

別添 2

大洗研究開発センターにおける既設試験研究用原子炉施設の  
耐震安全性評価の中間報告書  
(その1)

平成 22 年 8 月

独立行政法人日本原子力研究開発機構

## 目次

第 章	まえがき	
第 章	耐震安全性評価の基本方針	
第 章	敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質	
第 章	基準地震動 $S_s$ の策定	
第 章	高速実験炉原子炉施設の耐震安全性	・・・・・・(別途報告)
	-1	原子炉建家基礎地盤の安定性評価
	-2	安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価
	-3	安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価
第 章	H T T R 原子炉施設の耐震安全性	・・・・・・(別途報告)
	-1	原子炉建家基礎地盤の安定性評価
	-2	安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価
	-3	安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価
第 章	J M T R 原子炉施設の耐震安全性	・・・・・・(別途報告)
	-1	原子炉建家基礎地盤の安定性評価
	-2	安全上重要な建物・構築物の耐震安全性評価
	-3	安全上重要な機器・配管系の耐震安全性評価
第 章	地震随件事象に対する考慮	・・・・・・(別途報告)
第 章	まとめ	・・・・・・(別途報告)

・まえがき

原子力安全委員会において「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」が改訂されたことに伴い、文部科学省科学技術・学術政策局から「「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う既設試験研究用原子炉施設の耐震安全性の評価の実施について」(18文科科第728号)により、既設試験研究用原子炉施設の耐震安全性の評価を実施し、報告するよう指示がなされた。

これを受け、機構は、大洗研究開発センターに設置している高速実験炉原子炉施設、HTTR(高温工学試験研究炉)原子炉施設及びJMTR原子炉施設の耐震安全性評価実施計画書(以下「実施計画書」という。)を作成(平成19年3月及び平成19年7月)した。その後、新潟県中越沖地震から得られる知見を耐震安全性の評価に適切に反映するため「実施計画書」を見直し(平成20年2月及び平成21年4月)耐震安全性の評価を行ってきた。

本報告書は、既設試験研究用原子炉施設の耐震安全性の評価のうち、「敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質」及び「基準地震動  $S_s$  の策定」について取りまとめたものである。

なお、高速実験炉原子炉施設、HTTR(高温工学試験研究炉)原子炉施設及びJMTR原子炉施設の耐震安全性評価は平成23年3月までに実施することとしている。

本書は「敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質」及び「基準地震動  $S_s$  の策定」の概要等を示すものであり、詳細については別冊にまとめた。

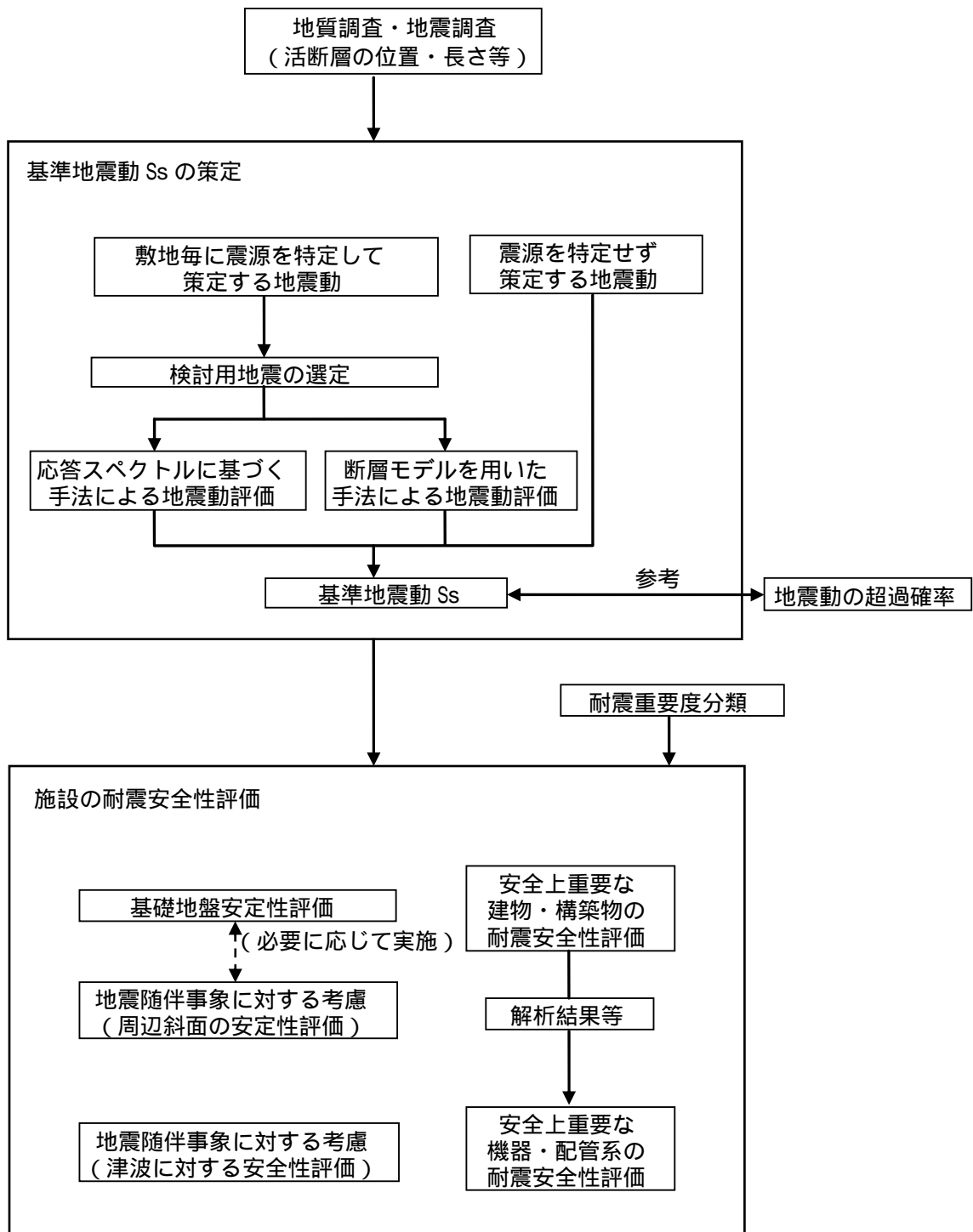
## II. 耐震安全性評価の基本方針

耐震安全性評価の基本方針を以下に示す。また、耐震安全性評価の全体フローを第1-1図に示す。

- (1) 新耐震指針の要求を踏まえ、施設の耐震安全性評価に当たっては、基準地震動  $S_s$  に対する耐震設計上重要な施設の安全機能の保持の観点から実施する。
- (2) 基準地震動  $S_s$  に対する安全機能の保持の評価を行う施設は、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」の改訂に伴う既設試験研究用原子炉施設の耐震安全性の評価の実施について」(平成18年12月21日 文部科学省科学技術・学術政策局)において示された「Sクラスとなる設備・機器等の選定の考え方」に基づき、地震想定影響に着目して選定した設備・機器等とする。また、その他の設備・機器等については、その破損によりSクラスに相当する設備・機器等に波及的影響を及ぼすおそれのある設備・機器等について評価を実施する。

なお、評価対象として選定した設備・機器等は、「実施計画書」に示している。

- (3) 基準地震動  $S_s$  は、新耐震指針にのっとり「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を考慮し策定する。
- (4) 施設に作用する地震動の策定、発生応力の算定、安全機能の評価等に用いる地震応答解析手法、解析モデル、許容値等については、従来の評価実績、最新の知見及び規格・基準類を考慮する。
- (5) 耐震安全性評価は、「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)を参考にして実施する。



第 1 - 1 図 耐震安全性評価の全体フロー

・ 敷地周辺・敷地近傍・敷地の地質



## 1. 調査方針

地質調査は、敷地からの距離に応じ、既存文献の調査、変動地形調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせて実施した。特に敷地近傍においては、より精度の高い詳細な調査を実施した。

これらの調査結果に基づき、平成 19 年 7 月に発生した新潟県中越沖地震等で得られた知見も踏まえて、評価・検討を行った。

なお、今回の敷地周辺調査及び敷地近傍調査のうち、調査範囲が重複する箇所については、日本原子力発電株式会社と協調して実施した。

地質調査の概要を第 1-1 図に、敷地周辺の主要な断層等の分布を第 1-2 図に示す。

## 2. 調査内容

### 2.1 敷地周辺陸域の調査

敷地周辺陸域の地形及び地質・地質構造を把握するため、敷地を中心とする半径約 30km の範囲及びその周辺陸域において下記の調査を実施し、その結果に基づき、地質図、地質断面図、リニアメント分布図等を作成し、断層の活動性等についての評価を実施した。

#### (1) 文献調査

敷地周辺陸域の地形及び地質・地質構造に関する主要な文献としては、工業技術院地質調査所及び独立行政法人産業技術総合研究所地質調査総合センター（以下「地質調査所」という。）発行の「地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅）」のうち、「那珂湊」（1972）、「磯浜」（1975）、「石岡」（1981）、「真壁」（1996）、「日本炭田図 5 万分の 1 常磐炭田地質図」（1957）、「20 万分の 1 地質図幅」のうち、「水戸（第 2 版）」（2001）、「白河」（2007）、「経済企画庁発行の「20 万分の 1 土地分類図 - 茨城県」（1973）、「5 万分の 1 土地分類基本調査 - 水戸」（1969）、「茨城県発行の「5 万分の 1 土地分類基本調査」のうち「石岡」（1980）、「磯浜・銚田」（1989）、「那珂湊」（1990）、「活断層研究会編の「[新編]日本の活断層-分布図と資料」（1991）、「地震調査研究推進本部地震調査委員会（以下「地震調査委員会」という。）の「関谷断層の長期評価について」（2004）、「関東平野北西縁断層帯の長期評価について」（2005）、「地質調査所発行の「50 万分の 1 活構造図 - 東京（第 2 版）」（1997）、「50 万分の 1 活構造図 - 新潟」（1984）、「同所編の「日本地質アトラス[第 2 版]」（1992）、「日本の海成段丘アトラス」（2001）、「中田・今泉編の「活断層詳細デジタルマップ」（2002）等がある。また、重力異常に関する文献としては、地質調査所編の「日本重力CD-ROM第 2 版」（2004）等がある。

これらの文献により敷地周辺陸域の地形及び地質・地質構造の概要を把握した。

#### (2) 変動地形調査

変動地形調査としては、国土地理院等で撮影された主に縮尺 2 万分の 1 の空中写真、米

軍により撮影された縮尺4万分の1の空中写真並びに国土地理院発行の縮尺5万分の1及び2万5千分の1の地形図等を使用して空中写真判読等を行った。空中写真判読に当たっては段丘面などの地形要素を抽出して分類するとともに、活断層や活褶曲等の地殻変動に起因した地形である変動地形に着目して、その可能性のある地形（以下「リニアメント」という。）を抽出した。

空中写真判読によるリニアメントの判読基準については、土木学会（1999）、井上ほか（2002）等を参考にして、敷地周辺の地域特性を考慮して設定した。

### （3） 地表地質調査

地表地質調査としては、文献調査及び変動地形調査結果を踏まえ、地表地質調査を実施するとともに、必要に応じてボーリング調査やトレンチ調査等を実施し、敷地周辺陸域の地質・地質構造を把握した。

### （4） 地球物理学的調査

地球物理学的調査としては、重力異常の概要を文献調査により把握した。

## 2.2 敷地周辺海域の調査

敷地周辺海域の地形及び地質・地質構造を把握するため、敷地を中心とする半径約30kmの範囲を含む沿岸方向約90km、沖合方向約40kmの海域（以下「敷地前面海域」という。）において、以下の調査を実施し、その結果に基づき、海底地形図、海底地質図及び海底地質断面等を作成し、断層の活動性等についての評価を実施した。

### （1） 文献調査

敷地前面海域については、海上保安庁（現 海上保安庁海洋情報部）発行の「海底地質構造図（20万分の1）」のうち「<sup>かしまなだ</sup>鹿島灘」（1980）及び「<sup>しおやさき</sup>塩屋埼沖」（1981）、地質調査所発行の「海洋地質図」のうち「日本海溝・千島海溝南部及びその周辺広域海底地質図（100万分の1）」（1978）、「鹿島灘海底地質図（20万分の1）」（1986）及び「塩屋埼沖海底地質図（20万分の1）」（2001）のほか、徳山ほかの「日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史」（2001）、米谷ほかの「鹿島灘」（1981）、高柳の「第四紀海洋古環境 鹿島沖SK-1の研究」（1984）等がある。

これらの文献により敷地前面海域の地形及び地質・地質構造の概要を把握した。

### （2） 海上音波探査記録の検討

敷地前面海域及びその周辺海域において、石油公団（現 独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、以下「石油公団」という。）地質調査所等により海上音波探査が実施されており、これらの探査記録解析を行った。解析を行った既存音波探査記録は総延長約2,500kmである。

さらに、海底の地形及び地質・地質構造に関する資料を得るため、敷地前面海域におい

て、ブーマー、ウォーターガン及びエアガンを音源としたマルチチャンネル方式の海上音波探査を実施した。海上音波探査は、浅部の地質構造を把握するためのブーマー・マルチチャンネル方式の探査、浅部から中深部の地質構造を把握するためのウォーターガン・マルチチャンネル方式の探査のほか、必要に応じて深部の地質構造を把握するためのエアガン・マルチチャンネル方式の探査を実施した。測線の総延長は約 3,140km である。海域の地層の年代については、石油資源開発株式会社が実施した試掘井「鹿島沖 SK-1」の試料を用いた米谷ほか（1981）の研究等から地層対比を行い評価した。

### 2.3 敷地近傍の調査

敷地近傍の地形及び地質・地質構造を詳細に把握するため、敷地周辺の調査結果も踏まえて、敷地を中心とする半径約 5km の範囲において、以下の調査を実施し、その結果に基づき、地質図、地質断面図、リニアメント分布図等を作成し、敷地近傍の地質・地質構造、断層の活動性等についての評価を実施した。

#### （1）文献調査

敷地近傍の地形及び地質・地質構造に関する主要な文献としては、地質調査所発行「地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅）」のうち、「那珂湊」（1972）、「磯浜」（1975）、「20 万分の 1 地質図幅 - 水戸（第 2 版）」（2001）等がある。これらの文献により敷地近傍の地形及び地質・地質構造の概要を把握した。

#### （2）変動地形調査

変動地形調査としては、国土地理院等で撮影された主に縮尺 2 万分の 1 の空中写真、米軍により撮影された縮尺 4 万分の 1 の空中写真並びに国土地理院発行の縮尺 5 万分の 1 及び 2 万 5 千分の 1 の地形図等を使用して、空中写真判読を行った。空中写真判読に当たっては、段丘面などの地形要素を抽出して分類するとともに、活断層や活褶曲等の地殻変動に起因した地形であるリニアメントに着目して、その可能性のある地形を抽出した。

#### （3）地表地質調査

地表地質調査としては、文献調査及び変動地形調査結果を踏まえ、敷地近傍陸域の詳細な地質・地質構造を把握した。

#### （4）地球物理学的調査

地球物理学的調査としては、重力異常の概要を文献調査により把握した。

#### （5）海上音波探査記録の検討

敷地を中心とする半径約 5km の範囲において、敷地前面海域と同様の海上音波探査を実施した。

### 2.4 敷地の調査

敷地の地質・地質構造を把握するため、文献調査、変動地形調査、地表地質調査及びボーリング調査を実施した。また、これまでに実施したボーリング調査結果と併せて、地質図、地質断面図等を作成し、敷地の地質・地質構造について検討を行った。

### 3. 調査結果

#### 3.1 敷地周辺陸域の調査結果

##### (1) 敷地周辺陸域の地形

敷地周辺陸域は、茨城県の中央から北部に位置し、東側は太平洋に面している。

敷地周辺陸域の地形は、八溝山地<sup>やみぞ</sup>、久慈山地、多賀山地及び那珂台地周辺部に大別される。

##### (2) 敷地周辺陸域の地質

敷地周辺陸域の地質層序を第 3-1 表に示す。

敷地周辺北西部の八溝山地には、主に先新第三系の八溝層群が分布する。久慈山地には、主に新第三系金砂郷層群<sup>かなさごう</sup>及び多賀層群が分布する。多賀山地には、主に先白亜系の日立変成岩類<sup>たかぬき</sup>、竹貫変成岩類<sup>あぶくま</sup>及び阿武隈花崗岩類が分布する。那珂台地周辺部には主に第四系更新統の東茨城層群及び段丘堆積物が分布する。この堆積物により形成される段丘面は、南関東の下末吉面<sup>しもすえよし</sup>～小原台面（海洋酸素同位体ステージ 5 e ~ 5 c）に対比される M 1 面及び南関東の武蔵野面（海洋酸素同位体ステージ 5 a）に対比される M 2 面等に区分される。

##### (3) 敷地周辺陸域の地質構造

敷地周辺陸域における主要な断層の評価を第 3-3 表に示す。

関東平野北西縁断層帯及び関谷断層を耐震設計上考慮する断層として評価した。また、棚倉破碎帯西縁断層（の一部）について上載地層との関係が確認できない区間があり、後期更新世以降の活動性が否定できないことから、耐震設計上考慮する断層として評価した。

上記以外の断層等について、後期更新世以降の活動性はないと判断した。

#### 3.2 敷地前面海域の調査結果

##### (1) 敷地前面海域の地形

敷地前面海域の海底地形は、沿岸側の大陸棚とその沖合側の大陸斜面とに区分される。

##### (2) 敷地前面海域の地質

敷地前面海域の地質は、第 3-2 表に示すように、海上音波探査の結果から、上位から A 層、B 層、C 層、D 層及び E 層の 5 層に区分される。さらに、B 層は B<sub>1</sub> 層、B<sub>2</sub> 層及び B<sub>3</sub> 層の 3 層に、C 層は C<sub>1</sub> 層及び C<sub>2</sub> 層の 2 層に、D 層は D<sub>1</sub> 層、D<sub>2</sub> 層及び D<sub>3</sub> 層の 3 層にそれぞれ細区分される。

区分した各層は、陸域の地質との連続性、石油資源開発株式会社が実施した「鹿島沖 SK-1」の試料を用いた米谷ほか（1981）の研究、地質調査所発行の「鹿島灘海底地質図（20

万分の 1)」（1986）等の結果から、A 層は完新統に、B 層は更新統に、C 層は鮮新統に、D 層は中新統～古第三系に、E 層は古第三系～先古第三系にそれぞれ対比される。

### (3) 敷地前面海域の地質構造

敷地前面海域における主要な断層の評価を第 3-3 表に示す。

F 2 断層は、海底面付近に分布する B<sub>3</sub> 層の地層に変位・変形を与えているが、D<sub>1</sub> 層下部以下の地層に変位・変形を与えていないことから、構造的な断層ではないと判断した。

上記以外の断層等についても、後期更新世以降の活動性はないと判断した。

## 3.3 敷地近傍の調査結果

### (1) 敷地近傍の地質

敷地近傍陸域には下位より新第三系中新統の多賀層群、新第三系鮮新統の久米層、第四系更新統の東茨城層群及び段丘堆積物並びに第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層がそれぞれ分布している。

敷地近傍海域には、上位から、A 層、B 層、D 層及び E 層が分布している。なお、C 層は伏在して分布する。

### (2) 敷地近傍陸域の地質構造

敷地近傍陸域においては、活断層研究会編（1991）等において鹿島台地・行方台地周辺の活傾動が記載されている。地表地質調査等の結果、鹿島台地・行方台地周辺の活傾動が記載される付近に断層は認められず、後期更新世の段丘堆積物基底面及び段丘堆積物中の白斑状生痕を含む砂層には地形面と調和的な高度差は認められないことから、後期更新世以降の活動性はないものと判断した。

敷地近傍海域においては、海上音波探査の結果から、F 3 断層及び F 4 断層が確認された。F 3 断層と F 4 断層の一部で、上載地層との関係が確認できない区間があり、後期更新世以降の活動性が否定できない。両断層については、断層の走向、地層の落下方向及び地層の累積変位量が類似し、近接することから、一連の断層として長さ約 16km とした。

