7</i>	—	—	—
1968/08/06	豊後水道	<i>33° 18. 00'</i>	<i>132° 23. 00'</i>	<i>6. 6</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	—

最終的に斜体ゴシックを採用

宇佐美(2003)<sup>(5)</sup>, 宇津(1982)<sup>(6)</sup>, JMA<sup>(9)</sup>, 茅野・宇津(2001)<sup>(7)</sup>, 高橋ほか(2008)<sup>(25)</sup>, 神田ほか(2008)<sup>(26)</sup>, 松浦ほか(2001)<sup>(27)</sup>, 松浦(2003)<sup>(35)</sup>, 松浦ほか(2005)<sup>(36)</sup>



第2. 2-2表 敷地周辺の考慮すべき活断層

番号	断層の名称	断層長さ (km)	断層幅 (km)	Mw <sup>(※1)</sup>	断層最短距離 R (km)
1	敷地前面海域の断層群	約 42	13 <sup>(※2)</sup>	6. 7	約 8
2	伊予断層	約 23	13 <sup>(※2)</sup>	6. 4	約32
3	別府湾一日出生断層帯	約 76	14 <sup>(※3)</sup>	7. 1	約36
4	F-21断層	約 18	13 <sup>(※2)</sup>	6. 3	約17
5	五反田断層	約 13	13 <sup>(※2)</sup>	6. 1	約 9
6	中央構造線断層帯 石鎚山脈北縁西部—伊予灘区間	約130	—	—	約 8
7	中央構造線断層帯 金剛山地東縁—伊予灘区間	約360	—	—	約 8

- (※1) Mwの算定は、断層面積から入倉・三宅(2001)<sup>(42)</sup>を基に算定した  
(※2) 断層幅は、傾斜角度90度、地震発生層2-15km (層厚13km) とした  
(※3) 断層幅は、地震調査委員会(2005)<sup>(40)</sup>にしたがった

第2. 2-3表 考慮すべき南海トラフ沿いの地震(震源域の目安および地震規模)

発生年月日 又は公表年	地震名 (通称)	震源域の目安			地震規模 (M)	断層最短距離 R (km)	備 考
		領域 X	領域 Y	領域 Z			
684年11月29日	土佐その他 南海・東海・西 海諸道	○			8 1/4	72	Rは宝永地震・ 安政南海地震 と同じとした
1707年10月28日	宝永地震	○	○	△ ∩ ○	8. 6	72	RはAndo(1975) <sup>(72)</sup> による
1854年12月24日	安政南海地震	○			8. 4	72	Rは相田(1981) <sup>(73)</sup> による
2001年 (地震調査研究 推進本部)	想定南海地震	○			8. 4	67	Rは中央防災会 議モデルと同 じとした
2003年 (中央防災会議)	想定南海地震	○			8. 6	67	

(凡例：○＝ほぼ全域が震源域、△＝一部が震源域 領域は第2. 1-19図に対応)

第2.2-4表 考慮すべき日向灘のプレート間地震

発生年月日 又は公表年	地震名 (通称)	震央 距離 X (km)	震源 深さ H (km)	断層 最短 距離 R (km)	地震 規模 (M)	備 考
1498年7月9日	日向灘の地震	55	10	56	7 1/4	Hは地震調査委員会(2004) <sup>(30)</sup> による範囲で浅い位置とした
2004年 (地震調査研究 推進本部)	日向灘の地震	78	10~40	49	7.6	R, Xは地震調査委員会(2004) <sup>(30)</sup> の想定を敷地近くに設定した

第2.2-5表 考慮すべき海洋プレート内地震

発生年月日 又は公表年	地震名 (通称)	震央 距離 (km)	震源 深さ (km)	地震 規模 (M)	断層 最短 距離 R (km)	備 考
1649年 3月17日	安芸・伊予の地震	29	40*	6.9	49	Rは震源距離を設定
1854年12月26日	伊予西部の地震	39	52*	7.0	65	Rは震源距離を設定
1968年 8月 6日	豊後水道の地震	22	40	6.6	45	RはShiono&Mikumo (1975) <sup>(74)</sup> による

※ 松崎ほか(2003)<sup>(23)</sup>よりプレート上面を震源深さに設定

第 2.3-1 表 地盤構造モデル

層上面 (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Q 値	根拠
0	5300 ※1	2600 ※1	3.0 ※5	50 ※6	<p>○主に地質調査結果を参照して設定            ※1：試掘坑における測定値            ※2：PS検層における測定値より設定            ※3：<math>\nu=0.34</math>(測定値) および<math>V_p/V_s=\sqrt{2(1-\nu)/(1-2\nu)}</math>より算出            ※4：<math>V_p \approx 6\text{km/s}</math>として、<math>V_s=V_p/1.73</math>            ※5：CH級岩盤の物理試験結果より            ※6：PS検層による測定値より設定            ※7：<math>Q=V_s/15</math></p>
10	5500 ※3	2700 ※2	3.0 ※5	50 ※6	
200	5700 ※3	2800 ※2	3.0 ※5	190 ※7	
2000	6100 ※4	3500 ※4	3.0 ※5	230 ※7	
16000	6700	3870	2.8	400	<p>○Takehi (2004)<sup>(37)</sup>を参照して設定            Takehi (2004)は下記に基づいてモデルを構築</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>下部地殻                上面深さ、V<sub>p</sub>：浅野ほか(1986)<sup>(75)</sup>                Q値：額額・古村(2002)<sup>(76)</sup></li> <li>スラブ                上面深さ：三好・石橋(2004)<sup>(22)</sup>，大倉・瀬野(2002)<sup>(77)</sup>                V<sub>p</sub>，V<sub>s</sub>，Q値：Ohkura(2000)<sup>(78)</sup>，額額・古村(2002)<sup>(76)</sup>                海洋性地殻の2層区分：澁谷(2001)<sup>(79)</sup>，Takahashi et al. (2002)<sup>(80)</sup></li> </ul>
40000	6600	3820	2.8	400	
42000	6700	3870	2.9	400	
46000	8000	4620	3.2	1200	

第 2.3-2 表 主な観測地震の諸元

発震年月時刻	震央地名	北緯 東経	震源 深さ (km)	Mj	気象庁震度階級
1979.07.13 17:10	周防灘	33° 51.0' 132° 3.0'	70	6.0	IV : 松山、下関 III : 宇和島、萩、山口、鳥取、境港、浜田、岡山 広島、呉、徳島市、剣山、高松、多度津、高知 宿毛、佐賀、大分、日田 II : 米子、松江、津山、福山、津、大阪、豊岡、洲本 福岡、飯塚、南阿蘇、熊本、延岡、宮崎 I : 隠岐の島、土佐清水、神戸、姫路、人吉敦賀 田原市、名古屋、和歌山
1983.08.26 05:23	大分県北部	33° 33.4' 131° 36.3'	116	6.6	IV : 広島、松山、宇和島、高知、延岡 III : 福山市、土佐清水、宮崎、豊岡、鳥取、境港 松江、岡山、徳島、高松、山口、下関、南阿蘇 熊本、人吉、大分、日田 II : 室戸市、日南、洲本、浜田、隠岐の島、剣山 伊賀、尾鷲、福岡、佐賀、雲仙 I : 神戸、米子、津山、敦賀、長野、岐阜、三島 名古屋、彦根、京都、中京、大阪、和歌山、串本
1985.05.13 19:41	愛媛県南予	32° 59.9' 132° 35.0'	39	6.0	IV : 宇和島 III : 松山、高知、土佐清水、人吉、大分、延岡、宮崎 II : 熊本、福山、広島、高松、山口、下関、佐賀 I : 天草、岡山、福岡
1988.07.29 18:59	伊予灘	33° 40.9' 132° 30.3'	53	5.1	III : 呉、松山 II : 宇和島、高知、宿毛 I : 広島、山口、大分
1991.01.04 03:36	伊予灘	33° 32.9' 132° 19.1'	58	5.3	III : 広島、松山、大分 II : 福山、宇和島 I : 岡山、徳島、高知、下関、福岡、南阿蘇
1993.08.14 10:29	愛媛県南予	33° 21.1' 132° 32.6'	47	5.3	III : 呉、宇和島、 II : 広島、松山、宿毛、山口、大分 I : 福山、高知、萩、下関、浜田、多度津、福岡 飯塚、南阿蘇、人吉
1993.08.31 00:08	伊予灘	33° 36.2' 132° 28.1'	62	5.1	III : 広島、松山 II : 宇和島、山口、下関 I : 萩、岡山、高知、福岡、飯塚、大分

諸元は気象庁による。

つづく

発震年月時刻	震央地名	北緯 東経	震源 深さ (km)	Mj	気象庁震度階級
2001. 03. 24 15:27	安芸灘 〔2001年〕 芸予地震	34° 7.9' 132° 41.6'	46	6.7	<p>6弱：東広島、熊野、大崎上島</p> <p>5強：北広島、三原、尾道、広島、呉、広島豊浜、音戸東広島市、廿日、府中、海田、江田島、今治西条、上島、松山、愛媛松前、砥部、久万高原愛媛吉田、西予、阿東、岩国、柳井、和木田布施、平生、周防大島</p> <p>5弱：広島三次、安芸高田、北広島、三原、尾道、福山世羅、広島、呉、広島福富、廿日、坂、江田島大崎上島、今治市、新居浜、西条、松山、伊予市東温、宇和島、八幡浜、大洲、内子、伊方町西予、山口、周南、下松、岩国、光、上関田布施、浜田、江津、邑南、高知、佐伯</p> <p>4：広島三次、庄原市、安芸高田、安芸太田、北広島福山、広島府中、神石高原、広島、東広島、廿日今治、新居浜、四国中央、上島、伊予、久万高原宇和島、八幡浜、大洲、内子、伊方、松野、西予愛南、鬼北、萩、阿武、山口、周南、熊毛、防府下松、岩国、下関、宇部、松江、出雲、安来島根斐川、雲南、奥出雲、浜田、益田、仁摩川本、津和野、島根美郷、吉賀、安芸、須崎香美、宿毛、四万十、黒潮、豊後高田、宇佐姫島、国東、大分、臼杵、杵築、日出、佐伯津久見、豊後大野、竹田、湯梨浜、北栄、米子境港、日吉津、伯耆、真庭、岡山、倉敷、玉野笠岡、井原、総社、高梁、和気、早島、里庄矢掛、賀陽、瀬戸内、赤磐、浅口、徳島、小松島石井、藍住、美馬、つるぎ、徳島三好、東みよし海陽、高松、土庄、直島、さぬき、小豆島、丸亀坂出、普通寺、観音寺、宇多津、琴平、多度津三豊、豊中、仁尾、まんのう、綾川、白石みやき、阿蘇、和水、高千穂</p> <p>3 以下については省略</p>
2001. 03. 26 05:40	安芸灘	34° 7.0' 132° 42.5'	46	5.2	<p>5強：東広島</p> <p>4：三原、呉、海田、今治、西条、岩国、周防大島</p> <p>3：広島三次、安芸高田、北広島、三原、尾道、福山広島、呉、広島豊浜、音戸、東広島、広島福富廿日、府中、熊野、坂、江田島、大崎上島、今治新居浜、西条、上島、松山、愛媛松前、砥部久万高原、東温、八幡浜、内子、伊方、西予周南、下松、岩国、柳井、和木、田布施、平生周防大島、浜田、益田、江津、島根美郷</p> <p>2：広島三次、庄原、安芸高田、安芸太田、北広島尾道、福山、広島府中、世羅、広島、呉、東広島廿日、今治、新居浜、四国中央、伊予、久万高原宇和島、愛媛吉田、八幡浜、大洲、内子、伊方松野、西予、愛南、萩、阿武、阿東、山口、熊毛防府、下松、岩国、光、上関、下関、宇部山陽小野田、安来、奥出雲、浜田、益田、仁摩川本、津和野、吉賀、岡山、倉敷、玉野、笠岡井原、和気、早島、里庄、矢掛、浅口、徳島市小松島、徳島三好、高松、土庄、直島、観音寺琴平、多度津、三豊、豊中、仁尾、まんのう綾川、安芸、高知、みやき、姫島、国東、佐伯</p> <p>1 以下については省略</p>

諸元は気象庁による。

つづく

発震年月日時刻	震央地名	北緯 東経	震源 深さ (km)	Mj	気象庁震度階級
2001.04.25 23:40	豊後水道	32° 47.9' 132° 20.3'	39	5.7	<p>4 : 宇和島、西予、愛南、宿毛、佐伯、津久見、延岡</p> <p>3 : 宇和島、愛媛吉田、八幡浜、大洲、内子、松野、西予、愛南町、鬼北、土佐清水、黒潮、姫島、国東、大分、臼杵、由布、佐伯、豊後大野、竹田、直入、延岡、西都、高鍋、門川、北川、椎葉、高千穂、宮崎美郷、南郷、小林、野尻、白石、神埼、産山、阿蘇、阿蘇、富含、益城、宇城、山都、人吉、岡原、多良木、菱刈</p> <p>2 : 今治、西条、松山、久万高原、八幡浜、大洲、内子、伊方、西予、安芸、高知、四万十、中津、豊後高田、宇佐、国東、大分、別府、別府、臼杵、杵築、日出、由布、豊後大野、竹田、久住、九重、日向、新富、川南、宮崎都農、木城、諸塚、日之影、五ヶ瀬、宮崎、日南、国富、綾、都城、小林、高原、佐賀、川副、東与賀、久保田、上峰、白石、みやき、小城、神埼、南阿蘇、熊本、八代、坂本、荒尾、玉名山鹿、菊池、城南、南関、長洲、植木、西原、嘉島、甲佐、熊本美里、宇城、山都、熊本氷川、合志、和水、錦、あさぎり、須恵、深田、湯前、相良、山江、芦北、上天草、阿久根、鹿児島出水、長島、加治木、始良、薩摩川内、さつま、湧水、鹿屋、曾於、淡路、江津、玉野、三原、広島、呉、大竹、東広島、府中、熊野、坂、江田島、広島大崎、徳島、観音寺、多度津、三豊、豊中、まんのう、山口、周南、光、柳井、上関、田布施、平生、周防大島、宇部、久留米、福岡夜須</p> <p>1 : 以下については省略</p>

諸元は気象庁による。

第 2.3-3 表 増幅特性の検討に用いた地震

	年月日	地震名	M <sub>JMA</sub>	深さ (km)	震央距離 (km)	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	観測地点
1	1995. 01. 17	兵庫県南部地震	7. 3	16. 06	280	2. 1	①
2	1997. 03. 26	鹿児島県北西部の地震	6. 6	11. 85	249	0. 9	①
3	1997. 06. 25	山口県北部の地震	6. 6	8. 29	121	2. 7	①
4	2000. 10. 06	鳥取県西部地震	7. 3	8. 96	220	3. 4	②
5	2005. 03. 20	福岡県西方沖地震	7. 0	9. 24	200	1. 9	②

観測地点①：3号原子炉補助建屋基礎上端 EL+3.3m

観測地点②：微小地震計 GL-20m

最大加速度はNS・EWの大きい方

1, 2, 4の地震は震源距離が遠いため厳密には適用範囲外

第 2.3-4 表 到来方向による増幅特性の検討に用いた地震

No.	年	月	日	時	分	震央地名	M	震央距離(km)	深さ(km)	最大加速度(cm/s <sup>2</sup> )
1	1998	7	27	17	53	豊後水道	4.0	39.30	13.8	0.52
2	1998	9	6	6	6	豊後水道	3.2	39.70	13.3	0.14
3	1999	3	9	2	30	豊後水道	2.9	39.00	14.1	0.16
4	1999	9	9	1	59	豊後水道	2.2	38.4	11.2	0.03
5	2000	11	4	23	13	豊後水道	3.1	39.7	11.0	0.05
6	2000	12	31	23	37	愛媛県南西部	3.5	47.50	11.4	0.28
7	2001	3	14	20	46	豊後水道	3.2	39.6	11.4	0.11
8	2001	3	21	1	7	伊予灘	2.2	12.90	3.3	0.44
9	2001	4	29	10	13	周防灘	3.2	55.50	14.4	0.13
10	2001	8	14	5	45	豊後水道	2.5	33.00	12.1	0.10
11	2001	8	14	5	54	豊後水道	2.8	33.00	14.2	0.16
12	2002	4	4	17	59	愛媛県南西部	2.8	50.80	15.0	0.19
13	2002	12	6	22	31	豊後水道	2.9	38.70	10.2	0.08
14	2003	3	26	4	8	豊後水道	4.5	38.90	10.0	2.28
15	2003	4	30	16	37	伊予灘	3.0	34.8	7.1	0.13

全て微小地震計で観測

第 2.4-1(1)表 中央構造線断層帯の断層パラメータ(その1)  
「敷地前面海域の断層群(約42km)」

断層パラメータ		記号	設定値	根拠	
巨視的 パラメータ	断層位置(断層西端)	—	東経: 132° 4' 42" 北緯: 33° 26' 57"		
	走向	$\theta$	N57E		
	傾斜角	$\delta$	90°		
	断層長さ	L	42.0 km		
	断層幅	W	13.0 km		
	断層面積	S	546.0 km <sup>2</sup>		
	断層上端深さ	H	2.0 km		
	破壊伝播形式	—	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	2.2 MPa	楕円クラック	
	地震モーメント	$M_0$	$1.66 \times 10^{19}$ N·m	入倉・三宅(2001) <sup>(42)</sup>	
	モーメントマグニチュード	$M_w$	6.7	Kanamori(1977) <sup>(81)</sup>	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	7.1	武村(1998) <sup>(46)</sup>	
	短周期レベル	A	$1.03 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>	$A=4\pi(S/\pi)^{1/2} \cdot \Delta \sigma \cdot \beta^2$	
微視的 パラメータ	全 アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a}$	$7.30 \times 10^{18}$ N·m	$M_{0a}=\mu D_a S_a$
		面積	$S_a$	120.1 km <sup>2</sup>	$S_a=S \times 22\%$
		平均すべり量	$D_a$	152 cm	$D_a=2.0 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$	10.1 MPa	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma / 0.22$
	第1 アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a1}$	$5.93 \times 10^{18}$ N·m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a1}$	87.4 km <sup>2</sup>	$S_{a1}=S \times 16\%$
		平均すべり量	$D_{a1}$	170 cm	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$
		実効応力	$\sigma_{a1}$	10.1 MPa	$\sigma_{a1}=\Delta \sigma_a$
	第2 アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a2}$	$1.36 \times 10^{18}$ N·m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a2}$	32.8 km <sup>2</sup>	$S_{a2}=S \times 6\%$
		平均すべり量	$D_{a2}$	104 cm	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$
		実効応力	$\sigma_{a2}$	10.1 MPa	$\sigma_{a2}=\Delta \sigma_a$
	峯 部 帯	地震モーメント	$M_{0b}$	$9.29 \times 10^{18}$ N·m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
		面積	$S_b$	425.9 km <sup>2</sup>	$S_b=S-S_a$
		平均すべり量	$D_b$	55 cm	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b$	2.0 MPa	$\sigma_b=0.2 \times \Delta \sigma_a$
その他の 震源パラメータ	剛性率	$\mu$	$4.0 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	76 cm	$D=M_0/(\mu S)$	
	S波速度	$\beta$	3.5 km/s		
	破壊伝播速度	$V_R$	2.5 km/s	Geller(1976) <sup>(82)</sup>	



第 2.4-1(2)表 中央構造線断層帯の断層パラメータ(その2)  
「石鎚山脈北縁西部—伊予灘区間(約130km)」

断層パラメータ		記号	敷地前面海域の断層群	伊予セグメント※	川上セグメント※	全体(約130km)	
巨視的 パラメータ	断層位置(断層西端)	-	東経: 132° 4' 42" 北緯: 33° 26' 57"	東経: 132° 27' 27" 北緯: 33° 39' 18"	東経: 132° 46' 58" 北緯: 33° 46' 33"		
	走向	$\theta$	N57E	N66E	N67E		
	傾斜角	$\delta$	90°	90°	90°		
	断層長さ	L	42.0 km	33.0 km	51.0 km	126.0 km	
	断層幅	W	13.0 km	13.0 km	13.0 km	13.0 km	
	断層面積	S	546.0 km <sup>2</sup>	429.0 km <sup>2</sup>	663.0 km <sup>2</sup>	1638.0 km <sup>2</sup>	
	断層上端深さ	H	2.0km	2.0km	2.0km	2.0km	
	破壊伝播形式	-	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	
	応力降下量	$\Delta\sigma$	2.2 MPa	1.9 MPa	2.5 MPa		
	地震モーメント	$M_0$	1.66E+19 N・m	1.02E+19 N・m	2.45E+19 N・m	5.13E+19 N・m	
	モーメントマグニチュード	$M_w$	6.7	6.6	6.9	7.1	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	7.1	6.9	7.2	7.5	
	短周期レベル	A	1.03E+19 N・m/s <sup>2</sup>	7.99E+18 N・m/s <sup>2</sup>	1.27E+19 N・m/s <sup>2</sup>		
微視的 パラメータ	全アス ベリ テイ	地震モーメント	$M_{0a}$	7.30E+18 N・m	4.50E+18 N・m	1.08E+19 N・m	2.26E+19 N・m
		面積	$S_a$	120.1 km <sup>2</sup>	94.4 km <sup>2</sup>	145.9 km <sup>2</sup>	360.4 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	$D_a$	152 cm	119 cm	184 cm	157 cm
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$	10.1 MPa	8.9 MPa	11.4 MPa	
	第1アス ベリ テイ	地震モーメント	$M_{0a1}$	5.93E+18 N・m		8.75E+18 N・m	
		面積	$S_{a1}$	87.4 km <sup>2</sup>		106.1 km <sup>2</sup>	
		平均すべり量	$D_{a1}$	170 cm		206 cm	
	第2アス ベリ テイ	地震モーメント	$M_{0a2}$	1.36E+18 N・m		2.01E+18 N・m	
		面積	$S_{a2}$	32.8 km <sup>2</sup>		39.8 km <sup>2</sup>	
		平均すべり量	$D_{a2}$	104 cm		126 cm	
	背景領域	地震モーメント	$M_{0b}$	9.29E+18 N・m	5.73E+18 N・m	1.37E+19 N・m	2.87E+19 N・m
		面積	$S_b$	425.9 km <sup>2</sup>	334.6 km <sup>2</sup>	517.1 km <sup>2</sup>	1277.6 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	$D_b$	55 cm	43 cm	66 cm	56 cm
		実効応力	$\sigma_b$	2.0 MPa	1.8 MPa	2.3 MPa	
	その他の 震源パ ラメータ	剛性率	$\mu$	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>
平均すべり量		D	76 cm	60 cm	92 cm	78 cm	
S波速度		$\beta$	3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	
破壊伝播速度		$V_R$	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	

※ 引張性ジョグを含む

第 2.4-1(3)表 中央構造線断層帯の断層パラメータ(その3)  
「金剛山地東縁—伊予灘区間(約360km)」

断層パラメータ		記号	敷地前面海域の断層群	伊予セグメント*	川上セグメント*	讃岐山脈南縁—石鎚山脈北縁東部	紀淡海峡—鳴門海峡	和泉山脈南縁	金剛山脈東縁	全体(約360km)
巨視的パラメータ	断層位置(断層西端)	—	東経: 132° 4' 42" 北緯: 33° 26' 57"	東経: 132° 27' 27" 北緯: 33° 39' 18"	東経: 132° 46' 58" 北緯: 33° 46' 33"	東経: 132° 15' 22" 北緯: 33° 56' 17"	東経: 132° 38' 20" 北緯: 33° 12' 47"	東経: 132° 3' 14" 北緯: 33° 16' 14"	東経: 135° 40' 50" 北緯: 33° 25' 10"	
	走向	$\theta$	N57E	N66E	N67E	N77E	N79.1E	N74E	N16W	
	傾斜角	$\delta$	90°	90°	90°	35°	30°	43°	43°	
	断層長さ	L	42.0 km	33.0 km	51.0 km	132.0 km	40.0 km	60.0 km	12.0 km	370.0 km
	断層幅	W	13.0 km	13.0 km	13.0 km	20.8 km	24.0 km	16.1 km	16.1 km	—
	断層面積	S	546.0 km <sup>2</sup>	429.0 km <sup>2</sup>	663.0 km <sup>2</sup>	2745.6 km <sup>2</sup>	960.0 km <sup>2</sup>	966.0 km <sup>2</sup>	193.2 km <sup>2</sup>	6502.8 km <sup>2</sup>
	断層上端深さ	H	2.0 km	2.0 km	2.0 km	3.0 km	3.0 km	4.0 km	4.0 km	—
	破壊伝播形式	—	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状	同心円状
	応力降下量	$\Delta\sigma$	2.2 MPa	1.9 MPa	2.5 MPa	4.7 MPa	3.0 MPa	4.2 MPa	—	—
	地震モーメント	$M_0$	1.66E+19 N·m	1.02E+19 N·m	2.45E+19 N·m	4.19E+20 N·m	5.13E+19 N·m	5.19E+19 N·m	6.07E+18 N·m	5.80E+20 N·m
モーメントマグニチュード	$M_w$	6.7	6.6	6.9	7.7	7.1	7.1	6.5	7.8	
気象庁マグニチュード	$M_j$	7.1	6.9	7.2	8.3	7.5	7.5	6.7	8.4	
短周期レベル	A	1.03E+19 N·m/s <sup>2</sup>	7.99E+18 N·m/s <sup>2</sup>	1.27E+19 N·m/s <sup>2</sup>	3.97E+19 N·m/s <sup>2</sup>	1.76E+19 N·m/s <sup>2</sup>	2.10E+19 N·m/s <sup>2</sup>	3.65E+18 N·m/s <sup>2</sup>		
微視的パラメータ	全アスベリテイ	地震モーメント	$M_{0a}$	7.30E+18 N·m	4.50E+18 N·m	1.08E+19 N·m	2.62E+20 N·m	2.26E+19 N·m	3.05E+19 N·m	3.38E+20 N·m
		面積	$S_a$	120.1 km <sup>2</sup>	94.4 km <sup>2</sup>	145.9 km <sup>2</sup>	859.4 km <sup>2</sup>	211.2 km <sup>2</sup>	283.5 km <sup>2</sup>	1714.4 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	$D_a$	152 cm	119 cm	184 cm	764 cm	342 cm	344.4 cm	—
		応力降下量	$\Delta\sigma_a$	10.1 MPa	8.9 MPa	11.4 MPa	14.9 MPa	13.9 MPa	14.4 MPa	—
	第1アスベリテイ	地震モーメント	$M_{0a1}$	5.93E+18 N·m		8.75E+18 N·m	1.49E+19 N·m		2.25E+19 N·m	
		面積	$S_{a1}$	87.4 km <sup>2</sup>		106.1 km <sup>2</sup>	84.6 km <sup>2</sup>		189.0 km <sup>2</sup>	
		平均すべり量	$D_{a1}$	170 cm		206 cm	440 cm		382 cm	
		実効応力	$\sigma_{a1}$	10.1 MPa		11.4 MPa	14.9 MPa		14.4 MPa	
	第2アスベリテイ	地震モーメント	$M_{0a2}$	1.36E+18 N·m		2.01E+18 N·m	4.21E+19 N·m		7.96E+18 N·m	
		面積	$S_{a2}$	32.8 km <sup>2</sup>		39.8 km <sup>2</sup>	169.3 km <sup>2</sup>		94.5 km <sup>2</sup>	
		平均すべり量	$D_{a2}$	104 cm		126 cm	622 cm		270 cm	
		実効応力	$\sigma_{a2}$	10.1 MPa		11.4 MPa	14.9 MPa		14.4 MPa	
	第3アスベリテイ	地震モーメント	$M_{0a3}$				6.87E+19 N·m			
		面積	$S_{a3}$				234.4 km <sup>2</sup>			
		平均すべり量	$D_{a3}$				732 cm			
		実効応力	$\sigma_{a3}$				14.9 MPa			
	第4アスベリテイ	地震モーメント	$M_{0a4}$				1.37E+20 N·m			
		面積	$S_{a4}$				371.1 km <sup>2</sup>			
		平均すべり量	$D_{a4}$				922 cm			
		実効応力	$\sigma_{a4}$				14.9 MPa			
背景領域	地震モーメント	$M_{0b}$	9.29E+18 N·m	5.73E+18 N·m	1.37E+19 N·m	1.57E+20 N·m	2.87E+19 N·m	2.14E+19 N·m	6.07E+18 N·m	2.42E+20 N·m
	面積	$S_b$	425.9 km <sup>2</sup>	334.6 km <sup>2</sup>	517.1 km <sup>2</sup>	1886.2 km <sup>2</sup>	748.8 km <sup>2</sup>	682.5 km <sup>2</sup>	193.2 km <sup>2</sup>	4788.4 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_b$	55 cm	43 cm	66 cm	208 cm	123 cm	101 cm	101 cm	—
	実効応力	$\sigma_b$	2.0 MPa	1.8 MPa	2.3 MPa	3.0 MPa	2.8 MPa	3.2 MPa	3.2 MPa	—
その他の震源パラメータ	剛性率	$\mu$	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>	3.12E+10 N/m <sup>2</sup>	3.12E+10 N/m <sup>2</sup>	3.12E+10 N/m <sup>2</sup>	
	平均すべり量	D	76 cm	60 cm	92 cm	382 cm	171 cm	172 cm	101 cm	
	S波速度	$\beta$	3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	3.5 km/s	3.4 km/s	3.4 km/s	3.4 km/s	
	破壊伝播速度	$V_R$	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	2.5 km/s	2.4 km/s	2.4 km/s	2.4 km/s	

※ 引張性ジョグを含む

第 2.4-2 表 検討用地震の選定結果

分 類	検討用地震	マグニ チュード M	等価 震源 距離 Xeq (km)	断層 最短 距離 R (km)
内陸地殻内地震	中央構造線断層帯 (敷地前面海域の断層群 約42km)	7.1 <sup>※1</sup>	14.8	8.1
プレート間地震	想定南海地震	8.6 <sup>※2</sup>	156	67
海洋プレート内 地震	想定敷地下方の スラブ内地震	7.0	49	42

※1 第2.4-1表より

※2 中央防災会議(2003)<sup>(33)</sup>のM<sub>w</sub>と同じとした。

第 3.1-1 表 震源の不確かさの考え方

項 目	地震動への影響度合	他のパラメータとの相関	内陸地殻内地震		プレート間地震	海洋プレート内地震	
			中央構造線断層帯による地震 (敷地前面海域の断層群による地震)		想定南海地震	想定敷地下方のスラブ内地震	
基本震源モデル	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本震源モデルの考え方</li> </ul> <p>事前の詳細な調査や経験に基づいた結果をもとに設定されるものを基本震源モデルとする</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>伊方沖のジョグで区分する考え方もあるが、地震動評価上は一連のものとして、長さ42kmと評価</li> <li>セグメント区分(130km連動, 360km連動)による影響は小さいため長さ42kmで代表させて検討</li> <li>横ずれ断層メカニズムであることから、傾斜角度を90度に設定</li> <li>アスペリティの平面的位置は断層の分布形態から設定</li> <li>断層パラメータは、強震動予測レシピにしたがって設定</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>既往の知見として過去の最大震度分布が再現できる中央防災会議の震源モデルを、基本震源モデルと考える</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地への影響が最も大きい1649年安芸・伊予の地震を基本モデルとする</li> </ul>	
不確かさの考慮	巨視的断層パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>震源位置</li> <li>断層面積</li> <li>地震モーメント</li> </ul>	大	有	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質境界としての中央構造線が、深部探査結果から緩傾斜であることを考慮し、傾斜角度を北傾斜30度として設定。そして、地震発生層下端まで広がっているものとし、傾斜角を30度とした最大の断層幅を設定</li> <li>引張性ジョグを震源断層面に含めた断層モデルを設定(長さ54km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>不確かさとして地震規模を考慮するが、基本モデルに既に折り込み済み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>震源位置の不確かさとして敷地下方に震源断層を設定</li> <li>地震規模の不確かさとして敷地付近の、スラブ内地震と考えられる既往最大の規模(1854年伊予西部の地震、M7.0)を考慮</li> <li>断層パラメータは、2001年芸予地震の断層パラメータを参考に設定</li> </ul>
	微視的断層パラメータ	アスペリティの位置	大	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>アスペリティの深さを安全側に上端に設定</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>巨視的パラメータに不確かさを考慮することで間接的に考慮</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>巨視的パラメータに不確かさを考慮することで間接的に考慮</li> </ul>
		アスペリティの面積、応力降下量、すべり量	大	有	<ul style="list-style-type: none"> <li>巨視的パラメータに不確かさを考慮することで間接的に考慮</li> <li>新潟県中越沖地震の知見を反映して基本モデルの1.5倍の応力降下量を考慮</li> </ul>		
その他のパラメータ	破壊開始点	大	無	<ul style="list-style-type: none"> <li>アスペリティモデルの破壊が敷地に向かう方向となる厳しい条件3個所について評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アスペリティモデルの破壊が敷地に向かう方向となる厳しい条件3個所について評価</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アスペリティモデルの破壊が敷地に向かう方向となる厳しい条件3個所について評価</li> </ul>	
	破壊伝播速度	小	無	地震動への影響の程度が小さいと考えられるため考慮しない			

第 3.1-2 表 地震動評価の検討ケース一覧

地震の分類	検討用 地震名称	基本的な震源要素			不確かさを考慮し た検討用地震名称	不確かさの考慮		
		応答スペク トルに基づ いた地震動 評価※1	断層モデルを用いた手法 による地震動評価			応答スペク トルに基づ いた地震動 評価※1	断層モデルを用いた手法 による地震動評価	
		震源設定	震源設定	評価手法		震源設定	震源設定	評価手法
内陸地殻内 地震	中央構造線 断層帯 による地震  (敷地前面 海域の断層群 による地震)	傾斜角 90度	・ 傾斜角90度 ・ アスペリティ 深さ中央 ・ 破壊開始点3 個所	・ 経験的手法	想定敷地前面海域の 断層群による地震①	傾斜角 90度	・ 傾斜角90度 ・ アスペリティ深さ上端 ・ 破壊開始点3個所	・ 経験的手法
					想定敷地前面海域の 断層群による地震②	傾斜角 30度	・ 傾斜角30度 ・ アスペリティ深さ中央 ・ 破壊開始点3個所	・ 経験的手法
					想定敷地前面海域の 断層群による地震③	傾斜角 30度	・ 傾斜角30度 ・ アスペリティ深さ上端 ・ 破壊開始点3個所	・ 経験的手法 ・ ハイブリッ ド合成法
					想定敷地前面海域の 断層群による地震④	断層長さ 54km	・ 断層長さ54km ・ 破壊開始点3個所	・ 経験的手法
					想定敷地前面海域の 断層群による地震⑤	※2	・ 応力降下量を基本モデル の1.5倍 ・ アスペリティ深さ中央 ・ 破壊開始点3個所	・ 経験的手法
					想定敷地前面海域の 断層群による地震⑥	※2	・ 応力降下量を基本モデル の1.5倍 ・ アスペリティ深さ上端 ・ 破壊開始点3個所	・ 経験的手法
プレート間 地震	想定南海地震	中央防災会 議による断 層モデル	地震規模や破壊開始点を保守的に評 価	想定南海地震	中央防災会 議による断 層モデル	・ 破壊開始点1個所	・ 経験的手法 ・ ハイブリッ ド合成法	
海洋 プレート内 地震	想定敷地下方 のスラブ内 地震	M6.9	1649年安芸・伊予の地震	想定敷地下方のスラ ブ内地震	M7.0 敷地下方	・ 2001年芸予地震モデルを 基にしてM7.0の断層モデ ルを敷地下方に設定 ・ 破壊開始点3個所	・ 経験的手法 ・ ハイブリッ ド合成法	

※1 海洋プレート内地震の応答スペクトルに基づいた地震動評価に地震観測記録を用いた補正係数を用いる。内陸地殻内地震・プレート間地震は、適切な地震観測記  
録がないためNoda et al. (2002)による評価をそのまま用いる

※2 応答スペクトル手法では、内陸地震補正を適用しないことで、震源特性の不確かさ（応力降下量1.5倍）を考慮済みと評価される

第 3.1-3 表 中央構造線断層帯における不確かさの考慮

パラメータ		基本震源モデル設定根拠	不確かさ考慮の有無		備考	
巨視的 パラメータ	①断層長さ	セグメント区分	○地質調査結果に基づいて設定。伊方沖ジョグで区分する考えもあるが、安全側に一連のものと評価して工学的に長さ42kmと設定 ○セグメント区分(130km連動, 360km連動)による影響は小さいため長さ42kmで代表させて検討	無	—	
		引張性ジョグの評価	地質調査結果に基づいて設定。伊方沖ジョグで区分する考えもあるが、安全側に一連のものと評価して工学的に長さ42kmと設定同上	有	串沖ジョグ、三崎沖ジョグの半分の長さを震源断層に含めた54kmを設定	
	②断層幅	地震発生層上下端深さ及び断層傾斜角の値に基づき地震発生層を飽和するように13kmと設定	有	断層傾斜角の不確かさを考慮することに伴い、地震発生層を飽和する断層幅26kmを設定	③に従属	
	③断層傾斜角	横ずれ断層の一般的な傾斜角として90度と設定	有	地質調査結果から、断層面が地質境界としての中央構造線と一致する可能性を考慮し、北傾斜30度と設定		
	④地震発生層	屈折法地震探査断面から上端を2km、JNES(2004) <sup>(12)</sup> によるD90他から下端を15kmと設定	無	上端深さは調査結果に基づくものであり、また下端深さは至近年の地震発生状況や地震波トモグラフィー等と照らしても妥当と判断されるため、不確かさの考慮は行わない		
	⑤マグニチュード ※	断層面積から入倉・三宅(2001) <sup>(42)</sup> に基づきMj7.1を設定	有	傾斜角に不確かさを考慮することに伴い、Mj7.6と設定 長さに不確かさを考慮することに伴い、54kmモデルではMj7.3と設定	③に従属 ①に従属	
	⑥地震モーメント	断層面積から入倉・三宅(2001) <sup>(42)</sup> に基づき設定	有	傾斜角及び長さの不確かさを考慮することに伴い、断層面積から入倉・三宅(2001) <sup>(42)</sup> に基づき設定	①③に従属	
⑦平均すべり量	地震モーメント及び断層面積から設定	有	傾斜角及び長さの不確かさを考慮することに伴い、地震モーメント及び断層面積から設定	①③に従属		
微視的 パラメータ	⑧アスペリティの位置、数	位置は引張性ジョグの分布等から設定し、数は強震動予測レシピに準拠	無	地質調査の結果に基づいているため不確かさの考慮は行わない		
	⑨アスペリティの深さ	断層面の中心の深さに設定	有	不確かさを考慮して断層上端に設定		
	⑩アスペリティの総面積、各アスペリティの面積	強震動予測レシピに基づいて断層面積の22%と設定	有	傾斜角及び長さの不確かさを考慮することに伴い、断層面積に応じて設定 中越沖地震の知見を反映して応力降下量の1.5倍を考慮	①③に従属	
	⑪各アスペリティの応力降下量、平均すべり量	強震動予測レシピに基づき設定	有	傾斜角及び長さの不確かさを考慮することに伴い、断層面積に応じて設定 中越沖地震の知見を反映して応力降下量の1.5倍を考慮	①③に従属	
	⑫背景領域の実効応力、平均すべり量	強震動予測レシピに基づき設定	有	傾斜角及び長さの不確かさを考慮することに伴い、断層面積に応じて設定	①③に従属	
	⑬すべり速度時間関数	基準地震動には壇・佐藤(1998) <sup>(83)</sup> による経験的グリーン関数法を採用しており、すべり時間関数は用いていない	無	考慮しない		
	⑭高周波遮断周波数	観測記録の値を採用	無	強震動予測レシピよりも安全側の値を用いているため、不確かさの考慮は行わない		
その他の 震源 パラメータ	⑮破壊伝播速度	強震動予測レシピに基づき設定	無	他のパラメータの不確かさ考慮による影響の方が大きいと判断し、不確かさの考慮は行わない		
	⑯破壊開始点	敷地への影響が大きくなるように設定	有	敷地との位置関係を考慮し、複数ケース(西下端、中央下端、東下端)を設定		
	⑰破壊伝播様式	強震動予測レシピに基づき放射状の破壊伝播を設定	無	破壊が敷地に向かうように破壊開始点を設定しているため、不確かさの考慮は行わない		

※：セグメント区分による影響評価では、130kmモデルでMj7.5、360kmモデルでMj8.4を設定  
基準地震動Ssの妥当性確認においては、130kmスケールモデルも想定(Mj7.9)

第 3.1-4 表 中央構造線断層帯の地震動評価の検討ケース一覧

【不確かさ考慮ケース】

No.	検討ケース	断層長さ (km)	断層 傾斜角 (度)	Mj	アスペリ ティの 深さ	アスペリティ 応力降下量 (MPa)	破壊開始点 ※1	地震動 評価への 影響度	備考
0	基本震源モデル	42	90	7.1	中位	10.1	3ケース	—	地質調査の結果からは伊方沖ジョグで東西に 区分する見解もありうるが保守的に一連のもの として評価
1	アスペリティの深さ考慮	42	90	7.1	断層上端	10.1	3ケース	中	
2	断層傾斜角考慮	42	30	<u>7.6</u>	中位	<u>14.8</u>	3ケース	中	
3	断層傾斜角及びアスペリ ティの深さ考慮	42	30	<u>7.6</u>	断層上端	<u>14.8</u>	3ケース	大	基準地震動Ss-2に採用
4	ジョグ考慮	54	90	<u>7.3</u>	中位	<u>11.8</u>	3ケース	中	ジョグの半分の長さを震源断層に含めたモデル
5	応力降下量1.5倍	42	90	7.1	中位	15.2	3ケース	中	中越沖地震の知見反映
6	応力降下量1.5倍及びアス ペリティの深さ考慮	42	90	7.1	断層上端	15.2	3ケース	大	中越沖地震の知見反映

【セグメント区分による影響評価】

—	130km連動	126	90 ※2	<u>7.5</u>	中位	10.1 ※2	東下端	小	地震調査委員会のモデルに準拠
—	360km連動	370	90 ※2	<u>8.4</u>	中位	10.1 ※2	紀淡一和泉 境界下端	小	地震調査委員会のモデルに準拠

【基準地震動Ssの妥当性確認】

—	130km連動 (スケーリング)	126	90 ※2	7.9	中位	<u>13.3</u> ※2	東下端	大	地震調査委員会のモデルに準拠
---	---------------------	-----	----------	-----	----	-------------------	-----	---	----------------

■：不確かさを考慮して設定したパラメータ

下線数値：従属的に不確かさを考慮したパラメータ

※1：破壊開始点の3ケースは、断層西下端、断層中央下端、断層東下端

※2：敷地前面海域セグメントにおける設定値

第 3.1-5(1) 表 「敷地前面海域の断層群」の断層パラメータ(傾斜角 90 度)

断層パラメータ		記号	設定値	根拠	
巨視的 パラメータ	断層位置 (断層西端)	—	東経 : 132° 4' 42" 北緯 : 33° 26' 57"		
	走向	$\theta$	N57E		
	傾斜角	$\delta$	90°		
	断層長さ	L	42.0 km		
	断層幅	W	13.0 km		
	断層面積	S	546.0 km <sup>2</sup>		
	断層上端深さ	H	2.0 km		
	破壊伝播形式	—	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	2.2 MPa	楕円クラック	
	地震モーメント	$M_0$	$1.66 \times 10^{19}$ N·m	入倉・三宅(2001)	
	モーメントマグニチュード	$M_w$	6.7	Kanamori(1977)	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	7.1	武村(1998)	
	短周期レベル	A	$1.03 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>	$A=4\pi(S/\pi)^{1/2} \cdot \Delta\sigma \cdot \beta^2$	
微視的 パラメータ	全 ア ス ペ リ テ ィ ス ト	地震モーメント	$M_{0a}$	$7.30 \times 10^{18}$ N·m	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
		面積	$S_a$	120.1 km <sup>2</sup>	$S_a = S \times 22\%$
		平均すべり量	$D_a$	152 cm	$D_a = 2.0 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$	10.1 MPa	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma / 0.22$
	第 1 ア ス ペ リ テ ィ ス ト	地震モーメント	$M_{0a1}$	$5.93 \times 10^{18}$ N·m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a1}$	87.4 km <sup>2</sup>	$S_{a1} = S \times 16\%$
		平均すべり量	$D_{a1}$	170 cm	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
		実効応力	$\sigma_{a1}$	10.1 MPa	$\sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	第 2 ア ス ペ リ テ ィ ス ト	地震モーメント	$M_{0a2}$	$1.36 \times 10^{18}$ N·m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a2}$	32.8 km <sup>2</sup>	$S_{a2} = S \times 6\%$
		平均すべり量	$D_{a2}$	104 cm	$D_{a2} = M_{0a2} / (\mu S_{a2})$
		実効応力	$\sigma_{a2}$	10.1 MPa	$\sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$
	第 3 ア ス ペ リ テ ィ ス ト	地震モーメント	$M_{0b}$	$9.29 \times 10^{18}$ N·m	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
		面積	$S_b$	425.9 km <sup>2</sup>	$S_b = S - S_a$
		平均すべり量	$D_b$	55 cm	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b$	2.0 MPa	$\sigma_b = 0.2 \times \Delta \sigma_a$
その 他 の 震 源 パ ラ メ ー タ	剛性率	$\mu$	$4.0 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	76 cm	$D = M_0 / (\mu S)$	
	S波速度	$\beta$	3.5 km/s		
	破壊伝播速度	$V_R$	2.5 km/s	Geller(1976)	



第 3.1-5(2) 表 「敷地前面海域の断層群」の断層パラメータ(傾斜角 30 度)

断層パラメータ		記号	設定値	根拠	
巨視的 パラメータ	断層位置 (断層西端)	—	東経 : 132° 4' 42" 北緯 : 33° 26' 57"		
	走向	$\theta$	N57E		
	傾斜角	$\delta$	北傾斜30°		
	断層長さ	L	42.0 km		
	断層幅	W	26.0 km		
	断層面積	S	1092.0 km <sup>2</sup>		
	断層上端深さ	H	2.0km		
	破壊伝播形式	—	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	3.3MPa	楕円クラック	
	地震モーメント	$M_0$	$6.63 \times 10^{19}$ N·m	入倉・三宅(2001)	
	モーメントマグニチュード	$M_W$	7.1	Kanamori(1977)	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	7.6	武村(1998)	
	短周期レベル	A	$2.13 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>	$A=4\pi(S/\pi)^{1/2} \cdot \Delta \sigma \cdot \beta^2$	
微視的 パラメータ	全 ア ス ペ クト	地震モーメント	$M_{0a}$	$2.92 \times 10^{19}$ N·m	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
		面積	$S_a$	240.2 km <sup>2</sup>	$S_a = S \times 22\%$
		平均すべり量	$D_a$	304 cm	$D_a = 2.0 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$	14.8 MPa	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma / 0.22$
	第 1 ア ス ペ クト	地震モーメント	$M_{0a1}$	$2.37 \times 10^{19}$ N·m	S <sup>1.5</sup> 比で配分
		面積	$S_{a1}$	174.7 km <sup>2</sup>	$S_{a1} = S \times 16\%$
		平均すべり量	$D_{a1}$	340 cm	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
		実効応力	$\sigma_{a1}$	14.8 MPa	$\sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	第 2 ア ス ペ クト	地震モーメント	$M_{0a2}$	$5.45 \times 10^{18}$ N·m	S <sup>1.5</sup> 比で配分
		面積	$S_{a2}$	65.5 km <sup>2</sup>	$S_{a2} = S \times 6\%$
		平均すべり量	$D_{a2}$	208 cm	$D_{a2} = M_{0a2} / (\mu S_{a2})$
		実効応力	$\sigma_{a2}$	14.8 MPa	$\sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$
	第 3 ア ス ペ クト	地震モーメント	$M_{0b}$	$3.71 \times 10^{19}$ N·m	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
		面積	$S_b$	851.8 km <sup>2</sup>	$S_b = S - S_a$
		平均すべり量	$D_b$	109 cm	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b$	3.0 MPa	$\sigma_b = 0.2 \times \Delta \sigma_a$
その他の 震源パラ メータ	剛性率	$\mu$	$4.0 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	152 cm	$D = M_0 / (\mu S)$	
	S波速度	$\beta$	3.5 km/s		
	破壊伝播速度	$V_R$	2.5 km/s	Geller(1976)	

第 3.1-5(3)表 「敷地前面海域の断層群」の断層パラメータ(ジョグ考慮)

断層パラメータ		記号	設定値	根拠	
巨視的 パラメータ	断層位置 (断層西端)	—	東経 : 132° 1' 42" 北緯 : 33° 25' 20"		
	走向	$\theta$	N57E		
	傾斜角	$\delta$	90°		
	断層長さ	L	54.0 km		
	断層幅	W	13.0 km		
	断層面積	S	702.0 km <sup>2</sup>		
	断層上端深さ	H	2.0 km		
	破壊伝播形式	—	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	2.6 MPa	楕円クラック	
	地震モーメント	$M_0$	$2.74 \times 10^{19}$ N·m	入倉・三宅(2001)	
	モーメントマグニチュード	$M_W$	6.9	Kanamori(1977)	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	7.3	武村(1998)	
	短周期レベル	A	$1.36 \times 10^{19}$ N·m/s <sup>2</sup>	$A=4\pi(S/\pi)^{1/2} \cdot \Delta \sigma \cdot \beta^2$	
微視的 パラメータ	全 断層	地震モーメント	$M_{0a}$	$1.21 \times 10^{19}$ N·m	$M_{0a}=\mu D_a S_a$
		面積	$S_a$	154.4 km <sup>2</sup>	$S_a=S \times 22\%$
		平均すべり量	$D_a$	195 cm	$D_a=2.0 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$	11.8 MPa	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma / 0.22$
	第1 断層	地震モーメント	$M_{0a1}$	$9.81 \times 10^{18}$ N·m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a1}$	112.3 km <sup>2</sup>	$S_{a1}=S \times 16\%$
		平均すべり量	$D_{a1}$	218 cm	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$
		実効応力	$\sigma_{a1}$	11.8 MPa	$\sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	第2 断層	地震モーメント	$M_{0a2}$	$2.25 \times 10^{18}$ N·m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a2}$	42.1 km <sup>2</sup>	$S_{a2}=S \times 6\%$
		平均すべり量	$D_{a2}$	134 cm	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$
		実効応力	$\sigma_{a2}$	11.8 MPa	$\sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$
	第3 断層	地震モーメント	$M_{0b}$	$1.54 \times 10^{19}$ N·m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
		面積	$S_b$	547.6 km <sup>2</sup>	$S_b=S-S_a$
		平均すべり量	$D_b$	70 cm	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b$	2.4 MPa	$\sigma_b=0.2 \times \Delta \sigma_a$
その他の 震源パラメータ	剛性率	$\mu$	$4.0 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	98 cm	$D=M_0/(\mu S)$	
	S波速度	$\beta$	3.5 km/s		
	破壊伝播速度	$V_R$	2.5 km/s	Geller(1976)	

第 3.1-5(4)表 「敷地前面海域の断層群」の断層パラメータ(応力降下量 1.5 倍)

断層パラメータ		記号	設定値	根拠	
巨視的 パラメータ	断層位置 (断層西端)	—	東経 : 132° 4' 42" 北緯 : 33° 26' 57"		
	走向	$\theta$	N57E		
	傾斜角	$\delta$	90°		
	断層長さ	L	42.0 km		
	断層幅	W	13.0 km		
	断層面積	S	546.0 km <sup>2</sup>		
	断層上端深さ	H	2.0 km		
	破壊伝播形式	—	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	3.3 MPa	基本モデル(2.2MPa) × 1.5倍	
	地震モーメント	$M_0$	$1.66 \times 10^{19}$ N・m	入倉・三宅(2001)	
	モーメントマグニチュード	$M_W$	6.7	Kanamori (1977)	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	7.1	武村(1998)	
	短周期レベル	A	$1.54 \times 10^{19}$ N・m/s <sup>2</sup>	$A=4\pi(S/\pi)^{1/2} \cdot \Delta \sigma \cdot \beta^2$	
微視的 パラメータ	全 断層	地震モーメント	$M_{0a}$	$7.30 \times 10^{18}$ N・m	$M_{0a}=\mu D_a S_a$
		面積	$S_a$	120.1 km <sup>2</sup>	$S_a=S \times 22\%$
		平均すべり量	$D_a$	152 cm	$D_a=2.0 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$	15.2 MPa	基本モデル(10.1MPa) × 1.5倍
	断層 1	地震モーメント	$M_{0a1}$	$5.93 \times 10^{18}$ N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a1}$	87.4 km <sup>2</sup>	$S_{a1}=S \times 16\%$
		平均すべり量	$D_{a1}$	170 cm	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$
		実効応力	$\sigma_{a1}$	15.2 MPa	基本モデル(10.1MPa) × 1.5倍
	断層 2	地震モーメント	$M_{0a2}$	$1.36 \times 10^{18}$ N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a2}$	32.8 km <sup>2</sup>	$S_{a2}=S \times 6\%$
		平均すべり量	$D_{a2}$	104 cm	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$
		実効応力	$\sigma_{a2}$	15.2 MPa	基本モデル(10.1MPa) × 1.5倍
	断層 3	地震モーメント	$M_{0b}$	$9.29 \times 10^{18}$ N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
		面積	$S_b$	425.9 km <sup>2</sup>	$S_b=S-S_a$
		平均すべり量	$D_b$	55 cm	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b$	3.0 MPa	基本モデル(2.0MPa) × 1.5倍
その他の 震源パラ メータ	剛性率	$\mu$	$4.0 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	76 cm	$D=M_0/(\mu S)$	
	S波速度	$\beta$	3.5 km/s		
	破壊伝播速度	$V_R$	2.5 km/s	Geller(1976)	

第 3.1-6 表 「想定南海地震」の断層パラメータ

断層パラメータ		記号	設定値	根拠	
巨視的 パラメータ	断層面積	S	37,000 km <sup>2</sup>	中央防災会議(2003) <sup>(33)</sup>	
	破壊伝播形式	-	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	3.00 MPa		
	地震モーメント	M <sub>0</sub>	8.76E+21 N・m		
	モーメントマグニチュード	M <sub>W</sub>	8.6		
	気象庁マグニチュード	M <sub>J</sub>	8.6		
微視的 パラメータ	全アスベリテイ	地震モーメント	M <sub>0a</sub>		4.15E+21 N・m
		面積	S <sub>a</sub>		8884 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	D <sub>a</sub>		11.4 m
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$		24.6 MPa
	第1アスベリテイ	地震モーメント	M <sub>0a1</sub>		4.32E+20 N・m
		面積	S <sub>a1</sub>		1222 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	D <sub>a1</sub>		8.6 m
		実効応力	$\sigma_{a1}$		24.6 MPa
	第2-1アスベリテイ	地震モーメント	M <sub>0a2</sub>		1.46E+21 N・m
		面積	S <sub>a2</sub>		2758.0 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	D <sub>a2</sub>		12.9 m
		実効応力	$\sigma_{a2}$		24.6 MPa
	第2-2アスベリテイ	地震モーメント	M <sub>0a2</sub>		4.34E+20 N・m
		面積	S <sub>a2</sub>		1226.0 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	D <sub>a2</sub>		8.6 m
		実効応力	$\sigma_{a2}$		24.6 MPa
	第3アスベリテイ	地震モーメント	M <sub>0a3</sub>		1.63E+21 N・m
		面積	S <sub>a3</sub>		2963 km <sup>2</sup>
		平均すべり量	D <sub>a3</sub>	13.4 m	
		実効応力	$\sigma_{a3}$	24.6 MPa	
	第4アスベリテイ	地震モーメント	M <sub>0a4</sub>	1.93E+20 N・m	
		面積	S <sub>a4</sub>	715 km <sup>2</sup>	
		平均すべり量	D <sub>a4</sub>	6.6 m	
		実効応力	$\sigma_{a4}$	24.6 MPa	
背景領域	地震モーメント	M <sub>0b</sub>	4.60E+21 N・m		
	面積	S <sub>b</sub>	28100 km <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D <sub>b</sub>	4.0 m		
	実効応力	$\sigma_b$	2.4 MPa		
その他の 震源パラメータ	剛性率	$\mu$	4.10E+10 N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	5.8 m		
	S波速度	$\beta$	3.82 km/s		
	破壊伝播速度	V <sub>R</sub>	2.7 km/s		
	高周波遮断周波数	Fmax	6.0 Hz		

第 3.1-7 表 「想定敷地下方のスラブ内地震」の断層パラメータ

断層パラメータ		記号	設定値	根拠	
巨視的 パラメータ	断層位置 (断層北端)	—	東経 : 132° 22' 15" 北緯 : 33° 33' 6"		
	走向	$\theta$	N180E	2001芸予	
	傾斜角	$\delta$	55°	2001芸予	
	断層長さ	L	31.5 km		
	断層幅	W	15.0 km		
	断層面積	S	462.0 km <sup>2</sup>	2001芸予をスケールリング( $\propto M_0^{2/3}$ )	
	断層上端深さ	H	41.0km	微小地震観測	
	破壊伝播形式	—	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	9.78MPa	円形クラック	
	地震モーメント	$M_0$	$3.98 \times 10^{19}$ N・m	$M_0=10^{1.5M_w+9.1}$	
	モーメントマグニチュード	$M_w$	7.0	$M_w=M_J$	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	7.0	敷地周辺の最大値	
	短周期レベル	A	$7.96 \times 10^{19}$ N・m/s <sup>2</sup>	$A=4\pi(S/\pi)^{1/2} \cdot \Delta \sigma \cdot \beta^2$	
微視的 パラメータ	全スラブ	地震モーメント	$M_{0a}$	$7.96 \times 10^{18}$ N・m	$M_{0a}=\mu D_a S_a$
		面積	$S_a$	46.2 km <sup>2</sup>	$S_a=0.1S$ (2001芸予)
		平均すべり量	$D_a$	326 cm	$D_a=2.0D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$	97.8 MPa	$\Delta \sigma_a=\Delta \sigma/0.1$
	第1スラブ	地震モーメント	$M_{0a1}$	$6.48 \times 10^{18}$ N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a1}$	33.6 km <sup>2</sup>	$S_{a1}=S_a \times 16\%/22\%$
		平均すべり量	$D_{a1}$	365 cm	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$
		実効応力	$\sigma_{a1}$	97.8 MPa	$\sigma_{a1}=\Delta \sigma_a$
	第2スラブ	地震モーメント	$M_{0a2}$	$1.49 \times 10^{18}$ N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a2}$	12.6 km <sup>2</sup>	$S_{a2}=S_a \times 6\%/22\%$
		平均すべり量	$D_{a2}$	224 cm	$D_{a2}=M_{0a1}/(\mu S_{a2})$
		実効応力	$\sigma_{a2}$	97.8 MPa	$\sigma_{a2}=\Delta \sigma_a$
	峯値	地震モーメント	$M_{0b}$	$3.18 \times 10^{19}$ N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
		面積	$S_b$	415.8 km <sup>2</sup>	$S_b=S-S_a$
		平均すべり量	$D_b$	145 cm	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b$	11.0 MPa	$\sigma_b=D_b/S_b^{0.5} \cdot S_{a1}^{0.5}/D_{a1} \cdot \Delta \sigma_{a1}$
その他の 震源パラメータ	剛性率	$\mu$	$5.28 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>	$\mu=\rho \beta^2=3.3 \times 4.0^2 \times 10^9$	
	平均すべり量	D	163 cm	$D=M_0/(\mu S)$	
	S波速度	$\beta$	4.0 km/s		
	破壊伝播速度	$V_R$	2.88 km/s	Geller (1976)	

第 3.2-1 表 震源断層を予め特定しにくい地震の地震地体構造区分毎の最大マグニチュード  
(地震調査委員会(2005)<sup>(40)</sup>)

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の下限值)	
5	6.5	(最大Mの下限值)	
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 姉川地震	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 壱岐・対馬	
17	6.5	(最大Mの下限值)	
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の下限值)	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。

第3.2-2表 敷地が位置する地震地体構造区分で発生したM6.9以上の地震  
(震源を事前に特定できない地震の最大マグニチュードの検討)

第3.2-2図に対応する地震番号	年月日	M	LONG.	LAT.	地震	活断層	地表地震断層	発生機構	文献	備考
①	715 7 4	7.0	137.8	35.1	遠江	-	不明	不明	今村 1943	地変に関する記載なし。
②	1331 8 15	7.0	135.2	33.7	紀伊	-	不明	不明	萩原 1995	海岸線(千里浜)が隆起したことを示す証拠を得ることができなかった。
									理科年表 2008	紀伊国千里浜の遠干潟20余町が隆起して陸地となった。
③	1498 7 9	7.25	132.3	33.0	日向灘	-		B or C	宇佐美 2003	宝永地震・安政東海地震に似る
④	1686 10 3	7.0	137.6	34.7	遠江・三河	-		B or C	都司 1993	フィリピン海プレートの沈み込みによるプレート境界地震の可能性を示唆
⑤	1769 8 29	7.8	132.1	33.0	日向・豊後	-		C	地震本部 2004	より規模の小さいプレート内の地震であった可能性が指摘されている(松浦他, 2003) <sup>(36)</sup> 。本報告ではこの見解を採用
⑥	1789 5 11	7.0	134.3	33.7	阿波	-	不明	不明	宇佐美 2003	1955年の地震に似るか。しかし、震央が紀伊水道にある中規模地震という考えもあるだろう。
⑦	1854 12 26	7.4	132.0	33.3	伊予西部	-		B or C	地震本部 1999	フィリピン海プレートの沈み込みに伴うやや深い地震の可能性はある。
⑧	1899 3 7	7.0	136.1	34.1	紀伊半島南東部	-		C	地震本部 1999	沈み込んだフィリピン海プレート内で発生するやや深い地震
⑨	1899 11 25	6.9	132.3	32.7	日向灘	-		B or C	宇佐美 2003	津波らしきものを記録した
									地震本部 1999	(大分県)東方の海域で発生する主な地震は沈み込んだフィリピン海プレートと陸側のプレートとの境界付近で発生していると考えられる

A: 地殻内地震 今村明恒, 1943, 駿遠三地震考, 地震, 15, pp. 203-207  
 B: プレート間地震 萩原尊禮他, 1995, 古地震探究, p. 306  
 C: 海洋プレート内地震 理科年表平成20年, 2008  
 宇佐美龍夫, 2003, 最新版日本被害地震総覧  
 都司嘉宣他, 1993, 歴史地震  
 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004, 日向灘の地震活動の長期評価  
 地震調査研究推進本部地震調査委員会, 1999, 日本の地震活動追補版

第 3.2-3 表 日本被害地震総覧における 1789 年阿波の地震に関する記述の変遷

区分	出版年	東経	北緯	M	記事
初版	1975	134.5	32.9	7.4	阿波富岡町で文珠院の本堂の壁はなはだしく損じ、秋葉山拝殿の壁も損ず。同町の町屋土蔵にも損害があり、かつ山崩れもあった。土佐室津で石垣等崩れ、地割れあり。備前邑久郡で池堤損じ、広島・鳥取で有感。
新編	1987	134.3	33.7	7.0±0.1	阿波富岡町で文珠院の本堂の壁はなはだしく損じ、秋葉山拝殿の壁も損ず。同町の町屋土蔵にも損害があり、かつ山崩れもあった。徳島県南部の沿岸地方にも家・土蔵など痛み、山崩れあり。土佐室津で石垣等崩れ、地割れあり。備前邑久郡で池堤損じ、広島・鳥取で有感。 <u>1955 年の地震に似るか。震央が紀伊水道にあるとの旧版の見解もすてきれない。</u>
増補改訂版	1996	134.3	33.7	7.0±0.1	阿波富岡町で文珠院の本堂の壁はなはだしく損じ、秋葉山拝殿の壁も損ず。同町の町屋土蔵にも損害があり、かつ山崩れもあった。徳島県南部の沿岸地方にも家・土蔵など痛み、山崩れあり。土佐室津で石垣等崩れ、地割れあり。備前邑久郡・讃岐で池堤損じ、広島・鳥取・岡山・山口で有感。 <u>1955 年の地震に似るか。しかし、震央が紀伊水道にある中規模地震という考えもありうるだろう。</u>
最新版	2003	134.3	33.7	7.0±0.1	被害は表 211-1 のとおり。 <u>比較的軽い被害が広範囲にあったようである。京都・鯖江・出雲・広島・鳥取・岡山・山口で有感。1955 年の地震に似るか。しかし、震央が紀伊水道にある中規模地震という考えもありうるだろう。</u>

図 211-1 震度分布

**表 211-1 被害一覧**

香川 徳島 高知 岡山	大内町	所々壁崩れ、長屋わる
	寒川町	池堤 130 間崩る
	津田町	堤防こわれる
徳島	三岐田町	石垣くずる、井利両方こける、田地悉く割れ、滝崩る
	海部	家・蔵痛み、土手も痛み
	海南	家・蔵少々痛み
	福原(上膳町)	家・蔵損、石鳥居・石塔損 山谷崩れ、川ぶち・田・土手割れ、噴水
	日和佐	家蔵・練扉痛、山ついえ、海川うず立ち
高知	富岡(阿南)	蔵の壁・瓦など損、山崩れ、堤破れ川水濁る 文珠院本堂・秋葉山拝殿の壁崩る
	室津(室戸)	所々石垣崩れ、地割れあり
岡山	美甘	棚のもの落つ
	邑久	池堤破損、田に損あり



第 3.2-4 表 徳島県で震度 4 以上を記録した地震 (1923 年以降)

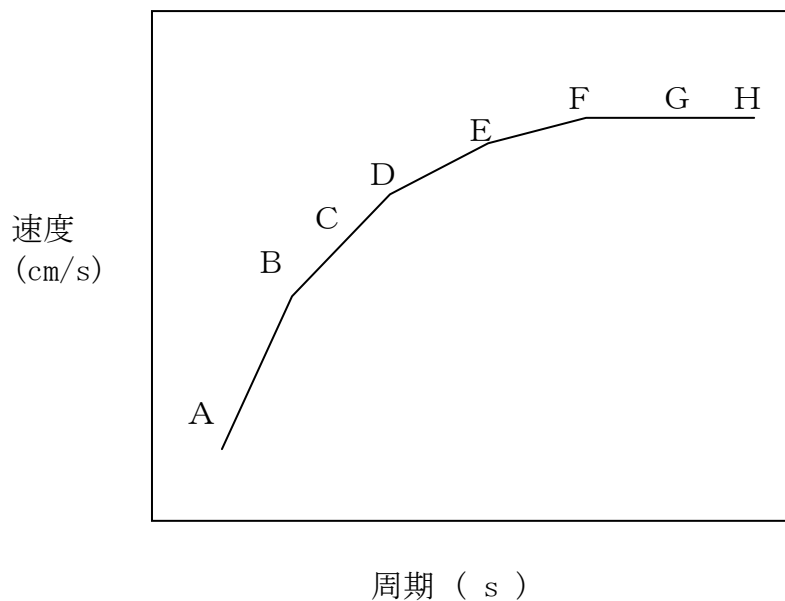
No.	日時	緯度	経度	深さ	Mj	震央
1	1927年3月7日18:27:39.2	35° 37.9' N	134° 55.8' E	18km	M:7.3	京都府北部 (北丹後地震)
2	1938年1月12日00:11:59.6	33° 37.4' N	135° 18.7' E	47km	M:6.8	和歌山県南方沖
3	1943年9月10日17:36:53.5	35° 28.3' N	134° 11.0' E	0km	M:7.2	鳥取県東部 (鳥取地震)
4	1944年12月7日13:35:40.0	33° 34.4' N	136° 10.5' E	40km	M:7.9	三重県南東沖 (東南海地震)
5	1946年12月21日04:19:4.1	32° 56.1' N	135° 50.9' E	24km	M:8.0	和歌山県南方沖 (南海地震)
6	1948年4月18日01:11:30.6	33° 8.3' N	135° 52.8' E	24km	M:7.0	和歌山県南方沖
7	1952年7月18日01:09:51.4	34° 27.2' N	135° 46.4' E	61km	M:6.7	奈良県 (吉野地震)
8	1955年7月27日10:20:51.1	33° 44.0' N	134° 19.0' E	10km	M:6.4	徳島県南部
9	1962年1月4日13:35:41.3	33° 39.0' N	135° 18.0' E	45km	M:6.4	和歌山県南方沖
10	1994年6月17日11:13:37.4	34° 4.9' N	134° 37.6' E	8km	M:4.3	紀伊水道
11	1995年1月17日05:46:51.8	34° 35.9' N	135° 2.1' E	16km	M:7.3	大阪湾 (兵庫県南部地震)
12	1999年8月21日05:33:11.3	34° 1.8' N	135° 28.2' E	66km	M:5.6	和歌山県北部
13	2000年7月23日01:46:43.6	33° 53.0' N	134° 20.1' E	7km	M:4.1	徳島県南部
14	2000年10月6日13:30:17.9	35° 16.4' N	133° 20.9' E	9km	M:7.3	鳥取県西部 (鳥取県西部地震)
15	2001年2月8日14:11:58.5	33° 54.3' N	134° 29.6' E	13km	M:4.5	徳島県南部
16	2001年3月24日15:27:54.5	34° 7.9' N	132° 41.6' E	46km	M:6.7	安芸灘 (芸予地震)
17	2007年4月26日09:02:56.9	33° 53.3' N	133° 35.0' E	39km	M:5.3	愛媛県東予

第 3.2-5 表 震度出現面積から推定した地震規模

地震	Mj	震度4~6が出現した面積(km <sup>2</sup> )			推定される規模				用いた震度分布図
		S4	S5	S6	S4	S5	S6	平均	
1789 阿波	7.0	93,000	5,400	400	7.28	6.93	6.81	7.01	日本電気協会(1994) <sup>(66)</sup>
1995 兵庫県南部	7.3	82,000	8,000	2,900	7.21	7.10	7.44	7.25	宇佐美(2003) <sup>(5)</sup>
2000 鳥取県西部	7.3	63,000	9,800	600	7.07	7.19	6.94	7.07	宇佐美(2003) <sup>(5)</sup>

第 3.3-1 表 基準地震動  $S_s$  の応答スペクトル値

設計用応答スペクトル		コントロールポイント							
		A	B	C	D	E	F	G	H
$S_s - 1H$	周期 (s)	0.02	0.09	0.13	0.25	0.60	1	2	5
	速度 (cm/s)	1.810	22.00	32.00	57.00	82.00	90.00	90.00	90.00
$S_s - 1V$	周期 (s)	0.02	0.09	0.13	0.25	0.60	1	2	5
	速度 (cm/s)	1.050	12.10	16.64	32.72	45.92	54.00	63.00	67.50



疑似速度応答スペクトル

第 3.3-2 表 「想定五反田断層による地震」の断層パラメータ

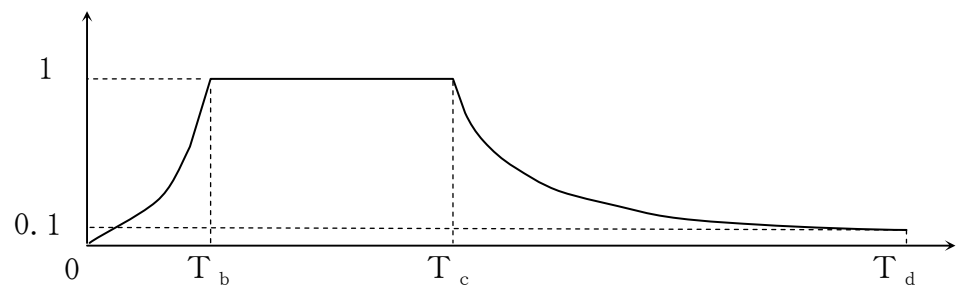
断層パラメータ		記号	設定値	根拠	
巨視的パラメータ	断層位置 (断層西端)	—	東経 : 132° 13' 37" 北緯 : 33° 23' 35"		
	走向	$\theta$	N70E		
	傾斜角	$\delta$	北傾斜60°		
	断層長さ	L	20.0 km		
	断層幅	W	15.0 km		
	断層面積	S	300.0 km <sup>2</sup>		
	断層上端深さ	H	2.0 km		
	破壊伝播形式	—	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	2.3 MPa	円形クラック	
	地震モーメント	$M_0$	$5.01 \times 10^{18}$ N・m	入倉・三宅(2001)	
	モーメントマグニチュード	$M_w$	6.4	Kanamori (1977)	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	6.8	武村(1990)	
	短周期レベル	A	$9.07 \times 10^{18}$ N・m/s <sup>2</sup>	$A = 2.46 \times 10^{17} \times M_0^{1/3}$	
微視的パラメータ	全アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a}$	$1.52 \times 10^{18}$ N・m	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
		面積	$S_a$	45.5 km <sup>2</sup>	$S_a = \pi \{ (7\pi/4) M_0/A / (S/\pi) \}^{1/2} \cdot \beta^2 \}^2$
		平均すべり量	$D_a$	83 cm	$D_a = 2.0 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$	15.5 MPa	$\Delta \sigma_a = (R/r)^2 \times \Delta \sigma$
	第1アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a1}$	$1.12 \times 10^{18}$ N・m	S <sup>1.5</sup> 比で配分
		面積	$S_{a1}$	30.3 km <sup>2</sup>	$S_{a1} = S \times (2/3)$
		平均すべり量	$D_{a1}$	92 cm	$D_{a1} = M_{0a1} / (\mu S_{a1})$
		実効応力	$\sigma_{a1}$	15.5 MPa	$\sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	第2アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a2}$	$3.97 \times 10^{17}$ N・m	S <sup>1.5</sup> 比で配分
		面積	$S_{a2}$	15.2 km <sup>2</sup>	$S_{a2} = S \times (1/3)$
		平均すべり量	$D_{a2}$	65 cm	$D_{a2} = M_{0a2} / (\mu S_{a2})$
		実効応力	$\sigma_{a2}$	15.5 MPa	$\sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$
	谷根峯	地震モーメント	$M_{0b}$	$3.49 \times 10^{18}$ N・m	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$
		面積	$S_b$	254.5 km <sup>2</sup>	$S_b = S - S_a$
		平均すべり量	$D_b$	34 cm	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b$	2.0 MPa	$\sigma_b = D_b / S_b^{1/2} \pi^{1/2} / D_a \cdot r \cdot (\gamma_1^3 + \gamma_2^3) \sigma_a$
その他の震源パラメータ	剛性率	$\mu$	$4.0 \times 10^{10}$ N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	42 cm	$D = M_0 / (\mu S)$	
	S波速度	$\beta$	3.5 km/s		
	破壊伝播速度	$V_R$	2.5 km/s	Geller (1976)	

第 3.3-3 表 中央構造線断層帯の断層パラメータ  
「石鎚山脈北縁西部—伊予灘区間(約 130km)」スケーリングモデル

断層パラメータ		記号	想定地震	根拠	
巨視的 パラメータ	断層位置 (断層西端)	-	東経 : 132° 4' 42" 北緯 : 33° 26' 57"		
	走向	$\theta$	N57E~N67E		
	傾斜角	$\delta$	90°		
	断層長さ	L	126.0 km		
	断層幅	W	13.0 km		
	断層面積	S	1638.0 km <sup>2</sup>		
	断層上端深さ	H	2.0km		
	破壊伝播形式	-	同心円状		
	応力降下量	$\Delta \sigma$	4.46 MPa	無限長地表垂直横ずれの式	
	地震モーメント	$M_0$	1.49E+20 N・m	入倉・三宅(2001)	
	モーメントマグニチュード	$M_w$	7.4	Kanamori(1977)	
	気象庁マグニチュード	$M_J$	7.9	武村(1998)	
	短周期レベル	A	2.81E+19 N・m/s <sup>2</sup>	$A=2.46 \times 10^{17} \times M_0^{1/3}$	
微視的 パラメータ	全アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a}$	1.00E+20 N・m	$M_{0a} = \mu D_a S_a$
		面積	$S_a$	550.4 km <sup>2</sup>	$S_a = \pi \{ (7\pi/4) M_0/A / (S/\pi) \}^{1/2} \cdot \beta^2 \}^2$ $S_a/S=0.34$
		平均すべり量	$D_a$	456 cm	$D_a=2.0 \times D$
		応力降下量	$\Delta \sigma_a$	13.3 MPa	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma / 0.34$
	第1アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a1}$	2.26E+19 N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a1}$	122.3 km <sup>2</sup>	セグメントの $S \times 0.34 \times (2/3)$
		平均すべり量	$D_{a1}$	461 cm	$D_{a1}=M_{0a1}/(\mu S_{a1})$
		実効応力	$\sigma_{a1}$	13.3 MPa	$\sigma_{a1} = \Delta \sigma_a$
	第2アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a2}$	7.98E+18 N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a2}$	61.2 km <sup>2</sup>	セグメントの $S \times 0.34 \times (1/3)$
		平均すべり量	$D_{a2}$	326 cm	$D_{a2}=M_{0a2}/(\mu S_{a2})$
		実効応力	$\sigma_{a2}$	13.3 MPa	$\sigma_{a2} = \Delta \sigma_a$
	第3アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a3}$	2.89E+19 N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a3}$	144.1 km <sup>2</sup>	セグメントの $S \times 0.34$
		平均すべり量	$D_{a3}$	501 cm	$D_{a3}=M_{0a3}/(\mu S_{a3})$
		実効応力	$\sigma_{a3}$	13.3 MPa	$\sigma_{a3} = \Delta \sigma_a$
	第4アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a4}$	3.02E+19 N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a4}$	148.5 km <sup>2</sup>	セグメントの $S \times 0.34 \times (2/3)$
		平均すべり量	$D_{a4}$	508 cm	$D_{a4}=M_{0a4}/(\mu S_{a4})$
		実効応力	$\sigma_{a4}$	13.3 MPa	$\sigma_{a4} = \Delta \sigma_a$
	第5アスペリティ	地震モーメント	$M_{0a5}$	1.07E+19 N・m	$S^{1.5}$ 比で配分
		面積	$S_{a5}$	74.3 km <sup>2</sup>	セグメントの $S \times 0.34 \times (1/3)$
		平均すべり量	$D_{a5}$	359 cm	$D_{a5}=M_{0a5}/(\mu S_{a5})$
		実効応力	$\sigma_{a5}$	13.3 MPa	$\sigma_{a5} = \Delta \sigma_a$
	背景領域	地震モーメント	$M_{0b}$	4.90E+19 N・m	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$
		面積	$S_b$	1087.6 km <sup>2</sup>	$S_b=S-S_a$
		平均すべり量	$D_b$	113 cm	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$
		実効応力	$\sigma_b$	2.7 MPa	$\sigma_b=0.2 \times \Delta \sigma_a$
その他の 震源パラメータ	剛性率	$\mu$	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>		
	平均すべり量	D	228 cm	$D=M_0/(\mu S)$	
	S波速度	$\beta$	3.5 km/s		
	破壊伝播速度	$V_R$	2.5 km/s		

第 3.3-4 表 基準地震動  $S_s$  の模擬地震波  $S_s - 1 H$ ,  $S_s - 1 V$  の振幅包絡線の経時的変化

設計用模擬地震波	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
		$T_b$	$T_c$	$T_d$
$S_s - 1 H$ $S_s - 1 V$	51.94	7.41	26.47	51.94



$$T_b = 10^{0.5M-2.93}$$

$$T_c - T_b = 10^{0.3M-1.0}$$

$$T_d - T_c = 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6}$$

$$\text{振幅包絡線 : } E(T) = \begin{cases} (T/T_b)^2 & 0 < T \leq T_b \\ 1.0 & T_b < T \leq T_c \\ e^{\frac{\ln(0.1)}{T_d-T_c}(T-T_c)} & T_c < T \leq T_d \end{cases}$$

$$M=7.6, \quad X_{eq}=21 \text{ (km)}$$

第 3.3-5 表 基準地震動  $S_s$  の模擬地震波  $S_s - 1 H$ ,  $S_s - 1 V$  の作成結果

基準地震動	作成条件				
	応答スペクトル	最大加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	応答スペクトル 比	継続時間	$SI$ 比
$S_s - 1 H$	第 3.3-3(1) 図	570	第 3.3-10 図	第 3.3-4 表	1.00
$S_s - 1 V$	第 3.3-3(2) 図	330	第 3.3-10 図	第 3.3-4 表	1.01

$$SI \text{ 比} = \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt} \quad : \text{ 応答スペクトル強さ}$$

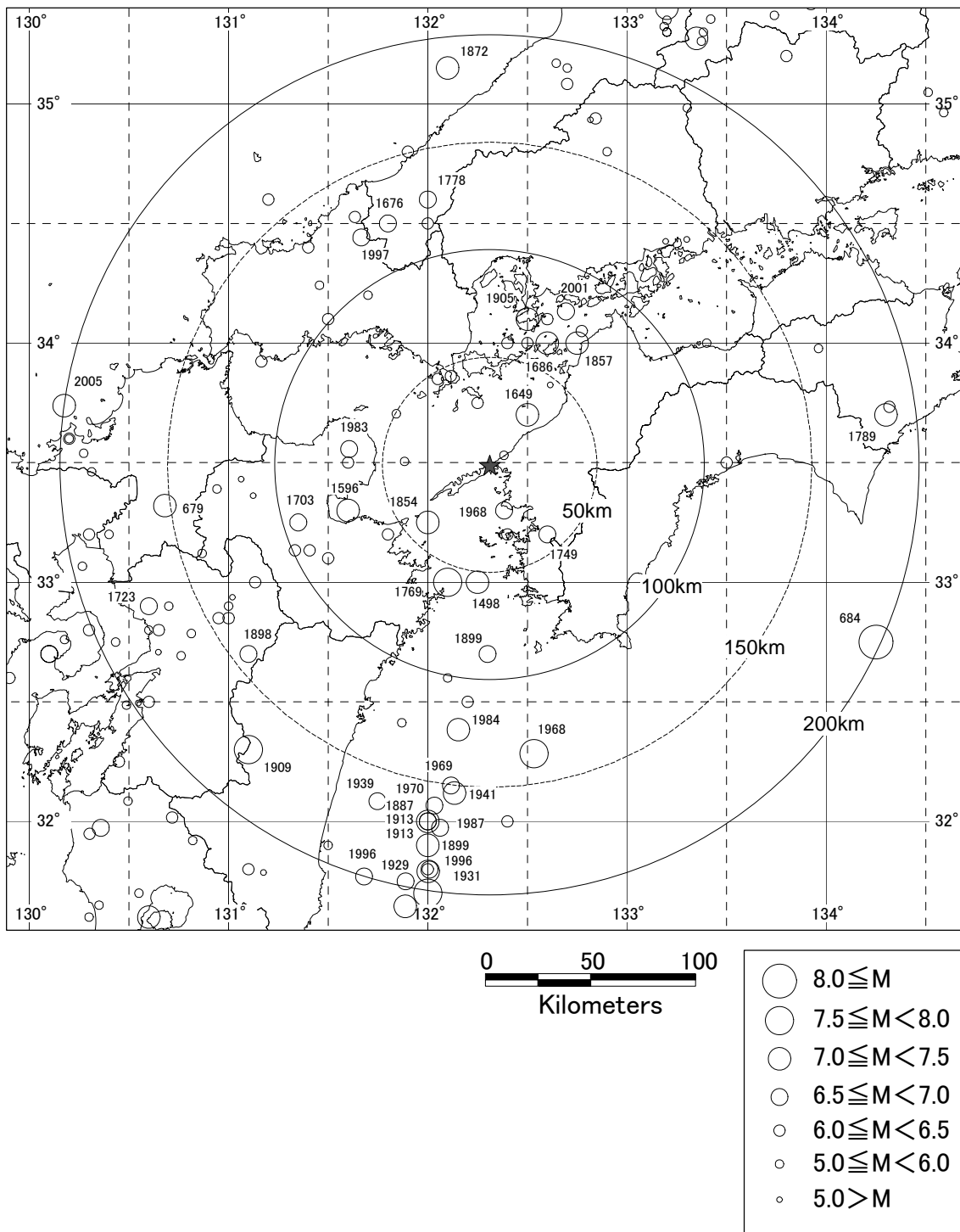
$S_v(T)$  : 設計用模擬地震波の疑似速度応答スペクトル ( $\text{cm/s}$ )

$\bar{S}_v(T)$  : 目標とする設計用応答スペクトル ( $\text{cm/s}$ )

$T$  : 固有周期 ( $\text{s}$ )

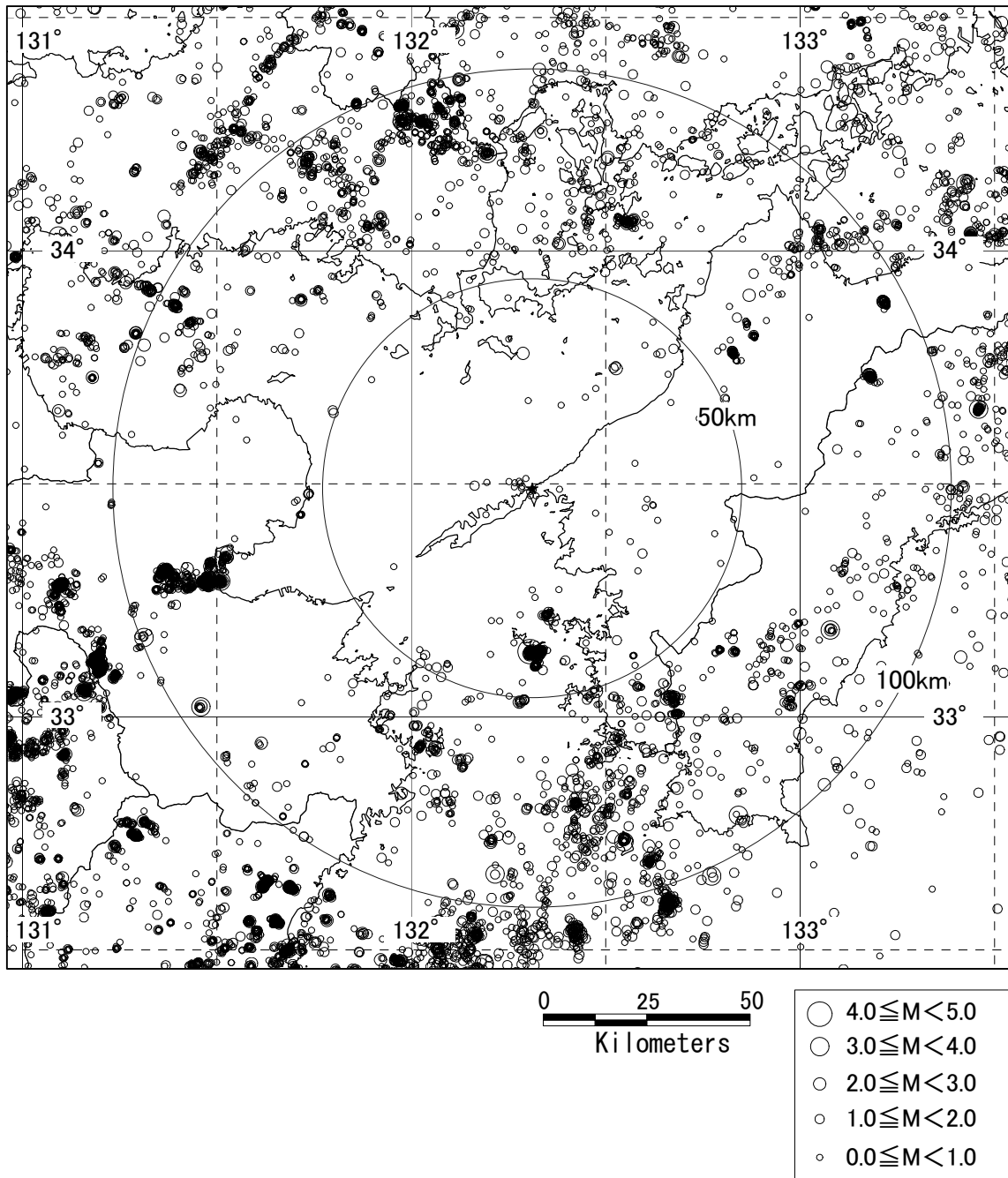
第 3.3-6 表 基準地震動 S<sub>s</sub> の最大加速度振幅および最大速度振幅

基準地震動 S <sub>s</sub>				最大加速度 振 幅 (cm/s <sup>2</sup> )	最大速度 振 幅 (cm/s)
応答スペクトルに基づく手法による基準地震動 S <sub>s</sub>	設計用模擬地震波	水平動	S <sub>s</sub> -1H	570	45.2
		鉛直動	S <sub>s</sub> -1V	330	29.4
断層モデルを用いた手法による基準地震動 S <sub>s</sub>	想定敷地前面海域の断層群による地震③ 〔 経験的グリーン関数法 断層傾斜角：30度 アスペリティ深さ：上端 破壊開始点：西下端 〕	水平動 NS成分	S <sub>s</sub> -2NS	318	12.4
		水平動 EW成分	S <sub>s</sub> -2EW	298	41.3
		鉛直動 UD成分	S <sub>s</sub> -2UD	141	14.0

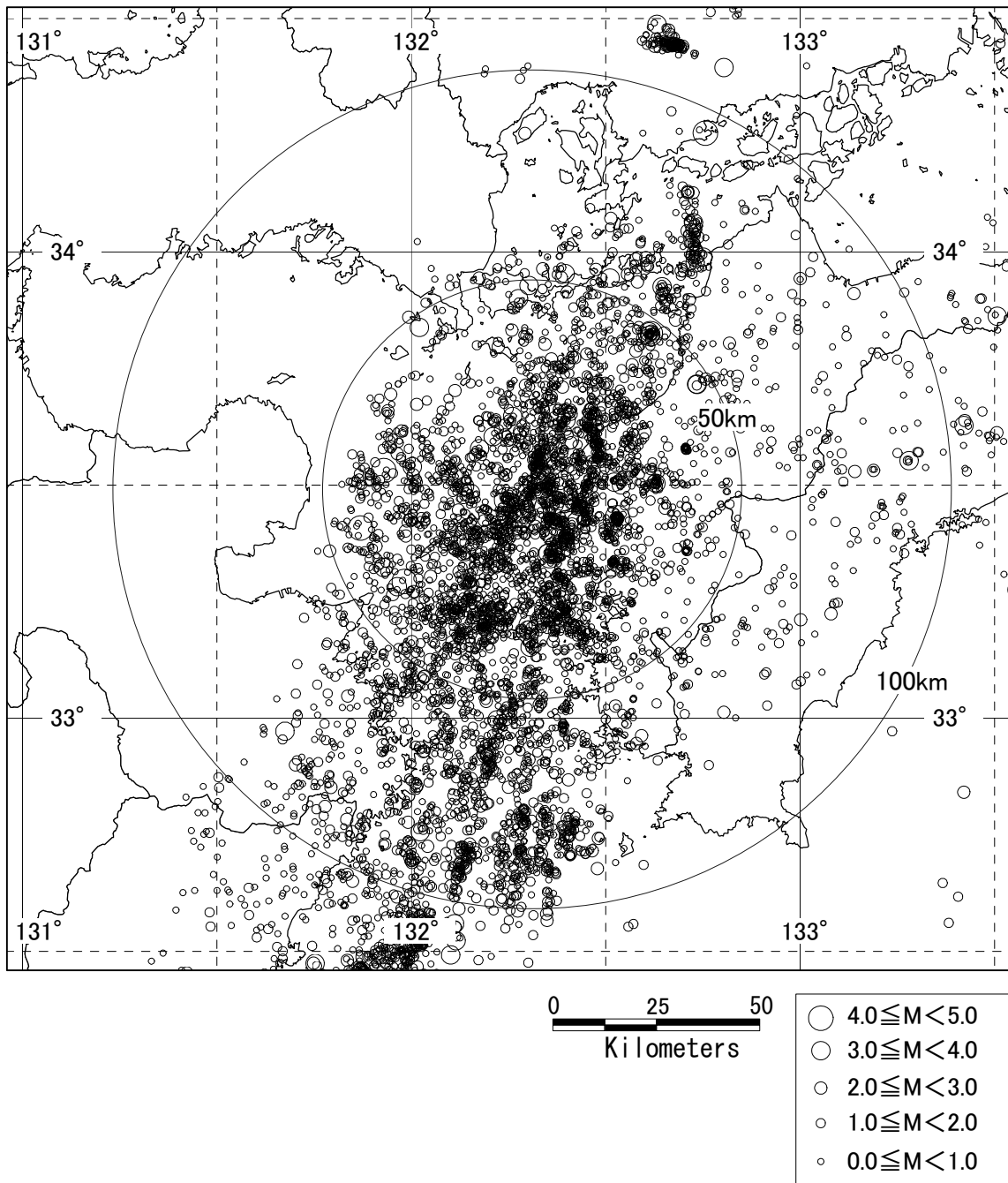


第2. 1-1図 敷地周辺で過去に発生した被害地震の震央分布

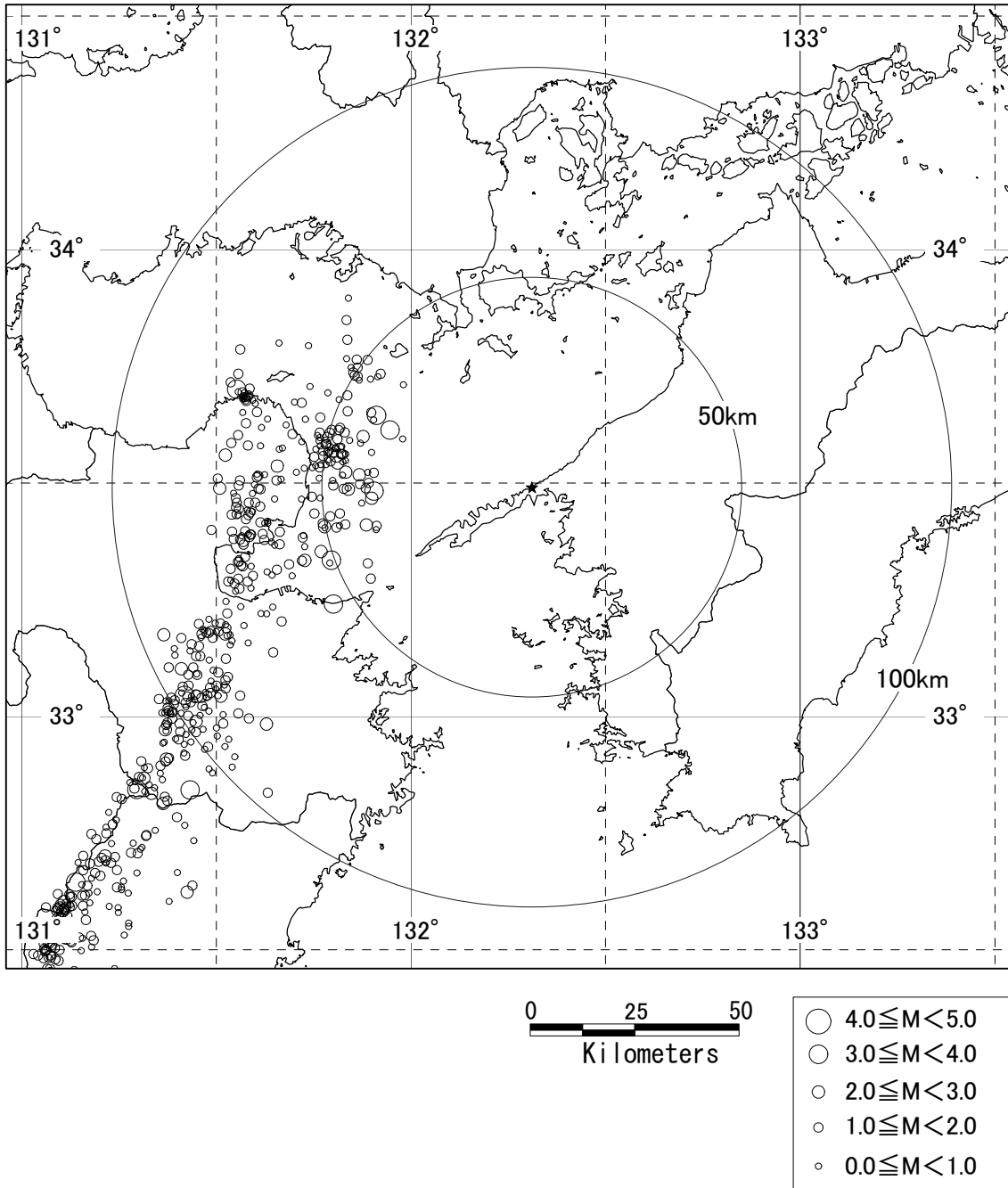




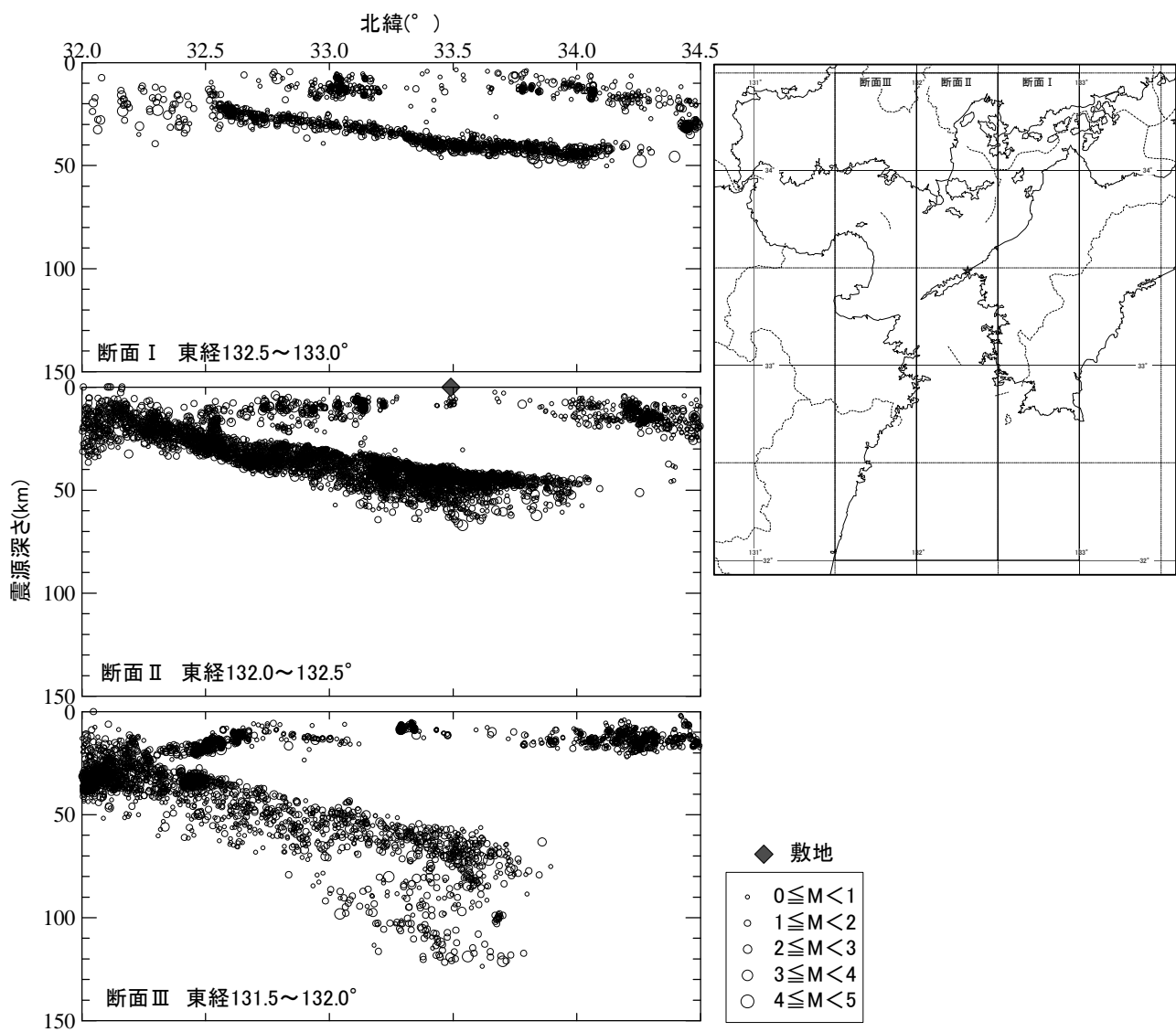
第2.1-2(1)図 中小微小地震の震央分布(震源深さ0~30km)



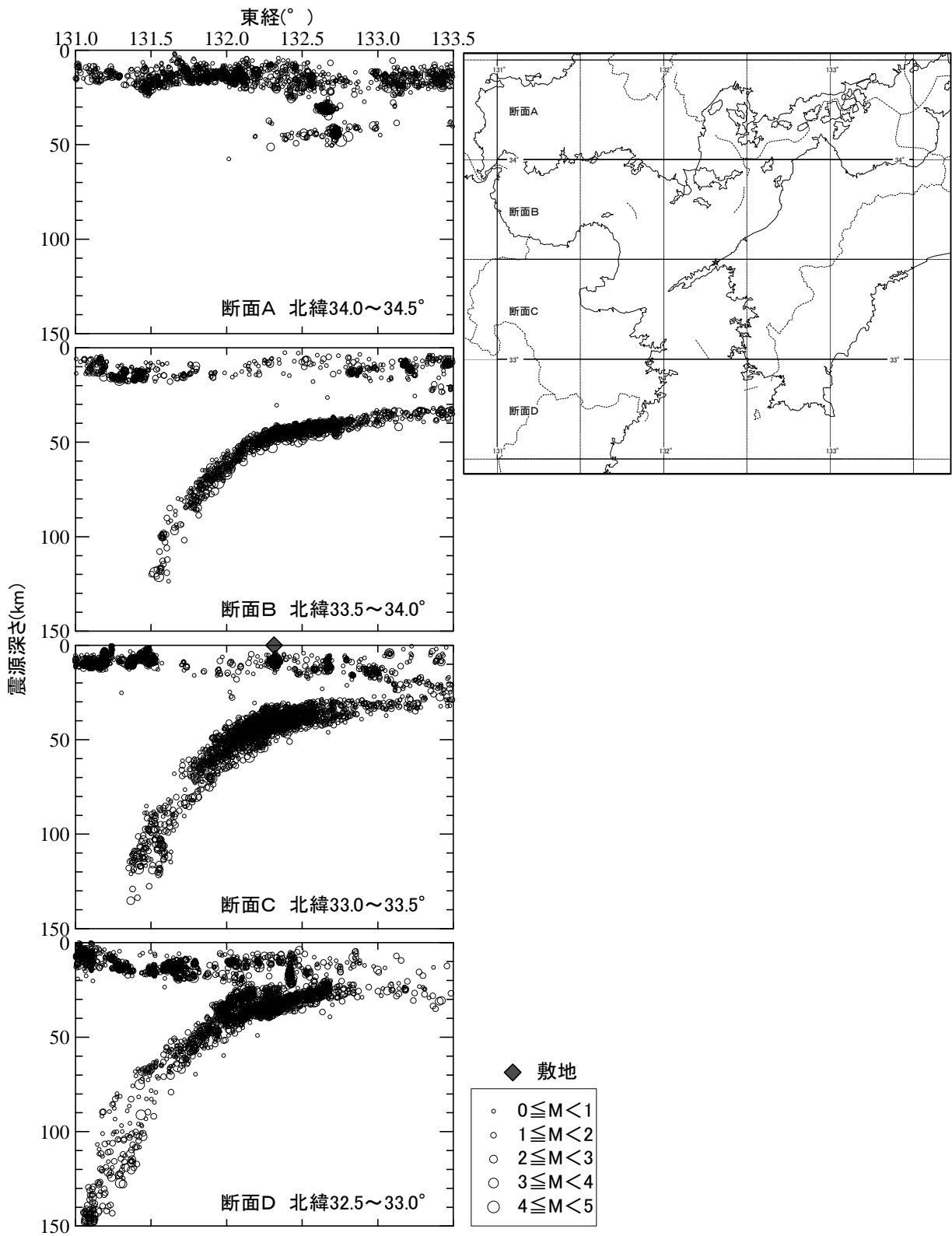
第2.1-2(2)図 中小微小地震の震央分布(震源深さ30~70km)



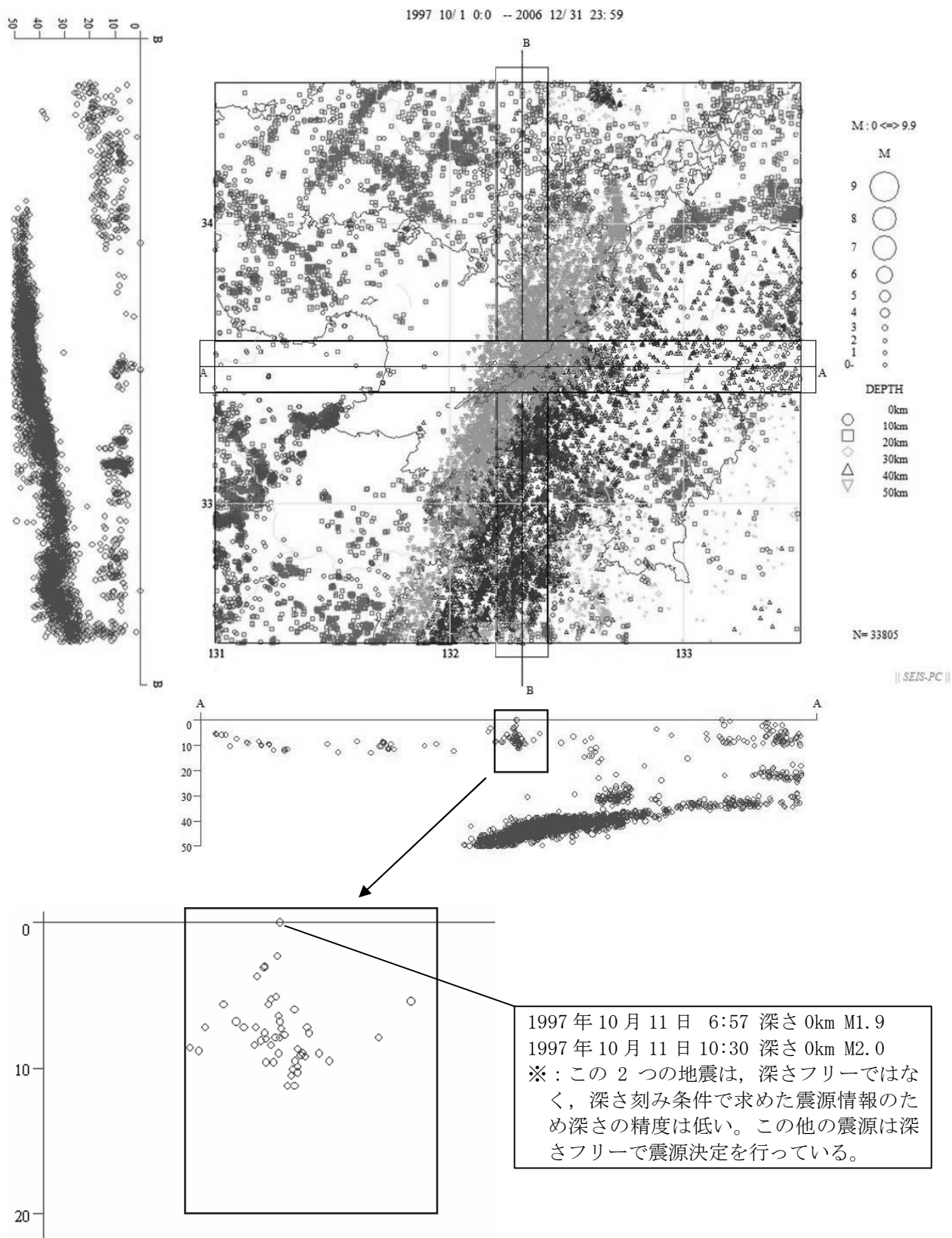
第2.1-2(3)図 中小微小地震の震央分布(震源深さ70~150km)



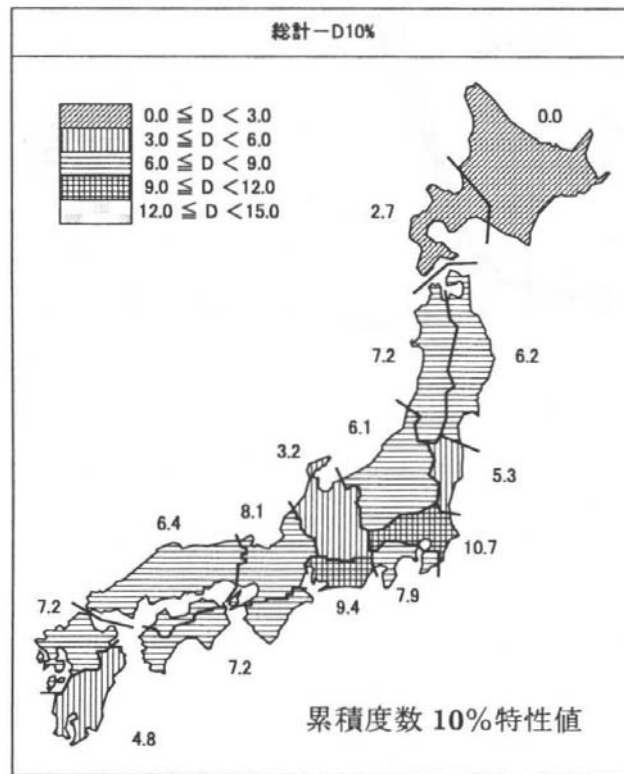
第2.1-3(1)図 中小微小地震の震源鉛直分布(南北方向断面)



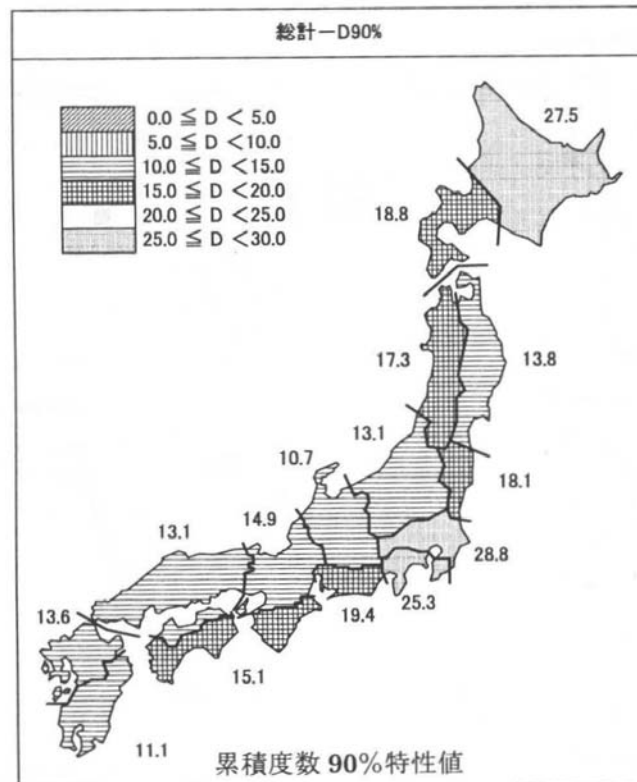
第2.1-3(2) 図 中小微小地震の震源鉛直分布(東西方向断面)



第2.1-4図 気象庁一元化震源 (1997年10月~2006年12月)

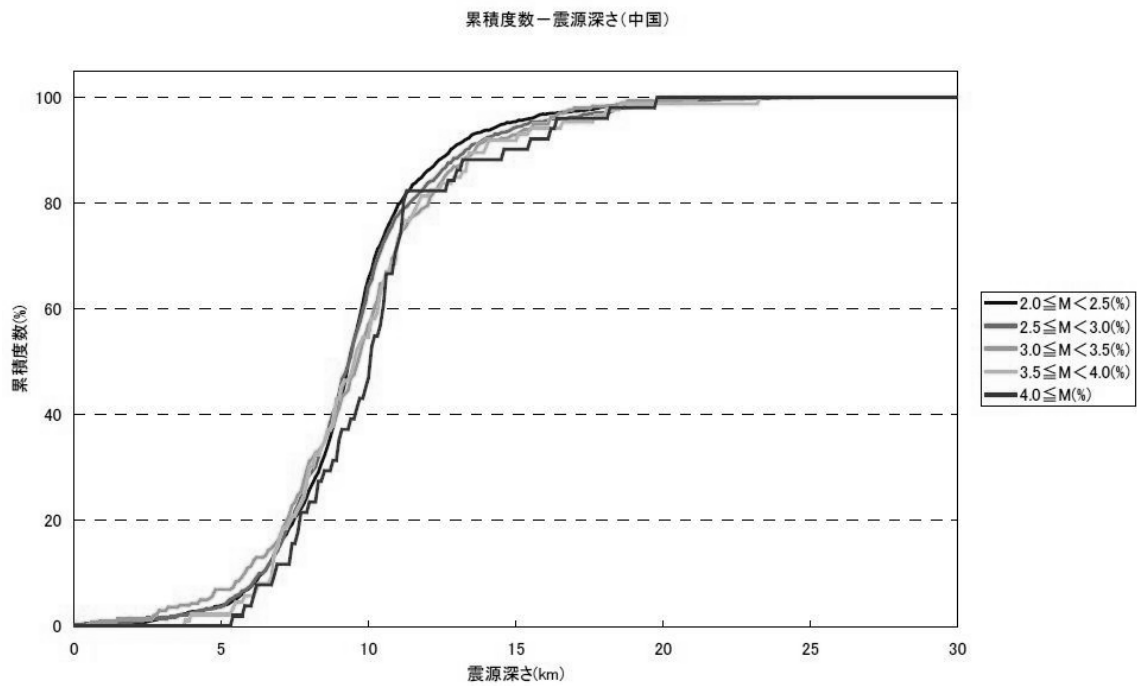


地震発生上下限層のパラメータの15地震域における特性の分布 (D10%)

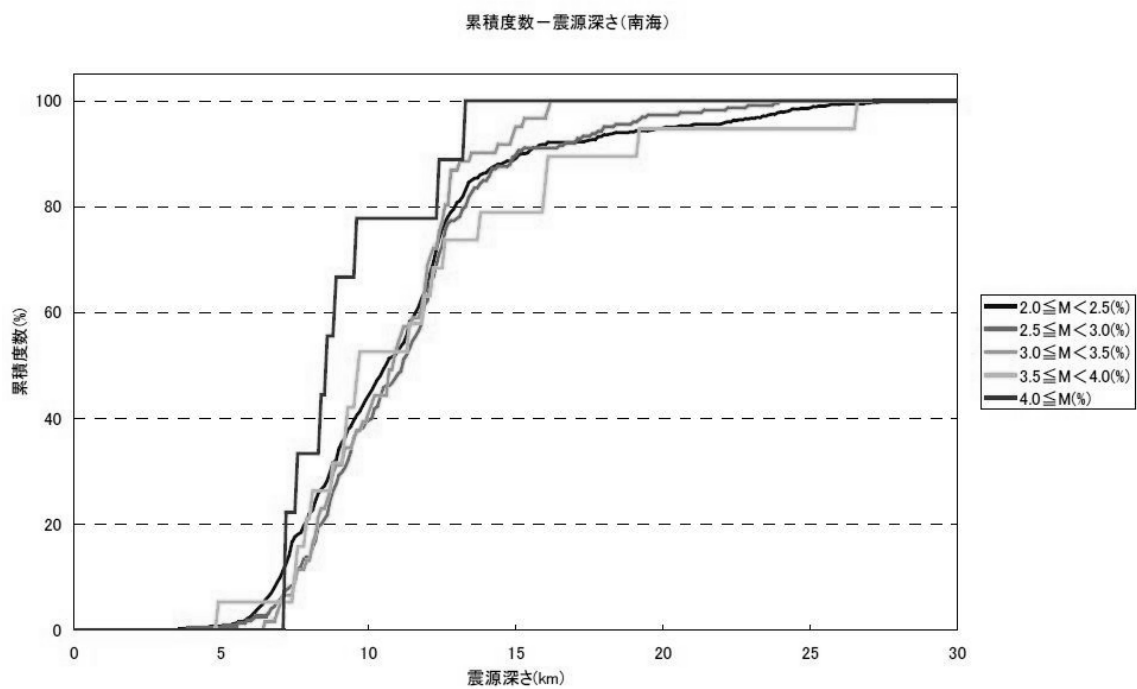


地震発生上下限層のパラメータの15地震域における特性の分布 (D90%)

第2.1-5(1)図 地震域毎のD10-D90  
(原子力安全基盤機構(2004)<sup>(12)</sup>による)



マグニチュード区分による累積度数と震源深さの関係（地震域＝中国）



マグニチュード区分による累積度数と震源深さの関係（地震域＝南海）

第2.1-5(2) 図 地震域毎のD10-D90（累積度数と震源深さの関係）  
（原子力安全基盤機構(2004)<sup>(12)</sup>による）



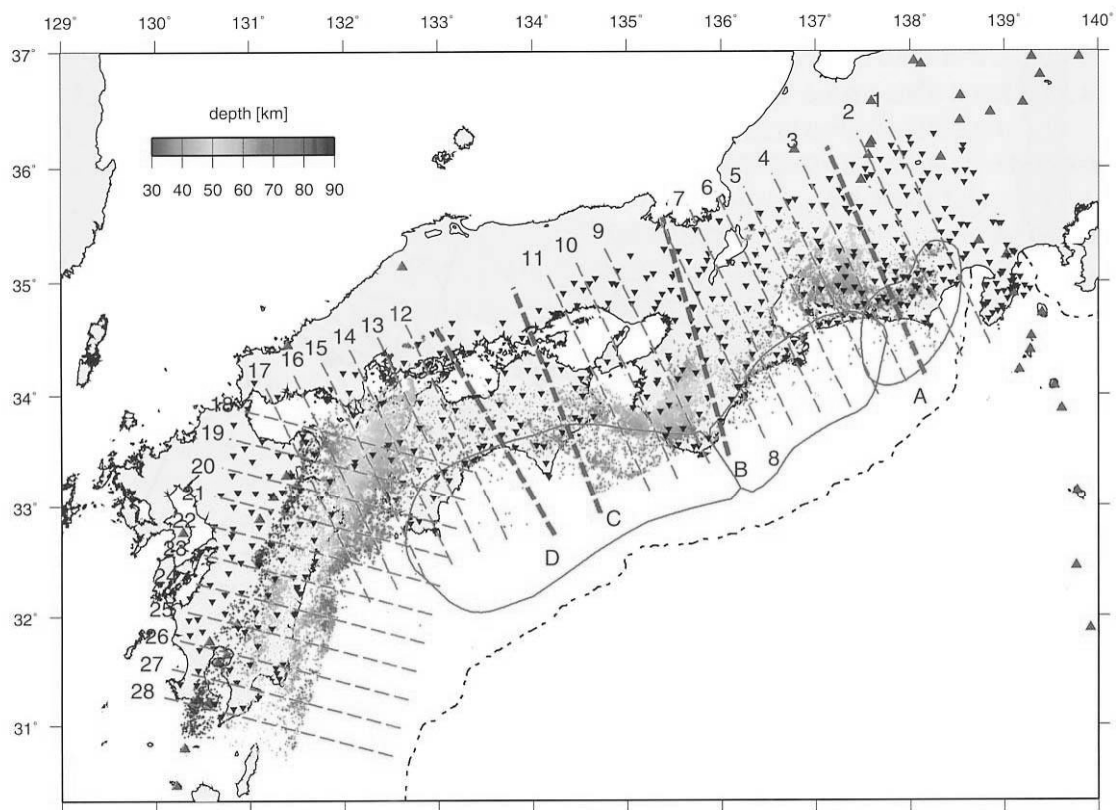


Fig. 2. Epicenter distribution of earthquakes (color dots) and seismograph stations (solid inverted triangles) used for double-difference tomography. Colors indicate the depth of hypocenters according to the color scale on the top left. Blue broken lines show the locations of vertical cross sections 1 through 28 shown in Figs. 3, 4 and 5. Red broken lines denote the locations of seismic refraction survey lines A through D. Other symbols are the same as those in Fig. 1.