上記以外の断層等については、後期更新世以降の活動性はないと判断した。

## 3.4 敷地の調査結果

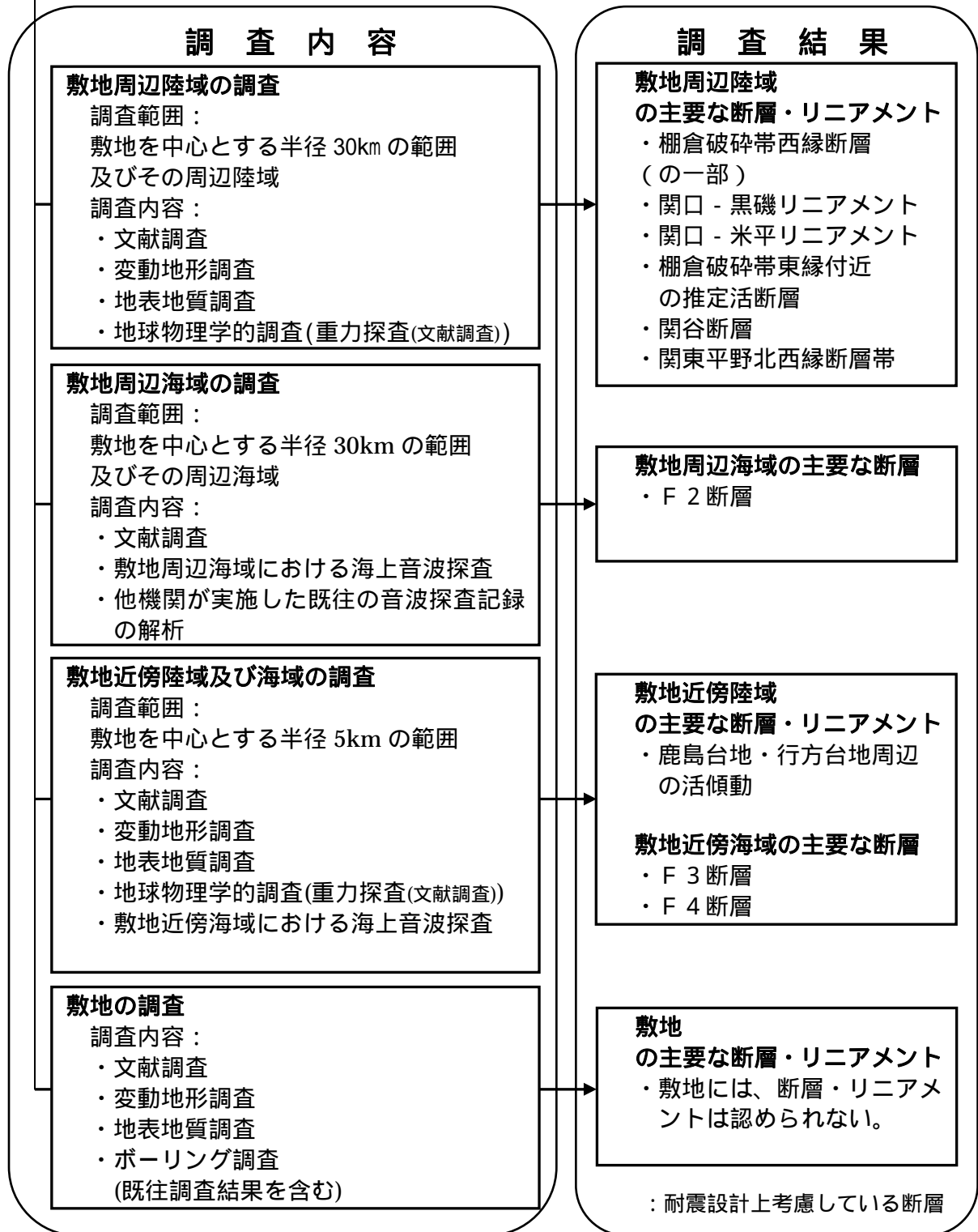
### (1) 敷地の地質

敷地の地質は、新第三系中新統の多賀層、鮮新統の久米層、第四系更新統の東茨城層群及び M 1 段丘堆積物並びに第四系完新統の沖積層及び砂丘砂層で構成される。

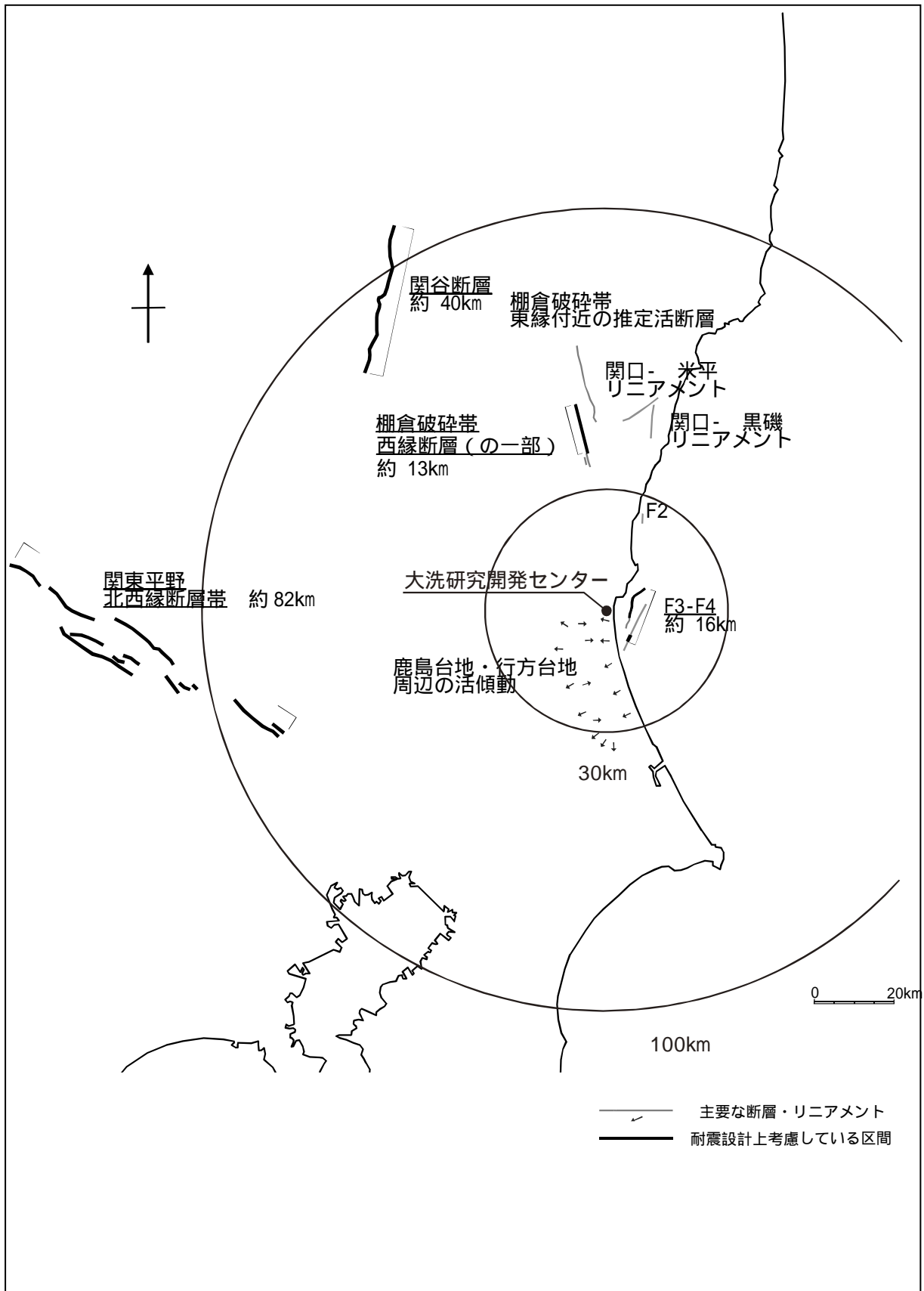
### (2) 敷地の地質構造

文献調査、変動地形調査、地表地質調査及びボーリング調査結果から、敷地には断層及びリニアメントは認められない。

- ・地質調査は、敷地からの距離に応じ、文献調査、変動地形調査、地表地質調査、地球物理学的調査等を適切に組み合わせて実施する。特に敷地近傍においては、より精度の高い詳細な調査を実施する。
- ・耐震設計上考慮する活断層としては、第四紀後期更新世以降の活動が否定できないものとする。なお、その認定に際して、最終間氷期及びそれ以前の地層又は地形面を用いる。



第 1-1 図 地質調査の概要



第 1-2 図 敷地周辺の主要な断層等分布図

第3-1表 敷地周辺陸域の地質層序表

年代層序区分	八溝山地		久慈山地		多賀山地		那珂台地周辺																															
	地層名	深成岩類及び 変成岩類	地層名	深成岩類及び 変成岩類	地層名	深成岩類及び 変成岩類	地層名	深成岩類及び 変成岩類																														
中生界	白亜系	上部	八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	那珂湊層群	砂丘砂層																														
		中部																																				
	ジュラ系	上部							筑波変成岩類 吾国山変成岩類	八溝層群	八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層																								
		中部																																				
	三疊系	上部													八溝層群	八溝層群	八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層																		
		中部																																				
	ヘルム系	上部																			八溝層群	八溝層群	八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層												
		中部																																				
	石灰系	上部																									八溝層群	八溝層群	八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層						
		中部																																				
	古生界	漸新統																															上部	八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層
																																	中部					
下部																																						
始新統		上部	八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層																														
		中部																																				
		下部																																				
中新統		上部							八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層																								
		中部																																				
		下部																																				
鮮新統		上部													八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層																		
		中部																																				
		下部																																				
更新統	上部	八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩																			阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層													
	中部																																					
	下部																																					
完新統	上部		八溝花崗岩類、加波山 袖田花崗岩、花崗岩	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	阿武隈 花崗岩類	大洗層																														
	中部																																					
	下部																																					

: 整合  
 : 不整合  
 : 貫入  
 : 関係不明  
 : 下段不明  
 : 地層欠如



第 3-2 表 敷地前面海域の地質層序表

区 分		陸 域	海 域			
地質時代		事業者	事業者	地質調査所(1986) 「鹿島灘海底地質図」	地質調査所(2001) 「塩屋埼沖海底地質図」	
第四紀	完新世	沖積層	A	Re		
	更新世	後期	段丘堆積物	B <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	A
					Q <sub>4</sub>	
		中期	東茨城層群	B <sub>2</sub>	Q <sub>3</sub>	B
				Q <sub>2</sub>		
	前期		B <sub>3</sub>	Q <sub>1</sub>	C	
	新第三紀	鮮新世	久米層	C <sub>1</sub>	Q <sub>0</sub>	D
離山層			C <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	E	
					F	
					G	
中新世		多賀層群	D <sub>1</sub>	M	H (Upper)	
		金砂郷層群等	D <sub>2</sub>			H (Middle)
古第三紀		白水層群	D <sub>3</sub>	Pg <sub>2</sub>	H (Lower)	
	先第三紀	大洗層 那珂湊層群 阿武隈花崗岩類 日立変成岩類	Pg <sub>1</sub>			
E			B			

第 3-3 表 主要断層評価一覧

断層名		評 価		
敷地周辺	陸域	棚倉破砕帯 西縁断層（の一部）	長さ 約 13km	確認された断層のうち、上載地層との関係が確認できない区間があり、後期更新世以降の活動性を明確に否定できないことから、長さ約 13km を耐震設計上考慮する断層として評価。
		関口 - 黒磯 リニアメント	考慮 対象外	リニアメントの西側には主として阿武隈花崗岩類が、東側には主として古第三系の白水層群が分布する。リニアメントはおおむね両者の地質境界に一致しており、主としてこれらの侵食に対する抵抗性の差を反映したものと評価。
		関口 - 米平 リニアメント	考慮 対象外	熱水変質を受けた破砕部が認められるが、熱水変質部は固結している。また、熱水変質部にせん断面が認められるがその連続性は悪い。これらのことから、リニアメントはおおむね熱水変質を受けた破砕部とその周辺の阿武隈花崗岩類との侵食に対する抵抗性の差を反映したものと評価。
		棚倉破砕帯東縁 付近の推定活断層	考慮 対象外	確認された断層は、いずれも平面性に乏しく破砕部は固結しており、後期更新世以降の活動はないと評価。リニアメントはおおむね阿武隈花崗岩類とカタクラサイト、竹貫変成岩類と東金砂山層等との侵食に対する抵抗性の差を反映したものと評価。
		関谷断層	長さ 約 40km	地震調査委員会等において、長さ約 40km、走向は N-S 方向、最新の活動は 14 世紀以後～17 世紀以前とされており、敷地から 100 km 以内の断層のうち、耐震設計上考慮する断層として評価。
		関東平野北西縁 断層帯	長さ 約 82km	深谷断層、綾瀬川断層等の複数の断層からなる断層帯で、地震調査委員会において、長さは約 82km、走向はおおむね NW-SE 方向、最新の活動は主部で約 6 千 2 百年前後、約 2 千 5 百年前以前とされており、敷地から 100 km 以内の断層のうち、耐震設計上考慮する断層として評価。
前面 海域	F 2 断層	考慮 対象外	海底面付近に分布する B <sub>3</sub> 層の地層に変位・変形を与えているが、D <sub>1</sub> 層下部以下の地層に変位・変形を与えていないことから、構造的断層ではないと評価。	
敷地近傍	陸域	鹿島台地・行方台地 周辺の活傾動	考慮 対象外	断層は認められず、後期更新世の段丘堆積物基底面及び段丘堆積物中の白斑状生痕には地形面と調和的な高度差は認められない。このことから、後期更新世以降の活動性はないものと評価。
	海域	F 3 断層 F 4 断層	長さ 約 16km	確認された断層のうち、上載地層との関係が確認できない区間があり、後期更新世以降の活動性を明確に否定できない。両断層については、走向や変位センス、活動履歴が類似しているものが近接することから、一連の断層としてその長さ約 16km を耐震設計上考慮する断層として評価。
敷地	敷地内において、断層・リニアメントは認められない。			

## . 基準地震動 $S_s$ の策定

## 1. 基準地震動 Ss の策定方針

基準地震動 Ss は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「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及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定する。

基準地震動 Ss の策定フローを第 1-1 図に示す。

## 2. 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動

### 2.1 過去及び現在の地震発生状況等から考慮すべき地震

敷地周辺の被害地震の震央分布を第 2-1 図に示す。

#### (1) 内陸地殻内地震

過去の被害地震のうち、敷地周辺の震度が 5 弱（1996 年以前は V、以下同様）程度以上であったと推定される内陸地殻内地震の記録はない。

#### (2) プレート間地震

過去の被害地震のうち、敷地周辺の震度が 5 弱程度以上であったと推定されるプレート間地震は、1677 年磐城・常陸・安房・上総・下総の地震（マグニチュード（以下「M」という。）8.0）、1703 年江戸・関東諸国の地震（元禄地震、M7.9～8.2）、1896 年鹿島灘の地震（M7.3）、1923 年関東南部の地震（関東大地震、M7.9）、1930 年那珂川下流域の地震（M6.5）、1938 年塩屋崎沖の地震（M7.0）、1938 年鹿島灘の地震（M6.5）及び 1938 年福島県東方沖の地震（M7.5）であり、これらの地震を評価対象とした。これらの地震のうち、1703 年江戸・関東諸国の地震及び 1923 年関東南部の地震の地震についてはフィリピン海プレートと陸側のプレートの境界で発生したプレート間地震であり、その他は太平洋プレートと陸側のプレートの境界で発生したプレート間地震である。

また、中央防災会議（2004）では、フィリピン海プレートと北米プレートとの境界の地震として、茨城県南部を震源とするプレート間地震を想定しており、上記地震に加えて評価対象とした。

#### (3) 海洋プレート内地震

海洋プレート内地震は、海洋プレート内部に発生する地震のうち、海溝軸付近又はそのやや沖合で発生する沈み込む海洋プレート内の地震と、海溝軸付近から陸側で発生する沈み込んだ海洋プレート内の地震の 2 種類に分けられる。

過去の被害地震のうち、敷地周辺の震度が 5 弱程度以上であったと推定される沈み込む海洋プレート内の地震の記録はない。一方、敷地周辺の震度が 5 弱程度以上であったと推定される沈み込んだ海洋プレート内の地震は、818 年関東諸国の地震（M 7.5）、1895 年霞ヶ浦付近の地震（M7.2）及び 1921 年茨城県龍ヶ崎付近の地震（M7.0）であり、これらの地震を評価対象とした。これらはフィリピン海プレート内で発生した地震である。

また、地震調査委員会「全国地震動予測地図」(2010)では、北関東地方から東北地方にかけて、太平洋プレート内を震源とする M7.1 のプレート内地震を想定している。さらに、中央防災会議(2004)では、茨城県南部のフィリピン海プレートの内部を震源とする M7.3 のプレート内地震を想定している。これらの地震も評価対象とした。

#### (4) その他の地震

敷地周辺において、上記3種類の地震のいずれにも分類されない特徴的な地震は発生していないため、考慮すべき地震はない。

### 2.2 考慮すべき断層による地震

「敷地周辺・敷地近傍・敷地内の地質」の調査結果に基づいて、耐震設計上考慮すべき断層として、関谷断層(断層長さ(以下「L」という。)=40km)、関東平野北西縁断層帯(L=82km)、棚倉破碎帯西縁断層(の一部)(L=16km)及びF3~F4断層(L=16km)を内陸地殻内地震の考慮すべき断層として評価した。なお、「敷地周辺・敷地近傍・敷地内の地質」において棚倉破碎帯西縁断層(の一部)はL=13kmと評価されているが、地震動の評価においては想定される地震動の規模を考慮し、L=16km(断層両端を1.5kmずつ延長)として扱う。

敷地周辺の断層分布を第2-2図に示す。

### 2.3 地震動評価に用いる敷地の地盤構造

敷地内のボーリング孔で実施したPS検層結果によると、敷地の地表面下約170mの地層ではS波速度が1.01km/sとなっている。地質調査結果等によれば、この地層は新第三系鮮新統の久米層であり、敷地周辺においてほぼ水平で相当な広がりを持ち、著しい風化を受けていないと推定されるため、この地層面を解放基盤表面に設定した。なお、この地層におけるP波速度は、2.17km/sである。

敷地の基準地震動評価に用いる解放基盤以深の深部地盤構造モデルについては、微動アレー探査及び地震波速度トモグラフィ解析結果を基に作成し、地震観測記録を用いて地盤構造モデルを修正した。また、T.P.-213m以浅の浅部地盤構造モデルについては、ボーリング調査やPS検層等の結果を基に作成し、地震観測記録を用いて地盤構造モデルを修正した。

設定した敷地の地盤構造モデルを第2-1表に示す。

### 2.4 検討用地震の選定

「2.1 過去及び現在の地震発生状況等から考慮すべき地震」及び「2.2 考慮すべき断層による地震」を踏まえて、地震発生様式ごとに敷地に特に大きな影響を及ぼすと考えられる地震をNoda *et al.* (2002)の方法により検討用地震として選定する。Noda *et al.* (2002)の方法による応答スペクトルの算定に当たっては、震源位置や地震の発生様式を考慮し、地

震観測記録に基づく敷地の震動特性を適切に用いることとした。

検討の結果、下記の地震を検討用地震に選定した。

- ・内陸地殻内地震：F3～F4 断層（L=16km M6.8）
- ・プレート間地震：1896 年鹿島灘の地震（M7.3）
- ・海洋プレート内地震：茨城県南部の地震（M7.3）

### 3. 震源を特定せず策定する地震動

敷地周辺の状況等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地震のすべてを事前に評価し得るとは言い切れないとの観点から、加藤ほか（2004）の応答スペクトルを参照して、「震源を特定せず策定する地震動」を評価した。

敷地周辺における地域性について、地震調査委員会「全国地震動予測地図」（2010）においては、活断層との関連付けが困難であるとの見解がある地震（以下「震源を特定しにくい地震」という。）として、陸域で発生する地震のうち活断層が特定されていない場所で発生する地震の最大マグニチュードを評価している。これによると、敷地周辺における震源を特定しにくい地震の最大マグニチュードは M6.8 とされている。

以上より、Noda *et al.*（2002）の方法を用い、加藤ほか（2004）に基づいて設定した「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを第 3-1 図に示す。

### 4. 基準地震動 Ss の策定

#### 4.1 敷地ごとに震源を特定して策定する地震動評価

先に選定した検討用地震ごとに、「応答スペクトルに基づく手法による地震動評価」及び「断層モデルを用いた手法による地震動評価」の双方を実施した。

地震動評価に当たっては、検討用地震ごとに基本的な震源要素及び不確かさを考慮したケースについて評価した。各々の検討用地震における評価ケースを第 4-1 表に、基本的な震源要素に対する断層パラメータの設定値を第 4-2 表に示す。また、検討用地震ごとに各評価ケースにおける断層モデルを第 4-1 図～第 4-3 図に示す。