第2.1-6図 地震波トモグラフィー断面位置  
(弘瀬ほか(2007)<sup>(13)</sup>による)

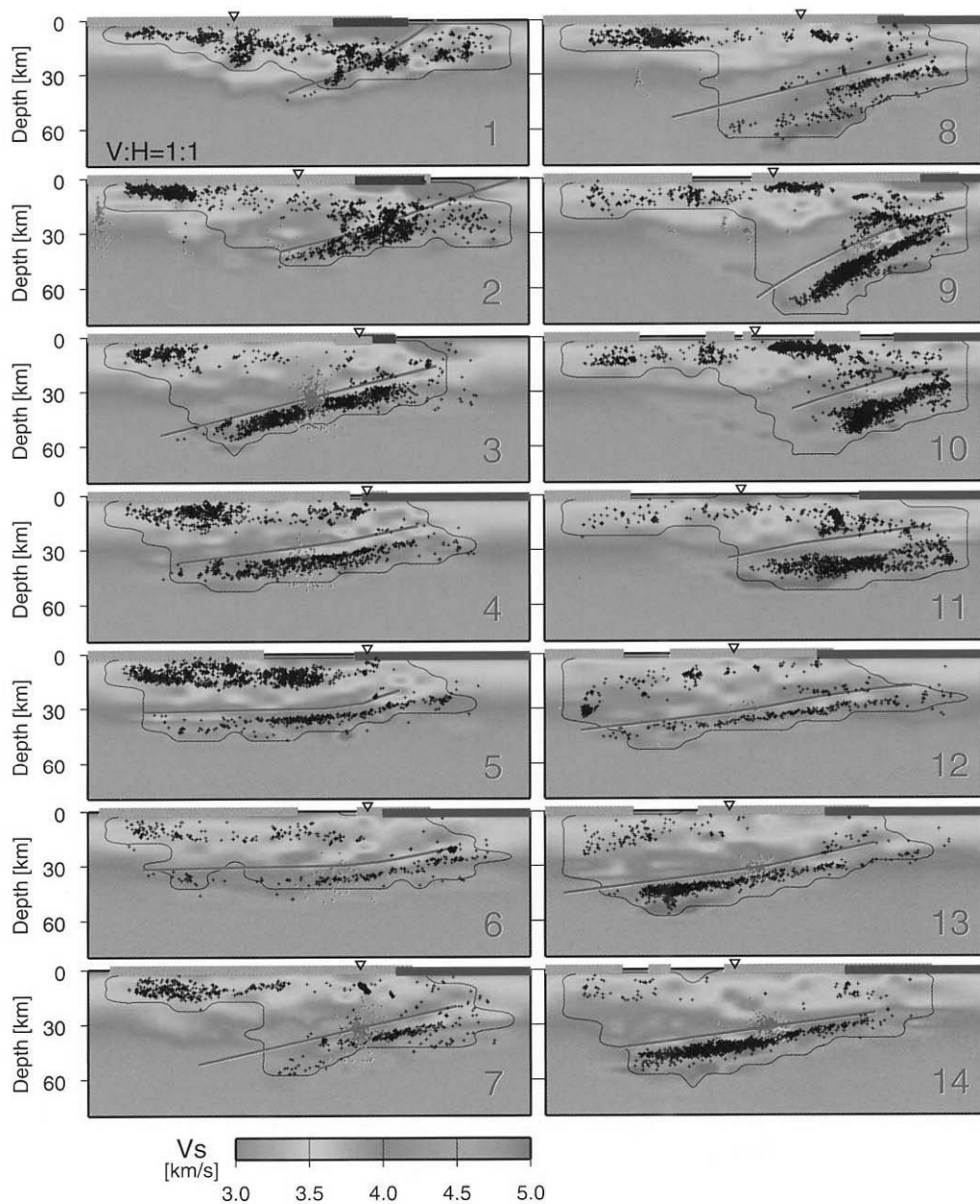


Fig. 3. Vertical cross sections of S-wave velocities ( $V_s$ ) along the lines 1~28 in Fig. 2. Presently estimated location of the plate boundary is shown by red lines. Black crosses denote earthquakes relocated by the double-difference tomography. Red crosses denote non-volcanic deep low-frequency earthquakes [Obara (2002)]. Gray line denotes land area. Brown and pink lines denote the surface locations of the estimated locked zone or asperities [Matsumura (1996), Yagi *et al.* (1998)] and long-term slow slip events [Ozawa *et al.* (2002)], respectively. Blue lines denote the expected source region of the Tonankai earthquake and the Nankai earthquake [the Headquarters for Earthquake Research Promotion (2001)]. Red triangles denote active volcanoes. Open triangles denote the Japan Median Tectonic Line. Black thin lines represent DWS [Thurber and Eberhart-Phillips (1999)] is equal to 500. Rectangles on the panels from 18 to 25 show the area magnified in fig. 10.

第2. 1-7(1) 図 地震波トモグラフィ結果 (S波の速度構造)  
(弘瀬ほか(2007)<sup>(13)</sup>による)

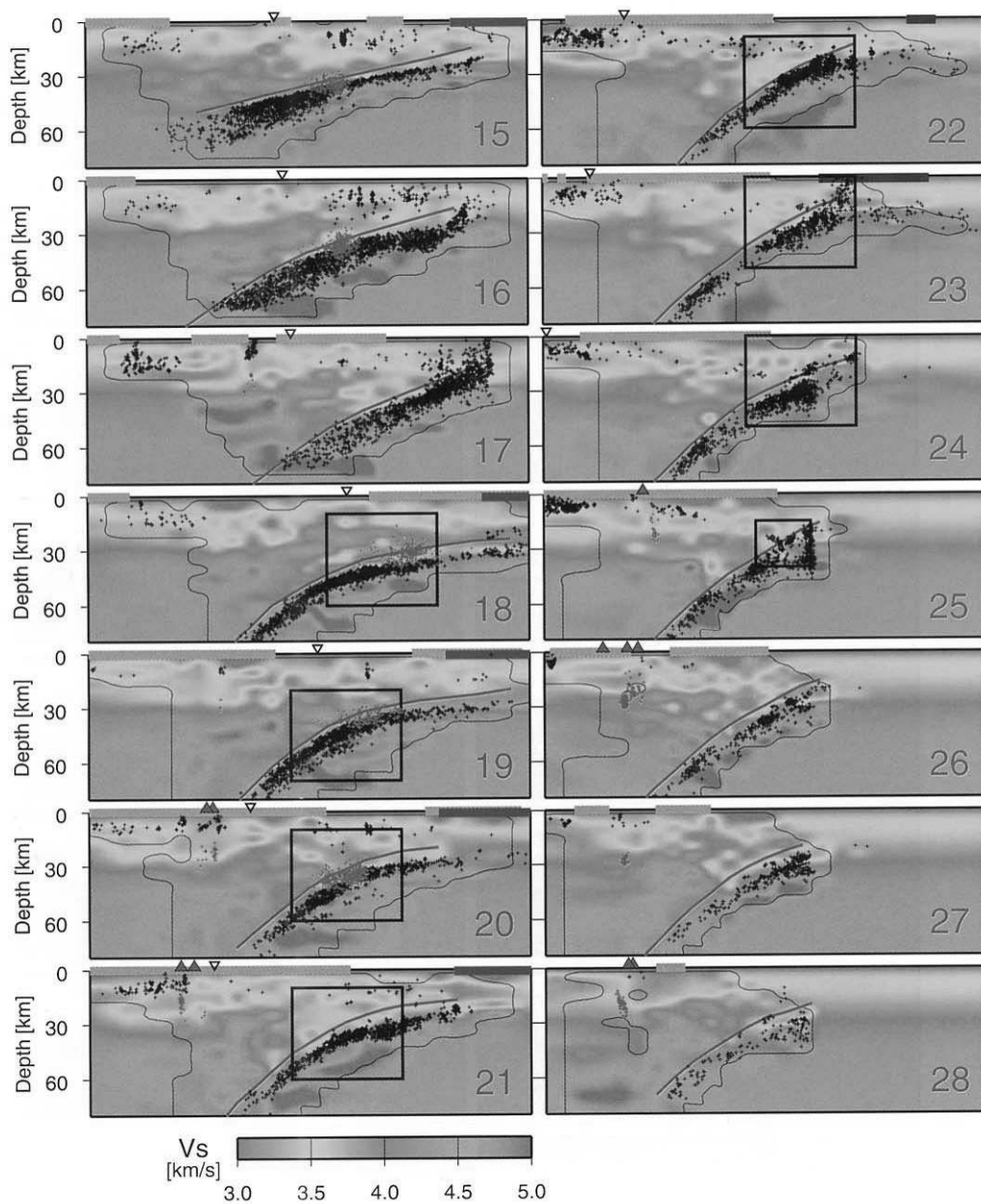


Fig. 3. Continued

第2.1-7(2)図 地震波トモグラフィ結果 (S波の速度構造)  
(弘瀬ほか(2007)<sup>(13)</sup>による)

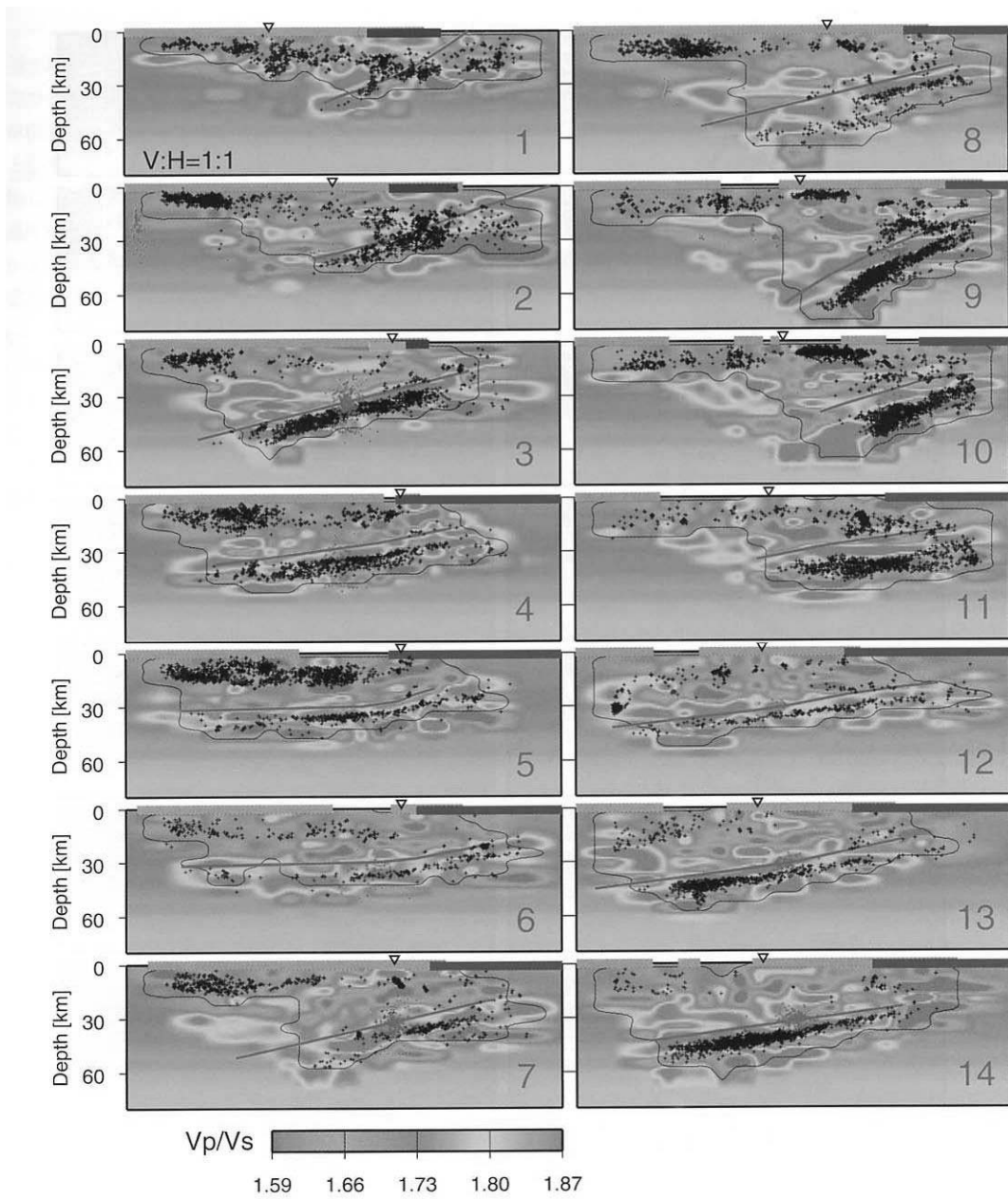


Fig. 5. Vertical cross sections of  $V_p/V_s$  along the lines from 1 to 28 in Fig. 2. Other symbols are the same as those in Fig. 3.

第2.1-8(1)図 地震波トモグラフィ結果 (Vp/Vs比)  
 (弘瀬ほか(2007)<sup>(13)</sup>による)

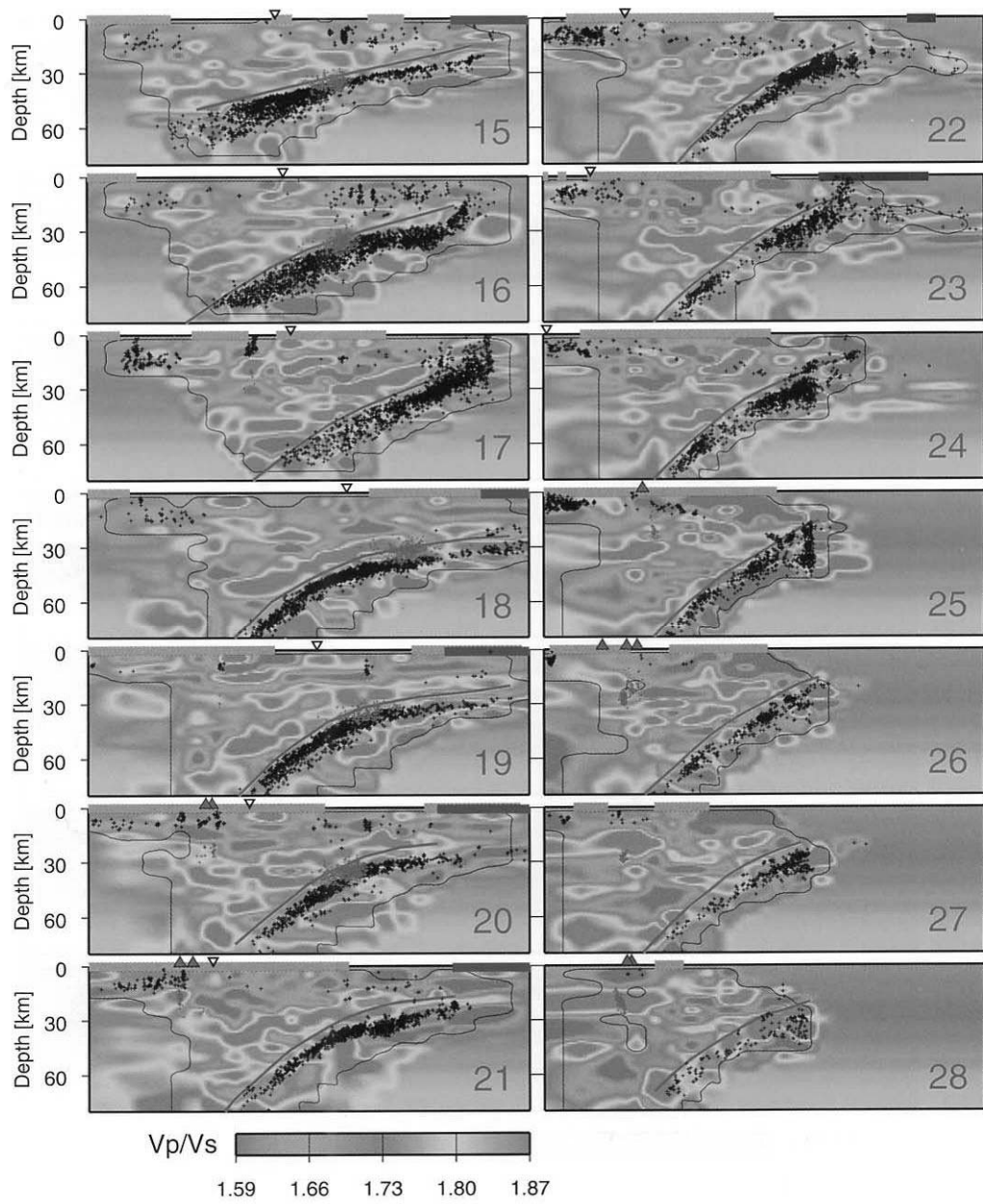


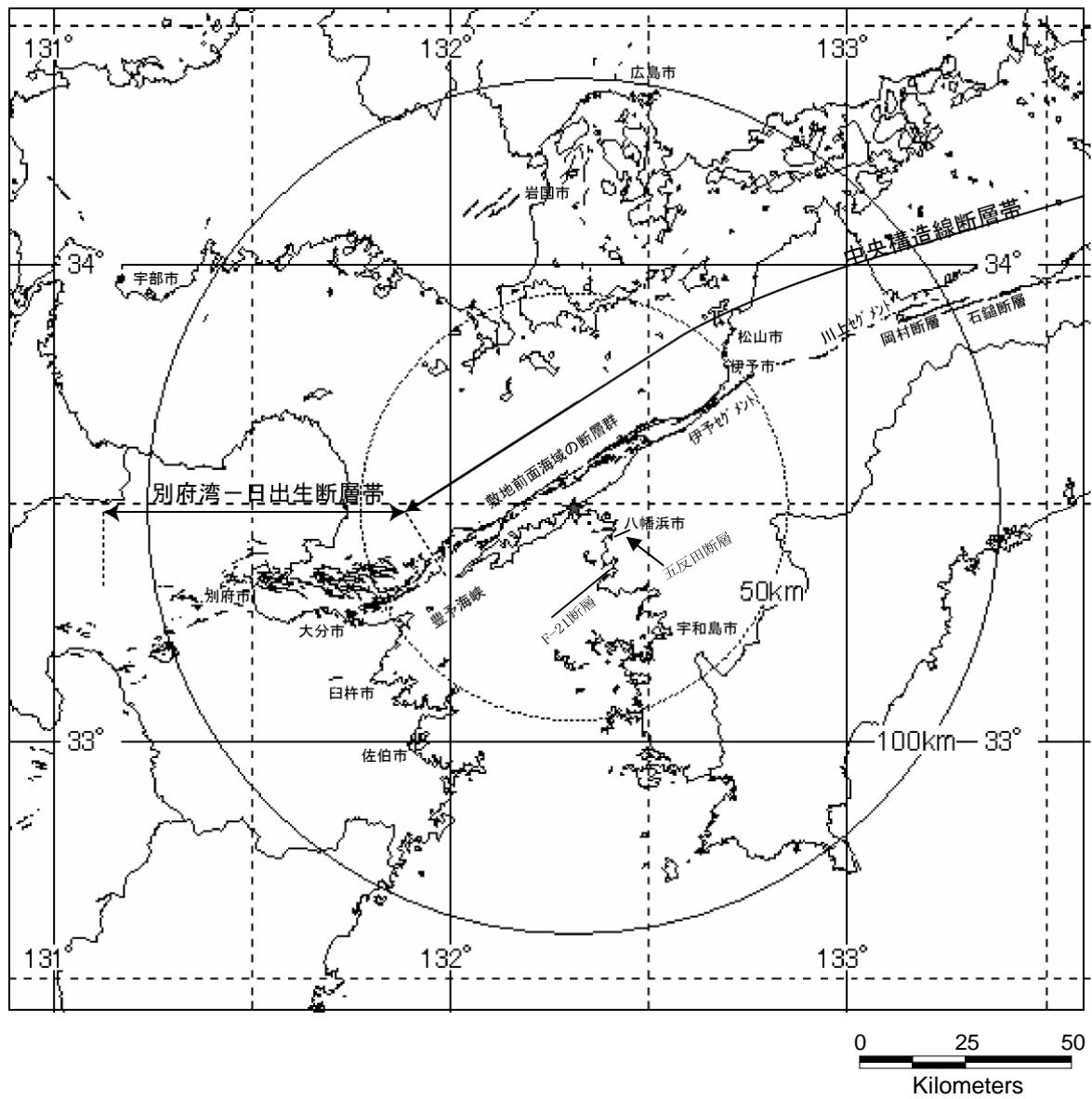
Fig. 5. Continued

第2.1-8(2)図 地震波トモグラフィ結果 (Vp/Vs比)  
 (弘瀬ほか(2007)<sup>(13)</sup>による)

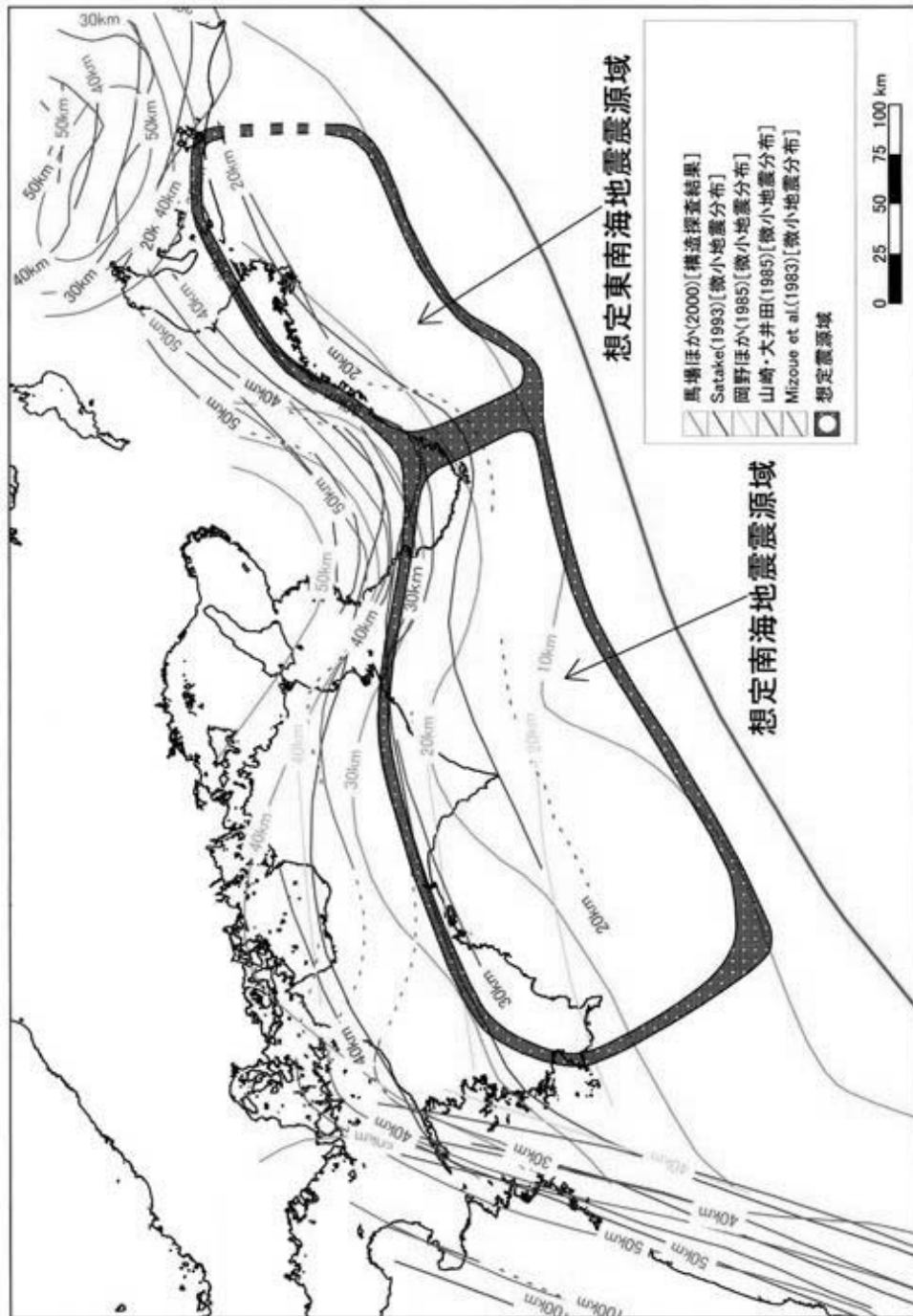


図 4-15 日本列島のキュリ一点深度分布(大久保,1984)<sup>10)</sup>。  
 コンター間隔は 1 km

第2.1-9図 キュリ一点深度  
 (萩原(1991)<sup>(84)</sup>による)

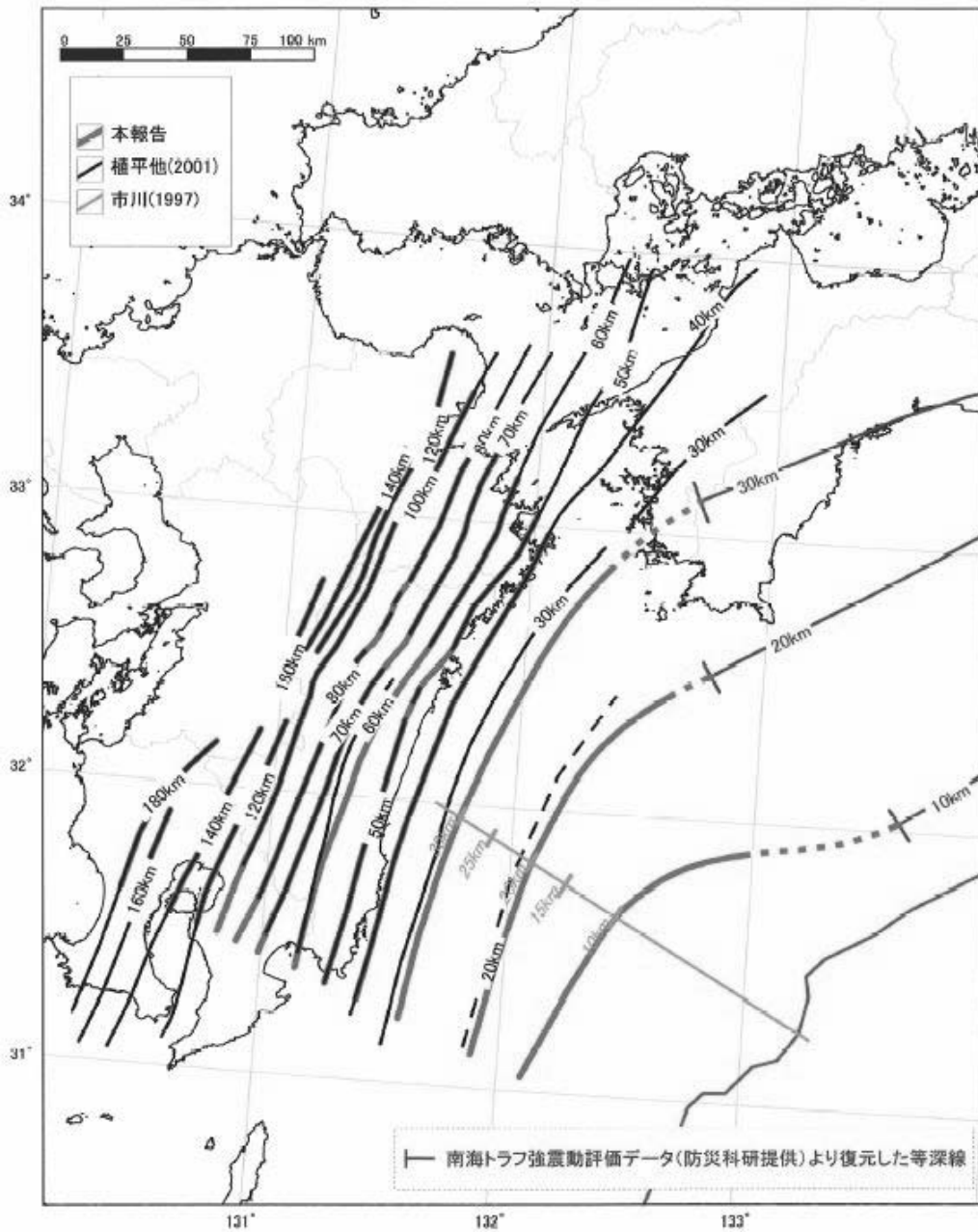


第2. 1-10図 敷地周辺の活断層分布図(半径30km以遠を含む)

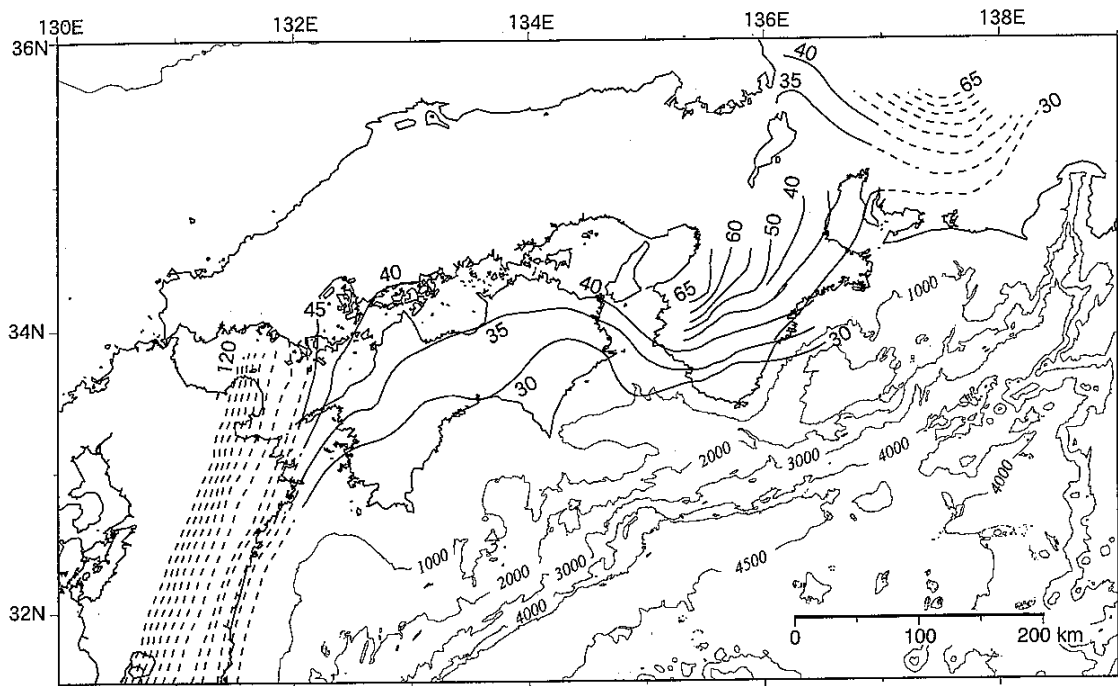


第2.1-11図 微小地震の震源分布および速度構造探査に基づくプレート境界面の推定等深線図  
 (地震調査委員会(2001)<sup>(29)</sup>による)

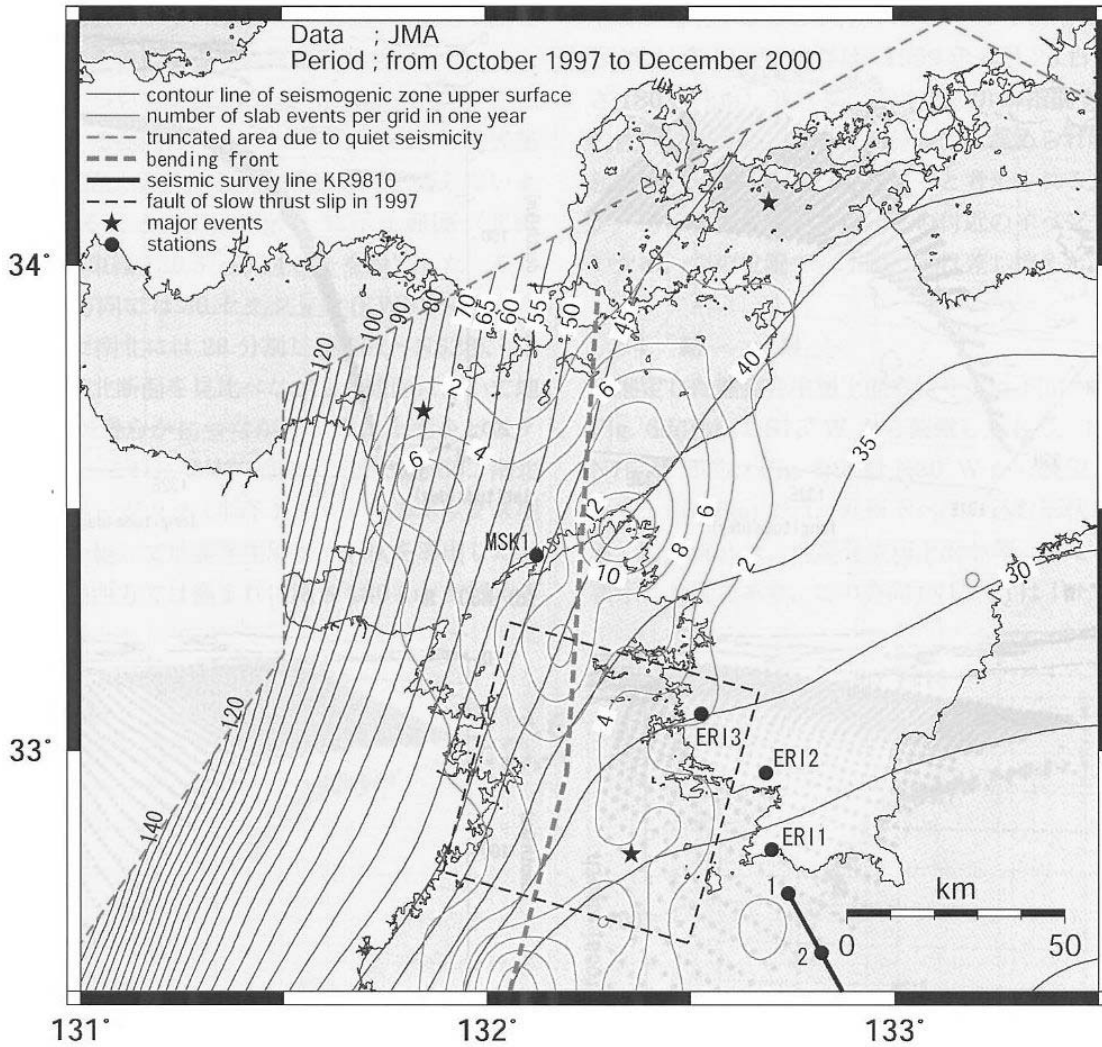




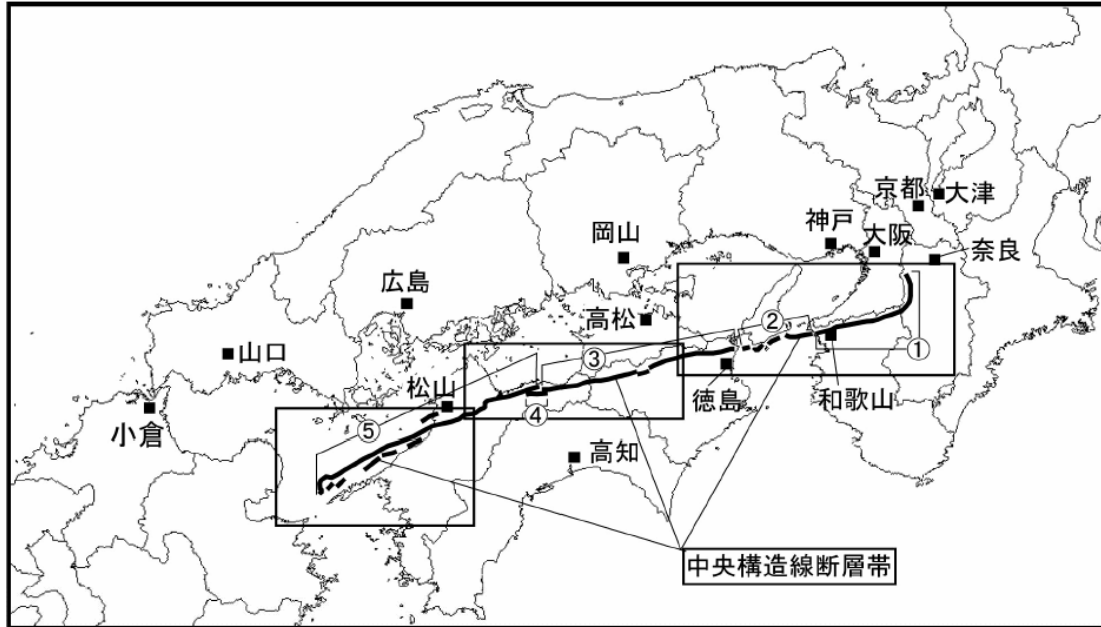
第2.1-12図 微小地震の震源分布に基づくプレート境界面の推定等深線図  
 (日向灘, 九州内陸部)  
 (地震調査委員会(2004)<sup>(30)</sup>による)



第 2.1-13 図 深さ 30km 以深のフィリピン海スラブ上面の形状  
 (三好・石橋(2004)<sup>(22)</sup>による)

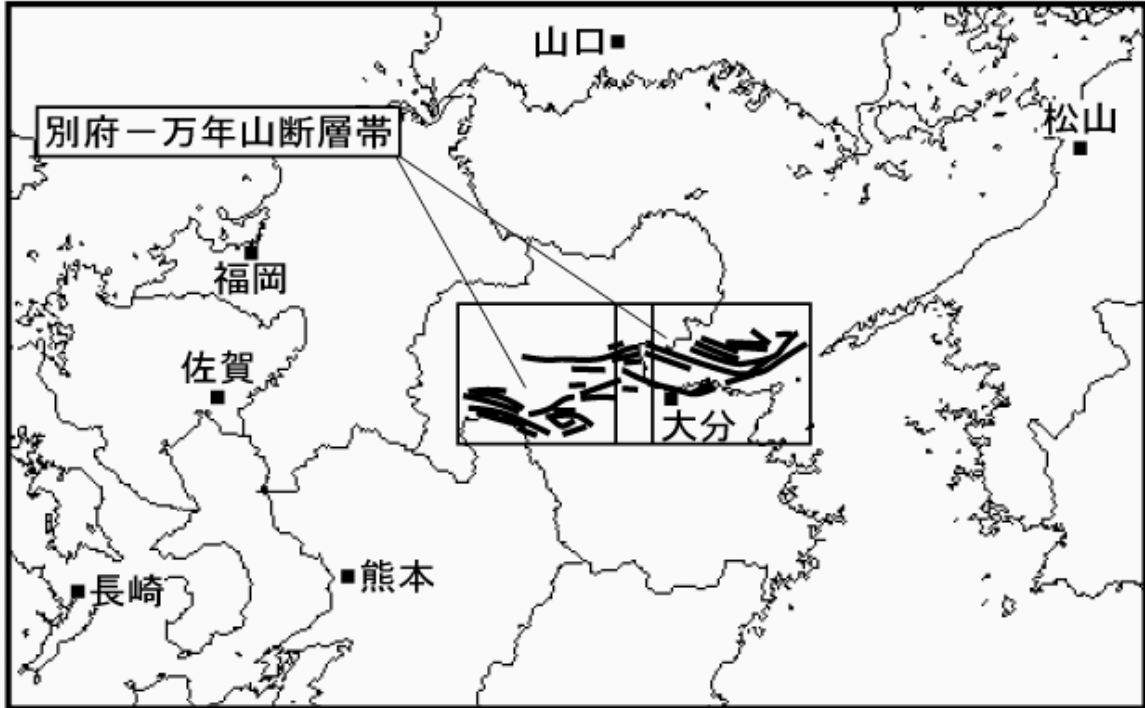


第 2.1-14 図 地震発生層上面形状から作成した等深線図  
(松崎ほか(2003)<sup>(23)</sup>による)

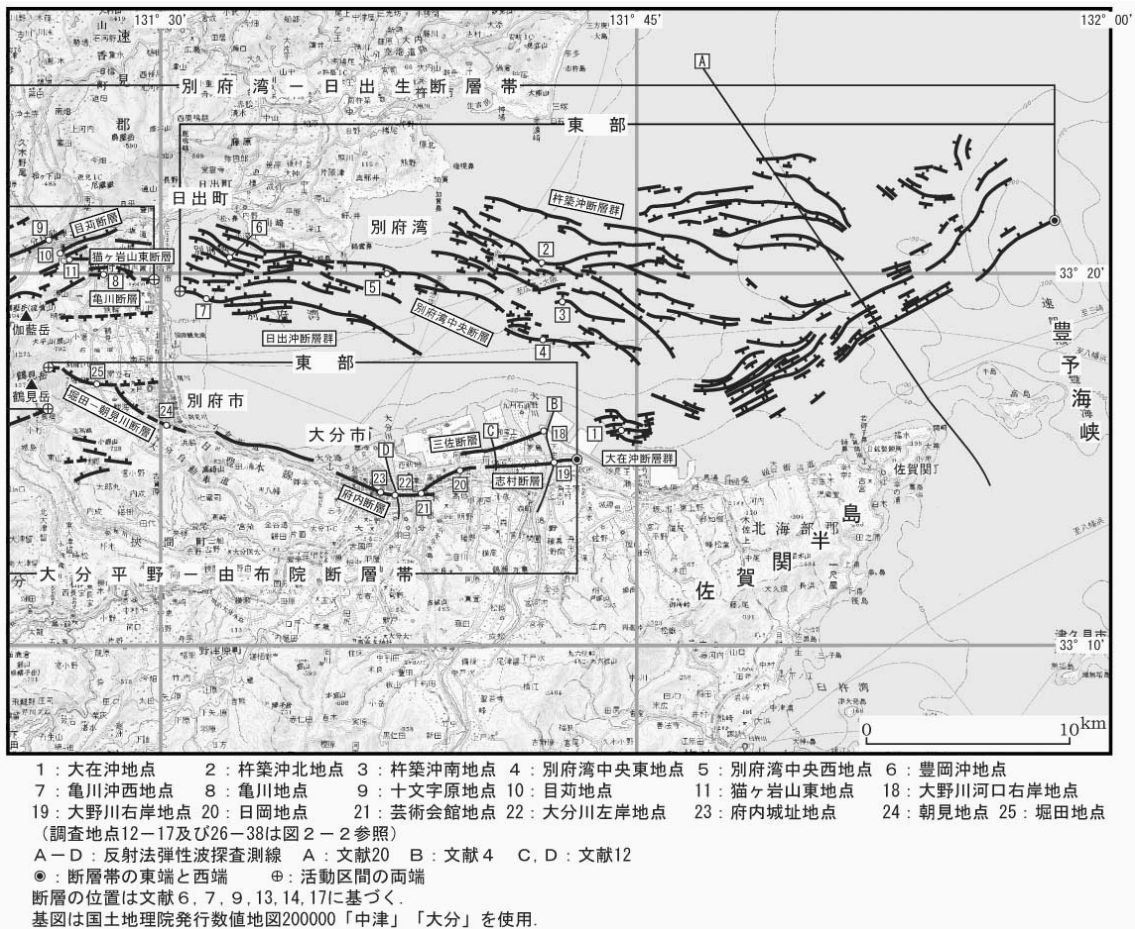


- ①：金剛山地東縁－和泉山脈南縁      ②：紀淡海峡－鳴門海峡  
 ③：讃岐山脈南縁－石鎚山脈北縁東部      ④：石鎚山脈北縁  
 ⑤：石鎚山脈北縁西部－伊予灘

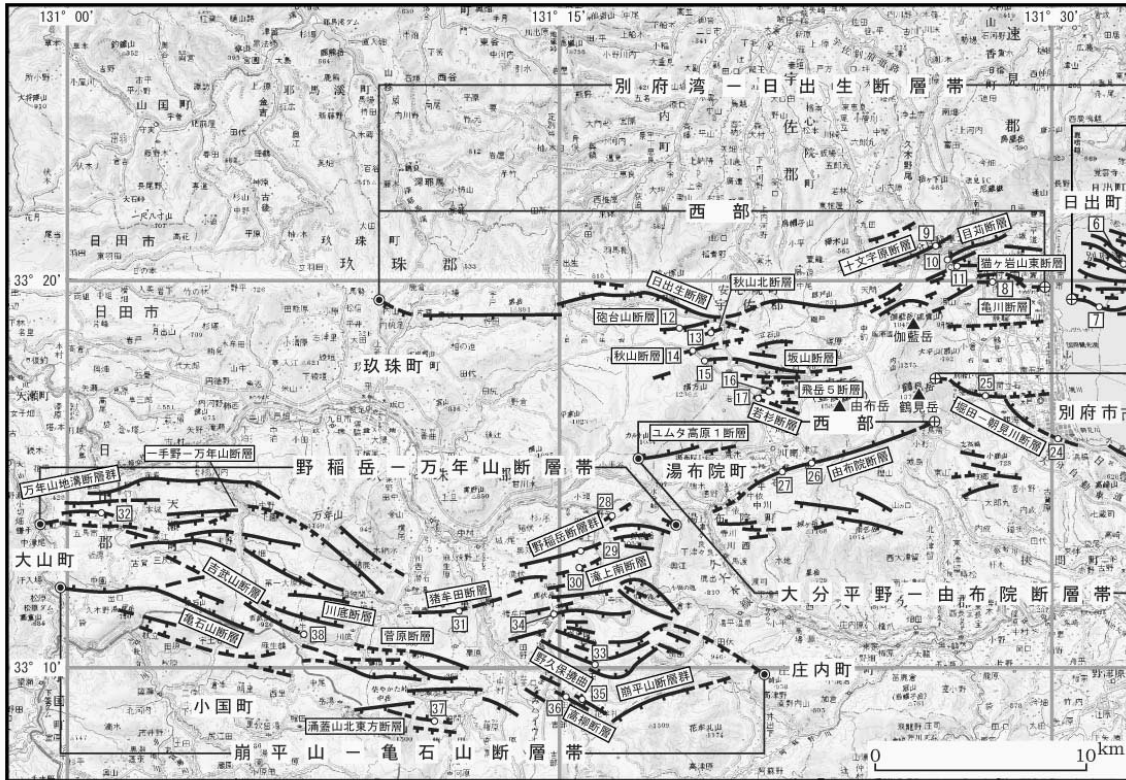
第2.1-15図 中央構造線断層帯位置図  
 (地震調査委員会(2003)<sup>(17)</sup>より引用・加筆)



第2.1-16図 別府-万年山断層帯位置図  
(地震調査委員会(2005)<sup>(28)</sup>による)



第2.1-17図 別府一万年山断層帯(東部)における活断層位置図  
 (地震調査委員会(2005)<sup>(28)</sup>による)



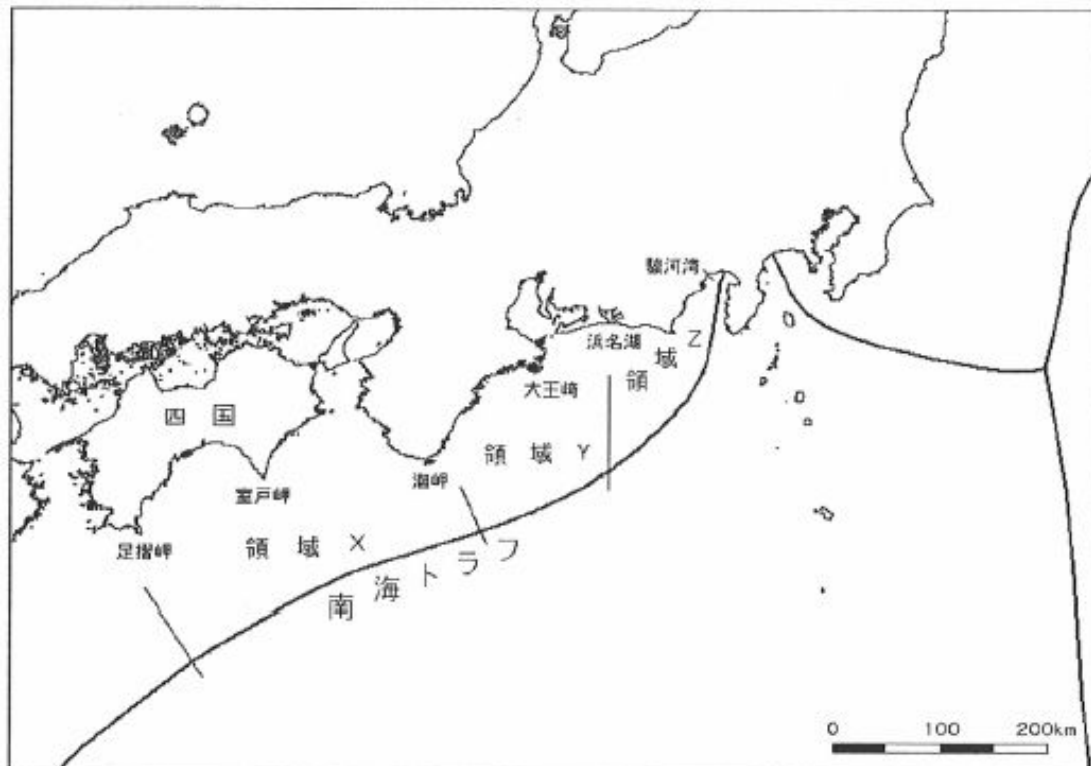
6 : 豊岡沖地点 7 : 亀川沖西地点 8 : 亀川地点 9 : 十字原地点 10 : 目苺地点 11 : 猫ヶ岩山東地点 12 : 砲台山地点  
 13 : 秋山北地点 14 : 秋山地点 15 : 坂山地点 16 : 飛岳5地点 17 : 若杉地点 24 : 朝見地点 25 : 堀田地点  
 26 : 由布院1地点 27 : 由布院2地点 28 : 水分地点 29 : 鹿伏地点 30 : 滝上南地点 31 : 猪牟田地点 32 : 五馬市地点  
 33 : 崩平山7地点 34 : 熊の墓地点 35 : 須久保地点 36 : 高柳地点 37 : 涌蓋山北東方地点 38 : 吉武山地点  
 (調査地点1-5及び18-23は図2-1参照)

● : 断層帯の東端と西端 ⊕ : 活動区間の両端

断層の位置は文献6, 7, 13, 14, 15, 17に基づく。

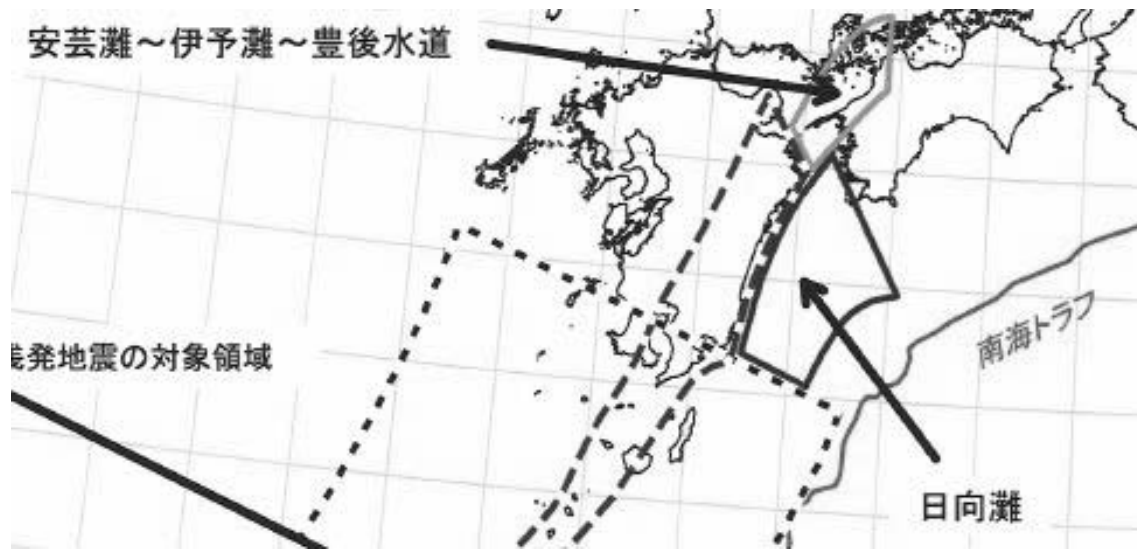
基図は国土地理院発行数値地図200000「中津」「大分」「福岡」「熊本」を使用。

第2.1-18図 別府一万年山断層帯(西部)における活断層位置図 (地震調査委員会(2005)<sup>(28)</sup>による)



第2.1-19図 南海トラフ沿いの地震の震源領域の概略位置図  
 (地震調査委員会(2001)<sup>(29)</sup>による)





第2.1-20図 安芸灘～伊予灘～豊後水道および日向灘の地震の震源領域の概略位置図

(地震調査委員会(2004)<sup>(30)</sup>による)

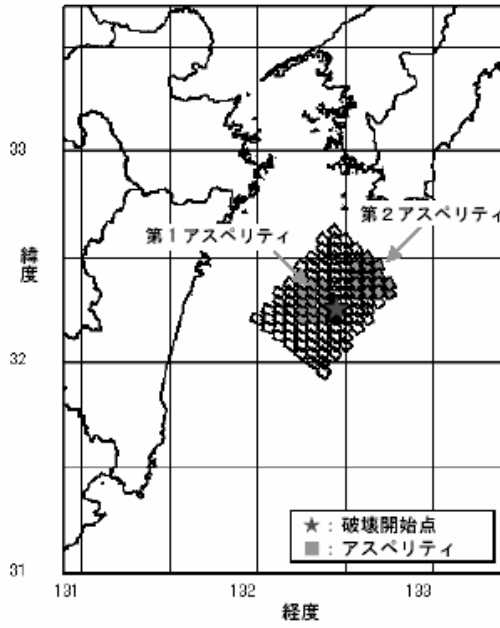


図2-1 設定した震源断層モデル ケース1  
(1968年日向灘地震)

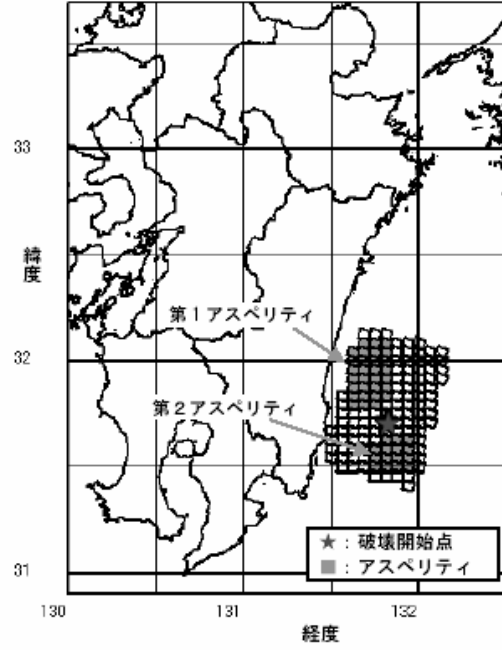
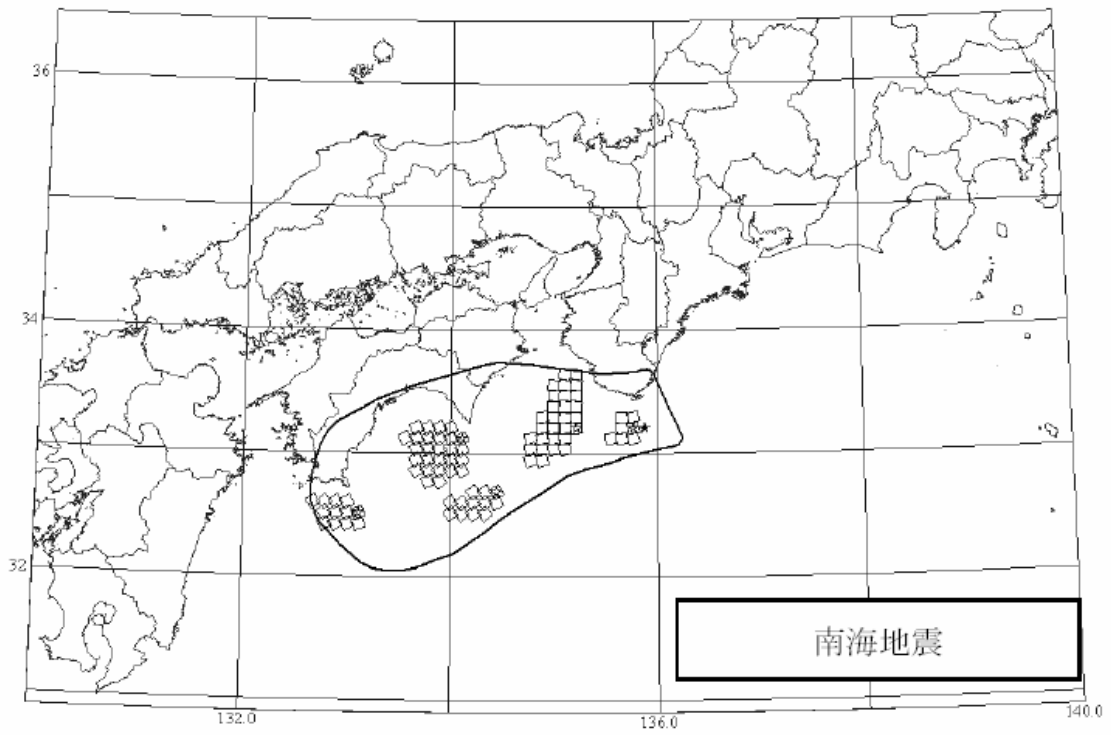
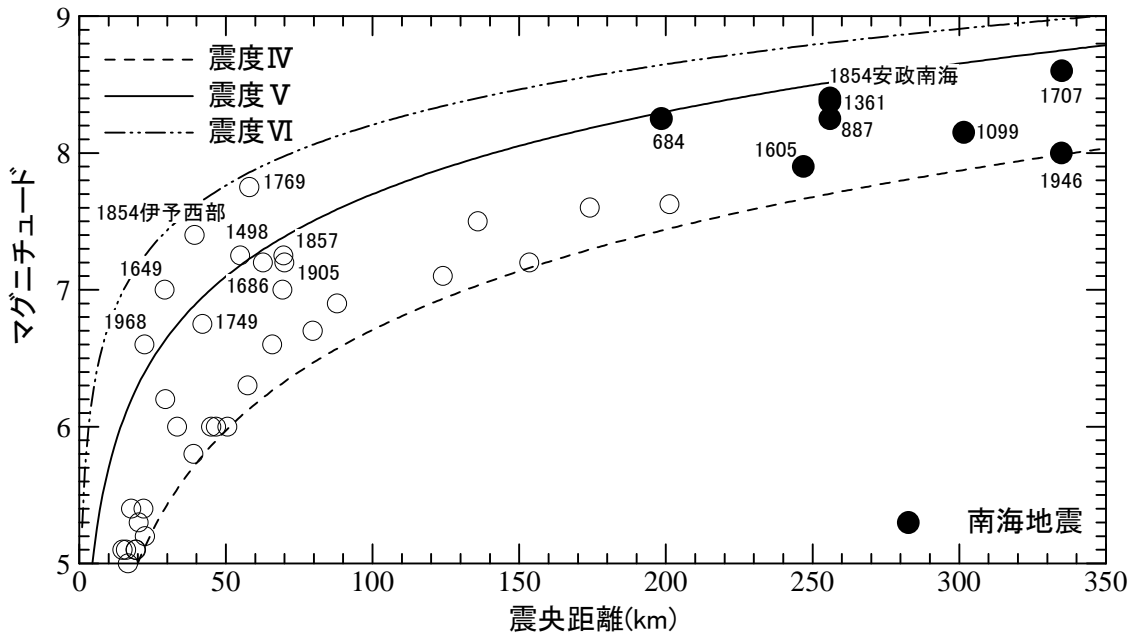


図2-2 設定した震源断層モデル ケース2  
(1662年の日向灘の地震)

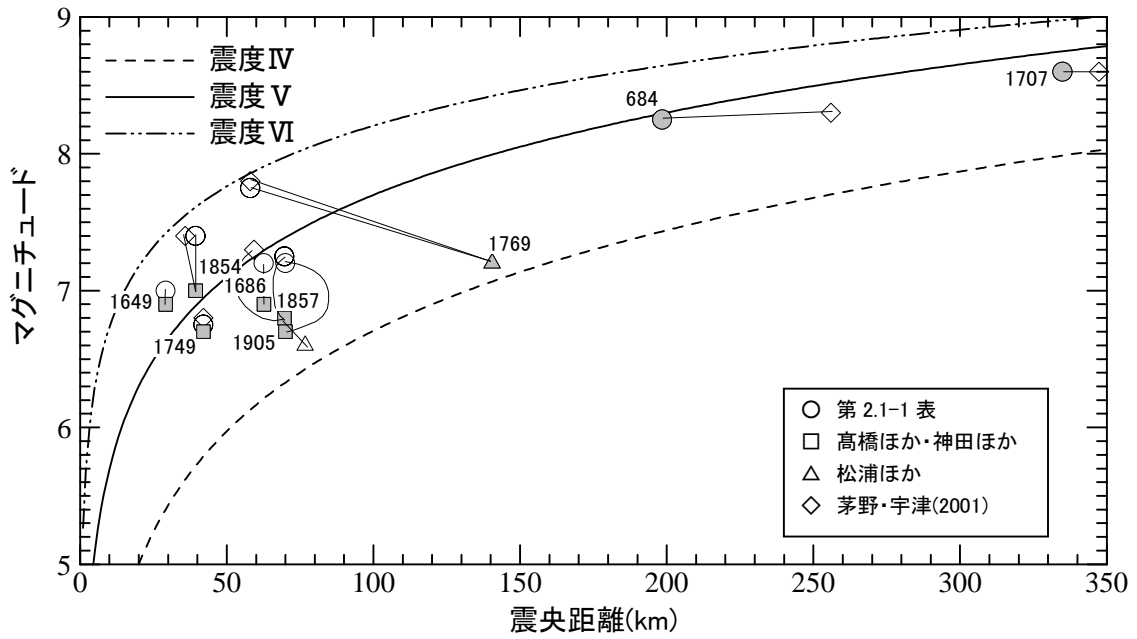
第2.1-21図 日向灘の地震の震源断層モデル  
(地震調査委員会(2005)<sup>(31)</sup>による)



第2. 1-22図 南海地震の震源域(アスペリティモデル)  
 (中央防災会議(2003)<sup>(33)</sup>による)

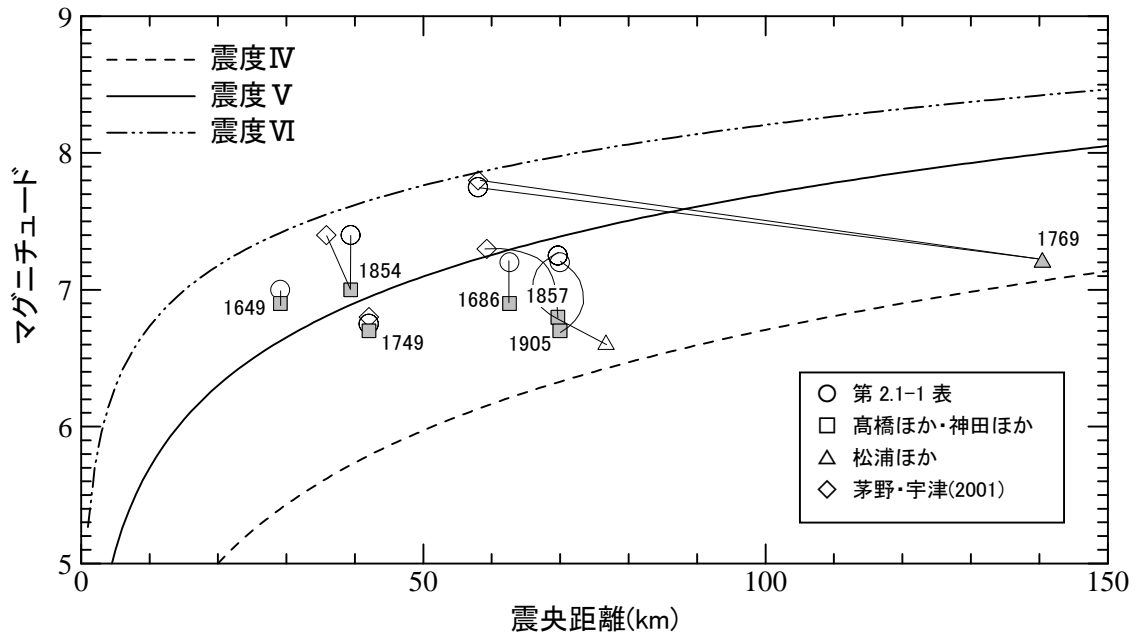


第2. 2-1図 マグニチュードと震央距離との関係から推定した敷地の震度



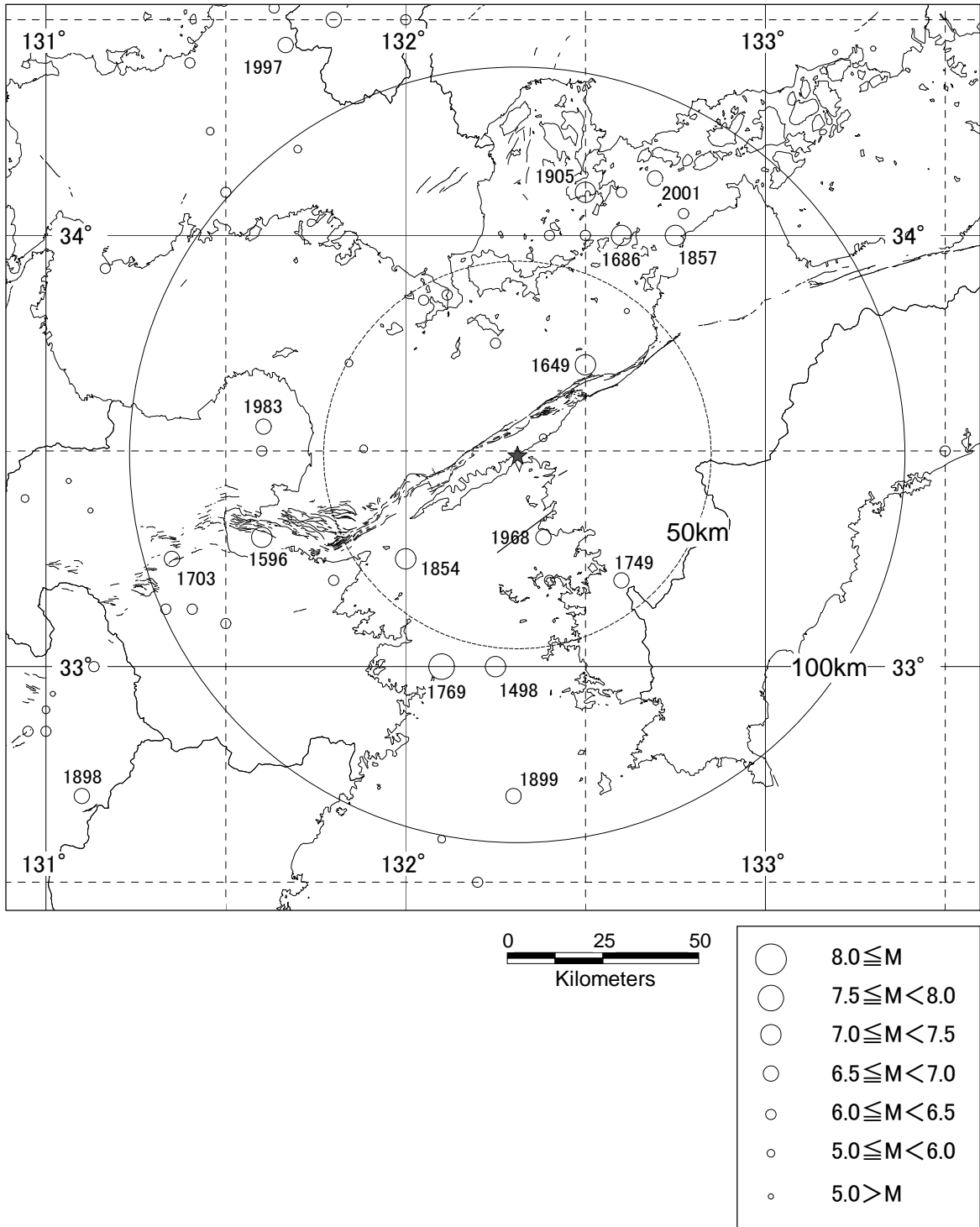
※塗りつぶしの数値を採用

第2.2-2(1)図 カタログ間の地震の規模および震央位置の差異

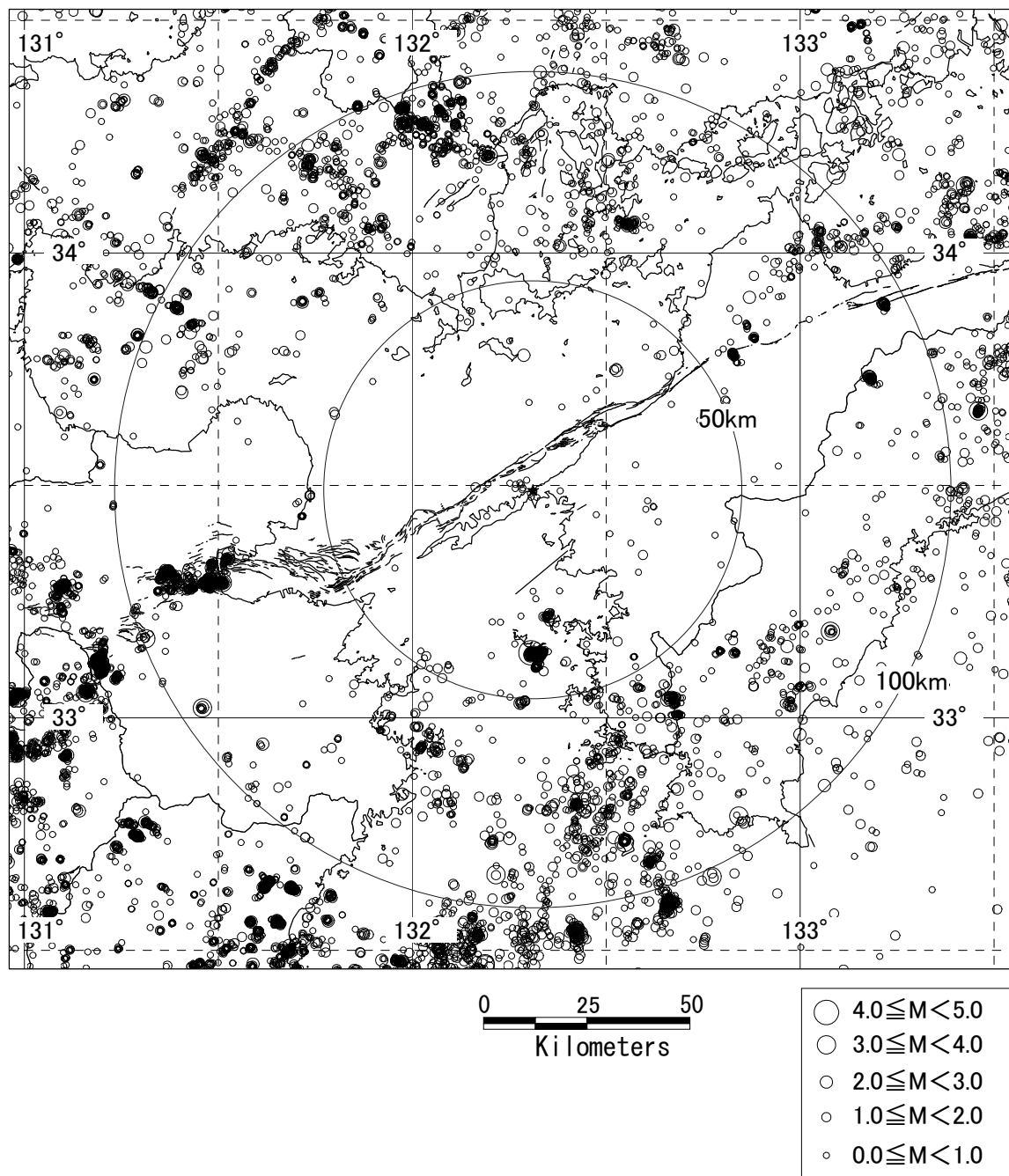


※塗りつぶしの数値を採用

第2. 2-2(2) 図 カタログ間の地震の規模および震央位置の差異(拡大図)

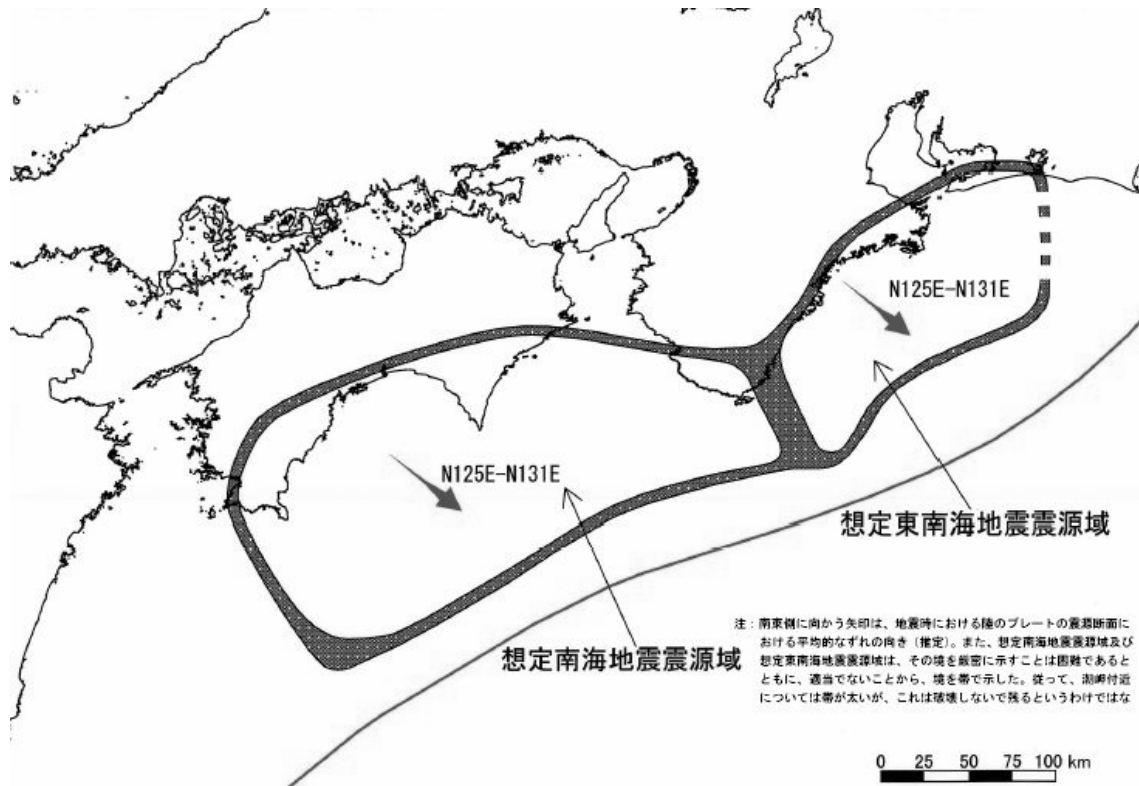


第2. 2-3図 敷地周辺で過去に発生した被害地震の震央分布と活断層

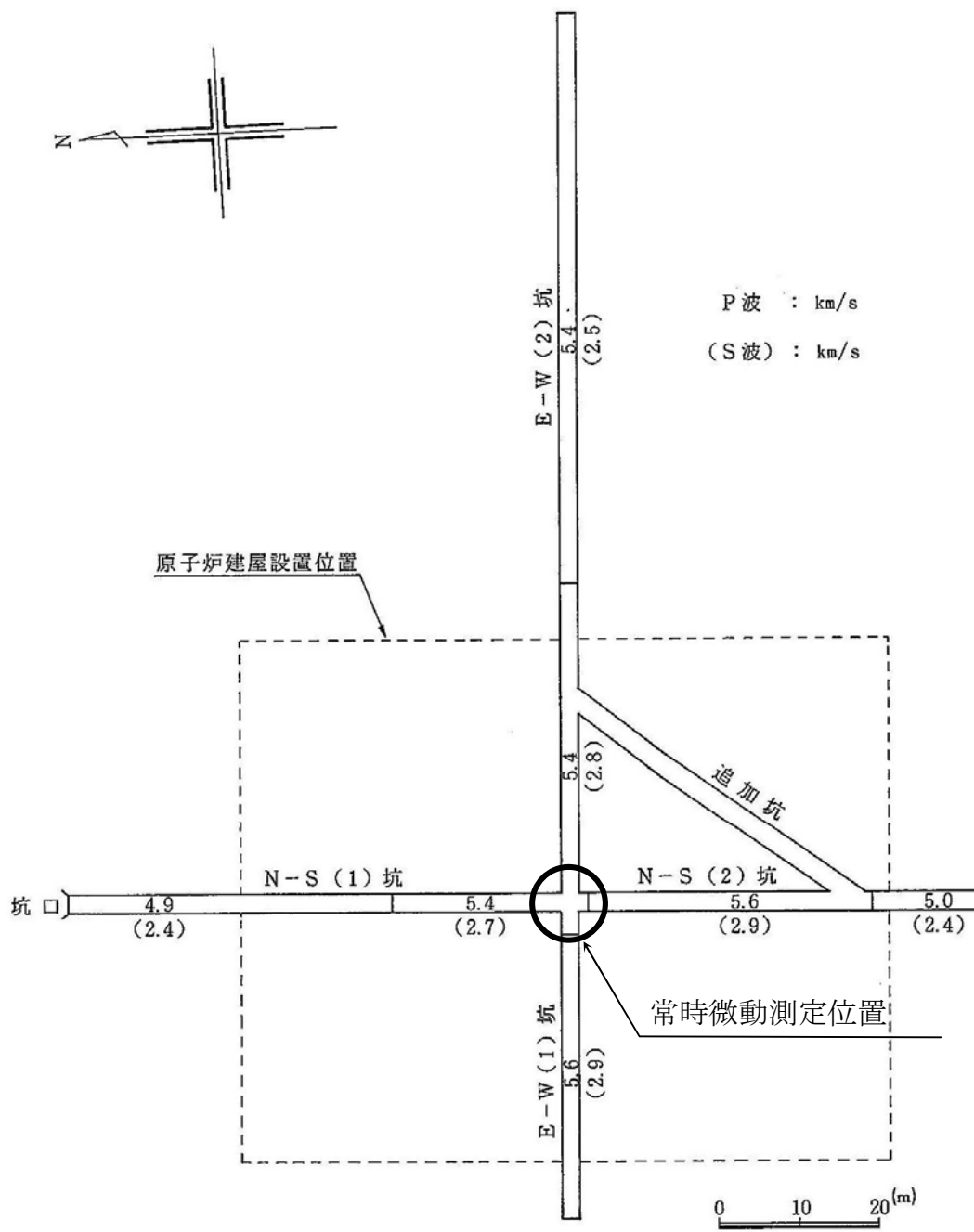


第2. 2-4図 中小微小地震の震央分布(震源深さ0~30km)と活断層

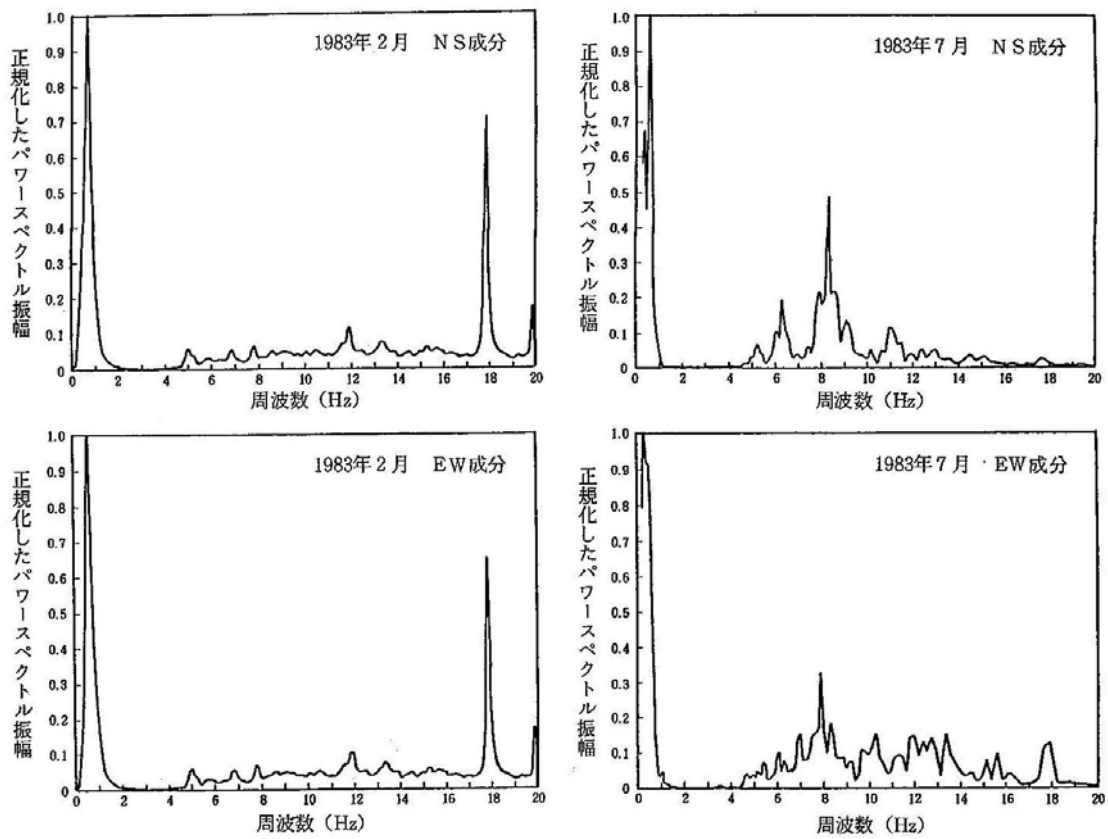




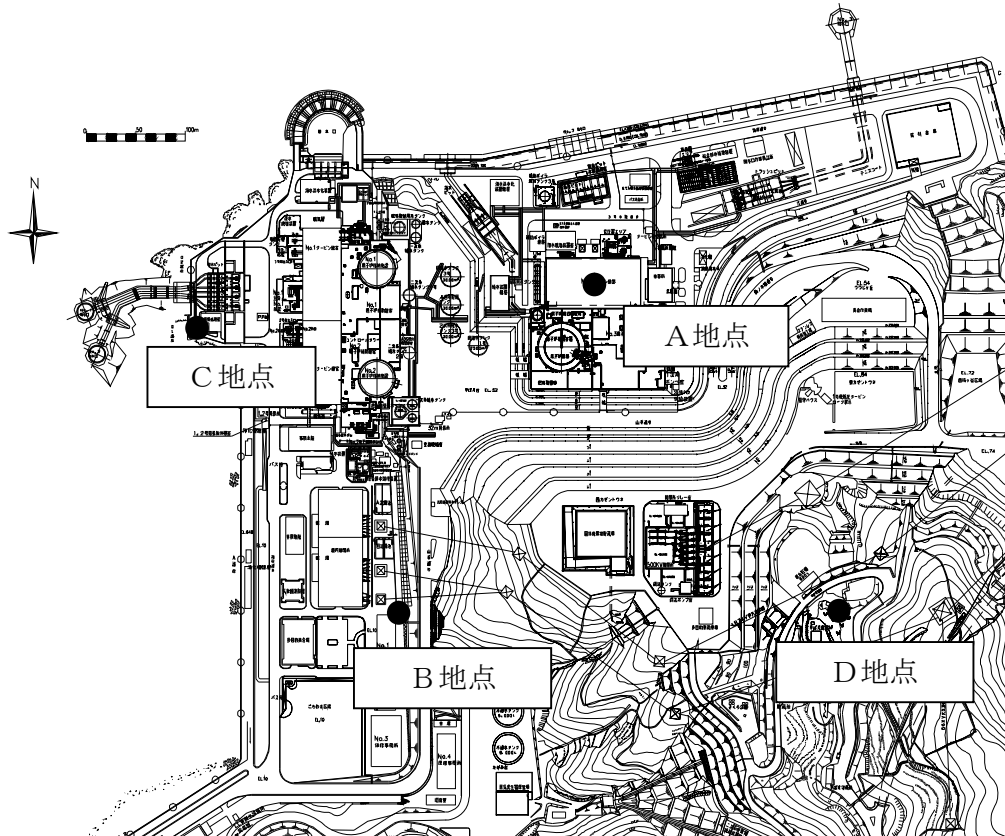
第2. 2-5図 想定南海地震および想定東南海地震の震源域  
(地震調査委員会(2001)<sup>(29)</sup>による)



第2.3-1図 弾性波試験結果（基礎岩盤部）および常時微動測定位置図



第2.3-2図 常時微動のパワースペクトル

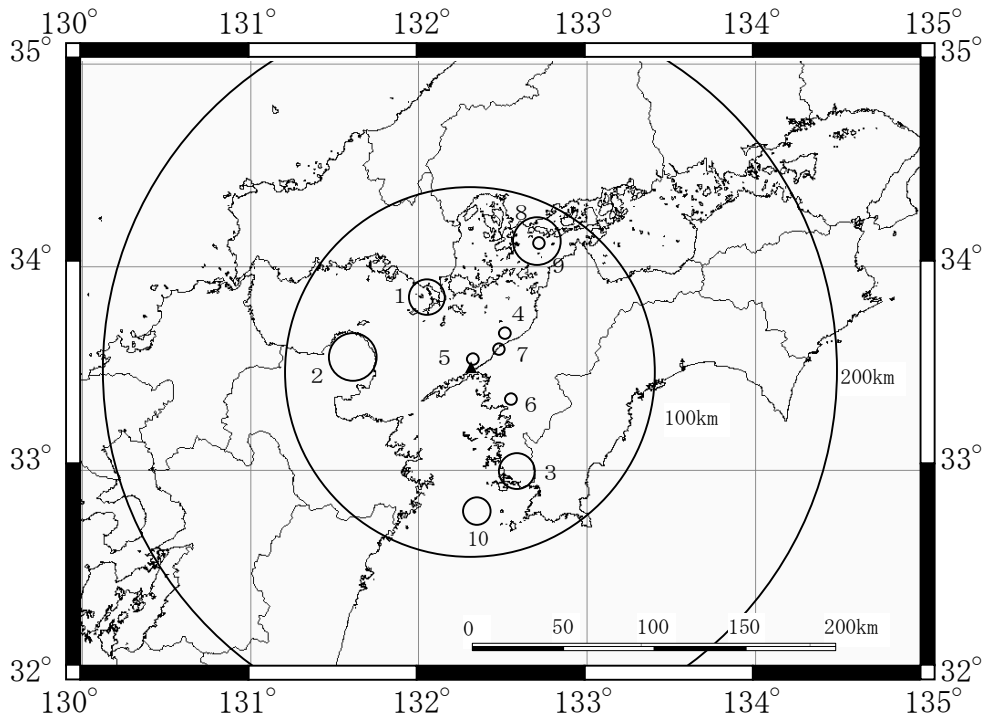


観測点	観測期間
A地点	1975～1982
B地点	1982～1994
C地点	1999～
D地点	1998～

A～C：強震観測  
D：微小地震観測

標高 (m)	A地点		B地点		C地点		D地点	
	地震計	地層	地震計	地層	地震計	地層	地震計	地層
+125							▽GL	
+105							○ GL-20m	第四系 三波川 変成岩 類
+51	GL ▽							
	GL±0m	第四系		▽GL		▽GL		
+10								
+5	GL-60m	三波川 変成岩 類		○ GL-5m 三波川 変成岩 類		○ GL-5m 三波川 変成岩 類		
-9								
-70				○ GL-80m		○ GL-80m		
-150				○ GL-160m		○ GL-160m		
-200								

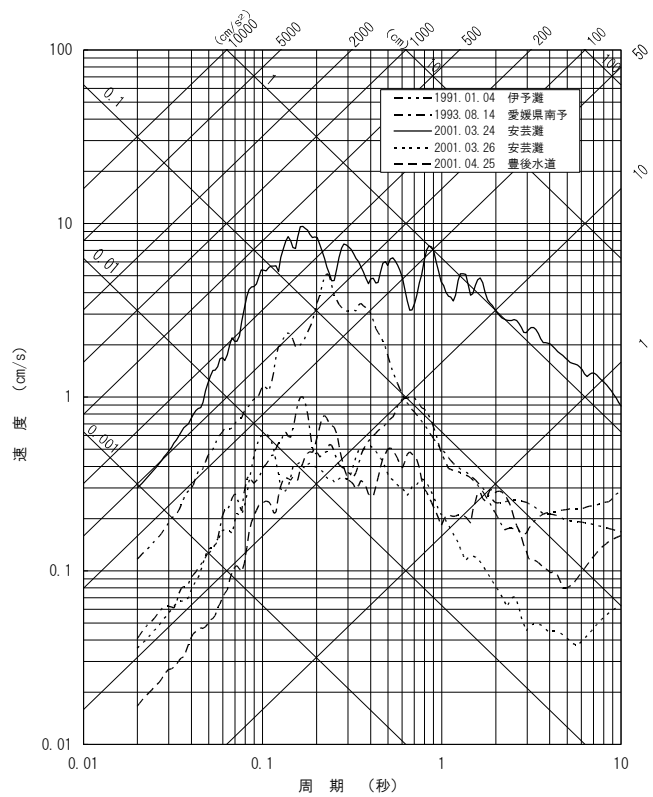
第2.3-3図 地震計設置位置図(配置図および柱状図)および観測期間



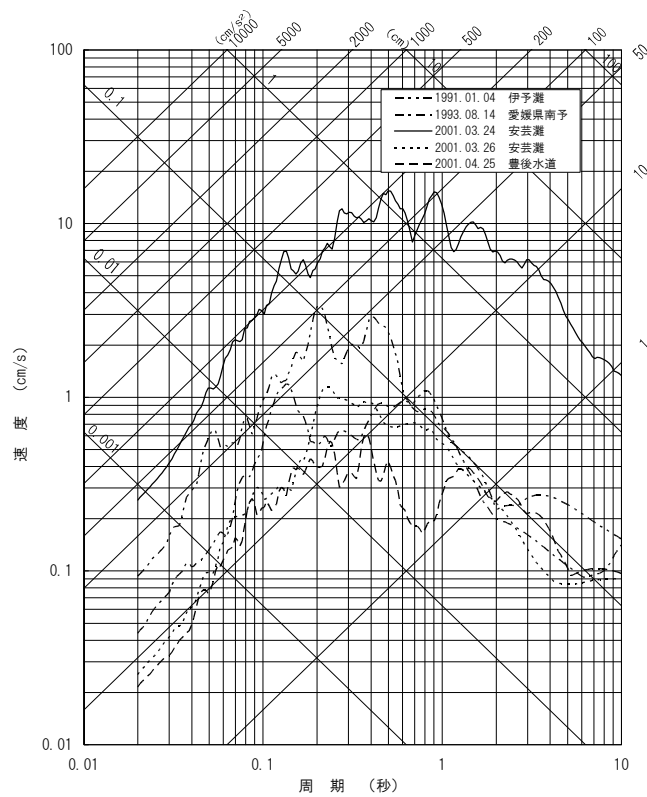
番号	震央位置 または地震名	発生日時
1	周防灘	1979年 7月13日 17時10分
2	大分県北部	1983年 8月26日 5時23分
3	愛媛県南予	1985年 5月13日 19時41分
4	伊予灘	1988年 7月29日 18時59分
5	伊予灘	1991年 1月 4日 3時36分
6	愛媛県南予	1993年 8月14日 10時29分
7	伊予灘	1993年 8月31日 0時 8分
8	2001年芸予地震	2001年 3月24日 15時27分
9	安芸灘	2001年 3月26日 5時40分
10	豊後水道	2001年 4月25日 23時40分

凡 例	
○	$5.0 \leq M < 5.5$
○	$5.5 \leq M < 6.0$
○	$6.0 \leq M < 6.5$
○	$6.5 \leq M < 7.0$

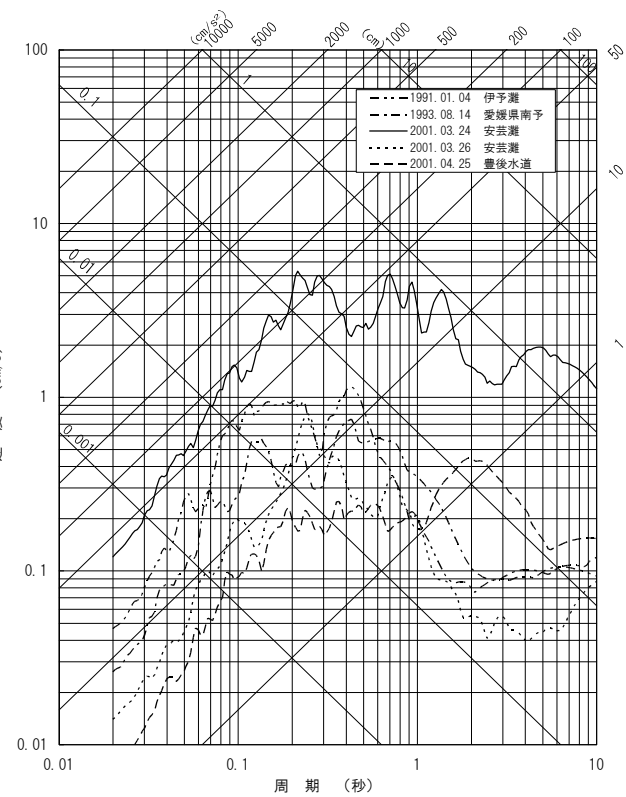
第2.3-4図 主な観測地震の震央分布



(a) N S 成分

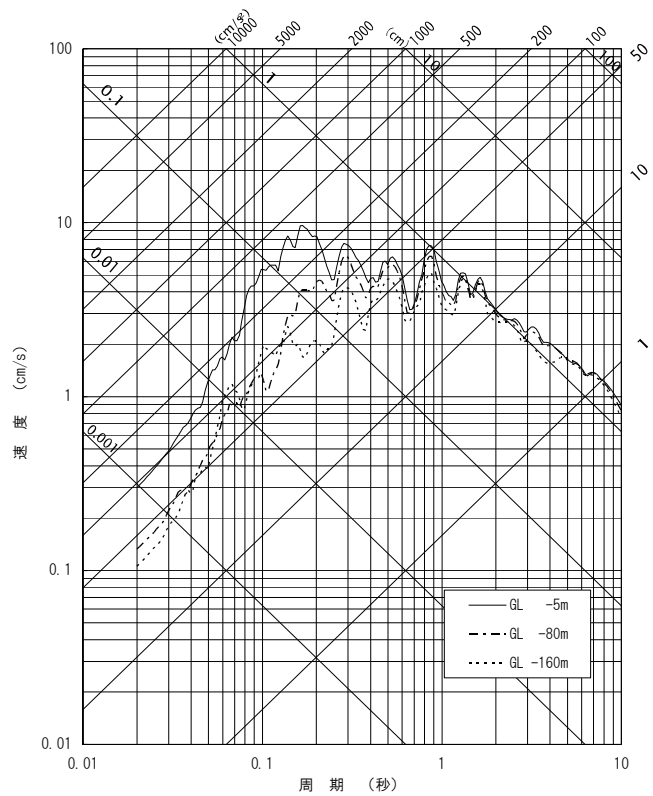


(b) E W 成分

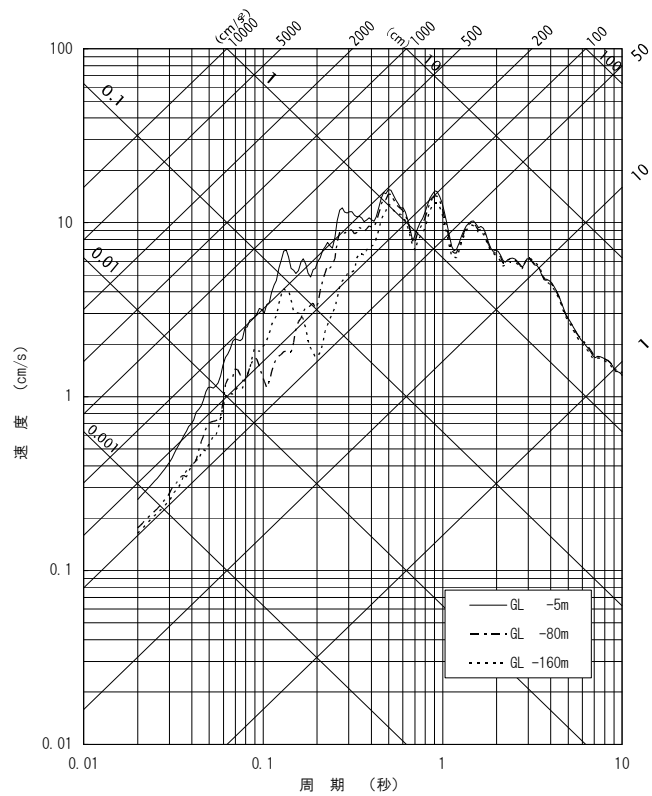


(c) U D 成分

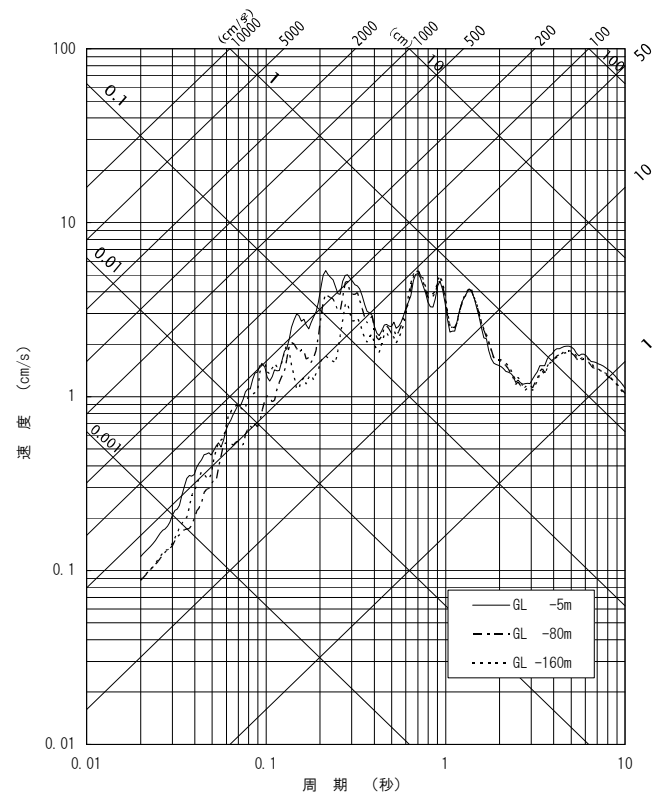
第2.3-5図 主な観測地震の地震別応答スペクトル



(a) N S成分



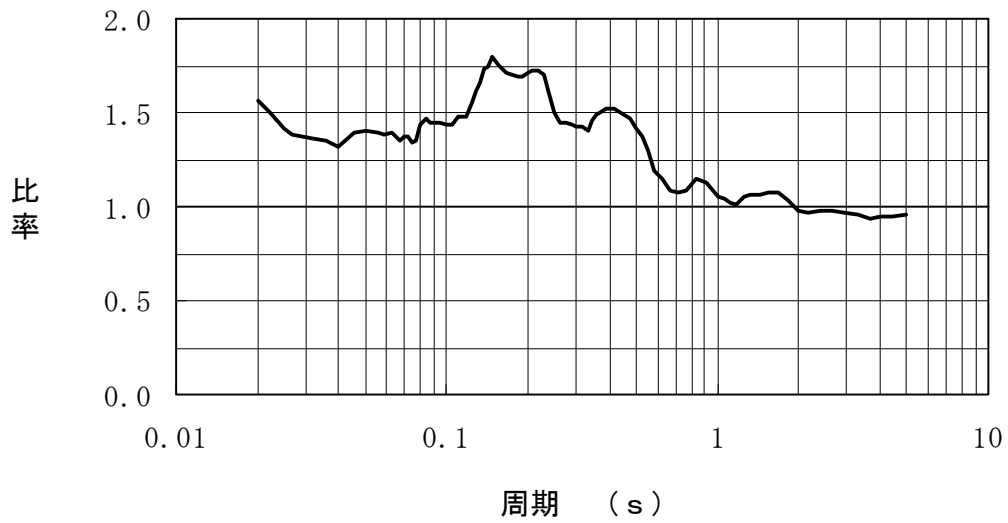
(b) E W成分



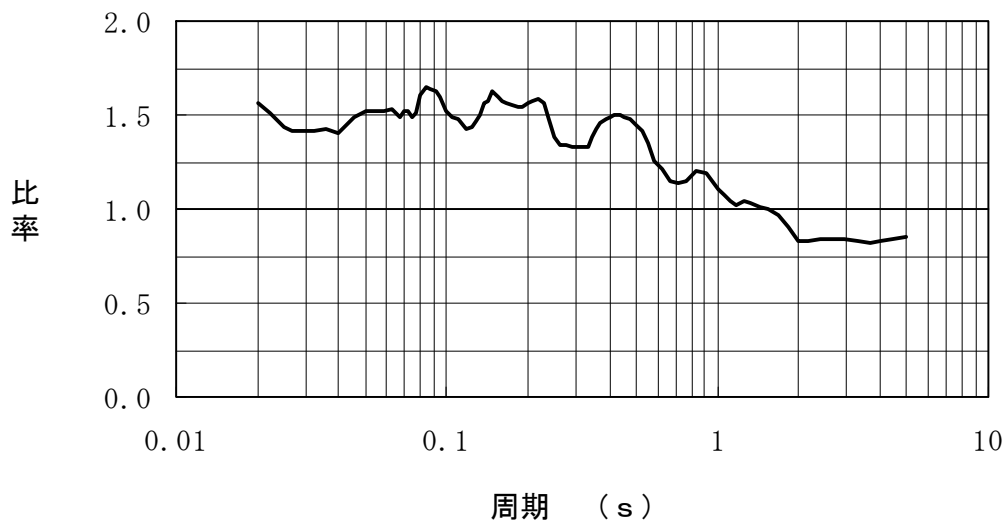
(c) U D成分

第2.3-6図

深度別の観測地震の応答スペクトル(2001.03.24安芸灘の地震)



(a) 水平方向

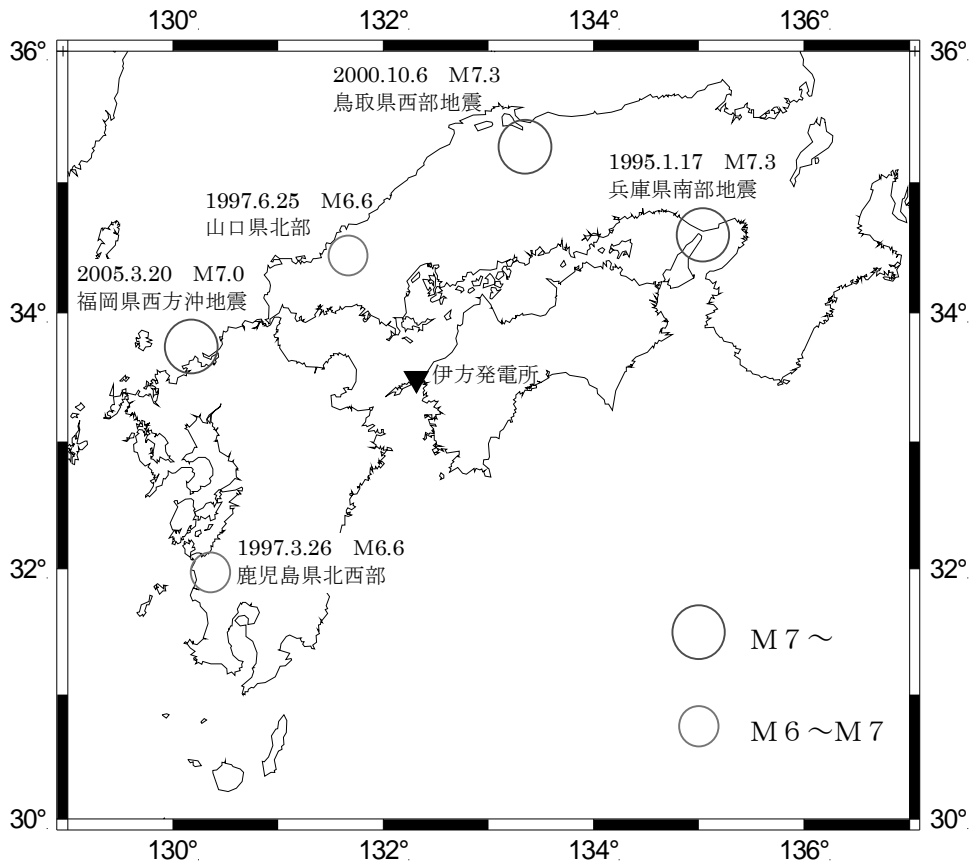


(b) 鉛直方向

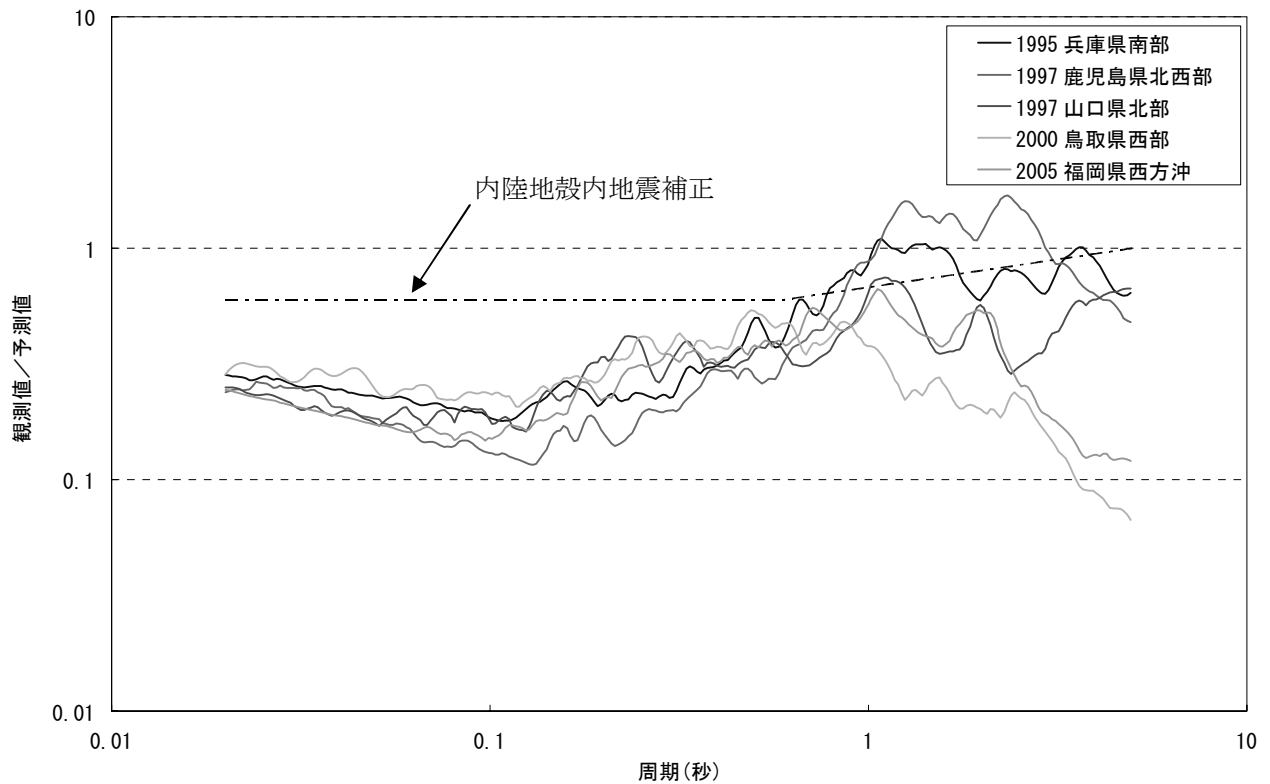
観測記録に基づく解放基盤表面位置の応答スペクトルと、Noda et al. (2002)による応答スペクトルの比を示す。  
 算定にあたっては、第 2.3-2 表および第 2.3-4 図に示すM5.1 以上の海洋プレート内地震の 10 記録を用いた。