##### （1） 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価

Noda *et al.*（2002）の方法を用いて、検討用地震ごとに各評価ケースにおける応答スペクトルを算定し比較した結果、応答スペクトルが最大となる評価ケースは、各々、下記のとおりである。

- ・F3～F4 断層：評価ケース アスぺリティ位置（短周期側） 断層傾斜角（長周期側）
- ・鹿島灘の地震：評価ケース 断層面位置
- ・茨城県南部の地震：評価ケース アスぺリティ位置

これらのスペクトル値をすべて包絡させ、裕度を考慮して策定した基準地震動  $S_s$  の水平方向の設計用応答スペクトル  $S_s-D_H$  と鉛直方向の設計用応答スペクトル  $S_s-D_V$  を上記の評価結果と併せて第 4-4 図に示す。

## (2) 断層モデルを用いた手法による地震動評価

プレート間地震の鹿島灘の地震については、波形合成に用いる適切な要素地震の記録が得られているため、経験的グリーン関数法による地震動評価を行った。

一方、F3～F4 断層及び茨城県南部の地震については、適切な要素地震の記録が得られていないため、統計的グリーン関数法による地震動評価を行った。

得られた時刻歴波形の応答スペクトルが大きくなる評価ケースは、各々、下記のとおりである。

- ・ F3～F4 断層：評価ケース アスペリティ位置、断層傾斜角、短周期レベル
- ・ 鹿島灘の地震：評価ケース 短周期レベル、破壊開始点 1
- ・ 茨城県南部の地震：評価ケース アスペリティ位置、破壊開始点 1

さらに、敷地に影響が大きいと考えられる上記の地震動評価ケースについて、長周期領域に波数積分法を用いたハイブリッド合成法による地震動評価を行った結果を、半経験的波形合成法（経験的グリーン関数法又は統計的グリーン関数法）による結果と併せて、第 4-5 図～第 4-7 図に示す。

ここで、基準地震動  $S_s$  の設計用応答スペクトルと第 4-5 図～第 4-7 図に示した断層モデルを用いた手法による検討用地震の地震動の応答スペクトルを第 4-8 図に重ねて示す。

なお、鹿島灘の地震及び茨城県南部の地震については、半経験的波形合成法（経験的グリーン関数法又は統計的グリーン関数法）による評価結果がハイブリッド合成法による結果よりも大きかったため半経験的波形合成法による結果を選択し、F3～F4 断層についてはハイブリッド合成法による評価結果を選択した。同図より、断層モデルを用いた手法による地震動評価結果のうち、F3～F4 断層の地震動評価結果の一部で基準地震動  $S_s$  の設計用応答スペクトルを上回っている。

## 4.2 震源を特定せず策定する地震動評価

「3. 震源を特定せず策定する地震動」及び「4.1(1) 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価」を踏まえ、基準地震動  $S_s$  の設計用応答スペクトルと「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルを第 4-9 図に重ねて示す。同図より、基準地震動  $S_s$  の設計用応答スペクトルが「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルをすべての周期帯で包絡している。

#### 4.3 基準地震動 Ss の応答スペクトル

「4.1(1) 応答スペクトルに基づく手法による地震動評価」及び「4.2 震源を特定せず策定する地震動評価」より、基準地震動 Ss の設計用応答スペクトルが「応答スペクトルに基づく手法による地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の応答スペクトルをすべての周期帯で包絡していることから、最終的に基準地震動 Ss-D の応答スペクトルとした。

また、「4.1(2) 断層モデルを用いた手法による地震動評価」を踏まえ、基準地震動 Ss-D の応答スペクトルを超過した地震動評価結果をそれぞれ基準地震動 Ss として選定する。選定された基準地震動 Ss (Ss-1 ~ Ss-3) を第 4-10 図に示す。

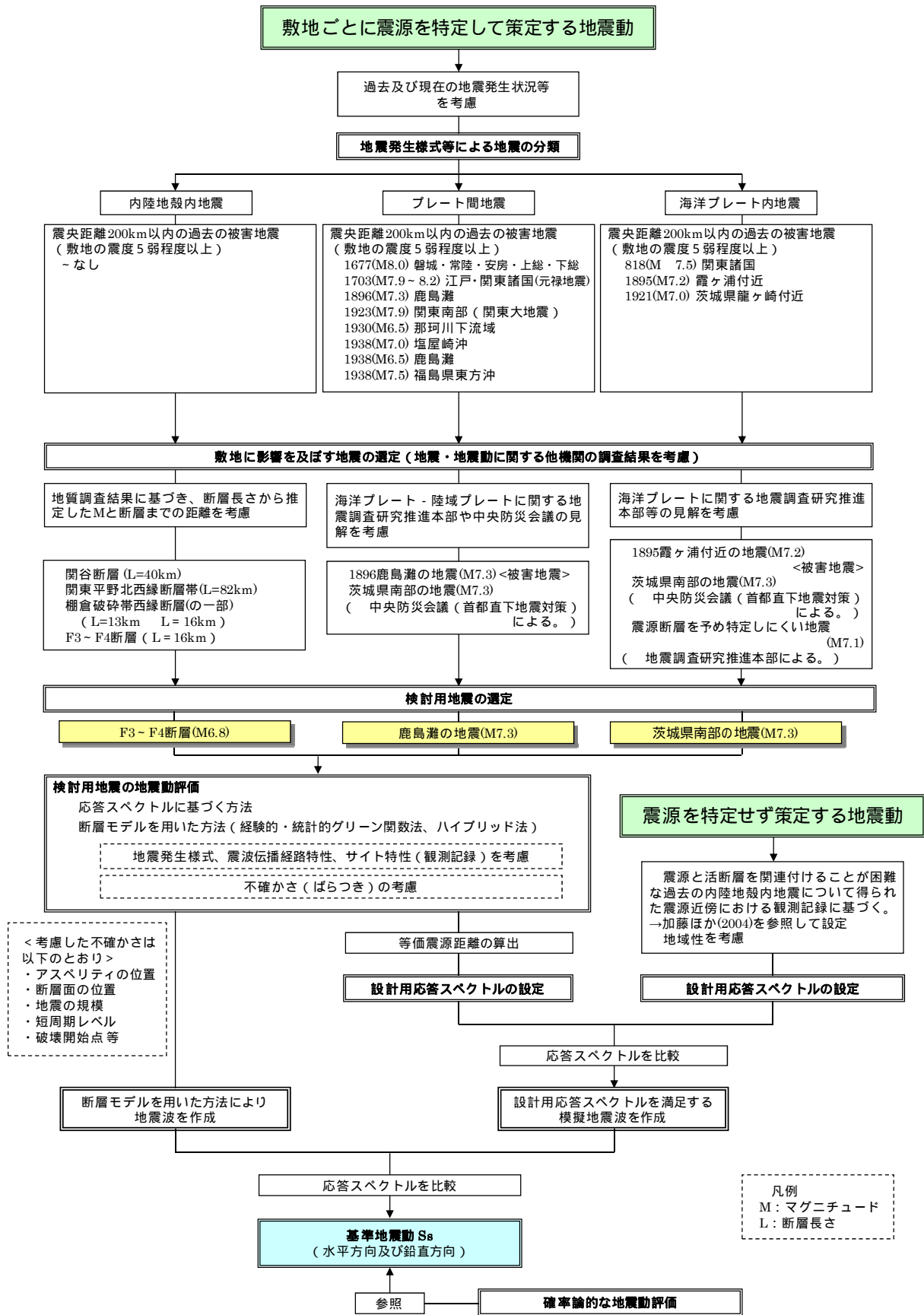
#### 4.4 基準地震動 Ss の地震波

施設等の耐震安全性評価に用いる基準地震動 Ss については、先に決めた水平方向の基準地震動 Ss-D<sub>H</sub> と鉛直方向の基準地震動 Ss-D<sub>V</sub> の応答スペクトルに適合する模擬地震波とし、一様乱数の位相を持つ正弦波の重ね合わせによって作成した。

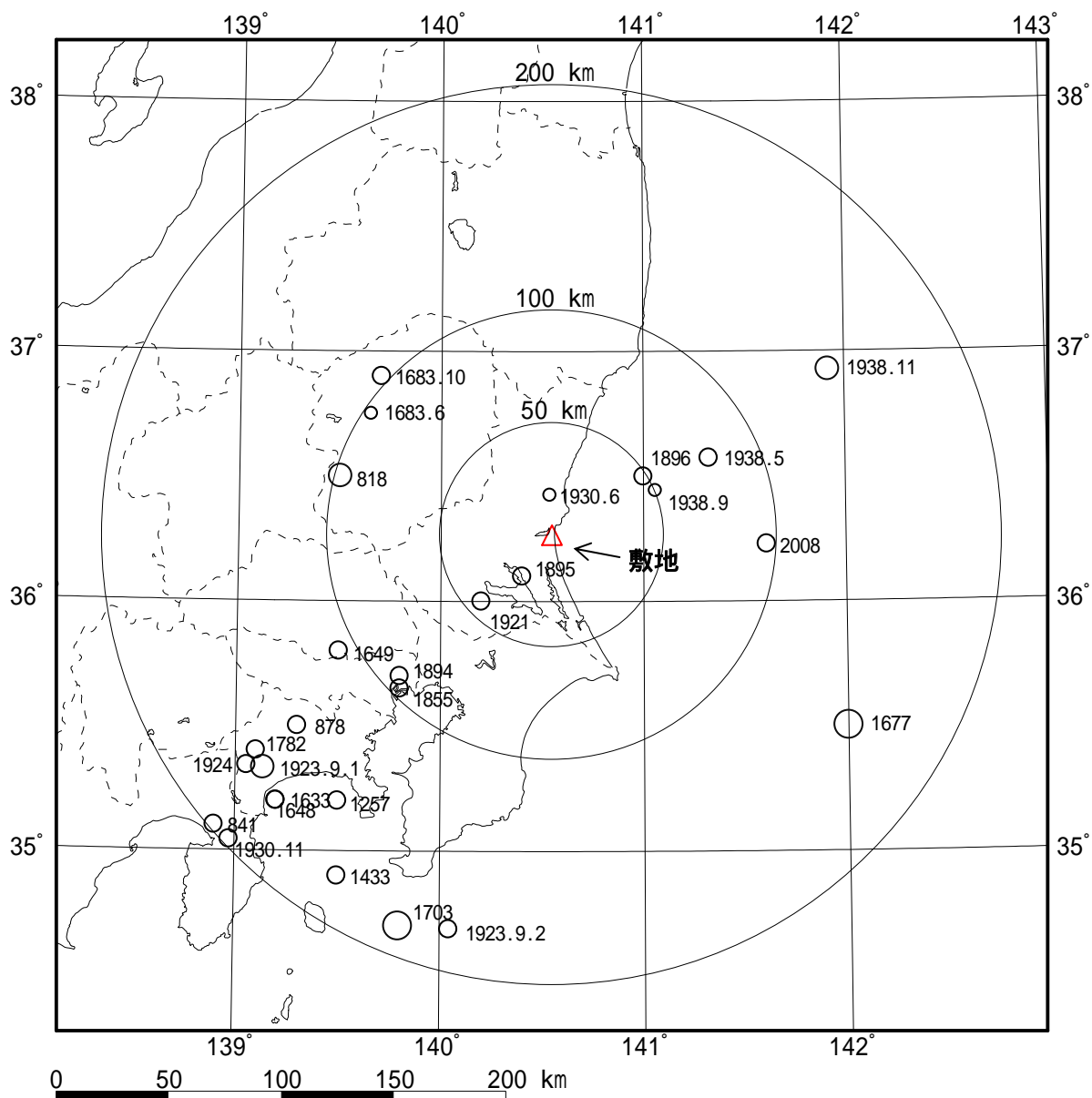
応答スペクトルに適合する模擬地震波 Ss-D<sub>H</sub> 及び Ss-D<sub>V</sub> の作成結果を第 4-3 表、第 4-4 表及び第 4-11 図に、時刻歴波形を第 4-12 図に示す。

また、基準地震動 Ss-D の応答スペクトルを超過した、断層モデルを用いた手法による基準地震動 Ss-1 ~ Ss-3 の時刻歴波形を第 4-13 図に示す。





第 1-1 図 基準地震動 S<sub>s</sub> の策定フロー



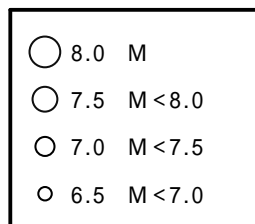
半径 50km 以内は M が 6.5 以上、  
 半径 50km 超 - 200km 以内は M が 7 以上  
 を表示してある。

以下の文献の震央位置、M に基づき作図

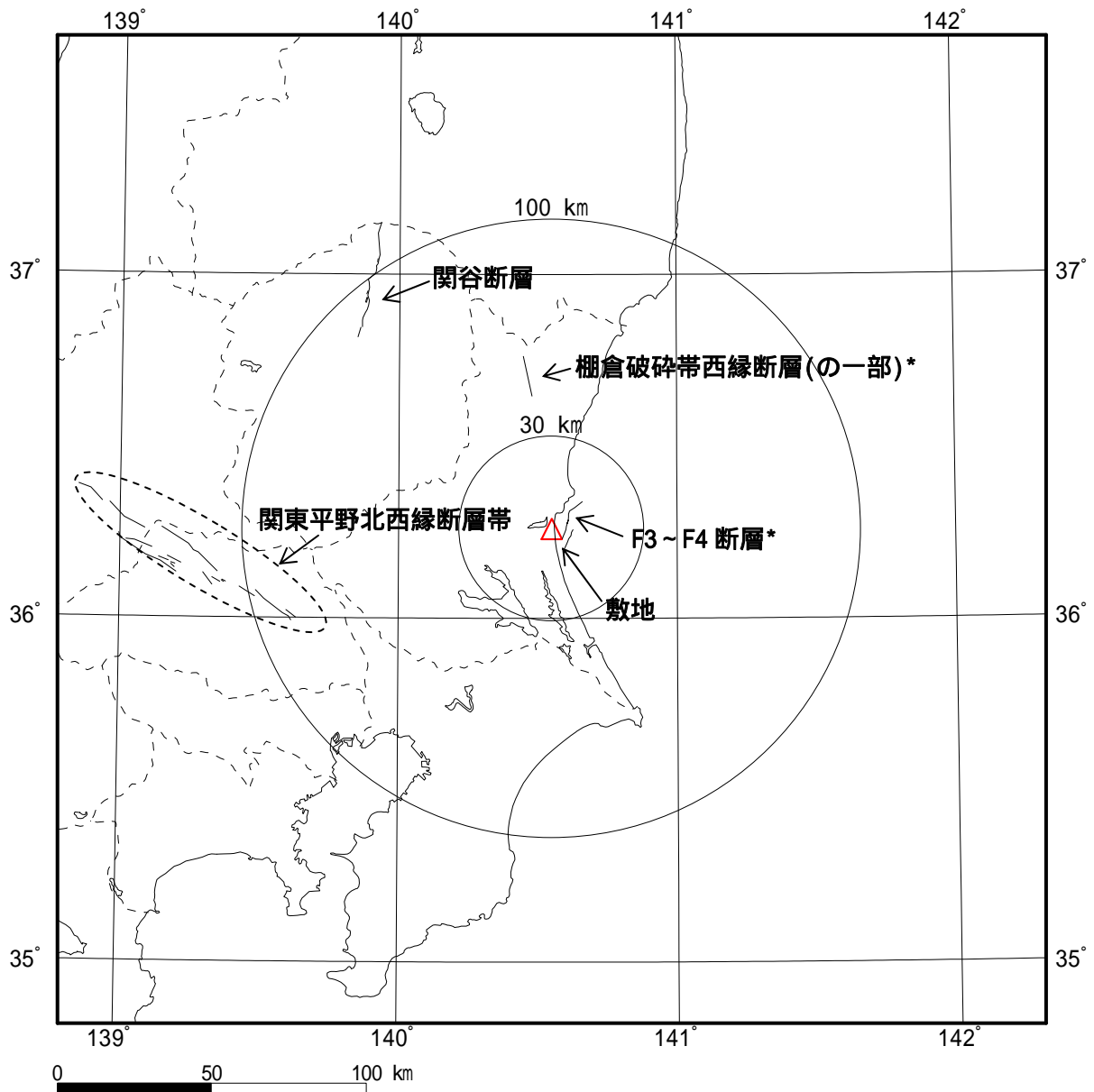
1884 年以前の地震：「最新版 日本被害地震総覧[416]-2001」

1885 年～1922 年の地震：宇津カタログ (1982, 1985)

1923 年以降の地震：気象庁地震カタログ (2008 年 11 月末現在)



第 2-1 図 敷地周辺の被害地震の震央分布



\* 地質学的に最終活動時期を評価するための地層が上載しないことから、後期更新世以降の活動性が否定できない断層

第 2-2 図 地質調査結果に基づく敷地周辺の断層分布

第 2-1(1)表 敷地の地盤構造モデル (浅部)

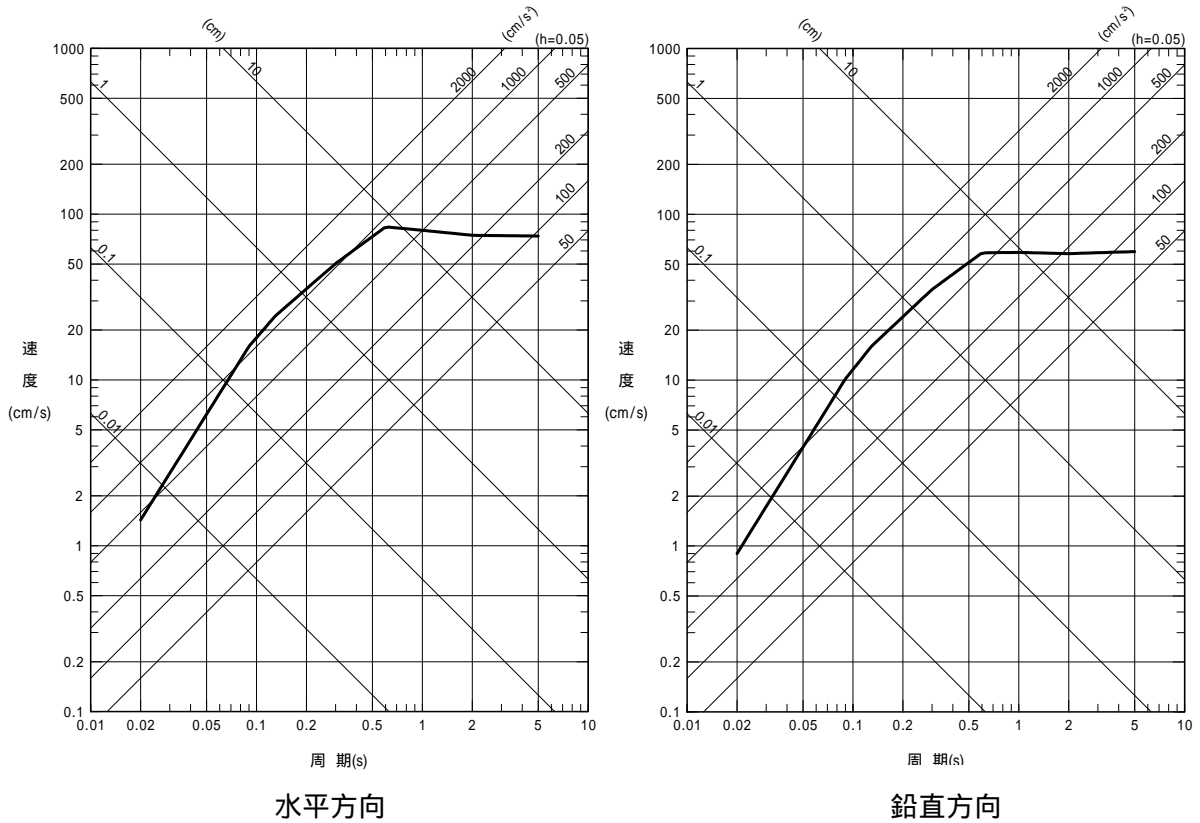
T.P. (m)	No.	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs(m/s)	減衰定数(S波) <sup>1)</sup>		P波速度 Vp(m/s)	減衰定数(P波) <sup>1)</sup>		地震計位置等
				ho			ho		
+35.90	1	1.33	150	0.071	0.715	847	0.470	0.939	← 建家西側、G.L.-1m
	2	1.33	150			847			
+33.80	3	1.92	328			786			
+28.40	4	1.74	310			990			
+26.90	5	1.84	462			880			
+20.70	6	1.79	509			1195			
+18.80	7	1.78	439			974			
+16.20	8	2.02	620			1422			
+10.50	9	1.86	456			1412			← 建家北側、G.L.-30m
+5.00	10	1.86	456			1412			← 建家西側、G.L.-32m
-2.20	11	1.89	368	1706					
-3.30	12	1.84	392	1641					
-28.80	13	1.81	398	1544					
-35.10	14	1.92	438	1642					
-47.50	15	2.05	523	1702					
-48.90	16	1.97	481	1716					
-54.00	17	1.79	502	1667					
-58.10	18	1.79	502	1667	← 建家西側、G.L.-95m				
-100.00	19	1.82	568	1953					
-123.60	20	1.81	664	1828					
-135.40	21	1.98	1014	2049	← 解放基盤位置				
-136.50	22	1.98	903	2531	← 建家西側、G.L.-174m				
-147.80	23	2.00	911	0.213	0.557	2195	0.791	1.084	
-188.00	24	1.85	1148						2642
-213.00	25	1.85	1080						2260