第2.3-7図 海洋プレート内地震の観測記録に基づく応答スペクトル比

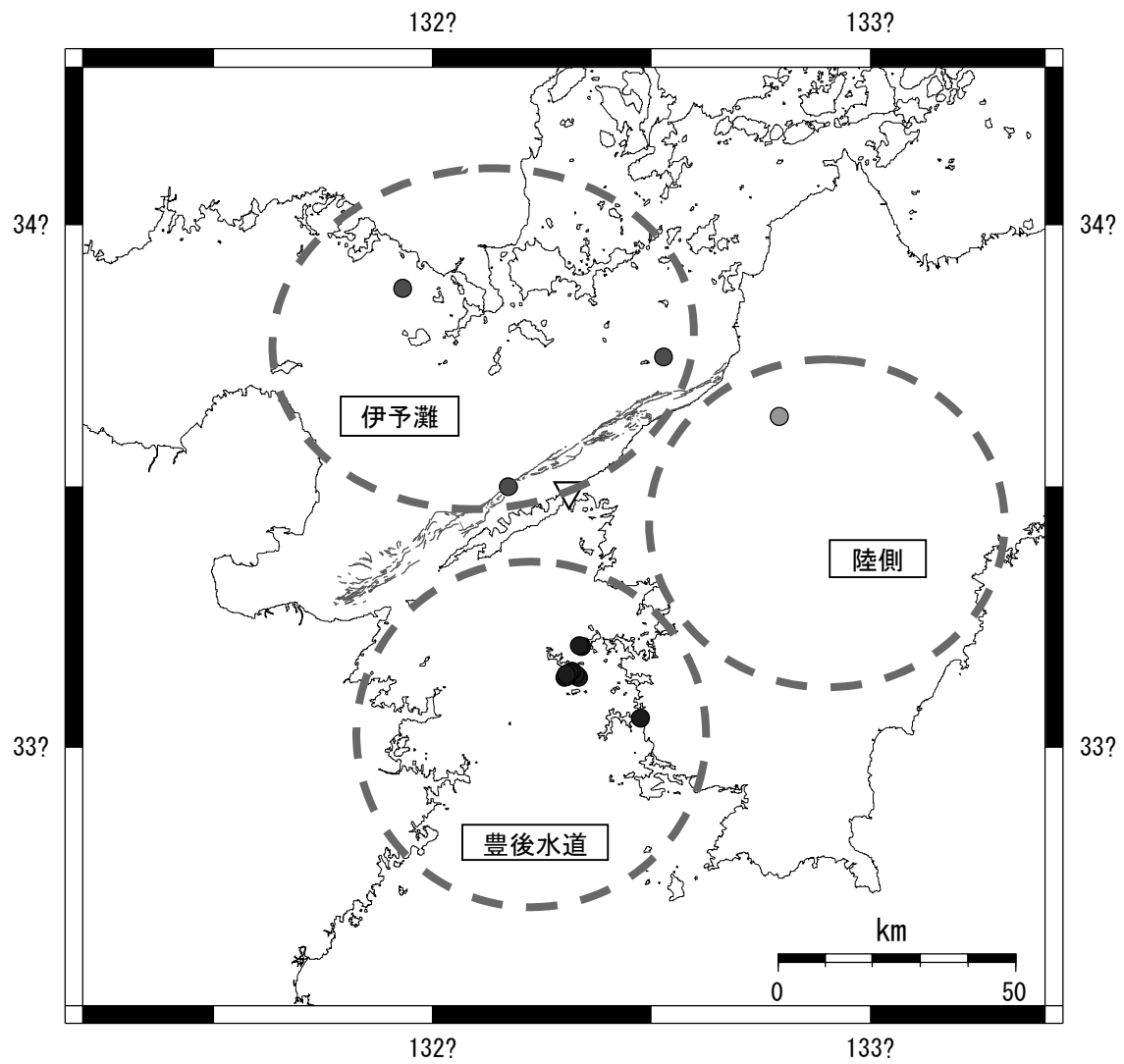




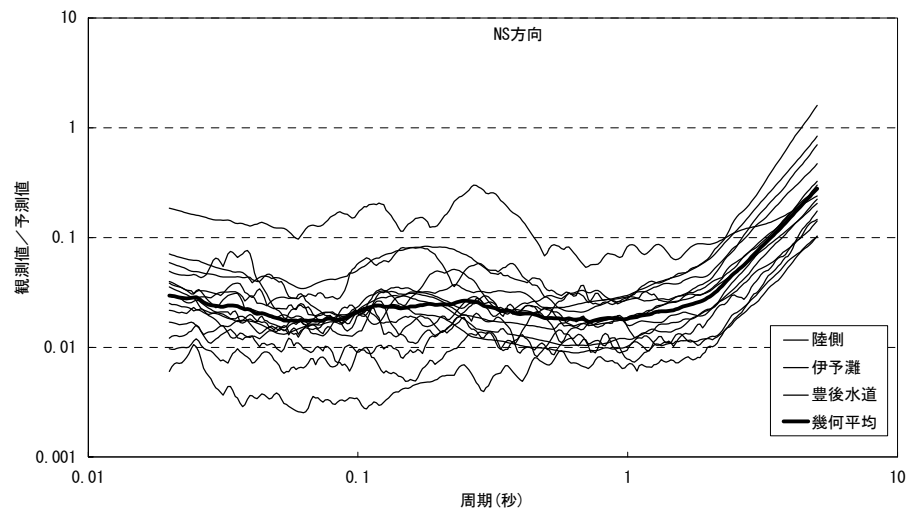
第2.3-8図 増幅特性の検討に用いた地震



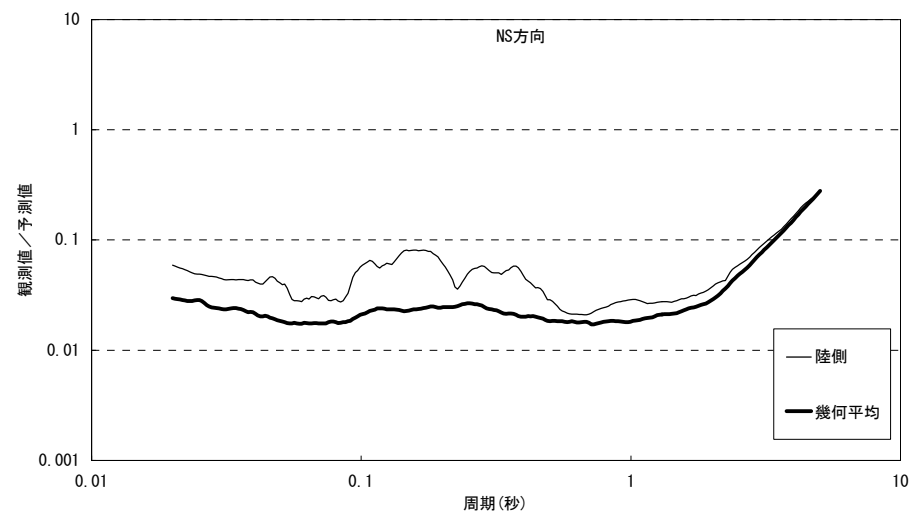
第2.3-9図 観測記録とNoda et al. (2002)による予測値の比較



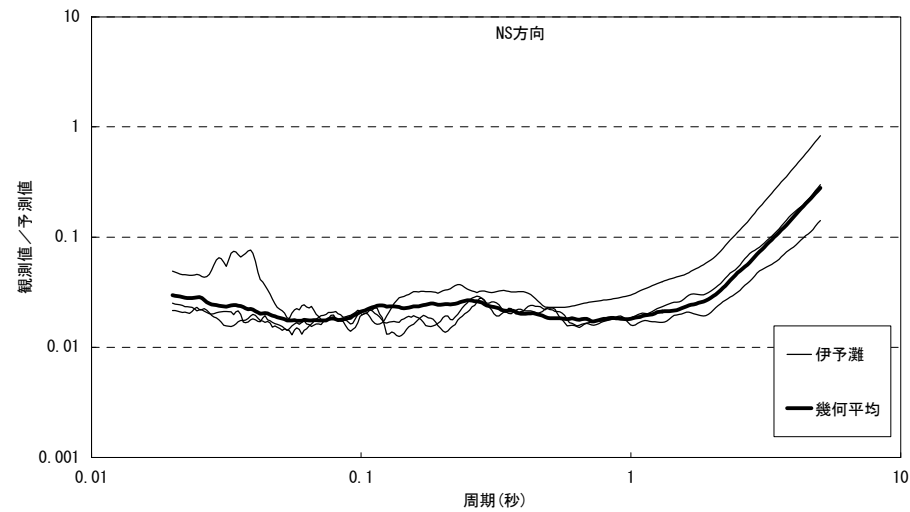
第2. 3-10図 到来方向による増幅特性の検討に用いた地震



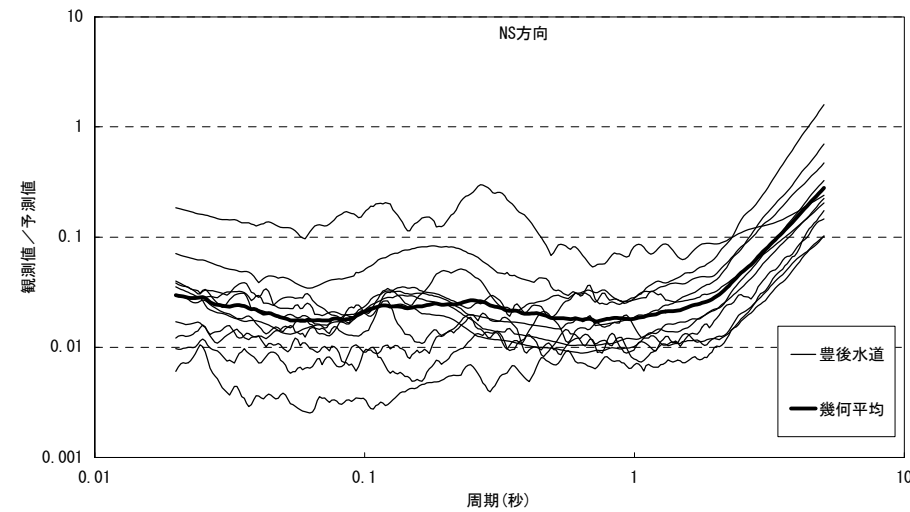
(i) 全 域



(ii) 陸 域

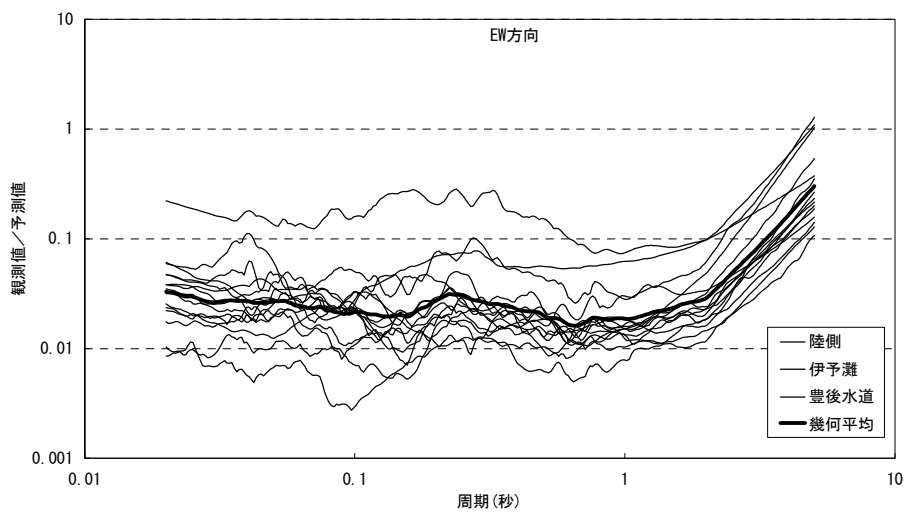


(iii) 伊予灘

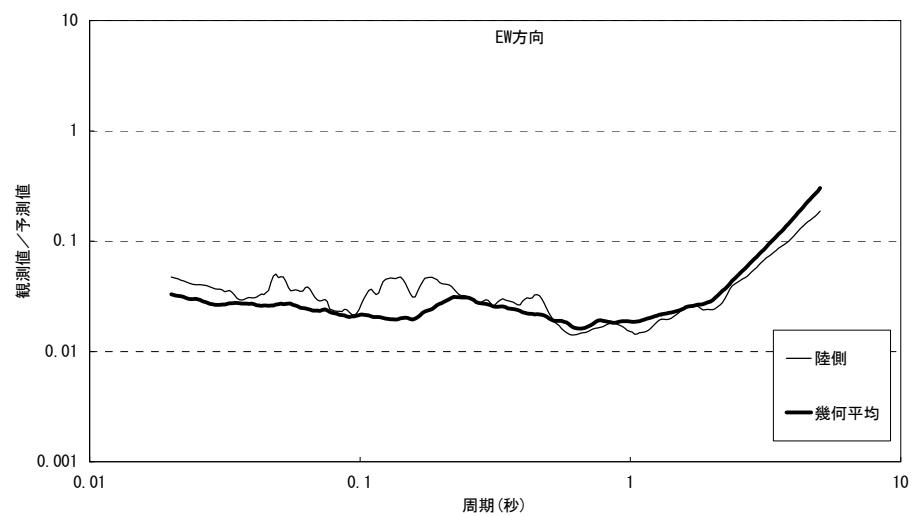


(iv) 豊後水道

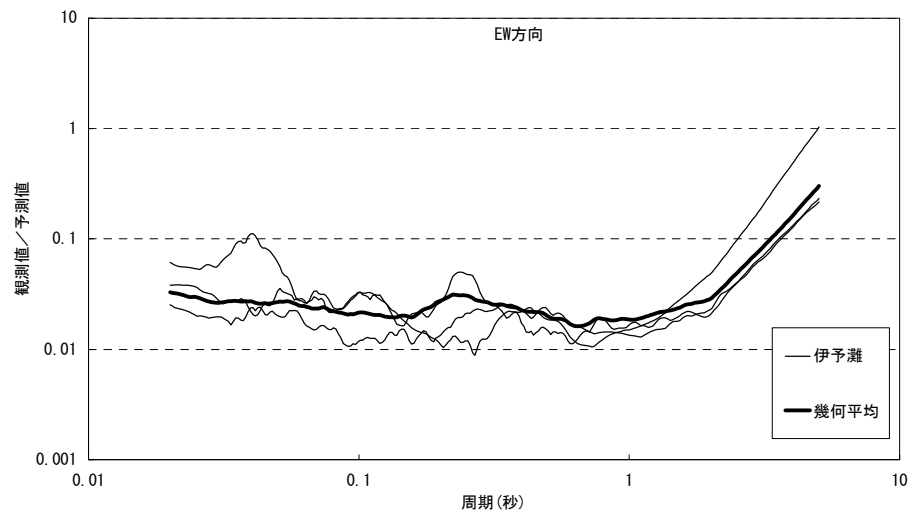
第2.3-11(1)図 到来方向による増幅の検討 (NS成分)



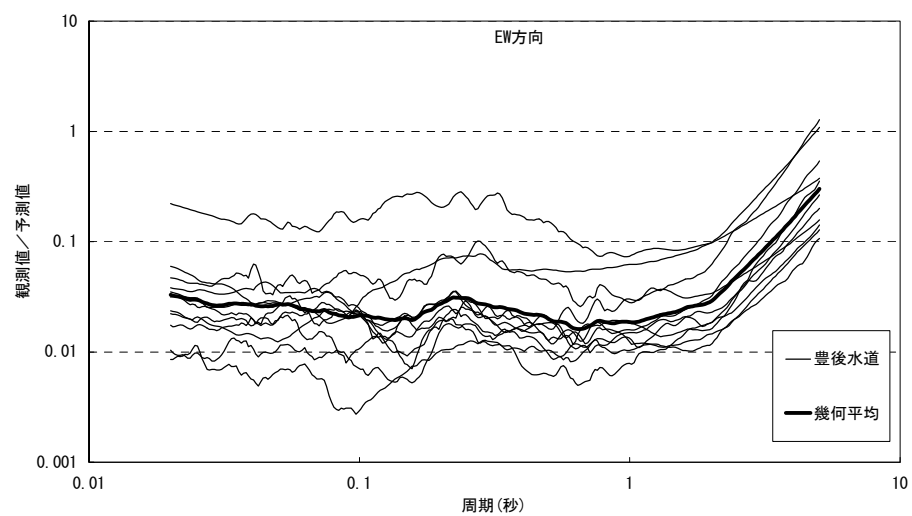
(i) 全域



(ii) 陸域

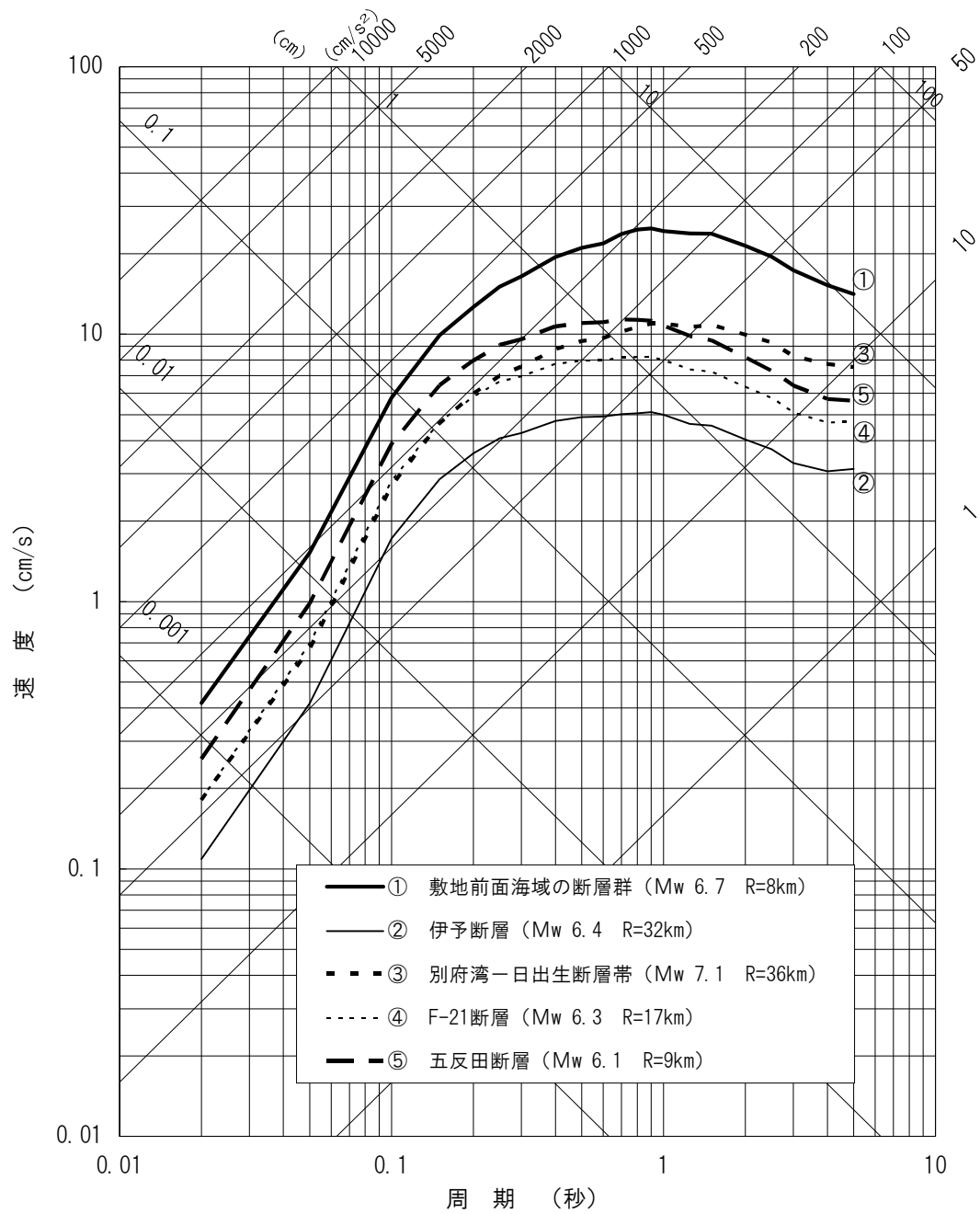


(iii) 伊予灘

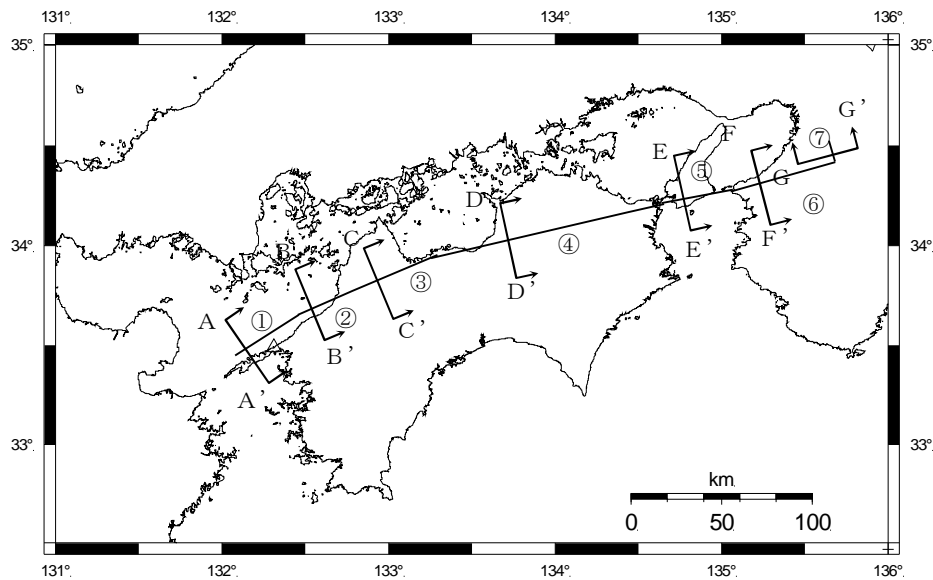


(iv) 豊後水道

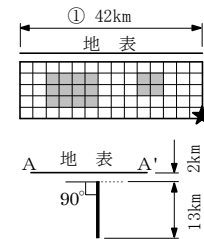
第2.3-11(2)図 到来方向による増幅の検討 (EW成分)



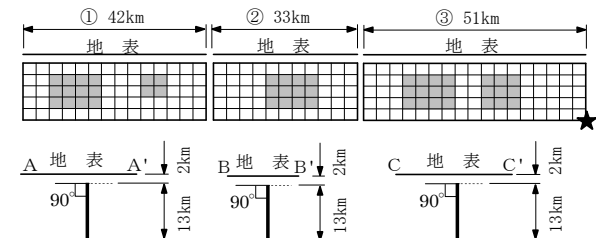
第2.4-1図 応答スペクトルによる地震動評価  
 (内陸地殻内地震 Zhao et al. (2006))



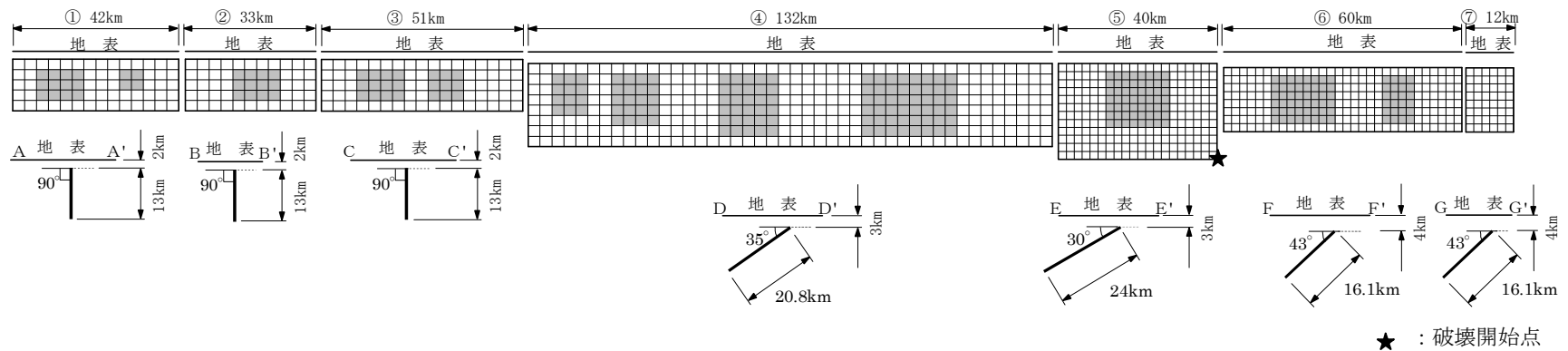
(a) 敷地前面海域断層群①



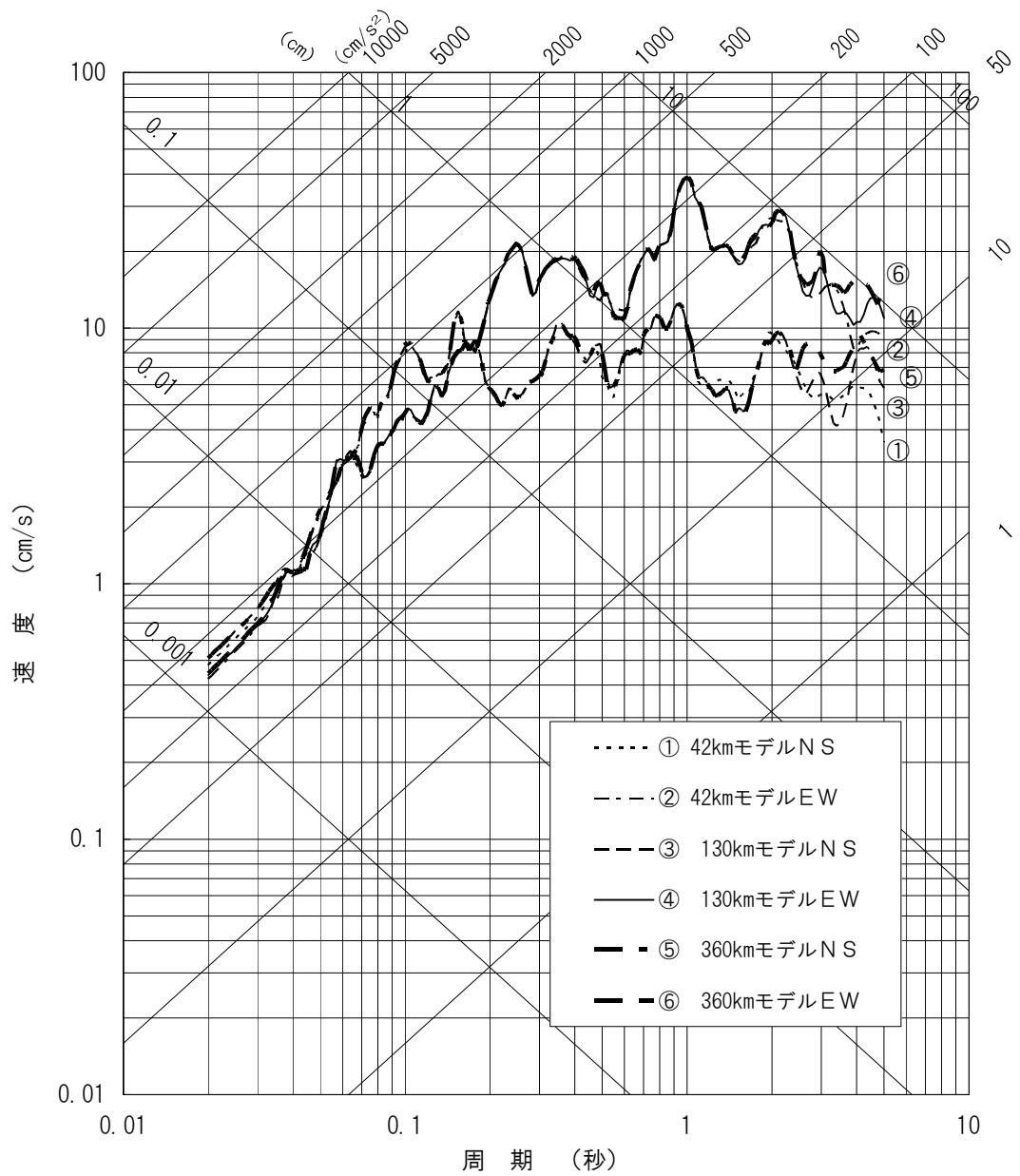
(b) 石鎚山北縁西部-伊予灘①②③



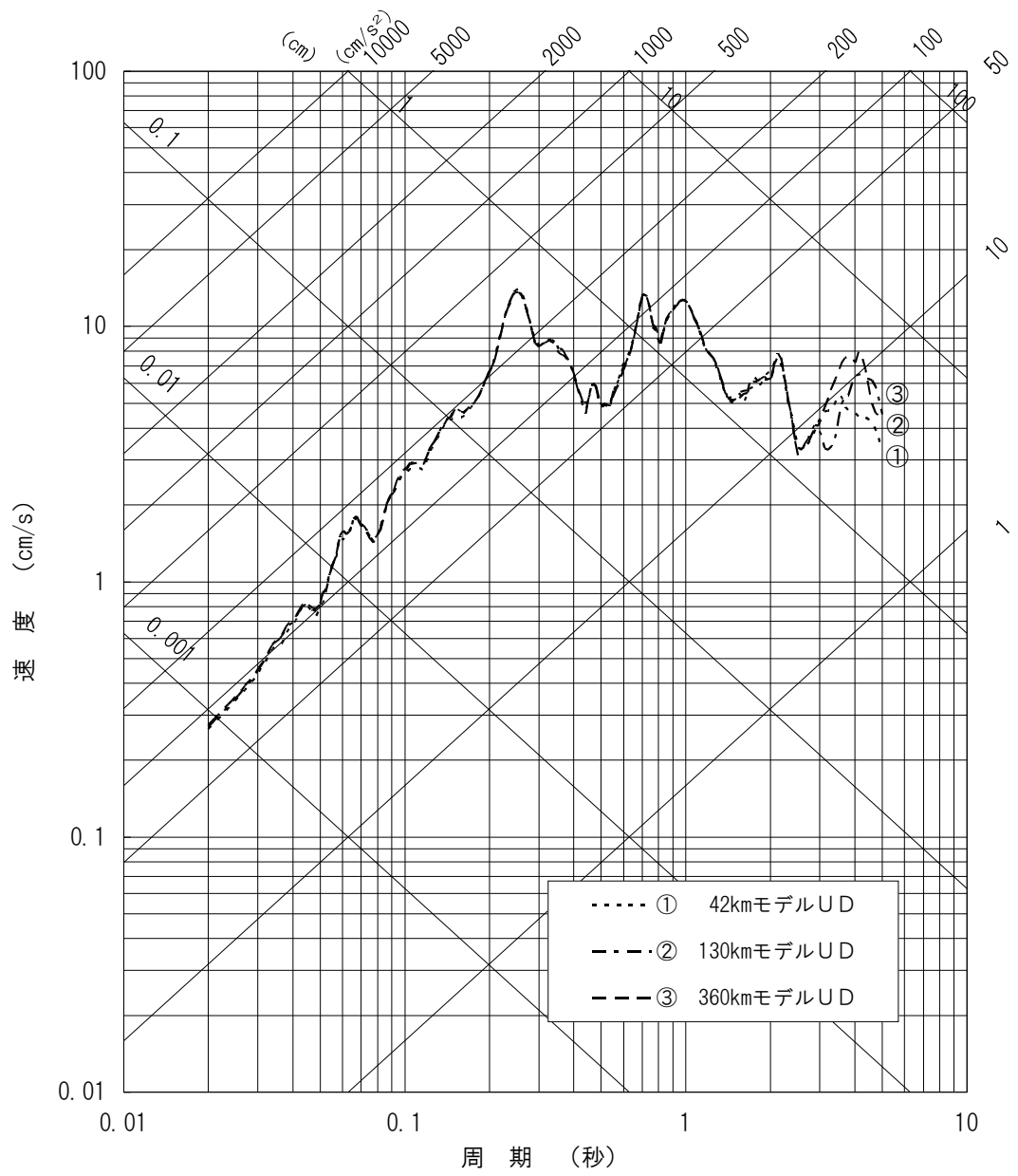
(c) 断層全体①②③④⑤⑥⑦



第2.4-2図 中央構造線断層帯断層モデル図(42km, 130km, 360kmモデル)

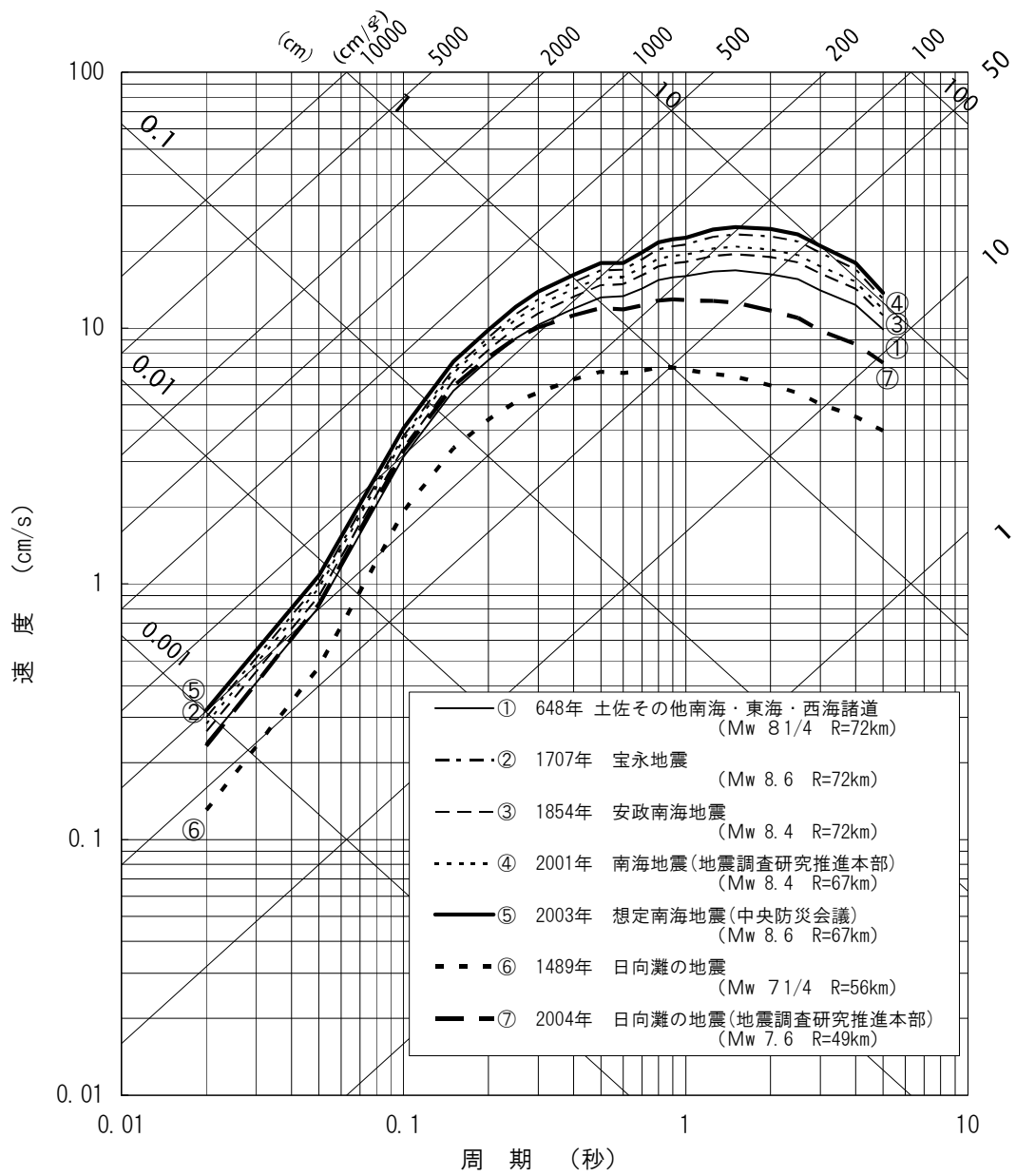


第2.4-3(1)図 中央構造線断層帯 地震動評価結果(水平方向)

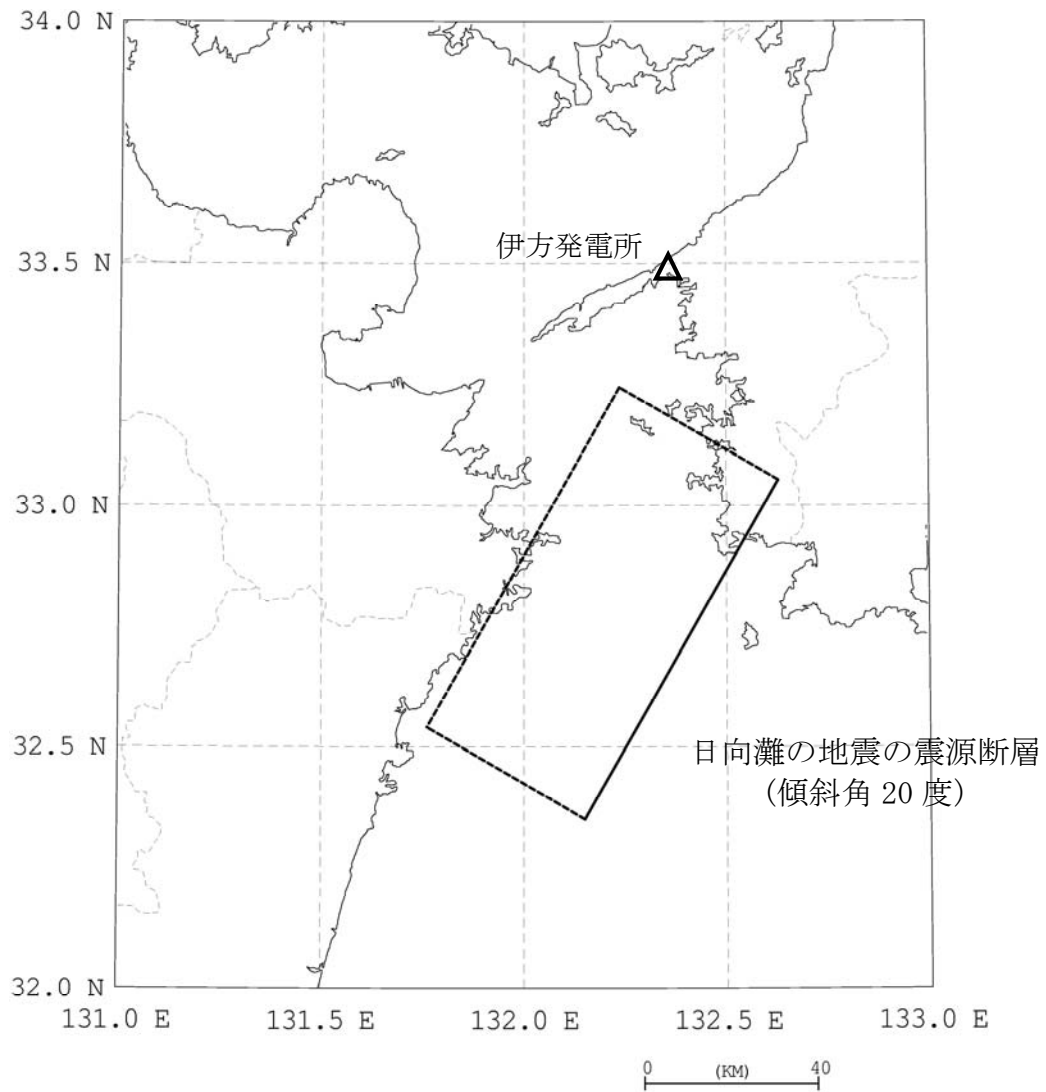


第2.4-3(2)図 中央構造線断層帯 地震動評価結果(鉛直方向)

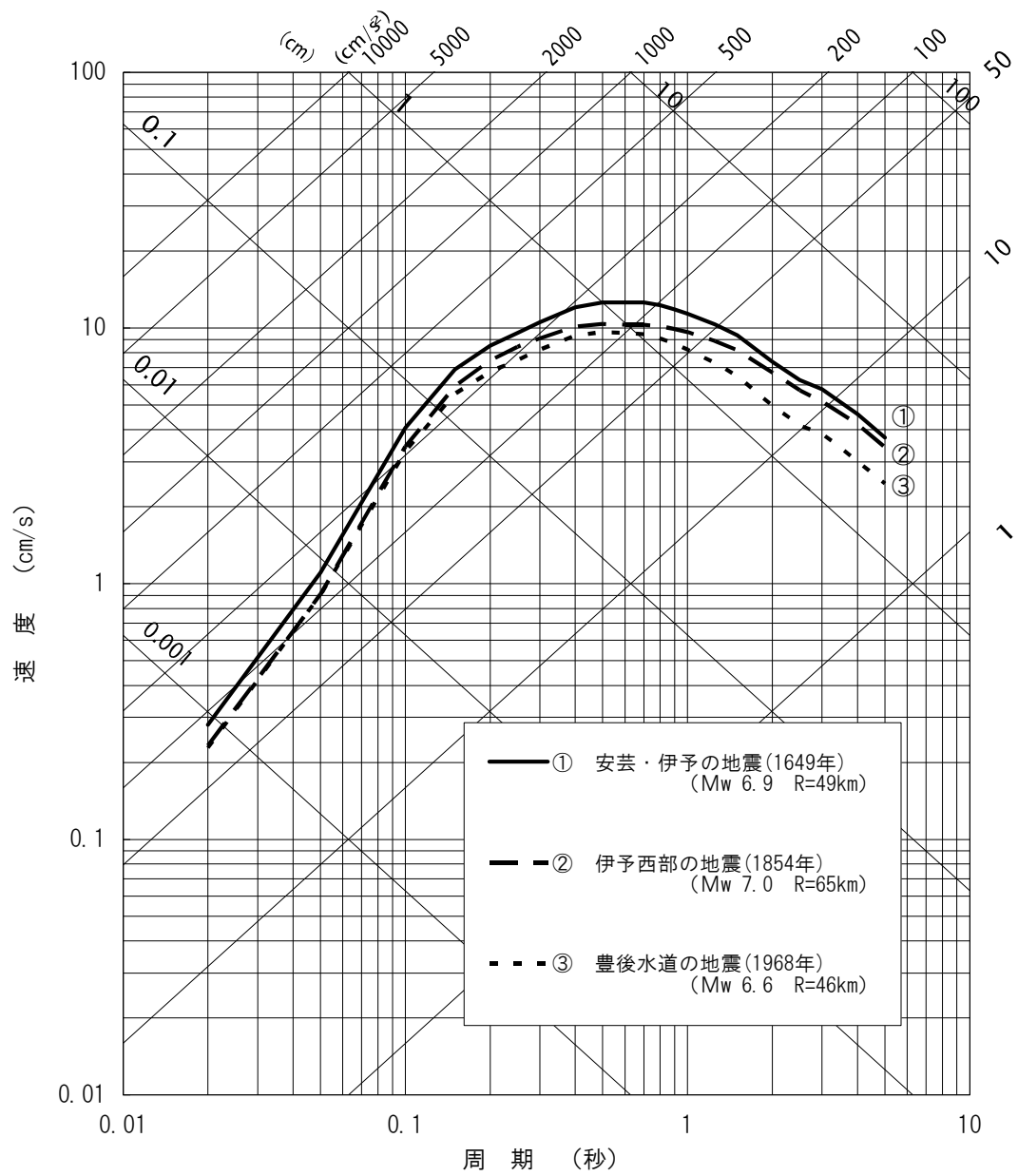




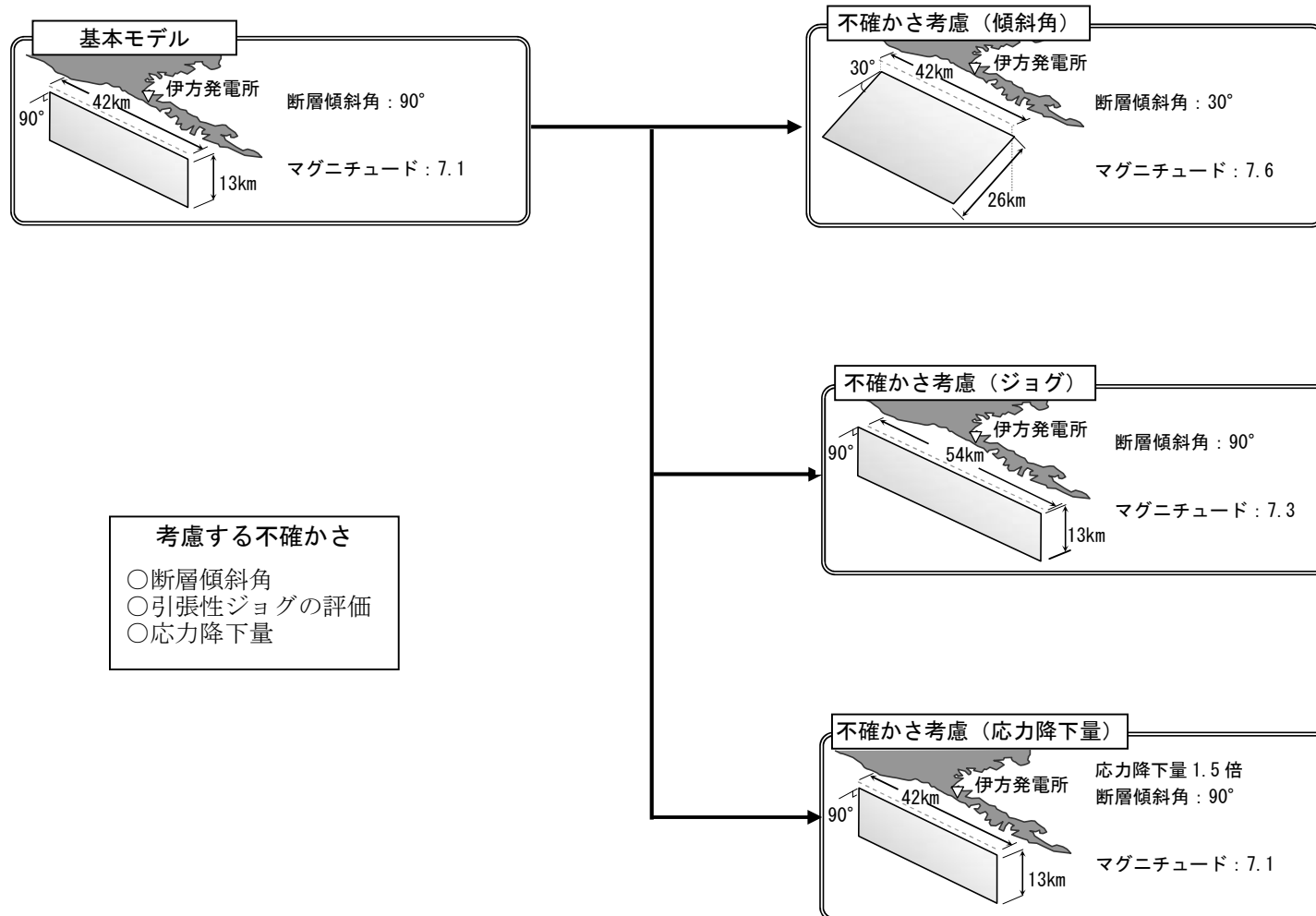
第2.4-4図 応答スペクトルによる地震動評価  
(プレート間地震 Zhao et al. (2006))



第2.4-5図 日向灘の地震 (M7.6) の断層モデル図  
(地震調査委員会 (2004)<sup>(30)</sup>に基づいて設定)



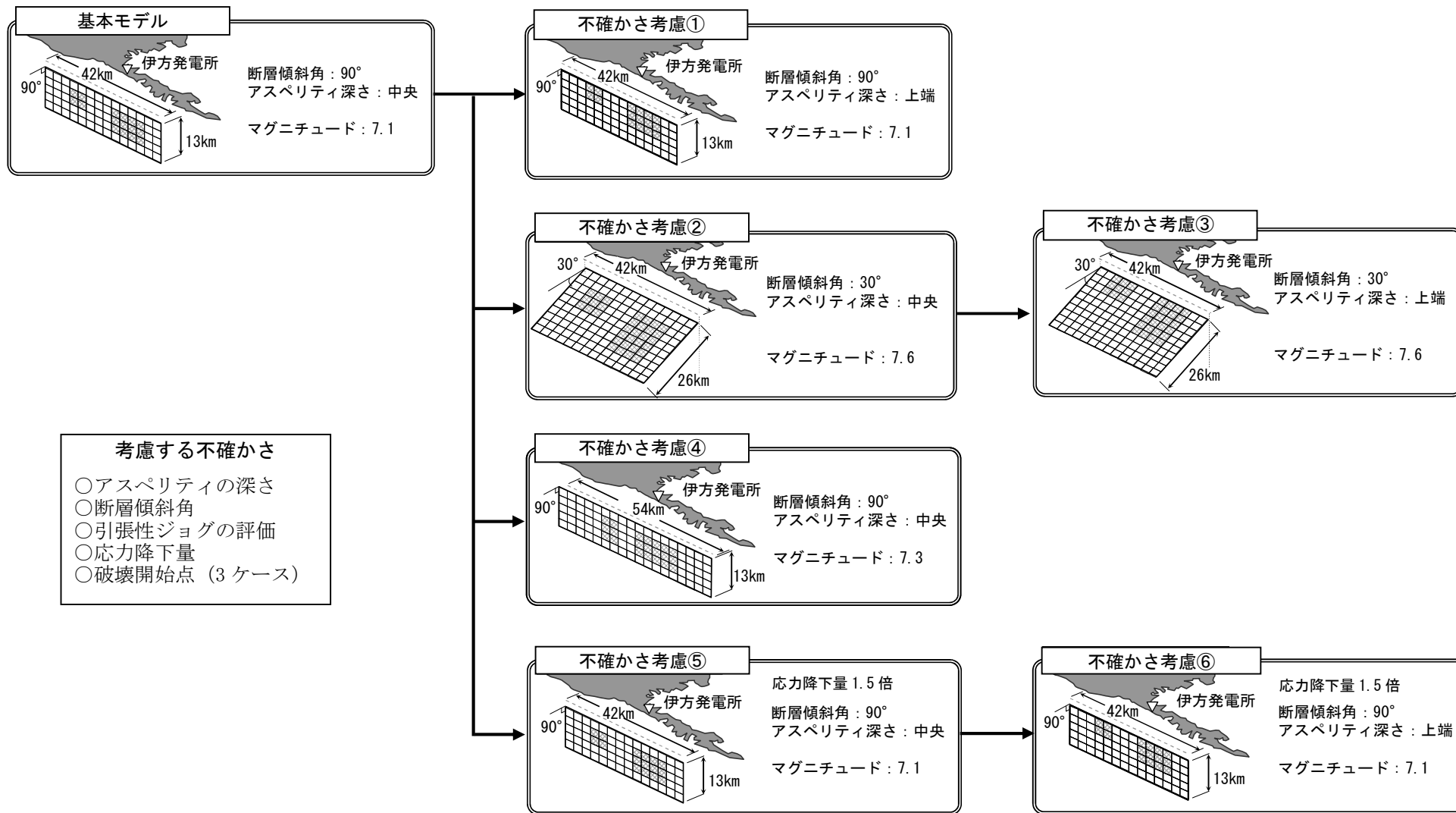
第2.4-6図 応答スペクトルによる地震動評価  
(海洋プレート内地震 Zhao et al. (2006))



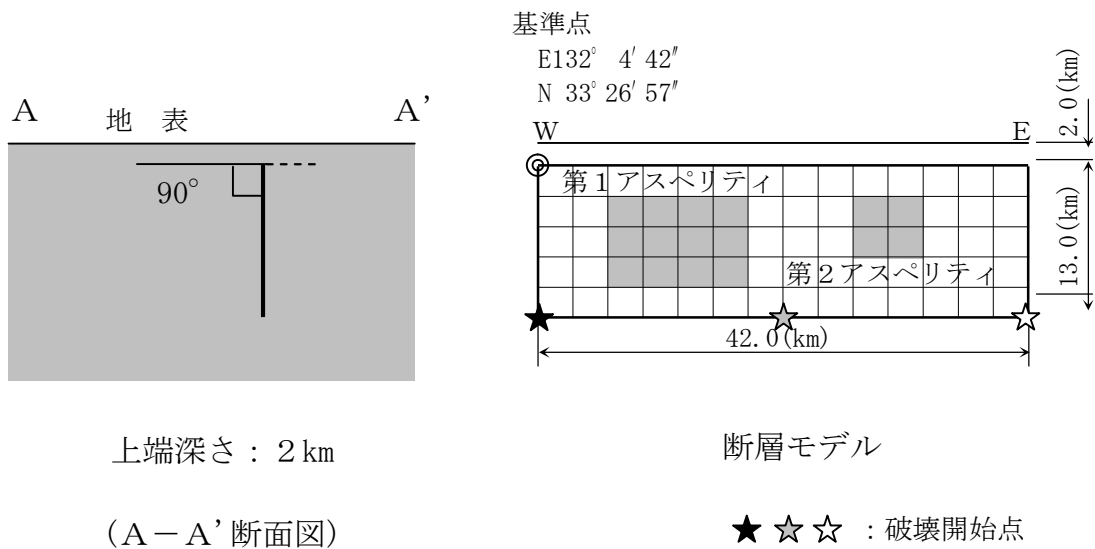
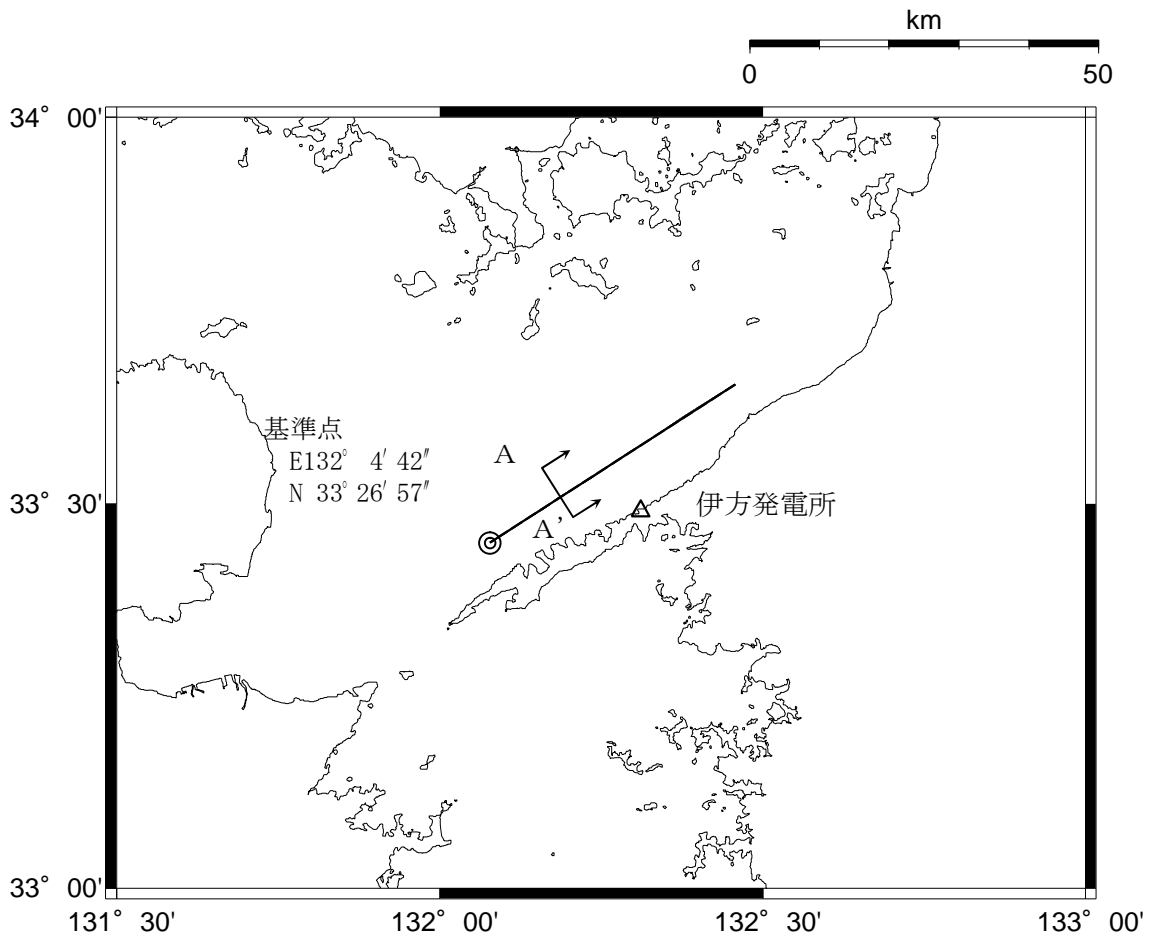
- 考慮する不確かさ
- 断層傾斜角
  - 引張性ジョグの評価
  - 応力降下量

※：応力降下量の1.5倍については、内陸地震補正を適用していないことで織り込み済みと評価できる

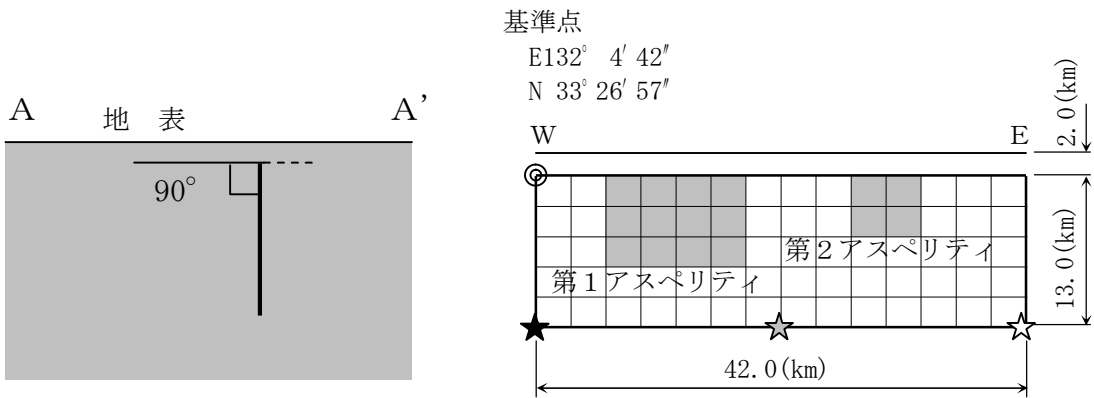
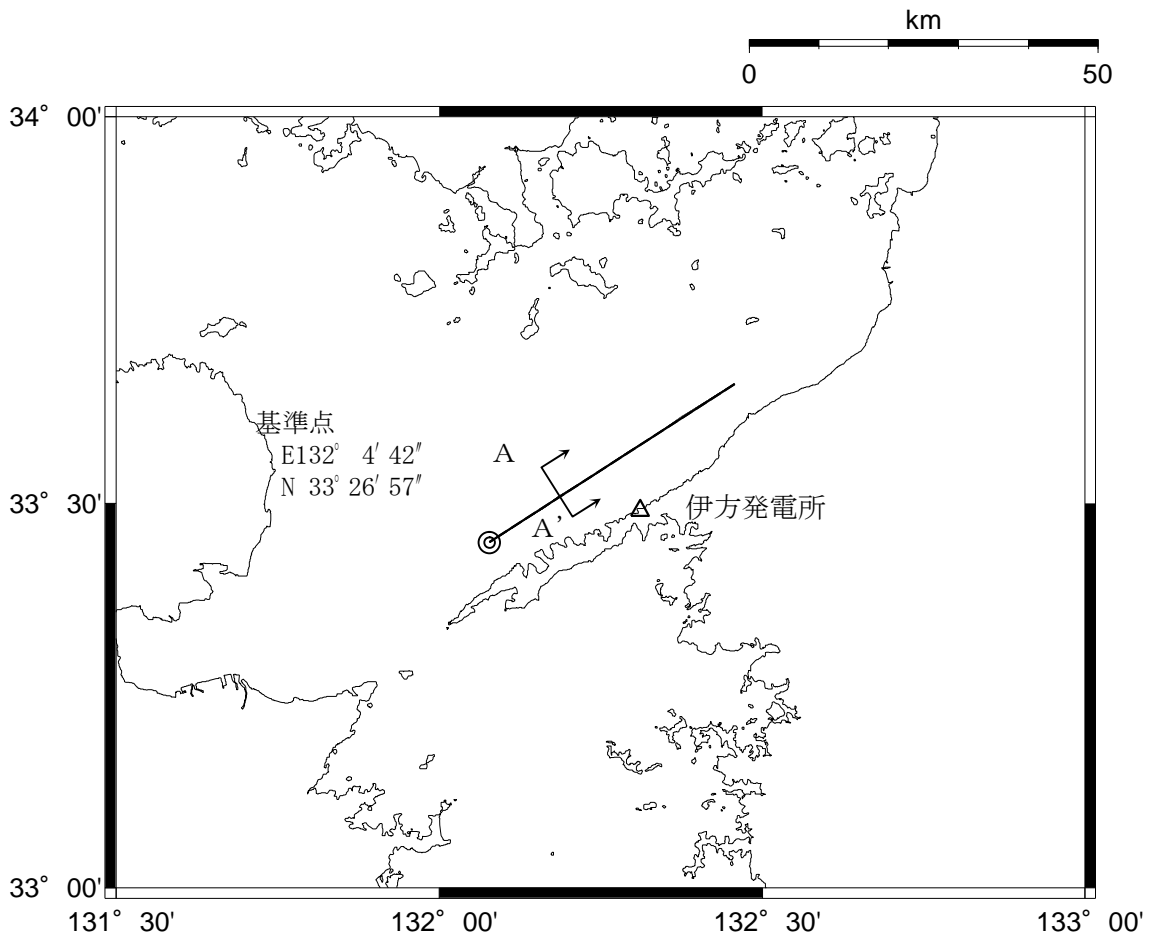
第3.1-1(1)図 中央構造線断層帯の地震動評価における不確かさケース（応答スペクトル）



第3.1-1(2)図 中央構造線断層帯の地震動評価における不確かさケース (断層モデル)



第3.1-2図 基本的な震源要素の断層モデル  
(敷地前面海域の断層群による地震)



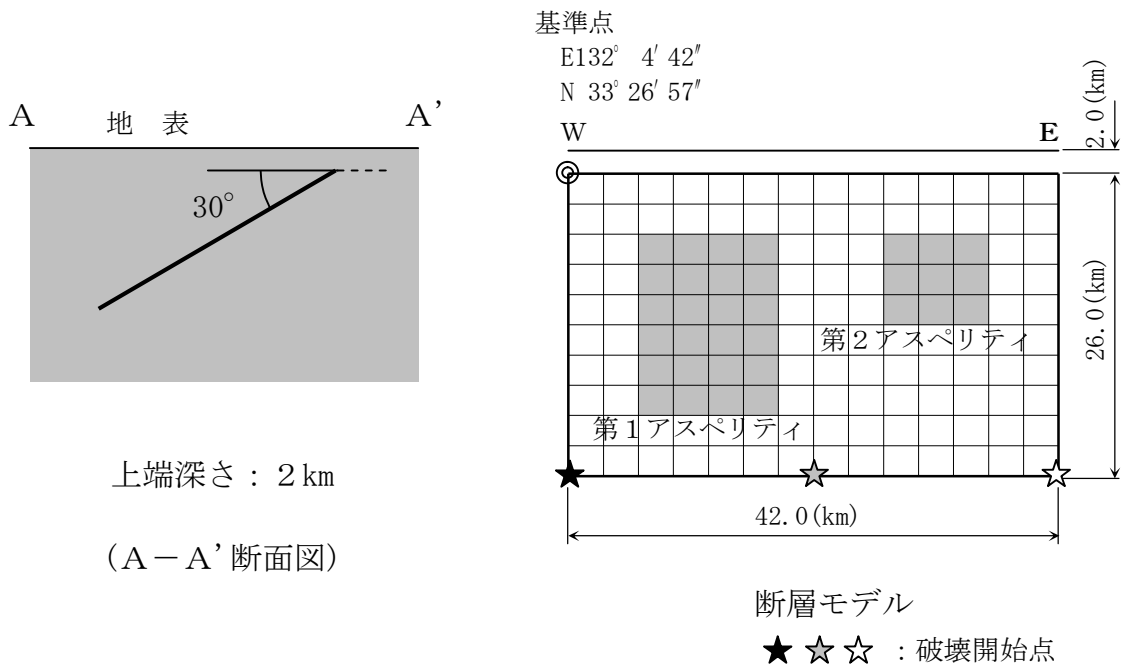
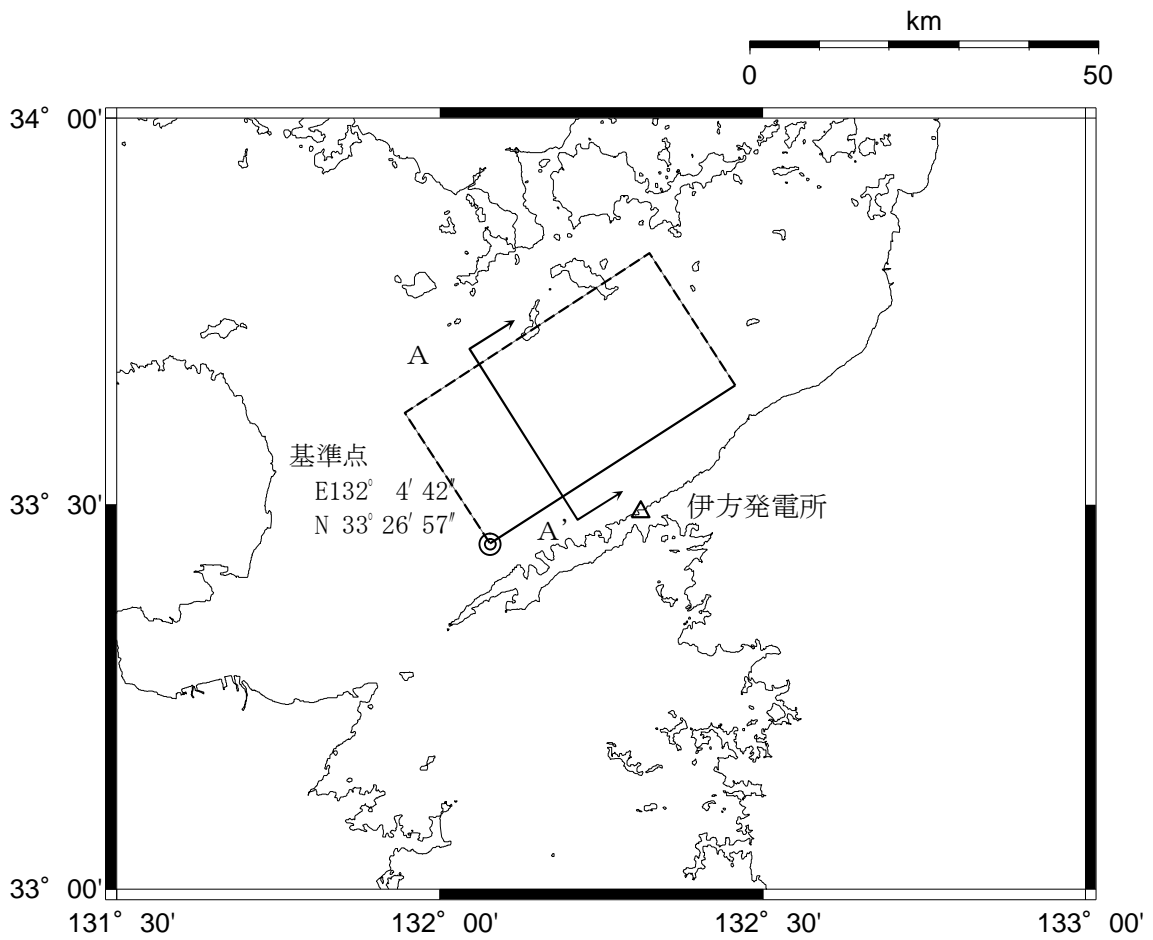
上端深さ：2 km

断層モデル

(A-A' 断面図)

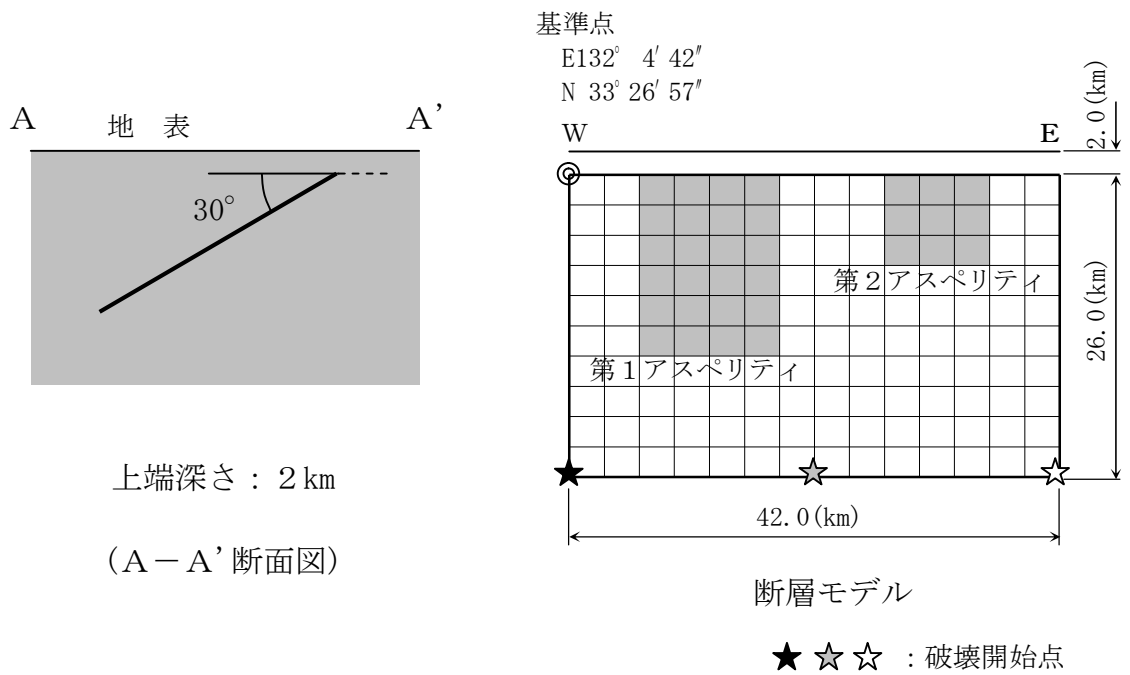
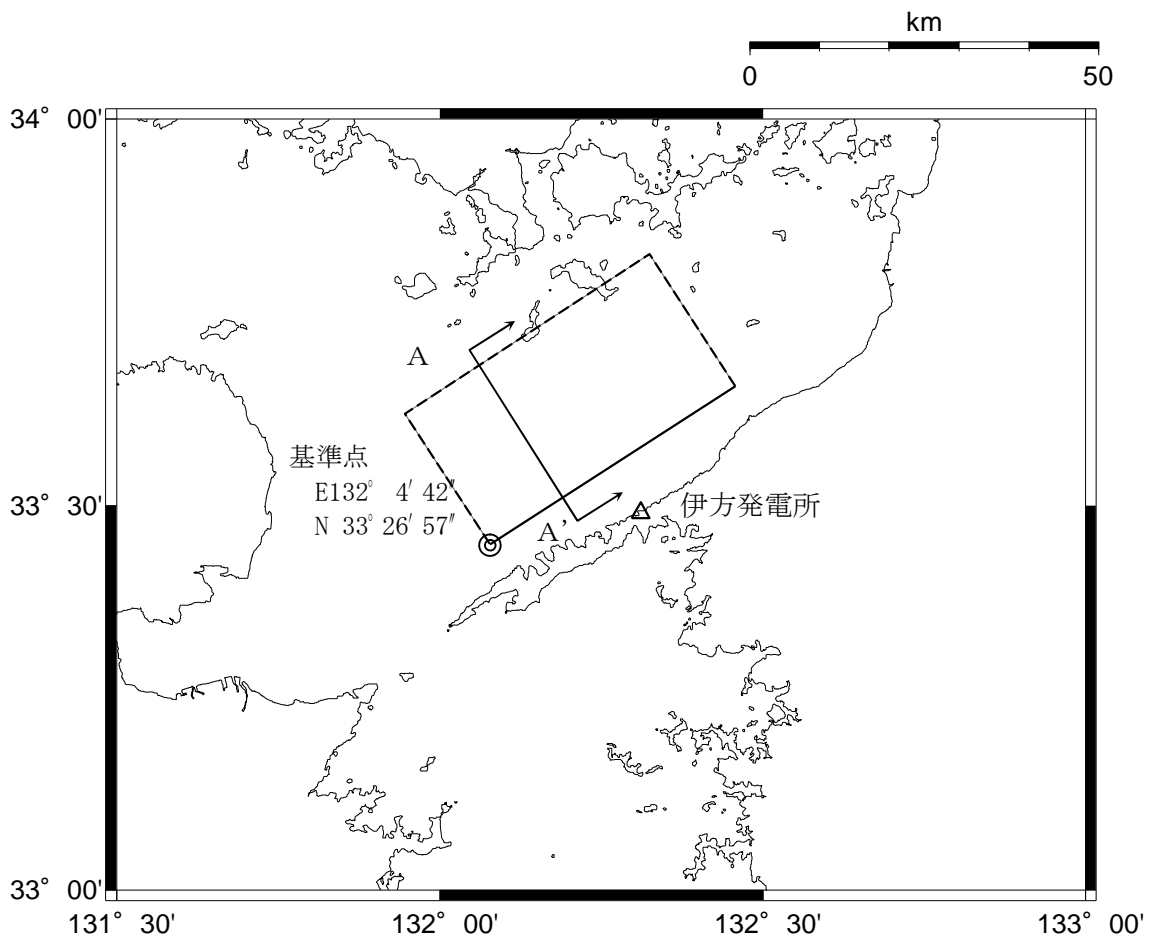
☆☆☆：破壊開始点

第3.1-3(1)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル  
(想定敷地前面海域の断層群による地震①)

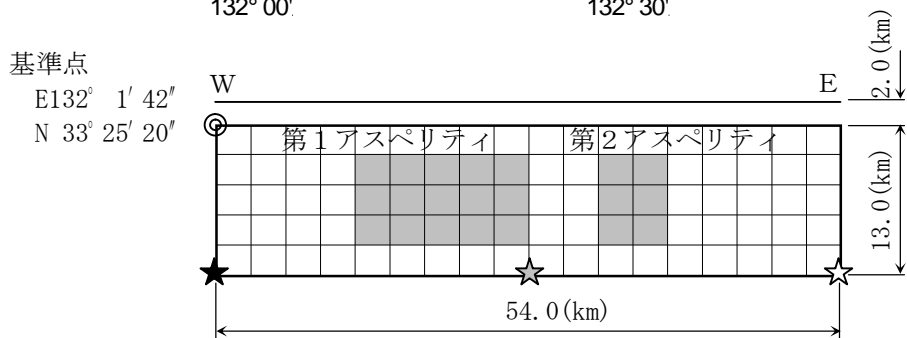
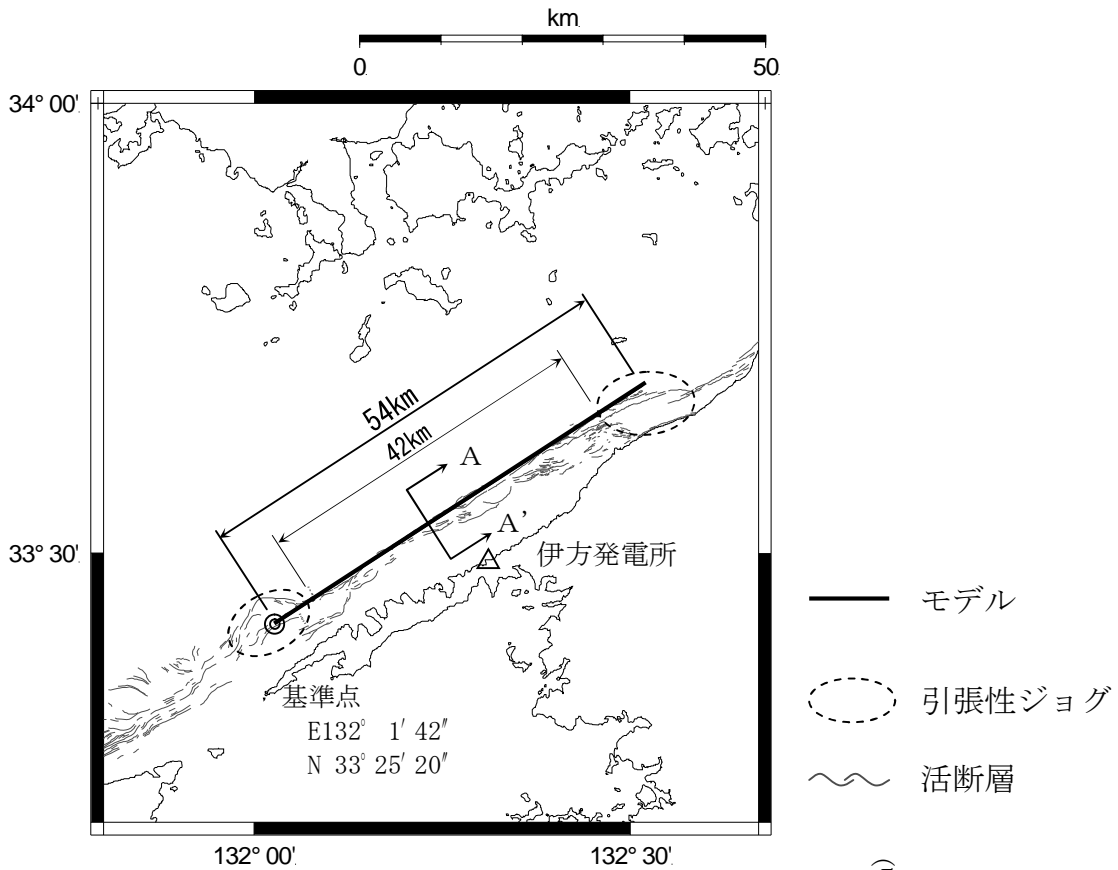


第3.1-3(2)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル  
(想定敷地前面海域の断層群による地震②)



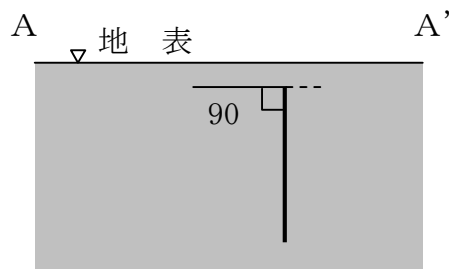


第3.1-3(3)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル  
(想定敷地前面海域の断層群による地震③)



断層モデル

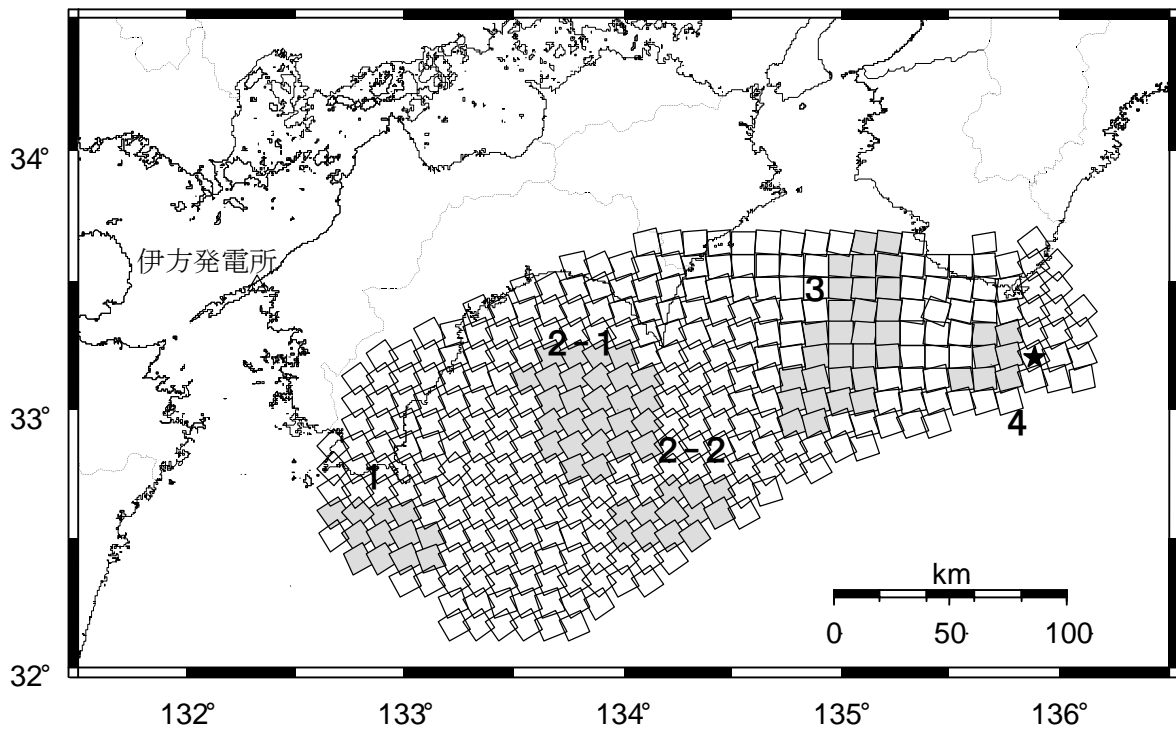
☆☆☆ : 破壊開始点



上端深さ : 2 km

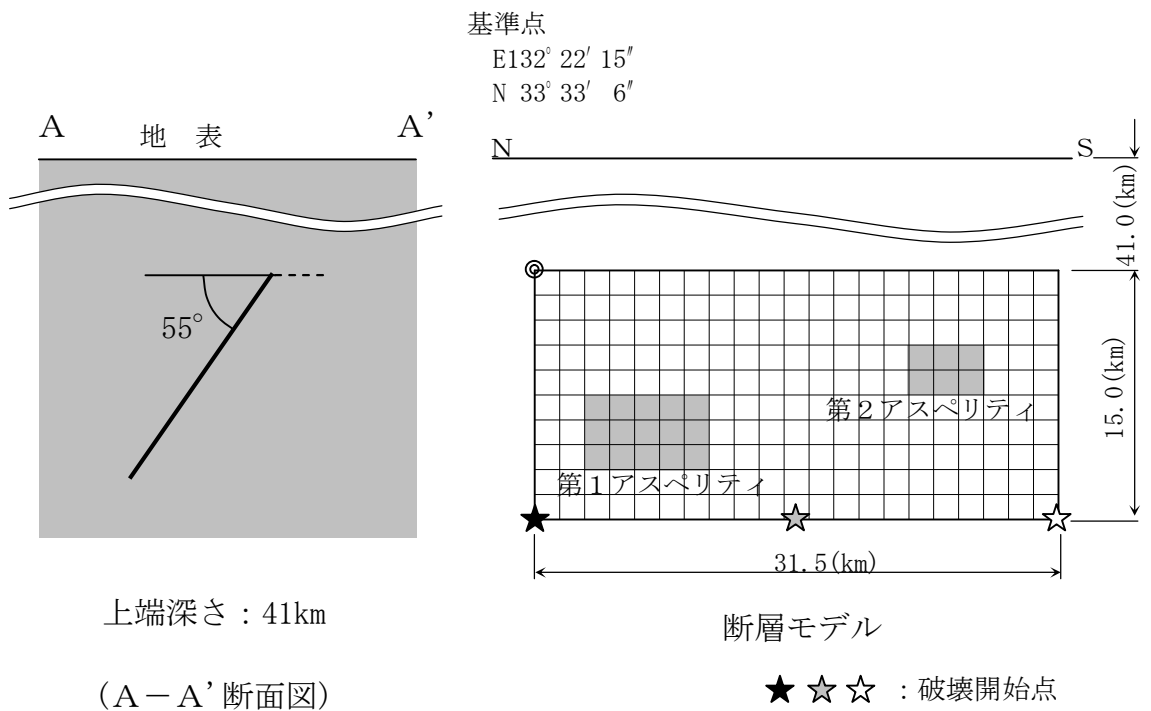
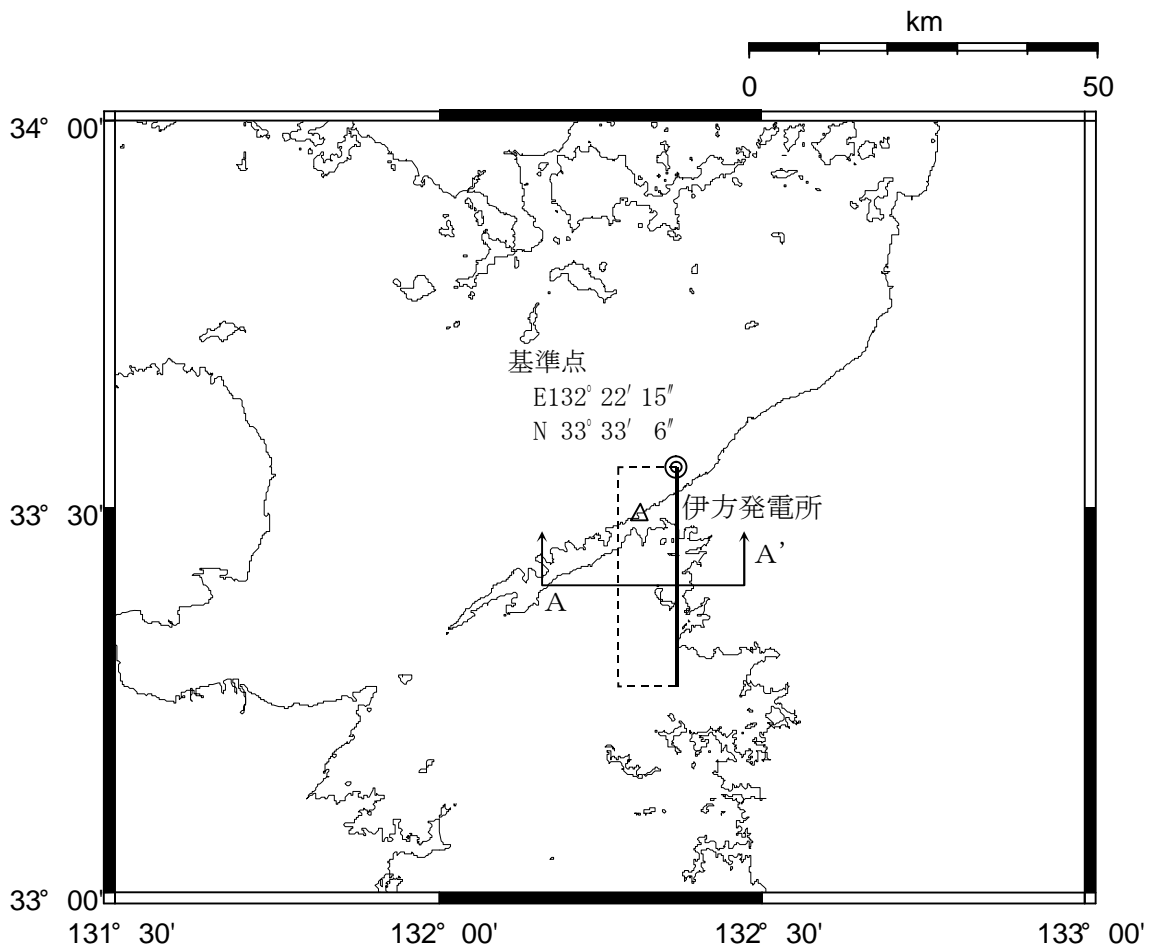
(A-A' 断面)

第3.1-3(4) 図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル  
(想定敷地前面海域の断層群による地震④)

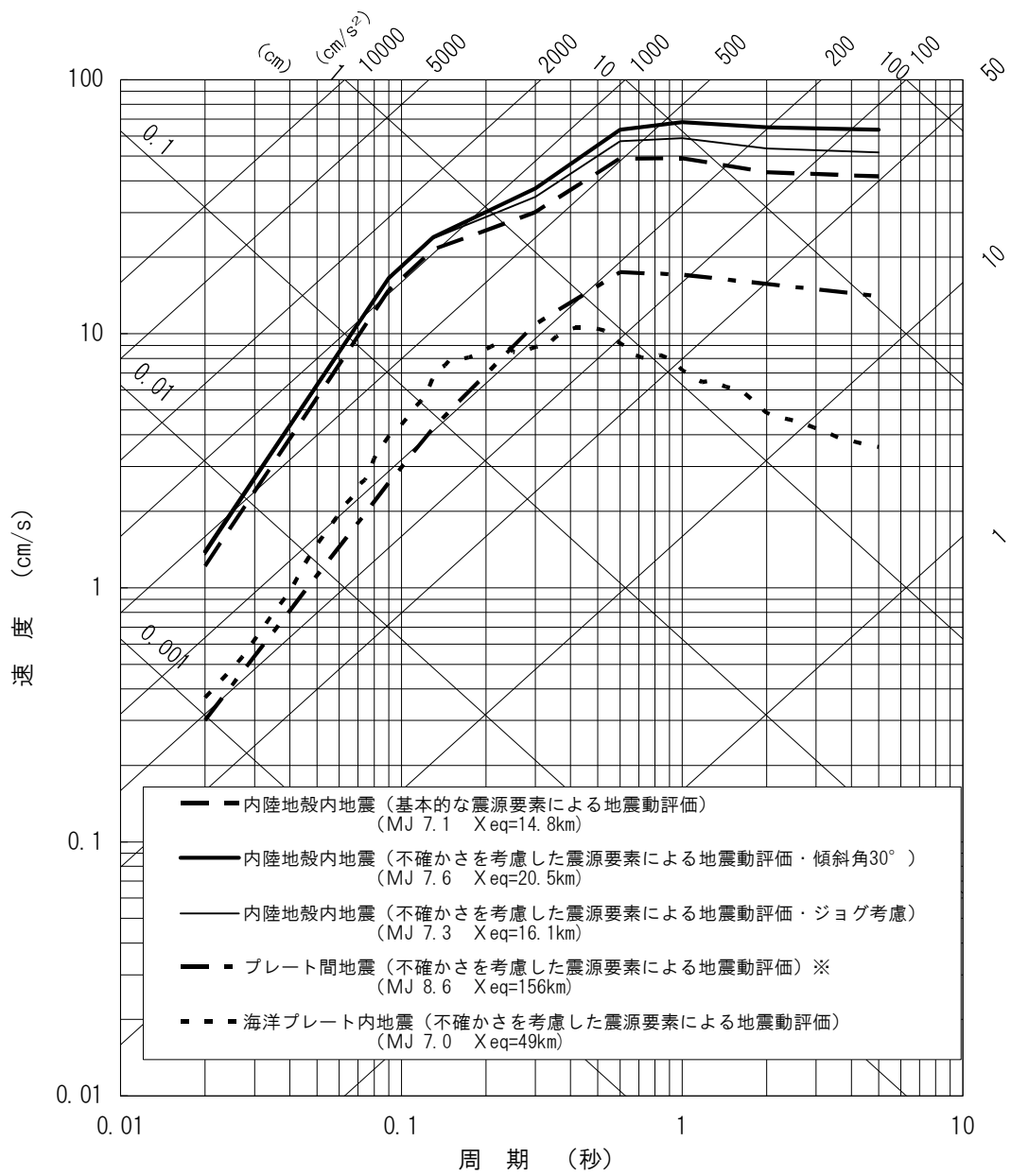


★ : 破壊開始点

第3.1-4図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル  
(想定南海地震)

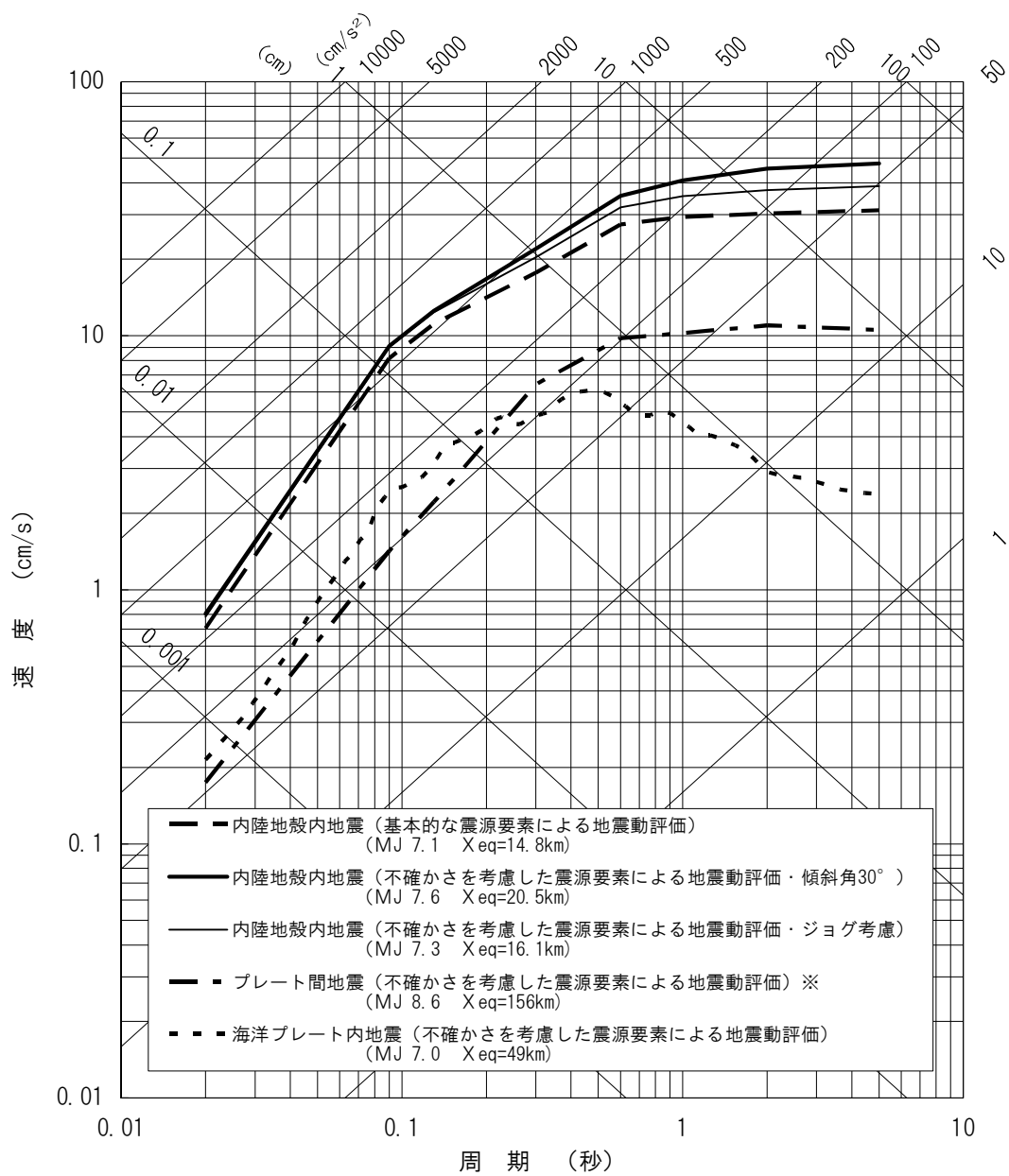


第3.1-5図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル  
(想定敷地下方のスラブ内地震)



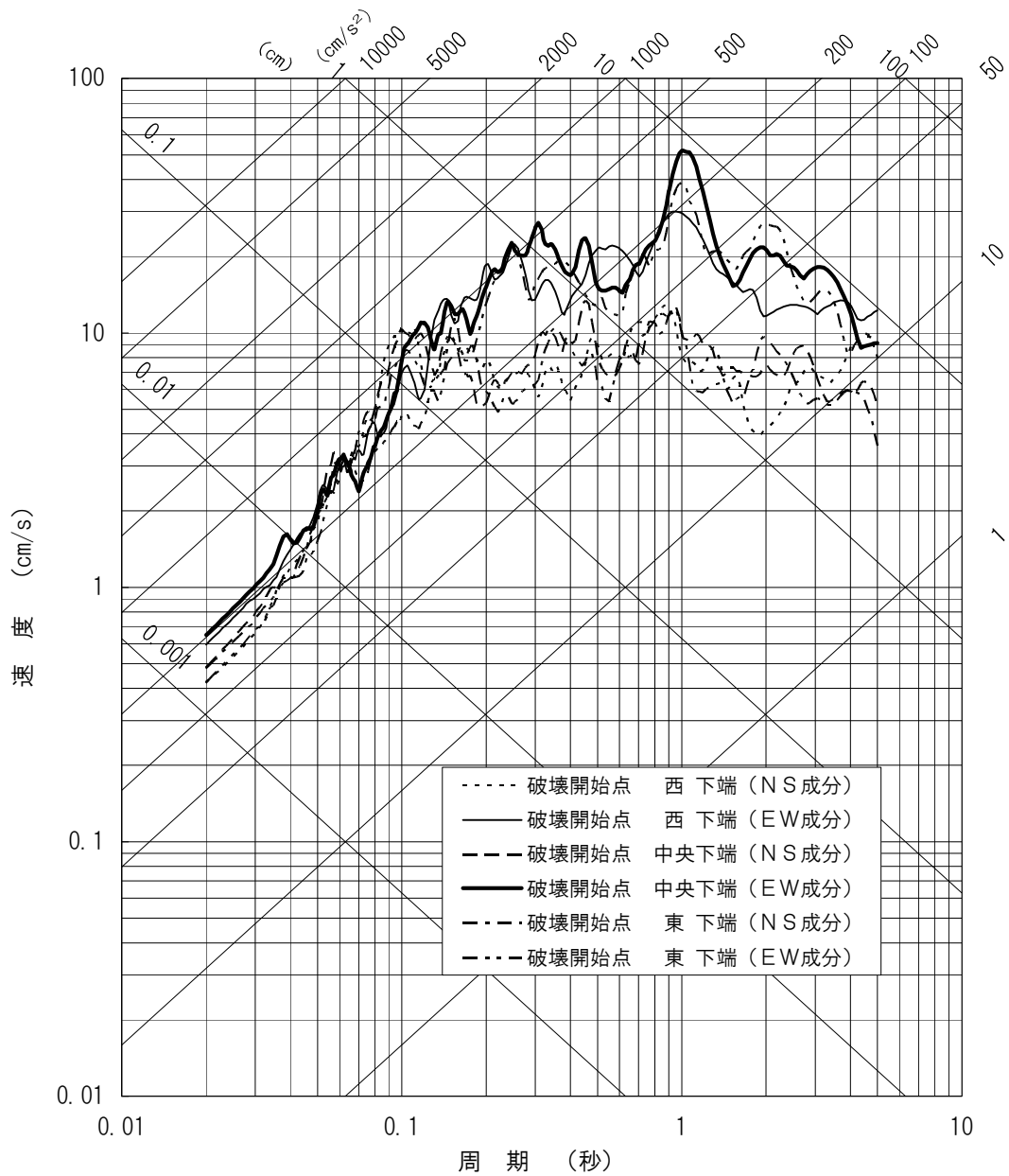
※：適用範囲外

第3.1-6(1)図 基本的な震源要素および不確かさを考慮した震源要素の応答スペクトル図(水平方向)



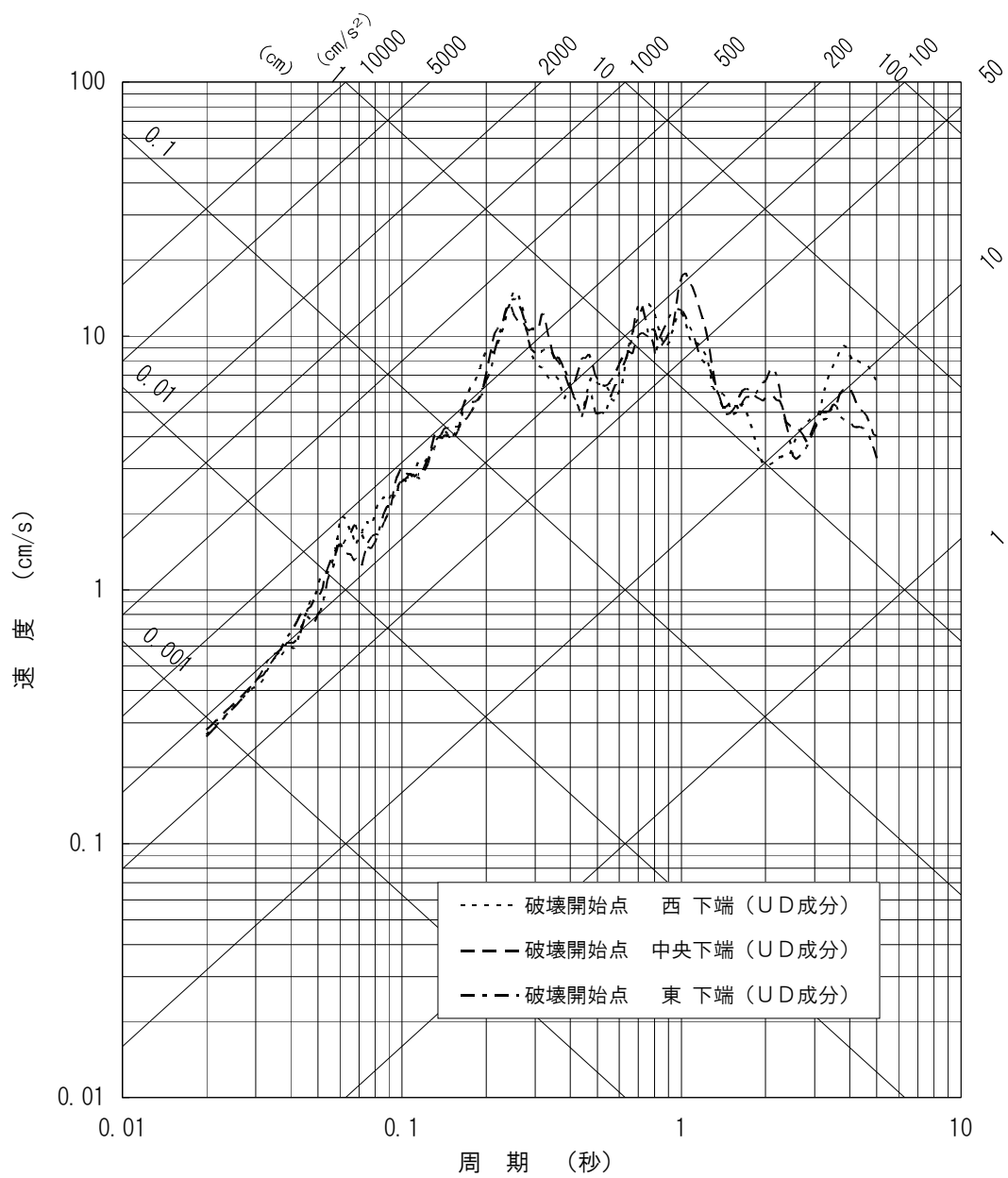
※：適用範囲外

第3.1-6(2)図 基本的な震源要素および不確かさを考慮した震源要素の応答スペクトル図(鉛直方向)



第3. 1-7(1) 図 基本的な震源要素の断層モデル結果(水平方向)

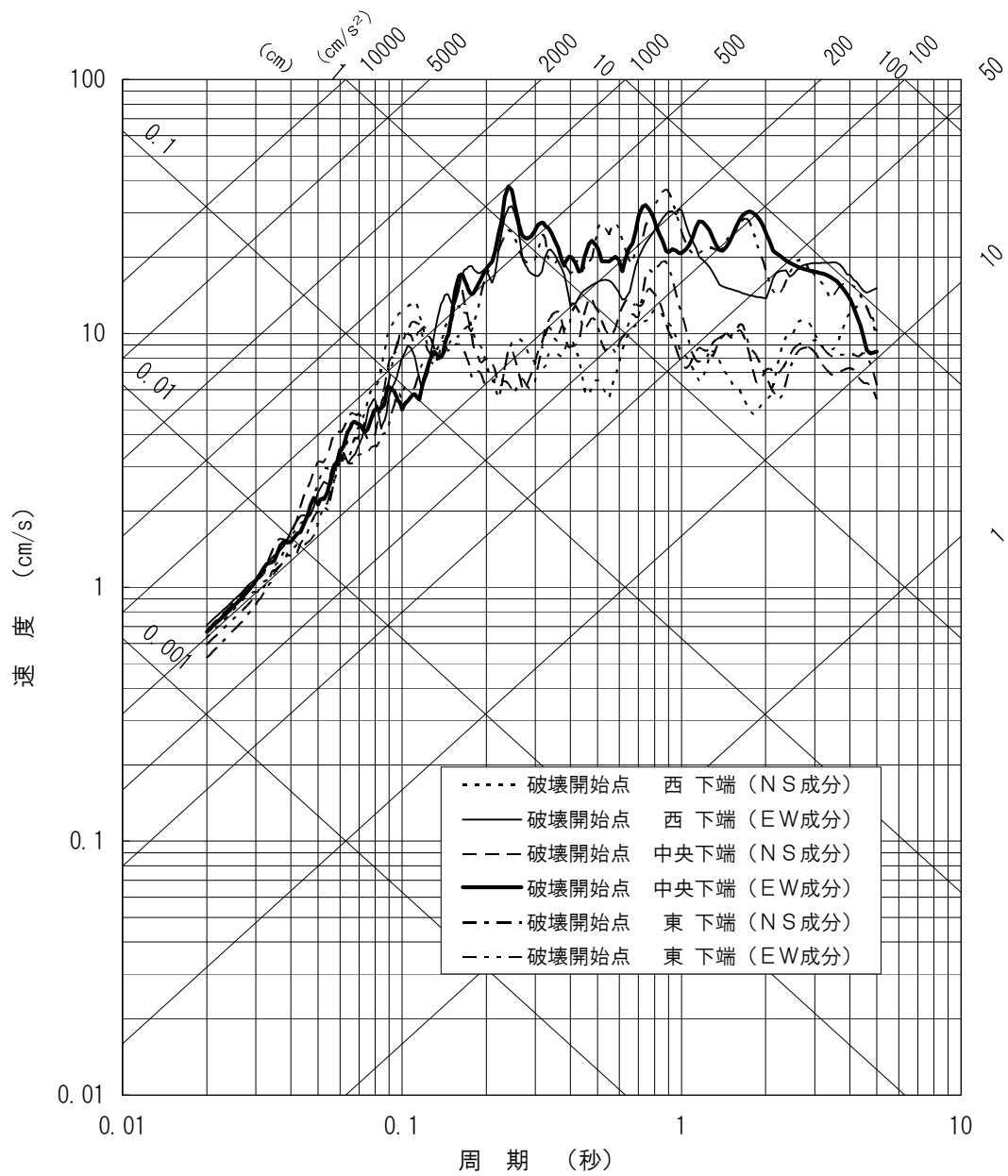
敷地前面海域の断層群による地震  
 断層傾斜角：90°  
 アスペリティ深さ：中央



第3.1-7(2)図 基本的な震源要素の断層モデル結果(鉛直方向)

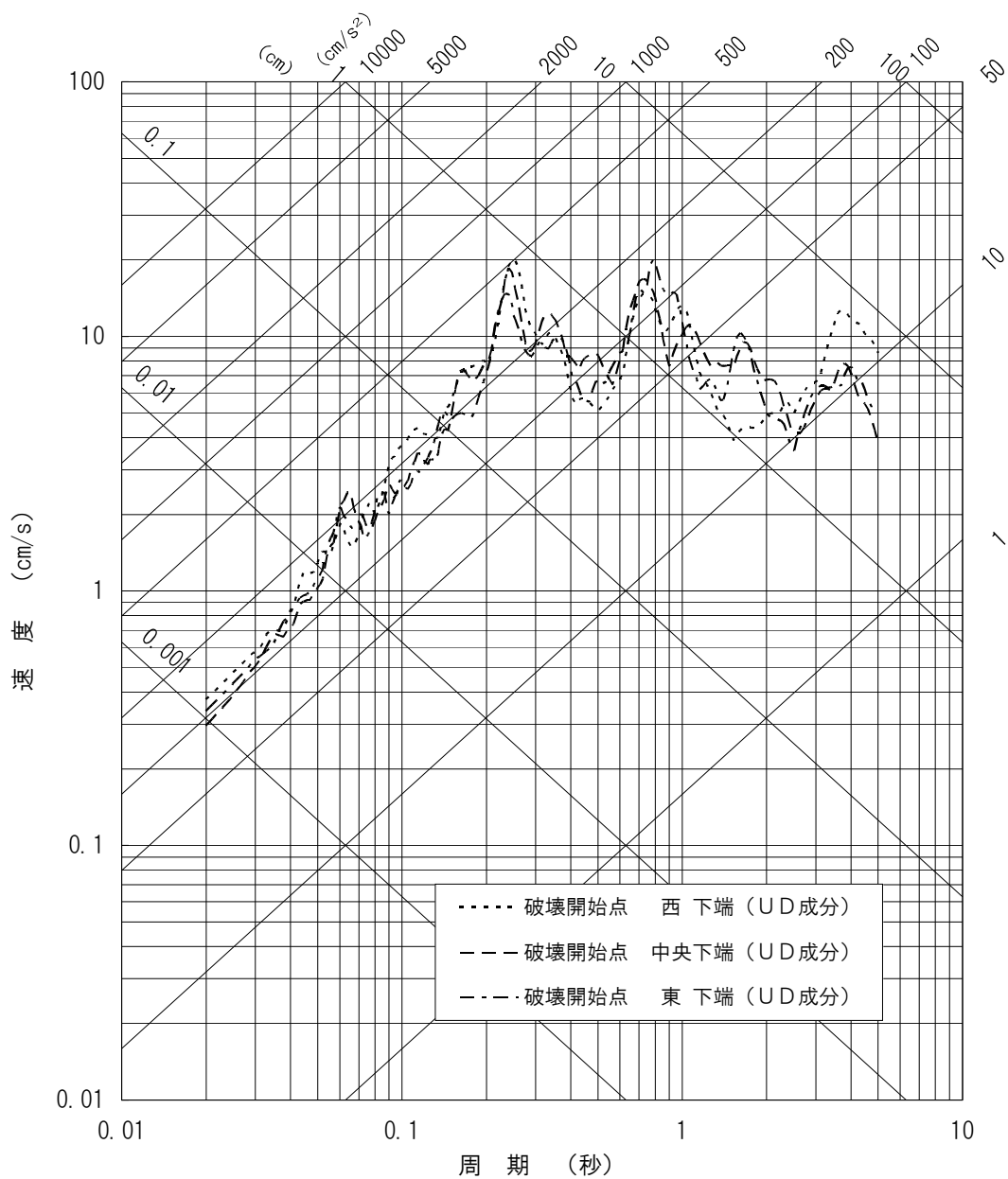
敷地前面海域の断層群による地震  
 断層傾斜角：90°  
 アスペリティ深さ：中央





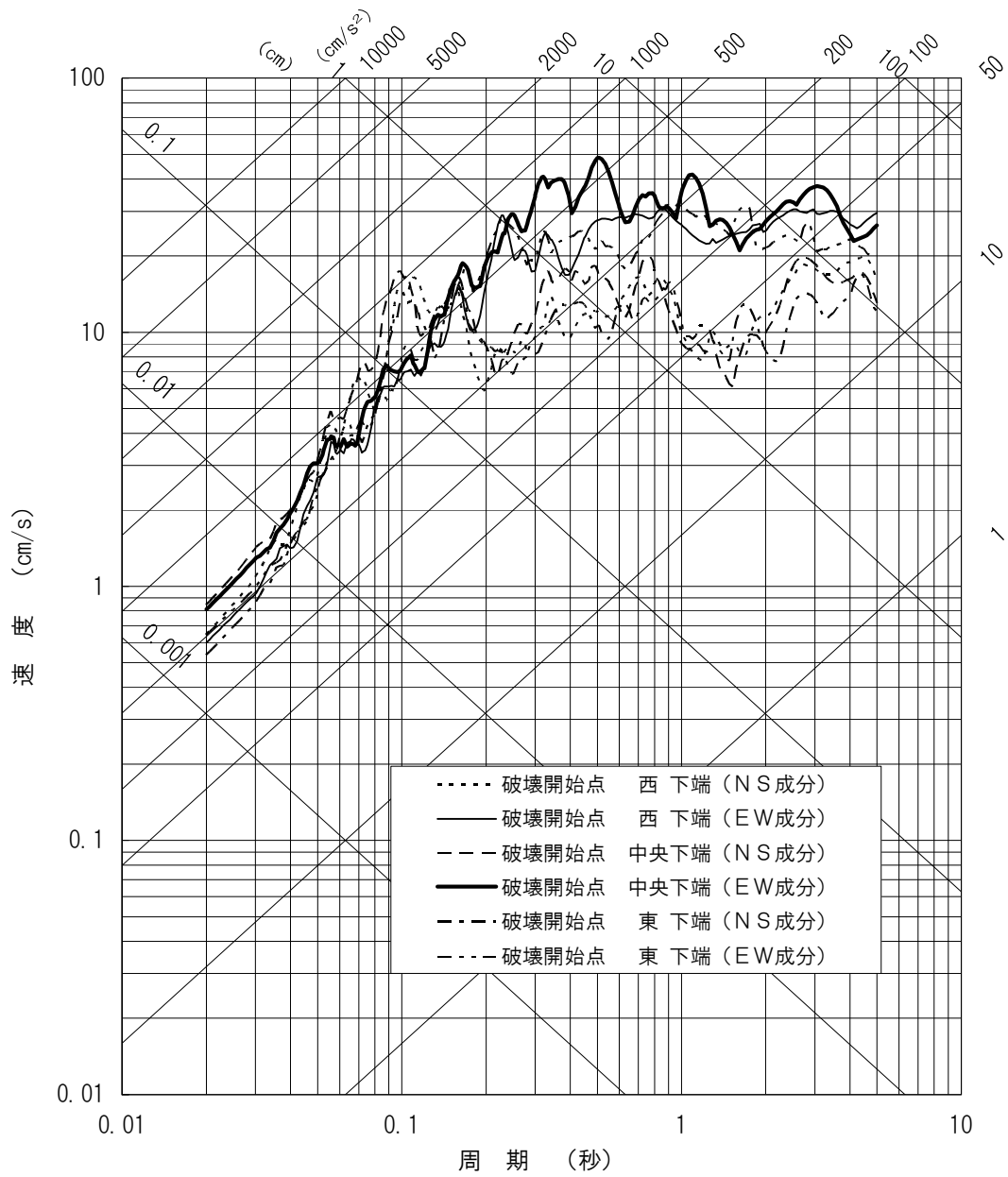
第3.1-8(1)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向)

( 想定敷地前面海域の断層群による地震①  
 断層傾斜角：90°  
 アスペリティ深さ：上端 )



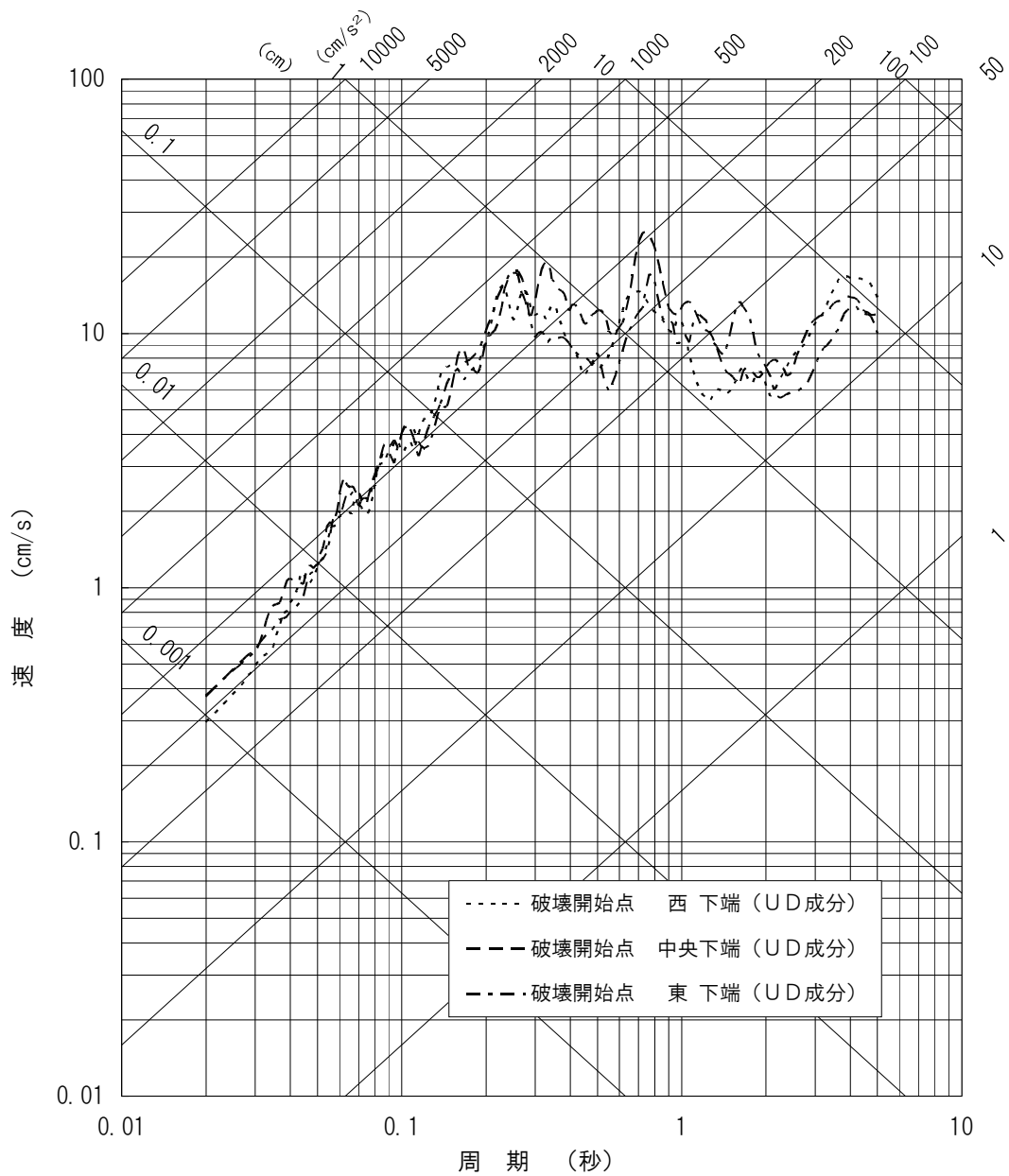
第3.1-8(2)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向)

( 想定敷地前面海域の断層群による地震①  
 断層傾斜角：90°  
 アスペリティ深さ：上端 )



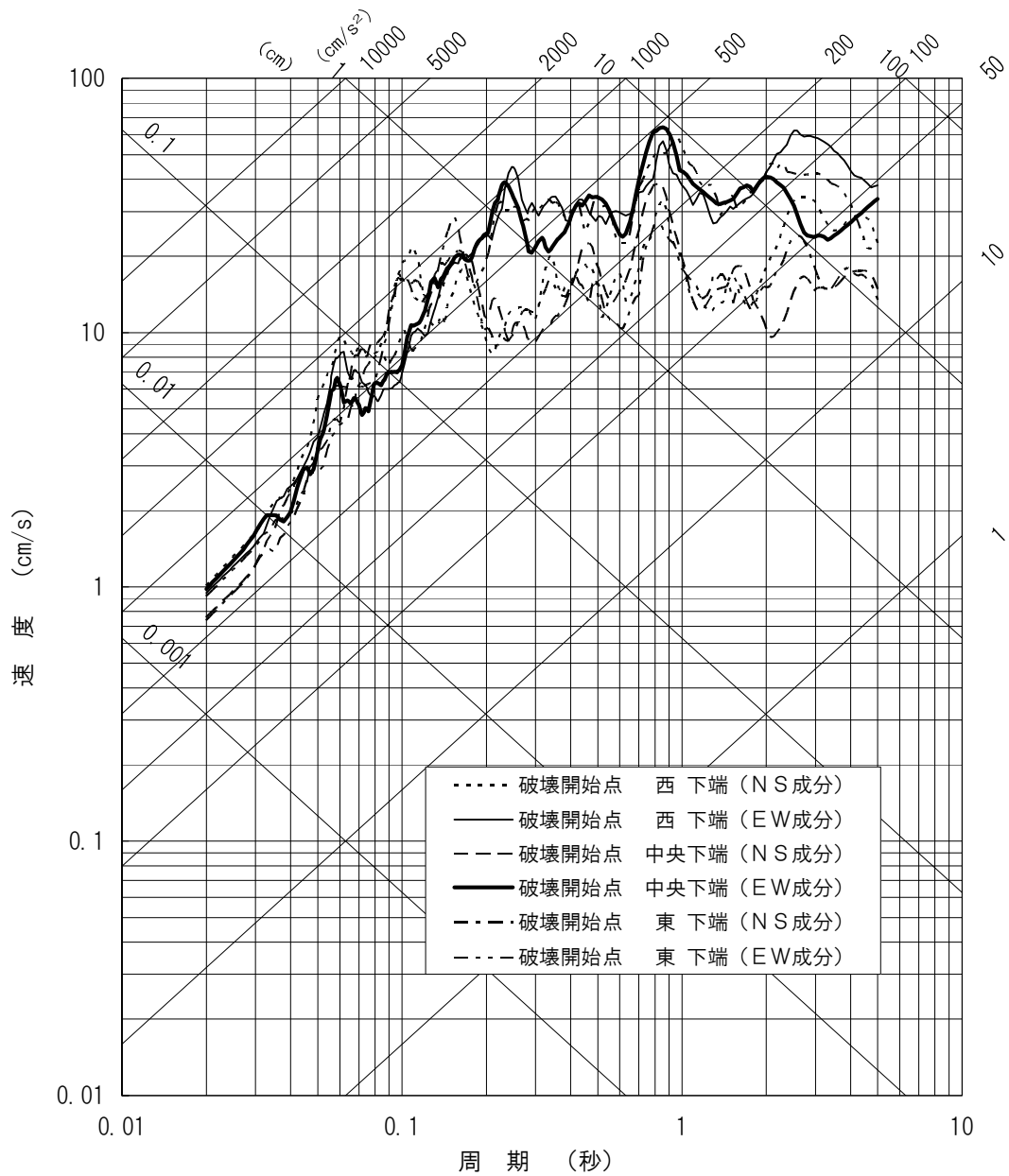
第3.1-8(3) 図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震②  
断層傾斜角：30°  
アスペリティ深さ：中央



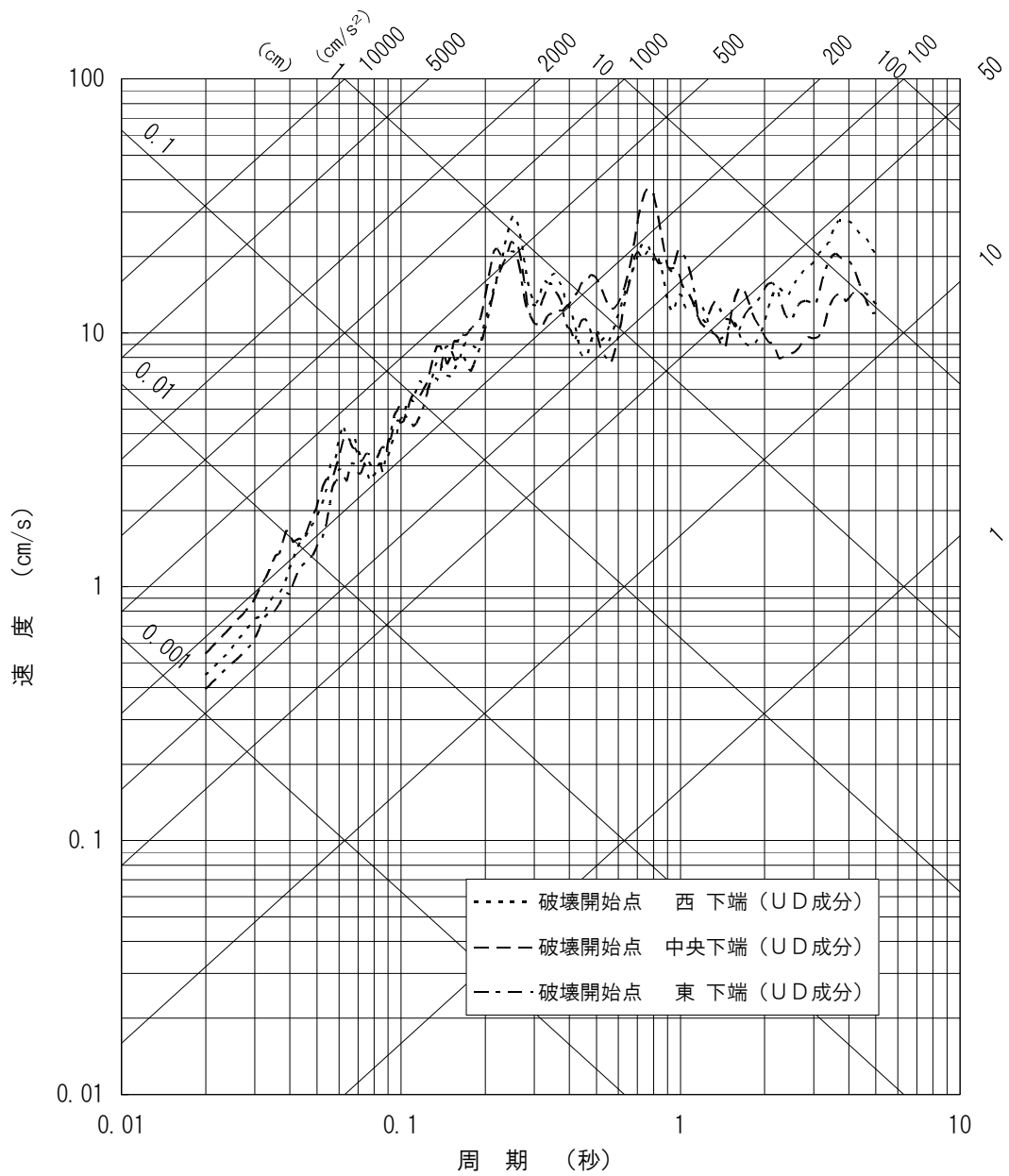
第3.1-8(4)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向)

( 想定敷地前面海域の断層群による地震②  
 断層傾斜角：30°  
 アスペリティ深さ：中央 )



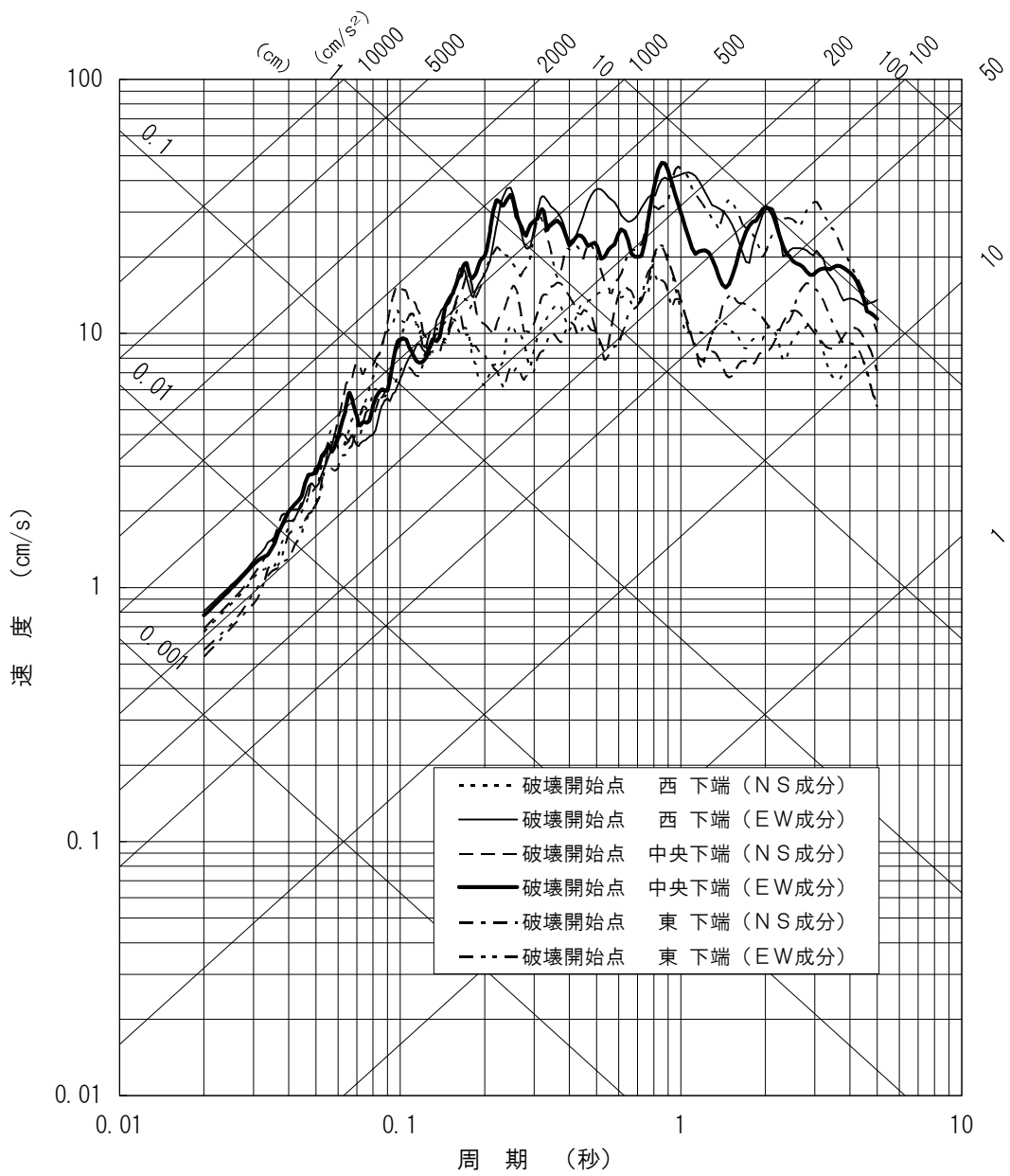
第3.1-8(5)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震③  
 断層傾斜角：30°  
 アスペリティ深さ：上端



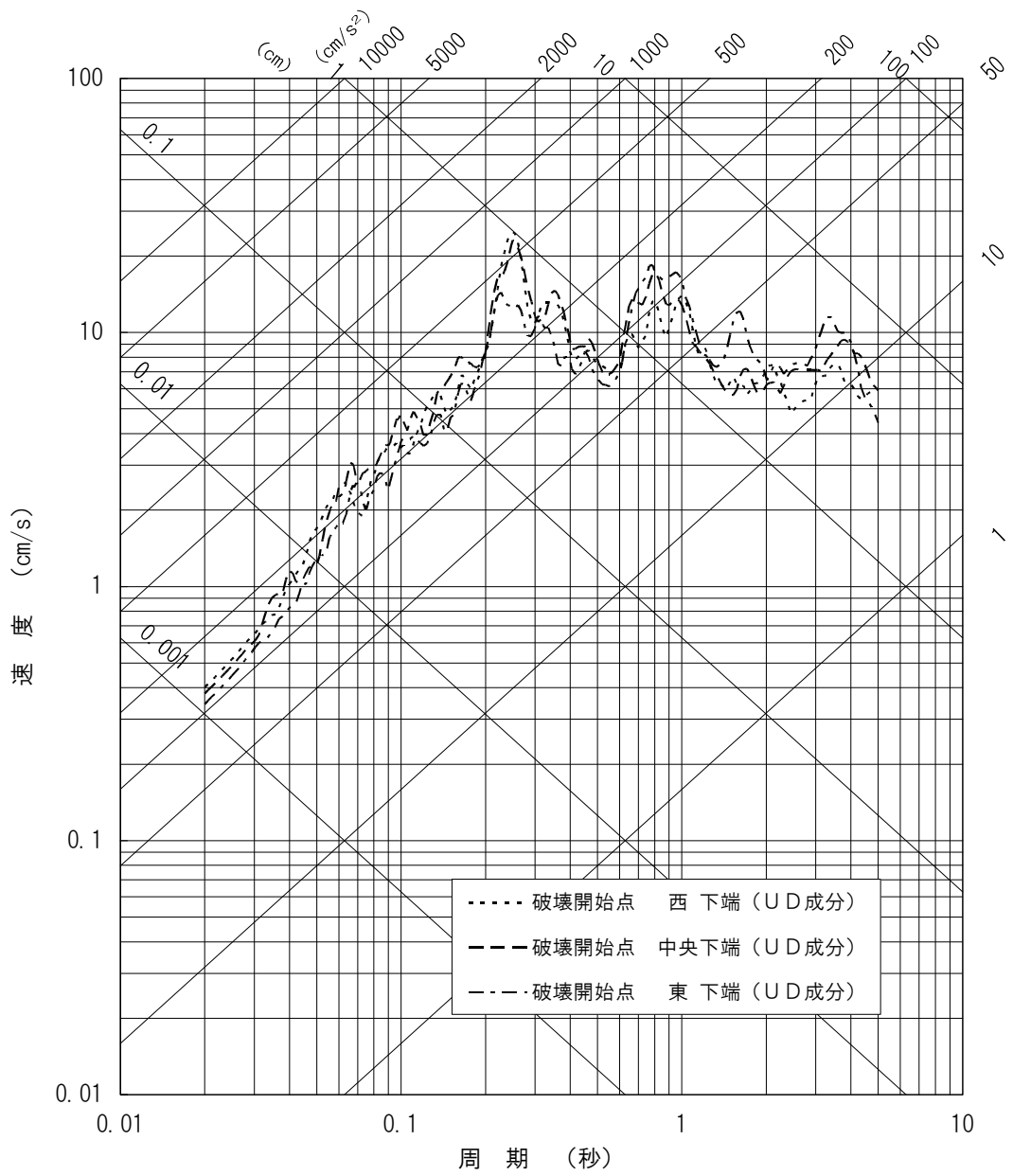
第3.1-8(6)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向)

( 想定敷地前面海域の断層群による地震③  
 断層傾斜角：30°  
 アスペリティ深さ：上端 )



第3.1-8(7)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向)

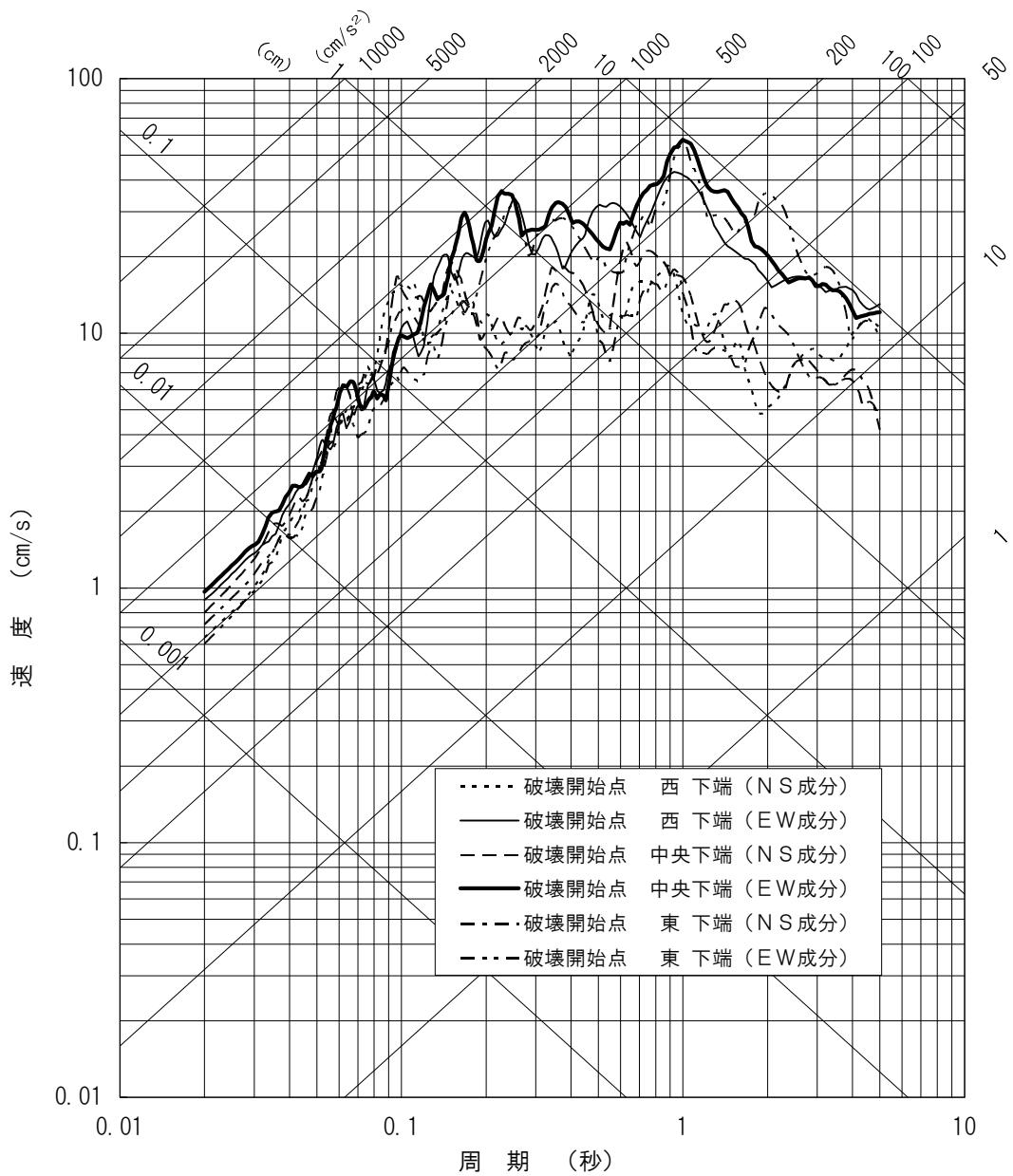
想定敷地前面海域の断層群による地震④  
ジョグ考慮 (長さ 54km)



第3.1-8(8)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向)

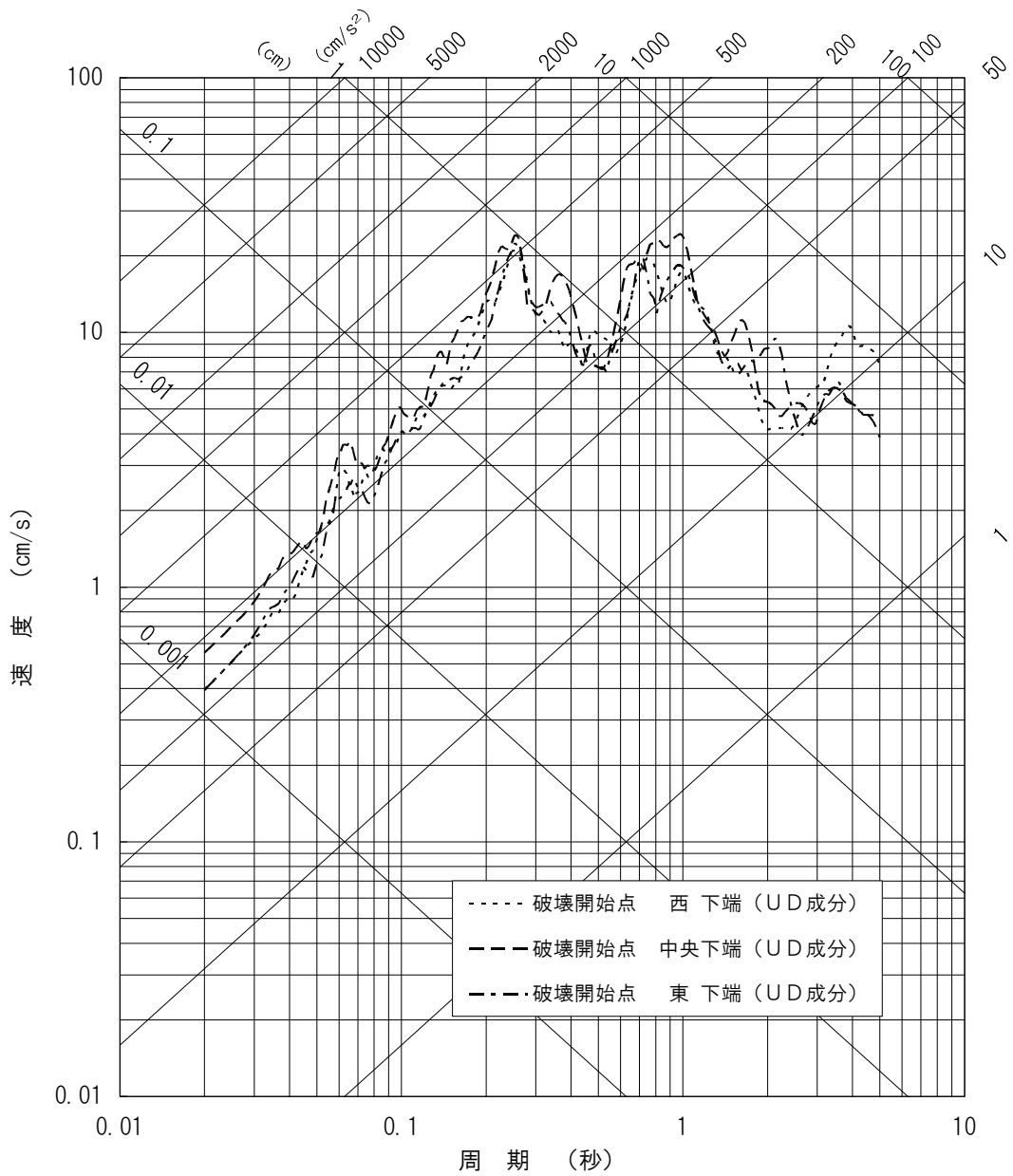
想定敷地前面海域の断層群による地震④  
 ジョグ考慮 (長さ 54km)





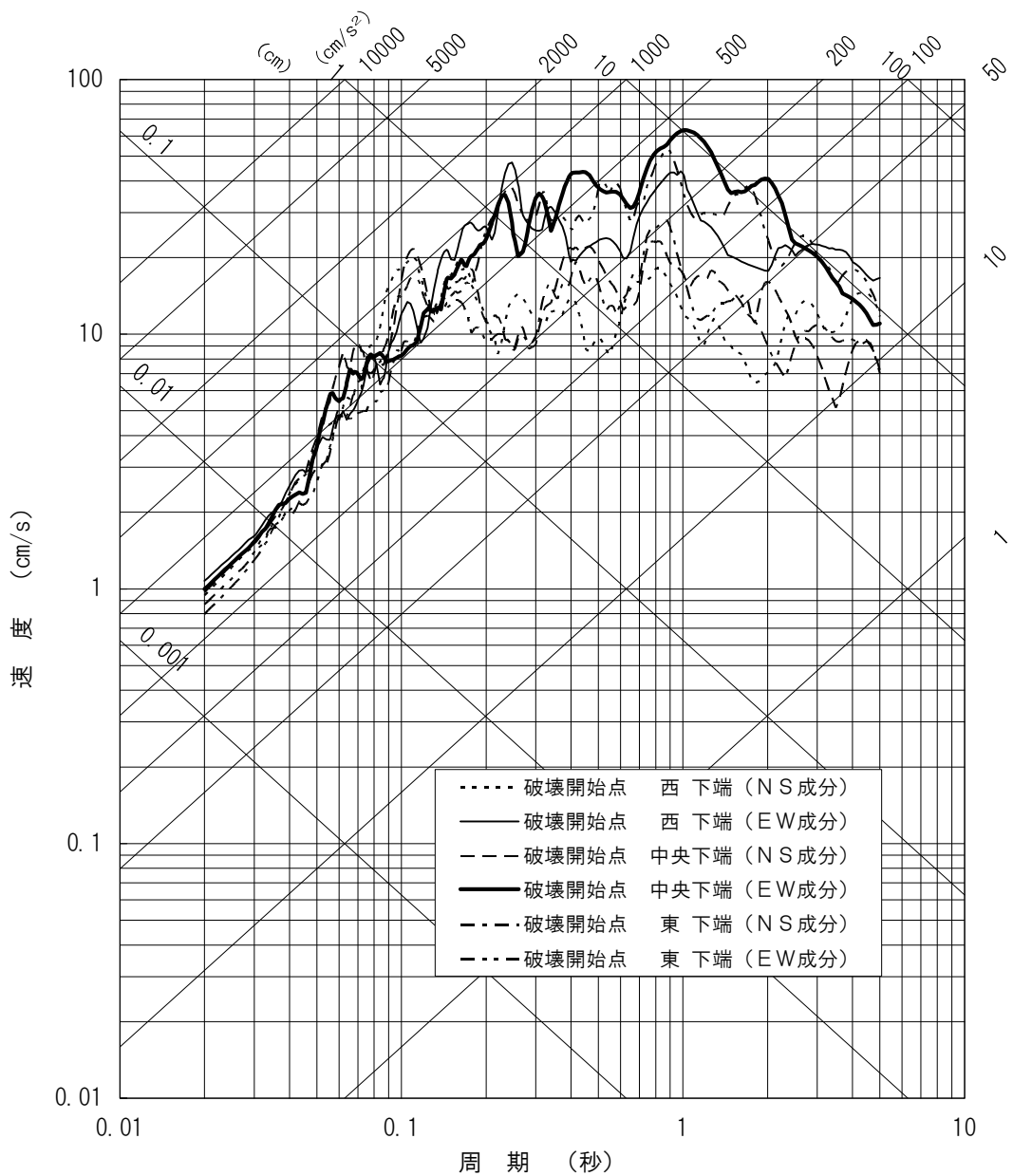
第3.1-8(9) 図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向)

( 想定敷地前面海域の断層群による地震⑤  
 応力降下量：1.5倍  
 アスペリティ深さ：中位 )



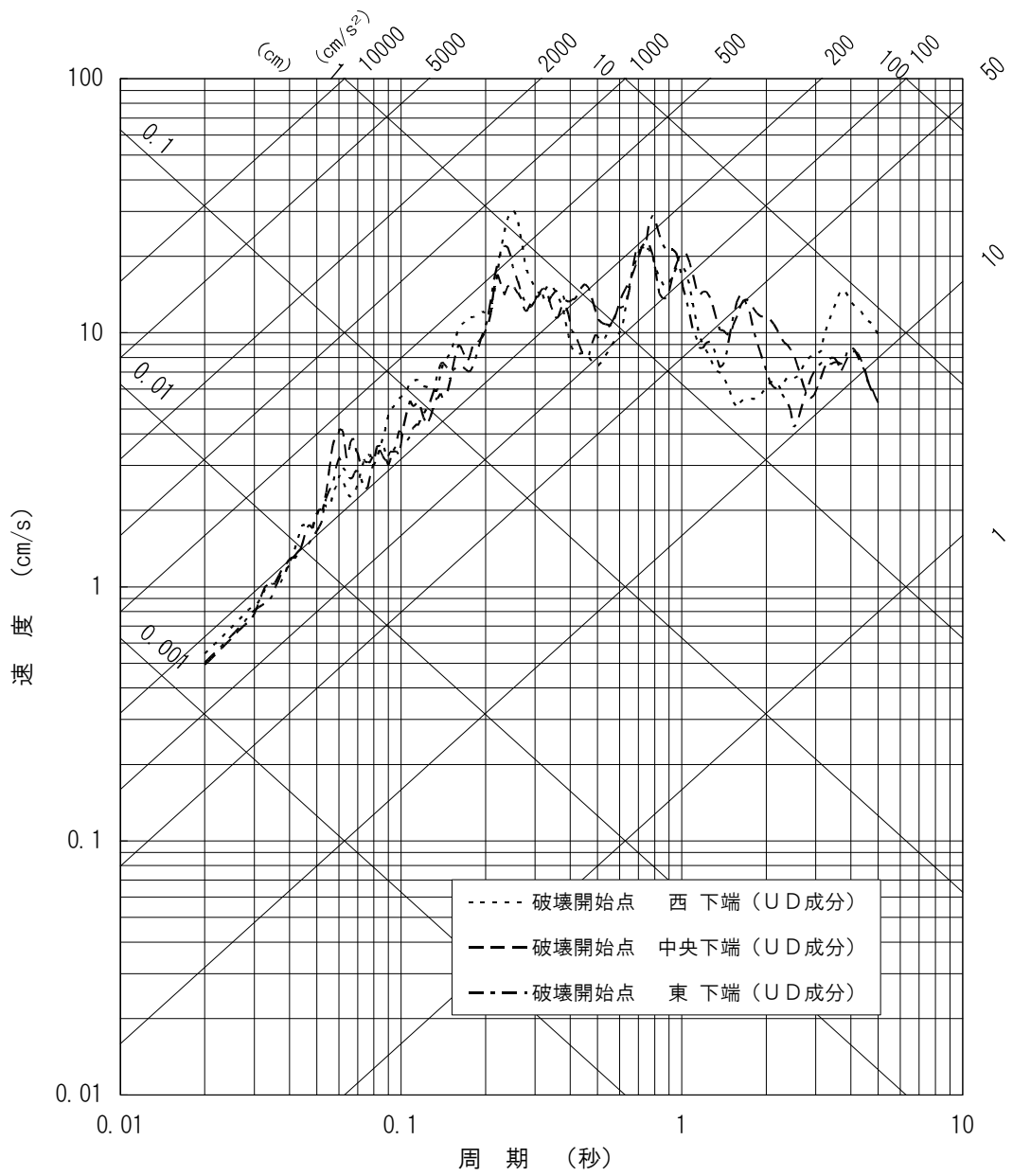
第3.1-8(10)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向)

( 想定敷地前面海域の断層群による地震⑤  
 応力降下量：1.5倍  
 アスペリティ深さ：中位 )



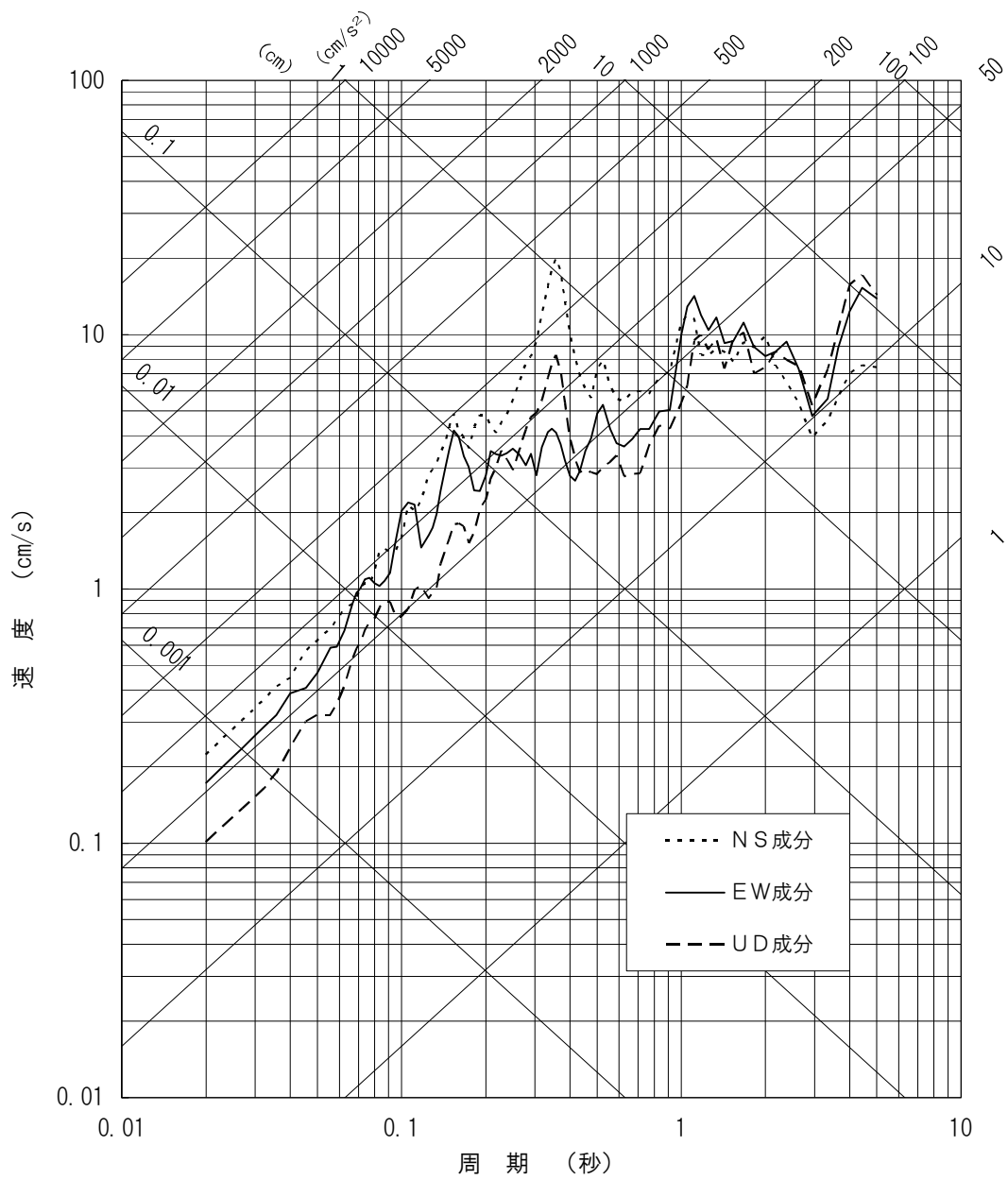
第3.1-8(11)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向)

( 想定敷地前面海域の断層群による地震⑥  
 応力降下量：1.5倍  
 アスペリティ深さ：上端 )



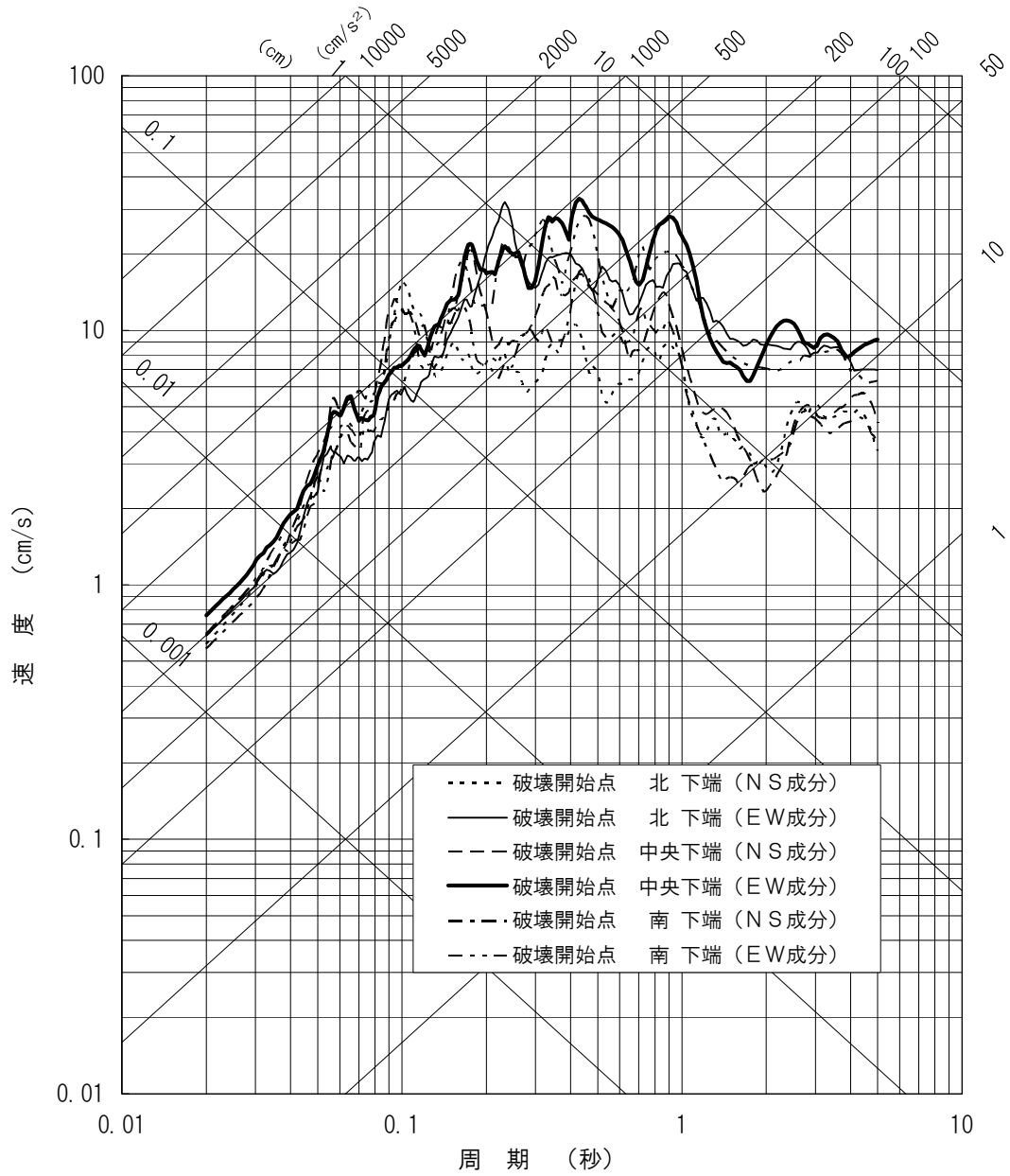
第3.1-8(12)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震⑥  
 応力降下量：1.5倍  
 アスペリティ深さ：上端



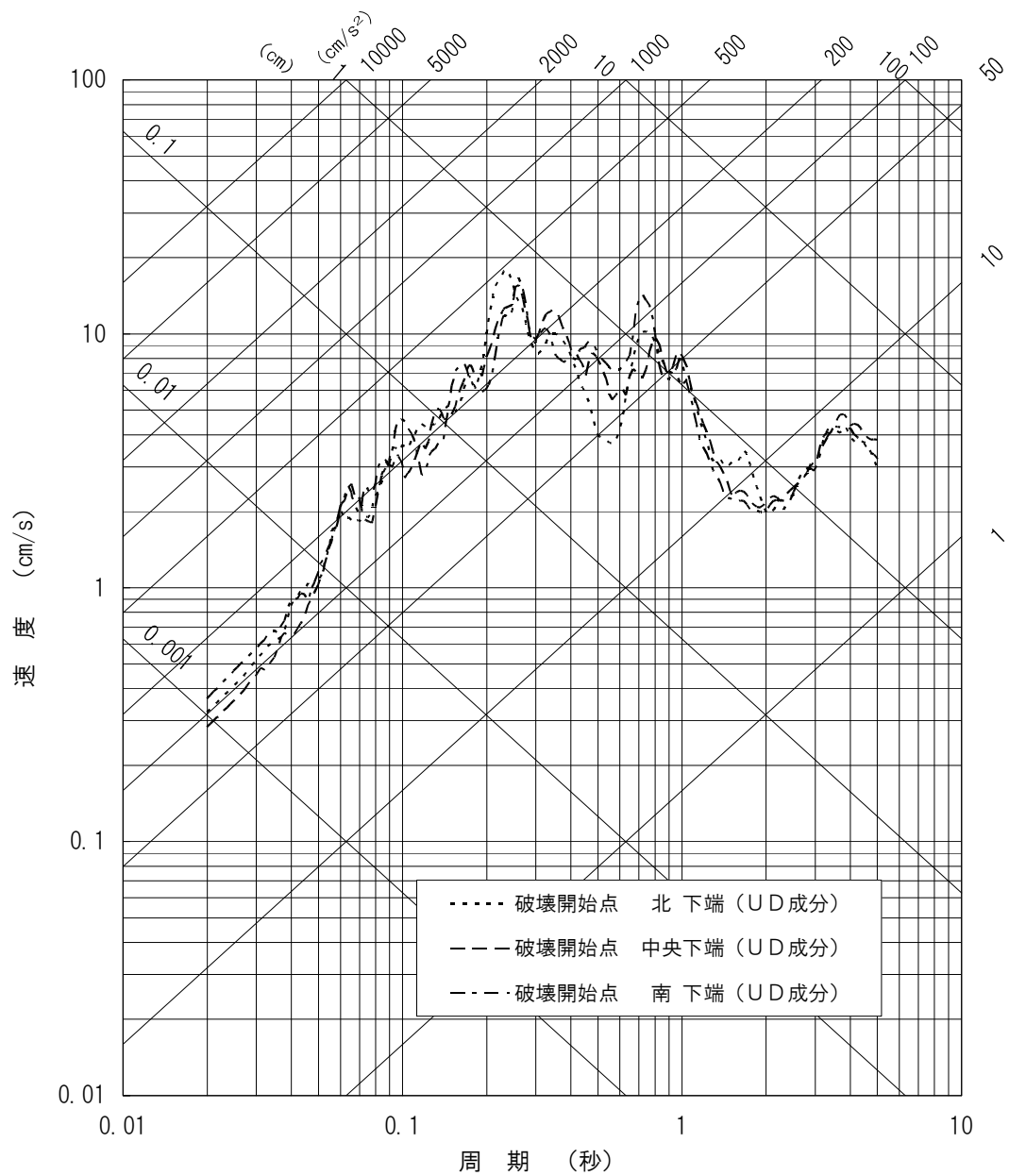
第3.1-8(13)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果

〔 想定南海地震 〕



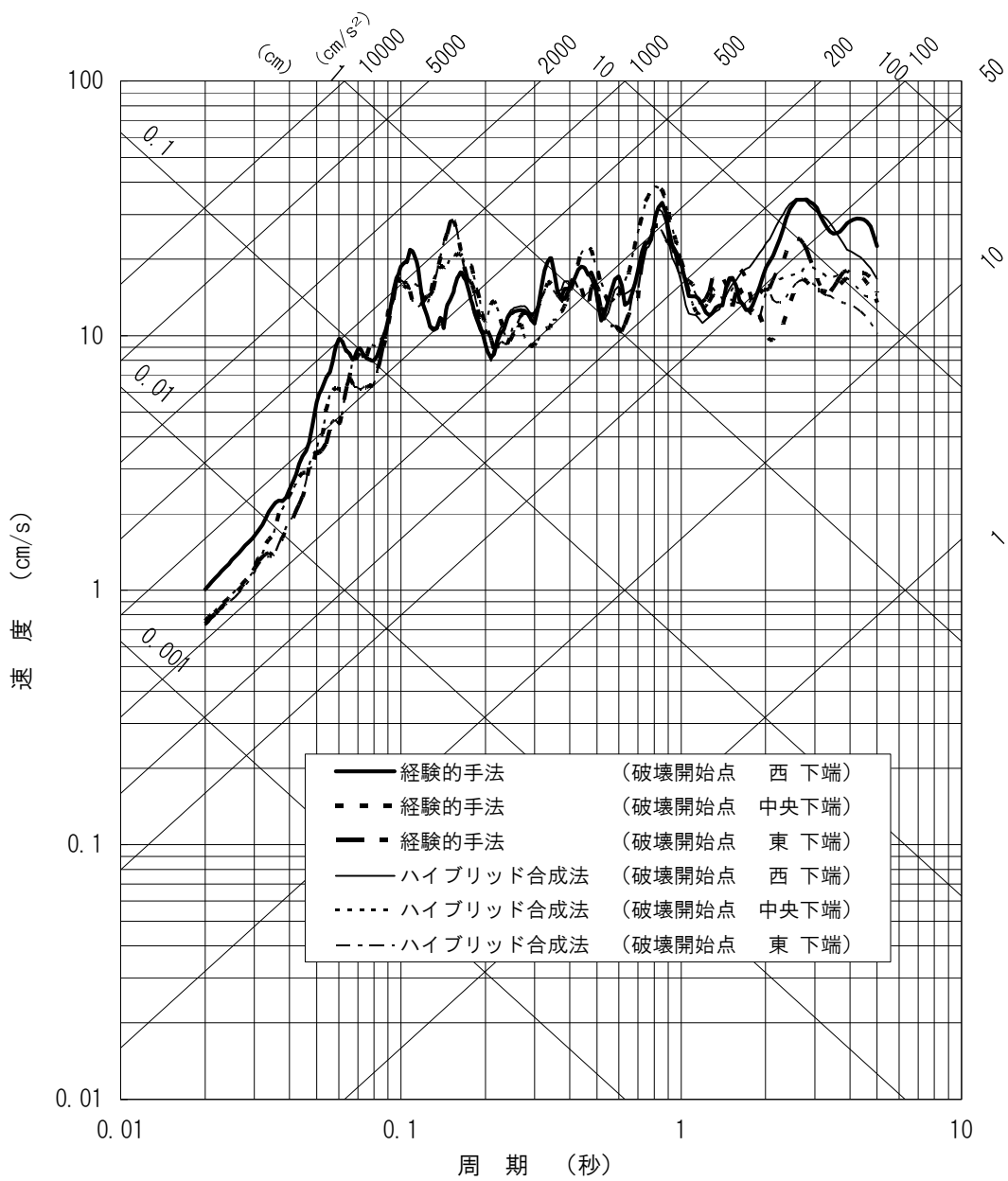
第3.1-8(14) 図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(水平方向)

〔 想定敷地下方のスラブ内地震 〕



第3.1-8(15)図 不確かさを考慮した震源要素の断層モデル結果(鉛直方向)

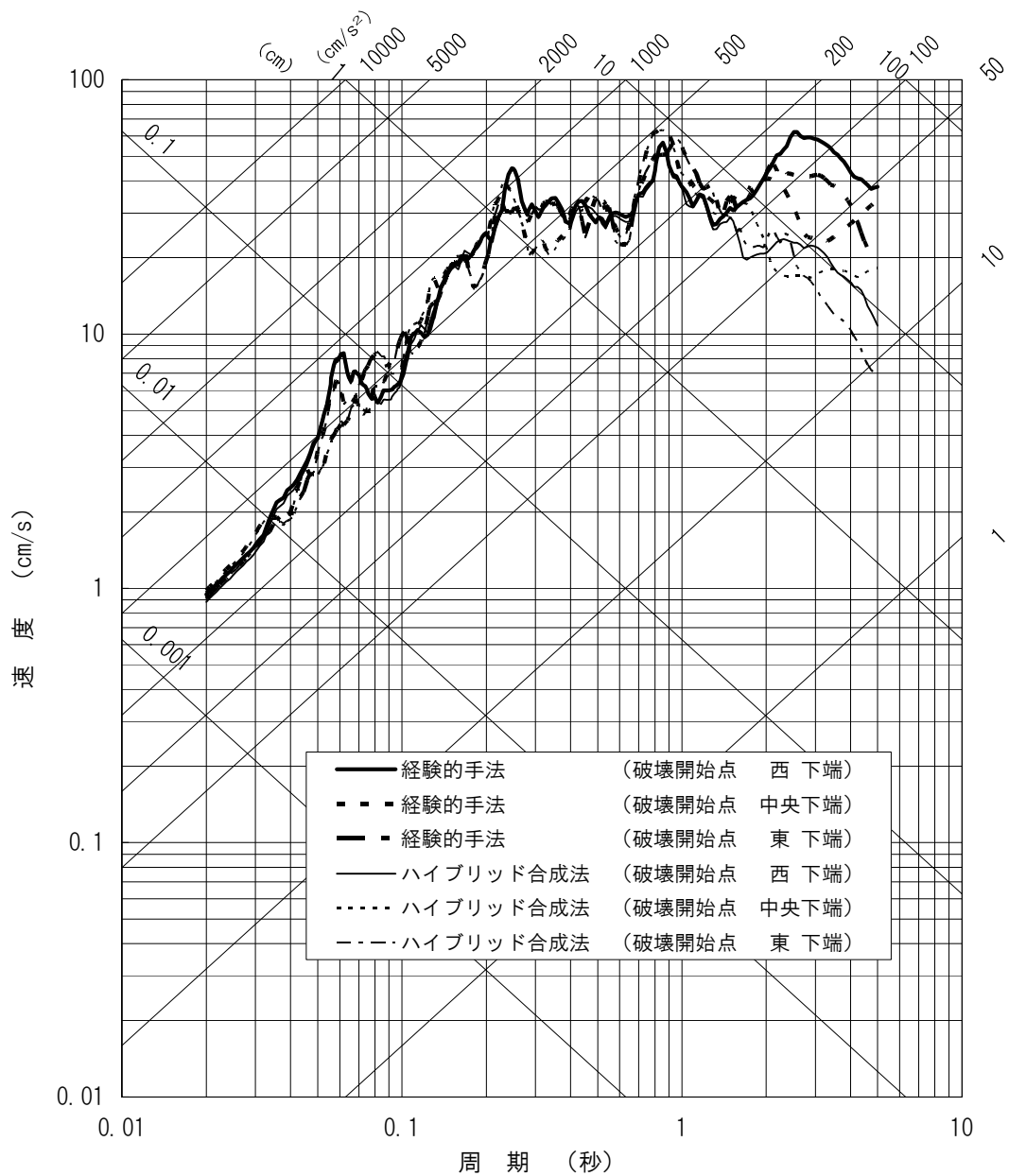
〔 想定敷地下方のスラブ内地震 〕



第3.1-9(1)図 ハイブリッド合成法との比較結果(N S方向)

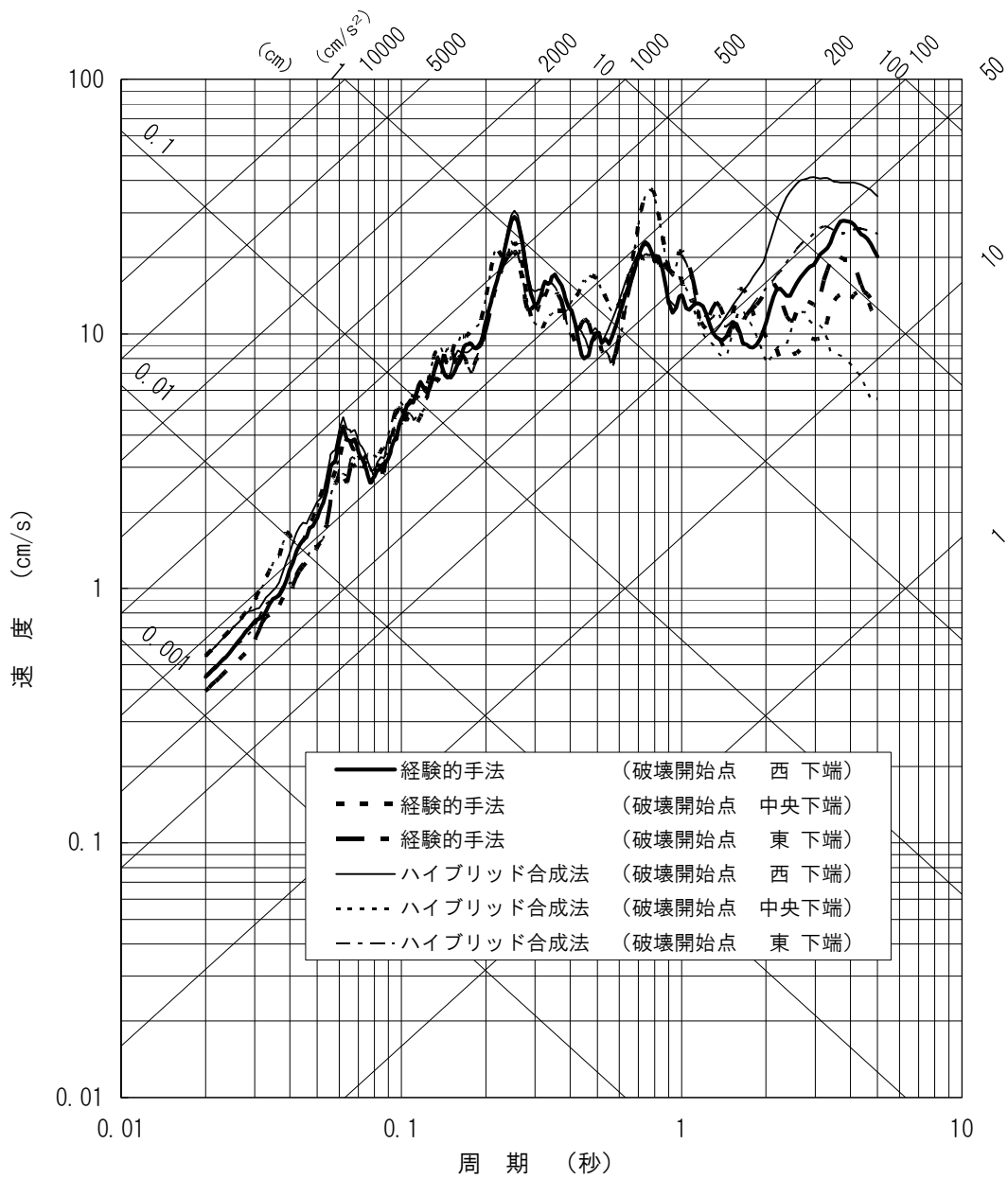
想定敷地前面海域の断層群による地震③  
 断層傾斜角：30°  
 アスペリティ深さ：上端





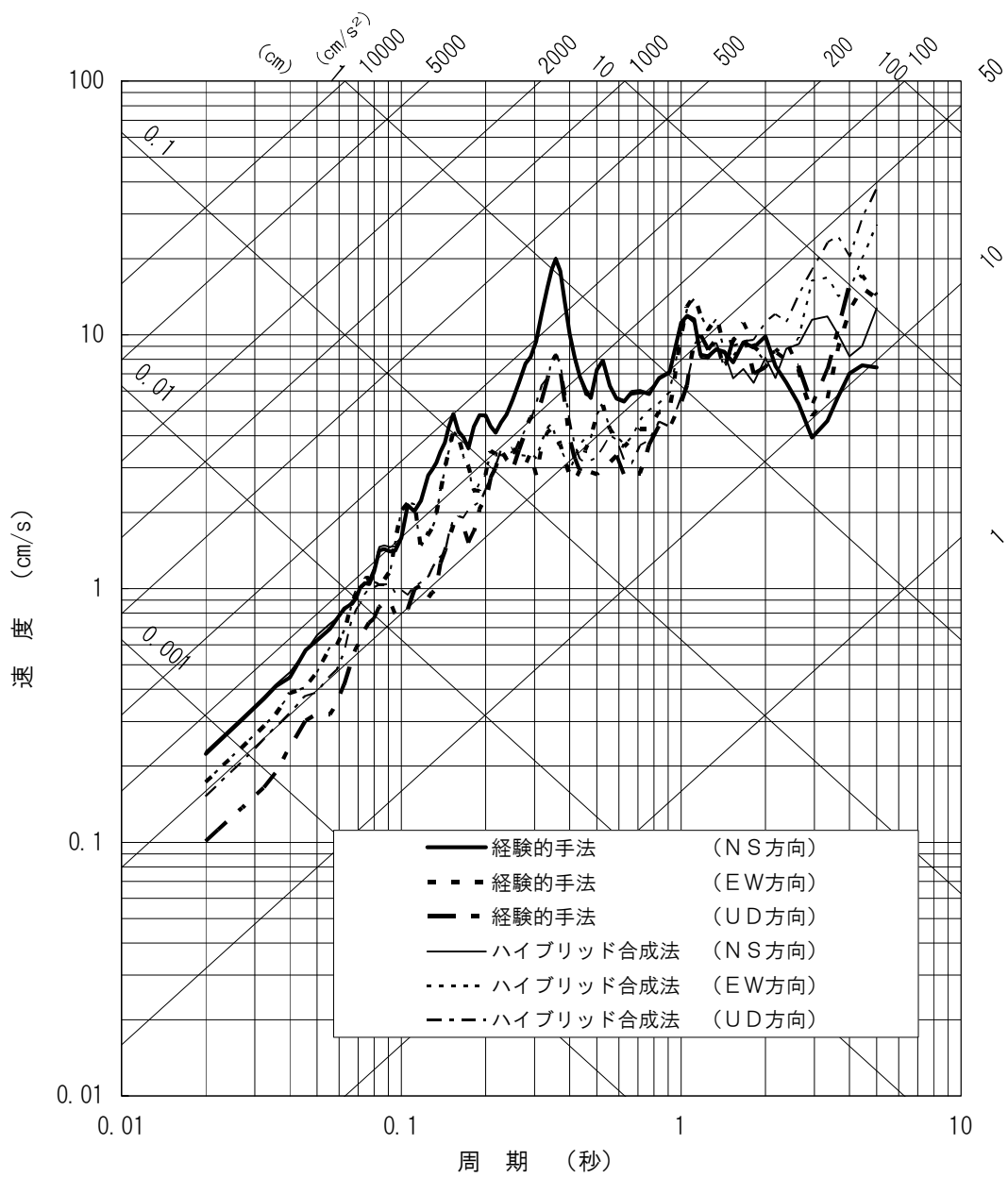
第3.1-9(2) 図 ハイブリッド合成法との比較結果 (EW方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震③  
断層傾斜角 : 30°  
アスペリティ深さ : 上端



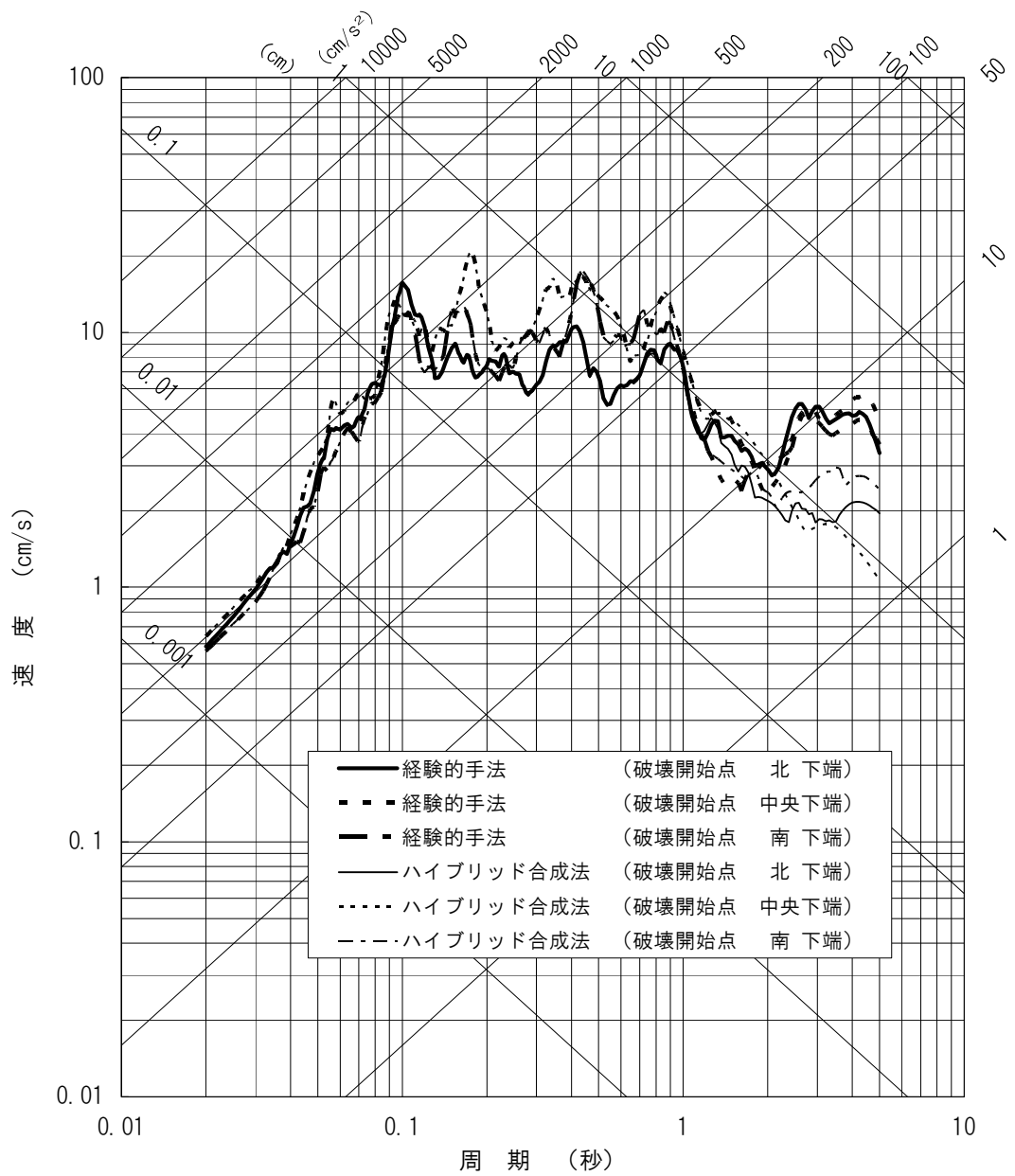
第3.1-9(3) 図 ハイブリッド合成法との比較結果(UD方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震③  
 断層傾斜角 : 30°  
 アスペリティ深さ : 上端



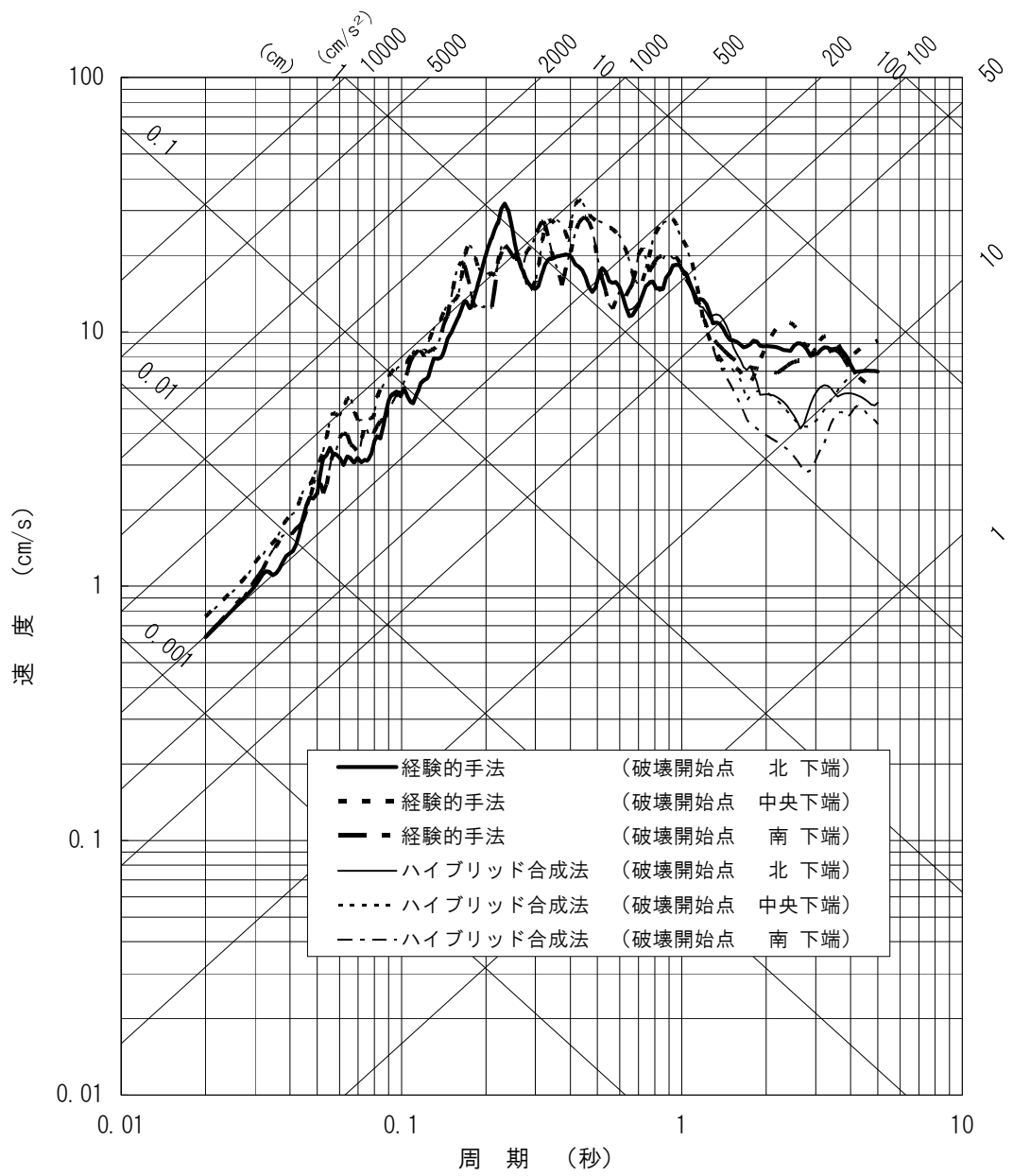
第3.1-9(4)図 ハイブリッド合成法との比較結果

〔 想定南海地震 〕



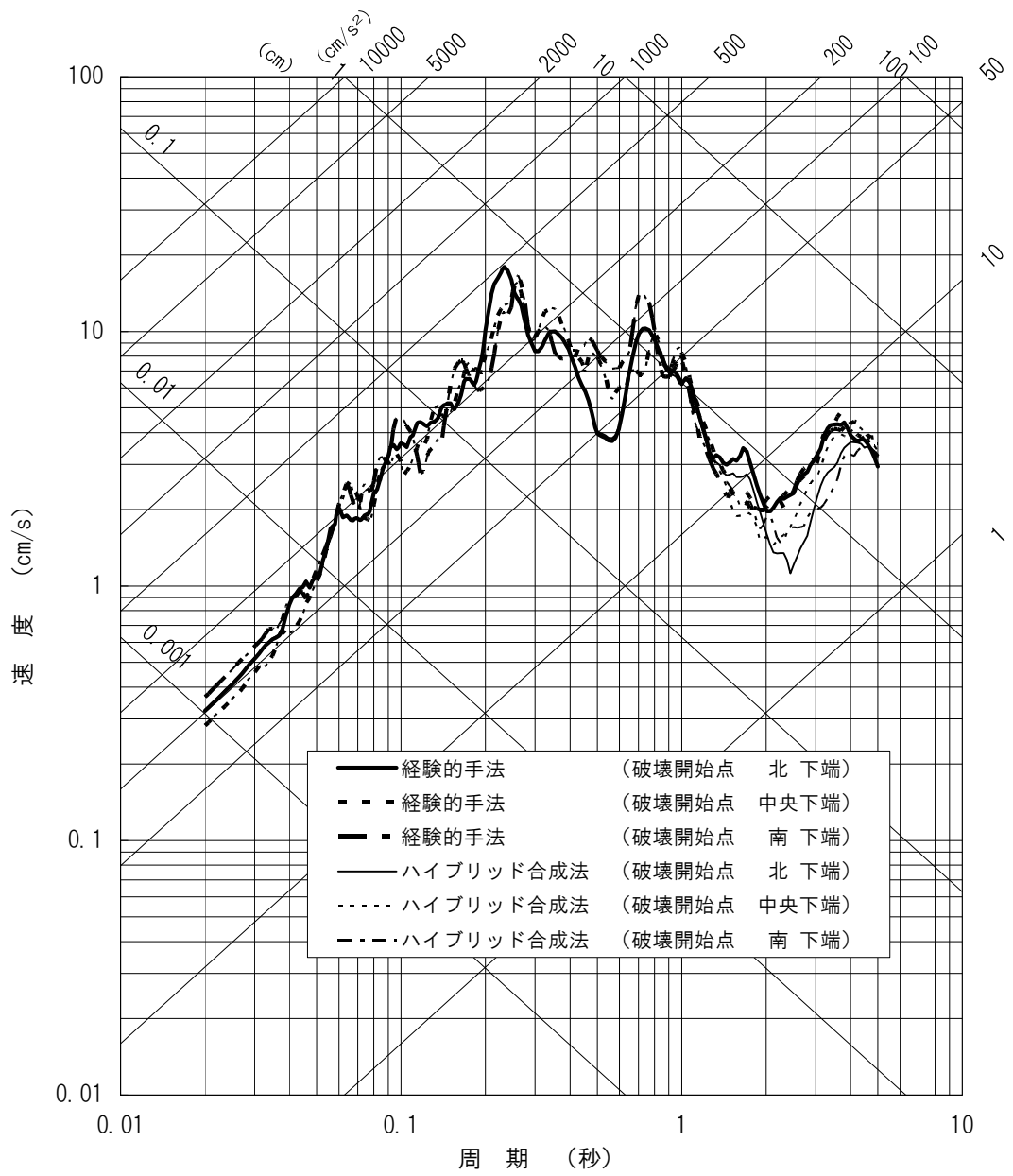
第3.1-9(5)図 ハイブリッド合成法との比較結果(NS方向)

〔 想定敷地下方のスラブ内地震 〕



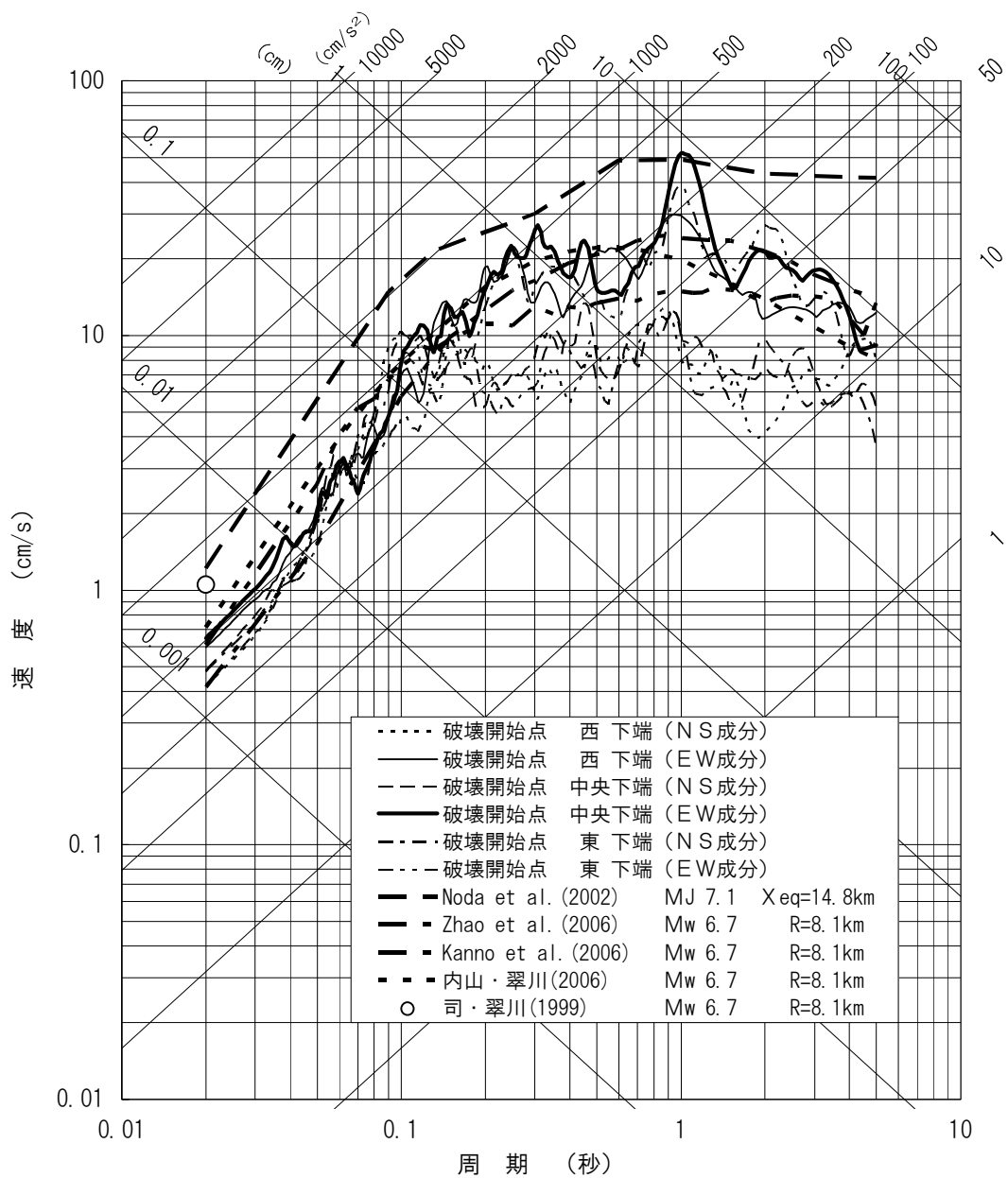
第3.1-9(6)図 ハイブリッド合成法との比較結果(EW方向)

〔 想定敷地下方のスラブ内地震 〕



第3.1-9(7)図 ハイブリッド合成法との比較結果(UD方向)

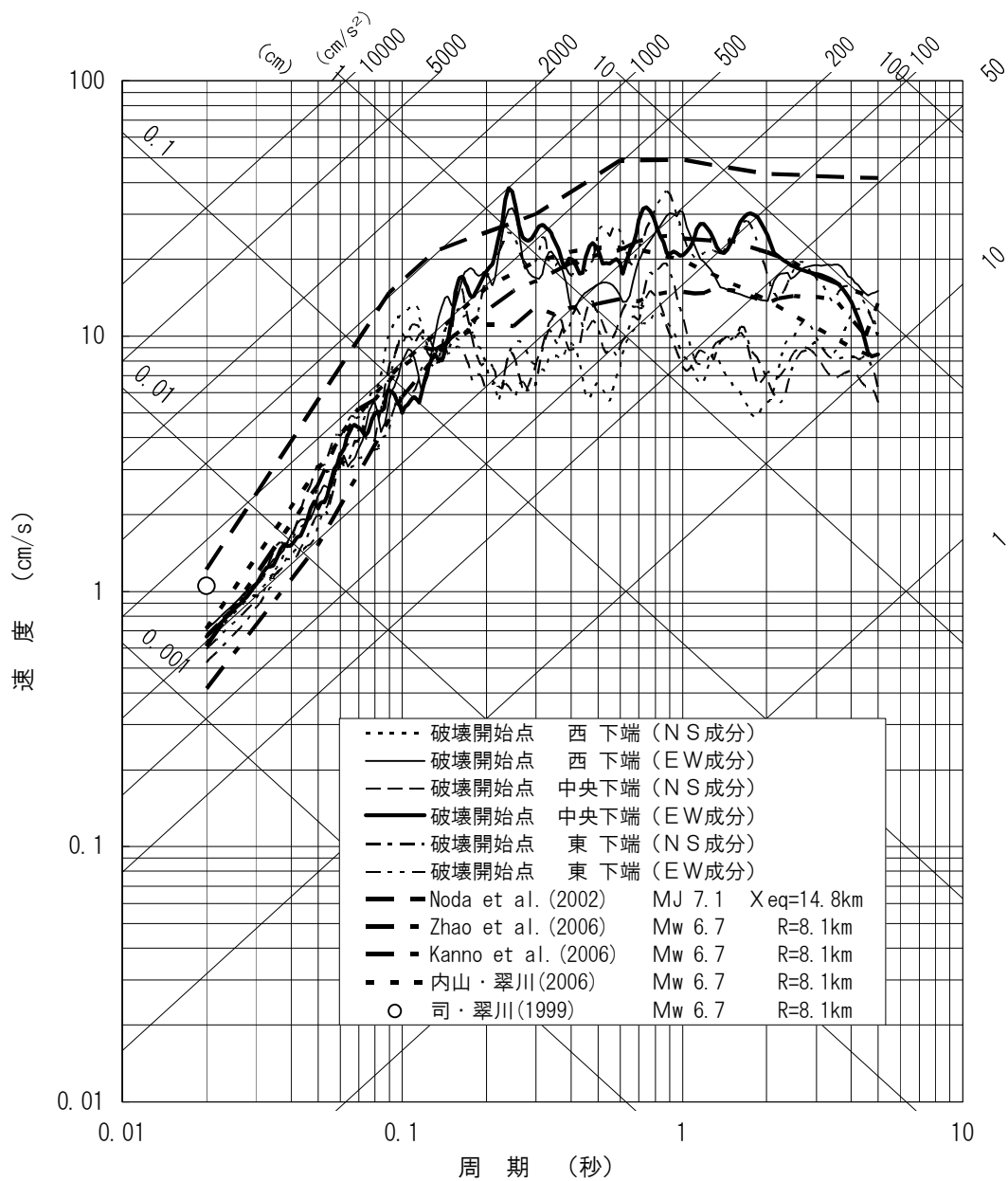
〔 想定敷地下方のスラブ内地震 〕



第3.1-10(1) 図 様々な距離減衰式との比較結果(基本モデル)

(水平方向)

敷地前面海域の断層群による地震  
断層傾斜角：90°  
アスペリティ深さ：中央



第3.1-10(2) 図 様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮)

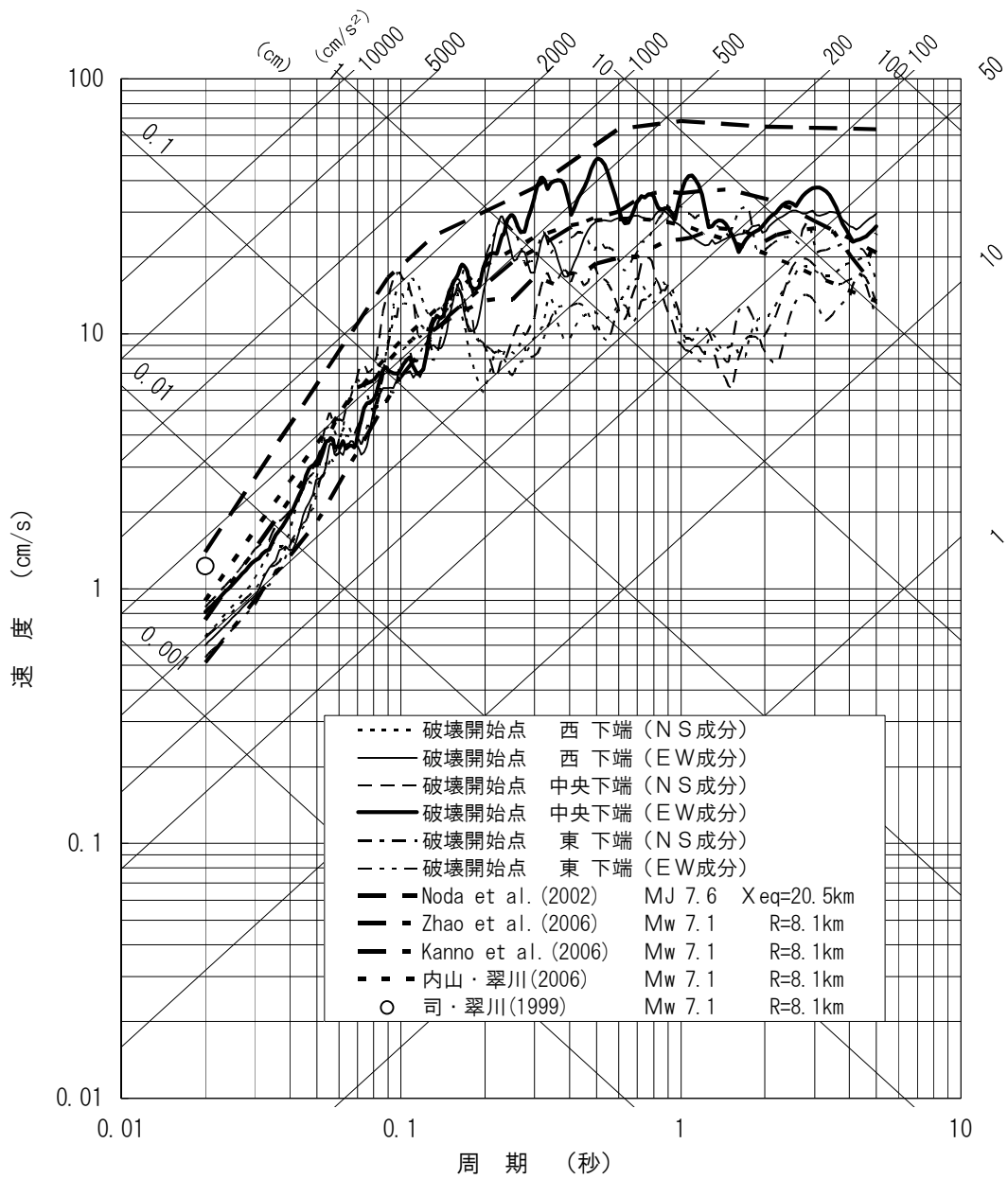
(水平方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震①

断層傾斜角：90°

アスペリティ深さ：上端

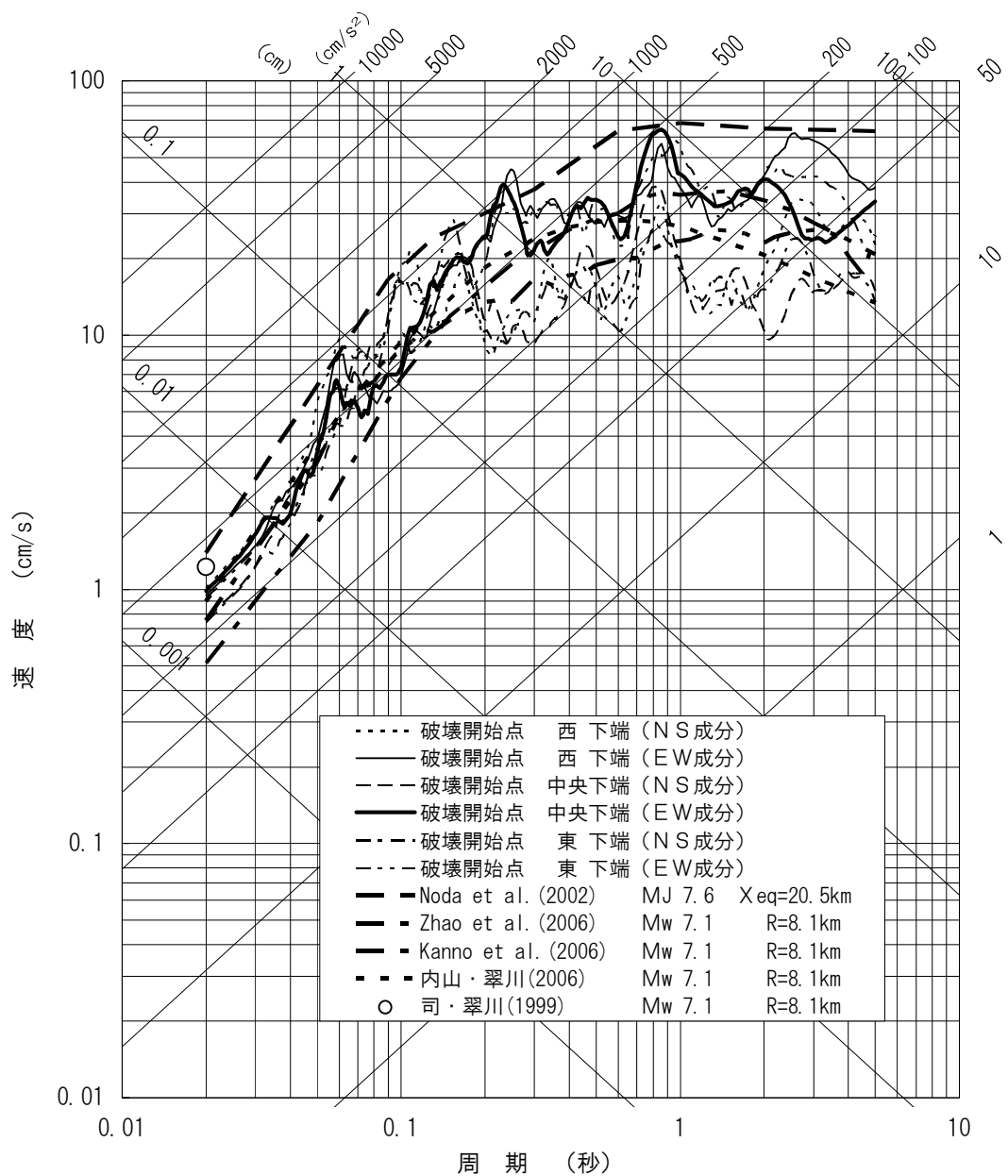




第3.1-10(3) 図 様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮)

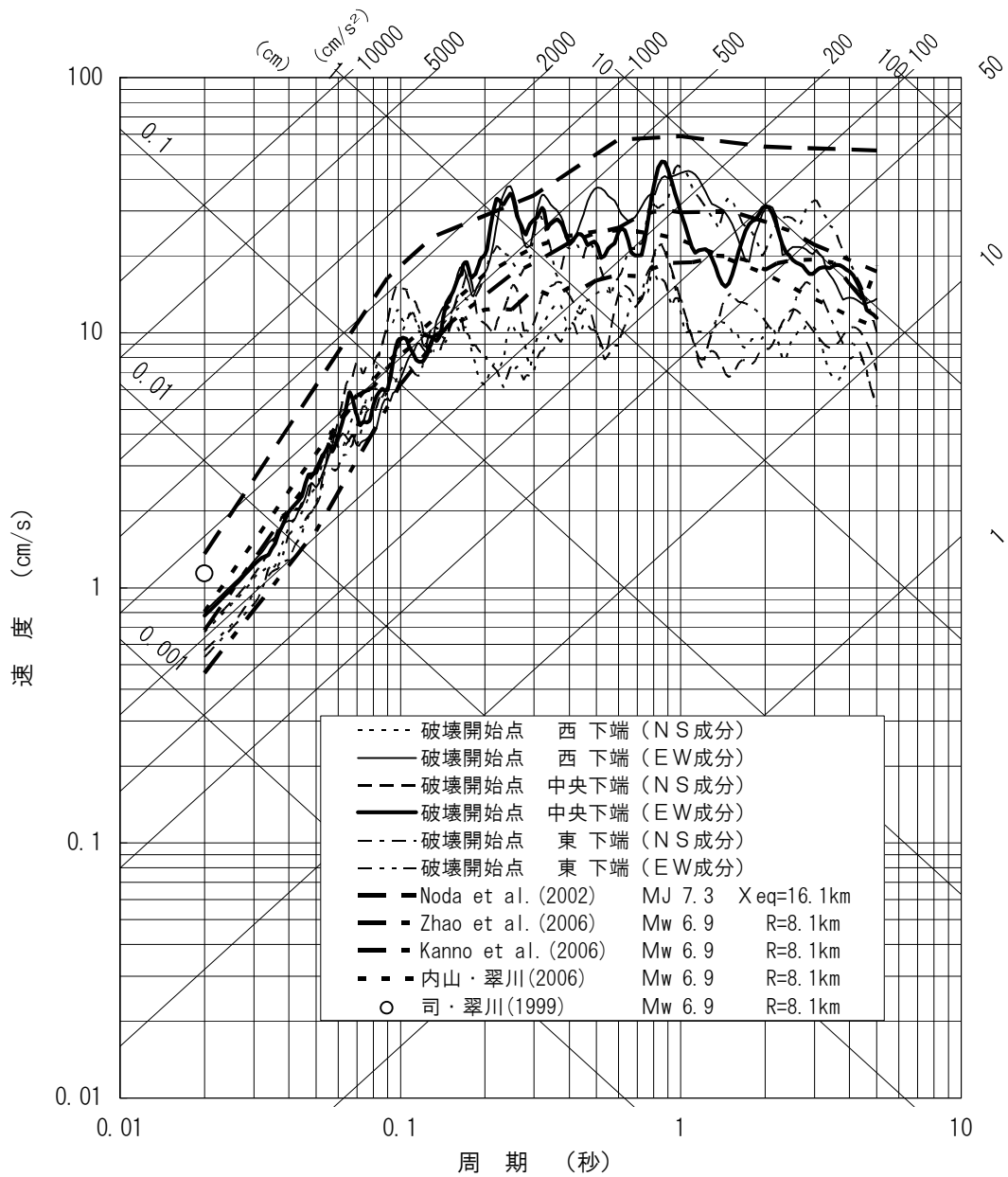
(水平方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震②  
 断層傾斜角：30°  
 アスペリティ深さ：中央



第3.1-10(4) 図 様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮)  
(水平方向)

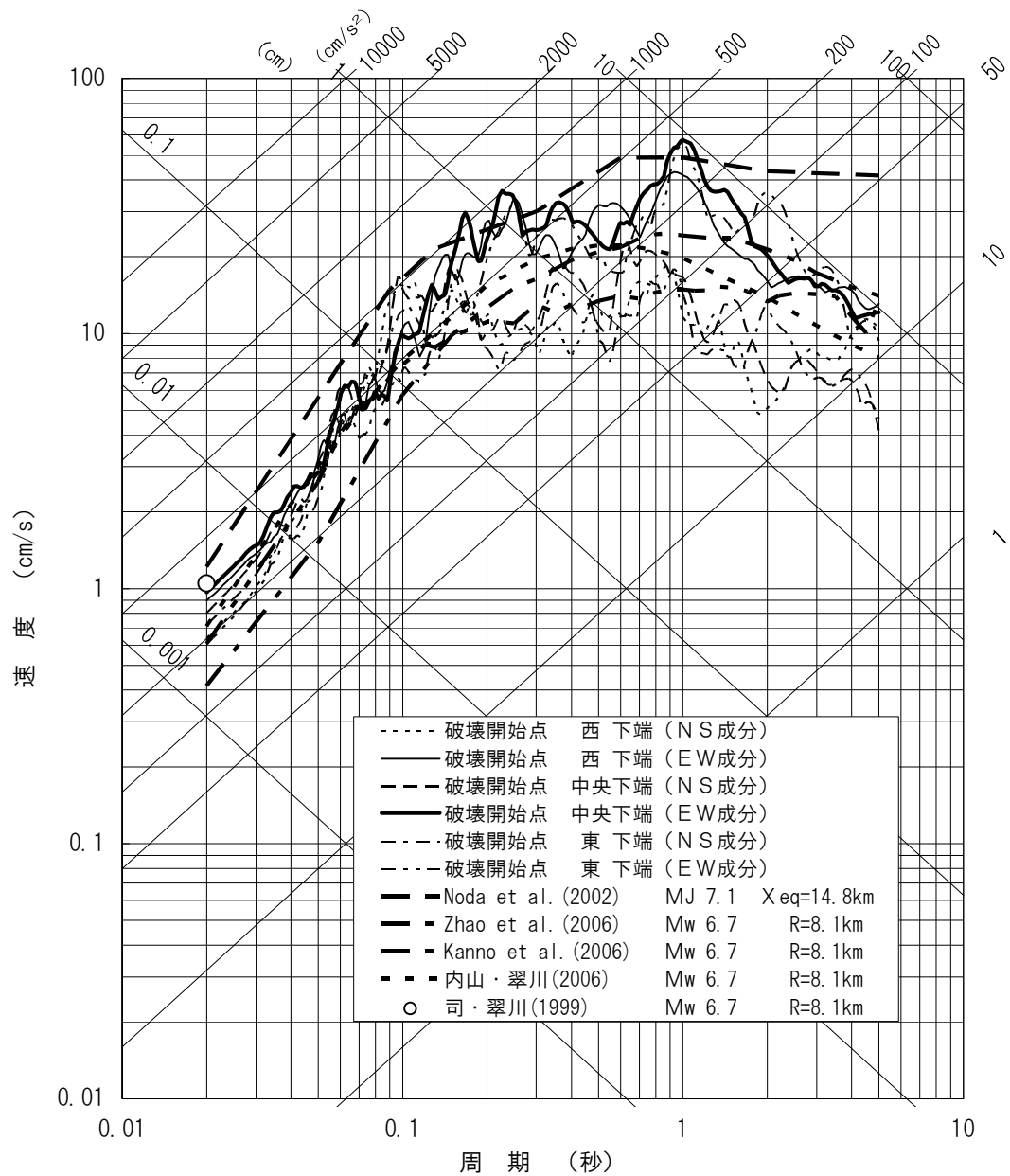
想定敷地前面海域の断層群による地震③  
 断層傾斜角: 30°  
 アスペリティ深さ: 上端



第3.1-10(5) 図 様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮)

(水平方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震④  
ジョグ考慮(長さ54km)



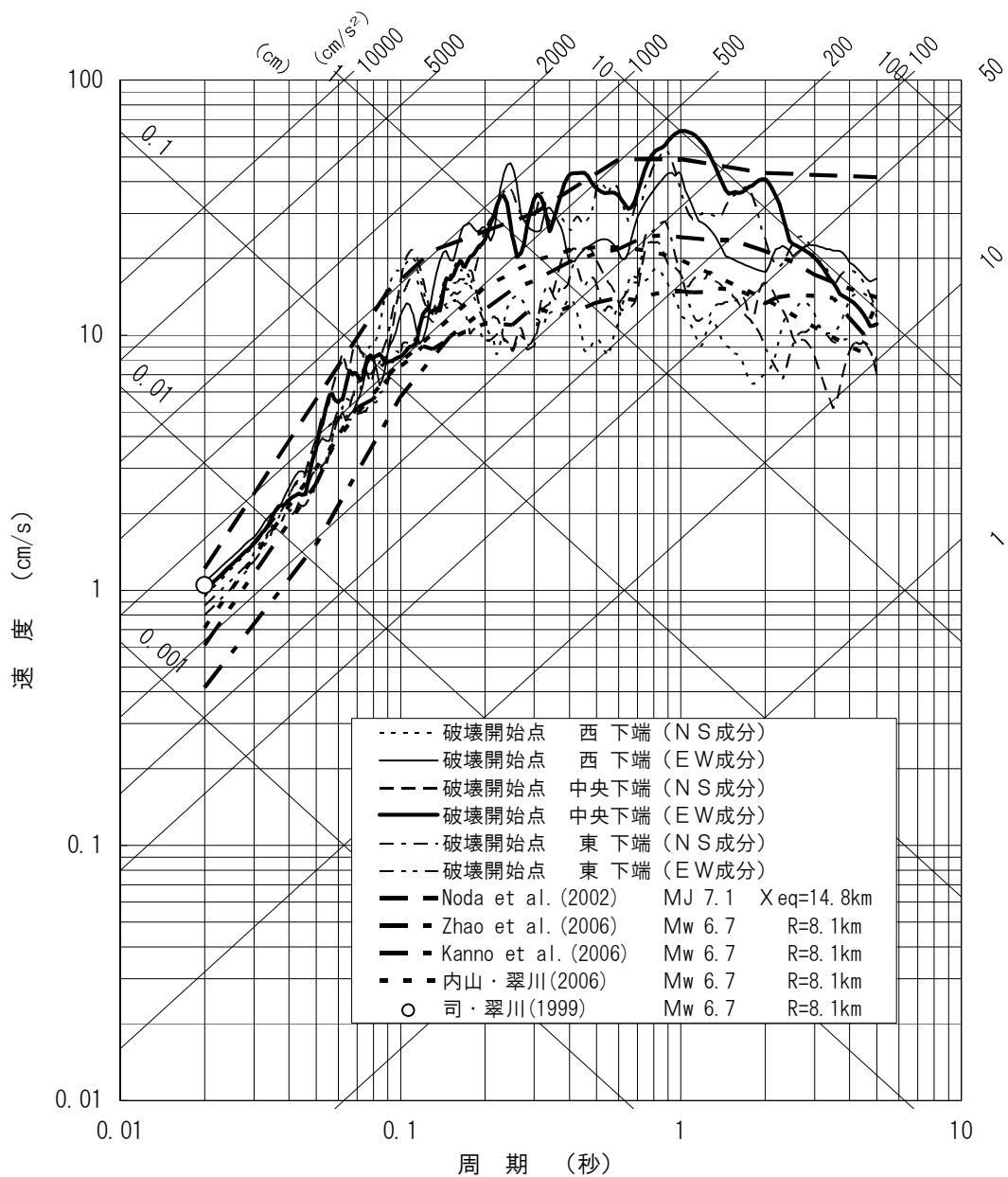
第3.1-10(6) 図 様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮)

(水平方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震⑤

応力降下量: 1.5倍

アスペリティ深さ: 中位



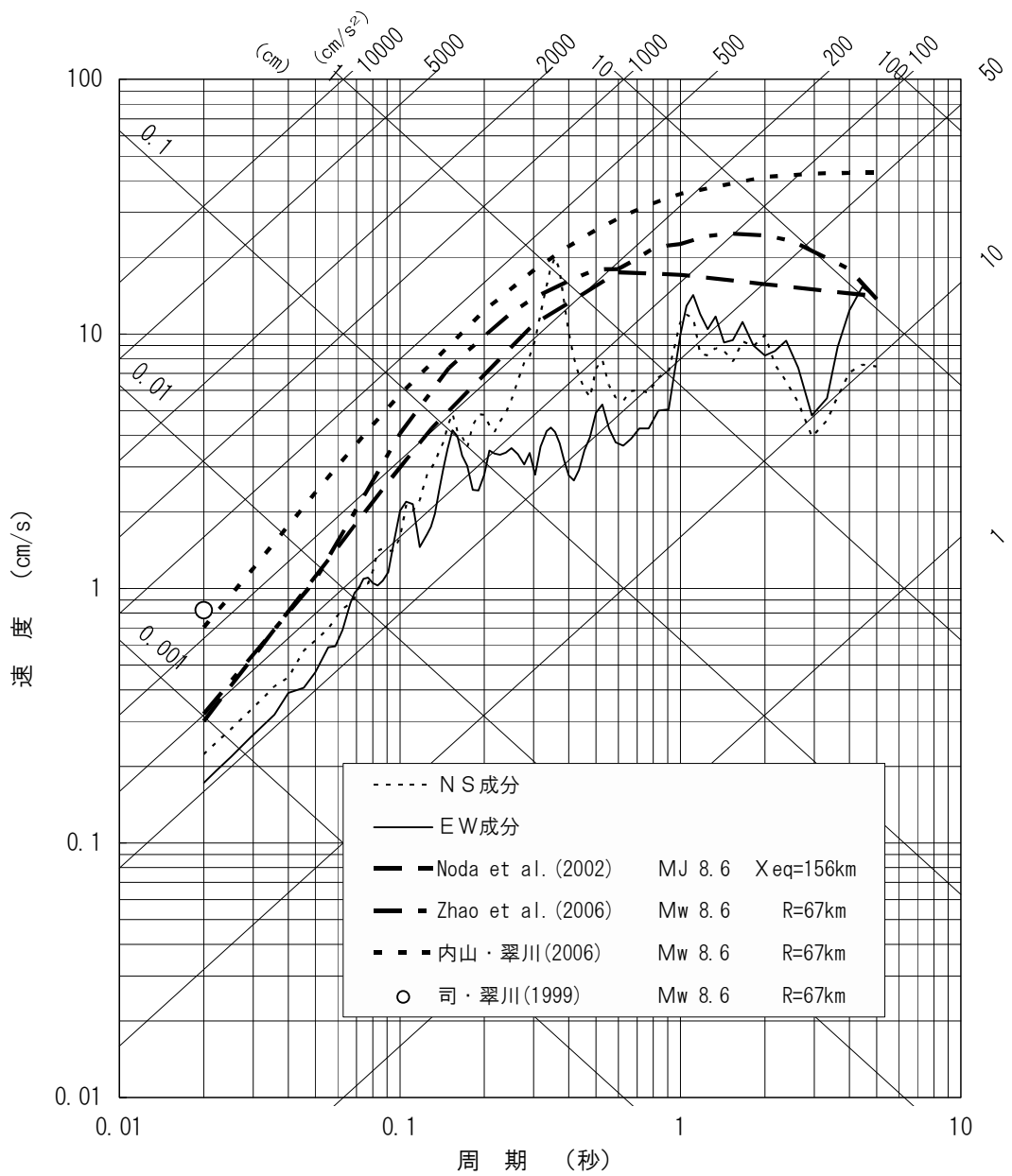
第3.1-10(7) 図 様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮)

(水平方向)

想定敷地前面海域の断層群による地震⑥

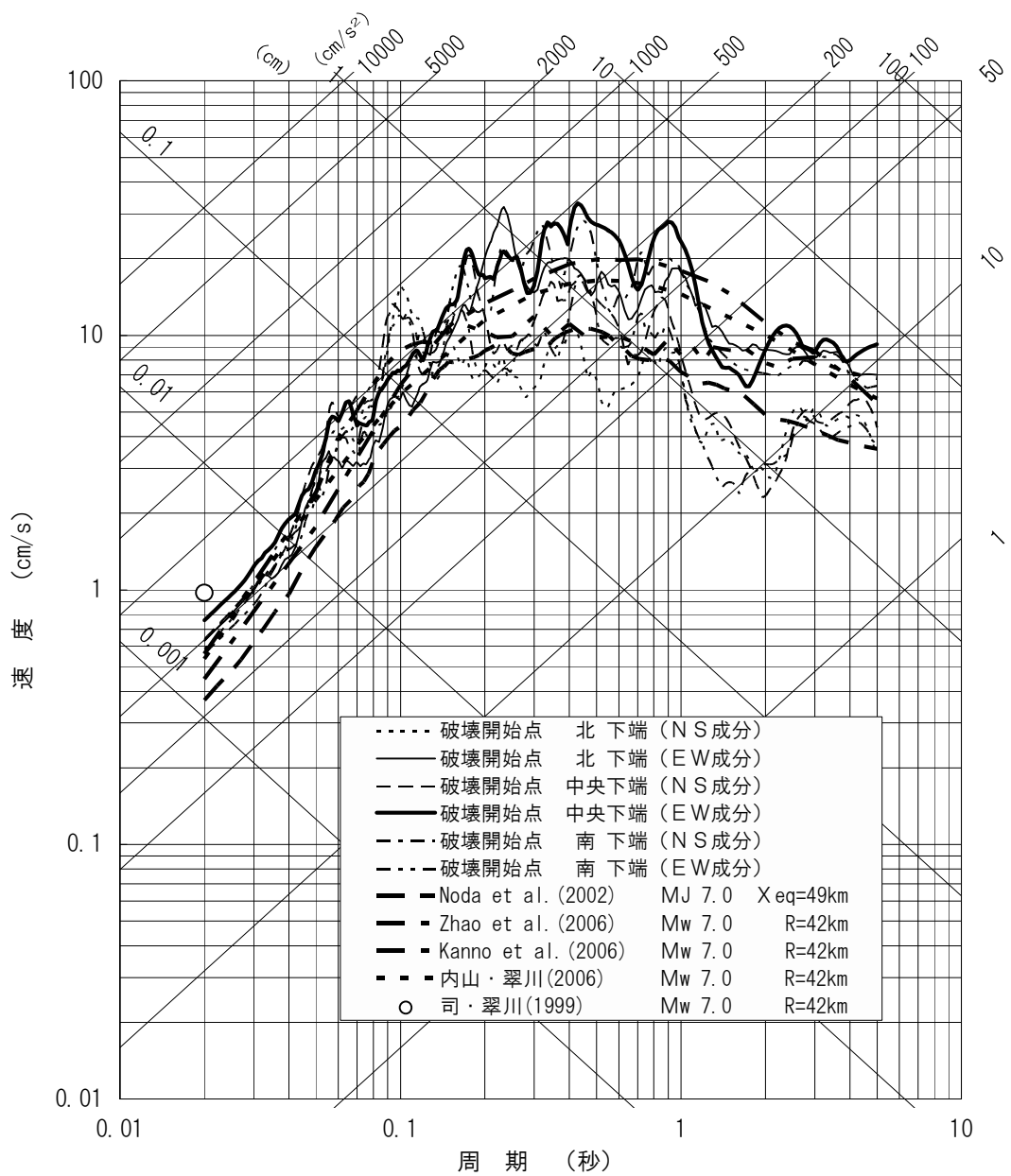
応力降下量: 1.5 倍

アスペリティ深さ: 上端



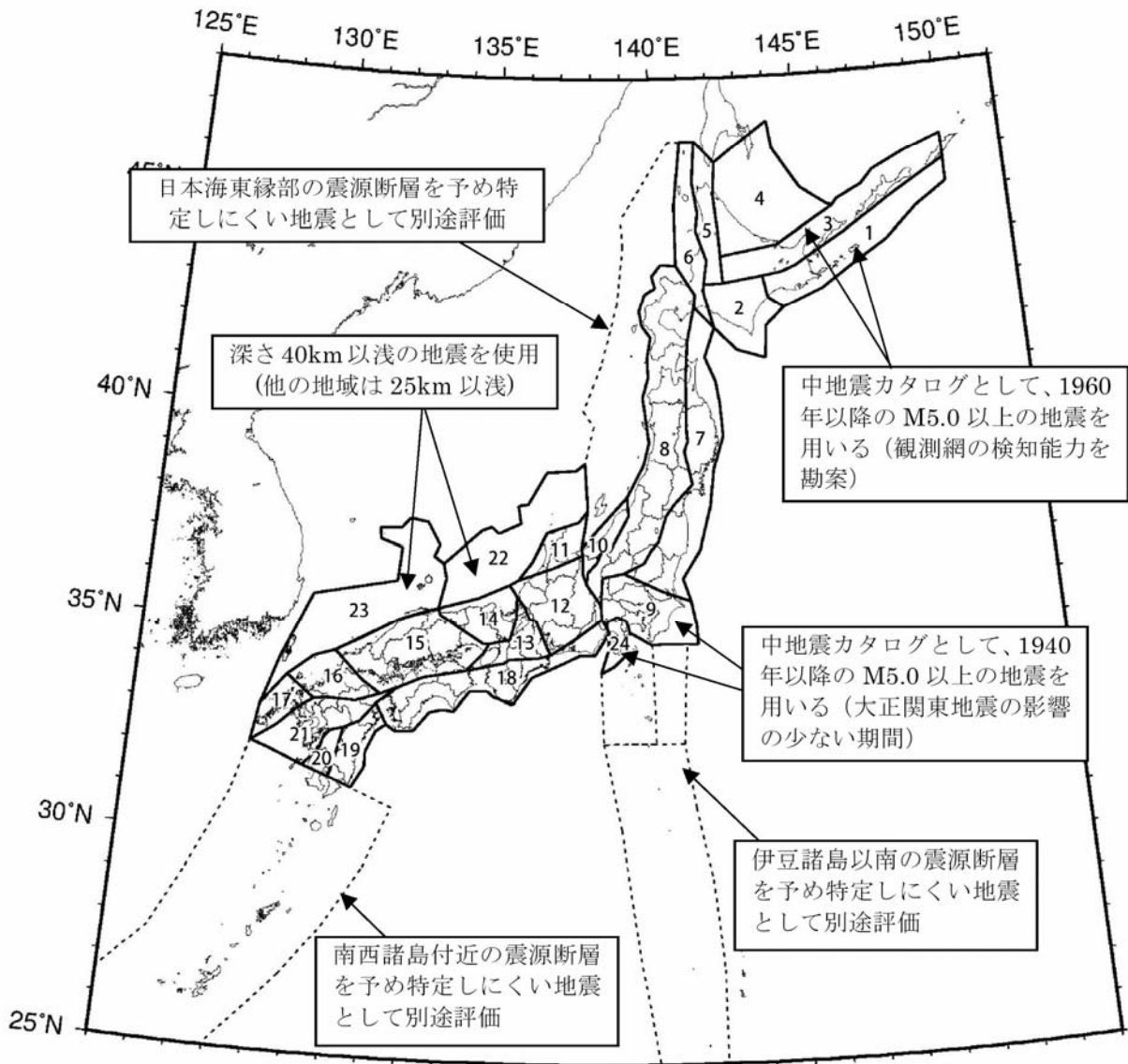
第3.1-10(8)図 様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮)