1) 減衰定数:  $h = h_0 \times f^{-\alpha}$   $f$  は周波数(Hz)

第 2-1(2)表 敷地の地盤構造モデル ( 深部 )

T.P. (km)	No.	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	S波速度 Vs(km/s)	減衰定数(S波) <sup>1)</sup>		P波速度 Vp(km/s)	減衰定数(P波) <sup>1)</sup>		速度の設定根拠等
				Qs	hs		Qp	hp	
-0.135	1	1.98	1.010	100	0.005	2.170	100	0.005	PS検層結果
-0.235	2	2.11	1.186			2.590			
-0.585	3	2.44	2.086			4.100			
-1.255	4	2.68	3.052	110 × f <sup>0.69</sup>	0.0045 × f <sup>-0.69</sup>	5.750	110 × f <sup>0.69</sup>	0.0045 × f <sup>-0.69</sup>	地震基盤位置 ←
-3.963	5	2.70	3.600			5.960			
-15.863	6	2.80	4.170			6.810			
-30.463	7	3.20	4.320			7.640			
									地震波速度 トモグラフィ解析結果

1) 減衰定数:  $Q = Q_0 \times f$ 、 $h = h_0 \times f^{-1}$  fは周波数(Hz)



第 3-1 図 加藤ほか (2004) による震源を特定せず策定する地震動の応答スペクトル

第 4-1 表 基本的な震源要素及び不確かさを考慮した評価ケース

【内陸地殻内地震】		F3～F4 断層		考慮する不確かさの内容
		M	Xeq (km)	
基本的な震源要素		6.8	10	(基本ケース)
不 確 か さ の 考 慮	アスペリティ位置	6.8	9	敷地直下
	断層傾斜角	6.9	10	レシピ標準
	短周期レベル	6.8	10	中越沖地震知見反映

【プレート間地震】		鹿島灘の地震		考慮する不確かさの内容
		M	Xeq (km)	
基本的な震源要素		7.3	72	(基本ケース)
不 確 か さ の 考 慮	アスペリティ位置	7.3	63	敷地近傍
	断層面位置	7.3	55	敷地からの断層面中心距離が最短
	地震の規模	7.5	74	地震地体構造に基づく
	短周期レベル	7.3	68	観測地震の中で最大
	要素地震	7.3	72	M が異なる観測地震

【海洋プレート内地震】		茨城県南部の地震		考慮する不確かさの内容
		M	Xeq (km)	
基本的な震源要素		7.3	51	(基本ケース)
不 確 か さ の 考 慮	アスペリティ位置	7.3	49	サイト最短

M : マグニチュード、Xeq : 等価震源距離

第 4-2(1)表 検討用地震の震源断層に対する断層パラメータ  
(F3~F4 断層：評価ケース 基本ケース、破壊開始点)

断層パラメータ		設定方法	単位	設定値
地表 トレース (北端)	北緯(世界測地系)	活断層調査結果による		36° 20' 21"
	東経(世界測地系)	活断層調査結果による		140° 39' 35"
地表 トレース (南端)	北緯(世界測地系)	活断層調査結果による		36° 12' 16"
	東経(世界測地系)	活断層調査結果による		140° 35' 47"
断層面 基準点 (北端)	北緯(世界測地系)	地表トレースより傾斜角を考慮して計算		36° 20' 47"
	東経(世界測地系)	地表トレースより傾斜角を考慮して計算		140° 38' 8"
走向		活断層調査結果による		200.8° NE
傾斜角		活断層調査結果による		60°
ずれの種類		活断層調査結果による		逆断層
断層上端深さ		微小地震の発生及び地下構造より設定	km	4.0
断層下端深さ		微小地震の発生及び地下構造より設定	km	16.0
断層幅		$W$ :地震発生層と傾斜角より設定	km	14.0
断層長さ		$L$ :活断層調査結果による	km	16.0
断層面積		$S=LW$	km <sup>2</sup>	224.0
等価半径		$R=(S/\pi)^{0.5}$	km	8.4
地震モーメント		$M_0=\{S/(2.23 \times 10^{-15})\}^{1.5}/10^7$ (Somerville <i>et al.</i> , 1999)	N・m	$3.18 \times 10^{18}$
気象庁マグニチュード		$M_f=(\log L+2.9)/0.6$ (松田,1975)		6.8
		$M_f=(\log M_0-10.72)/1.17$ (武村,1990)		6.7
モーメントマグニチュード		$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$		6.3
せん断波速度		:地下構造より設定	km/s	3.6
密度		:地下構造より設定	g/cm <sup>3</sup>	2.7
剛性率		$\mu=\rho\beta^2$	N/m <sup>2</sup>	$3.50 \times 10^{10}$
平均すべり量		$D=M_0/(\mu S)$	cm	40.6
平均応力降下量		$\tau=(7/16)(M_0/R^3)$	MPa	2.3
短周期レベル(内陸地震の平均)		$A=2.46 \cdot 10^{10} \cdot (M_0/10^7)^{1/3}$ (壇ほか, 2001)	N・m/s <sup>2</sup>	$7.80 \times 10^{18}$
破壊伝播速度		$V_R=0.72$ (Geller, 1976)	km/s	2.59
破壊開始点		パラメータとする		
破壊伝播形式		同心円状		
アスペリティ	等価半径	$r_a=(7\pi M_0\beta^2)/(4AR)$	km	3.4
	面積	$S_a=\pi r_a^2$	km <sup>2</sup>	37.3
	平均すべり量	$D_a=2D$	cm	81.2
	地震モーメント	$M_{0a}=\mu S_a D_a$	N・m	$1.06 \times 10^{18}$
	応力降下量	$\tau_a=(7/16)M_0/(r_a^2 R)$	MPa	13.89
背景領域	面積	$S_b=S-S_a$	km <sup>2</sup>	186.7
	地震モーメント	$M_{0b}=M_0-M_{0a}$	N・m	$2.12 \times 10^{18}$
	平均すべり量	$D_b=M_{0b}/(\mu S_b)$	cm	32.5
	実効応力	$\sigma_b=0.2 \tau_a$	MPa	2.78
$Q$ 値		地震調査研究推進本部の強震動評価資料より		$110f^{0.69}$
$f_{max}$		地震調査研究推進本部の強震動評価資料より( $m=4.2$ )	Hz	6.0



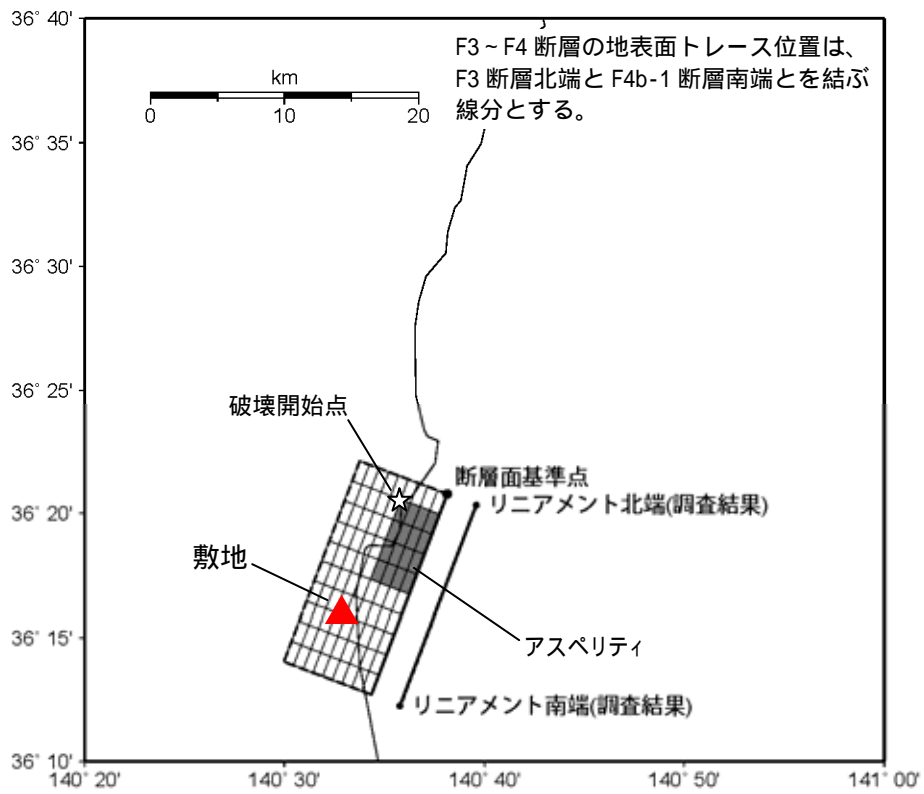
第 4-2(2)表 検討用地震の震源断層に対する断層パラメータ  
(鹿島灘の地震：評価ケース 基本ケース、アスペリティ位置、要素地震)

断層パラメータ	設定方法	単位	設定値	
基準点座標 (断層北東端)	1896 年鹿島灘の地震の震央を断層中心とする		36 ° 36 10 N 141 ° 23 28 E	
断層上端深さ	推本(2002)のプレート境界面により設定	km	35.0	
気象庁マグニチュード	$M_f$ : 1896 年鹿島灘の地震と同じとする		7.3	
地震モーメント	$M_0=10^{1.5M_f+9.2}$	N・m	$1.41 \times 10^{20}$	
モーメントマグニチュード	$M_w=(\log M_0-9.1)/1.5$		7.4	
走向	推本(2002)のプレート境界面により設定		209°NE	
傾斜角	推本(2002)のプレート境界面により設定		22°	
平均応力降下量	$= (7/16) \times M_0 / R^3$	MPa	2.19	
短周期レベル	A: スケーリング則による	N・m/s <sup>2</sup>	$2.27 \times 10^{19}$	
断層面積	$S = R^2$	km <sup>2</sup>	2916	
等価半径	$R = (7 M_0 A)^{0.5} \times (S/S_a)^{0.25} \times \sqrt{2}$	km	30.5	
断層長さ	$L = S^{0.5}$	km	54.0	
断層幅	$W = S^{0.5}$	km	54.0	
剛性率	佐藤(2003)による( $\mu = 4\text{km/s}$ , $\rho = 3\text{g/cm}^3$ )	N/m <sup>2</sup>	$4.80 \times 10^{10}$	
平均すべり量	$D = M_0 / (\mu S)$	cm	100.9	
破壊伝播速度	$V_R = 0.72 \beta$ ( Geller, 1976 )	km/s	2.88	
破壊開始点	パラメータとする			
破壊伝播形式	同心円状			
アスペリティ	面積	$S_a = 0.348 S$	km <sup>2</sup>	1028
	等価半径	$r_a = (S_a / \pi)^{0.5}$	km	18.1
	応力降下量	$\Delta \sigma_a = \Delta \sigma \times (S/S_a)$	MPa	6.27
	平均すべり量	$D_a = 2.0 D$	cm	201.8
	地震モーメント	$M_{0a} = \mu S_a D_a$	N・m	$9.96 \times 10^{19}$
アスペリティ 1	面積	$S_{a1} = S_a \times (2/3)$	km <sup>2</sup>	722
	等価半径	$r_{a1} = (S_{a1} / \pi)^{0.5}$	km	15.2
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a1} = \frac{2}{3} \Delta \sigma_a$	MPa	6.27
	平均すべり量	$D_{a1} = M_{0a1} / \mu / S_{a1}$	cm	223.7
	地震モーメント	$M_{0a1} = M_{0a} \times S_{a1}^{1.5} / (S_a^{1.5} + S_{a2}^{1.5})$	N・m	$7.75 \times 10^{19}$
アスペリティ 2	面積	$S_{a2} = S_a \times (1/3)$	km <sup>2</sup>	306
	等価半径	$r_{a2} = (S_{a2} / \pi)^{0.5}$	km	9.9
	応力降下量	$\Delta \sigma_{a2} = \frac{1}{3} \Delta \sigma_a$	MPa	6.27
	平均すべり量	$D_{a2} = M_{0a2} / \mu / S_{a2}$	cm	158.2
	地震モーメント	$M_{0a2} = M_{0a} \times S_{a2}^{1.5} / (S_a^{1.5} + S_{a2}^{1.5})$	N・m	$2.32 \times 10^{19}$
背景領域	地震モーメント	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$	N・m	$4.26 \times 10^{19}$
	面積	$S_b = S - S_a$	km <sup>2</sup>	1888
	平均すべり量	$D_b = M_{0b} / (\mu S_b)$	cm	47.0
	実効応力	$\sigma_b = 0.2 \Delta \sigma_a$	MPa	1.25
短周期レベル(参考)	$A = (A_a^2 + A_b^2)^{0.5}$ , $A_i = 4 \pi r_i \sigma_i \beta^2 (i=a,b)$	N・m/s <sup>2</sup>	$2.36 \times 10^{19}$	
Q 値	佐藤(2003)による		$154 f^{0.91}$	
$f_{\max}$	推本(2002)による		13.5Hz	

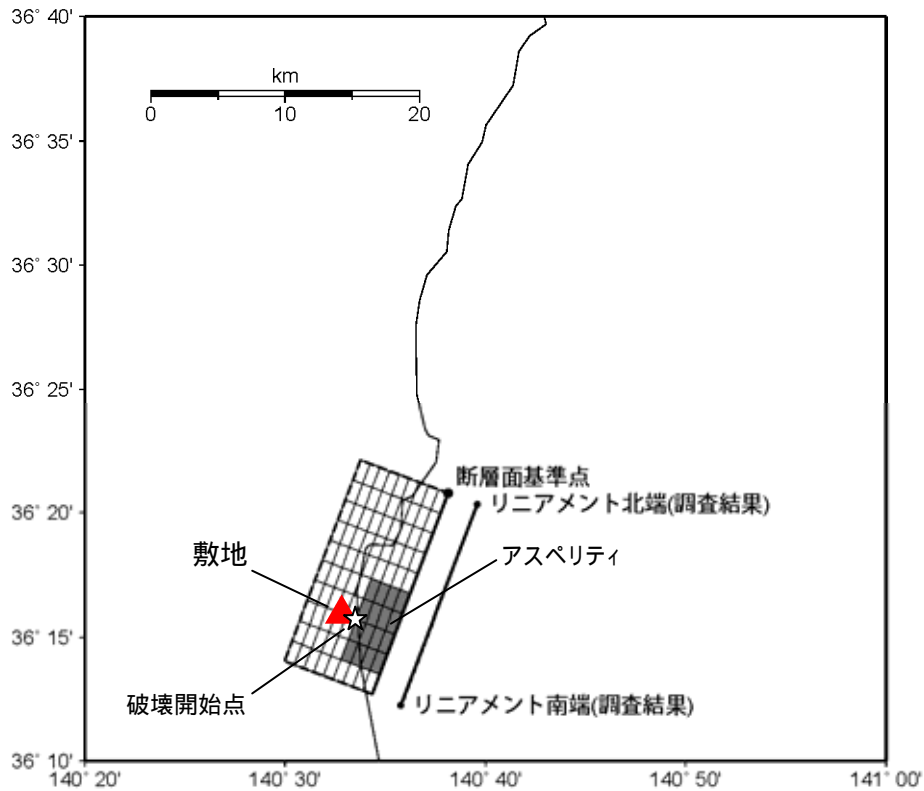
第 4-2(3)表 検討用地震の震源断層に対する断層パラメータ  
(茨城県南部の地震：評価ケース 基本ケース、アスペリティ位置)

断層パラメータ	設定方法	単位	設定値	
基準点座標 (断層南東端)	茨城県南部のプレート境界地震の北東端とする	-	36° 12' N 140° 32' 33" E	
断層上端深さ	中央防災会議によるフィリピン海プレートの上端位置とする	km	30.0	
気象庁マグニチュード	$M_j$ : 中央防災会議の設定値による	-	7.3	
モーメントマグニチュード	$M_w = M_j$ とする	-	7.3	
地震モーメント	$M_0 = 10^{1.5M_w + 9.1}$	N・m	$1.12 \times 10^{20}$	
せん断波速度	佐藤(2003)による	km/s	4.0	
密度	佐藤(2003)による	g/cm <sup>3</sup>	3.0	
走向	茨城県南部のプレート境界地震と同じとする	-	296°NE	
傾斜	中央防災会議の設定値による	-	90°	
すべり角	中央防災会議の設定値による	-	-90°	
平均応力降下量	中央防災会議の設定値による	MPa	5.00	
断層面積	$\Delta\sigma = 7\pi^{1.5}/16 \times M_0/S^{1.5}$	km <sup>2</sup>	1440	
断層長さ	中央防災会議の設定値による	km	54.53	
断層幅	中央防災会議の設定値による	km	26.41	
剛性率	中央防災会議の設定値による	N/m <sup>2</sup>	$4.80 \times 10^{10}$	
平均すべり量	$D = M_0/(\mu S)$	m	1.62	
破壊伝播速度	$V_R = 0.72\beta$ ( Geller, 1976 )	km/s	2.88	
破壊伝播形式	同心円状	-	-	
アスペリティ	面積	$S_a = 0.22S$	km <sup>2</sup>	315.99
	等価半径	$r_a = (S_a/\pi)^{0.5}$	km	10.03
	応力降下量	$\Delta\sigma_a = 2.436M_{0a}/S_a^{1.5}$	MPa	21.43
	平均すべり量	$D_a = 2.01D$	m	3.26
	地震モーメント	$M_{0a} = \mu S_a D_a$	N・m	$4.95 \times 10^{19}$
背景領域	地震モーメント	$M_{0b} = M_0 - M_{0a}$	N・m	$6.26 \times 10^{19}$
	面積	$S_b = S - S_a$	km <sup>2</sup>	1124.43
	平均すべり量	$D_b = M_{0b}/(\mu S_b)$	m	1.16
	実効応力	$\Delta\sigma_b = 2.436M_{0b}/S_b^{1.5}$	MPa	4.05
短周期レベル	$A = (A_a^2 + A_b^2)^{0.5}$ , $A_i = 4\pi r_i \sigma_i \beta^2 (i=a,b)$	N・m/s <sup>2</sup>	$4.59 \times 10^{19}$	
Q 値	佐藤(2003)による	-	$154f^{0.91}$	
$f_{max}$	中央防災会議の設定値による	-	6.0Hz	