〔 想定南海地震：水平方向 〕



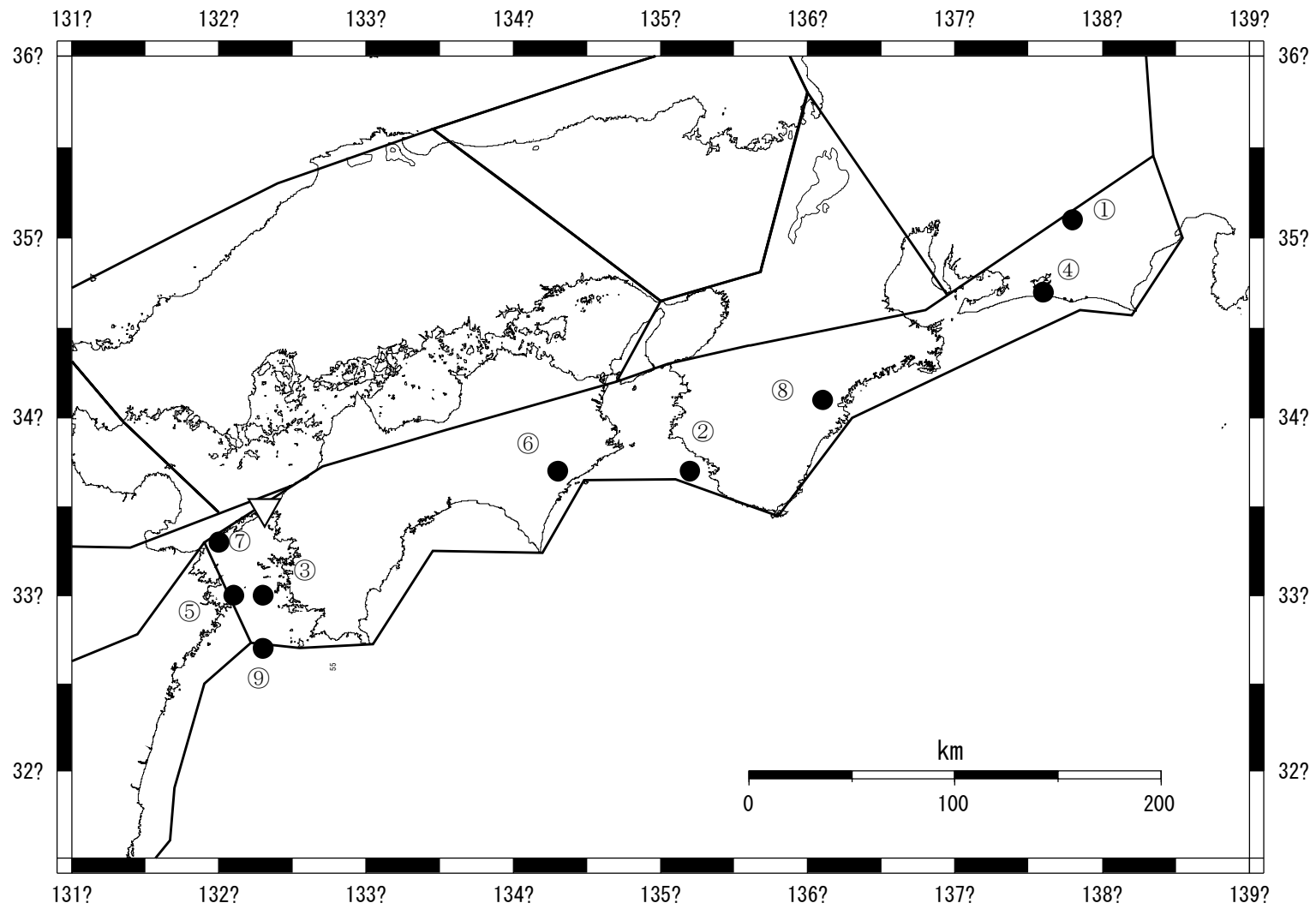
第3.1-10(9) 図 様々な距離減衰式との比較結果(不確かさを考慮)

〔 想定敷地下方のスラブ内地震：水平方向 〕



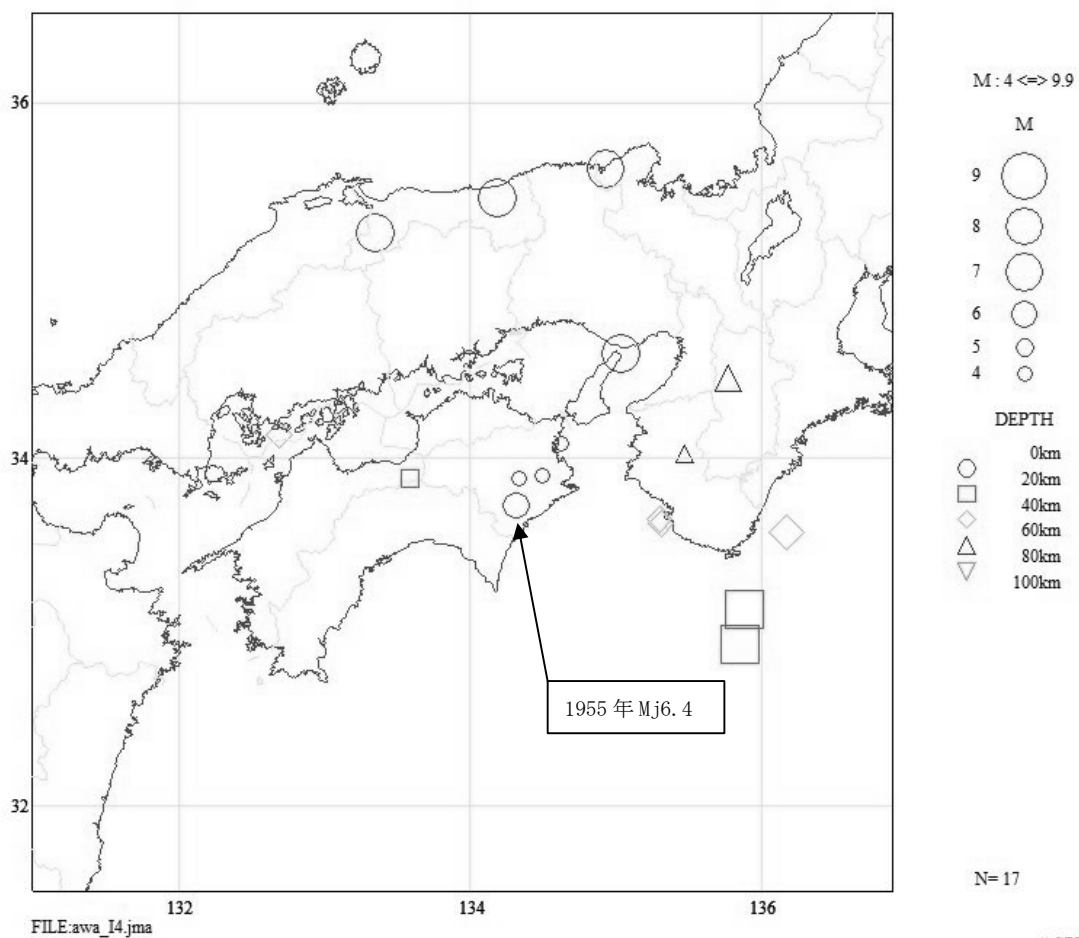
第3. 2-1図 地震地体構造区分  
(地震調査委員会(2005)<sup>(40)</sup>)





第3. 2-2図 敷地が位置する地震地体構造区分で発生したM6. 9以上の地震

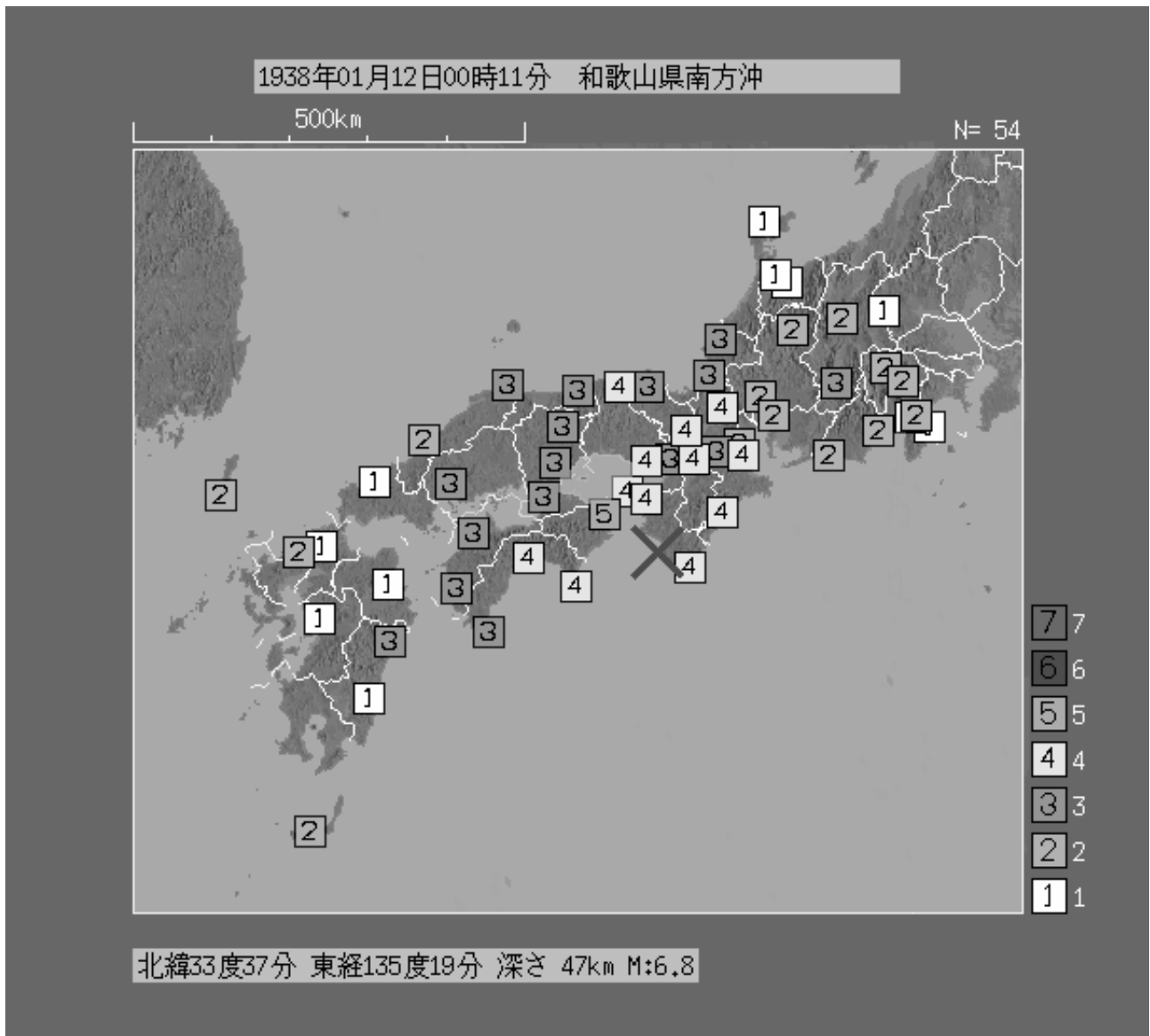
1923 1/1 0: -- 2007 4/30 23:59



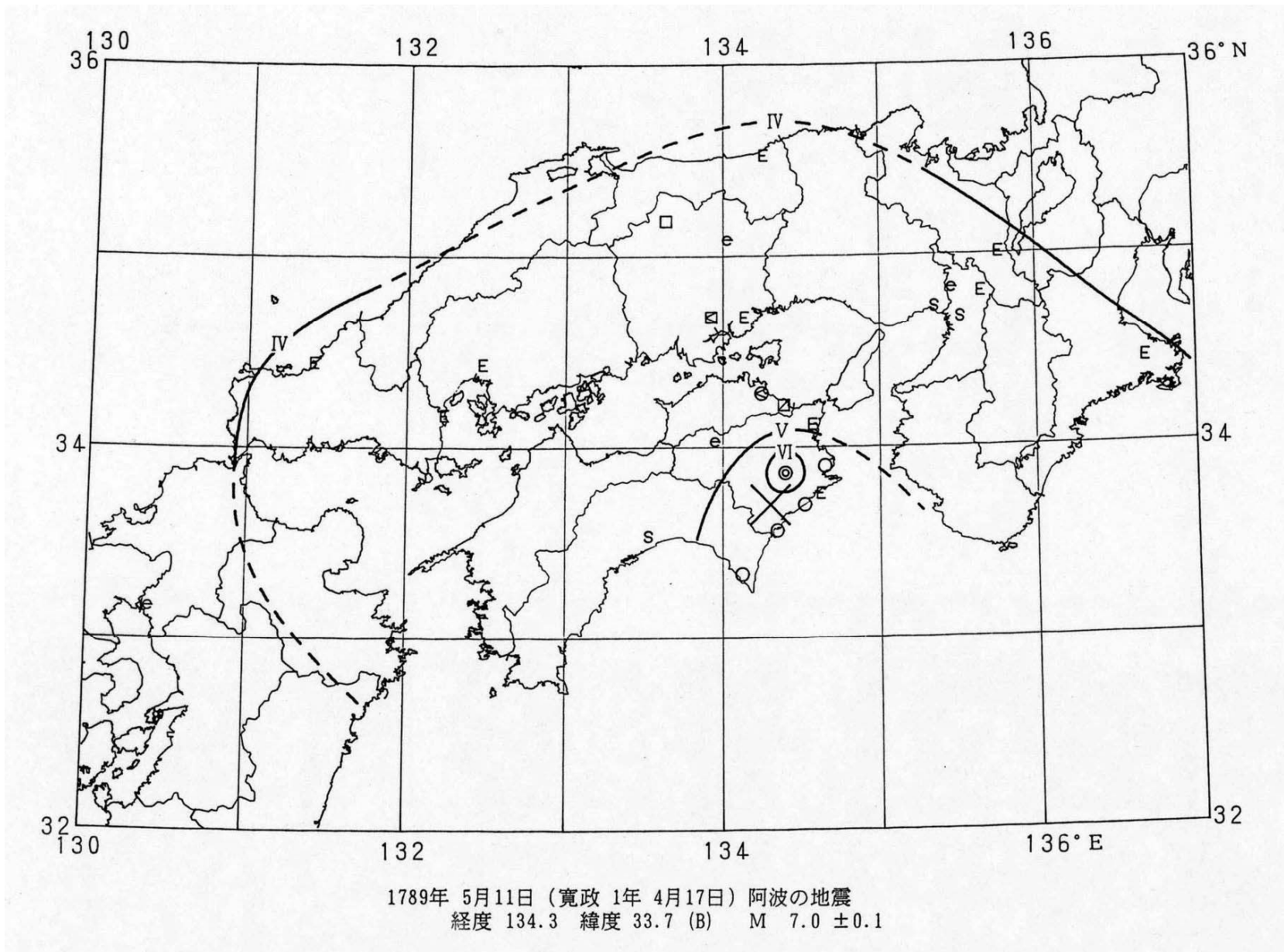
第3.2-3図 徳島県で震度4以上を記録した地震（1923年以降）



第3. 2-4(1) 図 1955年徳島県南部の地震 Mj6. 4 深さ10km



第3. 2-4(2) 図 1938年和歌山県南方沖の地震 Mj6.8 深さ47km



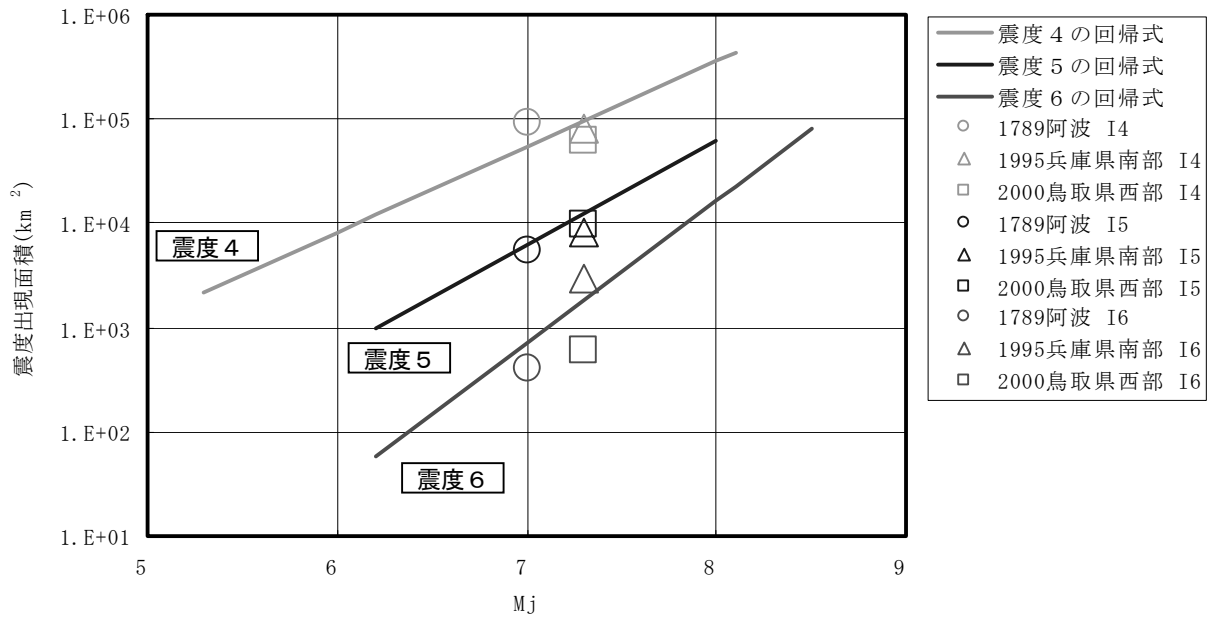
第3.2-5図 1789年阿波の地震の等震度線図  
 (日本電気協会 (1994)<sup>(66)</sup>による)

1789年5月11日 阿波

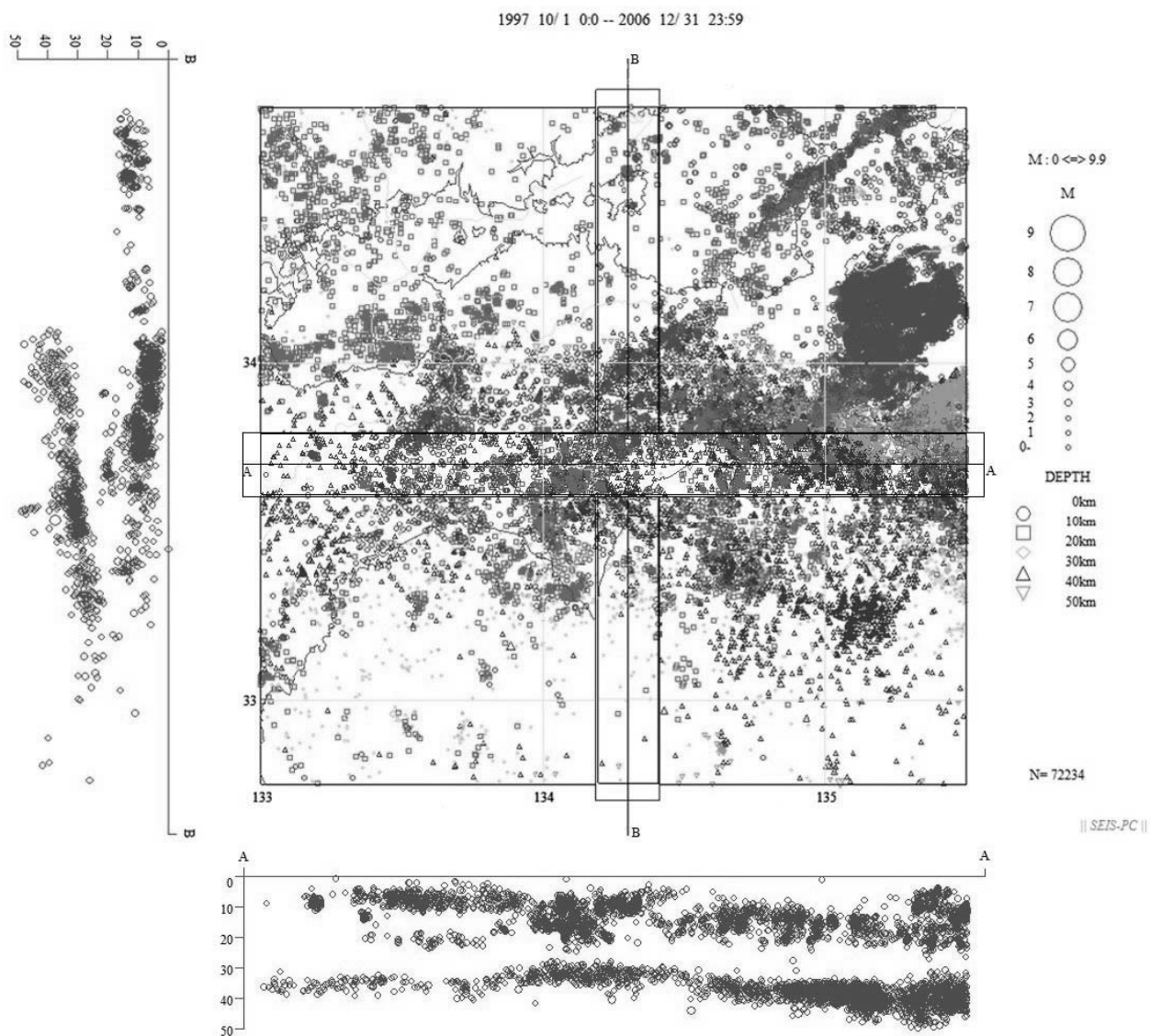
No. 211		1789年5月11日		寛政 1年4月17日	
震源位置・規模	カタログ名	東 経	北 緯	深 さ	M
	被害地震総覧	134.5	32.9	-	7.4
	宇佐美英文	134.5	32.9	-	7.4
	改訂カタログ	134.3	33.7(B)	-	7.0±0.1
	その他				
本 研 究 会	134.3	33.7	-	7.0	
史 料 数	増 訂	5 件	新 取	25 件	
日本被害地震総覧の記事 または「増訂」の記事	211 1789 V 10 (寛政1 IV 16) 夜九ツ時 阿波 $\lambda=134.5^{\circ}\text{E}$ $\phi=32.9^{\circ}\text{N}$ $M=7.4$ (III) 阿波富岡町で文珠院の本堂の壁ははなはだしく損じ、秋葉山拝殿の壁も損ず。同町の町屋土蔵にも損害があり、かつ山崩れもあった。土佐室津で石垣等崩れ、地割れあり。備前邑久郡で池堤損じ、広島・鳥取で有感。				
	新取で追加された地点	福原 山崩れ、地割れ、噴砂、家蔵乱れる〔勝浦郡志〕 名西郡 海部郡 田地割れ、石垣崩れる〔徳島県史〕 日和佐 家蔵多く痛、山崩る〔よろづひかえ覚〕 田井 井利両方こける〔三岐町史〕 津山 地震 萩 地震 西宮 強い地震 真庭郡 大地震 池田 地震 邑久郡 大地震 大阪 強い地震 (注、史料が多いので史料名は省略)			
震源位置 変更理由	福原付近被害大きいので、震央をここへ移す。				



第3.2-6図 1789年阿波の地震の震度データ  
(日本電気協会 (1989) (67) による)

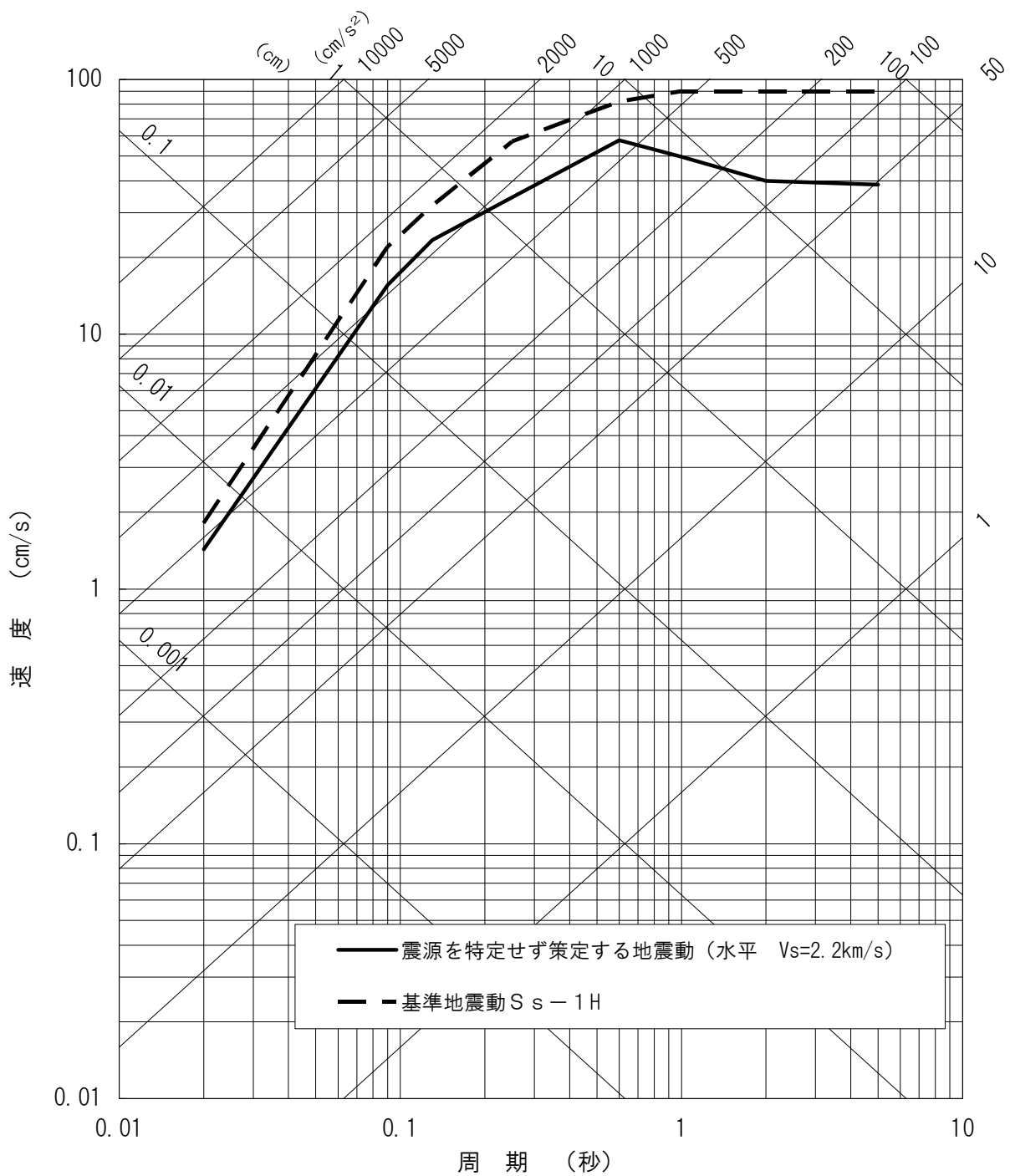


第3.2-7図 震度出現面積による地震規模の再評価

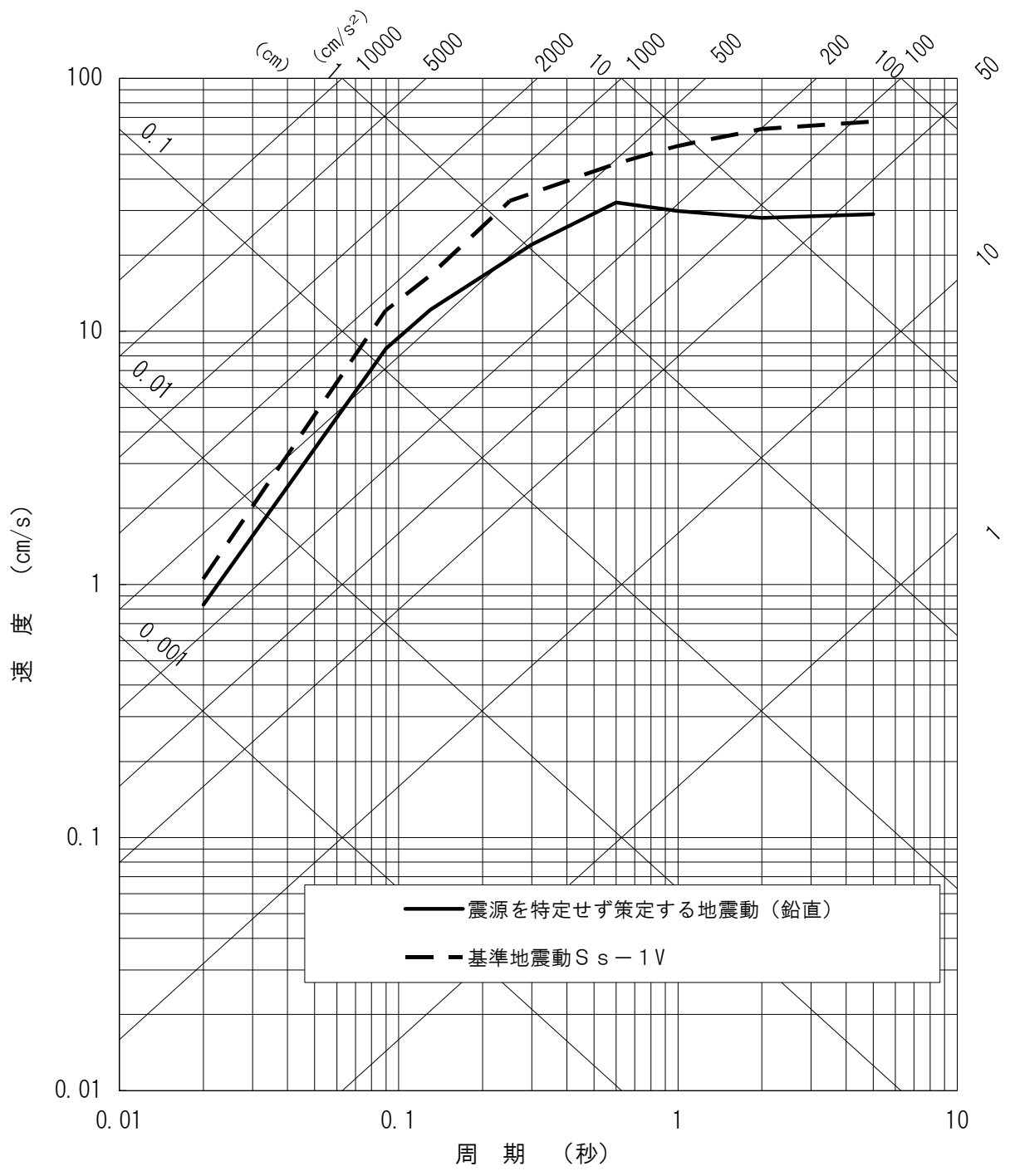


第3.2-8図 1789年阿波の地震の震央周辺の地震発生状況  
(1997年10月～2006年12月)



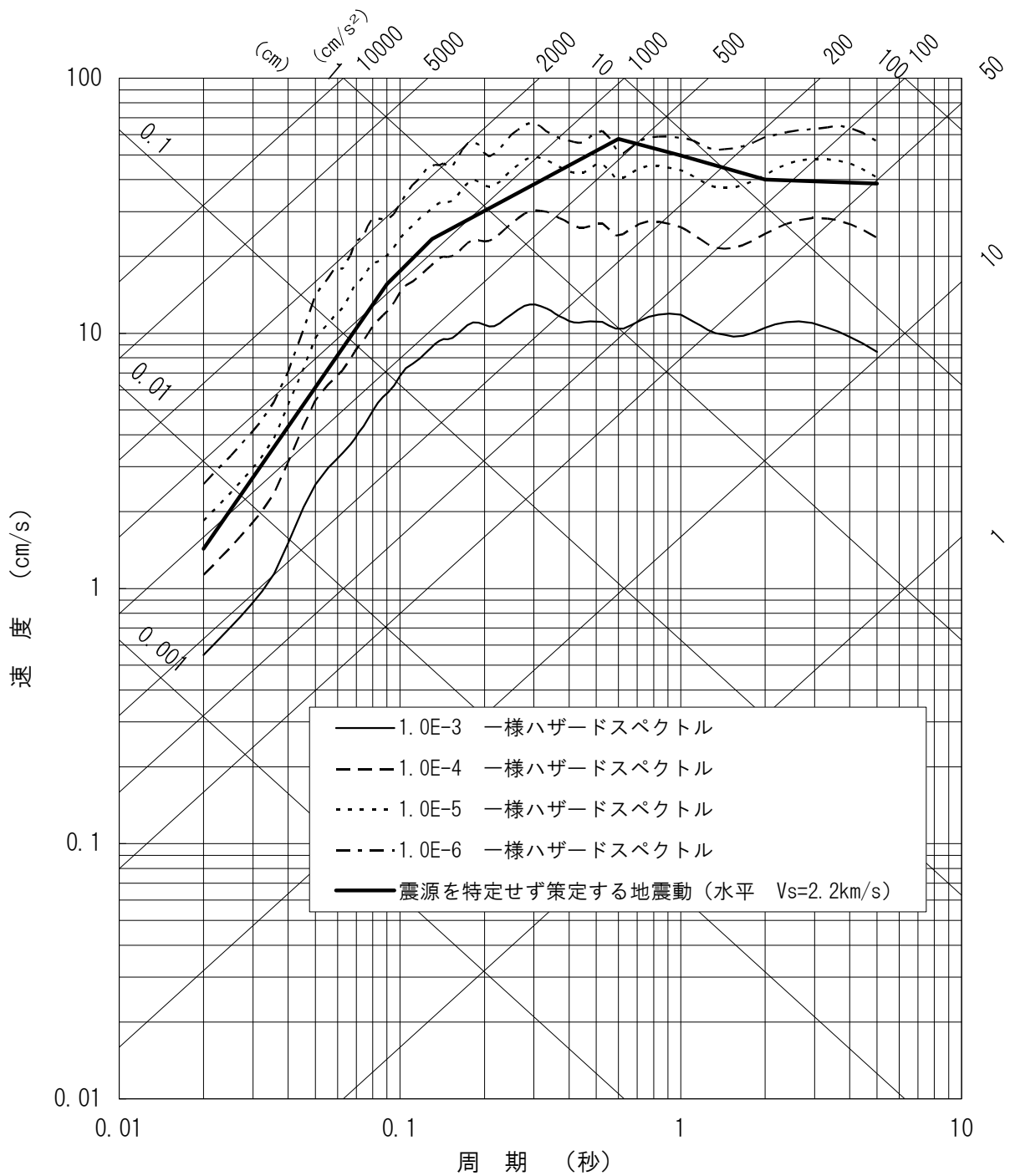


第3.2-9図 震源を特定せず策定する地震動 (水平動)

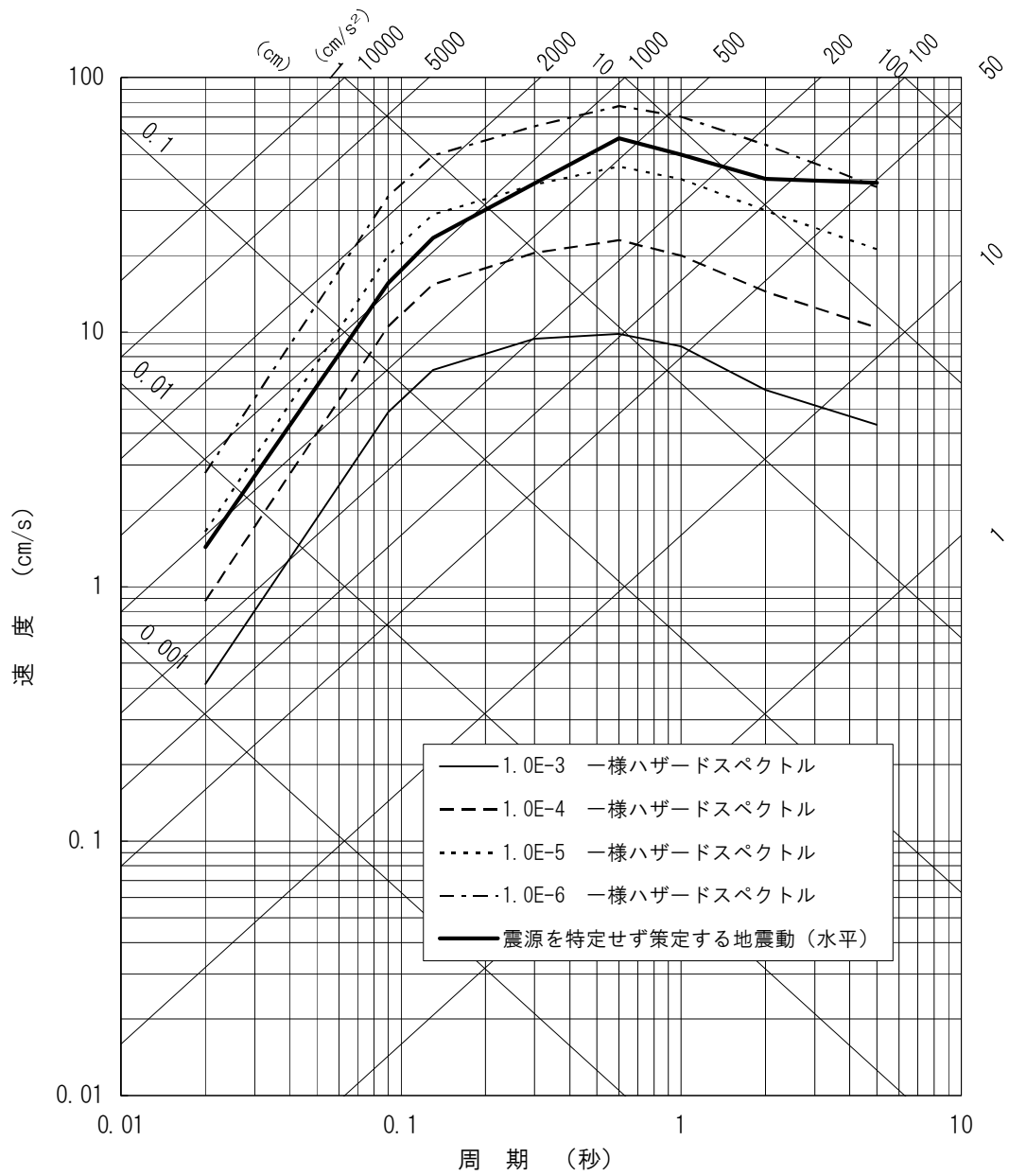


※ 震源を特定せず策定する地震動については、水平動の地震基盤相当の地震動レベルに、鉛直動と水平動の応答スペクトル比を含む鉛直動の地盤増幅率 (Noda et al. (2002)による) を乗ずることにより求めた。

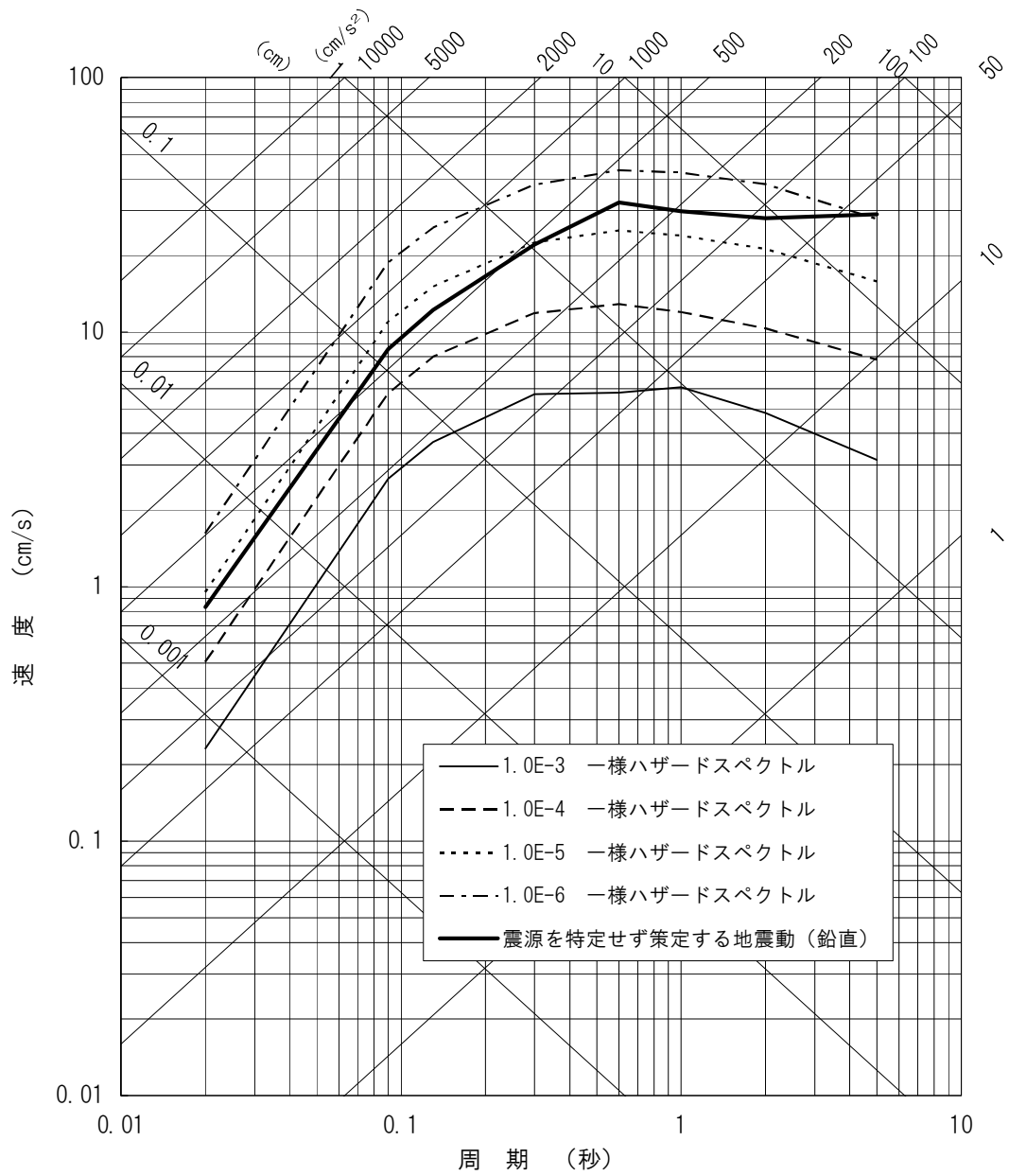
第3.2-10図 震源を特定せず策定する地震動 (鉛直動)



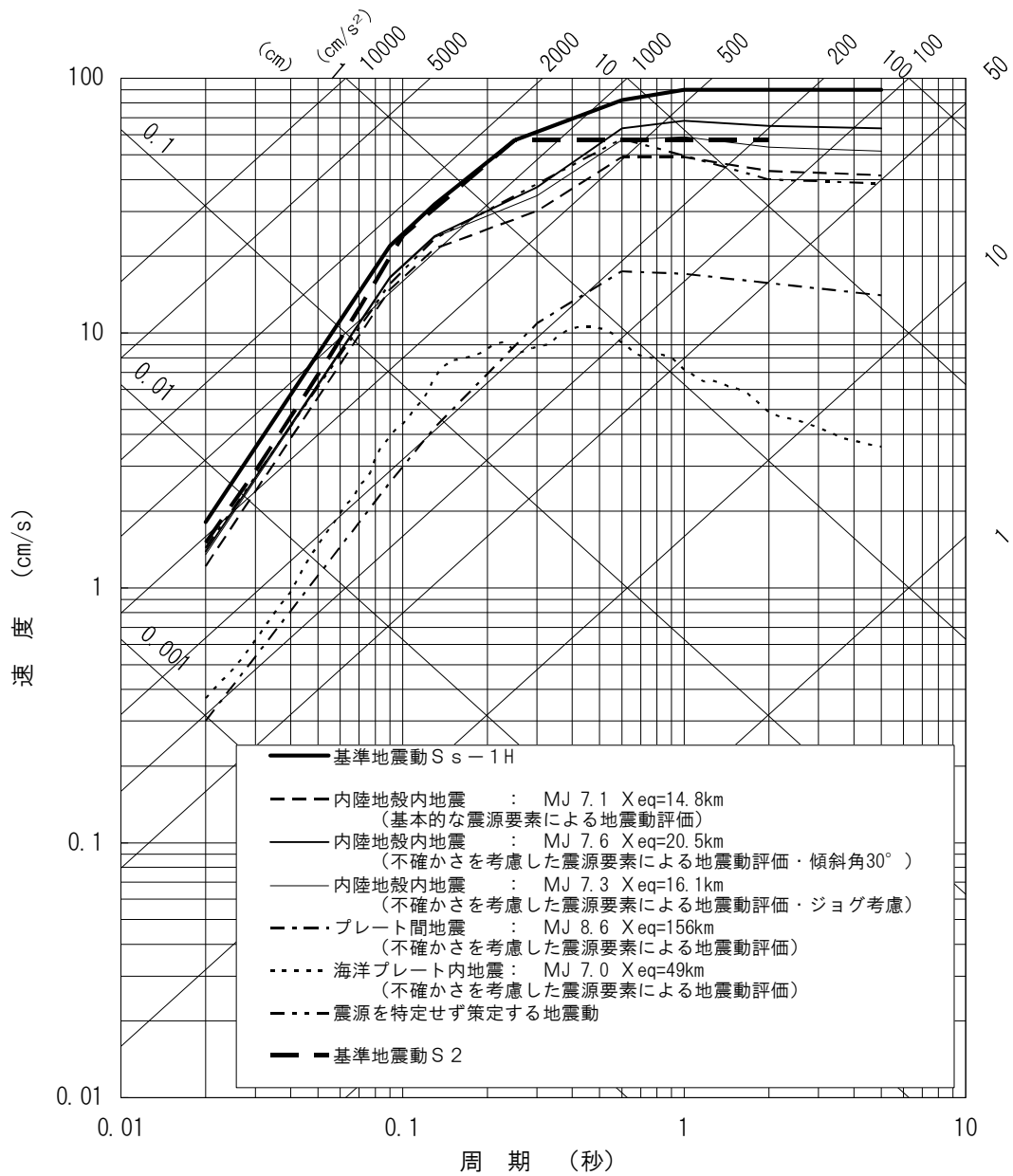
第3.2-11図 震源を特定せず策定する地震動の年超過確率  
 ((独)原子力安全基盤機構(2005)<sup>(69)</sup>による地震基盤における評価、水平方向)



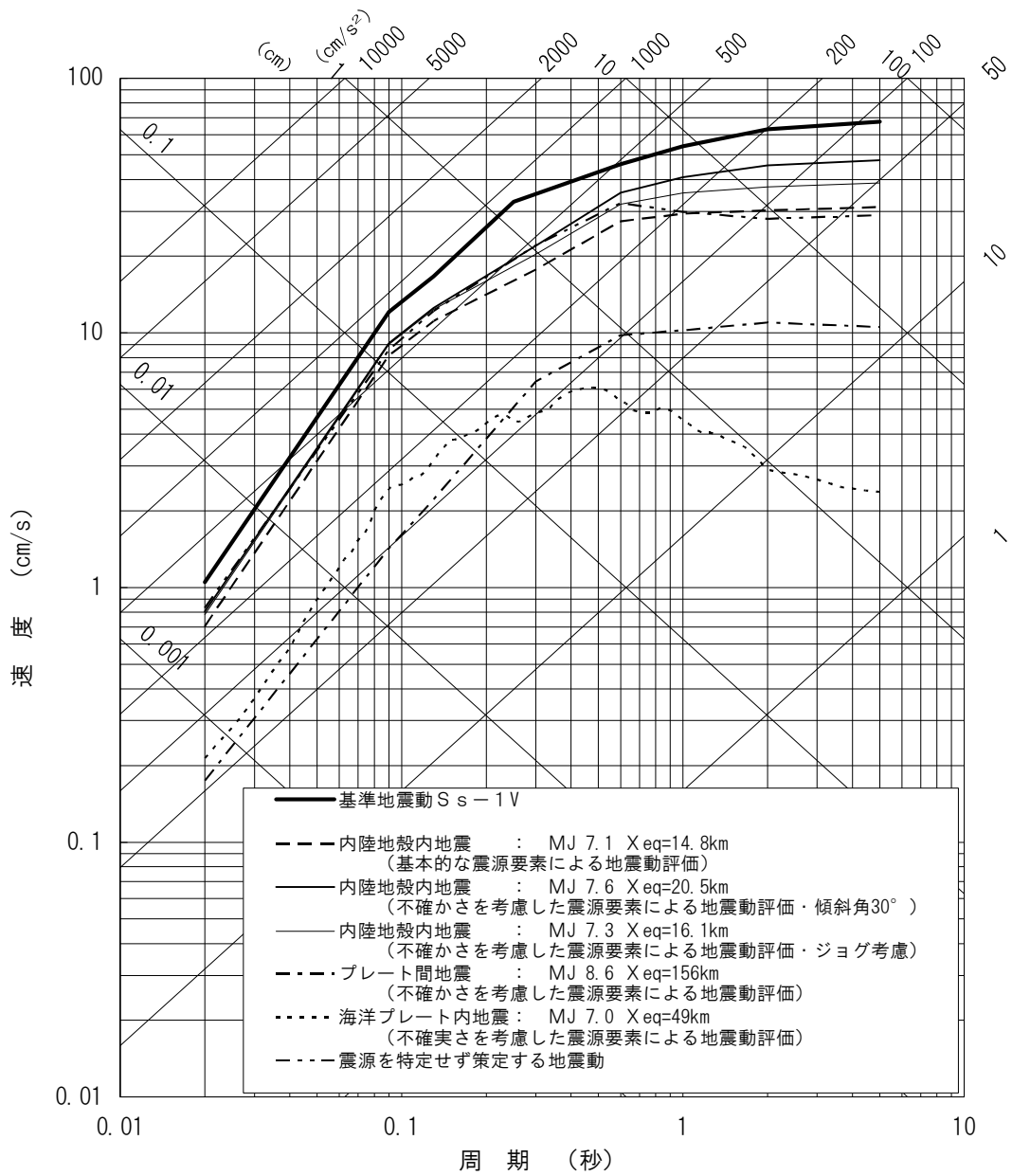
第3.2-12図 震源を特定せず策定する地震動の年超過確率  
(地域性を考慮した個別地点ごとの評価、水平方向)



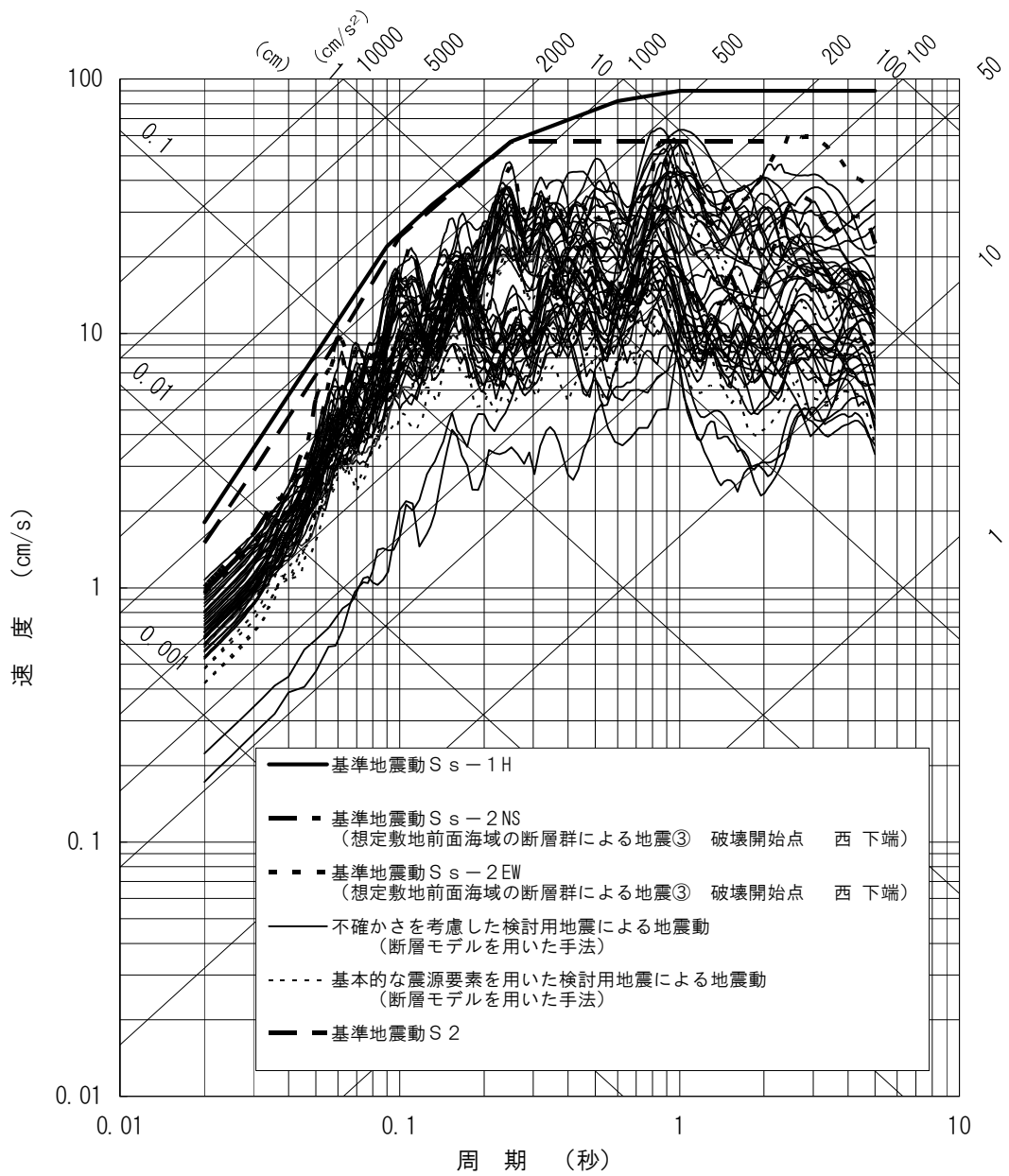
第3.2-13図 震源を特定せず策定する地震動の年超過確率  
(地域性を考慮した個別地点ごとの評価、鉛直方向)



第3.3-1(1)図 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ssと検討用地震(水平方向)

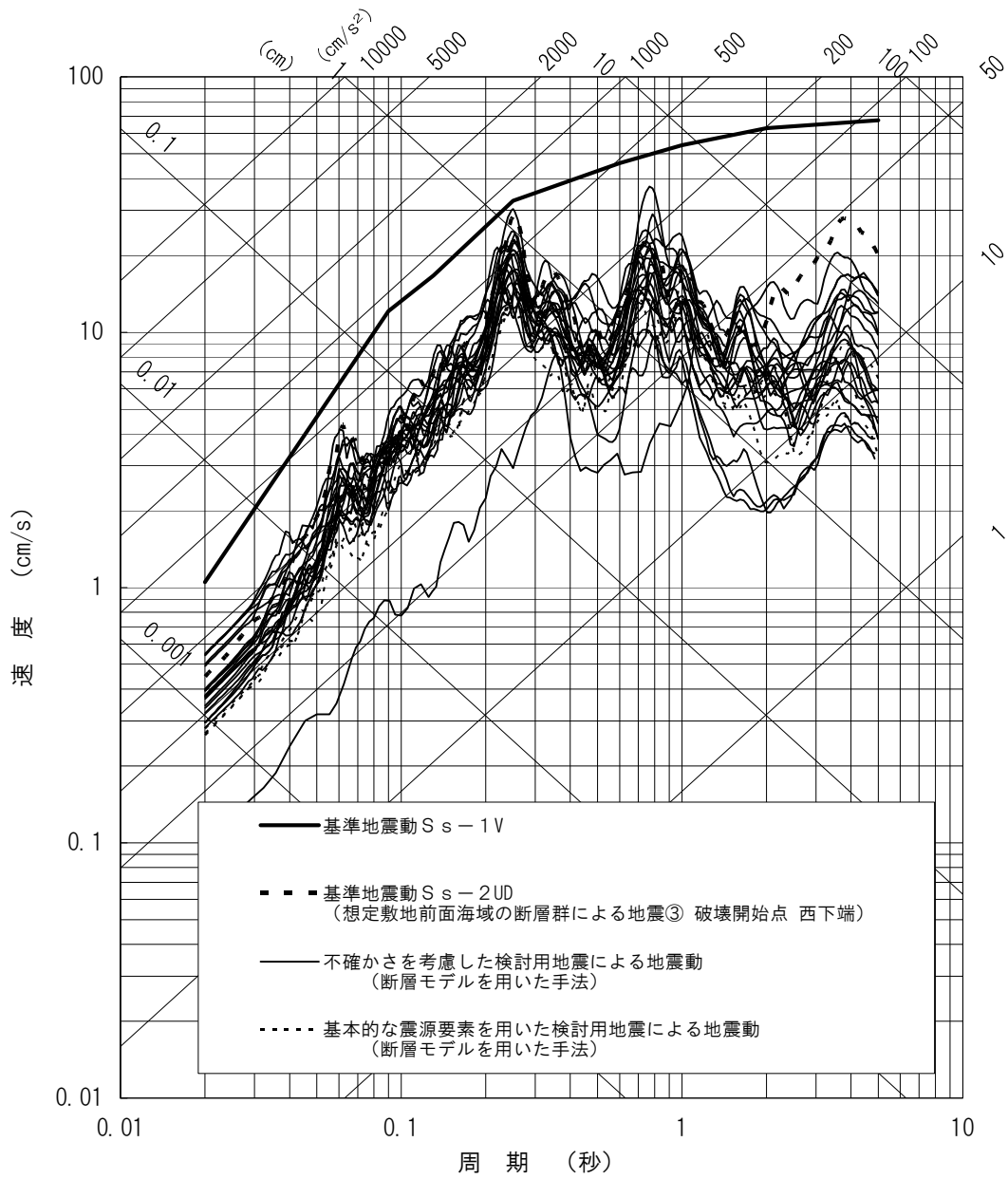


第3.3-1(2)図 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ssと検討用地震(鉛直方向)

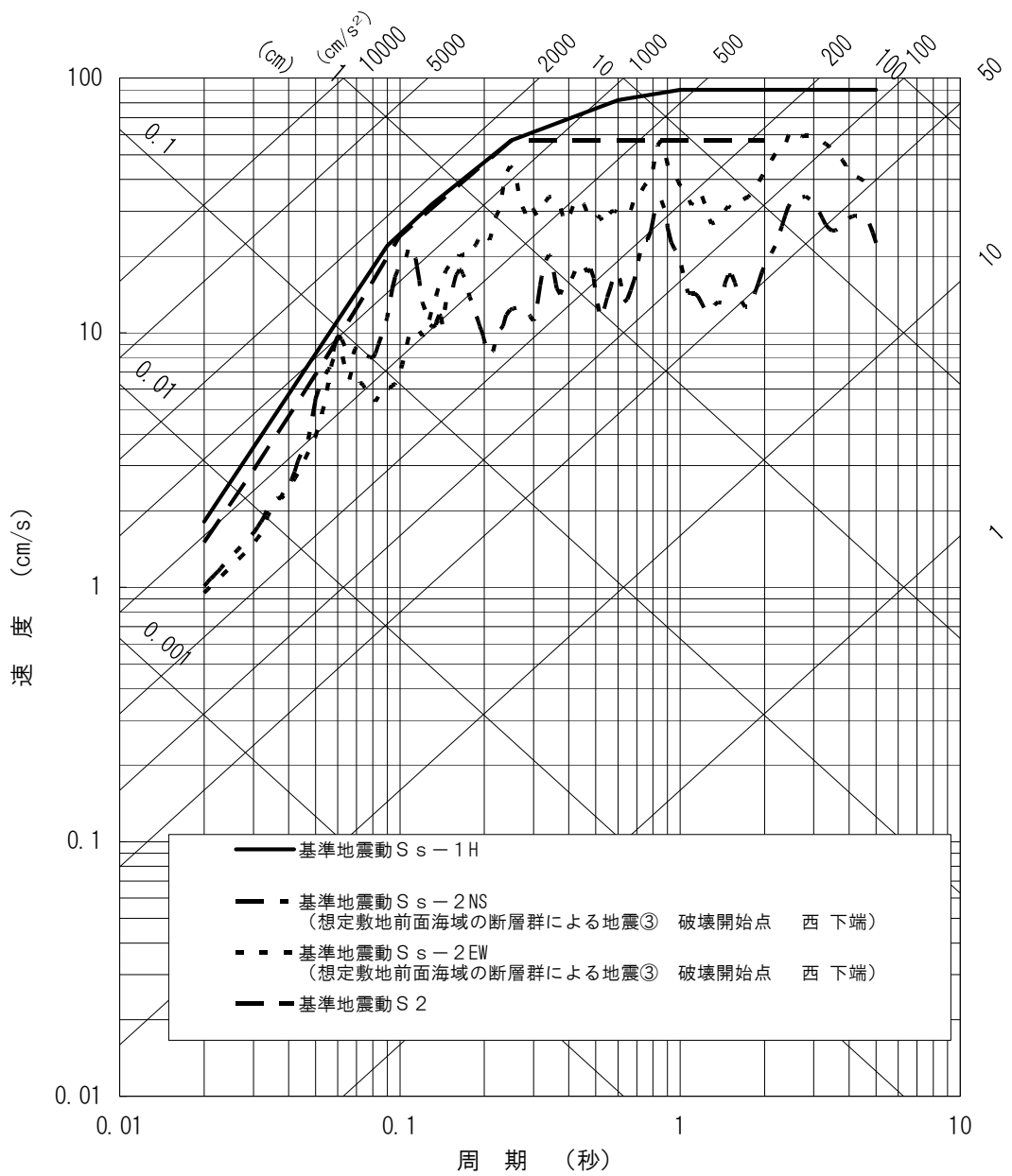


第3.3-2(1)図 断層モデルを用いた手法による基準地震動Ssと検討用地震(水平方向)

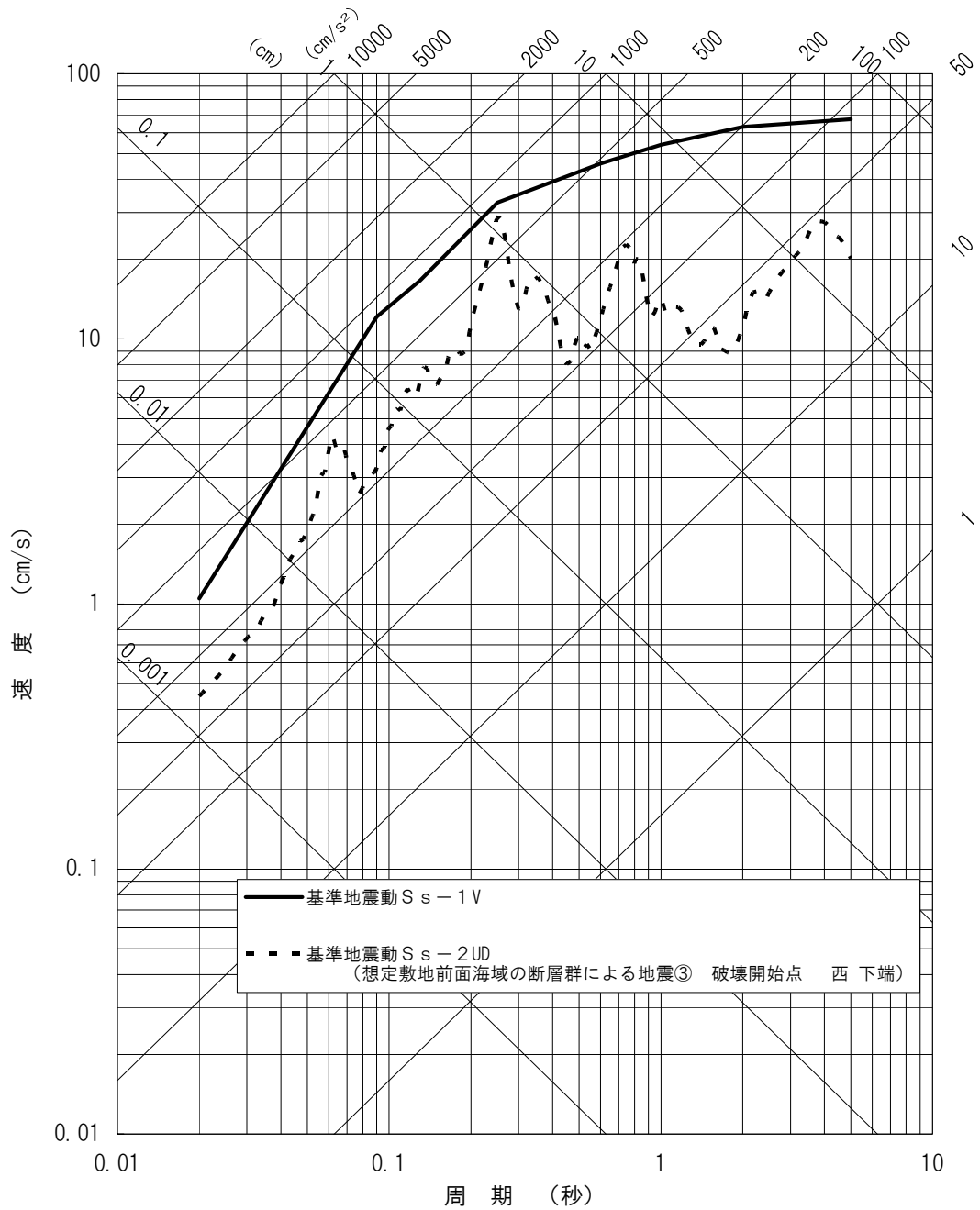




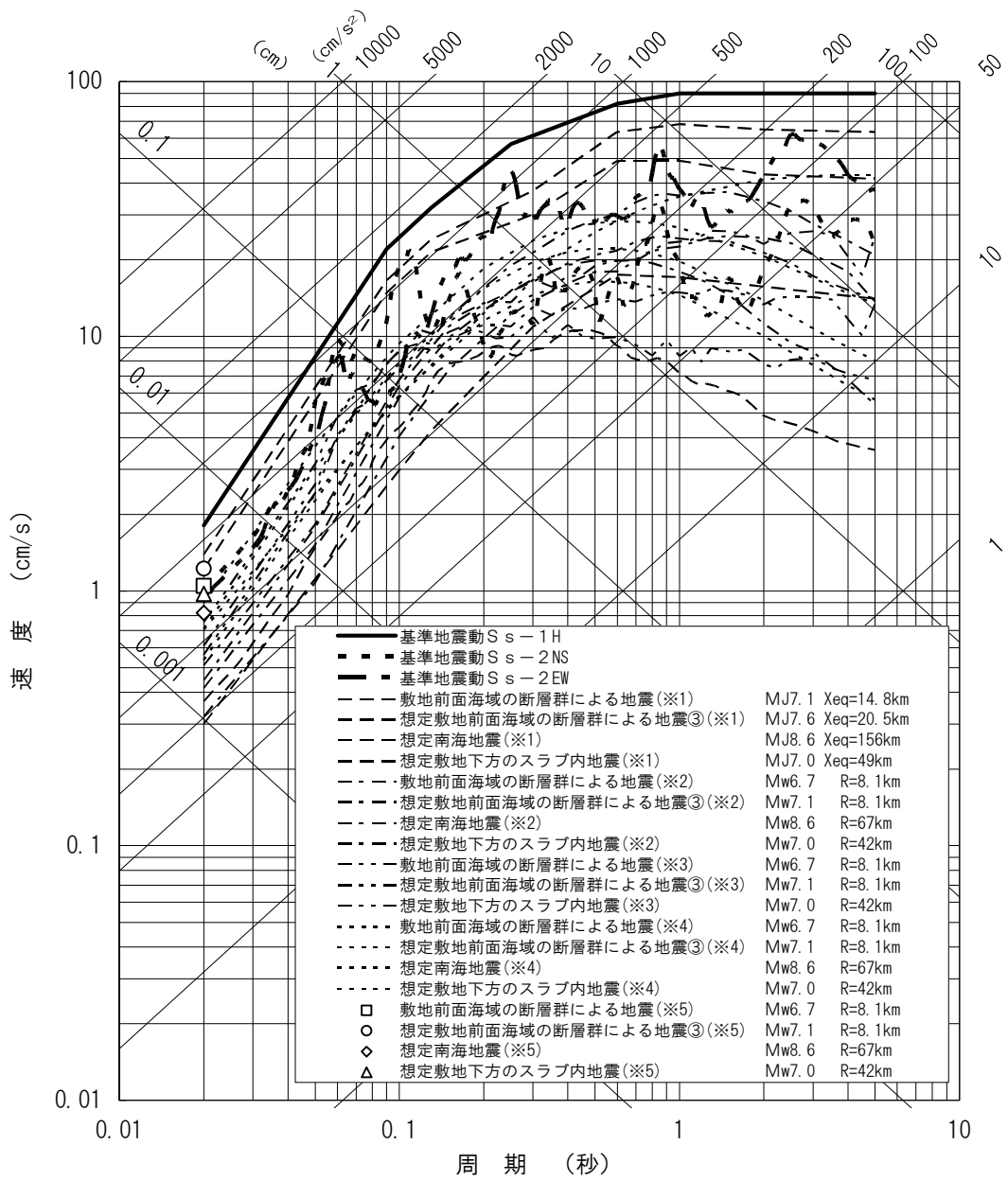
第3.3-2(2) 図 断層モデルを用いた手法による基準地震動Ssと検討用地震(鉛直方向)



第3.3-3(1)図 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ssと断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss(水平方向)

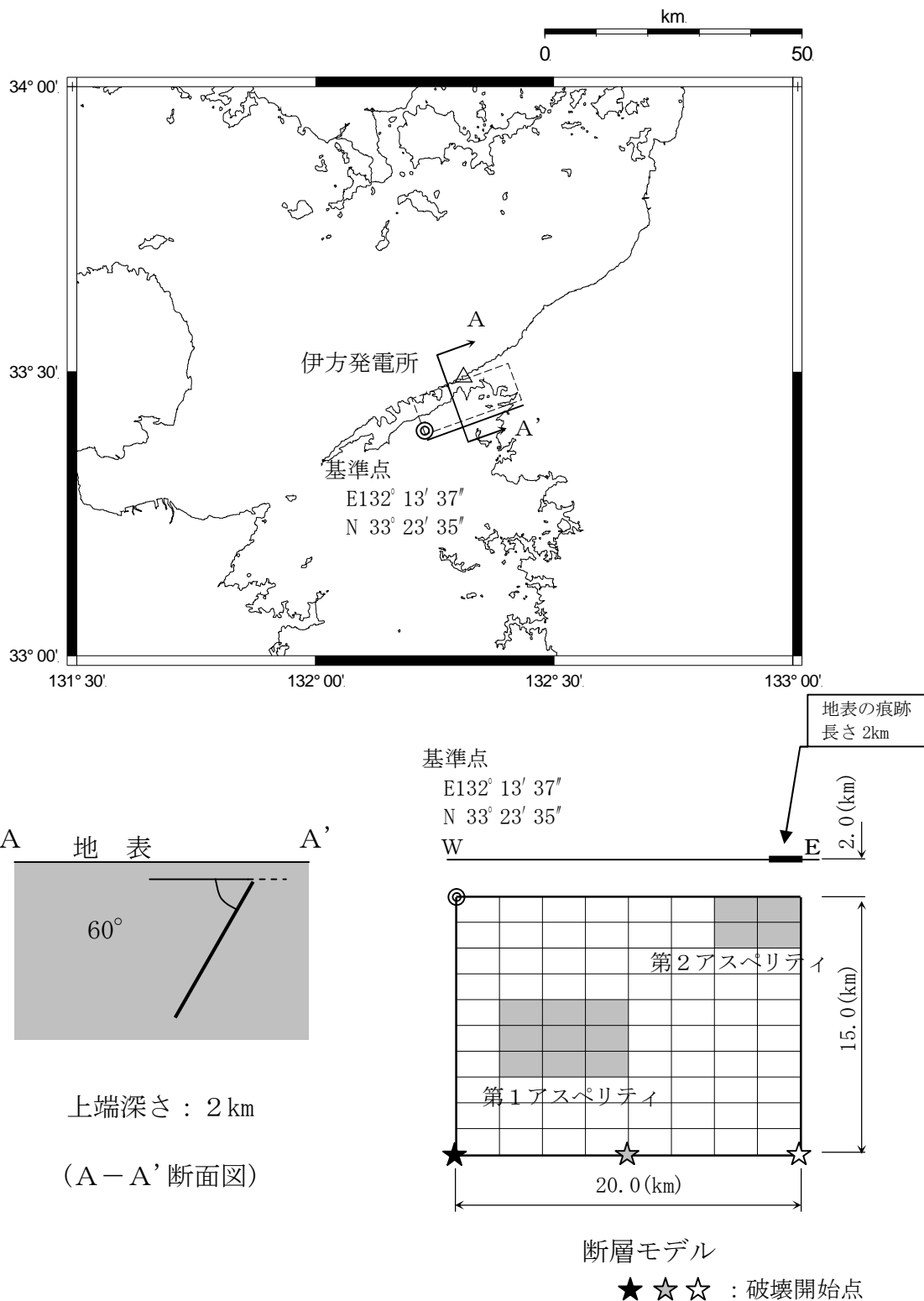


第3.3-3(2) 図 応答スペクトルに基づく手法による基準地震動Ssと断層モデルを用いた手法による基準地震動Ss (鉛直方向)

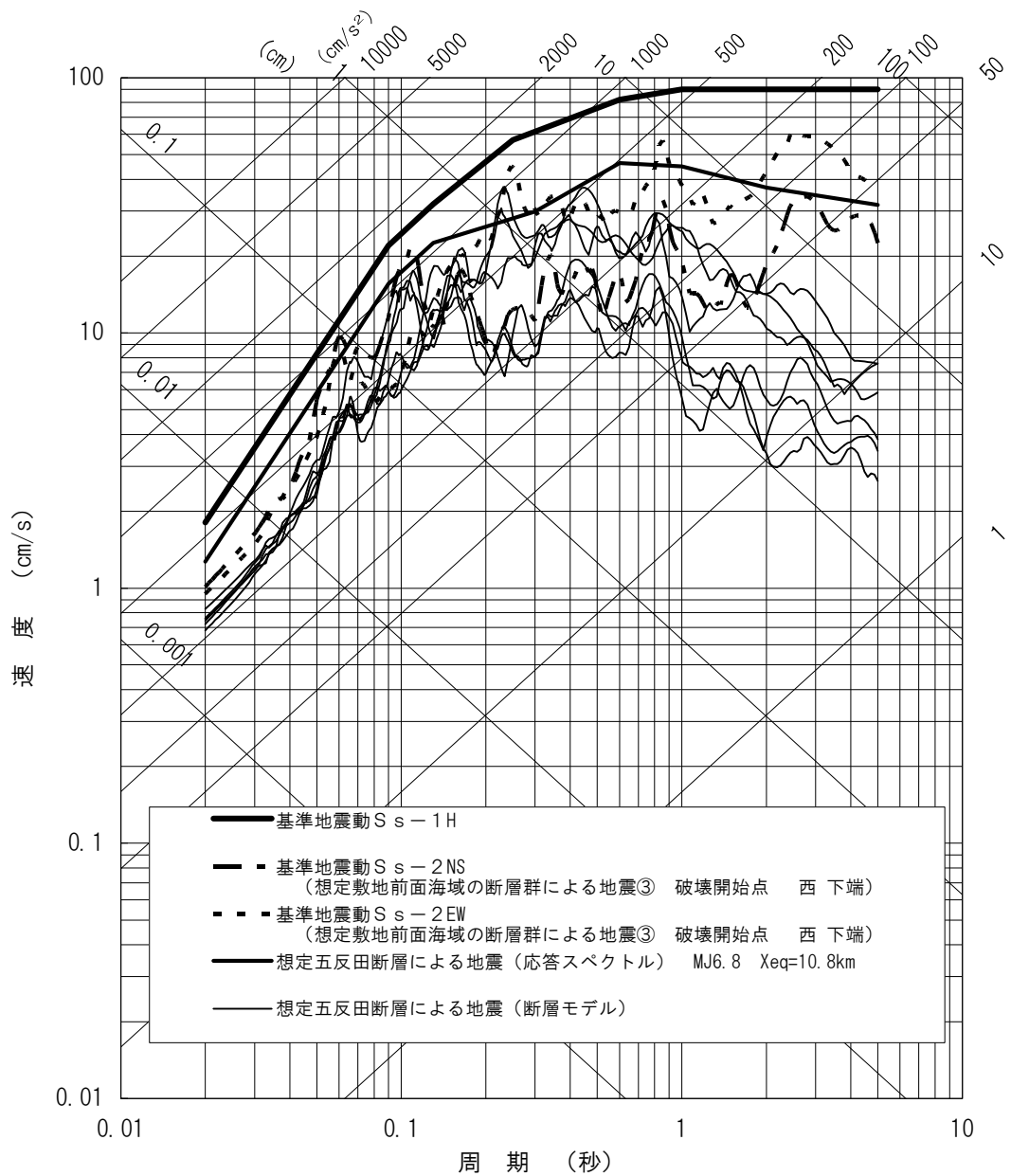


※1 : Noda et al. (2002)  
 ※2 : Zhao et al. (2006)  
 ※3 : Kanno et al. (2006)  
 ※4 : 内山・翠川 (2006)  
 ※5 : 司・翠川 (1999)

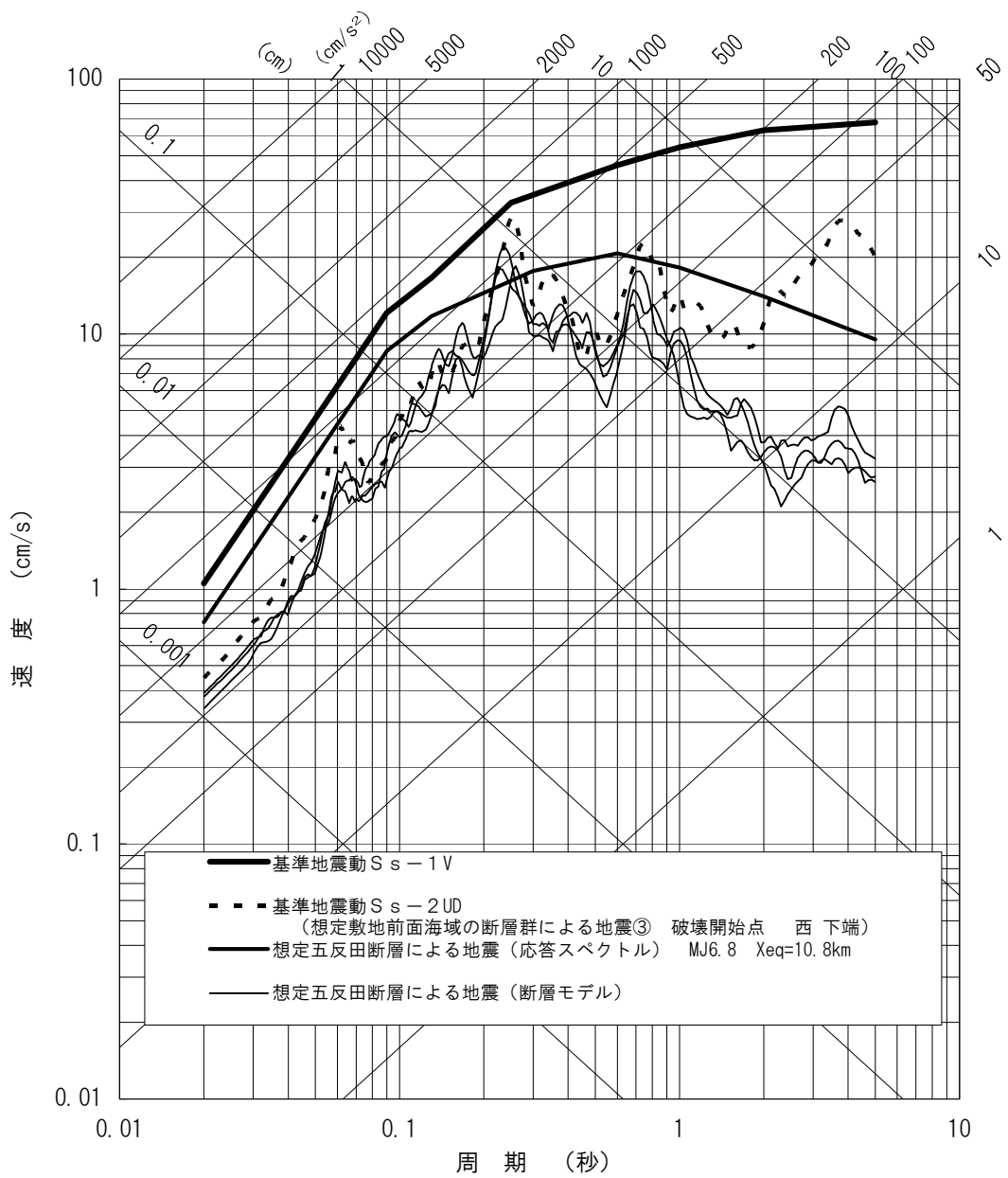
第3.3-4図 基準地震動 S s と距離減衰式による評価結果の比較(水平方向)



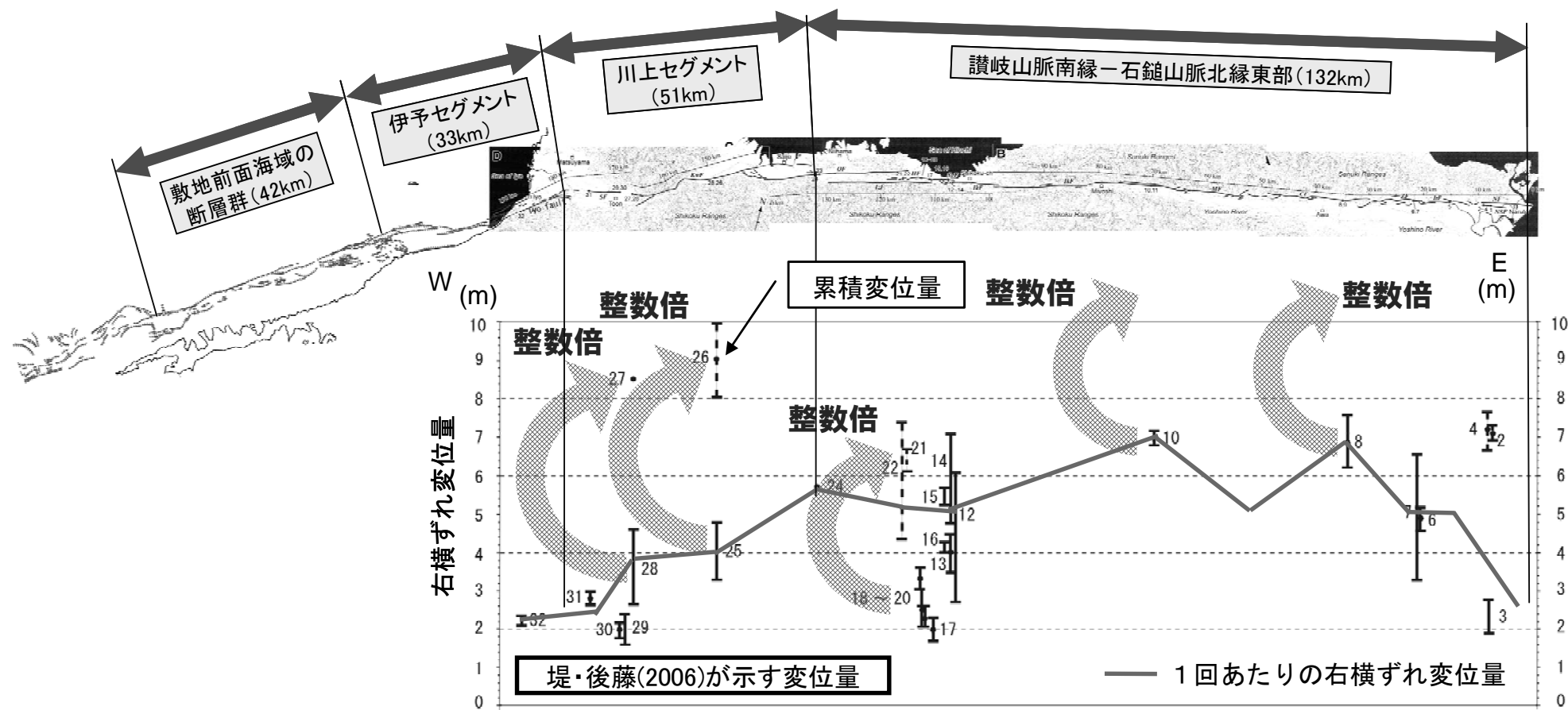
第3.3-5図 想定五反田断層による地震の断層モデル



第3.3-6(1)図 基準地震動 S s と想定五反田断層による地震の評価結果の比較 (水平方向)

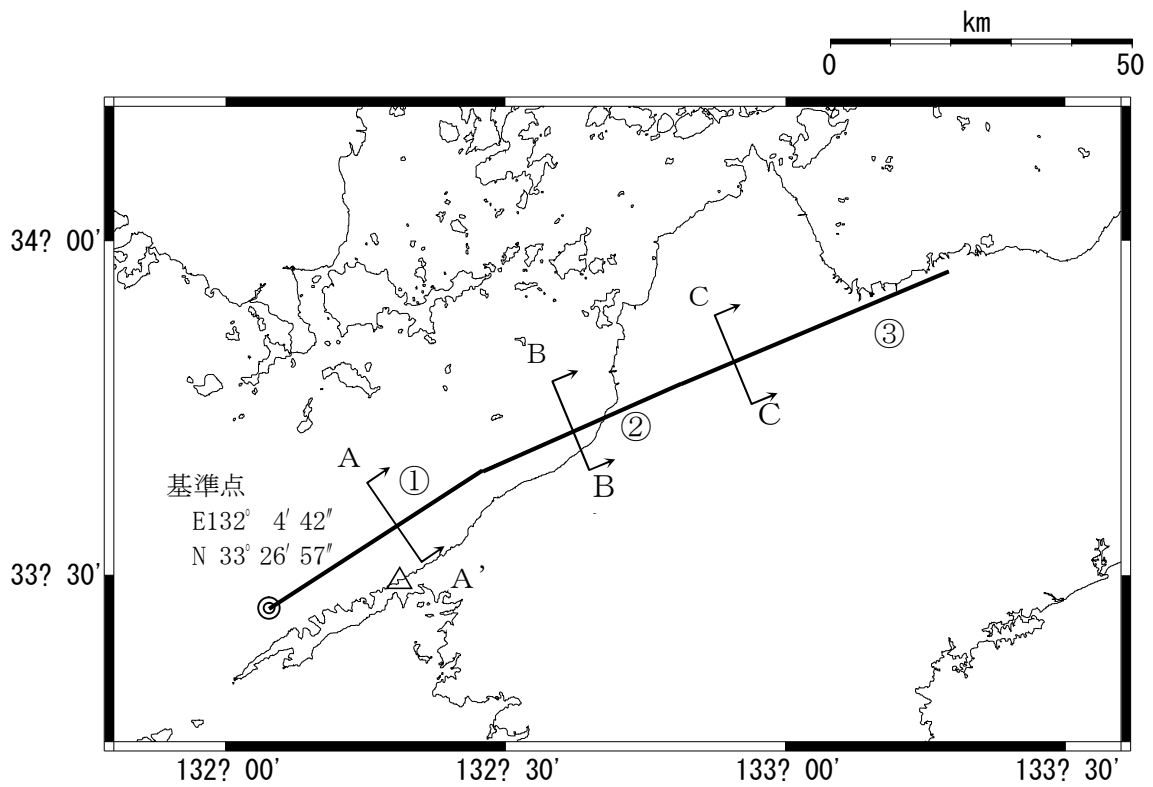


第3.3-6(2) 図 基準地震動 Ss と想定五反田断層による地震の評価結果の比較 (鉛直方向)



第3.3-7図 中央構造線断層帯のセグメンテーションに関する知見  
[堤・後藤(2006)<sup>(85)</sup>を引用して作成]

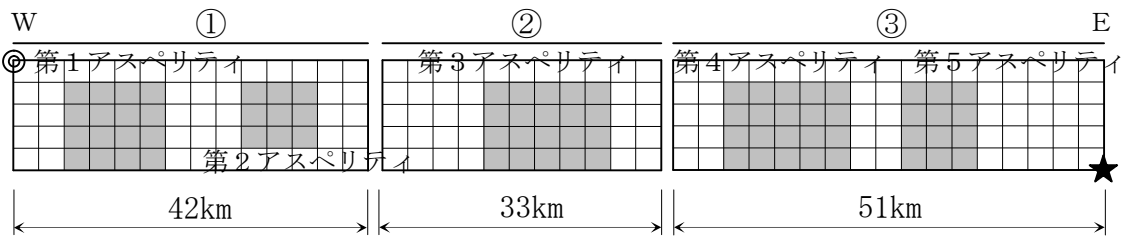




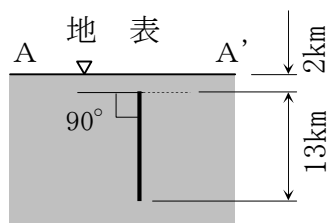
基準点

E132° 4' 42"

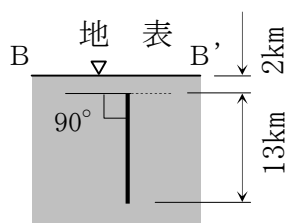
N 33° 26' 57"



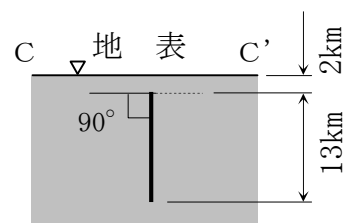
★：破壊開始点



(A-A' 断面)

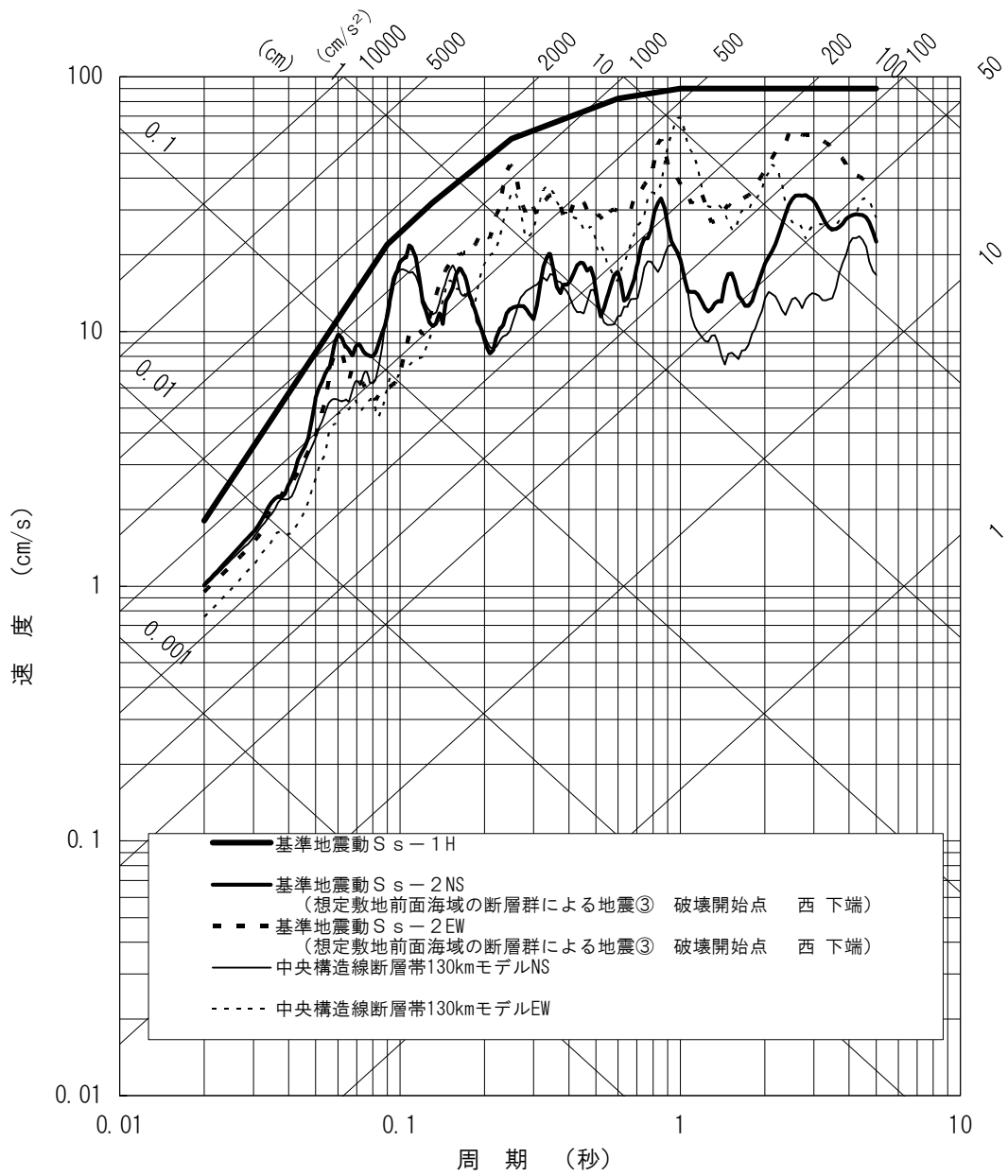


(B-B' 断面)

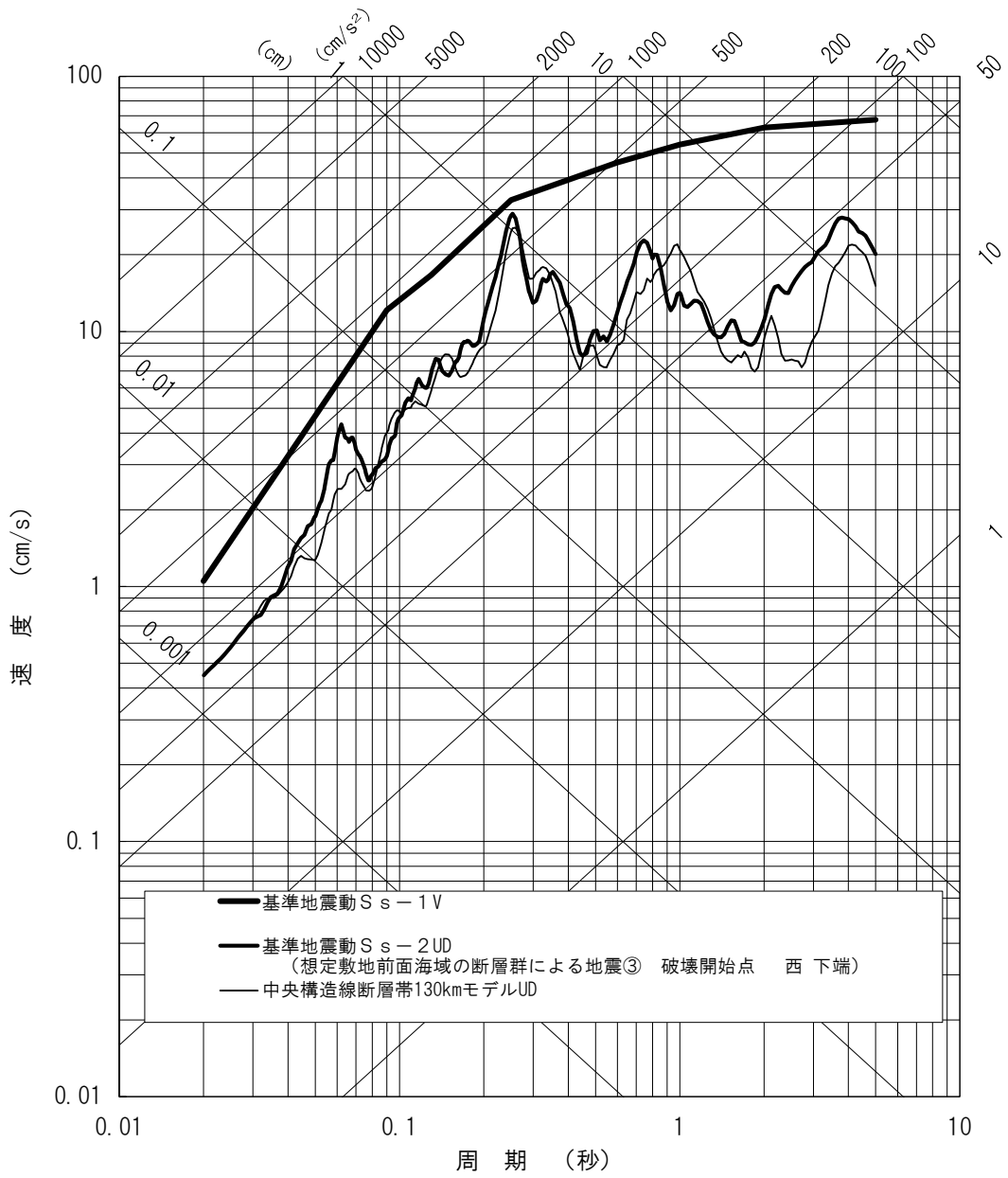


(C-C' 断面)

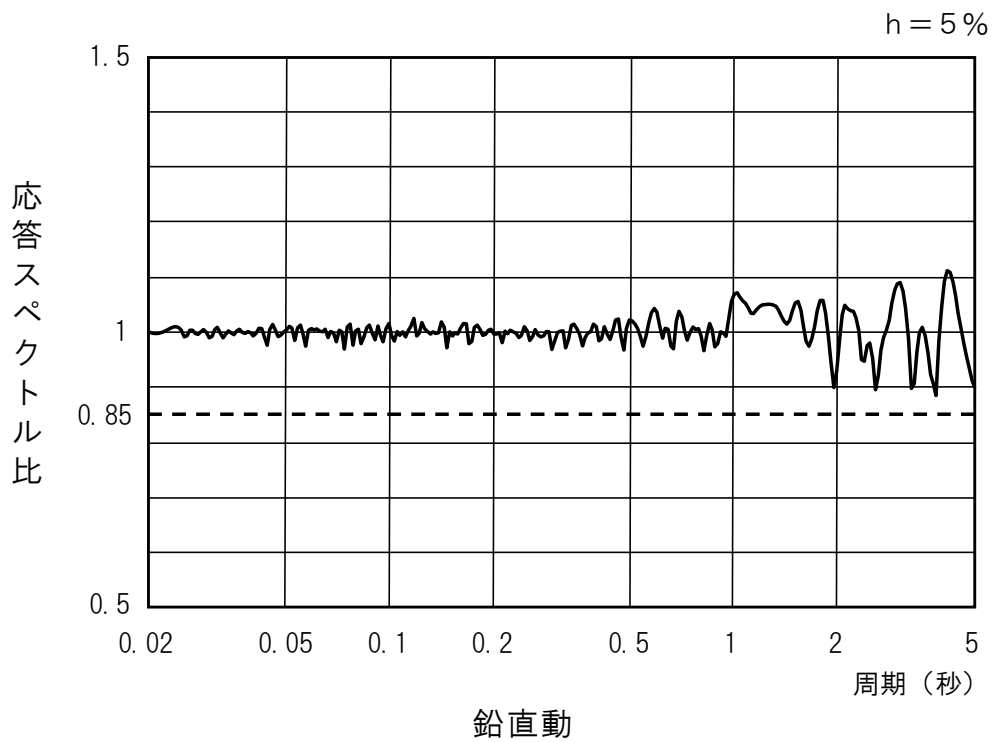
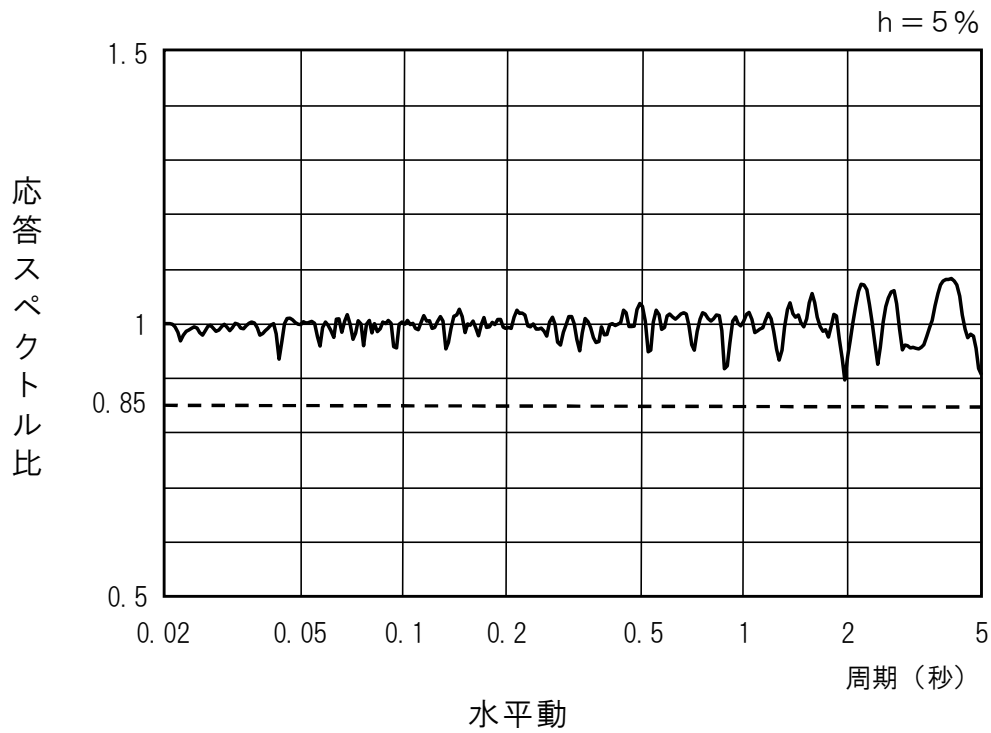
第3.3-8図 中央構造線断層帯「石鎚山脈北縁西部－伊予灘区間（約130km）」スケーリングモデル



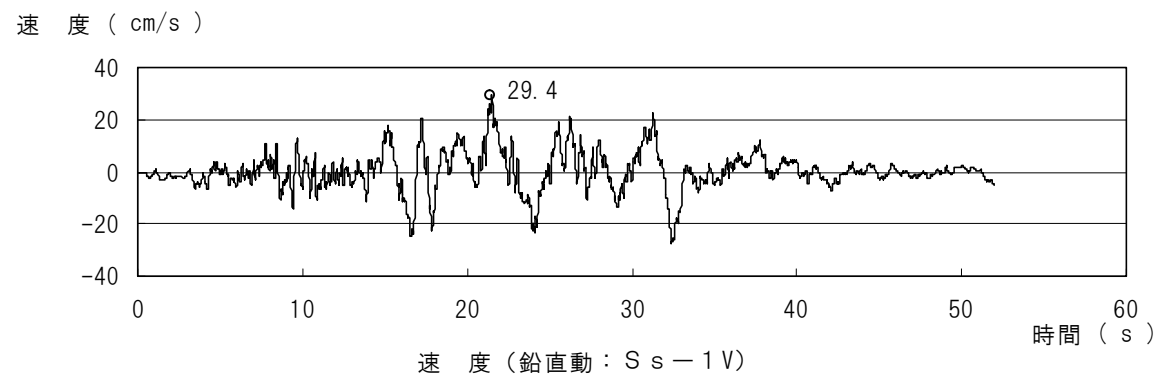
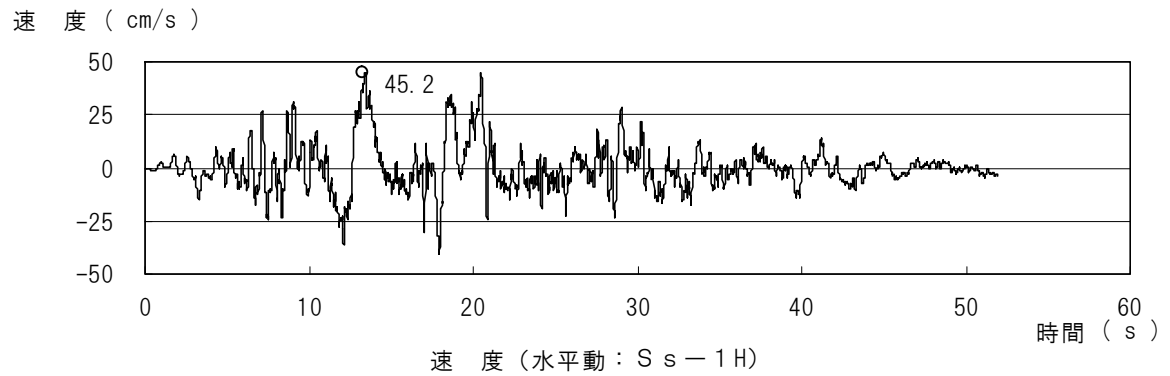
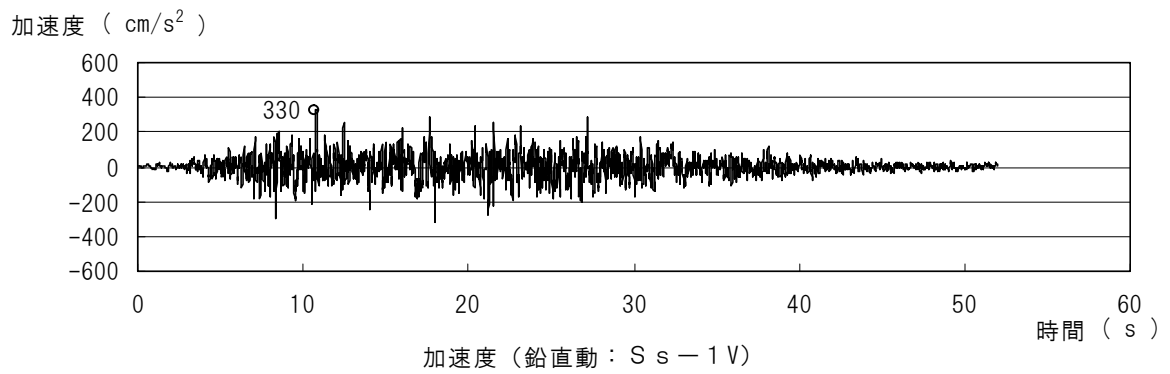
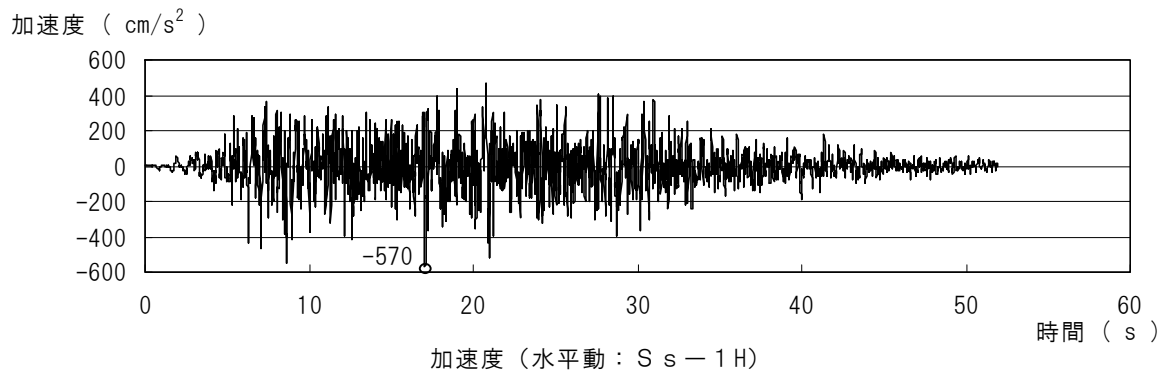
第3.3-9(1)図 基準地震動 S s と130kmスケールリングモデルによる評価結果の比較(水平方向)



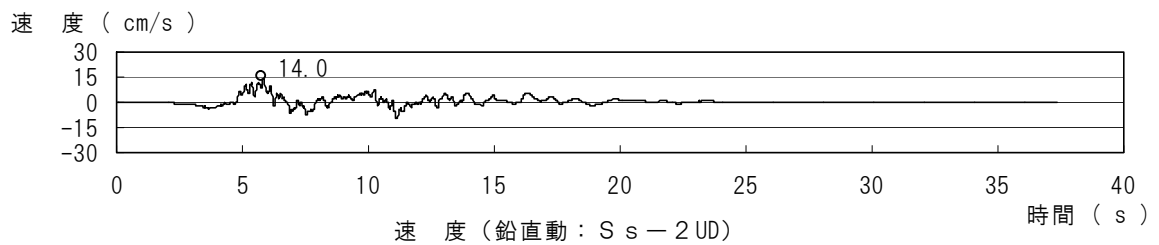
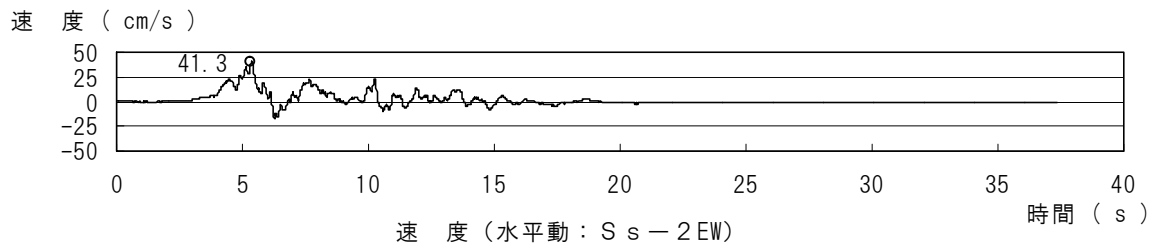
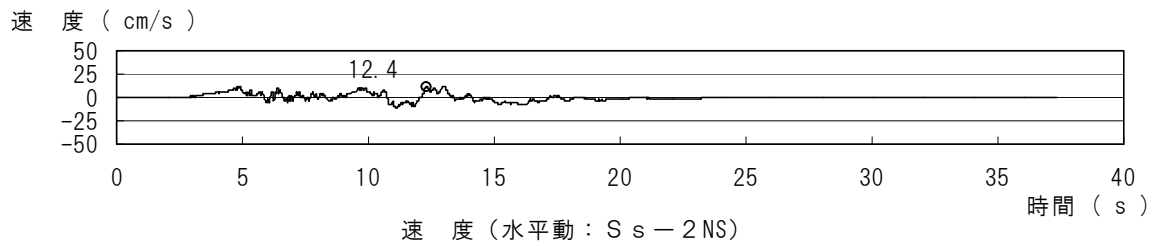
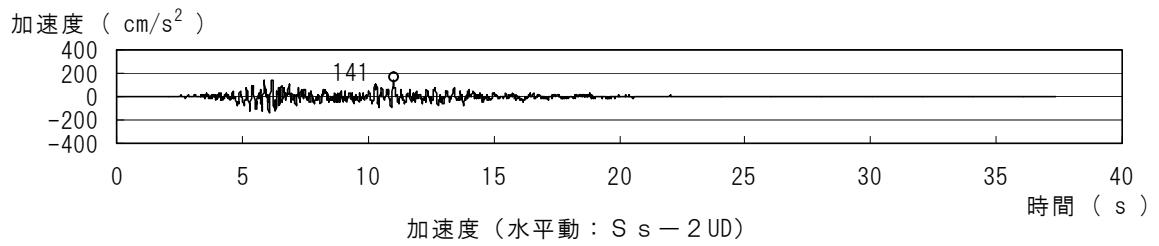
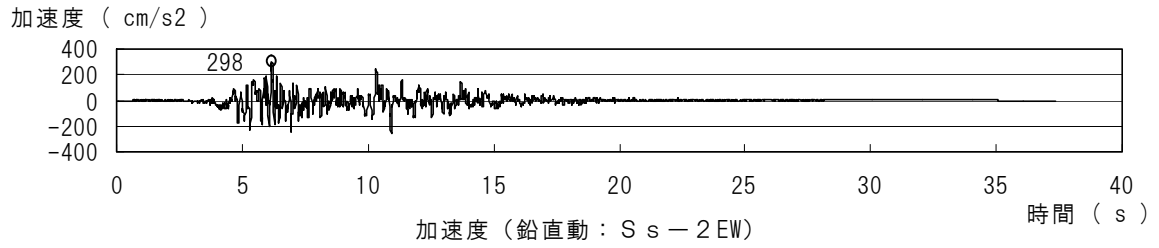
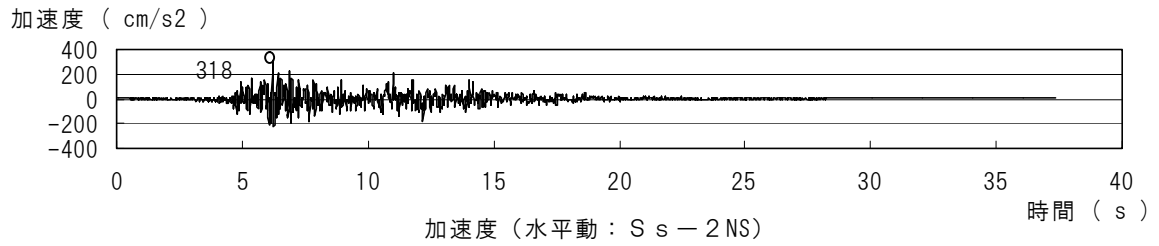
第3.3-9(2) 図 基準地震動 S s と130kmスケールモデルによる評価結果の比較 (鉛直方向)



第3.3-10図 設計用模擬地震波 (Ss-1H, Ss-1V) の設計用応答スペクトルに対する応答スペクトル比

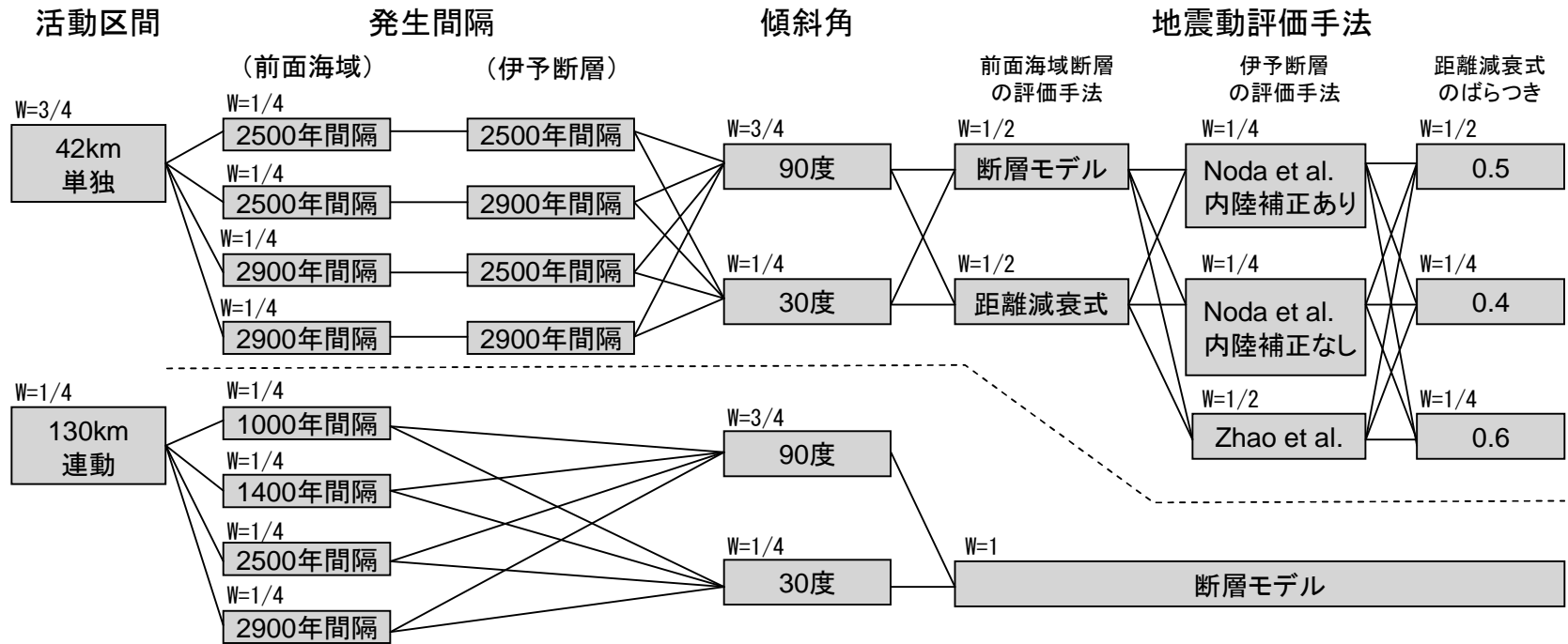


第3.3-11図 設計用模擬地震波 (Ss-1H, Ss-1V) の時刻歴波形



第3.3-12図 断層モデルを用いた基準地震動 (Ss-2NS, Ss-2EW, Ss-2UD) の時刻歴波形

# 【敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震】



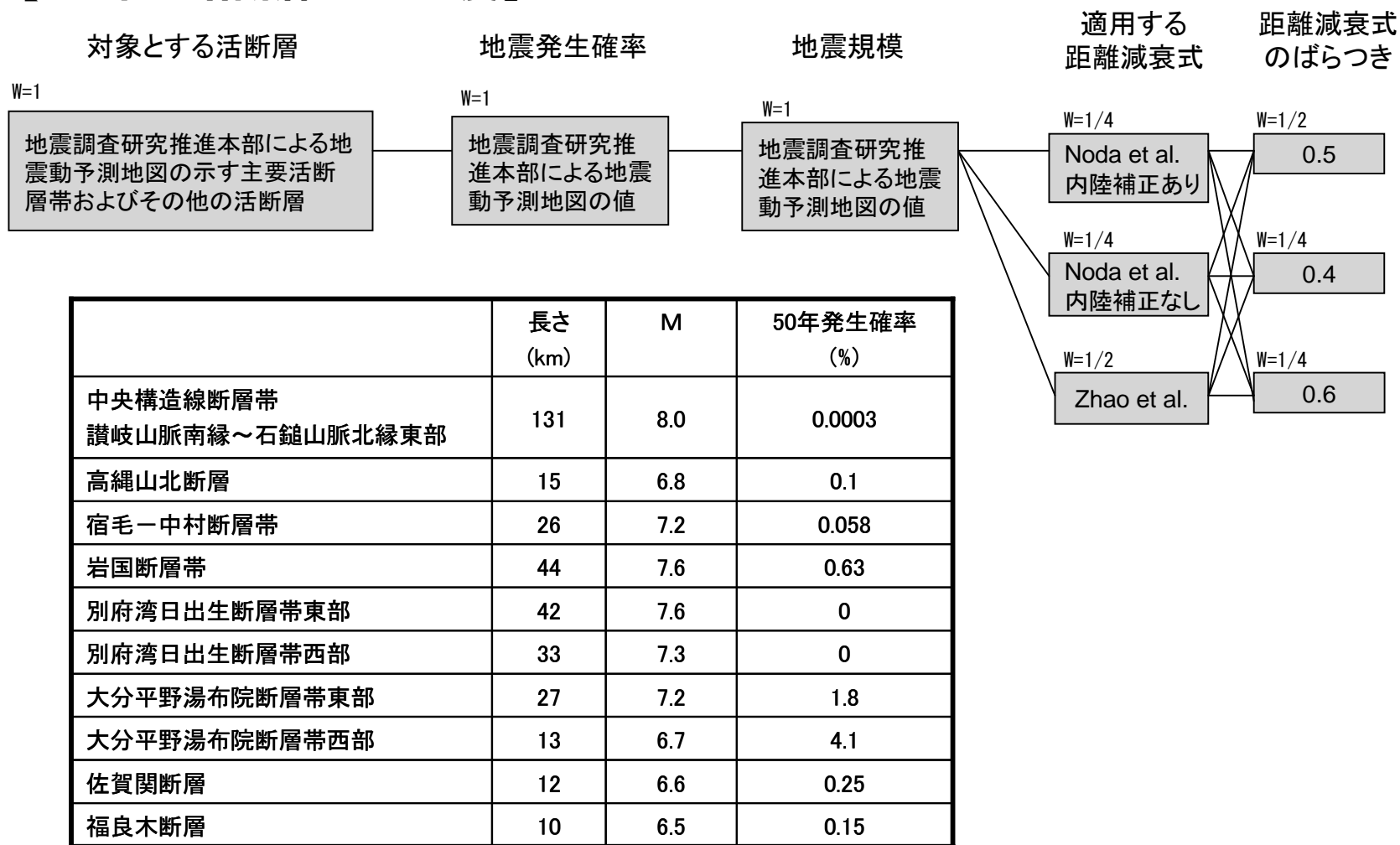
- 断層の発生間隔等の諸元は地震調査委員会(2003)<sup>(17)</sup>による
- 42kmは断層モデルと距離減衰式で地震動評価, 130km連動は断層モデルのみで評価

区間	長さ (km)	M		50年発生確率 (%)
		90度	30度	
単独	敷地前面海域の断層群	42	7.1 / 7.6	1.98 / 1.71
	伊予断層	33	6.9 / 7.4	1.52 / 0.808
	川上・重信断層	51	7.2 / 7.7	0.25
連動	敷地前面海域～川上・重信断層	126	— / —	0.25 / 0.0115 / 0 / 0

連動の場合は距離減衰式は適用せず断層モデルによる評価のためM設定の必要なし

第4-1(1)図 ロジックツリー【敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯)による地震】

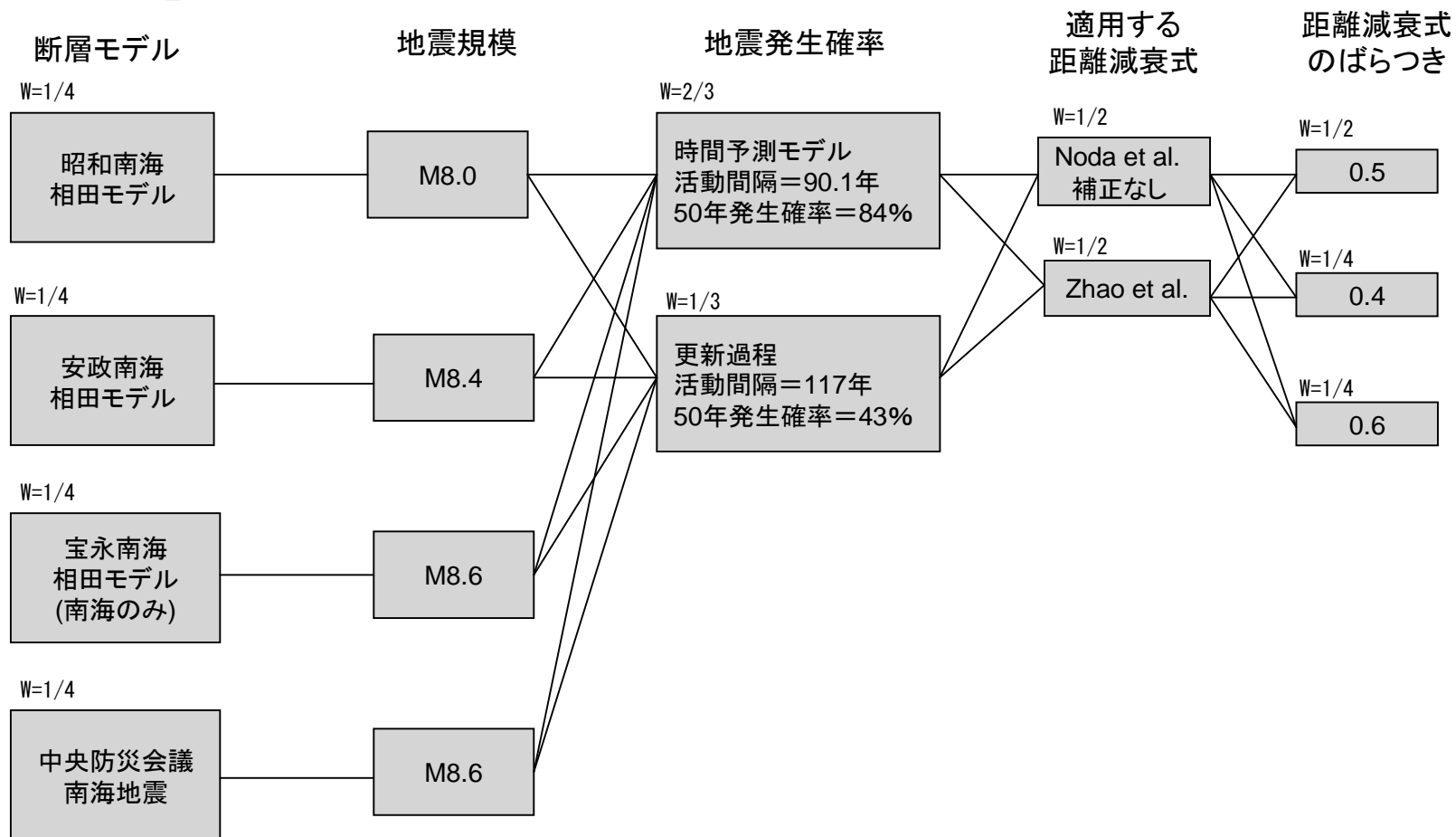
# 【その他の活断層による地震】



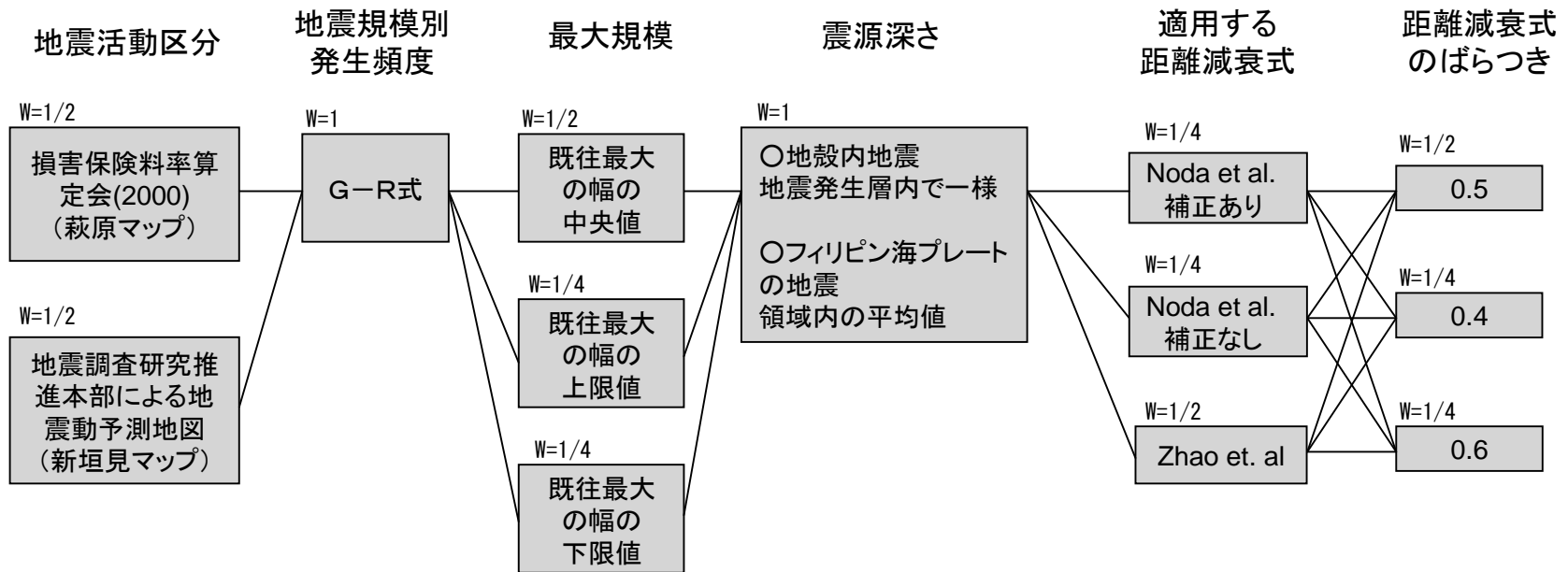
第4-1(2)図 ロジックツリー【その他の活断層による地震】



# 【南海地震】



第4-1(3)図 ロジックツリー【南海地震】



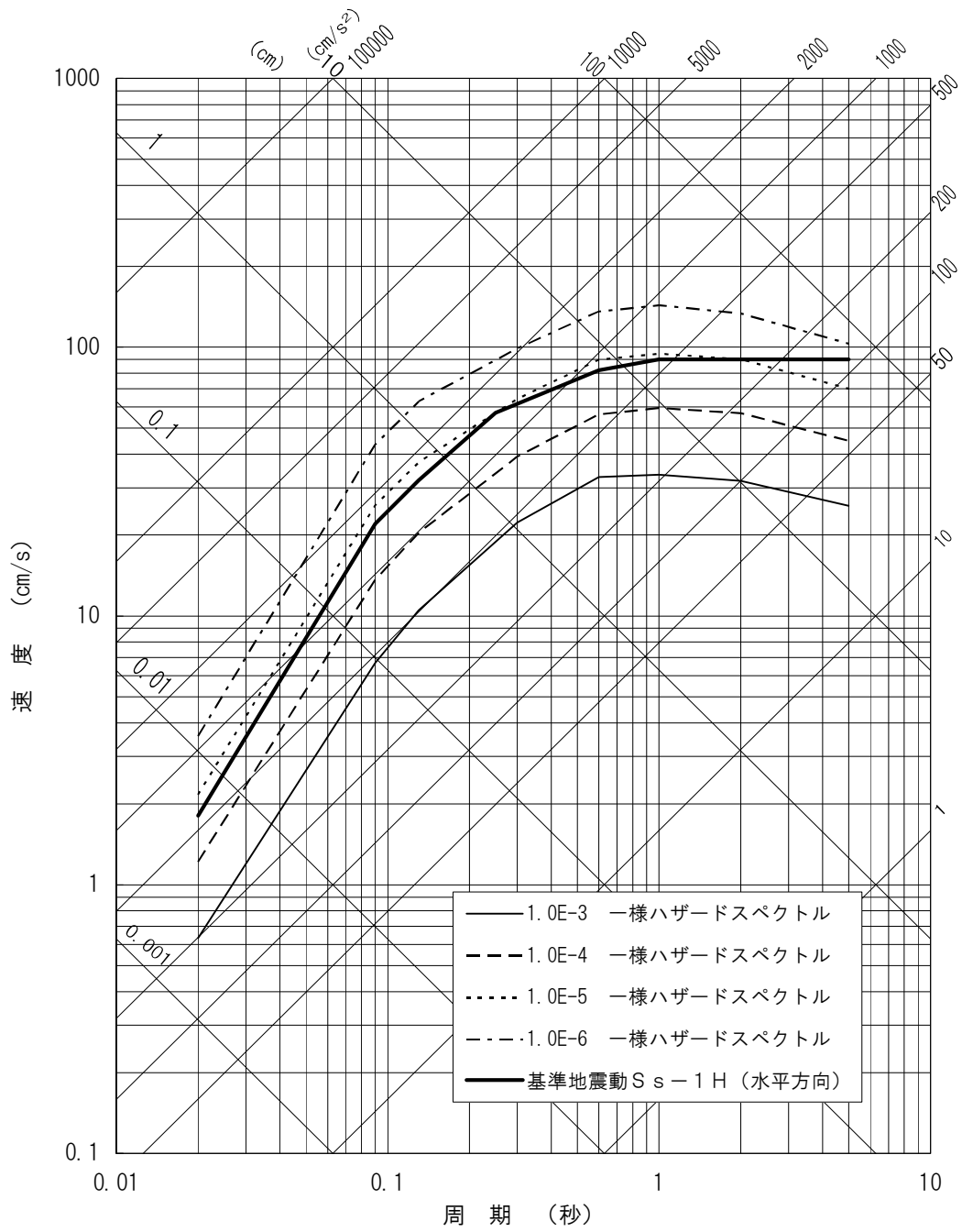
○モデル化の対象

- ・活断層の存在が知られていないところで発生しうる内陸地殻内地震
- ・南海地震以外のフィリピン海プレートで発生する地震

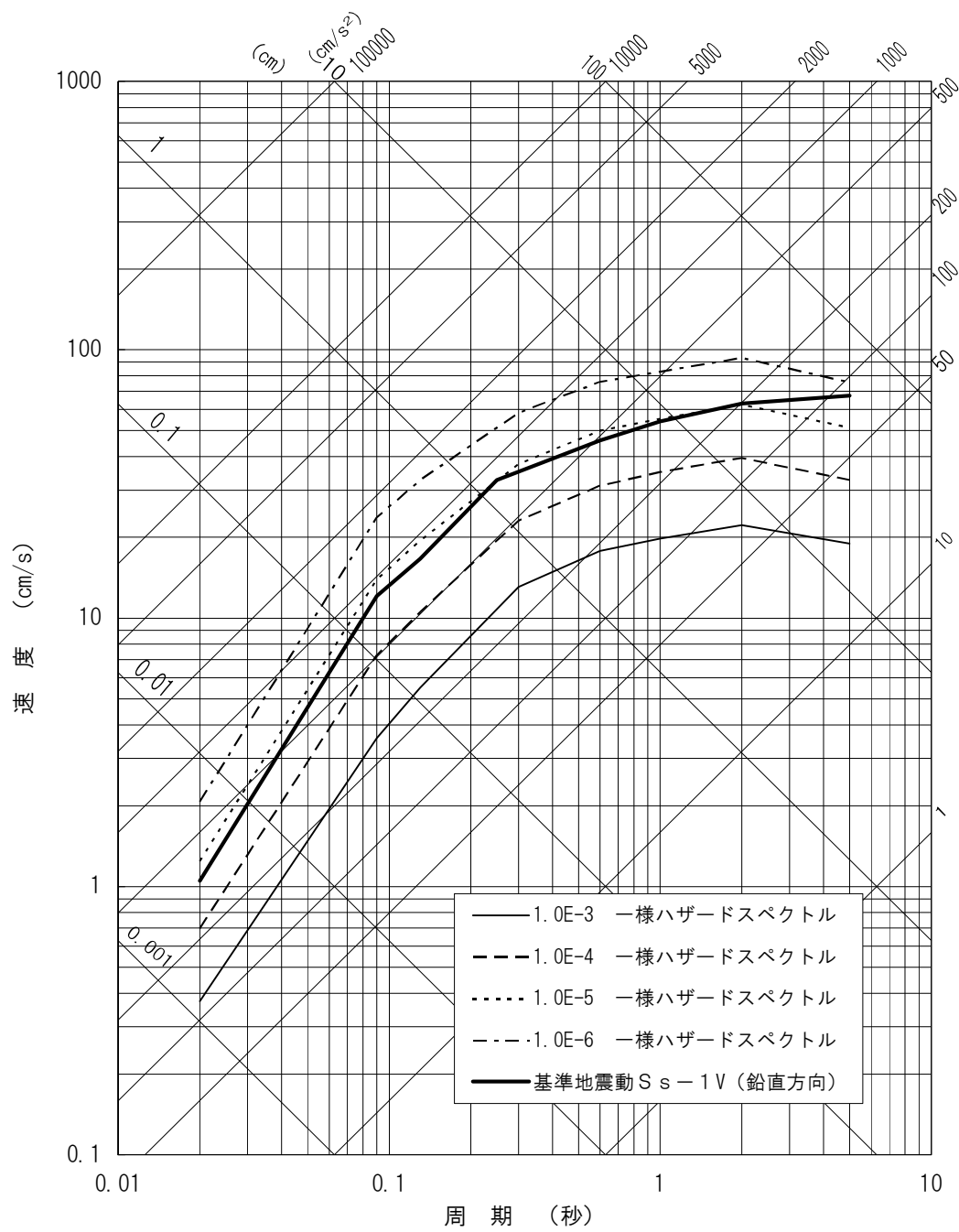
○使用カタログ：気象庁1926-2006, M5.0以上, 深さ200km以浅

○対象範囲：敷地から概ね100km程度以内

第4-1(4)図 ロジックツリー【領域震源モデル】



第4-2(1)図 設計用応答スペクトルSs-1の年超過確率（水平方向）



第4-2(2)図 設計用応答スペクトルSs-1の年超過確率（鉛直方向）

## IV 基準地震動 $S_s$ の策定

### 参考資料

## 【参考資料 1 目次】

1. 要素地震に関する検討	IV-219	
1.1 要素地震の特徴	IV-219	
1.2 異なる要素地震を用いた地震動評価	IV-221	
第 1-1 表	主な観測地震の諸元	IV-223
第 1-2 表	評価用断層パラメータ	IV-224
第 1-1 図	地震計設置位置図(配置図および柱状図)	IV-225
第 1-2 図	主な観測地震の震央分布	IV-226
第 1-3 図	要素地震のメカニズム	IV-227
第 1-4 図	要素地震の時刻歴波形	IV-227
第 1-5 図	要素地震のフーリエスペクトル	IV-228
第 1-6 図	フーリエ振幅比 (E W 成分 / N S 成分)	IV-228
第 1-7 図	KiK-net 観測点位置図およびフーリエ振幅比 (E W 成分 / N S 成分)	IV-229
第 1-8 図	2001 年芸予地震および余震のフーリエ振幅比	IV-230
第 1-9 図	要素地震のフーリエスペクトルと理論スペクトル	IV-231
第 1-10 図	1991 年 1 月 4 日伊予灘の地震におけるフーリエスペクトル	IV-232
第 1-11 図	1991 年の地震の時刻歴波形	IV-233
第 1-12 図	適用するバンドパスフィルター	IV-233
第 1-13 図	評価用断層モデル	IV-234
第 1-14(1) 図	要素地震を変更した地震動評価結果 (水平方向)	IV-235
第 1-14(2) 図	要素地震を変更した地震動評価結果 (鉛直方向)	IV-236

## 1. 要素地震に関する検討

本資料では、基準地震動 S<sub>s</sub>-2 の策定において断層モデル解析（経験的グリーン関数法）の要素地震として採用した 2001 年 3 月 26 日安芸灘の地震の特徴を分析し、要素地震としての妥当性について検討する。また、異なる要素地震を用いた地震動評価も行い、要素地震を変えた影響について検討する。

### 1.1 要素地震の特徴

#### (1) 要素地震の選定

敷地では 1975 年より地震観測を実施しており、要素地震は、この観測記録の中より選定した。敷地における地震観測位置を第 1-1 図に、主な観測記録を第 1-2 図に、その諸元を第 1-1 表に示す。

要素地震の選定にあたっては、伝播経路を勘案し敷地前面海域の断層群が存在する伊予灘側に震源のある地震であること、長周期信頼限界が周期 5 秒まで確保できる記録であること、さらには要素地震の応力降下量を見積もる際に必要となる地震モーメントが公的な機関により公表されている事を選定基準とする。

その結果、敷地前面海域の断層群を含む中央構造線沿いで発生した地震はないものの、地震波の到来方向が敷地前面海域の断層群からの方向と同一であり長周期信頼限界が確保され、さらに公的機関による地震モーメントが公表されている 2001 年 3 月 26 日の安芸灘の地震（M5.2）が選定された。

#### (2) 選定された要素地震の特徴

要素地震として選定された地震のメカニズムを第 1-3 図に示す。この地震は、2001 年芸予地震の本震と同じく、南北走向の断層面を有する正断層タイプの地震と推定される。時刻歴波形及びフーリエスペクトルを第 1-4 図と第 1-5 図に示す。さらに、フーリエ振幅の E W 成分と N S 成分の比を第 1-6 図に示す。第 1-6 図より、要素地震は周期 0.2 秒以上で E W 成分が N S 成分に対して卓越することがわかる。これは、要素地震がほぼ南北走向の正断層タイプの地震であるため、放射特性の影響により E W 方向の地震動が大きくなったのではないかと推察される。

そこで、この地震を他サイトで観測した記録を分析してみる。

敷地の比較的近傍には、独立行政法人防災科学技術研究所基盤強震観測網(KiK-net)の伊方観測点(EHMH09)がある。観測点の位置と2001年3月26日安芸灘の地震のフーリエ振幅比を第1-7図に示す。KiK-net伊方観測点の記録からも周期0.3秒以上ではEW成分が卓越することが確認できる。これよりEW成分の卓越は、局所的な地盤増幅に起因するものではなく、震源特性ないし伝播特性に起因するものと推察される。

さらに、2001年芸予地震の本震及び余震についてKiK-net伊方観測点の記録を用いてフーリエ振幅の比を検討する。本震及び余震を含めた10地震を用いた。その結果を第1-8図に示す。この結果からも同様にEW成分が卓越する傾向が見られる。したがって、芸予地震の領域で芸予地震タイプの地震が発生した場合には、伊方発電所周辺においてはEW成分が卓越する傾向があることを示すものであり、これは断層面と敷地との位置関係に起因する放射特性の影響によるものと考えられる。

### (3)要素地震の応力降下量の推定

要素地震は放射特性の影響を受けてEW成分が卓越していると考えられることから、保守的な地震動評価を行うため、要素地震の応力降下量の推定はNS成分の地震波を対象として行う。

要素地震の応力降下量は、要素地震の地震モーメントを独立行政法人防災科学技術研究所広帯域地震観測網(F-net)が定めた値で固定し、観測波のフーリエスペクトルと理論スペクトルのフィッティングが良い値を設定する。その結果、要素地震の応力降下量は30MPaと求まった。要素地震のフーリエスペクトルと理論スペクトルとの比較を第1-9図に示す。

このように応力降下量の評価をNS成分の地震動で実施していることから、当要素地震を用いた断層モデルによる地震動評価結果は、EW成分の周期0.2秒以上においては安全側の評価となっていると考える。ハイブリッド合成法との比較(第3.1-9(1)図及び第3.1-9(2)図)において、周期2秒以上の範囲ではNS成分は経験的手法とハイブリッド合成法がほぼ等しいレベルであるが、EW成分においては経験的手法の方が大きい地震動となっていることは、この現れと考えられる。



## 1.2 異なる要素地震を用いた地震動評価

要素地震による影響を検討するため、異なる要素地震を用いた地震動評価を実施する。

### (1) 要素地震の選定

評価に用いる要素地震は、第 1-2 図に示す地震のうち敷地に最も震央が近い地震であり、短周期地震動が大きい 1991 年 1 月 4 日の伊予灘の地震 (M5.3) を選定する。この地震の諸元およびフーリエスペクトルを第 1-10 図に示す。

フーリエスペクトルより周期約 1.5 秒程度より長周期にノイズの混在が見られる。この地震を要素地震として採用しなかったのは、長周期信頼限界周期が 5 秒以下であることと、F-net が構築される以前の地震であるため、地震モーメントが公的機関により推定されていないことによる。

### (2) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

1991 年 1 月 4 日の伊予灘の地震 (M5.3) を要素地震として断層モデルを用いた手法による地震動評価を行う。

地震動評価は S 波を対象として合成を行うため、S 波を抽出した時刻歴波形を第 1-11 図に示す。さらに、長周期ノイズの影響を除去することを目的に第 1-12 図に示すバンドパスフィルターを適用する。応力降下量の評価においては、地震モーメントが公的機関で推定されていないため、気象庁マグニチュード (M5.3) がモーメントマグニチュードと等しいと仮定して評価を行った。

地震動評価を行う断層モデルは、基準地震動 S<sub>s</sub>-2 として採用したケースである断層傾斜角を北傾斜 30°、アスペリティ位置を断層上端とした「想定敷地前面海域の断層群による地震③」と同じモデルで行う。地震動評価に用いた断層モデルを第 1-13 図に、断層パラメータを第 1-2 表に示す。

### (3) 地震動評価結果

断層モデル解析の結果求めた応答スペクトルを第 1-14 図に示す。

まず、基準地震動 S<sub>s</sub>-1 との比較においては、全ての周期帯で基準地震動 S<sub>s</sub>-1 が評価結果を包絡していることを確認できた。さら

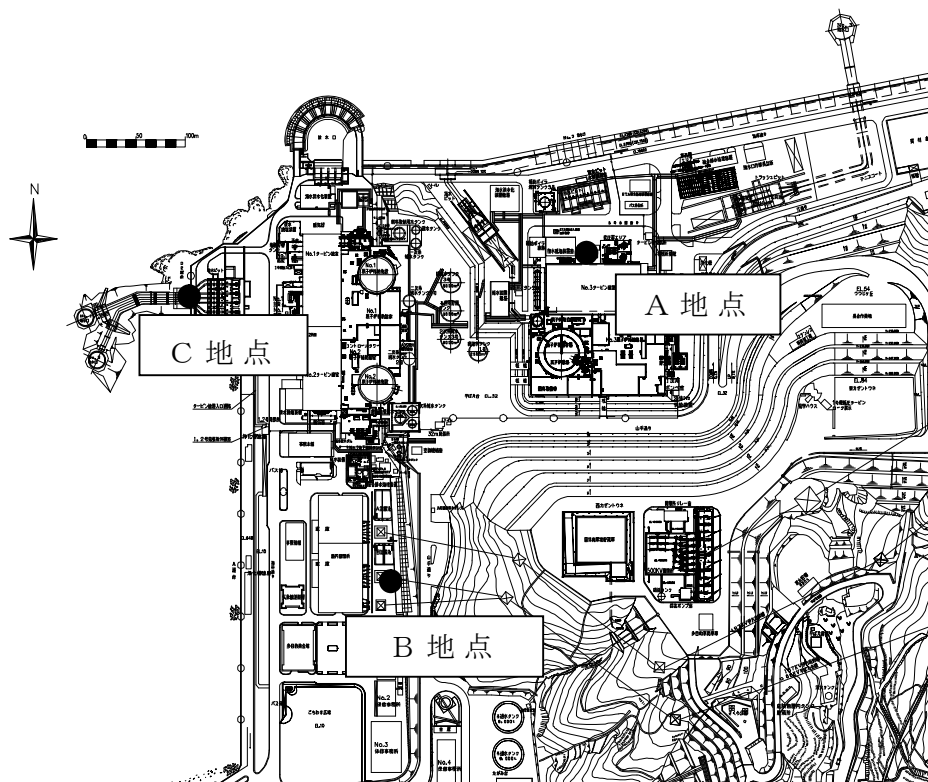
に、基準地震動 Ss-2 との比較においては、短周期側ではほぼ Ss-2 と同程度かそれ以下であるものの、周期 0.7 秒より長周期側では基準地震動 Ss-2 よりもかなり小さい評価結果となった。ハイブリッド合成の接続周期は 2 秒としているが、1991 年の地震による地震動評価結果は、周期 0.7 秒程度からの落ち込みが著しいため、ハイブリッド合成法の短周期側地震動として採用するのには適切でないと考える。

第 1-1 表 主な観測地震の諸元

番号	震央位置 または 地震名	発生日時	マグニチュード	震源 深さ (km)	長周期 信頼 限界	地震 観測 地点
1	周防灘	1979年7月13日17時10分	6.0	70	2秒	A地点
2	大分県 北部	1983年8月26日5時23分	6.6	116	10秒以上	B地点
3	愛媛県 南予	1985年5月13日19時41分	6.0	39	10秒以上	B地点
4	伊予灘	1988年7月29日18時59分	5.1	53	2秒	B地点
5	伊予灘	1991年1月4日3時36分	5.3	58	2秒	B地点
6	愛媛県 南予	1993年8月14日10時29分	5.3	47	2秒	B地点
7	伊予灘	1993年8月31日0時8分	5.1	62	2秒	B地点
8	2001年 芸予地震	2001年3月24日15時27分	6.7	46	10秒以上	C地点
9	安芸灘	2001年3月26日5時40分	5.2	46	5秒	C地点
10	豊後水道	2001年4月25日23時40分	5.7	39	5秒	C地点

第 1-2 表 評価用断層パラメータ

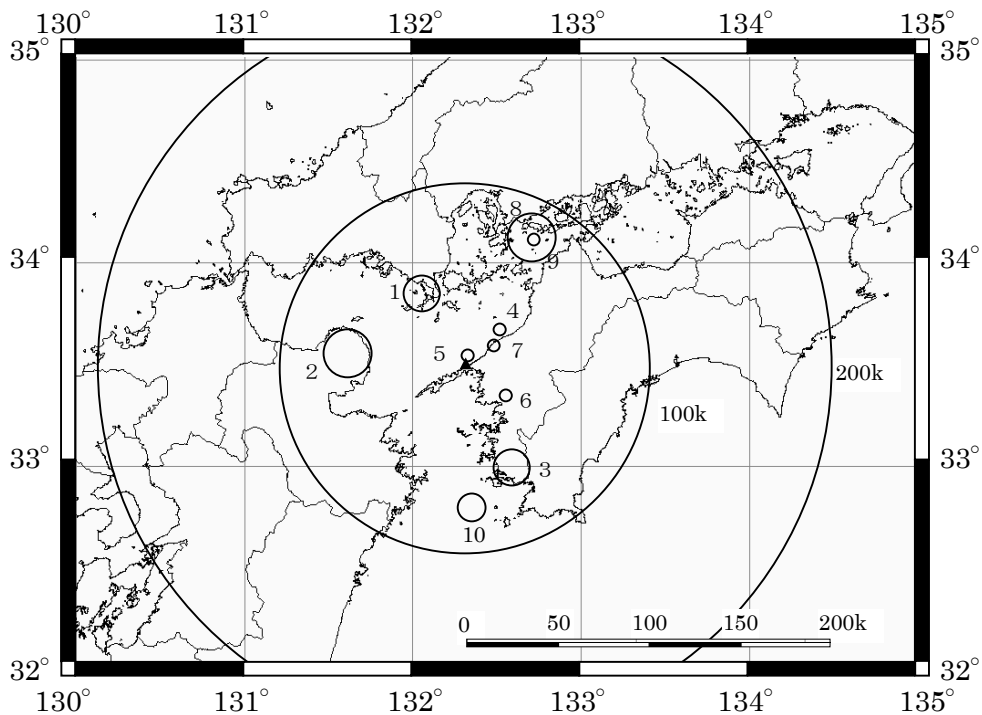
断層パラメータ		記号	想定地震
断層位置 (断層西端)		-	東経 : 132° 4' 42" 北緯 : 33° 26' 57"
走向		$\theta$	N57E
傾斜角		$\delta$	30°
断層長さ		L	42.0 km
断層幅		W	26.0 km
断層面積		S	1092.0 km <sup>2</sup>
断層上端深さ		H	2.0km
破壊伝播形式		-	同心円状
応力降下量		$\Delta \sigma$	3.3 MPa
地震モーメント		$M_0$	6.63E+19 N·m
モーメントマグニチュード		$M_w$	7.1
気象庁マグニチュード $M_J$		$M_J$	7.6
剛性率		$\mu$	4.00E+10 N/m <sup>2</sup>
平均すべり量		D	152 cm
S波速度		$\beta$	3.5 km/s
破壊伝播速度		$V_R$	2.5 km/s
短周期レベル		A	2.13E+19 N·m/s <sup>2</sup>
ペ 全 ア テ イ ス	地震モーメント	$M_{0a}$	2.92E+19 N·m
	面積	$S_a$	240.2 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_a$	304 cm
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$	14.8 MPa
ペ 第 1 テ ア イ ス	地震モーメント	$M_{0a1}$	2.37E+19 N·m
	面積	$S_{a1}$	174.7 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_{a1}$	340 cm
	実効応力	$\sigma_{a1}$	14.8 MPa
ペ 第 2 テ ア イ ス	地震モーメント	$M_{0a2}$	5.45E+18 N·m
	面積	$S_{a2}$	65.5 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_{a2}$	208 cm
	実効応力	$\sigma_{a2}$	14.8 MPa
背 景 領 域	地震モーメント	$M_{0b}$	3.71E+19 N·m
	面積	$S_b$	851.8 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_b$	109 cm
	実効応力	$\sigma_b$	3.0 MPa



観測点	観測期間
A 地点	1975～1982
B 地点	1982～1994
C 地点	1999～

標高 (m)	A 地点		B 地点		C 地点	
	地震計	地層	地震計	地層	地震計	地層
+51	▽ GL ○	第四系				
+10	GL±0m		▽ GL		▽ GL	
+5			○ GL-5m	三波川 変成岩 類	○ GL-5m	三波川 変成岩 類
-9	○ GL-60m	三波川 変成岩 類				
-70			○ GL-80m		○ GL-80m	
-150			○ GL-160m		○ GL-160m	
-200						

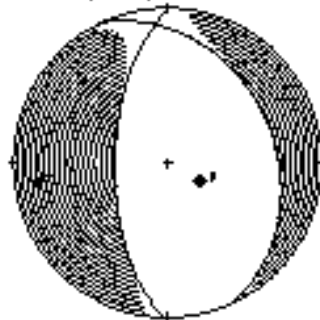
第 1-1 図 地震計設置位置図(配置図および柱状図)



番号	震央位置 または地震名	発生日時	凡例
1	周防灘	1979年7月13日 17時10分	○ $5.0 \leq M < 5.5$
2	大分県北部	1983年8月26日 5時23分	
3	愛媛県南予	1985年5月13日 19時41分	○ $5.5 \leq M < 6.0$
4	伊予灘	1988年7月29日 18時59分	
5	伊予灘	1991年1月4日 3時36分	○ $6.0 \leq M < 6.5$
6	愛媛県南予	1993年8月14日 10時29分	
7	伊予灘	1993年8月31日 0時8分	○ $6.5 \leq M < 7.0$
8	2001年芸予地震	2001年3月24日 15時27分	
9	安芸灘	2001年3月26日 5時40分	
10	豊後水道	2001年4月25日 23時40分	

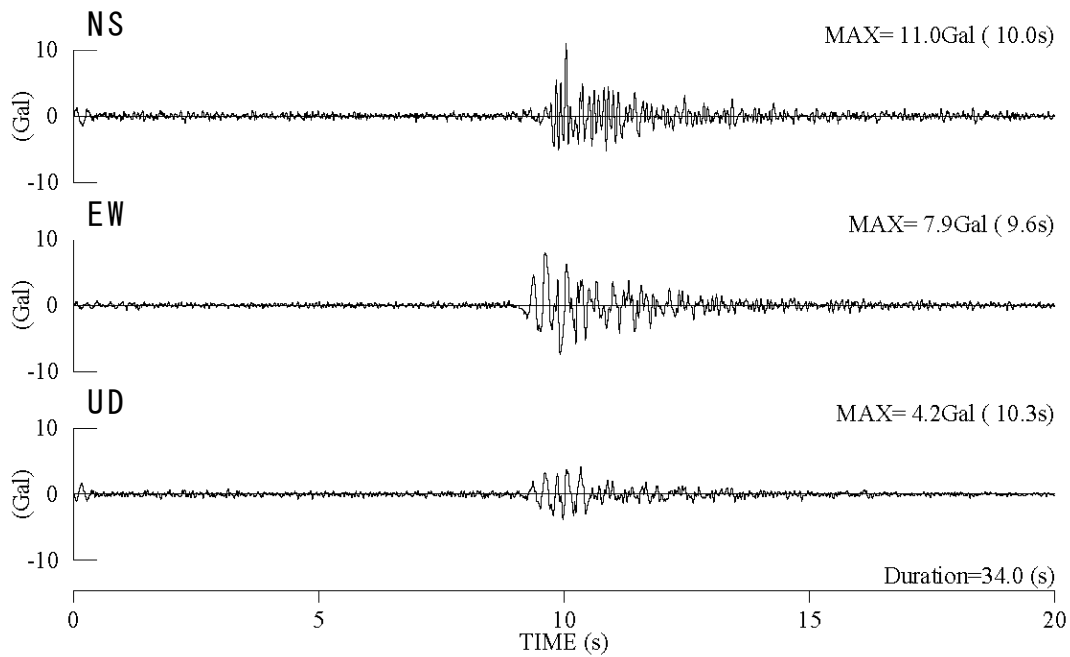
第 1-2 図 主な観測地震の震央分布

2001/03/26,05:41

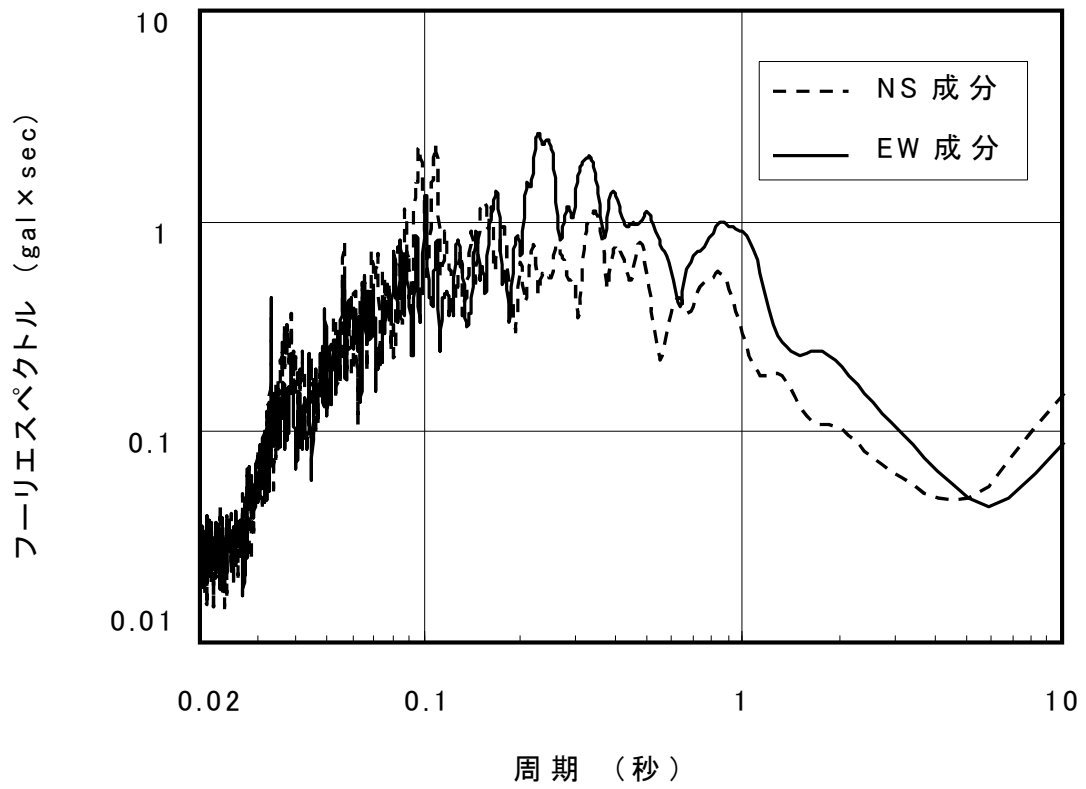


34.1N 132.7E 38km Mw5.1  
strike: 335 dip: 31 slip: -113  
mxx: -0.36 mxy: 0.91 mxz: 0.45  
myy: 4.07 myz: -2.55 mzz: -3.71  
unit: 1e+16 moment: 4.76e+16Nm

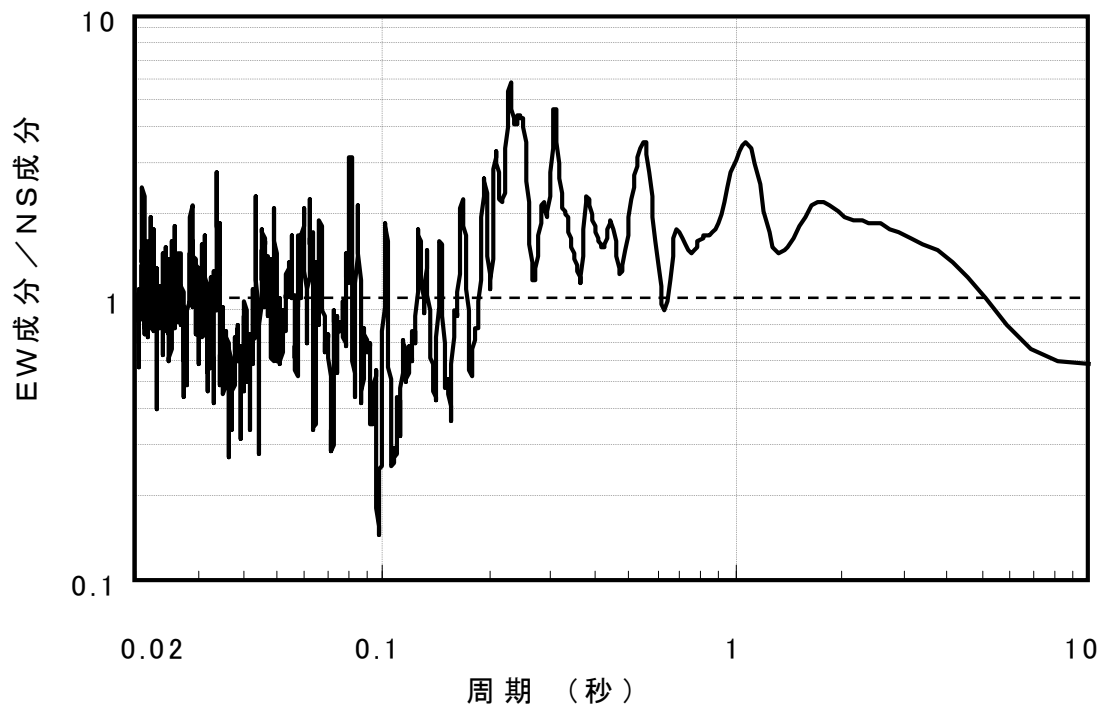
第 1-3 図 要素地震のメカニズム



第 1-4 図 要素地震の時刻歴波形

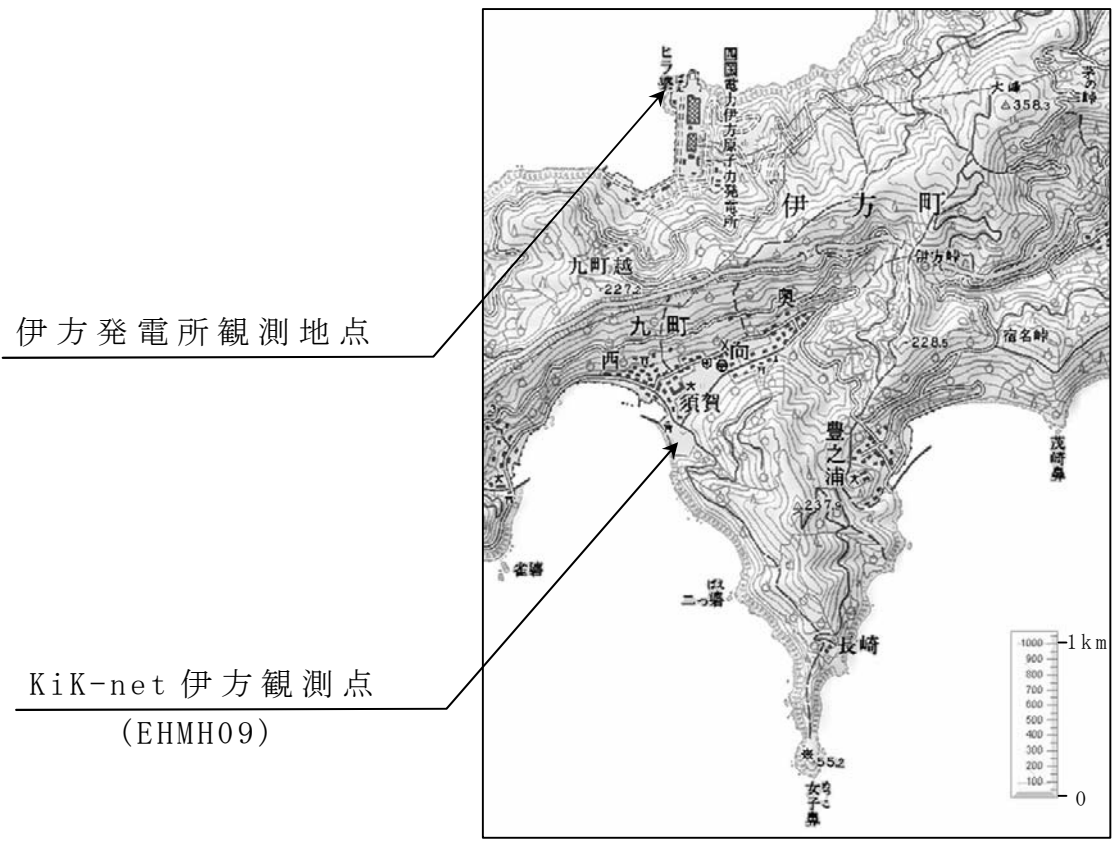


第 1-5 図 要素地震のフーリエスペクトル

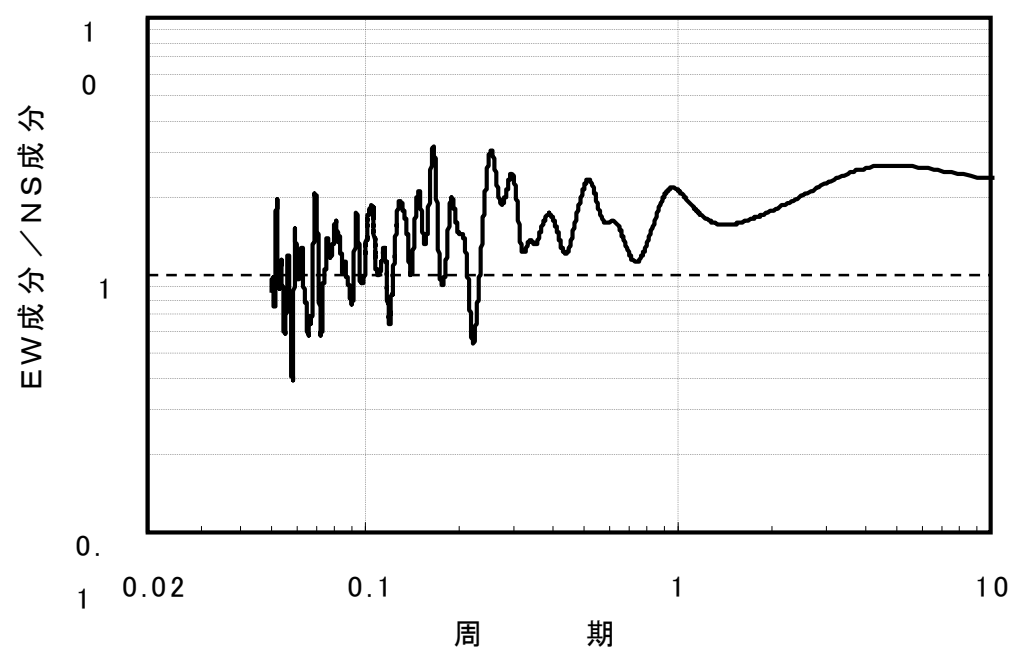


第 1-6 図 フーリエ振幅比 (EW成分 / NS成分)



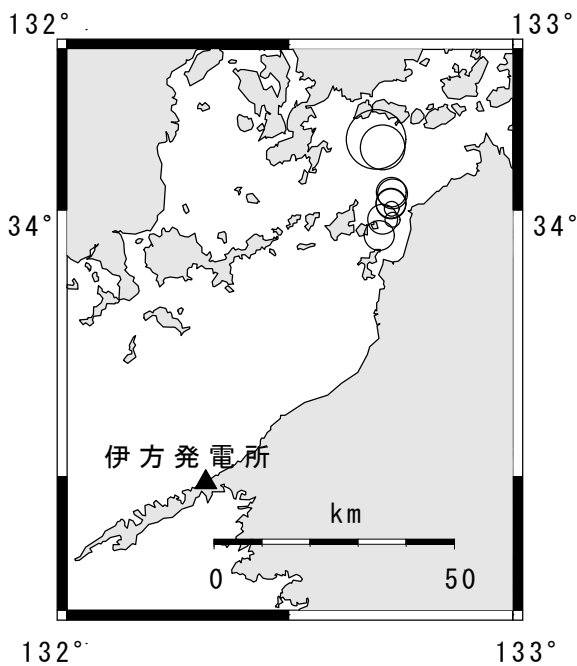


観測点位置図



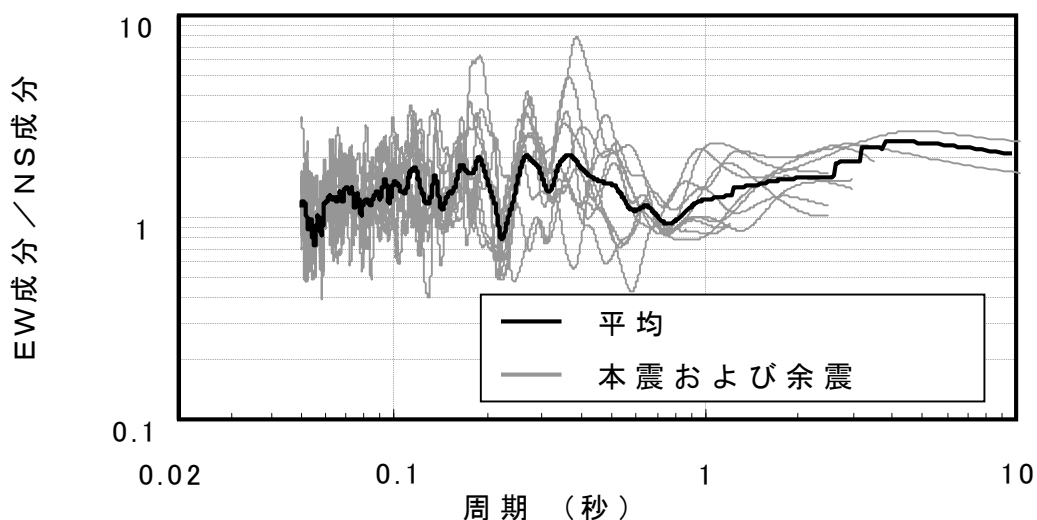
フーリエ振幅比 (2001年3月26日安芸灘の地震)

第1-7図 KiK-net観測点位置図およびフーリエ振幅比 (EW成分 / NS成分)



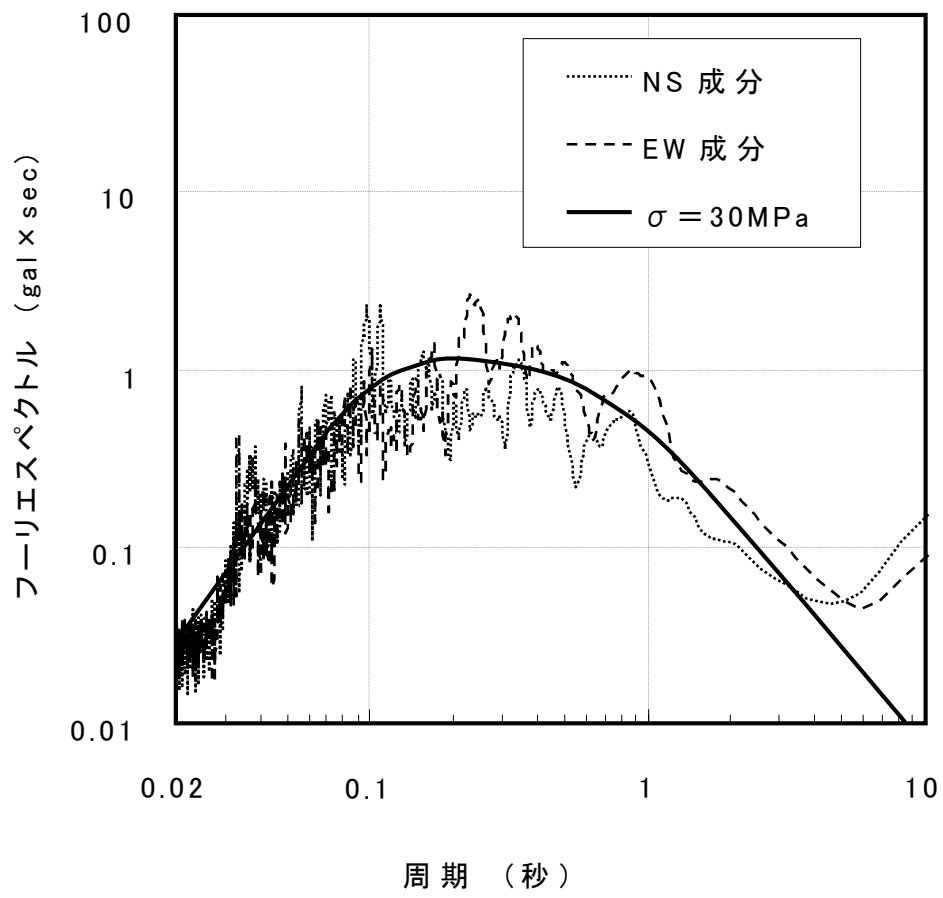
凡 例	
○	$3.0 \leq M < 4.0$
○	$4.0 \leq M < 5.0$
○	$5.0 \leq M < 6.0$
○	$6.0 \leq M < 7.0$

発生日時	北緯	東経	深さ (km)	マグニチュード
2001年3月24日 15:28	34° 7.9'	132° 41.6'	46	6.7
2001年3月24日 15:48	34° 0.8'	132° 43.6'	46	4.0
2001年3月24日 16:25	34° 1.8'	132° 43.8'	45	4.1
2001年3月24日 17:02	34° 0.7'	132° 43.6'	47	4.0
2001年3月24日 22:37	33° 59.0'	132° 42.5'	47	4.0
2001年3月25日 02:19	33° 58.9'	132° 43.8'	46	3.5
2001年3月25日 09:10	34° 0.2'	132° 43.7'	47	3.6
2001年3月25日 19:19	34° 2.0'	132° 43.7'	47	4.5
2001年3月26日 02:16	33° 57.2'	132° 42.0'	44	4.1
2001年3月26日 05:41	34° 7.0'	132° 42.5'	46	5.2

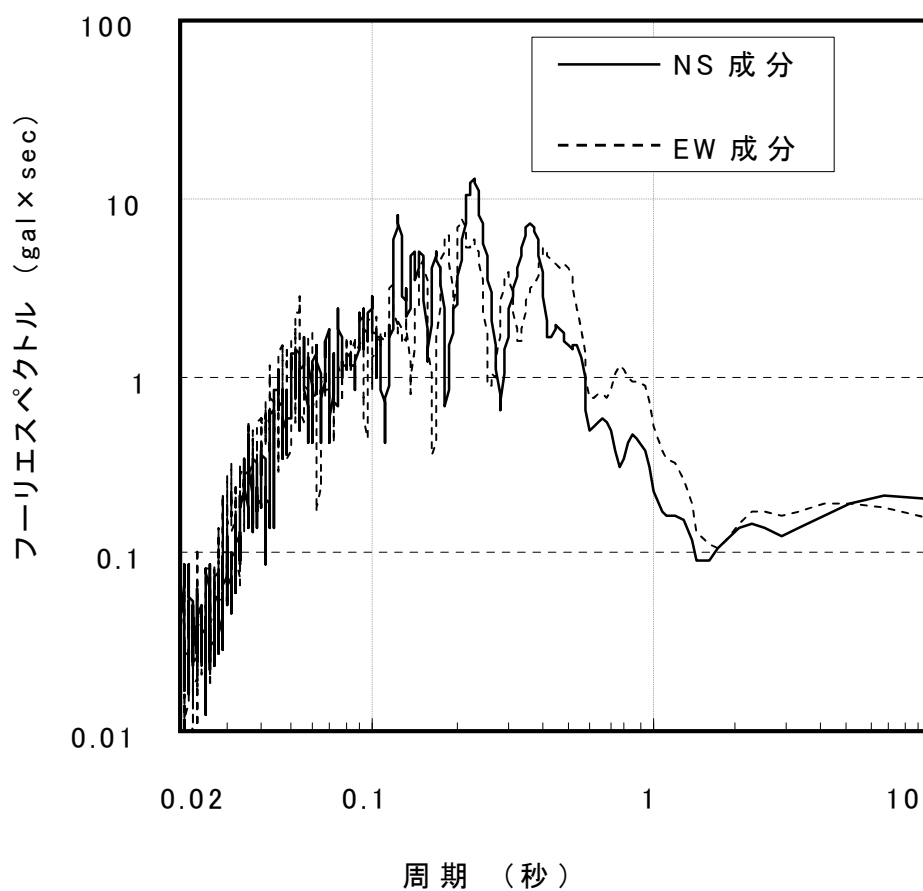


フーリエ振幅比 (2001年芸予地震およびその余震)

第 1-8 図 2001年芸予地震および余震のフーリエ振幅比

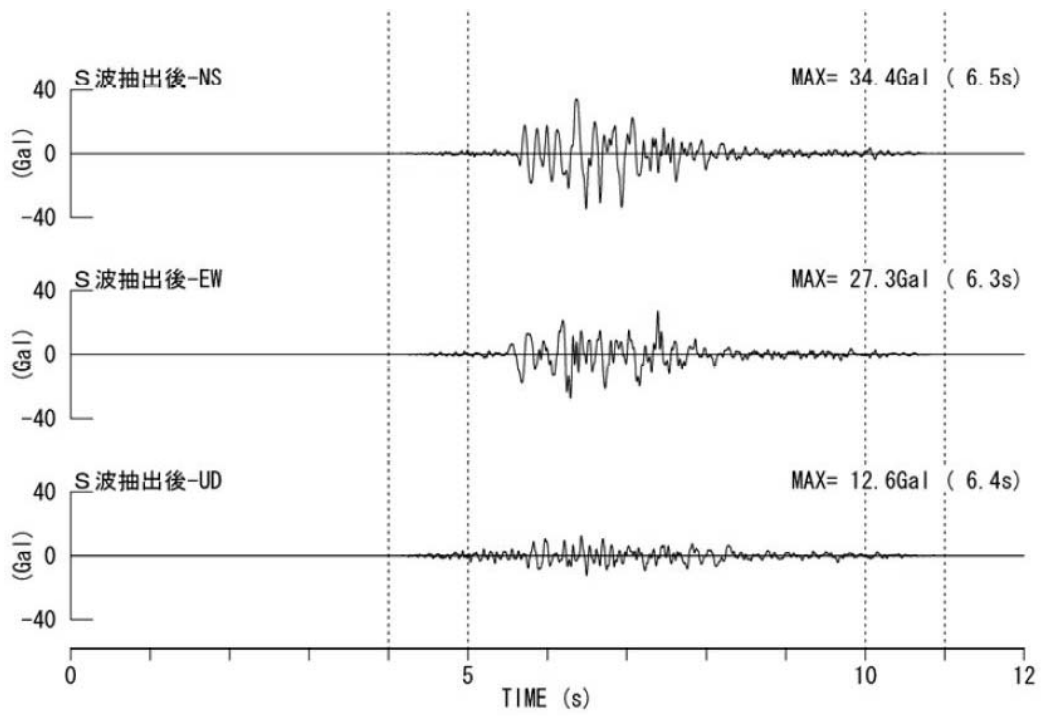


第 1-9 図 要素地震のフーリエスペクトルと理論スペクトル

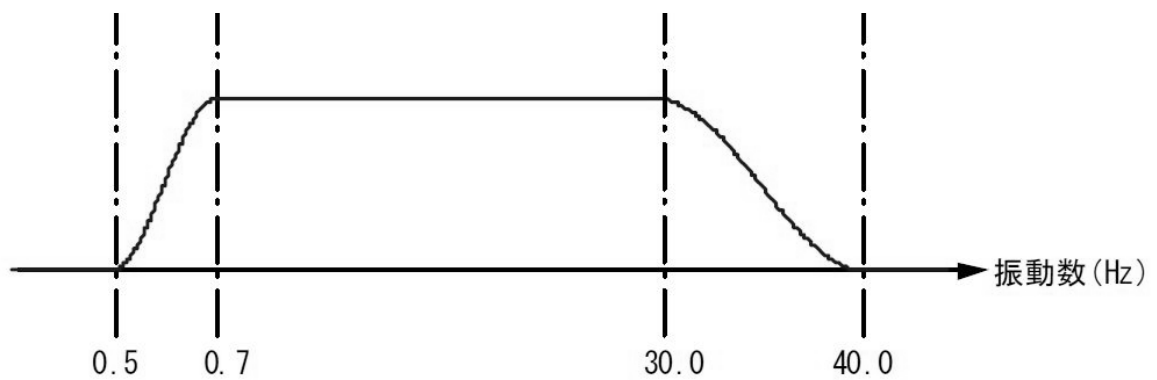


発生日時	北緯	東経	深さ (km)	マグニチュード
1991年1月4日03:26	33° 32.9'	132° 19.1'	57.5	5.3

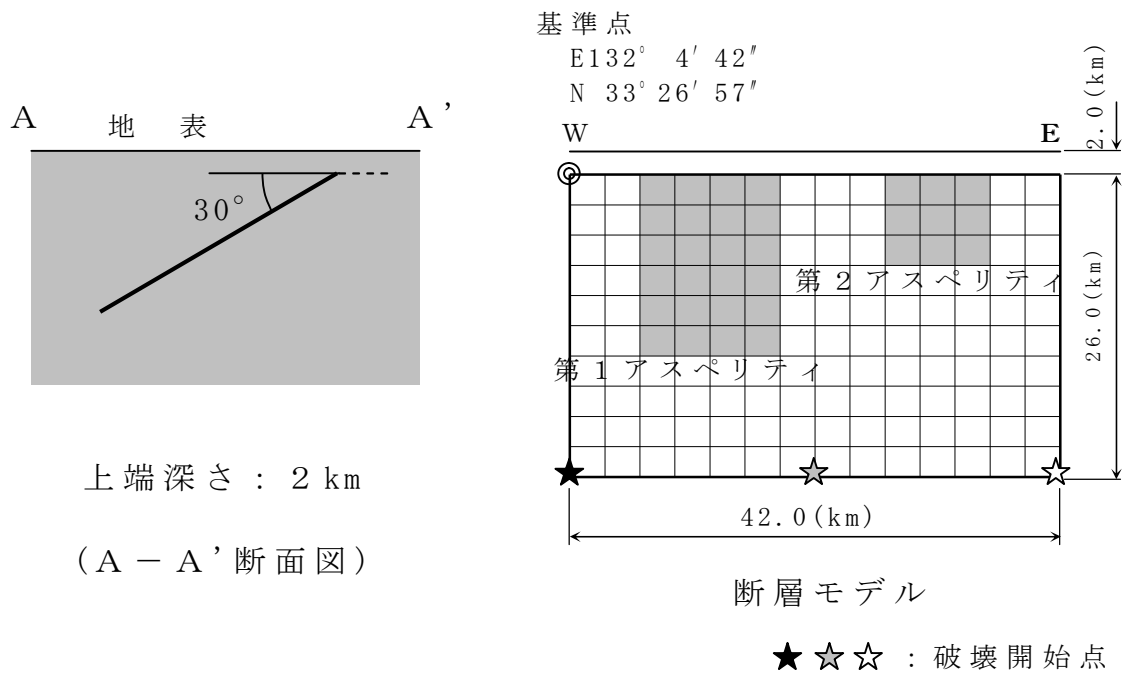
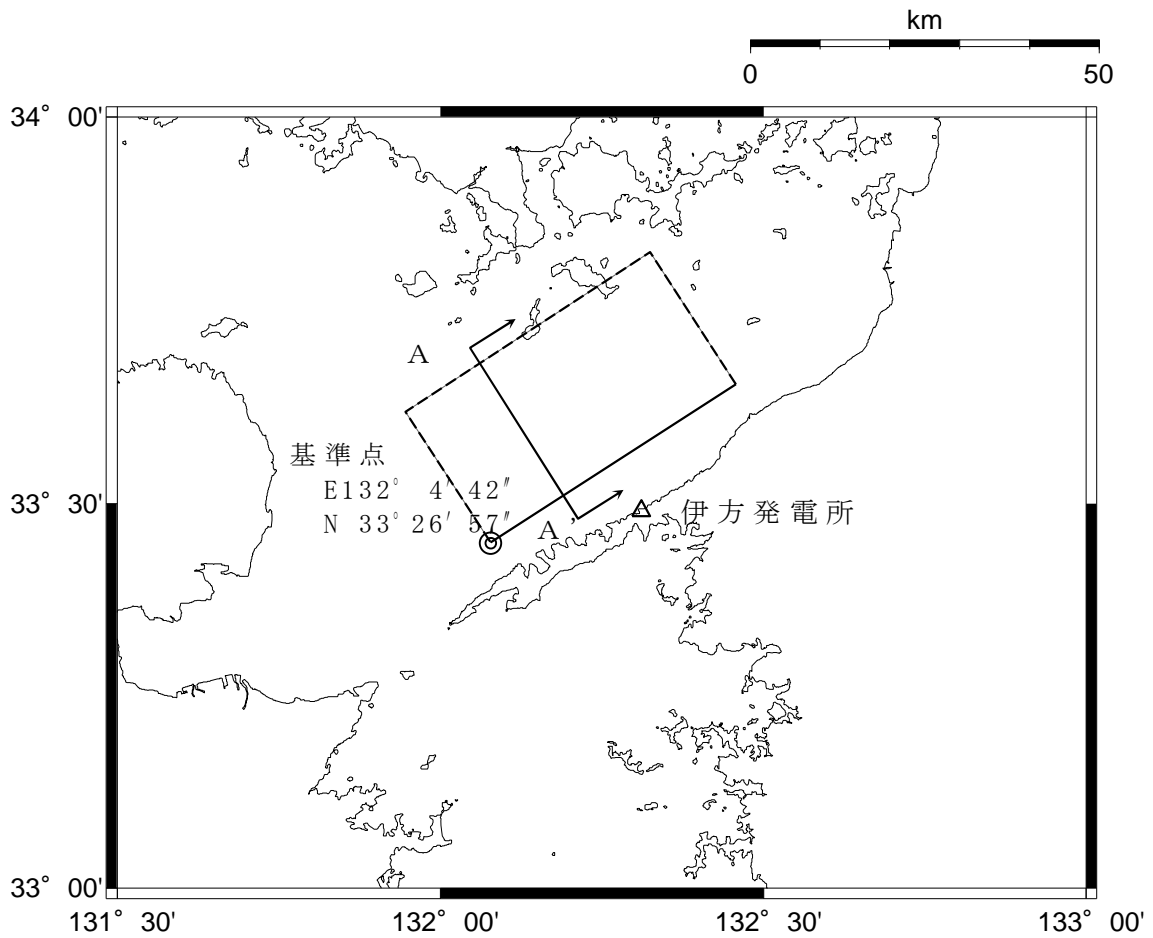
第 1-10 図 1991 年 1 月 4 日伊予灘の地震における  
フーリエスペクトル



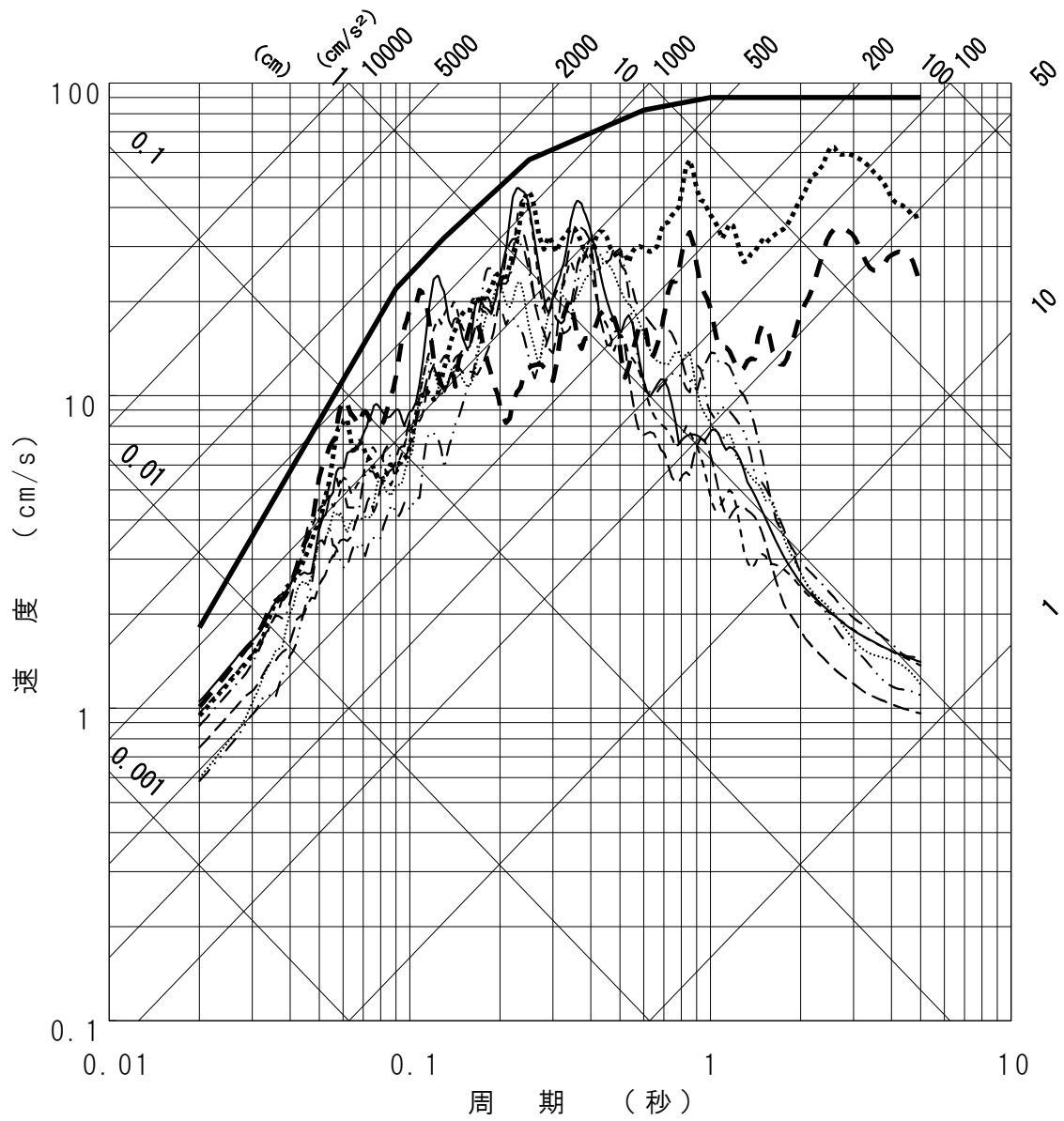
第 1-11 図 1991 年の地震の時刻歴波形



第 1-12 図 適用するバンドパスフィルター

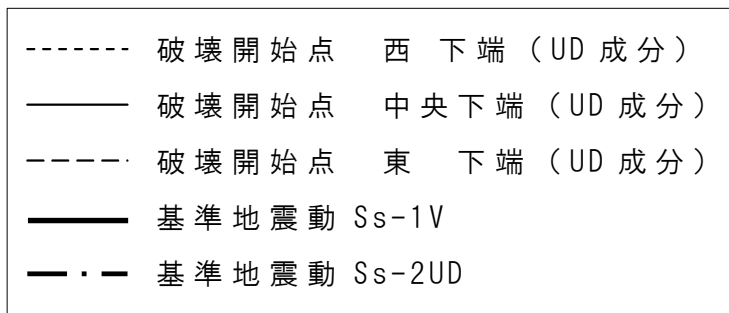
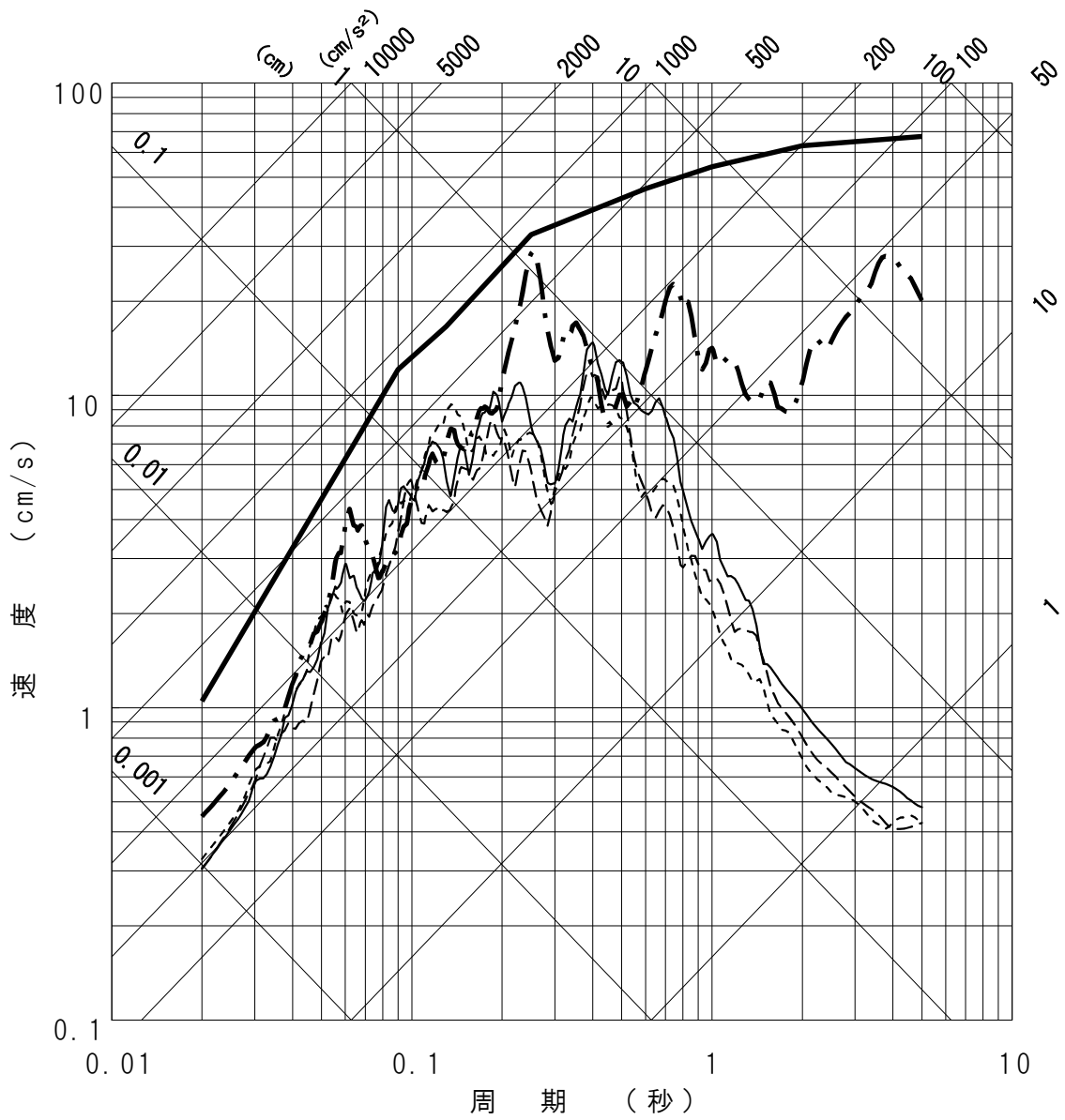


第 1-13 図 評価用断層モデル



- |           |       |        |    |         |
|-----------|-------|--------|----|---------|
| ----      | 破壊開始点 | 西      | 下端 | (NS 成分) |
| .....     | 破壊開始点 | 西      | 下端 | (EW 成分) |
| ——        | 破壊開始点 | 中央     | 下端 | (NS 成分) |
| - · - · - | 破壊開始点 | 中央     | 下端 | (EW 成分) |
| ----      | 破壊開始点 | 東      | 下端 | (NS 成分) |
| - · - · - | 破壊開始点 | 東      | 下端 | (EW 成分) |
| ——        | 基準地震動 | Ss-1H  |    |         |
| ----      | 基準地震動 | Ss-2NS |    |         |
| .....     | 基準地震動 | Ss-2EW |    |         |

第 1-14(1) 図 要素地震を変更した地震動評価結果 (水平方向)



第 1-14(2) 図 要素地震を変更した地震動評価結果 (鉛直方向)



## 【参考資料 2 目次】

2. スラブ内地震の断層位置に関する検討 .....	IV-238
2.1 最大速度位置の検討 .....	IV-238
2.2 最大速度発生位置を敷地とした場合の地震動評価	IV-238
第 2-1 表 「想定敷地下方のスラブ内地震」の断層パラメータ .....	IV-240
第 2-1 図 「想定敷地下方のスラブ内地震」の断層モデル .....	IV-241
第 2-2(1) 図 最大速度分布図（破壊開始点：北端） .....	IV-242
第 2-2(2) 図 最大速度分布図（破壊開始点：中央） .....	IV-243
第 2-2(3) 図 最大速度分布図（破壊開始点：南端） .....	IV-244
第 2-3 図 断層位置の比較図 .....	IV-245
第 2-4(1) 図 ハイブリット合成法による評価結果（NS 成分） .....	IV-246
第 2-4(2) 図 ハイブリット合成法による評価結果（EW 成分） .....	IV-247
第 2-4(3) 図 ハイブリット合成法による評価結果（UD 成分） .....	IV-248

## 2. スラブ内地震の断層位置に関する検討

検討用地震のうち海洋プレート内の地震である想定敷地下方のスラブ内地震は、地震発生位置の不確かさを勘案し、地震動が最も大きくなるケースとして敷地下方に断層面を設定したモデルである。しかしながら断層面の走向が南北であり傾斜角が 55 度であることから、ディレクティビティ効果を考慮した場合には、必ずしも断層位置を敷地下方に設定することが安全側の評価でない可能性もある。

そこで、ディレクティビティ効果を考慮した検討を行うため、まずディレクティビティ効果の影響を最も受ける位置を推定し、その地点が敷地に一致するように断層面を移動させて地震動評価を行い、現在設定している敷地下方に断層面を設定したケースとの比較を行い、断層面の設定の妥当性について確認する。

### 2.1 最大速度位置の検討

まず始めに想定敷地下方のスラブ内地震の断層モデルを用いて理論的手法により最大速度の分布を求める。

検討に用いた断層モデルを第 2-1 図に断層パラメータを第 2-1 表に示す。断層破壊の開始点は、断層北下端、断層中央下端、断層南下端の 3 ケースを設定する。理論計算は敷地周辺を 5 km メッシュに分割し、各格子点において計算を行う。

解析の結果求めた最大速度分布をコンター図として第 2-2 図に示す。

最大速度の発生する地点は、破壊開始点を断層中央下端としたケースの E W 成分で敷地の南東約 25km の位置であることを確認した。

### 2.2 最大速度発生位置を敷地とした場合の地震動評価

想定敷地下方のスラブ内地震において最大速度の発生位置は、敷地の南東約 25km の地点である。

そこで、最大速度の発生する位置が発電所と一致するよう、想定敷地下方のスラブ内地震の断層位置を北西に約 25km 水平移動させたモデルを設定する（以下、「敷地西方のスラブ内地震」と呼ぶ）。破壊開始点は、最大速度分布の検討において最も大きな地震動が得られた断層中央下端とする。想定敷地下方のスラブ内地震と敷地西方のスラブ内地震の断層位置との比較を第 2-3 図に示す。

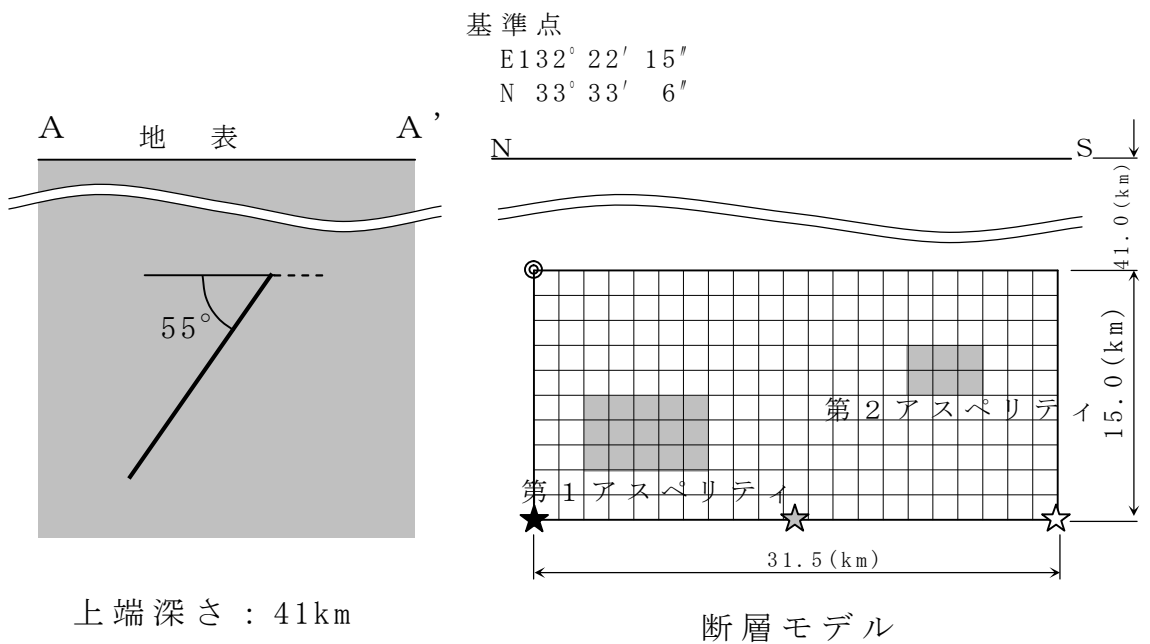
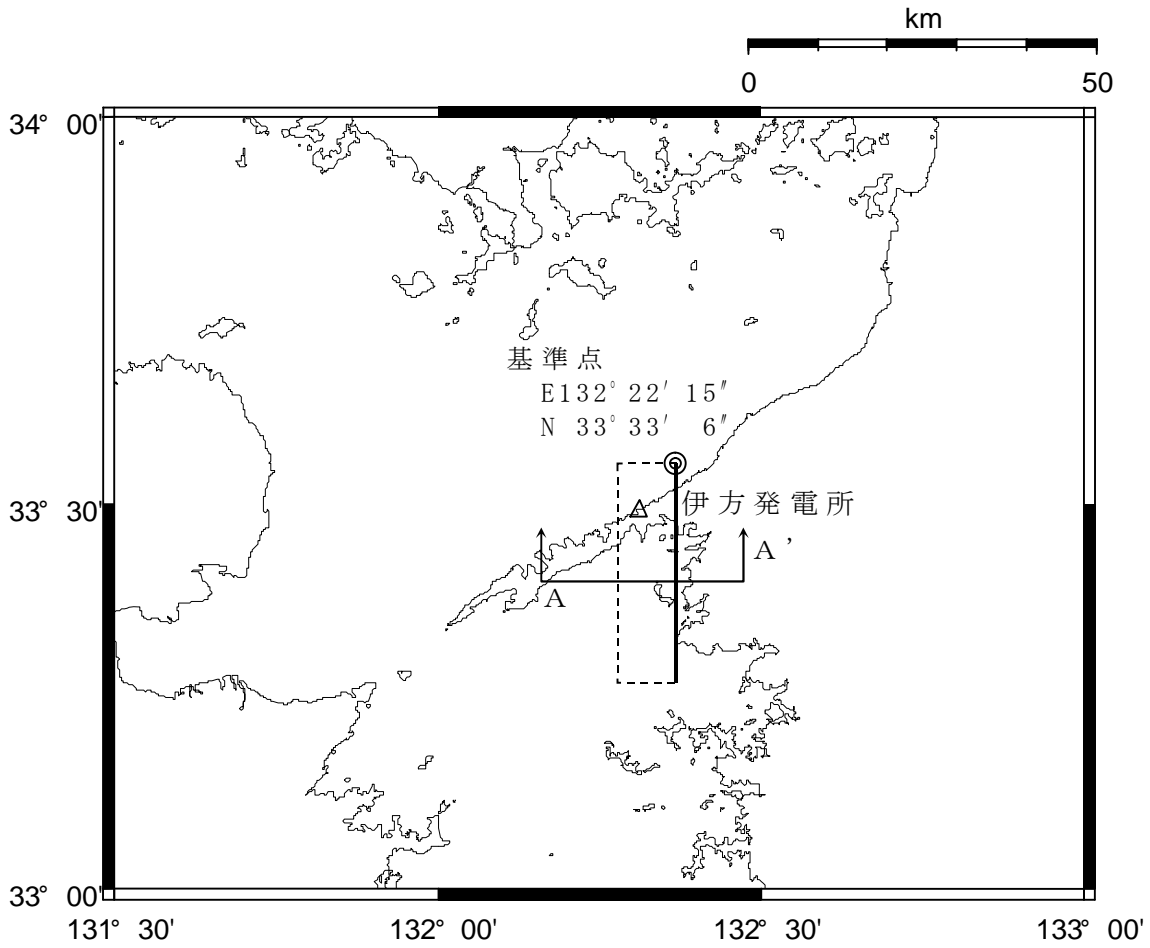
敷地における地震動評価は経験的グリーン関数法と理論的手法とを組み合わせたハイブリット合成法とする。断層パラメータは、断層の水平位置以外は想定敷地下方のスラブ内地震と同じである。

想定敷地下方のスラブ内地震と敷地西方のスラブ内地震の地震動評価結果を第 2-4 図に示す。E W 成分の長周期側ではディレクティビティ効果の現われから敷地西方のスラブ内地震が大きい地震動を与える結果となった。しかし、短周期側の地震動はほぼ同程度のレベルとなっている。敷地西方のスラブ内地震の断層面はその深さを想定敷地下方のスラブ内地震と同じ深さに設定しており、フィリピン海プレートの形状を勘案すると断層面はさらに 5 km 程度深く設定されることから、短周期側地震動は距離減衰の影響を受けて評価結果より小さくなると考えられる。

以上より、想定敷地下方のスラブ内地震による地震動評価は、ディレクティビティ効果を考慮しても、原子力施設の主要周期帯である短周期側においては保守的な評価になっていると考える。

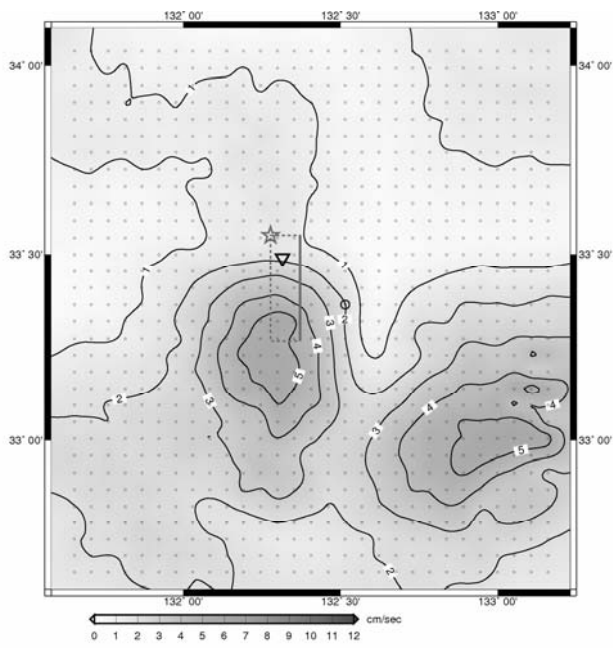
第 2-1 表 「想定敷地下方のスラブ内地震」の断層パラメータ

断層パラメータ		記号	想定地震
断層位置 (断層北端)		-	東経 : 132° 22' 15" 北緯 : 33° 33' 6"
走向		$\theta$	N180E
傾斜角		$\delta$	55°
断層長さ		L	31.5 km
断層幅		W	15.0 km
断層面積		S	462.0 km <sup>2</sup>
断層上端深さ		H	41.0km
破壊伝播形式		-	同心円状
応力降下量		$\Delta \sigma$	9.78 MPa
地震モーメント		$M_0$	3.98E+19 N·m
モーメントマグニチュード		$M_w$	7.0
気象庁マグニチュード $M_J$		$M_J$	7.0
剛性率		$\mu$	5.28E+10 N/m <sup>2</sup>
平均すべり量		D	163 cm
S波速度		$\beta$	4.0 km/s
破壊伝播速度		$V_R$	2.88 km/s
短周期レベル		$A'$	7.96E+19 N·m/s <sup>2</sup>
ペリ テ ィ 全 ア ス	地震モーメント	$M_{0a}$	7.96E+18 N·m
	面積	$S_a$	46.2 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_a$	326 cm
	応力降下量	$\Delta \sigma_a$	97.8 MPa
ペ リ テ ィ 第 1 ア ス	地震モーメント	$M_{0a1}$	6.48E+18 N·m
	面積	$S_{a1}$	33.6 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_{a1}$	365 cm
	実効応力	$\sigma_{a1}$	97.8 MPa
ペ リ テ ィ 第 2 ア ス	地震モーメント	$M_{0a2}$	1.49E+18 N·m
	面積	$S_{a2}$	12.6 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_{a2}$	224 cm
	実効応力	$\sigma_{a2}$	97.8 MPa
背 景 領 域	地震モーメント	$M_{0b}$	3.18E+19 N·m
	面積	$S_b$	415.8 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_b$	145 cm
	実効応力	$\sigma_b$	11.0 MPa

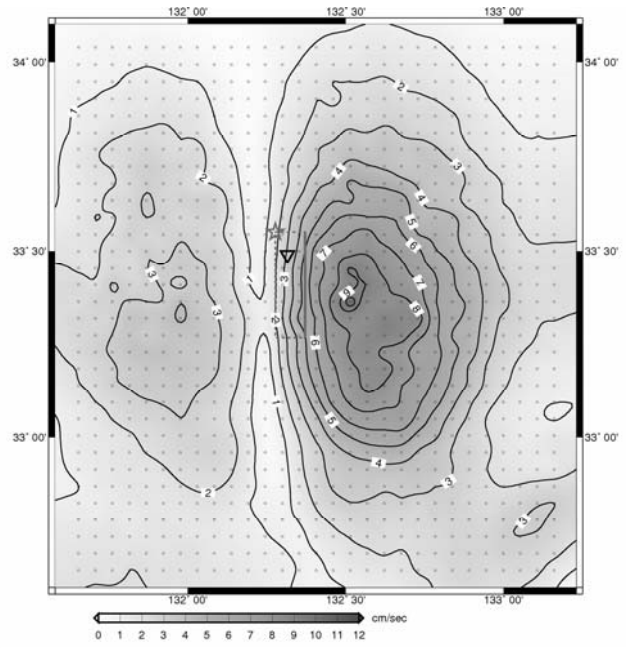


上端深さ : 41km  
(A - A' 断面図)

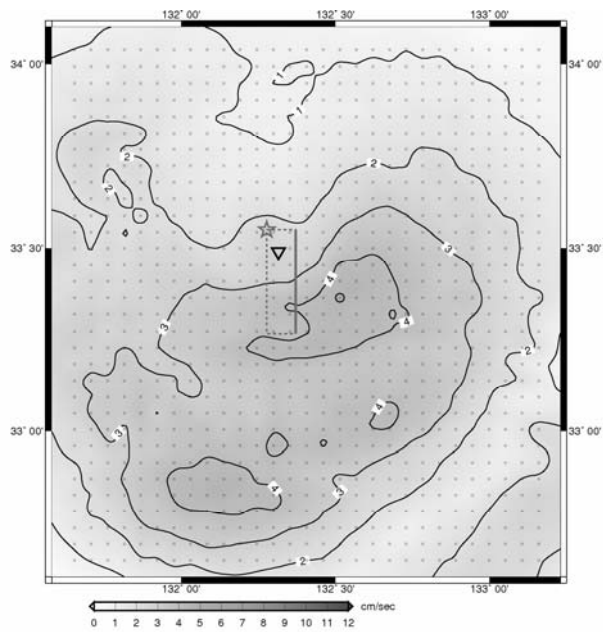
第2-1図 「想定敷地下方のスラブ内地震」の断層モデル



NS 成分



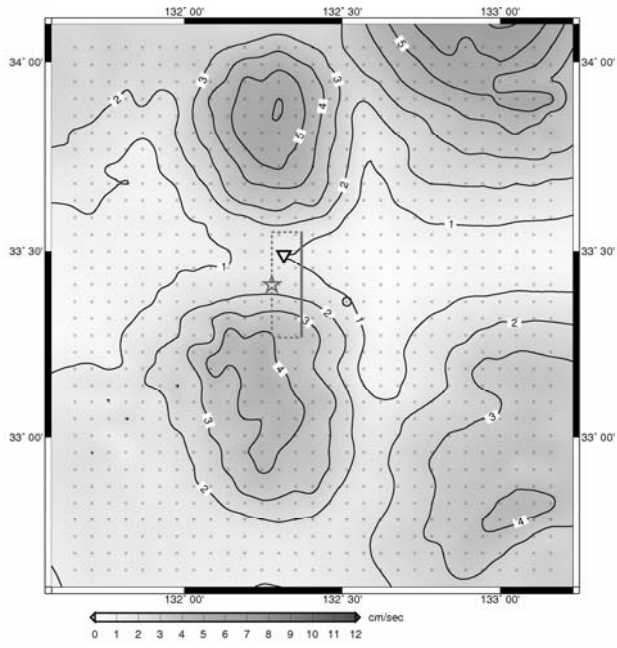
EW 成分



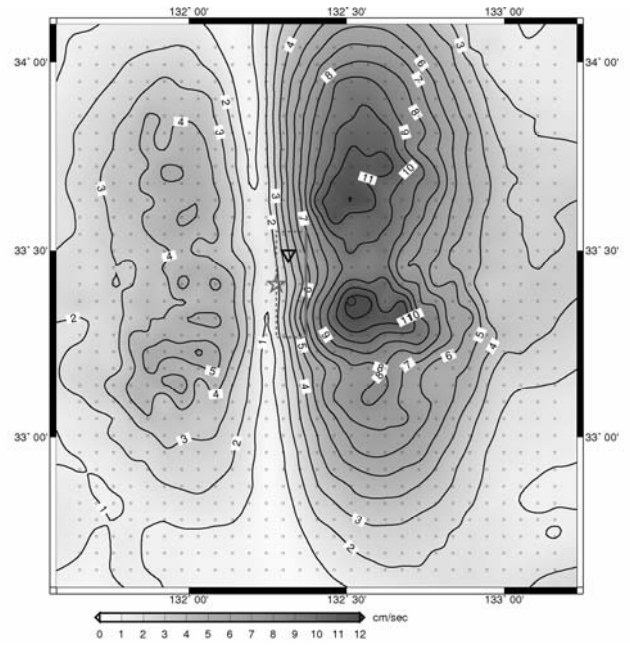
UD 成分



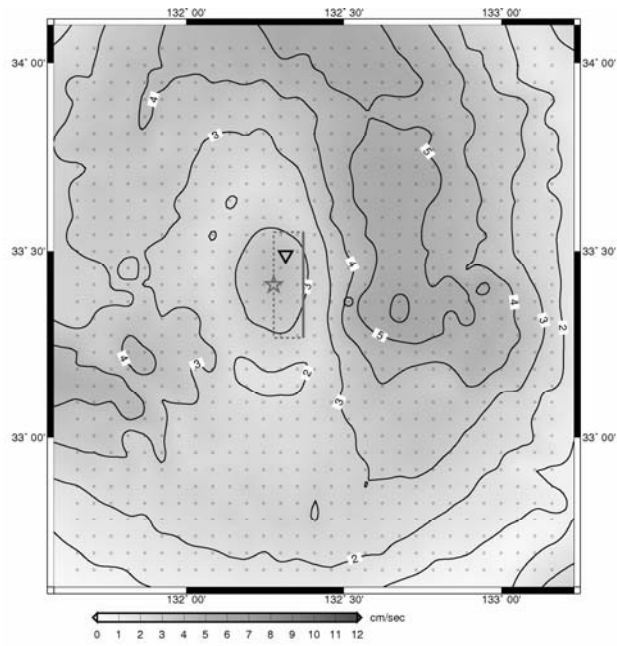
第 2-2(1) 図 最大速度分布図 (破壊開始点 : 北端)



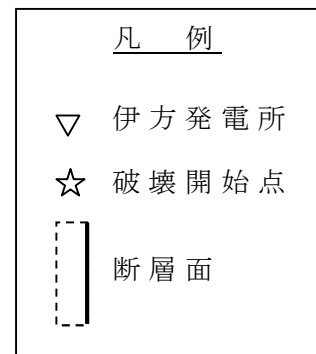
NS 成分



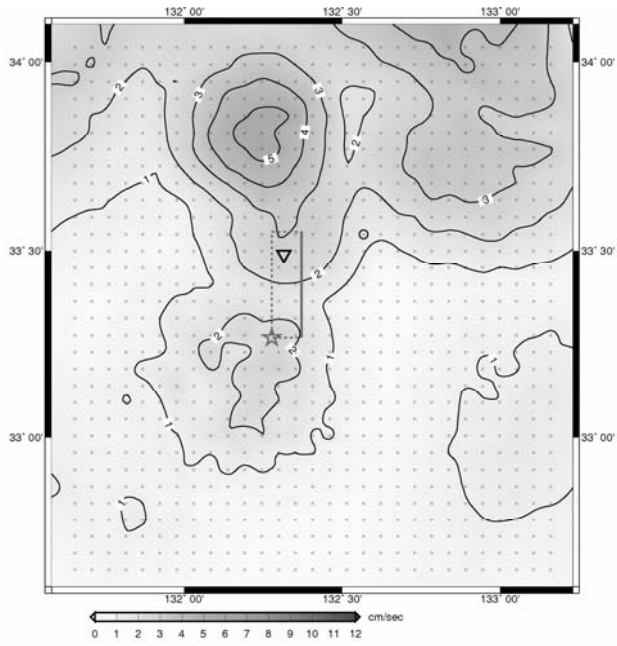
EW 成分



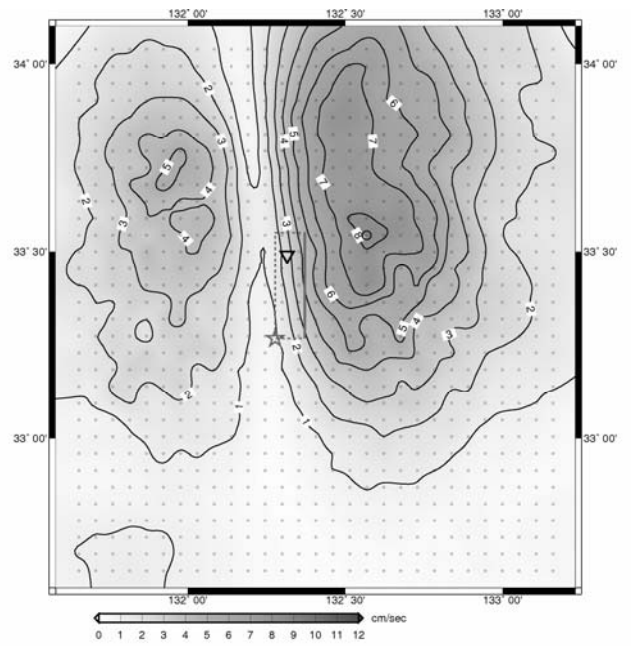
UD 成分



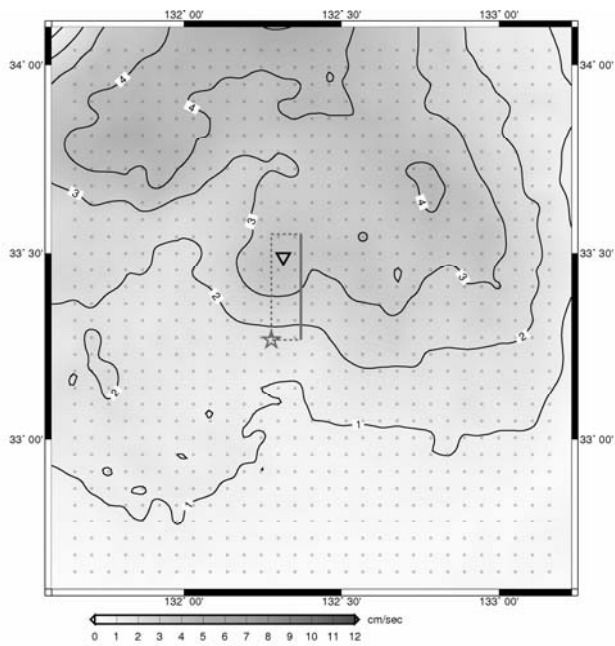
第 2-2(2) 図 最大速度分布図 (破壊開始点 : 中央)



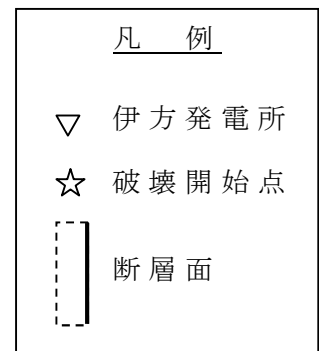
NS 成分



EW 成分

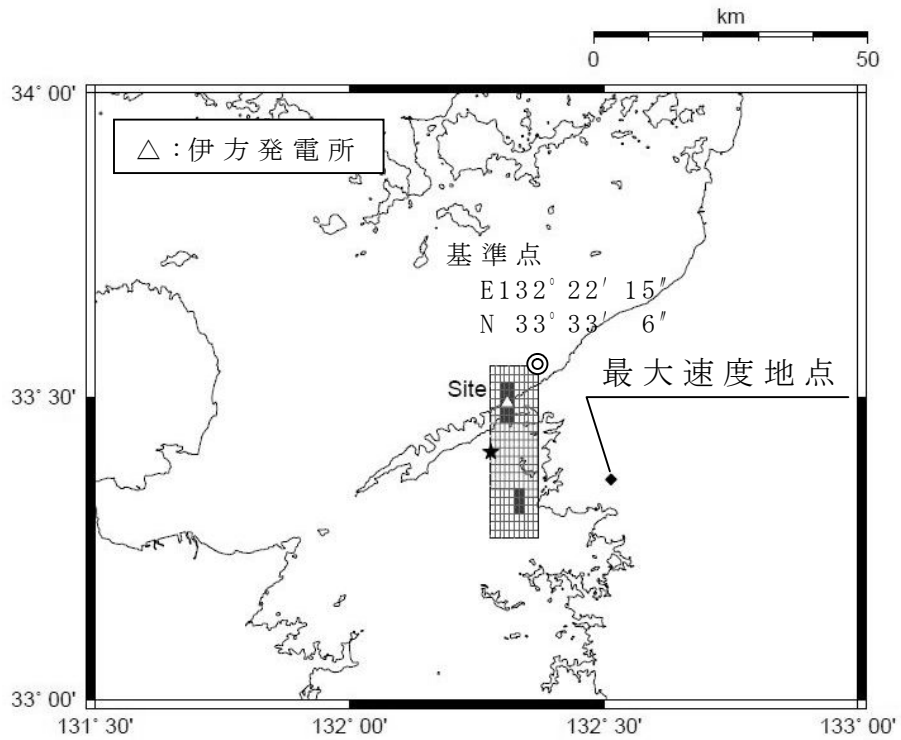


UD 成分

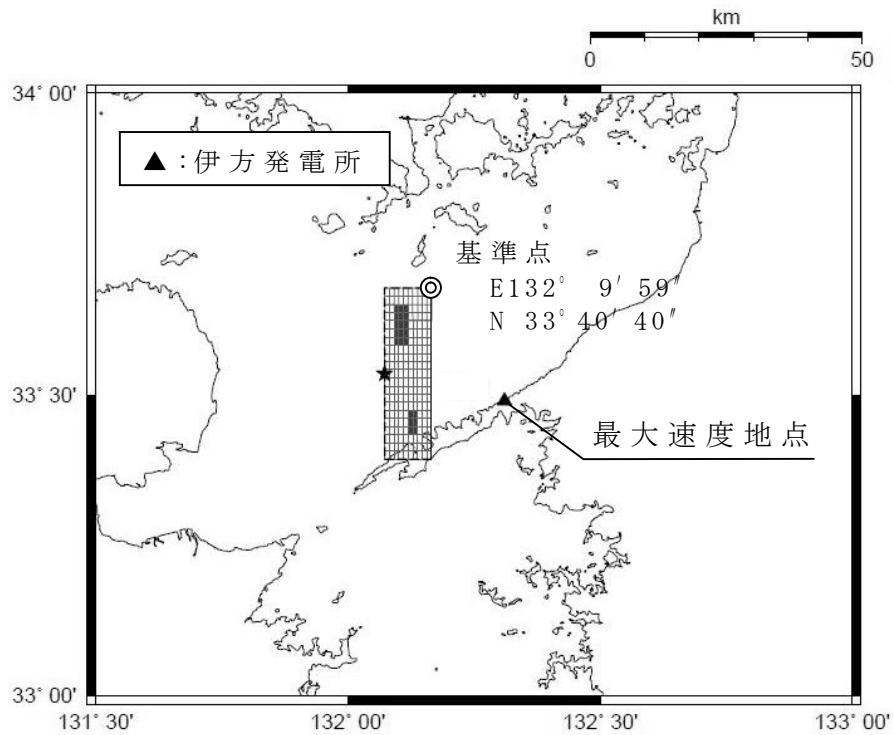


第 2-2(3) 図 最大速度分布図 (破壊開始点 : 南端)