【評価ケース 、 基本ケース他】

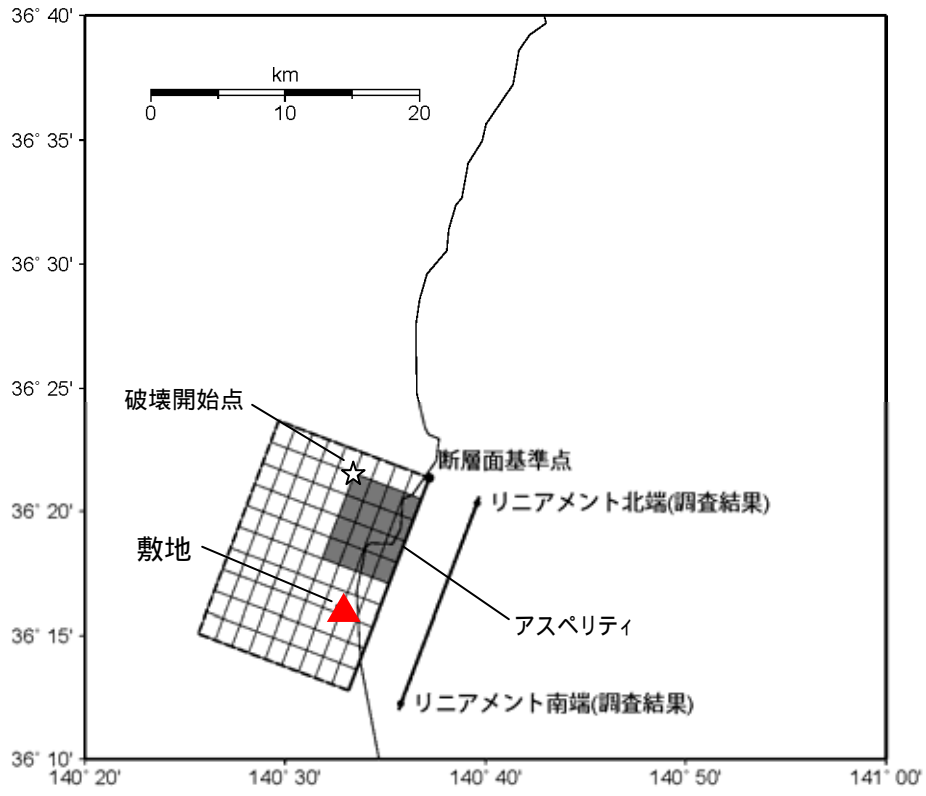


【評価ケース アスペリティ位置】



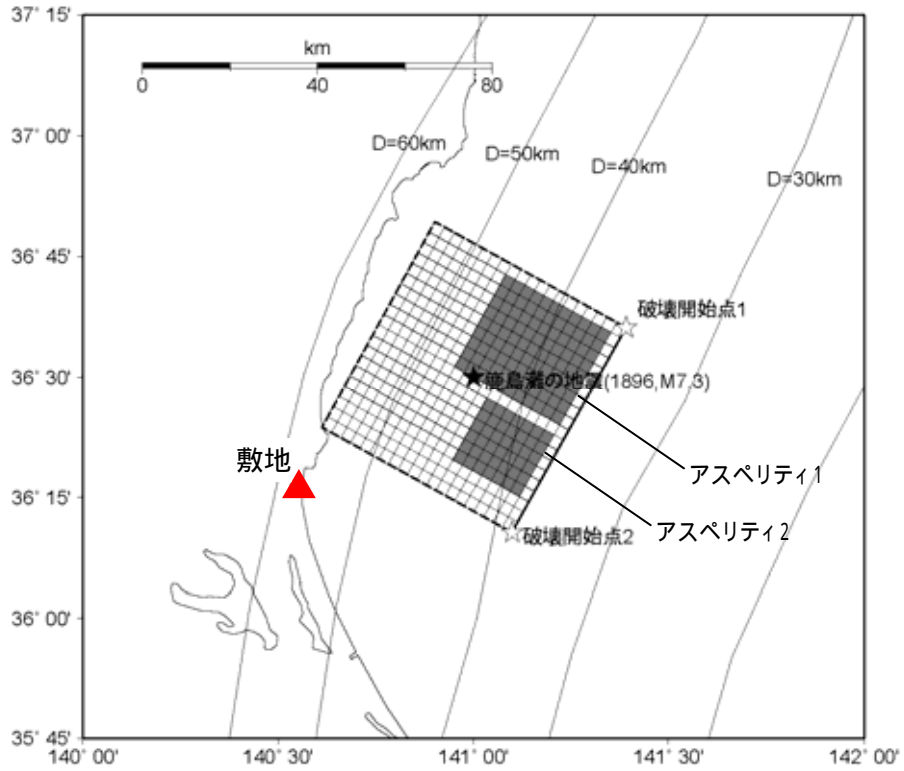
第 4-1(1)図 検討用地震の断層モデル：F3~F4 断層

【評価ケース 断層傾斜角】

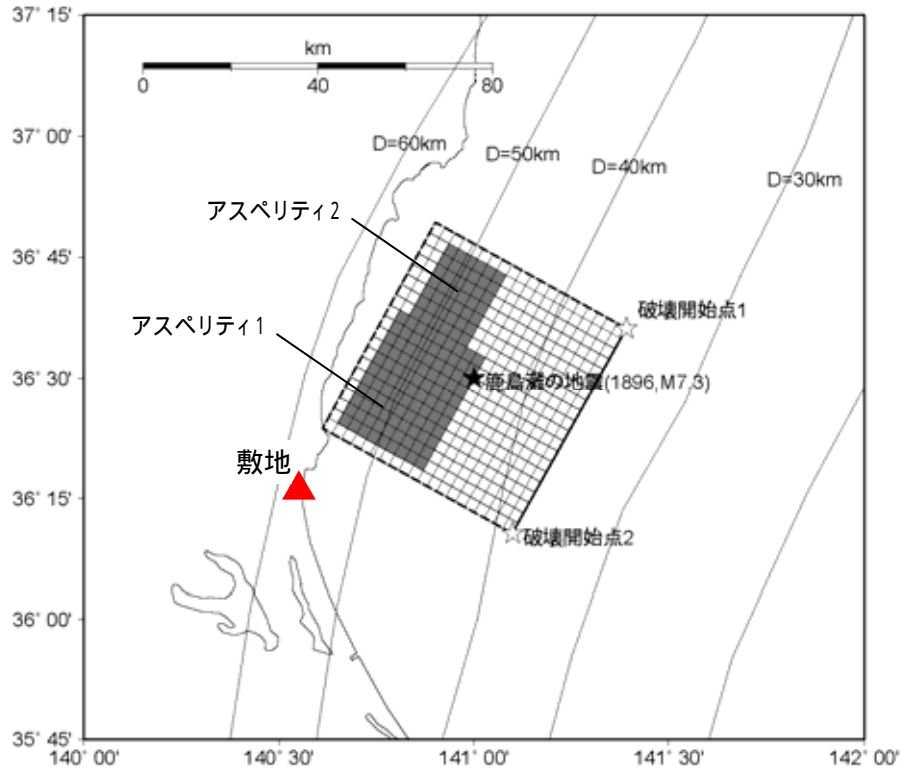


第 4-1(2)図 検討用地震の断層モデル：F3～F4 断層

【評価ケース、基本ケース他】

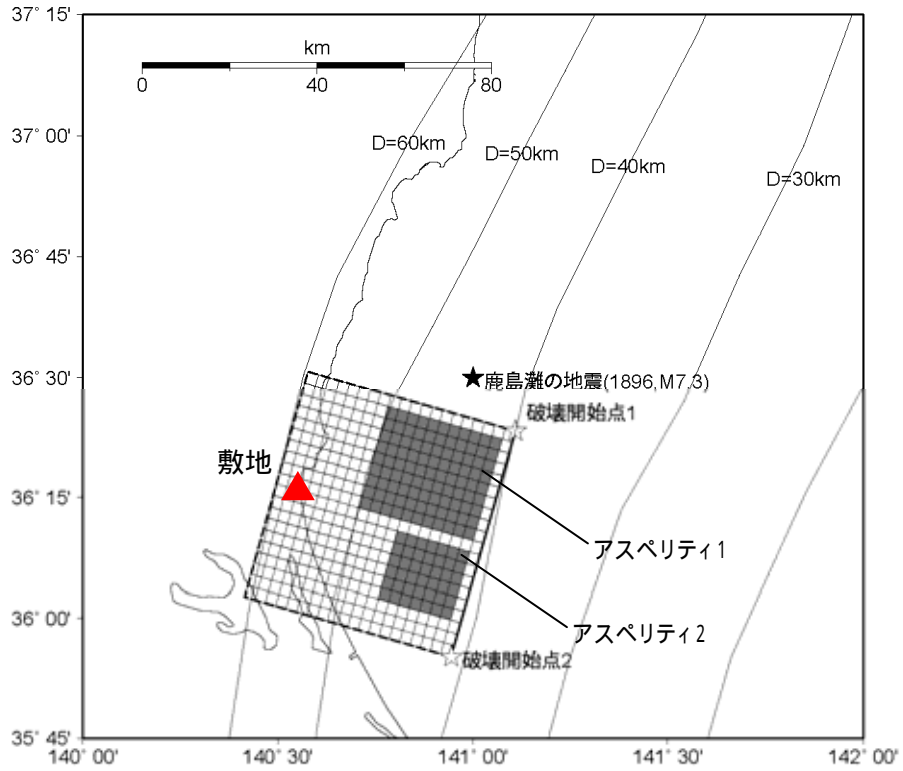


【評価ケース アスペリティ位置】

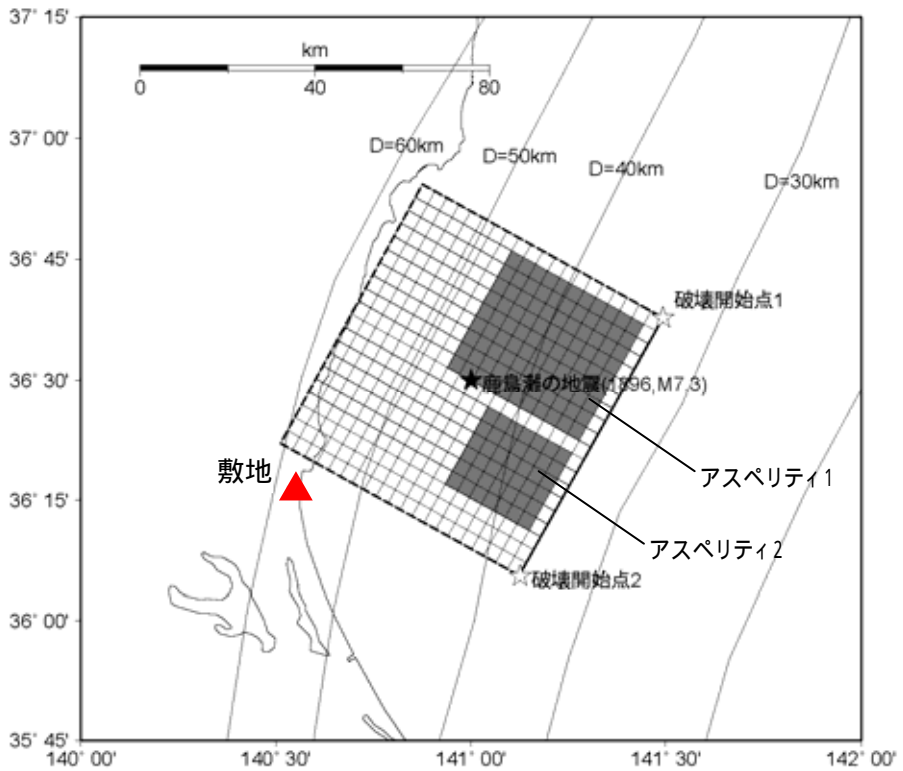


第 4-2(1)図 検討用地震の断層モデル：鹿島灘の地震

【評価ケース 断層面位置】

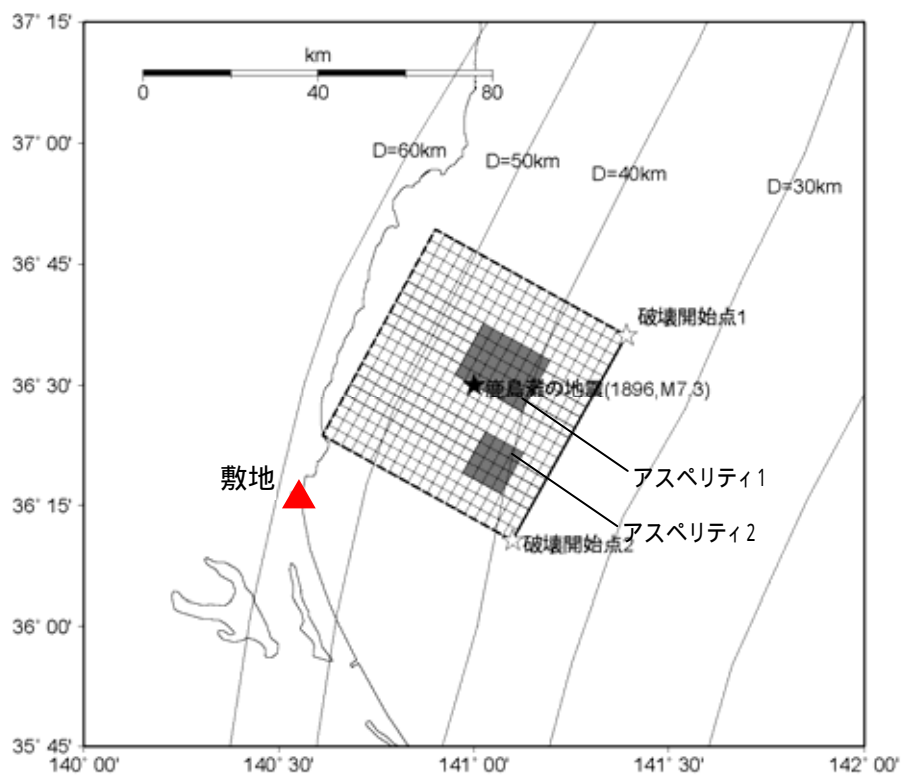


【評価ケース 地震の規模】

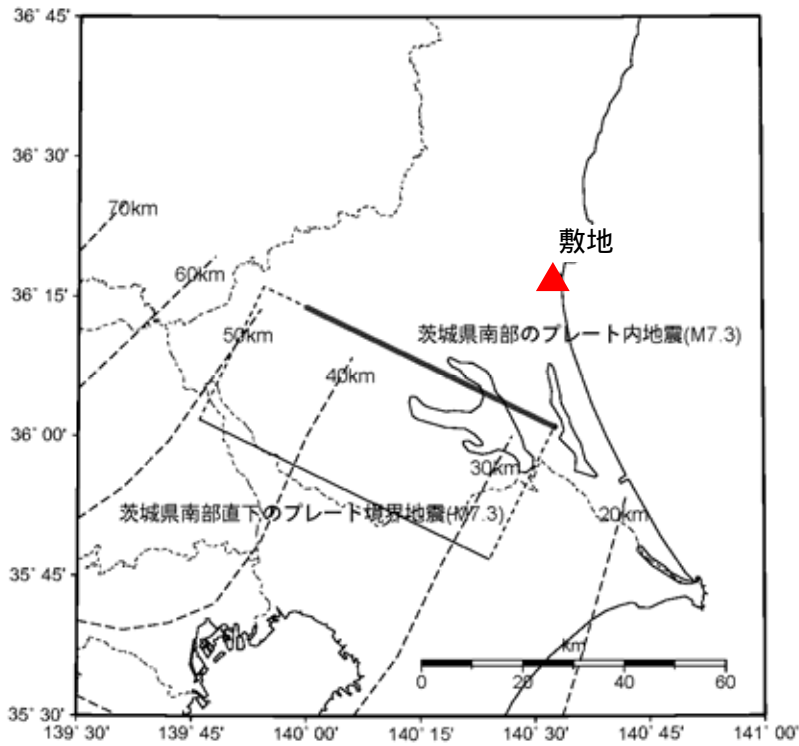


第 4-2(2)図 検討用地震の断層モデル：鹿島灘の地震

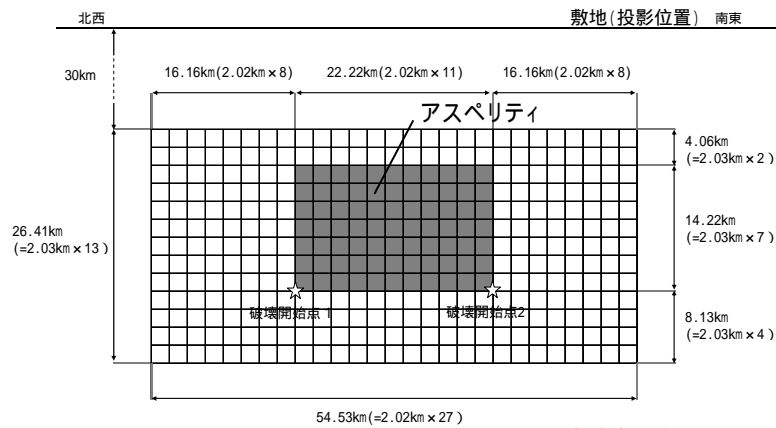
【評価ケース 短周期レベル】



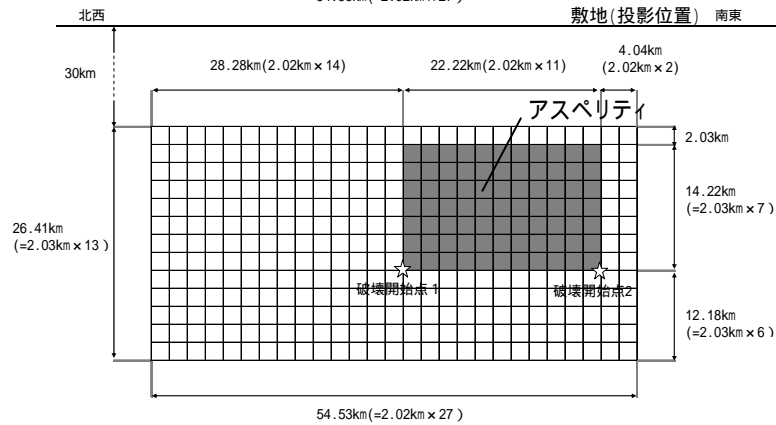
第 4-2(3)図 検討用地震の断層モデル：鹿島灘の地震



【評価ケース 基本ケース】

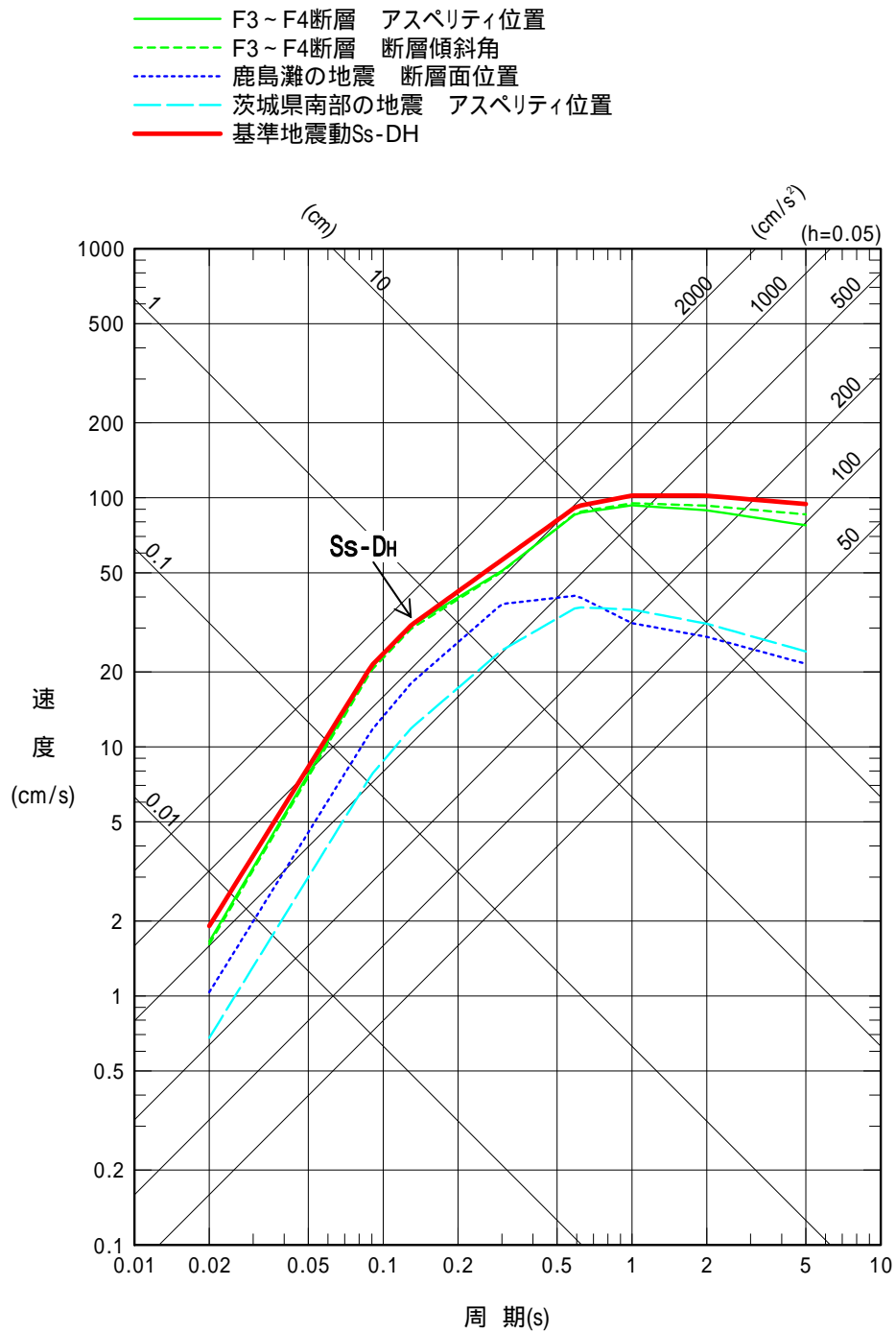


【評価ケース アスペリティ位置】

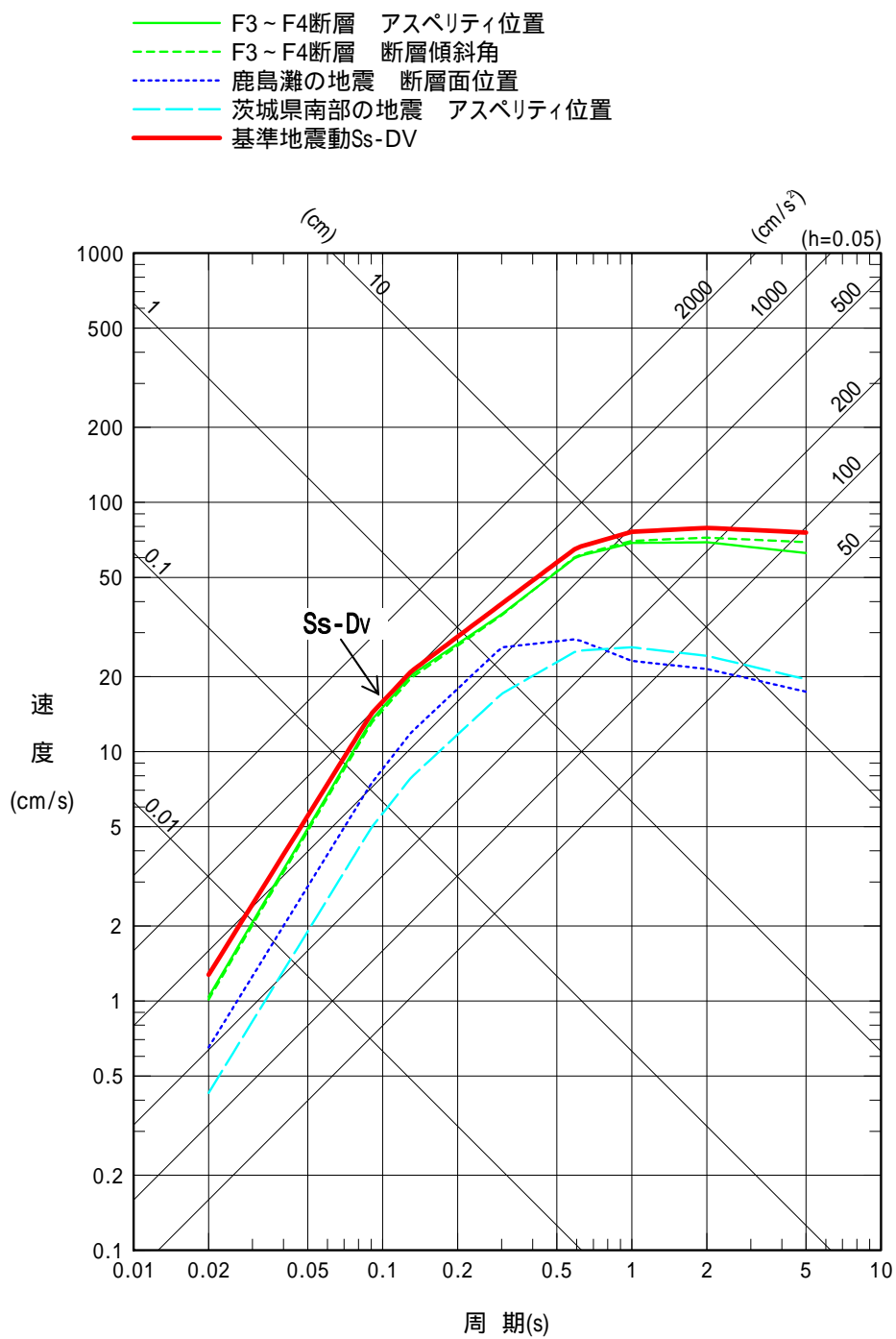


第 4-3 図 検討用地震の断層モデル：茨城県南部の地震

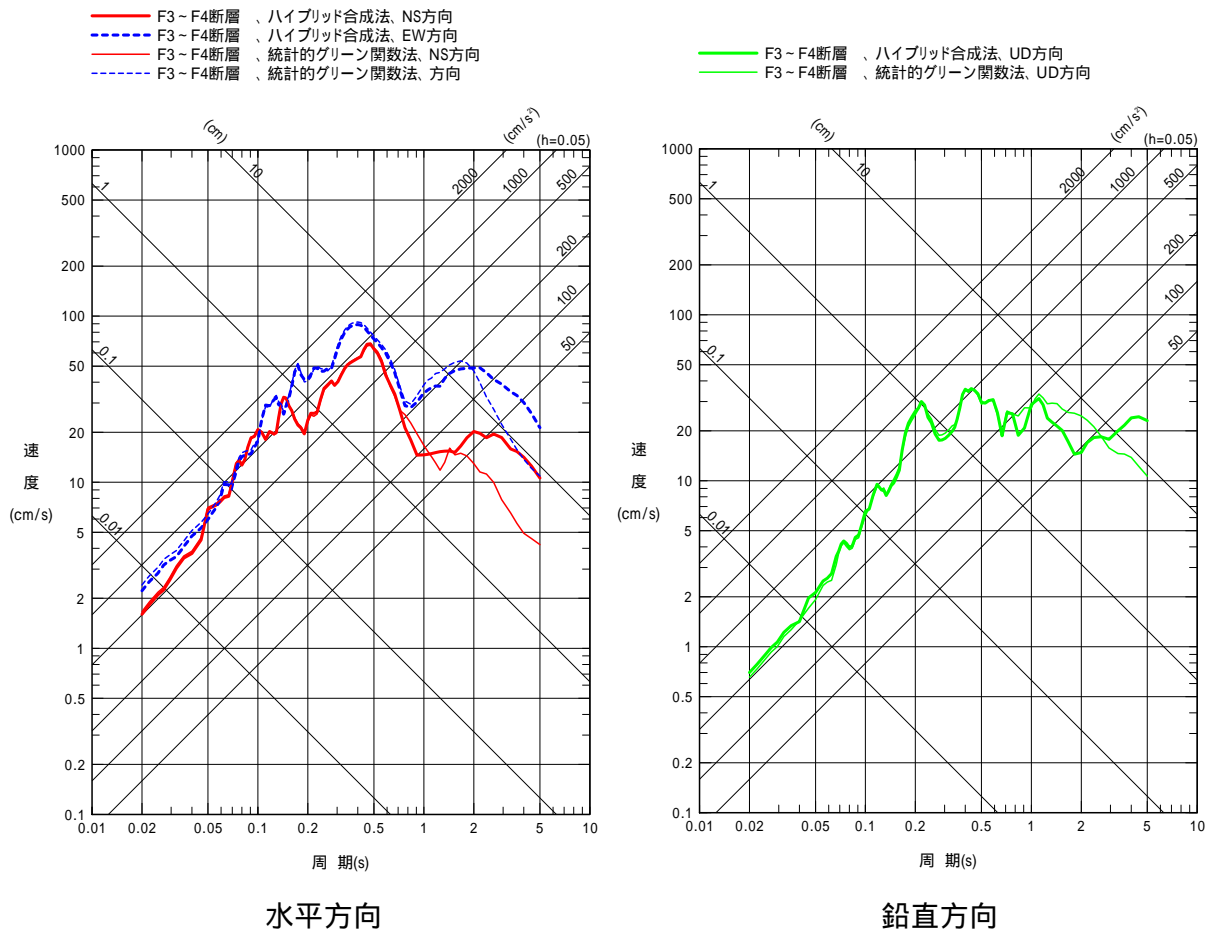




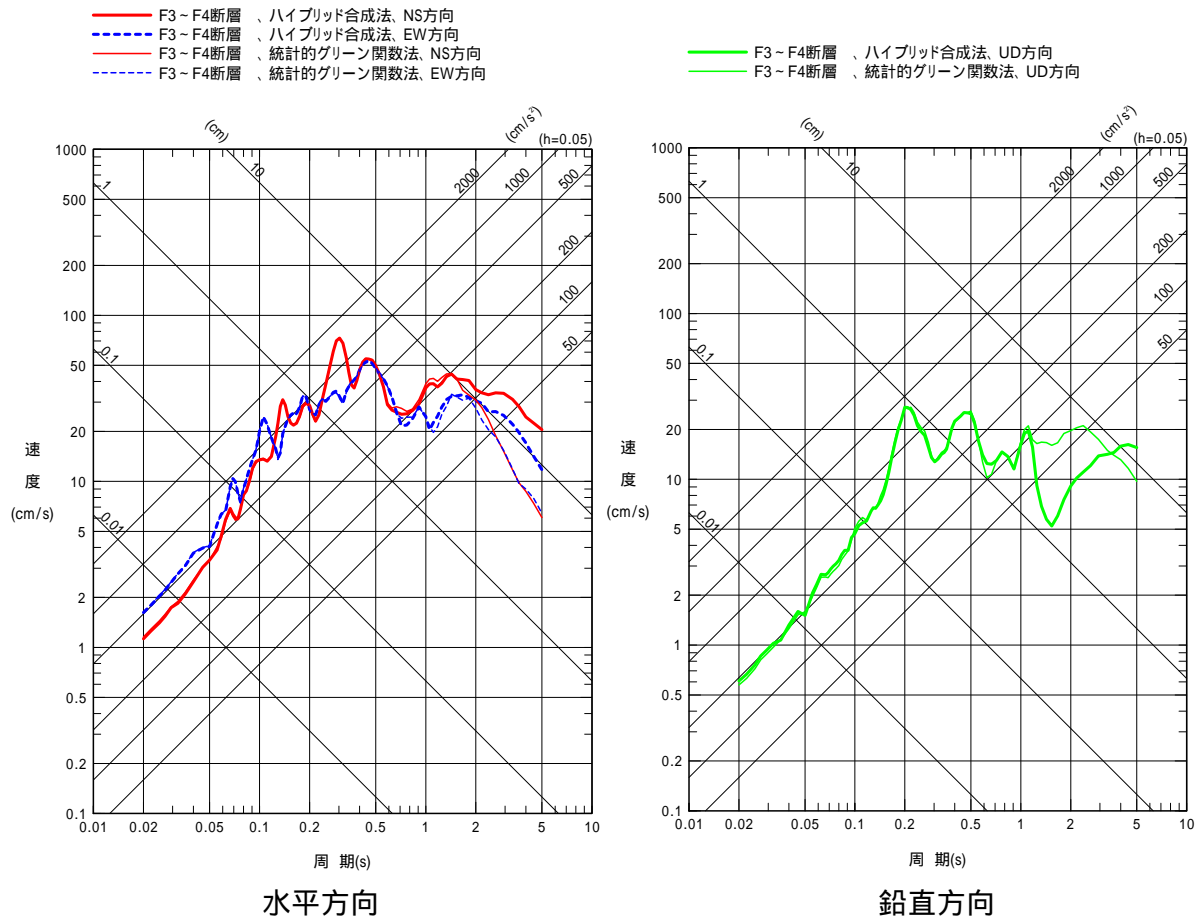
第 4-4(1)図 基準地震動の設計用応答スペクトル (水平方向、Ss-DH)



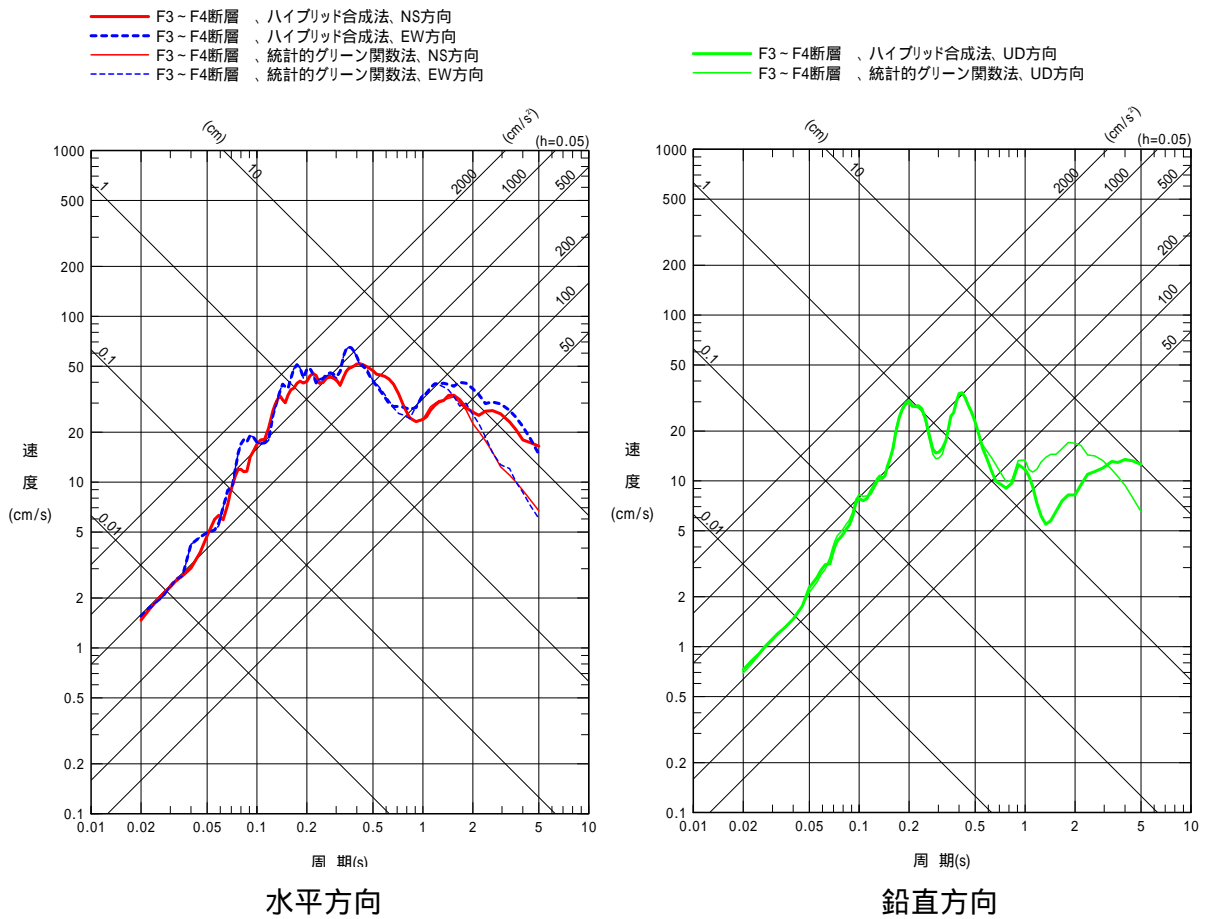
第 4-4(2)図 基準地震動の設計用応答スペクトル (鉛直方向、Ss-Dv)



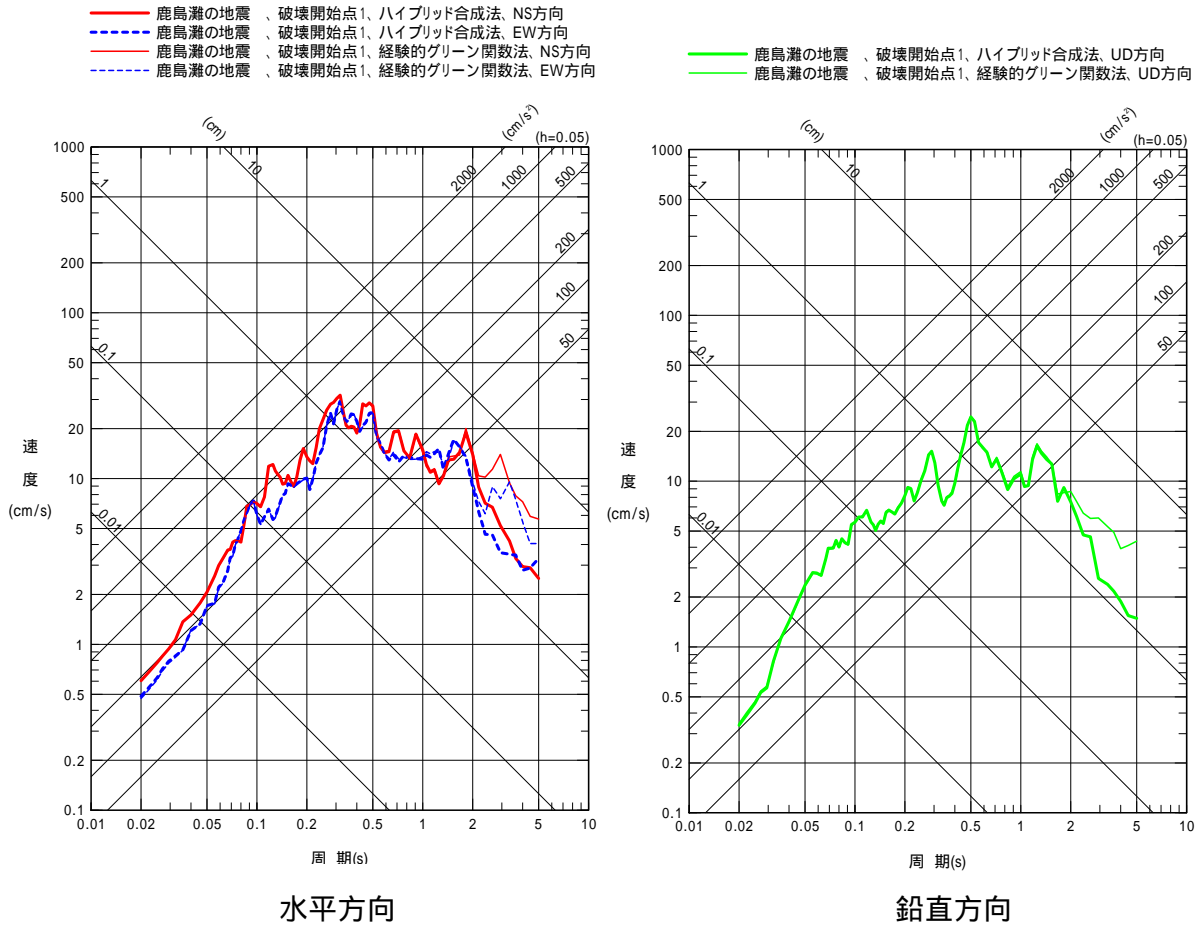
第 4-5(1)図 断層モデルを用いた手法による検討用地震の地震動評価結果  
 (F3~F4断層：評価ケース アスペリティ位置)



第 4-5(2)図 断層モデルを用いた手法による検討用地震の地震動評価結果  
 (F3～F4断層：評価ケース 断層傾斜角)



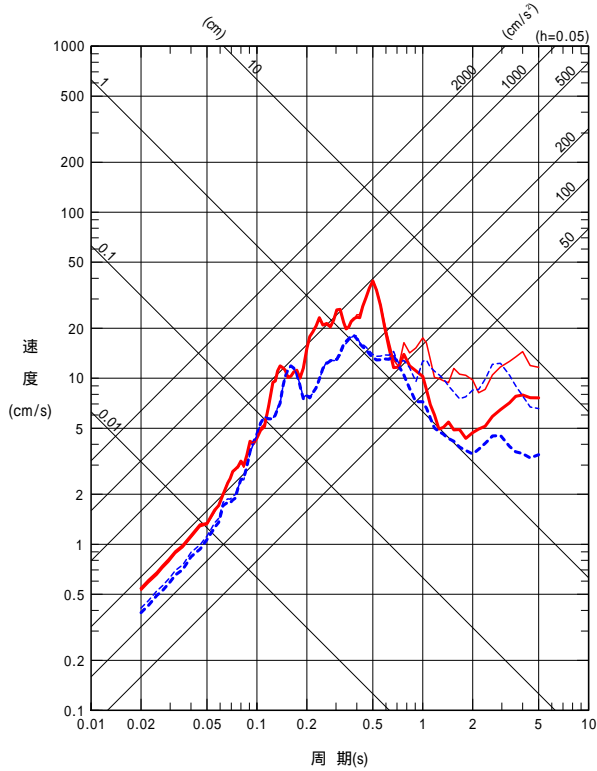
第 4-5(3)図 断層モデルを用いた手法による検討用地震の地震動評価結果  
 (F3~F4断層：評価ケース 短周期レベル)