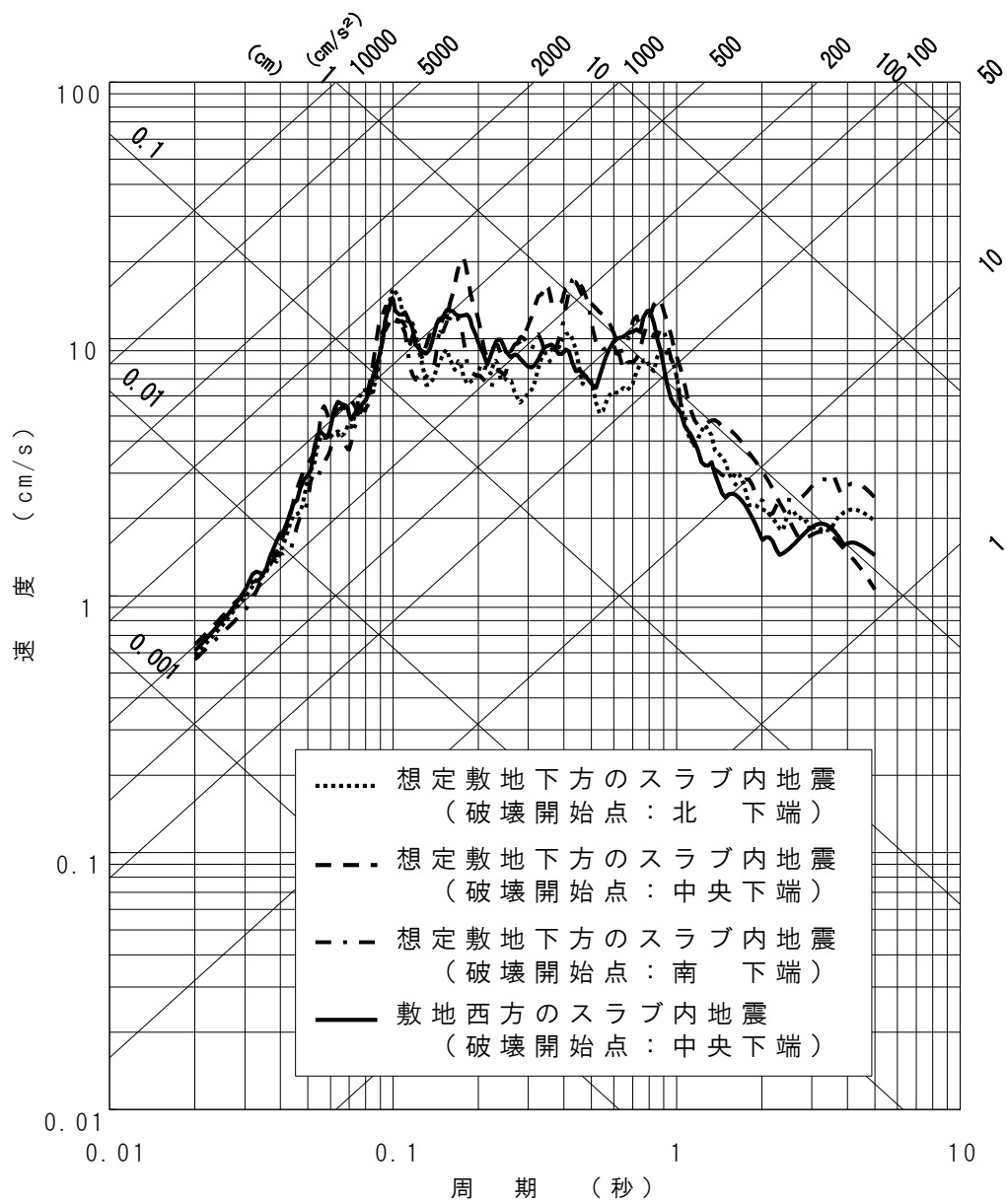


想定敷地下方のスラブ内地震の断層位置図

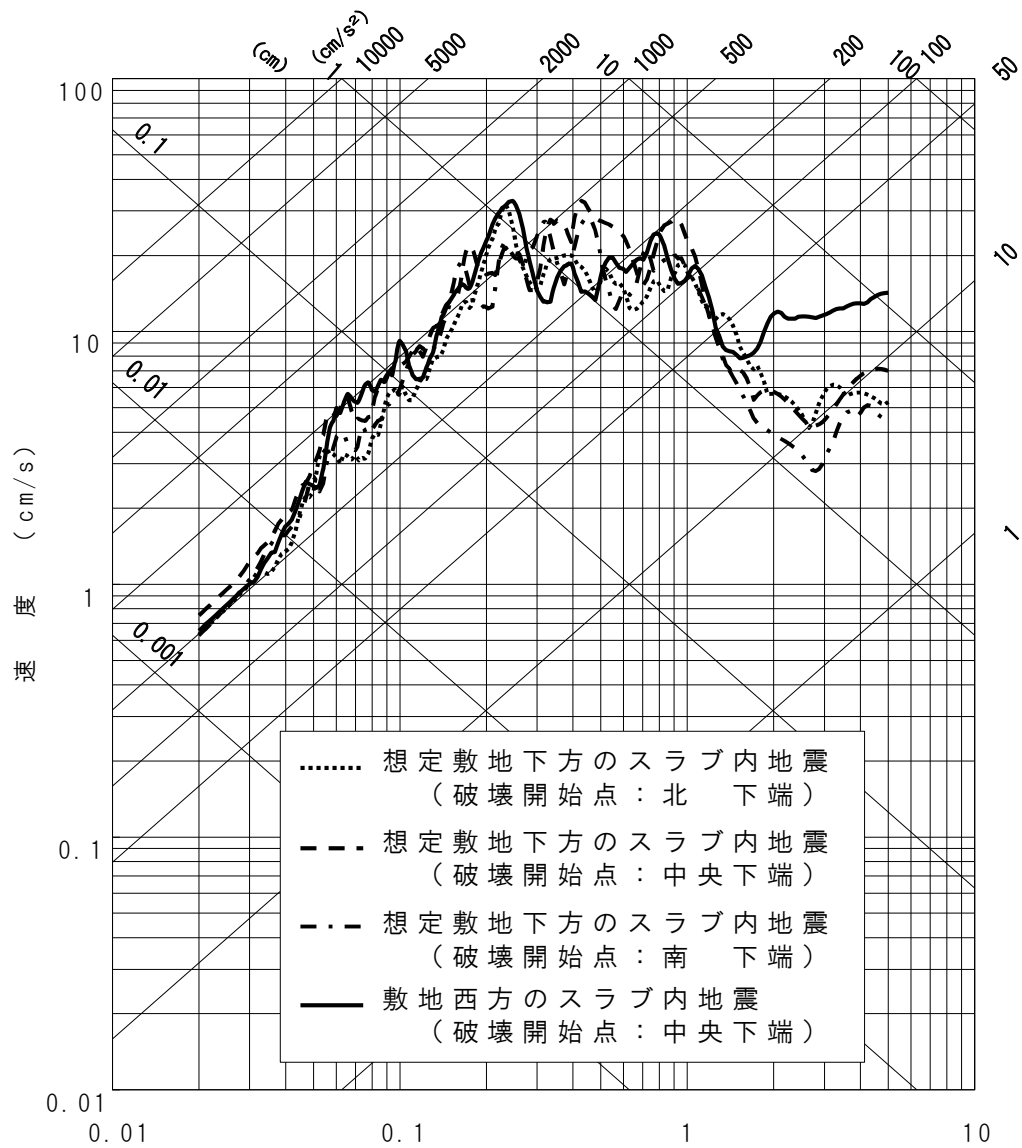


敷地西方のスラブ内地震の断層位置図  
(発電所が最大速度発生位置と一致するように移動)

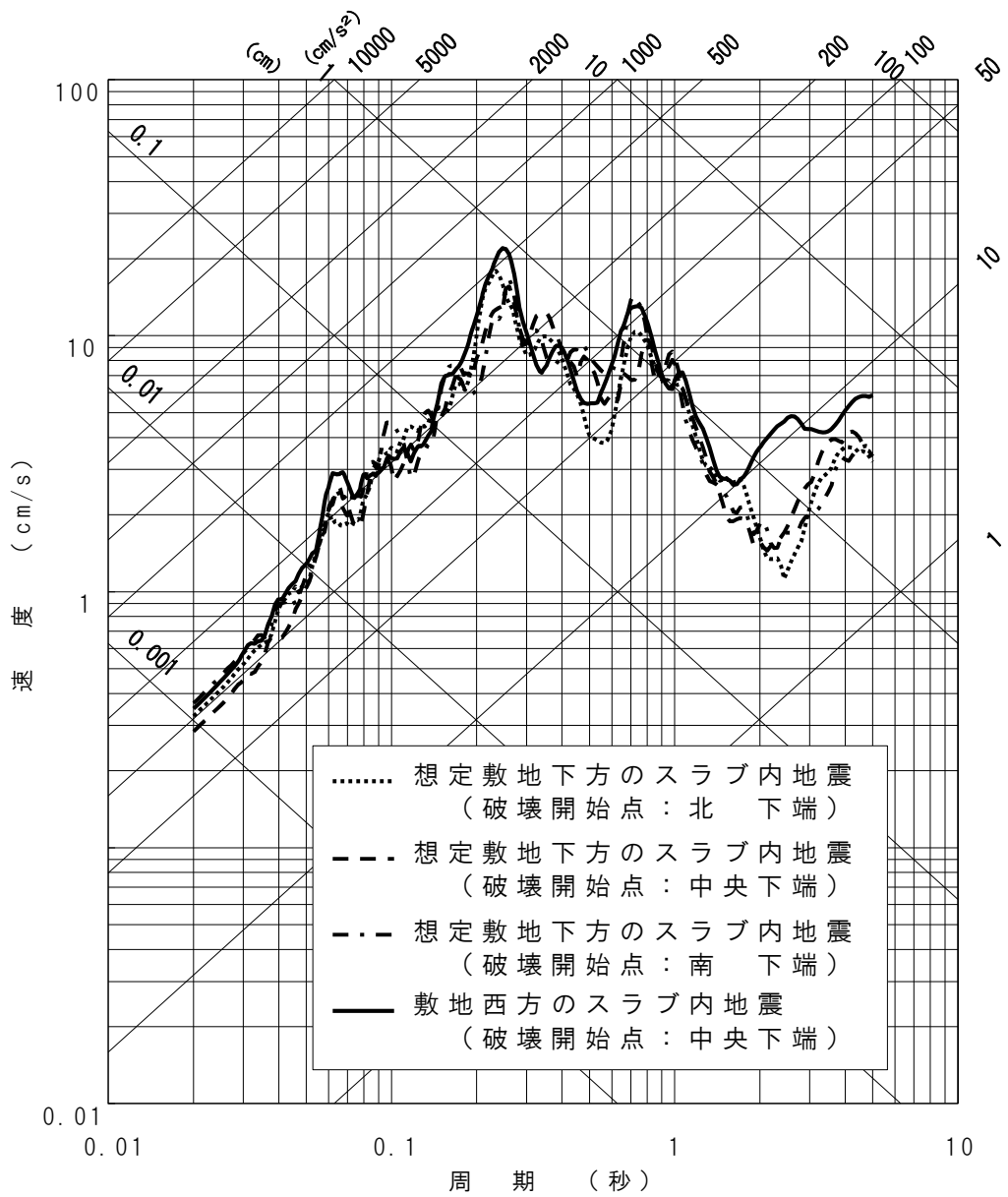
第 2-3 図 断層位置の比較図



第 2-4(1) 図 ハイブリット合成法による評価結果 (NS 成分)



第 2-4(2) 図 ハイブリット合成法による評価結果 (EW 成分)



第 2-4(3) 図 ハイブリット合成法による評価結果 (UD 成分)

### 【参考資料 3 目次】

3.	Q 値に関する検討 .....	IV-250
3.1	2001 年芸予地震のシミュレーション.....	IV-250
3.2	Q 値を変更した場合の検討 .....	IV-250
第 3-1 表	地盤構造モデル .....	IV-252
第 3-2 表	2001 年芸予地震の断層パラメータ.....	IV-253
第 3-3 表	Q 値 190 モデル .....	IV-254
第 3-1 図	2001 年芸予地震の断層モデル.....	IV-255
第 3-2 図	2001 年芸予地震のシミュレーション結果（速度波形） .....	IV-256
第 3-3 図	Q 値変更モデルによる解析結果比較 .....	IV-257

### 3. Q値に関する検討

長周期理論地震動の計算に用いている地盤構造モデル(第3-1表), その深さ200m以浅に設定しているQ値について, 妥当性の検証を行う。

検証は, まず現在設定している地盤構造モデルを用いて2001年芸予地震のシミュレーションを行い, 敷地における観測記録を再現できるかどうかを確認する。さらに, 浅部のQ値を大きくしたモデルにおいて基準地震動Ss-2のケースにおける長周期地震動の計算を行い, 浅部のQ値による影響を確認する。

なお, 断層モデルを用いた手法により策定した基準地震動Ss-2には経験的グリーン関数法による結果を採用しており, 地盤構造モデルより求めた長周期地震動は, その比較対象に用いている。

#### 3.1 2001年芸予地震のシミュレーション

現在設定している地盤構造モデルを用いて, 敷地で観測された最大の地震動である2001年芸予地震のシミュレーションを試みる。

設定している地盤構造モデルを第3-1表に示す。2001年芸予地震の断層モデルおよびパラメータはYagi and Kikuchi(2001)<sup>(1)</sup>によるインバージョン結果を参考に設定する。断層モデルを第3-1図に, 断層パラメータを第3-2表に示す。

解析の結果, 観測記録とシミュレーション結果のフェーズや最大値は概ね整合することを確認した。観測地震とシミュレーションの時刻歴波形(速度)を第3-2図に示す。

#### 3.2 Q値を変更した場合の検討

前節において現在設定している地盤構造モデルにおいて2001年芸予地震を概ね再現できることを確認した。しかしながら現在設定しているQ値のうち, 深さ200m以浅は3号炉建設時におけるPS検層結果や一般的な岩盤の減衰定数等を考慮して設定したものである。このため, 岩盤のせん断波速度( $V_s$ )との関係より推定される値( $Q=V_s/15$ )と比較して小さめの値となっている。

そこで, 表層部のQ値を深さ200mのレベルに設定しているQ値(190)と一致させた地盤構造モデルを新たに設定し理論的手法により地震動評価を行う。

Q 値の影響の検討に用いる地盤構造モデルを第 3-3 表に示す。断層モデルおよびそのパラメータは、基準地震動 Ss-2 として採用した想定敷地前面海域の断層群による地震③のケースであり、破壊開始点は断層西下端である。

地震動評価の結果を第 3-3 図に示す。評価の結果、現在設定している地盤構造モデルによる地震動評価と、今回 Q 値を大きくした地盤構造モデルによる地震動評価ではほとんど変化が見られないことが確認できる。

#### 参考文献

- (1) 「Joint inversion was made using strong-ground-motion data (provided by K-net (NIED)) and teleseismic data」 Yagi, Y. and M. Kikuchi, <http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/yuji/Akinada/>, 2001
- (2) 「Analysis of the 2001 Geiyo, Japan, earthquake using high-density strong ground motion data: Detailed rupture process of a slab earthquake in a medium with a large velocity contrast」 Kakehi, Y., J. Geophys. Res., 109, 2004

第 3-1 表 地盤構造モデル

層上面 (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Q 値	備 考
0	5300	2600	3.0	50	$\nu = 0.34$
10	5500	2700	3.0	50	同上
200	5700	2800	3.0	190	同上
2000	6100	3500	3.0	230	$V_p = 1.73 \times V_s$
16000	6700	3870	2.8	400	Takehi (2004) <sup>(2)</sup> を参照
40000	6600	3820	2.8	400	同上
42000	6700	3870	2.9	400	同上
46000	8000	4620	3.2	1200	同上

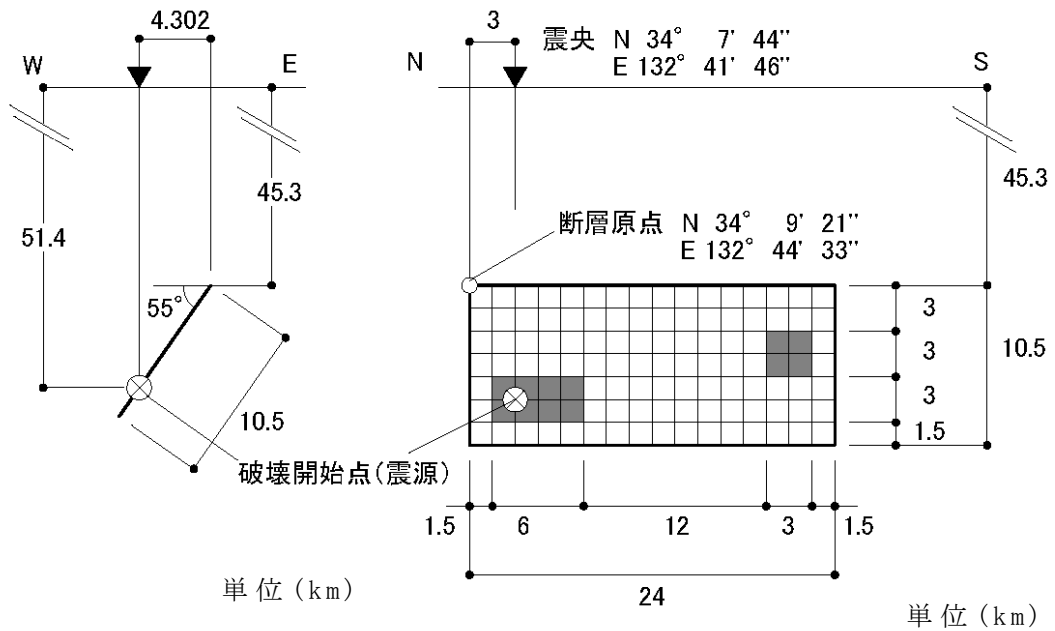
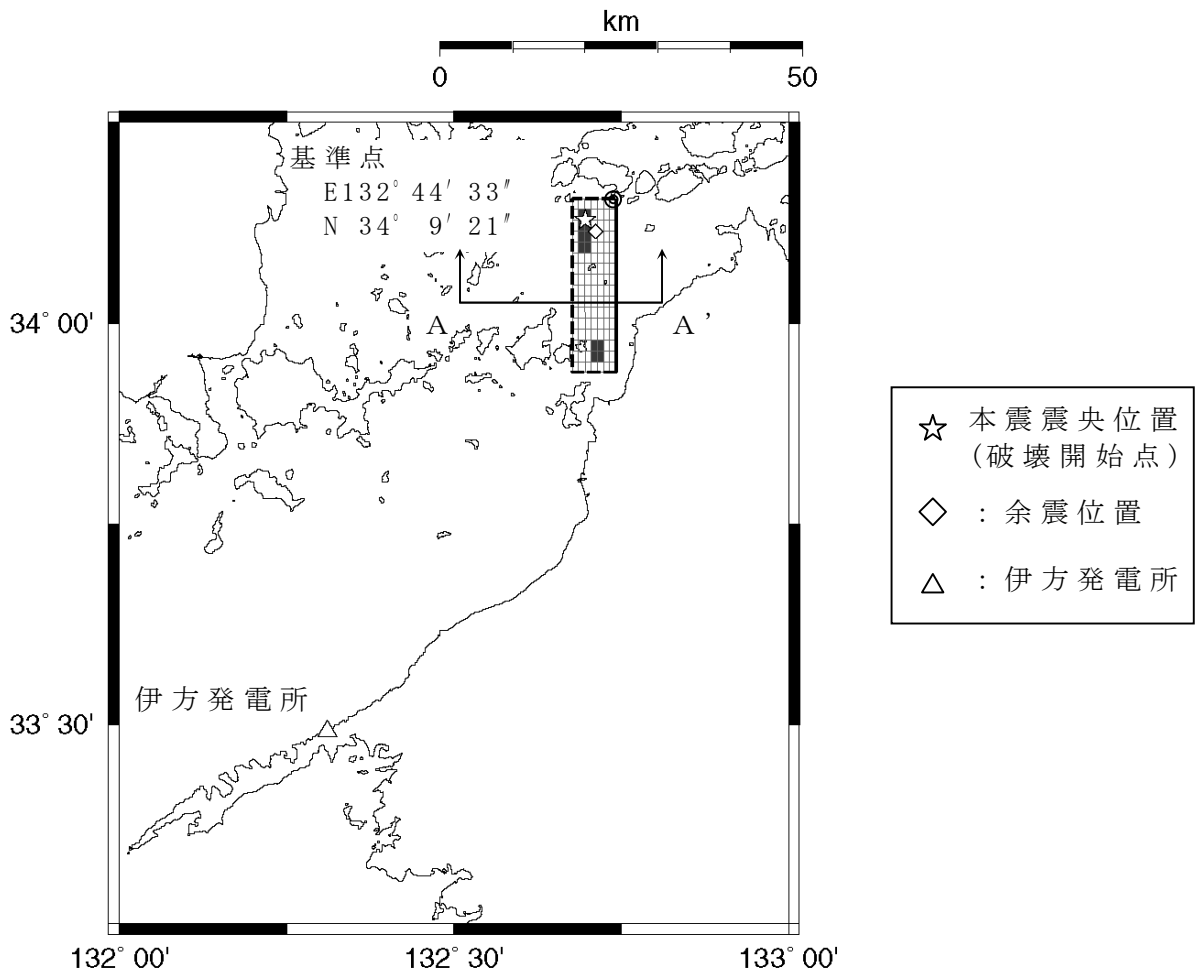


第 3-2 表 2001 年芸予地震の断層パラメータ

断層パラメータ		記号	想定地震
断層位置 (断層北端)		-	東経 : 132° 44' 33" 北緯 : 34° 9' 21"
走向		$\theta$	N180E
傾斜角		$\delta$	55°
断層長さ		L	24 km
断層幅		W	10.5 km
断層面積		S	242 km <sup>2</sup>
断層上端深さ		H	45.3 km
破壊伝播形式		-	同心円状
応力降下量		$\Delta \sigma$	9.78MPa
地震モーメント		$M_0$	1.51E+19N・m
モーメントマグニチュード		$M_w$	6.7
気象庁マグニチュード		$M_J$	6.7
剛性率		$\mu$	5.28E+10N/m <sup>2</sup>
平均すべり量		D	118cm
S波速度		$\beta$	4.0 km/s
破壊伝播速度		$V_R$	2.88 km/s
短周期レベル		A	5.76E+19N・m/s <sup>2</sup>
全 リ テ ィ ス ペ	地震モーメント	$M_{0a}$	3.03E+18N・m
	面積	$S_a$	24.2 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_a$	237 cm
	応力降下量	$\sigma_a$	97.8 MPa
ペ 第 リ 1 テ ィ ス	地震モーメント	$M_{0a1}$	2.46E+18N・m
	面積	$S_{a1}$	17.6 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_{a1}$	265 cm
	実効応力	$\sigma_{a1}$	97.8 MPa
ペ 第 リ 2 テ ィ ス	地震モーメント	$M_{0a2}$	5.65E+17N・m
	面積	$S_{a2}$	6.6 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_{a2}$	162 cm
	実効応力	$\sigma_{a2}$	97.8 MPa
背 景 領 域	地震モーメント	$M_{0b}$	1.21E+19N・m
	面積	$S_b$	217.8 km <sup>2</sup>
	平均すべり量	$D_b$	105 cm
	実効応力	$\sigma_b$	11.0 MPa

第 3-3 表 Q 値 190 モデル

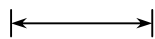
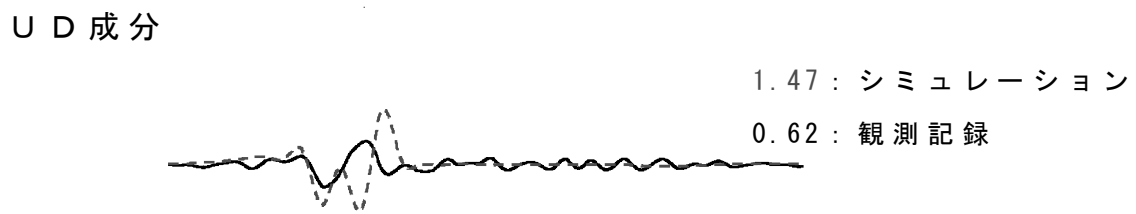
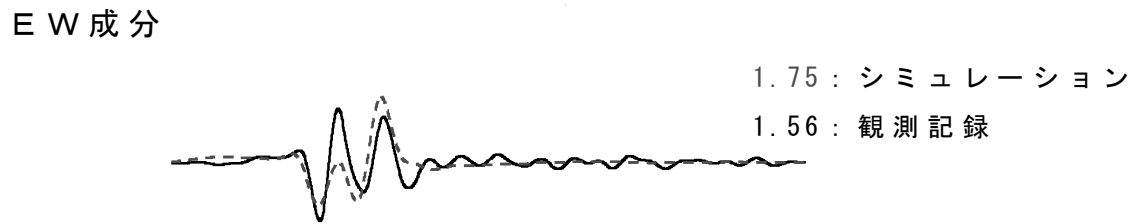
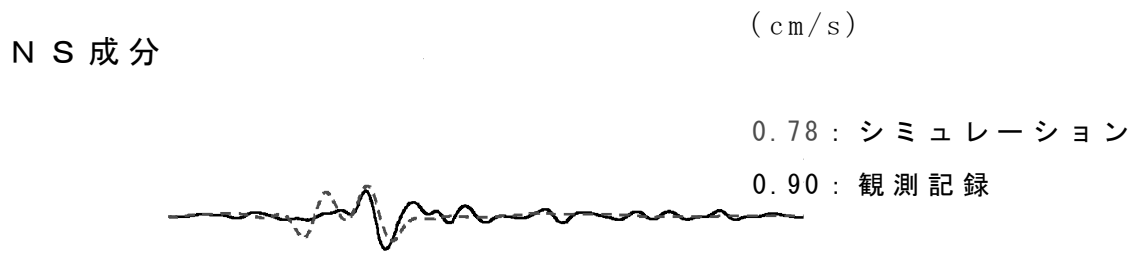
層上面 (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Q 値	備 考
0	5300	2600	3.0	190	$\nu = 0.34$
10	5500	2700	3.0	190	同上
200	5700	2800	3.0	190	同上
2000	6100	3500	3.0	230	$V_p = 1.73 \times V_s$
16000	6700	3870	2.8	400	Takehi (2004) <sup>(2)</sup> を参照
40000	6600	3820	2.8	400	同上
42000	6700	3870	2.9	400	同上
46000	8000	4620	3.2	1200	同上



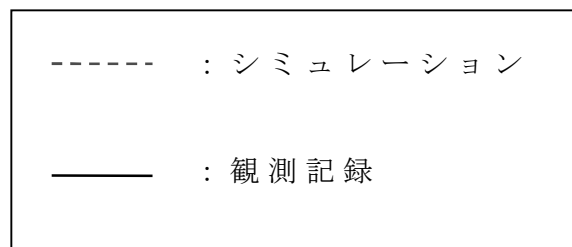
(A-A' 断面図)

断層モデル

第 3-1 図 2001 年芸予地震の断層モデル



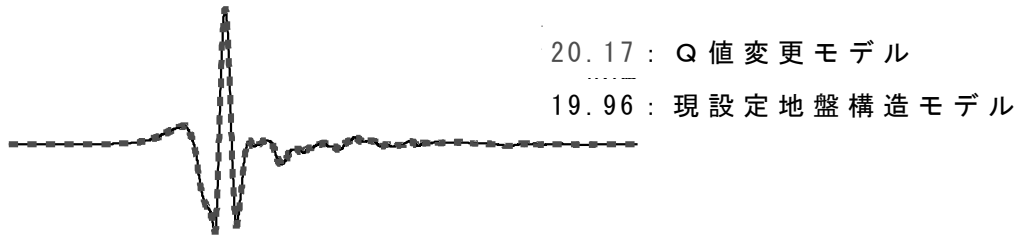
10 秒



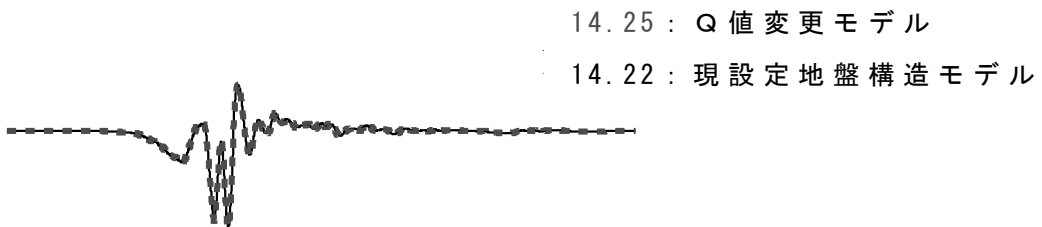
第 3-2 図 2001 年芸予地震のシミュレーション結果 (速度波形)

N S 成分

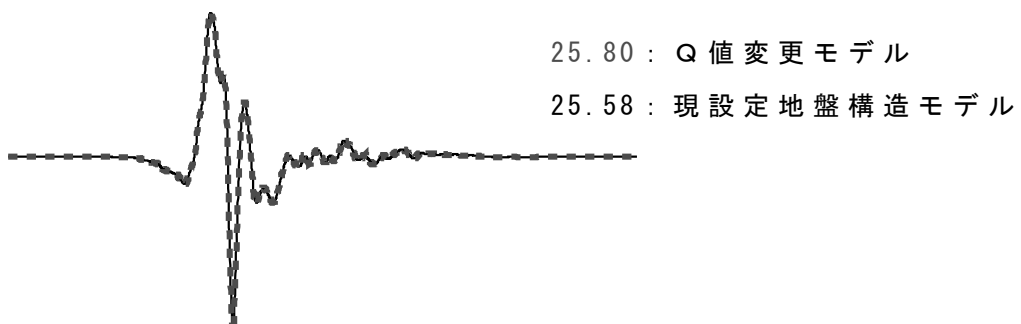
(cm/s)



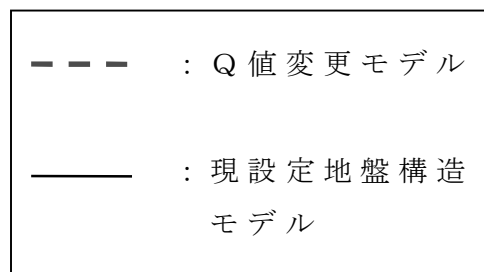
E W 成分



U D 成分



10 秒



第 3-3 図 Q 値変更モデルによる解析結果比較

## 【参考資料 4 目次】

4	密度に関する検討	IV-259
4.1	検討内容	IV-259
4.2	地盤構造モデル	IV-259
4.3	対象ケース	IV-259
4.4	検討結果	IV-260
第 4-1 表	地盤構造モデル	IV-261
第 4-2 表	地盤構造モデルの比較	IV-262
第 4-1 図	速度波形の比較	IV-263

## 4 密度に関する検討

本資料では、長周期理論地震動の評価に用いた地盤構造モデルについて、設定したパラメータのうち密度に関する検討を行い、密度の変化による地震動への影響を確認した。

### 4.1 検討内容

地盤構造モデルを第 4-1 表に示す。地盤構造モデルは理論的手法に用いるものであり、ハイブリッド合成法による地震動評価において長周期側の理論地震動を求める際に策定したものである。モデルにおいて、深さ 2 km 以浅は、主に敷地での地質調査結果等を基に密度を  $3.0(\text{g}/\text{cm}^3)$  と設定している。一方、それ以深の深部地盤は Kakehi(2004)を参考に設定したものであり、浅部および深部の異なるデータを組み合わせて設定したモデルである。

現行の地盤構造モデルでは、浅部から深部に向かって密度が小さくなる構造（密度の逆転現象）が一部存在する。これは、前述したように元々出典の異なる浅部および深部のデータの組み合わせによりモデルを設定していることに起因する。浅部地盤は調査結果に基づき、深部地盤は 2001 年芸予地震における地震動解析に基づいて設定されたモデルであり、それぞれ信頼性のあるモデルであると考えられる。しかしながら、この密度の逆転現象を解消した地盤構造モデルを設定して理論計算を行い、密度の変化が地震動に与える影響について検討を行った。

### 4.2 地盤構造モデル

密度の逆転を解消した地盤構造モデルを現行の地盤構造モデルと比較して第 4-2 表に示す。深さ 16km~46km 間の密度を浅部地盤の密度と一致させ、 $3.0(\text{g}/\text{cm}^3)$  と設定することで、密度の逆転が現れない地盤構造モデルを策定した。なお、現行の設定モデルをケース①、今回の評価モデルをケース②とする。

### 4.3 対象ケース

理論計算は、敷地前面海域の断層群による地震を対象として行い、基準地震動 Ss-2 として採用している、断層長さ 42km、断層傾斜角  $30^\circ$ 、アスペリティを上端に配置した場合（想定敷地前面

海域の断層群による地震③) について実施した。また、破壊伝播方向の不確かさの考慮として、破壊開始点を断層面下端の西端、中央、東端の3箇所を設定した。

#### 4.4 検討結果

理論計算の結果得られた速度波形を第4-1図に示す。速度波形は、大きく破壊開始点のケース毎に分けて示し、さらにNS,EW,UD成分毎に、ケース①とケース②を対比して表示する。また、密度を変化させる前後での最大速度の増減(変動率)を、ピーク増減として示す。

密度を変化させて理論計算を行った結果、最大速度値の増減は±2%程度であり、地震動にはほとんど影響がないことを確認した。

なお、地盤構造モデルを用いて策定した地震動は、ハイブリッド合成法の長周期側として採用している。ハイブリッド合成法は、経験的グリーン関数法による地震動推定結果ならびにその中から選定した基準地震動Ss-2との比較に用いているものであり、基準地震動としては採用していない。

#### 参考文献

- (1) 「Analysis of the 2001 Geiyo, Japan, earthquake using high-density strong ground motion data: Detailed rupture process of a slab earthquake in a medium with a large velocity contrast」 Kakehi, Y., J. Geophys. Res., 109, 2004

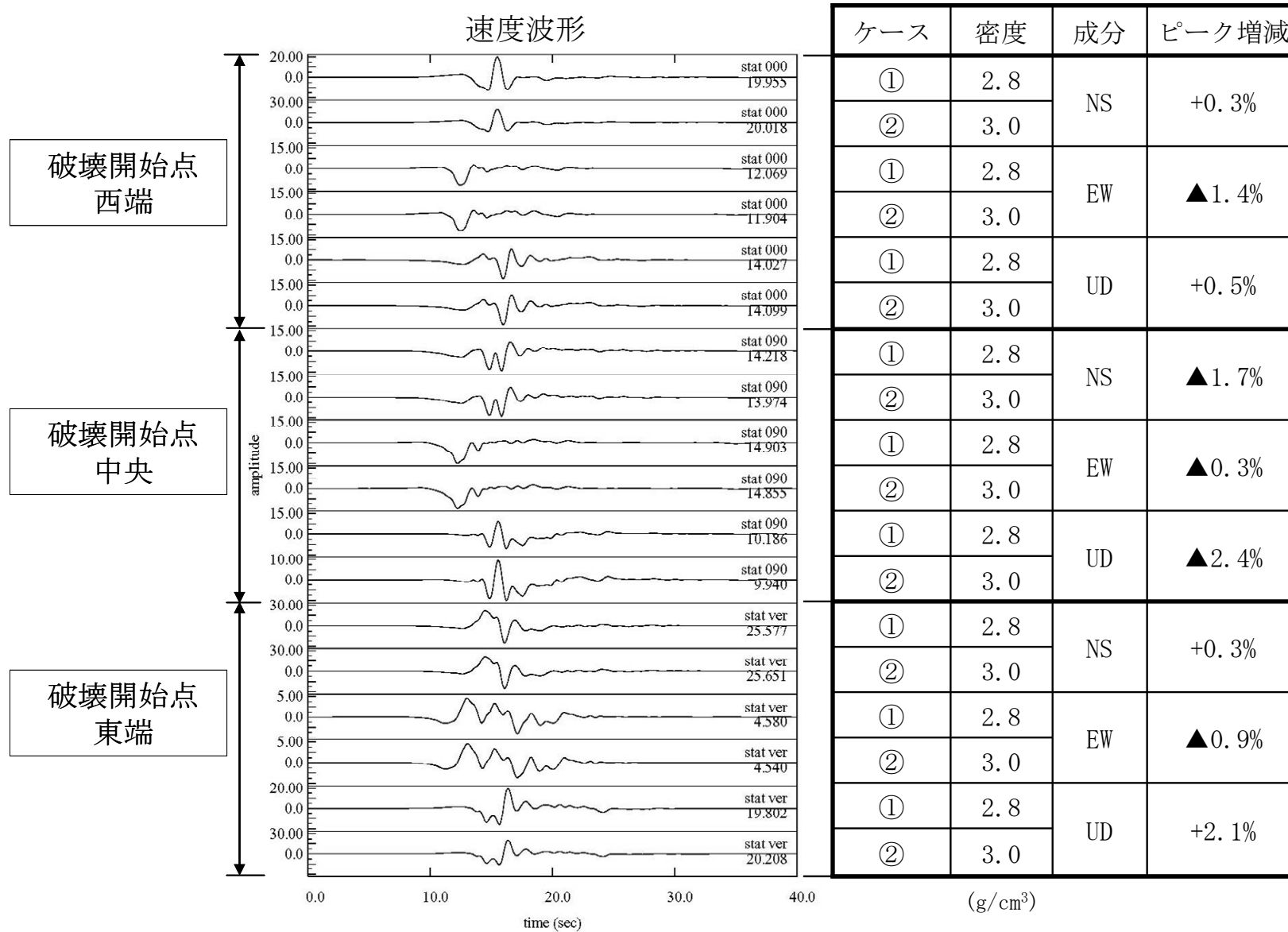


第 4-1 表 地盤構造モデル

層上面 (m)	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Q 値	備 考
0	5300	2600	3.0	50	$\nu = 0.34$
10	5500	2700	3.0	50	同上
200	5700	2800	3.0	190	同上
2000	6100	3500	3.0	230	$V_p = 1.73 \times V_s$
16000	6700	3870	2.8	400	Takehi (2004) <sup>(1)</sup> を参照
40000	6600	3820	2.8	400	同上
42000	6700	3870	2.9	400	同上
46000	8000	4620	3.2	1200	同上

第 4-2 表 地盤構造モデルの比較

層上面 (m)	ケース①(現行モデル)				ケース②(検討モデル)			
	Vp (m/s)	Vs (m/s)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Q 値	Vp (m/s)	Vs (m/s)	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	Q 値
0	5300	2600	3.0	50	5300	2600	3.0	50
10	5500	2700	3.0	50	5500	2700	3.0	50
200	5700	2800	3.0	190	5700	2800	3.0	190
2000	6100	3500	3.0	230	6100	3500	3.0	230
16000	6700	3870	2.8	400	6700	3870	3.0	400
40000	6600	3820	2.8	400	6600	3820	3.0	400
42000	6700	3870	2.9	400	6700	3870	3.0	400
46000	8000	4620	3.2	1200	8000	4620	3.2	1200



第 4-1 図 速度波形の比較

## 【参考資料 5 目次】

5.	模擬地震波の位相特性に関する検討	IV-265
5.1	検討内容	IV-265
5.2	検討方法	IV-265
5.3	検討結果	IV-265
第 5-1 表	目標応答スペクトルへの適合条件	IV-267
第 5-2 表	模擬地震波の最大加速度および適合判定結果一覧	IV-268
第 5-1 図	模擬地震波の作成フロー	IV-269
第 5-2 図	目標応答スペクトル	IV-270
第 5-3 図	基準地震動 $S_s-2$ の時刻歴波形	IV-271
第 5-4 図	断層モデル位相を用いて作成した模擬地震波の応答スペクトル	IV-272
第 5-5 図	一様乱数による位相を用いて作成した模擬地震波の応答スペクトル	IV-273
第 5-6 図	断層モデル位相および一様乱数による位相を用いて作成した模擬地震波	IV-274

## 5. 模擬地震波の位相特性に関する検討

### 5.1 検討内容

伊方発電所の耐震安全性評価において、基準地震動は応答スペクトルに基づく基準地震動  $S_s-1$  および断層モデルを用いた手法による基準地震動  $S_s-2$  の2種類を策定している。

基準地震動  $S_s-1$  の模擬地震波は、全ての検討用地震による地震動等の影響を応答スペクトル上で包絡するように設定した応答スペクトルを目標として策定した模擬地震波であり、位相を一様乱数として設定している。

一方、基準地震動  $S_s-2$  の模擬地震波は、検討用地震のうち敷地に及ぼす影響が大きい内陸地殻内地震である敷地前面海域の断層群による地震について、断層モデルを用いた手法により評価した地震波そのものを採用している。

本資料では、基準地震動  $S_s-1$  の応答スペクトルに基準地震動  $S_s-2$  の位相(以下、「断層モデル位相」と呼ぶ)を適用して模擬地震波を作成し、一様乱数を用いて作成した基準地震動  $S_s-1$  の模擬地震波との比較を行い、適用する位相が地震動評価に与える影響について検討を行った。

### 5.2 検討方法

模擬地震波の作成フローを第5-1図に示す。応答スペクトルへの適合度は、第5-1表に示す条件により判定することとする。

模擬地震波の作成にあたっては、断層モデル位相を採用し、目標とする応答スペクトルは基準地震動  $S_s-1$  の設計用応答スペクトルとする。水平方向について検討するものとし、第5-2図に目標とする基準地震動  $S_s-1H$  の応答スペクトルを、第5-3図に基準地震動  $S_s-2NS$  および  $S_s-2EW$  の時刻歴波形を示す。本検討では、この時刻歴波形の位相を用いることとなる。

### 5.3 検討結果

断層モデル位相を用いて作成した模擬地震波の応答スペクトルを第5-4図に示す。さらに比較のため、一様乱数による位相を用いて作成した模擬地震波の応答スペクトルを第5-5図に示す。これらを比較すると、断層モデル位相と一様乱数による位相を用いて作成した模擬地震波の応答スペクトルに大きな差異はみられ

ないことが確認できる。

次に、断層モデル位相および一様乱数による位相のそれぞれを用いて作成した模擬地震波を第 5-6 図に、模擬地震波の最大加速度および適合判定結果一覧を第 5-2 表に示す。

最大加速度値に着目すると、一様乱数による位相を用いた場合の最大加速度 570 ガル(基準地震動  $S_s-1H$  の最大加速度)に対し、断層モデル位相を用いた場合は NS 方向で 517 ガル, EW 方向で 559 ガルと基準地震動  $S_s-1H$  の最大加速度と同程度の結果となった。

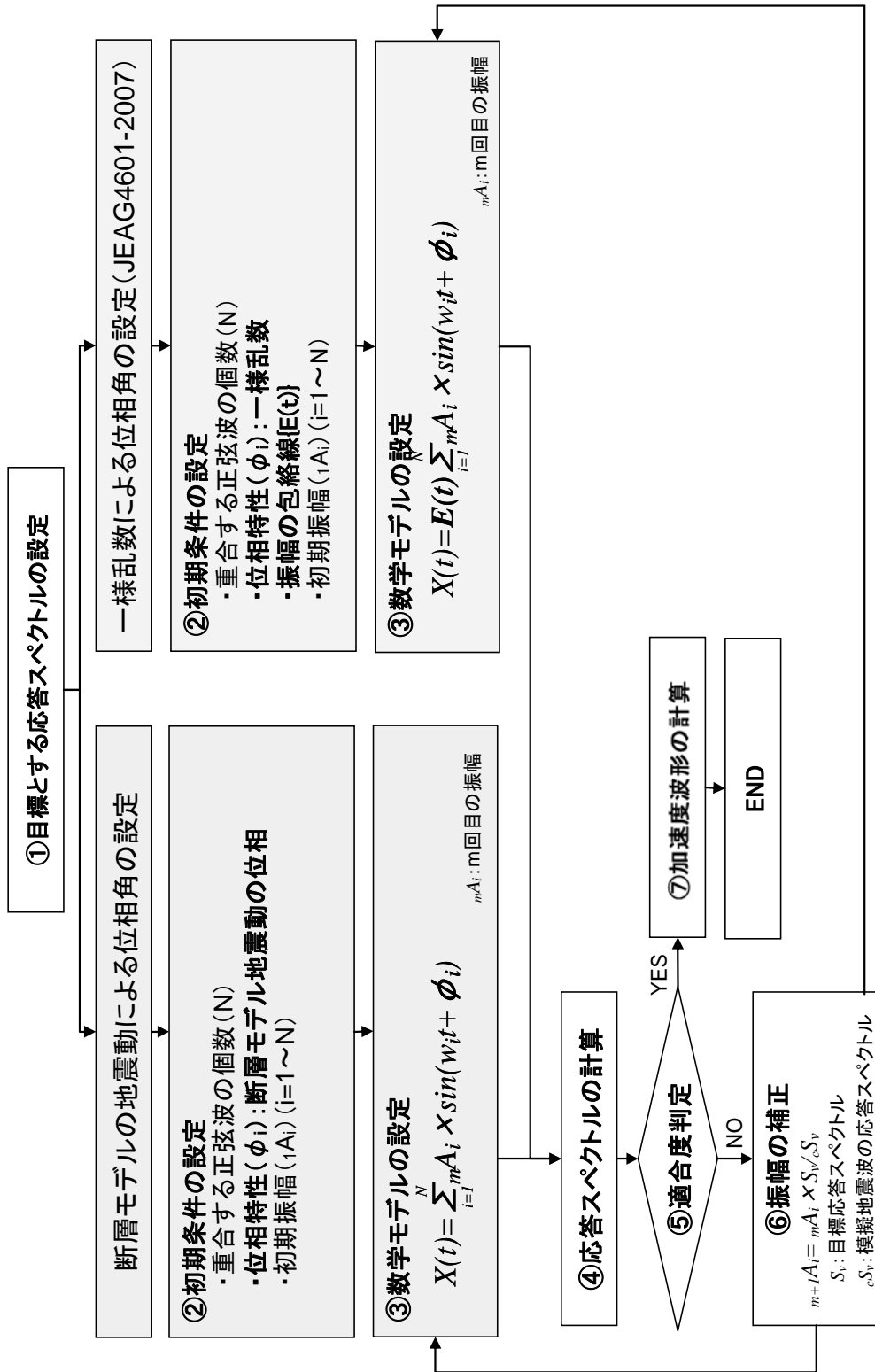
第 5-1 表 目標応答スペクトルへの適合条件

適合条件	スペクトル比の 最小値	$\frac{S_{v1}(T)}{S_{v2}(T)} \geq 0.85 \quad (0.02 \leq T)$ <p> <math>S_{v1}(T)</math>: 模擬地震波の応答スペクトル値  <math>S_{v2}(T)</math>: 目標とする応答スペクトル値         </p>
	応答スペクトル 強度比 (SI比)	$\text{SI比: } \frac{\int_{0.1}^{2.5} S_v(T) dt}{\int_{0.1}^{2.5} \bar{S}_v(T) dt} \geq 1.0$ <p> <math>S_v(T)</math>: 模擬地震波の応答スペクトル (cm/s)  <math>\bar{S}_v(T)</math>: 目標とする応答スペクトル (cm/s)         </p>

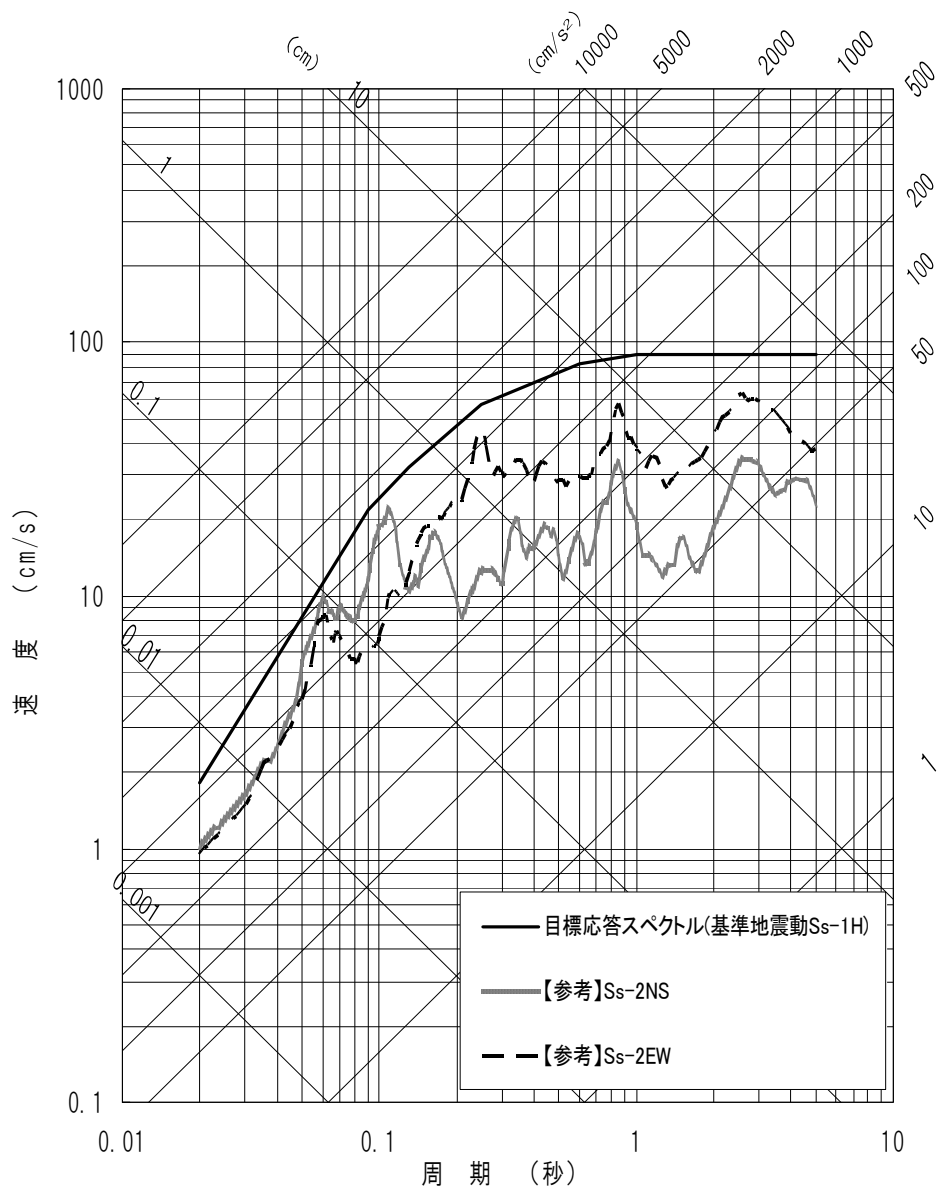
第 5-2 表 模擬地震波の最大加速度および適合判定結果一覧

	位相特性	最大加速度 ( $\text{cm/s}^2$ )	適合条件	
			スペクトル 比の最小値 ( $\geq 0.85$ )	スペクトル 強度比 ( $\geq 1.0$ )
模擬地震波	断層モデル 位相 (NS 方向)	517	0.91	1.00
	断層モデル 位相 (EW 方向)	559	0.89	1.00
基準地震動 Ss-1H	一様乱数に よる位相	570	0.90	1.00



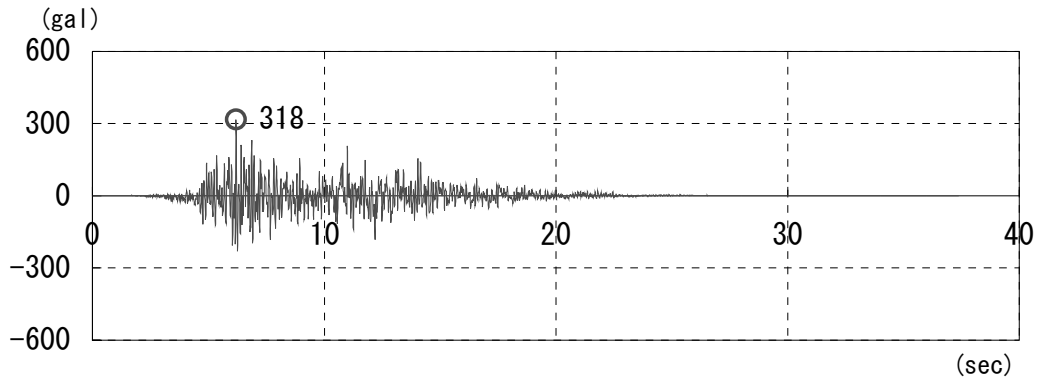


第 5-1 図 模擬地震波の作成フロー

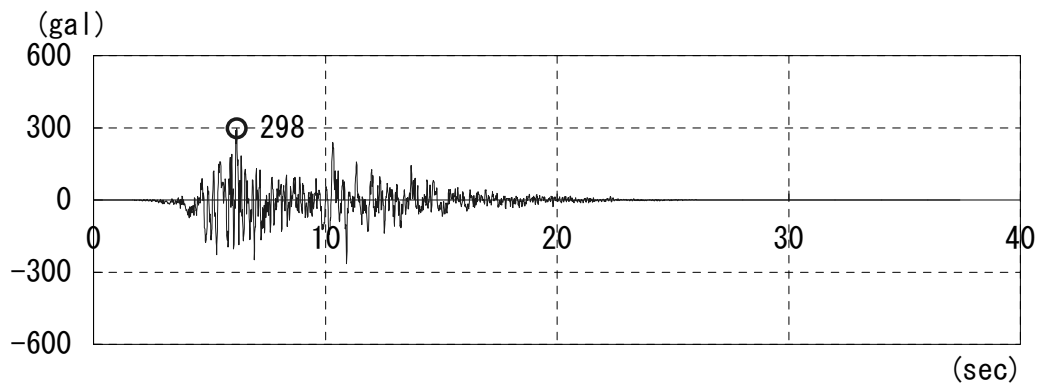


第 5-2 図 目標応答スペクトル

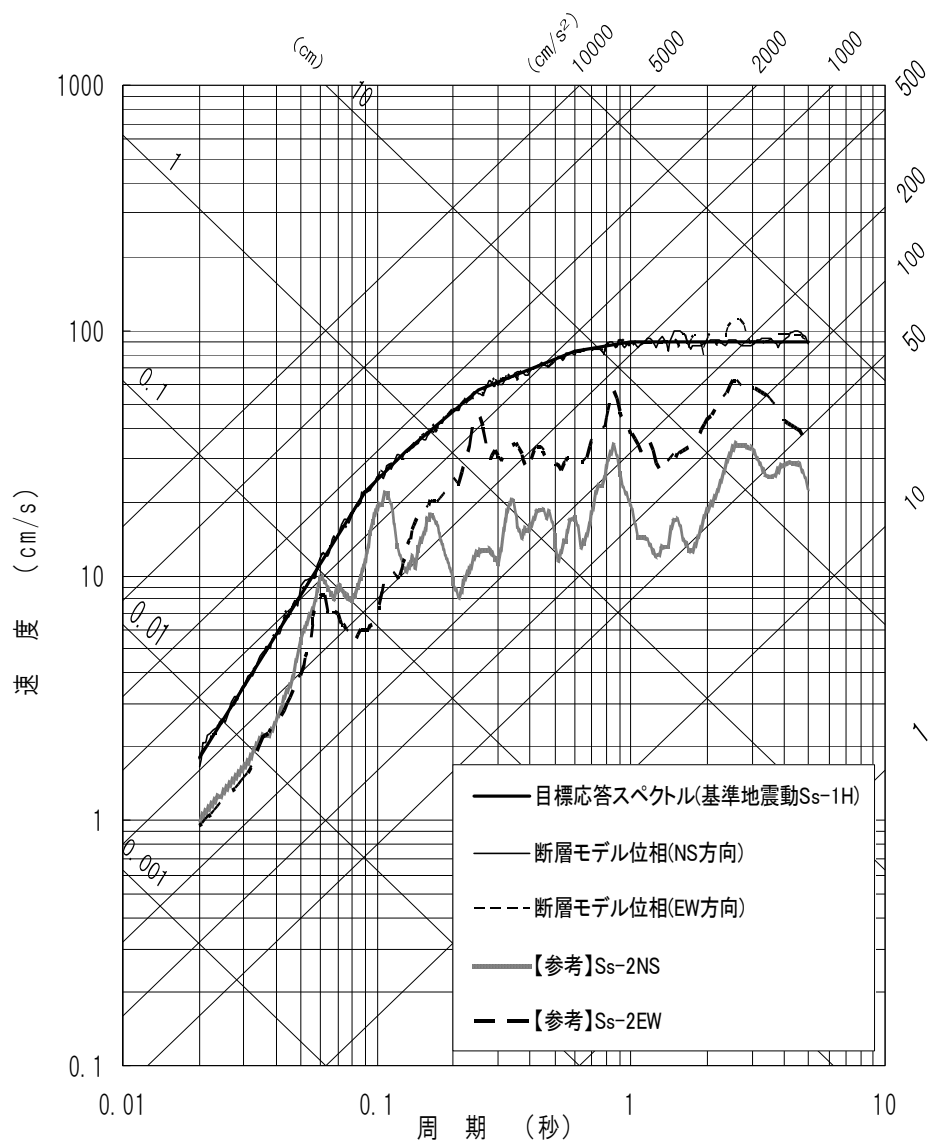
【 S<sub>s</sub>-2NS 】



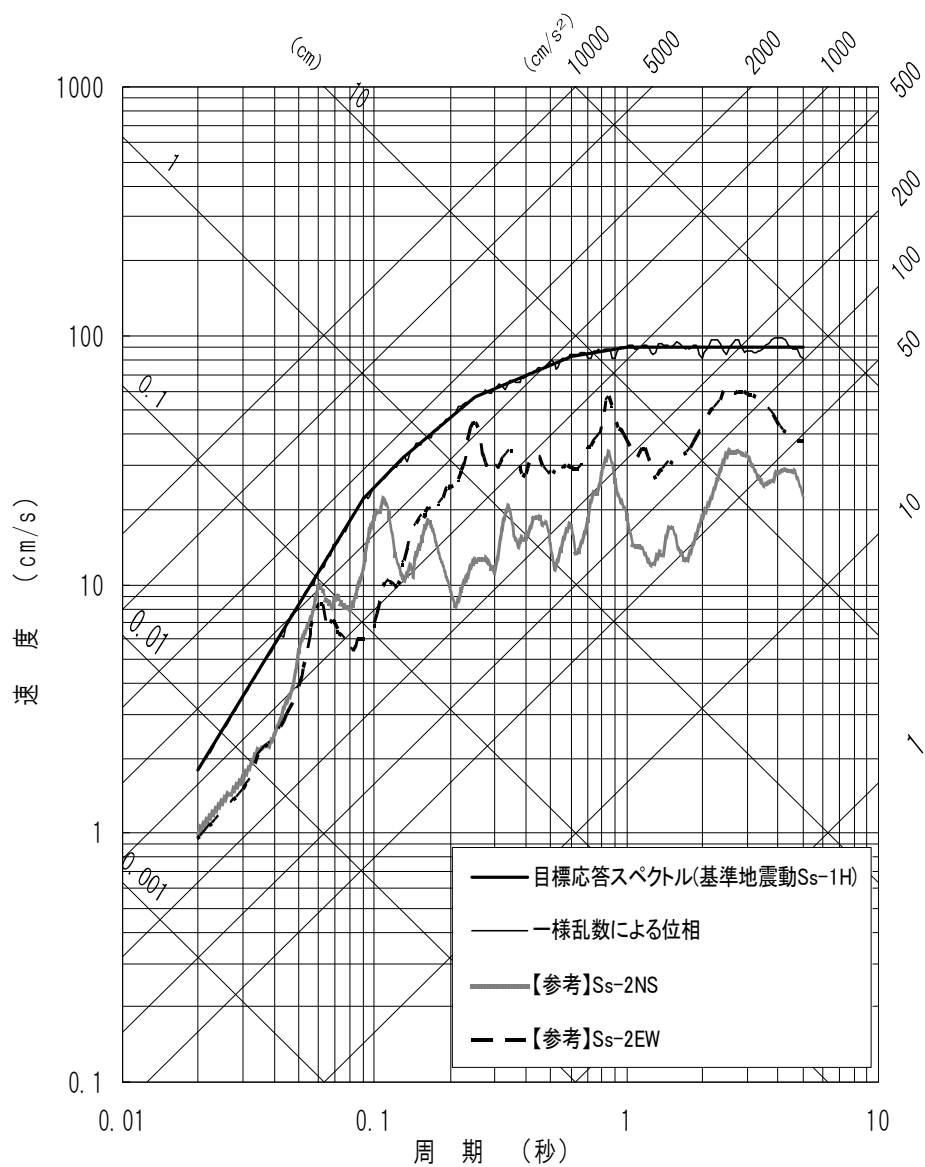
【 S<sub>s</sub>-2EW 】



第 5-3 図 基準地震動 S<sub>s</sub>-2 の時刻歴波形

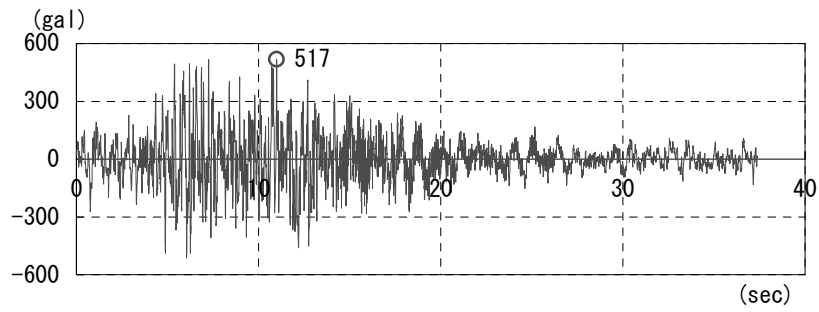


第 5-4 図 断層モデル位相を用いて作成した模擬地震波の応答スペクトル

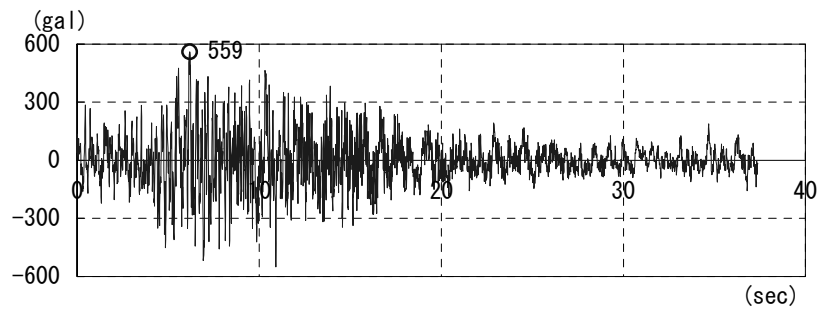


第 5-5 図 一様乱数による位相を用いて作成した模擬地震波の応答スペクトル

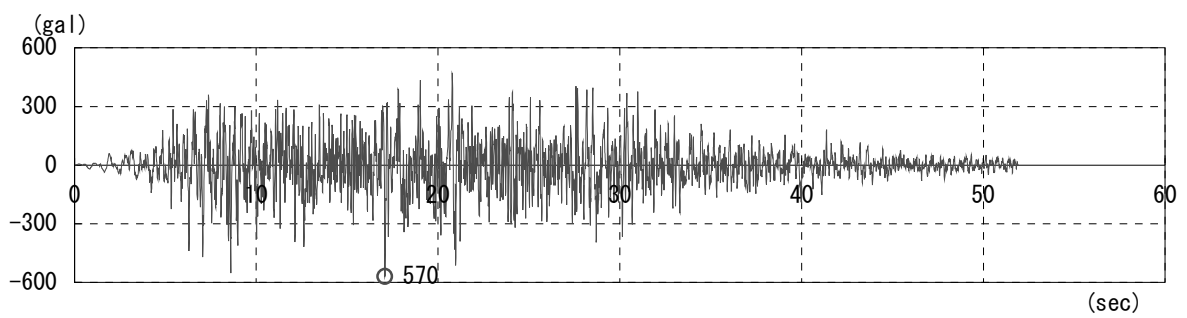
【断層モデル位相 S<sub>s</sub>-2NS】



【断層モデル位相 S<sub>s</sub>-2EW】



【一様乱数による位相 S<sub>s</sub>-1H】



第 5-6 図 断層モデル位相および一様乱数による位相を用いて作成した模擬地震波

## 【参考資料 6 目次】

6. 不均質性を考慮した応答スペクトルに基づく地震動評価	IV-276
6.1 対象とする地震	IV-276
6.2 検討内容	IV-276
6.3 検討ケース	IV-276
6.4 検討結果	IV-276
第 6-1 表 検討ケース	IV-278
第 6-1 図 各検討ケースのモデル図	IV-279
第 6-2 図 基本モデルの応答スペクトル(水平方向)	IV-280
第 6-3 図 基本モデルの応答スペクトル(鉛直方向)	IV-281
第 6-4 図 不確かさ考慮①の応答スペクトル(水平方向)	IV-282
第 6-5 図 不確かさ考慮①の応答スペクトル(鉛直方向)	IV-283
第 6-6 図 不確かさ考慮②の応答スペクトル(水平方向)	IV-284
第 6-7 図 不確かさ考慮②の応答スペクトル(鉛直方向)	IV-285
第 6-8 図 不確かさ考慮③の応答スペクトル(水平方向)	IV-286
第 6-9 図 不確かさ考慮③の応答スペクトル(鉛直方向)	IV-287
第 6-10 図 不確かさ考慮④の応答スペクトル(水平方向)	IV-288
第 6-11 図 不確かさ考慮④の応答スペクトル(鉛直方向)	IV-289
第 6-12 図 基準地震動 $S_s-1H$ と一様モデルの比較(水平方向)	IV-290
第 6-13 図 基準地震動 $S_s-1V$ と一様モデルの比較(鉛直方向)	IV-291
第 6-14 図 基準地震動 $S_s-1H$ と不均質モデルの比較(水平方向)	IV-292
第 6-15 図 基準地震動 $S_s-1V$ と不均質モデルの比較(鉛直方向)	IV-293

## 6. 不均質性を考慮した応答スペクトルに基づく地震動評価

基準地震動  $S_s$  を策定する過程で実施した応答スペクトルに基づく地震動評価は、断層面のエネルギー分布を一様として評価を行ったものである。本資料では、断層面のエネルギー分布の不均質性を考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価を実施し、基準地震動  $S_s$  の策定の過程で実施した応答スペクトルとの比較を行った。

### 6.1 対象とする地震

基準地震動  $S_s$  を策定する過程では、応答スペクトルに基づく地震動評価は検討用地震ごとに実施した。本資料では、検討用地震のうち敷地に及ぼす影響が大きい中央構造線断層帯（敷地前面海域の断層群）による地震を検討対象とした。

### 6.2 検討内容

評価は水平方向および鉛直方向の地震動について行った。また、評価に用いた断層パラメータは、エネルギー分布の不均質性を考慮する以外は、「IV 基準地震動  $S_s$  の策定」における検討と同条件とした。

なお、本資料では断層面のエネルギー分布を一様とするモデルを一様モデルと呼び、不均質性を考慮したモデルを不均質モデルと呼ぶこととする。

### 6.3 検討ケース

一様モデルとそれに対応する不均質モデルにおける応答スペクトルを算定する。第 6-1 表に検討ケースを、第 6-1 図に各検討ケースのモデル図を示す。不均質モデルは、基本モデル（断層長さ 42km、断層傾斜角  $90^\circ$ 、アスペリティ深さ中央）に加え、基本モデルでアスペリティを上端に配置したモデル（不確かさ考慮①）、断層傾斜角を  $30^\circ$  としアスペリティ深さを中央に配置したモデル（不確かさ考慮②）および上端に配置したモデル（不確かさ考慮③）、さらには断層の長さを 54km としたモデル（不確かさ考慮④）を設定した。

### 6.4 検討結果

各検討ケースにおいて、水平方向および鉛直方向の応答スペク



トルを算定した。第 6-2 図～第 6-11 図に，一様モデルおよび不均質モデルから求めた応答スペクトルを検討ケースごとに比較したものを示す。

基準地震動 S<sub>s</sub>-1 との比較を第 6-12 図～第 6-15 図に示す。一様モデルから求めた応答スペクトルが第 6-12 図～第 6-13 図，不均質モデルから求めた応答スペクトルが第 6-14 図～第 6-15 図である。

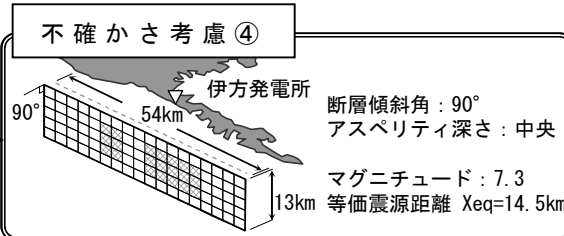
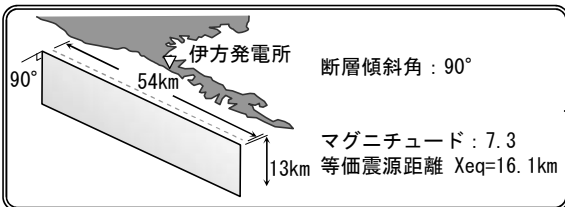
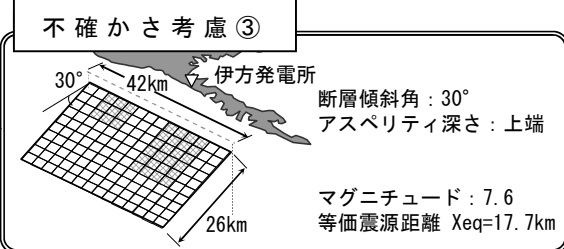
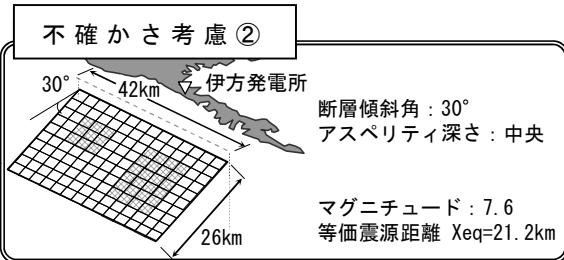
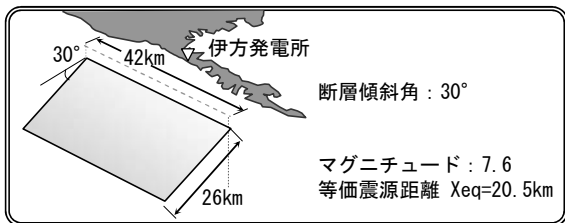
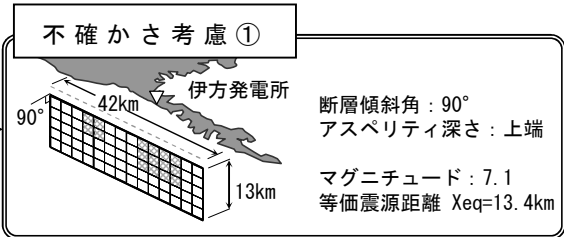
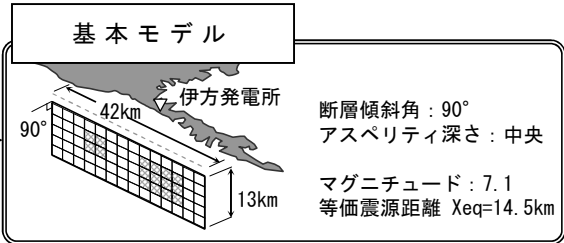
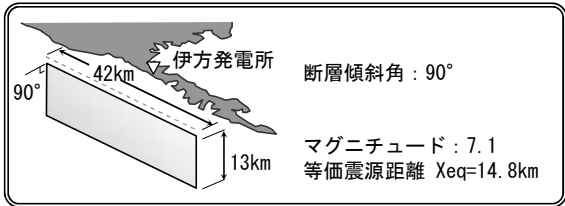
敷地前面海域の断層群による地震に対し，断層面のエネルギー分布の不均質性を考慮して応答スペクトルに基づく地震動評価を行った結果，水平方向，鉛直方向ともに基準地震動 S<sub>s</sub>-1 に包絡されることを確認した。

第 6-1 表 検討ケース

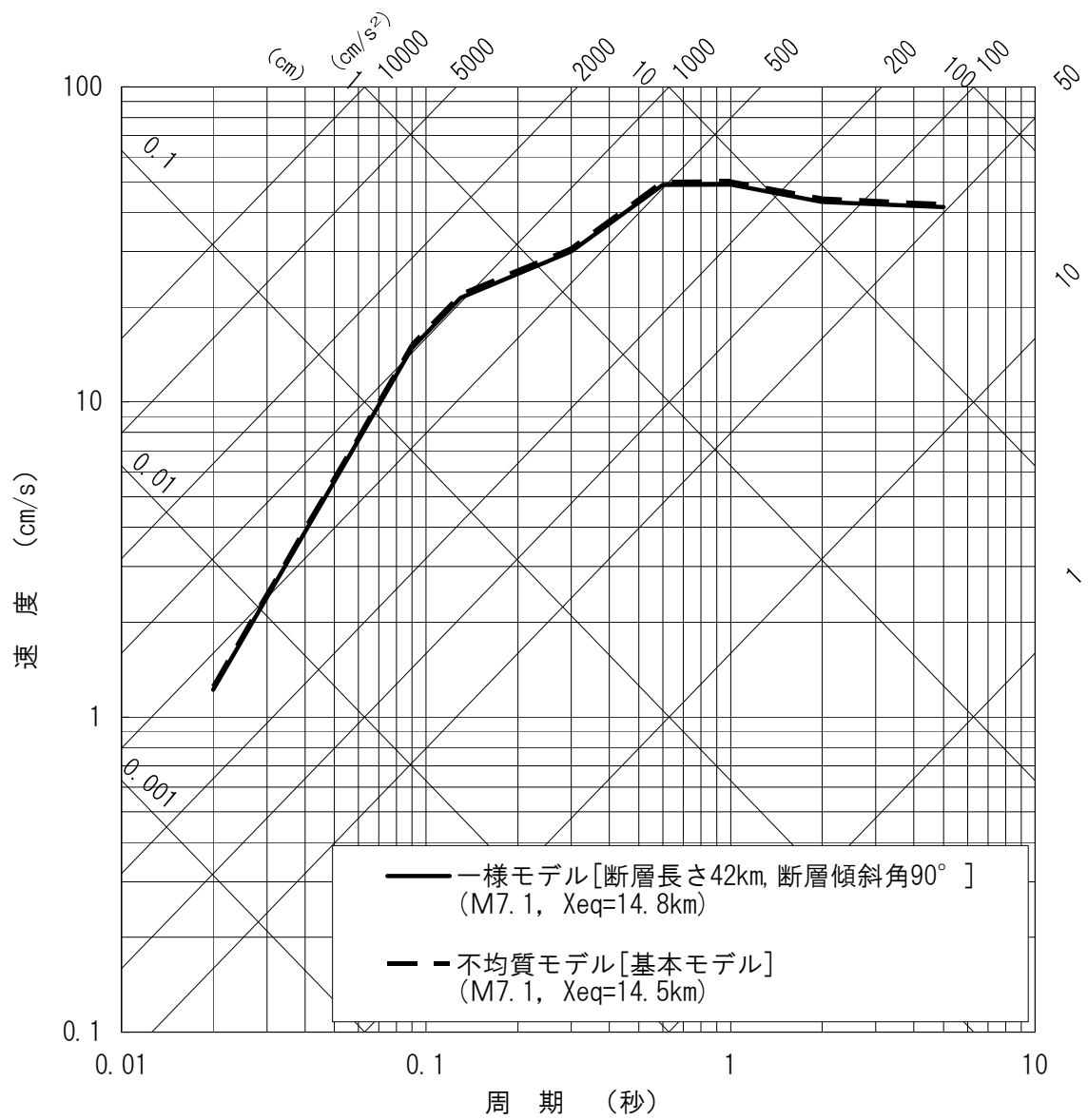
	断層 長さ	断層 傾斜角	マグニチュード	アスペリティ 位置
基本モデル	42km	90°	7.1	中央
不確かさ考慮①				上端
不確かさ考慮②		30°	7.6	中央
不確かさ考慮③				上端
不確かさ考慮④	54km	90°	7.3	中央

一様モデル

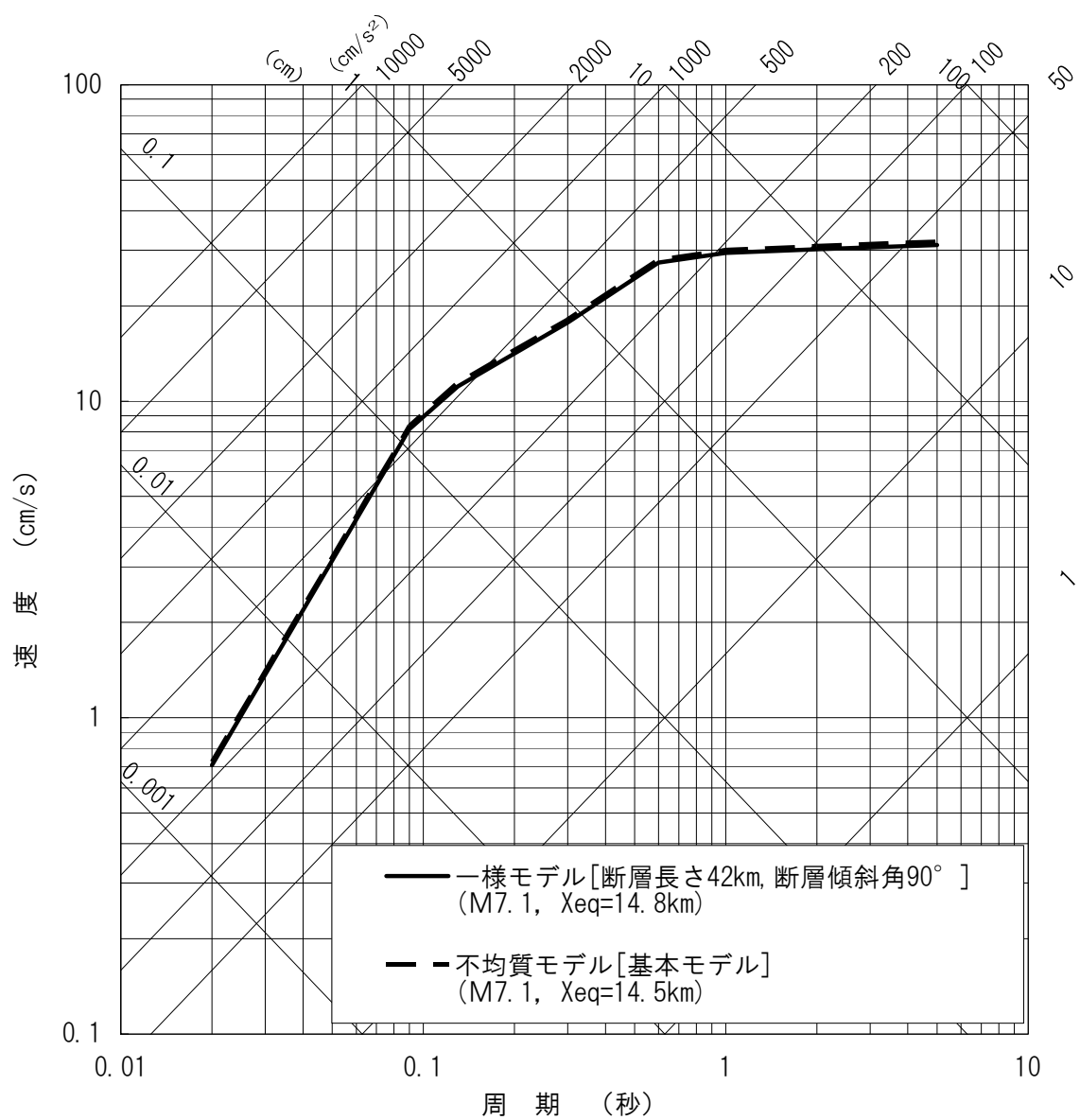
不均質モデル



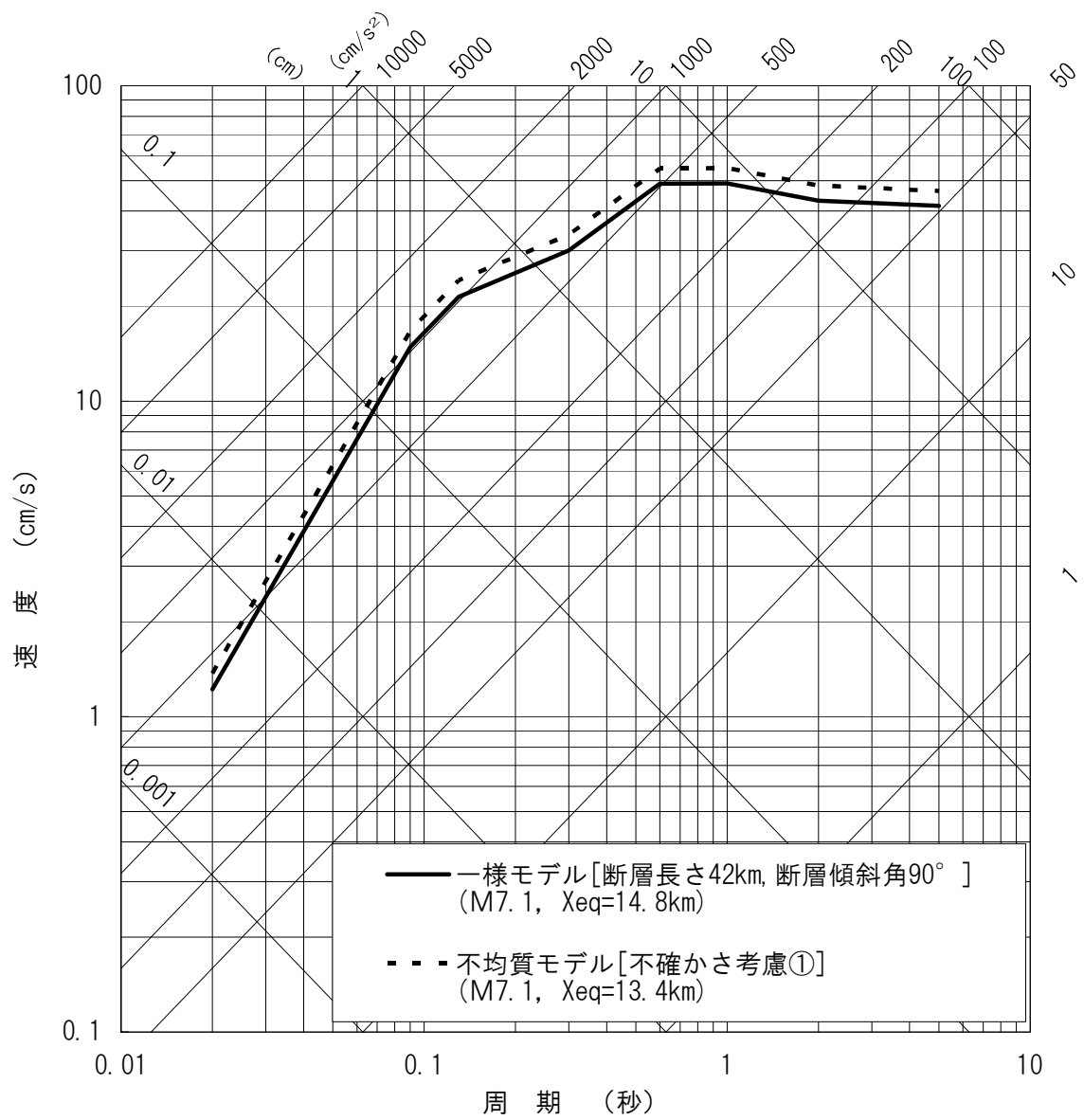
第 6-1 図 各検討ケースのモデル図



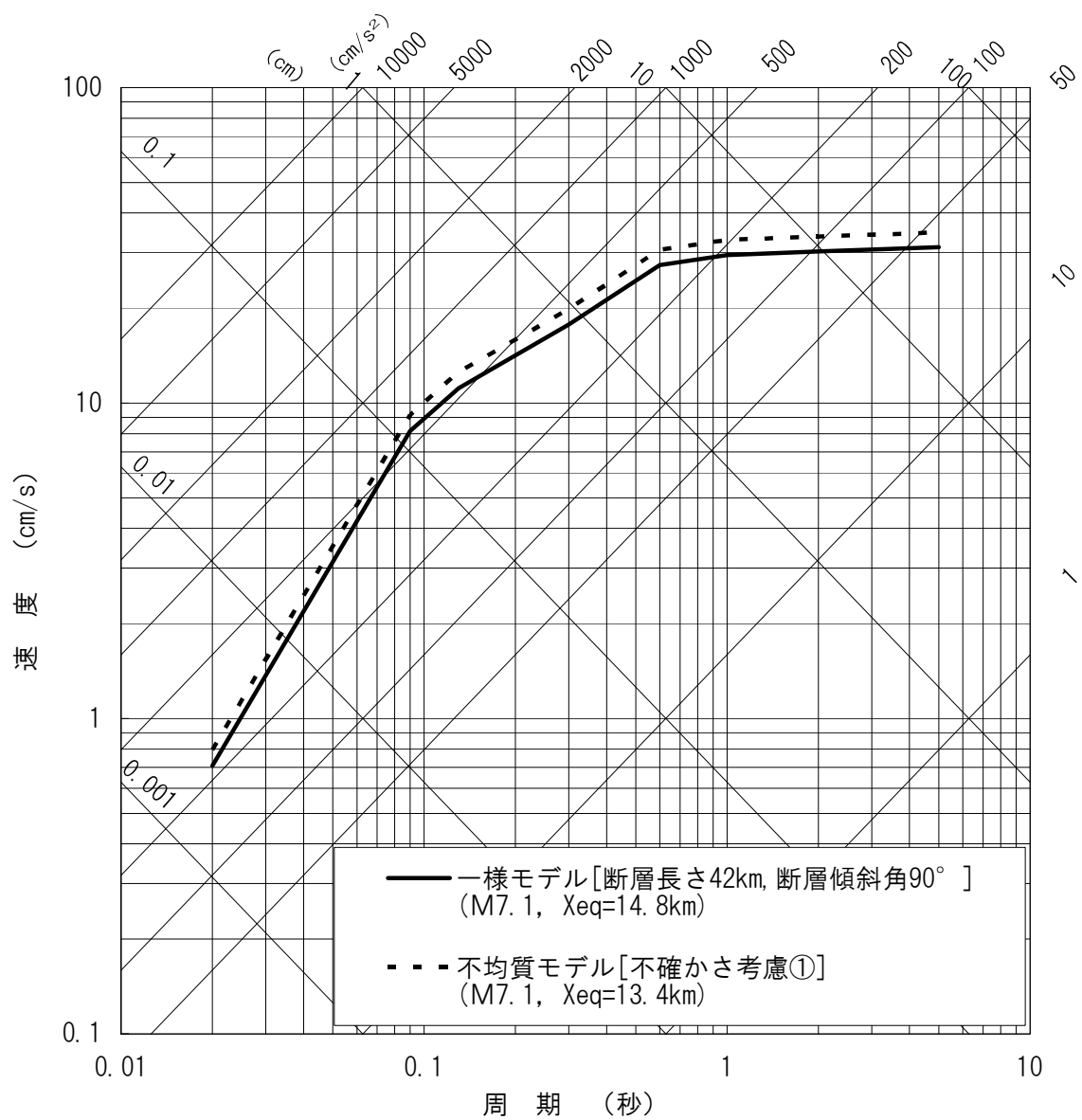
第 6-2 図 基本モデルの応答スペクトル (水平方向)



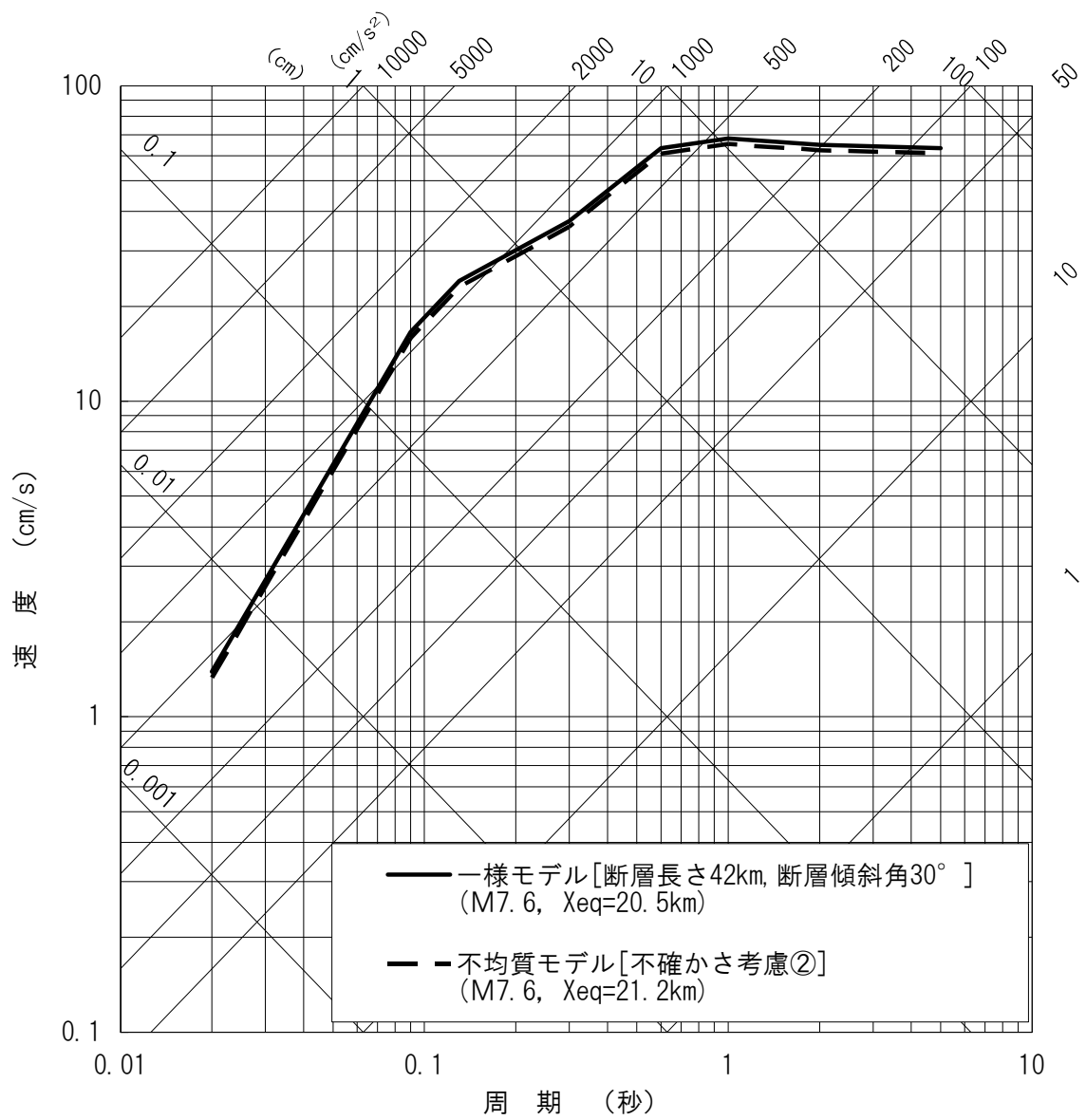
第 6-3 図 基本モデルの応答スペクトル (鉛直方向)



第 6-4 図 不確かさ考慮①の応答スペクトル(水平方向)

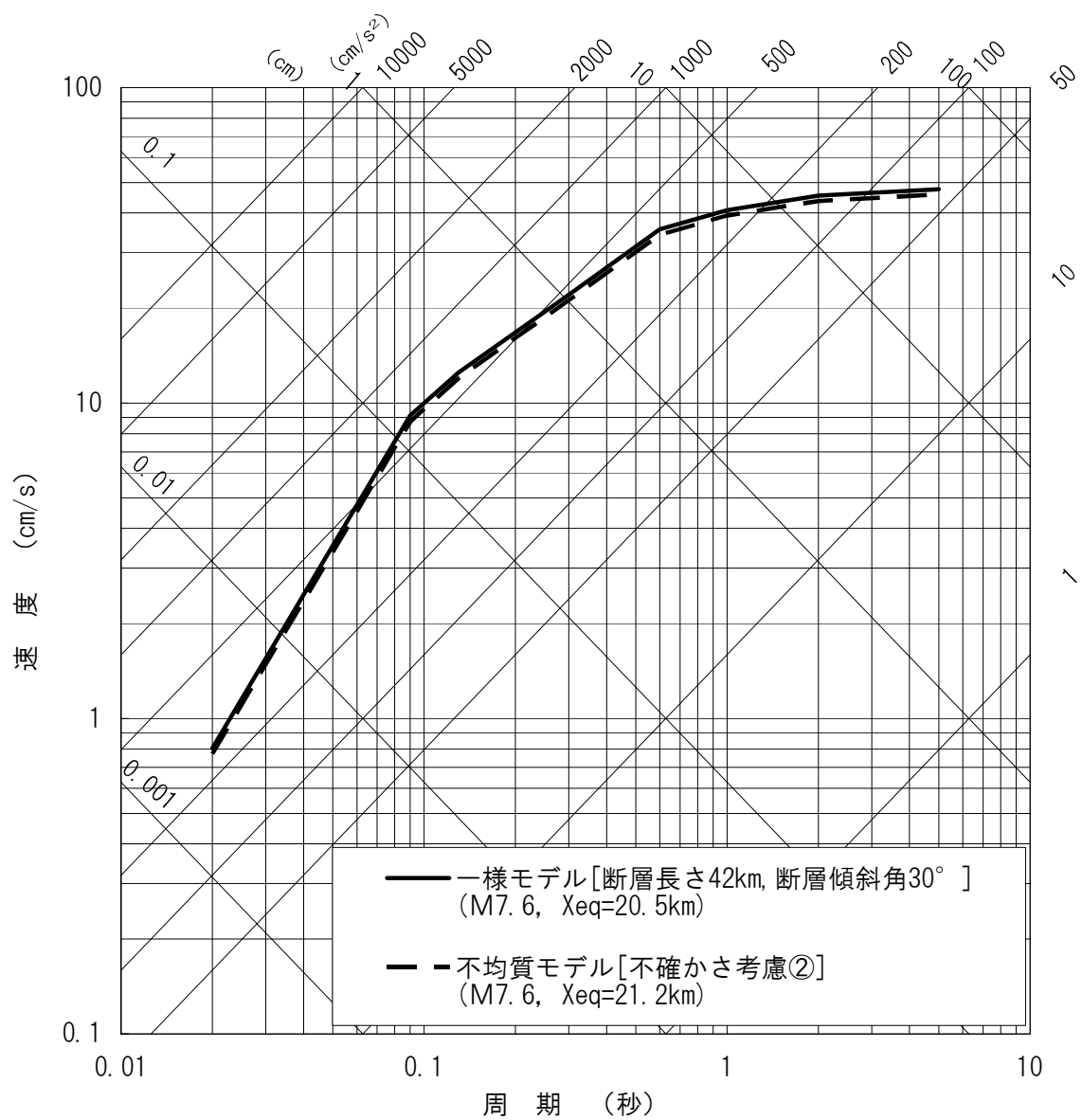


第 6-5 図 不確かさ考慮①の応答スペクトル(鉛直方向)

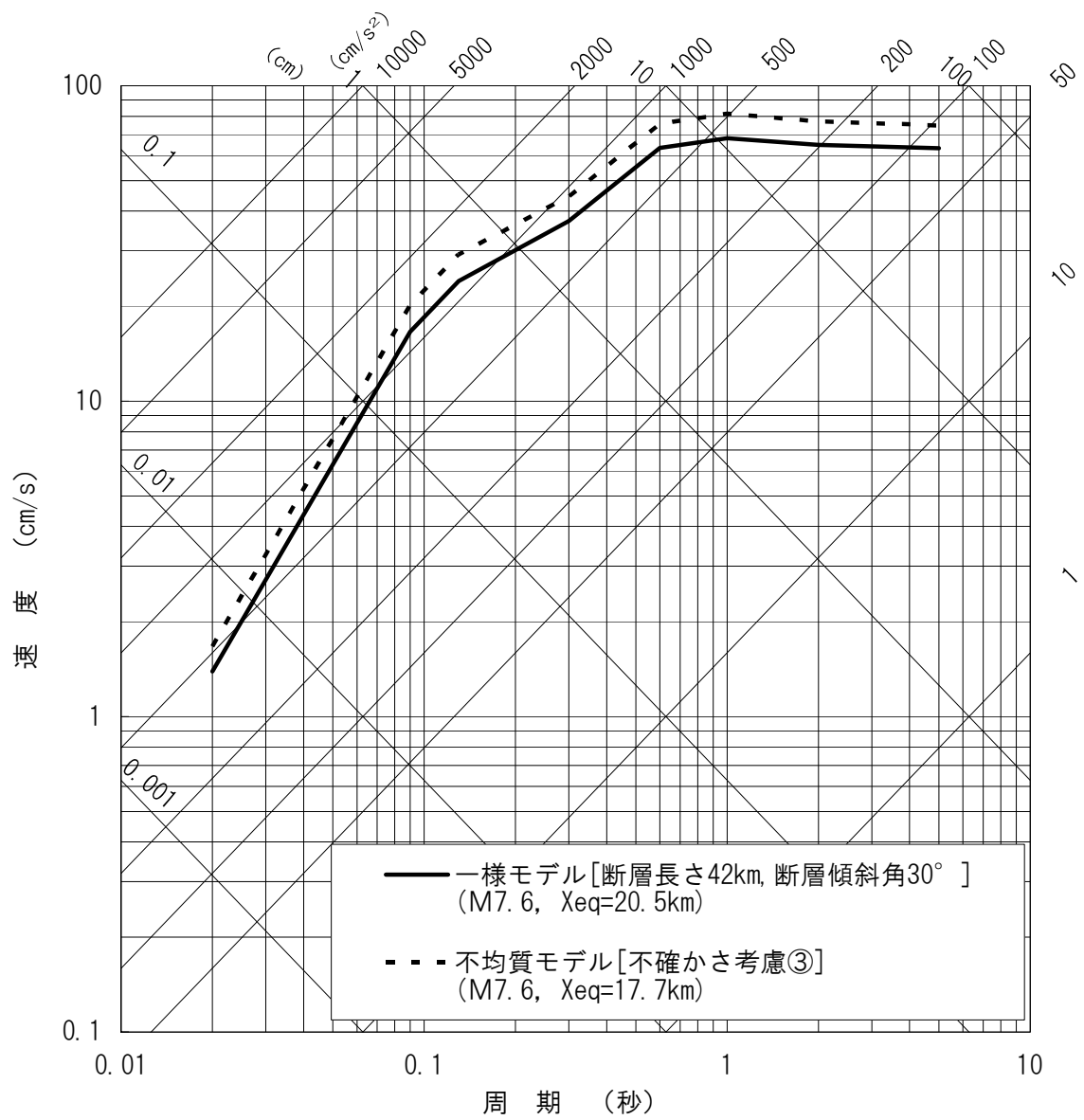


第 6-6 図 不確かさ考慮②の応答スペクトル(水平方向)

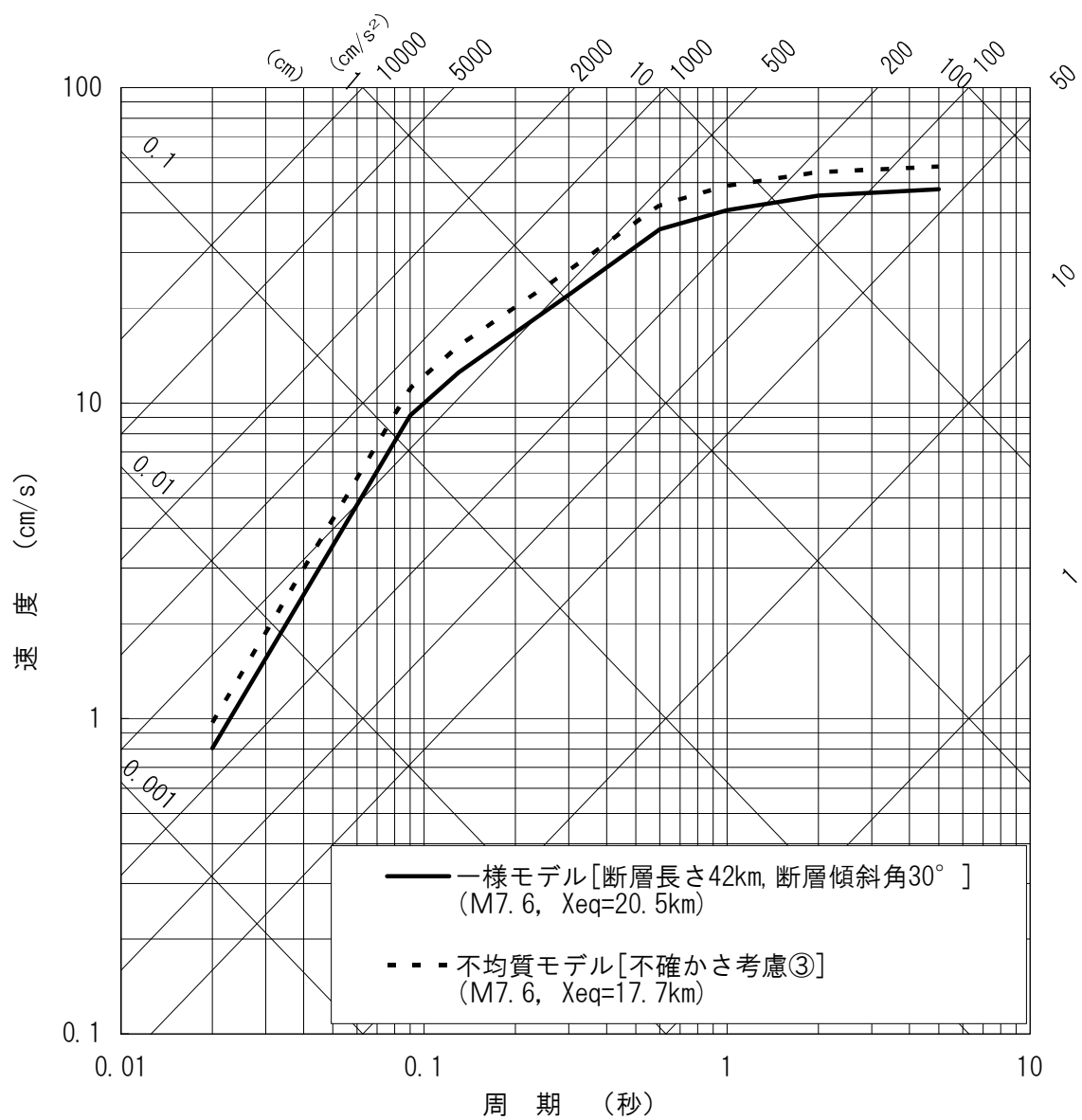




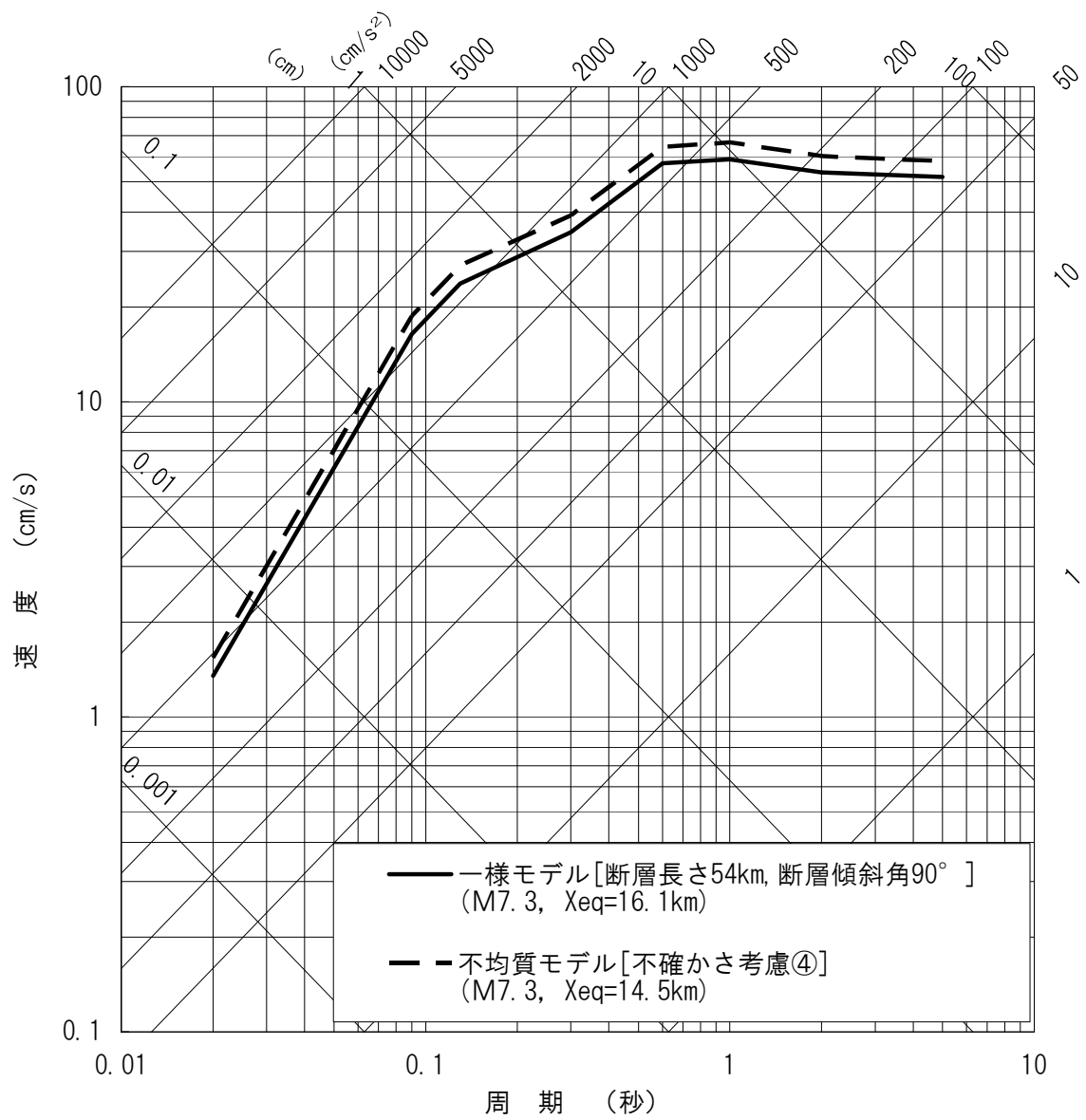
第 6-7 図 不確かさ考慮②の応答スペクトル(鉛直方向)



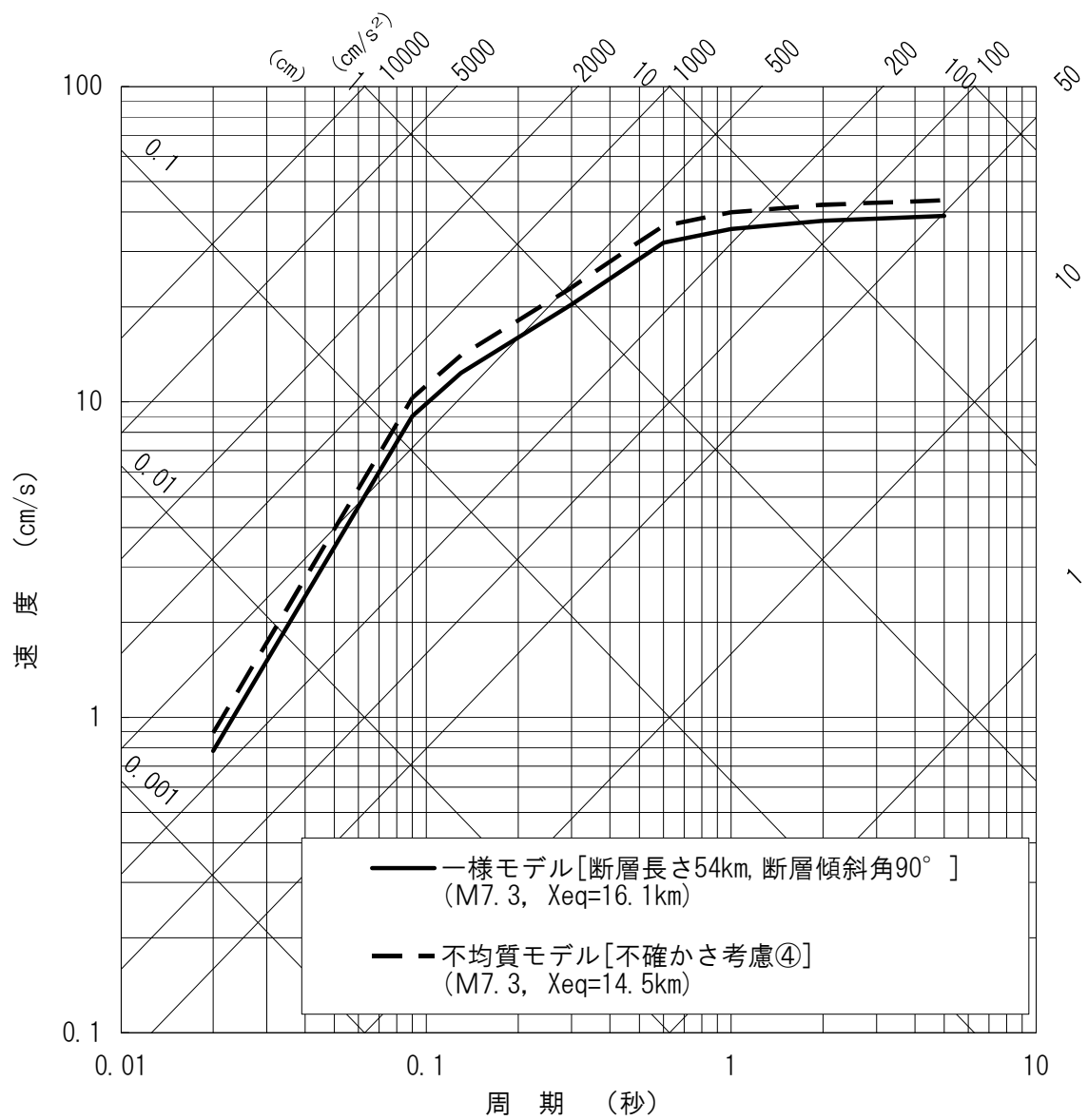
第 6-8 図 不確かさ考慮③の応答スペクトル(水平方向)



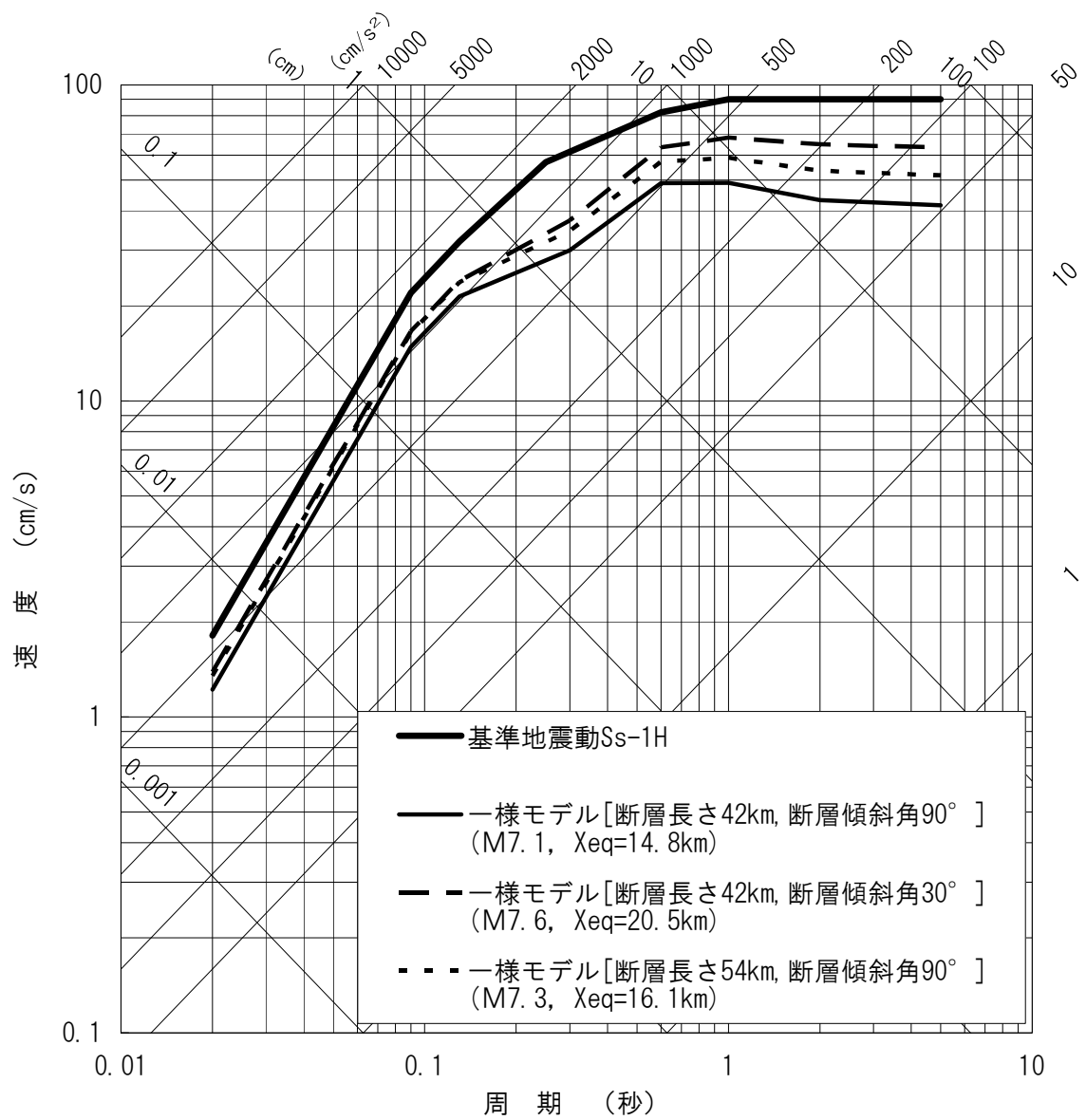
第 6-9 図 不確かさ考慮③の応答スペクトル(鉛直方向)



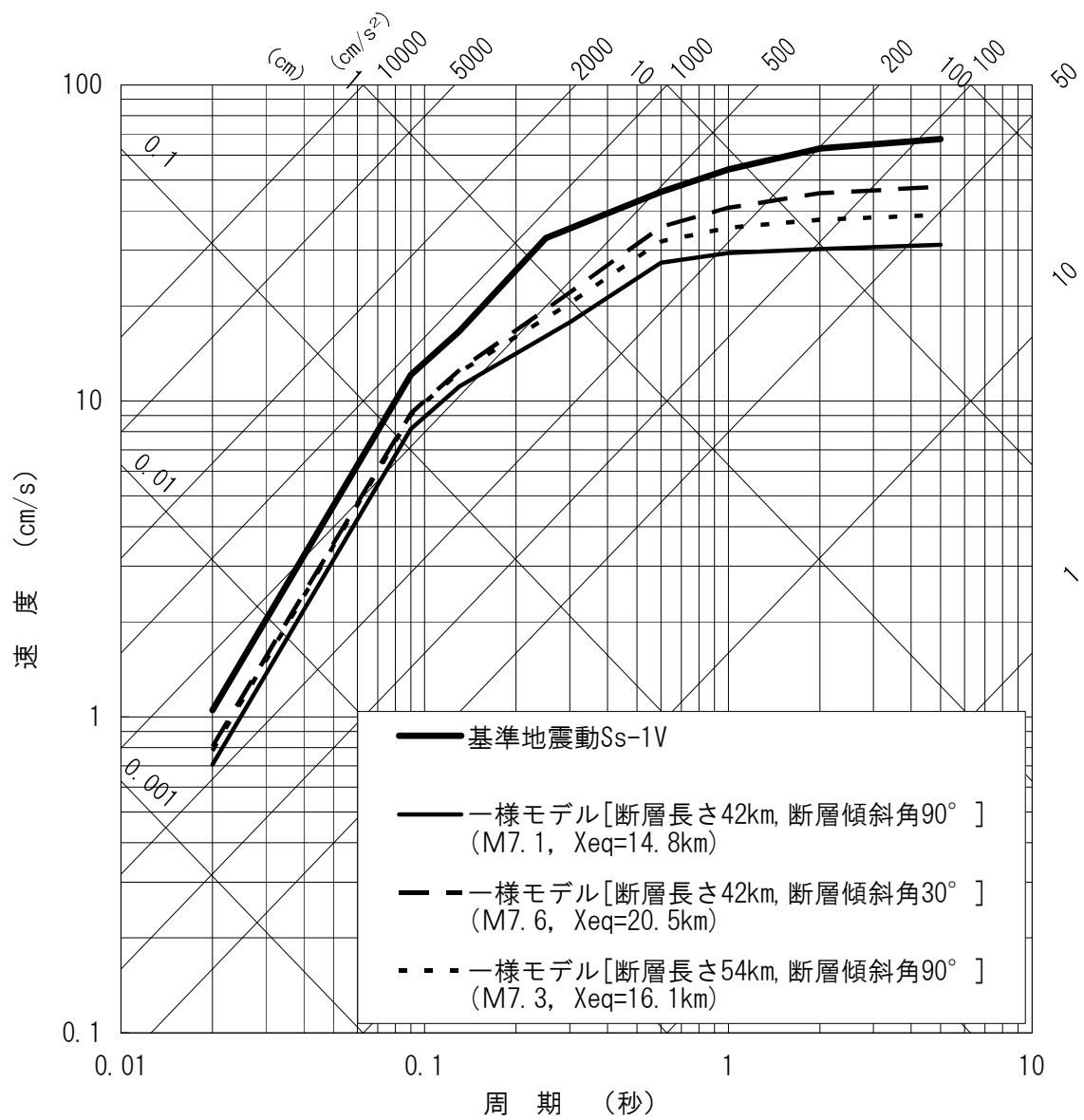
第 6-10 図 不確かさ考慮④の応答スペクトル(水平方向)