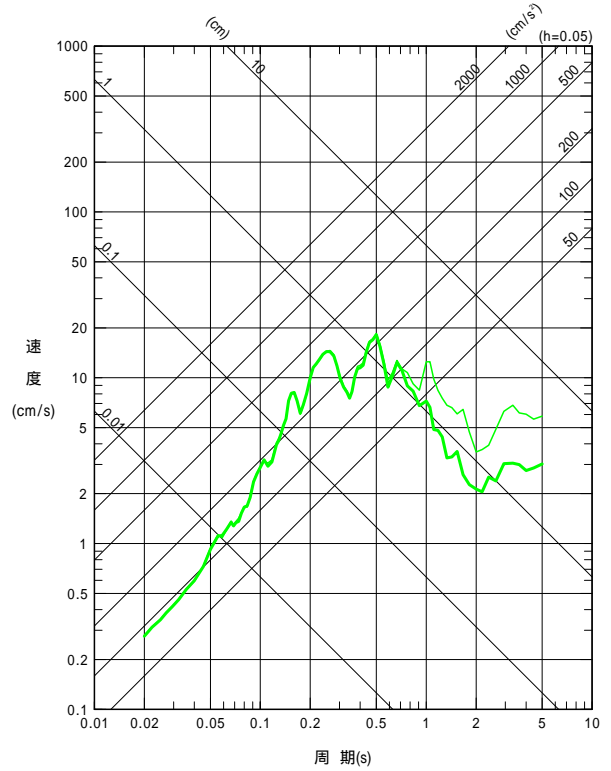
第 4-6 図 断層モデルを用いた手法による検討用地震の地震動評価結果  
 (鹿島灘の地震：評価ケース 短周期レベル、破壊開始点 1)

茨城県南部の地震、破壊開始点1、ハイブリッド合成法、NS方向  
 茨城県南部の地震、破壊開始点1、ハイブリッド合成法、EW方向  
 茨城県南部の地震、破壊開始点1、統計的グリーン関数法、NS方向  
 茨城県南部の地震、破壊開始点1、統計的グリーン関数法、EW方向

茨城県南部の地震、破壊開始点1、ハイブリッド合成法、UD方向  
 茨城県南部の地震、破壊開始点1、統計的グリーン関数法、UD方向

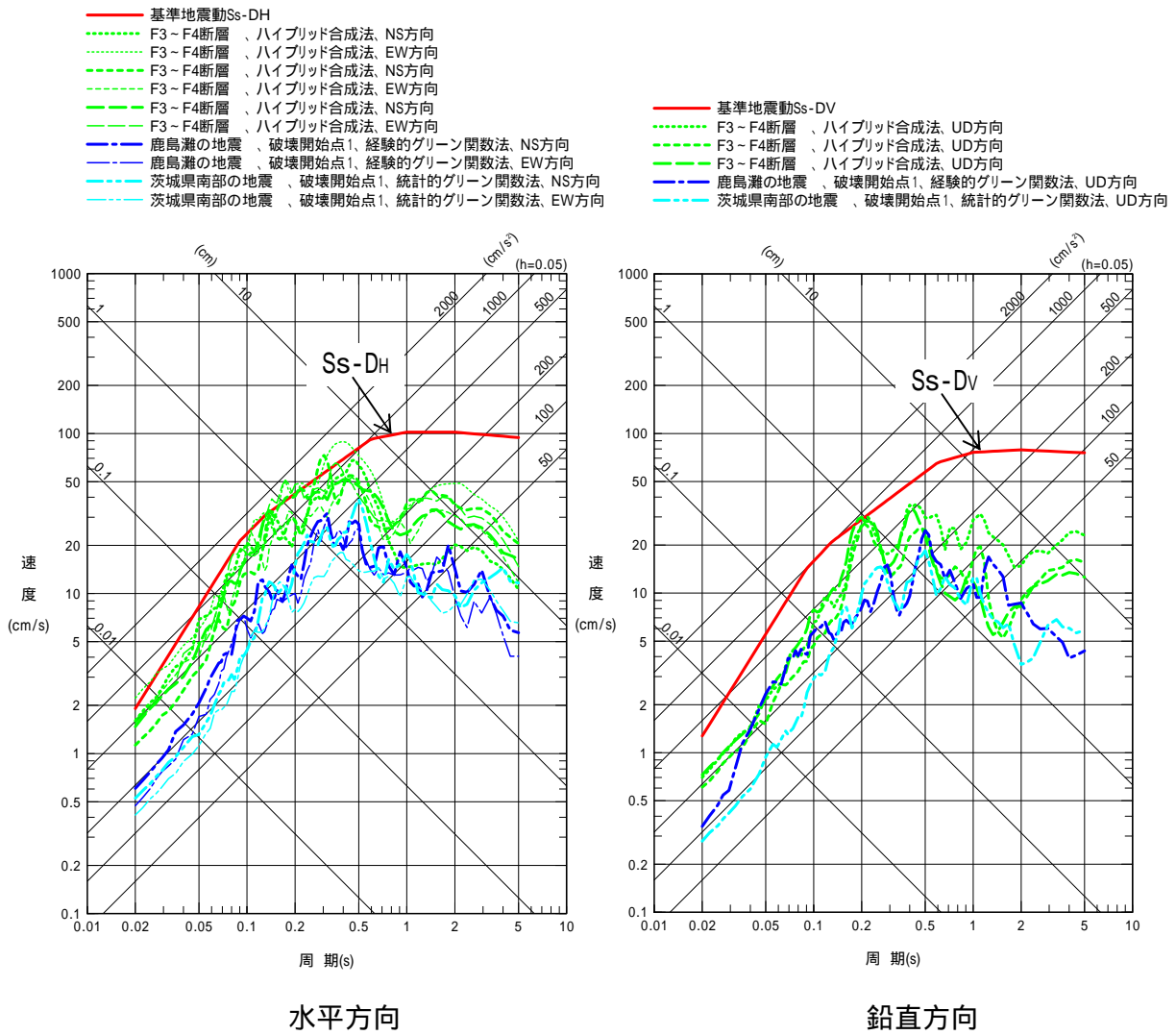


水平方向



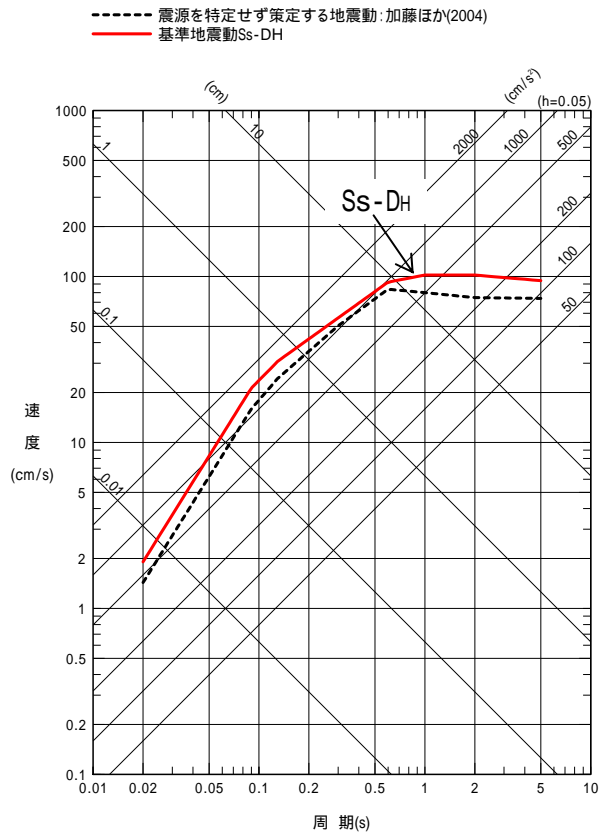
鉛直方向

第 4-7 図 断層モデルを用いた手法による検討用地震の地震動評価結果  
 (茨城県南部の地震：評価ケース アスペリティ位置、破壊開始点1)

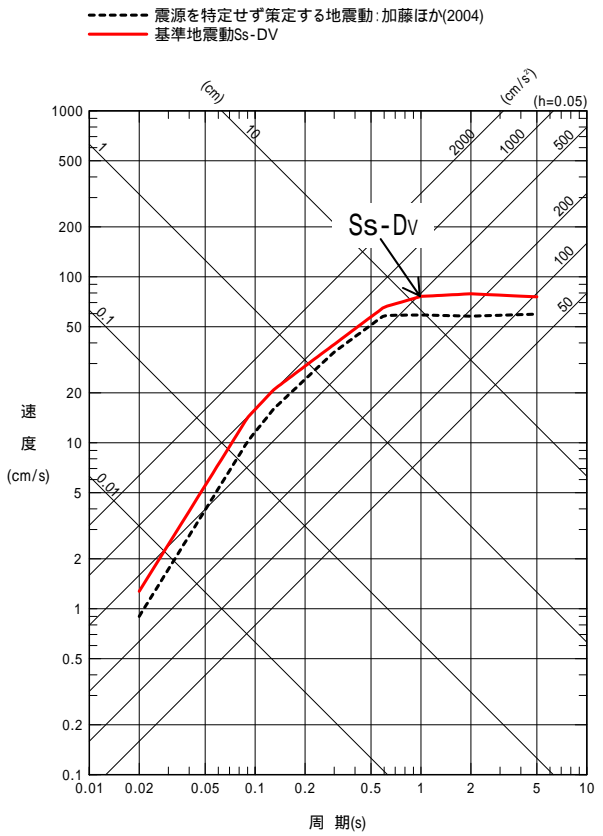


第 4-8 図 標準地震動 Ss と断層モデルを用いた手法による検討用地震の地震動の比較



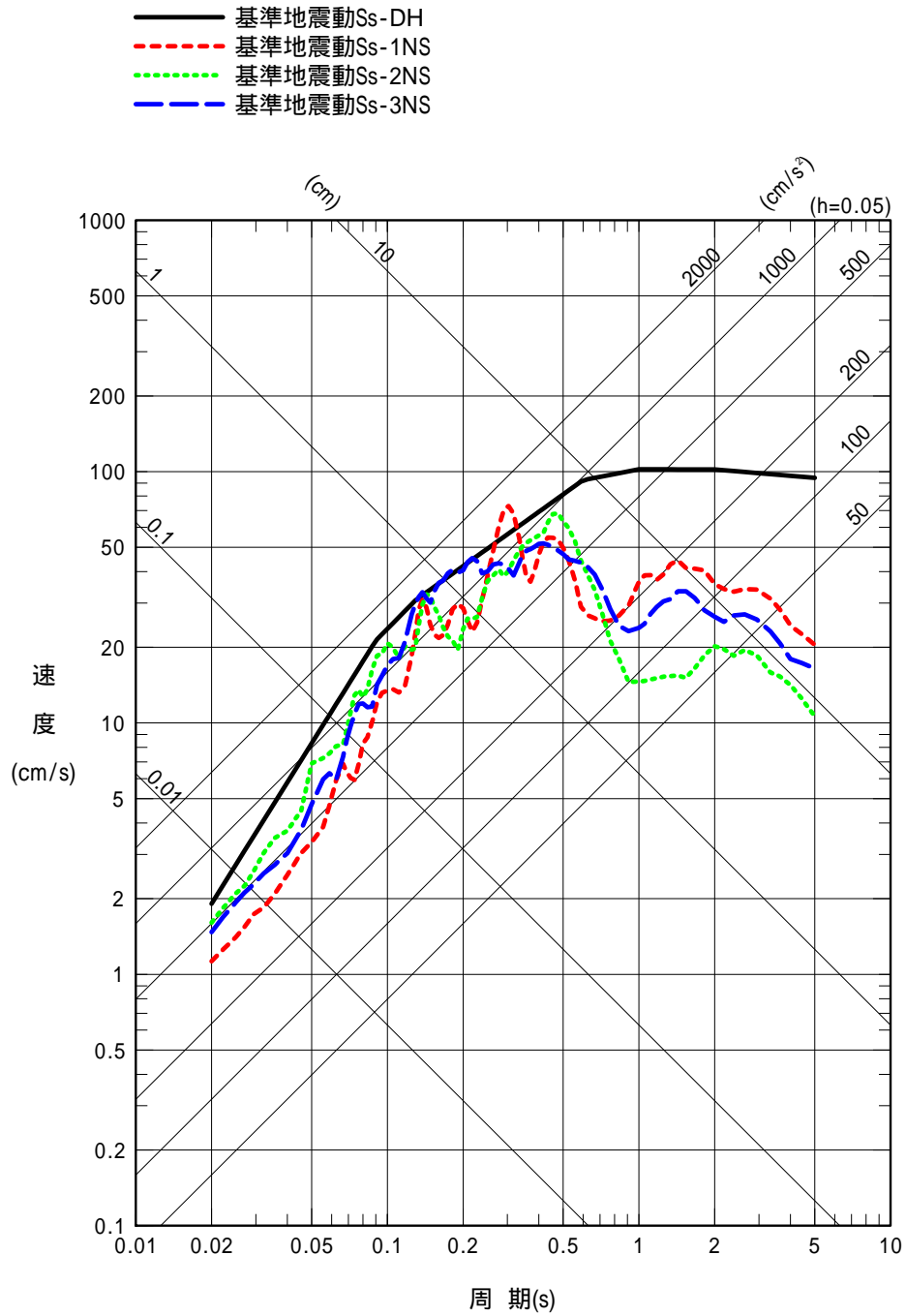


水平方向

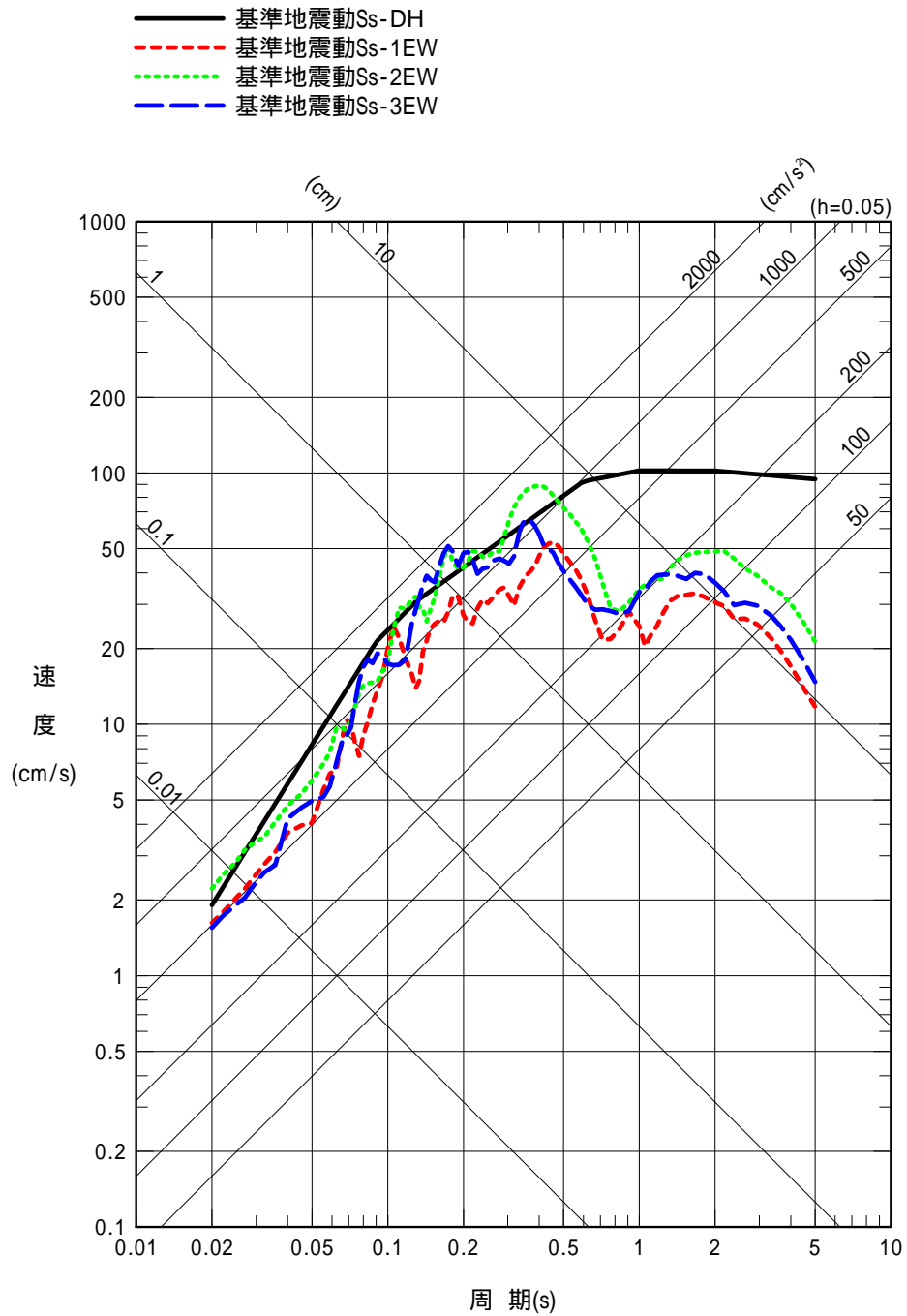


鉛直方向

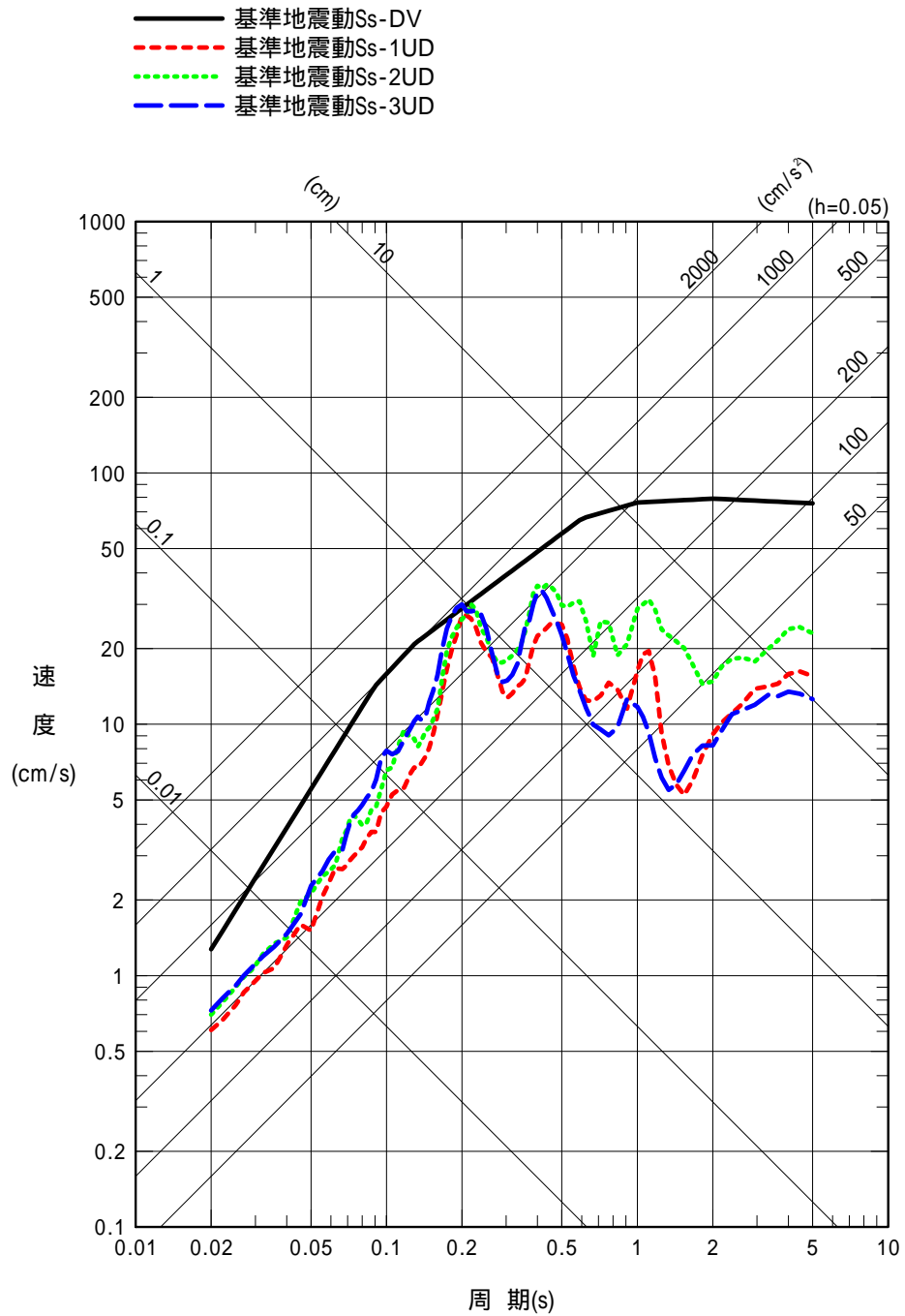
第 4-9 図 基準地震動 Ss と「震源を特定せず策定する地震動」の比較



第 4-10 ( 1 ) 図 断層モデルを用いた手法に基づき策定した  
基準地震動 Ss ( Ss-1 ~ Ss-3 ) の応答スペクトル  
( NS 方向 )



第 4-10 ( 2 ) 図 断層モデルを用いた手法に基づき策定した  
 基準地震動 Ss ( Ss-1 ~ Ss-3 ) の応答スペクトル  
 ( EW 方向 )



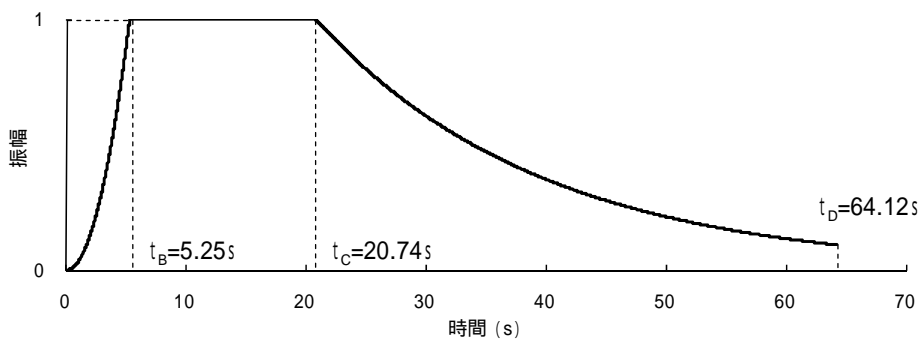
第 4-10 (3) 図 断層モデルを用いた手法に基づき策定した  
 基準地震動 Ss (Ss-1 ~ Ss-3) の応答スペクトル  
 (鉛直方向)

第 4-3 表 応答スペクトルに適合する模擬地震波 Ss-DH 及び Ss-Dv の作成結果

種 別	作成条件		作成結果		
	目標 応答スペクトル	最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )	継続時間	応答スペクトル比	SI 比
Ss-DH	第 4-4(1)図	600	第 4-4 表	第 4-11 図	1.030
Ss-Dv	第 4-4(2)図	400			1.034

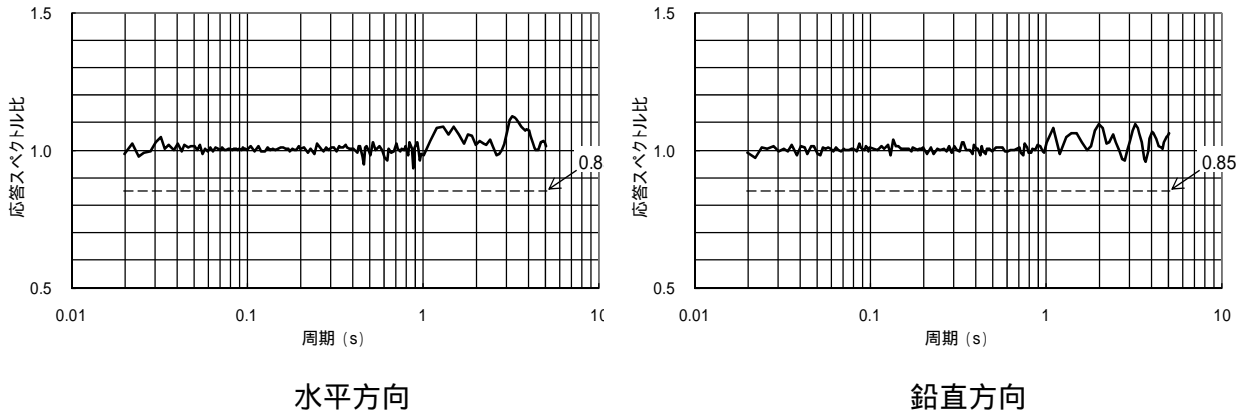
第 4-4 表 Noda *et al.* (2002) の方法に基づく振幅包絡線の経時的変化

種 別	継続時間 (s)	振幅包絡線の経時的変化 (s)		
		t <sub>B</sub>	t <sub>C</sub>	t <sub>D</sub>
Ss-DH	64.12	5.25	20.74	64.12
Ss-Dv	64.12	5.25	20.74	64.12

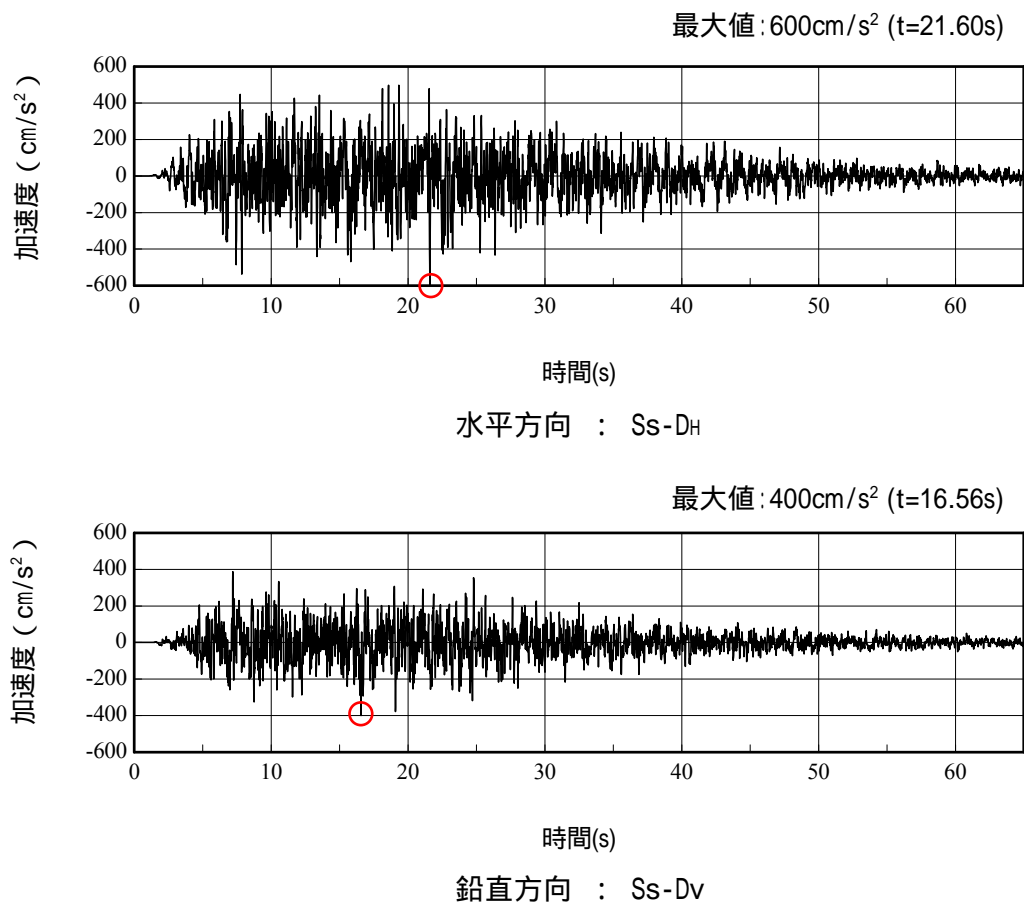


$$\begin{aligned}
 t_B &= 10^{0.5M-2.93} \\
 t_C - t_B &= 10^{0.3M-1.0} \\
 t_D - t_C &= 10^{0.17M+0.54\log X_{eq}-0.6} \\
 E(t) &= \begin{cases} (t/t_B)^2 & 0 \leq t < t_B \\ 1 & t_B \leq t < t_C \\ \text{Exp}[(\ln 0.1)(t - t_C)/(t_D - t_C)] & t_C \leq t \leq t_D \end{cases}
 \end{aligned}$$

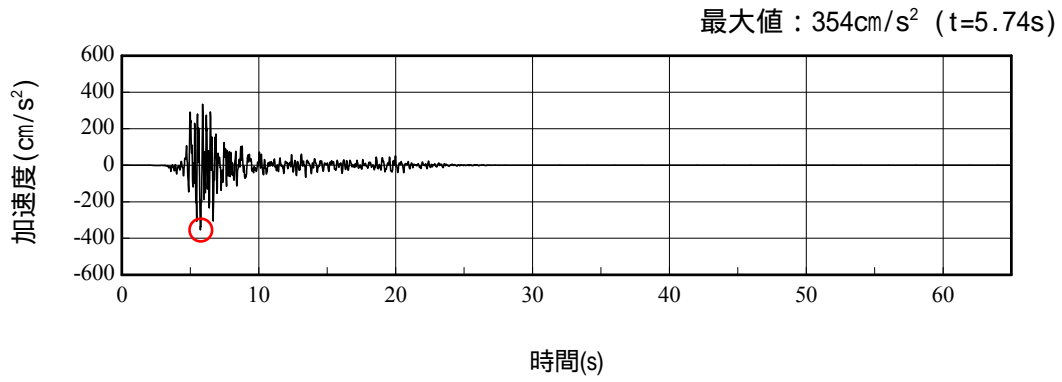
) M = 7.3、X<sub>eq</sub> = 70km として評価



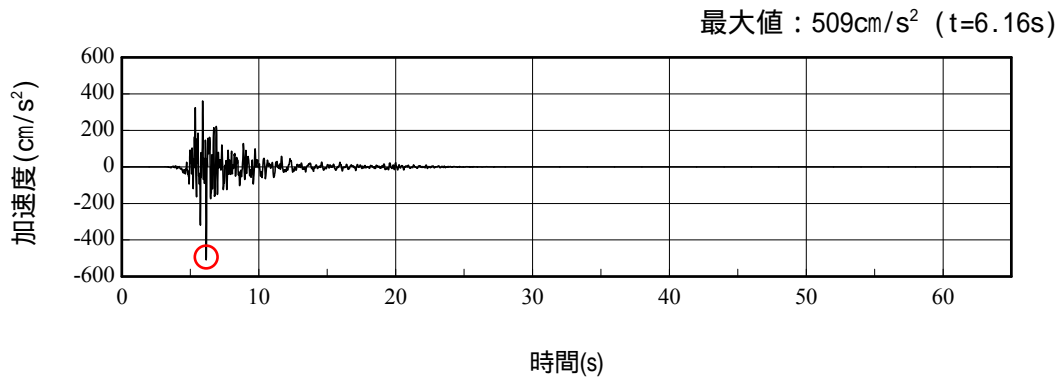
第 4-11 図 基準地震動 Ss の応答スペクトルと目標応答スペクトルの比



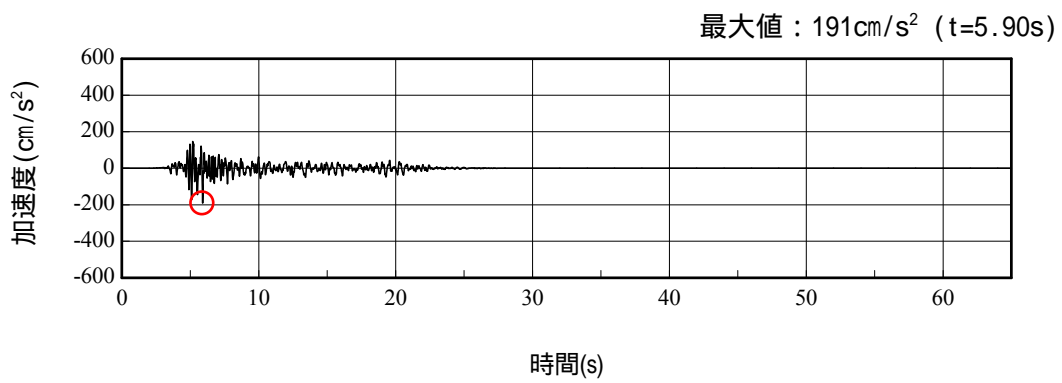
第 4-12 図 基準地震動 Ss-D の時刻歴波形



NS 方向 : Ss-1NS

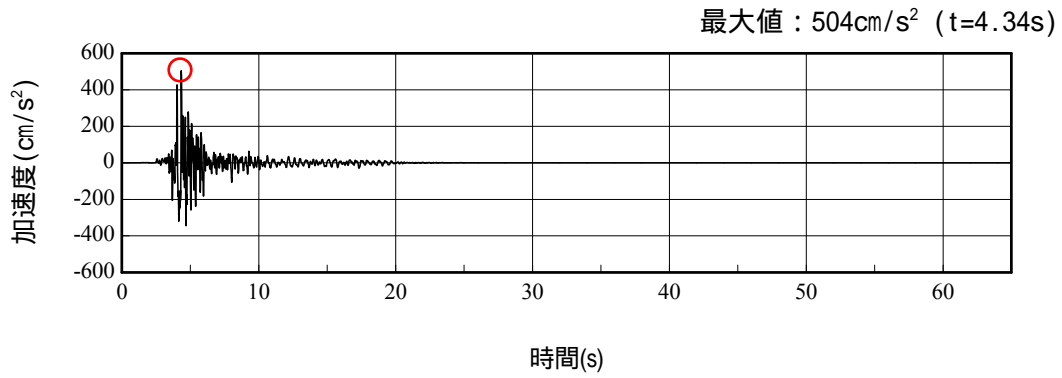


EW 方向 : Ss-1EW

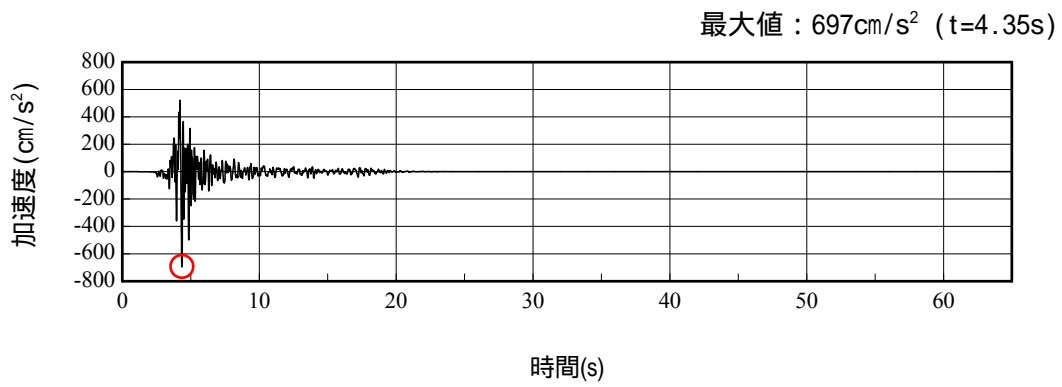


鉛直方向 : Ss-1UD

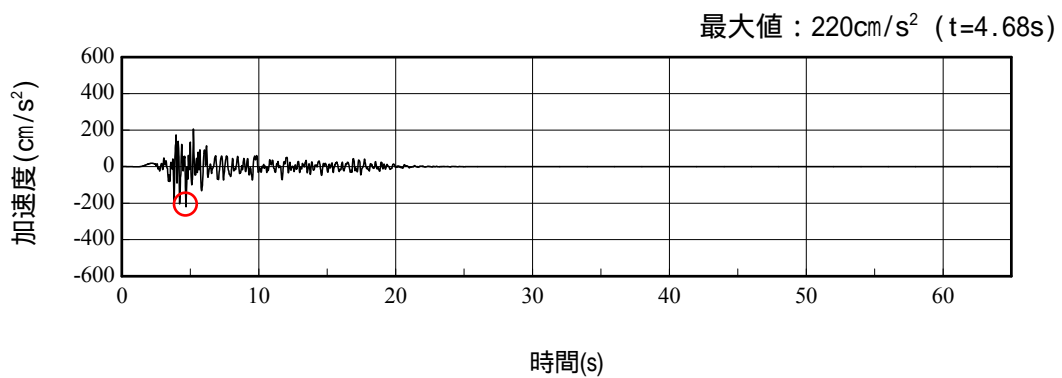
第 4-13 (1) 図 基準地震動 Ss の時刻歴波形 (Ss-1)



NS 方向 : Ss-2NS



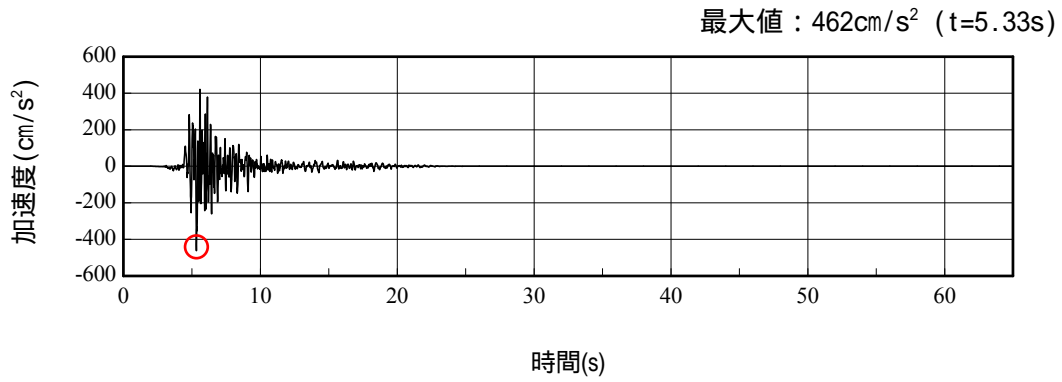
EW 方向 : Ss-2EW



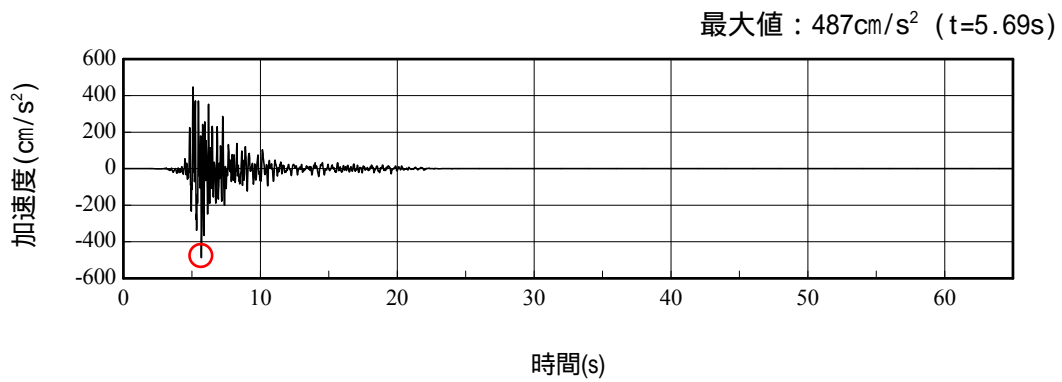
鉛直方向 : Ss-2UD

第 4-13 (2) 図 基準地震動 Ss の時刻歴波形 (Ss-2)

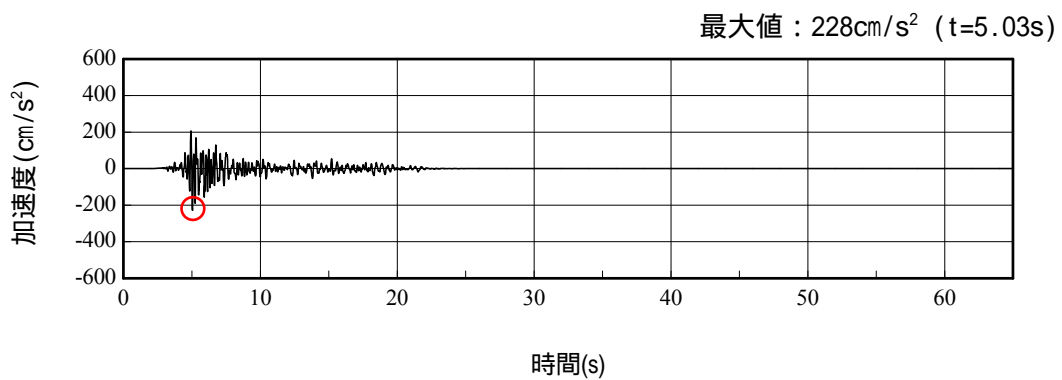




NS 方向 : Ss-3NS



EW 方向 : Ss-3EW



鉛直方向 : Ss-3UD

第 4-13 (3) 図 基準地震動 Ss の時刻歴波形 (Ss-3)