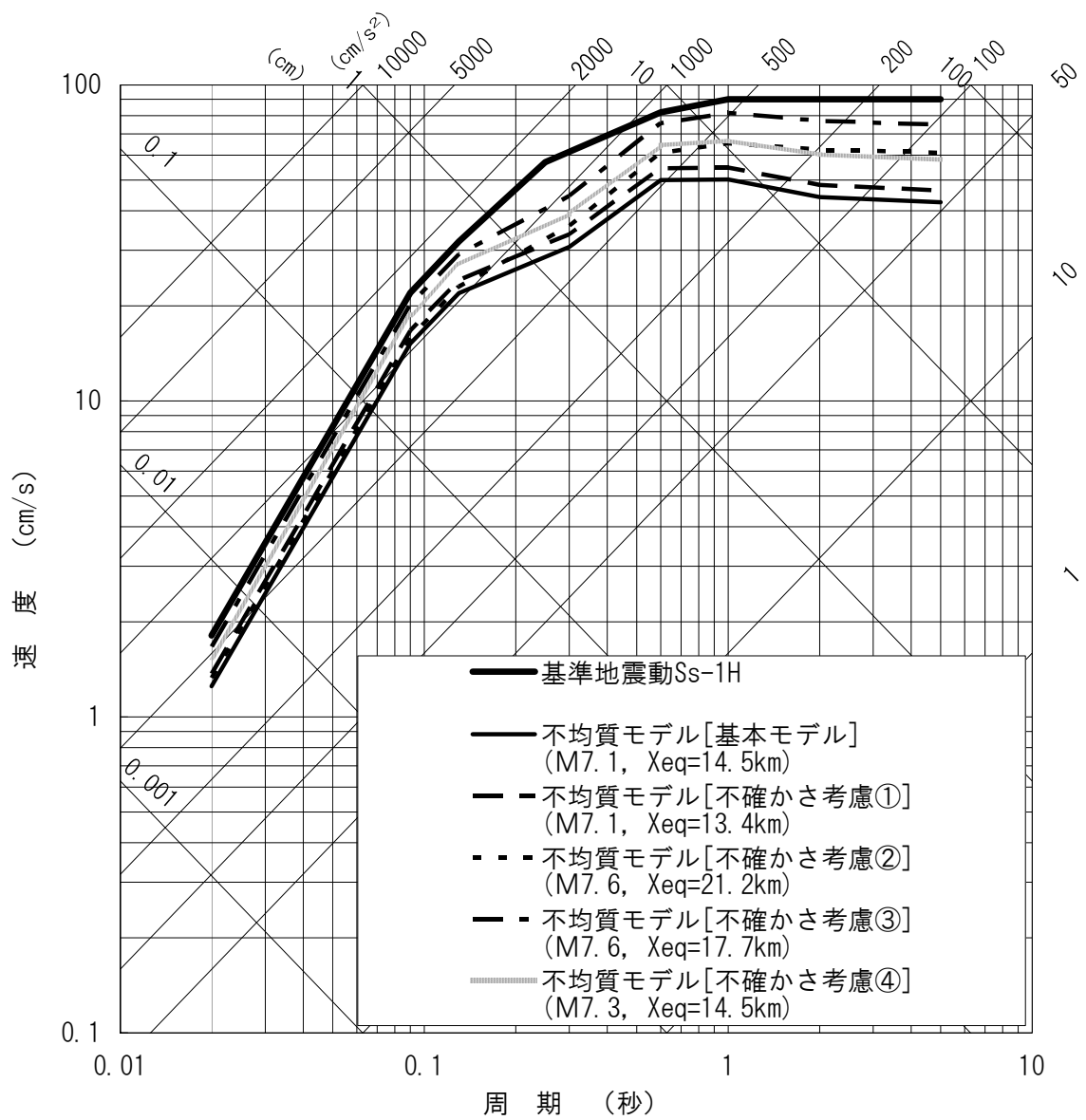
第 6-11 図 不確かさ考慮④の応答スペクトル(鉛直方向)



第 6-12 図 基準地震動 Ss-1H と一様モデルの比較 (水平方向)

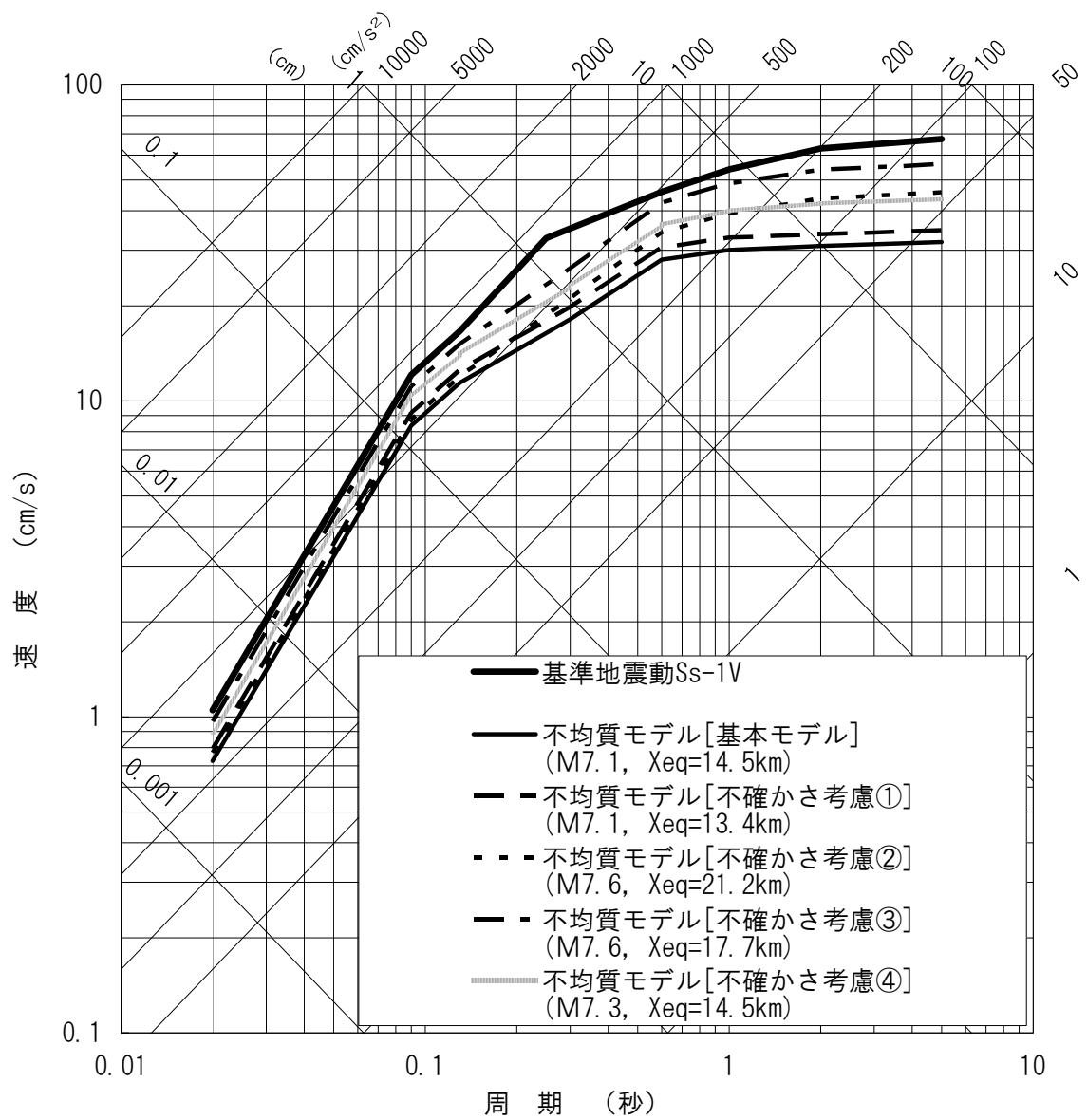


第 6-13 図 基準地震動 Ss-1V と一様モデルの比較 (鉛直方向)



第 6-14 図 基準地震動 Ss-1H と不均質モデルの比較 (水平方向)





第 6-15 図 基準地震動 Ss-1V と不均質モデルの比較 (鉛直方向)

## V 原子炉建屋基礎地盤の安定性評価

## 【 目 次 】

1.	評価方針 .....	V-1
2.	評価方法 .....	V-2
2.1	解析条件 .....	V-2
2.1.1	原子炉建屋基礎地盤の地質概要および岩盤分類..	V-2
2.1.2	解析断面 .....	V-3
2.1.3	解析モデル .....	V-3
2.1.4	解析用物性値 .....	V-3
2.1.5	入力地震動 .....	V-4
2.1.6	地下水位 .....	V-4
2.1.7	解析手法 .....	V-4
2.2	評価内容 .....	V-4
2.2.1	すべり安全率 .....	V-4
2.2.2	原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜 .....	V-5
3.	評価結果 .....	V-6
3.1	すべり安全率 .....	V-6
3.2	原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜	V-6

## 【 表 目 次 】

第 2.1-1 表	断層の性状（試掘坑内）	V-7
第 2.1-2 表	解析用物性値設定の考え方	V-8
第 2.1-3 表	解析用物性値	V-9
表 2.1-4 表	基準地震動 $S_s$	V-10
第 3.1-1 表	すべり安全率（ $S_s-1H$ , $S_s-1V$ ）	V-11
第 3.1-2 表	すべり安全率（ $S_s-2NS$ , $S_s-2UD$ ）	V-12
第 3.2-1 表	原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜 （ $S_s-1H$ , $S_s-1V$ ）	V-13
第 3.2-2 表	原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜 （ $S_s-2NS$ , $S_s-2UD$ ）	V-14

## 【 図 目 次 】

第 2.1-1 図	敷地平面図 . . . . .	V-15
第 2.1-2 図	地質水平断面図 (EL +2.0m) . . . . .	V-16
第 2.1-3 図	原子炉建屋付近の地質断面図 (X - X' 断面) . . . . .	V-17
第 2.1-4 図	原子炉建屋付近の地質断面図 (Y - Y' 断面) . . . . .	V-18
第 2.1-5 図	原子炉建屋付近の解析用岩盤分類図 (X - X' 断面) . . . . .	V-19
第 2.1-6 図	解析用要素分割図 (X - X' 断面) . . . . .	V-20
第 2.1-7 図	境界条件 . . . . .	V-21
第 2.1-8 図	入力地震動の考え方 . . . . .	V-22
第 2.1-9 図	基準地震動 $S_s$ ( $S_s-1H$ , $S_s-1V$ ) の時刻歴波形と加速度応答スペクトル . . . . .	V-23
第 2.1-10 図	基準地震動 $S_s$ ( $S_s-2NS$ , $S_s-2UD$ ) の時刻歴波形と加速度応答スペクトル . . . . .	V-24
第 2.1-11 図	解析用地下水位設定図 . . . . .	V-25
第 2.1-12 図	原子炉建屋基礎地盤の安定性評価フロー . . . . .	V-26
第 3.1-1 図	要素ごとの局所安全係数 全体図 [( $S_s-1H$ , $S_s-1V$ ), $T = 17.08$ 秒] . . . . .	V-27
第 3.1-2 図	要素ごとの局所安全係数 未固結断層部, 固結断層部 [( $S_s-1H$ , $S_s-1V$ ), $T = 17.08$ 秒] . . . . .	V-28
第 3.1-3 図	要素ごとの局所安全係数 全体図 [( $S_s-2NS$ , $S_s-2UD$ ), $T = 6.26$ 秒] . . . . .	V-29
第 3.1-4 図	要素ごとの局所安全係数 未固結断層部, 固結断層部 [( $S_s-2NS$ , $S_s-2UD$ ), $T = 6.26$ 秒] . . . . .	V-30

## 1. 評価方針

耐震安全上重要な機器・配管系を内包する建屋・構築物を支持する原子炉建屋基礎地盤について、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して十分な支持性能を持つことの評価を行う。

原子炉建屋基礎地盤の地震時における支持性能については、想定すべり面のすべり安全率および原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜により評価を行う。

## 2. 評価方法

### 2.1 解析条件

#### 2.1.1 原子炉建屋基礎地盤の地質概要および岩盤分類

原子炉建屋基礎地盤は三波川変成岩類のうち主に塩基性片岩からなり、珪質片岩および泥質片岩の薄層を局所的に挟んでいる。

敷地内の塩基性片岩は片理の発達があるものの、一般に剥離性が弱く、塊状かつ堅硬である。

敷地およびその近傍の塩基性片岩の片理面は一般にN30～40°Wの走向で南西方向へ10～30度緩やかに傾斜する。

敷地およびその近傍には小規模な断層が観察される。これらの断層は、破碎幅のほとんどが10cm未満であり、大部分が固結し、石英脈、方解石脈を伴うことが多い。また、断層の走向・傾斜には卓越方向が認められない。さらに、「Ⅲ 敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質」にも記述のように、敷地内には後期更新世以降の断層活動を示唆する変位地形・リニアメントは認められない。したがって、敷地内の断層はいずれも規模が小さく、その性状から地下深所で形成された古い断層であり、少なくとも後期更新世以降の活動はないと判断される。なお、これら断層のうち、原子炉建屋付近において平均破碎幅が約5cm以上で、かつ、比較的連続性がある主要な断層は、Fa-1～Fa-5の5本である。

敷地平面図を第2.1-1図に、断層の位置を示した地質水平断面図を第2.1-2図に地質断面図を第2.1-3図～第2.1-4図に示す。また、断層の性状を第2.1-1表に示す。

本地点の岩盤分類については、同一の岩級区分とした岩盤であっても、岩盤に作用する荷重の方向と片理面の方向との相対的な関係、風化の程度、割れ目の状態等によって強度特性、変形特性に幅がある。そこで岩石岩盤試験、孔内載荷試験、土質試験結果を基に荷重の方向と片理面の方向による影響等を考慮して強度特性、変形特性を評価し、安定解析にあたっての工学的観点から解析用岩盤分類としてⅠ級(C<sub>H</sub>級岩盤)、Ⅱ級(クラッキーなC<sub>M</sub>級および風化したC<sub>M</sub>級岩盤)およびⅢ級(C<sub>L</sub>級、D級岩盤および表土)としている。

### 2.1.2 解析断面

解析の対象とする断面は、連続性のある断層形状、背後斜面との位置関係および3号炉安全審査における検討結果等を考慮して3号炉炉心を通る南北断面（X-X'断面）とする。

### 2.1.3 解析モデル

#### (1) 解析用地盤モデル

有限要素法解析モデルは、解析用岩盤分類図に基づき作成する。岩盤分類に基づく解析用岩盤分類図を第2.1-5図に、解析用要素分割図を第2.1-6図に示す。

解析用岩盤分類は、前述に示した、I級（ $C_H$ 級岩盤）、II級（クラッキーな $C_M$ 級および風化した $C_M$ 級岩盤）およびIII級（ $C_L$ 級、D級岩盤及び表土）の3区分の岩盤分類に区分し、さらに、断層部についてはその性状から、固結断層及び未固結断層に区分する。

#### (2) 解析用建屋モデル

原子炉建屋、タービン建屋の解析用建屋モデルは、それぞれの多質点系モデルを基に作成する。

#### (3) 境界条件

動的解析における境界条件は、モデル下端を粘性境界、側方をエネルギー伝達境界とする。また、常時応力を算定する静的解析における境界条件は、モデル下端を固定境界、側方を鉛直ローラ境界とする。境界条件を第2.1-7図に示す。

### 2.1.4 解析用物性値

解析用物性値は、各種試験結果を基に荷重の作用方向と片理面の方向による影響や、風化・割れ目の程度を考慮して強度・変形特性を評価した3号炉安全審査で用いた物性値を設定する。解析用物性値設定の考え方を第2.1-2表に、解析用物性値を第2.1-3表に示す。



### 2.1.5 入力地震動

入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論によって地震応答解析モデルの入力位置で評価したものをを用いる。入力地震動の考え方を第 2.1-8 図に、基準地震動  $S_s$  を第 2.1-4 表に、基準地震動  $S_s$  の時刻歴波形と加速度応答スペクトルを第 2.1-9 図～第 2.1-10 図に示す。

### 2.1.6 地下水位

解析用地下水位は、第 2.1-11 図のように設定する。

### 2.1.7 解析手法

基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析を二次元動的有限要素法により行う。地震応答解析は周波数応答解析手法を用い、等価線形化法により動せん断弾性係数および減衰定数のひずみ依存性を考慮する。

地震時の応力は、地震応答解析による動的応力と、静的解析による常時応力を重ね合わせるにより求める。動的応力は水平地震動および鉛直地震動による応答を考慮し、常時応力は地盤の自重計算により求まる初期応力、建屋基礎掘削に伴う解放力および建屋・盛土の荷重を考慮して求める。

安定性評価フローを第 2.1-12 図に示す。

なお、地盤剛性の非線形性を考慮するため、地震応答解析において最小すべり安全率を示す時刻における地震時慣性力および地震時増分変位を用いた静的非線形解析を併せて実施する。

## 2.2 評価内容

### 2.2.1 すべり安全率

すべり安全率は、変位等の応答値から想定すべり面上の岩盤ブロックの移動方向を考慮し、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求める。

想定すべり面は、原子炉建屋基礎底面沿い、断層沿いおよびモビライズド面（応力状態を考慮した想定すべり面）に基づき設定する。

なお、引張応力が発生した要素については、引張面の方向が

すべり面方向と±20 度以内の角度で交差する場合には強度定数を 0 にする。それ以外の場合は残留強度を用いる。

また,せん断強度に達した要素については残留強度を用いる。

#### 2.2.2 原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜

原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位は,基礎底面両端それぞれの鉛直方向の変位の差から算定し,原子炉建屋基礎底面の傾斜は,相対変位を基礎底面幅で除して求める。

### 3. 評価結果

#### 3.1 すべり安全率

想定すべり面における安全率を第3.1-1表～第3.1-2表に示す。すべり安全率は基準地震動  $S_s$  のうち設計用模擬地震波 ( $S_s-1H$ ,  $S_s-1V$ ) に対する評価において最小となる。この時の最小すべり安全率は 2.0, また, 静的非線形解析によるすべり安全率は 2.5 であり, 耐震安全性評価手法に示される評価基準値 1.5 を上回ることから, すべりに対して十分な安全性を有している。

また, 要素ごとの局所安全係数を第3.1-1図～3.1-4図に示す。岩盤部では、斜面法尻部, 建屋隅角部および地表の一部に, 引張応力が発生する要素が分布するとともに, 断層部では交差部付近でせん断強度に達する要素があるものの, それらは広く分布せず連続するものでもないことから原子炉建屋基礎地盤の安定性に影響を及ぼすものではない。

#### 3.2 原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜

原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜を第3.2-1表～第3.2-2表に示す。原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位は, 基準地震動  $S_s$  のうち設計用模擬地震波 ( $S_s-1H$ ,  $S_s-1V$ ) に対する評価において最大となる。この時の最大相対変位は 0.17cm, 原子炉建屋基礎底面の傾斜は  $1/44,000$  であり, 耐震設計上重要な機器・配管系の安全機能に支障を与えるものではない。

以上より, 原子炉建屋基礎地盤が基準地震動  $S_s$  による地震力に対して十分な支持性能を持つことを確認した。

第 2.1-1 表 断層の性状（試掘坑内）

断層番号	走向・傾斜	破碎幅 fr : cm 粘土幅 cl : cm	記 事
F a - 1	N22° E/70° ~82° SE N5° E/67° SE N9° E/75° SE	fr : 3 fr : 5, max10 fr : 5, max10	固結, 角礫岩状。最大 10cm の方解石脈を介在, 断層沿いに滴水あり。
F a - 2	N38° E/25° NW	fr : 3, max10 cl : 0.3	ほとんど片理に沿うが, 一部片理と緩く斜交する。数条の粘土フィルムを伴う。 F a - 3 を転位させている。(最大 50cm)
F a - 3	N31° W/50° NE	fr : 40 cl : 1 ~ 4	正断層タイプの引きずりが見られる。粘土はやや軟質, F a - 2 によって転位させられているが下盤側の粘土薄層は側壁から天端へ連続している。
F a - 4	N43° E/78° ~90° SE N40° E/76° SE	fr : 1.5, max 4 fr : 20, max30 cl : 1 ~ 3 (固結)	固結, やや風化し, 褐色。一部方解石脈を伴う。海岸の断層面は不規則で固結粘土を網目状に伴う。
F a - 5	N44° E/54° ~58° NW	fr : 5, max10 cl : 0.4	断層面はシャープ。粘土は乳白色~淡褐色。

※ 伊方発電所原子炉設置許可申請書 - 3号炉増設 - より

第 2.1-2 表 解析用物性値設定の考え方

項目	岩盤			断層	
	I 級	II 級	III 級	固結	未固結
単位体積重量	岩石供試体による物理試験結果	岩石供試体による物理試験結果	表土の物理試験結果	断層部の物理試験結果	断層部の物理試験結果
せん断強度	岩盤せん断試験結果	岩石供試体による三軸圧縮試験結果を参考に岩盤せん断試験から算定	表土の三軸圧縮試験結果	静的ねじりせん断試験結果	原位置断層せん断試験結果
内部摩擦角					
残留強度	岩盤せん断試験結果	同上 ( $\phi$ 成分のみ)	同上 ( $\phi$ 成分のみ)	同上 ( $\phi$ 成分のみ)	同上 ( $\phi$ 成分のみ)
静弾性係数	平板載荷試験結果	孔内水平載荷試験結果を参考に平板載荷試験より算定	表土の三軸圧縮試験結果	静的ねじりせん断試験結果	静的ねじりせん断試験結果
静的ポアソン比	岩石供試体による一軸圧縮試験結果	岩石供試体による一軸圧縮試験結果	表土の三軸圧縮試験結果	II 級岩盤の静的／動的の比率から算定	表土の試験結果を流用
動弾性係数	弾性波探査、PS 検層等より算定	弾性波探査、PS 検層等より算定	PS 検層等より算定	動的ねじりせん断試験より算定	動的ねじりせん断試験より算定
動的ポアソン比	弾性波探査、PS 検層等より算定	弾性波探査、PS 検層等より算定	静的ポアソン比と同じ	II 級と III 級の間	静的ポアソン比と同じ
減衰定数	弾性波探査、PS 検層等より算定	一般的な値	一般的な値	動的ねじりせん断試験より算定	動的ねじりせん断試験より算定

III 級岩盤は、C<sub>L</sub> 級岩盤、D 級岩盤および表土を含む。

第 2.1-3 表 解析用物性値

項目	岩盤			断層			
	I 級	II 級	III 級	固結	未固結		
単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	29.4	27.5	18.6	26.5	19.6		
せん断強度 (kN/m <sup>2</sup> )	981	490	39	324	78		
内部摩擦角 (度)	50	41	17	34	24		
残留強度 (kN/m <sup>2</sup> )	$\tau = 569 + \sigma \tan 43^\circ$	$\tau = \sigma \tan 41^\circ$	$\tau = \sigma \tan 17^\circ$	$\tau = \sigma \tan 34^\circ$	$\tau = \sigma \tan 24^\circ$		
静弾性係数 (kN/m <sup>2</sup> )	$3.63 \times 10^6$	$1.18 \times 10^6$	$0.0392 \times 10^6$	$27000 (\sigma_v)^{0.34}$	$1750 (\sigma_v)^{0.60}$		
静的ポアソン比	0.29	0.32	0.45	0.36	0.45		
動弾性係数 ( $\times 10^6$ kN/m <sup>2</sup> )	*1 58.8	*2 42.2	*3 23.5	10.8	0.127	$G_d/G_0 =$ *4 $-0.33 \log \gamma - 0.58$ $G_0 = 294000$ (kN/m <sup>2</sup> )	$G_d/G_0 =$ *4 $-0.40 \log \gamma - 0.60$ $G_0 = 4130 (\sigma_v)^{0.53}$ (kN/m <sup>2</sup> )
動的ポアソン比	0.34	0.36	0.45	0.40	0.45		
減衰定数 (%)	2.0	3.0	10.0	$h = 0.08 \log \gamma + 0.36$ ( $\gamma > 10^{-4}$ )	$h = 0.17 \log \gamma + 0.58$ ( $\gamma \geq 10^{-3}$ ) $h = 0.017 \log \gamma + 0.091$ ( $\gamma < 10^{-3}$ )		

III 級岩盤は、C<sub>L</sub> 級岩盤、D 級岩盤および表土を含む。

\* 1  $V_s = 2.7 \text{ km/s}$

\* 2  $V_s = 2.3 \text{ km/s}$

\* 3  $V_s = 1.7 \text{ km/s}$


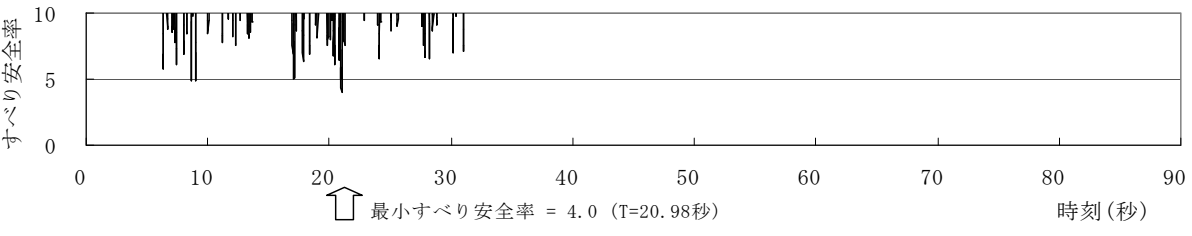
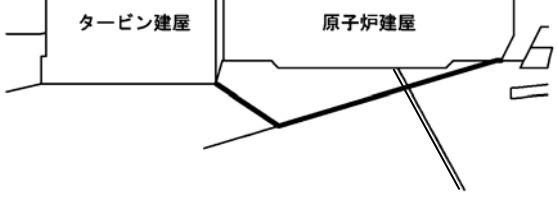
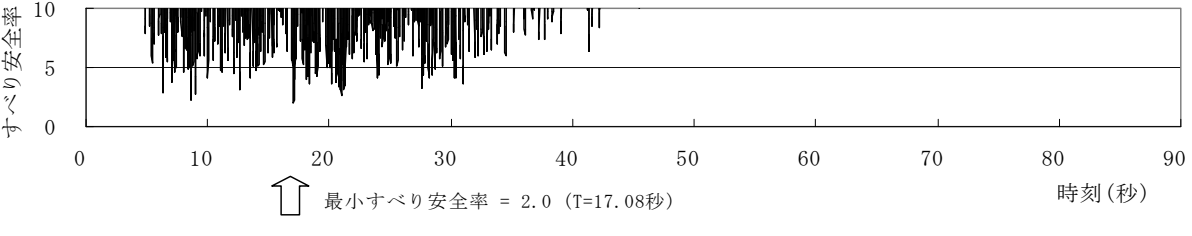
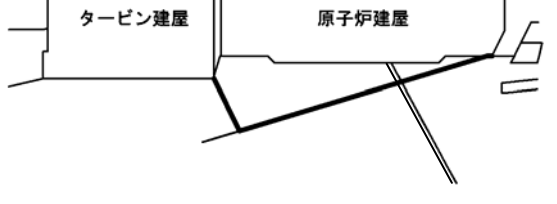
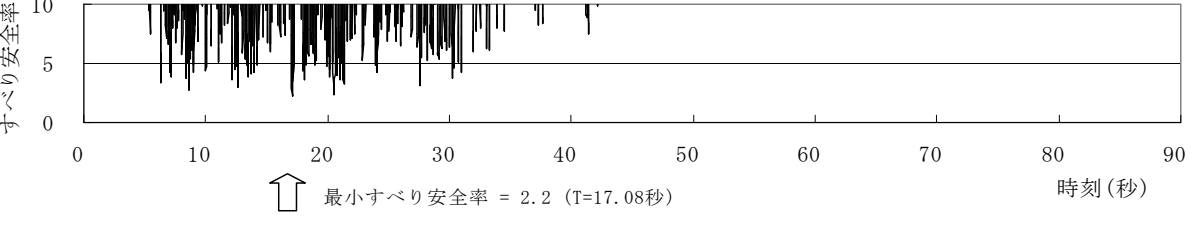
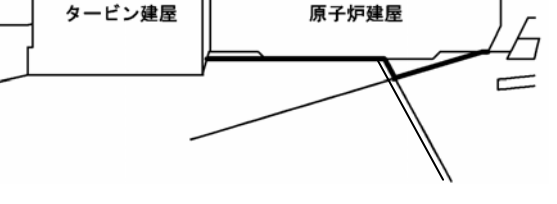
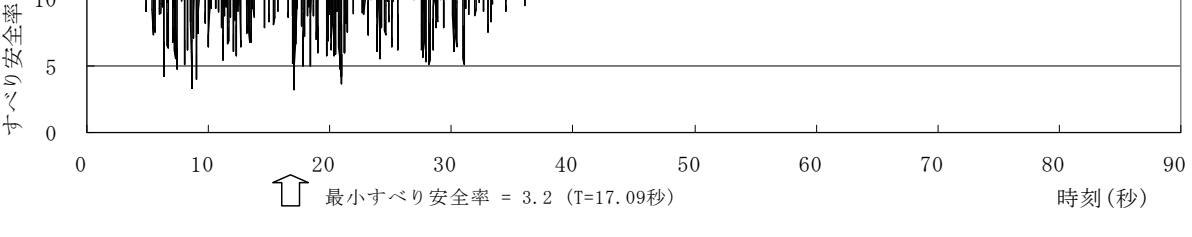
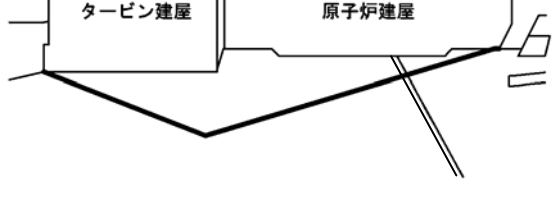
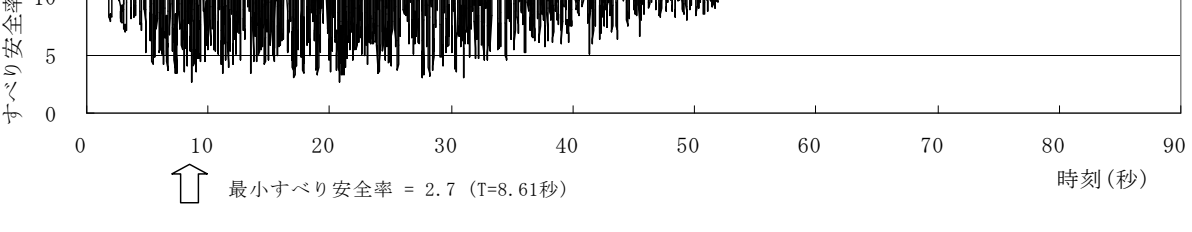
\* 4 動せん断弾性係数

表 2.1-4 表 基準地震動 Ss



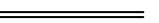
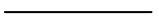
地震動 (水平動, 鉛直動)	備考
Ss-1H, Ss-1V	設計用模擬地震波
Ss-2NS <sup>※</sup> , Ss-2UD	想定敷地前面海域の断層群による地震

※ 検討用断面が南北方向のため, NS方向の水平動を用いる。

第 3.1-1 表 すべり安全率 (Ss-1H, Ss-1V)

	すべり面形状	最小すべり安全率	時刻 (秒)	すべり安全率タイムヒストリー
1	 <p>原子炉建屋面のすべり</p>	4.0	20.98	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 4.0 (T=20.98秒)</p>
2	 <p>未固結断層沿いのすべり</p>	<p>2.0</p> <p>(2.5)</p>	17.08	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 2.0 (T=17.08秒)</p>
3	 <p>モビライズド面</p>	2.2	17.08	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 2.2 (T=17.08秒)</p>
4	 <p>未固結断層および固結断層沿いのすべり</p>	3.2	17.09	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 3.2 (T=17.09秒)</p>
5	 <p>未固結断層沿いのすべり</p>	2.7	8.61	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 2.7 (T=8.61秒)</p>


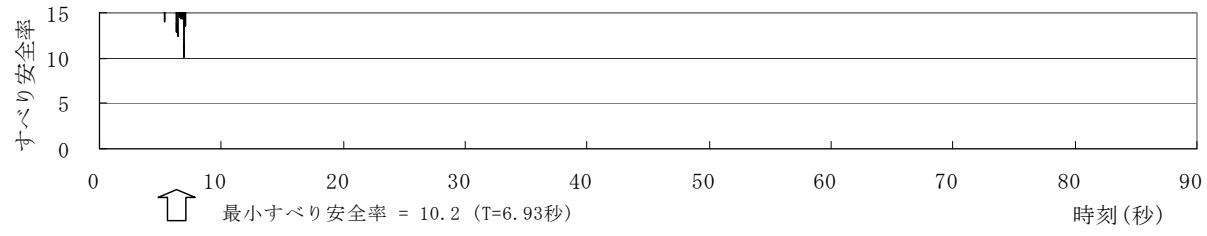
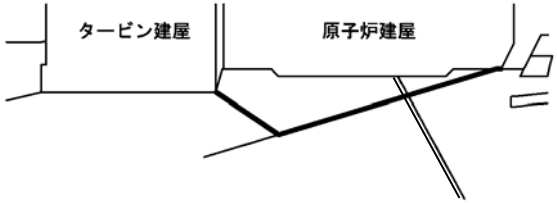
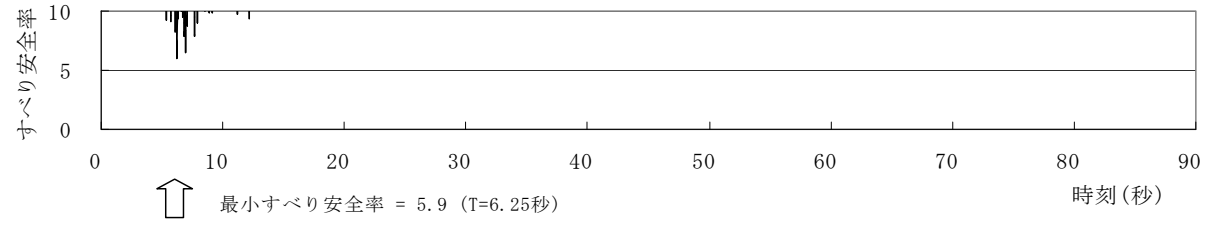
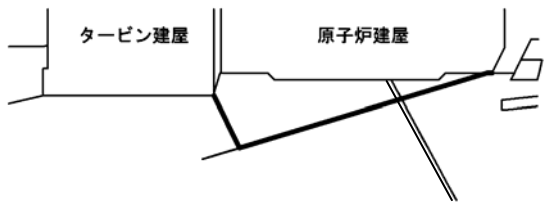
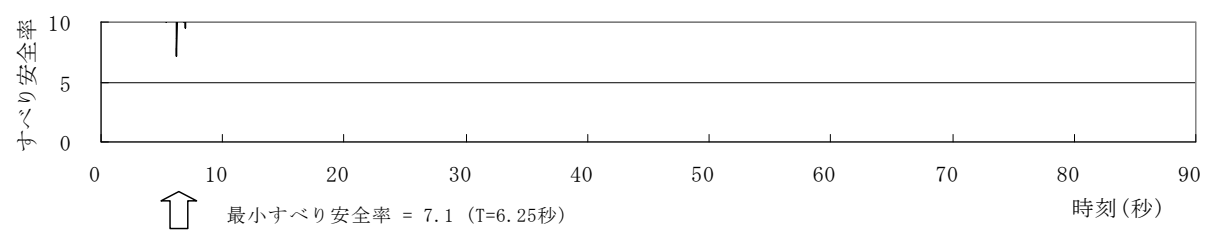
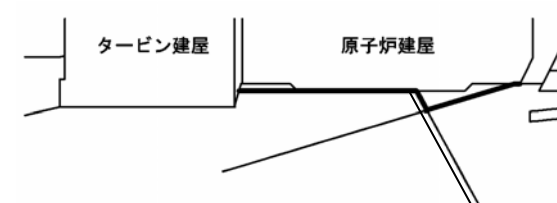
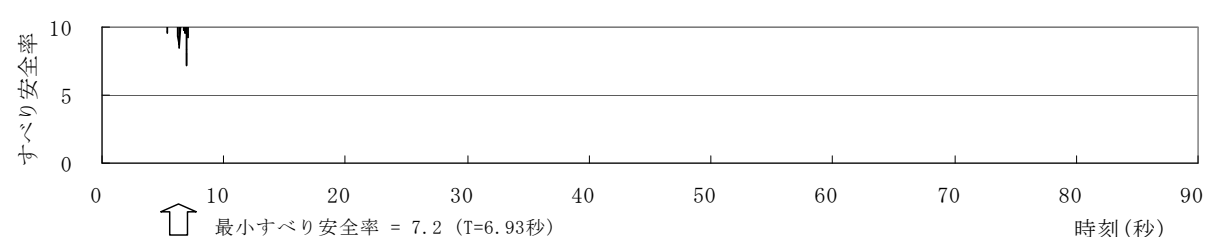
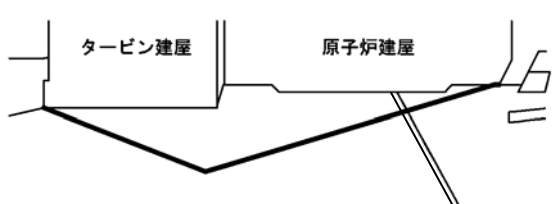
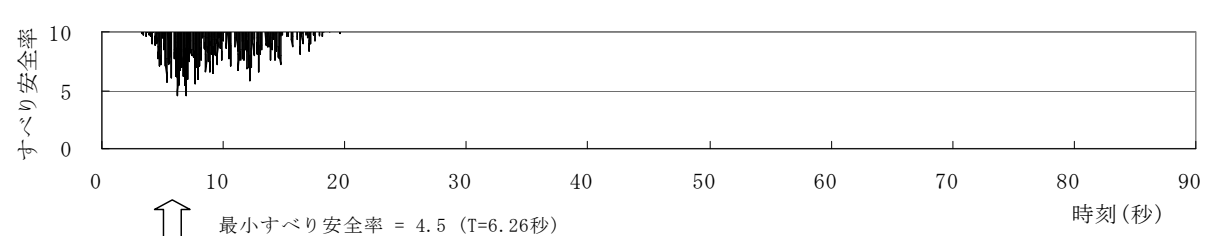
凡例

-  : すべり安全率の最小値
-  : すべり面
-  : 固結断層
-  : 未結断層

※ ( ) 内の数値は、最小すべり安全率発生時刻 17.08 秒の加速度応答値等から算定した地震力に対する静的非線形解析結果



第 3.1-2 表 すべり安全率 (Ss-2NS, Ss-2UD)

	すべり面形状	最小すべり安全率	時刻 (秒)	すべり安全率タイムヒストリー
1	 <p>タービン建屋 原子炉建屋</p> <p>原子炉建屋面のすべり</p>	10.2	6.93	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 10.2 (T=6.93秒)</p>
2	 <p>タービン建屋 原子炉建屋</p> <p>未固結断層沿いのすべり</p>	5.9	6.25	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 5.9 (T=6.25秒)</p>
3	 <p>タービン建屋 原子炉建屋</p> <p>モビライズド面</p>	7.1	6.25	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 7.1 (T=6.25秒)</p>
4	 <p>タービン建屋 原子炉建屋</p> <p>未固結断層および固結断層沿いのすべり</p>	7.2	6.93	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 7.2 (T=6.93秒)</p>
5	 <p>タービン建屋 原子炉建屋</p> <p>未固結断層沿いのすべり</p>	4.5	6.26	 <p>↑ 最小すべり安全率 = 4.5 (T=6.26秒)</p>

凡例

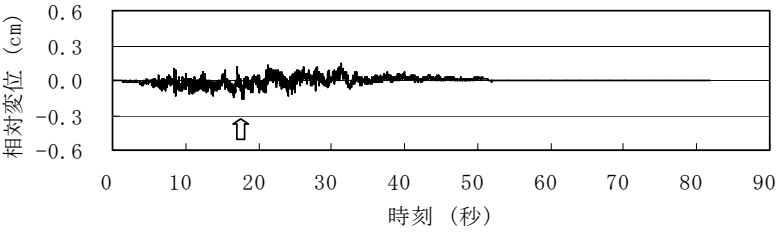
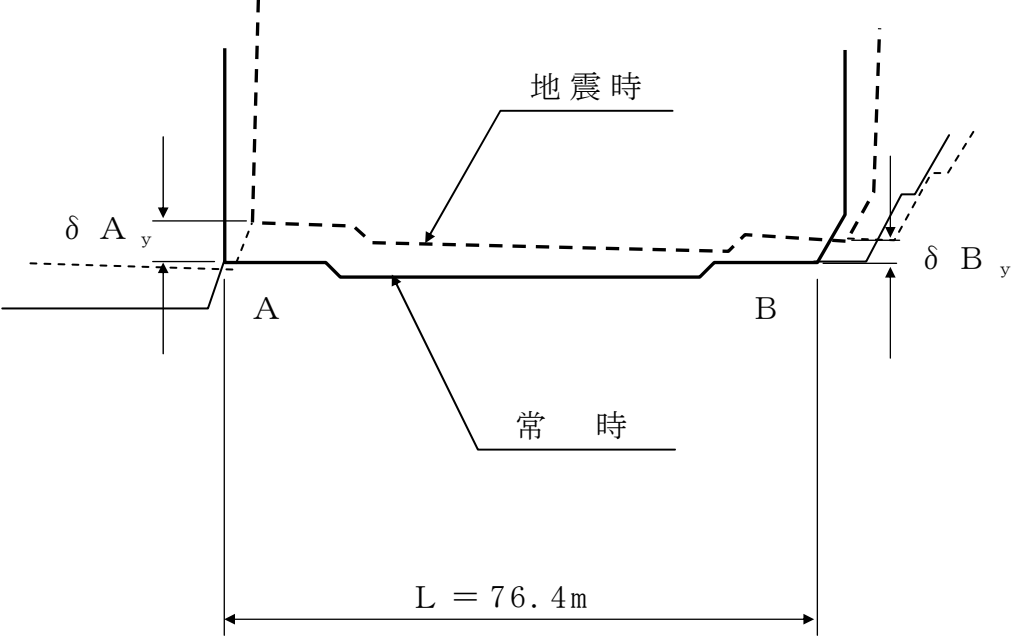
○ : すべり安全率の最小値

—— : 固結断層

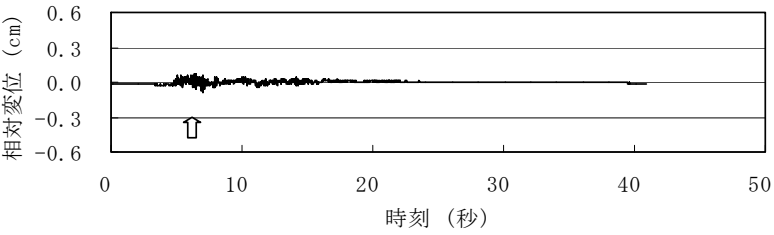
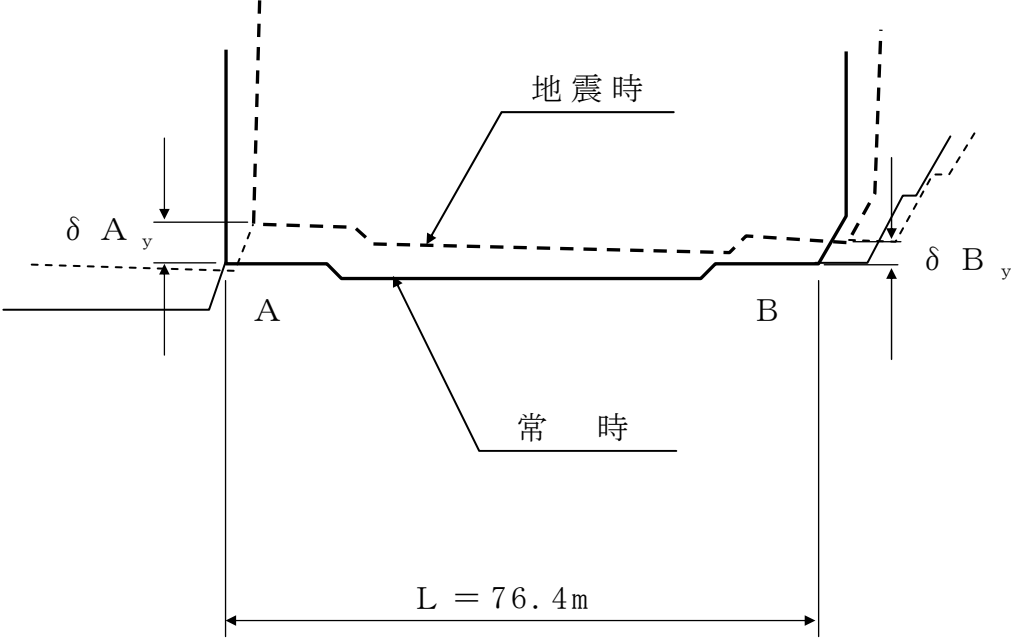
—— : すべり面

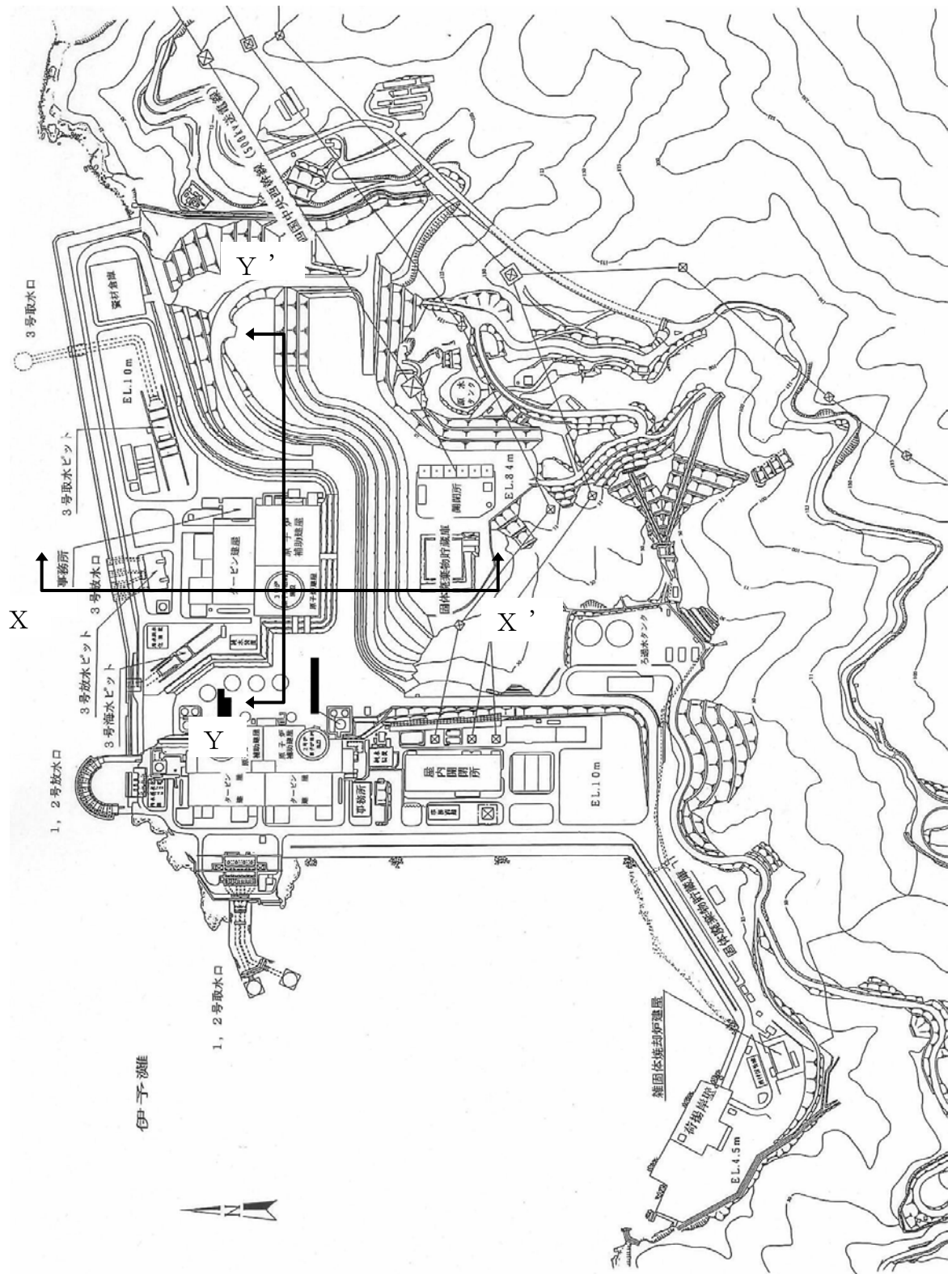
—— : 未結断層

第 3.2-1 表 原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜 (Ss-1H, Ss-1V)

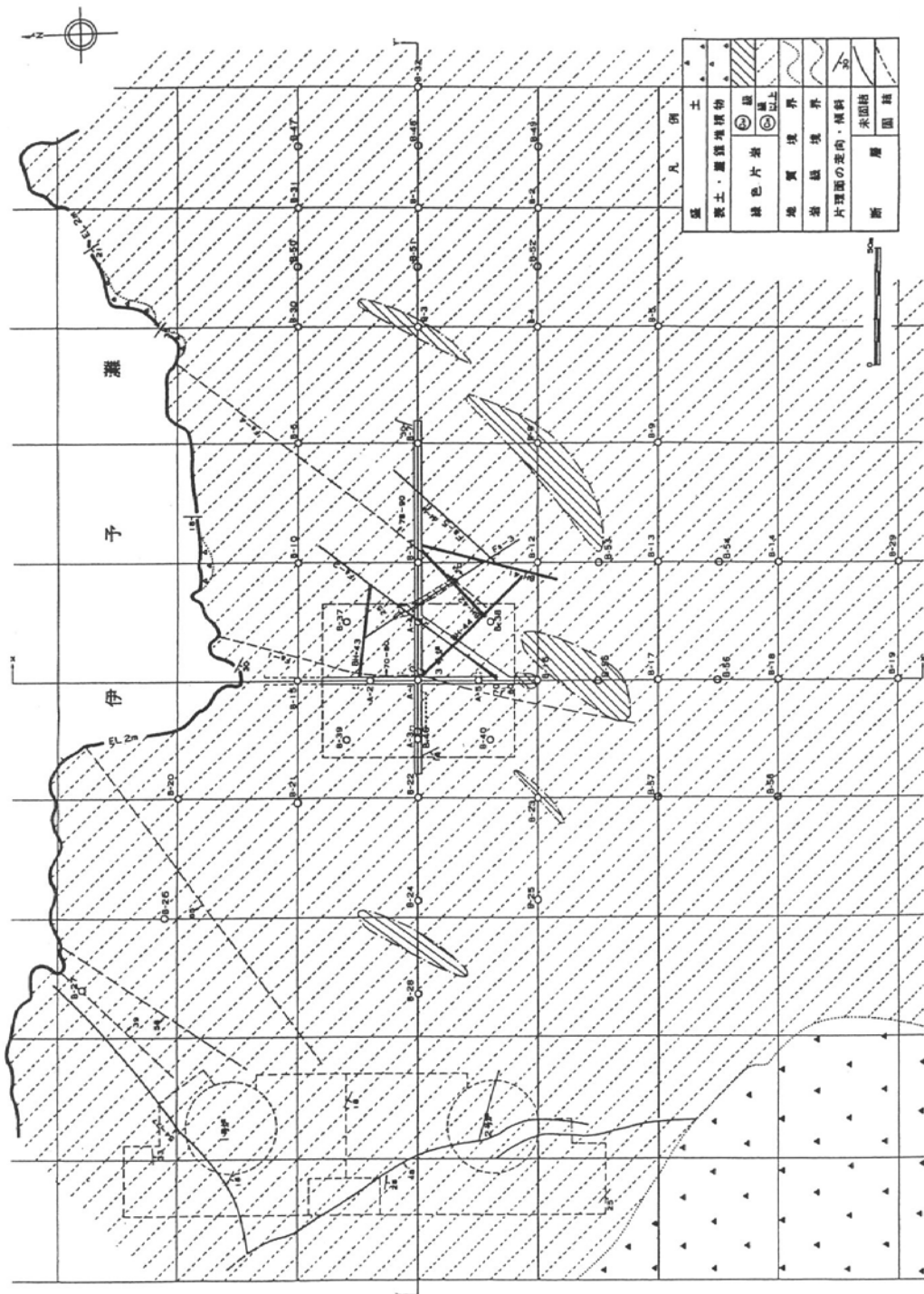
相対変位量のタイムヒストリー	最大傾斜
鉛直方向 $\delta A_y - \delta B_y$	$\frac{ \delta A_y - \delta B_y }{L}$
 <p>最大相対変位 = 0.17cm (T = 17.71 秒)</p>	1 / 44,000
 <p>地震時</p> <p>常時</p> <p><math>\delta A_y</math></p> <p>A</p> <p>B</p> <p><math>\delta B_y</math></p> <p>L = 76.4m</p>	

第 3.2-2 表 原子炉建屋基礎底面両端の鉛直方向の相対変位・傾斜 (Ss-2NS, Ss-2UD)

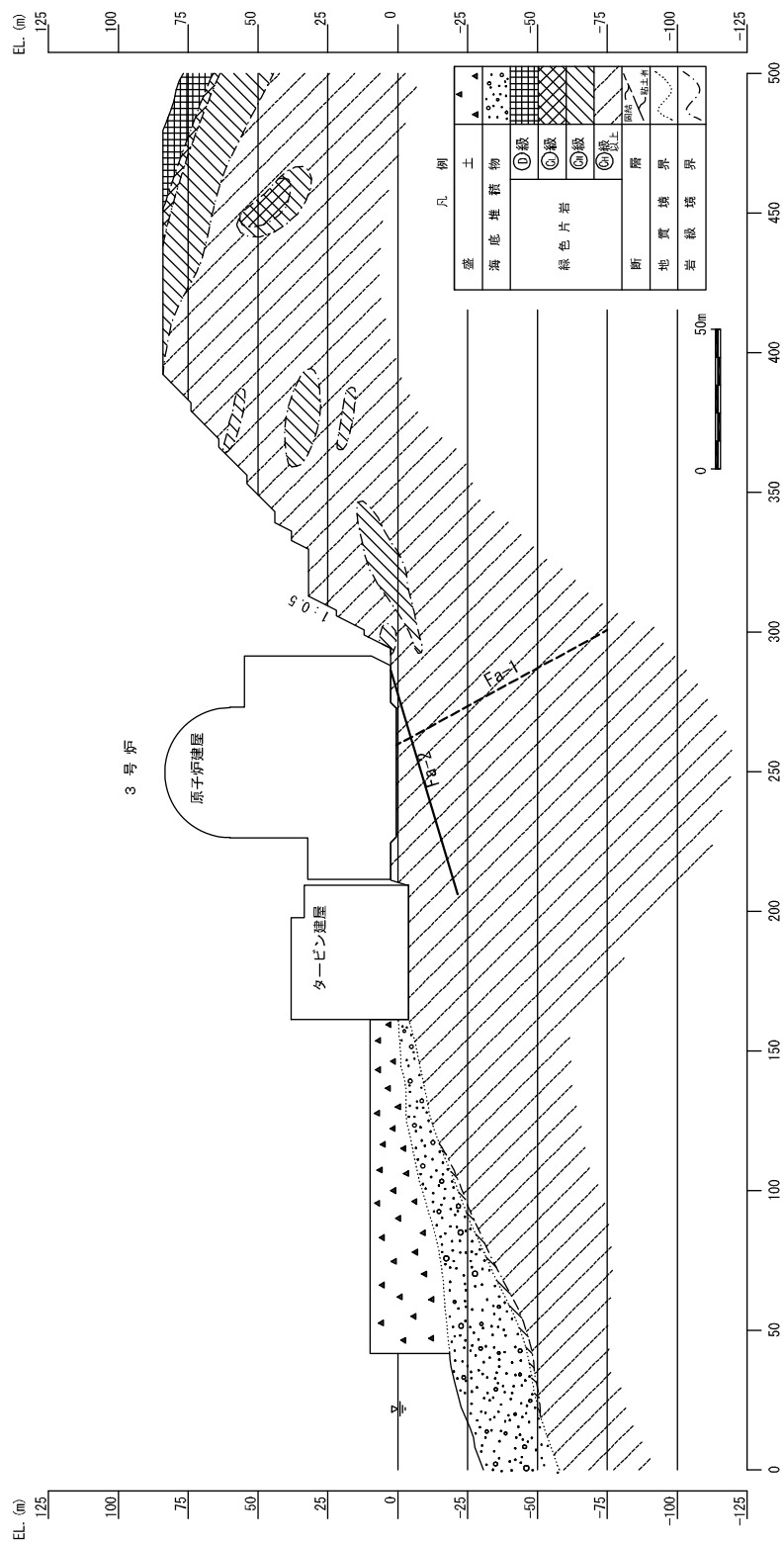
相対変位量のタイムヒストリー	最大傾斜
鉛直方向 $\delta A_y - \delta B_y$	$\frac{ \delta A_y - \delta B_y }{L}$
 <p>時刻 (秒)</p> <p>最大相対変位 = 0.09cm (T = 7.00 秒)</p>	1 / 84,000
 <p>地震時</p> <p>常時</p> <p>A B</p> <p><math>\delta A_y</math> <math>\delta B_y</math></p> <p>L = 76.4m</p>	



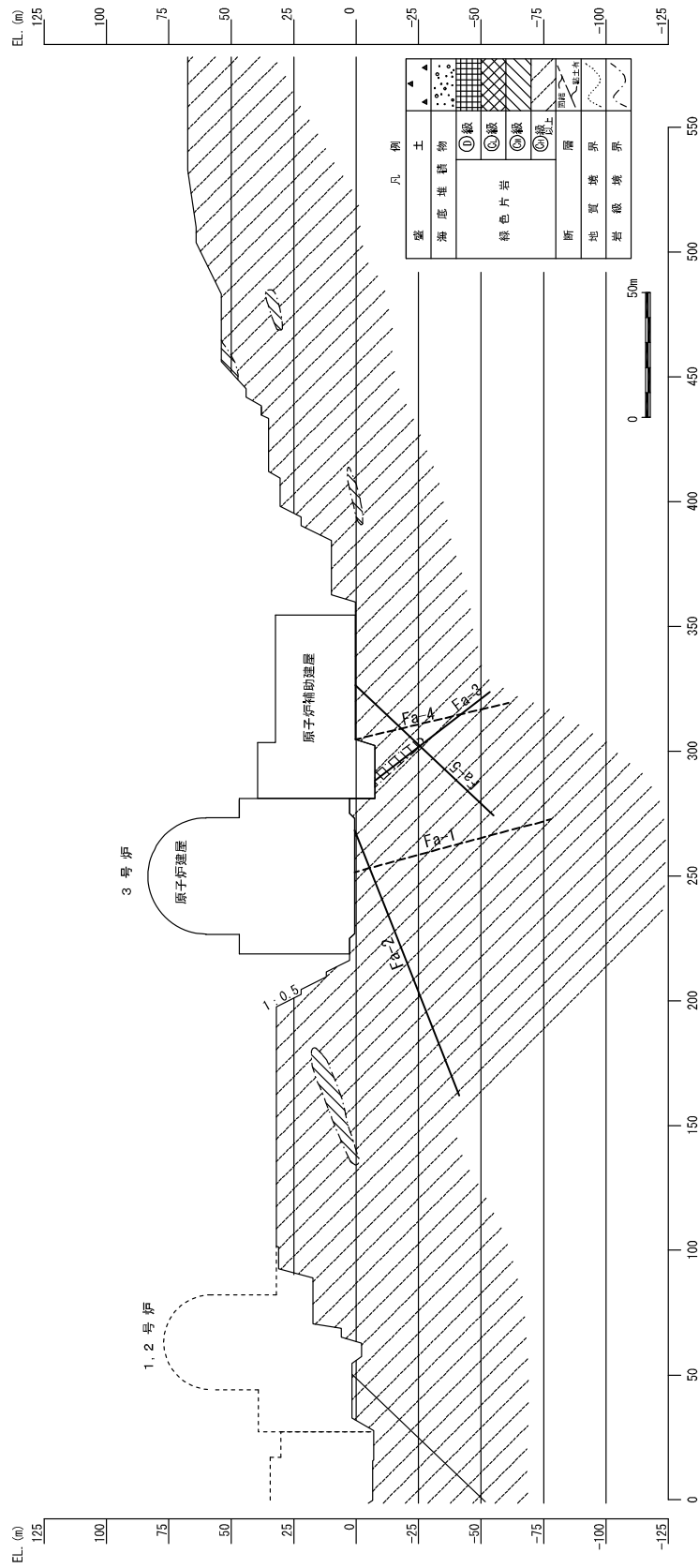
第 2.1-1 図 敷地平面図



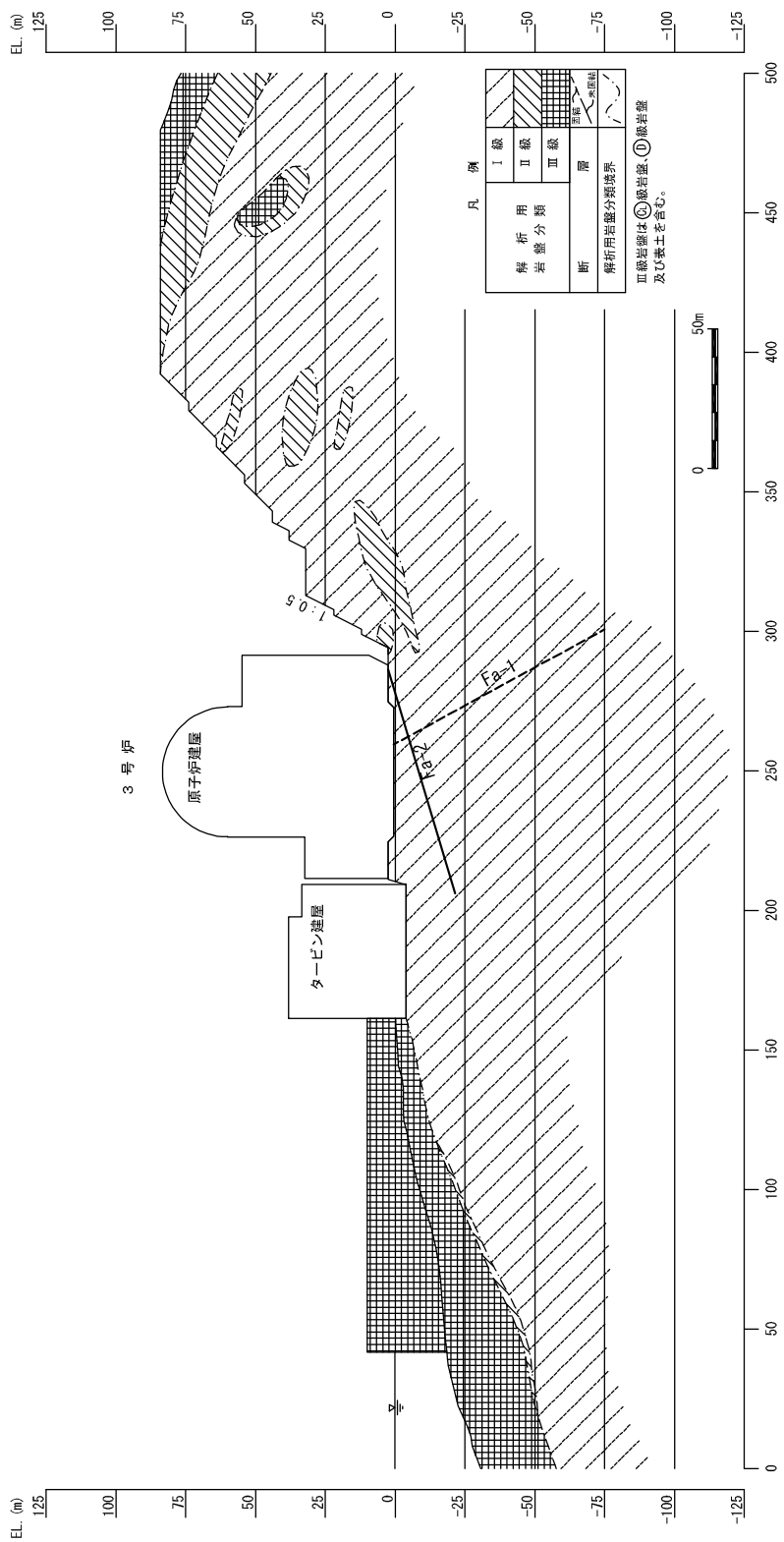
第 2.1-2 図 地質水平断面図 (EL +2.0m)  
 (伊方発電所原子炉設置許可申請書 - 3号炉増設 - より)



第 2.1-3 図 原子炉建屋付近の地質断面図 (X - X' 断面)

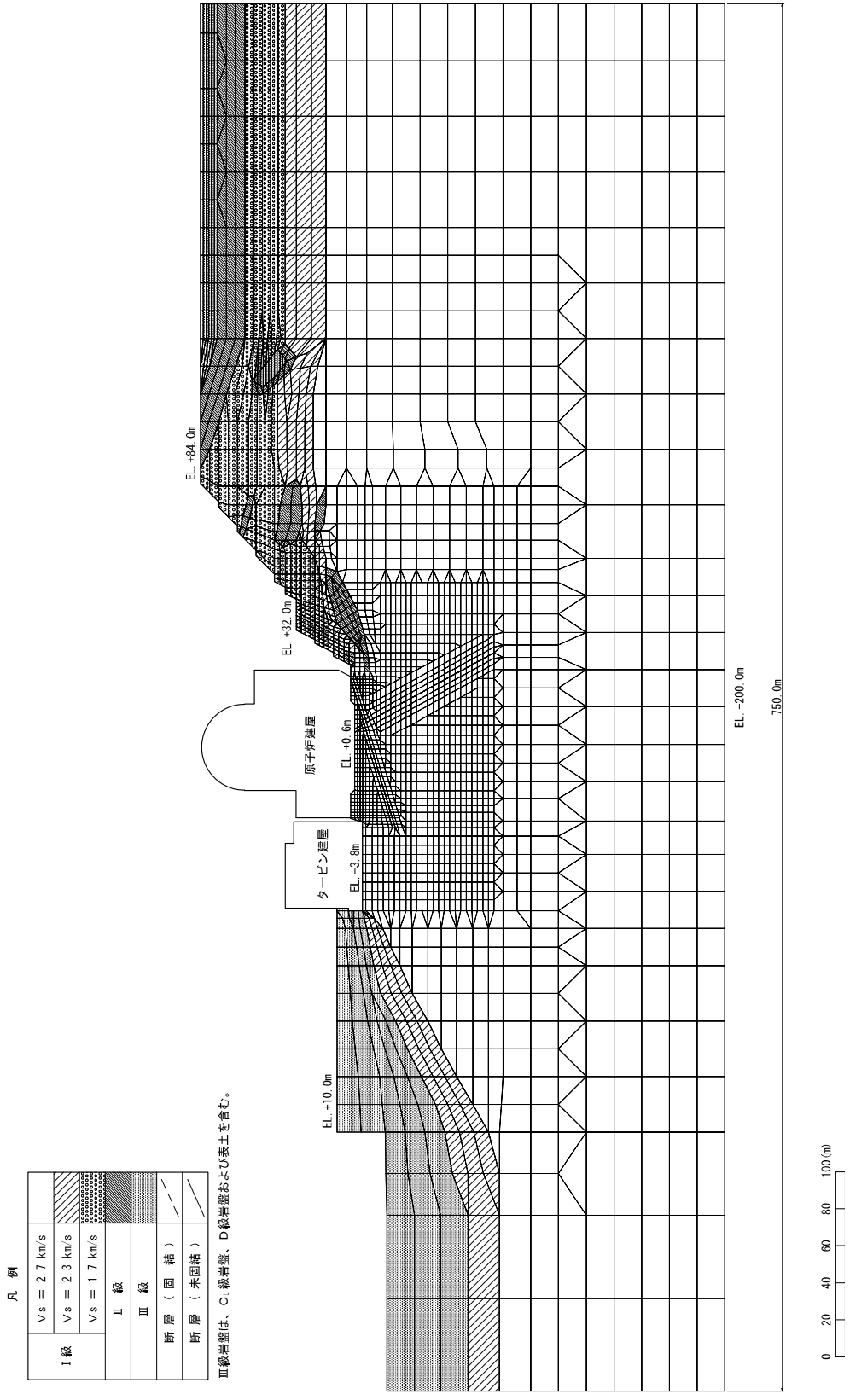


第 2.1-4 図 原子炉建屋付近の地質断面図 (Y - Y' 断面)



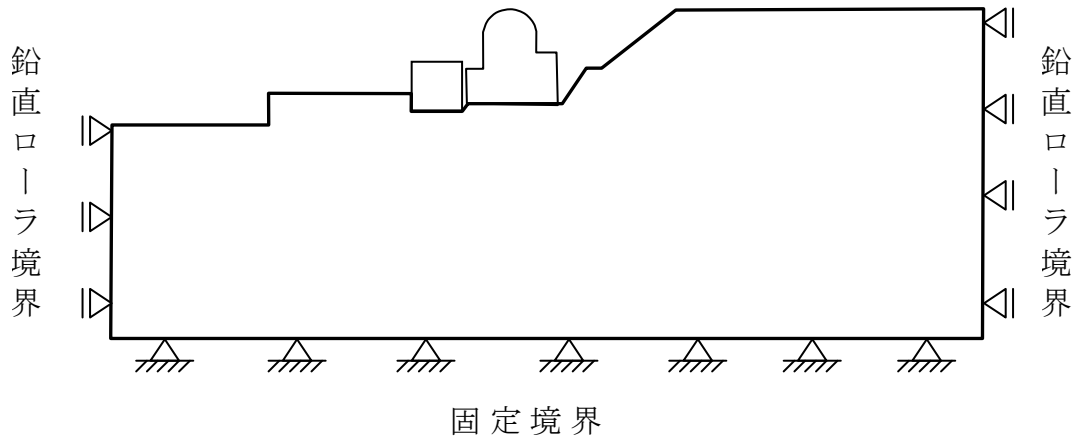
第 2.1-5 図 原子炉建屋付近の解析用岩盤分類図 (X - X' 断面)



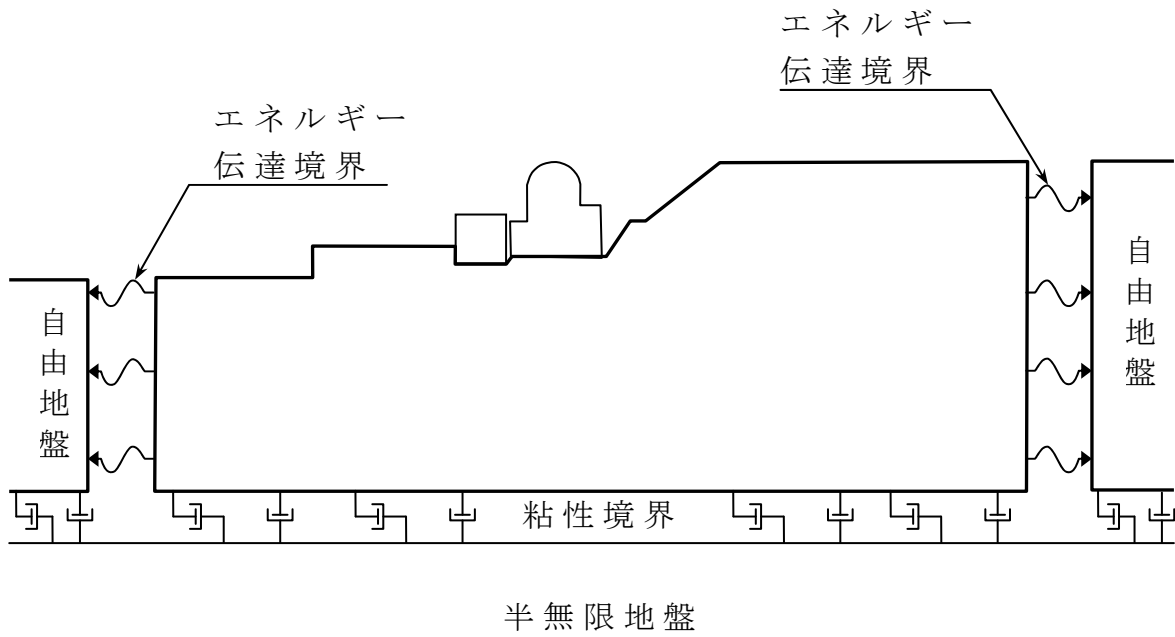


第 2.1-6 図 解析用要素分割図 (X - X' 断面)

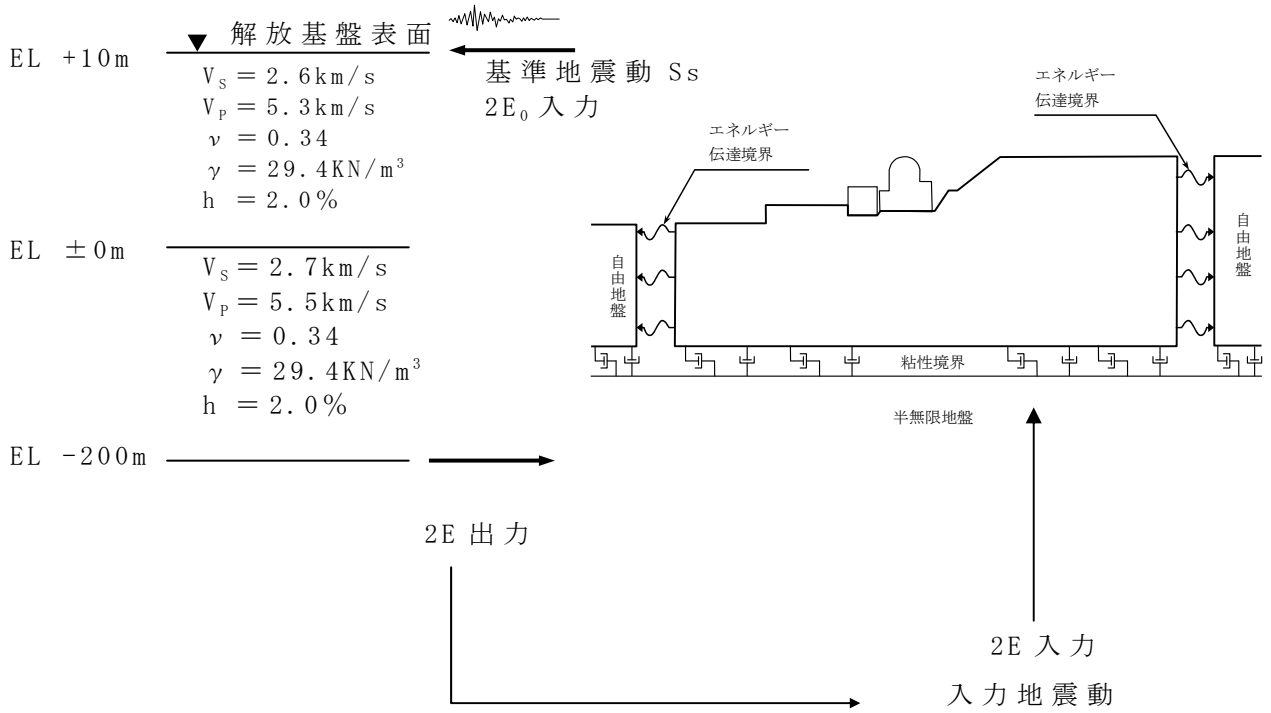
静的解析時



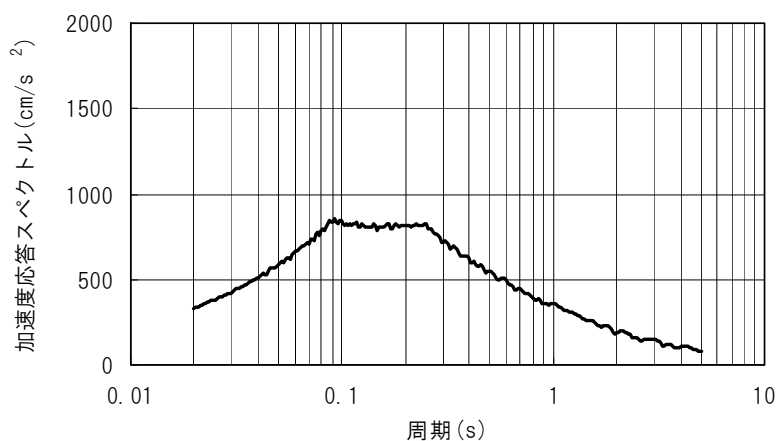
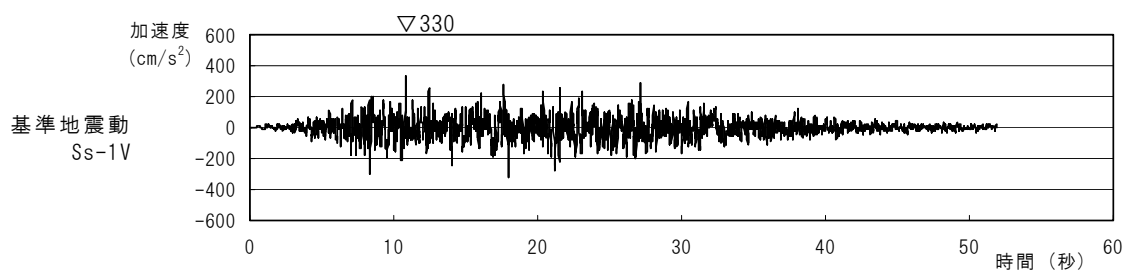
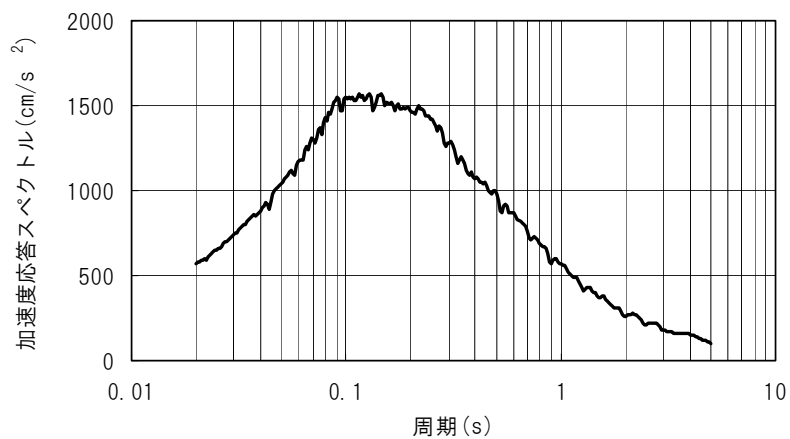
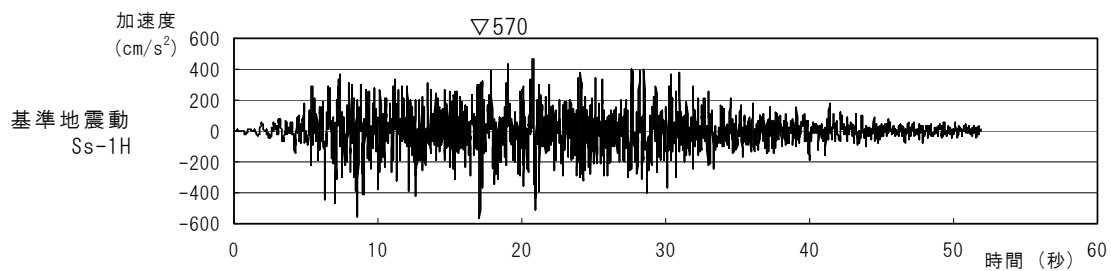
動的解析時



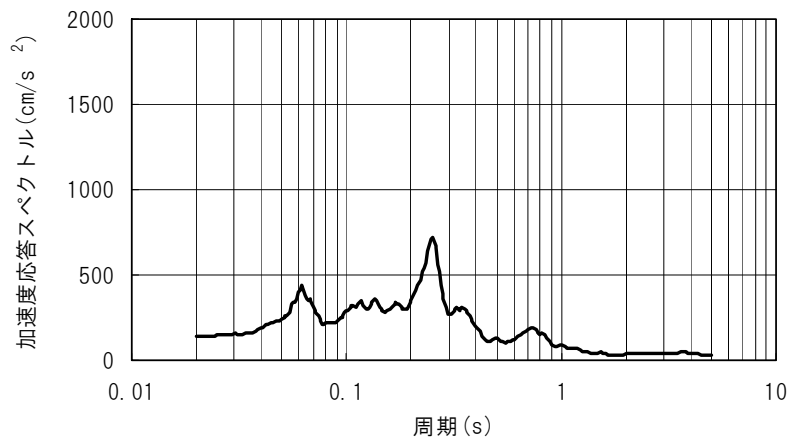
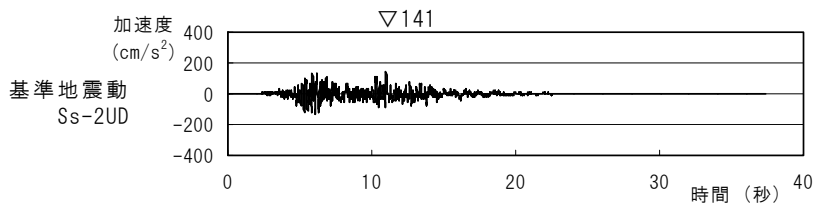
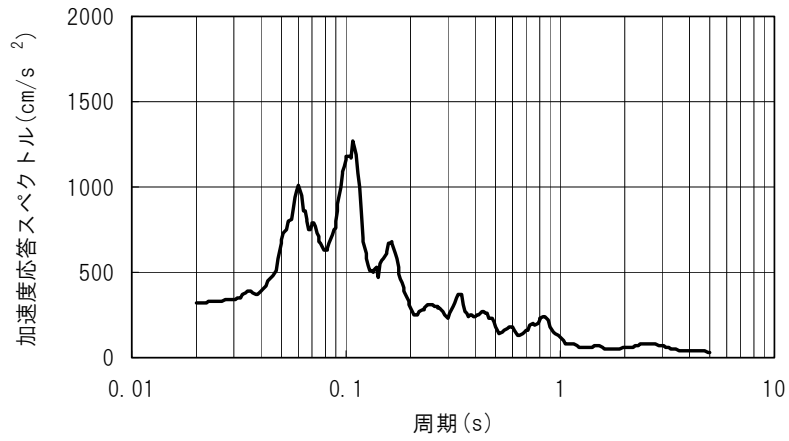
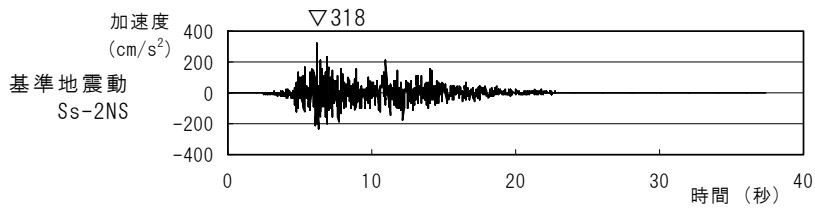
第 2.1-7 図 境界条件



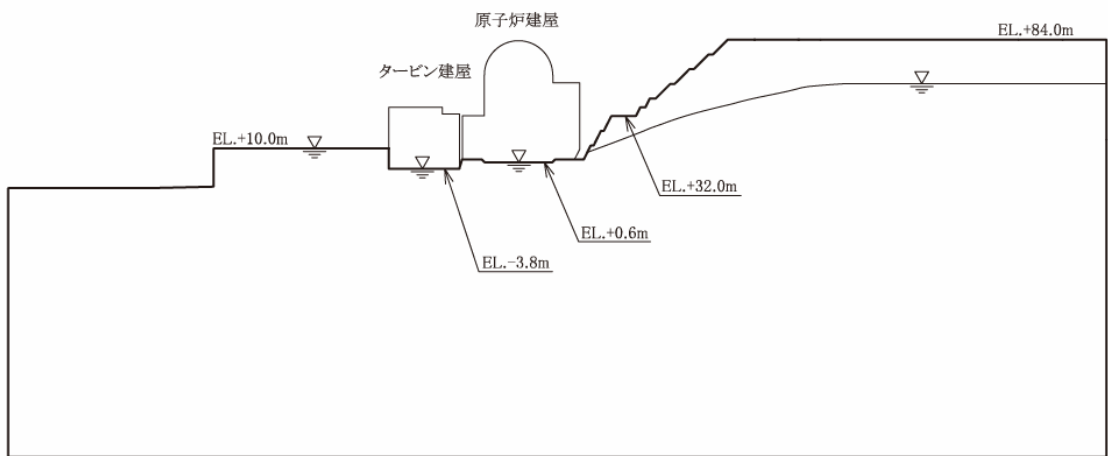
第 2.1-8 図 入力地震動の考え方



第 2.1-9 図 基準地震動  $S_s$  ( $S_s-1H$ ,  $S_s-1V$ ) の時刻歴波形と加速度応答スペクトル



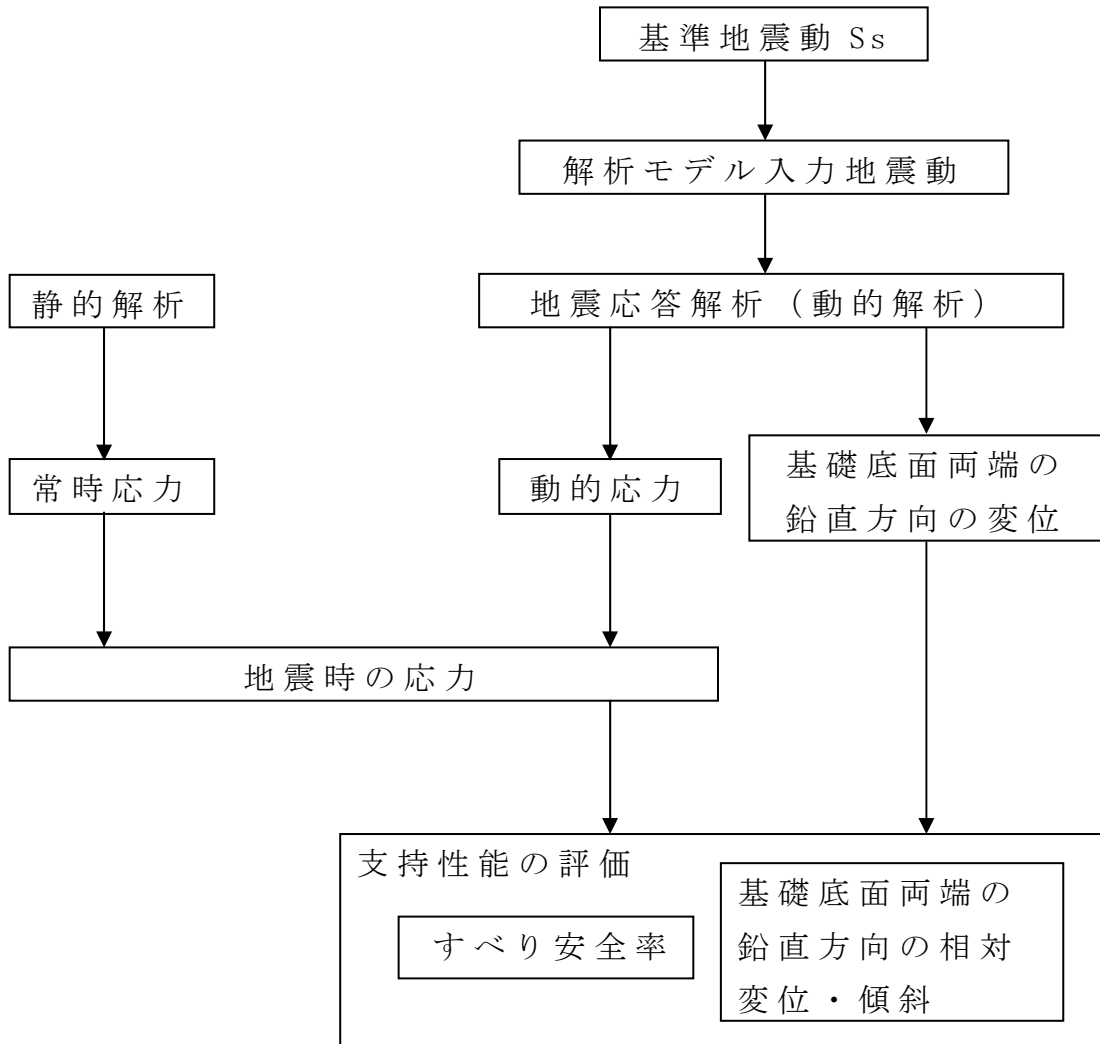
第 2.1-10 図 基準地震動 Ss (Ss-2NS, Ss-2UD) の時刻歴波形と  
 加速度応答スペクトル



第 2.1-11 図 解析用地下水位設定図







< 常時荷重 >

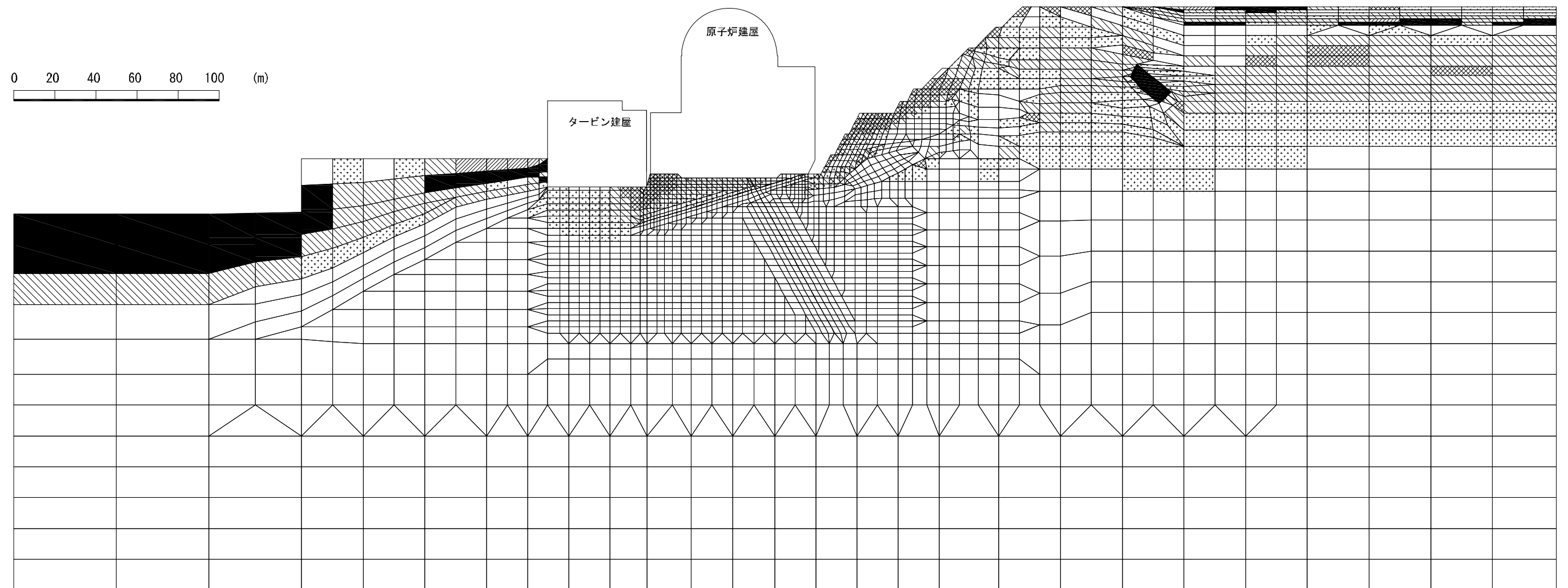
< 地震時荷重 >



第 2.1-12 図 原子炉建屋基礎地盤の安定性評価フロー

凡 例

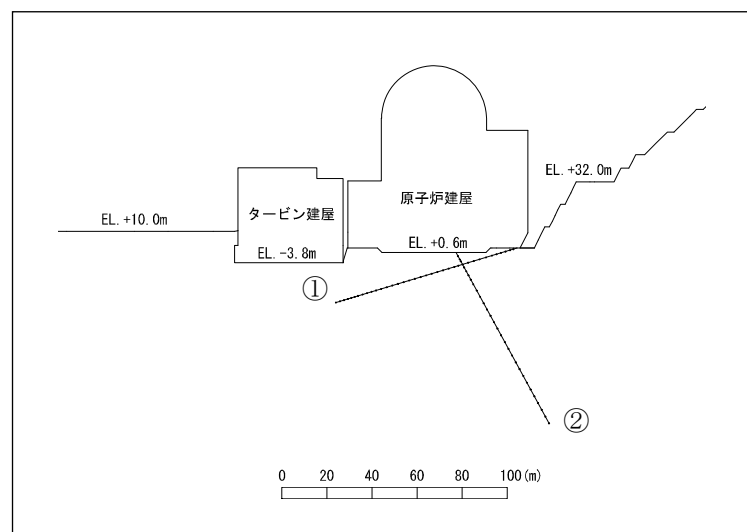
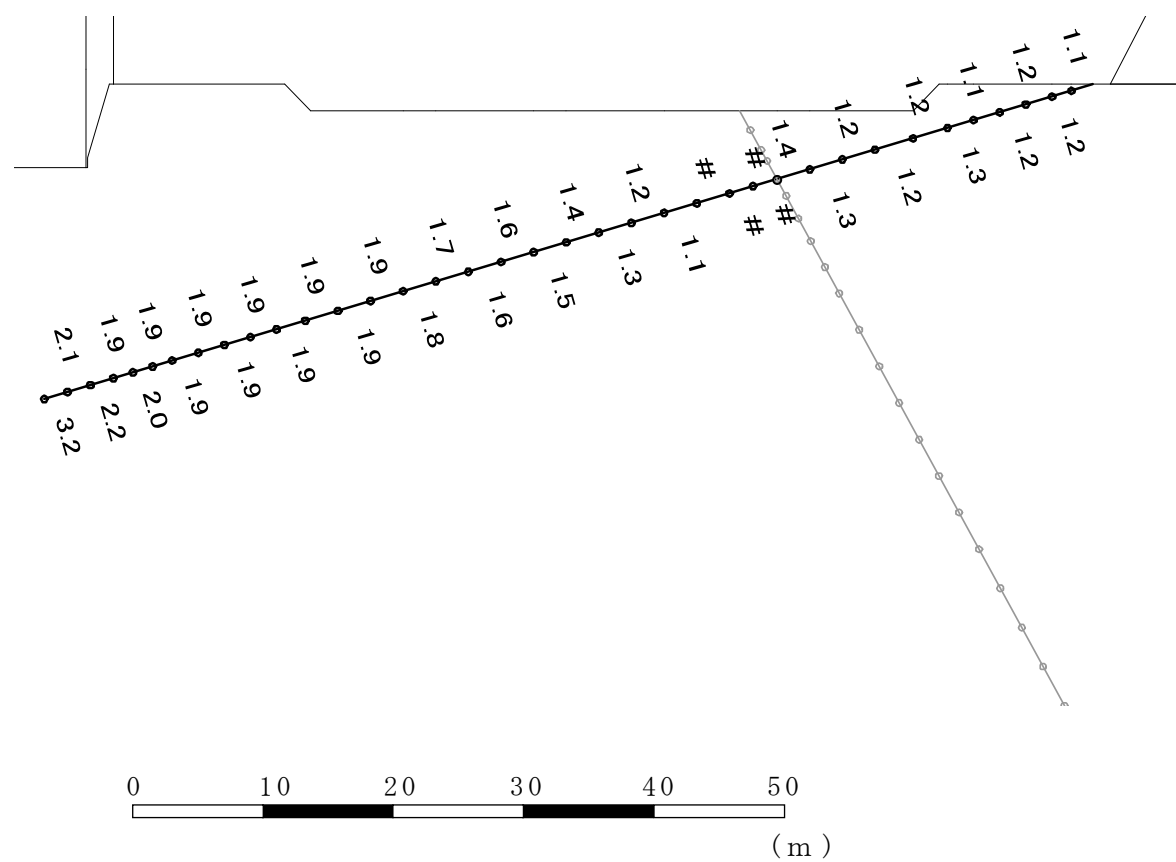
-  : 引張応力が発生した要素
-  : せん断強度に達した要素
-  : 複合破壊した要素
-  :  $1.0 \leq f_s < 1.5$
-  :  $1.5 \leq f_s < 2.0$
-  :  $2.0 \leq f_s$



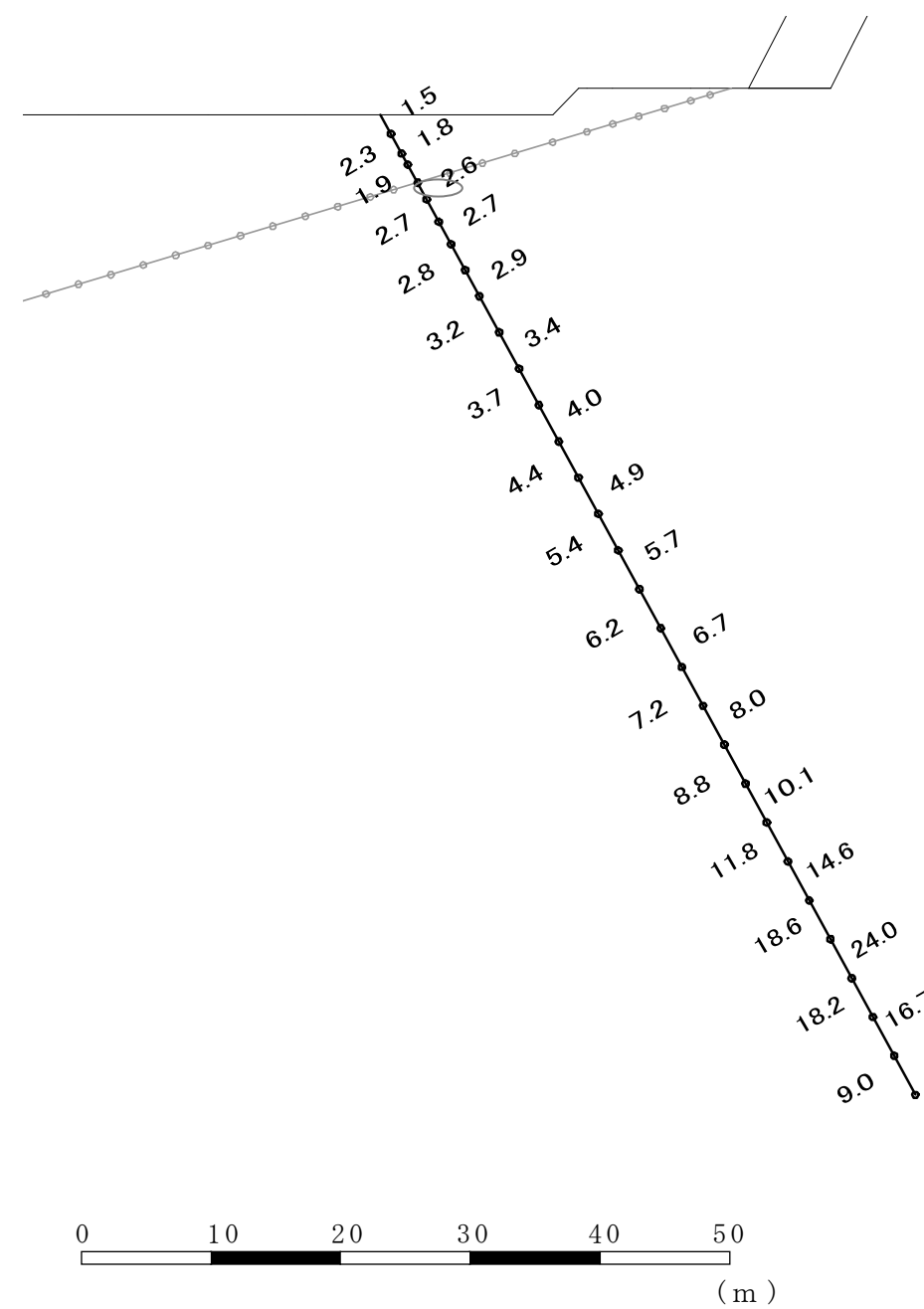
第 3.1-1 図 要素ごとの局所安全係数 全体図 [ (Ss-1H, Ss-1V), T = 17.08 秒 ]



① 未固結断層



② 固結断層









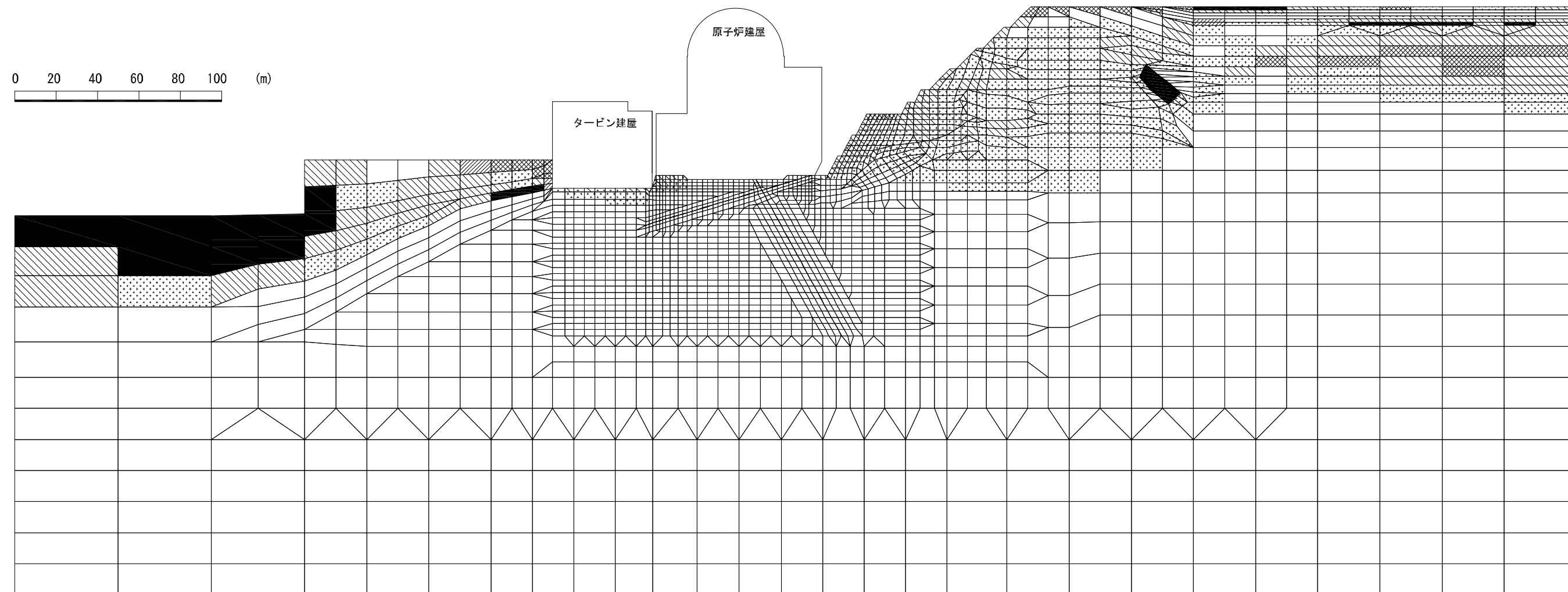
\* : 引張応力が発生した要素

# : せん断強度に達した要素

第 3.1-2 図 要素ごとの局所安全係数 未固結断層部, 固結断層部 [ (Ss-1H, Ss-1V), T = 17.08 秒 ]

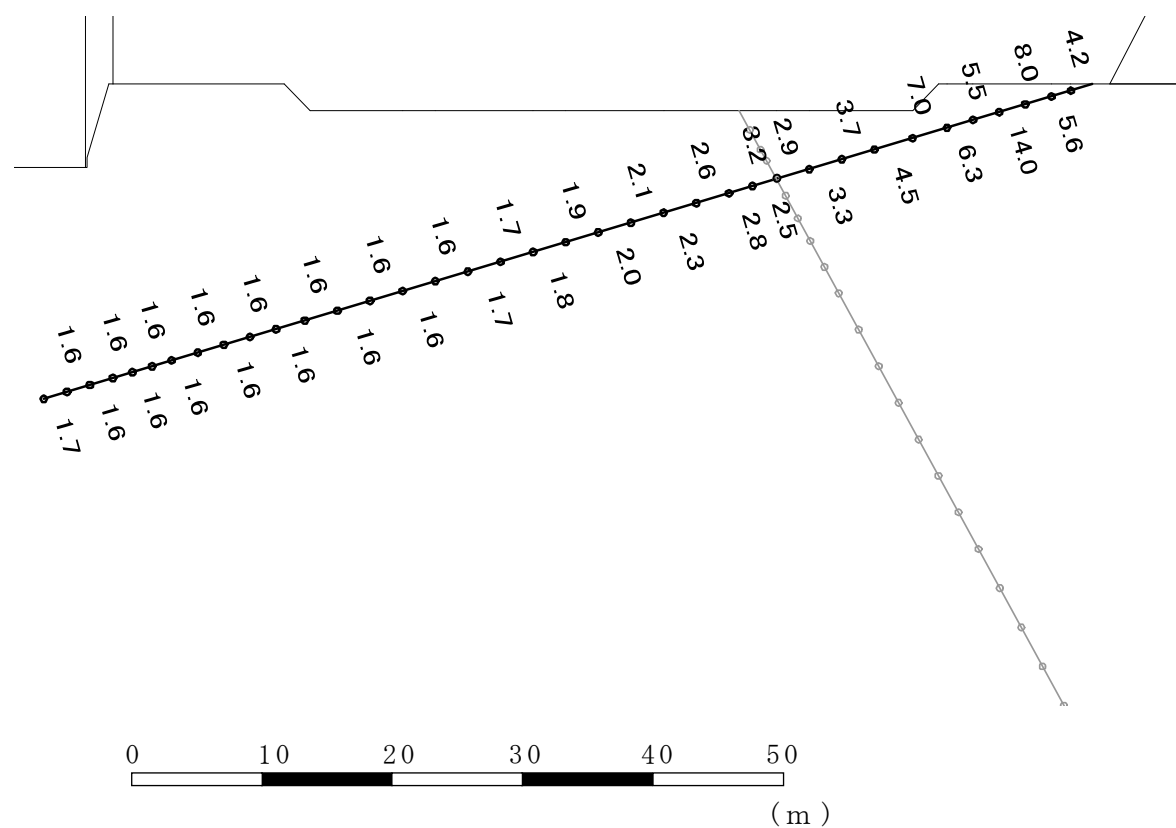
凡 例

-  : 引張応力が発生した要素
-  : せん断強度に達した要素
-  : 複合破壊した要素
-  :  $1.0 \leq f_s < 1.5$
-  :  $1.5 \leq f_s < 2.0$
-  :  $2.0 \leq f_s$

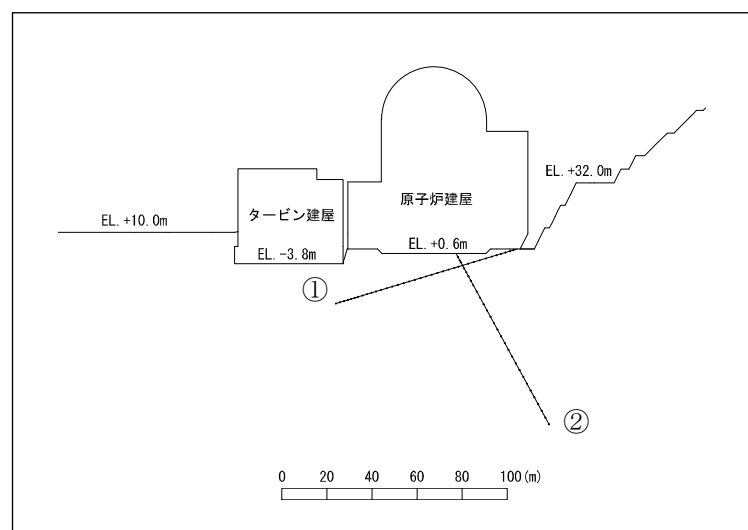
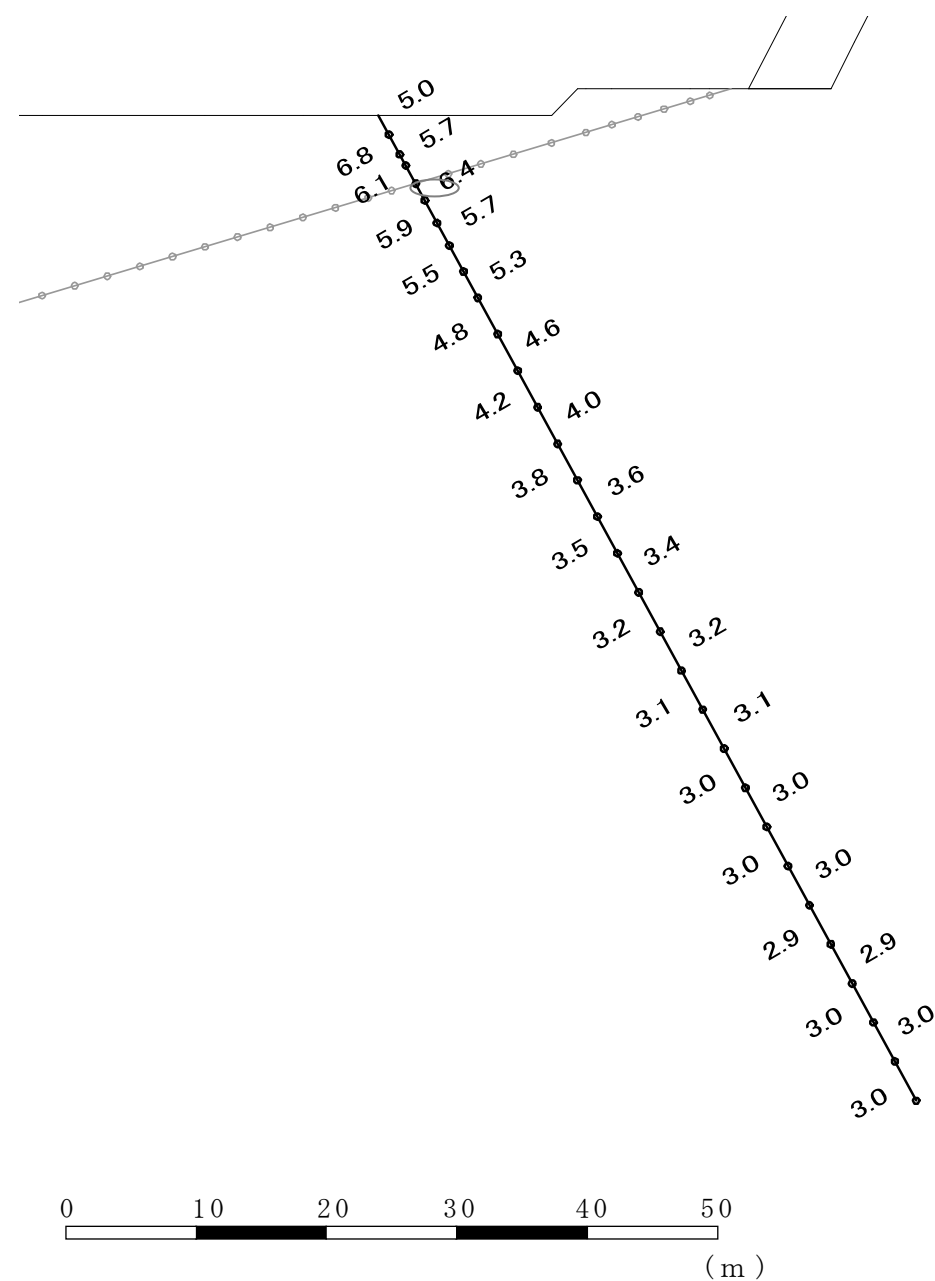


第 3.1-3 図 要素ごとの局所安全係数 全体図 [ (Ss-2NS, Ss-2UD), T = 6.26 秒 ]

① 未固結断層



② 固結断層



\* : 引張応力が発生した要素

# : せん断強度に達した要素

第 3.1-4 図 要素ごとの局所安全係数 未固結断層部, 固結断層部 [ (Ss-2NS, Ss-2UD), T = 6.26 秒 ]